

2023年度成果報告会

バイオジェット燃料生産技術開発事業／
実証を通じたサプライチェーンモデルの構築／

パルプからの国産SAFの一貫生産
およびサプライチェーン構築実証事業

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

代表者名 泉 可也

団体名 三友プラントサービス株式会社、株式会社Biomaterial in Tokyo、丸住製紙(株) (委託先)

問い合わせ先 株式会社Biomaterial in Tokyo E-mail: izumi.y@biomt.co.jp TEL: 092-558-2733

1. 目的

SAF製造技術の多様化も鑑みながら将来の商用化を見据えた規模での実証を通じてサプライチェーンモデルを構築する。具体的には、想定する将来の製造規模を技術的に実現し得るSAF製造技術を軸に、原料調達、ニートSAF (ASTM D7566規格準拠) 生産、ジェット燃料との混合、空港への搬入まで、将来の商用化を見据えた規模での実証等を通じてサプライチェーンモデルを構築し、SAFの安定供給に不可欠となる我が国独自のサプライチェーンを確立する。その際に明らかになった個別の技術課題に関しては技術開発により得られる結果をフィードバックすることでサプライチェーンの確立を目的としている。

2. 期間

2022年9月2日 ~ 2025年3月31日

3. 目標 (中間・最終)

ニートSAF製造量150 kL/年 (事業期間内では、500 L/日×30日連続生産、GHG削減率60%以上、D7566適合) を目指す。第2世代バイオエタノールの生産は、6 kL/日×20日連続 (120 kL) を行い、ATJの原料として使用し、国産ニートSAF一貫生産を行う。また、CORSA認証取得を推進する (2025年2月頃を目指す)。

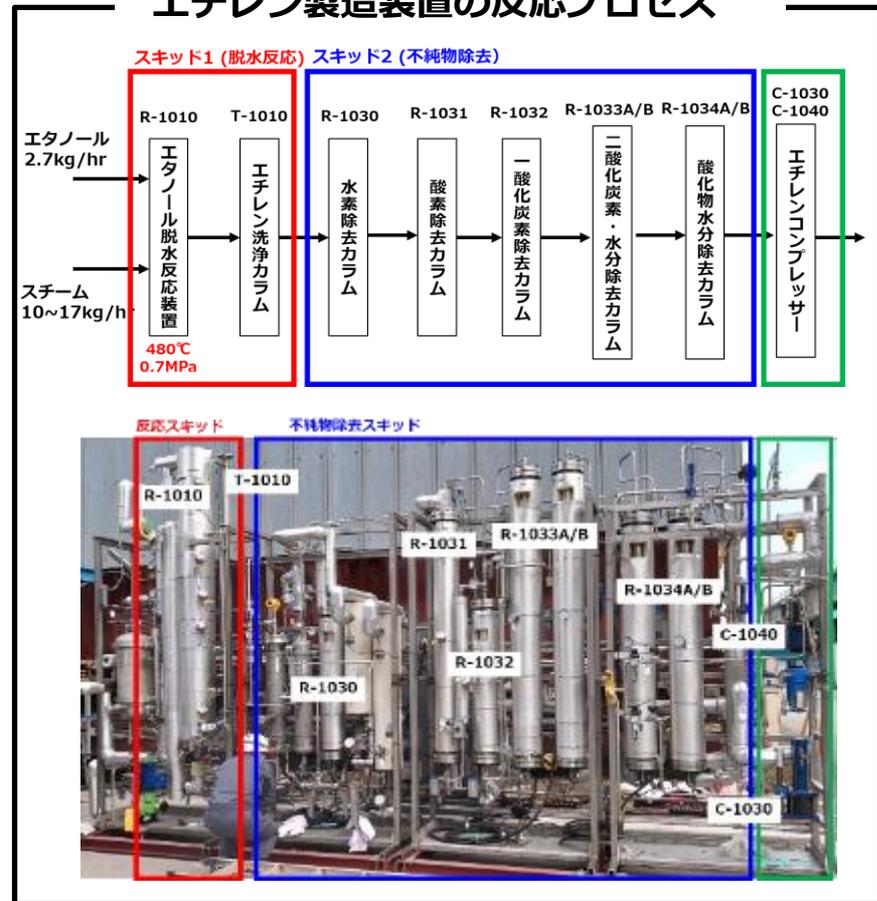
4. 成果・進捗概要

パイロットプラントを用いた連続運転によるSAF製造を実施し、D7566規格に適合見込みのあるSAFの製造に成功した。実証プラントの建設も進行している。また、サプライチェーン構築を推進し、CORSA認証についても、2024年度の認証に向けて認証機関との協議を継続している。



1. 10 kL/年SAF生産設備での実証実験 -エチレン製造試験-

エチレン製造装置の反応プロセス



製造エチレンの分析結果

	NEDO2 Run6	NEDO3 Run2	JORA*3	NEDO3 FY23Run1		不純物 許容 濃度	
原料EtOH 濃度 (%)	99.5	99.5	90	75	50		30
EtOH供給 速度 (kg/hr)	2.5	2.0	1.9	2.5	2.5		2.4
分析機関	社外	自社	自社	自社	自社		自社
Ethylene (%)	99.9	97.9	98.3	98.1	97.8	97.7	-
H ₂ (%)	*1	0.02	0.03	ND	ND	ND	<0.08
O ₂ (%)	<0.0005	0.002	0.002	0.004	0.005	0.014	<0.1
CO (ppm)	<0.1	ND	ND	ND	ND	ND	<5
CO ₂ (ppm)	<1	ND	ND	40	50	90	<10
Methane (%)	*1	ND	ND	0.08	0.08	0.17	<0.1
Ethane (%)	*1	ND	ND	ND	ND	ND	<0.1
反応率*2 (%)	67.5	90.1	84.0	88.1	89.1	83.4	-
Ethylene生成 速度 (kg/hr)	1.1	1.1	0.96	0.80	0.54	0.30	-

- 原料エタノール濃度を99.5, 90, 50, 30%と低下させた際においてもエチレン製造が可能であり、製造したエチレン濃度は最大**99.9%**、反応効率は最大**90.1%**を達成した。
- 製造したエチレンはSAF製造工程に使用可能なスペックを達成しており、製造したエチレンを用いてSAF製造を行った。

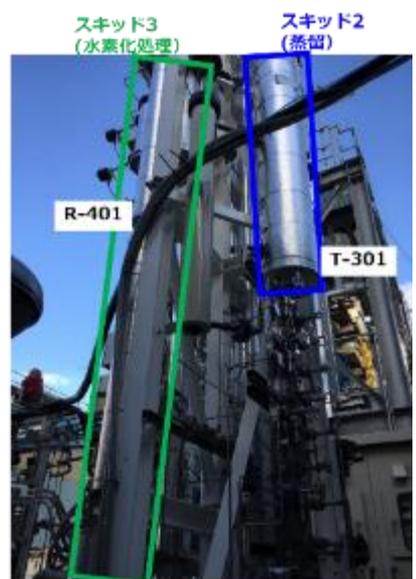
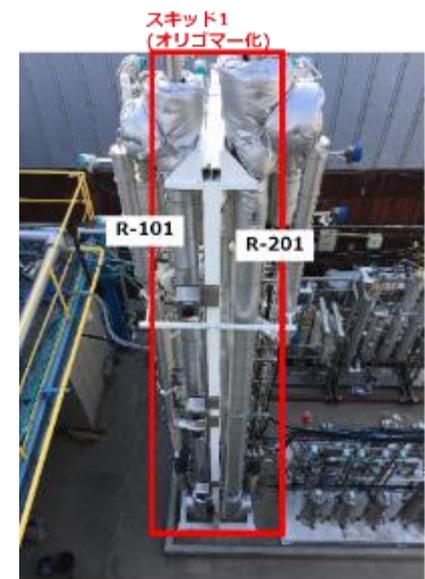
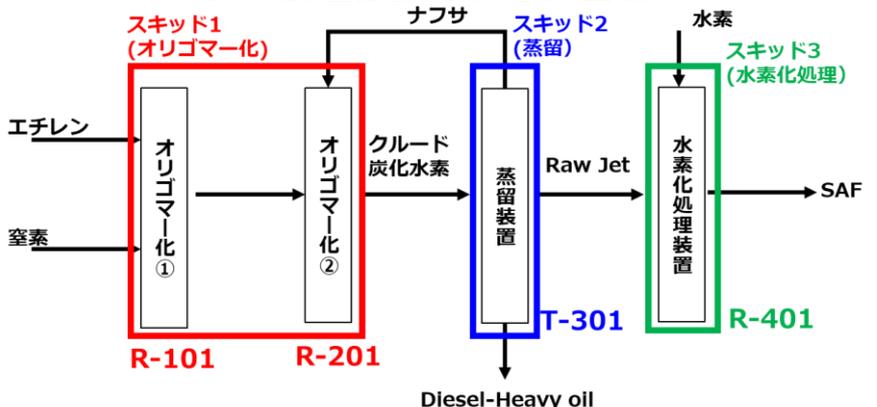
ND: 不検出, *1:未測定, *2:エタノールが全てエチレンに反応した反応率を100%としたとき
*3:一般社団法人日本有機資源協会の令和3年度二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金
「脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システム構築実証事業」で実施した内容の引用データ

1. 10 kL/年SAF生産設備での実証実験 -SAF製造試験-

2023年ASTM D7566 23aにおいて、Annex8の規格が成立し、ATJを用いたSAF製造において、ATJ-SPK (Annex5), ATJ-SKA (Annex8) の規格が存在する。

事業開始時においては、Annex8規格は存在しなかったが、Byogy触媒にてAnnex8規格にほぼ適合するSAFの製造を、自製触媒にてAnnex5規格適合見込みのあるSAFの製造に成功した。

SAF製造装置の反応プロセス



【購入触媒を用いたSAF製造試験】

Crude Hydrocarbon Naptha Gasoline Raw Jet Heavy Oil Jet



- SAF : ASTM D7566分析
→ **Annex8規格にほぼ適合**
- Heavy Oil留分 : 軽油 (JIS K2204), 重油 (JIS K2205) 分析
→ **軽油 特1号~3号, 重油 1種1号の要求品質を満たす**

【自製触媒を用いたSAF製造試験】

Crude Hydrocarbon Naptha Gasoline Raw Jet Heavy Oil Jet



- SAF : ASTM D7566分析
→ **Annex5規格に近いが、一部項目でスペックアウト**
- Heavy Oil留分 : 軽油 (JIS K2204), 重油 (JIS K2205) 分析
→ **軽油 2号, 3号に適合, 重油は引火点が低く規格外**

2. 2,000kL/年のバイオエタノール生産プラントの設計・設置運転

2.①. 国産ニートSAF製造コスト低減のためのエタノール生産原価低減

2.①.1. 酵素自製技術の確立 —60 kL発酵槽でのセルラーゼ生産試験—

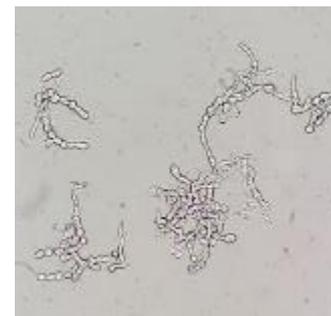
培養
フロー

1stシード
フラスコ

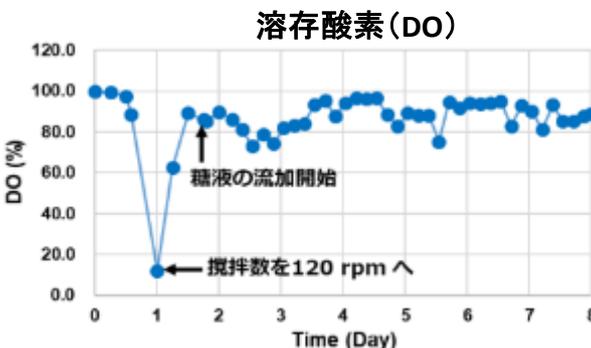
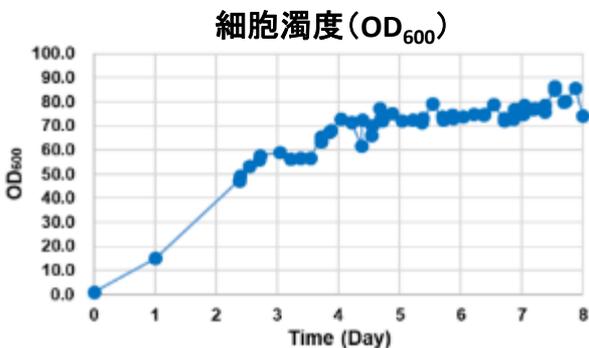
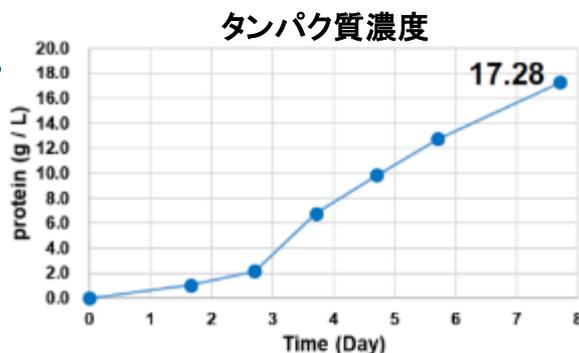
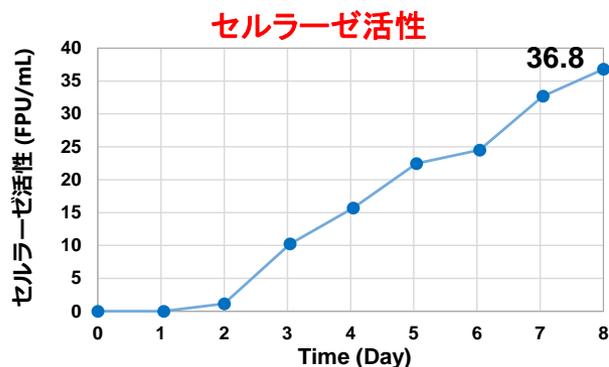
2ndシード
30 L発酵槽

3rdシード
1 kL発酵槽

本培養
60 kL発酵槽



セルラーゼ生産菌
Trichoderma reesei M2-1



<本培養条件>

初発培地量	15 kL
培養温度	28°C
攪拌回転数	85~120 rpm (DO制御)
通気量	1 vvm (15 kL/min)
pH	培養開始時pH4.5~5.5 糖液流加後24 hrまでpH4.0~4.3 以降 pH5.0~5.2
DO	初発溶存酸素濃度の50~60%を維持
流加	初発グルコース枯渇後、糖濃度50% の流加培地を 8 g/hrで添加

実機100 kL発酵槽に近いスケールで培養を行い、**セルラーゼ活性30 FPU/mL**以上を達成した

2.①.1.酵素自製技術の確立 ー培養条件の再検討ー

本培養の流れ

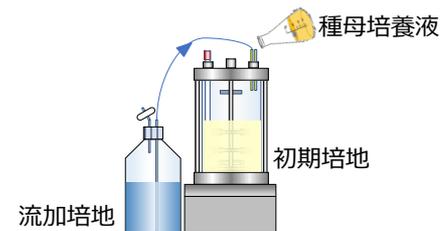
初期培地に種母培養液を接種



初期培地中のグルコースが枯渇



流加培地(50%糖液)の添加を開始



流加培地の糖濃度

従来は50%で試験していたが、本事業の実機では20%(パルプ糖化液の濃縮液)の予定



従来と比較して、初期培地量を半減し流加培地量を倍増して培養する

→従来は、糖以外のN源等の培地成分は初期培地のみ配合され、流加培地には含まれない



酵素生産に必須な培地成分の総量を従来と同じにする必要があるため、培地成分の添加方法を検討した

	条件①	条件②
初期培地中のN源等の成分	2倍濃度	従来と同濃度
流加培地	糖濃度20%	糖濃度20% + N源等の培地成分

結果として、条件①では菌体が増殖しなかったが、条件②で菌体は正常に増殖し、**23.7 FPU/mL**のセルラーゼ活性を示した

60 kL発酵槽での生産試験のデータを利用しつつ、実際のパルプ糖化液を用いて培養試験を実施し、30 FPU/mLを達成する酵素生産条件を確定させる

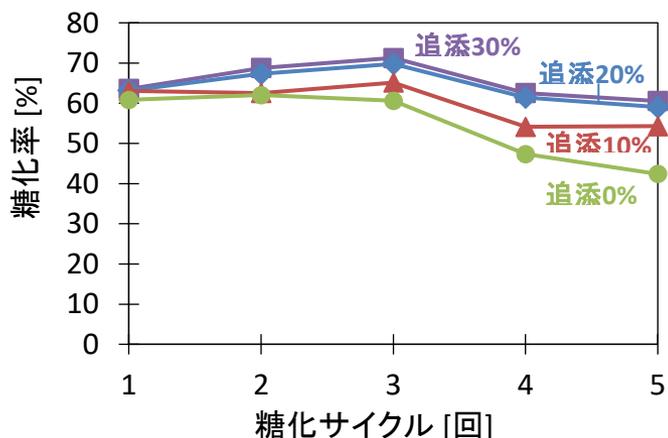
2.①.2. セルラーゼ回収再利用技術の確立

丸住製紙NBKPを糖化基質とし、5サイクルまでの自製セルラーゼ+市販酵素カクテルの回収再利用試験（酵素回収工程は4回）を行った

【試験フロー】



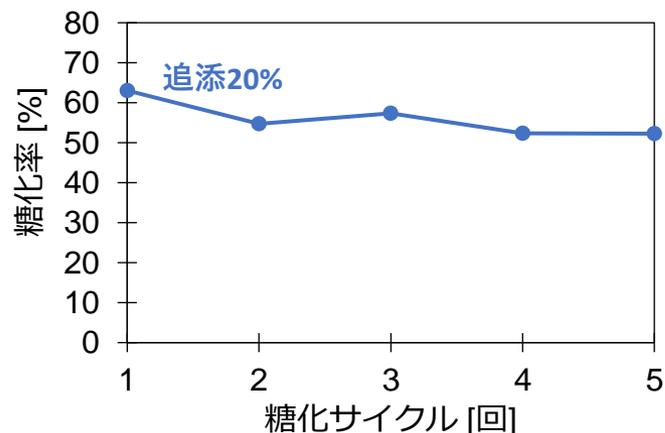
【小スケール：総仕込み量 400 g】



追添率20%にて
スケールアップ



【5 L糖化槽：総仕込み量 2,500 g】



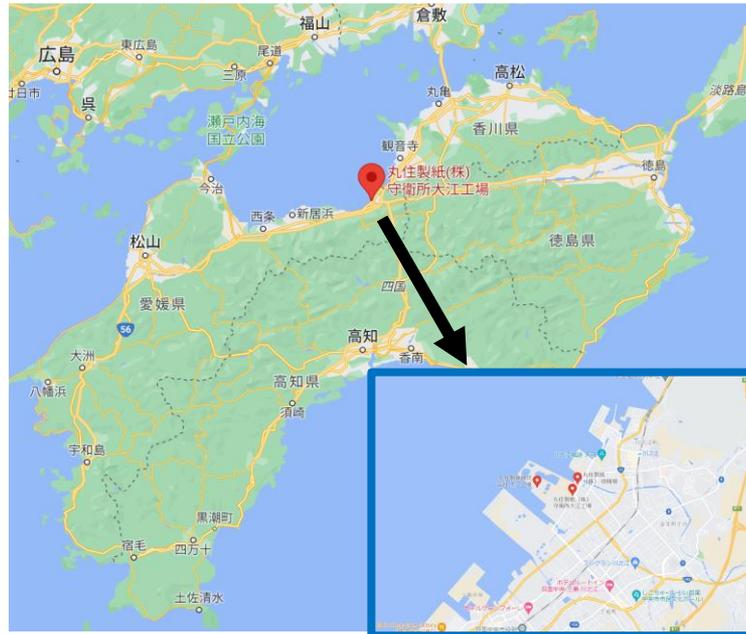
酵素追添率20%にて糖化率は維持され、酵素回収率80%を達成した
→さらに2 ton糖化槽までスケールアップして試験を行い、
回収再利用技術を確立させる

実証プラントの設計・設置

2. 2,000 kL/年のバイオエタノール生産プラント

3. 国産ニートSAF生産 (150kL/年) プラント

設置場所: 丸住製紙(株) @ 愛媛県四国中央市



大江工場

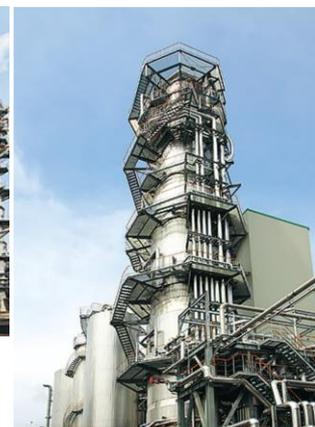
設備	数	生産能力 (t/月)
クラフトパルプ(KP)	1基	21,000
サーモメカニカルパルプ(TMP)	3系列	13,500
ケミカルサーモメカニカルパルプ(CTMP)	3系列	15,000
ディインクドパルプ(DIP)	2系列	21,000
パルプマシン	2基	2,000

15ton × 30days = 450ton

450/21000 × 100 = 2.1% のオゾン漂泊後KPを原料として使用



オゾン漂泊設備



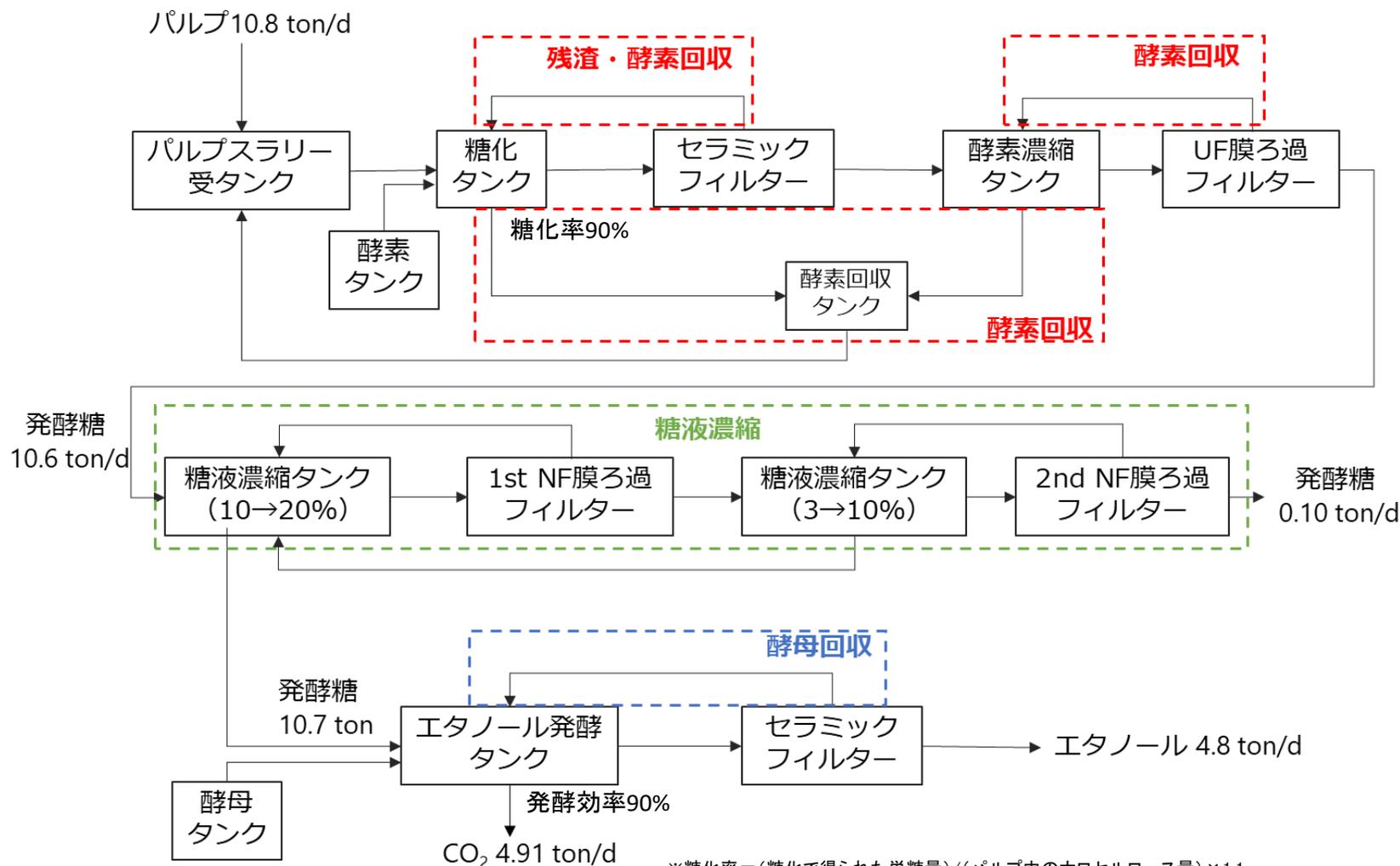
KP製造設備(連続蒸解釜)

2. 2,000 kL/年のバイオエタノール生産プラントの設計・設置・運転

2. ②. セルラーゼ生産設備を含めたバイオエタノール生産プラントの設計・設置・運転

●エタノール製造工程

パルプ糖化 → 酵素回収 → 糖液濃縮 → エタノール発酵 → 酵母回収

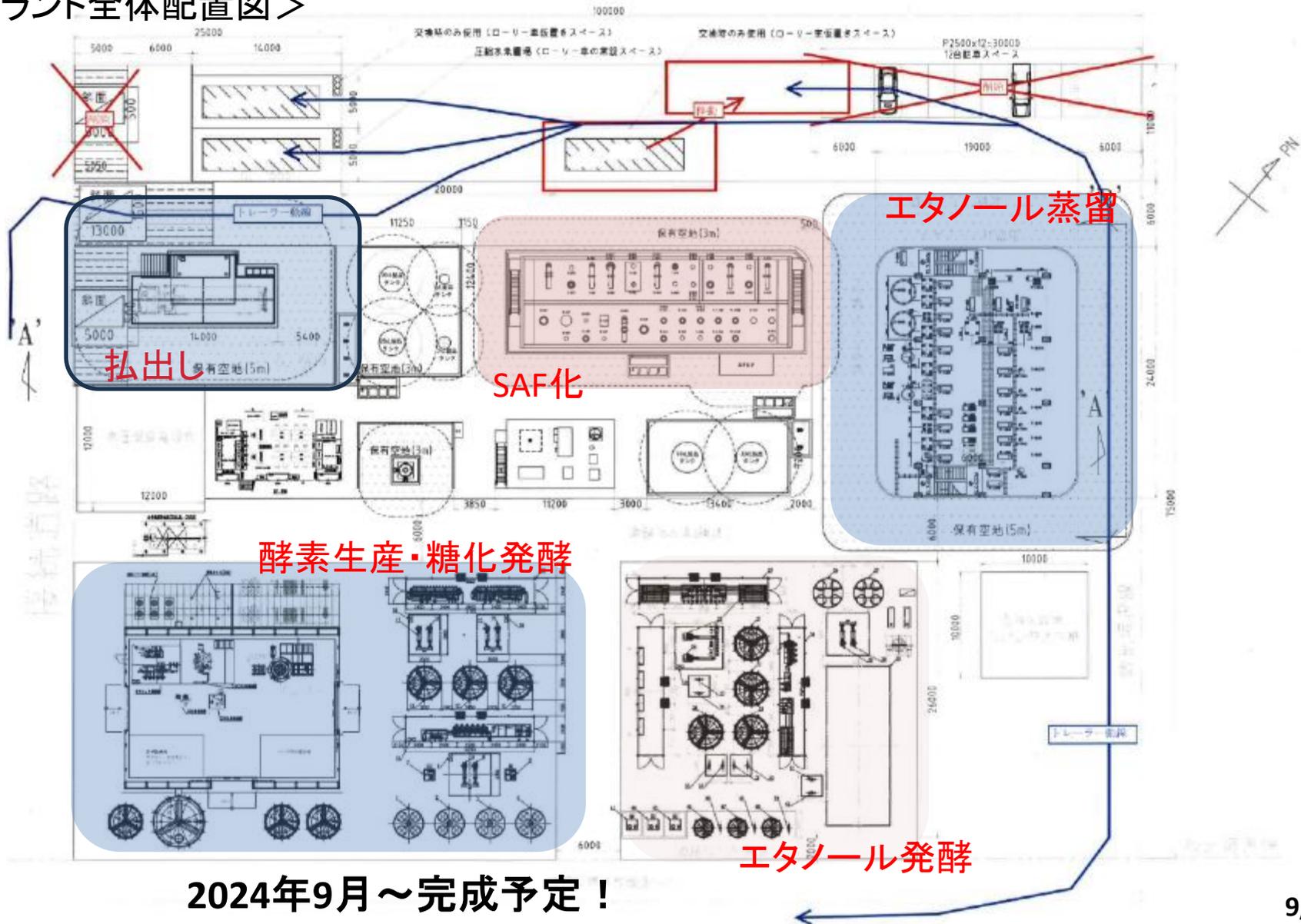


※糖化率=(糖化で得られた単糖量)/(パルプ中のホロセルロース量)×1.1
発酵効率=(エタノール量)/(発酵に用いたグルコースから得る理論エタノール量)

3. 国産ニートSAF生産(150kL/年)実施での一気通貫モデルの検証

3. ①. 国産ニートSAF生産プラントの設計/3. ②. 国産ニートSAF生産プラントの設置・建設

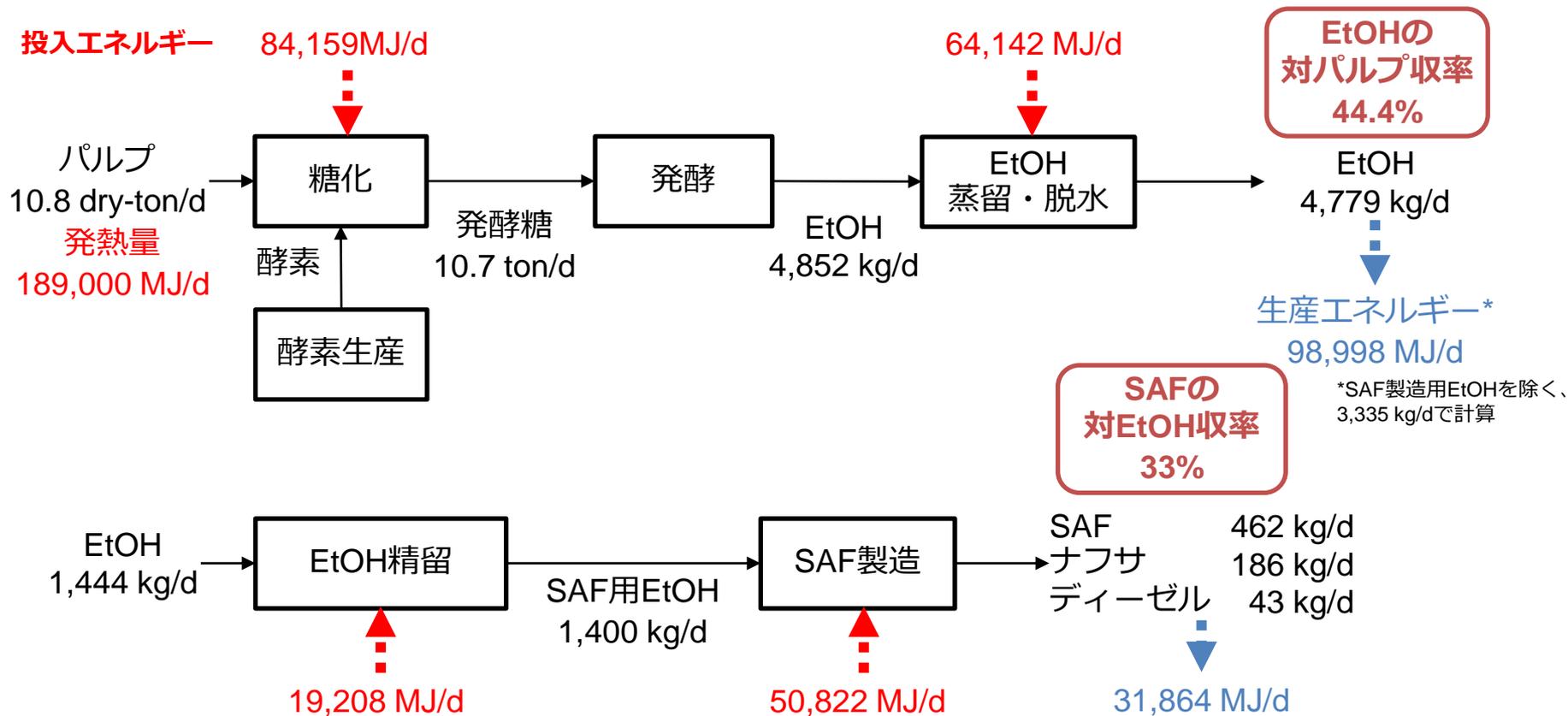
<プラント全体配置図>



3.国産ニートSAF生産(150kL/年)実施での一気通貫モデルの検証

●物質エネルギー収支概算

熱計算を実施、排熱の50%を回収して糖化時エネルギーに充当。



エネルギー収支	原料インプット	+	投入エネルギー	=	生産エネルギー	+	排出エネルギー
	189,000 MJ/d		218,331 MJ/d		130,842 MJ/d		276,489 MJ/d

4. 国産SAFサプライチェーンモデルの構築

国産材・古紙パルプの調達、Jet A-1との混合・給油に関する協議

原料調達

CORSIA認証の取得が可能な原料である国産材および雑誌古紙の調達先を確保

原料	属性	導入量 (ton/年)	エタノール原料用 (ton/年)
ヒノキチップ	製材粕	12,000	6,400
雑誌古紙	都市ごみ	6,000	4,500
輸入針葉樹チップ	NZ産	400,000	64,000

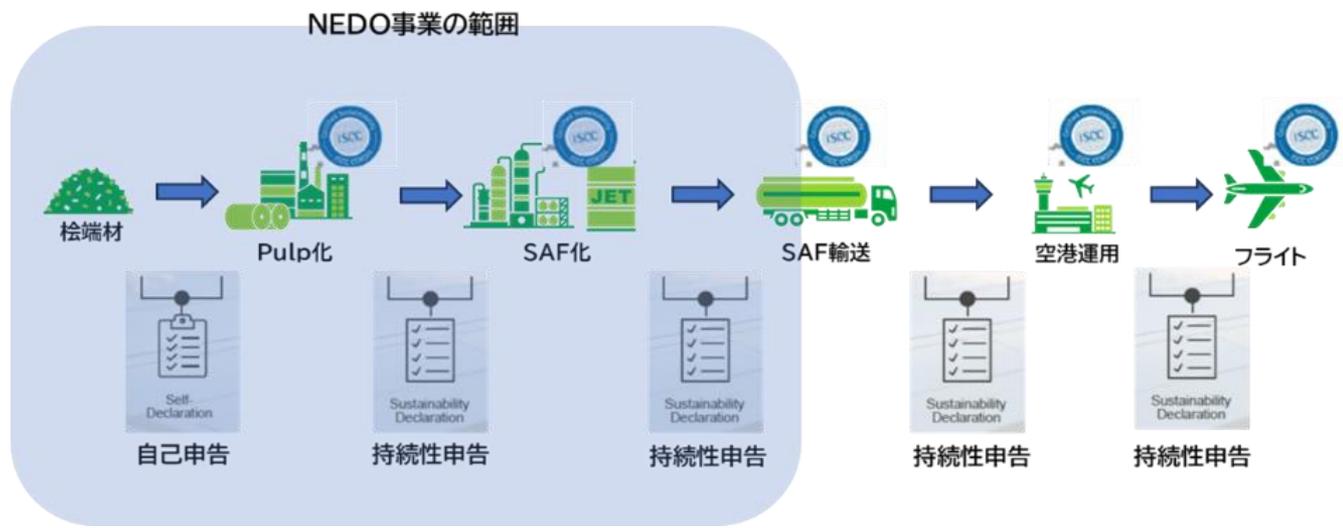
石油元売などとの協議

- Jet A-1へのSAF混合用供給は成田空港給油ハイドラントシステムを利用可能
→日本の大手航空会社への飛行機給油も可能
- テストフライト用の混合・給油方法を確認
→FY24年度内のテストフライト実施を予定
- 空港管理会社とフェーラー車での混合後の燃料搬入について協議を実施
→四国中央市から近隣である「高松空港」, 「広島空港」は導入可能と確認

5. 事業性評価

②. CORSIA認証取得に関する調整

- ISCCメンバーシップ締結し、CORSIA認証機関との連携を開始
- 原料、Pulp化、SAF化の各工程について順次認定取得となり、全工程を含めFY24でのCORSIA認証を予定



CORSIA認証(CEF)への道のり①→④で実施

		ポイント等	申請時期	申請(確認)先	備考
①	廃棄物原料(検端材)	端材のCORSIA認証用に利用できることをISCCに確認済み→FTG上では「waste」扱いと決定	2024年3月	ビューローベリタス(BV)	監査法人であるBVはISCCとICAOに確認を取りつつ査察実施。よってISCCに事前に情報提供を実施し説明しておく事が重要
②	pulp	pulp製造に関する再エネ(GHG削減率上は重要)は①にて持ち込まれるCORSIA原料に紐づくリグニンだけが利用可	2024年6月		
③	SAF工場のCORSIA認定	②と連動、丸住製紙からSAF生産用に導入する再エネは①にて導入される原料由来のリグニンのみ利用していることを証明する。設計図通りの工場になっているかどうか査察を受ける	2024年9月		
④	SAF・2GEタノールのCORSIA認定	工場を運転して実データに基づいてGHG削減率を決定し認定を得る。毎年査察と更新。③が遅れると④も遅れる。	2024年9月		