



我が国における SAF の普及促進に向けた課題・解決策

令和 4 年 3 月



一般財団法人 運輸総合研究所



我が国における SAF の普及促進に向けた課題・解決策

我が国における SAF の普及促進に向けた課題・解決策.....	0
(1) 背景と概要.....	1
(2) 国産 SAF の製造に係る課題(原料調達)	3
(3) 国産 SAF の製造に係る課題(SAF の製造支援)	16
(4) 国産 SAF の製造に係る課題(CORSIA 適格燃料として認められるための対応)	30
(5) SAF の規格遵守・認証体制に係る課題(国内検査体制)	32
(6) SAF の規格遵守・認証体制に係る課題(品質管理・輸入 SAF 受入)	33
(7) 空港における課題	36
(8) 長期的な検討課題	38
(9) 全体総括	41

(1) 背景と概要

1) 背景

航空分野における CO₂ 削減取組に関する調査検討委員会燃料小委員会では、国際民間航空機関 (ICAO; International Civil Aviation Organization) での議論や諸外国の動きなどを踏まえつつ、我が国における持続可能な航空燃料 (SAF; Sustainable Aviation Fuels) の導入を推進する上での背景情報・現状について関係者の共有を図り、SAF 活用に向けた課題の抽出、解決に向けた具体的な検討等を行うことを目的とし、学識経験者及びエアライン、空港、石油元売、政府関係者等の SAF の製造・供給・使用に携わる幅広いステークホルダーの参加を得て、2020 年 11 月、2021 年 2 月、6 月、12 月と合計 4 回にわたり会合を開催した。

ICAO においては、2010 年、「2020 年以降国際航空からの CO₂ 総排出量を増加させない (CNG2020: Carbon Neutral Growth 2020)」というグローバル削減目標が掲げられ、これを達成するため、2018 年に市場メカニズムを活用した削減対策である CORSIA 制度 (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) が国際民間航空条約の附属書として採択された。そして、2021 年より、国際線を運航する本邦エアラインに対しても、ベースライン¹から増加した排出量のオフセット義務が適用されている²。

加えて、2019 年、国際航空の長期目標の実現可能性調査を行うことが決議され、2022 年の ICAO 総会に向け、日本が議長を務める専門家会議において、長期目標の策定に向けた議論が行われている。なお、世界的に多くのエアライン(本邦エアラインを含む。)や業界団体が 2050 年カーボンニュートラルを目標として掲げている。

小委員会では、短中期的な視点と長期的な視点の双方において、航空分野からの排出削減に大きく寄与する SAF について、我が国における SAF 製造者、エアライン等の導入状況や取組、規格遵守・認証体制の状況、技術開発動向・支援策、諸外国の動向等を整理し、SAF の原料調達から航空機への供給に至るまでのサプライチェーン全体にわたる課題を整理するとともに、それぞれの課題を解決するための検討の方向性を示すものとして、この文書を取りまとめた。

¹ COVID-19 の影響により、2020 年の排出量が大幅に落ち込むことから、2023 年までの間は 2019 年の排出量をベースラインに使用することが ICAO 理事会で決定された(2020 年 6 月)。

² IATA による国際線の需要回復に係る予測を踏まえると、ベースライン排出量を超過するのは 2024 年頃と予想される。

2) 課題の全体像

SAF(輸入 SAF を含む。)の導入に係る課題の全体像は下記のとおり。

国産ニート SAF の製造においては、十分な製造量を確保し、製造コストを採算可能な範囲にするために、(2)原料調達、(3)製造支援の課題があげられる。また、CORISIA に基づくオフセット義務を履行するために SAF を活用することを前提として、当該 SAF が(4)CORISIA 適格燃料として認められるための対応が必要である。

国産ニート SAF の製造後又はニート SAF の輸入後は、ASTM 規格等に基づく検査を受け、当該規格の認証を取得する必要があるところ、(5)ニート SAF 及び混合 SAF に関する国内の検査体制、(6)SAF の品質管理・輸入 SAF 受入の課題があげられる。

SAF を利用する段階では、(7)空港における受入・給油での課題があげられる。

更に、2050 年を見据えた長期的な観点からの課題もあげられる。

それぞれの課題及び解決の方向性を以下に示す。

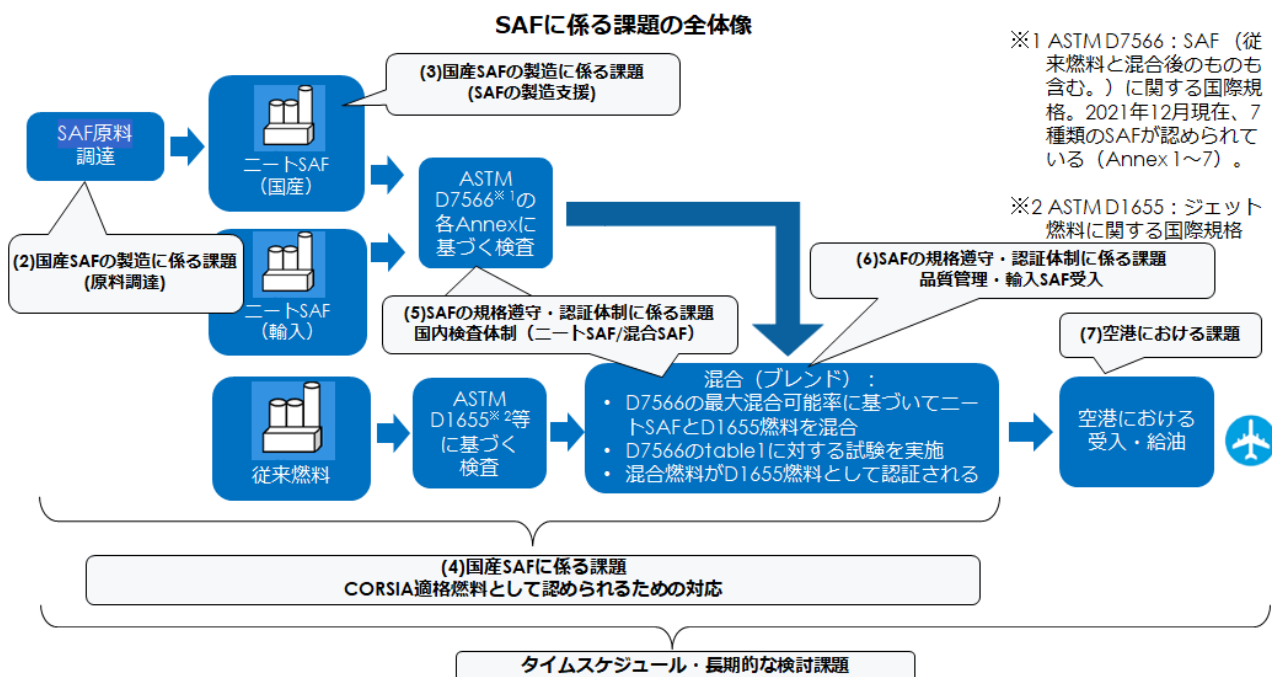


図 1 SAF に係る課題の全体像

<参考> 持続可能な航空燃料(SAF)とは

バイオマス、廃棄物、排ガス中の炭素等を原料とする航空燃料を指す。

SAF は、バイオマスの成長過程において吸収された炭素成分を含み、当該炭素成分の燃焼により、大気中の CO₂ の総量を増加させないことから CO₂ は排出されないものとみなされる。そのため、SAF のライフサイクル全体での CO₂ 排出量は、従来のジェット燃料に比べて大幅に小さいものとなる。また、粒子状物質(PM)等の排出物の削減にもつながるとされている。

また、SAF は、ニート SAF(上記の原料を基に製造された SAF)として国際標準である ASTM 規格に適合することが求められ、更に、当該規格において定められた最大混合可能率の範囲で、従来の化石由来のジェット燃料と混合することが求められる。この混合後の SAF は、関連する ASTM 規格に適合することが認められた場合、従来のジェット燃料と同じ燃料とみなされ、同じ取扱いがなされる。そのため、エンジンの改修等なく、既存の航空機に搭載することができる。

なお、CORISIA や各国において、排出削減率等 SAF の持続可能性に関する基準が策定されている。

(2) 国産 SAF の製造に係る課題(原料調達)

1) 課題の特徴と検討のアプローチ

SAF の原料調達に関する課題について、大きく分けて以下の3点に整理した。

- A) そもそも十分な量の SAF を製造するために必要な原料の量が存在するか
- B) 発生源や収集に要するコストに照らして各原料の収集が実際に可能であるのか
- C) 他用途との競争(調達価格競争等)において SAF 製造用途に供給が可能であるか

これらの課題は原料の種類によって大きく異なるため、各原料別に課題を整理した。SAF の原料は、大きく分けて、適用可能な製造方法に対応して、油脂系バイオマス、セルロース系バイオマス、その他に分類される。各々の原料の概要と適用される製造方法を表 1 に記す。

これらの原料カテゴリ毎に、上記 A に対する検討として、SAF の製造ポテンシャルについて推計を行った。各推計詳細については別添1に記す。また、B・C の課題については、各原料に関する関係者へのヒアリングに基づいて整理を行った。関係者へのヒアリングについては別添 2 に記す。

表 1 SAF の原料候補の概要

原料カテゴリ		原料の概要	製造方法(D7566)
油脂系バイオマス	残渣	食用油・廃獣脂・PFAD・POME からの廃棄油脂	Annex A2: 植物油等の水素処理により精製される合成パラフィンケロシン(HEFA) Annex A6 : Catalytic Hydrothermolysis Jet (CHJ)
	主産物	・上記とは異なり、油糧作物として土地を利用し生産されるもの(ジャトロファ等)。 ・食料競合の課題により農地で栽培される油脂の燃料用途での利用は抑制的な扱いのため、農地栽培を避けての利用(耕作放棄地等の活用)が想定される。	
セルロース系バイオマス ※1	残渣	例として以下が挙げられる。 ・農業残渣: 作物の収穫時や加工時に発生する残渣(稲わら・籾殻・トウモロコシわら・バガス等) ・森林残渣: 林地に放置された残材。 ・製材残渣: 製材工場等から発生する樹皮や背板などの残材。 ・建設発生木材: 建設工事に伴い、副次的に得られる建設副産物の一つで木造住宅の解体工事からの発生量が多い。	Annex A1: Fischer-Tropsch 法により製造される合成パラフィンケロシン(FT-SPK) Annex A3: 発酵水素化処理糖類由来のイソ・パラフィン(SIP) Annex A4: 非化石資源由来の芳香族をアルキル化した合成ケロシン(SP/A) Annex A5: アルコール・ジェット由来の合成パラフィンケロシン(ATJ-SPK)
その他	主産物(糖料作物)	サトウキビ等糖料作物から得られるエタノールからアルコール・ジェット(ATJ)プロセスを経て炭化水素(ケロシン)を生産できる。	Annex A5
	廃棄物(油脂成分を除く)	・一般廃棄物: 廃棄物処理法において産業廃棄物でないもの。市町村の区域内での処理が原則。市町村に処理責任。 ・産業廃棄物: 事業活動に伴って生じた廃棄物(廃プラスチック類、紙くず、動植物性残さ等 20 種)。排出者に処理責任。	Annex A1, Annex A5
	CO ₂ ・水素(合成燃料)	CO ₂ と水素の逆シフト反応による CO の製造、CO と水素の FT 合成反応によるパラフィンの合成を経て SAF が製造される。	Annex A1
	藻類※2	光合成により高速で増殖する微細藻類等を大量培養し、それらが生成する藻油から SAF を一貫製造する。	Annex A2, Annex A6, Annex A7 : Hydrocarbon-HEFA (HC-HEFA)

※1耕作放棄地等で栽培される主産物のセルロース系原料(ミスカンサス、ネピアグラス等)も候補としては挙げられるが、ここでは耕作放棄地の活用用途として、油糧作物を対象に検討を行った。

※2 商業規模への拡大について検討がなされている途上にあり、先行事例においてもポテンシャル推計がなされていないため、本資料では推計を行っていない。

<参考> 原料推計の先行事例

SAFの原料ポテンシャルの推計に係る先行事例は以下のとおり。

先行事例	推計の特徴
Feasibility Study of Australian feedstock and production capacity to produce sustainable aviation fuel(Qantas,2013)	▶ 主に HEFA の原料となる廃棄油脂や油糧作物のオーストラリア国内の賦存量を中心に検討
ICAOによる短長期のSAF製造とライフサイクルGHGの推計(ICAO ATAF,2016)	▶ エネルギー作物、農業残渣、都市ごみ、廃棄油脂、木材・林業製品を対象に IPCC シナリオに応じた持続可能性を制約条件に、原料価格、他の用途との競合について世界全体のSAF製造ポテンシャルを推計(非公開)
Clean Skies for Tomorrow: Sustainable Aviation Fuels as a Pathway to Net-Zero Aviation(WEF,2020)	▶ 世界全体の廃棄油脂、農業残渣、森林残渣、都市ごみ、被覆作物(耕作放棄地の利用)を対象に推計。 ▶ 2030年のジェット燃料需要4.1億原油換算トンに対し4.9億原油換算トンのSAFポテンシャルと評価。
SUSTAINABLE AVIATION BIOFUEL STATUS 2017(ノルウェー)	▶ ノルウェー国内における森林残渣によるSAFの製造ポテンシャルを30万~50万kLと推計。
SUSTAINABLE AVIATION FUELS ROAD-MAP 2020(Sustainable Aviation UK)	▶ 英国内のSAFポテンシャル全体を2035年100万トン、2040年160万トン、2050年450万トンと推計
Waypoint 2050 SECOND EDITION(ATAG, 2021)	▶ SAFポテンシャル(廃棄油脂、油糧作物、セルロース系被覆作物、農業残渣、木質バイオマス、都市ごみ、排ガス)について、2020年において2.05億トン、2050年において1.98億トンと推計。

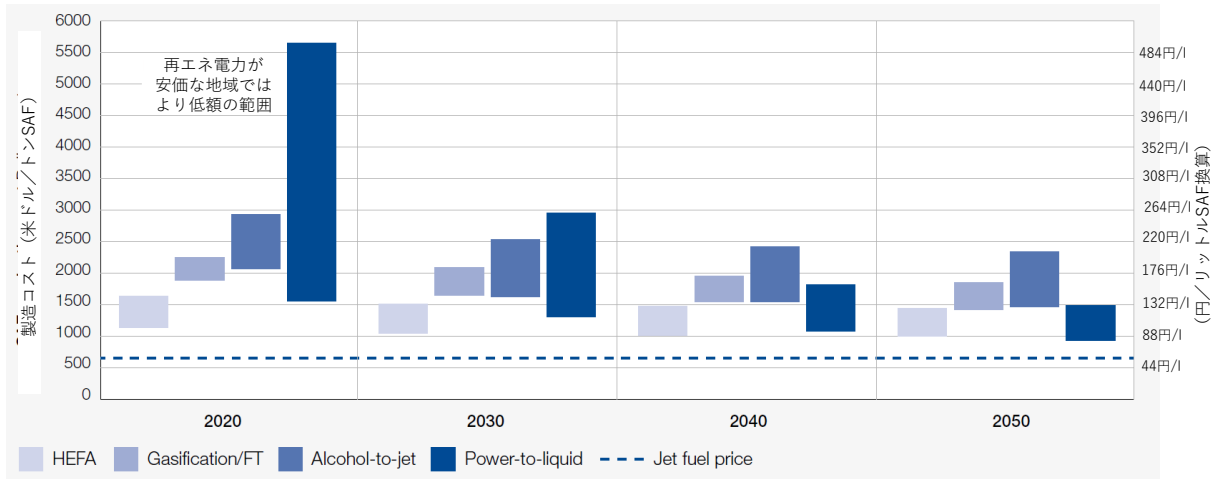
本資料では、包括的にSAFの原料を扱うとともに推計の考え方が示されている Clean Skies for Tomorrow: Sustainable Aviation Fuels as a Pathway to Net-Zero Aviation (WEF,2020)等を参考に国内のポテンシャルの推計を行った。本資料において適用した換算係数は以下のとおり。なお、この換算係数は、原料から燃料への変換効率及び製造される燃料のうちSAFの製造を最大化するよう設計した場合に得られるSAFの割合をパラメータとして含む。

原料	製造方法	原料から得られるSAFの量
廃棄油脂	HEFA	0.51(原油換算トンSAF/原油換算トン原料)
油糧作物	HEFA	0.43(原油換算トンSAF/原油換算トン原料)
農業残渣・森林残渣・製材残渣・建設発生木材	Gasification-FT/ Alcohol to jet 50%ずつ	0.11(原油換算トンSAF/乾燥トン原料)
サトウキビ	ATJ	0.035(原油換算トンSAF/乾燥トン原料)
都市ごみ	Gasification-FT	0.12(原油換算トンSAF/乾燥トン原料)
CO ₂ ・水素	逆シフト反応-FT	1.37(トンSAF/トン水素)

出所)WEF(2020)“Clean Skies for Tomorrow Sustainable Aviation Fuels as a Pathway to Net-Zero Aviation INSIGHT REPORT”等より概算。CO₂についてはガスシフト反応⇒FT合成を想定し、C₁₀H₂₂の合成燃料を製造するために必要な水素分子量から換算係数を導出。

<参考> SAF の製造コストの見通し

後述するとおり、製造コスト低下は全原料に共通した課題である。Clean Skies for Tomorrow: Sustainable Aviation Fuels as a Pathway to Net-Zero Aviation(WEF,2020)には、以下のとおり SAF 製造コストの見通しも示されており、2050 年にかけて、規模の経済や習熟曲線に従ってコストの削減を見込んだ推計を示している。



出所) WEF(2020) "Clean Skies for Tomorrow Sustainable Aviation Fuels as a Pathway to Net-Zero Aviation INSIGHT REPORT"
 グラフ右軸は1ドル110円で換算。

2) 検討結果(原料別のポテンシャルと供給に当たっての課題と解決の方向性)

以下、原料別の SAF 製造ポテンシャルの推計と課題、解決の方向性をまとめている。ポテンシャルについては、①未利用量(海外流出分を含む)、②未利用量に加え発電用等バイオマス以外の供給源がある既利用分、③全ポテンシャルの 3 ケースの推計を行った。

なお、本推計は、経済性を考慮した製造可能量を表すものではないことに留意する必要がある。また、個別の原料の解説では言及していないが、実現にあたっては、全体に共通する事項として、原料調達のインセンティブの付与や技術開発、スケールアップ、立地選定等による製造コスト低下が重要である。

a. 油脂系バイオマス — 残渣(廃棄油脂)

全国油脂事業協同組合連合会資料(図 2)を参照すると、国内における事業系の食用油及び動物油脂のうち回収・処理されている量は計 38 万トンであり、うち飼料原料と工業原料向けに 28 万トン、燃料原料向けに 10 万トン、うち 9 万トンが輸出されており、推計①として輸出分を SAF に換算すると約 5.0 万 kL となる。また、国内で燃料用途として用いられているケースは代替的な供給源があるものと考えられるため、推計②として燃料原料向けに用いられている 10 万トンを利用可能とすると、SAF に換算して約 5.6 万 kL となる。なお、①②は量として大きな違いはなく、足元の日本におけるジェット燃料需要の約 0.4% に相当する。推計③として仮に全回収量 38 万トン全てを SAF として供する場合(飼料原料・工業原料で既に用いられている分も含む)、SAF に換算すると約 21 万 kL に相当する。これは足元の日本におけるジェット燃料需要³⁾の約 1.6% に相当する。

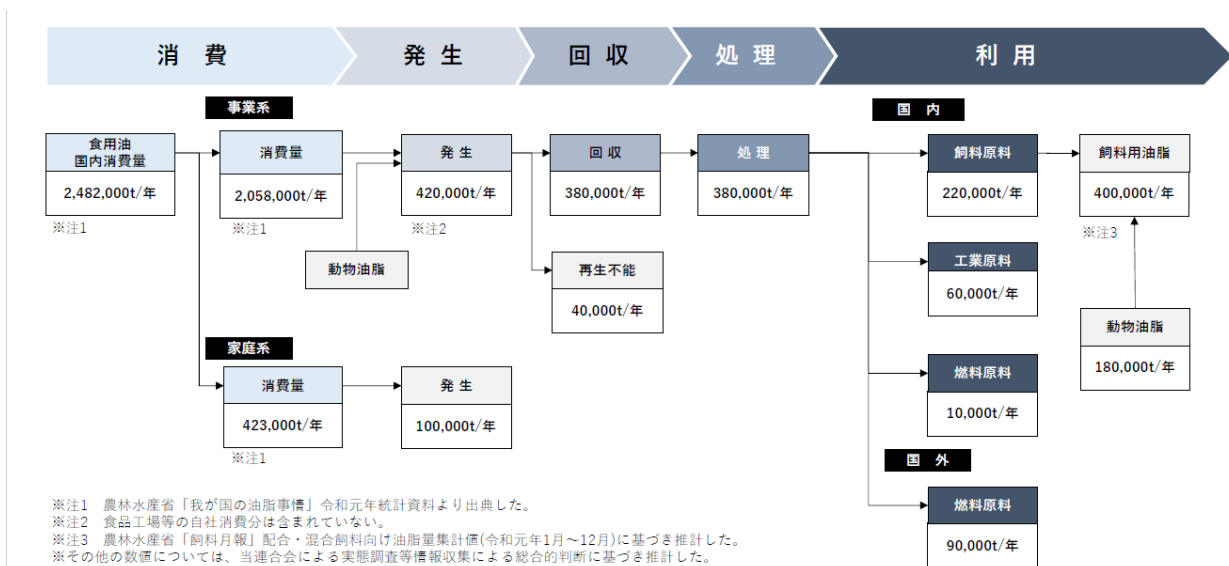


図 2 廃棄油脂のリサイクルフロー図

出所)全国油脂事業協同組合連合会、「UCO(廃食用油)を取り巻く現状と今後について」、令和 3 年 7 月

国内で発生している廃棄油脂を SAF 向けに利用する際の課題について、以下のとおり記す。

産業廃棄物に該当する廃棄油脂は、廃棄物の処理及び清掃に関する法律(昭和 45 年法律第 137 号。以下「廃棄物処理法」という。)⁴⁾に基づき、排出者による処理責任に基づいて取り扱われており、主に収集・運搬事業者によって取引がなされている。また、廃棄油脂の利用用途は所有者である排出者により決定されており、SAF の利用を想定する場合、排出者との連携・議論が必要となる。ヒアリングによると、大口の排出者の例としてコンビニエンスストア、スーパーマーケット等が挙げられるが、大口排出者については発電用途等での自社消費の意向も強いとも聞かれている。

また、廃棄油脂は、前述のとおり燃料原料として輸出されている。ヒアリングによると、廃棄油脂の購入

³⁾ 2019 年における本邦エアライン及び外航エアラインによる国内給油量。(航空輸送統計における国内線ジェット燃料消費量約 426 万 kL、令和 1 年資源・エネルギー統計年報(石油)のジェット燃料油ポンド輸入・輸出分約 889 万 kL の合計約 1,315 万 kL。)

⁴⁾ 廃棄物処理法:産業廃棄物と一般廃棄物が定義されており、それぞれ排出事業者と市町村が処理責任を持つ。処理業者については、産業廃棄物は都道府県、一般廃棄物は市町村が許可・監督を行っている。

価格は、これまで JA の配合飼料価格が最高値をつけていたが、近年、日本の廃棄油脂の質が海外で評価され、海外の SAF 製造事業者等が JA 以上の価格で買取っており、流出が加速している傾向にある。

国内で発生する廃棄油脂の確保のための課題解決の方向性について①未利用量(海外流出分を含む)、②未利用量に加え発電用等バイオマス以外の供給源がある既利用分、③全ポテンシャルの 3 点について考えると、①は海外流出に一定の歯止めをかける対策(国内利用の促進策等)により現状拡大している国外流出を回避することが有効と考えられる。②については、①に加え前述のとおり大口排出者であるコンビニ・スーパーマーケット等との連携が重要である。③については、飼料や工業原料としての代替的な原料を提案し、関係者と合意することができれば、SAF 原料としての利用について検討することが可能と考えられる。また、ヒアリングによると、図 2 に数値として含まれない低質油脂(調理現場で排水に流れているもの等)を回収することができれば、廃棄油脂由来の SAF のポテンシャルが増加する可能性がある。

なお、我が国への輸入の可能性のある近隣諸国における廃棄油脂の未利用量について試算したところ、中国において 30 万トン(17 万 kL の SAF ポテンシャルに相当)、その他のアジア諸国で数万~数十万トン(数万~数十万 kL の SAF ポテンシャルに相当)と推計される。一方、これとは別に、例として欧州向けに 100 万トン/年オーダーで輸出されているとの海外環境 NGO による分析結果があり⁵、近隣諸国における未利用の廃棄油脂についても原料として期待が高いものの、海外諸国における需要との価格競争に晒される可能性が高い点に留意が必要である。

また、WEF(2020)の推計でも示されているとおり、パーム油製造時の残渣であるパーム油脂脂肪酸(PFAD; Palm Fatty Acid Distillate)とパーム油工場廃液(POME; Palm Oil Mill Effluent)が大きなポテンシャルを持つ原料となっている。これらはパームの主要生産国であるインドネシア、マレーシア、タイ等からの輸入が想定され、総量としてのポテンシャルは、PFAD 約 175 万 kL/年、POME 約 73 万 kL/年と推計される。PFAD については先行する海外の SAF 製造事業者等が確保している可能性が高く、POMEについては油脂の抽出にコストがかかるため現状有効利用されていないことや、搾油工場内利用等の生産国内での利用との競合があり、課題が多い点に留意が必要である。

仮に調達を目指すとする、これらの国との二国間連携による原料確保の可能性を検討することも一案と考えられる。

b. 油脂系バイオマス — 主産物(油糧作物)

主産物である油糧作物の供給ポテンシャルとして、ヒアリングも踏まえ、国内の荒廃農地 28 万 ha のうち 10%を利用、栽培する作物をジャトロファと仮定して推計を行った結果、油糧作物原料は 7 万トン/年(SAF 換算で約 3.2 万 kL/年、国内ジェット燃料需要の約 0.2%)のポテンシャルと推計された。なお、本件は現状、生産が行われていないものであるため、推計①②③ともに同じ数値であるものと整理した。

課題として、国内においてジャトロファ等の油糧作物に適した荒廃農地が十分あるか、栽培量を十分確保できるか、農地の再生も含めて採算性が取れるかの検討が重要と考えられる。

解決の方向性について考察すると、採算性の確保のため、SAF 製造によるメリットを他の作物の栽培とも比較しながら⁶比較検討することが重要である。また、ヒアリングの結果、例えば、北海道においては土地全てを活用して栽培を行ってならず輪作が可能な土地が存在する、西日本においては二毛作が可能な土地が存在する等、輪作、二毛作等圃場の最大限の活用方策を検討することがポイントの一つになるものと考えられる。

c. セルロース系バイオマス — 残渣(農業残渣)

国内における農業残渣のポテンシャルとして、農林水産省の統計「バイオマス種類別の利用率等の推移」(R3. 4月とりまとめ)による農作物非食部の発生量を用いた。当該統計によると、未利用量は約 580 万

⁵ https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/CE_Delft_200247_UCO_as_biofuel_feedstock_in_EU_FINAL%20-%20v5_0.pdf

⁶ 10a あたりの参考単収として米・麦:400~600kg で単価 250 円程度、果物:2~5 トンで単価 500 円程度、大豆:200~300kg で単価 500 円程度(群馬県農業経営指標一覧より)。なお、都道府県により異なる。

乾燥トン/年(未利用率は 69%)であり、SAF 換算で約 73 万 kL/年、国内ジェット燃料需要の約 5.6%にあたる(推計①)。農業残渣は現時点において FIT 制度の対象とはなっておらず、発電等に用いられている分は限定的と考えられ、推計②は推計①と同じとした。全量ポテンシャルは 840 万乾燥トン/年であり、SAF 換算で約 106 万 kL/年、国内ジェット燃料需要の約 8.1%に相当する(推計③)。

国内で発生している農業残渣の SAF 向けの利用のためには、収集可能性が大きな課題として挙げられる。農業残渣の発生源は農家・圃場であり、農業残渣を確保するには、排出者である農家との連携・議論が必要である。また、収集する場合のコストと廃棄する場合のコスト比較、各農家の経営を考慮する必要もあると考えられる。加えて、機械化が十分普及していない点や、労働力不足等収集のための障壁についても留意が必要である。更に、農業残渣は、作物の収穫周期により発生し、年間を通じて安定的に発生するものではない点も留意が必要である。なお、現状、他用途との競合はないと考えられる。

課題解決の方向性を①未利用量のみ、②未利用量に加え発電用等バイオマス以外の供給源がある既利用分、③全ポテンシャルの 3 点について考えると、いずれも収集率の向上が必要であるため、農家による作物のサプライチェーンとの連携や農家に対する支援が必要と考えられる。具体的な支援策として、農業行政において実施されている、土地や土壌等の整備管理の補助・販売網や自治体ネットワーク構築支援等の既存の支援を援用することも考えられる。

d. セルロース系バイオマス — 残渣(森林残渣・製材残渣・建設発生木材)

ア) 森林残渣

国内における森林残渣のポテンシャルとして、農林水産省の統計「バイオマス種類別の利用率等の推移」(令和 3 年 4 月)による森林残渣の発生量を用いた。当該統計によると、未利用量は約 689 万乾燥トン/年(未利用率は 71%)であり、SAF 換算で約 87 万 kL/年、国内ジェット燃料需要の約 6.6%にあたる(推計①)。現状、森林残渣は未利用材として FIT 制度の対象となっており、日本木質バイオマスエネルギー協会の推計⁷⁾によると約 151 万乾燥トン/年が国内バイオマス発電所に供されている。推計①と併せて推計②全体で約 839 万乾燥トン/年(全体の 87%)、SAF 換算で約 106 万 kL、国内ジェット燃料需要の 8.0%となる。全量ポテンシャルは 970 万乾燥トン/年、SAF 換算で約 122 万 kL、国内ジェット燃料需要の 9.3%に当たる(推計③)。

国内で発生している森林残渣の SAF 向けの利用に向けては、まず収集可能性が大きな課題となる。ヒアリングによると、林地残材の単位体積当たりの収集コストは、山で切って取り出すためのコストが 5,000 円/m³、製材所等まで運び出すためのコストが 9,000-10,000 円/m³のオーダーとされている。加えて他用途との競合として、FIT 発電用との競合(FIT 買取価格は 2021~22 年度時点で、2,000kWh 以上の施設で 32 円/kWh、2,000kWh 未満の施設で 40 円/kWh)がある点に留意が必要である。なお、森林法(昭和 26 年法律第 249 号)に基づく森林計画制度において区域別の伐採立木材積の搬出計画量が定められている点にも留意が必要である。

課題解決の方向性として考えると、森林残渣については①未利用量や②発電用等バイオマス以外の供給源がある既利用分が一定量存在するため、森林所有者・林業関係者と、運び出しのコストの負担方法を含めた SAF 向けの利用可能性について協議・連携していくことが重要と考えられる。また、FT 合成技術による SAF 製造の場合には、発電と SAF 製造の併用の可能性も検討することも有用と考えられる。

イ) 製材残渣・建設発生木材

国内における製材残渣のポテンシャルとして、農林水産省の統計「バイオマス種類別の利用率等の推移」(令和 3 年 4 月)による製材残渣発生量を用いた。当該統計によると、未利用量は約 10 万乾燥トン/年(未利用率は 2%)、これは SAF 換算で約 1.4 万 kL、国内ジェット燃料需要の 0.1%に相当するものである(推計①)。日本木質バイオマスエネルギー協会の推計によると発電用に供されている量は約 13 万乾燥トン/年(全体の 3%)であるが、この他の利用済みの量の多くは製材所等での熱利用など、他の有用な供給源がない用途に利用されていると考えられ、発電利用分のみを推計②に組み込んだ。推計②として未利用量と発電用に供されている分を換算すると、SAF 換算で約 3.1 万 kL、国内ジェット燃料需要の約 0.2%に相当する。全量ポテンシャルは 510 万乾燥トン/年であり、これは SAF 換算で約 64 万 kL、国内ジェット燃料需要の 4.9%である(推計③)。

建設発生木材についても同統計に基づいて推計した。未利用量は約 17.6 万乾燥トン/年(未利用率は 4%)、SAF 換算で約 2.2 万 kL、国内ジェット燃料需要の 0.2%となっている(推計①)。日本木質バイオ

⁷⁾ 令和 2 年度木質バイオマス燃料の需給動向調査 成果報告書

マスエネルギー協会の推計によると発電用に供されている量は約 9.4 万乾燥トン/年(全体の 2%)、①と合計すると SAF 換算で約 3.4 万 kL、国内ジェット燃料需要の 0.3%である(推計②)。全量ポテンシャルは 440 万乾燥トン/年であり、SAF 換算で約 55 万 kL、国内ジェット燃料需要の 4.2%である(推計③)。

課題としては、林地残材とは異なり、製材残渣については発生地点は製材所となるため収集コストはかからず、建設発生木材についても廃棄物処理を通じて収集のロジスティクスが確立されているものの、①未利用量や②発電用等バイオマス以外の供給源がある既利用分のポテンシャルが限定的であり、また、発生源は全国に点在していると考えられることから、これらを SAF 向けに利用するためには、全国各地の排出者等と、コストの負担方法を含めた SAF 向けの利用可能性について協議・連携していくことが重要と考えられる。なお、FIT 制度において、製材残渣は 24 円/kWh 又は入札制度によって決定される価格、建設発生木材については 13 円/kWh での買取(いずれも 2021~22 年度)となっている点にも留意する必要がある。森林残渣と同様、FT 合成技術による SAF 製造の場合には、発電と SAF 製造の併用の可能性も検討することも有用と考えられる。

e. その他 — 主産物(糖料作物)

主産物である糖料作物の供給ポテンシャルとして、ヒアリングも踏まえ、国内で生産されているサトウキビを原料とするものと仮定して試算したところ、国内のサトウキビ生産量約 116 万トンに対し、SAF 換算で約 2.3 万 kL の生産ポテンシャルと推計された(国内ジェット燃料需要の 0.2%)。これは、現状食料等に用いられているものであり、本推計を推計③とし、推計①②はゼロと整理した。

課題として、2010 年頃に国産バイオエタノールの陸上輸送用の燃料向けの活用が検討され、生産プロセスや品質管理手法の確立など一定の成果は得られたものの、コスト面が課題となり、ほぼ全ての事業が継続を断念した経緯があり⁸、コスト面での課題解決が SAF においても求められるものと考えられる。また、食料競合の懸念に対する配慮も必要である。

解決の方向性としては、食料競合に配慮した上で、油糧作物と同様、SAF の供給を前提とした事業採算性のある農業経営、圃場の最大限の活用方策を検討することがポイントになるものと考えられる。

f. その他 — 廃棄物(油脂成分を除く)

ア) 一般廃棄物

国内における廃棄物におけるポテンシャルは、「一般廃棄物の排出及び処理状況等(令和元年度)」(2021 年 3 月環境省発表)によると、2019 年度における一般廃棄物量は全体で 4,095 万トン/年(湿潤ベース)であり、これは SAF 換算で約 306 万 kL/年、国内ジェット燃料需要の約 23%に相当する(推計③)。また、未利用分として直接最終処分されている量を想定すると、約 40 万トン/年(湿潤ベース)(全体の 1%)、これは SAF 換算で約 3.0 万 kL/年、国内ジェット燃料需要の約 0.2%に相当する(推計①)。なお、環境省の発表⁹に基づく、現状、発電用に供されている一般廃棄物の量は約 3,418 万トン/年(湿潤ベース)(全体の 83%)と推計され、①と併せて推計②全体で、SAF 換算で約 259 万 kL/年、国内ジェット燃料需要の約 20%に相当するものと試算される(推計②)。

課題として、SAF の製造に必要な規模(FT 合成には 2,000 トン/日の廃棄物量¹⁰)を確保することが挙げられる。ヒアリングによると当該規模の廃棄物処理場も一定程度存在するが、特に収集規模の小さい地域については、組合の結成や広域化・集約化を促進させることが有効であると考えられる。なお、環境省や自治体においても、これまで広域化・集約化に向けた取組みが進められており、2020 年6月には「広域化・集約化に係る手引き」も発出されている。また、現状では発電用に供されている一般廃棄物が多くを占めるため、FIT 制度等の発電向けに供されているインセンティブ(一般廃棄物に対する FIT 買取価格は 2021~22 年度時点で 17 円/kWh)との競合が考えられるところ、発電と SAF 製造の併用の可能性について検討する必要がある。

解決の方向性として、①未利用量のみ、②未利用量に加え発電用等バイオマス以外の供給源がある既利用分、③全ポテンシャルの 3 点について考えると、①については、限定的な量が全国に散在するために SAF 向けの利用は現状難しいものと考えられる。②については、多くのポテンシャルが期待されるが、現

⁸ 我が国のバイオ燃料の導入に向けた技術検討委員会(第1回)資料2

(https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/bio_nenryo/pdf/001_02_00.pdf)

⁹ 一般廃棄物処理事業実態調査の結果(令和元年度)について(<https://www.env.go.jp/press/files/jp/115966.pdf>)

¹⁰ 次世代航空機燃料イニシアティブ報告書(2015年7月)

状発電用に用いられている状況から SAF 向けに切り替える又は発電用と SAF 製造用の併用を図るためには、インセンティブも含めて廃棄物行政等と連携した議論が必要と考えられる(③についても概ね同様)。なお、廃棄物のエネルギー利用等に対する現状の支援策として循環型社会形成推進交付金¹¹が存在し、将来的に、仮に廃棄物を SAF 製造のために処理する過程の関連施設の整備が自治体の計画に位置付けられる等により、当該交付金の対象となれば、強力な支援策となる可能性がある。

イ) 産業廃棄物

産業廃棄物には合計 20 品目が存在するが、この中で SAF の原料となる固体の有機成分を含み、尚且つ発生量が 100 万トン¹²を超えるものとして、廃油、廃プラスチック類、紙くず、木くず、動植物性残さが SAF の原料として想定される。これらのうち、廃油は前述の廃棄油脂に、木くずは副産物のセルロース系原料に含まれると考えられるため、廃プラスチック類、紙くず、動植物性残さを対象に、発生量全体を推計すると、SAF 換算で約 118 万 kL/年となり、これは国内ジェット燃料需要の約 9%に相当する(推計③)。また、これらのうち未利用量として、現状再生利用されていない廃プラスチック類、紙くず、動植物性残さについて推計する¹³と、SAF 換算で約 17 万 kL/年(全体の 15%)、国内ジェット燃料需要の約 1.3%に相当する(推計①)。なお、推計②に関しては、これらの産業廃棄物のうち、発電用に供されている割合の推計が困難であるため、推計を行っていない。

課題としては、一般廃棄物と同様に収集可能性の検討、発電用に供されているインセンティブとの競争が考えられるところ、発電と SAF 製造の併用の可能性について検討する必要があり(産業廃棄物に対する FIT 買取価格は 2021~22 年度時点で 17 円/kWh)、廃棄物行政等と連携した議論が必要と考えられる。また、産業廃棄物特有の課題解決の方向性として、廃棄油脂と同様に、排出者が処理責任を負う特徴を生かし、大口排出者への働きかけや議論を行うことも原料の確保のために有効と考えられる。(循環型社会形成推進交付金については、産業廃棄物も対象となっており、一般廃棄物に記載した事項と同様の期待が持たれる。)

g. CO₂・水素(合成燃料)¹⁴

CO₂・水素を原料とする合成燃料のポテンシャルについて、水素供給見通しに基づく推計を行った。具体的には、「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」(2021 年 6 月)に示された 2030 年の水素供給に係る目標の最大量 300 万トン/年の全量を合成燃料に用いることを仮定し、換算を行った結果 514 万 kL/年の SAF 製造(国内ジェット燃料需要の約 39%)と推計し、推計①②③ともに同じ数値であるものと整理した。

なお、産業構造審議会 グリーンイノベーションプロジェクト部会資料によると、合成燃料のポテンシャルが試算されており、2030 年には 500BPD 規模のプラントが 1 年で使用する量の軽油を代替するものとして 2.9 万 kL、2050 年にはガソリン需要 2,166 万 kL と軽油需要 2,811 万 kL の合計 4,977 万 kL を合成燃料で代替するとしている。

合成燃料の製造方法については海外においても技術開発・実証の途上であり¹⁵、原料に関する課題として、水素供給、特にコストの低減等が挙げられる。グリーン成長戦略では、30 円/Nm³ の供給コストを実現すること、2030 年以降は供給面で国際水素サプライチェーンを拡大するとともに、産業分野等での利用を進めることで、2050 年に 20 円/Nm³ まで更なるコスト低減を図る方向性が示されており、今後の取組が期待される。特に、国産の水素の地産地消¹⁶の観点も重要である。加えて、水素需要は発電用途、

¹¹ 市町村が策定する循環型社会形成推進地域計画に位置付けられた施設(エネルギー回収型廃棄物処理施設、マテリアルリサイクル推進施設等)の整備に対して交付される(交付対象経費の 1/3、高効率施設は 1/2)

¹² 令和 2 年度事業産業廃棄物排出・処理状況調査報告書(2021 年 3 月)

¹³ 廃棄物行政へのヒアリングの結果「プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律」(令和 3 年法律第 60 号)に基づき、質の高い廃棄プラスチックの需要が高まっている中で、廃棄プラスチックは可能な限りマテリアルリサイクルすることが望ましいとの回答があったが、質の低い廃棄プラスチックは SAF 製造の原料として活用が想定される。

¹⁴ CO₂ の原料としては、排ガス中の CO₂ を想定。なお、排ガス(CO)については ATJ 技術も適用可能であるが、排ガス(CO)の最大の供給源である製鉄所においては既に有効利用されているため、国内ポテンシャルとしては推計していない。

¹⁵ 2021 年 ICAO のセミナーにおいて世界の取組の紹介があるが、いずれも実証段階の発表に留まる。

<https://www.icao.int/Meetings/Stocktaking2021/Pages/Synthetic-Fuels-for-Aviation.aspx>

¹⁶ 例えば、産業技術総合研究所福島再生可能エネルギー研究所(FREA)では CO₂ フリー水素製造及び街区での大量利用技術開発が行われており、近隣空港における水素の利用の可能性がある。

陸上輸送用、船用利用など他セクターにも多く存在し、また、合成燃料についても同様であるため、他セクターとの調整も重要である。CO₂ 供給源についても技術的な利用可能性を精査の上、国内における供給可能性の精査が必要である。

解決の方向性として、引き続き技術開発・実証を進めるとともに、分野横断的に様々なプレーヤーを巻き込みながら、水素及び合成燃料の市場を作り上げていくことが重要であるものと考えられる。

3) 検討結果の総括

SAF のポテンシャルの推計結果及び対応する CO₂ 削減量の推計結果を表 2 及び表 3 に、原料別の解決の方向性等を表 4 のとおり整理した。検討にあたっては、前述のとおり、①未利用量のみ SAF に振り向ける場合、②未利用量に加え発電用等バイオマス以外の供給源がある既利用分を SAF に振り向ける場合、③全ポテンシャルを SAF に振り向ける場合という 3 つの観点で整理を行った。

概して、①については、ポテンシャルとしては存在するものの既存のインセンティブ等が働いた上で未利用となっていることを踏まえると、実現にあたっては、新たな又はより強いインセンティブが必要となると考えられる。②については、更に、原料を SAF に振り向けた場合に優遇する政策等の取組みも重要となると考えられる。最後に、③については、排出者との連携等の取組みも重要となると考えられる。

表 2 国内原料由来の SAF ポテンシャル推計まとめ(万 kL/年)

	HEFA		ガス化 FT 合成、AtJ				ATJ	ガス化 FT 合成		PtL	合計
	廃棄油脂	主産物 (油糧作物)	農業残渣	森林残渣	製材残渣	建設発 生木材	主産物 (糖料作物)	一般廃 棄物	産業廃 棄物*	CO ₂ ・水素	
①	5.0	3.2	73	87	1.4	2.2	-	3	17	514	706
②	5.6	3.2	73	106	3.1	3.4	-	259	17~ 118	514	984~ 1,085
③	21	3.2	106	122	64	55	2.3	306	118	514	1,313

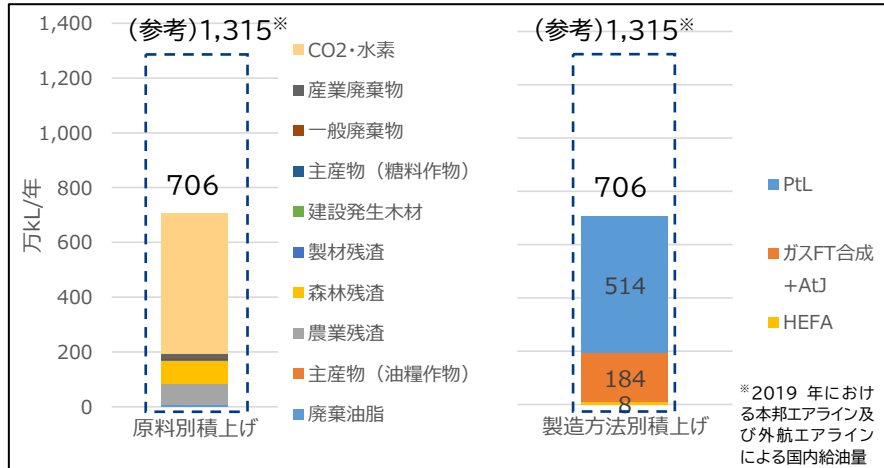
①未利用量のみ SAF に振り向ける場合

②未利用量に加え発電用等バイオマス以外の供給源がある既利用分を SAF に振り向ける場合

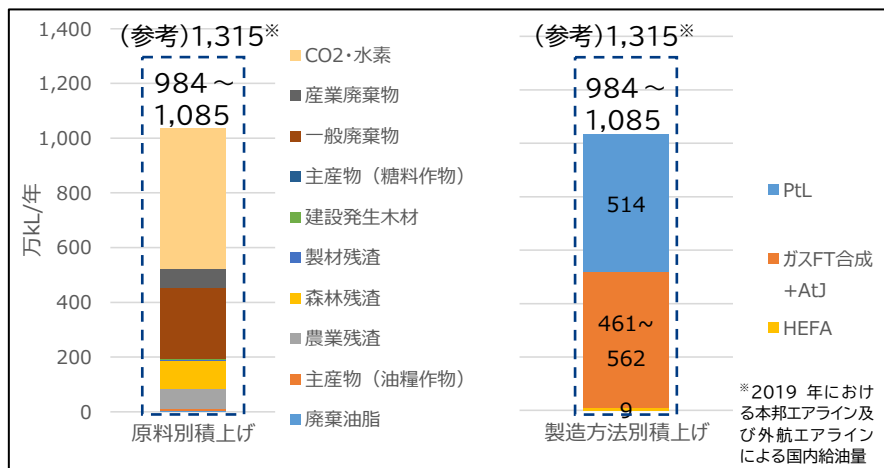
③全ポテンシャルを SAF に振り向ける場合

※紙くず、動植物系残渣、廃プラスチック類を対象

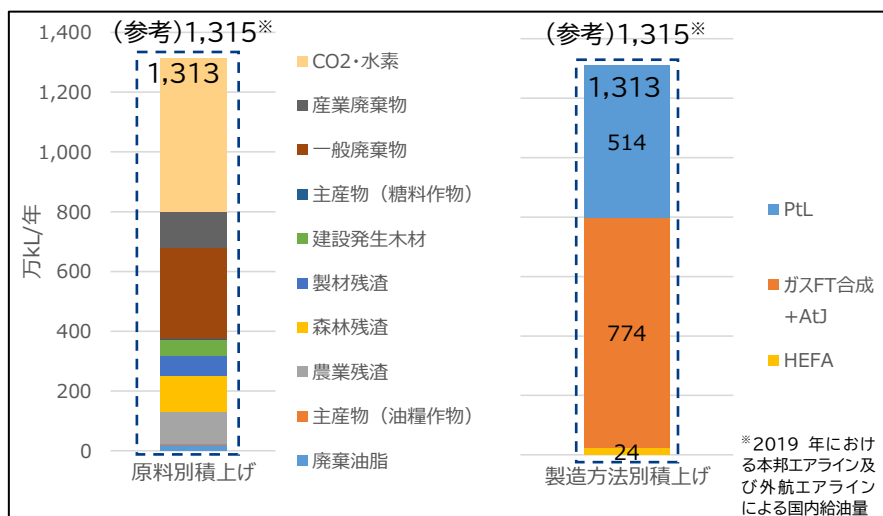
国内原料由来の SAF ポテンシャルの推計結果について、積み上げた結果を図 3 に記す。なお、これは、足元のポテンシャルを推計したもの。ただし、CO₂・水素については 2030 年における水素供給目標を用いて推計した。藻類についてはポテンシャル推計を行っていない点に留意する必要がある。



①未利用量のみ SAF に振り向ける場合



②未利用量に加え発電用等バイオマス以外の供給源がある既利用分を SAF に振り向ける場合



③全ポテンシャルを SAF に振り向ける場合

図 3 原料別、製造方法別国内 SAF 製造ポテンシャル積み上げ

また、推計②について、CO₂削減量に換算すると以下のとおり。

表 3 推計②における CO₂削減量の試算

	HEFA		ガス化 FT 合成、AtJ				ATJ	ガス化 FT 合成		PtL	合計
	廃棄 油脂	主産物 (油糧作物)	農業 残渣	森林 残渣	製材 残渣	建設発生 木材	主産物 (糖料作物)	一般廃 棄物	産業廃棄 物※	CO ₂ ・水 素	
SAF 量 (万 kL)	5.6	3.2	73	106	3.1	3.4	-	259	17~118	514	984~ 1,085
ライフサイクル GHG 削減率※	84%	75%	67%	91%	91%	91%	-	75%	75%	69%	-
CO ₂ 削減量 (万トン)	12	6	124	243	7	8	-	490	33~ 224	890	1,813~ 2,004

※CORSIA 既定値等を用いて算出(製材残渣、建設発生木材は森林残渣の既定値)。廃棄物のNBC(Non-biogenic carbon)は10%とした。

表 4 国内における SAF 原料の状況の総括¹⁷

カテゴリ	原料名	A)国内 SAF ポテンシャル			原料調達の現状		解決の方向性・政策	
		kL/年	国内ジェット燃料需要にする比率	推計対象範囲	B)収集可能性	C)他用途等との競合		
油脂系バイオマス	残渣 廃棄油脂 (食用油・廃獣脂)	①約 5.0 万 ②約 5.6 万 ③約 21 万	①0.4% ②0.4% ③1.6%	①海外輸出分 ②燃料原料として活用されている廃棄油脂(国内利用、海外輸出計) ③国内における処理回収全量(飼料・工業原料を含む)	<ul style="list-style-type: none"> 排出者に処理責任があるが、主に収集・運搬事業者によって取引がなされている。 廃棄油脂の利用用途は所有者である排出者が決定。大口排出者(コンビニ・スーパーマーケット等)においては発電用途等での自社消費の意向も強い。 	<ul style="list-style-type: none"> 2019年回収量 38 万トのうち、飼料・工業原料として 28 万トン、燃料原料(国内)として 1 万トン、燃料原料(海外)として 9 万トンが利用。 海外需要家による旺盛な需要あり。 FIT 制度(2021~22 年度)においては、17 円/kWh のインセンティブ 	<ul style="list-style-type: none"> ①海外流出に一定の歯止めをかける対策(国内利用促進策等) ②大口排出者の利用志向に関する協議(SAF 利用の推奨) ③飼料・工業用の代替原料の提案 低質油脂の回収可能性 	
		※近隣諸国においては、中国において 17 万 kL、その他のアジア諸国で数万~数十万 kL に相当する未利用量が賦存。			欧州向けに 100 万トン/年オーダーで輸出されているとの海外環境 NGO による分析結果があり、未利用量についても、欧州における需要との価格競争に晒される可能性が高い。		中国等との二国間連携による原料確保の可能性検討	
	廃棄油脂(PFAD, POME)	※国内では発生なし。パーム油生産国のインドネシア・マレーシア・タイでは PFAD 由来で約 175 万 kL/年、POME 由来で約 73 万 kL/年に相当する賦存量			<ul style="list-style-type: none"> PFAD はパーム油の精製工場、POME は搾油工場が発生源。 POME は油脂の抽出にコストがかかり、現状有効利用されていない。 	<ul style="list-style-type: none"> PFAD は海外需要家との競合、POME は生産国内におけるエネルギー利用との競合となる。 	<ul style="list-style-type: none"> インドネシア、マレーシア、タイとの二国間連携による原料確保の可能性検討 	
主産物	油糧作物	約 3.2 万	0.2%	国内における荒廃農地における油糧作物(例としてジャトロファ)の生産	<ul style="list-style-type: none"> 具体的な油糧作物の栽培を想定した栽培向けの適地の把握、栽培量、採算性について検討が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> 他の作物の販売価格など他用途で圃場を用いる場合の採算性に勝る必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 事業採算性のある農業経営、圃場の最大限の活用方策の検討(輪作・二毛作等) 	
セルロース系原料	残渣	農業残渣	①② 約 73 万 ③約 106 万	①② 5.6% ③8.1%	①②農作物非食部の未利用量(69%) ③農作物非食部の全量	<ul style="list-style-type: none"> 農家が収集する際の課題は、採算性、機械化、労働力等。 作物の収穫周期によって発生し、安定的に発生しない。 	<ul style="list-style-type: none"> 特に競合はない。 	<ul style="list-style-type: none"> 農家に対する収集に係る支援(既存の支援策の援用も含む)
		森林残渣	①約 87 万 ②約 106 万 ③約 122 万	①6.6% ②8.0% ③9.3%	①林地残材の未利用量(71%) ②①+バイオマス発電に供されている量(87%) ③林地残材の全量	<ul style="list-style-type: none"> 伐採・運搬コストは 14,000-15,000 円/m³のオーダー FIT 制度によるインセンティブにより収集可能なものは収集済み 森林計画制度にて区域別の伐採立木材積の計画量が定められている 	<ul style="list-style-type: none"> FIT 制度(2021~22 年度)においては、32 円/kWh 又は 40 円/kWh のインセンティブ 	<ul style="list-style-type: none"> 排出者等と、コストの負担方法を含めた SAF 向けの利用可能性について協議・連携 FT 合成の場合は、発

¹⁷ 表内の①②③は、①未利用量のみ SAF に振り向ける場合、②未利用量+発電等バイオマス以外の代替源がある用途から SAF に振り向ける場合、③全ポテンシャルを SAF に振り向ける場合を指す。

	製材 残渣	①約 1.4 万 ②約 3.1 万 ③約 64 万	①0.1% ②0.2% ③4.9%	①製材残材の未利用量(2%) ②①+バイオマス発電に供されている量(5%) ③製材残材の全量	・ 製材所で発生するため収集コストはかからない。	・ ほぼ全量が他用途で利用済み(製材所利用等) ・ FIT 制度(2021~22 年度)においては、24 円/kWh 又は入札制度によって決定されるインセンティブ	電と SAF 製造の併用の可能性に関する検討
	建設 発生 木材	①約 2.2 万 ②約 3.4 万 ③約 55 万	①0.2% ②0.3% ③4.2%	①建設発生木材の未利用量(4%) ②①+バイオマス発電に供されている量(6%) ③建設発生木材の全量	・ 既存の廃棄物処理のロジスティクスが確立されている。	・ ほぼ全量他用途で利用済み(再資源化等) ・ FIT 制度(2021~22 年度)においては、13 円/kWh のインセンティブ	
	糖料作物	③約 2.3 万	③0.2%	③サトウキビ国内生産量全利用を想定	・ 収集も含めたコスト面の課題	・ 食料用途等との競合	・ 食料競合への配慮 ・ 事業採算性のある農業経営、圃場の最大限の活用方策の検討
	廃棄物 (油脂成分を除く)	一般廃棄物 ①約 3.0 万 ②約 259 万 ③約 306 万 産業廃棄物 ①約 17 万 ②約 17 万 ~118 万 ③約 118 万	一般廃棄物 ①0.2% ②20% ③23% 産業廃棄物 ①1.3% ②1.3% ~9.0% ③9.0%	一般廃棄物 ①直接最終処分されている量(1%) ②①+発電用に供されている一般廃棄物の量(84%) ③一般廃棄物の発生量全量 産業廃棄物 ①再生利用されていない廃プラスチック類、紙くず、動植物性残さ(15%) ③廃プラスチック類、紙くず、動植物性残さ発生全量	・ 一般廃棄物:SAF の製造に必要な規模に要する処理量に比べて収集規模の小さい地域においては、処理責任を有する自治体による組合の結成や広域化・集約化を促進させることが重要。 ・ 産業廃棄物:排出者に処理責任があるため、収集可能性を高めるためには大口排出者との連携が重要。	・ 一般廃棄物については、多くが発電用に供されている。 ・ 特に産業廃棄物について、マテリアルリサイクル可能な質が高いものは極力マテリアル利用することが廃棄物行政の意向。 ・ FIT 制度(2021~22 年度)においては、17 円/kWh のインセンティブ	・ 発電用途から SAF 向けに切り替える又は発電用と SAF 製造用の併用を図るための行政等との連携(インセンティブの検討含む。) ・ 収集可能性の更なる検討(一般廃棄物については広域連携、産業廃棄物については大口排出者との連携) ・ SAF 製造に関連する廃棄物処理施設等への循環型社会形成推進交付金の活用
	CO2・水素	約 514 万	39%	グリーン成長戦略における 2030 年水素供給量目標 300 万トンから推計	・ 水素供給のためのコスト低減 ・ CO2 供給源に関する技術的な利用可能性	・ 他部門における水素や合成燃料の需要が多く存在(発電用、陸上輸送用、船用等)	・ 水素生産コスト低減に向けた技術開発・実証(特に地産地消の観点) ・ 他セクターも巻き込んだ市場の創出

(3) 国産 SAF の製造に係る課題(SAF の製造支援)

1) 課題の特徴と検討のアプローチ

SAF の製造支援については、国内においても技術開発プロジェクトを通じた支援が行われているが、海外では様々な種類の政策が検討、実施されている。

ここでは、国産 SAF を普及促進させるための政策の検討に資するよう、SAF の製造のみならず、利用に関する政策も含め、海外の政策オプションの全体像を整理の上、各政策の特徴や我が国に適用する場合の検討課題について整理した。なお、海外の政策の詳細は別添3に記している。

2) 検討結果

a. 海外事例から見る政策オプション

海外における政策動向をレビューした結果、各フェーズにおける支援に係る課題と政策メニュー候補は、図 4 のとおりに整理されと考えられる。以降では各オプションを海外事例とともに解説する。なお、各政策の詳細については別添3を参照。

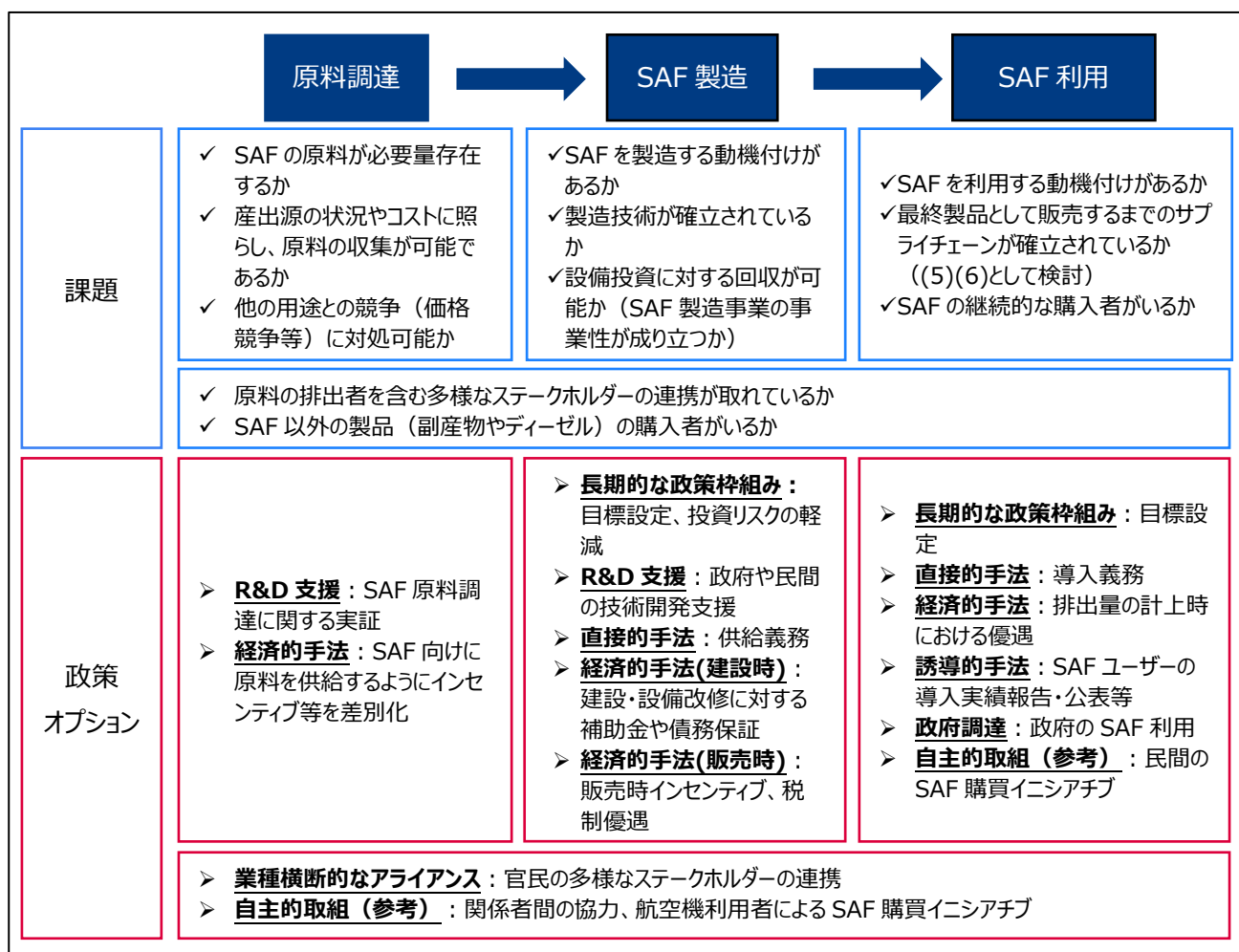


図 4 SAF 製造における課題と政策オプションの全体像

ア) SAF に関する長期的な政策枠組み

欧米においては、SAF に関する長期的な政策が策定されているか、策定に向けて検討が進められてい

る。これは、エアラインによる導入目標の設定や SAF 製造事業者による投資拡大を促進するためのものと考えられる。

- 海外における長期的な政策枠組み

米国	- SAF グランドチャレンジ(2021年9月発表)として、2030年30億ガロン(約1,140万kL)、2050年350億ガロン(約1.3億kL)の目標を提示
EU	- RefuelEU Aviation 規則 ¹⁸ (2021年7月、提案段階)として、ジェット燃料供給量に対する SAF 比率 2030年5%(うち合成燃料0.7%)、2050年63%(うち合成燃料28%)

- エアライン、SAF 製造事業者、航空利用者等による SAF 導入目標

World Economic Forum	- 世界のエアライン、SAF 製造事業者、航空利用者等 60社が 2030年に SAF の割合を 10%とすることを目標とする「2030 Ambition Statement」に署名(2021年9月)
----------------------	--

イ) R&D 支援

実証支援については、原料調達に関する実証、技術開発に関する実証が考えられる。原料調達に関する実証では EU において作物(カメリナ)の栽培も含めた実証、米国では森林残渣の収集も含めた実証が行われた。製造技術の開発実証に関しては、2021年現在、欧米において各々で総額 70 億円を超える規模での実証が実施されている。

- 海外における原料調達に対する R&D 支援

米国	- 農務省が主導で実施した NARA プロジェクトにおいて森林残渣の調達を実証(~2016)
EU	- 欧州委員会が実施した ITAKA プロジェクトにおいてカメリナ油の調達を実証(~2016)

- 海外における製造技術に対する R&D 支援の事例

米国	- エネルギー省(DOE)は 2021年9月に SAF を含む総額 6,400 万ドルのバイオ燃料製造技術開発プロジェクト実施を発表。農業残渣、CO2 排ガス、DAC 等の原料からの製造技術が対象。
EU	- Horizon Europe において 13 件の SAF 関連技術開発プロジェクト(計約 8,000 万ユーロ)を実施。食品廃棄物、下水汚泥、CCUS 技術による SAF 製造技術等が対象。

ウ) 直接的手法

直接的手法は、対象となる政策目標について法令等により直接義務付けるものである。欧米においては SAF の導入義務(販売燃料に対する SAF の最低比率又はジェット燃料の炭素集約度目標)を設定。具体的にはノルウェー及びスウェーデンでは既に開始されており、米国・EU では提案段階にある。

- 海外における SAF 利用に対する直接的手法の事例

米国(提案段階)	- 2021年2月に Sustainable Aviation Fuel Act としてジェット燃料の平均炭素集約度の削減目標(2030年▲20%、2050年▲50%(いずれも 2005 年比))及び関連する基準の策定を連邦議会に提案
EU(提案段階)	- 2021年7月に RefuelEU Aviation 規則として以下を含む義務を提案 ▶ EU 域内のジェット燃料供給事業者に対する SAF 混合義務(目標数値は前述) ▶ エアラインに対する EU 域内でのジェット燃料購入比率の下限(タンカリング防止のための措置)
英国(提案段階)	- 2021年7月にジェット燃料の炭素集約度に関する目標設定を通じて SAF 供給を促す提案のコンサルテーションを実施。(2030年最大 10%、2050年最大 75%の SAF 導入を目指すため、英国内のジェット燃料供給事業者に対して炭素集約度の目標を課す。) - 超過達成分はクレジットとして売却、未達成分はクレジットの調達を義務化。

¹⁸ Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on ensuring a level playing field for sustainable air transport

その他	<ul style="list-style-type: none"> - ノルウェーでは 2020 年より、燃料供給事業者に対する SAF 混合義務を導入済み - スウェーデンでは 2021 年 7 月より、燃料供給事業者に対するジェット燃料の GHG 排出原単位基準(2030 年まで段階的に規制強化)を導入済み
-----	---

エ) 経済的手法

経済的手法は、行為者に経済的負担を課す、あるいは経済的誘因を提供することにより望ましい行為を誘導するもの。SAF 製造を対象としたもの、SAF 利用を対象としたものが挙げられる。

SAF 製造に対しては、欧米で建設時に設備改修向けの補助金拠出や貸付、債務保証による支援、販売時には、米国、英国等において、輸送用燃料の再生可能エネルギー比率や炭素強度に関する目標が設定されており、これらの目標達成において SAF を製造することがインセンティブとなっている。具体的には、SAF を製造すると再生可能燃料証書が発行され、輸送用燃料の製造事業者等が目標達成のために当該証書を購入した際の売却益が SAF 製造事業者にとってインセンティブとなっている。また、EU においては、エネルギー課税指令の改正が提案されており、EU 域内の航空便に供給されるジェット燃料の税率を段階的に引き上げるとともに、SAF の税率をゼロに維持することによって SAF とジェット燃料の価格差を埋めるための政策が検討されている。なお、個社のエアラインの動きとして、2022 年 1 月 10 日、AirFrance-KLM は、フランス及びオランダを出発するフライトに対し、SAF のコストを相殺することを目的としたサーチャージ(路線及び客室クラスに応じて 1 ユーロから 12 ユーロ)を導入したことを発表している¹⁹。

更に、SAF 利用の観点からは、EU 排出権取引制度(EU-ETS)において、エアラインが当該制度に基づく排出削減量を達成するために持続可能性基準を満たす SAF を使用した場合には、その分の排出量はゼロとして計上されることとなっており、SAF 利用のインセンティブとなっている。また、原料調達面に関しても、輸送用燃料の再生可能エネルギー比率の目標を達成する上で、陸上輸送用バイオ燃料に比べ、SAF の導入に対してより大きいインセンティブが設定されている。

金融資本市場においては、サステナブル・ファイナンスやクライメート・トランジション・ファイナンス²⁰と呼ばれる取組みも進んでいる。EU においては、2020 年に、経済活動が持続可能と認められるために必要な条件を規定したタクソノミー規則(Taxonomy Regulation)²¹が策定され、2021 年 6 月、これに基づき、気候変動緩和策及び適応策として位置づけられる活動及び具体的なスクリーニング基準を含むリストの第一弾²²が採択された。当該リストには、SAF を含む輸送用のバイオ燃料の製造も含まれており、具体的なスクリーニング基準として、EURED2 の持続可能性基準を満たすこと等が条件とされている。

なお、EU による RefuelEU Aviation 規則案の策定に際して実施されたパブコメでは、Feed in Tariff、Fit-CFD、航空券に対する税制などの政策の提案が見られており、政府の正式な提案ではないが、政策オプションの一つとして考えられる。

- 海外における SAF 製造に対する経済的手法の事例(建設時)

米国連邦	<ul style="list-style-type: none"> - 農務省の Biorefinery Assistance Program として、先進的なバイオ燃料製造リファインリーの開発、建設、改築に対する債務保証(最大保証額は 2.5 億ドル)
------	---

¹⁹ <https://news.klm.com/klm-further-expands-approach-for-sustainable-aviation-fuel/>、<https://www.france24.com/en/live-news/20220110-air-france-klm-adds-biofuel-surcharge-to-plane-tickets>(2022 年 1 月 18 日閲覧)

²⁰ 「クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本指針」(2021 年 5 月)によると、気候変動への対策を検討している企業が、脱炭素社会の実現に向けて、長期的な戦略に則った温室効果ガス削減の取組を行っている場合にその取組を支援することを目的とした金融手法と定義されている。

²¹ Regulation (EU) 2020/852 of the European Parliament and of the Council on the establishment of a framework to facilitate sustainable investment, and amending Regulation (EU) 2019/2088

²² COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) supplementing Regulation (EU) 2020/852 of the European Parliament and of the Council by establishing the technical screening criteria for determining the conditions under which an economic activity qualifies as contributing substantially to climate change mitigation or climate change adaptation and for determining whether that economic activity causes no significant harm to any of the other environmental objectives

米国各州	<ul style="list-style-type: none"> - カリフォルニア州は World Energy 社へ SAF 製造プラント改修に対する補助(少なくとも 2014 年~2016 年に 500 万ドル) - オレゴン州は Red Rock Biofuel 社への貸付を実施(2018 年に 2.45 億ドル)
------	--

- 海外における SAF 製造に対する経済的手法の事例(販売時)

再エネ証書	米国	<ul style="list-style-type: none"> - Renewable Fuel Standard(RFS2)制度では再生可能ジェット燃料が再生可能燃料証書(RIN)の発行対象 ※ジェット燃料の導入義務はなく、加えて、SAF を製造した場合に取引可能な証書が発行されるため、純粋な支援策となっている。
	カリフォルニア州	<ul style="list-style-type: none"> - カリフォルニア州 Low Carbon Fuel Standard(LCFS)制度においても GHG 削減クレジットの発行対象 ※ジェット燃料の導入義務はなく、加えて、SAF を製造した場合に取引可能なクレジットが発行されるため、純粋な支援策となっている。
	英国	<ul style="list-style-type: none"> - 英国 Renewable Transport Fuel Obligation(RTFO)では再生可能ジェット燃料が再生可能燃料証書(RTFC)の発行対象 ※ジェット燃料の導入義務はなく、加えて、SAF を製造した場合に取引可能な証書が発行されるため、純粋な SAF 製造支援策となっている。
税額控除	米国(提案段階)	<ul style="list-style-type: none"> - Build Back Better Act(2021 年 9 月議会提案)では、ライフサイクルベースでの GHG 削減率が50%を超える SAF を従来ジェット燃料と混合する事業者に対する\$1.25/ガロン(0.33\$/リットル)の税額控除(tax credit)を提案。50%を超える削減パーセント毎に 0.01 ドル/ガロンを追加で税額控除。 ※PFAD については SAF の対象外とされている。
	EU	<ul style="list-style-type: none"> - 現行の最低エネルギー税率指令において従来ジェット燃料及び SAF はともに税率がゼロとなっているが、2021 年 7 月の改正案では従来ジェット燃料に対する最低税率の引上げを提案。
(参考)		<ul style="list-style-type: none"> - EU による RefuelEU Aviation 規則案の策定に際して実施されたパブコメでは、Feed in Tarff、Fit-CFD、航空券に対する税制などの政策の提案がなされた。

- (参考)海外におけるサーチャージの事例

AirFrance-KLM	<ul style="list-style-type: none"> - AirFrance-KLM は 2022 年 1 月 10 日から、SAF サーチャージを導入。金額は路線及び客室クラスに応じ、航空券につき最大 12 ユーロ。
---------------	--

- 海外における SAF 利用に対する経済的手法の事例

EU	<ul style="list-style-type: none"> - EUETS では持続可能性基準を満たす SAF の利用時の CO2 排出はゼロとカウント。
----	---

- 海外における SAF 向けの原料調達を促進するための経済的手法の事例

EU	<ul style="list-style-type: none"> - EU RED2 では航空燃料向けにインセンティブを 1.2 倍(先進バイオ燃料については 2.4 倍)に設定。ただし、2021 年 7 月の改正案においては、いずれの場合も 1.2 倍とすることが提案されている。 ※ジェット燃料に対して導入義務はなく、加えて、SAF の導入に対してより大きいインセンティブが設定されており、純粋な支援策となっている。
----	--

- クライメート・トランジション・ファイナンスにおいて参照されるタクソノミー(経済活動の分類・定義)

EU	<ul style="list-style-type: none"> - EU のタクソノミー規則(Taxonomy Regulation)に基づくリストにおいて、EURED2 の持続可能性基準を満たすこと等を条件として、輸送用のバイオ燃料の製造がグリーンな活動として位置づけられている。
----	---

- (参考)海外における政府収入を確保するための事例

EU	<ul style="list-style-type: none"> - 2021 年 7 月の EU ETS 改正案において、航空分野の排出削減を強化するため、航空分野の排出枠の無償割当てを段階的に廃止し、代わりにオークション方式を導入する旨の提案がなされた。 - オークション方式の導入により政府の収入増加にもつながると考えられる。
----	--

オ) 誘導的手法

誘導的手法とは、情報公開、情報提供を通じて取組主体の行動を誘導する政策手法である。誘導的手法の海外事例としては、EUにおける RefuelEU Aviation 規則案の検討過程において、SAF の利用量の報告について検討がなされたと考えられる。また、EUETS において、持続可能性基準を満たす SAF の利用による排出はゼロとして計上することとなっており、SAF の利用に誘導する手法として位置付けられると考えられる。

- SAF 利用に対する誘導的手法の事例

(参考)	- 2021年7月の RefuelEU Aviation 規則案の検討過程において、EUETS の報告制度について、排出量に加えて SAF の利用量を報告対象とする提案がなされた。
------	--

- 海外における SAF 利用の削減率の扱い

EU	- EUETS では持続可能性基準を満たす SAF の利用時の CO2 排出はゼロとカウント。
----	---

カ) 政府調達

SAF の政府調達の事例としては、過去に米国国防省が実施した国防産業法の事例の他、現在提案されている米国法案において提案がある。更に、ATAG によるレポート Waypoint 2050 SECOND EDITION においては、政府職員の出張時の SAF 利用が提言されている。

- SAF の政府調達の事例

米国	- 2012年に米国国防産業法に基づき国防省に対する SAF 供給を前提とした製造プラントへの資金供給を行うプログラムを開始。
米国(提案段階)	- 2021年2月の Sustainable Aviation Fuel Act 案において国防省による SAF の調達義務が提案されている。
(参考)	- ATAG Waypoint 2050 SECOND EDITION(2021年9月)において、政府職員の出張時の SAF 利用を提言。

キ) 業種横断的なアライアンス

SAF の導入のためには石油事業者、エアラインを含む多様なステークホルダーの連携が必須であり、SAF に関する業種横断的なアライアンスが設置されている。

- SAF の業種横断的なアライアンスの事例

米国	- CAAFIとして FAA、DOE の他、石油事業者、技術開発事業者、エアライン等多数のステークホルダーが SAF の技術開発や導入に向けた環境整備 (ASTM 規格開発含む。)に取り組む。
英国	- Jet Zero Council として、産業界と政府間のパートナーシップとして大臣級と各企業 CEO 級での協議会を立上げ。SAF の商用化が大きな柱の一つ。
カナダ	- Canada's Biojet Supply Chain Initiative (CBSCI)としてエアライン、空港、SAF 製造事業者が参画。トロント空港での SAF 導入などのプロジェクトを実施。
NISA	- 北欧における SAF 導入に向けたイニシアチブ。北欧政府やエアライン等が参加。

ク) 自主的取組み(参考)

自主的取組みは、政府が実施する政策とは別に、民間企業が自主的な取組みを実施するものである。SAF に関する自主的取組みとしては、エアラインと SAF 製造事業者との間での購入契約の締結、出張時等に航空機を利用する企業のスコープ3 排出²³対策の一環での SAF 購入イニシアチブ(世界経済フォーラムによる Sustainable Aviation Fuel Certificate (SAFc)の実証を含む。)等が挙げられる。

- SAF 利用に関する自主的取組みの事例

²³ Scope3 排出とは、Scope1 排出、Scope2 排出以外の間接排出(事業者の活動に関連する他社の排出)を指す。Scope1 排出は、事業者自らによる温室効果ガスの直接排出(燃料の燃焼、工業プロセス)を指し、Scope2 排出は、他社から供給された電気、熱・蒸気の使用に伴う間接排出を指す。(環境省「サプライチェーン排出量 概要資料」より、http://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/files/SC_gaiyou_20210727.pdf)

エアライン主導のアライアンス	- ユナイテッド航空が運営する Eco Skies Alliance ではアライアンスの加盟社が SAF の購入を実施
NPO 主導のアライアンス	- ロッキーマウンテン研究所(NPO シンクタンク)が Sustainable Aviation Buyer Alliance を構築し、SAF の購買のイニシアチブを推進
個社の取組	- マイクロソフト社やデロイト社がエアラインと SAF の調達契約を実施
Sustainable Aviation Fuel Certificate	- 世界経済フォーラム「Clean Skies for Tomorrow Coalition」では、物理的な SAF とその環境価値(CO2 削減効果)を分離し、それぞれの取引を可能とすることで、航空機の利用者等が後者を購入(SAF のコストを負担)することで、自身の排出を SAF により削減することを可能とするシステム Sustainable Aviation Fuel Certificate (SAFc)の実証を進めている。

b. 各政策オプションの我が国での導入にあたっての論点

本項目では、我が国における導入に向けた各種政策の導入に向けた論点について整理した。

ア) SAF に関する長期的な政策枠組み

我が国では、地球温暖化対策計画(2021年10月閣議決定)において、2030年度における航空分野のCO₂削減目標(指標としては排出原単位)が設定されており、SAFもその取組の一部として想定されている。

加えて、我が国では、2021年12月、国土交通省の「航空機運航分野におけるCO₂削減に関する検討会」において、SAFの普及に関する工程表が策定された。

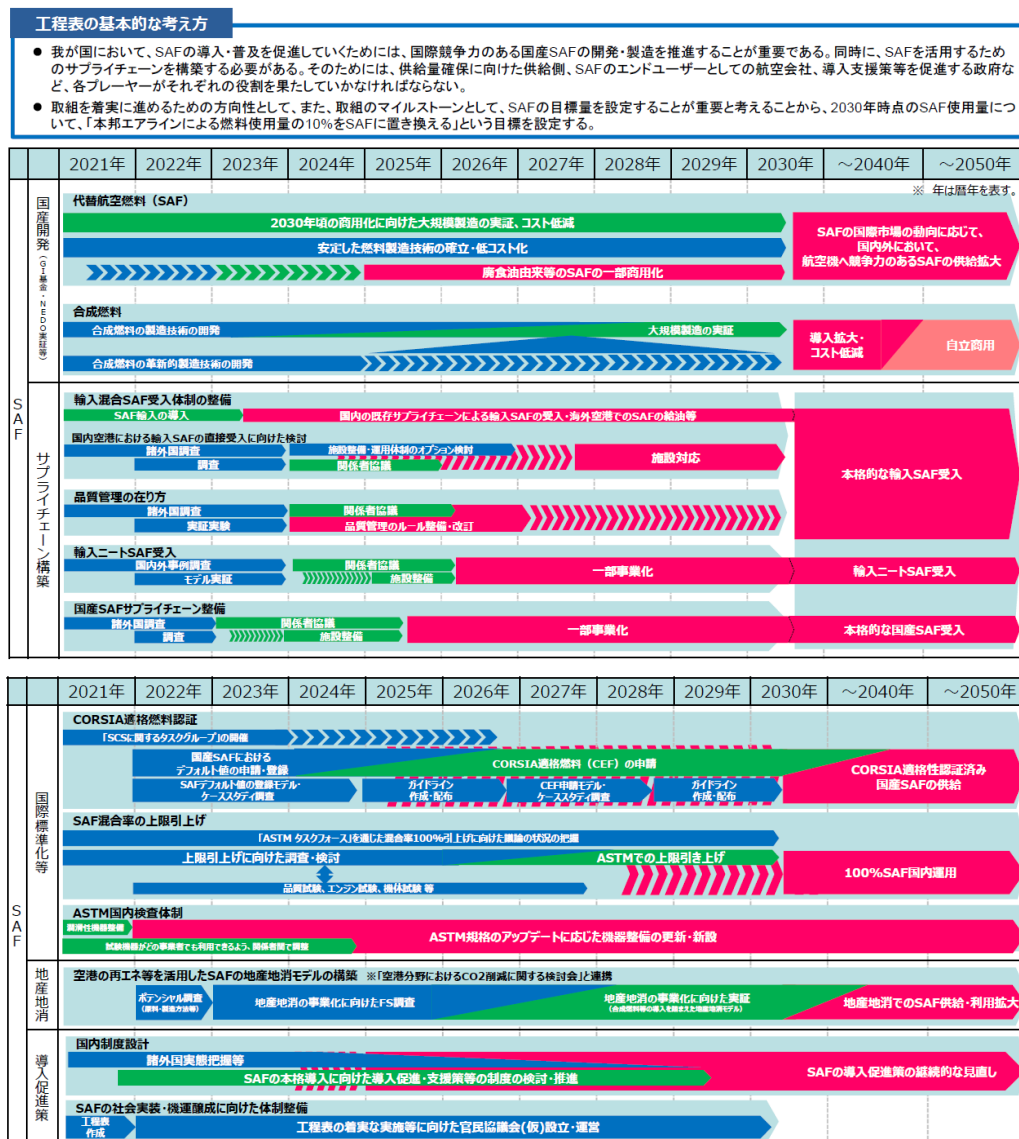


図 5 航空機運航分野における CO₂ 削減に関する検討会で示された SAF 工程表

出所)航空機運航分野における CO₂ 削減に関する検討会 (第 4 回)資料より

この中では、本邦エアラインによる 2030 年時点の燃料使用量の 10%を SAF に置き換える旨の目標が提示されている。

ICAO においては、2022 年秋の ICAO 総会に向け、国際航空分野における長期目標の策定に向けた議論が行われているところ、将来的には、当該長期目標も踏まえた我が国の長期的な政策枠組みが提

示されることが望ましいと考えられる。

なお、ANA・JAL 両社は、2021 年 9 月、世界の航空業界で使用される燃料に占める SAF の割合を 2030 年までに 10%に増加させることを目指す 2030 Ambition Statement に署名した。また、両社の共同レポート「2050 年航空輸送における CO2 排出実質ゼロへ向けて」(2021 年 10 月)によると、2050 年に我が国で必要となる SAF は最大約 2,300 万 kL と予想されている。

イ) R&D 支援

我が国においては、NEDO が中心となり SAF 製造技術に対する R&D 支援が行われている。

バイオジェット燃料生産技術開発事業(2017~2024 年度、2021 年度予算 55.8 億円)においては、表 5 のとおり、諸外国において実用化されている HEFA に加え、今後商用化が進められるガス化・FT 合成や AtJ による SAF 製造技術の確立や 2030 年頃までの商用化を見据え、原料の調達から SAF としての供給を含めたサプライチェーンの構築に対する支援がなされている。

なお、上記に加え、今後、グリーンイノベーション基金の下で「CO2 等を用いた燃料製造技術開発」に係る技術開発事業として、合成燃料及び SAF(AtJ)に関するプロジェクトの公募が開始される予定である。

なお、2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略(令和3年6月)において、2030 年頃には、コストを現在の 200~1,600 円/L から既製品と同等の 100 円台/L まで低減し、実用化を達成する旨の目標が示されている。

今後の R&D 支援にあたっての対象技術の選定や支援規模については、広範な原料による SAF 製造を後押しすることを目的としつつ、(2)のポテンシャル推計を踏まえ、①将来にわたる供給ポテンシャル、②CO2 削減ポテンシャルの観点により重要になると考えられる。

また、国土交通省においては、2022 年度以降、空港の再エネ等を活用した SAF の地産地消モデルの構築に向けた調査・検討が行われる予定である(図 5 参照)。

表 5 NEDO が実施するバイオジェット燃料生産技術開発事業(2021 年 12 月現在)

実証を通じたサプライチェーンモデルの構築(2021 年 7 月採択)	国産廃食用油を原料とするバイオジェット燃料製造サプライチェーンモデルの構築(日揮ホールディングス(株)、(株)レポインターナショナル、コスモ石油(株)、日揮(株))
	バイオマスガス化 FT 合成による SAF 製造実証およびサプライチェーン構築((株)JERA、三菱重工業(株)、東洋エンジニアリング(株)、伊藤忠商事(株))
実証を通じたサプライチェーンモデルの構築(2020 年 10 月採択)	油脂系プロセスによるバイオジェット燃料商業サプライチェーンの構築と製造原価低減((株)ユーグレナ)
	国産第二世代バイオエタノールからのバイオジェット燃料生産実証事業((株)Biomaterial in Tokyo、三友プラントサービス(株))
微細藻類基盤技術開発(2020 年 10 月採択)	海洋ケイ藻のオープン/クローズ型ハイブリッド培養技術の開発(電源開発(株))
	熱帯気候の屋外環境下における、発電所排気ガスおよびフレキシブルプラスチックフィルム型フォトバイオリアクター技術を応用した大規模微細藻類培養システムの構築および長期大規模実証に関わる研究開発((株)ちとせ研究所)
	微細藻バイオマスのカスケード利用に基づくバイオジェット燃料次世代事業モデルの実証研究((株)ユーグレナ、(株)デンソー、伊藤忠商事(株)、三菱ケミカル(株))
	微細藻類由来バイオジェット燃料生産の産業化と CO ₂ 利用効率の向上に資する研究拠点及び基盤技術の整備・開発((一社)日本微細藻類技術協会)

ウ) 直接的手法(SAF 導入義務)

直接的手法の先行事例として、SAF 導入義務が挙げられる。SAF の導入を政策目的とした際に直接の目標達成の義務を与えるものであり、SAF 導入を第一の目的とする場合に非常に有効な政策である。

我が国における類似の先行制度として、エネルギー供給構造高度化法が挙げられ、同法に基づく非化石エネルギー源の利用に関する石油精製業者の判断の基準に基づき、石油精製業者によるバイオエタノールの利用の目標量が定められている。²⁴

諸外国での SAF の導入義務の先行制度の論点を整理すると以下のとおり。

(参考)RefuelEU Aviation 規則案の影響評価において示された論点

- ・適用対象:燃料供給者かエアラインか
- ・燃料補給義務:EU 域内での給油の義務付けをするか
- ・目標指標・水準:SAF 比率か、GHG 排出原単位の削減か
- ・合成燃料の扱い:合成燃料に対しても義務を適用するか、乗数を適用するか
- ・罰則:罰則が適用される制度及び対象者
- ・会計目的の SAF の移転:会計目的の SAF の移転を認めるか
- ・監視・報告・検証(MRV):燃料供給者及びエアラインからの報告をとりまとめ、欧州委員会に報告する EU 当局の主体

また、国際航空分野(CORSIA)において SAF をオフセット義務に活用する場合には、原料調達からエンジンでの燃焼までのライフサイクル全体の排出削減率に関する基準等、持続可能性基準が適用されるが、国内航空分野については、特段の基準は定められていない。そのため、国内航空分野において SAF を用いる場合には、SAF に関する基準についても検討する必要があると考えられる。

エ) 経済的手法(建設時の支援策)

前述のとおり、欧米においては、SAF 製造プラントに対する補助金、債務保証、公的融資などの政策を有しており、中には数百億円規模にも上るものもある。

我が国においても、様々な政策目的で、政府系金融機関による公的支援が実施されている(例として、カーボンニュートラルに向けた投資促進税制²⁵、グリーン投資促進ファンド等²⁶)。SAF 製造プラントを念頭としてどのような資金調達スキームが考えられるのかを念頭に、支援策を検討することが肝要であると考えられる。特に数百億円規模の出融資は非常に大掛かりな規模となるため、関係者とスキーム構築が可能であるのか協議を要すると考えられる。その際、前述の SAF 利用に対するインセンティブも含めた事業性を念頭に検討を要すると考えられる。

また、クライメート・トランジション・ファイナンスについて、我が国においては、「クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本指針」が策定されており、トランジションの要素を満たす脱炭素社会への移行に資する取組等に対する資金供給を推進している。SAF 製造事業者が、SAF 製造事業を含めた脱炭素社会の実現に向けた長期的な戦略を策定、投資家に対する開示、対話を行うことにより、当該企業によるトランジション・ファイナンスによる資金調達の確度を高めることができるものと考えられる。

オ) 経済的手法(SAF 販売時のインセンティブ)

インセンティブ導入の可能性

米国の RFS2 や英国の RTFO 制度においては、SAF を製造する場合に、取引可能な再生可能燃料証書が発行されることが経済的インセンティブとなっている。

我が国では、前述のとおり、エネルギー供給構造高度化法に基づき、石油精製業者によるバイオエタノールの利用の目標量が定められているが、2023 年 4 月 1 日以降にバイオジェット燃料を利用した場合には、当該目標に加算することができる。つまり、現状米国やブラジルから輸入しているバイオエタノール

²⁴ 現在は 2018 年度から 2022 年度までの5年間の各年度ごとに原油に換算した量で 50 万kLといった目標を定めている。

²⁵ 産業競争力強化法の計画認定制度に基づき、以下①②の設備導入に対して、最大 10%の税額控除又は 50%の特別償却を措置(改正法施行から令和5年度末まで3年間)。①大きな脱炭素化効果を持つ製品の生産設備の導入②生産工程等の脱炭素化と付加価値向上を両立する設備の導入

²⁶ 日本政策投資銀行における特定投資業務の一類型として整備されたもの。再生可能エネルギー事業や多排出産業における、脱炭素化又は大幅な低炭素化への移行に対し、資本性資金を供給する。

の購入に要する費用に相当する SAF の購入インセンティブが潜在している²⁷。この費用分が国産 SAF に向けられるよう制度設計がなされれば、国富の国内循環にも資すると考えられる。

更に、再生可能燃料証書として市場において明示的な価格シグナルを与えることもアイデアとして考えられるが、取引市場や再生可能燃料証書の二重計上が発生しないための登録簿の整備などが必要になるものと考えられる。

航空セクターの優遇の可能性

EU では、再生可能エネルギー指令 (RED II) に基づいて輸送用燃料における再生可能エネルギー比率に関する目標が設定されている。航空燃料については当該比率の分母には含まれない一方で、SAF の消費分については、1.2 倍 (先進バイオ燃料については 2.4 倍) とした上で分子に含まれることから SAF 利用のインセンティブとなっている。

我が国においても、SAF 向けに原料を確保するため、我が国のエネルギー供給構造高度化法に基づく目標量の達成に SAF を利用する場合の優遇措置を検討する余地はあると考えられる。ただし、原料の確保を促すための政策については、原料の現在の取扱いに応じて、我が国のエネルギー政策や社会全体の持続可能性も考慮しつつ、①未利用、②海外に輸出、③他のエネルギー用途での利用、④他の用途での利用 (食料・飼料・マテリアル等) などの現状の利用状況に照らし、検討する必要があると考えられる。

税制優遇の可能性

米国の Build Back Better 法案における税額控除や EU のエネルギー課税指令の改正案における SAF 及びジェット燃料に課されるエネルギー税の改正等の動きがあることを踏まえ、我が国における税制の在り方についても、下記の論点を含め検討する必要があると考えられる。

- ・国際線と国内線それぞれの場合の SAF とジェット燃料の税制
- ・財源をいかに確保するか

固定買取について

RefuelEU Aviation 規則案の検討過程における政策検討資料を参照すると FIT のような固定買取スキームの提案が、ステークホルダーコンサルテーションでなされた形跡がある。仮に、固定買取スキームを想定すると、我が国における FIT 制度を参考に、再エネ特措法及び関連規則で定める事項 (調達価格・期間、入札、認定、費用負担調整等) の整備が必要であるものと考えられ、制度設計には非常に多くの論点や関係者調整が必要であるものと考えられる。

カ) 経済的手法 (SAF 利用時のインセンティブ)

クライメート・トランジション・ファイナンス

前述のクライメート・トランジション・ファイナンスは、エアラインに対するファイナンス手法としても捉えることができる。エアラインにおいて、SAF を利用することがクライメート・トランジション・ファイナンスの供給を受ける要件となる場合には、エアラインが SAF を利用する後押しに繋がるものと考えられる。

サーチャージ

燃料価格の高騰に対応するための既存の制度として、国際線における燃油特別付加運賃 (燃料価格の上昇・下落によるコストの増減分を別建ての運賃として設定するもの)・燃料サーチャージが挙げられる。

SAF の導入によるコストの増加分に充当するため、このような運賃の上乗せによる収入を活用することが考えられる。ただし、運賃への転嫁に係る詳細な制度設計及び運用に当たっては、国際競争力の観点にも照らして、外航エアラインを含む航空業界全体で統一された手法をとるとともに、航空利用者の理解を得ることが重要であると考えられる。

国際線への運賃の転嫁によって国際線・国内線双方で使用する SAF のコストを賄う場合の運賃の上昇率について試算したところ、以下のとおり。

前述のとおり、本邦エアラインによる 2030 年時点の燃料使用量の 10% を SAF に置き換える旨の目標が掲げられている。2019 年の本邦エアラインの燃料使用量 (国内線・国際線) が約 1,040 万 kL (国内

²⁷ 2020 年時点のブラジル産バイオエタノール CIF 価格は約 65 円/リットル程度。

約 426 万 kL、外地約 613 万 kL)であるところ、仮に、この 10%、約 104 万 kL が SAF に置き換わるものと仮定する。SAF が約 108 円/L、従来のジェット燃料が約 62 円/L²⁸、燃料費が航空運賃に占める割合を 20%と仮定すると、国際線の運賃は約 2.5%上昇することとなる。

また、仮に国際線で使用する SAF のコストのみを国際線の運賃に転嫁する場合の運賃の上昇率について試算したところ、以下のとおり。

2019 年の本邦エアラインの燃料使用量(国際線)が約 613 万 kL であるところ、仮に、この 10%、約 61 万 kL が SAF に置き換わるものと仮定し、前述の同じ条件を用いて試算すると、国際線の運賃は約 1.5%上昇することとなる。

キ) 誘導的手法(CO2 削減カウント、SAF 利用の報告公表)

SAF 利用時の CO2 削減カウント

現行の我が国の温室効果ガスインベントリや地球温暖化対策の推進に関する法律(平成 10 年法律第 117 号)に基づく温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度においては、バイオ燃料を使用した場合の排出量はゼロとして計上することとなっている(前者については、数値としては算定し報告することとされている)。そのため、現行制度の下では、国内航空分野において SAF を使用した場合の排出量についてもゼロとして報告することとなると考えられ、SAF 利用のインセンティブになっていると考えられる。

一方、今後仮に、CORSIA のようにライフサイクルベースで計上することを検討する場合には、他分野との間で排出量が二重に計上されないように整理を行う必要があると考えられる。

SAF 利用の報告公表

同様に、温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度のような公表制度として、SAF の利用状況について報告を求め、公表する仕組みが考えられるが、効果的な公表の方式については検討を要する。

ク) 政府調達

国土交通省航空局は、2021 年 6 月、飛行検査機に(株)ユーグレナ社製造の SAF を導入し、飛行検査業務を実施しており、今後も航空局が保有する航空機における SAF 導入が期待される。

また、日本においては、国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律(グリーン購入法)として、国等の公的機関が率先して環境物品等(環境負荷低減に資する製品・サービス)の調達を推進することとしており、当該法において SAF を位置付けることがアイデアとして考えられる。

また、地球温暖化対策法では、政府実行計画や地方公共団体による温暖化対策に係る実行計画を定めることとなっており、当該計画において SAF を位置付けることもアイデアとして考えられる。

ケ) 業種横断的なアライアンス

我が国では、2015 年に設置された、2020 年東京オリンピック・パラリンピック競技大会に向けたバイオジェット燃料の導入までの道筋検討委員会において、SAF の導入のための業種横断的な検討がなされてきており、2020 年より本燃料小委員会においても業種横断的な課題の抽出が進められている。また、2022 年度からは、経済産業省及び国土交通省の下で SAF に関する官民協議会が設置され、工程表に基づく取組みが進められることとなっている。

今後も、官民が協力し、SAF の普及促進を図るにあたっての課題を解決するため、オールジャパンで継続的に取り組む体制を推進することが重要であると考えられる。更に、SAF の製造プロセスにおいて同時に発生する他の製品(副産物、ディーゼル等)の需要が創出されることにより、SAF 製造に係る事業採算性が得られやすくなると考えられることから、これらの製品の需要家も必要に応じて巻き込みながら、体制を構築することが望ましいと考えられる。

²⁸ Clean Skies for Tomorrow: Sustainable Aviation Fuels as a Pathway to Net-Zero Aviation (WEF,2020)に示された金額の 2020 年時点の価格(HEFA については中央値)を 1 ドル 110 円で換算。

コ) 自主的取組み

国内では、エアライン、SAF 製造事業者、供給事業者、空港、エアラインの利用者、投資家等様々な関係者やこれらの関係者の共同による SAF の普及促進に向けた自主的な取組みが行われている。

エアラインにおいては、ANA と JAL が共同レポート「2050 年航空輸送における CO2 排出実質ゼロへ向けて」(2021 年 10 月)を策定し、SAF の普及に向けて協力していく姿勢を示している。加えて、ANA は、2021 年 10 月に SAF の活用拡大及び航空利用者の排出削減対策への貢献を目的とする「SAF Flight Initiative」プログラムの開始を発表している。

企業による取組を政府が後押しする施策として、サステナブル・ファイナンスの文脈での取組みでもあるが、ゼロエミ・チャレンジ²⁹において、イノベーションの取組みに果敢に挑戦する企業の名称や取組みを政府が公開する取組み等が挙げられる。SAF の普及に向けて取り組む企業を政府が PR することがアイデアとして考えられる。

3) 検討結果の総括と今後の方向性

これまで整理した政策オプションについて、表 6 に総括するとともに、ここまでの記述を念頭に想定される政策による効果について総括表にまとめた。

比較的取組がし易く効果の高いと考えられるもの(政府調達、自主的取組みの後押し等)に先行的に取り組みつつ、エアラインと燃料供給事業者の間の SAF 調達に係る個社間の合意が促進される環境が醸成されるよう、前述の(2)に示した原料別のきめ細やかな政策を含む様々な政策ツールを総動員することにより、国産 SAF の製造ポテンシャルが最大化し、我が国における国産 SAF の製造・導入促進につながると考えられる。

²⁹ 2050 年カーボンニュートラルの実現に向けたイノベーションに挑戦する企業をリスト化し、投資家等に活用可能な情報を提供するプロジェクト、https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/zero-emission_challenge/index_zeroemi.html

表 6 政策オプションに関する我が国の現状・検討課題

手法	分野	政策メニュー	概要(適用対象・内容等)	我が国における現状・検討課題	効果	海外事例
		SAFに関する長期的な政策枠組み	- SAFの長期的な導入目標等の政策的な枠組み	- 地球温暖化対策計画において航空分野のCO2削減目標(2030年度)を設定。 - 国土交通省においては、SAFの普及に関する工程表及び本邦エアラインの2030年燃料使用量の10%をSAFに置き換える目標が提示。(ANA・JAL両社は、2030年までに10%に増加させることを目指す2030 Ambition Statementに署名) - 2022年 ICAO 総会に向け、国際航空分野における長期目標が策定予定であり、当該目標も踏まえたより長期的な政策枠組みが望まれる。	中	米国 SAF グランドチャレンジ, RefuelEU Aviation
R&D 支援	原料調達	原料調達実証	- 原料の調達も含めた調達可能性の実証支援(海外では原料となる作物の栽培も支援)	- NEDO バイオジェット燃料生産技術開発事業(2017~2024年度、2021年度予算55.8億円)において HEFA に加えガス化・FT 合成や ATJ による SAF 製造技術の確立や、サプライチェーンの構築に対し支援。	中	欧米で実施例あり (ITAKA, NARA)
	SAF 製造	技術開発実証	- 新たな技術開発に対する実証補助	- グリーンイノベーション基金の下で合成燃料及び SAF (AtJ) に関するプロジェクトの公募が開始される予定である。 - グリーン成長戦略(令和3年6月)において、2030年頃には、既製品と同等の100円台/Lまで低減し、実用化を達成する目標 - 今後の R&D 支援にあたっての対象技術の選定や支援規模については、広範な原料による SAF 製造を後押しすることを目的としつつ、(2)の結果を踏まえ、将来にわたる供給ポテンシャルや CO2 削減ポテンシャルの観点により重要になると考えられる。	中	欧米で多数プロジェクトが進展中
直接的 手法	SAF 製造	導入義務(供給側)	- ジェット燃料供給者に対して SAF の最低比率等の達成を義務付け	- 我が国における類似の先行制度として、エネルギー供給構造高度化法において石油精製業者によるバイオエタノールの利用目標量を規定。 - RefuelEU Aviation 規則案の検討過程における論点として、適用対象、燃料補給義務・目標指標、合成燃料の扱い、罰則、会計目的の SAF の移転、監視・報告・検証(MRV)が挙げられる。	高	ノルウェー・スウェーデンで施行、米国、EU、英国等で検討中
	SAF 利用	導入義務(需要側)	- エアライン等の需要者に対して SAF の導入を義務付け	- 国内航空分野で用いられる SAF については、持続可能性基準の検討が必要。	高	RefuelEU Aviation 立案時のオプション
経済的 手法	SAF 製造 (建設時)	建設支援(補助金)	- SAF 製造設備の建設や改修に対する直接的な補助金	- SAF 製造プラントに対する補助金、債務保証、公的融資の規模は数百億円規模にも上る。カーボンニュートラルに向けた投資促進税制、グリーン投資促進ファンド等、政府系金融機関による公的支援が実施されており、こうした支援策も念頭に、数百億円規模の出融資を念頭としたスキーム構築について協議が必要。	高	カリフォルニア州などで実施例あり
		建設支援(融資)	- SAF 製造設備の建設や改修に対する公的な融資の実施	- クライメート・トランジション・ファイナンスの取組が推進されており、SAF 製造事業者が、SAF 製造事業を含めた脱炭素社会の実現に向けた長期的な戦略を策定、投資家に対する開示、対話を行うことで当該企業による資金調達の確度を高めることができるものと考えられる。	高	オレゴン州などで実施例あり
		建設支援(債務保証、その他)	- SAF 製造設備の建設に対する公的な債務保証等		高	米国農務省によるプログラム等の例
	SAF 製造 (販売時)	インセンティブ	- 再生可能燃料の導入目標の設定	- 高度化法ではバイオエタノールの導入目標が設定済。2023年4月以降 SAF を目標達成に利用可能であり、エタノールと同等の価格シグナルは存在。 - 更に、再生可能燃料証書として市場において明示的な価格シグナルを与えることもアイデアとして考えられるが、取引市場や再生可能燃料証書の二重計上が発生しないための登録簿の整備などが必要	中	米英で実施中 (RFS2, LCFS, RTFO)

		航空セクターの優遇 (原料調達面)	- SAF に供されるバイオマスに優先的に経済的インセンティブ付与	- 我が国においても、EUのようにSAFを利用する場合の優遇措置を検討する余地はあると考えられる。ただし、原料の確保を促すための政策については、我が国のエネルギー政策や社会全体の持続可能性も考慮しつつ、原料の現在の取扱いを踏まえた検討が必要	中	EU RED2 で実施中
		税制優遇	- ジェット燃料関連税制の見直し	- 国際線と国内線それぞれの場合の SAF とジェット燃料の税制や、財源をいかに確保するかについて検討が必要	高	米国 Build Back Better Act 案、EU エネルギー課税指令の改正案
		販売時インセンティブ (固定価格)	- FIT や FIT CfD と同様の仕組み	- FIT 制度を参考とすると、再エネ特措法及び関連規則に相当する事項(調達価格、入札、認定、費用負担調整等)の整備が必要。	高	なし(EU では一部関係者が提言)
	SAF 利用	クライメート・トランジション・ファイナンス	- 長期的な戦略に則った排出削減の取組の支援を目的とした金融手法	- クライメート・トランジション・ファイナンスは、エアラインに対するファイナンス手法としても捉えることができる。エアラインにおいて、SAF を利用することがクライメート・トランジション・ファイナンスの供給を受ける要件となる場合には、エアラインが SAF を利用する後押しに繋がるものと考えられる。	中	EU のタクソノミー規則に基づくリストにおいて、輸送用のバイオ燃料をグリーンな活動として位置づけている
		SAF 購入用 サーチャージ	- 燃料サーチャージの導入を行い、エアラインの SAF 購入費用に充当	- 現状サーチャージは国際線において導入されている。詳細な制度設計及び運用に当たっては、国際競争力の観点にも照らして、航空業界全体で統一された手法をとるとともに、航空利用者の理解を得ることが重要。	高	AirFrance-KLM が 2022 年 1 月に導入(最大 12 ユーロ/航空券)
誘導的手法	SAF 利用	SAF 利用時の CO2 削減カウント	- SAF 利用時の CO2 排出量をゼロとして計上	- 温室効果ガスインベントリや温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度において、バイオ燃料を使用した場合の排出量はゼロとして計上。 - CORSIA のようにライフサイクルベースで計上することを検討する場合には、他分野との間で排出量が二重に計上されないように整理が必要。	低	EUETS において適用
		SAF 利用報告公表	- SAF 導入量の報告義務及び政府の公表	- 効果的な公表の方法について検討が必要。	低	RefuelEU Aviation 立案時のオプション
政府調達	SAF 利用	SAF の政府調達	- 政府や地方公共団体による SAF の調達	- 現状、飛行検査業務における飛行検査機に SAF を導入しており、今後も航空局が保有する航空機における SAF 導入が期待される。 - グリーン購入法における、国等の公的機関が率先して購入すべき環境物品等に位置付けることがアイデアとして考えられる。 - 地球温暖化対策法における政府実行計画、地方公共団体による実行計画などへ SAF を盛り込むこともアイデアとして考えられる。	中	米国 Sustainable Aviation Fuel Act 案(国防省の調達義務)、ATAG Waypoint 2050 SECOND EDITION 提言
業種横断的なアライアンス			- SAF の導入を促進するための業種間連携	- 2020 年東京オリンピック・パラリンピック競技大会に向けたバイオジェット燃料の導入までの道筋検討委員会、本燃料小委員会等 - 2022 年度からは、経済産業省及び国土交通省の下で SAF に関する官民協議会が設置され、工程表に基づく取組みが進められる。 - 体制構築にあたっては、SAF 以外の副産物等の需要家も巻き込みながら検討することが望ましい。	中	米国 CAAFI 等多数
自主的取組み	SAF 利用	関係者間の協力 SAF 購入イニシアチブ	- 関係者による SAF の普及促進に向けた自主的な取組み - 民間企業による SAF 利用フライトに対するコミットメント	- ANA と JAL が共同レポート「2050 年航空輸送における CO2 排出実質ゼロへ向けて」(2021 年 10 月)を策定し、SAF の普及に向けて協力していく姿勢を示している。 - ANA は 2021 年 10 月に SAF の活用拡大及び航空利用者の排出削減対策への貢献を目的とする「SAF Flight Initiative」を開始。 - ゼロエミ・チャレンジを参考に、我が国で SAF を普及させるための自主的取組みに参加する企業を政府が PR することが一案。	高	ユナイテッド航空、マイクロソフト社、デロイト社等、世界経済フォーラムにおける Sustainable Aviation Fuel Certificate

(4) 国産 SAF の製造に係る課題(CORSIA 適格燃料として認められるための対応)

1) 課題の特徴と検討のアプローチ

国産 SAF の導入を推進していくにあたっては、我が国の SAF 製造事業者が ICAO によって承認された持続可能性認証スキーム(SCS: Sustainability Certification Schemes)³⁰による認証を取得し、当該 SAF 製造事業者が製造する SAF が CORSIA 適格燃料(CEF: CORSIA Eligible Fuel)に係る持続可能性基準に基づく認証を取得することが重要である。

そのため、燃料小委員会の下に、CORSIA 持続可能性認証スキーム(SCS)に関するタスクグループを設置し、本邦 SAF 製造事業者をはじめとする幅広いステークホルダーによる共通理解の促進を図るとともに、CORSIA 適格燃料化にあたっての課題を整理し、解決策の検討を行った。

2) 検討結果

SAF 製造事業者が製造する SAF が CEF として認証を取得するまでの流れを下図で示す。

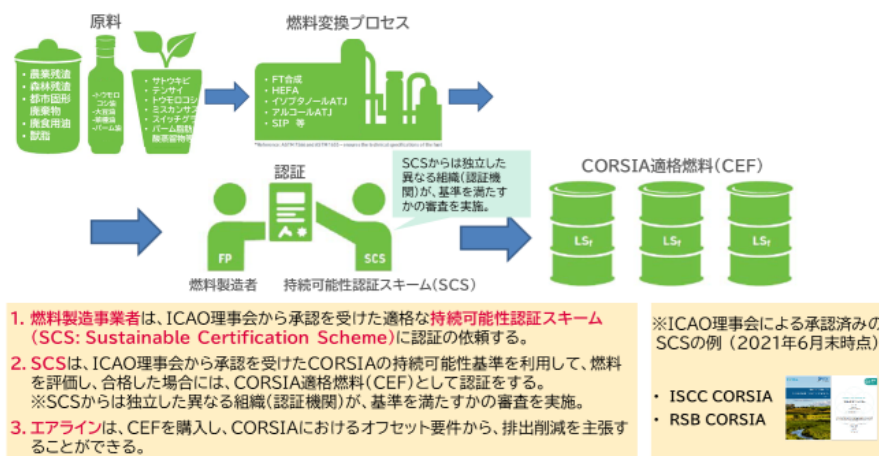


図 6 SAF が CORSIA 適格燃料として認証されるまでの流れ

出所) ICAO Secretariat “2019 ICAO CORSIA Regional Workshops: Session 6: CORSIA Offsetting Requirements”より事務局作成

本邦 SAF 製造事業者が製造する SAF の CEF 化にあたって考えられる課題を図 7 に記す。課題は、①SAF 製造事業者等の SCS による認証の取得と、②ライフサイクル排出量の確認の 2 つに大別できる。

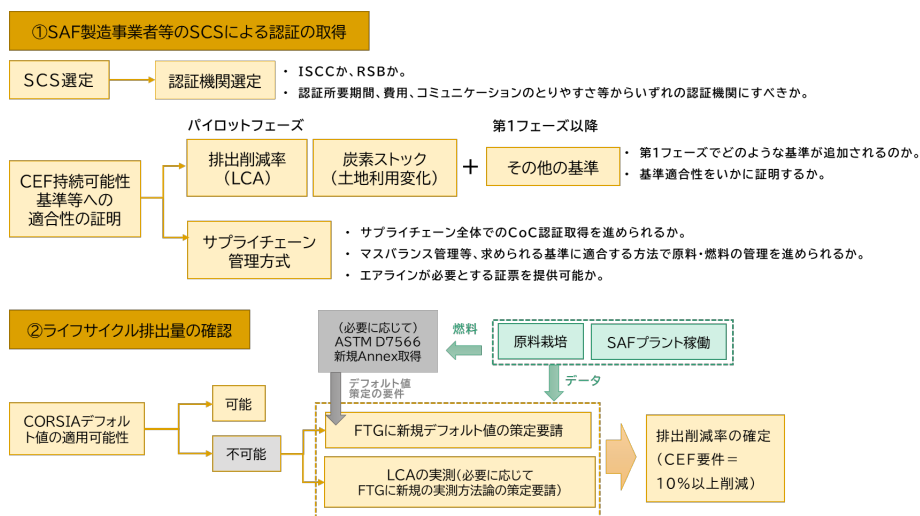


図 7 CORSIA 適格燃料化にあたっての課題

³⁰ 2021年12月現在、「CORSIA Approved Sustainability Certification Schemes」のとおり、International Sustainability and Carbon Certification (ISCC)及び Roundtable on Sustainable Biomaterials (RSB)の2機関が ICAO により承認されている。

同タスクグループでとりまとめた「持続可能な航空燃料(SAF)の CORSIA 適格燃料化に係る課題の整理」の概要は表 7 のとおり。また、本文は別添 4 のとおり。

表 7 SAF 製造事業者の CORSIA 適格燃料化にあたっての課題及びアクションプラン

課題	継続してフォローが必要な事項及びアクションプラン
SAF 製造事業者等の SCS による認証の取得	<ul style="list-style-type: none"> - 全般 <ul style="list-style-type: none"> ➢ SCS の選定 ➢ 認証機関の選定 - CORSIA 第 1 フェーズ以降(2024 年以降)の持続可能性基準への適合 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 第 1 フェーズより新たに追加された基準(水、土壌、大気、保全、廃棄物及び化学物質、人権及び労働者の権利、土地利用の権利及び土地利用、水利利用の権利、地域及び社会の発展、食料安全保障)の内容、基準適合性の確認方法等運用ルールの確認 - サプライチェーン管理方式の検討 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 各サプライチェーンモデルの適用可能性の検討 ➢ ISCC 及び RSB によるブックアンドクレームの検討状況等の把握 ➢ サプライチェーン全体での Chain of Custody (CoC) 認証取得
ライフサイクル排出量の確認	<ul style="list-style-type: none"> - 第 1 フェーズの削減算定方法 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 新たな算定方法のフォロー - FTG への新規デフォルト値の策定要請 <ul style="list-style-type: none"> ➢ FTG へのアプローチ方法の検討 ➢ ASTM 規格における承認、転換プロセスに関するデータ取得、原料に関するデータ取得、地域に関するデータ等の必要となる条件・データの準備 - 新規デフォルト値の策定動向の把握 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 新規デフォルト値の前提条件の確認 ➢ 各社の製造プロセスへの適用可能性の検討 - デフォルト値の適用条件の明確化 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 各社のデフォルト値適用可能性の再検証(SAF の長距離輸送を含めた排出量の概算等) ➢ デフォルト値変更に伴うリスクに対応するための ICAO における検討状況の事前把握
その他	<ul style="list-style-type: none"> - 低炭素化石燃料(LCAF)のルール化の見通し <ul style="list-style-type: none"> ➢ (SAF 市場に与える影響の検討) - SAF100%認証の見通し <ul style="list-style-type: none"> ➢ (SAF100%適用条件の整理) - ブックアンドクレームの取扱い <ul style="list-style-type: none"> ➢ 環境への影響及び本邦 SAF 製造事業者等への影響も踏まえ、国際的な議論の動向を注視

3) 検討結果の総括と今後の方向性

継続してフォローが必要な事項の多くは、CORSIA のパイロットフェーズ(2021 年～2023 年)では詳細なルールの規定まで至っていないものが多い。今後、ICAO の航空環境保全委員会(CAEP)の燃料タスクグループ(FTG)を中心にルール策定の議論が進められ、ルール決定後には、ICAO CORSIA のウェブサイトにて公開文書として定められる予定である。

いずれも ICAO によるルール策定を踏まえたうえで、詳細な検討を進める必要があると考えられる。

(5) SAFの規格遵守・認証体制に係る課題(国内検査体制)

1) 課題の特徴と検討のアプローチ

前述のとおり、SAF(co-processingを除く。)は、まず、ニートSAFとしてASTM D7566規格のAnnexのいずれかに適合することが求められ、また、Annexにおいて定められた最大混合可能率の範囲で、従来の化石由来のジェット燃料と混合することが求められる。混合後のSAFは、ASTM D7566規格Table 1に適合することが認められた場合、従来のジェット燃料の規格であるASTM D1655規格に適合する燃料とみなされ、従来のジェット燃料と同じ取扱いがなされる。co-processingについては、ASTM D1655規格のAnnexに適合する製造プロセスにより、従来のジェット燃料の精製過程において、Annexにおいて定められた最大混合可能率の範囲で、バイオマス成分と混合させることによって得られる。これらのSAFは、エンジンの改修等なく、既存の航空機に搭載することができる。

今後、国産SAFの製造が増加していくことが想定され、SAFの規格遵守・認証体制を国内で整備することが重要であり、国内で製造する可能性のあるニートSAF及び混合後のSAFに求められるASTM D7566規格の検査体制を構築することが重要である。

そのため、国内においてASTM D7566規格の検査を実施する実質上唯一の機関である一般社団法人日本海事検定協会における検査体制の構築の状況について調査を行った。

2) 調査結果

ASTM D7566規格の試験内容は表8のとおり。また、2021年12月、日本海事検定協会にてASTM D7566規格の検査に必要な機器の整備が完了したことが確認された。ただし、co-processingや今後新たにASTM規格として成立する製造プロセスにより製造されるSAFについて、今後国内で製造する可能性がある場合には、改めて検査体制の構築について検討を行う必要がある。

表 8 ASTM D7566 規格の試験内容

項目	内容
D1655に含まれる試験項目	<ul style="list-style-type: none"> • 組成(酸価、芳香族炭化水素分、メルカプタン硫黄分、硫黄分) • 揮発性(蒸留性状、引火点、15℃での密度、析出点) • 流動性(-20℃) • 燃焼性(真発熱量・煙点) • 腐食性 • 熱安定性 • コンタミ物(実在ガム、水分離指数(MSEP)) • 導電率
D1655に含まれない試験項目	<ul style="list-style-type: none"> • 組成(芳香族下限値) • 炭化水素組成(芳香族、シクロパラフィン、パラフィン) • 炭素および水素 • その他組成(窒素、水、金属、ハロゲン) • 揮発性 • 潤滑性 • 流動性(-40℃)

出所)ASTM D7566より作成(2021年現在国内製造計画の無いAnnex A3の燃料(SIP)の項目を除く)

(6) SAFの規格遵守・認証体制に係る課題(品質管理・輸入 SAF 受入)

1) 課題の特徴と検討のアプローチ

国産 SAF の実用化又は海外から輸入される SAF の導入を進めるためには、SAF の品質管理手法及び受入体制の整備が必要である。

SAF の品質管理手法については、石油連盟が策定している従来のジェット燃料を対象とする「ジェット燃料取扱基準に関する指針」(以下「石連指針」という。)において明確な規定がなかったが、2021年8月に「持続可能な代替航空燃料(SAF)の取扱要領」が石連指針を補完するものとしてとりまとめられた。なお、当該取扱要領は、強制力を持つものではなく、広く SAF を取り扱う事業者の品質管理に関する基本的な知識や留意点の周知と理解促進を図ることを目的として策定されたものとして、一般に無償で公開されている。

ここでは、当該取扱要領を基に SAF の品質管理手法を整理する。

また、受入体制の整備に関しては、輸入混合 SAF に関しては空港における受入設備(大型船の着さん等)、輸入ニート SAF に関しては混合施設、国産 SAF については陸上輸送による受入が課題として挙げられたため、これらの課題について関係者と協議を行った。

2) 検討結果

a. SAF³¹の品質管理について

2021年8月に公開された「持続可能な代替航空燃料(SAF)の取扱要領(初版)」の内容は表9のとおり。³²

第1章において、「ニート燃料の製造、通常のジェット燃料とニート燃料の混合、SAF の貯蔵、運搬、受入、給油に関連する国内すべてのニート燃料製造所、混合施設、貯蔵施設、運送機器、空港施設および空港における給油作業等に適用する」ことが規定されている。

第2章において、「ASTM D7566(Table-1)および ASTM D1655 適合であることが試験成績書に記載された SAF も国内空港で使用可能」であり、「一旦 SAF として確立した燃料は通常のジェット燃料と必要となる提出書類を除き、同一の取扱いを行う」ことが規定されている。

第3章において、国産ニート SAF については、ASTM D7566 規格の試験を行う際の措置、同規格への適合性が確認されるまでの品質管理、一定時間経過後の品質確認試験、同試験に適合した後の品質管理等に関する規定、輸入ニート SAF については、他の燃料や物質等の混合リスクへの対応、輸入後の品質管理等に関する規定がある。

第5章において、混合後の SAF(国産・輸入)について、通常のジェット燃料と同一に取扱い、その後の品質管理について、石連指針に基づいて行う旨規定されている。

第6章において、混合後の SAF(国産・輸入)を空港等に出荷する際に必要な試験成績書等について規定されている。

第7章において、空港給油施設での受入・貯蔵・払出及び給油については、通常のジェット燃料と同一に取扱う旨規定されている。

なお、当該取扱要領は、参照しているジェット燃料の取扱いや品質に係る国際規格、関係法令等の改正等に応じて、今後も必要に応じて改定される予定である。

³¹ ASTM D7566 規格ではなく、D1655 規格の下で認証される Co-Processing については別途整理が必要と考えられる。

³² https://www.paj.gr.jp/paj_info/2021_saf_1.pdf

表 9 持続可能な代替航空燃料(SAF)の取扱要領 初版の内容

第1章 総則 1.1 目的 1.2 範囲 1.3 適用 第2章 燃料規格 2.1 ASTM D7566 および ASTM D1655 2.2 DEF STAN 91-091 2.3 石連規格(AFQRJOS) 2.4 燃料規格の適用 第3章 ニート燃料 3.1 概要 3.2 国内製造の場合 3.3 輸入の場合 第4章 混合するジェット燃料 4.1 適用規格 4.2 取扱い	第5章 持続可能な代替航空燃料(SAF) 5.1 適用規格 5.2 品質管理 第6章 出荷 6.1 国内製造の場合 6.2 輸入の場合 第7章 空港給油施設での受入・貯蔵・払出および給油 7.1 空港給油施設での受入・貯蔵・払出 7.2 給油 第8章 ドラム、IBC(中間バルクコンテナ)／ISOタンクコンテナの管理 8.1 概要 8.2 ドラム、IBC 8.3 ISOタンクコンテナ
--	--

出所)持続可能な代替航空燃料(SAF)の取扱要領(初版)

なお、輸入 SAF に求める検査・品質管理の取扱いについては、7.1 空港給油施設での受入・貯蔵・払出において、混合 SAF を受け入れる際に通常のジェット燃料と同一の手順で検査を実施する旨規定されている。そのため、混合 SAF を空港に直接搬入する場合には、空港において全項目検査を行う必要があるが、そのための設備が整備されていない³³ことが課題となっている。なお、石連指針の上位の国際標準である EI/JIG1530 においては、混合 SAF を空港で受け入れる際には、外観検査や密度測定からなる検査を行うこととされているが、全項目検査は求められていない。

そのため、長距離の国際輸送を経た混合リスク、仮にオフスペック燃料が混じった場合の関係者の責任関係等に配慮しつつ、国際標準における取扱いを踏まえて全項目検査の簡易化について検討する余地があると考えられる。³⁴

b. 受入体制整備について

関係者に対して受入体制整備に関して聴取を行ったところ、以下について把握された。

- 輸入混合 SAF の受入設備:外航(大型)タンカーからの直接の空港への受入に際した課題として、空港棧橋が当該大型タンカーに対応していないこと、外航(大型)タンカーの給油量に応じた空港側のタンク容量の不足が挙げられる。
- 国産 SAF の受入設備:国産 SAF 製造事業者においては、恒常的な陸路輸送による空港への受入について整備のニーズがある。
- 輸入ニート SAF の混合設備: 輸入ニート SAF は輸入混合 SAF と比較して輸送量が少なく済むため、輸送コストやライフサイクル排出量の面で有利であるとともに、将来的に国産 SAF の生産が拡大した場合に必要な商用規模の混合施設・方法の早期整備に資することから、輸入ニート SAF の混合設備の整備が重要である。
- 輸入ニート SAF の HS コード:関税を決定する際に用いられる「商品の名称及び分類についての統一システムに関する国際条約」に基づく HS コードが輸入ニート SAF に設定されていないことが課題として挙げられ、関係省庁の連携した取組みにより、輸入を円滑化するための環境整備が重要である。

³³ 従来のジェット燃料については、輸入時に二次基地を介しており、海外から空港に直接搬入されていない。

³⁴ なお、D1655規格に準じて Co-Processing により生産されたバイオマス成分を含有するジェット燃料の品質管理については、国際的にも今後整理が必要な課題となっている。

3) 検討結果の総括と今後の方向性

SAF に求められる品質管理及び受入体制の整備については、航空機運航分野における CO2 削減に関する検討会においても問題提起されている。具体的には、混合後の輸入 SAF については、外航(大型)タンカーによる空港における直接受入施設(棧橋及びタンク)の整備と長距離の国際輸送を経た後の検査内容の合理化(論点①②③)、国産 SAF については、恒常的な陸路輸送による空港への受入体制(論点④)、輸入ニート SAF については、混合設備の整備の必要性和検査内容(論点⑤⑥)が論点提起されている。また、輸入ニート SAF については、輸入を円滑化するための取組みとして、HS コードの設定に向けた関係省庁の連携が期待される。

今後も、引き続き、これらの論点について、検討を深めていく必要がある。

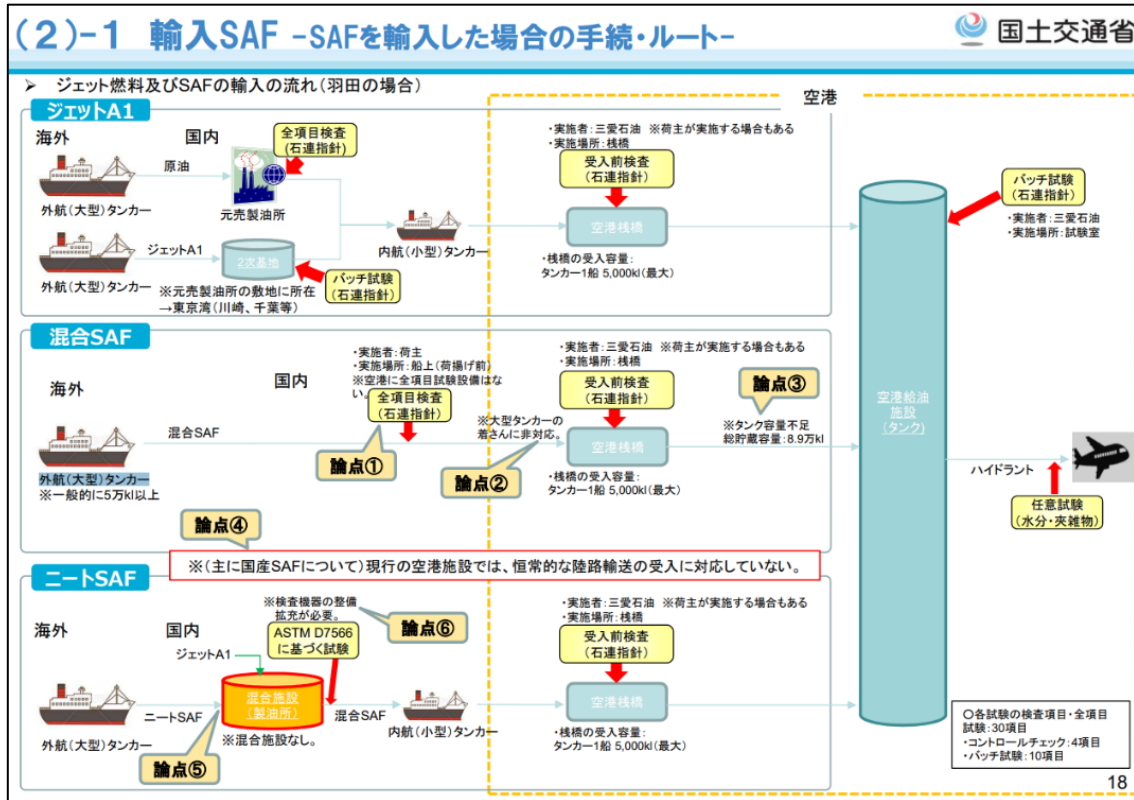


図 8 輸入 SAF(混合・ニート)のサプライチェーンの課題

出所)航空機運航分野における CO2 削減に関する検討会 (第 4 回)資料より

(7) 空港における課題

1) 課題の特徴と検討のアプローチ

空港において、特にハイドラントシステムを含む共同利用貯油施設を用いて SAF を導入するためには、前述の SAF の品質管理手法及び受入体制の整備に加え、空港に関わる様々なステークホルダーとの連携が必要であり、理解を得ることが重要である。

また、ASTM D1655 規格に適合する燃料であると認められた SAF については、従来のジェット燃料と同一に扱われることから、空港インフラを変更する必要はない。一方で、国際線で搭載される国産 SAF に対する課税の考え方によっては、空港における数量管理システムの改修が必要となる可能性がある。

これらの課題について、関係者へのヒアリング等を通じて、検討を行った。

2) 検討結果

a. 共同利用貯油施設を利用するエアラインによる SAF 導入に関する合意

共同利用貯油施設には、複数のエアラインが所有する同一品質のジェット燃料が投入され、複数のエアラインが共同でジェット燃料を利用する。

2020 年に本邦空港の共同利用貯油施設において SAF が導入された際に、一部のエアラインから、当該 SAF に関する書類の提示を求められた事例があったことを踏まえ、当該エアラインに対してヒアリングを行うとともに、本邦空港に導入される SAF は石油連盟「持続可能な代替航空燃料(SAF)の取扱要領」によって関連する ASTM 規格に適合することが求められていること、加えて、本邦エアラインが調達する SAF については、航空局サーキュラーNo.6-015「航空機に搭載する代替ジェット燃料(ASTM D7566 規格)の取り扱いについて」により、航空機に対する規制の観点からも ASTM 規格に適合することが確保されていること等について当該エアラインに対して説明を実施するとともに、意見交換を継続しているところである。

前述のとおり、関連する ASTM 規格に適合する SAF であれば、航空機やエンジンの改修なく導入できるものではあるものの、空港に設置されている各種協議会等を通じ、また、必要に応じて航空当局間での調整を経て、SAF や品質管理に対する関係するステークホルダーの理解が促進されることが望ましいと考えられる。

b. 消防所管当局との連携

空港の給油施設は、危険物である航空燃料を取り扱うことから、消防法(昭和 23 年法律第 186 号)や石油パイプライン事業法(昭和 47 年法律第 105 号)が適用されていることから、これらの法令を所管する消防庁及び自治体の消防本部等の理解を得て、連携を図ることが重要である。

既に省庁間の連携が図られ始めているが、今後、自治体の消防本部等においても、SAF が理解されるよう、順次促していく必要があると考えられる。

c. 国際線に搭載される国産 SAF に対する課税の考え方の整理

国際線に搭載される航空燃料(輸入航空燃料又は輸入原油から精製される航空燃料)は、関税法(昭和 29 年法律第 61 号)等の規定に従うことを条件として、関税等が非課税とされている。そのため、空港においては、非課税である国際線に搭載される航空燃料と、課税対象である国内線に搭載される航空燃料を区別して数量管理を行っている。

将来的に、国産 SAF(国産原料から製造する SAF 又は輸入原料から製造する SAF)に関する税制について検討を行うにあたっては、特に、国際線に搭載される国産 SAF に課税する場合、当該国産 SAF(課税対象)と従来の航空燃料(非課税)についても、区別して数量管理を行う必要が生じる可能性がある点に留意する必要がある。

また、他国との航空協定³⁵において国際線に搭載される燃料は関税等が非課税とされている場合がある点にも留意する必要があると考えられる。

3) 検討結果の総括と今後の方向性

共同利用貯油施設を利用するエアラインによる SAF 導入に関する合意、消防所管当局との連携に関しては、上記の事例を踏まえ、将来的に、SAF が導入される空港が増加していくことを見据えて、SAF を導入する可能性のある空港は、関係者と密接なコミュニケーションを図ることが望ましいと考えられる。また、国際線に搭載される国産 SAF に対する課税の考え方の整理については、経済的手法(SAF 販売時のインセンティブ)(3)2)b.オ)においても触れたとおり、将来、SAF の税制について検討がなされる場合に留意する必要がある。

以上の対応にも留意しつつ、継続的に SAF の導入を進めていくとともに、SAF のサプライチェーンの構築も含めて、ノウハウや課題解決の手法について、関係者と共有を図っていくことにより、本邦空港全体での SAF 導入促進につなげていくことが重要であると考えられる。

³⁵ 例えば、「日本国とアメリカ合衆国との間の民間航空運送協定」(昭和 28 年条約第 19 号)第 6 条において、下記のとおり規定されている。

第六条

両締約国は、差別的な慣行を防止し、及び待遇の平等を確保するため、次のとおり同意する。

(a) 各締約国は、その管理の下にある公共用の空港及びその他の施設の使用については、他方の締約国の指定航空企業に公正且つ合理的な料金を課し、又は課することを許すことができる。但し、各締約国は、これらの料金が、類似の国際業務に従事する自国の航空機が当該空港及び施設の使用について支払う料金よりも高額のものであつてはならないことに同意する。

(b) 一方の締約国の領域内に他方の締約国若しくはその国民により又はそれらの名において持ち込まれる燃料、潤滑油、予備部品(組立予備部品を含む。)、他の技術的な消耗品、正規の装備品及び航空機貯蔵品で、他方の締約国の指定航空企業が協定業務を提供するに当つて使用することのみを目的とするものは、前記の一方の締約国の当局が設ける規制に服することを条件として、相互的に、すべての国税その他国が課する課徴金(関税及び検査手数料を含む。)を免除される。

(c) 一方の締約国の指定航空企業の航空機上に他方の締約国の領域内で積載される燃料、潤滑油、予備部品(組立予備部品を含む。)、他の技術的な消耗品、正規の装備品及び航空機貯蔵品で、協定業務のために使用されるものは、当該他方の締約国の当局が設ける規制に服することを条件として、相互的に、関税、消費税、検査手数料その他の国税その他国が課する課徴金を免除される。

(d) 特定路線において協定業務を運営することを許可された一方の締約国の指定航空企業の航空機上に積載している燃料、潤滑油、予備部品(組立予備部品を含む。)、他の技術的な消耗品、正規の装備品及び航空機貯蔵品は、それらの物品が当該航空機により他方の締約国の領域内における飛行中に使用され、又は消費される場合にも、他方の締約国の領域への到着又はそこから出発の際に、関税、検査手数料又はこれらに類似する租税その他の課徴金を免除される。

(8) 長期的な検討課題

ICAO LTAG-TG においては 2050 年以降を見据えた長期目標の検討が進められているところ、航空分野における CO₂削減取組に関する調査検討委員会においては、電動航空機、水素旅客機等次世代航空技術、運航技術の導入等の削減対策及び機材タイプ等別に対策を実施した場合の削減ポテンシャルについて、長期的な見通しを検討している。この検討と、本資料の前半で述べた SAF のポテンシャルとの相互に連携させて、今後の航空部門の脱炭素に向け SAF に対して求められる政策について検討を深めることが必要である。

(2)で推計した SAF ポテンシャルが 2050 年においても変わらないと仮定し、2050 年に向けて段階的に達成されると仮定すると、SAF の製造量は図 9 のように増加していく。

2050 年断面における SAF 導入の目安を 2,300 万 kL³⁶と仮定すると、(2)に示した SAF ポテンシャルの最大値(③)であっても約 1,000 万 kL の乖離がある。この乖離を埋めるため、(2)の推計に含めていない藻類バイオマス、未利用の低質廃棄油脂、特に短中期的には、海外から輸入することを念頭においた廃棄油脂及び PFAD・POME を原料とする SAF 並びに 2050 年にかけて増加が見込まれる水素を活用した合成燃料の製造が期待される。更に、特に短中期的には、輸入 SAF(ニート又は混合後)の活用も重要であると考えられる。

SAF 製造ポテンシャルが増加するペースについては、セルロース系バイオマス(残渣)及び廃棄物について、表 10 に経時的に検討されている International Council on Clean Transportation (ICCT)の分析結果を活用、廃棄油脂については図 10 の HEFA のイメージを参考に 2030 年にかけて線形でポテンシャルの上限に達し、その他(油脂系バイオマスの主産物、糖料作物及び CO₂・水素(合成燃料))については 2030 年以降に線形でゼロから増加とおいた。

なお、更に日本の実態にあわせた SAF 製造の増加のペースについて検討するためには、具体的な SAF 製造プロジェクトのサプライチェーン(SAF 製造プラントの配置、調達元、オフテイク等)に基づき、どの程度のペースで普及拡大が見込まれるのかについて精度を高めることが必要と考えられる。

また、温室効果ガス削減の観点からは、従来のジェット燃料との混合率の上限の引上げの観点も重要である。現在、ASTM 規格において、SAF は従来のジェット燃料との混合が求められているが、混合率の上限は最大で 50%とされている(製造プロセスによって異なる)。なお、現在、この比率の引上げに関する国際的な議論が行われており、図 5 の工程表にも記載のあるとおり、国土交通省において、「ASTM タスクフォースを通じた混合率 100%引上げに向けた議論の状況の把握」に取り組むこととされている。

³⁶ ANA・JAL 共同レポート「2050 年航空輸送における CO₂ 排出実質ゼロへ向けて」(2021 年 10 月)において試算されている 2050 年までに航空機から排出する CO₂ 実質ゼロを実現するうえで必要となる日本の SAF の必要量を参照した。

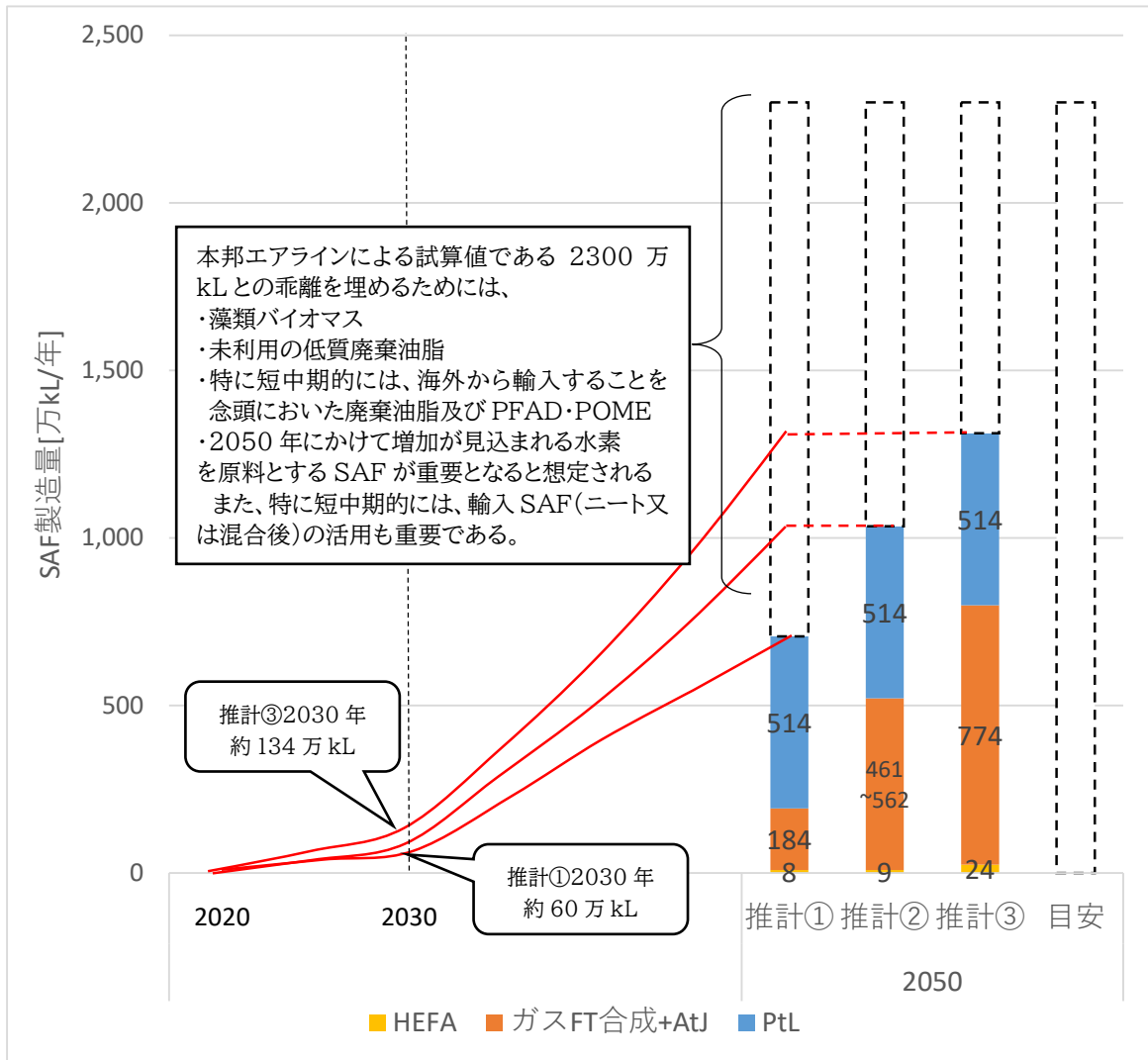


図 9 長期的な SAF 製造量の増加のイメージ

表 10 製造施設の普及率・原料の利用率を踏まえた原料別の SAF 製造量の検討例 (ICCT,2020)

Table 2: Maximum FT-gasification and industrial flue gas facility deployment

Feedstock(s)	2025		2030		2035	
	SAF production (Mt)	% Feedstock utilized	SAF production (Mt)	% Feedstock utilized	SAF production (Mt)	% Feedstock utilized
Agricultural residues, cover crops	0.19	2%	0.87	10%	1.35	16%
Forestry residues	0.06	11%	0.22	39%	0.31	56%
Municipal and industrial waste	0.10	14%	0.26	35%	0.31	41%
Industrial flue gases	0.38	33%	0.76	67%	1.14	100%
Total	0.74		2.10		3.11	

出所)ICCT, Estimating sustainable aviation fuel feedstock availability to meet growing European Union demand, 2020

なお、WEFによるEUにおけるポテンシャル推計結果を図10に記す。EUでは現状、油脂原料の利用や輸入が多い((2)2)a)参照)ことから HEFA のポテンシャルが日本よりも大きい傾向にあるが、将来的に PtL(合成燃料)への期待が大きい点については共通している。

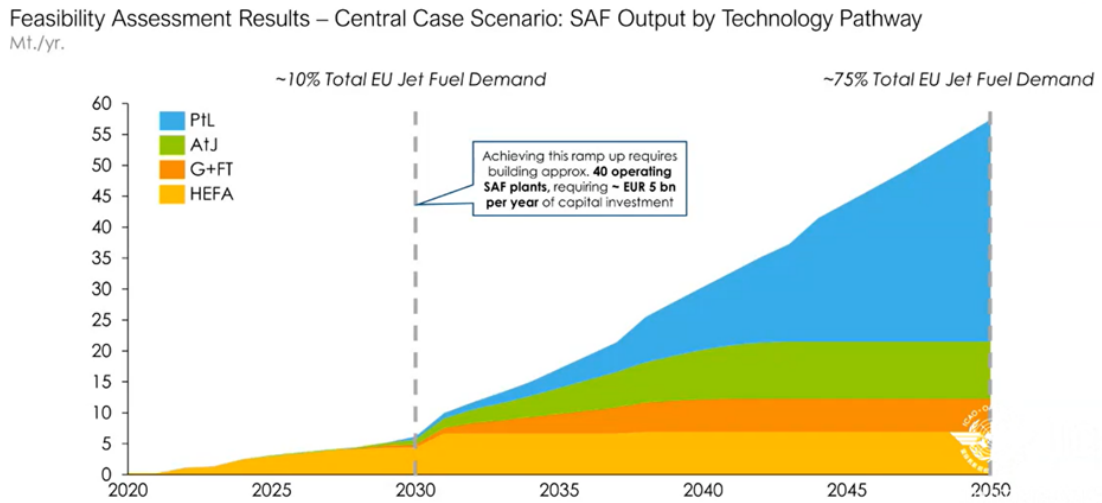


図 10 EUにおける製造方法別の SAF の見立て

出所)Dr Christoph Wolff (WEF), ” ICAO Pre-Stocktaking Webinars 2021 - Synthetic Fuels for Aviation ”, 2021 年 11 月閲覧

(9) 全体総括

以上のとおり、我が国における SAF の普及促進に向けた課題・解決策の整理を行った。全体を総括すると以下のとおりである。

- 国産 SAF の製造に係る課題(原料調達)について、我が国における SAF の原料の賦存量(副産物油脂については近隣諸国も含む)から、①未利用量のみ SAF に振り向ける場合、②未利用量に加え発電用等バイオマス以外の供給源がある既利用分を SAF に振り向ける場合、③全ポテンシャルを SAF に振り向ける場合という3つの観点で SAF 製造ポテンシャル及び各原料を調達するための課題や解決の方向性を取りまとめた。概して、①については、ポテンシャルとしては存在するものの既存のインセンティブ等が働いた上で未利用となっていることを踏まえると、実現にあたっては、新たな又はより強いインセンティブが必要となると考えられる。②については、更に、原料を SAF に振り向けた場合に優遇する政策等の取組みが有効であると考えられる。最後に、③については、排出者との連携等の取組みも重要となると考えられる。
- 国産 SAF の製造に係る課題(SAF の製造支援)について、諸外国における政策動向を踏まえて我が国における政策検討に当たっての論点について整理を行った。SAF に関する長期的な政策枠組みをはじめ、SAF 製造事業者に対する R&D 支援、SAF 製造事業者・エアライン双方に対する直接的な手法や経済的手法、エアラインに対する誘導的手法、その他政府調達や業種横断的なアライアンス、自主的取組みの後押し等を政策オプションとして挙げた。比較的取組がし易く効果の高いと考えられるもの(政府調達、自主的取組みの後押し等)に先行的に取り組みつつ、エアラインと燃料供給事業者の間の SAF 調達に係る個社間の合意が促進される環境が醸成されるよう、(2)に示した原料別のきめ細やかな政策を含む様々な政策ツールを総動員することにより、国産 SAF の製造ポテンシャルが最大化し、我が国における国産 SAF の製造・導入促進につながると考えられる。
- 国産 SAF の製造に係る課題(CORSIA 適格燃料として認められるための対応)については、SAF 製造事業者が CORSIA に基づく持続可能性認証スキーム(SCS)の認証を取得する上で、共通すると考えられる課題を抽出するとともに、今後のアクションプランを策定した。
- SAF の規格遵守・認証体制に係る課題(国内検査体制)については、関連する ASTM 規格に基づく試験を実施する国内体制が整備されたことが確認された。ただし、co-processing や今後新たに ASTM 規格として成立する製造プロセスにより製造される SAF について、今後国内で製造する可能性がある場合には、改めて検査体制の構築について検討を行う必要がある。
- SAF の規格遵守・認証体制に係る課題(品質管理・輸入 SAF 受入)については、石油連盟が策定した「持続可能な代替航空燃料(SAF)の取扱要領(初版)」によって SAF の品質管理に関する考え方が整理されたことが確認された。一方で、品質管理手法の合理化、輸入 SAF の受入体制の構築等の課題については、今後も動向を注視する必要がある。

- 空港における課題については、特定の事例の調査を通じて、他のエアラインや消防所管当局との連携の重要性が示された。また、将来的に SAF の税制を検討する場合において留意すべきと考えられる、国際線に搭載される国産 SAF に対する課税の考え方を整理した。
- 長期的な検討課題として、原料調達に関する課題の中で検討した SAF 製造ポテンシャルを元に 2050 年に向けた製造量の推移を試算するとともに、更なる SAF の可能性について考察を行った。また、ASTM 規格が定める SAF の混合率の上限の引上げの観点も重要であることを付記した。
- 以上を踏まえ、CORSA への対応及び 2050 年カーボンニュートラルへの貢献の双方の観点から、引き続き、オールジャパンで検討していくことが重要である。特に、SAF の普及促進は、航空業界だけでなく我が国全体の問題である点を踏まえ、費用負担の在り方を含む将来的な政策の検討に資するよう、航空業界だけでなく広く一般に問題意識を共有し、理解を得られるよう周知に努めていくことが重要であると考えられる。