

## 2023年度成果報告会 プログラムNo.45

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／  
木質バイオマス燃料(チップ、ペレット)の安定的・効率的な製造・輸送等システム  
の構築に向けた実証事業／

# 可搬チップ・コンテナ乾燥機とバイオマスボイラを 組合せた広葉樹林の燃料利用実証事業

発表日： 2024年2月2日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名 吉岡 剛

団体名 一般社団法人 徳島地域エネルギー

問い合わせ先 一般社団法人 徳島地域エネルギー

E-mail: info@tene.jp TEL: 050-2024-5033

## 1. 目的

本事業では長期間放置されている広葉樹の二次林や公園の剪定枝から効率的なバイオマス資源の伐採・収集・運搬・加工・乾燥・利用プロセスを確立し、里山（都市近郊広葉樹林）における地域資源の持続的なエネルギー利用モデルを構築することを目的としている。

## 2. 期間

開始：2021年11月、終了（予定）：2024年3月

## 3. 目標

- ①従来方式の広葉樹チップ生産と比較して、3割以上、製造費用を削減する
- ②チップ乾燥熱源の転換（化石燃料→バイオマス）と輸送の効率化により、50%以上、GHGの排出を削減する

## 4. 成果・進捗概要

兵庫県宝塚市玉瀬地区における県有林を対象に、広葉樹の伐採からチップ化、チップ乾燥等の実証を行っている。製造したチップ燃料は、粒度・性状ともにバイオマスボイラー・CHP燃料として有用であることが確認できた。また、チップの製造にかかる費用、GHG排出削減量ともに概ね目標を達成できる見込みである。



<今回の実証範囲>

⑤システム全体の統合、パッケージ化の検討

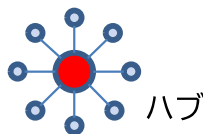
広葉樹の森

県有環境林 880ha



乾燥後チップは、**同一のコンテナのまま**  
需要先へ運搬

②コンテナ式乾燥機による  
効率的な配送～乾燥方法の検討



含水率: 約30%

バイオマス<sup>®</sup> (熱需要)



バイオマス<sup>®</sup>施設  
(給湯、暖房)

④エネルギー利用の検討

含水率: 約40%

①伐採計画～集材～  
チップ化方法の検討

コンテナは積み荷のまま  
フォークリフトと脱着可能

土場 (チップ乾燥センター)



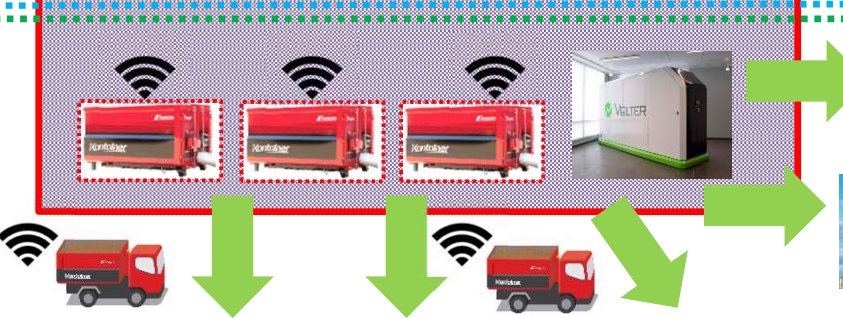
③原料品質管理方法の検討

都会の森(剪定枝)



現在、宝塚市緑のリサイクルセンターで8,000トンの  
剪定枝を処理。

<実証後の展開>



各需要先に設置するボイラやCHP  
200kW程度 ボイラ or CHP × Nカ所



- 湿チップ
- 乾チップ
- 温水
- 電気

⑥今後の展開構想と  
地域バイオマスエネルギー化率の試算

## 2. 事業内容



### ① 伐採計画～集材～チップ化方法の検討

- ・全木集材による歩留まりの向上と工程の簡略化を指向し、処理能力、積載量、生産性の確認と、ランニング費用についてのデータを取得する。

### ② コンテナ式乾燥機による運搬～乾燥方法の検討

- ・コンテナ式乾燥機のボイラ、CHPでの運用方法の検討を実施

### ③ 原料品質管理方法の検討

- ・含水率想定管理、粒度割合測定管理、燃焼試験調査
- ・含水率基準、粒度割合基準達成、低位発熱量測定等で評価

### ④ エネルギー利用の検討

- ・熱需要施設への熱供給と、燃料乾燥を実施するとともにCHP装置で適用試験を実施

### ⑤ システム全体の統合、パッケージ化の検討

- ・集材、チップ化、乾燥・熱供給パッケージまで含めた、全国で展開可能なパッケージ化を検討

### ⑥ 事業推進委員会の開催

- ・バイオマス関連分野に多くの知見を持つ専門家で構成し、総合的見地から本事業の課題解決やシステム全体のブラッシュアップを行い、市場競争力を持つ新たなモデルを確立

### ⑦ 今後の展開構想と地域バイオマスエネルギー化率の試算

- ・熱需要先調査結果をもとに、県有林からの燃料の展開案の検討を実施するとともに地域の再エネ化率を試算

# 3. 実施スケジュール



2021年度及び2022年度上四半期にシステム全体のバランスの検討を行いながら設備投資を実施した。その後、伐採された広葉樹の集材→チップ化→運搬→乾燥→利用の各プロセスの検証を行いながらデータを収集した。

また、事業期間中に外部有識者で構成する事業推進委員会を年2回程度実施し、実証事業の成功確度を高め、広葉樹の利活用循環システムの構築を図っている。

事業項目	FY2021		FY2022				FY2023			
	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
<b>製造・輸送等システムの構築に向けた実証事業</b>										
1) 伐採計画～集材～チップ化方法の検討	→									
2) コンテナ式乾燥機による運搬～乾燥方法の検討				→					→	
3) 原料品質管理方法の検討				→						
4) エネルギー利用の検討					→					
5) システム全体の統合、パッケージ化の検討	→				→					
6) 事業推進委員会の開催		▼		▼		▼				▼
7) 今後の展開構想と地域バイオマスエネルギー化率の試算							→			

# 事業実施内容 ①伐採計画

- 現地踏査に基づき、作設可能な作業道の線形を決定し、その作業道の上下に幅5~20m、長さ50m程度の伐区を原則として15m間隔で設定し、伐採率が40%を超えない範囲で伐採を行う計画
- 上記の伐区は、一部については、伐採幅を拡大し、伐採面積、材積を確保
- 現地調査の結果、平均蓄積が当初計画の90m<sup>3</sup>/haに対し、かなり過小であることが推定されるが、伐採材積は修正していない。
- 既設市道からの、搬出により、伐採面積の不足を補う。



2023年度  
伐採計画図

伐区 (計画)

区域面積  
16.9ha  
伐採実面積  
4.2ha

作業道  
(開設済)

作業道  
(計画)

路線数1 計画  
延長1,150m

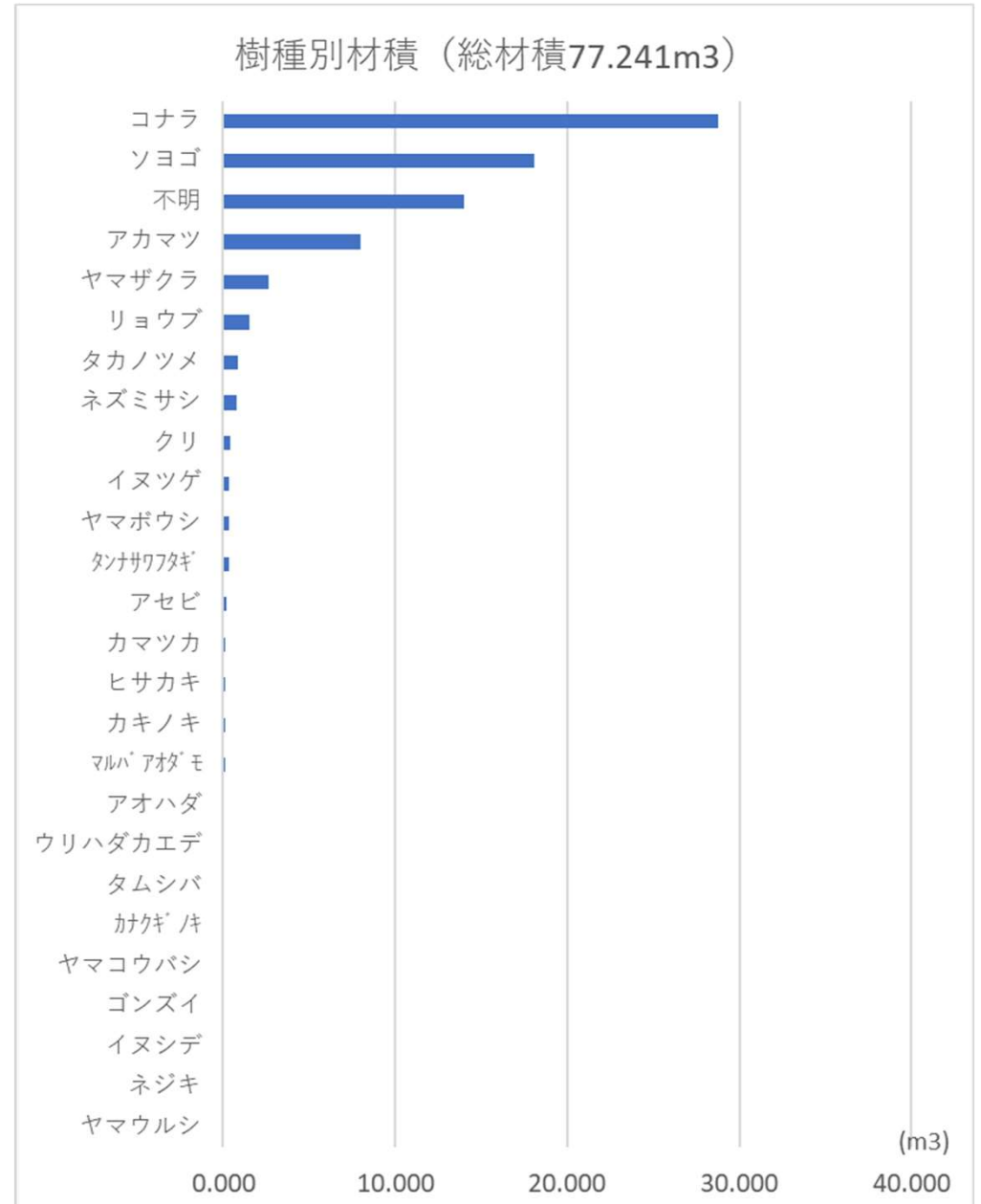
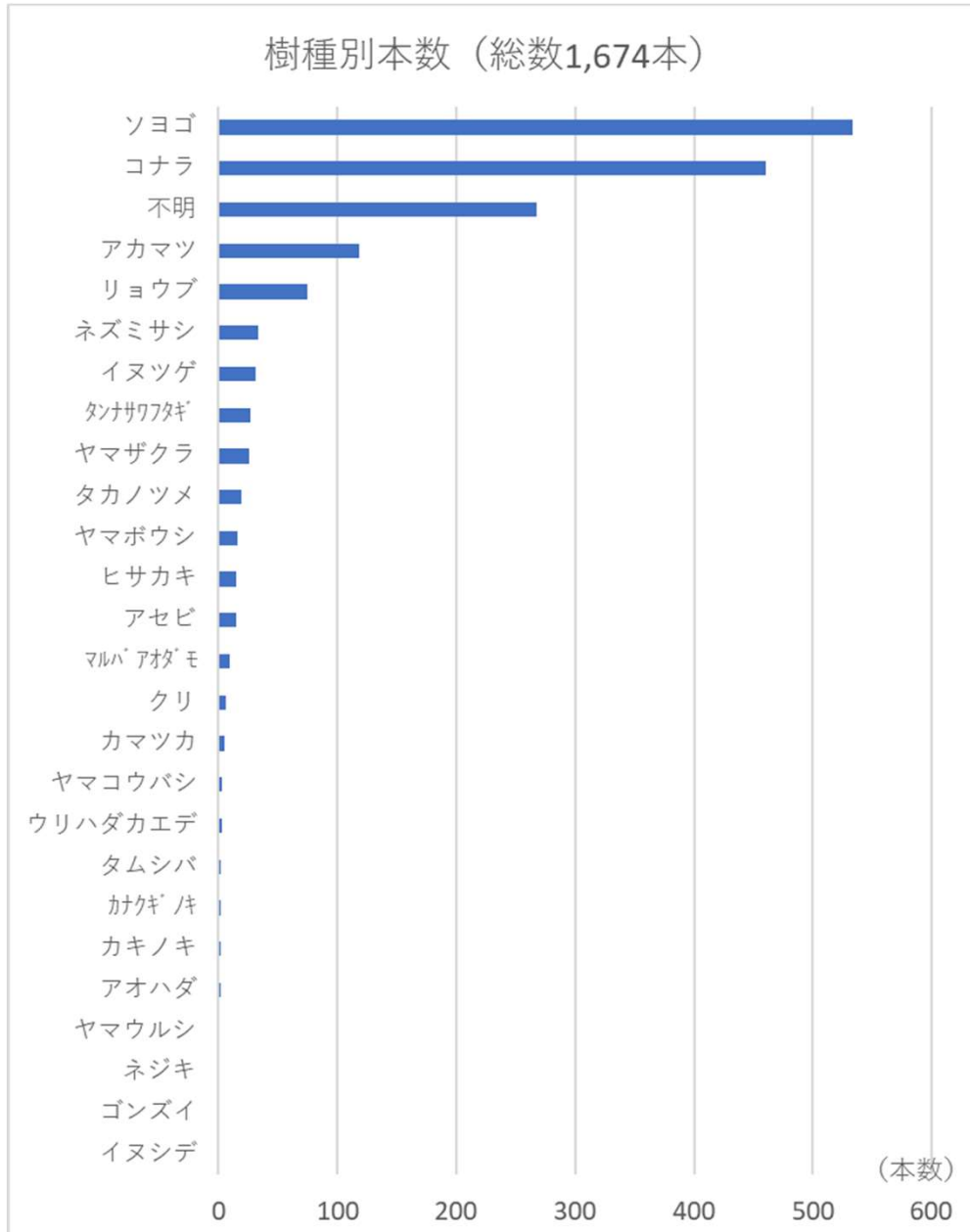
# 事業実施内容 ①伐採計画（作業実績）

## 伐採・チップ化実績（2023年11月16日時点）

作業項目	作業内容	実績
作業道開設	作業道開設延長	1号線:442m、5号線:305m 2路線計:747m
	作業道関連作業時間	434時間
	開設作業時間	262時間
	1日あたり開設延長(6時間換算)	17.1m/日
伐採関連	伐区伐採面積	25ヶ所、0.51ha
	作業道開設敷伐採面積	0.3ha
	合計	0.81ha
	伐採本数	1,674本
	伐採作業延べ時間	73.5時間
	1日あたり伐採本数(6時間換算)	137本/日
搬出関連	搬出材積	14伐区
	搬出本数	351本
	搬出作業延べ時間	82時間
	1日あたり搬出材積(6時間換算)	1.271m <sup>3</sup> /日
チップ化	チップパー稼働時間	49日、31.3時間
	チップ化能力	8m <sup>3</sup> /時間

# 事業実施内容 ①伐採計画（伐採実績）

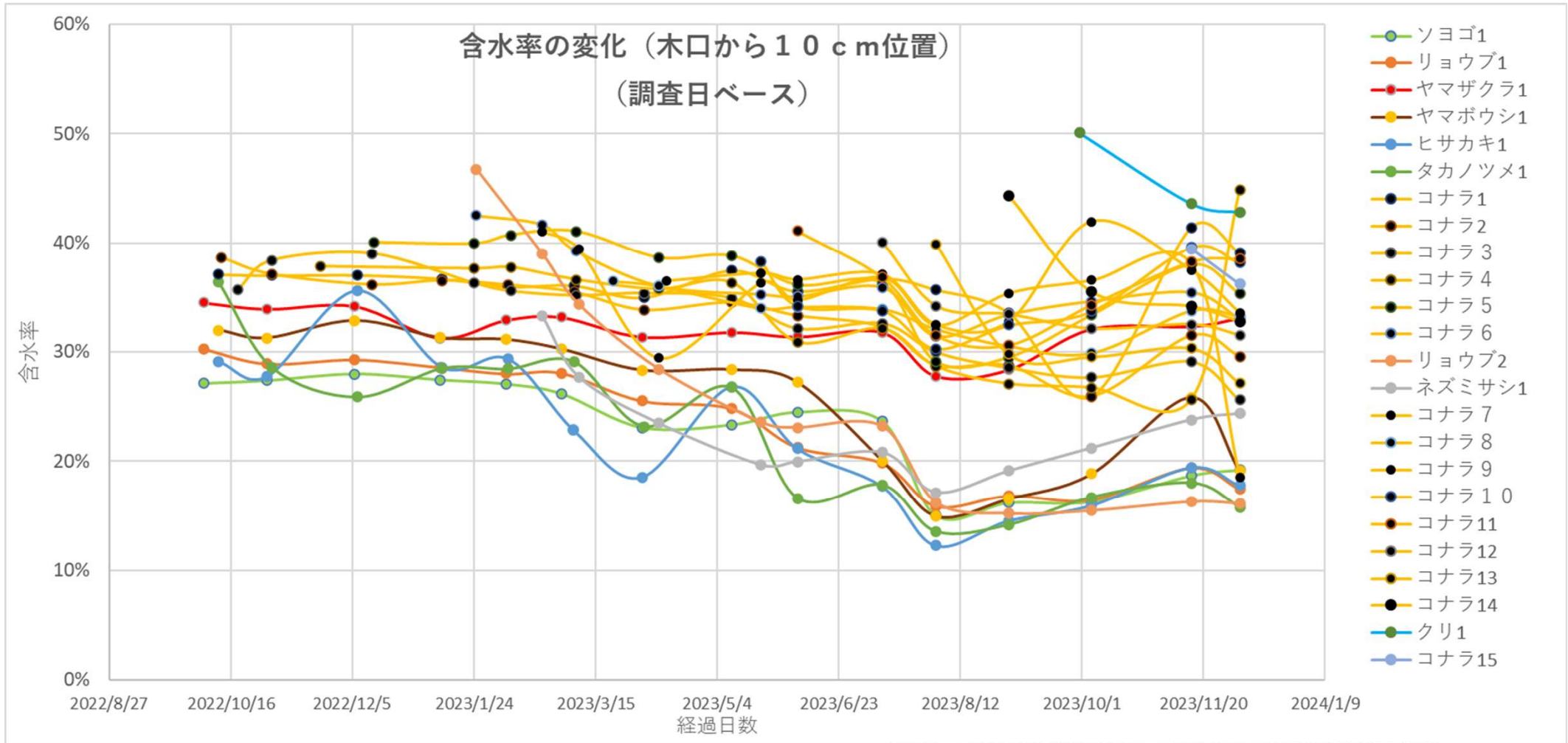
## 樹種別伐採実績





# 事業実施内容 ①伐採計画（含水率推移）

- ・伐採時期による差異は比較的少ないこと、樹種ごとの差が大きい。
- ・個体差はあるものの、コナラ、サクラ類は比較的乾きにくく、そのまま燃料として使える含水率30%に達するまでに約1年を要し、その他のソゴ、リョウブ等は約半年で含水率30%をクリアする。



\* 含水率については、伐採木を土場に並べ、毎月木口と木口から10cm程度梢端側の位置からサンプルを採取しその変化をみている。



# 事業実施内容 ②コンテナ式乾燥機による効率的な配送

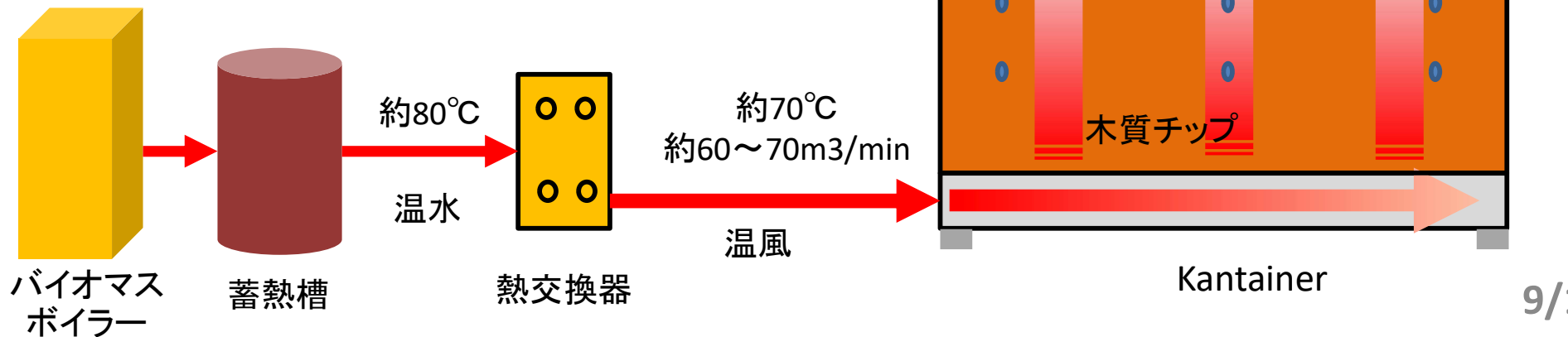
## ■乾燥試験の概要

- バイオマスボイラーから乾燥コンテナに温風を供給し、木質チップの乾燥を行う。
- 2022年8月から試験運転、10月から玉瀬で伐採した広葉樹のチップを用いた乾燥試験を開始。
- 乾燥試験における計測項目
  - 温湿度（外気、コンテナ内（6ヶ所）、温風）
  - コンテナ重量
  - 温風の風速
  - 木質チップ含水率（乾燥試験前）

⇒乾燥対象物となる木質チップの乾燥特性を明らかにする。



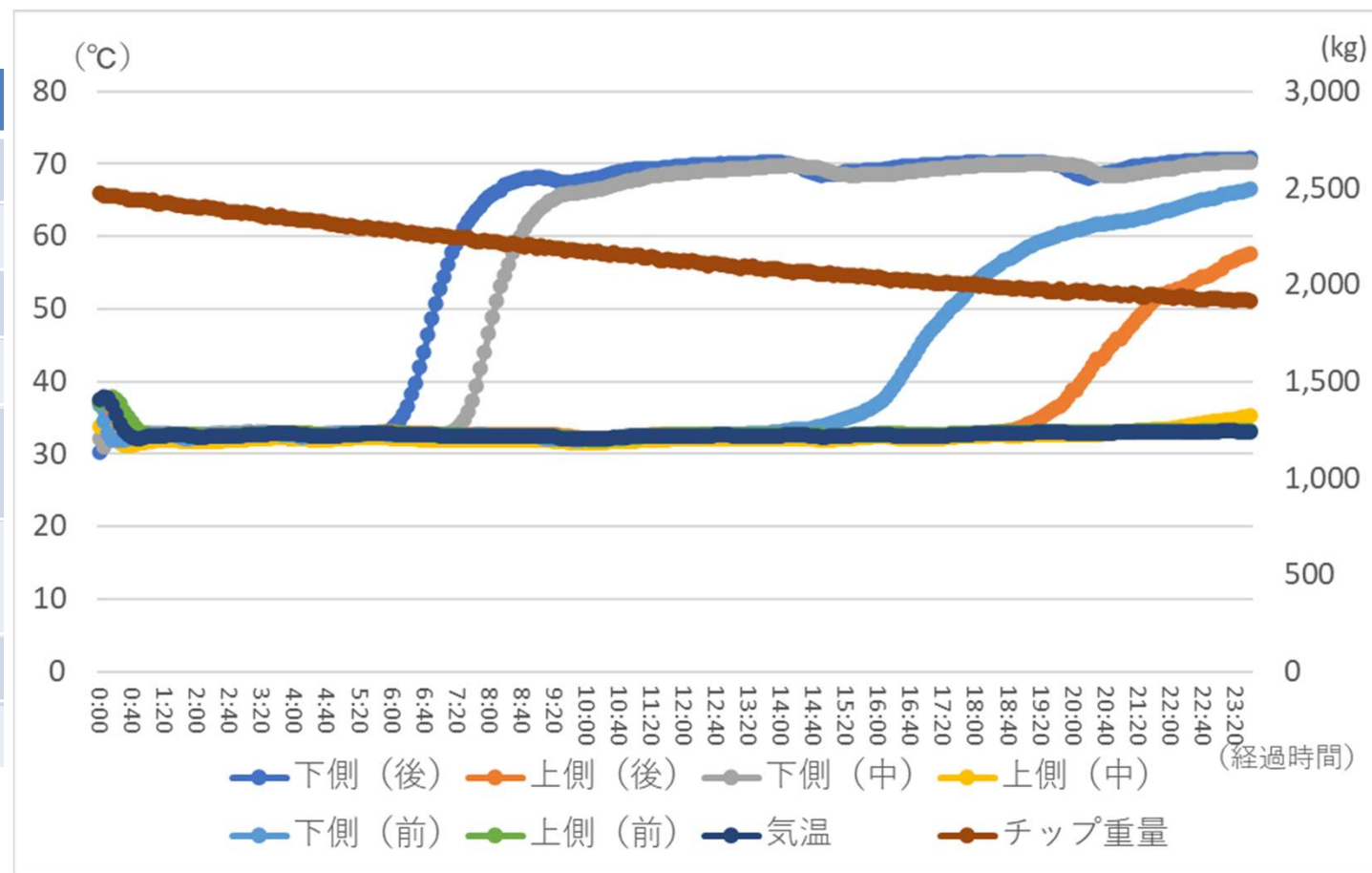
・コンテナ内の温湿度計測  
前、中、後の中段、上段の6か所



# 乾燥試験結果例

- チップ重量変化から、水分蒸発速度は当初はリニアであるが、乾燥が進むと乾燥効率も下がってくる。(含水率30%→8%で約24時間、この際必要な乾燥用熱源のバイオマスチップは乾燥対象チップの約1割)
- チップの温度は外気温と同程度から、コンテナ下部およびコンテナの温風吹き出し口付近から温度上昇が進み、温風と同程度の温度となる。

項目	条件
天候	9/20晴、9/21晴
投入チップ量	約8m <sup>3</sup>
平均風量	55m <sup>3</sup> /min
平均温風温度	75℃
チップ含水率 (乾燥前)	30%
チップ含水率 (乾燥後)	8%
乾燥時間	23時間
蒸発速度	23.7kg/h



# 事業実施内容 ③原料品質管理方法の検討（燃料分析）

## ■ボイラー燃料として

- ・低位発熱量は17,720kJ/kg(4.92kWh)（気乾）と、一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会（JWBA）発表の値、4.23kWh(15%)を上回っている。
- ・塩素分(0.002%<0.05%(基準))、硫黄分(0.03%<0.05%(基準))、灰分(2.8%<3%(基準))はいずれもJWBAの基準を下回っている。

## ■CHP燃料として(Volter基準値をベース)

- ・ Volter基準値や通常使用しているスギ燃料と比較して、非常に良好な項目を含み、大きく外れる項目はなく、燃料として良好である。

### -良好な項目

- ・灰の溶融点が十分に高い(1200°C以上)
- ・灰組成中のカルシウム含有率が高い
- ・工業分析の灰分が低い

### -注意が必要な項目

- ・発熱量が広葉樹にしてはやや低い
- ・カリウム含有量が基準を上回るものの、秋田スギ材と同程度

\* 一般的に発熱量が低いとガス化炉温度が不安定になる傾向が懸念されるものの、本燃料は広葉樹で比重が比較的大きいため、燃料チップのかさ密度当たり発熱量に補正すると十分な発熱量に到達し、問題のない範囲と判断できそう。またガス化炉内でクリンカを発生させる原因となるカリウムの含有が多いものの、灰の溶融点自体は高く、灰分が低いため、ガス化炉閉塞のリスクは軽減されていると判断できそう。いずれも、より確実な結果を得るためには、燃料チップを幹部分と樹皮・枝条部分に分けて分析にかけることで、これらの比率による性状の変化について推計することもできる。

# 事業実施内容 ③原料品質管理方法の検討（粒度分布）

ふるい振とう機によるふるい分け試験の結果、欧州規格G50を満たし、粒度構成も良好

## ■試験内容と結果例

- ・試験チップ：切削チップ（玉瀬広葉樹、剪定枝）
  - ・試験方法：しんとう数180rpm、しんとう時間1分
- 複数回の試験においてほぼ同様の結果内容を得た。

粒度	試験体		欧州の木質チップ規格	
	広葉樹	剪定枝	G50	G30
63.0mm	0%	0%	3% (6%未満)	81%
45.0mm	1%	0%		
31.5mm	2%	0%		
16.0mm	78%	44%	92% (60%超)	18%
3.15mm	18%	51%	1% (10%以下)	1%
最下 トレイ	1%	3%		



( )内は基準数値 G50相当P31S木質チップ ISO17225-4準拠

# 事業実施内容 ④エネルギー利用の検討（ボイラ設置）

研修施設の熱需要機器は以下

- ①給湯（浴室1か所、シャワー2箇所を含む）
- ②1F、3F床暖房 2F ラジエーター暖房・・・冬季のみ
- ③低温サウナ（10m<sup>2</sup>）

傾向的に冬は夏の約2倍程度の熱需要がある。



研修施設にバイオマスボイラの設置完了（2023年5月）

# 事業実施内容 ④エネルギー利用の検討（CHP燃焼試験）

## ■試験設備

超小型木質バイオマスガス化熱電併給装置「Volter40」を用いる。典型的なダウンドラフト型(※)の木質バイオマスガス化熱電併給装置の1つ(※…炉の上方から燃料を投入し、生成した合成ガスを下方から取り出すシステム)

## ■燃料成分

Volter基準値や通常使用しているスギ燃料と比較して、非常に良好な項目を含み、大きく外れる項目はなく、燃料として良好である。

## ■粒度

概ね基準を上回る良好な分布となっている。オーバーサイズについては、基準外(63mm超)が存在するものの許容範囲である。サンプルによってアンダーサイズがやや多い場合があるのが課題である。

## ■実機燃焼試験(2023年11月21日)

- ・納入量:2,260kg(出発時トラックスケールで計測)、約8m<sup>3</sup>(目視)
- ・樹種 : 広葉樹 小径・枝条含む  
(ソヨゴ80%程度:伐後1年間経過、コナラ20%程度:最近伐採したもの)
- ・乾燥時間:神戸ラボKantainerで3日間乾燥させたもの
- ・含水率:10%以下(湿基準) HumimeterBLLで全体的に確認  
6.6% 6.5% 5.5% (湿基準) A&D ML-50で3回計測

## ■試験結果

- ・全体的に異常がなく、良好な測定値が出た。使用した燃料の量(時間当たり消費量)は、44.0kg/hとなり、仕様値37.5kg/hを上回っている。(ガス化炉の運転が不安定であった状況を考慮すると妥当)
- ・バイオ炭の生成量は、25kgとなり、投入燃料の2%となった。これは仕様範囲内の正常な量である。スギ燃料では3%程度が発生することと比較し、やや少ない。
- ・ガス化炉内のクリンカ等の発生状況については、試験前後で目視確認したところ、特に異常は見られなかった。燃料分析結果よりクリンカ原因物質の含有率が高くなく、灰の溶解温度が高いことから、妥当な結果である。
- ・ガス化炉内温度が不安定になる現象が確認されたものの、僅かな他燃料と混焼する対策により安定稼働を確認できた。(今回と同質の燃料を用いる場合の対策としては、スギもしくはマツなどの針葉樹で安定稼働実績のある樹種の燃料を計画的に混焼するという対策が考えられる。)

# ランニングコストの算定

現時点でのランニングコストの試算では、目標値に対して若干上回ったコストとなっているが、今後さらに生産効率を向上することで、目標値の達成を目指す。

## 目標値

チップ生産のための費用（原木10m3あたり）							
ステージ	作業内容	手段	人工数	人件費	燃料コスト	機械コスト	合計費用
現場	伐採	チェーンソー	0.18	2,700	216	18	2,934
	集材	フォワーダ	0.71	10,650	5,680	2,840	19,170
	運材	フォワーダ	0.3	4,500	2,400	1,200	8,100
	伐採・運搬小計		1.19	17,850	8,296	4,058	30,204
チップ化	原木投入	フォワーダ	0.05		400	200	600
	チップ製造	移動式チップバ	0.56	8,400	7,280	8,400	24,080
	積み込み	コンテナに自動投入	0				
	乾燥土場へ輸送	10m3積載	0.27	4,050	1,300	1,350	6,700
	チップ化 小計		0.88	12,450	8,980	9,950	31,380
	伐採・搬出・チップ化小計		2.07	30,300	17,276	14,008	61,584
乾燥		温風式チップ乾燥機			7,964		7,964
チップ輸送	積込	フックロール積込	0				
	需要先へチップを輸送	10m3積載	0.27	4,050	1,300	1,350	6,700
	小計（乾燥・チップ輸送）		0.27	4,050	9,264	1,350	14,664
合計	合計		2.34	34,350	26,540	15,358	76,248
				①原木10m <sup>3</sup> （10t）あたり			76,248
				②乾燥チップ1m <sup>3</sup> 当たり（①/2.5）			30,499
				③乾燥チップ1t当たり（①/6）			12,708

## 実績値をもとにした試算値

チップ生産のための費用（原木10m3あたり）							
ステージ	作業内容	手段	人工数	人件費	燃料コスト	機械コスト	合計費用
現場	作業道開設	フェラバンチャー					
	伐採	チェーンソー	1.31	19,650	1,572	131	21,353
	集材	フェラバンチャー	1.37		5,549	5,800	11,348
	運材	フォワーダ	0.71		1,917	2,509	4,426
	集運材	フェラバンチャー、フォワーダ	4.78	35,850			35,850
	伐採・運搬小計		6.09	55,500	9,038	8,439	72,977
チップ化	原木投入	フォワーダ	0.05		135	177	312
	チップ製造	移動式チップバ	0.65	9,750	3,803	3,809	17,362
	積み込み	コンテナに自動投入	0				
	需要先へチップを輸送	10m3積載	1.64	24,600	1,300	1,350	27,250
	チップ化 小計		2.34	34,350	5,238	5,336	44,923
	伐採・搬出・チップ化小計		8.43	89,850	14,275	13,775	117,900
乾燥		温風式チップ乾燥機					
チップ輸送	積込	フックロール積込	0				
	需要先へチップを輸送	10m3積載	0	-	0	-	-
	小計（乾燥・チップ輸送）		0	0	0	0	0
合計	合計		8.43	89,850	14,275	13,775	117,900
				①原木10m <sup>3</sup> （10t）あたり			117,900
				②乾燥チップ1m <sup>3</sup> 当たり（①/3.95）			29,848
				③乾燥チップ1t当たり（①/8）			14,738



# 今後に向けて

- 本事業が終了する2024年3月末まで、引き続き乾燥試験、燃焼試験等を行い、取得データの検証等を行っていく。
- 現状では特に伐採・搬出関連のコストが高いことが課題であるが、新規のエネルギーの森事業に引き継ぎ、コストの改善に取り組んでいく。
- 「ひょうご里山フェスタ」(2022年10月、203年10月)における展示ブースにおいてNEDO事業の取組を紹介した。また自治体や事業者からの視察依頼も多く来ている。
- 当法人が扱うバイオマスボイラーの販売・施工を行う企業も複数出てきており、今後のバイオマスボイラーの導入量増加が期待できる。
- さらに、兵庫県が「里山バイオマス活用コンソーシアム(仮称)」の創設を検討しており、近隣自治体、関連事業者と連携を図りながら里山の維持管理とバイオマスボイラーの導入拡大を図る予定である。