

NEDOバイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業

# バイオマスエネルギー地域自立システムの 導入要件・技術指針 第6版

実践編(木質系バイオマス)



国立研究開発法人  
新エネルギー・産業技術総合開発機構

## はじめに

我が国では、2021年10月に閣議決定された第6次エネルギー基本計画において、2030年に向けて再生可能エネルギー導入量を大幅に拡大する方向性が示された。同年の電源構成のうち、再生可能エネルギーは36～38%を賄うとされ、うちバイオマスの同年のシェアは5%と、重要な再生可能エネルギー源としての役割を期待されている。2012年に開始された固定価格買取制度（FIT制度）によりバイオマスは発電利用を中心に急速に拡大し、2021年6月時点で525万kWの導入量となっている。

今後FIT制度からの自立と2030年目標の達成に向け、またその先も中長期的にバイオマスエネルギーが導入拡大していくためには、エネルギーのコストを他の電源と比較して競争力ある水準まで低減させ、自立化を図っていくことが必要である。しかしながら、バイオマスエネルギーの発電および熱利用コストの低減は十分進んでいないのが現状である。また、コスト低減や安定稼働を達成した一部の成功事例とそうでない事例との間に、課題の解決方法を含む各種情報の断絶が存在することも重要な課題として挙げられる。

コストや情報整備の観点以外にも、バイオマス利用は上流から下流までのサプライチェーンが長くステークホルダーも多岐にわたるため、原料の安定調達や地域関係者との様々な合意形成が必要となるなど特有の難しさが存在する。実際、経済性を確保する以前に地域関係者との同意形成ができずに計画段階や設備稼働後に頓挫してしまう事例は後を絶たない。第1部4章で後述するとおり、こうした課題は、裏を返せばバイオマス事業が持続可能な形で運営できれば周辺地域に与える経済的メリットの大きさに直結している。これは、他の再生可能エネルギーにはない意義であり、地域のシステム全体を活性化するための重要なドライバーとして今後もより一層の普及が期待されている。

このような地域に根差した持続可能なバイオマスエネルギー事業の実現と、より一層の普及拡大のためには、熱も効率よく利用するとともに、地域の特性を活かした最適なシステム化が必要となる。国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）は、地域の特性を活かした最適なバイオマスエネルギー利用システムを構築するために、2014年度から「バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業」を実施している。本事業では、再生可能エネルギーの固定価格買取制度や補助金などに頼らないことを念頭においた、地域自立システムとしての事業性評価（FS）、実証事業、および技術開発事業を実施してきた。

本書はそれらの成果を取りまとめ、さらに国内の様々な成功事例・失敗事例の調査分析に基づき、構想段階から運転段階に至るまでの留意点や必要情報を包括的に整理したガイドラインである。本書の内容が我が国の持続可能なバイオマスエネルギーの普及に役立つことができれば幸いである。

# 全体目次

## <第1部 章目次>

第1部 持続可能なバイオマスエネルギー事業を始めるために.....	1
1章 本書の使い方と構想から実現までの実施事項.....	5
1.1. 本書の使い方.....	5
1.2. 他のガイドライン・マニュアルとの関係性.....	9
1.3. 木質バイオマスエネルギー事業の実施事項の全体像.....	11
1.4. 持続可能なバイオマス事業のためのチェックリスト(抜粋).....	12
2章 バイオマスエネルギーの事業環境.....	17
2.1. 日本の再生可能エネルギーの現状と政策.....	17
2.2. 日本におけるバイオマスエネルギーの導入状況.....	34
2.3. 海外先進国のバイオマスエネルギーの利用動向.....	39
3章 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業.....	51
4章 バイオマスエネルギー利用の意義.....	76
4.1. 経済(事業性)としての意義.....	77
4.2. 地域社会に対する意義.....	92
4.3. 環境に対する意義.....	100

第2部 バイオマスエネルギー事業の導入要件・技術指針

【木質バイオマス編】

事業検討の進め方 .....115  
 実施事項の全体像 .....116

**1章 バイオマス利用システム全体に係る留意点と解決策... 125**  
 システム全体に関する「よくある課題」 .....125  
 フェーズⅠ 構想段階 .....129  
 1.Ⅰ.1 組織・自治体における発意 .....130  
 1.Ⅰ.2 事業主体の検討 .....134  
 1.Ⅰ.3 事業コンセプトの構築 .....140  
 1.Ⅰ.4 用地の想定 .....142  
 1.Ⅰ.5 事業実施時期の想定 .....146  
 1.Ⅰ.6 事業モデルの概略検討 .....147  
 1.Ⅰ.7 事業収支の概略検討 .....150  
 1.Ⅰ.8 事業実施体制の構築 .....151  
 ① 組織内外の事業実施体制・FS 実施体制の検討 .....151  
 ② 専門家への相談 .....152  
 ③ 行政への相談 .....153  
 1.Ⅰ.9 FS 調査予算の獲得 .....154  
 フェーズⅡ FS 段階 .....155  
 1.Ⅱ.1 事業化スケジュールの検討 .....159  
 1.Ⅱ.2 地域関係者との合意形成 .....162  
 1.Ⅱ.3 事業収支の検討 .....164  
 ① 売上高の予測 .....165  
 ② 事業費(初期費用と運用費)の積算 .....166  
 ③ 事業リスクの評価(事業収支の検討時) .....170  
 ④ 事業収支・キャッシュフロー分析 .....171  
 1.Ⅱ.4 資金計画の策定 .....177  
 ① 資金調達方法の検討 .....178  
 ② 資金調達先・金融機関との交渉 .....181  
 ③ 補助制度の確認 .....187  
 1.Ⅱ.5 事業実施体制の確定 .....191  
 ① 事業コンセプトの再精査・確定 .....192  
 ② 事業による波及効果の評価 .....192  
 ③ 組織内・地域関係者への説明・合意形成 .....194  
 1.Ⅱ.6 事業のリスク評価(FS 終了時) .....196  
 ① 建設段階のリスクとその対処方法の例 .....196  
 ② 運営段階のリスクとその対処方法の例 .....199  
 ③ その他全般に関するリスクとその対処方法の例 .....202  
 ④ FS 調査後、次のステップに進めるかの判断基準 .....204  
 フェーズⅢ 設計施工段階 .....214  
 1.Ⅲ.1 事業体の組成 .....215  
 1.Ⅲ.2 事業の将来計画の検討 .....219  
 1.Ⅲ.3 施設の運転管理計画の策定 .....220  
 1.Ⅲ.4 金融機関との融資契約・資金実行 .....221  
 フェーズⅣ 運転段階 .....222  
 1.Ⅳ.1 事業採算性の検証と改善 .....223  
 1.Ⅳ.2 波及効果の検証と公開 .....224

**2章 バイオマス調達に係る留意点と解決策... 225**  
 原料・燃料調達に関する「よくある課題」 .....225  
 フェーズⅠ 構想段階 .....229  
 2.Ⅰ.1 原料・燃料の調達可能性の検討 .....230  
 ① 原料・燃料種の特定制と資源量の調査 .....231  
 ② 燃料製造拠点の確認 .....236  
 ③ 原料・燃料規模の地域調達可能性の検討 .....238  
 フェーズⅡ FS 段階 .....249  
 2.Ⅱ.1 原料・燃料の調達可能性の調査 .....251  
 ① 原料・燃料の調達可能性および性状の調査 .....252  
 (a) 集荷可能性の調査 .....252  
 (b) 原料性状の調査 .....258

(c) 廃掃法の取り扱いの確認 .....266  
 ② 原料・燃料の調達コストの検討 .....267  
 ③ 燃料規格対応の確認 .....269  
 ④ 燃料の製造・加工システムの検討 .....276  
 ⑤ 原料・燃料の輸送システムの検討 .....285  
 フェーズⅢ 設計施工段階 .....286  
 2.Ⅲ.1 燃料の調達契約 .....287  
 2.Ⅲ.2 燃料の調達・在庫管理計画の策定 .....290  
 フェーズⅣ 運転段階 .....297  
 2.Ⅳ.1 受入燃料の規格確認 .....298  
 2.Ⅳ.2 燃料調達条件の検証・見直し .....304

**3章 エネルギー供給・副生物利用に係る留意点と解決策.. 305**  
 エネルギー供給・副生物利用に係る「よくある課題」 .....305  
 フェーズⅠ 構想段階 .....308  
 3.Ⅰ.1 エネルギー利用形態の検討 .....309  
 ① エネルギー利用先および供給形態の検討 .....310  
 ② 設備規模と投資規模の確認 .....315  
 フェーズⅡ FS 段階 .....317  
 3.Ⅱ.1 エネルギー利活用計画 .....319  
 ① エネルギー需要の調査 .....320  
 ② 既存エネルギー設備の運用実態調査(オンサイト型/マイクログリッド型) .....328  
 ③ 導入先のインフラ、周辺環境調査(共通) .....330  
 ④ 導入先の意向確認(オンサイト型/マイクログリッド型) .....332  
 ⑤ エネルギー需給管理システムの検討(オンサイト型/マイクログリッド型) .....334  
 ⑥ 系統連系の調査(広域グリッド型、オンサイト型) .....339  
 3.Ⅱ.2 副生物の処理方法の検討 .....340  
 フェーズⅢ 設計・施工段階 .....342  
 3.Ⅲ.1 エネルギー供給契約 .....343  
 3.Ⅲ.2 FIT 事業申請(広域グリッド型) .....344  
 3.Ⅲ.3 接続契約・売電契約(広域グリッド型) .....347  
 3.Ⅲ.4 副生物の処理・有効利用に係る条件協議 .....348  
 フェーズⅣ 運転段階 .....349  
 3.Ⅳ.1 エネルギー供給条件の検証・見直し .....350  
 3.Ⅳ.2 副生物の有効活用に向けた検討・調整 .....351

**4章 エネルギー変換設備に係る留意点と解決策 ..... 356**  
 エネルギー変換設備に係る「よくある課題」 .....356  
 フェーズⅠ 構想段階 .....358  
 4.Ⅰ.1 エネルギー変換技術の検討 .....359  
 ① 機器・技術の信頼性の確認 .....360  
 ② 設備・技術の検討 .....367  
 フェーズⅡ FS 段階 .....369  
 4.Ⅱ.1 基本設計(プラントスペック、規模選定) .....372  
 ① システムの基本計画策定 .....372  
 ② 設備機器・メーカー選定 .....383  
 ③ 燃料の受入・貯蔵システムの検討 .....391  
 ④ 設備・工事発注スキームの検討 .....394  
 ⑤ 設備導入に係る法規制の確認と対応 .....400  
 ⑥ 立地調査 .....400  
 フェーズⅢ 設計施工段階 .....402  
 4.Ⅲ.1 設備の調達 .....403  
 4.Ⅲ.2 工事・EPC 契約 .....405  
 4.Ⅲ.3 O&M 契約 .....407  
 4.Ⅲ.4 保険契約 .....409  
 フェーズⅣ 運転段階 .....410  
 4.Ⅳ.1 システム・機器の性能評価と改善 .....412  
 4.Ⅳ.2 設備利用率の検証と改善 .....422  
 4.Ⅳ.3 安全対策 .....423  
 4.Ⅳ.4 O&M 内製化の検討 .....428  
 4.Ⅳ.5 トラブルシューティング .....435

# 全体目次

## <第3部 章目次>

<b>第3部 木質バイオマスエネルギーに係る基礎知識</b> .....	<b>441</b>
<b>1章 木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識</b> .....	<b>445</b>
バイオマスとは.....	445
1.1 原料および燃料の種類.....	446
1.2 燃料の品質規格.....	461
1.3 伐採方法・林業機械.....	465
1.4 燃料製造設備.....	468
1.5 選別装置.....	476
1.6 原料・燃料の乾燥方法.....	478
<b>2章 バイオマスエネルギー設備・技術に係る基礎知識</b> .....	<b>484</b>
2.1 発電.....	484
① 直接燃焼技術(BTG/ORC).....	486
② 熱分解ガス化技術.....	535
2.2 熱利用.....	555
① 温水ボイラー設備.....	555
② 蒸気ボイラー設備.....	560
③ バイオマスボイラーに係る法令対応.....	563

# 第1部 持続可能なバイオマスエネルギー事業を始めるために

## <第1部 章目次>

第1部 持続可能なバイオマスエネルギー事業を始めるために.....	1
<b>1章 本書の使い方と構想から実現までの実施事項.....</b>	<b>5</b>
1.1. 本書の使い方.....	5
1.2. 他のガイドライン・マニュアルとの関係性.....	9
1.3. 木質バイオマスエネルギー事業の実施事項の全体像.....	11
1.4. 持続可能なバイオマス事業のためのチェックリスト(抜粋).....	12
<b>2章 バイオマスエネルギーの事業環境.....</b>	<b>17</b>
2.1. 日本の再生可能エネルギーの現状と政策.....	17
2.2. 日本におけるバイオマスエネルギーの導入状況.....	34
2.3. 海外先進国のバイオマスエネルギーの利用動向.....	39
<b>3章 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業.....</b>	<b>51</b>
<b>4章 バイオマスエネルギー利用の意義.....</b>	<b>76</b>
4.1. 経済(事業性)としての意義.....	77
4.2. 地域社会に対する意義.....	92
4.3. 環境に対する意義.....	100

## <第1部 図目次>

図 1.1.1 本ガイドライン基礎編の構成..... 6	図 1.2.25 2020 年におけるドイツの家庭用の暖房熱供給源(左)と地域暖房熱供給(右)..... 47
図 1.1.2 本ガイドライン実践編(木質バイオマス編)の構成..... 7	図 1.2.26 再エネ熱源別の供給量変化..... 48
図 1.1.3 木質バイオマスエネルギー事業の実施事項の全体像..... 11	図 1.2.27 バイオエネルギーの今後の利用形態..... 49
図 1.2.1 地域の脱炭素化について..... 20	図 1.2.28 バイオガス発電設備の運転形態の変化..... 50
図 1.2.2 地域脱炭素化促進事業の対象イメージ..... 21	図 1.3.1 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業の目指す社会像のイメージ..... 51
図 1.2.3 地域脱炭素ロードマップのイメージ..... 22	図 1.4.1 バイオマスエネルギー利用の3つの意義..... 76
図 1.2.4 再生可能エネルギー活用モデルの分類..... 25	図 1.4.2 バイオマスボイラーと化石燃料ボイラーの収支構造のイメージ..... 77
図 1.2.5 2022 年度・2023 年度におけるバイオマス発電の FIP/FIT 制度の対象..... 26	図 1.4.3 20 年間の収支バランス..... 80
図 1.2.6 電力系統における制度改革の概要..... 28	図 1.4.4 20 年間の収支バランス..... 84
図 1.2.7 ノンファーム型接続による送電線利用イメージ..... 29	図 1.4.5 20 年間の収支バランス..... 87
図 1.2.8 省エネ法が規制する分野..... 30	図 1.4.6 20 年間の収支バランス..... 91
図 1.2.9 需要サイドのカーボンニュートラルに向けたイメージと取組の方向性..... 30	図 1.4.7 IOW の地域経済付加価値モデルの基本概念..... 93
図 1.2.10 エネルギーの定義の見直しと非化石エネルギーへの転換..... 31	図 1.4.8 産業連鎖分析の算出イメージ..... 93
図 1.2.11 省エネと非化石エネルギーへの転換の関係..... 32	図 1.4.9 バイオマスエネルギー事業の事業性・地域経済性分析ツールの全体像..... 95
図 1.2.12 現在と2030年エネルギーミックスの電源構成..... 34	図 1.4.10 バイオマスエネルギー事業の事業性ツールのイメージ..... 96
図 1.2.13 FIT 制度におけるバイオマス発電区分の比較(2021年6月時点)..... 35	図 1.4.11 バイオマスエネルギー事業の地域経済性分析ツールのイメージ..... 96
図 1.2.14 FIT における木質バイオマス発電所の稼働状況(2021年3月時点)..... 36	図 1.4.12 バイオマス事業の開始による地域経済効果(20年間平均値)..... 99
図 1.2.15 国内バイオマスボイラーの累積導入台数の推移..... 37	図 1.4.13 バイオマス事業の開始による地域経済効果(20年間合計)..... 99
図 1.2.16 2020年度時点の業種別木質バイオマスボイラー数(左)および製造業のボイラー導入数内訳(右)..... 37	図 1.4.14 バイオマスエネルギーが寄与するSDGs(赤枠部分)..... 100
図 1.2.17 都道府県別および熱の用途別導入台数..... 38	図 1.4.15 同一事業者が電熱併給事業を行う場合のシステム境界..... 101
図 1.2.18 世界全体の発電設備容量..... 39	図 1.4.16 比較対象とするオリジナルプロセスのシステム境界(例)(間伐材、剪定枝等の自然木を主原料としたガス化発電事業に関するオリジナルプロセス)..... 102
図 1.2.19 発電電力量に占める再生可能エネルギー比率の比較..... 40	図 1.4.17 比較対象とするオリジナルプロセスのシステム境界(例)(製材所廃材を原料とした直接燃焼発電事業に関するオリジナルプロセス)..... 103
図 1.2.20 ドイツ国内のバイオマス発電の推移..... 41	図 1.4.18 配分対象の決定フローチャート..... 106
図 1.2.21 木質バイオマスの累積設置容量..... 42	
図 1.2.22 未処理木材を用いるバイオマス熱電併給設備のタービンタイプごとの導入数(左)および導入容量(右)..... 43	
図 1.2.23 未処理木材を用いるバイオマス熱電併給設備のタービンタイプごとの平均的なサイズ..... 43	
図 1.2.24 バイオマス発電設備の FIT または市場プレミアムの比率..... 45	



## ＜第 1 部 表目次＞

表 1.1.1 木質バイオマスエネルギーに係るガイドライン・マニュアルの例	9	表 1.4.3 初期投資費用・O&M コストの前提条件(温水ボイラーモデル)	79
表 1.1.2 NEDO バイオマスエネルギー導入に係る技術指針・導入要件の特徴	10	表 1.4.4 熱販売価格に対する事業性の変動(助成なし)	80
表 1.2.1 第 6 次エネルギー基本計画における 2030 年度の電源構成	17	表 1.4.5 バイオマス調達コストに対する事業性の変動(助成なし)	80
表 1.2.2 第 6 次エネルギー基本計画におけるバイオマス利用に係る該当箇所(抜粋)	18	表 1.4.6 バイオマス調達コストの前提条件(蒸気ボイラーモデル)	82
表 1.2.3 地球温暖化対策推進法の主な改正点	19	表 1.4.7 エネルギー利用の前提条件(蒸気ボイラーモデル)	82
表 1.2.4 地球温暖化対策推進法における地方公共団体実行計画に係る改正点	20	表 1.4.8 初期投資費用・O&M コストの前提条件(蒸気ボイラーモデル)	83
表 1.2.5 地域脱炭素ロードマップの概要	21	表 1.4.9 熱販売価格に対する事業性の変動(助成なし)	85
表 1.2.6 地球温暖化対策計画の概要	23	表 1.4.10 年間設備利用率に対する事業性の変動(助成なし)	85
表 1.2.7 地球温暖化対策計画における具体的な温室効果ガス削減目標	23	表 1.4.11 バイオマス調達モデル	86
表 1.2.8 バイオマスエネルギーの固定買取価格	24	表 1.4.12 事業性評価に用いたエネルギー事業モデル	86
表 1.2.9 2022 年度以降の FIT 制度における地域活用要件	27	表 1.4.13 事業性評価に用いた支出項目	87
表 1.2.10 非化石エネルギーに関する省エネ法の改正案(2021 年 12 月時点)	32	表 1.4.14 熱利用率に対する事業性の変動(助成なし)	88
表 1.2.11 建築物における再生可能エネルギーの利用促進に係る方向性	33	表 1.4.15 燃料調達費用に対する事業性の変動(助成なし)	88
表 1.2.12 EEG2021 の再エネ導入目標	44	表 1.4.16 バイオマス調達モデル(ペレット製造の調達条件)	89
表 1.2.13 KWKG2020 による KWK ボーナス(セント/kWh)	46	表 1.4.17 事業性評価に用いたエネルギー事業モデル	90
表 1.2.14 KWKG2020 法による革新的再エネ熱ボーナス	47	表 1.4.18 事業性評価に用いた支出項目	90
表 1.2.15 燃料別のバイオマス発熱量と割合(2019 年)	48	表 1.4.19 熱利用率に対する事業性の変動(助成なし)	91
表 1.3.1 NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業における実証事業者一覧	52	表 1.4.20 燃料調達費用に対する事業性の変動(助成なし)	91
表 1.3.2 NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業における FS 事業者一覧(木質バイオマス)	52	表 1.4.21 産業連鎖分析における各地域経済効果項目の計算方法	94
表 1.3.3 NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業における FS 事業者一覧(メタン発酵系バイオマス)	53	表 1.4.22 エネルギー利用および原料調達に係る前提条件(バンブーエナジー株式会社)	97
表 1.4.1 発熱量あたりの燃料費(例)	77	表 1.4.23 エネルギー利用に係る前提条件(バンブーエナジー株式会社)	97
表 1.4.2 エネルギー利用の前提条件(温水ボイラーモデル)	78	表 1.4.24 エネルギーおよび原料取引価格に関する前提条件(バンブーエナジー株式会社)	97
		表 1.4.25 活動量データ収集例(廃食用油由来バイオディーゼルの場合)	103

# 1章 本書の使い方と構想から実現までの実施事項

## 1.1. 本書の使い方

### 背景

バイオマスエネルギーの利用が経済、環境、地域社会のそれぞれの観点で重要な役割を果たす。中でも地域社会の意義は重要であり、林業の素材生産、チップ・ペレット等の燃料加工、輸送、エネルギー利用に至るまで様々な関係者や地域産業に対してバイオマス事業の利益を波及させることができることは他の再生可能エネルギーよりも大きな優位性と言える。

これらの意義をもとに我が国では 2000 年代から木質バイオマスの熱利用や発電利用が進められてきた。特に近年は FIT 制度の影響もあり、民間事業者を中心に国産材や輸入材を燃料としたバイオマス発電および熱電併給の計画が急増した。

しかしながら、これまでの NEDO の調査では、バイオマスエネルギー事業は多くの企業や自治体が着目し計画を策定するにも関わらず、実現に至らない事例が数多く存在することがわかっている。また、運転開始まで至った事例においても安定稼働に至らず頓挫してしまうケースも少なくない。

### 必要な知識と情報に係る 4 つの要素

こうした背景には、バイオマスエネルギー事業を実現するまでに必要となる知識や情報が極めて多岐にわたることが挙げられる。具体的には、**(1) 事業全体**、**(2) 原料調達**、**(3) エネルギー利用・副生物処理**、**(4) エネルギー変換設備（施設自体）**のそれぞれについて数多くの選択や判断を行う必要があり、また、資金調達のために第三者から出資を受けたり金融機関から融資を受ける必要がある場合には、それら第三者や金融機関が納得する内容での選択や判断が求められるため、バイオマスに係る事業経験のない事業者が新たに始めるには高いハードルがある。

### 事業実現までの 4 つのフェーズ

上述の 4 つの要素における多様な知見は、検討開始から事業実現に至るまで、すなわち、**構想段階（フェーズⅠ）**、**FS 段階（フェーズⅡ）**、**設計施工段階（フェーズⅢ）**、**運転段階（フェーズⅣ）**のそれぞれで必要となる。また、資金調達が必要な場合には、それらの各ポイントで、その調達先候補（金融機関等）との協議や了承が必要となる場合も多い。多くの既存事例ではコンサルタントやメーカーなどの専門家の協力を得ながら進められているが、いずれも上記（1）～（4）の全ての知見を有している人材は限られる。また、その中で、金融機関等との交渉経験を有する人材となるとさらに限られ、交渉経験があるとしても、金融機関毎にその判断も大きく異なるため、そのような経験があるだけで安心できるわけでもない。そのため、**事業者自身も各要素に係る一定水準の知見を持ち、様々な選択肢やリスクを理解し、また、適宜金融機関等とも協議しながら検討を進めることが事業の成功のために重要**である。

## 本ガイドラインの構成

本ガイドラインは 70 頁程度の「**基礎編**」と 580 頁程度の「**実践編**」（**本書**）から構成されている。「**基礎編**」は本書「**実践編**」のエッセンスを取りまとめた書であり、**バイオマスエネルギー事業実施の意義や実施事項、留意事項**について概説している。特に、実施事項については、**構想段階～FS 段階**を対象に実施すべき事項と次のステップに進む判断を行うための意思決定の考え方をフローチャートで示している。ただし、実施事項および検討の順序は事業者または地域の特性によって大きく異なるため、本ガイドラインの記載は代表的なケースのみを示していることに注意されたい。



図 1.1.1 本ガイドライン基礎編の構成

(出所) みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

本書ガイドライン「**実践編**」は、**基礎編**に記載されている内容をデータや解説とともに詳述した書である。以下のとおり 3 つのパートから構成されている。

**第 1 部「持続可能なバイオマスエネルギー事業をはじめめるために」**では本ガイドラインおよび NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業について概説するとともに、政策動向等の事業環境、バイオマスエネルギー事業実施に係る意義（事業性、地域経済効果等）について示している。すなわち、事業開始に向けた「**動機付け**」をするパートとなっている。

**第 2 部「バイオマスエネルギー事業の導入要件・技術指針」**は事業の構想段階（フェーズⅠ）～運転段階（フェーズⅣ）それぞれにおける実施事項と留意事項を記載している。実施事項については、**基礎編**で示した構想段階～FS 段階の実施事項をベースに、より具体的な内容を整理している。なお、「**基礎編**」では構想段階、FS 段階といったフェーズ毎に実施事項を通読可能な構成にしたのに対し、「**実践編**」では「**全体**」、「**原料・燃料調達**」、「**エネルギー変換**」、「**エネルギー・副生物利用・処理**」の主要要素を 1～4 章とし、各章の中で構想段階～運転段階の実施事項を記載する形式を採用している。上述のとおり事業者や地域の特性に応じて進め方は異なる上、各フェーズの実施事項は前後または重複することが理由である。そのため、**構想および FS 段階の実施事項を一気通貫で把握したい読者は基礎編を利用されることを勧めたい。**

### 第 1 章 バイオマスエネルギー事業をはじめめるために

- 1-1. バイオマスエネルギーとは
- 1-2. バイオマスエネルギー利用の 3 つの意義
- 1-3. バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業
- 1-4. 木質バイオマス利用による経済的効果
- 1-5. 地域社会への波及効果
- 1-6. 入口と出口から考えるシステム選定【木質系】
- 1-7. 木質系バイオマスエネルギー事業実現までの流れ
- 1-8. メタン発酵事業の 2 面性
- 1-9. メタン発酵事業の地域への効果
- 1-10. 入口と出口から考えるシステム選定【メタン発酵系】
- 1-11. メタン発酵系バイオマスエネルギー事業実現までの流れ

### 第 2 章 構想～ FS 段階の検討の流れ

- 2-0. 事業検討の進め方
- 2-1-①【木質系】構想段階の実施事項  
構想段階終了時点のチェックリスト
- 2-1-②【木質系】FS 段階の実施事項  
FS 段階終了時点のチェックリスト
- 2-2-①【メタン発酵系】構想段階の実施事項  
構想段階終了時点のチェックリスト
- 2-2-②【メタン発酵系】FS 段階の実施事項  
FS 段階終了時点のチェックリスト

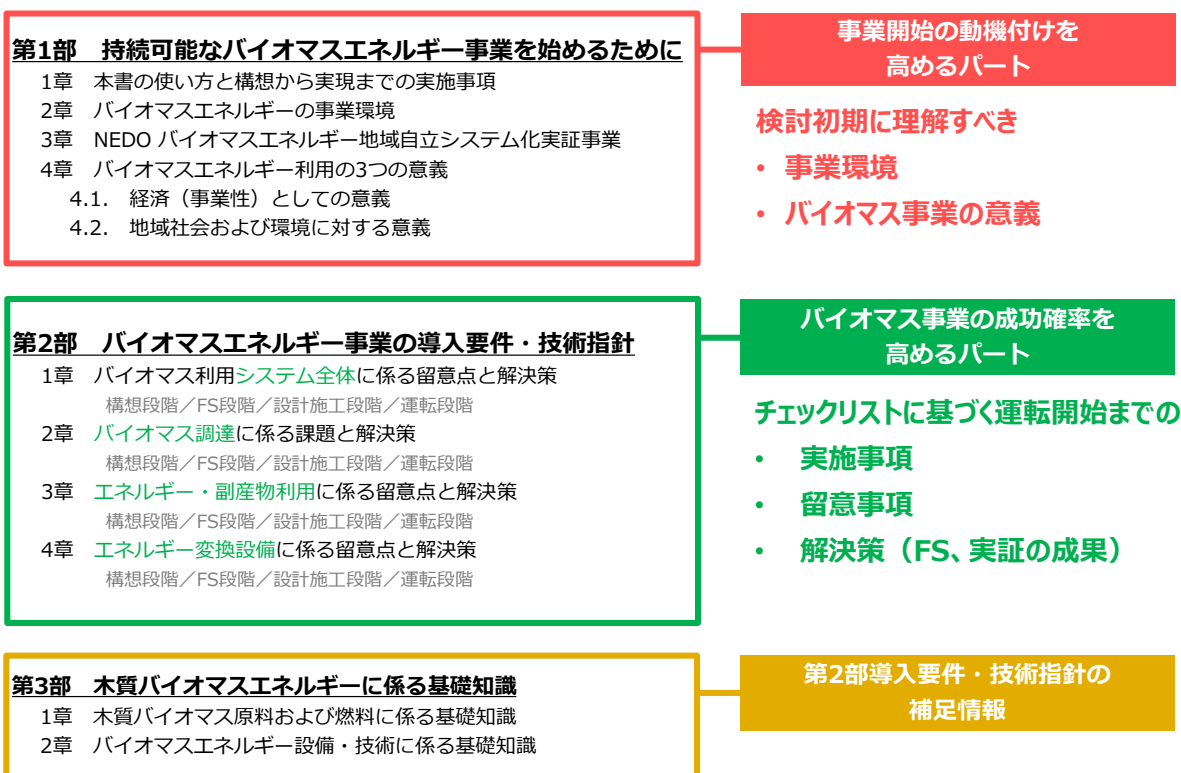


図 1.1.2 本ガイドライン実践編（木質バイオマス編）の構成

（出所）みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

留意事項については上記実施事項別に取りまとめている。情報源は文献調査の他、NEDO におけるこれまでの **150 件以上におよぶ国内外の先進事例、専門家（メーカー、コンサルタント等）へのヒアリング調査**、並びに「**バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業**」の **FS 事業・実証事業で得られた知見**に基づいている。さらに、後述するように、これからバイオマスエネルギー事業を実施する事業者が過去の先行事例で経験した「**落とし穴**」に陥ることがないように、実施事項毎の課題・リスクや留意すべき内容を可能な限り一般化した「**チェックリスト**」を策定している。そのうえで、**それぞれのチェック事項に関する解説と先進事例や FS・実証事業の成果に基づく解決策等を記載**している。このように、第 2 部はバイオマスエネルギー事業の実現（運転開始）の「**成功確率**」を高めるパートとなっている。

「**第 3 部 木質バイオマスエネルギーに係る基礎知識**」は第 2 部の補足のための参考資料としての位置づけであり、バイオマスエネルギーの原料・燃料および技術等に関する基礎的な情報を整理している。また、バイオマスエネルギー施設における具体的なエネルギー変換設備に関する選択肢や設備選定の際の留意事項についても取りまとめている。このような設備の技術的検討は専門知識を有するコンサルタントやメーカーが関与するため、本項目は必ずしも現場担当者が全て理解している必要はないが、導入を検討している設備に関し発注側（事業計画者）と受注側（メーカー、コンサルタント等）の知識のギャップを埋め、経済的かつ技術的なリスクを低減する観点から一読されることを勧めたい。

## 本書の記載内容に係る留意事項

本書は全体を通じてフェーズが進むにつれ情報の専門性が上がる構成となっている。例えば、構想段階では検討初期段階に必要な基礎情報を中心に整理されており、FS 段階から設計施工段階、運転段階（フェーズⅣ）と進むにつれ、具体的な調査や評価方法、個別の技術情報、実際の運転管理方法などが記載されている。なお、設計施工段階以降のパートにおいても技術等の詳細ではなく、あくまで**事業リスクを最小限に抑えるために事業者自身が認識すべき留意事項を中心に記載**しているため、設計などの具体的な技術的要素は業界団体などが策定しているマニュアルやガイドラインを参照されたい。なお、本書の文章中およびチェックリストの文字や枠の太さや色の違いが意味するものは以下のとおりである。各実施事項において、**緑太字（推奨する取り組み）** および **橙字（対象事業モデル、条件）** を追うことで対応事項を確認できる構成となっている。

本文	<p><b>太字</b>：重要なキーワード、リスクなど</p> <p><b>緑太字</b>：読者（事業者）のアクションに係る部分、先進事例の取り組み・工夫など</p> <p><b>橙字</b>：記載内容が対象となる読者・事業モデルの条件</p>
チェックリスト	<p><input type="checkbox"/> <b>太字・太枠</b>：重要なチェック項目</p> <p><input type="checkbox"/> <b>細字・細枠</b>：より具体的または詳細なチェック項目</p>

## 本書の使い方①：読者の現在の事業進捗に対応する必要情報・留意事項を参照

本書はこのような考えに基づき、**バイオマスエネルギー事業を計画している、または既に取り組んでいる事業者を対象に、実現までの各フェーズで知っておくべき基礎情報や留意事項について可能な限り網羅的に整理**している。

バイオマスエネルギー事業には様々な原料、技術の選択肢が存在し、事業者のリソースや規模、実施地域によって事業モデルや必要となる情報が異なることから、**本書の「第 2 部 バイオマスエネルギー事業の導入要件・技術指針」は冒頭から順に読んで頂くことを想定していない。**

まずは「基礎編」の**構想段階から運転段階までの実施事項一覧およびフローチャート**を通読の上、読者（事業者を想定）が**現在取り組んでいるフェーズにおける必要項目から参照頂く使い方を想定している。**

## 本書の使い方②：チェック項目からの逆引き的な利用

また、本書ではそれぞれの実施事項において、**留意すべき事項を整理したチェック項目**を提示している。これらのチェック項目は、既存の国内既存事例および「NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業」の事業者が直面した**課題および、それらの解決方法を総括した**ものとなっている。チェック項目の確認を通じて、読者が**過去の失敗事例と同じ事態に陥ることを回避するとともに、有望な選択肢や工夫について認識**して頂くことを目的に策定している。

したがって、本書の重要な使い方の一つとして、最初に次頁（抜粋版）または第 2 部冒頭（詳細版）に記載している**チェック項目を確認し、「○」をつけることが難しい箇所や不明な点について、「第 2 部 バイオマスエネルギー事業の導入要件・技術指針」の対象項目を逆引き的に確認頂く**ことも想定している。その際、読者が現在取り組んでいるフェーズおよびその前段となるフェーズについて（1）～（4）の各要素のチェック項目を確認することが望ましい。本チェックリストは事業を進めるうえで、**事前にリスクと対応策の認識を促すことを主目的に策定されているため、全てのチェック項目のクリアを求めるものではない**ことにも留意されたい。

なお、逆引き的な利用の観点から**一部の記載内容は複数の実施事項に重複して記載**していることに留意されたい。

## 1.2. 他のガイドライン・マニュアルとの関係性

木質バイオマスエネルギーに係るガイドラインは本書以外に様々な省庁や業界団体等において策定されている。現在 Web 上で公開されている代表的なガイドライン・マニュアルは以下のとおりである。

表 1.1.1 木質バイオマスエネルギーに係るガイドライン・マニュアルの例

年次	タイトル	内容
2012 年	木質バイオマスボイラー導入・運用にかかわる実務テキスト 【林野庁 森林環境リアライズ他】	木質バイオマスボイラーを導入・運営する場合の理論・技術を体系的に整理している。バイオマスの特性を踏まえて設計・施工、運用をするうえでの留意すべき点について詳述している。
2012 年	木質バイオマスボイラー導入指針 【森のエネルギー研究所】	木質バイオマスボイラーの導入を担う行政や民間セクターの実務担当者がより円滑に、適確な木質バイオマスボイラーシステムを導入・利用するためのポイントが整理されている。
2013 年	福島県木質バイオマス安定供給の手引き 【福島県林業振興課】	木質バイオマス施設の整備に向けた実施事項や参考情報、燃料供給側と利用側双方において安定的な稼働を図るために必要となる事項等について整理している。
2014 年	バイオマスエネルギー導入ガイドブック (第 4 版) 【国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)】	既に商用化が可能となっている技術を中心に、関連する制度や施策、バイオマスエネルギーに関するデータ、導入事例や事業採算性の検討、導入施設リストを整理している。
2015 年	再生可能エネルギーを活用した地域活性化の手引き 【東京農業大学 農山村支援センター】	木質バイオマス発電や熱利用、その他太陽光、風力、水力、地熱発電などの再生可能エネルギーを活用して、山村振興(地域活性化)につなげていくための基本的な知識を整理し、計画策定や事業に向けた考え方を、先進事例の調査等をふまえて整理している。
2015 年	小規模木質バイオマス発電導入ガイドブック 【一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会】	小規模木質バイオマス発電事業について、事業化のポイントや導入の流れ、様々な技術やコスト構造モデルを整理している。
2017 年	木質バイオマス熱利用・熱電併給事例集 【林野庁】	木質バイオマスによる熱利用・熱電併給の導入拡大に向け、国内における熱利用・熱電併給の取組事例を収集し、各取組について、実施体制や燃料、熱利用施設、収支などを詳細に整理している。
2019 年	木質バイオマスによる産業用等熱利用導入ガイドブック 【一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会】	産業分野における木質バイオマス熱利用について、導入の流れや検討すべきポイント、導入によるメリット等を整理している。
2020 年	地域で広げる木質バイオマスエネルギー 【一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会】	木質バイオマスの熱利用等を地域で広く・面的に導入するためのガイドブック。面的導入のポイントやメリットだけでなく、木質バイオマスエネルギー利用にまつわるコツについても紹介している。
2020 年 (改訂)	木質バイオマス施設(発電利用・熱利用)導入ガイドブック 【一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会】	木質バイオマスエネルギーによる発電利用や熱利用を推進するため、導入に関する流れやポイント、国の支援策等について整理している。

(出所) 各種 Web 資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

上記の他、有料文献ではあるが、以下の書籍では木質バイオマスエネルギーに関するより詳細な技術的内容も記載しており、FS のみならず、設計施工、運用段階でも有益なものとなっている。

熊崎実著「**熱電併給システムではじめる木質バイオマスエネルギー発電**(日刊工業新聞社、2016 年)」は木質バイオマスによる熱電併給(コージェネレーション)の代表的な技術について詳細に解説するとともに、チップやペレットなどの木質燃料の特性・品質規格についても解説している。

一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会編集の「**地域ではじめる木質バイオマス熱利用**」では、熱利用の意義から燃料材の特徴、熱利用に関する技術、導入までのポイントやコスト、先進事例についても詳細に解説している。

農都会議著「**実務で使うバイオマス熱利用の理論と実践**」（日本工業出版、2020年）では、バイオマス熱利用に係るエンジニアリングについて詳細に解説している。

さらに、2022年度に公開されるマニュアルとして、一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会で「**木質バイオマス熱利用（温水）計画・実施マニュアル**」が作成中である。本マニュアルは、木質バイオマス熱利用の温水ボイラーシステムおよび現在一般的に使用されている小規模ボイラー（500kW程度以下のチップ・ペレットボイラーを想定）システムを対象として、エネルギー利用システム全体の考え方や内容とともに、計画作成から、施工、維持管理・メンテナンスまでの実施の仕方や留意事項について詳細に解説しており、特に今後の熱利用システムとしてのあるべき方向を提案する技術マニュアルとなっている。

また、資源エネルギー庁による令和3年度「**新エネルギー等の導入促進のための広報等事業委託費における再エネ導入・運転人材育成支援事業 木質バイオマス発電における人材育成テキスト**」（委託事業者：一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会）では、既存のバイオマス発電施設の調査をもとに、運転段階におけるエンジニアリングの留意事項や適性なメンテナンス、経営改善、レジリエンス強化等に係る詳細なガイドラインを策定している。

本書「NEDO バイオマスエネルギー導入に係る技術指針・導入要件」は、これらの既存のガイドライン、マニュアルを踏まえ、より「全体感」を把握するのに有益なガイドラインとして取りまとめている。本書の中心である「第2部 バイオマスエネルギー事業の導入要件・技術指針【木質バイオマス編】」では、バイオマスによる発電・熱利用の両方を対象に、構想、FS、設計施工、運転段階に至るまでの留意事項やFS・実証事業に基づく解決策、その他参考情報を広くカバーしている。言うまでもなく本書だけでは、計画者がバイオマスエネルギー事業を実現するために必要な全ての内容を網羅できないため、ガイドラインの各項目の中で、適宜上述のガイドライン・マニュアルを含む、関連文献を参照している。特に、設計施工段階および運転段階のエネルギー関連設備に係る技術的な詳細内容は、上述の2022年度公開予定のマニュアル・ガイドラインを参照されたい。

表 1.1.2 NEDO バイオマスエネルギー導入に係る技術指針・導入要件の特徴

- 主な対象読者は民間事業者（自治体担当者にも有用なものとなっている）
- 発電・熱利用を対象としている
- 構想段階～運転段階までをカバーしている（ただし、構想・FS段階に重きを置いている）
- 実現や安定稼働に向けた「リスク・落とし穴」とその解決策に焦点を当てている
- 経済性・地域経済性分析ツールを公表している
- 課題の解決策について、FS・実証事業の検討結果・成果についても取りまとめている

# 1.3. 木質バイオマスエネルギー事業の実施事項の全体像

木質バイオマスエネルギー事業は構想から運転まで数多くの実施事項がある。本書実践編第 2 部では、それぞれの実施事項に対する留意点や詳細情報、各種データ等を解説している。(図中緑字の番号は第 2 部実践編の対応項目)

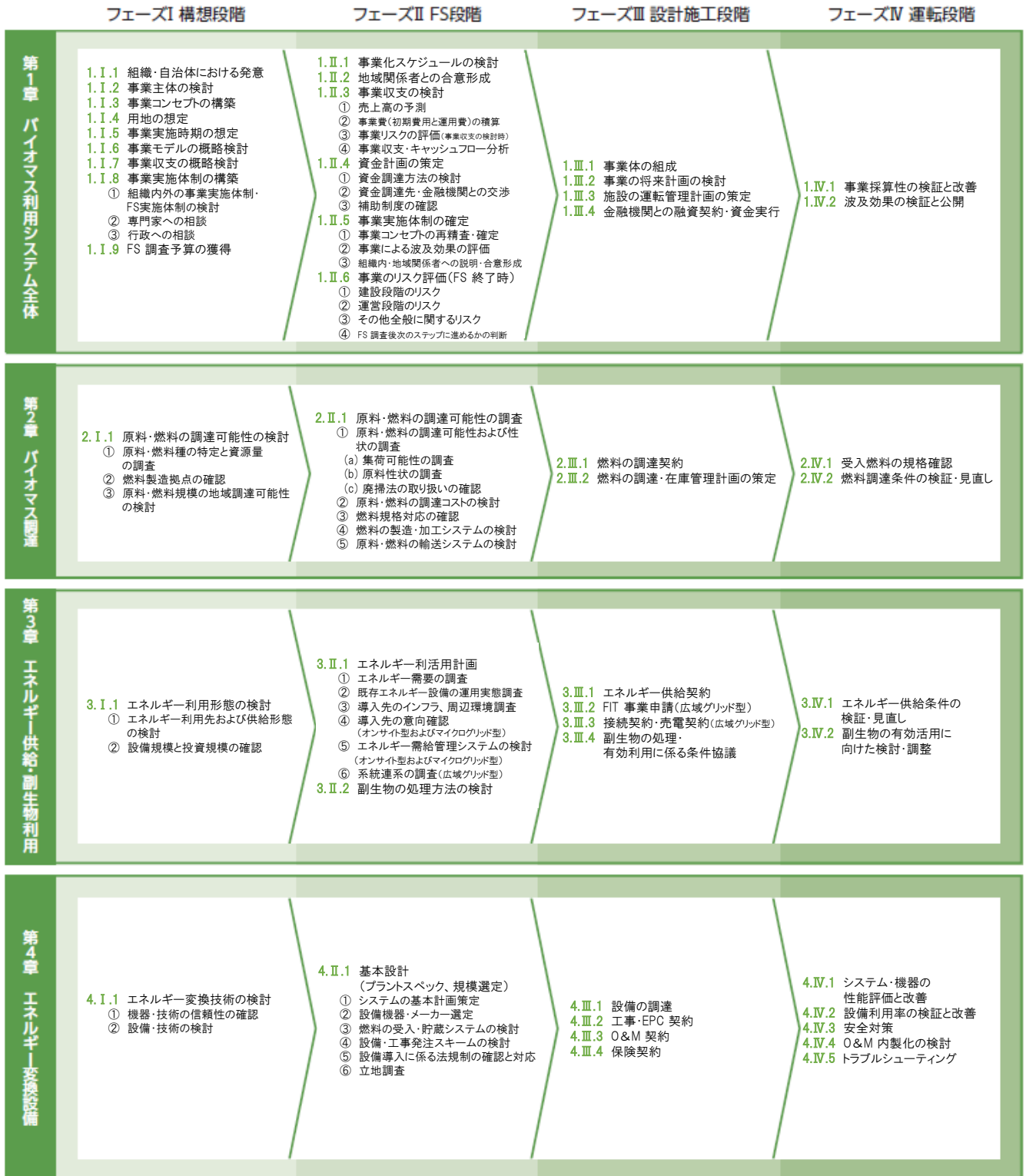


図 1.1.3 木質バイオマスエネルギー事業の実施事項の全体像

(出所) みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成



# 1.4. 持続可能なバイオマス事業のためのチェックリスト（抜粋）

上述のチェックリストのうち、構想～FS 段階かつ特に重要なものを以下に示す。詳細は第 2 部を参照されたい。

## フェーズ I 構想段階のチェックリスト（抜粋）

項番号	実施事項	留意事項	チェック	解説
1. I. 2	事業主体の検討	ビジョンのみが先行して事業主体が想定できない計画となっていないか？資金力や実行力も含めた事業主体を想定することができるか？		特に自治体事業の場合は青写真を描いたもの、実施主体をはじめとする 5 W1H が想定されていなかったため、FS の事業化に進めなかったケースが数多く存在する。事業主体が明確な場合も FS 調査費、初期投資を賄うことができる「資金力」を有するかを確認する必要がある。
		事業の実現に向けて中心的に動ける担当者が存在し、そのサポート体制も構築できているか？		事業主体が決まっても、専門的知見を有する人物の不在や、中心的な担当者が不在で、それぞれの担当がバラバラに動いた結果、プロジェクトが予定通り進捗しないことがある。
1. I. 3	事業コンセプトの構築	事業の目的が整理できているか？また、それらを関係者と共有できているか？		事業目的が整理できていないと事業計画の具体化の際に適切な選択がなされず、バイオマス利用による事業者や地域が期待するメリットが得られない、課題解決が果たせないことにつながる。また、関係者に対して事業目的を共有できていないと必要な協力が得られない他、不十分な理解により事業化段階や事業化後にトラブルになることもある。
		特定の技術・機器を前提とした計画や規模感になっていないか？交付金や補助金先行の計画になっていないか？		特定の技術の利用や補助金の取得が事業実施の主目的となり、事業実施意義の検討があまりない状態に進んだ結果、稼働後原料・燃料調達を含む関係者の協力が得られず頓挫した事例も存在するため事業実施意義を事業者自ら整理することが必要。
		地域からの反対を受けるような計画になっていないか？社会的に問題になるような計画になっていないか？		バイオマスエネルギー設備の稼働後、原料の輸送車両の往来や景観上の問題、騒音などにより住民問題に発展するケースもあるため対策が必要。また、製紙用チップや既存の木材関連業者とも原料調達の住み分けを明確にし協力関係を築かないとトラブルに発展することもある。
1. I. 4	用地の想定	地形、地質に問題はないことを確認したか？		計画地が大規模災害（地震、津波、火山噴火、水害、土砂災害、高潮など）の被災リスクの高い場所でないかどうかは、国土交通省や該当自治体（県・市町村）が提示しているハザードマップで確認ができる。
		バイオマス燃料調達範囲、周辺環境、インフラを考慮した用地を想定できているか？		施設へのアクセス道路が狭く離合が困難である場合や、近隣に住居や学校、病院がある場合や、搬入の頻度や時間帯を考慮する必要がある。
1. I. 5	事業実施時期の想定	事業実施時期は想定できているか？		運転開始時期と建設工期が整合しない場合は、原料、副生物処理・利用、エネルギー利用を再度確認し、ショートカットできる行程があれば工期短縮の可能性を検討する。工期短縮が難しい場合は、希望する開発スケジュールで実施可能な事業形態を選択し直す必要がある。
1. I. 6	事業モデルの概略検討	原料調達・加工、設備運転、エネルギー・副生物利用・処理までの実施者や拠点が想定できるか？		ビジネスモデルを考える際は SW1H を明確化する。「Why? なぜ事業を実施するか？/Who? 誰が事業を実施するのか？/Where? どこで事業を実施するか？/When? いつ事業を実施するか？（いつまでに事業化判断が必要か？）/Which? どの技術を用いるか？/How? どのようにエネルギー・副生物を利用するか？」
		特別な許認可の必要な事業ではないか？またその取得も想定しているか？		建築廃材などの廃棄物扱いのバイオマスを収集する場合は廃棄物処理法において許認可を取得することが定められている。
1. I. 7	事業収支の概略検討	収益構造・採算性のターゲットが想定できているか？（処理費低減、売電・売熱、エネルギー費低減など）		構想段階では最低限「どの程度バイオマス燃料が調達できるか？取引価格の水準はどの程度か？」どの技術を採用するか？事業費の規模感はどの程度か？「売電や売熱の年間の規模感や取引価格の水準はどの程度か？」を整理し事業収支の概略検討を行う。
1. I. 8	①組織内外の事業実施体制・FS実施体制の検討	信頼できる技術力のある専門家・専門機関も交えたFS調査の実施体制を構築できるか？		FS調査を実施する上では、原料集荷から燃料加工、エネルギー変換・利用にわたる幅広い知識と事業化スキル・実績を有し、かつ全体のコーディネート力のある専門家に協力してもらうのが望ましい。燃料調達に関しては林業や廃棄物の法規制への理解も必要である。
	②専門家への相談	構想の具体化について専門家や専門機関・支援機関等に相談して助言を受けているか？		バイオマスエネルギーの知見を持たない担当者が理念先行で取り組み、燃料の安定調達体制や事業化体制構築、採算性の検証が不十分なまま進めた結果、資金調達の段階で計画全体の見直しを求められる、運用段階でのトラブルや事業頓挫に至ったケースも見られる。
	③行政への相談	構想について地元行政に相談や情報提供ができていますか？その上で行政の協力が得られそうか？		特にバイオマス発電のように大量の原料を必要とする事業においては原料の量的な確保や既存の流通への影響の問題もあることから、早期に都道府県の林業担当に相談に行き、構想について共有するとともに流通向等の情報を得ることが望ましい。
1. I. 9	FS調査の調査予算の獲得	国の補助メニューの活用を含めFS予算を確保できるか？		FS調査には「簡易的な（部分的な）FS調査」と「詳細なFS調査」があり、それぞれ、100万円～1,000万円を超えるような程度の予算が必要となる。詳細なFS調査の予算が確保できなくても簡易FSで事業実現性を検討したうえで詳細なFS調査に進むことが望ましい。
2. I. 1	①原料・燃料種の特定と資源量の調査	原料および燃料の種類は特定できているか？それらが地域で調達可能なことを確認したか？		原料および燃料によって利用可能な技術やビジネスモデルは大きく異なる。また、統計上では資源のポテンシャルがあるように見えても実際には林業事業者や輸送業者の体制により調達可能な量が限られることが多い。
		原料および燃料価格の動向と他の材との競合状況を確認したか？		原料および燃料の価格は林業や製材業等の上流側の産業、並びに周辺地域の発電所などの需要によって変動する。
		地域で調達候補となる原料または燃料の性状を確認したか？		原料および燃料の性状には含水率、密度、灰分、不純物量、形状など様々な指標がある。これらがエネルギー変換設備（ボイラーやガス化設備など）に適合せずに運転トラブルが発生する事例も多数存在する。
		原料および燃料中の水分を把握したか？また、水分指標について正確に理解しているか？		重量あたりの木材の発熱量は水分が低下するにつれ増加し、乾燥した燃料の方が変換設備に投入した後、蒸発に奪われる熱量が減るためエネルギー効率が高くなる。できる限り水分が低い木材の調達、あるいは事業者自ら木材を乾燥することが望ましい。
		原料および燃料の密度を把握したか？また、体積と重量の換算方法について理解しているか？		原料およびバイオマス燃料の密度の認識が関係者間で統一できていないと取引の際にトラブルが生じる。調達契約締結に向けた交渉の際に、事業者と林業従事者、チップやベレットの取扱者との間で想定する密度の認識が異なると、取引価格にもずれが生じる。
		想定するバイオマス燃料と化石燃料の価値を比較したか？		チップやベレットは重量単位で取引される一方、化石燃料は容積単位で取引されることが一般的である。両者は熱量単位を基準に価値を比較することが重要である。なお、通常用材は容積単位の価格（円/m <sup>3</sup> ）で、製紙用チップは絶対重量単位の価格（円/dry-t）で取引される。
		②燃料製造拠点の確認	チップやベレットなど燃料の生産拠点を確認し、調達方法、新たな拠点整備の有無を検討したか？	
3. I. 1	①エネルギー利用先および供給形態の検討	地域の電力系統の容量が逼迫している地域ではないか？		FIT制度下で急増した太陽光発電などの他の再生可能エネルギー発電施設の導入状況によっては、地域の電力系統の容量が逼迫し、発電所の施設が建設できなかったケースが多数存在するため電力会社に確認が必要。
		熱の供給先は想定できているか？		オンサイト型の熱供給の場合は施設内または隣接地の熱の供給先に係る Long list を作成する。FS段階で調査を進めながら Short list を作成していく。
		需要先で必要な熱媒体（温水・蒸気など）や熱需要の規模感は想定できているか？		構想段階では、熱の需要先を想定するとともに必要となる熱媒体および規模感についても検討を行う。主な熱媒体としては温水と蒸気があり、それぞれ生成するプロセスや技術が異なる。
②設備規模と投資規模の確認	設備単体だけでなくシステム全体での建設費、投資規模は想定できているか？		発電機やボイラーなどのエネルギー変換設備以外に土木建築や建屋、配管などの周辺設備の費用も想定する必要がある。また土地を取得する場合は土地購入費、広域送電の場合は系統連系費用、事業者自ら原料・燃料を搬出・輸送する場合は重機・車両購入費なども必要。	
4. I. 1	①機器・技術の信頼性の確認	導入予定の機器・技術について、実証ではなく商用ベースでの導入実績があることを確認したか？		実証技術や海外で実績のある技術でも国内の商用化条件で実施したところ安定稼働ができない事例が存在する。国内の商用運転の事例の有無を確認し視察などを行ったうえで選定する必要がある。
		<熱分解ガス化設備の場合> 海外製品の場合、使用予定燃料のサンプル品を提示して海外メーカーの了解を得られているか？		海外で開発されたバイオマス機械は海外の木材の材質に最適化されているため、国内に導入した際想定外のトラブルを引き起こすことがある。また、バイオマス燃料材そのものの性状に加えて、出材や貯木の環境の影響を受ける場合がある。

## フェーズⅡ FS段階のチェックリスト（抜粋）

項番号	実施事項	留意事項	チェック	解説
1.Ⅱ.1	事業化スケジュールの検討	許認可対応、建設工期、試運転期間などに必要な期間を考慮し、無理のないスケジュールが組まれているか？		一般的に検討開始から事業化判断までに少なくとも1年以上かかるケースが多い。林業や燃料供給業者、サプライチェーン関係者の他、行政、住民等との調整次第ではさらに時間が掛かることがある。また、FIT制度の系統接続手続き、各種法規制・許認可対応、建設工事の期間も考慮する必要がある。
1.Ⅱ.2	地域関係者との合意形成	地域関係者との合意形成はできているか？		特に新規にプラントを建設する場合、地元との合意形成が得られずに建設工事が大幅に遅延したり、事業の縮小を余儀なくされたりといったことも起こりうるため、計画の初期段階から、県や市などの地元行政に適宜相談して指導を仰ぐことはもちろん、立地する地域の周辺住民に対する事業説明会を開催するなど、十分な調整を行うことが必要である。
		地域の関係者による協議会を開催し、事業の内容についての理解醸成を図っているか？		バイオマスエネルギー事業実施における、地域の関係者への理解醸成、並びに専門家からの助言を得る手段として、協議会（または推進委員会）を開催することが有効である。
1.Ⅱ.3	①売上高の予測	原料・燃料調達にかかるチェック項目に留意の上、その価格や量につき設定されているか？		バイオマスの売り上げを考えると当たっては、FIT制度を活用した発電であれば、①燃料の確保、②運用面を含む想定通りのプラント性能の発揮、③②も含めた設備稼働率、がポイントとなる。
		熱供給や副産物の販売による収入を見込む場合、そのリスクを踏まえ売上見込みを立てているか？		熱供給を行う場合や、その他の副産物の販売を行う場合には、FIT制度に基づく電力の販売とは異なり、④供給先の需要や価格等もポイントとなる。
	②事業費（初期費用と運用費）積算	メーカー等の見積を取得したうえで、将来的な追加コスト発生リスクについて考慮された一定の余裕のある建設費・O&M費積算を行っているか？		設備運転に必要なメンテナンス費は年々増加していくことを想定しておく必要がある。見積の事業性を良くするために実際には生じる大規模メンテナンスを計上しないメーカーがあるので注意が必要である。
	③事業リスクの評価（事業収支の検討時）	技術的な裏付けのある運転計画の条件をベースとした収支計画が組まれているか？		メーカーのカタログ値そのままの収支を検討すると実際とギャップがあるため、メーカーより物質収支表（ヒートマテリアル・バランス表）を入手し査定することが望ましい。
④事業収支・キャッシュフロー分析	提示された事業性分析結果は理想的な条件で計算されていないか？		メーカーやコンサルタントから提示される事業採算性に関する前提条件も理想的な数値であることもあるため前提条件や根拠を確認する。具体的には設備利用率が異常に高い値である。投入するチップやペレットの熱量が一般値より異常に高い、排水処理コストや副産物処理コストが計上されていないなどが挙げられる。	
	損益計算だけではなく、キャッシュフローの分析がなされているか？		事業収支と資金繰りは異なる問題であり、収支が確保できても資金がショートすることはあるため、損益計算だけではなくキャッシュフロー分析を行う必要がある。さらに、投資回収年、IRR、DSCRなどの財務指標を用いた財務分析を行う必要がある。	
1.Ⅱ.4	①資金調達方法の検討	資本金や本業の事業規模に対して過大な投資規模の事業となっていないか？		資本金や本業の事業規模に対する投資規模は事例によって異なるが、新規事業としてのバイオマス事業は一定のリスクを伴うことから、本業の事業規模を上回る投資は望ましくない。
		資金調達について、基本的な枠組み（融資・出資・補助金等の割合やその調達方法等）に無理はないか？		事業の実施規模と用いる技術が定まると、およその初期投資額の把握が可能となる。FS段階では、それに応じた資金調達方法を検討する必要がある。借入規模を含め、ビジネスモデルが固まった段階で金融機関と相談することが望ましい。
	②資金調達先・金融機関との交渉	資金の調達候補先との間で事業に対する理解や条件等についての協議がなされているか？		融資（借入）の場合は、事業主体の「本業」の規模やエネルギー事業の規模に応じて、金融機関からの適切な借入額を検討する必要があり、その際の指標として、売上高や利益、資産額などが用いられる。
	③補助制度の確認	設備の設計・導入に係る国、県等の補助制度や要件は確認できているか？		制度によっては目的外使用、改造、処分等を行う際は国庫納付金の支払や経済産業大臣の承認が必要な場合がある。また、委託事業の場合は事業終了時に設備を簿価で買い取る必要があることもある。その他FIT制度と併用して適用される補助制度はほとんどない。
④金融機関との融資契約・資金実行	金融機関から融資の合意が得られているか？または出資等による資金調達が可能か？		バイオマス燃料調達の安定性、機器の実績は特に重要であり、燃料調達は協定書ではなく契約書の締結を金融機関から要求される場合もある。また、バイオマス事業の社会的意義について金融機関が納得し、最大限の支援を行う意思が見られる場合は、融資ではなく出資を通じた事業参画を行うケースもある。	
1.Ⅱ.5	①事業コンセプトの再精査・確定	構想段階の事業コンセプト・ねらいからふれた計画となっているか？		FS調査を進めるにあたり、多くの場合構想段階で描いたビジネスモデルや実施規模、協力関係者の変更修正を余儀なくされ、当初構想段階で描いた本来の目的や事業コンセプトの方向性から乖離してしまうことがあるため（地域活性化目的がいつの間にかFITの売電収益目的になる等）、社内外の関係者との実施体制構築にあたり事業意義を明確化する。
	②事業による波及効果の評価	事業による地域への波及効果等の評価がされ、地域からの理解醸成に活かされているか？		サプライチェーン上流から下流までの様々な地域関係者との間で協力体制を構築する際、地域関係者へのメリットを波及効果として定量的に示すことで事業の意義の理解の促進と事業実施体制の構築を円滑にすることができる。
	③組織内・地域関係者への説明・合意形成	事業主体は確立しているか？原料調達から加工、運搬、エネルギー転換・利用までの主体は明確となっているか？		FS時点でもビジネスモデルを描いたにも関わらず、「実施者」が不在で実現に至らなかったケースや、地域関係者の協力が得られなかったケースが数多く存在する。
有資格者の選任が必要か？地域での募集は可能か？			バイオマスエネルギー事業では導入する設備や規模に応じて必要な有資格者が異なる。想定するビジネスモデルで必要となる有資格者を整理し、必要に応じて雇用計画を進める必要がある。	
1.Ⅱ.6	①建設段階のリスクとその対処方法の例	そもそも完工しない、あるいは、所期の性能を発揮しないリスクにつき認識し、可能な限りの対応が考えられているか？		国内の事例では事業に必要な許認可や土地の取得が大幅に遅延するまたは最終的に許可が下りないケースが見られる。また、工事期間中やプラント設備の発注後に、工事業者やプラントメーカーが倒産してしまう事例やプラントが完成しても燃料等の問題で想定していた稼働が実現できないことがある。
		完工が遅れる（タイムオーバーラン）リスク及び、その場合に生じる問題につき認識し、可能な限りの対応が考えられているか？		完工が遅れると、バイオマス燃料の供給側に迷惑をかけることとなり、プラントが完成していないにもかかわらず、燃料の引き取りは開始せざるを得なくなることもある。さらに、キャッシュインが遅れる一方で、融資への金利支払いや人件費等の経費はかかることになる。
		建設コストを中心とした建設段階にかかる費用が高む（コストオーバーラン）リスクにつき認識し、適切な予備費が計上されているか？		一般的には、建設請負契約において、発注者・受注者のどちらが負担すべきが記載されているが、その場合に、発注者の負担となる場合が記載されていることが多い。また、タイムオーバーランが生じた場合にもコストが高むこととなる。これらのリスクを踏まえ、建設請負契約の条項を交渉したり、適切な予備費を確保するなどの対応策を講じておくことが望ましい。

項番号	実施事項	留意事項	チェック	解説
1. II. 6	② 運営段階のリスクとその対処方法の例	当初予定した調達する燃料の量・価格・質が事業期間中維持されるための対応が取られているか？		国内では、一般的には燃料調達先との間で、拘束力のない協定書を締結することが多いが、その場合、燃料の量や価格・質に関して変動するリスクを負ってしまう。燃料供給先と事業期間中において燃料の量・価格・質を固定した燃料供給契約を結ぶことができることが望ましい。
		燃料調達先との契約の維持（倒産などへの対応も含む）につき、可能な限り対応が考えられているか？		安定調達の契約を締結できたとしても、調達先に長期間を維持できないとあまり意味がない。したがって、まずは十分な燃料の賦存量を確認するとともに、競合プラントが出現した先に競合先と、不測の事態に供給条件の変更を迫られる可能性を低減すべく、まずは燃料調達先と強固な関係を築くことが重要である。
		稼働後に故障その他により初期の性能を発揮しないリスクにつき認識し、可能な限りの対応が考えられているか？		不測の事態が生じた場合に備えて、費用負担やメーカーや工事業者との契約における保障条件や内容を十分に検討しておく必要がある。稼働開始後の外部環境の変化などによる追加コストは必ず発生するという前提の元、例えば、予備費用として収益の5%以上準備しておくことが望ましい。
		メーカーの倒産や部品在庫等の問題により、メンテナンスを適正に受けられないリスクにつき認識し、可能な限りの対応が考えられているか？		特に海外のメーカーの機材を用いる場合には、本国から部品等を運搬するのにコストや時間がかかったり、技術者の出張も必要となる場合は、そのコストも大きなものとなる場合がある。メーカーの倒産リスクについては、まずは信用力について可能な限り調査したうえで、可能であれば海外の信用調査機関等も活用することも有効である。
		熱供給を行う場合や、その他副生物を販売・処理する場合に、その需要や価格（処理コスト）の見積りは適正にできているか？		化石燃料価格の変動への対処方法は、燃料価格、熱供給価格を長期間固定化する手法が有効である。また、先行事例では化石燃料のサーチャージとして料金を設定しているケースもある。
	③ その他全般に関するリスクとその対処方法の例	熱供給先や副生物の販売先（処理委託先）との契約の維持（倒産などへの対応も含む）につき、可能な限り対応が考えられているか？		FIT制度下の売電と異なり熱供給や副生物の販売、あるいは副生物の処理については、相手方の契約次第で、量も価格も変動する。場合によっては、供給・販売や処理を事業期間中に断られることもある。これらのリスクは、まずは、相手方との契約内容の交渉により可能な限り排除することが望ましい。
		自然災害等の不可抗力による事業への影響につき、適切な対応が考えられているか？		自然災害やメーカーや工事業者に責任を問うことができないようなプラントの不具合などの不可抗力についても、各種契約において、誰がその負担を行うのかを決めておく必要がある。これらのリスクは保険でカバーすることが一般的である。
		法令遵守等コンプライアンス面について、事業期間中に維持できる体制が構築されているか？		法令遵守等のコンプライアンス面の問題を起して稼働停止期間が生じると業績にダメージが生じるだけでなく、問題によっては周辺住民の排斥運動に発展する恐れも否定できない。法令遵守などは専門的な事項も多いため、それらを理解し実行できる人材が必要であり、日ごろの従業員教育に加え、有資格者が必要な場合もある。
		ジョイントベンチャーにて他者と共同して事業を行う場合、意見が対立した場合における取り決めが適切になされているか？		JVを組成する場合、当初はコンセンサスが醸成された旨が考えられていても、事業が進むにつれて意見がずれ違ひ事業遂行に影響が出ることもある。そのため、例えば出資者間協定の形で、それぞれの役割分担や意思決定方法等を定めておくことが重要である。
	④ FS調査終了後、次のステップに進めるかの判断	事業性、実施体制、原料調達・エネルギー供給等の事業リスクを踏まえ事業化が可能か？（設計施工段階に進むことができるか？）		1. 採算性が確保できるか？、2. 実施体制が構築できているか？、3. 原料バイオスの調達ができるか？、4. エネルギー需要を確保できるか？、5. 資金調達の蓋然性は高いか？を確認の上、事業化を判断する。
2. II. 1	① (a) 集荷可能性の調査	季節変動による調達量に大きな影響はないか？		燃料用を含む木材は一般的に季節変動が存在し、地域によって流通状況や季節変動は異なる。そのため、特定の月や年間総量だけでなく、毎月の調達可能量を基に事業規模および原料、燃料ポートフォリオを検討する必要がある。
		<森林未利用材を利用する場合> 地域の森林成長量や林道整備状況、林業活動などの実状を踏まえ、持続可能なバイオス調達が見込まれるか？		持続的な森林バイオス利用のためには、成長量の範囲内かつ木材のカスケード利用を前提とした利用を行う必要がある。また、林道の距離を踏まえても長期的に調達が困難にならないか、伐採後の再造林・更新が担保されているか確認する必要がある。
		地域の林業事業者、輸送業者の体制的に十分集荷可能な量か？		原料および燃料の賦存量≠調達可能量であり、実際に伐採を行う林業事業者や輸送業者の体制がボトルネックになることが少なくない。また、製紙用チップや製材用も含めた燃料用以外の木材サプライチェーンに影響を与えない範囲で調達しないと持続可能な事業とならない。
	① (b) 原料性状の調査	導入予定のエネルギー変換技術で要求される燃料規格を理解しているか？		ボイラー、ガス化などのエネルギー変換設備は、メーカーの設備毎に使用可能な燃料規格が定められている。指定の規格が守られていない場合は、灰量の増加、定格出力の低下、搬送系のトラブル、故障に繋がる。
		① (c) 廃掃法の取り扱いの確認	原料の廃掃法上の取り扱いが整理されているか？ 事業・設備・車両の許認可対応は大丈夫か？	
	輸送・加工・利用の上での周辺環境への影響はないか？ 近隣からの理解は得られるか？			特に廃棄物系のバイオスの場合は原料や燃料の加工、輸送による騒音、悪臭などが住民問題となることがあるため、住民説明会などを開催し合意形成を行う必要がある。
	② 原料・燃料の調達コストの確認	周辺地域の木材需要を踏まえ、中長期にわたり安定的な価格で原燃料を取引可能か？		チップやベレット向けの原料木材供給業者は零細企業が多く拘束力のある契約締結が困難な場合が多い。そのため、バイオス発電施設が集中するエリアや、近隣に大型輸出港を有するエリアでは他の木材需要家の事情に応じて調達価格や量が不安定になるケースがある。バイオスエネルギー事業の実施体制に原料・燃料供給側も参画させることで安定化を図る事例も見られる。
		③ 燃料規格対応の確認	ボイラー・発電設備等の燃料規格に対応した燃料を生産できる設備・体制を取ることができるか？	
	<熱分解ガス化設備の場合> ガス化発電設備は日本の樹種等への規格対応は実機レベルで長期の検証がなされているか？			欧州規格のチップやベレットで安定稼働を確認できたガス化設備でも、日本の国内地域の樹種では欧州規格の品質を満たしたにも関わらず安定稼働ができないケースが少なからず存在する。日本国内での商用運転の実績を確認する必要がある。
	投入時に要求される燃料の水分率管理のための貯留、乾燥設備を採用しているか？			ガス化設備の安定稼働のためにはバイオス燃料の成分・形状・水分・強度などの品質要素について加工・保管・輸送・設備内の搬送・投入まで適切に管理する必要がある。特に水分管理は重要で、製造時は仕様の水分率を満たしていても、輸送中や貯蔵中に空気中の水分を吸収し、投入時点で仕様の範囲外の水分率まで上昇することによるトラブルが多い。
<熱分解ガス化設備の場合> 篩によって選別される不適合品の割合を把握し、それらの処理・活用工程まで考えられているか？			ガス化設備の安定稼働のためには燃料の形状も重要であり篩分け装置の導入が必要となる。ただし、同装置ではじかれたバイオス燃料は発電に利用出来ない発電用燃料を購入していることと同義であり、これが有価で利用できないと採算性が悪化する。	
	ベレットを混焼する場合、炉内温度の上昇や通風設備の負余力を踏まえた適切な混焼率を設定しているか？		もともと木質チップベースで設計されたボイラーでベレットを混焼させる場合、ベレットの方が高発熱量であるため、炉内温度の上昇や、ガス量やガス性状の変化により通風設備の負余力を超過することで運転トラブルが発生する可能性がある。	

項番号	実施事項	留意事項	チェック	解説
2. II.1	④燃料の製造・加工システムの検討	ボイラーや発電設備の燃料規格に適した燃料製造、加工が可能なシステムか？		ボイラーや発電設備（BTG、ガス化等）のエネルギー変換設備はそれぞれ利用可能な燃料性状（水分率、形状、成分など）があり、通常品質規格で担保される。未利用資源や低質資源の利用や乾燥プロセスの簡易化などの燃料の低価格化に重きを置きすぎると設備が許容可能な燃料品質の範囲を逸脱してトラブルが生じることがある。
		燃料品質や原料種を重視しすぎて生産設備に過剰投資をしていないか？ 燃料生産設備の採算性を確認したか？		地域材の地産地消や高品質規格を重視し過ぎて事業規模に対して過大な燃料生産設備の投資となり、採算性が悪化するケースがある。燃料生産の採算性を高めるには自社利用だけでなく面的な供給も検討することが重要。その他、無理にチッパー等の設備を購入せずにレンタル・チャーターすることも有効。
		有価物として取り扱う場合、輸送費以上の取引価格となっているか？		輸送距離が長いと輸送費により事業性に影響が発生するため、可能な限り近距離からの原料・燃料調達望ましい。輸送費を低減する方法として、トラック容量と貯蔵設備の拡大による往復回数の削減、帰りの活用、その他森林未利用材の場合は中間土場などの物流を踏まえた加工サイトの工夫が考えられる。
		1日のトラック搬入回数が把握されているか？通学路等に影響がないか検討されているか？		稼働後は廃棄物などを輸送する運搬車がプラント周辺を多数往來するため、近隣住民から騒音や悪臭などに関するクレームが発生し事業停止に至った例もある。事業化判断前に行政と連携し住民合意を要する必要がある。
3. II.1	①エネルギー需要調査	<オンサイト型の場合> 季節別、時間帯別、複数年の傾向の熱・電気需要特性と必要な供給条件が把握できているか？		エネルギー需要は1日の時間帯、曜日、月単位でも変動するため、エネルギー供給を行う場合は、複数年の傾向からレギュラーな要素を除いて平均的な需要を把握し最適な条件を検討する。熱利用の場合は供給候補先の熱性状スベック（温度帯、圧力等）を把握する。熱需要が少ない場合は低温排熱も含めた熱の需要創出も検討することが望ましい。
		②既存エネルギー設備の運用実態調査（オンサイトおよびマイクログリッド型）	既存システムの更新時期や老朽化の状況などは確認できているか？	
	③導入先のインフラ、周辺環境調査（共通）	周辺環境に悪影響のない事業モデルとなっているか？		居住地が近いと燃料の搬送や投入、機器の運転による騒音・振動・臭気、粉塵が原因で稼働開始後に住民とのトラブルに発展したケースや、計画時点で住民反対により頓挫したケースもある。場所によっては、こうした課題の一義的な解決が難しい場合があるが、住民が被るリスクに対して真摯かつ「目に見える形」で対応することで理解を促していく必要がある。
		法規上の離隔距離を適正に確保できているか？		ボイラーをはじめとする燃焼設備を用いる場合は消防法および自治体の火災予防条例において、設備配置における離隔距離が定められている。
	④導入先の意向確認（オンサイトおよびマイクログリッド型）	導入先のバイオマス利用目的と合致したビジネスモデルとなっているか？		需要家がバイオマスエネルギーを利用する背景は、経済性、地域貢献、CO2対策、SDGsやESG対応など様々であり、供給側がこれらのニーズを理解しWin-Winの関係にならないと持続的な事業にならない。また、例えばバイオマスボイラーの導入はユーザリテイの面で一般的には化石燃料ボイラーに劣ることが多いため、こうしたリスクについても伝え、対応策を検討する必要がある。
導入先の担当者に対して事業目的や役割、管理方法は明確に伝わっているか？			市町村や経営者の意向でバイオマスボイラー等を導入したが、実際に設備を運営する現場担当者との温度差が生じ円滑な運営ができない事例がある。特に指定管理者に導入背景や目的、バイオマスボイラーの管理方法などが十分伝わっておらず、設備トラブルや運転管理への支障が生じている事例も散見される。	
⑤エネルギー需給管理システムの検討（オンサイトおよびマイクログリッド型）	<オンサイト型およびマイクログリッド型熱利用の場合> 需要規模に対して過大な需給管理システムが導入されていないか？		バイオマスボイラーは柔軟な出力調整に適していないため、需要変動に合わせた対策が必要になるが、まずは需要先設備の省エネ・断熱や運用方法の見直しといった安価かつ簡易な方法でピークカットできる場合が多い。そのうえで、蓄熱槽の導入を含めた需給管理システムを検討する。	
	<オンサイト型およびマイクログリッド型熱利用の場合> バックアップや貯蔵システムの組み合わせによる特に熱の需給管理のシステムが構築されているか？		設備トラブルによって熱供給が滞るリスクをゼロとすることは難しいため、従来の化石燃料ボイラーをバイオマスボイラーに置き換える場合は、既存の化石燃料ボイラーをバックアップボイラーとして残すことが望ましい。	
3. II.2	副生物の処理方法の検討	焼却灰等副生物の処理先や価格が想定できているか？		バイオマスの燃焼灰は肥料としての活用の検討が進みつつあるが、現時点では都道府県から産業廃棄物として扱われ肥料利用の許可が下りない事例が多い。そのため、灰の販売収益を過剰に想定せずに産業処理の場合で採算が取れるか確認が必要。
4. II.1	①システムの基本計画策定	燃料の成分、塩素やシリカ分、アルカリ金属、灰分、水分を踏まえた適切な技術・機器選定がされているか？		アルカリ金属類が多い場合は炉内でグリタが発生し、塩素や硫黄が多い場合は腐食が生じる。また、灰分が多い場合は灰だし装置の仕様に影響することがある。
		建屋やサイロは土木建築費やハンドリング等も踏まえた適切な仕様、レイアウトとなっているか？		施設内でのバイオマス燃料の動線、最短経路、経路が長いとマテリアルトラブルの可能性が高まる。国内のバイオマスエネルギー施設で発生するトラブルの約7割はマテリアルハンドリング絡みと言われている。マテリアルハンドリングトラブルの要因は、バイオマス燃料のサイズのばらつきが影響することが多い。
		発生する燃焼ガスの性状に応じて、排ガスの処理装置等の検討がなされているか？		バイオマス燃料の種類（廃棄物系かそれ以外か）によって発生する排ガス性状が異なるため、それぞれに適した排ガス処理装置を導入する必要がある。
		<熱利用の場合> 熱需要のピークに合わせて無理に過大な規模が選定されていないか？		国内事例では、熱需要に対して過大な規模のボイラーに投資したため事業性が悪化するだけでなく低負荷運転によるボイラー劣化を引き起こしたケースが多い。熱需要のピークに合わせてボイラー規模を選定するのではなく、蓄熱槽や貯湯槽の組み合わせ、並びに断熱材や運転方式の工夫によりピークカットしたうえで適度な規模を選定することが重要。
		<熱の自家消費、外部供給の場合> 熱需要にあわせて供給熱量を制御できるシステムになっているか？		設備の熱出力は一定である一方で、熱需要は必ず変動するため余剰熱を処理できないと設備は停止してしまう。熱需要の変動が大きい場合、複数設備の設置による導入パターンも有効である。
		<熱の外部供給の場合> 熱供給先への販売単価は妥当か？異常に高い設定になっていないか？		バイオマスの持つ熱量からボイラー効率を考慮し、実際に化石燃料と同じ熱量を得るのに要したバイオマスの価格を踏まえ、購入者にメリットがもたらされる価格を設定する。

項番号	実施事項	留意事項	チェック	解説
4. II. 1	②設備機器・メーカー選定	特定の設備やメーカーを前提とせずに事業内容、特に地域で調達可能な燃料に合致した選択をしているか？		機器選定に係るコンサルタントがメーカーの関係者である場合もあり、機器選定の中立性を確認する。計画初期段階から特定の設備やメーカーに定めて共同で事業を進めた結果、最終的に導入した技術とバイオマス燃料がマッチせずに運転管理に問題が生じたケースが既存事例で散見される。対象とする設備が要求する燃料規格や性状を確認し、その燃料を地域で調達または生産可否を確認したうえで具体的な検討に進むことが望ましい。
		国内での商用実績およびメンテナンス性も確認したうえで設備選定を行っているか？		海外で実績がある技術や実証を終えたばかりの技術でも国内の商用運転条件では安定稼働できないことがある。また、運転管理の際のメンテナンスしやすさや、メーカー・代理店のメンテナンス体制の観点も考慮する必要がある。
		メーカー納期遅延に対する事業開始遅れのリスクが契約で担保されているか？		メーカー側の納期が遅れ1年以上遅延した事例も存在する。納期遅延は事業性に大きな影響を及ぼすだけでなく、大幅に遅れた場合、投資家が資金を引き上げることもある。なお、国内では海外のメーカーに設備を発注し、FOB時にほとんどの金額を支払ったが、工事中でメーカーが倒産したことで10億円を超える損失が発生した事例が存在する。
		タールの発生に対して適切に対処できているか？		熱分解ガス化設備ではタール（有機物の熱分解で生じる黒褐色の油状物）が設備運転に障害を及ぼすことがある。そのため、必要に応じ付加的なタール除去対策（ガス改質炉・スクラバー・ガスクリーニングフィルターの設置等）を施す。
		海外製品を利用する場合、事業内容や地域特性、法律への対応を考慮して採用しているか？		海外製品の場合、部品交換が必要な際に数か月程度かかるケースもある。また、海外メーカーは電気事業法や労働安全衛生法など設備設計に必要な法規制に対応できていない場合があるため、販売代理店を含め知見を有しているかを確認する。その他、ORC設備など大型の設備は分割して運ぶ際に道路運送車両法で定められたサイズ・重量の制約がある。
		年間設備利用率（発電量）の実績、国に樹種との相性を確認したか？		熱分解ガス化設備の場合は海外で実績があっても、国内で安定稼働できないケースが多々あるため国内での年間設備利用率の確認が必要である。特に、欧州製のガス化設備が要求する欧州の燃料規格の品質を満たしても国内樹種では安定稼働できないケースがあるため、メーカー側に想定する地域の原料を送付し運転試験を行うことが望ましい。
③燃料の受入・貯蔵システムの検討	燃料の搬入、施設での運転パターンを踏まえた適切なサイロの規模が設定されているか？		建屋やサイロの設計は第一に燃料運搬車両がスムーズに入れるか、無理のないレイアウトとなっているかを確認のうえサイロの規模を設定する。また、日本では土木建築にかかる費用が割高である。長期貯留の場合は地下ピット設置費用が相当額かかることになり、きちんとコスト計画に入れておく必要がある。	
	搬入時の粉塵発生に対する設備対応や近隣対策は考えられているか？		施設にバイオマス燃料を搬入する際に粉塵が飛散することにより近隣住民に迷惑をかけることがある。住民の洗濯物に粉塵が付着し、苦情やトラブルに発展するといった事例が少なくない。	
	適切な燃料受入・貯蔵の装置設計されているか？（燃料供給輸送装置、燃料貯留装置、燃料投入装置）		バイオマス燃料受入装置、用役供給装置（助燃油、薬品類等）、搬出装置等の設備配置計画や設備仕様を決定するにあたっては、事前に各車両の型式や大きさ等を設定する必要がある。	
	搬送系および貯蔵システムにおける燃料中の水分率の増加や微粉化に適切に対処できているか？		燃料生産時は設備の要求する乾燥水準となっても、輸送時や貯蔵時に平衡水分率まで戻ったことでトラブルが発生した事例が多数存在する（特にベレットが多い）。貯蔵段階で設備の排熱を生かした予備乾燥することも有効。ベレットを利用するタイプの熱分解ガス化設備の場合、微粉が炉内でトラブルを引き起こすことがある。多くの場合、微粉が発生するのはサイロからガス化炉投入口までの燃料の搬送時である。	
④設備・工事発注スキームの検討	設計・工事の発注の場合の大まかな仕様と発注方式は明確になっているか？		発注方式はEPC契約か分離発注のいずれかを選択する。発注者が初めて事業に挑む場合、発注者単独で設計を行うことは事実上不可能であるため、現在は一括発注方式（EPC方式）を採用するケースが多く見受けられる。なお、分離発注は発注側に十分な技術的知見があることが前提であり、実際には国内では事例が少ないのが現状である。	
	契約書において契約不適合責任や免責事項が明確になっているか？		分離発注は設備のイニシャルコストを抑えるための有効な手段の一つであるが、契約書で契約不適合責任や免責事項を明確にしておかないと運転開始後にトラブルが生じた際に、どの発注先（設備）の責任かが曖昧となり多大なコストが生じることになる。	
	単なる価格競争ではなく、バイオマス利用設備の設計への正しい理解のある企業主体が受注するための発注プロセスが検討できているか？		国内では特に自治体为主导する公共事業においてバイオマスエネルギー施設の設備設計に応募可能な事業者の資格や条件が決まっていることあるが、大手企業しか対応できないような厳しすぎる要件が含まれると、かえってバイオマスエネルギー設備の知見を有する企業が関与できない場合がある。	
⑤設備導入に係る法規制の確認と対応	採用するエネルギー変換設備に必要な法規制に対応できているか？		エネルギー変換設備の種類と規模によって必要な法規制対応が異なる。例として熱利用ボイラーの場合は労働安全衛生法、発電事業の場合は電気事業法、外部熱供給（21G/h）の場合は熱供給事業法、その他建築基準法、消防法および大気汚染防止法なども届出などが必要となる。	
⑥立地調査	<新規のプラントを建設する場合> 自然条件、自治体や住民の対応、リスク有無、原材料確保および用地費等で適地であるか？		自然条件によるリスクはハザードマップや外部不動産鑑定会社への調査委託などで基礎的な事項を把握できる。土地の地盤が脆弱な場合は造成費用や開発費用が発生する。また、計画地が文化財保護法における埋蔵物文化財包蔵地である場合は、届出と事前協議が必要となる。	
	発電機、冷却設備の規模に応じた用水の確保が可能な用地であるか？		ボイラー等の冷却のためには大量の用水が必要となる。井水が得られない場合は、冷却水を得るために遠方から配管で引水することとなり、初期費用が増大する。	

## 2章 バイオマスエネルギーの事業環境

### 2.1. 日本の再生可能エネルギーの現状と政策

#### (1) 共通

##### ① ゼロカーボン宣言

2020年10月26日、菅総理大臣（当時）は所信表明演説において、2050年カーボンニュートラルを目指すことを宣言した。さらに2021年4月に開催された気候サミットにおいて、2050年カーボンニュートラルの長期目標と総合的で野心的な目標として、2030年度には温室効果ガスを2013年度比46%削減することを宣言するとともに、さらに50%の高みに向けて挑戦を続けていく決意を表明した<sup>1</sup>。新しい目標は、2020年3月にパリ協定に沿って提出した「国が決定する貢献（NDC）」<sup>2</sup>で示された2013年度比26%削減を大きく上回るものとなった。本宣言を踏まえ、以下に示すような脱炭素化および再生可能エネルギーの導入を加速させる各種政策が策定されることになった。

##### ② 第6次エネルギー基本計画

エネルギー基本計画は、エネルギー政策基本法に基づいて策定される、エネルギーの需給・利用等に関する中、長期政策の基本指針である。2021年10月には、上記2050年のカーボンニュートラル目標を踏まえ、第6次エネルギー基本計画が閣議決定された。今回の計画では再生可能エネルギーを主力電源化として最優先の原則の下で、第5次計画以上に大幅に拡大していく方向性が掲げられ、2030年度の電源構成のうち再生可能エネルギーは36～38%、バイオマスは5%を担うとする方向性が示された。

表 1.2.1 第6次エネルギー基本計画における2030年度の電源構成

		(2019年 ⇒ 旧ミックス)	2030年度ミックス (野心的な見通し)	
<b>省エネ</b>		(1,655万kl ⇒ 5,030万kl)	<b>6,200万kl</b>	
最終エネルギー消費(省エネ前)		(35,000万kl ⇒ 37,700万kl)	35,000万kl	
<b>電源構成</b>	<b>再エネ</b>	(18% ⇒ 22~24%)	太陽光 6.7% ⇒ 7.0%	<b>36~38%*</b> ※現在取り組んでいる再生可能エネルギーの研究開発の成果の活用・実装が進んだ場合には、38%以上の高みを目指す。
	<b>水素・アンモニア</b>	(0% ⇒ 0%)	風力 0.7% ⇒ 1.7%	
	<b>原子力</b>	(6% ⇒ 20~22%)	地熱 0.3% ⇒ 1.0~1.1%	<b>20~22%</b> 太陽光 14~16%
	<b>LNG</b>	(37% ⇒ 27%)	水力 7.8% ⇒ 8.8~9.2%	<b>20%</b> 風力 5%
	<b>石炭</b>	(32% ⇒ 26%)	バイオマス 2.6% ⇒ 3.7~4.6%	<b>19%</b> 地熱 1%
	<b>石油等</b>	(7% ⇒ 3%)		<b>2%</b> 水力 11%
				<b>バイオマス 5%</b>
<b>( + 非エネルギー起源ガス・吸収源 )</b>				
<b>温室効果ガス削減割合</b>		(14% ⇒ 26%)	<b>46%</b> 更に50%の高みを目指す	

(出所) 経済産業省「エネルギー基本計画の概要」<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 外務省 日本の排出削減目標 [https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page1w\\_000121.html](https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page1w_000121.html)

<sup>2</sup> 日本のNDC <http://www.env.go.jp/press/110060/116985.pdf>

<sup>3</sup> <https://www.meti.go.jp/press/2021/10/20211022005/20211022005-2.pdf>

第 6 次エネルギー基本計画では、バイオマス発電は、災害時のレジリエンスの向上、地域産業の活性化を通じた経済・雇用への波及効果大きいなど、地域分散型、地産地消型のエネルギー源として多様な価値を有するエネルギー源であるとしている。一方で、再生可能エネルギーとして唯一燃料調達が必要であり、発電コストの大半を燃料費が占めているという特徴についても言及している。このため、バイオマス発電の導入拡大に向けては、限りあるバイオマス燃料の安定調達と持続可能性を確保しつつ、燃料費の低減を進めることが課題としている。こうした課題を克服し、地域での農林業等と合わせた多面的な推進を目指すために、次の方針を示している。

表 1.2.2 第 6 次エネルギー基本計画におけるバイオマス利用に係る該当箇所（抜粋）

#### **燃料ポテンシャルの拡大**

国産木質バイオマス燃料の供給拡大に向け、バイオマス関係省庁が連携して早生樹や広葉樹等の燃料材に適した樹種の選定や、地域に適した育林手法等の実証、木質バイオマス燃料の品質規格の策定等による市場取引の活性化等の取組を推進し、燃料費の低減と燃料材が重要な収益機会になりつつある林業者の経営の安定化の両立を図る。

#### **持続可能性の確保**

バイオマス燃料の持続可能性を確保するため、FIT・FIP 制度においては、環境、社会、労働、ガバナンスの観点に加え、食料との競合、ライフサイクル温室効果ガスの排出量等の観点について専門的・技術的な検討を踏まえ策定する持続可能性基準を満たした燃料を利用することを求めていく。加えて、既に認定を受けた案件について、事業計画に沿った事業を行っていないことが確認された場合、再エネ特措法に基づき指導、改善命令、必要に応じて認定取消しを行い、適切に事業を行うことを求めていく。

#### **熱利用・熱電併給の推進とコスト低減**

バイオマス発電及び熱利用等について、森林資源の保続が担保された形での木質バイオマスの熱利用・熱電併給に向けた施策を推進するとともに農山漁村再生可能エネルギー法等を通じて積極的に推進し、農林漁業の健全な発展と調和のとれた再生可能エネルギーの導入を進めていく。加えて、家畜排せつ物、下水汚泥、食品廃棄物などのバイオマスの利用や、耕作放棄地等を活用した燃料作物バイオマスの導入やコスト低減を進める。2022 年 4 月以降も引き続き FIT 制度が適用されるバイオマス発電は、地域活用要件の一つとして熱電併給を行うことが求められる。特に、大規模なバイオマス発電を中心に、競争を通じてコスト低減が見込まれるものについては、安定的かつ持続可能な燃料調達を前提に、FIP 制度に基づく入札制を通じて、コスト効率的な導入を促す。

(出所) 経済産業省「第 6 次エネルギー基本計画」を基に作成

### **③地球温暖化対策推進法**

地球温暖化対策推進法（以下、温対法）は、温暖化対策を国・地方自治体・事業者・国民が一体となって取り組んでいくために制定された法律である。温室効果ガスの排出量に対する報告義務や排出量抑制等について規定している。

2021 年 3 月には上述の 2050 年のカーボンニュートラル目標を踏まえ、7 回目の改正となる「地球温暖化対策の推進に関する法律の一部を改正する法律案」が閣議決定された<sup>4</sup>。主な改正点は以下のとおりである。

<sup>4</sup> <http://www.env.go.jp/press/109218.html>

表 1.2.3 地球温暖化対策推進法の主な改正点

**①パリ協定・2050年カーボンニュートラル宣言を踏まえた基本理念の新設**

「パリ協定」の目標や「2050年カーボンニュートラル宣言」が基本理念として法に明確に位置付けられた。政策の方向性や継続性を明確に示すことで、あらゆる主体（国民、地方公共団体、事業者等）に対し予見可能性を与え、取組やイノベーションを促進する。

**②地域の再エネを活用した脱炭素化を促進する事業を推進するための計画・認定制度の創設**

地方公共団体実行計画に、施策の実施に関する目標を追加するとともに、市町村は地域の再エネを活用した脱炭素化を促進する事業（地域脱炭素化促進事業）に係る促進区域や環境配慮、地域貢献に関する方針等を定めるよう努めることとする。

**③脱炭素経営の促進に向けた企業の排出量情報のデジタル化・オープンデータ化の推進等**

一定以上の温室効果ガスを排出する事業者に係る算定報告公表制度について、電子システムによる報告を原則化することで利便性向上を図るとともに、開示請求の手続なしで公表される仕組みとし、公表までの期間を以前の「2年」から「1年未満」に変更している。これにより、企業の排出量情報が広く活用されるようになる基盤を整え、企業の脱炭素への前向きな取り組みが評価されやすい環境を作る。

(出所) 環境省「5回 地域社会における持続的な再エネ導入に関する情報連絡会」資料を基に作成

このうち、「②地域の再エネを活用した脱炭素化を促進する事業を推進するための計画・認定制度の創設」についてはバイオマスエネルギーの今後の導入拡大に特に重要となる。

後述するゼロカーボンシティをはじめとする各地方自治体では、現地域資源である再エネの活用に積極的に取り組んでおり、その際、脱炭素化のみならず地域経済の活性化や、災害に強い地域づくりなど、地域の便益となる再エネ事業を目指している。一方、再エネ事業に対する地域トラブルも見られるなど、地域における合意形成が課題となっている。

これを踏まえ、今回の改正において温対法に基づく地方公共団体実行計画制度を拡充し、地域の環境保全や地域の課題解決に貢献する再エネを活用した「地域脱炭素化促進事業」を推進する仕組みを創設することで、地域の合意形成を円滑化しつつ、地域の脱炭素化を促進する方針を示した。併せて、実行計画で定める再エネの利用促進等の施策について、適切な実施目標の設定を促進するとした。

なお、地方公共団体実行計画では、①再エネの利用促進、②事業者・住民の削減活動促進、③地域環境の整備、④循環型社会の形成の4カテゴリについて施策の実施目標を定める必要がある（第21条第3項第5号）。①の再エネについて、基本的には、各地方公共団体の再エネポテンシャルを最大限活用する観点から、再エネ導入容量（kW等）を、再エネ種別ごとに設定することが考えられる。再エネ以外の施策（②～④）については、施策の実施状況の進捗管理を適切に行えるようなKPIとしての目標を設定することが想定されている。



表 1.2.4 地球温暖化対策推進法における地方公共団体実行計画に係る改正点

<p><b>1. 都道府県の地方公共団体実行計画制度の拡充</b></p> <p>(1) 都道府県は、地方公共団体実行計画において、その区域の自然的社会的条件に応じた再エネ利用促進等の施策に関する事項に加えて、施策の実施に関する目標を定めることとする（第 21 条第 3 項）。</p> <p>(2) 都道府県は、地方公共団体実行計画において、地域の自然的社会的条件に応じた環境の保全に配慮し、省令で定めるところにより市町村が定める促進区域の設定に関する基準を定めることができる（第 21 条第 6 項及び第 7 項）。</p> <p><b>2. 市町村の地方公共団体実行計画制度の拡充</b></p> <p>(3) 指定都市・中核市・特例市は、地方公共団体実行計画において、その区域の自然的社会的条件に応じた再エネ利用促進等の施策に関する事項に加えて施策の実施に関する目標を定めることとする（第 21 条第 3 項）。</p> <p>(4) 上記以外の市町村も、(1)の施策及びその実施に関する目標を定めるよう努めることとする（第 21 条第 4 項）。</p> <p>(5) すべての市町村は、上記の事項を定めている場合において、協議会も活用しつつ、地域脱炭素化促進事業（※1）の促進に関する事項として、促進区域（※2）、地域の環境の保全のための取組、地域の経済及び社会の持続的発展に資する取組等を定めるよう努めることとする（第 21 条第 5 項）。</p> <p><b>3. 地域脱炭素化促進事業の認定</b></p> <p>(6) 地域脱炭素化促進事業を行おうとする者は、事業計画を作成し、地方公共団体実行計画に適合すること等について市町村の認定を受けることができる（第 22 条の 2）。</p> <p>(7) (1)の認定を受けた認定事業者が認定事業計画に従って行う地域脱炭素化促進施設の整備に関しては、関係許可等手続のワンストップ化（※3）や、環境影響評価法に基づく事業計画の立案段階における配慮書手続の省略といった特例を受けることができる（第 22 条の 5～第 22 条の 11）。</p>
---

- ※1 再エネを利用した地域の脱炭素化のための施設（地域脱炭素化促進施設）として省令で定めるものの整備及びその他の地域の脱炭素化のための取組を一体的に行う事業であって地域の環境保全及び地域の経済社会の持続的発展に資する取組を併せて行うもの(第 2 条第 6 項)。  
 ※2 環境保全に支障を及ぼすおそれがないものとして環境省令で定める区域の設定に関する基準に従い、かつ、都道府県が定めた場合にあつては都道府県の促進区域の設定に関する環境配慮基準に基づき定めることとなる。(第 21 条第 6、7 項)  
 ※3 自然公園法に基づく国立・国定公園内における開発行為の許可等、温泉法に基づく土地の掘削等の許可、廃棄物処理法に基づく熱回収施設の認定や処分場跡地の形質変更届出、農地法に基づく農地の転用の許可、森林法に基づく民有林等における開発行為の許可、河川法に基づく水利使用のために取水した流水等を利用する発電（従属発電）の登録。  
 (出所) 同上

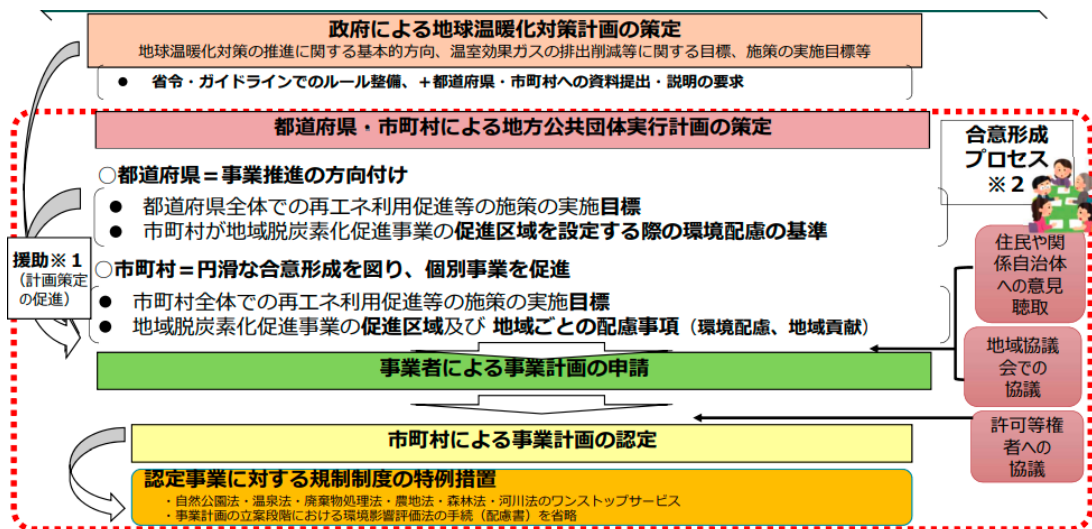


図 1.2.1 地域の脱炭素化について

- ※1 国及び都道府県は、市町村に対し、地方公共団体実行計画の策定及びその円滑かつ確実な実施に関し必要な情報提供、助言その他の援助を行うよう努める（第 22 条の 12）。  
 ※2 住民その他の利害関係者や関係地方公共団体の意見聴取（第 21 条第 10 項及び第 11 項）や、協議会が組織されているときは当該協議会における協議が必要（第 21 条第 12 項）。協議会は、関係する行政機関、地方公共団体、地域脱炭素化促進事業を行おうとする者等の事業者、住民等により構成。  
 (出所) 同上

また、上述の「地域脱炭素化促進事業」については、再エネを利用した地域の脱炭素化のための施設（地域脱炭素化促進施設）として省令で定めるものの整備及びその他の地域の脱炭素化のための取組を一体的に行う事業であって、地域の環境保全及び地域の経済社会の持続的発展に資する取組を併せて行うものを、「地域脱炭素化促進事業」として定義（第2条第6項）。地域脱炭素化促進事業の対象として、現在検討されているものは下図のとおりであり、バイオマスは再エネ発電施設、並びに再エネ熱供給施設において重要なエネルギー源として位置づけられている。

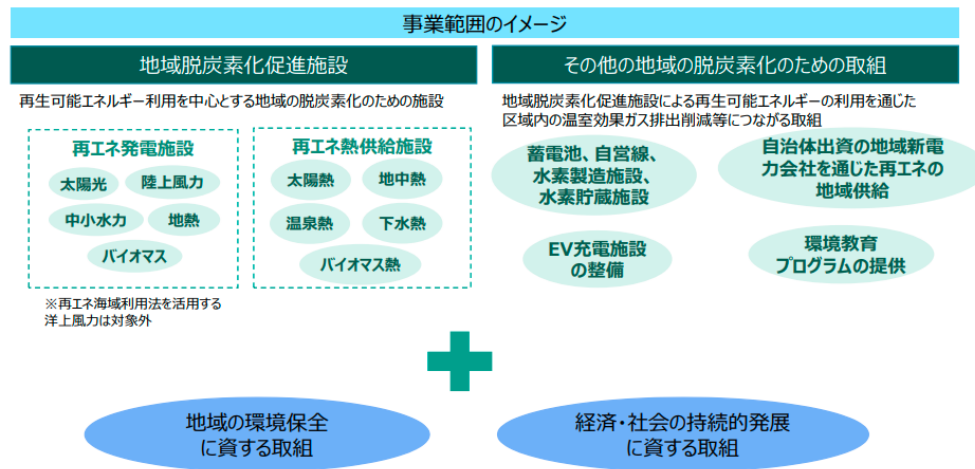


図 1.2.2 地域脱炭素化促進事業の対象イメージ

(出所) 同上

#### ④ 地域脱炭素ロードマップ・ゼロカーボンシティ

国と地方が協働・共創して 2050 年までのカーボンニュートラルを実現するため、地域の取組と国民のライフスタイルに密接に関わる分野を中心に脱炭素方策を議論する場として 2020 年 12 月に「国・地方脱炭素実現会議」が設置され、2021 年 6 月に「地域脱炭素ロードマップ」が策定された。本ロードマップの概要は以下のとおりであり、今後 5 年間での政策を総動員し、2030 年度までに少なくとも 100 か所の「脱炭素先行地域」を作るとしている。

表 1.2.5 地域脱炭素ロードマップの概要

<p>(1) 足元から 5 年間に政策を総動員</p> <p>1. 2030 年度までに少なくとも 100 か所の「脱炭素先行地域」をつくる。</p> <p>※脱炭素先行地域では、民生部門（家庭部門及び業務その他部門）の電力消費に伴う CO2 排出実質ゼロまで削減し、さらに運輸部門や燃料・熱利用等も国全体の削減目標と整合するレベルに削減することを目指す。IoT 等も活用し、取組の進捗や排出削減を評価分析し、透明性を確保する。</p> <p>2. 全国で重点対策を実行（自家消費型太陽光、省エネ住宅、ゼロカーボンドライブなど）</p> <p>(2) 3 つの基盤的施策</p> <p>1. 人材・情報・資金の継続的・包括的支援スキーム構築（地方支分部局が水平連携して支援実施）</p> <p>2. ライフスタイルイノベーション（排出見える化や、ふるさと納税の返礼品としての地域再エネ活用など）</p> <p>3. ルールのイノベーション（風力発電の環境アセスの最適化や、地熱発電の開発加速化など）</p> <p>(3) モデルを全国に伝搬し、2050 年を待たずに脱炭素達成（脱炭素ドミノ）</p>
--

(出所) 環境庁「地域の脱炭素化の促進について（改正地球温暖化対策推進法等）」<sup>5</sup>を基に作成

<sup>5</sup> <https://www8.cao.go.jp/kisei-kaikaku/kisei/conference/energy/20210907/210907energy12.pdf>

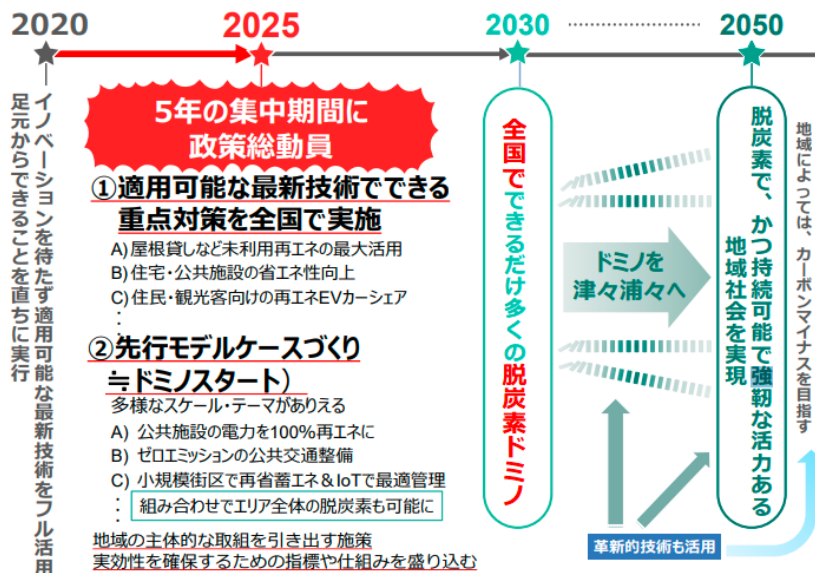


図 1.2.3 地域脱炭素ロードマップのイメージ

(出所) 環境庁「ゼロカーボンシティの関連施策について」

上記を踏まえて、ゼロカーボンシティを目指す地方公共団体に対し、情報基盤整備、計画等策定支援、設備等導入を一気通貫で支援するための施策として「地域脱炭素移行・再エネ推進交付金」が提供される予定である。

2022年1月時点で「2050年までに二酸化炭素排出実質ゼロ」を表明した自治体は、534自治体(40都道府県、319市、15特別区、134町、26村)に上り、それぞれ取り組みを進めている。今後、カーボンニュートラルの実現に重要な再生可能エネルギー事業に関しては、自治体が積極的に再生可能エネルギー活用事業に関与し、地域内での円滑な合意形成を図りやすい基盤を整えている<sup>6</sup>。

## ⑤地球温暖化対策計画

地球温暖化対策計画は、地球温暖化対策推進法に基づく政府の総合計画となっている。上述の2030年度に温室効果ガス46%削減するという新たな目標を踏まえて5年ぶりに改訂され、2021年10月に閣議決定した。本計画は二酸化炭素以外にも含む温室効果ガスの全てを網羅し、新たな2030年度目標の裏付けとなる具体的な対策・施策について記載している。

<sup>6</sup>環境省 地方公共団体における2050年二酸化炭素排出実質ゼロ表明の状況 (<https://www.env.go.jp/policy/zerocarbon.html>)

表 1.2.6 地球温暖化対策計画の概要

<p><b>再エネ・省エネ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 改正温対法に基づき自治体が促進区域を設定 → 地域に裨益する再エネ拡大（太陽光等）</li> <li>● 住宅や建築物の省エネ基準への適合義務付け拡大</li> </ul> <p><b>産業・運輸など</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 2050年に向けたイノベーション支援→2兆円基金により水素・蓄電池など重点分野の研究開発と社会実装を支援</li> <li>● データセンターの30%以上省エネに向けた研究開発・実証支援</li> </ul> <p><b>分野横断的取組</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 2030年度までに100箇所以上の「脱炭素先行地域」を創出（地域脱炭素ロードマップ）</li> <li>● 優れた脱炭素技術等を活用した、途上国等での排出削減→「二国間クレジット制度：JCM」により地球規模での削減に貢献</li> </ul>
--

(出所) 環境省「地球温暖化対策計画 概要」<sup>7</sup>を基に作成

この中で、2030年46%の削減目標を達成するための各セクター別、削減手法別の具体的な目標を下表のとおり提示している。エネルギー起源のCO<sub>2</sub>の2030年の削減目標は従来目標である25%減から45%減に大幅に引き上げられ、このうち得に排出量が多い産業部門、業務・その他部門、家庭部門はそれぞれ38%減、51%減、66%減となっている。

表 1.2.7 地球温暖化対策計画における具体的な温室効果ガス削減目標

温室効果ガス排出量・吸収量 (単位：億t-CO <sub>2</sub> )	2013排出実績	2030排出量	削減率	従来目標
	<b>14.08</b>	<b>7.60</b>	<b>▲46%</b>	<b>▲26%</b>
エネルギー起源CO <sub>2</sub>	12.35	6.77	▲45%	▲25%
部門別				
産業	4.63	2.89	▲38%	▲7%
業務その他	2.38	1.16	▲51%	▲40%
家庭	2.08	0.70	▲66%	▲39%
運輸	2.24	1.46	▲35%	▲27%
エネルギー転換	1.06	0.56	▲47%	▲27%
非エネルギー起源CO <sub>2</sub> 、メタン、N <sub>2</sub> O	1.34	1.15	▲14%	▲8%
HFC等4ガス（フロン類）	0.39	0.22	▲44%	▲25%
吸収源	-	▲0.48	-	(▲0.37億t-CO <sub>2</sub> )
二国間クレジット制度（JCM）	官民連携で2030年度までの累積で1億t-CO <sub>2</sub> 程度の国際的な排出削減・吸収量を目指す。我が国として獲得したクレジットを我が国のNDC達成のために適切にカウントする。			-

(出所) 同上

<sup>7</sup> <http://www.env.go.jp/earth/211022/mat02.pdf>

## (2) バイオマス発電に係る政策動向

### ① 固定価格買取制度 (FIT 制度)

#### 買取価格

現状、バイオマス発電は2012年から開始された上述のFIT制度により導入支援が進められている。2022年1月には2023年度までの調達価格が以下のとおり発表されている。2022年度は10,000kW以上の一般木質バイオマス発電とすべての液体燃料バイオマス発電は価格入札によるFIP制度のみ対象となり、2023年度には2,000kW以上のバイオマス発電がFIP制度(非入札)に移行する予定である。

表 1.2.8 バイオマスエネルギーの固定買取価格

#### 一般木材等 (2,000kW 未満)

	(参考)2021年度	2022年度	2023年度
FIT調達価格(注1)	24円/kWh+消費税	24円/kWh+消費税	24円/kWh+消費税
FIP基準価格(注2)		24円/kWh	24円/kWh
調達期間/交付期間	20年間	20年間	20年間

#### 一般木材等 (2,000kW 以上 10,000kW 未満)

	(参考)2021年度	2022年度	2023年度
FIT調達価格(注1)	24円/kWh+消費税		
FIP基準価格		24円/kWh	24円/kWh
調達期間/交付期間	20年間	20年間	20年間

#### 一般木材等 (10,000kW 以上)・液体燃料)

	(参考)2021年度	2022年度	2023年度
FIT調達価格	入札制		
供給価格上限額	18.5円(事前非公表)		
FIP基準価格(注3)		入札制(事前非公表)	入札制
調達期間/交付期間	20年間	20年間	20年間

#### 未利用材 (2,000kW 未満)

	(参考)2021年度	2022年度	2023年度
FIT調達価格(注1)	40円/kWh+消費税	40円/kWh+消費税	40円/kWh+消費税
FIP基準価格(注2)		40円/kWh	40円/kWh
調達期間/交付期間	20年間	20年間	20年間

#### 未利用材 (2,000kW 以上)

	(参考)2021年度	2022年度	2023年度
FIT調達価格(注4)	32円/kWh+消費税	32円/kWh+消費税	
FIP基準価格		32円/kWh	32円/kWh
調達期間/交付期間	20年間	20年間	20年間

#### 建設資材廃棄物

	(参考)2021年度	2022年度	2023年度
FIT調達価格(注4)	13円/kWh+消費税	13円/kWh+消費税	13円/kWh+消費税
FIP基準価格(注2)		13円/kWh	13円/kWh
調達期間/交付期間	20年間	20年間	20年間

## 一般廃棄物その他バイオマス

	(参考)2021年度	2022年度	2023年度
調達価格(注4)	17円/kWh+消費税	17円/kWh+消費税	17円/kWh+消費税
基準価格(注2)		17円/kWh	17円/kWh
調達期間/交付期間	20年間	20年間	20年間

### メタン発酵バイオガス発電

	(参考)2021年度	2022年度	2023年度
調達価格(注4)	39円/kWh+消費税	39円/kWh+消費税	35円/kWh+消費税
基準価格(注2)		39円/kWh	35円/kWh
調達期間/交付期間	20年間	20年間	20年間

(注1) 地域活用要件あり。ただし、沖縄地域・離島等供給エリアは地域活用要件を求めない。

(注2) 50kW以上のみFIP制度を選択可能。

(注3) 液体燃料については50kW以上。

(注4) 2022年度は10,000kW未満かつ地域活用要件あり。2023年度は2,000kW未満かつ地域活用要件あり。ただし、沖縄地域・離島等供給エリアは、10,000kW未満の地域活用要件を求めない。

## FIT制度の抜本見直し

2012年に開始されたFIT制度は、同制度の前提となる「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」において、2020年度末までにFIT制度の抜本見直しを行う旨が規定されている。そのため、2019年9月以降、総合資源エネルギー調査会/基本政策分科会/再生可能エネルギー主力電源化制度改革小委員会において、①電源特性に応じた支援制度、②地域に根差した再生可能エネルギー導入の促進、③再生可能エネルギー主力時代の次世代電力ネットワークの構築といった観点から、FIT制度の抜本見直しの検討が進められてきた。

再生可能エネルギーが主力電源になるためには、将来的にFIT制度等による政策措置がなくとも、電力市場でコスト競争に打ち勝って自立的に導入が進み、規律ある電源として長期安定的な事業運営が確保されなければならない。他方、再生可能エネルギーには、地域の活性化やレジリエンス強化に資する面もあることから、地域で活用される電源としての事業環境整備も重要とされている。そこで、資源エネルギー庁では再生可能エネルギーの活用モデルを①競争力ある電源と②地域で活用される電源の2つに分類し、それぞれの「自立」に向けた制度や政策措置の在り方を検討、2022年度より①の電源については順次FIT制度からFIP制度へ移行し、②の電源については引き続きFIT制度を適用するものの、認定の取得にあたっては地域活用要件を満たしていることが求められることとなった。

### ①競争力ある電源への成長モデル

- コスト競争力ある電源として、**卸電力取引市場や相対契約による市場取引**で勝ち残り、全国大で活用される電源
- インバランスリスクや出力制御など**発電事業者としての然るべき責務**を負い、信頼度の高い設備運用や事業体制により、**安定的に電力供給可能な長期安定電源**
- 系統制約の中でも、入札制度等と併せて計画的かつ効率的に配置されていく電源

### ②地域で活用される電源としてのモデル

- 地域でエネルギー供給構造に参加する事業者が、各電源の特性に応じ、**地域政策**や他の分散型エネルギーとの連携、**自家消費**等を進めることにより、**効率的なエネルギー利用や産業・雇用創出など地域活性化を促す小規模な分散型電源**
- 系統への負荷を抑制するとともに、災害時・緊急時における地域のレジリエンス強化に資する電源

図 1.2.4 再生可能エネルギー活用モデルの分類

(出所) 資源エネルギー庁 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会資料

## バイオマス発電の新規認定で FIP 制度対象とする領域

2021 年度の調達価格等算定委員会では、バイオマス発電について、2022 年度に地域活用電源となる電源の規模は 10,000kW 未満とすることが取りまとめられている（ただし液体燃料を原料とするバイオマスは除く）。バイオマス発電については、稼働期間全体にわたって燃料を要することから、一般的に、コスト全体に占める燃料費の割合が大きく、高コスト構造にあることが理由となっている。一方で、10,000kW 以上の大規模設備は、以下のような特徴がある。

- 一般木材等・一般廃棄物その他バイオマスなどの複数の区分において発電効率がよく、相対的に低コストでの事業実施が可能（そのため十分な競争状況が整っている一般木材等・液体燃料については、10,000kW 以上が 2018 年度より入札制に移行済み）
- バイオマス発電は、安定的に発電可能で調整しやすいことから、発電予測が比較的容易、需要側が単体の電源から安定した電気を調達しやすい、調整力としても活用しやすい。

そのため、上記委員会では再生可能エネルギーの自立化へのステップとして、FIP 制度により早期に電力市場へ統合していく方向性が示された。FIP 制度が開始される 2022 年度は、新規認定で同制度のみ認められるバイオマス発電の対象を、一般木質等バイオマス発電の 10,000kW 以上、すべての容量の液体燃料バイオマス発電とし、FIP 基準価格は現行の FIT 制度と同様に入札によって決定されるものとした。また、自然変動電源である太陽光発電でも 2022 年度から 1,000kW 以上は FIP 制度のみ認められることをふまえ、2023 年度には 2,000kW 以上の一般木質等バイオマス発電とその他燃料のバイオマス発電は FIP 制度のみが対象となり、2,000kW 未満のバイオマス発電については地域活用要件を満たした FIT 制度か FIP 制度を選択できるものとして、2022 年 1 月の調達価格算定委員会できりまとめられた。これらの電源の FIP 基準価格については入札を行わないものとしている。

## バイオマスの新規認定における FIT 制度対象領域の取扱い

FIP 制度により早期に電力市場へ統合していく「10,000kW 以上のバイオマス発電」以外のバイオマス発電については、2022 年度より後述する地域活用要件を満たす限りは新規認定として FIT 制度を認める方針が示されている。すなわち、2022 年度に FIT 制度の新規認定を認める対象は、10,000kW 未満かつ地域活用要件を満たすものに限定することになった。

2023 年度以降の FIT 制度の取扱いは、2,000kW 未満の一般木質等バイオマス、その他のバイオマス発電について適用され、これらの電源は FIP 制度の認定を受けることも選択可能とした。

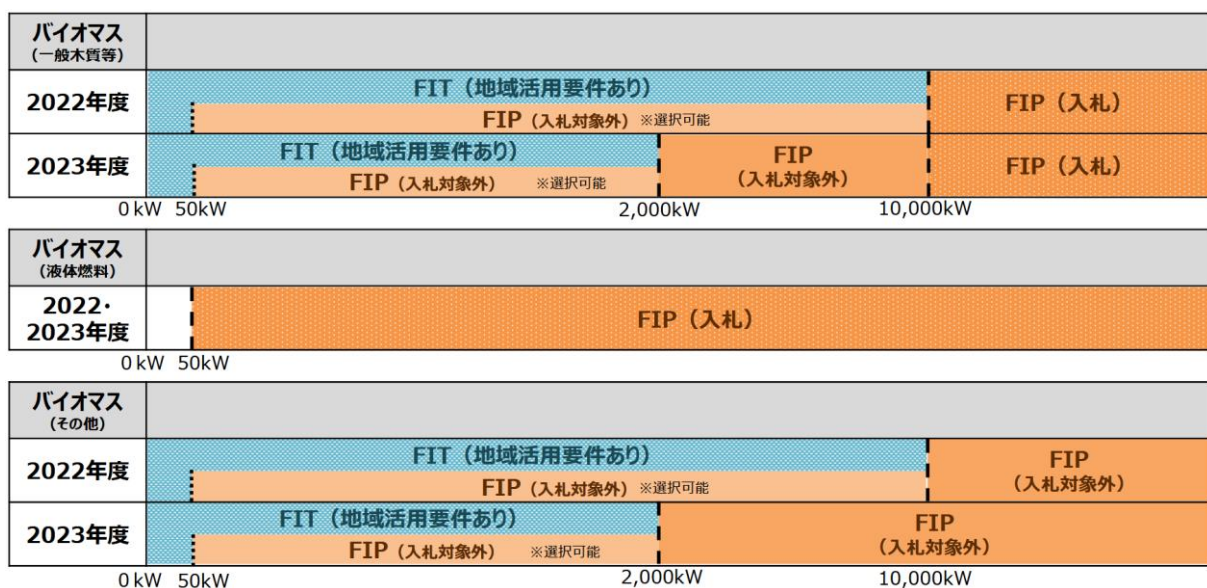


図 1.2.5 2022 年度・2023 年度におけるバイオマス発電の FIP/FIT 制度の対象

(出所) 資源エネルギー庁「調達価格等算定委員会」

## 地域活用要件

2022 年度より一定規模未満のバイオマス発電、地熱発電、中小水力発電の FIT 認定では、自家消費型・地域消費型の地域活用要件および地域一体型の地域活用要件が適用されることとなった。一定規模未満のバイオマス発電で FIT 認定を取得する際は、以下の①②の要件のいずれかを満たすことが必要となる。

表 1.2.9 2022 年度以降の FIT 制度における地域活用要件

### ① 自家消費型・地域消費型の地域活用要件（以下のいずれか）

- 当該事業計画に係る再生可能エネルギー発電設備により発電される電気量の少なくとも 3 割を自家消費するもの。すなわち 7 割未満を特定契約の相手方である電気事業者に供給するもの。
- 当該事業計画に係る再生可能エネルギー発電設備による電気を再生可能エネルギー電気特定供給により供給し、かつ、その契約の相手方にあたる小売電気事業者または登録特定送配電事業者が、小売供給する電気量の 5 割以上を当該発電設備が所在する都道府県内へ供給するもの。
- 当該事業計画に係る再生可能エネルギー発電設備により算出された熱を、原則として常時利用する構造を有し、かつ、当該発電設備により発電される電気量の少なくとも 1 割を自家消費、すなわち 9 割未満を特定契約の相手方である電気事業者に供給するもの。

ここで、自家消費では自家消費比率を把握するため、発電電力量を記録することが求められる。また、小売供給の状況については、小売電気事業者または登録特定送配電事業者の協力によって必要な書類の添付等を行うことが求められる。

### ② 地域一体型の地域活用要件（以下のいずれか）

- 当該事業計画に係る再生可能エネルギー発電設備が所在する地方公共団体名義（第三者との共同名義含む）の取り決めにおいて、当該発電設備による災害時を含む電気または熱の当該地方公共団体への供給が位置づけられているもの。取り決めには法律に基づいて当該発電設備に係る認定を地方公共団体が行うものを含む。
- 地方公共団体が自ら事業を実施または直接出資をするもの。
- 地方公共団体が自ら事業を実施または直接出資する小売電気事業者または登録特定送配電事業者に、当該事業計画に係る再生可能エネルギー発電設備による電気を再生可能エネルギー電気特定卸供給により供給するもの。



## ②基幹系統の利用ルールの見直し状況

上述の固定価格買取制度等における政策支援策の他、我が国において脱炭素化を進めるためには、再生可能エネルギーのさらなる導入が必要であり、導入拡大に向けて電力系統の整備が必要とされている。資源エネルギー庁の「再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会次世代ネットワーク小委員会」には、電力系統の整備にかかる投資額は増大するものの、再エネの接続可能量が増加することで発電コストが低減するなど、トータルでの再エネ導入コストを低減するものとして電力系統に係る制度改革の方針を示した。

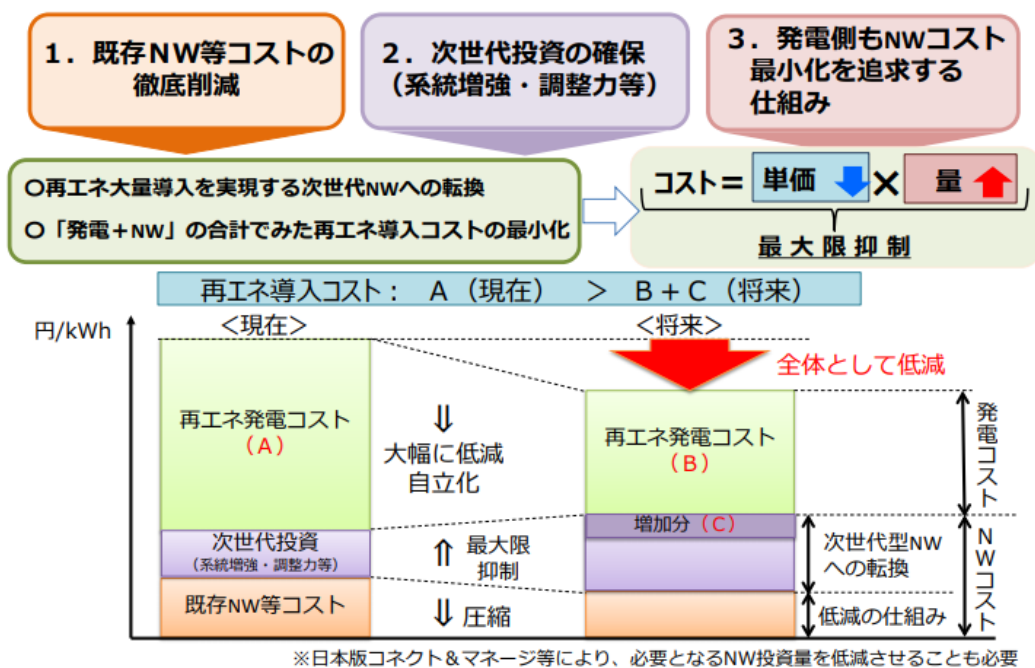


図 1.2.6 電力系統における制度改革の概要

(出所) 資源エネルギー庁 第4回再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会

このうち、既存の電力系統への再エネの接続可能量増加に向けた制度改革として、「想定潮流の合理化」、「N-1 電制」、「ノンファーム型接続」の3つの改革があり、総じて「日本版コネクト&マネージ」と称されている。特に「ノンファーム型接続」は、電源を新たに系統へ接続する際、局所的な発電量・送電量の増大によって系統設備の容量を超過する場合に、出力制御を課されることを条件に接続を認める仕組みである。これまでは系統を利用する際、接続契約の申し込み順に容量を確保する「先着優先ルール」が採用されている。そのため現行のルールでは再生可能エネルギー等を新たに導入するために系統への接続申し込みした際、空き容量がない場合は系統増強工事を行わなくてはならないという課題が存在した。

しかしながら、先着優先ルールにおいて確保される系統容量は各発電設備の最大出力相当かつ、一部の系統設備の故障時に他の系統設備に回り込む電力量を想定したうえで計上されるため、実際は送電線を通る電力量は変動し、夏季冬季の電力需要・発電量のピーク時以外は空き容量が存在することがほとんどである。こうした発電設備の最大出力や電力量の回り込みを想定した空き容量の算定は、一部の系統設備が故障を起点に、他の設備の容量を超過するような連鎖的な故障を引き起こし、大規模な停電事故を発生を防ぐために適用されていたものであるが、近年の再エネ導入量の拡大や、オンラインでの出力制御技術の実装によって、実際の系統の空き容量を柔軟に活用できるノンファーム型接続導入に向けた制度設計が進められている。

ノンファーム型接続は、2019年9月から千葉エリア、2020年1月から北東北エリアと鹿島エリアで施行型として先行して実施されており、2021年1月より全国の空き容量のない基幹系統を対象に契約申し込みが開始、2022年4月より原則すべての新規電源が基幹系統を対象としたノンファーム接続とすることが決定し、リードタイムを考慮した2024年頃までに系統の混雑管理・出力制御システムの開発完了を目指している。基幹系統とは各送配電エリアにおける送電圧の上位2系統とされており、基幹に対してローカル系統と称される3位以下の系統で空き容量が存在しない場合は増強が前提となる。ローカル系統へを対象としたノンファーム接続も検討が進められているが、2024年以降の見通しである。

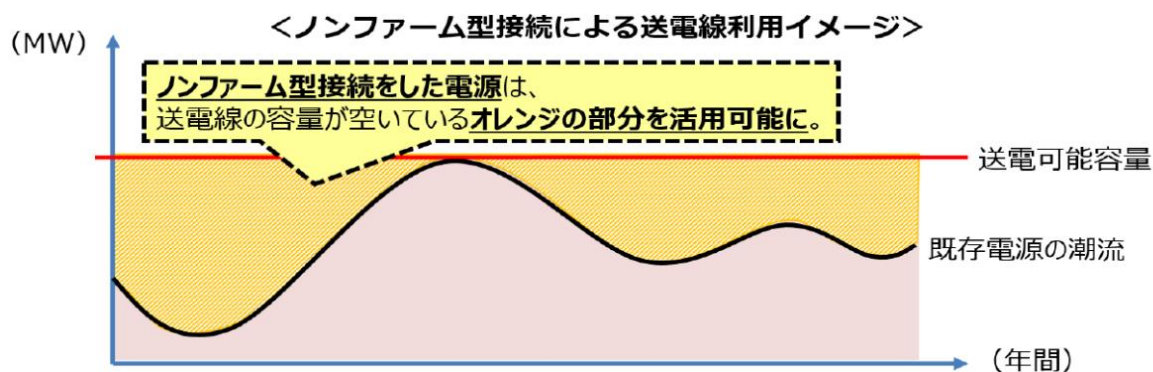


図 1.2.7 ノンファーム型接続による送電線利用イメージ

(出所) 第 50 回 広域系統整備委員会 資料

これまでの先着優先ルールでは、春秋の低需要の時期に発電されない火力発電や、稼働を見合わせている原子力発電などの系統容量が確保されているため、ノンファーム接続電源の系統制約に起因する出力制御は当面は小さいものとなる可能性がある。一方の課題として、ノンファーム型接続では送配電エリアの電力需給バランスに起因する出力制御のみを前提とした従来の契約で接続する電源よりも出力制御リスクは高くなっており、接続地の発電ポテンシャルに応じて局所的に導入量が増加しやすい再エネの接続が今後進めば、系統制約に起因する出力制御が発生し、CO<sub>2</sub> 削減効果や我が国のエネルギー自給率の向上効果が最大限発揮されない可能性が指摘されている。こうした指摘をうけて、資源エネルギー庁では増強費用に対する CO<sub>2</sub> 削減効果、エネルギー自給率向上の効果を分析したうえでコストメリットの高い系統を先回りして増強する系統マスタープランの検討や、系統への接続の順序によらず、発電コストが小さい（限界費用の低い）電源から順に系統容量を使用し送電できる「メリットオーダー方式」の導入方針が示されている。

なお、系統増強やノンファーム型接続等に関するより具体的な議論は電力広域的運営推進機関（OCCTO）における「広域連系システムのマスタープラン及び系統利用ルールの在り方等に関する検討委員会」<sup>8</sup>において行われている。

<sup>8</sup> <https://www.occto.or.jp/iinkai/masutapuran/>

### (3) バイオマス熱利用に係る政策動向

#### ① エネルギーの使用の合理化等に関する法律（省エネ法）

「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」（以下「省エネ法」）は、石油危機を契機として昭和 54 年に制定され、工場等、輸送、建築物及び機械器具等におけるエネルギーの使用の合理化等を総合的に進めることを目的とした法律となっている。

省エネ法がエネルギー使用者へ直接規制する事業分野としては、工場・事業場及び運輸分野がある。工場等（工場又は事務所その他の事業場）の設置者や輸送事業者・荷主に対し、省エネ取組を実施する際の目安となるべき判断基準を示すとともに計画の作成指示等を行うこととしている。また、エネルギー使用者への間接規制として、機械器具等（自動車、家電製品や建材等）の製造又は輸入事業者を対象とし、機械器具等のエネルギー消費効率の目標を示して達成を求めるとともに、効率向上が不十分な場合には勧告等を行っている。



図 1.2.8 省エネ法が規制する分野

(出所) 資源エネルギー庁ホームページ<sup>9</sup>

上述の 2050 年カーボンニュートラル目標を踏まえ、途上である 2030 年に向けても、徹底した省エネを進めるとともに、非化石電気や水素等の非化石エネルギーの導入拡大に向けた対策を強化していくことが必要としている。

このため、引き続き省エネ法に基づく規制の見直し・強化や、支援措置等を通じた省エネ対策の強化とともに、供給サイドの非化石拡大を踏まえ、需要サイドにおける電化・水素化等のエネルギー転換の促進などに向けた対策を強化していく方針が示された。

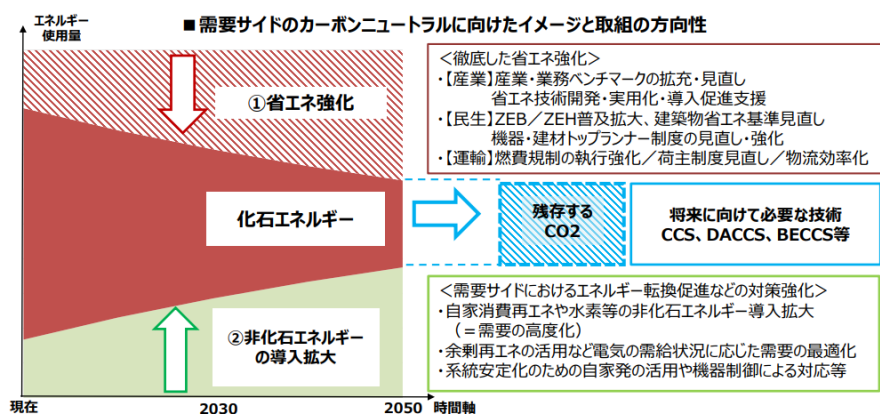


図 1.2.9 需要サイドのカーボンニュートラルに向けたイメージと取組の方向性

(出所) 資源エネルギー庁「今後の省エネ法について」<sup>10</sup>

<sup>9</sup> [https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saving/enterprise/overview/index.html](https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/enterprise/overview/index.html)

<sup>10</sup> [https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene\\_shinene/sho\\_energy/pdf/036\\_01\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/sho_energy/pdf/036_01_00.pdf)

## 改正事項①（エネルギー定義の見直し）

現行省エネ法においては、化石燃料、化石燃料由来の熱・電気を「エネルギー」と定義し、合理的な使用（エネルギー消費原単位の改善）を求めている<sup>11</sup>。廃棄物からの回収エネルギーや風力、太陽光等の非化石エネルギーは同法の対象外となっている。今後、非化石エネルギーについても使用の合理化を図るため、「エネルギー」の定義を見直す方針が示されている。

## 改正事項②（非化石転換）

現在、民間主導の低炭素社会実行計画や RE100 等の取組が進みつつあるが、産業界全体では、非化石エネルギーへの転換は道半ばである。また、現行省エネ法では、非化石エネルギーを使用エネルギー（化石エネルギー）から控除しているものの、非化石エネルギーへの転換を促すための積極的な評価ができていない。

今後は、一部の事業者の自主的な取組だけでなく、産業界全体で、非化石エネルギーへの転換を進めていくことが必要である。その際、「生産プロセスの見直しなど、中長期的視点での取組を足下から進めることが必要であること」、「コスト面や技術面で、化石エネルギーに比べて制約があること」に留意し、過度な規制を設けるのではなく、事業者の創意工夫を促す形での対応を進めていく必要がある。

以上を踏まえ、省エネ法において、特定事業者等に対し、非化石エネルギーへの転換（非化石エネルギー利用割合の向上）に関する中長期計画の作成や、非化石エネルギーの利用状況の定期報告等を求める制度を設ける。

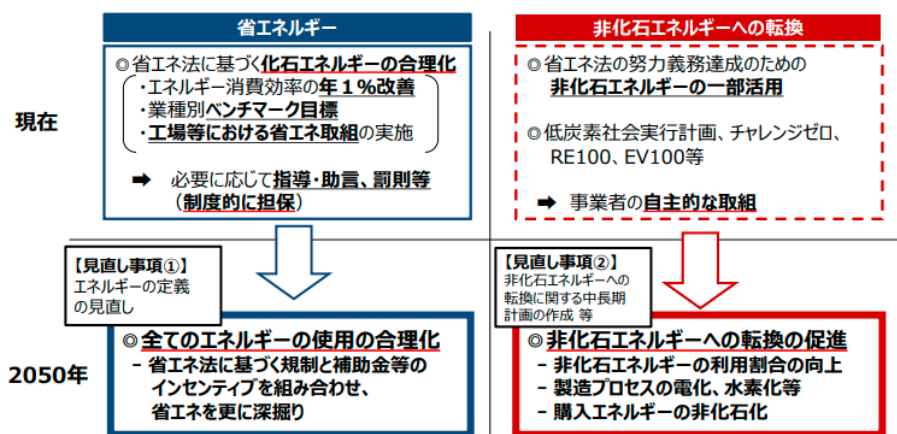


図 1.2.10 エネルギーの定義の見直しと非化石エネルギーへの転換

（出所）資源エネルギー庁「今後の省エネ法について」

<sup>11</sup> 対象となる燃料種は次のとおりである：原油及び揮発油（ガソリン）、重油、その他石油製品（ナフサ、灯油、軽油、石油アスファルト、石油コークス、石油ガス）、可燃性天然ガス、石炭及びコークス、その他石炭製品（コールタール、コークス炉ガス、高炉ガス、転炉ガス）であって、燃焼その他の用途（燃料電池による発電）に供するもの。  
 対象となる熱の定義は次のとおりである：上記に示す燃料を熱源とする熱（蒸気、温水、冷水等）※太陽熱及び地熱など、上記の燃料を熱源としない熱のみであることが特定できる場合の熱は対象外。  
 対象となる電気の定義は次のとおりである：上記に示す燃料を起源とする電気。※太陽光発電、風力発電、廃棄物発電など、上記燃料を起源としない電気のみであることが特定できる場合の電気は対象外。

2021年12月現在、省エネ法の改正は検討段階にあるが、上記方針を踏まえて具体的な施策として以下の案が提示されている。

表 1.2.10 非化石エネルギーに関する省エネ法の改正案（2021年12月時点）

### 非化石エネルギーへの転換に関する報告措置

特定事業者等は、国が提示する非化石エネルギーへの転換に係る「中長期計画書作成指針」及び「判断基準」に従い、毎年度、非化石エネルギーへの転換に関する中長期計画書及び定期報告書を作成し、主務大臣に提出する。報告方法は、現行の中長期計画書及び定期報告書と同一の様式中で行うものとする方向となっている。

### 非化石エネルギーの利用割合向上の目標の設定

非化石エネルギーについては、供給面・コスト面・技術面で制約があることに加え、業種ごとのエネルギーの使用方法によって利用状況に差がある。例えば、燃料・熱を主に使う事業者は、電気を主に使う事業者に比べて非化石エネルギー利用率を向上させにくいといった性質がある。こうした技術的かつ経済的な観点を踏まえると、非化石エネルギーの目標については、事業者ごとの実態を踏まえて設定することが必要となる。

このため、まず、2030年度に向けては、事業者ごとに、国が定める判断基準に沿って、非化石エネルギーの利用割合を向上させる定量的な目標を設定してもらい、その達成を求めることとする。

この際、目標の達成に向けた計画については、毎年度の非化石エネルギーの利用割合を向上させるものや、数年ごとに非化石エネルギー利用率を向上させるものなど、事業者の取組の創意工夫を認めつつ、従前の省エネの枠組みと同様に、必要な場合には指導・助言を行うことで実行性を担保することとする。

### エネルギー消費原単位・ベンチマークの算定方法の改訂

現行省エネ法においては、非化石エネルギーは「エネルギー」に該当せず、エネルギー消費原単位等の算定におけるエネルギー投入量から控除されている。こうした中、改正省エネ法では、（非化石エネルギーを含む）全てのエネルギーの使用の合理化と非化石エネルギーへの転換を需要家に求めることとしている。なお、改正省エネ法では、これまでと同様、エネルギーは全て原油換算して評価することとしているが、非化石エネルギーは化石エネルギーに比べて燃焼効率が劣る場合があるため、化石エネルギーから非化石エネルギーに転換することによってエネルギー投入量が増加する可能性がある。したがって、事業者によっては非化石エネルギーよりも化石エネルギーを使用した方が燃焼効率がよく、経済合理的である可能性もある。こうした非化石エネルギーの特性を踏まえつつ、化石エネルギーから非化石エネルギーへの転換を一層後押しするための措置として、エネルギー消費原単位やベンチマークの算定において、非化石エネルギーをエネルギー投入量から一部控除する。

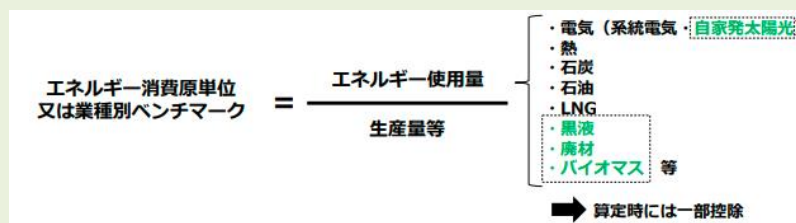


図 1.2.11 省エネと非化石エネルギーへの転換の関係

（出所）資源エネルギー庁「今後の省エネ法について」

## ②社会資本整備審議会（今後の住宅・建築物の省エネルギー対策のあり方（第三次答申）及び建築基準制度のあり方）

国土交通省の社会資本整備審議会では、2022年2月に「今後の住宅・建築物の省エネルギー対策のあり方（第三次答申）及び建築基準制度のあり方（第四次答申）について（副題：脱炭素社会の実現に向けた、建築物の省エネ性能の一層の向上、CO<sub>2</sub>貯蔵に寄与する建築物における木材の利用促進及び既存建築ストックの長寿命化の総合的推進に向けて）」<sup>12</sup>が発表された。

本答申の中では、建築物の質の向上を図りつつ建築物分野の中期目標を達成し、さらに脱炭素社会の実現に寄与できるよう、今後の住宅・建築物の省エネルギー対策および建築基準制度のあり方を、①建築物の省エネ性能の一層の向上、②CO<sub>2</sub>貯蔵に寄与する建築物における木材の利用促進、③CO<sub>2</sub>貯蔵に寄与する既存建築ストックの長寿命化の観点から取りまとめている。

この中で示された施策の方向性の一つに「建築物における再生可能エネルギーの利用促進」が挙げられている。ここでは、建築物における太陽光、太陽熱、地中熱やバイオマスなどの再生可能エネルギーの利用の促進に向けて、地域の実情に応じて再生可能エネルギーの利用の促進を図るため、以下のような具体的な対策を講じる必要があるとしている。

表 1.2.11 建築物における再生可能エネルギーの利用促進に係る方向性

1. 地方公共団体が、地域の実情を踏まえて再生可能エネルギー利用設備の設置を促すことにより建築物の省エネ性能の向上を図ることが効果的な区域について、再生可能エネルギー利用設備の設置の促進に関する計画を定め、当該区域内において、建築士から建築主に対する再生可能エネルギー利用設備の効果等の説明義務を課することができる制度を創設する。
2. 当該区域内で、再生可能エネルギー利用設備の設置の促進に関する計画に即して再生可能エネルギー利用設備を設置する建築物について、特定行政庁が市街地環境を害しないことを個別に確認し、建築審査会の同意を得た上で許可した場合には、許可の範囲内で、建築物の高さ等の限度を超えることを可能とする制度を導入する。
3. 低炭素建築物の認定基準について、省エネ性能の引上げと併せて再生可能エネルギーの導入を要件化する。
4. ZEH・ZEB、LCCM 住宅等に対する関係省庁連携による支援の継続・充実を図るほか、ZEH 等の住宅については、個人負担軽減の観点から、財政上の支援に加えて融資・税制においても支援措置を講じる。

また、本答申の添付資料<sup>13</sup>の中では「建築物省エネ法における451所管行政庁に対する国土交通省アンケート（R3.10.13時点）」の結果が示されており、建築物に係る地方公共団体の再生可能エネルギー利活用意向の中で、バイオマスは太陽光に次ぐ32行政庁において導入意向があるとされている。

このように、民生部門の建築物についても今後再生可能エネルギーの導入が進む方向性であり、バイオマスエネルギーも重要な手段の一つに位置付けられている。

<sup>12</sup> <https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001462084.pdf>

<sup>13</sup> 出典は同上

## 2.2. 日本におけるバイオマスエネルギーの導入状況

### (1) 発電

総合資源エネルギー調査会基本政策分科会によると、2018 年度末時点で我が国の総発電量に占める再生可能エネルギーの比率は 17%、2019 年度末時点で 18.1%となっている。水力発電を除く再生可能エネルギーの発電量は 2012 年から 2018 年の 6 年間で 3.1 倍に増加しており、国際的に見ても高い増加率となっている。

バイオマス発電量のシェアは 2.3%と太陽光発電に次ぐ導入量シェアとなっている。現状のエネルギー基本計画では、2030 年度のエネルギーミックスの中でバイオマスは 3.7%~4.6%（602~728 万 kW）を占めることが掲げられており、さらなる導入が求められる。

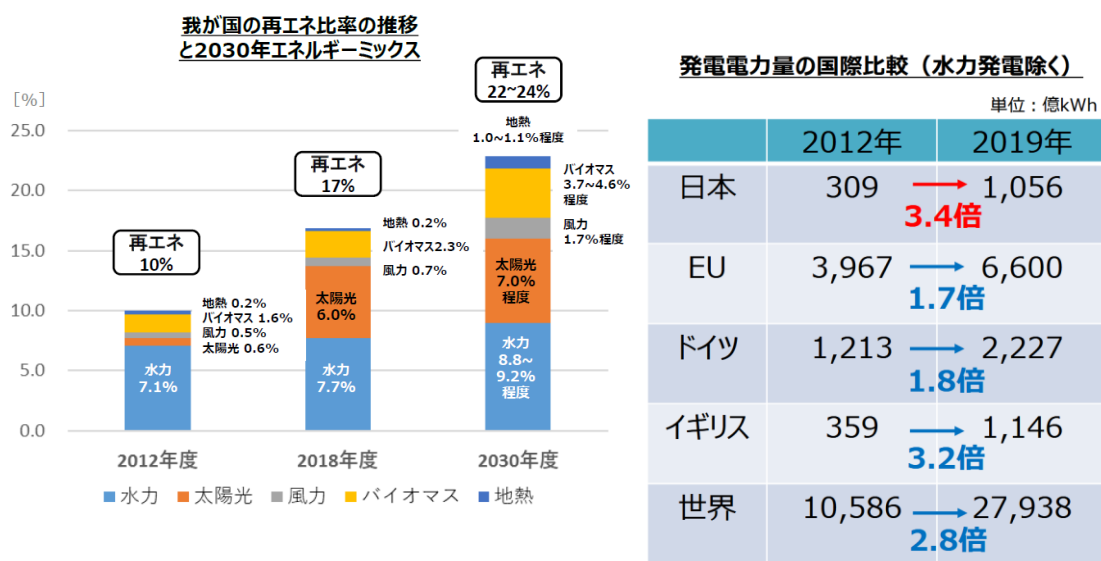


図 1.2.12 現在と 2030 年エネルギーミックスの電源構成

(出所) 資源エネルギー庁「総合資源エネルギー調査会基本政策分科会（第 33 回会合）」

このように導入量自体は道半ばといえる一方、次頁に示すとおり、バイオマス発電は FIT 認定量急増により同制度開始前の導入量と 2021 年 6 月時点の FIT 認定量を合わせた容量がバイオマス発電全体で 1,036 万 kW となっており、第 6 次エネルギー基本計画における 2030 年エネルギーミックスの 800 万 kW を超えている。

この中で、一般木質・農作物残さの区分、すなわち輸入バイオマスを燃料とする発電が突出している。導入量・認定量の合計値は 681 万 kW と、第 5 次エネルギー基本計画時のエネルギーミックス想定値である 274~400 万 kW の 2 倍近くとなっている。これらの発電所は 2 万~11 万 kW といった大規模が中心で、輸入燃料の受入に適する港湾沿いに位置している。

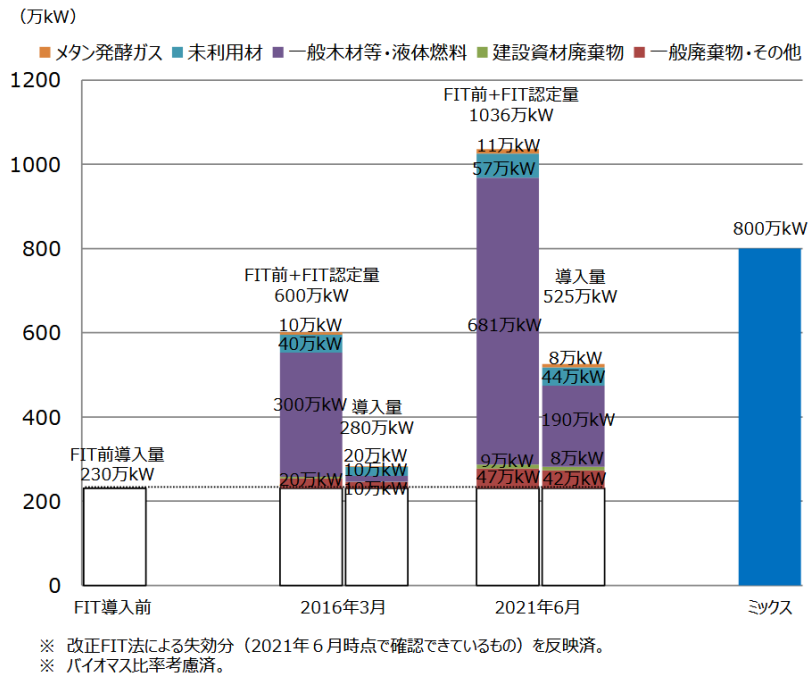


図 1.2.13 FIT 制度におけるバイオマス発電区分の比較 (2021 年 6 月時点)

(出所) 資源エネルギー庁統計より作成

一方、本書の中で主な対象とする国産バイオマスの導入量・認定量合計値については、未利用木質区分は 57 万 kW、メタン発酵系 9 万 kW となっている。未利用木質区分の発電所は、10MW 以下の中小規模が中心であり、GIS マップ中には内陸の小規模のプロットとして示される。一般木質・農作物残渣区分の大規模発電所には満たないが、全国的に計画が進みつつあり、前回エネルギーミックス想定値の 24 万 kW を上回っている。主に 10MW 以下の中小規模となっている。

メタン発酵系区分は、1 か所あたりの発電規模が平均 200kW 前後と小規模であるが、都市部から農村部まで全国的に広がりつつある。原料種も多様であり、主に牛ふん尿は北海道に集中しており、本州以南では比較的人口密度が高い地域を中心に食品残渣や下水汚泥のメタン発酵施設が存在する。

このように FIT 制度によりバイオマスエネルギー利用は我が国全体に広がりつつある。しかしながら、発電コストの低減は十分進んでいるとは言えず、いずれのバイオマス区分においても買取期間終了後の経済的自立の見通しは立っていないのが現状である。

NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業では、こうした背景から地域の資源を活用し熱利用を行いながら FIT からの自立を目指した事業モデルの事業性評価 (FS)、実証事業を行っている。

本書ではそれらの成果に基づき、第 2 部において事業フェーズ・実施項目別に持続可能なバイオマス事業のための工夫や留意点を取りまとめている。



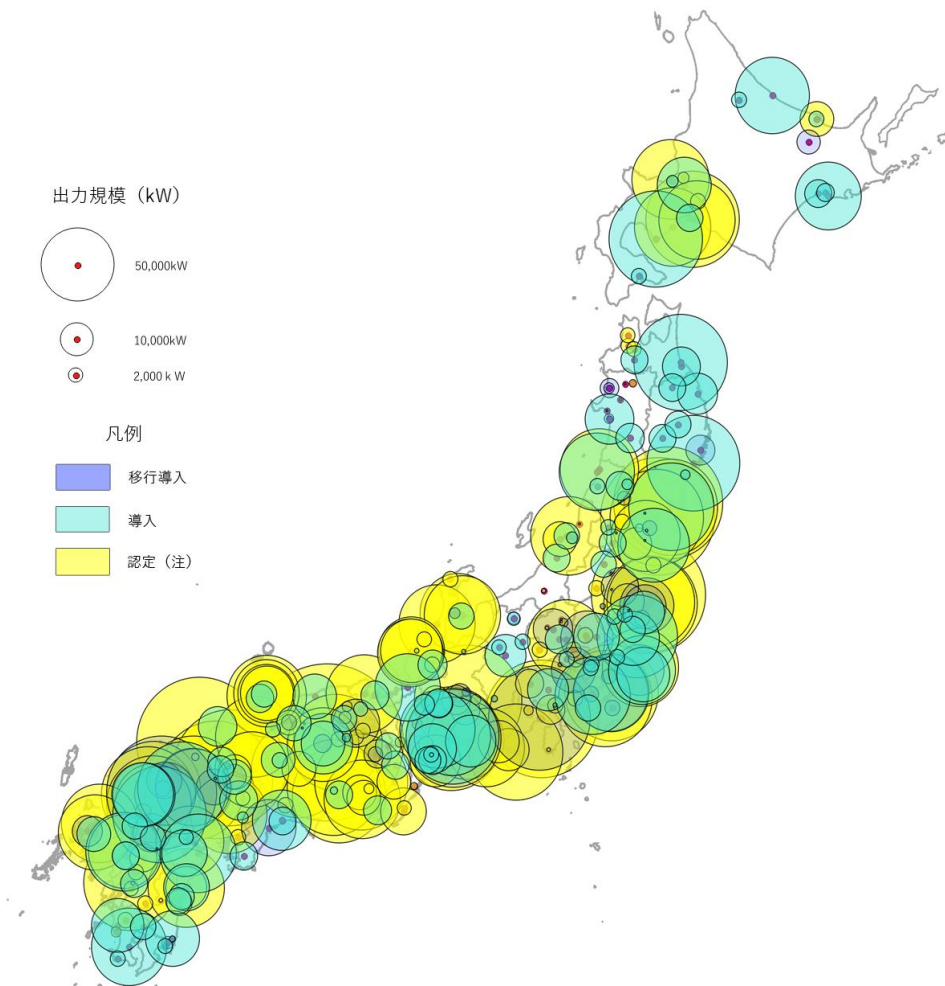


図 1.2.14 FIT における木質バイオマス発電所の稼働状況 (2021 年 3 月時点)

(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会提供資料

## (2) 熱利用

木質バイオマス熱利用の主要技術であるバイオマスボイラーは、2000 年台後半から導入が加速し、2005 年度時点で 452 台であった導入台数は 2014 年度には 2,023 台まで拡大した。しかしながら、その後は横ばいとなっており、2020 年度時点では全国で 1,941 台となっている。

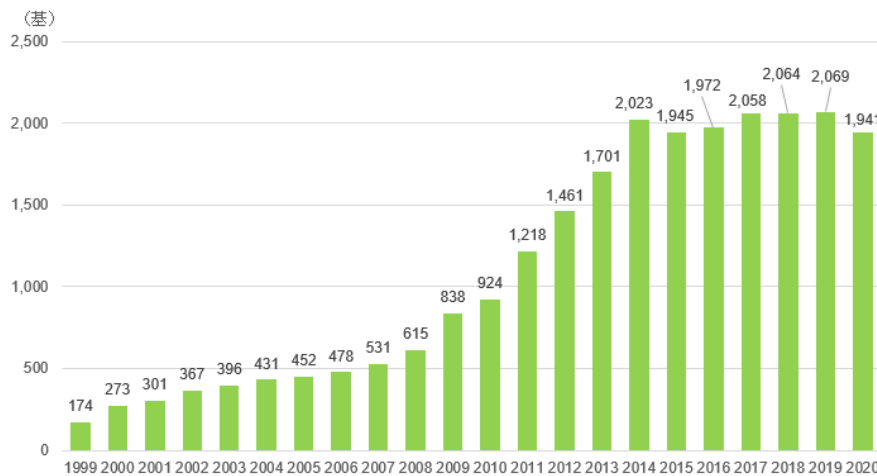


図 1.2.15 国内バイオマスボイラーの累積導入台数の推移

(出所) 林野庁 木質バイオマスエネルギー利用動向調査より作成

業種別にみると、2020 年度時点の木質バイオマスボイラーの累積導入台数 1,941 台のうち、31%の 610 台が製造業となっている。このうち、77%を木材関連産業（製材業、合板製造業、集成材製造業など）が占め、その他はパルプ・紙・紙加工品産業や食品製造業などで導入されている。

製造業以外では農業の 394 台が最も多く、全体 20%を占めている。その他、生活関連サービス・娯楽業が 207 台（11%）、医療・福祉業が 168 台（9%）となっている。

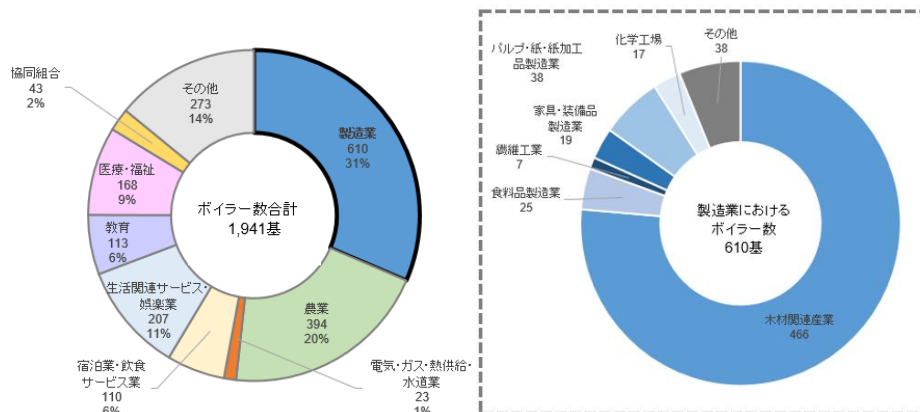


図 1.2.16 2020 年度時点の業種別木質バイオマスボイラー数（左）および製造業のボイラー導入数内訳（右）

(出所) 林野庁 木質バイオマスエネルギー利用動向調査より作成

木質バイオマスボイラーの都道府県別および熱の用途別導入台数を下図に示す。全体的な傾向として、東北・北海道地域と四国・九州地域において導入数が多い。中でも高知県が 231 台と突出しており、次いで熊本県の 184 台、北海道の 182 台、岩手県の 122 台、宮崎県の 120 台と続いている。いずれも主に暖房用途としてバイオマスボイラーが導入されている。

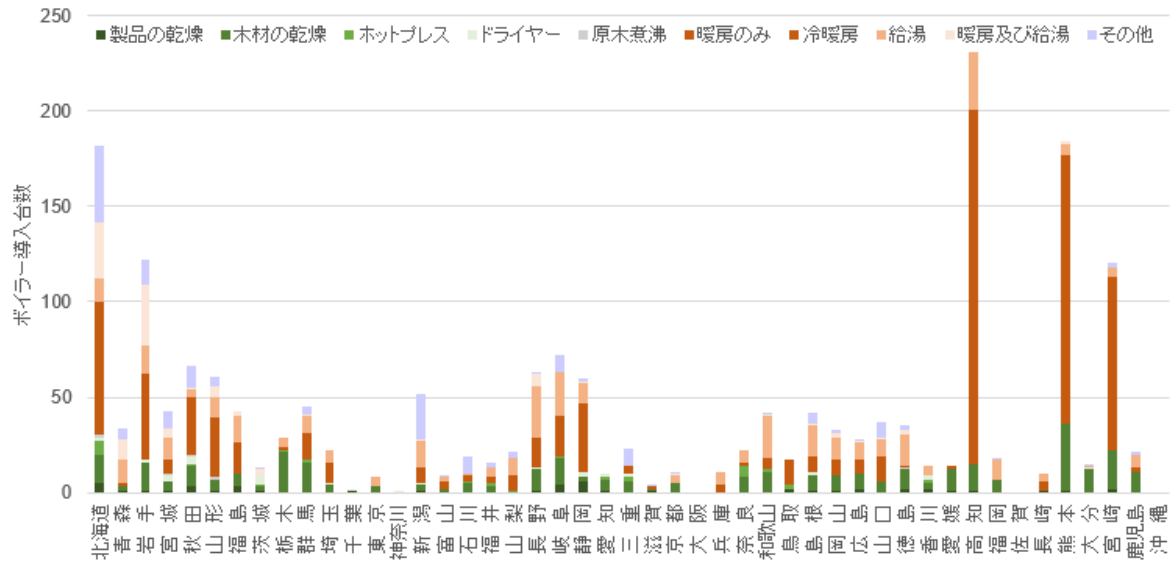


図 1.2.17 都道府県別および熱の用途別導入台数

(出所) 林野庁 木質バイオマスエネルギー利用動向調査より作成

## 2.3. 海外先進国のバイオマスエネルギーの利用動向

### (1) 世界の再生可能エネルギーの導入状況

世界全体の電源構成はこの10年間で大きく変化してきた。2014年までは発電容量に占めるシェアが最も大きい電源は石炭であったが、2015年にはじめて再生可能エネルギーが石炭を上回った。現在に至るまで他電源を上回るペースで増加しており、その伸び率は年々加速している。一方、他の電源の導入容量の伸びは微増または横ばいであり、世界の発電市場全体が再生可能エネルギーにシフトしていると言える。

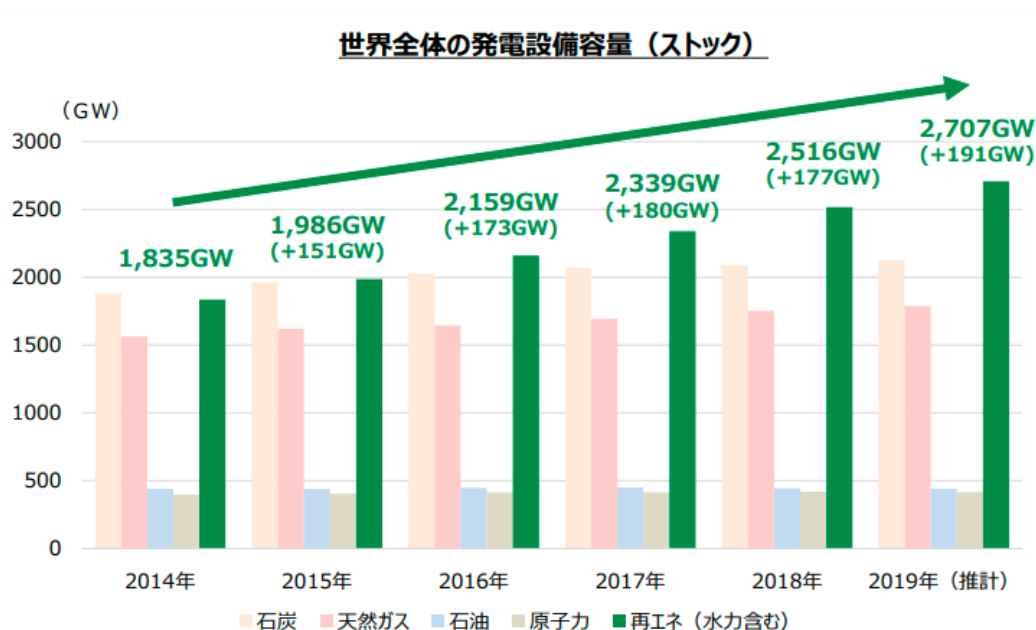
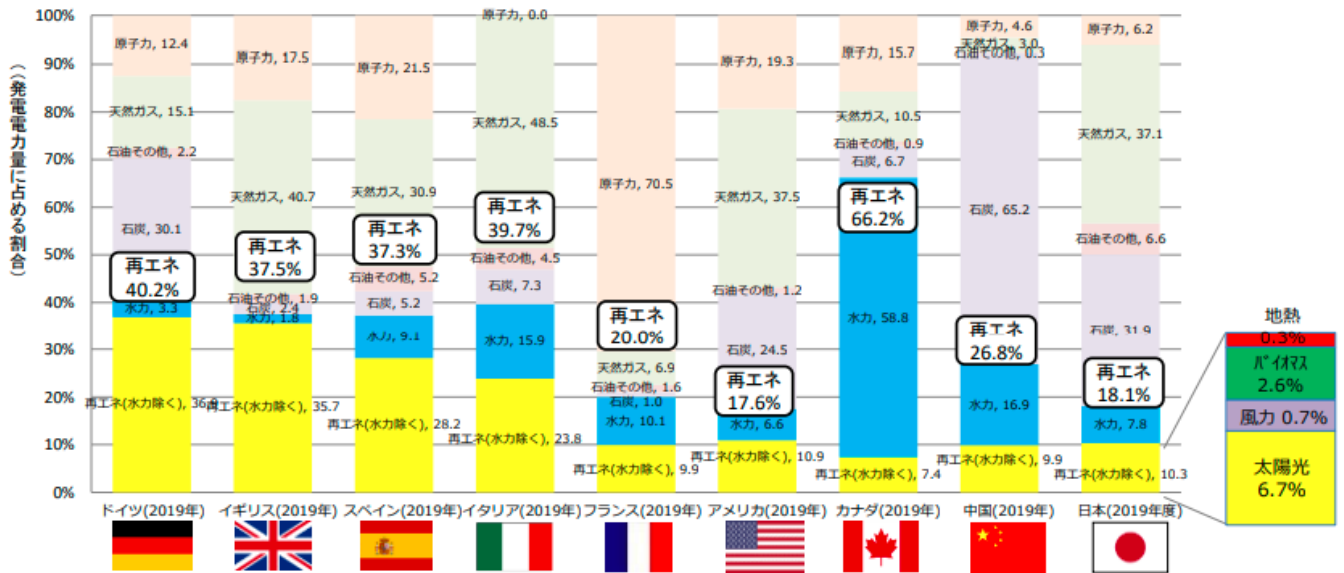


図 1.2.18 世界全体の発電設備容量

(出所) IEA「World Energy Outlook」より資源エネルギー庁作成

こうした背景には、パリ協定をはじめとする低炭素化に向けた国際的な潮流を踏まえ、各国政府、企業双方が再生可能エネルギーを強気に推進していることが挙げられる。下図に示すとおり、特に欧州では政府の掲げる意欲的な再生可能エネルギー導入目標およびインセンティブのもと、既に発電電力量に占める再生可能エネルギーの比率は30%前後に到達している。

一方で、日本は現状約18%でありそのうち大型水力を除く比率は10.3%に留まっている。上述のとおりバイオマスエネルギーの比率は太陽光に次ぐ2.6%であり、今後再生可能エネルギーを主力電源化するためにさらなる拡大が求められる。



主要再エネ ※水力除く	風力 20.9%	風力 20.0%	風力 20.5%	太陽光 8.1%	風力 6.1%	風力 6.8%	風力 5.1%	風力 5.4%	太陽光 6.7%
再エネ 発電量	2,424 億kWh	1,205 億kWh	1,001 億kWh	1,159 億kWh	1,131 億kWh	7,670 億kWh	4,273 億kWh	20,150 億kWh	1,852 億kWh
再エネ 発電量 ※水力除く	2,227 億kWh	1,146 億kWh	763 億kWh	695 億kWh	562 億kWh	4,772 億kWh	477 億kWh	7,424 億kWh	1,056 億kWh
発電量	6,031 億kWh	3,211 億kWh	2,710 億kWh	2,920 億kWh	5,661 億kWh	43,710 億kWh	6,453 億kWh	75,091 億kWh	10,238 億kWh

図 1.2.19 発電電力量に占める再生可能エネルギー比率の比較

(出所) 資源エネルギー庁公開資料

欧州各国でもバイオマスエネルギーは政策的に推進されているが、特にドイツでは発電量に占める比率が 10%近くを占めるなど重要な電源として位置づけられている。そのため、以下ではドイツにおけるバイオマスエネルギーが普及するまでの政策的経緯や現在までの導入状況について述べる。

## (2) ドイツにおけるバイオマスエネルギーの政策と導入状況

### バイオマス発電の導入推移

ドイツでは 2000 年に FIT 制度が導入され、以来バイオマスエネルギーの利用が急速に拡大した。2020 年の発電量におけるバイオマスの割合は 20.3%だった。全体に占める固形・液体バイオマスの割合は 4.6%、バイオガスが 11.5%、バイオメタンが 1.2%、汚泥・埋立ガスが 0.7%、生物由来ゴミが 2.3%だった。

FIT 制度を管轄する再生可能エネルギー法は現在に至るまで度々大幅な改正がなされ、バイオマスの立ち位置も 2000 年当初とは大きく変わっている。バイオマスについては 2014 年の再生可能エネルギー法改正で、固定価格での全量買取が廃止され、直接販売が義務付けられ（Direct marketing）、電力市場に合わせた運転のできる柔軟性の高い再生可能エネルギー電源という位置づけとなっている。

このことは、導入容量自体は引き続き増加傾向にあるものの、発電量は横ばいとなったデータに現れている。こうした政策変更の背景には、ドイツ国内のバイオマス資源の利用が進み、そのポテンシャルの多くがすでに使われていることから、量的な拡大を追い求めるのではなく、柔軟性の提供など役割を果たすように誘導すべきという考え方があると推察できる。

なお、ドイツでは未加工の植物資源として、木質系であれば林地残材や樹皮、農業系であればトウモロコシの使用に対してボーナスが支払われていたが、2014 年に廃止され、廃材や家畜糞尿など廃棄物や副産物系のバイオマスの利用が徹底されることになっている。

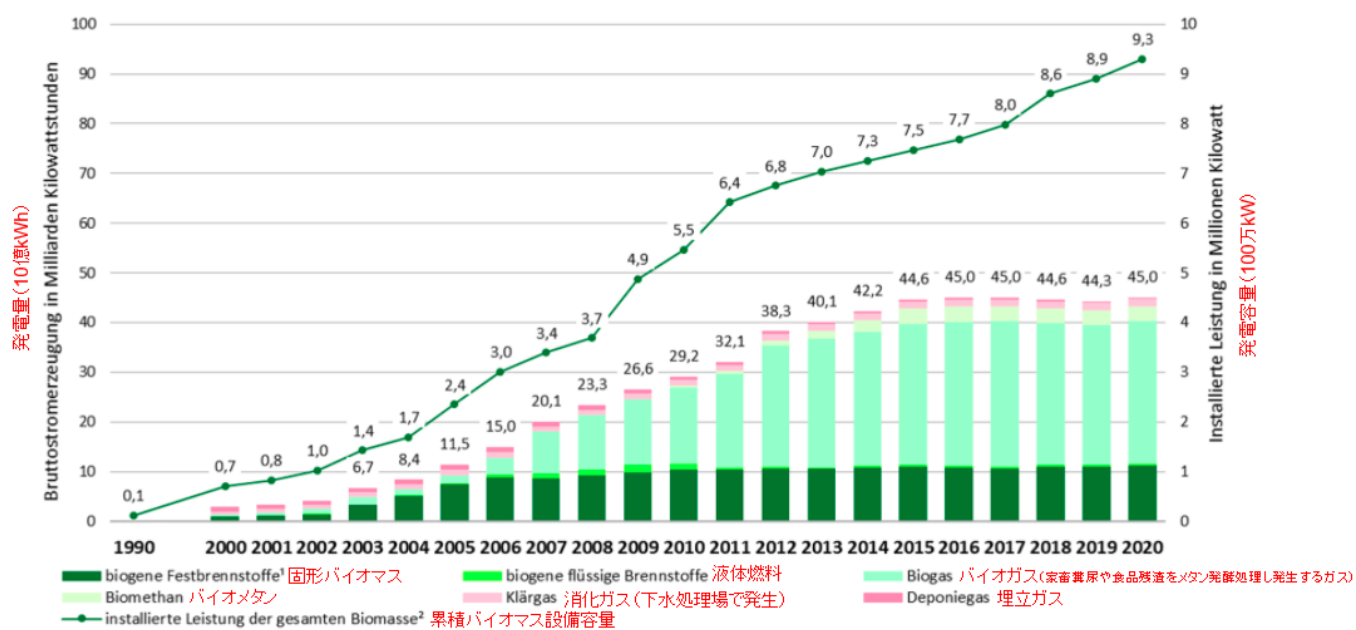


図 1.2.20 ドイツ国内のバイオマス発電の推移

(出所) BMWi 「Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2020」より作成

ドイツでは、2005 年頃までは固形バイオマス、即ち木質バイオマス発電の導入が伸びていたが、2006 年頃からほとんど成長が見られず、以降の成長はバイオガスによるものである。バイオガス設備は技術的には再生可能エネルギーメタンガスを天然ガス導管を通じて供給できるが、現時点ではほとんどが再生可能エネルギー法の支援を受け、ガス生産設備と同じ場所で発電して売電を行っている<sup>14</sup>。しかし、再生可能エネルギー法の制度変更による買取の仕組みの影響があり、2015 年以降のバイオマスの新規設置はほとんどない。

<sup>14</sup> Fraunhofer IEE, (2018), “Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß § 97 Erneuerbare-Energien-Gesetz Teilvorhaben II a: Biomasse Zwischenbericht“

## 木質バイオマス発電利用の動向

木質バイオマスは 2000 年の FIT 導入以降、特に 2004 年の改正を機に大きく成長した。2018 年末の累積容量は 1,514MW、720 基が導入されている。2010 年以前は 500kW 以上の設備が多かったが、2010 年以降は 500kW 以上の設備はほぼ導入されておらず、主に 150kW 以下の設備が多い。2014 年の再エネ法改正以降は、35 基、31MW が新規に設置されている。同じ時期に停止したのは 6.5MW である。これらの多くは木質ガス化設備である。

業界団体などへのヒアリング調査によると、大型木質バイオマスでは資源確保が難しく、発電コストが高くなることなどがその理由としてあげられている。

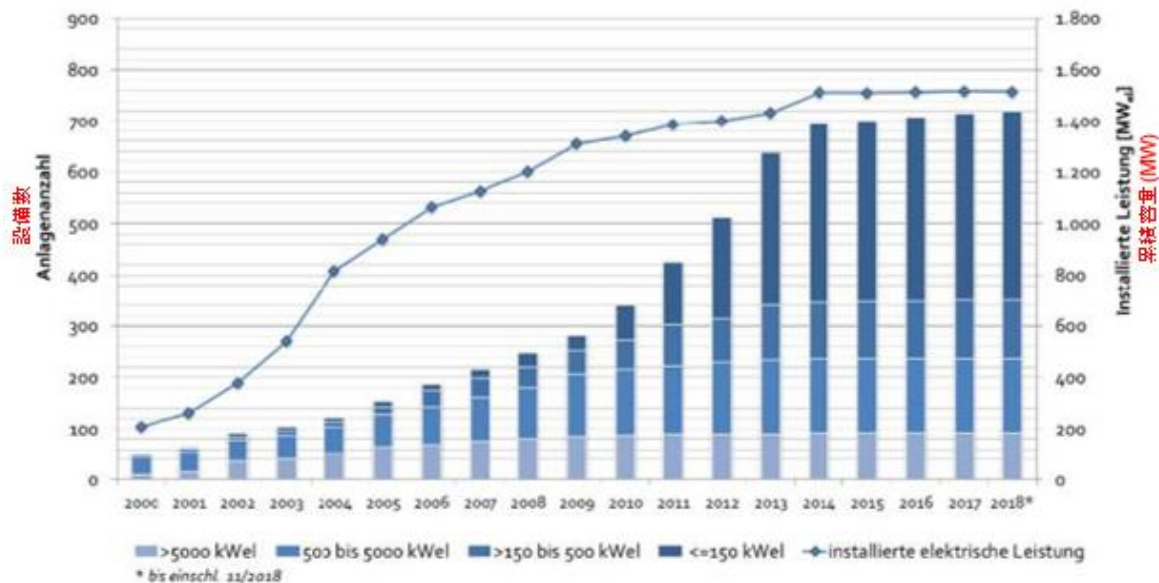


図 1.2.21 木質バイオマスの累積設置容量

(出所) Fraunhofer IEE, 2019

熱利用を伴う木質バイオマス発電の技術別の導入推移は以下のとおりである。図で示した平均的な発電容量のとおり、バイオマスの熱電併給設備では、発電設備と比べてより大型の設備が建設されていることがわかる。

発電のためには通常バイオマス資源を燃焼させて蒸気を作る BTG (Boiler Turbine Generator) か、有機媒体を用いる ORC (Organic Rankine cycle) が採用される。通常は燃焼タービン方式よりも上限温度が低い。そのため、同じサイズのタービンでの発電容量は明らかに小さくなる。そのため、バイオマス発電は熱利用のコンセプトがない限り、設備を有効利用できない。加えて、発電だけの設備は再エネの支援対象外である。現状では、支援なしのバイオマス発電設備で熱利用をしない場合は建築廃材などを利用する設備で一部存在するのみである。そのため、多くのバイオマス設備は、設備の効率を重視して熱需要に合わせた運転を行うように設計されてきた。再生可能エネルギー法 (EEG) の施行当初は発電のみの設備が導入されたが、そうした現在はそうした設備は見られない。木質バイオマスは将来的にはヒートポンプでは作ることが難しい高温のプロセス熱を供給する設備としての役割がまず期待されている。

木質バイオマス設備で発電を行っている事業者のうち、80%が再生可能エネルギー法の支援を通じた売電を行っている一方で、再エネ法の改正により、新規の木質バイオマス発電の導入は停滞している。しかし、適切な熱コンセプトと資源調達コンセプトさえあれば、支援切れの電源であっても発電コストは 6 ~ 7 セントに抑えられる。そのため、バイオマスの入札制度ではこのような設備の継続運転を念頭に置いた制度設計がなされてきたが、このような設備に対して十分なインセンティブが与えられたとは言えない。

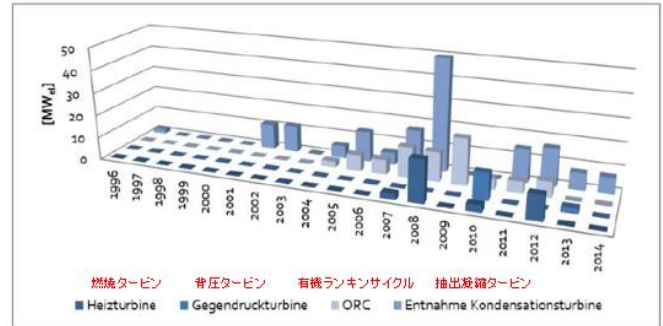
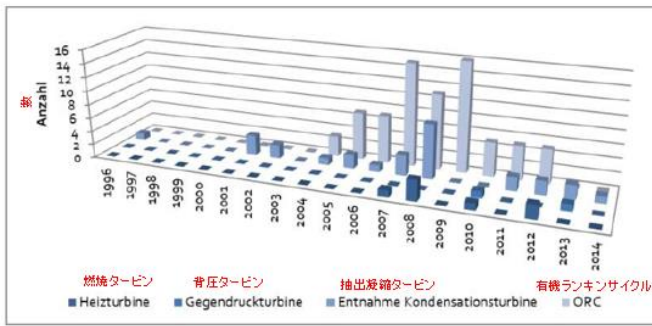


図 1.2.22 未処理木材を用いるバイオマス熱電供給設備のタービンタイプごとの導入数（左）および導入容量（右）  
 (出所) Fraunhofer IEE, 2019

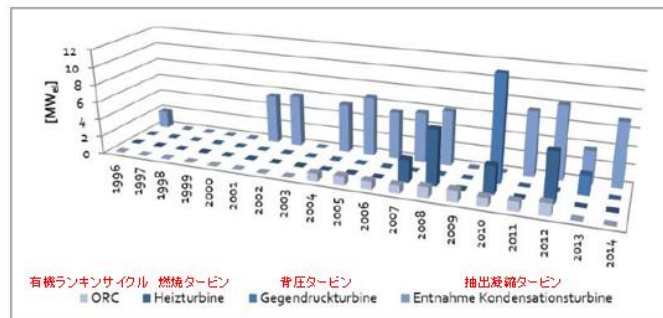


図 1.2.23 未処理木材を用いるバイオマス熱電供給設備のタービンタイプごとの平均的なサイズ  
 (出所) Fraunhofer IEE, 2019

一時期は木質バイオマスの新規技術として ORC に期待が集まったが、思うような成果が出ず、再エネ法の支援内容の中でもその地位が劣後するに連れ、導入数は減少し、現在は蒸気タービンが主流になっている。

Fraunhofer IEE が行った調査では、木質バイオマス設備の運営者も将来の柔軟性運転に期待を抱いているものの、バイオガス設備に比べて柔軟性は限定的でかつ設備ごとの差が大きい。木質バイオマスの中では ORC や抽出凝縮タービンが技術的には可能性があるが、現在の市場制度では収益性のあるビジネスモデルが描けないとしている。より多様なシステムの安定化ビジネスが制度的に可能にならない限り、このようなビジネスが可能になることは難しい。ドイツ政府では今後数年でこのような新しい市場制度設計を行うことが検討されている。

このような電力における柔軟性の提供は、これまでの熱需要追従型の運転形式とは異なる。そのため、バイオマス事業者は蓄熱技術への投資が必要になる。蓄熱技術は主に水を媒体とした蓄熱タンクがコストも安い技術として確立しており、今後はこのような技術の導入が必要である。それとともに、より熱の利用を可能にする地域熱系統投資への支援などが必要とされる。



## 再生可能エネルギー法（EEG）におけるバイオマスの位置づけ

ドイツ国内でバイオマス発電の推進を担うのは再生可能エネルギー法（EEG）である<sup>15</sup>。ドイツ政府は2020年12月に最新の改定である EEG2021 を可決した。EEG2021 はここ数年では大きな改定であり、再エネ電源ごとの導入目標も改定された。

この導入目標は、ドイツの気候保護プログラムを土台としており、2030年までに電力供給の65%を再エネで賄うという目標に必要な容量をエネルギー源ごとに定めている<sup>16</sup>。

EEG2021 第4条にはバイオマスの導入目標を2030年に8.4GWと定めている。上述のとおり、バイオマスの発電容量は目標値を上回っており2030年までの純減を防ぐことが政府の目標となっている。

その他の目標は以下の通りである。陸上風力は毎年1.5～3GW増設させていき、2030年には71GWに、太陽光発電は毎年2.5-5GW増設し、100GWまでそれぞれ大幅に増設させるとしている。また、洋上風力は洋上風力開発支援法（Windenergie-auf-See-Gesetz）において2030年までに発電容量を20GWにまで増設するとしている。

表 1.2.12 EEG2021 の再エネ導入目標

GW	2022年	2024年	2026年	2028年	2030年
太陽光	57 GW	62 GW	65 GW	68 GW	71 GW
陸上風力	63 GW	73 GW	83 GW	95 GW	100 GW

(出所) EEG2021

こうした各電源の目標を達成させるための経済手法として、EEG2021 ではエネルギー源ごとに支援の対象となる発電容量に対して入札方式による市場プレミアム制度を設けている。同制度の詳細は後述するが、2021年以降バイオマス発電設備には毎年600MWの新規建設の入札枠が配分される。一方で、陸上風力は毎年2.9～5.8GW、太陽光発電は1.55～2.15GWの入札枠を設けるとしている（EEG2021 第28条、第28a条、第28b条）<sup>17</sup>。

また、上記に加えエネルギー源を区別しない「革新的な設備コンセプト」枠も設け、募集容量は2021年の500MWから段階的に増やし、2028年には年間850MWとする（EEG2021 第28c条）。洋上風力発電を除く再エネ電源の増設支援対策には、市場プレミアム制度に加え、固定価格買取制度も併せて行うとしている<sup>18</sup>。

EEG2021 では、バイオマス発電設備の新規導入への支援策として以下の内容が示されている<sup>19</sup>。同制度の主な支援策として市場プレミアム制度があり、加えて固定価格買取制度も利用可能である（EEG2021 第19条）。市場プレミアム制度は、電力を市場へ直接販売する際の電力販売価格に市場プレミアムを上乗せした価格を発電事業者が受け取る制度で、支援期間は20年間である（同25条）。なお、プレミアム価格は発電容量150kW以下の場合12.8セント/kWh（同42条）、それ以上の場合スポット市場の年平均価格を考慮し EEG2021 の附表1に基づいて計算するとしている（同23a条）。

固定価格買取制度（Einspeisevergütung）も継続して導入されているが、対象となるバイオマス施設は発電容量が100kW以下のものである。100kW以上も対象となるものの、FITによる売電期間は最長で連続した3ヶ月間、そして1年で計6ヵ月とし、それ以外の期間は市場への直接販売を行うとし、毎年の支援期間を限定している（同21条、21b条）。なお、売電手法の変更は月ごとであるが、バイオマス施設事業者が決定するとしている（同21c条）。支援期間は後者が20年であるのに対し、前者は支援期間を2027年までに限定している（同25条）。同制度を利用する条件として、同制度を通じて電力供

<sup>15</sup> Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2021) ([https://www.gesetze-im-internet.de/eeg\\_2014/BJNR106610014.html](https://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/BJNR106610014.html))

<sup>16</sup> Gesetz zur Entwicklung und Förderung der Windenergie auf See (<http://www.gesetze-im-internet.de/windseeg/WindSeeG.pdf>)

<sup>17</sup> Energiezukunft 2020: EEG-Novelle 2020. Mehr Erneuerbare, weniger Blockaden. (<https://www.energiezukunft.eu/politik/mehr-erneuerbare-weniger-blockaden/>)

<sup>18</sup> 連邦経済省報道資料 (<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2020/09/20200923-altmaier-eeg-novelle-2021-klares-zukunftssignal-fuer-mehr-klimaschutz-und-mehr-erneuerbare.html>)

<sup>19</sup> なお、EEGの指すバイオマス及びバイオガス発電設備の原料と発電技術の定義は2001年に施行されたバイオマス政令（Verordnung über die Erzeugung von Strom aus Biomasse (Biomasseverordnung - BiomasseV)）によれば、植物由来である、動物性・植物性廃棄物を原料とする、生物由来廃棄物(生ゴミ)、植物から熱分解やガス化で生成されるガス、アルコール発酵で生成される資源とされている。

給を行う、もしくは行っている期間は配電網を通さない施設近隣での消費電力や自家消費を行ってはず、発電した電力は全て送電することが義務付けられている（同 21 条）。なお、電力の固定買取価格はスポット市場の年平均価格を考慮し EEG2021 の附表 1 に基づいて計算するとしている（同 23b 条）。

バイオマス発電事業者は既存設備では FIT か市場プレミアムを選択することができ、新規設備は原則市場プレミアムのみを利用可能となっている。

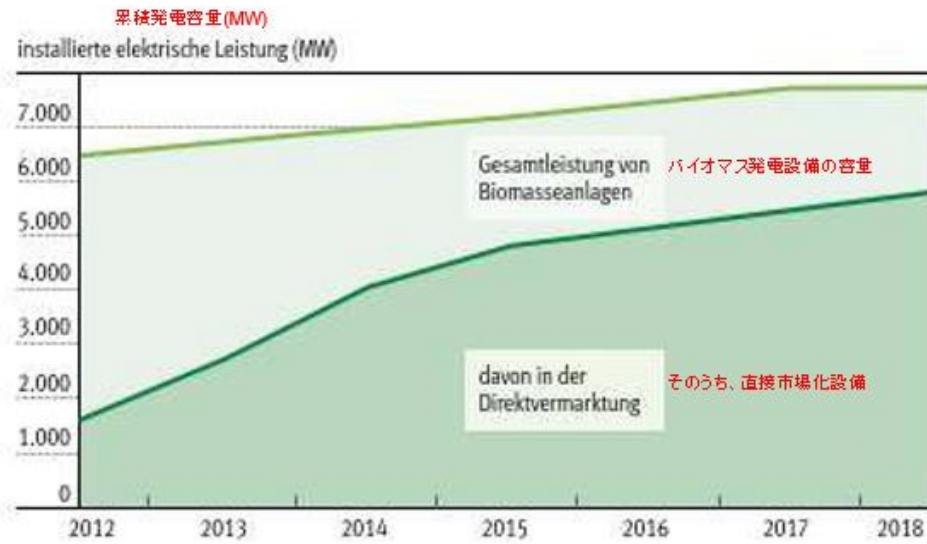


図 1.2.24 バイオマス発電設備の FIT または市場プレミアムの比率

(出所) FNR,2020

## バイオマスのコジェネとしての利用

熱電併給法(コジェネ法、KWKG:Kraft-Wärme-Kopplung-Gesetz)は 2015 年に制定され、2020 年に以下の内容に改正されている。

まず、2021 年時点でコジェネ設備(以下ドイツの制度に関連する場合は KWKG と記載)の発電容量ごとに売電価格に上乗せする形で以下のような KWKG ボーナスの価格(セント/kWh)が規定されている(DIHK,2020b)。なお、価格は発電容量に加えてエネルギーの用途によっても異なった価格を設定しており、以下の表で右よりそれぞれ自家消費、電力系統を使わない売電(第三者所有モデル)、及び電力系統を通じた売電となっている。なお、ここでいうコジェネはバイオガスに限らないので大型の設備も対象になっている。バイオガスも EEG の支援を受け取らないのであれば 20MW 以上でも構わない。

KWKG では 100 kW以下の設備に対しては、自家消費と売電の両方にボーナスを支給するとしている。またコジェネ設備で発電容量が 500kW から 50MW までの設備に対しては 2021 年 7 月より入札制度への参加を義務付けており (KWKG2020 第 5 条、第 6 条)、さらに発電容量が 300MW以上の設備の建設に関しては、競争法に照らして欧州委員会の許可が必要となる (KWKG2020 第 10 条)。なお、2021 年 7 月 1 日以前に送電を開始した設備に対する支払いは 4.4 セント/kWh となっている。また、設備増設分の燃焼容量が 20MW 以上で、欧州委員会の排出権取引に参加する場合、0.3 セント/kWh のボーナスが与えられるとしている。

表 1.2.13 KWKG2020 による KWKG ボーナス(セント/kWh)

設備規模	公共系統を使って売電	第三者所有、EEG 賦課金が 100%かかるケース	自家消費
50kW 以下	16	8	8
50~100kW	6	3	3
100~250kW	4.4	1.5	0
250~500kW	入札で決定	0	0
500kW~50MW (拡張も含む)	2MW まで 4.4 2MW 以上は 3.1	2MW まで 1.5 2MW 以上は 1	0
50MW 以上 <sup>20</sup>	3.4	1	0

(出所) DIHK,2020b P.5.

次に、KWKG 設備の発電容量が 50MW を超える場合について、新規設置設備に対して 2023 年よりボーナス価格を 0.5 セント/kWh ずつ上乗せするが、過剰支援にならないよう、発電費用と売電価格の差は超えないという条件が与えられている (KWKG2020 第 7 条)。これらは変動再エネに対応するためのガスコジェネの増強に必要な措置として定められているが、バイオガス電源も利用可能なものであり、対象はバイオガスに限らない。

上記に発電容量にかかる条件に加え、支援対象となる発電量の上限も変更されており (KWKG2020 第 8 条)、新規設備の場合は支援を受けられる電力量は発電容量に関係なくフル負荷稼働時間が合計 3 万時間相当分までとしている。さらに、新規設置設備、更新設備、及び増設設備に対して、2021 年からは年間で最大負荷稼働時間 5,000 時間相当分までを支援対象とし、以降 2023 年は同 4,000 時間、2025 年以降は 3,500 時間までとしている。なお、2018 年改正で条件に加えられた更新費用もしくは増設費用と同じ発電容量で新規建設した場合の費用との割合によって支援時間を変更する条件に変化はない。

<sup>20</sup> 増設によって発電容量が 50MW を超えた場合、KWKG ボーナスは 3.1 セント/kWh となる (KWKG2020 第 7 条)。

表 1.2.14 KWKG2020 法による革新的再エネ熱ボーナス

参照熱容量に対する革新的再エネ熱の割合	ボーナスの額(セント/kWh 発電容量)
5%	0.4
10%	0.8
15%	1.2
20%	1.8
25%	2.3
30%	3
35%	3.8
40%	4.7
45%	5.7
50%	7

(出所) DIHK, 2020b P.11.

2020 年 12 月の KWKG の改正では新たに 3 種類のボーナス制度が設けられているが、このうち「革新的再エネ熱ボーナス (Bonus für innovative erneuerbare Wärme)」は、バイオマスを利用した KWK 設備に対しての支援策となっている<sup>21</sup>。ボーナス価格の設定は以下のとおりであり、支援金額は燃焼容量に対する革新的な再エネ熱の供給割合が増えるほど高くなるように設定されており、また単位発電量当たりの換算になっている。

## バイオマスの熱利用の現状

ドイツにおける 2019 年の家庭用暖房の熱源は下左図のとおりであり、木質バイオマスやペレットを用いたバイオマスの利用は 2.8%に過ぎず、依然として天然ガスもしくは石油をエネルギー源とした戸別のセントラルヒーティング (Zentralheizung) が 70%を占めている。また、地域熱供給を利用している家庭も 6.6%に過ぎない。

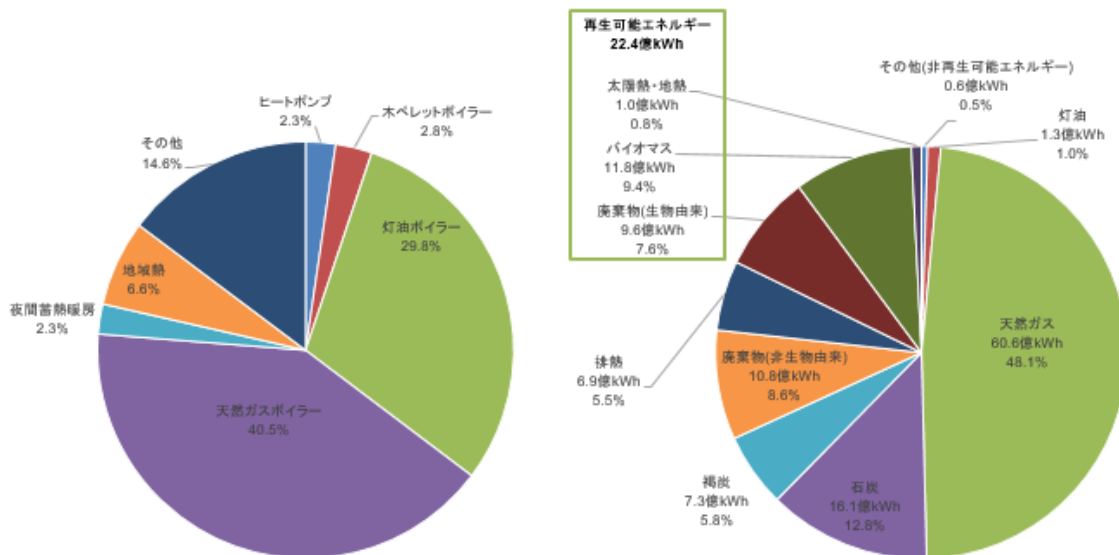


図 1.2.25 2020 年におけるドイツの家庭用の暖房熱供給源 (左) と地域暖房熱供給 (右)

(出所) AEE<sup>22</sup>をもとにみずほりサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

<sup>21</sup> このプログラムの支援対象となるのは以下の条件を満たす KWK 設備である (KWKG 2020 第 7a 条)。①年間電力供給量に対する年間熱供給量が 1.25 倍以上の高効率で温暖化ガスの排出量が少ない KWK 設備であること。②供給熱が熱供給網を通じて暖房や給湯、産業用のプロセス熱等に利用されていること。③発電容量が 10MW を超える、革新的コジェネ(非再エネ)の入札を通じた支援策を受けていない設備に関しては KWK ボーナスとの併用は可能であること。④通常の KWK ボーナスとの併用は可能であること。

<sup>22</sup> <https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/heizungssysteme-in- wohngebäuden-in-deutschland>、<https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/fernwaermeerzeugung- nach-energietraegern-in-deutschland-2020>

地域熱供給だけを見てみると、2020年の地域熱暖房の熱源となっているのはバイオマス設備と生物由来の廃棄物を利用したバイオガス設備があるが、熱供給量はそれぞれ118億kWh、及び96億kWhである。これは全熱供給量1,260億kWhに対してそれぞれ9.4%、及び7.6%となっている。

上記の中でも再生可能エネルギー源を利用した主な熱供給源は固形バイオマス、液体バイオマス、気体バイオマス、生物由来の廃棄物、太陽熱利用、大深度地熱、地熱及び廃熱利用があるが、これらの1990年から2019年までの供給割合の変化は以下の通りである。

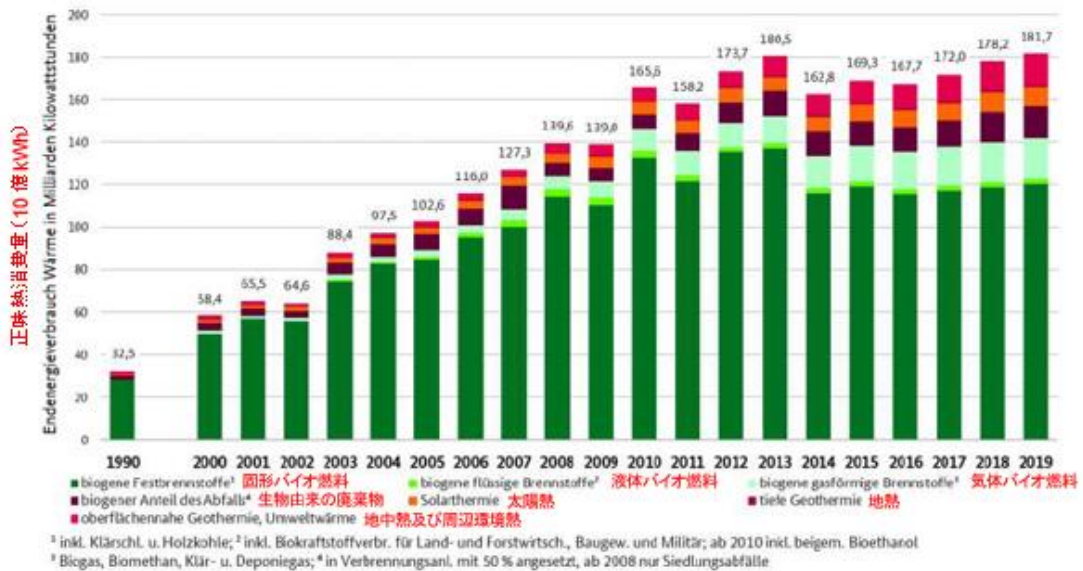


図 1.2.26 再エネ熱源別の供給量変化

(出所) BMWi, 2020c, P.24.

さらに、バイオマス熱供給設備の中での熱源もしくは燃料資源10種類別に見た熱供給量と全熱供給量に対する割合は以下の表のとおりである。

表 1.2.15 燃料別のバイオマス発熱量と割合 (2019年)

燃料種	最終消費熱エネルギー (GWh)	再エネ熱の全熱エネルギー消費に占める割合 (%)
固形バイオ燃料(家庭)	71,238	5.8
固形バイオ燃料(民生)	18,024	1.5
固形バイオ燃料(産業)	24,047	2.0
固形バイオ燃料(地域熱)	5,855	0.5
液体バイオ燃料	2,173	0.2
バイオガス	13,307	1.1
バイオメタン	3,228	0.3
汚泥ガス	2,495	0.2
埋め立てガス	104	0.01
生物由来廃棄物	14,664	1.2

(出所) BMWi, 2020d P. 16.

バイオマス由来の熱の普及に影響する可能性のある法制度として、2020年に制定された建築物エネルギー法（GEG）<sup>23</sup>が挙げられる。同法は暖房等の熱源としての再生可能エネルギーに建物内での利用を高めつつ、他方で建物のエネルギー効率を高めることにより建物で消費するエネルギー量を減らすことを目的としている。ただし産業の製造過程で用いられるプロセス熱に関しては同法の対象外としている（GEG 第1条、及び第2条）。

同法にて義務付けられた規定として、新規に建設される建物では、暖房や温水等のエネルギー消費量を計算し、規定値を超えない省エネ建築（ドイツ語では低エネルギー建物、Niedrigstenergiegebäude）であることを証明することが2021年より義務付けられた（GEG 第15条）。また、近隣暖房、及び地域暖房の設備に関して、主な供給源を再生可能エネルギーとすること、また熱源の50%以上を廃熱、熱電併給装置、もしくはこれらの組み合わせにて供給することも義務付けている（GEG 第44条）。

GEG法の附表4によると、建物の一次エネルギー消費量の計算時には熱源が区別され、太陽光、地熱、一般廃棄物等は再生可能エネルギー、固形バイオマスは再生可能エネルギーとして一次エネルギーの消費が少ないとしている。

なお、バイオマスを原料とした熱供給装置を新規設置、もしくは既存設備を増設させる場合には金銭的な支援を行うとしているが、その条件として暖房や給湯の熱源に使用する場合は熱効率が89%以上、それ以外の熱利用であれば70%と規定している（GEG 第90条）。この具体的な支援策は連邦経済省が告知するとしている（GEG 第89条）。

## バイオマス利用に関する見通し

ドイツにおける今後のバイオエネルギーの利用の方向性として、ここでは連邦農業食糧省および再生可能資源専門協会の助成により、ドイツ再生可能エネルギー協会の協会紙の中で発表されたレポート<sup>24</sup>の内容について以下のとおり記載する。

同レポートでは、バイオマスの利用形態は電力利用、熱利用、交通燃料利用の3つに分かれ、さらに普及するとみられる利用方法は、電力（P2Gの合成ガスを含む）、熱利用では固形燃料、バイオメタン、Power to heat、柔軟性の高いコージェネ、交通燃料利用ではバイオディーゼル、バイオエタノール、バイオメタン、Power to liquid（合成液体燃料）としている。<sup>25</sup>

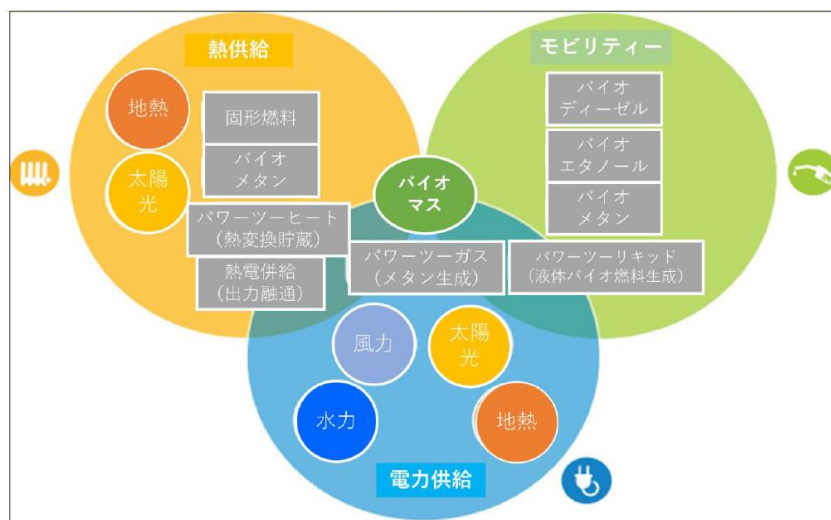


図 1.2.27 バイオエネルギーの今後の利用形態

（出所）Hülsken & Agentur für Erneuerbare Energien e.V, 2019 P.29 をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

<sup>23</sup> Gebäudeenergiegesetz: GEG, 正式名称：省エネルギー、及び建築物の暖房・冷房供給への再生可能エネルギーの利用法、Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden

<sup>24</sup> Hülsken & Agentur für Erneuerbare Energien e.V, 2019

<sup>25</sup> ドイツのガス事業を所管するエネルギー事業法では現在、水素を産業用以外の用途で販売しようとした場合は、バイオガスとしてしか販売できないようになっている。そのため、メタン化であっても水素混入であっても法律上はバイオガスとして扱われる。

レポートの中では、ドイツにおけるバイオマス発電の大半を占めるバイオガス発電設備の運用形態について言及されている。下図は柔軟性のある電力と熱の供給に向けたバイオガス施設の運用変化を示している。バイオガスは 24 時間稼働するのではなく電力系統と電力市場の状況に合わせて運営をすることで安定供給に貢献するとしている<sup>26</sup>。

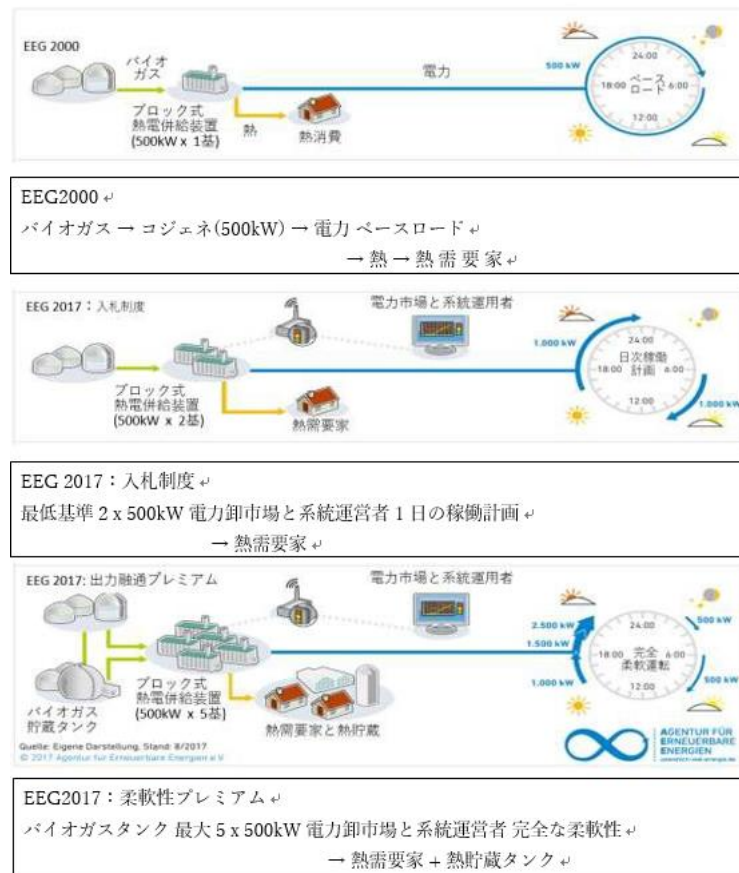


図 1.2.28 バイオガス発電設備の運転形態の変化

(出所) Hülsken & Agentur für Erneuerbare Energien e.V, 2019 P.27 をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

EEG が施行された 2000 年当時はバイオガス発電設備は化石燃料の代替となるベース電源となることが期待されていた。しかし 2017 年の同法改正では入札制度により、出力 500 k W の潜熱回収型コージェネ設備 2 基以上が連動して発電を行う施設を増やすことで、朝夕の電力ピーク需要に合わせて設備を稼働、停止させる柔軟な運転を行える設備を増やすよう、支援の方向転換が行われた。

また完全に柔軟な運転が行えるバイオガス発電設備は迅速に大きな電力量を供給するためにより大きな発電容量が必要となり、EEG2017 の規定に従った場合は BHKW を最大 5 基までを用意する必要がある。また発電量に合わせてバイオガスの生成速度を上げることはできないのでバイオガス貯蔵タンクを増設する必要がある。さらに BHKW の出力を主に発電へ向けた場合は発熱量が減るため、新たに蓄熱タンクを設置し電力需要が少ない時に発熱し貯蔵することで電力及び熱の両需要に対してより柔軟な対応ができることが期待されている。

これまで EEG2012 年改正法から柔軟性プレミア (Flexibilitätsprämier) の上乗せ支援を行う政策が採られているが、政府は今後はさらにこのようなそのため、柔軟な運用方式をとる設備に対する支援を強める必要性についても言及している。

<sup>26</sup> なお、バイオガス発電設備で必要とする熱をガスコージェネで利用しているエネルギー取得率は 21~31%であり、主に発酵槽での熱として使われている。その他の熱の用途としては、ドイツバイオガス協会が実施したアンケート(有効回答数 602)では、熱を利用している設備の 81% が住宅の暖房として利用し、47%が木材の乾燥に利用していた。その他、オフィスなどの暖房(45%)、穀物の乾燥(36%)が続く。また、利用される熱エネルギー量で見ると、全体の 42%が発酵槽での利用、公的建物が 33%、木材乾燥が 14%だった。公的建物とは市庁舎などを指し、熱利用においては、役場などの公的機関との関係構築が重要であることを示している。

# 3章 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業

## 地域と共生するバイオマスエネルギーを目指して

バイオマスエネルギーは経済・社会・環境の3つの観点から地域システム全体を活性化させる重要なドライバー（歯車）として、今後も普及が期待されている。持続可能なバイオマスエネルギー事業の実現と、より一層の普及拡大のためには、熱も効率よく利用するとともに、地域の特性を活かした最適なシステム化が必要となる。国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）は、地域の特性を活かした最適なバイオマスエネルギー利用システムを構築するために、2014年度から「バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業」を実施している。本事業では、FIT制度や補助金などに頼らないことを念頭においた、地域自立システムとしての事業性評価（FS）、実証事業、および技術開発事業を実施し、その成果を本書（導入要件・技術指針）に反映させている。



### バイオマスエネルギー地域自立システム化実証事業の実施事項

- 1 バイオマスの種類毎(未利用木材、畜産廃棄物、都市ごみ等)に**経済的に自立可能な要件**及び**要素技術**を洗い直し、導入要件・技術指針としてまとめます。
- 2 実証事業に向けた事業性調査(FS)を行います。
- 3 事業採算性のある事業に対し、導入要件・技術指針に合致した**モデル実証**と、改良が必要な**技術の開発**を行います。
- 4 開発及び実証の**成果を反映させた導入要件・技術指針**と共に、事業モデルを公開し、**更なる導入促進**に貢献します。

図 1.3.1 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業の目指す社会像のイメージ

(出所) NEDO 提供資料



表 1.3.1 NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業における実証事業者一覧

カテゴリ	事業名	事業者
木質バイオマス	竹の新素材加工工場に併設したバイオマス熱・電併給カスケード利用による地域再生自立システム”ゆめ竹バレー”の実証事業	バンブーエナジー株式会社
	真庭市北部におけるバイオマスエネルギーによる地域自立システム実証事業	昭和化学工業株式会社
	低品位木質系廃棄物を燃料とした蒸気供給モデルの実証事業	JFE環境サービス株式会社 <sup>27</sup>
	持続可能な林業に資するバイオマスエネルギーの地域利活用の実証事業	田島山業株式会社
	廃棄バイオマスを利用したクリーニング工場への蒸気供給事業の実証事業	社会福祉法人ウイズユー
メタン発酵系バイオマス	家畜ふん尿由来のバイオガスエネルギーを利用した酪農地域自立システムの実証事業	阿寒農業協同組合
	地域における混合系バイオマス等による乾式メタン発酵技術を適用したバイオマスエネルギー地域自立システムの実証事業	株式会社富士クリーン

表 1.3.2 NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業における FS 事業者一覧 (木質バイオマス)

事業名	事業者
バイオマスエネルギーを活用した農・林・工複合型モデルの事業性評価	昭和化学工業株式会社
飲料製造工場及び周辺施設へのバイオマス地域熱供給事業の事業性評価	サーフビバレッジ株式会社
低品位木質系廃棄物を燃料とした蒸気供給モデルの事業性評価	JFE環境サービス株式会社(旧 株式会社日本リサイクルマネジメント)
アクアイグニス多気 ORC ユニットを活用した木質バイオマスコジェネレーションシステムの事業性評価	バイオマス熱電併給株式会社 E2リバップ株式会社
産業拠点において低質バイオマスを段階的利用する熱電自給・小規模熱利用システムの事業性評価	山室木材工業株式会社
栃木県におけるエリアンサスを含めたバイオマス資源を利活用した公共施設への地域自立システム化の事業性評価	高砂熱学工業株式会社 一般社団法人日本有機資源協会
持続可能な林業に資するバイオマスエネルギーの地域利活用の事業性評価	田島山業株式会社
原木をそのまま燃料とする丸太ボイラーによる熱供給事業の事業性評価	智頭石油株式会社
山林循環再生をめざすバイオマスエネルギー活用地域自立システム化実証事業の事業性評価	山陽チップ工業株式会社 株式会社 EECL
竹改質による燃料化の事業性評価	株式会社日立製作所
中山間・内陸に適した木質バイオマスエネルギー需給複合型システムの事業性評価	長野森林組合
地域材を利用した木質バイオマス熱供給事業の事業性評価	坂井森林組合
早生樹を軸とした農林エネルギー地域循環サステナブル事業の事業性評価	遠野興産株式会社、一般財団法人石炭フロンティア機構(JCOAL)(旧 一般財団法人石炭エネルギーセンター)
山村における木質バイオマス地域熱供給モデル構築事業の事業性評価	一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会
性状の異なる原料を用いたバイオマスガス化電熱併給事業の事業性評価	日本総合研究所
大分県臼杵市における木質バイオマスの熱エネルギー有効活用の事業性評価	ワタミファーム&エナジー株式会社
竹の新素材加工工場に併設したバイオマスの熱・電併給カスケード利用による地域再生自立システム”ゆめ竹バレー”の事業性評価	バンブーエナジー株式会社 中外炉工業株式会社
里山エコリゾートのためのスローテクノロジー統合型の地域木質熱利用システムの事業性評価	東海大学 株式会社東急リゾート&ステイ株式会社(旧 株式会社東急リゾートサービス)
廃棄バイオマスを利用したクリーニング工場への蒸気供給事業の事業性評価	智頭石油株式会社
地域バイオマス持ち込みシステムとスマートバイオマスネットワークの事業性評価	広島県北広島町 国立大学法人広島大学
使用済菌床等の地域産資源を活用したバイオマス燃料供給・地産地消モデル事業の事業性評価	中部電力株式会社 株式会社シーエナジー

<sup>27</sup> 株式会社日本リサイクルマネジメントより社名変更

表 1.3.3 NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業における FS 事業者一覧（メタン発酵系バイオマス）

事業名	事業者
地域における混合系バイオマス等による乾式メタン発酵技術を適用したバイオマスエネルギー地域自立システムの事業性評価(FS)	株式会社富士グリーン 栗田工業株式会社
都市と農業地域を繋ぐ循環型バリューチェーン構築を目的とした実証開発の事業性評価(FS)	株式会社竹中工務店
エネルギー作物と家畜糞尿の混合メタン発酵とバイオマスエネルギーマネジメントが可能にする循環型農業システム化実証事業の事業性評価(FS)	株式会社大原鉄工 株式会社いわむろバイオソリューション
JAがのぞむ地域未利用資源を活用したバイオマスエネルギー有効利用システムの事業性評価(FS)	株式会社小樹屋 JA ゆうき青森 東洋紡エンジニアリング株式会社
混合バイオマスによるガレージ式乾式メタン発酵システムの事業性評価(FS)	株式会社サナース 山興緑化有限会社
家畜ふん尿由来のバイオガスエネルギーを利用した酪農地域自立システムの事業性評価(FS)	阿寒農業協同組合 北海道エアウォーター株式会社
小型分散による鶏糞メタンガス発電システム導入と熱利用の事業性評価(FS)	三昌物産株式会社 三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング株式会社
鶏糞メタンガス発行システムを用いたエネルギー変換利用及び鶏糞残余を活用した副産物高付加価値化に係る事業性評価(FS)	株式会社インターファーム
家畜ふん尿に由来する液化バイオメタンの都市部へのエネルギー供給システムの事業性評価(FS)	北海道エア・ウォーター株式会社
オンサイト型小型メタン発酵システムの普及のために高温可溶化処理と乳酸発酵の技術を活用したメタン発酵のガス収量の増加による事業性向上と陸上養殖を組み合わせた事業性評価(FS)	株式会社ヴァイオス 国立大学法人京都大学
グリセリン含有廃液リサイクルを核とした地域バイオマスエネルギー循環事業の事業性評価(FS)	バイオ燃料技研工業株式会社 国立大学法人山口大学
製糖工場汚泥と肉牛ふんを主原料とした乾式メタン発酵バッチシステムの事業性評価	株式会社北土開発

# 1. バンブーエネルギー（FS：2015年度、実証：2017～2020年度）

事業名	竹の新素材加工工場に併設したバイオマスの熱・電併給カスケード利用による地域再生自立システム”ゆめ竹バレー“の実証事業
事業者	バンブーエネルギー株式会社
背景	<p>固定価格買取制度により、各地で大型の木質バイオマス発電所の建設が盛んに行われている。特に林地残材や間伐材などの未利用バイオマスは、電力の買取価格が割高に設定されていることもあり、本事業を計画している九州など一部地域では争奪戦も始まっている。このような FIT 発電所では発電効率を優先した結果、熱併給を行うプラントはほとんどなく、その総合エネルギー効率は低く、20～30%にとどまっている。</p> <p>竹は国内で広範囲に育成している緑資源であるにも関わらず、カリウムやシリカが多いため燃料利用が進まず、未開発のまま放置された竹は、周囲の里山に拡大し生物多様性を低下させる恐れが危惧されている。また、製材工場では丸太加工、製材品加工の過程でバーク、木片などの端材、おが屑、かんな屑などの工場残材が大量に発生している。しかしバークは吸水しやすいため水分を多量に含み、単独では完全に燃焼させることが難しく、堆肥利用以外の用途がなかった。</p>
事業概要	<p>バンブーエネルギー株式会社では熊本県南関町において、地域で荒廃が進み保全が課題となっている竹と未利用のバークを燃料に用いて、バイオマス燃焼炉と ORC 熱電併給設備により、同じ敷地内の竹材を利用した建材工場に対し熱と電気を供給している。FS 調査は 2015 年 10 月から始まり、2017 年 1 月から実証フェーズへ移行、2019 年 10 月に実証運転を開始した。</p> <p>事業全体の概要図を下に示す。竹およびバーク等の原料調達はバンブーフロンティア株式会社、熱電併給はバンブーエネルギー株式会社、竹の建材製造はバンブーマテリアル株式会社が担っている。本事業では竹林の荒廃という全国で顕在化しつつある地域課題を解決すべく、竹の総合利活用と高付加価値化を実現するモデルを実証している。</p> <p><b>①原料調達</b>の工夫 ・地域課題の竹を利用 ・残材等を燃料利用</p> <p><b>②エネルギー変換</b>の工夫 ・マテリアル工場熱需要に最適化 ・熱電併給による高効率化</p> <p><b>③エネルギー利用</b>の工夫 ・安定した熱需要先</p> <p><b>④システム全体の工夫</b> ・需要側の要求に即した熱供給と同時に単価の高い電力を併給し、総合エネルギー効率を上げつつ経済的にエネルギーを供給 ・安定した原材料調達システムの確立と、隣接したエネルギー需要工場への供給</p>

(出所) バンブーエネルギー株式会社 FS 報告書および成果報告会等公開資料より作成

## 2. 昭和化学工業 (FS : 2014~2016 年度、実証 : 2017~2021 年度)

事業名	真庭市北部におけるバイオマスエネルギーによる地域自立システム実証事業
事業者	昭和化学工業株式会社
背景	昭和化学工業株式会社は岡山県真庭市蒜山地区において実証事業実施予定地域の鉱床より珪藻土原土を採掘し、粉碎、乾燥、焼成、分級の工程を経て珪藻土濾過助剤等の製品製造を行っている。既存工場の製造工程において、原土に含まれる約 70%の水分と有機物の燃焼を行うため、多大なエネルギーを消費しており、現状そのエネルギー源を 100%輸入の LNG 燃料に頼っている。本事業は、100%輸入によるエネルギー消費体制から、地域資源である木質バイオマスの併用による地元材の消費体制に移行を目指した総合的な取り組みにより経済性の向上と CO2 削減、地域活性化を目指す。
事業概要	<p>昭和化学工業株式会社では岡山県真庭市を中心に木の皮などの余剰木質バイオマスを調達し、バイオマス熱風炉を用いて同社の珪藻土製品の製造・乾燥工程へ熱供給を行うモデルを実証している。事業全体の概要図のとおり、バイオマス熱風炉は既存の LNG を燃料とする供給プラントに併設し、一部の化石燃料をバイオマスに代替することで、従来の化石燃料の使用量を削減と、燃料価格の変動影響の低減を目指している。</p> <p>①原料調達の工夫 真庭システムと連携した安定供給 〈原料調達〉</p> <p>②エネルギー変換の工夫 設備投資最少・珪藻土品質維持 〈エネルギー変換〉</p> <p>③エネルギー利用の工夫 燃料の2元化 (LNG+バイオマス) 〈エネルギー利用〉</p> <p>④システム全体の工夫 真庭地域との協力体制構築／原料の需要バランス最適化／燃料代の地元還元／環境負荷の低減効果</p>

(出所) 昭和化学工業株式会社 FS 報告書および成果報告会等公開資料より作成

### 3. JFE 環境サービス (FS : 2015 年度、実証 : 2017~2020 年度)

事業名	低品位木質系廃棄物を燃料とした蒸気供給モデルの実証事業
事業者	JFE 環境サービス株式会社(旧 株式会社日本リサイクルマネジメント)
背景	<p>JFE 環境サービス株式会社(旧 株式会社日本リサイクルマネジメント)は、2005 年より水島コンビナート内で、岡山県内から集めた発電用途とは競合しない建築廃材などの木質系廃棄物(以下「廃木材」という)の受入から、破碎チップ化、炭化炉で炭化物を製造する炭化処理事業を展開している。炭化物は、助燃材や土壌改良材などの用途向けに製品化して販売している。また、炭化物を製造する際の廃熱を利用して蒸気を製造して、既設の蒸気ラインを通して隣接する JFE スチールなどの蒸気利用工場へ供給販売している。</p> <p>一方、地域課題としては①廃木材の増加、②廃竹材の活用需要、③剪定枝の処理、④温室効果ガスの削減、⑤エネルギーコストの削減などが顕在化し、これらの課題解決のために、新たに廃木材由来のバイオマスエネルギーを熱利用(蒸気)する。</p>
事業概要	<p>JFE 環境サービス株式会社は岡山県倉敷市を中心とする広範囲の地域から発生する建築廃材や、低発熱量の木質系廃棄物を調達し、燃料チップ化、環境配慮型ボイラーの工程を通して、コンビナート内の近隣工場に蒸気を供給している。</p> <p>原料については、発電事業用途のバイオマスとは競合しない低質な木質バイオマスを対象としている。また、それらを用いて製造された蒸気は、既に整備されているパイプラインを通じて供給を行う。このように、地域のリソースを活かした地域産業モデルを実証している。</p>  <p>①原料調達の工夫 ・増加する木質系廃棄物の利用 ・地域と連携した安定供給</p> <p>②エネルギー変換の工夫 ・廃棄物の燃料化 ・環境配慮型ボイラーの利用</p> <p>③エネルギー利用の工夫 ・安定した熱需要先・全量消費</p> <p>④システム全体の工夫 ・岡山県、倉敷市、地域企業との協力体制によるサプライチェーンの構築 (原料調達から廃棄物処理まで) ・地域における環境負荷の低減効果</p> <p>岡山県 倉敷市</p>

(出所) JFE 環境サービス株式会社 FS 報告書および成果報告会等公開資料より作成

## 4. 田島山業 (FS : 2015 年度、実証 : 2017~2019 年度)

事業名	持続可能な林業に資するバイオマスエネルギーの地域利活用の実証事業
事業者	田島山業株式会社
背景	大分県内では主伐に伴う伐採量が増加しているが、原木の供給量が増える一方、杉材の価格は低下の一途をたどっている。木材価格の低下による収益率の悪化は林野庁が林業白書の中でも明言しており、収入から育林経費を賅っていない。田島山業は、1200haの山林を管理しており、伐採搬出に関する最先端技術(高性能林業機械)を有している。また、林道等インフラ設備が進んでいる。本事業ではこれら高度なインフラを活かし、林内に放置されている林地残材の先端部を有効利用し、エネルギー利用を図ることで、林業者に新たな収入源を創出するとともに、バイオマス燃料の供給量拡大や価格の安定化を目指す。
事業概要	<p>原料調達については、山からの林地残材搬出、チップカーによる土場におけるチップングについて3つの研究開発項目を定め検証を行った。林地残材調達可能量および搬出コストの検証、土場におけるストックヤード効果の検証、チップカーの活用による効果の検証である。エネルギー利用では、チップカーにて製造した林地残材チップを木質バイオマス発電所、木質バイオマスボイラーへ供給した。エネルギー変換技術については、林地残材の自然乾燥について検証を行った。システム全体については、近隣からの林地残材収集の検討、他地域への展開可能性の検討の2検証を行った。</p> <p><b>①原料調達の工夫</b> 林地残材(先端部、枝・葉)の燃料化 自社インフラの活用 チップカーによる作業効率化</p> <p><b>③エネルギー変換の工夫</b> 自然乾燥 需給バランス調整</p> <p><b>②エネルギー利用の工夫</b> 近隣発電所の安定需要 近隣地域熱需要</p> <p><b>④システム全体の工夫</b> 林業を営む田島山業が主体となり、持続可能な林業との調和をはかることで持続可能なバイオマスエネルギー利用を目指す。近隣山林へ広く普及させることで地域全体の収益増を目指す。</p> <p>大分県 日田市</p>

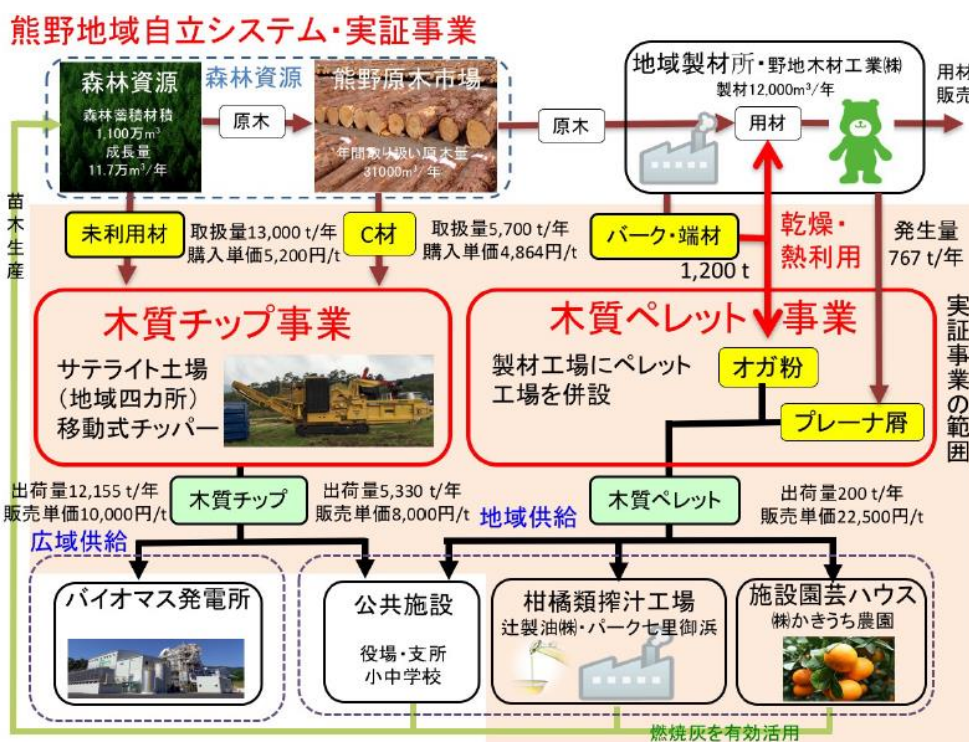
(出所) 田島山業株式会社 FS 報告書および成果報告会等公開資料より作成

## 5. ウイズユー／智頭石油（FS：2018年度、実証：2019～2021年度）

事業名	廃棄バイオマスを利用したクリーニング工場への蒸気供給事業の実証事業
事業者	社会福祉法人ウイズユー、智頭石油株式会社
背景	鳥取市内の社会福祉法人ウイズユー（以下、（福）ウイズユー）はクリーニング工場を運営し、重油を燃料とした蒸気ボイラーを使用していた。一方、別に運営するしいたけ栽培施設（きのこセンター）より廃菌床が大量発生し未活用で廃棄されており、これらをエネルギーとして有効活用し、クリーニング工場の化石燃料消費の削減を図る目的でFSを実施し、実証事業の実施に至った。
事業概要	<p>（福）ウイズユーのクリーニング工場では、主熱源には重油を燃料とした蒸気ボイラーを使用している。また、別に運営するきのこセンターから廃菌床が大量に発生し未活用で廃棄している。周辺地域では果樹剪定枝等の廃棄バイオマスや間伐材チップも入手が容易であり、これら燃料を利用できるバイオマスボイラーを新設し、太陽熱や廃熱を利用した燃料の乾燥システム構築や廃熱活用を行うことで、地域のエネルギーを有効活用した地産地消モデルを構築する。</p> <div data-bbox="343 645 1460 1355" style="text-align: center;"> <p><b>事業イメージ図</b></p> </div>

（出所）智頭石油株式会社 FS 報告書および成果報告会等公開資料より作成

## 6. 熊野原木市場協同組合 (FS : 2014~2015 年度)

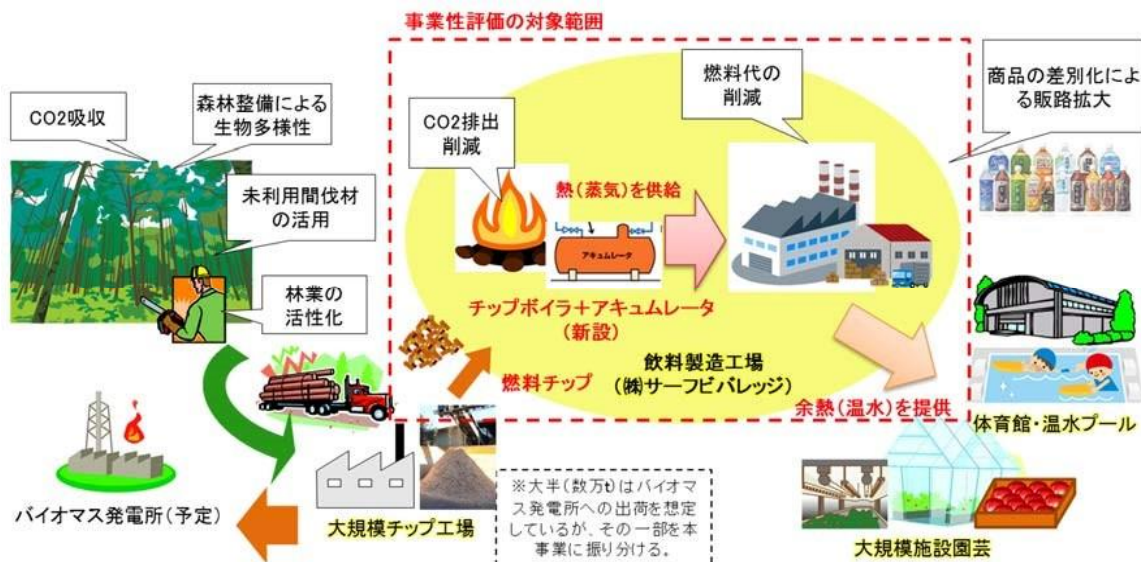
事業名	“熊野新道”～新しい木質バイオマスエネルギーの道(拠点)づくりの事業性評価
事業者	熊野原木市場協同組合、三重くまの森林組合、野地木材工業株式会社、辻製油株式会社、株式会社かきうち農園、国立大学法人三重大学
背景	三重県熊野地域は平均森林率 83%の森の国であり、持続可能な社会づくり、エネルギーセキュリティーの向上、地球温暖化の防止等の面から、バイオマス等の再生可能エネルギーの導入は重要な課題である。本 FS は森林資源が豊富な熊野地域において、未利用木質バイオマスを地域において利活用する仕組みを作り、100%熊野材の木質バイオマス利活用によるエネルギー自立地域をつくりあげること目標とする。
事業概要	<p>熊野原木市場協同組合・三重くまの森林組合を事業主体とし、山林から搬出される未利用材を主な取り扱い原料とする。また、原木市場で 8,000 円/m<sup>3</sup> 以下で取引される C 材を直接買い取り原料材として利用する。原木材料を地域にあるサテライト土場(4ヶ所)にて貯木・乾燥し、移動式チップパーを用いて現場で木質チップ化し、合理的なサイズの大型トラックで地域および広域に輸送・販売する。</p> <p>森林から搬出される間伐材・未利用材、原木市場を通して、製材工場で原木を製材する際に発生する端材を木質燃料化する。燃料は、地域の製材工場、柑橘類工場、温浴施設、小規模需要先に供給し、地域熱利用する。また、地域バイオマス発電所にも供給する広域連携型のシステムも併せて取り組む。これまで木材の乾燥に灯油が使用されていたため、バークおよび端材を燃料としたバークボイラーに置き換えエネルギー利用を実施する。</p>  <p><b>熊野地域自立システム・実証事業</b></p> <p>森林資源 (森林蓄積材積 1,100万m<sup>3</sup>、成長量 11.7万m<sup>3</sup>/年) から原木を抽出し、熊野原木市場 (年間取引額 約1000億円) へ供給する。原木市場からは未利用材 (取扱量 13,000 t/年、購入単価 5,200 円/t) と C材 (取扱量 5,700 t/年、購入単価 4,864 円/t) を抽出する。未利用材は木質チップ事業 (サテライト土場、移動式チップパー) を通じて木質チップ (出荷量 12,155 t/年、販売単価 10,000 円/t) を生産する。C材は木質ペレット事業 (製材工場にペレット工場を併設) を通じて木質ペレット (出荷量 200 t/年、販売単価 22,500 円/t) を生産する。また、乾燥・熱利用 (発生量 767 t/年) を行う。木質チップはバイオマス発電所、公共施設 (役場・支所、小中学校)、柑橘類搾汁工場 (辻製油株式会社・パーク七里御浜)、施設園芸ハウス (株式会社かきうち農園) に供給する。木質ペレットは柑橘類搾汁工場と施設園芸ハウスに供給する。燃焼灰を有効活用する。</p>

(出所) 熊野原木市場協同組合、三重くまの森林組合、野地木材工業株式会社、辻製油株式会社、株式会社かきうち農園、国立大学法人三重大学 FS 報告書より作成



## 7. サーフビバレッジ (2014～2015 年度)

事業名	飲料製造工場及び周辺施設へのバイオマス地域熱供給事業の事業性評価(FS)
事業者	サーフビバレッジ株式会社
背景	事業実施地であるサーフビバレッジ石森工場(山梨県山梨市)周辺は次のような特徴がある。①年間通して多量の蒸気(熱)を使う事業所であり、燃料の消費量も多い。②山林が多い山梨県の豊富な森林資源の有効活用ができる。③山梨市(石森工場の所在地)のバイオマスタウン構想とのタイアップしている。④近隣に大型チップ工場が竣工した。⑤石森工場とは別工場で 2007 年より木質バイオマスボイラーを導入し、運用継続実績がある。これらを踏まえ、石森工場における新たなバイオマスエネルギー利用に係る FS を実施した。
事業概要	<p>未利用間伐材等の木質チップを原料としたバイオマスボイラ及びアキュムレータを用いて、飲料製造工場及び周辺施設へ熱供給を行う地域熱供給事業の事業性評価を行う。</p> <p>本事業で用いる木質チップは未利用間伐材や支障木などの森林由来のものを中心として複数種検討する。近隣に大規模チップ生産工場が存在するため、スケールメリットを活かした安定的かつ低コストでの調達を目指す。熱供給事業としては、バイオマスボイラ及びアキュムレータを導入することで、飲料製造工場での抽出・加熱殺菌等工程で用いる熱源(蒸気)を得るために重油ボイラで消費している重油の使用を削減する。そのために適なバイオマスボイラの選定およびアキュムレータを用いた熱需要変動への対応方法を検討する。また地域熱供給は、飲料製造工場で使用した蒸気の温排水を周辺の公共施設や園芸施設に供給することを想定する。</p>



(出所) サーフビバレッジ株式会社 FS 報告書より作成

## 8. バイオマス熱電併給／E2リバイブ（FS：2014～2016年度）

事業名	アクアイグニス多気 ORC ユニットを活用した木質バイオマスコジェネレーションシステムの事業性評価(FS)
事業者	バイオマス熱電併給株式会社、E2リバイブ株式会社
背景	<p>FIT 制度施行以降、これまでコスト的にその活用が難しかった未利用材を利用した発電出力 5,000kW 級の木質バイオマス発電所の計画が次々と立ち上がり、稼働を開始している。一方、燃料集荷面からの過大な規模感や発電のみというエネルギー効率の低さを問題視する点も聞かれ始めている。また東日本大震災以降、再生可能エネルギーを活用した分散型エネルギー拠点のニーズも高まっている。持続可能な森林資源の活用によりエネルギーの有効活用や地域産業・経済振興を進めていく上では、燃料集荷面から無理がないコンパクトな規模で、熱利用も伴う中小型の木質バイオマスコジェネレーション技術の実用化への期待が高まっている。本事業では欧州で豊富な実績を持つ「ORC(Organic Rankine Cycle)ユニット」に着目し、バイオマスボイラーとの組み合わせによる木質バイオマスコジェネレーションの国内での実用性を検証した。</p>
事業概要	<p>本事業では、三重県多気町にオープン予定の温浴リゾート施設で、バイオマスボイラーおよび ORC ユニットを用いた中小規模の木質バイオマスコジェネレーションシステム導入の事業性評価を行った。</p> <p>原料は E2 リバイブ株式会社が自社および周辺地域の林業事業者、伐採業者、製材工場、原木市場、ダム管理者などから未利用木材を年間約 8 千 t、一般木材を年間 1.7 万 t の合計年間 2.5 万 t を集荷し、E2 リバイブ株式会社チップ工場に持ち込み、加工後熱電併給プラントに供給する。熱の供給については、リゾート施設アクアイグニス多気に売熱し、リゾート施設内の温浴施設、宿泊施設、テナント施設等に供給する。</p> 

(出所) バイオマス熱電併給株式会社、E2リバイブ株式会社 FS 調査報告書より作成

## 9. 智頭石油／鳥取大学 (FS : 2015 年度)

事業名	原木をそのまま燃料とする丸太ボイラーによる熱供給事業の事業性評価(FS)
事業者	智頭石油株式会社、国立大学法人鳥取大学
背景	<p>原料調達において管理森林から 10,000t/年の燃料用低質材の搬出が見込まれている他、周辺地域の大手木材加工施設や木質バイオマス発電所において、チップ化に向かない樹皮が大量に発生し処分が地域課題となっていた。加えて、以前の調査事業において近隣も複数の工場では木質バイオマスボイラーで蒸気を供給する事業が最適であるという調査結果があった。そのため、一定以上の熱(蒸気)需要と設置スペースが確保できる工場等では、大型ボイラーを使い燃料としての加工工程がほとんど不要かつ乾燥が容易な丸太のまま利用することが、原料調達、エネルギー変換技術のいずれの面からも経済的に有利で、国内での普及可能性が高いと考え、FS 調査を実施した。</p>
事業概要	<p>智頭石油株式会社が協力工場の敷地内に、丸太を燃料として蒸気を発生させる丸太ボイラーシステムを設置し、原料丸太の調達・運搬からボイラーシステムの運転管理までトータルに実施する。需要先に対してそれぞれ 1~3t/h 程度の蒸気を販売する熱供給事業をベースとし、同時に余剰蒸気を活用して小規模発電を行い、蓄電してボイラーシステムの運転や電気自動車の運転に自家利用するサブシステムの構築についても検討した。</p> <div data-bbox="327 779 1380 1601" style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-top: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>樹皮(パーク)を主燃料とする木質ボイラーによる蒸気熱供給事業 イメージ図</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>【本事業の概要】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○智頭石油の費用負担で、協力工場の敷地内に高含水率対応パークボイラーを設置。</li> <li>○智頭石油が燃料(主に樹皮)調達、ボイラーの運転・管理、工場への蒸気供給をトータルで実施。</li> <li>○主原料は大手合板工場で発生する樹皮。ここに隣接するバイオマス発電所に燃料用のチップを配送したトラックの帰り便を利用して樹皮を運送。 ※樹林業の管理山林で発生する低質材丸太は、燃料用チップ工場に販売。そこで製造されたチップの一部を、助燃用に調達。</li> </ul> </div> <div style="width: 65%; text-align: center;"> <p><b>事業主体: 智頭石油</b></p> </div> </div> </div>

(出所) 智頭石油株式会社、国立大学法人鳥取大学 FS 報告書より作成

## 10. 東急リゾート&ステイ／東海大学 (FS : 2016 年度)

事業名	里山エコリゾートのためのスローテクノロジー統合型の地域木質熱利用システムの事業性評価(FS)
事業者	東急リゾート&ステイ株式会社(旧 株式会社東急リゾートサービス)、学校法人東海大学
背景	<p>戦後、電信柱や線路の枕木などの用途として需要を見込んで、生長が早く育苗も容易なカラマツを大量に植林してきたが、代替材料の台頭や、外国産の安い木材が大量に輸入されることになり、カラマツはその利用目的を失ってしまった。こうして植えられたカラマツの多くは、植林後 50 年を越え間伐時期を迎えているが、間伐して利用するには採算コストが合わず、間伐は必要最小限にとどまっている。その結果、植林後間引くことなく放置されているエリアが多く、細い幹の木が密集して林立しており水源涵養不足や土砂災害が懸念される。</p> <p>一方で、蓼科東急リゾートタウン内には、リゾートホテル、会員制リゾート施設、ゴルフ場などがあり、大量の重油や灯油等の化石燃料を使用して暖房、給湯、温水加温などの熱利用を行っているため低炭素化への移行が求められている。こうした背景を踏まえ、当該施設におけるバイオマスエネルギー利用の FS 調査を実施した。</p>
事業概要	<p>蓼科東急リゾートタウンの敷地に保有するカラマツ等の間伐材を用いたバイオマス熱利用を対象にして、域内エネルギー自給自足システムの事業性評価を行った。具体的には、1)カラマツ間伐(現地調査)、2)既存化石燃料ボイラーと温水配管の熱損失(実測調査・数値計算)、3)カラマツ薪を利用した蓄熱式薪ヒーター(暖房実験・ 燃焼試験・数値計算)、4)太陽熱によるチップ乾燥(数値計算)、5)断熱強化施設における燃料節約(数値計算)について、エネルギーやコストの検討を行った。</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>⑤断熱強化施設における節約型木質熱利用のシミュレーション(蓼科アネックス)</p> <p>③カラマツ薪利用の蓄熱式薪ヒーターの暖房実験・解析(ゴルフ場)</p> <p>②既存の重油および灯油焼き温水と長距離輸送による熱供給に関する実態調査・分析(蓼科アネックス)</p> <p>④太陽熱木質燃料乾燥システムの導入のためのエネルギー収支分析</p> <p>①カラマツ間伐一木質燃料供給におけるエネルギー収支、コスト収支の調査分析</p> <p>最小限に抑えた木質燃料を間伐材により供給</p>

(出所) 株式会社東急リゾートサービス、学校法人東海大学 FS 報告書より作成

## 11. 日立製作所 (FS : 2016 年度)

事業名	竹改質による燃料化の事業性評価
事業者	株式会社日立製作所
背景	竹は豊富に存在し木材に比べ成長が早いので燃料を大量に消費する発電用ボイラー利用できる可能性がある。しかし、竹はカリウム(K)と塩素(Cl)を多く含むため利用されていない。Kが多いと燃焼灰の軟化・溶融温度が低下し灰がボイラー壁に付着して運転を妨げる。また Cl は伝熱管表面の腐食を加速する。国内では竹の利用が減少したのと筍が安価な輸入ものに代ったことにより放置竹林が増えつつある。竹は増殖力が大きいので周囲の森林を侵食する一方で、保水力が弱いので地滑りの原因となっている。
事業概要	<p>竹改質技術を用いて、管理竹林および放置竹林の竹を収集して改質し、付加価値が高いバイオマス燃料として販売する事業を検討した。バイオマス原料調達の検討については、改質燃料の競合となる木質バイオマスチップ、ペレット等の燃料価格を把握し、バイオマス燃料の市場調査を行った。また、自治体の協力得て我々が検討した竹収集方法に掛かる費用低減効果を検討し、従来方法とのコストについて比較・評価を行う他、現状チェーンソーを用いて低効率で伐採・収集されている竹について、重機を利用した高効率化を検討した。また、製造された改質燃料を用いてバイオマス燃料として事業化を行った場合に、競合となる木質チップ等と比較してそれぞれの燃料としての課題を検討し、事業性が成立するかについて評価を行った。改質燃料価格の評価についても、原料収集の機械化の検討、燃料改質方法の検討、抽出液利用の検討などの工夫をして燃料単価の低減を行った場合の価格の検討を行った。</p>

(出所) 株式会社日立製作所 FS 報告書より作成

## 12.長野森林組合（FS：2016年度）

事業名	中山間・内陸に適した木質バイオマスエネルギー需給複合型システムの事業性評価(FS)
事業者	長野森林組合
背景	<p>森林資源は、わが国でもっとも豊富なバイオマス資源としてその利用が期待されているが、森林資源をバイオマスエネルギーとして利用するには、原料収集、エネルギー転換、エネルギー利用の各要素技術を適切に組み合わせる上で全体として整合・統合のとれたシステムを構築する必要がある。そのために、関連するステークホルダー（原料供給側・エネルギー転換側・エネルギー利用側、地域行政等）にも事業に対する十分な理解・協力を得ていく必要があるなど、事業化に至るまでは多くのハードルがある。地域で自立・存続可能なシステムを構築するには、バイオマスエネルギー利用の要件となる原料調達・エネルギー転換・エネルギー利用の各々の特徴を踏まえた仕組みづくりが必要と考えられる。これらの課題の解決と今後の事業化に向けたFS調査を行った。</p>
事業概要	<p>長野県長野市を中心とする地域から幅広い森林資源や各種バイオマスを受け入れ、バイオマス熱を利用した固形燃料等を製造する生産拠点を形成し、原料調達や製品売上の安定化等の検討を行った。また、固形燃料製造と木材加工等の複合化によるエネルギー融通・体制合理化等のメリットから得られる利益をバイオマス製品の流通等を通じて地域に還元し、地域とともに持続・発展する自立システムに関する事業性評価を実施した。</p> <p>The diagram illustrates the energy integration process. It starts with biomass (wood chips) entering a primary crushing stage (chipper). The resulting chips go to a drying stage (drying machine) where they are dried. The dried chips then undergo secondary crushing (hammer mill) and pelletization to produce pellets. Simultaneously, wood chips are processed into heat-treated wood. Energy flows are shown: steam from biomass is used for drying, and heat from wood processing is used for drying and steam generation. The final products are pellets (for boiler and stove use) and heat-treated wood.</p>

(出所) 長野森林組合 FS 報告書より作成

### 13.山陽チップ工業／EECL (FS : 2016 年度)

事業名	山林循環再生をめざすバイオマスエネルギー活用地域自立システム化実証事業の事業性評価(FS)
事業者	山陽チップ工業株式会社、株式会社EECL
背景	<p>地域課題として広葉樹林が放置され高齢・大径化により萌芽力減退や CO<sub>2</sub> 吸収能力減少を招いており、林業従業者の高齢化・減少も見られる。そのため、山林保全に向けて持続的な木材利用促進を図る必要がある。</p> <p>また、事業者課題として山陽チップ工業株式会社では、開発支障木をチップ化し堆肥等に利用しているが、需要が少なく、新たな活用方法を課題としていた。また、株式会社EECLでは、石油価格高騰の昨今、熱供給設備で使用する木質ペレット燃料のコスト低減を課題としており、本 FS 調査を実施した。</p>
事業概要	<p>山口県下関市を拠点としてチップ製造を行っている山陽チップ工業株式会社と熱供給事業を行っている株式会社EECLが連携し、未利用の木質バイオマスで製造した燃料をホテルや温浴施設の熱や電気として活用を図るシステムの経済性を検討した。</p> <p>燃料化事業を山陽チップ工業株式会社、熱供給事業と熱電供給事業を株式会社EECLが担当した。</p>

(出所) 山陽チップ工業株式会社、株式会社EECL FS 報告書より作成

## 14. 坂井森林組合（2018年度）

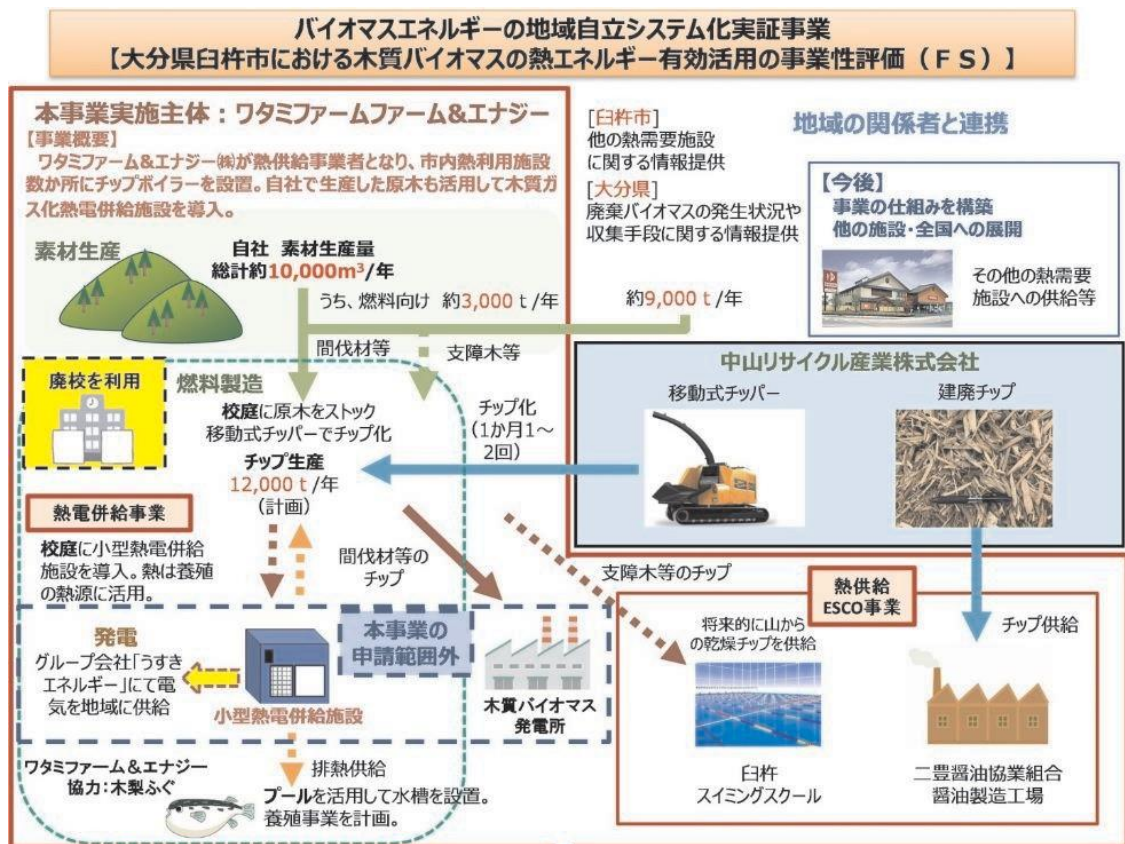
事業名	地域材を利用した木質バイオマス熱供給事業の事業性評価(FS)
事業者	坂井森林組合
背景	<p>地域の森林組合は林業の成長産業化、雇用創出を通じた山村地域の活性化、森林の多面的機能の発揮および素材の安定供給のための森林整備、集約化施業の推進など様々な役割が期待される一方、公共事業予算の減少・低位推移、森林所有者の山への関心の低下、木材価格の低迷などの課題に直面している。このような情勢下において、森林組合としての機能を発揮するためには、川下を視野に入れた事業範囲の拡大と、現状販売しているバイオマス燃料等の高付加価値化とコストの適正化が必要であり、本 FS 調査を実施した。</p>
事業概要	<p>大規模木質バイオマス発電所等による需給逼迫しているスギ丸太のみではなく、利活用されていない広葉樹(雑木)も利用し燃料製造を行う。燃料は工場加工から中間土場加工・直送への変更を検討し運搬コスト低減を図る。</p> <p>変換技術では、低品質チップも利用できる熱供給事業へ改善し、全サプライチェーンを通して合理的な燃料品質・ボイラーを組み合わせる。さらに熱供給事業の運営まで含めた燃料の流通コスト削減を検討する。</p>

(出所) 坂井森林組合 FS 報告書より作成



## 15. ワタミファーム&エナジー (FS : 2018~2019 年度)

事業名	大分県臼杵市における木質バイオマスの熱エネルギー有効活用の事業性評価(FS)
事業者	ワタミファーム&エナジー株式会社
背景	<p>森林を整備するために伐採した原木については、木質バイオマスエネルギーとして注目され、木質チップ、薪などの形で利用される量が増加している。一方で、未利用間伐材等の収集・運搬、チップ等の燃料製造にはコストが掛かるため、大型発電所以外での利用が増えていないのが現状である。</p> <p>木質資源を含めたバイオマス資源の活用は、具体的な利活用先が確保できないことが多く、関する経済性が確保された一貫システムの構築を目指して、様々な取り組みを行っているが、全国規模で波及しているような取り組みは見当たらない。そこで、木質バイオマスエネルギーの利活用の先導的な取り組みを実施し、地域内での活用に向けたきっかけをつくる必要がある。</p>
事業概要	<p>本事業では、森林資源からなる間伐材チップや建築廃材などについて、搬出から適切な規格・品質を追求した製造までの工程を調査し、製造コストを試算した。また、二豊醤油工場と臼杵スイミングスクールを熱供給先として検討し事業性評価を行なった。</p> <p>加えて、自社で実施予定の廃校を活用したチップ製造と、小型ガス化炉による熱電併給設備を導入し、排熱をふぐの養殖に利活用するの方策についても併せて検討した。</p>



(出所) ワタミファーム&エナジー株式会社 FS 報告書より作成

## 16. 日本総合研究所 (FS : 2018 年度)

事業名	性状の異なる原料を用いたバイオマスガス化電熱供給事業の事業性評価(FS)
事業者	株式会社日本総合研究所
背景	<p>バイオマスエネルギーの利用拡大を推進するためには、熱利用等を有効に図り効率よく運用するとともに、地域の特性を活かした最適なシステム化が必要である。</p> <p>地域の様々なバイオマス資源に対応できる標準化システムを構築し、日本全国に展開することで設備コストを低減させ、地域のバイオマス資源を用いることで原料供給を行うことになる地域林業の活性化に寄与する。また、化石燃料資源価格で海外市場の影響を受けている熱利用において発電の排熱利用で利用コストを安定化させ、地域生活や農業など地域産業の経営安定化につなげることが求められる。</p>
事業概要	<p>性状の異なる原料を用いて、50kW 規模のバイオマスガス化コジェネレーションを IoT 自動制御で安定稼働させ、また遠隔監視を行って現場サイトを無人化し、地域の小規模需要家に電気と熱の供給ができる地域エネルギーシステムの事業化の可能性を検討した。</p> <p><b>①自治体の関与</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>自治体が協定などを通じて間伐材の安定供給に関与</li> </ul> <p><b>②地域からの協力</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>山林所有者の協力で低コストの木材調達</li> </ul> <p><b>③集約化</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>チップ乾燥機能を個別発電機ごとに行うのではなく集約化</li> </ul> <p>山 → 森林組合 (長期契約) → 森林伐採 → 間伐材収集 (林地残林) → 製材 → 木材加工 → 製材</p> <p>山林所有者 (不定期) → 間伐材収集 → 間伐材収集 (林地残林)</p> <p>ボランティア/NPO (不定期) → 林地残材収集 → 間伐材収集 (林地残林)</p> <p>加工会社 → チップ加工 → チップ乾燥 → 発電所</p> <p>地域事業体 → ガス化炉 (発電エンジン) → 電熱発生 → 需要家</p> <p>売電 → FIT</p> <p>&lt;チップ加工機と乾燥機&gt;</p> <p>&lt;ガスエンジン、熱導管&gt;</p>

(出所) 株式会社日本総合研究所 FS 報告書より作成

## 17.山室木材工業（FS：2018～2019年度）

事業名	産業拠点において低質バイオマスを段階的利用する熱電自給・小規模熱利用システムの事業性評価
事業者	山室木材工業株式会社
背景	FIT 施行以降、全国で木質バイオマス発電の事業が活発化し、現在では導入容量が 250 万 kW に達しようとしている。しかしながらほとんどの案件が発電のみで、本来バイオマスの優位性でもある排熱の利用がされているものはあまり見られない。ポスト FIT を見据えると低価格な燃料を利用して熱利用を主体とした本格的な熱電自給の推進が求められるところである。本事業では、低価格なチップを生産する強みや、これまで培ったバイオマスエネルギーに関する知見、ノウハウを生かし、自社事業所内での低質バイオマスを段階的利用する熱電自給・小型熱供給システムモデルを構築する。低価格な燃料で熱利用を主体とし、FIT に依存せず経済的に自立可能な木質バイオマス熱電自給等のモデルを示し、実行していくことで、国内のバイオマスエネルギーの拡大、CO <sub>2</sub> の排出削減、地域のエネルギーシフト、経済振興に貢献して行くことを目的とする。
事業概要	<p>長年の事業経験の中から生み出した「一片の木材も無駄にしない木材リサイクルシステム」の知見・ノウハウを生かし、木質バイオマス熱電自給を核とする低質バイオマスの段階的エネルギー利用モデルの構築を目指す。具体的には建築廃材や林地残材由来の低価格・低質な木質チップを燃料とした自社事業所内での「熱電自給の実証モデル」と、自社農園での「小型熱供給実証モデル」に取り組む。「熱電自給の実証モデル」では、自社事業所内に新たに蒸気式のバイオマスボイラー（計画蒸気量 4～6t/h）を導入し、発生した蒸気は木材乾燥用に優先的に活用し、回収した温水を用いて事業所各施設の冷暖房を行い、余剰分の蒸気を活用して発電し、所内電力として利用するシステムを構築する。「小型熱供給実証モデル」では、自社農園の温室ハウス向けに新たに 150～200kW 程度の温水式の固定床バイオマスボイラーを導入し、小型の固定床ボイラーにおける低質バイオマスの活用可能性を実証する。</p>

(出所) 山室木材工業株式会社 FS 報告書より作成

## 18. 高砂熱学工業／日本有機資源協会（FS：2018～2019年度）

事業名	栃木県におけるエリアンサスを含めたバイオマス資源を利活用した公共施設への地域自立システム化の事業性評価
事業者	高砂熱学工業株式会社、一般社団法人日本有機資源協会
背景	バイオマスエネルギーによる地域自立システムを構築するためには、地域の特徴を活かした材料を利用したバイオマス機器を様々な施設に導入した個別分散型のシステム構築が必要と考える。しかし、バイオマス機器の燃料に対する制約は厳しく、機器を利用する側で燃料を加工しなければ安定した稼働ができないのが現状である。この「使用者側で燃料加工を行う必要性」がバイオマス普及への大きな障壁となっている。「機器の燃料仕様に合致した」バイオマス燃料の「加工と供給」を行うことが、バイオマス機器の普及を加速させ、バイオマスエネルギーによる地域自立システムの構築につながる。と考える。
事業概要	<p>地域の特徴を活かした木質バイオマス及びエリアンサス等草本類を、地元業者との協業により燃料化する燃料供給事業と、自治体の公共施設へバイオマス機器を導入するモデルの経済性を評価した。</p> <p>原料については、木質バイオマスの供給可能量について、地域内の森林組合、チップ製造会社及び製材会社等を対象に調査を実施するとともに、エリアンサス等草本類について、現在の生産量や今後の収量見込み、今後圃場として活用する可能性がある耕作放棄地について調査を実施した。エネルギー利用については那須塩原市、大田原市、さくら市及び栃木県の公共施設を対象に、バイオマス機器導入に適した施設の調査を実施した。エネルギー変換技術については、特にエリアンサス等草本類の燃料特性を調査し、他の草本類バイオマスである資源作物との比較や、燃料化及びエネルギー利用における課題としてクリンカ対策を検討し、熱利用の可能性について検証した。</p>

(出所) 高砂熱学工業株式会社、一般社団法人日本有機資源協会 FS 報告書より作成

## 19.JCOAL／遠野興産（FS：2018～2019年度）

事業名	早生樹を軸とした農林エネルギー地域循環サステナブル事業の事業性評価
事業者	一般財団法人石炭エネルギーセンター（JCOAL）（旧 一般財団法人石炭エネルギーセンター）、遠野興産株式会社
背景	<p>現行の国内材ペレット製造の原料は主として杉や檜などの建築用木材の間伐材や枝葉、建築廃材などが使用されているが、現有原料樹は成長速度が遅く、成木となるには50年程度が必要であるため、下草刈などの保全作業が非常に長期間に亘り、収益が上がり難い事業構造となる一因となっている。また、近年は野生鳥獣の繁殖により植林苗への食害が拡大し、効果的な防止策の確立と適用や、東日本の一部地域においては、震災からの農地林野修復などの課題も存在している。</p>
事業概要	<p>原料を早生樹とすることで育成期間の短縮と保全作業量を低減し単位耕作地当りの木質バイオマス供給量の増大を図る。</p> <p>変換技術では、木質バイオマスを効率良く賄うためバイオマスボイラーと ORC システムの有効性について検証する。</p> <p>エネルギー利用では、バイオマスボイラーから発生する高温ガスを発電に利用し、発電の際に排出される低温熱をチップ乾燥に用いるカスケード利用による事業経済性の効果を図る。加えて発生した灰を有効利用する灰加工技術の見出しと最適化を検討し、木質バイオマス燃料製造事業と灰有効利用プロセスとの組合せの検証をする。また、営林の改善を図るため育成樹をコウヨウザンに変更し燃料生産コストの低減を試算した。</p> <div data-bbox="363 862 1444 1496" style="text-align: center;"> </div> <p>[注1]ペレット納入中(納入開始は3年前)          [注2]現時点では実在しないが、将来建設された場合、排出灰は灰加工プラントで処理を想定          [注3]追加設置し事業サステナブル化を想定する</p>

（出所）一般財団法人石炭エネルギーセンター（JCOAL）、遠野興産株式会社 FS 報告書より作成

## 20. 日本木質バイオマスエネルギー協会 JWBA (FS : 2018~2019 年度)

事業名	山村における木質バイオマス地域熱供給モデル構築事業の事業性評価
事業者	一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会
背景	<p>我が国においては、地域熱供給が進展せず、導入が地方公共団体等にほぼ限定されているが、地域熱供給の拡大を図っていくためには、民間がビジネス的に参加できる形を作り上げていくことが重要である。</p> <p>地域熱供給の一つのモデルを作り上げることができるのは山村地域である。山中で丸太生産された後に残される梢頭部、根株部や、地域の木材加工場から発生する製材残材等を利用することにすれば、原料費は安価で、かつ運搬費も割安になるうえ、貯蔵場所を確保することも比較的容易である。また、山村地域では関係者の合意形成についても、集落のまとまりも小さく顔の見える範囲の中で、地域の資源を有効活用する事業であることからすれば比較的容易であると言える。また、焼却灰についても、林地もしくは農地で処理できる可能性がある。そもそも、山村こそ、地域の資源を利用し、地域内の経済循環を作り上げることが肝要であり、木質バイオマスエネルギー利用に取り組む必要がある。そのため、今回の事業においては、山村地域における地域熱供給について、熱販売によって運営を行う民間によるモデルを構築することとし、高知県馬路村を対象として事業性評価を行うこととする。</p>
事業概要	<p>高知県馬路村を対象地域に、山村における地域熱供給の体系的なモデルを構築するため、以下の項目を調査、分析した。木質バイオマス原料の調達についての検討について、燃料材として地域で有効利用されていない梢頭部等の活用を図ることとし、その生産システムを検討した。具体的には生産方式のほか、燃料材としての自然乾燥方法の最適化・効率化について調査した。加えて、チップの生産する品質、灰の活用可能性等についても分析した。エネルギー変換技術についての検討について、日本における地域熱供給事業の実際について、オーストリアの技術者に改めて設計・見積もりを依頼し、その結果を比較し、地域熱供給事業に関わる差異を検討した。エネルギー利用についての検討について、高知県馬路村の魚梁瀬地区を対象とし、地域熱供給事業のモデルを構築することとし、対象地区の熱利用実態について整理するとともに、オーストリアの技術者、及び日本の技術者による概略設計と事業費見積りを作成し、検討した。</p> <div data-bbox="343 1041 1401 1825" style="text-align: center;"> </div>

(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会 FS 報告書より作成

## 21. 中部電力ミライズ／シーエナジー（FS：2019～2020年度）

事業名	使用済菌床等の地域産資源を活用したバイオマス燃料供給・地産地消モデル事業の事業性評価
事業者	中部電力ミライズ株式会社、株式会社シーエナジー
背景	長野県大町市の産業戦略の一環として誘致した新工場（飲料品製造工場）において、地域資源を有効活用したCO <sub>2</sub> 排出量ゼロの「再生可能エネルギー100%工場」の新設を目指している。同工場では特に熱需要が大きく、その部分に対するCO <sub>2</sub> 排出量ゼロの手法として蒸気供給バイオマスボイラーの導入が決定されていることから、具体的な検討としてFS調査を実施した。
事業概要	<p>バイオマス原料として、地域の使用済菌床を中心に調査し、使用済菌床を燃料化（乾燥・成型）するための施設について検討を実施した。使用済菌床を燃料化して蒸気製造するまでに必要なフェーズごとに事業性の評価を行った。</p> <p>また、蒸気供給先の工場における蒸気需要について調査を実施し、最適なエネルギー供給が可能なバイオマスボイラーを選定した。</p>

(出所) 中部電力ミライズ株式会社、株式会社シーエナジーFS 報告書より作成

## 22.北広島町／広島大学（FS：2019～2020年度）

事業名	地域バイオマス持ち込みシステムとスマートバイオマスネットワーク事業性評価
事業者	広島県北広島町、国立大学法人広島大学
背景	バイオマス利用が困難である大きな要因のひとつは、得られるバイオマスの種類、質、量とバイオマス利用装置のマッチングである。特に小規模の事業者では長期間にわたって自身で装置仕様に一致するバイオマス燃料を確保することは容易ではなく、またリスクも大きい。そこで本事業ではスマートバイオマスネットワークにおいて地域内で供給可能なバイオマス燃料の種類、質、量、価格を一元管理・調整することで、エンドユーザーにおける機種選定および燃料調達リスクを解消することを目指す。

**事業概要** 本事業では廃食油および木質バイオマス等の地域資源のネットワーク化および利用拡大を目的とする。ネットワーク化については、地域内に存在する多数のバイオマス発生源から効果的にバイオマス資源を収集し、同じく地域内で稼働する複数のバイオマスエネルギー利用事業や個別利用者を結ぶスマートバイオマスネットワークの構築を検討した。地域資源の利用拡大について、廃食油はバイオディーゼルの燃料に変換し、町内で運行する路線バスに加え、温泉施設等の送迎バス、バイオマス回収車両、農林業機械、バイオディーゼル発電・コジェネレーションを利用先として検討した。木質バイオマスは、公営の温泉施設をはじめとする各種公共施設の他、民間の温泉・宿泊施設、事業者、個人住宅などにおいて薪利用およびチップを利用する可能性を検討した。

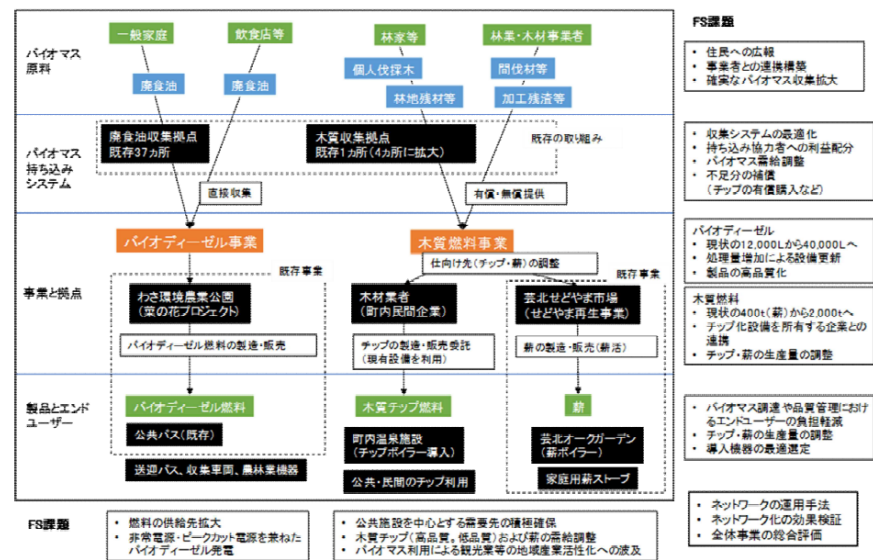


図 0-1 地域システムの概要と FS 検討項目

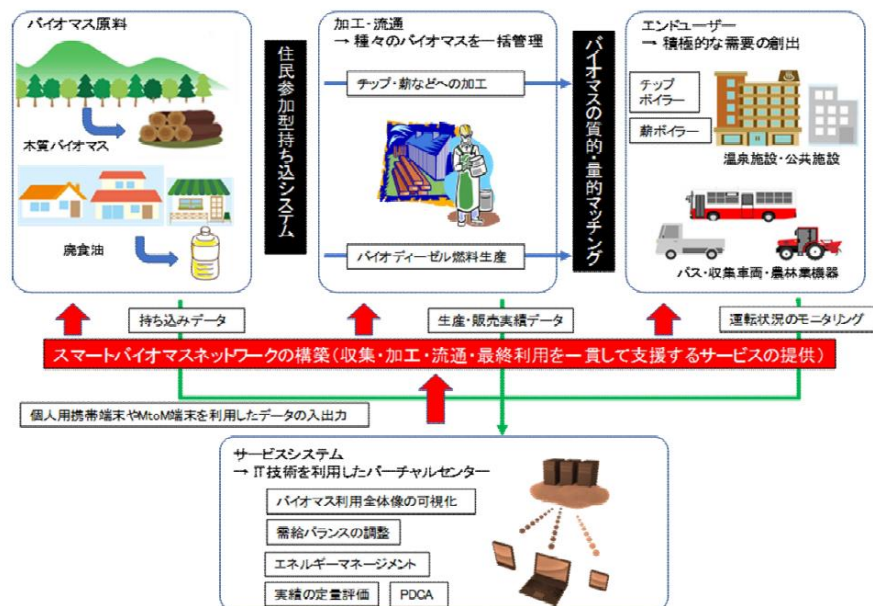


図 0-2 スマートバイオマスネットワークの構成要素

(出所) 広島県北広島町、国立大学法人広島大学 FS 報告書より作成



## 4章 バイオマスエネルギー利用の意義

バイオマスエネルギーは化石燃料費の削減やエネルギー販売による収益など、新規事業としての経済的意義があり民間企業をはじめ多くの事業者が取り組んでいる。しかし、経済的意義にとどまらず、地域の農林業や産業の活性化や国土保全、雇用創出などの地域社会への意義、また脱炭素化に資する再生可能エネルギーとしての温室効果ガスの削減といった環境への意義も重要である。また、国連で採択されたSDGs（持続可能な開発目標）を推進する自治体や企業が増えており、地域資源や自社資源を活用したバイオマス利用が注目されている。

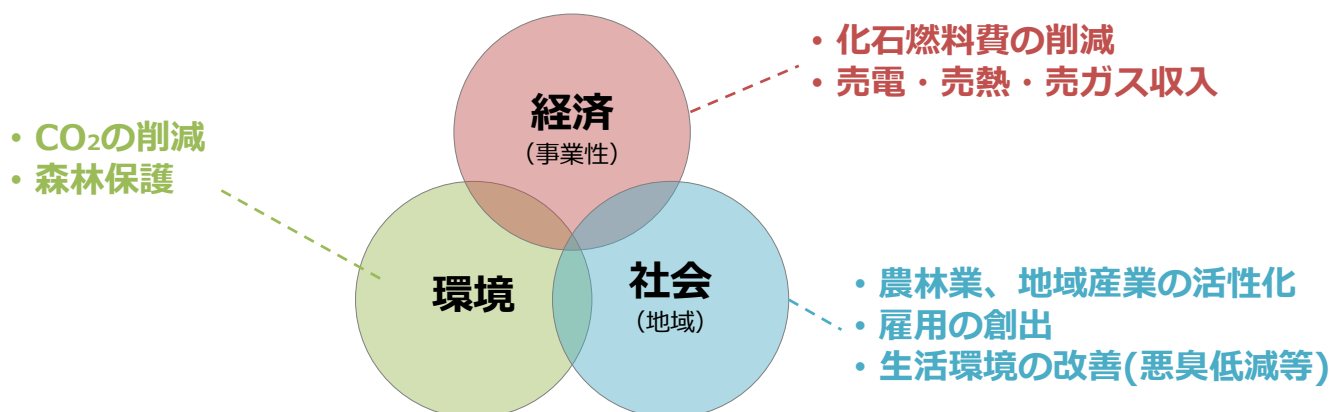


図 1.4.1 バイオマスエネルギー利用の3つの意義

(出所) みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

どの意義を重視するかは事業内容や実施者(公共事業、民間事業)によって異なるが、バイオマスエネルギー事業を実施するためには多数の関係者の協力が欠かせないため、目的や意義を共有することが重要といえる。

次頁より、経済(事業性)、環境、社会(地域)の3つの意義について、NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業におけるFSおよび実証事業の成果を踏まえ定量的な分析結果と併せて概説する。

## 4.1. 経済（事業性）としての意義

経済（事業性）の意義は特に民間事業者にとって最も重視されるものであり、既存の木質バイオマスエネルギー事業のほとんどは、新規事業としてのエネルギー販売収益または化石燃料費の削減を主目的に実施されている。エネルギー販売収益は大きく分けて売電と熱供給の2つがあるが、近年はFIT制度により発電事業に取り組む事業者が多い。

バイオマスの熱利用も決して経済性を伴わない事業ではない。バイオマス熱利用事業の多くは、化石燃料ボイラーからバイオマスボイラーへの代替が中心である。化石燃料ボイラーは市場が大きく資本費が小さいのに対し、バイオマスボイラーは未だ市場が限定的のため資本費が高くなりがちである。また、本体が比較的大きく、燃料搬入設備やサイロ等も必要なため、一定の設備スペースが必要となる欠点もある。しかし、発熱量あたりの燃料コストはバイオマス燃料の方が安価なため、一定の稼働率を確保できれば、中長期的な視点では化石燃料利用よりも経済メリットが生まれる。

このような観点で NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業では、事業者が様々な工夫をしながら熱利用に取り組んでいる。次頁からは事業モデル別に FS 事業の経済的自立の可能性について説明する。

表 1.4.1 発熱量あたりの燃料費（例）

燃料種	燃料単価	低位発熱量	MJ あたり燃料単価
未利用材チップ <sup>①</sup>	17.2~18.9 円/kg(DB)	8.1 MJ/kg(50%WB)	1.1~1.2 円/MJ
建築廃材チップ <sup>②</sup>	3~5 円/kg(WB)	14.5 MJ/kg(20%WB)	0.2~0.3 円/MJ
A 重油	68.2~82.3 円/L	36.6 MJ/L	1.9~2.2 円/MJ
都市ガス	51.2~59.8 円/m <sup>3</sup>	40.6 MJ/m <sup>3</sup>	1.3~1.5 円/MJ
LNG	50.4~65.4 円/kg	49.2 MJ/kg	1.0~1.3 円/MJ

(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会資料より作成

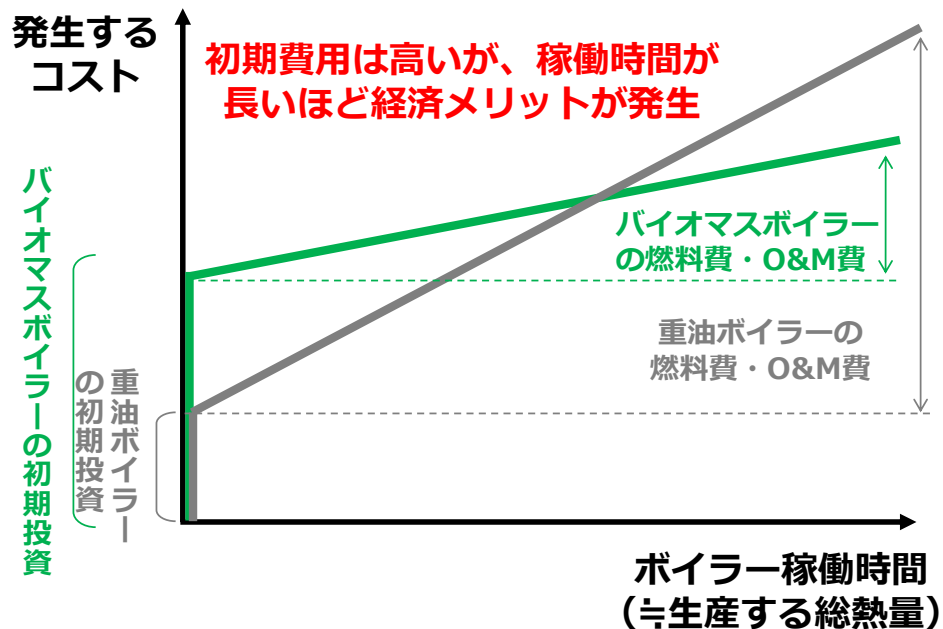


図 1.4.2 バイオマスボイラーと化石燃料ボイラーの収支構造のイメージ

(出所) みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## (1) バイオマス熱利用モデル（温水ボイラー）

バイオマスを温水ボイラーの原料として利用することを想定した事業モデルについて、NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業における FS 事業者の公開報告書に基づき、事業性分析を実施した。

### FS 概要

ここで取り上げる事業者は既に針葉樹の燃料用チップ生産事業を行っており、地域のバイオマス発電所や温泉施設向けに供給している。FS では、さらなる林業の利益創出および放置された広葉樹雑木林の整備を目的に、広葉樹チップの生産と温浴施設での新規利用の可能性を検討した。また、伐採エリアでのチップ化によるチップ生産コストの低コスト化についても検討を行った。

本試算では丸太から生産した針葉樹、広葉樹チップを 20km 圏内にある温泉施設のバイオマスボイラーへ供給するモデルを想定した。利用するバイオマス原料は、市場で販売される建築用材等の丸太（A～B 材）を生産する際に発生する低質丸太（C～D 材）、元々は薪炭生産用として伐採されていたが現在は放置されている広葉樹を想定した。

また、これによって削減される二酸化炭素を「グリーン熱証書<sup>28</sup>」として販売する。この事業性評価では熱販売価格を本章の他のモデルと統一して 2.0 円/MJ としており、グリーン熱証書の販売価格は事業者の調査で得られた 0.05 円/MJ としている。

表 1.4.2 エネルギー利用の前提条件（温水ボイラーモデル）

諸元	数値	備考
発電出力	0kW	発電は行わない
熱出力	600kW	既存 A 重油ボイラーの出力
年間チップ調達量	1,236t/年	地域の未利用材から製造
チップ平均価格	10,000	FS 報告書などを参考に設定
チップ熱量	9.05MJ/kg	FS 報告書などを参考に設定
熱販売率	87%	バイオマスボイラー効率と配管ロスを考慮
売熱価格	2.0 円/MJ	他の事業モデルと一律で設定
年間稼働時間	5,000 時間/年	

(出所) NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 FS 報告書を基に作成

<sup>28</sup> 自然エネルギーによって生み出された熱の環境価値を第三者機関が認証し、企業等に販売する仕組みで、認証は一般社団法人日本品質保証機構（JQA）が行っている。

表 1.4.3 初期投資費用・O&amp;M コストの前提条件（温水ボイラーモデル）

費目	費用 (千円)	備考
初期投資費用		
設計費	5,000	バイオマスボイラーの導入費用
バイオマスボイラー	37,000	
建屋・搬入路・スロープ	39,000	
配管設備	60,000	ビニールハウスの新設
助成金	-94,000	土木工事費用を除く初期投資費用の 2/3 補助(収入として計上)
O&M コスト(年間)		
バイオマス調達費	14,645	表 1.4.2 バイオマス調達コストの前提条件(温水ボイラーモデル)から算出
ユーティリティ費用	1,525	ボイラー電気代
労務費	2,000	事業前と同じなので計上せず
メンテナンス費	692	オーバーホール時の部品代、ばい煙測定費用
灰処理費用	196	
一般管理費	910	保険費、インターネット費用

(出所) NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 FS 報告書を基に作成

## 事業収支の試算結果

前述の条件においてバイオマス温水ボイラーを利用したバイオマス熱供給事業を 20 年間継続した場合の合計収支の計算結果を図 1.4.3 に示す。計算結果によると、初期投資費用の 2/3 が助成された場合、20 年間で内部収益率（以下「IRR」という）は 6%、初期投資費用は 13 年程度で回収される。

助成金を除いた収入について見ると、発電事業による売熱収益は全体の 97%となり、グリーン熱証書の割合は残りの 3%となった。仮にグリーン熱証書の販売を行わない場合、IRR は 3%、投資回収年数は 15 年となるため、環境価値の証書化（現金化）も事業性の向上に寄与していると言える。

全体の収支においては助成金が存在しない場合、支出が収入を上回る結果となった。支出額のうち、53%が燃料費（バイオマス調達費）、次いで 25%を初期投資費用が占めている。試算に用いた 1 トンあたり 9,000 円の燃料費を下げるためには丸太をチップ工場まで運搬し加工するプロセスの費用を削減する必要がある。実際、本 FS 事業では移動式チップパーを用いて中間土場で針葉樹丸太から燃料生産を行うことで、従来の工場加工費用の 4 分の 1 以下（1 トンあたり 3,000 円程度）まで削減できることがわかっており、事業性の改善が期待される。しかしながら、FS 段階では林道の条件により現地チップ化が可能な場所が一部に限定されることがわかったため、十分な燃料費の低減ができなかった。

その他、初期投資費用に関しては温泉施設においてバイオマスボイラーを導入する際の熱配管のコストが初期投資費用の中で最も大きく、初期投資費用を増大させる要因となっている。

なお、本計算においては燃料調達価格およびエネルギー販売価格を 20 年間固定としたが、実際には事業期間中でこれらの価格が変動することにも留意が必要である。

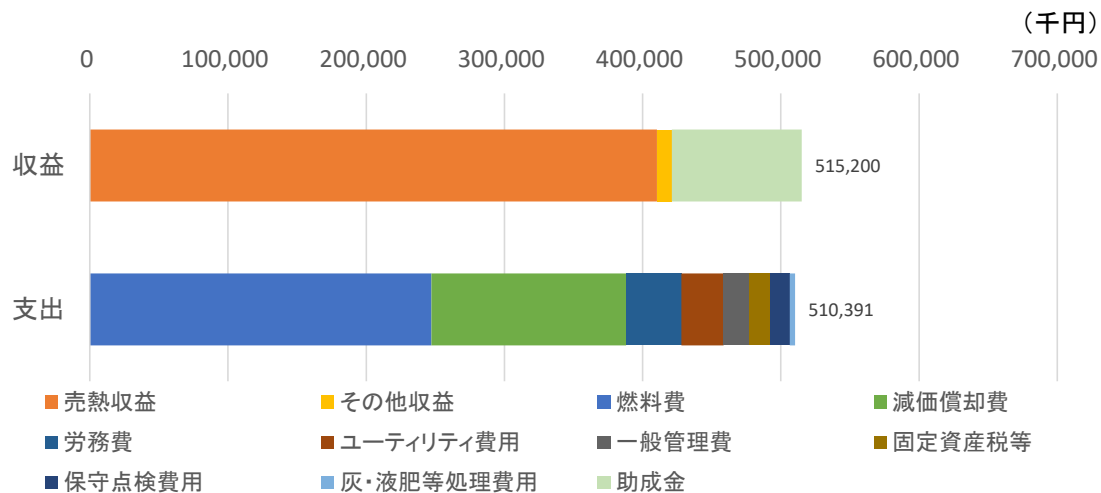


図 1.4.3 20年間の収支バランス

(出所) みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 感度分析結果

事業性の計算結果について、初期投資費用削減率<sup>29</sup>・熱販売価格・バイオマス調達コストのパラメータを変動させたときの IRR の変化について分析した結果を表 1.4.4 と表 1.4.5 に示す。

表 1.4.4 について前述の条件で助成金を見込まない場合、20年間の IRR は -7.4%となり 20年間の事業性は成り立たない(表青塗りつぶし)。売熱価格の前提値 2.0 円/MJ を 1.9 円/MJ~2.5 円/MJ (A 重油の熱量を 38.9MJ/L とすると、74 円/L~97 円/L となる) で変動させると、2.5 円/MJ (81.7 円/L) において IRR は正となる(表赤塗りつぶし)。

表 1.4.4 熱販売価格に対する事業性の変動 (助成なし)

IRR(20年)		熱販売価格(円/MJ)						
		1.9	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
初期投資費用 削減率	67%減	-2.9%	0.9%	4.0%	6.7%	9.3%	11.8%	14.2%
	30%減	-7.9%	-5.0%	-2.7%	-0.9%	0.8%	2.3%	3.8%
	10%減	-9.5%	-6.7%	-4.7%	-3.0%	-1.5%	-0.1%	1.2%
	0%減	-10.1%	-7.4%	-5.4%	-3.8%	-2.4%	-1.1%	0.1%

※緑塗りつぶし：事業性評価の計算条件に相当 (助成金を初期投資費用削減率として考慮した場合)

表 1.4.5 バイオマス調達コストに対する事業性の変動 (助成なし)

IRR(20年)		チップ調達価格(円/t)						
		5,000	6,000	7,000	8,000	9,000	10,000	11,000
初期投資費用 削減率	67%減	16.4%	13.7%	10.8%	7.8%	4.6%	0.9%	-3.9%
	30%減	5.2%	3.6%	1.8%	-0.2%	-2.3%	-5.0%	-8.7%
	10%減	2.4%	0.9%	-0.7%	-2.4%	-4.3%	-6.7%	-10.1%
	0%減	1.3%	-0.1%	-1.6%	-3.3%	-5.1%	-7.4%	-10.7%

※緑塗りつぶし：初期投資費用削減率を 0%とした場合の事業性評価の計算条件に相当

<sup>29</sup> ここで初期投資費用コスト削減率は単純な設備コストの削減、または助成金による初期投資費用削減と考えることができる(例えば 10%減であれば計算条件の初期投資費用を 10%削減した場合、または、初期投資費用比 10%の助成金が支払われた場合とみなすことができる)

表 1.4.5 では初期投資費用の削減率とバイオマス調達コストについて分析している。上述のとおり助成金の活用を行わない場合、20 年間の IRR は  $-7.4\%$  となるが（表青塗りつぶし）、チップの調達価格を 5,000 円/t まで下げることができれば事業を黒字にすることができる（表赤塗りつぶし）。2 つの感度分析を個別に確認すると、助成金の活用を想定しない場合は、熱販売価格、燃料調達価格の大幅な見直しが必要となるが、各費目についてそれぞれで一定の工夫を行うことができれば、事業性を高めることが可能である。

## (2) バイオマス熱利用モデル（蒸気ボイラー）

バイオマスを蒸気ボイラーの原料として利用することを想定した事業モデルについて、NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業における FS 事業者の公開報告書に基づき、事業性分析を実施した。

### FS 概要

ここで取り上げる事業者は、自社が保有しているきのこセンターで発生した廃菌床と建廃チップを燃料とした蒸気ボイラーの導入可能性を検討した。なお、FS 当初は原木チップ、パーク、青果剪定枝等の利用についても想定していたが、いずれも地域の FIT 発電所の稼働による需要が増加したことで価格が高騰したため対象燃料から外している。

本試算では自社で発生した廃菌床をビニールハウスで乾燥させ、購入した建廃チップと合わせて蒸気ボイラーの燃料として利用するモデルを想定した。蒸気ボイラーの運転は平日 8 時間のみ年間 2,000 時間稼働とした。

なお、本試算における事業収益とは直接的なキャッシュの発生ではなく、バイオマスボイラーの導入によって削減された A 重油の調達費用としている。また、この事業性評価では熱販売価格を他のモデルと統一して 2.0 円/MJ としている。

表 1.4.6 バイオマス調達コストの前提条件（蒸気ボイラーモデル）

諸元		FS 前想定値		FS 調査結果	備考
廃菌床	価格	2.0 円/kg	→	0 円/kg	自身の事業で発生する分を利用
	調達量	411 t/年	→	168 t/年	自身の事業で発生する分を利用
パーク	価格	4.0 円/kg	→	0.1~2.0 円/kg	ヒアリング調査結果
	調達量	617 t/年	→	調達対象外	水分率が天候に影響するため対象外とした
原木チップ	価格	10 円/kg		8~10 円/kg	輸送費別
	調達量	489 t/年		調達対象外	建廃チップの調査結果から対象外とした
青果選定枝	価格	2.0 円/kg	→	10~12 円/kg	FIT 事業者との競合により価格が高騰中
	調達量	411 t/年	→	調達対象外	価格調査を受け対象外とした
建廃チップ	価格	-	→	2~3 円/kg	ヒアリング調査結果
	調達量	-	→	1,754t/年	近隣より調達可能。想定燃料の代替として使用

(出所) NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 FS 報告書を基に作成

表 1.4.7 エネルギー利用の前提条件（蒸気ボイラーモデル）

諸元	数値	備考
発電出力	0kW	発電は行わない
熱出力	8,146MJ/h	既存 A 重油ボイラーの出力
熱販売率	90%	需要先の熱負荷に基づき算出
売電価格	0 円/kWh	売電事業は行わない
売熱価格	2.0 円/MJ	他の事業モデルと一律で設定
年間稼働時間	2,000h/年	平日 8h/日、土日は稼働しない

(出所) NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 FS 報告書を基に作成

表 1.4.8 初期投資費用・O&M コストの前提条件（蒸気ボイラーモデル）

費目	費用(千円)	備考
初期投資費用		
ボイラー設備・工事	171,000	バイオマスボイラーの導入費用
土木建築	16,000	
配管設備費	4,400	
きのこセンター工事費	4,400	ビニールハウスの新設
その他	34,000	共通仮設費、現場管理費、一般管理費
助成金	-141,900	土木工事費用を除く初期投資費用の 2/3 補助(収入として計上)
O&M コスト(年間)		
バイオマス調達費	7,668	
ユーティリティ費用	1,991	ボイラー電気代
労務費	0	事業前から人員の追加は行なわないため計上しない
メンテナンス費	3,000	
灰処理費用	2,691	20 円/kg で想定

(出所) NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 FS 報告書を基に作成



## 事業収支の試算結果

前述の条件においてバイオマス蒸気ボイラーを利用したバイオマス熱供給事業を 20 年間継続した場合の合計収支の計算結果を図 1.4.4 に示す。本試算においてはバイオマス起源の熱を利用することで削減される化石燃料価格を熱販売収入として計上している。計算結果によると、土木工事費を除いた初期投資費用の 2/3 が助成された場合、20 年間での IRR は 12%となり、初期投資費用は 7 年程度で回収される。

本モデルにおいては助成金を含まない場合でも熱販売収益で事業が成立する結果が出ており、その場合、20 年間の IRR は 0%、投資回収年数は 21 年となる。ただし、今回想定した熱販売価格 2.0 円/MJ が今後低下する場合、全体の支出が収入を上回る結果となることに留意が必要である。現状の化石燃料の取引価格や、化石燃料価格の長期的な変動、助成金の有無を踏まえつつ、事業を検討することが重要と言える。

20 年間の支出額の内訳は、燃料費（バイオマス調達費）が 25%、初期投資費用が 38%、ボイラーの立ち上げに要する電気代等のユーティリティ費用が 18%となった。初期投資費用とユーティリティ費用については本業での重油ボイラーの使用が 9 時 00 分～17 時 30 分の業務時間に限られていることを踏まえると、24 時間稼働を想定するような事業の場合は設備利用率の向上に伴って相対的に事業性が向上すると考えられる。

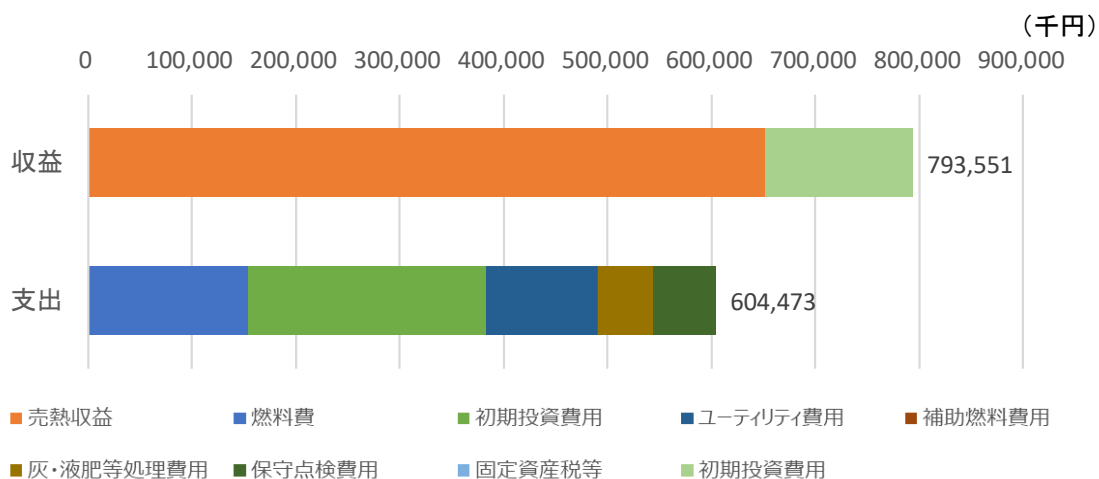


図 1.4.4 20 年間の収支バランス

(出所) みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 感度分析結果

事業性の計算結果について、初期投資費用削減率<sup>30</sup>・年間設備利用率・熱販売価格のパラメータを変動させたときの IRR の変化について分析した結果を表 1.4.9 と表 1.4.10 に示す。

表 1.4.9 について、初期投資費用削減率を 0%すなわち助成金を考慮しない場合、20 年間の IRR は -0.1%となり事業性は 20 年でおおよそバランスする（表青塗りつぶし）。バイオマス蒸気ボイラーの年間稼働率を向上させることができれば IRR を黒字に転じることができる。例えば、平日の稼働時間を 1 時間増やした場合、年間の設備利用率は 25.7%となり、助成金無しでの IRR は 2.0%となる（表赤塗りつぶし）。

表 1.4.10 では年間設備利用率と熱販売価格について、助成金を考慮しない場合での IRR 分析を行っている。本事業モデルで助成金を見込まない場合の IRR は上述の -0.1%で、熱販売価格が 1.9 円/MJ とすると IRR は -1.4%となる（表青

<sup>30</sup> ここで初期投資費用削減率は土木工事費用を含めた単純な設備コストの削減、または助成金による初期投資費用削減と考えることができる（例えば 10%減であれば計算条件の初期投資費用を 10%削減した場合、または、初期投資費用比 10%の助成金が支払われた場合とみなすことができる）。

塗りつぶし)。一方設備利用率を50%まで向上させると熱販売価格が1.5円/MJまで下がった場合でも事業が成立する試算結果となった(表赤塗りつぶし)。

表 1.4.9 熱販売価格に対する事業性の変動(助成なし)

IRR(20年)		年間設備利用率(%)						
		22.8%	25.7%	50%	60%	70%	80%	90%
初期投資費用 削減率	62%減	11.9%	15.1%	38.2%	47.1%	55.9%	64.7%	73.5%
	30%減	3.7%	6.1%	21.2%	26.4%	31.4%	36.4%	41.2%
	10%減	1.0%	3.2%	16.4%	20.6%	24.7%	28.6%	32.5%
	0%減	-0.1%	2.0%	14.6%	18.5%	22.3%	25.9%	29.4%

※緑塗りつぶし：事業性評価の計算条件に相当 (助成金を初期投資費用削減率として考慮した場合)

表 1.4.10 年間設備利用率に対する事業性の変動(助成なし)

IRR(20年)		熱販売価格(円/MJ)						
		1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1
年間設備利用率	22.8%	-8.0%	-5.9%	-4.2%	-2.7%	-1.4%	-0.1%	1.0%
	25.7%	-5.4%	-3.5%	-1.9%	-0.5%	0.8%	2.0%	3.1%
	50%	6.9%	8.7%	10.4%	11.8%	13.2%	14.6%	15.9%
	75%	14.8%	16.7%	18.6%	20.5%	22.3%	24.1%	25.9%

※緑塗りつぶし：初期投資費用削減率を0%とした場合の事業性評価の計算条件に相当

### (3) バイオマス熱電併給モデル (ORC)

ORC (Organic Rankine Cycle) を用いたバイオマス熱電併給モデル事業について、NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業における FS 事業者の公開報告書に基づき事業性分析を実施した。

バイオマス発電事業を行う際、ボイラータービン式 (以下、BTG) の場合、小規模では発電効率が大きく低下するが、ORC は発電効率を低下させることなく、低温排熱まで利用した場合、最大 9 割程度のエネルギー効率を達成できる特徴を持つ。なお、ORC の技術概要は「**第 3 部 2 章 バイオマスエネルギー設備・技術に係る基礎知識**」を参照されたい。

## FS 概要

本試算では地域の未利用木材、製材端材やパーク、選定枝等のバイオマス資源を利用して ORC 設備を運転し、1km 離れた温泉施設へ熱供給を行うモデルを想定した。本 FS 事業者は計画当初は温泉施設への電力供給の実施も想定していたが、発電事業者と温泉施設の管理者が異なる場合、現行の電気事業法では逆潮流や安定供給の制約が課題となることから系統電力への売電を選択している。なお、この事業性評価では売電価格と熱販売価格を他のモデルと統一して 15 円/kWh と 2.0 円/MJ としている。

表 1.4.11 バイオマス調達モデル

諸元	年間調達料(t)	調達価格(円/t)
未利用木材	7,720	7,330 円/t
製材端材	5,800	1,500 円/t～2,500 円/t
パーク	3,500	1,500 円/t～2,500 円/t
選定枝	1,600	1,500 円/t～2,500 円/t
ダム流木	3,800	1,500 円/t～2,500 円/t
一般木材	2,700	1,500 円/t～2,500 円/t

(出所) NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 FS 報告書を基に作成

表 1.4.12 事業性評価に用いたエネルギー事業モデル

諸元	数値	備考
発電出力	985kW	ORC の出力
熱出力	4,125kW	ORC の出力
内部消費電力	234kW	ORC の内部消費電力
熱販売率	75%	ORC から発生する熱量に対する割合
売電価格	15.0 円/kWh	他の事業モデルと一律で設定、電力系統へ供給
売熱価格	7.2 円/kWh	他の事業モデルと一律で設定
年間稼働日数	351 日	24 時間稼働

(出所) NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 FS 報告書を基に作成

表 1.4.13 事業性評価に用いた支出項目

費目	費用(千円)	備考
初期投資費用		
プラント設備・工事	1,000,000	
土木建築	270,000	
熱供給設備	200,000	熱供給配管・付帯設備・敷設工事費等
助成金	-800,000	土木建築費を除く初期投資費用の 2/3 補助
O&Mコスト(年間)		
バイオマス調達費	86,150	各バイオマス調達費用の合計
ユーティリティ費用	28,000	薬品代、電気代、水道代、分析費、重機運用費
労務費	38,000	現場管理者 1 名、オペレーター 4 名、管理業務 2 名、福利厚生含む
メンテナンス費	25,000	20 年平均
その他費用	30,000	損害保険、土地賃借料、灰処分、事務費・調査費・通信費

(出所) NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 FS 報告書を基に作成

## 事業収支の試算結果

前述の条件において ORC を利用したバイオマス熱電併給事業を 20 年間継続した場合の合計収支の計算結果を図 1.4.5 に示す。土木工事費を除いた初期投資費用の 2/3 が助成された場合、20 年間での IRR は 5%、初期投資費用は 13 年程度で回収される。

助成金を除いた収入にでは、発電事業による売電収益は全体の 34%に留まり、残りの 66%は熱販売による収益が占めている。したがって、発電事業を実施する場合でも熱需要先の確保によって売熱収益を得ることで事業性に大きく向上することがわかる。一方で、本試算では売電・売熱価格等の各数値を 20 年間固定値としたが、実際には変動することにも留意が必要である。

支出面においては助成金がない場合、全体の支出が収入を上回る結果となった。この要因としては、熱供給を行うにあたって熱配管の新設を想定し、200,000 千円の初期投資費用を見込んだことが大きい。既存インフラの活用や近距離の需要家への熱供給モデルの採用によってこれらのコストを抑えることができれば、事業性が改善する可能性がある。

なお、ORC の設備は国内で事例が少ないため、既に導入が進んでいる欧州と比べて初期投資費用が割高となっている。加えて ORC の強みである無人運転が国内の法規制では認められていないため、O&M 費用の削減に至っていないことも事業性の悪化の要因となっている。他方で ORC の導入によって利用可能なバイオマス燃料種や水分率の範囲が広がったことで燃料費が削減されるメリットが得られることも重要である。

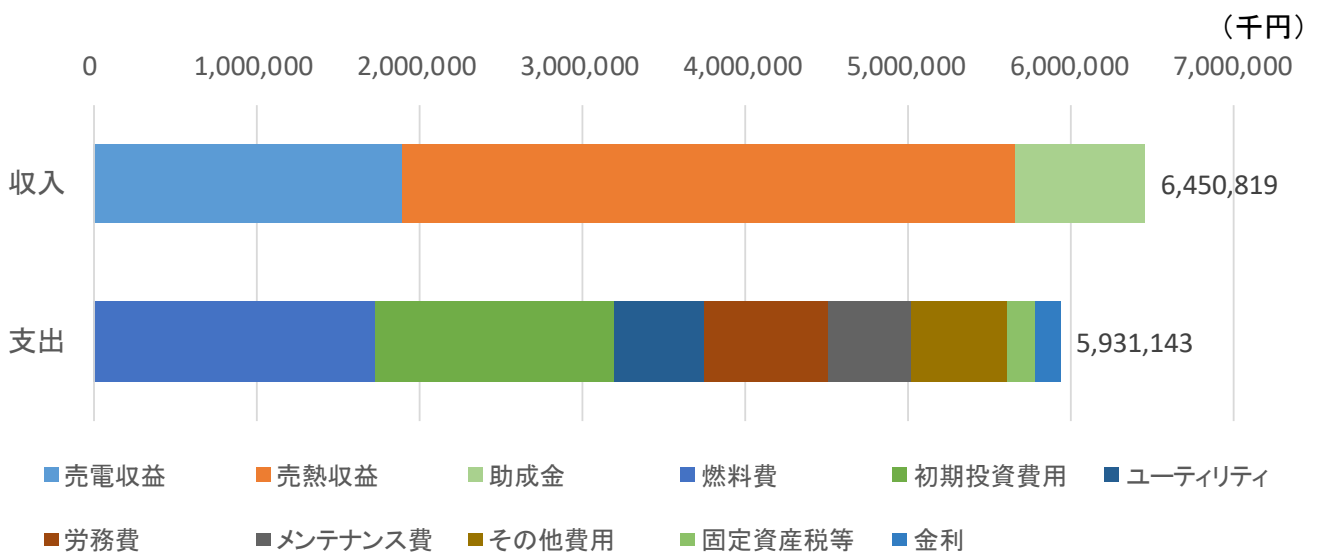


図 1.4.5 20 年間の収支バランス

(出所) みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 感度分析結果

事業性の計算結果について、熱利用率・初期投資費用削減率<sup>31</sup>・燃料調達費用（バイオマス調達費用）のパラメータを変動させたときの IRR の変化について分析した結果を下表に示す。

表 1.4.14 について、前述の条件で助成金を見込まない場合、20 年間の IRR は -1.4% となり事業を成り立たせるには初期投資費用の削減が 30% 程度必要となる（表青塗りつぶし）。一方 ORC で発生する熱量の販売量を更に増加させることができれば、熱利用率 85% において初期投資費用の低減なし（助成金なし）の状態でも 20 年間の収支を黒字に転ずることができる（表赤塗りつぶし）。したがって、発電事業を行う場合でも、熱販売を並行して行うことが事業の成立の鍵と言える。

表 1.4.16 の燃料調達費用について、初期投資費用の低減なしの状態でも事業を成り立たせるためには、現在の燃料購入価格を 20% 程度削減する必要がある（表赤塗りつぶし）。これを達成するために、必要な燃料の一部を建築廃材等の逆有償のバイオマスを活用する事業者も近年増えている。

表 1.4.14 熱利用率に対する事業性の変動（助成なし）

IRR(20 年)		熱利用率(%)						
		35%	45%	55%	65%	75%	85%	95%
初期投資費用 削減率	56%減	-	-	-4.6%	2.3%	7.3%	11.8%	15.3%
	30%減	-	-	-7.7%	-1.8%	2.0%	5.4%	8.0%
	10%減	-	-	-9.2%	-3.9%	-0.4%	2.6%	4.8%
	0%減	-	-	-9.8%	-4.7%	-1.4%	1.5%	3.6%

※緑塗りつぶし：事業性評価の計算条件に相当（助成金を初期投資費用削減率として考慮した場合）

表 1.4.15 燃料調達費用に対する事業性の変動（助成なし）

IRR(20 年)		燃料調達費用(千円/年)						
		40,000	50,000	60,000	70,000	80,000	86,150	90,000
初期投資費用 削減率	56%減	14.8%	13.6%	12.0%	10.2%	8.4%	7.3%	6.6%
	30%減	7.7%	6.8%	5.6%	4.3%	2.9%	2.0%	1.5%
	10%減	4.5%	3.7%	2.7%	1.6%	0.4%	-0.4%	-0.9%
	0%減	3.3%	2.6%	1.6%	0.5%	-0.6%	-1.4%	-1.8%

※緑塗りつぶし：事業性評価の計算条件に相当（助成金を初期投資費用削減率として考慮した場合）

<sup>31</sup> ここで初期投資費用削減率は土木工事費用を含めた単純な設備コストの削減、または助成金による初期投資費用削減と考えることができる（例えば 10% 減であれば計算条件の初期投資費用を 10% 削減した場合、または、初期投資費用比 10% の助成金が支払われた場合とみなすことができる）。

## (4) バイオマス熱電併給モデル4（熱分解ガス化）

木質バイオマスの熱分解ガス化技術を用いた熱電併給モデルについて、NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業における FS 事業者の公開報告書および環境省の「平成 29 年度木質バイオマス資源の持続的活用による再生可能エネルギー導入計画策定事業」に基づき事業性分析を実施した。

熱分解ガス化技術は小規模でも比較的高い発電効率でエネルギー供給を行うことができ、バイオマス資源量の限られる地域で熱電併給事業を行う事例も近年増加している。なお、熱分解ガス化技術の技術概要は「**第3部 2章 バイオマスエネルギー設備・技術に係る基礎知識**」を参照されたい。

### 事業モデル概要

本試算では、近隣の森林から調達した丸太を原料にペレットを製造し、熱分解ガス化設備を通じて近隣施設に電力と熱供給を行うモデルを想定している。

ペレット製造設備本体については、既存設備を増設する方式を取ることによって初期投資費用の低減を見込んでいる。

なお、熱分解ガス化設備の発電事業は、国内事例の多くは FIT 制度を活用した売電（調達価格 40 円/kWh）を行っているが、本試算では他のモデルと統一して売電価格と熱販売価格をそれぞれ 15 円/kWh と 2.0 円/MJ とし、初期投資費用の助成金も想定している。

表 1.4.16 バイオマス調達モデル（ペレット製造の調達条件）

諸元	値	備考
ペレット製造量	3,150 t/年	1,369t/年より増設
ペレット製造能力	1,600 kg/h	現状の製造分を含む
必要原木量	6,804 t/年	既存の製造設備の必要量を含む
原木単価	2,014 円/m <sup>3</sup>	原木費用 6,000 円/m <sup>3</sup> + 輸送費 1,014 円/m <sup>3</sup> 原木費用は 1,000 円/m <sup>3</sup> となる想定(間伐施行補助金を考慮)
人件費	29,558 千円/年	増設分に合わせて現状から事業者が想定
消耗品・修繕費	9,627 千円/年	増設分に合わせて現状から事業者が想定
ユーティリティ	14,208 千円/年	増設分に合わせて現状から事業者が想定
車両費・燃料費	9,708 千円/年	増設分に合わせて現状から事業者が想定
保険料・諸経費	3,754 千円/年	増設分に合わせて現状から事業者が想定
その他経費	235 千円/年	増設分に合わせて現状から事業者が想定
ペレット単価	27.4 円/kg	間伐施行に関する補助金を考慮

(出所) 環境省「平成 29 年度木質バイオマス資源の持続的活用による再生可能エネルギー導入計画策定事業」

表 1.4.17 事業性評価に用いたエネルギー事業モデル

諸元	数値	備考
発電出力	165kW	ペレットガス化熱電併給設備の出力
熱出力	260kW	ペレットガス化熱電併給設備の出力
内部消費電力	8.3kW	出力の5%と想定
熱販売率	100%	年間重油代替量 23,000L/年から逆算
売電価格	15.0 円/kWh	他の事業モデルと一律で設定、電力系統へ供給
売熱価格	7.2 円/kWh	他の事業モデルと一律で設定(2.0 円/MJ)
年間稼働日数	314 日	年間売電量 1,1823MWh/年から逆算

(出所) 環境省「平成 29 年度木質バイオマス資源の持続的活用による再生可能エネルギー導入計画策定事業」

表 1.4.18 事業性評価に用いた支出項目

費目	費用(千円)	備考
初期投資費用		
設備・工事費一式	232,446	ペレットガス化熱電併給設備＋吸収式冷水機
助成金	-154,964	初期投資費用の 2/3 補助
O&M コスト(年間)		
バイオマス費用	23,865	間伐施行に関する補助金を考慮する場合、23,865 千円/年(表 1.4.16 より)
消耗品	6,534	事業者想定値
煤煙測定・灰処理費	500	事業者想定値

(出所) 環境省「平成 29 年度木質バイオマス資源の持続的活用による再生可能エネルギー導入計画策定事業」

## 事業収支の試算結果

前述の条件において熱分解ガス化技術を利用したバイオマス熱電併給事業を 20 年間継続した場合の合計収支の計算結果を図 1.4.6 に示す。

他のモデルと同様に土木工事費を除いた初期投資費用の 2/3 が助成された場合でも、20 年間での IRR は -4%、初期投資費用の回収年数は 31 年となった。一方、初期投資費用の助成なしで FIT 売電を 40 円/kWh で行う場合、20 年間の IRR は 9%、初期投資費用の回収年数は 8 年となった。

支出額の内訳として、燃料費（バイオマス調達費用）が 56%と支出額の過半を占めている。次いで初期投資費用が 27%、消耗品費用が 15.3%となっている。ペレット製造前の原木について間伐に係る助成金が既に考慮されていることを踏まえると、燃料費の削減にはペレット工場の製造規模拡大によるスケールメリットによってペレットの製造コストを下げる必要がある。

その他、熱分解ガス化はペレットの他に、比較的安価な燃料種であるチップを用いる機種も多いため、稼働実績を加味してペレットの製造工程の有無も含めて燃料調達を検討することが望ましい。

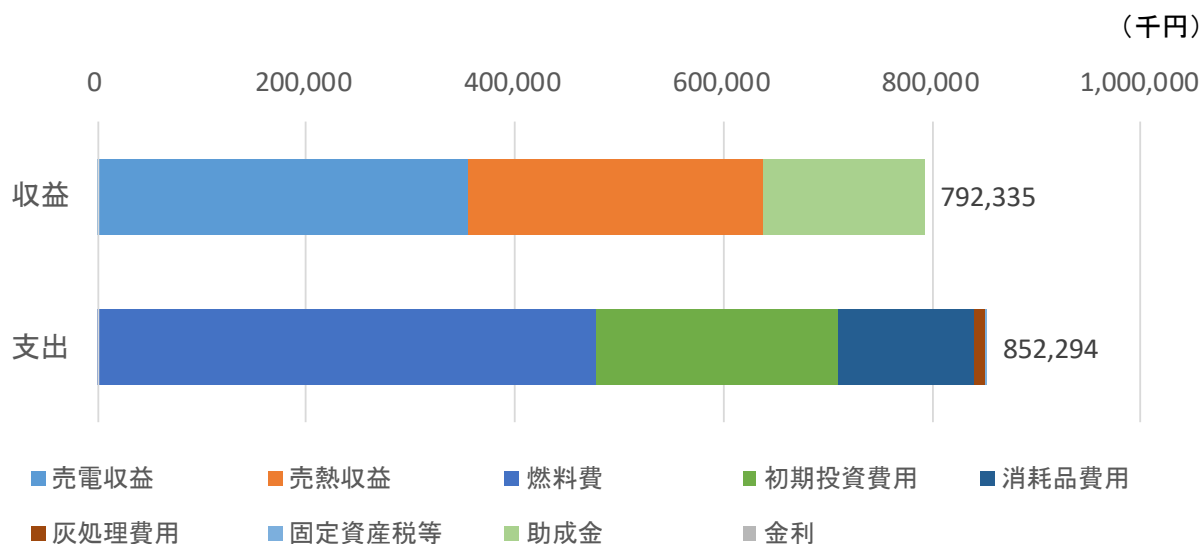


図 1.4.6 20年間の収支バランス

(出所) みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 感度分析結果

事業性の計算結果について、熱利用率・初期投資費用削減率・燃料調達費用のパラメータを変動させたときの IRR の変化について分析した結果を表 1.4.19 と表 1.4.20 に示す。

表 1.4.19 について、40 円/kWh での FIT 売電を想定する場合、初期投資費用 0%減での 20 年間の IRR は 9.0%となる一方で (表赤塗りつぶし)、15 円/kWh の場合は初期投資費用を 80%まで削減する必要がある (表青塗りつぶし)。表 1.4.20 の燃料調達費用については、資源量や供給先の調査が必要ではあるが、ペレットの製造規模の増加によるスケールメリット等によって 10%程度調達価格を削減できた場合、初期投資費用 67%削減相当の助成金によって事業を黒字にすることができる (表赤塗りつぶし)。

表 1.4.19 熱利用率に対する事業性の変動 (助成なし)

IRR(20年)		電力販売価格(円/kWh)						
		10	12.5	15	20	25	30	40
初期投資費用 削減率	80%減	-	-12.5%	1.6%	15.9%	28.4%	40.7%	65.3%
	67%減	-	-21.6%	-3.8%	7.4%	15.9%	23.6%	38.3%
	30%減	-	-	-12.3%	-2.2%	3.7%	8.3%	15.9%
	0%減	-	-	-19.1%	-6.5%	-1.0%	2.9%	9.0%

※事業性評価の計算条件に相当 (助成金を初期投資費用削減率として考慮した場合)

表 1.4.20 燃料調達費用に対する事業性の変動 (助成なし)

IRR(20年)		バイオマス調達価格(円/kg)						
		10	12.5	15	20.0	25.0	27.4	35.9
初期投資費用 削減率	80%減	35.3%	30.8%	26.3%	17.0%	7.1%	1.6%	-
	67%減	20.3%	17.4%	14.5%	8.2%	0.8%	-3.8%	-
	30%減	6.4%	4.7%	2.8%	-1.6%	-7.7%	-12.3%	-
	0%減	1.4%	-0.1%	-1.7%	-5.9%	-12.3%	-19.1%	-

※事業性評価の計算条件に相当 (助成金を初期投資費用削減率として考慮した場合)



## 4.2. 地域社会に対する意義

### (1) 社会（地域）への効果に係る評価手法

バイオマスエネルギー事業は、安定的な原料・燃料調達体制の構築や多様な関係者との合意形成など、他の再生可能エネルギーにはない特有の難しさが存在する。しかし、こうしたサプライチェーンやステークホルダーの課題は、裏を返せば、バイオマス事業が周辺地域に与える経済的メリットが大きいことを意味している。

これまでの実証事業や先行事例では、バイオマス利用が地域の各関係者に与える経済的効果を定量的かつ中長期的に評価したケースは限定的であったため、「NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業」では、ステージゲートを通過し実際に設備を運転している実証事業を中心に周辺地域への経済波及効果の可視化を試みた。

本項では地域経済波及効果を評価するための代表的な手法を紹介するとともに、実証事業者のバイオマスエネルギー事業の周辺地域への経済波及効果について説明する。

### 産業連関分析

産業連関表は、作成対象年次の1年間において、財・サービスが各産業部門間でどのように生産され、販売されたかについて、行列（マトリックス）の形で一覧表にとりまとめたものである。具体的には、他の部門から原材料や燃料などを購入→加工して他の製品を生産→他の部門に販売といった、ある産業部門の生産活動に関与する他の産業部門をマトリックスとして整理している。これをもとに行列計算を行うことで特定事業の新規導入による経済波及効果を試算する事ができる。

バイオマス事業においても、製品の購入から建設、燃料調達、保守管理等の工程に関連する事業者が多く存在するため、事業の開始に伴う経済波及効果をマクロ的に評価するには適した分析手法であるといえる。一方で、産業連関表は作成に時間を有するため、都道府県レベルの産業連関表で2022年1月時点に入手可能なものは2015年版が最新であり、古いものにならざるを得ない欠点がある。

### LM3

LM3（Local Multiplier 3）はある地域内で事業を開始したことで循環する金銭を3巡目まで追跡し、計測する手法である。

1巡目では事業者の収入を、2巡目では事業者が収入から地域内の従業員や関係事業者を支払った金額を、3巡目では地元の従業員と取引事業者が地元で使用した金額を推計する。

2巡目までの推計には開始する事業の経済性評価や実績を用い、3巡目の推計を行う際にはアンケート調査等を実施するのが一般的である。LM3は最終的に「1巡目から3巡目までの合計金額÷1巡目の収入」で求められ、仮に1巡目で得られた収入がすべて地域内で循環をすればLM3は3.0と最大値になる。

このように単一の指標を用いて複数のケースや地域を明快に比較することが可能であり、既に一部の事業ではバイオマス事業の評価に活用されている。

### 産業連鎖分析

ドイツのエコロジー経済研究所（IOW）が再生可能エネルギー導入の結果もたらされる地域経済効果を評価する手法として開発したもので、再生可能エネルギー事業の設計から運転・維持、事業マネージメントのまでの産業連鎖（サプライチェーン）を明らかにしたうえで、各工程に関与する事業者から創出される①企業の利潤と②従業員の給与、③企業と従業員によって支払われる税収入の3点を合計した地域経済効果を算出するものである。

日本国内においても、本手法を用いた地域経済分析がラウパッハ・スミヤヨーク・中山 琢夫（2015）「再生可能エネルギーが日本の地域にもたらす経済効果—電源毎の産業連鎖分析を用いた試算モデル—」でなされており、本事業でも同様の方法を用いて実証事業の分析を実施している。

なお、上記文献では 3 点の地域経済効果の分析に係る産業別の利潤や可処分所得等のインプット値を整理するにあたり、財務省の政策調査機関がまとめている「法人企業統計」<sup>32</sup>を用いている。同統計では全国レベルの集計結果となっていることから、より地域性を考慮する観点で都道府県の公表する産業連関表を利用することもできる。

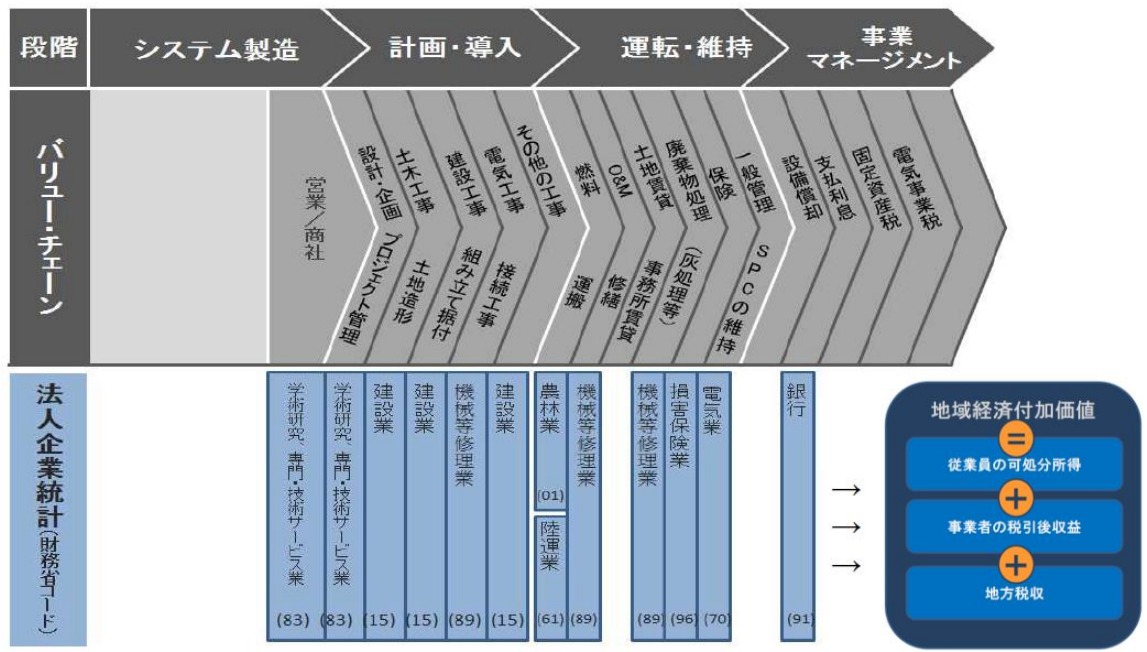


図 1.4.7 IOW の地域経済付加価値モデルの基本概念

(出所) ラウパッハ・スミヤ ヨーク (2016) 「再生可能エネルギーが地域にもたらす経済効果 - ドイツの経験と日本の可能性 -」

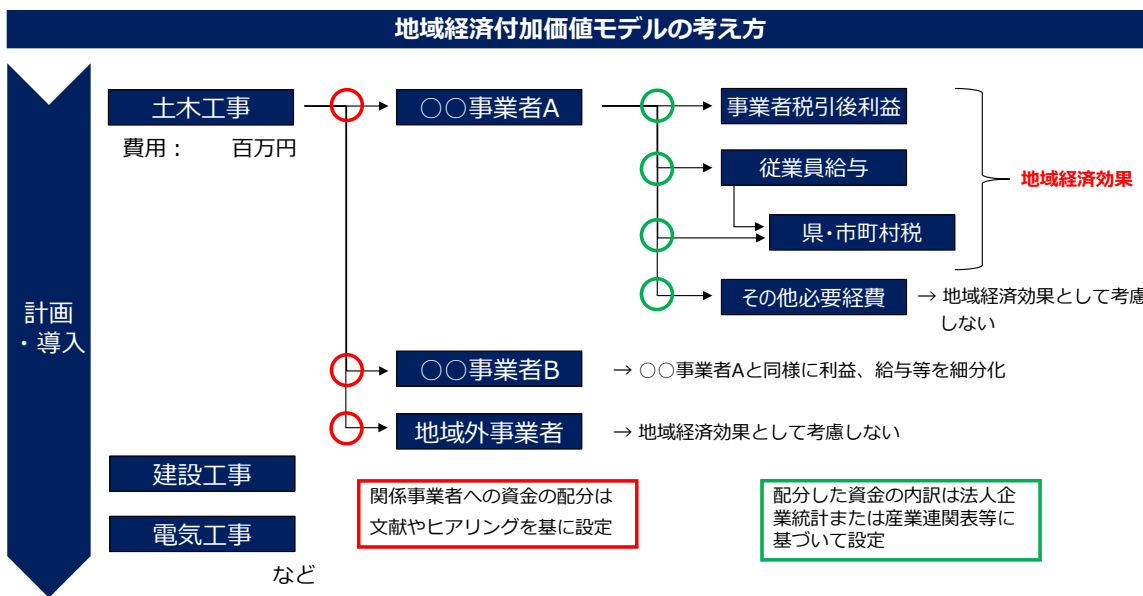


図 1.4.8 産業連鎖分析の算出イメージ

(出所) みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

<sup>32</sup>法人企業統計は 37,000 前後におよぶ代表的な非金融・金融企業の臨時損益計算書および貸借参照表から推計した統計である。

再生可能エネルギー事業が地域へ直接的な経済効果をもたらす主要な要素は、①建設関連の地域内事業者利益、②運転・維持関連の地域内事業者利益、③雇用効果（従業員可処分所得）、④自治体地方税、⑤地域内金融機関利息収入に分類される。バイオマスの場合は、それらに⑥未利用資源の売上や製造・流通・処理に関するものが加わり、この分が非常に大きい。さらに、本章で行う分析では事業開始にともなう実質的な金銭の流れに加えて、バイオマス事業の実施前後での経済効果を算出している。ここではバイオマス事業の開始によって電気料金・熱料金を低減する事ができれば、その削減費用（⑦）を評価する。また、製品としての価値がつかず処分を有償で委託していたバイオマス資源を事業の原料とする場合は、その削減費用および買取価格分の利益（⑥）を評価するものである。①～⑦の各項目の算出方法は下表のとおりである。

表 1.4.21 産業連鎖分析における各地域経済効果項目の計算方法

項目	計算方法
バイオマス事業者の地域最終利益 (地域外配当減算後)	バイオマス事業者が本事業で得た利益のうち、地域内事業者に分配される利益を対象とし、以下の方法で算出 (バイオマス事業の利益)×(バイオマス事業への地域内事業者の出資比率)
①建設関連の地域内事業者利益	地域内の建設関連事業者が本事業において得た純利益を対象とし、各作業項目ごとに利益を算出し合計 (関連事業者への支出)×(地域内事業者への支出割合※1)×(売上高に対する地域内事業者の税引き後純利益の割合※2)
②運転・維持関連の地域内事業者利益	地域内の運転・維持関連事業者が本事業において得た純利益を対象とし、各作業項目ごとに利益を算出し合計 (関連事業者への支出)×(地域内事業者への支出割合※1)×(売上高に対する地域内事業者の税引き後純利益の割合※2)
③雇用効果(従業員可処分所得)	地域内事業者により雇用され、本事業に従事した従業員が得た可処分所得を対象とし、以下の方法で算出 バイオマス事業者については、以下の項目を加算 雇用者および役職員の可処分所得:(給与)-(所得税) バイオマス事業者以外の事業者については、各作業項目ごとに以下を算出し合計する (関連事業者への支出)×(地域内事業者への支出割合※1)×(売上高に対する可処分所得の割合※2)
④自治体地方税	都道府県および市町村への税収を算出対象とし、以下の方法で算出 ・都道府県税:所得税+法人税+電気事業税+消費税 ・市町村税 :所得税+法人税+固定資産税+消費税 ※所得税・法人税は、地域内事業者への支出額に占める給与・税引前利益の割合から算出
⑤地域内金融機関利息収入	地域内の金融機関が融資したことで得られる金利収入の従業員所得・税引き後純利益相当額を対象とし、以下の方法で算出 (支払利息)×(銀行業における売上高に対する可処分所得割合※2+銀行業における企業の税引き後純利益※2)
⑥バイオマス原料提供者経済効果	バイオマス事業の開始前後での、バイオマス原料の価値の変化分を対象とし、以下の方法で算出 (原料調達量)×{(現在の原料販売価格) - (本事業における原料販売価格)}
⑦需要家のエネルギー費用削減効果	バイオマス事業の開始前後での、バイオマス原料の価値の変化分を対象とし、以下の方法で算出 (発電量)×{(現状の電気買取価格) - (事業における電気買取価格)}

※1 事業実施地域の特徴に合わせて設定する割合 ※2 事業者へのヒアリングや、法人企業統計の数値を参考に設定する割合  
(出所) ラウパッハ・スミヤヨーク (2016)「再生可能エネルギーが地域にもたらす経済効果 - ドイツの経験と日本の可能性-」よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

上記の算出プロセスを通じて、バイオマスエネルギー事業が開始されたことによる事業者自身の経済効果と事業に係る地域内外の関係者の経済効果および循環を同時に可視化することができる。こうした地域効果の定量化は、周辺地域にステークホルダーの多いバイオマス事業においてメリットが大きく、地域全体を巻き込んだの検討材料として活用できると考えられる。

例えば、当該事業単独の FS を行うと収益性が低いと判断される場合には、一般的には、事業者はその事業を断念することが多いと考えられる。一方で、この算出プロセスを経た結果、地域全体としては、メリットが大きいと判断される場合には、自治体その他の地域におけるコミュニティやステークホルダーが当該事業者を経済的な面、その他の面で支えることにより、当該事業を推進してもらった方が地域全体としての意義が大きいと評価できる。具体的には、自治体が当該事業へ補助金などの財政支援を行った方が効果的な場合もある可能性もある。その他、地域にて当該事業に協力的でない当事者の説得材料としても評価結果を活用できる可能性もある。このような分析は、自治体の政策決定や地域におけるコンセンサス作りに有用なものであり、また、当該事業にとっても、このような過程を経たうえで取り込まれるということは、自治体や地域のステークホルダーの支持を得ているものであり、その安定性を増すものと考えられる。

## (2) バイオマスエネルギー事業の事業性・地域経済性分析ツール

NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業では、上述の産業連鎖分析に基づくバイオマスエネルギーの事業性・地域経済性分析ツール（Excel）を開発し、NEDO ホームページ上で公開している。下図に示すとおり、バイオマス種（木質系、メタン発酵系）および知識経験、事業実施フェーズ（構想または FS 段階）に応じて、4 種類のツールを開発している。

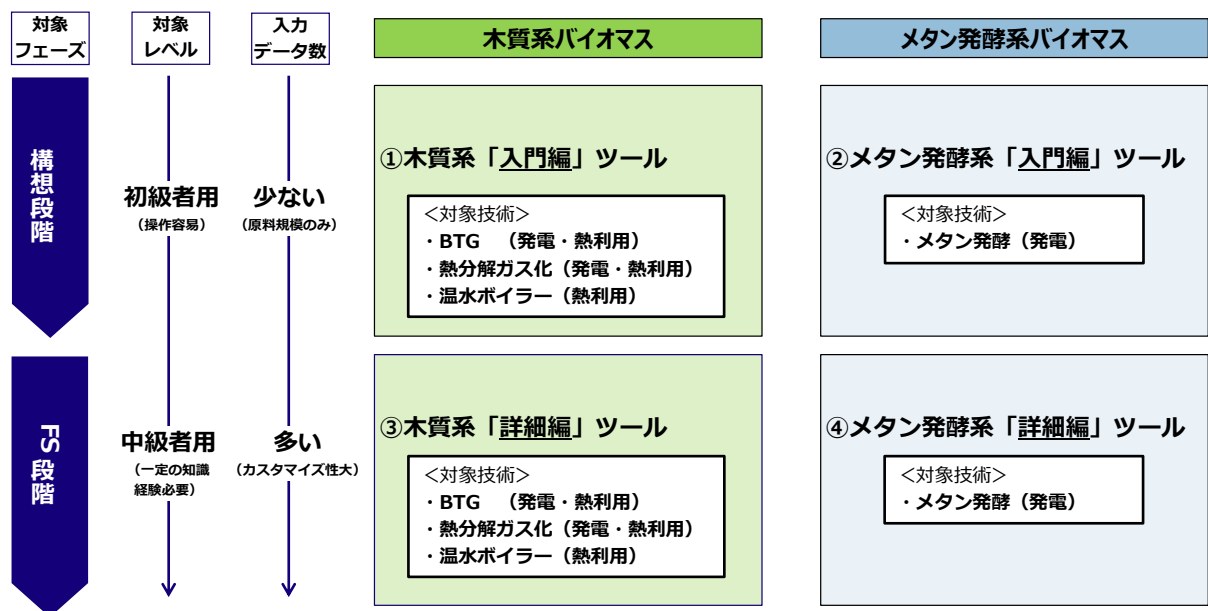


図 1.4.9 バイオマスエネルギー事業の事業性・地域経済性分析ツールの全体像

(出所) みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

「入門編」ツールは主に構想段階かつバイオマスエネルギー事業の検討経験のない初級者を対象としている。ここでは、原料規模等の最小限の情報のインプットだけで、初期コスト、O&M コスト、事業性（IRR 等）の推算を行い、さらに上述の産業連鎖分析に基づき地域経済効果についても算出することができる。木質系バイオマスに関しては、BTG、熱分解ガス化、温水ボイラーの 3 種類を対象技術とし、ツール上で選択可能となっている。なお、入門編ツールにおける初期コスト、O&M コストの推算は調達価格算定委員会等のデータや各種ヒアリング情報に基づいているが、いずれのバイオマスエネルギー利用技術においても、実際にはメーカーや事例によって大きく幅があり、不確実性が高いことに留意する必要がある。ツール上のコスト情報は Excel ファイル上で柔軟に変更が可能となっており、実際のツール利用時には調査検討の進展とともにコスト等の各種項目を更新していきながら、事業性評価結果の確からしさを高めていく使い方を想定している。

「詳細編」ツールは主に FS 段階かつバイオマスエネルギー事業の検討経験を有する中級者を対象としている。事業性（IRR 等）や地域経済効果等のアウトプットは入門編と同様であるが、試算の前提となるコストや運転条件（稼働率、エネルギー変換効率等）、さらに地域経済効果に係る業種別の各種条件を柔軟にカスタマイズ可能となっている。

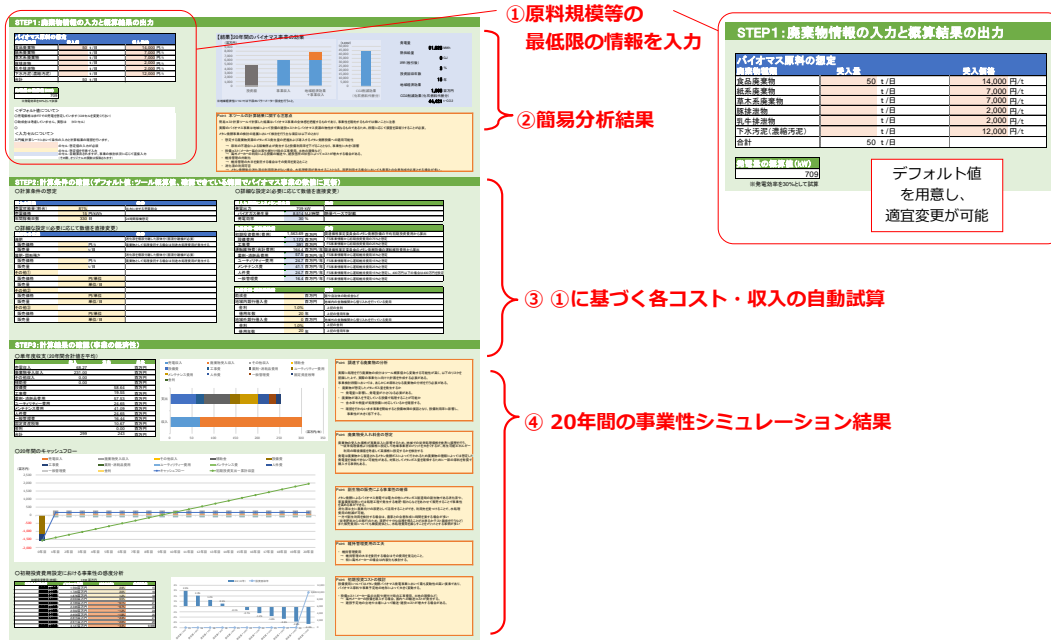


図 1.4.10 バイオマスエネルギー事業の事業性ツールのイメージ

(出所) みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

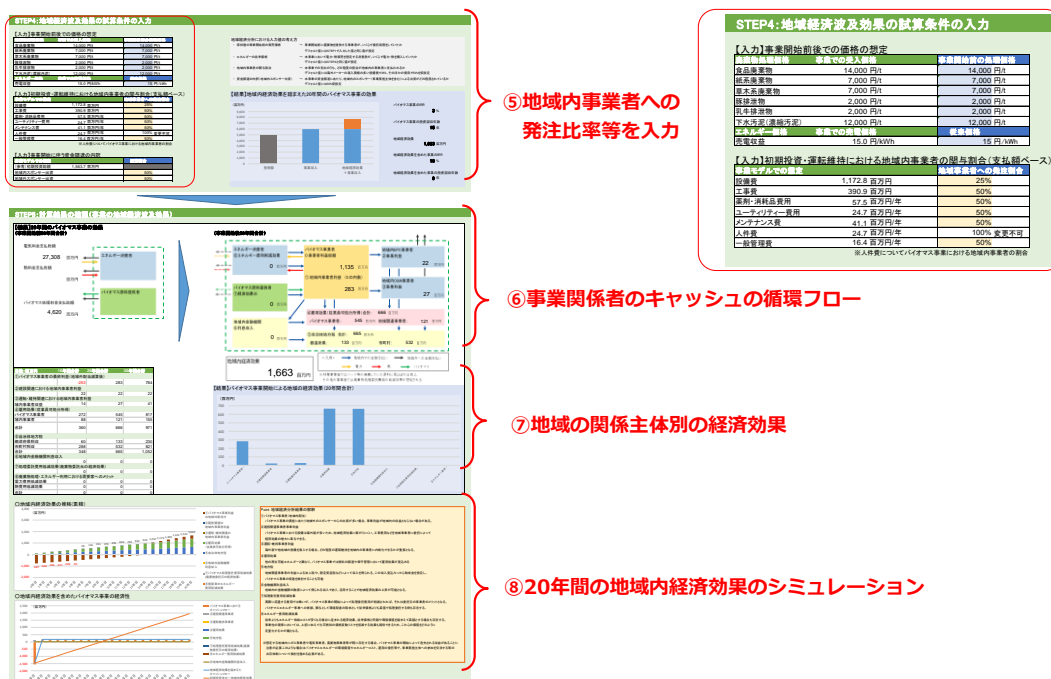


図 1.4.11 バイオマスエネルギー事業の地域経済性分析ツールのイメージ

(出所) みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

### (3) 実証事業における評価結果（バンブーエナジー株式会社の例）

#### 前提条件

事業者の地域経済波及効果の算出にあたっての前提条件を下表に示す。本試算で用いた数値は主に各実証事業者の FS 段階での想定値としているため運転稼働後の実態と異なることに留意されたい。また、実証モデルを一般化する観点から、一部実際と異なる想定を置いた試算を行っている。なお、地域経済波及効果の算出の対象範囲は県内を想定している。

表 1.4.22 エネルギー利用および原料調達に係る前提条件（バンブーエナジー株式会社）

諸元	数値	備考
発電出力	1,014kW	ORC の出力
熱出力	6,803kW	ORC の出力
内部消費電力	331kW	ORC の内部消費電力
熱販売率	82.6%	ORC から発生する熱量に対する割合
売電価格	11.8 円/kWh	電力会社の産業用電力価格から基本料金を除いたもの
売熱価格	1.4 円/MJ	FS 調査時点までの重油価格の最低値
年間稼働日数	330 日	24 時間稼働
竹調達量	8,744t/年	7.5 円/kg
バーク調達量	20,402t/年	3.5 円/kg

(出所) NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 FS 報告書を基に作成

表 1.4.23 エネルギー利用に係る前提条件（バンブーエナジー株式会社）

費目	費用(千円)	備考
初期投資費用		
バイオマス燃焼炉	217,000	事業者想定値
バイオマス熱媒ヒーター	290,000	事業者想定値
ORC 発電ユニット	368,000	事業者想定値
電気・その他付帯機器	575,000	事業者想定値
助成金	-966,667	初期投資費用の 2/3 補助(収入として計上)
O&M コスト(年間)		
バイオマス調達費	137,000	竹の購入料 7,500 円/t、バーク購入料 3,500 円/t の合計
ユーティリティ費用	1,000	事業者想定値
人件費	2,000	事業者想定値
機械保守点検費	2,000	事業者想定値
一般管理費他	5,000	事業者想定値

(出所) NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 FS 報告書を基に作成

表 1.4.24 エネルギーおよび原料取引価格に関する前提条件（バンブーエナジー株式会社）

諸元	値	備考
電力価格	15.3 円/kWh	電力会社の産業用電力価格
A 重油価格	2.02 円/MJ	九州地区 A 重油産業用小型ローリー価格(2018 年度)
バーク処理委託費用	500 円/t	本ガイドライン想定

(出所) NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 FS 報告書を基に作成

## 地域経済波及効果の試算結果

前述の条件でバイオマス事業の開始による地域への経済効果を図 1.4.12 に示す。金銭の流れとして、バイオマス事業者であるバンブーエナジー株式会社が隣接するエネルギー需要家のバンブーマテリアル株式会社・バンブーフロンティア株式会社へ電力と熱販売を行って得た収益から、林業家や設備の建設・メンテナンス等を実施する地域関連事業者への支払いや従業員への賃金の支払いを行い、さらにそれぞれが都道府県に税収を支払うことになる。

試算の結果、一部の費用が地域外の関連事業者へ支払われるものの、バイオマス事業の開始によって地域内で循環する金額は 20 年間の平均で 200 百万円/年となった。これはバイオマス事業者が県内でエネルギー供給事業を開始したことで新しく生まれた金銭の流れであり、事業開始前に地域外のエネルギー事業者からエネルギー供給を受けていた場合、外部に流出していた費用となる。

本試算ではバイオマス利用事業者（バンブーエナジー株式会社）が、エネルギー需要家（バンブーマテリアル株式会社・バンブーフロンティア株式会社）に対し、それまで需要家が地域外から購入していた電力や熱よりも低い価格で供給するモデルを想定した。その結果、需要家は年間 120 百万円のエネルギー調達費用の削減効果が得られる結果となった。

この取り組みにより、バイオマスを供給する林業家や農家等は、それまで未利用であったパークや竹を販売することで新たに 139 百万円/年の収益が得られる。それまで、これらのパークや竹を処理業者へ処理を委託していたとすると、販売利益に加えて 13.6 百万円/年の処理委託費用が削減される。

また、バイオマス熱電併給施設で働く従業員の可処分所得は 10.6 百万円/年となる。これは事業の開始によって新たに得られた所得と考える事ができ、本計算では考慮していないが、この所得増は従業員の消費活動によってさらに間接的な経済効果をもたらす。

都道府県の税収は 7.0 百万円/年となった。これは、都道府県がバイオマス利用事業者と地域の関連事業者の利益から得られる税収、並びに従業員の所得税として新たに得られる収入である。本試算では都道府県を地域の境界線として試算を行っているが、関係事業者の所属するそれぞれの市町村レベルにおいても総額で 12.5 百万円/年程度の税収が発生するとみられる。その他、地域関連事業者については、建設から運転開始後の保守点検・ユーティリティの面で地域の事業者を支払われる金額から 30.7 百万円/年の利益が得られる結果となった。

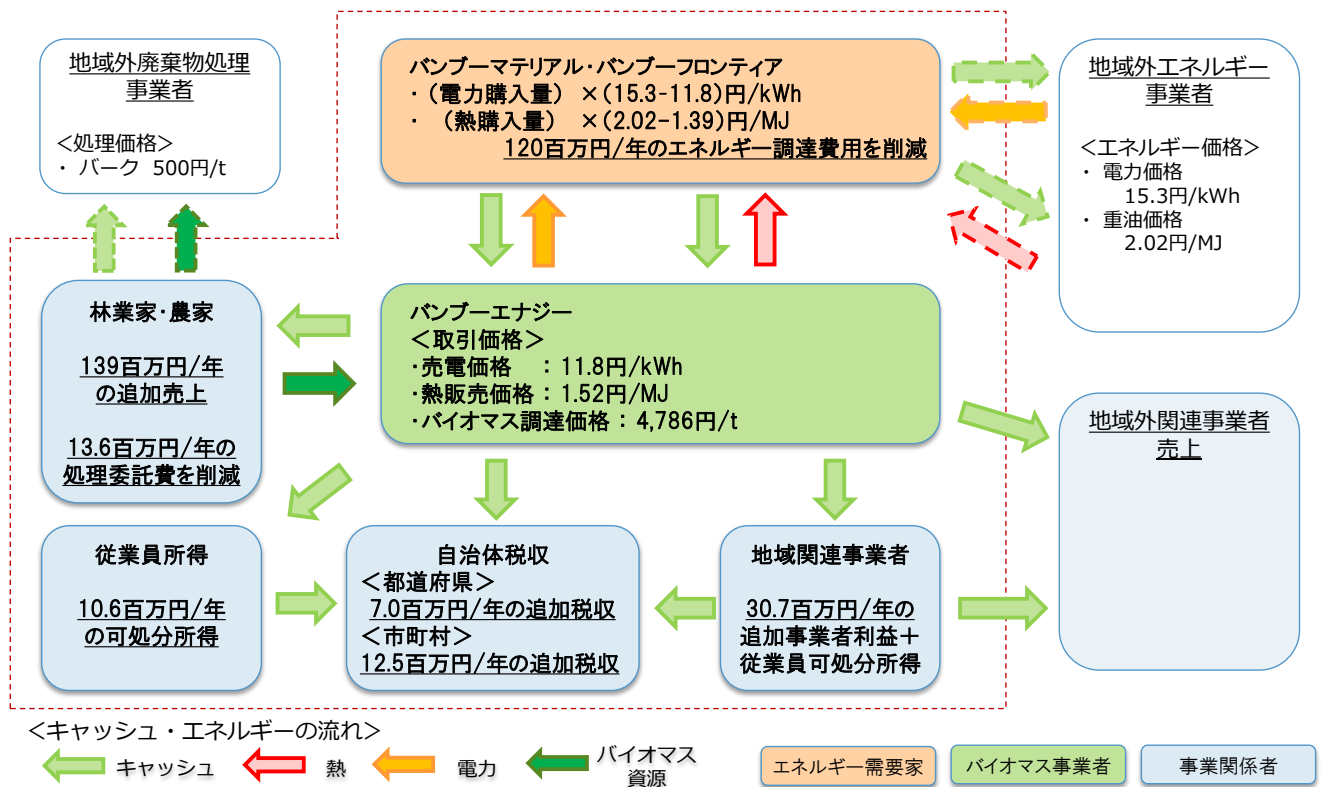


図 1.4.12 バイオマス事業の開始による地域経済効果 (20年間平均値)

(出所) みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

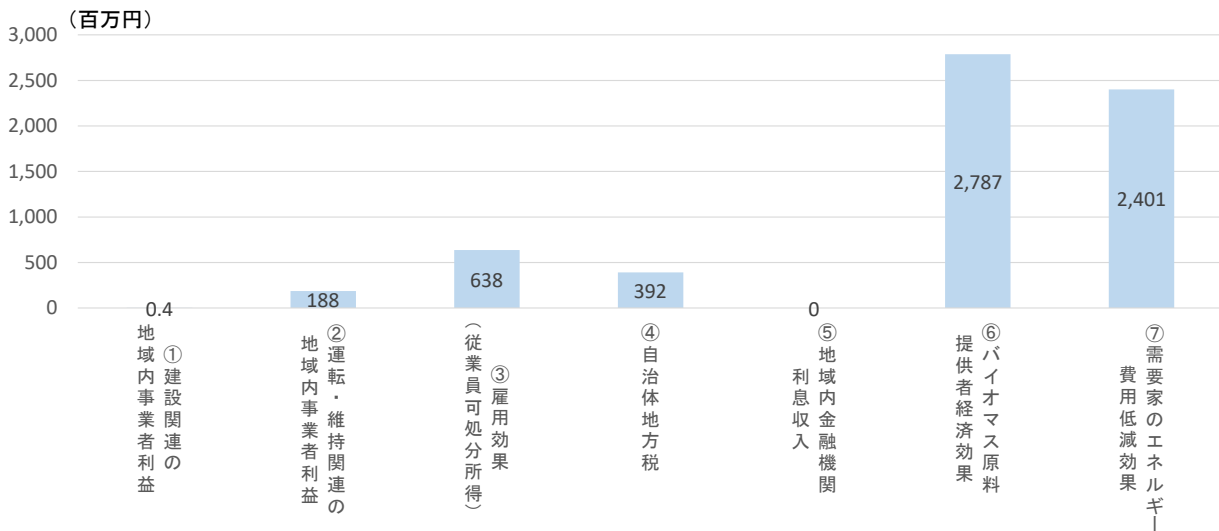


図 1.4.13 バイオマス事業の開始による地域経済効果 (20年間合計)

(出所) みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成



## 4.3. 環境に対する意義

### (1) SDGs における意義

バイオマスエネルギーは、大気中の二酸化炭素が光合成によって植物の体内に固定化されたエネルギーであり、その利用により再び大気中に二酸化炭素が放出されたとしても、エネルギーの消費と森林などにおける植物の成長のバランスを保つ限り、脱炭素化に資することができるエネルギー源である。NOx や SOx の排出も少ないこと等から、環境への負荷が低いクリーンなエネルギーとして期待されている。

さらに、木造住宅や家具等のマテリアル利用から廃棄に伴う処理時のエネルギー利用、さらには再植林を通じた二酸化炭素固定効果の発揮という循環利用を行うことにより、地球温暖化防止効果を最大限に機能させることができる。

近年はこれらの環境効果を基に、SDGs への対応としてバイオマスエネルギーを導入する企業や自治体も増えつつある。持続可能な開発目標 (SDGs) は、2001 年に策定されたミレニアム開発目標 (MDGs) の後継として、2015 年 9 月の国連サミットで策定された「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」にて記載された 2016 年から 2030 年までの国際目標である。持続可能な世界を実現するための 17 のゴール・169 のターゲットから構成されている。

上記アジェンダでは、目標第 7 番について「すべての人々が、安価かつ信頼できる持続可能な近代的エネルギーへのアクセスを確保する」とあり、「2030 年までに、再生可能エネルギー、エネルギー効率及び先進的かつ環境負荷の低い化石燃料技術などのクリーンエネルギーの研究及び技術へのアクセスを促進するための国際協力を強化し、エネルギー関連インフラとクリーンエネルギー技術への投資を促進する。(7.a)」と謳われている。

また、目標第 13 番「気候変動に具体的な対策を」では、「すべての国々において、気候関連災害や自然災害に対する強靱性 (レジリエンス) 及び適応力を強化する (13.1)」、「気候変動対策を国別の政策、戦略及び計画に盛り込む (13.2)」などが示されている。

したがって、バイオマスエネルギーを含む再生可能エネルギー導入技術支援、再生可能エネルギー発電拡大実施は SDGs の目標 7 番および 13 番に寄与することとなる。



図 1.4.14 バイオマスエネルギーが寄与する SDGs (赤枠部分)

(出所) 外務省ホームページを基に作成

## (2) GHG 排出削減量の考え方

バイオマスエネルギー利用の環境への意義を定量的に示すためには温室効果ガス（GHG）排出量および削減効果を適切な方法で算出する必要がある。我が国では環境省「再生可能エネルギー等の温室効果ガス削減効果に関する LCA ガイドライン 第IV部-①複数の機能を有する事業（国内バイオマス利活用等）編」において、温室効果ガスに関する評価の考え方が示されており、以下に主要なポイントを示す。詳細は同ガイドラインを参照されたい。

### プロセスフローとシステム境界の明確化に関する留意事項

対象プロセスのシステム境界には以下の6段階を含めるものとする。

1)	原料調達段階
2)	製造段階
3)	流通段階
4)	使用段階
5)	処分段階
6)	温室効果ガス排出削減活動（実施する場合に限る）

・システム境界は、対象プロセスが有する機能に応じてシステム拡張を行い、設定するものとする。ただし、（1）国内バイオマス発電事業、（2）国内バイオマス由来バイオ燃料製造事業の場合には、以下の考え方を採用することもできる。

#### （1）国内バイオマス発電事業

事業の主な機能を「発電」のみに特定できる場合には電力供給に関わるプロセスのみシステム境界内として設定することができる。

#### （2）国内バイオマス由来バイオ燃料製造事業

事業の主な機能を「燃料製造」のみに特定できる場合には、燃料供給に関わるプロセスのみ、システム境界内として設定することができる。

複数の機能を有する事業（国内バイオマス利活用等）の場合、上記（1）、（2）に掲げた場合を除き、原則として事業全体をシステム境界に含める。例えば、下図に示すように、廃材を燃やし、同じ敷地内の別の工場に熱を供給していた製材所が、バイオマス発電による電力供給に切り替えるとともに、熱源として重油ボイラを使うこととなった場合は、事業全体を算定対象とすることが望ましい（少なくとも「電力供給」と「熱供給」を同一事業者が行う場合には、電熱併給事業全体として算定を行う）。

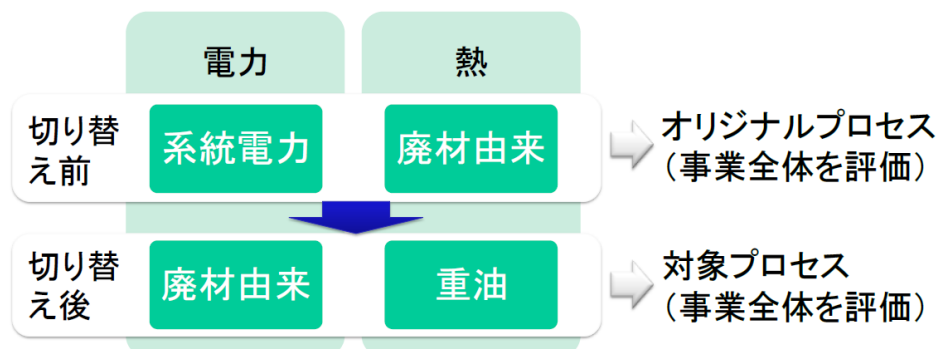


図 1.4.15 同一事業者が電熱併給事業を行う場合のシステム境界

(出所) 環境省「再生可能エネルギー等の温室効果ガス削減効果に関する LCA ガイドライン 第IV部-①複数の機能を有する事業（国内バイオマス利活用等）編」

**<例：間伐材、剪定枝等の自然木を主原料としたガス化発電事業に関するオリジナルプロセス>**

間伐材、剪定枝等の自然木を主原料としたガス化発電により、電力と燃料（タール）を外部に供給する事業のオリジナルプロセスを下図に示す。本事業の機能は、「発電」と「燃料供給」の2つであるため、オリジナルプロセスでは「系統電力（全電源平均）の生産プロセス」と「重油の製造プロセス」を考慮する。

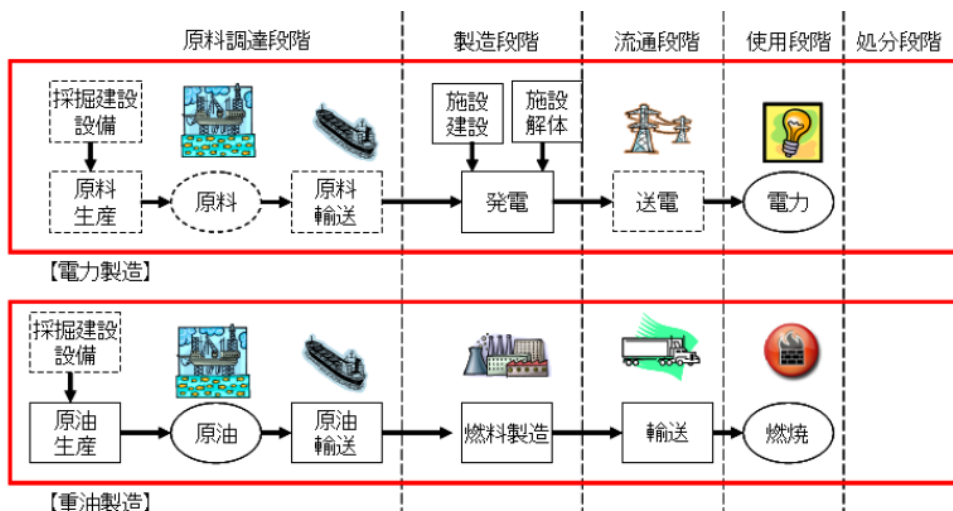


図 1.4.16 比較対象とするオリジナルプロセスのシステム境界（例）（間伐材、剪定枝等の自然木を主原料としたガス化発電事業に関するオリジナルプロセス）

（出所）環境省「再生可能エネルギー等の温室効果ガス削減効果に関する LCA ガイドライン 第IV部-①複数の機能を有する事業（国内バイオマス利活用等）編」

**<例：製材所廃材を原料とした直接燃焼発電事業に関するオリジナルプロセス>**

製材所廃材を原料とした直接燃焼により、発電と熱供給を行う事業のオリジナルプロセスを下図に示す。本事業の機能は、「発電」と「熱供給」、「それに伴う廃棄物処理」の3つであるため、オリジナルプロセスでは「系統電力（全電源平均）及び蒸気生産プロセス」と「製材所廃材の処理プロセス」を考慮する必要がある。

「製材所廃材の処理プロセス」としては、通常「活性炭の製造プロセス」が考えられるが、この場合、オリジナルプロセスの機能に「活性炭製造」が含まれてしまうため、製造所廃材を原料として製造される活性炭の量に相当する「従来型の活性炭製造プロセス」（ここでは「ヤシ殻由来の活性炭製造プロセス」とする）を、上記の2種類のプロセスの和から差し引く必要がある。なお、比較的大規模な国内バイオマス発電・熱供給事業においては、事業の機能を「発電」と「熱供給」とし、「それに伴う廃棄物処理」はオリジナルプロセスから除くことも可能である。

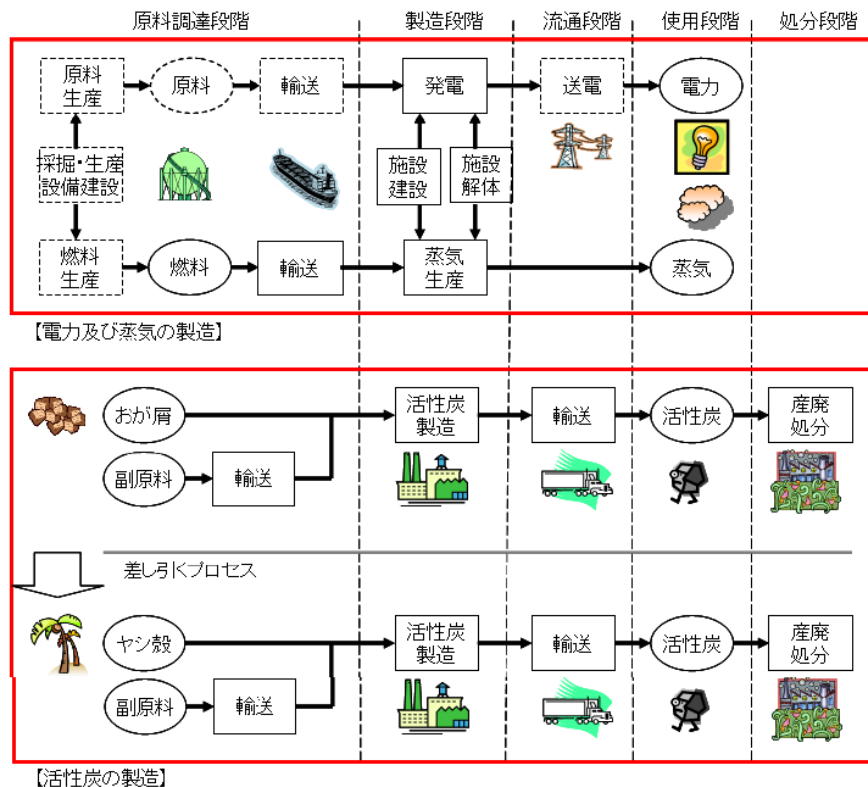


図 1.4.17 比較対象とするオリジナルプロセスのシステム境界（例）（製材所廃材を原料とした直接燃焼発電事業に関するオリジナルプロセス）

（出所）環境省「再生可能エネルギー等の温室効果ガス削減効果に関する LCA ガイドライン 第IV部-①複数の機能を有する事業（国内バイオマス利活用等）編」

## 活動量データの収集・設定に関する留意事項

LCA 実施者は、プロセスフロー図に記述した各プロセスに関して、プロセスごとのエネルギーや投入物の消費量、廃棄物や環境（大気等）への排出物の排出量を明らかにする必要がある。活動量データの収集例を下表に示す。

表 1.4.25 活動量データ収集例（廃食用油由来バイオディーゼルの場合）

段階	小プロセス	入出	品名	数量	単位
原料調達	原料調達	入力	廃食用油	〇〇	kL/日
	原料	入力	軽油	〇〇	L/日
製造	前処理	入力	灯油	〇〇	t/日
		入力	電力	〇〇	kWh/日
	反応	入力	水酸化カリウム	〇〇	t/日
		入力	メタノール	〇〇	t/日
		入力	灯油	〇〇	t/日
		入力	電力	〇〇	kWh/日
	分離(メタノール回収、温水洗浄、水分除去)	出力	グリセリン	〇〇	t/日
		入力	上水	〇〇	m <sup>3</sup> /日
入力		灯油	〇〇	t/日	
入力		電力	〇〇	kWh/日	
出力	バイオディーゼル	〇〇	kL/日		
流通	製品輸送	入力	軽油	〇〇	L/日

（出所） 同上

## 原料調達段階に関する留意事項

原料調達段階における活動量データの収集に当たっては、以下の点を考慮する。

(1) 複数の機能を有する事業（国内バイオマス利活用）の場合、原料調達に関するプロセス（原料輸送を含む）を考慮する必要がある。原料調達に関して考慮すべきプロセスは、原料によって主に以下の4種類に分けられる。

- |   |
|---|
| <p>1) 木質系バイオマスを原料とするケース</p> <p>①土地利用変化、②植林・保育、③伐採、④搬出、⑤原料加工、⑥燃料輸送</p> <p>2) 資源作物を原料とするケース</p> <p>①土地利用変化、②栽培、③伐採、④搬出、⑤調達、⑥原料輸送</p> <p>3) 資源作物から発生する残さを原料とするケース</p> <p>①原料加工、②原料輸送</p> <p>4) 既存収集システムにある下水汚泥等を原料とするケース（原料輸送は考慮しなくてもよい）</p> |
|---|

(2) 廃棄物を原料とすることにより回避される温室効果ガス排出量については、その効果が明らかであり、かつ定量的に示すことができる場合には、システム拡張を行うことにより考慮するものとする。

(3) ライフサイクル全体に対する寄与度が高いプロセスについては一次データの収集を基本とする。ライフサイクル全体に対する寄与度が低いプロセスや、LCA 実施者が一次データを入手することが困難な場合については、二次データの利用も認める。

- 木質系バイオマスを原料とする場合の植林プロセス、保育プロセス等について、国内においては施肥等が一般的に行われていないことから、これらのプロセスに伴う温室効果ガス排出に関して詳細なデータが入手困難な場合は、考慮しなくてもよいこととした。
- 木質系バイオマスを原料とするバイオマス発電の場合、伐採プロセスや搬出プロセスにおける温室効果ガス排出量が LCA の結果に大きな影響を与えることがあるため、留意する必要がある。特に伐採プロセスについては、事業で活用するバイオマスを収集する目的で伐採を行う場合には、伐採にて投入されるエネルギー量等を把握し、当該プロセスの LCA を行う必要がある。なお木質系バイオマスのうち、製材端材や建築廃材等、発生地点が製材工場や建築現場と考えられるものについては、伐採プロセスはシステム対象外となる
- 製材事業者やその関連事業者が国内バイオマス発電事業を行っており、製材工場が同一敷地内又は近隣地域にある場合、本来は破碎プロセスや乾燥プロセスを「製造段階」に分類することが望ましいが、その場合、事業により破碎プロセスや乾燥プロセスの位置付けが異なってしまう。そのため、ここでは便宜上、一律に破碎プロセスや乾燥プロセスを「原料調達段階」に分類することとした。
- 原料調達に関するプロセスは、原料の発生地点後のプロセスを考慮するものとする。このため、資源作物から発生する残さ等は、それらが発生するまでの資源作物栽培プロセス等における温室効果ガス排出量はシステム境界に含めなくてよいこととした。
- 廃棄物を原料とする場合に回避される温室効果ガスとしては、「生ごみの焼却処理等のプロセスで発生する温室効果ガス」や「放置されているヤシ殻から発生するメタンガス」のようなものが考えられる。
- 土地利用変化や栽培プロセスにおける温室効果ガス排出・吸収量が LCA の結果に大きな影響を与えることがあるため留意する必要がある。土地利用変化に伴って発生する温室効果ガス排出・吸収量、栽培プロセスにおける温室効果ガス排出量は次頁以降に従って算定する。

- 「ライフサイクル全体に対する寄与度が高いプロセス」とは、ライフサイクル全体に占める割合が5%以上であることを想定しているが、それ未満であっても温室効果ガス排出量に大きな影響を与えるおそれがある投入物については考慮する必要がある。

## 製造段階に関する留意事項

製造段階における活動量データの収集に当たっては、以下の点を考慮する。

- (1) 原料の貯蔵、中間処理に要した化石燃料や電力・熱等の投入を含むものとする。
- (2) 原則として、施設や設備の建設（建設資材製造、建設資機材輸送、設備建設）、保守・点検に係るプロセスを考慮するものとする。
- (3) 製造されたエネルギーの全量を施設内で利用している場合、仮想的に「生産したエネルギーを外部に供給するとともに、施設内で利用するエネルギーを外部から購入する」というシナリオを設定して、LCAを行ってよいこととする。
- (4) 本来的には全ての投入物の活動量に対して一次データを取得することが望ましいが、最低限、物理量（質量、発熱量等）又は経済価値（価格）が相当割合を占める活動量について一次データを取得し、温室効果ガス排出量を算出することを必須とする。

- ・ 複数の機能を有する事業では、施設や設備の建設に係る温室効果ガス排出量が無視できない可能性があるため、これらの工程を考慮してLCAを実施することとした。
- ・ 施設や設備の建設に係るプロセスとしては、対象プロセスの機能に関する施設（ガス化施設等）のみを考慮するものとし、例えば、環境学習施設等が併設されている場合、当該部分は考慮しない。環境学習施設等が併設されているが、施設全体の建設費・土木費しか入手できない等の場合には、延床面積等を基準とした配分を行ってもよいこととする。
- ・ 施設や設備の想定使用期間は、以下①～③のいずれかの方法で設定する。
  - ① 実績値（複数ある場合にはその平均値）から設定
  - ② 公的統計資料等に基づく平均的な使用年数を想定
  - ③ 法定耐用年数を参考にして設定
- ・ 複数の機能を有する発電事業において、生産電力の全量を施設内で利用している場合、システム境界外に出力されるエネルギーはゼロとなるため、厳密には「1MJのエネルギー供給」を機能単位としたLCAは実施できない。しかしながら、同様の事業であっても生産電力を外部供給する場合には評価可能となる。その整合を図るため、環境省ガイドラインでは生産電力の全量を施設内利用している場合にあって、仮想的に外部供給しているシナリオを設定してもよいこととした。
- ・ 上記（4）でいう「相当割合」とは、ライフサイクル全体に占める割合が5%以上であることを想定しているが、それ未満であっても温室効果ガス排出量に大きな影響を与えるおそれがある投入物については考慮する必要がある。

## 流通段階に関する留意事項

流通段階における活動量データの収集に当たっては、以下の点を考慮する。

生産した電力を外部供給する場合、外部電源に接続するための付加的な施設や設備の整備については考慮する必要がある。なお、既存の施設や設備が活用可能な場合は、活用可能な範囲については考慮しなくてもよい。

生産した熱や電気を既存の施設・設備により輸送・販売する場合には、それら既存の施設・設備については考慮しなくてもよいが、付加的な施設や設備については考慮する必要がある。

## 使用段階に関する留意事項

使用段階における活動量データの収集に当たっては、以下の点を考慮する。

- バイオ燃料の燃焼による二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）排出はゼロとしてよい。ただし、二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）以外の温室効果ガスが発生する場合は考慮しなければならない。また、副原料等が燃焼する場合の温室効果ガス排出量は考慮しなければならない。

## 処分段階に関する留意事項

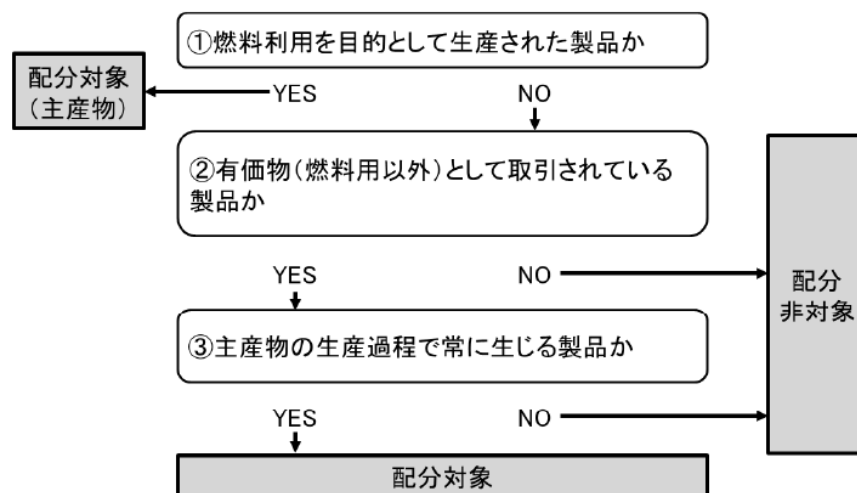
処分段階における活動量データの収集に当たっては、以下の点を考慮する。

- 処分段階については状況に応じて考慮するものとする。
- 処分段階において考慮すべき例として、例えば余剰バイオガスをフレアスタック等により処分すること等が考えられる。その場合、バイオガスの燃焼に係る二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）排出量についてはカーボンニュートラルによりゼロとしてよいが、当該フレアスタック設備の建設等に関しては考慮する必要がある。
- また、バイオガスの製造に伴い発生する廃棄物の処理や排水処理については、製造段階で考慮するものとする。施設や設備の廃棄・処分プロセスについては、必ずしもシステム境界に含めなくてよい。

## 配分（アロケーション）の方法に関する留意事項

前述したとおり、「事業の主な機能を『発電』のみに特定できる国内バイオマス発電事業」、「事業の主な機能を『燃料供給』のみで特定できる国内バイオマス由来バイオ燃料製造事業」等については、エネルギー供給に関わるプロセスのみをシステム境界内として算定してよいこととしているが、国内バイオマス利活用事業については、そのシステム境界内で発生する製品が多岐に渡ることから、それら製品の中で配分を行う対象については、下図に示すフローチャートにて「配分対象」となったものについて行うこととする。

なお、プロセスの細分化を図ることにより、配分を回避することを原則とし、配分はどうしても回避できないプロセスについてのみ行うものとする。



(補足)「③主産物の生産過程で常に生じる製品か」が「Yes」となる例としては、パーム油の搾油時に生じるPKS等がある。一方「No」となる例としては、食用ココナッツ油製造時に偶発的に生じる、低品質であり食用に用いることができないココナッツ油（燃料用）等がある。

図 1.4.18 配分対象の決定フローチャート

(出所) 同上

## 温室効果ガス排出原単位データの収集が困難な場合に関する留意事項

設定したプロセスに適した原単位が収集できない場合は、必要としている原単位に最も近似していると考えられる原単位で代替してもよい。

設定したプロセスによっては、原単位データの収集が困難であるため、その場合は必要としている原単位に近い原単位を設定してよいこととした。ただし、その場合は、感度分析の実施によりインベントリ分析結果に与える影響を評価しておくことが望ましい。なお、収集すべき活動量データの単位（重量、価格等）は、入手可能な原単位データの単位にも影響されるため、最終的な活動量データ、原単位データの選定にあたっては、双方のデータの精度を高めるように配慮しなければならない。

複数の機能を有する事業を対象とした LCA において使用頻度が高い LCI データの例は環境省「再生可能エネルギー等の温室効果ガス削減効果に関する LCA ガイドライン 第IV部-① 複数の機能を有する事業（国内バイオマス利活用等）編」を参照のこと。

## 温室効果ガス排出量の評価に関する留意事項

温室効果ガス排出削減効果を表す場合は、以下のいずれかの方法で算定する。

$$\text{① 排出削減量} = \text{オリジナルプロセスの排出量} - \text{対象プロセスの排出量}$$

$$\text{② 排出削減率} = (\text{オリジナルプロセスの排出量} - \text{対象プロセスの排出量}) \div \text{オリジナルプロセスの排出量} \times 100(\%)$$

温室効果ガス排出削減効果を製品カタログやホームページ等に表示する場合は、想定した「機能単位」、「システム境界」、「オリジナルプロセス」、「想定寿命（想定使用年数）」を付記しなければならない。また、製造されたバイオガスを燃料として得られるエネルギーの全量を所内で利用している場合等、仮想的に「生産したエネルギーを所外に供給するとともに、所内で利用するエネルギーを外部から購入する」というシナリオを採用した場合には、その旨を付記することとする。

データの妥当性や算定結果の信頼性を評価することを目的として、LCA で採用した活動量データや原単位データがある範囲で変動させたり、配分手法等を変更したりする感度分析により、温室効果ガス排出量の算定結果にどの程度の影響を及ぼすか、それが許容範囲であるかどうかを検討する。



## 第2部

# バイオマスエネルギー事業の導入要件・技術指針 【木質バイオマス編】

## ＜第2部 章目次＞

### 第2部 バイオマスエネルギー事業の導入要件・技術指針

#### 【木質バイオマス編】

事業検討の進め方	115
実施事項の全体像	116
<b>1章 バイオマス利用システム全体に係る留意点と解決策</b>	<b>125</b>
システム全体に関する「よくある課題」	125
フェーズⅠ 構想段階	129
1.Ⅰ.1 組織・自治体における発意	130
1.Ⅰ.2 事業主体の検討	134
1.Ⅰ.3 事業コンセプトの構築	140
1.Ⅰ.4 用地の想定	142
1.Ⅰ.5 事業実施時期の想定	146
1.Ⅰ.6 事業モデルの概略検討	147
1.Ⅰ.7 事業収支の概略検討	150
1.Ⅰ.8 事業実施体制の構築	151
① 組織内外の事業実施体制・FS 実施体制の検討	151
② 専門家への相談	152
③ 行政への相談	153
1.Ⅰ.9 FS 調査予算の獲得	154
フェーズⅡ FS 段階	155
1.Ⅱ.1 事業化スケジュールの検討	159
1.Ⅱ.2 地域関係者との合意形成	162
1.Ⅱ.3 事業収支の検討	164
① 売上高の予測	165
② 事業費(初期費用と運用費)の積算	166
③ 事業リスクの評価(事業収支の検討時)	170
④ 事業収支・キャッシュフロー分析	171
1.Ⅱ.4 資金計画の策定	177
① 資金調達方法の検討	178
② 資金調達先・金融機関との交渉	181
③ 補助制度の確認	187
1.Ⅱ.5 事業実施体制の確定	191
① 事業コンセプトの再精査・確定	192
② 事業による波及効果の評価	192
③ 組織内・地域関係者への説明・合意形成	194
1.Ⅱ.6 事業のリスク評価(FS 終了時)	196
① 建設段階のリスクとその対処方法の例	196
② 運営段階のリスクとその対処方法の例	199
③ その他全般に関するリスクとその対処方法の例	202
④ FS 調査後、次のステップに進めるかの判断基準	204
フェーズⅢ 設計施工段階	214
1.Ⅲ.1 事業体の組成	215
1.Ⅲ.2 事業の将来計画の検討	219
1.Ⅲ.3 施設の運転管理計画の策定	220
1.Ⅲ.4 金融機関との融資契約・資金実行	221
フェーズⅣ 運転段階	222
1.Ⅳ.1 事業採算性の検証と改善	223
1.Ⅳ.2 波及効果の検証と公開	224
<b>2章 バイオマス調達に係る留意点と解決策</b>	<b>225</b>
原料・燃料調達に関する「よくある課題」	225
フェーズⅠ 構想段階	229
2.Ⅰ.1 原料・燃料の調達可能性の検討	230
① 原料・燃料種の特定制と資源量の調査	231
② 燃料製造拠点の確認	236
③ 原料・燃料規模の地域調達可能性の検討	238
フェーズⅡ FS 段階	249
2.Ⅱ.1 原料・燃料の調達可能性の調査	251
① 原料・燃料の調達可能性および性状の調査	252
(a) 集荷可能性の調査	252
(b) 原料性状の調査	258

(c) 廃掃法の取り扱いの確認	266
② 原料・燃料の調達コストの検討	267
③ 燃料規格対応の確認	269
④ 燃料の製造・加工システムの検討	276
⑤ 原料・燃料の輸送システムの検討	285
フェーズⅢ 設計施工段階	286
2.Ⅲ.1 燃料の調達契約	287
2.Ⅲ.2 燃料の調達・在庫管理計画の策定	290
フェーズⅣ 運転段階	297
2.Ⅳ.1 受入燃料の規格確認	298
2.Ⅳ.2 燃料調達条件の検証・見直し	304
<b>3章 エネルギー供給・副生物利用に係る留意点と解決策</b>	<b>305</b>
エネルギー供給・副生物利用に係る「よくある課題」	305
フェーズⅠ 構想段階	308
3.Ⅰ.1 エネルギー利用形態の検討	309
① エネルギー利用先および供給形態の検討	310
② 設備規模と投資規模の確認	315
フェーズⅡ FS 段階	317
3.Ⅱ.1 エネルギー利活用計画	319
① エネルギー需要の調査	320
② 既存エネルギー設備の運用実態調査(オンサイト型/マイクログリッド型)	328
③ 導入先のインフラ、周辺環境調査(共通)	330
④ 導入先の意向確認(オンサイト型/マイクログリッド型)	332
⑤ エネルギー需給管理システムの検討(オンサイト型/マイクログリッド型)	334
⑥ 系統連系の調査(広域グリッド型、オンサイト型)	339
3.Ⅱ.2 副生物の処理方法の検討	340
フェーズⅢ 設計・施工段階	342
3.Ⅲ.1 エネルギー供給契約	343
3.Ⅲ.2 FIT 事業申請(広域グリッド型)	344
3.Ⅲ.3 接続契約・売電契約(広域グリッド型)	347
3.Ⅲ.4 副生物の処理・有効利用に係る条件協議	348
フェーズⅣ 運転段階	349
3.Ⅳ.1 エネルギー供給条件の検証・見直し	350
3.Ⅳ.2 副生物の有効活用に向けた検討・調整	351
<b>4章 エネルギー変換設備に係る留意点と解決策</b>	<b>356</b>
エネルギー変換設備に係る「よくある課題」	356
フェーズⅠ 構想段階	358
4.Ⅰ.1 エネルギー変換技術の検討	359
① 機器・技術の信頼性の確認	360
② 設備・技術の検討	367
フェーズⅡ FS 段階	369
4.Ⅱ.1 基本設計(プラントスペック、規模選定)	372
① システムの基本計画策定	372
② 設備機器・メーカー選定	383
③ 燃料の受入・貯蔵システムの検討	391
④ 設備・工事発注スキームの検討	394
⑤ 設備導入に係る法規制の確認と対応	400
⑥ 立地調査	400
フェーズⅢ 設計施工段階	402
4.Ⅲ.1 設備の調達	403
4.Ⅲ.2 工事・EPC 契約	405
4.Ⅲ.3 O&M 契約	407
4.Ⅲ.4 保険契約	409
フェーズⅣ 運転段階	410
4.Ⅳ.1 システム・機器の性能評価と改善	412
4.Ⅳ.2 設備利用率の検証と改善	422
4.Ⅳ.3 安全対策	423
4.Ⅳ.4 O&M 内製化の検討	428
4.Ⅳ.5 トラブルシューティング	435

## ＜第 2 部 目次＞

図 2.0.1 バイオマスエネルギー事業の検討の進め方のイメージ.....	115	図 2.2.38 同社の地域に密着した事業展開 .....	291
図 2.1.1 対馬市における木質バイオマスエネルギー面的導入の中期シナリオ .....	135	図 2.2.39 同社のバークの収集体制について.....	291
図 2.1.2 対馬市における木質バイオマス熱利用面的導入による地域効果 .....	136	図 2.2.40 ポリッパ型バケット付天井走行式フロアクレーン .....	293
図 2.1.3 バイオマスエネルギー事業の 3 つの意義 .....	140	図 2.2.41 昭和化学工業株式会社の設備設置図 .....	294
図 2.1.4 物熱収支図の例(簡易版).....	172	図 2.2.42 バイオマス熱風炉本体と燃焼の模式図 .....	294
図 2.1.5 財務三表に係るフォーマットイメージ .....	174	図 2.2.43 バイオマス熱風炉内部の様子.....	294
図 2.1.6 グリーンファンドの資金構成イメージ .....	186	図 2.2.44 竹、バーク燃料の燃焼試験の概要 .....	296
図 2.1.7 (再掲)バイオマス事業の開始による地域経済効果の試算例(20年間平均値) .....	193	図 2.2.45 クリンカブレーカ設置状況 .....	300
図 2.1.8 (再掲)バイオマス事業の開始による地域経済効果の試算例(20年間合計).....	193	図 2.2.46 エリアンサス 50% 燃焼試験状況 .....	300
図 2.1.9 FIP 制度におけるプレミアム単価の考え方 .....	206	図 2.2.47 エリアンサス 100% 燃焼試験状況 .....	301
図 2.1.10 FIP 制度の詳細設計の論点 .....	207	図 2.2.48 昭和化学工業株式会社のバイオマス熱風炉の自動制御システム .....	302
図 2.1.11 価格変動リスクへの対応策の例 .....	207	図 2.3.1 マイクログリッドの概念 .....	311
図 2.1.12 バイオマス発電に関わる地域活用要件.....	209	図 2.3.2 マイクログリッド検討の各ステップの調査フローの例 .....	312
図 2.1.13 FIT 制度および FIP 制度、入札の対象規模 .....	211	図 2.3.3 1000kW ORC 熱電併給装置のヒートバランス.....	313
図 2.1.14 FIT 認定の失効期間に関する考え方 .....	212	図 2.3.4 小型蒸気スクルー発電機を活用した自家発電設備の導入イメージ.....	316
図 2.2.1 水分率と含水率の違い .....	232	図 2.3.5 小型蒸気スクルー発電機の蒸気量と発電出力.....	316
図 2.2.2 熱量単位の価格が等しくなるチップやペレットと化石燃料価格.....	235	図 2.3.6 月別の電力需要の整理イメージ .....	321
図 2.2.3 燃料・エネルギー規模と技術の目安(図中数字は概算値).....	239	図 2.3.7 日ごとの平均的な電力需要の推移と発電機導入のシミュレーションのイメージ .....	321
図 2.2.4 路網系作業システムの概念図 .....	240	図 2.3.8 宿泊室ペリメーター部(窓際)の窓内表面温度(左)と室温(中央)の比較(1月31日).....	323
図 2.2.5 コウヨウザンの苗木(2019年5月(約24cm)) .....	243	図 2.3.9 アネックス棟全宿泊室の冷暖房用電量使用量(右).....	323
図 2.2.6 コウヨウザンの栽培風景(左:2021年6月(約180cm)、右:2022年2月(約277cm)).....	243	図 2.3.10 現状・チップボイラー導入・チップボイラー+建物断熱の三者における加熱用一次エネルギーのバイオマス比率 .....	323
図 2.2.7 現在の木材生産にかかるコストのイメージ.....	244	図 2.3.11 バンブー株式会社が導入した ORC における温水の供給先検討 .....	326
図 2.2.8 齢級別木材生産費(早生樹(コウヨウザン))の推定例.....	244	図 2.3.12 蒸気ボイラー由来の廃熱を活用した廃菌床の乾燥イメージ... ..	327
図 2.2.9 チップ化事業の種類と規模 .....	246	図 2.3.13 木質バイオマスボイラーの蓄熱槽導入による負荷変動への対応イメージ .....	335
図 2.2.10 林地残材発生量の原単位.....	246	図 2.3.14 1日の時間別温熱需要とボイラープラント負荷の検討例.....	336
図 2.2.11 林地残材混載搬出(左)、林地残材個別搬出(右) .....	247	図 2.3.15 FS 事業実施事業者のモデル負荷パターンにおける蒸気需要量とアキュムレーター残量の試算例 .....	337
図 2.2.12 林地残材の搬出コスト.....	248	図 2.3.16 バックアップとしての重油ボイラーを併用したピーク需要への対応イメージ .....	338
図 2.2.13 チッピング作業状況.....	248	図 2.3.17 FIT 制度の事業計画認定取得および系統連系接続に関するフロー .....	344
図 2.2.14 田島山業株式会社における季節変動による林地残材搬出量の試算例 .....	253	図 2.3.18 バイオマス燃料と灰の物質収支.....	351
図 2.2.15 東急リゾート&ステイ株式会社における「もりぐらし」のコンセプト.....	254	図 2.3.19 主灰 飛灰(サイクロン、バグフィルター) .....	352
図 2.2.16 東急リゾートタウン蓼科の全体像と森林経営計画のイメージ ..	255	図 2.3.20 バイオマス灰の再利用スキームのイメージ図.....	354
図 2.2.17 東急リゾートタウン蓼科におけるバイオマスの利用イメージ.....	255	図 2.3.21 飛灰の回収に関する各種設備 .....	355
図 2.2.18 P116S 木質チップ規格(左) P31S 木質チップ規格(右).....	258	図 2.4.1 燃料貯留容量のスペック(左表)とバイオマス蒸気ボイラーの配置計画案(右図) .....	362
図 2.2.19 水分と低位発熱量の関係.....	260	図 2.4.2 昭和化学工業株式会社(岡山工場)の製造フロー図.....	363
図 2.2.20 バークチップ(写真左:左上、中下)と枝葉チップ/PKS(写真左:手前)を受け入れた燃料槽内の様子(奥がバークチップ)(写真右) ..	261	図 2.4.3 (再掲)燃料・エネルギー規模と技術の目安(図中の数字は概算値) .....	368
図 2.2.21 ビニールハウスの外観(左)、ビニールハウス内の製材(右) ..	262	図 2.4.4 日本とドイツの発電規模別の技術選択状況 .....	368
図 2.2.22 送風機と太陽電池パネル(左)、乾燥時の様子(右) .....	262	図 2.4.5 クリンカの概観 .....	373
図 2.2.23 ビニールハウスを用いた乾燥方法のイメージ .....	262	図 2.4.6 灰付着層の形成イメージ.....	373
図 2.2.24 含水率検体(林地残材).....	265	図 2.4.7 草本系バイオマスの灰分割合と灰分中の K の割合 .....	374
図 2.2.25 林地残材の含水率推移.....	265	図 2.4.8 竹粉灰、バーク粉末灰の成分含有比率(重量%) .....	374
図 2.2.26 温水を利用した原料プレ乾燥装置 .....	270	図 2.4.9 バンブーエナジー株式会社実証事業におけるバーク2割竹8割燃焼時の炉床灰.....	375
図 2.2.27 切削チップの例(左)と欧州木質ペレットの例(右) .....	271	図 2.4.10 バンブーエナジー株式会社のプラントモデル図.....	376
図 2.2.28 ペレット製造コストの内訳の一例.....	272	図 2.4.11 バンブーエナジー株式会社のプラントレイアウト図(左)、ウォーキングフロア(右) .....	376
図 2.2.29 ガス化発電装置内の篩い分け装置(Holzenergie 社).....	274	図 2.4.12 バンブーエナジー株式会社の燃料投入機内部(左)、カッティングの刃(右).....	377
図 2.2.30 破碎設備(CRAMBO)の特徴とスペック.....	277	図 2.4.13 (上)重油ボイラー併用ケース、(下)バイオマスボイラー複数台制御ケースの概念図 .....	379
図 2.2.31 破碎設備(CRAMBO)の概観(破碎ローターおよびスクリーン) .....	278	図 2.4.14 CPC 社 Biomax 100 ガス化ユニット(小型 CHP3 連の例)... ..	386
図 2.2.32 JFE 環境サービスにおける受入原料 .....	278		
図 2.2.33 廃菌床を原料とする燃料化施設の設備フローイメージ(ケース②、ケース③).....	280		
図 2.2.34 ケース②のフロー図と熱物質収支.....	280		
図 2.2.35 ケース③のフロー図と熱物質収支.....	281		
図 2.2.36 バンブーエナジー株式会社の原料調達体制.....	290		
図 2.2.37 同社の竹の収集体制について .....	291		

図 2.4.15	発注形態の選択肢と関係図.....	395
図 2.4.16	冷却水の確保 .....	401
図 2.4.17	バイオマス蒸気ボイラー導入「前」のシステム .....	415
図 2.4.18	バイオマス蒸気ボイラー導入「後」のシステム .....	415
図 2.4.19	クリンカの付着状況.....	416
図 2.4.20	JFE 環境サービスにおけるバイオマス蒸気ボイラー導入前後のシステムの比較.....	418
図 2.4.21	JFE 環境サービスの燃焼設備全景(左)、ボイラ(エコマイザー側)(右).....	418
図 2.4.22	JFE 環境サービスの実証運転における燃料投入量あたりのエネルギー原単位(左)および蒸気回収熱効率 .....	420
図 2.4.23	非常時の発電設備の温水・電力供給系統の例 .....	424
図 2.4.24	プラントの運転およびメンテナンス年間スケジュール例.....	430
図 2.4.25	バイオマス熱電併給設備の巡回点検表.....	431
図 2.4.26	バイオマス熱電併給設備の月例点検表(左)、年間保全カレンダー(右).....	431
図 2.4.27	熱電併給設備メンテナンス手順書の例.....	432
図 2.4.28	付属設備のメンテナンス手順書の例 .....	432
図 2.4.29	バイオマス燃焼炉メンテナンス状況 .....	433
図 2.4.30	ボイラーのメンテナンス状況 .....	433
図 2.4.31	ORC 熱電併給設備のメンテナンス状況.....	433
図 2.4.32	燃料搬送設備のメンテナンス状況 .....	433
図 2.4.33	冷却水系統設備のメンテナンス状況.....	434
図 2.4.34	非常用発電機メンテナンス状況 .....	434
図 2.4.35	コンプレッサーメンテナンス状況 .....	434
図 2.4.36	灰処理設備メンテナンス状況 .....	434
図 2.4.37	バークによる搬送コンベアトラブル .....	436
図 2.4.38	圧密バークが発生する要因 .....	436
図 2.4.39	圧密バーク(燃料)による難燃 .....	437
図 2.4.40	バーク破砕機の性能試験 .....	437
図 2.4.41	燃料過大時のウォーキングフロア .....	437
図 2.4.42	燃料過大時のウォーキングフロアでの長尺バークトラブルイメージ .....	438
図 2.4.43	燃料過少時のウォーキングフロア .....	438
図 2.4.44	燃料過少時のウォーキングフロアでの長尺バークトラブルイメージ .....	438
図 2.4.45	高含水率原料の燃焼状態(左)、安定した燃焼状態(右).....	439
図 2.4.46	燃焼悪化のスパイラル .....	439
図 2.4.47	原料均一化作業の状況.....	440
図 2.4.48	混合による燃料の均一化.....	440

## ＜第 2 部 表目次＞

表 2.1.1 実施体制構築に係る主な課題と本ガイドラインの参照先	125	表 2.2.23 乾燥装置の比較	264
表 2.1.2 資金調達に係る主な課題と本ガイドラインの参照先	126	表 2.2.24 破碎機器の比較	277
表 2.1.3 用地選定時に留意すべき法律の例	126	表 2.2.25 燃料化施設の概算コスト	281
表 2.1.4 用地選定時に留意すべき項目の例	127	表 2.2.26 移動式チップパー機の概要	282
表 2.1.5 採算性の分析に係る主な課題の例	127	表 2.2.27 試算結果	283
表 2.1.6 建設段階・運転段階で留意すべきリスクの例	128	表 2.2.28 交換部品・消耗品費(左)、定期点検工賃(右)	284
表 2.1.7 運転段階で留意すべきリスクの例	128	表 2.2.29 バイオマス調達の設計施工段階におけるチェック項目	286
表 2.1.8 バイオマス利用システム全体の構想段階におけるチェック項目	129	表 2.2.30 バイオマス調達の運転段階におけるチェック項目	297
表 2.1.9 需要家別のバイオマスエネルギーの導入モデルのイメージ	132	表 2.2.31 ペレット分析結果	299
表 2.1.10 立地検討の主要な条件	144	表 2.2.32 統合監視制御ソフトの集計結果	303
表 2.1.11 バイオマスエネルギー事業の 5W1H	148	表 2.3.1 熱需要変動への対応、ボイラーの導入規模に係る主な課題	305
表 2.1.12 廃棄物処理法の対象となり得る木質バイオマス原料	149	表 2.3.2 熱需要先の確保および導入先との合意形成に係る主な課題と本ガイドラインの参照先	306
表 2.1.13 構想段階の事業性検討時に整理すべき事項	150	表 2.3.3 売電先の確保および系統接続に係る主な課題と本ガイドラインの参照先	307
表 2.1.14 バイオマスエネルギー事業の関係者の役割の例	152	表 2.3.4 灰処理に係る主な課題と本ガイドラインの参照先	307
表 2.1.15 簡易 FS および詳細 FS の実施事項の例	154	表 2.3.5 バイオマスのエネルギー供給・副生物利用の構想段階におけるチェック項目	308
表 2.1.16 バイオマス利用システム全体の FS 段階におけるチェック項目	155	表 2.3.6 マイクログリッドの概要および対象範囲の整理例	311
表 2.1.17 バイオマス発電機の工事全体工程(例)	160	表 2.3.7 マイクログリッドに係る事業検討ステップの例	312
表 2.1.18 送電端 5MWクラスの主要な許認可申請手順(例)	160	表 2.3.8 バイオマスの地域熱供給の例	314
表 2.1.19 合意形成が必要な地域関係者の例	162	表 2.3.9 小型蒸気スクリーウ発電機を導入効果の試算	316
表 2.1.20 初期費用の主な項目と見積り取得方法	167	表 2.3.10 バイオマスのエネルギー供給・副生物利用の FS 段階におけるチェック項目	317
表 2.1.21 調達および供給形態に応じた見積り対象設備	168	表 2.3.11 外断熱工事概算コスト	322
表 2.1.22 運用費の費目とその概算方法	169	表 2.3.12 断熱内窓設置工事概算コスト	322
表 2.1.23 外部資金調達手法の比較	179	表 2.3.13 熱供給形態別の把握すべき熱の性状	324
表 2.1.24 環境・エネルギー対策資金の概要	184	表 2.3.14 バイオマスのエネルギー供給・副生物利用の設計施工段階におけるチェック項目	342
表 2.1.25 環境・エネルギー対策資金の主な貸付利率	185	表 2.3.15 バイオマス発電事業の実施において遵守する事項	345
表 2.1.26 ふるさと融資の概要	185	表 2.3.16 系統連系接続検討申請に必要な資料例	345
表 2.1.27 木質資源のエネルギー利用に係る各省庁の主な設備補助(2022年度)	188	表 2.3.17 FIT 事業計画認定申請情報	346
表 2.1.28 再生可能エネルギーの発電設備による証書・クレジット	190	表 2.3.18 出力制御に応じることが困難である場合	347
表 2.1.29 FS 終了時点の事業化判断のポイント	204	表 2.3.19 バイオマスのエネルギー供給・副生物利用の運転段階におけるチェック項目	349
表 2.1.30 バイオマス利用システム全体の設計施工段階におけるチェック項目	214	表 2.3.20 バイオマス灰の粒度分布	352
表 2.1.31 事業主体の主要な組織形態	217	表 2.3.21 バイオマス灰の化学分析結果	352
表 2.1.32 バイオマス利用システム全体の運転段階におけるチェック項目	222	表 2.3.22 バイオマス灰に係る関係法令とその規制物質および濃度	353
表 2.1.33 NEDO 実証事業における計画時と運転開始後の事業性のギャップの発生要因(例)	223	表 2.3.23 バイオマス熱風炉主灰	353
表 2.2.1 原料・燃料調達に係る主な課題と本ガイドラインの参照先	225	表 2.4.1 技術の選定・設計時に検討する項目と本ガイドラインの参照先	356
表 2.2.2 原料・燃料供給側との認識の齟齬の例	226	表 2.4.2 バイオマスのエネルギー変換設備の構想段階におけるチェック項目	358
表 2.2.3 燃料品質全体に係る主な課題と本ガイドラインの参照先	227	表 2.4.3 バイオマスボイラーに関するヒアリング結果の概要	360
表 2.2.4 燃料の形状・サイズに係る主な課題と本ガイドラインの参照先	227	表 2.4.4 バイオマスボイラーが導入された施設の事業概要とボイラー仕様	360
表 2.2.5 燃料製造・加工設備の採算性に係る課題の例	228	表 2.4.5 蒸気供給バイオマスボイラー(1.5t/hのメーカーヒアリング結果)	361
表 2.2.6 バイオマス調達の構想段階におけるチェック項目	229	表 2.4.6 蒸気供給バイオマスボイラーの概算コスト	362
表 2.2.7 原料中の水分の把握方法	233	表 2.4.7 各燃焼炉の比較	364
表 2.2.8 国内のバイオマス資源の水分率の例	233	表 2.4.8 エネルギー変換設備毎の利用可能なバイオマス原料の例	367
表 2.2.9 木材資源の取引価格	235	表 2.4.9 バイオマスのエネルギー変換設備の FS 段階におけるチェック項目	369
表 2.2.10 バイオマス燃料化済の各木材資源に適する変換設備	237	表 2.4.10 バイオマス燃料・成分に対して必要な排ガス処理装置の例	377
表 2.2.11 広葉樹伐採システムに関する日報集計結果	241	表 2.4.11 日本とオーストリアの木質バイオマス設計の比較	381
表 2.2.12 広葉樹伐採システムに関する事業費内訳	242	表 2.4.12 熱供給対象施設の熱需要の想定	381
表 2.2.13 生産コスト比較例	244	表 2.4.13 熱供給対象施設の熱需要の想定	382
表 2.2.14 自社林からの林地残材調達量(15年間平均)	247	表 2.4.14 機器・メーカー選定時のポイント	383
表 2.2.15 バイオマス調達の FS 段階におけるチェック項目	249	表 2.4.15 ガス化プロセスおよび発電機の安定稼働のための要件	385
表 2.2.16 保安林の種類(17種)	256	表 2.4.16 タールによるトラブルの例	387
表 2.2.17 保安林の指定施業要件の主な基準	256	表 2.4.17 ガス化方式とタールの発生量	387
表 2.2.18 国立公園および国定公園区域内の制限	257	表 2.4.18 設備発注方式の種類	396
表 2.2.19 バーク原料の物性	259	表 2.4.19 実施設計発注段階で提示すべき仕様項目(ボイラーの場合)	398
表 2.2.20 枝葉チップおよび PKS の物性	260		
表 2.2.21 開発目標と達成状況	261		
表 2.2.22 バイオマス原料乾燥に用いられる乾燥装置タイプ	263		

表 2.4.20	バイオマスのエネルギー変換設備の設計施工段階におけるチェック項目 .....	402
表 2.4.21	契約時の性能保証事項.....	404
表 2.4.22	バイオマスのエネルギー変換設備の運転段階におけるチェック項目 .....	410
表 2.4.23	JFE 環境サービスにおける燃焼設備の概略仕様 .....	418
表 2.4.24	JFE 環境サービス株式会社の実証設備の操業一覧 .....	419
表 2.4.25	JFE 環境サービス株式会社の操業状況と熱収支計算例 .....	419
表 2.4.26	非常事態に向けた措置例.....	423
表 2.4.27	異常、非常時の事象例とその対応策 .....	425
表 2.4.28	メンテナンス体制別のメリット、デメリット .....	428
表 2.4.29	バイオマス発電所を含む火力発電所の規制概要、必要資格.....	429
表 2.4.30	ボイラー・タービン等の定期点検時期 .....	430
表 2.4.31	燃料品質に起因するトラブルの例.....	435
表 2.4.32	燃料以外に起因するトラブルの例.....	435

# 事業検討の進め方

本書（バイオマスエネルギー地域自立システムの導入要件・技術指針【実践編】）では、次頁以降で事業実現までの実施項目と留意事項、その他意思決定の考え方を整理している。

バイオマスエネルギー事業の発案から実現までの期間は「構想段階→FS 段階→設計施工段階→運転段階」という4つのフェーズに分かれる。それぞれのフェーズにおいて検討する要素（原料、設備、エネルギー利用先、全体）は基本的には同じであるが、段階が進むにつれ具体性を高めていく必要がある。例えば原料調達であれば構想段階では調達する資源や排出元のリストを、FS 段階では選抜し、設計施工段階では特定の排出先との契約（または協定）締結、という流れとなる。その際、各要素について、それぞれ前のフェーズで検討した内容をもとに深化していくことが求められる。

検討が進むにつれて、事業の蓋然性が上がり不確実性も減っていく一方で、検討のため投入されるコストも増加する。特に、プラント発注や土地購入契約など、大きな支出を行った後では、後戻りをするることによる負担が増大するため、こうした大きな支出の意思決定を行う節目を、プロジェクトマネジメントの分野では、「Point of No-return」と呼ばれる。

以降に示す実施事項およびフローのとおり、バイオマスエネルギー事業は構想～FS 段階だけでも様々な項目を検討する必要がある。さらに、それぞれの項目で技術的要素および地域要素を加味すべき留意事項（落とし穴）が存在する。

第2部の1章～4章では、NEDO 地域自立システム化実証事業の成果と過去の失敗事例分析に基づき実施項目別に留意事項を整理した「チェックリスト」と解説を取りまとめており、読者が取り組むバイオマスエネルギー事業の該当箇所について参照されたい。

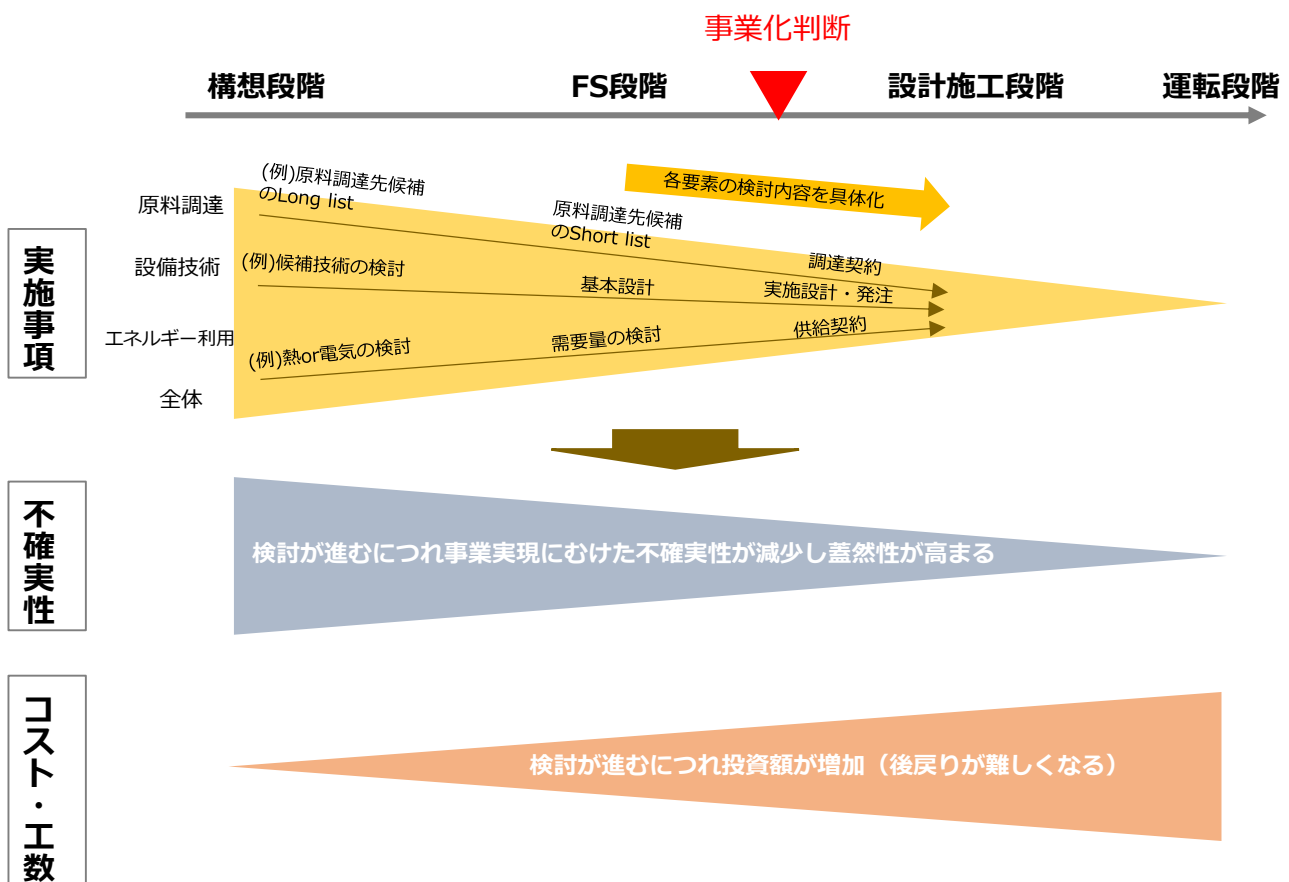


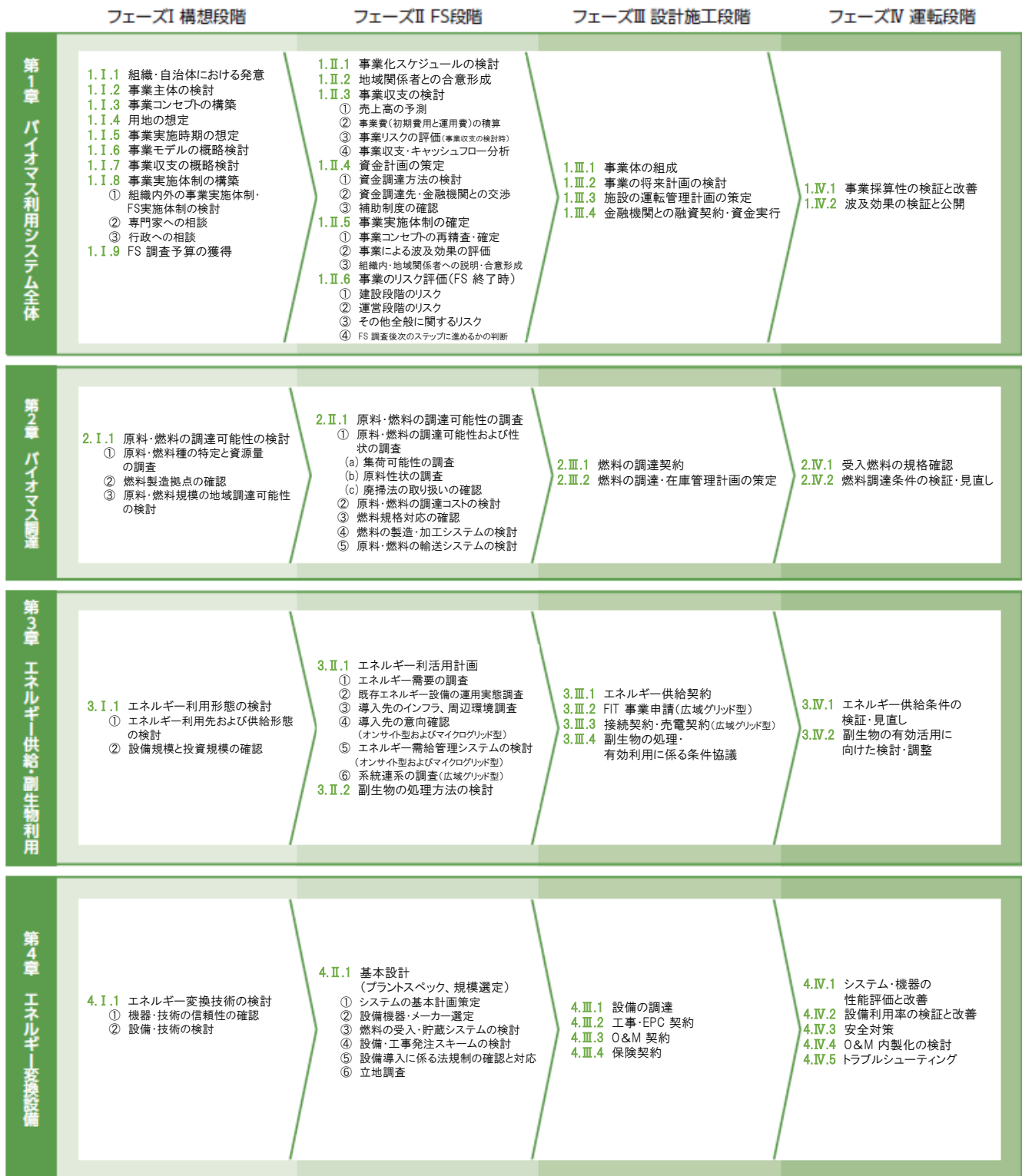
図 2.0.1 バイオマスエネルギー事業の検討の進め方のイメージ

(出所) みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

# 実施事項の全体像

## 構想～運転段階までの実施事項の全体像

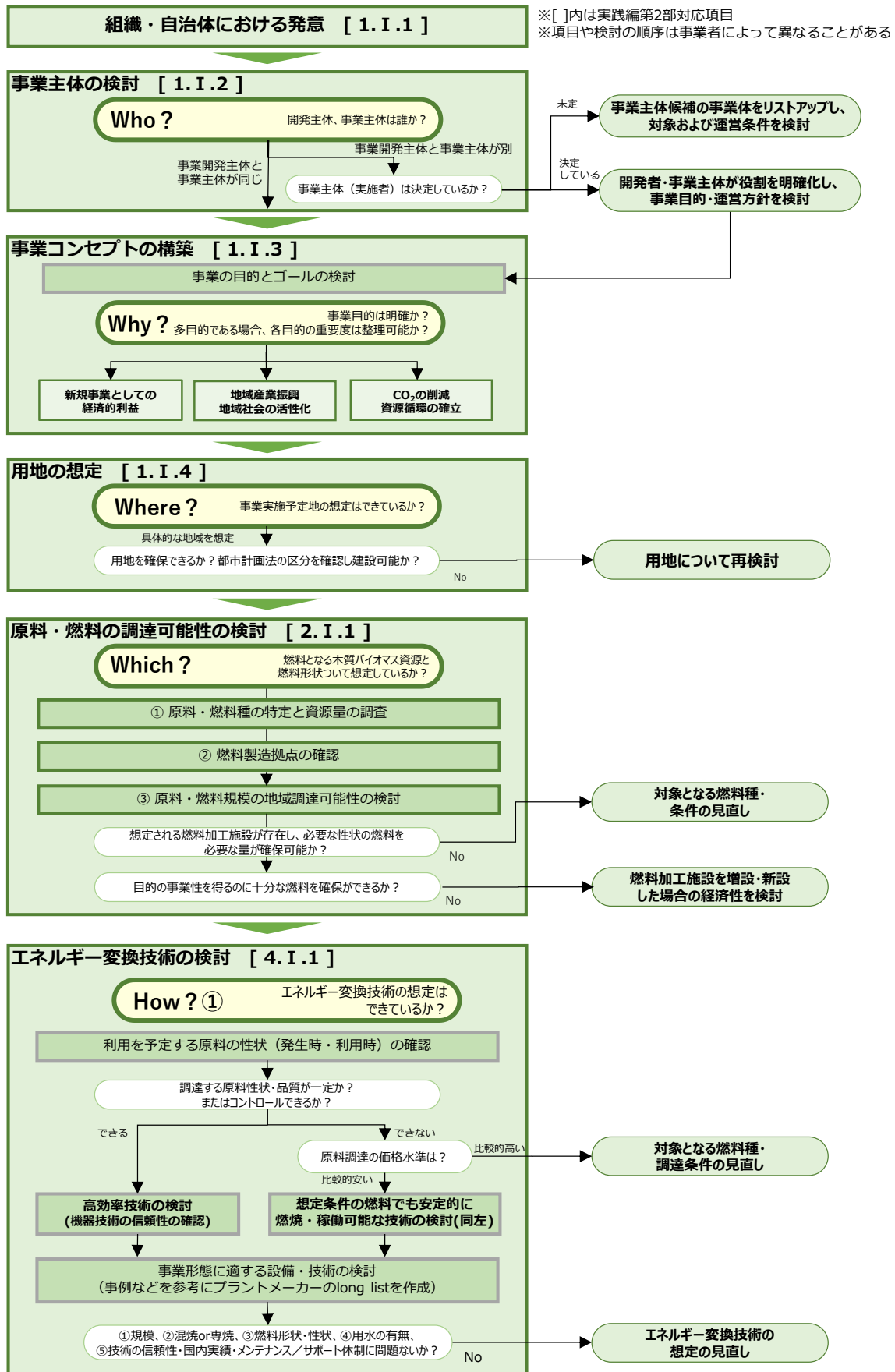
バイオマスエネルギー事業の構想から運転までの実施事項を示す。第2部1章～4章では、それぞれの実施事項に対する留意点や詳細情報、各種データ等を解説している。

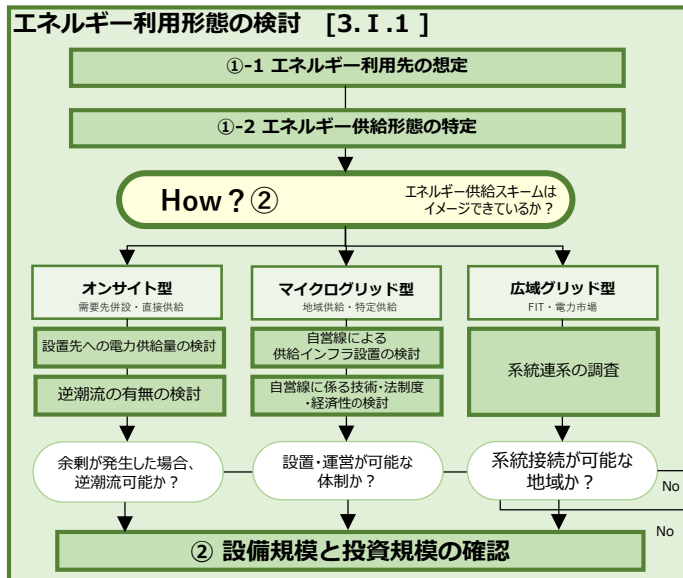




# 構想段階の実施事項および意思決定の流れ【発電事業】

木質系バイオマスを利用した発電事業の構想段階において取り組むべき事項の全体像は以下のとおりである。項目や検討の順序は事業者によって異なることがあることに留意されたい。

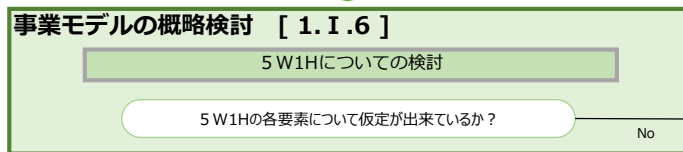
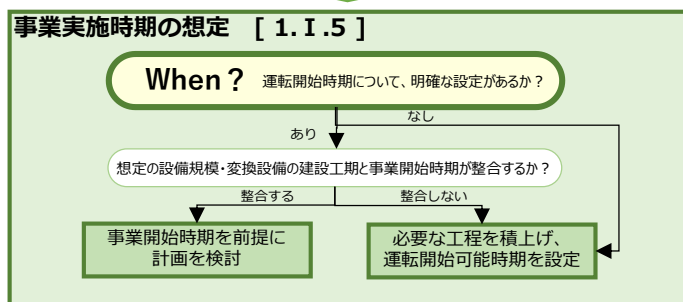




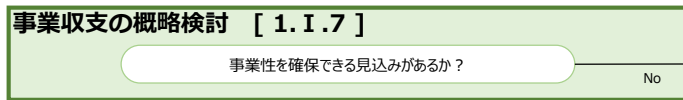
※ [ ]内は実践編第2部対応項目  
 ※項目や検討の順序は事業者によって異なることがある

立地の見直し

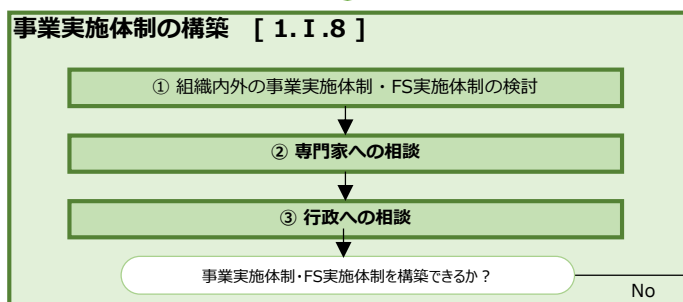
供給スキームの再検討



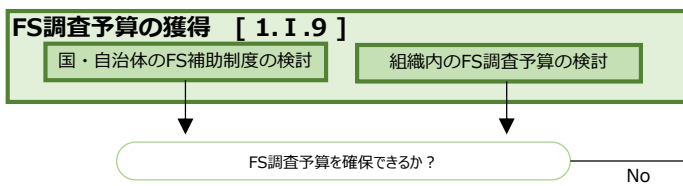
不足する要素について早期に検討する



事業モデルの見直し



実施体制の見直し

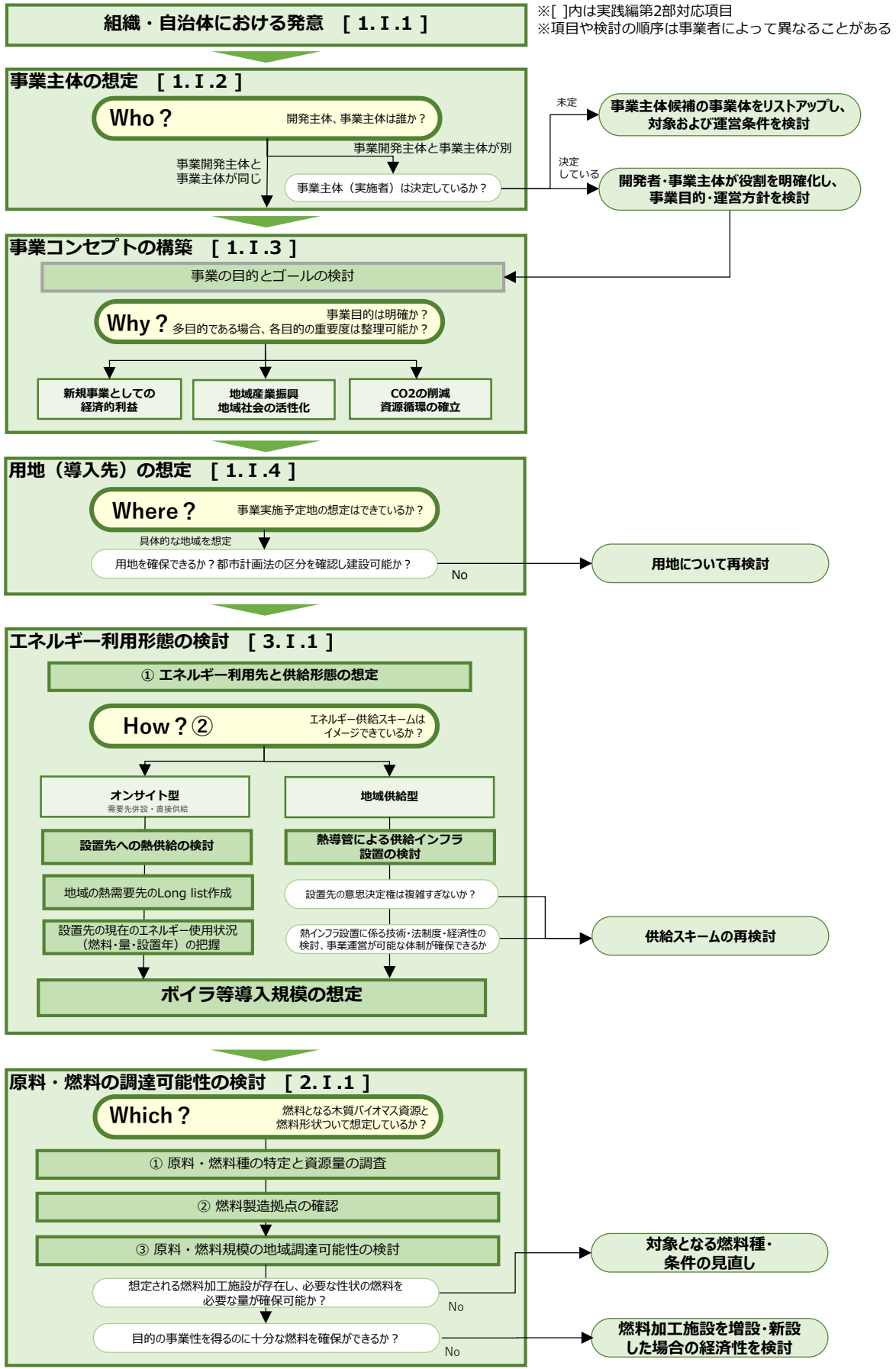


実施体制の見直し

**FSの実施**

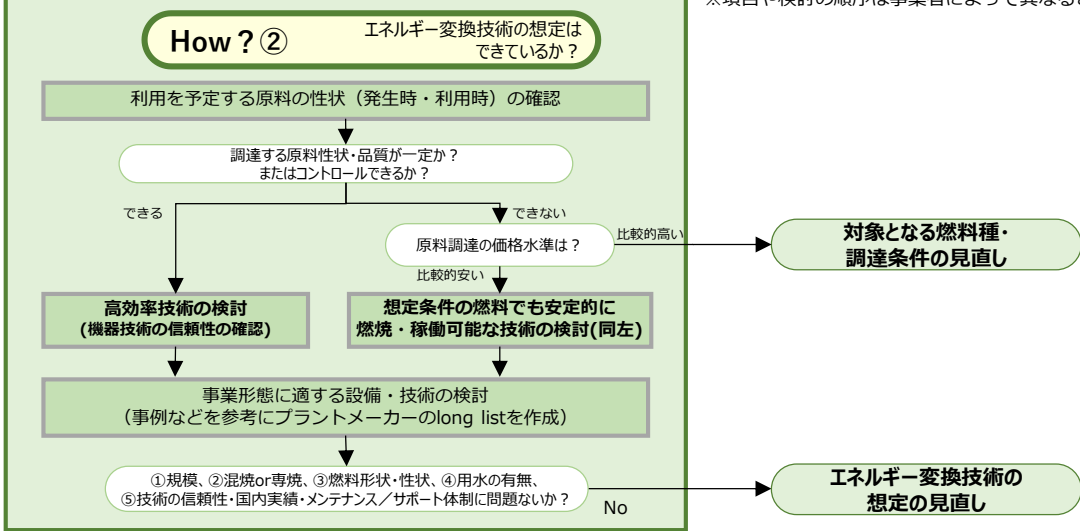
# 構想段階の実施事項および意思決定の流れ【熱利用事業】

木質系バイオマスを利用した熱利用事業の構想段階において取り組むべき事項の全体像は以下のとおりである。項目や検討の順序は事業者によって異なることがあることに留意されたい。

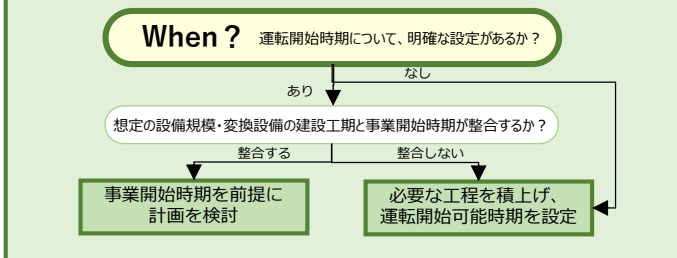


## エネルギー変換技術の検討 [ 4. I. 1 ]

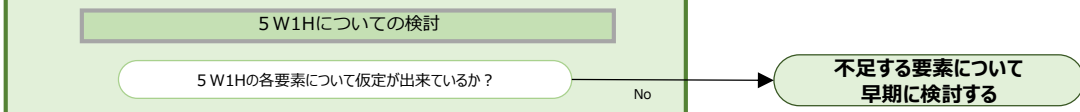
※[ ]内は実践編第2部対応項目  
 ※項目や検討の順序は事業者によって異なることがある



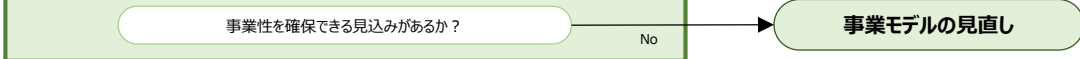
## 事業実施時期の想定 [ 1. I. 5 ]



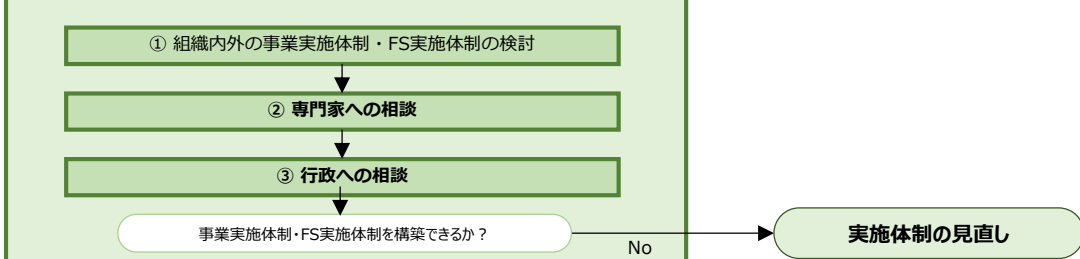
## 事業モデルの概略検討 [ 1. I. 6 ]



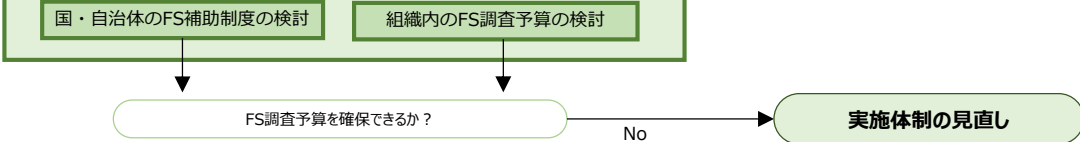
## 事業収支の概略検討 [ 1. I. 7 ]



## 事業実施体制の構築 [ 1. I. 8 ]



## FS調査予算の獲得 [ 1. I. 9 ]

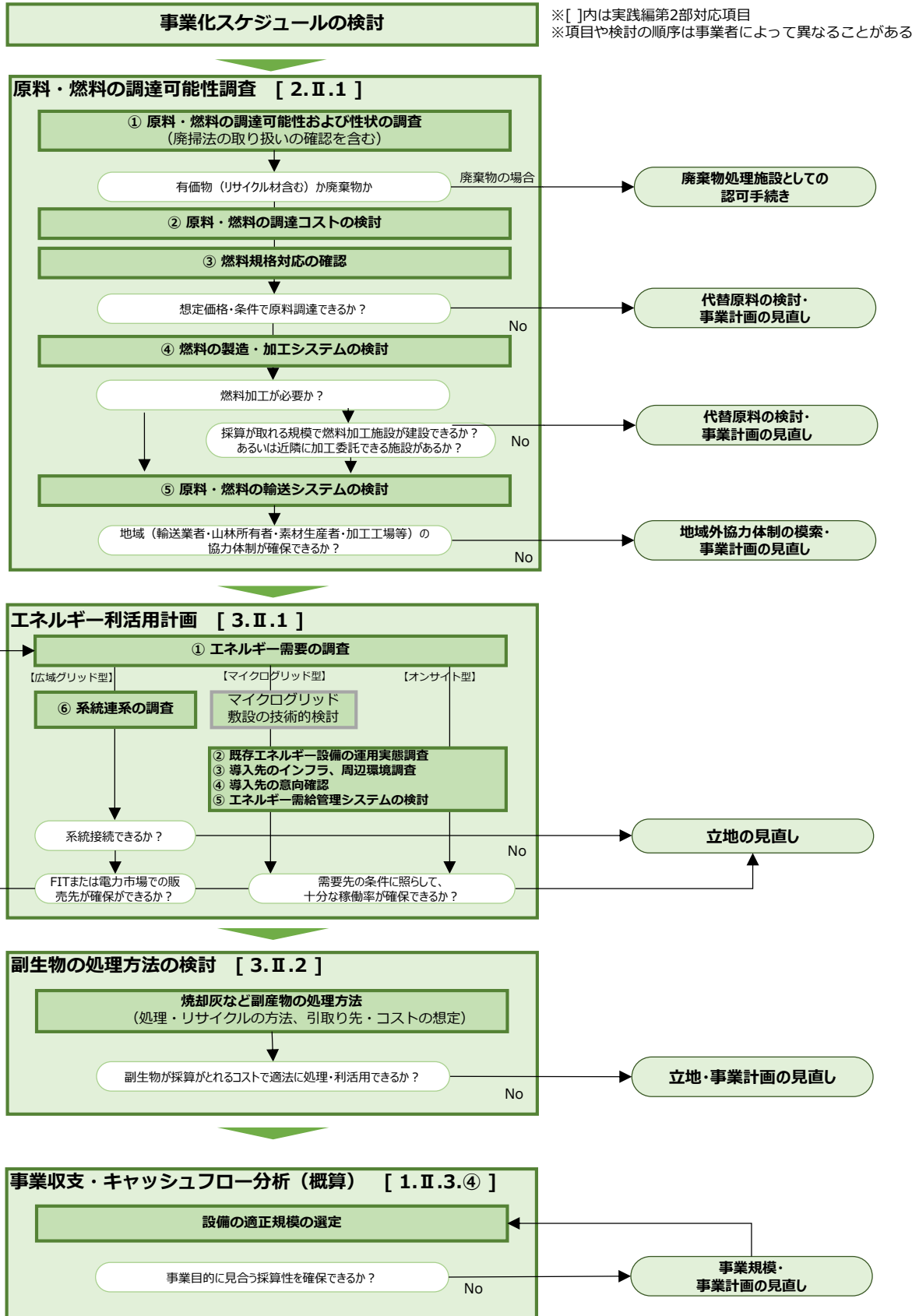


# FSの実施

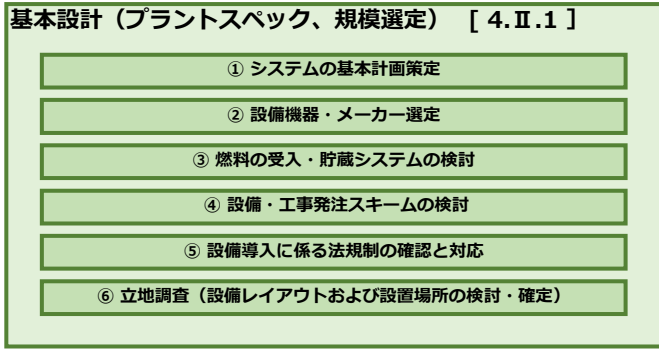
(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会提供資料

# FS 段階の実施事項および意思決定の流れ【発電事業】

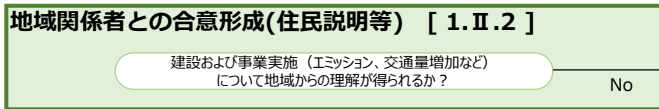
木質系バイオマスを利用した発電事業の構想段階において取り組むべき事項の全体像は以下のとおりである。項目や検討の順序は事業者によって異なることがあることに留意されたい。



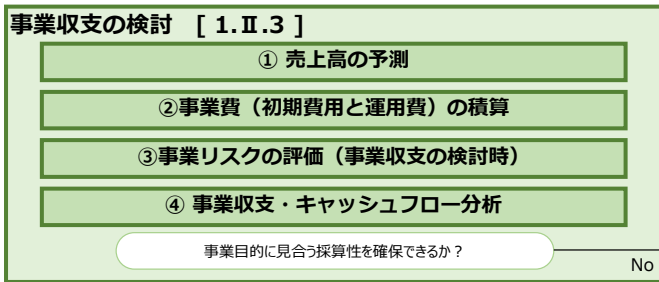
(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会提供資料



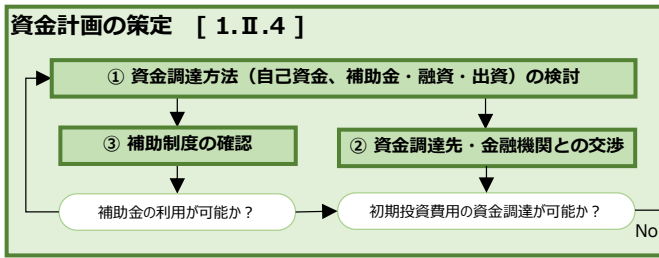
※[ ]内は実践編第2部対応項目  
 ※項目や検討の順序は事業者によって異なることがある



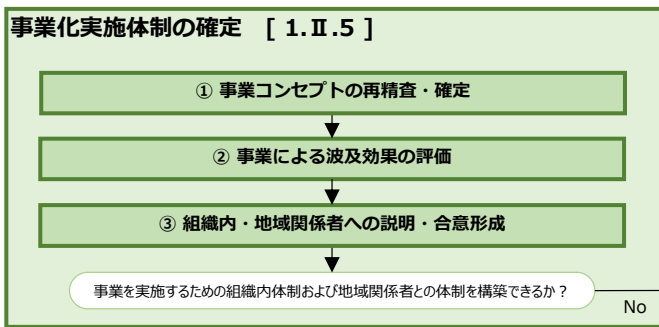
立地・事業計画の見直し



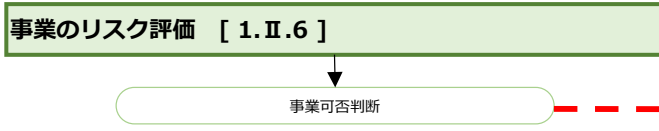
事業計画の見直し



事業計画の見直し



実施体制・事業計画の見直し



**事業化（設計施工段階に進む）**

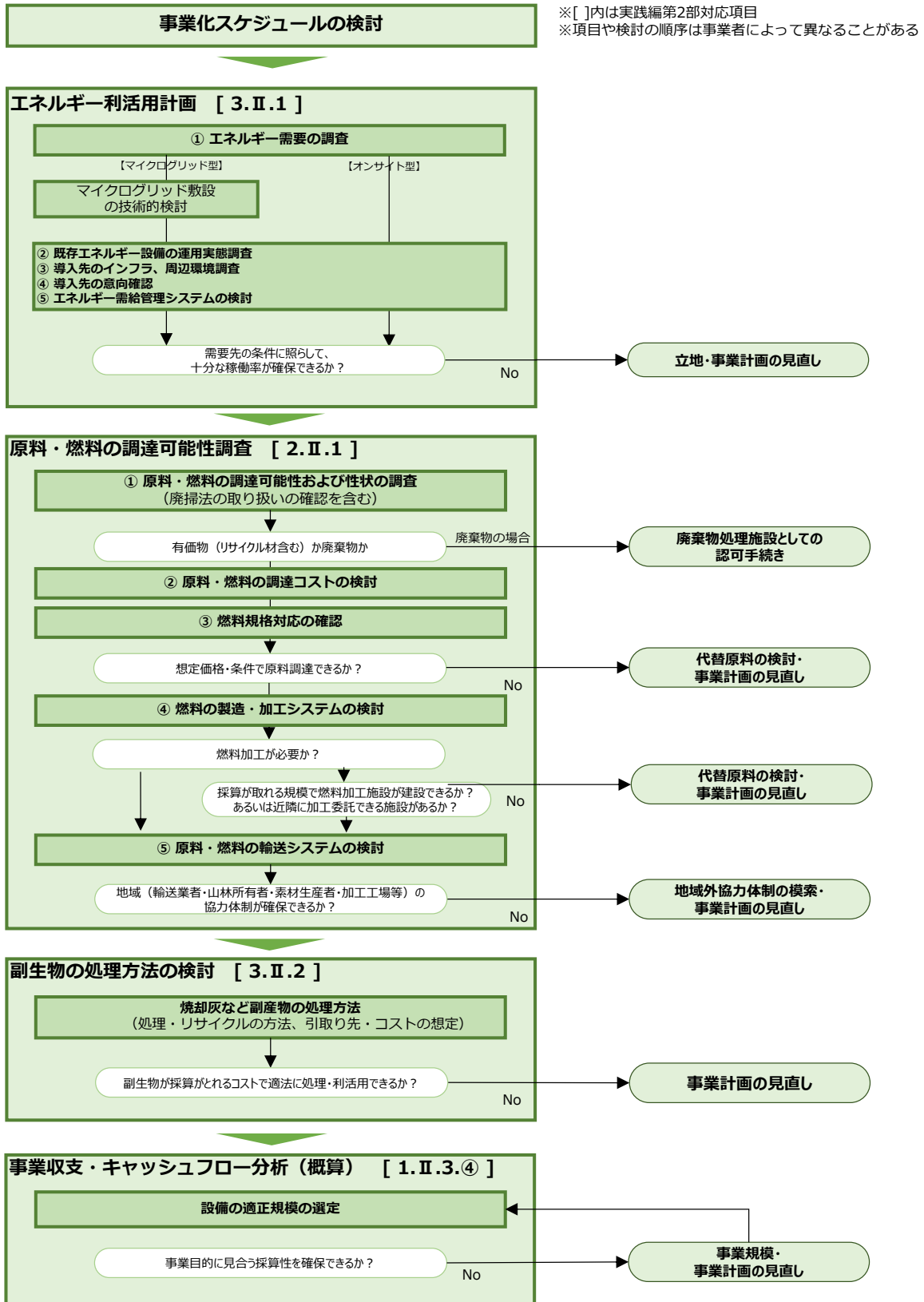
**<FS終了時点の事業化判断のポイント>**

1. 採算性が確保できるか？
2. 実施体制が構築できているか？
3. 原料およびバイオマス燃料の調達ができるか？
4. エネルギー需要を確保できるか？
5. 資金調達の蓋然性は高いか？

(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会提供資料

# FS 段階の実施事項および意思決定の流れ【熱利用事業】

木質系バイオマスを利用した熱利用事業の FS 段階において取り組むべき事項の全体像は以下のとおりである。項目や検討の順序は事業者によって異なることがあることに留意されたい。



(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会提供資料

**基本設計（プラントスペック、規模選定） [ 4. II. 1 ]**

- ① システムの基本計画策定
- ② 設備機器・メーカー選定
- ③ 燃料の受入・貯蔵システムの検討
- ④ 設備・工事発注スキームの検討
- ⑤ 設備導入に係る法規制の確認と対応
- ⑥ 立地調査（設備レイアウトおよび設置場所の検討・確定）

※[ ]内は実践編第2部対応項目  
※項目や検討の順序は事業者によって異なることがある

**地域関係者との合意形成(住民説明等) [ 1. II. 2 ]**

建設および事業実施（エミッション、交通量増加など）  
について地域からの理解が得られるか？

No

立地・事業計画の  
見直し

**事業収支の検討 [ 1. II. 3 ]**

- ① 売上高の予測
- ② 事業費（初期費用と運用費）の積算
- ③ 事業リスクの評価（事業収支の検討時）
- ④ 事業収支・キャッシュフロー分析

事業目的に見合う採算性を確保できるか？

No

事業計画の見直し

**資金計画の策定 [ 1. II. 4 ]**

- ① 資金調達方法（自己資金、補助金・融資・出資）の検討
- ② 資金調達先・金融機関との交渉
- ③ 補助制度の確認

補助金の利用が可能か？

初期投資費用の資金調達が可能か？

No

事業計画の見直し

**事業化実施体制の確定 [ 1. II. 5 ]**

- ① 事業コンセプトの再精査・確定
- ② 事業による波及効果の評価
- ③ 組織内・地域関係者への説明・合意形成

事業を実施するための組織内体制および地域関係者との体制を構築できるか？

No

実施体制・事業計画の見直し

**事業のリスク評価 [ 1. II. 6 ]**

事業可否判断

**事業化（設計施工段階に進む）**

**< FS終了時点の事業化判断のポイント >**

1. 採算性が確保できるか？
2. 実施体制が構築できているか？
3. 原料およびバイオマス燃料の調達ができるか？
4. エネルギー需要を確保できるか？
5. 資金調達の蓋然性は高いか？

(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会提供資料



# 1章 バイオマス利用システム全体に係る留意点と解決策

## システム全体に関する「よくある課題」

### その1：適切な実施体制が構築できない

バイオマス事業は原料調達、燃料加工・供給、エネルギー変換・供給、副生物の利用・処理などサプライチェーンが長く、事業組成にあたりステークホルダーの数が多くなる。こうしたステークホルダー各者の合意がないと実現は不可能となる。そのため、事業を計画する際に解決すべき最重要課題の一つが実施体制の構築である。実施体制は安定的な原料調達、エネルギー需要先の確保の鍵となるだけでなく、金融機関等からの資金調達の際にも重要となる。

また、「1.1.1 組織・自治体における発意」(130頁)で示すように、今後自治体の地域計画としてバイオマスエネルギーの導入が期待されており、官民の連携についても実施体制の重要な要素となる。具体的な事例と検討時の留意点は「1.1.2 事業主体の検討」(134頁)および第1章のコラム「自治体の地域計画としてのバイオマスエネルギー」(135頁)を参照されたい。

表 2.1.1 実施体制構築に係る主な課題と本ガイドラインの参照先

● 事業主体が確立していない	⇒	<u>「1.1.2 事業主体の検討」(134頁)</u> 参照
● 中心的な担当者とそのサポート体制が構築出来ていない		
● 原料調達から加工、運搬、エネルギー転換・利用までの主体は明確となっていない		
● 事業コンセプトが関係者間で共有されていない	⇒	<u>「1.1.3 事業コンセプトの構築」(140頁)</u> 参照
● 行政および専門家への相談ができていない、FS実施や事業化に向けた体制構築ができていない	⇒	<u>「1.1.8 事業実施体制の構築 ① 組織内外の事業実施体制・FS実施体制の検討(151頁)、② 専門家への相談(152頁)、③ 行政への相談(153頁)</u> 参照
● 地元との合意形成ができていない	⇒	<u>「1.1.8 事業実施体制の構築」(151頁)、</u> <u>「1.1.5 事業実施体制の確定 ③ 組織内・地域関係者への説明・合意形成」(194頁)</u> 参照

その他、地元との合意形成に向けては、地域協議会の開催が有効である。また、地域経済への意義を定量的に示すことで合意形成をより円滑にすることができる。

⇒ 地域協議会については「1.1.2 地域関係者との合意形成」(162頁)および「1.1.5 事業実施体制の確定 ③ 組織内・地域関係者への説明・合意形成」(194頁)を参照されたい。また、経済波及効果については「同②事業による波及効果の評価」(192頁)を参照されたい。

## その2：資金調達ができない

バイオマスエネルギー事業は、事業内容によって数千万円～数億円、発電所建設の場合は数十億円の投資が必要となり、特にFIT 制度下では新規事業としてのバイオマス発電に、事業者の本業の売り上げ規模を上回る資金調達を試みた事例も報告されている。一方で、バイオマス発電は地域によっては原料調達の蓋然性を長期にわたり担保することが難しく、資金を調達できないことがある。また、プラントを運営する事業者と周辺の事業関係者の実績や技術があったとしても、財務状況を理由に資金調達ができないこともある。そのような場合は、資金力のある大手企業がスポンサーとして参画する他、また公的な金融機関が一部出資することでリスクを低減するなどの対応をする方策がある。

⇒ 公的な金融機関による支援制度の例は「**1. II. 4 資金計画の策定 ② 資金調達先・金融機関との交渉**」(181 頁)を参照されたい。その他、資金調達の各課題に関する留意事項や対応策は下表の項目を参照されたい。

表 2.1.2 資金調達に係る主な課題と本ガイドラインの参照先

● 資金調達の時期と手段が明確になっていない（自己資金、出資、融資（コーポレートファイナンス、プロジェクトファイナンスなど）、メザニン、補助金等）	⇒ 「 <b>1. II. 4 資金計画の策定 ① 資金調達方法の検討</b> 」(178 頁) 参照
● 資金調達のための事業体の組成ができていない	⇒ 「 <b>1. III. 1 事業体の組成</b> 」(215 頁) 参照
● 資金の調達先、金融機関から事業に対する理解および出資・融資の条件の合意が得られていない	⇒ 「 <b>1. II. 4 資金計画の策定 ② 資金調達先・金融機関との交渉</b> 」(181 頁) 参照
● 想定する補助制度が見つからない	⇒ 「 <b>1. II. 4 資金計画の策定 ② 資金調達先・金融機関との交渉</b> 」(181 頁)、「 <b>③ 補助制度の確認</b> 」(187 頁) 参照

なお、「**1. II. 4 資金計画の策定**」(142 頁)には FS 事業費や設備費の支援制度の他、カーボンオフセット制度も本項目に記載している。

## その3：許認可や事業用地が確保できない

バイオマスエネルギー利用施設を新規に建設する場合、原料・燃料調達の安定性、エネルギー利用・供給先および必要インフラ、その他住民との関係性等、様々な要素を考慮して立地選定を行う必要がある。また、取得する土地に関しては該当する法律について必ず把握する必要がある。特に以下の法律における土地の区分では、特定の用途以外の利用や開発が制限され事業実施が困難であることが多い。

表 2.1.3 用地選定時に留意すべき法律の例

● 建築基準法
● 都市計画法
● 農地法

こうした法規制への対応も行政を巻き込んだ適切な実施体制で円滑に進めることができる場合があり、先行事例では FS 段階から主要な地域関係者や行政を含めた協議会を設立して合意形成を図ることで滞りなく事業実現に至ったケースもある。

⇒ 「**1. I. 4 用地の想定**」(142 頁)では、土地の選定時に考慮すべき以下のような項目について、具体的な用地条件やリスク、対処方法を記載している。また、近年発電に関して系統接続ができない（または追加コストがかかる）事例も報告されており、こうした建設候補地の系統接続の基礎事項についても同項目に記載している。

表 2.1.4 用地選定時に留意すべき項目の例

<ul style="list-style-type: none"> <li>● 地形地質条件（埋立地、地下水位が高い土地、過去に鉱山や坑道、最終処分場、地盤改良があった土地等）</li> <li>● 自然条件・災害リスク</li> <li>● バイオマス原料・燃料調達距離</li> <li>● 建設地周辺の住宅地の有無</li> <li>● インフラの有無（高圧送電線からの距離、逆潮流および系統接続可否など）</li> </ul>
--

## その4：採算性が確保できない

バイオマスエネルギー事業では上述のとおり大きな投資が必要になる上、事業期間にわたり原料・燃料を安定価格で調達し、さらに電気または熱についても収益性のある価格で販売する必要があるなど、採算性に影響を及ぼす変数およびリスクが多岐にわたる。事業化判断を行う際に将来にわたっての採算性とリスクをできる限り見通すことができるかが重要な判断指標の一つとなる。

実施すべき分析の種類や想定ケースの考え方や費目について検討が不十分な場合、またコンサルタントやメーカーから提示された見積りの前提条件を適性に評価できない場合、計画時の想定と異なる収益性となりかねず、事業者自らリスクケースを考慮して採算性の検討を行うことが必要となる。採算性に関する具体的な課題と対応策等の詳細は下表の項目を参照されたい。

表 2.1.5 採算性の分析に係る主な課題の例

<ul style="list-style-type: none"> <li>● 適切な事業収支計画と財務指標※に基づいた分析ができていない ※予想損益計算書（P/L）、貸借対照表（B/S）、キャッシュフロー計算書（C/F）、各種財務指標（IRR、DSCR等）など</li> </ul>	⇒	「1.Ⅱ.3 事業収支の検討④ 事業収支・キャッシュフロー分析」（171頁）参照
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 理想的な条件の事業性分析のみで事業実施可否を判断している</li> <li>● 技術的な裏付けのある現実的な運転計画の条件をベースとした収支計画が組まれていない</li> <li>● リスクケースを踏まえた分析ができていない（O&amp;M費、原料・燃料費、エネルギー販売価格等）</li> <li>● 費目に抜け漏れがある（例：大規模修繕費、登記費用等）</li> </ul>	⇒	「1.Ⅱ.3 事業収支の検討 ② 事業費（初期費用と運用費）の積算（166頁）、④ 事業収支・キャッシュフロー分析」（171頁）参照

また、NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業の中で、本ガイドラインと併せて NEDO ホームページで公開している事業性分析ツール（説明は第1部4章 バイオマスエネルギー利用の意義参照）も活用されたい。

## その5：建設完了および安定運転ができない

上述のとおり、バイオマスエネルギー事業では様々な関係者、ステークホルダーとの協力が必要であり、その分リスクも多岐にわたる。そのため、事業化判断を行った後も建設段階において予定通り施設・設備が完成しないケースも見られる。代表的なものとしては以下が挙げられる。

表 2.1.6 建設段階・運転段階で留意すべきリスクの例

- 許認可や事業用地が確保できないリスク
- そもそも完工しない、あるいは想定する性能を発揮しないリスク
- 工事業者やプラントメーカーの倒産するリスク
- プラントや燃料に起因するプラントの不具合リスク

⇒ こうした課題に対し、「**1. II. 6 事業のリスク評価（FS 終了時）①建設段階のリスクとその対処方法の例（196 頁）**」ではこうしたリスクに対して対処方法を記載している。

また、バイオマスエネルギー設備は運転後も事業期間にわたり、原料・燃料、並びにエネルギー供給に関する安定的な「量」と「価格」を維持・改善していく必要がある。また、設備のトラブルの発生や老朽化のためメンテナンス体制の構築も重要となる。

表 2.1.7 運転段階で留意すべきリスクの例

- 当初予定した調達する燃料の量・価格・質が、事業期間中に変化するリスク、調達先の事情（倒産含む）により契約が維持できないリスク
- 稼働後に故障その他により初期の性能を発揮しないリスク
- メーカーの倒産や部品在庫等の問題により、メンテナンスを適正に受けられないリスク
- 熱供給の場合、供給先の経営状況（倒産含む）により、将来的な需要量に変化するリスク
- 化石燃料等の他のエネルギー価格との兼ね合いで供給価格が変化するリスク
- その他、自然災害等の不可抗力や税制等の制度変さらにかかるリスク

⇒ こうした課題に対し、「**1. II. 6 事業のリスク評価（FS 終了時）②運営段階のリスクとその対処方法の例（199 頁）、③その他全般に関するリスクとその対処方法の例（202 頁）**」では主要なリスクについて対処方法を記載している。

# フェーズⅠ 構想段階

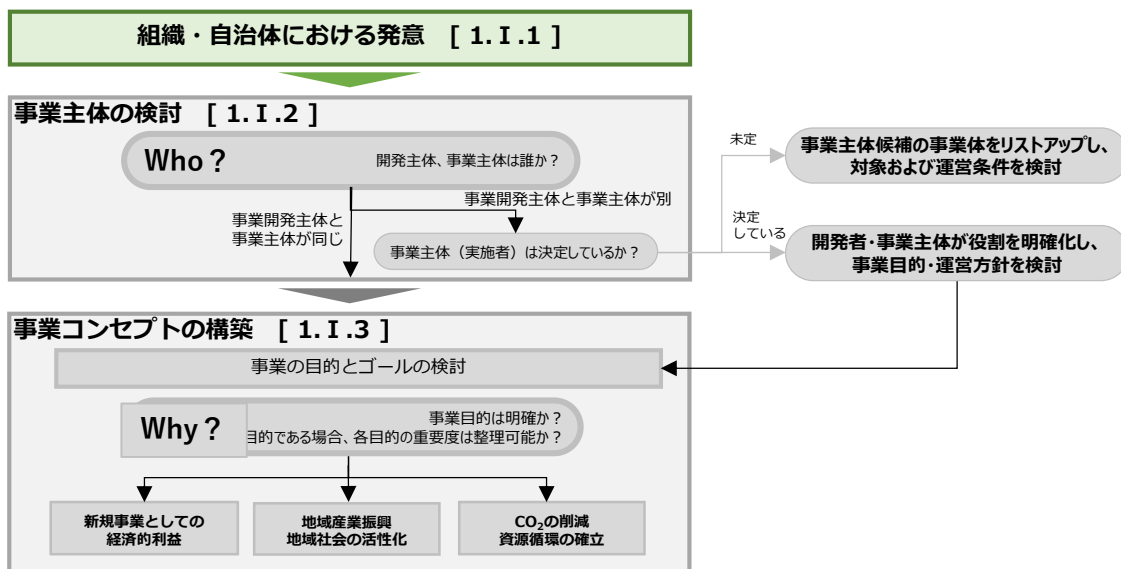
バイオマス利用全体の構想段階におけるチェック項目は下表のとおりである。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

表 2.1.8 バイオマス利用システム全体の構想段階におけるチェック項目

項番号	実施事項	留意事項	チェック
1. I .1	組織・自治体における発意		
1. I .2	事業主体の検討	ビジョンのみが先行して事業主体が想定できない計画となっていないか？ 資金力や実行力も含めた事業主体を想定することができるか？	
		事業の実現に向けて中心的に動ける担当者が存在し、そのサポート体制も構築できているか？	
1. I .3	事業コンセプトの構築	事業の目的が整理できているか？また、それらを関係者と共有できているか？	
		特定の技術・機器を前提とした計画や規模感になっていないか？ 交付金や補助金先行の計画となっていないか？	
		地域からの反対を受けようとする計画になっていないか？社会的に問題になるような計画になっていないか？	
1. I .4	用地の想定	地形、地質に問題はないことを確認したか？	
		開発が必要な用地であるのかを確認したか？	
		バイオマス燃料調達範囲、周辺環境、インフラを考慮した用地を想定できているか？	
		地主から購入可能かを確認したか？	
1. I .5	事業実施時期の想定	事業実施時期は想定できているか？	
1. I .6	事業モデルの概略検討	原料調達・加工、設備運転、エネルギー・副生物利用・処理までの実施者や拠点が想定できるか？	
		特別な許認可の必要な事業ではないか？またその取得も想定しているか？	
1. I .7	事業収支の概略検討	収益構造・採算性のターゲットが想定できているか？（処理費低減、売電・売熱、エネルギー費低減など）	
1. I .8	事業実施体制の構築		
①	組織内外の事業実施体制・FS 実施体制の	信頼できる技術力のある専門家・専門機関も交えた FS 調査の実施体制を構築できるか？	
②	専門家への相談	構想の具体化について専門家や専門機関・支援機関等に相談して助言を受けているか？	
③	行政への相談	構想について地元行政に相談や情報提供ができているか？その上で行政の協力が得られそうか？	
1. I .9	FS 調査の調査予算の獲得	国の補助メニューの活用を含め FS 予算を確保できるか？	

# 1. I. 1 組織・自治体における発意

事業検討の最初は地域の実情や社会的な潮流を踏まえ、バイオマスエネルギーを導入する意義や必要性を整理することから始める。第 1 部で述べたように、近年、日本を含む各国の政府および民間企業でカーボンニュートラルを目指す動きが活発化し、再生可能エネルギーやその他の脱炭素化技術の需要が急速に高まりつつある。中でもバイオマスエネルギーは脱炭素の重要な手段の一つとして注目されており、需要拡大に影響する主な潮流および要因について本項にて示す。



## 地方自治体における役割および需要

2012 年に開始された FIT 制度により、これまでは民間事業者主導で各再生可能エネルギーが拡大し、多くの場合、地方自治体はそれを支える立場として機能してきた。しかしながら、今後は地方自治体でも脱炭素対応に向けて、より積極的な再生可能エネルギーの導入が求められている可能性がある。

2021 年 3 月に「地球温暖化対策の推進に関する法律の一部を改正する法律案」が閣議決定された<sup>1</sup>。この中で地方公共団体実行計画に、脱炭素化施策に関する目標を追加するとともに、市町村は地域の再エネを活用した「地域脱炭素化促進事業」を促進するための計画・認定制度が創設されることになった。本施策により、市町村がこれらの目標達成のために民間企業と協力しながら再生可能エネルギーの導入を促進する動きが期待される。

また、同年 6 月には地域脱炭素ロードマップ<sup>2</sup>が公表された。この中でバイオマスは農山村地域の活性化や資源循環、再生可能エネルギー発電・熱利用の観点で重要なエネルギー源として位置づけられている。本ロードマップをもとに、環境省では 2030 年度までに民生部門（家庭部門および業務その他部門）の電力消費に伴う CO<sub>2</sub> 排出の実質ゼロ実現を目指す「脱炭素先行地域」を 100 箇所選定する方針を示している<sup>3</sup>。

地方自治体にとって、バイオマス利用は他の再生可能エネルギーにはない以下のような意義があり、今後の導入促進が期待されている。

<sup>1</sup> <http://www.env.go.jp/press/109218.html>

<sup>2</sup> [https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/datsutanso/pdf/20210609\\_chiiki\\_roadmap.pdf](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/datsutanso/pdf/20210609_chiiki_roadmap.pdf)

<sup>3</sup> <https://www.env.go.jp/press/110359.html>にて「脱炭素先行地域づくりガイドブック」が公表されている。

### ＜地方自治体におけるバイオマスの導入意義の例＞

- ① バイオマス資源は全国のどの地域にも存在する
- ② 電気と熱の両方を生み出すことができる
- ③ 地域経済効果が大い
- ④ レジリエンスの観点で安定電源になり得る（国の重点項目に位置付けられている）  
ブラックアウトを考えた場合、レジリエンス対応は蓄電池を具備した熱電併給装置は有望な選択肢となり得る

## 民間企業における需要

日本政府の脱炭素化目標と併せて、民間企業、特に産業セクターに属する大企業の間で 2050 年カーボンニュートラルを目指す動きが活発化している。これらの企業では CO<sub>2</sub> 発生量を削減するために、バイオマス発電を含む各種再生電力の調達や発電設備の導入に積極的に取り組んでいる。企業が調達する電力に関しては太陽光発電、風力発電、その他電力小売りの低炭素電力メニュー等の複数の選択肢が存在する。一方で、工場や事業所で利用する熱については、電力ほど多様な選択肢がなく、バイオマスは現時点で地域を問わず「再生熱」を供給可能な唯一に近い手段として注目されている。

さらに 2021 年 12 月時点では、省エネ法の改正案が経済産業省より提示され、非化石エネルギーの導入を促進する制度変更への方針が示された。このような企業の目標と法制度の影響により、これまで以上に石油ボイラーや天然ガスボイラーからバイオマスボイラーに切り替える需要が拡大するものと推察される。

民生部門においても CO<sub>2</sub> 削減や地域の農林業の活性化、資源循環の観点からバイオマス燃料の利用が注目されつつある。特に昨今は、世界的に重油価格や天然ガス価格の変動が激しく、施設運営の経済性に大きく影響している。バイオマス燃料は比較的価格が安定化しており、中長期の運営費の見通しが立ちやすい利点が存在する。さらに、化石燃料価格や電力価格が高騰した状況では特に、建物の熱をバイオマスで賄うことで、暖房に係る電力負荷を低減させることができるため、エネルギーコストを低減させるための手段としても注目されつつある。

## 発電の場合の「入口」の考え方

これまでは FIT 制度による売電事業がバイオマスエネルギー事業の中心であったが、第 1 部で述べたとおり、今後は系統売電の場合は FIP 制度を活用した事業、すなわち電力市場を意識した発電事業への転換が求められている。

また、上述のとおり、企業の脱炭素化に向けた対応として、主に製材、製紙等の木材関連産業では自社の事業所または工場向けのオンサイトでの自家消費電力の需要も拡大しつつある。

このように、バイオマス電力の目的が売電収益なのか、自家消費なのかによって発電規模や求められる事業性も異なる。売電事業の場合は、2023 年度には FIT から FIP に移行するための見直しが行われる見込みであり、制度変更リスクおよび事業実施スケジュール上のリスクも課題となる。また、第 1 部記載のノンファーム型接続をはじめとする電力システムの制度とともに、系統接続の可否も課題となる。最後に、第 2 部 2 章で詳述するように通常の売電事業の発電規模（2MW 以上）では毎年数万トン以上のバイオマス燃料を確保する必要があり、大規模であるほど燃料の安定調達の課題も依然として存在する。

## 熱電併給の場合の「入口」の考え方

上述のような事業環境の変化により、今後はこれまでのような発電のみの大規模なバイオマス利用事業ではなく、地域に根差した熱電併給型の小規模事業が拡大していくことが見込まれる。これまで FIT 制度下では、ガス化発電設備等による小規模熱電併給が行われてきたが、売電収益を最大化する観点から電力に重きが置かれ熱利用はサブ的な扱いであった。今後、電力市場や需要家の電力価格に適合した売電に移行する中で、熱供給を前提に需要を確保し、その上で発電量を決定する形の熱

電供給事業が普及することが望まれる。実際、一部の地域では既に病院等の民生部門の熱需要を賄うためにガス化発電設備が導入され、FIT ではなく自家発電としてバイオマス電力が活用され始めている。

### 熱利用事業の場合の「入口」の考え方

事業所やバイオマス熱利用についても昨今の脱炭素化の流れを受けて、企業の事業所や工場、公共施設において化石燃料ボイラーからバイオマスボイラーへの転換が進んでいく可能性がある。また、上述の温暖化対策推進法の改正を受けて、自治体主導で熱分野の脱炭素化に向けて民間企業のバイオマス利用の取組を推進する可能性もある。

熱利用は電力と異なりオンサイトでのバイオマスボイラーの設置、利用が基本となるが、その際地域内外からどのように燃料を調達できるかが事業の鍵となる。地域内にチップやペレットのサプライヤーが存在することが望ましいが、現状近隣にこのような燃料生産施設が存在しないケースも多い。そのような場合は新たに地域内にチップ（またはペレット）生産施設を導入する、あるいは広域連携を図ることも考えられる。新設する場合は、燃料生産の効率性および経済性の観点から一定の生産規模であることが求められるため、単一の需要家だけをターゲットとするのではなく、地域内の複数の需要家に向けて「面的」に供給するモデルを構築することが望ましい。「面的」なバイオマス利用モデルの構築のためには、自治体をはじめ地域の資源や熱需要を俯瞰的に見ることのできる主体により、需要と供給のマッチングを行うとともに、面的な需要拡大に向けて「バイオマス利用の意義」を適切に訴え合意形成を図ることが重要である。

表 2.1.9 需要家別のバイオマスエネルギーの導入モデルのイメージ

事業主体	導入目的	原料・燃料の種類	年間燃料利用規模 (チップの場合)	温水ボイラー	蒸気ボイラー	ガス化 (熱電併給)	ORC (熱電併給)	BTG (熱電併給)	BTG (発電のみ)
事務所・病院 公共施設	エネルギーコストの低減・安定化	チップ・ペレット (森林未利用材、建築廃材、製材端材など)	～5百トン／年	○ 自家消費	○ 自家消費	○ 自家消費	—	—	—
宿泊施設 温浴施設	エネルギーコストの低減・安定化	チップ・ペレット (森林未利用材、建築廃材、製材端材など)	～5百トン／年	○ 自家消費	○ 自家消費	○ 自家消費	—	—	—
工場 (小規模)	省エネ法への対応	チップ・ペレット (森林未利用材、建築廃材、製材端材など)	数百トン～5千トン／年	○ 自家消費	○ 自家消費	○ 自家消費	—	—	—
工場(中～大規模)	省エネ法への対応 企業の脱炭素目標への対応、 工場残渣の有効活用	チップ・ペレット (森林未利用材、建築廃材、製材端材など)パーク、	3千トン～数万トン／年	○ 自家消費	○ 自家消費	○ 自家消費	○ 自家消費	○ 自家消費	○ 自家消費
国産材中 小規模発電所		チップ・ペレット (森林未利用材、建築廃材、製材端材など)パーク	1万～10万トン／年	—	—	○ (FIT/FIP)	○ (FIT/FIP)	○ (FIT/FIP)	○ (FIT/FIP)
輸入材大 型発電所		ペレット、パーム残渣など	数十万トン／年以上	—	—	—	—	○ (FIT/FIP)	○ (FIT/FIP)

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成



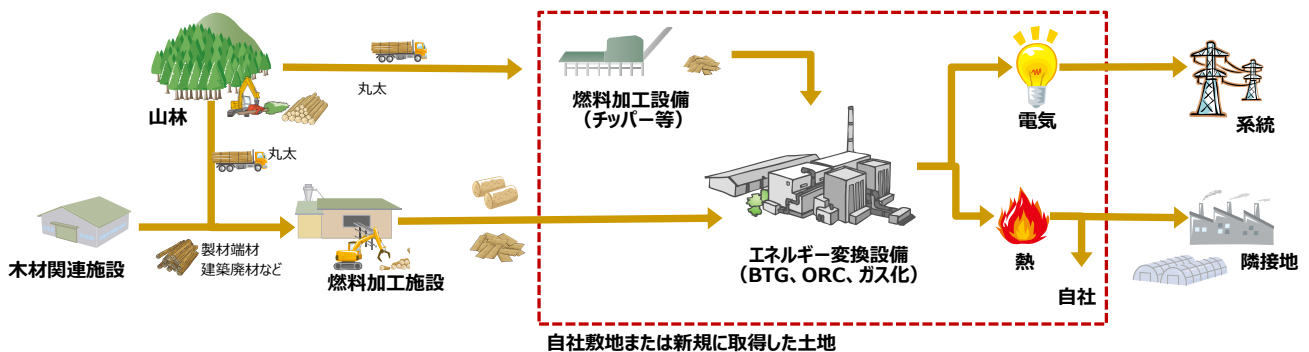
## 木質バイオマスの事業モデルの例

木質バイオマスエネルギー事業は発電と熱利用、燃料供給の3つのモデルに大別される。事業者自身や地域の特性に合わせて無理のない持続可能なモデルを選択することが重要となる。

### (1) 発電・熱電併給

地域から調達したバイオマス燃料を発電し、電力および熱を外部供給、または自家消費する事業モデルである。

原料・燃料調達	地域内外の燃料供給業者からチップやペレットを調達する。または、業者を経由せずに森林未利用材や廃材などの原料を調達し、自ら燃料加工を行う。	
エネルギー変換設備	主にボイラー・タービン発電設備(以下、BTG)、有機ランキンサイクル(Organic Rankine Cycle:ORC)、ガス化の3種類があり、発電および熱利用規模、原料・燃料によって適性が異なる。	
エネルギー供給・利用	発電した電力は系統を通じて電力会社に売電、または自家消費する。発電設備から得られた廃熱由来の温水を自家消費または隣接地域に販売することもある。	
全体	立地	自社の敷地で実施、または規模が大きい場合は新規に土地を取得し発電所を建設する。
	事業主体	企業1社が発電施設を運営する場合もあれば、地域の原料・燃料関係者やエネルギー需要先、自治体などの複数の主体が共同で新会社(特別目的会社等)を設立する場合もある。

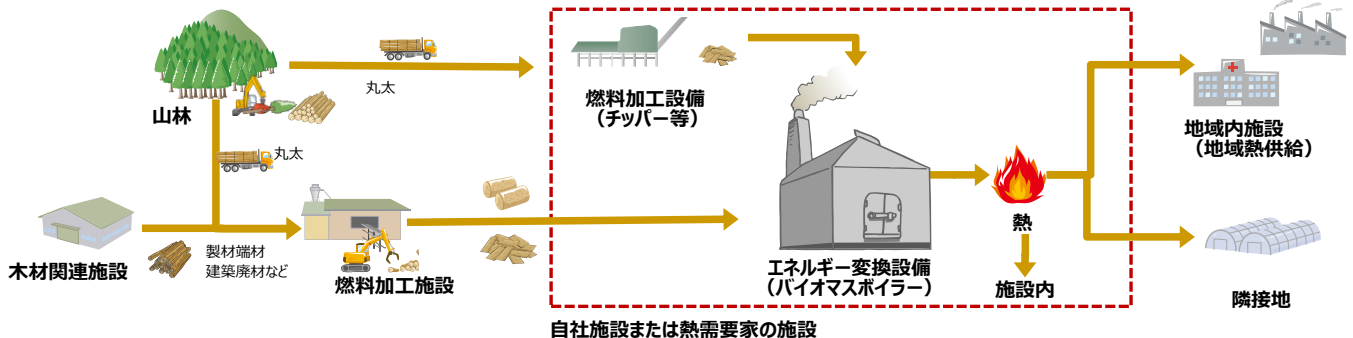


### (2) 熱利用

自社で発生または地域から調達可能なバイオマス燃料をボイラー等で熱利用または外部供給する事業モデルである。

原料・燃料調達	地域内のバイオマス燃料供給業者からチップやペレットを調達する。または、自社で発生する原料からチップやペレットを生産する。	
エネルギー変換設備	バイオマスボイラーを通じて熱を生産する。燃料中の水分や性状により利用できる設備が異なる。	
エネルギー供給・利用	バイオマスボイラーから温水、蒸気、熱風を生み出し自家消費または隣接地への外部供給を行う。既存の重油ボイラー等の化石燃料に代替して導入することも多い。	
全体	立地	事業主体が保有する施設または、地域内のバイオマス熱需要のある施設でボイラーを導入する。
	事業主体	自社が燃料調達からバイオマスボイラーの運営まですべて実施するパターンもあれば、専門スキルを有する主体が発意し、熱需要のある施設(公共施設や温浴施設、工場等)にバイオマスボイラーを導入するパターンもある。後者については ESCO 事業(※)としてエネルギーサービス会社が地域内の複数の需要家へのバイオマスボイラーの導入、熱供給を行う場合もある。

※ESCO とは Energy Service Company の略であり、顧客の光熱水費等の経費削減を行い、削減実績から対価を得るビジネス形態のこと

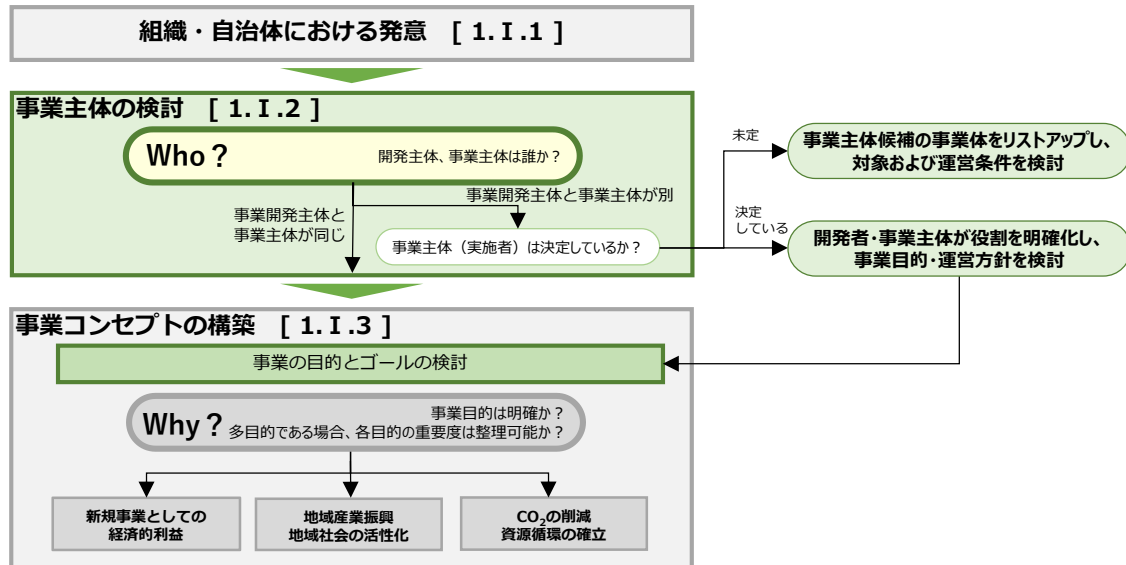


### (3) 燃料供給

地域から原料を調達しチップまたはペレットの生産を行い、バイオマス利用施設に供給する。

## 1. I .2 事業主体の検討

バイオマスエネルギー事業の検討を開始するにあたり、まずは計画主体・事業主体を明確化する。多くの民間事業のように事業計画主体と事業主体が同じであれば「[1. I .3 事業コンセプトの構築](#)」(140 頁)のステップに進むことができる。一方、自治体の発意するケースのように、計画主体と実際に事業を行う主体が異なる場合もある。その場合は自治体側で事業主体となりうる事業体をリストアップしたうえで、目指す施設・設備の運営条件を検討する。事業主体が決定していれば、計画主体・事業主体が役割を明確化し、事業目的・運営方針を共に検討する。



### □ ビジョンのみが先行して事業主体が想定できない計画となっていないか?

青写真を描いたものの、実施主体をはじめとする5W1Hが想定されていなかったため、FSの事業化に進めなかったケースが数多く存在する。特に自治体事業の場合に多くみられる。

事業主体の検討のステップでは原料調達から設備運転（事業実施者）、エネルギー・副生物利用先それぞれの**実施者や拠点**が**明確**になっているかを必ず確認する。さらに、事業実施者として想定される主体が、

① **本当に実行力があるのか？（中心的な担当者とサポート体制があるか？）**

② **資金力についても問題ないか？**

についても十分な確認が必要である。構想初期段階では必ずしもこれらの2点について目途が立っている必要はないが、FS段階に進む際には明確化している必要がある。実施体制構築の詳細は「[1. I .8① 組織内外の事業実施体制・FS実施体制の検討](#)」(151 頁)を参照されたい。

## コラム：自治体の地域計画としてのバイオマスエネルギー

地域でバイオマスエネルギーの導入を進める上で、個別の設備導入に留まらず、地域における面的導入といったマクロの視点をもって進めていくことも重要である。バイオマスエネルギーならではの多様な主体の連携の必要性や取組の公益性、波及性も踏まえると、自治体が地域計画としてビジョンやロードマップを描き、また地域のファシリテーター役を担いながら進めていくようなアプローチも求められる。

長崎県対馬市では、地元自治体の対馬市役所が主導し、地域計画を描き、その実行に向けた取組を進めている。地域における取組を推進するにあたり、森林・林業関係団体、行政、専門家を構成員とした「対馬市木質バイオマス利用推進協議会」を設置し、FS調査も交えながら地域における方向性について協議を重ねた。協議会での協議の結果をもとに対馬市では「対馬市木質バイオマスエネルギー導入計画」を策定し、ビジョンやシナリオ、具体的なアクションプラン、ロードマップを取りまとめた。

導入コンセプトの一つとして、「官民連携でのESCO型エネルギーサービスによる木質バイオマス熱利用の自立的普及」を掲げており、地域エネルギー会社がESCOに倣ったスキームでバイオマスボイラを活用した熱供給サービスを市内で展開し、木質バイオマス熱利用をビジネスベースで普及・展開させていくための中期シナリオを取りまとめた。シナリオの第一フェーズでは市営の温浴施設・プールにおけるパイロット事業を掲げ、その検証を踏まえた第二フェーズでは市内の公共施設への水平展開、第三フェーズでは民間施設を対象に広げ、さらに熱電併給の可能性も含めた展開の絵を描いている。また取組が広がった際の地域全体への効果についても定量化し、庁内、地域からの理解醸成に努めた。さらに協議会では計画策定と並行して、関係者の合意形成や幅広く市民からの理解を広げるための市民向けのシンポジウムも開催し、地域一帯で取り組む機運醸成と具体化に向けた実行体制づくりに取り組んだ。

策定した計画に基づき、パイロットプロジェクトとして市営施設の湯多里ランドつしまにおいて地元林産業を中心にエネルギー会社の「株式会社エネルギーエージェンシーつしま」によるESCO型サービスの事業化が進められており、その後の計画の実現に向けた取組も官民一体で進められている。

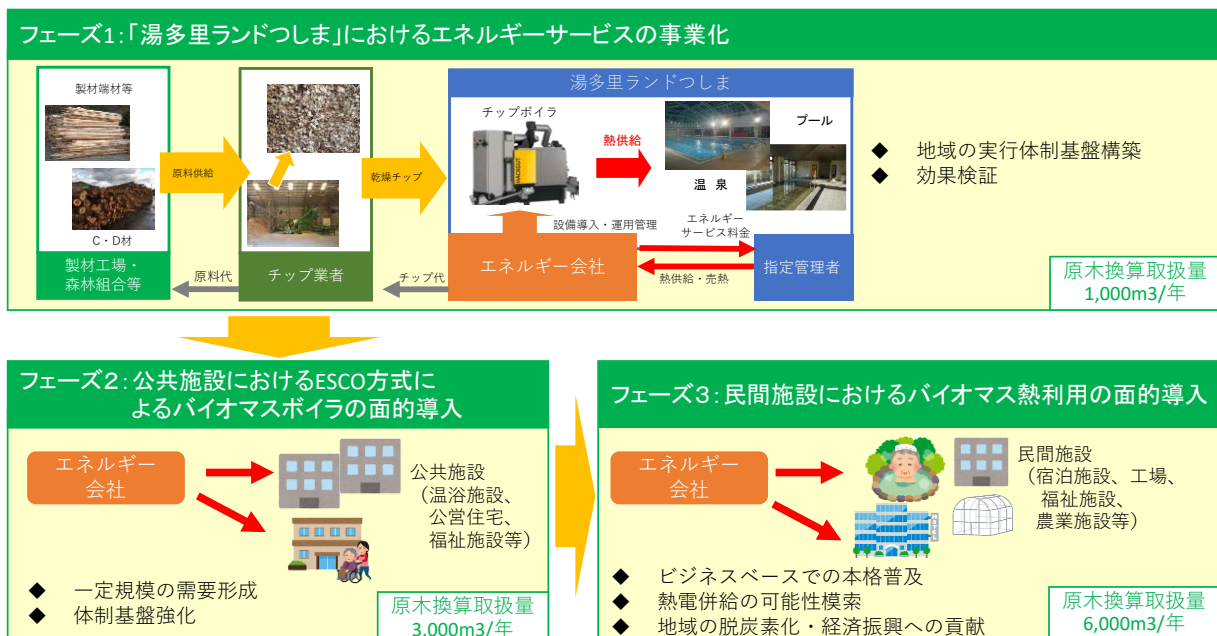
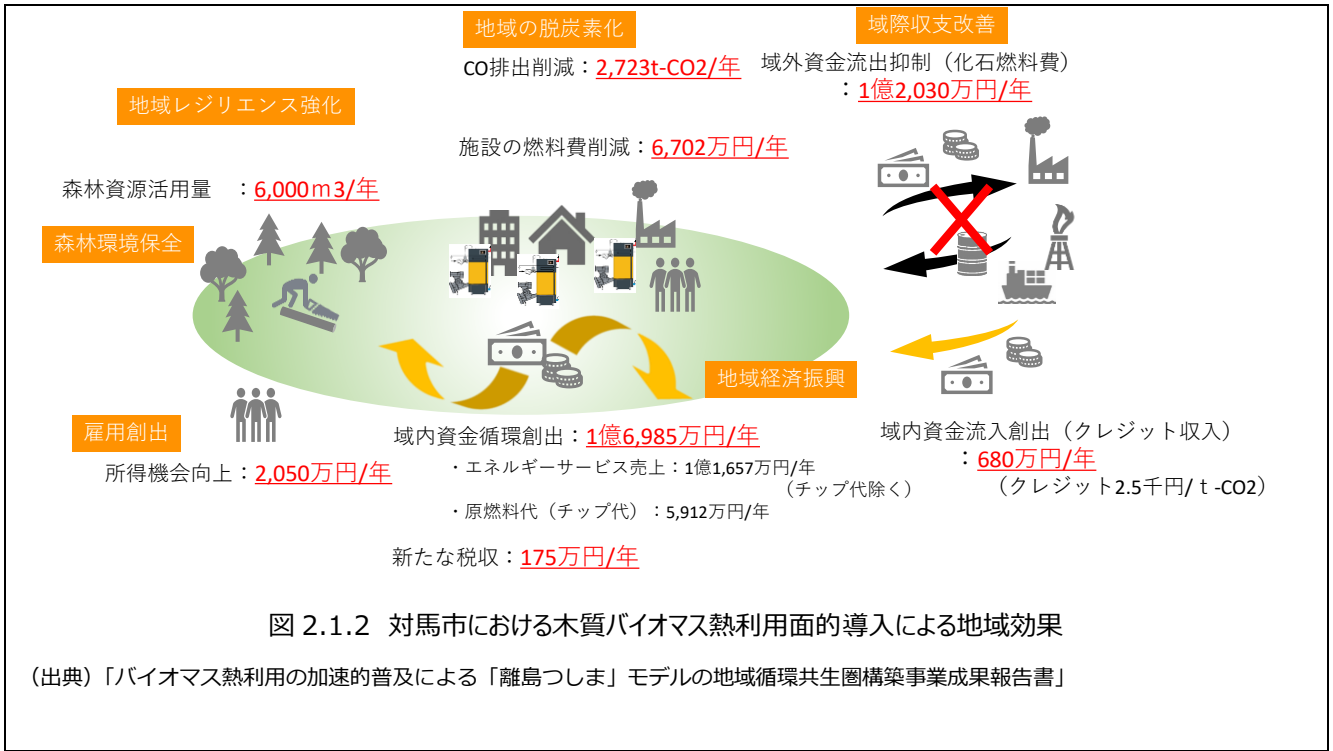


図 2.1.1 対馬市における木質バイオマスエネルギー面的導入の中期シナリオ

(出典) 対馬市資料をもとに株式会社バイオマスアグリゲーション作成



## □ 資金力や実行力も含めた事業主体を想定することができるか？

### 事業主体と実行力

FS およびその後の事業推進のためには「**実行力**」のある**実施体制を構築**する必要がある。**民間企業による事業の場合**は中心  
的な担当者とそのサポート体制を検討する。担当者はバイオマスエネルギー事業に関する知見や経験を有していることが望ましい。  
もし社内で適格な人材が不在の場合は、社外からプラントメーカー出身のエンジニアを新規に雇用するなどの選択肢も考えられる  
4。

**自治体による事業の場合**は、実際に運営する事業主体（民間企業やその他法人）が地域内に想定できるか、または地域外  
から呼び込めるかについて検討を行う。その際、その事業主体が人材面や資金面で本当に実行力があるかを確認する。第3セク  
ターのような公共関与で新たに主体形成するケースにおいては、運転管理費も含めて公的資金への依存度が高くなりすぎて将来  
的な破綻のリスクが生じないよう、構想段階から将来の継続性を見据えた組織のあるべき姿について十分に検討を行う。

**バイオマスエネルギー設備を導入する主体と事業を計画する主体が異なる場合（ESCO 事業など）**は、燃料の調達先、設  
備の運営・メンテナンス体制などを含めた事業の運営体制を想定する必要がある。エネルギーの販売先として想定される地域の  
需要家に対する ESCO 事業への理解を作っていくことも望まれる。

なお、**誰がバイオマスエネルギー事業の実施主体となるのか、どこから原料および燃料を調達するのか、どこにエネルギーを供  
給するのか**、といった具体的な事業実施体制の検討は FS 段階で実施するが、構想段階でもある程度の想定をしておくことが望  
ましい。

4 バイオマス発電設備およびボイラーの運転に係る資格は「4.IV.4 O&M 内製化の検討」（293 頁）を参照。

## 事業主体とファイナンス

事業計画の策定に当たっては、すべてを自己資金で賄う場合は除き、金融機関からの融資や第三者からの出資等により資金調達を行う際に、それらの金融機関や第三者が納得する事業計画であることが求められる。

一般的に事業者は、金融機関はある程度固まった収支計画がないと具体的な話をしてもらえないと考える傾向がある。そのため、収支計画を作った段階で相談に行くケースが多いが、以下のような理由で、**事業計画の全体像が見えてきた段階で一度、金融機関にコンタクトをとることが望ましい。**

**特にバイオマス発電の場合**には、設備投資額も大きくなりがちで様々なリスクを内包しているため、収支計画以前に、不測の事態（例えば、原料調達量の確保不足や価格高騰への対応、プラントの不調への対応等）への財務的な対応力を求められることが多い。したがって、例えば特別目的会社（SPC）<sup>5</sup>等の別会社にて事業を行うとしても、実質的な事業主体に自ら同額程度の設備投資を行う場合に融資が受けられる財務体力があるかが一つの目途となる。

なお、プロジェクトファイナンス<sup>6</sup>とすれば事業主体の財務体力が十分でなくとも融資が受けられると考える事業者も存在するが、現実には、**特に地域の小型バイオマスの場合**には非常にハードルが高い。その意味で、**総投資規模（融資希望額）と事業主体がある程度見えてきた段階で、一度金融機関には頭出し程度は行い感触は得ておくべき**である。

その際、金融機関の担当者によっては十分に検討が進んでいない段階であることを理由に、営業的に楽観的な反応を示す場合もある。しかし、一般的にはバイオマス発電の案件は営業現場（支店）レベルの決裁で融資を行うことができるケースは少なく、**営業現場では融資に前向きであっても本部決裁段階で否決されることも多い。**については、例え計画が詰まっていない段階であったとしても、金融機関の担当者に、例えば**本部へ照会してもらったうえで感触を伝えてもらう**などのアクションをとることが望ましい。

上述のような資金調達および事業体の組成、金融機関との交渉に関する詳細は「**1. II. 4 資金計画の策定 ① 資金調達方法の検討（178 頁）**」、「**② 資金調達先・金融機関との交渉（181 頁）**」、「**1. III. 1 事業体の組成（215 頁）**」を参照されたい。

### □ 事業の実現に向けて中心的に動ける担当者が存在し、そのサポート体制も構築出来ているか？

特に**小型バイオマス発電事業の場合**に多く見られる事例として、バイオマス事業になじみのない投資家が設備を建設して操業した結果、安定運転できずに事業が頓挫することがある。これは発電設備としての実績もない**開発途上品を採用している場合**や、**バイオマスガス化発電に素人に近い人物が設計したプロトタイプ**を採用している場合など要因は様々であるが、**いずれも「実施体制」や「人」に起因**する場合がほとんどである。

より具体的には**専門的知見を有する人物の不在や、中心的な担当者が不在が原因**であり、それぞれの担当がバラバラに動いた結果、プロジェクトが予定通り進捗しないケースが多い。

## バイオマスエネルギーの知見を有する人材の確保

このような事を無くすには発電プロジェクトを推進する際に、**バイオマスエネルギー分野の知見を有する人物を推進責任者として配置**し、事業関係者をリードしていく必要がある。既存の事例では**オーナーが大手プラントメーカー出身のエンジニアを雇用**するケースもみられる。

<sup>5</sup> SPC などの事業体の詳細については「1. III. 1 事業体の組成（92 頁）」を参照。

<sup>6</sup> プロジェクトファイナンスなどの資金調達に係る詳細は「1. II. 4 資金計画の策定（63 頁）」を参照。

この責任者はプロジェクトの全体も理解して、各工程・装置の技術にも長けていることが求められる。責任者は事業者の意向を理解して、必要なら事業者の意向に反する意見も言える人であればなおよい。ただし、その前提として事業者自身がその責任者のマネジメントを行うだけの力量がない場合、事業者内部で混乱してしまう可能性がある。

また、責任者が木材供給業者、木材加工メーカー、発電設備メーカー、土木建築業者、EPC メーカーなどの**関係者と密にコミュニケーションをとり、定期的に意見調整**しながら工程を守りプロジェクトを進めることが重要である。事業家（オーナー）はそのために**必要な建設期間を与え、必要資金を確保**しておくことも重要である。

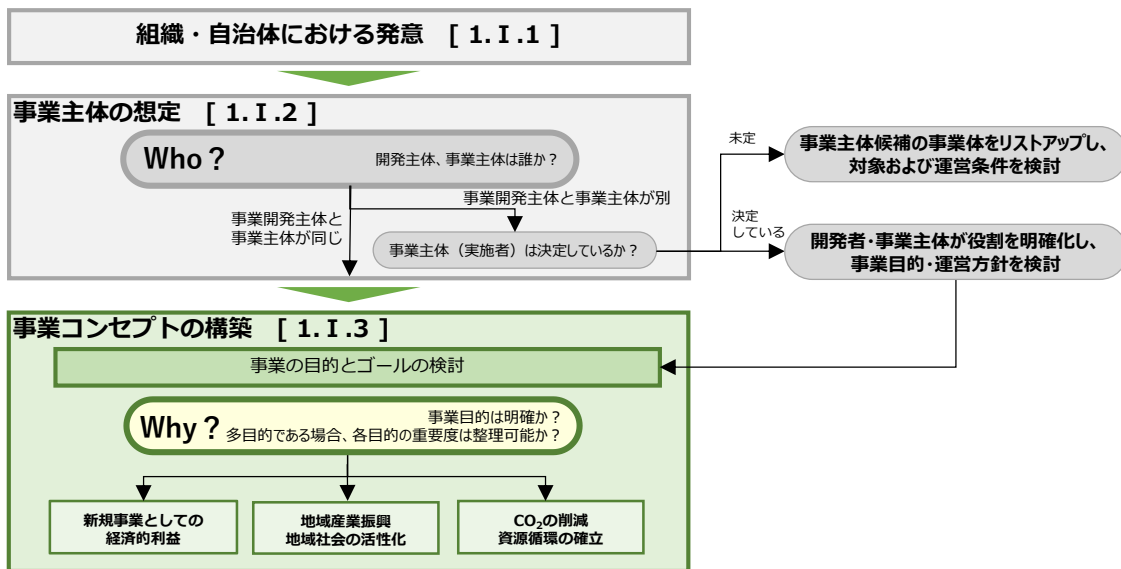
一般的に**数百 kW に満たない小型発電事業であっても、地元調整、バイオマス燃料調整、行政との調整、各種届出、メーカー指示対応など複数の項目を網羅してマネジメントする必要**がある。

### コンサルタントとしての招聘の際の留意点

なお、そういった専門家を「コンサルタント」として招聘するケースも多く見られる。ただ、コンサルタントはあくまで社外の専門家であり、その事業に最終的な責任までを負うものではないため、結果的に冒頭述べたような「中心的な担当者が不在」となりがちである。また、ファイナンスの観点からも金融機関からは、そのような事業のマネジメントまで行うような専門家は、やはり責任を負うことができる立場にいることが求められることが多い。以上を踏まえたフォーメーション作りが必要となってくる。

# 1.1.3 事業コンセプトの構築

「事業主体の想定」の次のステップとして、「なぜ」バイオマスエネルギー事業を行いたいのかを明確化する。一般的には、「新規事業としての経済的利益を得たい」、「地域産業振興および地域社会を活性化させたい」、「CO<sub>2</sub>の削減および資源循環の確立を図りたい」などが挙げられる。複数の目的がある場合は、できる限り各目的の重要度を整理することが必要である。



## □ 事業の目的が整理できているか？また、それらを関係者と共有できているか？

事業目的が整理できていないと事業計画の具体化の際に適切な選択がなされずに、バイオマスを利用しても事業者や地域が期待するメリットが得られない、または課題解決が果たせないことに繋がる。また、関係者に対して事業目的を共有できていないと、例えば原料調達等の際に必要な協力が得られない等、事業の存続に影響することもある。

加えて、関係者間でバイオマスを利用する目的（利用したい資源、解決したい地域課題、許容可能な収益水準など）に乖離があると、事業化決定後や運転段階に関係者間でトラブルが生じることもある。

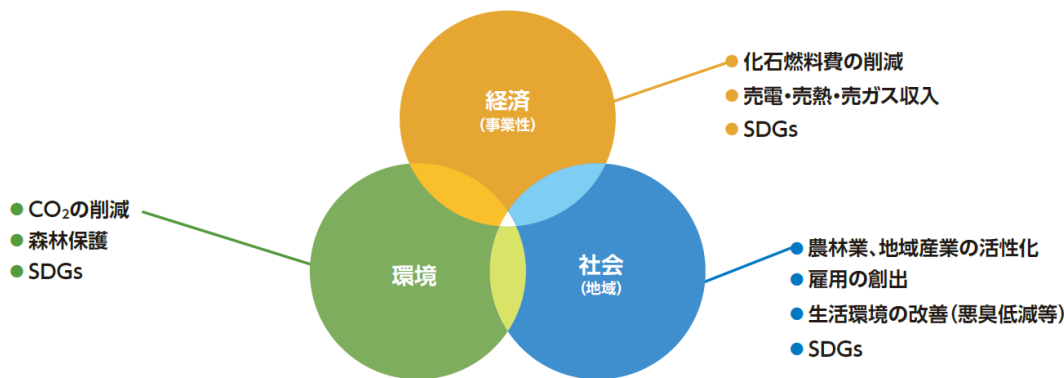


図 2.1.3 バイオマスエネルギー事業の3つの意義

(出所) みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成



**□ 特定の技術・機器を前提とした計画や規模感になっていないか？交付金や補助金先行の計画となっていないか？**

特定の技術の利用や補助金の取得が事業実施の主目的となり、事業実施意義の検討があいまいな状態で進んだ結果、稼働後に原料・燃料調達を含む関係者の協力が得られず頓挫した事例が少なからず存在する。

バイオマスを利用すること自体は「目的」ではなく、事業者や地域の課題を解決する「手段」であることを理解し、実施意義を事業者自ら整理することが必要である。

木質バイオマスエネルギーの技術・機器の詳細は「[4.I.1 エネルギー変換技術の検討](#)」(359 頁) および「[4.II.1 基本設計](#)」(372 頁) を参照されたい。

**□ 地域からの反対を受けるような計画になっていないか？社会的に問題になるような計画になっていないか？**

バイオマスエネルギー設備の稼働後、原料の輸送車両の往来や景観上の問題、騒音などにより、住民問題に発展するケースもあるため対策が必要である。その他、製紙用チップや既存の木材関連業者とも原料調達の棲み分けを明確にし協力関係を築かないと事業計画に反対を受け、トラブルに発展することもある。

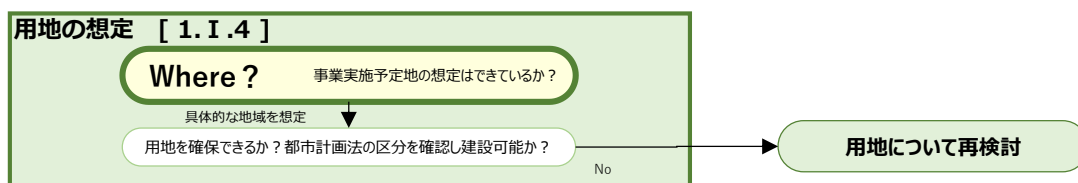
適切な事業実施体制の考え方等については「[1.I.8 事業実施体制の構築](#)」(151 頁) を参照されたい。

# 1. I. 4 用地の想定

事業コンセプトを明確化した次のステップとして、事業を実施するための用地を検討する。自社の敷地で実施する場合のように、**既に実施場所が決まっている場合**は、原料・燃料およびエネルギー利用の検討に進む。

一方で、**新たに発電所や熱利用施設を建設する場合**は、対象とする地域で確保可能な用地を検討する。構想段階初期で必ずしも明確に定める必要はないが、検討の際は候補となる用地の都市計画法等の区分を必ず確認する。同法の市街化調整区域（都市計画法）、準工業地域（都市計画法）、その他農地（農業振興地域における"農用地区域"、"第 1 種農地"）では発電設備や熱利用設備の導入に制約がある。

なお、**熱利用事業の場合**は、熱需要の有無が事業実現可否を決めるため、早期に用地を検討することが望ましい。



地形、地質に問題はないことを確認したか？

開発が必要な用地であるのかを確認したか？

## 地形・地質の考慮

**埋立地**や**地下水位が高い土地**、その他特定の種別の地層では不同沈下や液状化のリスクがあるため、建築物の荷重も考えなくてはならない。そうしたケースでは**設備メーカーから負荷荷重データを入手**することが必要となる。地質の脆弱度合いによっては杭打ちや地盤改良が必要になり、初期投資額の増加につながることもある。

こうした地形・地質の確認については、中立な第三者によるレビューとして**不動産鑑定会社による地質分布や帯水層の性状および分布、活断層の状況の調査を活用**することも有効である。調査の結果、高リスクであることが想定される場合は、**潔くその土地での計画を中止することも重要**である。

また、歴史を遡ると**過去に鉱山があった場所**や**地下坑道**が掘られてあった可能性のある場所などは、地面崩落の危険性も孕んでいる。その場合、**ボーリング調査による地耐力評価に加え、より懸念される場合は超音波による地中探査**を行うことが望ましい。

**地盤改良**には**表面の軟弱層を補強する方法**や、**コンクリートなどの杭を支持層まで一定間隔で打ち込んで補強する方法**がある。ただし、**ボーリング調査などはその土地を保有しなくては行うことができないため**、計画地の地権者との協議の前に**上述の不動産鑑定会社などの調査によるスクリーニングを行い、明白なリスクは回避**すべきである。

## 土地造成費用の考慮

FS 後に実際に設備を建設する際、想定以上に土地造成費用が発生し事業採算性が悪化する事例が少なくない。そのため、FS 時点から上述の地盤調査を行い、土地造成にどの程度費用が掛かるか把握しておくことが望ましい。

**地盤が緩い場合は杭を打つなどの方法で対処することが可能な場合がある**が、時には数億円の初期コストの増大につながることもある。

なお、実際に土地造成を行った時点で遺跡などが発掘されスケジュールが遅延したり追加的なコストが発生した事例も存在するため留意する必要がある。

## 自然条件および災害リスクの考慮

計画地が大規模災害（地震、津波、火山噴火、水害、土砂災害、高潮など）の被災リスクの高い場所でないかどうかは、国土交通省や該当地の自治体（県・市町村）が提示しているハザードマップで確認が可能である。そのため、計画の早い段階で確認をしておくことが望ましい。

## □ バイオマス燃料調達範囲、周辺環境、インフラを考慮した用地を想定できているか？

用地選定の際には、施設へのアクセス道路が狭くて離合が困難である場合や、近隣に住居や学校、病院がある場合は、搬入の頻度や時間帯を考慮する必要がある。

## バイオマス燃料調達距離および周辺インフラの確認

燃料調達は原木の運搬コストを考えると半径 50km 以内というのが一般的な目安となっている。FIT 売電による事業を考えると、20 年間継続的かつ安定的に収材するためには、無理のある収材計画は事業の安定性を脅かす原因となる。道路状況によっては、この距離はさらに短く設定する必要がある。

例えば 2MW のバイオマス発電プラントでは、日量 60～100 トン程度の木材を必要とするため、定期的な搬入スケジュールであれば、10 トン車が 6～10 台出入りすることになる。施設へのアクセス道路が狭くて離合が困難である場合や、近隣に住居や学校、病院がある場合や、搬入の頻度や時間帯を考慮する必要がある。

また、設備で必要な水や電気の確保ができるか、水使用後の水処理や排水は問題なく行えるかについても確認を行う。

その他、最近のバイオマス発電やバイオマスボイラーはインターネットによる遠隔モニタリング対応となっているため、インターネット通信のインフラ敷設の可否やコストも考慮しておくとい。

## 地域住民への影響の考慮

候補地が住宅地と近い場合は騒音・振動・粉塵・臭気などが原因となるトラブルも生じかねないので、早い段階から行政に相談し行政からの助言も仰ぎながら、地域住民に対する住民説明会などを通じて合意を得ておくことである。自然災害のリスクがなく、安定的に燃料調達が可能で、行政や住民からの合意が得られる見込みが立った後、計画地の絞り込みや地権者との協議を始めても遅くない。

## インフラの考慮

特に、元々所有する土地がある場合や既に用地候補がある場合は周辺のインフラについても考慮する必要がある。発電事業の場合、特に最近では高圧送電線からの距離が遠く送配電事業者に支払う連系負担金が高額になるケースが多いため留意が必要である。その他、幹線道路から遠く大型のトラックが進入できないような道路のため輸送費が増大したケースも見られる。

## 逆潮流および系統接続可否の確認

系統接続においては、2MW 以上の発電規模では特別高圧線（22kV 以上）、50kW 以上 2MW 未満では高圧線（6.6kV）に連系することが定められている<sup>7</sup>。発電した電力は自家消費することが可能であるが、農村地域の繁忙期以外の

<sup>7</sup>基本的に電気の運搬は電圧が高いほどロスが少なくなるため、高圧な系統ほど長距離輸送に適しており、国内の上位 2 系統は基幹系統と呼ばれる。6.6kV は高圧の「配電系統」とされているが、「送電」は地域間の輸送、「配電」は地域内での輸送と考えることができる。電力を消費する機器や、発電する機器に応じて消費電力・発電出力が設定されており、その規模にあった電圧の系統に連系するのが一般的となる。詳細は電力広域的運営推進機関（OCCTO）のホームページ（<https://www.occto.or.jp/grid/public/shikumi.html>）を参照されたい。

時期など、自家消費することの出来なかった電力は電力系統へ流れ込むこととなる。従来、電力は火力発電所などの大規模な発電所から各需要家に一方通行で送電されるものだったことから、このように**需要家から電力系統へ供給される電力は逆潮流**と称される。

**発電事業の検討を行っている場合、または自家消費を目的としつつも逆潮流の発生が見込まれる場合は、一般送配電事業者への事前相談・接続検討申込みが必要**となる。事業を実施する地域周辺の系統状況・電力需給状況によっては、送配電事業者より接続不可の回答や逆潮流の禁止、追加の設備導入を要求される場合があり、バイオマス発電所は僻地に導入されるケースが多く、売上がダウンした事例が見られる。

**高圧系統への連系が行えない場合**、一般高圧から特別高圧に逆潮することで連系可能となることもある<sup>8</sup>が**変圧器の変更が必要**となり、追加的な改造費用が必要となる。

## 立地制約の考慮

過去には**候補用地が法的に制約を受けたことで計画が頓挫した事例が多数**ある。特に、用地が**都市計画法の「都市計画地域」**に該当したり、**農地法における「第1種農地」**に該当するなどの多い。これらに該当する場合は土地の利用条件に様々な制限が発生し、エネルギー施設として土地を利用するには煩雑な手続きが必要となるため、早い段階で確認が必要である。

また、計画地が**文化財保護法における埋蔵物文化財包蔵地**である場合は、**届出と事前協議が必要**となるため、行政や教育委員会、埋蔵文化財センターなどへ相談しておくことが望ましい。

その他、NEDO バイオマス地域自立システム化実証事業の事例では、事業化が決定直後に市との協議を実施した際に、事業予定地が**「廃棄物最終処分場跡地指定」**されていたことが判明し、環境省が公表している**「最終処分場跡地形質変更に係る施行ガイドライン」**<sup>9</sup>に基づいて工事等を実施することを求められた。その結果、市との協議に膨大な時間を要するとともに、スケジュールに大幅な遅延が生じた。また、同事例では当初、地下の燃料貯蔵施設（サイロ）を導入しようとしていたが、**地下を掘ることに制約が掛かり、地下のサイロの導入には分析・モニタリング等のコストが発生**するため断念した。最終的には、地上にムービングフロア式のサイロを導入する決定をしたが、計画時よりもコスト増要因の一つとなった。

表 2.1.10 立地検討の主要な条件

主な条件	影響する費用項目	重要度
地価や土地の購入条件	用地取得費	◎
バイオマスの調達先との距離	輸送費	◎
エネルギー需要先との距離 (かつ輸送を妨げる幹線道路や 構造物および埋設物の有無)	温水および蒸気配管敷設費用 輸送費(固体燃料(チップやペレット)状態での供給も実施する場合)	◎
(特別)高圧の逆潮流可能な送電 設備との距離	送電線および鉄塔敷設費用 変圧器等の電気機器設置費用	FIT 制度 活用時◎
幹線道路からの距離や道路幅、交通 量等	輸送費(大型トラックでの輸送が可能になるため) 建設費用(建設資材等の搬入が容易になるため)	◎
地形や地質	基礎工事費	○
バイオマスの貯蔵・乾燥場所の確保し やすさ	貯蔵・乾燥場所と変換設備間の搬送費	○
上水道の設置状況	用水費(ボイラー用水の確保元が工業用水か、地下水 か、一般上水道か 等)	○
下水道の設置状況	下水処理費	△
低圧の配電網(受電用)の状況	光熱費	△
ガスインフラの状況	事務所経費	△
通信インフラの状況	事務所経費	△

※用地取得費は、自治体の事業用地取得の助成金の活用によって低減できる場合がある。

<sup>8</sup>基本的に送電線は特別高圧>高圧>低圧の順で容量が大きく、再生可能エネルギーポテンシャルが高い地域によっては特別高圧は空いているが、一般高圧で空き容量なしという状況が生じることがある。

<sup>9</sup> [http://www.env.go.jp/recycle/misc/guide\\_wds/](http://www.env.go.jp/recycle/misc/guide_wds/)

**特に新たに土地を取得してバイオマスエネルギー施設を建設する場合は**、上述の自然条件や住民への影響をはじめとする様々なリスクを考慮して適地を選択する必要がある。バイオマス利用設備の導入、施設の建設には一定の広さが必要なことは言うまでもないが、用地選定に際しては上述の要素を考慮する。

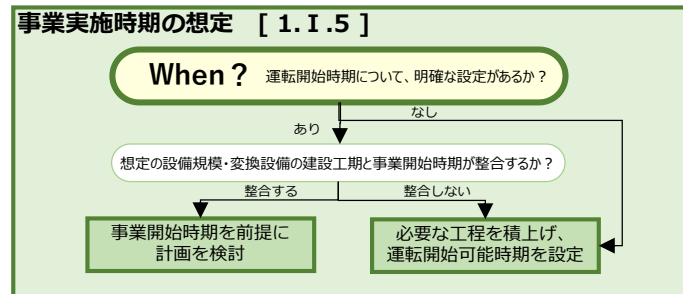
## □ 地主から購入可能かを確認したか？

**新たに用地を取得する場合は**、**地主から土地を購入することが可能かについて確認**する必要がある。NEDO 実証事業者昭和化学工業株式会社は、FS 終了後に設備設計の変更に伴い想定していた用地面積の拡大が必要となり、隣接地を新たに購入することになった。このように、**計画の途中で用地面積が変更になることも想定して用地を検討することが望ましい**。

なお、地権者との協議のタイミングが早すぎると、後に上述の土地制約などのリスクが明らかになった場合に住民との間に不要なトラブルを抱えることとなりかねない。そのため、**リスクを十分把握するまで地権者との土地の賃借・売買の拙速な協議は避けるべきである**。

## 1.1.5 事業実施時期の想定

原料・燃料調達、設備技術、エネルギー利用形態が明確になり、設備の投資規模の確認ができた段階で、事業実施時期を検討する。



### □ 事業実施時期は想定できているか？

**運転開始時期について明確な希望がない場合は**、必要な工程を積み上げスケジュールを設定する。

一方、**運転開始時期がある程度定まっている場合は**、想定する設備規模・変換設備の建設工期との整合性を確認する。もし整合しないのであれば、必要な工程を積み上げ、運転開始時期を再設定する。それが不可能な場合は、原料、副生物処理・利用、エネルギー利用を再度確認し、ショートカットできる行程があれば工期短縮の可能性を検討する。工期短縮が難しい場合は、希望する開業スケジュールで実施可能な事業形態を選択し直す必要がある。

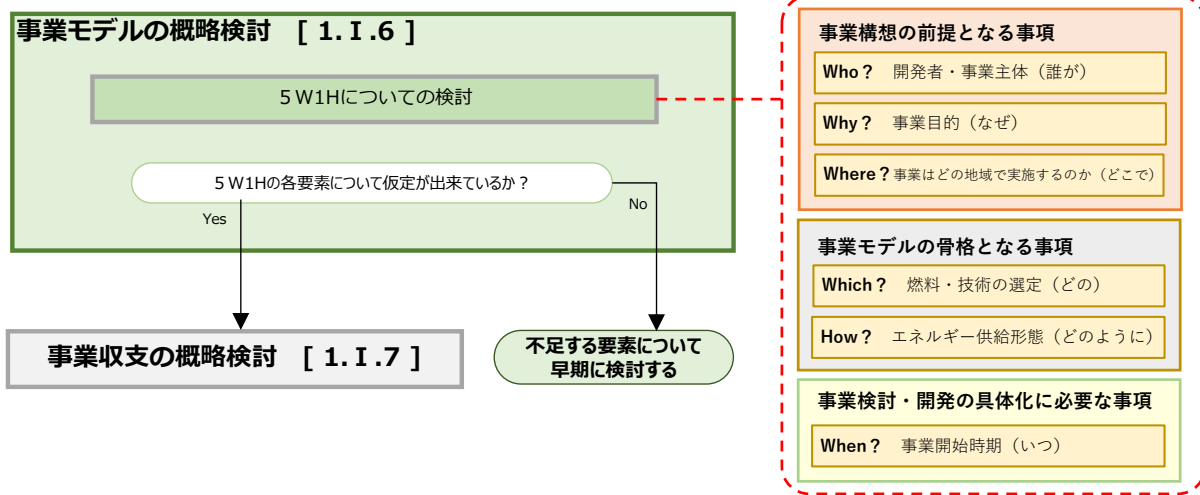
なお、一般的なバイオマスエネルギー事業の工程表は本書の FS 段階の「**1.11.1 事業化スケジュールの検討**」(159 頁)を参照されたい。

# 1. I. 6 事業モデルの概略検討

2 章～4 章で示した原料・燃料、エネルギー利用形態、エネルギー変換技術、並びに本章で示したスケジュールの検討ができた段階で事業モデルの概略検討を行う。構想段階では詳細まで設定する必要はないが、「5W1H」の各要素について整理できている必要がある。

すなわち、「Who? 開発者・事業主体（誰が）」、「Why? 事業目的（なぜ）」、「Where? 事業はどの地域で実施するのか（どこで）」、「Which? 燃料・技術の選定（どの）」、「How? エネルギー供給形態（どのように）」、「When? 事業開始時期（いつ）」を明確化できているかを確認し、想定できていない要素があれば、不足点について早期に検討を行う。

これらを明確化した段階で、事業性の確認を行う。事業性を確保できる見通しがなければ一度立ち止まり事業モデルの見直しを行う。



**□ 原料調達・加工、設備運転、エネルギー・副生物利用・処理までの実施者や拠点が想定できるか？**

構想段階におけるビジネスモデルの検討においては、以下のような「5W1H」を意識した組立ができているかを FS に進む前に確認する必要がある。

通常、構想段階ではビジネスモデルの詳細な要素を明確にすることは困難で、FS での採算性の検証などにより特定していく部分も多々あるが、上記 5W1H で想定される選択肢については構想段階で関係者で協議する必要がある。

表 2.1.11 バイオマスエネルギー事業の 5W1H

**Why? なぜバイオマスエネルギー事業を実施するか？**

**Who? 誰が事業を実施するのか？**

**Where? どこで事業を実施するのか？**

**When? いつ事業を実施するか？（いつまでに事業化判断が必要か？）**

**Which? どのバイオマス燃料・技術を用いるか？**

**How? どのように事業を進めるか？**

なお、ビジネスモデルの検討にあたり**自社と地域がどのようなリソースを有しているかの整理**も重要である。例えば製材所など処理に困っている**パークの有効活用を目的とする場合**、それらを効果的に燃焼可能なストーカー炉等の大型のボイラーの導入が必要であり、その規模や需要形態に応じた需要先の選定を優先して行う。その際、後述する事業収支の概略検討にてパークの発生量とボイラーの採算規模が見合わない場合には、他の原料との混焼も視野に、他の調達先からの引取も含めた燃料のサプライチェーン構築の可能性についても検討する。

**自治体事業（特に行政主導の案件）の場合**は、過去には実施者が想定できないまま計画が進み実施者が不明確なまま施設だけ建設され、後に頓挫した事例も実際に見られる。このように 5W1H が不確定な状態は事業成立にかかわる致命的な問題となるため、**構想段階から想定される関係者との意見交換・意向確認を重ねる**ことが重要である。候補者の想定もできない場合には無理に進めずに構想内容の見直しを行う必要がある。



□ 特別な許認可の必要な事業ではないか?またその取得も想定しているか?

**建築廃材などの廃棄物扱いのバイオマスを収集・加工する場合**は、廃棄物処理法において事業者の業の許認可と施設の許認可のそれぞれを取得することが定められている。

この時、扱う原料の種類によって産業廃棄物、一般廃棄物の区分および所管官庁が異なり、それぞれ別の許認可を取得する必要がある。収集運搬や加工段階でも産業廃棄物、一般廃棄物のそれぞれ異なる許認可の取得が必要になる。

なお、災害廃棄物に関しては通常一般廃棄物として扱われる。しかしながら、**由来証明がある場合**や**許認可を持つチップ工場等の中間処理施設で加工された後のチップやペレット等の燃料**は、有価で取引される限り廃棄物ではなく有価物となるため、運搬に係る許認可の取得の必要はない。

構想段階でこうした許認可の取得が想定されていない場合は、まずは**所管部局に相談する**必要がある。

表 2.1.12 廃棄物処理法の対象となり得る木質バイオマス原料

廃棄物区分	対象となる木質バイオマス	所管	許認可対象	備考
一般廃棄物	剪定枝・河川流木・ダム流木・災害廃棄物 など	市町村	収集運搬	原料を中間処理施設に持ち込む際などに業者は収集運搬業の許認可の取得と車両登録が必要
			中間処理 積みかえ保管	廃棄物由来の原料をチップ、ペレットなどに加工する場合、事業者は中間処理(積みかえ保管も必要なケースも)の許認可と施設の許可が必要
産業廃棄物	建築廃材・製材廃材・開発支障木	都道府県	収集運搬	一般廃棄物と同様に産業廃棄物処理業の許認可、車両登録が必要
			中間処理 積みかえ保管	一般廃棄物と同様に産業廃棄物業の許認可、施設の許可が必要

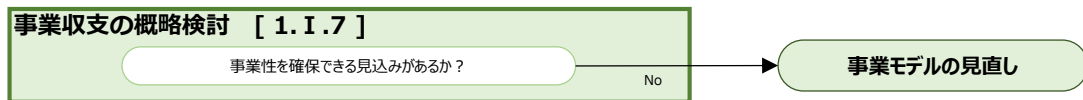
**きのこ使用済菌床の取扱い**

なお、きのこ栽培で発生する**きのこ使用済菌床を活用する場合**も産業廃棄物に該当するか否かを早期に都道府県に確認する必要がある。実証事業者の社会福祉法人ウイズユーでは、きのこ使用済菌床を産業廃棄物ではなく燃料として扱うことができているが、鳥取県庁より「**ボイラーにおいて自燃すること**」を条件とするという指導を受けている。きのこ使用済菌床発生時の水分率は約 70%前後であり、FS 時に検討したハウスにおける自然乾燥を通じて約 60%まで下がるが、県からの指導により自燃する含水率である 55%以下にしたうえで燃焼させる必要があるため、現在の運転時にはボイラー廃熱を利用した追加乾燥を行っている。

## 1.1.7 事業収支の概略検討

事業モデルの概略を検討した後、「何からどの程度の収益が得られるか」「何に対してコストが発生するか」について整理を行い、事業性を試算する。その結果が当初想定した収益の規模と大きく乖離していないかを確認する。

事業収支の試算は FS 段階で具体的な実施条件の整理と併せて本格的に検討し、その後も実際に稼働するまで繰り返していく。そのため、必ずしも構想段階で厳密に計算する必要はないが、事業性に影響を及ぼす要素（費目、収益源等）とその蓋然性について確認することが重要である。



### □ 収益構造・採算性のターゲットが想定できているか？（処理費低減、売電・売熱、エネルギー費低減など）

木質バイオマスエネルギー事業で得られる経済的な意義は事業内容によって異なる。エネルギー販売事業としての売電・売熱収入の他、バークや廃材のようにそれまでコストをかけて処分していた原料の処理費用の削減、熱の自家消費であれば既存の重油ボイラーの運転費用の削減などが挙げられる。

いずれの場合も、構想段階では最低限以下の項目を整理し事業収支の概略検討を行う。なお、一般的な木質バイオマスエネルギー事業の収支の試算結果は「[第1部4章バイオマスエネルギー利用の意義](#)」を参照されたい。

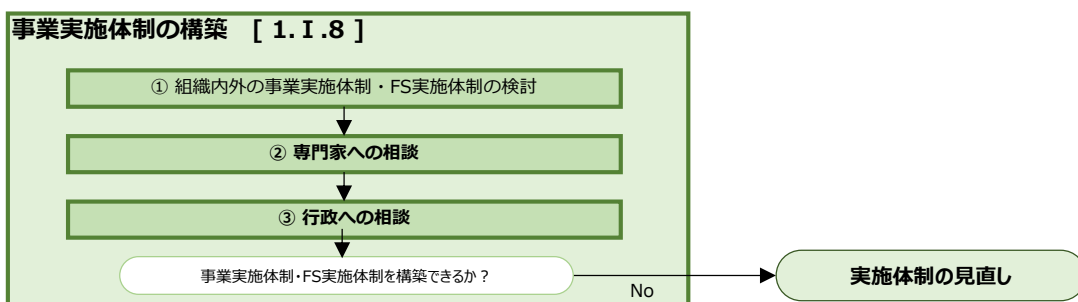
表 2.1.13 構想段階の事業性検討時に整理すべき事項

- どの程度バイオマス燃料が調達できるか？
- 取引価格の水準はどの程度か？
- どの技術を採用するか？
- 事業費の規模感はどの程度か？
- 売電や売熱の年間の規模感や取引価格の水準はどの程度か？

# 1. I .8 事業実施体制の構築

事業モデルおよび事業収支の概略検討の後、事業性を確保できる見込みがあれば、実施体制および FS 実施体制の検討に進むことができる。FS 段階以降のバイオマスエネルギー事業の検討には専門的な知見が求められるため、コンサルタントやメーカーも実施体制に入れることが多い。

また、地域内の複数の関係者を巻き込んだ事業であれば、事業モデルの概略が定まった時点で都道府県や市町村に相談し、事業実施体制や補助金、許認可等に係る助言をもらうことも有効である。



## ① 組織内外の事業実施体制・FS 実施体制の検討

事業の実現に向けて検討を進めるためには、組織内で中心的に推進を担う事業担当者とそのサポート体制を整備する必要がある。事業内容によっては、原料および燃料供給者やエネルギー需要家などの組織外の関係者との連携体制を構築することも求められる。

### ❑ 信頼できる技術力のある専門家・専門機関も交えた FS 調査の実施体制を構築できるか？

FS 調査を実施するうえでは、原料集荷から燃料加工、エネルギー変換・利用にわたる幅広い知識と事業化スキル・実績を有し、かつ全体のコーディネート力のある専門家に協力してもらうのが望ましい。特に原料・燃料調達に関しては林業や廃棄物の法規制について十分知見のある専門家のサポートを得る必要がある。

**発電事業（または熱電併給事業）の場合**は、発電機器の技術動向や電力システムの技術・制度に対する知見のある専門家が必要である。また、**熱利用事業（または熱電併給事業）の場合**は、詳細な熱量計算の知見を有する専門家（コンサルタントなど）の協力が必要である。

その他、**自治体主導の事業の場合**は、特に専門性を有することに関して全般的なサポートが必要である。それに加えて地域の関係者をファシリテートしていく能力、煩雑な行政プロセスを熟知して庁内の合意形成のサポート力を有する専門家の協力を得ることが望ましい。詳細は次項「**1. I .8 事業実施体制の構築②専門家への相談**」（152 頁）を参照されたい。

### 地域協議会・推進委員会

バイオマス利用事業のためには様々な地域関係者と協力する必要があるため、上記のような専門家のサポート以外に、**FS 調査の中で地域協議会や推進委員会を開催し、専門的助言や地域関係者への理解醸成を図る**事例も多い。

詳細は「**1. II .2 地域関係者との合意形成**」（162 頁）を参照されたい。

## ② 専門家への相談

組織内における実施体制や事業主体の整理に続き、事業を専門的な知見からサポートする「専門家」との協力体制について検討を行う。

ただし、事業内容や人材体制によっては必ずしも専門家を巻き込む必要のない場合もある。例えばすでに**事業経験のある事業者による設備増設**や製材業等における乾燥用の**バイオマスボイラーの更新等の場合**には、事業者および既存の協力企業の体制・スキルをもって事業を進めることも可能である。

### □ 構想の具体化について専門家や専門機関・支援機関等に相談して助言を受けているか？

バイオマスエネルギーの知見を持たない**担当者が理念先行で取り組み**、燃料の安定調達体制や事業化体制構築、採算性の検証が不十分なまま進めた結果、**資金調達の段階で計画全体の見直しを求められる**、**運用段階でのトラブルや事業頓挫に至ったケース**も見られる。

バイオマスエネルギー事業は原料調達や技術選定、エネルギー利用など専門的な知見が要求されるため多くの場合、**企業単独ではなく専門的なアドバイザーが可能なコンサルタントが参画**することが多い。

また、**バイオマスに係る業界団体**（例：一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会など）も情報提供を含むサポートを行っているため、必要に応じて協力を仰ぐことも有効である。

その他、例えば**山林側のバイオマス燃料生産などに重点を置いた事業の場合**は、それぞれ**都道府県の林業試験場等の研究機関の協力**を得ることで専門的助言や各種試験などが円滑にできることがある。都道府県の研究機関や支所単位などで航空レーザーを使った資源量調査を行っている例などもあり、持続可能な資源確保に関してデータ提供や助言を受けることができる場合もある。発電でも熱利用でも問題になるチップの水分に関して樹種別の統計的なデータや乾燥に関するデータを保有している場合もある。また都道府県の林業担当にヒアリングをすればエリア内でのバイオマス材の流通動向について詳しい情報が得られることもある。

表 2.1.14 バイオマスエネルギー事業の関係者の役割の例

関係者	役割
コンサルタント	・専門的見地を踏まえた事業全体のコンセプトメイキング ・想定する導入技術の妥当性等の助言（特にガス化や新規技術など） ・原料調達からエネルギー利用までの規模感や燃料仕様等の整合性の確認 ・事業化に向けた課題の顕在化
メーカー	・事業費の概略や仕様等の情報提供 ・既存の導入実績等の情報提供
実施主体	・事業化体制構築に向けた関係者との協議・調整 ・事業想定場所・供給先等の検討・意向確認 ・必要な申請・許認可関係の確認

### 専門家選定時の留意点

ただし、こうした専門家、特にメーカーやベンダー（輸入代理店等）の営業にしたがって国内での商用運転レベルにない機器を導入し、稼働が安定しない、燃料の規格調整に苦勞する、故障時のパーツ交換に数か月かかるといった**技術的な問題で頓挫するような事例**も発生しているため、**メーカーやベンダーの技術力も含めた信頼性を評価して付き合っていく**ことも必要である。

コンサルタントについても特定のメーカー紐づきの客観性に欠ける助言や、バイオマスエネルギーに関する深い知見や事業化の実績のないコンサルも散見されるため、パートナーとするコンサルタントの選定も慎重に行うべきである。

### ③ 行政への相談

**民間事業の場合**、ビジネスモデルの概略と社内の実施体制が定まった段階で、市町村や都道府県に対して計画の説明に訪問することが望ましい。特にバイオマス発電のように大量の原料を必要とする事業においては原料の量的な確保や既存の流通への影響の問題もあることから、対外的に構想について話ができるようになった段階で早期に都道府県の林業担当に相談に行き、構想について共有するとともに流通動向等の情報を得ることが望ましい。

#### □ 構想について地元行政に相談や情報提供ができているか?その上で行政の協力が得られそうか?

バイオマスエネルギー事業では様々な地域関係者の協力を仰ぎ、サプライチェーンの上流から下流までの多様な情報を入手したうえで検討を進める必要がある。その際、実施地域の市町村や都道府県などの**行政の協力を得ることで、地域関係者への説明や許認可の取得などを円滑に進める**ことができる可能性がある。具体的には行政と協力することにより以下のようなメリットが得られる。

- ① 各種許認可に対するアドバイス（廃掃法ほか）<sup>10</sup>
- ② 補助金に関するアドバイス
- ③ バイオマス事業に関する地域協議会を設立する場合の調整や助言

これらの助言を得て、事業全体を円滑に進めるためにも、構想初期段階で行政を訪問し、**事業の目的や地域への意義について丁寧に説明し、理解を得る**必要がある。

ただし、**事業内容が民間単独で完結する場合や、許認可が必要なく、周辺環境への影響も心配なく、原燃料の面で既存の流通への影響も皆無といった場合**には本ステップは必須ではない。

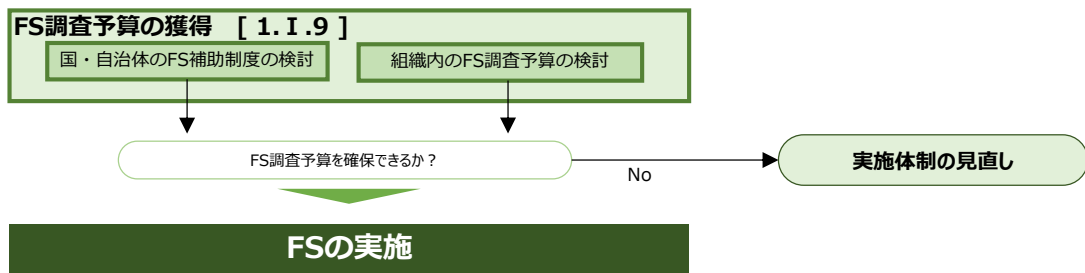
<sup>10</sup> バイオマス原料の廃棄物処理法上の扱いについては「2. II.1 原料・燃料の調達可能性の調査 ①原料・燃料の調達可能性および性状の調査(c) 廃掃法の取り扱いの確認」を参照。

# 1. I .9 FS 調査予算の獲得

上述の検討において事業実施体制を含む一定の実現可能性が見込める事業者は、FS 調査の予算の獲得について検討する。国や自治体で FS 補助制度を設けていることがあるので、まずは利用可能なメニューの有無を確認する。

**補助制度が利用できない場合**は自ら FS 調査予算を確保する必要があるため、組織内での説明および関係者との調整を行う。その際、調査の必要性や事業を実施することによる収益の見込み、波及効果や CSR も含めた取り組みの意義について社内理解を求めていく必要がある。

この時点で FS 調査の予算確保が難しい場合は予算が確保できる時期を待つかあるいは、なるべくコストがかからない要素の検討を行いながら予算化を目指す。



## □ 国の補助メニューの活用を含め FS 予算を確保できるか？

FS 調査には「簡易的な（部分的な）FS 調査」と「詳細な FS 調査」があり、それぞれ、100 万円～1,000 万円を超えるような程度の予算が必要となる。詳細な FS 調査の予算が確保できなくても簡易 FS で事業実現性を検討したうえで詳細な FS 調査に進むことが望ましい。それぞれ、実施する内容は以下のとおりである。

表 2.1.15 簡易 FS および詳細 FS の実施事項の例

簡易 FS の実施事項	詳細 FS の実施事項
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 事業のコンセプトメイキング・事業概略設計</li> <li>● 燃料調達に係る調査</li> <li>● 設備導入のケーススタディ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 資源の賦存量・利用可能量・調達可能性調査</li> <li>● 燃料加工システムの検討</li> <li>● 設備導入候補地・および周辺環境調査</li> <li>● 設備導入のケーススタディ</li> <li>● 事業スキーム・契約スキームの検討</li> <li>● 事業費積算・事業収支計画・資金計画の策定</li> <li>● 許認可・法規対応の整理</li> <li>● 事業化スケジュールの策定</li> </ul>

各省庁が公表しているバイオマス関連の補助制度の例は「[1. II .4 資金計画の策定](#) ③補助制度の確認」(187 頁)を参照されたい。

# フェーズII FS 段階

バイオマス利用全体の FS 段階におけるチェック項目は下表のとおりである。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

表 2.1.16 バイオマス利用システム全体の FS 段階におけるチェック項目

項番号	実施事項	留意事項	チェック
1. II. 1	事業化スケジュールの検討	許認可対応、建設工期、試運転期間などに必要な期間を考慮し、無理のないスケジュールが組まれているか？	
		補助金を活用する場合、予算の執行スケジュールに合わせた事業化スケジュールが組まれているか？	
1. II. 2	地域関係者との合意形成	地域関係者との合意形成はできているか？	
		地域の関係者による協議会を開催し、事業の内容についての理解醸成を図っているか？	
1. II. 3	事業収支の検討		
①	売上高の予測	原料・燃料調達にかかるチェック項目に留意の上、その価格や量につき設定されているか？	
		熱供給や副生物の販売による収入を見込む場合、そのリスクを踏まえ売上の見込みを立てているか？	
②	事業費（初期費用と運用費）積算	メーカー等の見積りを取得したうえで、将来的な追加コスト発生リスクについて考慮された一定の余裕のある建設費・O&M 費積算を行っているか？	
		メーカー等の見積り、土木建築、配管等の概算の見積りを踏まえた事業費が積算されているか？	
		メーカー・機器の見積り比較の上で、付帯設備の条件等、見積り条件は明確となっているか？	
		その他、細かい費用（特に資金調達に関する費用）に漏れはないか？	
		メンテナンス費は長期的な増加分も考慮されているか？	
		設備の更新に係る積立は考慮されているか？	
		地盤が脆弱の場合、土木建築費用が想定より拡大することを加味した事業費が積算されているか？	
		土地造成が必要な場合、どの程度費用が発生するか確認したか？	
③	事業リスクの評価（事業収支の検討時）		
④	事業収支・キャッシュフロー分析	技術的な裏付けのある運転計画の条件をベースとした収支計画が組まれているか？	
		メーカーのカタログ値そのままの検討がなされていないか？	
		提示された事業性分析結果は理想的な条件で計算されていないか？	

項番号	実施事項	留意事項	チェック
		メンテナンスに伴う稼働停止や安全率も踏まえた稼働時間、設備利用率が設定されているか？	
		事業性は安全率も踏まえた稼働時間、設備利用率が設定されているか？	
		損益計算だけでなく、キャッシュフローの分析がなされているか？	
		IRR、DSCR などの財務指標を用いた財務分析がなされているか？	
		事業全体のリスク評価を踏まえて、複数のシナリオを用いたストレス分析がなされているか？	
<b>1. II. 4</b>	<b>資金計画の策定</b>		
①	資金調達方法の検討	必要な資金につき、いつ支払う必要があるか把握できているか？また、その時期に応じて、資金調達の目的が立っているか？	
		資本力や本業の事業規模に対して過大な投資規模の事業となっていないか？	
		資金調達について、基本的な枠組み（融資・出資・補助金等の割合やその調達方法等）に無理はないか？	
②	資金調達先・金融機関との交渉	資金の調達候補先との間で事業に対する理解や条件等についての協議がなされているか？	
		補助金の活用など、役所等の支援を仰ぐ場合、役所内で予算協議が進められているか？	
③	補助制度の確認	設備の設計・導入に係る国、県等の補助制度や要件は確認できているか？	
		売電を考慮する場合、FIT 制度と併用して適用される補助制度はほとんどないため、補助金に依存した売電計画になっていないか？	
		補助の獲得に際して必要な都道府県、市町村等の協力は確認できているか？	
<b>1. II. 5</b>	<b>事業実施体制の確定</b>		
①	事業コンセプトの再精査・確定	構想段階の事業コンセプト・ねらいからぶれた計画となっていないか？	
		コンセプトと国の政策、地域の施策との方向性のズレはないか？	
		政治的な理由などで無理な条件が強いられた計画となっていないか？	
②	事業による波及効果の評価	事業による地域への波及効果等の評価がされ、地域からの理解醸成に活かされているか？	
③	組織内・地域関係者への説明・合意形成	事業主体は確立しているか？原料調達から加工、運搬、エネルギー転換・利用までの主体は明確となっているか？	
		近隣の住民への事業説明と要望聴取がなされ、住民から苦情が発生する可能性はないか？	
		地元行政からの理解、協力は得られているか？	
		同業者、関連産業からの理解は得られているか？	



項番号	実施事項	留意事項	チェック
		有資格者の選任が必要か?地域での募集は可能か?	
		<自治体主導の事業の場合> 議会に対する理解は得られているか?担当部局への正確な理解・共有がなされているか?	
1. II. 6	事業のリスク評価 (FS 終了時)		
①	建設段階のリスクとその対処方法の例	そもそも完工しない、あるいは、所期の性能を発揮しないリスクにつき認識し、可能な限りの対応が考えられているか?	
		完工が遅れる (タイムオーバーラン) リスクおよび、その場合に生じる問題につき認識し、可能な限りの対応が考えられているか?	
		建設コストを中心とした建設段階にかかる費用が高む (コストオーバーラン) リスクにつき認識し、適切な予備費が計上されているか?	
②	運営段階のリスクとその対処方法の例	当初予定した調達する燃料の量・価格・質が事業期間中維持されるための対応が取られているか?	
		燃料調達先との契約の維持 (倒産などへの対応も含む) につき、可能な限り対応が考えられているか?	
		稼働後に故障その他により初期の性能を発揮しないリスクにつき認識し、可能な限りの対応が考えられているか?	
		メーカーの倒産や部品在庫等の問題により、メンテナンスを適正に受けられないリスクにつき認識し、可能な限りの対応が考えられているか?	
		熱供給を行う場合や、その他副産物を販売・処理する場合に、その需要や価格 (処理コスト) の見積りは適正にできているか?	
		熱供給先や副産物の販売先 (処理委託先) との契約の維持 (倒産などへの対応も含む) につき、可能な限り対応が考えられているか?	
③	その他全般に関するリスクとその対処方法の例	自然災害等の不可抗力による事業への影響につき、適切な対応が考えられているか?	
		法令遵守等コンプライアンス面について、事業期間中に維持できる体制が構築されているか?	
		ジョイントベンチャーにて他者と共同して事業を行う場合、意見が対立した場合における取り決めが適切になされているか?	
		制度変更にかかるリスクがあることを認識し、それらをフォローする体制が構築されているか?	
		再生可能エネルギー推進施策の動向についての情報収集がされているか?	
		FIT については調達価格等算定委員会等の情報収集を行い、制度設計見直し等の動向が確認できているか?	
		法人税、所得税等の税制の動向が確認できているか?	

項番号	実施事項	留意事項	チェック
④	FS 調査終了後、次のステップに進めるかの判断	事業性、実施体制、原料調達・エネルギー供給等の事業リスクを踏まえ事業化が可能か？（設計施工段階に進むことができるか？）	
		FS 調査の結果の熟度は事業化を前提とした水準のものとなっているか？	

## 1.Ⅱ.1 事業化スケジュールの検討

FS 調査の開始にあたっては、まずは事業化判断および事業化までのスケジュールを検討する。一般的には検討開始から事業化判断までに少なくとも 1 年以上の期間が必要である。林業や燃料供給業者、サプライチェーン関係者の他、行政、住民等との調整次第ではさらに時間が掛かることがある。また、補助金の申請や、FIT 制度の系統接続手続き、各種法規制・許認可対応、建設工事の期間も考慮する（一般的な工程は後述）。

**既存の設備からバイオマスボイラー等を入れ替える場合**は、少なくとも工事期間において導入先設備全体の運営に支障がないか、それにより大きな損失が起きることがないかなどを確認し、実施スケジュールを検討する。

FS 調査が進むにつれ、様々な検討要素が明らかになり、当初想定していた運転開始のスケジュールがずれることが少なくないため、当初計画した事業化スケジュールは随時更新していくことになる。

### □ 許認可対応、建設工期、試運転期間などに必要な期間を考慮し、無理のないスケジュールが組まれているか？

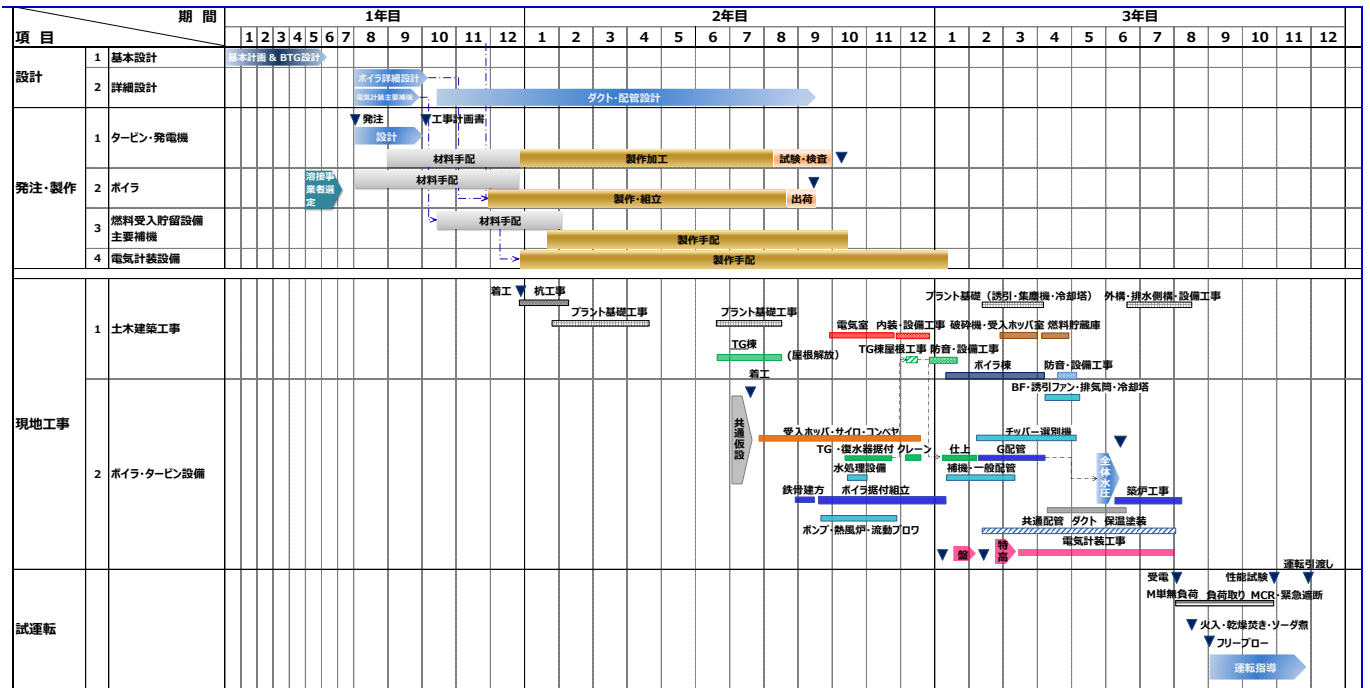
上述のとおり、通常は構想初期の検討を開始してから FS 段階の事業化判断までに少なくとも 1 年以上の期間を要する。特に社内だけでなく外部に熱供給を行う事業や、地域の複数の業者からバイオマス燃料を調達する事業など、**地域関係者が多く存在する事業の場合**に、**時間短縮のためにここで無理に調整を進めると運用開始後に合意事項が覆るリスク**が高まる。

また、FS 終了後も設備機器メーカーや EPC 事業者とのやり取りを開始してから、**基本設計、契約後の詳細設計、建設、試運転までには最低でも 2 年間**かかるとされる。なお、メーカーや EPC 事業者の繁忙度合いによっては、さらに時間がかかる可能性もある。BTG 発電事業の場合の一般的な工程、許認可に係る期間の例は次頁の工程表を参照されたい。

その他、「**1.Ⅰ.4 用地の想定**」(142 頁) で述べたとおり、新規にプラントを建設する場合は用地に関する制約条件がスケジュールに大きく影響する可能性があることに留意が必要である。

(参考) タービン発電機の工事工程の例

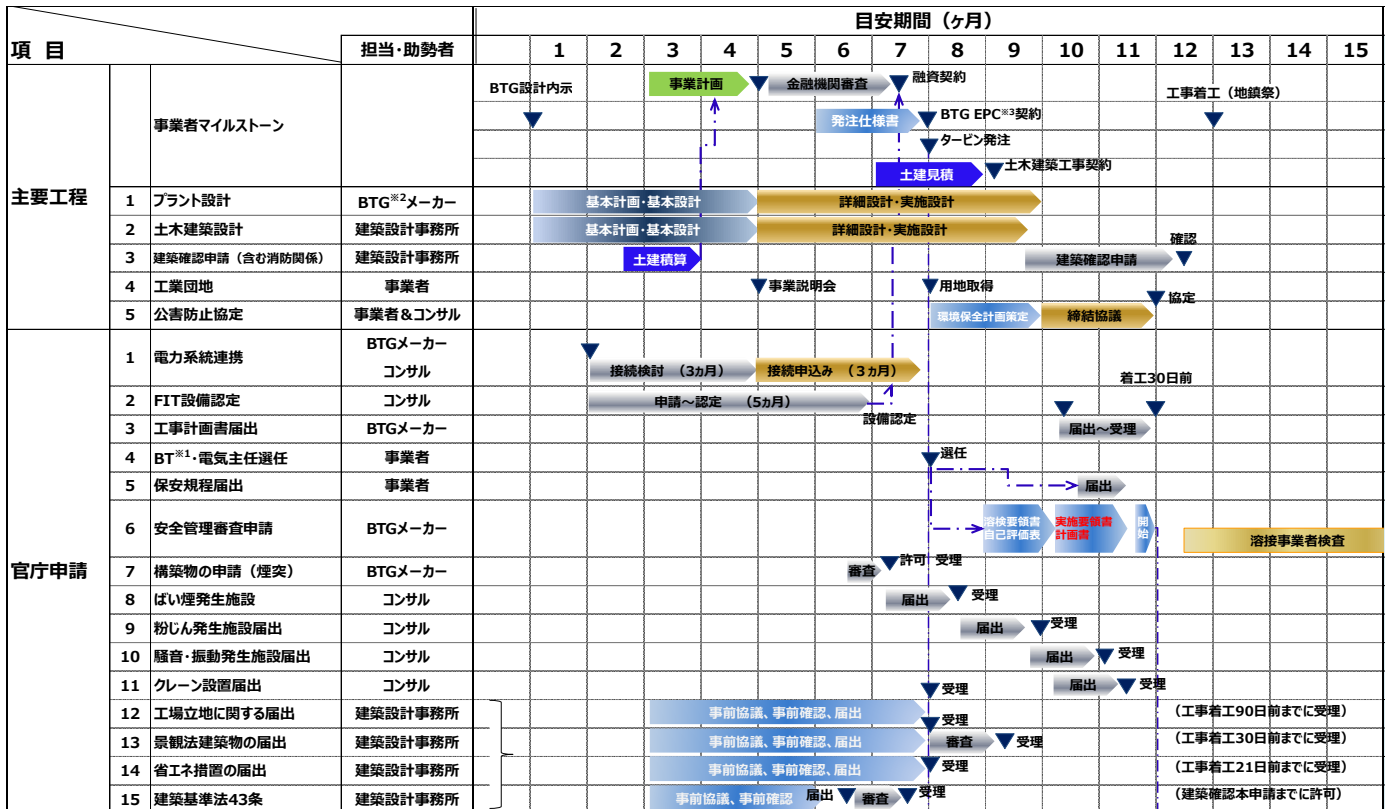
表 2.1.17 バイオマス発電機の工事全体工程 (例)



(出所) メーカー等へのヒアリングをもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

(参考) タービン発電機の許認可申請工程の例

表 2.1.18 送電端 5MWクラスの主要な許認可申請手順 (例)



(出所) メーカー等へのヒアリングをもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

上記の図は、あくまで参考事例であり、実際には立地する地域により申請事項や手順に違いが出る。

※1 BT: ボイラー、タービン、※2 BTG: ボイラー、タービン、発電機、※3 EPC: 設計 (engineering)、調達 (procurement)、建設 (construction) の一連の工程を請け負うこと

□ 補助金を活用する場合、予算の執行スケジュールに合わせた事業化スケジュールが組まれているか？

プラントを建設し稼働するまでの計画を組む際に、**国の補助金の執行時期または実証事業実施時期を確認しておかないと大幅にスケジュールや資金調達計画がずれることがある。**

国の補助制度は毎年メニューが異なるうえ、**募集期間、補助金の執行は 1 年の限られた時期に行われるため、確認のうえ**逆算して計画を組むことが必要**である。**

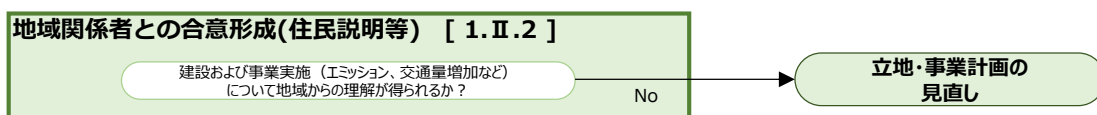
各省庁が公表しているバイオマス関連の補助制度の例は「**1. II. 4 資金計画の策定 ③補助制度の確認**」(187 頁)を参照されたい。

## 1.Ⅱ.2 地域関係者との合意形成

FS 調査が進み、原料・燃料の調達（2 章）やエネルギー利用（3 章）の検討を終え、4 章で述べる設備の基本設計および設置場所の検討が進んだ段階で、事業実施に関する地域関係者との合意形成を行う（事業内容や地域によってタイミングは異なる）。**地域内の利害関係者が複数存在する場合は**地域協議会を設置することもある。

**既存の敷地に建設する場合**でも原料輸送（トラックの往来による交通量増加）や設備の排煙などが周辺地域に影響を及ぼすことがあるため、事前に関係者への説明を行い合意形成を図る必要がある。ここで合意が得られない場合は、再度立地や事業計画全体の見直しを行うことになる。

**プラントを新規に建設する場合**は、構想段階の時点で地元行政に説明を行っているケースが多いが、地域によっては公害防止協定の締結が義務付けられている地域があるため、FS 段階では行政に対して具体的な指示を仰ぐ必要がある。また、地域住民に対し説明会を開催する。その際、バイオマスエネルギー事業実施の目的と意義を丁寧に伝え理解を得るだけでなく、建設時の騒音、振動、悪臭などに対するリスクと対応方針についても説明する。



- 地域関係者との合意形成はできているか？
- 地域の関係者による協議会を開催し、事業の内容についての理解醸成を図っているか？

事業内容によって合意形成が必要となる地域関係者は異なるが、一般的に以下が該当する。いずれの事業モデルでも都道府県や市町村への説明、合意形成は必要となる。特に発電事業の場合は通常数万 m<sup>3</sup>/年の大量のバイオマスを利用するため、地域の林業やその他産業への影響が生じる可能性があることから、都道府県・市町村の支援が得られない場合は実施が難しい。

表 2.1.19 合意形成が必要な地域関係者の例

事業モデル	合意形成が必要な地域関係者
発電事業	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 行政（都道府県・市町村）</li> <li>● 既存の周辺の発電所</li> <li>● 燃料供給業者、製紙業者などの関連産業</li> <li>● 森林所有者、林業事業者、その他バイオマス排出業者</li> <li>● 施設周辺の住民</li> </ul>
外部熱供給	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 行政（都道府県・市町村）</li> <li>● 熱供給先の事業者</li> <li>● 供給先周辺の事業者、施設等</li> </ul>
オンサイト型(敷地内)熱利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 行政（都道府県・市町村）</li> <li>● 施設周辺の住民</li> </ul>

特に**新規にプラントを建設する場合**、地元との合意形成が得られずに建設工事が大幅に遅延したり、事業の縮小を余儀なくされることも起こりうるため、早期から県や市などの地元行政に適宜相談して指導を仰ぎ、立地する地域の周辺住民に対する事業説明会を開催するなど、十分な調整を行うことが必要である。

## **地域協議会の開催**

バイオマスエネルギー事業実施における、**地域の関係者への理解醸成、並びに専門家からの助言を得る手段として、協議会（または推進委員会）を開催**することが有効である。

NEDO 地域自立システム化実証事業の実証事業者はいずれも FS 段階から運転稼働後まで、技術専門家（メーカーおよび学識関係者）、原料調達関係者、行政関係者、先進事業関係者などを含めた推進委員会を開催し、地域との連携や専門的助言を得ている。

なお、地域協議会の開催の際、先行事例では委員として各関係組織の上位者が参加し、議論や方向性の決定を行うことが多い。しかしながら、実務を担当する現場レベルで事業目的を含む各種情報が共有されていなかったり、スキルや体制面での対応が困難であるケースも散見される等、意思決定者と現場の「温度差」が問題となることもある。したがって、各組織内での情報共有や目的の共有を図ることはもちろんのこと、サブワーキングとして実務担当者レベルの話し合いを行う場を設けるなど、「現場」レベルでの調整を早い段階から行うことが重要である。

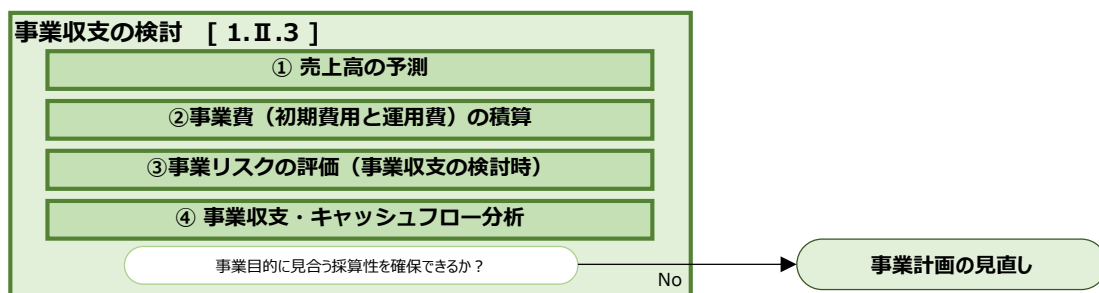
## 1.Ⅱ.3 事業収支の検討

FS 調査が進み、原料・燃料の調達（2 章）やエネルギー利用（3 章）、設備設計（4 章）の検討が進んだ段階で事業収支の検討を行う。本ステップで最終的に行うべきことは、各ステークホルダー（含む、資金調達先）が納得するような収支計画を立てることである。そのためには、事業期間を通じての財務三表（貸借対照表：B/S、損益計算書：P/L、キャッシュフロー計算書：C/F）の計画を立てる必要がある。そして、その納得を得るために、いくつかの財務指標の水準をチェックし、また一定のストレス（不測の事態）にも耐えられるものであることにする必要がある。

項目としては、概ね以下のとおりとなるが、案件により検討の手順が併行したり前後したりすることに留意されたい。

- ① 事業期間中の売上高の予測
- ② 事業費（初期費用と運用費用）の積算
- ③ 事業のリスク評価
- ④ 事業収支・キャッシュフロー分析（各種財務指標を用いたストレス（不測の事態等）への耐性の検証）
- ⑤ 資金計画の策定（1.Ⅱ.4（177 頁）参照）

なお、これらの項目は、金融機関から融資を受けるなど、第三者から資金調達を行う際にチェックされるものがほとんどである。したがって、それらの予定がある場合には、それら資金調達の予定先とも、適宜コミュニケーションを取りながら行う必要がある。特に、事業リスクの評価と事業収支・キャッシュフロー分析については、資金調達先によって考え方が異なっていることが多く、その結果として資金計画の練り直しを迫られる場合も多いため、特に留意が必要である。





# ① 売上高の予測

事業収支・キャッシュフロー分析のためには、まずはバイオマスエネルギー事業における収益源の想定および売上高の予測を行う。下に示すとおり、発電事業、熱利用事業等により売り上げを考える際のポイントが異なることに留意する。

- 原料・燃料調達にかかるチェック項目に留意の上、その価格や量につき設定されているか？
- 熱供給や副生物の販売による収入を見込む場合、そのリスクを踏まえ売上の見込みを立てているか？

バイオマスの売り上げを考えるに当たっては、FIT 制度を活用した発電であれば以下の 3 点がポイントとなる。

1. 燃料の確保
2. 運用面を含む想定通りのプラント性能の発揮
3. 2. も含めた設備稼働率

さらに**熱供給を行う場合**や、**副生物の販売を行う場合**には FIT 制度に基づく電力の販売とは異なり以下もポイントとなる。

4. 供給先の需要や価格等

売上高の予測においては、**想定している収益源、燃料調達および設備稼働の安定性を含めた「確からしさ」**が鍵となり、本ガイドラインに記載された各チェック項目を十分検討することが望ましい。特に、その前提となる発生するエネルギー量については、燃料やプラントの性能と物質収支やエネルギー収支等から理論的に算出される値を用いることが多いが、（特に**木質ガス化方式の場合**）理論通りには行かないことが多いため、既存事例の実績を考慮した想定とするよう留意が必要である。なお、これらを含め最終的に収支計画を立てる際には、売上に関する様々なリスクも考慮する必要があるが、その点については次項以降に記載する。

## ② 事業費（初期費用と運用費）の積算

本ステップでは基本設計を踏まえて設備の建設費および O&M 費などの事業費の算出を行う。基本設計を行った設備メーカーに対して各設備の見積り依頼を行い見積書を取得する。EPC 事業者に一括発注する場合は土木建築工事費を含めた設備一式の費用の見積りを依頼する。また、運転時間ごとに推奨される長期メンテナンス計画を提供してもらうと、ランニングでのメンテナンスコストの推計が可能となる。そのうえで、設備導入全体に係る概算費用を算出する。

なお、このとき事業内容に応じて必要となる設備以外の費用についても抜けもれなく整理することが重要である。例えば、**新規に土地を取得する場合**は土地購入費、広域送電の場合は系統連系費用、**事業者自ら原料・燃料を搬出・輸送する場合**は重機・車両購入費などが挙げられる。その他、**SPC を設立する場合**や**海外メーカーとの契約の場合**は弁護士費用なども発生する他、**融資を受ける場合**は担保関連の登記費用のファイナンス関連費用も必要となる。

□ メーカー等の見積りを取得したうえで、将来的な追加コスト・発生リスクについて考慮された一定の余裕のある建設費・O&M 費積算を行っているか？

### 事業費（全般）の積算に係る留意事項

FS 調査において事業化判断を行うにあたり、精度の高い事業費目の積算と事業採算性の検討が不可欠である。先行事例の中には、事業費の積算において**費目の抜け漏れがあったために計画時点と事業開始後の採算性に乖離が生じたケース**も見られる。

必要な事業費に係る主な項目は以下が挙げられる。

- 建設に至るまでの各種調査や設計等の費用（開発費用）
- 建設費用
- 設備稼働後の各種運営費用（主として O&M 費用）
- その他費用（融資に関する利息等）

開発費用および建設費用（以下、併せて初期費用）はキャッシュフロー（収入）がない段階で発生するものであり、その**資金手当ての獲得に係る検討**が必要となる。また、運営費用については、事業の収支や資金繰りに直接影響するという点を踏まえて検討する必要がある。

事業費の積算の際は、**設備機器ごとにメーカーや EPC 事業者から見積りを取得**する必要がある。ただし、これらの見積りは、**初期費用として事業者が積算すべき範囲を全てカバーしているものではない**ことがあるため、事業者自ら**費目の全体と各メーカーの見積りの対象範囲を突き合わせ**、不足する経費については概算する必要がある。

- ❑ メーカー等の見積り、土木建築、配管等の概算の見積りを踏まえた事業費が積算されているか？
- ❑ メーカー・機器の見積り比較の上で、付帯設備の条件等、見積り条件は明確となっているか？
- ❑ その他、細かい費用（特に資金調達に関する費用）に漏れはないか？

### 事業費（初期費用）の積算に係る留意事項

初期費用の主な項目と見積り取得方法は以下のとおりである。

表 2.1.20 初期費用の主な項目と見積り取得方法

項目	見積り実施者	見積り取得方法
設備一式 (受変電設備含む)	メーカー EPC 事業者	[土木・建築工事と分離発注]→メーカーから見積り取得 [土木・建築工事と一括発注]→EPC 事業者から見積り取得 ※見積り依頼時に計画諸条件や予備費の有無を決める ※運転開始当初 1 年分の消耗品費を含める
土木・建築工事一式	一級建築設計事務所 建設会社 EPC 事業者	[設備と分離発注]→一級建築設計事務所または建設会社等から見積り取得 [設備と一括発注]→EPC 事業者から見積り取得
系統連系費用	電力会社	まずは事前相談の申込をし接続可能容量を把握 事業内容が概ね固まった段階で、アクセス検討の申込をし、費用概算を取得
土地購入費用	事業者	用地所有者に確認、交渉。また、登記関連費用も忘れずに。
重機・車両購入費 (所内用、輸送用)	重機・車両販売店 リース会社	[自ら購入]→重機・車両販売店から見積り取得 [リース利用]→リース会社から見積り取得
開業前経費	事業者 EPC 事業者	事業者自ら、あるいは EPC 事業者が概算 -(SPC を設立する場合、)SPC 設立関連費用(含む弁護士費用) -調査地質調査費・測量費・バイオマス燃料分析費・水質分析費 -建築設計費・開発申請費用等 -許認可申請費 -溶接安全管理審査費用(第三者機関) -建設中事業者人件費 -ファイナンス関連コスト ・担保関連登記費用、建設中金利等 ・なお、調達規模が大きい場合などは、金融機関の組成関連費用が必要となる場合がある。 -その他弁護士費用 ・一般的な契約の場合は、敢えて、弁護士のレビューは必要ないかもしれないが、海外のプラントメーカーとの契約や、融資契約もプロジェクトファイナンスになる場合などは、弁護士のレビューを受けた方がよい。 -試運転中費用 -予備費

(出所) メーカー等へのヒアリングをもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

### 見積りを取らなくてはならない設備

計画段階において見積りを取る必要がある設備を次表に示す。事業で新たに導入が必要な設備は、基本的に市販の製品ではなく注文生産の製品であるため、価格情報は公表されていない。特に、**設置費等は各事業の個別の状況に応じて決まるため**、一般解が存在しない。さらに、同じ条件や事業内容であっても、設計や部材調達の内容がメーカーや EPC 事業者ごとに異なるため、見積り結果は各社で異なる点に留意されたい。

代表的な木質バイオマスエネルギー事業における設備費用の例は「**第 1 部 4 章バイオマスエネルギー利用の意義**」を参照されたい。

表 2.1.21 調達および供給形態に応じた見積り対象設備

	設備名	調達形態			供給形態		
		丸太等	チップ	ペレット	温水	蒸気	電力
調達	乾燥・貯蔵設備	○	○	○			
	チップパー		○				
	ペレット製造設備			○			
	輸送用設備	△	△	△			
変換	温水ボイラー <sup>11</sup>				○		
	蒸気ボイラー					○	○
	タービン						○
	発電機						○
供給	温水配管				○		
	蒸気配管					○	
	送配電設備						○
	副生物貯蔵・利用設備				○	○	○
その他	所内用重機	○	○	○	○	○	○

(出所) メーカー等へのヒアリングをもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

- メンテナンス費は長期的な増加分も考慮されているか?
- 設備の更新に係る積立は考慮されているか?

設備運転に必要なメンテナンス費は年々増加していくことを想定しておく必要がある。見掛の事業性を良くするために実際には生じる**大規模メンテナンスを計上しない**メーカーがあるので注意が必要である。

## O&M 費の項目

O&M 費の項目は概ね、**木材資源調達費、ユーティリティ費、メンテナンス費、重機燃料費、人件費、灰処理費、一般管理費**に分類される。如何に実態に即したものとするためには見積り取得や詳細検討が必要となる。詳細に積算を行う場合は特に専門的な知見が不可欠である。

なお、**特に大規模設備の場合、メンテナンスで発生する種々の廃棄物**があり、これらは所内に保管し続けることができないため、処分費として予め計上しておく必要がある。例えば、**熱分解ガス化発電設備の場合、タールの水処理に想定以上のコストが発生している**事例がある。

<sup>11</sup> 搬送装置、制御盤、タンク、フィルターなどのボイラー付帯設備も含まれる。蒸気ボイラーも同様である。

表 2.1.22 運用費の費目とその概算方法

項目	概算方法	積算方法	見積り実施者
木材資源調達費	単価×年間調達量 ※輸送費を事業者が持つ場合は輸送費も含めて概算	調達量や密度の変動、輸送距離の変動等を考慮して積算	事業者がコンストラクション・マネジャーやコンサルタント等の専門的知見を持った人材と協力して実施(一部メーカー見積りを取得)
ユーティリティ費	建設費の10%程度	メーカー見積りから積算	同上
メンテナンス費	設備費の3~5%程度	初期費用見積り時に取得した消耗品費や部品の交換頻度をふまえて積算 ※メンテナンスで発生する廃棄物処分費も考慮する	同上
重機燃料費(所内重機)	燃料単価×時間当たり消費量×年間稼働時間	重機別の消費量を精査したうえで積算	同上
人件費	人件費単価×人数(班数×班員数+管理部門人数) ※有資格者の有無等に注意	職務内容や勤務態勢に応じた人件費単価を設定し積算	同上
灰処理費	灰処理単価×変換設備への年間投入量×灰分率	灰の引取先別単価や灰分率の変動幅を考慮して積算 フレコンバッグの単価と消費量を想定し、積算	同上
一般管理費(諸経費)	人件費の8~25%程度	事務所経費等の必要諸経費を積算	同上
その他(保険料、分析費、事業税など)	—	—	—

(出所)「バイオマスエネルギー導入ガイドブック(第4版)」(NEDO)2015年をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## キャッシュフロー分析におけるO&M費の考え方

事業者の組織内部で事業期間の必要経費や事業性を検討する際は、プラントのO&Mコストは一定の値として計上してもよいが、**数年に一回の大規模修理を含めたO&Mコスト全体を毎年の必要経費として割り振り平準化**する必要がある。

一方、**金融機関から融資を受ける際に提出する収支計画の場合**は、平準化するのではなく、**実際に必要な年次毎に計上**し、毎年のキャッシュフローとして展開することが求められることもある。また、平準化するとしても、実際に大規模なオーバーホール<sup>12</sup>等による支出がある年次までにその分を貯めておく形での平準化の必要があることには留意されたい。

既存事例に基づく一般的なケースでは、**BTGでは2円/kWh、熱分解ガス化の場合は7~10円/kWh(エンジンだけで5円/kWh)、ORCの場合は3円/kWh程度**となっている<sup>13</sup>。

## オーバーホールおよび法定点検のタイミング

例えば**熱分解ガス化設備の場合**は3年目と6年目に、**BTG**は2年目と6年目にオーバーホールが行われるため、それらを含めた経費が平準化されている必要がある。なお、**ORC設備の場合**は2年に1回法定点検が行われる。熱分解ガス化設備のオーバーホールの場合はエンジン自体を取り換えるようなもののため、**エンジンの初期投資に近い費用が発生**する。

<sup>12</sup> 設備を分解、洗浄して、外見からは分かりにくい損傷や異常を確認しメンテナンスを行いエンジン性能を新品と変わらない状態に修復すること

<sup>13</sup> NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業のFS・実証関係者および有識者へのヒアリングによる目安の金額であり、実際には設備機種や導入条件によってばらつきが見られる。

- ❑ 地盤が脆弱の場合、土木建築費用が想定より拡大することを加味した事業費が積算されているか？
- ❑ 土地造成が必要な場合、どの程度費用が発生するか確認したか？

施設を建設する候補地の**地盤が脆弱な恐れがある場合**、適正やリスクの検討が不十分であると、**事業化判断後、思わぬ土木建築費や土地造成費用が発生**することがある。NEDO 地域自立システムの実証事業でも、設計施工段階で土地の脆弱性が判明し、FS 時に想定していた 2 倍近い土木建築費用が掛かったケースが存在する。

土木建築費用および土地造成費用等、用地に関する留意事項は「**1. I. 4 用地の想定**」(142 頁)を参照されたい。

### ③ 事業リスクの評価（事業収支の検討時）

次項に示すとおり、詳細な事業収支・キャッシュフロー分析を行うためには「ストレスケース」を検討することが必要である。それに先立ち、変動可能性がある要素について、事業リスクの評価を行うことが望ましい。

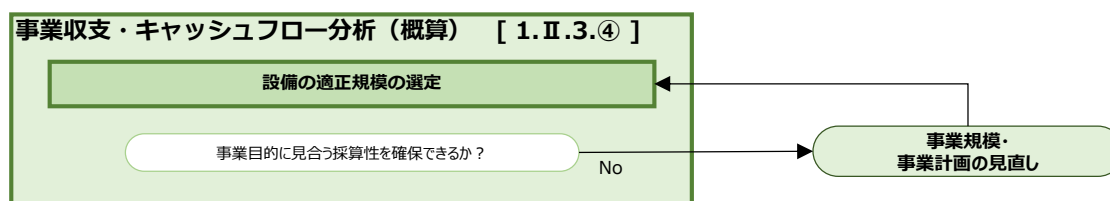
本リスク評価は FS 終了時における事業実施の最終判断の際にも行うことから、詳細は「**1. II. 6 事業のリスク評価（FS 終了時）**」(196 頁)を参照されたい。

## ④ 事業収支・キャッシュフロー分析

設備導入に係る建設費および O&M 費の概算を整理した後、事業収支をキャッシュフローの分析を行う。このとき、想定している事業期間における毎年のキャッシュフローまで分析する。そのうえで、当初の目的に合致する事業性を確保できるかを確認する。

FS 調査を進める中で、**内部要因（原料調達条件、事業費、エネルギー販売条件等）** および **外部要因（補助制度、FIT 条件、為替、燃料市場価格等）** により諸条件は変動するため、事業性への影響が見込まれる場合には、逐次前提条件を見直し、事業収支の検証を行う。

この時、キャッシュフロー分析ではベースとなる採算モデルを作成した後、事業リスクを考慮し想定より原料価格や調達量、熱利用量などが変動した場合の「ストレスケース」を検討することが望ましい。



なお、**地域熱供給や ESCO 事業など設備の所有・運営者と熱の需要者が異なる場合**は、収入の柱となる熱価格の設定を行う際に、利益の分担の在り方に応じ、**供給者・需要者双方にとって納得できる価格設定**を行うことが重要となる。

**灰などの副生物の販売を行う場合**は、実際の市場における評価に応じた価格設定を行う。事例が少ない場合には過度な期待を織り込まず、保守的な見通し（廃棄物処理を前提とする）に基づき採算性を確認し、副生物が販売できた場合を楽観ケースの利益（追加的利得）として想定するに留めておくことが計画上のリスクの軽減につながる。

この段階で組織として求める採算性が確保できる見通しが立たない場合は、原料やエネルギー利用方法、設備などの事業計画の各要素を再検討する。

□ 技術的な裏付けのある運転計画の条件をベースとした収支計画が組まれているか？

□ メーカーのカタログ値そのままでの検討がなされていないか？

エネルギー変換設備の出力や効率などのスペックについてメーカーのカタログ値をもとに計算する事業者が多いが、これは理想的な値であり**実際の設備とギャップ**がある場合がある。

カタログで示された出力や効率の妥当性を確認するには、**メーカーより物熱収支表（ヒートマテリアル・バランス表）**を入手することで査定が可能である。

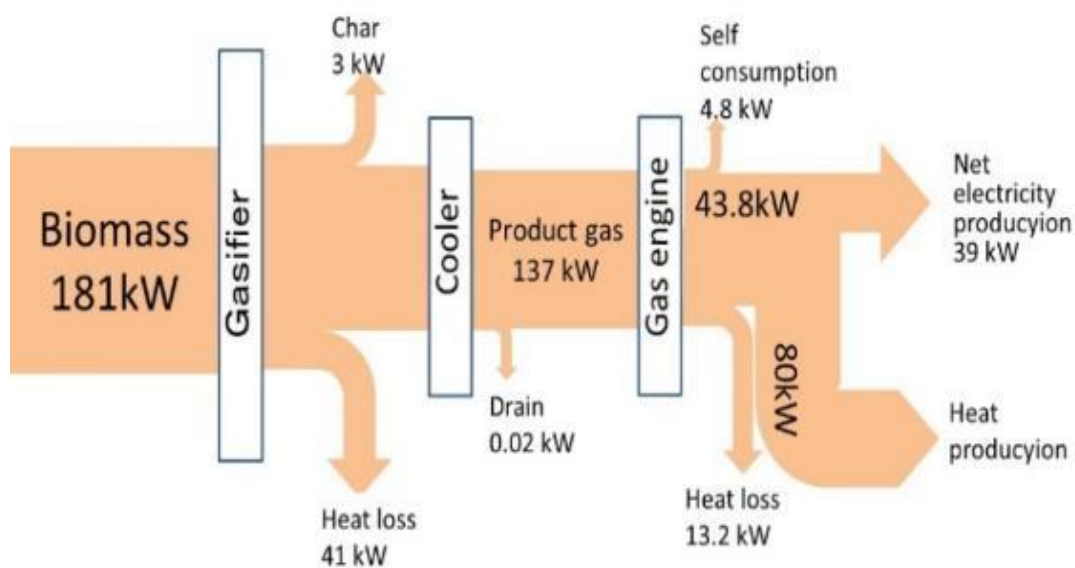


図 2.1.4 物熱収支図の例（簡易版）

（出所）株式会社 PEO 技術士事務所提供資料



## □ 提示された事業性分析結果は理想的な条件で計算されていないか？

- メンテナンスに伴う稼働停止や安全率も踏まえた稼働時間、設備利用率が設定されているか？
- 事業性は安全率も踏まえた稼働時間、設備利用率が設定されているか？

メーカーやコンサルタントから提示される事業性に関する前提条件は必ず確認する必要がある。例えば設備利用率が異常に高い値であったり、投入するチップやペレットの熱量が一般値より異常に高い、排水処理コストや副生物処理コストが計上されていない（排水処理や副生物が発生しないシステムとして示されることがある）などにより、実際よりも採算性が良い結果として提示されることがある。そのため、こうした前提条件に関する各々の数値は必ず根拠について確認することが必要である。

その他、プラント自体の改修が必要となるケースもあることに加え、特に木質ガス化の場合には、当初 1～2 年は、諸々の調整を行いつつ、出力を徐々に上げていかざるを得ないケースが多い。そうした点も収支上、考慮する必要がある。

また、メンテナンスコストが O&M 費に占める割合も無視できない。前述のとおり、見掛の事業性を良くするために実際には生じる大規模メンテナンスを計上しないメーカーがあるので注意が必要である。メンテナンスコストの妥当性を確認するためには、1kWh あたりのコストまたは資本費に占める割合に変換して異様に安価な値になっていないか確認することが重要である。上述のとおり、通常 BTG では 2 円/kWh、熱分解ガス化の場合は 7～10 円/kWh（エンジンだけで 5 円/kWh）、ORC の場合は 3 円/kWh 程度であり、これらと比較して異様に安価である場合は前提条件を突き詰めて確認することが必要となる。

## □ 損益計算だけではなく、キャッシュフローの分析がなされているか？

事業収支と資金繰りは異なる問題であり、収支が確保できても資金がショートすることもあるため、損益計算だけではなくキャッシュフロー分析を行う必要がある。さらに、後述する投資回収年、IRR、DSCR などの財務指標を用いた財務分析を行う必要がある。

### 事業収支計画と財務三表

これまでに整理した初期費用や運用費の積算や事業リスクの分析をもとに収支計画を策定する。具体的には、事業期間（FIT 制度の適用ある発電事業の場合、建設期間 + 20 年）を通じた予想損益計算書（P/L）、貸借対照表（B/S）、キャッシュフロー計算書（C/F）を作成する。

その際、諸元となる数値（前提項目）を入れ替えて、様々なシミュレーションができるような計表とするため、表計算ソフトを用いるのが一般的である。構想段階であれば簡易な収支計画でもよいが、FS 段階までくると、金融機関との交渉を念頭に置いたものとする必要があり、様々なチェックも必要となる。

そのため、最終的な損益がわかるための P/L だけでなく、現金収支がわかるための C/F、現預金残高や融資残高、自己資本の状況等がわかるための B/S の財務三表が必要となってくるほか、採算性やキャッシュフローの安全性などをみるためのいくつかの指標（後述）の記載も必要となる。フォーマットのイメージは以下に記す通りであり、「財務モデル」などと呼ばれる。会計・税務的な知識が必要となるため、必要に応じて、専門家の手を借りた方がよい。

<主要前提項目>		第1期	第2期	第3期	.....
P/L	項目	注書き			
	注書き				
B/S	項目	注書き			
	注書き				
C/F	項目	注書き			
	注書き				
諸指標など					

図 2.1.5 財務三表に係るフォーマットイメージ

(出所) みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

なお、資金調達計画がないと最終的にはこれら計表は作れないが、金融機関等の資金調達先と調整しながら策定していくものであるため、事業者自身が十分理解しておく必要がある。(資金調達計画は次項にて記載する)

## □ IRR、DSCR などの財務指標を用いた財務分析がなされているか？

### チェックすべき財務指標

財務モデルにおいてチェックすべき指標の主なものは以下のとおりである。

#### ① IRR (Internal Rate of Return) : 内部収益率

一般的には、投資金額に対する将来のキャッシュフローの現在価値と、投資金額の現在価値が等しくなる利率といった説明がなされる。概ね、投資に対する複利での利回りと考えておけば、大きく外れない。

以下の算式が成立する「r」が IRR となる。

- $C_0$  : 初期キャッシュフロー（初期投資金額を 10 億円とすれば -10 億円となる）
- $C_1 \sim n$  : n 年目のキャッシュフロー総額

$$C_0 + \frac{C_1}{(1+r)} + \frac{C_2}{(1+r)^2} + \frac{C_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{C_n}{(1+r)^n} = 0$$

なお、把握すべき IRR には、Project IRR (P-IRR) と Equity IRR (E-IRR) がある。

**P-IRR** は、プロジェクト自体の内部収益率であり、正しく総投資額に対して得られるキャッシュフローの利回りであり、**事業の採算性を図る**ために、まずはこの指標をチェックする。この値が低いと、過大投資となっていないか、あるいは期中にかかるコストが多すぎないかといった点を吟味する必要がある。ただ、高ければいいというものでもなく、必要な投資や費用が計上されていない可能性もあるため、そのチェック指標ともなりうる。なお、調達価格算定員会にて FIT 価格を決定するためにも P-IRR が一つの基準とされている。

一方、**E-IRR** は、自らが投じた自己資金 (Equity) に対して得られるキャッシュフロー (配当等) の利回りであり、**事業者自らの収益性や採算性を図る**指標となる。また、第三者の投資を呼び込む際にも、E-IRR が一つのメルクマールとなる。一般的には、P-IRR が同水準であれば、出来る限り自己資金を少なくする (その分、借入を多くする。但し、P-IRR が借入金利を上回っていることが前提である。) 方が、E-IRR を引き上げることができる (これをレバレッジ効果と言う)。一方で、返済負担も大きくなり、融資を行う金融機関の審査上は、マイナスであるため、それら金融機関との間で、適切な自己資金の割合 (D/E レシオ : 後述) については、議論を行う必要がある。

また、投資回収の観点では、投資回収年 (Payback Period) 即ち、投資金額がどの程度の年数で回収できるかも一つの指標である。

なお、メーカーやコンサルタント等から、**非常に高額な利回りをうたい投資を進められる**ケースも少なくない。しかしながら一般的に、特に中小規模のバイオマス事業で高い利回り (例えば P-IRR8%以上) が得られることはほとんどないのが実情である。したがって、こうした高い利回りや事業採算性を提示された場合は、疑いの目を持ち、それらの「**根拠・前提条件**」の開示を求めることが重要である。

#### ② DSCR (Debt Service Coverage Ratio) : 借入償還余裕率

文字通り、**借入の返済のための資金的な余裕度**を示す指標であり、売上から各種コストを引いた返済に回すことができるキャッシュフローを分子とし、返済すべき借入の元利金の金額を分母として、算出する。少なくとも、この値が 1.0 以上でないと、返済ができないということになる。

一般的には、各年毎あるいは元利金支払期間毎の DSCR と、融資期間を通じた DSCR を算出する。原則として「最低 1.0」であることは必要であるが、種々のリスクを踏まえると、ある程度の余裕を持っておいた方が良い。また、融資の返済に直結する指標であるため、金融機関が最も気にする指標であり、プロジェクトファイナンス (後述) 等においては、プロジェクトのリスクに応じて、前者および後者の数値それぞれに、ある程度の値を維持することが要求されることとなる。

なお、前項に記載した通り、以上を踏まえて、適切な自己資本の割合が決定されることとなるが、その負債が自己資本の何倍かということを示す指標を D/E レシオ（負債資本倍率）と言う。D/E レシオについても、大手の金融機関であれば、プロジェクトのリスクに応じて、ある程度の相場観を持っており、DSCR と両面で、返済の安全性についてのチェックが行われることとなる。

以上のように、最終的に必要な自己資本の金額は、融資金融機関との交渉にて決まることとなるため、想定した以上の自己資本が必要となる場合がある。その場合に、**金融機関から要請された自己資金が用意できないとプロジェクト自体が頓挫**してしまう。第三者からの資金を募るとしても、その第三者が投資するかどうかを決定するまでに時間を要したり、投資に当たって、様々な条件が付けられたり、それが、プラントの仕様を含めた、それまでに検討して固めてきたものに及ぶ場合もある。融資の最終条件が決まるのは、検討の最終盤となることも多いため、**金融機関の感触は適宜確認しておくとともに、自己資金についても、余裕を持っておく**方が望ましい。

□ 事業全体のリスク評価を踏まえて、複数のシナリオを用いたストレス分析がなされているか？

### ストレステスト

以上のように、財務モデルを使って収支計画を作成していくわけであるが、その収支計画は一つでは十分ではない。事業者として、収益その他の便益を追求していく立場からすれば、まず「**目標とする収支計画**」が必要である。加えて、多くの関係者に理解してもらうためには、ある程度客観的に説明できるものとして多少の保守性も必要である。

また、融資を行う金融機関からすれば、預金を原資として融資を行っている以上、「貸し倒れが起きない」というのが基本的な考え方となるため、「**最悪ケース**」を想定した収支計画を念頭に置く。

したがって、前項までのステップにて**積算した数値を、事業リスクおよびその対処の程度を踏まえて、いくつかのケースの試算を行う**必要がある。各当事者がどこまでのリスクを取ることができるのか、また、その結果としてのリターンはどの程度となるのかにつき、理解しておくことが重要である。

特に、リスクが顕在化した場合のシミュレーションを行っておくことを「**ストレステスト**」と言う。ストレステストを行うについては、冒頭の感度分析に関する記述も参照されたい。

この点は、関係当事者との間で、どのような契約内容とするのか（どのリスクを誰がどこまで引き受けるのか）や、誰からどのような資金をそれぞれどの程度調達するのかに、大きく影響することとなる。したがって、この**キャッシュフロー分析およびストレス分析については、売上高の予測から次項の資金計画までのプロセスを行きつ戻りつ行う**こととなる。

## 1.Ⅱ.4 資金計画の策定

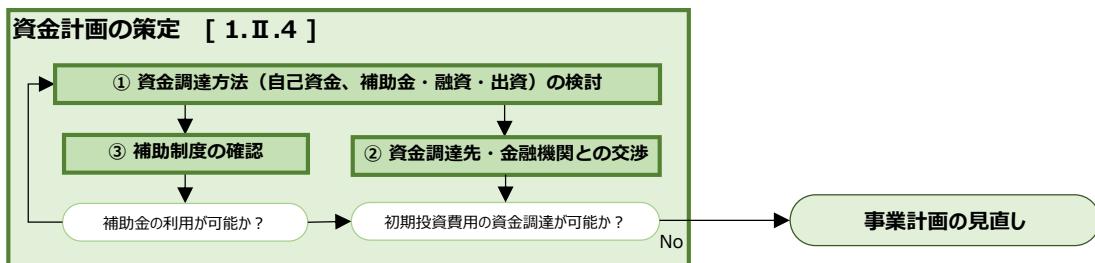
事業収支・キャッシュフロー分析において採算性が見通しが立ち、かつ必要な費用が明らかになった段階で、初期投資費用の調達方法について検討する。

**民間企業の場合**は、補助金、融資、自己資金等のいずれの予算を用いて事業を行うかを検討する。融資や出資を受ける場合は、金融機関や出資主体から資金調達可能な条件のすり合わせを行う。

**自治体主導の事業の場合**は年度会計となり予算協議が例年秋頃から詰められていくため、事業化の見込みがみえてきた場合には FS の途中段階でも、並行して予算協議を進めていくことも考えていく必要がある。

いずれの事業主体の場合も、バイオマスエネルギー事業は各省庁や自治体において設備補助などが行われている場合があるため、利用可能なメニューの有無を確認する。事業の意義をアピールするため、補助金執行団体に事業説明を行うことも有効である。

**利用可能な補助制度がない場合**は、初期費用について組織内および組織外（融資、出資など）からの資金調達可能性について検討する。組織内における説明の他、出資元の候補となる関係者、金融機関と交渉を行う必要がある。



# ① 資金調達方法の検討

- 必要な資金につき、いつ支払う必要があるか把握できているか？また、その時期に応じて、資金調達の目途が立っているか？

## 資金調達の時期と手段

事業の実施規模と用いる技術が定まると、およその初期投資額の把握が可能となる。FS 段階では、それに応じた資金調達方法を検討する必要がある。バイオマス事業を資金調達の観点から、段階を分けると、概ね以下の三段階に分かれる。

- ①各種調査、F/S などの準備段階（開発段階）
- ②着工から完工まで（建設段階）
- ③実際の運転段階（稼働段階）

③の段階においては、大規模メンテナンスや不測の事態への対応以外での資金調達は必要なく、また、大規模メンテナンスについても、稼働段階における収益にて賄うべきであるため、①および②の段階における資金調達をどのように行うかが問題となる。

したがって、①や②の段階のいつ頃、どの程度の金額が必要となるかを見積もる必要があり、資金調達が必要であれば、その時期から逆算して、資金調達候補先との調整を行う必要がある。また、その際には後述するとおり、各資金調達手段によって、利用できる/すべき時期が異なるため、その点も踏まえる必要がある。

- 資本力や本業の事業規模に対して過大な投資規模の事業となっていないか？

上で述べたそれぞれの資金をどのように調達するかについて、一般的には①の段階においても各種調査費や設計費、系統負担金などが必要であるが、まだ不確定な要素も多いことから、金融機関の融資にて賄うのは困難が伴う。自己資金やその段階でのリスクを許容できる共同事業者等の資金で賄うべきである。

また後述するように、地域における意義を十分に説明できれば、地域金融機関傘下のファンド等からの出資を仰ぐことが可能かもしれない。なお、事業者の財務基盤次第では、それを背景に融資が受けられることもある。ただし、そのリスクを踏まえれば、仮にプロジェクトが頓挫し、着工に至らなかったとしても、返済できる範囲内に留めておいた方が良い。

実際に大きな金額が必要となってくるのは、②の段階である。特にバイオマス発電事業の場合は、数億～数十億の総事業費となるため、この段階においては、多くの場合に金融機関からの融資を考える。しかし、「1. II.6 事業リスクの評価（FS 終了時）（196 頁）」にて分析するようなリスクについて、「原則として貸し倒れを起こさない」というスタンスで臨んでくる金融機関に対して、地域の中小型案件において、「問題なく対応できている」と説明しきるのはハードルが高い。

特に、燃料供給側と協定書しかなく、それ以外の措置がない状況では、長期間に亘る燃料の安定的な調達の蓋然性を説明するのは難しい。また、木質ガス化の場合は、まだ、国内における成功実績が少ない点もネックとなりやすい。したがって、金融機関から融資を受けるに際しては、事業者による何らかの財務的なバックアップ（保証等）が求められることがほとんどであるのが実

情である。したがって、それらを前提とした事業規模（即ち、自らの財務体力の範囲内）に収める必要があるし、それを超えるようなケースにおいては、そのようなバックアップが可能な第三者との共同事業とせざるを得ない。

NEDO 地域自立システム化実証事業の一部の中小企業の FS 事業者は、計画したバイオマス事業の投資規模が会社の規模に対して大きかったため、**より経営規模が大きい安定した企業を事業に巻き込むことで事業リスクや資金調達リスクに対処したケースがある**。また、同実証の多くの事業者は、基本的にはバイオマス事業を本業をより活性化させるためのサブ的な位置づけで実施しており、投資リスクを最小限に抑えている。例えば、昭和化学工業株式会社は既存のエネルギー供給システムで使用している LNG の約 20%をバイオマスで代替している。

**□ 資金調達について、基本的な枠組み（融資・出資・補助金等の割合やその調達方法等）に無理はないか？**

**資金調達方法の選択肢**

資金調達の方法としては、「①自己資金」を除けば、「②第三者からの出資」、「③融資」、「④国や自治体等の補助金」等を最適に組み合わせる必要がある。また、②③についても、国や自治体の制度があるので、必要に応じ有効に活用すべきである。なお、②③の中間的な形態として、「メザニン」と呼ばれるカテゴリーがある。もともとは「中二階」という意味で、一般的な融資や社債に返済順位が劣後する「劣後ローン・劣後債」や、例えば**株式会社の場合**、普通株式より配当や清算時の残余財産の分配が優先する「優先株式」等がこれに該当する。「メザニン」をうまく組み合わせることにより、円滑な資金調達が可能となる場合もあるため、具体的に資金計画を立てる際には、金融機関等の専門家に相談されたい。なお、①～④の一般的な特徴は、以下のとおりである。

表 2.1.23 外部資金調達手法の比較

項目	一般的な外部資金の調達手法		その他の手法
	①②出資（エクイティ）	③融資	④補助金等
主な特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>返済は原則として不要だが配当を必要とする資金</li> <li>新株等の発行によって自己資本を増加させる手法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>金利をとまなう返済を要する資金</li> <li>借入金を増加させる手法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>国や地方公共団体が推進する事業等に対して提供される資金</li> </ul>
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>返済を必要としない</li> <li>事業成功に向けて資金以外の協力を得ることが可能な場合もある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>経営の自由度を保持できる</li> <li>出資金を抑制できる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>計画どおりに事業が推進されれば、基本的に返済は不要</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>出資者が経営に関与するため、経営の自由度が低下する場合もある</li> <li>ベンチャーキャピタル等の外部の出資者から求められるリターンは金利よりも高い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>担保（不動産あるいは動産）が必要な場合が多い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>事業内容に条件があり、常に利用可能ではない</li> <li>実際の支出後に補助金が支払われるため、事業実施中に、つなぎ融資等が必要</li> </ul>
留意事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>返済は必要としないとしても、出資者の投資回収のため、出資の売却等の出口（エグジット）を考える必要がある</li> <li>何をリターンとして求めるかは、出資者によって異なる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>事業主体の信用力により融資の条件や融資の可否が異なる</li> <li>返済期間や猶予期間について金融機関と相談する必要がある</li> <li>公的な融資制度の場合、利用できる時期に制限がある場合があるので留意が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>事業者の都合で簡単には処分できない。</li> <li>制度によっては、事業終了時に設備を簿価で買い取る必要がある</li> <li>制度によっては、目的外使用、改造、処分等を行う際は国庫納付金の支払いや所管大臣の承認が必要</li> </ul>
主な調達先	<ul style="list-style-type: none"> <li>自己資金</li> <li>事業パートナー（他企業）からの出資</li> <li>ベンチャーキャピタル 等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>銀行</li> <li>日本政策金融公庫等の公的金融機関</li> <li>信用金庫 等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>国</li> <li>地方公共団体 等</li> </ul>

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

出資については、事業体の形態と目的に応じて、様々な手法が考えられる。その点については、「**1.Ⅲ.1 事業体の組成**」**(215 頁)**を参照されたい。なお、出資と融資の割合をどうすべきかについては、上述のとおり、出資の利回り（収益性）と融資の返済の安全性との関係で考えることとなる。**メザンを活用する場合は**、専門的な知識を要するため、金融機関その他の専門家に相談されたい。



## ② 資金調達先・金融機関との交渉

□ 資金の調達候補先との間で事業に対する理解や条件等についての協議がなされているか？

□ 補助金の活用など、役所等の支援を仰ぐ場合、役所内で予算協議が進められているか？

### 金融機関（特に地域金融機関）としての取り組みの意義

地域金融機関では、近年 SDGs への取り組みを推進する動きが広がりつつあり、「SDGs 宣言」を行う地域金融機関も増加している。その取り組みには濃淡があるが、多くの地域金融機関が重視しているのは地域課題の解決である。少子高齢化や人口流出による資金需要の減少に未曾有の金融緩和による低金利が追い打ちをかける中、自ら地域課題の解決に積極的に関与し、地域経済を活性化させ資金需要を掘り起こす必要に迫られている面もある。

地域の材を用いたバイオマス事業は、「第 1 部 4 章 バイオマスエネルギー利用の意義」にて記載したように、これら地域課題の解決に資する面が大きい。2050 年に CO<sub>2</sub> 排出量をゼロとする宣言を行う自治体も増える中、そういった気候変動問題をはじめとした環境問題への意義もさることながら、下記のポイントを押さえて事業を行えば、様々な地域への経済的な波及効果を生む。なお、地域への波及効果を金融機関に具体的に示すためには、第 1 部にて記載した地域経済への波及効果の分析を行った結果を用いるのもよい。

#### <金融機関を含む地域関係者に対するバイオマス事業の意義の訴求ポイント>

- ① 地域の材を用い地域の林業に貢献するとともに、建設工事や運営などについても可能な限り、地域の事業者にて行うことにより、一時的な経済的付加価値を地域に落とす。また、雇用の促進や人材の育成を図り、さらにその波及効果を広げること。
- ② 出資にせよ融資にせよ、可能な限り地域の資金を活用し、配当や金利等の形で、収益を可能な限り地域に落とすこと。
- ③ 域外の事業者と共同で事業を行う場合は、上の 2 点を十分考慮してもらうとともに、共同事業会社を立ち上げる際にはその本社所在地をその地域とし、可能な限り地域に落としてもらうようにすること。

保守的な金融機関も多いが、上記のような意義について十分に納得すれば、何とか融資が可能となるよう内部で様々な議論を行ってくれることが期待できる。したがって、**バイオマスエネルギー事業実施の意義と、後述するリスクの観点に合わせて、金融機関に説明することが望ましい。**

### 金融機関のリスク判断要素

金融機関が最も重視するのは**融資が返済されるかどうか**である。バイオマス事業においては、そのキャッシュフローで返済を行うため、融資が返済できるキャッシュフローが生成されるかどうか基本となる。但し、事業であるからには目論見通りに行くとは限らず、また、様々なリスクも存在する。したがって、まずは前項までに記載したように事業のリスクを踏まえて、**様々なストレスにも耐えることができること（つまり、保守的に見ても問題のないこと）を説明する**のが第一である。

しかし、特に**国内材を用いた中小型案件の場合**は、契約において各種責任が曖昧、事業者側が責任を負うことが多かったり（事業者側が責任を負うということは、返済の原資が減少することを意味する）、特に、長期間の安定的な燃料調達の蓋然性

について、十分に金融機関の納得を得られる説明ができる場合が多くない。また、**他のバイオマス事業で頓挫した案件情報などを受けて融資に消極的**となるケースも実際に存在する。

したがって、金融機関からの借りに当たっては、ある程度の事業の成功の蓋然性が高いことが大前提であるが、それに加えて、**不測の事態に備えた事業者側の財務体力や借入額をカバーできる担保（SPC にて事業を行う場合には、それらを裏付けとした保証などの信用補完）が要求される**ことがほとんどであることに留意されたい。

## 交渉のタイミング

以上を踏まえると、まず**大まかな総事業費と関係当事者（特に、プロジェクトの主体となる者）が決まった段階で、概要を金融機関に説明しておく**必要がある。

プロジェクトの主体となる者が決まらない中では、金融機関としても判断が困難であるケースが多いが、一方で、営業的な観点や、地域における意義を踏まえて、現場（担当支店等）では前向きな反応であっても、**最終盤となって内部の審査部門等で融資困難となる**場合もある。

したがって、まずは日頃取引のある支店の担当者等に説明するとしても、その際に上述のような取り組み意義を十分に納得してもらったうえで、可能な限り早く本部に相談してもらうように依頼したほうが良い。

なお、再生可能エネルギーの案件は金額も高むことから、金融機関の本部での決裁が必要なことが多いだけでなく、本部の営業支援部署も関与することが多い。そのような部署とのコンタクトができれば、それなりのノウハウを有する金融機関であれば、その時点で融資を行うに当たっての懸念点が指摘されたり、その解決策などの相談にも乗ってもらえることがある。

その後は、上述のようにプロジェクトの様々な要素が融資の可否に影響してくることから、案件の検討の進み具合に応じて適宜金融機関との相談を行いながら、進めていくのが望ましい。

## 返済計画の策定

建設段階においては返済のキャッシュフローを生まない一方で、金利の支払いは必要なことから、**建設期間に支払いが必要な利息分も加味して資金調達を行う**必要がある。また、完工が遅れることを見込んで、**ある程度余裕を持った借入期間（と必要利息額）を考慮**しておく。

返済は稼働開始より可能であるが、運転開始当初は、様々なトラブル対応や調整が必要なことも多いので、稼働後いきなり返済を始めるのではなく、ある程度経ってから返済を始めたり、最初の数年の返済額を少なくするなどについて金融機関と交渉した方が良い。**特に木質ガス化方式の場合**は、稼働後一定期間は出力が不安定であったり、調整が必要なことも多いため、その点につき、十分な考慮が必要である。

なお、特に**発電事業の場合**は返済に要する期間も、FIT 適用案件だからと言って、稼働後 20 年掛けるのはできれば避けた方がよい。不測の事態にバッファがなくなるためである。数年の余裕を残し、**不測の事態が生じても FIT 期間内には返済が完了するような返済スケジュール**とした方がよい。

以上は、不測の事態を考慮した保守的な考え方であるが、一方でその分平均的な借入期間も延びるため、**金利負担がその分高む**こととなる。ただ、変動金利での借りに入れば、余剰資金の期限前返済も交渉は可能であるため、融資契約上は上述のように保守的な返済スケジュールとしたうえで、**余剰資金が出た場合の期限前返済の可能性についても金融機関と協議**しておくのもよい。

## 変動金利と固定金利

一般的には民間の金融機関は変動金利、日本政策金融公庫等の公的金融機関は固定金利での借りに入ることが多い。**固定金利**の方が、採算を確定させることができる一方で、変動金利よりも絶対水準が高いことが多く、また期限前返済にかかる融通も利きにくい。

**変動金利**の場合は、そのデメリットは少ないが、バイオマス事業の場合、10年を超える長期間の借入れとなるため、将来、金利が急騰した場合には、収益を圧迫する恐れがある。

これらについても、前項における**ストレステストなどで加味して、どちらの借入れ（あるいはその割合）がよいか検討**したほうが良い。

## コーポレートファイナンスとプロジェクトファイナンス

バイオマス事業において、借入を行う際には、その手法として、「コーポレートファイナンス」と「プロジェクトファイナンス」に大別されると言われることが多い。

**コーポレートファイナンス**とは、文字通り、企業の信用力に依拠したファイナンスであり、企業の財務体力で返済を図るものである。日常の借入れのほとんどは、コーポレートファイナンスに分類される。

一方で、**プロジェクトファイナンス**とは、例えば「特定事業に対して融資を行い、そこから生み出されるキャッシュフローを返済の原資とし、債権保全のための担保も対象事業の資産に限定する手法<sup>14</sup>」などと説明される。そのため、事業者の財務体力が十分ではなくとも、事業のキャッシュフローが十分であれば、プロジェクトファイナンスの手法を用いて融資が受けられる可能性はある。

プロジェクトファイナンスも様々な形態のものがあり、事業のキャッシュフロー「のみ」を返済原資とし、不測の事態が生じても、**事業者への責任を問わない「ノンリコース」型、一定の不測の事態にのみ責任を問う「リミテッドリコース」型、不測の事態すべてに責任を問う「フルリコース」型**がある。

## 地域のバイオマス事業とプロジェクトファイナンス

地域で行う中小型のバイオマス事業においては、様々なリスクへ金融機関が納得できるレベルまで対応するのは、非常にハードルが高く、現実的にはプロジェクトファイナンスの形態を取ったとしても、**フルリコース型となるのが一般的**であり、その場合は、やはり**事業者自身の財務体力が問われる**こととなる。また、それら対応を行うために、様々な手間とコストもかかるため、その規模を踏まえても、「**ノンリコース**」型は**あまり現実的ではない**。むしろ、フルリコース型であったとしても、プロジェクトファイナンスの形態を取ることにより、金融機関との間でリスク認識を共有化し、お互いに事業のモニタリングを適切に行うことによって、不測の事態が生じるのを未然に防いだり、起こった際の対応を円滑にすることができることに着目すべきである。

なお、プロジェクトファイナンスの形態を取った場合には、融資関連の契約も様々な条項が含まれた大部のものとなり、法律実務家（弁護士等）を交えて、個別に契約条項を詰めていく実務が一般的である。以下、主要な契約について記す。なお、**プロジェクトファイナンスの場合は、その事業のための SPC（プロジェクトカンパニー）を設立するのが一般的**である。

<sup>14</sup>株式会社三井住友銀行 HP より

## <プロジェクトファイナンスに係る主な契約>

### ① 融資契約（ローンアグリーメント）

基本となる融資契約であるが、金額・期間・金利等の融資に関する諸条件の外、借入人としての表明・保証事項、融資実行の前提条件、借入人の誓約事項（各種報告事項を含む）、資金の用途に関する事項、期限の利益喪失事由、複数の金融機関から融資を受ける場合の、金融機関間の取り決めなどが定められる。

### ② スポンサーサポート契約

リミテッドリコース型あるいはフルリコース型の場合に、不測の事態が生じた場合に、事業者が融資の返済が可能となるような措置を行うための契約であり、その条件や方法などが記載される。

### ③ 担保関連契約

事業に関する資産は、全て担保権が設定されるほか、最終手段として、金融機関が SPC の運営を第三者に変更することにより、融資の回収を図ることを目的として、SPC の株式にも担保権が設定されることが多い。

## （参考）環境エネルギー・地域活性化関連の出融資メニューの例

### 日本政策金融公庫（環境・エネルギー対策資金）

日本政策金融公庫では、「環境・エネルギー対策資金」では、非化石エネルギーを導入する施設を取得（改造、更新含む）するために必要な設備資金に対する融資メニューを設定している。

表 2.1.24 環境・エネルギー対策資金の概要

対象者	非化石エネルギーを導入するために必要な設備を設置する方
資金の使いみち	非化石エネルギーを導入する施設を取得(改造、更新を含む)するために必要な設備資金
融資限度額	直接貸付 7 億 2 千万円、代理貸付 1 億 2 千万円
返済期間	20 年以内<うち据置期間 2 年以内>
利率(年)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 下記条件を除き「基準利率」を適用</li> <li>・ 4 億円を限度として下記の「対象区分 1」の設備を取得する場合は「特別利率②」を適用可能</li> <li>・ 4 億円を限度として下記の「対象区分 2」の設備を取得する場合は「特別利率①」を適用可能</li> <li>・ なお、信用リスク・融資期間などに応じて所定の利率が適用される</li> </ul>
特別利率の適用に係る対象設備	<p><b>対象区分1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 発電設備(風力、地熱・水力およびバイオマスエネルギーに限る)</li> <li>・ 熱利用設備(温度差エネルギー、バイオマスエネルギーおよび雪氷に限る)</li> <li>・ 燃料製造設備(バイオマスエネルギーに限る)</li> </ul> <p><b>対象区分2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 発電設備(太陽光(発電出力 10kW 以上の自家消費型発電設備)に限る)</li> <li>・ 熱利用設備(地中熱および太陽熱に限る)</li> </ul>
担保・保証人	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 担保設定の有無、担保の種類などについては、相談のうえ決定</li> <li>・ 直接貸付において、一定の要件に該当する場合には、経営責任者の方の個人保証が必要</li> <li>・ 5 年経過ごと金利見直し制度を選択可能</li> </ul>

(出所) 日本政策金融公庫ホームページ<sup>15</sup>よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

<sup>15</sup> [https://www.jfc.go.jp/n/finance/search/15\\_kankyoutaisaku\\_t.html](https://www.jfc.go.jp/n/finance/search/15_kankyoutaisaku_t.html)

表 2.1.25 環境・エネルギー対策資金の主な貸付利率

貸付期間	主な貸付利率		
	基準利率	特別利率①	特別利率②
5年以内	1.11%	0.71%	0.46%
5年超～6年以内	1.11%	0.71%	0.46%
6年超～7年以内	1.11%	0.71%	0.46%
7年超～8年以内	1.11%	0.71%	0.46%
8年超～9年以内	1.11%	0.71%	0.46%
9年超～10年以内	1.13%	0.73%	0.48%
10年超～11年以内	1.14%	0.74%	0.49%
11年超～12年以内	1.16%	0.76%	0.51%
12年超～13年以内	1.18%	0.78%	0.53%
13年超～14年以内	1.30%	0.90%	0.65%
14年超～15年以内	1.30%	0.90%	0.65%
15年超～16年以内	1.30%	0.90%	0.65%
16年超～17年以内	1.30%	0.90%	0.65%
17年超～18年以内	1.30%	0.90%	0.65%
18年超～19年以内	1.40%	1.00%	0.75%
19年超～20年以内	1.40%	1.00%	0.75%

(出所) 日本政策金融公庫ホームページ<sup>16</sup>よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## ふるさと融資

地域振興に資する民間投資を支援するために都道府県または、市町村が長期の無利子資金を融資する制度で、ふるさと財団が地方公共団体の依頼を受け事業の総合的な調査・検討や貸付実行から最終償還に至るまでの事務を行っている。

ふるさと融資を行う場合、地方公共団体は資金調達のために地方債を発行し、その利子負担分の一部（75%）が地方交付税措置される。ふるさと融資の申込先は、事業地の都道府県または市町村である。

表 2.1.26 ふるさと融資の概要

貸付利率	無利子の条件
融資(償還)期間	5年以上15年以内(5年以内の据置期間を含む)
融資対象期間	工期が複数年度にわたる事業については、そのうち連続する4年以内
償還方法	元金均等半年賦償還
担保	民間金融機関の連帯保証が必要 (保証料が別途必要。但し、地方公共団体が民間事業者に連帯保証料の補助を行う場合、当該地方公共団体に対して地方交付税措置(補助金の75%)が講じられる。)

(出所) 地域総合整備財団(ふるさと財団)ホームページ

<sup>16</sup> [https://www.jfc.go.jp/n/finance/search/15\\_kankyoutaisaku\\_t.html](https://www.jfc.go.jp/n/finance/search/15_kankyoutaisaku_t.html)

## 地域脱炭素投資促進ファンド（グリーンファンド）

環境省の制度であるが、「CO<sub>2</sub>削減」+「地域活性化」に貢献するプロジェクトに出資することにより、民間資金（金融機関の融資等）の呼び水として地域の脱炭素化プロジェクトを支援している。融資ではなく出資等であるため、融資よりコストはかかることが多いが、自己資金不足の場合や金融機関の理解が得られにくい場合の活用を念頭に置く。現在は一般社団法人グリーンファイナンス推進機構が取り扱っており、詳細は同機構に照会されたい。

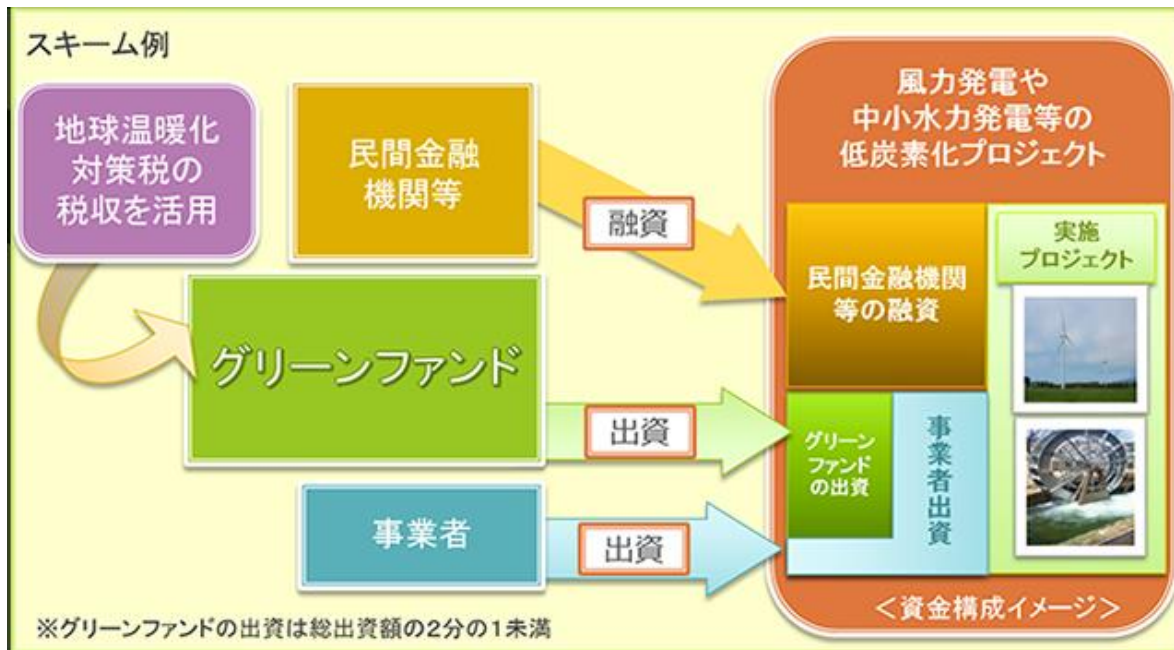


図 2.1.6 グリーンファンドの資金構成イメージ

(出所) 一般社団法人グリーンファイナンス推進機構ホームページ

### ③ 補助制度の確認

事業収支の検討および資金計画の策定の際には補助制度の活用を検討する。ただし、**FIT 制度を利用した売電事業を計画している場合**は基本的に他の補助制度との併用は不可能のため、後述するプロセスで FIT の申請を行う。

補助制度によって補助率や補助対象（設備の範囲や民間企業／自治体などの主体）が異なるため、適宜キャッシュフロー分析の再計算を行うとともに、条件に適した実施体制を検討する。

□ 設備の設計・導入に係る国、県等の補助制度や要件は確認できているか？

□ 売電を考える場合、FIT 制度と併用して適用される補助制度はほとんどないため、補助金に依存した売電計画になっていないか？

#### 補助制度の利用に係る留意事項

国および地方公共団体はバイオマスエネルギー事業に関する様々な補助制度を用意している。計画どおりに事業が推進されれば、基本的に補助金の返済は不要であるため、バイオマスエネルギー事業の資金調達の際に検討されることが多い。ただし、**実際の支出後に補助金が支払われるため、事業実施中につなぎ融資等が必要**となる。

また、**制度によっては目的外使用、改造、処分等を行う際は国庫納付金の支払いや経済産業大臣の承認が必要**な場合があることに留意が必要である。なお、**委託事業の場合**は事業終了時に設備を簿価で買い取る必要があることもある。

□ 補助の獲得に際して必要な都道府県、市町村等の協力は確認できているか？

木質バイオマスエネルギー関連の補助金の例を以下に示す。通常 FS 実施時期と設備導入の実行時期では年度が異なるケースが大半となるが、補助制度は年度ごとに制度設計が変わっていくことから、**事前に補助金を交付する担当所管課等から情報収集するとともに、申請意志を伝えておく**ことが望ましい。

なお、国の補助制度は毎年メニューが異なるだけでなく、**募集期間、補助金の執行は 1 年の限られた時期に行われるため、国の補助金の執行時期または実証事業実施時期を確認しておかないと大幅にスケジュールや資金調達計画がずれる**ことがある。

表 2.1.27 木質資源のエネルギー利用に係る各省庁の主な設備補助（2022年度）

支援類型	施策名	担当省	木質バイオマス	農作物非食用部	資源作物
計画策定	地域経済循環創造事業交付金のうち分散型エネルギーインフラプロジェクト	総務省	○	○	○
	木材需要の創出・輸出力強化対策のうち「地域内エコシステム」推進事業	農林水産省	○		
	地域共生型再生可能エネルギー等普及促進事業	経済産業省	○	○	○
	地域脱炭素実現に向けた再エネの最大限導入のための計画づくり支援事業	環境省	○	○	○
	脱炭素イノベーションによる地域循環共生圏構築事業	環境省	○	○	○
	工場・事業場における先導的な脱炭素化取組推進事業	環境省	○	○	
	「脱炭素×復興まちづくり」推進事業	環境省	○	○	○
	PPA活用等による地域の再エネ主力化・レジリエンス強化促進事業	環境省	○	○	○
	循環型社会形成推進交付金等（廃棄物処理施設分）	環境省	○		
調査設計	みどりの食料システム戦略推進交付金のうちバイオマス地産地消対策	農林水産省	○	○	○
	みどりの食料システム戦略推進交付金のうち地域循環エネルギーシステム構築	農林水産省	○	○	○
	木材需要の創出・輸出力強化対策のうち「地域内エコシステム」推進事業	農林水産省	○		
	廃棄物処理施設を核とした地域循環共生圏構築促進事業	環境省	○		
	脱炭素イノベーションによる地域循環共生圏構築事業	環境省	○	○	○
	地域レジリエンス・脱炭素化を同時実現する公共施設等への自立・分散型エネルギー設備等導入推進事業	環境省	○	○	○
	脱炭素社会構築に向けた再エネ等由来水素活用推進事業	環境省			
	PPA活用等による地域の再エネ主力化・レジリエンス強化促進事業	環境省	○	○	○
	エネルギー起源 CO <sub>2</sub> 排出削減技術評価・検証事業のうち木材の再利用によるCE×CNの同時達成方策評価検証事業	環境省	○		
循環型社会形成推進交付金等（廃棄物処理施設分）	環境省	○			
実証試験	みどりの食料システム戦略推進交付金のうち地域循環エネルギーシステム構築	農林水産省	○	○	○
	みどりの食料システム戦略緊急対策事業のうち水田農業グリーン化転換推進事業	農林水産省		○	
	スマート農業の総合推進対策のうちペレット堆肥活用促進のための技術開発・実証	農林水産省			
	「知」の集積と活用によるイノベーションの創出のうちイノベーション創出強化研究推進事業	農林水産省	○	○	○
	カーボンリサイクル実現を加速するバイオ由来製品生産技術の開発事業	経済産業省			○
	木質バイオマス燃料等の安定的・効率的な供給・利用システム構築支援事業	経済産業省	○		
	脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業	環境省	○	○	○
	地域共創・セクター横断型カーボンニュートラル技術開発・実証事業	環境省	○	○	○
	地域資源循環を通じた脱炭素化に向けた革新的触媒技術の開発・実証事業	環境省		○	
	脱炭素社会構築のための資源循環高度化設備導入促進事業	環境省	○	○	○
	脱炭素化・先導的廃棄物処理システム実証事業	環境省	○		
	エネルギー起源 CO <sub>2</sub> 排出削減技術評価・検証事業のうち木材の再利用によるCE×CNの同時達成方策評価検証事業	環境省	○		
施設整備	地域経済循環創造事業交付金のうちローカル 10,000 プロジェクト	総務省	○	○	○
	みどりの食料システム戦略緊急対策交付金のうちバイオマス地産地消対策	農林水産省	○	○	○
	みどりの食料システム戦略推進交付金のうちバイオマス地産地消対策	農林水産省	○	○	○
	農山漁村振興交付金（農山漁村発イノベーション対策）のうち農山漁村発イノベーション等整備事業	農林水産省	○	○	○
	林業・木材産業成長産業化促進対策のうち木質バイオマス利用促進施設整備	農林水産省	○		
	地域共生型再生可能エネルギー等普及促進事業	経済産業省	○	○	○
	廃棄物処理施設を核とした地域循環共生圏構築促進事業	環境省	○		
	脱炭素イノベーションによる地域循環共生圏構築事業	環境省	○	○	○
	地域レジリエンス・脱炭素化を同時実現する公共施設等への自立・分散型エネルギー設備等導入推進事業	環境省	○	○	○
	建築物等の脱炭素化・レジリエンス強化促進事業	環境省	○	○	○
	廃棄物処理×脱炭素化によるマルチベネフィット達成促進事業	環境省	○		
	工場・事業場における先導的な脱炭素化取組推進事業	環境省	○	○	



支援類型	施策名	担当省	木質バイオマス	農作物非食用部	資源作物
	革新的な省 CO <sub>2</sub> 実現のための部材(GaN)や素材(CNF)の社会実装・普及展開加速化事業	環境省	○	○	
	「脱炭素×復興まちづくり」推進事業	環境省	○	○	○
	PPA 活用等による地域の再エネ主力化・レジリエンス強化促進事業	環境省	○	○	○
	循環型社会形成推進交付金等(廃棄物処理施設分)	環境省	○		
活動支援	地域経済循環創造事業交付金のうち人材面からの地域脱炭素支援	総務省	○	○	○
	みどりの食料システム戦略推進交付金のうちバイオマス地産地消対策	農林水産省	○	○	○
	みどりの食料システム戦略推進総合対策のうち地域資源活用展開支援事業	農林水産省	○	○	○
	地域脱炭素実現に向けた再エネの最大限導入のための計画づくり支援事業	環境省	○	○	○
研究開発	廃棄物処理×脱炭素化によるマルチベネフィット達成促進事業	環境省	○		
	未来社会創造事業のうち「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域	文部科学省	○	○	○
	「知」の集積と活用によるイノベーションの創出のうちイノベーション創出強化研究推進事業	農林水産省	○	○	○
	みどりの食料システム戦略技術開発・実証事業のうち農林水産研究の推進	農林水産省	○		
	木材需要の創出・輸出力強化対策のうち「地域内エコシステム」推進事業	農林水産省	○		
	化石燃料のゼロ・エミッション化に向けた持続可能な航空燃料(SAF)・燃料アンモニア生産・利用技術開発事業	経済産業省	○	○	○
	新エネルギー等のシーズ発掘・事業化に向けた技術研究開発事業	経済産業省	○	○	○
	カーボンリサイクル実現を加速するバイオ由来製品生産技術の開発事業	経済産業省			○
	木質バイオマス燃料等の安定的・効率的な供給・利用システム構築支援事業	経済産業省	○		
	地域共創・セクター横断型カーボンニュートラル技術開発・実証事業	環境省	○	○	○

(出所) バイオマス産業都市関係府省連絡会議「関係府省庁によるバイオマスの利活用に関する支援策」より作成

## コラム：カーボンオフセット制度

企業や自治体がバイオマスを含む再生可能エネルギーを増やす手段の 1 つとして、**環境価値（CO<sub>2</sub>を排出しない効果など）を証書で購入する制度**がある。電気や熱の契約とは別に証書を購入することで、バイオマスエネルギーの環境価値を活用できる。

電力に関する証書制度について以下に示す。その他、再生可能エネルギー熱については、**グリーン熱証書、J-クレジット（再生可能エネルギー熱由来）**などがある。

表 2.1.28 再生可能エネルギーの発電設備による証書・クレジット

名称	グリーン電力証書	J-クレジット (再生可能エネルギー発電由来)	FIT 非化石証書 (再生可能エネルギー指定)
発行者	グリーン電力証書発行事業者	国(経済産業省・環境省・農林水産省が共同で運営)	低炭素投資促進機構 (国が指定した費用負担調整機関)
対象になる自然エネルギー	太陽光、風力、水力、地熱、バイオエネルギー	太陽光、風力、水力、地熱、バイオエネルギー	太陽光、風力、水力、地熱、バイオエネルギー (証書では種別は不明)
対象になる発電設備	日本品質保証機構から認定を受けた発電設備	J-クレジット制度認証委員会 が承認した発電プロジェクト (1つのプロジェクトで複数の 発電設備が可能)	国から固定価格買取制度 の認定を受けて運転中の 発電設備
購入対象者	企業、自治体など	企業、自治体など	小売電気事業者に限定
購入方法	グリーン電力証書発行事業者から購入	①J-クレジット制度事務局が 実施する入札で購入 ②J-クレジット保有者か仲介 事業者から購入	非化石価値取引市場で入 札して購入
発行量	2 億 5600 万 kWh (2018 年度)	12 億 kWh (2018 年度の認証量)	779 億 kWh (2018 年 1~12 月発 電分)
価格	発行する事業者によって異なる 大量に購入する場合で平均 3~4 円/kWh 程度	2019 年 4 月に実施した 入札では 平均 0.88 円/kWh (全国で販売した電力の CO <sub>2</sub> 排出係数の平均値で 換算)	2018 年度に実施した入 札では平均 1.3 円/kWh 最低入札価格 1.3 円 /kWh 最高入札価格 4 円/kWh
償却期限	なし(購入後いつでも償 却可能)	なし(購入後いつでも償 却可能)	発電した年(1~12 月) と同じ年度に限る

(出所)「電力調達ガイドブック(第3版)」(公益財団法人自然エネルギー財団)より作成

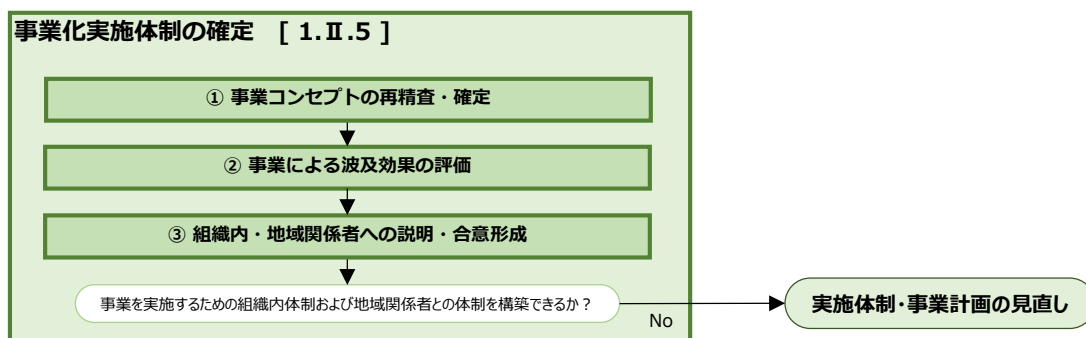
## 1.Ⅱ.5 事業実施体制の確定

資金調達を検討と併せて事業化体制の検討を行う。体制の検討にあたり、最初に構想段階で整理した事業実施の意義や目的から現在想定している事業内容が乖離していないか再精査を行い、そのうえで組織内および地域関係者への説明を行う。この時、事業実施の意義としてバイオマスエネルギー事業の単体事業性だけでなく、地域への波及効果の評価結果を提示することが地域関係者からの理解と協力を得るうえで有効である。

また、過去には「実施者」が不在で実現に至らなかったケースや、地域関係者の協力が得られなかったケースが数多く存在するため、この段階で必ず原料調達から設備運転（事業実施者）、エネルギー・副生物利用先それぞれの実施者や拠点を明確にしておく。さらに、事業実施者として想定される主体が、中心的な担当者とサポート体制の有無を含め本当に実行力があるのか？、資金力ファイナンスを受ける体制として問題ないか？についても十分な確認が必要である。

**特に融資を受ける場合**は、事業の実行力だけでなく不測の事態に対応できる財務体力も必要となる。ある程度体制を固め、事業計画の検討が進んだ段階で金融機関に相談したところ、事業収支の計画以前にその体制では融資が困難との返答を受けたという例も多い。その場合は体制を最初から見直す必要が生じる。したがって、前述のとおり体制を固める前に一度融資を受けることを予定する金融機関には頭出し程度の相談は行っておくことが望ましい。

もしこのステップで、上述の観点から組織内および地域関係者との体制を構築できない場合は、事業計画を改めて見直す必要がある。



## ① 事業コンセプトの再精査・確定

事業化体制の検討に先んじて、構想段階で整理した事業実施の意義や目的から現在想定している事業内容が乖離していないか再精査を行う。そのうえで、組織内および地域関係者への説明を行う。

❑ 構想段階の事業コンセプト・ねらいからぶれた計画となっていないか？

❑ コンセプトと国の政策、地域の施策との方向性のズレはないか？

❑ 政治的な理由などで無理な条件が強いられた計画となっていないか？

FS 調査を進めるにあたり、多くの場合構想段階で描いたビジネスモデルや実施規模、協力関係者の変更修正を余儀なくされ、当初構想段階で描いた**本来の目的や事業コンセプトの方向性から乖離**してしまうことがあるため、**社内外の関係者との実施体制構築にあたり事業意義を明確化**する。

例えば、地域活性化目的がいつの間にか FIT の売電収益目的になる事例も少なくない。当初は地域内の林業の活性化のために開始した発電事業が、FS 段階でいつの間にか FIT の売電収益を目的とした事業に移り変わり、原料を地域外からも大量に調達しているケースも見られる。

事業コンセプトの考え方については「[1. I. 3 事業コンセプトの構築](#)」(140 頁)を参照されたい。

## ② 事業による波及効果の評価

組織内外の関係者への説明の際には、事業実施の意義としてバイオマスエネルギー事業の単体事業性だけでなく、地域への波及効果の評価結果を提示することは、行政を含む地域関係者からの理解と協力を得るうえで有効である。

❑ 事業による地域への波及効果等の評価がされ、地域からの理解醸成に活かされているか？

計画中のバイオマスエネルギー事業の地域への効果を定量的に示すことは、周辺地域にステークホルダーの多いバイオマス事業において関係者からの理解醸成を促し実施体制を構築するうえで有効である。地域経済波及効果の分析方法は「産業連関分析」、「LM3」、「産業連鎖分析」などがあり、詳細は「[第 1 部 4 章 バイオマスエネルギー利用の意義](#)」を参照されたい。

本ガイドラインで採用した「産業連鎖分析」は、バイオマスエネルギー事業が開始されたことによる事業者自身の経済効果と事業に係る地域内外の関係者の経済効果および循環を同時に可視化することができ、地域全体を巻き込むための検討材料として有効である。

例えば、**当該事業単独の FS を行うと収益性が低いと判断される場合**には、一般的には事業者はその事業を断念することが多いと考えられる。しかし、一方でこの算出プロセスを経た結果、**地域全体としてはメリットが大きいと判断される場合には、自治体その他の地域におけるコミュニティやステークホルダーが当該事業者を経済的な面その他の面で支える**ことにより、当該事業を推進してもらった方が地域全体としてのメリットが大きいと考えられる。具体的には、自治体が当該事業へ補助金などの財政支援

を行う判断につながる可能性もある。また、これらの結果は地域にて当該事業に協力的でない当事者の説得材料となる可能性もある。

産業連鎖分析に限らずこのような分析は、**自治体の政策決定や地域におけるコンセンサス作りに有用**なものである。また、当該事業にとっても、このような過程を経た上で取り組まれるということは、自治体や地域のステークホルダーの支持を得ているものであり、その安定性を増すものと考えられる。

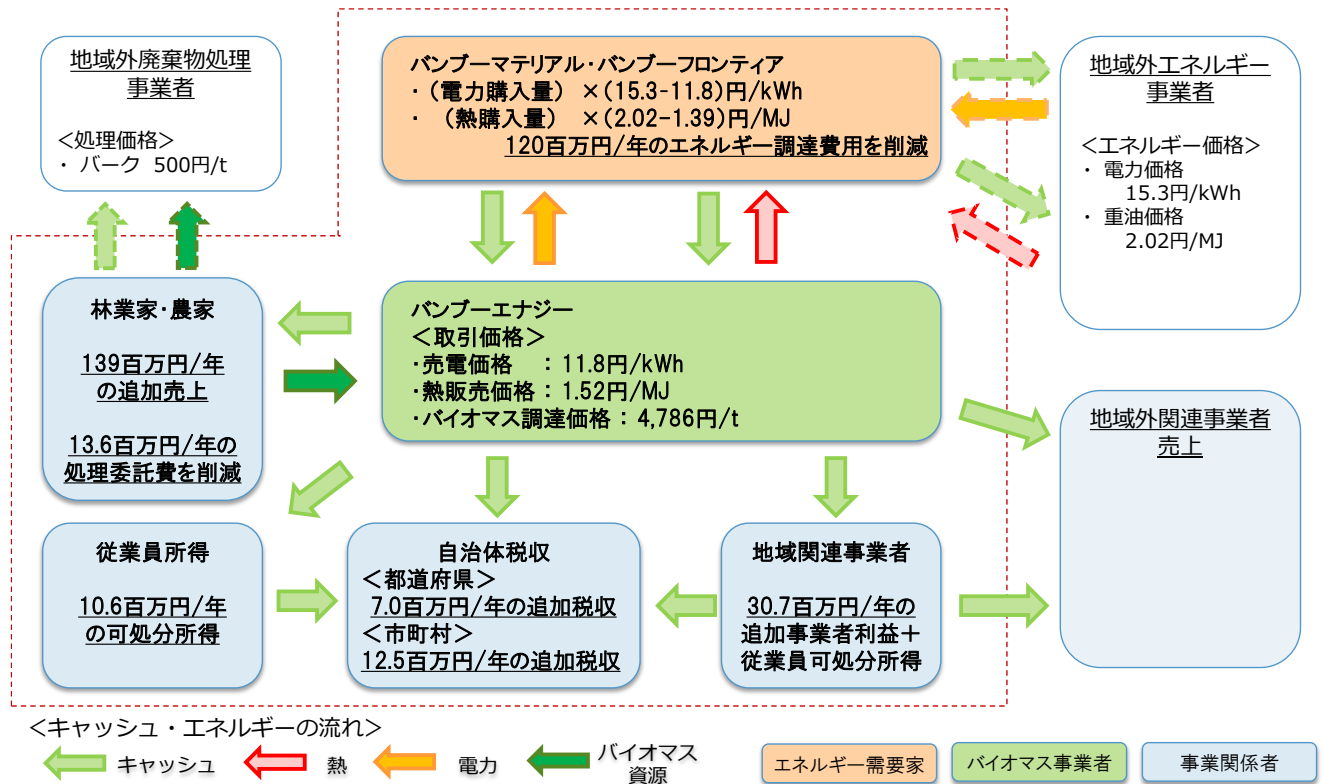


図 2.1.7 (再掲) バイオマス事業の開始による地域経済効果の試算例 (20 年間平均値)

(出所) みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

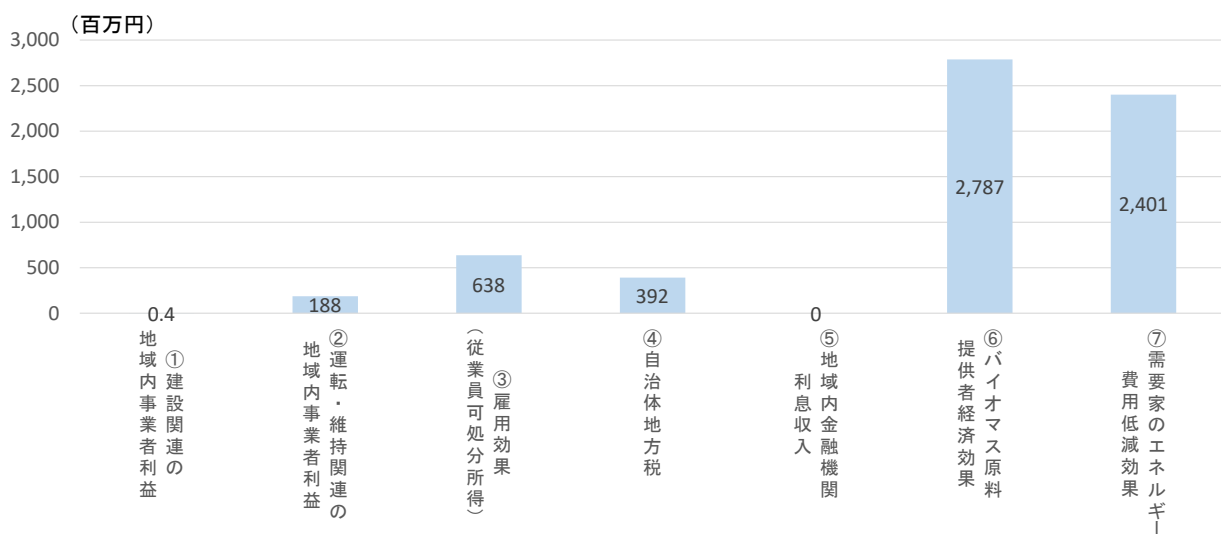


図 2.1.8 (再掲) バイオマス事業の開始による地域経済効果の試算例 (20 年間合計)

(出所) みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

### ③ 組織内・地域関係者への説明・合意形成

事業収支および地域への意義の検討結果を含む FS 調査の結果を踏まえ、組織内外の関係者への説明を行い、事業化に向けた合意形成を図る。この段階で必ず原料調達から設備運転（事業実施者）、エネルギー・副生物利用先それぞれの実施者や拠点を明確にしておく必要がある。

#### ❑ 事業主体は確立しているか？原料調達から加工、運搬、エネルギー転換・利用までの主体は明確となっているか？

FS 時点でビジネスモデルを描いたにも関わらず、「実施者」が不在で実現に至らなかったケースや、地域関係者の協力が得られなかったケースが数多く存在する。また、そのため、必ず原料調達から設備運転（事業実施者）、エネルギー・副生物利用先それぞれの**実施者や拠点を明確**にすることが重要である。

さらに、事業実施者として想定される主体が、**本当に実行力があるのか？（中心的な担当者とサポート体制があるか？）、ファイナンスを受ける体制としても問題ないか？**についても十分な確認が必要である。

本ガイドラインで繰り返し述べているように、特にファイナンスを受ける体制については、事業の実行力だけでなく不測の事態に対応できる財務体力も必要となってくる場合が多い。ただ、それだけでなく、**燃料調達先やプラントメーカー・建設業者などの関係者についても金融機関等の納得が得られない場合**もある。ある程度体制を固め、事業計画の検討が進んだ段階で金融機関に相談したところ、事業収支の計画以前に、その体制では融資が困難との返答を受けたという例も多く、その場合は、体制を最初から見直す必要が出てきてしまうため、体制を固める前に、一度融資を受けることを予定する金融機関には頭出し程度の相談は行っておいた方がよい。

その他、事業主体および実施体制の考え方については、「**1. I. 8 事業実施体制の構築**」（151 頁）を参照されたい。

- ❑ 近隣の住民への事業説明と要望聴取がなされ、住民から苦情が発生する可能性はないか？
- ❑ 地元行政からの理解、協力は得られているか？
- ❑ 同業者、関連産業からの理解は得られているか？

#### 計画初期からの地元行政や地域住民との調整

発電所等の設置にあたっては、**地元との合意形成が得られずに建設工事が大幅に遅延**したり、事業の縮小を余儀なくされたりといったことも起こりうる。そのため、計画の初期段階から、県や市などの地元行政に適宜相談して指導を仰ぐことはもちろん、立地する**地域の周辺住民に対する事業説明会**を開催するなど、十分な調整を行うことが必要である。

#### 建設工事時の騒音、振動、悪臭の配慮

建設工事段階では主に**粉じんや騒音、振動、工事車両の搬入に伴う交通量の増大**が、住民問題に発展することがある。また、運用段階ではこれらに加え**丸太や廃棄物等の搬入車量の通行、悪臭**などが問題となる可能性があるため、行政、周辺住民への配慮は重要となる。

## 協定締結をはじめとする地元行政からの指導

公害防止条例によって公害防止協定の締結が義務付けられている地域では、地元行政の指導に沿って環境保全に配慮した施設計画とし、公害防止協定を締結することとなる。地域によっては、この**公害防止協定の締結が完了していなければ建築確認申請や電気事業法の工事計画届出等を受け付けてもらえない場合もある**ため、注意が必要である。

### □ 有資格者の選任が必要か?地域での募集は可能か?

バイオマスエネルギー事業では導入する設備や規模に応じて必要な有資格者が異なる。想定するビジネスモデルで必要となる有資格者を整理し、必要に応じて雇用計画を進める必要がある。

採用する技術別に必要となる資格は「**4.IV.4 O&M 内製化の検討**」(428頁)を参照されたい。

### <自治体主導の事業の場合>

### □ 議会に対する理解は得られているか?担当部局への正確な理解・共有がなされているか?

**自治体の事業の場合**は、担当者レベルで承認が得られていても議会で反対され頓挫してしまう事例が存在する。そのため、**事前に自治体担当者を通すなどして議会関係者にも事業の実施意義を丁寧に説明し、理解を得ておくことが望ましい。**

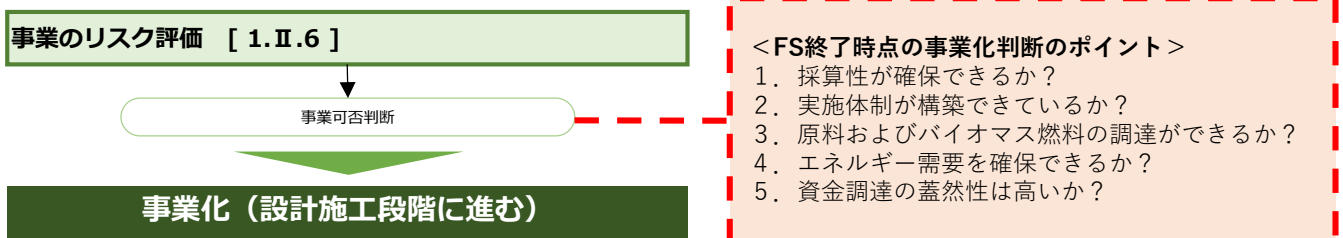
その他、バイオマス事業の協議会などを開催するにあたり、**議会関係者に参画してもらうことも有効な手段**の一つである。

## 1.Ⅱ.6 事業のリスク評価（FS 終了時）

前項までの検討において事業化判断を行うための事業収支・キャッシュフロー分析結果は整理されているが、実際の事業においては様々なリスクが存在し、想定していた前提条件（燃料調達量、コスト、収益など）のとおりにならないことがある。

本項ではFSを行うに当たって必要なリスク評価について記載する。特に金融機関等の資金調達は建設段階からとなる場合が多いことを踏まえ、建設段階以降に発生しうるリスクの中で、金融機関等の資金調達先からもチェックを受けることが多い点を中心に概観する。

なお、バイオマス事業を行うに際しては、多様な当事者が存在するため、**そのリスクにかかるコントロール能力が最もある者が負担する**というのが望ましい。例えば、工事に関するリスクは工事業者、燃料に関するリスクは燃料調達先という具合である。但し、これらは、交渉マターとなるだけでなく、コストにも影響してくるため、誰がどこまでのリスクを負担するかについては、慎重な検討が必要となる。



### ① 建設段階のリスクとその対処方法の例

- ❑ **そもそも完工しない、あるいは、初期の性能を発揮しないリスクにつき認識し、可能な限りの対応が考えられているか？**

#### そもそも完工しない、あるいは、初期の性能を発揮しないリスク

事業では、技術的な観点でのチェックが重要なことは当然であるが、実際のプロジェクトではプラントが稼働する以前に、以下のようなリスクに直面することがある。スケジュールや情報量の制約、あるいは、交渉マター（請負金額への影響も含む）となるなど、限界がある場合も多いが、可能な限り対応しておくことが望ましい。

#### 1) 許認可や事業用地の確保

事業に必要な許認可（土地取得・開発、廃棄物処理事業等）については、国や自治体等の担当者とは十分に話を行っていたとしても、**予想外に想定するスケジュール通りに行かなかったり、あるいは、最終的な許認可が下りない**といったケースもある。その場合、先行して投資した金額（土地取得費用、系統負担金、場合によってはプラント発注費用等）が無駄になってしまうことがある。したがって、可能な限り**大きな金額の支出を要するようなものは正式な許認可が下りてからで構わないような余裕のあるスケジュールを立てる**ことが肝要である。

また、事業用地についても例えば**調査・開発に長期間を要する場合**には、地権者との間で簡単な合意書等を締結の上、建設の目的が付いたところで正式な土地利用関連の契約を締結しようとするところがあるが、その間に**地権者側に事情の変更（例えば、相続等）が生じ、正式な契約に至らない場合**がある。合意書等が法的な効力がある内容であれば、それを根拠に裁判等



に訴えることも可能であるが、その場合解決までに長期を有することに加え、何より地域と紛争を抱えたままでの事業遂行は困難になることが多い。したがって、土地を取得する場合の資金調達や金利負担、借りる場合の賃料との兼ね合いもあるが、かかる観点からは、事業化の判断を行った後に速やかに正式な契約を結ぶことが望ましい。

なお、金融機関から融資を受ける際にはこれらは所与の条件として厳しく見られることが多い。

## 2) 工事業者やプラントメーカーの倒産等

工事期間中やプラント設備の発注後に、工事業者やプラントメーカーが倒産してしまう事例もある。特に、**海外の技術を使用する場合**には、そのメーカーが小規模である場合も多く、かつその信用力を確かめる手段に乏しい。性能やコスト、メンテナンス体制だけではなく、まずは**第三者も含め、その実績などを十分にヒアリングしたうえで、判断すること**が肝要である。

また、日本国内の代理店や工事業者との間で、このような場合の**責任分担を予め契約に落としておく**ことも検討に値する。特に、**工事業者が情報力や財務的余裕度が高い場合**には、コストは高むが保険的に工事業者がそれらのリスクを引き受ける契約（EPC 契約）とする方が良い。

なお、金融機関から融資を受ける際にも工事業者やプラントメーカーについては、このような理由やその後のメンテナンスへの対応能力の観点から、実績のみならず財務体力も見られることが多い。

## 3) プラントや燃料に起因するプラントの不具合

実際にプラントが完成しても、プラントが想定通り稼働しないことは十分にありうる。こうしたリスクを未然に防ぐために本ガイドラインにおける各チェック項目等は策定されているが、それでも不測の事態は起こりうる。

したがって、まずはメーカーあるいは工事業者との契約において、**十分な試運転（コストが掛けられるのであれば、専門家である第三者の立ち合いも検討）を行ったうえで、検収（最終支払い）を行う**こととすべく交渉を行うとともに、後述の資金計画においても、それら不具合を修正するための時間的な余裕を持つ（融資の返済スケジュールを後倒しにする等）べきである。

また、**メーカーと工事業者とバラバラに契約を結ぶ場合**、並びに**メーカーについても代理店を介する場合**には、不具合があった際の責任の所在が不明確になり、そのために問題の解決に支障がでる場合もある。したがって、コスト等も踏まえて可能であれば、**EPC 契約とし、工事業者**に**設計や機材等に関する責任まで負ってもらう**形とした方が良い。但し、その工事業者にその責任を遂行する能力がなければ、単にコスト高となるだけであるため、留意する必要がある。

**□ 完工が遅れる（タイムオーバーラン）リスクおよび、その場合に生じる問題につき認識し、可能な限りの対応が考えられているか？**

### 完工が遅れる（タイムオーバーラン）リスク

様々な理由で完工自体が遅れることがあり、それが事業に様々な悪影響を及ぼすことがある。まず、完工が遅れることにより、許認可等に支障が出るようなことは避けなければならない。また、完工が遅れると、バイオマス燃料の供給側に迷惑をかけることとなり、プラントが完成していないにもかかわらず、**燃料の引き取りは開始せざるを得なくなる**こともある。さらに、キャッシュインが遅れる一方で、**融資への金利支払いや人件費等の経費はかかる**ことになる。

それらのリスクを踏まえて、**スケジュールの設定（建設段階における融資期間の設定を含む）や予備費の当初からの積み立て、工事請負契約等にての完工遅延に関するペナルティの設定**等の対応策を講じておくことが望ましい。

□ **建設コストを中心とした建設段階にかかる費用が高む（コストオーバーラン）リスクにつき認識し、適切な予備費が計上されているか？**

**建設段階にかかる費用が高む（コストオーバーラン）リスク**

様々な理由で、建設段階において費用が高む場合がある。一般的には、建設請負契約において、発注者・受注者のどちらが負担すべきか記載されているが、その場合に、発注者の負担となる場合が記載されていることが多い。また、タイムオーバーランが生じた場合にもコストが高むこととなる。それらのリスクを踏まえて、**建設請負契約の条項を交渉したり、適切な予備費を確保する**などの対応策を講じておくことが望ましい。

なお、不可抗力の場合を除き、**試運転までの全業務を受注者が全責任を負って請け負う契約**を「フルターンキー（あるいは単にターンキー）契約」と言い、プロジェクトファイナンス等において金融機関から求められることが多いが、受注者としてはその分リスクを引き受けることとなるため、請負金額に影響する点に留意すべきである。

また、建設請負契約には、それらコスト負担だけでなく契約解除事由その他、工事の継続に大きな影響を与える可能性がある条項が多く規定されており、それら条項は十分に吟味すべきである。

## ② 運営段階のリスクとその対処方法の例

- ❑ 当初予定した調達する燃料の量・価格・質が、事業期間中維持されるための対応が取られているか？
- ❑ 燃料調達先との契約の維持（倒産などへの対応も含む）につき、可能な限り対応が考えられているか？

国内では、一般的には**燃料調達先との間で拘束力のない協定書を締結することが多いが、その場合、燃料の量や価格・質に関して変動するリスクを負ってしまう**。燃料供給先と事業期間中において燃料の量・価格・質を固定した燃料供給契約を結ぶことができることが望ましく、金融機関からの要請もあり海外材を用いた大型バイオマス案件ではそういったケースも多いが、国内においては難しいケースがほとんどである。また仮にそのような契約を締結できたとしても、調達先にて長期間それを維持できないとあまり意味がない。

したがって、まずは十分な燃料の賦存量を確認するとともに競合プラントが出現した先に鞍替えされたり、不測の事態に供給条件の変更を迫られる可能性を低減すべく、**燃料調達先と強固な関係を築くことが重要**である。そのためには、バイオマスプラントが燃料調達先の事業継続に欠かせないようなシチュエーションを作ったり、燃料調達先との共同事業としたりすることも手段としては考えられる。

実際、地域によっては**発電事業などの横のつながり（協議会等）を作り、地域内の原料およびバイオマス燃料価格の安定化**に努めるケースも存在する。自治体の関与が有効に機能する場合もある。また、燃料調達先に不測の事態が生じた場合に備えて、**複数の調達先から原料およびバイオマス燃料を仕入れる**ことにより、リスク分散を図ることが有効な場合もある。

なお、**バイオマス燃料調達の安定性は事業費全体の6～7割をバイオマス燃料費が占める実態からも、金融機関が最も重視するポイント**となる。そのため、**協定書ではなく海外材を用いた大型案件同様の契約書の締結を金融機関から要求される**場合もある。また、予定している集材範囲からの**調達が困難となったときの対応策（バイオマス燃料のバックアップ）**も問われる場合がある。

- ❑ 稼働後に故障その他により初期の性能を発揮しないリスクにつき認識し、可能な限りの対応が考えられているか？

まずは、上述のような想定外の事態を可能な限り少なくするため、**FS段階でコスト増となる要因について十分精査**する必要がある。それでも、こうした事態が生じた場合に備えてメーカーや工事業者との契約において、**保障条件や内容について十分に検討しておく**必要がある。そして、それらにてカバーできない場合には、自らの負担にて対応を行う必要がある。

そのため、稼働開始後の外部環境の変化などによる追加コストは必ず発生するという前提の元、**予備費用として収益の5%以上準備しておく**ことが望ましい（適正水準は個々のケースにより異なり、融資を受ける場合には金融機関の要求水準も異なる）。

**SPC等本事業専用の会社を設立する場合**には、その会社に積み立てておくことが望ましいが、積み立てを行わない場合は融資を受ける金融機関から保証などを要求されるとともに、そういった**不測の事態に対応できるだけ財務体力も**要求されることとなる。

また、**複数の関係者が存在する場合**には、それら追加コストが発生した場合、**誰がどのように費用負担するかも事前に取り決めておく**必要がある（例えば、公共事業の場合は追加予算で対応するなど）。

なお、**木質ガス化方式の場合**は国内における導入実績、成功事例が必ずしも多いわけではないため、それら**導入実績や燃料との適合性のチェック**等も判断の一要素となる。

□ **メーカーの倒産や部品在庫等の問題により、メンテナンスを適正に受けられないリスクにつき認識し、可能な限りの対応が考えられているか？**

上述のような準備をしていても、実際に適切なメンテナンスを行ってもらえなければ意味がないため、**メーカー等とのメンテナンス契約（O&M 契約を含む）の内容も十分に吟味しておく必要がある。**

特に**海外のメーカーの機材を用いる場合**には、本国から部品等を運搬するのにコストや時間がかかったり、技術者の出張も必要な際のコストも大きなものとなる場合がある。実際に、修理によって再稼働ができるかどうか不透明な中、出張などに多大なコストがかかるために、事業継続を断念した例もある。したがって、**メーカー等のメンテナンス体制や本邦における部品在庫の状況は予め確認しておく**ほか、メンテナンスの際のコストについても予め、十分な取り決めを行っておくべきである。

なお、**日本側に代理店や現地法人が存在する場合**に、契約の相手方をその代理店や現地法人とすることもあるが、その際、代理店や現地法人のメンテナンス能力が不十分であったとしても、本国側には十分な責任を問えないため可能な限り**実際のメンテナンス能力を有する法人との契約とすることが望ましい。**

メーカーの倒産リスクについて完全に対処することは難しいが、まずは、その信用力について可能な限り調査したうえで、可能であれば**海外の信用調査機関等も活用**して、その動向をウォッチしておくべきである。また、**同様のメーカーの設備を導入している事業者同士で部品を共有**するという手段も考えられる。なお、最後の手段としては、機材にもよるが、これらバイオマスプラントに詳しい技術者を抱えた事業者も存在するので、メーカーの保障はなくなるがそれら事業者に修理を委託する方法もありうる。

□ **熱供給を行う場合や、その他副生物を販売・処理する場合に、その需要や価格（処理コスト）の見積りは適正にできているか？**

□ **熱供給先や副生物の販売先（処理委託先）との契約の維持（倒産などへの対応も含む）につき、可能な限り対応が考えられているか？**

電力については FIT 制度の適用があれば、一定期間にわたり発電した電力を一般送配電事業者に固定価格にて買い取ってもらえるが、**熱供給や副生物の販売、あるいは副生物の処理を行う場合**は、相手方との契約次第で、量も価格も変動する。場合によっては、**供給・販売や処理を事業期間中に断られる**こともある。

したがって、これらのリスクは、まずは相手方との**契約内容の交渉により、可能な限り排除**することが望ましい。具体的には一定期間の量や価格を固定し、それに反する場合にペナルティを設ける他、料金を基本料金と従量料金に分け、少なくとも基本料金にて設備投資の回収は賄えるようにする方法などが挙げられる。

契約面で対処できない場合には、別途対応を検討する必要がある。また、それ以前にその相手方が倒産してしまうこともあり、取引相手によってはそれを踏まえた対応も必要となってくる。

## 1) 供給（販売・処理）量の変動やその価格変動リスクへの対応

### 熱供給事業のリスクへの対処方法

熱供給については、一旦設備や仕組みを作れば、相手先が「乗り換える」のは難しくなるため、リスクは低くなるものの、**将来的な需要量の変化や他のエネルギー価格との兼ね合いで供給量や価格の変化を受け入れざるを得ない可能性**がある。それらを予測するのは難しいが、予算があれば専門家に需要予測を行ってもらうなどの対処をしたうえで、ある程度保守的な見積りや「逃げられない」仕組みを構築するなどの工夫を行うことが望ましい。

一方、副生物の販売については、**第三者との競争にさらされるリスク**がより高まるため、その出現の可能性を踏まえた検討が必要となる。また、副生物の処理も含め、代替先についても、予め念頭に置いておくことも望ましい。

また、これらリスクに対する**保険の加入も検討の余地はある**が、コストが高いためリスク許容度を踏まえて慎重に対応すべきである。何より、ビジネス一般の議論として、**相手先と良好な関係を築いておくのが第一**である。

## **化石燃料価格の変動への対処方法**

化石燃料価格の変動への対処方法は、**燃料価格、熱供給価格を長期間固定化する**手法が有効である。また、先行事例では**化石燃料のサーチャージとして料金を設定している**ケースもある。

その他、**熱 ESCO 事業などで基本料金との二段構成**にし、最初は基礎料金を多めにとり投資回収を早めに促すこともリスクを下げる方法の一つである。

## **2) 相手先の倒産への対応**

熱供給については、代替先を見つけるのが困難であるため、**最初の段階で相手先の信用力をよく見極める**必要がある。また、熱供給がストップすることにより、**プラントの停止を避けることを第一に考える**必要がある。具体的には、バックアップ冷却を設けておくことで対処が可能である。

副生物の販売については、需要があれば他の販売先を探すことにより対処することになるため、上で記載したような需要予測が大事になる。

なお、いずれにせよ売掛金の回収は困難であり、さらに追加的なコストがかかる場合も多いため、それらを賄うことができる予備費や財務体力が必要となってくる。

### ③ その他全般に関するリスクとその対処方法の例

#### □ 自然災害等の不可抗力による事業への影響につき、適切な対応が考えられているか？

上述したリスク以外にも、例えば自然災害やメーカーや工業者に責任を問うことができないようなプラントの不具合など、不可抗力によって事業に影響が出る（損害が生じる）場合がある。一般的には、それら**不可抗力（Force Majeure）についても、各種契約において誰がその負担を行うのかを決めておく**必要がある。ただし、不可抗力に基づくものである以上、最終的には事業者自身で、負担せざるを得ないことが多い。これらの負担については、自身の財務体力の中で飲み込める規模であれば、その覚悟を行うことも考えられるが、**保険にてカバーすることが一般的**である。その際、保険契約には一定の免責条項が記載されているため、どこまでがカバーされているのかは、予め確認しておく必要がある。

どこまでのリスクをカバーすべきかよくわからない場合は有料とはなるが、主として保険会社の関連会社や保険代理店・保険ブローカー等で各種リスクを洗い出し、保険を掛ける適切な範囲を提案してくれるサービスも存在するため、それらの活用を検討することも考えられる。

#### □ 法令遵守等コンプライアンス面について、事業期間中に維持できる体制が構築されているか？

法令遵守等は当然になさなければならないが、専門的な事項も多いため、それらを理解し実行できる人材が必要であり、有資格者が必要な場合もある。

一方で、専門家が対象となるバイオマスプラントにて働き続けることが困難となる場合も考えられ、その場合は新たな採用を検討する必要がある。しかし、今後再生可能エネルギーの普及が進むにしたがって、これら人材の不足も懸念されている中で、なかなか人材が見つからない場合も想定される。そのために複数人配置するのはコスト面の問題等があるが、常日頃からそれら専門家とのコミュニケーションは密にしておくとともに、人材市場にも目を配っておく必要がある。

また、専門的な事項が多いためコンプライアンスの観点からは、日頃の従業員教育も重要である。**問題を起こして稼働停止期間が生じると業績にダメージが生じるだけでなく、問題によっては周辺住民の排斥運動に発展する恐れも否定できない。**

#### □ ジョイントベンチャーにて他者と共同して事業を行う場合、意見が対立した場合における取り決めが適切になされているか？

バイオマス事業は、関係者が複数にまたがること多いことから、地域内のステークホルダーが共同して事業を立ち上げたり、地域の事業者が、資金面やノウハウ面で、都市部の事業者とジョイントベンチャーを組成して取り組むこともある。

**ジョイントベンチャーを組成する場合は**、当初はコンセンサスが醸成されたと皆が考えていても、**事業が進むにつれて意見がずれ違い、それが事業遂行に影響を与えてしまう**こともある。したがって共同事業とする場合には、例えば**出資者間協定などの形で、それぞれの役割分担や意思決定方法を定めておく**とともに、共同して事業を行うことが困難となった場合に、**当事者の一人が事業から離脱する場合の方法についても取り決めておく**必要がある。

なお、上記の検討段階でコンセンサスが得られていないことがわかり、将来のリスクを低減することに繋がることもある。

□ 制度変更にかかるリスクがあることを認識し、それらをフォローする体制が構築されているか？

□ 再生可能エネルギー推進施策の動向についての情報収集がされているか？

□ FIT については調達価格等算定委員会等の情報収集を行い、制度設計見直し等の動向が確認できているか？

□ 法人税、所得税等の税制の動向が確認できているか？

バイオマス事業においては関連する法令が多岐にわたるため、その改正が事業に影響を与えることがある。また、例えば**消費税率の変更などの税制の変更**もコストアップ要因となりうる。これらをすべて念頭に置くのは困難であるが、余裕を持った対応を行うためにも、適宜制度の動向はフォローしておくべきである。逆に、制度変更が事業に好影響を与える場合もあるため、ビジネスの観点からは、早期対応が収益に繋がることとなりやすい。

特に FIT 制度および FIP 制度を活用した事業を検討する場合は**毎年開催される調達価格算定委員会の中で、買取価格やバイオマス燃料等の利用条件などが決められる**ため常に情報収集を行う必要がある。

また、各省庁のバイオマスエネルギー事業に係る補助制度も毎年変更されるため、**現在の年度の補助メニューをもとに次年度の計画を立てると想定していた資金調達ができない**場合がある。次年度に予定されている国のバイオマスエネルギーおよび再生可能エネルギー等の事業は **8 月頃に概算要求が各省庁のホームページで公開**されるため、それらを確認することが重要である。また、必要に応じて対象の補助制度を**管轄する省庁に事業説明およびヒアリングに訪問することも有効**である。

## ④ FS 調査後、次のステップに進めるかの判断基準

❑ 事業性、実施体制、原料調達・エネルギー供給等の事業リスクを踏まえ事業化が可能か？（設計施工段階に進むことができるか？）

❑ FS 調査の結果の熟度は事業化を前提とした水準のものとなっているか？

FS の最終段階では、本章で検討した実施体制の構築可否、採算性に加え、2 章～4 章で検討した事業期間を通じての原料およびバイオマス燃料調達の安定性、エネルギー需要および設備技術の安定性、さらに前項の事業リスクをもとに事業化を判断する。

表 2.1.29 FS 終了時点の事業化判断のポイント

1. 採算性が確保できるか？
2. 実施体制が構築できているか？
3. 原料およびバイオマス燃料の調達ができるか？
4. エネルギー需要を確保できるか？
5. 資金調達の蓋然性は高いか？



## コラム： FIT 制度等の改正とバイオマスビジネスへの影響について

### (1) 背景

実践編 第 1 部第 2 章 2.1.(2)で述べたとおり、電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法（再エネ特措法）が改正され、その大部分が 2022 年 4 月より施行される。また、名称も「再生可能エネルギー電気の利用の促進に関する特別措置法（再エネ促進法）」に変更となる。その中で、**FIT 制度も変わるとともに新しく、FIP（Feed in Premium）制度も導入される。**また、新たに「**認定失効制度**」等も導入される。本稿では、FIT 制度の改正と FIP 制度の導入の影響（特に、ビジネスリスクとチャンス）を中心に解説する。

### (2) FIP 制度の創設

#### 1) FIP 制度の概要

従来の FIT 制度においては、一般的な発電事業に対し、主に、以下の点で優遇を行うことにより、投資回収を容易にし、再生可能エネルギーの普及を図るものであった。

##### <FIT 制度の特徴（優遇点）>

- 一定期間（例えば、運転開始後 20 年等）の固定価格（電源種別毎の必要コストに基づき設定することにより、競争上の不利を回避）での買取を保証
- 一般送配電事業者等による買取義務（売電先を自ら探す必要がない）
- FIT インバランス特例（システムを利用する一般的な発電事業に義務化されている発電計画の提出やそれに基づきインバランスが発生した場合のインバランス料金の支払いの免除によるコスト削減やリスク回避）

一方で、FIT 制度は未だ普及していなかった再生可能エネルギーを自立させるためのインセンティブ制度であり、再生可能エネルギーを主力電源化していくに当たっては、一般的な発電事業と同等の競争条件としていく（市場統合する）必要がある。そこで、上述の点を現行 FIT 制度より一般的な発電事業に近づけ、**FIT 制度から市場統合を促す制度として創設されたのが FIP 制度**である。

#### 2) FIT 制度との主要な相違点とそれに伴うリスクや対応法

##### 相違点その 1：固定価格からプレミアムの交付へ

FIT 制度においては、電力需要家から徴収する再生可能エネルギー発電促進賦課金（再エネ賦課金）を原資に、一般送配電事業者が電力を買い取る価格を固定価格としていたが、FIP 制度においては下図のとおり**市場価格をふまえて一定のプレミアム（供給促進交付金）を認定事業者（発電者）に交付する制度**となる。

II ①-1 FIP制度

(参考) 市場価格の参照方法、プレミアム交付の流れ (イメージ)

<市場価格の参照方法>

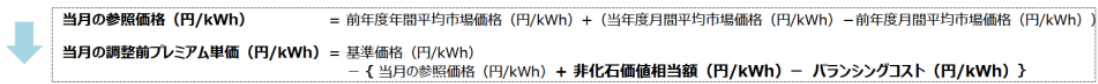
① 前年度年間平均市場価格の確定

: 各30分コマのスポット市場と時間前市場の価格をエリア別に加重平均する。この価格 (以下、30分コマ市場価格) について、発電特性を踏まえ、1年間分の加重平均 (非自然変動電源は単純平均) をする。



② 当月の参照価格・調整前プレミアム単価の確定

: 当年度当月と前年度同月について、各30分コマ市場価格を発電特性をふまえて加重平均 (非自然変動電源は単純平均) し、その差分を補正する。



③ 当月の調整後プレミアム単価の確定

: エリア別に、0.01円/kWhの各30分コマ以外を対象に、以下の調整後プレミアム単価を計算する。



④ 当月のプレミアム交付額の確定

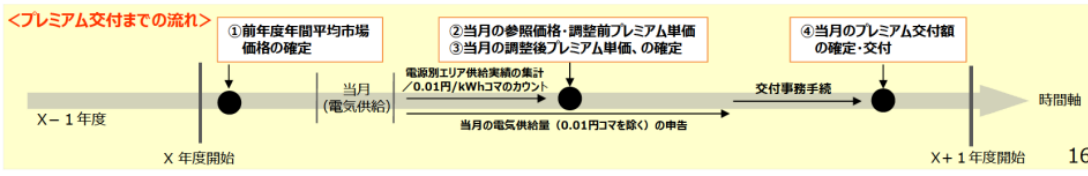


図 2.1.9 FIP 制度におけるプレミアム単価の考え方

(出所) 総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会/電力・ガス事業分科会 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会 中間整理 (第4次) P16

市場価格と当該プレミアムの合計額のイメージは、FIT 制度と同様の考え方によることとされているため、仕上がり収入の水準 (基準価格 = FIP 価格) も FIT 価格と略同水準をベースとして決められるが、次のような留意点があり FIT 制度のような固定価格 (基準価格 = 仕上がり価格) とはならない。

<FIP 価格に関する留意点>

- i. 参照される市場価格 (参照価格) は一定の計算式によって算出される。特に、1 か月平均値がベースとなることや、電力の需給状況に応じた発電へのインセンティブを考慮した要素が加味されるため、それらの影響を受ける。
- ii. プレミアムの算出に当たっては基準価格から参照価格を差し引くだけでなく、以下の調整も行われる。

① 非化石価値やインバランスコストの調整 (後述)

② 電力需給状況に応じた発電へのインセンティブを考慮した調整、同様の観点から出力抑制を考慮した調整

したがって、それら要素の状況次第では想定した収入を得られないリスクが生じる他、その予見可能性が乏しい場合には、ファイナンスを受けられるかどうかにも大きく影響する。一方で、電力の需給状況に応じた発電へのインセンティブが考慮されているため、バイオマス発電のように発電量をある程度コントロールできる電源については、運用に工夫を行うことによって、収益性を高めることができる可能性もある。

ただし、上述の ii. ②記載の調整については、上図の算式では、前年度に市場価格が高騰すれば、当年度は、多くのプレミアムを受け取ることができることとなるが、そのために、仕上がり価格が基準価格を超える場合には、下図のとおり基準価格が上限となることとされる方向であることには留意されたい。

FIP制度の詳細設計（9月7日の審議）

論点	取りまとめ内容
(13) 市場価格高騰時翌年度の参照価格の取り扱い	● 「前年度市場平均価格+月間補正（当該月の月平均-前年度同月の月平均）」の算出方法で参照価格が負の値になるときは、非化石取引市場の収益を加えて0円/kWhを超える場合を除き、市場参照価格を「0円/kWh」とみなす。（ただしランニングコストについては外数として扱う）
(14) 制度開始年度における対応	● 初年度（2022年度）については、その制度開始に伴う事業者の事業予見性を高める観点から、プレミアムの算定に用いる2021年度の卸売市場価格については本年9月1日時点のTOCOM先物価格（太陽光：日中ロード、その他：ベースロードを東西エリア別で採用）を上限として設定する。

図 2.1.10 FIP 制度の詳細設計の論点

(出所) 総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会/電力・ガス事業分科会 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会 中間整理（第4次）P23

相違点その2：一般送配電事業者等による買取義務はない

FIT 制度においては、平成 28 年の改正 FIT 法以降は、一般送配電事業者等が電力を買い取るという電力取引では例外的な方法によっていたが、FIP 制度においては一般的な発電事業同様に、自ら小売電気事業者等と交渉し相対で売電するか、市場で売電することとなる。市場で売電する場合には、仕上がりは前項のような価格となるが、相対で契約を締結して売電する場合には、その価格は前項のプレミアム算出方法を踏まえ交渉により自由に決めてよい。

例えば、小売電気事業者等が仕上がりで固定価格となるような契約内容にて買い取る契約を結ぶことも、当該小売電気事業者等が許容する（前項の算出方法による価格変動リスクを取る）のであれば可能である。実際に資源エネルギー庁も発電者が前項のような価格変動リスクを負うことへの対応策として下図のとおり海外では多く見られる小売電気事業者やアグリゲーターがそれらリスクを吸収する方法も提案している。

価格変動に対応したビジネスモデル

- FIP制度ではFIT制度程度の投資インセンティブは維持されており、事業者の創意工夫による収益向上も見込めるが、市場価格変動リスクにより月単位や年単位では収入が変動する。円滑な案件形成のためにはこうしたボラティリティを踏まえたビジネスモデルを構築していくことが必要。

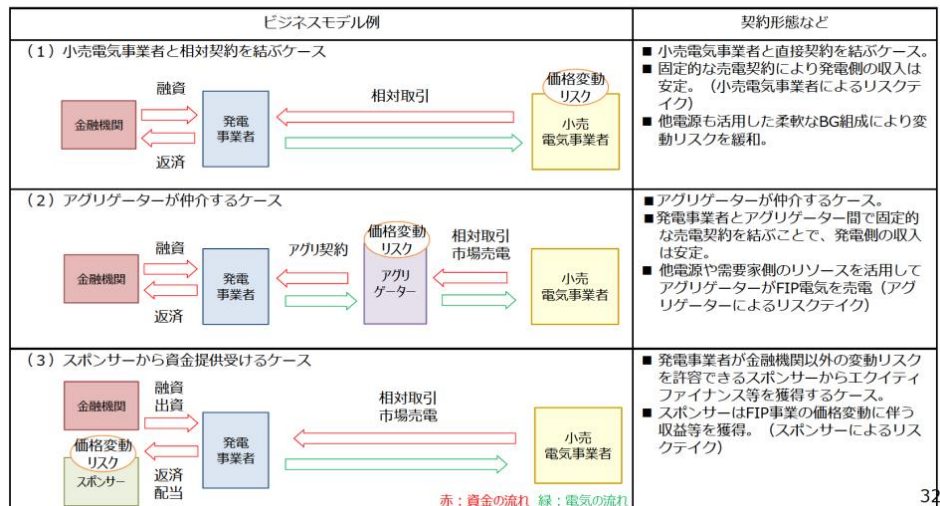


図 2.1.11 価格変動リスクへの対応策の例

(出所) 総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会/電力・ガス事業分科会 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会 中間整理（第4次）P32

小売電気事業者等は、日々電力市場に接しており、電力市場の価格変動リスクにも対処していることが一般的であり、また、アグリゲーターは、それら価格変動を含めて需給コントロールの一翼を担うことが期待されているため、それらに発電者の負う市場価格変動リスクも併せてコントロールしてもらうというのは一つの合理的な考え方と言える。一方で、それら売電先が経営破綻する

など、売電を続けることが困難となった場合には、新たに売電先を探すか市場で売電を行うこととなり、当初想定した収入を得続けることが難しくなる可能性がある（いわゆる「オフテーカーリスク」）。

したがって、発電者としては、上述の様な買取条件だけでなく、売電先の信用力も見極める必要が出てくる。当初想定した収入を得続けることが難しくなると、資金調達先への返済や利益還元等も難しくなる可能性があるため、この点はファイナンスを受ける際にも重要となる。

なお、発電所の規模等によっては新たな売電先が見つからないだけでなく、市場での売電も難しい場合がある。この点、一定の要件を満たせば、接続先の一般送配電事業者等が一時的に売電を引き受ける制度（一時調達契約制度）が設けられている。ただし、利用するためには、発電所の規模などの一定の要件が必要であるほか、買取価格は、基準価格の 80%、最長利用期間 12 カ月となる方向（2022 年 1 月時点）であることなどの制約があることには留意されたい。

### 相違点その 3 : FIT インバランス特例同様の制度の適用はない

FIP 制度においては市場統合を進める観点から FIT インバランス特例同様の制度の適用はなく、一般の発電事業同様に発電計画の提出や、その計画値と実際の発電量の齟齬（発電側インバランス）が生じた場合のインバランス料金の支払い義務が生じることとなる。したがって、FIT 制度と異なり手間が増えるとともに、インバランス料金支払いリスク（インバランスリスク）を負担することとなる。この点については、そのリスクへのバッファとしてプレミアムに「インバランスコスト料<sup>17</sup>」が付加されることとされているが、インバランスをその範囲内に収めないと、持ち出しとなる。

バイオマス発電の場合は、太陽光や風力に比べれば、一般的にはそのリスクは低いと見られるが、例えばガス化発電の場合は、日々の環境や燃料の状況によって運転の安定性が変化し得る可能性があるため、インバランス料金を抑えるためには、それらを踏まえたプラント自体の対応性能や事業者の運用力が必要となってくることに留意が必要である。なお、それ以前に急な原燃料枯渇や故障等による出力低下や運転不能等による場合があることは言うまでもなく、それらが生じた場合には FIT 制度の際は支払う必要がなかったコストがかかってしまうことにも留意が必要である。したがって、これらインバランスリスクは、ファイナンスを受ける際にも、金融機関等の審査に影響する可能性がある。

ちなみに、前項にて述べたように小売電気事業者等との相対契約において、価格は自由に決めることができることから、小売電気事業者等がこれらインバランスリスクを負担することを前提とした価格や契約内容とするのも、小売電気事業者等が許容するのであれば可能である。実際に、一般的には、小売電気事業者は供給計画を提出するとともに、需要家に対する自らの供給と実際の電力調達の齟齬という意味でのインバランス（供給側インバランス）が極力生じないように、日頃から需給管理を行っており（ただし、実質的に外部委託しているところも多い）、親和性があり FIT 太陽光の買取を行っている事例では、発電側インバランス管理も行っていることが多い。また、今後の発展が期待されるアグリゲーターも、前項で述べたこと同様にそれら需給調整の役割が期待されている。

### 相違点その 4 : その他の主要な相違点

以上が、FIP 制度の FIT 制度に比べての主なリスクと対処法であるが、売電契約を自由にできるというのは、リスクであるとともに、うまく生かせばメリットとなる可能性もある。その観点では以下の 2 点についても認識しておく必要がある。

#### 非化石価値の取り扱い

FIT 制度においては、いわゆる「非化石価値」（再生などが持つ温室効果ガスを排出しない）という環境的な価値の対価については再生賦課金に包含されているため、その帰属は、再生賦課金を負担している需要家全般にあるとして、FIT 制度により発電された電力（FIT 電気）については、非化石価値がない電気として取り扱われていたが、FIP 制度においては、再生の市場統合促進の観点から、プレミアムが発電者に直接支払われるという仕組みも活用され、プレミアムから非化石価値相当部分が差し引かれることにより非化石価値を有し、かつ発電者がその非化石価値を販売することができることとされている。したが

<sup>17</sup> FIT 制度において FIT インバランス特例が適用される場合には、インバランスリスクは、買取義務者か、特定卸供給制度を用いている場合には、買取義務者か小売電気事業者のどちらか（選択可能）が負担しているが、小売電気事業者が負担する場合には、インバランスリスク料が交付されており、2021 年度の水準ではバイオマスは 0.02 円/kWh となっている。FIP 制度においても、同様の水準となることが想定される（2022 年 1 月時点）。なお、インバランス料金の詳細や算定方法等については一般送配電事業者の HPなどを参照されたい。

つて、**発電者はその非化石価値を活用して市場でその価値を売却したり、小売電気事業者と協働して、RE100 等の国際的なイニシアティブに加盟している企業のような環境意識の高い需要家に販売する等、様々なビジネスを考えることができる。ただし、プレミアムから差し引かれる非化石価値相当部分は、市場取引価格に連動するため、発電者が実際に販売できた価格と異なることとなる可能性には留意が必要である。**

### 容量市場や需給調整市場への参加の可否

電力取引市場は、いわゆるスポット市場等の電力量（kWh）を取引する市場だけでなく、前項の非化石価値を取引する市場の外、国全体の電力の供給力（kW）を確保するための市場（容量市場）や、電力市場の取引締切（ゲートクローズ）後に発生する需給ギャップや需給変動等を一般送配電事業者等が調整するための調整力（ΔkW＋一部の kWh）を取引する市場（需給調整市場）が整備されている。（容量市場は、2020 年度より開始。需給調整市場は、2021 年度より、一部取引開始。）

これら市場の詳細の説明は割愛するが、FIT 電源は、これら市場への参加は認められていない一方で、**FIP 電源については、容量市場へは参加できないが、需給調整市場への参加は可能とする方向となっている（2022 年 1 月時点）。**需給調整市場については、上述の様に、短時間での需給ギャップや需給変動に対応するための調整力の供給が求められるため、バイオマス発電の場合は、木質ガス化やメタン発酵といったガスを活用したものが主に念頭に置かれることとなる。さらに、高度な技術と運用力も求められる。ただ、**参加できれば需給調整市場から受け取る対価により、収益を高められる可能性がある。**なお、欧州（ドイツ等）では、地域のこれら小型のガスを活用したバイオマス発電施設をアグリゲーターが束ねて、需給調整市場へ調整力を供給している部分もある。

## (3) FIT 制度の変更

### 1) 地域活用要件の導入

FIP 制度は上述の様に FIT 制度に比べ様々なビジネス展開の可能性がある一方で、様々なリスクも存在する。したがって、FIT 制度から進んで、電力ビジネスにおいて競争を行っていく電源（競争電源）を念頭に置いている。しかし、現実には、そこまで行っていない電源もまだ多く存在する。今次の制度改正では、それら電源については、一定規模以下で、かつ、一定の地域に裨益のある電源（地域活用電源）についてのみ、引き続き FIT 制度の活用を認めることとされた。地域活用電源として、引き続き、FIT 制度の適用が認められる要件は、バイオマスについては下図のとおりとされている。

**< 地熱・中小水力・バイオマスに設定される地域活用要件 >**

※2022年度・2023年度の地熱・中小水力・バイオマスに設定される地域活用要件については、調達価格等算定委員会「令和3年度以降の調達価格等に関する意見」において、以下の内容が取りまとめられています。

以下の①～②の要件のいずれかを満たすことが必要となります。（新設・リプレースを問わない）

① 自家消費型・地域消費型の地域活用要件（以下のいずれか）

- ▶ 当該事業計画に係る再生可能エネルギー発電設備により発電される電力量の少なくとも3割を自家消費<sup>※</sup>するもの。すなわち、7割未満を特定契約の相手方である電気事業者<sup>※</sup>に供給するもの。
- ▶ 当該事業計画に係る再生可能エネルギー発電設備による電気を再生可能エネルギー電気特定卸供給により供給し、かつ、その契約の相手方にあたる小売電気事業者または登録特定送配電事業者が、小売供給する電力量の5割以上を当該発電設備が所在する都道府県内へ供給<sup>※</sup>するもの。
- ▶ 当該事業計画に係る再生可能エネルギー発電設備により産出された熱を、原則として常時利用する構造を有し、かつ、当該発電設備により発電される電力量の少なくとも1割を自家消費<sup>※</sup>、すなわち、9割未満を特定契約の相手方である電気事業者<sup>※</sup>に供給するもの。

② 地域一体型の地域活用要件（以下のいずれか）

- ▶ 当該事業計画に係る再生可能エネルギー発電設備が所在する地方公共団体の名義（第三者との共同名義含む）の取り決め<sup>※※</sup>において、当該発電設備による災害時を含む電気又は熱の当該地方公共団体内への供給が、位置付けられているもの。
- ▶ 地方公共団体が自ら事業を実施または直接出資するもの。
- ▶ 地方公共団体が自ら事業を実施または直接出資する小売電気事業者または登録特定送配電事業者<sup>※</sup>に、当該事業計画に係る再生可能エネルギー発電設備による電気を再生可能エネルギー電気特定卸供給により供給するもの。

※自家消費では、自家消費比率を把握するため、発電電力量を記録することが求められます。

※※小売供給の状況については、小売電気事業者または登録特定送配電事業者の協力によって必要な書類の添付等を行うことが求められます。

※※※当該取り決めには、法律に基づいて当該発電設備に係る認定を地方公共団体が「行うもの」を含みます。

注1：地域活用要件を満たさなくなった場合は、FIP 制度の対象とならなくなる場合はFIP 制度への移行認定を申請いただくか、または、認定基準違反により改善命令・認定の取消しの対象となります。ただし、沖縄地域・離島等供給エリアは、地熱発電・中小水力発電・バイオマス発電について、地域活用要件を求めません。

注2：地域マイクログリッド（平時は既存の系統配線電線を活用し、緊急時にはオフグリッド化して地域内に電力供給を行う方法）については、その方法が確立した時点で、地域一体型の地域活用要件として認めます。

図 2.1.12 バイオマス発電に関わる地域活用要件

これら要件が加わることにより、以下のリスクが新たに加わることになる。

#### <FIT 地域活用要件に関するリスク>

- i. 検討・準備段階で、地域活用要件を満たすことができないリスク
- ii. 一旦満たした地域活用要件を将来満たすことができなくなるリスク

したがって、検討段階においては、それらのリスクが顕現化する可能性について検討する必要がある。上述の要件については、本ガイドライン実践編 第1部第2章 2.1.(2)の記述も参照されたいが、それら要件を踏まえる中で以下では売電先の小売電気事業者に関するリスクについて記載する。

## 2) 小売電気事業者への売電に係るリスク

FIT 制度においては一般送配電事業者等へ買取義務があり、また信用力もあまり気にしていない場合が殆どと思われるが、地域活用要件を満たすために、**特定の小売電気事業者を活用する場合には、それら小売電気事業者には、買取義務もなく、信用力も様々であるため、それらに起因するリスクを考慮する必要があるものである。**

### リスクその1：要件を満たす小売電気事業者に売電契約を受けてもらえない可能性

FIT 制度においては、小売電気事業者を特定する場合は、再生可能エネルギー電気特定卸供給（FIT 特定卸供給）制度を用いることが一般的である。これは、発電した電力を一旦一般送配電事業者等が買電し、その電力を予め契約を行った小売電気事業者へ卸供給する制度である。したがって、まず当該小売電気事業者が、発電者の発電する電力を販売できる力がないと判断すれば、売電契約に辿り着くことができない。また、この制度を活用する場合は一般送配電事業者等から小売電気事業者への売電価格は、電力市場価格ベースとなっているが、2020 年度冬の電力市場価格の高騰もあり、**市場価格変動リスクのマネジメントが課題となっている小売電気事業者も多い**。そのため、追加的に市場価格変動リスクを負うこととなる FIT 特定卸供給については、難色を示される可能性もある。

従って、地域活用要件を満たすために、**特定の小売電気事業者を想定する場合は、当該小売電気事業者と早めに相談を始め、発電所の開発・建設に多額のコストを掛ける前に、承諾を得ておく必要がある。**

### リスクその2：売電先の小売電気事業者が、要件を満たすことができなくなる可能性

図 2.1.12 に記載のとおり、地域活用要件を満たすことができなくなった場合は、FIT 制度に移行するか、最悪は認定取り消しとなる。上述のとおり、小売電気事業者は様々であるため、事業者によっては、**FIT 期間中に破綻や廃業してしまう等のリスク**も考慮する必要がある。

小売電気事業者との**契約内容如何によっては、一方的に買取が中止されてしまう可能性**もある。事業を行う地域に他に要件を満たすような小売電気事業者が存在し、当該小売電気事業者が売電契約を受けてくれれば事なきを得るが、そういった小売電気事業者が複数存在する地域は多くはないため契約が期待でない地域も多く、また期待できるとしても上記のとおり、受けてもらえるかはわからない。

以上は FIT 制度同様に広い意味でのオフテーカーリスクと言えるが、FIT 制度においては、小売電気事業者に特段の要件や制約はなく一時調達契約制度も用意されているため、リスクが顕在化した場合の影響は、FIT 制度より大きいと言わざるを得ない。

したがって、**小売電気事業者の事業継続可能性については、十分に検討する必要があるとともに、FIT 制度へ移行せざるを得ない可能性も検討しておいた方がよいであろう。逆に、FIT 制度へ移行する準備（覚悟）があれば、気にするほどのリス**

くではない。しかし、FIT 制度の項で述べたように、将来の収益へのリスクは高まるため、**小売電気事業者の事業継続可能性が、ファイナンスの審査でも重要となる可能性が高い**ことには留意されたい。

#### (4) FIT 制度と FIT 制度の適用範囲 (FIT 制度が適用される規模)

2022 年度については下図のとおりとなっている。なお、2023 年度以降については第 1 部で述べたとおり、バイオマス発電は、2023 年度は一定の規模以上を FIT 制度のみ認める方向で、メタン発酵については、FIT 価格も 35 円/kWh に引き下げられることには留意されたい。

##### II ①-1 FIT制度

##### (参考) 2022年度のFIT/FIP・入札の対象

- 風力以外は**一定規模以上はFIPのみ認める**。また、**50kW以上は事業者が希望すればFIPも選択可能**。
- なお、**既にFIT認定を受けている事業も、50kW以上は事業者が希望すればFIPに移行可能**。

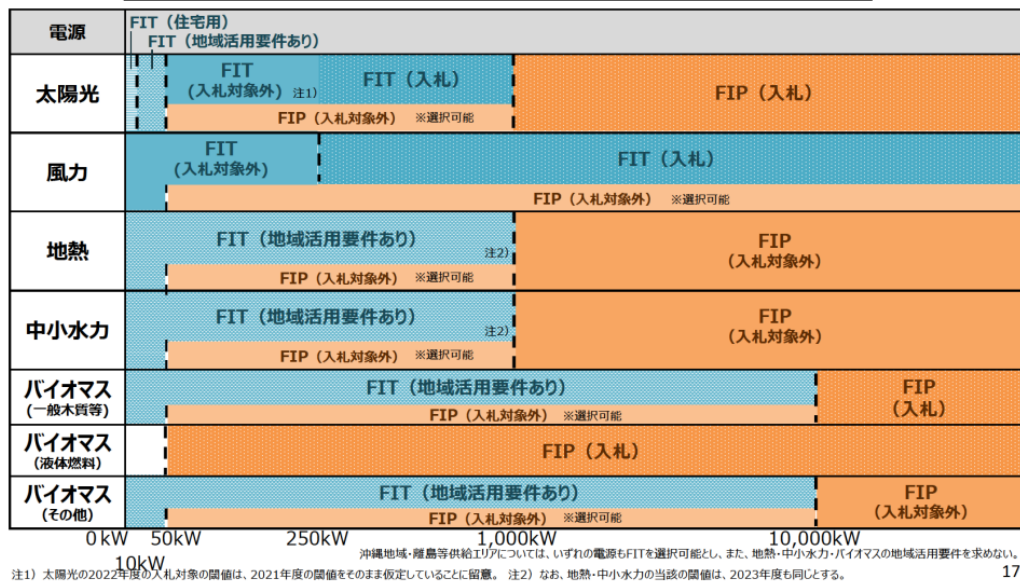


図 2.1.13 FIT 制度および FIP 制度、入札の対象規模

(出所) 総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会/電力・ガス事業分科会 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会 中間整理 (第 4 次) P17

なお、FIT から FIP への移行も可能であるため、最初は、地域活用要件を満たしたうえで、FIT 制度の適用を受け、一定の発電実績を積んだ上で、FIP へ移行するといったことも考えられる。

#### (5) その他

##### 1) 認定失効制度の導入

これまで、FIT の認定を取得しても稼働に至らない案件 (未稼働案件) については、電力システム上、様々な弊害があることから、段階的に、措置が行われてきたが、今次改正により、遂に、一定期間が経過しても未稼働の案件については、原則として、FIT の認定を失効させることとされた。具体的には下図のとおりである。

### Ⅲ②失効制度

#### 失効期間の設定に当たっての考え方②

● 失効期間の設定に当たっては、運転開始期限を過ぎて未稼働の状態が継続する案件について、**運転期限の1年後の時点の進捗状況で適用判断**することとし、具体的な進捗状況ごとに、以下のような規律を適用する。

- ① **系統連系工事中工申込みを行っていない案件は、運転期限の1年後の時点で認定を失効**する※1。
- ② **系統連系工事中工申込みを行った案件は、進捗を評価できる一方、一定期間内に運転開始まで至る可能性が高いと考えられることから、運転開始期限に、猶予期間として、運転開始期間※2に当たる年数を加える**こととし、**その到来をもって、認定を失効**※3する。
- ③ **大規模案件に係るファイナンスの特性を踏まえた例外的措置として、運転開始に向けた準備が十分に進捗し、確実に事業実施に至るものとして、**
  - － 環境影響評価の準備書に対する経済産業大臣勧告等の通知
  - － 工事計画届出**という開発工事への準備・着手が公的手続によって確認された一定規模以上の案件**については、**運転期限に、猶予期間として、調達期間に当たる年数を加える**こととし、**失効リスクを取り除く**。

※1 平成29年4月1日時点で手続中の「電源接続案件募集プロセス」に参加している案件については、運転期限の設定に当たって配慮がなされていることを踏まえ、失効期限についても同様の措置を配慮する。

※2 環境影響評価法に基づく環境アセスメントに要する期間への配慮期間分（太陽光：2年間、風力：4年間、地熱：4年間）は除く。

※3 送配電事業者による系統連系工事の事情により遅れが生じた場合には、当該遅れにより失効することがないように配慮する。

122

図 2.1.14 FIT 認定の失効期間に関する考え方

(出所) 総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会／電力・ガス事業分科会 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会 中間整理（第4次）P122

これらの規律に従って、進捗させることができない場合、FIT の認定が失効することがあるため、留意が必要である。なお、図の③に該当すればそのリスクを取り除くことができるが、バイオマス発電の場合は、その対象は、1MW 以上の規模となりであり、それより規模が小さいものはその対象ではない方向となっていることには留意されたい。

## 2) 既存系統の有効活用（ノンファーム型接続の全国展開）と基幹系統の利用ルールの見直し（先着優先方式から再給電方式によるメリットオーダーへ）

既存系統を有効活用する観点から既に2021年1月より全国の空き容量の無い基幹系統において、送電線混雑時の出力制御を条件に新規接続を許容する「ノンファーム型接続」の受付が開始されている。ローカル系統への適用についても、先行して一部で試行的に取り組んでいるが、2022年度末頃を目途にノンファーム型接続の受付を順次開始することを目指して検討が進められている。いずれ配電系統にも適用が検討される方向である。

なお、それら「ノンファーム接続」により接続された電源は、送電線の容量制約により、接続されているすべての電源の発電量を流せない場合、現行ルール（先着優先ルール）においては、先に出力抑制の対象となってしまうことには留意が必要である。

一方で、そのルールのままだと従前から接続されている石炭火力等の電源が優先されてしまうため、送電線混雑時に、CO<sub>2</sub> 排出や太陽光や風力のような燃料費の無い再エネが、石炭火力等より優先されるように、系統利用ルールの見直しが進められており、2022年度中に、CO<sub>2</sub> 対策費用、起動費、系統安定化費用といったコストや、運用の容易さを踏まえ、送配電事業者の指令により電源の出力を制御する方式（再給電方式）が導入される（つまり、すべての電源が事実上、「ノンファーム接続」となる。）方向で検討がなされている。

したがって、「ノンファーム接続」であるからと言って、必ず既存電源より先に出力抑制の対象となるということではなくなるが、それら新ルールにおける出力抑制の方法については、フォローしておく必要があるとともに、従来、「地域資源バイオマス発電



設備」であり、かつ、出力制御が困難な場合とされれば、出力抑制について、基本的には考慮する必要はなかったが、そのルールの帰趨についても、フォローしておく必要がある。

## (6) まとめ

以上のように、FIP 制度を活用するにせよ、FIT 制度を活用するにせよ、特に売電の面で、これまでとは異なったリスクが生じる。また、その裏返しでもあるが、これまでの FIT 制度では、発電した電力の使い道について、特に考えなくともよかったものが、今後は、それらを検討する必要に迫られる。

まず、FIP 制度については、自ら売電先を見つける必要があり、それ以外にも様々な電力の持つ価値を、価格変動リスクをどうコントロールしながら、誰にどう売っていくかの検討が必要となる。その中で、前出のアグリゲーターの活用も一つの選択肢となる。また、FIT 制度についても、地域活用要件を満たすために、地域での電力の活用方法を検討する必要が出てくる。

したがって、今後は、「エネルギービジネスとしてのバイオマス」あるいは「**（林業や廃棄物といった観点ではなく）エネルギーという視点で地域に裨益のあるバイオマス**」という観点、つまり、**エネルギーの需要家を想定した事業構築**が迫られることとなる。その意味では、「ビジネスとしてのバイオマスエネルギー事業」が本格化するのには正にこれからと言える。今後、バイオマス事業を検討する事業者は、この点を念頭に置く必要がある。

## フェーズⅢ 設計施工段階

バイオマス利用全体の設計施工段階におけるチェック項目は下表のとおりである。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

表 2.1.30 バイオマス利用システム全体の設計施工段階におけるチェック項目

項番号	実施事項	留意事項	チェック
1.Ⅲ.1	事業体の組成	事業体の組成を含めた実施体制は確定しているか？事業主体は明確か？	
		事業会社を立ち上げる場合、目的に沿った組織形態（株式会社、合同会社、LLP など）が検討されているか？	
		出資比率や代表権など、関係者の協議のもと、適切な体制となっているか？	
1.Ⅲ.2	事業の将来計画の検討	当初計画の事業期間終了後の事業継続、設備更新、撤去等の計画は検討されているか？	
		FIT 売電期間終了後の事業継続等の展望は描けているか？	
		将来の事業増強による、設備増設は検討されているか？	
		将来計画について関係者で共通理解がなされているか？	
1.Ⅲ.3	施設の運転管理計画の策定	計画段階より詳細な日・時間単位での運転管理計画が組まれているか？	
		設備の法定点検頻度、時期は把握できているか？それを加味した事業性試算が行われているか？	
		事業期間中の設備の運営、メンテナンス体制は決まっているか？（メーカーとの保守契約 or 事業者自ら保守・人材育成を実施）	
1.Ⅲ.4	金融機関との融資契約・資金実行	金融機関から融資の合意が得られているか？または出資等による資金調達が可能か？	
		プロジェクトファイナンスやシンジケートローンの場合、その手続きを踏まえた融資実行までのスケジュールが組まれているか？	

# 1.Ⅲ.1 事業体の組成

□ 事業体の組成を含めた実施体制は確定しているか？ 事業主体は明確か？

## 事業主体と責任の明確化

木質バイオマス事業は、**事業構想段階から設備運転開始に至るまで 2～3 年以上の時間を要する長期的かつ大規模な事業**となることが多い。地域関係者との調整から資金調達、事業計画、設計・施工・メンテナンス、事業収支安定化に至るまで、**多くのステークホルダー、工事関係者、地元住民との関係構築が不可欠**である。バイオマス事業の開始から事業運営まで、**包括かつ総合的に事業を管理できるプロジェクトマネージャー**の存在は極めて重要である。長期間の継続事業を実施する際には**代表者を明確にし事業責任を明確にしておく必要**がある。

## 事業計画の策定時の留意点

バイオマス事業の事業計画を策定するにあたっては、事業構想、事業計画の段階から地域の関係者（燃料供給者、周辺住民、自治体関係者など）と連携や報告を密にして協力体制を構築することが重要である。特に、燃料の調達については、留意する必要がある。

## 事業化体制と事業主体の明確化

このような失敗要因を排除するためには、まず**事業化の体制と事業主体を明確にすることが必要**である。単独の事業者で事業を行う場合、例えば製材業者で行う場合は当然単独の製材業者で実施する体制を整備する必要がある。複数の参加者で事業を行う場合は、既存の森林組合等が事業主体となることも想定されるが、**必要に応じてバイオマス事業を行うための新たな事業体制および事業主体を確立し、事業会社を設立**することになる。事業会社の設立については次項にて触れることとする。

## プロジェクトマネージャー

これらの一連の作業を取りまとめる重要な役割を担う**プロジェクトマネージャー**を任命するケースもある。プロジェクトマネージャーは、バイオマス事業の**原料調達、エネルギー変換技術、生成されたエネルギーの利活用の検討**のほか、各種リスクを想定しながら建設予定地の**立地環境調査、事業実施スケジュール、資金調達、関係法令対応**までを総合的に任される事業全体管理者である。

さらに、プロジェクトマネージャーは、**事業戦略**を作成し、事業計画や**エネルギー（電気、熱、ガス）の販売方法**事業実施後どのようにプラントを改良していくかということまでの権限および責任を持つことになる。そのため、**再生可能エネルギー販売市場（電気、熱、ガス）や一般市民のニーズ（環境意識）に敏感で、関係する業界との人脈や情報収集能力の高さも求められる。**

□ 事業会社を立ち上げる場合、目的に沿った組織形態（株式会社、合同会社、LLP など）が検討されているか？

先に記載したように、バイオマスエネルギー事業は、地域関係者との調整から資金調達、事業計画、設計・施工・メンテナンス、事業収支安定化に至るまで、多くのステークホルダーを有する。地域のバイオマス活用計画に適した事業を実現するためには、まず事業会社の形態と実施体制を明確にすることが必要である。

### 事業を担う組織の種類と設立に係る留意点

バイオマスエネルギー事業の実施のために、新たに事業体を設立し、**サプライチェーン関係者が出資することで原料調達や熱利用などの主要な地域関係者に事業を「自分事」として参画**してもらうことができる。そのため、国内の先行事例では、サプライチェーン上流側および下流側の関係者を巻き込んで会社等を設立し、事業リスクを抑えて安定的に運転しているケースも見られる。事業の安定が見込まれれば、後述のとおり、融資を受けやすくなる場合も多い。

そういった特定の事業を行うためだけに作る会社を特別目的会社（SPC : Special Purpose Company）という（但し、そういった組織形態は、必ずしも会社形態に限らない点は留意する必要がある。）が、SPC 等を設立する場合には、以下のような特徴を踏まえ、どういった形態が適切なのか検討する必要がある。その際、表中にもあるように、会社法等の法的な観点だけでなく、税務上の取り扱いも異なる外、ファイナンスの観点からも、複合的な仕組みも含め、様々な形態が考えられるため、専門家と相談しながら検討していくことが望ましい。

表 2.1.31 事業主体の主要な組織形態

事業会社の項目		概要
会社形態	株式会社	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 細分化された社員権(株式)を有する株主から有限責任の下に資金を調達して株主から委任を受けた経営者が事業を行い、利益を株主に配当する、「法人格」を有する会社形態である。</li> <li>・ 会社法に基づき、組織ガバナンスや企業内容の開示等に関する様々な規定があり、堅確な組織運営を行いたい場合には適している。</li> <li>・ 一方で、組織運営の融通性に欠ける外、合同会社に比し運営コストもかかる。</li> </ul>
	合同会社 (日本版 LLC : Limited Liability Company)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 株式会社同様に、会社法上の会社であり、社員(株式会社の株主に相当)は有限責任であるが、会社法上組織ガバナンスにかかる規程が少なく、定款に定めるなどにより、組織運営の自由度が高い点に特徴がある。</li> <li>・ また、運営コストも株式会社に比し、安く済むのが一般的である。但し、予め決めていない場合には、社員間の合意に基づき組織運営がなされるため、社員間の関係が経営に直結する。</li> <li>・ また、将来的に上場にて大規模な資金調達を予定する場合には、合同会社は上場できない。</li> <li>・ 以上から、新規設立が認められなくなった有限会社に代わって小規模事業の法人化に利用されることの多い会社形態となっている。</li> </ul>
組合形態	有限責任事業組合 (日本版 LLP : Limited Liability partnership)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 民法上の組合(建設共同事業体など)は、構成員全員が無限責任を負う点で、会社とは異なるが、有限責任事業組合は、組合の一種であるにも拘らず、構成員全員が有限責任であることが特徴である。</li> <li>・ また、その根拠法である有限責任事業組合法により、組織ガバナンスにも対応している。</li> <li>・ 但し、組合の一種である以上、法人格を持たず、したがって、法人課税も原則として、組員段階となり(パススルー課税)、そのために、内部留保を行うことも難しい。</li> </ul>
その他	匿名組合(TK)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 組合という名称から、民法上の組合の一種と思われるが、商法に定められた双務契約であり、具体的には、当事者の一方(匿名組員)が相手方(営業者)の営業のために出資をなし、その営業より生じる利益の分配を受けることを約束する契約である。</li> <li>・ 税務上は、原則として LLP 同様に匿名組員段階で課税されるパススルー課税である。</li> <li>・ 会社形態を選択した場合、会社であることから会社段階の利益と配当段階の二重課税となる一方で、LLP を選択すれば、それを回避できるが法人格がないといった問題から、合同会社を設立して、匿名組合契約を併用するといった手法(TK-GK スキーム)が取られることが多い。</li> <li>・ 但し、匿名組合契約は、あくまで契約であり、営業者のガバナンスに関する権利がないだけでなく、匿名組員間で話し合っ何かを定めることも前提とされていない(つまり、原則として、資金を拠出し損益分配を受ける権利が主である)ことに留意する必要がある。</li> </ul>
	信託方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 信託会社と信託契約を締結し、資金を信託会社に拠出することにより、信託会社を事業主体として事業を行うことも可能である。</li> <li>・ LLP や TK 同様にパススルー課税であるが、信託会社への手数料がかかる外、信託会社によって取り扱いも異なるため、活用を検討する場合は、まずは信託会社に相談されたい。</li> </ul>

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

いずれの組織形態を採用する場合であっても、**代表者、管理責任者、技術責任者、運転監視員、設備・機器保守員、運転作業員、事務員などの運転管理体制は明確にしておく**。特に、融資を受ける際、許認可申請を行う際にも **SPC 内部における責任者を明確にしておく必要**があり、事業の方向性に変化が出ないためにも重要である。

また、バイオマス事業は事業によっては、**数億円から数十億円の建設規模**となることから、**複数メンバーで実施する共同型プラントとなることが多い**。このような大規模な事業を成功に導くためには、事前の基礎調査、これら事前調査段階の調査結果に基づいた基本設計並びに詳細設計の順に作業を進め、さらに建設、稼働（メンテナンス）の順に事業を進めていくことになる。

## □ 出資比率や代表権など、関係者の協議のもと、適切な体制となっているか？

一方で**関係者が増えることで意思決定や利害関係の調整が複雑になる**可能性があるため、出資比率や代表権など、関係者の協議のもと、適切な体制にすることが必要である。

実際、地域主導で事業を行おうとしても、地域内にはバイオマス事業のノウハウを持っている事業者がいないことも多く、**地域外の事業者と共同で実施する場合には**、出資条件や事業の内容（例えばエネルギーの販売方法等）で利害が対立することもある。そのため、最初の段階での取り決めが特に重要となる。

また、**規模が大きな事業となる場合**、資金的にも域外の大手事業者の参画が必要となるケースもあるが、一般的には出資割合と経営の主導権は比例し、また地域への経済波及効果の観点からも、利益分配の点で地域からの出資割合にリンクする。出資比率や代表権などを決める際には、これらの点を考慮する必要がある。また、そのようにして**取り決めた事項は、「株主間協定書」等の形態で出資者間の契約として残しておく**ことが一般的である。信頼関係あつての共同事業であるということから、これらの取り決めを軽視している場合もあるが、共同事業者間で意見が合わなくなることは、一般的にもありがちなことであり、そのような不測の事態に対応するためにも契約書として残すべきであり、最終的には、そのような契約を締結することを念頭に置いておく必要がある。

より精度の高い事業収支を検討するために、**事前に会社の就業規則、賃金体系、福利厚生、安全衛生などの制度を定めておく**ことが望ましい。

## 1.Ⅲ.2 事業の将来計画の検討

- 当初計画の事業期間終了後の事業継続、設備更新、撤去等の計画は検討されているか？
- FIT 売電期間終了後の事業継続等の展望は描けているか？
- 将来の事業増強による、設備増設は検討されているか？
- 将来計画について関係者で共通理解がなされているか？

### FIT 終了後のキャッシュフローの検討

FS 調査の中で、バイオマスエネルギー事業の採算性と持続可能性が見込まれ、事業化判断に至った後も運転稼働後および将来の計画について検討を続けることが望ましい。特に、**FIT を活用する事業の場合**は買取期間終了後（20 年後）もどのようにして事業を継続するか、等の展望を描く必要がある。

太陽光等の燃料費がかからない再生可能エネルギーは、FIT 終了後も発電を続けることができるが、ランニングコストにおける燃料費の割合の高いバイオマスは、FIT 終了後は、キャッシュフローが赤字になる可能性が高い。そのため、対策を講じないと事業を続けることが困難であることを計画段階から認識する必要がある。また、事業の実施における関係者が多岐にわたる、すなわち裾野が広いため、多くの関係者に迷惑を掛けることになりかねないことも認識する必要がある。

### 事業の拡大に関する検討

また、収益性および外部環境の変化に対応するため、**FS 段階で描いた事業内容を将来的にさらに拡大・改善する点についても検討し続ける**ことが望ましい。例えば、九州のある事例では熱電併給における低温排熱が余剰となるため、**敷地内にペレット製造施設を建設し余剰熱の付加価値化と収益拡大**を目指している。いずれの場合でも**将来の事業継続・拡大計画について社内および地域関係者と共有を行い、議論を続けることが重要**である。

特に**地域密着型の木質バイオマス事業の場合**は、林業の再生計画に応じて、生産量増大→容量増大の可能性がある。また、当初は発電のみで事業を開始し、順次熱供給関連を整備していく場合もある。

## 1.III.3 施設の運転管理計画の策定

- 計画段階より詳細な日・時間単位での運転管理計画が組まれているか？
- 設備の法定点検頻度、時期は把握できているか？それを加味した事業性試算が行われているか？
- 事業期間中の設備の運営、メンテナンス体制は決まっているか？（メーカーとの保守契約 or 事業者自ら保守・人材育成を実施）

電力会社への売電事業（FIT 事業）のみの場合と異なり、**熱供給事業の場合は FS 調査で実施した結果をもとに社内または外部の需要変動に適した詳細な運転計画を立てる必要がある。**

特に熱電併給事業の場合は熱供給については以下の 2 つ供給形態があり、事業コンセプトや需要に応じて検討する。

- **発電優先の運転に伴う熱供給（発電を優先して設備を運転して、発生した排熱を利用して熱供給する）**
- **熱負荷に応じた出力調整運転（供給先の熱負荷に合わせて設備の出力を調整して運転を行う）**

その他、運転管理計画の策定においては、設備の法定点検頻度やそのタイミングを考慮しておく必要がある。これらの時期は設備運転を停止しなくてはならないため、事業性に影響することに留意すべきである。

また、設計施工段階では、事業期間中の設備の運転やメンテナンスをどのように行うかについても検討する。比較的大規模な施設ではメーカーとの保守契約を行うケースもあるが、**スキルを有する人材を育成し事業者自ら O&M を行うケースもある。**O&M の内製化および人材育成については、「**4.IV.4 O&M 内製化の検討**」（428 頁）を参照されたい。



## 1.Ⅲ.4 金融機関との融資契約・資金実行

□ 金融機関から融資の合意が得られているか？または出資等による資金調達が可能か？

□ プロジェクトファイナンスやシンジケートローンの場合、その手続きを踏まえた融資実行までのスケジュールが組まれているか？

### 一般的な留意事項

金融機関との融資契約の締結は、最終局面となることが一般的であるが、バイオマス事業を含め、再生可能エネルギーの案件については、**支店ではなく金融機関の本部の審査部署等の決裁となる**ことが多い。したがって、**内部での決裁のスケジュールや進捗状況については適宜確認しておく**必要がある。

なお、金融機関内部で審査を行っている間に**資金計画を変更せざるをえない場合**も出てくるが、その際は可及的に速やかに、金融機関に連絡を行うべきである。審査の進捗度合いによっては再審査・再決裁が必要となり、そのために**プロジェクトの各スケジュールに影響を与える**可能性がある。

また、**出資等による資金調達も予定している場合**には、金融機関は融資実行より出資実行を先に求めることが多いため、その手続きも踏まえて、スケジュールを立てておく必要がある。

### プロジェクトファイナンスやシンジケートローンにおける留意事項

**シンジケートローン**とは個別の資金調達ニーズに対し複数の金融機関が協調融資団（シンジケート団）を組成し、同一条件、同一契約書にて融資を実行する手法である。その取り纏め役を**アレンジャー**と言う。

バイオマス事業においては融資金額が高むことも多く、複数の金融機関からの借入にて賄うことも多いが、各金融機関から様々な条件を要請される場合には、金融機関毎に交渉するのも煩雑であり、シンジケートローンを活用してアレンジャーに窓口を一本化するメリットも生じる。また、一般的には**エージェント**という金融機関の代理人が置かれるため、融資の実行や返済の窓口もエージェントに一本化できる。特に、**プロジェクトファイナンスを活用する場合**には、契約書の条項も相当多岐にわたるため、金融機関毎に異なる条件で行うことは現実的でない。

なお、シンジケートローンにせよ、プロジェクトファイナンスにせよ、融資関連契約の内容が複雑となることから、まずはその**骨子についての合意（その合意も複数段階となることもある）を行い、その後、融資関連契約の調整に入る**ことが一般的である。したがって、前項にて資金調達の蓋然性を判断するに当たっては、ある程度の契約内容の骨子の合意まではなされておくべきである。ちなみに、アレンジャーやエージェントについては、一定の手数料も発生するため、その金額も合意を行い、必要となる費用に算入しておく必要がある。

また、シンジケートローンやプロジェクトファイナンスにおいては、**融資実行に当たっての前提条件（CP：Conditions Precedent）**が定められるため、融資関連契約の後、融資実行に当たっては、それら前提条件を満たす必要がある。

## フェーズⅣ 運転段階

バイオマス利用全体の運転段階におけるチェック項目は下表のとおりである。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

表 2.1.32 バイオマス利用システム全体の運転段階におけるチェック項目

項番号	実施事項	留意事項	チェック
1.Ⅳ.1	事業採算性の検証と改善	計画値と実績ベースの採算性の比較検証がされているか？また要因分析と改善がなされているか？	
1.Ⅳ.2	波及効果の検証と公開	事業による波及効果については検証されているか？	
		波及効果について地元行政や地元企業、地域住民等に対して周知しているか？	

## 1.IV.1 事業採算性の検証と改善

□ 計画値と実績ベースの採算性の比較検証がされているか？また要因分析と改善がなされているか？

### 実証事業における計画時と運転開始後の採算性のギャップ

設備が運転開始した後も、**計画時に想定した事業性との相違がないかキャッシュフローなどを分析することが重要**である。NEDO 地域自立システム化実証事業では 2018 年以降 6 件の実証事業者の設備が運転開始した。いずれも事業内容やスケジュール面では概ね予定どおりであったが、一部では以下のような想定しなかったコストが発生したケースも見られた。

表 2.1.33 NEDO 実証事業における計画時と運転開始後の事業性のギャップの発生要因（例）

- 建設地の用水インフラが脆弱であり、設備冷却用の水を近くの池から引水する必要が生じた。
- バイオマス燃料（バーク）の調達価格が運転開始段階で FS 時よりも高騰した。
- 建設地の地盤が脆弱であったことが判明し、土地改良費が増加した。
- 当初地下にサイロを作る予定であったが、建設地が最終処分場の跡地であったことが判明し、地上のサイロに変更したため追加コストが発生した。
- 調達するバイオマス燃料の水分率が想定よりも高く追加乾燥コストが生じた。
- 海外製の設備の分割サイズが道路交通法の基準を超えていたため特別な許可申請が生じた。
- 熱需要先の工場の稼働率が低く、想定していた熱量を供給できなかった。

その他、上記のほとんどの実証事業でそうであるように、**稼働開始後半年から 1 年は様々なメンテナンスが発生するためフル稼働が難しい**。したがって、事業期間のキャッシュフローを分析する際はこうした**初年度の稼働状況も加味することが重要**となる。

### プロジェクトファイナンスを活用する場合に係る留意事項

プロジェクトファイナンスにおいては、様々な誓約事項や報告事項が定められる。多くは、計画と実績を比較し、融資返済に支障が生じるような事象が起きないためのものである。計画と実績を比較するに際しては、それらも踏まえる必要があるとともに、ギャップの発生については、その原因や対処策の説明を求められることも多い。

また、資金管理の徹底も求められる。融資を受けた金額のみならず、稼働後に計上される売上金の用途についても、計画通りに行う必要があり、計画外の用途に使う必要がある場合には、金融機関の承諾が必要となることが多い。

様々な誓約や報告、並びに資金管理の徹底など、事業者としては面倒ではあるが、一方でこれらを遵守することにより、事業の問題点を早期に発見し、改善につなげるきっかけとなる場合もあるため、有効に活用できれば望ましい。例えば事業者としては大きな問題ではないと認識していたが、プロジェクトファイナンスの契約条項に従い作業を行ったところ、将来融資が返済できなくなる可能性が発覚し、早期に対応を行うことができた例もある。

## 1.IV.2 波及効果の検証と公開

- ❑ 事業による波及効果については検証されているか？
- ❑ 波及効果について地元行政や地元企業、地域住民等に対して周知しているか？

計画時点で地域関係者への波及効果を定量的に示すことは協力体制を構築するうえで、重要である。

しかし、ここでの定量評価はあくまで事業開始前の想定値であるため、**事業が運転開始してからも地域への実際の経済効果を再評価し、想定値とのギャップを明確化**していくことが望ましい。

## 2章 バイオマス調達に係る留意点と解決策

### 原料・燃料調達に関する「よくある課題」

#### その1：十分な量のバイオマス燃料を調達できない、運転後の調達量が想定と異なる

バイオマスエネルギー事業では地域事情によって調達可能な原料や燃料規模や条件が大きく異なり、必要な量のバイオマス資源を調達できずに断念するケースが多い。特に国産材の発電事業の場合は年間数万トン以上の大量のチップやペレットが必要となるうえ、近隣の発電所との競合関係も存在するため、事業期間（FIT の場合は 20 年）にわたり安定的に調達できる見通しが立たないことがある。その他の主な原料・燃料調達に係る各課題に関する留意事項や対応策は下表の項目を参照されたい。

表 2.2.1 原料・燃料調達に係る主な課題と本ガイドラインの参照先

● 原料・燃料調達量の季節変動を考慮しなかった	⇒	<b>「2.Ⅰ.1 原料・燃料の調達可能性の検討 ① 原料・燃料種の特定と資源量の調査」(231頁)</b> を参照
● 地域の原料の賦存量（ポテンシャル）と実際の調達可能量を同一視してしまった（地域の森林成長量や林道整備状況、林業活動、輸送体制などの実状を考慮しなかった）	⇒	<b>「2.Ⅱ.1 原料・燃料の調達可能性の調査 ① 原料・燃料の調達可能性および性状の調査(a) 集荷可能性の調査」(252頁)</b> を参照
● 原料の中長期的な持続可能性を考慮せず事業計画を策定した		
● 施設稼働後、周辺のバイオマス発電所の稼働により原料・燃料需要が逼迫した		

#### NEDO 事業者・先行事例の取組（原料の安定調達）

原料の季節変動への対策について、先行事例では以下のような工夫を行っている。例えば、田島山業株式会社では月ごとに大きく変動する林地残材搬出量について、一定量の余剰分を貯留するストックヤードを山林内に設置・活用する方法を検討した（→[253頁](#)を参照）。

また、持続的な原料調達について、先行事例では以下のような工夫を行っている。東急リゾート&ステイ株式会社では森林組合らとともに地域の森林経営計画を策定し、持続的に調達可能なバイオマス資源量を適切に評価した（→[254頁](#)を参照）。

原料・燃料の安定調達を達成している先行事例では、エネルギー利用事業者が林業等の「上流側」関係者を事業に（時には出資も含めて）巻き込み、サプライチェーン全体が一丸となって推進しており、「**2.Ⅲ.2 燃料の調達・在庫管理計画の策定」(290頁)**を参照されたい。また、バンブーエナジー株式会社では、地元住民、業者との密な関係を構築し、地域課題である竹の安定調達体制を確立している（→[290頁](#)を参照）。

#### NEDO 事業者・先行事例の取組（原料のポテンシャル拡大）

近年は従来の針葉樹の森林未利用材や製材端材だけではなく、竹やパークのようにこれまで燃料として利用されることが少なかった地域課題のバイオマス資源を調達する事例が増えつつある。その他、先行事例では以下のような工夫により安定調達を試みている。例えば、坂井森林組合では広葉樹を燃料として有効活用する検討を行った（→[240頁](#)を参照）。また、一般財団法人石炭フロンティア機構（JCOAL）、遠野興産株式会社では社有林にコウヨウザン等の早生樹を植林し燃料生産事業を実施した（→[242頁](#)を参照）。さらに、高砂熱学工業株式会社では耕作放棄地にエリアンサスなどの資源作物を栽培する検討を行った（→[242頁](#)を参照）。

## その2：原料・燃料供給側との認識の齟齬の発生

バイオマスエネルギー事業では、地域の農林業等の一次産業関係者と発電事業者など、多くの場合、それまで接点のなかった様々な業種や産業の関係者同士で取引を行うことになる。そのため、運転開始後に原料および関係者間での取引量や単位等の認識の齟齬により想定した調達量が確保できないことがある。例えば、以下のような齟齬が生じたケースが報告されている。

表 2.2.2 原料・燃料供給側との認識の齟齬の例

- 調達量や納期が守られずに設備の安定運転に支障が生じた
- 原料および燃料の密度の認識が関係者間で統一できていない（重量と体積の換算、材積の計算方法（例：林業業界が用いる末口二乗法等）
- 熱利用の場合、燃料の熱量が想定と異なる（市況で重量単位で取引されるチップ・ペレットと容積単位で取引される化石燃料の価値の比較ができていない）
- チップ供給業者との契約でチップサイズに関する縛りを設けなかったため、業者が取引量の多い顧客に合わせてサイズを決めてしまい、想定と異なる規格の燃料が供給されることになった

このような課題に対して、「2.1.1 原料・燃料の調達可能性の検討 ①原料・燃料種の特定と資源量の調査」（231 頁）では原料・燃料取引に係る留意点を記載している。また、「第3部 1 章木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識」では各原料・燃料の一般的な性状について概説している。

### 先行事例の取組

その他、先行事例では納期等の仕様が守られなかった場合のペナルティを設定しているケースもある。「2.Ⅲ.1 燃料の調達契約」（287 頁）では、こうした取引先との契約条件について記載している。

## その3：採算が取れるバイオマス燃料価格で調達できない

バイオマス燃料は地域の農林業の動向や周辺地域の発電所、熱利用施設等の動向によって需要と供給が日々変化する。特に、昨今の FIT バイオマス発電所の増加などの影響により、一部の地域では森林未利用材や製材端材由来のチップやペレットの価格が上昇し、事業採算性の確保が困難となるケースがある。一般的な原料価格およびその推移は「第3部 1 章木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識」を参照されたい。

### 先行事例の取組

バイオマス原料を安定かつ安価に調達するために先行事例では以下のように「地域で課題となっているバイオマス資源」を対象に調達している。例えば、バンブーエナジー株式会社では、地域住民や事業者がコストをかけて処分していた竹を燃料として活用している（→290 頁を参照）。

また、昭和化学工業株式会社では、製材業や林業で排出され、従来未利用であったバークを燃料として活用している（→259 頁を参照）。

JFE 環境サービス株式会社では、建築廃材の中でも従来発電として利用が困難であった低質建廃を対象に燃料化を行っている（→277 頁を参照）。

田島山業株式会社では、従来林業活動において山林に放置してきた末木枝条を対象にチップ化を行い燃料化を検討した（→246 頁を参照）。

社会福祉法人ウイズユーおよび智頭石油株式会社では、自社および地域で活用できていないきのこ使用済菌床の燃料化を行った（→327 頁を参照）。

## その4：燃料加工費・輸送費が高い（自ら燃料生産を行う場合）

森林未利用材を用いて燃料生産を行う場合、木材の伐採、搬出、燃料加工、輸送までのコストが事業採算性を圧迫するケースが少なくない。また、チップ工場やペレット工場を新規に建設する場合は一定の規模でないと燃料単価が高額になってしまう。その他、燃料供給者との間で輸送費に関する合意形成の不備等の契約上の問題により、思わぬコスト増となったケースもある。

⇒ こうした原料・燃料関係者との契約上の留意点は「[2.Ⅲ.1 燃料の調達契約](#)」（287頁）を参照されたい。

### NEDO 事業者・先行事例の取組

燃料加工、輸送コストを最小限に抑えるために先行事例では以下のような工夫を行っている。例えば、坂井森林組合では、チップ工場を建設するのではなく、伐採した木材を「中間土場」にて「移動式チップパー」で燃料加工することで、燃料加工費および輸送費を抑えたシステムを導入した（「[第3部 1章木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識](#)」を参照）。また、同組合ではFS事業において、移動式チップパーのコスト比較を行った（「[第3部 1章木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識](#)」を参照）。

## その5：適切な品質の燃料が調達できない

バイオマスエネルギー変換設備はそれぞれ使用可能な燃料規格が定められており、要求水準に満たない燃料を用いると運転トラブルが生じる。燃料品質については、後述する含有水分の他、形状のサイズの安定化が重要となる。特にガス化設備の場合はこうした燃料品質が安定燃焼に大きく影響するため留意が必要である。主な原料・燃料品質に係る各課題に関する留意事項や対応策は下表の項目を参照されたい。

表 2.2.3 燃料品質全体に係る主な課題と本ガイドラインの参照先

● 製造、加工した燃料がボイラーや発電設備の燃料規格・要求品質を満たさない	⇒ 「 <a href="#">2.Ⅱ.1 原料・燃料の調達可能性の調査① 原料・燃料の調達可能性および性状の調査 (b) 原料性状の調査</a> 」（258頁）を参照
● 海外製のガス化設備の要求する燃料品質を満たしたにもかかわらず、日本の樹種では安定稼働しない	
● 海外のガス化設備を導入した先行事例では、導入予定の国内地域の樹種で製造したサンプル燃料を現地に送付して運転試験を行っている。	⇒ 「 <a href="#">2.Ⅱ.1 原料・燃料の調達可能性の調査③ 燃料規格対応の確認</a> 」（269頁）を参照

また、主な燃料の形状・サイズに係る各課題に関する留意事項や対応策は下表の項目を参照されたい。

表 2.2.4 燃料の形状・サイズに係る主な課題と本ガイドラインの参照先

● バークや破碎チップの場合、長尺のものが含まれることがあり、原料・燃料供給設備（マテリアルハンドリング設備）でのブリッジ等のトラブルや、炉内での不均一な燃焼によるトラブルが生じる	⇒ 「 <a href="#">2.Ⅱ.1 原料・燃料の調達可能性の調査③ 燃料規格対応の確認</a> 」（269頁）を参照
● ガス化の場合は、チップやペレットの形状にばらつきがあると不均一な燃焼が生じ、設備トラブルが生じる	

### NEDO 事業者・先行事例の取組

バイオマス燃料の形状やサイズに関する先行事例では以下のような工夫を行っている。例えば、JFE環境サービス株式会社では、地域の低質材のエネルギー利用にあたり、大物・長尺、廃竹材など様々な形状の燃料適用可能な高性能破碎設備を導入し、実証試験を行っている（→[277頁](#)を参照）。

その他、ガス化の場合は燃料投入前に篩を導入し、燃料の均一化を図っているケースが見られる（→[273 頁](#)を参照）。

## その6：バイオマス燃料の水分率の管理ができない

上述のとおり、バイオマスエネルギー変換設備はそれぞれ使用可能な燃料の条件が決まっており、中でも水分の管理は最も重要な要素と言える。特に中小型のバイオマスボイラーの場合は燃料の水分率を 30～40%程度の範囲内に抑えなければ安定的な燃焼ができないため、特に森林未利用材（生木）やきのこ使用済菌床などの水分率の高いバイオマス燃料として使う場合は十分な乾燥を行う必要がある。

### NEDO 事業者・先行事例の取組

バイオマス燃料中の水分を適切に管理するため、先行事例では以下のような工夫を行っている。特にガス化の場合は安定稼働のために厳密な水分管理が必要となり、適切な貯留設備、乾燥設備の選択が必要となる。先行事例では投入直前に発電機の廃熱による乾燥設備を導入しているケースもあり、詳細は「[2. II. 1 原料・燃料の調達可能性の調査](#) [③燃料規格対応の確認](#)（[269 頁](#)）を参照されたい。

また、社会福祉法人ウイズユーでは水分率 70%程度のきのこ使用済菌床をハウスを用いた自然乾燥設備とボイラー廃熱を利用した乾燥により 55%まで抑え、さらに建築廃材（水分率 20%程度）ときのこ使用済菌床を 9:1 の比率で混合することでボイラーに投入する時点での燃料全体の水分率を 30%程度まで抑制している（→[262、327 頁](#)を参照）。同事業の関係者である智頭石油株式会社ではビニールハウスを利用したきのこ使用済菌床の自然乾燥システムを開発し、社会福祉法人ウイズユーの実証事業で導入した（→[262 頁](#)を参照）。

その他、バンブーエナジー株式会社では原料乾燥のため、ウォーキングフロア上でボイラー廃熱を活用した乾燥システムを導入した（→[270 頁](#)を参照）。

## その7：燃料製造・加工設備の採算性が悪化する

自らチップやペレット等の燃料製造を行う事業では、生産する燃料の品質や量によって採算性が確保できなくなるケースも観られる。利用する原料や生産する燃料品質を向上はエネルギー変換設備運転の安定稼働に寄与する一方で、生産コストも増加するため、こうしたバランスが必要となる。チップ・ペレット製造技術の概要は「[第3部 1章 木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識](#)」を参照されたい。

また、燃料製造・加工設備の採算性に係る主な課題は以下のとおりであり、「[2. II. 1 原料・燃料の調達可能性の調査](#) [③燃料規格対応の確認](#)（[269 頁](#)）および「[2. II. 1 原料・燃料の調達可能性の調査](#) [④燃料の製造・加工システムの検討](#)（[276 頁](#)）」を参照されたい。

表 2.2.5 燃料製造・加工設備の採算性に係る課題の例

- 燃料品質や原料種を重視しすぎて生産設備に過剰投資となり採算性が悪化した
- 燃料規格が上位であるほど、製造に要する機械は増え、消費電力も増え製造原価が上がった
- 一方で、燃料の低価格化に重きを置きすぎると設備が許容可能な燃料品質の範囲を逸脱しやすい

### NEDO 事業者・先行事例の取組

燃料製造・加工設備の採算性を確保するにあたり、先行事例では以下の検討を行っている。例えば、坂井森林組合では、新規のチップ化工場の建設、中間渡場における移動式チップパーによる燃料生産によるチップ生産コストの比較を行った（「[第3部 1章 木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識](#)」を参照）。また、長野森林組合では FS 事業においてペレットの造粒方式によるコスト比較を行った（「[第3部 1章 木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識](#)」を参照）。



# フェーズⅠ 構想段階

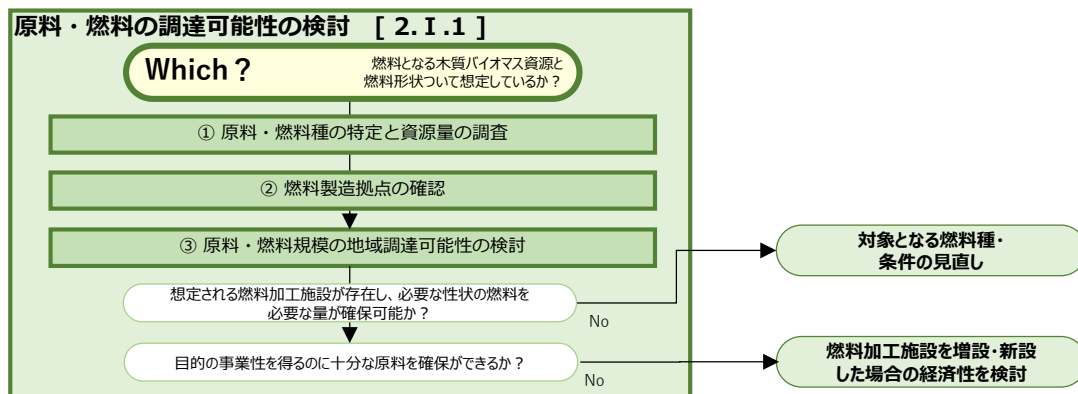
バイオマス調達の構想段階におけるチェック項目は下表のとおりである。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

表 2.2.6 バイオマス調達の構想段階におけるチェック項目

項番号	実施事項	留意事項	チェック
2. I .1	原料・燃料の調達可能性の検討		
①	原料・燃料種の特定と資源量の調査	原料および燃料の種類は特定できているか？それらが地域で調達可能なことを確認したか？	
		原料および燃料価格の動向と他の材との競合状況を確認したか？	
		地域で調達候補となる原料または燃料の性状を確認したか？	
		原料および燃料中の水分を把握したか？また、水分指標について正確に理解しているか？	
		原料および燃料の密度を把握したか？また、体積と重量の換算方法について理解しているか？	
		<熱利用の場合> 想定するバイオマス燃料と化石燃料の価値を比較したか？	
		<森林未利用材を利用する場合> 燃料用木材と他の用途の木材の価格を比較したか？	
②	燃料製造拠点の確認	チップやペレットなど燃料の生産拠点を確認し、調達方法、新たな拠点整備の有無を検討したか？	
③	原料・燃料の地域調達可能性調査	地域内で調達可能な原料・燃料の規模と導入したい設備の規模またはエネルギー供給規模が乖離していないか？	

## 2. I .1 原料・燃料の調達可能性の検討

構想段階における原料収集可能性の検討では、まず最初に地域（または自社内）で発生する資源をリストアップすることから始める。その際、対象資源がお金を支払って調達する「有価物」なのか、性状として有価性がなく逆有償となる「廃棄物」なのかを確認する。廃棄物を逆有償で調達するためには産業廃棄物処理事業に係る許認可が必要なため、手続きに時間が掛かる可能性がある。



利用する資源を特定した次に、それらの発生量および調達可能量を調査する。そのうえで、目的の事業性を得るのに十分な量を確保できるかを確認する。価格や輸送コスト等の調査も併せて実施し、想定価格で調達できる量に不足がある場合、対象となる燃料種や条件を見直す必要がある。

また、調達量と併せて燃料の形状（チップ、ペレット、薪など）についても検討する。燃料形状は設備・技術の選択や毎年の運営コストに大きく関わることに留意する。燃料の形状により性状や製造コスト、ハンドリングの負担などが違うので、調達規模や想定する設備技術等に応じ、どのような燃料を使用するか想定する。

**特に発電事業の場合**は通常数万トン／年の大量の燃料が必要となるため、既存の燃料の加工施設または地域内の燃料供給業者等を通じて必要な量を確保することが難しいことが多い。その場合は事業者自ら原料を収集し、燃料加工施設を増設または新設するケースについて検討する。

# ① 原料・燃料種の特特定と資源量の調査

原料種の特特定および資源量調査の考え方は事業の目的や内容によって異なる。例えば、**自社または地域で未利用な資源を有効活用することが動機である場合**は、対象資源の発生状況と利用状況、それを踏まえた調達可能量について検討する。

一方、**発電事業や既存の化石燃料ボイラーの代替、または外部への熱供給を目的とする場合**は、エネルギー供給量に見合う原料・燃料の確保が必須であるため、地域内でどのようなバイオマス資源を入手可能かについてリストアップし、それぞれの発生状況、利用状況、調達可能量を幅広く調査する。また、既に地域内に燃料供給施設および業者が存在する場合は供給可能量について調査を行う。

**特にガス化発電の場合**は、樹種も含めた燃料規格との相性が非常に重要となることから、求められる燃料規格に合致する燃料が地域で調達可能かを確認する。あるいは自社、および協力企業で規格に合う燃料の製造が可能か検討する。

**燃料製造を目的とする事業の場合**は、原料となる森林資源の賦存量、調達可能量に加え、需要側の市場ニーズを踏まえた原料種と規模感について調査する。

- ❑ 原料および燃料の種類は特定できているか？それらが地域で調達可能なことを確認したか？
- ❑ 原料および燃料価格の動向と他の材との競合状況を確認したか？

調達可能な原料および燃料の種類や規模によって利用可能な技術や実施できる事業内容は大きく異なる。統計上では資源の**ポテンシャルがあるように見えても実際に調達可能な量が限られる**ことが多い。特に最近ではバイオマス発電が各地で稼働を開始し、証明付きの未利用木材の調達は地域的には厳しくなりつつある地域も見られる。製紙産業も含めた**既存の流通への影響にも配慮する**必要もある。また将来にわたって安定的に調達することが可能なのかも確認が必要である。例えば**開発に伴う支障木の活用を想定している場合**、短期的には確実な量の確保ができて大型の**開発工事の終了とともに支障木発生量が急減**するようなケースもある。

原料および燃料の価格は林業や製材業等の上流側の産業、並びに周辺地域の発電所などの需要によって異なり、同一規格の燃料でも**地域によって価格水準は様々**である。そのため実施エリア周辺の価格水準や流通状況について詳しく確認していく必要がある。未利用木材など**原料がひっ迫するエリアでは発電所間での奪い合いも想定**され、価格の引き上げ等の変動リスクも踏まえて事業を組み立てていくことも必要である。

なお、原料・燃料の種類と特徴、並びに一般的なバイオマス燃料価格については「**第3部 1章木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識**」を参照されたい。

- 地域で調達候補となる原料または燃料の性状を確認したか？
- 原料および燃料中の水分を把握したか？また、水分指標について正確に理解しているか？

原料および燃料の性状には**水分率、密度、灰分、不純物量、形状**など様々な指標がある。これらがエネルギー変換設備（ボイラーやガス化設備など）に適合せずに運転トラブルが発生する事例が多数存在する。

性状の中でも水分率は特に重要であり、**水分の管理ができていないために設備トラブルが発生**した事例が多数存在する。ボイラーやガス化設備などの選定の際には、どの程度の水分率の燃料が入手できるかを考慮する必要がある。

木材の種類が同じであれば、**重量あたりの発熱量は水分が低下するにつれ増加**する傾向にある。そのため、水分の低いバイオマス燃料の方が、変換設備に投入した後、蒸発に奪われる熱量が減るためエネルギー効率が高くなる。したがって、できる限り**水分が低い木材の調達、あるいは事業者自ら木材を乾燥することが望ましい**。

以下では原料・燃料中の水分について記載するが、詳細および各種原料および燃料の性状については「**第3部 1章木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識**」を参照されたい。

### 原料・燃料中の水分指標

木材に占める水分重量の割合を示す指標には、「**湿量基準で示す『水分率』**」と「**乾量基準で示す『含水率』**」の2種がある。湿量基準の**水分率は、水を含む木材全量を100%**とした場合の水の比率を示しており、エネルギー事業で一般的に用いられる。一方、乾量基準の**含水率は、水を除く木材重量を100%**とした場合の水の比率を示しており、林業や木材産業で一般的に用いられる。ただし、水分率のことを含水率と表現している場合もあり、注意が必要である。

※本書では「水分率」（＝下図左側）を用いる

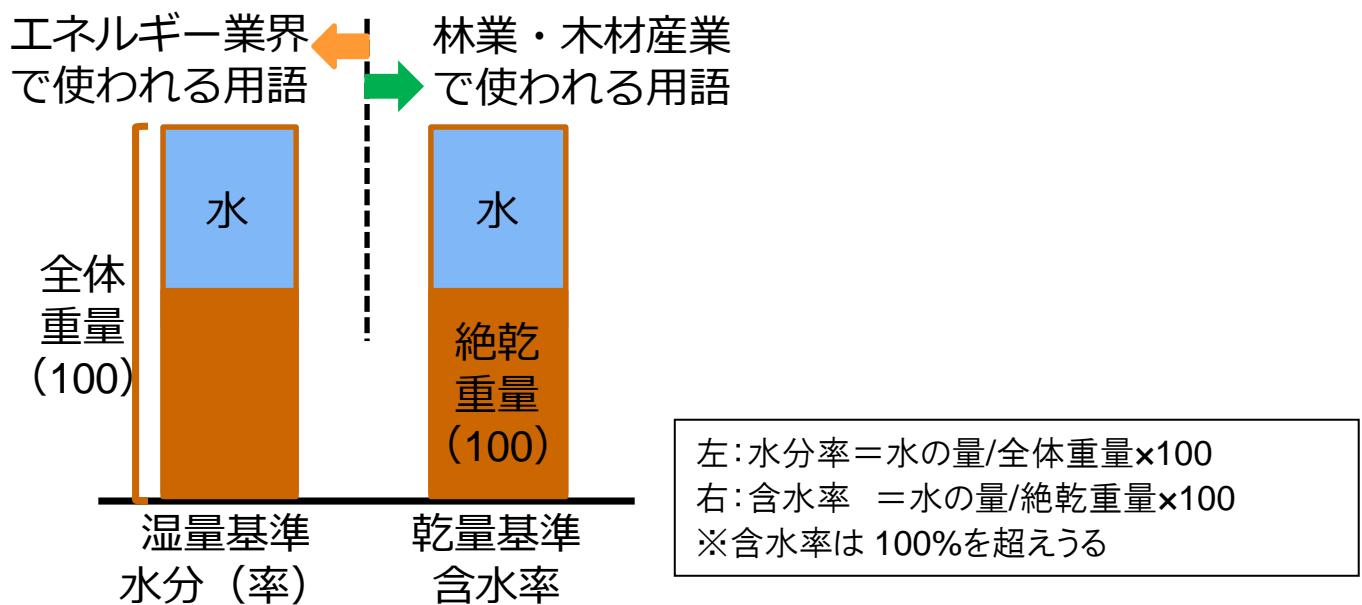


図 2.2.1 水分率と含水率の違い

## 水分量（割合）の把握方法

水分率の主な計測方法は①**事前に作成した重量と水分の換算表を用いる方法**、②**計測器を用いる方法**、③**室内試験によって測定する方法**の3つがある。このうち③の室内試験による方法が最も精度が高い。ただし、測定に1～2日程度を要する。

表 2.2.7 原料中の水分の把握方法

①事前に作成した重量と水分の換算表を用いる方法
②計測器を用いる方法
③室内試験によって測定する方法

## 原料およびバイオマス燃料別の水分率の例

バイオマス燃料の性状の中でも水分は設備の安定稼働において非常に重要である。**稼働トラブルが発生した国内の事例の多くがバイオマス燃料中の水分管理に起因している**。乾燥した燃料を使うことはトラブル解消だけでなく、単位容量あたりの有効熱量を向上させ、ボイラーでの燃焼効率向上にも寄与するなどメリットも大きい。また、木材中の**水分は発熱量を算出するうえでも重要**である。

水分が低いほどバイオマス燃料としては望ましいが、日本では**水分が豊富なスギが中心**であり、さらに**湿潤気候**であるため乾燥したバイオマス燃料を手に入れることは難しい。そのため、ボイラーが要求する水分率まで**原料木材またはチップを乾燥**させるか、バイオマス燃料供給元との**契約で水分率の範囲を指定**する必要がある。その他、**水分率の異なる木材資源を混合して、適切な水分率となるよう調整**する方法も有効である。以下に主な原料およびバイオマス燃料の水分率の例を示す。**水分は樹種や木材資源の発生場所によって異なり、さらに季節や天候、収集条件によっても変動**することに留意する必要がある。詳細は「**第3部 1章木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識**」を参照されたい。

表 2.2.8 国内のバイオマス資源の水分率の例

バイオマスの種類		水分率の目安(湿潤ベース)
丸太	伐採時	40～60%
	屋外で数か月自然乾燥した丸太	30～40%
薪	生木の薪	40～60%
	屋根下で1年乾燥させた割薪	30～35%
チップ	生チップ	40～60%
	屋根下で数か月間保管したチップ	30～40%
	製材所の残端材	25～60%
	建築廃材	10～40%
廃菌床	採取直後の廃菌床	55～80%
	天日干し後の廃菌床	30～50%
竹	採取直後の竹	50～60%
	屋内で数か月自然乾燥した竹	30～40%
パーク	採取直後のパーク	40～60%

注) 水分率は樹種や地域の気候により変動するため、本表の数値は「目安」とされたい。  
 (出所) NEDO FS 事業各種資料等よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## □ 原料および燃料中の密度を把握したか？また、体積と重量の換算方法について理解しているか？

バイオマスエネルギー事業では、原料および燃料の密度の認識が関係者間で統一できていないことで、取引の際にトラブルが生じることが少なくない。取引単位は業種によって異なり、一般的に林業では「体積（ $m^3$ ）」を用いるのに対し、チップやペレット等のバイオマス燃料製造側では「重量（t）」を用いる。

調達契約締結に向けた交渉の際に、事業者と林業従事者、チップやペレットの取扱者との間で想定する密度の認識が異なった場合、取引価格にもずれが生じる。例えば、調達先が密度を  $0.5t/m^3$  と想定し、事業者が  $1.0t/m^3$  と想定する場合、体積単位の価格に換算したときの価格差は 2 倍になる。そのため、調達先との交渉の際には換算に用いる「密度（ $t/m^3$ ）」について合意形成をはかることが重要である。また、貯蔵設備や搬送設備の容量を検討する際にも密度の情報が必要となる。

なお、密度は木材の種別、樹種、温度・湿度条件や水分によっても変化することに留意する必要がある。換算を正確に行うためには、納入の都度、木材資源の密度を測定する必要がある。各種原料・燃料の密度等の詳細は「第 3 部 1 章木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識」を参照されたい。

### 林業業界における容積計算方法

林業業界では末口二乗法と呼ばれる容積計算方法が一般的に用いられ、通常の容積計算との違いがあることも発電事業者や熱利用事業者との意思疎通の妨げになることがある。

木材の品質や性能は日本農林規格（JAS 規格）で規定されており、丸太の材積の計算に用いられる「末口 2 乗法」では、長さ 6 m 以下の丸太については、丸太の細い方の小口（末口）の直径を 2 乗したものに長さを掛け合わせることで計算する<sup>18</sup>。そのため、実際よりも材積が過小推計される傾向にある。

### <熱利用の場合>

## □ 想定するバイオマス燃料と化石燃料の価値を比較したか？

チップやペレットは重量単位で取引される一方、化石燃料は容積単位で取引されることが一般的である。燃料としての価値および価格を把握するためには、両者は熱量単位を基準に価値を比較することが重要である。なお、通常用材は容積単位の価格（ $円/m^3$ ）で、製紙用チップは絶乾重量単位の価格（ $円/dry-t$ ）で取引される。

バイオマス燃料材は現在は重量単位の価格（ $円/wet-t$ ）で取引されることが多いが、「発熱量」に価値があるため、発電、熱利用を問わず本来であれば発熱量単位の価格で取引するのが最も合理的である。国内では、バイオマス燃料を重量単位で取引し、水分の多い丸太やチップが調達先から搬入されたことで収益が悪化するケースが少なくない。そのため、岡山県真庭市をはじめ一部の地域では水分率や熱量をベースとした取引が整備されつつある。

### バイオマスと化石燃料の価値の比較（熱利用の場合の参考）

下図は熱量単位の価格が等しくなるチップやペレットと化石燃料価格を示している。例えば、未乾燥木質チップが 20 円/kg のときに熱量等価となるのは、ペレット約 40 円/kg、石炭約 60 円/kg、灯油 85 円/L、A 重油 90 円/L、である。このグラフを用いると、事業実現時の化石燃料市況下において、チップやペレットの価格がいくらで熱量等価となるのかを確認することができる。

<sup>18</sup> 例えば、末口の直径が 18cm で長さが 3m の丸太材積は、 $0.18m \times 0.18m \times 3m = 0.0972m^3$  となる。スギ丸太の取引価格が  $1m^3$  当たり 1 万円の場合、末口径 18cm、長さ 3m のスギ丸太 1 本の価格は 972 円となる。末口二乗法の詳細は <https://www.pref.saitama.lg.jp/documents/9812/mokuzainokikakutojas.pdf> または <https://www.npobin.net/research/data/143thKuboyama.pdf> を参照されたい。

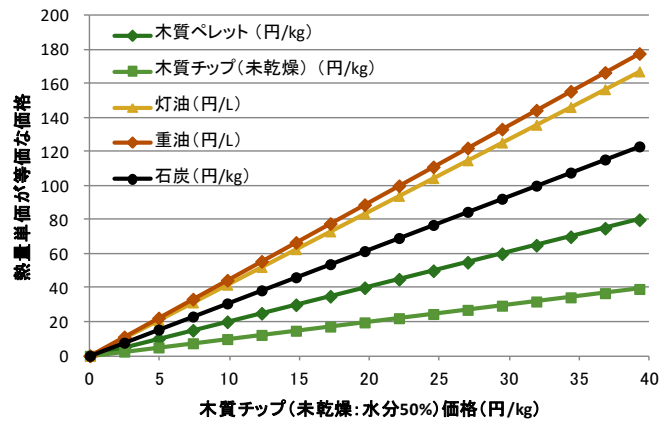


図 2.2.2 熱量単位の価格が等しくなるチップやペレットと化石燃料価格

(出所) 日本木質ペレット協会ウェブサイト情報等より作成

(注) 木質チップ(未乾燥)の単位あたり低位発熱量を 8.2MJ/kg(水分率 50%)、ペレットの単位あたり低位発熱量を 16.7MJ/kg(水分率 10%)、灯油の単位あたり低位発熱量を 34.9MJ/L、重油の単位あたり低位発熱量を 37.1MJ/L、石炭の単位あたり低位発熱量を 25.7MJ/kg と想定して分析

### <森林未利用材を利用する場合>

#### □ 燃料用木材と他の用途の木材の価値を比較したか？

バイオマス燃料向けの木材資源の取引価格はマテリアル利用の取引価格に比べ安いとされてきたが、FIT 制度開始以降は逆転する事例も出てきている。一時的に安価に入手できるとしても、**製材として利用可能な原料をエネルギー利用することは持続可能性のリスクが大きいことに留意**する必要がある。

各種原料・燃料の価格等の詳細は「**第 3 部 1 章木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識**」を参照されたい。

表 2.2.9 木材資源の取引価格

品目	区分	2021 年の市況目安
原木(製材用)	すぎ丸太 (径 14.0~22.0cm、長 3.65~4.0m)	13,300~18,100 円/m <sup>3</sup>
	すぎ丸太 (径 18.0 cm 上)	10,900~13,900 円/m <sup>3</sup>
原木(チップ用)	針葉樹丸太	6,500~6,700 円/m <sup>3</sup>
	広葉樹丸太	9,500 円/m <sup>3</sup>
製材品	正角(すぎ) (105×105×3000(mm))	62,200~71,400 円/m <sup>3</sup>
	正角(すぎ乾燥材) (105×105×3000(mm))	65,800~135,500 円/m <sup>3</sup>
合板	針葉樹合板 (12×900×1800 (mm))	1,230~1,730 円/枚
集成材	ホワイトウッド集成管柱 (105×105×2980~3000(mm))	1,900~5,100 円/本
		60,000~131,400 円/m <sup>3</sup>
木材チップ	針葉樹(パルプ向け)	14,600~14,800 円/t
	広葉樹(パルプ向け)	19,300~19,400 円/t

(出所) 林野庁「木材価格統計調査」2021 年 12 月統計表より作成

## ② 燃料製造拠点の確認

利用する原料・燃料種をある程度特定した後、実際に地域周辺で具体的にどこで原料および燃料調達が可能かを確認する。近隣にチップ、ペレット等の燃料供給業者が存在せず、丸太や廃材等の原料のみが入手可能であれば、新規の燃料化設備（チップパー、ペレタイザー等）または加工施設の導入を念頭に、具体的な拠点について検討する。実際に燃料化設備を導入する、または燃料加工施設を新規建設するかは FS 段階での調査および経済性の検討を踏まえて判断する。

**自社内または地域内の未利用な資源を有効活用したい目的で事業に取り組む場合**は、対象資源をどこで燃料化することが可能か（周辺のチップ業者等に供給可能か、または自社内に新規に燃料化設備を導入する必要があるか）について検討する。

**発電事業や既存の化石燃料ボイラーの代替、または外部への熱供給を目的とする場合**は、地域内の燃料サプライヤー（チップ業者またはペレット業者）の供給可能性が想定するエネルギー供給規模に十分かについて検討を行う。

**既存のチップ業者、ペレット業者からの調達を想定する場合**は、燃料の品質の問題から対応できない可能性もあるため、ボイラー等機器との相性を踏まえた燃料規格の確認が必要である。場合によっては新規に燃料生産拠点を建設することも考えていく必要がある。

なお、周辺の燃料サプライヤーの有無については、行政の林業担当、環境担当、また森林組合などに問い合わせれば情報を入手できる。

### □ チップやペレットなど燃料の生産拠点を確認し、調達方法、新たな拠点整備の有無を検討したか？

バイオマスエネルギー事業の燃料調達は**外部の業者からチップやペレット等の燃焼を購入するパターン**と、**事業者自ら原木を調達してバイオマス燃料生産まで行うパターン**に大別される。

いずれの事業内容でも、基本的にはバイオマスボイラーを導入する主体が燃料生産（チップパーに投資し丸太を購入して自らチップ生産）を行う必要はなく、**地域のバイオマス燃料生産業者から購入すればよい**。

後述するように、原料および燃料の流通システムにおいて、原料搬出、バイオマス燃料生産、プラントへの輸送のうち、**事業者自身がどこまで関与するかは、事業規模や利用技術、立地などを踏まえて検討**する必要がある。

### 自らバイオマス燃料の製造を行う場合

発電や熱利用を行う事業者自ら原料を集め燃料生産まで実施するモデルは、製材工場のような**自ら余剰資源が発生する事業者**で一般的となっている。

一方で、近年導入が進みつつある熱分解ガス化設備の場合は、流通しているものよりも**高品質なペレットやチップが必要であるため、発電プラント内に専用のバイオマス燃料製造施設を設けている事例も増加**しつつある。ガス化以外のバイオマス発電所でも、チップの流通コストを圧縮するために、発電所に隣接して新たにチップ製造施設を建設するような例もみられる。

その他、行政の立場で地域外への金銭の流出を避け、**地域内の経済循環効果を高めたい場合は燃料チップ生産（工場など）に投資して地域でバイオマス燃料供給～需要を賄う**選択肢も有効である。

### 需要に対応したバイオマス燃料生産

バイオマス燃料生産まで行う場合は**一か所の燃料需要先のみをターゲットにするのではなく、地域で面的に行う**ことが重要である。国内にはこうした面的にバイオマス燃料供給を行っている事例が既に存在するが、**需要先のバイオマスエネルギー変換設**



備（ボイラー等）が要求する品質に対応する必要がある。特に想定よりも原木の水分が多かったことで、生産・供給したバイオマス燃料が需要者が求める水分率をオーバーし設備トラブルが生じたケースが散見される。

## 固体バイオマス燃料化の種類と用途

エネルギー変換技術によって要求するバイオマス燃料の形態が異なることに留意が必要がある。FIT 開始後に急増した BTG の場合では、5～20MW 程度の中規模ではチップが使われる一方、20MW を超える大規模プラントではペレット（主に輸入材）が中心となっている。

熱分解ガス化設備の場合は Burkhardt 社製にみられるようなペレットを利用するタイプと、Volter 社のようなチップを利用するタイプに分かれる。どちらの形態を利用する場合も高い品質と徹底した水分率管理が要求される。

産業用や民生用のバイオマスボイラーの場合はペレットを利用するタイプとチップを利用するタイプがある。チップボイラーには一定程度乾燥させたチップ（水分率 40%以下等）を用いる乾燥チップボイラーと、それよりも水分率が高い（50～60%程度）チップに対応可能な湿潤チップボイラーがある。利用するチップについて、既存事例では破砕チップよりも切削チップの利用事例の方が搬送設備内や炉内のトラブルが少なく安定運転を達成しているケースが多い。

表 2.2.10 バイオマス燃料化済の各木材資源に適する変換設備

形態	種類	変換設備
薪		薪専用ストーブ（家庭用熱利用） 暖炉（家庭用熱利用） 薪ボイラー（家庭用・業務用熱利用）
チップ	破砕チップ	チップ用ボイラー（産業用または民生用熱利用）
	切削チップ	BTG（中規模バイオマス発電所 5MW～20MW） 熱分解ガス化設備
ペレット	パークペレット	ペレットストーブ（家庭用熱利用） ペレットボイラー（産業用熱利用）
	全木ペレット	BTG（大規模バイオマス発電所 20MW 以上、石炭火力発電所混焼設備）
	ホワイトペレット	熱分解ガス化設備

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

### ③ 原料・燃料規模の地域調達可能性の検討

事業コンセプトに基づき、利用する原料・燃料種をある程度特定した後、それらが十分量調達可能かについて検討する。

**自社内または地域内の未利用な資源を有効活用したい目的で事業に取り組む場合**は、年間の調達可能量を見積り、そこからエネルギー供給可能量について試算する。その際、エネルギー変換効率や稼働時間を想定する必要があるため、採用する技術についてもある程度検討しておく必要がある。

**発電事業や既存の化石燃料ボイラーの代替、または外部への熱供給を目的とする場合**は、地域内で事業期間を通じて毎年調達可能と見込まれる燃料規模が、想定するエネルギー供給規模に対して十分かについて確認する。不足する場合は、調達範囲を拡大するか、エネルギー供給を行う規模の縮小を検討する必要がある（例えば、発電規模の縮小または重油ボイラーの部分的な代替など）。

**特にバイオマス発電のように大規模に量の確保が必要な場合**は、製紙等既存産業や周辺のバイオマス発電等の既存の流通への影響や計画中の他の案件とのバッティングも踏まえて、長期的な安定調達の可能性について検討を行う。また**森林資源の活用を想定している場合**、持続的な森林経営を前提に調達可能性を検討する必要がある。

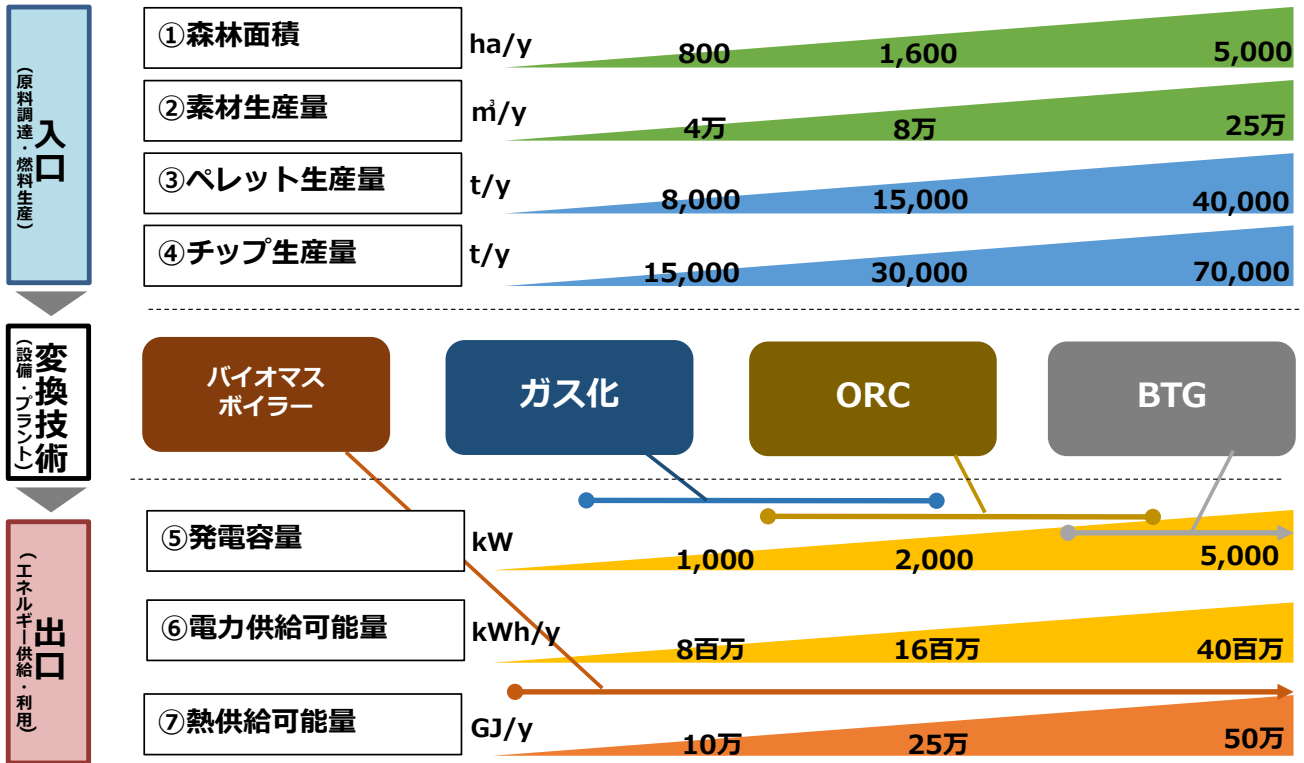
その他、**燃料製造を目的とする事業の場合**は、原料となる資源の賦存量、調達可能量に加え、周辺地域を踏まえどの程度チップまたはペレット需要が存在するか、または需要を創出できるかについて検討を行う。

□ 地域内で調達可能な原料・燃料の規模と導入したい設備の規模またはエネルギー供給規模が乖離していないか？

**「1.1.1 組織・自治体における発意」（130 頁）**で示したとおり、事業者が当初から想定する発電規模が決まっている、すなわち**「エネルギー利用の側」からの発意の場合**、求める規模と調達可能な原料・燃料の規模が乖離し計画途中で頓挫に至ることがある。

下図は原料・燃料の調達規模と導入する設備規模、エネルギー供給規模の関係の目安を整理している。例えば、森林未利用材を利用した FIT 発電で最も一般的な規模である約 5,000kW の BTG 設備による発電事業を計画する場合は約 7 万トン/年のチップまたは約 4 万トン/年のペレットが必要となる。そのチップを生産するためには、約 25 万 m<sup>3</sup>/年の丸太を調達する必要がある。皆伐、間伐を含む地域の林業の状況によってこれらの丸太の生産・調達方法は異なるが、多くの発電所は約 50km 圏内、時にはそれ以上の距離から材を調達している。計画時には、こうした**想定するエネルギー供給規模の原料・燃料を中長期的（例えば 20 年以上）にわたり安定的に調達できるかを十分考慮**する必要がある。

**調達可能な原料・燃料の規模が必要なエネルギー供給規模に満たない場合**は、調達範囲を広げるか、エネルギー供給を行う規模の縮小を検討する。ただし**調達範囲を広げる場合**、には調達コストの再検証と周辺の流通への影響などに配慮する必要がある。



注) ①：②の丸太生産量を間伐で生産する場合に必要な森林面積。1haあたりの間伐による丸太生産量約50m<sup>3</sup>/haを想定。  
 ②：④のチップ生産量に対する必要丸太量目安。丸太の体積(m<sup>3</sup>)→重量(t)換算係数は0.50m<sup>3</sup>、丸太(t)→チップ(t)歩留まり約9割を想定。  
 ③：⑤の発電容量に対する必要ペレット利用量目安。熱量16MJ/kgを想定。  
 ④：⑤の発電容量に対する必要チップ利用量目安。生チップ含水率50%、熱量8.2MJ/kgを想定。  
 ⑥：⑤の設備容量に対する電力供給量の目安。1,000kWはガス化の発電効率として24%、2,000kW、5,000kWはBTGの発電効率としてそれぞれ18%、23%を想定。年間7,920時間フルロード運転稼働を想定。  
 ⑦：④のチップ生産量に対するバイオマスボイラー（熱効率80%）利用時の熱供給可能量の目安。

図 2.2.3 燃料・エネルギー規模と技術の目安（図中数字は概算値）

（出所）各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## FS 事業者の検討：広葉樹の有効活用とチップ生産コストに係る課題

坂井森林組合では FS において広葉樹の伐採によるチップ生産コストを検討した。

### 調査地および作業システムの概要

福井県あわら市内の 1.53ha のモデル事業地を調査地とした。調査地はコナラ、アオハダ等の広葉樹林が約 1.37ha、調査地中央部の谷地形の一部箇所ですぎ人工林が約 0.16ha を占め、広葉樹は製材用として利用可能なものは少なく、チップ用のものが多くを占めている。

現場で想定する路網系作業システムの概念図は下図のとおりである。伐倒は基本的にはチェーンソーを使用した。作業道に近い小径木はハーベスタによって伐倒した。集材は、作業道付近ではグラップルによる機械集材、グラップルの届かない範囲の材はウインチ付きグラップルによるワイヤ集材とした。造材は、通直なものや小径木などはハーベスタで造材し、大径木や曲がり材、枝が太いものはチェーンソーによる造材を行った。運材には、フォワーダ 1 台を用い、短幹および枝葉を中間土場まで運んだ。

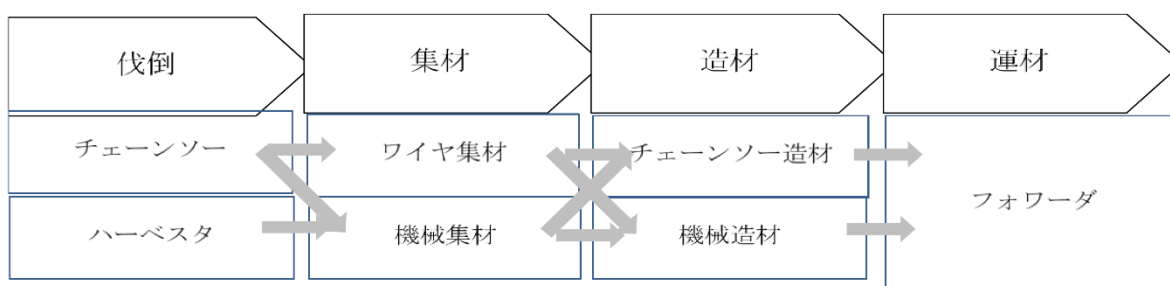


図 2.2.4 路網系作業システムの概念図

(出所) 坂井森林組合提供資料

### 検討結果と考察

当該現場では広葉樹の素材生産コストが 15,136 円/m<sup>3</sup> となり、木材の販売収入と補助金を併せても収支が合わなかった。

作業計画では伐倒 64 時間、搬出 160 時間、枝処理 32 時間を想定していたが、作業実績は伐倒 52 時間、搬出 371 時間、枝処理 114 時間となった。伐倒は作業計画の範囲内であったが、搬出は当初計画の 2 倍以上、枝処理は 3 倍以上の時間を要している。

十分な路網延長があったにもかかわらず、搬出作業に計画以上の時間を要した原因は、広葉樹の重心の偏りによる伐倒方向の制限によるものと考えられる。広葉樹は人工林と比べて幹が曲がっていることが多いため、木の重心が偏っており、必ずしも作業道の方に倒せるとは限らない。重心の偏りからみた倒しやすい方向ではなく、作業道の方に無理やり倒そうとすると、予期せぬ方向に倒れるなどして、作業者に危険が及ぶ可能性もある。倒しやすさ、安全性、集材容易性を考慮し、作業道の反対側に倒さざるを得ないケースがあったと推測する。

また、広葉樹の枝は多く、伐倒しても簡単には折れないため、伐倒木の枝が地面や立木に引っ掛かり、集材の作業性を低下させていたと推測できる。

調査地は面積が 1.53ha、ヘクタールあたりの材積が 150.9m<sup>3</sup>/ha であったが、経済性の観点からは面積がより大きく、単位面積当たりの材積がより多い現場を選定することが望ましい。それにより、生産コストに占める固定費（作業道作設費等）の割合を下げることを期待できるからである。

表 2.2.11 広葉樹伐採システムに関する日報集計結果

搬出量											合計	単価	金額								
杭	本											10,000									
用材	44.31	m	本		Total	m		m			44.31	8,500	376,635								
チップ[kg]	124,380										186.57	2,816	525,323								
											230.88		901,958								
作業員氏名	朝礼・講習	打合せ	現場確認	作業路	道伐	伐採	機械集材	ワイヤ集材	機械造材	手造材	F W 運材	現場	土場	準備作業	撤収作業	重機運搬	測量	枝処理	合計	単価	金額
A																				2,250	
B						10.0	15.0	97.5							3.0			4.0	129.5	2,250	291,375
C														1.0					1.0	2,250	2,250
D						23.0	20.0	15.0	3.0						4.0			72.5	137.5	2,250	309,375
E						3.0								1.0					4.0	2,250	9,000
F						8.0	13.0		21.0	26.0				4.0	4.0			37.5	113.5	2,250	255,375
G									4.0	17.5									21.5	2,250	48,375
H						8.0	14.0		18.0	57.0				4.0	4.0				105.0	2,250	236,250
小計					52.0	33.0	44.0	97.5	46.0	100.5				10.0	15.0			114.0	512.0		1,152,000
重機・トラック等	稼働時間 [hr]		燃料 [ℓ]		単価		日		金額		130	金額									
314E①						42,000															
PC128us②						24,000															
U6BG②						27,000															
PC138us②	109.5		540.00		24,000	13.70	328,800	70,200	399,000												
314E②	97.5		821.00		42,000	12.20	512,400	106,730	619,130												
U6CG	68.0		421.00		27,000	8.50	229,500	54,730	284,230												
PC128us①	100.0		756.00		24,000	12.50	300,000	98,280	398,280												
312C					24,000																
U6BG①					15,000																
PC120					10,000																
PC138us					10,000																
8tトラック					20,000																
4tUNIC					15,000																
4t箱ダンブ(リース)					15,000																
運搬車					40,000																
4t箱ダンブ					15,000																
小計	375		2538.00				1,370,700	329,940	1,700,640												
運搬台数	山土場	土場	市場	センター	鉄板・その他		単価	金額													
U6CG					鉄板 5×20(リース)		枚	60													
8tトラック					ロードマット(リース)	273	枚	60	16,380												
4t箱(96-16)					ロードマット(小)	110	枚	50	5,500												
4tユニック					ロードマット(大)	228	枚	50	11,400												
運搬車					鉄板 5×10		枚														
4t箱(20-16)					鉄板 5×20		枚														
4t箱(リース)					小計				33,280												
搬出金額	1,152,000	-	人件費	1,152,000	-	機械費	1,700,640	-	その他	33,280	=	-1,733,920									

(出所) 坂井森林組合提供資料

表 2.2.12 広葉樹伐採システムに関する事業費内訳

■支出

			数量	単位	単価	金額	工程単価 (円/m3)	工程生産性 (m3/人・日)	
直接工事費	搬出	労務費	刈払	56	時間	2,250	126,000	546	33.0
			作業道作設	96	時間	2,250	216,000	936	19.2
			準備	10	時間	2,250	22,500	97	184.7
			伐倒	52	時間	2,250	117,000	507	35.5
			機械集材	33	時間	2,250	74,250	322	56.0
			ワイヤ集材	44	時間	2,250	99,000	429	42.0
			機械造材	98	時間	2,250	219,375	950	18.9
			チェーンソー造材	46	時間	2,250	103,500	448	40.2
			枝処理	114	時間	2,250	256,500	1,111	16.2
			小運搬	101	時間	2,250	226,125	979	18.4
	撤収	15	時間	2,250	33,750	146	123.1		
	小計			664	時間		1,494,000	6,471	2.8
	機械損料	グラップル②	13.7	日	24,000	328,800			
		ハーベスタ	12.2	日	42,000	512,400			
		フォワーダ	8.5	日	27,000	229,500			
		グラップル①	12.5	日	24,000	300,000			
		バックホウ①	6.0	日	22,000	132,000			
		バックホウ②	6.0	日	15,000	90,000			
		小計			58.9	日		1,592,700	6,898
	燃料(軽油)	グラップル②	540.0	リットル	130	70,200			
		ハーベスタ	821.0	リットル	130	106,730			
		フォワーダ	421.0	リットル	130	54,730			
		グラップル①	756.0	リットル	130	98,280			
		バックホウ①	369.2	リットル	130	48,000			
		バックホウ②	230.8	リットル	130	30,000			
		小計			3,138.0	リットル		407,940	1,767
	計						3,494,640	15,136	
	直接工事費計						3,494,640	15,136	
	間接費	重機運搬(労務費)		16	時間	2,250	36,000		
		重機運搬(機械費)		1.0	日	40,000	40,000		
		重機運搬(燃料費)		41.6	リットル	130	5,408		
		諸経費(共通仮設費)		5	%		174,732		
		諸経費(現場管理費)		18	%		629,035		
間接工事費計						849,175	3,678		
一般管理費		17	%		738,449		3,198		
小計						5,082,264	22,013		
端数処理								(264)	
税別計						5,082,000	22,013		
消費税		8	%		406,560		1,761		
合計(税込)						5,488,560	23,774		
その他	運搬		230.88	m3	2,378	549,059			
	植栽		1.53	ha	140,000	214,200			
	苗木		3,825	本	115	439,875			
小計(税込)							1,203,134		
合計(税込)						6,691,694	28,983		

■収入

						備考	
売上	用材		44.31	m3	8,500	376,635	44.31 m3
	チップ		186.57	m3	2,816	525,323	186.57 m3
	小計		230.88	m3	3,907	901,958	230.88 m3
補助金	国・県		230.88	m3	6,369	1,470,500	
	市		230.88	m3	682	157,402	
	小計		230.88	m3	7,051	1,627,902	
合計			230.88	m3	10,957	2,529,860	

■差

					備考	
収入		230.88	m3	10,957	2,529,860	
支出		230.88	m3	28,983	6,691,694	
差				-18,026	-4,161,835	

(出所) 坂井森林組合提供資料

## FS 事業者の検討：早生樹（コウヨウザン）の生産

一般財団法人石炭フロンティア機構(JCOAL)および遠野興産株式会社は NEDO の FS 事業において福島県いわき市の遠野興産株式会社の社有林において早生樹を栽培～燃料生産する検討を行った。

### 栽培試験結果

遠野興産株式会社では福島県いわき市内の社有林においてコウヨウザンの栽培を行っており、生育状況をモニタリングしている。2019年5月の苗木の時点では約24cmであったが、その後2020年5月には81cm、2021年6月には約180cm、2022年2月には約277cmまで成長している。



図 2.2.5 コウヨウザンの苗木（2019年5月（約24cm））



図 2.2.6 コウヨウザンの栽培風景（左：2021年6月（約180cm）、右：2022年2月（約277cm））  
（出所）遠野興産提供資料

### 早生樹生産の経済性の検討結果

#### 現状のスギの生産コスト

現在の木材生産にかかるコストについて、50年生のスギを想定した場合の生産費等については下左図のとおりである。育林コストの全国平均経費は121万円/haであり、下右図に年齢別内訳を示す。多くのコスト（85%）が1～5年生に集中している。これらの期間が主に植栽・下刈り等に係るものと考えられ、後述するとおり早生樹を導入することでこれらの経費を削減できれば生産費の大幅な低減が見込める。

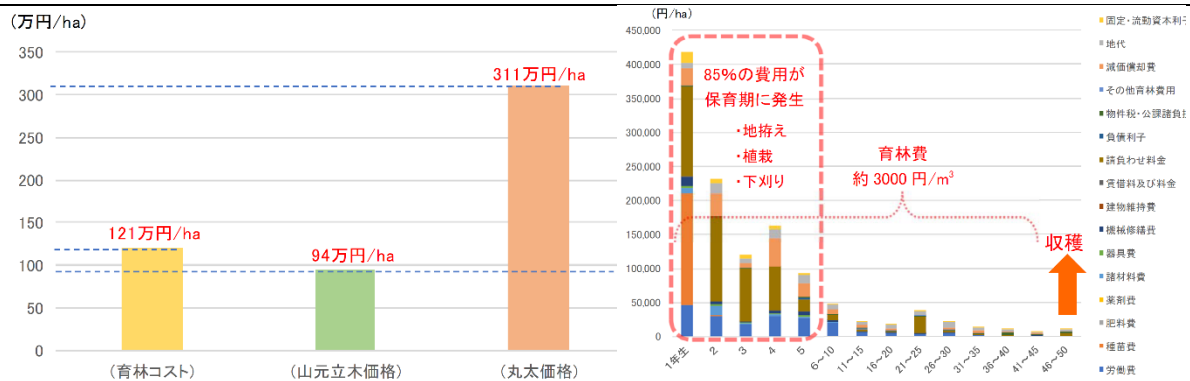


図 2.2.7 現在の木材生産にかかるコストのイメージ

(出所) 林野庁「林業白書（平成 30 年度）」

### 早生樹（コウヨウザン）の生産コスト

早生樹（コウヨウザン）を想定した場合の齢級別経費内訳例を図に示す。早生樹（コウヨウザン）は、成長が早いことによる下刈期間短縮や萌芽更新による植栽費用低減が見込まれ、育林費の縮減が期待できる。例えば、次図のように、3 代更新可能と見た場合、1 収穫期当たり平均の育林費は約 1,000 円/m<sup>3</sup>（スギの場合約 3,000 円/m<sup>3</sup>、図 2.2.7）と従来樹種（スギ等）の約 1/3 程度になると考える。また、短周期で高収量が収穫できることで生産量増大も見込める。

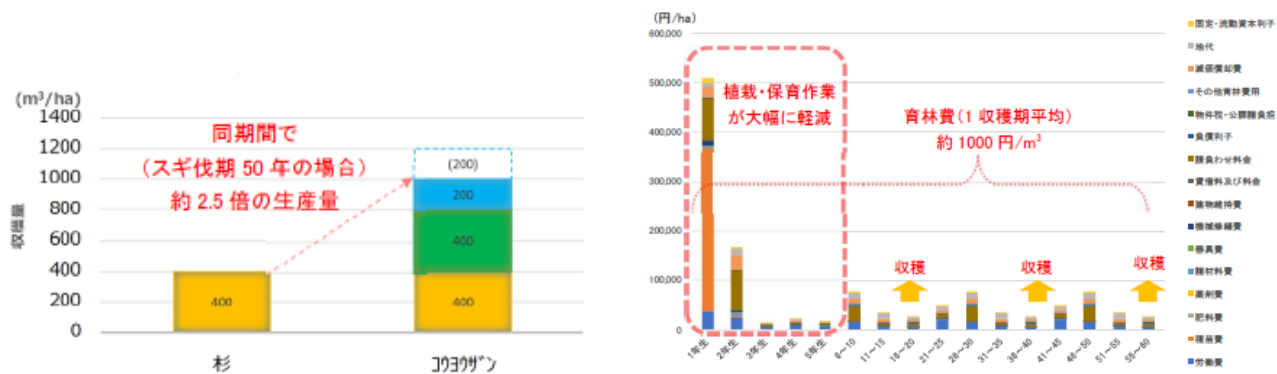


図 2.2.8 齢級別木材生産費（早生樹（コウヨウザン））の推定例

(出所) 一般財団法人石炭エネルギーセンター 遠野興産株式会社「2018 年度～2019 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/早生樹を軸とした農林エネルギー 地域循環サステナブル事業の事業性評価 (FS)」(NEDO)2019 年

早生樹の生育特性等を踏まえて従来樹種との生産コストの比較例を示す。生産コストは次表のように予想され、伐期までの生産経費が削減されると同時に収穫量が増大することで、生産コスト（円/m<sup>3</sup>）の低減が見込める。造林コストは、コウヨウザンの自然萌芽特性により地拵えの作業が不要となることにより低減する。育林コストは、コウヨウザンの成長速度が速いため、下刈りが必要な期間が短縮されることにより低減する。収穫コストは、コウヨウザンは 20 年毎に収穫できるため増大するが、単位面積当たりの収穫量は多くなる。総合的には、コウヨウザンの生産コストは従来の杉の場合の約 2/3（8,495÷12,876）となることが期待される。

表 2.2.13 生産コスト比較例

	生産特性		生産経費特性				計 (千円/ha)	生産コスト (円/m <sup>3</sup> )
	収穫年 (年)	収穫量 (m <sup>3</sup> /ha)	造林 (千円/ha)	育林 (千円/ha)	収穫 (千円/ha)			
コウヨウザン	20	320	371	418	1,930	2,718	8,495	
スギ	50	315	1,112	1,044	1,900	4,056	12,876	

注) 早生樹としてコウヨウザン、従来樹種としてスギを想定。

- 従来樹種(スギ)の生産費は以下による。



造林費：福島県の標準単価※「1,112 千円/ha」、育林費：前出の「1,210 千円/ha」から種苗費(166 千円)を除いた、収穫費：前出(図 2.2.7 図 2.2.7)の「丸太価格」(311 千円)と育林費(121 千円)の差額と想定。

収穫年：標準伐期(福島県)、収穫量：前出(図 2.2.7 図 2.2.7)で想定されていた「315m<sup>3</sup>」を用いた。

• 早生樹(コウヨウザン)の生産費は以下によった。

造林費：3 代更新可能とみて、従来樹種(スギ)の 1/3 とした。育林費：上で想定した従来樹種(スギ)に対し、成長速度の違い(伐期までスギ 50 年、コウヨウザン 20 年)から 2/5 相当とみた。収穫費：収穫材積当たり単価をスギと同等とみてコウヨウザンの収穫材積を乗じた。

収穫量：コウヨウザンの収穫年の ha 当たり蓄積を 400m<sup>3</sup>/ha とし、歩留まり 80%とみた

(出所) 一般財団法人石炭エネルギーセンター 遠野興産株式会社「2018 年度～2019 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/早生樹を軸とした農林エネルギー 地域循環サステナブル事業の事業性評価 (FS)」(NEDO)2019 年

### 早生樹ペレットの生産コスト検討結果

遠野興産株式会社では上記検討を踏まえ、早生樹を導入した際のペレットコスト低減効果について検討を行った。早生樹を利用しないケースでは、ペレットコストが 36.1 円/kg であったのに対し、ペレット原料の全量を早生樹とした場合は 11%減の 32.2 円/kg までコスト低減が見込める結果となった。試算に係る詳細条件は FS 報告書（一般財団法人石炭エネルギーセンター、遠野興産株式会社「早生樹を軸とした農林エネルギー地域循環サステナブル事業の事業性評価」）を参照されたい。

## 実証事業者の検討：林地残材のオンサイトチップング

田島山業株式会社では、林地残材のチップ化を、一般的な大型チップーによる大量生産でなく、チップー車にて林業の伐採搬出現場で行うことで、搬送効率を高め、需要先まで直送するシステムを検討した。

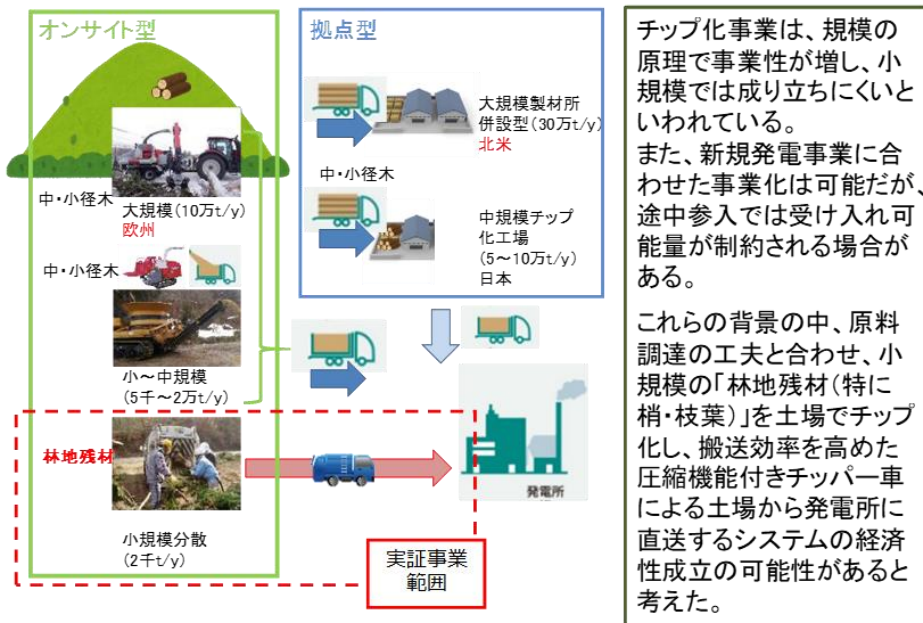


図 2.2.9 チップ化事業の種類と規模

(出所) 田島山業株式会社提供資料

## 林地残材調達可能量の検証

11 か所の区画伐採の結果、間伐作業、および主伐作業における林地残材の発生量を特定した。伐採する1本当たりの林地残材発生量を下図に示す。

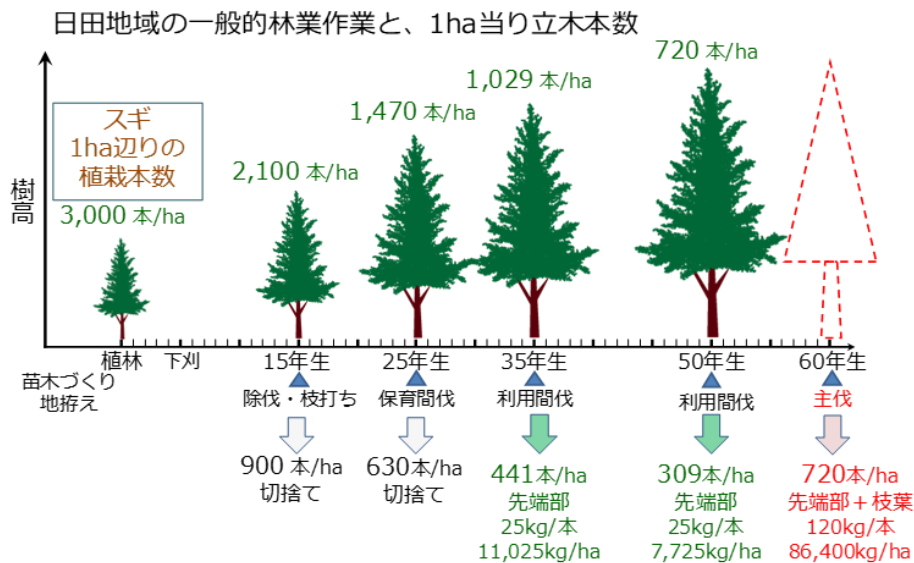


図 2.2.10 林地残材発生量の原単位

(出所) 田島山業株式会社提供資料

上原単位をもとに、田島山業株式会社の年間の伐採量から林地残材の発生量を試算した結果、赤枠の部分に示す通り、田島山業株式会社において向こう 15 年間の平均として、1,447t/年の林地残材が発生することが分かった。

表 2.2.14 自社林からの林地残材調達量(15 年間平均)

		備考	15年平均	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	15年目
				2019年	2020年	2021年	2022年	2023年	2033年
伐採面積(間伐)	ha	森林経営計画:20ha/年	20	20	20	20	20	20	20
伐採面積(主伐)	ha	意欲と能力のある林業経営体	14.2	10	10.6	11.2	11.8	12.4	18.4
間伐林地残材	t/y	混載搬出方式	220.5	220.5	220.5	220.5	220.5	220.5	220.5
主伐林地残材	t/y	個別搬出方式	1226.88	864	915.84	967.68	1019.52	1071.36	1589.76
田島山業林地残材計	t/y		1447.38	1084.5	1136.34	1188.18	1240.02	1291.86	1810.26
間伐丸太生産量	m3/y		2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
主伐丸太生産量	m3/y		5680	4000	4240	4480	4720	4960	7360
田島山業丸太生産量計	m3/y		7680	6000	6240	6480	6720	6960	9360

田島山業における伐採計画は林野庁/大分県の方針に則り、伐採面積を決めている。向こう15年間の伐採計画、および区画伐採の結果から、自社林における林地残材の発生量は15年平均で1,447t/年と分かった。

(出所) 田島山業株式会社提供資料

### 林地残材搬出方法の検討

立木の伐採時に発生した林地残材をフォワーダに積載し、混載搬出方法・個別搬出方法によってそれぞれ搬出を行った。左図が混載搬出方法で、丸太の上に林地残材を積載して同時に運ぶことでコスト低減を行った。右側が個別搬出方法で、枝葉や根本材（以下、タンコロ）のみを積載して搬出を行った。

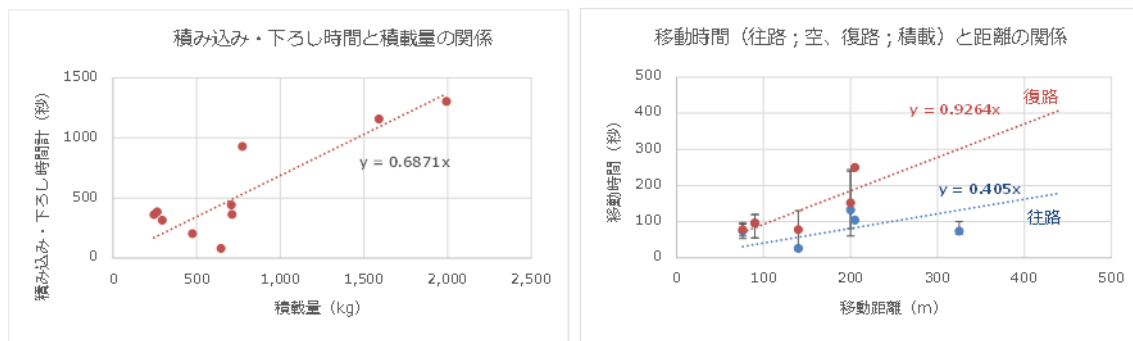


図 2.2.11 林地残材混載搬出（左）、林地残材個別搬出（右）

(出所) 田島山業株式会社提供資料

### 林地残材搬出方法

伐採区画から得られた林地残材の搬出時間に基づき、積載量と搬出距離に応じた計算式を求めることができた(次図参照)。例として、平均積載量 700 kg、平均移動距離 100m の条件下では、個別搬出約 1,100 円/t、混載搬出 810 円/t となることが分かった。



搬出時間 = 積み込み・下ろし時間 + 移動時間  
 $= 0.6871 \times \text{積載量} + (0.9264 + 0.4050) \times \text{移動距離}$

搬出コスト = 搬出時間 × (単位時間当たりの人件費 + 機械費)  
 ※混載搬出の時は移動に関わるコストを含めない

FSから実証の期間に実施した11か所の区画伐採において得られた林地残材の搬出時間の計算式に基づいて、搬出コストを試算した。  
 平均積載量700kg、平均移動距離100mの条件では  
 個別搬出約1,100円/t、混載搬出810円/tとなる

図 2.2.12 林地残材の搬出コスト

(出所) 田島山業株式会社提供資料

### チップパー車の活用による効果

フォワーダによって土場まで搬出した林地残材を、チップングロータリープレス車（以下、4 t チップパー車）によってチップング作業を行った。1人作業にてチップングを行い、チップング現場と需要先間を1日2往復行うことで、チップ製造コストを5,626円/tまで抑えられることが分かった。



1人作業、人力にて投入

図 2.2.13 チップング作業状況

(出所) 田島山業株式会社提供資料

## フェーズⅡ FS 段階

バイオマス調達の FS 段階におけるチェック項目は下表のとおりである。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

表 2.2.15 バイオマス調達の FS 段階におけるチェック項目

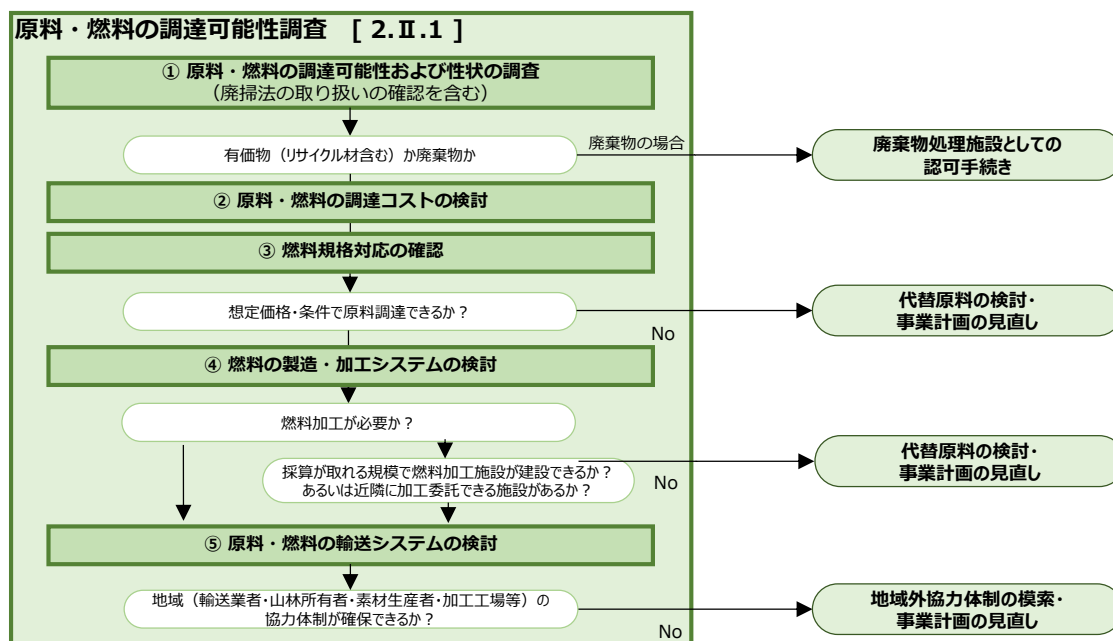
項番号	実施事項	留意事項	チェック
2.Ⅱ.1	原料・燃料の調達可能性の調査		
①	原料・燃料の調達可能性および性状の調査		
(a)	集荷可能性の調査	季節変動による調達量に大きな影響はないか？	
		<森林未利用材を利用する場合> 地域の森林成長量や林道整備状況、林業活動などの実状を踏まえ、持続可能なバイオマス調達が見込まれるか？	
		<同上> 原料となる木材の必要量が成長量を超えていないか？	
		<同上> 木材のカスケード利用を前提としたバイオマス材の調達量となっているか？	
		<同上> 地域林業での再造林・更新は担保されているか？	
		地域の林業事業者、輸送業者の体制的に十分集荷可能な量か？	
		<同上> 制限林や林道からの距離を踏まえても長期・安定的に集荷可能な量か？	
(b)	原料性状の調査	導入予定のエネルギー変換技術で要求される燃料規格を理解しているか？	
		季節変動による水分等、燃料規格に大きな影響はないか？	
(c)	廃掃法の取り扱いの確認	原料の廃掃法上の取扱いは整理されているか？ 事業・設備・車両の許認可対応は大丈夫か？	
		輸送・加工・利用の上での周辺環境への影響はないか？ 近隣からの理解は得られるか？	
②	原料・燃料の調達コストの確認	周辺地域の木材需要を踏まえ、中長期にわたり安定的な価格で原燃料を取引可能か？	
		中長期にわたり安定的な価格で原燃料を取引可能か？	
		周辺の発電所等との競合による燃料価格の高騰リスクはないか？	
		バイオマス燃料供給事業者との契約の中で取引量および燃料品質を規定したか？	
③	燃料規格対応の確認	ボイラー・発電設備等の燃料規格に対応した燃料を生産できる設備・体制を取ることができるか？	
		使用する燃料材の成分分析結果を機械メーカーと相互に把握しているか？	

項番号	実施事項	留意事項	チェック
		<p>＜熱分解ガス化設備の場合＞ ガス化発電設備は日本の樹種等への規格対応は実機レベルで長期の検証がなされているか？</p>	
		<p>＜同上＞ ガス化発電向けのチップの水分等の規格のばらつきはどこまで許容できるか確認済みか？</p>	
		<p>燃料の規格対応に要する加工コストも含めて燃料コストは引きあうか？</p>	
		<p>＜熱分解ガス化発電の場合＞ 投入時に要求される燃料の水分率管理のための貯留、乾燥設備を採用しているか？</p>	
		<p>＜同上＞ ガス化発電向けの乾燥チップ（水分 15%以下など）は貯留方法も含めて燃料投入時まで水分を維持できるか？</p>	
		<p>＜同上＞ ガス化発電装置が求める水分率が平衡水分率（約 15～20%）以下の場合、燃料投入直前の乾燥装置は具備されているか？</p>	
		<p>＜熱分解ガス化設備の場合＞ 篩によって選別される不適商品の割合を把握し、それらの処理・活用工程まで考えられているか？</p>	
		<p>＜同上＞ 規格外の燃料サイズの場合、装置前で篩い分けする装置が設置されているか？</p>	
		<p>＜同上＞ 篩い分け装置ではじかれた燃料の利用方法は考慮しているか？</p>	
		<p>＜ペレットを混焼する場合＞ 炉内温度の上昇や通風設備の負荷余力を踏まえた適切な混焼率を設定しているか？</p>	
④	燃料の製造・加工システムの検討	<p>＜チップ・ペレット等の燃料を生産する場合＞ ボイラーや発電設備の燃料規格に適應した燃料製造、加工が可能なシステムか？</p>	
		<p>＜同上＞ 燃料品質や原料種を重視しすぎて生産設備に過剰投資をしていないか？ 燃料生産設備の採算性を確認したか？</p>	
		<p>＜同上＞ 地産地消を前提としたためにチップパーやペレット工場等の過剰投資となっていないか？</p>	
		<p>＜同上＞ チップパーを無理に保有せず、レンタルやチャーターする方法も検討されているか？</p>	
		<p>＜熱分解ガス化向けの燃料を生産する場合＞ ガス化発電向けの高規格チップを作るためだけのチップパー・乾燥機等の過剰投資となっていないか？</p>	
⑤	原料・燃料の輸送システムの検討	<p>有価物として取り扱う場合、輸送費以上の取引価格となっているか？</p>	
		<p>1 日のトラック搬入回数が把握されているか？ 通学路等に影響がないか検討されているか？</p>	

## 2.Ⅱ.1 原料・燃料の調達可能性の調査

FS 段階では構想段階で概略検討した原料・燃料が実際にどの程度調達可能かについて詳細評価を行う。事業内容によっても異なるが、FS 調査は専門のコンサルタントが主導し、構想段階で事業主体（自治体、民間企業）が行った検討結果に関する妥当性の確認や事業性の検討も含めた詳細な評価を行うケースが多い。

構想段階の検討を終えて FS 段階に進んだ時点で、具体的な設備の立地、燃料加工施設、中間土場などの空間的条件がある程度固まっているため、サプライチェーンを想定した収集可能性とコスト評価が可能となる。



# ① 原料・燃料の調達可能性および性状の調査

## (a) 集荷可能性の調査

まずは、構想段階で検討した地域内のバイオマス資源量と利用・処理状況を確認し、不確実な点について追加調査を行う。そのうえで、実際にどの程度が集荷可能かについて検討する。

**燃料生産を行わず、外部から燃料（チップ／ペレット）を調達する場合は**、既存の燃料サプライヤーから計画中の事業に対し供給可能な量をヒアリングする。

**自ら燃料生産を行う場合または燃料供給事業の場合は**、地域内から森林未利用材や製材端材、建築廃材、廃菌床などの資源量全体のうち、既存のサプライチェーンに影響を与えずに調達可能な量を調査する。燃料生産事業の経済性を確保するためには、比較的大規模な原料・燃料規模が必要となるため、地域で調達可能なバイオマス種を幅広く調査する。特に、**森林未利用材からチップやペレットを生産する場合は**、林業事業者や輸送業者の体制的に集荷可能な量を調査し、持続可能性について十分確認する必要がある。

**自社内または地域内の未利用な資源を有効活用する目的で事業に取り組む場合は**、年間に発生する量と季節変動量を調査する。

**既存の化石燃料ボイラーの代替、または外部への熱供給を目的とする場合は**、地域内の燃料サプライヤー（チップ業者またはペレット業者）より調達可能な燃料規模を確認する。構想段階で想定するエネルギー供給規模を十分満たせる場合は、必ずしも本ステップで追加的な調査を行う必要はない。

### □ 季節変動による調達量に大きな影響はないか？

燃料用を含む木材は一般的に季節変動が存在し、**地域によって流通状況や季節変動は異なる**。そのため、特定の月や年間総量だけでなく、**毎月の調達可能量をもとに事業規模および原料、燃料ポートフォリオを検討する**必要がある。

FS 段階では調達先候補を特定した後、原料およびバイオマス燃料の発生量・生産量、並びに調達可能量等を月別に把握する。季節変動が大きい場合は、変動を吸収できるだけの**貯蔵設備を設けるほか、複数の木材資源または調達先候補を組み合わせて平準化**する必要がある。



## 実証事業者の検討：林地残材の季節変動

NEDO 実証事業者田島山業株式会社では枝葉等を利用した現地チップ化を行うため、これらの林地残材の搬出量の季節変動の調査を行った。下図に示すとおり、**月別林地残材搬出量はばらつきが大きく、平均 95.4t/m<sup>3</sup>に対して±81%の変動幅**があることが確認された。

この結果を踏まえて、田島山業株式会社では対応策として、搬出された林地残材の内、**一定量の余剰分を貯留するストックヤードを山林内に設置・活用する方法を検討**した。具体的には、林地残材のチップー車への供給量を最大 95.4t/月とし、林地残材搬出量が勝る月は余剰分を 50t のストックヤードに保有することによって、林地残材のチップー車への供給量変動幅を±27%まで低減することが可能となった。

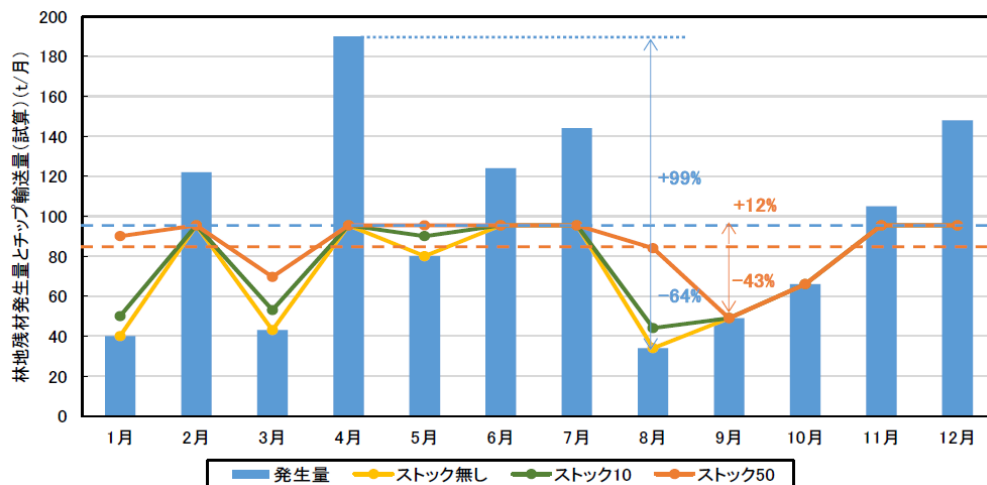


図 2.2.14 田島山業株式会社における季節変動による林地残材搬出量の試算例

(出所) 田島山業株式会社「平成 27 年度～平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業／地域自立システム化実証事業 持続可能な林業に資するバイオマスエネルギーの地域利活用の事業性評価(FS)」(NEDO) 2017 年

## <森林未利用材を利用する場合>

❑ 地域の森林成長量や林道整備状況、林業活動などの実状を踏まえ、持続可能なバイオマス調達が見込まれるか？

- ❑ 原料となる木材の必要量が成長量を超えていないか？
- ❑ 木材のカスケード利用を前提としたバイオマス材の調達量となっているか？
- ❑ 地域林業での再造林・更新は担保されているか？

持続的な森林バイオマス利用のためには、**成長量の範囲内かつ木材のカスケード利用を前提とした利用**を行う必要がある。また、林道の距離を踏まえても**長期的に調達が困難にならないか、伐採後の再造林・更新が担保されているか確認**する必要がある。

一部の地域では主伐を行った後、植林しては採算が合わないという理由で、植林を行わず放置されているケースもある。こうした状況下ではバイオマスエネルギー利用の**カーボンニュートラル性も担保できない**うえ、**持続可能な調達が困難**となる。実際には上流側の林業事業者ではバイオマス燃料材だけの搬出を目的とした生産活動では**経済性が確保できない**ことが多いのが現状である。**対象地域でマテリアル利用向けの材の生産活動が行われていない場合**は、持続的な原料およびバイオマス燃料の調達が困難な可能性となることに留意する必要がある。

## コラム：持続的なバイオマス利用と森林経営計画

東急リゾート&ステイ株式会社が運営する東急リゾートタウン蓼科では 2012 年 7 月の集中豪雨によって、複数個所の大規模な土砂災害に見舞われた。タウン内の森林は戦後植林されたカラマツの人工林で、開発後の約 40 年、間伐等の保全措置がなされないままであり、森の持つ本来の力が弱体化していたことが原因の一つとして考えられた。そのため、同社では将来にわたりタウンを持続的に運営していくには森林を健全化する必要があると検討を重ね、森林資源を核とした「まもる」「つかう」「つなぐ」の、持続可能な地域循環のサイクルを立案し 2017 年にその取り組みを「もりぐらし」と名付けた。



図 2.2.15 東急リゾート&ステイ株式会社における「もりぐらし」のコンセプト

(出所) 東急リゾート&ステイ株式会社提供資料

同社では林業経営体としての認定を受け、森林状態の現況を調査・把握し、地元の森林組合と連携しながら中長期の保全施業計画（森林経営計画）を立てることで、タウン内樹木の総成長量 850 m<sup>3</sup>の範囲で間伐を実施出来る事となった（間伐率は 35%程度）。このように、これまで手入れが行き届かず森林が持つ多面的な機能を発揮できていなかった敷地内のカラマツの人工林の健全化を目指している。

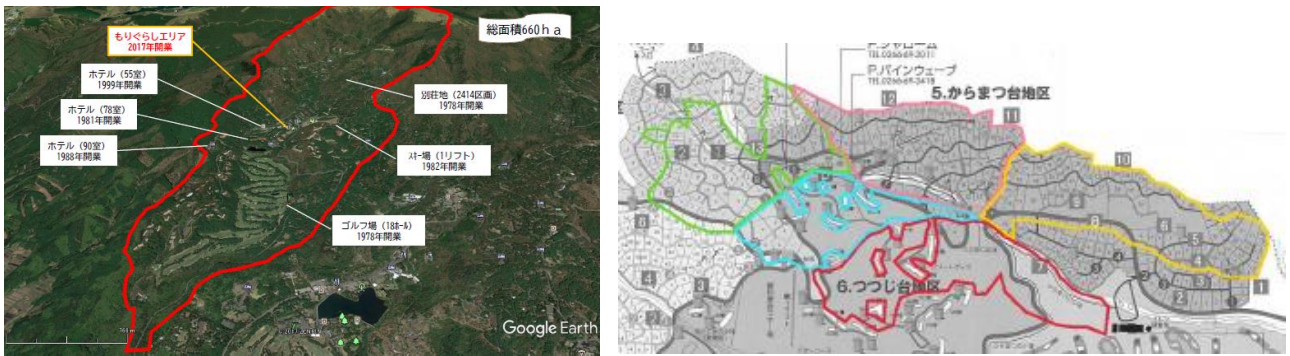


図 2.2.16 東急リゾートタウン蓼科の全体像と森林経営計画のイメージ

(出所) 同上

上記の間伐で発生した幹材は別荘地等で建材として利用する他、端材についてはチップ化して木質バイオマスボイラーで温水利用している。この取組により、既存ボイラーの灯油代およそ 400 万円/年の大部分を節約でき、投資金額は 9 年で回収できる見込みである。

加えて、間伐材の樹皮の蒸留水からアロマを商品開発し、ホテルの売店や Web で販売するなど、木材を余すところなく有効活用している他、リゾートタウン内の「MORIGURSHI (もりぐらし)」エリアの中に、グランピング施設やアウトドアパーク、宿泊可能な住宅展示場を展開するなど、顧客に対して森林共生型のサービスを提供している。

このように、同社は「森を守り、森と共に暮らす」という明確なコンセプトのもと、「まもる」、「つかう」、「つなぐ」というそれぞれのフェーズに対応した持続的な事業を展開している。このように、**バイオマスエネルギー利用自体を目的とするのではなく、組織および地域全体の持続的な発展の手段の一つとして位置づけている**ことは特に重要である。



図 2.2.17 東急リゾートタウン蓼科におけるバイオマスの利用イメージ

(出所) 同上

東急リゾート&ステイは NEDO の FS 事業終了後、「もりぐらし協議会」を立ち上げ、地元茅野市の商工課や観光関係部局、森林所有者の財産区などと連携している。また、森林関係では諏訪森林組合や長野地域振興局林務課などと関わりながら間伐作業などを進めている。2022 年春には茅野市および諏訪広域脱炭素イノベーション協会と地域包括連携協定を締結する予定となっている。同社によると、今後は「もりぐらし」を東急リゾート&ステイの SDGs ブランドとして再構成し全国の事業所に拡大し、他地域でも同様のパートナーシップを組んでいくことを目指している。

□ 地域の林業事業者、輸送業者の体制的に十分集荷可能な量か？

□ 制限林や林道からの距離を踏まえても長期・安定的に集荷可能な量か？

**地域関係者の体制面を考慮した安定調達**

実際、資源は豊富なのに関わらず林道などの整備状況、林業者の不在や供給体制が組めないなどの理由で材が出せない地域は多々ある。バイオマス燃料用の木材を調達する際には、森林のポテンシャルだけで判断せず**素材生産活動の状況や、森林の内訳、例えば制限林（保安林）、地形、林道の整備状況、齢級構成などを確認**しておく必要がある。

表 2.2.16 保安林の種類（17種）

• 水源かん養保安林	• 潮害防備保安林	• 防火保安林
• 土砂流出防備保安林	• 干害防備保安林	• 魚つき保安林
• 土砂崩壊防備保安林	• 防雪保安林	• 航行目標保安林
• 飛砂防備保安林	• 防霧保安林	• なだれ防止保安林
• 防風保安林	• なだれ防止保安林	• 落石防止保安林
• 水害防備保安林	• 落石防止保安林	

表 2.2.17 保安林の指定施業要件の主な基準

条件	詳細
皆伐の場合	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 一定の区域ごとに1年間に伐採できる面積が決まっている</li> <li>➤ 1カ所あたりの伐採面積の上限は各保安林ごとに決まっている</li> <li>➤ 防風・防雪保安林では、20m幅以上の帯状の林帯を残さなければならない</li> <li>➤ 標準伐期齢に満たない立木は伐採できない</li> <li>➤ 原則として、水源かん養保安林および土砂流出防備保安林について定めるものとする。なお、当該限度は、水源かん養保安林にあつては20ヘクタール以下、土砂流出防備保安林にあつては10ヘクタール以下の範囲内において伐採跡地からの土砂の流出の危険性、急激な疎開による周辺の森林への影響等に配慮して定めるものとする</li> <li>➤ 防風・防雪保安林では、20m幅以上の帯状の林帯を残さなければならない</li> </ul>
択伐の場合	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 伐採したあとの植栽が義務づけられている場合、択伐率の上限は40%</li> <li>➤ (ただし、伐採したあとに標準伐期齢の時点での蓄積の7割以上の森林蓄積が維持されること)</li> <li>➤ 伐採したあとの植栽が義務づけられていない場合、択伐率の上限は30%</li> <li>➤ 前回の伐採後の成長量以上の伐採はできない</li> <li>➤ 標準伐期齢に満たない立木は伐採できない</li> <li>※ 伐採方法が定められていない保安林で、上記を超えて伐採する場合は皆伐の扱いとなる</li> </ul>
間伐の場合	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 間伐率の上限は35%</li> <li>➤ ただし、原則はおおむね5年後において樹冠疎密度が80%以上に回復することが確実であると</li> <li>➤ 認められる範囲内の材積を超えることはできない</li> <li>➤ 樹冠疎密度が80%に達していない森林については間伐できない</li> </ul>
伐採跡地への植栽	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 満1年生以上の苗を、おおむね、成長量に応じて保安林ごとに農林水産省令で定められている</li> <li>➤ 1haあたりの本数以上均等に植栽しなければならない</li> <li>➤ 択伐のあとの植栽は上記の本数に択伐率を乗じた本数</li> <li>➤ 植栽木は、保安林としての働きの維持・強化が図れ、かつ経済的に木材として利用することが可能な樹種が指定されている</li> <li>➤ 伐採したあとは、2年以内に植栽しなければならない</li> </ul>

(出所) 森林法、農水省通知「森林法に基づく保安林及び保安施設地区関係事務に係る処理基準について」をもとにみずほリサーチ&テクノロ

表 2.2.18 国立公園および国定公園区域内の制限

特別地域	制限	詳細
第一種	・禁伐 ただし、風致維持に支障のない場合に限り単木択伐法を行うことができる	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 伐期令は、標準伐期令に見合う年令に 10 年以上を加えて決定する</li> <li>➤ 択伐率は、現在蓄積の 10%以内</li> </ul>
第二種	<ul style="list-style-type: none"> <li>・択伐法 ただし、風致の維持に支障のない限り、皆伐法によることができる</li> <li>・皆伐法による場合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 伐期令は標準伐期令に見合う年令以上とする</li> <li>➤ 択伐率は用材林においては、現在蓄積の 30%以内とし、薪炭林においては、60%以内</li> <li>➤ 一伐区の面積は 2 ヘクタール以内</li> <li>➤ 伐区は更新後 5 年以上経過しなければ連続して設定することはできない</li> </ul>
第三種	・制限なし	

(出所) 環境庁通達「自然公園区域内における森林の施業について」をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

### 長期的に安定な集荷可能性の確認

バイオマスの調達規模を山林資源のポテンシャルのみから判断したため、想定よりはるかに少ない量しか集まらなかった事例が散見される。実際には、山林資源が豊富にあるが素材生産がほとんど行われていない地域や、逆に素材生産は盛んであるが既に低質材の利用がなされており、新たにバイオマス燃料材として調達が困難な地域など様々である。

**原料および燃料の賦存量と調達可能量は一致しないことがほとんどであり、実際に伐採を行う林業事業者や輸送業者の体制が調達可能性のボトルネックになることが少なくない。**また、製紙用チップや製材用も含めた**燃料用以外の木材サプライチェーンに影響を与えない範囲**で調達しないと持続可能な事業とならない。

原料の調達可能量を判断する際は**ポテンシャルだけでなく、対象地域の林業関係者の状況やバイオマスの利用状況を確認し、原料調達体制が構築可能かを検討**する。安定的な原料調達体制を構築している例として、宮崎県や大分県では**バイオマス発電所自らバイオマス燃料調達会社を設立**し、かつ地元の林業関係者など素材生産者に出資してもらうことで安定量、価格の調達を行っている事業者もいる。また、バンブーエナジー株式会社でも、バイオマス燃料（および建材用原料の）**竹の調達を目的としたグループ会社であるバンブーフロンティア株式会社を設立**し安定調達に取り組んでいる。

## (b) 原料性状の調査

原料および燃料の調達可能性を明確化した次のステップとして、それらの性状を調査する。具体的には水分量、熱量（絶乾 HHV、LHV）、灰分、重金属量などを分析する。なるべく実際に使用するものに近い燃料サンプルを時期・生産ロットなど複数回に分けて取得し、分析会社に依頼して行う。全木チップ以外にバークや竹など**性状の異なるものを燃料として使用する場合は**、サンプル・分析データをプラントメーカーと共有し、使用条件を確認する。

前述のとおり、水分については設備の安定稼働のために重要であるため、構想段階で想定したエネルギー変換技術が要求する水分率を超えているようなら、乾燥によって水分率を下げる方法を検討する。特に**ガス化など、水分条件が比較的厳しく設定される変換技術を用いる場合は**、天然乾燥だけでは条件を確保することが難しいため、併せて燃料条件に適合した乾燥設備の検討を行う。乾燥工程を燃料加工・生産者が行うのか、エネルギー変換施設側が持つのかによって、コストの認識が変わるので、設備だけではなくスキーム上の取扱い、経済性についても併せて検討する。

原料性状は燃料品質規格と密接に関係するため、チェック項目については「**2. II. 1 ③燃料規格対応の確認**」（269 頁）を参照されたい。

□ 導入予定のエネルギー変換技術で要求される燃料規格を理解しているか？

□ 季節変動による水分等、燃料規格に大きな影響はないか？

### 木質バイオマスボイラーの燃料品質規格

木質バイオマスボイラーは、小規模熱利用向けのシステムおよび BTG、ORC などの発電を伴うシステムのいずれの場合も、メーカーの**設備毎に使用可能な燃料規格が定められている**。指定の規格が守られていない場合は、灰量の増加、定格出力の低下、搬送系のトラブル、故障に繋がるため留意が必要である。

規格を満たすバイオマス燃料が地域で入手できない場合は、**メーカーまたは想定する設備を導入している事業者に依頼し、事前に定量燃焼試験する**必要がある。燃料の品質規格の詳細は「**第 3 部 1 章 木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識**」を参照されたい。

欧州で一般的に、木質バイオマスボイラーで使われるチップ規格は ISO 17225-4、P16S-P31S（G30-G50）である。

#### <形状>

#### P16S 木質チップ (ISO 17225-4 準拠)

G30 木質チップ (ÖNORM M 7133 準拠) にほぼ一致



#### P31S 木質チップ (ISO 17225-4 準拠)

G50 木質チップ (ÖNORM M 7133 準拠) にほぼ一致

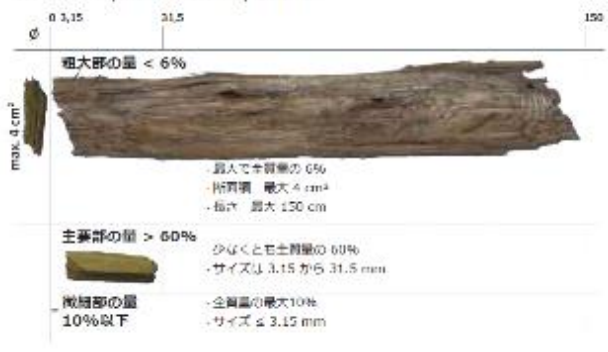


図 2.2.18 P16S 木質チップ規格 (左) P31S 木質チップ規格 (右)

(出所) ETA Heiztechnik GmbH Product Catalogue

## <水分>

- ・ 薪：湿量基準含水率（W.B.）20%以下
- ・ 乾燥チップ：湿量基準含水率（W.B.）35～40%以下（メーカーに確認）
- ・ 生チップ：湿量基準含水率（W.B.）40～60%（メーカーに確認）

## 熱分解ガス化設備の燃料品質規格

熱分解ガス化設備の場合もメーカーの設備毎に使用可能な燃料規格が定められており、バイオマスボイラー以上に燃料品質が稼働に及ぼす影響が大きい。指定の規格が守られていない場合は設備トラブルによる稼働率低下に繋がる。

## 実証事業者の検討：バーク等の低質燃料の品質・物性の利用

昭和化学工業では珪藻土乾燥用の熱風炉の燃料として、以下のとおりバーク等の複数の低質バイオマスを検討した。

### バーク

#### 燃料品質

各社のバーク原料の水分、低位発熱量、燃焼時機器に悪影響を及ぼしそうな物質や灰分を分析した。また、燃料としての元素分析や灰分の化学分析も行った。特に市場や集積基地で落ちたバークは水分を含みやすく、長期保管によって発酵が進んでいる可能性があった。その場合、燃焼不良や原料自体が燃焼前乾燥のため熱量を消費してしまうため、単位発熱量が極端に低下することがあり、注意が必要であった。また、未破碎バークについても使用を検討したが、次のような不具合があった。

- 未破碎バークは嵩高くなり、輸送効率が低下する。
- 2m を超える長さのものもあり、投入機器のトラブルが頻発した。
- 絡まった状態で炉に投入されるため、燃焼が均一ではなく、出力が低下した。

したがって、安定利用のため、加工費は必要になるが、破碎機によって破碎したバークチップを使用した。次表にバーク原料の物性、次図に水分と低位発熱量の関係を示す。

表 2.2.19 バーク原料の物性

サンプル	水分 (wet%)	低位発熱量 (MJ/kg-wet)	灰分 (wet%)	可燃性硫黄 (dry%)	可燃性塩素 (dry%)	ナトリウム (mg/kg-dry)	カリウム (mg/kg-dry)
未破碎バーク①	23.8	13.8	1.5	0.04	0.03	66	510
未破碎バーク②	26.3	12.9	1.9	-	-	-	-
バークチップ③	36.9	10.6	1.9	-	-	-	-
バークチップ④	42.2	11.0	2.2	0.01未満	0.01	200未満	1380
バークチップ⑤	45.4	8.8	3.7	-	-	-	-
未破碎バーク⑥	48.0	8.2	2.0	-	-	-	-
バークチップ⑦	51.2	7.6	0.8	0.02未満	0.02	210未満	2050
未破碎バーク⑧	51.6	7.5	1.6	0.01未満	0.01	210未満	1030
バークチップ⑨	59.5	7.6	3.6	0.01未満	0.01未満	250未満	990
バークチップ⑩	66.0	4.0	1.3	0.03未満	0.03	300未満	1180

(出所) 昭和化学株式会社提供資料

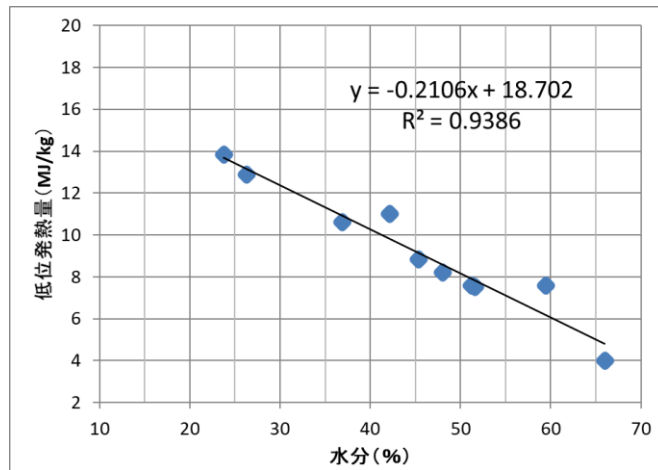


図 2.2.19 水分と低位発熱量の関係

(出所) 昭和化学株式会社提供資料

パークチップ同様枝葉チップも、水分、低位発熱量、燃焼時機器に悪影響を及ぼしそうな物質や灰分を分析した。また、燃料としての元素分析や灰分の化学分析も行った。枝葉チップは土砂混入やカリウム含有量が多い場合もあり、ストーカー上で燃焼する際に融点が下がり、主灰粒子が大きくなる状況が観察された。また、塩素や硫黄についてもパークチップよりも多く含有していた。

### 調達安定性

調達量 24 t /日は可能であった。しかし、水分が計画時よりも少なかったため、年間使用量は 3,000 t 前後の調達量となった。2020 年 8 月以降については新型コロナウイルス感染症の影響によるものである。

2019 年 8 月～2020 年 7 月使用量 3,106 t (達成率 83%)

2020 年 8 月～2021 年 7 月使用量 2,770 t (達成率 74%)

バイオマス発電所の定期修理期間に合わせて、供給業者も定期修理を行う場合があり、短期的には不安定になることがある。対策としては、複数購入や、バックアップ装置（当社は LNG 設備）等を持つ必要があると考える。今回新型コロナウイルス感染症の影響で一時期パークチップが入手しにくいという事態が発生した。パークを排出する木材産業は非常に景気の影響を受けやすく、景気が悪くなる → 家を買わない → 木材工場が止まる → 木材価格が下落 → 木を切らない、という悪循環に陥った。しかし、バイオマス発電所は景気の影響を受けることなく運転できるため、通常通りバイオマス原料が必要である。そのため、安価な原料が必要な需要家には入手しにくい状況となった。一方、産廃チップを使用する産業用ボイラーは景気が悪くなれば、需要も落ちるため、切迫するようなことはなく、問題なく入手することができた。

### 枝葉チップおよび PKS

PKS は長期露天保管のものであったが、木質バイオマス原料に比べて水分が少なく、不純物も少なかった。下表に木質バイオマス原料、PKS の物性を示す。

表 2.2.20 枝葉チップおよび PKS の物性

サンプル	水分 (%)	低位発熱量 (MJ/kg-wet)	灰分 (wet%)	可燃性硫黄 (dry%)	可燃性塩素 (dry%)	ナトリウム (mg/kg-dry)	カリウム (mg/kg-dry)
枝葉チップ①	40.3	7.7	12.2	0.05	0.06	280	4000
枝葉チップ②	45.8	8.3	2.7	0.03	0.04	270	2400
PKS	25.2	13.6	2.6	0.03	0.01未満	24	140

(出所) 昭和化学株式会社提供資料





図 2.2.20 バークチップ（写真左：左上、中下）と枝葉チップ／PKS（写真左：手前）  
を受け入れた燃料槽内の様子（奥がバークチップ）（写真右）

（出所）昭和化学株式会社提供資料

表 2.2.21 開発目標と達成状況

開発目標	達成状況		
調達可能量の検討	枝葉チップの調達可能量は 10t/日程度であった。 PKS は 24t/日以上可能であるが、主原料としては昭和化学工業株式会社のバイオマス熱風炉へは使用できなかった。 2019 年 8 月～2020 年 7 月使用割合 15% 2020 年 8 月～2021 年 7 月使用割合 18%		
各バイオマス燃料の熱量単価の比較検証	バークチップ	枝葉チップ	PKS
	0.83 円/MJ	0.32 円/MJ	1.2 円/MJ
	0.74 円/MJ	0.33 円/MJ	実績無し
上段：2019 年 8 月～2020 年 7 月実績からの計算値 下段：2020 年 8 月～2021 年 7 月実績からの計算値 計算式：平均購入価格(円/kg)÷平均発熱量(MJ/kg、水分と低位発熱量の関係より算出)			

（出所）昭和化学株式会社提供資料

### PKS の調達安定性

PKS に関しては新型コロナウイルス感染症の影響でバークチップが入手できない時に使用したが、熱量単価も高く、昭和化学工業株式会社のバイオマス熱風炉で燃焼するには水分が低すぎ、油分も含まれているため、燃焼温度が高温になりすぎ、機器トラブルも発生したことから、昭和化学工業株式会社では単独使用はできないと判断した。

### セルロース系工場派生品

「廃掃法」に準拠するように、行政に確認したが、下記の事項がクリアできず採用には至らなかった。現在、廃棄物として取り扱われている場合については、「通常の取り扱い」として廃棄物となる。これを昭和化学工業株式会社が有価物として買い取ったとしても、法律に抵触する。解決するためには、一般的に有価物として取引できるものと証明することが必要となる。

#### （備考）廃掃法

安価なバイオマス原料を求める場合、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律（廃掃法）」に抵触する可能性があるため、利用を検討する際には都道府県等の担当課へ確認する必要がある。パークの利用についても、2007 年 7 月に環境省・林野庁連名で「木くずの燃料利用に係る取り扱いについて」の通知が出され、一定要件を満たすバイオマスボイラーは産業廃棄物の焼却炉に該当しないとされ、カスケード利用が促進された。また、2012 年 7 月再生可能エネルギー電力買取制度（FIT）が始まり、パークも一般的に有価物として広く流通するものとなった。それ以上に安価に入手できるものとなると、一旦廃棄物として排出され、中間処理施設によって処理することで、有価物となったものの利用が考えられる。木質系では建築資材廃棄物が考えられるが、防腐剤や防蟻剤等が混入する可能性があり昭和化学工業株式会社では使用できないと判断した。

## 実証事業者の検討：きのこ使用済菌床の乾燥設備の検討①

社会福祉法人ウィズユーでは水分率 70%程度の廃菌床をハウスを用いた自然乾燥設備とボイラー廃熱を利用して乾燥させている。

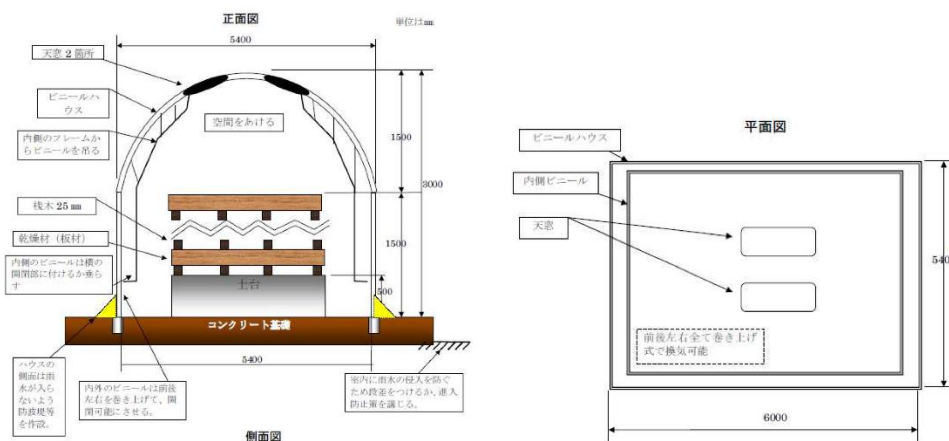
ビニールハウスを用いた廃菌床の乾燥は企業組合山仕事創造舎および長野県林業総合センターが 2010 年に製材向けの乾燥システムを実証した際の成果を活用したものである。同研究ではスギ、ヒノキ、カラマツなど板材をビニールハウスに入れ、7月～9月の夏季の2か月間で、水分率を50%から10%程度まで低下させることに成功している。



図 2.2.21 ビニールハウスの外観（左）、ビニールハウス内の製材（右）



図 2.2.22 送風機と太陽電池パネル（左）、乾燥時の様子（右）



ビニールハウスの断面図（左）、ビニールハウスの平面図（右）

図 2.2.23 ビニールハウスを用いた乾燥方法のイメージ

（出所） 智頭石油株式会社「廃棄バイオマスを利用したクリーニング工場への蒸気供給事業の事業性評価（FS）」

本システムの乾燥においては、以下をポイントとしている。

- ビニールハウスの採用、床をコンクリート打設した
- 木材をビニールハウスへ入れた直後はハウス横のテントを下から 1/3 程度を開け、天窗も全開にして、雨に濡れることを避けながら、風を通すことで自由水を飛ばす（この時、風通しを良くしないと、ハウス内が 30-45℃くらいになり、カビが発生する）
- ある程度水分が落ちたら、次は結合水を飛ばすため、テントを閉めて、換気扇を作動し横からハウス内面に沿って空気の流れを作り、乾燥を行う

実証事業者である社会福祉法人ウイズユーでも本方式を用いて廃菌床を乾燥させており、2 週間の乾燥で水分率を 70% から 60%程度まで低下させることに成功している。ただし、実証事業における運転開始後に明らかになった課題として、本ビニールハウス乾燥システムだけでは冬場の乾燥は十分進まないことが判明し、ボイラー廃熱を使った追加乾燥を導入することとなった。現在は同システムにより、さらに 55%まで含水率を低下させている。ボイラー廃熱を利用した乾燥は 3 章のコラム「**実証事業者の検討結果：ボイラー廃熱を利用した廃菌床の乾燥**」を参照されたい。

その後、建築廃材廃菌床を 9:1 の比率で混合することでボイラーに投入する時点での燃料全体の水分率を 30%程度まで抑制している。その際、混合時の留意事項として、明らかに水分の高い菌床（腐敗しているものなど）は取り除いてから混合することがポイントとなっている。

## FS 事業者の検討：きのこ使用済菌床の乾燥設備の検討②

中部電力ミライズ株式会社および株式会社シーエナジーでは、FS 事業において、きのこ使用済菌床を原料とした燃料化に向けた乾燥装置の検討を行った。下表に各種バイオマス原料の乾燥で使用されている乾燥装置の比較を示す。

表 2.2.22 バイオマス原料乾燥に用いられる乾燥装置タイプ

	圧縮脱水機	コンテナ式 定置乾燥機	レシプロ式 乾燥機	ベルト式 乾燥機	ロータリー ドライヤー	気流乾燥機
機構	2000ton油圧プレスによる強制圧縮	温風乾燥 (50~80℃)	温風乾燥 (50~80℃)	温風乾燥 (80~90℃)	熱風乾燥 (300~500℃)	熱風乾燥 (200~250℃)
能力	7t/h(水分率 60%W.B.)	8m3/12~24時間	小型(50kg/h程度)	長さにより自由に 調整(1t/h以上)	自由に対応	50~500kg/h(湿物 ペース)
脱水率	40%W.B.程度まで (理論上20%まで 可能)	20%W.B.以下	10~30%W.B.	~10%W.B.	20%W.B.以下	20%W.B.以下
排水処理	必要	不要	不要	不要	不要	不要
消火設備	不要	不要	不要	不要	必要	必要
特徴	バッチ処理	バッチ処理	連続処理	連続処理	連続処理	連続処理
	1バッチ2分程度で 完了(早い)	機構が単純で安価	コンテナ式の炉床 が動くタイプ	ベルト速度で水分 率を調整可能	乾燥効率が高い	乾燥効率が高い
	水分率調整可能	建屋不要	乾燥ムラが生じや すい	温水熱源が必要	熱風発生装置が必要	熱風発生装置が必要
	熱源不要	温水熱源が必要	温水熱源が必要	スペースが必要	排気の集じん処理 が必要	排気の集じん処理 が必要
	実績が少ない	乾燥効率が低い		高価		高価
	消耗品が多い(シ リンダーや圧縮型 枠)	大型は不可				バイオマスによる 温風の温度制御が 難しい
	各所に原料が詰ま りやすい					
重量物のため工事 コストが高い						

(出所) 中部電力ミライズ株式会社 株式会社シーエナジー「2019 年度～2020 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/使用済菌床等の地域産資源を活用したバイオマス燃料供給・地産地消モデル事業の事業性評価」(NEDO)2021 年

同社らの FS 事業において発生する使用済菌床の想定量は 8,417 t-wet/年であり、燃料化施設の想定稼働時間 24 時間 270 日で検討すると、約 1,300 kg-wet/h の乾燥処理能力が必要となる。その程度の規模の場合、「ベルト乾燥機」「ロータリードライヤー」「気流乾燥機」の 3 種類が該当するとした。

表 2.2.23 乾燥装置の比較

	ベルト式乾燥機	ロータリードライヤー	気流乾燥機
			
熱源	温水熱源による温風	蒸気、燃烧排ガス等各種可能	蒸気、燃烧排ガス等各種可能
設置スペース	大きい（設置不可）	設置可能	小さい（設置可能）
消火設備	不要	必要	必要
イニシャルコスト	温水バイオマスボイラも含めると1.8億円程度	1億円程度	9千万円程度
バイオマス燃料実績	有	豊富	無

(出所) 中部電力ミライズ株式会社 株式会社シーエナジー「2019 年度～2020 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/使用済菌床等の地域産資源を活用したバイオマス燃料供給・地産地消モデル事業の事業性評価」(NEDO)2021 年

ベルト式乾燥機については、温水による温風熱源を用いるためバイオマス温水ボイラが必要となる。1000kW 級温水バイオマスボイラは約 1 億円と高額であり、またベルトドライヤーも海外製となり 8 千万円程度と高額で設置面積も大きくなるため、当該事業には不向きと判断した。

ロータリードライヤー（キルン式ドライヤーとも呼ばれる）については、蒸気、燃烧排ガスなど各種熱源が利用出来ることから、バイオマスの乾燥装置として最も広く利用されている。乾燥効率は高いが、高温（300℃～500℃）の熱風を使用するため、火災事故が懸念され、消火設備など安全対策に留意する必要がある。

気流乾燥機については、オカラ乾燥機として食品工場で普及している。ロータリードライヤーと同様に各種熱源が利用でき、乾燥効率もロータリードライヤーと同等である。設置面積も小さいが、実績としては化石燃料バーナー熱源のみであり、バイオマス燃烧排ガスを熱源としたものはない。温度制御レスポンスのよいことが必要なため、バイオマスでの温度制御の点で、バイオマス焚きとの組み合わせについてメーカーが難色を示している。また 50kg/h～100kg/h 程度の小型の機種が主流である。中温（200℃～250℃）の熱風を使用するが、火災の懸念はロータリードライヤーと同様である。

なお、ロータリードライヤー、気流乾燥機ともに、乾燥には使用済菌床の破碎が必要であるが、試験では十分に乾燥可能な結果となった。今回はバイオマス燃料を燃烧熱源とするため、ドラムの長さや制御調整に汎用性があるロータリードライヤーにより計画を進めている。なお、乾燥時に発生する臭気については留意する必要がある。

## 実証事業者の検討：林地残材の自然乾燥

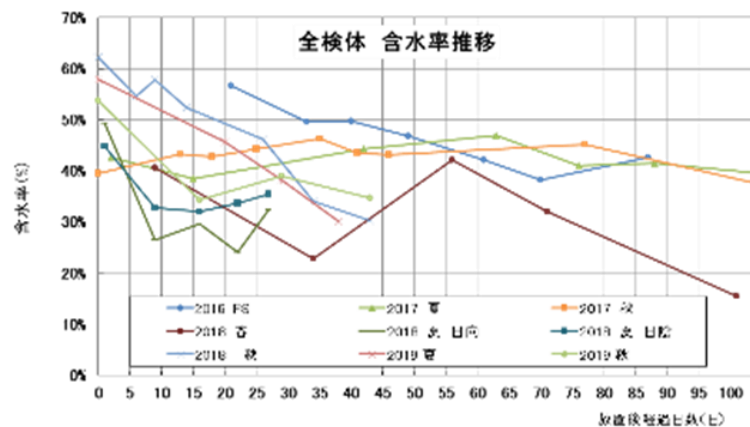
田島山業株式会社では山土場での自然乾燥と、舗装路面での含水率測定を行った。山土場の自然環境下では含水率低減に限界があり、バイオマスボイラーへの燃料要求仕様への適応を行うため、2019 年度に舗装路面での自然乾燥を行った。



図 2.2.24 含水率検体（林地残材）

(出所) 田島山業株式会社提供資料

2016 年 FS 事業から実証事業にかけての含水率計測結果を下図に示す。含水率 35%-wet (70 日) という目標値に対して、山土場の自然環境下では約 40%-wet で推移していたが、舗装路面での自然乾燥で 35%[W.B.]以下で低減出来ることが分かった。



山土場の自然環境下で約40%[W.B.]まで低減することを確認できた。  
また、舗装路面では含水率35%以下が達成できた。  
商用化に向けては、日田地域はバイオマス発電所が含水率問わず一定  
価格で購入するため、乾燥期間は現状不要と考えている。

図 2.2.25 林地残材の含水率推移

(出所) 田島山業株式会社提供資料

## (c) 廃掃法の取り扱いの確認

**廃棄物系のバイオマス資源の利用を調達する場合**は、廃棄物処理法（以下、廃掃法）の中で「廃棄物」か「有価物」かの確認が必要である。基本的には有価の取引をしている場合は「有価物」、処分費が発生する場合には「廃棄物」となるが、取引価格が運賃分をみなしていない場合には有価の取引をしても「廃棄物」に該当する。

原料が廃棄物であった場合でも、許認可を持つチップ工場などで加工されて有価で取引された燃料は有価物として扱うことができ、取引以降は廃掃法の規制の対象外となる。ただし燃料としての通常の取り扱いがない（一般的に市場性がない）ものは、有価の取引であっても廃棄物と判断されるケースもある。

- ❑ 原料の廃掃法上の扱いは整理されているか？ 事業・設備・車両の許認可対応は大丈夫か？
- ❑ 輸送・加工・利用の上での周辺環境への影響はないか？近隣からの理解は得られるか？

建築廃材のような廃棄物系のバイオマス燃料を調達する場合、**廃掃法における許認可が必要となり、取得までに1～2年掛かる**こともある。廃掃法上で「廃棄物」（一般廃棄物、産業廃棄物）扱いのバイオマス種を外部から収集する場合は、処理施設、処理業、運搬輸送の許認可が必要となる。今後の対応事項が大きく異なる。特に**廃棄物由来のバイオマス資源をボイラーでエネルギー利用する場合**、ボイラーが廃掃法上の焼却炉として扱われ廃掃法上の設置許可を求められるケースもあり、事業化までの手続き・期間・事業費に大きく影響することもある。判断が難しい場合には行政の担当部局への確認が必要である。FS時点の対応としては、**想定している燃料が「廃棄物」「有価物」、いずれの判断となるのかははっきりとさせておく**ことが重要である。

**産業廃棄物に該当する場合は都道府県、一般廃棄物由来に該当する場合は市町村**への確認となる。廃棄物に該当するバイオマス資源は地域によって異なるが、以下の資源が該当することが多い。ただし、一部の地域では間伐材チップでも都道府県より廃棄物と判断されたケースもあるため、下の項目に限らず事前に行政に確認することが望ましい。

### <廃棄物に該当する可能性がある木質バイオマス>

- 建築廃材
- 河川流木・ダム流木
- 製材端材・パーク
- 開発系支障木
- 剪定枝
- きのご使用済菌床（廃菌床）

なお、「**1.1.6 事業モデルの概略検討**」（147頁）でも述べたが、きのご栽培で発生する**きのご使用済菌床を活用する場合**も産業廃棄物に該当するか否かを早期に都道府県に確認する必要がある。実証事業者の社会福祉法人ウイズユーでは、きのご使用済菌床を産業廃棄物ではなく燃料として扱うことができているが、鳥取県庁より「**ボイラーにおいて自燃すること**」を条件とするという指導を受けている。きのご使用済菌床発生時の水分率は約70%前後であり、FS時に検討したハウスにおける自然乾燥を通じて約60%まで下がるが、県からの指導により自燃する含水率である55%以下にしたうえで燃焼させる必要があるため、現在の運転時にはボイラー廃熱を利用した追加乾燥を行っている。

その他、特に廃棄物系のバイオマスの場合は原料や燃料の加工、輸送による騒音、悪臭などが住民問題となることがあるため、住民説明会などを開催し合意形成を行う必要があることに留意されたい。

## ② 原料・燃料の調達コストの検討

前項において、バイオマス原料または燃料の調達可能量および性状等を把握した後、調達コストについて調査を行う。

**燃料生産を行わず、外部から燃料（チップ／ペレット）を調達する場合**は、既存の燃料サプライヤー（可能な限り複数社）から供給可能な価格についてヒアリングする。併せて、近隣で同様の燃料を利用しているユーザーがいる場合は燃料調達価格についてヒアリングすることが望ましい。事業者側で原料を購入し、加工するのか、またすでにある生産供給業者から購入するかについては、コストや収集が可能なルートについて検討しながら、燃料生産の是非を判断する。

**自ら燃料生産を行う場合**は、地域内の森林未利用材や製材端材、建築廃材、きのこ使用済菌床などの原料の排出元から供給可能な価格についてヒアリングを行う。

**廃掃法上の「廃棄物」に該当するバイオマス調達する場合**は、前述のとおり中間処理業の許認可の取得と施設の設置許可、都市計画審議会での審査等が必要となるため、まずは廃棄物の担当所管課（産業廃棄物は都道府県、一般廃棄物は市町村）への相談を行い、特に一般廃棄物の場合には、市町村の定める処分費等の条件についてヒアリングを行う。

**森林未利用材からチップやペレットを生産する場合**は、原料集荷コストに加え、チップ／ペレットの加工コスト、燃料利用先までの輸送コストを調査する。その際、木材を中間土場または燃料加工施設まで運搬し加工するコストについても想定して、原料価格と燃料受け入れ価格の想定を行い関係者と協議する。そのうえで収集可能な量を確認する。

想定していた価格・コストが得られなかった際には、プラント側の設計や運用の見直し、例えば規模拡大によるスケールメリットを効果させる等の対応により全体の収支の改善が図れないか再検討する。また原料・燃料の調達先との交渉も検討する。ただし集荷コストのかかる**森林未利用材の場合**、厳しい買取条件を突きつけることで地域林業の経営を圧迫し、長期的な集荷に影響を与える可能性もあるので配慮する必要がある。

周辺地域の木材需要を踏まえ、中長期にわたり安定的な価格で原燃料を取引可能か？

中長期にわたり安定的な価格で原燃料を取引可能か？

周辺の発電所等との競合による燃料価格の高騰リスクはないか？

チップやペレット向けの原料木材供給業者は零細企業が多く**拘束力のある契約締結が困難**な場合が多い。これらのバイオマス燃料製造事業者が中長期的に安定的な価格でバイオマス燃料を販売するためには、その上流である木材の取引価格が安定していることが必要であるが、バイオマス発電施設が集中するエリアや、近隣に大型輸出港を有するエリア<sup>19</sup>では他の木材需要家の事情に応じて調達価格や量が不安定になるケースがある。実際このようなエリアでは、20年間の**安定調達の見通しを立てるのは難しい**。

その一方で木材の調達価格に関わらず **FIT による売電単価は一定**であり、また、事業費に占める**バイオマス燃料費の割合は6～7割程度**ともいわれることから、バイオマス燃料用の木材価格の安定は事業そのものの安定性に大きく影響を与える。こうした懸念への対応策としてバイオマスエネルギー事業の**実施体制に原料・燃料供給側も参画させることで安定化を図る**事例も見られる。

<sup>19</sup> 2013年から2018年にかけてみると、中国、韓国、フィリピン、台湾、米国などへの海外木材輸出額は3倍になっており、木材輸出が盛んな地域ではバイオマス燃料価格が影響を受けやすい。

## バイオマス燃料品質別の調達価格の例

木質チップは燃料である以上、**熱量ベースで取引されることが望ましい**が、質量に応じて単価が設定されている事例が多いのが現状である。真庭市森林組合に代表される一部の地域では、**水分率を考慮したバイオマス燃料価格の設定**を行っている事例がある。

なお、バークなどの廃棄されているバイオマス原料についても、不純物の量などの品質や水分によってグレードがあるため、調達する場合はそれらを意識した価格設定が望ましい。

### □ バイオマス燃料供給事業者との契約の中で取引量および燃料品質を規定したか？

## 既存事例で直面した課題の例

国内では**運転開始後に想定していたバイオマス燃料が供給業者から入手できなくなった**ケースが少なくない。ある発電所の事例では、バイオマス燃料供給業者が土場で丸太を数か月自然乾燥し、その丸太を加工して比較的水分の低いチップを供給する契約を締結していたが、しばらくすると生の丸太のチップしか供給されなくなった。理由はそのバイオマス燃料供給業者の**受注量が増え、土場乾燥のためのスペースと十分な乾燥期間の確保ができなかった**ためであった。

その他、バイオマス燃料供給業者が数か所の発電所にチップを供給するにあたり、**取引量の多い客に合わせてチップサイズを決めてしまい**、少量しか取引していない発電所は要求サイズと違うものしか入手できなくなった事例も存在する。そのような点でも**チップ供給業者との契約に縛りを記しておく必要がある**。

## 上流側関係者との協力関係の構築

**原料の供給者である林業事業者との関係性は非常に重要**であり、**林業事業者が事業主体の一員として参画**している事例も多い。この場合、収益の一部を林業に還元することや、重機や人員といったリソースを共有できるメリットもある。

また、地域密着型の運営としてバイオマス施設が地域の子どもたちへのエネルギー教育の場を提供するほか、商工会とのタイアップによる観光支援を行い、収益の一部を地域へ還元している事例もある。このように、**バイオマス燃料供給者だけでなく地域住民や行政と協調していくことでバイオマス燃料調達の安定化**を目指すことも有効である。



### ③ 燃料規格対応の確認

前項で述べた原料・燃料の調達コストおよび価格の検討と併せて、採用するエネルギー変換技術に対応する燃料規格についても確認を行う。本ステップで必要な対応は事業内容によって異なり、例えば、**自社または地域で未利用な資源を有効活用することが動機である場合**は、基本的にそれらの原料を基準に利用できるエネルギー変換設備を検討すればよい。

**発電事業や既存の化石燃料ボイラーの代替、または外部への熱供給を目的とする場合**は、発電技術やバイオマスボイラーが要求する燃料性状を基準に品質規格への対応を検討する。特に**熱分解ガス化による熱電併給を検討している場合**は、要求する原料および燃料の基準が厳しいため、それらの条件を確認する。併せてガス化設備が要求する品質の燃料を地域内で調達可能か、自ら生産するかについて検討を行う。

また、**バイオマスボイラー（主に小型ボイラー）の場合**には比較的乾燥したチップが必要となる。製紙系のチップ工場では、通常、未乾燥の生チップでの取引を行っているため、乾燥工程を組み込んだり原木を長期ストックするスペースの確保が困難だったり、乾燥チップの製造に対応できないケースもある。山土場での原木乾燥や別途チップ乾燥のシステムを導入するような可能性についても検討していく必要がある。

**燃料製造を目的とする事業の場合**は、前項までに検討した燃料製造拠点および現実的な原料調達可能量に基づく生産量に加えて、燃料性状の確認が必要となる。特にチップまたはペレットの供給先がガス化発電の場合、厳しい燃料規格が問われるため、既存のペレット工場で規格対応が難しいケースもある。

**ボイラー・発電設備等の燃料規格に対応した燃料を生産できる設備・体制を取ることができるか？**

**使用する燃料材の成分分析結果を機械メーカーと相互に把握しているか？**

**バイオマス燃料を購入する場合と自ら全量を製造する場合**のいずれでも、エネルギー変換設備が要求する規格を満足する燃料を安定的に調達・生産可能な体制が構築できているか確認する必要がある。

**バイオマス燃料を購入する場合**、実際の燃料の性状品質を調査し、**可能なら燃焼試験も行って**採用の可否を決めることが望ましい。また、長期間の取引になるため**契約書に必要事項を明確に記述しておく**ことが大切である。この時、使用する燃料材の成分分析結果を機械メーカーと相互に把握しておくことも重要である。詳細は「**株式会社森林環境リアイズ 木質バイオマスボイラー導入・運用にかかわる実務テキスト**」を参照されたい。

**バイオマス燃料を製造する場合**、発電設備の機種によって利用可能な燃料が大きく異なり、ホワイトペレットからバーク・剪定枝まで幅が広い場合、どのような品質のバイオマス燃料であるかを把握して、できるだけ安価に作れる木材加工機械の選定が必要である。一般にこれらの機械は高価であり、できる限り**故障が少なく運転・メンテナンス費用が安い設備を選定**する。また、**オーバーホールなどメンテナンス対応の良さ**も判断材料になる。**複数社から見積りなどを入手して最適な機種、メーカーを選択することが重要**である。

**自社や系列会社でバイオマス燃料を製造する場合**、要求品質に見合った加工燃料が製造できる木材加工機器メーカーから説明をうけ、**自社の要求事項を数値で示し、最終製品の品質を確保できるようにすることが必要**である。国内メーカーよりも、海外メーカー、特に欧州メーカーがこの分野に強く、実績も多い。この時、メーカーとは木材の樹種の違い、季節変動、水分などについては問題がないか十分確認しておく必要がある。その他、燃料のサイズ、水分、異物、篩除外品の率、機械的強度（ペレットの場合）、メンテナンス性、クリンカ生成成分の有無なども確認しておく必要がある。

## 実証事業者の検討：ウォーキングフロアにおける原料乾燥

実証事業者であるバンブーエナジー株式会社では ORC の熱電供給設備から発生する温水の一部を燃料乾燥用熱源として有効活用している。

本プラントの燃焼炉で安定燃焼できる含水率は 50%以下である。燃料が高含水率であると水分を蒸発させるために熱量が炉内で消費されることから燃焼炉内温度・熱媒油温度が低下し、最大出力運転が困難となる。そのため ORC 熱電供給設備から生成した温水を利用した温風を原料供給サイロで利用し燃料乾燥を行うことで燃料の含水率を平均で 10%程度減少させることができる。このため自社で燃料のプレ乾燥装置をウォーキングフロア内に追加設置した。

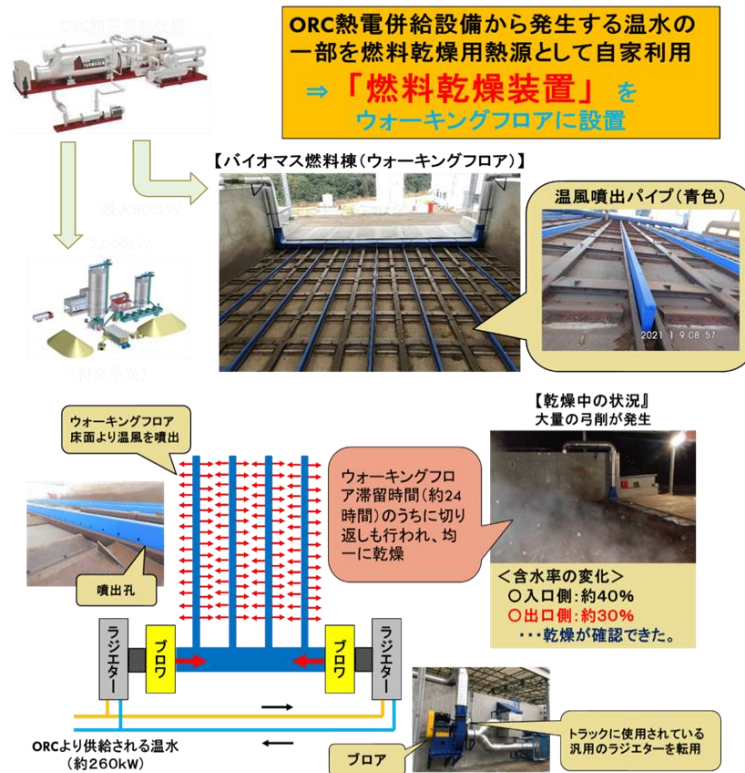


図 2.2.26 温水を利用した原料プレ乾燥装置

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

ウォーキングフロアの押し出しの間には 80 mmの隙間があり、そこに温風を吐出するパイプを設置している。ORC から供給された温水はラジエーターを通じ、ラジエーターから吸い込んだ空気をブローが床下に吸い込むという形で排出している。パイプの側面に約 5 mm程度の穴を多数あけており、ここから横方向に温風が噴き出る仕組みになっている。特長としては、このラジエーターはトラックに使用されている汎用品であり、万一壊れてもすぐに取り換えが可能である。また市販品であり特注の熱交換器ではないことから、費用も削減できた。

温風が出ている際はサイロ全体から白い湯気が出る。ウォーキングフロアでは燃料は投入後 24 時間で出口側まで移動する。燃料が出口側に運ばれる際にある程度切り返しも行われていることから、均一に乾くことも一つの特徴である。乾燥効果については、ある冬場は特にバーク等が乾燥していたこともあり、入口の燃料の含水率が 40%と比較的低かったが、出口では 30%となっていた。この結果からの計算上では 60%程度の含水率の燃料であれば 55%以下まで下がることになる。以上から梅雨時の濡れた燃料でも乾燥できる事が期待される。また、このシステムに関しては 200kW~300kW の熱があれば、BTG などでも採用は可能である。サイロ乾燥を導入すると、燃焼に必要なバイオマスの含水率が 5%下がるだけで、1 割近くのバイオマスの消費量が減ることとなり、発電所では大きいメリットである。本システムはバークに限らず他のバイオマスでも活用が可能としている。

## <熱分解ガス化発電の場合>

- ❑ ガス化発電設備の日本の樹種等への規格対応は実機レベルで長期の検証がなされているか？
- ❑ ガス化発電向けのチップの水分等の規格のばらつきはどこまで許容できるか確認済みか？

欧州規格のチップやペレットで安定稼働を確認できたガス化設備でも、日本の国内地域の樹種では欧州規格の品質を満たしたにも関わらず安定稼働ができないケースが少なからず存在する。

### 熱分解ガス化設備の燃料品質規格

ガス化設備はメーカーの技術によりチップまたはペレットを利用する設備に分かれ、さらに燃料形態の中でも要求する形状や許容水分率、硬さなども異なる。安定稼働のためにはバイオマス燃料の成分・形状・水分・強度などの**各品質要素について加工・保管・輸送・設備内の搬送・投入までを適切に管理する必要**がある。特に水分管理は重要で、製造時は仕様の水分率を満たしていても、輸送中や貯蔵中に空気中の水分を吸収し、**投入時点で仕様の範囲外の水分率まで上昇すること**によるトラブルが多い。

一般的に、BTG や ORC など比べて高品質な燃料条件が求められるため、外部から調達せずに発電事業者自らバイオマス燃料を生産するケースも見られる。その場合、ガス化炉の型式・構造に合致したバイオマス燃料性状の条件や**効率的な粉碎・乾燥・造粒等の装置や搬送設備なども確認**しておく必要がある。

また、欧州で実績のあるガス化プロセスにあっても、日本では**樹種の違いによりチップやペレットの十分な品質が得られず**、稼働トラブルが生じるケースが少なくない。したがって、欧州製の設備の導入を検討する場合は**日本の樹種における稼働実績の有無を確認**し、さらに**サンプル燃料を現地に送付して運転試験**を行うことが望ましい。



図 2.2.27 切削チップの例（左）と欧州木質ペレットの例（右）

(出所) 環境ビジネスコンサルタンツ株式会社提供資料

**熱分解ガス化設備向けのバイオマス燃料を製造する場合は、水分率が低く、均質かつ一定の強度をもつバイオマス燃料に加工する必要**があるが、これらは**気候などの影響で変化**しやすい。特に湿分が変動しやすいので**バイオマス燃料の貯留設備についても十分な留意が必要**となる。また、特にペレットは**輸送中または搬送設備内の衝撃で微粉化が起こる**可能性があることに留意が必要である。

□ 燃料の規格対応に要する加工コストも含めて燃料コストは引きあうか？

燃料規格のグレードが上がれば、長さ、水分、灰分<sup>20</sup>、機械的耐久性、微粉率、といった性状に対する要求値が高くなる。例えば機械的耐久性を高めるためには、ペレットを構成するおが粉の粒径や水分率の均質性を高くする必要がある。また、スターチなど添加剤を少量混ぜることも耐久性を高め、微粉化を防ぐ効果がある。また、微粉率を下げるためには製造工程で出される微粉を篩できちんと除去することや、成型後にしっかり冷却することも有効である。

しかしながら、**燃料規格が上位であればあるほど、製造に要する機械は増え、消費電力も増える**。これらがすべて、ペレットの**製造原価に加算**されていくため、加工コストは増える。投入するバイオマス燃料のもつ**発熱量と発電効率を考慮し kWh あたりの発電コストを算出**し、これが FIT による売電価格を上回るようでは事業性のない計画ということが明らかになる。

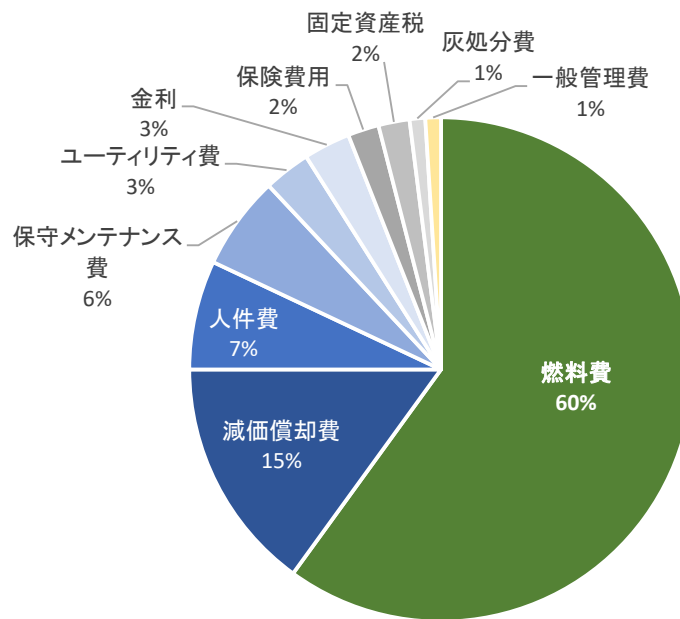


図 2.2.28 ペレット製造コストの内訳の一例

(出所) 株式会社 PEO 技術士事務所提供資料

一方で、**高品質のバイオマス燃料であるほど発電設備の安定稼働が図れる**ことで売電量が増えるメリットはあるため、**燃料のグレードを上げることによる経費と見込まれる収益を十分に比較検討する**必要がある。高品質のバイオマス燃料の製造単価を下げるためには**発電の規模を拡大**することも考えられる。品質の良くないバイオマス燃料を使えば燃料費は安くなるが、稼働率低下や故障、発電出力低下を受ける可能性が高まる。

本ガイドラインの中で繰り返し述べているとおり、バイオマス発電は一般的に**運転単価の 6～7 割をバイオマス燃料費用**が占めている。したがって燃料製造費用の影響は大きく、厳格に計画しないと当初予定していた収益の確保が難しくなる。

<sup>20</sup> 砂礫や土などに由来する灰分であれば、篩をかけることである程度低減することが可能である。

## <熱分解ガス化発電の場合>

❑ 投入時に要求される燃料の水分率管理のための貯留、乾燥設備を採用しているか？

- ❑ ガス化発電向けの乾燥チップ（水分 15%以下など）は貯留方法も含めて、燃料投入時まで水分を維持できるか？
- ❑ ガス化発電装置が求める水分率が平衡水分率（約 15～20%）以下の場合、燃料投入直前の乾燥装置は具備されているか？

前述のとおり、ガス化設備の安定稼働のためには特に水分管理は重要である。製造時は仕様の水分率を満たしていても、輸送中や貯蔵中に空気中の水分を吸収し、投入時点で仕様の範囲外の水分率まで上昇することによるトラブルが多い。チップやペレットは過乾燥の直後から**平衡水分率に向かって水分が戻り始める**ため、**できる限り燃料を大気中で時間を置かず**に熱分解ガス化設備に投入することが望ましい。

## 既存事例において直面した課題

熊本県のあるガス化発電設備（仕様水分率 10%）はチップの乾燥を約 2km 離れた場所で行い、発電設備に運んでホッパーに投入、その後ガス化設備で使用されている。このため、10%以下に**乾燥されたチップは輸送中の時間経過とともにガス化設備投入時には平衡水分率まで戻り**、仕様を満たしていないため、タールトラブルが起こった。

このようなトラブルを回避するため、**最近はガス化設備投入直前で発電排熱を利用して乾燥を行う事例が増えている**。

## <熱分解ガス化発電の場合>

❑ 篩によって選別される不適合品の割合を把握し、それらの処理・活用工程まで考えられているか？

- ❑ 規格外の燃料サイズの場合、装置前で篩い分けする装置が設置されているか？
- ❑ 篩い分け装置ではじかれた燃料の利用方法は考慮しているか？

ガス化設備の**安定稼働のためには燃料の形状も重要**であり、規格外の燃料を除去するための篩い分け装置の導入が必要となる。ただし、同装置ではじかれたバイオマス燃料は**発電に利用出来ない発電用燃料を購入していることと同義**であり、これが有価で利用できないと採算性が悪化する。

規格外のバイオマス燃料には、オーバーサイズとアンダーサイズの 2 種類がある。オーバーサイズの規格外バイオマス燃料については、破砕機にこれらを戻し再度破砕する機能を備えたものもあるが、**この機能が無い場合は破砕機後の篩でオーバーサイズの戻りラインを設ける**ことで対応が可能である。

アンダーサイズの規格外バイオマス燃料については、破砕工程において篩って回収することができる。ただし、投入量に対して**アンダーサイズとして排出されるものが多ければ歩留まりが悪**いということになるため、**破砕機などの加工機メーカーにあらかじめ歩留まり率を確認しておく**ことが望ましい。アンダーサイズとして排出されるものの利活用の方法についても検討し、また利活用できないのであれば**処理の方法と費用も把握しておく**べきである。

次図はガス化発電装置内に設けられている篩い分け装置の実例である。

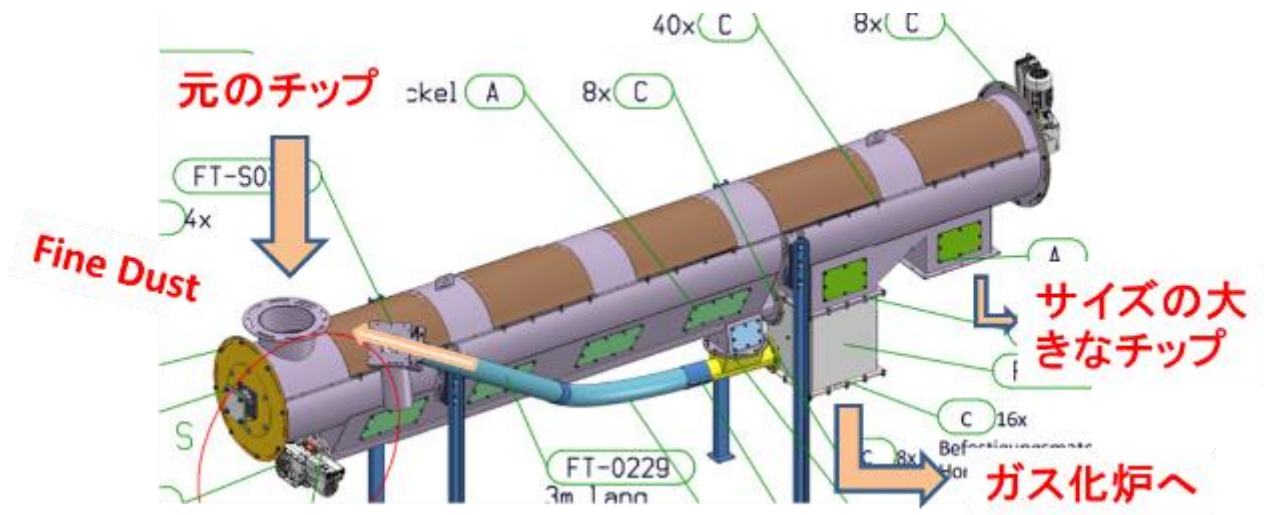


図 2.2.29 ガス化発電装置内の篩い分け装置 (Holzenergie 社)

(出所) 株式会社 PEO 技術士事務所提供資料

なお、篩い分け装置ではじかれたバイオマス燃料の利用方法については、例えば岐阜県のある事例では、ガス化チップからはじかれたオーバーサイズ、アンダーサイズのチップを隣接したバイオマスボイラーで燃やして温水を回収している。また、欧州では規格不適合のバイオマス燃料はペレット用おが粉として外販されている。

### <ペレット燃料を混焼する場合>

- ペレットを混焼する場合、炉内温度の上昇や通風設備の負荷余力を踏まえた適切な混焼率を設定しているか？

木質ペレットは、大きさが均一で小型顆粒状で軽く取り扱いが容易であることや水分率が低く発熱量も安定しているため、木質チップや石炭等と混焼されることもある。その際、以下のような点に留意する必要がある。

### 運転トラブルの回避

もともと木質チップベースで設計されたボイラーでペレットを混焼させる場合、ペレットの方が高発熱量であるため、炉内温度の上昇や、ガス量やガス性状の変化により通風設備の負荷余力を超過することで運転トラブルが発生する可能性がある。そのため、事前にボイラーメーカーと協議をしたうえで、混合比率を決めることが望ましい。メーカーとの協議により混合燃焼比率が決定した後、安定的に混合して炉内投入熱量を一定にする必要がある。

### 行政手続き

ガス量増大やガスの性状が変化した場合、ばい煙発生施設の届出等の変更が必要となるので所轄行政との調整も必要となる。

### バイオマス燃料の貯留方法

木質ペレットは通常の木質チップと違い乾燥度や熱量が高いため、その特性を活かすためには雨等に触れさせないように、屋根付きの貯留庫やサイロ等で貯留するなどの配慮が必要となる。

## 付帯設備の変更

ペレットを利用する場合、チップとは別の**投入コンベヤの追加や、専用の定量投入装置を導入**する必要がある。また、事前に**燃料ヤードにて決められた混合比率で混ぜ合わせる**等の工夫が必要となる。ただし、木質チップとペレットでは大きさが異なるため、**事前に混合してもコンベヤ等にて均一混合状態で搬送されないことがある**ため留意する。

## ④ 燃料の製造・加工システムの検討

前述の燃料規格の検討および地域の原料発生状況や燃料供給業者の有無を踏まえ、バイオマス燃料の製造・加工システムを検討する。前述のとおり、地域内に十分な量と品質の燃料を供給する業者が存在する場合は必ずしも本ステップの検討は必要ないが、採用予定のエネルギー変換設備の燃料要求品質（規格）の条件によってはチップ・ペレット等の燃料製造・加工が必要となる。

なお、チップ・ペレット等の具体的な燃料製造設備の詳細は「**第3部 1章 木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識**」を参照されたい。

### <チップ・ペレット等の燃料を生産する場合>

#### □ ボイラーや発電設備の燃料規格に適応した燃料製造、加工が可能なシステムか？

ボイラーや発電設備（BTG、ガス化等）等のエネルギー変換設備はそれぞれ利用可能な燃料性状（水分率、形状、成分など）があり、通常品質規格で担保される。未利用資源や低質資源の利用や乾燥プロセスの簡易化などの**燃料の低価格化に重きを置きすぎると設備が許容可能な燃料品質の範囲を逸脱してトラブルが生じることがある。**

燃料製造設備の選定にあたっては、原木の種類、形状、水分等の変動に対して、品質基準を満足したチップを製造できることはもちろん、**負荷変動に対しても必要なチップ製造能力が達成できることが重要になる。**

破砕機のチップ製造能力は性能保証事項にもなるため、計画条件を満たす能力の有無を含めた信頼性を**メーカーの技術資料および稼働実績調査などにより確認**する。そのうえで、原料の**水分率変動等の許容範囲等を事前に設備メーカー等と協議**して決定する。

### 事業に則した運転時間の確保

ボイラーや発電機の規模やエネルギー利用効率に基づき、1日に必要なチップ量が算出される。**破砕機の時間当たりのチップ製造能力を考慮し、事業に即した運転時間を確保**する。なお、騒音や振動規制地域では早朝や夜間の操業が難しく、運転時間に制約が出る可能性があることにも留意する。加えて、破砕機などの**木材加工機は作業に危険を伴うため、深夜の作業などが極力発生しないよう運転時間を計画**することも重要である。

### 投入サイズ、コンベヤの詰り対策

メーカーや破砕機種類によって**木材の投入サイズの規定**があるため、調達する木材のサイズが規定を超えないようにする。または、重機で小割する方法もある。その他、投入・排出コンベヤは、詰りがなく円滑に投入および排出できる構造とする。

### 燃料化設備の定格値と実際の生産量のギャップ

チップパーやペレタイザーは**製造量の定格値より実際の値が小さい**場合があるため留意する必要がある。先行事例へのヒアリングによると、チップパーの場合は定格の生産量に対して**実際の生産量が40～60%まで少なくなる**ケースもあることが報告されている。また、ペレットについては、ペレタイザーの定格値に対して、**実際の生産量は80%程度が限界**との報告もある。さらに、熱分解ガス向けの場合、硬度の高いペレットを生産する際にさらに定格値と実際の生産量のギャップが生じることがある。



## 実証事業者の検討：低質材向け破碎設備の導入と一般／産業廃棄物の取扱い

JFE 環境サービス株式会社<sup>21</sup>では、破碎能力向上（長尺の原料や竹等への対応）と燃料チップ品質向上を目的として、それまで所有していた高速ハンマーミル（スイング式）に代えて、低速2軸破碎方式のチップ製造機器（CRAMBO）を導入した。以下に各項目の比較表を示す。

表 2.2.24 破碎機器の比較

	導入検討設備	(参考) 既設破碎設備
処理材	建築廃材、廃木材、伐採木、倒木、伐根、剪定枝葉、他	
破碎方式	低速2軸破碎	高速ハンマーミル（スイング式）
処理能力	～60t/h（約20千t/年）	5～15t/h（約10千t/年）
金属対応	△ 金属金具可	× 金属金具に弱い
大物・長尺 対応	○ 投入口幅：約3m	× 投入口幅：約0.6m
均一性	○サイズバラつきが小さい スクリーン、受け刃有り	△サイズにバラつき スクリーン、受け刃有り
詰まり対応	○トラブル対応可	△噛込み、巻付きトラブル発生
竹材対応	○	×
分級	○	×
総合評価	○	-

(出所) 株式会社日本リサイクルマネジメント「平成 27 年度～平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業／地域自立システム化実証事業 低品位木質系廃棄物を燃料とした蒸気供給モデルの事業性評価 (FS)」(NEDO) 2016 年

低速2軸破碎方式の特徴は次のとおりである。まず、互いに逆回転する2軸を導入することで、根株や建廃等の粗大物を含む多様な原料を受入可能であり、処理能力が素材形状・サイズに左右されない。加えて、破碎不能物の混入時には逆転して停止するシステムのため、駆動機構への損傷の可能性が低くダウンタイムを最小に抑えることができる。



図 2.2.30 破碎設備（CRAMBO）の特徴とスペック

(出所) 株式会社日本リサイクルマネジメント「平成 27 年度～平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業／地域自立システム化実証事業 低品位木質系廃棄物を燃料とした蒸気供給モデルの事業性評価 (FS)」(NEDO) 2016 年

<sup>21</sup> FS 時点の旧社名（株式会社日本リサイクルマネジメント）より変更。



図 2.2.31 破砕設備（CRAMBO）の概観（破砕ローターおよびスクリーン）

（出所）JFE 環境サービス提供資料

今後の課題としては、破砕機の運転時間、スクリーン開孔寸法、分級機送り速度の調整により、最適な運転条件を検討することとしている。特にスクリーンの調整については、サイズを小さくすると破砕機の中で原料が留まる時間が長くなることで、消耗期間が短くなりコストに影響するため、重要なポイントとなる。

### 受入原料と一般廃棄物／産業廃棄物の留意点

本施設では下図のとおり、一般廃棄物と産業廃棄物の 2 種類のバイオマスを受け入れているが、バイオマス蒸気ボイラーにおける燃料利用は産業廃棄物のみとなっている。

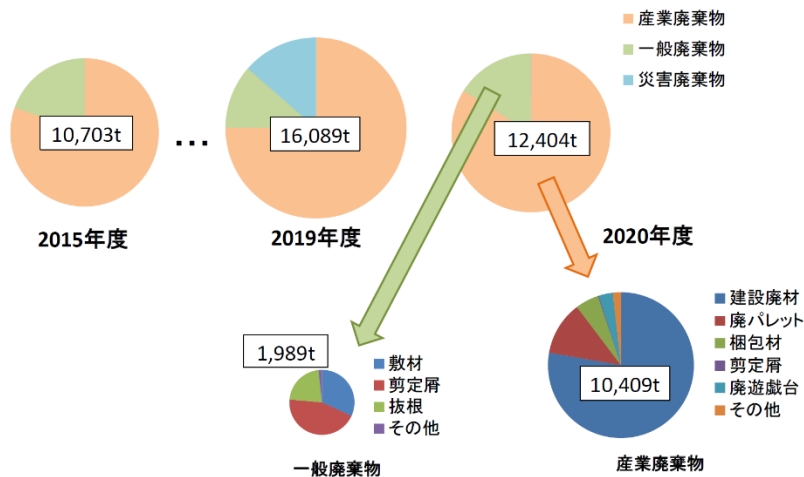


図 2.2.32 JFE 環境サービスにおける受入原料

（出所）同上

倉敷市との協議により、剪定枝をはじめとする一般廃棄物系のバイオマスについては、破砕後も燃料扱いではなく、同じ一般廃棄物扱いとなるため、バイオマス蒸気ボイラー導入前から運転していた炭化炉にてマテリアルリサイクルによる処理を行っている。この時、破砕機では一般廃棄物と産業廃棄物を投入する時間をずらして処理している。

なお、廃棄物処理法上は廃棄物処理を行う施設の許認可が必要であり、上記について炭化炉は一般廃棄物処理施設として登録しており、バイオマス蒸気ボイラーは産業廃棄物処理施設として登録されている。

**□ 燃料品質や原料種を重視しすぎて生産設備に過剰投資をしていないか？燃料生産設備の採算性を確認したか？**

地域材の地産地消や高品質規格を重視しすぎて**事業規模に対して過大な燃料生産設備の投資**となり、採算性が悪化するケースがあるため、全体の採算性を考慮し燃料製造施設の建設可否を考える必要がある。

バイオマスエネルギー事業では必ずしも事業者自らバイオマス燃料製造・加工を行う必要はなく、周辺で要求品質のチップが購入できれば、チップ製造は不要である。ただし、国内の地域では近隣にチップ製造業者が存在しない場合が多く、自社または系列会社にて丸太のチップ化から乾燥までの設備を導入している事例も見られる。

実際、1MW 以下程度の中小規模発電所で、**高価なバイオマス燃料製造・加工設備を設けて自家用にチップやペレットを生産・消費しても建設費が取り戻せない**場合が多い。そのため、一部の先進事例では、**生産したバイオマス燃料を自家利用だけでなく近隣の発電所やボイラー設備にチップを販売すること**で投資効果を高めている。地域のバイオマス需要に依存するが、燃料生産の採算性を高めるにはこのように自社利用だけでなく**面的な供給も検討することが重要**である。



### ケース③

蒸気需要家での蒸気製造量 3.0t/h 分の菌床燃料製造（販売）量を確保する想定。本ケースは使用済菌床を全て菌床燃料の原料としても目標製造量に到達できないため、乾燥したバイオマス燃料である木質リサイクルチップを混合させる。また、乾燥燃料に使える使用済菌床がないため、低コストで安定的に調達可能な RPF で全量賄う計画とした。

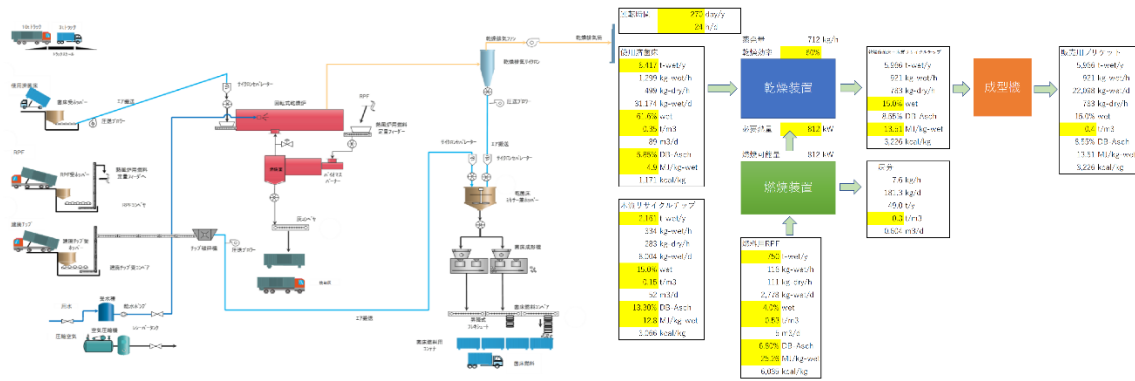


図 2.2.35 ケース③のフロー図と熱物質収支

(出所) 中部電力ミライズ株式会社 株式会社シーエナジー「2019 年度～2020 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/使用済菌床等の地域産資源を活用したバイオマス燃料供給・地産地消モデル事業の事業性評価」(NEDO)2021 年

### 経済性の検討結果

上述のケース②およびケース③の燃料化施設の概算コストの検討結果を以下に示す。設備投資としては、ケース②で 3 億 4 千万円程度、ケース③で 5 億円弱となり、製造能力が 2 倍(1.5t-steam /h 相当分⇒3.0t-steam/h 相当分)となっても、コストは 1.5 倍以下であるため、ケース③はスケールメリットを期待できる結果となった。

表 2.2.25 燃料化施設の概算コスト

	ケース②	ケース③
投資コスト		
設備費	195 百万円	300 百万円
その他（設計費、土建費、経費等）	147 百万円	185 百万円
合計	343 百万円	485 百万円
メンテナンスコスト		
乾燥機（破砕機含む）	2.5 百万円/年	2.5 百万円/年
バイオマスパーナ	1.9 百万円/年	1.9 百万円/年
成型機	3.4 百万円/年	6.7 百万円/年
その他（補機、建屋等）	1.9 百万円/年	2.3 百万円/年
合計	9.7 百万円/年	13.5 百万円/年

(出所) 中部電力ミライズ株式会社 株式会社シーエナジー「2019 年度～2020 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/使用済菌床等の地域産資源を活用したバイオマス燃料供給・地産地消モデル事業の事業性評価」(NEDO)2021 年

- ❑ 地産地消を前提としたためにチップパーやペレット工場等の過大投資となっていないか？
- ❑ チップパーを無理に保有せず、レンタルやチャーターする方法も検討されているか？
- ❑ <熱分解ガス化向けの燃料を生産する場合> ガス化発電向けの高規格チップを作るためだけのチップパー・乾燥機等の過剰投資となっていないか？

一般的に、チップ工場やペレット工場は加工設備からサイロ建屋などトータルで整備する場合 2～3 億円程度の投資が必要となる。NEDO 実証事業関係者によると、原木 5,000m<sup>3</sup>以下（チップ・ペレットで 1000t 以下）の利用量の場合は、これらのチップ化、ペレット化施設への投資は過大となる傾向があるとしている。地産地消で比較的小規模な需要向けには**現有設備などの活用やレンタルで投資を抑える工夫**が必要となる。

建設業で利用する汎用機の破砕機は建機レンタル業者からレンタル可能である。高性能チップパーなどメーカーからレンタルも可能だが、高額なレンタル費用のケースもあるため注意する。一時的な利用であればチップパーを保有する地元のチップ業者や林産業者と相対で契約して安価にレンタルすることも有効である。

## FS 事業者の検討：移動式チップパーのコスト比較

坂井森林組合では以下の 3 社の移動式チップパーのコスト比較を行った（詳細は同組合の FS 報告書を参照）。同組合は FS 終了後、2022 年現在実施中の事業においては、チップ化システムとして最も経済性の高い C 社の機種を採用している。

表 2.2.26 移動式チップパー機の概要

	A 社	B 社	C 社	備考
車両タイプ	クローラ式		ホイール式	
動力源	エンジン内蔵		トラクターPTO	
総重量	約 18t	約 23t	約 12t	A 社・B 社：カタログ値 C 社：購入者ヒアリング値
排出形式	ブローア			カタログ値
切削刃数	20 枚	5 枚	8 枚	カタログ値
刃の研磨サイクル	スギ：20-30h 広葉樹：10-15h	12.5h	30h	A 社・B 社：代理店ヒアリング値 C 社：購入者ヒアリング値
最大投入径	軟質木：56cm 硬質木：42cm	軟質木：60cm 硬質木：48cm	60cm	A 社・B 社：カタログ値 C 社：購入者ヒアリング値
生産能力（チップ嵩）	最大 150m <sup>3</sup> /h	最大 155m <sup>3</sup> /h	最大 100m <sup>3</sup> /h	A 社：カタログ値 B 社：代理店ヒアリング値より推計※ C 社：購入者ヒアリング値
購入価格（税抜）	7,400 万円	7,800 万円	チップパー：3,130 万円 トラクター：2,570 万円	代理店ヒアリング値

※代理店ヒアリング値は生産能力「最大 35t/h」（G50 クラス）であった。比重 0.38（カタログによると軟質木の生産能力とされていたため、スギの一般的な比重として）、含水率 35%-WB と仮定して換算。

（出所）坂井森林組合「2018 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/地域材を利用した木質バイオマス熱供給事業の事業性評価(FS)」2019 年

年間生産量を 1,500t、3,000t、5,000t、10,000t、20,000t、30,000t の 6 パターンで試算を行った結果を次表に示す。

表 2.2.27 試算結果

生産量 (t/年)	区分	費目	A社		B社		C社	
			年間コスト (千円/年)	1tあたりコスト (千円/t)	年間コスト (千円/年)	1tあたりコスト (千円/t)	年間コスト (千円/年)	1tあたりコスト (千円/t)
1,500	設備関係経費	チッパー減価償却費	9,990	6.66	10,530	7.02	7,695	5.13
		チッパー運搬経費	225	0.15	225	0.15	0	0.00
		グラブ付重機使用経費	53	0.04	49	0.03	0	0.00
		設備関係経費計	10,268	6.85	10,804	7.20	7,695	5.13
	燃料費	チッパー機	140	0.09	170	0.11	198	0.13
		トラクター	0	0.00	0	0.00	53	0.04
		グラブ	26	0.02	24	0.02	0	0.00
		燃料費計	166	0.11	194	0.13	198	0.13
	人件費	チッパー運搬	0	0.00	0	0.00	29	0.02
		チッパー稼働	75	0.05	69	0.05	108	0.07
人件費計		75	0.05	69	0.05	136	0.09	
	合計	10,509	7.01	11,067	7.38	8,029	5.35	
3,000	設備関係経費	チッパー減価償却費	9,990	3.33	10,530	3.51	7,695	2.57
		チッパー運搬経費	450	0.15	450	0.15	0	0.00
		グラブ機械損料	105	0.04	97	0.03	0	0.00
		設備関係経費計	10,545	3.52	11,077	3.69	7,695	2.57
	燃料費	チッパー	279	0.09	340	0.11	395	0.13
		トラクター	0	0.00	0	0.00	106	0.04
		グラブ	53	0.02	49	0.02	0	0.00
		燃料費計	332	0.11	389	0.13	395	0.13
	人件費	チッパー運搬	0	0.00	0	0.00	57	0.02
		チッパー稼働	151	0.05	139	0.05	215	0.07
人件費計		151	0.05	139	0.05	273	0.09	
	合計	11,028	3.68	11,605	3.87	8,363	2.79	
5,000	設備関係経費	チッパー減価償却費	9,990	2.00	10,530	2.11	7,695	1.54
		チッパー運搬経費	750	0.15	750	0.15	0	0.00
		グラブ機械損料	176	0.04	162	0.03	0	0.00
		設備関係経費計	10,916	2.18	11,442	2.29	7,695	1.54
	燃料費	チッパー	466	0.09	567	0.11	659	0.13
		トラクター	0	0.00	0	0.00	211	0.04
		グラブ	88	0.02	81	0.02	0	0.00
		燃料費計	554	0.11	648	0.13	659	0.13
	人件費	チッパー運搬	0	0.00	0	0.00	115	0.02
		チッパー稼働	251	0.05	231	0.05	359	0.07
人件費計		251	0.05	231	0.05	474	0.09	
	合計	11,720	2.34	12,321	2.46	8,828	1.77	
10,000	設備関係経費	チッパー減価償却費	9,990	1.00	10,530	1.05	7,695	0.77
		チッパー運搬経費	1,500	0.15	1,500	0.15	352	0.04
		グラブ機械損料	352	0.04	324	0.03	0	0.00
		設備関係経費計	11,842	1.18	12,354	1.24	8,047	0.80
	燃料費	チッパー	932	0.09	1,134	0.11	1,318	0.13
		トラクター	0	0.00	0	0.00	352	0.04
		グラブ	176	0.02	162	0.02	0	0.00
		燃料費計	1,107	0.11	1,296	0.13	1,318	0.13
	人件費	チッパー運搬	0	0.00	0	0.00	191	0.02
		チッパー稼働	502	0.05	463	0.05	717	0.07
人件費計		502	0.05	463	0.05	909	0.09	
	合計	13,451	1.35	14,113	1.41	10,274	1.03	
20,000	設備関係経費	チッパー減価償却費	9,990	0.50	10,530	0.53	7,695	0.38
		チッパー運搬経費	3,000	0.15	3,000	0.15	0	0.00
		グラブ機械損料	703	0.04	648	0.03	0	0.00
		設備関係経費計	13,693	0.68	14,178	0.71	7,695	0.38
	燃料費	チッパー	1,863	0.09	2,268	0.11	2,636	0.13
		トラクター	0	0.00	0	0.00	704	0.04
		グラブ	352	0.02	324	0.02	0	0.00
		燃料費計	2,215	0.11	2,592	0.13	2,636	0.13
	人件費	チッパー運搬	0	0.00	0	0.00	383	0.02
		チッパー稼働	1,004	0.05	926	0.05	1,435	0.07
人件費計		1,004	0.05	926	0.05	1,818	0.09	
	合計	16,912	0.85	17,695	0.88	12,149	0.61	
30,000	設備関係経費	チッパー減価償却費	9,990	0.33	10,530	0.35	7,695	0.26
		チッパー運搬経費	4,500	0.15	4,500	0.15	0	0.00
		グラブ機械損料	1,055	0.04	972	0.03	0	0.00
		設備関係経費計	15,545	0.52	16,002	0.53	7,695	0.26
	燃料費	チッパー	2,795	0.09	3,402	0.11	3,955	0.13
		トラクター	0	0.00	0	0.00	1,055	0.04
		グラブ	527	0.02	486	0.02	0	0.00
		燃料費計	3,322	0.11	3,888	0.13	3,955	0.13
	人件費	チッパー運搬	0	0.00	0	0.00	574	0.02
		チッパー稼働	1,506	0.05	1,388	0.05	2,152	0.07
人件費計		1,506	0.05	1,388	0.05	2,726	0.09	
	合計	20,373	0.68	21,278	0.71	14,376	0.48	

(出所) 坂井森林組合「2018年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/地域材を利用した木質バイオマス熱供給事業の事業性評価(FS)」2019年

維持管理費について、坂井森林組合が調査した A 社および B 社の維持管理費は下表のとおりである（C 社は非公開）。交換部品費・消耗品費は稼働時間によって、年ごとに経費は異なるが、ここでは比較のため、稼働時間を各部品・消耗品の交換サイクルで除した値に、各部品・消耗品価格を乗じて算出している。また、メーカーによる定期点検も部品・消耗品費と同様、稼働時間を定期点検サイクルで除した値に、1 回あたりの定期点検工賃を乗じて算出している。

表 2.2.28 交換部品・消耗品費（左）、定期点検工賃（右）

		交換部品・消耗品費 (千円/年)					定期点検工賃(円/年)	
		A 社	B 社				A 社	B 社
		交換部品・ 消耗品等	交換部品・ 消耗品等					
生産量 (t/年)	1,500	71	88	生産量 (t/年)	1,500	6,026	4,165	
	3,000	141	176		3,000	12,052	8,331	
	5,000	235	294		5,000	20,086	13,885	
	10,000	470	588		10,000	40,173	27,769	
	20,000	940	1,176		20,000	80,346	55,538	
	30,000	1,410	1,764		30,000	120,518	83,308	

(出所) 坂井森林組合「2018 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/地域材を利用した木質バイオマス熱供給事業の事業性評価(FS)」2019 年



## ⑤ 原料・燃料の輸送システムの検討

前項までの検討において、原料および燃料の調達量および拠点を明確化したうえで、利用施設までの輸送方法について検討する。**事業者自ら原料を調達し燃料製造まで行う場合**は、トラック等の輸送ルートや輸送費に加え、原料の調達方法（森林未利用材の場合は伐採、搬出、仕分け等）についても検討する必要がある。これらの詳細は「**第3部 1章 木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識**」を参照されたい。

### □ 有価物として取り扱う場合、輸送費以上の取引価格となっているか？

輸送距離が長いと輸送費により事業性に影響が発生するため、可能な限り近距離からの原料・燃料調達が望ましい。輸送費を低減する方法として、トラック容量と貯蔵設備の拡大による往復回数の削減、帰り荷の活用、その他森林未利用材の場合は中間土場などの物流を踏まえた加工サイトの工夫が考えられる。

### □ 1日のトラック搬入回数が把握されているか？通学路等に影響がないか検討されているか？

稼働後は廃棄物などを輸送する運搬車がプラント周辺を多数往来するため、近隣住民から騒音や悪臭などに関するクレームが発生し事業停止に至った例もある。事業化判断前に行政と連携し住民合意をする必要がある。

住民等との合意形成の考え方については「**1.Ⅱ.2 地域関係者との合意形成**」（162頁）および「**1.Ⅱ.5 事業実施体制の確定**」（191頁）を参照されたい。

## フェーズⅢ 設計施工段階

バイオマス調達の設計施工段階におけるチェック項目は下表のとおりである。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

表 2.2.29 バイオマス調達の設計施工段階におけるチェック項目

項番号	実施事項	留意事項	チェック
2.Ⅲ.1	燃料の調達契約	調達先と規格、量、納期、価格の具体的な協議のもと、契約がなされているか？	
		供給される燃料の水分率測定について、その方法と測定場所、タイミングについて、供給者と合意がとれているか？	
		燃料規格については正確な共通理解が得られているか？	
		規格や納期が守られなかった場合のペナルティは設定されているか？	
		長期契約で安定的な調達および価格が約束されているか？	
		水分による価格のインセンティブがつけられているか？また、水分に応じた買い取り価格の設定について、供給者と合意がとれているか？	
		<FIT 事業で森林未利用材を利用する場合> 林野庁のガイドラインに基づいた燃料区分の定義や保管等取扱い、手続きを踏まえた適切な運用がなされているか？	
2.Ⅲ.2	燃料の調達・在庫管理計画の策定	設備の運転計画を踏まえた燃料の在庫管理計画、燃料調達先との納入調整の仕組みは構築できているか？	
		燃料調達先との配車計画や納入調整の仕組みは構築できているか？	
		<燃料生産を行う場合> 丸太の乾燥のための十分なスペースの土場を確保しているか？	
		<特にバークを利用する場合> サイロや搬送系でのブリッジ対策がなされているか？	
		<竹を燃料利用する場合> クリンカ対策や塩素によるボイラーの腐食対策や排ガスのダイオキシン対策が取られているか？	

## 2.Ⅲ.1 燃料の調達契約

□ 調達先と規格、量、納期、価格の具体的な協議のもと、契約がなされているか？

バイオマスエネルギー設備の安定稼働ができない要因のほとんどはバイオマス燃料に起因する。また、バイオマス事業では総事業費の6～7割をバイオマス燃料費が占めるなど、燃料の価格は経済性を確保するうえで極めて重要である。

したがって、バイオマス燃料を外部から調達する場合は、**設備に適した安定的な品質かつ適性な価格で購入できるよう留意して契約を結ぶ**必要がある。特に、以下の点は必ず調達先との間で合意しておく必要がある。

### <バイオマス燃料供給元との契約時に考慮すべき項目>

- ① 品質・規格
- ② 調達量
- ③ かさ密度
- ④ 納期・契約期間
- ⑤ 取引価格・輸送費

①～⑤の各項目の留意事項については以下に記載する。

□ 供給される燃料の水分率測定について、その方法と測定場所、タイミングについて、供給者と合意がとれているか？

□ 燃料規格については正確な共通理解が得られているか？

### 品質・規格の考慮

エネルギー変換技術毎に利用可能なバイオマス燃料品質が決まっているため、バイオマス燃料調達先との間で**品質・規格について合意**する必要がある。特に**水分率やチップサイズの合意は重要**である。

また、**水分の測定方法についてバイオマス燃料調達先との間で必ず合意しておく**必要がある。例えば、小規模バイオマスボイラーを導入している事例では**サンプリングによる絶乾試験が一般的**となっている。ただし、**サンプルを行う部分が偏るとバイオマス燃料全体の水分率を代表しない**場合がある。

また、オーストリアでは**丸太の状態**で複数個所に**チェーンソーで傷をつけておがくずを回収した後、絶乾試験**により平均の水分率を把握している事例もある。

## 調達量の考慮

チップまたはペレットの調達量についても契約上で明記しておく必要がある。国内の事例では、ある小規模発電所は地域のチップ業者とバイオマス燃料調達の協定を結んでいたが、近隣に大規模なバイオマス発電所が建設され、より高い購入価格を提示したため、チップがその大規模発電所に流れて調達困難になったケースもある。

## かさ密度の考慮

調達契約締結に向けた交渉の際に、林業従事者、バイオマス燃料生産者、エネルギー利用事業者との間で**想定するかさ密度が異なり、取引価格の認識のずれが生じた事例**が少なくない。

例えば、密度の想定をバイオマス燃料供給業者が  $0.5\text{t}/\text{m}^3$ 、エネルギー利用事業者が  $1.0\text{t}/\text{m}^3$  とした場合、重量単位の価格（例：チップ 10,000 円/t）を**体積単位の価格に換算したときの価格差は 2 倍**にもなる。

調達先との交渉の際には、**換算に用いるかさ密度についてあらかじめ合意形成**を図ることが重要である。取引の際には、**密度は一定であると仮定して固定の値で換算**することが多い。

その際、**かさ密度は木材資源の種別、樹種、さらに温度・湿度条件や水分率の条件によっても異なる**ことに留意する必要がある。そのため、換算を正確に行うためには、**納入の都度、木材資源のかさ密度を測定**することが望ましい。

したがって、計画時点で**運転開始後のかさ密度測定頻度や方法を定め、値が変動した場合の取引価格の考え方について調達先と合意形成**を図ることが重要である。

- 規格や納期が守られなかった場合のペナルティは設定されているか？
- 長期契約で安定的な調達および価格が約束されているか？

## 納期・契約期間の考慮

国内事例ではバイオマス燃料調達先との間で拘束力を持たない協定のみ結んでいるケースが多い。こうした事例では**調達量や納期が守られずに設備の安定運転に支障が生じたケース**が少なくない。また、協定書上で期間についても明確化されていないケースも多い。

そのため、安定運転のためには**調達先との間で「契約」を締結**することが望ましい。その際、国内では事例が限定的であるものの、**納期等の仕様が守られなかった場合のペナルティを設定**することが理想である。なお、製紙業界ではチップ生産者との間でペナルティを含めた契約を結んでいることが多く、参考になる可能性がある。

長期にわたるバイオマス燃料供給契約についても国内では輸入材を使った大規模発電に限られ、国産材ではほとんど見られないのが現状であるが、こうした**長期契約は安定運転だけでなく、金融機関からの資金調達においても重要**であることから、検討することが望ましい。

- 水分による価格のインセンティブがつけられているか?また、水分に応じた買い取り価格の設定について、供給者と合意がとれているか?

### 取引価格・輸送費の考慮

バイオマスチップやペレットは燃料である以上、**水分率を加味した熱量をベースに取引されることが望ましい**。国内では重量単価で取引されることが一般的であるが、水分率が想定より高い状態で購入した場合、運転に必要な熱量が得られない可能性がある。

また、契約の際には輸送費に関する合意も重要である。事業者自身が負担する**輸送費は調達形態（丸太、チップ、ペレット）により異なることに留意する**。

例えば、自ら燃料製造を行い原料丸太を調達する事業者は、調達先の**素材生産事業者等との間で、輸送費をどちらが持つかを契約であらかじめ定める**。原料およびバイオマス燃料のサプライチェーンは、山土場→中間土場→ストックヤード（燃料生産施設内）→固体燃料化設備→発電施設のように、様々な地点を経由するため、**どの区間の輸送費を誰が負担するのかを合意する必要がある**。

### <FIT 事業で森林未利用材を利用する場合>

- 林野庁のガイドラインに基づいた燃料区分の定義や保管等取扱い、手続きを踏まえた適切な運用がなされているか?

FIT 制度で山林から発生する木材（未利用材区分）を利用する場合は、**林野庁のガイドラインに基づいたバイオマス燃料区分の定義や保管等取扱い、手続きを踏まえた適切な運用を行う必要がある**。

詳細は、**林野庁「発電利用に供する木質バイオマス証明のためのガイドライン」**を参照されたい。

## 2.Ⅲ.2 燃料の調達・在庫管理計画の策定

- ❑ 設備の運転計画を踏まえた燃料の在庫管理計画、燃料調達先との納入調整の仕組みは構築できているか？
- ❑ 燃料調達先との配車計画や納入調整の仕組みは構築できているか？

発電設備やボイラーでの燃料の消費量やサイロ容量を踏まえ、燃料調達先からの納入管理、在庫管理計画を立てていく必要がある。特に需要の季節変動性や調達先、受け入れ施設側の休祝日間のストック、複数業者から納入する際の納入調整、配車計画等に留意する。

### 実証事業者の検討：地域課題の解決と竹の安定調達体制の構築

実証事業者であるバンブーエナジー株式会社では、燃料の竹およびバーク、グループ会社であるバンブーマテリアルにおける建材用の竹の安定調達のために以下のような地域密着型の収集体制を構築している。



図 2.2.36 バンブーエナジー株式会社の原料調達体制

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

竹の調達については、地元南関町を中心とした県北地域を中心に、竹加工工場で利用する竹の買取を行う前線基地を 11 か所整備した。買取を行った竹の幹材は建材を製造する原料となるが、枯竹や枝葉等は建材には使用できないことから、建材に不向きとなる竹を燃焼用の原料として活用を行っている。また、産業廃棄物の中間処理事業者より発生する廃材等のうち、竹のみを選別・集約してもらい、調達している。

収集可能量		2020年	2021年	2022年
BM用		4,000 t	9,000 t	11,500 t
BE用		6,000 t	6,000 t	6,000 t
合計		10,000 t	15,000 t	17,500 t

生産計画による必要量		2020年	2021年	2022年
BM	NB用チップ	3,500 t	7,500 t	10,000 t
	BW用丸竹	300 t	600 t	1,000 t
	小計	3,800 t	8,100 t	11,000 t
BE	燃料用チップ	6,000 t	6,000 t	6,000 t
	小計	6,000 t	6,000 t	6,000 t
合計		9,800 t	14,100 t	17,000 t

自治体名	収集可能量		
	2020年	2021年	2022年
南関町	1,500 t	2,000 t	3,000 t
山鹿市	鹿央	800 t	1,000 t
	山鹿	1,000 t	1,000 t
	菊鹿	800 t	1,000 t
菊池市	400 t	1,000 t	1,000 t
和水町	400 t	1,000 t	1,000 t
荒尾市	300 t	1,000 t	1,000 t
玉名市・玉東町	300 t	1,000 t	1,000 t
御船町	1,000 t	1,500 t	1,500 t
みやま市	1,000 t	1,500 t	1,500 t
日田市	2,500 t	3,000 t	3,000 t
合計	10,000 t	15,000 t	17,500 t

※その他県外(四国・山口・三重・鹿児島等)の産廃業者から問い合わせ有(3,000~5,000t)

図 2.2.37 同社の竹の収集体制について

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

前線基地においては地域住民からの竹の買取を行っている。買取金額に南関町から補助金での支援も受けており、冬場のピーク時には1か所当たり月間1,500t程度の持ち込みとなる前線基地もある。本竹の買取前線基地を設置したことで、地域住民の生きがいがつくりや、竹林整備、雇用創出などにつながっている。

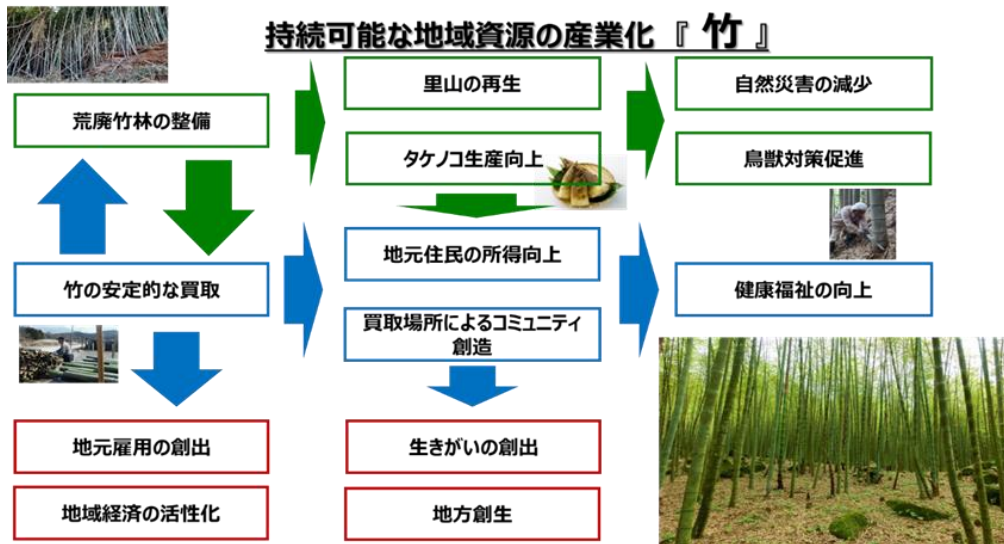


図 2.2.38 同社の地域に密着した事業展開

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

バークの収集については、製材所や森林組合にて常時発生しているバークの収集体制を確立した。熊本県は林業が盛んであり製材所や森林組合から大量のバークが発生している。そのバークは今まで利用されておらず土場に山積みになっているのが現状であった。その未利用となっているバークを定期的に収集するシステムを構築した。

収集可能量		2020年	2021年	2022年
BE用		14,000 t	16,000 t	16,000 t
合計		14,000 t	16,000 t	16,000 t

生産計画による必要量		2020年	2021年	2022年
BE	燃料用バーク	14,000 t	14,000 t	14,000 t
合計		14,000 t	14,000 t	14,000 t

自治体名	収集可能量		
	2020	2021	2022
熊本市	3,000 t	3,000 t	3,000 t
八代市	2,000 t	2,000 t	2,000 t
人吉市	3,000 t	3,000 t	3,000 t
	2,500 t	3,000 t	3,000 t
小国町	1,500 t	2,000 t	2,000 t
日田市	2,000 t	3,000 t	3,000 t
合計	14,000 t	16,000 t	16,000 t

図 2.2.39 同社のバークの収集体制について

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

### <燃料生産を行う場合>

#### □ 丸太の乾燥のための十分なスペースの土場を確保しているか？

燃料規格対応で丸太の乾燥が必要な場合、伐採時期による丸太の水分、気候条件・乾燥場所の条件を踏まえた乾燥期間などに留意し、十分な乾燥スペースを確保することが必要である。土場で活用する機器により丸太の積める高さも変わることから丸太の積み方によるストック量も踏まえて検討する。

詳細は福岡県森林林業技術センター「チップ生産の手引き」<sup>22</sup>を参照されたい。

### <特にバークを利用する場合>

#### □ サイロや搬送系でのブリッジ対策がなされているか？

バークを利用する場合は、燃料貯蔵設備からエネルギー変換設備への投入までの搬送系においてブリッジと呼ばれるトラブルが発生することが多い。特に、搬送系の中で輸送路の幅が広い場所から狭くなる部分を少しでも作ると高い確率でブリッジが生じる。

このような事態を避けるため、**バークを利用する場合の搬送系を末広がり構造**にすることが望ましい。末広がり構造が難しい場合でも、**輸送幅が一定のストレート構造**にする必要がある。

なお、先進事業者の中には、上記の構造に加えさらに**ブリッジリスクを抑えるために低摩擦シート（テフロンシート）を敷く**、さらに**ブリッジブレーカーと呼ばれる振動によりブリッジを回避する装置を導入する**などの対策を取っている事例もある。なお、バークほど高確率ではないが、**チップでもブリッジが生じることがある**ため対策が必要である。

<sup>22</sup> <http://farc.pref.fukuoka.jp/ffrec/fukyu/chip.pdf>



## 実証事業者の検討：燃料投入および燃焼設備の運転制御

実証事業者である昭和化学工業株式会社ではパーク等を利用した熱風炉設備の運転を行っており、燃料投入および燃焼制御に関する次のような工夫を行っている。

### 燃料投入設備（クレーン）

本システムでは、バイオマス燃料槽に受け入れた原料は、計量器を内蔵したポリップ型バケット付天井走行式フロアクレーン（以下、フロアクレーンと記す）により、油圧押込機付ホッパーへ投入される。フロアクレーンはバイオマス燃料槽を横、奥行きを番地で区切り、燃料の積み上げ高さも認識して、ホッパーのレベル計と連動して自動投入する。こうした燃料投入用のクレーンにより、搬送系におけるトラブルを最小限に抑えることに成功している。

ただし、課題としては、初期投資額が大きくなることその他、床面のパークが高さ 20cm 程度残ってしまうため、バイオマス燃料受入時に重機で床面を掻く必要があることが挙げられるが、本システムでは作業員は監視のみで自動でバイオマス燃料を投入し、かつ積み替えも行うことができるなどメリットが高いシステムとなっている。



図 2.2.40 ポリップ型バケット付天井走行式フロアクレーン

（出所）昭和化学工業株式会社提供資料

### 燃焼設備

ホッパーに投入された原料は、バイオマス熱風炉からの投入指令により、油圧押込機で投入され、階段式ストーカー上段から下段へ移動する間に、乾燥、燃焼、灰化する。バイオマス熱風炉は 1 次燃焼室、2 次燃焼室に分かれており、2 次燃焼室の方がより高温で燃焼するように、2 次空気ファン、排ガス循環ファンが設置されている。燃焼ガスは、熱交換器で熱交換し、熱風炉燃焼用空気を温める空気予熱器、飛灰を捕集するマルチサイクロン、バグフィルターを経て、誘引送風機を用いて、排気塔から排出される。この時、燃焼し灰化した主灰は、階段式ストーカー最下部およびストーカーの隙間より地下の灰ホッパーに落ち、自動排出コンベアより地上の主灰コンテナに搬送される。

### 制御システム

制御に関しては、各所に温度計、流量計、原料の投入状況を検知する光電センサーが設置され、運転状況がパソコンでリアルタイムに監視できるシステムとなっている。運転開始するときは、熱交換後の供給熱量をパソコンから設定し、現場操作盤で運転に切り替えると、すべての機器が連動して目的の熱量になるように調整し自動運転する。供給熱量を上げたいときは燃料を多く投入するが、バイオマス熱風炉の燃料過多光線センサーが反応した場合は、完全燃焼できないと判断し原料供給を止める。

また、各種機器の運転停止、および異常値等が発生した場合は制御パソコンおよびパトランプで異常の発生を知らせる仕組みとなっており、専属オペレーターは置かず、珪藻土製造監視と同時に監視する人員配置としている。

今回導入した設備の設置図を図 2.2.41 に示し、図 2.2.42 にバイオマス熱風炉本体と燃焼の模式図、図 2.2.43 にバイオマス熱風炉内部の様子を示す。

なお、昭和化学工業株式会社の熱風炉の自動制御システムについては 2 章のコラム「実証事業者の検討：パーク燃料の品質と安定燃焼システムの確立」を参照されたい。また、同社の灰の活用に関する検討結果は 3 章のコラム「実証事業者の検討：灰の有効活用」を参照されたい。

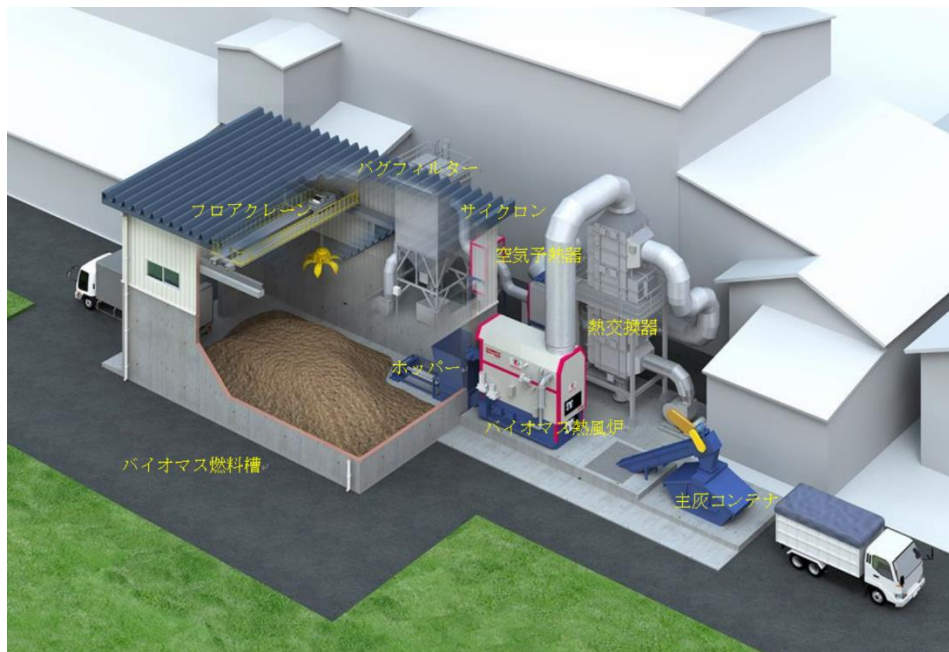


図 2.2.41 昭和化学工業株式会社の設備設置図

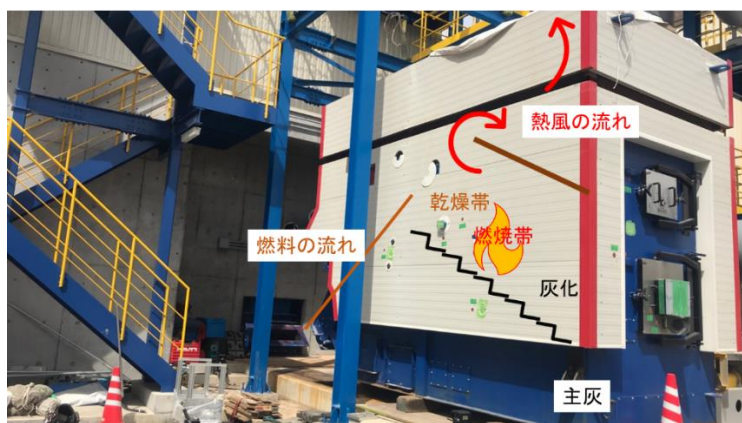


図 2.2.42 バイオマス熱風炉本体と燃焼の模式図  
(機器仕様：コールバツハ製 (オーストリア) 階段式ストーカー炉  
炉出力：1800～2550kw)



図 2.2.43 バイオマス熱風炉内部の様子

(出所) 昭和化学工業株式会社提供資料

## <竹を燃料利用する場合>

- クリンカ対策や塩素によるボイラーの腐食対策、排ガスのダイオキシン対策が取られているか？

### クリンカ対策

竹を燃焼する場合は、**炉内にクリンカが生成**され運転トラブルを生じることに留意が必要である。

**クリンカを発生させない手段の一つは燃焼温度を下げる**ことが挙げられる。徳島地域エネルギーでは、温水バイオマスボイラーの燃焼システム内におけるクリンカ防止策として、**排ガス再循環を行い燃焼空気の温度を下げる**ことで、燃焼温度を下げている。ただし、この方法の場合、完全燃焼ができない場合がある。

### 塩素によるボイラー腐食対策

竹を燃焼させる場合、**熱交換器温度が 400 度以上になると必ず塩素腐食が発生**し燃焼トラブルおよび O&M コストが増加する。こうした塩素腐食に対処するには、**ORC などの熱交換の温度が低い (300 度) 技術を選択する**しか方法はない。

### 排ガスのダイオキシン対策

また、竹を利用する場合は、**排ガスにダイオキシンが含まれる可能性**があるため政府の指針に基づいた対策を取る必要がある。具体的には、**炉内の燃焼温度を 800 度以上、滞留時間を 2 秒以上とり、その後排ガスを急冷**する必要がある。また、万一ダイオキシンが発生した場合に備えて、**活性炭吸着で取り除くためのバグフィルターを設置**しておくことが望ましい。

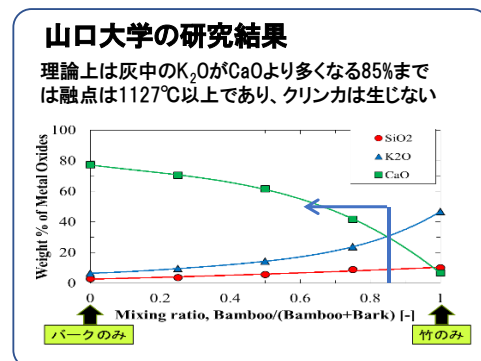
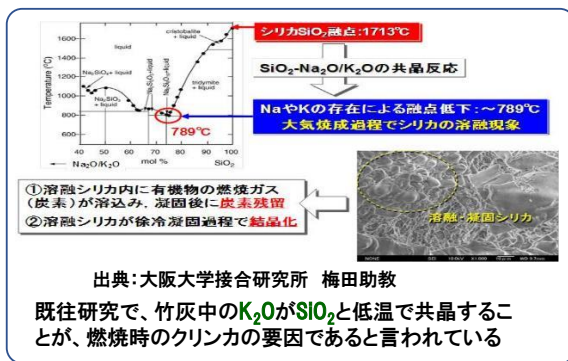
## 実証事業者の検討：竹利用における平均カリウム濃度低下にクリンカ抑制

竹をバイオマス燃料として活用する上でクリンカや塩素による問題が挙げられるが、バンブーエナジー株式会社では、燃料用の竹にバークを混合して炉に投入することで、燃焼物全体の平均カリウム濃度を下げ安定運転を達成している（バンブーエナジー株式会社特許）。

竹は燃焼時に灰が低温溶融しクリンカを形成することで燃焼を困難にしたり、竹に含有される塩素成分がボイラーの劣化を促進するなど、竹はバイオマス燃料としては不適格であることが一般に知られている。これまでの研究では、竹は Na や K の存在により 800℃以下まで融点が低下し、そのうえで竹灰中の  $K_2O$  が  $SiO_2$  と低温で共晶することが、燃焼時のクリンカの要因であることが報告されている。

バンブーエナジーでは FS 事業において山口大学と共同で竹とバークを複数の混焼率で燃焼試験を行った。その結果、バーク中の酸化カルシウムとシリカ、カリウムは 3 元共晶化合物を形成することで、灰の軟化点の低下を防止し、竹混焼率が 85%までは、その融点は理論上 1,127℃以上であることが明らかになっている。

FS 段階で、南関町にある旋回燃焼式のバイオマスボイラで実証したところ、この燃焼灰の融点は竹の混合率が 80%でも 1,190℃であり、この研究を裏付ける結果となった。



### ・ 南関町での燃焼試験結果(竹混焼率30,50,80%)

竹混焼率	wt%	サイクロン回収飛灰			側壁付着物
		30	50	80	80
軟化点	℃	1165	1220	1215	1160
融点	℃	1260	1250	1250	1190
溶流点	℃	1275	1255	1295	1215

#### 試験設備の概要

- ・ 旋回燃焼炉
- ・ 処理量：0.5t/h
- ・ 熱出力：1,023kW

付着物の融点  
基礎研究と同様の結果

図 2.2.44 竹、バーク燃料の燃焼試験の概要

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

バンブーエナジーでは竹 30%、バーク 50%の比率で運転しているが、この比率でもまったく灰の低軟化点化は起こっていない。一方で杉チップのカルシウム分はバークほど高いわけではないため、竹と杉だけを混焼した場合は注意が必要である。竹はバークとの混焼が望ましい。

なお、燃焼試験実施時は炉内で約 300℃の熱媒油を得て ORC 発電機に送り発電している。これは竹に含まれる塩素分による熱交換器の腐食促進温度を回避すると共に低軟化点灰によるファウリングを起こしにくくする目的がある。

一般的な蒸気タービン発電は今回の ORC システムとは異なり、過熱器の内部温度が 440~460℃と高いことから塩素腐食の温度領域に入るが、飛灰の軟化点が高いため灰が過熱器に付着成長したことによるファウリング閉そくや、過熱器の腐食の可能性は低いと考えられる。

## フェーズⅣ 運転段階

バイオマス調達の運転段階におけるチェック項目は下表のとおりである。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

表 2.2.30 バイオマス調達の運転段階におけるチェック項目

項番号	実施事項	留意事項	チェック
2.IV.1	受入燃料の規格確認	指定する規格の燃料が納入されているか?規格外の場合の改善指導がなされてるか?	
		規格対応は受入側での対応も含めて供給元の協力のもと最適な方法が採用されているか?	
		<未利用材を利用する場合> その他の材との分別管理がヤード内でも書類上でもなされているか?	
		<未利用材とその他の材を利用する場合> 売電出力と使用した燃料の割合をきちんと管理・把握できるような帳票システムが構築されているか?	
2.IV.2	燃料調達条件の検証・見直し	設備との相性を踏まえた規格の見直しと調達先への対応を依頼できるか?	

## 2.IV.1 受入燃料の規格確認

### □ 指定する規格の燃料が納入されているか?規格外の場合の改善指導がなされてるか?

利用するバイオマス燃料の品質は、安定稼働に極めて重要な要素であることから、基本的には**稼働開始前にしっかりと調達先との規格の調整、エネルギー変換設備が要求する規格の適合を確認**することが必要である。

しかし、実際は稼働開始後、**規格を満たしたバイオマス燃料を調達したとしても想定していたように設備が動かない**ことがある。特にガス化の場合はこうした事例が多く、代表的な要因として**地域固有の樹種の影響**が挙げられる。

したがって、**規格への適合は 100%安定稼働を保证するものではない**ことに留意する必要がある。その際に、稼働後の運転状況を踏まえ、**調達先との間で柔軟に規格の調整を行えるような関係を築いておく**ことが重要である。

### □ 規格対応は受入側での対応も含めて供給元の協力のもと最適な方法が採用されているか?

燃料規格対応は、燃料需要家側が前処理まで全で行うケース（ごみ処理が代表的）もある一方で、変換技術によっては供給側・需要側一体で対応していくことが求められる場合もある。後者について、特にガス化や小型ボイラーの場合は燃料供給側に選別・乾燥等の対応を協力してもらうことが必要となる。

燃料供給元で対応した方がトラブル回避も含めて全体コストとしても圧縮できる可能性があるため、結果的に供給元、受入側双方のコストメリットにもつながる。

## FS 事業者の検討：エリアンサス・ペレットの燃焼試験結果

FS 事業者である高砂熱学工業株式会社および一般社団法人日本有機資源協会では、資源作物であるエリアンサスの燃料化の検討を行った。同社は「エリアンサス・ペレット 50%+伐採木 50%」、「エリアンサス・ペレット 100%」の2種類について、成分分析と燃焼試験を行い、燃料としての有効性を検討した。それぞれのペレット分析結果は以下のとおりである。

表 2.2.31 ペレット分析結果

分析項目名	単位	エリアンサスペレット 50%+伐採木50%	エリアンサスペレット 100%	木質ペレット (品質規格A)
直径	mm	6.2	6.5	6mm
長さ	15mm<L<=40mm	100	100	99%以上
	L>45mm	無	無	
かさ密度	kg/m <sup>3</sup>	750	690	650~750kg/m <sup>3</sup>
含水率	%	6.3	9.4	10.0%以下
微粉	%	0.4	0.8	1.0%以下
機械的耐久性	%	98.2	92.9	97.5%以上
高位発熱量	MJ/kg wt	18.9	17.1	18.0MJ/kg以上
低位発熱量	MJ/kg wt	17.4	15.9	16.5MJ/kg以上
灰分	% dry	1.8	5.9	0.5%以下
融点	℃	1,050	1,070	
強熱減量	% dry	98.2	94.1	
元素組成 C	% dry	50.7	47.2	
元素組成 H	% dry	6.4	6.0	
元素組成 N	% dry	0.36	1.07	0.5%以下
元素組成 O	% dry	40.6	39.4	
全硫黄	% dry	0.04	0.13	0.03%以下
全塩素	% dry	0.13	0.29	0.02%以下
固定炭素	% dry	18.3	47.2	
重金属				
ヒ素As	mg/kg dry	0.05未満	0.05未満	1.0mg/kg dry以下
カドミウムCd	mg/kg dry	0.5未満	0.5未満	0.5mg/kg dry以下
クロムT-Cr	mg/kg dry	10未満	10未満	10mg/kg dry以下
銅Cu	mg/kg dry	10未満	10未満	10mg/kg dry以下
水銀T-Hg	mg/kg dry	0.01未満	0.01未満	0.1mg/kg dry以下
ニッケルNi	mg/kg dry	10未満	10未満	10mg/kg dry以下
鉛Pb	mg/kg dry	10未満	10未満	10mg/kg dry以下
亜鉛Zn	mg/kg dry	13	10未満	100mg/kg dry以下

(出所) 高砂熱学工業株式会社、一般社団法人日本有機資源協会「栃木県におけるエリアンサスを含めたバイオマス資源を利活用した公共施設への地域自立システム化の事業性評価 (FS)」(2019年)

今回の燃焼試験結果より得られた知見を以下にまとめる。

- ① エリアンサス燃料は着火性が悪く、着火時は灯油等の化石燃料が必要となる
- ② エリアンサス燃料においても木質燃料と同等の熱出力が確認された
- ③ 当該ボイラにおけるエリアンサス燃料の供給量は定格比率 80%程度が上限となる
- ④ エリアンサス燃料はその組成よりクリンカが発生するため、クリンカブレーカ等の破碎機構の設置が必要  
また飛灰が炉上部並びに水管部にも付着する状況が確認されたことから耐熱コーティング等により付着しにくい対策も必要である(メンテナンス性向上並びに劣化防止につながる)



図 2.2.45 クリンカプレート設置状況

(出所) 同上



図 2.2.46 エリアンサス 50% 燃焼試験状況

(出所) 同上

また、エリアンサス 100%のペレットを使用した場合、エリアンサス 50% + 伐採木 50%の混合ペレットと比較し、影響の大きい相違点を以下にまとめる。

### その1 燃料にケイ素 Si 成分が多く、クリンカになりやすい

エリアンサス 50%混合ペレットもクリンカ発生はあったが、クリンカプレートを設置すれば問題ないレベルであるが、エリアンサス 100%ペレットはクリンカプレートの材質並びに構造を考えないと長時間運転は出来ない。また、熔融が進行しやすいことから粘着性が高まり、未燃物との結合や各所での付着が顕著となり、さまざまな不具合を起こす要因となる。そのため、以下のような対応策が考えられるとした。

- クリンカプレートの仕様検討(材質、構造等)
- 耐熱コーティングによる付着防止
- 触媒添加による燃料改善
- 燃焼灰自動排出機構(破碎機構、逆火、再燃焼防止)



燃焼炉下部灰堆積状況  
燃焼皿から零れ落ちた未燃分を含む  
燃焼灰が炉下部に大量に溜まった  
状態となっている



クリンカブレーカ損傷状況  
燃焼炉内の温度により回転棒が軟化し  
さらにクリンカ生成物の粘着性により  
回転棒が曲がった状態となっている。



図 2.2.47 エリアンサス 100% 燃焼試験状況

(出所) 高砂熱学工業株式会社、一般社団法人日本有機資源協会「栃木県におけるエリアンサスを含めたバイオマス資源を活用した公共施設への地域自立システム化の事業性評価 (FS)」(2019年)

## その2 燃焼灰は肥料としての有効性が低い

バイオマス燃料を使用する場合、必ずその燃焼灰の処理が課題となる。燃焼灰が肥料として利用可能であれば、その処理費用が削減されるが、その価値が低いため、その他の有効利用の検討が必要となる。そのため、以下のような対応策が考えられるとした。

→セメント会社等その他での利活用

## その3 灰分が高い

灰分が高いことはその排出方法並びにその貯蔵方法等、様々な検討が必要となる。これは前項同様処分費用に影響することから、その利用先の検討も必要となる。そのため、以下のような対応策が考えられるとした。

→燃焼灰自動排出機構(排出頻度、貯蔵方式)

以上のことから、現時点ではエリアンサス 100%ペレットではなく、エリアンサス 50% + 伐採木 50%の混合ペレットでの計画が望ましいとした。

なお、クリンカのメカニズムおよび対策については 4 章のコラム「バイオマス燃焼時のクリンカとその対策」を参照されたい。

## 実証事業者の検討：バーク燃料の品質と安定燃焼システムの確立

実証事業者である昭和化学工業株式会社ではバークを利用した熱風炉設備の運転開始後、燃料品質および性状に関する以下のような課題に直面し、それぞれの対応策を検討した。

### バークの破碎

まず、当初未破碎バークを利用したが長尺物が絡まるため、投入時のトラブルや燃料不良が起きた。そのため、破碎機で破碎したものを使用した。バークのみを破碎すると繊維質なため綿のような状態になることから、調達先の間ではチップの大きさや割合等の取り決めは行なわなかった。同社は元々、バイオマス発電所や産業用ボイラーへの納入実績がある業者であったため、回転式破碎機でスクリーン 50～60 mm にすることで昭和化学工業が導入したシステムで問題なく使用できた。なお、基準使用量は季節、水分によって大きく差があり、水分が 50% を超える場合には約 24 t / 日であるが、40% を下回る場合では約 18 t / 日であった。

### 自動制御システムの導入

昭和化学工業株式会社のバイオマス熱風炉は、温度センサーと原料の量を検知する光電センサー、燃焼ガス等の流量計で出力を自動制御している。冬場や水分が多い原料で出力を上げる場合は、原料投入を多くするが、燃焼しきれない場合は原料過多光電センサーが作動するため、出力が大きく波を打ち安定しないことがあった。一方、夏場や水分が少ない原料で設定出力が低い場合には、熱交換後の燃焼ガスが設定温度よりも高くなるため、エラーが起きやすく運転が不安定になることがあった。いずれの場合も、出力設定を原料の状況により調整することが必要で、最適な調整が出力の変動を小さく抑え、安定的な運転が可能であった。基準使用量は季節、水分、出力によって差があり、定格出力 2,000kw では、水分が 50% を超える場合には 1,000 kg/h であるが、40% を下回る場合では 750 kg/h であった。

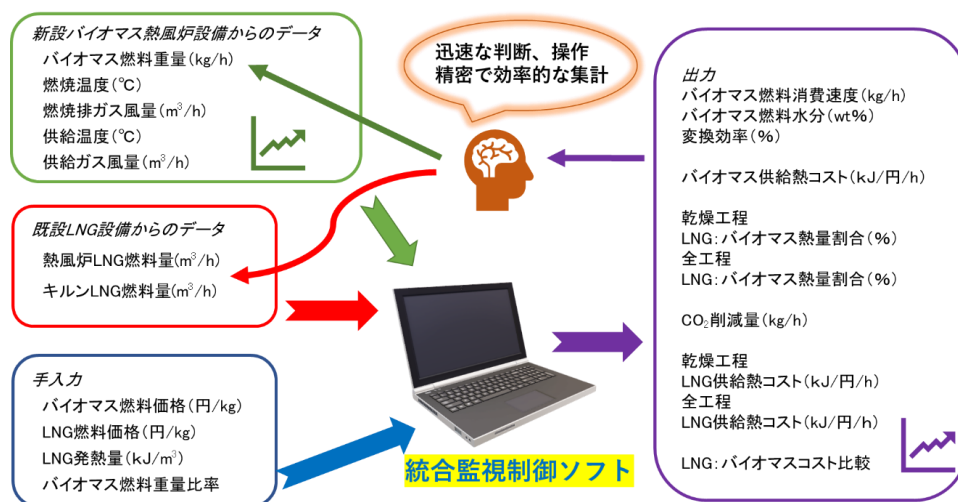


図 2.2.48 昭和化学工業株式会社のバイオマス熱風炉の自動制御システム

(出所) 昭和化学工業株式会社提供資料

バイオマス熱風炉設備からの入力信号値、手入力値をもとにして演算処理を 1 秒周期で行い、1 時間、1 日平均を自動記録した。

本自動制御システムについては、LNG、バイオマスの熱を瞬時にコストとして見える化する目的で導入している。導入する際の工夫としては、設備機器メーカー各社から今回のプロジェクトへの理解を得て、システムを構築したことであ

る。関係者が増えるとコストも増えるが、珪藻土生産システムに影響があつては本末転倒な為、工場全体のシステムへの影響までこれらの専門家が勘案した。

導入後、運転を進めていくうちに装置も経年変化し、またオペレータも経験を積み慣れてくる。本来であれば、バージョンアップしていくことが理想であるが、コストを最小限に抑える観点から自社である程度手動で変更できるようにしておくことも必要と考えている。

表 2.2.32 統合監視制御ソフトの集計結果

	バイオマス燃料投入重量(t)	バイオマス燃料水分(%)	変換効率(%)	バイオマス燃料時間コスト(円/h)	乾燥工程バイオマス熱量割合(%)	全行程バイオマス熱量割合(%)	CO2削減積算量熱供給のみ(t)	LNG/バイオマスコスト比較
2019年8月～2020年7月	2,706	40	77	4,570	32	20	1,072	2.0
2020年8月～2021年7月	2,431	41	75	3,928	32	20	956	1.9

(出所) 昭和化学工業株式会社提供資料

なお、昭和化学工業株式会社のシステム全体については 2 章のコラム「**実証事業者の検討：燃料投入および燃焼設備の運転制御**」を参照されたい。

### <FIT 事業で森林未利用材を利用する場合>

- ❑ 未利用材とその他の材との分別管理がヤード内でも書類上でもなされているか？
- ❑ 未利用材とその他の材の売電出力と使用した燃料の割合をきちんと管理・把握できるような帳票システムが構築されているか？

**未利用材は林野庁ガイドライン記載の方法に基づき管理**する。そのため、事業者は調達先に対し、稼働開始前に本ガイドラインのルールに基づいて管理を行っているか確認する必要がある。特に未利用材や一般材など**複数の FIT 区分のバイオマス燃料を用いるためには発電量における燃料消費率を帳票として整理**し報告する必要がある。

### 未利用材とその他の材（一般材）の管理

材の管理は、受入後の貯木場や、燃料加工時のヤード、燃料サイロ、燃料投入口が、**未利用材とその他の材（一般材）についてそれぞれ設けられている必要**がある。しかしながら、原木も木質チップやペレットも、その性質上いつ誰によって（どの林業事業体によって）搬入されたものなのかを、実際の在庫と紐づけることは容易ではない。

また、原木の受入れ時の水分率と貯木期間を経た後の水分率が異なることがあるため、加工時における歩留まりを考慮しても、入口から出口までを**重量のみのパラメータで各燃料を管理することは困難**である。

そのため、自社で Excel 等を用いて在庫管理を行う際、受入時にトラックスケールで計量した重量、水分率、貯木場のロケーション番号、発電用チップに係る間伐材等由来の木質バイオマス証明の管理番号、林業事業体名、受入日、併せて発電量（日時、月次、他ログデータ）といった**様々な基礎データをしっかりと記録・管理しておくことが重要**である。

また、別途、商品有高帳を作成することも有効である。その他、**市販の在庫管理ソフトの活用やソフトウェア会社に自社用にカスタマイズしたシステムの作成を依頼**することで効率化を図る方法も考えられる。

## 2.IV.2 燃料調達条件の検証・見直し

### □ 設備との相性を踏まえた規格の見直しと調達先への対応を依頼できるか？

基本的には**稼働開始前にしっかりと調達先との規格の調整、エネルギー変換設備が要求する規格の適合を確認**することが必要である。

しかし、実際は稼働開始後、**規格を満たした燃料を調達したとしても想定していたように設備が動かない**ことがある。特にガス化の場合はこうした事例が多く、代表的な要因として**地域固有の樹種の影響**が挙げられる。

したがって、**規格への適合は 100%安定稼働を保証するものではない**ことに留意する必要がある。その際に、稼働後の運転状況を踏まえ、**調達先との間で柔軟に規格の調整を行えるような関係を築いておく**ことが重要である。

なお、FIT 制度利用時における燃料調達条件の詳細は**林野庁「発電利用に供する木質バイオマスの証明のためのガイドライン」**を参照されたい。

# 3章 エネルギー供給・副生物利用に係る留意点と解決策

## エネルギー供給・副生物利用に係る「よくある課題」

### その1：熱需要の変動に対応できない。需要に対して過大な設備が導入されている

バイオマス熱供給の場合、需要の変動がある施設において、ピークに併せてバイオマスボイラーの出力規模を設定すると過大な設備を導入することになり、事業採算性を確保できないことが多い。温水ボイラーの場合は、後述するように蓄熱槽の導入の他、ボイラーの運用面での工夫により、導入するボイラーの規模を抑えることが可能である。

表 2.3.1 熱需要変動への対応、ボイラーの導入規模に係る主な課題

- <オンサイト型の場合> 季節別、時間帯別、複数年の傾向の熱・電気需要特性と必要な供給条件が把握できていない
- 熱需要規模に対して過大な設備が導入されている

こうした、エネルギー需要への対応に関する留意事項は「[3.Ⅱ.1 エネルギー利活用計画](#) ⑤エネルギー需給管理システムの検討」(334頁)を参照されたい。

### NEDO 事業者・先行事例の取組

先行事例では以下の工夫により導入するボイラーの規模を必要最小限とすることで初期投資額を抑えている。

- ⇒ 既存の化石燃料ボイラーによるバックアップシステムの導入 (→[338頁](#)を参照)
- ⇒ ボイラー設備を時間差で立ち上げる等の運用面におけるピークカット (→[336頁](#)を参照)
- ⇒ 温水ボイラーの場合、蓄熱槽の導入による熱供給のバッファの確保 (→[336頁](#)を参照)
- ⇒ 蒸気ボイラーの場合、アキュムレータの導入による蒸気の需要変動への対応 (→[337頁](#)を参照)
- ⇒ 小型蒸気スクルー発電機の導入による余剰蒸気の活用 (→[316頁](#)を参照)
- ⇒ 宿泊施設の外壁を断熱工事を行うことによる施設全体の暖房需要(電気、重油、バイオマス燃料)削減の検討(東急リゾーツ&ステイ株式会社 FS 事業) (→[322頁](#)を参照)

### その2：熱需要を確保できない、導入先からの理解が得られない

バイオマスエネルギー事業は資源の有効活用や地域への効果をはじめ多様な意義がある一方で、一般的に高い採算性が期待される事業とは言えない。特に小型のガス化発電や熱利用ボイラーでは、投資回収年数が十数年を超えることもある。その意味で、事業採算性およびエネルギー利用効率を最大化する観点で余すことなく熱を使い切ることが望ましいと言える。しかしながら、国内で十分熱を有効活用できている事例は限られる。また、そもそも、熱の性質が不明で検討が先に進まないことが多い。

こうした熱需要先の確保に係る各課題と対応策は下表の項目を参照されたい。

表 2.3.2 熱需要先の確保および導入先との合意形成に係る主な課題と本ガイドラインの参照先

<ul style="list-style-type: none"> <li>● 熱電併給を実施したいが、熱需要先を確保できない</li> <li>● 化石燃料ボイラーと比較してバイオマスボイラーは負荷変動への追従性等のユーザビリティ、その他メンテナンスに関する負担、コスト構造が異なるため、導入候補先からの理解が得られない</li> <li>● 既存の化石燃料システムで現在使用している化石燃料の量・費用を把握できておらず、需要者にメリットのある仕組みを提示できていない</li> </ul>	⇒	「 <a href="#">3.Ⅱ.1 エネルギー利活用計画</a> ② <a href="#">既存エネルギー設備の運用実態調査</a> 」 ( <a href="#">328 頁</a> ) 参照
<ul style="list-style-type: none"> <li>● バイオマスボイラーを導入したが、導入先からの理解が得られない。</li> <li>● &lt;公共事業の場合&gt; 実際にバイオマスボイラー等の設備を運転する現場担当者（指定管理者）に事業の意図が十分伝わっておらず、円滑な運営ができない</li> </ul>	⇒	指定管理者による運転時の留意事項については「 <a href="#">3.Ⅱ.1 エネルギー利活用計画</a> ④ <a href="#">導入先の意向確認</a> 」( <a href="#">332 頁</a> )を参照
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 運転後に熱販売量が減少する。採算性を確保可能な熱販売価格を設定できない</li> </ul>	⇒	適切な熱販売価格の設定時の留意点は「 <a href="#">3.Ⅲ.1 エネルギー供給契約</a> 」( <a href="#">343 頁</a> )を参照

### NEDO 事業者・先行事例の取組

特にバイオマス発電所では 100 度未満の排熱の有効活用を見つけることができていないケースが見られる。こうした低温排熱の有効活用に関し、先行事例（BTG 式バイオマス発電所）ではボイラーの冷却水（40 度）程度を隣接するイチゴ農家に供給しているケースがある。また、ORC システムでは、バンブーエナジー株式会社の実証事業において、80 度程度の温水廃熱を原料貯蔵ヤードのロードヒーティングに活用している（→[270 頁](#)を参照）。

また、バイオマスの蒸気熱利用について、社会福祉法人ウイズユーの実証事業では、バイオマス蒸気ボイラーの廃熱をきのこ使用済菌床の乾燥に活用している（→[327 頁](#)を参照）。

### その 3 : 売電先が確保できない、系統接続ができない

バイオマス発電事業では現状 FIT 制度を利用して売電を行うことが多いが、こうした発電事業では、一般送配電事業者への事前相談・接続検討申込みが必要となる（自家消費を目的としつつも逆潮流の発生が見込まれる場合も同様）。事業を実施する地域周辺の系統状況・電力需給状況によっては、送配電事業者より接続不可の回答や逆潮流の禁止、追加の設備導入を要求される場合があり、バイオマス発電所は僻地に導入されるケースが多く、売上がダウンした事例が見られる。

高圧系統への連系が行えない場合、一般高圧から特別高圧に逆潮することで連系可能となることもあるが変圧器の変更が必要となり、追加的な改造費用が必要となる。さらに、発電事業を開始した後も、電力会社からの出力抑制により想定した収益が得られないこともある。

こうした売電先の確保、系統接続に係る各課題と対応策は下表の項目を参照されたい。

表 2.3.3 売電先の確保および系統接続に係る主な課題と本ガイドラインの参照先

● 発電事業に必要な立地の条件がわからない（または電力系統の基礎情報が把握できていない）	⇒ 発電事業に必要な立地条件や基礎情報は「 <b>1. I. 4 用地の想定</b> 」（142頁）を参照
● 高圧系統に接続できず売電できない	⇒ 高圧系統への接続や逆潮流発生の確認方法は「 <b>3. II. 1 エネルギー利活用計画 ③ 導入先のインフラ、周辺環境調査</b> 」（330頁）、 <b>⑥ 系統連系の調査</b> 」（339頁）を参照
● 運転後の出力抑制により売電収入が想定より減少した	⇒ 出力抑制該当可否の確認方法については「 <b>3. III. 3 接続契約・売電契約</b> 」（347頁）を参照

なお、今後拡大が期待される FIP 制度を利用したバイオマスエネルギー事業の概要および留意点については 1 章のコラム「**FIT 制度等の改正とバイオマスビジネスへの影響について**」（205頁）を参照されたい。

#### その4：灰処理コストが高む、灰を有効活用できない

バイオマスの発電や熱利用では、ボイラー等の燃焼プロセスによって灰が発生し、その処理費用は O&M 費用全体に大きく影響する。不純物の少ないホワイトチップやペレットと異なり、パーク等の低質なバイオマスを利用する場合は燃焼後の灰の発生量が多く処理費用が高む傾向にある。また、特に重金属（クロム等）が灰中に含まれると産廃処理単価が高額になる場合がある。

こうした灰の処理および活用に係る各課題と対応策は下表の項目を参照されたい。

表 2.3.4 灰処理に係る主な課題と本ガイドラインの参照先

● 焼却灰等副生物の発生量を想定できていない	⇒ 一般的な焼却灰の発生量、灰処理単価
● 処理先や価格が想定できていない	は「 <b>3. II. 2 副生物の処理方法の検討</b> 」（340頁）を参照

また、計画時は灰を肥料などとして有効活用することで収益化を図ろうとするものの、都道府県より有価物としての許可が下りずに「廃棄物」扱いとなり、産廃処理となることが多い。焼却灰の肥料としての有効活用に係る留意点は「**3. II. 2 副生物の処理方法の検討**」（340頁）に記載している。

また、実証事業者の昭和化学工業では燃焼灰の処理および有効利用の検討を詳細に行っており、3 章のコラム「**実証事業者の検討：灰の有効活用**」（351頁）を参照されたい。

# フェーズⅠ 構想段階

バイオマスのエネルギー供給・副生物利用の構想段階におけるチェック項目は下表のとおりである。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

表 2.3.5 バイオマスのエネルギー供給・副生物利用の構想段階におけるチェック項目

項番号	実施事項	留意事項	チェック
3. I .1	エネルギー利用形態の検討		
①	エネルギー利用先および供給形態の検討	<広域グリッド型発電の場合> 地域の電力システムの容量がひっ迫している地域ではないか？	
		<熱利用の場合> 熱の供給先は想定できているか？	
		需要先で必要な熱媒体（温水・蒸気など）や熱需要の規模感は想定できているか？	
②	設備規模と投資規模の確認	設備単体だけではなくシステム全体での建設費、投資規模は想定できているか？	
		<熱電併給の場合> 熱供給と発電のどちらが主体となるかを設定したか？	

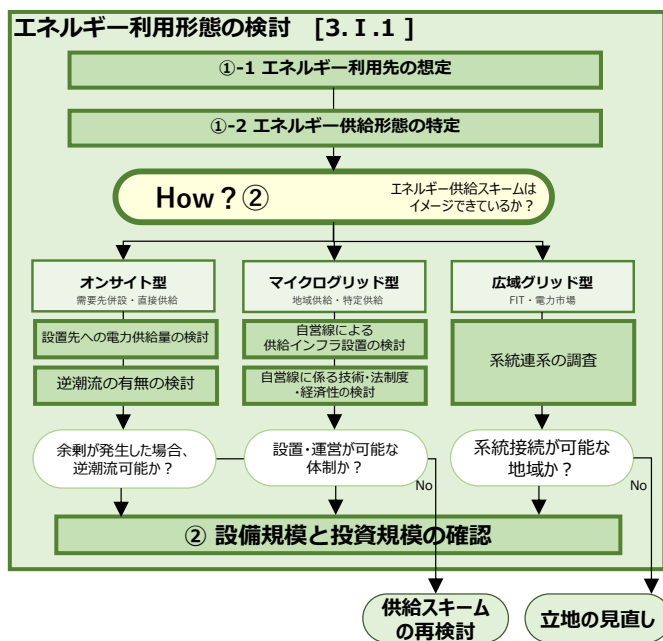


# 3. I .1 エネルギー利用形態の検討

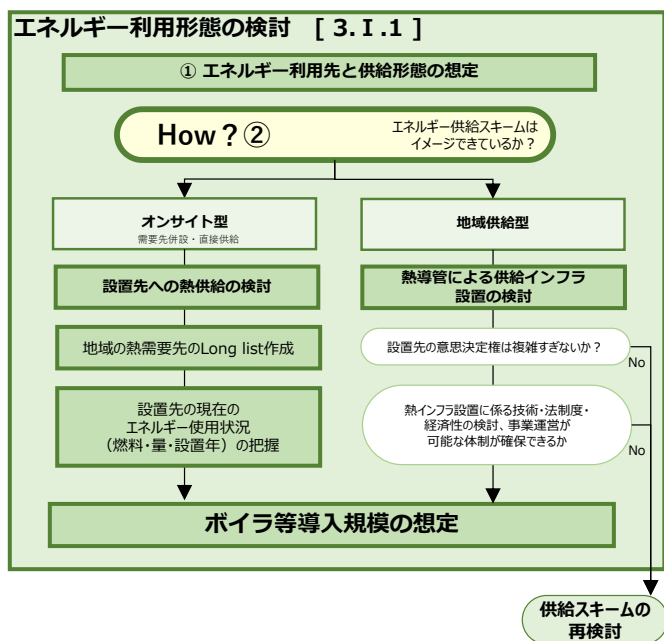
原料および燃料の調達可能性の検討と併せて、エネルギー利用形態の検討を行う。**発電事業の場合**、併設する需要先に直接供給する「オンサイト型」、地域内の特定箇所に供給する「マイクログリッド型」、FIT などを利用し電力市場に売電する「広域グリッド型」の 3 パターンに分かれる。**熱利用事業の場合**、併設する需要先に直接供給する「オンサイト型」、地域内の特定箇所に供給する「地域供給型」に分かれる。

いずれの場合も、構想段階ではエネルギー利用形態を必ずしも一つに特定する必要はなく、FS 段階で具体的な実現可能性を検討する。

## 発電の場合



## 熱利用の場合



# ① エネルギー利用先および供給形態の検討

## <発電事業の場合>

**オンサイト型を目指す場合**は、設置先のエネルギー需要（電気・廃熱利用）に対する供給量、並びに余剰電力の逆潮流可能性を検討する。

- 電力供給量の把握

電力負荷は常に変動するが、バイオマス発電装置は容易に負荷追従運転はできないため、設置先が消費できずに生じた余剰電力は系統に流す必要がある。このため設置先の最低負荷を把握し、余剰電力の最大発生量を把握したうえで、電力会社と連携協議を行う必要がある。

- 逆潮流の有無の把握

構想段階では想定する発電量の最大値（発電効率の最大値）から想定される所内消費電量の差が系統連系への想定送電量を超えていないことを確認する。

なお、FS 段階では、具体的に計画している発電量の最大値（発電効率が最大値）から計画している所内消費電量の差が系統連系への計画送電量を超えていないことを確認する。**マイクログリッド型を目指す場合**は、自営線による供給インフラ設置の検討を行う。その際、自営線の敷設・管理運営・供給責任などの負担について理解したうえで、設置・運営に係る技術・法制度・経済性の検討が可能な体制であることを確認する必要がある。**広域グリッド型を目指す場合**は、対象地域の系統連系について、接続の可否を確認し、空き容量が不足するなど、実質的に接続が難しい場合は立地の見直しを行う必要がある。

## <熱利用事業の場合>

**オンサイト型の場合**は、構想段階で地域の熱需要先に係るロングリストを作成する。本ステップで作成した熱需要先のロングリストは FS 段階で調査を進めながらショートリストを作成していく。また、候補設置先の現在のエネルギー使用状況（燃料種、燃料使用量、設備設置年、季節時間帯別の熱利用特性等）を把握したうえで、ボイラー設置先を検討する。そのうえで、構想段階では、想定する季節毎の熱利用日数と季節毎の平均熱消費量から熱需要規模の概算値を把握する。

**マイクログリッド（地域供給）型の場合**は、熱導管による供給インフラ設置について検討する。その際、新規に開発する街区に新たに管路を敷設する場合に比べ、既存の街区に管路を追加的に設置する場合は、関係先や調整すべき要素が複雑となる可能性があるため、この時点で確認する。そのうえで、熱インフラ設置に係る技術、法制度、経済性について検討を行う。また、実際に供給先との間の契約・請求関係・サポート・事業運営が可能な体制が確保できるかについても検討が必要となる。この時点で実施体制の確保が難しい場合は、熱供給方法および供給先の再検討を行う。

## <広域グリッド型発電の場合>

### □ 地域の電力系統の容量がひっ迫している地域ではないか？

FIT 制度下で急増した太陽光発電などの他の再生可能エネルギー発電施設の導入状況によっては、地域の電力系統の容量が逼迫し、発電所の施設が建設できなかったケースが多数存在するため、電力会社に確認が必要である。

特に北海道や九州などでは太陽光発電をはじめとする再生可能エネルギーの導入により系統が逼迫しているため、新規計画を断念したバイオマス発電事例も存在する。**FIT 制度では認定を受けるにあたり、電力会社との接続契約を結ぶことが条件**であることから、それが可能な地域を建設候補地として選ぶ必要がある。

なお、現状は FIT 制度の影響により国内のほとんどの事例が広域グリッド型の電力供給であり、その結果上述のような系統の逼迫が問題となっているが、今後市町村等の地域単位でのカーボンニュートラルを目指し、マイクログリッド等の分散型システムを検討している例も増えつつある。

## コラム：マイクログリッドとは

ある一定の需要地内で複数の自然変動電源や制御可能電源を組み合わせることで制御し、電力・熱の安定供給を可能とする小規模な供給網は「マイクログリッド」と呼ばれる。マイクログリッドでは複数の需給設備を一つの集合体としてみなして、電力系統に連系される。

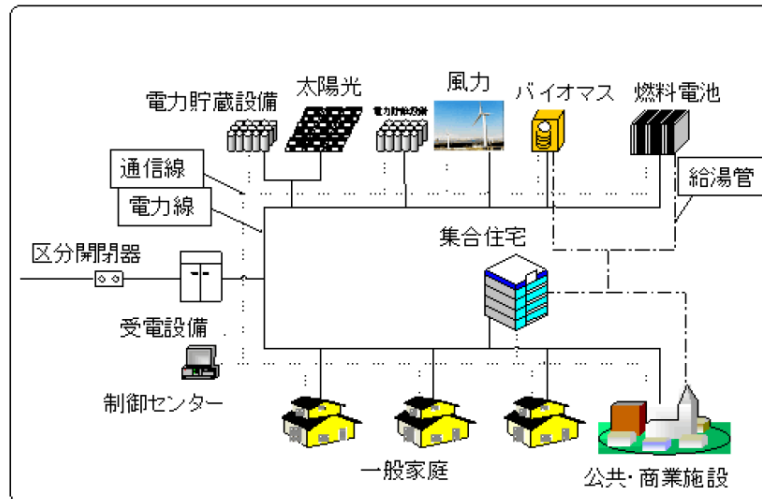


図 2.3.1 マイクログリッドの概念

(出所) NEDO「新エネルギー等地域集中導入技術ガイドブック」

一方、「マイクログリッド」という言葉は、システム規模や形態などまだ厳密には定義されておらず、下表に示すように、マイクログリッド型のエネルギー供給システムとして捉えられている範囲は広い。

表 2.3.6 マイクログリッドの概要および対象範囲の整理例

導入主体／ 導入先	電力会社		産業施設、商業施設		未電化地域
	都市ネットワーク	地方のフィーダー	複数施設	単一施設	
用途	都市部	計画的な自立運転	工場団地、 大学、ショッ ピングセンタ ー	商用ビル、 マンション	非電化村、孤立地域
規模 主な動機	数 MW～		100kW～数 MW		数 kW～数十 kW
	供給停止対応、RES の導入		電力品質、信頼性、エネルギー効率の向上		遠隔地の電化と燃料消費の削減
利益	温室効果ガス削減 エネルギー源の多様化 混雑管理 設備更新の延期 アンシラリーサービス		プレミアム電力品質 サービスの差別化 (信頼性のレベル) CHP 導入 需要マネジメント		供給可能性 RES の導入 温室効果ガス削減 需要マネジメント
運転モード	連系／自立運転 完全自立運転		連系／自立運転 完全自立運転		完全自立運転
連系運転と 自立運転の 切替	偶発的	事故(隣接フィーダ上、もしくは変電所)	商用系統での事故、 電力品質の問題		—
	計画的	メンテナンス	エネルギー価格(ピーク時)商 用系統のメンテナンス		—

(出所) NEDO「新エネルギー等地域集中導入技術ガイドブック」

## マイクログリッド検討の手順

NEDO「新エネルギー等地域集中導入技術ガイドブック」では、マイクログリッド型の新エネルギー等集中導入技術を計画するうえで普遍的と思われる事項を中心に基本的な整理を行っている。マイクログリッドの検討手順については、同ガイドブックおよび2021年4月に公開された「経済産業省資源エネルギー庁」「地域マイクログリッド構築のてびき」を参照されたい。

表 2.3.7 マイクログリッドに係る事業検討ステップの例

ステップ	ステップ1 基本構想	ステップ2 基本設計	ステップ3 詳細検討	ステップ4 機能仕様作成
主な検討主体	事業実施主体（自治体等）の企画担当者等	事業実施主体、コンサルタント等	事業実施主体、メーカー等の技術者等	事業実施主体、メーカー等の技術者等
主な検討内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 事業目的の明確化</li> <li>◆ 季節単位での需給バランス・経済性のオーダーの確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 具体的な需給設備構成の検討</li> <li>◆ 30分～1時間単位での需給バランス・経済性の確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 運用制御や系統構成の検討</li> <li>◆ 事業化の可否判断</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ システム構築に必要な項目の検討</li> </ul>
検討期間の目安	～半年	～半年	半年～1年	半年～1年
補助事業の例	「地域新エネルギービジョン策定等事業」における計画策定	「地域新エネルギー・省エネルギービジョン策定等事業」における事業化可能性調査	「風力発電フィールドテスト事業（高所風況精査）」（風力発電を導入する場合）	—

（出所）NEDO「新エネルギー等地域集中導入技術ガイドブック」

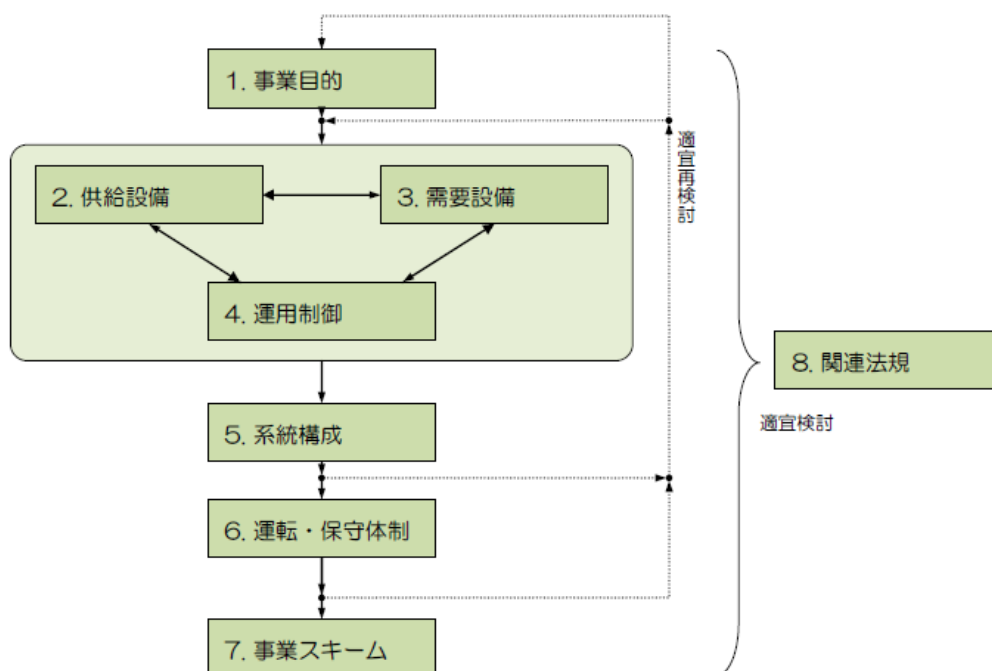


図 2.3.2 マイクログリッド検討の各ステップの調査フローの例

（出所）NEDO「新エネルギー等地域集中導入技術ガイドブック」

## <熱利用の場合>

- ❑ 熱の供給先は想定できているか？
- ❑ 需要先で必要な熱媒体（温水・蒸気など）や熱需要の規模感は想定できているか？

構想段階では、熱の需要先を想定するとともに必要となる熱媒体および規模感についても検討を行う。主な熱媒体としては**温水**と**蒸気**があり、それぞれ生成するプロセスや技術が異なる。

### 温水

温水は民生用や産業用の暖房などで使われ、生成方法としては**温水バイオマスボイラー**と**熱電併給**がある。温水自体を目的とする場合はバイオマスボイラーが導入されることが一般的であるが、近年 FIT 制度によりバイオマス発電所が増加したことにより、エネルギー効率を高める目的で発電時の廃熱の活用が進みつつある。

熱電併給による温水は BTG、ORC、熱分解ガス化のいずれの技術でも生成可能である。**BTG（2MW 以上）は通常発電を主目的とし、ボイラー冷却後の低温温水が発生するものの有効活用している事例は少ない。**先進事例としては、グリーン発電大分において、これらの**低温温水を隣接する苺農家向けに供給**している<sup>23</sup>。

一方で、**ORC（1～2MW）は発電よりも熱供給をメインとした技術**である。次図のヒートバランスのとおり、生バイオマスでも80%以上という高い熱効率を示すが、電気の4倍にあたる全体の8割は熱エネルギーであり大量の温水が発生する。

熱分解ガス化発電（2MW 未満）の発電効率は30%前後と高いが、設備費や燃料費が比較的高いため**経済性確保の観点から多くの事例で発電廃熱から発生する温水を有効活用**している。具体的には**隣接するペレット生産施設における乾燥熱源として温水を活用**している事例や、**温泉施設向けに温水供給を行っている事例**も存在する。

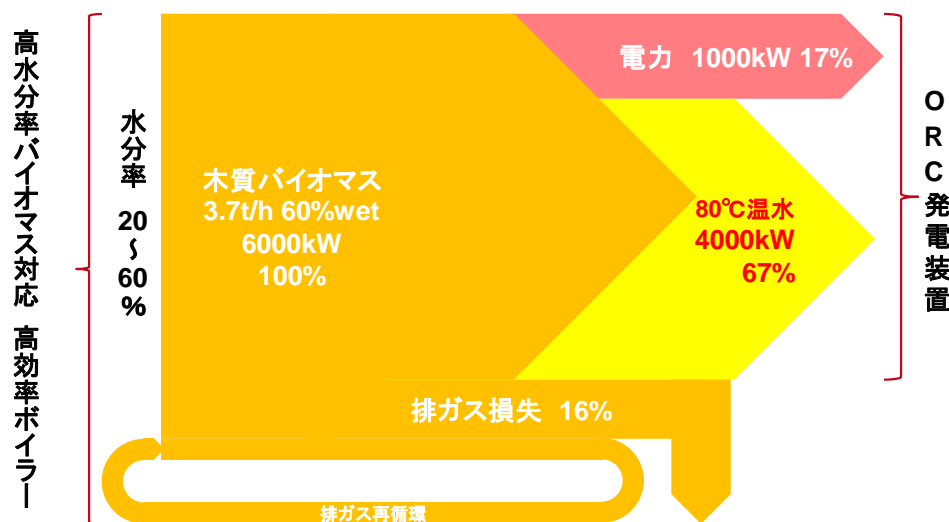


図 2.3.3 1000kW ORC 熱電併給装置のヒートバランス

(出所) 第一実業株式会社提供

<sup>23</sup> その他、ボイラーのブロー水（機器や配管の水に含まれる不純物が過度に濃縮しないように排水する水）を活用している事例も一部で存在する。

## 蒸気

蒸気は主に産業プロセスで活用され、生成プロセスとしては蒸気ボイラーが挙げられる。蒸気ボイラーで生成した蒸気を基に発電する BTG システムでは、蒸気の利用方法により「抽気式」「背圧式」などに分かれる。

現在、BTG システムを導入している FIT バイオマス発電所では「抽気式」が主流となっている。現状、これらの発電所では熱利用はほとんど行われていない。一方では蒸気を大量に活用する製材所などでは背圧式を導入しているケースもある。

BTG システムの蒸気利用方法等の詳細は「[第 3 部 2 章 バイオマスエネルギー設備・技術に係る基礎知識](#)」を参照されたい。

また、蒸気ボイラーの選定については、4 章のコラム「[FS 事業者の検討結果：バイオマス蒸気ボイラーの導入検討①②](#)」を参照されたい。

## 熱風

現状、国内では木質バイオマスによる熱利用のほとんどは温水または蒸気を熱媒体としているが、一部では熱風を生み出し産業利用しているケースもある。

NEDO 実証事業者である昭和化学工業株式会社では、珪藻土工場における**乾燥工程でバイオマス由来の熱風を活用**している。ここでは地域で調達したバークをストーカー炉（バイオマス熱風炉）で燃焼させ、熱交換機を通じてクリーンな空気を熱風として珪藻土乾燥に利用している。同社のシステム全体については 2 章のコラム「[実証事業者の検討：燃料投入および燃焼設備の運転制御](#)」を参照されたい。また、熱風炉の選定に関する考え方は 4 章のコラム「[実証事業者の検討：熱風炉燃焼方式の選定](#)」を参照されたい。

### コラム：地域熱供給とは

地域熱供給は、冷水や温水などを一か所でまとめて生産し、地域内の複数の需要家に対して供給するシステムを指す。個別の需要家において分散的に熱生産を行わずに一か所でまとめて生産することで、エネルギーの効率化などのメリットが得られる。また、個別施設にバイオマスボイラーを導入する際は、機器やサイロなどを設置するスペースの確保が問題となることが多いが、地域熱供給は省スペースでも導入が可能というメリットも存在する。

我が国におけるバイオマス熱供給事業の先進事例は以下のとおりである。いずれも木質バイオマスを燃料とするものであり、供給対象は公共施設や福祉施設が中心である。事業詳細は農林水産省「[バイオマスエネルギービレッジ構築可能性調査事業](#)」を参照されたい。

表 2.3.8 バイオマスの地域熱供給の例

所在地	導入時期	熱用途	ボイラー出力	対象施設
北海道下川町	2010 年	暖房	1,200kW チップ使用	公民館、役場、消防署、福祉施設
山形県小国町	2008 年	暖房・消雪	450kW チップ使用	役場、駐車場、歩道、温室、福祉施設
山口県下関市	2007 年	冷暖房・給湯	220kW ペレット使用	住宅地 (集合住宅 8 戸、戸建て 13 戸)
山形県最上町	2007 年	冷暖房・給湯	2,150kW チップ使用	老人集合住宅、保健施設、健康センター、病院、温室
滋賀県高島市	2004 年	暖房・給湯	523kW チップ使用	プール、健康施設、福祉施設

(出所) 農林水産省「平成 25 年度 バイオマスエネルギービレッジ構築可能性調査事業」

## ② 設備規模と投資規模の確認

**オンサイト型熱利用およびマイクログリッド型熱利用の場合**は、以下の手順でボイラー等の導入規模を確認する。

- 1) 熱需要規模の最大値に対して導入バイオマスボイラーの規模を適正に設定して、必要なバックアップ量を決定する。
- 2) バックアップ熱量に対して、蓄熱槽だけで補える能力の有無を確認する。
- 3) 蓄熱槽だけでバックアップ熱量を補えない場合には、バックアップボイラーの併設を検討する。
- 4) 熱利用先が複数ある場合には、需要ピークの時間をずらせないかを熱利用先と検討し、不可ならば 1) 項の対応を検討する。

**すでに重油等のボイラーが設置されている箇所にバイオマスボイラーを導入する場合**は、以下の手順となる。

- 1) 既存施設の月別の燃料使用量から、対象施設の月ごとの熱需要を把握する。
- 2) 時間ごとの熱需要変動を推定する。高い精度で検証するためには、熱量計を用いて測定を行うか、空気調和・衛生工学会やヒートポンプ・蓄熱センターのデータ等を用いる。
- 3) 熱集中（ピーク負荷）に対応するための、ボイラーの設備利用率、蓄熱タンクの送り・戻り温度など加味し、蓄熱タンクとボイラー規模の組合せを検討する。この際、ボイラーの規模を最大需要に合わせてはならず、蓄熱タンクとの併用で最も経済的な設計を行うべきである。また、使用用途によっては、バイオマス燃料が入手できずに熱供給が絶たれることも予想し、既存の重油ボイラー等をバックアップボイラーとして使用するのが良い場合もある。

規模決定のプロセスの詳細は、[日本木質バイオマスエネルギー協会「地域ではじめる木質バイオマス熱利用」](#)、[農都会議「実務で使うバイオマス熱利用の理論と実践」](#)等参照されたい。

### □ 設備単体だけではなくシステム全体での建設費、投資規模は想定できているか？

発電機やボイラーなどのエネルギー変換設備以外に土木建築や建屋、配管などの周辺設備の費用も想定する必要がある。また土地を取得する場合は土地購入費、広域送電の場合は系統連系費用、事業者自ら原料・燃料を搬出・輸送する場合は重機・車両購入費なども必要である。

なお、メーカーより規模の大きいボイラーの提案を受けるケースもあるが、事業者は技術の判断能力とメーカーとの交渉能力をもって、もっとも経済的な組み合わせを選択できることが望ましい。

### <熱電併給の場合>

### □ 熱電併給の場合は熱供給と発電のどちらが主体となるかを設定したか？

熱電併給の場合は、熱供給と発電のどちらが主体にするかを設定しておく必要がある。**熱供給が主体の場合**、熱需要で制御すれば発電量が低下して供給電力不足になることもあり、商用電力で補うことになる。

逆に**発電が主体の場合**、熱需要が増加すれば供給不足になり、別途にバックアップ機器等の設置が必要になる。そのようなケースでは、熱需要が計画値より小さい事態を想定して、設備内に冷却塔等の冷却機能を設置する必要がある。

## FS 事業者の検討：小型蒸気スクリー発電機の導入効果

FS 事業者である株式会社サーフビレッジではバイオマスボイラーと小型蒸気スクリー発電機の併用を検討した。FS 時に検討したボイラーからの供給される圧力は 2.0MPa であるのに対し、需要先で受け入れる圧力は 0.6MPa である。この減圧過程に小型の蒸気スクリー発電機を設置することによって、発生させた電気を自家消費し、電力費用を削減できる可能性があったため、この発電機の有効性について検証した。その結果、蒸気量が少ない場合は、比例的に発電出力は減少し、蒸気量 5%程度まで発電可能であることが明らかになった。また、自家発電設備の導入効果を評価した結果、1日あたり 28,351 円の電力費削減効果があることが試算された。

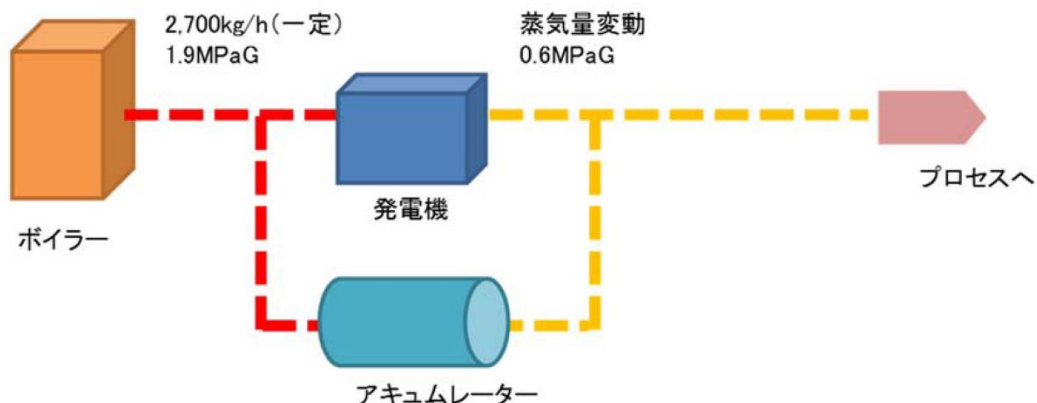


図 2.3.4 小型蒸気スクリー発電機を活用した自家発電設備の導入イメージ

(出所) 株式会社サーフビレッジ「平成 27 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/飲料製造工場および周辺施設へのバイオマス地域熱供給事業の事業性評価 (FS)」(NEDO) 2016 年

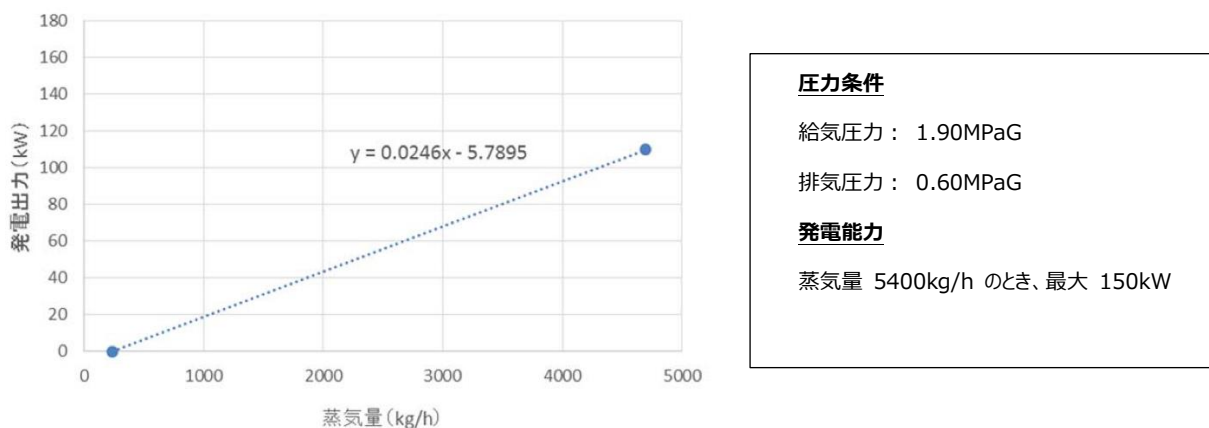


図 2.3.5 小型蒸気スクリー発電機の蒸気量と発電出力

(出所) 株式会社サーフビレッジ「平成 27 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/飲料製造工場および周辺施設へのバイオマス地域熱供給事業の事業性評価 (FS)」(NEDO) 2016 年

表 2.3.9 小型蒸気スクリー発電機を導入効果の試算

項目	値	単位
年間稼働日数	330	日
年間電力費削減	9,356	千円/年
設備費(概算)	30,000	千円/年
投資回収	3.2	年
平均発電量	1,668	kWh/日
電力単価	17	円/kWh
電力費削減	28,351	円/日

(出所) 株式会社サーフビレッジ「平成 27 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/飲料製造工場および周辺施設へのバイオマス地域熱供給事業の事業性評価 (FS)」(NEDO) 2016 年



# フェーズⅡ FS 段階

バイオマスのエネルギー供給・副生物利用の FS 段階におけるチェック項目は下表のとおりである。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

表 2.3.10 バイオマスのエネルギー供給・副生物利用の FS 段階におけるチェック項目

項番号	実施事項	留意事項	チェック
3.Ⅱ.1	エネルギー利活用計画		
①	エネルギー需要の調査	＜オンサイト型の場合＞ 季節別、時間帯別、複数年の傾向の熱・電気需要特性と必要な供給条件が把握できているか？	
		＜同上＞ 複数年の傾向を見て、イレギュラーな要素を除いて平均的な需要特性を把握できているか？	
		＜同上＞ 必要な温度帯や圧力などの詳細な条件が判っているか？	
		＜主に発電事業の場合＞ 低温排熱を含め熱を有効活用できるか？熱需要の創出についても検討したか？	
②	既存エネルギー設備の運用実態調査	＜オンサイト型／マイクログリッド型熱利用の場合＞ 既存システムの更新時期や老朽化の状況などは確認できているか？	
	（オンサイト型／マイクログリッド型）	既存システムで現在使用している化石燃料の量・費用など把握したうえで、需要者にメリットのある熱供給の仕組みをつくれるか？	
		既存の設備・システムの実際の効率を踏まえた需要予測がなされているか？	
③	導入先のインフラ、周辺環境調査（共通）	＜広域グリッド型の場合＞ 系統連系が可能か確認済みか？またそれに必要なインフラ費用を確認済みか？	
		＜同上＞ 系統連系のアクセス可能な良い用地が選定されているか？	
		＜同上＞ 電力会社の系統アクセス調査で空き容量が確認されているか？	
		＜同上＞ 系統連系に必要な給電設備の追加に関する電力会社の費用請求を理解し把握しているか？	
		周辺環境に悪影響のない事業モデルとなっているか？	
		居住地からの距離が近接していないか？	
		燃料の搬送や投入、機器の運転による騒音・振動・臭気・粉塵など周辺への影響がないか？	
		法規上の離隔距離を適正に確保できているか？	
④	導入先の意向確認	＜オンサイト型／マイクログリッド型熱利用の場合＞ 導入先のバイオマス利用目的と合致したビジネスモデルとなっているか？	
	（オンサイト型／マイクログリッド型）	＜熱利用ボイラーの場合＞ 導入施設側のリスクと対応も検討がされているか？	

項番号	実施事項	留意事項	チェック
		<p>&lt;特に公共事業による熱利用ボイラー導入の場合&gt; 導入先の担当者に対して事業目的や役割、管理方法は明確に伝わっているか？</p> <p>&lt;同上&gt; 特に公共施設の指定管理者等において、導入に対する不安が解消され、理解を示しているか？</p>	
⑤	<p>エネルギー需給管理システムの検討</p> <p>(オンサイト型/マイクログリッド型)</p>	<p>&lt;オンサイト型/マイクログリッド型熱利用の場合&gt; 需要規模に対して過大な需給管理システムが導入されていないか？</p> <p>需要先設備の省エネ・断熱や運用方法の見直しでピークカットができないか？</p> <p>&lt;オンサイト型/マイクログリッド型熱利用の場合&gt; バックアップや貯蔵システムの組み合わせによる特に熱の需給管理のシステムが構築されているか？</p>	
⑥	<p>系統連系の調査</p> <p>(広域グリッド型)</p>	<p>&lt;広域グリッド型の場合&gt; 電力会社の系統アクセス調査で空き容量が確認されているか？</p> <p>&lt;同上&gt; 系統連系に必要な供給設備の追加に関する電力会社の費用請求手続きを理解しているか？</p>	
3. II. 2	<p>副生物の処理方法の検討</p>	<p>焼却灰等副生物の処理先や価格が想定できているか？</p> <p>副生物を有価物として有効利用するための検討がなされているか？</p> <p>事業収支上、燃焼灰が有価で販売できなくても十分採算がとれる計画になっているか？ (灰の販売に過剰に依存していないか？)</p>	

# 3. II.1 エネルギー利活用計画

エネルギーの利活用計画では、構想段階で検討した電気または熱の利用先と利用量を具体化する。それぞれ事業タイプ別にエネルギー需要の調査を行う。

## <発電事業の場合>

FIT 売電などの「広域グリッド型」の場合は系統連系の調査を行う。接続困難の場合あるいは系統連系工事に要する期間や接続コストが想定を超え、事業スケジュールや採算性に影響する場合は立地の再検討を行う必要がある。

「オンサイト型」の場合は供給予定施設内または隣接の供給予定先の電力需要量を調査し、十分な稼働率を確保できるか否かを確認する。また、供給予定施設の電力購入契約条件によっては自家発補給契約等が必要となる可能性がある。供給先施設のエネルギー管理部門と十分な協議を行う必要がある。

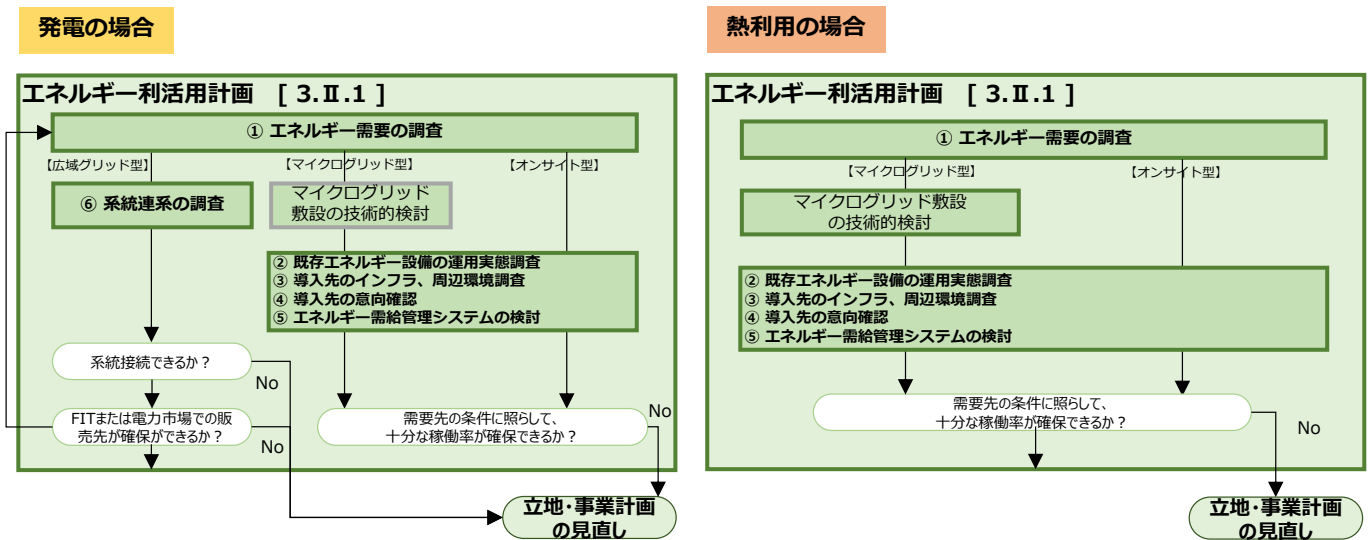
「マイクログリッド型」の場合は、自営線の敷設・管理運営には多大なコストが生じることを理解して計画を遂行する必要がある。そのうえで送電網の敷設に関する技術的・経済的検討を事業主体が中心となり実施する。ただし検討にあたっては、電力品質を考慮したシステム設計、一般の電力系統との連携条件、建設・維持管理に関する技術など高度な専門性が必要とされるため、専門技術を持ったコンサルティング会社等のサポートを受けながら実施するとよい。

このステップでエネルギー需要が十分確保できない、または事業収支・キャッシュフローの概算を行い採算性が見通しが立たない場合は、エネルギー利用先と利用方法について再検討を行う。

## <熱利用事業の場合>

「オンサイト型」の場合は、熱供給候補先のエネルギー消費量および需要変動などの条件に照らし合わせて十分な稼働率を確保できるかを確認する。そのうえで、構想段階で作成した熱需要先のロングリストからショートリストを作成する。このステップで整理した供給候補先（ショートリスト）において、十分な稼働率の確保が難しい場合は、立地や事業計画の見直しを行う。

「マイクログリッド（地域供給型）」の場合は、想定する供給先に対して熱導管の敷設可能性を検討する。その際、技術的・経済的および法制度上の問題で熱インフラ設置が困難な場合があるので（例えば道路占有許可が得られない、土地所有者の同意が得られないなど）、これらを道路の場合は管轄する行政の担当部署に確認する。大規模な地域熱供給を検討する場合は、熱インフラの設計を行う能力のあるコンサルティング会社のサポートを受けながら検討するとよい。また、供給規模とバイオマス燃料の利用可能量、エネルギー変換技術・施設規模が整合するか、全体のエンジニアリングも重要となる。



# ① エネルギー需要の調査

現在、国内で主流となっている FIT を利用した広域グリッド型発電の場合は、電力は全て電気事業者側が一定期間買い取るため、需要の調査は不要であるが、**熱利用・熱供給事業の場合**は需給量の調整が必要となる（オンサイト型の発電も同様）。構想段階では、想定する季節毎の熱利用日数と季節毎の平均熱消費量から熱需要規模の概算値を把握したのに対し、FS 段階では具体的な季節毎の熱利用日数と季節毎の平均熱消費量の実績値から熱需要規模の具体値を把握する。

## <オンサイト型の場合>

- 季節別、時間帯別、複数年の傾向の熱・電気需要特性と必要な供給条件が把握できているか？
- 複数年の傾向を見て、イレギュラーな要素を除いて平均的な需要特性を把握できているか？

エネルギー需要は 1 日の時間帯、曜日、月単位によっても変動するため、エネルギー供給を行う場合は、複数年の傾向からイレギュラーな要素を除いて平均的な需要を把握し最適な条件を検討する。熱利用の場合は供給候補先の熱の性状スペック（温度帯、圧力等）を把握する。熱需要が少ない場合は低温排熱も含めた熱の需要創出も検討することが望ましい。

なお、日中の需要変化について、燃料計にカメラを据え付けて時間毎のデータを取り、他の季節の総量に応じたシミュレーションを行っている事例もある。

## FS 事業における電力需要変動の例

株式会社富士グリーンでは、複数の候補施設に対して電力供給を検討した。同社では下図のイメージに示すとおり、**施設毎に月別、週別、曜日別の需要量の変化まで詳細に把握し、シミュレーションを行ったうえで最適なエネルギー供給形態を検討した。**

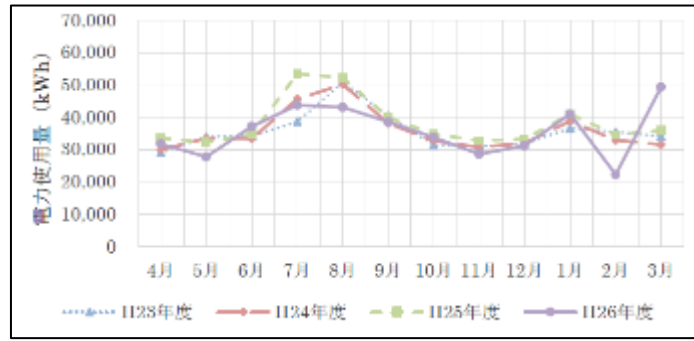


図 2.3.6 月別の電力需要の整理イメージ

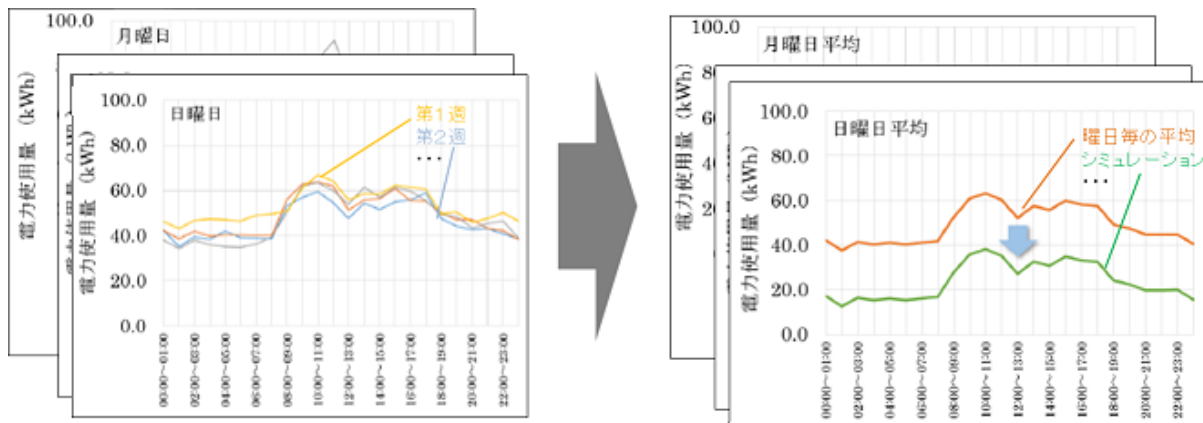


図 2.3.7 日ごとの平均的な電力需要の推移と発電機導入のシミュレーションのイメージ

(備考) 右図では矢印の区間だけ削減できるので緑色の実線が導入後の買電量となる

(出所) 株式会社富士クリーン「平成 27 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域における混合系バイオマス等による乾式メタン発酵技術を適用したバイオマスエネルギー地域自立システムの事業性評価 (FS)」より作成

## FS 事業者の検討：断熱強化施設における節約型木質熱利用

東急リゾート&ステイ株式会社は NEDO FS 事業において宿泊施設におけるバイオマスボイラーの導入と併せて断熱についても検討した。一般的に日本では、竣工後に断熱改修を行なう事例は増えて来てはいるものの、その事例はまだ少ないのが実情である。仮に断熱改修を行なう場合であっても、内断熱改修では、内装を剥がして、躯体そのものへの吹付けを要する。内断熱改修は居住者へ与える負担が大きく、また事務所建築等においても運営上、大きな支障を伴う。そのため、内断熱改修は現実的ではなく、外断熱<sup>24</sup>が選択されることが多い<sup>25</sup>。

表 2.3.11 外断熱工事概算コスト

■外断熱工事費概算					
業務概要	業務内容	材工	数量	単価	金額
□調査業務	現場調査	-	-	一括	250,000
	断熱方法検討	-	-	一括	250,000
□施工準備	共通仮設	-	-	一括	1,000,000
	直接仮設:足場設置/養生等	材工共	2,480 m <sup>2</sup>	1,500 円/m <sup>2</sup>	3,720,000
□施工	外断熱工事	材工共	2,480 m <sup>2</sup>	23,000 円/m <sup>2</sup>	57,040,000
	同上 開口部三方枠納め等	材工共	840 m	3,600 円/m	3,024,000
	同上 端部補強等	材工共	1,320 m	2,700 円/m	3,564,000
	同上 水切り設置	材工共	180	5,000	900,000
	同上 外壁設置設備付替え等	材工共	-	一括	1,000,000
				計 [円]	70,748,000
□経費	上記工事費計の5%				3,537,400
	*1 設計見積価格			小計 [円]	74,285,400
				消費税8% [円]	5,942,832
				合計 [円]	80,228,230

表 2.3.12 断熱内窓設置工事概算コスト

■断熱内窓設置工事費概算					
業務概要	業務内容	材工	数量	単価	金額
□施工	断熱窓設置工事   1階廊下含む	材工共	-	-	10,760,000
	断熱窓設置工事   2階廊下含む	材工共	-	-	9,320,000
	断熱窓設置工事   3階廊下含む	材工共	-	-	9,560,000
				計 [円]	29,640,000
□経費	上記工事費計の5%				1,482,000
	*2 設計見積価格			小計 [円]	31,122,000
				消費税8% [円]	2,489,760
				合計 [円]	33,611,760

(出所) 学校法人東海大学 株式会社東急リゾートサービス「平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 地域自立システム化実証事業 里山エコリゾートのためのスローテクノロジー統合型の地域木質熱利用システムの事業性評価 (FS)」2017 年

図 2.3.8 左図に客室の窓表面温度を、中央図に宿泊室の窓際における空気温（ペリメーター部、建物内の外周部）を示す。これは現状における外壁・窓の断熱性能の場合と、外壁を外断熱改修し、断熱内窓を設置した場合とで窓や室空気温を比較したものであり、宿泊室内の部屋ごとに設定温度 20℃のエアコン暖房を行った状態の数値シミュレーション結果である。現状の外断熱性能の場合で、窓の表面温度に着目すると、それは 8～10.5℃できわめて低温であるが、外断熱と窓断熱を施すことで 15 度程度を維持できる結果が得られた。

<sup>24</sup> 外断熱構法には、さまざまな施工方法があり、使用される建材も多様なものが開発されているが、大まかに分類すると、「湿式工法」と「乾式工法」の二種類に分けられる。一つは、EPS/発泡スチロールに代表される断熱材を躯体にそのまま張り付ける「湿式構法」であり、もう一つは、躯体の外側に外壁仕上げを支持する金物を設置し、通気層を設けた上で、外装材を施工する方式で、「乾式構法」と呼ばれる。

<sup>25</sup> 外断熱の長所は次のとおり：断熱材を均等に施すため、熱橋が生じにくく、極めて高い断熱性能が実現できる。躯体の熱容量が大きい場合、蓄熱効果が発揮されることで、室内温度の変化が小さくなる。冷暖房時において室内温度が均一化されるため、冷暖房に必要な化石燃料の消費が抑えられる。気密性と防湿性が高く、結露の発生を抑えることが可能となる。躯体を保護する構法のため、建物が長寿命となる。必要な断熱性能に応じて、断熱材の厚さを容易に変えることができる。外断熱改修の場合、外部に足場をかけるため、改修時における居住者への負担が少ない。

外断熱の留意点は次のとおり：新築の場合、内断熱構法よりも、工事費が若干高くなる。断熱材を躯体の外側に施すため、基礎部分や外壁上部の納まりの検討が必要。

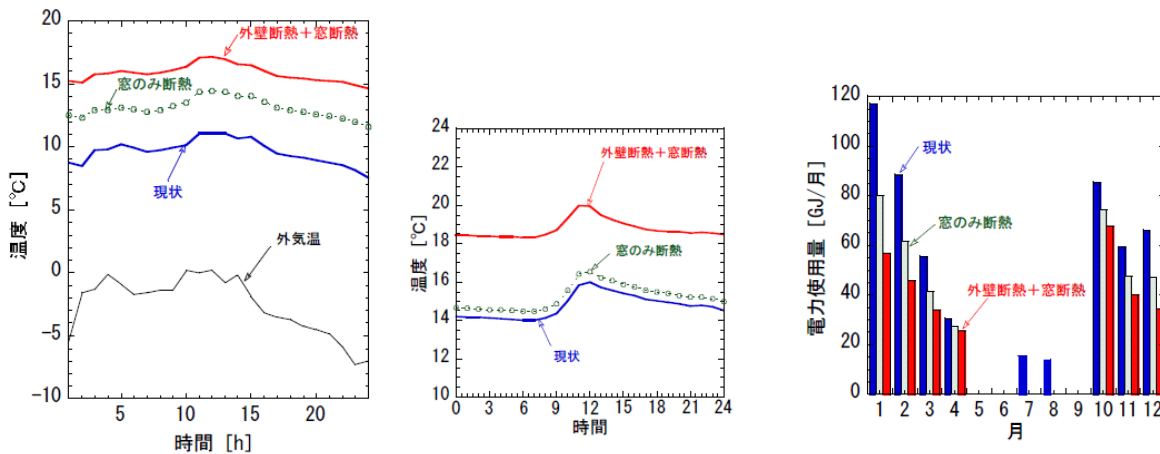


図 2.3.8 宿泊室ペリメーター部（窓際）の窓内表面温度（左）と室空気温（中央）の比較（1月31日）

図 2.3.9 アネックス棟全宿泊室の冷暖房用電量使用量（右）

(出所) 学校法人東海大学 株式会社東急リゾートサービス「平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 地域自立システム化実証事業 里山エコリゾートのためのスローテクノロジー統合型の地域木質熱利用システムの事業性評価 (FS)」2017 年

図 2.3.9 は全宿泊室の暖房用電力使用量である。これは日ごとの利用宿泊室数に乗じて推定した全宿泊室の暖房用エネルギー使用量を求めたものに、外気温に応じたエアコンの能力特性に関する計算を行って、宿泊室 1 ユニットあたりの日ごとの暖房熱負荷を推定した結果である。10 月が 11 月より暖房用電力使用量が大きいのは宿泊室延べ利用数が多いためである。外壁・窓の断熱改修による月別暖房用電力使用量の削減率は、10 月で最小の 16.5%、1 月で最大の 51.4% になった。

熱源系設備のバイオマス化に関する燃料使用量の推定結果と、本節の冷暖房用電力使用量の推定値から、一次エネルギーの使用量とバイオマスエネルギーや化石燃料の割合を算出した。次図に現状・チップボイラー導入・チップボイラー+建物断熱の三者における加熱用一次エネルギーのバイオマス比率を示す。ここでは使用電力の発電は LNG 火力発電で、送電ロスも含んだ発電効率を 35%と仮定している。現状では加熱用エネルギーのすべてを非再生資源である化石燃料に依存しているが、チップボイラーを導入すれば、木質バイオマスという再生エネルギーの依存率が一気に 51.2% になる。さらに建物断熱を行うと、加熱用一次エネルギーが 8064GJ/年から 7459GJ/年に 8%削減されるとともに再生エネルギー依存率は 55.5%に向上する。化石燃料バックアップボイラー使用から完全に脱却すれば、再生エネルギー依存率をさらに高めることができる。

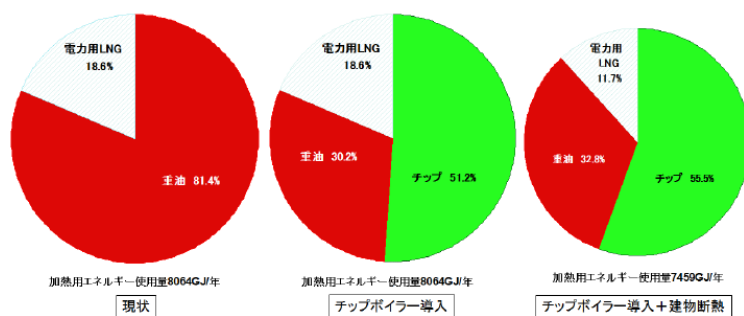


図 2.3.10 現状・チップボイラー導入・チップボイラー+建物断熱の三者における加熱用一次エネルギーのバイオマス比率

(出所) 学校法人東海大学 株式会社東急リゾートサービス「平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 地域自立システム化実証事業 里山エコリゾートのためのスローテクノロジー統合型の地域木質熱利用システムの事業性評価 (FS)」2017 年

断熱は上述のとおり、蓼科東急リゾート内の熱利用システムにおいて効果があることが検証された。ただし、既存の施設に断熱工事を施すには費用対効果が低いため、事業化の際は採用せず、今後新しく建てる施設の際に断熱の導入を検討している。

□ 必要な温度帯や圧力などの詳細な条件が判っているか？

熱供給候補先を特定した段階で、需要先が必要とする熱の性状スペックを把握する。具体的には下表の項目を調査することが望ましい。**温水の場合は、主に入口と出口の温度・圧力、年/月/日の必要熱量と流量、および需要変動を確認する。**一方、蒸気の場合は、上述の項目に加えて、**蒸気中の不純物量、乾き度、空気等の混入量、コンプレッサーの必要蒸気量、需要側の二次側設備（乾燥設備やプレス機など）における熱媒体についても把握**する必要がある。

表 2.3.13 熱供給形態別の把握すべき熱の性状

供給形態	主要供給先	把握すべき性状
温水 (・冷水)	温室 温浴施設 病院・老健施設 一般家庭	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 入口温度・出口温度(°C)</li> <li>・ 入口圧力・出口圧力(MPa)</li> <li>・ 必要熱量(MJ/年、MJ/月)</li> <li>・ 熱流量(MJ/h)<sup>※</sup></li> <li>・ 熱需要変動</li> </ul>
蒸気	製造業(食品、木材関連、 製紙、など) クリーニング業	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 入口温度・出口温度(°C)</li> <li>・ 入口圧力・出口圧力(MPa)</li> <li>・ 必要熱量(MJ/年、MJ/月)</li> <li>・ 熱流量(MJ/h)<sup>※</sup></li> <li>・ 熱需要変動</li> <li>・ 不純物量</li> <li>・ 乾き度</li> <li>・ 不凝縮ガス(空気等)の混入量</li> <li>・ コンプレッサーの必要蒸気量</li> <li>・ 需要側の二次側設備(乾燥設備やプレス機など)における熱媒体</li> </ul> <p>※熱流量は時間当たりの熱需要量よりもある程度余裕を持たせることが望ましい。</p>

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

ただし、業務施設などでは上記の項目の全てを計測することが困難である場合が少なくない。その場合は、**燃料消費実績や熱利用設備の規模・利用形態から需要特性を分析**することが重要である。



## <主に発電事業の場合>

### □ 低温排熱を含め熱を有効活用できるか？熱需要の創出についても検討したか？

中小規模のバイオマス発電事業では発電効率が20%～30%未満と低いため、可能な限り**廃熱を有効活用し総合的なエネルギー効率を高めることが経済性の確保において重要**である。

熱エネルギーは**高温であるほど供給用途が広がり**需要先を見つけやすい。一方、蒸気冷却水のような**100度未満の低温排熱は多くの既存事例の中でも有効活用できていないのが現状**である。したがって、低温排熱を有効活用するためには、事業者内において新たに熱需要を創出するなどの工夫が必要となる。株式会社グリーン発電大分では、BTGシステムからの低温排熱（温水）を**配管を通じて隣接する毎農家に供給**している。その他、国内の先進事例に基づく以下のような利用先が挙げられる。

#### <低温排熱の利用先の例>

- 農業ハウス（発電所の敷地内に新たに導入するケースも存在する）
- 温水プールや温浴施設（消費熱量は限定的であることが多い）
- 養殖施設（エビ、スッポンの事例も存在する）（設備投資と費用対効果の見極め必要）
- トマト栽培等の農園（設備投資と費用対効果の見極め必要）
- 積雪地域の道路の融雪・凍結防止（使用時期が冬期に限定される）

## 実証事業者の検討：ORC における低温排熱の有効活用

実証事業者であるバンブーエナジー株式会社において導入した ORC は、熱供給が主体の設備であるが、温水の使い道がないことが日本での普及の妨げになっている。発電と比較して、約 4 倍の熱量が温水として得られるが、この使用先がないと ORC は事業性が難しくなり普及できない。

2 章のコラム「実証事業者の検討：ウォーキングフロアにおける原料乾燥」で示したように、バンブーエナジー株式会社では ORC からの廃熱をウォーキングフロアにおける燃料乾燥に利用しているが、温浴施設や養殖エビ、温室など様々な温水利用の検討も行った。しかし、これらの温水利用については季節変動による影響が大きく、年間を通じた利用が見込めない。工業的な利用を検討した結果、大規模ペレット工場への供給が第一候補となった。

なお、欧州での ORC の熱利用は地域熱供給かペレット製造に利用されているケースが多い。ペレット製造では原料おが粉の乾燥用として、約 3,000kW の熱量で年間 3～4 万トンのペレット製造が可能であるが、日本で実施する際はペレットの販売先の確保が課題となる。



図 2.3.11 バンブー株式会社が導入した ORC における温水の供給先検討

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

## 実証事業者の検討：ボイラー廃熱を利用したきのこ使用済菌床の乾燥

社会福祉法人ウイズユーではクリーニング工場においてバイオマス燃料（建築廃材・きのこ使用済菌床）を用いた蒸気ボイラーを導入しているが、ボイラー廃熱をきのこ使用済菌床の乾燥に活用している。

本方法は FS 当初は想定していなかったが、鳥取市（廃棄物対策課）よりきのこ使用済菌床を「燃料」として扱う条件は自燃することが条件であり、それができない場合は廃棄物扱いになるとの指導があったため、ボイラー内熱により自燃する水分率（55%程度）まで下げるシステムを導入した。

なお、ボイラー廃熱による乾燥の前に、ハウスを利用した乾燥により水分を 70%から 60%程度に下げている。本乾燥方法は 2 章のコラム「[実証事業者の検討：きのこ使用済菌床の乾燥設備の検討①](#)」を参照されたい。

蒸気ボイラーの廃熱を利用した廃菌床の乾燥のシステムの概観は以下のとおりである。安定的な運転のポイントとしては、廃熱により乾燥が進んでいるかどうか定期的に差し込み式水分計などで確認し、不十分な際はボイラーに投入せずに乾燥時間を延長することとしている。



図 2.3.12 蒸気ボイラー由来の廃熱を活用した廃菌床の乾燥イメージ

(出所) 社会福祉法人ウイズユー、株式会社智頭石油提供資料

## ② 既存エネルギー設備の運用実態調査 (オンサイト型／マイクログリッド型)

既存の化石燃料設備をバイオマスボイラー等に代替する場合は、エネルギー需要先の調査と併せて、既存エネルギー設備の運用実態について調査する。なお、事例によっても異なるが、**オンサイト型の熱利用ボイラー導入の場合**は、本ステップ以降のエネルギー活用計画の検討時は通常、以下の項目も併せて検討を行う。

1. バイオマスの種類に適した方式・機種を選定（メーカーに実績や長所と短所を聴取しながら、必要熱量の規模と需要変動対応、バイオマス燃料の性状に適するボイラー形式・メーカーを選定する）  
→[4.Ⅰ.1 エネルギー変換技術の検討]（359頁）[4.Ⅱ.1 基本設計]（372頁）
2. システム制御方法の選定（全自動、半自動、遠隔監視およびオンサイト監視等の選定を事業者と協議して選定する）→[3.Ⅱ.1 エネルギー活用計画 ⑤エネルギー需給管理システムの検討]（334頁）
3. 想定する排ガス性状と法規制の整合性の確認、必要な除害装置の選定  
→ [4.Ⅱ.1 基本設計 ① システムの基本計画策定]（372頁）
4. 使用するバイオマス燃料の主灰や飛灰の性状と発生量の確認、適正な貯留・排出装置の選定  
→ [3.Ⅱ.2 副生物の処理方法の検討]（340頁）
5. 必要熱量に見合った燃料バイオマスの受入供給装置の設計  
→ [4.Ⅱ.1 基本設計 ③ 燃料の受入・貯蔵システムの検討]（391頁）

### <オンサイト型／マイクログリッド型熱利用の場合>

#### □ 既存システムの更新時期や老朽化の状況などは確認できているか？

現在の熱供給設備に代わりバイオマスボイラーを新規に導入する際は、**既存システムの更新時期や老朽化状況を確認**する必要がある。

なお、化石燃料ボイラーの耐用年数は10年から15年程度であり、導入してから年月が経っていない場合や減価償却が終わっていない状況では、ボイラーの追加購入を除き**通常バイオマスボイラーに切り替える需要は生まれにくい**ことに留意する。

### その他のバイオマスエネルギー導入需要の確認

ただし、近年 **SDGs や ESG を意識した取り組み**として、特に グローバルに展開する大手企業の間で**温室効果ガス削減を目的にバイオマスボイラーを導入**するケースが増加しつつある。熱供給候補先に対して既存システムの状況以外に、こうしたバイオマスエネルギーそのものの需要および目的をヒアリングすることが重要である。

こうした温室効果ガス削減を目的とするバイオマスエネルギー需要の詳細は「**3.Ⅱ.1 ④導入先の意向確認**」（332頁）を参照されたい。

□ 既存システムで現在使用している化石燃料の量・費用など把握したうえで、需要者にメリットのある熱供給の仕組みをつくれるか？

□ 既存の設備・システムの実際の効率を踏まえた需要予測がなされているか？

### 熱需要調査

熱需要調査はまず最初に年間の月別重油消費量を把握し、**年間の熱需要カーブを作成**する。次に**1日の需要パターンを分析**し、必要熱量の最大値と最小値を把握する。そのうえで、ボイラー規模、並びに蓄熱タンクの規模などの**設備構成を決定**する。

なお、年間の熱需要量カーブの作成にあたり、**既存のボイラーの熱効率や配管における熱ロス等が正確にわかる場合は少ない**。そのため、実際には需要先の現在の**熱消費量の情報だけで最適なバイオマスボイラーの規模やスペックを判断することは難しい**。

既存の設備やシステムの実際の効率は、1～2週間かけて熱需要先における**インプット熱量（バイオマス代替前であれば重油の総熱量等）およびアウトプット熱量を調査**することで把握することができる。

### 需要変動への対応

化石燃料ボイラーは追従性が高いのに対し、**バイオマスボイラーは追従性が悪い**という欠点がある。そのためバイオマスボイラー導入時に**単純に最大出力が出る設計をすると過大な設備となるだけでなく、低出力時の対応ができないことがある**。

こうした事態を避け柔軟な運転を行うために、**蓄熱タンクの設置や小型ボイラーを複数台導入して制御する**などの対応策が有効である。

山梨県の某ゴルフ場では、250kW 相当のバイオマスボイラーを導入したが、同規模のボイラー1台を導入するのではなく、50kW の小型ボイラーを5台導入した。初期投資の観点では250kW のボイラー1台を導入した方が安価であるが、5台に分割することでボイラー負荷を分散し、かつ柔軟な運転を行うことができている。さらに、50kW のボイラーは**労働安全衛生法上のボイラーに該当しないため（※導入当時）、無人運転が可能となり運営費を削減**することができている。また、この規模では無圧開放の対応が不要であるメリットも存在する。

なお、**熱電併給事業の場合**は、熱供給と発電のバランス設定に注意し、メリットの大きい方を比重を置いた事業計画を行う必要がある。詳細は「**3.1.1 ②設備規模と投資規模の確認**」(315頁)を参照されたい。

### ③ 導入先のインフラ、周辺環境調査（共通）

**新規にプラントを建設する場合は**、エネルギー需要調査と併せて建設場所における電気、水道などのインフラに関して調査する。

また、**外部への熱供給事業、特に「マイクログリッド（地域供給型）」の場合**のように、ボイラーのすぐそばに熱需要先がないのであれば、熱導管による熱需要先への熱供給インフラの設置を検討する。熱導管は**地上式、架空式、埋設式**などの複数の種類がある。地上式は一番価格が安いものの、ルートが大きい。架空式は公道をまたぐ場合は道路交通法に留意する必要がある。また埋設式はコストが高い傾向がある。また一般公道に埋設することは原則としてできない。以上を総合的に勘案して、配管ルートを決定する必要がある。

#### <広域グリッド型の場合>

- 系統連系が可能か確認済みか？またそれに必要なインフラ費用を確認済みか？
- 系統連系のアクセス可能な良い用地が選定されているか？
- 電力会社の系統アクセス調査で空き容量が確認されているか？
- 系統連系に必要な給電設備の追加に関する電力会社の費用請求を理解し把握しているか？

発電事業を計画する際には地域の電力系統の容量を確認する必要がある。特に北海道や九州などでは太陽光発電をはじめとする再生可能エネルギーの導入により系統が逼迫しているため、新規計画を断念したバイオマス発電事例も存在する。

**FIT 制度では認定を受けるにあたり、電力会社との接続契約を結ぶことが条件**であることから、それが可能な地域を建設候補地として選ぶ必要がある。

#### 系統連系に係る費用

通常、発電プラントから電力系統につなぐための送電線の費用も必要となり、**場所と発電規模によっては数億円に達することもある**。また、特別高圧線に接続する場合は変圧器も必要となるが、これは事業者負担となるため初期費用に大きくのしかかってくることに留意する。

#### 周辺環境に悪影響のない事業モデルとなっているか？

- 居住地からの距離が近接していないか？
- 燃料の搬送や投入、機器の運転による騒音・振動・臭気・粉塵など周辺への影響がないか？

バイオマスエネルギー設備を居住地からの距離が近接した場所で導入する場合は**燃料の搬送トラックや機器の運転による騒音・振動、その他臭気・粉塵の対策**を行う必要がある。

過去の事例では対策が不十分で稼働開始後に住民とのトラブルに発展したケースや、計画時点で住民反対により頓挫したケースもある。場所によっては、こうした課題の一義的な解決が難しい場合があるが、**住民が被るリスクに対して真摯かつ「目に見える形で」対応**することで理解を促していく必要がある。

## □ 法規上の離隔距離を適正に確保できているか？

ボイラーをはじめとする燃焼設備を用いる場合は消防法および自治体の火災予防条例において、設備配置における離隔距離が定められている。バイオマスボイラー、BTG の他、ORC および熱分解ガス化設備もこれらの法律・条例に該当するため、計画時に確認が必要である。その他、条件によっては電気事業法「**発電用火力設備に関する技術基準を定める省令**」に記載されている離隔距離を考慮する必要もある。

エネルギー変換技術毎の法規制の詳細は「**第 3 部 2 章 バイオマスエネルギー設備・技術に係る基礎知識**」を参照されたい。

## ④ 導入先の意向確認

### (オンサイト型／マイクログリッド型)

外部に対してバイオマス熱を供給する場合、または ESCO 事業のように**事業主体と設備運転主体が異なる場合**は、エネルギー需要調査と併せて、エネルギー供給先候補および設備導入候補（顧客）の意向確認を行う。

#### <オンサイト型／マイクログリッド型熱利用の場合>

#### □ 導入先のバイオマス利用目的と合致したビジネスモデルとなっているか？

#### 国際的な気候変動イニシアティブ

近年 **SDGs や ESG を意識した取り組みとして、温室効果ガス削減を目的にバイオマスボイラーを導入**するケースが増加しつつある。熱供給候補先に対して**既存システムの状況以外に、こうしたバイオマスエネルギーそのものの需要および目的をヒアリング**することが重要である。特にグローバルに展開する大手企業の間でこのような取り組みが盛んになりつつある。

2014 年のパリ協定以降、グローバル企業を中心に RE100、SBT といった気候変動対策に係る**国際的なイニシアティブに参画する動き**が見られる。こうした企業はイニシアティブを通じて**主に投資家向けに温室効果ガス排出状況と削減に関する取り組み、将来ビジョン等を開示**している。

#### 企業の温室効果ガス排出の考え方

温室効果ガスの排出状況は Scope1～3 の 3 種類の考え方がある。**Scope1** は企業の事業所または工場の中で使用した燃料から直接的に排出される CO<sub>2</sub> 排出量を指す。次に **Scope2** は、電気など事業所、工場が外部から購入したエネルギーから排出される CO<sub>2</sub> を指す。最後に **Scope3** は、企業が購入する材料や生産物の販売先などサプライチェーン全体から排出される CO<sub>2</sub> を意味する。

昨今の太陽光発電や風力発電の進展により再生可能エネルギー電力を購入することで Scope2 の CO<sub>2</sub> を削減する企業は増加した一方、**未だに Scope1 の自社で使用する燃料、熱需要の CO<sub>2</sub> 削減ができていない企業が多いのが実態**である。

#### バイオマスの役割

バイオマスは再生可能エネルギー熱として利用できるため、こうした**工場内の化石燃料から排出される CO<sub>2</sub> 削減 (Scope1) の手段として急速に注目**されつつある。

外部へのバイオマスエネルギー供給を計画するにあたり、上記のような需要を確認することが重要である。

なお、2021 年度の地球温暖化対策推進法や省エネ法の改正に伴い地方自治体、民間企業の間ではバイオマス需要が拡大する見込みであり、詳細は、「**1. I. 1 組織・自治体における発意**」(130 頁) および「**第 1 部 2 章バイオマスエネルギーの事業環境**」を参照されたい。



## <熱利用ボイラーの場合>

### □ 導入施設側のリスクと対応も検討がされているか？

バイオマスボイラーの導入は経済性や地域への貢献などの意義がある一方、**ユーザビリティの面**で一般的にはそれまで使っていた化石燃料ボイラーに劣るため、そうしたデメリットも関係者間で共有する必要がある。

## 運転管理負荷の考慮

既存のバイオマスボイラー導入のデメリットとして、既存事例から最も多く挙げられるのは**運転時の設備トラブル**である。ほとんどの場合、設備トラブルは原料の品質・水分率に起因する。例えば**乾燥チップボイラーの場合は燃料の水分率が40%を下回ることが求められる**。こうしたボイラーの要求する燃料条件を、管理者側または燃料サプライヤー側が管理できていないと運転トラブルが生じることになる。逆にボイラーに**マッチした品質の燃料をしっかりと管理、利用している事例では運転トラブルは通常少ない**。

## <特に公共事業による熱利用ボイラー導入の場合>

### □ 導入先の担当者に対して事業目的や役割、管理方法は明確に伝わっているか？

### □ 特に公共施設の指定管理者等において、導入に対する不安が解消され、理解を示しているか？

バイオマスエネルギー事業では、市町村や経営者の意向でバイオマスボイラー等を導入したが、**実際に設備を運営する現場担当者との温度差が生じ円滑な運営ができない事例がある**。

## 指定管理者による運転時の留意事項

特に公共施設では施設の所有権は自治体が有していても、実際のボイラー等の管理は施設全体の運営を委託されている「**指定管理者**」が施設運営の一環として行っている場合が多い。その場合、公共施設全体の管理者がボイラーの管理をしないといけないため、指定管理者自身が設備の運転管理や燃料管理等の正しい知識を持つ必要がある。

しかし実際には、導入計画を主導した市町村から**指定管理者に導入背景や目的、バイオマスボイラーの管理方法などが十分伝わっておらず**、設備トラブルや運転管理への支障が生じている事例も散見される。

バイオマスボイラーは導入後、**従来の化石燃料ボイラーから燃料費、メンテナンス費等のコスト構造が変わる**。施設の指定管理の委託契約には光熱費等も勘案した委託費が設定されているため、バイオマスボイラーの導入に合わせて委託契約の内容及び契約額自体も見直していく必要がある。

## 薪ボイラー導入の留意事項

薪は燃料生産側の仕組みづくりが比較的容易であることに加え、薪ボイラーは初期投資がチップよりも少ないため、公共事業として好まれる傾向がある。しかし、**実際は現場の担当者の手作業が多いため、施設の条件を踏まえて検討する必要がある**。薪はチップと異なり燃料の自動投入ができないことが多く、施設側の負担が大きく一日に何回も薪の投入が必要となる。

このように、実際に発生する**負担やリスクについても事前に共有し、運営方法や担当者の役割分担について検討することが必要**である。

## ⑤ エネルギー需給管理システムの検討 (オンサイト型／マイクログリッド型)

**オンサイト型および地域供給型（マイクログリッド型）の場合**、エネルギー需要調査が完了したのち、熱（または電気）の需給管理を行うためのシステムの検討を行う。併せて、バイオマスボイラー等が停止した際にも供給可能なようにバックアップシステムについても検討する。

### <オンサイト型／マイクログリッド型熱利用の場合>

#### □ 需要規模に対して過大な需給管理システムが導入されていないか？

エネルギー供給先の候補が絞られている場合には、その施設におけるエネルギー需要の内容を把握する。把握の方法は、供給先施設が新設か既存施設の更新かによって異なる。

新設の場合は**設計者から熱負荷計算データを取得することが必要**となる。既存施設の更新の場合、石油やガス、電気の利用実績のデータを用いるか、あるいは熱量を実測することによって、**熱の用途別内訳や熱ロス等を推測する**ことが必要となる。

#### <熱供給の場合>

熱供給先候補の需要量の季節変動を把握し、供給先が概ね定まった段階で、曜日別や時間別などのより詳細な需要量の変動を把握する

#### <電力供給の場合>

系統連系の場合、需要量変動の把握は不要であるが、自家消費や特定の需要先に供給する場合は、月別や曜日別、時間別の需要量の変動を把握する

### 木質バイオマスボイラーの熱需要への対応

木質バイオマスボイラーは立ち上げや停止に時間がかかり、**急速な出力調整が難しい**。そのため、毎朝起動し毎晩停止したり、ピーク需要をカバーするような運転方式には適さず、**出力変動が小さく稼働時間が長いベース需要（またはミドル需要）に対応するような運転方式に適している**。

ただし、温水バイオマスボイラーの場合は、後述するように**貯湯槽を設けて蓄熱することで需要に対して柔軟に対応することができる**。こうした蓄熱による負荷変動の吸収により、バイオマスボイラーは定格以上の出力を出すことができ、**設備規模を小さくし設備利用率を向上させる**ことができる。

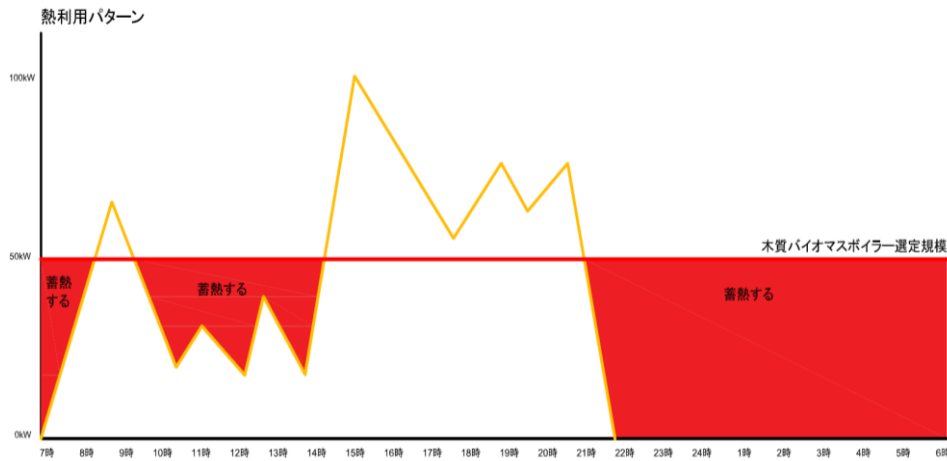


図 2.3.13 木質バイオマスボイラーの蓄熱槽導入による負荷変動への対応イメージ

(出所) 一般社団法人徳島地域エネルギー提供

## □ 需要先設備の省エネ・断熱や運用方法の見直しでピークカットができないか？

上述のとおり、バイオマスボイラーは柔軟な出力調整に適していないため、需要変動に合わせた対策が必要になる。代表的な方法は蓄熱槽を導入することであるが、**運用面の工夫により施設の需要変動自体を滑らかにする**検討も重要である。

### 運用面におけるピークカット

エネルギー需要のピークは熱供給先の設備の立ち上げ時に生じやすいことから、これらの**設備を時間差で立ち上げることで、このピークをずらすことができる**場合がある。なお、電力も同様で、自社工場内の**電力需要設備の起動スイッチを、多数同時に押していた状態から、1台ずつ順に起動していく**ことで起動時の電力を抑えピークカットに成功した事例も存在する。

### 蓄熱槽と運用のセットによるピークカット

まずはエネルギー需要変動自体を緩和できるか検討を行ったうえで、蓄熱槽の導入などのハード面の検討を行う。その際、**運用方法も併せて工夫する**とより効果的である。

例えば、バイオマスボイラーを導入した国内のある温泉施設では、大きな蓄熱槽の容量を確保し**十分な蓄熱を行った状態で、夜中からゆっくりとボイラーの立ち上げを行うことで、早朝の熱需要のピークに最小限のボイラー規模で対応**している。また、初期投資額はボイラーの出力規模に比例して大きくなる。一方、蓄熱槽は比較的安価（例えば欧州では 5m<sup>3</sup> の蓄熱槽の価格は 60 万円程度）であるため、投資対効果が大きい。

## FS 事業者の検討：蓄熱槽導入による温水ボイラー容量の検討

NEDO の FS 事業者である一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会では、地域熱供給における温水ボイラーの導入を検討した。温水ボイラー容量は一般的には最大熱需要に対して計画するが、本検討では蓄熱タンクを有効活用することで温水ボイラーの能力を抑える計画とした。能力検討における基本的な考え方は、下記のとおりである。

- 昼間のピーク負荷に対して、温水ボイラーと蓄熱タンクからの放熱分を考慮する。
- 夜間の熱負荷が少ない時に、蓄熱タンクへ蓄熱出来る容量とする。
- 温水ボイラーは可能な限り 24 時間定格運転出来る容量を計画する。

同 FS で調査検討したオーストリアにおける設計においても、適切なボイラーの選択のためには、熱需要の適切な把握に加え、蓄熱タンクの有効利用と断熱性の高い配管の使用による熱ロスの軽減に配慮されている。こちらの詳細は 4 章のコラム「FS 事業者の検討：地域熱供給設計における日本とオーストリアの比較」を参照されたい。

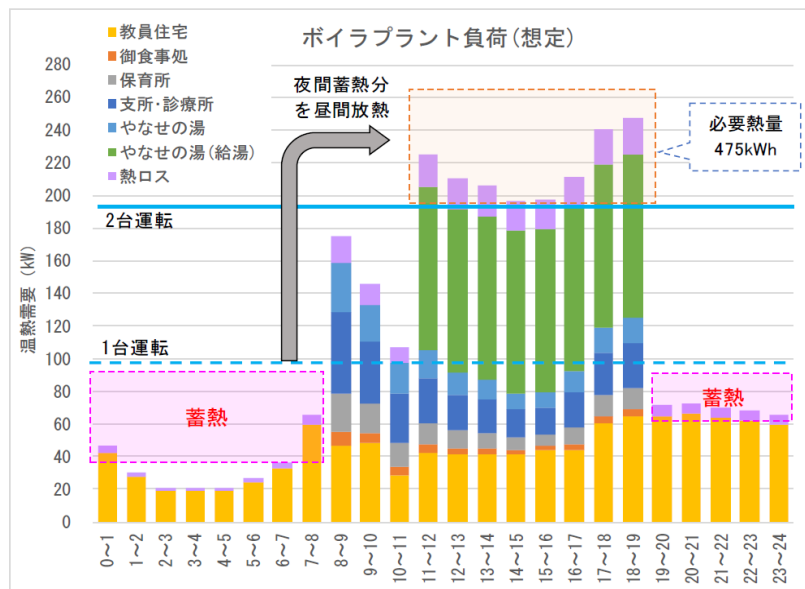


図 2.3.14 1 日の時間別温熱需要とボイラプラント負荷の検討例

(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会「2018 年度～2019 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/山村における木質バイオマス地域熱供給モデル構築事業の事業性評価(FS)」2020 年

## FS 事業者の検討：蒸気供給に関する需要変動対策

NEDO の FS 事業者である株式会社サービバレッジは、チップボイラーの熱を飲料製造工場および農業施設に対して供給するシステムを検討したが、農業施設の蒸気負荷変動による設備利用率の低下が課題となっていた。そのため、スチームアキュムレーターを導入することで設備利用率の向上を図った。

株式会社サービバレッジはバイオマスボイラーとアキュムレーターの組合せで実際に熱負荷変動に対応させた場合に、必要となるアキュムレーターの容量を分析し、バックアップとしての重油ボイラーの稼働をどの程度削減可能かを検証した。結果、アキュムレーターの必要蒸気容量は 3t で、導入によりバイオマス燃料の使用量を 1 割削減することができることがわかった。詳細は株式会社サービバレッジの FS 調査報告書を参照されたい。

ただし、アキュムレーターは高圧蒸気の実績がある施設において導入が適することに留意が必要である。

7月12日



7月13日

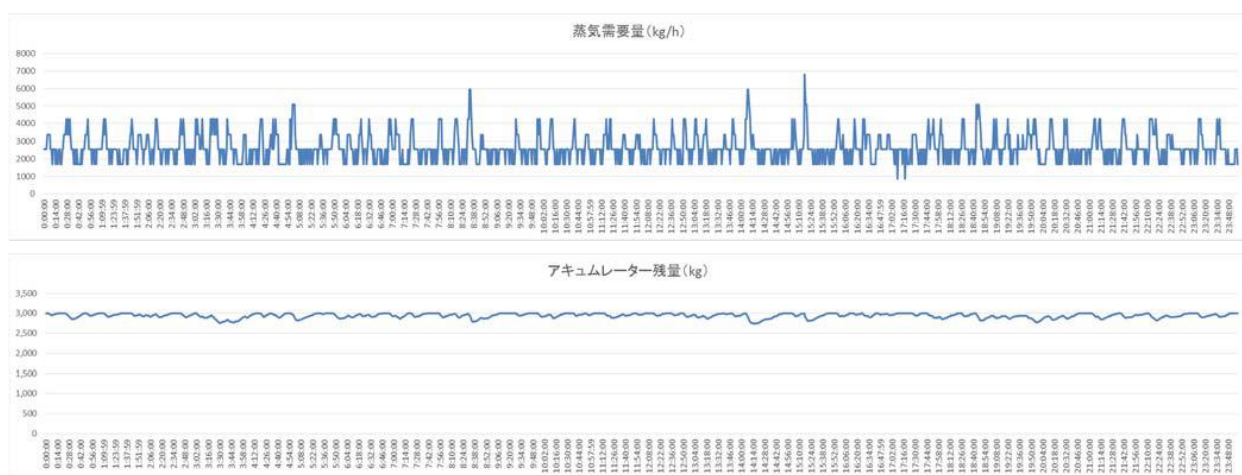


図 2.3.15 FS 事業実施事業者のモデル負荷パターンにおける蒸気需要量とアキュムレーター残量の試算例

(出所) 株式会社サービバレッジ「平成 27 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業 飲料製造工場および周辺施設へのバイオマス地域熱供給事業の事業性評価 (FS)」(NEDO) 2016 年

□ バックアップや貯蔵システムの組み合わせによる特に熱の需給管理のシステムが構築されているか?

バックアップのシステム検討

バイオマスボイラーを導入、運転する際には、原料調達や設備トラブルによって熱供給が滞るリスクをゼロとすることは難しい。そのため、従来の化石燃料ボイラーをバイオマスボイラーに置き換える場合は、**既存の化石燃料ボイラーをバックアップボイラーとして残す**ことが望ましい。

また、ボイラー周辺の付帯設備や熱交換システムについても、既存設備を総入れ替えするのではなく、**現在の熱交換システムを残したうえで、バイオマスボイラーの熱源を追加する**方が費用対効果の点で効果的である。

**バックアップ設備（化石燃料ボイラー）とバイオマスボイラーと併用することで、ピーク需要に対して柔軟に対処**することも可能となる。

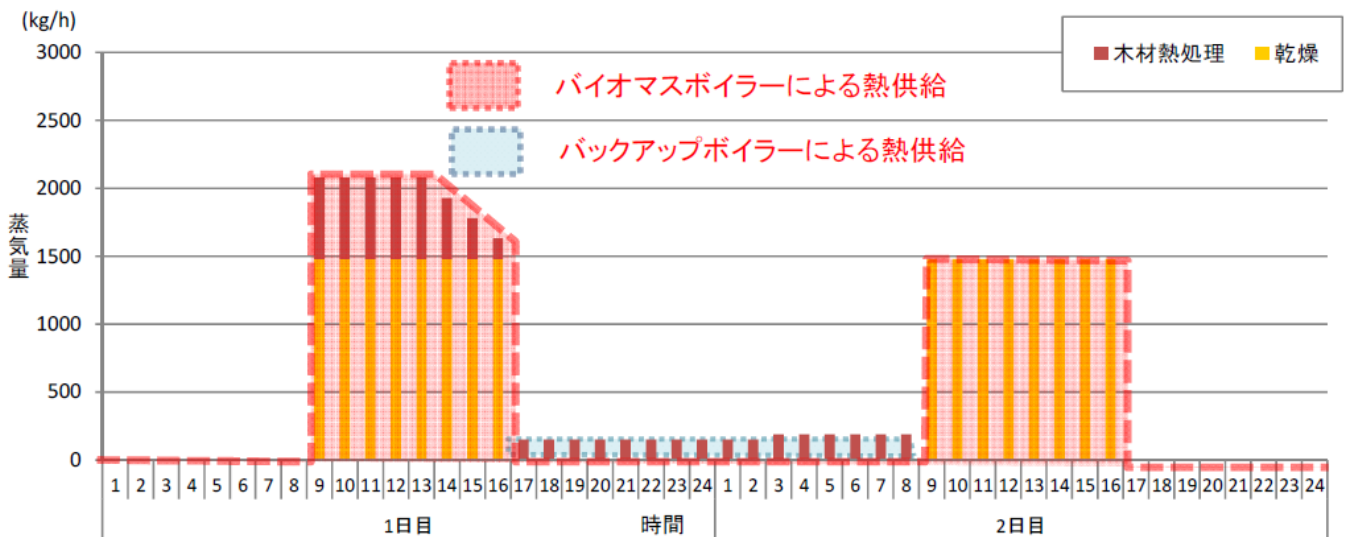


図 2.3.16 バックアップとしての重油ボイラーを併用したピーク需要への対応イメージ

(出所) 長野森林組合「平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業 中山間・内陸に適した木質バイオマスエネルギー需給複合型システムの事業性評価 (FS)」(NEDO) 2016 年

## ⑥ 系統連系の調査（広域グリッド型、オンサイト型）

発電事業の検討を行っている場合、または自家消費を目的としつつも逆潮流の発生が見込まれる場合は、電力会社に連系希望地点付近の系統状況について任意の事前相談と接続検討の申し込みが必要となる。

- ❑ 電力会社の系統アクセス調査で空き容量が確認されているか？
- ❑ 系統連系に必要な供給設備の追加に関する電力会社の費用請求手続きを理解しているか？

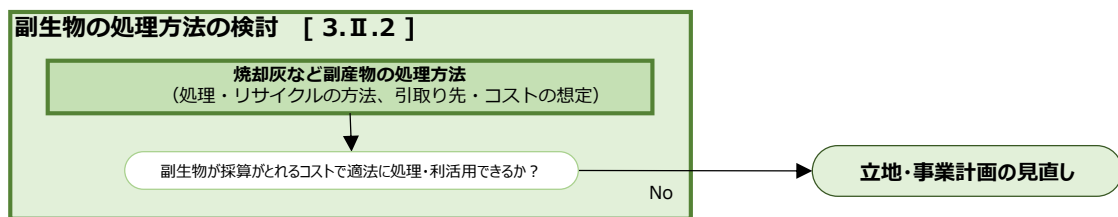
接続検討では電圧や周波数、系統に与える影響などの技術的な観点での接続可否・必要工事費用の概算値が送配電事業者によって算定され、事業者へ回答される。高圧系統への接続を検討する場合は 1 回答あたり 22 万円の費用が発生し、この回答までに 3 か月程度を要する。

特定高圧系統の空き容量（新規の接続可能量）については各送配電事業者のホームページからも事前に確認することができる。一方で接続可能量に空きがある場合でも逆潮流する電力量に時間変動が見られ、その調整が困難である場合や地域の電力需給バランスによって系統設備の周波数維持の観点で送配電事業者から連系不可の回答や発電量を下げる設備の導入を要求されることがある。

## 3.Ⅱ.2 副生物の処理方法の検討

木質バイオマスの副生物の多くは産業廃棄物として処理されることが一般的であるが、再生利用するケースも増加しつつある。FS調査では焼却灰をはじめとする副生物のこうした処理・利用方法について引き取り先およびコストと併せて検討する。

**焼却灰を肥料等で利用することを目指す場合**、類似した事業内容の先行事例から灰の性状等に係る情報収集を行い、それらをもとに想定する引き取り先に打診し、受入可能な場合は概算の販売価格または処理コストを確認する。実際の灰の性状は燃料収集地域の土質条件により異なる可能性があるため、FSの次のフェーズの試運転期間中に得られた灰をもとに引き取り先と具体的な契約条件を確認する。



### □ 焼却灰等副生物の処理先や価格が想定できているか？

焼却灰の処理形態として最も一般的なのは、**産業廃棄物として処理費用を支払い、処理業者に引き渡す方法**である。

その他、焼却灰をセメントへの混合や建築用ブロックの原料、肥料の中間処理剤などに利用している例がある。このような有効利用するケースでも、大半は一定の処理費を支払ったうえでの引き取りとなっている（処理費用は産廃処理の場合に比べて安価）。ただし、外部業者による有効利用の場合は灰の発生量によっては、全量引き取りができないケースも見られる。

### 灰処理単価

焼却灰の処理単価は地域によって、また処理および利用先によって様々である。既存事例をみると、**一般的な地域で 1～3 万円/t**、高いところでは 7 万円/t 近い金額となっている。したがって事業性にもたらす影響は大きい。有価物として買い取ってもらう例もあるが、大半は、通常より安い処理費での引き取りとなっている。

### 原料別の焼却灰の発生量と性状

焼却灰の発生量は、**山林資源由来のチップおよびペレットの場合、概ね 0.5～5%程度が一般的**である。一方、**樹皮（バーク）の場合**は灰分含有率が **5～10%**と高い。ただし、土砂などが多く含まれる木材資源をボイラーに投入した場合、土砂と灰が混合した副生物となるため、副生物総発生量は増加する傾向にある。

焼却灰の性状は木材資源の種類に応じて異なる。**建築発生木材の場合**は、**重金属類および塗料や薬剤由来の有害物質が含まれる**傾向にあり肥料利用や製品利用をする際に制限を受ける場合が多い。こうした**有害物質が含まれる場合**は、有効活用できないだけでなく、**産廃処理費用も高額になる**ことに注意が必要である。

その他、**海水に浸った木材など塩分（Cl）が多い燃料の場合**には、灰の引き取り先が限定されるうえ、処理費用も高くなる傾向があるので、注意されたい。



## □ 副生物を有価物として有効利用するための検討がなされているか？

### 肥料としての利用可能性

燃焼灰は肥料成分が含まれるものの、これまで産業廃棄物とみなされる場合が多かったが、2013年6月に環境省から各都道府県・政令市に対して、燃焼灰の取扱いに関する以下の通知が出されたことで焼却灰の肥料利用に取り組む事例も増えつつある。

ペレットまたはチップを専焼ボイラーで燃焼させて生じた燃焼灰のうち、有効活用が確実でかつ不要物とは判断されない燃焼灰は、産業廃棄物に該当しない  
ただし、塗料や薬剤を含むおそれのある廃木材由来のチップやペレットを混焼した場合は、これに当てはまらない

肥料としての利用価値を決める指標となる成分は窒素（N）、リン（P）、カリ（K）であり、これらの含有量の分析が必要となる。なお、焼却灰には NPK の他、有機炭素分やカルシウム、マグネシウムなど様々な成分について肥料としての効果があることが報告されている。

### 肥料の品質の確保等に関する法律

また、肥料については「肥料の品質の確保等に関する法律<sup>26</sup>」において、規格、登録、検査等が定められており、肥料を生産、販売（無償譲渡を含む）する際は、その種類に応じて農林水産大臣または都道府県知事への登録や届出が必要とされている。木質燃焼灰の肥料としての利用の手続きも同法に基づいて実施するため、詳細は農林水産省のホームページを参照されたい。

## □ 事業収支上、燃焼灰が有価で販売できなくても十分採算がとれる計画になっているか？（灰の販売に過剰に依存していないか？）

上述のとおり、バイオマスの燃焼灰は肥料としての活用の検討が進みつつあるが、現時点では都道府県から産業廃棄物として扱われ肥料利用の許可が下りない事例が多い。そのため、事業収支の計算の際は、保守的な観点から焼却灰を全量販売する想定はせず、産廃処理を前提とした状態で採算性が確保できるようなシステムを検討する必要がある。

事業収支の検討に関する詳細な留意点は「[1. II. 3 事業収支の検討](#)」（164頁）を参照されたい。

<sup>26</sup> 2020年12月に法改正が行われ、名称も「肥料取締法」から「肥料の品質の確保等に関する法律」に変更となった。

## フェーズⅢ 設計・施工段階

バイオマスのエネルギー供給・副生物利用の設計施工段階におけるチェック項目は下表のとおりである。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

表 2.3.14 バイオマスのエネルギー供給・副生物利用の設計施工段階におけるチェック項目

項番号	実施事項	留意事項	チェック
3.Ⅲ.1	エネルギー供給契約	適切な契約期間、料金形態、供給条件等が設定されているか？	
		供給先の倒産リスクや需要変動リスク等についての規定が盛り込まれているか？	
		バックアップ等の責任の所在は明確となっているか？	
3.Ⅲ.2	FIT 事業申請（広域グリッド型）	FIT の事業申請は受理され ID を取得済みか？	
3.Ⅲ.3	接続契約、売電契約 （広域グリッド型）	<広域グリッド型の場合> 優先給電ルールに基づく出力抑制対象外に該当し得るかどうかの検討を行ったか？また、該当する場合、地域型バイオマス指定の手順について理解し準備ができていますか？	
		<同上> 電力会社との接続契約と売電契約は締結済みか？	
3.Ⅲ.4	副生物の処理・有効利用に係る条件協議	関係者と副生物の処理・有効利用について合意が得られているか？	

## 3.Ⅲ.1 エネルギー供給契約

### □ 適切な契約期間、料金形態、供給条件等が設定されているか？

#### 熱販売価格の設定方法

熱販売価格については、従来の化石燃料のシステムと比較して優位性のある価格帯で販売していくことが必要である。熱料金は①化石燃料価格と比較して優位な価格帯とするパターンと、②設備投資等による固定費、燃料費も含めた維持管理費も合わせた費用全体で優位な価格帯とするパターンが考えられる。

特に新設の施設や化石燃料ボイラー等を廃止しバイオマスボイラーに更新する場合には、②のパターンのように化石燃料ボイラー等を導入した際のトータルの費用と比較して、優位性のある価格帯を設定していくことが有効である。

また料金形態については固定費分を回収する基本料金と変動費分を回収する従量料金の二部料金制を採用する例が多く見られる。設備投資のリスクを極力ヘッジしていくためにも、適切な基本料金額を設定することが重要である。

### □ 供給先の倒産リスクや需要変動リスク等についての規定が盛り込まれているか？

電力供給と異なり、外部に熱供給を行う場合は事業期間中、需要家が安定的に存続しているかが事業の成否を分ける要素の一つとなる。実際、熱供給事業を開始して数年後に供給先の企業が倒産して熱の出口を失った事例も過去には存在する。こうした供給先の倒産リスクや需要量の変動リスクを完全になくすことは難しい。

しかし、供給側の事業者の事業リスクを軽減する一つの手法として、需要家から回収する基本料金などを事業期間前半は高めに設定し、投資回収年数を早めることも有効である。その場合も需要家にとって期間全体から見ればメリットが発生するような料金設定をするよう留意する。

### □ バックアップ等の責任の所在は明確となっているか？

外部に対して熱供給を行う場合は、供給責任の所在を明確にした契約を締結することが重要である。

熱供給契約には様々な種類があり、供給者のバイオマスエネルギー設備にトラブルが生じた場合に、必ずしも需要家にバックアップ供給を行わない契約もあり得る。ある国内事例では、隣接する製材工場に対し供給責任を負わない熱供給を行っている。この製材工場は、既存の化石燃料ボイラーをベースに工場内の需要を賄っており、隣接する熱供給業者から追加的に安価かつ低炭素なバイオマス熱を購入する形態となっている。

一方で、熱供給先に対して供給責任を負い、バイオマスボイラーがトラブル等で運転ができない際も供給者が保有する化石燃料バックアップボイラーでエネルギー供給を保証する契約形態もある。

# 3.Ⅲ.2 FIT 事業申請（広域グリッド型）

❑ FIT の事業申請は受理され ID を取得済みか？

## FIT 制度申請のフロー

電力会社の送電網に接続する事業者は、**立地と設備の詳細検討と並行して、送配電事業者に対して事前相談（任意）と系統設備への接続検討の申込、特定契約の申込を行う**必要がある。特別高圧線への接続を希望する場合は、接続検討の申込に先立って、送配電事業者のホームページから系統連系希望地点付近の系統の空き容量を閲覧することができ、**高圧の系統設備の空き容量に関する情報は事前相談において得ることができる。**

なお、認定済み未稼働案件への対策として、平成 29 年度から経産省へ FIT 事業計画認定の申請を行う際には、**接続検討申込の回答後の接続契約の締結が必要**となった。FIT 制度の調達価格は事業計画認定取得と系統連系接続契約申込が行われた時点で決定する。したがって、**運転開始を予定する時期から逆算して各種手続きを進める**ことが望ましい。また、**事業計画の認定を受けた後も 4 年以内の運転開始期限が設定**され、期限を過ぎての運転開始となった場合は**超過期間分だけ FIT の買取期間が控除**されることとなった。

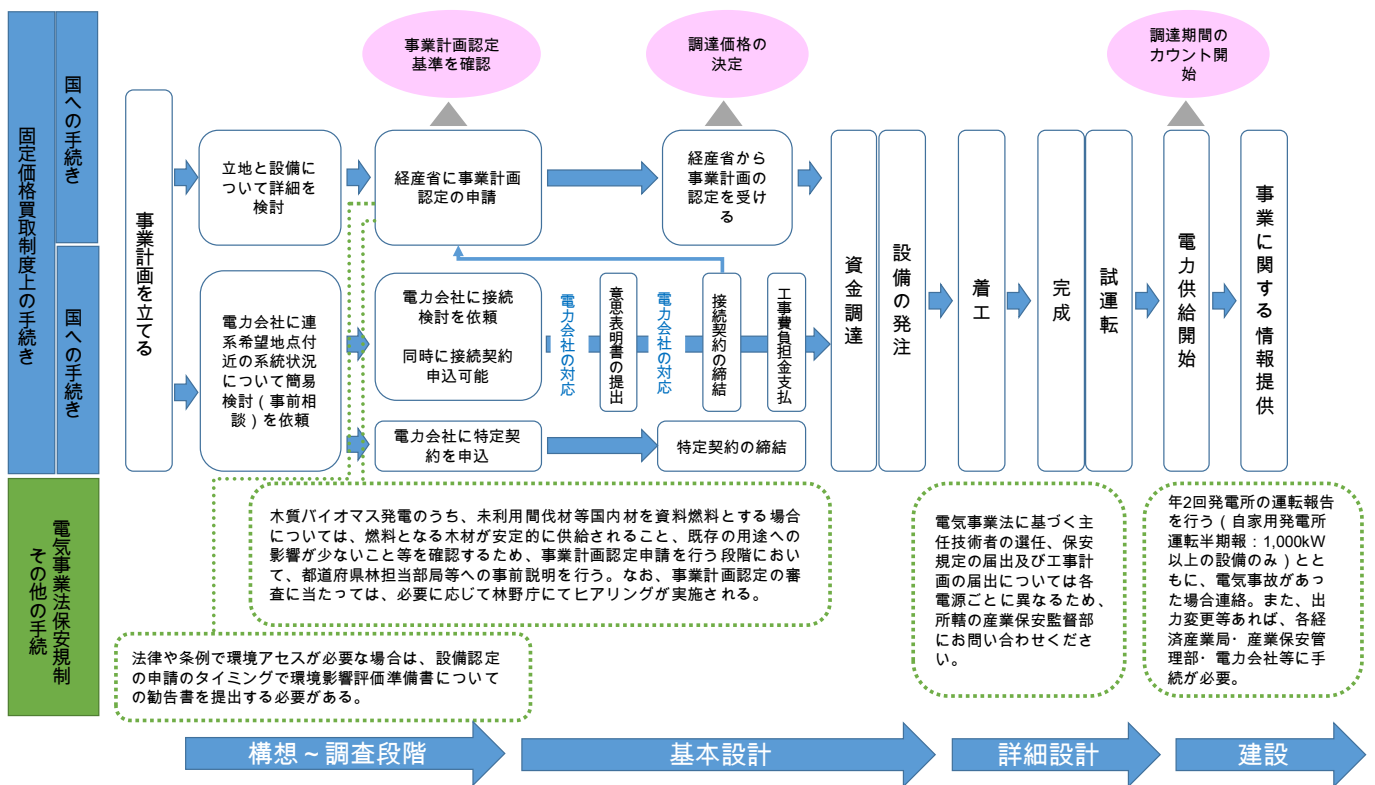


図 2.3.17 FIT 制度の事業計画認定取得および系統連系接続に関するフロー

(出所)「再生可能エネルギー固定価格買取制度ガイドブック 2017（平成 29）年度版」（資源エネルギー庁）より作成

## 必要となる申請書類

FIT 制度の活用を考える事業者は、国からの事業計画認定を受けるための手続と電力会社との系統連系接続契約申込に向けた手続を並行して進める必要がある。国が示している事業計画策定の遵守事項は、下表のとおりである。

表 2.3.15 バイオマス発電事業の実施において遵守する事項

項目	内容
事業計画策定ガイドラインの遵守	事業計画策定ガイドラインにしたがって適切に事業を行うこと。
維持管理体制の確保	安定的かつ効率的に再生可能エネルギー発電事業を行うために発電設備を適切に保守点検および維持管理すること。
適切な措置	この事業に関係ない者が発電設備にみだりに近づくことがないように、適切な措置を講ずること。
出力抑制への協力	接続契約を締結している一般送配電事業者または特定送配電事業者から国が定める出力抑制の指針に基づいた出力抑制の要請を受けたときは、適切な方法により協力すること。
標識の掲示	発電設備または発電設備を囲う柵塀等の外側の見えやすい場所に標識を掲示すること。
正確な情報の提供	再生可能エネルギー発電事業に関する情報について、経済産業大臣に対して正確に提供すること。
関連法令を遵守した処分	この再生可能エネルギー発電事業で用いる発電設備を処分する際は、関係法令(条例を含む。)を遵守し適切に行うこと。
関連法令を遵守した発電事業	再生可能エネルギー発電事業を実施するに当たり、関係法令(条例を含む。)の規定を遵守すること。

(出所)「事業計画策定ガイドライン (バイオマス発電)」資源エネルギー庁 (2017 年) よりみずほリサーチ&テクノロジーズ作成

次頁に記載の資料等を参考に情報を揃えて FIT 設備の認定申請、系統連系接続検討申請を行う。

表 2.3.16 系統連系接続検討申請に必要な資料例

系統連系接続検討申請資料例	
様式 1	接続検討申込書
様式 2	発電設備等の概要
様式 3	主要設備仕様(回転機)
	主要設備仕様(直流発電設備等)
	系統連系保護装置(保護継電器諸元等)
	発電設備仕様(二次励磁巻線形誘導機)
	発電設備仕様(逆変換装置)
様式 4	負荷設備および受電設備
様式 5 の 1	主発電機系ブロック(励磁系)
様式 5 の 2	発電機制御系ブロック図(ガバナ系)
様式 5 の 3	設備運用方法(発電機運転パターン, 受電地点における受電電力パターン)
様式 5 の 4	単線結線図
様式 5 の 5	設備配置関連(主要設備レイアウト図)
様式 5 の 6	設備配置関係(敷地平面図)
様式 5 の 7	発電場所周辺地図
様式 5 の 8	工事工程表

(出所)北海道電力 HP 再生可能エネルギーの固定価格買取制度における受付について「接続検討申込書」連系電圧:高圧(標準電圧 6,000V)), 2015 年より作成

表 2.3.17 FIT 事業計画認定申請情報

必要情報		内容
第1表 再生可能エネルギー発電事業計画	事業者情報	発電事業者名、代表者(役職、氏名)、役員(役職、氏名)、住所
	設備情報	発電設備の区分、発電出力
		設備名称、設備の所在地、事業区域の面積
		配線方法
		電気事業者への電気供給量の計測方法
	事業内容	系統接続に係る事項
		更新に係る事項
		事業実施工程
		保守点検責任者
		保守点検および維持管理計画
		事業に要する費用
		再生可能エネルギー発電事業の実施において遵守する事項への同意(口内に印をつける)
		添付書類
	2. 印鑑証明書	
	3. 設備の所在地に係る登記簿謄本	
	4. 土地の取得を証する書類等(他人の所有地である場合のみ)	
	5. 建造物所有者の同意書(屋根置き太陽光発電のみ)	
	6. 発電設備の内容を証する書類	
	7. 構造図(位置図、敷地図、設備配置図、システムフロー図)	
	8. 配線図(単線結線図)	
	9. 接続の同意を証する書類の写し	
	10. 接続検討申込書類の写し	
	11. 運転開始年月日等の証明書類	
12. 事業実施体制図		
13. 関係法令手続状況報告書		
14. 再生可能エネルギー発電事業における燃料(原料)調達および使用計画書(バイオマス発電のみ)		
15. 再生可能エネルギー発電事業における地熱資源等モニタリング計画書(地熱発電のみ)		
16. 補助金確定通知書		
17. その他 1: 使用燃料の発熱量等計量分析実施予定書、ごみ組成分析実施予定書		
18. その他 2: 燃料使用量記録表		
19. その他 3: バイオマス比率計算方法説明書		
20. その他 4: バイオマス燃料使用計画書、年間ごみ処理予定量を示す書類		
21. その他 5: 誓約書		
22. その他 6: 一般廃棄物処理施設若しくは産業廃棄物処理施設の設置許可、一般廃棄物処分業若しくは産業廃棄物処分業の許可を受けていることを証する書類		
23. その他 7: 一般廃棄物処理施設の業務運営委託契約書		
第2表 申請事業計画使用燃料一覧	燃料区分、燃料名	
第3表 地方税法規定法人チェック	地方税法第七十二条の四に規定する法人である場合のチェック欄	

(出所) 経済産業省「再生可能エネルギー発電事業計画認定申請書」(2017年3月) よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 3.Ⅲ.3 接続契約・売電契約（広域グリッド型）

### <広域グリッド型の場合>

- ❑ 優先給電ルールに基づく出力抑制対象外に該当し得るかどうかの検討を行ったか？  
また、該当する場合、地域型バイオマス指定の手順について理解し準備ができていますか？
- ❑ 電力会社との接続契約と売電契約は締結済みか？

### 出力抑制の該当可否の確認

「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」の施行規則では、家庭ごみ、下水汚泥、食品残渣、家畜排せつ物、未利用間伐材、地域の木材の加工時等に発生する端材、おがくず、樹皮等の残材等の地域に固有のバイオマス（「地域に存するバイオマス」と定義しており、**優先給電ルールにおいては地域資源バイオマス発電設備として、専焼バイオマス発電設備に次いで出力抑制が要請される電源**となっている。ここでいう「地域」については具体的な範囲に限定はないため、市町村等をまたがった広範囲での調達も対象となる。

地域資源バイオマス発電設備への出力抑制の要請については、電力システムの運用上必要な範囲での出力制御の対象となるが、**燃料の貯蔵に係る制約、出力の抑制を行うに当たって生じる技術的な制約その他の制約により、緊急時を除き「出力制御に応じることが困難である場合」は出力制御の対象外**となっている。この「困難である場合」とは資源エネルギー庁の「なっとく再生可能エネルギー」サイトのよくある質問において次のように整理されている。

表 2.3.18 出力制御に応じることが困難である場合

1. 年間を通じて高い出力を維持しながら安定的に発電が行われている、燃料貯蔵容量超過等の影響で異臭が発生する等の環境面での問題が発生する恐れがある、燃料を保管できる発電設備仕様になっていない等、出力制御に応じた結果として生じた余剰燃料を保管できない場合
2. 未利用間伐材等を主に燃料とする場合を想定しており、燃料の供給市場が小さく出力制御に応じた結果として、燃料の需要減に連動して燃料価格が変動する場合や燃料配送計画やごみ収集計画を日単位で調整することが困難であることなど、燃料供給体制に影響を及ぼす可能性が高い場合
3. 設備仕様上、定格出力以外の燃焼は不安定で発電を維持できない場合、出力制御により有害物質の発生を助長する場合

**実際に地域資源バイオマス発電事業を開始する場合は、一般送配電事業者との接続契約時・運転開始後に発電計画と発電設備の状況を踏まえ、出力制御に応じることが困難かどうかの検討と説明が必要**となる。

## 3.Ⅲ.4 副生物の処理・有効利用に係る条件協議

### □ 関係者と副生物の処理・有効利用について合意が得られているか？

設計施工段階では焼却灰などの副生物について具体的な処理先または販売先との調整を行う必要がある。それに先立ち、まずは地域に副生物の処理先があるか確認を行う。

灰を有効利用するためには行政の許可を得なくてはならないため、**需要先の検討と併せて肥料成分の有効性を含め行政側に丁寧に説明し理解を促す必要**がある。

なお、廃棄物系バイオマス、特に合板、ボード由来のチップを利用する場合は**クロム等の重金属が灰に含有されている**ことがあり、肥料利用はできないため、**産廃処理を前提に処理業者との調整を進める**ことが望ましい。

その他、NEDO の実証事業では運転稼働後、利用している**パーク由来の灰に重金属分が含まれている**<sup>27</sup>ことが判明し、灰の有効活用が困難になっただけでなく、**産廃処理費も高額になったケース**が存在するため留意が必要である。

<sup>27</sup> 地域によって性状が異なるため、必ずしもパーク一般に重金属が含まれているわけではない。



## フェーズⅣ 運転段階

バイオマスのエネルギー供給・副生物利用の運転段階におけるチェック項目は下表のとおりである。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

表 2.3.19 バイオマスのエネルギー供給・副生物利用の運転段階におけるチェック項目

項番号	実施事項	留意事項	チェック
3.IV.1	エネルギー供給条件の検証・見直し	最適なエネルギー供給量、価格に向けた改善がなされているか？	
3.IV.2	副生物の有効活用に向けた検討・調整	当初廃棄物扱いの副生物についても、有効利用の方法が検討されているか？	
		焼却灰の有効活用については、継続的に都道府県の担当課と協議を行っているか？	

## 3.IV.1 エネルギー供給条件の検証・見直し

### □ 最適なエネルギー供給量、価格に向けた改善がなされているか？

第1部で述べたとおり、バイオマスエネルギー事業はサプライチェーンが長い分、**上流から下流までの様々な主体に経済効果が波及**することが地域における最も重要な意義の一つである。

#### サプライチェーンにおける富の偏りのリスク

一方で、バイオマスエネルギー事業は国内では歴史がまだ浅いため、原料や燃料に関して**化石燃料のような開かれた市場が存在せず、相対取引が大半を占めている**。そのため、**本来バイオマス事業の利益はサプライチェーン全体で偏らずに分配されることが理想**であるが、**富の分配に偏りが生じている事例も少なくない**。

例えば、某森林組合では技術力を活かして高品質な乾燥チップを生産しているが、供給先であるホテルから当初の協定で定められた安価な価格で販売している。見かけ上は、ホテル側が高品質燃料を用いることによるボイラーの安定稼働と経済メリットを達成した好事例であるが、燃料生産者側および素材生産者側では**品質確保とコスト削減を強いられ、僅かな利益しか得られない状態**となっている。

#### 適正な取引条件の必要性

サプライチェーンで富の偏りが生じると、バイオマスエネルギーの全体システムの持続可能が損なわれるリスクとなる。こうした観点で、**運転稼働後も関係者の利益のバランスを柔軟に是正できる取引条件を構築**することが望ましい。

先進事例として、真庭市では**バイオマスチップの品質（乾燥度合）に応じて、価格をグレード化する方式を採用**している。このシステムでは、燃料生産者側が乾燥など**チップの品質を高めるインセンティブ**を得られているとともに、需要家のボイラーの要求する燃料性状に応じて、必要以上に高品質なチップを購入しない「**設備と燃料の適正なマッチング**」にも寄与している。

## 3.IV.2 副生物の有効活用に向けた検討・調整

- ❑ 当初廃棄物扱いの副生物についても、有効利用の方法が検討されているか？
- ❑ 焼却灰の有効活用については、継続的に都道府県の担当課と協議を行っているか？

現時点では灰の肥料利用をしている事例は限定的であるため、最初は焼却灰を産廃処理することを前提に事業を進めるほうがよい。

しかしながら、灰処理コストは事業期間にわたり O&M 費として採算性に大きく影響を及ぼすことから、**稼働開始後も継続的に有効活用方法について検討を進める**ことが望ましい。実際、NEDO の過去の実証事業では都道府県に対して継続的に説明することで土壌改良剤として利用する許可が得られた事例がある。

なお、2020 年 6 月には農林水産省からバイオマス燃焼灰の有効活用に関する指針が発表される見込みであり、今後活用が進められる可能性がある。こうした**制度や政策方針は毎年進展があるため、継続的に確認していく必要**がある。

### 継続的な成分分析の必要性

国内のある事例では稼働後、灰を肥料として利用していたが、バイオマスボイラー内の部品を交換して以降、灰にクロムが含まれるようになり肥料として利用できなくなったケースが報告されている。詳細な原因は明らかにされていないが、鉄からステンレスに部材が変更されたことが要因と考えられている。このように、予期せぬ理由により運転稼働後も灰中の含有成分が変化することもあるため、定期的に成分分析を行うことが望ましい。

### 実証事業者の検討：灰の有効活用

実証事業者である昭和化学工業株式会社では、パーク等を利用した熱風炉設備の運転において発生する灰の有効活用可能性を検討した。バイオマス燃料と灰の物質収支を下図に示す。それぞれ、2019 年 8 月～2021 年 7 月までの 2 年間の平均より算出した。

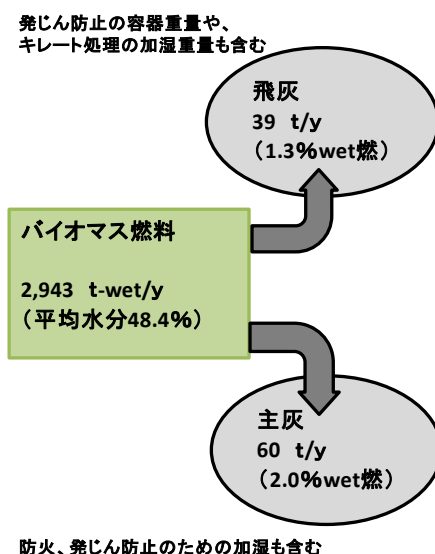


図 2.3.18 バイオマス燃料と灰の物質収支

(出所) 昭和化学工業株式会社提供資料

排出された主灰、および飛灰については、純粋に灰分だけではなく、産業廃棄物として排出する際に充填した容器重量や、加湿した水分等も含まれた値である。実際に排出する時には、防火や発じん防止のために加湿を求められたり、重金属安定化のためにキレート処理の必要があったり、容器重量も処理重量に含まれたり、燃料分析時に求めた灰分からの計算値よりも多くなるため、排出状況を想定した試算が必要である。

## 主灰の物性確認と再利用

### 物性の確認結果

実証事業の中では、バイオマス熱風炉の炉床から排出される主灰と燃焼ガスと共に誘引プロアで吸引され、サイクロンとバグフィルターで捕集される飛灰を採取し、分析を行った。外観と粒度分布、化学分析の結果を以下に示す。



図 2.3.19 主灰 飛灰（サイクロン、バグフィルター）

(出所) 同上

表 2.3.20 バイオマス灰の粒度分布

サンプル名	単位	主灰		サンプル名	単位	飛灰 (サイクロン)		飛灰 (バグフィルター)	
乾式 粒度 分布	+16.0	mm	0.0	レーザー 粒度 分布	+100	μ m	12.6	2.8	
	16.0 ~ 5.0	"	6.7		100~80	"	5.5	0.7	
	5.0 ~ 1.2	"	25.3		80~60	"	8.7	2.4	
	1.2 ~ 0.6	"	33.2		60~40	"	13.6	5.9	
	0.6 ~ 0.3	"	21.4		40~20	"	22.0	11.5	
	0.3 ~ 0.15	"	7.8		20~10	"	17.9	15.4	
-0.15	"	5.6	10~5		"	10.9	22.2		
			5~2		"	5.4	24.9		
			-2		"	3.4	14.2		
			50% 粒子径		μ m	29.9	7.0		

(出所) 同上

表 2.3.21 バイオマス灰の化学分析結果

サンプル名	サンプル粒度 及び捕集場所	主灰				飛灰	
		16~1.2mm	1.2~0.6mm	0.6~0.15mm	-0.15mm	サイクロン	バグ フィルター
化学 組成	SiO <sub>2</sub>	63.10	51.58	42.43	22.58	23.58	12.62
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.00	11.84	10.47	6.68	8.79	3.43
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.05	5.03	5.82	4.86	5.54	2.46
	TiO <sub>2</sub>	0.67	0.58	0.65	0.49	0.51	0.17
	CaO	7.49	19.38	27.03	53.02	39.92	29.67
	MgO	1.45	1.64	2.07	2.57	2.66	1.92
	Na <sub>2</sub> O	2.77	1.82	2.23	1.05	1.19	2.96
	K <sub>2</sub> O	4.60	6.40	6.97	5.08	6.72	15.83
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.40	1.04	1.49	1.99	2.30	2.28
	MnO	0.14	0.31	0.39	0.56	0.53	0.46
	SO <sub>3</sub>	0.03	0.03	0.09	0.41	6.25	18.08
	Cl	-	-	-	0.04	1.29	8.26
	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05
	ZnO	0.01	0.01	0.01	0.02	0.12	1.32
	PbO	-	-	-	0.02	0.02	0.09

(出所) 同上

## 再利用の検討

バイオマス資源のバイオマス灰は環境省より有効利用について通知が発行されており、廃棄物に該当するか否かについては各都道府県・政令市が判断することになる。各都道府県・政令市の担当課が対応が必要な基準について整理し、第三者からの疑義に対して客観的事由を用いるなど明確に説明ができる場合は、産業廃棄物に該当しない可能性がある。下表に関連法令とその規制物質および濃度を示し、表に昭和化学工業株式会社バイオマス熱風炉より排出された主灰の分析結果を示す。

表 2.3.22 バイオマス灰に係る関係法令とその規制物質および濃度

基準名	分類	土壌の汚染に係る環境基準	土壌含有量指定基準	土壌含溶出量指定基準	土壌含溶出量第2基準	埋立処分判定基準
		(環境基本法)	(土壌汚染対策法)			(廃棄物の処理及び清掃に関する法律)
		溶出量 (mg/L)	含有量 (mg/kgDS)	溶出量 (mg/L)	溶出量 (mg/L)	溶出量 (mg/L)
重金属名		環告第46号	環告第19号	環告第18号	環告第18号	環告第13号
カドミウム	第二種 (重金属等)	0.01	150	0.01	0.3	0.3
およびその化合物						
六価クロム		0.05	250	0.05	1.5	1.5
シアン化合物		不検出	50	不検出	1.0	1.0
水銀		0.0005	15	0.0005	0.005	0.005
およびその化合物 (アルキル水銀)		不検出		不検出	不検出	不検出
セレン		0.01	150	0.01	0.3	0.3
およびその化合物						
鉛		0.01	150	0.01	0.3	0.3
およびその化合物						
ヒ素		0.01	150	0.01	0.3	0.3
およびその化合物						
フッ素		0.8	4000	0.8	24	-
およびその化合物						
ホウ素	1.0	4000	1.0	30	-	
およびその化合物						

(出所) 同上

表 2.3.23 バイオマス熱風炉主灰

サンプル採取時期	分類	2019年7月		2019年8月		2019年12月		2020年10月	
		溶出量 (mg/L)	含有量 (mg/kgDS)	溶出量 (mg/L)	溶出量 (mg/L)	含有量 (mg/kgDS)	溶出量 (mg/L)	含有量 (mg/kgDS)	溶出量 (mg/L)
重金属名		環告第46号	環告第19号	環告第13号	環告第13号	環告第19号	環告第13号	環告第13号	環告第13号
カドミウム	第二種 (重金属等)	0.001未満	1未満	0.009未満	-	-	-	0.009未満	
およびその化合物									
六価クロム		0.032	5未満	0.1未満	0.02未満	2未満	0.1未満		
シアン化合物		不検出	2未満						
水銀		0.0005未満	0.2未満	0.0005未満	-	-	0.0005未満		
およびその化合物									
セレン		0.001未満	1未満	0.03未満	0.002未満	0.2未満	0.03未満		
およびその化合物									
鉛		0.001	1	0.03未満	0.008	4.4	0.03未満		
およびその化合物									
ヒ素		0.001未満	2	0.03未満	-	-	0.03未満		
およびその化合物									
フッ素		0.1未満	26	-	-	-	-		
およびその化合物									
ホウ素	0.13	48	-	-	-	-			
およびその化合物									

(出所) 同上

今回、協力企業とバイオマス灰を自社の公共残土受入地の土木資材として再利用できないか、行政に確認を取りながら検討した。主灰は土壌環境基準を超過したことはなく、自ら利用としてそのまま土木資材として利用して良いか確認した。そこで問題になったことは、次頁に示す「③通常の取扱形態」で、通常バイオマス灰は産業廃棄物として取り扱われている。それを第三者の疑義に対して、土木資材の自ら利用は明確に説明できるとは言えないとの見解であった。

①～⑤の1つでも明確に説明できなければ、産業廃棄物として排出する必要があり、特に今までになかった用途や使用方法については有償無償に関係なく、「③通常の取扱形態」がネックになってしまうことが多い。明確に説明できる事例として下記を示された。

### <通常の取扱いとして、有効利用と判断される事例>

- 他にも同じような事例があり、広く流通していること。  
自ら利用や、提供1社→購入1社では市場があり、広く流通とは言えない。
- ・都道府県が認定する、リサイクル商品登録制度で、安全性と価値を評価されていること。  
例：再生アスファルト、再生砕石、鉄鋼スラグ路盤材、パークたい肥 等

<灰の再利用に係る整理事項>

①バイオマス灰の性状

樹木は寿命が長く、地中に存在しているカルシウム、カリウム、マグネシウム、リンといった植物栄養素と共に、鉛、クロム、セレンなどの重金属もため込んでいる場合がある。土壌環境基準を上回れば、燃焼灰は「廃掃法」において主灰は「燃え殻」、飛灰は「ばいじん」として扱われ、含有物によって適正な処理を行う必要がある。

②排出の状況

燃料の種類、ボイラー型式、バイオマス灰の発生量、保管状況。有効利用先の情報や有効利用量、条件等を整理し、有効利用の目的に合致した計画的な自ら利用や販売であることを明らかにする。

③通常の取扱形態

製品としての販売実績や利用状況を整理。自ら利用の場合、販売実績は不要であるが、有効利用されている事例が他にもあるなど、社会通念から逸脱した利用方法でないことの確認が必要。

④取引価値の有無

類似する製品と比較し、価値の有無を明らかにする。

⑤占有者の意思

①～④を総合的に判断し、使用者が適切に利用する、又は製品として販売する意思を確認し、整理する。

バイオマス灰に関しては、まずは産業廃棄物として処理費を見込み、事業開始する必要があると考えられる。そこで、昭和化学工業株式会社からはバイオマス灰を産業廃棄物として排出し中間処理業者において土木資材に加工して昭和化学工業株式会社が土木資材として買戻し利用するスキームとし、現在共同研究を実施している。

バイオマス灰については、バイオマス発電所等からも多く排出され、今まで廃棄物処理されてこなかったものであることから、このようなスキームで「廃掃法」を遵守しながら、再利用する努力を進めなければ、管理型最終処分場を切迫してしまふことが考えられる。次図にバイオマス灰の再利用スキームのイメージ図を示す。

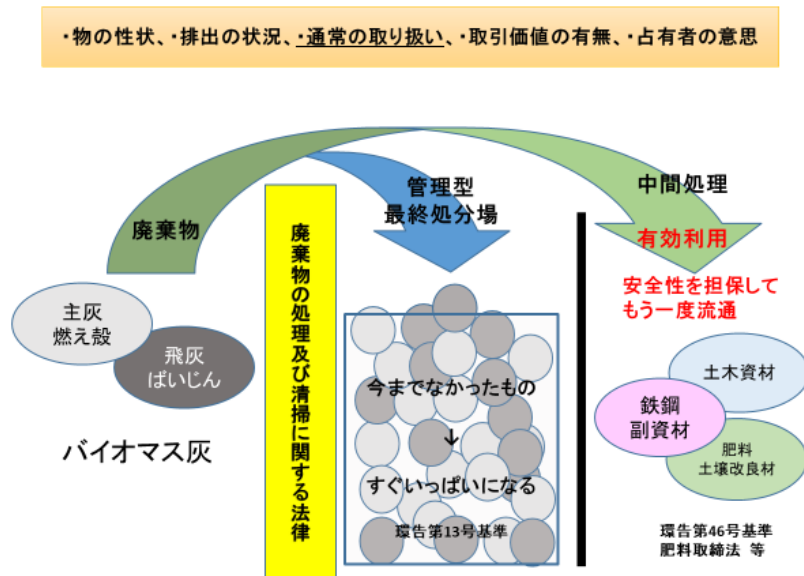


図 2.3.20 バイオマス灰の再利用スキームのイメージ図

(出所) 昭和化学工業株式会社提供資料

その他、再利用用途として、情報収集した事例を下記に示す。

#### ●土木資材

・特許第 6257702 号「汚染物質の迅速な連続不溶化・洗浄方法」

土壌環境基準 46 号適合、県グリーン商品登録 S 社

・特許第 4846876 号「焼却灰を原料とした資材の製造方法」

土壌環境基準 46 号適合、県グリーン商品登録 D 社

#### ●鉄鋼副資材

・特許第 6616956 号「スラグフォーミング抑制材及びその製造方法」 S 社

#### ●肥料、土壌改良剤

・高知県、北海道の利用の手引きに利用方法の記載あり。炭酸カルシウム、苦土石灰の代替資材として利用を紹介している。

### 飛灰の安定処理

燃焼ガスの集塵装置である、サイクロン、バグフィルターから飛灰が排出される。飛灰は粒子も細かく嵩高いため、非常に飛散しやすい粉末である。また、未燃分も含まれており、防火対策も必要であった。当初は、 $1\text{m}^3$  程度の専用鉄箱で回収するように納入されたが、産業廃棄物として搬出する際には、フレコン等に移し替えを行う必要があり、粉塵対策が必要となった。そこで、回収容器を汎用の 200L ドラム缶に変更し、そのままの状態産業廃棄物として搬出するように変更した。重金属溶出量は主灰に比べ多い傾向にあり、加湿混錬できる飛灰安定化処理装置を導入した。

これにより、飛灰を安定的に取り扱うためのキレート剤を添加することが可能となり、重金属等が混入する場合においても、飛灰を取り扱いやすくなると共に、環境に対する負荷も低減すると考えられる。



図 2.3.21 飛灰の回収に関する各種設備

中) 左 :  $1\text{m}^3$  鉄箱 (下が開く構造)、中央 : 汎用 200L ドラム缶、右 : 飛灰安定化処理装置 (2 軸混錬機)  
(出所) 昭和化学工業株式会社提供資料

# 4章 エネルギー変換設備に係る留意点と解決策

## エネルギー変換設備に係る「よくある課題」

### その1：適切な技術の選定、設計ができない

バイオマス燃料は地域ごとに性状や品質が一定でなく、またメーカー毎に想定する燃料の条件（含水率、性状）、運転条件がある。これに適合しないと運転トラブルが生じることになる。バイオマス燃料と設備のミスマッチについては、ボイラー等のエネルギー変換設備だけでなく、燃料の貯蔵設備（サイロや建屋）、搬送設備などでも起こることがあり、計画時には想定していなかったコストが掛かったケースもある。

⇒ 「4. I. 1 エネルギー変換技術の検討 ① 機器・技術の信頼性の確認」（360 頁）、「同 ② 設備・技術の検討」（367 頁）および「第 3 部 2 章 バイオマスエネルギー設備・技術に係る基礎知識」では各種設備・技術の特徴と選定時の留意点を概説している。

表 2.4.1 技術の選定・設計時に検討する項目と本ガイドラインの参照先

● 技術・機器選定時に考慮すべき燃料中の成分 （水分、塩素、シリカ、アルカリ金属、灰分など）	⇒ 「 <u>4. II. 1 基本設計（プラントスペック、規模選定）</u> ① <u>システムの基本計画策定</u> 」（372 頁）を参照
● 建屋やサイロのレイアウト	⇒ メーカー選定時の留意点について記載している。特にガス化設備の選定時の留意点は
● 排ガス処理装置の選定	「 <u>同</u> ② <u>設備機器・メーカー選定</u> 」（383 頁）を参照
● 供給熱量の制御	
● 熱需要ピークへの対応とボイラー規模の選定	
● 熱供給先への販売価格	
● サイロ規模の設定時の留意点 （燃料の搬入、施設の運転パターン等の考慮）	⇒ 「 <u>同</u> ③ <u>燃料の受入・貯蔵システムの検討</u> 」（391 頁）を参照
● 近隣住民への対策	
● 適切な燃料供給装置、貯留装置、搬入車両	
● 発注形態、契約時の留意事項	⇒ 「 <u>同</u> ④ <u>設備・工事発注スキームの検討</u> 」（394 頁）を参照

### NEDO 事業者・先行事例の取組

バイオマスボイラーメーカーの選定について、**智頭石油株式会社では 8 社のバイオマス蒸気ボイラーメーカーを比較検討し、現地視察を行い稼働状況を確認した。**また、ボイラー単体のコストのみを検討するのではなく、土木建設費、付帯設備費を含めたトータルコストを一覧表で検討した（→360 頁を参照）。また、中部電力ミライズ株式会社および株式会社シーエナジーでも、FS 事業の中で蒸気ボイラー複数社の具体的な比較検討を行っている（→361 頁参照）。その他、熱風炉燃焼方式の比較検討は昭和化学工業のコラム（→363 頁）を参照されたい。



## その2：設備運転に想定以上のメンテナンスコストおよび人的コストが掛かる

バイオマスボイラーは導入形態や運転システムや体制の検討が不十分な場合、一般的に重油ボイラーよりも立ち上げに時間がかかり、また熱需要の変化に対して柔軟な運転ができないことがあるうえ、想定以上のメンテナンス費用が発生することがある。

立ち上げ時間の課題に対しては、タイマー機能や需要に応じたきめ細やかな自動制御機能を有する欧州製のボイラーを導入することで重油ボイラー導入時と変わらないユーザビリティを維持している先事例もある（国産の産業用ボイラーでも付帯の制御盤で同様のプログラムを組み込むことで対応可能）。

また、メンテナンス費の課題については、運転管理、メンテナンスの内製化、並びにオペレーターのスキルアップによりコスト低減が可能となる。そのためには、オペレーターの育成により、トラブルを未然に防ぐための適切な運転体制の確立が必要となる。こうした運転管理の内製化については、「[4.IV.4 O&M 内製化の検討](#)」（428頁）を参照されたい。

## その3：ボイラーの燃焼中にクリンカが発生する／原料・燃料の搬送時にトラブルが生じる

クリンカは900度以上で灰が溶融することで発生する。温水ボイラーと異なり、バイオマス蒸気ボイラーやBTG発電の場合は炉内温度が高いためクリンカが発生しやすい。また、ホワイトチップなどの高品質な燃料では問題となることは少ないが、バークや竹、きのこ使用済菌床などのバイオマスを燃焼する場合に発生しやすい。小規模な蒸気ボイラーを導入している事例では毎日炉の中に入りクリンカを除去していることもある。クリンカのメカニズムおよび対策については4章のコラム「[バイオマス燃焼時のクリンカとその対策](#)」（373頁）を参照されたい。

### NEDO 事業者・先事例の取組

クリンカへの対策について、先事例では以下のような工夫をしている。[バンブーエナジー株式会社](#)では従来クリンカが発生しやすい竹とバークを一定の比率で混合することでクリンカの発生を抑制できることを発見し、現在まで安定運転を達成している（→[296頁](#)を参照）。

また、バイオマスエネルギー施設では原料および燃料の搬送時にトラブル（マテハントラブル）が多い。多くの場合、原料や燃料の形状や性状に起因するため、バイオマス燃料の製造・加工時や燃料供給全体の管理が重要となる。「[2.III.2 燃料の調達・在庫管理計画の策定](#)」（290頁）では、マテリアルハンドリングに係る設計時の留意事項について記載している。

その他、「[4.IV.1 システム・機器の性能評価と改善](#)」（412頁）では、運転開始後に解析すべきデータ項目について記載している。また、「[4.IV.5 トラブルシューティング](#)」（435頁）では、トラブルの原因究明と対策に関する留意事項について記載している。

## その4：設備導入時の法規制への対応ができない

発電機やボイラー等のバイオマスエネルギー設備の導入時、プラント建設時には様々な許認可が必要となり、計画段階から対応事項を把握できていないと事業実施スケジュールに影響が発生するだけでなく、最悪の場合事業中止になることもある。

「[第3部 2章 バイオマスエネルギー設備・技術に係る基礎知識](#)」では発電機、ボイラー等のエネルギー変換設備の導入時に必要な法規制について記載している。

# フェーズⅠ 構想段階

バイオマスのエネルギー変換設備の構想段階におけるチェック項目は下表のとおりである。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

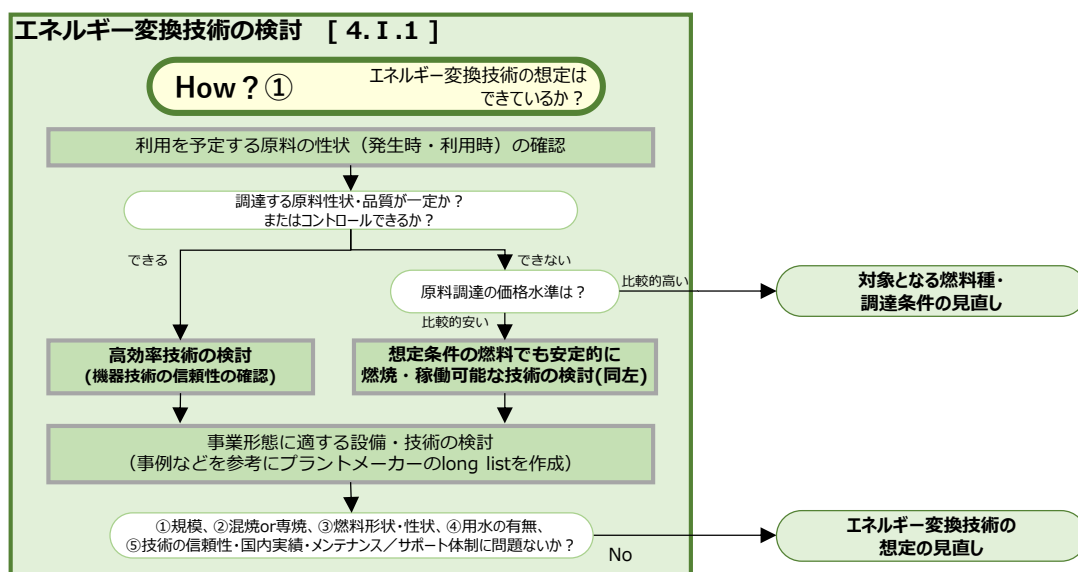
表 2.4.2 バイオマスのエネルギー変換設備の構想段階におけるチェック項目

項番号	実施事項	留意事項	チェック
4. I .1	エネルギー変換技術の検討		
①	機器・技術の信頼性の確認	導入予定の機器・技術について、実証ではなく商用ベースでの導入実績があることを確認したか？	
		<海外製品を利用する場合> 日本への輸入のルートは想定できるか？	
		<熱分解ガス化設備の場合> 海外製品の場合、使用予定燃料のサンプル品を提示して海外メーカーの了解を得られているか？	
②	設備・技術の検討	特定の技術を前提とせず、利用可能な原料・燃料および燃料とエネルギー利用の観点から候補技術が選択されているか？	

## 4. I .1 エネルギー変換技術の検討

エネルギー変換技術の選択は、原料および燃料の性状の考慮が不可欠となることから、検討にあたってまずは 2 章で検討した調達予定の原料・燃料の性状（水分率、形状、バークの有無、成分など）を確認する。特に水分率は重要であり、原料の発生時点の水分だけでなく、燃料加工後のエネルギーとして利用する際の水分も把握できることが望ましい。

そのうえで、性状および品質が調達場所や時期によってどの程度変動するか、それらを対策可能かを検討する。例えば、原料中の水分については乾燥プロセスや貯蔵工程である程度コントロールすることができる。



性状や品質をコントロールでき、**安定的な燃料品質が確保できる場合**は熱分解ガス化などの高効率技術を検討することができる。一方で、**性状や品質の管理が難しい場合**は、発生状況により品質に幅がある燃料でも安定的に燃焼、稼働可能な技術を検討する。この時点で原料・燃料のコスト・価格水準が懸念される場合は、対象となる燃料種・調達条件を見直す必要がある。

これらの確認を踏まえ、想定される事業内容に適する設備を検討するが、具体的な設備・技術の選定時には、「原料／発電・熱利用規模」、「混焼／専焼」、「燃料の形状・性状」、「技術の信頼性（国内実績、メンテナンス・サポート体制）」などを考慮する。

**発電事業の場合**は、構想段階では既存事例などを参考にプラントメーカーの候補リスト（ロングリスト）を作成することを目標とする。それらをもとに、FS 段階でより具体的となった事業計画に対し、適合するプラントメーカー・技術の選抜リスト（ショートリスト）を作成する。

**熱利用事業の場合**は、構想段階ではボイラータイプを想定し、FS 段階ではボイラーシステムの仕様検討（基本計画）を作成する。

# ① 機器・技術の信頼性の確認

□ 導入予定の機器・技術について、実証ではなく商用ベースでの導入実績があることを確認したか？

実証技術や海外で実績のある技術でも国内の商用化条件で実施したところ安定稼働ができない事例が存在する。国内の商用運転の事例の有無を確認し視察などを行ったうえで選定する必要がある。バイオマスエネルギー変換設備の導入状況および技術の詳細は「第3部 2章 バイオマスエネルギー設備・技術に係る基礎知識」を参照されたい。

## FS事業者の検討：バイオマス蒸気ボイラーの導入検討①

智頭石油株式会社ではFSの際にきのこ使用済菌床および建築廃材を利用可能なバイオマスボイラーメーカーについて、8社を下表のように比較検討し、視察とヒアリングにより運転状況を確認した。ボイラーの選定にあたっては、ボイラー単体の初期コストだけでなく、土木建築の費用も合わせた総事業費全体を抑えられるメーカーを選定した。チップを受け入れるサイロ等を除き、ボイラー本体で地下が必要になるか否か、敷地面積だけでなくボイラー建屋の高さは抑えられるか等も勘案した。

表 2.4.3 バイオマスボイラーに関するヒアリング結果の概要

メーカー・代理店	提示されたボイラー仕様	コメント	原料種類・水分	視察/燃焼テスト	視察した施設	イニシャルコスト(ボイラー敷設)/敷地(※2)	その他
E社	1t/h×2基 0.98MPa	原料に菌床の実績あり	菌床/チップ 40%以下	○/×	1t/h(情報のみ)	提示された数値 190万円/12.5m×20m	視察は長崎県の蒸気ボイラー
F社	2.9t/h×1基 0.7-0.8MPa	受入設備、配管など見積対象外。	-	×/×	-	提示された数値 87万円/12m×13m	蒸気圧が不足。
G社	-	DSS(※1)には不向きと回答。	-	×/ー	-	-	メンテナンス費の保証ができない。
H社	-	DSSには不向きと回答	-	×/ー	-	-	24時間/日運転へ変更するべき。
I社	-	問合せせず	建廃チップ等 35-50%	○/ー	4.8t/h×1基	視察した施設 不明/敷地広い敷地が必要	視察は秋田県のクリーニング工場
J社	-	問合せせず	建廃チップ、流木 20%以下	○/ー	6t/h×1基	視察した施設 500万円(事業費)/敷地コンパクト	視察は北海道の食品工場
K社	3t/h×1基 0.98MPa	-	製材端材、建廃チップ等 35-50%	○/○	8.0t/h 貫流+煙管式	提示された数値 250万円/12.5m×21.5m 視察した施設 450万円 20m×18mコンパクト	視察は秋田県のクリーニング工場
ヤスジマ	3t/h×1基 0.98MPa	-	35%以下	○/○	2t/h×1基	提示された数値 135万円/7m×15mコンパクト	視察は北海道の製材所

(※1) DSS: デイリースタート・ストップの略。毎朝立上げて、毎夜下げる運転方法。24時間運転ではない運転方法。  
(※2) 敷地の寸法は概算値で幅×長さを示す。

(出所) 智頭石油株式会社「バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/廃棄バイオマスを利用したクリーニング工場への蒸気供給事業の事業性評価 (FS)」

表 2.4.4 バイオマスボイラーが導入された施設の事業概要とボイラー仕様

	視察先	場所	原料	チップ性状	形態	仕様	ボイラー建屋	イニシャルコスト
E社	温浴施設	長崎県(西海市)	製材端材 チップ	破碎チップ 40%(夏季)- 50%(冬季)	温水	50万 kcal/h×1基	-	総事業費1.0億円 土建5,000万円、 設備5,000万円
I社	クリーニング工場	秋田県(湯沢市)	建廃チップ、 枝材、端材 など	破碎チップ 35%~50%	蒸気	4.8t/h×1基	8m×15m×8m 地下あり(-2m)	-
J社	食品工場	北海道(帯広市)	建廃チップ、 流木チップ	破碎チップ 20%以 下、50mm×50mm	蒸気	6.0t/h×1基	19.2m×11m× 18m 地下なし	総事業費5.0億円
K社	クリーニング工場	秋田県(秋田市)	製材端材 チップ、建 廃チップ	破碎チップ 35%~50%	蒸気	8.0t/h (1t/h 貫流×4基+ 2t/h伊崎煙 管×2基)	5~6m×18m× 9m 地下なし	総事業費4.5億円
ヤスジマ	製材所	北海道(厚沢部町)	製材端材 チップ、建 廃チップ	破碎チップ 50%程度	蒸気	2.0t/h×1基	- (チップは手 動供給)	設備8,000万円
同上	見積書	-	建廃チップ、 菌床	破碎チップ35% 以下(菌床も含 む)	蒸気	3.0t/h×1基	7m×15m×8m 地下なし	総事業費2.35億円 設備1億3,500万円

注) ボイラー建屋及びイニシャルコストにおいて、「-」はヒアリング出来なかった。またボイラー建屋の寸法は概算値で幅×長さ×高さを示す。

(出所) 同上

## FS 事業者の検討：バイオマス蒸気ボイラーの導入検討②

中部電力ミライズ株式会社および株式会社シーエナジーでは、NEDO の FS 事業において、飲料工場向けに、きのこ使用済菌床を主原料とするバイオマス蒸気ボイラーの導入を検討した。以下では蒸気ボイラーの選定に係る検討結果を示す。

本 FS では蒸気供給バイオマスボイラーについて、前項より 1.5t/h を容量としてメーカー比較を実施した。その際には、導入需要家の設置箇所状況や運用計画等を考慮して、以下の条件を満足する必要があるとした。

- ・ 条件 1：設置スペースへ設置可能
- ・ 条件 2：有資格者（ボイラー技士）が不要
- ・ 条件 3：低コスト

### 蒸気ボイラーメーカーの比較結果

蒸気供給バイオマスボイラーについて前項より 1.5t/h を容量として各メーカーにヒアリングを実施した。その結果を以下に記す。

表 2.4.5 蒸気供給バイオマスボイラー(1.5t/h のメーカーヒアリング結果)

メーカー	A 社	B 社	C 社	D 社	E 社
技士	不要	必要	不要	必要	必要
粉体対応	×	○	×	○	○
ブリケット対応	○	○	○	○	×
許容水分率	～30%W.B.	～25%W.B.	～53%W.B.	～30%W.B.	～45%W.B.
サイズ	10cm 以下	4cm 以下	20cm 以下	5cm 以下	1.5cm 以下
菌床経験	×	○	×	×	×
菌床対応	固形化すれば○	○	固形化すれば○	?	×
スペース	20m × 6m ⇒設置可	26m × 8m ⇒設置不可	13m × 8m ⇒設置可	15m × 12m ⇒設置可	?
効率	80%	70%	80～85%	75%	70%
概算機器費用	130 百万円/台	145 百万円/台	120 百万円/台	140 百万円/台	?

(出所) 中部電力ミライズ株式会社 株式会社シーエナジー「2019 年度～2020 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/使用済菌床等の地域産資源を活用したバイオマス燃料供給・地産地消モデル事業の事業性評価」(NEDO)2021 年

上述の 3 つの条件への適合性について、条件 1 については、A, C, D, E 社 (B 社設置不可) が該当、条件 2 については、A, C 社 (D, E 社ボイラー技士必要) が該当、コストについては、A 社より C 社に優位性があるため、FS 時点では C 社を選択する結果となった。ただし、粉体での対応ができないため、燃料化の際に使用済菌床を成形 (固形化) することとなった。

### 蒸気供給バイオマスボイラーの導入検討

需要家で準備した設置スペースに対して、1.5t/h の蒸気供給バイオマスボイラー (C 社) を設置する場合、下図のような配置案となる。

一点鎖線内が配置スペースで、バイオマスボイラー一式および貯留サイロ、投入ホッパー、燃料投入スペース (ダンブアップスペース) を配置する。なお、設置スペース西面のみしか工場敷地内道路と接していないことも考慮している。蒸気供給バイオマスボイラーおよび貯留サイロ、投入ホッパー装置類は屋内設置が必要なため、建屋が必要となる。

また、本件においては、工場内に蒸気供給バイオマスボイラー専任のスタッフが常駐しないため、ダンブアップ可能な燃料投入設備とする必要がある。そのためには燃料サイロを掘削する必要があるが、掘削コストが高額なため、投入ホッパーのみを掘削し貯留サイロは地上置きとすることでコストダウンを図った。

なお、投入ホッパーおよび貯留サイロの容量に関しては、土日の燃料搬入不可であることから、燃料消費量の 3 日以上を確保する可能な限り大きい容量とした。

投入ホッパー	20m <sup>3</sup> (蒸気供給バイオマスボイラー 1 台時、2 台時共通)
貯留サイロ	130m <sup>3</sup> /台
燃料貯留容量	蒸気供給バイオマスボイラー 1 台時 150m <sup>3</sup> 蒸気供給バイオマスボイラー 2 台時 280m <sup>3</sup>
菌床燃料条件	かさ比重 0.4t/m <sup>3</sup> 、燃料使用量 0.35t/h・台
燃料貯留日数	蒸気供給バイオマスボイラー 1 台時 $150\text{m}^3 \times 0.4\text{t/m}^3 \div 0.35\text{t/h} \div 24\text{h/day} = 7.1 \text{ 日 } (>3 \text{ 日})$ 蒸気供給バイオマスボイラー 2 台時 $280\text{m}^3 \times 0.4\text{t/m}^3 \div (0.35\text{t/h} \times 2 \text{ 台}) \div 24\text{h/day} = 6.6 \text{ 日 } (>3 \text{ 日})$

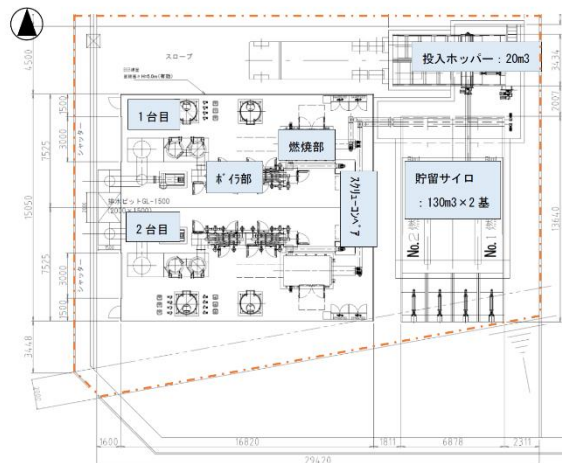


図 2.4.1 燃料貯留容量のスペック (左表) とバイオマス蒸気ボイラーの配置計画案 (右図)

(出所) 中部電力ミライズ株式会社 株式会社シーエナジー「2019 年度～2020 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/使用済菌床等の地域産資源を活用したバイオマス燃料供給・地産地消モデル事業の事業性評価」(NEDO)2021 年

## コストの検討結果

蒸気供給バイオマスボイラーのメーカー比較を実施し、設置条件をもとに検討し、蒸気需要家への設置に適するバイオマスボイラーを選定した。

需要家の蒸気需要が段階的に増え、バイオマスボイラーで賄うベース蒸気負荷が 1.5t/h から 3.0t/h へと増加する予定であるため、段階的に蒸気供給バイオマスボイラーを設置できるよう、1.5t/h 機器を最終的に 2 台設置できるよう計画した。

そのため、容量が 2 倍になるにしたいが、イニシャルコストも 2 億 4 千万円から 4 億 7 千万円と約 2 倍で、蒸気量当たりのイニシャルコストは同等となる。3t/h となってもスケールメリットは期待できない結果となった。

表 2.4.6 蒸気供給バイオマスボイラーの概算コスト

	1.5t/h蒸気バイオマスボイラ1台		1.5t/h蒸気バイオマスボイラ2台	
投資コスト				
設計費	5,000	千円	5,000	千円
燃焼部 (付属品含む)	71,397	千円	142,794	千円
ボイラ部 (付属品含む)	70,789	千円	141,578	千円
試運転調整費	1,186	千円	2,372	千円
工事費	71,628	千円	143,256	千円
小 計	220,000	千円	435,000	千円
土木・建築費	16,859	千円	31,672	千円
合 計	236,859	千円	466,672	千円
メンテナンスコスト	2,423	千円/年	4,846	千円/年

(出所) 中部電力ミライズ株式会社 株式会社シーエナジー「2019 年度～2020 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/使用済菌床等の地域産資源を活用したバイオマス燃料供給・地産地消モデル事業の事業性評価」(NEDO) 2021 年

## 実証事業者の検討：熱風炉燃焼方式の選定

昭和化学工業株式会社岡山工場の製造工程は、水分を70%から数%まで低減させ挟雑物を分離する乾燥工程、水分を0%まで低減させ有機物を焼成する焼成工程、粒度別に分級し製品として包装する後処理工程で構成されている。原料投入から全工程を経て製品になるまで閉鎖空間で空気輸送を行う方式を採用しており、工程内のヒートバランス、風量バランスが製造量および製品品質に影響を及ぼす。

NEDOの実証事業では、既存設備のLNG熱風炉に並列でバイオマス熱風炉を設置し、製品への木質バイオマス由来の灰混入を防止するため空気への熱交換を行い、その熱風を工程へ吹き込む構造とした。それらの1つ1つの項目が工場全体の製造に影響することから、最適な稼働条件、バランスを研究することが必要であった。

バイオマス熱風炉は国内外のメーカーを検討した結果、バイオマス原料の水分増加に対して一番対応可能な、オーストリア製の階段式ストーカー炉を選択した。熱交換器は高温の燃焼ガスを外気に熱交換するプレート式の国内製品を採用した。下図に製造フロー図を示す。

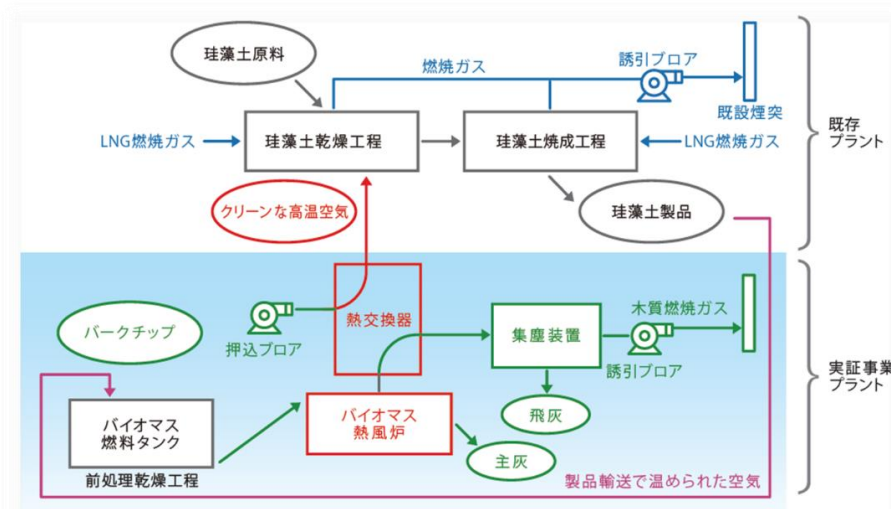


図 2.4.2 昭和化学工業株式会社（岡山工場）の製造フロー図

(出所) 昭和化学工業株式会社提供資料

既存のLNGによる熱エネルギー供給の一部をバイオマス燃料に転換する計画に際して、乾燥工程が問題なく稼働し、システムにも問題が生じないバイオマス燃料への転換量とする必要があった。乾燥工程の所要熱量に対して、どの程度バイオマス熱風炉から熱供給するか、計画供給熱量を検討し、乾燥工程熱量の30%をバイオマス熱風炉に置き換える計画とした。

実証事業実施中の昭和化学工業株式会社岡山工場の珪藻土製造ラインは、バイオマス熱風炉設置後も製造されたものは全て製品となる。このため、不測の事態によりバイオマス熱風炉からの熱供給が停止した場合でも、LNG熱風炉だけで製品製造が継続できる設計とすることを前提条件とした。また、珪藻土製造ラインでは、各工程の余熱を含んだ空気を循環させ熱効率向上を図っているため、バイオマス熱風炉設置後もこれらのシステムは維持することとした。

パーク等を利用することで、発電所燃料と競合しにくい木質バイオマスの原料調達を行う計画から、低エネルギーのバイオマス燃料に実績のある燃焼炉を調査した。燃焼方式としてはストーカー炉、流動層炉、回転炉について比較検討した。既設の工場設備に追加設置されることから、装置の大きさは配置スペースの柔軟な対応を考慮する必要があり、重要なファクターであった。検討結果を次表に示す。

表 2.4.7 各燃焼炉の比較

検討項目	ストーカー炉	流動層炉	回転炉
装置大きさ	◎	×	○
バークチップ対応	◎	◎	×
燃え残り	○	○	△
近隣導入実績	◎	△	○
コスト	○	△	○
熱交換実績	◎	◎	×
総合評価	◎	△	×

(出所) 昭和化学工業株式会社提供資料

総合評価は、ストーカー炉が最も高く、燃焼ガス熱交換による熱風炉への対応の評価も高いことから、燃焼炉はストーカー炉と決定した。



## <海外製品を利用する場合>

### □ 海外製品を利用する場合、日本への輸入のルートは想定できるか？

海外製品を導入する場合、メーカーの日本法人、輸入代理店からの調達、また現地メーカーから直接調達するケース等が想定される。

代理店からの調達、また輸入手続きを代理人等に委託するような場合には、相手国の商慣習や関連の法規制等への理解を有している業者を選定する必要がある。また導入段階だけではなく、メンテナンスやパーツの調達等のアフターサービスの対応力やそのためのエンジニアリング能力、ネットワークを有するかも確認する必要がある。FIT 施行後、特に欧州をはじめ海外からガス化発電設備等の国内への導入が相次いでみられるが、輸入業者のエンジニアリング面のスキルの欠如、アフターサービスの対応力不足等により運用後にトラブルが発生しているケースや建設段階で事業頓挫となっているようなケースも発生している。

バイオマス関連機器は、再生可能エネルギー先進地域である欧州から輸入されているものも多い。国内外の展示会等で日本の代理店の有無を問い合わせる、あるいはインターネット等でメーカーに直接問合せする、といった方法で輸入窓口を確認することができる。あるいは、エンジニアリング会社が技術提携し直接輸入するケースもある。

日本国内に代理店があることが最善であるが、代理店がない場合は輸入商社を介するか、メーカーと直接やりとりをすることとなる。直接やりとりをする場合、運賃、保険料、また契約完了の地点などを明確に定義したインコタームズ（貿易取引条件とその解釈の国際規則）について、きちんと双方で合意をしておかなければ、予期せぬトラブルや追加の費用負担が発生することになる。その意味で、直接のやりとりの際は海運貨物取扱業者等を仲介することが望ましい。

## <熱分解ガス化設備の場合>

### □ 海外製品の場合、使用予定燃料のサンプル品を提示して海外メーカーの了解を得られているか？

日本国内に生育し、その賦存量および蓄材量の多さからバイオマスエネルギーの燃料として利活用されている**スギは日本固有種**である。また、同じくバイオマス燃料としてよく用いられるカラマツも日本の固有種として分類される。欧州でバイオマス燃料として利用されることの多い樹種であるトウヒ（英名：spruce）などに比べると日本国内のバイオマス資源は性状が異なることも多く、したがって加工性や燃焼性が異なってくることも想定される。

海外で開発されたバイオマス機械は**海外の木材の材質に最適化**されているため、国内に導入した際に想定外のトラブルを引き起こすことがある。また、バイオマス燃料材そのものの性状に加えて、**出材や貯木の環境の影響を受ける**場合がある。例えば、ダスト分や灰分（バイオマス燃料材が含有するカリウム等のアルカリ金属類、または土、砂礫由来のもの）が設備トラブルを引き起こすといったものである。具体的な事例としては**スギペレットのクリンカ発生**によって連続運転ができなくなった例や、チップのメーカー推奨水分率（15%以下）が**実際には7%以下**でないと仕様性能が発揮出来ない事例などがある。

実際に用いる予定のバイオマス燃料材については、計画の早い段階で CHP またはバイオマス機械メーカーに成分分析と実サンプルを提示し、**加工性や燃焼性の確認と、希望する製品で問題なく稼働できることを確認**し、相互に了解を得ておくことが重要である。可能ならば、**実際に事業で使用する予定の木材で実際に試験**しておくことが望ましい。

## ② 設備・技術の検討

- 特定の技術を前提とせず、利用可能な原料・燃料および燃料とエネルギー利用の観点から候補技術が選択されているか？

前述のとおり、木質バイオマスに係るエネルギー変換技術は複数の選択肢があり、それぞれ利用可能な原料・燃料の性状および利用量が異なる。したがって、特定の技術を前提として計画を進めると、**実際にその技術が要求する性状の原料・燃料を調達できず、安定運転を実現できない可能性がある**。主なエネルギー変換設備の特徴と利用可能な燃料を以下に示す。重要なことは**技術そのものに注目するのではなく、調達可能な原燃料（“入口”）の種類と性状、並びにエネルギー需要（“出口”）に注目してシステムを検討**することである。各技術の詳細は「**第3部 2章 バイオマスエネルギー設備・技術に係る基礎知識**」を参照されたい。

### BTG（ボイラー・タービン発電設備）

木質チップやペレットを直接燃焼し、ボイラーで生み出した蒸気のみでタービンを回転させて電力を発生させる技術で、日本のバイオマス発電所のほとんどがこの技術を採用している。燃料の許容度は大きい一方、2MW以下の小規模では発電効率が20%を下回る水準まで落ちるため、5MW以上が一般的である。

### ORC（オーガニックランキンサイクル）

沸点が水より低い高分子有機媒体を蒸発してタービンを回転させる技術で、熱利用が盛んな欧州で300を超える実績がある。燃料の許容度が大きく竹やバークも対応できる一方、熱発生量が大きいため相応の熱需要先の確保が必須になる。

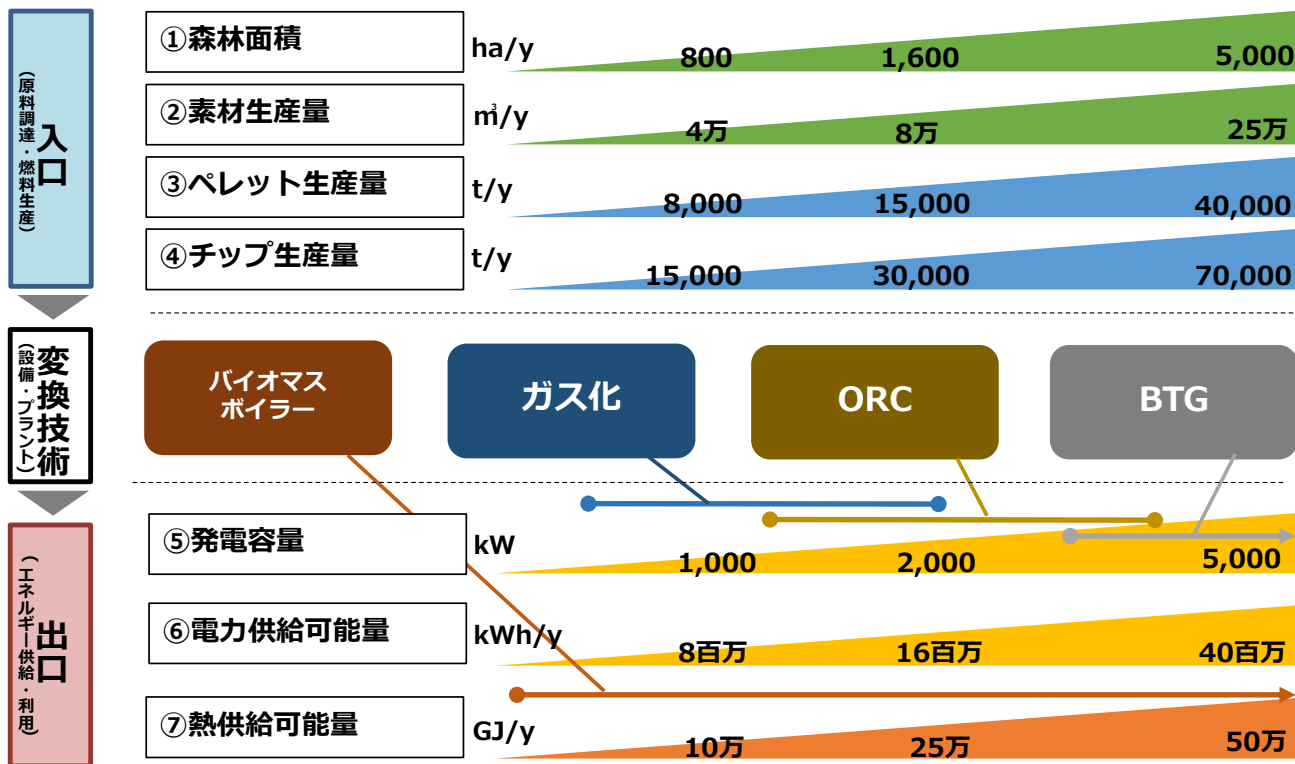
### 熱分解ガス化

木質チップまたはペレットを熱分解・還元反応によりガス化し、そのガスを燃料として発電を行う技術である。小規模でも比較的高い発電効率が得られるが、燃料種や水分に非常にデリケートなため、チップ/ペレットの形状や水分率等の品質の安定確保が最大の課題となる。

表 2.4.8 エネルギー変換設備毎の利用可能なバイオマス原料の例

	発電のみ(中/大規模)	熱電併給		熱利用・供給	
	BTG(ボイラー・タービン発電設備)	ORC	熱分解ガス化	バイオマスボイラー	木くず炊きボイラー
山林未利用材	○	○	△ 水分率 20%未満	△ 水分率 40%未満	○
製材工場残材	○	○	△ 水分率 20%未満	○	○
建築廃材	○	○	×	○	○
バーク	△	○	×	△	○
竹	△	○	×	×	○

(出所) メーカー等へのヒアリングをもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成



注) ①：②の丸木生産量を間伐で生産する場合に必要な森林面積。1haあたりの間伐による丸木生産量約50m<sup>3</sup>/haを想定。  
 ②：④のチップ生産量に対する必要丸木量目安。丸木の体積(m<sup>3</sup>)→重量(t)換算係数は0.5t/m<sup>3</sup>、丸木(t)→チップ(t)歩留まり約9割を想定。  
 ③：⑤の発電容量に対する必要ペレット利用量目安。熱量16MJ/kgを想定。  
 ④：⑤の発電容量に対する必要チップ利用量目安。生チップ含水率50%、熱量8.2MJ/kgを想定。  
 ⑥：⑤の設備容量に対する電力供給量の目安。1,000kWはガス化の発電効率として24%、2,000kW、5,000kWはBTGの発電効率としてそれぞれ18%、23%を想定。年間7,920時間フルロード運転稼働を想定。  
 ⑦：④のチップ生産量に対するバイオマスボイラー（熱効率80%）利用時の熱供給可能量の目安。

図 2.4.3 (再掲) 燃料・エネルギー規模と技術の目安 (図中の数字は概算値)

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

### コラム：日本とドイツの発電技術選択状況

ドイツでは FIT に熱電供給 (CHP) が義務づけられており、日本のような発電単独のバイオマス発電はほとんど存在しない。発電出力が 2,000kW 未満となると発電効率の観点から蒸気タービンではなく、ガス化発電や ORC ユニットが適切である。

国内においても熱利用までを見据えた地域資源のガス化発電設備が徐々に検討されている状態にあるが、ドイツでは 600kW~2,000kW 未満では熱効率の高い ORC が選択され、より小規模の発電出力ではガス化発電が選択されている傾向にある。

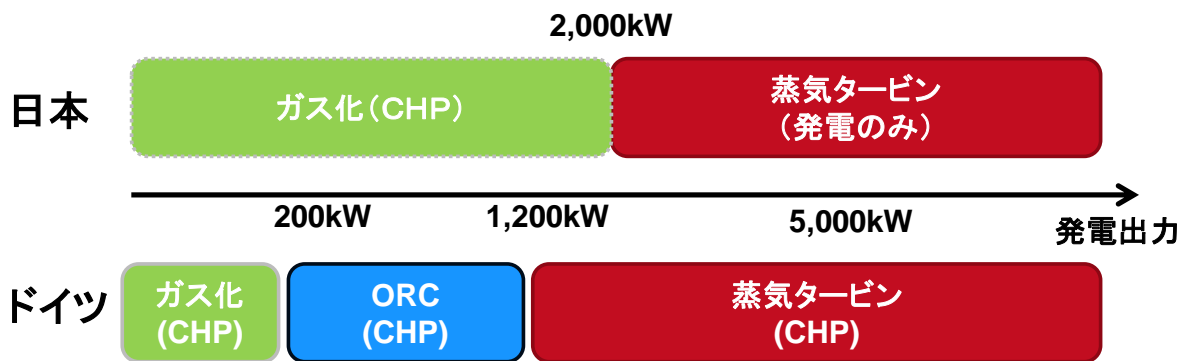


図 2.4.4 日本とドイツの発電規模別の技術選択状況

(出所) 株式会社バイオマスアグリゲーション提供資料

# フェーズⅡ FS 段階

バイオマスのエネルギー変換設備の FS 段階におけるチェック項目は下表のとおりである。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

表 2.4.9 バイオマスのエネルギー変換設備の FS 段階におけるチェック項目

項番号	実施事項	留意事項	チェック
4.Ⅱ.1	基本設計（プラントスペック、規模選定）		
①	システムの基本計画策定	想定するエネルギー供給が可能な技術を比較検討したか？	
		燃料の成分、塩素やシリカ分、アルカリ金属、灰分、水分を踏まえた適切な技術・機器選定がされているか？	
		建屋やサイロは土木建築費やハンドリング等も踏まえた適切な仕様、レイアウトとなっているか？	
		発生する燃焼ガスの性状に応じて、排ガスの処理装置等の検討がなされているか？	
		<熱の自家消費、外部供給の場合> 熱需要にあわせて供給熱量を制御できるシステムになっているか？	
		<熱利用ボイラーまたは熱分解ガス化の場合> 熱需要のピークに合わせて無理に過大な規模が選定されていないか？	
		<熱利用ボイラーの場合> 複数設備の設置による導入パターンも検討したか？	
		既存の設備システムの設計・敷設状況・制御方法などは正確に把握できているか？	
		既存の設備との効果的な併用方法を踏まえて、適切な接続・制御の設計がされているか？	
		<熱の外部供給の場合> 熱供給先への販売熱単価は妥当か？異常に高い設定になっていないか？	
②	設備機器・メーカー選定	特定の設備やメーカーを前提とせず、事業内容、特に地域で調達可能な燃料に合致した選択をしているか？	
		機器選定に関わるコンサルタントの中立性が確保されているか？（メーカーのひも付きではないか？）	
		国内での商用実績およびメンテナンス性も確認したうえで設備選定を行っているか？	
		国内での商用ベースでの導入実績・長期安定稼働実績のある機器か？	
		メーカー、代理店の国内でのメンテナンス体制は整っているか？	
		運転管理の際のメンテナンスのしやすさも考慮した設備選定を行っているか？	
		メーカーの装置と運転の保証の有無、その内容は検討されているか？	

項番号	実施事項	留意事項	チェック
		メーカー納期遅延に対する事業開始遅れのリスクが契約で担保されているか？	
		＜熱分解ガス化の場合＞ タールの発生に対して適切に対処できているか？	
		＜海外製品を利用する場合＞ 事業内容や地域特性、法律への対応を考慮して採用しているか？	
		＜同上＞ 国内でのパーツの支給体制は整っているか？	
		＜同上＞ 設備の法規対応はできているか？（電気事業法、労働安全衛生法、道路運送車両法等）	
		＜同上＞ 海外メーカーの倒産リスクを回避できる支払い条件になっているか？	
		＜海外製の熱分解ガス化設備の場合＞ 年間設備利用率（発電量）の実績、国内樹種との相性を確認したか？	
		＜同上＞ 年間の設備利用率（発電量）を実績として確認できているか？	
		＜同上＞ 国内樹種との相性は実験などを通じて確認済みか？	
③	燃料の受入・貯蔵システムの検討	燃料の搬入、施設での運転パターンを踏まえた適切なサイロの規模が設定されているか？	
		搬入時の粉塵発生に対する設備対応や近隣対策は考えられているか？	
		適切な燃料受入・貯蔵の装置設計されているか？（燃料供給輸送装置、燃料貯留装置、燃料投入装置）	
		搬送系および貯蔵システムにおける燃料中の水分率の増加や微粉化に適切に対処できているか？	
		＜熱分解ガス化の場合＞ ガス化発電の高品質燃料の貯蔵に際しては、貯蔵段階で周辺空気の湿分の影響を受けて、水分が高まるような設計となっていないか？	
		＜同上＞ ガス化発電の高品質燃料は貯蔵段階で設備の排熱を生かした予備乾燥もできないか？	
		＜特にペレットの場合＞ 貯蔵システム前後の搬送系で微粉化してしまうような機器構成・構造の搬送方法になっていないか？	
④	設備・工事発注スキームの検討	設計・工事の発注の場合の大まかな仕様と発注方式は明確になっているか？	
		設備の設計・発注・建設は EPC 契約とするか、分離発注とするか、について明確になっているか？	

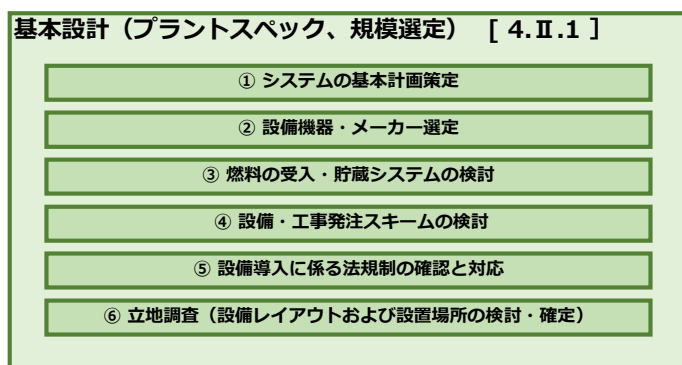
項番号	実施事項	留意事項	チェック
		<p>&lt;分離発注の場合&gt; 契約書において契約不適合責任や免責事項が明確になっているか？</p> <p>工事時の搬入経路、アクセスは検討したか？ 機器の分割サイズは適正か？</p> <p>設計・工事の発注の場合の大まかな仕様は固められているか？</p> <p>&lt;主に自治体主導の事業の場合&gt; 単なる価格競争ではなく、バイオマス利用設備の設計への正しい理解のある企業主体が受注するための発注プロセスが検討できているか？</p>	
⑤	設備導入に係る法規制の確認と対応	採用するエネルギー変換設備に必要な法規制に対応できているか？	
⑥	立地調査	<p>&lt;新規のプラントを建設する場合&gt; 自然条件、自治体や住民の対応、リスク有無、原材料確保および用地費等で適地であるか？</p> <p>&lt;発電事業の場合&gt; 発電機、冷却設備の規模に応じた用水の確保が可能な用地であるか？</p>	

## 4.Ⅱ.1 基本設計（プラントスペック、規模選定）

FS 調査が進み、2 章および 3 章で検討した原料・燃料調達およびエネルギー利用等のシステムが概ね明確化し、一定の事業性の目途が立った後、プラントスペックや規模に関する基本設計を行う。このステップでは技術的な知見が要求されるため、コンサルタントやメーカー等の専門家に依頼するのが一般的である。

まず、要素技術の選定として、ボイラーや発電設備などのエネルギー変換技術、並びに付帯設備を検討する。そのうえで、フローシート（プラントの各種設備、プロセス全体を図示したフロー図）や設備の配置図、メーカーへの発注仕様書を、事業者あるいは事業者の依頼したコンサルタント等が作成する。そのうえで、設備および工事に関する発注方法（EPC 一括発注、分離発注など）を検討する。

なお、分離発注は EPC 一括発注に比べ、調達コストが軽減できる傾向があるが、その分、全体を調整するエンジニアリング能力が必要となる。またいずれの場合にも、想定される仕様が事業目的に即して十分な機能を持つものとなっているか、必要に応じ専門家の助言を得つつ、事業者自らが確認しておくことが必要である。



### ① システムの基本計画策定

#### □ 想定するエネルギー供給が可能な技術を比較検討したか？

採用するエネルギー変換技術の中でも、複数のエネルギーの供給方法および運転方法の選択肢があるため、FS 段階の基本設計ではこれらを比較検討する必要がある。

例えば、**熱利用ボイラーの場合**、「固定床で断続運転」か、その他の技術、運転タイプか、について様々な選択肢があり、こうした具体的な選択肢を整理する。熱負荷が日中に限られる場合には断続運転タイプのボイラーが望ましいが、夜間も含めて昼夜一定の負荷がある場合には階段式ストーカーの連続運転タイプのボイラーの導入も可能なため、比較して検討することが望ましい。

その他、熱利用ボイラーの導入の際には、活用する燃料の性状（燃料種、原料、水分、サイズ等）や熱需要の規模、需要形態（季節変動、時間変動等）、有資格者の選任の有無、設置場所のスペースや採算性から総合的に判断して、技術選定を行う。エネルギー供給方法や運転方法を含む、各技術の詳細は「**第 3 部 2 章 バイオマスエネルギー設備・技術に係る基礎知識**」を参照されたい。



□ 燃料の成分、塩素やシリカ分、アルカリ金属、灰分、水分を踏まえた適切な技術・機器選定がされているか？

バイオマス燃料中の含有成分や水分は、設備機器の運転不具合を引き起こす要因となることに留意する必要がある。例えば、**アルカリ金属類が多い場合**は炉内で**クリンカが発生**し、**塩素や硫黄が多い場合**は**腐食が生じる**。また、**灰分が多い場合**は**灰だし装置の仕様に影響**することがある。その他、きのこ使用済菌床など一般的なバイオマスに比べて**熱量が低い原料を混合して利用する場合**は、**当初想定していた必要燃料量が変わる**場合もある。

このような事態を避けるため、**使用予定バイオマスの成分分析は必ず実施し、熱量、CHN の組成、塩素やアルカリ金属類含有量の大小、さらに可能ならば灰の融点（軟化点、溶融点、流動点）を把握しておくことが重要である。**

## コラム：バイオマス燃焼時のクリンカとその対策

燃焼プロセスにおいて、原料の灰の融点が低い場合に、灰の一部が溶融あるいは粘着性を持つことで付着性が増し、他の灰と塊を作る。これがクリンカと呼ばれている。竹を燃焼するとクリンカを生成して、継続燃焼を阻害する要因となることはよく知られている。



図 2.4.5 クリンカの概観

(出所) 株式会社 PEO 技術士事務所提供資料

また炉内でクリンカとして成長しない場合でも、粘着性を持つ燃焼灰が飛灰として排ガスと共に飛散し燃焼炉の後段にあるボイラーの熱交換器など付着する。前者は燃焼空気を供給する火格子を閉そくさせ、空気が遮断されることで燃焼継続が不可能となる。後者は熱交換器上で成長して灰付着層を形成し伝熱を阻害するファウリングを引き起こす。

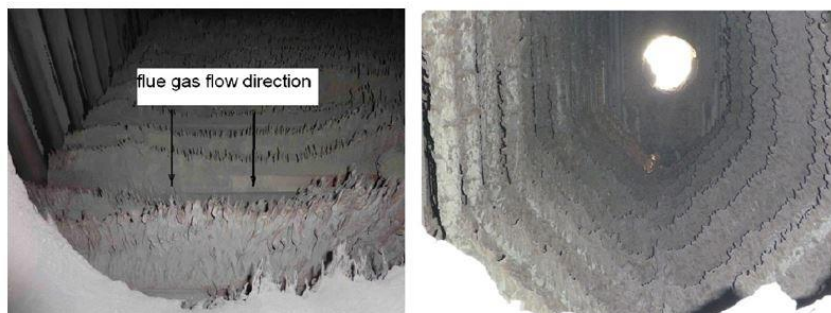


図 2.4.6 灰付着層の形成イメージ

(出所) Q.H. Li, Y.G. Zhang, A.H. Meng, L. Li, G.X. Li "Study on ash fusion temperature using original and simulated biomass ashes", Fuel Processing Technology 107 (2013) 107-112

クリンカの生成しやすさに影響を与えるのは低融点の Na や K 分と言われており、バイオマスは石炭に比べて灰中のこれらの含有量が一桁多い。特に草本系バイオマスは木質系バイオマスに比べて灰分量そのものが 10 倍以上多い上に K 分の含有量も 10 倍～20 倍と高い。すなわち草本系バイオマスの K 分の総量は木質系のそれと 2 桁も違うことになる。中でも竹の K 分の量は草本系の中でも際立って多い。竹の燃焼が難しいと言われる理由である。

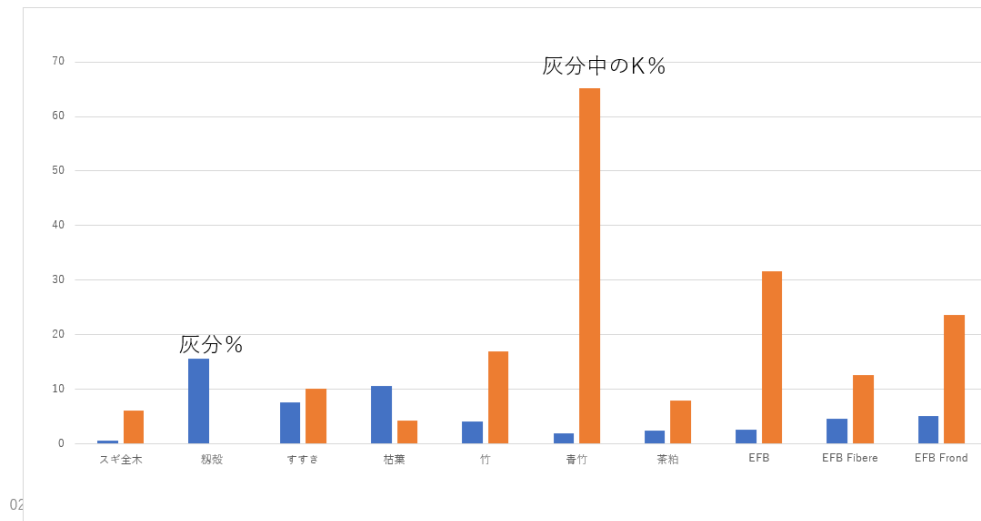


図 2.4.7 草本系バイオマスの灰分割合と灰分中の K の割合

(出所) 株式会社 PEO 技術士事務所提供資料

さてクリンカの生成を防止するには、この K 分の含有量を下げることができない。株式会社日立製作所らはバイオマスを洗浄することで水溶性である K 分を洗い流し竹バイオマス中に含まれる K 分を下げることに成功している<sup>28</sup>。実証事業者であるバンブーエナジー株式会社では他の K 分の少ない他のバイオマスと混ぜることで K 分の総量を下げた。この際、何を混ぜるかがポイントであるが、K 分が少なく、灰中に融点の高い CaO を多く含むバークに着目した。バークは廃棄されているものが多く安価に手に入れることが可能なことも理由の一つである。

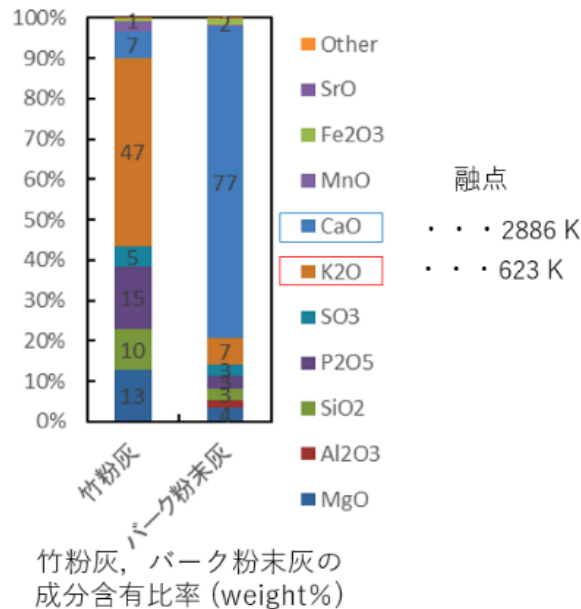


図 2.4.8 竹粉灰、バーク粉末灰の成分含有比率 (重量%)

(出所) 株式会社 PEO 技術士事務所提供資料、大久保翔平「竹—バーク混焼過程におけるクリンカーの生成に関する研究」山口大学工学部機械工学科平成 27 年度卒業論文 (2016)

<sup>28</sup>平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業 地域自立システム化実証事業 竹改質による燃料化の事業性評価(FS)

またファウリング防止のために融点の高い添加剤を加えるという手法が、石炭火力発電で用いられている。この場合は添加剤としてアルミナ系の化合物が多く使われている。宮崎県串間市の木質ペレットガス化発電所ではスギペレットに水酸化アルミナを添加することで、炉内クリンカ生成の問題を解決している<sup>29</sup>。

一方、クリンカが生成しても成長させなければ良いという考え方もある。動かない固定の火格子上で燃焼させるとどうしても残留した灰同士がくっつき、灰が火格子下に落ちずにクリンカが成長する。

しかしストーカーなどの稼働火格子上で燃やせば、クリンカの成長をある程度防ぐことができる。写真はバンブーエナジー株式会社で、竹の割合をバークの4倍で増やしたときの炉床灰であるが、クリンカは親指大〜こぶし大のサイズである。現地ではクリンカの卵と呼んでいるがこの程度の大きさであればクリンカが燃焼を阻害することはない。



図 2.4.9 バンブーエナジー株式会社実証事業におけるバーク 2 割竹 8 割燃焼時の炉床灰

(出所) 株式会社 PEO 技術士事務所提供資料

## □ 建屋やサイロは土木建築費やハンドリング等も踏まえた適切な仕様、レイアウトとなっているか？

施設内でのバイオマス燃料の動線、経路が長いとマテリアルハンドリングトラブルの可能性が高まる。国内のバイオマスエネルギー施設で発生するトラブルの約 7 割はマテリアルハンドリング絡みと言われている。

マテリアルハンドリングトラブルの要因は、バイオマス燃料のサイズのばらつきが影響することが多い。そのため、例えば国内で普及しつつあるオーストラリア ETA 社のボイラーのように、一定のサイズ以上の燃焼を受入直前に自ら裁断する装置を備えた設備も存在する。

なお、上記のようなバイオマス燃料の所内移動の効率性、従業員のハンドリング、建設費用などを踏まえた最適な設計はコンサルタントやメーカー等の専門家に依頼するのが一般的である。

サイロ設計に関する留意事項は「**4. II. 1 基本設計（プラントスペック、規模選定）** ③ **燃料の受入・貯蔵システムの検討**」**（391 頁）**を参照されたい。

<sup>29</sup> 林野庁地域内エコシステム成果報告書 <https://www.jwba.or.jp/woodbiomass-ecosystem-kaihatsu/2019/>

## 実証事業者の検討：燃料ハンドリングトラブルを防ぐウォーキングフロア設計

実証事業者であるバンブーエナジー株式会社の ORC 熱電併給設備は、①燃料を投入する為の燃料棟、②燃料を燃焼する為の燃焼炉、③燃焼時に発生した廃熱を回収するサーマルオイルヒーター、④熱媒油の熱エネルギーを用いてシリコンオイルで発電する ORC 熱電併給設備から構成される。このうち、①のバイオマス燃料棟については、燃料の竹とパークはウォーキングフロアとよばれるサイロに貯留し移動式の床を使うことで、バイオマス燃料を安定的に切り出すことを可能にしている。

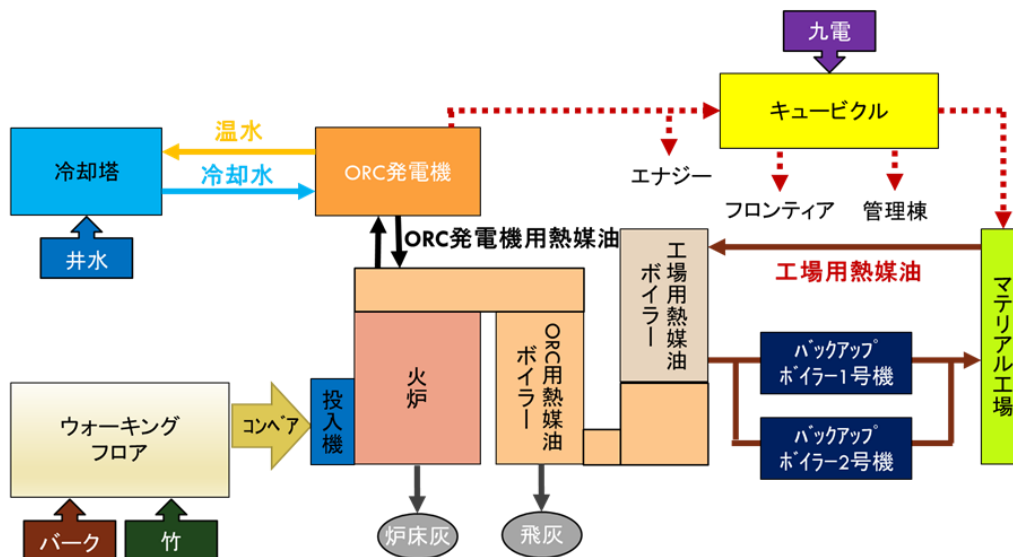


図 2.4.10 バンブーエナジー株式会社のプラントモデル図

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

バイオマス燃焼炉入口の燃料投入機でバイオマス燃焼炉の要求に応じて投入量を自動制御する。燃料投入機内部には特殊な燃料カッティング機能を備え、原料の詰まり、閉そく、ブリッジを防止する構造となっている。

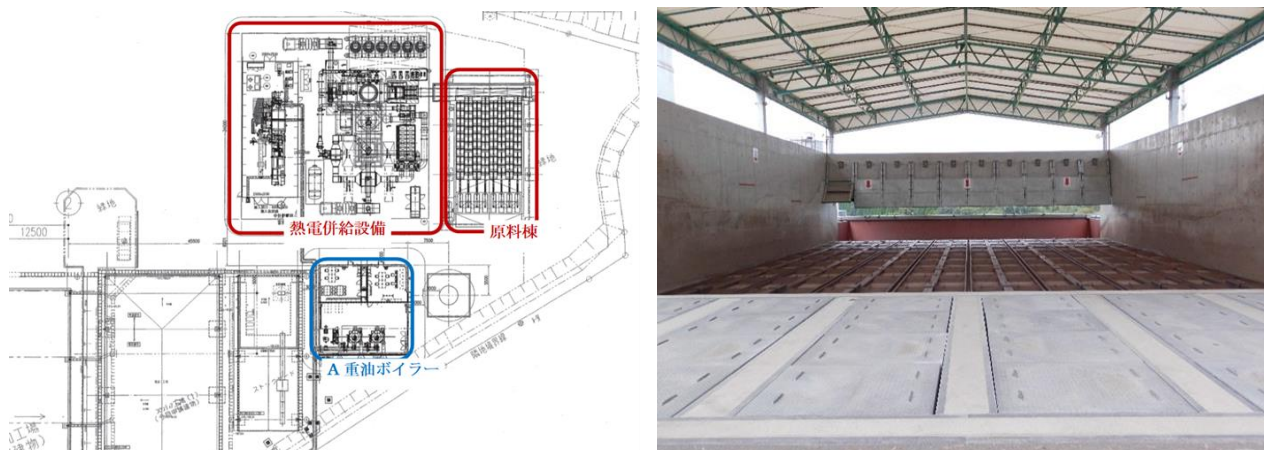


図 2.4.11 バンブーエナジー株式会社のプラントレイアウト図 (左)、ウォーキングフロア (右)

(出所) 同上



図 2.4.12 バンブーエナジー株式会社の燃料投入機内部（左）、カッティングの刃（右）

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

**□ 発生する燃焼ガスの性状に応じて、排ガスの処理装置等の検討がなされているか？**

バイオマス燃料の種類（廃棄物系かそれ以外か）によって発生する排ガス性状が異なるため、それぞれに適した排ガス処理装置を導入する必要がある。バイオマス燃料・成分に対して必要な排ガス処理装置の例は以下のとおりであり、事業内容によって適切な装置を選択する。

表 2.4.10 バイオマス燃料・成分に対して必要な排ガス処理装置の例

燃料種／含有成分	排ガス処理装置の例
廃棄物系燃料の場合	バグフィルターやマルチサイクロン、電気集塵機(コスト高い)など
窒素を多く含む燃料(牛ふん、鶏ふんなどの動物性バイオマス)	脱硝装置
塩素を含む燃料(鶏ふん、竹)	ダイオキシン対策としてのバグフィルター
ヒ素、銅など防蟻剤を含む古い建築廃材	バグフィルター
石膏ボードを含む燃料	脱硫装置
塩化ビニル系の壁紙	ダイオキシン対策としてのバグフィルター

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## <熱の自家消費、外部供給の場合>

### □ 熱需要に合わせて供給熱量を制御できるシステムになっているか？

**熱電併給の場合**、FIT 制度を利用する事業者では電気の需要に合わせて発電機器の能力を決めることが多いため、基本的には供給熱量は一定となる。そのため、熱需要に合わせて供給熱量を制御することが難しく、施設内あるいは隣接地で熱利用をし、**余剰分を放熱している**ケースが多い。

設備の熱出力は一定である一方で、熱需要は必ず変動するため**余剰熱を処理できないと設備は停止**する。このような事態を避けるため、一般的には**クーリングタワーなど熱を捨てることのできる装置を具備**することで対処する。クーリングタワーを導入する場合、**熱需要がゼロの場合も想定し、すべての発生熱を捨てることのできる規模**にする必要がある。

なお、**BTG の抽気タービンで蒸気を熱供給する場合**は、定格発電時の抽気蒸気を最大熱供給量として、熱供給先の熱需要変動に対して余剰蒸気の処理ができる制御システムを付けることで供給熱量を制御できるが、コストが増大する課題がある。

一方、**バイオマスボイラーによる熱利用の場合**は、**蓄熱タンクとの組み合わせ**である程度供給熱量の制御が可能である。導入先の熱需要のパターンによっては、1 日の中で集中した熱需要が発生していることがあるが（例：温浴施設による早朝の湯張り等）、**最大の熱需要に合わせてバイオマスボイラーの能力を決めると設備投資額も過大**になってしまう。そのため、通常は熱需要のピーク時には蓄熱タンクとの併用で対応するように設計される場合が多い。蓄熱タンクとバイオマスボイラーの能力選定については、メーカーやコンサルタントと導入先の熱需要パターンにあったシステム設計をして決めることが望ましい。

## <熱利用ボイラーまたは熱分解ガス化の場合>

### □ 熱需要のピークに合わせて無理に過大な規模が選定されていないか？

### □ 複数設備の設置による導入パターンも検討したか？

上述のとおり、熱需要に対して過大な規模のボイラーに投資してしまい事業性の悪化を招いたケースが多数存在するが、このような場合、同時に**低負荷運転によるボイラー劣化も引き起こしている**ケースが多い。上述のとおり、熱需要のピークに合わせてボイラー規模を選定するのではなく、ボイラー台数の工夫や蓄熱槽の組み合わせ、並びに断熱材や運転方式によりピークカットしたうえで適性な規模を選定することが重要である。

## ボイラーの複数台設置による制御

バイオマスボイラーは化石燃料ボイラーと比較して熱需要の変動に対する柔軟な運転が難しくピーク需要に合わせたボイラー規模を選定すると余剰な熱を生み出してしまうことがある。

熱需要に対し柔軟な運転をするために、**小型のボイラーを複数台設置**し需要に合わせて各ボイラーのオン／オフを切り替える方法も有効である。または、蓄熱槽を設けることでバッファを確保する方法も有効である。さらにピーク時に**化石燃料ボイラーを併用**して熱供給する方法も有効である。ボイラーの複数台設置の詳細およびその他の制御方法の詳細は「**3. II. 1 ② 既存エネルギー設備の運用実態調査**」（328 頁）を参照されたい。

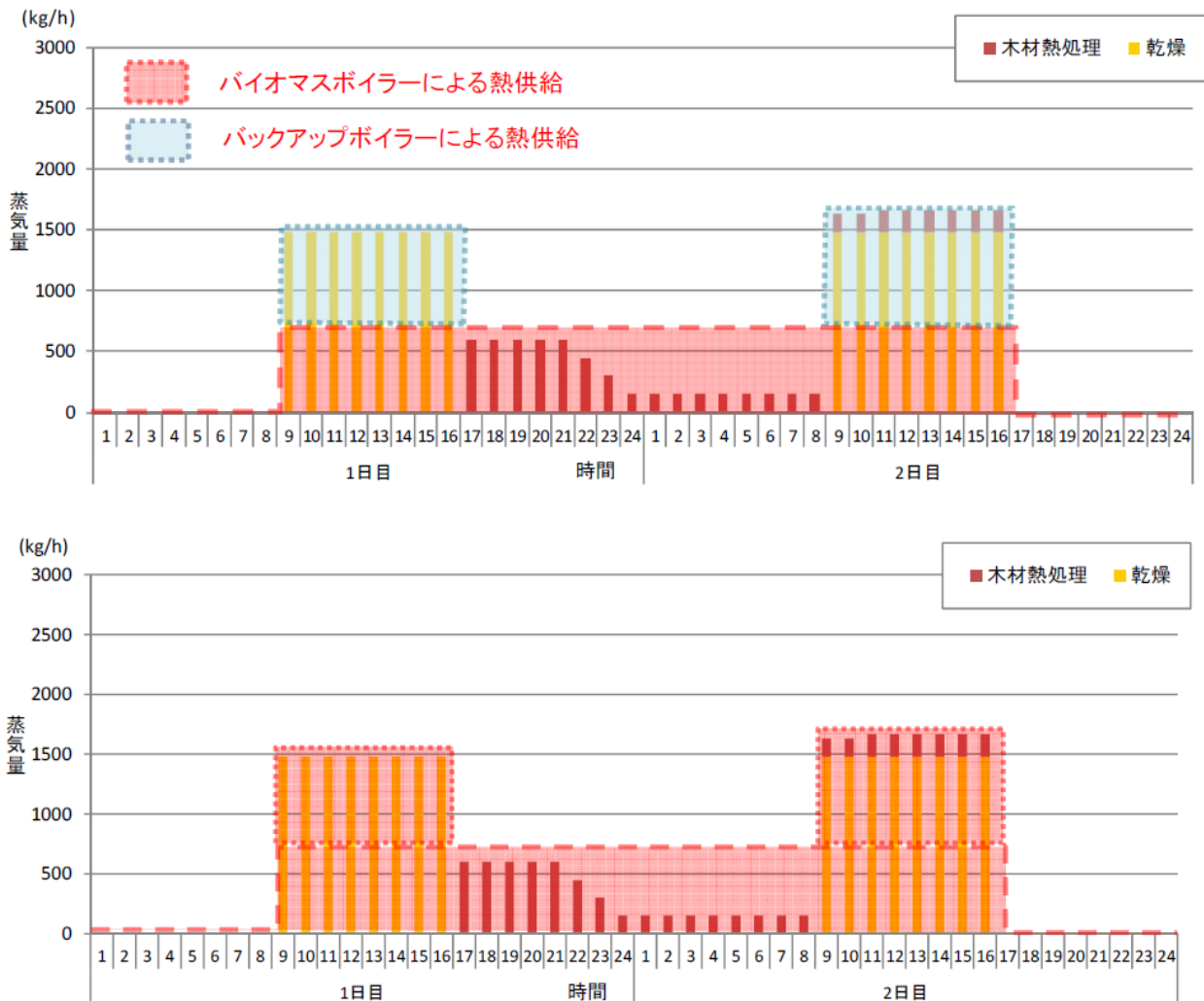


図 2.4.13 (上) 重油ボイラー併用ケース、(下) バイオマスボイラー複数台制御ケースの概念図

(出所) 長野森林組合「平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業 中山間・内陸に適した木質バイオマスエネルギー需給複合型システムの事業性評価 (FS)」(NEDO) 2016 年

- 既存の設備システムの設計・敷設状況・制御方法などは正確に把握できているか?
- 既存の設備との効果的な併用方法を踏まえて、適切な接続・制御の設計がされているか?

**既存の施設へのバイオマスボイラーの導入を行う場合**には、ボイラー等の熱源設備の仕様や運用状況だけではなく、既存の設計図書および現場確認により、**配管、タンク、ポンプ、バルブ等付帯設備も含めた既存のシステム構成、仕様や設計、運転・制御方法等についても正確に把握**したうえで設計を行う必要がある。

### 既存事例で直面した課題

また、これまで利用してきた**化石燃料ボイラー等の既存の設備を併用する場合**（熱需要ピーク時やバイオマスボイラーの点検時、トラブル時等のバックアップ）として併用するには、バイオマスボイラーを**効果的に運用するための制御システム等について適切な設計が必要**となる。

例えば、ある事例では既存の灯油ボイラーとの併用を想定して新たにチップボイラーを導入したが、チップボイラー導入後の灯油削減量が計画値とは程遠く、効果が得られなかった。要因として、チップボイラーおよび循環ポンプの起動の制御が灯油ボイラーと同じタイマーで同時スタートの設定となっており、またチップボイラーの負荷追従性をカバーするバッファがなかったことが明らかになった。

同事例では対策としてボイラー、循環ポンプの発停の制御をチップボイラー優先に組み替え、また蓄熱タンクを新たに導入したことで、灯油ボイラーの稼働時間が低減され、灯油消費量の大幅な削減が達成された。

### <熱の外部供給の場合>

#### □ 熱供給先への販売熱単価は妥当か？ 異常に高い設定になっていないか？

外部に熱供給を行う際の販売熱単価の検討においては、バイオマスの持つ熱量からボイラー効率を考慮し、実際に化石燃料と同じ熱量を得るのに要したバイオマス由来熱の価格を算出する必要がある。そのうえで、購入者にメリットがもたらされる価格を設定する。

熱供給先候補がバイオマス由来の熱を購入する動機を与えるための最も一般的なアプローチとしては、**化石燃料による熱単価を下回るバイオマス熱単価で販売する**方法が挙げられる。化石燃料の価格変動にもよるが、一般的には**灯油や重油によって生み出される熱の単価は 9～10 円/kWh** 程度である。これに対し、バイオマスの持つ熱量からボイラー効率を考慮し、実際に化石燃料と同じ熱量を得るのに要したバイオマスの価格が **9 円/kWh を下回らなければ購入者にメリットがもたらされない**ことになる。国内の既存の熱供給事例を鑑みると、目安としては、5～6 円/kWh 程度であれば、熱供給先への熱販売単価は妥当であるといえる。

ただし、必ずしも化石燃料単価とバイオマス燃料単価との競争ではなく、**再生可能エネルギーや地域資源の有効活用としての価値を考慮**し、固定費や維持管理費も含めた**事業期間のトータルのコストを比較**したうえで、熱供給先への効果を検討することが重要である。



## FS 事業者の検討：地域熱供給設計における日本とオーストリアの比較

FS 事業者である一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会は「山村における木質バイオマス地域熱供給モデル構築事業の事業性評価（FS）」の中で高知県馬路村における地域熱供給のFSを行っている。ここではオーストリアの技術者による熱供給の概略設計と国内2社（A社、B社）による概略設計のコスト等の比較を整理しており、本検討で得られた①～⑥の示唆を以下に示す。

①オーストリアでは、地域熱供給のイニシャルおよびランニングコストの低減のため、過大とならないようなボイラー規模の選定、ボイラーに負担を掛けない熱供給のあり方が整理されている。

表 2.4.11 日本とオーストリアの木質バイオマス設計の比較

木質バイオマスボイラー	オーストリア技術者提案	A社	B社	配管	オーストリア技術者提案	A社	B社
ボイラー1台当たりの出力	150kW	90kW	120kW	総延長	310m	930m	410m
台数	2台	2台	2台	配管の形状	DUO管	シングル管	DUO管
総出力	300kW	180kW	240kW	配管径	40A, 32A, 25A	50A, 30A, 25A	75A, 40A, 32A, 25A
蓄熱タンクの容量	4,500L	12,000L	6,000L	総コスト	600万円	1,500万円	※
コスト	1,500万円	3,000万円	3,700万円	1m当たりのコスト	1.9万円/m	1.6万円/m	※
1kW当たりのコスト	5万円/kW	16.7万円/kW	15.25万円/kW	※コスト試算ができないため、未記入			

(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会「2018年度～2019年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/山村における木質バイオマス地域熱供給モデル構築事業の事業性評価(FS)」2020年

国内のA社、B社ともに、最大使用日の時刻別熱需要を想定して、ボイラー規模を選定している。ただし、選定過程においては、大きな違いが見られる。A社は、オーストリア技術者からの熱需要量を踏まえ、年間で必要となる熱需要を算出しているが、教員住宅における熱需要を一定程度反映させていることが読み取れる。また、蓄熱タンクの有用性を指摘しており、蓄熱タンクを大きくすることによって、選定するボイラー規模出力を小さく抑えることを提案している。ここで重要となるのが、ボイラー出力と蓄熱タンクの価格との比較になる。ただ、その際には、ボイラー施設の建屋・敷地の規模や運用時の熱利用状況を想定しておく必要がある。

オーストリア技術者の配管の長さについては、片道分のみで設計されているため、往復分も同じ金額で施工されるかどうかは、違いが出てくる可能性が指摘されている。ただ、B社の配管設計でも盛り込まれている行きと戻りの配管を一つの配管でまとめている「DUO管」を用いることができれば、可能となるとしている。

表 2.4.12 熱供給対象施設の熱需要の想定

名称	暖房		給湯		合計	
	最大	年間	最大	年間	最大	年間
①やなせの湯	30kW	54MWh	100kW	248MWh	130kW	302MWh
②お食事処	8kW	14.4MWh			8kW	14.4MWh
③保育所	24kW	43.2MWh			24kW	43.2MWh
④教員住宅	66kW	118.8MWh			66kW	118.8MWh
⑤支所・診療所	50kW	90MWh			50kW	90MWh
合計	178kW	304.8MWh	100kW	248MWh	278kW	552.8MWh

(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会「2018年度～2019年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/山村における木質バイオマス地域熱供給モデル構築事業の事業性評価(FS)」2020年

②オーストリアでは、適切なボイラーの選択のためには、熱需要の適切な把握に加え、蓄熱タンクの有効利用と断熱性の高い配管の使用による熱ロスの軽減に配慮されている。

③オーストリアでは、ボイラーに負担をかけないために、温水の循環について往きの温度と戻りの温度との差を大きくすることが推奨されている。

我が国では、ユーザー側が求める高温水を常に送り込む形として、行きも戻りもほぼ高温水が循環するようにされてきた。しかし、輸送可能な熱エネルギーは、流量に温度差と比熱を掛け合わせ、それから熱損失を差し引いて求められることからすると、温度差を如何にとるかが課題となる。温度差が取れないときは流量を大きくすることになるが、そのためには配管を大きくしたり、ボイラーやポンプを使ってより早く水を流すことになる。このことが、我が国でのボイラーの大きめの選択、電動ポンプの設の大きめの選択、電動ポンプの設置数の増加やその稼働にかかる電気使用量の増大置数の増加やその稼働にかかる電気使用量の増大につながっている。

④ オーストリアでは、このような温度差を確保するために、熱交換器に加え、三方弁や混合温度調節器（ミキシングユニット）を有効に活用して温度の制御が行われている。

⑤ オーストリアでは、以上のような考え方にに基づき、配管についても、それぞれの流量等に見合った配管径が選択されており、主流から傍流に至るにつれ、径が細くなるのが一般的となっている。

我が国の場合は、大きめの配管径で、施工のし易さ等から統一的に選択されていることが多い。なお、これまでは、暖房と給湯（さらには冷房）について、それぞれ別配管が行われている事例も多かったが、今回の調査では、暖房、給湯あわせて配管されていることが多くなってきており、合理化されてきている。

これまで我が国に導入された木質バイオマス ボイラーは、従来の化石燃料 ボイラーに準拠し連続運転 ボイラーが大半となっているが、熱需要のあり方等によっては、断続運転の方が効率的であり、それにより燃料材の消費量の節減になることから、実態に即して断続運転 ボイラーの選択も考慮する必要があるとしている。

⑥ ボイラー規模の適正な選択、熱ロスの軽減等によって ボイラー稼働等の適正化による燃料材の使用減少、ポンプ動力の減少および ボイラーの遠隔監視等により、ランニングコストが低くなっている。

### 地域熱供給事業の成立要件整理

日本木質バイオマスエネルギー協会によると、地域熱供給事業は、「熱」という商品売ることで、経済的に成立させることが大前提となるが、「事業」として成立させるには、下表のような要件が求められるとしている。

表 2.4.13 熱供給対象施設の熱需要の想定

要件	説明
最大および年間の熱需要密度	・熱重要密度が高いと効率の良い設備投資、熱輸送が可能となる
対象施設における整備費用	・負荷の発生位置は、熱発生所の近くから順に発生することが望ましい ・段階的に負荷が増加する場合には、建設投資額と熱販売量が平衡的に増加することが望ましい
計画的な建設・供用開始	・当初より計画通りに整備が行われることで、適切な設備投資計画や熱販売計画が可能となる
適切な事業主体	・地域特性や事業特性に適合した事業主体によって事業展開することが重要
地方公共団体・住民・地元企業等の理解・協力	・事業者、需要家等、多数の関係者の調整・指導、各種認可等には、自治体の支援が不可欠
熱需要家の要求に対応可能な体制	・需要家の納得する料金設定、サービス提供が求められる
適切な資金調達	・多額の先行投資を必要とするため、金利負担が課題とならないような資金調達が必要
適正なプラント計画、配管計画、熱販売計画の立案	・事業主体が実行可能な精度の高い計画を立案、実施することが求められる

(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会「2018年度～2019年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/山村における木質バイオマス地域熱供給モデル構築事業の事業性評価(FS)」2020年

## ② 設備機器・メーカー選定

□ 特定の設備やメーカーを前提とせずに事業内容、特に地域で調達可能な燃料に合致した選択をしているか？

□ 機器選定に関わるコンサルの中立性が確保されているか？（メーカーのひも付きではないか？）

機器選定に係るコンサルタントがメーカーの関係者の場合、中立的かつ適切な機器選定ができないケースがある。計画当初から特定の設備やメーカーに定めて事業を進めた結果、最終的に導入した技術とバイオマス燃料がマッチせずに運転管理に問題が生じた事例が散見される。

メーカー選定時は以下のような**様々な要素を複合的に検討**する必要がある。特に**対象とする設備が要求する燃料規格や性状と、地域で調達可能な燃料が合致するか**という点は必ず検討する。

表 2.4.14 機器・メーカー選定時のポイント

1. 調達可能なバイオマス燃料との相性
2. 運転実績
3. 機器選定の中立性
4. メーカー・代理店のメンテナンス体制

□ 国内での商用実績およびメンテナンス性も確認したうえで設備選定を行っているか？

□ 国内での商用ベースでの導入実績・長期安定稼働実績のある機器か？

海外で実績がある技術や実証を終えたばかりの技術でも国内の商用運転条件では安定稼働できないことがある。同時に、導入予定の技術が国内で**運転実績が十分かについても確認**する必要がある。

技術別の特徴および国内実績は「**第3部 2章 バイオマスエネルギー設備・技術に係る基礎知識**」を参照されたい。

- ❑ メーカー、代理店の国内でのメンテナンス体制は整っているか？
- ❑ 運転管理の際のメンテナンスのしやすさも考慮した設備選定を行っているか？

### メンテナンス体制の確認

メーカーを選定する際は、**メンテナンス体制の確認も重要**となる。特に海外製の製品の場合、**部品の調達に数か月を要したり、トラブルが発生してもすぐに技術者が駆け付けられないケースがある。**

### メンテナンスの容易性の考慮

また、事業者が運転管理する際の**メンテナンスしやすさも確認する必要**がある。例えば、**バイオマスボイラーの場合**は、欧州製の方が伝熱管掃除の自動化や事業者自身のメンテナンスが容易となるように設計されている場合が多い。国内メーカーの一部は、メンテナンスの際にユーザー自ら配管の奥深くを掃除する必要があるなど、クリーニングのしにくさだけでなく、一度ボイラーの稼働を停止して掃除しないといけないことがある。その場合、停止から再稼働の過程で化石燃料を使う必要があれば、経済的にもマイナスとなる。

**熱分解ガス化設備の場合**は、ボイラーより設備が複雑なため、予防メンテナンスも含めてメーカーの指導を十分に仰ぐ必要がある。また複雑ゆえに日本の代理店の能力が低く、本国への問合せ内容がチグハグであるなど時間を要するケースもある。タール等による障害が起こった場合は長期に渡り運転不能な状況になる可能性がある。

### 必要なスペースの確保

上記に加えて、メーカー側からは設計時に**メンテナンス上必要なスペースの確保**を要求されることがある。すなわち、部品交換や保守などの作業のための十分なスペースが確保されていること、扉の開閉の際に障害物がないこと、天井に干渉しないこと等を考慮して、建屋に収まるような設計をしなくてはならない。

なお、**バイオマスボイラーの場合**はに関しては、**法令上 50kW 以上のものは無圧開放**しなくてはならず（詳細は「**第 3 部 2 章 バイオマスエネルギー設備・技術に係る基礎知識**参照）、開放タンクの取り付け高さに制約があるため、高さ方向のスペースには注意が必要である。

**熱分解ガス化設備の場合**、生成ガスの漏洩または**火災等を防ぐために法定の離隔距離**を必ず保つことが求められることにも留意が必要である。（発電用火力設備に関する技術基準を定める省令、発電用火力設備の技術基準の解釈等）。

- ❑ メーカーの装置と運転の保証の有無、その内容は検討されているか？

エネルギー変換設備によってはメーカーが設備運転時の稼働保証をしているケースもある。**熱分解ガス化設備の場合**は、欧州では例えば 7,000 時間以上の稼働を保証しているメーカーもある。現在、国内では稼働保証をしている事例は少ないが、メーカーに対して有無を確認しておく方がよい。稼働保証が存在する場合は、**保証が適用される要件を十分確認**することが重要である。例えば海外のガス化設備を日本で導入する場合、燃料の要件や指定するメンテナンス方法を順守していないと対象外となることがある。

## □ メーカー納期遅延に対する事業開始遅れのリスクが契約で担保されているか？

バイオマスエネルギー事業では、メーカー側の納期が遅れることがあり、1年間以上遅延した事例も存在する。こうした納期遅延は、**事業期間（FIT の場合 20 年）におけるキャッシュフローに大きな影響**を及ぼすだけでなく、大幅に遅れた場合、**投資家が資金を引き上げる**こともある。

実際、海外メーカーの中には、複数のプロジェクトを抱えている場合、自国の顧客を優先し遠隔地である**日本の事業者を後回し**にする事例も存在する。

こうした事態を避けるため、**メーカーとの契約時に納期保証を明記し経済的リスクを担保**する必要がある。具体的には、**納期が 1 日遅れた場合、メーカーまたは保険会社が購入金額の 1%を支払うなどのペナルティー設定**を行うことが経済性およびスケジュールの観点から重要と言える。

### <熱分解ガス化の場合>

## □ タールの発生に対して適切に対処できているか？

### ガス化設備の安定稼働のための要件

発電機を安定稼働させるためのガス化プロセスに対する要件としては下記がある。これらはガス化事業者側あるいは EPC 事業者にて吟味し、準備する必要がある。

表 2.4.15 ガス化プロセスおよび発電機の安定稼働のための要件

- ガス組成・発熱量を安定させること。即ち原料の品質・ガス化条件のばらつきを小さくする運用を行う。
- ガス組成やガス化条件の変動に追従できる制御システム、冷却システムを保有すること。
- 必要に応じ付加的なタール除去対策（ガス改質炉・スクラバー・ガスクリーニングフィルターの設置等）が施されていること。
- 発電機の保守・点検体制が整備されていること。

プロセスの性質上、高温環境のプロセスであり、構造材料に対しては強度寿命などに配慮が必要である。ガス化炉の形式によっては多くの液状生成物（タールなど）が設備機能を阻害する場合もあり、施設の定期的な開放点検・清掃・部品交換などが必要となり、稼働率を低減させる可能性がある。

特にタールに対しては設計施工段階で十分な対策を施し、発生の場合の問題点についても十分留意しておくことが望ましい。バイオマスによっては、比較的低温で軟化・溶融する物質を含み、クリンカが生成し、ガス化炉の運転が困難になる場合もあり、頻繁な清掃が必要となるケースもある。適用しようとしているプロセスの運転実績から、現実の稼働率を把握し、計画外停止の要因も極力排除する等の対策が望ましい。

### 連続運転のための設備管理

#### ①炉内温度の管理

プロセスを成立させる重要な因子は必要な化学反応を成立させる所定の温度であり、温度をいかに管理・維持するかがプロセス成立の鍵となる。

## ②炉内の物質および気体の形態の管理

さらに、ガス化炉内でバイオマスの均質な移動と反応層の分布、反応気体（空気・蒸気）の流れも重要である。

## ③タールの管理

ガス化炉内でのタール発生を前提とした改質プロセス設置など、ガス処理設備を保有していない場合には、後段のプロセスの配管閉塞や発電装置の連続運転のためにタールの量を管理できることが重要である。そのためには処理温度が一定以上（800～1,000℃）の温度を維持し、還元反応等期待される反応が安定的に実現できることが必要となる。また、そうした高温は一般に金属材料の高温腐食の可能性があり、炉体の材質や表面処理などに留意する必要もある。

## ガス化炉のメンテナンス

高熱部の構造体には耐熱合金（SUS310S, HK40, Incoloy800 など）を使用することや表面処理を実施することが望ましいが、炉体のコスト低減のために炉本体を定期的に変換することを前提とする方法も一つの方法である。欧州の Burkhardt 社のガス化炉は定期的な全交換を前提としている。小型ガス化炉においては現実的な対応とも考えられる。

金属材料面では高温腐食の問題のほかに、繰り返し熱応力による疲労破壊についても考慮が必要な場合がある。運転中、あるいは頻繁な立上げ・立下げにより繰り返し応力を受ける可能性がある部分については配管等接続部にフレキシブル管の適用等のほか熱応力に対する構造解析に基づく設計対応が必要な場合もある。

## 発電機間の同期（連結運転の場合）

小型の CHP（熱電併給ユニット）を連結して所定の電力を得ようとする場合があるが、その場合には複数の発電機の同期（電圧・電流・位相など）のための同期装置や各炉の安定運転が重要となる。



図 2.4.14 CPC 社 Biomax 100 ガス化ユニット（小型 CHP3 連の例）

（出所）「Robert B. Williams, Stephen Kaffka. Public Interest Energy Research (PIER) Program DRAFT INTERIM PROJECT REPORT, Biomass Gasification – DRAFT」

## タールへの対処

タールの定義としては「100℃以上で凝縮する有機物」、「ガス化プロセスで生成され、一般に芳香族有機物」「沸点がベンゼンより高い有機物」などがある。ガスの活用方法、ガス移送配管、材料投入方式、ガス接触面、ガス冷却などの条件により、低温部にて生成ガス中のタール蓄積が発生する。

タールはガス化温度よりも低温では、液体・固体として凝縮する。このため、配管閉塞やエンジンおよびタービンへのファウリング（凝縮付着）など下記のようなトラブルを引き起こす。

表 2.4.16 タールによるトラブルの例

<ul style="list-style-type: none"> <li>過給機（ターボチャージャー）の軸受に付着し羽根が回らなくなる。</li> <li>過給器付きの場合、後段のインタークーラを詰まらせガスを気筒に供給できなくなる。</li> <li>タールは強酸性であり、インタークーラに付着した場合、腐食を起こし、最悪のケースでは腐食片がガスエンジンの給排気バルブやシリンダー内面を損傷させることがある。</li> <li>停止時にガス給気バルブに固着し気筒の気密性が低下する。</li> <li>エンジンオイルにタールが混入し、オイルを劣化させる。</li> </ul>
---

## タールが発生しにくいガス化炉

一般にダウンドラフト方式のガス化炉は比較的タールが少ないとされる。アップドラフト方式ガス化炉はタールが多いとされ、噴流式や流動式はその中間程度とされている。

ガス化（還元反応）時の雰囲気温度が高温であるほど、また滞留時間が長いほどタールは少なくなる傾向にある。

表 2.4.17 ガス化方式とタールの発生量

	固定床式		流動床式		
	アップドラフト (対向流)	ダウンドラフト (並行流)	バブル式	循環式	噴流式
タール含有量平 均值(g/Nm <sup>3</sup> )	50	1	12	8	10
タール量範囲 (g/Nm <sup>3</sup> )	1-160	0.01-6	1-150	1-150	2-30

(出所)「Biomass Gassifier "Tars": Their Nature, Formation, and Conversion Nov.1998」

## コラム：ガス化設備の導入の考え方（技術導入検討時に考慮するパラメータ）

ガス化技術導入に際しては、初期段階において以下の3点（発電効率、稼働率、コスト）に係る情報を収集し、至近の実績等から評価を加え、これら基本パラメータをまず把握する必要がある。

### ① 発電効率

プロセス全体の発電効率は下記の式で表現できる。一般的には15～30%とされている。冷ガス効率はガス化炉によって異なり、ガスエンジン単体の発電効率と相まってシステムの発電効率が定まる。

#### <ガス化システムの発電効率>

$$\text{冷ガス効率 (50~85\%)} \times \text{ガスエンジンの発電効率 (20~35\%)} = 10~30\%$$

$$\text{※冷ガス効率} = (\text{分解ガスの熱量}) / (\text{ガス化設備への投入熱量}) \quad \text{： 高位発熱量基準}$$

### ② 設備利用率<sup>30</sup>

プロセスの性質上、高温環境のプロセスであり、構造材料に対しては強度寿命などに配慮が必要である。また、ガス化炉の形式によっては多くの液状生成物（タールなど）が設備機能を阻害する場合もあり、施設の定期的な開放点検・清掃・部品交換などが必要となり、稼働率を低減させる可能性がある。

特にタールに対しては設計施工段階で十分な対策を施し、発生の場合の問題点についても十分留意しておくことが望ましい。適用しようとしているプロセスの運転実績から、現実の設備利用率を把握し、計画外停止の要因も極力排除する等の対策が望ましい。

### ③ コスト

ガスエンジンのメンテナンスコストは輸入エンジンの場合、点検頻度、点検範囲、専門業者などが国産の場合と異なる場合が多く、一般に割高なものとなる。事業計画にあっては留意が必要である。

<sup>30</sup> 前述のとおり、発電設備の利用効率を示す指標には、「設備利用率」と「稼働率」の2つが主に使われる。「設備利用率」が定格出力でフル操業した場合の発電量を100%として実際に発電した量の割合を示すのに対し、「稼働率」は出力の多寡にかかわらず、発電していた時間の割合を示す。



## <海外製の設備の場合>

□ 海外製品を利用する場合、事業内容や地域特性、法律を考慮して採用しているか？

□ 海外製品の場合、国内でのパーツの支給体制は整っているか？

**海外製品の場合**、部品交換が必要な際に数か月程度かかるケースもある他、トラブルが発生してもすぐに技術者が駆け付けられないケースがあるため留意が必要である。

一部の先行事例では、**予備部品を定期的に発注してストックを常備**している。この時、購入費の**為替による変動**に注意する必要がある。

□ 海外製品の場合、設備の法規対応はできているか？（電気事業法、労働安全衛生法、道路運送車両法等）

**海外の設備を導入する場合**、**海外メーカーが日本の電気事業法を十分把握しておらず**、後になって法規制対応に追われるケースが少なくない。基本的に海外メーカーが日本の電気事業法を熟知していることは少ないため、特に国内実績が少ない設備の場合は事業者側から**メーカーに対して事前にプラント構造や法規制対応について十分説明**する必要がある。もしくは日本国内の販売代理店が電気事業法を熟知しているかを確認する必要がある。

## 電気事業法への対応

NEDO 実証事業者バンブーエナジー株式会社のケースでは、イタリアのターボデン社製の ORC 発電機を導入するにあたり、一旦検査に合格した直後に、日本国内の電気事業法対応として内部のチェックが必要になり、再度設備を切断して検査を行ったため納入スケジュールに遅延が生じた。

なお、海外のメーカーと取引する場合は、**電気事業法と並び、労働安全衛生法**についても対応能力の確認が必要である。その他、ORC の場合は大規模な装置を分割して輸送する必要があり、道路交通法についても考慮する必要がある。これについては後述する。

## <海外製品の場合>

□ 海外メーカーの倒産リスクを回避できる支払い条件になっているか？

国内では海外のメーカーにバイオマスエネルギー設備を発注し、FOB 時にほとんどの金額を支払ったが、**工事途中でメーカーが倒産したことで 10 億円を超える損失が発生**した事例が存在する。こうした事態を未然に防ぐため、**海外メーカーの設備を導入する場合は**、まず第一に与信調査を行うことが不可欠である。

そのうえで、支払い条件について検討する。メーカーによって支払い条件は異なるが、**事業者としては倒産リスクを回避するためにはできる限り支払いを後ろにすることが望ましい**といえる。ある事例では、倒産リスクへの対応策として、設備発注時の支払いを最小限とし、FOB 時に 50%（通常は 80%が一般的）、試運転完了時に残りの金額を支払っている。

なお、海外メーカーと取引する場合は、支払いトラブルをめぐり訴訟になった場合に負けることの方が圧倒的に多いのが現状であり、資産の差し押さえも同様に難しい。少しでも裁判における中立性を高めるため、契約書面にはできれば日本国内、最低でもシンガポールなどの第三国の裁判所を明記することが望ましい。

こうしたトラブル時の海外メーカーとの直接的なやりとりを避けるため、予め**商社を介して設備を購入することもリスクを抑える方法として重要**である。ただし、仲介口銭による初期投資額の増加について考慮する必要がある。

#### <海外製の熱分解ガス化設備の場合>

年間設備利用率（発電量）の実績、国内樹種との相性を確認したか？

年間の設備利用率（発電量）を実績として確認できているか？

国内樹種との相性は実験などを通じて確認済みか？

バイオマスエネルギー事業では、海外では多数の導入実績がある技術でも**国内で安定稼働が実現できないケース**がこれまで多数発生している。特に近年計画が急増している熱分解ガス化発電でこうしたトラブルが多い。

ガス化設備で安定稼働ができない場合、**国内地域の原料と当該技術の相性が要因**であることが多い。例えば、ガス化メーカー側が要求した品質規格（EN：欧州規格など）に準拠したペレットを利用しても、国内地域の樹種特有の成分が原因で安定稼働を実現できなかった事例が存在する。こうした事態を避けるため、**事前に想定する樹種の原料を海外メーカーに送り運**  
**転試験を行う**ことが望ましい。

### ③ 燃料の受入・貯蔵システムの検討

#### □ 燃料の搬入、施設での運転パターンを踏まえた適切なサイロの規模が設定されているか？

施設の立地条件や面積、燃料供給業者の体制などを考慮してレイアウト、規模、その他運搬方法・頻度を設定する必要がある。建屋やサイロの設計は第一に**バイオマス燃料運搬車両がスムーズに入れるかを考慮**し、そのうえでサイロの規模を設定する。その他、地域によっては積雪を考慮したサイロを作る必要があるなど、**気候条件にも留意が必要**となる。

#### サイロのコストに係る留意事項

欧州では地下ピットにトラックでダンピングするケースが多いが、日本では**土木建築にかかる費用が割高**である。**長期に貯留する必要がある場合**は地下ピット設置費用が相当額かかることになるため、きちんとコスト計画に入れておく必要がある。また、このような長期貯留の場合は、**受入・貯留時に水侵入がない構造とすることや、サイロの除湿、結露防止等の対策**も必要となりコスト増要因となる。このコストを削減するために、**土地の段差や斜面を利用する方法**もある。また、ホイールローダーで人的に搬入を行うことも一つの選択肢となる。

これらは規模や技術によらず、いずれの事業内容でも考慮すべき事項である。なお、**規模が大きい場合**はバイオマス燃料の ①**輸送車が大型化する** ②**輸送車の輸送頻度が多くなる** のどちらか或いは両方になり、設備対応や近隣対策が小規模な施設より厳しくなる。

その他、**ガス化の場合**は、貯留中に燃料中の含水率が平衡含水率まで戻ることが問題となるため、搬入頻度・車両サイズ・搬入量なども考慮し、**チップ乾燥後はできるだけすぐに燃料として使用**する必要がある。

#### 貯蔵規模の検討

サイロの規模はバイオマス燃料の搬入計画（バイオマス燃料供給業者が運搬する頻度）、週末など休みの対応、不急時の燃料ストックなどを総合的に勘案して決定する。大きい方が望ましいが、面積やコストアップの兼ね合いがあり、事業者とよく相談する必要がある。

多くの場合、バイオマス燃料製造側では、**最低でも数日～1週間程度貯留できるサイロの規模を設定**することが望ましい。これは、燃料を養生させることで燃料中の水分の均衡を図る目的も含まれ、機器の安定運転に貢献する。ただし、実際にはバイオマス燃料利用施設側の敷地面積やヤード・サイロの仕様、搬出に用いるトラックのサイズによって必要な規模は異なる。

また、バイオマス燃料利用施設側でも、例えば風水害などで燃料搬送が一時的に途絶える場合も考慮して、**数日分の燃料を貯留できるサイロの規模を設定**することが望ましい。いずれも、単位時間あたりの燃料製造能力×1日の工場稼働時間×必要日数（数日～1週間）、あるいは、単位時間あたりの燃料使用量×24時間×必要日数（数日～1週間）をもとにサイロの容積を決定する。

## □ 搬入時の粉塵発生に対する設備対応や近隣対策は考えられているか？

### 搬入時の粉塵対策

施設にバイオマス燃料を搬入する際に粉塵が飛散することにより近隣住民へ迷惑をかけることがある。住民の洗濯物に粉塵が付着し、苦情やトラブルに発展するといった事例が少なくない。

こうした事態を避けるため、**時間帯を考慮したバイオマス燃料の搬入計画を立てる**必要がある。また、**強風時の積み込み、積み下ろしの際は散水を行う**ことも重要な粉塵対策となる。

施設場内での粉塵の飛散は**建屋内の集塵サイクロンで排風できる設計**を行う必要がある。バグフィルターの場合は**フィルタの交換の計画も立て、そのコストについても事前に積算**しておくことが望ましい。また、**場内の清掃には小型のロードスイーパー**も有効である。

なお、水の開放タンクなどを通じて外部から**循環水系に粉塵が入るとフィルターの詰まりが頻繁**に生じる。それを避けるために、バンブーエナジー株式会社では**粉塵発生箇所と開放タンク箇所の距離を置く**などレイアウトを工夫した設計となっている。

事業者によっては地域と共生できる施設を目指し、**場内だけでなく場外の定期的な清掃を行うことで施設のイメージを良好に保つ努力**をし、近隣住民との良好な関係を築いているケースもある。

**バイオマスボイラーを利用する場合は、不完全燃焼により煙が発生し近隣の住居まで拡散**してしまうことがある。このようなケースは廉価なバイオマスボイラーで生じることが多いが、そうでない場合でも**設備の立ち上げや立ち下げの際にも煙が生じやすい**。こうした事態を避けるため、**煙突の高さを確保することで煙の地上付近での拡散を抑える**対策をしている事業者もいる。

- 適切な燃料受入・貯蔵の装置設計されているか？（燃料供給輸送装置、燃料貯留装置、燃料投入装置）
- 搬送系および貯蔵システムにおける燃料中の水分率の増加や微粉化に適切に対処できているか？

### <熱分解ガス化の場合>

- ガス化発電の高品質燃料の貯蔵に際しては、貯蔵段階で周辺空気の湿分の影響を受けて、水分が高まるような設計となっていないか？
- ガス化発電の高品質燃料は貯蔵段階で設備の排熱を生かした予備乾燥もできないか？

### 設備に即した搬入車両、搬出車両の選択

バイオマス燃料受入装置、用役供給装置（助燃油、薬品類等）、搬出装置等の設備配置計画や設備仕様を決定するにあたっては、**事前に各車両の型式や大きさ等を設定**することが望まれる。また、開業後の動線の不具合等の回避に繋がるため、**維持管理車両等も事前に設定**しておくことが良い。

### ガス化設備の貯留設備の留意事項

**熱分解ガス化の場合**、ボイラーに比べ、低い含水率の燃料チップ（あるいはペレット）が要求されるが、燃料生産時は設備の要求する乾燥水準となっても、輸送時や貯留時に平衡水分率まで戻ったことでトラブルが発生した事例が多数存在する（特にペレットが多い）。日本国内では、地域や季節にもよるが、屋外の平衡含水率は一番高い時期で 20%にもなる。燃料中の水分が機器の要求よりも高くなる、あるいは燃料中の水分が不均一になると運転トラブルが発生しやすくなるため、ガス化の場合は、**貯留した後できるだけ早く使う**ことが望ましい。**貯蔵段階で設備の排熱を生かした予備乾燥**することも有効である。

その他、最近では**設備の廃熱を有効活用し、ガス化設備投入直前で乾燥を行う**ことで確実に要求水準の水分率を満たすように工夫している事例もある。

### <ペレットの場合>

- 特にペレットの場合、貯蔵システム前後の搬送系で微粉化してしまうような機器構成・構造の搬送方法になっていないか？

**ペレットを利用するタイプの熱分解ガス化設備の場合**、ペレットの微粉が炉内でトラブルを引き起こすことがある。多くの場合、微粉が発生するのはサイロからガス化炉投入口までの燃料の搬送時である。特に、**搬送の効率性のみを追求してスクリーンを設計したために粉化が生じたケースが多い**。ペレット燃料はデリケートであることに留意し、**搬送系の最適な径、搬送速度について、メーカーのみならず、類似事例を経験している業者の協力を仰ぐ**ことが望ましい。

なお、欧州のペレット規格（EN Plus）では微粉化率が定められており、**メーカーに対して微粉化率の条件を明確化して発注**することが望ましい。

その他、事業者によってはペレットの硬度を高めるため、**ペレット生産後 3 日程度保管したうえで（エイジングと呼ばれる）投入**するなどの対策を取っている。

## ④ 設備・工事発注スキームの検討

□ 設計・工事の発注の場合の大まかな仕様と発注方式は明確になっているか？

□ 設備の設計・発注・建設は EPC 契約とするか、分離発注とするか、について明確になっているか？

システムの基本計画を策定し、燃料の受入・貯蔵設備の設計が固まった段階で、各種設備・工事発注スキームの検討を行う。発注スキームは下に示すとおり、複数の選択肢があるが、それぞれ事業者に要求される技術的知見やコストが異なることに留意する。

### 発注形態

発注形態は、一括発注方式（EPC 方式）、分離発注方式（図面発注方式）、コンストラクション・マネジメント（CM）方式の 3 種類がある。

一括発注方式（EPC 方式）は元請企業に一括して発注する方式である。分離発注方式（図面発注方式）は設計と工事を別々に発注する方式である。コンストラクション・マネジメント（CM）方式は発注者の補助者、代行者であるコンストラクション・マネージャー（CMR）が技術的な中立性を保ちつつ発注者の立場で、設計の検討や工事の発注形態の検討、工程管理、コスト管理などの各種マネジメント業務の全般または一部を行う方式である。

発注者が初めて事業に挑む場合、発注者単独で設計を行うことは通常不可能であるため、現在は一括発注方式（EPC 方式）を採用するケースが多く見受けられる。また、発注先の選定には一定の技量を必要とすることから、発電設備一式の発注にあたっては十分な知見や経験をもったコンサルタントや技術者の支援が必要な場合もある。

なお、事業者側の発注能力を高めるうえで有効な方式とされる CM 方式は今後検討、普及されていく方式と考えられる。コンストラクションマネージャー（CMR）には、発注者との信頼関係と高い倫理性が要求されるが、発注者自身も CMR の選定次第でリスクやコストが増加するおそれのあることを十分に認識する必要がある。

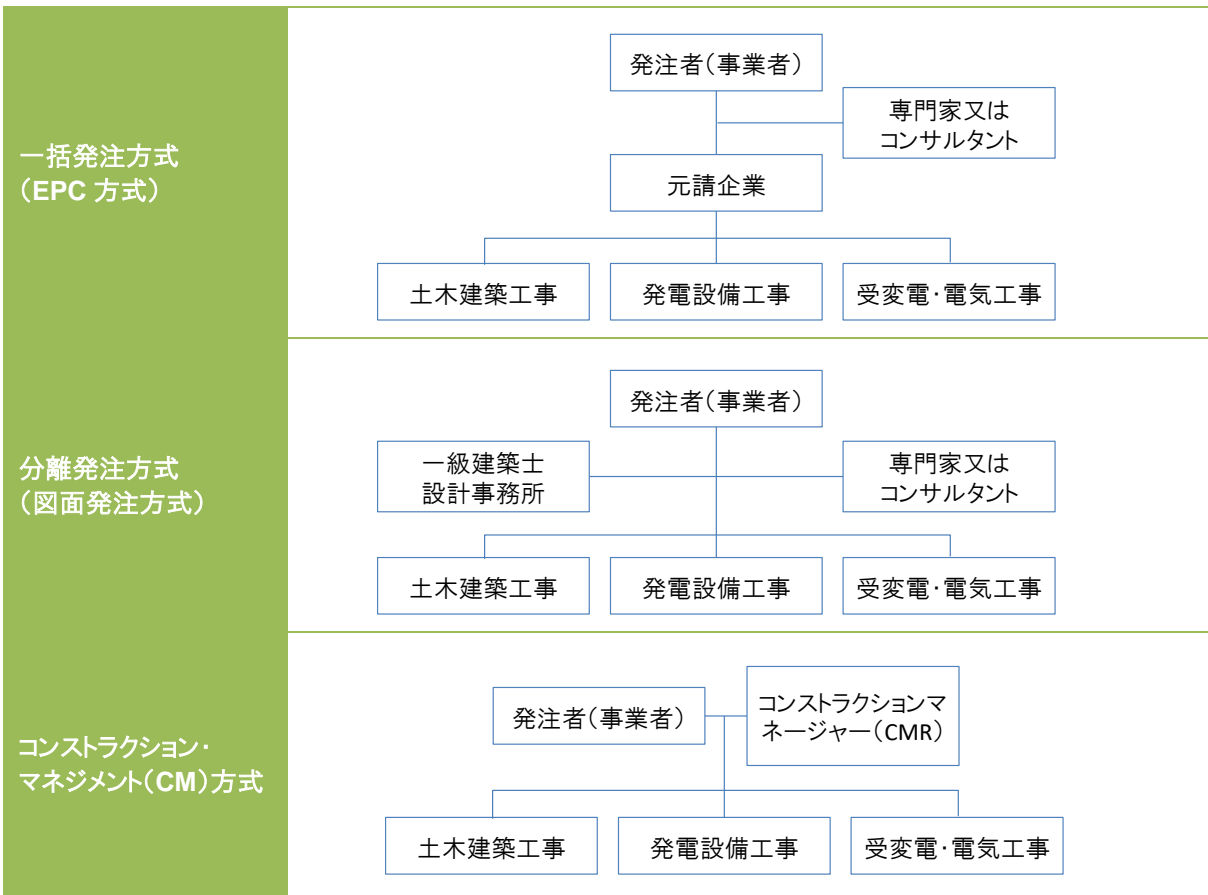


図 2.4.15 発注形態の選択肢と関係図

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

表 2.4.18 設備発注方式の種類

一括発注方式(EPC方式)	
概要	特徴
<p>設計と施工を併せて発注する方式。 発注者のみでは対応できない場合に、経済性や公平性も加味したうえで採用される。</p>	<p>&lt;メリット&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 契約による性能確保の確実性が高まり、発注者のリスク負担の軽減が図れる。</li> <li>・ 受注者が独自に所有する技術、ノウハウを活用することが可能となる。</li> <li>・ 応札者間の技術開発競争による経済性の追求が可能。</li> </ul> <p>&lt;デメリット&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 工事受注者(請負者)は責任設計施工で進めるが、「施工上の契約不適合責任」と併せて「設計上の契約不適合責任」を負い、提示する性能保証項目の達成を求められる。</li> <li>・ 施設の建設工事が完了し、性能確認試験をパスした後においても、性能に疑義が生じた場合は、受注者の責任において確認を行い、性能条件を満たしていない場合は、受注者の責任において改善の義務が課せられる。</li> <li>・ 新技術コストの評価が難しい。</li> </ul> <p>[発注者側に求められる要件]</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①施設の性能に関する十分な提示能力と性能評価能力</li> <li>②施設の安定稼働等に関する十分な技術評価能力</li> <li>③性能発注方式による契約が実現できる財務の確保</li> <li>④実施設計の技術審査能力</li> </ol>
分離発注方式(図面発注方式)	
概要	特徴
<p>発注者が設計と積算を行い、競争入札により施工業者を選定する。 ◇一般的に公共工事等の大型案件にて採用される方法</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 設計仕様は発注者側の提示により決定する。</li> <li>・ 発注者に十分な知見や経験を要する。</li> <li>・ 発注者は、計画、調査、設計、積算などの一連の手続きを行う必要がある。</li> <li>・ 発注者は、設計図面を作成し、これにより工事数量、単価を想定したうえで、予定工事価格を設定する必要がある。</li> </ul> <p>[発注者側に求められる要件]</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①財源措置の枠の確保</li> <li>②適切な品質等の履行の確保</li> <li>③適切な価格の設定</li> <li>④設計変更時における変更額の算出</li> <li>⑤設計施工監理者の設置</li> </ol>
コンストラクション・マネジメント(CM)方式	
概要	特徴
<p>発注者の補助者、代行者であるCMR(コンストラクション・マネージャー)が、技術的な中立性を保ちつつ発注者の側に立って、設計の検討や工事発注形態の検討、工程管理、コスト管理などの各種マネジメント業務の全部または一部を行う。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 一括発注方式と比べると、発注者が抱えるリスクは大きくなるものの、コスト構成などの透明化が進むといわれる。</li> <li>・ 施工については、発注者がCMRのアドバイスを踏まえ、工事種別ごとに分離発注等を行い、発注者が施工業者と別途「工事請負契約」を締結する。</li> <li>・ なお、例外的に、CMRが分離発注は適さないと判断した場合に、総合工事業者に一括発注するケースも見られる。</li> </ul> <p>[CMRの業務]</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①設計、発注段階での発注者</li> <li>②コストの分析、工事費の算出などのコストマネジメント</li> <li>③施工図の審査、施工者間の調整、工程管理など発注者の監督業務の一部を補助</li> </ol> <p>[CMRの体制]</p> <p>工事規模、内容によって異なるが、通常は複数の専門家によるチームが組まれることが多い。</p>

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成



## <分離発注の場合>

### □ 契約書において契約不適合責任や免責事項が明確になっているか？

分離発注は設備の初期コストを抑えるための有効な手段の一つであるが、**実際には国内では事例が少ない**のが現状である。**小規模の設備の場合**は、発注対象のシステムがそれほど複雑ではないため、ある程度の技術的知見があれば事業実施者（オーナー）が設備毎にそれぞれ適切な業者に発注できる可能性はある。

一方で、**大規模設備の場合**は、**よほど実施者が技術や施設設計に精通していない限り分離発注は推奨するものではない**。実際、分離発注では、設計時や稼働時に不備があった場合に、どの設備メーカーに責任の所在があるのか、またそれが保証の範囲内なのか、について不明確になりメーカーとの交渉に時間が掛かることがある。そのため、**分離発注を選択する場合は、設備トラブル時の責任を明確化し、またメーカー毎の保証範囲でプラント全体の保証範囲が担保できているか確認**する必要がある。

### □ 工事時の搬入経路、アクセスは検討したか？ 機器の分割サイズは適正か？

#### 道路運送車両法への適応（主に ORC 設備の場合）

バンブーエナジー株式会社では、オーストリア・コルバツハ社製の燃焼炉設備の導入にあたり、メーカー側の定めるサイズに分割して輸入し国内輸送を試みた。しかし、これらの**分割サイズは日本の道路交通法における上限を超えている**ことが判明したため、特別な手続きにより夜間の道路利用を占有し、建設現場に輸送することができた。このような手続きによる道路占有による輸送は、長距離には適用できないため、建設現場が港湾に近い場所に位置していなければ、納入自体ができなかった可能性もあった。

このような事態を未然に防ぐため、**海外から輸入する設備の場合は日本の道路交通法内のサイズ制限を確認**することが重要である。仮にこれらの制限を超えざるを得ない場合も、搬入は可能だが、**追加コストを想定**しておく必要がある。

その他、納入時に機器等が建設現場に搬入する際の**敷地の回転半径、並びに国内の輸送途中の橋梁などの重量制限**についても確認しておく必要がある。

### □ 設計・工事の発注の場合の大まかな仕様は固められているか？

#### 発注時の仕様書

プラント、システムの実施設計、および工事発注を行う際には、発注仕様書と参考図書を提示していく必要がある。実施設計、その後の設備工事を円滑に進めていくためにも、発注段階で具体性のある仕様や図面を提示していくことに留意する。

実施設計の発注では、システム構成と主要機器の仕様、燃料条件、運転条件や既存設備・配管等との接続を示すシステム概念図、基本レイアウト図、熱供給システム全体の制御方法などを整理していく。

工事発注では実施設計に基づき、具体的な設備構成、機器・付帯設備・配管等機器リスト・仕様、工事区分、設備フローシート、配置計画図等詳細図面、工程表、燃料の搬入方法等を整理していく。**分離発注を行う場合**には、設備のベンダー、設備工事業者、土木建築業者等の業者間の所掌範囲、取り合い場所（境界）についても明示していく必要がある。

表 2.4.19 実施設計発注段階で提示すべき仕様項目（ボイラーの場合）

項目	具体的内容
設備の稼働条件	年間稼働計画(稼働パターン、燃料受入日数、年間施設運用日数) 熱利用の用途、年間需要量、需要パターン、温度等要件
燃料条件	原料種、燃料種、水分、発熱量、灰分組成、サイズ、製造条件、品質規格
設備仕様	システム構成・主要機器リスト ボイラー規模、タイプ、効率等仕様 タンク・熱交換器等付帯設備仕様 システムフロー、配管材質・径、ポンプ容量 メンテナンス要件
制御仕様	制御機器仕様、既存設備との連携制御仕様、遠隔監視・制御仕様
動力・給排水	動力電源、給排水設備要件
設置環境	設置場所、車両の動線・搬入環境、周辺環境、気象条件、 その他、工事用電源、工事用用水、資材置き場、現場事務所(生活用水・排水、手洗い等含む)の要否等
建屋・サイロ条件	レイアウト、規模、構造 サイロ容量、燃料投入条件、防火対応等要件
関連法令	大気汚染防止法、消防法、建築基準法、その他関連法令・条例等の必要事項、その他諸官庁手続き助成範囲
施設の設計指針	公害防止、災害防止、設備の運転時間、安全性、経済性、設備耐用年数、騒音、振動シミュレーション結果 納期・工期
責任範囲・ 他所掌範囲	バイオマス燃料の品質、性能保証未達時の対応範囲と補償内容 性能確認の方法、費用負担、契約不適合条項 試運転方法、検収条件、完成図書様式、支払方法

**バイオマスボイラーを導入する場合**は、案件により基本設計の精度にばらつきがみられ、実施設計や工事発注段階で提示される仕様の具体的に欠けるようなケースもみられるが、発注者・工事業者間のミスマッチや設計ミス・施工ミスを避けるためにもできるかぎり**基本設計段階で重要な仕様については固めておく**ことが望まれる。またバイオマスボイラーもまだ一般的ではなく、設計業者にバイオマスボイラーに対する基本的な知識がないケースも散見されるが、そうした場合には専門性を有するエンジニアリング会社やボイラーメーカー等の協力を得るなどして、正しい情報をもとに実施設計を行うことが求められる。地元優先の設計の発注を行い、バイオマスボイラーに関する知見もなく、またボイラーメーカー等とのコミュニケーションがうまくいかないまま進んでしまい、過大設計、それに伴う予算超過、工程の遅れにつながっているような事例も見られる。事業の規模や求められる技術水準に応じて、業者選定の基準を考慮していくことも必要である。

さらに、**海外メーカー品を採用する場合**、納期・工期に注意が必要である。不測の事態が起きると、2～3ヶ月遅れるということも想定される。**公共工事の場合**は、年度をまたぐことができない制約があることも多いため、余裕を持った計画を立てておくべきである。船便から航空便への変更などで、当初予定していなかったコストがかかることもある。

また、燃料性状については、事業者とメーカーはしっかり合意を得ておかなければ、運転開始後のトラブルの大きな原因になりうる。

## <主に自治体主導の事業の場合>

### □ 単なる価格競争ではなく、バイオマス利用設備の設計への正しい理解のある企業主体が受注するための発注プロセスが検討できているか？

**特に自治体が主導する公共事業の場合**、バイオマスエネルギー施設の設備設計に応募可能な事業者の資格や条件が決められていることがある。この時、大手企業しか対応できないような厳しすぎる要件が含まれると、かえってバイオマスエネルギー設備の知見を有する企業が関与できず、結果としてボイラーをはじめとする各種設備の設計ミスが発生する事例が散見される。

上記のような応募要件の制約により、バイオマス経験の少ない業者が担当せざるを得ない場合であっても、別途**バイオマス事業・設計に精通したコンサルタント等の専門家を参画させる**ことが望ましい。

なお、公共事業以外でもバイオマスエネルギー施設・設備に参画可能な要件が限定されることもある。某ゴルフ場におけるバイオマスボイラー導入事例では、ボイラーと土木建築（貯蔵設備含む）に分けて入札が行われ、土木建築の部分は地元企業のみで参画要件が与えられた。その際、ボイラーメーカー側は付帯設備を含むボイラーシステムを最適かつ安価に提案し受注に至ったが、土木建築の参入資格の制約のために特定の企業が言い値で落札し、過大な貯蔵設備が作られたために当初想定していた（ボイラーメーカー側が提案していた）採算性と乖離してしまったケースがある。

## ⑤ 設備導入に係る法規制の確認と対応

### □ 採用するエネルギー変換設備に必要な法規制に対応できているか？

エネルギー変換設備の種類と規模によって必要な法規制対応が異なる。例として、発電事業の場合は電気事業法、熱利用ボイラーの場合は労働安全衛生法、外部に熱供給（21GJ/h）を行う場合は熱供給事業法が必要となる。その他建築基準法、消防法および大気汚染防止法等なども届出などが必要となる。

各エネルギー変換設備に係る法規制については、「第 3 部 2 章 バイオマスエネルギー設備・技術に係る基礎知識」を参照されたい。

## ⑥ 立地調査

基本設計と併せて、構想段階で検討した用地における具体的な設備設置場所を検討する。発電の場合、系統連系、地耐力、用水、周辺道路条件などが重要となる。熱利用の場合、特にオンサイト型では既存設備内に設置・運営（サイロへの供給車両の転回、メンテナンスなど）に必要な空間が十分に確保できるかどうか、確認する。

### <新規のプラントを建設する場合>

### □ 自然条件、自治体や住民の対応、リスク有無、原材料確保および用地費等で適地であるか？

自然条件によるリスクはハザードマップや外部不動産鑑定会社への調査委託などで基礎的な事項を把握できる。土地の地盤が脆弱な場合は造成費用や開発費用が発生する。また、計画地が文化財保護法における埋蔵物文化財包蔵地である場合は、届出と事前協議が必要となる。詳細な立地に係る留意事項は「1. I. 4 用地の想定」（142頁）を参照されたい。

## <発電事業の場合>

### □ 発電機、冷却設備の規模に応じた用水の確保が可能な用地であるか？

発電設備では蒸気を冷却するための水を大量に消費する。そのため、用地を選定する際、**十分な用水を取得可能かについて確認が必要**である。なお、蒸気の冷却方法には水冷式の他に、**空気により冷却を行う空冷式**もあるが、水冷式より大きなスペースを必要とするうえ、電気を大量に消費するためコスト増となる。

バンブーエナジー株式会社が事業を実施している熊本県南関町の土地は、上下水道や工業用水といったインフラが整備されておらず、また井戸水はあるものの竹加工工場にて使用する量しか確保できなかった。本熱電供給設備の定格運転実施時には最大で 9,000 m<sup>3</sup>/月の冷却水が必要となることから、近隣の事業者の協力により、ため池より水の供給を受けている。



図 2.4.16 冷却水の確保

(出所)バンブーエナジー株式会社提供資料

## フェーズⅢ 設計施工段階

バイオマスのエネルギー変換設備の設計施工段階におけるチェック項目は下表のとおりである。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

表 2.4.20 バイオマスのエネルギー変換設備の設計施工段階におけるチェック項目

項番号	実施事項	留意事項	チェック
4.Ⅲ.1	設備の調達	メーカーは品質保証、納期などが適切に遂行できるか？	
		メーカーの性能保証は非現実的な厳しい要件となっていないか？	
		見積引合仕様書に「反社会的勢力の排除」が謳われているか？	
4.Ⅲ.2	工事・EPC 契約	契約条項について法務関係者と確認し、契約不適合責任、免責事項について相互に納得しているか？	
		完工不可時のリスクを考慮した契約となっているか？	
		<分離発注の場合> 分離発注によるコストダウンが可能か？また、施工管理と装置保証が可能か？	
4.Ⅲ.3	O&M 契約	十分な運転マニュアルや取扱説明書をメーカーが提示しているか？また、オペレーター養成について説明を受け、内容・費用が納得できるものになっているか？	
		オペレーターの役割は明確となっているか？	
		遠隔監視システムの有無・内容について納得できるものになっているか？	
4.Ⅲ.4	保険契約	メーカーの稼働保証の有無について確認できているか？また、保険会社の保証内容と保険の費用について理解した上で、事業収支上にも盛り込まれているか？	

## 4.Ⅲ.1 設備の調達

### □ メーカーは品質保証、納期などが適切に遂行できるか？

**特に発電事業の場合**、国内事例では、設備を発注したメーカーの技術力不足により**品質が不十分な設備が納入されたり、そもそも設計や建設の遂行能力がなかった**ケースが存在する。特にベンチャー企業などの新興のメーカーで生じることが多い。設備の納入実績が少ない場合などは特に注意を要する。設備の納期は事業者の建設計画に重要な要素であり、**発電所の稼働が予定期日から遅れると、資金の返済に影響が生じる**。

欧州のメーカーでは、発電機などの出力の保証を行っていることがあるが、**国内では出力保証はなく、機器自体の保証に留まる**のが一般的である。ただし、**規格に合格する燃料を使用する場合はメーカー側に対して出力値が適正な値であるかの確認要求**を行うことができる。

また、**事業モデルを問わず**、納期遅延による影響を最小限にするために、**事業者自らメーカー工場を訪問して着実に製造が進んでいるかについて定期的に確認**することが望ましい。

### □ メーカーの性能保証は非現実的な厳しい要件となっていないか？

**一括発注方式（EPC方式）、コンストラクション・マネジメント（CM）方式の場合、設備等の性能保証に関して、発注者と受注者間で合意しておくことが重要**になる。過去の事例ではメーカー側の提示した性能保証条件が非常に厳しく、実質的に保証を受けることが不可能であったケースも存在するため留意が必要である。

#### 保証期間、保証対象の明確化

保証期間は設備引き渡し後 1 年以上とし、期間中に製作者の責任に帰する欠陥が認められた場合、製作者は速やかに修理、改造、調整または取り替えを行う。ただし、消耗品、磨耗品は保証対象外である。また、保証期間経過後であっても、明らかに製作者側の責任と判断できる事故については保証を要求することがある。さらに、受入検査、試験に合格したものであっても、使用開始後、性能や機能が発注仕様と合致せず、その原因が製作者の責任に帰する場合には、製作者の責任において改造を行うこととなる。

#### 契約時の性能保証事項

**発電事業の場合**、契約時に定めた定格発電出力、最大発電出力は少なくとも満足させなくてはならない。

**事業モデルを問わず**、各種法規制に則って、運転時の騒音、振動対策や排ガス、悪臭、防塵対策等の環境対策も計画通りに実施されている必要がある。騒音、振動の基準については、プラント設備と土木建築を合わせた総合性能が要求されるため、プラント側は低騒音、低振動機器を採用するとともに、プラント設備から提示するデータに基づき、建築に必要な仕様、構造並びに対策を実施する。また、建築設備に付帯する設備、機器についても規制を満足する機種選定を行うものとする。

以下の項目について契約時に定め、発注仕様書等に記載された設定条件の数値に適合させる。性能保証の確認は性能試験結果をもって確認することを原則とする。

表 2.4.21 契約時の性能保証事項

公害防止保証事項	排ガス基準値、排水基準値、騒音、振動、悪臭等について 定格負荷運転時において、仕様書等に定めた保証値以下とする。
緊急作動試験	非常停電(受電、自家発電などの一切の停電を含む)、機器故障など設備の運転時に想定される重大事故について、緊急作動試験を行い、設備の機能の安全を確認する。

### 引渡性能試験計画書に基づく試験の実施

**全ての事業モデル**について、発注者はあらかじめ協議の上、試験項目および試験条件に基づいて試験の内容および運転計画等を明記した引渡性能試験計画書を受注者に作成、提出させ、それに基づいた試験を実行する。試験項目ごとの試験方法等は原則として関係法令および規格等に準拠して行うものとする。**引渡し時の性能試験における設備の運転はできるだけ発注者が実施するものとし、機器の調整、試料の採取、計測、分析、記録等その他の事項は受注者が実施する。**

なお、公害防止保証事項については、法的資格を有する第三者機関に測定・分析等を依頼することが望ましい。

### □ 見積引合仕様書に「反社会的勢力の排除」が謳われているか？

**事業モデルを問わず**、取引先や株主が反社会的勢力であった場合、**不当要求の被害を受けるリスク**、並びに**企業の社会的信用を失墜させるレピュテーションリスク**などが生じる可能性がある。こうした事態を未然に防ぐため、**法務省の指針に基づき契約書には暴力団排除条項を導入**することが重要である。

もし取引先が反社会的勢力である場合は契約解除をすることが可能となるが、取引先が反社会的勢力に該当するかどうかは、解除する側が立証することになる。そのため、**「反社会的勢力」は明確に定義し、契約解除は無催告で行うことが可能、また解除した側が損害補償義務を負わない旨を明記**しておく必要がある。

なお、こうした反社会的勢力の排除に係る文言は、機械の見積引合仕様書に限らず、**素材生産業者との協定書、土地の地権者との売買あるいは賃借契約といった、関係先と交わす書面すべてにおいて意識**して盛り込むべきである。

さらに、書面だけではなく実際に関係先が反社会的勢力でないかどうかを調べる方法として**インターネット検索や帝国データバンクといった公知の情報の検索や、調査会社あるいは興信所といった機関に依頼**して反社チェックを行う方法がある。



## 4.Ⅲ.2 工事・EPC 契約

- 契約条項について法務関係者と確認し、契約不適合責任、免責事項について相互に納得しているか？

設計施工段階では、実施設計および調達する設備を決定した後、建設や設置に先立ちメーカーとの間で工事契約・EPC 契約を締結する。その際、想定するリスクに関する文言の未記載や曖昧な記載があると、後に大きな経済損失が発生することがある。契約締結時に特に留意する事項として以下が挙げられる。

### 契約不適合責任、免責事項

バイオマスエネルギー事業は地域特有の諸条件に合わせたオーダーメイド性が高く、また十分な実績を有するメーカーも限定であることから、建設時点の不備による運転トラブルが過去に多数存在する。

そのため、契約書案の作成時は、施設・設備の建設に不備（瑕疵）があったり不測の事態が生じたときに、責任の所在をどのように判断するか、メーカー側が責任を免れる条件（免責事項）をどの程度記載するかについて必ず現場担当者と法務関係者で検討する必要がある。

- 完工不可時のリスクを考慮した契約となっているか？

過去の事例には、建設期間中のメーカー側の倒産（海外企業）や技術力の不足により、完工することができなかったケースが存在する。

そのため、こうした完工できなかった場合の費用の分担も明確にしておく必要がある。加えて、発注先の倒産リスクについても考慮した契約にできることが望ましい。

## <分離発注の場合>

### □ 分離発注によるコストダウンが可能か？ 施工管理と設備保証が可能か？

分離発注は設備のイニシャルコストを抑えるための有効な手段の一つであるが、**実際には国内では事例が少ない**のが現状である。

**小規模の設備の場合**は、事業実施者（オーナー）が機器・装置毎にそれぞれ適切な業者に発注できる可能性はある。一方で、**大規模設備の場合**は、**事業実施者が技術や施設設計に十分精通していない限り分離発注はできない**。

分離発注では、設計時や稼働時に不備があった場合に、どの設備メーカーに責任の所在があるのか、またそれが保証の範囲内なのか、について不明確になり設備メーカーとの交渉に時間が掛かることがある。そのため、分離発注の際は、**設備トラブル時の責任を明確化し、またメーカー毎の保証範囲で設備全体の保証範囲が担保できているか確認**する必要がある。

バイオマス発電事業が稼働するまでには、以下のような数多くの項目をクリアしなくてははいけない。

#### <バイオマス発電事業が稼働するまでに対応すべき事項>

- |               |                   |             |
|---------------|-------------------|-------------|
| ・ 発電所の建設用地の決定 | ・ 付帯設備            | ・ 各種届出・認可取得 |
| ・ 発電規模        | ・ 配置図・フローシート確認・検討 | ・ 建設        |
| ・ 燃料調達方法      | ・ 建設方法検討          | ・ 試運転       |
| ・ 木材加工の要否     | ・ 見積り比較           | ・ 性能確認      |
| ・ 発電機種        | ・ 予算決定            | ・ 検収・設備引き渡し |
| ・ 設備仕様決定      | ・ 発注              |             |

多くの場合、「基本事業計画策定」はコンサルタントに、「見積り比較から機種・メカ選定、実施設計」は設備メーカーに、「設備の建設」は EPC 業者に依頼することが一般的である。発注対象となる企業の数や業種は事例によって異なるが、**発注先が多くなるほど管理指導をする負担が大きくなる**ことに留意が必要である。

発電設備を発注する際、事業者にとっては特定の企業 1 社に設備建設に関する一切を発注できた方が圧倒的に**管理が容易であるが、その分の管理費用が高くなり建設費用が上昇する**。一方で、これらの仕事を**分離して得意分野のみを各社に発注すれば管理は難しくなるが、費用総額を抑えることができる**。

このように、それぞれメリットとデメリットがあるが、事業者において過去の経験を生かせる体制があれば分離発注で事業は進められる。しかし、事業の進捗をスムーズにするためにも、過去にバイオマスエネルギー事業の**経験のない事業者は、発電事業の経験のある EPC 業者などに一括して発注する**方が望ましい。

## 4.Ⅲ.3 O&M 契約

- 十分な運転マニュアルや取扱説明書をメーカーが提示しているか？また、オペレーター養成について説明を受け、内容・費用が納得できるものになっているか？

**全ての事業モデル**について、バイオマス発電の設備の能力を 100%発揮するためには、適正な運転操作とメンテナンスが重要である。そのため、メーカーから設備の引き渡しを受ける際に、**事業者のオペレーターに運転操作の指導教育を受講**させる必要がある。国内メーカーでは多くの場合、**座学による研修や発電所の現場における指導**を行う体制がある。

また、設備の引き渡しの際に、まずは説明の**基本となる操作説明書などの資料が整っているかを確認**する必要がある。マニュアルの精度や使いやすさはメーカーによって大きく異なるが、欧州メーカーの方が詳細かつ未経験者にもわかりやすい形で整備されていることが多い。最近はインターネットを使ってユーザーIDを入力すれば、必要な資料をダウンロードできるケースも増えている。

**バイオマスボイラーおよび小型ガス化の場合**、オペレータが操作するパラメータが少なく、また自動運転されているものがほとんどである。遠隔からスマートフォン等を用いて操作できるものも多い。しかしながら、ガス化や BTG と同様に、設備引き渡しの際には、メーカーに操作マニュアル式の提示とオペレータへの操作方法レクチャーを要望するのが良い。

### オペレーターの教育システム

事業者側は、**全オペレーターが機会均等にすべての教育を受けて理解し、実践操作**をすることが重要である。一部の事例では、オペレーターに対して**定期的に理解度確認のための試験**を行っているケースもある。その他、メーカーの指導員は訓練のために、時には**予告なく故意に機械故障を起こして運転員を訓練**する場合もある。

**特に BTG 発電事業の場合**、この指導教育が不十分であれば、発電会社の運転員は設備の適正運転ができず、トラブル発生や稼働率低下に見舞われることがあるため、オペレーターの教育は極めて重要な事項と言える。

なお、商用の運転稼働フェーズでは、**オペレーターは次のシフトチームへの運転引き継ぎの際に、異常発生現象やトラブルや運転変化傾向などについて明確に伝える**ことも安定稼働のために重要である。

- オペレーターの役割は明確となっているか？

上述のとおり、**特に BTG 発電事業の場合**、事業を安定的に運営するためにオペレーターの果たす役割は非常に大きい。オペレーターが行う日常の業務内容は設備によっても大きく異なるが、**操作室における業務と現場巡回、また日報や伝票の作成、メンテナンス計画、バイオマス燃料の調達**など多岐にわたる。**責任者はこれらの業務を運転員と事務員に配分**し、各々のオペレーターが毎月のルーティン業務を受け持つ。

### オペレーターに求められる条件

オペレーターに求められる条件として、発電設備の運転技能が求められることから**工学の知識を有している**ことが望ましい。また、これらのオペレーターを取りまとめる**職務責任者には、バイオマスエネルギー事業に係る経験と知識、並びにリーダーシップ**が要求される。

## □ 遠隔監視システムの有無・内容について納得できるものになっているか？

設備の運転監視は近年、インターネット回線を通じて可能になっており、国内でも導入する事例が増えている。特に欧米のメーカーではこれらのシステムの導入が先行しており、TeamViewer を使用しているケース（Lipro 社、Kohlbach 社等）や、独自ソフトを開発しているケースもある。（ETA 社や Volter 社など）

ただし、**大型の設備の場合**は**資格者の常駐が必要**であり、オペレーターが常に設備内にいるため、**インターネットによる運転のモニタリングは差し迫って必要ではない**。発電所から本社に運転状況を連絡する場合などには有効である。

一方、電気事業法で緩和対象の**小型バイオマス発電所の場合**は連続運転が基本であるが、バイオマス燃料さえ供給しておれば運転員は不在でも問題なく、オペレーターが近隣に居て何かあれば駆け付けられれば良い。こうした小規模の発電所では **PC が携帯電話で閲覧可能なインターネットによるリモート監視システムの導入は有効**である。

## 4.Ⅲ.4 保険契約

- メーカーの稼働保証の有無について確認できているか？また、保険会社の保証内容と保険の費用について理解したうえで、事業収支上にも盛り込まれているか？

### 運転稼働保証

欧州では保険会社がバイオマスエネルギー設備の稼働保証（年間7,500時間など）をしている事例が数多く存在する。一方、**国内ではこうした稼働保証を行うメーカーや保険会社がほとんどない**のが現状である。しかし、実際には設備トラブルにより、計画していた稼働時間を達成できない事例が少なくないため、**経済性確保の観点から欧州と同様の稼働保証を日本にも適用できるよう交渉していくことは重要**である。

### 欧州メーカーにおける運転稼働保証

欧州メーカーでは近年、小型のバイオマスガス化発電設備などの分野では発電運転保証をしている例が増えつつある。あるメーカーは、7,500時間発電運転を5年間保証しており、指示通りに運転したが発電が不足したり、機械不備で発電できなければ、その不足分を補償金として支払いが受けられる。これは、欧州メーカーが実績を積み上げ、安定運転ができている証左であり、こうした実績が保険会社からも信頼が得られた成熟した市場の証明ともいえる。なお、欧州では**保険費用は設備契約費に含まれており、設備費の約3%程度**となっている。

# フェーズⅣ 運転段階

バイオマスのエネルギー変換設備の運転段階におけるチェック項目は下表のとおりである。以下では各実施事項および留意事項を解説する。

表 2.4.22 バイオマスのエネルギー変換設備の運転段階におけるチェック項目

項番号	実施事項	留意事項	チェック
4.IV.1	システム・機器の性能評価と改善	設備の運転稼働データやエネルギー供給状況のデータ計測、分析、解析は行っているか？解析結果は運転方法や設備の改善に活かされているか？	
		データ計測の項目、方法および計測場所などは適切に管理されているか？	
		仕様書に記載の設備・機器の出力、効率（発電効率・熱効率）は達成されているか？	
		システム全体としての出力や効率が達成されているか？	
		仕様書に記載の性能が未達の場合、原因は究明できているか？	
		不具合原因が設備・機器自体のものによる場合、メーカーへの改善要求と対応がなされているか？	
		不具合原因が燃料規格への不適合による場合、調達先との協議や改善要求と改善対応はなされているか？	
		不具合原因がシステム設計に問題がある場合、設計業者・施工業者との協議や対策はなされているか？	
		不具合原因がメーカー側責任の場合、メーカーの稼働補償は適用可能か？	
		<外部熱供給を行う場合> 熱量計の設置位置や計測方法、料金形態の改善の必要性はないか？	
4.IV.2	設備利用率の検証と改善	稼働時間ではなく設備利用率、発電量による検証がなされているか？	
		仕様上の性能が未達の場合、原因が究明できているか？	
4.IV.3	安全対策	非常時の安全対策は整備されているか？	
		緊急時の連絡体制は構築されているか？	
		メンテナンスが必要な箇所にアクセス可能な設計になっているか？作業の安全性は確保されているか？	
		地震や台風などの耐強度は確保されているか？	
		冬期の凍結対策は行われているか？	
		労働災害や職員の安全性に係るトラブルが起きていないか？	
		消防への届け出とチェックは行われているか？	

項番号	実施事項	留意事項	チェック
		災害対策のマニュアル作成や安全対策の教育がなされているか？	
4.IV.4	O&M内製化の検討	維持管理費削減のため、オペレーションとメンテナンス（O & M）は段階的にでも内製化していくことができるか？	
		メンテナンスの方法や頻度は適切になされているか？	
4.IV.5	トラブルシューティング	トラブル時の原因究明と対策は都度なされているか？	
		トラブル時の対策はマニュアル化されているか？	

## 4.IV.1 システム・機器の性能評価と改善

- ❑ 設備の運転稼働データやエネルギー供給状況のデータ計測、分析および解析は行っているか？解析結果は運転方法や設備の改善に活かされているか？
- ❑ データ計測の項目、方法および計測場所などは適切に管理されているか？

### 運転データの計測項目

発電設備の運転に係る複雑な制御システムは現在では基本的に自動化されている。しかしながら、オペレーターが設備の運転状況の把握を怠ると設備のトラブルを招くだけでなく、事故にもつながりかねない。

これらを防ぐために、発電設備の**運転に係る重要な因子（データ）を日々計測・確認し、さらに解析することは重要**である。その意味で、オペレーターは警報発生を受けて対処するスキルのみならず、計測データのある項目に変化が生じたら、**操作により人為的に変化しているのか、機器の故障か、燃料燃焼などに異常が生じているのかを見極める**ことができるスキルが求められる。具体的に確認、解析すべきデータ項目としては以下のとおりである。

#### <運転時に解析すべきデータ項目>

- 燃料の性状
- 燃料供給量
- 発電量 **（発電事業の場合）**
- 熱出力 **（熱電供給および熱利用事業の場合）**
- 各部の温度・圧力・流量等
- 発生ガスの性状・量
- 排出ガスの性状・量

### データ計測に関する教育体制の構築

設備の運転データから異常を判断するには、発電設備の全体と技術に係る知見と経験が求められる。これらに精通した技術者を複数名配置している発電設備は少ないが、一人居ればその技術者から**オリエンテーションを受けて、運転員全員が理解できるような教育体制の構築**が望ましい。または、定期的に**発電設備メーカーの技術者から直接指導を受ける**ことも有効な手段である。

### 計測方法

ボイラー等では熱量を計測する際、**測定方法による値の変化が生じる**ことがある。例えば、一次燃焼室と二次燃焼室どちらに計測器を置くかによっても熱量の測定値は異なるため、**関係者でデータ計測の前提条件の認識を統一**する必要がある。

特に熱を外部に販売する場合は、このような**計測方法について需要先と事前に合意しておく必要**がある。



- ❑ 仕様書に記載の設備・機器の出力、効率（発電効率・熱効率）は達成されているか？
- ❑ システム全体としての出力や効率が達成されているか？
- ❑ 仕様書に記載の性能が未達の場合、原因は究明できているか？
- ❑ 不具合原因が設備・機器自体のものによる場合、メーカーへの改善要求と対応がなされているか？

**設備や機器自体の欠陥による不具合が発生した場合**には、契約時の性能保証事項や免責事項を確認の上、EPC 業者、またはメーカーに改善要求を行い、必要な修理、パーツ・機器交換等の対応を求める。ただし原因が明らかに設備、機器自体によるものであったり、安全対策・環境対策上重大な問題であった場合には、保証期間経過後であっても協議の上、メーカー等の責任において改善を求める。

- ❑ 不具合原因が燃料規格への不適合による場合、調達先との協議や改善要求と改善対応はなされているか？

炉内での失火、効率低下、煙の発生や搬送系での燃料詰まり等の不具合が発生し、納入された燃料が**契約上の規格不適合だった場合**、調達先の燃料業者に改善を要求する。頻度が稀であったり、事業運営上大きな問題となっていない場合には、改善要求の範囲によるが、**設備・機器の修理を伴うようなトラブルとなった場合**、施設側での管理運営体制も検証したうえで、調達先と補償も含めた協議を行うケースもある。改善要求後は納品書でロット単位の規格チェック、必要に応じて事業者側でサンプリング調査・分析を行い、改善対応がなされているか確認する。

- ❑ 不具合原因がシステム設計に問題がある場合、設計業者・施工業者との協議や対策はなされているか？

**システム設計上のミスが原因と想定される場合**には、まずは EPC 業者や設計業者に不具合要因と責任の所在の特定を求める。EPC 契約を行っている場合には、EPC 業者が施工に加えて設計の契約不適合責任も負う。要求に際しては改善・補修要領書の提出を命じるなど、具体的な対応策を求める。性能保証、契約不適合期間中であれば無償で改善・補修等の要求が可能で、EPC 業者等はこれに応じて対応が必要となる。改善後、実稼働データをもとに性能評価、改善効果の検証を行い、場合によっては双方の協議の元、事業者は EPC 業者等に痲痺検査を行わせることも可能である。

- ❑ 不具合原因がメーカー側責任の場合、メーカーの稼働保証は適用可能か？

欧州ではメーカーがエネルギー設備の稼働保証（年間の稼働時間等）を行うケースがよく見られ、契約によっては、不足分の売電料金相当額を補償金として受けるようなケースもある。国内においても稀ではあるがメーカーや代理店が稼働保証を行うケースもあることから、故障、トラブル時にはその適用が可能か保証要件を確認の上、メーカーと協議する。ただし稼働保証の適用を受けるうえでは、厳しい燃料要件やメーカーの要求するメンテナンス契約等、一定の適用要件が課せられている可能性があることから、契約時に十分に確認をする。

設備の運転データを計測し、仕様上の性能に満たない場合はその原因を究明する必要がある。バイオマスエネルギー事業では運転を開始した**当初から仕様上の性能を完全にクリアしていることはほとんどない**ため、未達自体を過度に受け止めず原因究明に努めることが重要である。

**性能が満たない場合**は「**燃料の問題**」、「**制御技術の問題**」、「**設計ミス**」のいずれかが要因であることが多い。機器数やデータ数は少ないが、ガス化および熱利用事業でも基本的には同じである。

## 燃料の問題

投入する燃料自体が規格に未達、または規格自体がボイラーの要求水準に合致していないことが要因で設備がうまく稼働しないことが少なくない。

まずは調達している**バイオマス燃料がボイラー燃焼炉、ガス化等のエネルギー変換設備が要求する燃料規格を満たしているかを確認**することが重要である。**特にペレットを利用する場合は、貯蔵中や輸送中に水分率が上がる**ことでトラブルが生じるケースがあるので留意する。なお、欧州製のガス化の場合、機器の求める燃料規格を満たしていても欧州との**樹種の違い**など、**規格の項目対象外の性状の差によりトラブルが発生する**ケースも報告されている。

こうした設備運転の試行錯誤の中で、原料の品質を変更しなくてはいけないことがあるため、**稼働後も多少の変更が可能なように上流側（燃料供給側）と協力体制を構築できるかが重要**となる。

バイオマス燃料に起因するトラブルの具体的な内容は「**4.IV.5 トラブルシューティング**」（435頁）を参照されたい。

## 設計ミス

バイオマス燃料の品質や制御技術に問題がなくても、エネルギー変換設備自体の**設計ミスが原因で性能が未達**のケースが存在する。事業者側で稼働開始までに設計ミスを発見することは難しいが、生じた場合の経済損失を最小限に抑えるため、受注者やメーカー側に発注する際の**契約時において瑕疵が生じた際の責任を明確化しておく**ことが重要となる。

メーカーとの契約時の留意点は「**4.III.2 工事・EPC 契約**」（405頁）を参照されたい。

## 実証事業者の検討：蒸気ボイラーシステムの導入と運転状況

社会福祉法人ウィズユーではクリーニング工場においてバイオマス燃料（建築廃材・きのこ使用済菌床）を用いた蒸気ボイラーを 2021 年より運転している。工場内におけるバイオマス蒸気ボイラー導入前後の設備配置図は以下のとおりである。

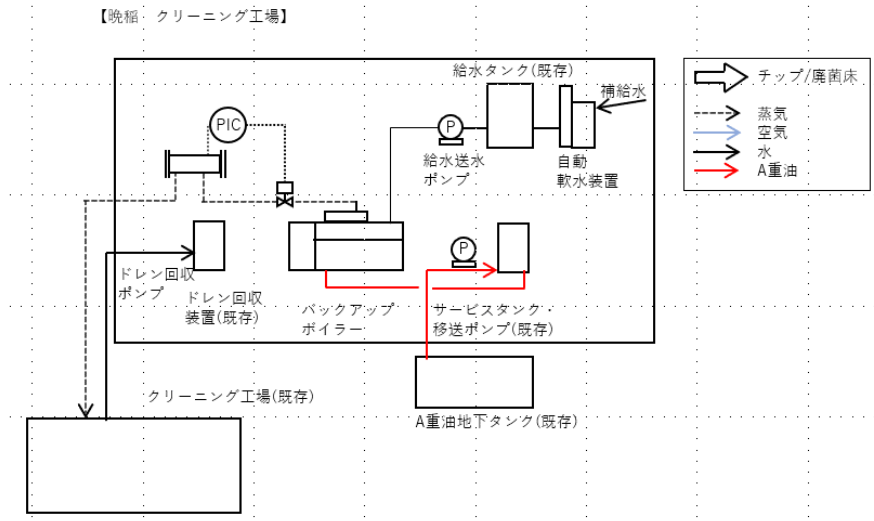


図 2.4.17 バイオマス蒸気ボイラー導入「前」のシステム

(出所) 社会福祉法人ウィズユー提供資料

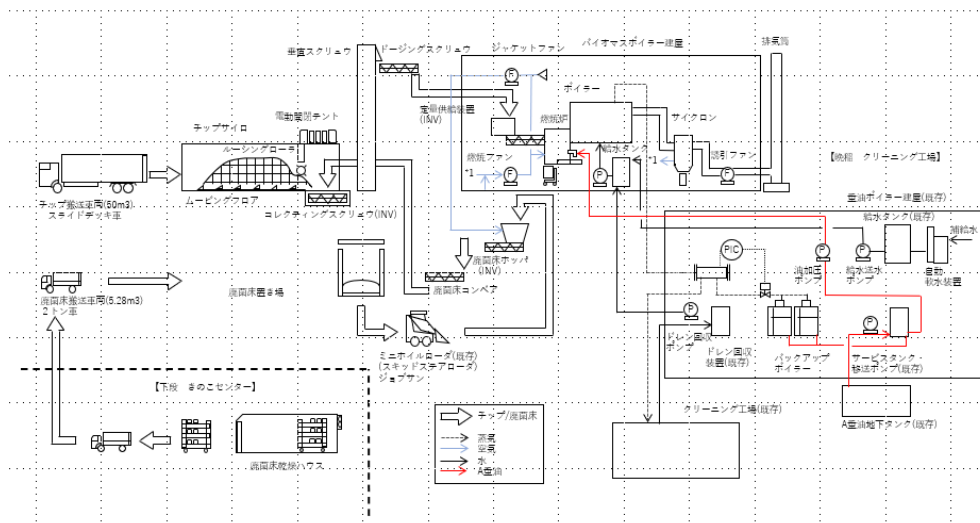


図 2.4.18 バイオマス蒸気ボイラー導入「後」のシステム

(出所) 社会福祉法人ウィズユー提供資料

## バイオマス蒸気ボイラー運転後の課題と対応策

社会福祉法人ウィズユーにおける上述の蒸気ボイラーの運転開始後、直面した課題と解決策は以下のとおりである。

### チップに含まれる異物の混入

建廃チップ中にサイズが大きな端材、廃プラ・金属など異物が混入してチップ供給装置内での詰まりを誘発する事がある。そのため、チップ製造元でのスクリーンサイズや磁選機の仕様確認が必要となる。

### 燃焼灰の処分

バイオマス燃焼灰中の重金属量が基準値を超えると処分費が高額となるため予め確認が必要となる。

### クリンカの発生（ラボ試験とスケールアップ（実証）との違い）

FS 時のラボ試験では確認が出来なかったクリンカが実証では多く発生し、その対策に時間がかかった。ボイラー導入前の課題を予め予測し、その課題確認がラボ試験で確認できるように準備しておくことが重要である。

クリンカの発生は炉内に残った燃焼灰が 900℃以上の高温にさらされる事が原因と考えられるが、本実証で採用した燃焼炉は固定床式であるため、燃焼灰が炉内に残りやすいという課題が存在する。社会福祉法人ウイズユーらは、クリンカの発生をゼロにすることは困難であると判断し、クリンカの除去作業を容易にするため、炉内に灰が溜まりやすい場所に鉄製の板を貼って、クリンカを剥がしやすくする対策を試みている。



図 2.4.19 クリンカの付着状況

(出所) 社会福祉法人ウイズユー、株式会社智頭石油提供資料

### <外部熱供給を行う場合>

- ❑ 熱量計の設置位置や計測方法、料金形態の改善の必要性はないか？
- ❑ 同業種や関連分野の情報を収集して、新技術の導入による運用効果の増大などの検討をしているか？

**熱供給事業の場合**、適切な料金形態、熱量の計測方法を採用することで、供給側、利用側双方が適正な利益を享受し、リスクが偏らないよう留意する。

### 熱の料金形態に係る留意事項

料金形態については、使用量に応じた従量料金に加え、固定費分を回収するための基本料金を徴収する二部料金制を採用することが望ましい。従量料金のみの場合、熱の消費量が計画を下回った場合、熱供給側の事業性が悪化し、投資回収も遅れ、場合によっては熱供給単価も含めた契約条件の見直しを迫られることも考えられる。供給事業者側の投資回収を早めるためには初期接続料を徴収することも考える。また料金形態だけでなく、設備のトラブル時の供給責任、需要側の利益保証、双方の倒産リスクなど、リスク関係の整理も契約の中で定めていくことが重要である。ある事例では熱料金の単価を石油の市場価格と連動した契約としたために、石油価格が下落した際にエネルギー会社側、燃料供給事業者側が採算を割り込むレベルでの運営を強いられる事態も発生している。熱供給事業は供給側、利用側、運命共同体的な要素もあり、メリットやリスクが過度に片方に偏ると共倒れの可能性もあるため、利益を適正に分配し、双方無理のない持続可能な仕組みを契約上構築することが重要である。

## 熱の計測方法に関する留意事項

適正な利益関係を構築していくうえで、熱の使用量の計測方法、熱量計の設置位置についても適切なルールを定めていくことが必要である。一般的には積算熱量計（あるいは流量計と温度センサーの組み合わせ）を用いて使用量を計測していく方法を取るが、配管・継ぎ手・断熱材の材質・敷設状況、配管延長によっては熱損失も発生し、また熱交換器の前後でも当然、熱損失が生じるため、システム系統内でも設置場所により計測値は異なる。一次側の熱出力量ベースで売熱量を想定して計画したにもかかわらず、施工段階で熱量計を熱交換器後段の二次側に設置した場合には売熱量が想定より下回ることになるため、測定値補正のルール付けや熱料金単価等の条件を見直していく必要がある。気を付けなければならないのはボイラー導入に合わせて配管系統等設備全体の改修を行うケースで、その場合にはシステム全体で熱損失が改善される。そうしたケースではあらかじめ損失改善効果も見込んで熱供給事業の収支計画、それに伴う料金形態の設定が必要となる。

## 実証事業者の検討：コンビナートにおけるバイオマス蒸気供給システム

JFE 環境サービス株式会社では廃木材を対象とする既存の炭化処理システムを導入しているが、NEDO の実証事業において以下のとおり、新たにバイオマス蒸気ボイラーを導入した。

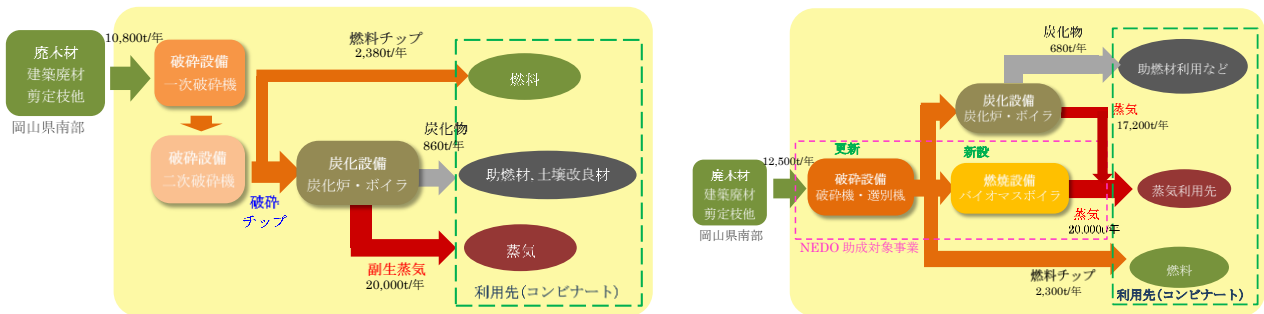


図 2.4.20 JFE 環境サービスにおけるバイオマス蒸気ボイラー導入前後のシステムの比較

(出所) JFE 環境サービス提供資料

### 燃焼設備

バイオマス燃焼設備の概略仕様を下表に示す。本システムでは廃棄物系の燃料においては異物の混入が想定されるため、詰まり難い構造のストーカ式炉を一次燃焼室とし、未燃ガスを二次空気で完全燃焼させる煙道式の二次燃焼室方式を採用した。燃焼能力は想定する蒸気発生量から 0.8t/h 程度とした。

ボイラーはガス中の灰分を考慮してスートブロー付きの煙管式とし、熱効率の向上を図るため、フィンチューブ式エコマイザーを設置した。蒸気圧については、現時点では供給先の蒸気圧は 1.0MPaG であるが、将来蒸気供給を想定している酸素工場(蒸気圧 1.4MPaG)への蒸気供給が可能となるように約 20%の余裕を見て 1.7MPaG(常用)とした。また、将来的に燃焼量の増大に対応可能とするために設計上の定格値は 5t/h とした。

表 2.4.23 JFE 環境サービスにおける燃焼設備の概略仕様

形式		ストーカ式 1 次燃焼室＋煙道式 2 次燃焼室
炉 燃 焼	対象バイオマス	建設廃材チップ、廃パレットチップ他
	燃焼能力	0.8t/h(常用)
ボ イ ラ	形式	横煙管式廃熱ボイラー(蒸気式スートブロー付き) フィンチューブ式エコマイザー付き
	蒸気圧力※	常用 1.7 MPaG(最高使用圧力 1.96MPaG)
	蒸気温度	207℃(常用時飽和温度)
	蒸気量	5t/h(定格:設計)

(出所) 同上



図 2.4.21 JFE 環境サービスの燃焼設備全景 (左)、ボイラー (エコマイザー側) (右)

(出所) 同上

## 操業実績と設備の運転状況

下表に操業運転一覧を示す。単位時間の燃料投入量に対する蒸気発生量をエネルギー原単位とすると、全操業期間平均で 4t-steam/t-fuel であった。

表 2.4.24 JFE 環境サービス株式会社の実証設備の操業一覧

実証期間	稼動回数	稼動日数	燃料投入量		蒸気発生量(ボイラ給水*)		
					量	流量	エネルギー原単位
					t	t/h	t/t
	回	d	t	t/d	t	t/h	t/t
性能試験	1	2.6	32	14.7	126	2.42	3.96
2018年下期	5	31.0	338	11.5	1,579	2.23	4.67
2019年上期	10	35.1	342	10.8	1,502	1.98	4.39
2019年下期	7	27.5	221	9.2	715	1.24	3.23
2020年上期	4	14.7	91	7.7	252	0.89	2.78
2020年下期	6	18.5	119	8.5	386	1.15	3.23
合計	33	129.4	1,144	10.1	4,561	1.68	3.99

\* ボイラ給水量を蒸気発生量と見做す。

(出所) 同上

実証運転 1 年目及び 2 年目上期(2018/8~2019/9)においては炉内温度を 1200~1300℃前後で操業を実施した。蒸気発生量は 2t/h 程度で、当初計画値を超える十分なエネルギー原単位を確保できたが、燃焼室内の耐火物の損耗が見られた。このため、炉内温度の設定を 1200℃、1150℃、1100℃と下げて状況の変化を見た。燃焼量が 7~8 割となり、蒸気発生量は 1t/h 程度まで低下したが、エネルギー原単位は 3t-steam/t-fuel 程度を維持できた。

表 2.4.25 JFE 環境サービス株式会社の実証設備の操業状況と熱収支計算例

日時		2018/9/5	2021/1/22			
項目	単位	計測値	計測値			
燃料	-	廃パレット	木質建廃			
燃料低位発熱量	MJ/kg-wet	13.87	14.36			
燃料投入量	t/h	0.665	0.497			
1次燃焼室出口温度	℃	1,150	1,198			
煙突入口排ガスO <sub>2</sub> 濃度	%	11.2	13.8			
蒸気発生流量	t/h	2.66	1.77			
蒸気圧力	MPa(G)	0.83	0.88			
エネルギー原単位	t-蒸気/t-燃料	4.00	3.57			
熱収支	項目	単位	計算値	比率(%)	計算値	比率(%)
	燃料燃焼熱	MJ/h	9,226	95.2	7,141	95.5
	燃料顕熱	MJ/h	22	0.2	24	0.3
	燃焼空気顕熱(含侵入空気)	MJ/h	135	1.4	241	3.2
	給水顕熱	MJ/h	306	3.2	68	0.9
	合計	MJ/h	9,689	100.0	7,475	100.0
	発生蒸気エンタルピー	MJ/h	7,385	76.4	4,909	65.7
	ロマン付出口排ガス顕熱	MJ/h	909	9.4	1,152	15.4
	放熱損失他	MJ/h	1,395	14.4	1,414	18.9
	合計	MJ/h	9,689	100.0	7,475	100.0
蒸気回収熱効率		%	76.7	67.8		

(出所) 同上

★一定条件下安定運転した作業中の連続する4時間の時間平均

日時		2018/09/25	2019/03/06	2019/09/12	2019/10/24	2020/02/18	2020/07/15	2020/10/01	2021/01/22	平均									
		13:00~17:00	12:30~16:30	12:30~16:30	9:50~13:50	8:00~12:00	13:00~17:00	11:00~15:00	23:30~27:30										
プロセスデータ	燃料	—	廃パレット	廃パレット	木質建廃	廃パレット	木質建廃	木質建廃	木質建廃	—									
	燃料低位発熱量	MJ/kg	13.87	14.95	14.86	15.70	15.24	13.82	13.86	14.58									
	燃料投入量	t/h	<b>0.665</b>	<b>0.498</b>	<b>0.512</b>	<b>0.489</b>	<b>0.396</b>	<b>0.350</b>	<b>0.276</b>	<b>0.497</b>	<b>0.460</b>								
	1次燃焼室中央温度	℃	1281	1,217	1,296	1,255	1,246	1,144	1,154	1,163	1,216								
	1次燃焼室出口温度	℃	1,150	1,073	1,132	1,125	1,022	1,008	1,012	1,198	1,090								
	煙突入口排ガスO <sub>2</sub> 濃度	%	11.2	15.1	13.4	13.0	14.0	13.9	13.7	13.8	13.5								
	煙突入口排ガス空気比	—	2.14	3.56	2.76	2.64	3.02	2.93	2.88	2.92	2.86								
	蒸気発生流量	t/h	2.66	1.98	2.17	1.97	1.22	1.05	0.73	1.77	1.70								
	蒸気圧力	MPa(G)	0.83	0.68	0.69	0.69	0.78	0.76	1.42	0.88	0.84								
	エネルギー原単位	t/t	<b>4.00</b>	<b>3.97</b>	<b>4.24</b>	<b>4.04</b>	<b>3.08</b>	<b>3.20</b>	<b>2.63</b>	<b>3.57</b>	<b>3.59</b>								
熱収支		MJ/h	%	MJ/h	%	MJ/h	%	MJ/h	%	MJ/h	%								
入熱	燃料燃焼熱	9,226	95.2	7,444	94.1	7,606	93.5	7,680	94.9	6,032	95.9	4,836	94.6	3,820	95.6	7,141	95.5	6,723	94.8
	燃料顕熱	22	0.2	25	0.3	25	0.3	24	0.3	19	0.3	17	0.3	14	0.3	24	0.3	21	0.3
	燃焼空気顕熱(含侵入空気)	135	1.4	329	4.1	251	3.1	239	2.9	196	3.1	147	2.9	93	2.3	241	3.2	204	2.9
	給水顕熱	306	3.2	117	1.5	255	3.1	151	1.9	44	0.7	115	2.2	73	1.8	68	0.9	141	2.0
合計	9,689	100.0	7,913	100.0	8,137	100.0	8,094	100.0	6,291	100.0	5,115	100.0	4,000	100.0	7,475	100.0	7,089	100.0	
出熱	発生蒸気エンタルピ	7,385	76.2	5,157	65.2	6,005	73.8	5,522	68.2	3,811	60.6	3,117	60.9	2,023	50.6	4,909	65.7	4,741	66.8
	エコノマイザ出口排ガス顕熱	909	9.4	1,572	19.9	1,064	13.1	1,125	13.9	1,099	17.5	614	12.0	551	13.8	1,152	15.4	1,011	14.3
	放熱損失他	1,395	14.4	1,184	15.0	1,068	13.1	1,446	17.9	1,380	21.9	1,384	27.1	1,426	35.6	1,414	18.9	1,337	18.9
	合計	9,689	100.0	7,913	100.0	8,137	100.0	8,094	100.0	6,291	100.0	5,115	100.0	4,000	100.0	7,475	100.0	7,155	100.0
蒸気回収熱効率※		%	<b>76.7</b>	<b>67.7</b>	<b>75.6</b>	<b>69.9</b>	<b>62.5</b>	<b>62.1</b>	<b>51.0</b>	<b>67.8</b>	<b>66.7</b>								

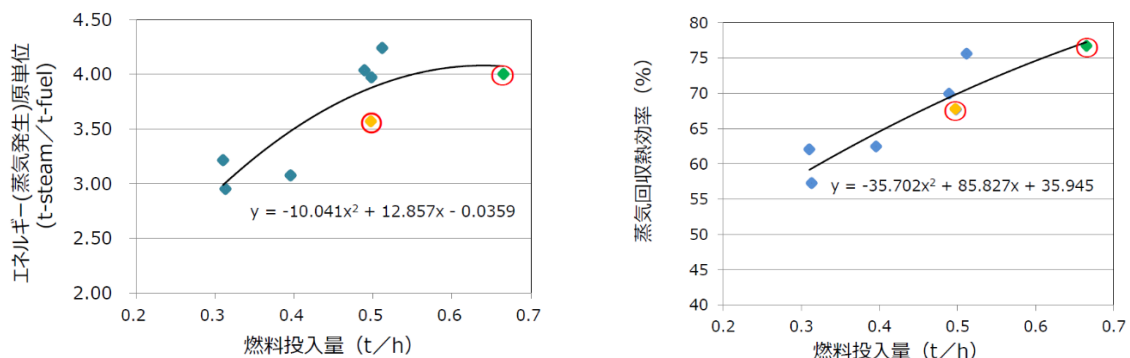
(出所) 同上

2019年12月に耐火物の補修を行ったことで、炉内温度を1200℃で安定操業が可能となった。その後、炉内温度の均一化で耐火物の過熱を防止するために、炉内のガス流れを変化させる散気管の設置(2020年12月)を実施し、炉内状況の最適化を目指している。

エネルギー原単位の評価

燃料投入量に対するエネルギー原単位を下左図に示す。投入量を0.31t/hから0.67t/hまで変化したときのエネルギー原単位は3t-steam/t-fuelから4t-steam/t-fuelへ上昇しているが、上昇割合には鈍化がみられる。

また、ボイラの熱効率として蒸気回収熱効率((発生蒸気エンタルピ - 給水顕熱) / 燃料燃焼熱)を試算した結果は下右図のとおりである。燃料の燃焼熱量の内、蒸気発生に有効に消費される熱量の割合は、図に示すように燃焼量に対して線形的な熱効率の向上が見られ、ボイラーの規模に余裕があることがわかる。



※グラフ中の赤○は上表「操業状況と熱収支計算例」における枠線のポイントを示している

図 2.4.22 JFE 環境サービスの実証運転における燃料投入量あたりのエネルギー原単位 (左) および蒸気回収熱効率

(出所) 同上



なお、JFE 環境サービスによると、蒸気ボイラーの運転上の課題は燃焼炉とボイラーの規模の間にややミスマッチが存在する点としている。当初計画ではできる限り蒸気供給量を大きくするため 5t-steam/h のボイラーを選択したが、①取得可能な水の量に制限があることが判明したこと、②倉敷市との協議の中で燃焼量を減らす要請があったこと、によりスケジュールの観点で燃焼炉のサイズのみを下げる選択をした経緯がある。そのため、燃焼炉に対する適性なボイラー規模（3t-steam/h 程度）の場合はより高い蒸気回収効率が見込まれると推察される。

## 4.IV.2 設備利用率の検証と改善

- 稼働時間ではなく設備利用率と発電量による検証がなされているか？
- 仕様上の性能が未達の場合、原因は究明できているか？

### 設備利用率の検証と改善に係る留意事項

フルロード運転についても日本では運転管理に関する用語や定義の共通認識が十分でないことにも留意する必要がある。具体的には、「稼働時間」は計画値の 100%でも「エネルギー生産量（発電量）」は計画に対して大幅に未達という状況が多々ある（施設・設備は動かしていても発電はしていない）。

例えばガス化発電設備のカタログなどで「年間稼働時間 7,500 時間達成」「送電端出力 100kW×7,500h/年×40 円/kWh = 売電収入 7.2 億円/年」などの記載があっても、実際にはフルロードで 7,500 時間発電をするとは限らないため、実績ベースでの「年間の発電量」をチェックして、**カタログ等で謳われる数値の是非を確認する必要**がある。

また「稼働率」の言葉の定義にも同様に注意が必要である。「稼働率 90%」といっても、実際の発電量が「100kW×24h×365 日×90%」と一致するとは必ずしも限らない。機器は稼働していても出力が 100kW の定格で発電し続けているとは限らない。正確には「設備利用率」をチェックすべきである。FIT の調達価格等算定委員会においても「稼働率」ではなく「設備利用率」による評価・審議が行われている。

発電設備の正確な性能・実績を評価するうえでは、「稼働率」ではなく、**実績ベースの「設備利用率」および「年間の発電量」のデータをメーカー等から入手し、確認する必要**がある。

$$\text{設備利用率 (\%)} = \text{年間発電量} \div (\text{発電設備の容量 (定格出力)} \times 24\text{h} \times 365 \text{日})$$

稼働率 ≠ 設備利用率

## 4.IV.3 安全対策

- ❑ 非常時の安全対策は整備されているか？
- ❑ 緊急時の連絡体制は構築されているか？

### 非常時の安全対策に関する留意事項

運転管理の安全性を確保するため、**設計上でフルプルーフ（誤操作対策）、フェールセーフ（多重安全化）等を十分に考慮**することが重要である。具体的には、**保守の容易さ、作業の安全、各種保安装置および必要な機器の予備機の確保等、安全の確保**に留意したシステムとする。

### 非常事態の想定

**停電時、地震時および火災時などの異常事態において、プラント設備が安全に停止できるよう対策**を施した設計とする。

### 緊急時の連絡体制の構築

上述の災害を含む非常事態や故障時に備え、**自治体、周辺住民、警察および消防等の関係各所への連絡体制も整備**する必要がある。

表 2.4.26 非常事態に向けた措置例

事象	措置例
停電時	<ul style="list-style-type: none"><li>・ ターンダウンの限界値を確認の上、復旧するまで発電所を電力網と切り離して自立運転を行うか、運転停止等の対応を行うような措置を取る。</li><li>・ 自立運転に移行後、タービン発電機を所内消費動力に見合う負荷制御とし、余剰の蒸気はタービンバイパスを経由して、復水器へ流す。ただし、復水器の能力設定に留意を要する。</li><li>・ 運転操作としては、ボイラー負荷を落として待機し、電力網が復旧したところで再併入した後、タービン発電機の出力を上げて、所定の出力に戻す。</li></ul>
全電源喪失時	<ul style="list-style-type: none"><li>・ バイオマス燃料投入は緊急ゲート等で遮断され、供給系へ逆火の防止が出来るものとし、燃烧炉が停止し、燃烧が消火するものとする。</li><li>・ 外部電源が確保されていない場合は、全ての送風機が停止するが、通風系のダンパ類は開度を保持して、自然通風により未燃ガス等を自然に排気できる構造とする。</li><li>・ UPS や非常用発電機等のバックアップ電源を設置する。</li></ul>
地震時	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 二次災害を防止するため、中央操作室、燃烧炉ボイラー、タービン発電機等の各部には、地震感知式自動停止装置および緊急停止ボタンを設置する。また、設置場所および設置個数を明記する。</li><li>・ バルブおよびダンパ類は、自動操作および手動操作の両方が可能なものとし、電源が遮断された場合、各バルブおよびダンパ等の動作が安全サイドに働くようにする。</li><li>・ 建築物と外部との接続する箇所は、配管の破損等を生じないよう対処する。</li></ul>

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

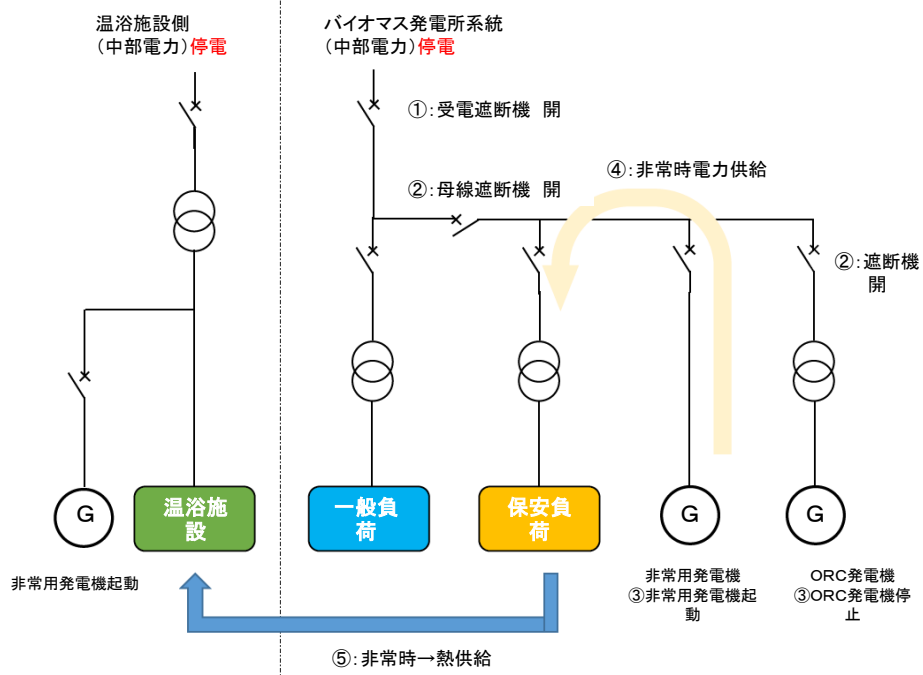


図 2.4.23 非常時の発電設備の温水・電力供給系統の例

(出所) バイオマス熱電供給株式会社/E2 リバイブ株式会社「平成 27 年度～平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業 アクアイグニス多気 ORC ユニットを活用した木質バイオマスコジェネレーションシステムの事業性評価 (FS)」(NEDO) 2016 年

□ メンテナンスが必要な箇所はアクセス可能な設計になっているか？作業の安全性は確保されているか？

## 設備故障時の想定

異常が発生した際に即時に対応できるよう**異常時マニュアルを策定**するとともに、**設備メーカー等との保守サービスあるいは協力体制を整備**し、訓練などでその体制に関係者（事業者、受注者）に徹底しておくことが望ましい。

表 2.4.27 異常、非常時の事象例とその対応策

事象	内容および対応策
燃料の詰まりやブリッジの発生等	<p>&lt;BTG、ORCおよびバイオマスボイラーの場合&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>異物の混入、規格外(長いもの等)のバイオマス燃料の混入により、受入ホッパー、サイロおよびコンベヤで詰まりやブリッジが発生することが考えられる。</li> </ul> <p>&lt;各方式共通&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>万一詰まりやブリッジが発生した場合は、装置を一時停止の上、運転員による発生場所の特定、清掃や逆流運転等による詰まりの排除が必要となる。</li> <li>簡易的な対処が不可能な場合は、設備メーカーの専門技術者等に応援を要請して、速やかな復旧を目指す。</li> </ul>
炉内異常燃焼等	<p>&lt;BTG、ORCおよびバイオマスボイラーの場合&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>システムの故障や制御不能の事態による炉内の失火、または炉内温度の異常上昇によるクリンカの大量発生等が考えられる。</li> <li>この場合は、設備を緊急かつ安全に停止してその原因究明を行い、設備メーカーの専門技術者等に応援を要請して、速やかな復旧を目指す。</li> </ul> <p>&lt;熱分解ガス化の場合&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>設備を緊急かつ安全に停止してその原因究明を行い、設備メーカーの専門技術者等に応援を要請して、速やかな復旧を目指す。</li> </ul>
負荷設備、ポンプ等システム機器の異常	<p>&lt;BTGの場合&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>タービン発電機等の負荷設備やポンプ等が故障した場合は、予備機があれば、バックアップして運転を継続できるが、予備機がない場合は、設備を安全停止後に故障機器の取替復旧を行う。</li> </ul> <p>&lt;各方式共通&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>故障の原因等については、設備メーカーの専門技術者も交えて、今後の対策方法等を策定する。</li> </ul>
電気システムの異常	<p>&lt;BTGおよびORCの場合&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>所内系統における事故(タービントリップ等も含む)においては、電気主任技術者等に即時に通報するとともに、設備を安全停止させ、メーカーの専門技術者等に応援を要請して、速やかな復旧を目指す。</li> </ul> <p>&lt;ガス化およびバイオマスボイラーの場合&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>設備を安全停止させ、メーカーの専門技術者等に応援を要請して、速やかな復旧を目指す。</li> </ul>

## メンテナンスを考慮した設計に関する留意事項

発電設備やボイラー設備は年に数回の頻度で**保守メンテナンス**が必要である。そのため、設備全体の**機器のメンテナンス性を考慮した設備設計**が重要である。

具体的には、**部品や機体の抜き出しが必要なものは抜き出せるように配置**するなどの設計の配慮が求められる。また、接合部のばらし、吊り上げ、横引きなどの手順で**指定場所や屋外への機器搬出ができるような作業スペースの確保**、オペレーター**のメンテナンス用スペースの確保**などが重要である。その他、**配管や配線がメンテナンスの障害にならないように配置**することも大切である。こうしたメンテナンス時のユーザビリティを考慮した設計のためには、**各機器の保守メンテナンスについて詳しい経験者にヒアリング**を行ったうえで進めることが望ましい。

## □ 地震や台風などに対する耐強度は確保されているか？

日本は地震国であり自然災害が多く、台風も襲来回数が多いため、設備の安定稼働のためには災害への対応を考慮した設計が求められる。

国内では**建築基準法で設備の耐震強度や風圧力に対する強度の規定がされている**ため、これを遵守した強度設計が求められる。また、**震度計などを装備して地震時は設備の安全な自動停止**を行うシステムも導入する必要がある。

その他、地震への耐久性を考慮した設備設計や建設を行うためには **EPC 業者などと、対応すべき「地震係数 G」について合意を取り、仕様書に明記**することも有効な手段である。

## □ 冬期の凍結対策は行われているか？

**北海道、東北などの寒冷地域**では、冬期に外気が零下になることが度々あり凍結防止対策が必要となる。寒冷気候で屋外に生や高水分のチップや丸太等を保存しておいた際に**凍結して相互に氷が付着して固着したり、雪に埋もれてバイオマス燃料が取り扱いにくくなる**。

こうした事態を避けるには**燃料を屋内保管**することが必要になる。ただし、屋根だけの建物では横風で雪や雨が吹込むので外壁設置も留意が必要である。屋内保管でも屋内の温度がゼロ度を下回る場合があるので、**発電室や乾燥室の温かい空気をチップなどの保管場に送り込むことで加温**することは有効である。

その他、配管やバルブの中の水が凍結して破損するのを防止する対策も重要である。これらが発生するのは多くの場合、冬期の長期設備停止の期間であることが多い。そのため、**凍結の恐れのある箇所は常時水を流しているか、凍結防止ヒーターを設置する**などの対策が必要となる。先進事例では、凍結対策として**サーモスタット装置を導入**している事例もある。この装置では、外気温が2度を下回った場合、自動でスイッチを入れる仕組みとなっており、配管やバルブの凍結を防いでいる。

## □ 労働災害や職員の安全性に係るトラブルは起きていないか？

バイオマス発電所、熱利用設備においては燃料に起因する火災事故や設備不良や運転管理ミスによる物損事故、人身事故など様々な災害リスクが内在する。

燃料系では、チップヤードで燃料を過度に高く積み上げたことで発酵し、温度上昇により自然発火することがある。周辺の燃料や設備に延焼し、大規模な火災事故にもなりかねないため、燃料保管の高さ、ヤードの間隔や燃料の切り替えなどの適切な保管方法を定めて遵守していくことが必要である。

設備不良を原因とするものについては、日ごろからのメンテナンス不足に起因するトラブルもあれば、機器自体の技術的な課題によるものもみられる。ガス化発電設備でエンジンの逆火によりタンクの爆発が発生し、近隣の民家や住民に被害が及んだ事例もある。特に実績が十分でない技術・機器を導入する際には入念な安全対策を行い、オペレーター、および近隣住民の安全を守っていくことが必要である。

オペレーション上のミスや労務管理上の不備により、人身事故につながる例もある。プラント内での日常作業においても、回転体への巻き込まれ、高所からの転落、感電等といった災害リスクは存在するため、安全対策マニュアルの策定、安全教育の徹底、オペレーター各々が自ら安全対策を徹底することが必要である。24 時間運転を行っているバイオマス発電所などでは、夜間も最低 2 人のオペレーターを配置するなど、人員の配置の面からも労働災害リスクの抑制に努める。

労働災害が発生した際には、労働基準監督署に事故報告を行い、現場検証等、求められる対応に適切に応じていく。

## □ 消防への届け出と検査は行われているか？

チップやペレットをはじめとするバイオマス燃料は指定可燃物に該当するため、貯留量が 10m<sup>3</sup> 以上の場合には、所轄消防署に少量危険物等の貯蔵および取扱いの届出が必要となる。チップ工場等のヤードはもちろん、発電所や熱利用施設場内のサイロについても同様となる。

バイオマスボイラーを設置する場合には、市町村の火災予防条例に従い、所轄消防署に火を使用する設備の設置の届出が必要となる。設備の設置位置や建屋、設備の構造は、市町村の火災予防条例の基準に従う必要がある。

## □ 災害対策のマニュアル作成や安全対策の教育は実施されているか？

バイオマス発電や熱利用設備のプラント内での作業には危険の伴うものも多く、人命にかかわるような事故が発生することもある。安全対策として 5S（整理・整頓・清掃・清潔・しつけ）を日頃から心がけること、KYT（危険予知訓練）やヒヤリハット記録の作成など、オペレーター、管理者に対する安全教育を徹底する。安全対策マニュアルを作成し、事故防止、災害時の対応力の強化を図ることも有効である。ヒヤリハット記録や他事業所等での災害報告なども受け、マニュアルは常にアップデートしていく。特に新たに開設する発電所等では、未経験の現場で災害発生リスクも高まることから、徹底した災害対策の教育訓練を心掛ける。設備の適切なメンテナンスや定期的な見回り、チェックにより設備不良、それに伴う事故・災害を未然に防ぐための対策も大切である。

## 4.IV.4 O&M 内製化の検討

- 維持管理費削減のため、オペレーションとメンテナンス (O&M) は段階的にでも内製化していくことができるか?

### O&M の内製化に関する留意事項

エネルギー変換設備のメンテナンス体制は、事業者自らメンテナンスを実施するパターンと設備メーカーとの間で年間保守契約を締結するパターンとの 2 つに大別される。前者はさらに事業者の運転員がメンテナンスするパターンと、運転員とは別に保守員を新規雇用するパターンがある。

メンテナンスを設備メーカーに委託する方が技術的な信頼性が高く、設備の不具合を未然に発見しやすい等の利点がある一方で、**毎年の維持管理費が大きくなる**こと、トラブルが起ってから**人員の到着までに時間のロスが発生**するなどのデメリットがある。

そのため、段階的な移行も含め**事業者内でメンテナンスを内製化できることが望ましい**。

表 2.4.28 メンテナンス体制別のメリット、デメリット

メンテナンス体制	メリット	デメリット
メーカーと保守契約締結	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 専門的知見を持った人員に任せられる。</li><li>・ 故障前に未然に設備の不具合を発見し対応しやすい</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・ トラブルが起ってからメーカーから派遣される人員の到着までに時間のロスが発生する。</li><li>・ 派遣される人員の出張費や人件費がかかることで割高になりやすい。</li></ul>
事業者自ら保守	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 支出は主として部品の費用のみとなるため、割安である。</li><li>・ 現場にいる運転員が対応するため、復旧までの時間のロスがない。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 技術的知見を得るための取り組みが必要である。</li><li>・ 事業者自身で対応できなかった場合、かえって復旧までに時間を要する。</li></ul>

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

メーカーによっては、事業者向けに **O&M スキル習得に向けたトレーニングの仕組み**を有していることがある。例えば、ETA 社等欧州の一定のメーカーでは O&M の対応事項を、日々の通常運転に関する「**ユーザーメンテナンス**」と、トラブル時等より専門性が高く本来メーカーが実施する「**メーカーメンテナンス**」の 2 つのレベルに分けて研修を設けている。通常事業者 (ユーザー) は前者のみを実施し、後者はメーカーを呼ぶ必要があるが、特定のトレーニング・研修を受講すれば事業者もメーカーメンテナンスを実施できるようになっている。その他、先行事例では **メーカーの協力を得てマニュアル等を作成し、自社内での運転員を育成**するケースも見られる。

### 事業内容に応じた運転体制

事業者が保有する設備の規模や種類、稼働時間に応じて、運転要員数や 1 日のシフト数、班体制が異なる。

発電設備 (BTG、熱分解ガス化) は **24 時間稼働が前提**なので **1 日 3 シフト**とする事業者が多い。ただし、サイロやバイオマス燃料ヤードの状況に応じて夜間の運転要員数が異なる。

熱利用設備 (バイオマスボイラー) は、工場向け、民生向け等により異なるが、**24 時間体制を組む事例は少ない**。遠隔通報システム等を活用する事例もある。



熱電供給設備（ORC）は、日本では事例が限定的であるが、パンプ・エナジー株式会社では隣接する建材工場向けに **24 時間運転**している。なお、欧州では ORC は無人運転が可能であるが、日本では電気事業法の都合上 **必ず運転員が常駐している必要**がある。

□ **メンテナンスの方法や頻度は適切になされているか？**

**設備別の必要資格と点検頻度**

導入する変換設備の種類によっては、ボイラー・タービン主任技術者や電気主任技術者等の **資格保有者の確保が必要**となる。取得にあたり**実務経験が必要な資格**もあり、例えば第 1 種、第 2 種ボイラー・タービン主任技術者は、**学歴に応じて必要な実務経験年数が異なる**。

なお、原則、従業員として有資格者を確保する必要があるが、**一定の条件を満たせば、兼任や外部委託等の例外制度の利用も可能**である。先行事例の中には、運用開始当初は別事例で経験のある資格保有者に依頼し、その後**一部の運転員が資格試験を受験して実務経験を積むなどして人材育成**を行っている事例もある。

変換設備は主要設備別に点検頻度が概ね想定されており、**点検や交換がある年にはメンテナンス費用が多く発生することに留意**する必要がある。

表 2.4.29 バイオマス発電所を含む火力発電所の規制概要、必要資格

発電方式	出力等条件	保安規程	主任技術者選任		工事計画届出
			電気	ボイラー・タービン	
汽力	—	要	要	要	要
	発電出力 300kW 未満等 (注2)	要	要	不要	不要
ガスタービン	10,000kW 以上	要	要	要(発電所)	要
	1,000~kW 以上 ~10,000kW 未満	要	要	要(統括事業場)	要
	1,000kW 未満	要	要	要(統括事業場)	不要
	告示のもの(注1)		要	不要	不要
内燃力 (ガスエンジン含む)	10,000kW 以上	要	要	不要	要
	10kW 以上 ~ 10,000kW 未満	要	要	不要	不要
	10kW 未満	不要	不要	不要	不要
汽力、ガスタービン、 内燃力以外	—	要	要	要	要
2 種類以上の原動力 の組合せ	—	要	要	要	要

(注1) ①電気出力が 300kW 未満のもの。②最高使用圧力が 1,000kPa 未満のもの。③最高使用温度が 1,400℃未満のもの。④発電機と一体のものとしての筐体に収められているものその他の一体のものとして設置されるもの。⑤ガスタービンの損壊その他の事故が発生した場合においても、当該事故に伴って生じた破片が当該設備の外部に飛散しない構造を有するもの

(注2) ①電気出力が 300kW 未満のもの。②最高使用圧力が 2MPa 未満のもの。③最高使用温度が 250℃未満のもの。④蒸気タービン本体が発電機と一体のものとして一の筐体に収められているもの、または施設その他の通行制限のための措置が講じられた部屋に収められているもの。⑤蒸気タービン本体の損壊その他の事故が発生した場合においても、当該事故に伴って生じた破片が当該蒸気タービン本体の車室、またはこれが収められている筐体の外部に飛散しない構造を有するもの。⑥同一の火力発電所の構内に設置された労働安全衛生法の適用を受けるボイラーから蒸気の供給を受け、当該蒸気タービン本体の汽力を直接その原動力とするもの、または同一の火力発電所構内以外から蒸気の供給を受け、当該蒸気の汽力を直接その原動力とするもの等

(出所) 経済産業省「平成 30 年度中国地区ボイラー・タービン主任技術者会議」資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

表 2.4.30 ボイラー・タービン等の定期点検時期

組織区分	分類	定期検査時期		受審時期
		ボイラー	蒸気タービン	
システム	S	6年		評定で承認した検査期間満了後 3か月を超えない時期
	A	4年	4年	
	B	2年		評定から3年3か月を超えない時期 検査を実施する時期
個別				

(注) システム S : ボイラー等・蒸気タービンの定期検査時期を最大 6 年に延伸し、受審時期も定期検査時期に合わせて延伸。システム A : ボイラー等の定期検査時期を 4 年に延伸し、受審時期も定期検査時期に合わせて延伸。システム B : 定期検査時期および受審時期は不変 (旧制度のシステム審査)

(出所) 経済産業省「平成 30 年度中国地区ボイラー・タービン主任技術者会議」資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 実証事業者の検討：メンテナンスの内製化

実証事業者であるバンブーエナジー株式会社のプラントにおける大規模メンテナンスについては夏季（お盆）と冬季（正月）の 2 回実施している。夏季については主に燃焼炉やボイラー関係、冬季については労働安全衛生法に基づくボイラーの法定点検および ORC 発電機のメンテナンスを実施している。また、春季には夏季の大規模メンテナンス時に修理や大規模整備の必要性を判断するための自主点検を実施している。

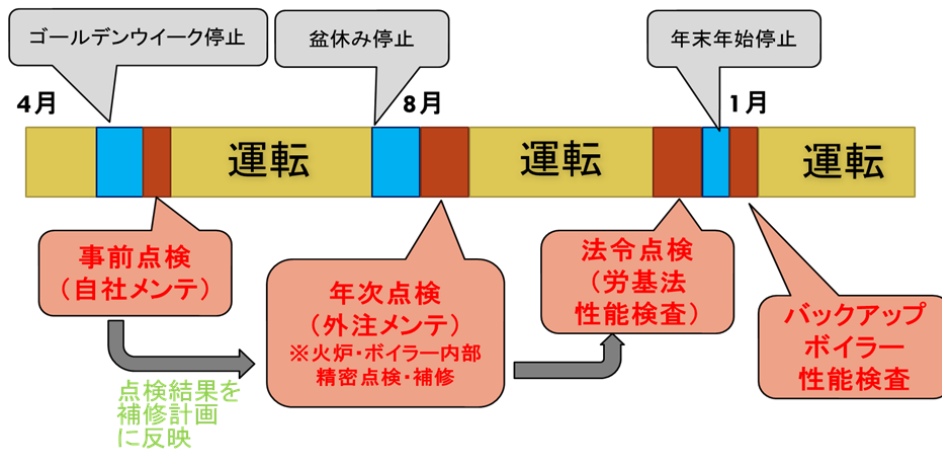


図 2.4.24 プラントの運転およびメンテナンス年間スケジュール例

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

### a) 日常メンテナンス方法の確立

#### 巡回点検

バイオマス燃焼炉も ORC 熱電併給設備も主要部位には、温度センサーや圧力・流スイッチおよび振動センサーなどが配置されており、中央制御室にてモニタリングまたは警報が発報するような仕組みとなっている。一方でこれらのモニターから警報が出たときには、既に設備としては異常状態に移行していることから、日頃の日常管理の中で不具合の事前兆候をつかんでおくことは、プラントの状態把握のために重要なことである。警報の前の異常を把握することで大きな運転障害を取り除くことが可能となる。このため、設備設置メーカーの中外炉工業より提出された完成図書に記載されている各機器製造メーカーの取扱説明書の中の「保守・保全」に関するところから、日常点検項目を精査した。また運転員の教育・訓練のために関西電力株式会社のグループ会社より指導者を招聘し、運転課員の早期育成と社内ルール・基準作りに指導を受けていた。前述の精査した日常点検項目と指導者からのアドバイスにより巡回点検表（バイオマスプラント、ORC 熱電併給設備、熱媒油/蒸気、水処理設備）4 種類を作成し、1 回/日の見回り点検を実施している。にじみ程度の漏れや微細な振動・異音などいわゆる五感を使った保全活動であり、運転課員の感性に頼るところが多いもののセンサー類では検知できない微小なことも発見できることがある。

図 2.4.25 バイオマス熱電併給設備の巡回点検表

(出所) バンブーエネルギー株式会社提供資料

### 月例点検

月に 1 回から 6 ヶ月に 1 回の頻度別に約 30 の設備単位に分けて実施している。巡回点検は、外観からの目視点検が主な点検方法であるが、月例点検は電流を測定するクランプメーターなどを用いた計測の実施や現地取付の圧力計などの数値の記録を実施する。その他にもカバーが外せるところは、内部を確認し、油圧ユニットであれば、作動油の量や変色の具合、センサー類であれば、取付や動作状態の確認を行う。フィルターやストレーナなどの清掃、緩み箇所を増し締めなど軽微な整備作業までを行う。この月例点検にて発見された不具合については、その場での補修が可能なものは速やかに自社で実施し、部品の購入や外注業者へ依頼が必要な内容であれば、発注手続きおよび作業計画を立案する流れとなっている。月例点検の実施のタイミングは、あらかじめ「年間保全カレンダー」にて計画を立て、これに沿って実施している。

図 2.4.26 バイオマス熱電併給設備の月例点検表（左）、年間保全カレンダー（右）

(出所) バンブーエネルギー株式会社提供資料

月例点検は、対象設備が多岐にわたる。運転中に設備を点検することから、作業員の安全確保と誤って設備を停止させることがないように注意しなければならない。このため、点検表とは別に次図のような「作業手順書」を設備ごとに作成した。これにより安全確保および誤操作防止を図るとともに点検実施者のスキルの統一、点検内容の抜け漏れ防止が可能となった。また写真付きの内容となっていることから点在する機器、計器類を探すことに迷うことなく、効率的な点検が実施できる。新入社員の教育資料としても活用できる内容となっている。

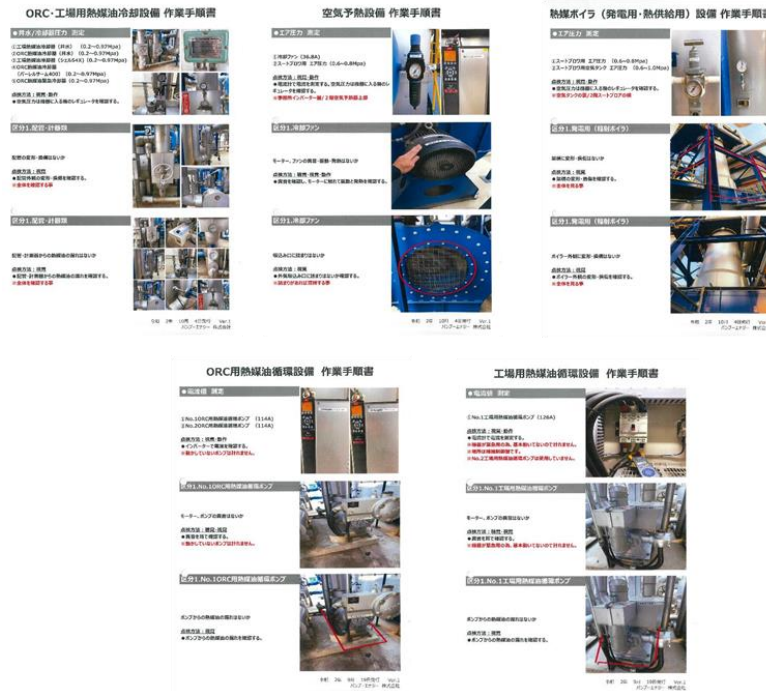


図 2.4.27 熱電供給設備メンテナンス手順書の例

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料



図 2.4.28 付属設備のメンテナンス手順書の例

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

## b) 法定点検時メンテナンスの自社内製化

電気事業法および労働安全衛生法に基づく法定点検は、バイオマスプラントを停止させた状態で実施する。法定点検は、法令で定められた点検内容であり、その内容は装置の分解点検であったり、機器の健全性を確認するための内容であったりすることから、メーカーや点検の専門業者への外注がほとんどである。バイオマスプラントの停止期間を短くするためにも複数の点検業者に同時並行に点検作業を実施しなければならない。これらのことが要因となり、点検コストの上昇につながっている。一方、熱エネルギーが関係する設備では、冷却により常温に下がらないと点検の実施ができない箇所もあり、この冷却期間中に自社で実施可能なパッケージ部品の取替えや調整、点検業者が実施していた清掃作業を自社作業として内製化することでコストダウンが可能となる。高度な専門技術や専用の治工具類を使用しなければならない範囲は、点検業者へ依頼し、自社作業が可能な内容な範囲は自ら実施することで経費節減と同時にメンテナンス技術向上も期待できる。

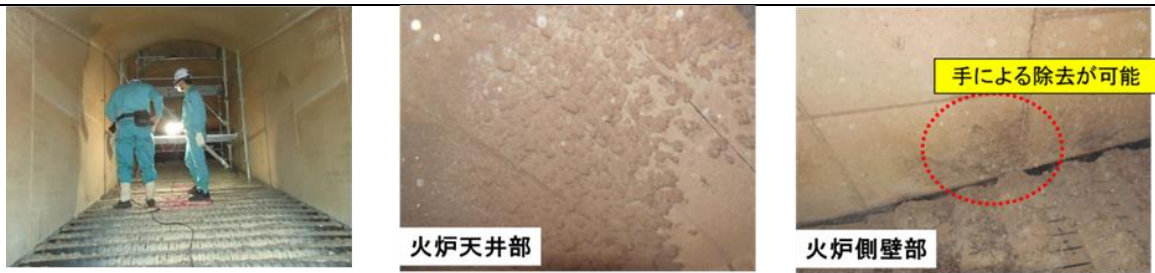


図 2.4.29 バイオマス燃焼炉メンテナンス状況

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

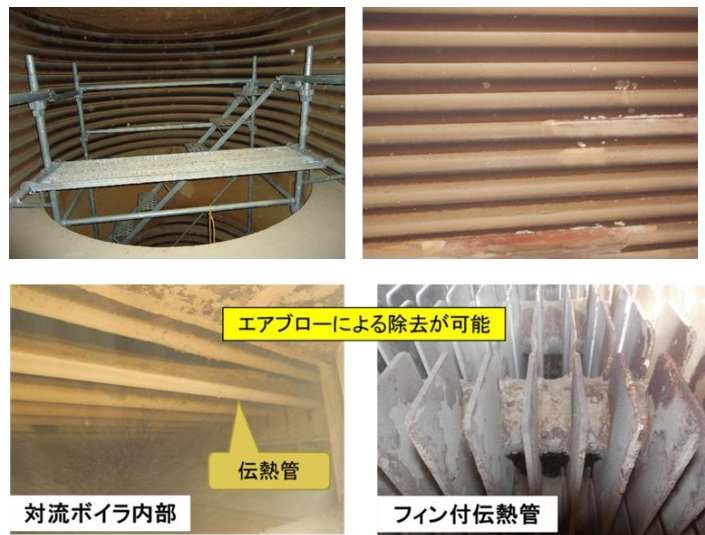


図 2.4.30 ボイラーのメンテナンス状況

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

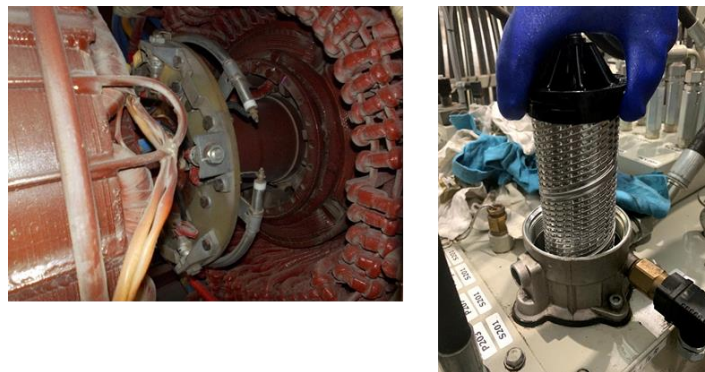


図 2.4.31 ORC 熱電供給設備のメンテナンス状況

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料



図 2.4.32 燃料搬送設備のメンテナンス状況

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料



図 2.4.33 冷却水系統設備のメンテナンス状況

(出所) パンプーエナジー株式会社提供資料



図 2.4.34 非常用発電機メンテナンス状況

(出所) パンプーエナジー株式会社提供資料



図 2.4.35 コンプレッサーメンテナンス状況

(出所) パンプーエナジー株式会社提供資料

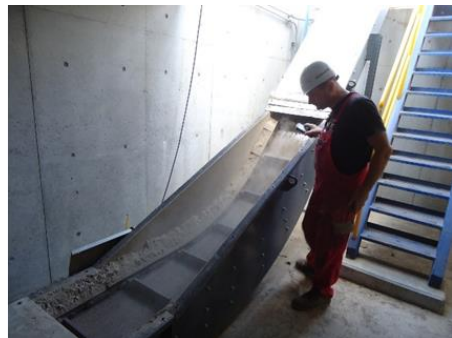


図 2.4.36 灰処理設備メンテナンス状況

(出所) パンプーエナジー株式会社提供資料

## 4.IV.5 トラブルシューティング

- トラブル時の原因究明と対策は都度なされているか？
- トラブル時の対策はマニュアル化されているか？

### トラブルの原因究明と対策に関する留意事項

運転稼働後はほとんどの場合に何かしらの仕様未達やトラブルが発生するため、各種データを分析しながら改善していく必要がある。エネルギー変換設備で発生するトラブルは**物品の仕様違いで起こるパターン**と、**設備の使い方で発生するパターン**に大別される。バイオマス発電所で起こりやすい**トラブルの多くは前者の物品の仕様違い**に関係するもので、中でも**バイオマス燃料の品質に起因するトラブルが多い**。バイオマス燃料品質に起因するトラブルの例としては以下が挙げられる。

表 2.4.31 燃料品質に起因するトラブルの例

- **水分率が高すぎる燃料**を投入したため燃焼炉やガス化炉の温度が上がらず、所定の熱量が発生せずに発電出力が定格値に届かない。
- 燃料中の**微粉が多く含まれる**、または**サイズのばらつきが大きい**場合、燃料が所定位置で燃えず飛散してしまうなどの現象もある。
- 燃料中の成分に**塩素が多く含まれている**場合、排ガスによる機器腐食と大気汚染につながる。
- 燃料中の成分に**カリウムなどが多い**竹などを用いる場合、燃焼灰やダストが低温で溶融してクリンカが発生する。
- 燃料の**発熱量やかさ密度が低い**場合、同じ体積の燃料を供給しても発電出力は定格値に届かない。

その他、バイオマス燃料以外に起因するトラブルとして以下が挙げられる。

表 2.4.32 燃料以外に起因するトラブルの例

- 発生ガス中の**ダストの付着**、もしくは**タール**によるガス浄化処理機器の機能不全化やエンジン不調
- 搬送装置における**異物の噛み込み**、ホッパーなどでの**燃料の閉塞**

発生ガス中のダストやタールによるトラブルを避けるためには**各機器がタール等の許容できる値以下になるようガス処理をしなければならない**。その他、定期的に停止して**クリーニングしたり、消耗品の交換頻度を見直す**ことも有効である。

メーカーより設備運転のためのマニュアルが提示されることが一般的であるが、これらの**マニュアルに日々のトラブルに対する解決策を追加・蓄積していき関係者で共有**することが重要である。

## 実証事業者の検討：バンブーエネルギーにおける運転中のトラブルと対策

実証事業者であるバンブーエネルギー株式会社では、ORC システムの運転開始後、以下に示す課題に直面し、それぞれについて対策を行った。

### 長尺バークによるトラブルへの対応

バンブーエネルギーの事業において、燃料の大部分を占める「バーク」はその形状が、「帯状・紐状」となっている。運搬等において自然に剥がれ落ちたものは、特に長くなる傾向にある。季節によっても変動し、夏季になると長尺化する。今回、当社のプラントにおけるメーカーからの燃料形状における仕様は「150mm～300mm」となっているが、調達先の製材所や森林組合では、これらのサイズを超えるものは多く発生している。

これらのバークを加工することなく、そのまま燃料搬送装置に投入したところ、長尺バーク同士が絡み合い、大きな塊となって搬出され、コンベア詰まりのトラブルを発生させてしまった。



図 2.4.37 バークによる搬送コンベアトラブル

(出所) バンブーエネルギー株式会社提供資料

コンベア詰まりは燃料の搬送を阻害し、燃焼炉内に燃料が供給されない事象につながるため、炉内温度低下に発展することもある。バークの調達先である製材所や森林組合では、長期にバークが野積みそのまま保管（放置）されており、経過時間と共に堆肥化と自重による「圧密」が発生している。また、当社への搬送においては、ダンプ等への車両により多くの量を積載するために荷台に押し込まれて運び込まれる。この人為的「圧密」と合わせて「圧密」されたバーク（塊）は、燃焼炉内において燃焼空気が通り抜けないことから安定した燃焼ができない。これは、「ORC 用・工場用熱媒油」の温度変化の要因となり、「発電機出力」や「工場用熱媒油」温度の変動に直結することとなる。



図 2.4.38 圧密バークが発生する要因

(出所) バンブーエネルギー株式会社提供資料

長尺バークの破碎処理のため、3 種類の破碎機テストを行ったところ、どの機種も破碎後のバークサイズは、仕様を満たすものの処理量の面から「2 軸式」のタイプの破碎能力が必要であることが分かった。



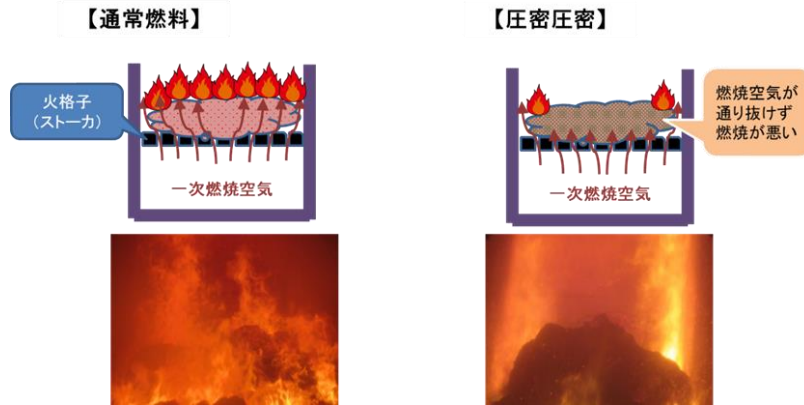


図 2.4.39 圧密バーク（燃料）による難燃

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

また破砕機を通すことで「圧密バーク」をほぐす働きもあるため、すべてのバークを破砕処理することで、バークの形状の均一化を図ることができる。破砕機には、金属（磁性体のみ）を取り除く機構も備わっており、金属異物の除去ができることでバイオマス熱電併給設備側でのトラブル低減や燃焼灰への異物混入を防ぐことも期待できる。

サイズの均一化ができたバークは、竹（チップ）燃料との混合作業性も向上し、当初混合作業を省略していた燃料投入方法のときと比較し、燃料の均質化が図れ、燃料のバラツキによる燃焼の不安定さが解消されている。



図 2.4.40 バーク破砕機の性能試験

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

また、ウォーキングフロアへの燃料についても過大に投入したり、投入量が少なくなってしまう場合にも課題が発生する。燃料投入量が過多となってしまった場合、長尺バークが絡まり巨大な塊となってコンベアに詰まってしまう。



図 2.4.41 燃料過大時のウォーキングフロア

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

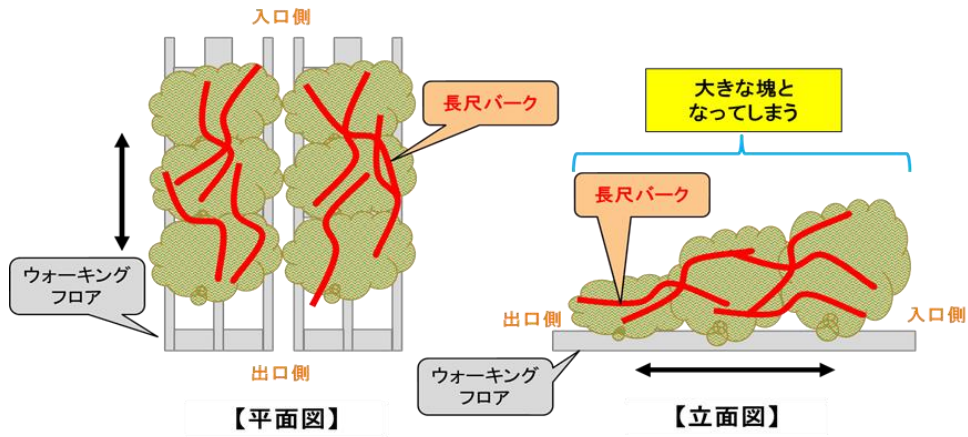


図 2.4.42 燃料過大時のウォーキングフロアでの長尺バークトラブルイメージ

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

また、燃料投入量が少ないと反力が無く燃料を送れないといった問題が発生する。適正な量を一定間隔で投入する必要があることから、燃料投入も安定運転には必要である。



図 2.4.43 燃料過少時のウォーキングフロア

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

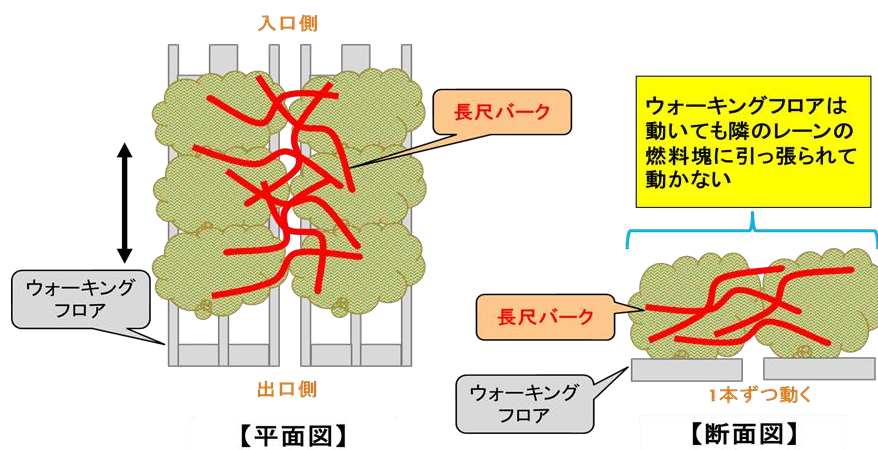


図 2.4.44 燃料過少時のウォーキングフロアでの長尺バークトラブルイメージ

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

## 高含水燃料による安定燃焼困難への対応

梅雨時期等、燃焼用原料の含水率が 55%を超えると炉内での燃焼が困難となり、燃料を乾燥する為に熱量を消費してしまい、結果ボイラーに熱を供給出来ない状態となってしまう。また、高含水率原料は燃焼が困難となり、炉内での失火の原因ともなってしまう。

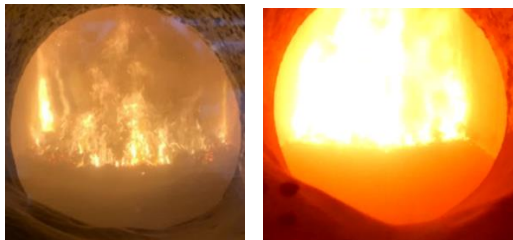


図 2.4.45 高含水率原料の燃焼状態（左）、安定した燃焼状態（右）

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

バーク等の含水率が高いものを入れると ORC 熱媒油が低下し、プラント制御は空気量を増やして火力をアップしようとする。実際には高含水率燃料は燃えないため排ガス残存酸素濃度が増加することとなる。プラント制御側は燃料がなくなって酸素が過大になっていると認識になり、燃料を送り込む。燃えない燃料の乾燥に熱を消費される悪いスパイラルに陥ってしまうということになる。適正な含水率の燃料を投入することでこの悪循環を回避することが安定した燃焼につながる。

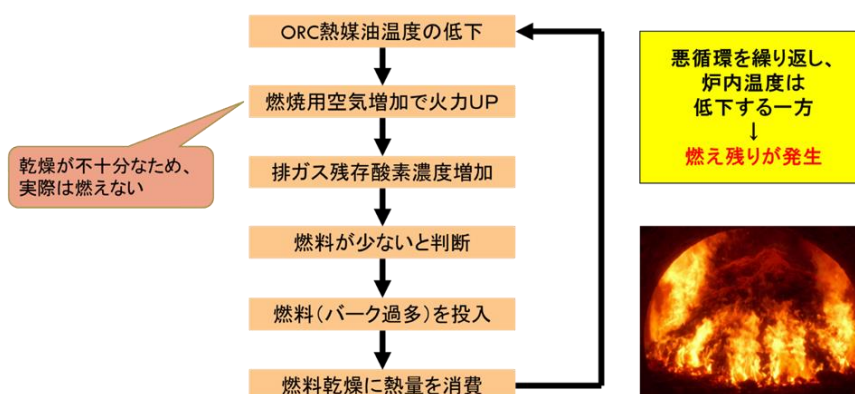


図 2.4.46 燃焼悪化のスパイラル

(出所) バンブーエナジー株式会社提供資料

## 燃料投入方法の確立

上述のとおり、バンブーエナジー株式会社では竹とバークを決定した混合比率でウォーキングフロアに投入を行っても炉内に投入される際に竹やバークが塊となり、搬送系統においてトラブルが発生した。また、偏った燃料が一気に投入されると炉内の燃焼が安定しないといった課題があった。具体的には竹の塊が投入されると一気に炉内温度が上昇したり、バークの塊が投入されると燃えづらく炉内温度の低下といった不安定燃焼が起こることにより、発電機トリップの原因にもなる。そのことから、原料の均一化を図る為にウォーキングフロアへの投入前にストックヤードにて事前混合を実施する事で燃焼の安定化を行う必要があることがわかった。



図 2.4.47 原料均一化作業の状況



図 2.4.48 混合による燃料の均一化

(出所) パンブーエナジー株式会社提供資料

## 第3部

# 木質バイオマスエネルギーに係る基礎知識

## <第3部 章目次>

<b>第3部 木質バイオマスエネルギーに係る基礎知識</b> .....	<b>441</b>
<b>1章 木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識</b> .....	<b>445</b>
バイオマスとは.....	445
1.1 原料および燃料の種類.....	446
1.2 燃料の品質規格.....	461
1.3 伐採方法・林業機械.....	465
1.4 燃料製造設備.....	468
1.5 選別装置.....	476
1.6 原料・燃料の乾燥方法.....	478
<b>2章 バイオマスエネルギー設備・技術に係る基礎知識</b> .....	<b>484</b>
2.1 発電.....	484
① 直接燃焼技術(BTG/ORC).....	486
② 熱分解ガス化技術.....	535
2.2 熱利用.....	555
① 温水ボイラー設備.....	555
② 蒸気ボイラー設備.....	560
③ バイオマスボイラーに係る法令対応.....	563

## ＜第3部 目次＞

図 3.1.1 バイオマスエネルギー利用の全体像(赤枠は NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業の対象範囲).....	445	図 3.2.22 ORC 熱電併給設備における燃料投入設備(燃料ホッパー)の位置.....	513
図 3.1.2 切削チップ(左)とピンチップ(右).....	448	図 3.2.23 BTG 発電設備における復水器の位置.....	515
図 3.1.3 全木ペレット(左)、ホワイト(木部)ペレット(中央)、パークペレット(右).....	448	図 3.2.24 ORC 熱電併給設備における復水器の位置(発電設備内に内蔵されている場合が多い).....	515
図 3.1.4 エリアンサスの栽培イメージ.....	449	図 3.2.25 BTG 発電設備における排ガス処理設備の位置.....	518
図 3.1.5 従来型収穫 収穫機とトラック並走による収穫.....	450	図 3.2.26 ORC 熱電併給設備における排ガス処理設備の位置.....	518
図 3.1.6 ロールベアラ収穫機械(FS 事業関係企業所有).....	450	図 3.2.27 BTG 発電設備における通風装置の位置.....	521
図 3.1.7 エリアンサス栽培フロー.....	451	図 3.2.28 ORC 熱電併給設備における通風装置の位置.....	521
図 3.1.8 製造コスト、エリアンサス栽培コスト、労務費の構造<15年シミュレーション平均>.....	452	図 3.2.29 BTG 発電設備における灰出し装置の位置.....	524
図 3.1.9 流通システム例.....	453	図 3.2.30 ORC 熱電併給設備における灰出し装置の位置.....	524
図 3.1.10 発電所における針葉樹チップ調達価格の推移(絶乾トン).....	454	図 3.2.31 直接燃焼設備に関する法規制の全体像.....	529
図 3.1.11 木質バイオマス原料の種類.....	455	図 3.2.32 熱供給事業の成立要件.....	533
図 3.1.12 木材資源の形態別かさ密度の比較例.....	458	図 3.2.33 Volter40 の概略フロー.....	535
図 3.1.13 木材水分率および含水率と高位および低位発熱量の関係(針葉樹 木部の例).....	459	図 3.2.34 典型的なインバート型ダウンドラフト炉.....	536
図 3.1.14 林業機械の例.....	465	図 3.2.35 全体プロセス概要.....	539
図 3.1.15 チップ生産システムのコスト試算範囲.....	470	図 3.2.36 ガス化技術の適用.....	540
図 3.1.16 チップ生産工場に移動式チップパー機を導入した場合のコスト試算範囲.....	471	図 3.2.37 アップドラフト方式固定床式ガス化炉.....	542
図 3.1.17 中間土場に移動式チップパー機を導入した場合のコスト試算範囲.....	471	図 3.2.38 Burkhardt 方式固定床式ガス化炉.....	543
図 3.1.18 ペレット化工程例.....	473	図 3.2.39 ダウンドラフト方式固定床式ガス化炉.....	544
図 3.1.19(左)処理能力当たりモーター動力数、(右)処理能力当たり設備費帯.....	474	図 3.2.40 バプリング方式流動床式ガス化炉.....	545
図 3.1.20 発熱量差から算出した灯油・重油単価に見合うペレット単価(山陽チップ工業株式会社検討結果).....	475	図 3.2.41 循環流動方式ガス化炉.....	545
図 3.1.21 ペレットボイラー使用で燃料代以外の経費のペレット 1kg 当たりのコスト.....	475	図 3.2.42 噴流型ガス化炉.....	545
図 3.1.22 FS 事業実施事業者の原料別ストック方法別水分率の調査結果の例.....	479	図 3.2.43 高速内部循環流動床式ガス化炉(FICB).....	546
図 3.1.23 FS 事業実施事業者による林地残材の天日乾燥での水分率調整の例.....	480	図 3.2.44 ヒートパイプ式ガス化炉.....	546
図 3.1.24 ソーラードライシステム概要イメージ.....	481	図 3.2.45 SYNCRAFT 社 ガス化プロセス.....	547
図 3.2.1 小規模木質バイオマス発電の燃料要件の例.....	484	図 3.2.46 外熱式ロータリキルン式ガス化炉.....	548
図 3.2.2 発電技術別の国内の導入状況.....	485	図 3.2.47 直接ガス化炉 加熱炉形式と取扱量.....	548
図 3.2.3 発電設備における位置.....	486	図 3.2.48 水蒸気改質法による水素製造工程.....	553
図 3.2.4 発電設備における位置.....	491	図 3.2.49 温水ボイラー模式図(炎管ボイラー).....	555
図 3.2.5 蒸気ランキンサイクルにおける発電出力とタービン発電効率の関係.....	492	図 3.2.50 温水ボイラーの概観の例.....	555
図 3.2.6 Turboden 社の ORC 発電機を使用したバイオマスボイラーにおける典型的なフロー.....	494	図 3.2.51 蒸気ボイラーの形状による分類.....	560
図 3.2.7 ORC 用バイオマスボイラーの構造.....	495	図 52 日本および欧州における温水ボイラー規制.....	564
図 3.2.8 低質バイオマス(50~60%wet)用バイオマス燃焼炉(スターカー炉).....	496	図 53 木質バイオマス温水ボイラーに対応する新たな規制区分(案).....	564
図 3.2.9 1000kW ORC 熱電併給設備のヒートバランス.....	497	図 3.2.54 蒸気ボイラーの最高使用圧力と伝熱面積による区分.....	565
図 3.2.10 イタリア Turboden 社の ORC 納入実績(左)と熱源の状況(右)(2018 年末時点).....	497	図 3.2.55 蒸気ボイラーの胴の内径と長の長さによる区分.....	565
図 3.2.11 ORCユニットの導入規模と熱利用先.....	498	図 3.2.56 開放管またはゲージ圧力 0.05MPa 以下の U 形立管を蒸気部に取り付けられたものによる区分 (いずれも内径 25mm以上).....	566
図 3.2.12 ランキンサイクルの構成.....	499		
図 3.2.13 バンブーエナジー株式会社にて森林組合に野積みされた土場パーク(左)と ORC の投入コンベアの燃料パーク(右).....	501		
図 3.2.14 イタリア Turboden 社の ORC 発電ユニット.....	503		
図 3.2.15 エネルギーフロー比較.....	504		
図 3.2.16 ORC における各種稼働媒体.....	506		
図 3.2.17 BTG 発電設備における燃料供給搬送装置(コンベア)の位置.....	508		
図 3.2.18 ORC 熱電併給設備における燃料供給搬送設備の位置.....	508		
図 3.2.19 BTG 発電設備における燃料貯留設備の位置.....	511		
図 3.2.20 ORC 熱電併給設備における燃料貯留設備の位置.....	511		
図 3.2.21 BTG 発電設備における燃料投入設備の位置.....	513		

## ＜第3部 表目次＞

表 3.1.1 木質バイオマス資源の種類と特性 .....	446	表 3.2.30 ガス化までの反応式.....	539
表 3.1.2 草本類バイオマスの種類 .....	447	表 3.2.31 直接ガス化炉 バイオマスガス化の代表的組成 .....	540
表 3.1.3 エリアンサス等草本類栽培マニュアル .....	450	表 3.2.32 ガス化条件による精製ガス組成の相違 .....	541
表 3.1.4 生産拡大のステップ.....	451	表 3.2.33 間接ガス化炉の代表的なガス性状 .....	541
表 3.1.5 生産拡大に向けた設備投資(15年) .....	452	表 3.2.34 Burkhardt 方式における炉内のゾーニング .....	543
表 3.1.6 エリアンサス栽培・ペレット製造原価<シミュレーション> .....	452	表 3.2.35 天然ガスと熱分解ガス比較.....	549
表 3.1.7 バイオマス燃料向け木材資源の発生場所と発生量の概算方法 .....	456	表 3.2.36 エンジン側の制限例 .....	549
.....	456	表 3.2.37 ガスエンジンの適用事例 .....	550
表 3.1.8 バイオマス燃料向け木材資源の種類別特性 .....	456	表 3.2.38 直接ガス化炉 バイオマスガス化の代表的組成 .....	551
表 3.1.9 主要な樹種の気乾密度( $t/m^3$ ) .....	457	表 3.2.39 間接ガス化炉の代表的なガス性状 .....	551
表 3.1.10 含水率別の丸太重量換算 .....	457	表 3.2.40 熱分解ガス精製技術 .....	552
表 3.1.11 含水率別の丸太材積換算 .....	457	表 3.2.41 近年の小規模ガス化発電事例 .....	554
表 3.1.12 丸太 $1m^3$ をチップにした場合の層積 .....	458	表 3.2.42 バイオマスを燃料としたボイラーの分類例 .....	556
表 3.1.13 木材の発熱量と含水率との関係(針葉樹・広葉樹の木部) ..	460	表 3.2.43 バイオマスを燃料としたボイラーの分類例 .....	557
表 3.1.14 木材の発熱量と含水率との関係(針葉樹・広葉樹の樹皮) ..	460	表 3.2.44 化石燃料ボイラーとバイオマスボイラーの比較 .....	557
表 3.1.15 チップの品質規格 .....	461	表 3.2.45 乾燥チップボイラーと生チップボイラーの比較 .....	558
表 3.1.16 チップの品質規格における区分表 .....	462	表 3.2.46 バイオマスボイラーの種類による負荷変動に対する特性 .....	561
表 3.1.17 木質ペレット欧州規格(ENplus).....	463	表 3.2.47 バイオマス燃料を利用した蒸気ボイラーの国内事例 .....	562
表 3.1.18 木質ペレットの品質基準 .....	464	表 3.2.48 バイオマスボイラーに関する法規制 .....	563
表 3.1.19 素材生産の各工程に適した林業機械の例 .....	465	表 3.2.49 蒸気ボイラーの労働安全衛生法の対応事項の概要 .....	566
表 3.1.20 各種早生樹の概要調査 .....	467	表 3.2.50 蒸気ボイラーの建築基準法の対応事項の概要 .....	567
表 3.1.21 チッパーの種類と特徴 .....	468	表 3.2.51 蒸気ボイラーのダイオキシン類対策特別措置法の対応事項の概 要 .....	567
表 3.1.22 チッパーの主要な確認項目 .....	469		
表 3.1.23 現状の切削チップ生産コスト .....	470		
表 3.1.24 工場加工チップコスト(チッパー機:1/2 補助) .....	471		
表 3.1.25 中間土場チップ製造コスト(チッパー機:1/2 補助) .....	472		
表 3.1.26 切削チップの生産コストまとめ .....	472		
表 3.1.27 造粒方式の比較 .....	474		
表 3.1.28 選別機の種類と特徴 .....	477		
表 3.1.29 乾燥方法や乾燥対象別のメリットとデメリット .....	478		
表 3.1.30 FS 事業実施事業者の人工乾燥検討例 .....	479		
表 3.1.31 国内バイオマス資源の水分率の例 .....	480		
表 3.1.32 天然乾燥と太陽熱乾燥の投資回収年数比較 .....	482		
表 3.1.33 乾燥方法別比較検討 .....	482		
表 3.2.1 ボイラーの種類と機能 .....	486		
表 3.2.2 ボイラーの燃焼方式の種類と特徴 .....	487		
表 3.2.3 ボイラーの選定条件例 .....	487		
表 3.2.4 主要な確認項目 .....	488		
表 3.2.5 発電用ボイラー設備の構成と機能 .....	489		
表 3.2.6 蒸気タービンの種類と特徴 .....	492		
表 3.2.7 主要な確認項目 .....	493		
表 3.2.8 ORC 発電と蒸気タービン発電の特性比較 .....	504		
表 3.2.9 ORC とダウンドラフト式ガス化の比較 .....	505		
表 3.2.10 ランキンサイクルに使用される各種稼働媒体 .....	506		
表 3.2.11 ORC 各メーカーと作動媒体 .....	507		
表 3.2.12 主な木質系チップ搬送コンベヤの種類と特徴 .....	510		
表 3.2.13 サイロあり/なしの場合の受入ホッパーの容量設定 .....	514		
表 3.2.14 復水器の形式と機能 .....	516		
表 3.2.15 主要な確認項目 .....	517		
表 3.2.16 排ガス処理方式と機能 .....	519		
表 3.2.17 通風設備の構成と機能 .....	522		
表 3.2.18 主要な確認項目 .....	522		
表 3.2.19 灰出し設備の種類と機能 .....	525		
表 3.2.20 用水設備の構成と機能 .....	526		
表 3.2.21 主要な確認項目 .....	526		
表 3.2.22 排水処理設備の構成と機能 .....	528		
表 3.2.23 主要な確認項目 .....	528		
表 3.2.24 原料調達に関連する法律一覧 .....	530		
表 3.2.25 エネルギー利用に関連する法律一覧 .....	530		
表 3.2.26 設備建設および設計に関連する法律一覧 .....	530		
表 3.2.27 プラント立地に関連する法律一覧 .....	531		
表 3.2.28 環境基準等に関連する法律一覧 .....	531		
表 3.2.29 熱供給事業登録申請書の内容 .....	534		



# 1章 木質バイオマス原料および燃料に係る基礎知識

## バイオマスとは

バイオマスとは「再生可能な、生物由来の有機性資源で化石資源を除いたもの」と定義される。バイオマス利用は原料としてのバイオマス資源、エネルギーの利用形態、そしてそれらをつなげるエネルギー変換技術で構成される。バイオマスの利用方法は、製材等に用いるマテリアル利用とエネルギー利用に大別され、まずマテリアルとして利用し、最終的にはエネルギー利用するというカスケード利用を行うことで資源の有効活用が可能である。また、用途に応じて輸送燃料等の液体燃料への変換も可能である。エネルギー利用として燃焼させると CO<sub>2</sub> が発生するが、これは森林等の生態系が持続的に管理されていれば成長過程で大気中から吸収した CO<sub>2</sub> であり、再生可能エネルギーのひとつとして位置づけられている。

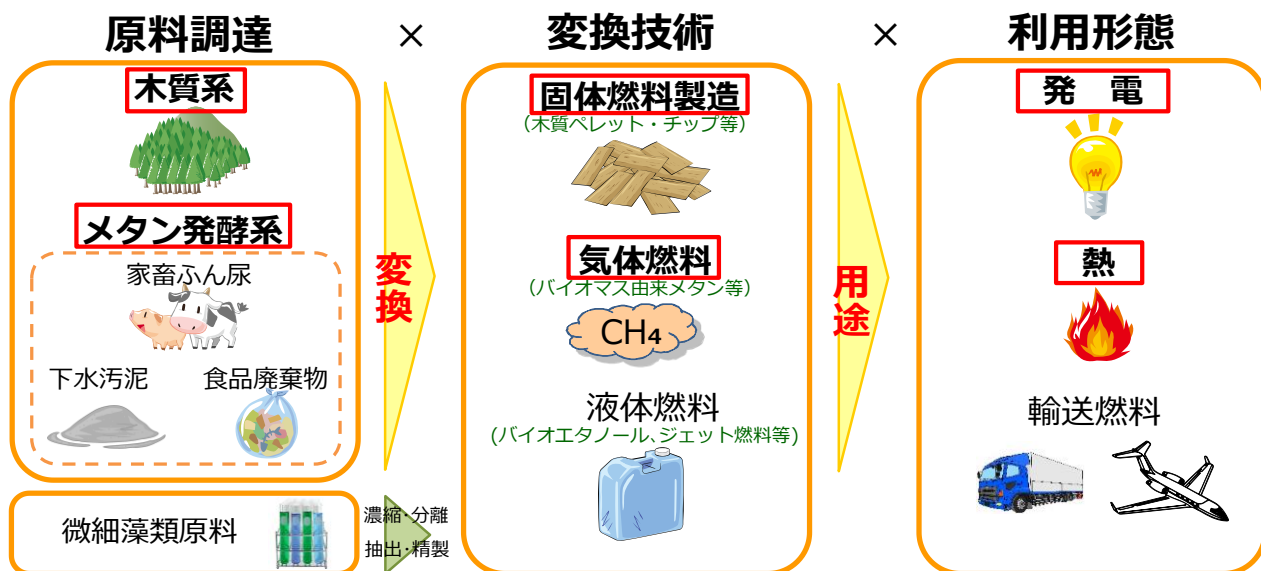


図 3.1.1 バイオマスエネルギー利用の全体像 (赤枠は NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業の対象範囲)  
(出所) NEDO 作成

バイオマスエネルギーの原料、変換技術、および利用形態は多様な選択肢が存在するが、NEDO バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業（以下、本事業）では、このうち近年国内で導入拡大が進む木質系およびメタン発酵系バイオマスについて、発電・熱利用を対象に様々な事業モデルの実証を行っている。

本ガイドラインの「木質系バイオマス編」において、次頁に示す木質由来のバイオマス資源について解説する。

# 1.1 原料および燃料の種類

## 種類と特性

木質系バイオマス資源には、下表のとおり様々な種類があり、それぞれ固有の特徴がある。現状国内では、発電利用向けにチップやペレットが多く使われているが、本事業では、樹皮や廃材など、これまで活用が難しく地域の中で課題となってきたバイオマス資源の利用も対象にFS・実証事業を行っている。

表 3.1.1 木質バイオマス資源の種類と特性

種類	特性
<p><b>チップ</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 切削チップ、スクリー切削チップ、破碎チップがある。</li> <li>・ 木材を細断する機械によりチップにする。</li> <li>・ ペレットより安価であり、小規模な温水ボイラーから大規模な発電施設の燃料として利用される。</li> <li>・ 適用するシステムに応じてチップの形状・水分量の調整が必要な場合がある。</li> </ul>
<p><b>ペレット</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 破碎チップや、製材等の加工過程で発生するおが粉、かんな屑、あるいは製材端材を粉砕して、乾燥させた原料を圧縮成形してペレットにする。</li> <li>・ 小規模な温水ボイラーから大規模な発電施設の燃料として利用される。特に欧州にて規格化が進んでいる。</li> <li>・ 燃料密度が高いため、保管施設が小規模にできる。</li> <li>・ 大きさを均一にすることによって、施設内の自動化等に取り組みやすい燃料であり、輸送や保管も有利である。</li> <li>・ 生産工程が複雑となるため、薪、チップと比べてコスト高のものとなる。</li> </ul>
<p><b>薪</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 大割、丸薪、小割り、粗朶(そだ)、柴などがある。</li> <li>・ 樹木の幹、枝、梢、根を切って割る。</li> <li>・ ストーブやボイラーの燃料として利用されるが、バイオマスガス発電の原料として使用される例は少ない。</li> <li>・ 燃料としては水分、樹種、サイズが質を決定する。</li> </ul>
<p><b>おが粉</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ おが粉、かんな屑がある。</li> <li>・ 製材等の加工過程で発生する副産物および残余物。</li> <li>・ ペレットやブリケットの原料になる。</li> <li>・ 通常は幹から発生する材なので土砂の混入は少ない。</li> <li>・ 流下してしまうため、燃焼が安定せず一般に固定床式ガス化炉への適用は難しい。</li> </ul>
<p><b>樹皮</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 樹皮(バーク)</li> <li>・ 製材所の加工過程で発生する樹木の表皮で、副産物および残余物。</li> <li>・ 水分が55~60%(wb)と高いため、ガス化炉への適用は難しい。</li> <li>・ 灰分が多いため、燃焼時にクリンカとの問題を発生しやすい。</li> </ul>
<p><b>廃材</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 製材や土木・建設過程で発生する端材、建築物の解体時などに発生する。</li> <li>・ 直接燃料とする場合と、チップ、ペレットの原料とする場合がある。</li> <li>・ ベンキ、接着剤、防腐剤、金属、ゴム、プラスチック等の残余物が付着していることが多く、炉への影響が生じる可能性がある。</li> <li>・ 大量の薬剤処理がされている木材(枕木・電柱・塩化ビニル加工など)は使用できない。</li> </ul>

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## コラム：草本系バイオマス

草本類バイオマスをエネルギー利用の視点から見たとき、いくつか他のバイオマスにない特性がある。そのひとつに、エネルギー作物として育てることで、持続的、計画的な原料確保と収集運搬が可能となり収集運搬の低コスト化が進むということが挙げられる。一般的にバイオマスは収集、運搬、管理が課題となりやすいが、草本類バイオマスは農地で栽培でき、品種によっては多年生のため定植翌年以降は毎年定量収穫できる。そのため、例えば大規模なプランテーション形式で育てて計画的な収集運搬を行うことで、低コスト栽培の可能性が見込める。

また栽培地の将来的な用途の転用が容易な点や、ストレス耐性に優れ比較的栽培に手間のかからないといった視点からも、未利用な耕作不適地や耕作放棄地の対策として効果が高いと推察できる。特に生産性については、高乾物収量が得られるエリアンサスは、潜在能力の高い草本類バイオマスとして数ある品種の中でも注目されている。温帯地域での生育では冬期に立毛状態のまま乾燥するので水分率の低い原料となる点が利点となっていて、年間の乾物生産量が大きい原料の安定確保にも適した作物である。高い乾物生産性とストレス耐性を示すこと、熱帯・亜熱帯気候で特にその能力を発揮することから適応域が広く、日本においても北関東以南で栽培が可能なることから、国内における今後の活用が大きく期待される。一方で、収穫機械における作業効率は改良の余地がある。収集形態としては、既存の飼料用収穫機による機械収穫が検討可能で、今後の課題として、低コスト化を実現する栽培モデルを構築すること、生産性向上、長期間にわたって高い生産性を維持できるような生産持続性を確立すること、技術開発においては機械収穫効率を向上させる栽植密度を明らかにすることや耐倒伏性の強化が挙げられる。

### 草本類の特徴

- 多年生草本植物が多く、地力の低い土地やストレスの多い場所でも旺盛に生育
- 病気や害虫に強く、高い生産性を示す
- 害獣対策が不要（種別による）
- 単位面積・単位エネルギー当たりのバイオマス生産性が高い
- 食料競合しない
- 計画栽培が可能で、農地への転用及び耕作放棄地対策として活用ができる。

表 3.1.2 草本類バイオマスの種類

名称	エリアンサス	ジャイアントミスカンサス	ネピアグラス	ソルガム
写真				
種類	イネ科多年草	イネ科多年草	イネ科多年草	イネ科一年草
栽培適地	北関東以南で栽培可能	九州以北北海道西部まで	熱帯・亜熱帯のみで永年栽培可能。九州以北では単年利用。	全国（夏季のみ、沖縄は通年）
利用	宿根性で移植後は10年以上継続利用可	宿根性で移植後は10年以上継続利用可	宿根性で移植後は10年以上継続利用可	毎年種まきが必要で手間がかかる
収量 <small>注1</small>	50t/ha	40t/ha	50t/ha	18t/ha
施肥	低肥料で永続的利用が可能	低肥料で永続的利用が可能	適切な施肥管理によって収量が維持できる	適切な施肥管理によって収量が維持できる
倒伏	台風による倒伏は認められない	耐倒伏性が高く越冬後も倒伏しない	耐倒伏性は高くはない	倒伏耐性は高くはない
乾物率	冬季は乾物率が70%となる	2月以降乾物率が80%を超える	年中生育期間であるため乾物率は50%以下	立毛乾燥条件では倒伏しない品種は限定
収穫	ケンパー式の収穫機で収穫可能	茎が適度に分散し機械刈適性に優れる	飼料との兼用種であるため機械化体系がある	作物なので体系が構築されている
更新	耕起・農地転換はパワーショベルで行う	水田での栽培にも適し、農地への転換も容易	耕起・農地転換はパワーショベルで行う	毎年度耕起するため体系は構築されている
雑草化	九州以北では種子は稔実しない	開花するが種子ができず、雑草化しない	種子稔性は乏しいが沖縄では繁茂	種子は穀類として利用できる
葡萄茎	葡萄茎はない	短い葡萄茎で徐々に株が広がる	倒伏した場合葡萄する	葡萄茎はない
写真の出展	小林 真氏	小林 真氏	<a href="http://www.tropicalforages.info/forages/Media/Html/entities/pennisetum_purpuraceum.htm">http://www.tropicalforages.info/forages/Media/Html/entities/pennisetum_purpuraceum.htm</a>	<a href="http://www.tropicalforages.info/key/forage/Media/Html/entities/sorghum_annual.htm">http://www.tropicalforages.info/key/forage/Media/Html/entities/sorghum_annual.htm</a>
資源作物適性	◎（福島沿岸部以南・九州以北）	◎（寒冷地で高い適性）	○（熱帯、亜熱帯のみ）	△（高い栽培管理が必要）

注1 収量は小プロットでの栽培試験のデータ(実収量は概ね半分程度となるので注意)

(出所) 高砂熱学工業株式会社「2018年度～2019年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/栃木県におけるエリアンサスを含めたバイオマス資源を活用した公共施設への地域自立システム化の事業性評価(FS)」(NEDO)2019年

## 木質チップの種類

木質チップは生産方法によって**切削チップ**と**ピンチップ（破碎チップ）**に大別される。切削チップは主に機械的に刃物で切削したもので、形状は四角形のフレーク状である。ピンチップは主にハンマークラッシャー等の機械的な打撃により木質の繊維に沿って砕いたものである。バイオマス燃料としては切削チップが利用されることが多い。詳細は「**第 2 部 2. II. 1 ③ 燃料規格対応の確認**」を参照されたい。



図 3.1.2 切削チップ（左）とピンチップ（右）

（出所）株式会社バイオマスアグリゲーション提供

## 木質ペレットの種類

日本国内で製造、流通されている木質ペレットの種類は全木ペレット、ホワイトペレット、バークペレットの3種類がある。

全木ペレットは丸太の全てを材料として利用して製造する。木の皮まで入れるため外見は茶色となっている。ホワイトペレットは丸太の皮をむいた部分だけを使用して製造する。樹皮が含まれないため、他のペレットと比較して白いのが特徴である。バークペレットは丸太の皮だけで製造するもので、濃茶色の仕上がりとなる。



図 3.1.3 全木ペレット（左）、ホワイト（木部）ペレット（中央）、バークペレット（右）

（出所）一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会提供

## FS 事業者の検討：エリアンサス・ペレットの生産と経済性評価

高砂熱学工業株式会社および一般社団法人日本有機資源協会は NEDO の FS 事業において、エリアンサス栽培およびペレット生産の検討を行った。エリアンサスは永年性イネ科植物であり、高乾物収量が得られる潜在能力が高いセルロース系資源作物として、近年エネルギー利用やマテリアル利用の観点から注目されている。

エリアンサス等草本類の圃場には、耕作放棄地が有効とされる。これは、通常の作物と違い、それほど肥培管理等に手間がかからないことや、病害虫や獣害被害を受けないことから、荒廃農地の解消・再生後の圃場においても、維持管理が継続できるとされるためである。手間やコスト、効率の点からは、放棄されて年数を経た土地である荒廃農地（再生困難）は、伐根費用がかさむ可能性が高く、より容易に再生可能な 1 号遊休農地や、耕地とみなされる 2 号遊休農地が望ましい。耕作放棄地の中でもその状況いかんで土地改良コストは大きく変動する。また、実際には跡継ぎがない農家や、高齢で農業の縮小を考えている農家は多く、管理コストが大幅に削減されるのであれば継続できるというケースも多い。食物の栽培コストほど手間のかからないエリアンサス等草本類は、こういった問題の解決に最適である。耕地をそのままエリアンサスに転用することになるため、耕作放棄地の抑制に繋がる新しい価値を提供することが可能である。

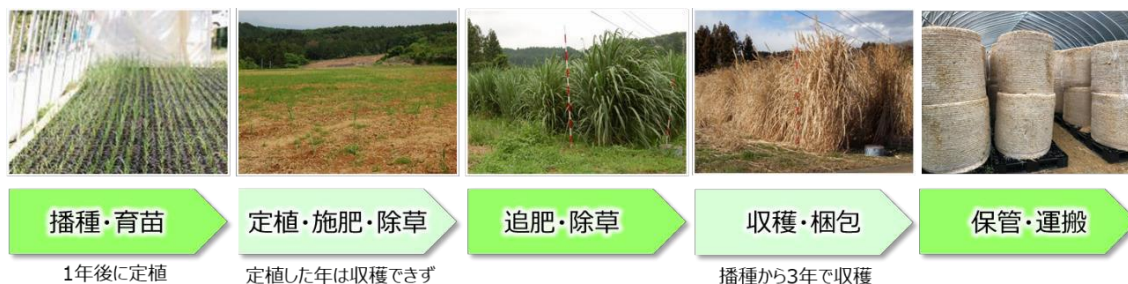


図 3.1.4 エリアンサスの栽培イメージ

(出所) 高砂熱学工業株式会社「2018 年度～2019 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業／地域自立システム化実証事業／栃木県におけるエリアンサスを含めたバイオマス資源を活用した公共施設への地域自立システム化の事業性評価(FS)」(NEDO)2019 年

エリアンサスは多年生で長期的多収が得られる反面、初期成育が遅いという特徴がある。また、熱帯起源であるため、暑さに強いが寒さに弱いのが基本特性である。したがって、播種から育苗機関としておよそ 1 年を確保する必要があり、ビニールハウス等で冬季の低温を回避した状態で越冬させ、降霜の可能性がなく地温が上がり、かつ乾燥しにくい時期に定植を行う。

定植における再植密度は、雑草管理・施肥・収穫に使用する機械に合わせて設定する必要があるが、畝間 2～2.5m、株間 0.7～1m が標準と考えられる。1ha あたり 4,000～7,100 本の苗が必要となる計算になるが、欠株も考慮し 1ha あたり 7,000 本の苗は必要なものと考えべきである。

エリアンサスは初期成育に時間がかかるため、雑草の日陰になって成育不良に陥らないよう、定植当年の雑草管理が重要となる。特に、つる性雑草が繁茂していることがあり、放置するとエリアンサスの成長を阻害することになり、定期的な除草等の雑草管理が必要となる。肥料や堆肥は、定植時に行うのみで、定植後は不要なため手間がかからないといった点がメリットとされることもあるが、実際には定植後も最低限の肥料や堆肥等は必要である。

定植当年は収穫せず、定植翌年からの収穫となる。収穫可能な時期は 11 月下旬～4 月上旬である。この間立毛乾燥が進行するため、含水率 30%程度の低水分収穫ができる。収穫期間が長いので、栽培面積の規模を増大させても計画的な収穫が可能であり、また、低水分収穫により、乾燥工程を要せずペレット燃料への加工が可能となること等は資源作物の優位性である。

収穫は、ロールベア収穫機の使用により、刈取とロールベア梱包を 1 台で同時に行うことが可能となっている。

また、エリアンサスとジャイアントミスカンサスについては、事業規模で栽培を行うための播種・育苗・定植マニュアルが作成中となっている。

表 3.1.3 エリアンサス等草本類栽培マニュアル

マニュアル名称	制作	協力
事業規模でのエリアンサス栽培のための播種・育苗・定植マニュアル	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 構畜産草地研究所 那須研究拠点	国立研究開発法人 国際農林水産業研究センター 一熱帯・島嶼研究拠点 株式会社タカノ
事業規模でのジャイアントミスカンサス栽培のための育苗・定植・管理・収穫マニュアル	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 構畜産研究部門 畜産飼料作研究拠点 東北農業研究センター 畜産飼料作研究領域 域東北農業研究センター 農業放射線研究センター センター北海道農業研究センター 作物開発研究領域	株式会社タカノ



図 3.1.5 従来型収穫 収穫機とトラック並走による収穫



図 3.1.6 ロールベア収穫機械（FS 事業関係企業所有）

（出所）高砂熱学工業株式会社「2018 年度～2019 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業／地域自立システム化実証事業／栃木県におけるエリアンサスを含めたバイオマス資源を利活用した公共施設への地域自立システム化の事業性評価(FS)」(NEDO)2019 年

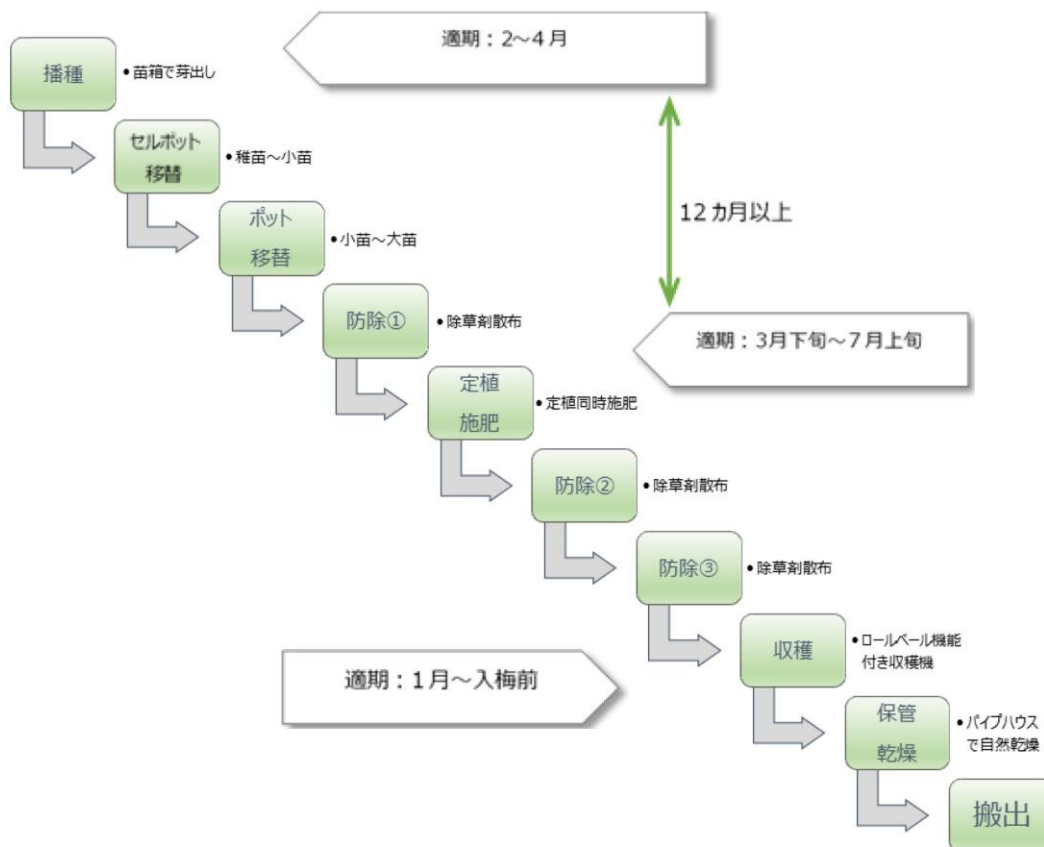


図 3.1.7 エリアンサス栽培フロー

(出所) 高砂熱学工業株式会社「2018 年度～2019 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業／地域自立システム化実証事業／栃木県におけるエリアンサスを含めたバイオマス資源を活用した公共施設への地域自立システム化の事業性評価(FS)」(NEDO)2019 年

**経済性試算の結果**

本FS では、既に栃木県内でエリアンサス栽培に取り組む某社を対象に生産拡大シミュレーションを行った。生産拡大に向けたステップは、現有設備を極力使用しながら投資額を控えつつ生産拡大を行い、下図のとおり段階的に投資を拡大することを想定した。4 年目以降の生産量（販売量）は、現在の 250t/年から 5.6 倍にあたる 1,400t/年をゴールイメージとした。

表 3.1.4 生産拡大のステップ

ステップ	対策	効果	1年目	3年目	5年目	10年目
第一段階	ペレット生産量を現状設備で増産	生産量：320t/年に増産	→			
第二段階	播種・育苗を増やし圃場を拡大	圃場面積：28haに拡大	→	→		
第三段階	栽培効率化（雑草対策、株補植等）	収量：25t/haに拡大	→	→	→	
第四段階	生産プラント更新へ	生産量：1,400t/年に増産	→	→	→	→

(出所) 高砂熱学工業株式会社「2018 年度～2019 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業／地域自立システム化実証事業／栃木県におけるエリアンサスを含めたバイオマス資源を活用した公共施設への地域自立システム化の事業性評価(FS)」(NEDO)2019 年

生産拡大を 15 年間のスパンで見た場合、発生する設備投資項目は下表のとおりである（個別のコストは非公開）。ここでは上記の第三段階までのステップを事業開始後に着手し、3 年目で第四段階に進み生産プラントの更新を行うことを想定している。

表 3.1.5 生産拡大に向けた設備投資（15年）

機器・設備	数	設置場所	備考
パイプハウス（育苗用）	1	工場	
パイプハウス（保管用）	2	圃場	
暖房機	2	工場	育苗用
プラント	1	工場	ペレット製造プラント一式
テントハウス（材料保管用）	1	工場	
汎用型収穫機	1	圃場	事業開始10年目に買替
トラクター	1	—	
ユニックトラック	1	—	

(出所) 高砂熱学工業株式会社「2018年度～2019年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業／地域自立システム化実証事業／栃木県におけるエリアンサスを含めたバイオマス資源を活用した公共施設への地域自立システム化の事業性評価(FS)」(NEDO)2019年

エリアンサス栽培によるペレット生産コストの総額は15年の期間全体で28,154千円、haあたりのコストは1,362千円/haと試算された。この時、燃料単価を40円/kgとして販売することができれば投資回収年数は約6年となる。

表 3.1.6 エリアンサス栽培・ペレット製造原価<シミュレーション>

科目	原価 [千円]	haあたり [千円/ha]	備考
材料費	504	63	種苗費、農薬代、肥料代、培土代、ポット代、木質材料費（運搬費含む）
労務費	3,694	462	土壌改良、農業生産、ペレット生産・供給
製造経費	3,866	483	地代、灯油代、軽油代、電気代、修繕費
減価償却費	4,783	598	
合計	12,847	1,606	

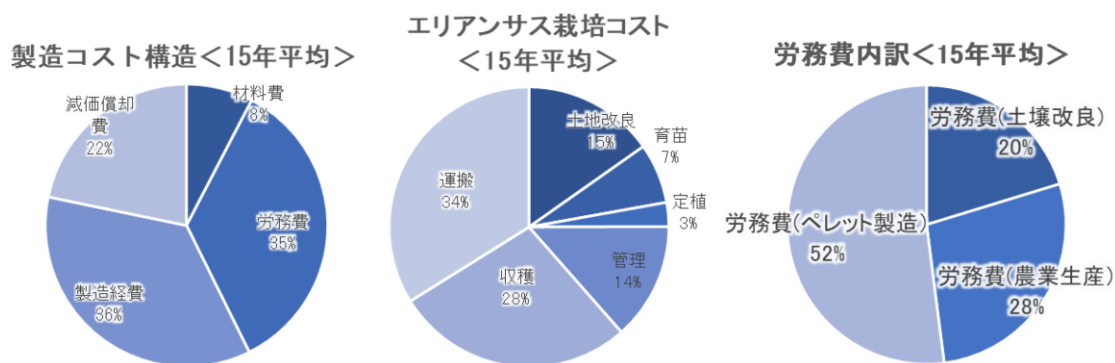


図 3.1.8 製造コスト、エリアンサス栽培コスト、労務費の構造<15年シミュレーション平均>

(出所) 高砂熱学工業株式会社「2018年度～2019年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業／地域自立システム化実証事業／栃木県におけるエリアンサスを含めたバイオマス資源を活用した公共施設への地域自立システム化の事業性評価(FS)」(NEDO)2019年

### エリアンサス栽培の課題

エリアンサス生産を拡大した場合には、圃場⇔工場間の輸送代に加え、木質燃料調達の輸送代、ペレット供給の場合の輸送代が格段に増えるため、運搬に係るコストは効率化が課題となると考えられる。

効率の良い生産拡大を図った場合、全体コストは大きな削減が可能であり、製造原価の改善が見込まれる。



## 原料およびバイオマス燃料の流通システム

チップやペレット等のバイオマス燃料を調達するにあたり、地域の既存のサプライチェーンを理解する必要がある。例えば、山林からの木材を原料としたバイオマス燃料調達の場合の流通システムは、以下の図のとおり、「ペレット工場またはチップ工場経由の調達」、「移動式ペレタイザーまたはチップャーによる現地燃料化」、「発電または熱利用プラントにおける燃料製造」に分類できる。

これらの流通システムにおいて、原料搬出、バイオマス燃料生産、プラントへの輸送のうち、**事業者自身がどこまで関与するかは、事業規模や利用技術、立地などを踏まえて検討**する必要がある。

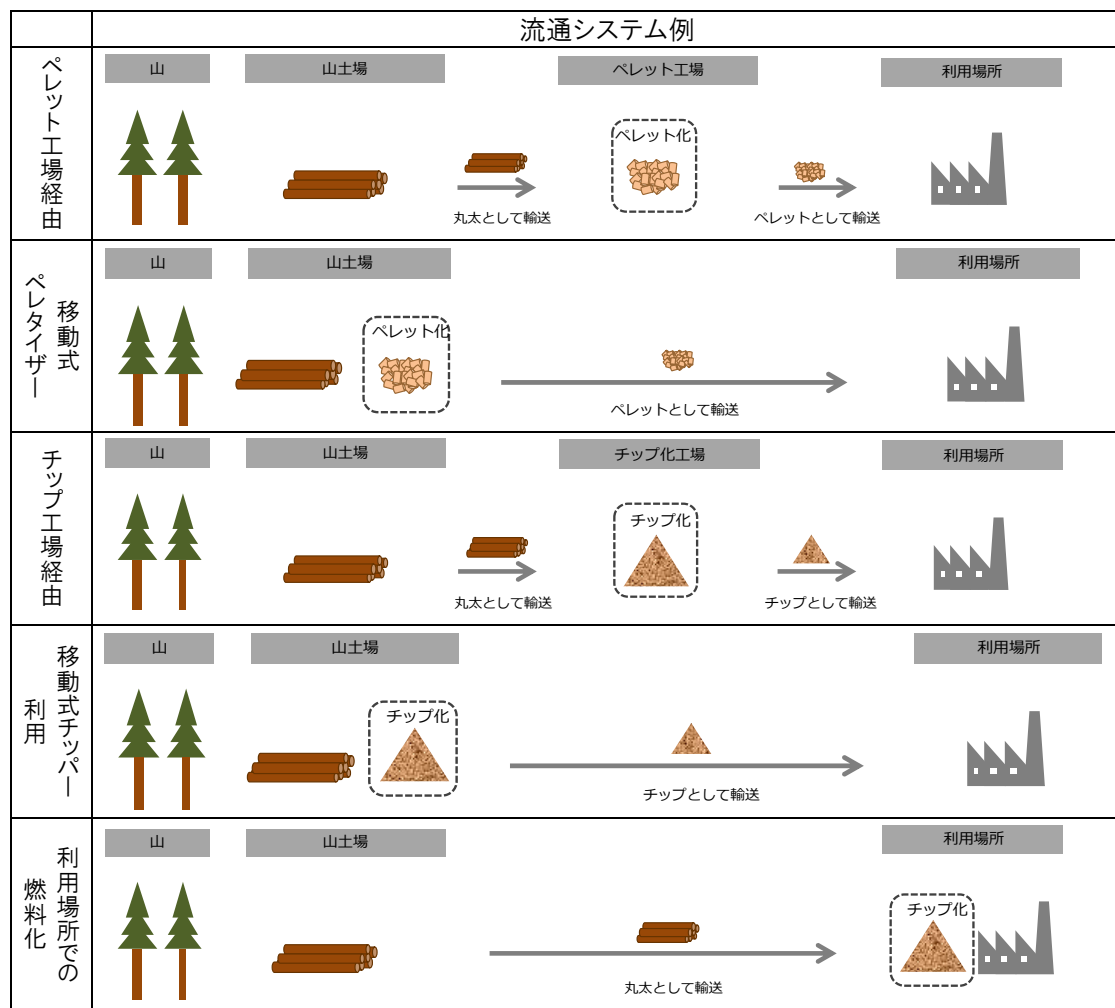


図 3.1.9 流通システム例

(出所)「国内におけるバイオマスエネルギー利用状況調査」(NEDO) 2014 年に基づきみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 価格動向

2012年にFIT制度が開始されて以降、木材資源の需給動向が大きく変化した。新たに発電用チップ向けの木材需要が高まったことで、地域によっては製紙用チップ向けに使われていた木材のみならず用材向けの木材価格も変化しつつある。また、バイオマス発電所の増加に伴い、発電所同士のバイオマス燃料用木材およびチップの競合が生じている地域もある。以下に発電所における針葉樹チップ調達価格の推移を示す。

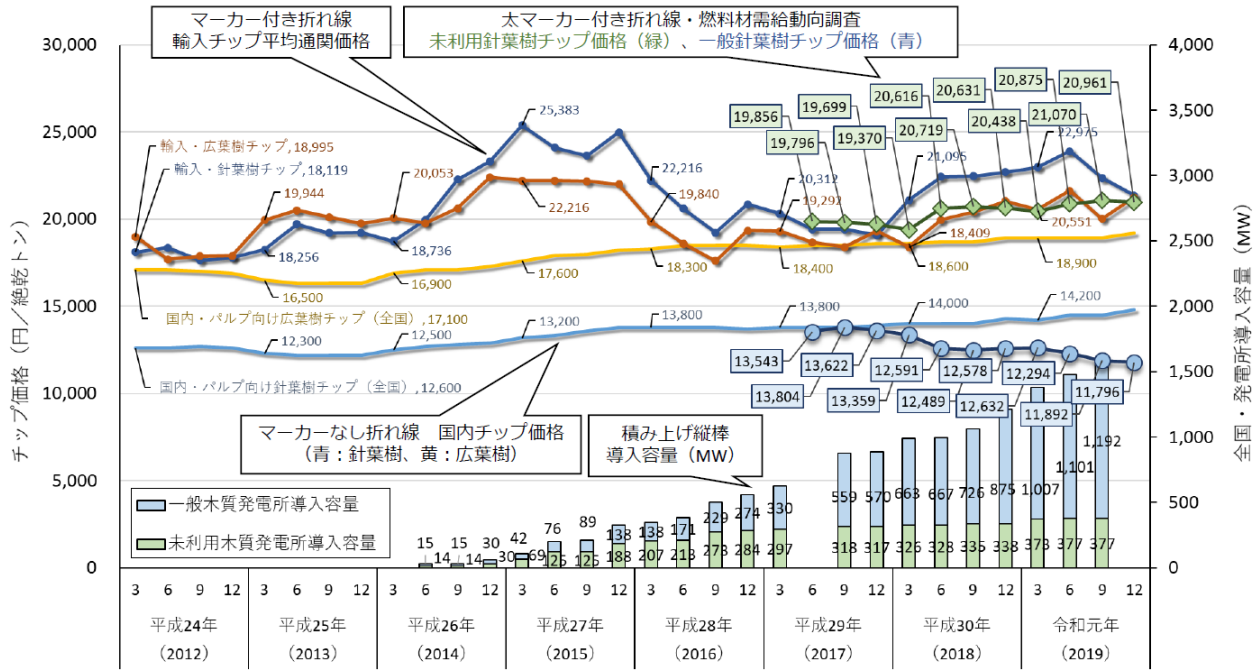


図 3.1.10 発電所における針葉樹チップ調達価格の推移（絶乾トン）

(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会提供資料

## バイオマス燃料向け木材資源の特徴

木質バイオマスは下図のとおり、様々な原料の種類が存在する。主なバイオマス燃料向け木材資源の発生場所と発生量の概算方法は次表のとおりである。また、それぞれの木材資源の特性について表 3.1.8 に示す。地域毎に利用可能な資源は様々で、それぞれ性状や利用可能性が異なるため、地域特性を考慮した持続的な調達形態を検討する必要がある。



丸太



建築発生木材



竹



林地残材 (末木枝条)



林地残材 (末木枝条)



端材 (末木枝条)



背板 (工場残材)



バーク (工場残材)



おが粉 (工場残材)

図 3.1.11 木質バイオマス原料の種類

(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会提供

表 3.1.7 バイオマス燃料向け木材資源の発生場所と発生量の概算方法

種類	発生場所	主な調達形態	発生量の概算方法
建設発生木材	建築・解体・土木工事現場	チップ	40~100kg/m <sup>2</sup>
支障木や剪定枝等	道路脇や河川敷等	チップ	概算困難 ※実施地域でのヒアリング等が必要
工場残材	木材関連工場	端材 チップ ペレット	製材工場: 製品量の 30%程度 合板工場: 製品量の 30~50%程度 ラミナ工場: 製品量の 50~70%程度
輸入材	輸入相手国内	チップ ペレット	交渉次第
末木枝条	林内または土場	枝葉や伐根 チップ ペレット	素材生産量の 15~35%程度 先端部(枝葉含む): 立木の 12% 根元部: 立木の 24% (家具材等へも利用されている)
(切捨)間伐材	林内または土場	丸太 チップ ペレット	間伐実施前に林地に賦存する蓄積の 10~40%程度 (30%程度が一般的とされる)
短伐期のエネルギー用材	短伐期林	丸太 チップ ペレット	100%を燃料向けに利用可能
竹	竹林	チップ ペレット	概算困難 ※実施地域でのヒアリング等が必要

(出所) 一般社団法人日本建設業連合会ウェブサイト、林野庁各種統計、NEDO バイオマス賦存量・有効利用可能量の推計等をもとにみずほりサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

表 3.1.8 バイオマス燃料向け木材資源の種類別特性

種類	水分率 (%)	水分の変動要因	密度 (t/m <sup>3</sup> )	低位発熱量 目安 (MJ/kg-wet)	灰分	不純物	有害物質	形状	主要発生地	エネルギー以外の用途
建設発生木材	25~40	季節 天候 収集条件	0.14-0.23 程度	水分に応じ 10~13	1~2% 程度	多 -金属 -土砂 -接着剤 -塗料 等	多 -塩素 -CCA (ク ロム、銅、 ヒ素) -接着剤 -塗料	破碎チップ	住宅地 土木・建 築現場	ボード原料
支障木や 剪定枝等	条件に応 じて大きく 変動	樹種 収集条件 発生場所	樹種に応 じて変化	樹種や 水分に応じ て変化	1~7%	多 -金属 -土砂 -小石 -草本 等	少	丸太状 梢端、枝 葉など	道路脇 河川敷 等	きのご栽培 用のほだ木 ガーデニン グ用途 等
工場残材	合板: 30~40 製材: 45~55	樹種	0.5-0.6 程度	水分に応じ 8~12	~2% 程度	少	少	木粉 のご屑 プレーナー 屑 背板・心 材樹皮	製材工 場、合板 工場、単 板工場、 集成材工 場 等	製紙チップ 敷料 木粉 等
末木枝条	50~60	季節 天候 収集条件	0.4-0.5 程度	樹種や 水分に応じ 6-10	~5% 程度	多 -土砂 -小石 -草本 等	少	たんころ (伐根)、 梢端、枝 葉 等 (幹以外)	林内 林道 山土場 (施業方 法依存)	未利用
(切捨) 間伐材	50~60	季節 天候 収集条件	0.45 程度	樹種や 水分に応じ 6-10	~1% 程度	少	少	小径木 (皮付丸 太材) 林地悪条 件による未 搬出材	林内	未利用
短伐期の エネルギ ー用材	樹種に依存					幹利用: 少 全木利 用:多	少	皮付丸太 材 全木	皆伐施業 しやすい林 地	日本: 取組黎明期 海外: 製紙向け

(出所) 各種公開資料よりみずほりサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## バイオマス原料の密度と材積

国内の主要な樹種の気乾密度（気乾状態（木材を乾燥させ、材の中に液体の水が存在しない状態）における重量と体積を用いて算出した密度）、含水率別の丸太重量および材積換算の係数は以下のとおりである。樹種によって密度には差があり、原料を山林から輸送する際には考慮する必要がある。より詳細な樹種別の各種データは林野庁「木質バイオマスボイラー導入・運用に関わる実務テキスト」<sup>1</sup>第9章を参照されたい。

表 3.1.9 主要な樹種の気乾密度 (t/m<sup>3</sup>)

樹種	値
スギ	0.38
ヒノキ	0.41
アカマツ	0.53
ブナ	0.5~0.7
ナラ	0.67
ベイマツ	0.53
レッドウッド	0.45

(出所) 木材工業ハンドブック（森林総合研究所）2004年をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

表 3.1.10 含水率別の丸太重量換算

含水率 %db	水分率 %wb	丸太 1m <sup>3</sup> 当たりの重量 t/m <sup>3</sup>					
		スギ	トドマツ	ヒノキ	エゾマツ	カラマツ	アカマツ
0	0	0.35	0.38	0.41	0.41	0.47	0.49
33	25	0.43	0.46	0.49	0.49	0.55	0.57
43	30	0.46	0.49	0.53	0.53	0.59	0.62
54	35	0.49	0.53	0.57	0.57	0.64	0.66
67	40	0.53	0.57	0.61	0.61	0.69	0.72
82	45	0.58	0.62	0.67	0.67	0.76	0.78
100	50	0.64	0.69	0.74	0.74	0.83	0.86
122	55	0.71	0.76	0.82	0.82	0.92	0.96
150	60	0.80	0.86	0.92	0.92	1.04	1.08
186	65	0.91	0.98	1.05	1.05	1.19	1.23
生材推奨値		0.80	0.80	0.70	0.80	0.65	1.00

(出所) 株式会社森のエネルギー研究所「木質バイオマスボイラー導入指針」をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

表 3.1.11 含水率別の丸太材積換算

含水率 %db	水分率 %wb	丸太 1t 当たりの材積 m <sup>3</sup> /t					
		スギ	トドマツ	ヒノキ	エゾマツ	カラマツ	アカマツ
0	0	2.86	2.63	2.44	2.44	2.13	2.04
33	25	2.35	2.18	2.04	2.04	1.81	1.74
43	30	2.20	2.04	1.90	1.90	1.69	1.62
54	35	2.04	1.89	1.77	1.77	1.56	1.51
67	40	1.88	1.75	1.63	1.63	1.44	1.39
82	45	1.73	1.60	1.50	1.50	1.32	1.28
100	50	1.57	1.46	1.36	1.36	1.20	1.16
122	55	1.41	1.31	1.22	1.22	1.08	1.04
150	60	1.25	1.16	1.09	1.09	0.96	0.93
186	65	1.10	1.02	0.95	0.95	0.84	0.81
生材推奨値		1.25	1.20	1.40	1.20	1.50	1.00

(出所) 同上

<sup>1</sup> [https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/con\\_4.html](https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/con_4.html)

丸太 1 m<sup>3</sup> をチップにする際の層積は以下のとおりである。文献および地域によって異なるが、概ね丸太 1 m<sup>3</sup> あたり 2.5～2.8m<sup>3</sup> 程度となっている。

表 3.1.12 丸太 1m<sup>3</sup> をチップにした場合の層積

丸太材積 → チップ層積	出所
1 m <sup>3</sup> → 2.5 m <sup>3</sup>	オーストリア: www.biomasseverband.at
1 m <sup>3</sup> → 2.6 m <sup>3</sup>	岩手県林業技術センター(2006): 燃料用チップ供給の手引き
1 m <sup>3</sup> → 2.62 m <sup>3</sup>	アイルランド: www.nps.ie/wood-fuel-page.html
1 m <sup>3</sup> → 2.7 m <sup>3</sup>	荒瀬輝夫ほか: 信州大学農学部 AFC 報告書, 9.117-122(2011)
1 m <sup>3</sup> → 2.8 m <sup>3</sup>	紙パルプ協会編(1969): 紙パルプの製造技術全書. 原木・調木. 159-164
1 m <sup>3</sup> → 2.8 m <sup>3</sup>	スイス 岩手木質バイオ研編(2005): 森のエネルギーハンドブック

(出所) 株式会社森のエネルギー研究所「木質バイオマスボイラー導入指針」をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

木材資源の形態別のかさ密度の目安は以下のとおりである。図のとおり、丸太は 500-600kg/m<sup>3</sup> であるのに対し、枝条はかさ密度が 120～260kg/m<sup>3</sup> と低いため輸送する際の効率が悪い。そのため田島山業株式会社では現地でこれらの枝条をチップ化し輸送する実証を行っている。カタログ値であるが、枝条を現地チップ化した際にはかさ密度は丸太と同程度の 500kg/m<sup>3</sup> まで向上するとしている。

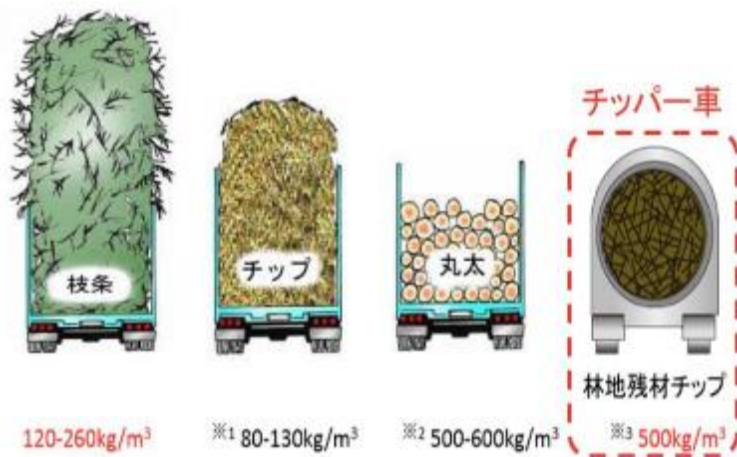


図 3.1.12 木材資源の形態別かさ密度の比較例

\*1: 「平成 22 年度芦別市木質バイオマス有効利用実証調査等業務報告書」(芦別市)、\*2: 「木質バイオマスの収集・運搬技術及び地域利用システムの開発動向」(陣川雅樹)、\*3: 「チッパー車カタログ」(富士車輛)

(出所) 田島山業株式会社「平成 27 年度～平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業 持続可能な林業に資するバイオマスエネルギーの地域利活用の事業性評価 (F S)」(NEDO) 2017 年

## バイオマス燃料の発熱量

発熱量とは、**単位質量あるいは単位体積のバイオマス燃料を完全燃焼させた時に発生する熱量**であり、高位発熱量と低位発熱量がある。

**高位発熱量**は熱量計で計測された値で**水蒸気の蒸発熱を含んだ発熱量**である。一方、**低位発熱量**は高位発熱量から**水蒸気の蒸発潜熱を減じた熱量**である。**エネルギーとして実際に用いることができるのは低位発熱量**である。日本では一般に熱量表記には高位発熱量を用いるが、欧州では低位発熱量を用いる。より詳細な樹種別の各種データは林野庁「木質バイオマスボイラー導入・運用に関わる実務テキスト」第9章を参照されたい。

## 水分量と熱量の関係

木材の種類が同じであれば、**重量あたりの発熱量は水分が低下するにつれ増加する傾向**にある。

水分の低いバイオマス燃料の方が、変換設備に投入した後、蒸発に奪われる熱量が減るためエネルギー効率が高くなる。そのため、できる限り**水分が低い木材の調達、あるいは事業者自ら木材を乾燥することが望ましい**。

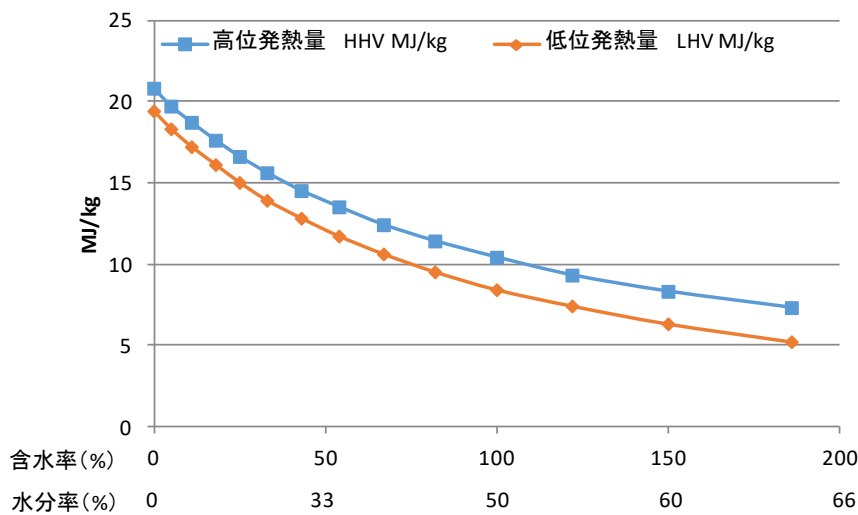


図 3.1.13 木材水分率および含水率と高位および低位発熱量の関係（針葉樹 木部の例）

(出所) 「木材工業便覧」(日本木材加工技術協会) 1952 年、「木質バイオマスボイラー導入指針」(株式会社森のエネルギー研究所) 2012 年

木材の水分量と発熱量は樹種および部位についても異なる。次頁に、針葉樹および広葉樹それぞれの木部および樹皮の発熱量を示す。

表 3.1.13 木材の発熱量と含水率との関係（針葉樹・広葉樹の木部）

含水率	水分率	針葉樹 木部						広葉樹 木部					
		高位発熱量 HHV			低位発熱量 LHV			高位発熱量 HHV			低位発熱量 LHV		
Dry%	Wet%	Kcal/kg	MJ/kg	kWh/kg	Kcal/kg	MJ/kg	kWh/kg	Kcal/kg	MJ/kg	kWh/kg	Kcal/kg	MJ/kg	kWh/kg
0	0	4940	20.8	5.74	4620	19.4	5.37	4,700	19.7	5.47	4,380	18.4	5.09
5	5	4,690	19.7	5.45	4,360	18.3	5.07	4,470	18.8	5.20	4,130	17.4	4.80
11	10	4,450	18.7	5.17	4,090	17.2	4.76	4,230	17.8	4.92	3,880	16.3	4.51
18	15	4,200	17.6	4.88	3,830	16.1	4.45	4,000	16.8	4.65	3,630	15.3	4.22
25	20	3,950	16.6	4.59	3,570	15.0	4.15	3,760	15.8	4.37	3,380	14.2	3.93
33	25	3,710	15.6	4.31	3,310	13.9	3.85	3,530	14.8	4.10	3,130	13.2	3.64
43	30	3,460	14.5	4.02	3,050	12.8	3.55	3,290	13.8	3.83	2,880	12.1	3.35
54	35	3,210	13.5	3.73	2,790	11.7	3.24	3,060	12.9	3.56	2,630	11.1	3.06
67	40	2,960	12.4	3.44	2,530	10.6	2.94	2,820	11.8	3.28	2,390	10.0	2.78
82	45	2,720	11.4	3.16	2,270	9.5	2.64	2,590	10.9	3.01	2,140	9.0	2.49
100	50	2,470	10.4	2.87	2,010	8.4	2.34	2,350	9.9	2.73	1,890	7.9	2.20
122	55	2,220	9.3	2.58	1,750	7.4	2.03	2,120	8.9	2.47	1,640	6.9	1.91
150	60	1,980	8.3	2.30	1,490	6.3	1.73	1,880	7.9	2.19	1,390	5.8	1.62
186	65	1,730	7.3	2.01	1,230	5.2	1.43	1,650	6.9	1.92	1,140	4.8	1.33

表 3.1.14 木材の発熱量と含水率との関係（針葉樹・広葉樹の樹皮）

含水率	水分率	針葉樹 樹皮						広葉樹 樹皮					
		高位発熱量 HHV			低位発熱量 LHV			高位発熱量 HHV			低位発熱量 LHV		
Dry%	Wet%	Kcal/kg	MJ/kg	kWh/kg	Kcal/kg	MJ/kg	kWh/kg	Kcal/kg	MJ/kg	kWh/kg	Kcal/kg	MJ/kg	kWh/kg
0	0	4,890	20.5	5.69	4,570	19.2	5.31	4,670	19.6	5.43	4,350	18.3	5.06
5	5	4,650	19.5	5.41	4,310	18.1	5.01	4,440	18.7	5.16	4,100	17.2	4.77
11	10	4,400	18.5	5.12	4,050	17.0	4.71	4,200	17.6	4.88	3,850	16.2	4.48
18	15	4,160	17.5	4.84	3,790	15.9	4.41	3,970	16.7	4.62	3,600	15.1	4.19
25	20	3,910	16.4	4.55	3,530	14.8	4.10	3,740	15.7	4.35	3,360	14.1	3.91
33	25	3,670	15.4	4.27	3,270	13.7	3.80	3,500	14.7	4.07	3,110	13.1	3.62
43	30	3,420	14.4	3.98	3,020	12.7	3.51	3,270	13.7	3.80	2,860	12.0	3.33
54	35	3,180	13.4	3.70	2,760	11.6	3.21	3,040	12.8	3.53	2,610	11.0	3.03
67	40	2,930	12.3	3.41	2,500	10.5	2.91	2,800	11.8	3.26	2,370	10.0	2.76
82	45	2,690	11.3	3.13	2,240	9.4	2.60	2,570	10.8	2.99	2,120	8.9	2.47
100	50	2,450	10.3	2.85	1,980	8.3	2.30	2,340	9.8	2.72	1,870	7.9	2.17
122	55	2,200	9.2	2.56	1,720	7.2	2.00	2,100	8.8	2.44	1,630	6.8	1.90
150	60	1,960	8.2	2.28	1,470	6.2	1.71	1,870	7.9	2.17	1,380	5.8	1.60
186	65	1,710	7.2	1.99	1,210	5.1	1.41	1,630	6.8	1.90	1,130	4.7	1.31

注：全乾状態での高位発熱量（99%下限地）と水素含有率を6%として求めた。

（出所）株式会社森のエネルギー研究所「木質バイオマスボイラー導入指針」よりみずほりサーチ&テクノロジーズ株式会社作成



## 1.2 燃料の品質規格

日本では、現在 JIS 等の国の規格としての品質規格は定められていない。ただし、自主規格<sup>2</sup>であればいくつか策定されており、これらは欧米の規格を参考に作成されている。

### ①チップの品質規格

平成 22 年 12 月に「木質リサイクルチップの品質規格（全国木材資源リサイクル協会連合会）」、平成 24 年 5 月に「木材チップ規格原案（全国木質チップ工業連合会）」が発表されているが、いずれも自主規格という位置付けであり、これまで日本では燃料用の木質チップ全体を包括する品質規格は存在していなかった。しかし、これらの内容を包含し、より統合的な規格として、平成 26 年 11 月に一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会により「燃料用木質チップの品質規格」が策定された。こうした自主規格が、JIS 規格等の国の規格として整えられることで、よりその効果が増すと期待される。

表 3.1.15 チップの品質規格

品質項目	単位	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4
原料		幹、全木 未処理工場残材	幹、全木 未処理工場残材 灌木・枝条・末木等	幹、全木 未処理工場残材 灌木・枝条・末木等 剪定枝等 樹皮 未処理リサイクル材	幹、全木 未処理工場残材 灌木・枝条・末木等 剪定枝等 樹皮 未処理リサイクル材 化学処理工場残材 化学処理リサイクル材
チップの種類		切削チップ	切削チップまたは破碎チップ		
チップの寸法 P		P16、P26、P32 および P45 から選択			
水分(湿量基準) M	%	M25、M35 から 選択	M25、M35、M45 および M55 から選択		
灰分 A	w-% dry <sub>1</sub> ※	A1.0 ≤ 1.0%	A1.5 ≤ 1.5%	A3.0 ≤ 3.0%	A5.0 ≤ 5.0%
窒素 N	w-% dry <sub>1</sub> ※	—	—	≤ 1.0 ※ <sup>2</sup>	
塩素 Cl	w-% dry <sub>1</sub> ※	—	—	≤ 0.1 ※ <sup>2</sup>	
砒素 As	mg/kg dry	—	—	≤ 4.0 ※ <sup>2</sup>	
クロム Cr	mg/kg dry	—	—	≤ 40 ※ <sup>2</sup>	
銅 Cu	mg/kg dry	—	—	≤ 30 ※ <sup>2</sup>	

注) 金属、プラスチック類、擬木（合成木材、複合木材）、土砂、石等の異物を含まないこと

※1 w-% dry<sub>1</sub> : 質量パーセント（乾量基準）

※2 ただし、リサイクル材を取り扱わない工場を除く。リサイクル材を取り扱う工場では、重金属等について随時測定すること  
(出所) 木質バイオマスエネルギー利用推進協議会「燃料用木質チップの品質規格」

<sup>2</sup> チップについては、平成 26 年 11 月に木質バイオマスエネルギー利用推進協議会が策定した「燃料用木質チップの品質規格」がある。ペレットについては、日本木質ペレット協会が策定した「木質ペレット品質規格」やペレットクラブが策定した「木質ペレット燃料に関する自主規格」がある。ただしペレットクラブは、2014 年以降は ISO の規格を推奨するものとしている。

表 3.1.16 チップの品質規格における区分表

寸法区分(ふるいの目開き寸法)				
区分	微細部 (チップ重量の 10%未満)	主要部 (チップ重量 の80%以上)	粗大部 (チップ重量 の10%未満)	最大長
P16	<4mm	4-16mm	16-32mm	<85mm
P26	<4mm	4-26mm	26-45mm	<100mm
P32	<8mm	8-32mm	32-63mm	<120mm
P45	<16mm	16-45mm	45-90mm	<150mm
水分区分(到着ベース)				
区分	水分 M (湿量基準含水率)		参考 (乾量基準含水率)	
M25(乾燥チップ)	≤25%		≤33%	
M35(準乾燥チップ)	26-35%		34-54%	
M45(湿潤チップ)	36-45%		55-82%	
M55(生チップ)	46-55%		83-122%	
注)M>55%のチップは対象外				
灰分区分				
区分	灰分 %			
A1.0	A≤1.0			
A1.5	A≤1.5			
A3.0	A≤3.0			
A5.0	A≤5.0			

(出所) 木質バイオマスエネルギー利用推進協議会「燃料用木質チップの品質規格」

## 木質ペレットの品質規格

ペレット燃料についてもチップ同様、品質を担保するために欧米を中心に規格が定められている。日本では、現在 JIS 等の国の規格としての品質規格は定められていない。ただし、自主規格<sup>3</sup>であればいくつか策定されており、これらは欧米の規格を参考に作成されている。

ペレットについては 2014 年に国際規格である ISO 規格 (ISO 17225 : 2014) が定められた。このため、現在国際的に流通するペレットは、基本的に国際規格に則って製造されている場合が多い。

欧州のガス化技術で利用する場合は一様な燃焼形態を維持するため、形状・水分率などについて規格化された品質の高いペレットを使用している。

<sup>3</sup> チップについては、平成 26 年 11 月に木質バイオマスエネルギー利用推進協議会が策定した「燃料用木質チップの品質規格」がある。ペレットについては、日本木質ペレット協会が策定した「木質ペレット品質規格」やペレットクラブが策定した「木質ペレット燃料に関する自主規格」がある。ただしペレットクラブは、2014 年以降は ISO の規格を推奨するものとしている。

## 欧州の木質ペレット品質規格

欧州のペレット規格では、固定床式ガス化炉において A1 規格等高品質の物が必要な場合がある。欧州では品質確保のためにバインダー等の添加剤を使用することもあり、海外技術導入にあつては前提としている国産ペレットの適用性、品質が十分なものであるか確認が必要である。

表 3.1.17 木質ペレット欧州規格 (ENplus)

項目	単位	A1	A2	B
直径(D)	mm	6(±1)もしくは 8(±1)		
長さ (L)	mm	3.15 ≤ L ≤ 40		
かさ密度(BD)	kg/m <sup>3</sup>	≥ 600		
真発熱量(Q)	MJ/kg	16.5 ≤ Q ≤ 19	16.3 ≤ Q ≤ 19	16.0 ≤ Q ≤ 19
水分(M)	w-%	≤ 10		
微粉率(F)(<3.15mm)	w-%	≤ 1		
機械的耐久力(DU)	w-%	≥ 97.5		≥ 96.5
灰分(A)	w-%	≤ 0.7	≤ 1.5	≤ 3.0
灰融点	°C	≥ 1200	≥ 1100	
塩素(Cl)	w-%	≤ 0.02		≤ 0.03
硫黄(S)	w-%	≤ 0.03		≤ 0.04
窒素(N)	w-%	≤ 0.3	≤ 0.5	≤ 1.0
銅(Cu)	mg/kg	≤ 10		
クロム(Cr)	mg/kg	≤ 10		
ヒ素(As)	mg/kg	≤ 1		
カドミウム(Cd)	mg/kg	≤ 0.5		
水銀(Hg)	mg/kg	≤ 0.1		
鉛(Pb)	mg/kg	≤ 10		
ニッケル(Ni)	mg/kg	≤ 10		
亜鉛(Zn)	mg/kg	≤ 100		

(出所)「ENplus Handbook Part3: Pellet Quality version 3.0 2015」をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 国内の木質ペレット品質規格

日本国内においては、一般社団法人日本ペレット協会等が品質規格を規定している。

表 3.1.18 木質ペレットの品質基準

品質項目	単位	基準		
		A	B	C
直径の呼び寸法 <sup>(1)</sup> D	mm	6、(7)、8		
長さ <sup>(2)</sup> L	mm	L ≤ 30 mm が質量で 95% 以上、かつ L > 40 mm が無い		
かさ密度 BD	kg/m <sup>3</sup>	650 ≤ BD ≤ 750		
含水率(湿量基準) U	% <sup>(3)</sup>	U ≤ 10		
微粉率 F	% <sup>(3)</sup>	F ≤ 1.0		
機械的耐久性 DU	% <sup>(3)</sup>	DU ≥ 97.5		
発熱量 Q	高位発熱量	≥ 18.4 (4,390 kcal/kg)		≥ 17.6 (4,200 kcal/kg)
	低位発熱量	≥ 16.5 (3,940 kcal/kg)		≥ 16.0 (3,820 kcal/kg)
灰分 AC	% <sup>(4)</sup>	AC ≤ 0.5	0.5 < AC ≤ 1.0	1.0 < AC ≤ 5.0
硫黄 S	% <sup>(4)</sup>	S ≤ 0.03		S ≤ 0.04
窒素 N	% <sup>(4)</sup>	N ≤ 0.5		
塩素 Cl	% <sup>(4)</sup>	Cl ≤ 0.02		Cl ≤ 0.03
ヒ素 As	mg/kg <sup>(4)</sup>	As ≤ 1		
カドミウム Cd	mg/kg <sup>(4)</sup>	Cd ≤ 0.5		
全クロム Cr	mg/kg <sup>(4)</sup>	Cr ≤ 10		
銅 Cu	mg/kg <sup>(4)</sup>	Cu ≤ 10		
水銀 Hg	mg/kg <sup>(4)</sup>	Hg ≤ 0.1		
ニッケル Ni	mg/kg <sup>(4)</sup>	Ni ≤ 10		
鉛 Pb	mg/kg <sup>(4)</sup>	Pb ≤ 10		
亜鉛 Zn	mg/kg <sup>(4)</sup>	Zn ≤ 100		

(1) 6 mm または 8 mm が望ましい

(2) 円孔径 3.15mm のふるいに残るものを測定対象とすること。

(3) 到着ベース (湿量基準)

(4) ドライベース (乾量基準)

(出所) 一般財団法人木質ペレット協会ホームページをもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

# 1.3 伐採方法・林業機械

チップやペレット等の原料となる木材の素材生産のためには、次表のとおり、伐倒→木寄せ→枝払い・玉切り（造材）→集材→桟積（はいづみ）の工程が必要となる。それぞれの工程で必要となる林業機械は異なり、代表的な例を次図に示す。近年生産性向上およびコスト低減のため高性能な林業機械を導入する事例が増えている。

表 3.1.19 素材生産の各工程に適した林業機械の例

工程	説明	適する林業機械
伐倒	林内の立木を切り倒す作業	ハーベスタ、フェラーバンチャ
木寄せ	林内に散らばる丸太をまとめる作業	ウィンチ、フェラーバンチャ
枝払い・玉切り(造材)	伐倒した木の枝を切り落とし、用材として利用可能な丸太を切り出す作業	プロセッサ、ハーベスタ
集材	造材が終わった丸太を土場に集める作業	ハーベスタ、フォワーダ、スイングヤーダ、タワーヤーダ
桟積(はいづみ)	土場に集まった丸太を長さや径に応じて山積みにする作業	グラップル

(出所) 林野庁「森林・林業白書」平成 25 年度をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成



図 3.1.14 林業機械の例

(出所) 田島山業株式会社「平成 27 年度～平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業 持続可能な林業に資するバイオマスエネルギーの地域利活用の事業性評価（F S）」(NEDO) 2017 年

## FS 事業者の検討：早生樹導入に係る樹種の比較

一般財団法人石炭エネルギーセンターおよび遠野興産株式会社では、FS において各種早生樹の比較検討を行った。国内の現状の林業経営・生産の概況や従来樹種の特徴から、早生樹を導入する際の考え方としては以下のような点が挙げられる。

### ① 早生樹の導入により期待されるメリット

#### a. 収穫期間の短縮

従来林業では、収穫（売上回収）までに約 50 年を要する。早生樹により、この収穫までの期間の短縮が期待される。

#### b. 生産量の増大

従来林業では、植栽後約 50 年程度の生産期間を経て ha 当たり約 400m<sup>3</sup>/ha の生産が見込まれ、年・ha 当たりでは約 8m<sup>3</sup>/年・ha 相当の収穫量となる。単純に、この単年・単位面積当たりの生産量が増加できれば、売上増加も見込める。

#### c. 生産経費の低減

現状の林業では、山元立木価格が育林コストを下回っていると言われている。早生樹導入により、下刈り期間の短縮等が可能となればこの育林コストの低減が期待できる。

#### d. 造林コスト・手間の低減

c とも関連するが、造林に関わるコスト・手間が削減できれば望ましい。

特に、早生樹種では、萌芽特性や皆伐後の実生による更新が可能な樹種があり、その場合、初回の植栽以降は植栽頻度が大幅に低減できる可能性もあり、造林コスト・手間の大幅な削減も期待できる。

#### e. 素材の用途・品質等

この点については、各種早生樹等の特徴のほか、想定する用途、また生産・管理の方法（植栽密度等）によっても、収穫量や材質、形状、性状等が変わりうると思われ、それらの内容も長所・短所のそれぞれがあるものとする。主にバイオマス利用を想定する。よって、生産量（収穫量）が基本的にもっとも重要で、木材である以上、品質面で大きな差は生じないと考える。ただ、素材として高付加価値で利用可能な部位はそれらの用途に仕向け、低質な部位をバイオマスとして利用する等の考え方は早生樹の場合にも必要と考える。

### ② 早生樹の導入における留意点

一方、前記の期待されるメリットの反面、以下のような点でデメリット 不利益が生じないか確認する必要がある。

#### a. 自然環境（気象・土壌・標高等）への適性

スギ・ヒノキと違い、全国の気象条件・土地条件への適応が確認されていない場合もあり、こうした自然環境条件への適応が可能かどうか留意する必要がある（耐寒・耐候・耐湿等）。

#### b. 作業特性（植栽・育林）

植栽・育林工程の作業内容や作業量において、従来樹種と大きく変わる点がなく、費用や手間を増大させるような方向ではないことが重要となる。

#### c. 苗の入手

苗の入手が容易でコストも適当である必要がある。

#### d. 獣害や疾病リスク

生産過程でも、獣害や病害による枯死等のリスクがあり、その有無・程度を検討する必要がある。

### e. 収穫作業

収穫の際の作業（伐倒・搬出）において、従来樹種と大きく変わる点がなく、費用や手間を増大させるような方向ではないことが重要となる。特に、既存の林業機械や作業システムが適用できることが望ましいと考えられ、それらの作業性を関連する直材性や樹形等の要素に留意する必要がある。

### f. その他（環境影響等）

早生樹の中で、特に増殖特性が活発な品種の場合、竹のように周辺植生への侵入による影響を与えるようなケースを生じないか、また、在来種でない場合、導入に際して周辺地域の生産者等の抵抗感を惹起することがないかなども考慮が必要と考える。苗の入手に際しては、林業種苗法に基づいて適切に行うことも必要である。

一般財団法人石炭フロンティア機構(JCOAL)と遠野興産株式会社は、FS において国内の早生樹を調査し、以下のとおり総括している。

表 3.1.20 各種早生樹の概要調査

樹名	特徴	試植
1) コウヨウザン	<ul style="list-style-type: none"> <li>・萌芽特性あり、萌芽更新後の成長・旺盛な繁殖力が特徴</li> <li>・三代更新実績あり</li> <li>・育成後放置可、下草刈低減可能（枝葉の枯落で下草成長阻害）</li> <li>・成長が早いため年輪密度は粗い、乾燥後の材は割れやすい</li> <li>・寒冷地対応性あり（新潟、播磨実績あり）環境適用性、優良</li> <li>・初期保育で、獣害（野ウサギ、鹿）対策は必要</li> </ul>	○
2) チャンチン モドキ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・萌芽特性あり、芽かきなしで直材成長可</li> <li>・幹径 50cm・樹高 13m/20 年生</li> <li>・幹が縦割りし易い傾向</li> <li>・材の含水率高い、材硬い樹皮はがし難の可能性</li> <li>・比重はセンダンより大きく、成長はセンダンより早い</li> <li>・寒冷地耐性低く、天然北限は九州地域とのこと</li> <li>・獣害（鹿）対策は必要（2m 強防護ネット等、要物理的隔離）</li> </ul>	○
3) ホオノキ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・寒冷地適性あり</li> <li>・葉が燃えにくく、芳香もあり、食用利用の需要あり</li> <li>・乾燥容易、狂いが少なく、軽軟なため加工容易</li> </ul>	○
4) ユリノキ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・萌芽特性あり、種子から育てる、挿し木は不可</li> <li>・胸高直径 30cm 樹高 30m/30 年生（成長特性 JCOAL 同等）</li> <li>・耐寒特性あり（北米カリフォルニア原産）</li> <li>・花咲き蜜が豊富、野鳥・昆虫等、他の植生他生態との共生真容</li> </ul>	○
5) センダン (栴檀)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・萌芽特性あり、種子からの発芽も容易、繁殖力旺盛</li> <li>・直材のため芽かき実施（燃料用途、作業不要の可能性高）</li> <li>・成長量 幹径 40-50cm・樹高 17m/20 年生</li> <li>・寒冷地適性低、陽光・平地～緩傾斜地が生育適地</li> </ul>	○
6) ケンボナシ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・萌芽特性、増殖特性は不明</li> <li>・国内全域で生育</li> <li>・結実し、柄の部が甘味食料になり多様な用途が魅力の広葉樹</li> <li>・材は木目が美しく楽器などにも利用、乾燥で割れ反り生じる</li> </ul>	—
7) ヤナギ(柳)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・萌芽特性あり、挿し木繁殖、収穫 3 年周期</li> <li>・生育期間 3 年、4 年目に 18-21 絶乾 t/ha、3 年毎 30 絶乾 t/ha の収穫</li> <li>・収穫機械の能力より、育成地は斜度 10 度以下の平地となる</li> <li>・寒冷地適用性あり、獣害対策必要</li> <li>・森林総研 北海道にて燃料材用途で積極的に取り組み中</li> </ul>	—
8) クワ(桑)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・萌芽特性あり、耐寒性あり、積雪地でも育成可</li> <li>・天然の山桑は、養蚕用の蚕桑と種類異なり特性も異なる</li> <li>・若木の成長速度が速く、以降の下刈草は不要</li> <li>・幹径 20cm/20 年（ただし幹径 40cm は希少、高値取引）</li> <li>・高級工芸木工材として珍重（近年は需要低迷）</li> </ul>	—
9) キリ(桐)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・萌芽特性、増殖特性あり</li> <li>・比重が軽く（スギ 0.35 &gt; 桐 0.15）、加工・扱いやすい</li> <li>・防火性に優れて高級家具材として珍重（最近はやや減）</li> <li>・火付きは悪いが、火持ちは良く、原型を留めた灰が残る</li> </ul>	—
10) エリートツリー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・成長速度の速い苗木の中から選ばれた杉</li> </ul>	—
11) キハダ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・寒冷地対応能力があり、全国で見られる</li> <li>・国内流通量の 50%以上が長野県産出</li> <li>・内樹皮部を乾燥させ、生薬や黄色染料に利用</li> </ul>	—
12) オビスギ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・萌芽特性は不明、挿し木で、増殖可、</li> <li>・九州で品種化されて広く認知されている</li> <li>・低い吸水性、軽量で強度強いことから、造船用に利用</li> </ul>	—
13) アカシア	<ul style="list-style-type: none"> <li>・下種更新(萌芽更新極少)</li> <li>・収穫年 7 年前後</li> <li>・恒常的に気温 -5℃では寒害発生、関東以北で栽培困難</li> </ul>	—

(出所) 一般財団法人石炭エネルギーセンター 遠野興産株式会社「2018 年度～2019 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/早生樹を軸とした農林エネルギー 地域循環サステナブル事業の事業性評価(FS)」(NEDO)2019 年

# 1.4 燃料製造設備

## (1) チップ化

### チップーのタイプ別比較

以下、国内にて主に使用されているチップーのタイプ別比較表を例示する。ここには固定式のチップーのみを提示したが、実際には海外製の移動式チップーを土場に固定して使っている例も少なくない。移動式チップーの方が固定式に比べて処理能力が大きい傾向にある。ただし、エンジン式、電気式なのか、比較対象の馬力の違い、ディスクチップーなのかドラムチップーなのかで、どちらが処理能力が大きいのか、は異なる。

表 3.1.21 チップーの種類と特徴

	ハンマークラッシャー	回転式切削機(ディスクチップー)	ドラムチップー
破砕対象材 (適正材)	建設廃材、家屋解体材	間伐材、背板、林地残材	間伐材、背板、林地残材
最大投入形状 目安	W1500×H350×L4000	Φ550×L4000	Φ750×L4000
適応水分率	生材のみの投入は不可の場合もある	生材のみの投入可能	生材のみの投入可能
破砕後形状	ピンチップ形状	切削チップ形状	切削チップ形状
構造上の特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ フリースイング式ハンマー破砕機。</li> <li>・ 横型水平投入供給方式。コンベヤベルト付き。</li> <li>・ スクリーン変更により、破砕粒度の調整が可能。</li> <li>・ 投入ユニット部の上下ローラーにより、材料の安定供給、異常噛み込みの発生抑制を行い、安定した生産が可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 回転式切削破砕機。</li> <li>・ 切刃の取付け角度変更により切削チップの厚みが調整可能。</li> <li>・ 投入口が大きいので、供給木材寸法は最大径 550mm 超まで投入可能。</li> <li>・ 投入コンベヤがチェーンフィーダーのため、安定供給が可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 回転式切削破砕機。</li> <li>・ 投入速度、刃先の出寸法、スクリーンの変更により、切削チップの粒度、厚みが調整可能。</li> <li>・ 投入ユニット部の上下ローラーにより、材料の安定供給、異常噛み込みの発生抑制を行い、安定した生産が可能。</li> </ul>
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建設廃材、家屋解体材等の乾燥材料のみであれば、安定した大量生産が可能。</li> <li>・ ハンマー破砕機のため、金属等の異物に強い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 間伐材、背板、林地残材から製紙、燃料向けの切削チップの製造が可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 間伐材、背板、林地残材からの製紙、燃料向け切削チップの製造が可能。</li> <li>・ ディスクチップー機に比べ、処理能力が大きい傾向にある。</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 生材のみの破砕はスクリーンで目詰まりが発生することがある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 切り刃のため、金属等の異物に弱い。</li> <li>・ 設備投資費やメンテナンス費が高い傾向にある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 切り刃のため、金属等の異物に弱い。</li> <li>・ 設備投資費やメンテナンス費が高い傾向にある。(ただし、定置式(電気)であれば、エンジン式に比べてメンテナンス費は安くすむ)</li> </ul>

(出所) 各種資料よりみずほりサーチ&テクノロジーズ株式会社作成



## 燃料製造設備（チップパー）選定時の留意事項

木質チップは、用いるチップパーの種類によって形状が異なり、国内では主としてピンチップと切削チップが流通している。原料の硬さおよび形状等により適応機種が異なるため、原料の特性を踏まえてチップパーを選定する必要がある。

ピンチップは主にハンマークラッシャータイプのチップパーで生産される。比較的低コストで生産できるメリットはあるが、バイオマス燃料として利用する際、搬送設備やサイロで詰まりやブリッジを起こしやすいデメリットが存在する。また、国内で流通するピンチップは一般的にサイズや水分率について品質管理されたバイオマス燃料の入手が難しい場合が多い。

切削チップは主に回転式切削機（ディスクチップパー）やドラムチップパーで生産される。ある程度形状を一定にすることが可能なので、上記のような搬送設備やサイロにおけるトラブルは緩和される。ただし、設備投資費やメンテナンス費は高くなる傾向にある。なお、回転式切削機は丸太のみを機械に投入するケースに適しており、様々な形状のバイオマスが投入する可能性があるケースではドラムチップパーの方が適している。

## 設備仕様の決定

事業者は、契約前に設備メーカー等と十分に協議し設備仕様を決定する必要がある。これらの項目は、施設完成後の性能確認時にも重要なものである。なお、決定に際しては必要に応じサンプル分析を行う。

表 3.1.22 チップパーの主要な確認項目

項目			単位	項目			単位
原料種	水分率		w%	設備	チップ製造能力		t/h
	かさ密度		t/m <sup>3</sup>		丸太処理能力		t/h
	製造チップの寸法		mm		運転時間		h/日

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

# FS 事業者の検討結果：チップ化工場と移動式チップパーの燃料化コストの比較

坂井森林組合では FS において、現状のチップ生産システムと、新規にチップ工場を建設する場合、中間土場において移動式チップパーで燃料生産する場合のコスト比較を行った。

## 現状のチップ生産コスト

年間生産量は、作業時間（後述）をもとにした年度の実績値 1,450t/年を想定した結果、現状の切削チップ生産コストは、20,084 円/t となった。

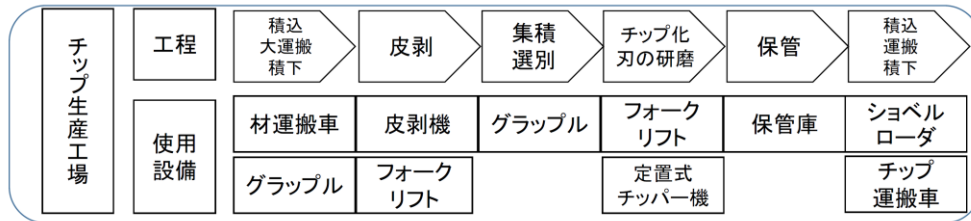


図 3.1.15 チップ生産システムのコスト試算範囲

(出所) 坂井森林組合「2018 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/地域材を利用した木質バイオマス熱供給事業の事業性評価(FS)」2019 年

表 3.1.23 現状の切削チップ生産コスト

工程	費目	年間経費 (千円/年)	生産量 (t/年)	コスト (円/t)	
大運搬	減価償却費	材運搬車	797	1,450	550
		グラップル	674		465
	維持修理費	材運搬車	319		220
		グラップル	337		232
	燃料費	材運搬車	472		325
		グラップル	721		498
人件費		2,172	1,498		
計		5,491		3,787	
皮剥	減価償却費	皮剥機	679	469	
		フォークリフト	0	0	
	維持修理費	皮剥機	64	44	
		フォークリフト	55	38	
	燃料費	皮剥機	644	444	
		フォークリフト	21	15	
人件費		2,452	1,691		
計		3,916		2,701	
集積・選別	減価償却費	グラップル	1,515	1,045	
	維持修理費	グラップル	258	178	
	燃料費	グラップル	1,181	815	
	人件費		5,360	3,697	
計		8,313		5,734	
切削	減価償却費	チップパー	768	530	
		フォークリフト	0	0	
	維持修理費	チップパー	110	76	
		フォークリフト	55	38	
	燃料費	チップパー	1,300	897	
		フォークリフト	38	26	
人件費		2,028	1,399		
計		4,298		2,965	
研磨	人件費	526		363	
計		526		363	
運搬	減価償却費	ショベルローダ	2,090	1,442	
		トラック(10t)	952	657	
		トラック(4t)	300	207	
	維持修理費	ショベルローダ	170	117	
		トラック(2t)	189	131	
		トラック(8t)	280	193	
	燃料費	ショベルローダ	76	53	
		トラック(14t)	569	392	
		トラック(20t)	242	167	
	人件費		1,706	1,177	
計		6,576		4,535	
合計		29,121		20,084	

(出所) 同上

### チップ化工場加工における燃料生産

チップ生産工場に移動式チップパー機を導入した場合のチップコスト（工場チップコスト）を試算した結果は以下のとおり。

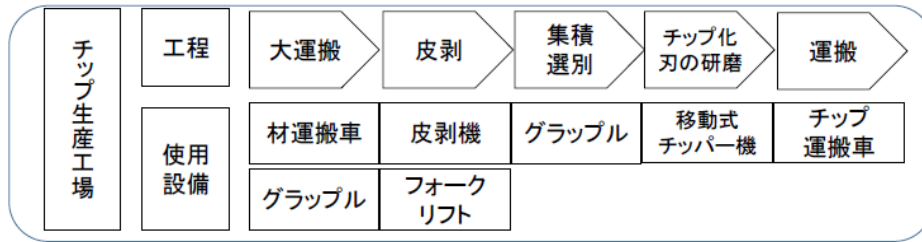


図 3.1.16 チップ生産工場に移動式チップパー機を導入した場合のコスト試算範囲

(出所) 同上

表 3.1.24 工場加工チップコスト（チップパー機：1/2 補助）

工程	費目		年間生産量(1年)							
			1,500		3,000		5,000		10,000	
			年間コスト (千円/年)	1tあたりコ スト (円/t)	年間コスト (千円/年)	1tあたりコ スト (円/t)	年間コスト (千円/年)	1tあたりコ スト (円/t)	年間コスト (千円/年)	1tあたりコ スト (円/t)
大運搬	減価償却費	材運搬車	788	525	1,091	364	2,129	426	4,259	426
		グラップル	666	444	666	222	666	133	931	93
	維持修理費	材運搬車	315	210	436	145	852	170	1,704	170
		グラップル	333	222	333	111	333	67	466	47
	燃料費	材運搬車	452	301	904	301	1,506	301	3,012	301
		グラップル	210	140	419	140	698	140	1,397	140
人件費		2,243	1,495	4,486	1,495	7,476	1,495	14,952	1,495	
計		5,006	3,337	8,334	2,778	13,661	2,732	26,720	2,672	
皮剥	減価償却費	皮剥機	679	453	679	226	675	135	2,109	211
		フォークリフト	64	43	64	21	64	13	200	20
	維持修理費	フォークリフト	110	73	110	37	110	22	110	11
		皮剥機	234	156	468	156	780	156	1,560	156
	燃料費	皮剥機	21	14	41	14	68	14	137	14
		フォークリフト								
人件費		4,407	2,938	8,814	2,938	14,689	2,938	29,379	2,938	
計		5,515	3,677	10,176	3,392	16,386	3,277	33,494	3,349	
集積・選別	減価償却費	グラップル	1,541	1,028	4,701	1,567	7,052	1,410	11,753	1,175
		グラップル	262	175	800	267	1,200	240	2,000	200
	維持修理費	グラップル	1,224	816	2,448	816	4,080	816	8,160	816
		グラップル								
燃料費		4,407	2,938	8,814	2,938	14,689	2,938	29,379	2,938	
人件費		7,434	4,956	16,763	5,588	27,021	5,404	51,291	5,129	
切削	減価償却費	移動式チップパー機	3,848	2,565	3,848	1,283	3,848	770	3,848	385
		移動式チップパー機	84	59	169	56	282	56	563	59
	維持修理費	移動式チップパー機	198	132	395	132	659	132	1,318	132
		移動式チップパー機	108	72	215	72	359	72	717	72
燃料費		4,237	2,825	4,627	1,542	5,147	1,029	6,446	645	
人件費		143	96	287	96	478	96	956	96	
計		143	96	287	96	478	96	956	96	
運搬	減価償却費	チップ運搬車(4t)	300	200	300	100	300	60	300	30
		チップ運搬車(10t)	944	629	944	315	944	189	1,850	185
	維持修理費	チップ運搬車(4t)	280	187	280	93	280	56	280	28
		チップ運搬車(10t)	188	125	188	63	188	38	368	37
	燃料費	チップ運搬車(4t)	36	24	36	12	36	7	36	4
		チップ運搬車(10t)	182	121	434	145	770	154	1,611	161
	人件費	チップ運搬車(4t)	1,481	987	2,302	767	3,396	679	6,133	613
		チップ運搬車(10t)								
計		3,409	2,273	4,483	1,494	5,914	1,183	10,578	1,058	
合計		25,745	17,164	44,670	14,890	68,606	13,721	129,486	12,949	

(出所) 同上

### 中間土場における移動式チップパー機による燃料生産

中間土場における移動式チップパー機を導入した場合のチップコスト（工場チップコスト）を試算した結果は以下のとおり。

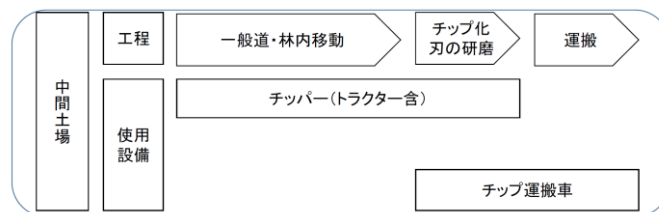


図 3.1.17 中間土場に移動式チップパー機を導入した場合のコスト試算範囲

(出所) 同上

表 3.1.25 中間土場チップ製造コスト（チップー機：1/2 補助）

工程	費目		年間生産量(t/年)							
			1,500		3,000		5,000		10,000	
			年間コスト (千円/年)	1t あたりコ スト (円/t)	年間コスト (千円/年)	1t あたり コスト (円/t)	年間コスト (千円/年)	1t あたりコ スト (円/t)	年間コスト (千円/年)	1t あたりコ スト (円/t)
移動・切 削	減価償却費	移動式チップー機	3,848	2,565	3,848	1,283	3,848	770	3,848	385
	維持整備費	移動式チップー機	84	56	169	56	282	56	563	56
	燃料費	移動式チップー機	303	202	607	202	1,081	216	2,022	202
	人件費		165	110	330	110	588	118	1,100	110
計			4,400	2,934	4,953	1,651	5,799	1,160	7,533	753
研磨	人件費		143	96	287	96	478	96	956	96
計			143	96	287	96	478	96	956	96
積込・運 搬	減価償却費	チップ運搬車	318	212	405	135	629	126	1,741	174
	維持整備費	チップ運搬車	284	189	289	96	346	69	567	57
	燃料費	チップ運搬車	218	145	470	157	806	61	1,647	165
	人件費		1,588	1,059	2,517	839	3,755	751	6,851	685
計			2,408	1,605	3,680	1,227	5,536	1,107	10,805	1,081
合計			6,951	4,634	8,920	2,973	11,813	2,363	19,294	1,929

(出所) 坂井森林組合「2018 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/地域材を利用した木質バイオマス熱供給事業の事業性評価(FS)」2019 年

### 比較結果

移動式チップー機の導入により、工場でチップ化した場合も中間土場でチップ化した場合も、現状よりコスト削減効果があることが分かった。現状で使用しているチップー機は、中古購入で目付補助率が 3 分の 2 よりも高いものの、同程度（現状：1,450t、工場・中間土場チップ：1,500t）の生産量かつ、補助を利用しない場合でも、其々、356 円/t(現状と中間土場チップの差)、12,885 円/t の差がある（次表）。これは、移動式チップー機を導入し、運搬を 1 回減らすことによって使用する設備機械の種類、木材の積込・積下時間、選別など木材を触る時間が大幅に削減できるためである。

表 3.1.26 切削チップの生産コストまとめ

	補助率	生産量 (t/年)	生産コスト (円/t)
現状	—	1,450	20,084
工場	なし	1,500	19,729
		3,000	16,172
		5,000	14,491
		10,000	13,333
	2 分の 1	1,500	17,164
		3,000	14,890
		5,000	13,721
		10,000	12,949
	3 分の 2	1,500	16,309
		3,000	14,462
		5,000	13,465
		10,000	12,820
中間工場	なし	1,500	7,199
		3,000	4,256
		5,000	3,132
		10,000	2,314
	2 分の 1	1,500	4,634
		3,000	2,973
		5,000	2,363
		10,000	1,929
	3 分の 2	1,500	3,779
		3,000	2,546
		5,000	2,106
		10,000	1,801

(出所) 坂井森林組合「2018 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業/地域材を利用した木質バイオマス熱供給事業の事業性評価(FS)」2019 年

## (2) ペレット化

### ペレット生産のシステムの流れ

木質ペレットの生産は一般的に下図のような流れで行われる。ただし、対象とする原料や施設の条件によって各工程の有無は異なる。

例えば乾燥後に二次破碎を行わないケースもある。NEDO の FS 事業者の長野森林組合では、地域に豊富に賦存する**広葉樹の利用も見込んでいたことから、乾燥後にハンマーミルで二次破碎を行い、スクリーンで粒度調整**する工程を採用している。

また、丸太からおが粉製造機でおが粉を作り、その後に乾燥、成型という工程をとっている事業者もいる他、ペレット化（成形）を行う前に**ペレットの強度を高め粉化を抑えるために添加剤を投入**するケースもある。

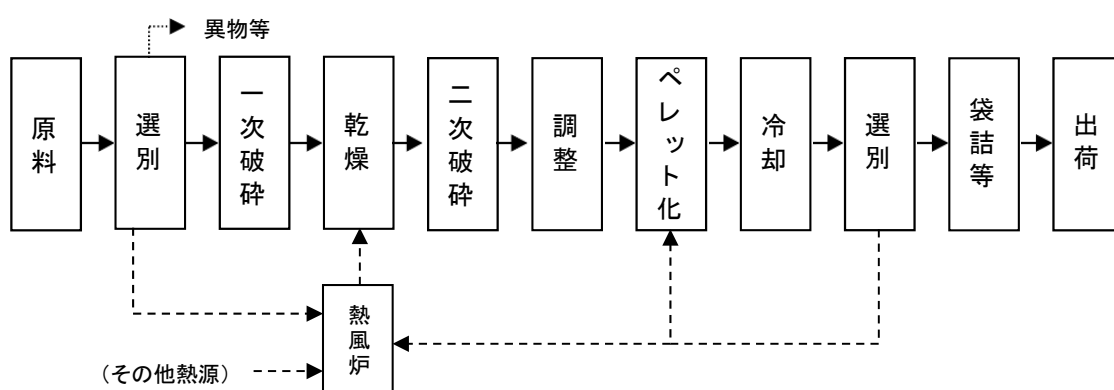


図 3.1.18 ペレット化工程例

(出所) 長野森林組合「平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業／地域自立システム化実証事業 中山間・内陸に適した木質バイオマスエネルギー需給複合型システムの事業性評価（F S）」(NEDO) 2017 年

### ペレット成型時の造粒方式

ペレット成型時の造粒方式は、主に**フラットダイ方式**と**リングダイ方式**があり、主な特徴としては下表のような点が挙げられる。日本ではいずれの造粒方式も普及しているが、ペレット化が早くから普及している海外では、主に針葉樹を対象原料としてリングダイ方式が採用されることが多い。

なお、広葉樹のような硬質な原料の造粒は一般的には難しいとも言われているが、原料の前処理で**ハンマーミルを用いること**で**安定的に造粒を行っている**ケースもある。

表 3.1.27 造粒方式の比較

	リングダイ方式	フラットダイ方式
機構概要	原料が、成形径の孔が開いた環状のダイスの内側に投入され、ローラーによってダイスの内側から外側に向かって圧縮されながら原料が押し出されることで成型される	原料が、成形径の孔が開いた円盤状のダイス上に投入され、ローラーによってダイスの上から下に向かって圧縮されながら原料が押し出されることで成型される
主な特徴	一列当り製造能力を大きくできる ローラーとダイスの摩擦熱が大きい 成形に要する動力が大きい	一列当り製造能力に限界がある ローラーとダイスの摩擦熱が小さい 成形に要する動力を小さくできる
原料・規模等の適性	バーク、竹など繊維状の原料の造粒には不向きで微粉碎する必要がある 回転数により製造能力を調整でき、原料性状や条件の調整次第で定格の 1.5~2 倍の造粒能力が出る 高速回転のため原料巻き上げ防止と発火防止を兼ね水・蒸気添加などの付帯設備を設ける場合がある スケールアップや連続操業時に有利	幅広い原料に対応できる 小規模に比較的適する 定格以上の能力は期待できない 原料の巻き上げがないため水・蒸気の添加は不要
造粒品質	定常稼働時は均質造粒が可能	内周と外周の硬度や粉化率に差が出るケースがある
耐久性	ダイ・ローラーの摩耗性高い	ダイ・ローラーの摩耗性低い
運用特性	熟練を要する	比較的簡易・容易
設備費	やや高い 冷却器等の付帯設備が必要	比較的安価 全体機器構成をシンプルにできる

(出所) 長野森林組合「平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業 中山間・内陸に適した木質バイオマスエネルギー需給複合型システムの事業性評価 (F S)」(NEDO) 2017 年

### ペレットの造粒方式によるコストの違い

長野森林組合では、フラットダイとリングダイとで処理能力（時間当たり処理量）、別のモーター動力数と設備費帯について調査した。リングダイではモーター動力が一律フラットダイに比べて大きい傾向がある。設備費帯については、**500kg/h 級以上の系列でリングダイの方が安価になる傾向**が見られた。

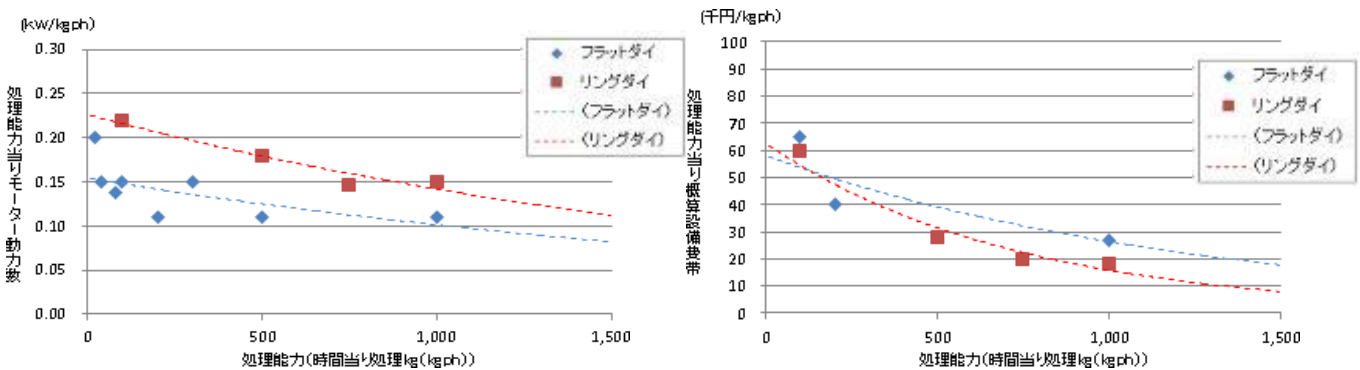


図 3.1.19 (左) 処理能力当たりモーター動力数、(右) 処理能力当たり設備費帯

(出所) 長野森林組合「平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業 中山間・内陸に適した木質バイオマスエネルギー需給複合型システムの事業性評価 (F S)」(NEDO) 2017 年

## ペレットの生産コストの目安（山陽チップ工業株式会社）

バイオマス燃料を用いて熱供給事業を行う場合、化石燃料の価格と単位熱量を踏まえてペレット単価を設定する必要がある。例えば、NEDO の FS 事業者である山陽チップ工業株式会社の検討によると、灯油・重油単価が 60～80 円/L の場合、同様の熱量を供給する際のペレット価格は 25～35 円/kg に相当する。その上で、ユーザー側の燃料代削減効果を 1 割と仮定するとペレット単価は 23～32 円/kg となる。

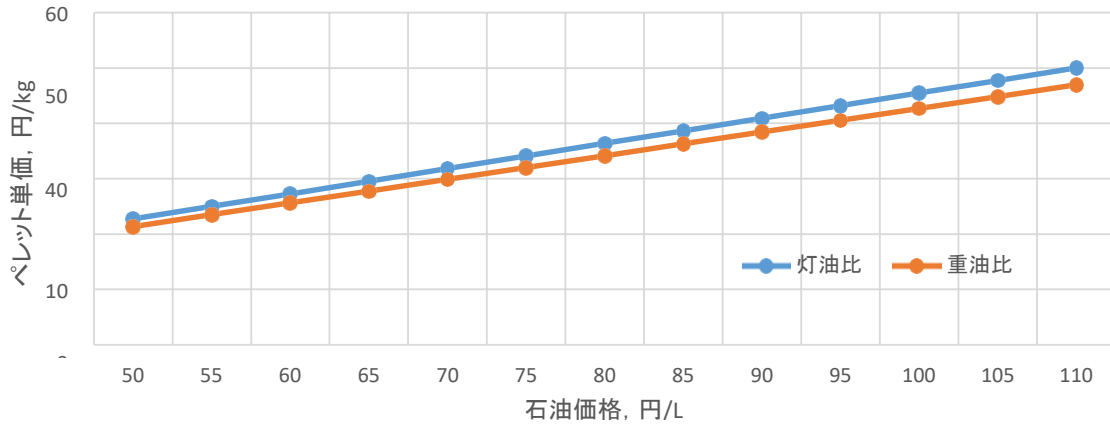


図 3.1.20 発熱量差から算出した灯油・重油単価に見合うペレット単価（山陽チップ工業株式会社検討結果）

※ 石油ボイラーとペレットボイラーのボイラー効率を同一として、ペレット単価を「石油単価÷石油発熱量×ペレット発熱量」で算出。灯油発熱量を 36.7MJ/L、重油発熱量を 39.1MJ/L、ペレット発熱量を 16.7MJ/kg と想定

(出所) 山陽チップ株式会社/株式会社 EECL「平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業 山林住管再生をめざすバイオマスエネルギー活用地域自立システム化実証事業の事業性評価 (FS)」(NEDO) 2017 年

また、同 FS では、熱出力 150kW 程度のペレットボイラーを使用した場合の燃料代以外の経費は 350 万円/年、ペレット 1kg あたりのコストでは 10 円/kg となる結果となった。すなわち、ユーザー側に経済的メリットを提供するには、ペレット 13～22 円/kg を目安に販売する必要があることが明らかになった。

図 3.1.21 ペレットボイラー使用で燃料代以外の経費のペレット 1kg 当たりのコスト

項目	年間金額[円/年]	1kg 当たりのコスト[円/kg]
電気代	500,000	1.4
メンテ費	500,000	1.4
人件費	500,000	1.4
設備減価償却費	2,000,000	5.7
合計	3,500,000	10.0

※ 設備減価償却費は設備費 30,000,000 円のペレットボイラーを 15 年で償却すると想定し、「設備費÷償却年数= 30,000,000 円÷15 年=2,000,000 円/年」で算出。

※ 1kg 当たりのコストは「年間金額÷年間ペレット消費量」で算出。

※ 年間ペレット消費量は熱出力 150kW のペレットボイラー導入を想定し、「ボイラー熱出力×24h/日×365 日/年×電力のエネルギー換算係数÷ボイラー効率÷ペレット発熱量=150kW×24h/日×365 日/年×3.6MJ/kWh÷0.8÷16.7MJ/kg≈350,000kg/年」で算出。

(出所) 山陽チップ株式会社/株式会社 EECL「平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業 山林住管再生をめざすバイオマスエネルギー活用地域自立システム化実証事業の事業性評価 (FS)」(NEDO) 2017 年

# 1.5 選別装置

## 選別装置の選定に係る留意事項

破砕機で製造されたチップ（主にピンチップ）は、所定の規格に合うように製造されることが前提であるものの、**一定割合は規格外チップが生産される**。木質資源の**水分率の変動、樹種や硬さの変動、樹皮および異物の混入**なども規格外の生産に影響を及ぼすことがある。

既存の事例では、所定の大きさ以上の規格外チップや異物等が、**チップ供給コンベヤやサイロ内部でブリッジ等**を起こしてトラブルになることが多く報告されている。特に**樹皮等（バーク）は、長尺のまま破砕機を通りぬける**ことも多い。

こうしたトラブルを防ぐため、**破砕機の後段に規格外チップの選別を行うための選別機を設置**することが有効である。また、建設廃材チップのように**金属類の混入がある際は篩やスクリーン等の選別機の他に磁力選別機**を設置することも必要である。

したがって、使用する**木質資源の特徴や製造量を踏まえて選別装置の機種を選定**する必要がある。

## 選別装置や篩処理の想定される処理能力

破砕機でチップ化したものを選別処理するためには、破砕機と同様の能力（t/h）が必要である。

また、篩処理設備における篩およびコンベヤ設備の能力・容量は、**ホッパーやコンベヤの能力とのバランスおよび破砕チップの形状、かさ密度等を加味して決定**する。

なお、いずれも負荷変動に対して対応できるよう適度に裕度をもった設備仕様とする。




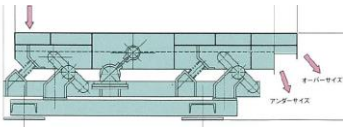
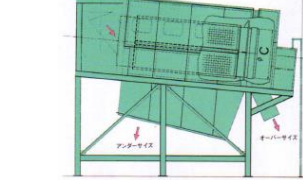
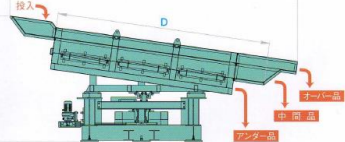
## 篩目の設定

篩目（単位：mm）は供給コンベヤおよびボイラー投入定量供給機の規格との整合を図り、かつボイラー型式に適した大きさに決定する。

篩目をあまり細かく設定しすぎると**単位時間当たりの燃料の通過量（処理量）が少なくなる**ため、より処理能力の大きな設備を設置しなくてはならず、経済性が悪化することに留意し、最適な篩目の設定を行う。



表 3.1.28 選別機の種類と特徴

選別機	① 振動篩機	② トロンメル	③ 旋回式篩機
外観			
構造			
選別対象材	木質系チップ、破碎・粉碎された廃プラスチック等	木質系チップ、破碎・粉碎された廃プラスチック等	木質系チップ、破碎・粉碎された廃プラスチック等
適応水分率	木質系チップに関して、乾燥材・生材も選別可能	木質系チップに関して、乾燥材・生材も選別可能	木質系チップに関して、乾燥材・生材も選別可能
構造上の特徴	選別を行うスクリーンにジャンピング運動を生じさせ、処理物を投入側より排出側へ移動させながら分級を行う。	トロンメル本体の回転運動により発生するドラムアクションで、処理物を投入側から排出側へ移動させ、スクリーンを通過する物(アンダーサイズ)と通過しない物(オーバーサイズ)に分級する。	一軸クランク軸でスクリーン部分を旋回させる構造。旋回することで細長い処理物がスクリーンの上で立つ事が少なくなるため、スクリーンサイズより大きい物がスクリーンを通過する割合が少なくなる。二段スクリーン式のため、3つのサイズに分級が可能。
メリット	シンプル構造のため、メンテナンスが容易。	処理能力が大きい。 低速回転のため、低振動・低騒音。	旋回式のため、低振動・低騒音。 構造上長い物がスクリーンを通過し難い。 二段スクリーン式のため、3つのサイズに分級が可能。
デメリット	トロンメル、旋回式篩機に比べ高騒音・高振動	構造上長い物がスクリーンを通過する。	構造上4点ボール受けのメンテナンスが必要。

(出所) 写真：株式会社御池鐵工所提供

# 1.6 原料・燃料の乾燥方法

## 天日乾燥と人工乾燥

エネルギー変換設備の要求する燃料品質を確保するため、丸太またはチップは乾燥させる必要がある。乾燥方法は**天日乾燥**と**人工乾燥**に大別され、それぞれの方法にメリットとデメリットがある。

例えば、天日乾燥は初期投資や O&M 費が抑えられるメリットがある一方で、乾燥までに時間を要する他、乾燥を行うための広いヤードが必要となる。また、人工乾燥は省スペースで迅速に乾燥できる一方、コストが増大するデメリットがある。

こうした特徴を踏まえて最適な原料およびバイオマス燃料の乾燥方法を選択する必要がある。なお、天日乾燥と人工乾燥を組み合わせている事例も存在する。

表 3.1.29 乾燥方法や乾燥対象別のメリットとデメリット

乾燥方法	乾燥対象	メリット	デメリット
天日乾燥	丸太	太陽エネルギーを利用するためエネルギー効率が良い 樹皮が自然にはがれる 初期投資低(屋外あるいは簡易な屋根のみ)	貯木場が必要 乾燥に時間を要する 乾燥度合いに季節変動がある
	チップ	太陽エネルギーを利用するためエネルギー効率が良い 初期投資低(チップヤードのみ)	積み上げると発酵による発熱で発火の危険がある 積み上げると乾燥しないが、平積みでは丸太での乾燥以上に場所を必要とする 乾燥に時間を要する
人工乾燥	丸太	天日乾燥に比べ時間がかからない 省スペース	エネルギー収支の悪化 初期投資高(乾燥設備)
	チップ	天日乾燥に比べ時間がかからない 省スペース 乾燥系から直接ボイラー投入可	エネルギー収支の悪化 初期投資高(乾燥設備)

(出所) 各種公開資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

水分率を 50%超から 30%程度にまで下げるには、天日乾燥の場合、半年以上を要すると考える事業者が多い。ただし、外気状況や気象条件による。また、FIT 制度を利用した昨今の事例では、調達停止リスクをふまえて、木材資源を 1 年分貯蔵する例もみられる。

### (参考) 竹およびバークの水分変化

NEDO 実証事業者バンブーエナジー株式会社は竹およびバークについて、貯蔵方法別の水分率の変化を調査した。結果は次図のとおりである。竹材は伐採直後は 50%を超えているが、屋内で 1 か月放置した結果、部位にもよるが概ね半分以下の水分率となった。一方、バークは採取直後は 50%近いが、竹同様屋内で 1 か月放置しても内部の水分率はほとんど変化しなかった。また、野ざらしで 1 か月放置した結果、約 73%まで水分率が増加した。

◎ 竹材のストック方法別水分率の調査



◎ バークのストック方法別水分率の調査

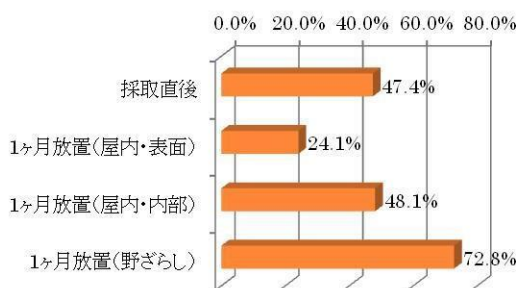


図 3.1.22 FS 事業実施事業者の原料別ストック方法別水分率の調査結果の例

(出所) バンブーエナジー株式会社/中外炉工業株式会社「平成 27 年度～平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業 竹の新素材加工工場に併設したバイオマスの熱・電供給カスケード利用による地域再生自立システム“ゆめ竹バレー”の事業性評価 (FS)」(NEDO) 2016 年

## 人工乾燥の選択肢

人工乾燥設備は主なタイプとして連続回転式乾燥機と流動層式が挙げられる

FS 事業者の長野森林組合においてそれぞれの乾燥方式に対して、広葉樹と針葉樹の乾燥試験を行った際の検討結果を下表に示す。

表 3.1.30 FS 事業実施事業者の人工乾燥検討例

	連続回転式乾燥機		流動層式	
	広葉樹	針葉樹	広葉樹	針葉樹
乾燥温度 (°C)	150	150	150	150
乾燥前質量 (kg/h)	60.0	36	36	19.8
入口水分 (%WB)	40.2	61.7	43.2	61.8
入口見掛密度 (kg/m <sup>3</sup> )	315	290	315	290
出口水分 (%WB)	5.6	9.4	6.1	6.1
出口見掛密度 (kg/m <sup>3</sup> )	290	130	250	130
無水分質量 (kg/h)	35.9	13.8	20.4	7.6
乾燥後質量 (kg/h)	38.0	15.2	21.8	8.1
蒸発水分 (kg/h)	22.0	20.8	14.2	11.7
乾燥速度	47.9kg/m <sup>3</sup> h	45.3kg/m <sup>3</sup> h	105.4kg/m <sup>3</sup> h	87 kg/m <sup>3</sup> h
保有率 (%)	11.8	11.8	(130mm)	(130mm)
滞留時間 (min)	21	27	12	18

(注) 流動層式の保有率のカッコ書きは静止層厚

(出所) 長野森林組合「平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業 中山間・内陸に適した木質バイオマスエネルギー需給複合型システムの事業性評価 (FS)」(NEDO) 2017 年

なお、上述の方式以外にも、CHP の温水を利用し乾燥熱源とするベルトドライヤー方式もある。バンブーエナジー株式会社では、CHP の熱を余さず利用するために、ラジエータの温風式乾燥機を導入し、ウォーキングフロアで温風吹き付けてチップを乾燥させている。

## 貯蔵方法

貯蔵方法は、屋内貯蔵と屋外貯蔵の 2 種類がある。天日乾燥を兼ねる場合には基本的に屋外貯蔵の方が適している。しかし、降水量の多い地域では、乾燥した木材が積雪や降雨によって再び水分を含んでしまうのを避けるため、季節限定で屋内に貯蔵する場合がある。

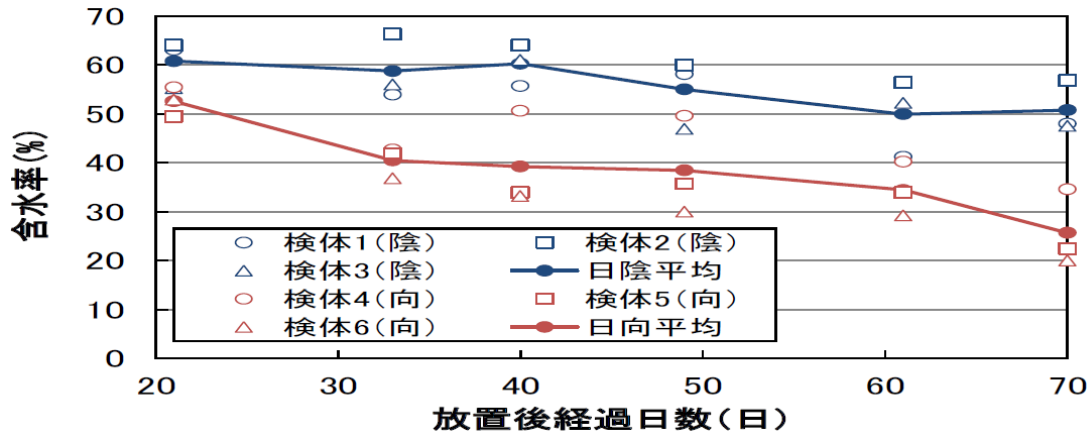


図 3.1.23 FS 事業実施事業者による林地残材の天日乾燥での水分率調整の例

(出所) 田島山業株式会社「平成 27 年度～平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業 持続可能な林業に資するバイオマスエネルギーの地域利活用の事業性評価 (FS)」(NEDO) 2016 年

表 3.1.31 国内バイオマス資源の水分率の例

バイオマスの種類		水分率の目安(湿潤ベース)
丸太	伐採時	50～60%
	屋外で数か月自然乾燥した丸太	30～40%
薪	生木の薪	40～50%
	屋根下で 1 年乾燥させた割薪	30～35%
チップ	生チップ	50～60%
	屋根下で数か月間保管したチップ	30～40%
	製材所の残端材	25～60%
	建築廃材	10～40%
廃菌床	採取直後の廃菌床	55～80%
	天日干し後の廃菌床	30～50%
竹	採取直後の竹	50～60%
	屋内で数か月自然乾燥した竹	30～40%
バーク	採取直後のバーク	40～60%

注) 水分率は樹種や地域の気候により変動するため、本表の数値は「目安」とされたい。

(出所) NEDO FS 事業各種資料等よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## FS 事業者の検討：太陽熱を活用した燃料乾燥システムの検討

東急リゾート&ステイ株式会社では、長野県茅野市において運営している蓼科東急リゾートでは、従来、それまで灯油ボイラーを使用しており、年間 400 万円程度の燃料費が発生していた。そのため、自社が保有する森林で持続的に発生する森林残渣を用いて宿泊施設向けのバイオマスボイラーを導入した。バイオマスボイラーで利用可能な乾燥チップを生産するため、FS では以下のとおり複数の燃料乾燥方法を検討した。

### FS で検討した太陽熱乾燥システム（ソーラードライシステム）

ソーラードライシステムは、下図のとおり太陽熱を乾燥に利用するシステムである。屋根に設置した集熱パネルで集めた太陽熱を使い軒下に取り込んだ外気を温め、乾燥した空気を乾燥パネル上に集積したチップの下から吹き出しチップを効率的に乾燥させる仕組みである。乾燥に必要な主なエネルギーは温風を乾燥室に送るファンの電力のみとなるため、乾燥に掛かるエネルギー消費量が少なくドライヤーを使用した強制乾燥よりランニングコストが低いという特徴がある。チップ乾燥は、以下 4 つのステップにより行われる。

- 1) 集熱パネルにより太陽熱を吸収し、その熱で軒下から集めた外気を暖め、乾燥させた空気をダクトに送る。
- 2) 乾燥させた空気と室内の空気をファンにより混ぜ合わせ、乾燥室内に送風する。
- 3) 乾燥パネルには多数の穴があけられており、そこから温かい乾燥空気を均等に吹き出す。
- 4) 乾燥した空気がチップを乾燥させる。

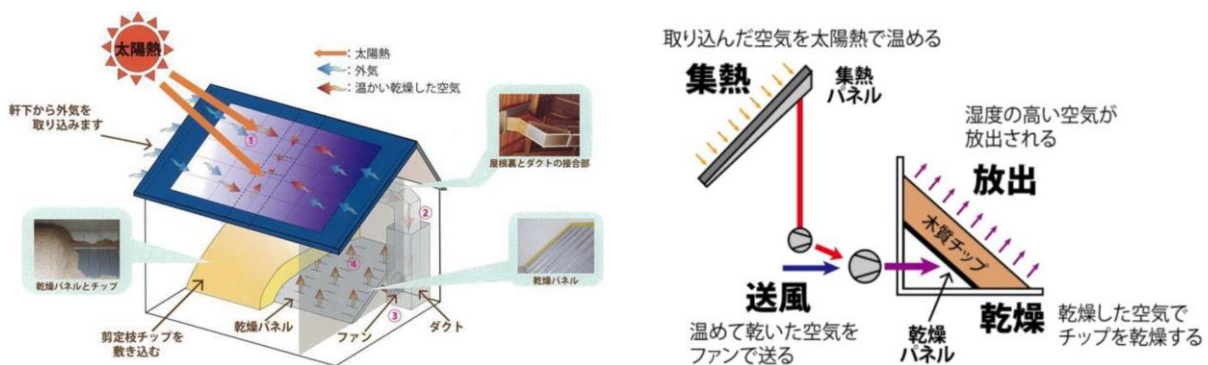


図 3.1.24 ソーラードライシステム概要イメージ

(出所) 東急リゾート&ステイ株式会社提供資料

### 天然乾燥と太陽熱乾燥との投資回収年数比較

上述の太陽熱乾燥と天日乾燥の投資回収年数の比較は、下表のとおりである。太陽熱乾燥は、天然乾燥に比べて乾燥装置代がイニシャルとして増え、また太陽熱乾燥のバッチ処理するための電気代および人件費が増えるため、投資回収年数が増える結果となった。

表 3.1.32 天然乾燥と太陽熱乾燥の投資回収年数比較

項目	単位	天然乾燥	太陽熱乾燥
ボイラー関連費用	千円	65,525	65,525
乾燥装置	千円	0	35,000
合計	千円	65,525	100,525
補助2/3有	千円	27,675	47,742
補助1/2有	千円	37,138	60,938
補助1/3有	千円	46,600	74,133
間伐利用可能量	m <sup>3</sup>	679	679
必要量	m <sup>3</sup>	579	579
売却量	m <sup>3</sup>	100	100
売却利益	千円	997	997
チップ調達費	千円	3,273	3,273
人件費	千円	0	126
乾燥コスト	千円	0	269
維持管理費	千円	200	200
煤煙測定費	千円	100	100
灰処理費	千円	37	37
化石燃料費削減額	千円	7,337	7,337
小計	千円	4,725	4,330
投資回収年補助なし	年	13.9	23.2
投資回収年補助1/3有	年	9.9	17.1
投資回収年補助1/2有	年	7.9	14.1
投資回収年補助2/3有	年	5.9	11.0

(出所) 東急リゾート&ステイ株式会社提供資料

### 乾燥方法によるイニシャルコストおよびランニングコストの比較検討

天然乾燥、太陽熱乾燥、地下水+太陽熱乾燥の3つの乾燥方法において各種項目を比較した結果、天然乾燥は、イニシャルおよびランニングコストが最も低いが、湿量含水率30%にするまで2.5ヶ月かかることがわかった。また、土場面積が600m<sup>2</sup>が必要となる。太陽熱乾燥は、重油乾燥に比べて年間約9万円のエネルギーコストを削減でき、また約1.3tのCO<sub>2</sub>が削減できることがわかり、本方式が最も効果的であることがわかった。ただし、FS終了後の事業化段階の検討においては、天日乾燥で1年間丸太を貯木するスペースがあり、含水率はこの期間で20%台まで低下することが分かり、また太陽熱乾燥は効果は高いものの3,500万円のコストがかかることから、最終的には天日乾燥を採用した。なお、天日乾燥はFS時はコンクリートを整備するため400万円のコストを掛ける想定であったが、現在は丸太の井桁の上に貯木する方式に変えたため、ほとんど初期投資なしで乾燥することができている。

表 3.1.33 乾燥方法別比較検討

項目	天然乾燥	太陽熱乾燥	重油乾燥
乾燥方法	コンクリート土場で丸太のまま自然乾燥を行う	太陽熱により乾燥した熱風をチップに送風する	重油ボイラにて乾燥する
乾燥前湿量含水率	50%-WB(湿量基準含水)	50%-WB	50%-WB
乾燥後湿量含水率	30%-WB	30%-WB	30%-WB
1バッチ量	—	16t	0.4t
乾燥期間	2.5か月	1~6週間	1時間
乾燥バッチ回数	—	21回/年	847回/年
太陽熱パネル面積	—	80m <sup>2</sup>	—
必要土場・建屋面積	600m <sup>2</sup>	80m <sup>2</sup>	30m <sup>2</sup>
作業日数	—	21日	212日
イニシャルコスト	480万円	3500万円	1000万円
使用エネルギー量	—	13,864kWh/年	234,034MJ/年
エネルギーコスト	—	271,734円/年	364,290円/年
CO <sub>2</sub> 排出量	—	7,681 CO <sub>2</sub> -kg	20,916 CO <sub>2</sub> -kg

(出所) 東急リゾート&ステイ株式会社提供資料

## (参考) チップ乾燥の計算方法

乾燥処理は、乾燥器が連続的に稼働しているとし、乾燥初期の温度上昇等に必要な熱量 ( $H_{1}$ ) は、木材の加熱に必要な熱量 ( $H_{1a}$ ) と、木材中の水分の加熱に必要な熱量 ( $H_{1b}$ ) を足し合わせた熱量とした。

$$H_{1} = H_{1a} + H_{1b} \quad (5.1)$$

水分を含んだ木材チップの加熱に必要な熱量 ( $H_{1a}$ ) は、式 (5.2) から求めた。

$$H_{1a} = V_{0} r_{0} C_{0} (\theta_{2} - \theta_{1}) \quad (5.2)$$

$V_{0}$  : 乾燥する材積 ( $m^3$ )、 $r_{0}$  : 木材の全乾密度数 ( $kg/m^3$ )、 $C_{0}$  : 木材の比熱 ( $kcal/kg^{\circ}C$ )、  
 $\theta_{1}$ 、 $\theta_{2}$  : 外気温度及び初期設定温度 ( $^{\circ}C$ )

一方、原料木材チップに含まれる水分の加熱に必要な熱量 ( $H_{1b}$ ) は、式 (5.3) から求めた。

$$H_{1b} = m (\theta_{2} - \theta_{1}) \quad (5.3)$$

$m$  : 水分量 ( $kg$ )、 $u_{a}$  : 初期含水率 (%)、 $\theta_{1}$ 、 $\theta_{2}$  : 外気温度及び初期設定温度 ( $^{\circ}C$ ) また、原料木材チップの水分蒸発にかかる熱量 ( $H_{2a}$ ) は、式 (5.4) から求めた。

$$H_{2a} = r_{0} V_{0} ( (u_{a} - 30) / 100 \times Q + (30 - u_{b}) / 100 \times (Q + 20) ) \quad (5.4)$$

$Q$  : 蒸発潜熱 ( $kcal/kg$ )、 $Q + 20$  : 含水率 30%以下の平均蒸発潜熱 ( $kcal/kg$ )、

$u_{a}$  : 初期含水率、 $u_{b}$  : 仕上がり含水率 (%)、蒸発潜熱は乾燥経過中の平均温度について考え、約 560kcal/kg とした。

総必要熱量  $H_{total}$  は、原料木材チップの乾燥初期温度上昇等に必要な熱量 ( $H_{1}$ ) と、水分蒸発にかかる熱量 ( $H_{2a}$ ) を足し合わせた数値とした。さらに、乾燥処理中には、壁体からの放熱、空気および水蒸気の加熱等にも加熱が必要であるため、文献値を利用して、総必要熱量  $H_{total}$  を 1.57 倍した数値を実質的必要発熱量  $H_{all}$  として、コスト計算に利用した。

## (参考) チップ乾燥の計算条件

$V_{0}$  : 乾燥する材積 ( $m^3$ )、579 $m^3$

$r_{0}$  : 木材の全乾密度数 ( $kg/m^3$ )、500 $kg/m^3$

$C_{0}$  : 木材の比熱 ( $kcal/kg^{\circ}C$ )、0.38 $kg/kg^{\circ}C$

$\theta_{1}$ 、 $\theta_{2}$  : 外気温度及び初期設定温度 ( $^{\circ}C$ )、 $\theta_{1} = 40^{\circ}C$ 、 $\theta_{2} = 30^{\circ}C$

$m_{1}$  : 仕上がり含水量 30%時の水分量 ( $kg$ )

$u_{a}$  : 初期含水率 (%)、50%

$u_{b1}$  : 仕上がり含水率 (%)、30%

$Q$  : 蒸発潜熱 ( $kcal/kg$ )、560 $kcal/kg$

木材チップの初期質量  $M_{0}$  は、 $M_{0} = V_{0} \times 0.83t/m^3 = 480t$

$M$  = 全乾質量、 $M_{1}$  = 仕上がり含水量 30%時の木材質量とすると、 $u_{a} = (M_{0} - M) / M_{0} \times 100$

$u_{b1} = (M_{1} - M) / M_{1} \times 100$

$M = 240t$ 、 $M_{1} = 341t$  蒸発水質量  $m_{1}$  は、 $m_{1} = M_{0} - M_{1} = 141t$

## (参考) チップ乾燥の必要重油量

太陽熱乾燥により、含水率 50%-WB → 含水率 30%-WB の場合

$$H_{1a} = V_{0} r_{0} C_{0} (\theta_{2} - \theta_{1}) = 2,750,250kcal$$

$$H_{1b} = m (\theta_{2} - \theta_{1}) = 3,480,000kcal$$

$$H_{2a} = r_{0} V_{0} ( (u_{a} - 30) / 100 \times Q + (30 - u_{b}) / 100 \times (Q + 20) ) = 32,424,000kcal$$

$$H_{total} = H_{1a} + H_{1b} + H_{2a} = 38,654,250kcal$$

$$H_{all} = 38,654,250 \times 1.57 = 60,687,172kcal = 60,687,172kcal \div 238.85[kcal/MJ] = 254,081MJ$$

重油の熱量は 39.1MJ/L、ボイラー燃焼効率は 0.842 より、年間必要重油量は、

$$254,081MJ \div 39.1MJ/L \div 0.842 = 7,718L$$

## 2章 バイオマスエネルギー設備・技術に係る基礎知識

### 2.1 発電

木質バイオマスのエネルギー変換技術はエネルギー供給形態に応じて複数の選択肢があり、利用可能な燃料種や性状も異なる。以下に、それぞれの技術の特徴を示すが、構想段階で重要なことは**技術そのものに注目するのではなく、調達可能な原燃料(“入口”)の種類と性状、並びにエネルギー需要(“出口”)に注目してシステムを検討**することである。

#### BTG (ボイラー・タービン発電設備)

BTG(ボイラー・タービン発電設備)は木質チップやペレットを直接燃焼し、ボイラーで生み出した蒸気の中でタービンを回転させて電力を発生させる技術である。現在、日本のバイオマス発電所のほとんどがこの技術を採用している。

刈草竹、鶏ふん、PKS (パーム椰子殻) 等の様々なバイオマスを扱うことが可能で燃料の許容度は大きい一方、2MW 以下の小規模では発電効率が 20%を下回るため、5MW 以上が一般的となっている。

#### ORC (オーガニックランキンサイクル)

ORC (オーガニックランキンサイクル) は沸点が水より低い高分子有機媒体を蒸発してタービンを回転させる技術で、発電と同時に 80℃程度の高温の温水熱が得られることから、熱利用が盛んな欧州で 300 を超える導入実績がある。低水分率や低質バイオマスに対応した燃焼炉を採用することで燃料の許容度が大きくなり、竹やパークの利用も可能となる。発電出力を下げても発電効率の低下は小さいが、発生する熱の需要先の確保が重要になる。

#### 熱分解ガス化

熱分解ガス化は木質チップまたはペレットを熱分解・還元反応により可燃成分をガス化し、そのガスを燃料として発電を行う技術である。小規模でも比較的高い発電効率が得られるが、利用可能な燃料種や性状に対する条件が非常にデリケートなため、チップ/ペレットの形状や水分率等の品質の安定確保が最大の課題となる。



図 3.2.1 小規模木質バイオマス発電の燃料要件の例

(出所) バイオマス熱電供給株式会社/E2 リバイブ株式会社「平成 27 年度～平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業 アクアイグニス多気 ORC ユニットを活用した木質バイオマスコジェネレーションシステムの事業性評価 (F S)」(NEDO) 2016 年



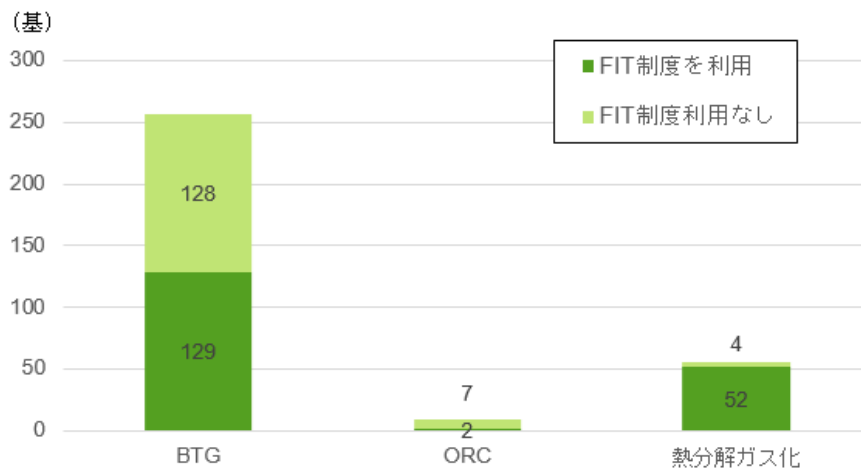


図 3.2.2 発電技術別の国内の導入状況

(出所) 林野庁「令和2年木質バイオマスエネルギー利用動向調査」よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

# ① 直接燃焼技術（BTG／ORC）

## (1) BTGに係る発電用ボイラー設備

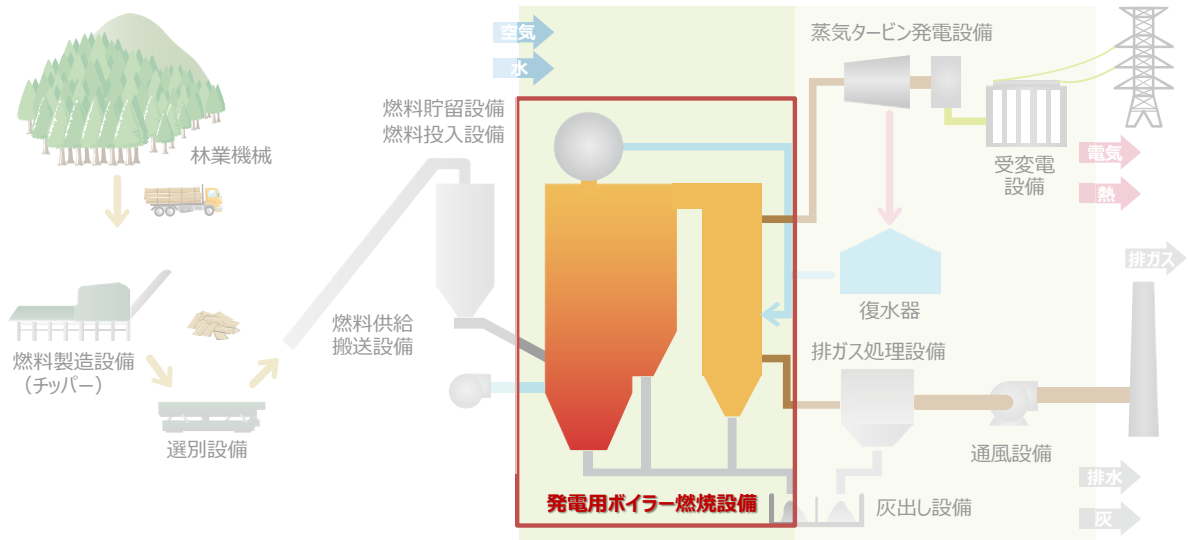


図 3.2.3 発電設備における位置

(出所) みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 発電用ボイラーの各種方式

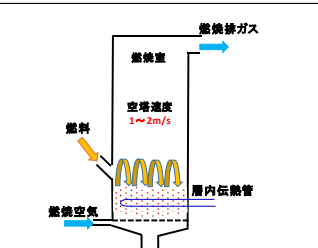
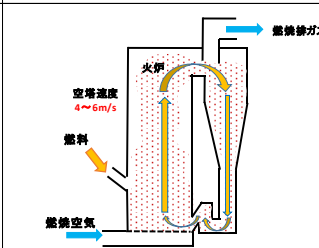
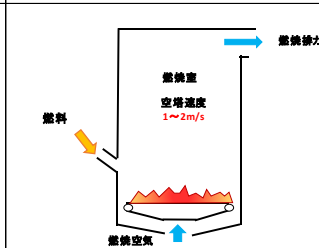
発電用ボイラーとして稼働実績あるのは、バブリング流動層ボイラー、循環流動層ボイラー、ストーカー式ボイラーの 3 方式である。各々の特徴を認識したうえで機種選定することが望ましい。

表 3.2.1 ボイラーの種類と機能

種類	機能
バブリング流動層ボイラー (Bubbling Fluidized Bed)	燃焼室底部の散気管から空気を噴出させて、流動媒体(砂)を沸騰状態(バブリング)にする。燃料は、概ね 50mm程度に破碎して流動媒体(砂)と接触させて燃焼させるボイラーである。燃焼速度はストーカ式より速い。
循環流動層ボイラー (Circulating Fluidized Bed)	燃焼室は、バブリング流動層ボイラーと同じであるが、空塔速度は、バブリングより速く粒子を火炉出口の燃焼域まで飛上し燃焼させる。未燃物および砂粒子は、火炉出口のサイクロンで捕集されて再び火炉に戻る循環型である。
ストーカ式ボイラー	燃焼室は、火格子によるキャタピラに似たストーカがゆっくり動きながら燃焼する形式である。燃料は、ストーカ上で燃焼し燃焼速度は流動層式より遅い。

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

表 3.2.2 ボイラーの燃焼方式の種類と特徴

項目	BFBバフリング流動層ボイラ	CFB循環流動層ボイラ	ストーカ式ボイラ
	内容	内容	内容
概念図 燃焼方式概念図			
ボイラ効率	86~88%	85~90%	80~85%
未燃損失	約0.5%	約0.5%	約1~1.5%
低空気比燃焼	空気比1~1.5	低空気比燃焼可能	困難(空気比:約1.5~約7%)
燃焼速度	早い 燃料供給の定量性が必要 燃料形状はコンベヤにて搬送するため、 サイズは最大100mm以下程度にする必要あり	早い 燃料供給の定量性が求められる 燃料形状・含水率の定常性が求められる。 サイズは50mm以下が望まれる	緩やか 燃料形状・物性が不均一でも対応可 サイズは50mm~最大100mm以下程度に する必要あり
負荷応答性	早い	早い	緩やか
燃焼ガス流速	遅い(流動層部:1~2m/s) ボイラチューブの摩耗は緩やか	早い ボイラチューブの摩耗が早くなる	遅い(1.5m/s以下) ボイラチューブの摩耗は緩やか
燃焼温度	燃料の性状により左右される	800~900℃(サーマルNOXの抑制可能)	やや高い
NOX対策	100~200ppm	50~150ppm(2段燃焼+低温燃焼)	250ppm以下
燃料の含水率	一般的に許容範囲は他より広い	高含水燃料については乾燥工程等必要	50%程度まで対応(熱風発生炉は不要)
高水分対策	流動砂が媒体となり、保有熱量が大きい ためある程度高水分まで対応可能	流動層が大きな熱媒体となるので、ある程度 対応可能	逆送ストーカで対応
最低負荷	約50~60%(総内温度維持のため高い)	約50%(層内温度維持のため高い)	約30%
起動時間	冷在時間約4時間(流動砂昇温に時間を要する)	冷在時間約5時間(層内昇温に時間を要する)	冷在時2時間
緊急時(瞬時、停電等)	短時間で立上立下が可能	短時間で立上立下が可能	炉内に焼却物が残留し、未燃分や未燃ガス滞留
構造	燃焼室内に可動部が少なくシンプル	機器点数が多くなる	シンプル
助燃(点火)設備	昇温バーナーのみ必要	必要	不要
炉内脱硫	困難(木質バイオマスは不要)	必要	困難
設置面積	小スペース(循環流動層より大)	設置面積小(高さが必要)	設置面積大
燃料の形状例	50mm~100mm程度	25~40mm以下	100mm以上でも対応可
実績	中型(5M)に実績多い	大型で効率向上10M以上に実績多い	小~大まで実績あり

(出所) 各種資料よりみずほりサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

### 燃料バイオマス性状に合った発電用ボイラーの選定

発電用ボイラーの各メーカーは、水分率 50%前後の生チップに対応可能なボイラー、水分率 20~30%の乾燥チップに対応可能なボイラー、水分率 10%以下のペレットに対応可能なボイラーなど、様々な水分率に対応した製品を開発し、商品展開している。想定されたバイオマス燃料の水分率や形状と異なるものを投入すると、メーカーが公表しているエネルギー利用効率を達成できない場合や、設備に不具合が生じたりする場合がある。したがって、各ボイラーの特性を理解したうえで、使用するバイオマス燃料の条件に合った発電用ボイラーを選定することが重要である。

また、発電用ボイラーのメーカーによって、定格出力時に発生する熱の性状(温水/蒸気の別、温度や圧力)も異なるため、エネルギー需要に応じたものを選定する必要がある。

表 3.2.3 ボイラーの選定条件例

項目	条件
バイオマスの燃料特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>形状(チップ/ペレットの別、チップのサイズなど)</li> <li>水分率</li> <li>低位発熱量</li> <li>灰分</li> <li>燃焼特性(示差熱分析値、熱重量分析値、組成など)</li> </ul>
規模	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃焼量</li> <li>用途(熱供給(温水、蒸気)、発電)</li> </ul>
運転条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>運転時間(連続、間欠)</li> <li>負荷変動</li> <li>制御方法</li> <li>取り扱い方法</li> </ul>
効率	<ul style="list-style-type: none"> <li>エネルギー効率</li> </ul>

(出所) 各種資料よりみずほりサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 設備仕様の決定

事業者は、契約前に設備メーカー等と十分に協議し、設備仕様を決定する必要がある。次表に示す主要な項目は、施設完成後の性能確認時にも重要なものである。なお、仕様決定に際しては、必要に応じ、バイオマス燃料のサンプル分析を行う。

また、発電用ボイラーや発電機の規模、エネルギー利用効率、燃料バイオマスの水分率や低位発熱量に基づいて、燃料バイオマス必要量が決定される。**設備が適正に稼働できるよう燃料バイオマスの水分率、投入サイズおよび燃焼室の容積などを予め設備メーカーと協議の上、決定する必要がある。**

表 3.2.4 主要な確認項目

項目	単位	項目	単位
水分率	w%	最大蒸発量	t/h
燃料消費量	t/日	蒸気圧力	MPa
燃料投入サイズ	mm	蒸気温度	°C
低位発熱量	MJ/kg	運転時間	h/年
燃焼室の容積	m <sup>3</sup>		

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 発電用ボイラーの腐食対策

発電用ボイラーが腐食する主な要因として、①塩化物塩、重金属塩および硫酸塩による高温腐食 ②酸露点以下による低温腐食 が考えられる。高温腐食対策としては、過熱器の適正な配置により管壁温度を抑制する。低温腐食対策としては、管壁温度が酸露点以上となるよう、給水温度や空気温度を決定する。

なお、ボイラーの材質を焼損、腐食等に対して優れたものを選定することも重要である。

## その他の関連機器

流動層ボイラーの場合、必要に応じて砂循環装置一式（砂貯留ホッパー、砂循環コンベヤ、砂搬送コンベヤ、振動篩、砂補充ホッパーとホイストおよび砂循環コンベヤ等）を設置する。また、間伐材等は土砂の付着は少ないが、林地残材やバークに土砂が付着している可能性もあるため、破碎後もこの付着土砂が炉内に投入されることがある。このような場合には、土砂の混入を想定した砂循環装置または抜き出し装置を設置する。

## 事業に適した機器の選定

発電用ボイラー設備は、下表にあるような機器で構成されている。事業内容および規模等に適した機器を選定する必要がある。

表 3.2.5 発電用ボイラー設備の構成と機能

設備		機能
発電用ボイラー	ボイラー本体	ボイラードラムおよび水管群の圧力容器で構成される。蒸気は、燃焼室で発生した燃焼ガスを水管群(放射伝熱面、接触伝熱面)により水管中の飽和水を加熱しボイラードラムで分離させたものである。
	ボイラードラム	ボイラー水の循環および蒸気と水を分離する容器。ボイラードラムにより発生した蒸気は、飽和蒸気のため一部水分が含まれており、過熱器(スーパーヒータ)で更に過熱した蒸気を作り、熱効率の向上等を図る場合が多い(飽和蒸気の場合もある)。
エコマイザ(節炭器)		ボイラー水の給水温度を予熱して、熱効率の向上およびボイラードラムの熱応力の低減等を図るために設置する。
空気予熱器		空気予熱器は、燃焼室で燃料を燃焼させるために必要な燃焼用空気を加熱する機器である。本機器は、燃焼ガスまたは蒸気を熱源にして熱交換するが、前者をガス式空気予熱器、後者を蒸気式空気予熱器と呼んでいる。 ガス式空気予熱器は、燃焼ガスから熱回収するため熱効率の向上が期待できる。
ボイラー補機類	ボイラー給水ポンプ	脱気器タンクの脱気処理水をエコマイザーおよびボイラーに給水するためのポンプである。
	脱気器	脱気器は、ボイラー給水中の酸素および炭酸ガス等を除去してボイラーの腐食防止とボイラー給水を加熱するための機器である。
	薬液注入装置	薬液注入装置は、ボイラー給水およびボイラー水を水質管理値以下に保持するための装置である。薬液は、清缶剤(ボイラー水のpH 調整、スケール成分除去)および脱酸剤(ボイラー給水およびボイラー水中の溶存酸素除去)がある。 なお、ボイラー給水およびボイラー水は、ボイラー形式、容量、最高使用圧力により水質標準値が定められている。
	連続ブロー装置	ボイラー給水中の不純物および注入薬品の影響による濃縮を防止し、水質管理値以下にするために、ボイラー水を連続的に外部に排出する装置である。
	スートブロウ(すす吹き装置)	ボイラー水管部に付着したダストを、蒸気または圧縮空気を吹き込んで除去するための装置である。付着ダストを除去して熱貫流率の低下を防いで計画蒸気量の能力を確保するために設置する。
	安全弁	ボイラー圧力が規定圧力以上に達した場合に、蒸気を放蒸して内部圧力を下げるために設置する。
	水面計	ボイラードラムの水位が上下の規定水位にあることを確認するための計器である。

(出所) 各種資料よりみずほりサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 計画に即した設備能力の検討

燃料バイオマスの計画条件（消費量、可燃分、水分、灰分等の組成および発熱量）において、定格発電出力を達成するために必要とする各機器の空気、燃焼排ガス、蒸気、復水、給水等を対象に、各物質（流量、圧力、温度および熱量等）の収支を計算して**計画の妥当性を確認し、さらに各機器の能力、容量を検討する。**

物熱収支は、発電出力に関係する燃料バイオマスの水分率で設計値、最小値および最大値の 3 ケース別に検討し、発電用ボイラーの能力は、一般に MCR（Maximum Continuous Rating：ボイラー最大連続蒸発量）および ECR（Economical Continuous Rating ボイラー経済連続蒸発量）により計画されるため、前述の 3 ケースを対象に MCR、ECR 別に検討する必要がある。

## 放熱等の熱損失も考慮した収支計算

発電用ボイラーの伝熱面積を算定するために、燃焼計算を踏まえて物質収支計算および放熱等の熱損失を考慮した熱収支を計算する。

また、ボイラー、タービン、復水器、脱気器および給水タンク等の各機器を対象に、蒸気、復水および給水の物質収支および熱収支を計算し、**ボイラー効率および熱回収効率等の計画の妥当性を確認する。**さらに収支計算をもとに**各機器の能力、容量を計画する。**

## 発電用ボイラーおよび周辺装置等の考慮

ボイラーを支持する架構は十分な強度と剛性を有する自立耐震構造とする。ボイラードラムに容易に入れるマンホールを設け、管寄せは点検しやすい構造とする。汽水分離装置は十分な機能を有し、内部部品の分解、搬出、組立が容易な構造とする。また、周辺装置等もそれぞれの特徴を考慮して設計を行う。

## (2) BTG における蒸気タービン設備

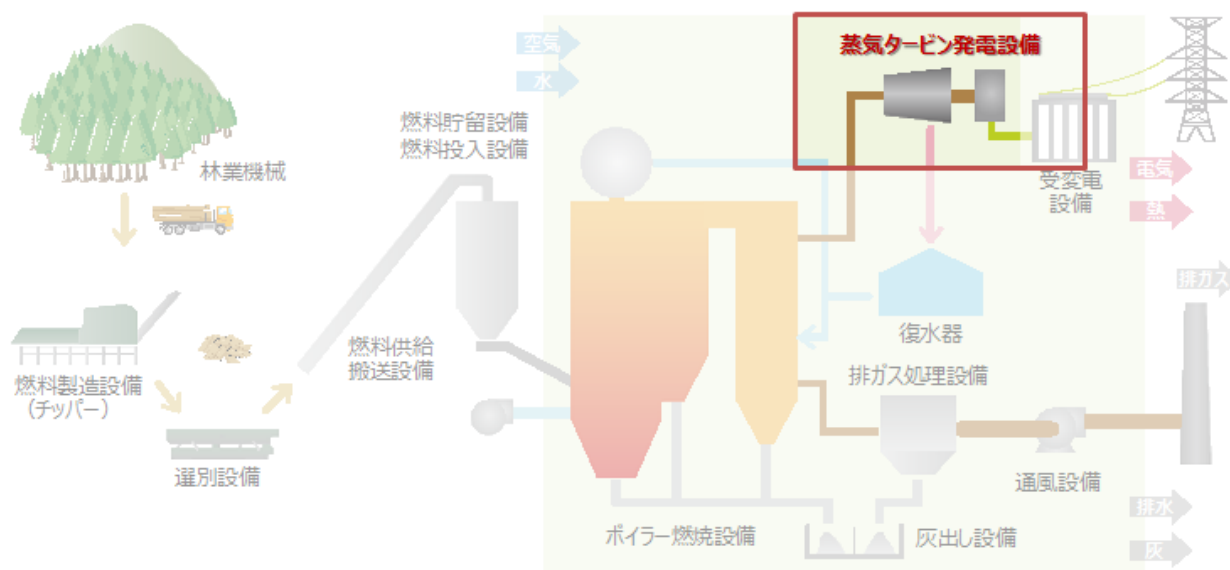


図 3.2.4 発電設備における位置

(出所) みずほりサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

### 蒸気タービンの概要

蒸気タービンは、ボイラーで発生した蒸気の熱エネルギーをノズル（静翼）により速度の機械エネルギーに変換し、この高速流を回転羽根（動翼）に吹き付けて高速回転させることにより動力を得る装置で、蒸気タービン発電機は、蒸気タービンに減速機を介して所定の回転数により発電機を回転させて電力を得る装置である。

蒸気タービン発電機は、タービン本体、発電機本体、減速装置、调速装置、ターニング装置、潤滑装置、グランド蒸気復水器、グランド蒸気ファン、ドレンタンク、ドレン移送ポンプ、タービンバイパス装置、非常用大気放出装置、タービン起動盤、油ポンプ、非常用油ポンプおよび非常用電源等から構成される。

### 蒸気タービンの蒸気圧条件と作動方式

バイオマス発電に採用される蒸気タービンは、タービン出口の蒸気圧条件から復水タービン、抽気復水タービンおよび背圧タービンに、作動方式から衝動式および反動式に分けられる。

衝動式は、ノズルからの高速流を回転羽根が受けて、この衝動で回転する方式である。反動式は、固定羽根からの蒸気流が回転羽根を通過する時にも膨張加速してその反動で回転する方式である。

表 3.2.6 蒸気タービンの種類と特徴

種類	機能
復水タービン	タービン出口に蒸気復水器(水冷式または空気式)を設置して蒸気を大気圧より低い真空圧まで凝縮させて蒸気を最大限利用する方式。発電を主とする事業を行う場合に適する設備である。
背圧タービン	タービン出口の蒸気圧が大気圧より高く蒸気飽和温度は 100℃以上あり、この排気蒸気はさらに熱利用できるため、小規模発電の他に高圧蒸気および排気蒸気を冷暖房、温室等に熱利用する場合に採用例がある。 背圧タービンの採用条件としては、売電を優先せずに構内の電力消費分程度を発電し、さらに構内または外部に熱供給需要がある場合は事業化の可能性が考えられる。
抽気復水タービン	復水タービンの途中で施設内で必要なプロセス用の蒸気を抽出し、残りの蒸気は低圧まで利用して復水器まで送気するタービン。抽気用の蒸気は、脱気器用、蒸気式空気予熱器用、スートブロウ用、スチームトレーサー用等がある。所内動力(熱等)にも利用する場合に適する。 プロセス用蒸気なども一部利用するバイオマス発電所では、衝動式抽気復水タービンを採用している例が多い。

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

### 蒸気タービンの規模と発電効率

発電のみを目的とした蒸気タービン (BTG) は下図に示したとおり、発電規模が小さくなると発電効率が著しく低下することが知られている。そのため国内では FIT 認定区分の境界値である 2,000kW に極めて近い規模で BTG が選択されるケースがいくつか存在するが、1,500kW 以下の事例は限定的である。

近年ではこのような小規模発電事業を行う事業者がガス化発電を検討する事例や、数としては少ないものの ORC 熱電併給技術の導入を検討する事例が増加傾向にある。

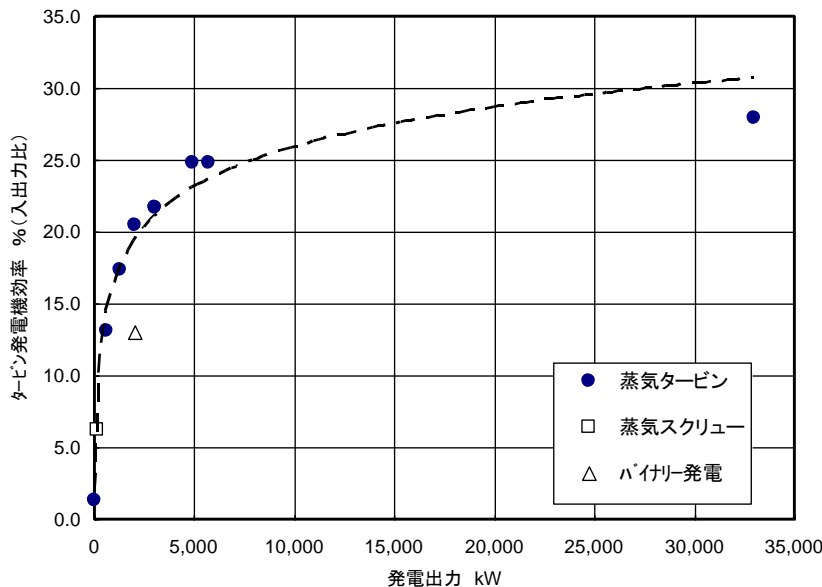


図 3.2.5 蒸気ランキンサイクルにおける発電出力とタービン発電効率の関係

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成



## 蒸気タービン発電出力の算定

蒸気タービン発電出力は、蒸気条件（呑み込み蒸気量、圧力および排気出口圧力）、タービン効率、機械効率、発電機効率等により算定される。蒸気条件のうち、蒸気量、圧力はボイラーの能力によって決まり、タービン排気出口条件は、復水器の能力、方式によって決まる。

軽負荷から全負荷まで連続安定運転でき、年間を通して安定的に定格出力を維持できるよう、**復水器は水温、気温が高くなる条件の悪い夏季を対象に設計点（外気温度、相対湿度）を設定することが望まれる。**事業者は、機器仕様が事業に適したものであるか、設備メーカーに確認する。

表 3.2.7 主要な確認項目

項目	単位	項目	単位
蒸気消費量	t/h	タービン排気出口圧力	kPa
圧力	MPa	蒸気タービン発電出力	MW
蒸気温度	°C	運転時間	h/年
タービン効率	%		

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 設置すべき計器および機器の留意点

タービン各部のドレンを発電機室内で放蒸させない構造とする。タービン蒸気入口側や排気側に圧力計および温度計を設置する。タービン室にメンテナンス用のクレーンを設置する。等々の事業に適した機器設計となるよう、設備メーカーと十分に検討のうえ決定する。

## 非常時の対策

非常時の対策として、手動非常停止装置を現場および中央操作室に設けるとともに、下記のような場合には、タービンへの蒸気の流入を自動的に遮断する必要がある。

### <蒸気タービンへの蒸気の流入を遮断する場合>

- タービン速度が定められた限度以上に達したとき
- タービン入口蒸気圧力が規定限度以下に低下したとき
- 真空圧力が異常に上昇したとき
- 潤滑圧力が定められた限度以下に低下したとき
- スラスト軸受が異常摩耗あるいは限度以上に温度上昇したとき
- 軸受の振動が規定値以上になったとき
- 保護リレーにより発電機がトリップしたとき

### (3) ORC 熱電併給システム

#### ORC 熱電併給設備システムの概要

下図に欧州で広く普及しているイタリアの Turboden 社の ORC 熱電併給技術を使用したバイオマスボイラーにおける典型的なフローを示す。サイクルの動力媒体として炭化水素系（シリコンオイル）の有機媒体が用いられ、熱源にはバイオマス为原料としたボイラーで加熱されたサーマルオイルが用いられる。バイオマスボイラーでサーマルオイルを 300℃程度まで加熱し、このサーマルオイルを ORC 発電ユニットに送ることで、ORC 発電ユニット内を循環するシリコンオイルを加熱・蒸発させ発電を行う。

有機媒体を利用することで小規模でも高い発電効率を実現し、発電後の排熱が 80～90℃程度の温水として回収・利用可能なことから、欧州では中小規模のバイオマスコジェネレーションの領域で普及が進んでいる。熱源としてはバイオマスに限らず、地熱、廃棄物焼却炉、工場排熱、太陽熱などの組み合わせも可能である。

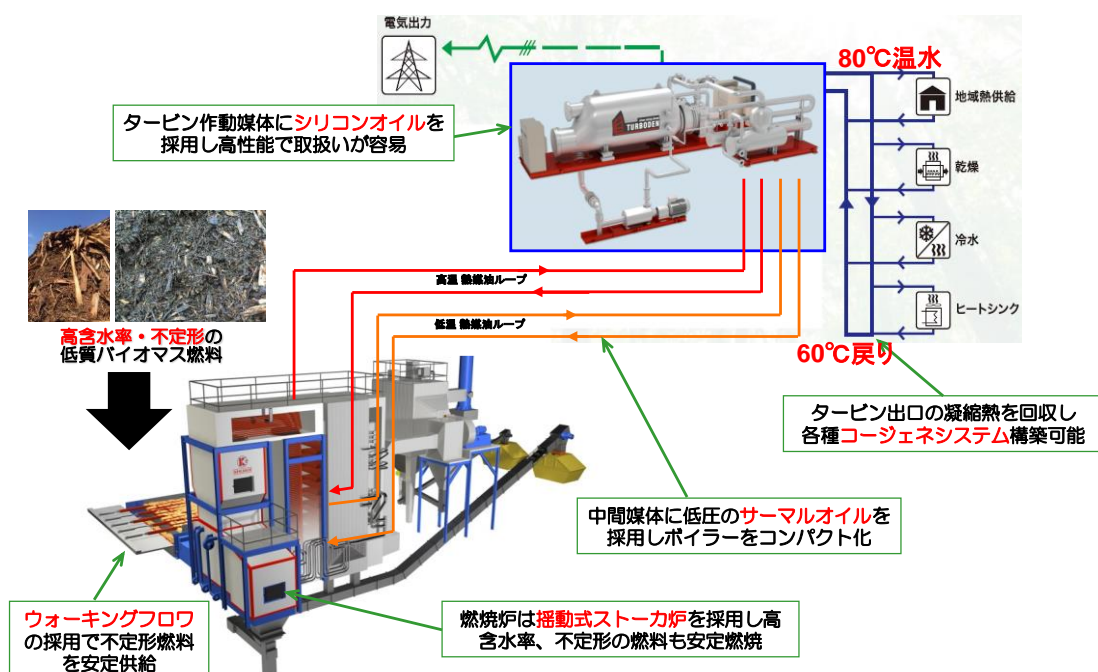


図 3.2.6 Turboden 社の ORC 発電機を使用したバイオマスボイラーにおける典型的なフロー

(出所)「ORC バイオマス発電技術とその適用」技術情報センターセミナー資料 (株式会社 PEO 技術士事務所提供資料)

バイオマスを利用した発電を行う場合の設備は、下図に示すようにバイオマス燃焼炉＋サーマルオイル熱交換器からなり、これを総称してバイオマスボイラーと呼んでいるが、正確にはバイオマスを燃焼した熱でサーマルオイルを加熱しており、その工程内で蒸発は伴っていないことからサーマルオイルヒーターと呼ぶことが正しい。

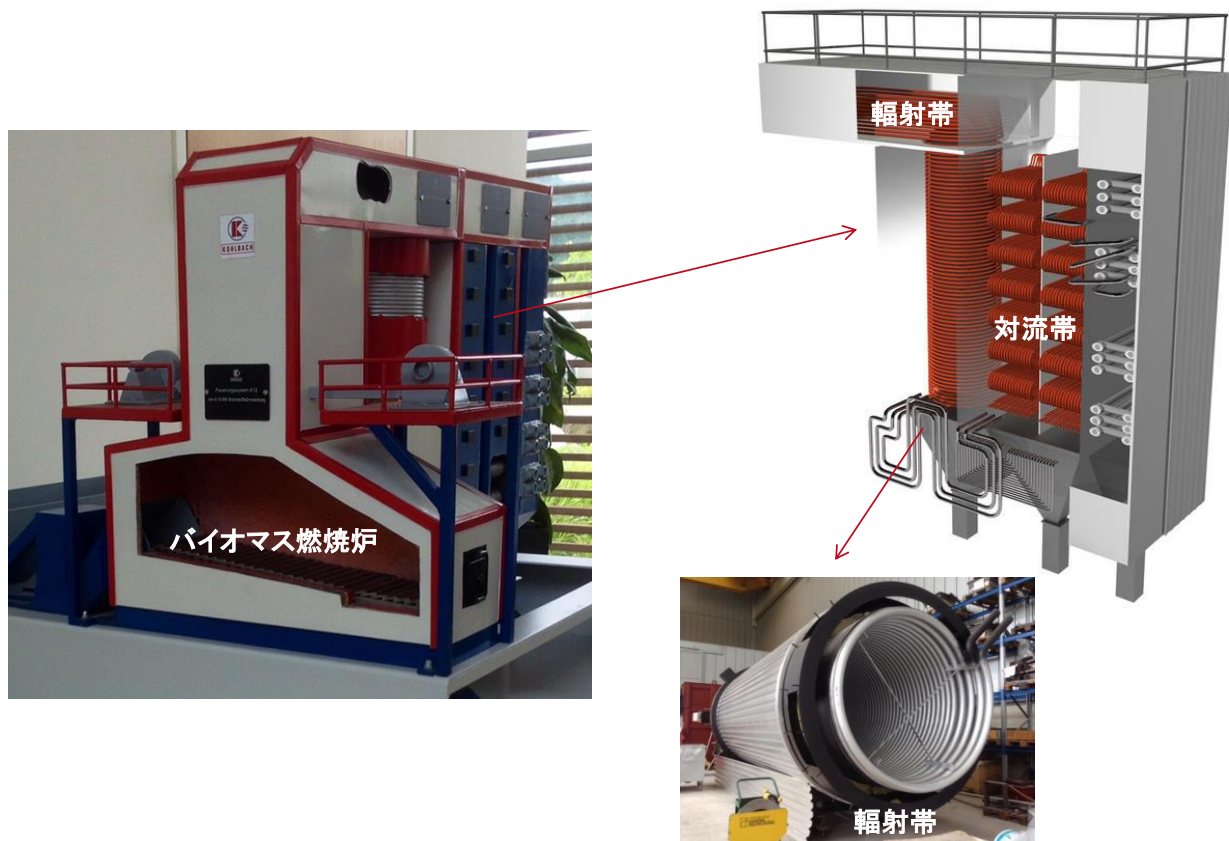


図 3.2.7 ORC 用バイオマスボイラーの構造

(出所) 「ORC バイオマス発電技術とその適用」 技術情報センターセミナー資料 (株式会社 PEO 技術士事務所提供資料)

サーマルオイルヒーターは 700℃以上の炉温で輻射伝熱で熱回収する輻射帯、それ以下の温度で対流伝熱で熱回収する対流帯に分かれている。輻射帯はバイオマスからの高温の飛灰による熱交換器の閉そくを避けるため、熱交換器は煙道の周囲にらせん状に配置されている。輻射帯での熱回収により、ある程度排ガス温度が下がると灰の付着力もなくなるため、対流帯では伝熱効率の良い対流熱交換器が煙道に対して垂直に配置されている。

## ORC 熱電併給設備用ボイラーの仕組み

ORC 熱電併給システムのバイオマス燃焼炉にはストーカー炉、流動床炉など一般的な各種バイオマス燃焼炉が使用可能である。欧州では水分率が高く形状も雑多な低質のバイオマス燃料を燃やしたいことから、ストーカー炉の採用が多い。低質バイオマス用の燃焼炉（ストーカー炉）の構造を下図に示す。

ウォーキングフロア式サイロから切り出されたバイオマスはコンベア、ショートストーカーを経て、バイオマス炉に押し込み投入される。炉は乾燥・燃焼・灰化の3ゾーンに分かれており、乾燥帯で乾燥されたバイオマスは自着火が可能な水分率まで乾燥されて燃焼帯で燃焼した後、灰化ゾーンで完全に灰化される。

製材端材など乾いたバイオマスを対象とするのであれば乾燥ゾーンは不要となり、炉の大きさは小さくできる。ORC 用バイオマスボイラーは下図の熱交換器の部分にサーマルオイル熱交換器に置き換えたものになる。

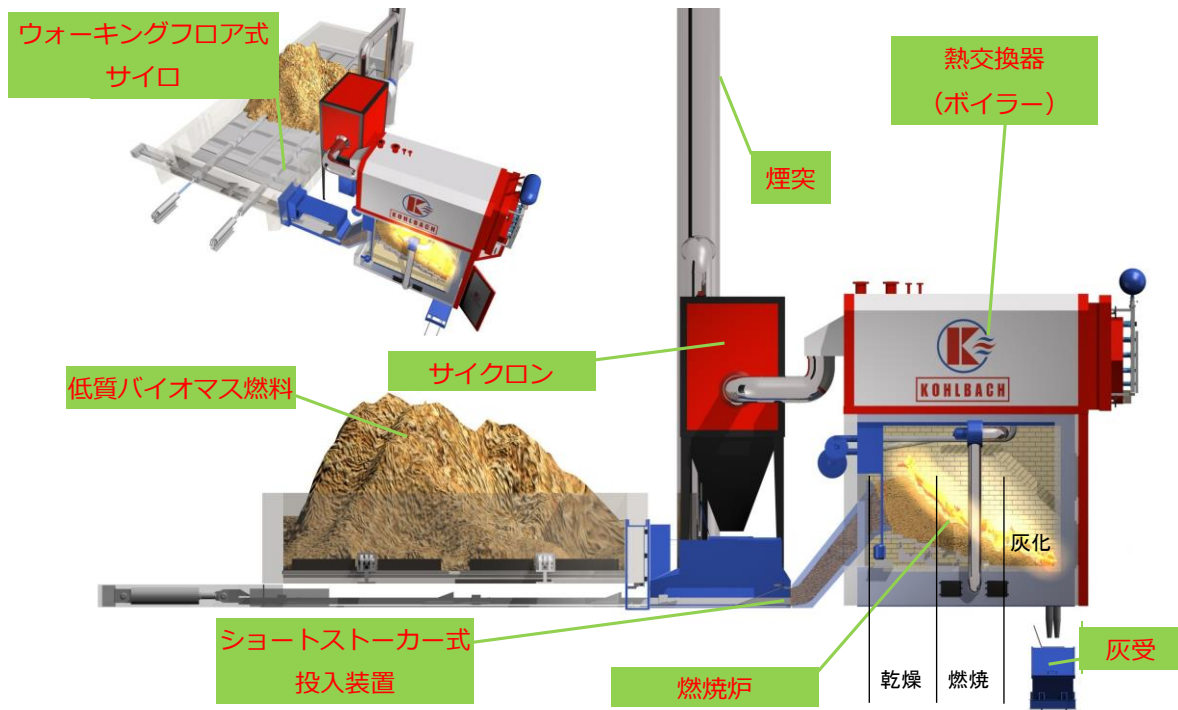


図 3.2.8 低質バイオマス（50～60%wet）用バイオマス燃焼炉（ストーカー炉）  
（出所）「ORCバイオマス発電技術とその適用」技術情報センターセミナー資料（株式会社 PEO 技術士事務所提供資料）

## ORC のヒートバランスおよびエネルギー効率

下図にバイオマス ORC 熱電供給設備のヒートバランスを示す。高水分率の生バイオマスでも 80%以上という高い熱効率を示すが、電気エネルギーの 4 倍にあたる全体の 8 割は熱エネルギーである。そのため、熱利用がなければ ORC 熱電供給設備を採算ラインに乗せることは難しい。

温水による熱利用の盛んな欧州では、ORC 発電ユニットは熱が主、電気が従という考え方で利用されており、電気主体の我が国とは大きく事情が異なることに留意が必要である。

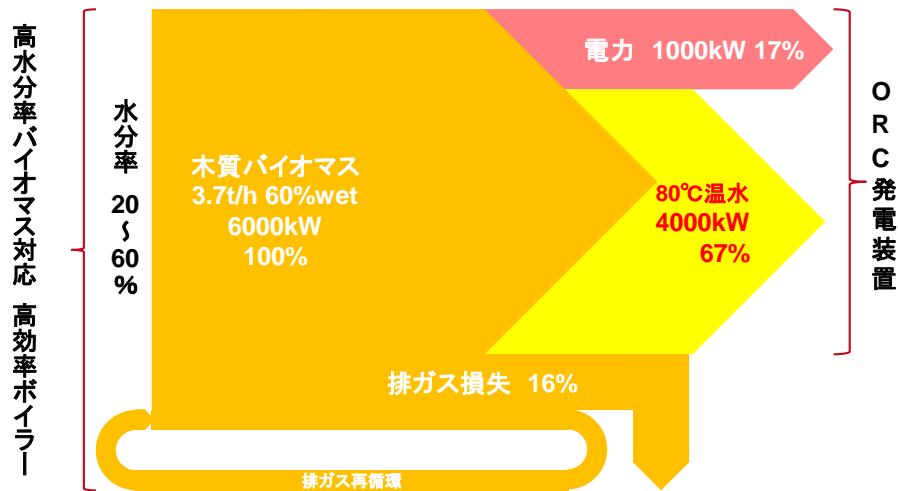


図 3.2.9 1000kW ORC 熱電供給設備のヒートバランス

(出所) 株式会社 PEO 技術士事務所提供資料

## ORC の実績

バイオマスを熱源とするシステムでは、イタリア Turboden 社（2013 年より三菱重工業株式会社グループ）の ORC 発電ユニットがドイツ、オーストリア、イタリアを中心に 300 基以上の導入実績がある。前述の特徴から、欧州で導入された ORC 発電ユニットの約半分は排熱を地域熱供給に利用しており、製材所や木材加工、ペレット製造（原料のおが粉乾燥）など木材産業での利用も多い。なお、Turboden 社のバイオマス分野での導入実績は、発電出力の規模としては 700kW から 1.8MW の小規模である。

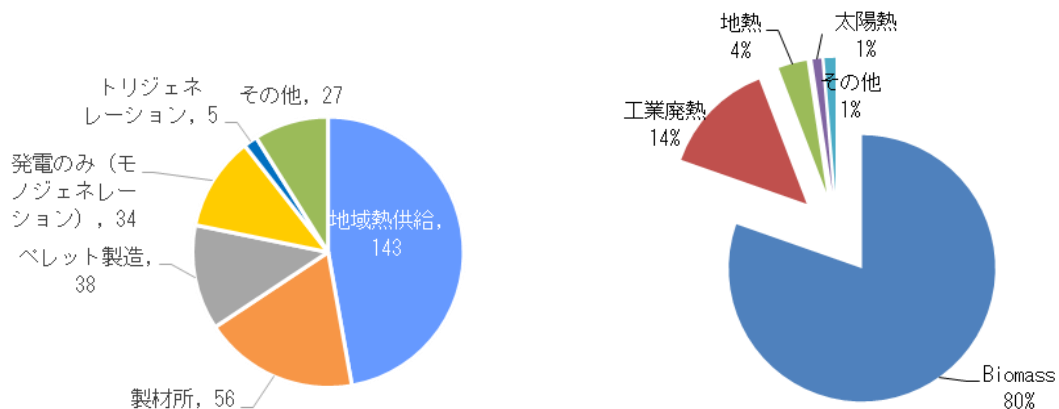


図 3.2.10 イタリア Turboden 社の ORC 納入実績 (左) と熱源の状況 (右) (2018 年末時点)

(出所) 株式会社 PEO 技術士事務所提供資料

ORC 熱電併給技術の熱源としてはバイオマスの燃焼以外にも工業排熱や地熱、太陽熱等を利用する事例も存在する。欧州では 300 基以上の ORC のうち 80%がバイオマスを熱源とし、14%は工業排熱を熱源としている。一方で日本国内での ORC の導入事例は地熱とバイオマスを熱源としたものが数件という現状である。

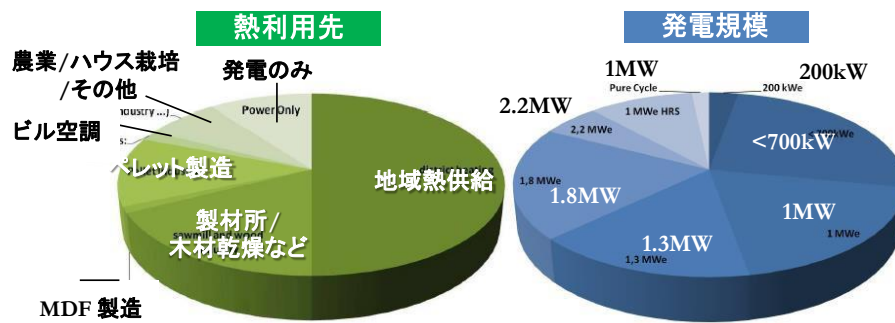


図 3.2.11 ORCユニットの導入規模と熱利用先

(出典) Turboden 社資料を基にみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## (参考) 発電および熱電供給の仕組み～ランキンサイクル～

ランキンサイクル(Rankine Cycle)とは 19 世紀にイギリスの物理学者 William John Macquorn Rankine (1820-1872)が発明した熱サイクルで、別名蒸気サイクルとも呼ばれている。一般的には蒸気(水)を動力媒体として使うが、ORCはこの動力媒体が水ではなく Organic すなわち有機媒体に置き換わっただけで原理的にはまったく同じである。蒸気サイクルを使った発電は、一般的な火力発電、原子力発電、そして木質バイオマス発電(通常 2 MW 以上)など、ほとんどこの蒸気ランキンサイクルを使用しており、蒸気ボイラーと蒸気タービン発電機を使用することから、BTG (Boiler Turbine Generator) とも呼ばれている。ランキンサイクルはバイオマス発電でもっとも普及している技術である。

下にランキンサイクルの構成を示す。循環ポンプ④で加圧された液体の動力媒体は蒸発器①で外部からの熱により蒸発する。BTG の場合はボイラーが蒸発器①に該当し、燃焼炉中の水管で動力媒体である水が蒸発、さらにその後の過熱器(スーパーヒーター)で過熱蒸気になる。蒸気はタービン発電機②でタービンを回して、それに直結した交流発電機で発電を行う。タービンで仕事を終えた蒸気は、温度と圧力が下がり凝縮器③へ送られる。凝縮器③は復水器(コンデンサー)とも呼ばれ、ここで冷却されることで、蒸気は液体に戻り、再度ポンプ④で加圧するというサイクルになる。

ORC の基本原理は蒸気ランキンサイクルとまったく同じであるが、動力媒体として水ではなく有機(Organic)媒体を使用する。

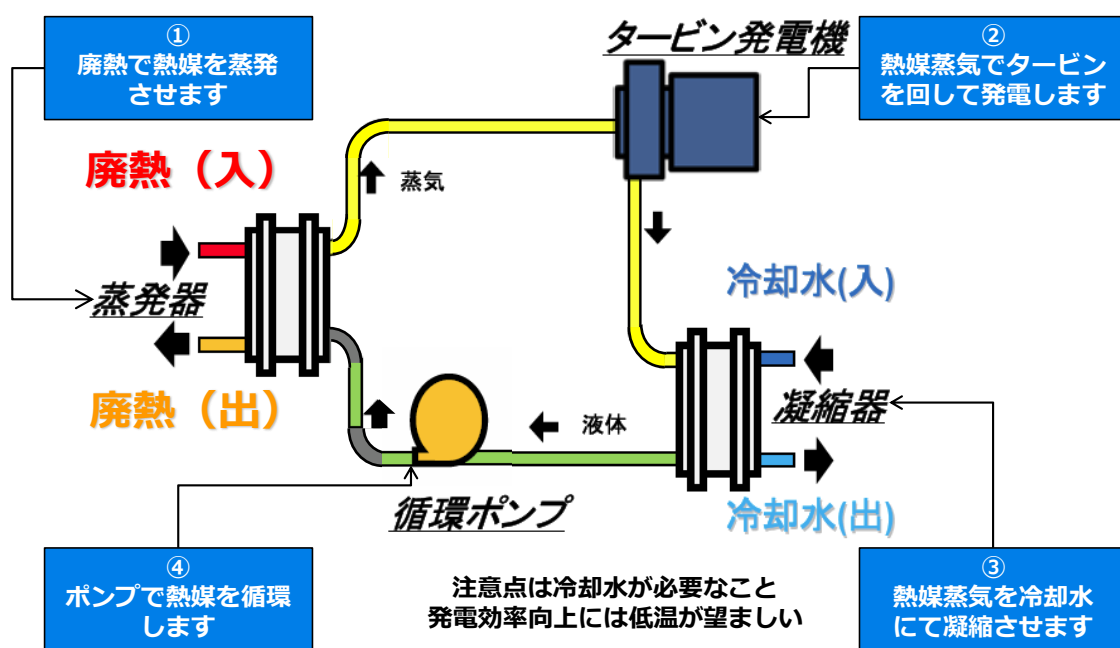


図 3.2.12 ランキンサイクルの構成

(出所) 株式会社 PEO 技術士事務所提供資料

以上より、与えるエネルギーとしては蒸発器①で液体を蒸気に変えるエネルギーと循環ポンプ④を回す動力であり、得られるエネルギーは②で発電される電力と凝縮器③で冷却水を温める熱エネルギーとなる。

<参考:ランキンサイクルにおける発電効率(η)の求め方>

**ランキンサイクルの効率の基本式**

ランキンサイクルの効率 η を表す式は、燃料による供給熱量を Qb、タービンで取り出せる仕事を Wt、ポンプで使用する仕事を Wp、とすると次のように表すことができる。

$$\eta = (W_t - W_p) / Q_b \text{ -----(1)}$$

この式をわかりやすくするためにエンタルピーで表す式に変換する。

まず、前頁の図の①⇒④までの流れを蒸気の流量を m[kg/s]としてエンタルピーで表す。

※エンタルピーは熱力学の概念であるが、ここではわかりやすく熱・圧力を加味した物質の持つ総エネルギーと理解可能

**プロセス①⇒②**

蒸発器を出た蒸気がタービンを回転させ、発生させる仕事は、入出のエンタルピー差で表すことができる。

$$W_t = m(h_1 - h_2)$$

**プロセス②⇒③**

タービンから出てきた蒸気が、復水器で冷却される熱量を Qc とすると

$$Q_c = m(h_2 - h_3)$$

**プロセス③⇒④**

復水器で冷却された復水をポンプで加圧するのに必要な仕事を Wp とすると

$$W_p = m(h_4 - h_3)$$

**プロセス④⇒①**

ボイラーに加圧された加圧水が蒸気になるのに必要な熱量を Qb とすると

$$Q_b = m(h_1 - h_4)$$

これらの式を効率を表す(1)式に代入すると

$$\eta = (m(h_1 - h_2) - m(h_4 - h_3)) / m(h_1 - h_4)$$

ランキンサイクルでは、タービンから取り出せる仕事に比べ、ポンプで加圧するのに必要な仕事は限りなく小さいため、h3=h4 と仮定すると、次のように表すことができる。

$$\eta = (h_1 - h_2) / (h_1 - h_3)$$

したがって、この効率を上げるためには、以下のことに留意する必要がある。

- タービン入口エンタルピーh1 を出来るだけ大きくする
- タービン出口エンタルピーh2 を出来るだけ小さくする
- 復水器出口のエンタルピーh3 を出来るだけ小さくする

例えば蒸気の温度をできるだけ上げて h1 を大きくする、復水器の真空度をできるだけ下げて h2 を小さくする、できるだけ低い温度で冷却するなどが発電効率の向上に有効となる。

蒸気サイクルの世界では過熱蒸気の温度を上げることで高温高圧力として h1 を高めて高効率化を図ろうとしている。ただしタービンの材質の限界があり 500～550℃程度が限界と言われている。

ORC とは稼働媒体に水蒸気(水)ではなく、有機媒体を使用したランキンサイクルシステムの一つで、例えば欧州のバイオマス発電で一番普及している伊 Turboden 社のものは沸点の低い有機シリコンオイル等の有機媒体を使用して、タービンで発電を行う。低沸点の稼働媒体を使用すれば、温水など比較的低温の熱源でも発電することが可能となる。



## ORC 技術の選定に関する留意事項

### バイオマス燃料

バイオマス発電では、発電経費に占める燃料費の割合が BTG で 6 割、ガス化発電でも 5 割を占めている。したがって、**燃料費の低減がバイオマス発電における事業性確保の鍵**となる。ORC 熱電併給設備は低質バイオマス燃料対応の炉と組み合わせることで、燃料費の大幅な削減が可能となる。

下左図は熊本県南関町に建設された我が国で最初のバイオマス ORC 発電で使用している無破碎バークである。ここでは近隣の森林組合の土場(下右図)から発生した土場バーク(原木丸太から自然に剥がれ落ちた樹皮)と竹製材工場から発生した竹残材を 7:3 の割合で混焼している。土場バークは土場の石や土、さらに土場に落ちているゴミ等の異物が混じっており、水分率も平均 50%と高く、燃料には利用できず土場に放置されている。さらに破碎すると破碎費用が 2,000 円/t 程度かかり、また異物で破碎機を傷めるという問題もある。これを無破碎のまま燃料として利用できれば、バイオマス発電に必要な燃料費は実質的に輸送費のみで済む。

一方、竹は単独で燃やすと塩素や炉内クリンカの発生でバイオマス燃料として問題があるとされている。竹をバークで希釈(混合)することで竹の燃料としての悪い性質が解消できる。さらに竹を混ぜることで絡まって塊になり燃焼性が悪化するバークの欠点も緩和できる効果もある。



図 3.2.13 バンブーエナジー株式会社にて森林組合に野積みされた土場バーク(左)と ORC の投入コンベアの燃料バーク(右)

(出所) 株式会社 PEO 技術士事務所提供資料

## 発電効率と所内電力消費率、総合効率

ORC は 600kW～1,800kW までの規模で BTG と発電効率はほぼ同じである。また半分の負荷で運転しても、発電効率の低下はフル出力時と比較して 1 割ほどである。

総合効率面では、ORC、BTG 共に熱電併給設備であり約 80%という高い効率を得られる。熱エネルギーは共に温水として回収しているが、ORC の場合、原理の項目で説明したように、温水はタービンの冷却水であるため、これを利用できないと冷却水の温度が高いままとなり、発電も不可能である。

## メンテナンス費用

欧州では ORC 発電装置はメンテナンスフリーである。ただし日本では電気事業法で定期点検や開放点検が義務づけられている。しかし、1,000kW 未満では自主点検で済むため、メンテナンス費用は低減できる<sup>4</sup>。

## 有資格者

ORC 設備は電気事業法上のボイラーに該当するため、ボイラー・タービン主任技術者が必要である。しかしながら、ORC ユニットは最高使用圧力が 1.2MPa 程度と比較的低いことから、発電出力 5,000kW 未満の場合、電気事業法による主任技術者の選任の緩和要件に該当し、ボイラー・タービン主任技術者の選任要件が緩くなり、エネルギー管理士や工業高校機械科卒以上等で代行することが可能である。なお、ORC は電気事業法上の汽力発電に該当することから常時監視が必要である。

## 稼働時間

欧州における年間稼働時間を見ると、ORC 発電もガス化発電もほぼ同等で 8,000 時間を超える例も少なくない。しかし、日本ではガス化に必要な高品質のチップを安定して用意できないケースが多いため、国内でこの稼働時間をクリアできている例は現状ほとんどない。バイオマス燃料に対する許容性は圧倒的に ORC 発電が広く、バンブーエナジー株式会社の実例を見ても、欧州と同じ年間稼働時間をクリアすることは容易だと考えられる。

<sup>4</sup> 一方、ガスエンジンは多くの消耗品から構成されており、メンテナンス費用だけで¥4～5/kWh 必要と言われている。

## ORC と蒸気タービンの比較

ORC 発電ユニットは欧州で確立した技術であり、熱利用の盛んな欧州で急速に普及している。ORC はシリコンオイルなどを利用することで小規模でも高い発電効率を実現可能であること、発電後の排熱が 80～90℃程度の温水として回収・利用可能なことから、欧州では中小規模のバイオマスコジェネレーションの領域で普及が進んでいる。

2MW 以下の小規模発電を想定した場合に発電効率が大きく低下する蒸気タービン発電に対して、ORC での発電効率は発電規模によらず 20%程度と一定である。また、排熱温度も 80℃～90℃と高く利用しやすく、熱利用までを目的とした設備導入を行えば、**木質バイオマスのエネルギー効率は 80%以上**と非常に高くなり、エネルギー供給事業の事業性を高める事ができる。

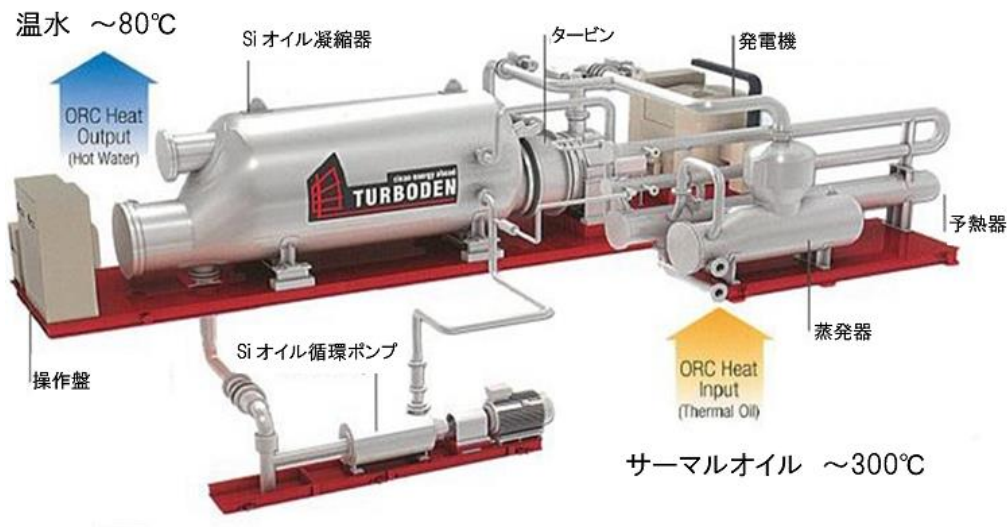


図 3.2.14 イタリア Turboden 社の ORC 発電ユニット

(出所) 第一実業株式会社提供 (株式会社 PEO 技術士事務所提供資料)

次表に ORC 熱電併給技術と蒸気タービンとの比較を示す。これまでに述べたとおり、ORC 熱電併給技術は小規模での発電効率と熱効率の面で蒸気タービンより優れている。

また、動力媒体にシリコンオイル等の有機媒体を利用することから、蒸気タービンと比較して設備の腐食や摩耗が発生せず、**維持管理費や人件費等のランニングコストを低くすることが可能**とされている。

発電出力が 5,000kW 未満の場合、ORC ユニットは最高使用圧力が 1.2MPa 程度と比較的低いことから、日本の電気事業法による主任技術者の選任の緩和要件に該当し、**ボイラー・タービン主任技術者の選任要件が緩和される**ことも優位性の一つとなる。

表 3.2.8 ORC 発電と蒸気タービン発電の特性比較

	ORC	蒸気タービン
発電効率	600kW の小規模でも 20%程度	大規模ほど効率が良く5,000kW で26%程度だが、1,000kW では 15%、600kWだと10%以下
排熱利用	フル出力時の排熱は 90℃程度で回収・利用可能	(復水式の場合) フル出力時は 40℃程度、有効熱の回収には発電用の蒸気の抽気が必要
蒸気の品質管理	熱媒が有機系液体であるため量的管理のみで維持コストが少ない	純水製造設備とブロー水の処理設備が必要でコスト高
有資格者	ボイラー・タービン主任技術者の選任要件が低い	ボイラー・タービン主任技術者の選任が必要
タービンの負担	有機系液体は非腐食性であり、腐食や摩耗の心配がない	タービン内の凝縮水により腐食や浸食が発生する
低負荷時の効率	発電規模が定格の 10%まで落ちても高効率を維持	低負荷時には急激に効率が低下

(出所) バイオマス熱電供給株式会社/E2 リバイク株式会社「平成 27 年度～平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業 アクアイグニス多気 ORC ユニットを活用した木質バイオマスコジェネレーションシステムの事業性評価 (FS)」(NEDO) 2016 年よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

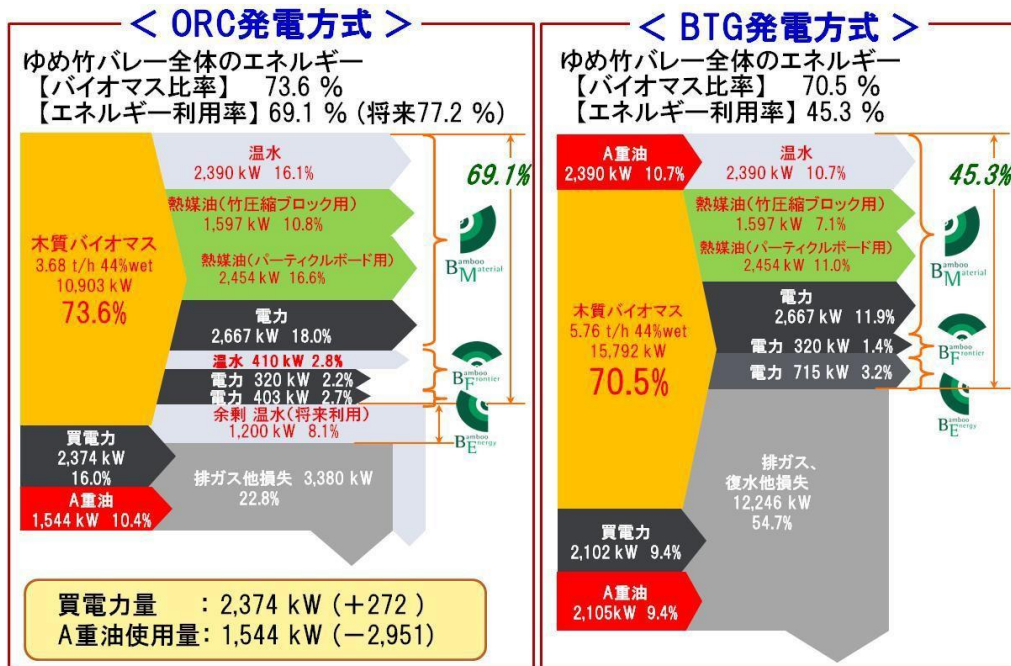


図 3.2.15 エネルギーフロー比較

(出所) パンプーエナジー株式会社/中外炉工業株式会社「平成 27 年度～平成 28 年度成果報告書 バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業/地域自立システム化実証事業 竹の新素材加工工場に併設したバイオマスの熱・電供給カスケード利用による地域再生自立システム“ゆめ竹バレー”の事業性評価 (FS)」(NEDO) 2016 年

## ORC と熱分解ガス化の比較

下表に ORC 熱電併給技術と熱分解ガス化と（代表的なダウンドラフト式）との比較を示す。**メンテナンス性、安定性で優る ORC は熱で事業性を確保できるとガス化発電よりも優位**と考えられる。

ORC は発電機の規模が小さくとも発電効率は約 20%と一定であるところに利点がある。22～30%の発電効率があるガス化発電よりも効率は下がるが、このクラスの BTG に比べるとはるかに有利である。加えて発電量の 4 倍の低温熱（約 80℃）が得られることから、**熱需要がある施設や地域が導入先の候補**となる。

しかしながら、欧州のような地域熱供給や大型製材所、大型ペレット工場等の乾燥熱需要など、大きな熱需要先がない日本では ORC の導入は進んでいない。

表 3.2.9 ORC とダウンドラフト式ガス化の比較

	ORC 熱電併給設備	ダウンドラフト式ガス化
燃料バイオマス	水分率～50%	水分率 10%以下
	不定形	定形チップ
発電効率(発電端)	18～19%	22～30%
総合熱効率	80～85%	70～80%
所内電力消費率	20%	10%
メンテナンス費用	¥2～3/kWh	¥5～10/kWh
有資格者		
電気主任技術者	必要	500kWh 未満は不要(委託要)
ボイラー・タービン主任技術者	原則不要	不要
常時監視	必要	原則不要(兼務)
欧州における年間稼働時間	8,000 時間	7,500 時間

(出所) 株式会社 PEO 技術士事務所提供資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## (参考) ORC の作動媒体の種類

ランキンサイクルに使用される動力媒体には様々な種類が存在し、それぞれに特徴が異なる。水とアンモニア以外は炭化水素類である。水と区別するために有機媒体、すなわち Organic を使用するランキンサイクルを Organic Rankine Cycle と呼び、略して ORC と称している。

水と比較すると ORC には低沸点の媒体が多いことと、媒体の分子量が大きいという特徴がある。低沸点であることは低温熱を熱源として利用する際に適しており、分子量が大きいことは蒸発後の気体密度が大きいことにつながり、水蒸気よりも簡便なタービンで発電可能というメリットがある。一方でエアコン等の冷媒として多用されている HFC-245a（代替フロン）以外の有機媒体は可燃性が高く、日本の消防法では危険物という取扱いとなっている。アンモニアは人体への毒性も高いため、実際に動力媒体として使用しているケースは今のところ存在しない。

表 3.2.10 ランキンサイクルに使用される各種稼働媒体

媒体名		水	シリコンオイル	n-ペンタン	HFC-245a	アンモニア
記号	—	H <sub>2</sub> O	[(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Si] <sub>2</sub> O	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	CHF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>
分子量	—	18	162	72	134	17
沸点	°C@1atm	100	100	36	15.3	-33.3
密度	g/cm <sup>3</sup>	1.0@15°C	0.76@25°C	0.63@15°C	0.52@15°C	0.69@15°C
融点	°C	0	-68	-130	—	-77.7
比熱	kJ/kgK	4.2@15°C	—	2.3@15°C	1.5@15°C	4.7@15°C
引火点	°C	不燃	-6	-49	不燃	180
発火温度	°C	不燃	340	309	不燃	651
液化ガス	沸点<40°C	×	×	○	○	○
消防法	—	—	第4類第1石油類	第4類第1石油類	—	危険物

(出所) 三菱重工業株式会社提供 (株式会社 PEO 技術士事務所提供資料) よりみずほりサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

前述のサイクルにおいて、タービン入り口での動力媒体の温度が高いほど、すなわち高い熱源を使う媒体ほど発電効率は高くなる。復水器での冷却には水を用いることが一般的であるため、熱効率は熱源温度レベルで決まることになる。

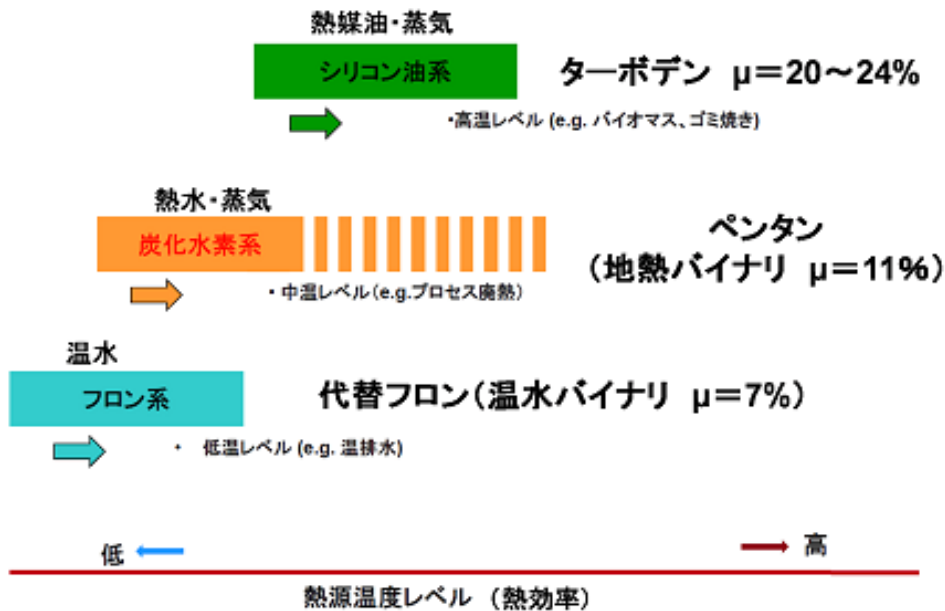


図 3.2.16 ORC における各種稼働媒体

(出所) 三菱重工業株式会社提供 (株式会社 PEO 技術士事務所提供資料)

「ランキンサイクルとは」で示したように、高いタービン前のエンタルピー  $h_1$ 、すなわち高い熱源を使う媒体の発電効率は高くなる。一方、復水器は水で冷却することが一般的であり、出口のエンタルピー  $h_3$  は下げる余地があまりない。結果として熱効率は熱源温度レベルで決まることになる。次表に各社の ORC 発電装置の熱源温度と発電規模、媒体の種類を示す。

表 3.2.11 ORC 各メーカーと作動媒体

メーカー	発電規模 kW	熱源温度 ℃	媒体	メーカー	発電規模 kW	熱源温度 ℃	媒体
富士電機	220～	135	イソペンタン	三井造船	150	70～250	HFC-245fa
IHI	20	70～95	HFC-245fa	日立造船	～2000	300～	シリコンオイル
	125	100～130			～2000	～250	代替フロン
神戸製鋼所	60	70～95	HFC-245fa	三機工業	125	中高温	HFC-245fa
	120	100～130					
川崎重工	250	80～120	HFE	アルバック機工	3	75～100	代替フロン
				Access Energy	125	135	HFC-245fa
三菱重工	700～5000	300	シリコンオイル	(第一実業)			
ターボデン		200	イソペンタン				
		～90	HFC-245fa	アネスト岩田	5.5	～90	HFC-245fa

(出所) 株式会社 PEO 技術士事務所提供資料

## (4) BTG および ORC に係る設備

### 1) 燃料供給搬送装置

#### 燃料供給搬送装置の概要

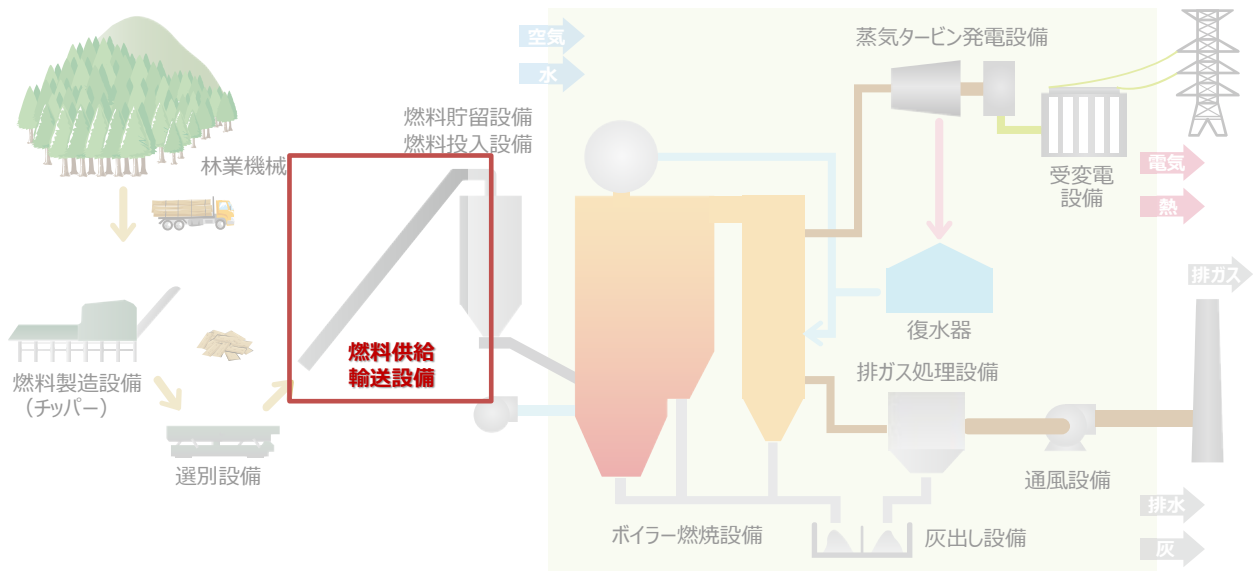


図 3.2.17 BTG 発電設備における燃料供給搬送装置（コンベヤ）の位置

(出所) みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

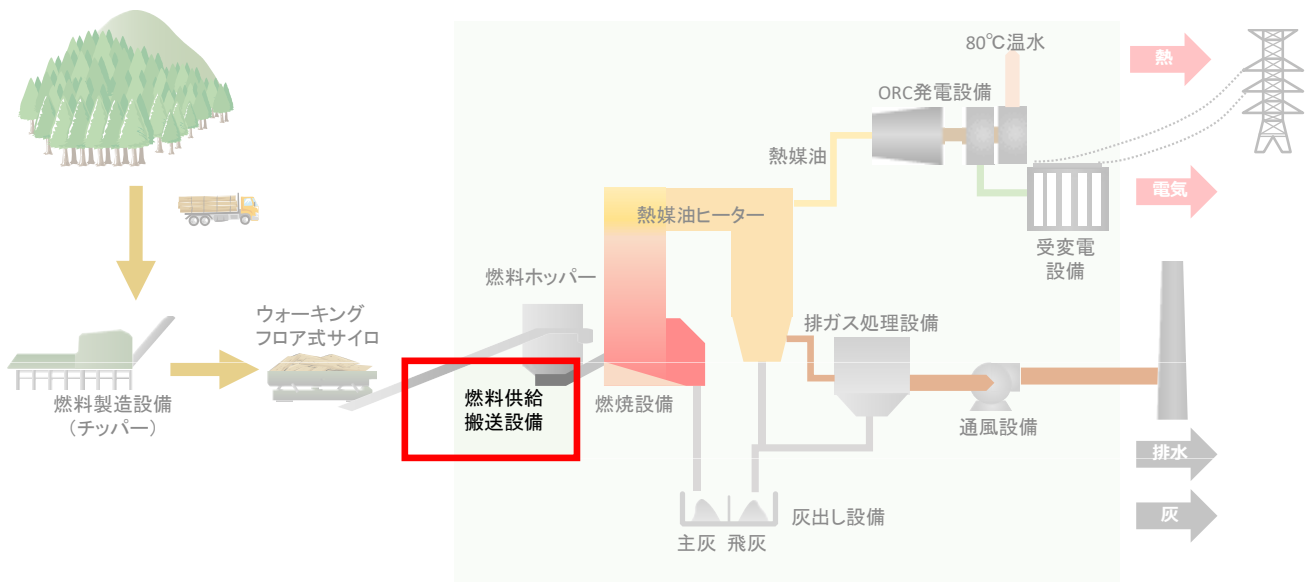


図 3.2.18 ORC 熱電供給設備における燃料供給搬送設備の位置

(出所) 株式会社 PEO 技術士事務所提供資料をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成



## 発電ボイラーの構造に適した搬送装置の選定

発電所が所定の電力を発電するためには、必要とするバイオマス燃料が安定的かつ一定量供給されることが絶対条件となる。したがって、ボイラーの定格出力を発揮させるには、燃料供給搬送装置の機種選定も重要となる。ボイラー燃焼設備の構造から、概ねいずれのボイラーのタイプでも高所から投入する必要があること、また、経済性を考慮してもコンパクトに配置する必要があるため、ボイラー燃料定量供給機までの搬送装置が急傾斜となることは避けられない。

先行事例では、ケースコンベヤ曲がり部での詰まり、底板の磨耗損傷およびチェーンの切断等のトラブルが確認されており、**計画時に細心の注意を払って機種選定することが重要**である。

## コンベヤの能力設計

燃料バイオマスは破碎後に容積が増加するため、**コンベヤの能力設計を行う際には、破碎後のチップのかさ密度（単位：t/m<sup>3</sup>）を用いて破碎後の重量および容積を算出する**必要がある。設定にあたっては、サンプル分析を行い、かさ密度の分析の結果、最も小さい値を用いて容量計算を、最も大きい値を用いて強度計算を行うのが望ましい。かさ密度は、密度測定に使用する容器のサイズや形状、容器への充填の仕方、容器内のチップの均し方などで測定値が変わるので、適用装置の使い方を勘案して、決めるのが良い。

## 搬送能力の設定

コンベヤの形状、構造の設計に際し、ボイラーの最大燃料消費量時（最大含水率における時間当たりの燃料消費量 t/h）の搬送できる能力を設定する。また、コンベヤの構造計算は、強度計算のかさ密度を採用することが望ましい。さらに、コンベヤは連続運転とは限らない。ホッパーレベルや運転中のボイラーの信号で間欠運転させるコンベヤもある。このようなコンベヤは 1 時間当たりの運転時間、すなわち運転率を考慮して能力を決める必要がある。

なお、**水分率が大きく変動するような燃料のケースでは、必要に応じて余裕率を見込む必要がある**ため、計画搬送能力は下記の計算式で算出する。

最大搬送能力 (t/h) × 余裕率 = 計画搬送能力 (t/h)





## バイオマス燃料の投入サイズ、こぼれ対策

メーカーや機種によって、燃料投入サイズ（単位：mm）の規定があるため、バイオマス燃料のサイズと整合を図る必要がある。また、コンベヤのトラブル時に詰まり箇所の特定制および修理が迅速にできるよう、コンベヤの点検が容易に出来る点検口や扉の設置が望ましい。さらに、コンベヤリターン部にバイオマス燃料が付着したり、搬送中に燃料がこぼれても日常を作業で簡単に清掃できるような対策を講ずる。

## 搬送装置（コンベヤ）の選択肢

以下に国内で採用されている主な搬送装置（コンベヤ）の種類を例示する。

表 3.2.12 主な木質系チップ搬送コンベヤの種類と特徴

選別機	① ベルトコンベヤ	② フレックスコンベヤ	③ フライトコンベヤ
外観			
構造	コンベヤベルトに棧付。 棧に木質系チップを引っ掛けて搬送。 	コンベヤベルトが箱状の小部屋構造。 箱状のベルト(フレックスベルト)で搬送。 	コンベヤが鋼板製の小部屋構造。 鋼板製の仕切り(フライト板)ごとに搬送。 
搬送対象材	木質系チップ、破碎・粉碎された廃プラスチック等	木質系チップ、破碎・粉碎された廃プラスチック等	木質系チップ、固形燃料等
適応水分率	木質系チップでは、乾燥材・生材も搬送可能	木質系チップでは、乾燥材・生材も搬送可能	木質系チップでは、乾燥材・生材も搬送可能
構造上の特徴	コンベヤベルトの棧に木質系チップを引っ掛けて搬送する。 木質系チップを引っ掛けて搬送するため、コンベヤ本体の傾斜は急傾斜にできない。 早いコンベヤ速度に設定可能。	コンベヤベルトが箱状の小部屋構造になっており、箱状のベルトで木質系チップを搬送する。 箱状のベルトのため、コンベヤ本体を急傾斜に設置することも可能。 早いコンベヤ速度に設定可能。	コンベヤが鋼板製の小部屋構造になっており、鋼板製の仕切りで木質系チップを搬送する。 鋼板製の仕切りで搬送するため、コンベヤ本体を急傾斜に設置することも可能。 鋼板製の仕切りはチェーン搬送構造。 チェーン搬送のため、コンベヤ速度は遅い。
メリット	シンプル構造のため、メンテナンスが容易。 搬送量が多い。	急傾斜設置が可能。 密閉構造のため、こぼれ落ちが少ない。 搬送量が多い。	密閉構造のため、こぼれ落ちが少ない 急傾斜設置が可能。 鋼板製のため、熱された鉄等に耐久可能。
デメリット	こぼれ落ちが発生する。 急傾斜設置が不可。	フレックスベルトの交換が困難。 イニシャルコストが高い。	コンベヤ速度が遅いため、搬送量が少ない。 チェーンおよび鋼板製の交換が困難。 イニシャルコストが高い。

(出所) 写真：株式会社御池鐵工所

## 2) 燃料貯留設備

### 燃料貯留装置の概要

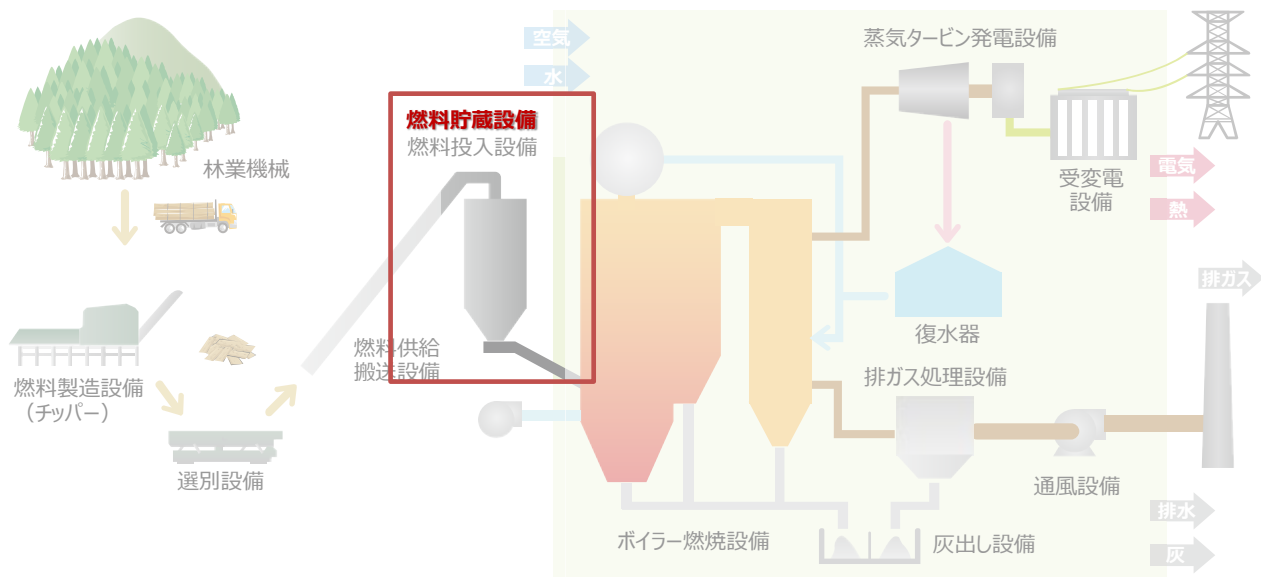


図 3.2.19 BTG 発電設備における燃料貯留設備の位置

(出所) みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

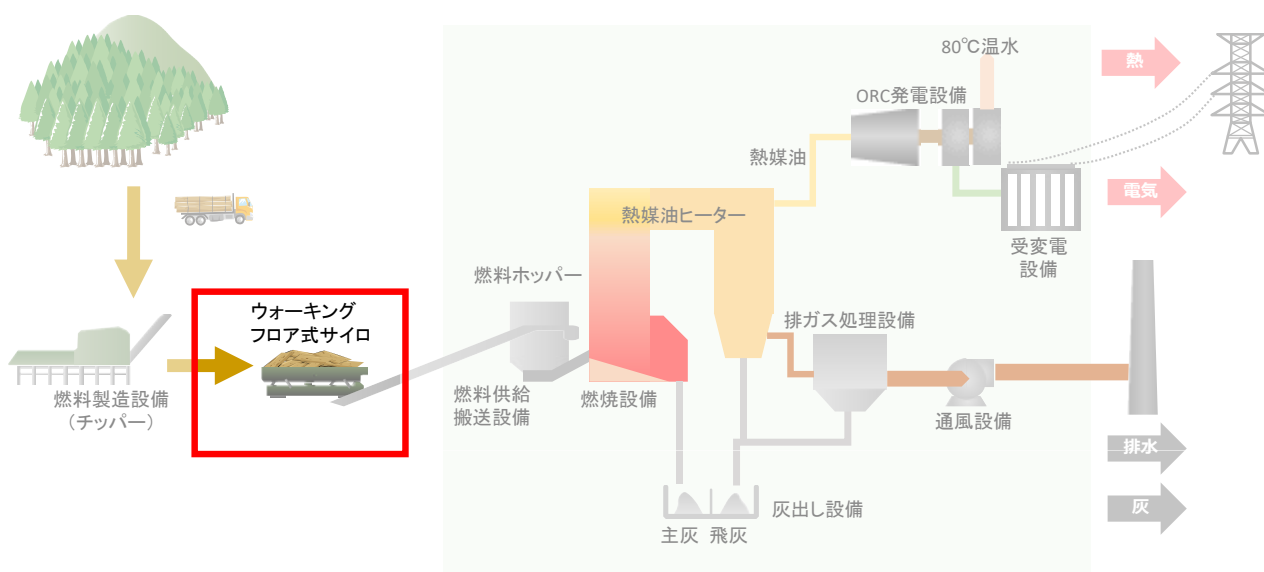


図 3.2.20 ORC 熱電併給設備における燃料貯留設備の位置

(出所) 株式会社 PEO 技術士事務所提供資料をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 貯留設備の設置時の事前検討

燃料貯留設備（サイロ）は、比較的大型の木質資源を燃料とする発電所等で採用されている。サイロは、燃料をボイラーの直近に貯留するためのもので、地上式および地下式等がある。先行事例では地上式が多く採用されている。

**比較的大型の発電所では必要とするバイオマス燃料の量も多く、重機等で投入するには多忙を極め、また夜間作業等も発生するので、必要量と必要時間に応じてサイロを設置することになる。**自動的に定量的に貯留したバイオマス燃料を供給搬送コンベヤ等へ切り出し、その操作は自動制御によって管理される。しかし、先行事例では**サイロ内でブリッジ等を起こす等のトラブル**が多く報告されておりサイロ設置には十分な事前検討を要する。燃料の受入と払い出しを平面サイロ上で同時に行うウォーキングフロア方式であれば、ブリッジトラブルの心配はない。

## 最大貯留量（単位：t）の設定

受入ホッパーの夜間使用分の貯留、破砕機の故障時の対応、燃料バイオマスの発熱量の均一化（丸太チップおよびリサイクルチップ物の貯留）等を踏まえ、**建設費、寒冷地条件、発電所の規模、運転管理条件などを総合的に勘案**して決定する。特に夜間等のオペレーションを具体的にイメージし、何時間分の燃料を貯留するのがよいかを設備メーカーによく相談したうえで設定する。

## ブリッジ（アーチング）発生のトラブル防止策

先行事例では、サイロ内でのブリッジ発生のトラブルや排出機の磨耗、噛み込みを起こし易い等の問題が表面化している。そのため、**サイロの採用にはこれらの問題点等に対応した計画**が望まれる。サイロの形状、燃料フィーダや切り出し装置の方式等について、十分な検討を要する。

## 寒冷地ではサイロの凍結対策

寒冷地では、冬季のバイオマス燃料投入作業の厳しさ、また夜間作業の危険性も考慮してサイロを設置しているケースが多い。その場合、**冬季にサイロ内の燃料が凍りつく危険性**もあるので、サイロのケーシングは保温し、サイロ底部はヒーターまたは温水等による凍結防止対策を講ずる必要がある。

### 3) 燃料投入設備

#### 燃料投入設備（ホッパー）検討時の留意事項

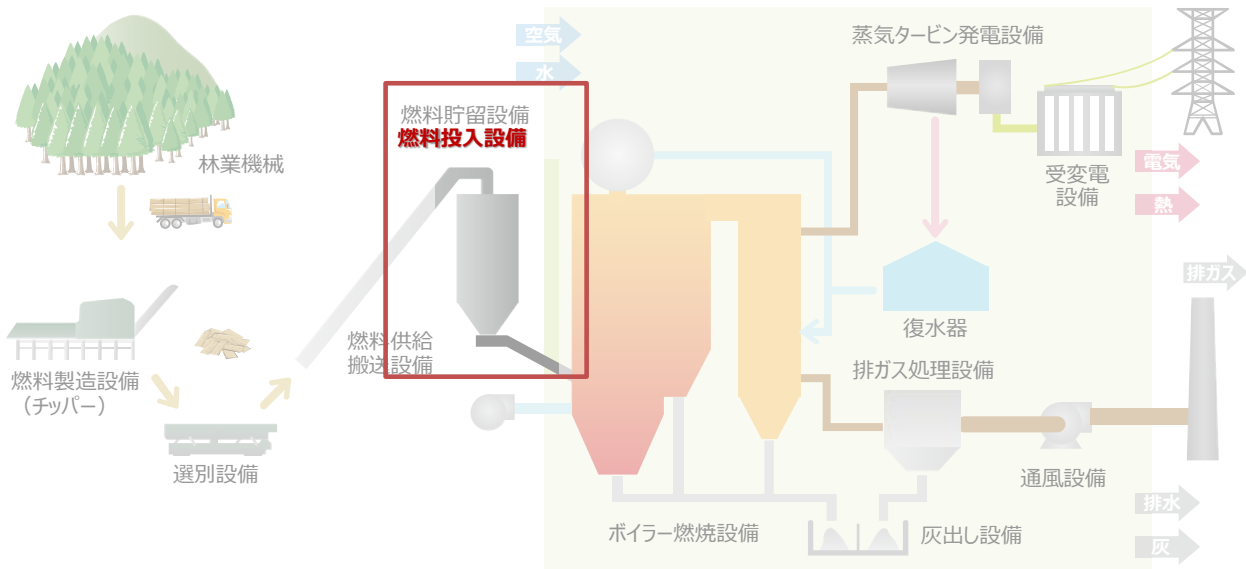


図 3.2.21 BTG 発電設備における燃料投入設備の位置

(出所) みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

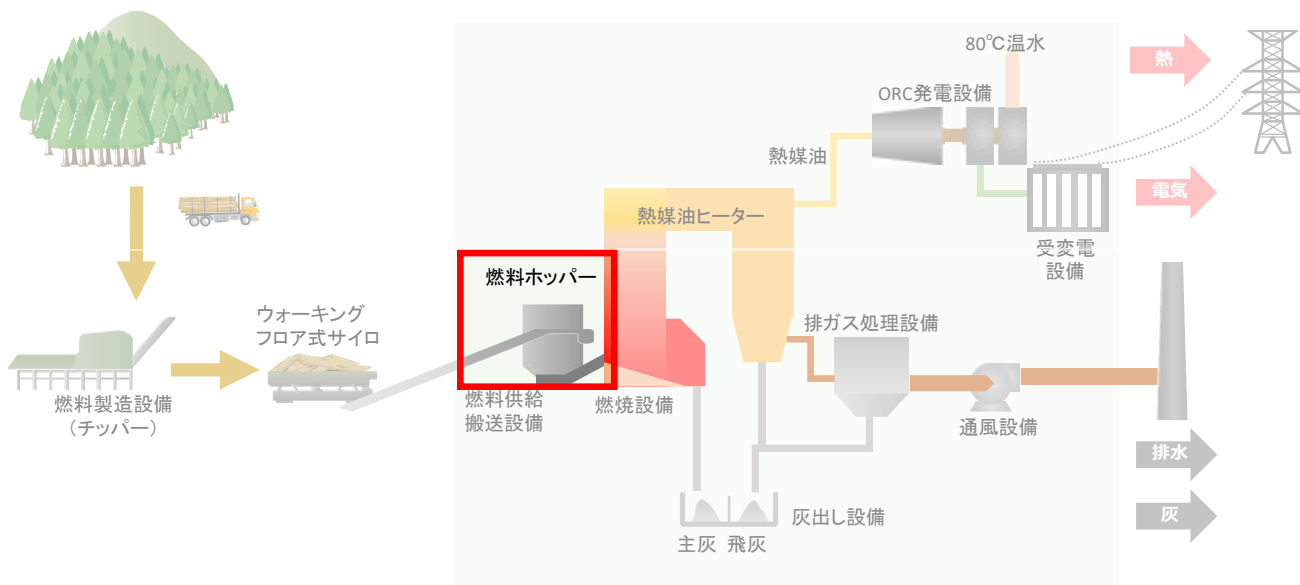


図 3.2.22 ORC 熱電併給設備における燃料投入設備（燃料ホッパー）の位置

(出所) 株式会社 PEO 技術士事務所提供資料をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 受入ホッパー設計時の留意事項（チップの場合）

受入ホッパーは、木質燃料チップを一時貯留してサイロまたは燃料搬送コンベヤに安定的かつ円滑に供給するために設置する。受入ホッパーへの木質燃料チップの投入は、チップ貯留ヤードからホイールローダー等の重機により行うのが一般的である。

なお、破砕機からの破砕チップをチップ搬送コンベヤにより搬送して受入ホッパーに直投する事例もあるが、この場合、チップ貯留ヤードからの搬送作業を除いて重機による投入作業は不要である。また、林地にてチップ化したバイオマス燃料を運搬車両により構内に搬入して、直接受入ホッパーに投入する計画事例もある。

その他、**受入ホッパーは、ブリッジ等による詰りがなく円滑に貯留でき、定量供給装置やコンベヤに供給でき、重機および搬入車によるチップ投入に対して衝撃に耐えられる堅牢な構造とする。**また、設備メンテナンスおよび受入ホッパー周辺に飛散したチップの清掃にも配慮した設計とし、必要に応じてブリッジ除去装置や付属機器としてレベル計および ITV カメラを設置することも有効である。

## 計画条件を踏まえた適正な容量の設定

ボイラーの最大燃料消費量分（最大水分率における時間当たりの燃料消費量 t/h）の貯留時間、重機によるチップ投入作業時間間隔、場外からのチップ搬入車両の直投貯留分、サイロ設置の有無、チッパーからのチップ搬送コンベヤによる直投等の計画条件を踏まえて適正な容量（単位：m<sup>3</sup>）を設定する。

なお、サイロが設置されておらず、夜間も重機による投入作業を行う場合は、夜間作業における安全対策に留意する必要がある。

表 3.2.13 サイロあり／なしの場合の受入ホッパーの容量設定

ケース	内容
サイロなし	重機によるチップ投入作業間隔および最大燃料消費量分(t/h)の貯留時間等により受入ホッパーの容量を決定する。搬入車が直接受入ホッパーに投入する場合は、最低1台分以上貯留できる容量が必要である。 容量の算定は、下記の計算式により算定することが望ましい。 チップ貯留時間をベースにした受入ホッパーの容量(m <sup>3</sup> )=[最大燃料消費量(t/時間)×貯留時間(h)]÷かさ密度(容積計算用 t/m <sup>3</sup> )
サイロあり	受入ホッパーからチップを供給するコンベヤ能力およびサイロからの払い出しコンベヤ能力等を踏まえて出し入れ量のバランスを検討して容量を設定する。 サイロ容量を最大燃料消費量分の10時間程度を確保した場合は、夜間における重機投入作業が不要となる。 先行事例でも、燃料消費量の1時間分、2時間分、4時間分、6時間分程度に計画しており、発電所によってバラつきが見られる。

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 4) 復水器

### 復水器の選定時の留意事項

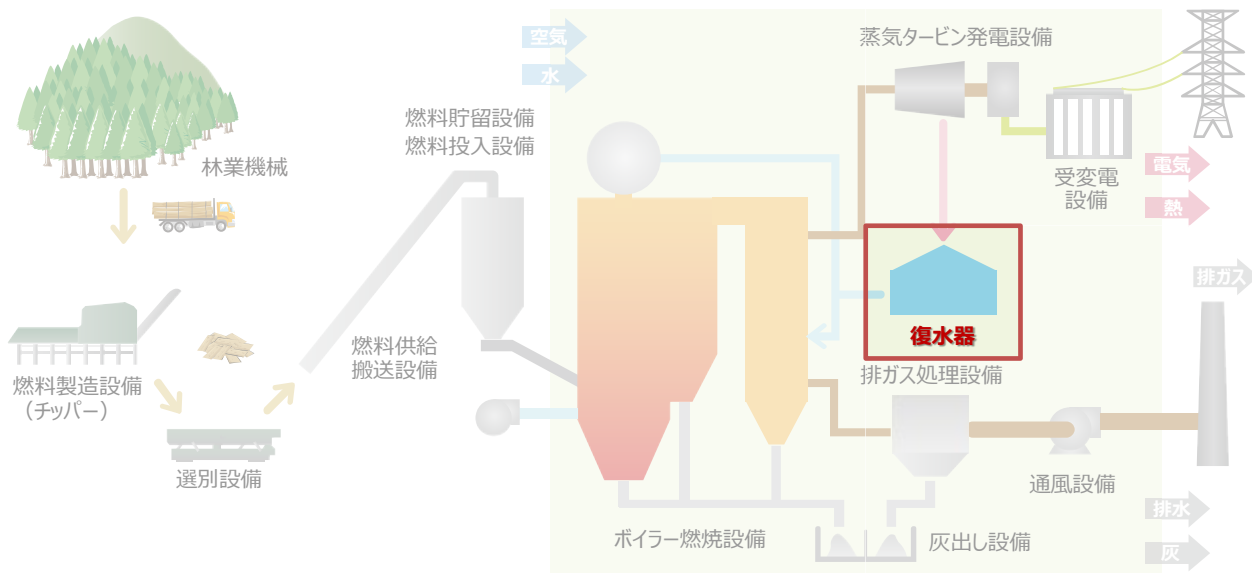


図 3.2.23 BTG 発電設備における復水器の位置

(出所) みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

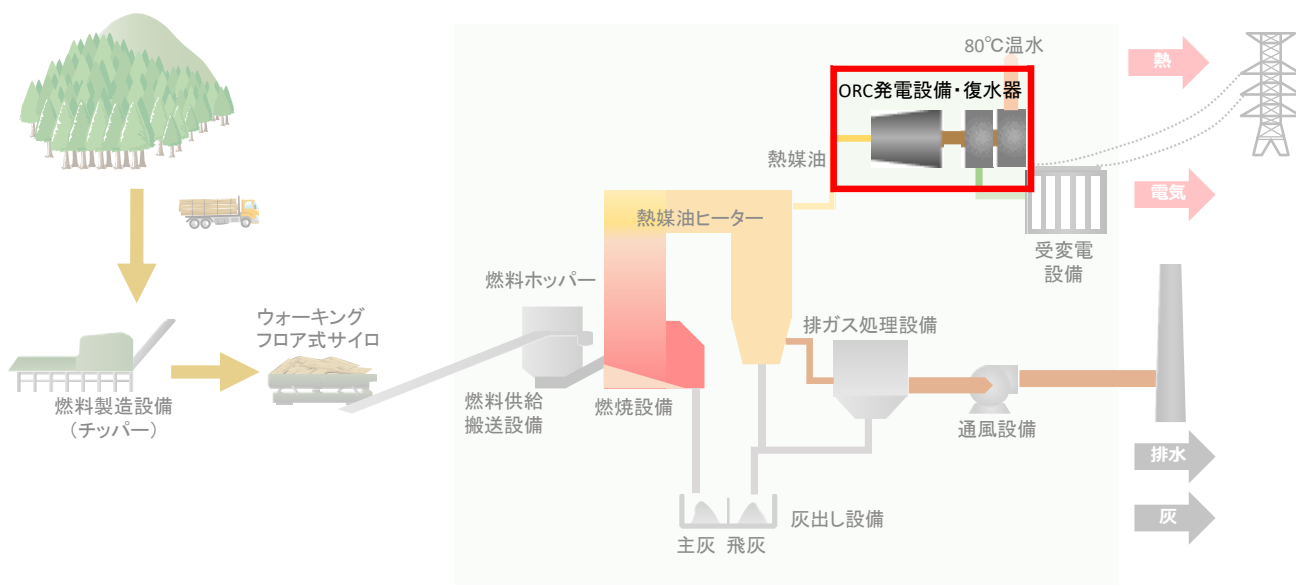


図 3.2.24 ORC 熱電併給設備における復水器の位置 (発電設備内に内蔵されていることが多い)

(出所) 株式会社 PEO 技術士事務所提供資料をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 復水器の選択肢

復水器は、復水蒸気タービン通過後の蒸気を復水に戻す設備である。復水器の形式には、水冷式および空冷式がある。

復水器の形式は、タービン出力、用水量の確保（井水または工水の有無）、設置面積、騒音対策、維持管理の容易性、建設費および運転コスト面等を総合的に比較して選定することが望まれるが、発電効率面においては、水冷式の方が空冷式より数%優れており、かつ設備費用も安いいため、**冷却水の確保が可能であれば水冷式の方が望ましい**。

一方 ORC 方式の発電設備の場合、復水器（正確には有機媒体を液化する装置）は ORC 発電装置に内蔵されている場合が多い。

表 3.2.14 復水器の形式と機能

形式	機能
水冷式	<ul style="list-style-type: none"><li>水冷式の一般的な構造は、円筒圧力容器側に蒸気、伝熱管側に冷却水を循環させて熱交換する方式。機器構成は、タービン装置の下部に水冷復水器を配置して熱交換後の戻り冷却水は冷却塔で冷却させて再び復水器側に循環する。</li><li>冷却塔は熱交換時に水が多量に蒸発する。冷却水の補給水など多量の水を必要とするため、井水または工水等が確保できることが採用の条件となる。</li></ul>
空冷式	<ul style="list-style-type: none"><li>空冷式は、伝熱管側に蒸気タービン排気蒸気を流し、冷却媒体である空気を管表面に接触させて冷却、凝縮する方式。水冷式と比較して熱伝達率ははるかに低いため伝熱管にフィンをつけて伝熱面積を大きくしている。</li><li>伝熱管の冷却は、送風機により強制的に空気を送風するため、冷却能力は外気空気温度により左右される。（これに伴い蒸気タービン出力も変動する）</li></ul>

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## それぞれの特徴に応じた対策が必要

空冷式の場合、復水器下部のファンから空気を送風して伝熱管を冷却するため、伝熱管上部から熱風が吹き上がる。この**熱風が上空に拡散しないで壁面を伝わって再び下部のファンに流入するリサーキュレーション現象が生じることがある**ため、配置および構造に留意して設計する必要がある。

また、水冷式の冷却塔や空冷式の送風機の騒音、振動対策が必要であるほか、水冷式は水蒸気の拡散が周辺に影響が生じないかの検討も必要である。

ORC 方式の場合は、熱媒体を冷却した温水は 80℃と高温であるため、これを熱利用して温度差 - 20℃で発電装置に戻す必要がある。全量利用出来ない場合に備えて冷却用のクーリングタワーを設置する。



## 能力計算にあたっては蒸気圧や温度等の設定が重要

復水器の能力計算にあたっては、蒸気圧や蒸気温度、外気温等の設定が重要となる。事業者は、**地域特性等を考慮した設計**になっているか設備メーカーに確認する。

表 3.2.15 主要な確認項目

項目	単位	項目	単位
復水器蒸気圧	kPa	外気温度	°C
復水器蒸気温度	°C	相対湿度	%
冷却水温度	°C		

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成



## 排ガス処理装置の方式と機能

バイオマス発電所から発生する燃焼排ガスは、**大気汚染防止法**でばいじん、窒素酸化物および硫黄酸化物について**排気筒からの排ガス基準値が定められている**。この排ガス基準値を順守するために排ガス処理装置を設置する必要がある。

また、バイオマス発電所で採用されている排ガス処理装置は、バグフィルター、電気集じん機、サイクロン方式がある。なお、サイクロンについては、補助的な集じん機として電気集じん機やバグフィルターと併用して設置している例がある。

その他、**燃料種や排ガス性状、設置場所等により、脱硫装置や脱硝装置が必要になる場合がある**。一般に木質バイオマスは塩素分がほとんどないため**ダイオキシン類は発生しにくい**が、**リサイクル材や竹など塩素を含む燃料ある場合は注意が必要である**。**燃料の組成分析を行った上で設備メーカーに確認しておくほうが良い**。

表 3.2.16 排ガス処理方式と機能

種類	機能
バグフィルター	<ul style="list-style-type: none"><li>バグフィルターは、排ガスがろ布を通過するときばいじんを捕集する方式であり、集じん効率は高い。ろ布表面にばいじんの捕集層が厚くなると、通気抵抗が大きくなるため、間欠的に捕集層を払い落とすようになっている。</li><li>払い落とし方法は、圧縮空気によるパルスジェット等がある。ろ布は、PTFE（ポリテトラフルオロエチレン）、ガラス繊維等が用いられている。</li><li>ろ布は、劣化するため数年に1回交換する必要がある。</li></ul>
電気集じん機	<ul style="list-style-type: none"><li>電気集じん機は、放電極と集じん極から構成され、放電極からのコロナ放電によりばいじんに電荷を与え、この帯電した粒子をクーロン力により集じん極に移動させて付着捕集する方式である。</li><li>付着したばいじんは、間欠的にハンマリングにより振動を与えて剥離落下させる。</li><li>集じん効率は、バグフィルターより劣るが通気抵抗は小さくなり通風上は有利である。</li></ul>

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## バイオマス燃料条件を踏まえた排ガス処理方式の選定

排ガスの性状は、バイオマス燃料の性状（間伐材、リサイクル材、バーク等）により、ばいじんおよび硫黄酸化物等の濃度が変化するため、**バイオマス燃料条件を踏まえた排ガス処理方式の選定**が望まれる。特に**リサイクル材およびバーク等を対象とした場合は、塗料および土砂が付着することが想定される**ため、ばいじん、硫黄酸化物および塩化水素等の濃度が高くなることがある。

この場合は、バグフィルターを採用して必要に応じて排ガスダクトに消石灰吹込み等による排ガス処理を導入している設備もある。

なお、バイオマス燃料条件の他の選定比較項目としては、用地面積、排ガス処理性能、プラントコスト、補修費、維持管理費、耐用年数、排ガス排出基準および公害防止協定等が挙げられる。

## 装置能力（ $m^3N/h$ ）の設定

排ガス処理装置の能力は、燃焼排ガス量が最大となるときにも適正に処理する必要がある。最大燃焼排ガス量は、燃料消費量最大時（燃料水分率が最大時）に発生するため、このケースにおける**最大排ガスを算定し、これを設計点にすることが望まれる**。

なお、この最大排ガス量に対して水分率の変動を考慮して**さらに 10～20%程度の余裕率を見込んで計画**することが望ましい。

## 各自治体の環境条例や公害防止基準等を順守する

排ガス排出基準値は、大気汚染防止法に基づいて設定するが、この他に自治体の環境条例および公害防止協定により上乗せ基準等が設けられている場合は、これらを踏まえて排ガス処理装置の計画を行う必要がある。

## 方式等に応じて構造を検討し、事業に適した装置設計とする

バグフィルターは、排ガス等による腐食に対して十分耐久性を有する材質および構造とし、ダスト搬出装置は十分な強度を有する構造とする、建設系チップおよびバーク等は土砂の混入により飛灰発生量が多いため、余裕を見込んだ装置容量とし、ろ布からの集じん灰除去は確実に払い落とせる機構とするなど、事業に適した装置設計とする。

## 6) 通風装置

### 通風装置選定時の留意事項

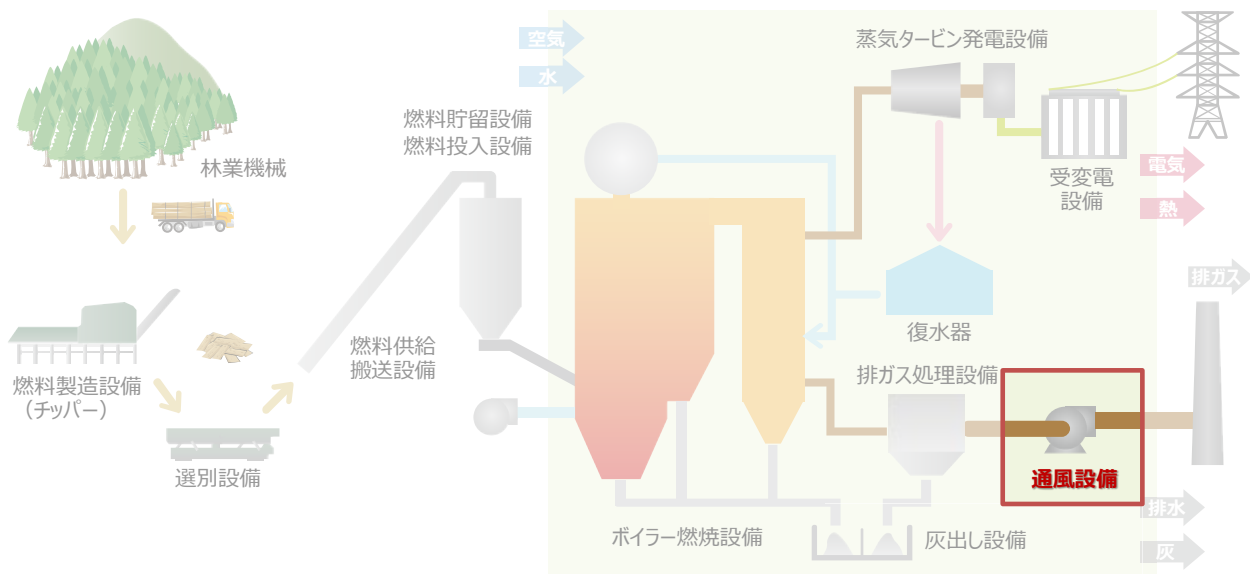


図 3.2.27 BTG 発電設備における通風装置の位置

(出所) みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

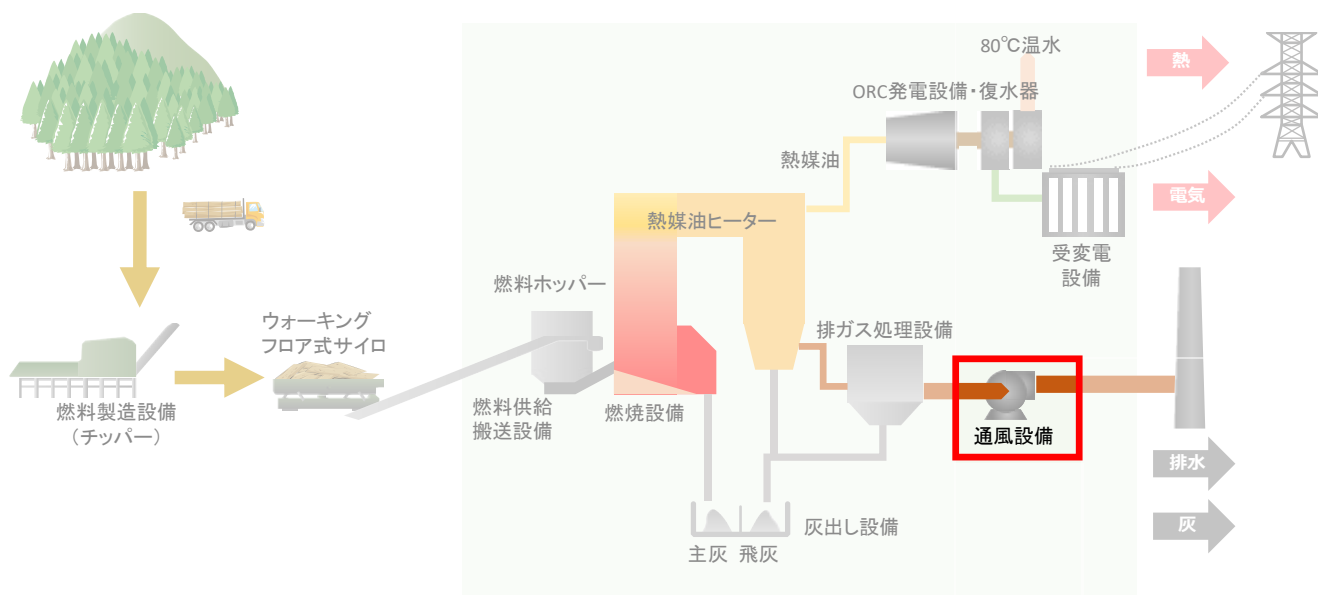


図 3.2.28 ORC 熱電供給設備における通風装置の位置

(出所) 株式会社 PEO 技術士事務所提供資料をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 通風装置の構成

通風装置は、燃焼用空気を供給する押込ファンおよび二次空気ファン、燃焼排ガスを煙突まで排気する誘引送風機および排気筒（煙道、煙突等）により構成される。

通風方式は、押込ファンと誘引送風機を併用して燃焼炉内の圧力を微負圧に保ちつつ運転する平衡通風方式である。

表 3.2.17 通風設備の構成と機能

種類	機能
押込ファン	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃焼用空気を供給するためのファンであり、ストーカー炉または流動層炉の下部から送られる一次空気と炉内の可燃性ガスを完全燃焼させるために燃焼室に吹き込む二次空気がある。</li> <li>流動層用の押込ファンは、砂を流動化させるための風量が必要となるため、電動機の容量はストーカー炉より大きくなる。</li> <li>例えば 6MW クラスの循環流動層の場合、燃焼ガス流速を大きくするために電動機容量を大きくしている。</li> </ul>
二次空気ファン	<ul style="list-style-type: none"> <li>空気を燃焼室内にノズル等から吹き込んで燃料バイオマスから発生する可燃性ガスとよく混合させて完全燃焼を行うために設置する。</li> <li>二次空気ファンは、空気予熱器により予め空気を昇温させて送気する方法もあり、この場合は燃焼ガス温度の低下を防止できる利点がある。なお、ストーカー炉では、一次押込ファンも空気予熱器により予め空気を昇温させて送気している施設もある。</li> </ul>
誘引送風機	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃焼排ガスを排気筒から排出させるための送風機である。</li> <li>誘引送風機の能力が不足した場合は、燃料の投入が制限されるため、定格の発電出力が達成できなくなる恐れがあり、重要な機器である。</li> </ul>
排気筒	<ul style="list-style-type: none"> <li>排気筒は、燃焼排ガスを大気に排出拡散するために設置する。</li> </ul>

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

上記に加えて NOx 防止と燃焼温度制御、空気比制御を兼ねた排ガス再循環ファン（EGR）を設ける場合がある。

## 通風設備の確認項目

事業者は、事業に適した設計になっているか設備メーカーに確認する。

表 3.2.18 主要な確認項目

項目	単位	項目	単位
電動機容量	kW	吐出圧力	MPa
一次押込ファン能力、 二次空気ファン能力	m <sup>3</sup> /min	排気筒高さ	m
誘引送風機能力	m <sup>3</sup> /min	排気筒排ガス吐出速度	m <sup>3</sup> /s

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 機器の設定における余裕率

押込ファンは最大風量に 10%～20%の余裕率を、誘引送風機は水分率の高い燃料を燃焼させた時に生じる最大湿り排ガスを送風できる能力に余裕率を見込んだ設定とする。また、それぞれの機器は付着ダストの除去や送風機の点検、清掃が容易

な構造とすることが望ましい。また誘引ファンはダストの付着や低温腐食により回転バランスが崩れることがあるため、振動計を設置して、常時監視することが望ましい。バランスが崩れた場合は清掃やバランシングウェイトによる調整を前もって行うことで不測のトラブルに備えることができる。

## **耐食性の考慮**

排気筒は硫黄酸化物による K 値規制やダウンウォッシュ、ダウンドラフト対策、ボイラーの高さ、建屋による影響、気象条件および周辺地形条件等を踏まえて決定する。また、排気筒先端部は腐食防止のために SUS 製等耐食性に優れた材料を採用し、排気筒下部には、掃除口およびドレン抜きを設け、**中段部には排ガス測定口、安全かつ容易に測定できる作業床、手摺、梯子および歩廊等を設置する必要がある。**





## ボイラー形式別の灰出し装置の種類

灰出し装置は、焼却主灰出しコンベヤ、飛灰搬送コンベヤ、焼却主灰貯留ホッパー、飛灰貯留ホッパー、飛灰加湿機等から構成される。**ボイラーの形式によって灰出し装置の種類が異なる**ため、即した装置を選定する。灰出し設備の種類と機能の概要を次表に示す。なお、ORC 発電装置ではストーカー炉の灰出し設備に準ずる。

表 3.2.19 灰出し設備の種類と機能

種類	機能
ストーカー式ボイラー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃焼に伴って焼却主灰と飛灰が排出されるが、燃焼主灰は、燃焼室のストーカー下のコンベヤにより燃焼主灰貯留ホッパーに搬送される。</li> <li>・ 飛灰はボイラーおよび集じん装置から排出されて、それぞれのコンベヤにより灰貯留ホッパーに搬送される。</li> </ul>
バブリング流動層式ボイラー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ バイオマスの燃焼灰は大変細かい粒子になって排ガスとともに排出され集じん装置で回収される。</li> <li>・ 燃焼炉下部から砂と不燃物が排出され、選別後に砂は砂貯留槽に貯留した後に随時流動層内に戻るのが一般的なフローである。不燃物は、燃料の性状にもよるが小砂利および金属類が排出される。</li> <li>・ リサイクル材は、家屋の解体等により釘等の金属が含まれており、必要に応じて磁選機を設置する場合もある。パークおよびリサイクル材は、土砂の混入が多い場合があり、流動層ボイラーの場合は、これらの土砂により層内の砂が多くなり、余剰砂として外部に排出処分する事例もある。</li> <li>・ 例えば 10MW クラスの場合、年間の灰発生量は、飛灰 3,000 トン、不燃物 1,550 トン程度の発生量となるが、燃料はリサイクル材を含んでいるため、間伐材を主体とした燃料より発生量が多いと推察される。</li> </ul>
循環流動層式ボイラー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 循環流動層式ボイラーは、燃焼炉下部から砂と不燃物が排出され、また、焼却灰は排ガスの集じん機で集められる。その後の扱いはバブリング流動層式ボイラーと同様である。</li> </ul>

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 燃料の種類、性状の事前調査

灰出し装置は、燃料中の灰分および土砂、金属等の混入可否を踏まえて発生量を把握して装置を計画するため、**燃料の種類（間伐材、リサイクル材、パーク等）、性状を事前に調査する**必要がある。なお、リサイクル材を燃料にする場合は、釘等の金属および土砂が含まれているため、**必要に応じて磁選機の設置について検討する**必要がある。燃料押込式のストーカー炉を採用している ORC 発電装置では、異物対応範囲が広いいため、原則磁選機などは不要である。また、**灰の発生量は、燃料の 3 成分（可燃分、灰分、水分）に基づいて、物質収支を検討して把握する**。

## 灰の処分費の考慮

燃焼主灰および飛灰は、産業廃棄物として適正に処理・処分する必要があるが、この処理・処分には、**委託処分費用が生じる**。その費用を軽減する方策としては、**灰をコンクリート固化して、森林組合所有の林道に路盤材として再利用**している事例もある。**再利用を計画する場合は、灰固化装置についても予め計画に含めておく必要がある**。ただし、再利用などは有害物質が含まれていない場合に限る。

## 灰コンベヤ類や飛灰ホッパー等の周辺機器の対策

灰コンベヤ類は粉塵の発生を防止するために密閉型とし、気密を保ち、燃焼灰および飛灰を途中で閉塞することなく搬送できる能力および構造とする。飛灰ホッパーは灰固結や結露への対策（ヒーターの設置）、詰まりやブリッジが生じないような対策を講じるなど、**灰の発生状況や性状に応じて適切な対策**を検討する。また、処分時の飛散防止として散水（加湿）が必要な場合もある。

## 8) 用水・排水処理

### 用水設備検討時の留意事項

#### 用水設備の構成

用水設備は、発電所が円滑に稼働するために必要な用水を給水する設備であり、用途別にはプラント用水および生活用水に区分される。設備は、受水槽、純水製造装置<sup>5</sup>、ポンプ類（揚水、送水）、復水器冷却塔（空冷式復水器は設置不要）、機器冷却塔、水槽類、配管および弁類、井水設備（必要に応じて設置）等から構成される。その他、水源によっては過装置も必要となる。これらのうち、特に水冷式復水器では、大量の用水を必要とする。

なお、ORC 発電装置の場合は純水を使用しないため、純水装置と復水器は不要である。

表 3.2.20 用水設備の構成と機能

構成	機能
受水槽	<ul style="list-style-type: none"> <li>プラント用および生活用があり、それぞれ独立して設置する。</li> </ul>
純水装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>ボイラー用水を製造するための装置であり、原水中に含まれている不純物により水管等の腐食、スケールを防止するために設置する。</li> <li>純水処理装置は、一般的にイオン交換樹脂方法が採用されている。</li> </ul>
ポンプ類	<ul style="list-style-type: none"> <li>受水槽から各機器に送水するためのポンプ類および水冷式復水器を冷却するために、冷却塔用の循環ポンプが必要である。</li> </ul>
水冷式復水器冷却塔	<ul style="list-style-type: none"> <li>蒸気タービンの水冷式復水器を採用した場合に、循環水を冷却するために必要な装置である。</li> </ul>
機器冷却塔	<ul style="list-style-type: none"> <li>各機器を循環水により冷却するために必要な装置である。</li> </ul>

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

#### 事業に適した設計の確認

事業者は、事業に適した設計になっているか設備メーカーに確認する。

表 3.2.21 主要な確認項目

項目	単位	備考
受水槽	m <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プラント用受水槽の容量は、断水等の緊急時に対しても問題が生じないような容量を確保する必要がある。</li> <li>発電出力の規模により異なるため、系統別に水量計算を行い、最大水量、水槽、ポンプ等の容量を設定する。</li> <li>生活用水は、建築給水設備を踏まえて必要給水量を設定する。</li> </ul>
給水タンク	m <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>容量は使用水量に対して十分な容量を確保する。</li> </ul>
純水装置	m <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>純水製造日量能力は、最大蒸発量および純水使用量をふまえて十分余裕を見込んで設定する。</li> </ul>
ポンプ類	m <sup>3</sup> /min ・MPa	<ul style="list-style-type: none"> <li>ポンプの能力および必要静圧は余裕率を見込んで設定する。</li> </ul>
薬品タンク	m <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>薬品の搬入車両、容量を踏まえて必要容量を設定する。</li> </ul>
冷却塔	℃	<ul style="list-style-type: none"> <li>冷却水入口・出口温度、外気温度、相対湿度を設定する。</li> <li>スケールおよびスライムの薬注ポンプと薬剤タンクの容量を計画する。</li> </ul>

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

<sup>5</sup> 硬度成分(Ca、Mg)を Na に変換する軟水装置を指す場合もある。

## 建設用地に供給可能な給水の調査

上水道、工業用水、井水が対象となるが、特に井水は、周辺地域の既設井戸の用水量、水質を確認して、建設用地に井戸が設置可能か検討する。

## 最大水量、水槽、ポンプ等の容量の設定

プラント用水は、復水器の形式（水冷式および空冷式）により必要用水量が異なる。ボイラー水、復水器冷却塔および機器冷却水等が給水の対象であり、必要用水量は発電出力の規模により異なるため、**系統別に水量計算を行って最大水量、水槽、ポンプ等の容量を計画**する。

工業用水または井水が利用できる場合は、水冷式復水器の採用が可能である。井水利用のケースでは、多量の揚水が可能かどうか検討する必要がある。

なお、**井水は年々、揚水量が減っていく場合があるので、近隣の井戸の揚水状況や井戸堀業者の意見を聞いておくことも必要**である。生活用水は、建築給水設備を踏まえて必要給水量を計画する。

## 事前の水質検査

工業用水および井水を使用する場合は、配管内のスケール、スライムおよび再循環水による塩類濃縮等の問題が生じたり、井水は、除鉄、除マンガン、ろ過等の前処理が必要な場合もあり、事前に水質を検査する必要がある。

また、**機器冷却水は循環利用するため濃縮によりスケールおよびスライム等が発生する恐れがあるため、原水水質を確認して軟水処理の必要性を検討**する必要がある。

## その他設備の必要措置

給水タンクやポンプ類、薬品タンク、冷却塔についても、**寒冷地の場合に凍結防止対策を講じたり、点検、清掃が容易な構造とすることが必要**である。また、必要に応じて自動制御装置や故障時のバックアップ設備を用意することも検討する必要がある。

## 排水処理設備の選定時の留意事項

### 排水処理設備の構成

排水処理設備は、**発電所から排出された排水を放流基準値まで適正に処理**するために必要な設備である。排水の種類は、プラント系排水（ブロー排水、純水装置逆洗水、冷却塔ブロー水等）および生活排水である。

排水処理設備は排水貯留槽、ブロー排水タンク、中和装置、ポンプ類（送水、放流等）、放流タンク等から構成される。

なお、ストーカー式ボイラーでは、炉下から排出される焼却主灰を水封コンベヤにより加湿冷却して場外搬出する場合がある。水封コンベヤ内の水封水は、灰持ち出し水分の不足分を補給する。

生活排水は、建築基準法による浄化槽を設置して処理して放流する。また、公共下水道が整備されている地域は、直接放流とする。なお、ORC 発電装置ではブローは必要ないためブロー排水は生じない。

表 3.2.22 排水処理設備の構成と機能

構成	機能
排水貯留槽	プラント系排水を貯留して後段の中和装置の処理流量を調整するために設置する。
ブロー排水タンク	ボイラーブロー水を貯留するために設置する。
中和装置	プラント系排水は、おもにブロー排水のため無機系であり有機物は含まれていない。このため、pH 調整により放流基準値以下に中和処理して放流するための装置である。
ポンプ類 (送水、放流等)	排水貯留槽から中和装置等に送水するためのポンプおよび処理水を放流するためのポンプである。
消毒・滅菌装置	排水条例等が定められている地域では、消毒または滅菌処理して放流する必要があるため、消毒・滅菌装置が必要となる場合がある。
放流タンク	処理水を貯留するために設置する。

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 事業に適した設計の確認

事業者は、事業に適した設計になっているか設備メーカーに確認する。

なお、排水処理は、無機系排水のため一般的に中和処理方式を採用しているが、**公害防止条例、公害防止協定等が制定されている地域は、放流基準値をクリアできる処理方式を選定する必要がある**。その他、ポンプ類は自動制御運転とし、故障時のバックアップ用として予備機を設けることが望まれる。

表 3.2.23 主要な確認項目

項目	単位	備考
排水処理能力	m <sup>3</sup> /h	物質収支検討結果から原水排水量および水質を把握して処理フローおよび処理能力を設定する。 発電所出力および復水器の方式により異なるが、水冷方式で 6MW および 10MW の規模では 215m <sup>3</sup> 程度。
排水貯留槽容量	m <sup>3</sup>	発電所の稼働に支障が生じないよう十分な容量を確保する。
ポンプ能力	m <sup>3</sup> /min	ポンプの能力は、余裕を見込む。
ポンプ必要静圧	MPa	必要静圧は、機器・配管系の圧力損失に余裕率を見込む。

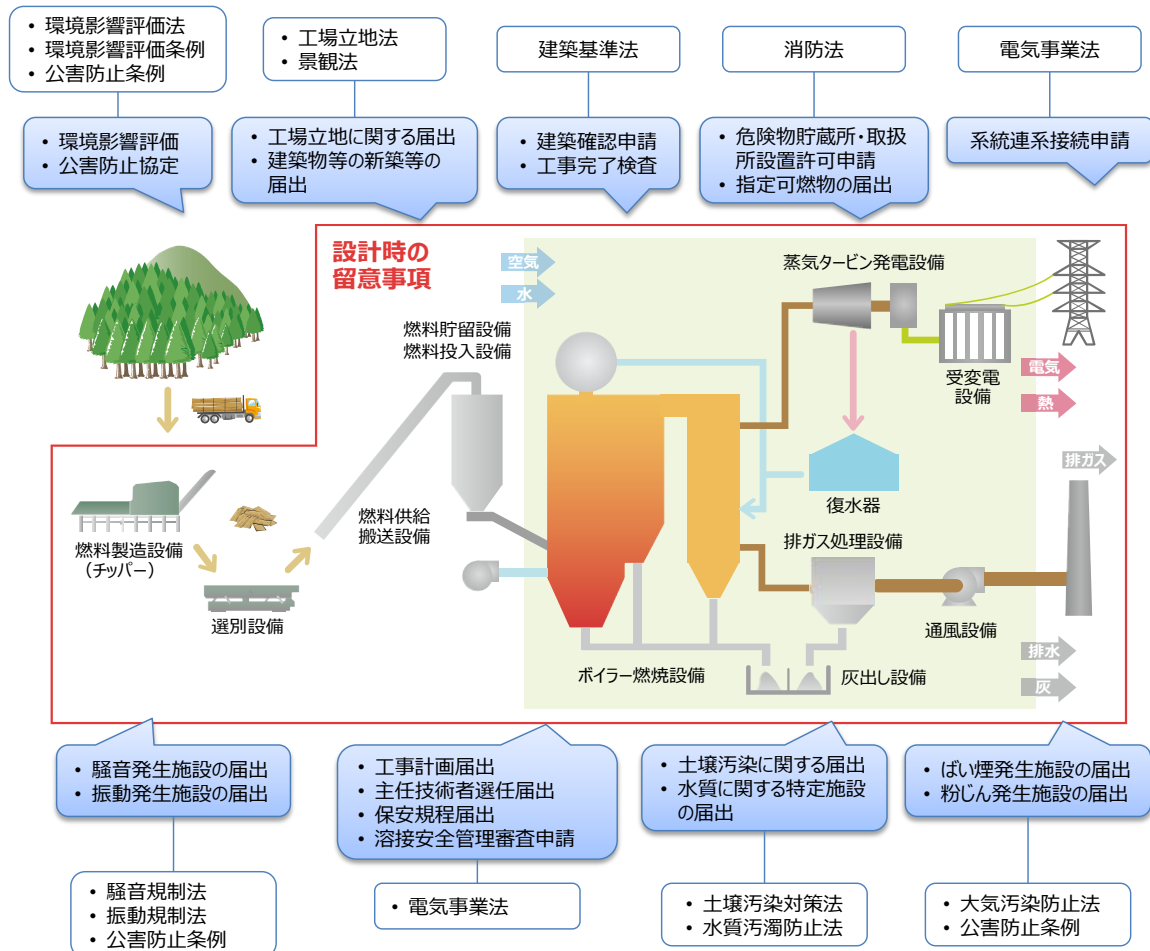
(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## (5) BTG および ORC に係る主な法律

事業に関わる**各種法規制は多岐にわたり、FS段階から許認可取得に向けた準備が必要**となるものもある。許認可取得が必要だということに**後から気づき、思わぬ費用が発生した事例**も過去に多数存在する。

また、**法律をクリアするだけでは事業実施できないケースも存在**することに留意する必要がある。例えば、悪臭や排ガスおよび水処理等に関する環境基準は、法律による基準値だけでなく、**条例で自治体が別途基準値を設定**している場合がある。

自治体の基準値を満たしていないことが**後から判明**すると、**設計時の機器選定や性能保証事項にも影響し、思わぬ費用増加につながる**。さらに、法律や条例の基準値を満たすだけでは**地域住民の理解を得られない場合**もある。



※熱供給事業の場合は、この他にボイラー・圧力容器設置届出（労働安全衛生法に基づく）等が必要となる

図 3.2.31 直接燃焼設備に関する法規制の全体像

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

表 3.2.24 原料調達に関連する法律一覧

関連法令	許認可・手続き等	手続きが必要となる場合	検討時期
森林法	森林計画制度における森林経営計画	FIT 制度において「間伐材等由来の木質バイオマス」区分での調達および売電を検討する場合	FS 段階
廃棄物の処理および清掃に関する法律	産業廃棄物収集運搬業の許可手続等	＜廃棄物処理業＞ 廃材処理費を徴収(逆有償)し、収集・運搬、処分を業として行う場合＜廃棄物処理施設＞一定規模以上の処理施設を設置する場合	FS 段階

表 3.2.25 エネルギー利用に関連する法律一覧

関連法令	許認可・手続き等	手続きが必要となる場合	検討時期
電気事業法	主任技術者の選任・保安規程・工事計画の届出 等	電気を供給する事業を行う場合(自家用でも同等対応が必要)	FS 段階
熱供給事業法	事業認可申請、供給規定認可・届出、導管工事計画届出、保安規程届出 等	熱を供給する事業を行う場合(加熱能力の合計が 21GJ/h 以上の場合)	FS 段階
エネルギーの使用の合理化に関する法律(省エネ法)	当該工場のエネルギー消費量に応じ一定人数(1~4 名)の「エネルギー管理者」を選任	第一種エネルギー管理指定工場に指定された場合(年間エネルギー使用量が原油換算 3,000kl 以上)	FS 段階

表 3.2.26 設備建設および設計に関連する法律一覧

関連法令	許認可・手続き等	手続きが必要となる場合	検討時期
建築基準法	建築確認申請・工事完了検査	建築物を建てる場合に申請。一定規模以上の建築物は適合性判定機関の審査も必要。	設計施工段階
消防法	危険物(取扱所、貯蔵所、製造所)設置許可申請書、消防用設備等着工届出書、予防規定認可申請書、危険物保安監督者選任届出書	潤滑油、非常用兼用発電機の燃料等が指定数量以上ある場合	FS 段階
高圧ガス保安法	高圧ガス製造許可申請、危険予防規定認可申請書、高圧ガス製造保安統括者等届出書、冷凍保安責任者届出書、特定高圧ガス取扱主任者届出書、高圧ガス貯蔵所設置許可申請書	(定義)常温で圧力が 1MPa 以上となる圧縮ガス等(製造)ガスを製造する能力が 100m <sup>3</sup> /日以上の場合(貯蔵)LPG 等の貯蔵量が 300m <sup>3</sup> 以上の場合(特定高圧ガス消費)LPG 等と 300m <sup>3</sup> 以上貯蔵・消費する場合	FS 段階
景観法	建築物等の新築等の届出	該当性および届け出内容、景観配慮の内容の確認	FS 段階
道路法	道路法に基づく車両制限	一般的制限値(最高限度):幅 2.5m、長さ 12.0m、高さ 3.8m、総重量 20.0t、軸重 10.0t、輪荷重 5.0t、最小回転半径 12.0m 等	設計施工段階
道路交通法	道路使用許可等手続	道路において工事、作業、祭礼行事を行う場合や工作物を設置する場合	設計施工段階
航空法	昼間障害標識設置物件の届出	煙突、鉄塔その他国土交通省令で定める物件で地表または水面から 60m 以上の高さのもの、航空機の航行の安全を著しく害するおそれがある場合	設計施工段階
電波法	伝搬障害防止区域における高層建築物等に係る届出	電波伝搬障害防止区域内に建築を予定している高層建築物(地表高 31m をこえる建築物)等が、重要無線通信に障害を及ぼすと判断される場合	設計施工段階
労働安全衛生法	共同企業体代表者届出書、総括安全衛生管理者専任報告、安全管理者専任報告、排熱ボイラー設置届出(報告)書、衛生管理者選任報告・産業医選任届出書・作業主任者選任届出書	(排熱ボイラー)発電用以外で、同法施行令で定義されたボイラーの場合	設計施工段階
港湾法	臨港地区の利用に関する届出	立地が港湾に近い場合、港湾法や条例における該当性、届出内容の確認	設計施工段階
労働基準法	労働者名簿、賃金台帳、時間外・休日労働に関する届出、就業規則(常時 10 人以上を使用している場合)等	労働者を雇い入れた場合	設計施工段階

表 3.2.27 プラント立地に関連する法律一覧

関連法令	許認可・手続き等	手続きが必要となる場合	検討時期
国土利用計画法	土地売買届出手続	土地売買等の契約を締結した場合 ・市街化区域:2,000m <sup>2</sup> 以上 ・市街化調整区域:全て ・都市計画区域:5,000m <sup>2</sup> 以上 ・上記以外の区域:10,000m <sup>2</sup> 以上	FS 段階
都市計画法	開発許可手続	開発行為をしようとする場合 ・市街化区域:1,000m <sup>2</sup> 以上 ・市街化調整区域:全て ・区域区分が定められていない都市計画区域および準都市計画区域:3,000m <sup>2</sup> 以上 ・都市計画区域および準都市計画区域外の区域:1ha 以上 ※再生可能エネルギー施設の建設にあたり、建築物の建築を伴う土地の区画形質の変更があれば開発許可が必要となるものであって、すべての再生可能エネルギー施設の建設が開発許可の対象となるわけではない。	FS 段階
土地区画整理法	土地区画整理事業の施行地区内における建築行為等の許可手続	施行地区内において、土地区画整理事業の施行の障害となるおそれがある土地の形質の変更若しくは建築物その他の工作物の新築、改築若しくは増築を行い、または移動の容易でない物件 <sup>*</sup> の設置若しくは堆積を行おうとする場合 ※その重量が5tをこえる物件(容易に分割され、分割された各部分の重量がそれぞれ5t以下となるものを除く。)	FS 段階
農地法	農地転用許認可手続	農地を農地以外のものにする場合または農地を農地以外のものにするために所有権等の権利を設定または移転する場合	FS 段階
農業振興地域の整備に関する法律		なお、農用地区域内の土地については、農用地区域から除外するために市町村の農業振興地域整備計画を変更しなければならない。	FS 段階
工場立地法	特定工場新設届出書、実施制限時間の短縮申請書	敷地面積 9,000m <sup>2</sup> 以上または建築面積 3,000m <sup>2</sup> 以上の規模の製造業等に係る工場を新設または変更する場合(水力、地熱および太陽光発電所は除かれている)	FS 段階

表 3.2.28 環境基準等に関連する法律一覧

関連法令	許認可・手続き等	手続きが必要となる場合	検討時期
大気汚染防止法	大気汚染に関する届出	熱供給事業、電気供給事業など、ばい煙発生施設を有する事業を行う場合 なお、電気事業法で規定される電気工作物において発生するばい煙を排出する場合には、上記手続に代わり、電気事業法に基づく届出が必要となる。	設計施工段階
騒音規制法	特定建設作業実施届出書	＜特定施設の設置＞ 指定地域内において工場または事業場(特定施設が設置されていないものに限る)に特定施設を設置しようとする場合 ※例えば、チッパーを設置する場合など。なお、特定施設が電気事業法で規定される電気工作物である場合には、上記手続に代わり、電気事業法に基づく届出が必要となる。	設計施工段階
振動規制法	特定建設作業実施届出書	＜特定建設作業の実施＞ 指定地域内において特定建設作業を伴う建設工事を施工しようとする場合	設計施工段階
水質汚濁防止法	水質に関する特定施設の届出	排水基準、特定施設としての該当性の確認	設計施工段階
土壌汚染対策法	土壌汚染に関する届出	要措置区域、形質変更時届出区域等の該当性の確認	設計施工段階
建設リサイクル法	資材リサイクル措置の届出	届出の該当性、届出内容の確認	設計施工段階
環境影響評価法	環境影響評価	計画出力が法で定める第一種および第二種事業に該当する場合に必要。地元条例も確認要。	FS 段階
公害防止組織機構に関する法律	公害防止統括者選任届出書、公害防止管理者等の届出	(公害防止統括者)常時従業員が 20 人以下の場合には不選任	設計施工段階
公害防止条例	公害防止協定の締結	自治体の公害防止協定の有無、協定内容の確認	設計施工段階

## ORC 設備導入における法的な留意点

ORC システムは現状電気事業法解釈上はボイラー汽力発電に相当するが、**国内設置例がほとんど無く B T G 発電方式のように法規制に係る監督官庁の見解例もない**のが実情である。

国内 1 号機であるバンブーエナジー株式会社では、設置事業者および工事請負者が法規制対応のために様々な試行錯誤を行っている。以下に電気事業法上の課題を列挙するが、**電気事業法上のボイラー汽力発電に該当しなければ、不必要**となる項目がほとんどである。ORC ボイラーは実際はボイラーではなく、炉内で熱媒油を加熱している ORC ヒーターでありボイリングは伴っていないため、将来的に別の新たなカテゴリーが創設される可能性もある。

### <ORC 熱電併給システムにおける電気事業法上の課題>

- 設計から設備稼働までの間に**工事計画書、溶接事業者検査、使用前自主検査、使用前安全管理審査の届出と実施**が求められており、相当の時間および費用が必要となる。また系外送電(売電事業)がない場合には、異常発生時に外部へ与える影響はほとんどないので、**届出や実施内容等の簡略化が望ましい**。
- 電気事業法上の溶接事業者検査は高温高压の蒸気ボイラーを念頭としている。一方**熱媒油ヒーターは低圧であり、立会検査は省略することが適当**である。労基法ボイラーと同様に製造段階でメーカ責任とできれば、設置者および工事請負者の負担軽減になる。
- 工事計画書の内容に沿って製作・据付工事・試運転を進めるが、**各段階で変更が発生すれば、変更届を提出する必要**がある。これが試運転完了後に一括変更届で済めば、届出業務の軽減化が図れる。
- 現状では電事法業務アドバイザーの指導が必須と考えている。

一方消防法上は、**熱媒油、シリコンオイル共に危険物（第 4 類石油類）に該当**する。熱媒油については、沸点を超えると危険なため、欧州の TUV の基準に則った安全装置が二重三重に具備されている。熱媒油温度は 313℃を超えると設備は非常停止し、緊急冷却器で緊急冷却する。

また停電時はバイオマスボイラーの燃焼はすぐには止まらないため、熱媒油ポンプは停電後も運転を継続しなくてはならない。そのために非常用発電機はもちろんのこと、**非常用発電機が起動するまでの 10 秒間をバックアップするための UPS（無停電装置）まで備えている**。

### <ORC 熱電併給システムにおける消防法上の課題>

- 熱媒ボイラーと ORC 発電機は、双方共に危険物取扱所指定となり、**3 m の保有空地を確保しての設置が必要**との消防署見解であった。このため設置面積が拡大し接続配管等の工事量が増加した。
- ORC 機器据付時に防爆仕様の要否の議論が生じたが最終的には「熱媒油の温度上昇を防止する措置等、安全が確保されている状態であれば技術基準上問題ない」という所轄経産局の見解を受けて非防爆仕様で可となっている。**所轄消防関係者に計画時の事前説明および設計完了時(機器類発注前)の届出前説明を十分に行い、齟齬の生じないようにする必要がある**。



## 熱供給事業を行うための審査要件

外部に対して 21GJ/h 以上の熱供給を行う場合は、熱供給事業法で定められている審査要件を満たす必要がある。熱供給事業として成立するためには、下記のような審査要件がある。

### <熱供給事業法における審査要件>

- ・ 不特定多数の顕在的な熱供給の要請に応じて開始されるか。
- ・ 熱供給施設の能力が供給区域の需要に応じることができるか。
- ・ 熱供給事業を的確に遂行するに足りる経済的基礎および技術的能力があるか。
- ・ 熱供給事業の計画が確実かつ合理的であるか。
- ・ 熱供給事業の開始が供給区域における日常生活または事業活動上の利便の増進のために必要であり、かつ、適切であるか。

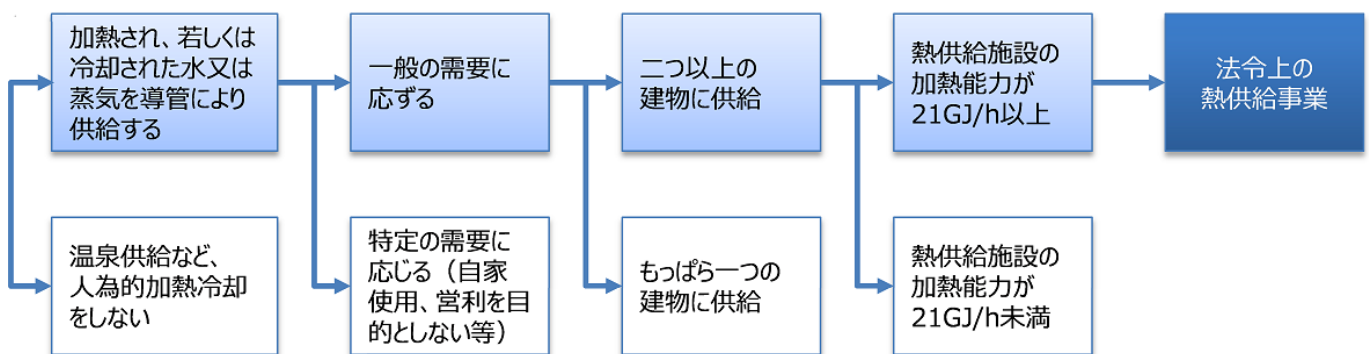


図 3.2.32 熱供給事業の成立要件

(出所) 経済産業省 HP「熱供給事業関連サイト」よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 各種規制に則った申請

熱供給事業を行うにあたっては、必要情報を記載して登録申請を行い、供給能力の確保、供給条件の説明、熱供給施設に係る保安規制等、熱供給事業法による規制に則り各種申請を行う。

表 3.2.29 熱供給事業登録申請書の内容

項目	内容
主たる営業所	名称、所在地
その他の営業所	名称、所在地
熱供給施設	ボイラー／ヒートポンプ／熱交換機／冷凍設備／温水または冷水の貯水槽の設置場所、種類、能力
輸送導管	設置の場所(区間、経過地)、内径、温水等の温度、温水等の圧力
他の者から温水等の供給を受ける場合における当該温水等の熱量等	契約の相手方の事業者名、事業者の所在地、契約締結日、契約期間、温水等の別、契約容量(GJ/h)
供給能力	温水等の別、供給能力(GJ/h)の内訳(熱源機器能力、蓄熱能力、他の者から調達する供給能力)
熱供給に対する需要	温水等の別、契約容量の見込み(GJ/h)、最大需要の見込み(GJ/h)
その他	事業開始の予定年月日、電話番号、電子メールアドレスその他の連絡先、その行う熱供給事業以外の事業の概要

(出所) 経済産業省「熱供給事業登録申請書」よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## ② 熱分解ガス化技術

### (1) システムの概要

現在日本で稼働中の木質バイオマス発電装置の 9 割はダウンドラフト式およびその類似であるため、典型的なダウンドラフト式ガス化システムのフローとして Volter40 のものを示す。メーカーによって多少の違いはあるものの、ダウンドラフト式ガス化の基本的構成はほぼ同じと考えて良い。

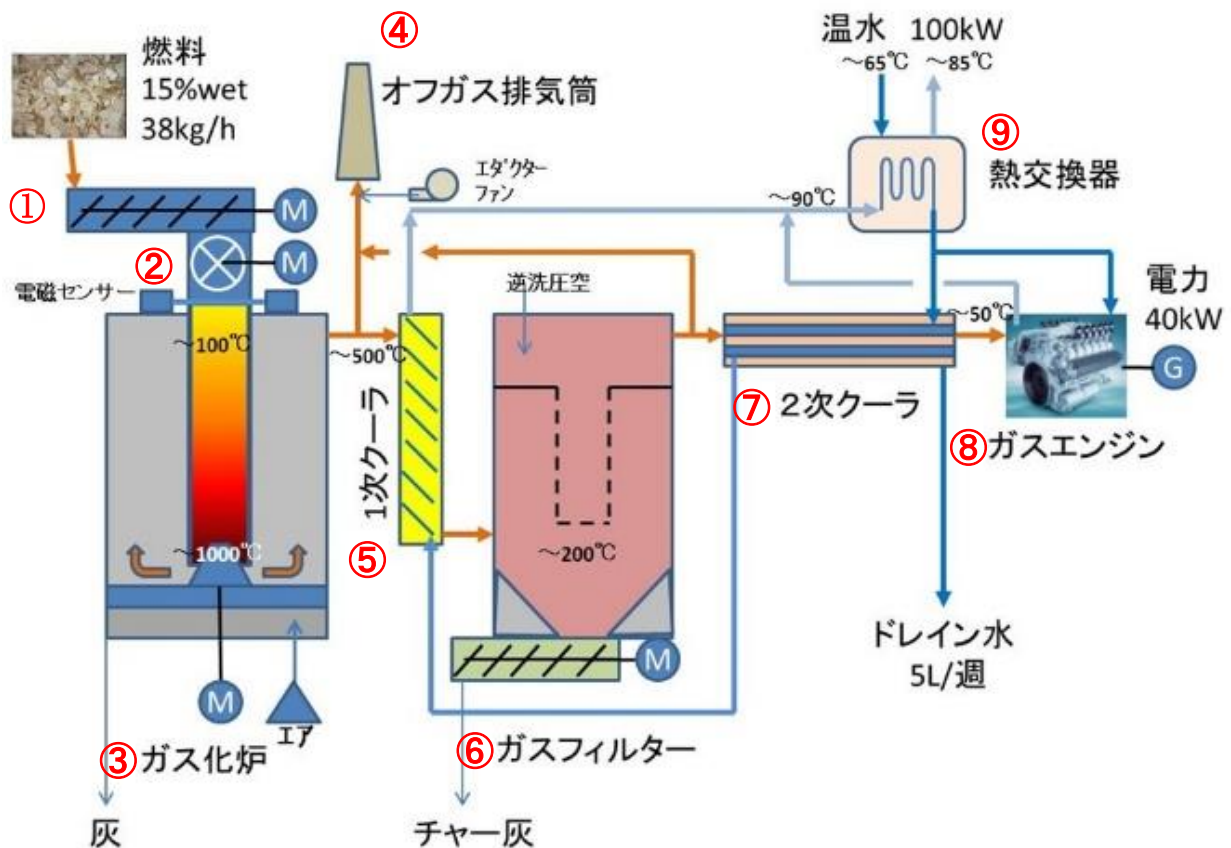


図 3.2.33 Volter40 の概略フロー

(出所) PEO 技術士事務所提供資料

#### ① 燃料投入スクリュー

ガス化炉内の燃料のレベルが常に一定となるようにスクリューが稼働して燃料を投入する。

#### ② ガス化炉入口シール弁

ガス化炉の中と大気を遮断するために、ガス化炉の燃料投入口にはシール機構のある弁が設けられている。この弁は以下の 3 種類に分かれる。

##### 1) ロータリーバルブ

モーターで回転駆動する。シール性に優れているが、燃料チップの形状によってはバルブに絡まり、廻らなくなることがある。また摩耗でシール性が徐々に劣ってくる。

## 2) ダブルゲート弁

空圧ゲート式のバルブを 2 段重ねにして片側ずつ開放することでシール性を確保する。ゲート弁間の間隔を大きくすることで、ある程度イレギュラーなチップサイズにも対応できる。シール性には優れているがサイズが大きくなり価格も高い。

## 3) ダブルダンパー

モーターで上下するフラッパー弁を 2 段重ねにして片側ずつ開放することでシール性を確保する。シール性は 3 つの中で一番劣るが、異物が絡まっても数回転かすことで復帰することがある。3 つの中で価格は一番安い。

ダウンドラフト炉は空気をガス化剤に用いているため、入口からの空気の漏れ込みはガス化条件を乱し、炉内温度降下、可燃ガスの熱量低下、タールの発生などを招く。したがって万が一シール弁のシール性が悪化しても炉内への空気の流入を防ぐため、入口部分のガス化炉内圧力をほぼゼロ圧から若干マイナス側に制御する例が多い。万が一高いプラス圧となった場合は入口から可燃ガスが外部に流出し危険なため、緊急停止させる例が多い。

## ③ガス化炉

一般的には底部に酸化層を持ち、ここに空気を吹き込むインバート型が主流であるが、炉内における空気の流れの均一性が要求されるため、各社工夫を凝らしている。

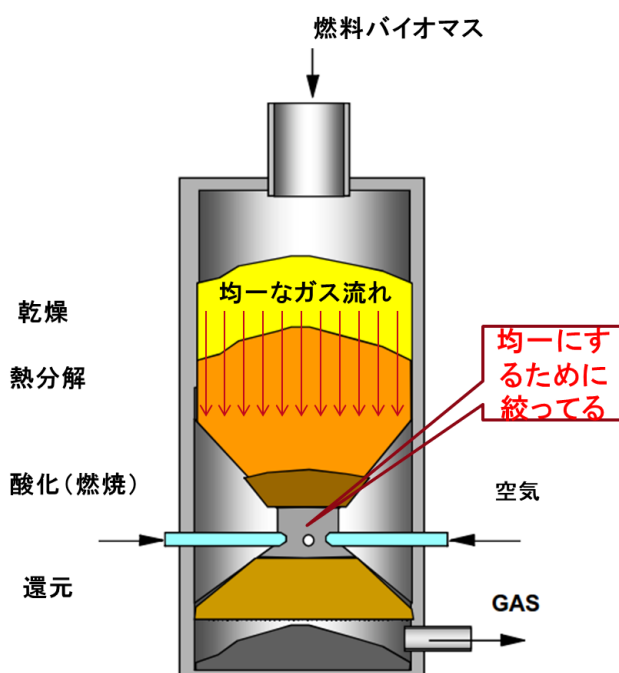


図 3.2.34 典型的なインバート型ダウンドラフト炉

(出所) PEO 技術士事務所提供資料

炉内の温度は入口と出口温度を見ていることが多い。ダウンドラフト炉は酸化層でタールを熱分解するため、この部分の温度が低下するとタールが分解出来ずに致命傷となる。ダウンドラフト炉はできるだけ乾燥されたチップが必要である。湿ったチップを投入するとタールが発生するのは水蒸気による温度低下が生じるからである。

還元層では吸熱反応により、さらに可燃ガス化が進行するが、ガス化できなかった C 分はチャーとして炉床から排出される。この排出が容易なように炉床はある間隔で回転出来るようになっているものが多い。

#### ④ オフガス炉（フレースタック）

ガス化炉立ち上げ時はガス化炉の温度が十分に上がっていないため、タール分の多いガスが発生する。タールは高温ではガス状で存在しているため、これをオフガス炉（フレースタック）で燃やすことで、後段のガス精製やガスエンジン部分が汚染されることを防止する。

#### ⑤1 次ガスクーラー

ガスをフィルターの耐熱温度まで冷却する外部に水を流した間接クーラーである。

後段の 2 次ガスクーラーの冷却水と連結して温水として熱回収する役割を兼ねている。ガス化炉で発生したススや残留タールが詰まりやすく、定期的に清掃する必要がある。

後段のガスフィルターに耐熱性の高い金属フィルターやセラミックフィルターを使用している場合はこの 1 次ガスクーラーは省略できる。

#### ⑥ ガスフィルター

ガス化炉内でタール（高分子の炭化水素）は CO、H<sub>2</sub>、C に分解される。このうち C は微粒子のススになる。またガス化炉内の木屑粒子も炭となって軽いものは生成ガスに同伴される。これをフィルターで捕捉してガスを綺麗にするフィルターである。フィルターは目詰まりを起こすのでフィルター前後の差圧を常に監視して、差圧が大きくなれば詰まってきたと判断し自動で清掃される。内側から高圧の空気（微量なら問題ではない）や窒素を吹いて飛ばす逆洗式や、フィルターが機械的に伸縮する蛇腹式などがある。またフィルターは寿命があるため、年に 1 回程度で交換するタイプが多い。

材質は一般的に耐熱性のある不織布が用いられている点は大きな発電所のバグフィルターと同じである。

またフィルターではなく水洗スクラバーにより、水でガスを洗って清浄化しているものもあるが、ススが大量のスカムとして発生することからこの処理が大変になる。ただ生成ガス内にタールが多い場合は、タールを除くには有効であるが、いずれにしても水処理が必要で複雑な設備になる。

#### ⑦ 2 次クーラー

生成ガスをガスエンジンが受入可能な温度（通常 50℃以下）まで冷却する。ガス中は木質チップ内の水分（乾燥チップと言えどもゼロではない）やガス化時に発生した水分を含むため、露点以上の水分はドレインとして回収する。

ここで水分を十分に回収できないとガスエンジン内で結露し、インタークーラーなどで腐食の問題を起こすことがあるため注意が必要である。

#### ⑧ ガスエンジン発電機

ガスはガスエンジンの自然吸気でガスエンジンに入れ込むタイプとガスエンジン手前にブースターファンを設けて押し込むタイプがある。さらにガスの平準化を図るため、ブースターファンの手前にガスホルダーを設けて一旦ガスを貯留する場合もある。

本図のものは一番簡単な自然吸気タイプとなっている。

ガスエンジンには高出力を出すためのターボ型とノーマルのノンターボ型がある。効率は前者の方が高いが、ターボチャージャーやインタークーラーなど複雑な部品が多く、特に木質バイオマス生成ガスのような清浄度が低い可能性のあるガスには注意する必要がある。メンテナンスや交換頻度が増すリスクが高い。効率より設備の安定運転性を重視するのであればノンターボ型を選定すべきである。

## ⑨熱交換器

ガスエンジンの排ガス温度は 400～500℃あるため熱交換器で熱を回収する。温度的には蒸気を回収することも可能であるが、欧州からの輸入ガス化システムはすべて温水回収となっている。さらに水冷エンジンの冷却水、ガスクーラーの冷却水と集合させ、温水エネルギーとして回収する。温水の使い道がない場合も、ガスクーラーと水冷エンジンの冷却水は冷却して循環する必要があるため、クーリングタワーなど何らかの冷却システムが必要となる。温水の使い道がない場合は、このクーリングタワーの動力は所内動力にカウントしなければならない。

### コラム：改正火技解釈への対応について

2019 年 2 月に起こった山形県上山市の木質バイオマスガス化発電装置の爆発事故の影響を受けて、2021 年 1 月に電気事業法の火技解釈が改正された。

具体的には“従来の火技解釈の「第 8 章 ガス化炉設備」に、「第 8 章の 2 バイオマス発電設備」が新設され、“第 102 条の 2”として規程が追加実施された<sup>6</sup>。（令和 3 年 1 月公布・施行）。

詳細の規定は別途参照されたいが、本項で示したような典型的な小型木質バイオマス発電設備の場合には、バイオガス製造設備等に見られるようなガスホルダーやガス導管に相当する部分がほぼないものが多いため、容器や導管に関わる電気事業法における技術基準の適用は問題とならないことも考えられる。

しかしながら運用面でオペレーターの省人化が進み、また保安技術スキルが期待出来ない状況下では、特に安全対策（防火対策、ガス滞留防止（建屋設計含む）、重故障時の緊急停止装置や遠隔警報システム）に触れている各規程には留意したい。

輸入品の場合、メーカースタンダード（例えば電気品（スイッチ、照明器具類）の防爆仕様）が国内安全基準と比較されて、従来より厳格に審査されることも予想しておくべきと考える。本件に関してはあくまで解釈について記載されているため、個別のシステムの適用の可否についてはメーカーやガス化技術の専門家と相談した上で、当該経産局と協議する必要がある。

<sup>6</sup> [https://www.meti.go.jp/policy/safety\\_security/industrial\\_safety/oshirase/2021/03/20210331-03.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/oshirase/2021/03/20210331-03.pdf)

## 熱分解ガス化の仕組み

バイオマスの熱分解によって製造されるガスは、主に一酸化炭素、水素、メタンおよび軽質の炭化水素ガス並びに窒素、二酸化炭素そして水蒸気から構成される。ガス化までの工程（ガス化プロセス）では液体（タール、油その他凝縮物）や、固体（チャー、灰）が副次的に生成される。

元々、ガス化プロセスは主に燃料や合成ガスを製造する目的で設計され、燃料として精製されたガスはガスエンジン、燃料電池その他発電機に使用される。また副次生成物はメタノールや FT 法による液体炭化水素等の化学物質合成に活用可能である。ガス化ガスは、燃焼させることにより既存の燃料と同様な活用が可能であるが、環境汚染対策や効率の点でより有利となる可能性をもっている。

ガス化プロセスは一般に 600～1,500℃の温度範囲で運用される。プロセスは全体として吸熱反応であるため、エネルギーを必要とする。外部熱源からの熱交換による間接加熱方式、少量の空気を加えて部分燃焼させる直接加熱方式、過熱水蒸気の注入を行う高圧水蒸気ガス化等の諸方法が存在している。蒸気の注入などを行う場合には生成されるガスの水素や一酸化炭素の濃度が高くなる。

原料がガス化されるプロセスは主として下表の反応式から成り立つ。

表 3.2.30 ガス化までの反応式

工程	反応式
燃焼	$C + O_2 \rightarrow CO_2$
	$H_2 + 1/2 O_2 \rightarrow H_2O$ (気体)
部分酸化	$C + 1/2 O_2 \rightarrow CO$
ガス化	$C + CO_2 \rightarrow 2CO$
	$C + 2H_2 \rightarrow CH_4$
	$C + H_2O$ (気体) $\rightarrow CO + H_2$
	$CO + H_2O$ (気体) $\rightarrow CO_2 + H_2$
	$CO + 3H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O$ (気体)
	$CH_4 + H_2O$ (気体) $\rightarrow CO + 3H_2$

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

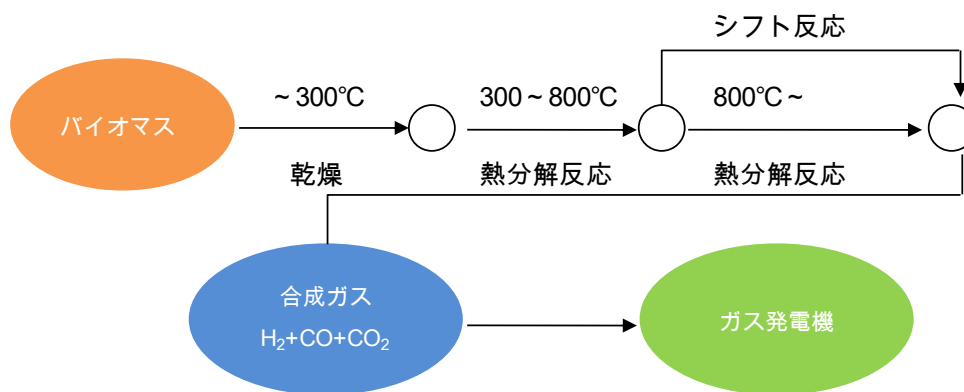


図 3.2.35 全体プロセス概要

(出所) 「Robert B. Williams, Stephen Kaffka. Public Interest Energy Research (PIER) Program DRAFT INTERIM PROJECT REPORT, Biomass Gasification - DRAFT」

前図に見るとおり、プロセスを成立させるために重要なことは、必要な化学反応を成立させる所定の温度であり、温度をいかに管理・維持するかが鍵となる。ガス化プロセスにより、合成ガス（Synthesis Gas）と呼ばれる製品ガスが得られるが、次図に示すように、ボイラー、エンジン、ガスタービン、燃料電池、化学原料等への適用の可能性があり、合成ガスの精製技術と相まって多くの適用可能性をもつ技術ということができる。

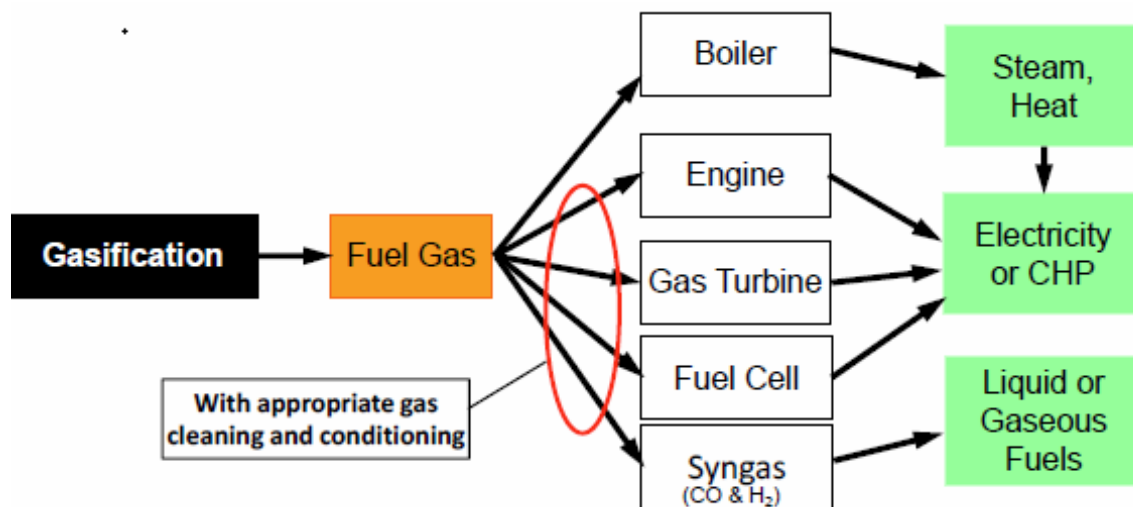


図 3.2.36 ガス化技術の適用

(出所) 「Robert B. Williams, Stephen Kaffka. Public Interest Energy Research (PIER) Program DRAFT INTERIM PROJECT REPORT, Biomass Gasification – DRAFT」

### (参考) ガス化炉の形式によるバイオマスガスの組成

空気流によるガス化炉は CO, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, 炭化水素, H<sub>2</sub>O, PM, アルカリ、窒素硫黄化合物と 40～50%の窒素から構成される比較的低発熱量のガスを生成する。窒素は希釈気体であり、空気ガス化の媒体となる。酸素流によるガス化炉の成分もほぼ同等となるが、窒素の濃度は非常に小さくなる。発熱量も大きくなる。

表 3.2.31 直接ガス化炉 バイオマスガス化の代表的組成

	空気供給時の生成ガス (vol.%)	酸素供給時の生成ガス (vol.%)	不燃焼-蒸気加熱による合成ガス(vol%)
CO	22	38	19
H <sub>2</sub>	14	20	20
CH <sub>4</sub>	5	15	8
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> 以上の高分子炭化水素	低	5	3
H <sub>2</sub> O	2	4	38
CO <sub>2</sub>	11	18	11
N <sub>2</sub>	46	微量	微量
その他	タール分、PM など		

(出所) Robert B. Williams, Stephen Kaffka. Public Interest Energy Research (PIER) Program DRAFT INTERIM PROJECT REPORT, Biomass Gasification – DRAFT」

ガス化炉の形式により温度条件が異なるため、バイオマスガスの組成は変わる。熱分解ガスの発熱量は、固定床式ガス化炉の場合 3.8～5.9MJ/Nm<sup>3</sup>、流動床式バブリング方式で 4.6～6.7MJ/Nm<sup>3</sup>、流動床式循環流動方式で 10.5～14.7MJ/Nm<sup>3</sup>、噴流式で 10.5～14.7MJ/Nm<sup>3</sup>、間接加熱、ロータリーキルン方式で 8.4～13.4MJ/Nm<sup>3</sup>とされる。



表 3.2.32 ガス化条件による精製ガス組成の相違

	単位	固定床式	固定床式 ダウンドラフト方式	噴流型ガス化 方式	ロータリーキル ン+改質炉	(参考)天然ガス (ブルネイ)
H <sub>2</sub>	%	10~19.15	18	10.8	37	—
CO	%	15~28.5	20.4	16.8	32	—
CO <sub>2</sub>	%	8~14.27	14.2	11.8	19	—
CH <sub>4</sub>	%	0.29~3.9	3.3	2.6	4	89.8
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> 等	%	—	—	—	—	10.2
N <sub>2</sub> 等	%	残り	44.1	58	8	—
低位発熱量	MJ/Nm <sup>3</sup>	5.5	5.9	4.2	9.2	40.2

(出所) Robert B. Williams, Stephen Kaffka. Public Interest Energy Research (PIER) Program DRAFT INTERIM PROJECT REPORT, Biomass Gasification – DRAFT]

一方、間接ガス化炉の場合は生成ガスに含まれる窒素量は少なくなるが、ガス化炉出口でのタール量が多い場合が多い。ただし、生成ガスの活用を考慮して、高温酸素改質法を採用して実用化している事例がある。高温酸素改質法とはタールを含む熱分解ガスに純酸素を付加し、1,100℃程度の高温状態で数秒間保持するものである。

表 3.2.33 間接ガス化炉の代表的なガス性状

項目	単位	ガス化炉出口 (改質前)	改質後 (1,100℃)	
ガス組成	H <sub>2</sub>	Vol%	20.2	30.1
	CO	Vol%	36.1	26
	CO <sub>2</sub>	Vol%	15.8	17.9
	CH <sub>4</sub>	Vol%	16.6	2.5
	N <sub>2</sub>	Vol%	5.6	17.9
	その他	Vol%	5.7	5.6
低位発熱量	MJ/Nm <sup>3</sup>	15.2	7.5	
タール	g/Nm <sup>3</sup>	25	0.005	
ばいじん	g/Nm <sup>3</sup>	11	<0.002	

(出所) 株式会社エヌ・ティー・エス「バイオマスからの気体燃料製造とそのエネルギー利用」

## (2) 各種方式

ガス化炉の形式には固定床式（アップドラフト方式、Burkhardt 方式、ダウンドラフト方式）、流動床式（バブリング方式、循環流動方式）、噴流型、二段式、ロータリーキルン式などがある。また高温の反応を実現する加熱方法により直接加熱方式、間接加熱方式の分類もある。ただし、間接ガス化炉の場合は表 3.2.30 の燃焼と部分酸化の反応は除外される。炉内圧力は大気圧もしくは高圧での運用がある。またガス化の媒体としては空気、酸素、水蒸気並びにそれらの組み合わせ等の事例がある。表 3.2.30 の反応式において  $H_2O$  による吸熱反応は水蒸気改質とも呼ばれる還元反応であり、後述するタール対策を考える場合重要な反応である。

### 1) 固定床式ガス化炉

#### ①アップドラフト方式

固定床式ガス化炉のアップドラフト方式は最も簡略な構造である。空気の流れ方向は原料の投入・流れ方向と対向する。炉上部より木質チップ等の燃料を供給し、空気により燃焼・ガス化させるものである。空気をガス化炉下部から供給し、炉内下部より燃焼させる。直上部の高温となっている還元ゾーン（Reduction Zone）にて分解ガスの還元、そして熱分解ゾーン（Pyrolysis Zone）にて上部乾燥ゾーン（Drying Zone）にて乾燥された燃料の熱分解を実現する。燃料の乾燥は分解ガスが保有する熱を利用して乾燥ゾーン（Drying Zone）にて乾燥される。比較的湿分の高い材料（水分率 60%程度）に適用できる。

しかし、熱分解ガスが還元ゾーンを経ることなく上部に排出されてしまうため、一般にタールや副次生成物が多いガスとなる。

したがって、この方式はガスの精製やタールの除去があまり必要なく直接燃焼できるようなガス利用システムに向くとされており、発電や燃料代替に使用する際はより高度なガス精製設備が必要となる。アップドラフト方式の炭素転換効率は比較的高く、中小規模のシステムに適合できる。

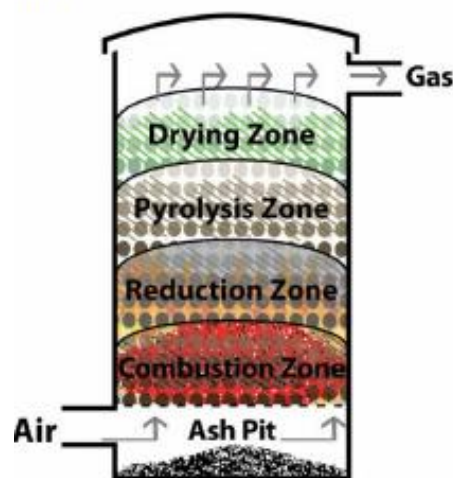


図 3.2.37 アップドラフト方式固定床式ガス化炉  
(出所)「Robert B. Williams, Stephen Kaffka. Public Interest Energy Research (PIER) Program DRAFT INTERIM PROJECT REPORT, Biomass Gasification – DRAFT」

## ②Burkhardt 方式

空気の流れ方向ではアップドラフト式と同等であるが、分解炉下部より定量的に原料が投入され、下部より順次熱分解反応が進められる。反応は静的なものであり、一旦定常運転に達すれば安定運転を可能とする。炉の中で定常的に反応層を形成し、タールの少ないガス生成を実現している。各層の温度領域、機能について下表に示す。

中央部に部分燃焼ゾーン（Oxidation zone）を形成させ、その燃焼ゾーンで発生した熱で炭化層すなわち熱分解ゾーン（Pyrolysis Zone）を形成し、木質原料を熱分解させる。部分燃焼ゾーンで未燃焼であった分解ガスがガス化炉頂部の還元ゾーン（Reduction zone）にて水蒸気改質されることによってタール分の少ないガスの生成を可能としている。バイオマス原料の導入が炉底部からフィーダで供給していることが大きな特徴である。ペレット間から導入される空気によって形成されるガスの流動が定常的である必要があり、炉内でのガスの偏流を防止するために均質性の高い木質ペレットを使用することを原則としている。

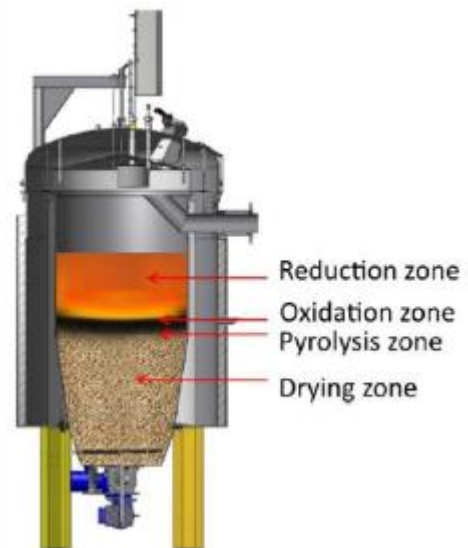


図 3.2.38 Burkhardt 方式固定床式ガス化炉

（出所）三洋貿易株式会社「ブルクハルト社 木質ペレットガス化熱電供給システムの紹介」

欧州では適用事例・稼働実績ともに多く、欧州の ENplus – A1 といわれる規格の高品質で均一のペレットが使用されている。バイオマス原料としてあらかじめ製造された高品質で規格に適合する均一のペレットを利用することが大きな特徴である。ただし前述したように日本のスギでこの規格を満たしているにも関わらずグリントラブルを起こした例もあるので注意を要する。

表 3.2.34 Burkhardt 方式における炉内のゾーニング

ゾーン名	温度	反応
還元ゾーン (Reduction zone)	850～1,100℃	燃焼後の気体が流動の中で還元反応が行われる。
酸化ゾーン (Oxidation zone)	700～1,200℃	残留空気により炭化物が部分燃焼。ガスとフライアッシュへの変換がなされ、炉内の各反応を維持させるための熱源となる。
熱分解ゾーン (Pyrolysis zone)	350～650℃	少量の空気の環境での蒸し焼きにより、ペレット中の有機物を熱分解し、炭化物、ガス、蒸気などにする。
乾燥ゾーン (Drying zone)	25～275℃	燃料中の水分を蒸発させ、混合され上部へ移送され、熱分解のための予熱がなされる。

（出所）三洋貿易株式会社「ブルクハルト社 木質ペレットガス化熱電供給システムの紹介」

### ③ダウンドラフト方式

固定床式ガス化炉であるが、右図に示すように空気の流れ方向と燃料の投入方向は同方向で、ダウフローである。ただし原料の流れは空気の流速に比して十分遅いものになる。空気（あるいは酸素）は炉頂部より燃料とともに流入し、さらに炉下部、熱分解ゾーン（Distillation Zone）と還元ゾーン（Reduction Zone）の間の燃焼炉ゾーン（Hearth Zone）に空気・酸素が注入される。製品ガスは還元ゾーンの後流となる炉底部付近で生成される。タールは高温の酸化・燃焼ゾーン（Hearth Zone）で発生し、還元ゾーン（Reduction Zone）で分解する。

アップドラフト方式と比べて高温条件（還元ゾーンにて 800℃以上）を適切に維持するために原料の水分率に留意する必要がある。

本方式の利点は原料の適切な湿分を維持し粒径を満足させることでタールの発生を抑制できる点にある。炭素残渣は炉内下部に集積する。小規模の施設（発電量約 15kW～500kW）には適切であるが、炉の直径方向に均一な温度分布を形成するため大型化は難しいとされる。

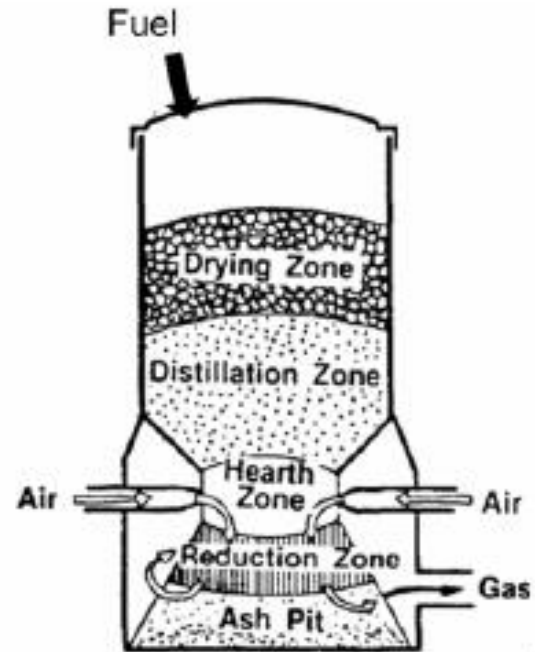


図 3.2.39 ダウンドラフト方式固定床式ガス化炉  
(出所) Robert B. Williams, Stephen Kaffka. Public Interest Energy Research (PIER) Program DRAFT INTERIM PROJECT REPORT, Biomass Gasification – DRAFT

## 2) 流動床式ガス化炉

流動床式ガス化炉は内部に比較的小さな無機物の粒子（砂やセラミック粉など）の流動媒体が充填される。底部より熱風が吹き込まれ、粒子が流動化される。個々の粒子は空気力学的に持ち上げられ、流動媒体の重量と同等以上の浮力によって維持される。流動材が流動化することにより、炉床は液体のように挙動する。媒体が十分高温となった状態でバイオマスが導入され、酸素量に応じて燃焼もしくはガス化が進展する。流動床式ガス化炉はもともと大規模石炭ガス化システム向けとして開発された。流動床式ガス化炉は一般に固定床式より複雑なものとなり、温度の維持のために、燃料と酸素の制御、流動のためのエネルギーの管理が重要となる。

#### <流動床式ガス化炉の特徴>

- ・ 混合性が良く、高効率伝熱、反応効率などで大容積のものを高効率に取り扱うことができる。
- ・ 大規模な処理能力を実現できる。
- ・ 原料の水分率、粒度、比重などについて適用性が大きい。
- ・ 温度が低めで取り扱えるため比較的低融点の物質も取り扱える。ただし、融点の低い物質が混入すると流動性が悪くなることがある。
- ・ タールの生成量はアップドラフト方式より少なく、ダウンドラフト方式よりは多くなる。

## ① バブリング方式

バブリング流動床方式は後述の循環方式と比べると比較的流速の遅い空気と水蒸気の気流があり、原料の投入量は比較的少ない。流動砂は底部（Plenum）で保持され、気流により流動化された層（Fluid Bed）にバイオマスが投入される。流動層上部で熱分解ガス化並びに還元反応が進む。循環流動床式に比べると構造はシンプルであるが、循環方式に比べて温度分布が均一でなく、処理能力も低い。

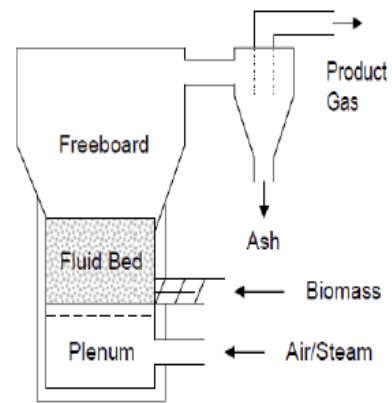


図 3.2.40 バブリング方式流動床式ガス化炉

(出所) Robert B. Williams, Stephen Kaffka. Public Interest Energy Research (PIER) Program DRAFT INTERIM PROJECT REPORT, Biomass Gasification - DRAFT

## ② 循環流動方式

循環流動床方式はより高速の気流により高い伝熱効率が得られる。炉高を高くし、断面を均一にすることで流動状態や燃料の混合状態を定常にする。流動媒体は流動気体と共に、サイクロンに導入される。流動材は流動気体により流動され、飛上してサイクロンに導入される。サイクロンで生成したガスからほとんどの流動媒体を分離させ、炉下部より再循環させる。バイオマス原料はサイクロンに達するまでに完全に反応するような細粒のものでなくてはならないが、粗粒の原料が混じっているとサイクロンで分離されて流動床に戻ってくる。

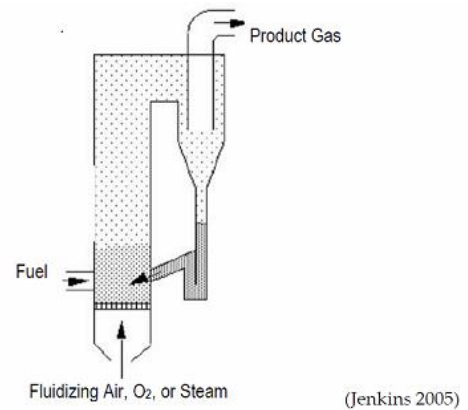


図 3.2.41 循環流動方式ガス化炉

(出所) 同上

## 3) 噴流型ガス化方式

噴流型ガス化炉は石油化学業界にて広く使用されている。石油精製時の残渣（石油コークス）を有効な製品やエネルギーに変換する石炭のガス化技術として知られており、ほとんどの石炭ガス化はこの方式が使用されている。本方式は高速のガス流で、多量の原料のガス化処理を可能とする。微小粒度の原料あるいは液体やスラリーが供給され、反応時間は短い。バイオマス燃料とする場合は、破砕機により 2mm 程度まで粉碎・乾燥させる必要がある。炉内は通例酸素を通風し、常圧もしくは加圧して酸素とともに燃焼させる。酸素下で燃焼することにより高温（ $>1,250^{\circ}\text{C}$ ）状態を生じ、炉廻り、炉内下部には冷却設備が必要となる。

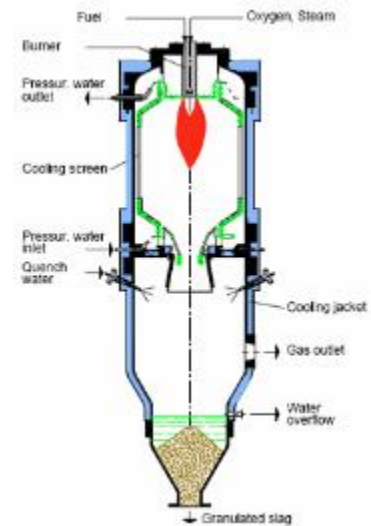


図 3.2.42 噴流型ガス化炉

(出所) 同上

高温であるためタールは極少となり、 $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  そして  $\text{H}_2\text{O}$  に変換することができる。噴流型ガス化炉は大規模な施設に適合できる。バイオマスからの液体燃料製造・化学原料等の製造販売事業の可能性もあるため、種々の機関で燃料や合成ガスの販売を前提とした研究開発も進められている。ただし主用途をガス化発電とした場合と比べるとこれらの用途を想定したガスはより高度な組成や品質が求められる。

## 4) 二段式ガス化方式

炉を二段の構成とし、熱分解で炭化物と可燃性ガスを得た後に、炭化物は過熱水蒸気と反応させ、可燃性ガスの必要な還元反応を実現する方式である。水蒸気を注入する場合には水蒸気改質・還元反応による水素化が行われ、タール発生を低減させる。空気などによる希釈量が極小であり、水蒸気が注入される場合には高い  $H_2/CO$  比が得られる。技術の主眼は加熱炉内への伝熱方法となる。

二段式間接加熱炉の場合は伝熱媒体（砂）が 2 つの炉を循環する。一方の炉で燃焼され、高熱の砂が他方の炉に流入することにより熱が伝えられる。冷えた砂やチャーは元の炉に循環され、再度燃焼炉内で加熱される。

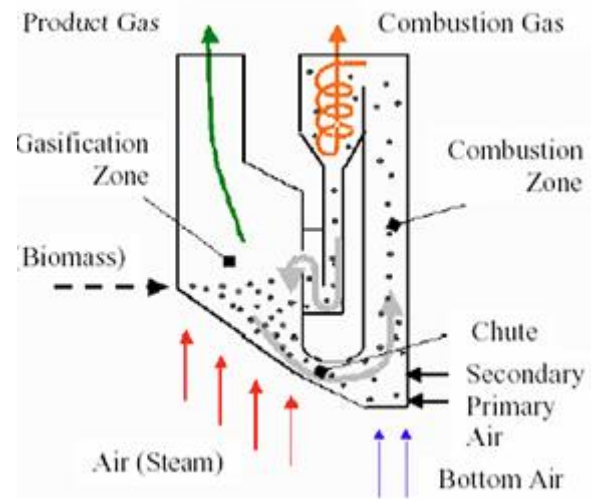


図 3.2.43 高速内部循環流動床式ガス化炉(FICB)  
(出所) 同上

高速内部循環流動床炉(FICB)による発電出力 2MW のバイオマスガス発電所がオーストリアのギュッシング市にて 2002 年より稼働を開始した。ガス化ゾーン(Gasification Zone)を形成する流動床ガス化炉（パブリック流動床）と燃焼ゾーン(Combustion Zone)を形成する燃焼炉（循環流動床）を組み合わせたものである。ガス化ゾーンに供給されたバイオマスは高温蒸気により熱分解ガス化され、未反応の炭素分は流動材（砂）とともに燃焼炉に入り、燃焼される。流動材はサイクロンにより捕集されてガス化ゾーンに流入し、ガス化に必要な熱量を供給する。ガス化炉の運転温度は 860℃、燃焼炉温度は 900℃が管理値とされている。

図はドイツの Agnion 社が開発した二段式ガス化方式である。流動燃焼炉からガス生成炉への熱伝達を砂の代わりに、ヒートパイプの技術を使用したシステム「Heatpipe-Reformer(ヒートパイプ改質炉)」である。本ガス化炉は流動床式改質炉(Fluidized Bed Reformer)、ヒートパイプ(Heatpipes)、流動床式燃焼炉(Fluidized Bed Combustion Chamber)の三要素から構成される。砂の代わりにヒートパイプを用いるものでシンプルで効率良い熱伝達を実現しようとするものである。

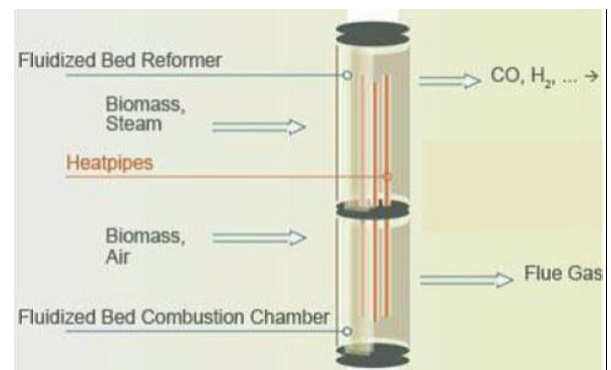


図 3.2.44 ヒートパイプ式ガス化炉  
(出所) 同上

さらに二段式ガス化方式の事例として、次図に示す、オーストリアの SYNCRAFT Engineering GmbH が開発したガス化プロセスがある。昇温を 2 段階とし加熱炉を直列に 2 基設置している。最初の加温（400℃）で昇温・熱分解を行う。その際のタール発生を許容し、タール分を後段の加熱炉の燃料としている。木質チップを原料としており、原料の品質に対する制約は比較的少ない。オーストリア（Stadl 市、Innsbruck 市、Schwaz 市）・イタリア（Vierschach 市）に実績を持ち、稼働中である。また日本では和歌山県新宮市に近々導入される予定である。

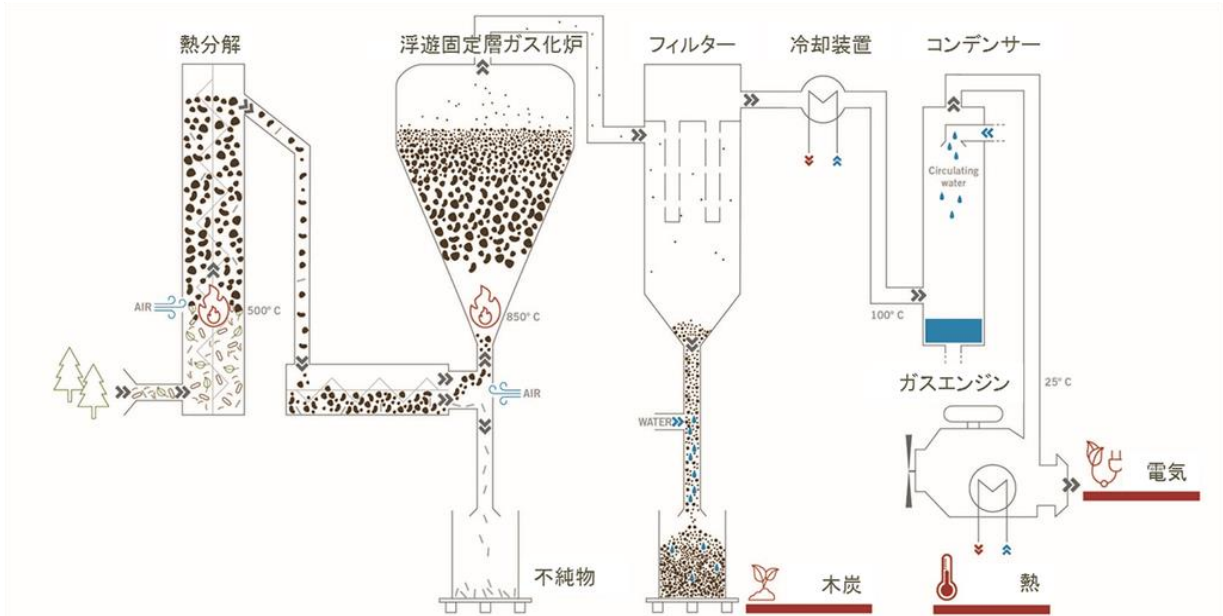


図 3.2.45 SYNCRAFT 社 ガス化プロセス

(出所) フォレストエナジー株式会社ホームページ

## 5) 外熱式ロータリーキルン式ガス化炉

間接ガス化方式と呼ばれ、固定床式直接ガス化方式に比し、高カロリー（2000～3000kcal/Nm<sup>3</sup>）のガスが得られることが特徴である。無酸素下あるいは低酸素濃度下で、原料バイオマスの熱分解を行う。

キルン式ガス化炉では、700～800℃で熱分解ガス化される。ガス中のタール量は、ガス化温度によるが 10～30 g/Nm<sup>3</sup> であり、ダウンドラフト式ガス化炉と比べると、10 倍程度、アップドラフト式ガス化炉と比べると 1/10 程度と言われている。タールを含んだ生成ガスは、その後段で改質炉に少量の酸素を供給して部分燃焼させ、約 1,100℃まで昇温する。この方式により C12～C36 のタールがメタン、プロパン、ブタンなどに分解され、高いタール除去率を実現する。

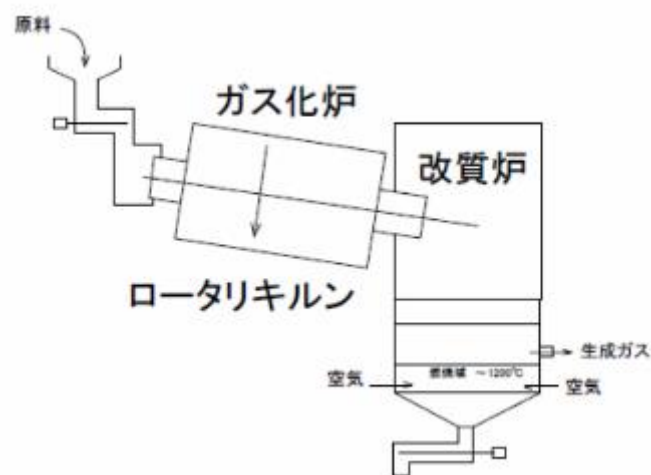


図 3.2.46 外熱式ロータリーキルン式ガス化炉  
(出所) 中外炉工業株式会社「外熱式多筒型ロータリーキルン式バイオマスガス化発電システム」

上述のそれぞれのガス化炉の方式の特徴から、各加熱炉型式と取扱量については一定の制約がある。

噴流型ガス化炉  
加圧流動床式ガス化炉  
常圧循環流動床式ガス化炉  
常圧バブリング流動床式ガス化炉  
アップドラフト方式  
ダウンドラフト方式

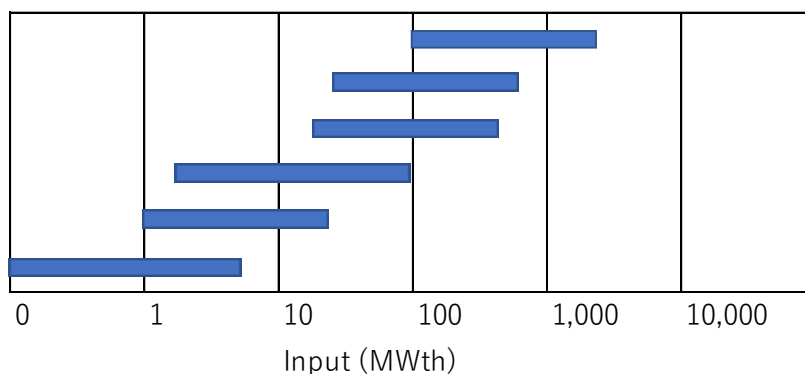


図 3.2.47 直接ガス化炉 加熱炉形式と取扱量

(出所) 「Robert B. Williams, Stephen Kaffka. Public Interest Energy Research (PIER) Program DRAFT INTERIM PROJECT REPORT, Biomass Gasification - DRAFT」



### (3) ガスエンジン選定に関する留意事項

#### 市販の天然ガス用のガスエンジンの適用可能性

熱分解ガス（分解温度 750℃以上の場合）は水素や一酸化炭素を主成分としているため、天然ガスと比較すると単位容量当たりの発熱量が小さく、燃焼特性も異なるため、天然ガス用エンジンをそのまま使用することは難しいと言われている。

さらに熱分解ガス専用としてエンジンメーカーにより開発されたガスエンジン発電機は一般に市販されていない。即ち組成・変動等が不明な熱分解ガスに対して性能保証するエンジンメーカーはなく、ガス化炉メーカーとエンジン専門メーカーで共同開発を行った事例が多い。

汎用のガスエンジンメーカーは燃料となるガスに対して天然ガス同等の無タールを要求（100mg/Nm<sup>3</sup>以下等とする例もあり。）しているのが一般的である。そのため、タール濃度が比較的高いプロセスに対しては、付加的なガスの改質設備の設置もしくは若干のタールを許容できるように装置構造の改造をしている事例が多い。

表 3.2.35 天然ガスと熱分解ガス比較

	天然ガス (13A)	熱分解ガス (分解炉温度 750℃以上)
主成分	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> , CO
発熱量	41.6 MJ/Nm <sup>3</sup>	11.3 MJ/Nm <sup>3</sup>
燃焼速度	35~47m/s	天然ガスと比較し早い
着火温度	650℃	天然ガスと比較し若干低い
エンジン出力	100%	約 60%
燃料消費量(同出力時)	1	約 4 倍

(出所)「MAN 社製ガスエンジン」, クリーンエネルギー2010.5, 笹内謙一 (中外炉工業株式会社)

表 3.2.36 エンジン側の制限例

単位	内燃機関	ガスタービン	
粒子濃度	mg/Nm <sup>3</sup>	< 50	< 30
粒子径	μm	< 10	< 5
タール濃度	mg/Nm <sup>3</sup>	< 100	not indicated
アルカリ金属	mg/Nm <sup>3</sup>	not indicated	0.24

(出所)「バイオマス発電の最新技術」, 堤 敦司 (東京大学)

原料やプロセスの特徴によってはガス化条件に大きな変動が生まれ燃料ガスの組成に時間変動が生じる場合がある。組成変動に柔軟に対応しながら、安定して運転できる仕組み（高度な制御機能あるいはガス貯留設備など）も必要である。このように市販のエンジンをそのまま適用できる例が皆無であり、構築したガス化プロセスに応じてバイオマスガス燃料の組成・発熱量を設定し、燃料理論混合比での混合気の熱量を算出し、目標定格出力を確保できるエンジンを選定することが必要となる。ガス組成の変動は無視できないものであり、実際には実証的な検討が必要となる場合が多い。

ガスエンジンの実際の適用事例を次表に示す。ガス化炉の形式・規模に応じてベースとしたエンジンの形式が異なっている。国外のガスエンジンの適用例が多い傾向にある。

表 3.2.37 ガスエンジンの適用事例

型式	プラント名	原動機/出力 [kW]	所在地	国籍	運用開始年	備考
ダウンドラフト方式	株式会社サタケ広島環境研究所	ガスエンジン/30	東広島	日本	2003～	(IISc)固定床ガス化発電実験炉
	パイロフォース	ガスエンジン/200	シュビーツ	スイス	2002～	(AHT)固定床ガス化熱併給発電実証炉
	ウィナーノイシュタット	ガスエンジン/500	ウィナーノイシュタット	オーストリア	2004～	固定床ガス化発電所、湿式 EP
	SRC ガゼル	ガスエンジン/150	ブリュッセル	ベルギー	2000～	コピス用固定床ガス化実証炉
アップドラフト方式	サーモセレクト	ガスエンジン/900	アンスバッハ	ドイツ	2003～	標準的な廃棄物用ガス化商用炉
	フェルント	ガスエンジン/1500(イエンバッハ)	ハーボーレ	ドイツ	2000～	フェルント炉熱供給炉を熱電併給に改造
ロータリキルン方式	八木建設株式会社	ガスエンジン(MAN 社 MSG610AE)/30	徳島	日本	2005～	神鋼造機株式会社
	ライト工業株式会社 宇部テクノエンジ株式会社	ガスエンジン(MAN 社 MSG610AE)/40	島根	日本	2006～	神鋼造機株式会社
	YGC	ガスエンジン(MAN 社 MSG12V12TAE)/180	新山口	日本	2003～	神鋼造機株式会社
	岩国市	ガスエンジン(MAN 社 MSG12V12TAE)/180	山口	日本	2007～	神鋼造機株式会社
	阿蘇市	ガスエンジン(MAN 社 MSG12V12TAE)/180	熊本	日本	2007～	草本系バイオマス/神鋼造機株式会社
内部循環流動床	株式会社荏原製作所	ガスエンジン(200kW規模; 都市ガス混合)	袖ヶ浦	日本	2000～	一般廃棄物用の内部循環流動床炉
	ギュッシング	ガスエンジン/2,000(GE-イエンバッハ)	ギュッシング	オーストリア	2002～	大容量 FICFB ガス化発電
	カンタベリー大学	ガスエンジン	クライストチャーチ	ニュージーランド	2005～	高効率内部循環流動床実験炉
噴流床	一般財団法人電力中央研究所	ガスエンジン/300(新潟原動機)	横須賀	日本	2004～	炭化器を用いた上昇流型噴流床試験炉/ガスエンジンは新潟原動機との共同開発

(出所) 株式会社エヌ・ティー・エス「バイオマスからの気体燃料製造とそのエネルギー利用」

## (参考) 熱分解ガス化設備で発生するバイオマスガスの高度利用

現状、国内のほとんどのバイオマス利用施設では電気または熱としてエネルギー利用を行っているが、**熱分解ガス化システムでは発生するガスを水素等に変換して高度利用することが可能**であり、一部で検討が進められている。

### バイオマスガスの組成

空気流によるガス化炉は CO、H<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、炭化水素、H<sub>2</sub>O、PM、アルカリ、窒素硫黄化合物と 40～50%の窒素から構成される比較的低発熱量のガスを生成する。窒素は希釈気体であり、空気ガス化の媒体となる。

酸素流によるガス化炉の成分もほぼ同等となるが、窒素の濃度は非常に小さく、発熱量も大きくなる。

表 3.2.38 直接ガス化炉 バイオマスガス化の代表的組成

	空気供給時の生成ガス (vol.%)	酸素供給時の生成ガス (vol.%)	不燃焼-蒸気加熱による 合成ガス(vol%)
CO	22	38	19
H <sub>2</sub>	14	20	20
CH <sub>4</sub>	5	15	8
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> 以上の高分子炭化水素	低	5	3
H <sub>2</sub> O	2	4	38
CO <sub>2</sub>	11	18	11
N <sub>2</sub>	46	微量	微量
その他	タール分、PM など		

(出所) 「Robert B. Williams, Stephen Kaffka. Public Interest Energy Research (PIER) Program DRAFT INTERIM PROJECT REPORT, Biomass Gasification – DRAFT」より作成

間接ガス化炉の場合は生成ガスに含まれる窒素量は少なくなるが、ガス化炉出口でのタール量が多い場合が多い。生成ガスの活用を考慮して、高温酸素改質法を採用して実用化している事例がある。高温酸素改質法とはタールを含む熱分解ガスに純酸素を付加し、1,100℃程度の高温状態で数秒間保持するものである。代表組成については下記のとおりである。

表 3.2.39 間接ガス化炉の代表的なガス性状

項目		ガス化炉出口 (改質前)	改質後(1100℃)
ガス組成	H <sub>2</sub>	vol%	20.2
	CO	vol%	36.1
	CO <sub>2</sub>	vol%	15.8
	CH <sub>4</sub>	vol%	16.6
	N <sub>2</sub>	vol%	5.6
	その他	vol%	5.7
低位発熱量	MJ/Nm <sup>3</sup>	15.2	7.5
タール	g/Nm <sup>3</sup>	25	0.005
ばいじん	g/Nm <sup>3</sup>	11	<0.002

(出所) 「バイオマスからの気体燃料製造とそのエネルギー活用」株式会社エヌ・ティー・エス 2007.10 pp89-110 「外熱式多筒型ロータリキルン式バイオマスガス化発電システム」 pp392-394 「バイオガス供給事業の将来展望」より作成

## バイオガスの精製方法

ガス精製技術の開発・進展により高度利用を検討する事業者が増加しつつある。バイオガスは一般に天然ガス等に比べて発熱量が低く、不純物も含まれる。ガスの精製により、バイオガス供給事業等の高度利用の可能性が生まれるが、ガス精製技術の開発・進展と相まって可能となる。ガス精製技術としては下記のものがある。

### PSA (Pressure Swing Adsorption)法

PSA 法は、ゼオライト等の圧力を上げるとあるガス（CO<sub>2</sub>）を吸着し、圧力を下げると脱着する性質を用いた技術である。吸着塔の加圧・減圧を繰り返し行うことにより、連続的にバイオガスの精製を可能とする。

### 高圧水吸収法

二酸化炭素が水に溶解しやすい性質を利用した技術である。水管に一定の圧力をかけた水を満たし、その水管にバイオガスを通す方法である。水管内にて二酸化炭素が溶け出すことにより、高純度のメタンガスが回収される。

### 膜分離法

特殊な膜にガスを吹込み、分子構造による膜透過速度の違いを利用してガス分離する技術である。

表 3.2.40 熱分解ガス精製技術

	PSA 法	高圧水吸収法	膜分離法
原理・概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>ゼオライト、炭素系等の固体吸着剤で CO<sub>2</sub> を吸着する。</li> <li>圧力変化により脱着する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>メタノール等の吸収液にて、高圧・低温で物理的に CO<sub>2</sub> を吸収する。</li> <li>減圧、加熱により CO<sub>2</sub> と吸収液を解離させて再生する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ポリイミド、酢酸セルロース膜などにより CO<sub>2</sub> を選択的に透過する。</li> <li>膜にて CO<sub>2</sub> を分離する。</li> </ul>
技術特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>技術的に確立している。</li> <li>低い圧力での吸着・脱着が可能である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>技術的に確立している。</li> <li>劣化が少なく、加圧、低温化での精製に適する。</li> <li>吸収液の蒸発損失が大。</li> <li>大量の水を必要とする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プロセスが簡単であり、省エネルギーが可能である。</li> <li>モジュール増設による大容量化が容易に行える。</li> <li>高圧を要するため、消費電力量が多い。</li> </ul>
事業性	<ul style="list-style-type: none"> <li>小型化が容易であり、幅広い用途への展開が可能である。</li> <li>システムがシンプルであるため低コスト化が可能</li> <li>消費電力量が低い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大規模発生源では投資対効果が得やすい。</li> <li>一方で、小規模化が困難である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高圧での分離が必要であるため、システムが複雑になる。</li> <li>消費電力量が高い。</li> </ul>

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 熱分解ガス化設備からの水素製造

原油等から水素を製造するプロセスと同様の方法を用いてバイオガスを改質した後に水素を得るプロセスが考えられる。技術開発要素としては効率の良い水蒸気改質と、CO<sub>2</sub> 吸収（放出）をいかに達成するかという点にある。ただし、水蒸気による改質は大きな吸熱反応であり、高温（900℃以上）を維持させるため、多量のエネルギーを消費することとなる。

CO<sub>2</sub> 吸収については、CO<sub>2</sub> の吸収剤と PSA 装置を組み合わせる。CO<sub>2</sub> の吸着・放出にもエネルギーを必要とし、十分なエネルギー収支・物資収支の評価をする必要がある。水素を製造すると同時に多量に CO<sub>2</sub> を生成することから、CO<sub>2</sub> が有効利用されることが望ましい。工業用ガス（水素・CO<sub>2</sub>）の販売など事業の形態・規模と、熱分解プロセスとの整合性（温度等）が重要である。

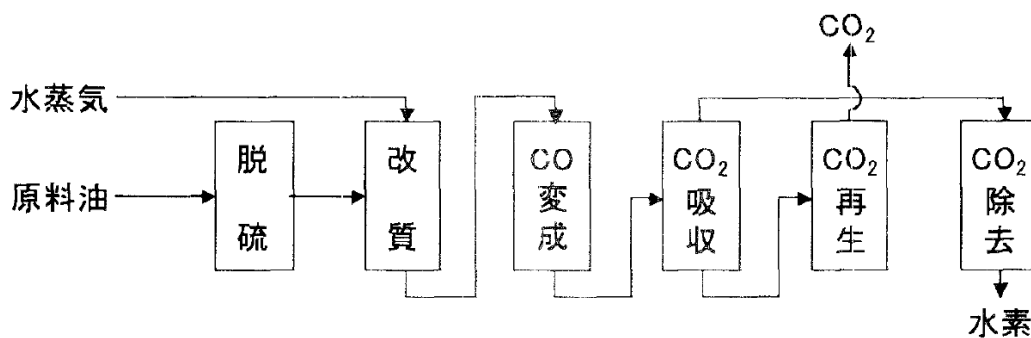


図 3.2.48 水蒸気改質法による水素製造工程

(出所) 「水素の製造と利用に関する最近の話題」水素エネルギーシステム

## (4) 導入事例

### 国内における熱分解ガス化の実績

固定価格買取制度における買取価格が 40 円/kWh (2,000kW 未満) となったことを契機に、ガス化技術が進展し、近年では海外技術の新規参入が多くなってきている。近年増えてきた小規模ガス化発電技術の例は下記のとおりである。

表 3.2.41 近年の小規模ガス化発電事例

名称	技術/サプライヤ	ガス化方式	備考
ブルクハルト Burkhardt	Burkhardt 社(ドイツ) /三洋貿易株式会社・シンエナ ジー株式会社	固定床式 独自 方式(上向並行 流型)	発電端出力 ユニット当たり 165 kW
AHT	AHT(ドイツ)/気仙沼地域開発 株式会社	固定床式独自 方式(上向並行 流と下向並行流 の混合型)	発電端出力ユニット当たり 400kW
SYNCRAFT	SYNCRAFT (オーストリア) /フォレストエナジー株式会社	二段式ガス化	発電端出力 250kW～ 400kW
BME G500	バイオマスエナジー株式会社	噴流式	発電端出力 480kW
高速内部循環流動層 (FICFB)	REPOTEC (オーストリア) /株式会社トーヨーエネルギー ソリューション・エジソンパワー 株式会社	二段式ガス化	発電端出力 2MW/5MW
Bubcok&WilcoxVolund (フェルト)	フェルト(デンマーク) JFEE・三機工業株式会社	アップドラフト	発電端出力 2MW
Spanner	Spanner Re2(ドイツ) /Spanner 株式会社	ダウンドラフト	発電端出力 45kW～2MW
Volter	Volter(フィンランド)/ボルター 秋田・フォレストエナジー	ダウンドラフト	発電端出力 40KW
BioMax	CPC (アメリカ) /シンテックジ ヤパン株式会社	ダウンドラフト	発電端出力 ユニット当たり 100～155kW
Urbas	コーレンス(オーストリア)/	ダウンドラフト	発電機出力約 100 ～ 200kW

(出所) 各種公開情報よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 2.2 熱利用

### ① 温水ボイラー設備

温水ボイラーは、燃料を燃焼させることで生成した蒸気と給水管の水とを熱交換させ、その温水を取り出す技術で、民生用や産業用に広く普及している。重油や天然ガスの他、チップやペレット等の木質バイオマス燃料も利用されている。以下にバイオマス燃料を利用した温水ボイラーの特徴や法規制などを記すが、詳細は以下の文献を参照されたい。

- 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会「木質バイオマスによる産業用等熱利用をお考えの方へ」
- 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会「地域ではじめる木質バイオマス（熱利用）」
- 林野庁「木質バイオマスボイラー導入・稼働にかかわる運用テキスト」<sup>7</sup>

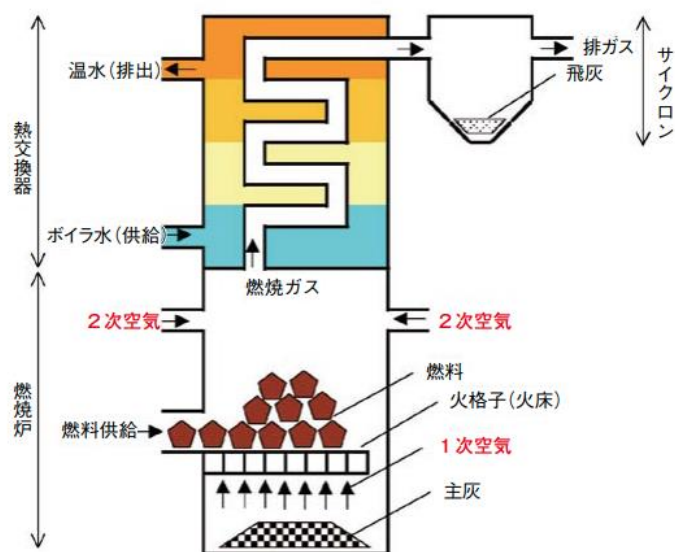


図 3.2.49 温水ボイラー模式図（炎管ボイラー）

（出所）林野庁「木質バイオマスボイラー導入・稼働にかかわる運用テキスト」

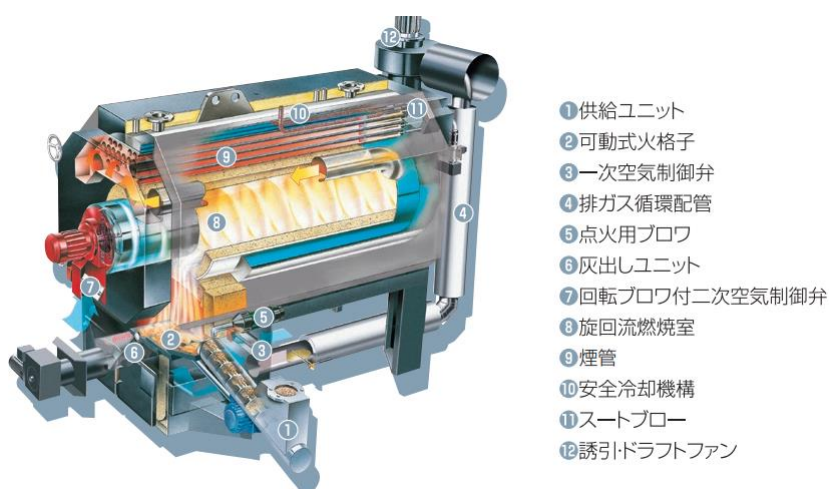


図 3.2.50 温水ボイラーの概観の例

（出所）株式会社ヒラカワホームページ<sup>8</sup>

<sup>7</sup>（国内事例集）<https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/pdf/250610biomass4.pdf>、<https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/pdf/250610biomass5.pdf>

<sup>8</sup> [https://www.hirakawag.co.jp/pdf/product/13052-i-1908PYROT\\_200818.pdf](https://www.hirakawag.co.jp/pdf/product/13052-i-1908PYROT_200818.pdf)

## 各種方式

バイオマスボイラーには複数の種類があり、出力規模による分類では以下のとおり、200kW 未満を「小型」、200kW 以上 1,000kW 未満を「中型」、1,000kW 以上を「大型」として大別される。このうち、一般的に小型と中型が温水ボイラーの対象となる。また、蒸気ボイラーは中型および大型が対象となり、詳細は次項にて記載する。

小型ボイラーは、主に温水や暖房利用を目的として導入されることが多く、断続運転が基本となる。燃料はチップの水分が 35% 未満の乾燥木質チップが利用されている。

中型ボイラーは、温水、暖房の他、蒸気利用など様々な用途で、運転形態も断続運転、連続運転ともに機種により様々である。燃料は水分が 55% 未満の生チップでも対応可能である。

大型ボイラーは次項で示す蒸気利用が対象であり、連続運転が基本である。中型同様に生チップも利用可能である。

表 3.2.42 バイオマスを燃料としたボイラーの分類例

	小型	中型	大型
出力(kW)	200kW 未満	200kW 以上 1,000kW 未満	1,000kW 以上
用途	主に温水・暖房利用	温水・暖房・蒸気利用など様々	主に蒸気利用
燃料タイプ(水分)	乾燥木質チップ (チップの水分が 35% 未満)	生チップ(チップ水分が 55% 未満)でも対応可能。 一部乾燥木質チップ(チップの水分が 35% 未満)のボイラーもある	生チップ(チップの水分が 55% 未満)でも対応可能
運転形態	主に断続運転	断続運転・連続運転ともに存在	主に連続運転

(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会「地域ではじめる木質バイオマス(熱利用)」

バイオマスボイラーは燃料によっても分類可能であり、「薪ボイラー」、「チップボイラー」、「ペレットボイラー」の 3 種類がある。

その他、チップボイラーは内部構造および燃焼方式の違いでも分類されることがあり、「移動床式」と「固定床(火格子)式」に分かれる。

移動床式はチップが火床を移動しながら燃焼するため、炉内下部では乾燥した燃料が燃焼する特徴がある。出力は 100kW 以上と比較的大型が対象で、連続運転が前提となる。また、価格が割高ない傾向がある一方で、生チップなど高い含水率チップでも燃焼可能な利点がある。

固定床式は、移動床と異なりチップが移動せず、炉内乾燥ができないため、乾燥チップの利用が基本となる。水分の高いチップを投入した場合、必要な熱量が得られないばかりか鎮火してしまう場合がある。出力は 15kW 以上と小型からラインナップがあり、移動床式よりも価格が安い傾向がある。

このように、ボイラーの形式により要求させるチップの品質が異なることに留意する必要がある。したがって、調達可能なチップの品質からボイラーの機種を決定し、適切な設計とチップの品質管理を行う。

なお、チップの水分はボイラーにおける燃焼に不具合を引き起こすだけでなく、寒冷地では、水分の高いチップサイロ内で凍結してボイラー内への供給が停止するといった問題も発生している。そのような場合、ボイラーの廃熱を利用してサイロのチップを乾燥する等の対処が有効である。



表 3.2.43 バイオマス燃料としたボイラーの分類例

	移動床式	固定床式
概観		
特徴	チップが火床を移動しながら燃焼するため、炉内下部では乾燥した燃料が燃焼する。 ・出力 100kW 以上 ・価格が割高 ・連続運転が前提(手動着火)	チップが移動せず、炉内で燃料は乾燥しない ・出力 15kW から ・移動床式に比べて小型で価格が安い ・自動着火
対応する水分	低～高 生チップ適応可能 (45% (w.b.)以上)	低 乾燥チップの使用が原則 (45% (w.b.)以上)

注) 一般的な特性を示しており、実際は燃焼炉の構造や燃料の性状等によっても特性が異なる。

(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会「地域ではじめる木質バイオマス(熱利用)」

## バイオマスボイラーと化石燃料系ボイラーの比較

### 化石燃料ボイラーとの比較

化石燃料ボイラーは、立ち上がりが早く、負荷変動に合わせて稼働できるが、**バイオマスボイラーは瞬時に出力を変化できない**。そのため、安定的な熱供給のためには蓄熱槽に蓄熱し負荷変動を吸収しながら運用することが必要となる。

バイオマスボイラーは化石燃料系ボイラーに比べ導入実績が少ないほか、**建屋およびサイロ等の付帯設備と併せると設備費が高くなる**傾向にある。さらに、バイオマスは化石燃料に比べ水分が多いこともあり、機種によっては燃焼効率も低い。一般的に化石燃料系ボイラーは90%以上の燃焼効率を達成可能だが、バイオマスボイラーの場合には高くても80%、状況によっては70%を切ることもありうる。

表 3.2.44 化石燃料ボイラーとバイオマスボイラーの比較

	化石燃料ボイラー	バイオマスボイラー
立ち上がり	○(早い)	△(遅い)
熱需要変動への調整力	○(高い)	△(低い)※蓄熱槽(貯湯槽)が必要
設備コスト	○(比較的安い)	△(比較的高い)
燃焼効率	○(高い:90%程度)	△～○(やや低い:70～80%) ※欧州製の固定量ボイラーでは94%の機種もある
燃料コスト(熱量あたり)	△(比較的高い)	○(比較的安い)

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

表 3.2.45 乾燥チップボイラーと生チップボイラーの比較

	乾燥チップボイラー	湿潤チップボイラー
要求される燃料の水分率	30%以下	50%～60%でも対応可
イニシャルコスト	○ ボイラー自体は量産型で低価格が多い、但し、規模により建屋、燃料庫のコストが割高になる傾向がある。	△ 機器自体も大きく頑丈でイニシャルコストが高い。
ランニングコスト (燃料費以外)	○ 比較的メンテナンスが容易。	△ メーカーにメンテナンスを依頼する部分もあり、高価になる傾向がある。
燃料費	△ 乾燥させる分燃料費は比較的高い。	○ 乾燥が不要のため燃料費は安い。
需要変動への対応力	△ 化石燃料と比較した場合、柔軟性は劣るが、蓄熱槽などにより対応可能。	× 基本的にはベースロードとして利用。負荷変動が大きいと、止めなければいけないことがある。

(出所) 各種資料よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 経済性の考え方

年間に必要な熱量を使用する木質バイオマス燃料の低位発熱量とボイラー効率で割り、1 kg あたりの木質バイオマス燃料費を掛けることで年間の木質バイオマス燃料費を算出できる。

**<バイオマス燃料コストの求め方>**

$$\text{年間の木質燃料費 (円)} = \text{年間に必要な熱量 (kWh)} \div \text{使用する木質燃料の低位発熱量 (kWh/kg)} \div \text{ボイラー効率} \times \text{木質燃料単価 (円/kg)}$$

そのうえで、年間の木質燃料費から化石燃料費と点検補修費を引いた分が年間の削減費用になり、機器のイニシャルコストとの費用対効果を検討する。バイオマスボイラーの運転コスト検討時には、以下の点を留意する必要がある。

- <バイオマスボイラーの運転コスト検討時に考慮すべきポイント>**

  - メンテナンスコスト (ユーザーメンテナンスコスト)
  - トラブルがあった際の復旧体制
  - 電気代
  - ボイラー効率
  - 排ガスの処理
  - 灰処理費

※ 薪の場合は人件費、保管コスト

## バイオマスボイラーのトラブル要因

バイオマスボイラーで生じるトラブルは、大きく分けて以下の 4 つに分類される。このうち、**規格外の燃料を使用してトラブルになるケースが多い**が、既存事例では事業者がコストの観点等の理由で、意図的に使用している場合も散見される。また、チップ中の灰分が伝熱管や排気筒にダストやタール、スス等が排気筒に付着して**効率低下や火災等の原因**になる場合もある。

### <バイオマスボイラーの主なトラブル要因>

1. 熱利用回路やチップ搬送システム等のシステム設計ミス
2. 規格外のバイオマス燃料（形状・サイズ、水分等）
3. 伝熱管へのダスト付着と効率低下
4. ユーザーに起因する運用上のトラブル（クリーニング等のメンテナンス不足、消耗品の交換頻度が長い、など）

## バイオマスボイラーの設計ミスの要因

バイオマスボイラーでは設計ミスが発生するポイントは主に以下の 3 つである。なお、初期不良に関しては、木質バイオマスボイラーに関わらず一定数は発生するので、発生した場合に、迅速に復旧できる体制を確立しておく。

### <バイオマスボイラーの設計ミスの要因>

#### その1 過剰な稼働時間

- 年間の稼働時間がメーカー推奨値以上であり、消耗品の交換頻度、故障が増える。

#### その2 燃料搬送系トラブル

- 使用するバイオマス燃料の規格を把握せず設計・導入したことで、燃料搬送機が燃料の規格と合わず詰まりの原因になる。
- バイオマス燃料に問題がなくても、ボイラーと燃料搬送機が異なるメーカーで作られて上手く搬送制御できないこともある。
- 燃料庫貯留場所からボイラーまでの、搬送距離が長く、搬送角度が急である、等の燃料搬送系の構造が複雑であれば詰まる閉塞の原因になる。

#### その3 蓄熱タンク槽、貯湯槽の規模

- 3年から5年前以上までの導入事例には貯湯槽だけで蓄熱タンク槽が設置されていない事例が多く見受けられる。
- 貯湯槽に温水を貯めておくことで、負荷変動に対応することができるが、木質バイオマスボイラーは立ち上がりが遅いので、貯湯槽の規模容量が小さいと負荷変動に対応できないことがある。
- そのため、立ち上がりも含め余裕を持って貯湯槽容量を選定する必要がある。また、蓄熱タンク槽を設けることで、給湯や加温、暖房等の負荷変動に柔軟に対応することもできるので、ボイラー規模も小さくできるので、適正な規模容量の蓄熱槽を設置することが望ましい。

国内のバイオマス燃料を利用した温水ボイラーの導入事例は林野庁「木質バイオマスボイラー導入・稼働にかかわる運用テキスト／木質バイオマスエネルギー利用事例集」<sup>9</sup>を参照されたい。また、木質バイオマスのボイラーメーカー一覧は一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会のホームページ<sup>10</sup>を参照されたい。

<sup>9</sup> <https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/pdf/250610biomass4.pdf>、<https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/pdf/250610biomass5.pdf>、<https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/pdf/250610biomass6.pdf>

<sup>10</sup> <https://www.jwba.or.jp/database/list-small-woody-biomass-boiler/>

## ② 蒸気ボイラー設備

蒸気ボイラーは、ボイラー中につないだ水管または煙管の周りを燃焼ガスで温めることにより、蒸気を発生させる設備で、基本的に産業用として導入される。重油や天然ガスなどを燃料としている場合が多いが、木質バイオマス燃料も利用されている。以下にバイオマス燃料を利用した蒸気ボイラーの特徴や法規制などを記すが、詳細は以下の文献を参照されたい。

- 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会「木質バイオマスによる産業用等熱利用をお考えの方へ」
- 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会「地域ではじめる木質バイオマス（熱利用）」
- 林野庁「木質バイオマスボイラー導入・稼働にかかわる運用テキスト」<sup>11</sup>

### 各種方式

蒸気ボイラーには複数の種類があり、形状による分類では「貫流／煙管／水管」の3つ大別される。

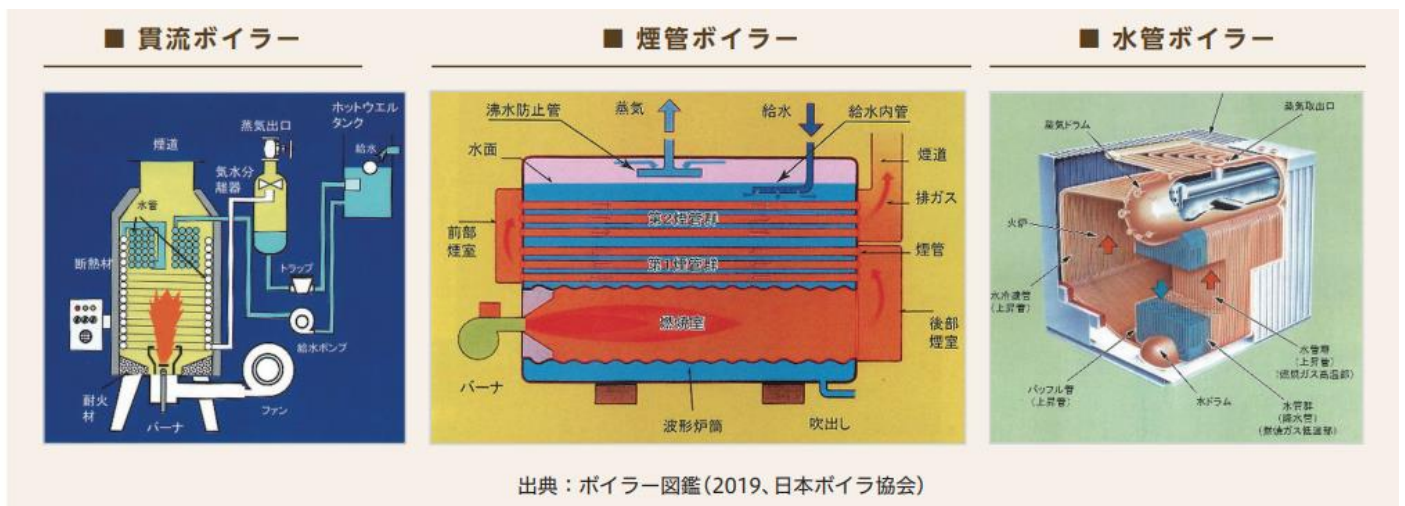


図 3.2.51 蒸気ボイラーの形状による分類

(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会「木質バイオマスによる産業用等熱利用をお考えの方へ」

貫流ボイラーは、水管のみで構成されており、燃焼ガスにより水管を加熱し、水管内の水を蒸気に変える仕組みとなっている。通常、約 1t/h 程度の蒸気出力であり、廃熱ボイラーとの組み合わせで増量が可能である。伝熱面積あたりの保有水量が大変小さいため、起動から必要な蒸気の発生までにかかる時間が短い利点を有する。

煙管ボイラーは、太い円筒形状の胴の中に煙管群を収めたもので、燃焼ガスを煙管内を通過させて、胴内の水を蒸気に変える仕組みとなっている。通常、約 1～15t/h 程度の蒸気出力である。伝熱面積あたりの保有水量が大きいため、起動から必要な蒸気の発生までにかかる時間が長いという欠点がある一方で、負荷変動に強い利点がある。

水管ボイラーは蒸気ドラム、水ドラムおよび多数の水管で構成されており、燃焼ガスにより水管を加熱し、水管内の水を蒸気に変える仕組みとなっている。通常、約 1～300t/h 程度の蒸気出力である。伝熱面積あたりの保有水量が小さいため、起動から必要な蒸気の発生までにかかる時間が比較的短い利点を有する。

<sup>11</sup> <https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/pdf/250610biomass4.pdf>、<https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/pdf/250610biomass5.pdf>

表 3.2.46 バイオマスボイラーの種類による負荷変動に対する特性

	貫流ボイラー	煙管ボイラー	水管ボイラー
仕組み	水管のみで構成されており、燃焼ガスにより水管を加熱し、水管内の水を蒸気に変える	太い円筒形状の胴の中に煙管群を収めたもので、燃焼ガスを煙管内へ通過させて、胴内の水を蒸気に変える	蒸気ドラム、水ドラムおよび多数の水管で構成されており、燃焼ガスにより水管を加熱し、水管内の水を蒸気に変える
蒸気出力	約 1t/h 程度(廃熱ボイラーとの組み合わせで増量が可能)	約 1～15 t/h 程度	約 1～300 t/h 程度
負荷変動に対する一般的な特性	伝熱面積あたりの保有水量が大変小さいため、起動から必要な蒸気の発生までにかかる時間が短い	伝熱面積あたりの保有水量が大きいため、起動から必要な蒸気の発生までにかかる時間が長い一方で、負荷変動に強い	伝熱面積あたりの保有水量が小さいため、起動から必要な蒸気の発生までにかかる時間が比較的短い

注) 一般的な特性を示しており、実際は燃焼炉の構造や燃料の性状等によっても特性が異なる。

(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会「木質バイオマスによる産業用等熱利用をお考えの方へ」

その他、電熱形態で分類した場合は、「対流／輻射／流動／」等の分け方がある。

設置位置による分類では、「燃焼炉一体型／燃焼炉別置型（排熱ボイラー）」等の分け方がある。ただし、日本には蒸気で一体型はバイオマスではほとんど事例がない。

循環方式による分類では、「自然循環／強制循環」等の分け方がある。

### 温水ボイラーと蒸気ボイラーの運転形態の違い

断続運転することのできる小型の温水ボイラーと違って、蒸気ボイラーは連続運転が基本となる。

一般的に、断続運転タイプのボイラーは、鋼鉄製の溶接・量産型で製造コストが安価である。一方、連続運転タイプは、耐火煉瓦による築炉のため製造コストが割高であり、大型設備向きといえる。ただし、低質の燃料に対応するので、燃料代を抑制することができる。

## バイオマス燃料を利用した蒸気ボイラーの導入事例

国内のバイオマス燃料を利用した蒸気ボイラーの導入事例は以下のとおりである。詳細は日本木質バイオマスエネルギー協会の「木質バイオマスによる産業用等熱利用をお考えの方へ 導入ハンドブック」を参照されたい。その他、林野庁「木質バイオマスボイラー導入・稼働にかかわる運用テキスト」にも事例集がある。

表 3.2.47 バイオマス燃料を利用した蒸気ボイラーの国内事例

業種	事業所名	所在地	導入年	ボイラー容量	ボイラー種	主な製品
食品	井村屋 本社工場	三重県津市	2015 年	7.5t/h (廃熱ボイラー含む)	貫流	肉まん、あんまん
	サーフビレッジ 山梨工場	山梨県塩山市	2007 年 2010 年	3 t/h	煙管	ミネラルウォーター
	太子食品工業 十和田工場	青森県十和田市	2009 年	4 t/h	煙管	豆腐、油揚げ
	カルビーポテト 帯広工場	北海道帯広市	2011 年	6t/h	水管	じゃがいもの菓子
	白松 浜御塩工房竹敷	長崎県対馬市	2011 年	1t/h	貫流	塩
	兼平製麺 本社工場	岩手県盛岡市	2007 年 2011 年	5.8 t/h	炉筒煙管	麺類
製紙	大王製紙 可児工場	岐阜県可児市	2004 年	117.5 t/h	水管	家庭紙 各種用紙、特殊紙
	大王製紙 可児工場 川辺製造部	岐阜県川辺町	2009 年	16.5t/h	水管	塗工紙
化学	DIC 北陸工場	石川県白山市	2018 年	2.5t/h	水管	合成樹脂
	ニプロファーマ 大館工場	秋田県大館市	2014 年	11t/h (廃熱ボイラー含む)	貫流	注射剤
繊維	セーレン 勝山工場	福井県勝山市	2016 年	10t/h	煙管	衣料品
クリーニング	マルセンクリーニング	北海道釧路市	2007 年	6 t/h	煙管	リネン クリーニング品
機械	リコー 環境事業開発センター	静岡県御殿場市	2016 年	700 kW (温水)	煙管	複写機等のリユースリサイクル
	コマツ 粟津工場	石川県小松市	2015 年	3,200kW	(不明)	建設機械
セメント	住友大阪セメント 栃木工場	栃木県佐野市	2005 年	- (直接加熱)	-	各種セメント

(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会「木質バイオマスによる産業用等熱利用をお考えの方へ」

### ③ バイオマスボイラーに係る法令対応

バイオマス燃料を利用した蒸気ボイラーに関する法規制は以下のとおりである。

表 3.2.48 バイオマスボイラーに関する法規制

法規の名称	概要	手続き	規制条件等
廃棄物の処理および清掃に関する法律	産業廃棄物の収集、運搬、処理を行う場合	許可	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 焼却能力 200 kg/h 以上、または火格子面積 2m<sup>2</sup> 以上</li> <li>・ 廃棄物を引き取って処理する事を業とする</li> <li>・ 破砕能力が 5t/日以上</li> </ul>
電気事業法	一定規模以上の発電施設の場合	許可届出	事業許可、電気工作物の届出、特定規模電気事業の届出、保安規定の届出、工事計画の認可等
エネルギーの使用の合理化に関する法律（省エネ法）	エネルギーを一定以上利用する施設では有資格者が必要	届出	電力を 600 万 kWh/年以上または熱を原油換算で 1,500kL/年以上利用する施設(施設内での自家消費分は除く)
大気汚染防止法	一定規模以上の施設について規制値あり	届出	伝熱面積 10m <sup>2</sup> 以上、またはパーナール燃焼能力重油換算 50L/h 以上
騒音規制法	一定規模以上の施設について規制値あり	届出	原動機の定格出力が 2.25kW 以上
振動規制法	一定規模以上の施設について規制値あり	届出	指定地域内の施設で定格出力 2.2kW 以上
特定工場における公害防止組織の整備に関する法律	公害防止統括者、公害防止主任管理者、公害防止管理者の選任	届出	<p><b>ばい煙発生施設</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>①大気汚染防止法による「ばい煙発生施設」のうち、有害物質を発生させる施設(14 種類指定されている)を設置している工場</li> <li>②工場全体の「ばい煙発生施設」からの排出ガス量が 10,000Nm<sup>3</sup>/時以上の工場</li> </ul> <p><b>特定粉じん発生施設</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 大気汚染防止法による「特定粉じん発生施設」</li> </ul> <p><b>一般粉じん発生施設</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 大気汚染防止法による「一般粉じん発生施設」</li> </ul> <p><b>汚水等排出施設等</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水質汚濁防止法による「特定施設」のうち「汚水等排出施設」(として指定されている 74 種類の施設)が設置されている工場の中で</li> <li>①有害物質を排出する施設を設置している工場</li> <li>②排出水量が 1,000m<sup>3</sup>/日以上の工場</li> </ul> <p><b>騒音発生施設</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>①機械プレス(呼び加圧能力が 100t 以上のもの)</li> <li>②鋳造機(落下部分の重量が 1t 以上のハンマー)</li> </ul> <p><b>振動発生施設</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>①液圧プレス(矯正プレスを除く。呼び加圧能力が 300t 以上のもの)</li> <li>②機械プレス(呼び加圧能力が 100t 以上)</li> <li>③鋳造機(落下部分の重量が 1t 以上のハンマー)</li> </ul>
労働安全衛生法	一定規模以上のボイラーがある場合	届出	貫流ボイラー伝熱面積 5m <sup>2</sup> 超え 10m <sup>2</sup> 以下
消防法	燃料貯蔵量が一定数量以上の場合	届出	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 指定可燃物 10m<sup>3</sup> 以上の燃料保管</li> <li>・ 外部への指定可燃物の表示と保管場所に消火器類を常備</li> </ul>
熱供給事業法	他施設へ一定規模以上の熱供給を行う場合	許可	21GJ/h 以上 (=5,834kW=502 万 kcal/h 以上)
水質汚濁防止法	水質汚濁に関する規制値	届出	<ul style="list-style-type: none"> <li>①特定施設を設置する事業場等(特定事業場)から公共用水域に排出される水</li> <li>②有害物質使用特定施設から地下に浸透する汚水等を含む水(特定地下浸透水)</li> <li>③貯油施設等を設置する事業場から事故により排出される油以上の 1~3 に該当する事業所等はこの法律の適用を受ける</li> </ul>

(出所) 林野庁「木質バイオマスボイラー導入・稼働にかかわる運用テキスト」等よりみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社作成

## 労働安全衛生法に関する留意事項

労働安全衛生法では、ボイラーは、以下に示す通り規模などによって「簡易ボイラー、小型ボイラー、ボイラー」という区分がなされ、その順番に段階的に規制が厳しくなり、ボイラー取扱者の要件が変わる。

### 温水ボイラーの区分

木質バイオマス温水ボイラーは、労働安全衛生法によりその区分が規定されており、これまでは危険性が最も高い「ボイラー」または危険性が中程度の「小型ボイラー」の区分が適用されていたが、令和 4 年 3 月 1 日より一定の規格以下の木質バイオマス温水ボイラーについて危険性が最も低い「簡易ボイラー」となり規制が緩和される。

欧州では、高温にならず爆発の危険性も低いことから、温水ボイラーは日本の簡易ボイラーと同等程度の規制となっている。日本の現行のボイラー規制は欧州と比較し基準が厳しく、小型ボイラーであっても資格保有者の配置や設備の設置報告等が必要であった。このような背景から、バイオマス燃料を活用したバイオマスボイラー普及のため規制の見直しが行われ、以下のいずれかの規格に当てはまるボイラーについて、簡易ボイラーの区分が適用されることとなった<sup>12</sup>。

- (1) ゲージ圧力 0.1MPa 以下の木質バイオマス温水ボイラーで、伝熱面積が 16 m<sup>2</sup>以下のもの
- (2) ゲージ圧力 0.6MPa 以下 かつ 100℃以下で使用する木質バイオマス温水ボイラーで伝熱面積が 32 m<sup>2</sup>以下のもの

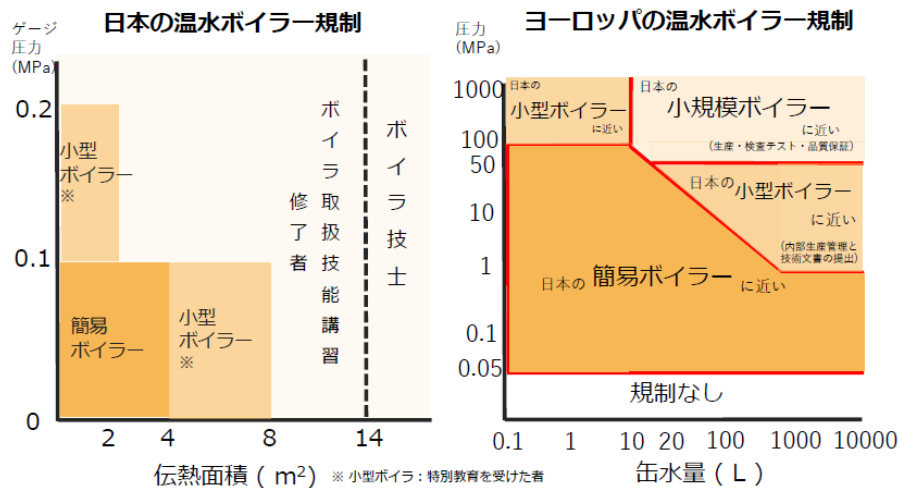


図 52 日本および欧州における温水ボイラー規制

(出所) 日本木質バイオマスエネルギー協会「木質バイオマス温水ボイラーに関する規制緩和等」「木質バイオマス熱利用(温水)計画実施マニュアル(仮称)の作成」に関する報告

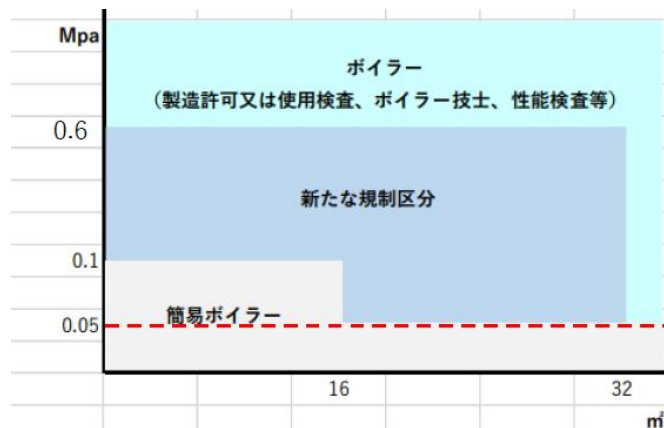


図 53 木質バイオマス温水ボイラーに対応する新たな規制区分(案)

(出所) 同上

<sup>12</sup> 労働安全衛生法施行令の一部を改正する政令案及び簡易ボイラー等構造規格の一部を改正する件の施行について <https://www.mhlw.go.jp/hourei/doc/hourei/H220221K0020.pdf>



また、令和 4 年 10 月より、大気汚染防止法におけるボイラーの規模要件が改正される。バイオマスを燃料とした場合、他の燃料と比べ伝熱面積が広がる場合が多く、これまで規制対象となりやすく公平でないという要望を踏まえ、伝熱面積の規模要件が撤廃され要件は燃料の燃焼能力のみとなる<sup>13</sup>。

### 蒸気ボイラーの区分

蒸気ボイラーは(Ⅰ)最高使用圧力と電熱面積による区分、(Ⅱ)胴の内径と長さによる区分、(Ⅲ)開放管またはゲージ圧力 0.05MPa 以下の U 型立管を蒸気部に取り付けたものによる区分で、以下の図のような分類がなされる。

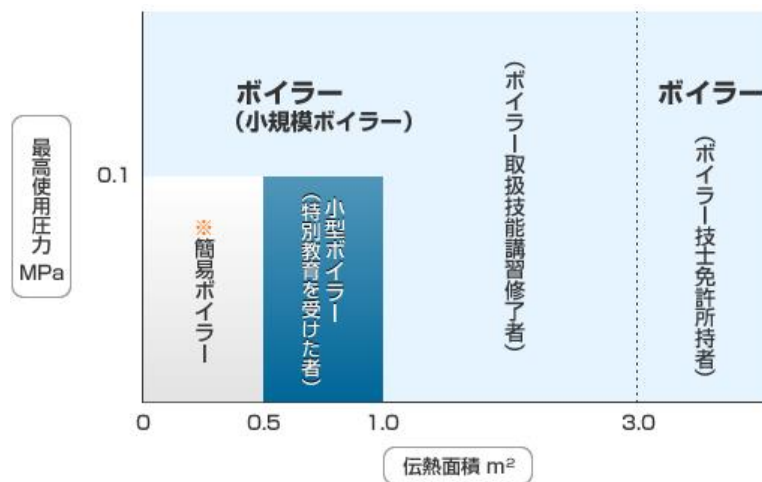


図 3.2.54 蒸気ボイラーの最高使用圧力と伝熱面積による区分

注 ※「簡易ボイラー」には伝熱面積にかかわらず、使用圧力 $\leq 0.3$ MPa、かつ、内容積 $\leq 0.0003$ m<sup>3</sup>のボイラーが含まれる。  
(出所) 一般社団法人日本ボイラー協会ホームページ

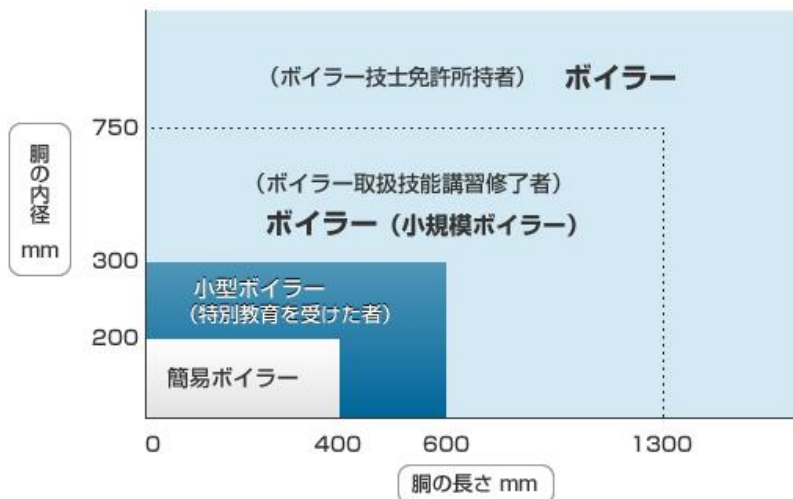


図 3.2.55 蒸気ボイラーの胴の内径と胴の長さによる区分

注 ※「簡易・小型ボイラー」の場合は、ゲージ圧力 0.1MPa 以下で使用する場合に限る。

<sup>13</sup> 環境省 HP 「大気汚染防止法施行令の一部を改正する政令の閣議決定について」 <http://www.env.go.jp/press/110025.html>



図 3.2.56 開放管またはゲージ圧力 0.05MPa 以下の U 形立管を蒸気部に取り付けたものによる区分  
(いずれも内径 25mm 以上)

(出所) 一般社団法人日本ボイラー協会ホームページ

表 3.2.49 蒸気ボイラーの労働安全衛生法の対応事項の概要

施設の種類	義務づけられている内容 (下線部は許可、届出等)	ボイラーの取扱者に係る規制
簡易ボイラー	<b>【導入時】</b> ・構造規格の遵守 〈法第 42 条、簡易ボイラー等構造規格〉	ボイラー取扱者：資格は不要
小型ボイラー	<b>【導入時】</b> ・構造規格に基づく製造 〈法第 42 条、小型ボイラー及び小型圧力容器構造規格〉 ・製造時または輸入時に個別検定の受検 〈法第 44 条、施行令第 14 条〉 ・設置後の設置報告【事後】 〈安全規則第 91 条〉 <b>【運用時】</b> ・定期自主検査(年 1 回) 〈法第 45 条、施行令第 15 条、安全規則第 94 条〉	ボイラー取扱者：「特別教育を受けた者」以上〈安全規則第 92 条〉
ボイラー	<b>【導入時】</b> ・製造許可【事前】 〈法第 37 条、施行令第 12 条〉 ・製造または輸入、設置等の各段階での検査 (溶接検査、構造検査、落成検査) 〈法第 38 条、安全規則第 5 条・第 7 条、第 14 条〉 ・設置届【事前】 〈法第 88 条、安全規則第 10 条〉 <b>【運用時】</b> ・登録性能検査機関による性能検査(年 1 回) 〈法第 41 条、安全規則第 12 条〉	・ボイラー取扱者：ボイラー技士※〈法第 61 条、施行令第 20 条、安全規則第 23 条〉 ・ボイラー取扱作業主任者 (ボイラー技士※)の専任が必要 〈法第 14 条、施行令第 6 条、安全規則第 24 条〉

注 1) 「法」は安全労働衛生法、「施行令」は労働安全衛生法施行令、「安全規則」はボイラーおよび圧力容器安全規則を示す。

※小規模ボイラーに該当すれば、「ボイラー取扱技能講習終了者」でも可。

(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会「地域ではじめる木質バイオマス(熱利用)」

## 建築基準法、ダイオキシン類対策特別措置法

その他、建築基準法、ダイオキシン類対策特別措置法等の規制もある。

表 3.2.50 蒸気ボイラーの建築基準法の対応事項の概要

施設の種類	規模等の要件	義務づけられている内容
建築物に設ける煙突	煙突全般 〈施行令第 115 条〉	【導入時】 ・構造に係る規定の遵守 〈施行令第 115 条〉
工作物 (煙突、サイロ)	・高さが 6m を超える煙突 ・高さが 8m を超えるサイロ 〈施行令第 138 条〉	【導入時】 ・技術的基準の遵守 〈法第 20 条、施行令第 139 条〉 ・工作物に係る各種規定 〈法第 88 条〉

(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会「地域ではじめる木質バイオマス(熱利用)」

表 3.2.51 蒸気ボイラーのダイオキシン類対策特別措置法の対応事項の概要

法規名称	施設の種類	規模等の要件	義務付けられている内容(下線部は許可、届出等)
ダイオキシン類対策特別措置法	特定施設(廃棄物焼却炉)※バイオマスイラーの燃料 廃棄物扱いとなった場合に適用	焼却能力 50kg/h 以上または火床面積 0.5m <sup>2</sup> 以上 廃棄物焼却炉〈DXN 特措法施行令第 1 条〉	【導入時】 ・特定施設設置の届出 【事前】 〈DXN 特措法第 12 条〉 【運用時】 ・排出基準に適合しない排出ガス等を出してはならない 〈DXN 特措法第 20 条〉 ・排出ガス等のダイオキシン類による汚染の状況の測定(年1回以上) 〈DXN 特措法第 28 条〉

(出所) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会「地域ではじめる木質バイオマス(熱利用)」