

バイオマス由来液体燃料の動向

持続可能な航空燃料(SAF)等の持続可能性について

ENEOS株式会社
壺岐 英

1. 液体燃料の低炭素化が求められる背景

液体燃料の特長

液体燃料の低炭素化の意義

液体燃料の低炭素化に関する政策動向

エネルギーの要件とは

2. 液体燃料の低炭素化の動向と技術

バイオ燃料（SAF, バイオエタノール）

再生可能エネルギー合成燃料（e-fuel, CCU）

3. さいごに



液体燃料の低炭素化が求められる背景

①カーボンニュートラルの実現に向けた取り組み

- ✓ COP26, パリ協定への対応
 - 1.5℃努力目標への決意と行動の加速、1.5℃に抑えるためには、世界全体で2030年までに2010年比で45%削減が必要
 - この重要な10年の行動の加速が必要であることを認識
 - 低排出エネルギーシステムに移行するための技術の開発、展開、普及、政策の採用を加速することを求める
 - クリーンな発電や省エネ政策の普及の急速な加速
 - 排出削減対策が講じられていない石炭火力発電の低減及び非効率な化石燃料補助金からのフェーズアウトに向けた努力の加速
- ✓ 「2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする」カーボンニュートラル宣言を表明
 - 地球温暖化対策計画、エネルギー基本計画、パリ協定に基づく成長戦略2030年度の26%削減目標にとどまることなく更なる削減努力を追求

②エネルギー資源の多様化による供給安定化への貢献

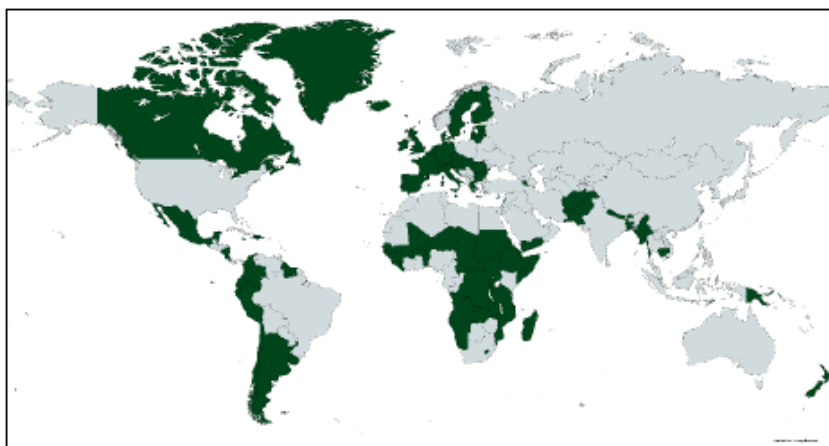
- ✓ 災害・地政学リスクを踏まえたエネルギーシステム強靱化
 - 化石燃料の将来の不確実化
 - 新興国を中心とする化石燃料の堅実な需要
 - 産油国構成変化による地経学的バランスの変化（米国輸出国に）
 - 大きく変化する国際資源情勢をにらんだ資源戦略の強化の必要性
 - 油価低迷も高騰も、中長期的な安定供給に影響する可能性

COP26と野心 Before & After

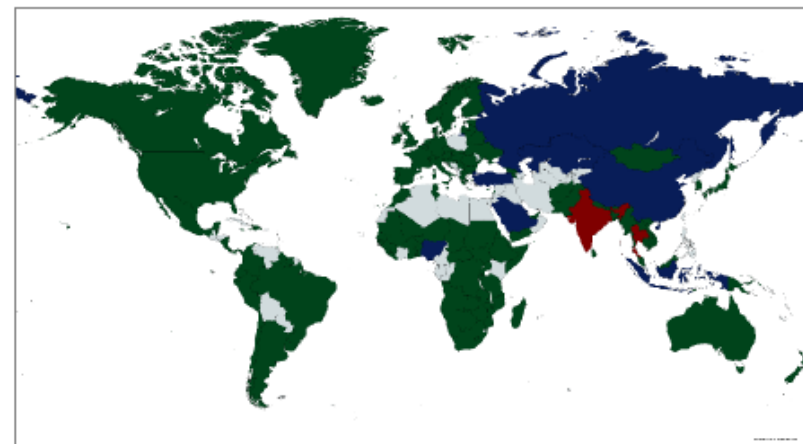
- COP25終了時点(2019年12月)では、121ヶ国が2050年までのカーボンニュートラルを表明していたが、EU以外は小国であった。※世界全体のCO2排出量に占める割合は17.9%。G7では、EU・加のみ。
- その後、COP26に向けて野心向上の機運が高まり、中・日・米等が次々とカーボンニュートラル目標を表明し、COP26時点(2021年11月)では、150ヶ国以上（G20の全ての国）が年限付きのカーボンニュートラル目標を掲げている。

年限付きのカーボンニュートラルを表明した国・地域

COP25終了時点(2019年12月) : **121ヶ国**
※世界全体のCO2排出量に占める割合は**17.9%**



COP26終了時点(2021年11月) : **150ヶ国以上**
※世界全体のCO2排出量に占める割合は**88.2%**

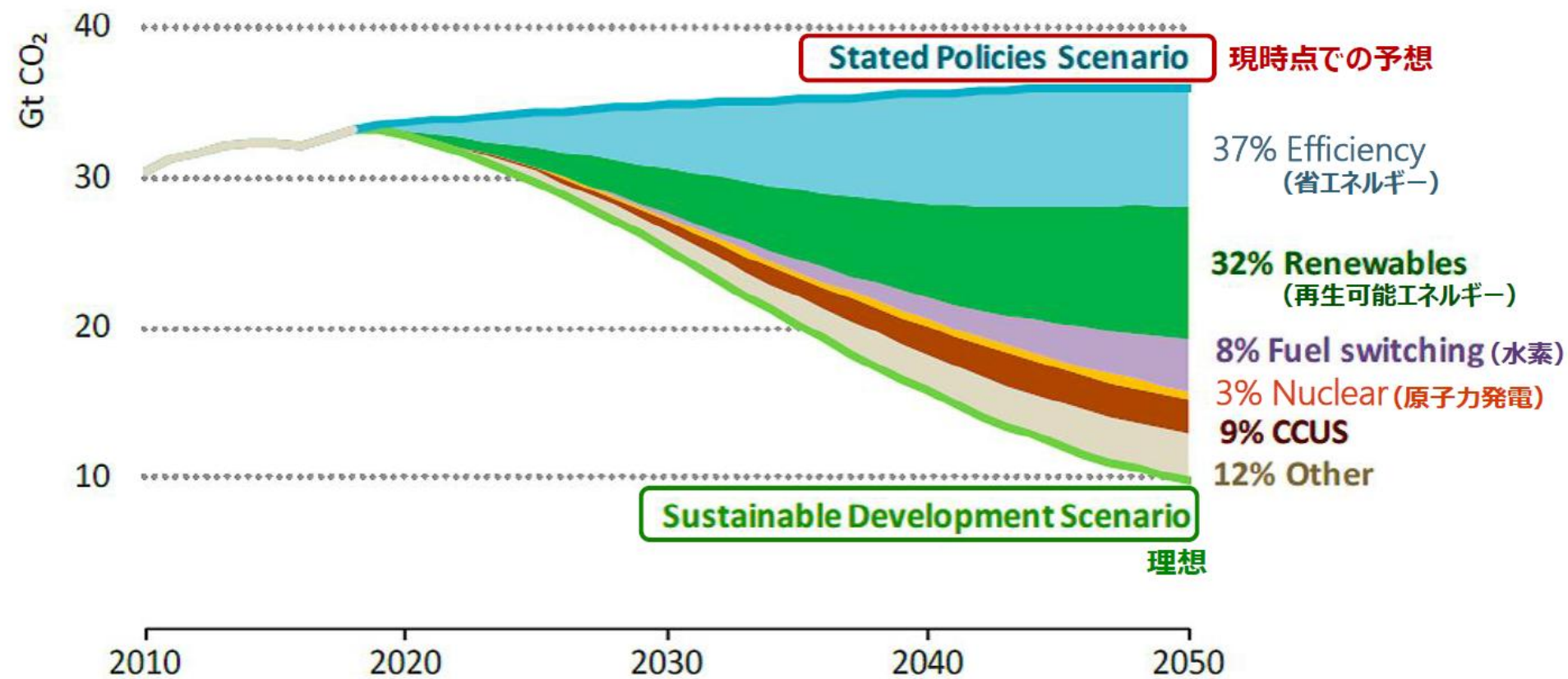


2050年までのCN : 144ヶ国 (42.2%)
2060年までのCN : 152ヶ国 (80.6%)
2070年までのCN : 154ヶ国 (88.2%)

■ 2050年までのカーボンニュートラル表明国、■ 2060年までのカーボンニュートラル表明国、■ 2070年までのカーボンニュートラル表明国

1) ①Climate Ambition Allianceへの参加国、②国連への長期戦略の提出による2050年CN表明国、2021年4月の気候サミット・COP26等における2050年CN表明国等をカウントし、経済産業省作成（2021年11月9日時点）
2) CO2排出量は、IEA（2020）、CO2 Emissions from Fuel Combustion を基にカウントし、エネルギー起源CO2のみ対象。

理想のレベルまでCO₂削減を達成するには

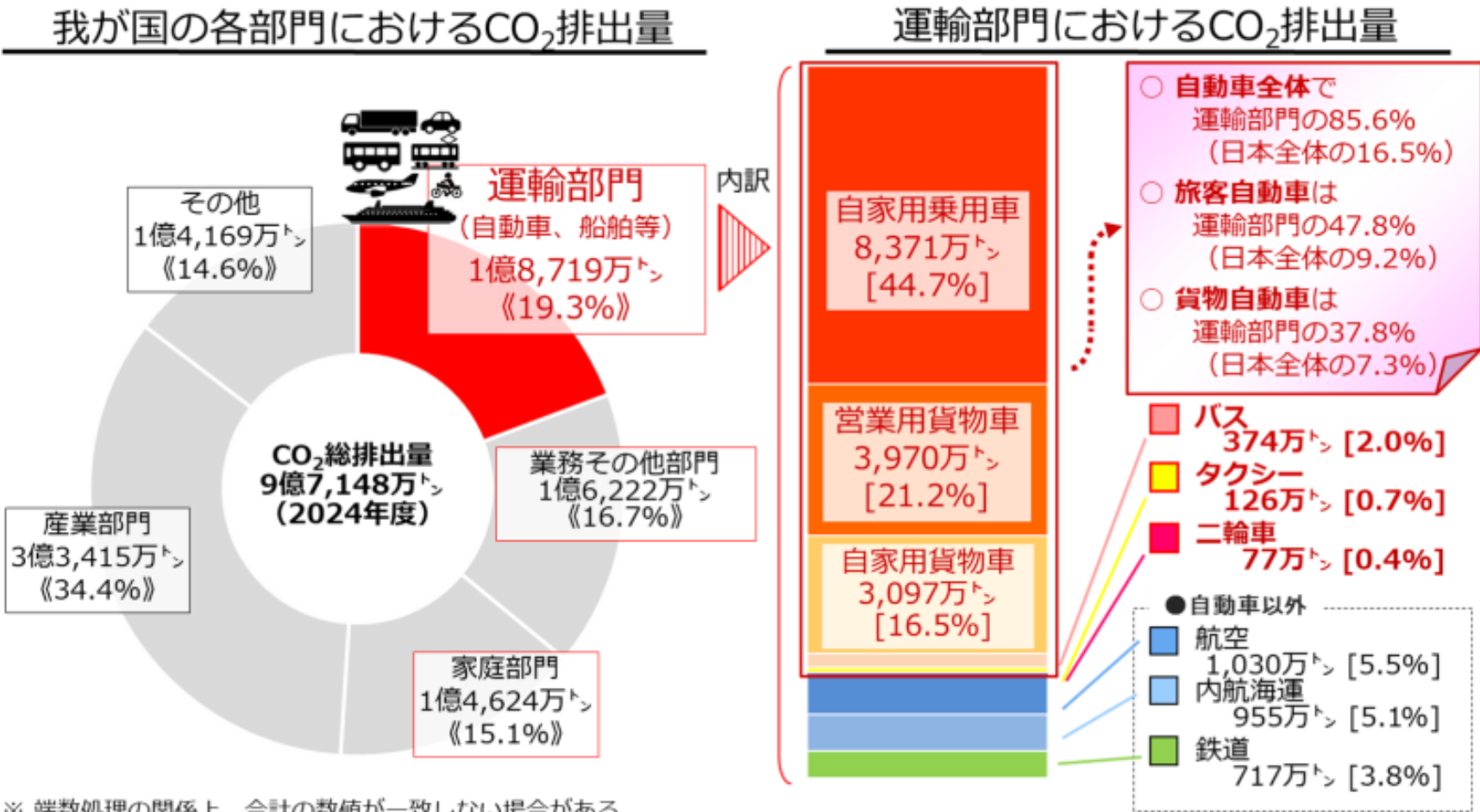


IEA World Energy Outlook 2019

「持続可能な開発シナリオ」で示される2050年のCO₂排出量を「パリ協定」遵守ベースまで削減するという“理想”と、「公表政策シナリオ」で示される“現実”のギャップを埋めるには、省エネルギーや再生可能エネルギーのさらなる推進だけでなく、原子力発電、水素やCCUSなどあらゆる選択肢を追求する必要がある。

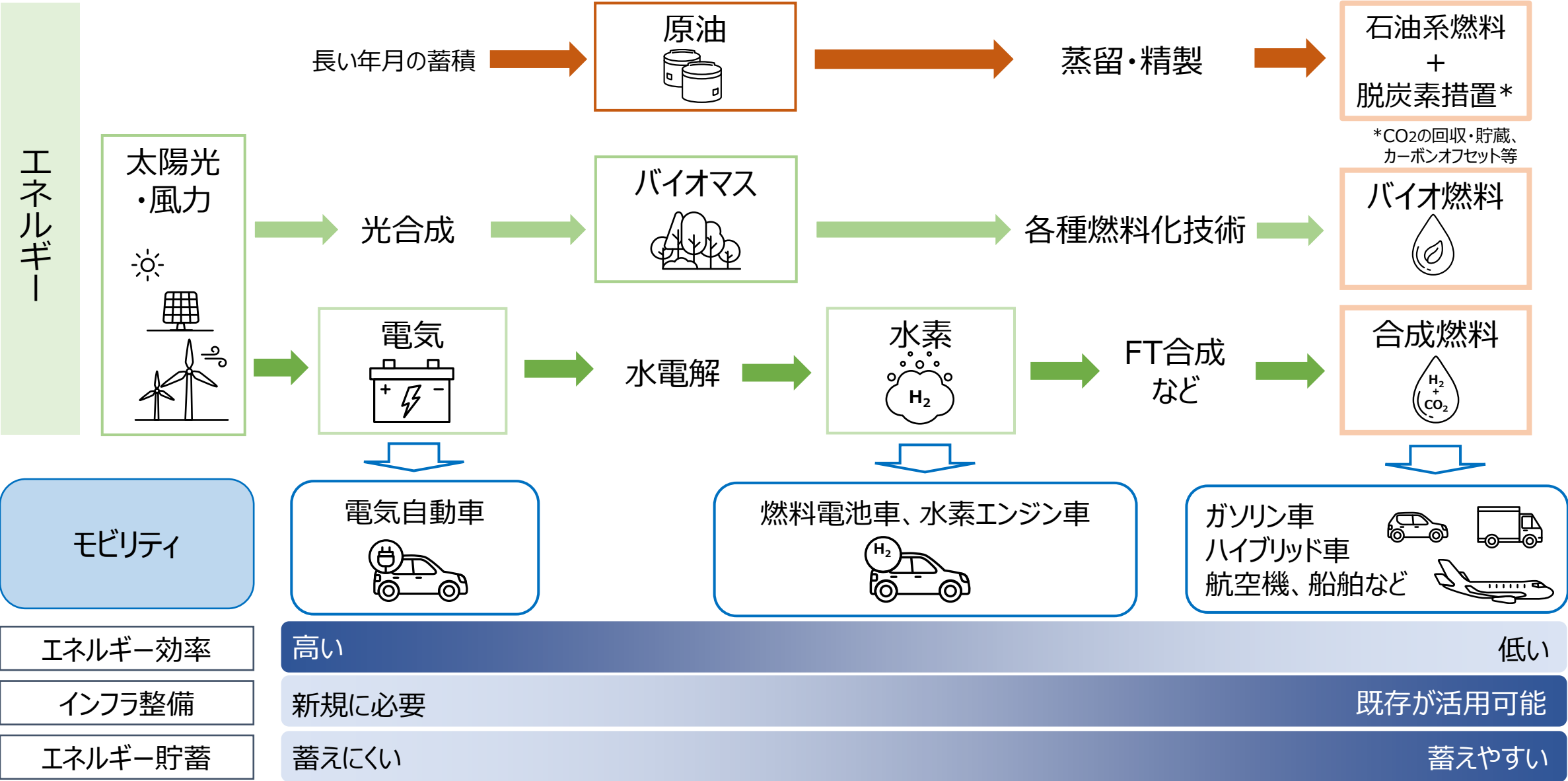
CO₂排出に占める輸送部門の割合は2～3割

- ✓ 日本の全CO₂排出量の約 2 割が運輸部門、うち8割強が自動車（乗用・貨物）からの排出
- ✓ 日本の排出量は世界の3～4%

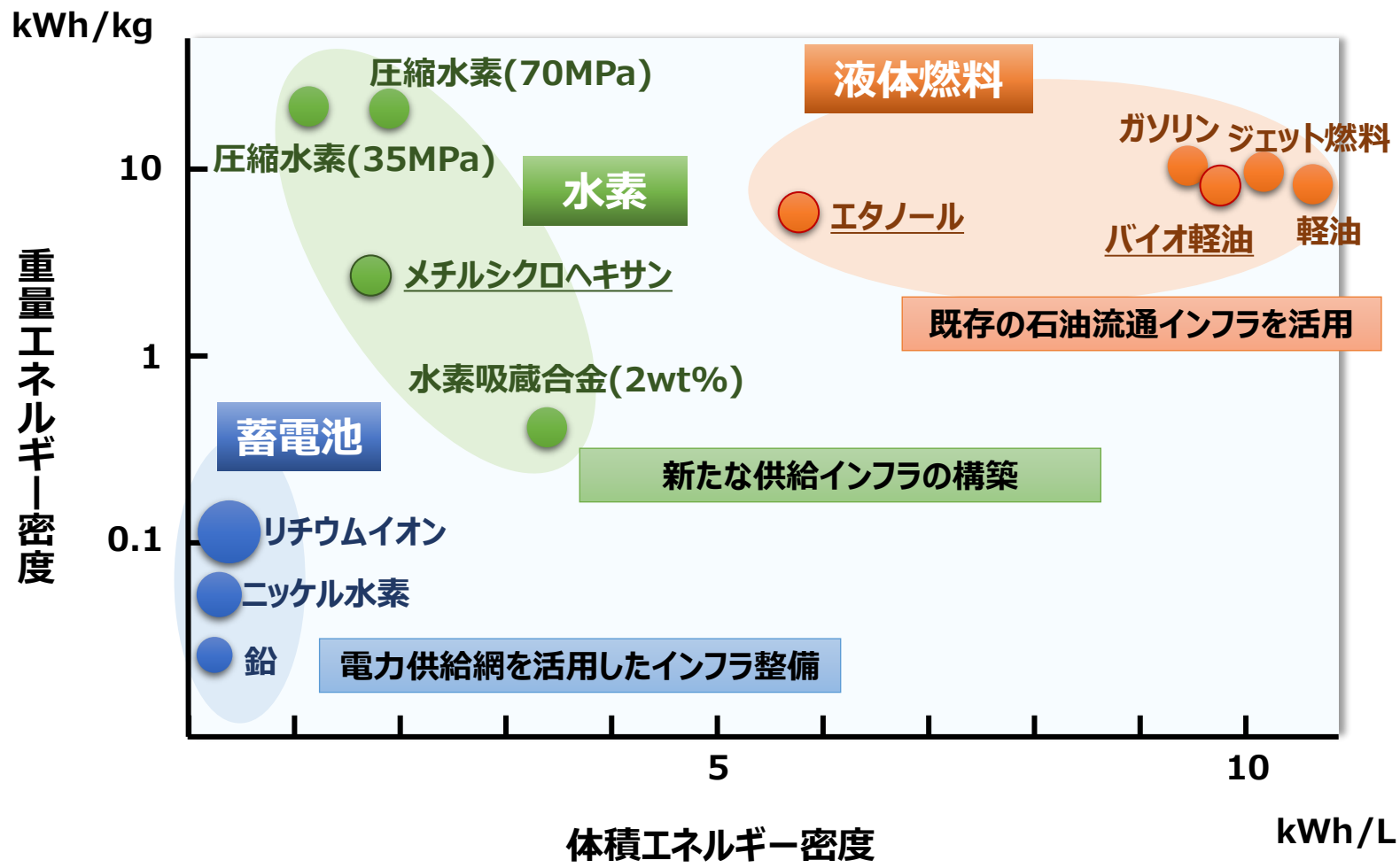


※ 端数処理の関係上、合計の数値が一致しない場合がある。
※ 電気事業者の発電に伴う排出量、熱供給事業者の熱発生に伴う排出量は、それぞれの消費量に応じて最終需要部門に配分。
※ 温室効果ガスインベントリオフィス「日本の温室効果ガス排出量データ（1990～2024年度）確報値」より国土交通省環境政策課作成。
※ 二輪車は2015年度確報値までは「業務その他部門」に含まれていたが、2016年度確報値から独立項目として運輸部門に算定。

カーボンニュートラル燃料とは



移動体向けエネルギーとして使いやすい液体燃料



液体燃料からの置き換えの難しさ

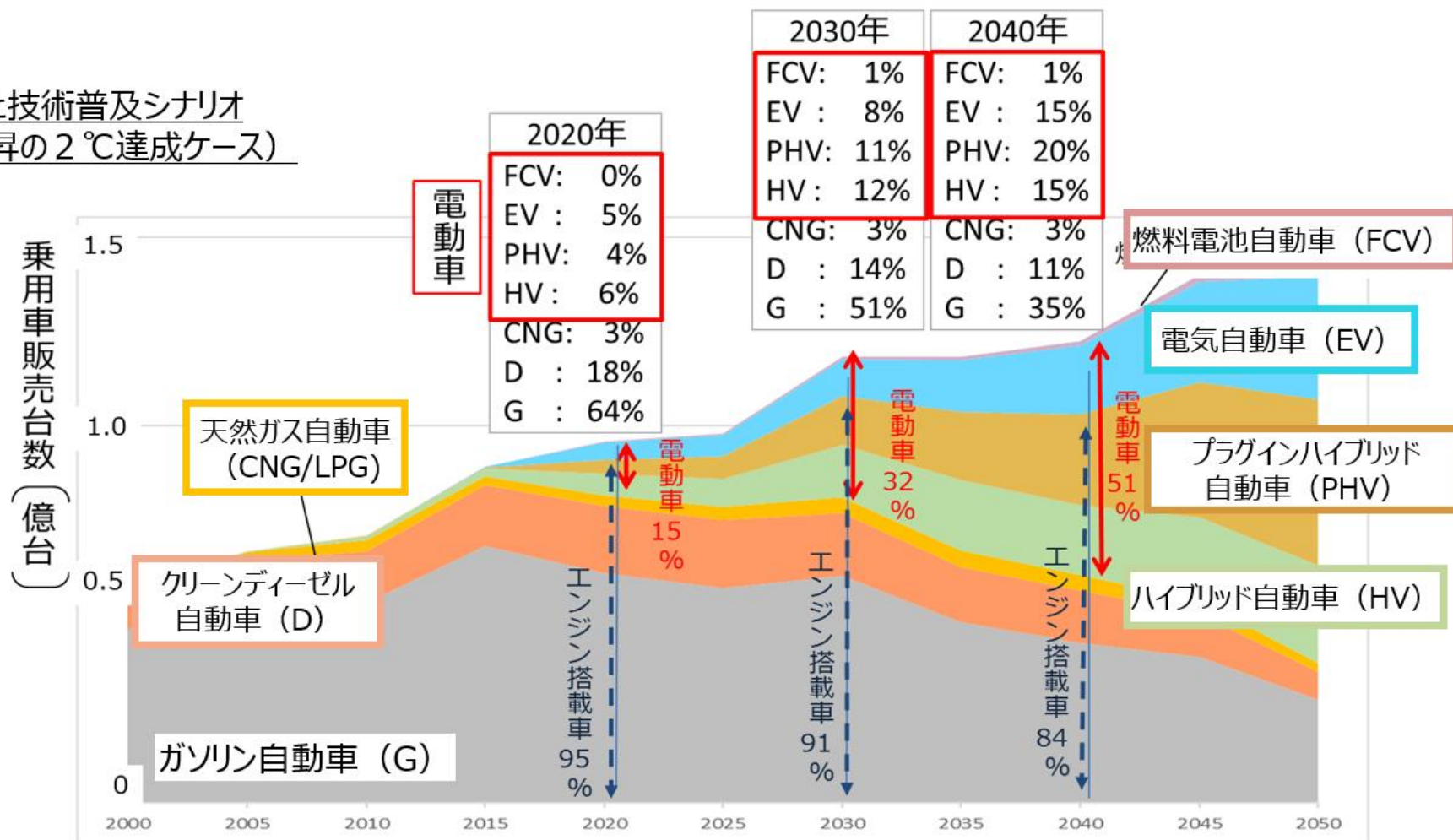
- ✓ 将来燃料の置き換えが進むとしても時間がかかる
- ✓ 液体燃料以外への置き換えが難しい移動手段もある
- ✓ 早期に輸送部門の低炭素化を実現するためには低炭素液体燃料の供給が鍵

種類	駆動	現在		将来	
自動車	エンジン	ガソリン 軽油	⇒	ガソリン, 軽油 (バイオ燃料/合成燃料) 電気, 水素	
トラック	エンジン	軽油	⇒	軽油 (合成燃料) 電気, 水素	
航空機	ジェットエンジン	ジェット燃料	⇒	ジェット燃料 水素, 電気	
大型船舶	エンジン	重油	⇒	重油, バイオ燃料, 合成燃料 ガス(LNG, バイオメタン, 合成メタン) 水素/アンモニア	
鉄道	モーター／エンジン	電気 軽油	⇒	電気 (軽油/バイオ燃料/合成燃料)	

EVが普及しても当面は一定割合の内燃機関車が残るのでは

- ✓ EVが普及しても当面は一定割合の内燃機関車が残るのでは
- ✓ ただし、内燃機関規制に関する各国政策動向は注視する必要がある
(調査機関によっても新車販売台数に占める内燃機関車の割合には幅がある)

IEAが示した技術普及シナリオ
(平均気温上昇の2℃達成ケース)



1. 液体燃料の低炭素化が求められる背景
液体燃料の特長
液体燃料の低炭素化の意義
液体燃料の低炭素化に関する政策動向
エネルギーの要件とは
2. 液体燃料の低炭素化の動向と技術
バイオ燃料（SAF, バイオエタノール）
再生可能エネルギー合成燃料（e-fuel, CCU）
3. さいごに



バイオ燃料・合成燃料に関する政策について

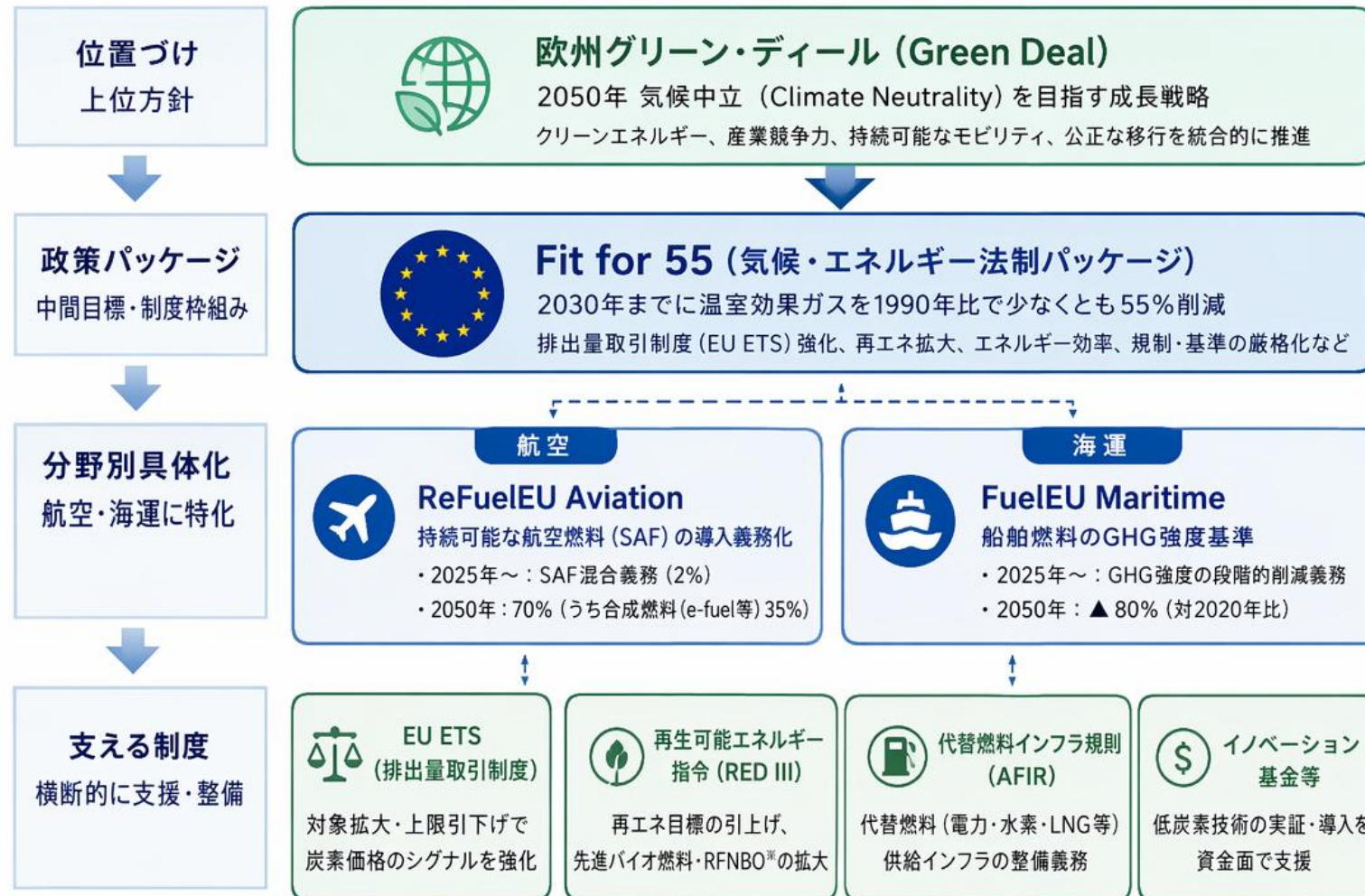
地域	制度・政策	概要
欧州	2040 EU climate target	✓ 2021年発効の欧州気候法の改正案。2040年までに1990年比90%削減を目指す法案。 ✓ 2025年11月、EU理事会・欧州議会は修正案を採択。自動車CO2排出規制見直しにも肯定的。
	Renewable Energy Directive (REDⅢ)	✓ 加盟国に再エネ目標等の設定を求める法的枠組み。2023年に改正案（REDⅢ）を正式採択。 ✓ 加盟国は2025年5月までの国内法対応が求められていたが、現時点でデンマークのみ対応。
	FuelEU Maritime	✓ ライフサイクルGHG強度の上限や合成燃料の使用規定等を定めた規則。2023年に正式採択。 ✓ 2025年から一部導入されているが、合成燃料の使用規定は2034年から開始される予定。
	RefuelEU Aviation	✓ 燃料供給事業者のSAF（e-SAF含む）の混合義務化等を定めた規則。2023年に正式採択。 ✓ SAFの混合義務化は2025年より開始。他方、e-SAFの混合義務化は2030年から開始予定。
	CO2 Emission Standards for Cars and Vans	✓ 乗用車・小型商用車の段階的なCO2削減目標を定めた規則。2023年に改正案を正式採択。 ✓ 2025年、同規則を一部改正する法案を発表。25年以降の毎年達成ではなく3年平均に修正。
	EU Emissions Trading System (EU-ETS)	✓ 2005年に導入された欧州の排出量取引制度。2023年に改正案を正式採択。 ✓ 2024年から海運部門に対象拡大。2028年から燃料供給事業者を対象としたETS2を開始予定。
	European Hydrogen Bank	✓ グリーン水素を中心とした水素生産拡大を目的とした入札形式の支援制度。2022年に設立。 ✓ 第1・2回を2024・2025年に実施。第3回は2025年末予定。e-SAFやメタノール案件も採択。
	Clean Industrial Deal	✓ 欧州の産業競争力と回復力を支援するべく発表された政策文書。2025年に発表。 ✓ 同年7月、CISAF(国家補助枠組み)の基準を明確化。再エネに加え低炭素燃料にも支援拡大。
米国	One Big Beautiful Bill Act (OBBB)	✓ 税制改革や社会保障の見直し等を含む大規模な政策パッケージ。2025年7月に法案成立。 ✓ IRA税額控除では大幅な見直しが図られ、クリーン水素製造クレジット(45V)等に影響あり。
	Reconsidering the GHGRP	✓ GHGRP（GHG報告制度）を廃止する規則案を発表。2025年9月からパブコメを開始。 ✓ 廃棄物排出賦課金（WEC）の対象となるものを除く、全ての報告義務の撤廃を提案。
国際機関	IMO：The IMO Net-Zero Framework	✓ 2050年頃までのGHG排出ゼロの達成に向け、2025年4月、本フレームワークの草案を発表。 ✓ 同年10月に正式採択される見込みであったが、米国が反対し、審議の1年間延期を決議。
	ICAO：CORSIA	✓ 国際航空のためのカーボンオフセットおよび削減スキーム。2021年より施行。 ✓ 現在は第1フェーズ。加盟国は自発的参加だが、2025年から3か国が加わり、現在計129か国。

バイオ燃料・合成燃料に関する政策について

分野	国内外動向（規制/支援）			取り得るオプション
	国際的な動き	海外	日本※	
航空 	○ ICAO・CORSIA の CO ₂ 削減目標	○ EU：① EU-ETS ② ReFuelEU Aviation	○ 高度化法で元売に対して 支援とセットでSAF供給 を義務化予定@ FY2030～2034	HEFA ATJ ガス化FT eSAF
海運 	○ IMO中期 対策：採択見送 り (1年延期)	○ EU：① EU-ETS ② FuelEU Maritime	○ 内航海運目標値は FY2013比▲36% @FY2040	FAME LNG メタノール NH₃
陸運  	— 目標/規制 なし	○ EU：① ETS2 ② CO ₂ 排出 基準規則 (新車向け) ➡ ②は2035年目標 見直し	△ 現状は高度化法の対応 (ETBE)、 イタノール直接混合は国の ロードマップあり、 クリーン燃料証書 制度検討中	ETBE イタノール FAME HVO 合成燃料

EUにおけるカーボンニュートラル燃料政策

- ✓ EUにおいてはエネルギー・気候変動パッケージとして2013年以降、2020年をターゲットに政策が実施されてきたが、現在は2030年に1990年比▲55%を目標として施策を推進。
- ✓ 加えて、2019年12月に公開されたグリーンディールにより、2050年のネットゼロ・エミッションを目指した様々な政策パッケージが議論されている。



EUにおけるカーボンニュートラル燃料政策 “Fit for 55 package”

背景

- 2021年6月24日にEU気候法改正案が成立。
- 同法案においては、「2030年時点で少なくとも▲55%削減（90年比）」のGHG削減 目標を正式に決定。
- EUは同削減目標を達成するための既存法の改定及び新規法令の導入案パッケージとして“Fit for 55”を策定し、7月14日に発表。
*現行の各種制度・施策は、EU気候法改正案成立前の▲40%削減目標の達成が前提

概要

- 本パッケージは、気候変動・エネルギー・土地利用・運輸・税制等の分野における指令・規則 の新規制定案・改正案等により構成されている。
- 各指令案・規則案は、欧州議会とEU理事会の双方から承認を取り付ける必要があり、採択 するまで数年を要する。その過程においては加盟国・産業団体・NGOからの激しいロビー活動 が予想される

炭素価格

- ・ETS
- ・炭素国境調整措置
- ・エネルギー課税

目標

- ・加盟国努力分担(ESR)
- ・再生可能エネルギー (RED)
- ・エネルギー効率化(EED)
- ・土地利用、土地利用変化、林業分野(LULUCF)

規制

- ・自動車のCO2排出基準
- ・代替燃料供給インフラの展開
- ・持続可能な航空燃料
- ・持続可能な船舶燃料

支援措置

- ・社会気候基金(“Social Climate Fund”)
- ・現代化及びイノベーションファンド(“Modernisation and Innovation Funds”)

伊藤忠総研レポートNo.2021-041より

EUにおけるカーボンニュートラル燃料政策 ReFuelEU Aviation / FuelEU Maritime



ReFuelEU Aviation | 航空分野の持続可能な航空燃料（SAF）利用促進規則



対象者

- 航空燃料供給者
- EU域内の空港
- EU出発の航空機運航者



導入・適用開始

2025年1月1日～
（※段階的に義務比率を引上げ）



目的

航空分野の脱炭素化の加速と、
SAFの需要創出・市場拡大

SAF混合義務（EU域内のすべてのフライトに適用）

年	SAF最低混合比率	（うち合成航空燃料）
2025	2%	（0.7%）
2030	6%	（1.2%）
2035	20%	（5%）
2040	34%	（10%）
2045	42%	（15%）
2050	70%	（35%）

※（ ）内は合成航空燃料（e-fuel等）の最低混合比率



燃料の定義・要件

- SAFの定義：持続可能な原料由来のバイオ燃料、再生炭素燃料（Recycled Carbon Fuels）、合成航空燃料（e-fuel）等
- GHG削減率：ライフサイクルで最低70%の削減
- 原料の持続可能性：RED IIIの持続可能性基準に準拠
- UCO（使用済み食用油）等の上限：2030年までにSAFの原料の70%まで



タンクリング防止措置

SAF混合義務の回避を目的とした他国への給油（タンクリング）を防止するための措置を実施



遵守・罰則

- 各年の義務未達分に対し、1.5倍のSAFを翌年に上乗せ義務
- 域内でのSAF供給義務違反：乗客1人あたり500ユーロの罰金



SAF需要の見通し

- 2030年：SAF 600万トン（うち合成航空燃料 120万トン）
- 2050年：SAF 2,050万トン（うち合成航空燃料 1,020万トン）

出典：ReFuelEU Aviation Regulation (EU) 2023/2405、欧州委員会資料等を基に作成



FuelEU Maritime | 海運分野の再生可能・低炭素燃料利用促進規則



対象者・対象船舶

- 総トン数5,000超の船舶の運航事業者
- 対象航海：
 - ① EU域内航海：100%
 - ② EU域外⇄域内航海：50%（※排出量は航海距離に応じて按分）



導入・適用開始

2025年1月1日～



目的

海運分野のGHG排出削減と、再生可能燃料・低炭素燃料の市場拡大

GHG強度基準（Well-to-Wake, gCO₂eq/MJ）

年	基準値（上限）	2020年比削減率
2025	91.16	-2%
2030	77.89	-6%
2035	62.27	-14.5%
2040	45.89	-31%
2045	34.75	-43%
2050	18.23	-62%

※基準値はMJあたりのGHG強度の上限値
※ライフサイクル（Well-to-Wake）で評価

主な仕組み・要件



再生可能・低炭素燃料の利用拡大
RFNBO（合成燃料等）やバイオ燃料等の利用を促進



RFNBOの2倍カウント
RFNBOはGHG強度計算において2倍の効果を適用



オペレーショナル・フレキシビリティ
バンキング（繰越）、ボローイング（前借り）、
ブローリング（共同遵守）を認める



停泊時のゼロエミッション要件
2030年1月1日以降、EU主要港における停泊時の
ゼロエミッション使用を義務化（例外あり）



1%のRFNBO指標（サブ指標）
2031年1月1日以降、エネルギー使用量の1%以上を
RFNBO（非バイオ由来再生可能燃料）とすること



遵守・罰則

- 基準未達の場合、エネルギー不足量（不足したGHG強度分）に応じて罰金を課徴
 - 2,400ユーロ／tの不足（2025–2029年）
 - 2,700ユーロ／tの不足（2030年以降）
- 域内航海の報告・検証義務あり



需要・影響の見通し

- 海運燃料の脱炭素化を通じ、EU域内の再生可能・低炭素燃料需要を大幅に拡大
- RFNBO等の先進燃料市場の創出を支援

出典：FuelEU Maritime Regulation (EU) 2023/1805、欧州委員会資料等を基に作成

EUにおけるカーボンニュートラル燃料政策 EU-REDⅢ

- **再生可能エネルギー指令 EU-RED II (Renewable Energy Directive)**
- ✓ 2020年までの目標を定めた指令 (EU-RED I) を改正する形でEU-RED II が2018年12月成立。
 - ✓ 2023年にRED IIIへと改正。これにより、欧州の全セクターにおける再生可能エネルギー消費の共同目標は、2030年までに少なくとも42.5%へと大幅に引き上げ。

燃料の区分		定義・該当する原料の例	2030年目標値 (輸送分野)
再生可能エネルギー由来燃料 (再生エネルギー由来)	再生エネルギー由来燃料 (非バイオ由来燃料を含む)	- 再生可能電力由来の電力 - 再生可能電力由来の水素 (再生エネルギー水素) およびメタノール - 廃棄物由来の非バイオ燃料 (例: 廃棄物由来の電力・燃料 等)	輸送部門全体で 29%以上 (GHG基準: 14.5%削減) ※下限値
	バイオ由来燃料	先進的バイオ燃料 (Annex IX Part Aに列挙)	先進的バイオ燃料 (Annex IX Part A) 最低 2.2%以上 ※下限値
		バイオ燃料 (従来型) (Annex IX Part Bに列挙)	従来型バイオ燃料 (Annex IX Part B) 最大 7.0%以下 ※上限値
		食物由来燃料	食物由来燃料 最大 7.0%以下 ※上限値
	乗数 (マルチプライヤー)		
		Annex IX Part Aの先進的バイオ燃料・RFNBOは、2倍まで乗数の適用が可能 (上記下限値の計算において)	
RFNBOの上限		再生エネルギー由来燃料のうち、RFNBO (再生可能電力由来の水素・電力を原料とする燃料) の計上は、最大 1.2%まで	
留意点		- 上記はエネルギーベース (供給量ベース) の目標値 「先進的バイオ燃料」の下限 2.2%は、全ての輸送用燃料に占める割合 (ダブルカウント適用後) - 従来型バイオ燃料および食物由来燃料は、それぞれ上限 7.0%まで - 各値は加盟国の報告・検証の対象	

(出典) RED III (EU) 2023/2413、Annex IX、Article 25、Article 27 等に基づき作成

米国におけるカーボンニュートラル燃料政策 Renewable Fuel Standard

- **再生可能燃料基準 (Renewable Fuel Standard)**
- ✓ 2005 年の包括エネルギー法 (Energy Policy Act of 2005) において、再生可能燃料基準 (Renewable Fuel Standard, RFS) が策定され、燃料供給事業者の輸送用ガソリン、ディーゼル販売量に対して一定比率の再生可能燃料の供給を義務付け。

RFS (Renewable Fuel Standard : 再生可能燃料基準)	
目的	再生可能燃料の生産・利用拡大、エネルギー安全保障、温室効果ガス削減
根拠法	エネルギー政策法 (EPACT) 2005年
主管	EPA (米国環境保護庁)
義務対象者	・ RVO (再生可能燃料義務量) を満たす必要がある燃料供給事業者 例：石油精製業者、輸入業者
仕組み	年次の再生可能燃料義務量 (RVO) を設定し、義務対象者は RIN の保有・提出により遵守を証明
対象燃料 (カテゴリー)	・ 再生可能燃料 (D6 : 主にエタノール) ・ バイオマス系ディーゼル (D4 : Biodiesel, Renewable Diesel等) ・ 先進バイオ燃料 (D5 : セルロース系、バイオ燃料、SAF等) ・ その他の先進バイオ燃料 (D3 : 一部のバイオインターミディエート等)
義務量の設定	EPA が毎年、全体量 (総量) およびカテゴリー別の RVO を設定・公表
違反時のペナルティ	未達成量 × \$ (ペナルティ単価) を納付 (例：2024 年は \$2.90/gal)

RIN (Renewable Identification Number : 再生可能識別番号)	
目的	再生可能燃料の生産・流通・使用を識別し、RFS 義務の遵守を証明する証書
発行	再生可能燃料の生産・輸入時に EPA が RIN を発行 (1 ガロンあたり 1 RIN が基本) 例：セルロース系 (D5) は 1 ガロンあたり複数の RIN (乗数)
種類 (カテゴリーコード)	D3 / D4 / D5 / D6 (右表参照)
単位	ガロンあたり RIN (例：セルロース系は係数あり)
機能	義務対象者は保有する RIN を EPA に提出して RVO を遵守
取引	市場で売買可能 (RIN マーケット)
有効期間	発行年の翌年末まで (通常、翌年 12 月 31 日までに提出が必要)
提出先	EPA (EMTS : 電子的な提出システム)

RIN カテゴリー (Dコード) と主な燃料			
Dコード	カテゴリー名	主な燃料・例	乗数 (目安)
D3	その他の先進バイオ燃料	バイオ由来原料の中間留留分等	1.5
D4	バイオマス系ディーゼル	バイオディーゼル、再生可能ディーゼル、SAF (バイオ由来) 等	1.0
D5	先進バイオ燃料	セルロース系エタノール、バイオブタノール、SAF (先進) 等	1.5~3.0
D6	再生可能燃料 (主にエタノール)	トウモロコシ由来エタノール等	1.0

※乗数は燃料・経路により異なる



米国におけるカーボンニュートラル燃料政策 Inflation Reduction Act

➤ インフレ抑制法 (Inflation Reduction Act)

✓ 2022年成立。気候変動対策とエネルギー安全保障を目的に、クリーンエネルギー投資と製造・導入を支援する連邦法。



※財源規模は米国議会予算局 (CBO) による10年間 (2022~2031年) の見積もり。為替は1ドル=100円で換算 (概算)。

米国におけるカーボンニュートラル燃料政策 OB BB ; One Big beautiful Bill Act

➤ インフレ抑制法 (Inflation Reduction Act)

- ✓「One Big Beautiful Bill Act」は、2025年7月4日に米国で成立したトランプ政権によって発表された包括的な法案。税制改革、社会保障の見直し、防衛・移民政策の強化などを含む大規模な政策パッケージ。
- ✓本法案では、クリーンエネルギーや脱炭素技術に関する優遇税制を定めたIRAに対して大幅な変更を実施。



1 クリーンエネルギー税額控除の見直し

- ・ 風力・太陽光などの投資税額控除（ITC）・生産税額控除（PTC）を前倒しで段階的に廃止
- ・ 原則、**2028年末**までに「運転開始」したプロジェクトが対象
- ・ 2026年以降に着工したプロジェクトは、厳しい**国内調達・労働要件**を満たす必要あり



2 クリーン燃料関連の優遇縮小

- ・ 代替燃料インフラ税額控除やクリーン燃料生産税額控除などを**廃止**
- ・ SAF（持続可能な航空燃料）や再生可能ディーゼル等の支援も対象外に
- ・ インフレ抑制法（IRA）で新設された多くのクリーン燃料系インセンティブを**停止**



3 その他の主な変更

- ・ 税額控除の譲渡（Transferability）や直接支払い（Direct Pay）を**原則廃止**
- ・ 税額控除の上限設定や技術中立性の後退等、支援の予見可能性が低下
- ・ 連邦支出削減を通じて財政赤字の抑制を重視

他の米国再エネ・燃料政策との関係



RFS・RIN制度

再生可能燃料の義務量（ブレンド義務）とRIN取引を規定する制度は継続



OB BB

税制優遇の大幅縮小・前倒し終了により、民間投資やプロジェクト採算性に影響



IRA（インフレ抑制法）

多くの税額控除・支援制度を創設したが、OB BBにより大幅に縮小・廃止



ポイント

OB BBは、IRAで拡充された再エネ・低炭素燃料への税制支援を大きく後退させ、2028年以降の新規プロジェクトの経済性・投資判断に不確実性をもたらす。

日本におけるカーボンニュートラル燃料政策

➤ GX・エネルギー基本計画のもと、核燃料分野の導入・利用拡大を推進



日本におけるカーボンニュートラル燃料政策 エネルギー供給高度化法

- エネルギー供給高度化法（エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の利用及び化石エネルギーの有効な利用の促進に関する法律）
 ✓ 高度化法の告示において、**バイオエタノールの導入目標量（原油換算50万kL）**を提示。

	二次告示（2018～2022年度）	改正(2020.4～)
バイオエタノールの利用の目標量	バイオエタノールの利用の目標量総計：50万kL/年 (原油換算量)	
利用対象	揮発油にバイオエタノールを混和した自動車用燃料	揮発油にバイオエタノールを混和した自動車用燃料 バイオジェット燃料(エタノール換算)
削減の基準	・削減基準55%（50%から引き上げ） ・ブラジル産に加え、米国産のGHG削減効果も告示に記載	同左 （化石燃料、電力の排出量に関してLCAおよび非化石価値取引市場で取引される非化石価値を踏まえて算出した排出係数を使用することができる）
次世代バイオエタノールの利用目標量	（未提示）	原則1万kL/年(エタノール換算)（2023～2027年度の5か年、免除条件付き）
次世代バイオエタノール	・以下を原料として製造されたバイオエタノールは利用量を2倍にして計上できる ①草本、木本等のセルロース原料	・以下に掲げる原料や技術を用いて製造されたバイオエタノールは、その利用量を2倍にして計上できる ・ GHG排出量が揮発油の10%未満であるもの（②③には当面適用しないがGHG排出削減に努めること） ①草本や木本等のセルロース系原料(非製造物) ②回収された使用済み製造物中のセルロース系原料（古紙等） ③カーボンリサイクル技術
(バイオジェット)		・以下に掲げる原料から製造されたバイオジェット燃料は、その利用量を2倍にして計上できる ①草本や木本等のセルロース系原料(非製造物) ②回収された使用済み製造物中のセルロース系原料(古紙等) ③カーボンリサイクル技術 ④微細藻類 ⑤廃食用油 ⑥動物性油脂 ⑦その他非可食用油

➤ 現在、持続可能性基準（GHG排出量削減率55%⇒60%）およびエタノールのGHG排出量規定値の見直しが進められている。

GHG排出量削減基準の考え方

- 2050年カーボンニュートラルに向けて、我が国の輸送分野におけるGHG排出量削減への貢献を高めるため、国内外の制度においてバイオ燃料に高いGHG削減率が求められている状況を踏まえ、**揮発油比で55%から60%に引き上げる**こととする。
- ただし、**揮発油のLCGHG排出量を、今後実態調査を実施した上で見直す**こととしており、仮に揮発油のLCGHG排出量が大きく変動した場合、エタノールの調達割合に影響し、安定的な調達に支障をきたす恐れがあることから、**揮発油のLCGHG排出量の見直しと合わせて告示に反映する**。

※ 揮発油のLCGHG排出量の実態調査を行った結果、**揮発油の既定値が増加し、実際のGHG排出量がこれまでよりも増えてしまうことがない**よう、揮発油のLCGHG排出量の値を見つ、**例えば、GHG排出削減基準をさらに引き上げる等の工夫について、あわせて検討する**。

＜米国RFS2におけるGHG排出量削減率＞			
燃料種		GHG削減率	
従来型バイオ燃料（≒とうもろこし由来エタノール）		▲20%以上	
先進型バイオ燃料	セルロース系バイオ燃料	▲60%以上	
	バイオディーゼル	▲50%以上	
	上記以外の先進型バイオ燃料（※）	▲50%以上	（※）ブラジル産さとうきび由来バイオ燃料を含む。

- ＜EU RED IIにおけるGHG排出量削減率＞
- 2015/10/5以前に稼働を開始した設備で生産された輸送部門用のバイオ燃料：▲50%以上
 - 2015/10/6～2020/12/31に “ ”：▲60%以上
 - 2021/1/1以降に “ ”：▲65%以上
 - （2021/1/1以降、輸送部門で消費される合成燃料（RFNBO））：▲70%以上
- （※）イギリスのRFTO（再生可能燃料導入義務）におけるGHG排出量削減率は、EU RED IIに準拠。

＜日本FITにおけるGHG削減率＞		削減率			
		制度開始前	制度開始～2029年度	2030年度	2031年度以降
に規定時期	2021年度まで	なし	自主的取組の情報開示・報告		
	2022年度～制度開始前まで	なし	▲50%	▲70%	2025年度頃を目途に検討
	制度開始～2029年度まで	－	▲50%	▲70%	
	2030年度以降	－	－	▲70%	

LCGHG排出量の既定値の考え方

修正

- アメリカ産トウモロコシ由来のエタノールについて、LCAの専門家等へのヒアリングや最新のデータ（GREET2022）等を踏まえて、最新のLCGHG排出量を確認。軽油等の化石燃料の電化、肥料や化学物質等のGHG排出量の減少、国際輸送時の燃費向上等によりLCGHG排出量が低減。
- ブラジル産サトウキビ由来のエタノールについて、RenovaBio制度に基づく同国エタノール生産事業者の最新のLCGHG排出量に関する報告内容等を確認。エタノール生産の効率化、国際輸送時の燃費向上等によりLCGHG排出量が低減。
- 揮発油のLCGHG排出量については、特に「精製工程」について、**詳細な実態調査が必要。石油連盟等の関係機関と連携し、2023年度中に調査を完了**させ、その後適切なタイミングで**検討委員会を開催し、告示に反映する**。

＜現行の判断基準におけるLCGHG排出量の既定値と、見直し後の既定値との比較＞
(g-CO2eq/MJ)

	現行の既定値	見直し後の既定値
アメリカ産トウモロコシ由来のエタノール	43.15 ガソリン比 △51%	36.8637.10 ガソリン比 △58%
ブラジル産サトウキビ由来のエタノール	33.61 ガソリン比 △62%	28.5928.56 ガソリン比 △68%
揮発油（ガソリン）	88.74	88.74

1. 液体燃料の低炭素化が求められる背景

液体燃料の特長

液体燃料の低炭素化の意義

液体燃料の低炭素化に関する政策動向

エネルギーの要件とは

2. 液体燃料の低炭素化の動向と技術

バイオ燃料（SAF, バイオエタノール）

再生可能エネルギー合成燃料（e-fuel, CCU）

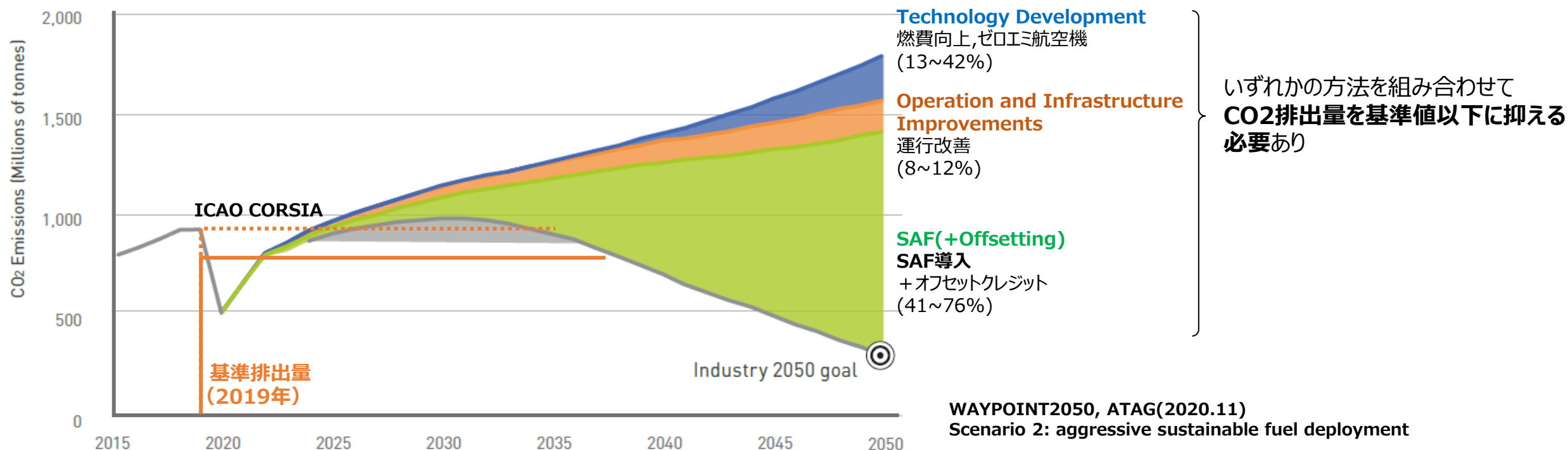
3. さいごに



航空分野におけるカーボンニュートラル燃料政策

※SAF (Sustainable Aviation Fuel)

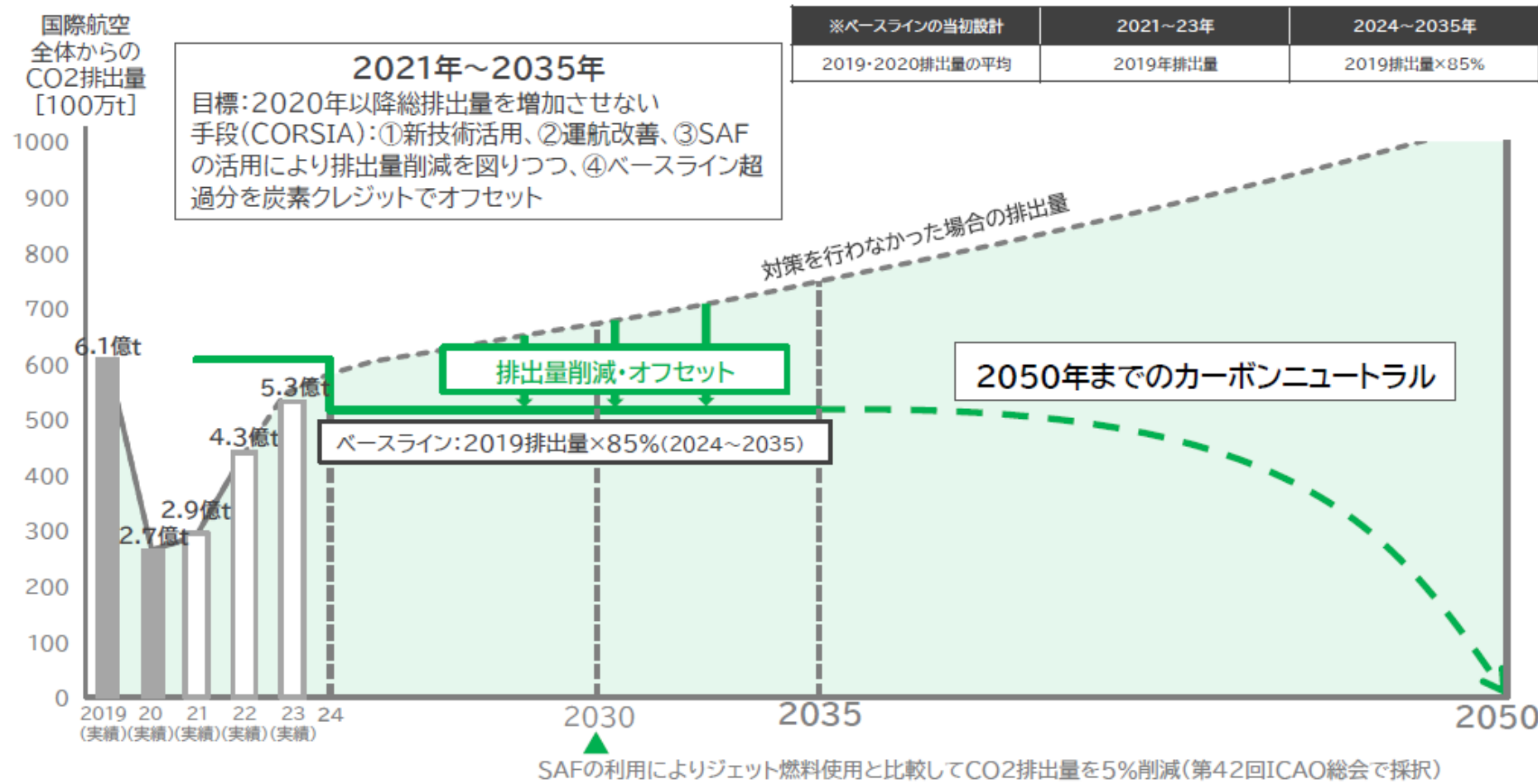
- 航空分野は基準排出量以下に抑えるオフセット義務量が設定
- 2024年～自主的参加、2027年～義務化
- 航空会社各社はSAF(Sustainable Aviation Fuel)供給への期待が高い



- ICAO (International Civil Aviation Organization) : 国連の国際民間航空機関
- CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) : ICAOが作成した、排出量を2020年水準に抑えるための国際標準・勧告
- IATA (International Air Transport Association) : 世界の航空会社で構成される業界団体。およそ120か国、約265社の航空会社が加盟
- IATA Action Plan : 2050年までに2005年CO₂排出量対比50%

航空分野におけるカーボンニュートラル燃料政策

- 第39回ICAO総会(2016年)において、2035年までのCORSIA(Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation)を採択。
- 第41回ICAO総会(2022年)において、2050年までのカーボンニュートラルを目指す脱炭素化長期目標(LTAG)を採択するとともに、CORSIAのオフセット量算定基準となるベースラインを変更(※)することを決定。

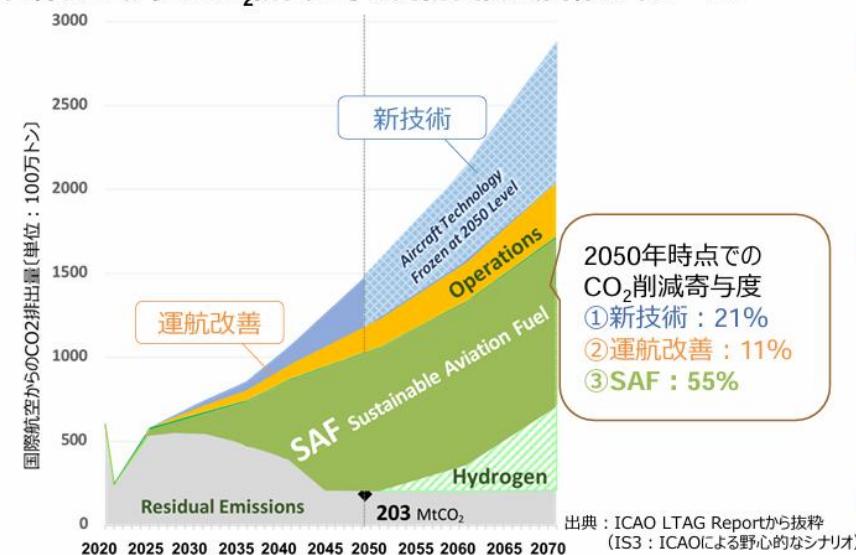


航空分野におけるカーボンニュートラル燃料政策

- 航空業界の国際機関であるICAO※において、国際航空輸送分野における**2021年以降のCO₂排出量を、2019年のCO₂排出量（基準排出量）に抑えることが目標とされている。**
また、2022年10月のICAO総会において、**2024年以降は、2019年のCO₂排出量の85%以下に抑える**という、より厳しい目標が採択された。
- 航空会社は、こうした目標を達成するため、CO₂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）**の導入が必要とされている。
- この国際的な目標達成のため、**持続可能な航空燃料（SAF, Sustainable Aviation Fuel）の利用は、最もCO₂削減効果が高い**とされており、2023年11月のICAOの代替燃料に関する第3回会合（CAAF/3）では、「**2030年までにSAF等の利用により、5%の炭素削減を目指す**」といった**グローバルな中間目標が設定された。**

資源エネルギー庁 脱炭素燃料政策小委員会資料より抜粋

＜国際航空からのCO₂排出量予測と排出削減目標のイメージ＞



日本におけるSAFに関する取り組み

■ 支援策および制度・設計の方針

- 支援（設備投資補助、生産量に応じた税額控除等）と規制・制度（航空法に基づくSAFの利用目標量の設定等）を一体的に措置。

支援策

- SAF需要の拡大に向けた製造技術開発・実証支援及び原料の多様化に係る研究開発支援（R7エネ特 約84億円の内数）
- グリーンイノベーション基金を用いたSAFの製造技術開発（GI基金 約511億円）
- 20兆円規模のGX経済移行債を活用した、大規模なSAF製造設備の構築に係る設備投資支援（5年間で約3,400億円）
- 「戦略分野国内生産促進税制」により、SAFの国内生産・販売量に応じて、1L当たり30円の税額控除【施行済み】
- 安定的な原料確保に向けたサプライチェーンの構築支援（R6補正 約1,500億円の内数）

規制・制度

- エネルギー供給構造高度化法において、2030年のSAFの供給目標量を「2019年度に日本国内で生産・供給されたジェット燃料のGHG排出量の5%相当量以上。」と設定。【9/30 脱炭素燃料政策小委員会で承認済】
- 本邦エアラインに対して、ICAO・CORSIAによるオフセット義務に加えて、航空法における航空脱炭素化推進基本方針に基づき申請する脱炭素化推進計画において、2030年のSAFの利用目標量を設定【措置済み】
- 航空を利用する旅客及び貨物利用者（荷主）等に対して、Scope3を“見える化”できる環境を整備【措置済み】

現 状

- 各石油元売事業者においては、今年中にSAF製造プラントにかかる投資判断を行う見込みであり、**航空会社と石油元売事業者との間で、SAF売買に関する交渉が開始。**
- 一定程度、**売買契約**が見えない中では、**石油元売事業者**は投資判断を行うことができない。
- 航空会社**としても燃料費の高騰は経営への影響が非常に大きく、**国際競争力のある価格**の国産SAFが必要不可欠。

SAFの導入促進に向けた官民協議会

（構成員）供給事業者、商社、空港会社、航空会社等
（事務局）資源エネルギー庁、航空局

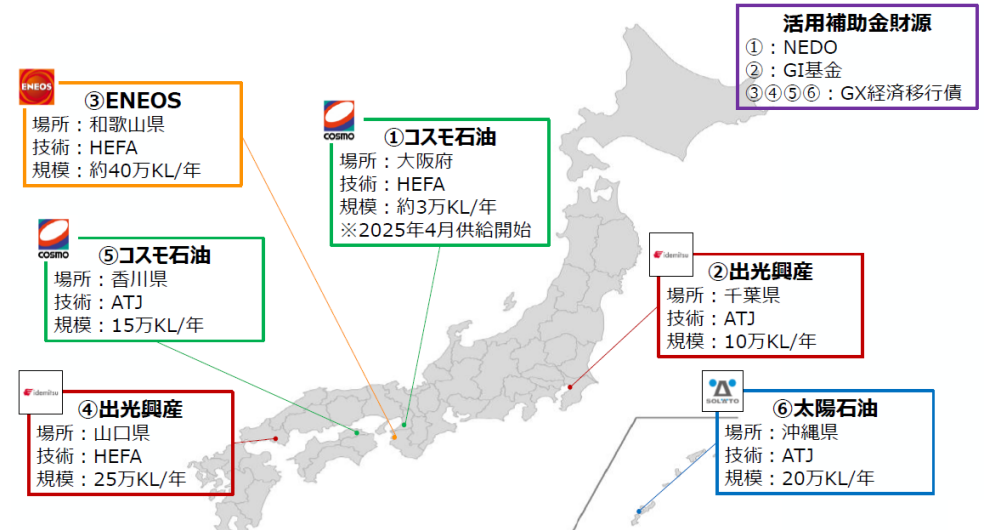
SAF流通WG

SAF製造・供給WG

更なるSAF導入促進策検討タスクフォース

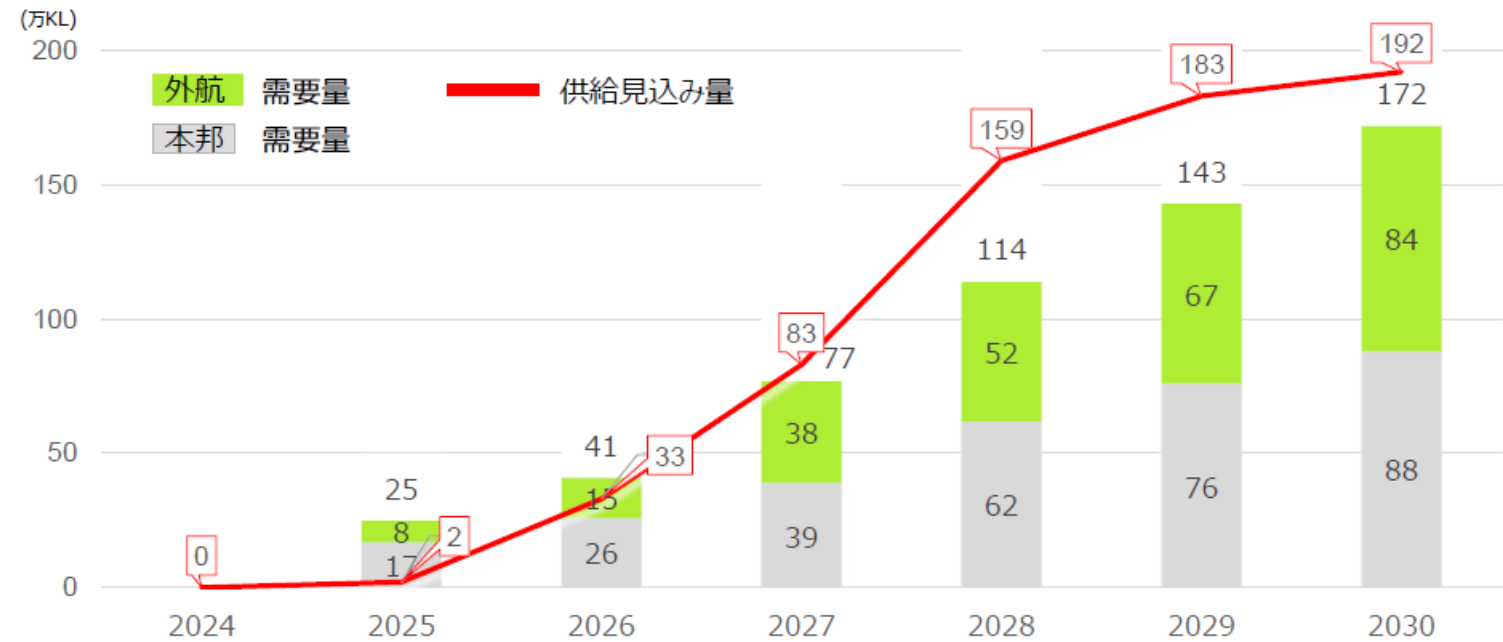
国際競争力のある価格実現に向け、供給・利用側の認識をすり合わせるとともに、国産SAFの導入促進に向けた方策について検討を深める場として、「更なるSAF導入促進策検討タスクフォース」を設置。（令和7年7月）

■ 国内の主なSAFプロジェクト



SAF需要見込み（日本）

- 国交省が、航空会社が作成した計画等により試算したところ、
2030年時点では国内において**172万kLのSAF利用**（本邦＋外航）が見込まれる。



本邦航空会社	・各年の給油量は航空運送事業脱炭素化推進計画及びヒアリングを基に積み上げ(※1)。
外航航空会社	・2030年にジェット燃料給油量の10%をSAFに置き換えるものとし、各年均等(約1.7%)に利用量を増やすものと想定。 ・2030年のジェット燃料給油量は、2019年給油実績にICAOのCO2排出量増加量(※2)を乗じて算出。 ・2019年の給油実績は、航空輸送統計を利用。 ・2030年利用見込みは、日本に就航している外航航空会社へのアンケート、および主要社への個別ヒアリング結果を反映。

・供給量の見通し(2030)は、第3回SAF官民協議会資料を基に作成
※1 国際競争力のある価格が前提。輸送量により変動。
※2 出典: Analyses in Support of the 2022 CORSIA Periodic Review:Assessment of Additional CORSIA Baseline Options (2022年6月)

SAF (Sustainable Aviation Fuel) として使用するためには、以下の主要要件を満たす必要がある。

① **GHG削減率や原料が、CORSLAが定める基準に適合していること**

(CORSLA Eligible Fuel)

- ・**GHG削減率10%以上** (89gCO₂/MJ×90%以下)

- ・**その他持続可能性基準を満たすこと**

(原料産地の炭素含有量、水、土壌大気保守、廃棄物及び化学品、人権及び労働者の権利、土地利用の権利水利用の権利、地域と社会の発展、食料安全保障)

② **ASTMが定める性状規格に適合していること**

(ASTM D7566 ; Standard Specification for Aviation Turbine Fuel Containing Synthesized Hydrocarbons)

- ・**新しい製造法によるバイオジェット基材については、各Annexは性状分析からエンジンテストまでを実施し、安全性が確認できて初めて認められる**

① SAF : Sustainable Aviation Fuel/再生可能由来または廃棄物由来の燃料

② LCAF : Low Carbon Aviation Fuel/低炭素基準を満たす化石由来燃料

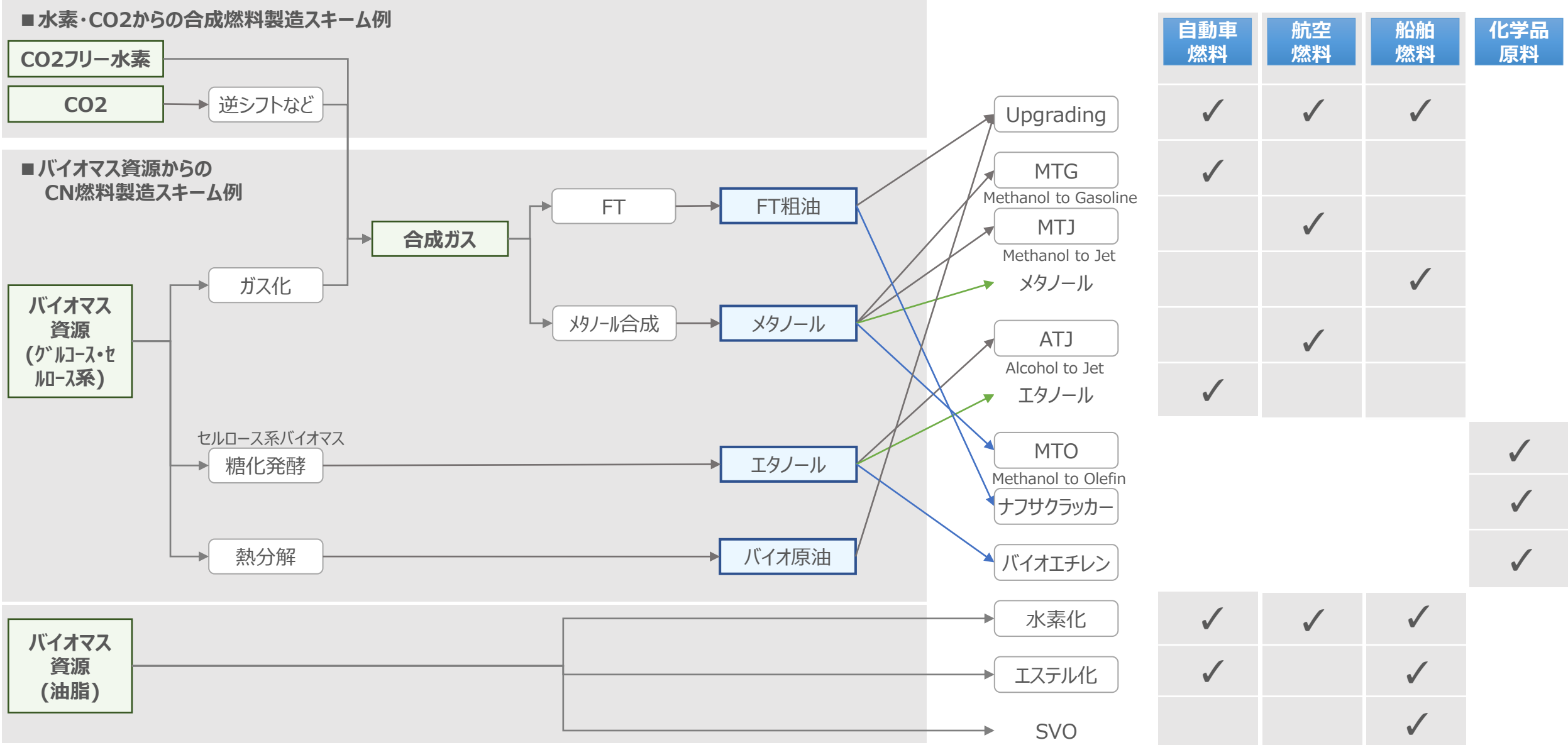
…エネルギーの高効率利用・CCS等を活用し、総GHG排出量を10%以上削減した化石由来燃料

CORSIAが定めるSAF基準

テーマ	原則	基準
1. 温室効果ガス	CORSIA SAFはライフサイクルベースで炭素排出量を削減すること。	基準1.1: CORSIA SAFは、航空燃料のベースラインの値と比較して、ライフサイクルベースで少なくとも10%の正味の温室効果ガス削減を実現すること。
2. 炭素ストック	CORSIA SAFは高い炭素ストックをもつ土地から得られるバイオマスから作られていないこと。	基準2.1: CORSIA SAFは、かつて原生林、湿地、泥炭地であった土地から2008年1月1日以降に転換された土地、かつ／もしくは原生林、湿地、泥炭地における炭素ストックの減少を引き起こすような土地から得られたバイオマスから作られていないこと。 基準2.2: 2008年1月1日以降の土地利用変化を伴う場合には、IPCCの土地区分を用いて直接土地利用変化による排出量を算定すること。直接土地利用変化による排出量が、間接土地利用変化による排出量のデフォルト値を超える場合には、直接土地利用変化による排出量で間接土地利用変化による排出量のデフォルト値を置き換えること。
3. 水	CORSIA SAFの製造は、水質及び水の利用可能性を維持又は向上させるものであること。	基準3.1: 水質を維持又は向上させるための運用上の慣行を実施すること。 基準3.2: 水を効率的に利用し、地表水又は地下水の資源が補充能力を超えて枯渇するのを防ぐための運用上の慣行を実施すること。
4. 土壌	CORSIA SAFの製造は、土壌の健全性を維持又は向上させるものであること。	基準4.1: 土壌の健全性(物理的、化学的、生物学的状態等)を維持又は向上させるための原料生産又は残渣収集に係る農林業の最良の管理慣行を実施すること。
5. 大気	CORSIA SAFの製造は、大気質に対する悪影響を最小限に抑えるものであること。	基準5.1: 大気汚染物質の排出を抑制すること。
6. 保全	CORSIA SAFの製造は、生物多様性、保全価値及び生態系サービスを維持するものであること。	基準6.1: 管轄する国が生物多様性、保全価値又は生態系サービスのために保護する地域から得られたバイオマスからCORSIA SAFを製造しないこと。ただし、その活動が保護目的の妨げにならないことを示す証拠が提供される場合は除く。 基準6.2: 栽培された外来種及び改変された微生物が無秩序に広がるのを防ぐ目的で、侵略リスクの低い原料を選択して適切な管理を行うこと。 基準6.3: 管轄する国が生物多様性、保全価値、又は生態系サービスのために保護する地域に対する悪影響を回避するための運用上の慣行を実施すること。
7. 廃棄物及び化学物質	CORSIA SAFの製造は、廃棄物及び化学物質使用の責任ある管理を推進するものであること。	基準7.1: 製造工程から発生する廃棄物及び使用した化学物質が確実に保管、処理、廃棄されることを確保するための運用上の慣行を実施すること。 基準7.2: 農薬の使用を制限又は削減するための科学的根拠に基づく責任ある運用上の慣行を実施すること。
8. 人権及び労働者の権利	CORSIA SAFの製造は、人権と労働者の権利を尊重するものであること。	基準8.1: CORSIA SAFの製造は、人権と労働者の権利を尊重すること。
9. 土地利用の権利及び土地利用	CORSIA SAFの製造は、土地の権利及び土地利用の権利(先住民の権利及び/又は慣習上の権利を含む。)を尊重するものであること。	基準9.1: CORSIA SAFの製造では、既存の土地の権利及び権利を含む土地利用の権利(公式・非公式を問わず、先住民の権利を含む。)を尊重すること。
10. 水利用の権利	CORSIA SAFの製造は、以前の公式又は慣習的な水利用の権利を尊重するものであること。	基準10.1: CORSIA SAFの製造では、地域社会及び先住民社会の持つ既存の水利用の権利を尊重すること。
11. 地域及び社会の発展	CORSIA SAFの製造は、貧困地域の社会的・経済的発展に寄与するものであること。	基準11.1: CORSIA SAFの製造では、貧困地域において、事業の影響を受ける地域社会の社会経済的状況を改善するよう努めること。
12. 食料安全保障	CORSIA SAFの製造は、食料不安のある地域における食料安全保障を促進するものであること。	基準12.1: CORSIA SAFの製造では、食料不安のある地域において、直接影響を受けるステークホルダーの食料安全保障の向上に努めること。

- ✓ 2024年1月以降に認証される燃料事業者により生産される燃料が対象。
- SAFの持続可能性基準の**新設・追加**
 - 炭素ストック(Criterion 2.1)の**追加**:サンゴ礁、海藻・海草地帯、河口などから転換された水界生態系もバイオマスの原料栽培不可の対象に追加。
 - GHG排出削減の永続性(Criterion 3.1)の**新設**:CCSの結果生じる非永続的な事象の監視、緩和、補填が実行される必要がある。
 - 廃棄物および化学物質(Criterion 8.3)の**新設**:化石燃料資源、製造燃料、その他の化学物質からの非意図的な排出によるダメージの回避、最小化、緩和が実行される必要がある。

バイオ燃料の製造スキーム



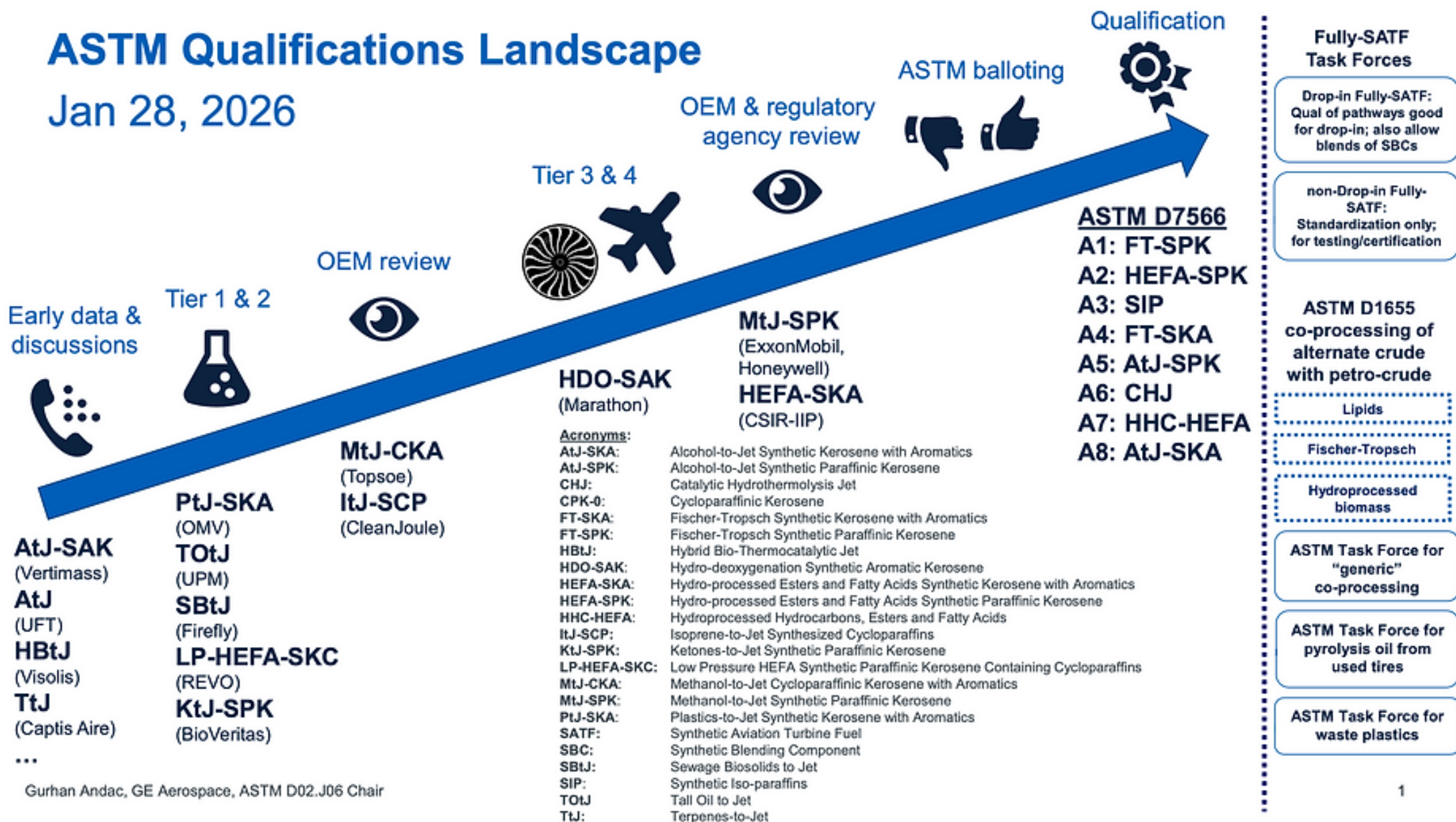
ASTMに定めるバイオジェット基材

D7566	製造法	原料	混合上限	認証取得
Annex 1	FT合成・水素化 (FT)	都市ごみ・木質バイオマス(ガス化)	50%	2009.6
Annex 2	脂肪酸・エステル水素化処理(HEFA)	植物油・廃食用油等	50%	2011.7
Annex 3	発酵糖水素化処理 (SIP)	糖・糖誘導体（さとうきび、コーン由来、セルロース由来等）	10%	2014.6
Annex 4	非石油由来軽質芳香族のアルキル化 (FT/A)	FT由来オレフィン 非石油由来芳香族	50%	2015.11
Annex 5	アルコールからのジェット合成(ATJ)	エタノール、イソブタノール	50%	2016.4 2018.6
Annex 6	接触水熱分解(CHJ)	脂肪酸エステル・脂肪酸	50%	2019.12
Annex 7	炭化水素・脂肪酸・エステル水素化処理 (HC+HEFA)	微細藻類(油脂,炭化水素)	10%	2020.5
Annex 8	アルコールからの芳香族含有ジェット合成(ATJ-SKA)	Hydroprocessed esters/fatty acids from biomass'		2023.8

D1655	Co-processing法	原料	混合上限	認証取得
Annex A1.2.2.1	脂肪酸・エステル共処理	植物油・廃食用油等の石油系留分との共処理	5% (原料及び製品)	2018
Annex A1.2.2.2	FT炭化水素共処理	FT由来炭化水素の石油系留分との共処理	5% (原料及び製品)	2020
Annex A1.2.2.3	HEFA共処理	脂肪酸・エステル水素化処理油の共処理	24% (原料) 10% (製品)	2023

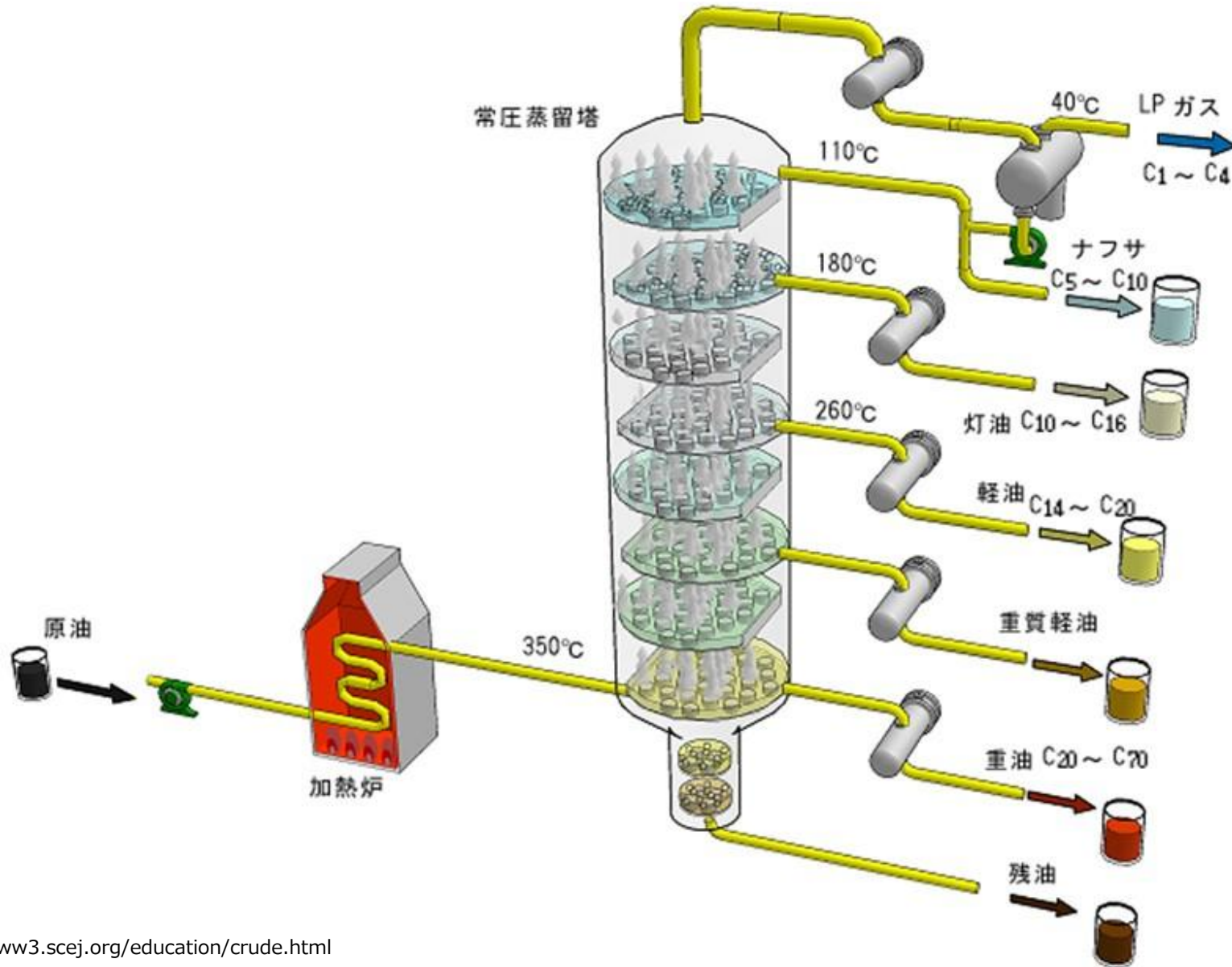
ASTM Qualifications Landscape

Jan 28, 2026



Gurhan Andac, GE Aerospace, ASTM D02.J06 Chair

(参考)石油精製工程 石油留分と製品の関係



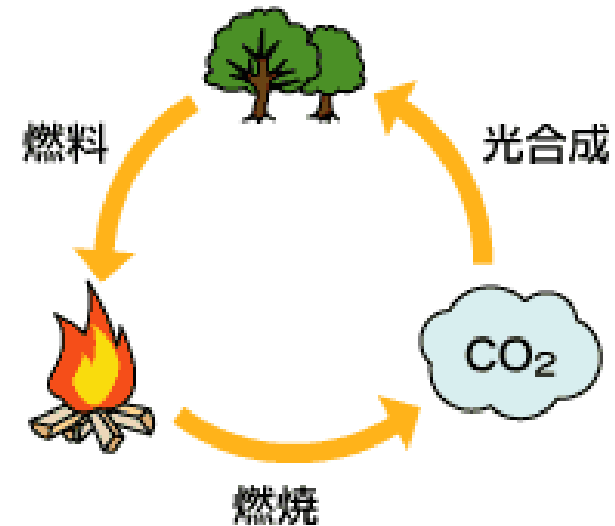
<http://www3.scej.org/education/crude.html>

バイオマス

Biomass = 生物資源Bio + 量mass
動植物由来の再生可能な有機性資源の総称

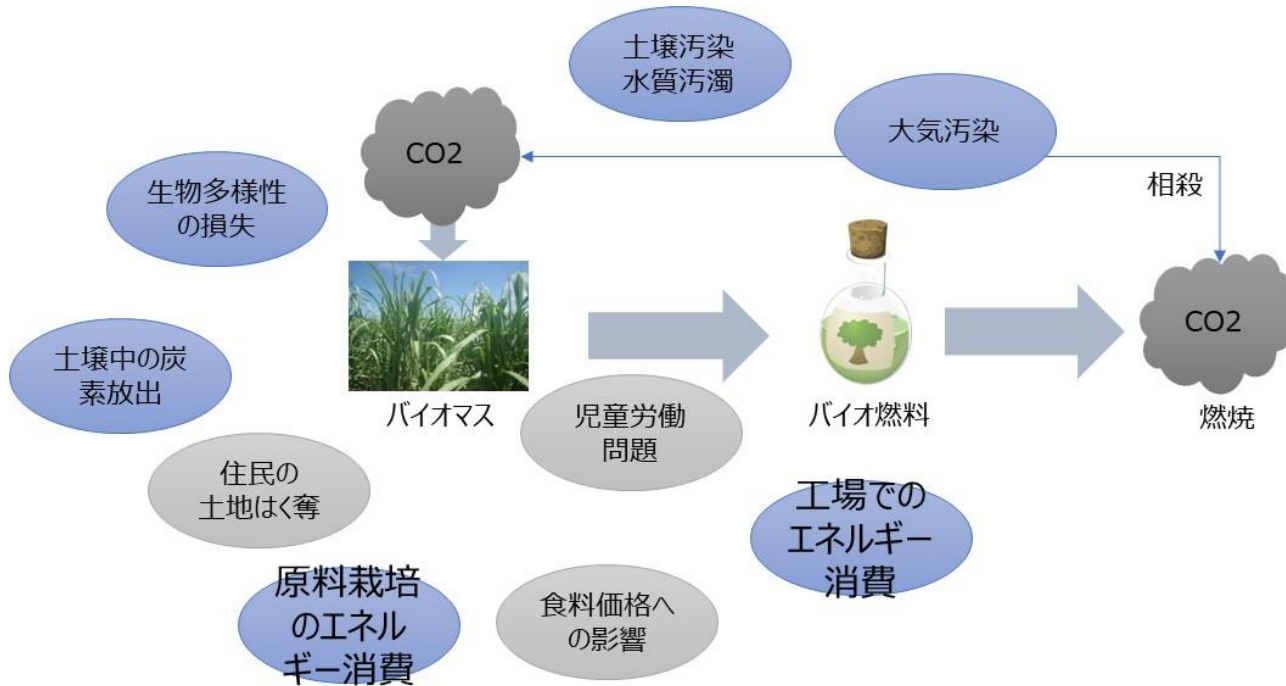
カーボンニュートラル

バイオマス中の炭素は、大気中の二酸化炭素(CO_2)を光合成により固定したものであるため、
燃焼しても CO_2 を増加させない



バイオ燃料で考えなければならないこと

- ✓ バイオマス为原料とするバイオ燃料は、燃焼時に排出されるCO₂は、原料が大気中から吸収した炭素由来であることから、「カーボン・ニュートラル」な燃料とされる。
- ✓ しかし、その原料生産から消費までのライフサイクルでは、温室効果ガス排出を含め、様々な環境・社会影響を引き起こす可能性がある。
- ✓ バイオマスエネルギーは、エネルギーや農業などさまざまな分野に関わる。



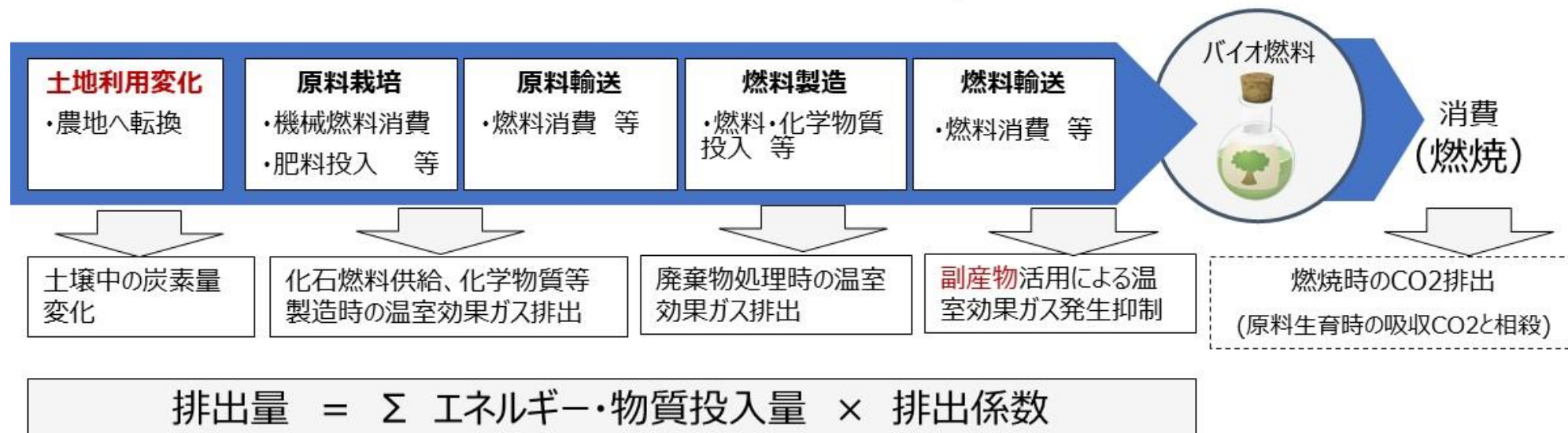
持続可能性基準としての課題

- 土地利用変化
 - ・直接的 森林伐採など
 - ・間接的 農地転換により別な土地への移動
- 生態系への影響
 - ・農地拡大による既存生態系への影響
- 水利用
 - ・農地拡大による水資源確保と河川・地下水への影響
- GHG（温室効果ガス）削減効果
 - ・土地利用変化などを含むLCA評価
- 食糧との競合
 - ・直接的競合に加え土地利用変化に伴う間接的な競合

バイオ燃料といってもCO₂排出がゼロとは限らない

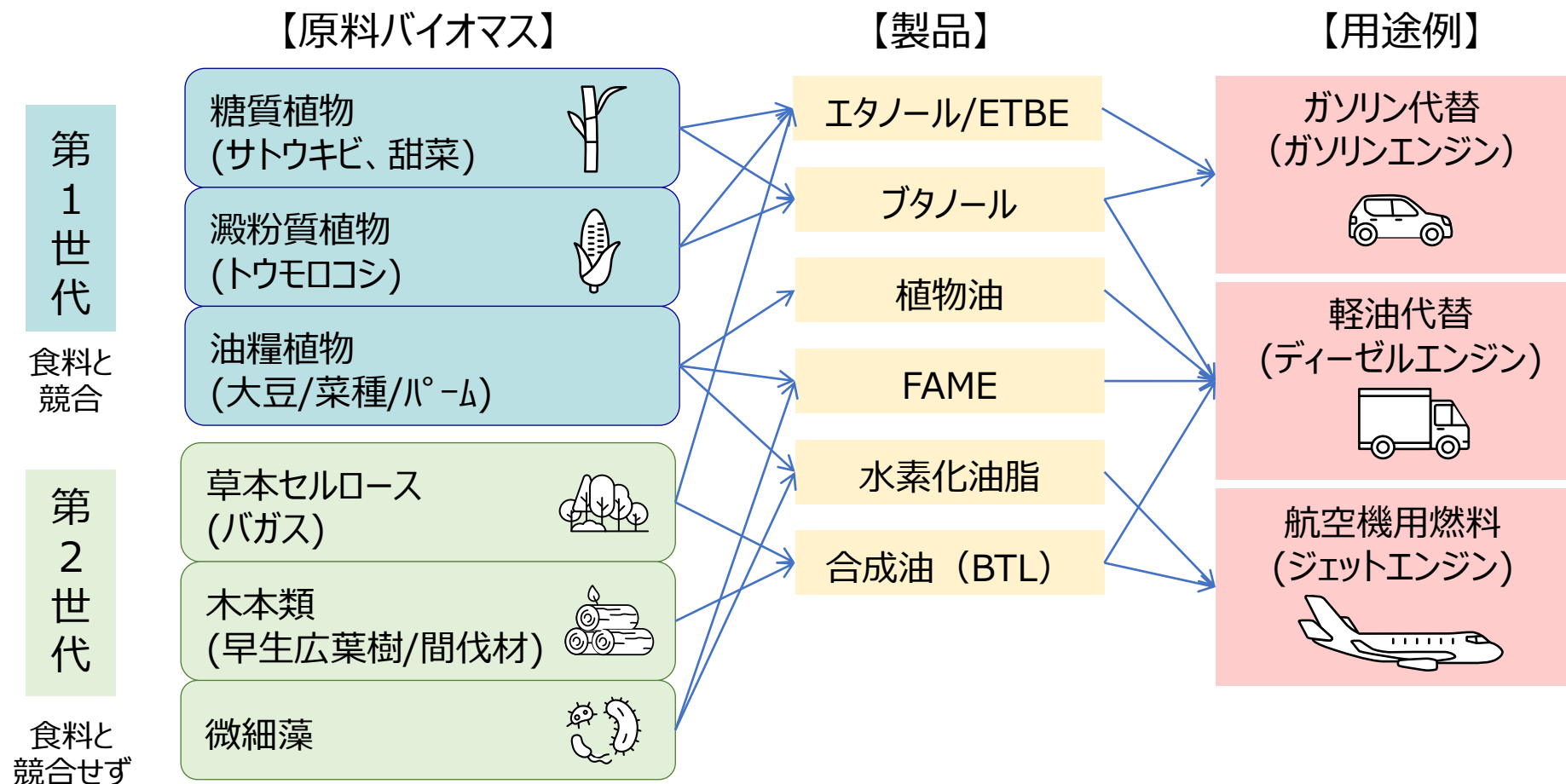
- ✓ 原料生産から最終的な燃料消費に至るまで、直接・間接に引き起こされた温室効果ガス（CO₂、CH₄、N₂O等）排出量を算出し、化石燃料と比較する。
- ✓ 化石燃料のライフサイクル評価は、ガソリンで81.7gCO₂/MJ(日本)とされている。これに対してどの程度排出が削減できているか(削減率)が評価される。
エネルギー供給高度化法(日本)では、GHG排出量削減率55%以上のバイオエタノールが対象となっている。
- ✓ バイオ燃料のライフサイクル評価において、特に取り扱いで注意を要するのは、次の点。
 - ・ 土地利用変化の評価方法
 - ・ 副産物の扱い

図 バイオ燃料のライフサイクルと主な温室効果ガス発生源



バイオ燃料の製造スキーム

- ・ バイオマス（主に植物）が吸収したCO₂を利用、原料ごとに最適な手法で燃料化
- ・ 原料となるバイオマスの獲得競争が激化、この確保が最大の課題（量とコスト・・・国内は特に乏しい）
- ・ 第1世代は足は速いが社会需要性に乏しく、第2世代は原料確保・技術開発に課題



(参考) SAFの原料・技術毎の今後の見通し

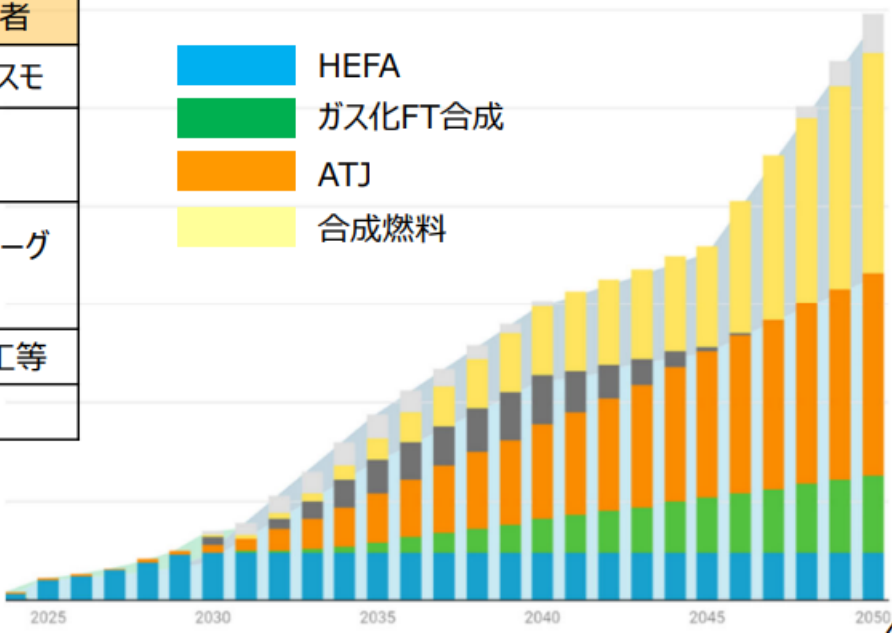
- 足下では、**廃食油が主な原料**だが、世界的な需要増大により供給量不足・価格高騰。安定的な原料確保に向けた取組が必要不可欠。
 - 賦存量が豊富な米国・ブラジルの**バイオエタノール**（コーン、さとうきびが原料）を活用（GI基金において技術開発中）
 - 可食原料は欧州が利用制限。あわせて東南アジア・豪州を中心に、**非可食原料**（ポンガミア等）を開拓
- 2050年には、**合成燃料由来のSAF（E-SAF）**がSAFの原料のおよそ半分を占める見込み。

<SAFの原料・技術の類型>

主な原料	技術	国内の主な事業者
廃食油	HEFA	ENEOS、出光、コスモ
第1世代バイオエタノール（コーン、さとうきび等）	ATJ	出光、コスモ
非可食原料（ポンガミア、微細藻類、第2世代エタノール（古紙等）等）	HEFA、ATJ	ENEOS、出光、ユーグレナ等
ごみ（廃プラ等）	ガス化FT合成	ENEOS、三菱重工等
CO2、水素	合成燃料	ENEOS、出光

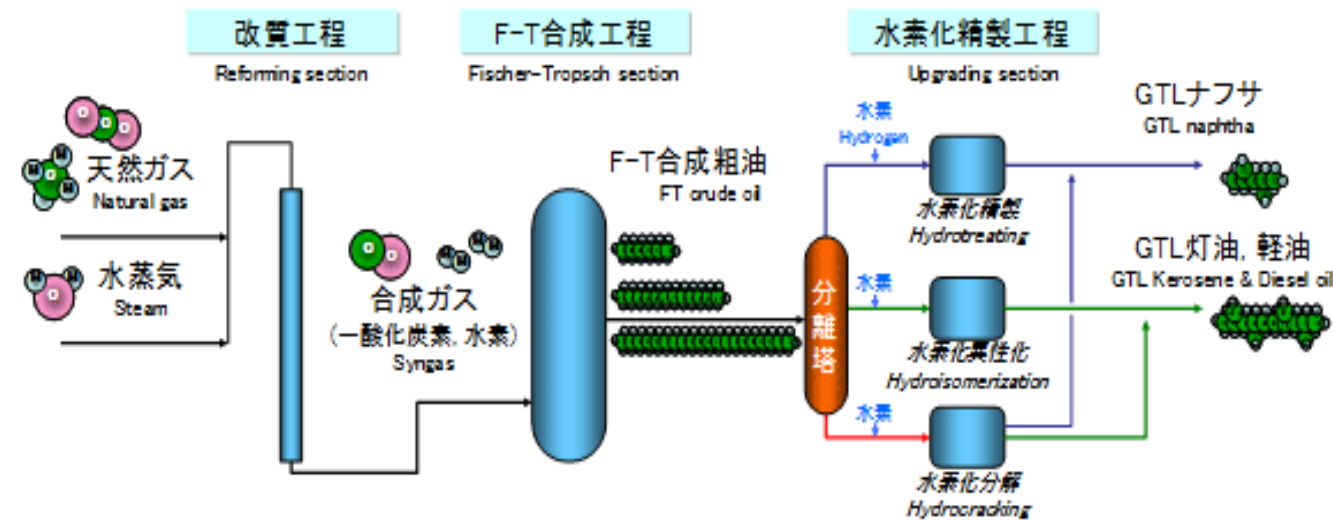
※石油元売り等のSAF製造・供給事業者によるリリース等から作成。

<欧州における将来のSAFの製造技術予測>

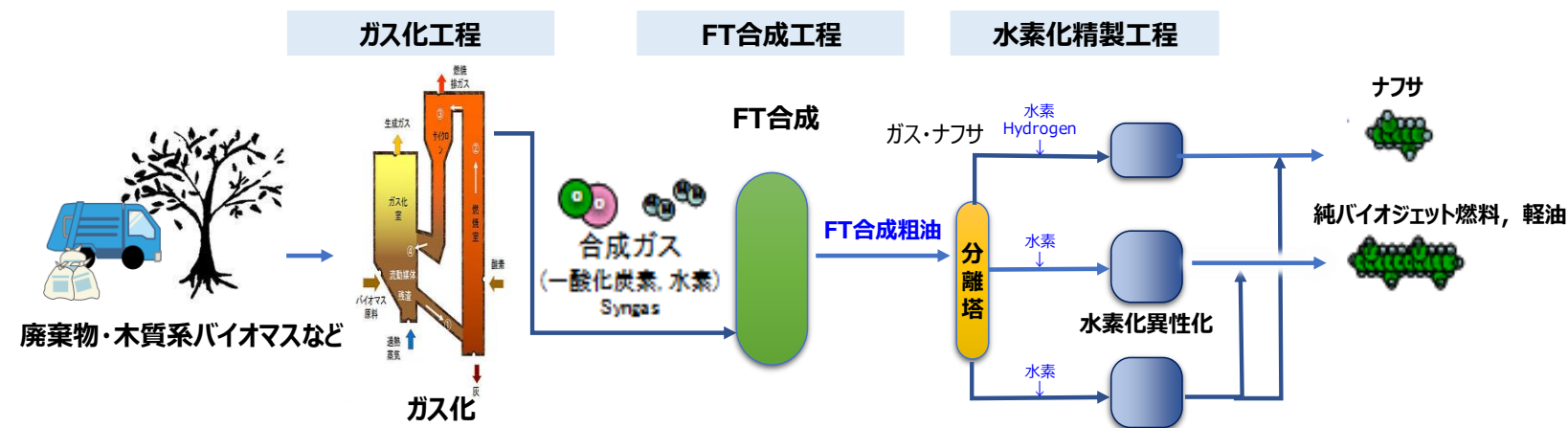


ガス化・FTによるSAF製造 (Annex1)

一般的なGTLプロセス

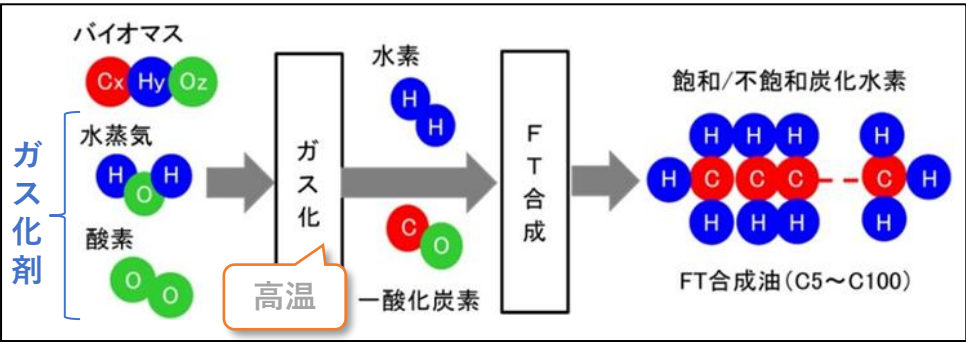


バイオマスガス化・FT



ガス化・FTによるSAF製造 (Annex1)

バイオマスガス化-FT合成のイメージ図

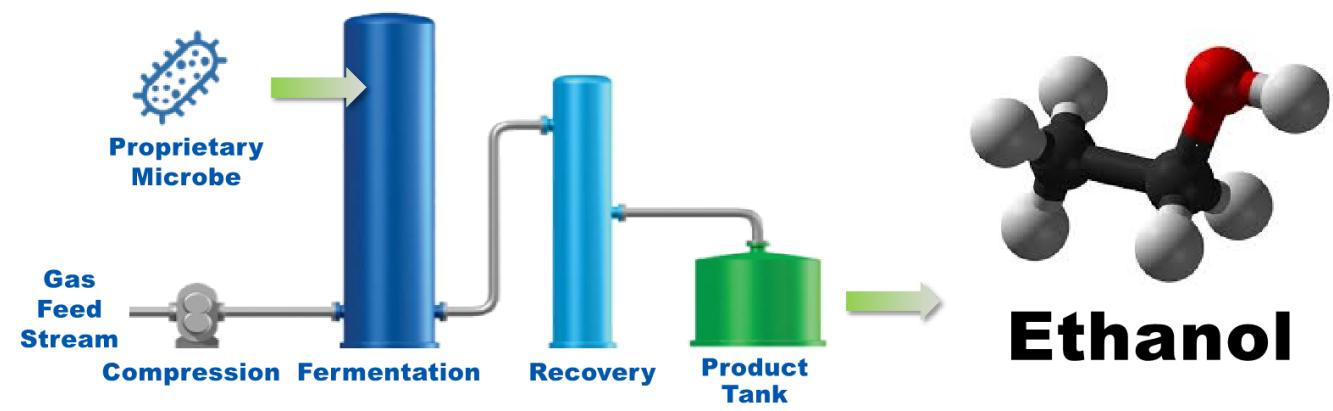


ガス化炉と特徴

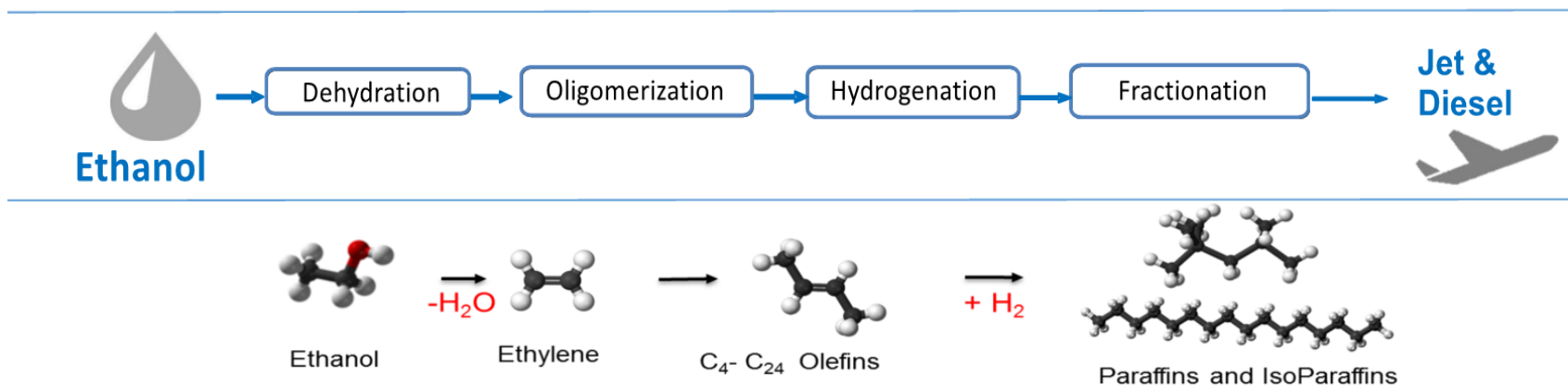
ガス化方式 (炉形式)	固定床		流動床	噴流床	ロータリーキルン
	ダウンドラフト型	アップドラフト型			
炉イメージ 図					
原料	固体 碎片、ブロック	固体 碎片、ブロック	固体、(含水量の多いもの も場合により可) 碎片、ブロック	固体、液体も可 固体は粉体状	固体 碎片、ブロック
バイオマス ガス化温度	700～1,100℃	700～900℃	650～900℃	800～1,100℃	700～1,000℃
備考(規模、 タール、用 途等)	小規模対応 タール比較的少 発電用 簡易・小型地域分 散 対応型としての実 証例あり	小規模対応 1次発生タール多 発電用	中～大規模 流動媒体を用いる ため1,000℃以上の 高温対応困難 - 1次発生タール多 改質炉との組み合 わせ	(中～)大規模 1次発生ター ル少 組成ガス調整 容易で液体燃 料製造に適、 発電用も可	中規模 1次発生タール多 後段に改質部位を 設けることにより タール減少 発電用

エタノールからのSAF製造 (Annex5)

Recycling Carbon to Ethanol



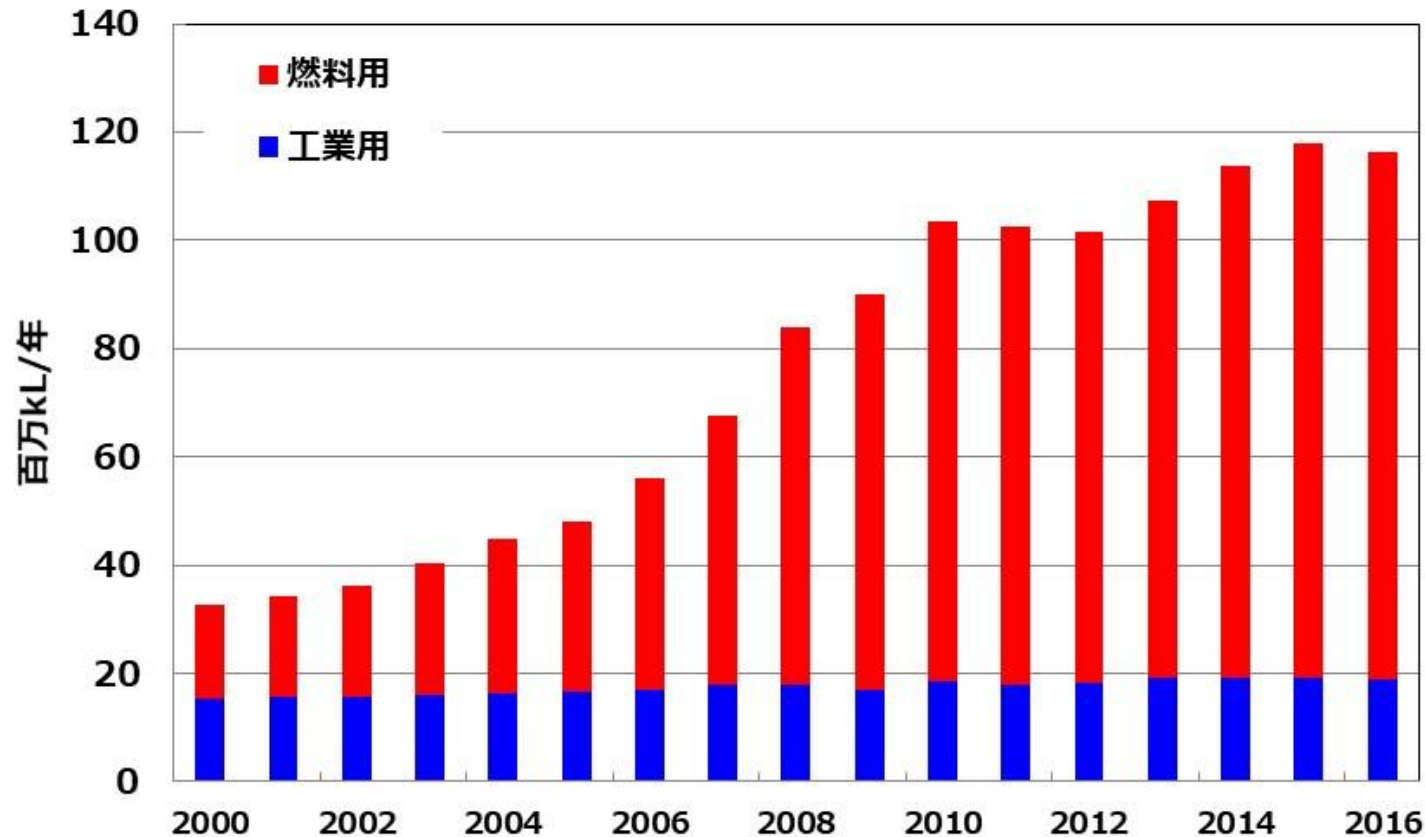
Alcohol-to-Hydrocarbons



Lanza Tech資料

エタノールの生産量 ……米国とブラジルが80%

- ✓ 世界の総生産量=1.2億kL/年(2016年)……燃料用;1.0億kL/年, 工業用;0.2億kL/年
⇒世界の貿易量は600万kL/年程度……エタノールは地産地消がほとんど。
- ✓ 日本の発酵アルコールの生産量は、年間約30万kL。需要のほぼ全量を輸入、うち約8割をブラジルに依存
- ✓ 各国のエタノール内需の増加、エタノール混合ガソリン推進政策などを受けて、供給がタイトとなる見通し。

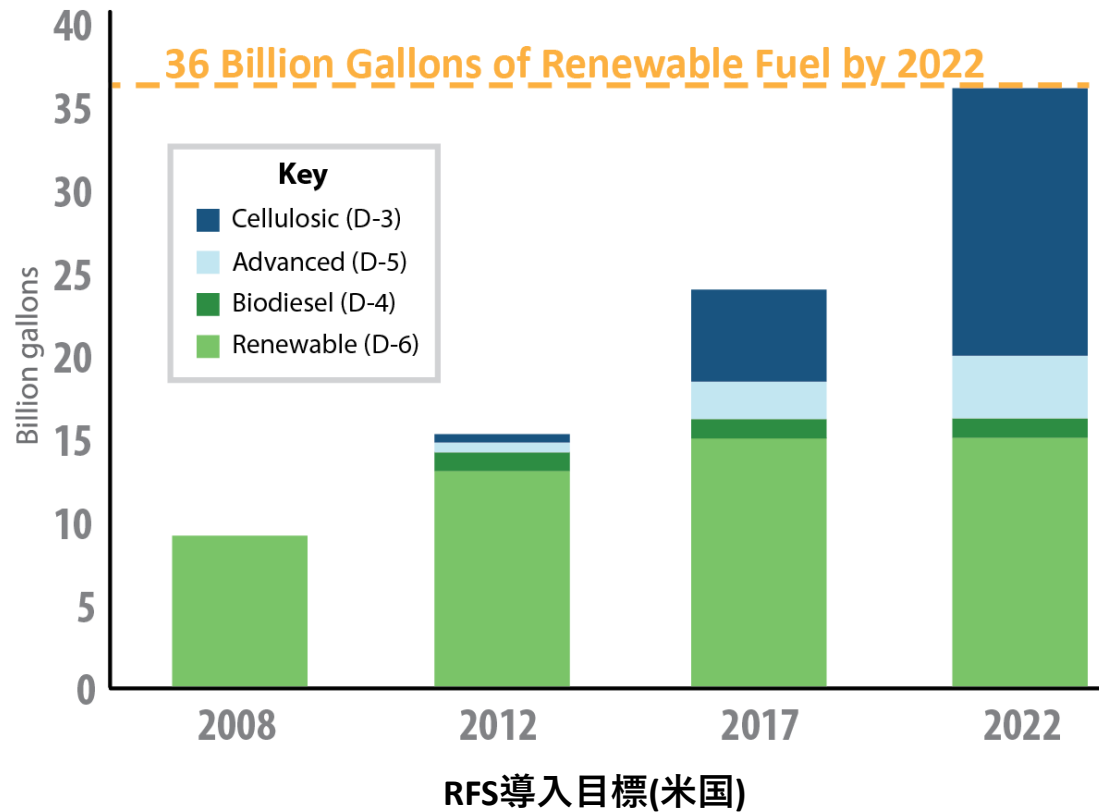


国別生産量
米国 ;50%
ブラジル ;25%
中国 ;10%
その他
(アジア/欧州)

バイオエタノールの現状と課題 ……非可食原料への移行

- ✓ 現在のエタノール原料のほとんどはコーン、サトウキビ。
- ✓ 需要増加への対応、食料との競合回避の観点で、非可食原料由来のエタノール製造が望まれている。
- ✓ 草・木質等のセルロースを原料とするエタノール製造が必要となっている。

Congressional Volume Target for Renewable Fuel



ガソリンへのバイオエタノール導入拡大について（世界）

✓ 各国でもガソリンへのバイオエタノール導入・拡大が進行

■ 諸外国のバイオエタノール導入状況

- 多くの国でガソリンへのバイオエタノールの混合が進められている。
- インドは25年までに全土でE20の実現、ブラジルは30年までにE30の実現を目指している。

各国のバイオエタノール混合率

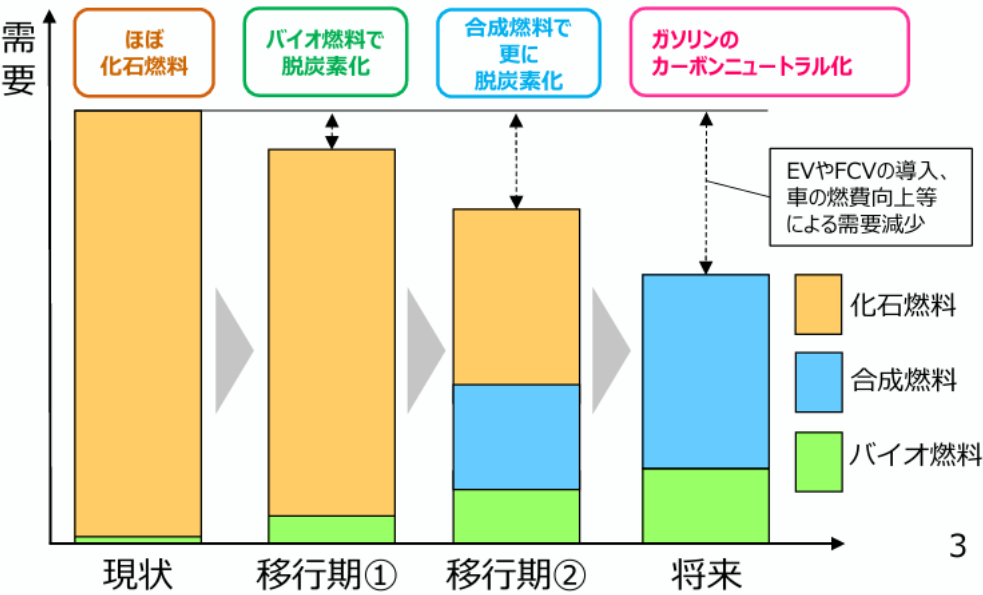


Sources: Inspire SGS. Ethanol Mandates and Average Content in Gasoline, Jan. 2024. ePure. Overview of Biofuels Policies and Markets across the EU, Feb. 2023.
Note: Some countries only have maximum % blending policies.

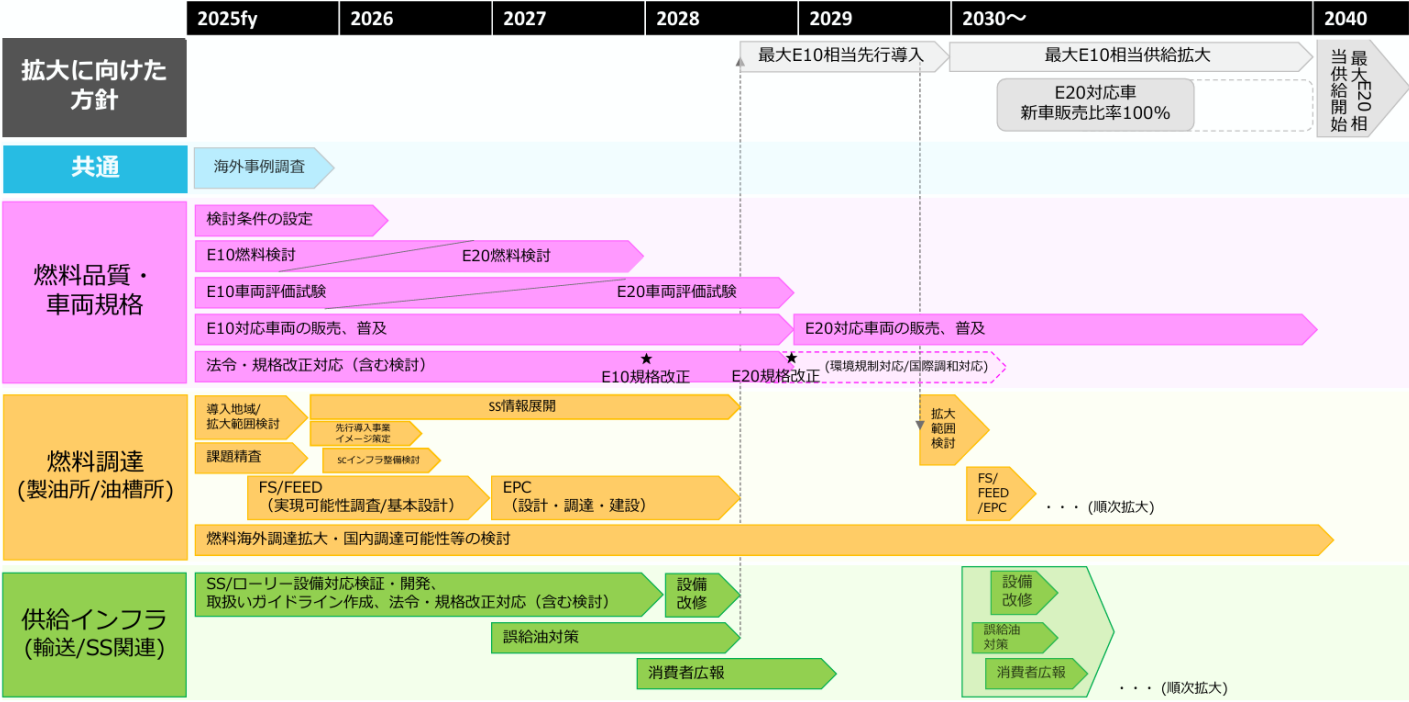
ガソリンへのバイオエタノール導入拡大について（日本）

✓ ガソリンE10,E20に向けた議論が進行中

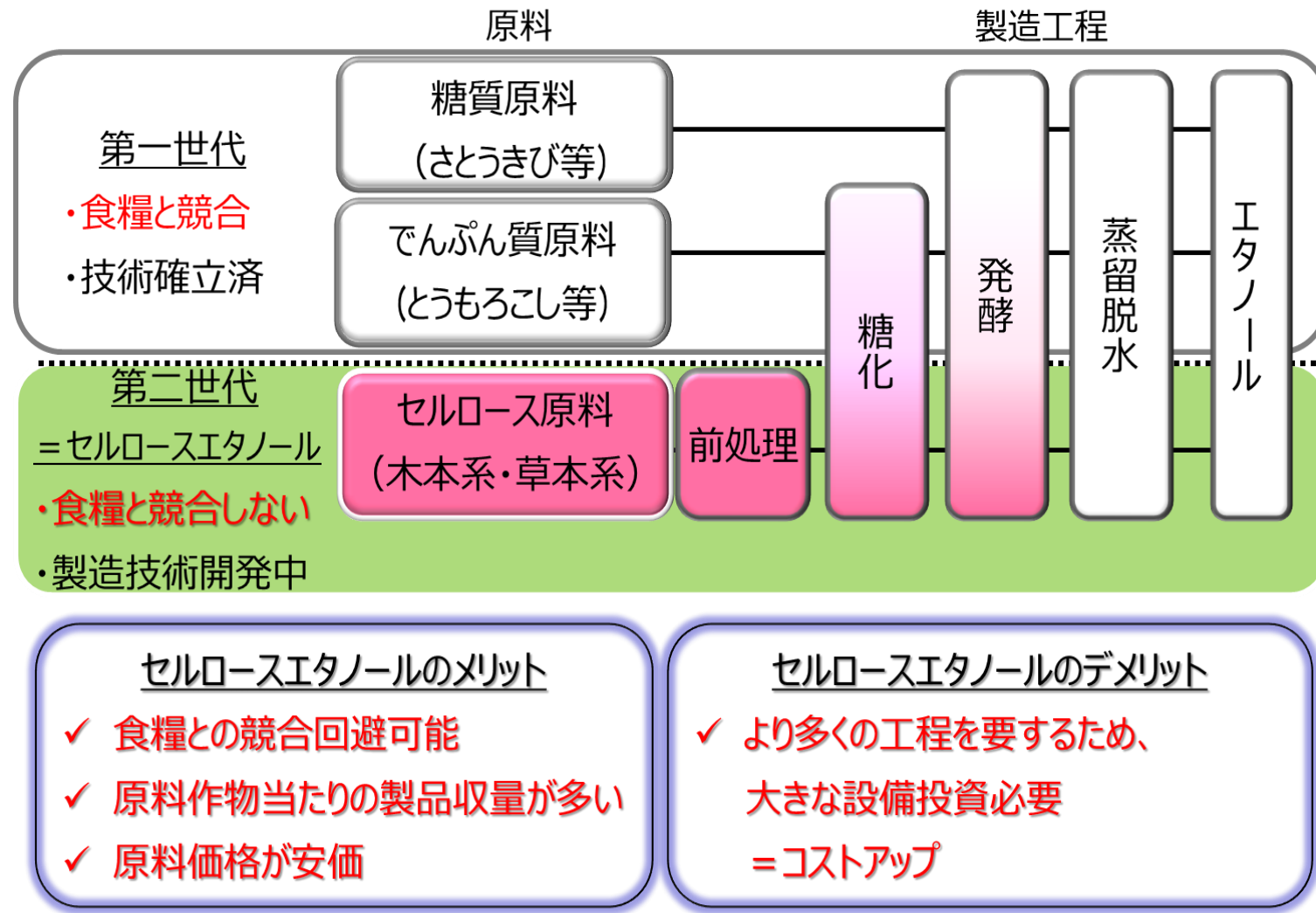
<イメージ>



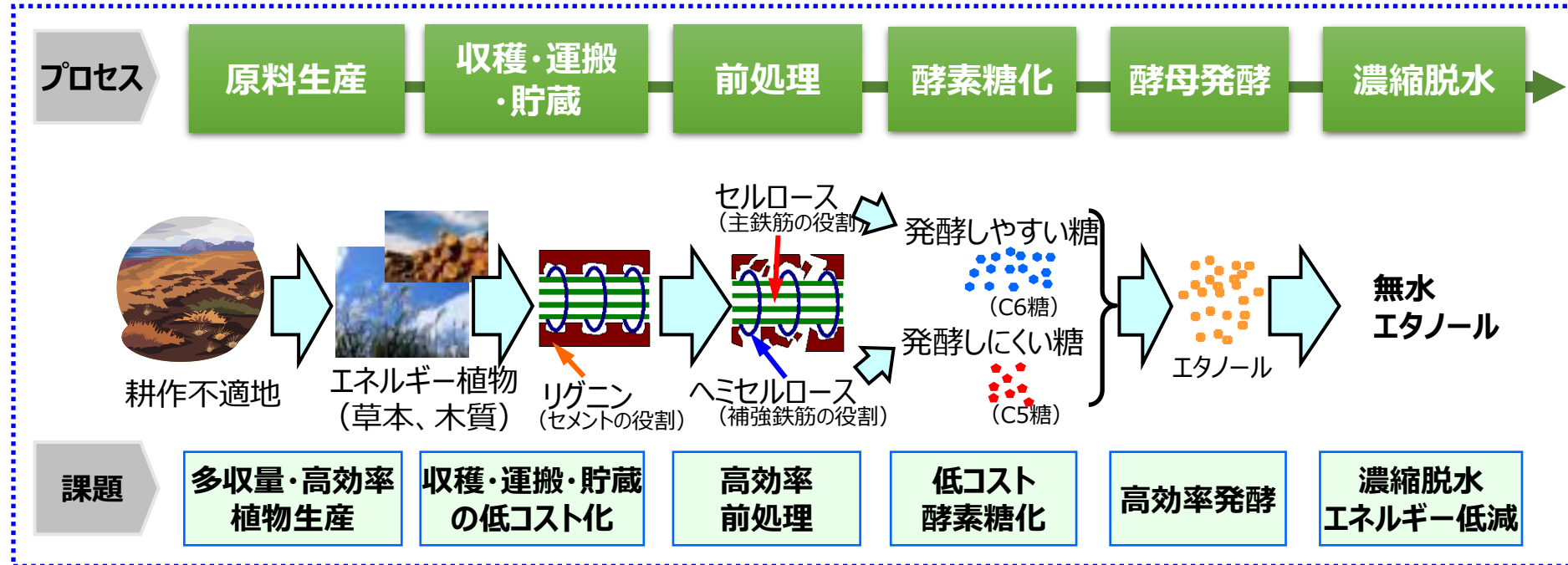
<バイオエタノール導入拡大に向けたアクションプラン> (2025/11改定)



セルロース系エタノールのメリット・デメリット



セルロース系原料からのエタノール製造工程



- 前処理 : 草や木を細かく砕いた後、圧力をかけ煮ることで柔らかくする。
- 酵素糖化 : 細かく柔らかくなった草木を酵素により、糖に変える。
- 酵母発酵 : 酵母菌により、糖からアルコールをつくる。
- 濃縮脱水 : アルコールに含まれる水分を除去する。

セルロース系原料からのエタノール製造工程

- セルロース原料に応じた前処理の選定がポイント
- バイオマスの前処理について、現時点で確認できているライセンサーは 1 社(蒸気爆砕法)のみ

	メリット	デメリット	※木質原料の処理	※草本原料の処理	備考
微生物処理	エネルギー消費量が少ない	処理時間が長い 糖化（分解）効率が悪い	×	×	処理時間が長く非現実的
微粉碎処理	セルロースの結晶化度を下げ糖化(分解)効率が良い	エネルギー消費量が多い	○	○過剰	エネルギー消費量が多く非現実的
蒸気爆砕法	薬品不使用で処理可能	発酵阻害物が発生する 原料(糖)が一部分解、流出	×	○	草本処理ならば世界的に実績も多く有望か
濃硫酸法	糖化効率が良い 温和な条件(～60℃)	酸のコストが高く、回収が必要 反応器の腐食対策が必要 発酵阻害物が発生する	○	○過剰	廃棄物も多く旧世代の技術
希硫酸法	濃硫酸法より発酵阻害物が少ない 濃硫酸法より腐食が弱い	糖化効率が悪い	×	○	廃棄物も多く旧世代の技術
アルカリ蒸解法	薬品(アルカリ)の再利用が可能 製紙会社の設備を転用可能	一部悪臭が発生する	○	×	木質処理ならば有望
イオン液体法	複製物が少ない 発酵阻害物が発生しない	イオン液体が非常に高価 原料(糖)が一部分解、流出	○	○	コスト面で非現実的

糖化（酵素糖化）

でんぷん等の多糖類などを、酵素によって小糖類・単糖類に分解する反応

主な（有名な）酵素

- アミラーゼ： でんぷんに働きブドウ糖を作る。
- プロテアーゼ： たんぱく質に働きアミノ酸を作る。
- リパーゼ： 脂肪に働き脂肪酸を作る。
- セルラーゼ： 植物組織に植物組織を崩壊する。

課題

- ✓ 一つの酵素が働くのは一つの物質のみ；複数の物質に作用させるためにはカクテルが必要
- ✓ 至適温度が30～40℃；プロセスの中で高温にさらされることがないように留意する必要
- ✓ 酵素コストは課題の一つ；使用量低減、回収再利用などの工夫が必要

発酵（アルコール発酵）

糖を分解してエタノールとCO₂を発生し、エネルギーを得る代謝プロセス

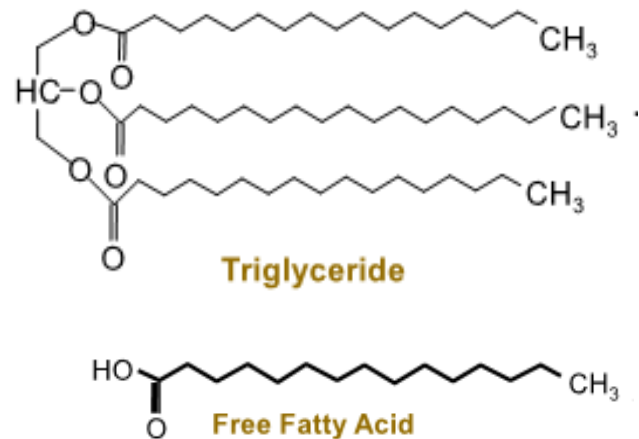
課題

- ✓ セルロースの酵素糖化から得られる糖には、C6糖(グルコース、マンノースなど)以外に、C5糖(キシロースなど)が含まれる
- ✓ 従来の醸造用酵母では、C 5糖からのエタノール生産は苦手
- ✓ C 5糖、C 6 糖の両方を効率的に利用できる酵母の開発と、それに適したプロセスの構築が必要

	グルコース 利用性	キシロース 利用性	エタノール 耐性
醸造用酵母	○	×	◎
ピキア酵母	△	○	△

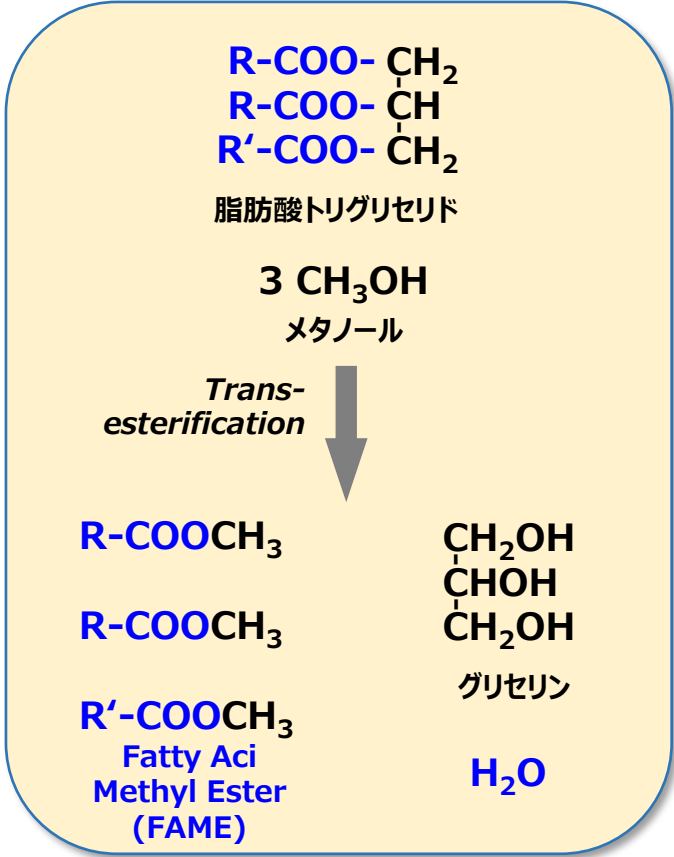
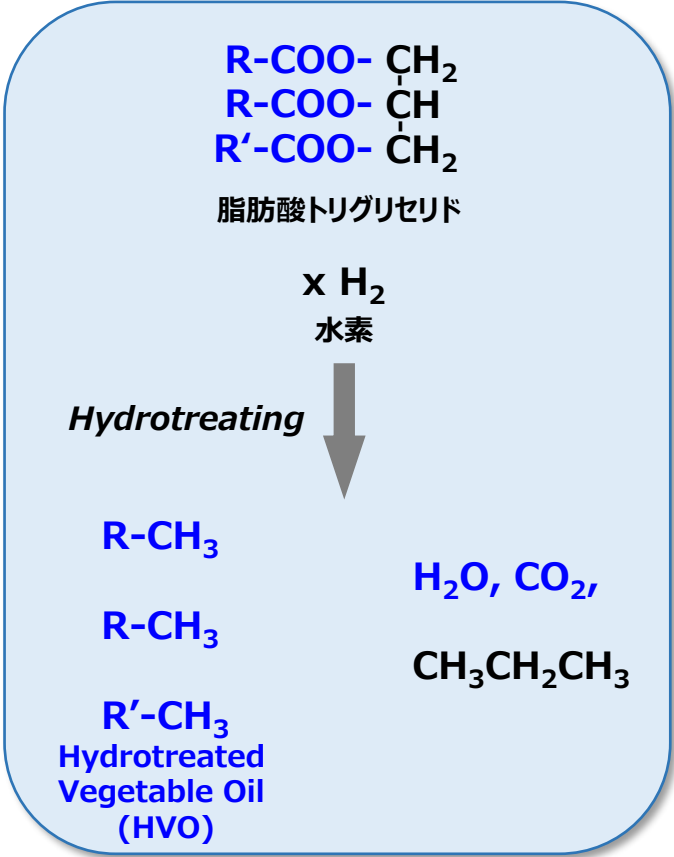
バイオディーゼル(バイオ軽油)

油脂の構造

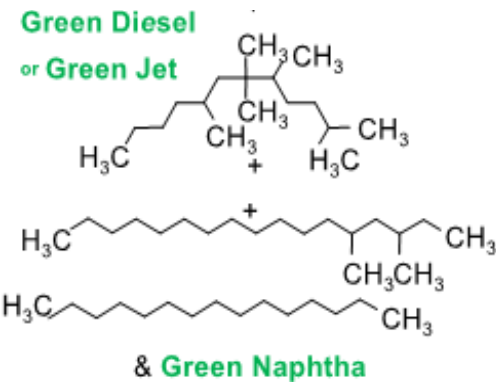


Renewable diesel,
HVO(Hydrotreated Vegetable Oil),
SAF(Sustainable Aviation Fuel)

Biodiesel, FAME



油脂水素化で得られる炭化水素構造例



- ✓ 混合量の制約(品質規格)
- ✓ 長期安定性
- ✓ 性状

油脂を構成する脂肪酸の種類

区分	脂肪酸の種類	炭素数：二重結合数	備考
飽和脂肪酸	酢酸	C2：0	バターなどに少量存在
	酪酸	C4：0	
	カプロン酸	C6：0	
	カプリル酸	C8：0	バター、その他多くの脂肪、植物性油に少量存在
	カプリン酸	C10：0	
	ラウリン酸	C12：0	
	ミリスチン酸	C14：0	パーム核、ヤシ油、鯨ろう、桂皮、月桂樹
	パルミチン酸	C16：0	
	ステアリン酸	C18：0	
	アラキジン酸	C20：0	動物、植物脂肪に広く存在
	ベヘン酸	C22：0	
	リグノセリン酸	C24：0	
一価不飽和脂肪酸	パルミトオレイン酸	C16：1	ほとんどすべての脂肪に存在
	オレイン酸	C18：1	天然脂肪のうち最も一般的な脂肪酸
	エライジン酸 (トランス脂肪酸)	C18：1	水素添加した脂肪、反すう動物の脂肪
	バクセン酸 (トランス脂肪酸)	C18：1	細菌により合成される、反すう動物の脂肪
	エルカ酸	C22：1	ナタネ、カラシナ油
多価不飽和脂肪酸	リノール酸	C18：2	トウモロコシ、綿実、大豆など多くの植物油
	γ-リノレン酸	C18：3	月見草
	α-リノレン酸	C18：3	リノール酸と共存して植物油に存在、特に亜麻仁油
	ジホモγ-リノレン酸	C20：3	リノール酸と共存、特に落花生油、動物では主要なリン脂質の成分
	アラキドン酸	C20：4	
	エイコサペンタエン酸(EPA)	C20：5	
	ドコサヘキサエン酸(DHA)	C22：6	

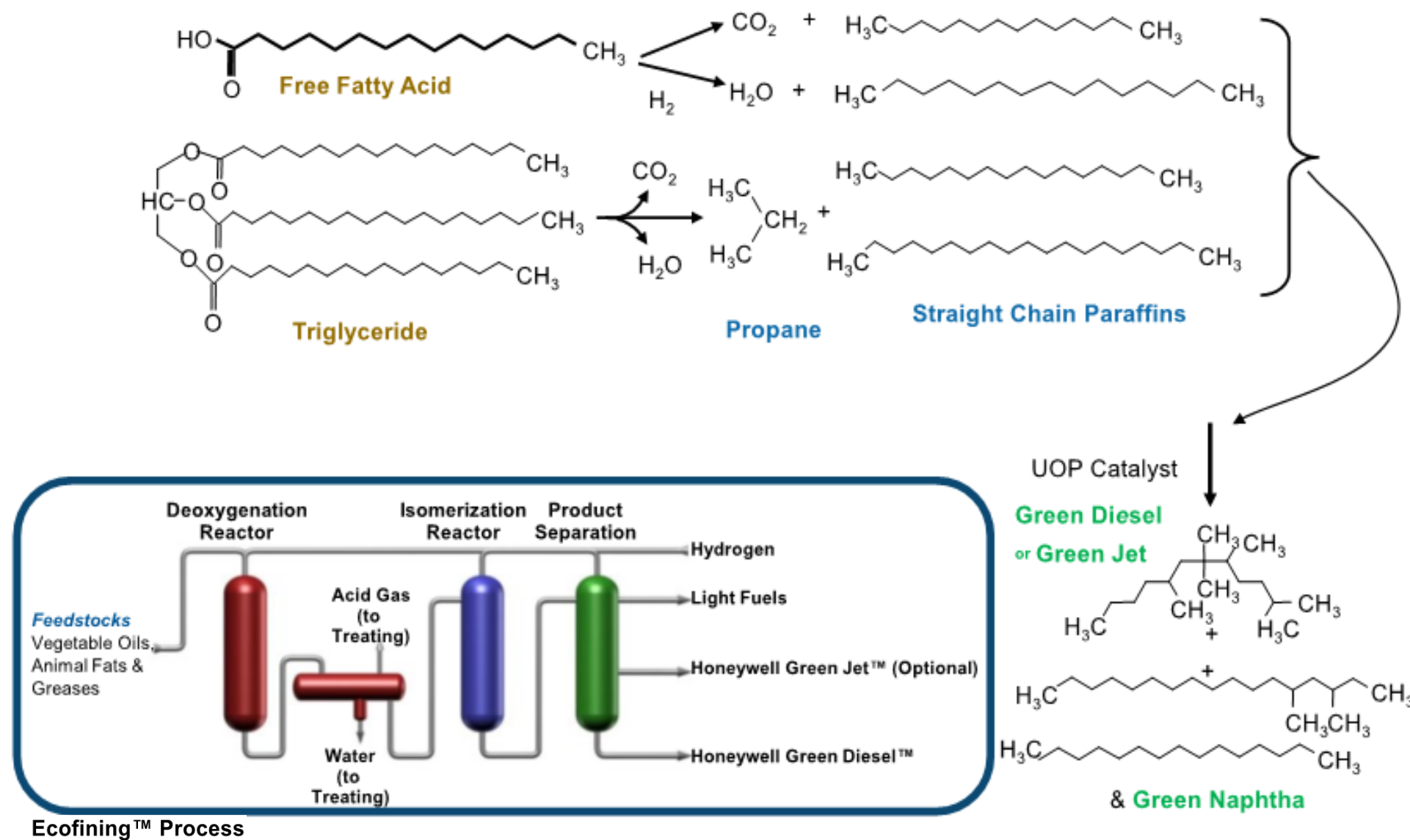
資料：(公財) 日本食肉消費総合センター「食肉の秘密を探る」を基に筆者一部修正

注1：C 8、C 20などはつながっている炭素の数を言う。

2：「：0」は二重結合が0がないこと、「：1～6」は二重結合が複数あることを示す。

農畜産業振興機構,畜産の情報(2016年7月号)より

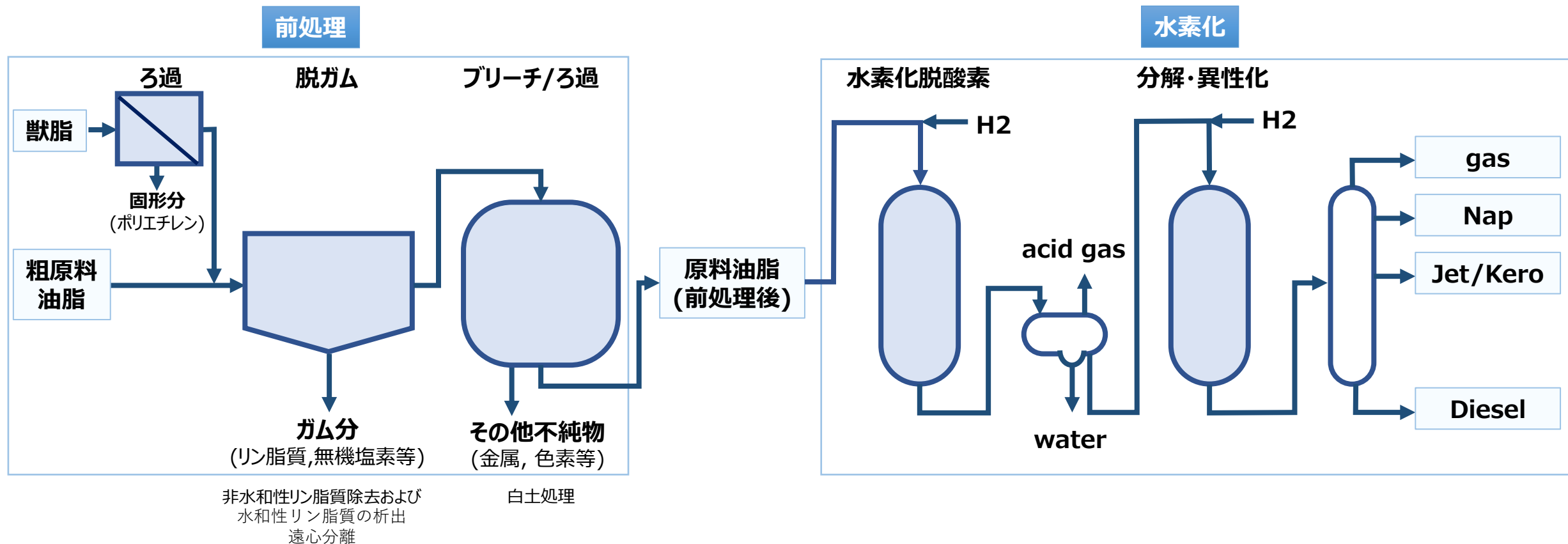
油脂類の水素化 ……現在最も普及しているバイオ燃料の製造方法



(UOP公表資料)

(参考)油脂からのSAF製造フロー

- ✓ 前処理プロセスは、食用油の前処理（脱ガム等）とほぼ同様の構成
- ✓ 油脂類の水素化脱酸素は石油精製に用いる硫化触媒を使用可能

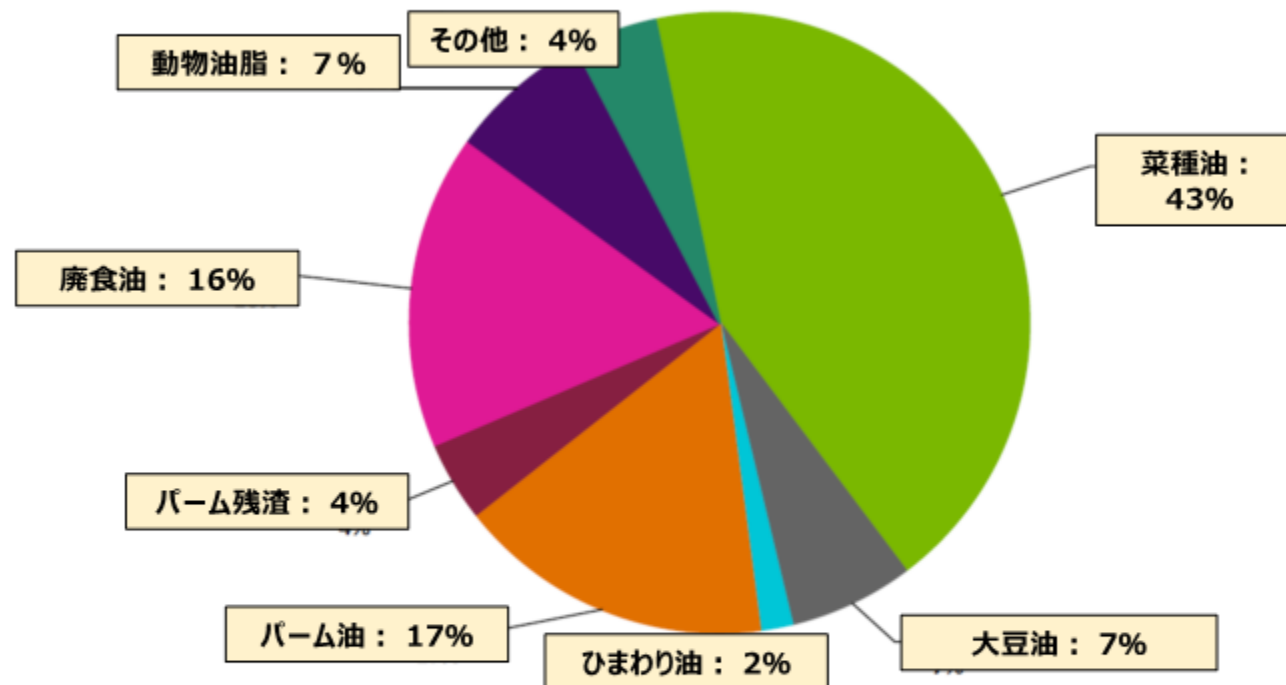


(参考)食用油の精製工程例



原料の非可食化へのシフト（バイオ燃料となる原料の内訳）

EU Biodiesel Production by Feedstock, 2019 (Total = 14.2 million tonnes, palm oil = 2.3 million tonnes)



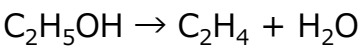
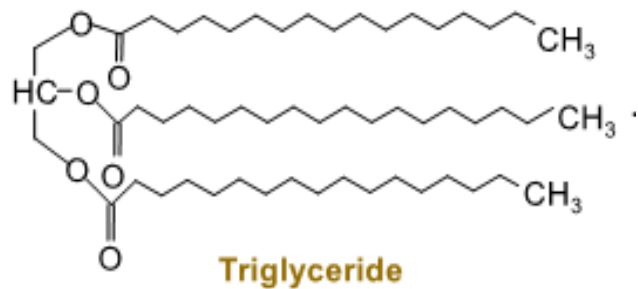
- 19CY の欧州のフィードストック実績は、**合計 14百万トン/年**。
- 最も利用されているのは **43%の菜種油（欧州で生産可）**。
- UCO は 2.3 百万トン（16%）。

バイオマス変換方式と液収率イメージ

- 原料と変換方法によって液収率が異なる
- どの方式が優れているかではなく、原料や目的に応じて選択する必要がある

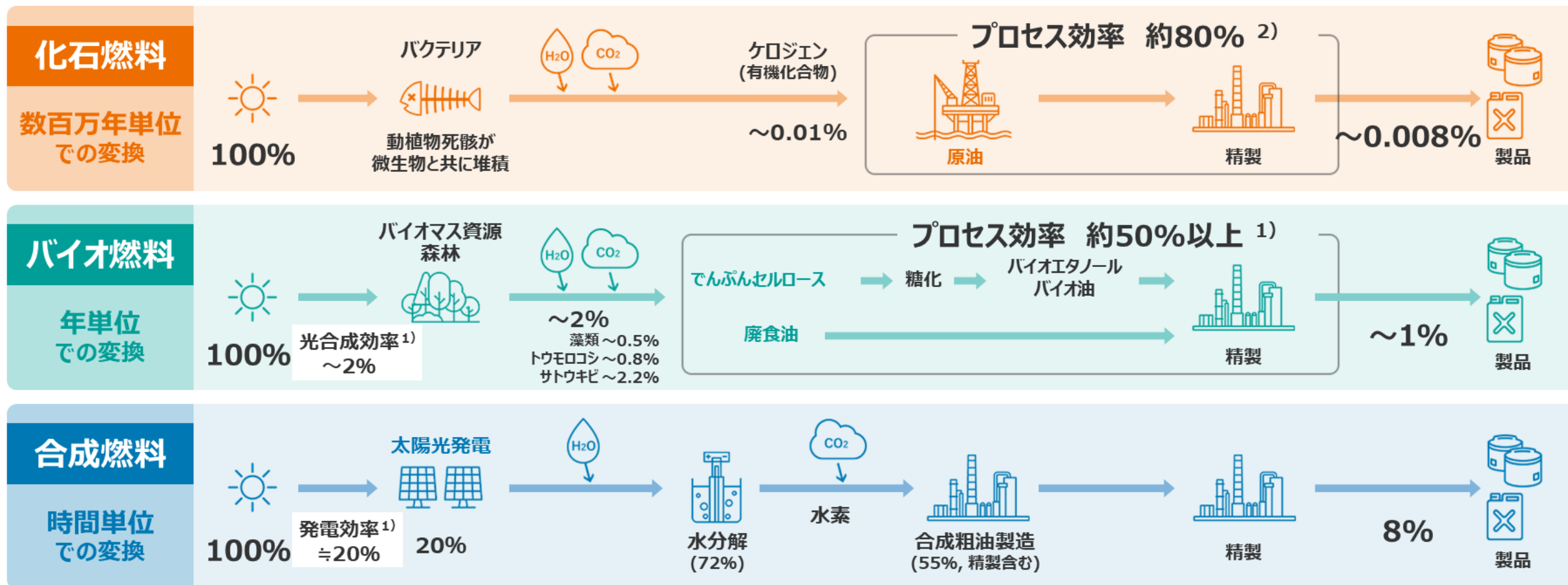
	油脂水素化	バイオエタノール	ガス化・FT
原料(例)	油脂(ステアリン酸を例に)	木質原料	都市ごみ
生成物	灯油	灯油	灯油
変換方法	水素化(+分解異性化)	発酵(+脱水・重合)	ガス化・FT
収率(イメージ)	50～70%	～20% (エタノール30%)	～10%
	水素化による灯油得率60-80%	木質原料中のセルロース+ヘミセルロース70-75%	

※当社推定、収率等は原料の種類は個別の変換技術にもよる



バイオマス変換方式と液収率イメージ

- 化石燃料/バイオ燃料/合成燃料は全て太陽光エネルギーが変換された燃料だが、**事業として評価する際の変換効率**は、太陽光エネルギースタートではなく、**それぞれ変換された原料がスタート（原油/バイオマス/再エネ電気）**
- 液体燃料の低炭素化に向けて、**当面は現存するバイオマスの利用がスピード感・コスト競争力有**



¹⁾ https://www.aist.go.jp/aist_j/magazine/20220427.html ²⁾ エネルギートランジションの優先順位付け資料より

1. 液体燃料の低炭素化が求められる背景

液体燃料の特長

液体燃料の低炭素化の意義

エネルギーの要件とは

2. 液体燃料の低炭素化の動向と技術

液体燃料の低炭素化に関する政策動向

バイオ燃料（SAF, バイオエタノール）

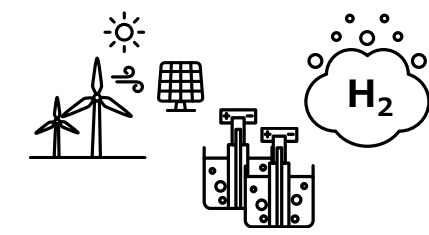
再生可能エネルギー合成燃料（e-fuel, CCU）

3. さいごに



液体燃料の低炭素化が求められる背景

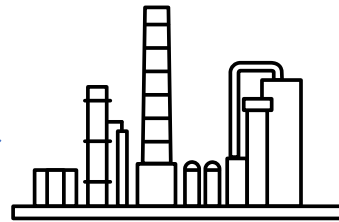
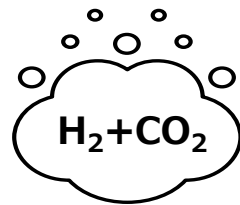
- CO₂フリー水素とCO₂の合成反応により製造される「液体燃料」
- ナフサからワックスまで幅広い炭素数分布を有する「粗油」を合成し、ガソリン・ジェット燃料・軽油製品に



CO₂フリー水素製造
(風力・太陽光等＋水電解)



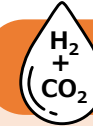
CO₂回収
(産業排ガスなどからの回収)



合成燃料製造



製品化



合成燃料

ガソリン



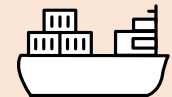
ジェット燃料



軽油



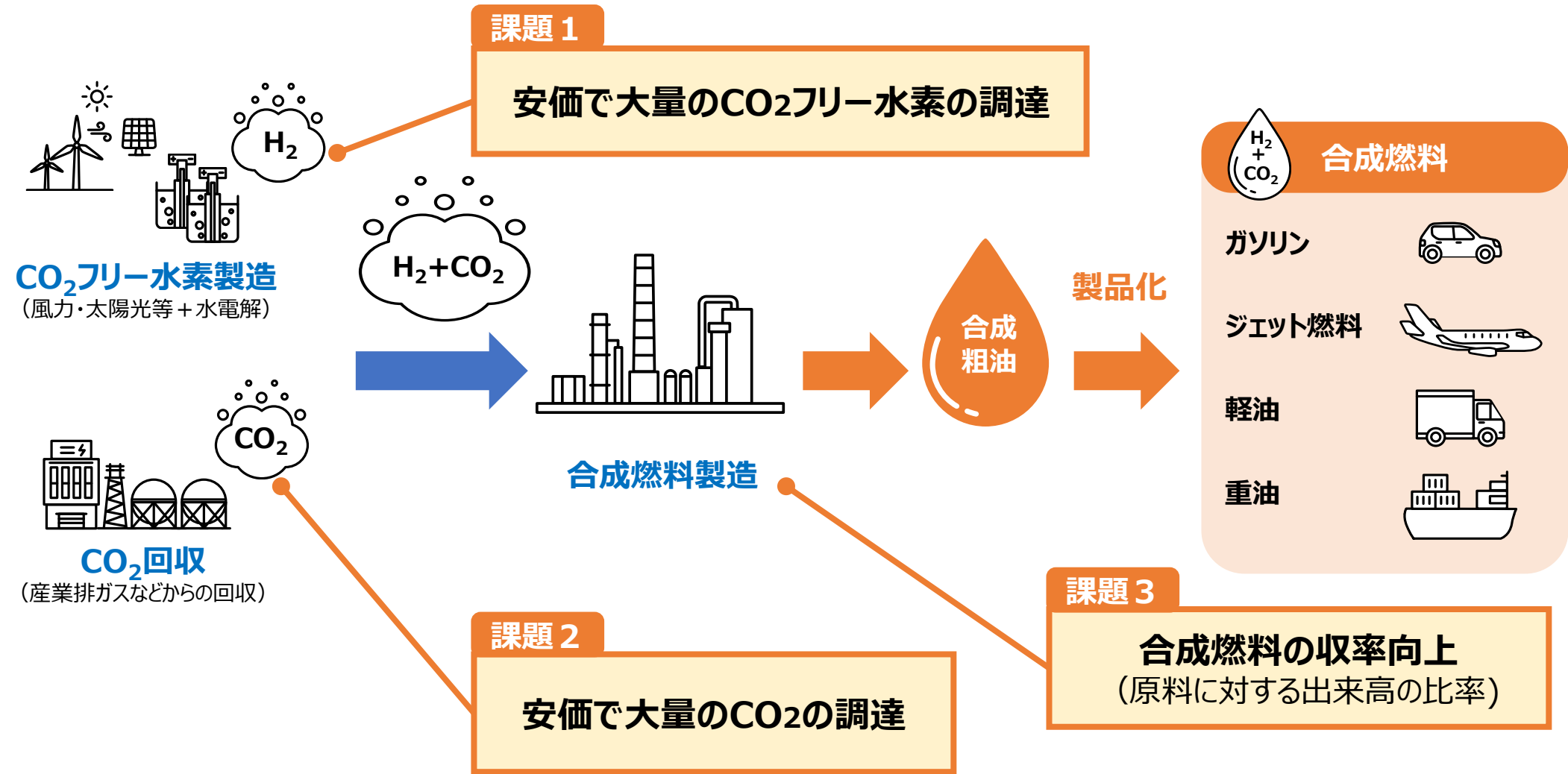
重油



- ✓ **CO₂フリー水素**の効果的な利活用 & **CO₂循環型社会**への貢献
- ✓ **貯蔵・輸送が容易**でかつ**エネルギー密度に優れる**液体燃料
- ✓ **既存インフラ設備**を活用可能
- ✓ 硫黄化合物、窒素化合物、重金属等を有さない**環境にやさしい燃料**

液体燃料の低炭素化が求められる背景

- いずれの課題も個社では解決が難しく、国や社会を巻き込んだ議論による解決策が必要



(参考)合成燃料を取り巻く動き

- ✓ 欧州委は、ドイツ等が主張する「e燃料」の利用が完全なカーボンニュートラルになることを条件として、同燃料使用の内燃機関車の35年以降の並存を認める妥協案に合意(2023.3)



POLITICS | GERMANY

Germany strikes deal with EU on combustion engine phase-out

03/25/2023

Berlin and Brussels have reached a deal in a dispute over a ban on new cars with internal combustion engines. The agreement relates to the future use of e-fuels in cars.



(参考) 早期境実装に向けた動き (国内)

(参考) 世界の主なe-fuelプロジェクト

FT合成

Nordic Electrofuel (ノルウェー)

- 初号機として、eSAFの生産を主軸としたプラント建設を計画。2027年に1万KL/年のe-fuel製造を開始予定。
- 2号機(20万KL/年)のプロジェクトも計画されている。
- 当社は、EUイノベーションファンドから、4千万ユーロの補助金を得ている。



(出典) Nordic Electrofuel社 HP

FT合成

Zero Petroleum (英国)



(出典) Facebook (Zero Petroleum)

- Direct FT技術によるeSAF/eガソリン製造を得意とする。
- 英国防省は、Zero社と量産に向けた研究を実施中。2021年、英空軍は、Zero社が製造した100%のeSAFを用いた小型プロペラ機の飛行に世界初成功。
- 2023年、オックスフォード近郊に合成燃料デモプラントを開設。
- 2026年に最大7,100KL/年のeSAF生産を計画。

FT合成

Arcadia eFuels (デンマーク)

- 世界的な化学・エネルギー企業であるSasol及び炭素排出削減技術を持つTopsoeと協力して、eSAF製造を計画
- 初号機として、2026年に10万KL/年規模のプラントの立ち上げを計画中。
- デンマークや英国等の欧州エアラインに供給される見込み。



(出典) Arcadia eFuels HP

FT合成

Infinium (米)

- 自社の独自のFT合成技術を用いた低炭素燃料の生産プロジェクトを展開中。
- 三菱重工(米国法人)は、同社に出資。
- 初号機は、eディーゼルやeナフサを生産。EC事業を手がけるアマゾンがeディーゼルをオフテイク。2023年末に操業開始。
- 新たに2号機案件として、eSAFを中心とした燃料を生産するプロジェクトを計画。これに関し、BECが出資を発表。また、アメリカン航空は、eSAFに関するオフテイク契約を締結。



(出典) Infinium社 HP

メタノール合成

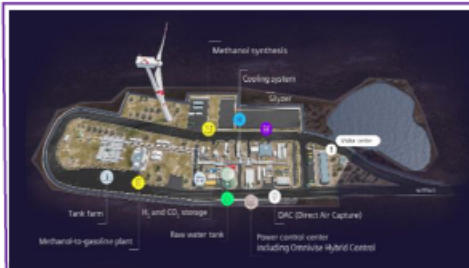
HIF USA (米)

- Haru Oniで得た知見・経験を基に、米国テキサス州マタゴルダにおいて、2027年までに140万KL/年のeメタノールを生産するPJを計画。
- 船舶燃料向けに供給される見込み。

メタノール合成

HIF Chile Haru Oni PJ (チリ)

- “Haru Oni”は、原住民の言葉で「強風」を意味する。
- 風力発電由来の再生水素とDACによるCO2から生産されたeメタノールをMTGプロセスによりeガソリンに転換するデモプラントを建設し、2022年12月に実証開始。
- 生産されたeガソリンは、自動車メーカーのボルシェがオフテイク。2023年11月、ボルシェが使用する約2.5万リットルのeガソリンをチリから英国に初めて商業出荷したと発表。



(出典) Siemens Energy社、Haru Oni

メタノール合成

ABEL Energy (豪) Bell Bay Powerfuels, Tasmania

- 240MWの水電解プラントからのグリーン水素とバイオマスガス化炉から回収されたCO2等からeメタノールを生産する。
- 2027年の生産開始を目指し、生産規模は30万トン/年。船舶への供給を見込む。



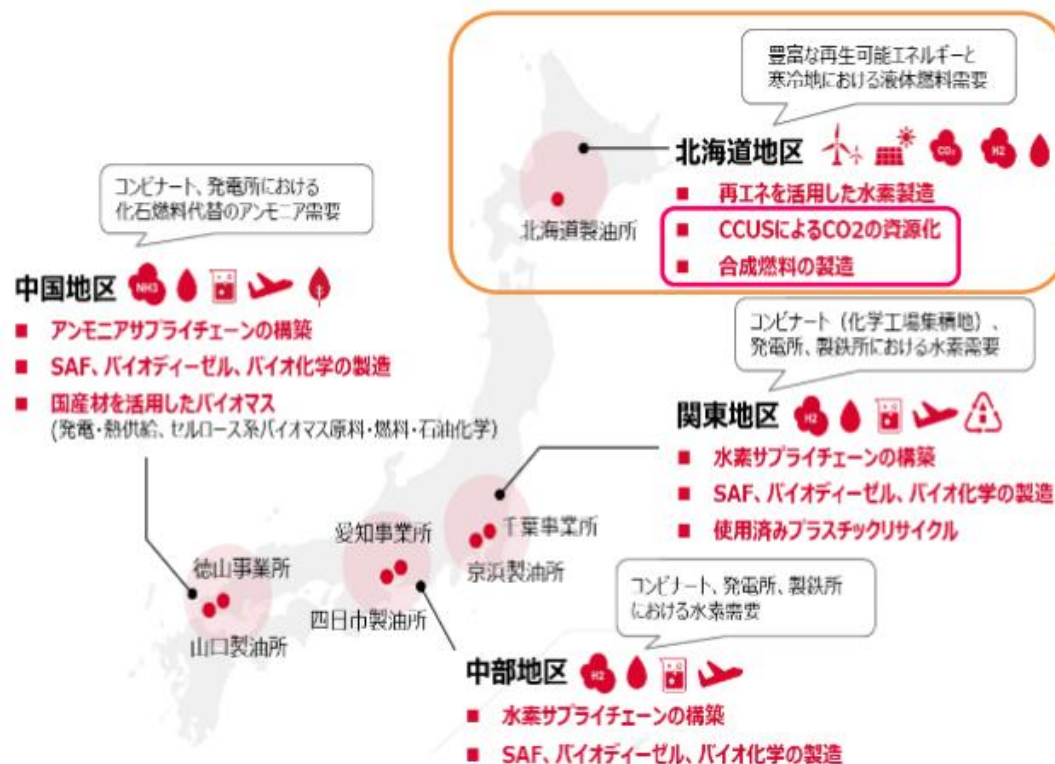
(出典) LinkedIn(Bell Bay Powerfuels)

(参考) 早期境実装に向けた動き (国内)

既存技術等を用いた早期の社会実装① (国産プロジェクトの組成)

- 早期の社会実装を見据え、**既存技術を用いた国産e-fuelプロジェクトの組成**に当たっては、ビジネスモデルやコスト削減見通しの明確化を前提に**設備投資・技術実証等への支援や制度的枠組みについて検討**。

<事例：出光興産 北海道製油所において検討されている国産e-fuel製造プロジェクト>



- 北海道電力、JAPEX、当社の3社が北海道・苫小牧エリアにおけるCCUS実施に向けた共同検討を開始
- 苫小牧エリアの複数の地点をつなぐハブ＆クラスター型CCUS事業を2030年度までに立ち上げることを視野に、CO2排出地点と回収設備、輸送パイプラインに係る技術検討、貯留地点の適地調査などを中心に具体的な調査・検討を進め、本共同検討にあわせ、CO2利活用も具体的な検討を進める。
- 苫小牧エリアにおける事業創出と産業・経済の発展に貢献しながら、2050年カーボンニュートラルおよびゼロカーボン北海道の実現を目指す。



(出典) 出光興産 2023年1月プレスリリースを基に作成

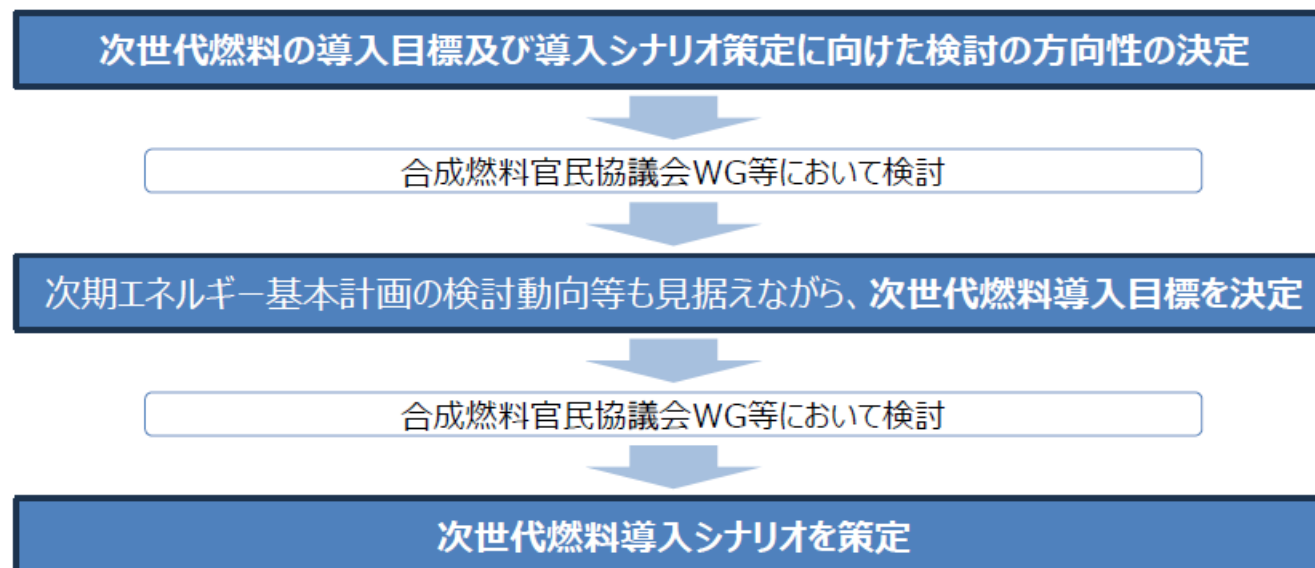
(出典) 出光興産 中期経営計画 (2023~2025) 一部抜粋

10

液体燃料の低炭素化が求められる背景

- 23年12月以降の検討では、具体的な合成燃料の導入量目標やその導入ロードマップについて検討中。
- バイオ燃料は、製造技術が既に確立しており、製造コストも安価であることから、各国で化石燃料の代替燃料として導入拡大が進んでいる。バイオ燃料の活用は、今後、世界的な導入拡大による原料制約の課題が懸念されるが、燃料の非化石化を進めていく上では重要である。
- これらを踏まえ、合成燃料及びバイオ燃料を次世代燃料と捉え、望ましい低炭素化水準を描きながら、次期エネルギー基本計画の検討動向等も見据えながら、供給量目標及び導入シナリオを検討していく。

＜次世代燃料の導入目標及び導入シナリオの検討手順（案）＞



1. 液体燃料の低炭素化が求められる背景

液体燃料の特長

液体燃料の低炭素化の意義

エネルギーの要件とは

2. 液体燃料の低炭素化の動向と技術

液体燃料の低炭素化に関する政策動向

バイオ燃料（バイオエタノール，バイオジェット）

再生可能エネルギー合成燃料（e-fuel, CCU）

3. さいごに



「安全・安心」のSを前提に、生産から利用の場面を通じて、
「供給安定性」「環境適合性」「経済性」の3Eを満足させること

