

2021年度成果報告会

バイオジェット燃料生産技術開発事業/技術動向調査/
再生可能代替航空燃料(Sustainable Aviation Fuel/SAF)
生産に係る一貫生産体制構築に関する調査

丸紅株式会社

連絡先
丸紅株式会社
TEL:03-3282-2111

事業概要

1. 期間

開始 : 2020年6月

終了 : 2021年1月

2. 最終目標

「航空分野のCO₂排出量の削減」、「廃棄プラスチック等廃棄物の革新的処理手法の確立」の2つの社会課題を解決する手段となり得る、本邦における廃棄物系原料を利用したSAF生産サプライチェーン構築のための諸課題の検討、及び実現性に係る調査の実施

3. 成果・進捗概要

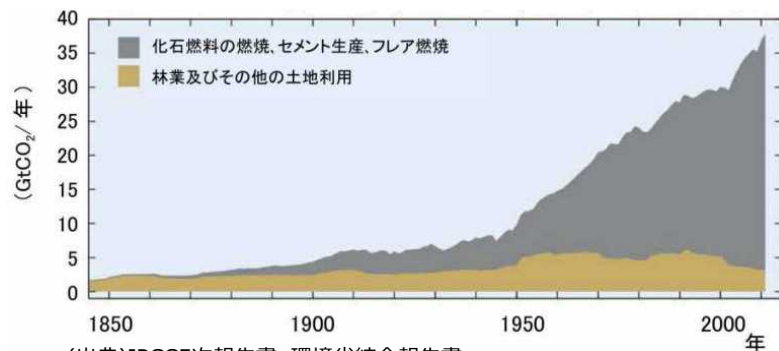
事業完了

1. 調査の背景・目的

- 日本国内のCO₂排出量の約18.5%を運輸部門が占め、その内の約5%を航空分野が占めており、CO₂排出量の削減に向けた取り組みが活発化している

世界的な排出量の増加

- 世界のCO₂排出量は年々増加傾向にあり、地球温暖化に影響を及ぼしていることから、脱炭素がサステナブルな事業活動に必要な要素となっている。



世界的な脱炭素化の潮流

- 世界的なCO₂排出量増加に伴い、環境イニシアティブが活発化している



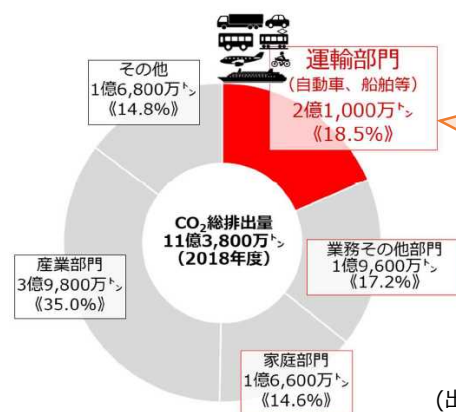
RE

100



航空分野の占める排出量

- 日本のCO₂排出量（約1,138百万トン）の内、運輸部門は全体の約18.5%を占めている



内、国内航空の占める割合は約 **5%÷10百万トン**

(出典)航空局「航空機運航分野におけるCO₂削減に関する検討会(第1回)」

航空業界としての脱炭素化に向けた動き

- 機体効率や運航方式の改善等、従来からの取り組みに加えて、代替航空燃料(SAF: Sustainable Aviation Fuel)の導入によるCO₂排出量削減に向けた取り組みが活発化している(⇒次頁)

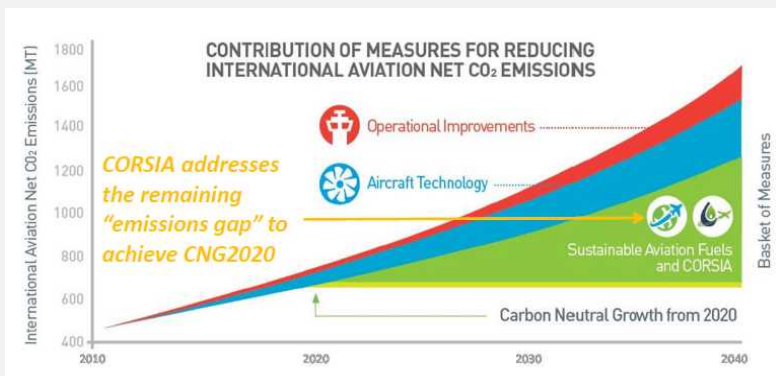
1. 調査の背景・目的

- ・ CORSIAにおいて、SAFは持続可能性のある主要CO₂排出量削減手段と位置付けられており、欧米中心に導入促進制度の整備が進む等、普及に向けた動きが活発化している

CORSIA制度

CORSIA: Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation)

- ✓ 2013年の国際民間航空機関(ICA)総会において、CO₂排出に係るグローバル削減目標を決定
- ✓ 具体的対策として、2016年のICA総会において、CORSIA制度が採択された
 - 2021年以降、基準排出量(=2019年排出量)に排出量を抑えることを目標とする
 - 航空会社は、基準排出量より増加した排出量について、オフセットする義務を負う
- ✓ CORSIAにおいて、SAFは持続可能性のあるCO₂排出量削減の主要手段として位置付けられている(下図緑部分)



(出典) ICAO Secretariat作成 Introduction to CORSIA

各国のSAF導入促進制度

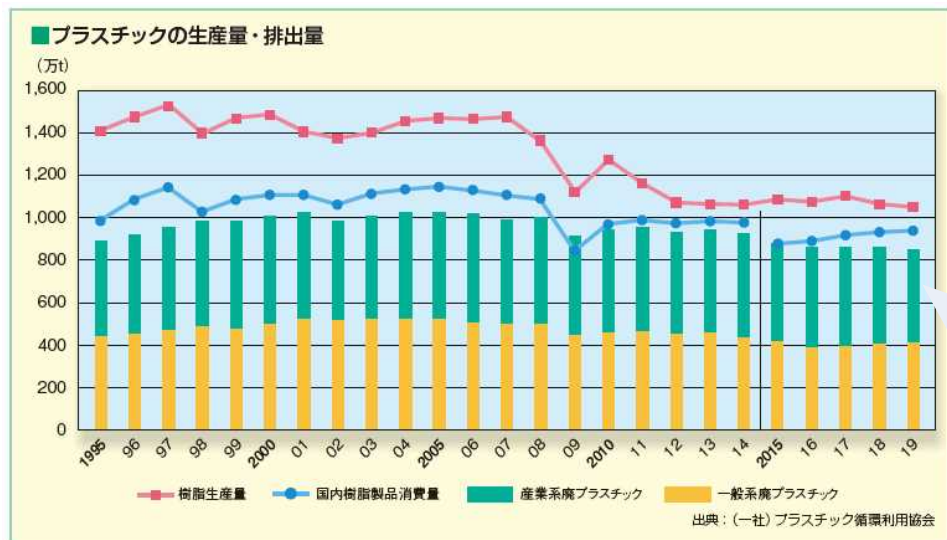


- 1 米国再生可能燃料基準、加州低炭素燃料基準等の価格インセンティブ制度が導入済。
- 2 ノルウェー、スウェーデンにてSAF導入義務が制定。当初1%、2030年時点で30%の混入義務。
- 3 EUは再生可能エネルギー指令(RED II)にてSAF導入へのインセンティブ制度導入済。更に、欧州委員会はSAF導入義務の制定を検討中(提案内容は2025年2%、2050年63%の混入義務)。
- 4 オランダ、フランス、ドイツ、フィンランド、スペインにてEUの上回る独自のSAF導入義務の制定を検討中。
- 5 英国はSAF導入義務(2025年~)の制定を検討中。
- 6 インドネシアはSAF導入義務を制定済(2020年3%、2025年に5%)。
- 7 カナダ、日本、中国、豪州、ブラジル等において、SAF導入促進に向けた政策/制度を検討中。

(出典) SkyNRG資料

1. 調査の背景・目的

- 廃棄プラスチックをはじめとする廃棄物の適正処理は社会課題として認識されており、より革新的な処理手法の確立が期待されている



(出典)一般社団法人プラスチック循環利用協会

リサイクル手法と割合@2019年

リサイクル手法	数量 [万トン/年]	割合
マテリアルリサイクル	186	22%
ケミカルリサイクル	27	3%
サーマルリサイクル	513	60%
未利用(単純焼却・埋立)	124	15%
合計	850	-

東南アジアの廃棄物輸入規制動向



2018年12月：
工業由来の廃棄プラスチック、廃棄電子機器・電線・ケーブル等の輸入を停止



2018年6月：
廃棄プラスチックや電子廃棄物の輸入制限を強化。また廃棄プラスチックの輸入を一律禁止にする方針の検討





キーワード

- ① 「サーマルリサイクル」から「カーボンリサイクル」へ
- ② 国内における高度廃棄物リサイクルの実現

2. 調査内容 (A)廃棄物系原料を利用したSAF生産技術動向

- ・ 廃棄物由来SAF生産プロジェクトの実現のためには、規制・インセンティブ制度等の事業環境整備、それらを背景にした需要の確保、及び原料の安定調達が重要と考えられる

商業開発が進んでいる主な廃棄物由来SAF生産プロジェクト：

				
プロジェクト実施国 (環境制度)	米国 (RFS2 ^(*1) , LCFS ^(*2))	英国 (RED II ^(*3))	オランダ (RED II ^(*3))	米国 (RFS2 ^(*1) , LCFS ^(*2))
主原料	都市ごみ	都市ごみ	都市ごみ	木質残渣
優位性	長期契約により 原料の安定調達を確保済 。 株主でもあるユナイテッド航空、日本航空、丸紅等への SAF供給契約を締結済 。 ネバダ州の第1号商用プラントは2021年6月に建設工事が完了。	ブリティッシュ航空が事業開発パートナーであり、 SAF供給先を確保済	Shellが事業開発パートナーであり、ガス化(Enerkem)、FT(Shell)とも事業者保有の技術で対応可能。EnerkemのWaste to Chemicalプラントはカナダで運転実績あり	原料が木質残渣であるため性状は他廃棄物対比では安定的。 サウスウェスト航空、Fedex, Shellへの SAF等供給契約を締結済
課題	現在、第1号商用プラントの試運転段階（商用規模での運転実績がない）	原料調達が不透明 。商業プラントの融資組成が未了（資金調達面で課題がある可能性）	案件所在地のロッテルダムの人口が中規模（約60万人）にて、 原料調達に課題がある可能性	主原料が木質残渣のため、 原料の安定調達、調達価格の観点で課題 がある



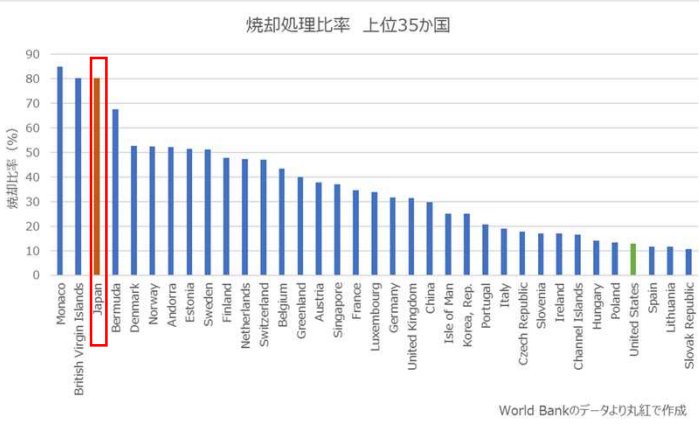
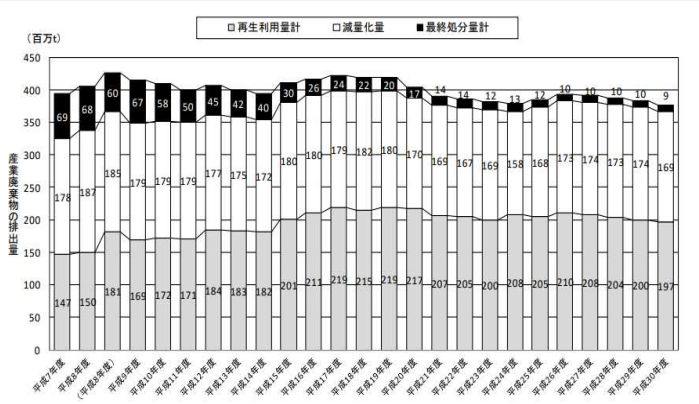
(*1)RFS2: Renewable Fuel Standard

(*2)LCFS: Low Carbon Fuel Standard

(*3)RED II: EU Renewable Energy Directive

2. 調査内容 (B)廃棄物系原料

- 一般廃棄物・産業廃棄物とも、焼却処理が占める割合が高いため、SAF原料として活用することによりCO₂排出量の削減に繋がりが得ることが分かった

	 一般廃棄物	 産業廃棄物
排出量	約43百万トン (2018年)	約376百万トン (2018年)
処理	<p>日本の一般廃棄物の焼却処理比率は約80%(世界第3位)と非常に高水準 ⇒焼却以外の処理方法の確立により、CO₂排出量を削減できる可能性</p>  <p>焼却処理比率 上位35か国</p> <p>World Bankのデータより丸紅で作成</p>	<p>産業廃棄物の約45%(約169百万トン)は脱水や焼却による減容化量に相当 ⇒一般廃棄物同様、焼却回避により、CO₂排出量を削減できる可能性</p>  <p>(百万t)</p> <p>再生利用量計 減量化量 最終処分量計</p>

(出典)環境省「一般廃棄物の排出及び処理状況等について(平成30年度)」 「産業廃棄物の排出及び処理状況(平成30年度速報値)」

2. 調査内容 (B)廃棄物系原料

- 特に処理に課題があるとされる廃棄プラスチックについて、「発生量」、「品質」、「処理費」の軸で評価を行い、本邦におけるSAF原料としての活用可能性について検証した

廃プラ分類		建設廃棄物	容リ	自動車プラ	家電プラ
概要		<ul style="list-style-type: none"> ■ 建設現場から発生する廃棄物 ■ 大部分は混合廃棄物の形で中間処理場に持ち込まれる 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 消費者が排出し、市区町村が分別収集した容器包装 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 自動車解体時に発生する廃棄物 ■ 自動車リサイクル法に基づき回収・処理義務が定められている 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 家電リサイクル法に基づき、特定品目について製造事業者等にリサイクルが義務付けられている 
					
比較項目	発生量	約228万トン/年 (混合廃棄物)	約66万トン/年	約65万トン/年	約20万トン/年
	品質	土砂・泥等の不純物が多く混入 	マテリアル、ケミカルリサイクル可能な水準の品質 	油分の付着等、不純物が多く混入 	分別後は不純物が少なく比較的高品質 
	処理費用	品質により変動するが高水準となる場合もある 	入札額は40-50円/kg程度で推移 	品質にもよるが重量比から推算すると30-40円/kg程度 	ばらつきはあるものの、高品質であるため比較的安価 

(出典)公開資料、事業者ヒアリング等を基に当社作成

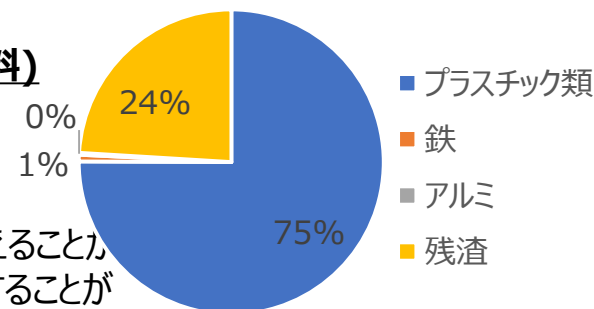
2. 調査内容 (B)廃棄物系原料

- 低品質な建設廃棄物を前提とし、SAF原料として活用するための必要前処理プロセスとそのコスト検証を行った

検討前提	入口 (Input)	<ul style="list-style-type: none">中間処理後の混合廃棄物を前提として検討(性状：非開示)
	出口 (Output)	<ul style="list-style-type: none"><u>塩ビ</u>、及び<u>不燃物系</u>は極力取り除く想定(閾値：非開示)Fulcrum社のSierraプラントを参考に原料数量を設定

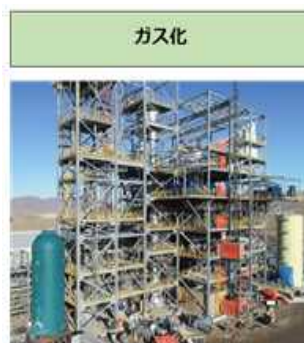
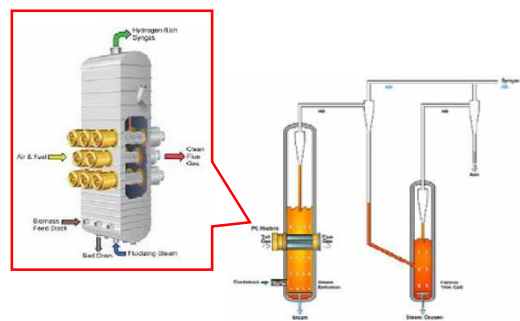


検討結果	入口 (Input)	<ul style="list-style-type: none">前処理前の搬入混合廃棄物数量は<u>約750トン/日</u>
	出口 (Output)	<ul style="list-style-type: none">前処理後の構成は次の通り：<ul style="list-style-type: none">✓ プラスチック類：<u>約560トン/日(⇒SAF原料)</u>✓ 鉄：約5トン/日✓ アルミ：約2トン/日✓ 残渣(可燃物を含む)：約183トン/日理論値としては、塩ビ含有率等を閾値以下に抑えることが可能と思われるが、実際の廃棄物を用いて検証することが望ましい



2. 調査内容 (C)廃棄物を原料としたSAF製造プロセス

- 要素技術は既に商用化されているものの、廃棄物は性状が変動するため、原料投入後の最初の工程である「ガス化」が特に技術的難易度・重要性が高いと考えられる



形式	流動床
加熱方法	間接加熱型
主要メーカー	ThermoChem Recovery International, Inc. (TRI)
フロー	<ul style="list-style-type: none">2段の流動床式ガス化炉1段目：Pulse Combustion Heaterで外部より加熱2段目：1段目のガス化炉で分離されたチャーをガス化
特長	<ul style="list-style-type: none">空気を使用しないので排ガス量が少ない蒸気による改質がメインのため、燃料収率が良い外部入熱を行うので、原料の発熱量が下がっても運転が可能(＝幅広い原料を受入可能)

(出典)[ThermoChem Recovery International, Inc. \(tri-inc.net\)](http://thermochem.com), Gasification of waste for energy carries, IEA Bioenergy

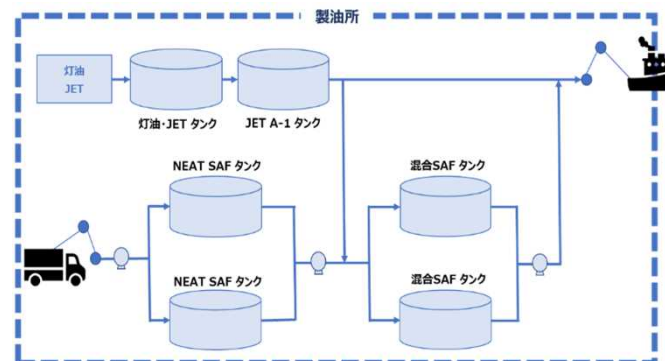
2. 調査内容 (D)製品ロジスティクス

- 既存製油所で混合後SAFを製造する前提で、ニートSAF生産後から混合SAF出荷までに係るコストの試算及び課題抽出を行った

製品 輸送

【主要前提】

- 年間輸送量：約4万kL
- 仕様：在来型ジェット燃料輸送車両と同等
- 立地：関東圏における既存製油所
- 新設貯蔵タンク基数：4基
(ニートSAF用×2、混合後SAF用×2)
- 概略図：右図



品質 検査

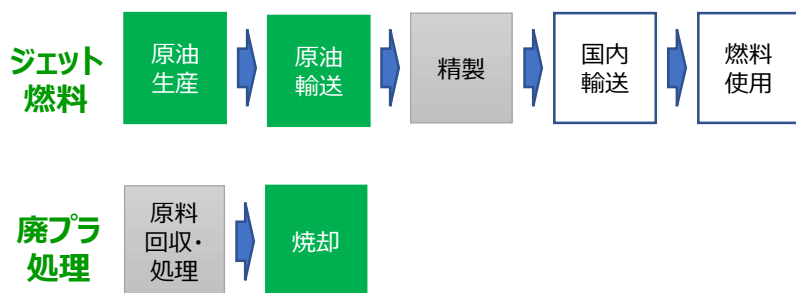
種類	ASTM	説明
在来型ジェット燃料	ASTM D1655	石油連盟の定める「共同地利用貯油施設向け統一規格」に基づきASTM、IP、JISの3種類の試験方法が認められているが、一般にJIS試験法が採用
ニートSAF	ASTM D7566 Annex 1	Table. A1.1 Detailed Batch Requirementsおよび、Table. A1.2 Other Detailed Requirementsの2つの要件群が規定 一部要件は国内で検査実施不可(2020年時点)
混合後SAF	ASTM D7566 Table1	Part 1 - Basic Requirementsおよび、Part 2 - Extended Requirementsの2つの要件群が定められており、双方の試験が必要 一部要件は国内で検査実施不可(2020年時点)

▶ 貯蔵設備の最適化＝コスト低減のために、特にASTM D7566に関して、本邦における検査体制の整備が必要

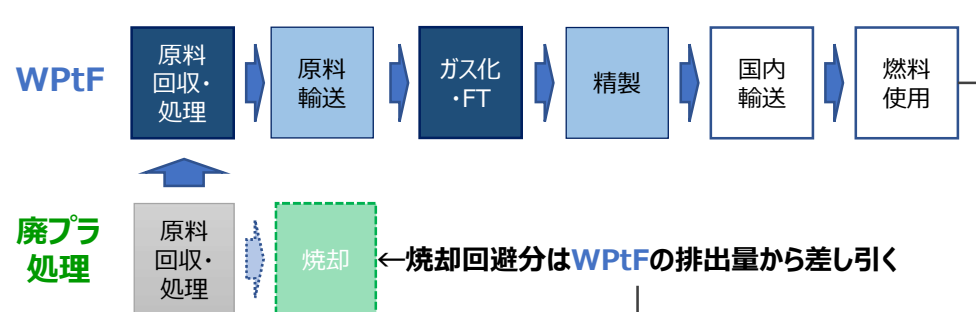
2. 調査内容 (E)CO₂排出量削減効果

- 廃棄物の焼却を回避することで削減されるCO₂排出量を削減効果として取り込むという考えに基づき、廃棄プラスチックを主原料とするSAFのCO₂排出量削減効果を推定し、一定の削減効果が見込めるとの結果を得た

現行のジェット燃料と廃プラ処理



廃プラ由来ジェット燃料 (WPtF)



【主要前提】

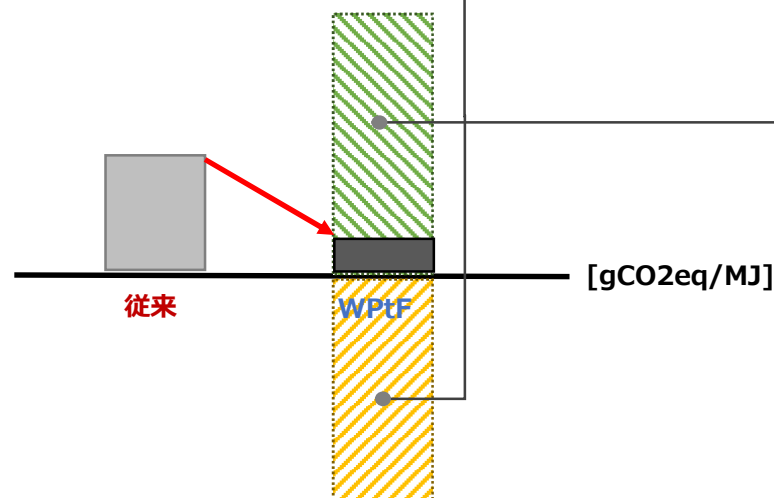
- 原料：廃棄プラスチック(焼却由来 75%、埋立由来 25%)
- 原単位：原則としてデータベース(ecoinvent)の国内数値を利用

【試算結果】

	CO ₂ 排出量
①在来型ジェット	89 gCO ₂ eq/MJ
②WPtF(ネット) = ③+④	A+B gCO ₂ eq/MJ
③内、WPtF	A gCO ₂ eq/MJ
④内、廃プラ焼却回避	B gCO ₂ eq/MJ

CO₂排出量削減効果

100%-(A+B)/89



3. 今後の課題と見通し

- 本邦における廃棄物由来SAF生産サプライチェーンの構築は、廃棄物の適正処理と航空燃料の低炭素化双方の観点で社会的意義が大きいと考えられる。一方、事業化・社会実装のためには、いくつかの課題解決が求められる

事業化に向けた課題

1

原料調達

- 高品位廃棄物の場合、既にリサイクル手法が確立されている場合が多く、数量の安定確保が課題となる
- 低品位廃棄物の場合、原料として利用するための前処理工程に要する設備費・操業費が大きくなる

2

CORSIA Eligibility Fuel(CEF)認証

- 本調査の試算の前提とした「廃棄物焼却由来CO₂の排出回避によるCO₂排出量削減効果」は現状CORSIAでは認められていない

3

SAF生産コスト

- 現時点での推定SAF生産コストは在来型ジェット燃料価格に比べて高く、航空会社が継続的にSAFを購入・使用するためには、当該コストの低減が必要

打ち手

1

原料の最適化、安定調達スキームの確立

- 廃棄物をSAF原料として活用するうえで重要となる、「品質」「安定収集可能数量」「廃棄物処理費」の視点から、技術的・経済的に最適な原料の組み合わせを検証する必要がある

2

CEF認証取得に向けたアクションの実施

- 各国の個別事情を踏まえた新たな方法論の確立の必要性をICAOに対して主張し、関係者・関係諸国を巻き込みながら、デフォルト値の新設の要請等、CEF認証取得に向けたアクションが必要

3

環境クレジット制度等の政策的支援

- 事業者の自助努力に加え、事業化が先行する欧米で共通して見られるように、SAFを生産乃至使用する事業者に対して、環境クレジット等の形で何らかのインセンティブを付与する、または、支援を行うような、各種国内制度の整備が必要