参考資料（持続可能な航空燃料（SAF））

航空分野におけるCO_2削減に関する国際目標

- 航空分野では、従来より温室効果ガス低減に関する国際的な合意目標が存在。2021年10月にIATA、2022年10月にICAOにおいて、**2050年カーボンニュートラル達成の目標を合意**。
- こうした目標を達成するため、CO_2排出量を削減しなければならない。そのための達成手段として、**SAF（Sustainable Aviation Fuel, 持続可能な航空燃料） の活用**、**新技術の導入**、**運航方式の改善**を組み合わせなければ目標達成が難しいことが示されている。

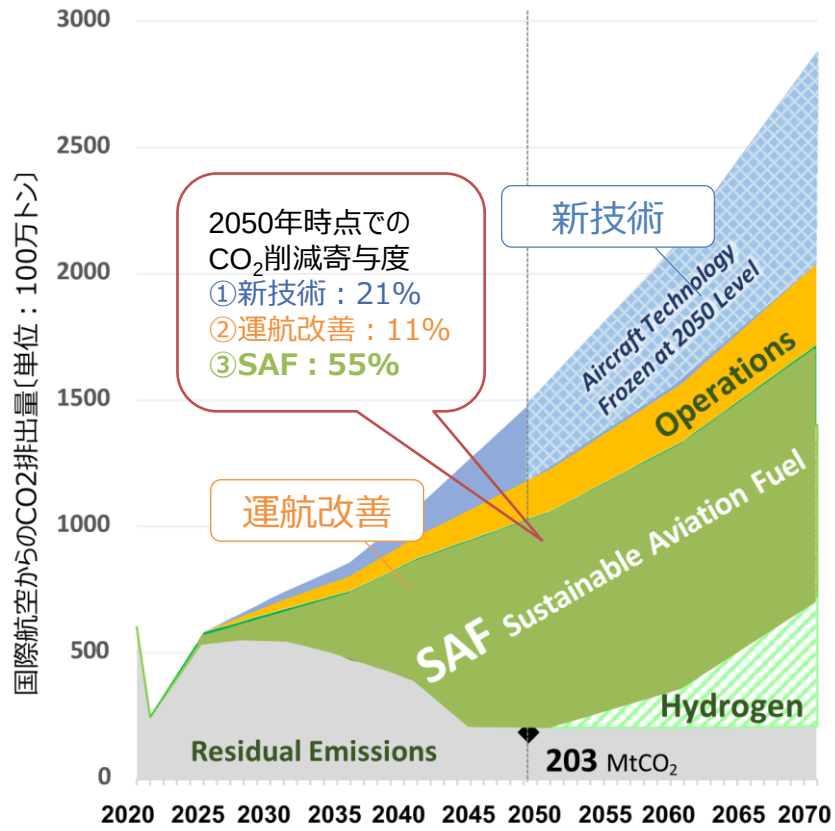
＜温室効果ガス低減に関する国際的な合意目標＞

	短中期目標	長期目標
パリ協定	• 産業革命以降の平均気温上昇を2度未満に抑制(義務)、1.5度未満に抑制(努力) • 今世紀後半には排出量と吸収量を均衡させる(義務)	
協定下での日本の目標	• 2030年度までに2013年度比総排出量46%減（全分野として）	• 2050年カーボンニュートラルの実現を目指す
国際航空業界団体（IATA）	• 2020年からの年平均1.5%の燃費改善 • 2020年以降総排出量を増加させない	• **2050年炭素排出をネットゼロ**（2021年10月4日 第77回IATA年次総会で採択）
国際民間航空機関（ICAO）	• 燃料効率を年平均２%改善 • 2020年以降総排出量を増加させない • 2024年以降は、2019年のCO2排出量の85%以下に抑える *CORSIA（国際航空におけるカーボンオフセット制度）により2035年に上記を達成することを意図	• **2050年炭素排出をネットゼロ**（2022年10月7日 第41回ICAO総会で採択）

IATA:航空産業の発展、航空安全の促進、環境問題への対策等の政策提言を行うことを目的とした業界団体。国際航空の需要及び動向の調査等を実施。

ICAO:国際民間航空条約に基づき設置された国連専門機関。国際航空運送の安全・保安等に関する国際標準の作成等に加え、国際航空分野における気候変動対策を含む環境保護問題についても議論・対策を実施。

＜国際航空からのCO_2排出量予測と排出削減目標のイメージ＞

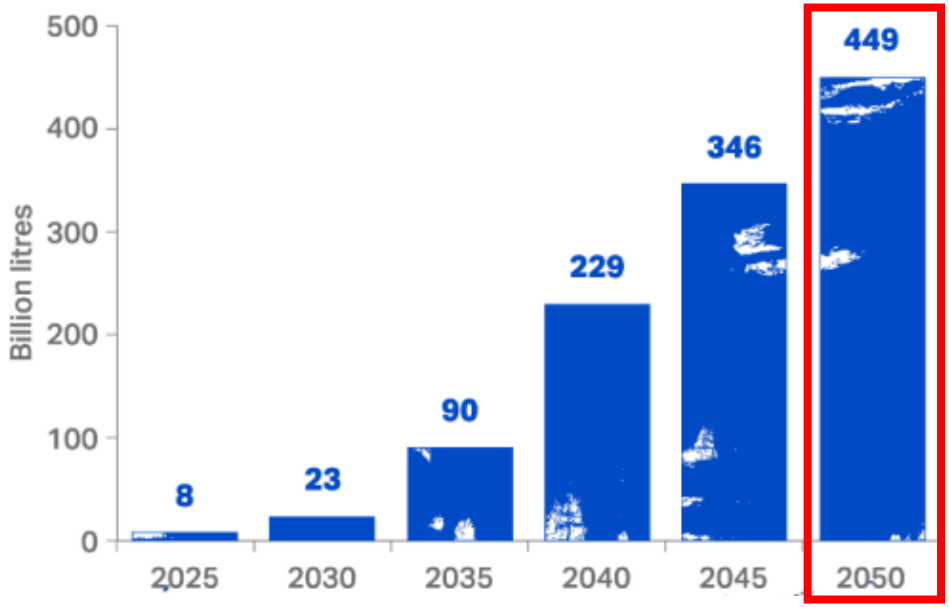


（出所） ICAO LTAG Reportから抜粋（IS3：ICAOによる野心的なシナリオ）

世界のSAFの需給量／諸外国におけるSAF利用目標について

- ICAOによる国際航空輸送分野のCO_2排出量削減に向けた目標等より、SAFの需要拡大が見込まれる。
  - **2022年時点の世界のSAF供給量は、約30万KL（世界のジェット燃料供給量の0.1%程度※）**とされる一方、**世界の航空会社で構成される業界団体であるIATA**は、航空輸送分野における2050年のCO_2総排出量をネットゼロとする目標を発表。**2050年にネットゼロを達成するために必要なSAFの量**は、**2022年時点の世界のジェット燃料供給量の1.5倍となる4,490億リットル（＝4.5億KL）と推計**。
- SAFの導入促進を目指す、世界経済フォーラム内の「クリーン・スカイズ・フォー・トゥモロー・コアリション」は、**世界の航空業界で使用する燃料におけるSAFの割合を、2030年までに10%に増加させる**ことを宣言。ワンワールドは加盟社全体で、また、各航空会社は自社で使用する燃料について、その10%をSAFに置き換えることを宣言。

＜世界のSAF需要見通し＞



（出所）IATA Net zero 2050: sustainable aviation fuels

＜2030年でSAF10%利用を宣言しているエアライン＞

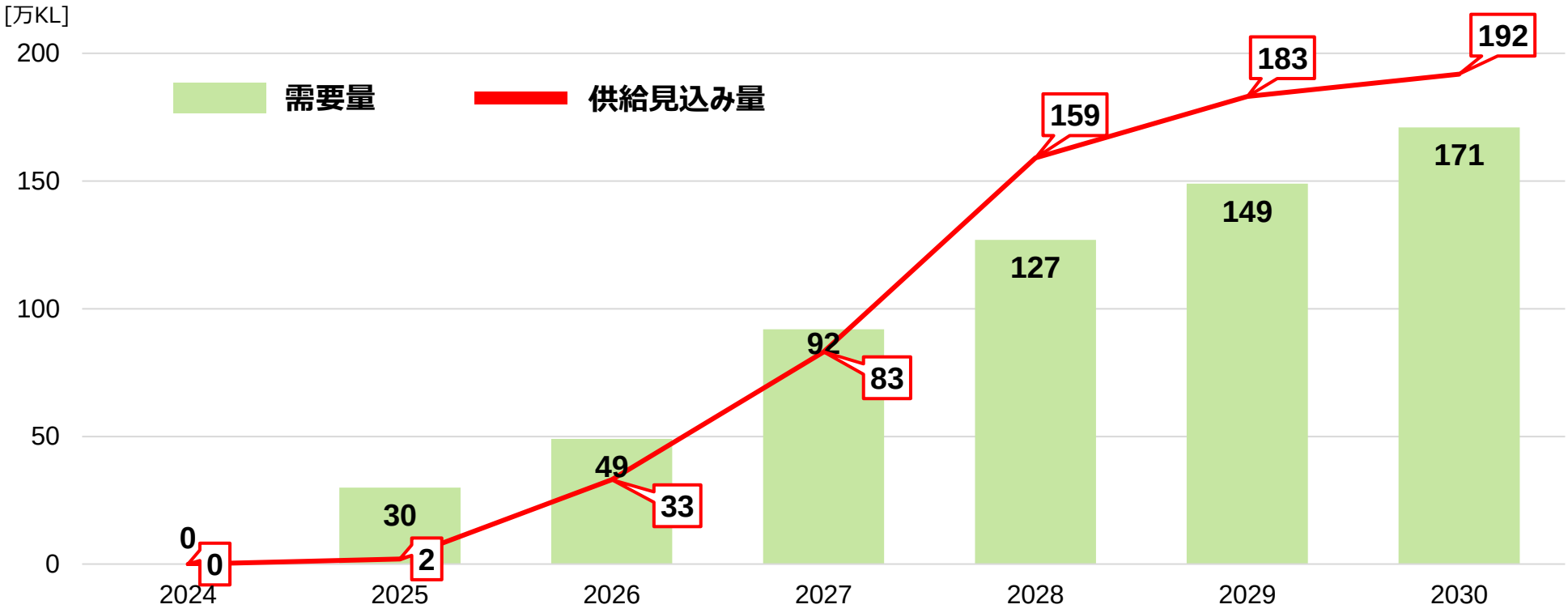
2030年 SAF置き換え目標	クリーン・スカイズ・フォー・トゥモロー・ コアリション 加盟航空会社	
10%目標	・全日本空輸(日) ・エディハド航空(UAE) ・エア・カナダ(カナダ) ・デルタ航空(米) ・シンガポール航空(星) ・サウスウエスト航空(米) ・バージン・アトランティック航空(英) ・エミレーツ航空(UAE) ・アエロメヒコ(メキシコ) ・ジェットブルー航空(米) ・KLM-エールフランスグループ(蘭) ・ユナイテッド航空(米) ・ルフトハンザドイツ航空(独) ・ニュージーランド航空(ニュージーランド) ・スパイスジェット(印) ・イージージェット航空(英) ・ヴィスタラ(印)	・ワンワールド - アラスカ航空(米) - アメリカン航空(米) - ブリティッシュ・エアウェイズ(英)※ - キャセイパシフィック航空(香港)※ - フィンエアー(フィンランド) - イベリア航空(スペイン)※ - 日本航空(日)※ - マレーシア航空(馬) - カンタス航空(豪州) - カタール航空(カタール) - ロイヤル・エア・モロッコ(モロッコ) - ロイヤル・ヨルダン航空(ヨルダン) - スリランカ航空(スリランカ) ・インターナショナル・エアライインズ・グループ
30%独自目標	DHL航空(独)	

※ワンワールド加盟社のうちさらに個社として、SAF10%利用を宣言している航空会社

2030年までのSAFの利用量・供給量の見通し等について（2023年5月時点）

- **2030年における国内のSAFの需要量**は、**国内のジェット燃料使用量の10%**（「GX基本方針参考資料」に記載, **171万kL**相当）。
- **2030年の供給見込み量**は、石油元売り等の**SAF製造・供給事業者における公表情報等から積み上げ、約192万kL**となる見込み。（※）ただし、原料確保や技術開発等の不確実性あり。
- 今後、昨年のICAO総会でのCORSIA削減目標の見直し（2024年以降は、2019年比でCO2排出量を85%以下に抑える）を踏まえ、SAFの需要量・供給量のすり合わせを行う必要あり。

国内におけるSAFの利用量・供給量の見通し



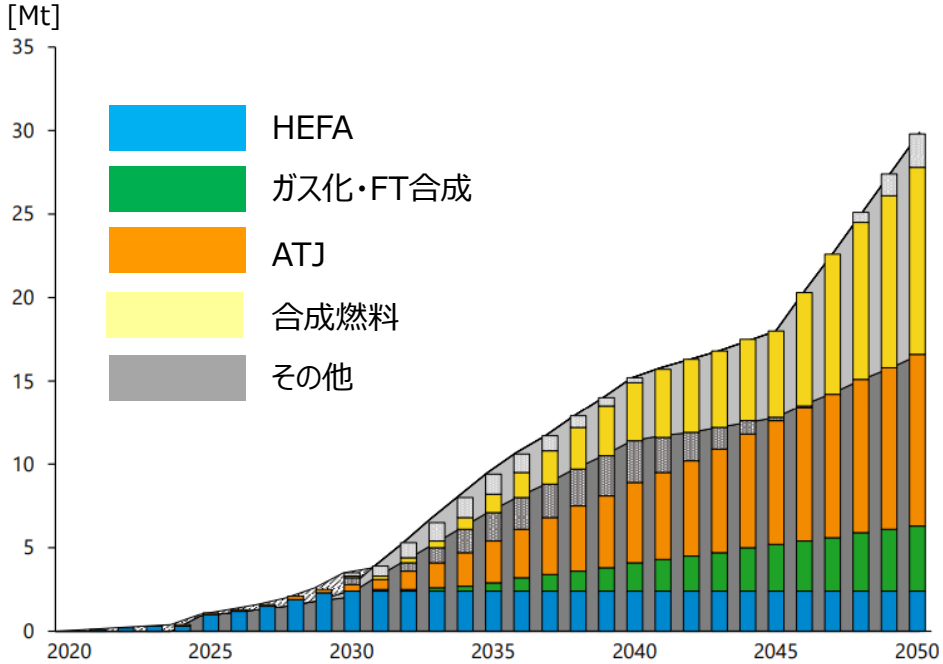
SAFの原料・技術毎の今後の見通し

- 足下では、**廃食油等を原料にSAFを製造するHEFA技術が確立**されているが、廃食油は、世界的な需要増大により供給量が不足し、価格が高騰。安定的な原料確保に向けた取組が必要不可欠。
- 今後、賦存量が豊富なアメリカ・ブラジル産の**バイオエタノールからSAFを製造するAlcohol to Jet技術**の確立が見込まれるが、可食原料は欧州が利用を制限。**非可食原料（ポンガミア等）の開拓など、原料の多角化も必要**となる。
- **2050年**には、**CO_2と水素を合成して製造される合成燃料由来のSAF（E-SAF）**がSAFの原料のおよそ半分を占める見込み。

＜SAFの原料・技術の類型＞

製造技術	主な原料
HEFA Hydroprocessed Esters and Fatty Acids	廃食油、牛脂、 ポンガミア、微細藻類 等
ATJ Alcohol to JET	・第一世代バイオエタノール （さとうきび、とうもろこし等） ・第二世代バイオエタノール （非可食植物、古紙、廃棄物等）
ガス化・FT合成	ごみ（廃プラ等）
合成燃料	CO2、水素

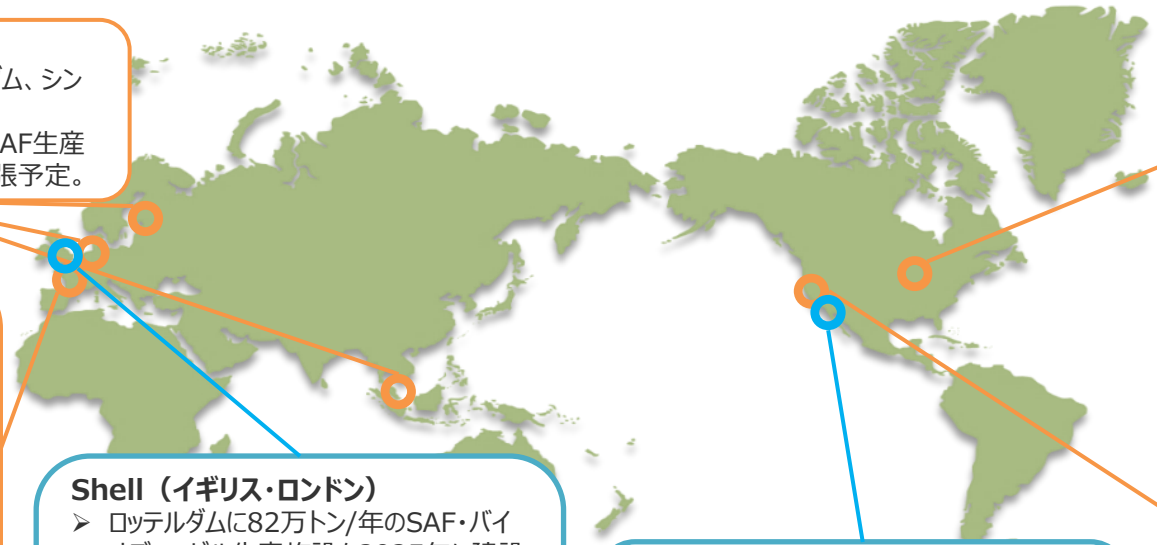
＜欧州における将来のSAFの製造技術予測＞



（出所）Sky NRG A Market Outlook on SAF

諸外国における主なSAF製造プロジェクト・原料確保に向けた取組

- 欧米企業を中心としてSAF製造プロジェクトが進展する中、NESTE社（フィンランド）や、Eni社（イタリア）など、**自国内に留まらず、バイオマス等のニートSAF※原料の調達ポテンシャルが高い東南アジアを中心としたSAF製造プロジェクトが進展**。あわせて、穀物メジャー、油脂開発会社等との連携が進むなど、原料の獲得競争が始まる。
  ※バイオマス原料等を基に製造されたジェット燃料で、化石燃料由来のジェット燃料と混合前の燃料
- **SAF安定供給**のためには、**バイオマス原料の長期安定調達が必要不可欠**。我が国においても複数のSAFの製造プロジェクトが検討されているが、将来的なSAFの需要増加や海外企業による積極的な域外への展開を踏まえ、諸外国に後れをとることがないよう、**海外でのSAF原料開発に進出していくことが重要**。



Neste (フィンランド)
- 現状、フィンランド、ロッテルダム、シンガポールでSAFを製造。
- 2023年末までに、合計のSAF生産能力を約190万kl/年に拡張予定。

TotalEnergies (仏)
- 2019年6月、La Mede製油所を60万kl/年のHVOプラント（うちSAF12.5万kl/年）に改修。2022年3月から商用製造開始。
- 2024年中にパリ南東のGrandpuits製油所のSAF製造能力を約21万kL/年とすることを計画。

Shell（イギリス・ロンドン）
- ロッテルダムに82万トン/年のSAF・バイオディーゼル生産施設を2025年に建設予定。
- 世界的な農業会社であるS&W Seed社（米）と合弁会社を設立し、カメリナ等の油糧種子を開発に取り組む。
- 廃食油の集荷・販売会社であるEcoOils社（シンガポール）を買収。

Chevron（米）
- 将来的なSAF等のバイオ燃料製造に必要となる原料を確保するため、米国穀物メジャーのbunge社とともに、油糧作物の栽培などを行うChacraservicios社（アルゼンチン）を買収。

LanzaJet (米)
- 2023年から、米国イリノイ州において、SAF・バイオディーゼルの製造プラントを運転開始予定。生産能力は約3.8万kl/年。

World Energy (米)
- 2016年から、米国カリフォルニア州において、SAF製造を開始。2025年には約129万KL/年（RD等含む）の製造能力に拡張予定。
- 米国ヒューストンで2025年までに約95万kL/年のSAFを製造予定。

海外企業による操業中案件
海外企業による原料確保に向けた取組

（出所） Argus SAF Global Capacity Map 2022のデータ等を基に資源エネルギー庁作成

諸外国の政策動向

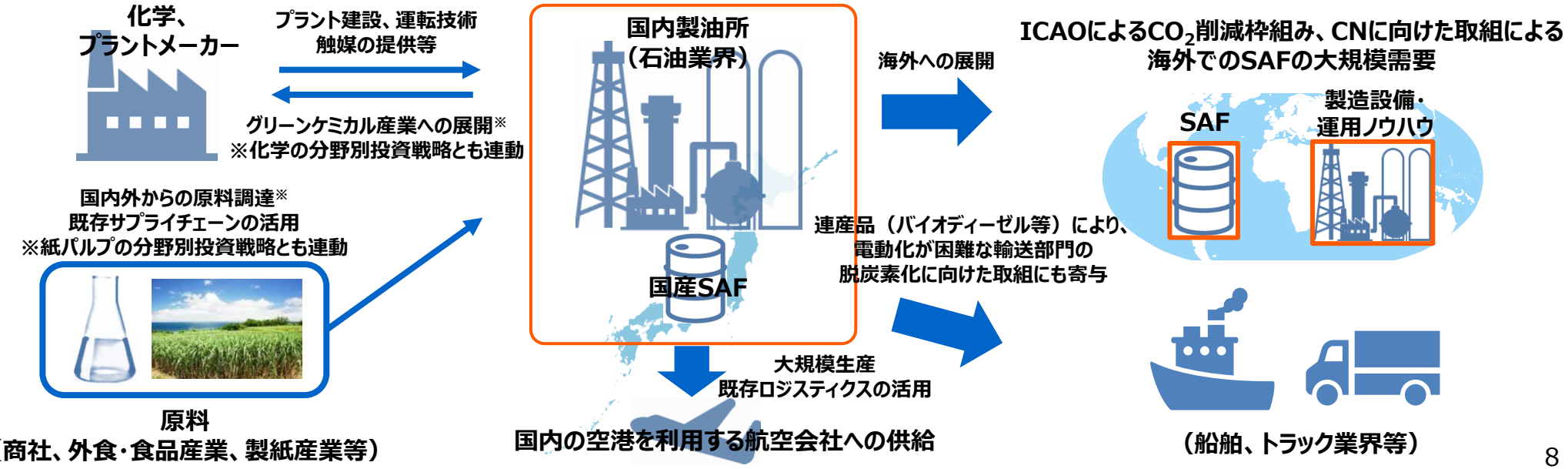
- **米国**は、**IRAによる税額控除**や、**既存のクレジット制度の活用**など、**SAFを製造・供給する際の各種インセンティブが充実**。
- **欧州**は、**域内で供給する航空燃料に対して一定比率以上のSAF・合成燃料の混合を義務付け**るとともに、**航空会社に対するEU－ETSへの参加義務（排出量に相当する排出枠の償却義務）**、**欧州空港におけるSAF混合燃料給油義務等の規制的措置**を実施。加えて、**EU-ETSにおいて、SAFの使用量・価格差に応じて排出枠を追加配布**するといった支援策も併用。

米国	**○IRA, Inflation Reduction Act（インフレ抑制法）** ➢ GHG削減率が50%以上のSAFを、ケロシンに混合する事業者に対する1.25ドル/ガロン（約50円※/L）の税額控除。GHG削減率に応じて、最大1.75ドル/ガロン（約70円※/L）まで控除。 ➢ 設備投資支援に、約360億円※強の補助金を措置。 **○RFS, Renewable Fuel Standard（再生可能燃料基準）、LCFS, Low Carbon Fuel Standard（カリフォルニア州低炭素燃料基準）** ➢ 燃料供給事業者に対して、バイオ燃料の混合・供給や炭素強度（CI）の低減を義務付け。 ➢ SAF自体の供給目標はないが、SAF等のCIの低い燃料を供給することにより生じるクレジットを、他の燃料供給事業者に対して売却することで収益を得られる。
欧州	**○RefuelEU Aviation** ➢ 燃料供給事業者に対し、域内で供給する航空燃料に一定比率以上のSAF・合成燃料の混合を義務づけ。 ➢ 航空会社に対し、欧州空港におけるSAF給油を義務づけ（タンカリング禁止）。 **○EU－ETS, European Union Emissions Trading System（EU域内排出量取引制度）** ➢ 航空会社に対して排出量取引制度への参加を義務付け、燃料の一部として要件を満たすSAFを使用した場合には、SAFに含まれるバイオマス燃料部分につき排出ゼロとして扱う。加えて、航空会社に対して、SAFの使用量・価格差に応じて、自身で使用/市場に売却可能な排出枠※を追加的に得ることができる。 ※航空部門の排出総量自体に変更はなく、無償/有償割当用の排出枠の一部を当局が保持し、その分をSAF燃料の使用に応じて配布。 **○EU課税指令（審議中）** ➢ 航空燃料の税率を2023年～2033年にかけて段階的に引上げ（2030年時点での課税額は約62円※/L程度となる見込み）。SAFは2033年までの間は、税率は引き上げず、税制負担ゼロ。 **○各国空港での支援** ➢ 来航地としての競争力強化を目的とした空港による支援策が講じられている。 ➢ 独・デュッセルドルフ空港では、SAF1トン当たり250ユーロ（46円※/L相当）を支給。

※為替$＝150円/＄、158円/€

国内におけるSAF製造拠点の必要性

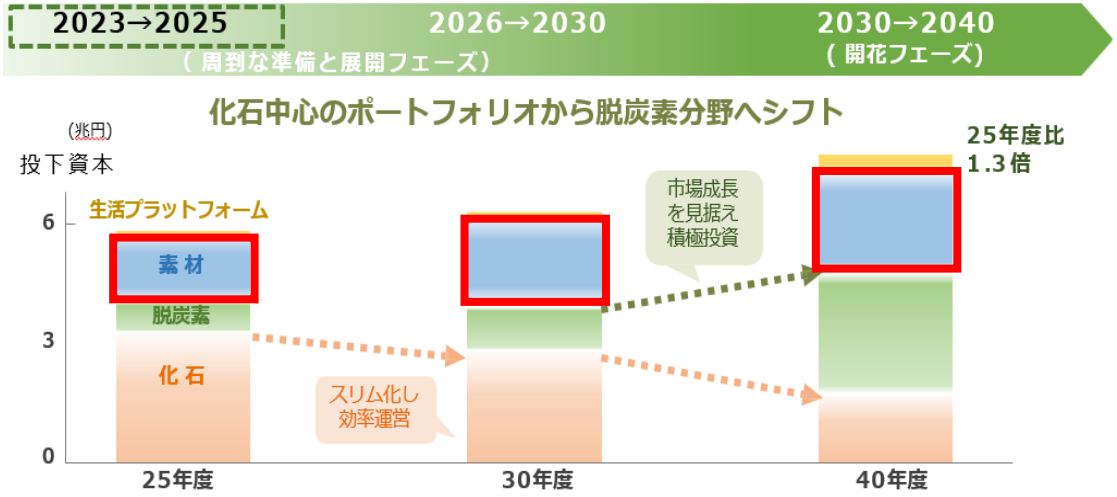
- 国際的な枠組みでCO_2排出削減が求められる中、**国内に必要十分なSAFの供給能力が構築されない場合、国際競争力のある海外産SAFが流通**。海外産SAFに過度に依存すると、**国富流出**や現在我が国で具備している**航空機燃料の製造能力の喪失**、**輸入依存度の更なる上昇**など、**安全保障上の懸念**も存在。
- 一方、既存設備やインフラを有する強みを活かし、**国内の石油元売会社がSAFの製造・供給に取り組む**ことで、**他業種との連携により新たなサプライチェーンが構築**される。また、SAFの連産品となるバイオディーゼル等により、**船舶・トラックなどの電動化が困難な輸送部門の脱炭素化に向けた取組にも寄与**。
- また、**アジア圏におけるSAFの市場は発展途上の段階**である一方、**市場規模は約22兆円**※と見込まれており、SAFの地産地消を実現してロールモデルを示し、**航空需要が拡大するアジア圏へ国産SAFの供給**するとともに、**SAFの製造設備・ノウハウ等を波及**させていくことが出来れば、**巨大なSAF市場の獲得が可能**。
  ※出所：2021年10月 全日本空輸（株）・日本航空（株）共同リリース「SAF（持続可能な航空燃料）に関する共同レポート」から引用。
- 加えて、**石油元売会社**は、脱炭素社会を見据えて、従来の石油精製・販売から、**SAF等の燃料製造技術を応用し、グリーンケミカル産業への展開**を図っており、当該分野での我が国の優位性を確立できる可能性がある。



SAF事業を通じたグリーンケミカル・素材分野への事業展開

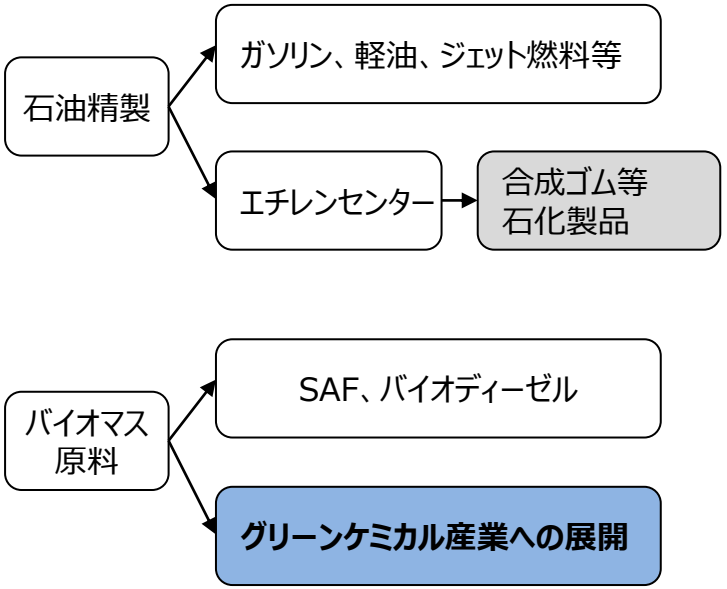
- 石油元売会社は、脱炭素社会を見据え、これまでの化石燃料を中心とした事業から、**再エネ・水素等の脱炭素分野、バイオ原料等による機能性化学品などのグリーンケミカル・機能材分野への展開**を図っている。
- 例えば、ENEOSは、素材事業における新たなコア領域の技術を獲得すべく、2021年にJSRからタイヤ用合成ゴム等に用いるエラストマー事業を買収しており、今後当該分野への投資規模を拡大していくこととしている。
  また、出光興産も2023年10月にトヨタとEV向けの全固体電池の量産化に向けた協業を公表しており、素材分野にも注力していく方針を示す。
- こういった**グリーンケミカル・機能材分野への進出の基礎とすべく、SAFの製造技術開発を進めてきて**おり、SAF量産による燃料の脱炭素化とグリーンケミカル・機能材分野への道筋をつける。

＜脱炭素・素材分野事業展開イメージ＞



出所：ENEOSグループ長期ビジョン&第３次中期経営計画（2023 - 2025年度）

＜SAF技術を応用した素材分野への展開＞



（参考）SAF製造技術について

- **HEFA**（**H**ydroprocessed **E**sters and **F**atty **A**cids：水素化処理エステル・脂肪酸）とは、廃食油・獣脂・非可食植物油などの脂肪酸エステルを水素化処理することでジェット燃料と同等のSAF（C_nH_m）を製造する技術。
  ⇒炭素数の長い鎖の状態から炭素数が9～16の長さに整える
- **ATJ**（**A**lcohol **T**o **J**et）とは、サトウキビやトウモロコシなどの可食植物（第１世代）や木質・森林残渣・農業残渣などの非可食植物（第２世代）から作られたバイオエタノールを原料とし、エタノールを脱水してできるエチレンを重合させてジェット燃料と同等のSAF（C_nH_m）を製造する技術。
  ⇒炭素が２つのエチレンを複数繋げて炭素数が9～16の長い鎖にする

HEFA技術における化学反応

油脂

$CH_2COO\cdots CH_3$
$CHCOO\cdots CH_3$
$CH_2COO\cdots CH_3$

→ 水素化処理 →

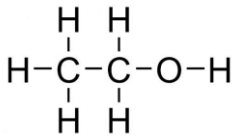
$2CH_3\cdots C_2H_5 + 4H_2O$
$CH_3\cdots CH_3 + CO_2$
$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_3$（プロパン）

→ 水素化分解・蒸留 →

SAF（C_nH_m）

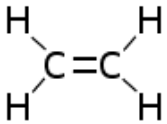
※ガス・LPG、ナフサ、ディーゼルを分離

ATJ技術における化学反応



エタノール（C_2H_5OH）

→ 脱水反応 →



エチレン（C_2H_4）

→ 重合・水素添加・蒸溜 →

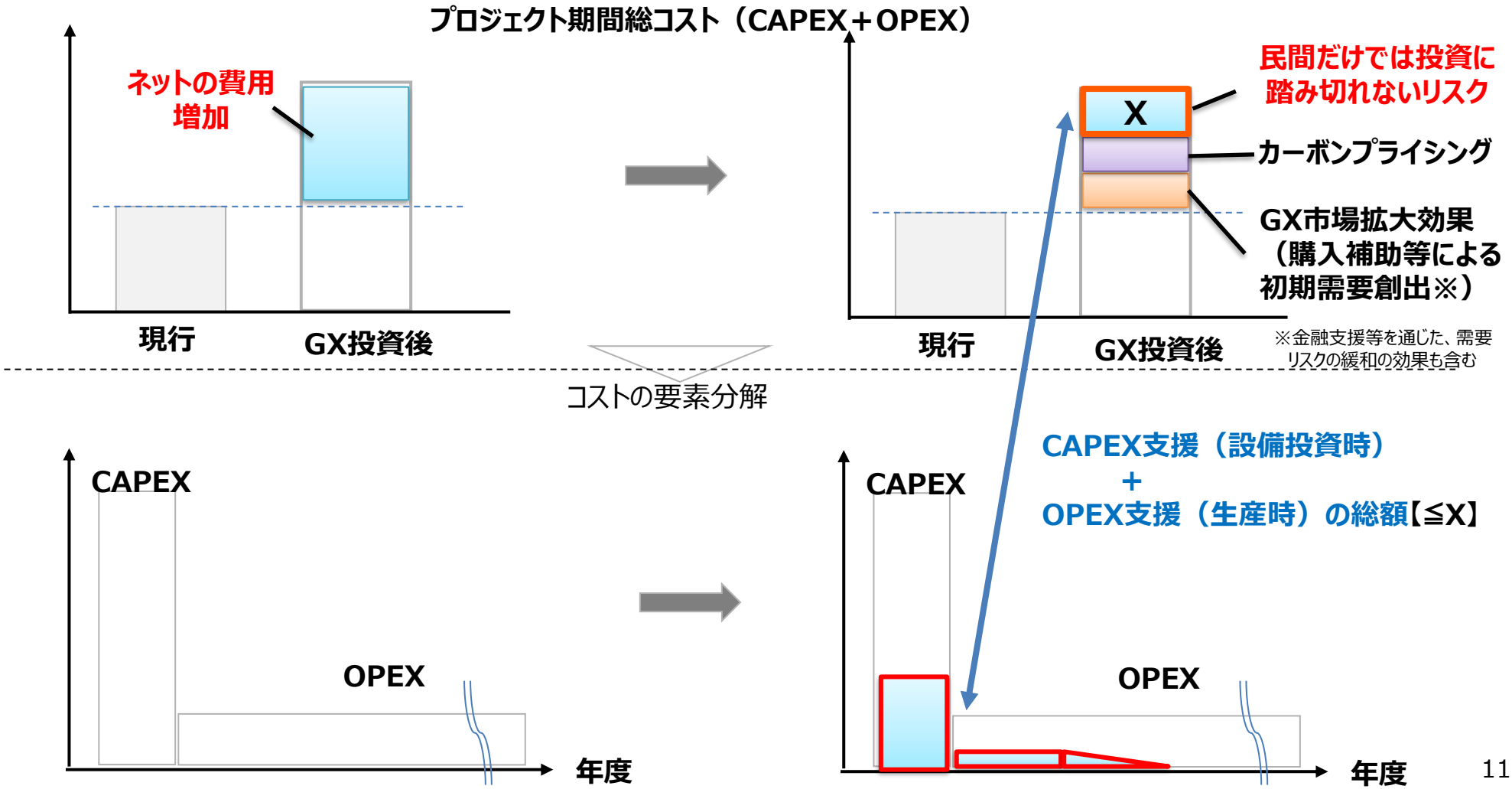
SAF（C_nH_m）

※ディーゼル・軽質油を分離

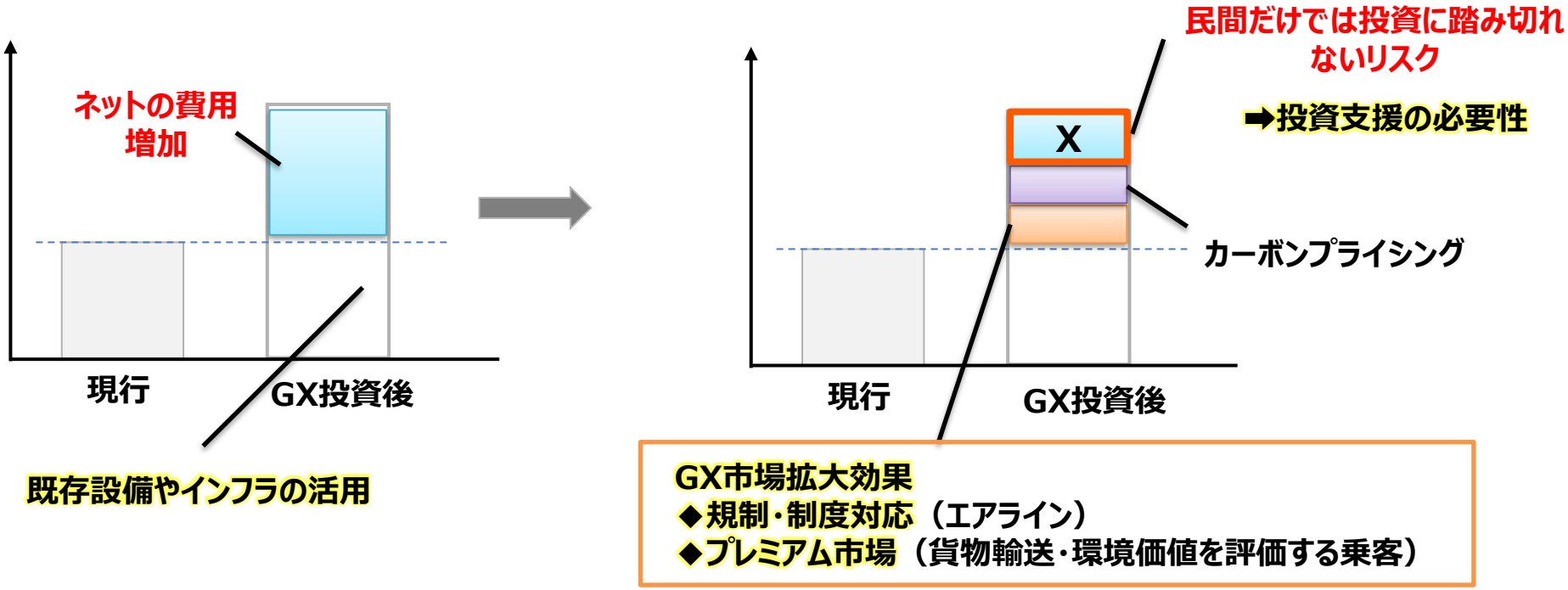
投資促進策の具体化のイメージ

第1回GX専門家WG 資料１（赤枠付記）

- 「投資促進策」の基本原則（P4）では、「民間企業のみでは投資判断が直に困難な事業を対象」としている。
- 「GX投資は単なるコスト増」の見立てもあるが、本質的には、投資によるネットの費用増加分から、「GX市場拡大効果（市場でのグリーンプレミアムの評価や、関連製品の購入補助等による初期需要創出）」、「カーボンプライシングによる相対的な競争力向上の効果」を控除したものが、「民間が投資に踏み切れないリスク（コスト）」と考えられる。
- 当該リスクに対応する「初期投資支援（CAPEX）」と、「生産時の支援（OPEX）」から成る先行投資支援で、GX投資を引き出す。



SAFの市場化に向けた考え方（イメージ）

- 国際的な枠組みでCO_2排出削減が求められる中、日本を発着する国際便について、国内外のエアラインは今後、国内でのSAFの調達が求められている一方で、その価格によっては、海外での調達を検討する動きがある。
- 一方、国内SAFの製造において、国内石油元売会社の場合は、製油所装置やタンクなどの既存設備やインフラを活用することにより、製造コストを低減することが可能。さらに、輸送段階含めたCFP（カーボンフットプリント）を削減したい荷主や、従業員のフライトでの排出量を削減したい企業などは、排出量の低いフライトに付加価値を見いだす可能性あり（グリーン・プレミアム）。
- ただし、**市場黎明期においては、規制・制度的対応やプレミアム市場の活用のみでは、民間だけでは投資に踏み切れないリスク**があるため、まずは初期投資支援等により、将来の市場自立化に繋げていく。

プロジェクト期間総コスト（CAPEX＋OPEX）