

NEDO再生可能エネルギー分野成果報告会 2025 プログラム No.1-8

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/

BECCSを活用したガス化FT合成プロセスによる
SAF製造技術のビジネスモデル検証

発表日：2025年7月15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

三菱重工業(株) エナジードメイン スチームパワー事業部 吉田 章人 (発表者)

東洋エンジニアリング (株) エンジニアリング・技術統括本部 小嶋 保彦

問い合わせ先 URL: <https://www.mhi.com/jp/inquiry> <https://www.toyo-eng.com/jp/ja/contacts/>

1. 目的

- ガス化FT合成プロセスの事業性（競争力）を確保し、日本国内での航空燃料の需要を担うため、BECCSを活用したビジネスモデルの成立性を検証する。(FY23)
- ビジネスモデルの検討過程において得られた、新たな原料のガス化FT合成プロセスでの活用可能性を検討する。(FY24)

2. 期間

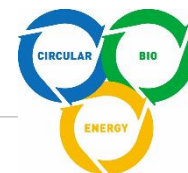
- 2023年7月5日 ～ 2025年3月31日

3. 目標（最終）

- ガス化FT合成プロセスの事業性（競争力）を確保し、日本国内での航空燃料の需要を担うためにBECCSを活用したビジネスモデルの成立性を検証する。(FY23)
- ビジネスモデルの検討過程において得られた新たな原料のガス化FT合成プロセスでの活用可能性を検討する。(FY24)

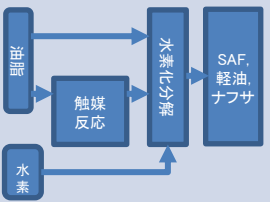
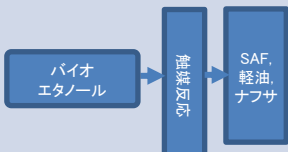
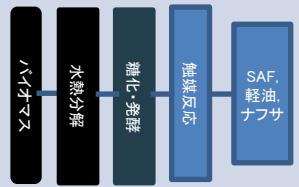
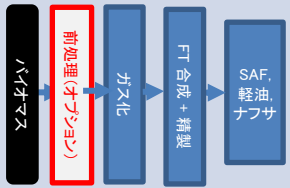
4. 成果・進捗概要

- 国産技術であるバイオマス直接加熱方式によるガス化プロセスとBECCS（Bio-Energy with Carbon Capture and Storage）を組み合わせれば、SAF製造のCO₂削減効果が大きい事が実証された。
- 海外の安価で豊富なバイオマス原料を用いれば、CO₂削減の費用対効果はHEFA法と互角以上となる。更に農業残渣等の木質バイオマス以外の原料を用いる事が出来れば、費用対効果が高められる可能性がある。
- 大量に入手可能性がある農業残渣を複数用いて技術検証を行い、ガス化プロセスでの活用目途が立った。



1. SAF製造技術の現状

- 既に社会実装されているHEFAは、廃食油や獣脂を原料としているため、調達可能量に限りがあり、将来SAF需要が増加すると原料が不足すると予想される。
- 一方、ガス化FT合成は、社会実装が近いとされるバイオエタノールを原料に用いたATJとは、原料が競合しないため、HEFAを含めて他の製法と共存可能である。
但し、他製法と比較すると初期設備投資額が大きく、CAPEX/OPEX面で不利なため、リットルあたりのSAF製造費用は相対的に高い状況にある。

Process	可食性バイオマス			非可食性バイオマス
	HEFA	ATJ(第一世代)	ATJ(第二世代)	ガス化 FT合成
原料	- 廃食用油、動植物性 油/油脂 - 水素	バイオエタノール	草本・パルプ・農業残渣等のセルロースを含む原料等	- 木質バイオマス全般 (木質チップ、おが粉、樹皮等)紙スラッジ - 農業残渣等(将来)
プロセス概略	油や油脂の水素化分解 	バイオエタノールを用いた触媒合成 	セルロース由来の発酵エタノールを用いた触媒合成 	バイオマスガス化 + FT 合成 
予想価格 (¥/L)	社会実装済	社会実装中	Pilot Plant開発中	商業実証段階
	300-400(*1)	不明 (HEFAより高価)	不明 (原理的に第一世代より高い)	検討中 (HEFAより高価)

(*1) 当社調べ

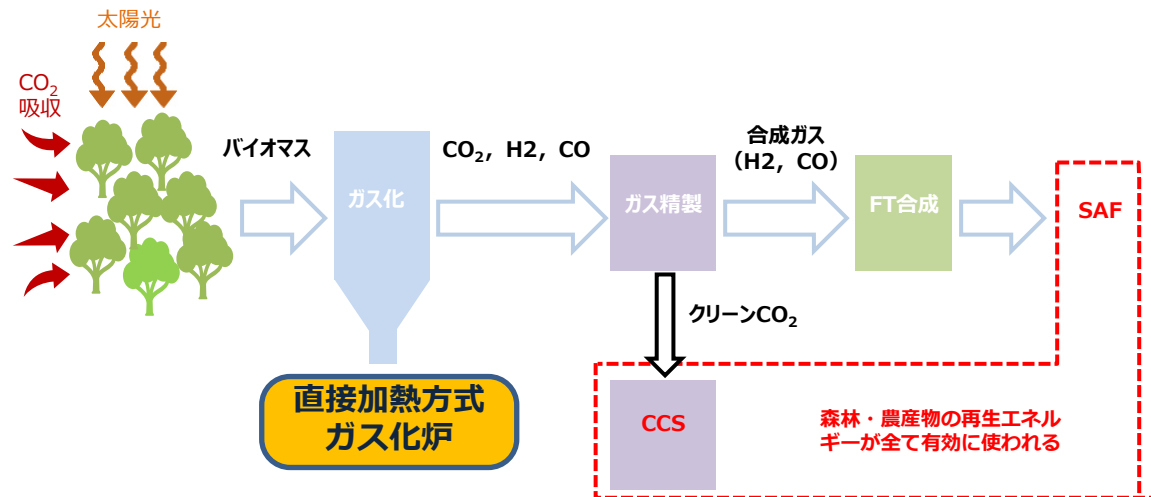
2. 研究目的・背景について

- 2021～2022年度NEDO事業「バイオマスガス化FT合成によるSAF製造およびサプライチェーン構築」において、次期国内商業規模実証機建設の検討は中断となったが、この時の課題として、次の通り報告されている。
 1. バイオマス原料の安定調達リスク
 2. 市場競争力のあるSAF価格リスク
- 一方、ガス化FT合成法によるSAFはCO₂削減効果は高い（CI：炭素強度値が低い）ことに加え、プロセス構成上CO₂回収が技術的に容易であることから、BECCS活用によるマイナスCI（ネガティブCO₂排出）を実現することが経済性向上の解決策の一つとして示唆された。



2017～2021年度NEDO事業
(0.7t/日 実証プラント@新名古屋発電所)

国産ガス化技術（直接加熱方式）は、原料の多様性に優れているものの初期設備投資額が大きく、SAFの表面価格が高くなる。



投入したバイオマス原料の内、加熱エネルギーに使われた結果であるCO₂をCCSで地中で固定化すれば、森林・農産物が吸収したCO₂をネガティブにSAFのCI値に反映でき、CO₂削減価値の高いSAFとして製造が可能となる。

3. 事業の概要

2023年度には、国内（ビジネスモデル1）と海外（ビジネスモデル2）の地点を想定し、CCSを用いた木質バイオマスのガス化FTプロセスによるSAF製造のビジネスモデル成立性を評価した。

2024年度には、木質バイオマス以外のバイオマス原料の活用可能性を想定し、有望と思われた原料でSAF製造する為の原料評価及び前処理技術検証を行った。

	ビジネスモデル1(国内)	ビジネスモデル2(海外)
目標	CCSを活用して少ないSAF混合量で高いCO ₂ 削減を達成できる高付加価値SAFのビジネスモデルを検証。	日本企業が有する海外大規模森林残渣を用いた大規模ガス化FT合成プロセスのビジネスモデルを検証。
STEP1 (2023年度)	● BECCS活用の基礎検討 ● 国内候補地点におけるガス化FT合成プロセス原料の利用可能性検証(賦存量・種類・CORSIA認証適合性等) ● 国内候補地におけるガス化FT合成プロセス候補原料の想定CI値検討 ● ガス化FT合成プロセスにおける2030年頃の合理化を反映した概算SAF製造コスト検証	— ● 海外の日本企業が保有するガス化FT合成プロセス原料の利用可能性検証(賦存量・種類・CORSIA認証適合性等) ● 海外候補地におけるガス化FT合成プロセス候補原料の想定CI値検討 ● ガス化FT合成プロセスにおける2030年頃の合理化を反映した概算SAF製造コストを検証
STEP2 (2024年度)	● 新しく候補として挙げた原料のガス化FT合成プロセスへの適用可能性技術実証 ● 同原料の前処理技術実証。 ● 事業化時点でガス化FT合成プロセスへの導入基準適合に有用で、量産事業化開発が必要となる技術を実証する。	

本日の内容

4. 事業進捗状況

2023年度および2024年度の実施項目について、すべて計画通りに完了した。

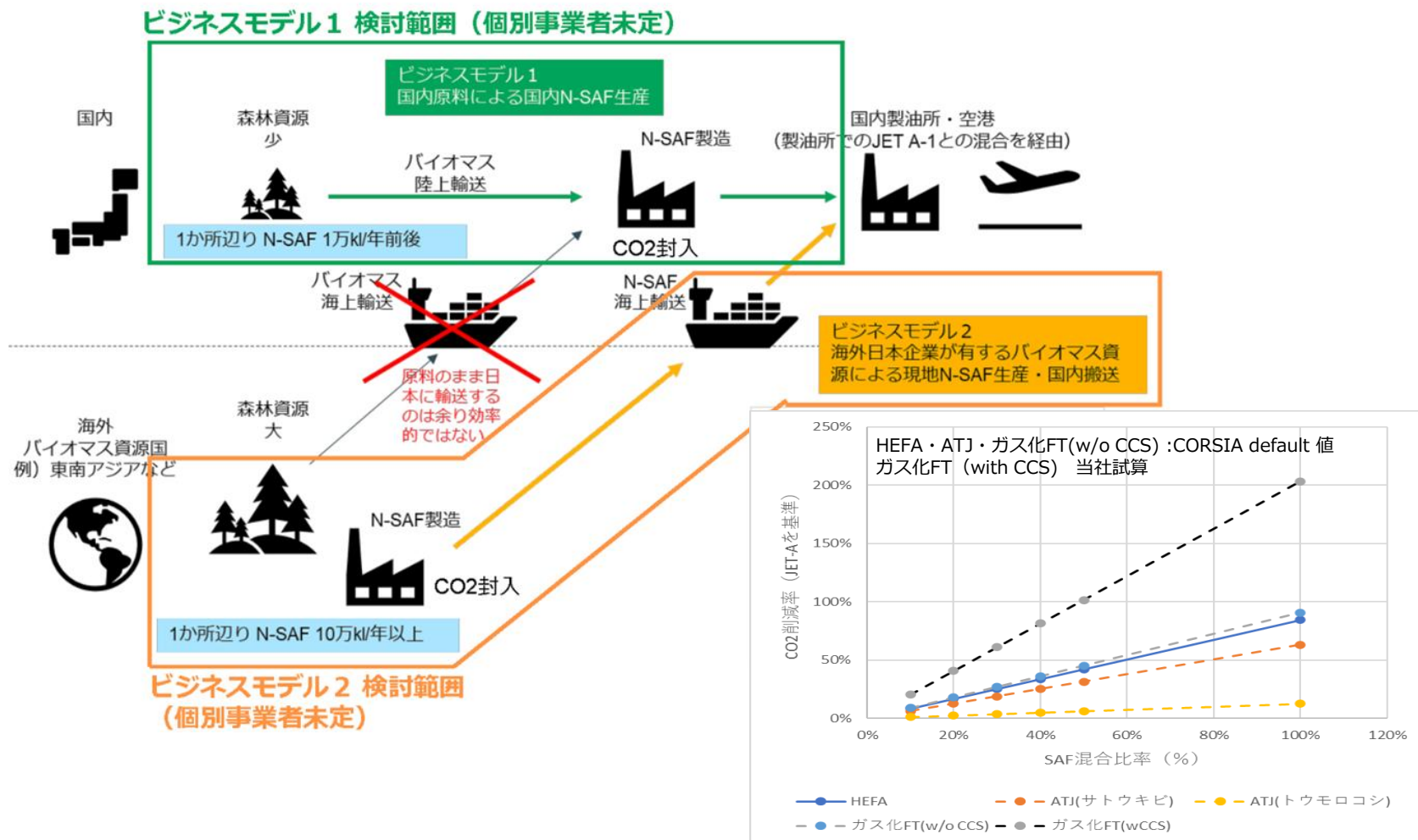
事業項目	2023年度				2024年度				ステータス	達成度	最終目標 に対する 進捗
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q			
STEP1											
1. BECCS活用方法論のルール化 (ビジネスモデル検討の中で実施)									完了	○	100%
2. BECCS活用の基礎検討 (ビジネスモデル検討の中で実施)									完了	○	100%
3. 国内想定適地におけるガス化FT合成プロセス想定 原料の利用可能性調査・分析（ビジネスモデル1）									完了	○	100%
4. 国内想定適地におけるガス化FT合成プロセス原料の 想定CI値検討（ビジネスモデル1）									完了	○	100%
5. 海外日本企業の保有するガス化FT合成プロセス想定 原料の利用可能性調査・分析（ビジネスモデル2）									完了	○	100%
6. 海外日本企業の保有するガス化FT合成プロセス原料 の想定CI値検討（ビジネスモデル2）									完了	○	100%
STEP2											
7. 新しく候補として挙げた原料のガス化FT合成 プロセスへの適用 可能性技術検証									完了	—	100%
8. 新しく候補として挙げた原料の前処理技術の実証									完了	—	100%

×：中止 △：未達 ○：計画通り

5. 2023年度の成果

2023年度の本NEDO事業では、国内（ビジネスモデル1）と海外（ビジネスモデル2）の地点を想定し、CCSを用いた木質バイオマスのガス化FTプロセスによるSAF製造のビジネスモデル成立性を評価した。結果、

- 国内では原料調達量の制約から大規模化が出来ず、CO₂削減効果を加味しても価格競争力は十分ではないものの、海外ではHEFAを上回る競争力を有すると評価された。



6. 24年度実施内容：農業残渣利用

2023年度検討の結果、農業残渣活用のメリットが分かった。このため大量に副生されるバイオマス原料の候補を調査し、最終的に次の3種類の原料を対象としてガス化適合性評価・前処理技術検証を行った。

農業残渣利用のメリット：

- ・ 木質バイオマスと比較して、価格が安い。
- ・ 原料によって1か所に集約する為、原料の安定供給が期待できる。
- ・ CORSIA認証で副産物・廃棄物として認められる原料は、CO₂削減効果が高い。

項目	推定生産量 (2021年,億ト 15%水分)	主産物	残渣比率,含 水率 (富士経済 2014.2)	主産物の生産量 (2021年 億ト USDA"world markets and trade)	現状
EFB	世界合計： 0.36	パーム オイル	1.0倍 (含水率 60%)	世界合計:0.77 インドネシア:0.45、マレーシ ア:0.19、タイ:0.03	ペレット化されている量は僅かで 殆どが捨てられている。 CORSIA認証ルール上、原料生産に 関わるCI値がゼロ
もみ殻	世界合計： 1.1	米	0.22倍 (含水率 15%)	世界合計:5.1 中国:1.9、インド:1.30、 バングラ:0.36、インドネシア0.34、 ベトナム:0.27、タイ:0.20、 フィリピン:0.12、 日本0.08、米国0.06	一部が飼料やペレット化してバイオ マス燃料になっているが、大部分が 捨てられている。 CORSIA認証ルール上、原料生産に 関わるCI値がゼロ
ミスカンサス	事業規模に応 じて都度栽培	バイオエネ ルギー作物 (=ミスカン サス)		日本・北米・欧州等で荒地でバ イオエネルギー作物としてス イッチグラス・ミスカンサス・ エリアンサス等を栽培する検討 がされている	荒廃地に植えた作物が成長中に吸収 するCO ₂ により、CORSIA認証ル ール上、原料生産に関わるCI値がマイ ナス

* 林業白書によると世界の丸太消費量（≒生産量）は一定。内、燃料用は凡そ8～14億トン/年（比重：樹種によって0.4～0.7）

7.1. 新規原料調査結果(サマリ)

EFB、もみ殻、ミスカンサス（エネルギー作物）の市場性評価結果は次の通り。原料の所在や入手性から、想定されるSAF製造プラントの規模や原料の最適な使い方を評価した。

項目	調査場所	CORSIA Eligible fuels適合性,カテゴリー	生産の季節性	想定されるN-SAF製造プラント規模
乾燥EFB (24年度)	東南アジア	有、Residues	なし	1～2万kl/年/箇所 (EFB可搬距離50kmとした場合。 ポテンシャルを有す地点は多数存在 する。)
もみ殻 (24年度)	東南アジア	有、Residues	全体では年中収 穫可能だが、各 地域では年間数 か月程度収穫可 能	他原料との混合利用 (精米所規模・分散性から、大規模 に集約する流通プロセスが現状では 存在しない。)
ミスカンサス (24年度)	日本	有、products	年間約6か月程度 収穫可能	1～数万kl/年/箇所 (SAF製造プラントと大規模栽培を セットで事業化すべきもの。)
木質バイオマス (23年度)	日本 東南アジア	有、Products	なし	国内：1～2万kl/年/箇所 海外：数～十万kl/年箇所 (森林規模による。)

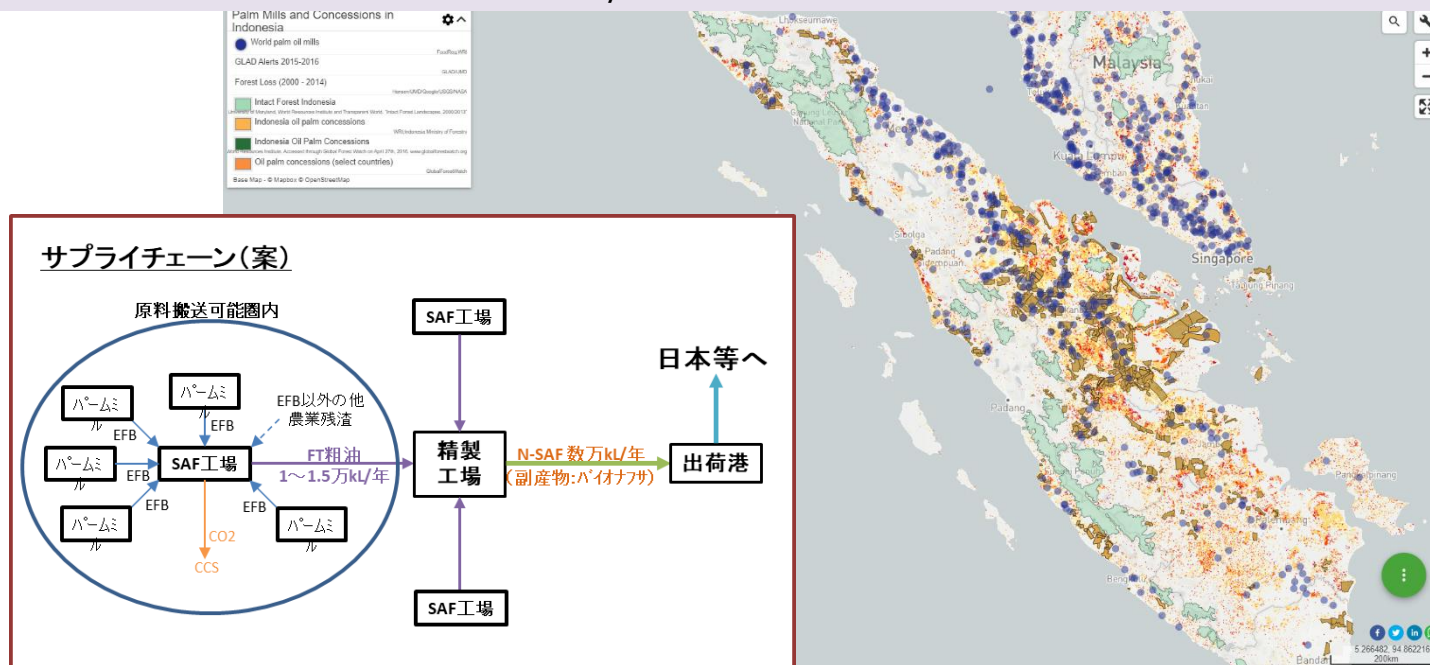
7.1. 新規原料調査結果(1/3 EFB)

原料適正調査（現地調査）

パームオイルの最大発生地(年間4400万kl)であるインドネシア現地を調査した。

- EFBの発生プロセスとして、パーム農園～CPOミル(Crude Palm Oil Mill：パームオイル生産)～EFBペレット工場)を調査した。
- EFBは目的生産ではなく、プロセス上止む無く排出されるものであることを確認。従って残渣として取り扱い、原料生産に関わるCI値および土地利用変化に伴うCO₂排出量はゼロと評価する（CORSIAのPositive List上も残渣として掲載）。
- CPOミル1拠点あたりのEFBの発生量は100tpd程度で年間を通じてほぼ一定。原料の陸上搬送距離50km内に多数のミルが存在する立地となっている。

⇒ 季節性が無く、陸上搬送圏内で数百t/d程度確保可能。従い下図の様なビジネスモデルが有効



[出典] Map Hubs, Palm Mills and Concessions in Indonesia, <https://mapforenvironment.org/map/view/161/Palm-Mills-and-Concessions-in-Indonesia#5.78/-0.318/102.22> (2023.12.21閲覧)

7.1. 新規原料調査結果(2/3 もみ殻)

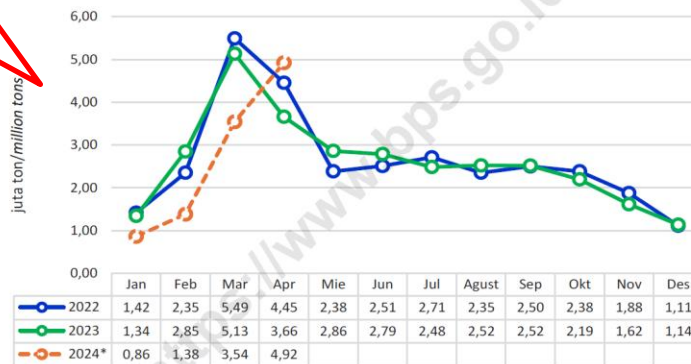
原料適正調査（現地調査）

年中稲作されている東南アジアを代表してインドネシア現地を調査した。

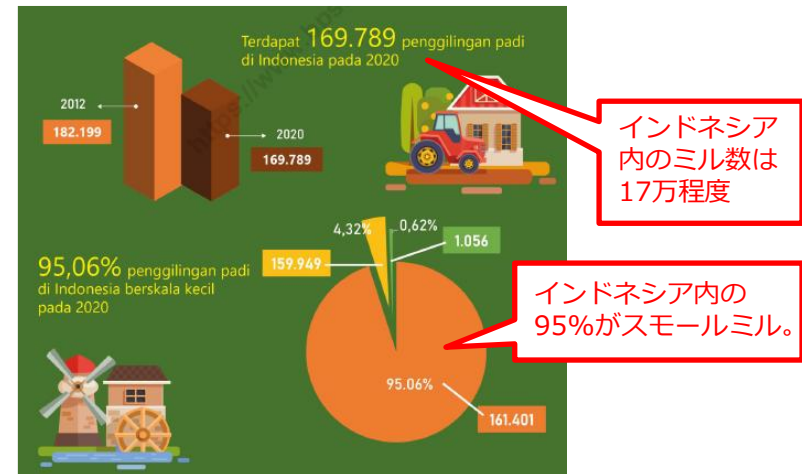
- インドネシアでは雨季を除いて気候が一定なので、三期作や栽培時期の意図的なずらしにより、国全体で見ると米収穫量(=もみ殻発生量)がほぼ年間を通じて安定している(雨季の影響で1,12月は生産量が低い)。米は収穫後に地区の精米ミル(集約地点)に搬送されて乾燥・精米される。
- インドネシア内の凡そ95%はスモール精米ミル(零細企業)で、1つのミルがカバーしている地域は小さく、得られるもみ殻は2tpd程度。これら地域内では収穫の季節性がある。スモールミルの運営は年間6ヶ月以下。
- もみ殻の内、30~40%程度は粳米の乾燥の為、燃料として消費され、残りを他用途に活用可能。
- もみ殻は目的生産ではなく、プロセス上止む無く排出されるものであることを確認した。従って、残渣として取扱い、原料生産に関わるCI値および土地利用変化に伴うCO₂排出量はゼロである。

⇒ 季節性が有り、陸上搬送圏内で数~数十t/d程度確保可能。従い他原料と混合する使い方が最適と判断

1,12月は低いが、
年間を通して
米収穫量が安定
している。



インドネシア内での月別2022~2024年米収穫量の実績
(Paddy Harvested Area and Production in Indonesia 2023BPS-Statistics Indonesia)



インドネシア内の精米所の数と規模
(Ringkasan Eksekutif Pemutakhiran Data Usaha/Perusahaan Industri Penggilingan Padi 2020BPS-Statistics Indonesia)

7.1. 新規原料調査結果(3/3 ミスカンサス)

原料適正調査（現地調査）

日本国内のミスカンサス試験農場を調査した。

- 多年生植物であり、欧州では一般的に20年以上収穫可能とされている。毎年収穫が可能。収穫時期は11月～翌年4月（収穫期間は年間6ヶ月）。
- 栽培は需要次第で荒廃地に植栽することが可能であり、基本的に施肥が不要。1haあたり凡そ14t-dry収穫可能。
- 栽培適地は福島県以北。北海道でも越冬し収穫が可能。福島以南だとエリアンサスを栽培。
- CORSIAのDefault値が存在し、主産物に該当する為、原料生産に関わるCI値評価が必要。但し土地利用変化に伴うCO₂排出量がマイナスであることから、他原料に比べてCI値が低い特長（CO₂削減効果）を有する。

⇒ 荒地に栽培可能な為、SAF製造計画に併せて必要量を栽培する。季節性はあるが半年収穫可能。保管場所確保や他原料との混焼により季節性課題をクリアする。



立毛乾燥後のミスカンサス（長さ3～4mほどに生長）

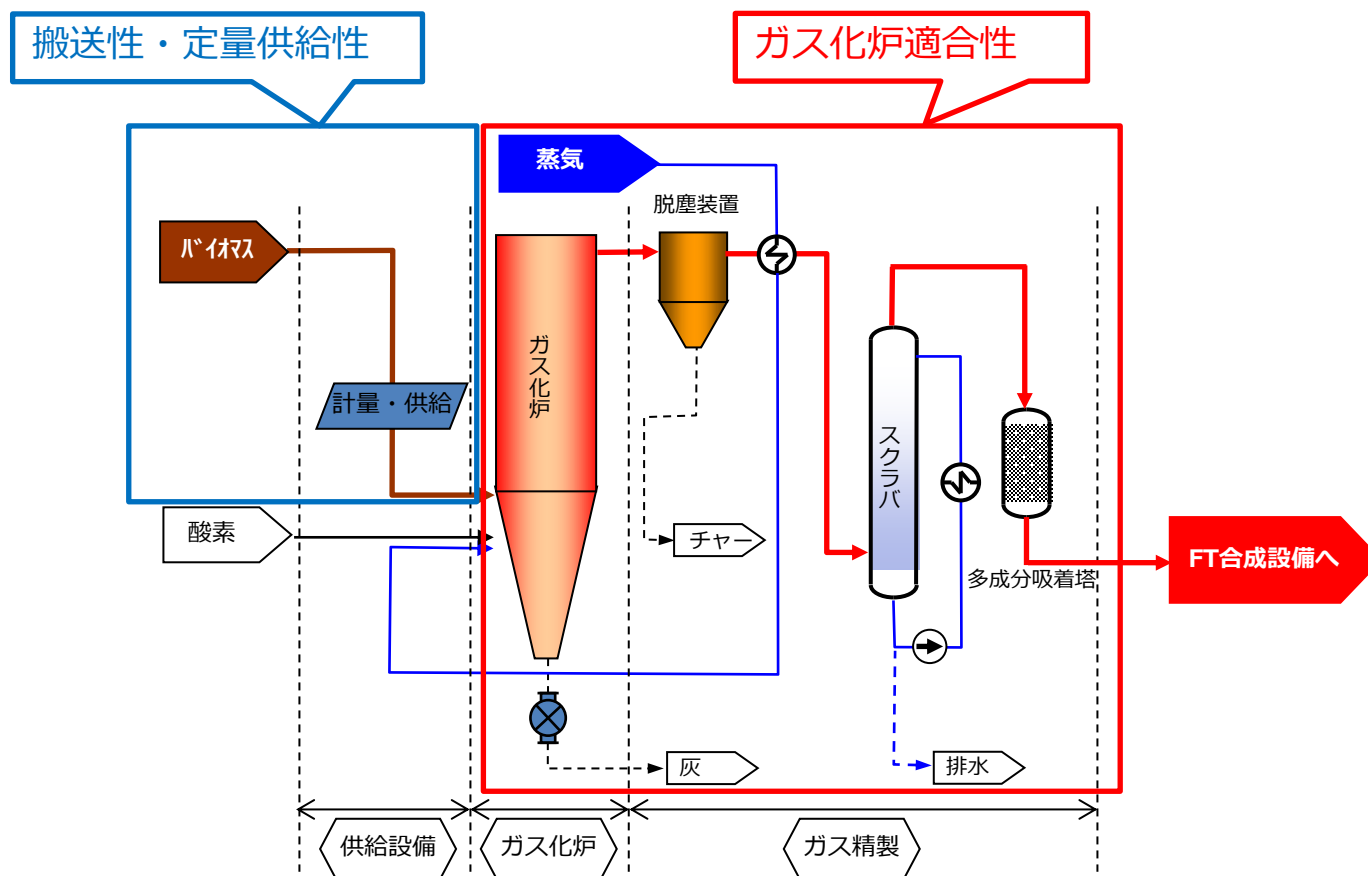


ミスカンサス収穫の様子（刈取り機1台で収穫・ロール成型を行う）

7.2. ガス化設備への適合性(1/2)

原料適正調査（ラボ調査）

EFB、稲わら、ミスカンサスが、受け入れからガス化設備までで利用可能か否か評価した。
そのまま利用できないものについては、ガス化炉適合性（主に成分）、搬送性/定量供給性(主に物性) に関わる前処理技術の改善を検証した。



7.2. ガス化設備への適合性(2/2)

原料適正調査（ラボ調査）

受入れ状態の候補原料を木質バイオマスと比較評価した結果は次の通り。△～×のものについては性状を改善すべく前処理技術検証を行った。（◎：木質原料に勝る、○：同等、△：劣る、×：大きく劣る）

	評価	ガス化設備への影響	EFB	もみ殻	ミスカンサス
水分	少ない程良い。 (基準値15%)	エネルギー効率	×	◎	◎
灰分	少ない程良い。 (木質原料並みの2～3%以内が好ましい)	灰処理量・エネルギー効率	○	○	○
灰軟化温度	高いほど良い。 (木質原料並みが好ましい)	スラッシング性	×	○	○
腐食成分	少ない程良い。 (S,Cl等。木質原料並みが好ましい)	耐食性・脱硫設備能力	○	○	○
粉碎性	容易に粉碎できるものが良い。	粉碎装置の安定運転・動力	△	◎ (粉碎不要)	△
形状 (粉碎後)	絡まりにくいものが良い。	原料供給設備の安定運転	×	○	○
かさ比重	大きい程良い。	定量供給性・計量性	×	△	×

ガス化炉
適合性

ガス化炉設
備受入まで
の搬送性・
定量供給性



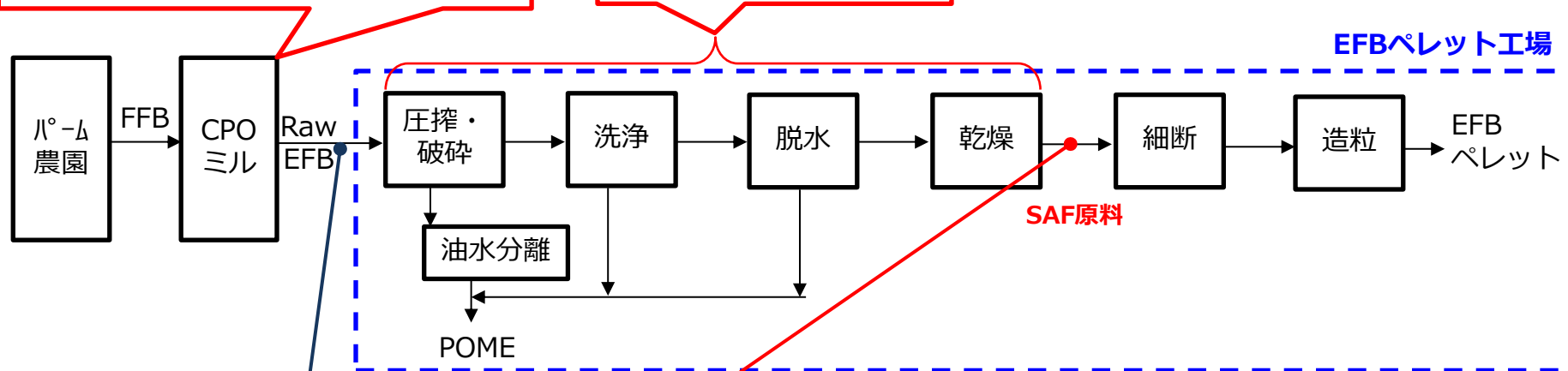
7.3. 前処理技術検証(ガス化適合性(EFB))

原料適正調査 (前処理技術)

EFBの高水分・低灰軟化点対策として、テス・エンジニアリング（株）様が有する国産技術として、経済性・CI値を維持しつつ課題をクリアした乾燥EFBの適用を想定した。

水熱分解設備を実装しているミルが多く、EFBが乾燥しやすい状態出荷される。実装されていない場合は、同様の設備を前処理工場に実装する。

解砕・洗浄・脱水プロセスの最適化により、規定値の水分・灰軟化点を達成できる見込み。



7.3. 前処理技術検証(1/2)

粉碎・搬送・定量供給性

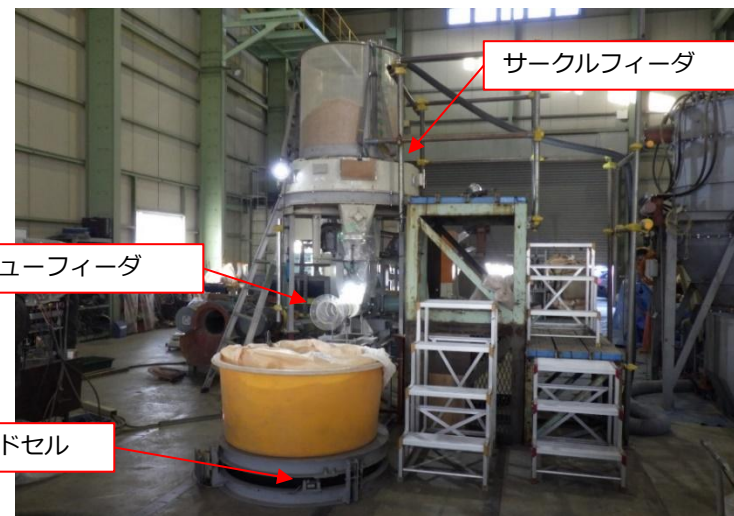
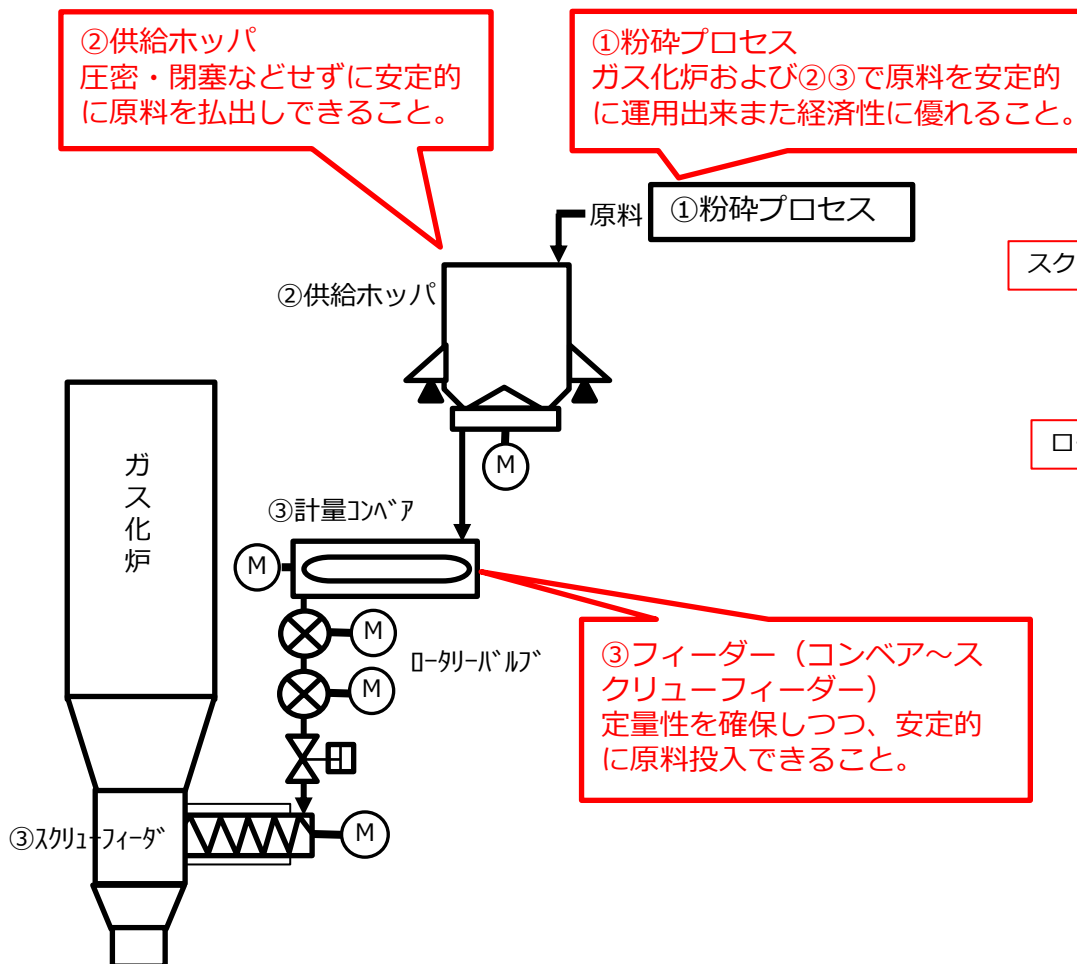
候補原料の特性から、ガス化プロセスで安定的な運用を可能とする設備の技術的ポイントは次の通りであった。

項目	現象論	取組み内容
粉碎性	原料をガス化炉内で反応完了する規定値以下の均一なサイズに粉碎する必要がある。 また、一時貯蔵、搬送システムで安定的にハンドリング可能なサイズにする必要がある。 原料性状によって、これらを達成する最適な粉碎手法や条件が異なる。	複数の粉碎手法・試験装置を用い、最適条件を見出す試験を実施。 (EFB、ミスカンサス)
形状 (粉碎後)	原料形状・保管/搬送設備仕様によっては、一時貯蔵、搬送システムにおいて、原料のスタックや閉塞を生じたり、定量供給の制御が困難な場合がある。上述の粉碎サイズおよび、システムのハードウェア仕様の最適化が必要。	貯蔵・搬送システムの各種試験を実施し、安定的に搬送・供給できる条件を検証。 (EFB、もみ殻、ミスカンサス)
かさ比重	かさ比重が小さい原料は、①搬送中に飛散しやすい、②計量しにくい等の問題がある。安定的に定量性を確保するハードウェア仕様の最適化が必要。	

7.3. 前処理技術検証(2/2)

粉碎・搬送・定量供給性

実機同様のシステムを想定した模擬試験設備を構築し、安定的に粉碎、払出し、定量供給可能な条件を見出す試験を実施した。試行錯誤の結果、いずれの原料に於いても運用技術の目途が立った。



定量供給試験装置



スクリーンフィーダ出口の排出状況

7.4. CO₂削減費用対効果

いずれの原料も木質バイオマスと比較して、約1～2割程度CO₂削減効果が優れていた。

検討結果(OPEX)

	EFB (海外)	ミスカンサス (国内)	もみ殻※ (海外)	木質バイオマス (参考23年度) 国内 海外		備考
①CO ₂ 削減量 (gCO ₂ /MJ)	202.3 (111%)	206.3 (121%)	259.0 (143%)	169.9	181.2	=89(gCO ₂ /MJ) – CI値
②SAF生産量 (木質バイオマス比)	98%	97%	77%	–	–	③ = ①×② EFB・ミスカンサスは木質バイオマスと同原料価格とした。 もみ殻は原料価格が半額とする と2倍の費用対効果を要する。
③CO ₂ 削減効果 (木質バイオマス比)	109%	117%	110%	–	–	

(※：もみ殻は木質バイオマスと混焼したHeat Mass Balanceを計算し、もみ殻混焼分を抽出した数値であり、参考値。)

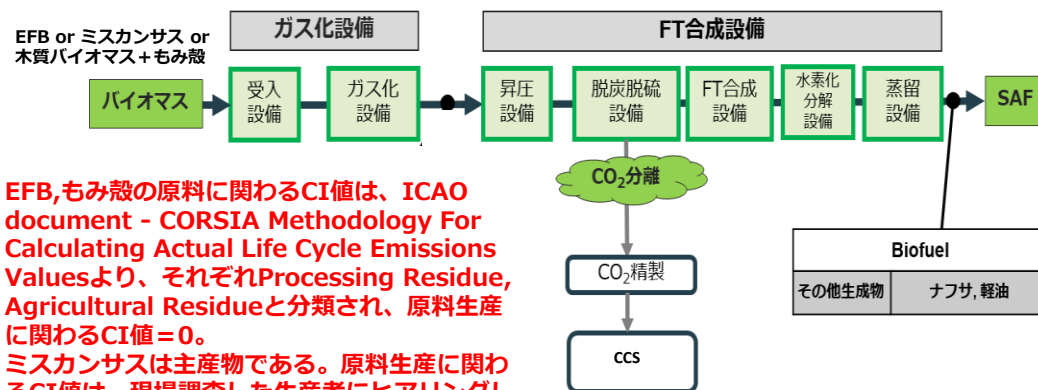
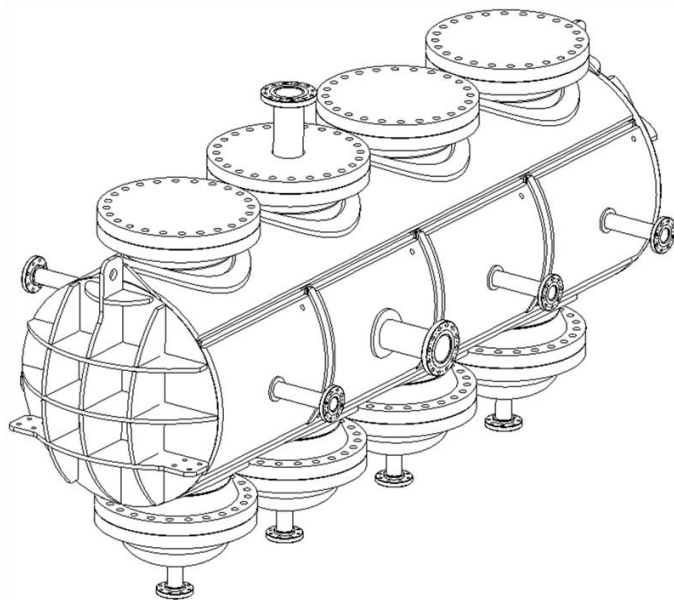


Table 7. CORSIA Default ILUC Values for CORSIA Eligible Fuels produced with the Gasification FT Conversion Process

Region	Fuel Feedstock	Pathway Specifications	Default ILUC value
USA	Poplar (short-rotation woody crops)	Feedstock is produced according to the definitions and guidance provided in Section 5.4	-5.2
Global	Poplar (short-rotation woody crops)	Feedstock is produced according to the definitions and guidance provided in Section 5.4	8.6
USA	Miscanthus (herbaceous energy crops)	Feedstock is produced according to the definitions and guidance provided in Section 5.4	-32.9
EU	Miscanthus (herbaceous energy crops)	Feedstock is produced according to the definitions and guidance provided in Section 5.4	-22.0
Global	Miscanthus (herbaceous energy crops)	Feedstock is produced according to the definitions and guidance provided in Section 5.4	-12.6
USA	Switchgrass (herbaceous energy crops)	Feedstock is produced according to the definitions and guidance provided in Section 5.4	-3.8
Global	Switchgrass (herbaceous energy crops)	Feedstock is produced according to the definitions and guidance provided in Section 5.4	5.3

7.5. FT合成反応器製造体制の確立

技術提携先のFTコア（FT合成反応部分）量産工場を訪問・視察し、設計、材料・部材調達、製作手順・製造工程、製造設備、工程管理、品質管理等につき確認・評価した。また、国内での商業反応器（コア格納圧力容器）製造体制確立のため、大型化と量産化を見据えた製作手順検討、大型化設計検証、国内製作メーカー調査・評価・認定、官庁申請（高圧ガス保安法）対策検討、などを実施した。



FT反応器外観概念図
(Velocysモデル)

1. 提携先企業：FT合成触媒サービスと開発、FTコア組立、技術ライセンス機能を統合
2. 国内法規対応および製造体制確立
 - 技術仕様を基に構造・設計検証を行い、商業用FT合成反応器（FTコア+格納容器）を設計開発した。
 - 圧力容器設計規格に最大限準拠した構造を採用し官庁申請の簡素化、低コストと短納期を実現。
 - スケールアップの容易さ、運転・保全、触媒交換など長期運転に堪え、ductility（柔軟性）とrobustness（頑健性）を両立する設計
 - 国内商業用FT合成反応器のエンジニアリング図面及び製作手順の基本コンセプトを作成し、国内製作メーカー数社を調査、製作能力も含め対応可能な製作メーカーを開拓。
 - 同上、製作メーカーに引合を行い、概算コスト及び納期を把握

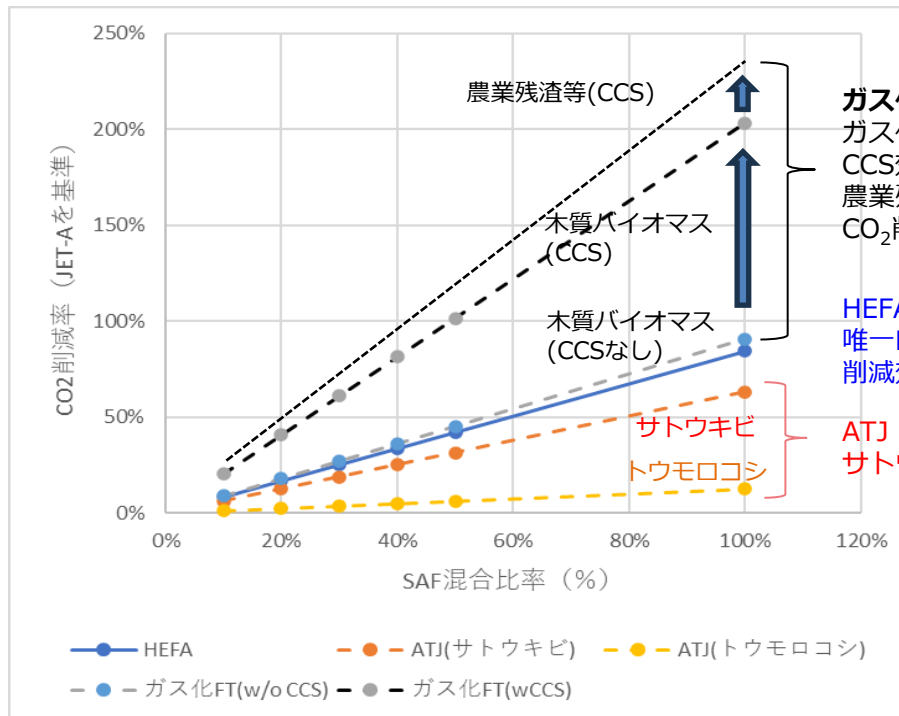
8. 2024年度NEDO事業成果・課題

成果

- 本プロセスで適用する原料を農業残渣等の木質バイオマス以外に広げると、原料を有効活用できる為、ガス化FT合成システムのポテンシャルを更に大きくできるケースがあることが分かった。
- 木質バイオマス以外の、よりCO₂削減効果が高いと思われる原料のガス化炉適合性技術評価と前処理技術調査及び実機模擬試験を行い、技術的成立性の目途が立った。また原料によって木質バイオマスよりCI値が1～2割程度優れていることが分かった。
- FT合成反応器を商業規模で製造する体制を確立できることを確認した。

課題

- ガス化FT合成プロセスにBECCSを活用することで、大きなCO₂削減効果により経済性が改善することを確認したが、以下2点の成立が必要。
①：BECCSを活用したCI値計算のCORSIA認証ルールの制度化、 ②：CI値に応じたN-SAF価格買取制度
- 商用量産機に向けてのガス化炉のスケールアップ実証試験が必要。



ガス化FT：

ガス化FTのSAFはCCS活用によるCO₂固定がCORSIAに認められるとCCS効果によって2倍以上のCO₂削減効果となる。(HEFAの約2.5倍)
農業残渣等のよりCO₂削減効果が高い原料を用いると更に1～2割程度のCO₂削減効果が得られる。

HEFA：

唯一HEFAのSAFしか流通していないので、現状のSAF取引価格はCO₂削減効果と連動していない。

ATJ：

サトウキビ由来のバイオエタノールをSAF原料として想定。

出典：

当社検討結果。ガス化FT(CCS)の値はNEDO事業で検証したCIをその他の値はCORSIA Default Life Cycle Emissions Values for CORSIA Eligible Fuelに記載されているdefault値を用いてプロットした。

