

# II

## みどりの食料システムのKPIに係る 技術の国内外の最新動向調査 概要調査結果

### II- 2. 研究内容に関する調査

#### a. 温室効果ガス削減

## a. 温室効果ガス削減 1. CO<sub>2</sub>ゼロエミッション化（1）SAF ①技術概要

### SAFの国際動向と技術概要

- 持続可能な航空燃料「SAF（Sustainable Aviation Fuel）」は、既存のガソリン・ディーゼルなどの内燃機関でも使用可能。
- 電動化が特に難しい航空機に対し、ジェット燃料の代替品として注目。
- 航空機向けは要求される品質規格が厳しく、従来のバイオ燃料では対応不可能であったが、近年では国際規格に対応するSAFが複数製造可能。

#### 技術概要

- 2022年時点で商業的に稼働している方法は動植物油を原料としたHEFA。他の製造方法は基礎～実用研究、量産準備段階。
- HEFAは安定・安価な原料油脂の確保が課題。

#### 市場動向

- 世界のSAFの市場規模は2021年の約2億ドルから、2030年までに約157億ドルに成長する推算。
- 廃食油を原料とするHEFAを始めとして、FT合成（固形廃棄物）、アルコールを原料に触媒反応を通じて燃料を製造するAtJ、大気中のCO<sub>2</sub>と再生可能エネルギーによる電力や水素を使って燃料を製造するPtLなどの技術開発が進み、2050年までには低コスト化が進む見込み。ただし2050年時点でも、燃料1トンあたりの製造コストはどの製法においても従来の燃料を下回るのは困難との予測。

ASTM D7566	製造技術	従来の燃料との混合上限	原料
Annex1	Fischer-Tropsch 法により精製される合成パラフィンケロシン(FT-SPK)	50%	有機物全般
Annex2	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(Bio-SPK 又は HEFA)	50%	生物系油脂
Annex3	発酵水素化処理糖類由来のイソ・パラフィン(SIP)	10%	バイオマス糖
Annex4	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(SPK/A)	50%	有機物全般
Annex5	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)	50%	バイオマス糖 紙ごみ
Annex 6	Catalytic Hydrothermolysis Jet (CHJ)	50%	生物系油脂
Annex 7	Hydrocarbon-HEFA (HC-HEFA)	10%	微細藻類

出典:国土交通省 航空機運航分野におけるCO<sub>2</sub>削減に関する検討会資料  
 出典:国土交通省航空局 WEBサイト  
<https://www.mlit.go.jp/common/001395880.pdf>  
[https://www.pecj.or.jp/wp-2022/04/JPEC\\_report\\_No.220401.pdf](https://www.pecj.or.jp/wp-2022/04/JPEC_report_No.220401.pdf)

出典:SPEEDA トレンド「クリーン燃料」

a. 温室効果ガス削減 1. CO<sub>2</sub>ゼロエミッション化（1）SAF ①技術概要

## SAFの国際動向と技術概要

- 民間航空会社からなる業界団体IATA（国際航空運送協会）や、各国政府によって構成される国際機関ICAO（国際民間航空機関）では、SAFの導入拡大に向けた取組を加速。各国が研究開発や、優遇策、義務化などの各種施策を実施。
- SAFの製造技術は動植物の油脂やバイオマス糖、微細藻類などを原料とする場合が多いが、国内での原料調達が課題。

- IATAとICAOの動向

団体	動向概要
IATA	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 航空カーボンオフセット取引のプラットフォーム、Aviation Carbon Exchange（ACE）を立上げ。ここでは航空会社やその他の航空関係者がCO<sub>2</sub>排出削減量を取引が可能</li> <li>● 各国政府に対してSAF開発の支援を呼びかけ</li> </ul>
ICAO	<p><u>目標</u>：燃料効率を毎年2%改善、2020年以降総排出量を増加させない</p> <p><u>手段</u>：新技術の導入、運航方式の改善、持続可能航空燃料の活用、市場メカニズムの活用</p>

- 各国の主な関連政策

地域	政策名	概要
EU	ReFuelEU Aviation	燃料供給者、EU域内の空港、エアラインに対する義務を課すことを提案。税金の見直しによる導入インセンティブ付与
米国	Sustainable Aviation Fuel Act	目標：国際線、国内線を含め2035年までに2005年比で▲35%、2050年までにGHG排出をネットゼロ
	FACT SHEET	バイデン大統領が21年9月に発表。SAFの税制控除や研究開発への助成金等を発表
	Aviation Climate Action Plan	SAFの原料や技術の品目拡大によるコスト削減、土地利用の少ない原料作物開発等と言及

a. 温室効果ガス削減 1. CO<sub>2</sub>ゼロエミッション化 (1) SAF ①技術概要

**SAFの主要プレーヤー**

- SAFの参入企業は石油系企業も多いが、フィンランド森林企業のUPMや、微細藻類の製品に強みを持つスタートアップのユーグレナなど、今まで燃料事業は行っていなかった企業が参入するケースや、ベンチャー企業の参入も増加。
- ENEOSやUPMのように原料の有限性を考え、複数の製法でプロジェクトを行う企業も存在。先行は欧州企業で日本はやや遅れているが、面積に対する生産量の効率の良い藻類などでの参入が目立つ。

**主なSAF参入企業**

種類	参入企業	種類	参入企業
HEFA (食用油)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NESTE</li> <li>• WORLD ENERGY</li> <li>• Total Energies</li> <li>• REPSOL</li> <li>• Eni</li> <li>• COLABIT</li> <li>• SKYNRG</li> <li>• JGC</li> <li>• ENEOS</li> <li>• COSMO</li> </ul>	AtJ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LanzaTech</li> <li>• SKYNRG</li> </ul>
		藻類培養	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ユーグレナ</li> <li>• IHI</li> <li>• Jpower</li> <li>• CHITOSE Laboratory</li> </ul>
FT合成	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fulcrum BIOENERGY</li> <li>• UPM BIOFORE</li> <li>• VELOCYS</li> <li>• MITSUBISHI POWER</li> </ul>	PtL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Synkero</li> <li>• ENEOS</li> <li>• Engie</li> </ul>

出典:SPEEDA トレンド「クリーン燃料」より作成

a. 温室効果ガス削減 1. CO<sub>2</sub>ゼロエミッション化（1）SAF ①技術概要

米国におけるバイオ燃料製造実証プロジェクト（1）

- 米国のエネルギー省は、2021年9月に発表したSAF製造実証プロジェクト22件に対して6,400万ドル以上の資金を提供。

企業名	概要	予算	製造コスト等
Alder Energy	再生農業バイオマスのCO <sub>2</sub> ネガティブなSAFの製造	\$ 4,000,000	1日0.5トンのバイオマスを変換し、2.75ドル/ガロン以下のSAFを生産
Gas Technology Institute	新規の電気改質装置による廃棄CO <sub>2</sub> ・バイオガスからのドロップイン燃料製造	\$ 3,994,252	2.75ドル/ガロン以下
Gas Technology Institute	バイオ燃料用のR-GAS高度ガス化Preパイロット実証	\$ 3,999,898	2.75ドル/ガロン未満
Global Algae Innovations	DACによる藻類バイオマスの培養	\$ 4,000,000	2.50ドル/ガロン
Lanza Tech	廃棄物CO <sub>2</sub> 由来の低コストSAFの製造	\$ 3,994,307	-
MicroBio Engineering Inc.	排水からの純水・SAF・再生可能なディーゼル燃料の生産	\$ 3,999,596	<\$2.50/ガロン

出典：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」に一部追記  
 出典：米国バイオエネルギー技術室 <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/articles/us-department-energy-announces-more-64-million-biofuels-research-reduce>  
 出典：一般財団法人 運輸総合研究所 [https://www.jttri.or.jp/pdf/aviation\\_portal-10.pdf](https://www.jttri.or.jp/pdf/aviation_portal-10.pdf)

a. 温室効果ガス削減 1. CO<sub>2</sub>ゼロエミッション化（1）SAF ①技術概要  
**米国におけるバイオ燃料製造実証プロジェクト（2）**

企業名	概要	予算	製造コスト等
Texas A&M AgriLife Research/Texas A&M University	経済的なSAFの生産を可能にする生分解性プラスチック製品のスケールアップ	\$ 3,923,620	～2.5ドル/kg
University of Maryland: College Park	バイオ燃料の液化と抽出のための近臨界流体処理	\$ 3,101,362	-
D3Max LLC	脱アセチル化・機械精製技術によるコーンストーバーからのSAF生産	\$ 499,988	-
SkyNRG Americas Inc.	埋立地ガスからの超低炭素集約度のSAF製造	\$ 1,000,000	-
T2C-Energy	再生可能燃料へのバイオガスに関する化学プロセス技術の適用	\$ 533,619	-
AVAPOCO	AVAP技術を利用して低コストのセルロース系バイオマスの糖化を通じてSAFを製造する技術実証	\$ 2,800,000	0.20ドル/ポンド未満
Quasar Energy Group	ISPRシステムを用いて食品廃棄物から揮発性の油脂を抽出しSAF製造	\$ 3,500,000	-
Archer Daniels Midland	廃棄された豆類のデンプンからイソブタノールを生産し、SAFを製造	\$ 3,466,844	-

出典: 一般財団法人運輸総合研究所WEBサイト「我が国におけるSAFの普及促進に向けた課題・解決策」に一部追記

出典: 米国バイオエネルギー技術室 WEBサイト <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/articles/us-department-energy-announces-more-64-million-biofuels-research-reduce>

出典: 日本財団 WEBサイト [https://www.jttri.or.jp/pdf/aviation\\_portal-10.pdf](https://www.jttri.or.jp/pdf/aviation_portal-10.pdf)

a. 温室効果ガス削減 1. CO<sub>2</sub>ゼロエミッション化 (1) SAF ①技術概要

**EUにおけるバイオ燃料製造実証プロジェクト (1)**

- 欧州ではHorizon Europeの中で、SAFに関連するプロジェクトを多数支援。

プロジェクト名	全体予算 (千€)	EU負担額 (千€)	製造コスト等
代替航空燃料開発に関する評価	2,600	2,600	-
廃棄物バイオマスからのフレキシブルなSAFの製造	15,033	10,000	-
航空向けの先進バイオ燃料の製造	16,861	10,003	-
パルプミルに統合された効率的な水熱処理プロセスの適用による黒液からのSAF製造	5,000	5,000	0.90 €/l
水と空気由来のCO <sub>2</sub> 分解、合成ガス生成、FT合成による再生可能エネルギーを供給源とするSAFの生産	4,952	4,952	-
合成ガス発酵からの航空及び海上輸送用バイオ燃料生産	4,999	4,999	-
エタノールからの低炭素統合技術による燃料製造	55,902	20,000	-
CO <sub>2</sub> と水素からの再生可能な合成航空燃料の生産	5,341	4,999	-

出典：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」に一部追記

a. 温室効果ガス削減 1. CO<sub>2</sub>ゼロエミッション化 (1) SAF ①技術概要  
EUにおけるバイオ燃料製造実証プロジェクト (2)

プロジェクト名	全体予算 (千€)	EU負担額 (千€)	製造コスト等
航空燃料技術のための空気中の炭素リサイクル	2,897	2,240	-
グリセロールリサイクルによる航空及び海洋製品への適用	4,993	4,993	
共イオン性膜反応器におけるCO <sub>2</sub> の化学エネルギー担体への直接電極触媒変換	4,448	3,950	
INERATEC社モジュラープラントの再生可能化学製品適用	3,492	2,444	-
バイオ燃料の持続生産のためのケミカルループによるガス化	4,994	4,994	0.7 €/l

出典: 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」に一部追記



a. 温室効果ガス削減 1. CO<sub>2</sub>ゼロエミッション化 (1) SAF ①技術概要

微細藻類を用いたSAFのコスト見通し

- NEDOでは原料に微細藻類を用いたSAFのコスト低減に向けた研究として下表の項目を実施。微細藻類の純バイオジェット燃料のコスト目標は、藻油生産効率向上により、300~400円/リットル以下（残渣を水産養殖飼料として売却した想定売却益100~150円/リットルを得た場合、200~350円/リットル以下）。一方、微細藻類と廃食油等を混合したバイオジェット燃料の製造コスト目標は100円/リットルで、実証を通じて販売価格150円/リットルの見通し。
- なおジェット燃料の価格は100円/リットル程度であるのに対し、ユーグレナの決算資料によると、2022年10~12月のSAF（廃食油と微細藻類が9:1の割合）の価格は350円/リットル。

NEDO事業における微細藻類のコストダウンに向けた各種研究（2020~2024）

実施者	事業名	概要
(株)ユーグレナ／(株)デンソー／三菱ケミカル(株)／伊藤忠商事(株)	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	培養から藻油抽出に至るまでの各生産工程の技術開発で生産物である藻油生産の効率向上及び残渣飼料の商品価値向上が目標。
電源開発(株)	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	オープン型とクローズ型を組み合わせたハイブリッド培養システムで培養試験を実施するほか、藻体収量、オイル蓄積率の向上等に向けた研究を実施。
(株)ちとせ研究所	熱帯気候の屋外環境下における、発電所排気ガス及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及び長期大規模実証に関わる研究開発	微細藻種の選定と、商業規模生産時の1ユニット単位となる規模での比較検証等の実証を通じて安定大量培養技術を確立。
(社)日本微細藻類技術協会	微細藻類由来バイオジェット燃料生産の産業化とCO <sub>2</sub> 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	国内の微細藻類研究拠点整備や微細藻類の生産における標準手法・標準条件整備と、手法・条件を用いや標準参照値の取得等を推進。

出典:NEDO「バイオジェット燃料生産技術開発事業(中間評価)プロジェクトの概要」を基にNTTデータ経営研究所作成

a. 温室効果ガス削減 1. CO<sub>2</sub>ゼロエミッション化 (1) SAF ①技術概要  
**各種原料によるSAF(HEFA燃料)の製造コスト**

●SAFのうち商業ベースでの生産が可能な「水素化処理エステル・脂肪酸 (HEFA)」の製造コストは下表の通り。

**HEFAの製造コスト**

原料	原産地	製造コスト <sup>*1</sup>	前提(想定製造規模) <sup>*2</sup>	出所
大豆油	不明	111 円/L	5万 kL/年 (4万4千 t/年)	skyNRG「Green Horizons」
	不明	87 円/L	—	NREL「Review of Biojet Fuel Conversion Technologies」
微細藻類	米国	355 円/L	2.6万 kL/年	NREL「Review of Biojet Fuel Conversion Technologies」
	米国	741 円/L	2.6万 kL/年	
	豪州	1,027 円/L	6万 kL/年	Christopher D Turner「Technoeconomic analysis of renewable aviation fuel from microalgae,Pongamia pinnata, and sugarcane」
廃食油	欧州	143 円/L	36万 kL/年 (30万 t/年)	S de Jong「The feasibility of short-term production strategies for renewable jet fuels – a comprehensive techno-economic comparison」
	米国	121 円/L	17万 kL/年 (14万 t/年)	Lin Tao「Techno-economic and resource analysis of hydroprocessed renewable jet fuel」
ポンガミア	豪州	279 円/L	6.1万 kL/年	NREL「Review of Biojet Fuel Conversion Technologies」
カメリナ	米国	76 円/L	7.6万 kL/年	
	米国	300 円/L	20万 kL/年	Lin Tao「Techno-economic and resource analysis of hydroprocessed renewable jet fuel」
木質バイオマス	米国	113 円/L	原料を乾燥重量で2,000t/日	NREL「Review of Biojet Fuel Conversion Technologies」
ジャトロファ	米国	93 円/L	20万 kL/年	Lin Tao「Techno-economic and resource analysis of hydroprocessed renewable jet fuel」
ゲンバイナズナ	米国	170 円/L		
ヒマシ油	米国	260 円/L		

出典:NEDO「バイオジェット燃料生産技術開発事業(中間評価)プロジェクトの概要」より抜粋 (2020年10月21日)

a. 温室効果ガス削減 1. CO<sub>2</sub>ゼロエミッション化 (1) SAF ①技術概要

各種SAF原料の経済的優位性の比較

- SAFの原料のうち、油含有量の高さ等が優れたカメリナ、カリナータ、ジャトロファについて、経済的な優位性や実現可能性等を検討した調査によると、原料価格や他副産物の販売価格等の影響でカメリナの投資対効果が最も有望と結論。なお、SAF自体から得られる収益よりも食用タンパクといった副産物から得られる収益割合が高い。
- 同様の手法によるディーゼル生産の調査結果では、総収益はSAFよりディーゼル生産の方が収益性が高い。

各原料の最大ディーゼル生産量と最大ジェット燃料生産量及び副産物による収益分析 ※各種論文からの経済分析結果

		最大ジェット燃料生産量 (HRJ)			最大ディーゼル生産量 (HRD)		
		カメリナ	カリナータ	ジャトロファ	カメリナ	カリナータ	ジャトロファ
原料種子価格		323 USドル/t	356 USドル/t	254 USドル/t	323 USドル/t	356 USドル/t	254 USドル/t
油脂含有量		35%	44%	33%	35%	44%	33%
モデル施設における総収益 (副産物の販売等含む)		3.76億 USドル	3.11億 USドル	2.06億 USドル	4.47億 USドル	3.83億 USドル	2.94億 USドル
総収益における各種産物の寄与度	ジェット燃料	19%	23%	47%	4%	4%	6%
	ディーゼル	12%	14%	17%	49%	57%	74%
	LPG	5%	5%	8%	3%	3%	4%
	ナフサ	11%	15%	9%	1%	2%	2%
	食用タンパク	54%	44%	- ※毒性有	43%	34%	- ※毒性有
	バイオ炭	-	-	6%	-	-	4%
	殻の炭	-	-	14%	-	-	10%
設備投資費 (モデル施設の仮定)		4.22億USドル	4.22億USドル	4.22億USドル	2.53億 USドル	2.53億 USドル	2.53億 USドル
運営費 (モデル施設の仮定)		3.72億USドル	3.29億USドル	3.13億USドル	3.58億 USドル	3.16億 USドル	3億 USドル

※プラントの寿命を20年、燃料39トン/時間を生み出すことを想定し、モデル施設の各種条件を設定  
 ※USドルは2017年時点の計算

a. 温室効果ガス削減 1. CO<sub>2</sub>ゼロエミッション化 (1) SAF ②事例

## SAF研究開発、社会実装に向けた動き：民間航空代替燃料イニシアティブ「CAAFI」：米国

- 米国政府はSAFに関する行動計画「Aviation Climate Action Plan」として、「SAFに関する研究、開発、実証、原料システムの展開、変換、試験、分析、調整に関する重要な米国政府プログラムを、産業界と直接、又はCAAFIを通じて支援する」と明示。

### CAAFIの注力分野



- 目標 1:**作物収量 (トン/畝)、水と栄養素の使用効率や、害虫と病気への抵抗力を高め、原料転換特性を改善。
- 目標 2:**最小限の投入で環境負荷耐性が高く、環境への影響を抑える持続可能な原料生産システムを開発。
- 目標 3:**物理的バイオマスの収穫、収集、貯蔵、高密度化、前処理及び変換施設への輸送を改善。
- 目標 4:**都市固形廃棄物の収集、保管、高密度化、前処理及び変換施設への輸送を改善。

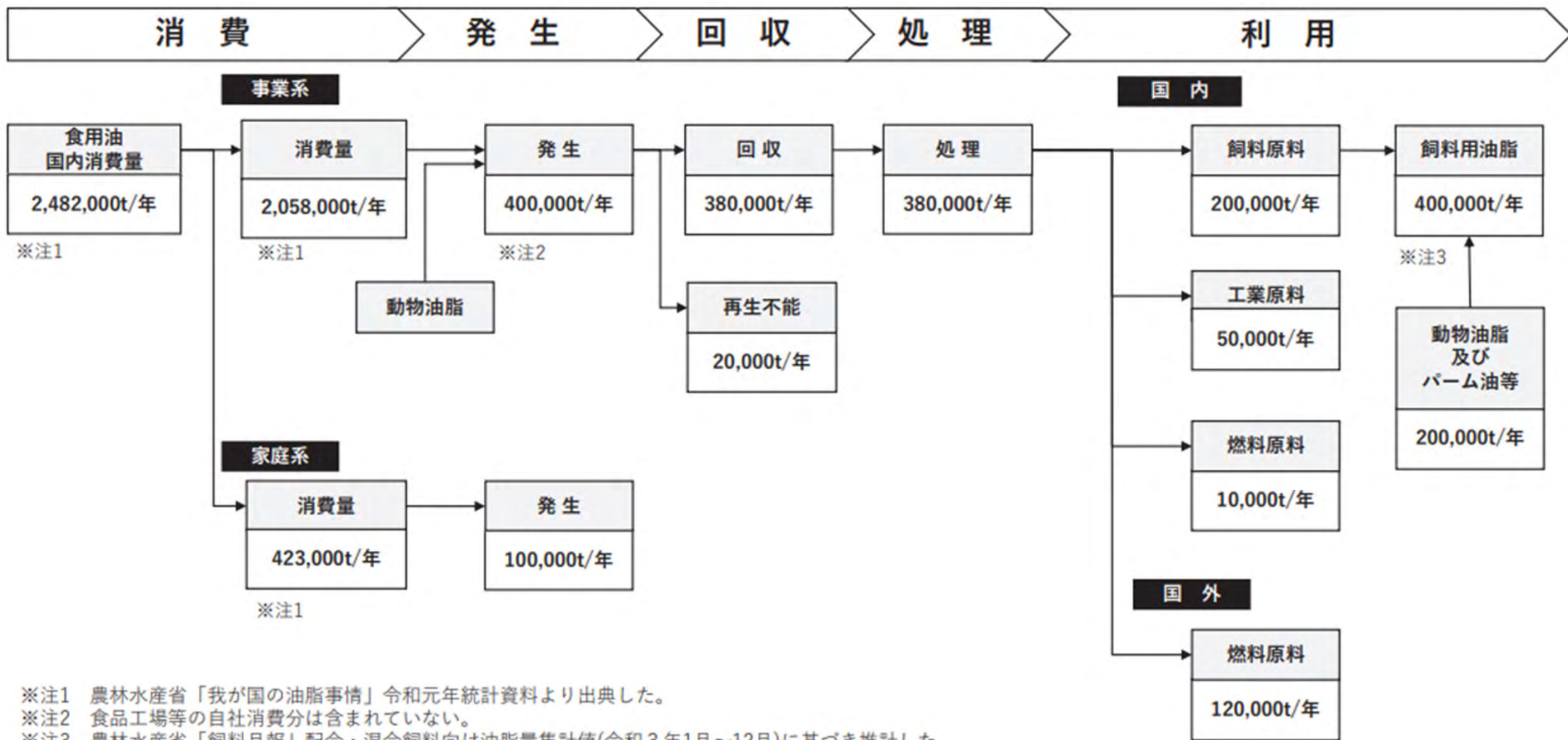
- CAAFI は、航空会社、航空機及びエンジン メーカー、エネルギー生産者、研究者、国際的な参加者及び米国政府機関で構成。
- CAAFI は参加者が資金を提供しなくても、運営資金は CAAFI スポンサーである連邦航空局、環境エネルギー局、エアライン業界、空港業界などが運営資金を拠出。

出典:CAAFI WEBサイト <https://www.caafi.org/caafi.org/>

a. 温室効果ガス削減 1. CO<sub>2</sub>ゼロエミッション化 (2) バイオ燃料 ①技術概要

次世代バイオ液体燃料の原料になる油脂と油脂製品の流れ

- 廃食油 (UCO) はバイオ燃料の原料としてコスト的メリットがあるが、大半が飼料として利用され、燃料用への活用が限定的。
- 事業用UCOは日本からニーズの高い欧州が輸入しており、国内に残る量が少ない。
- 動物油脂も燃料用の原料に使用可能だが、低温流動性が悪いため、改質しない限り夏場使用限定。



※注1 農林水産省「我が国の油脂事情」令和元年統計資料より出典した。

※注2 食品工場等の自社消費分は含まれていない。

※注3 農林水産省「飼料月報」配合・混合飼料向け油脂量集計値(令和3年1月~12月)に基づき推計した。

※その他の数値については、当連合会による実態調査等情報収集による総合的判断に基づき推計した。

出典:全国油脂事業協同組合連合会「UCオイルのリサイクルの流れ図(令和3年度版)」

[https://zenyuren.or.jp/document/220407\\_ucorecycleflow\\_r3.pdf](https://zenyuren.or.jp/document/220407_ucorecycleflow_r3.pdf)

a. 温室効果ガス削減 1. CO<sub>2</sub>ゼロエミッション化 (2) バイオ燃料 ①技術概要

現行及び次世代バイオ液体燃料の製造パス①

- 次世代バイオ液体燃料の製造パスのうち、セルロース系では原材料コストの低減、製造の大規模化が製造コスト低減のポイント。

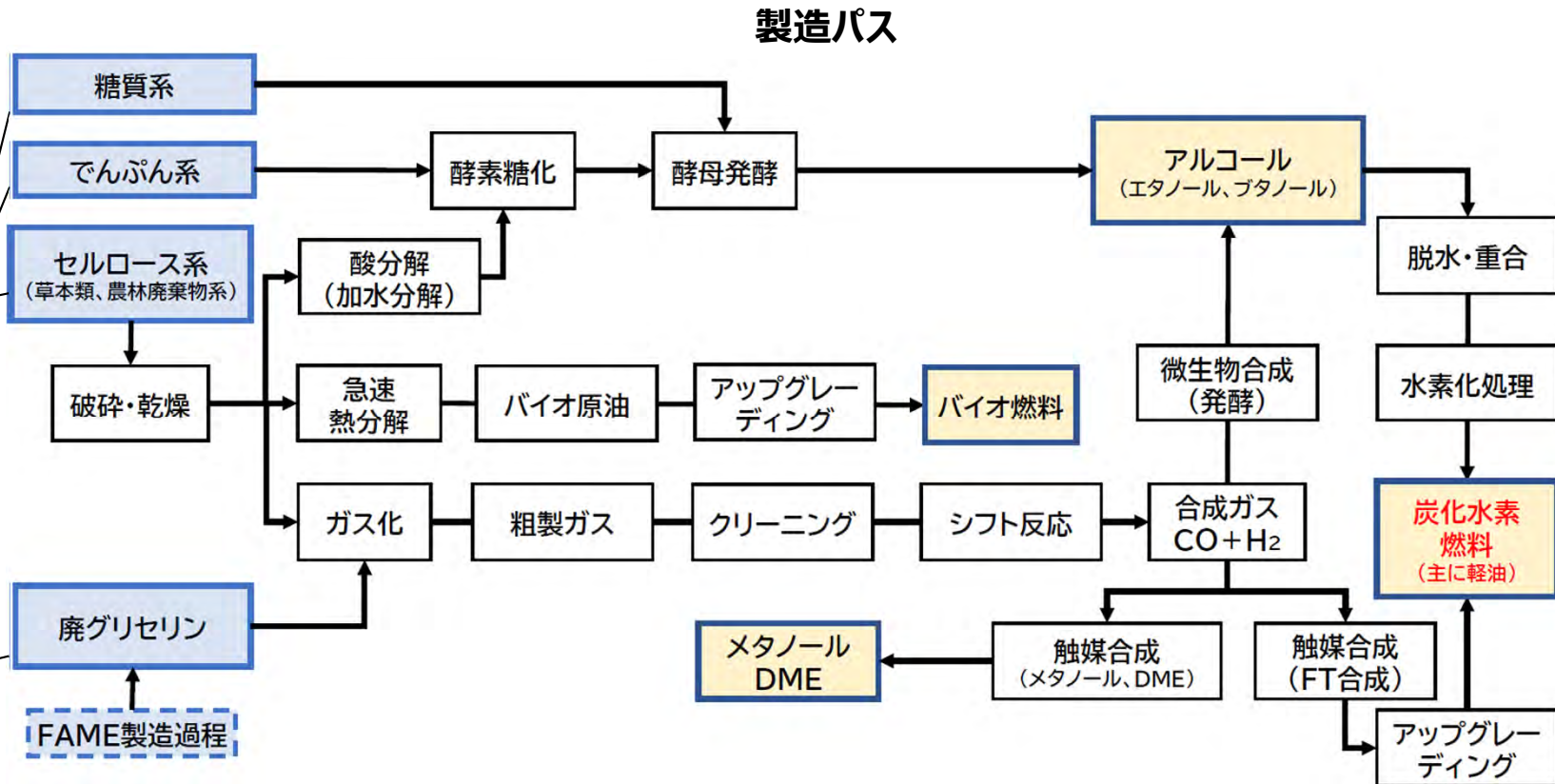
コスト低減に向けたポイント

セルロース系バイオマス

- ジャトロファを原料とした場合、燃料価格は76円/L程度。
- 廃パルプ・廃菌床・コーヒー粕等を原料としたモデルでは年産3万kLで展開できれば、エタノール製造コスト70円/L未滿を達成可能との試算。

廃食油・油脂系

- 次ページに記載

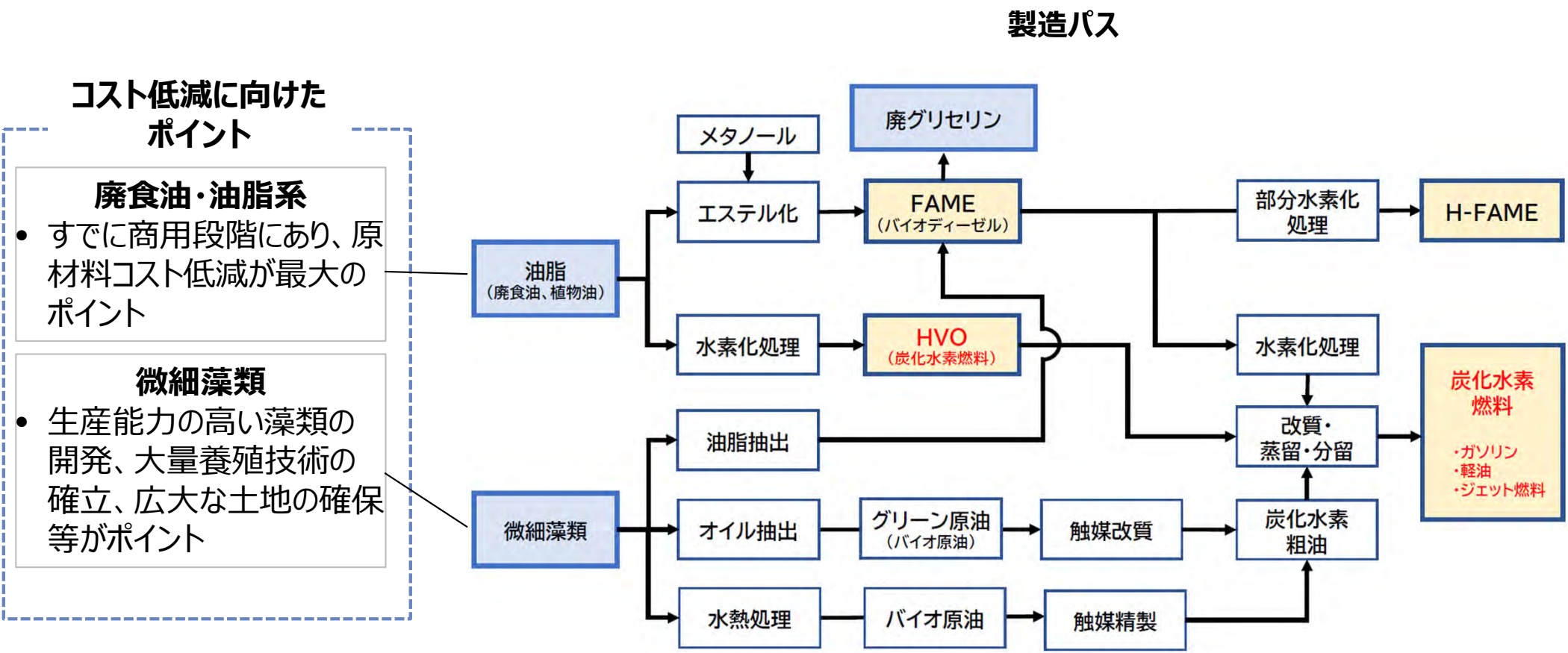


出典:滋賀県立大 山根浩二教授 ヒアリング資料「バイオディーゼルの現状と今後の展開」に JST「TSC foresight」を参考にNTTデータ経営研究所追記

a. 温室効果ガス削減 1. CO<sub>2</sub>ゼロエミッション化 (2) バイオ燃料 ①技術概要

現行及び次世代バイオ液体燃料の製造パス②

- 製造パスのうち、廃食用油・油脂原料の場合は原材料の低コストでの確保が課題。
- 微細藻類は藻類自体の生産力向上・大規模化がポイント。



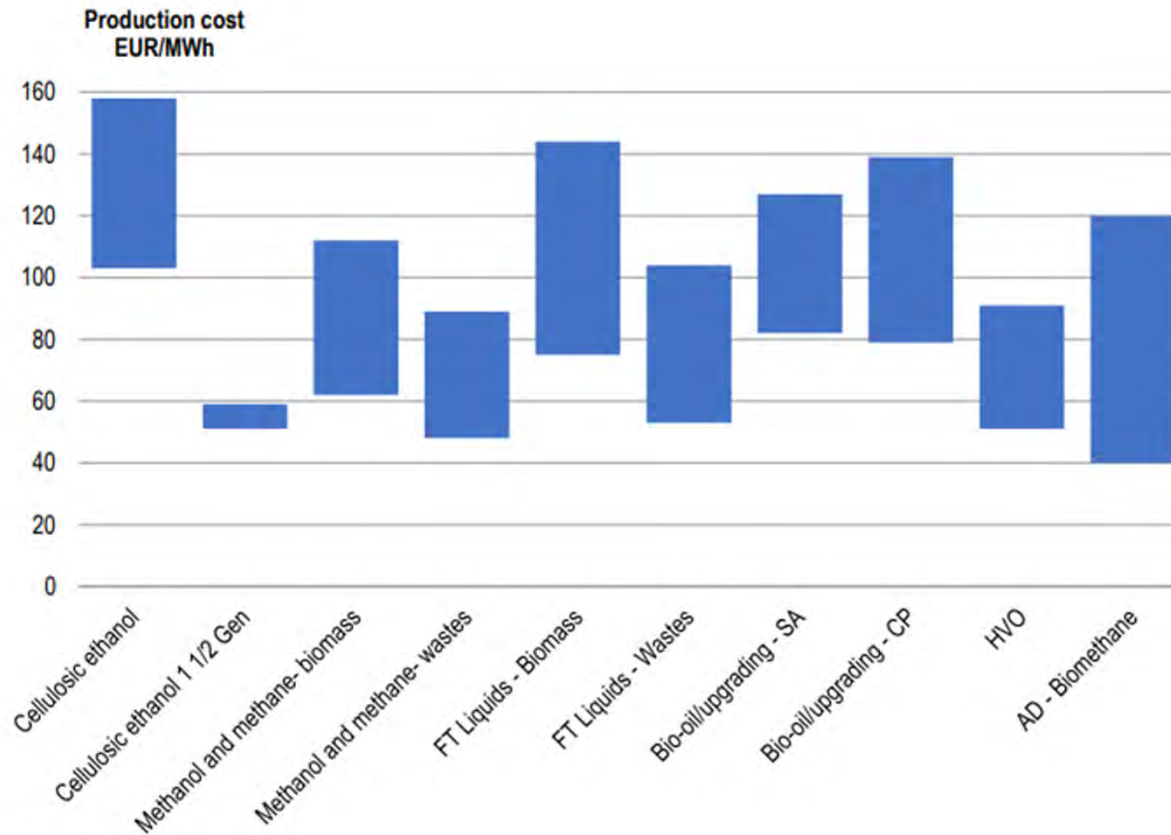
出典:滋賀県立大 山根浩二教授 ヒアリング資料「バイオディーゼルの現状と今後の展開」に JST「TSC foresight」を参考にNTTデータ経営研究所追記

## a. 温室効果ガス削減 1. CO<sub>2</sub>ゼロエミッション化 (2) バイオ燃料 ①技術概要

### 燃料タイプごとのコスト比較

- IEAの試算では製造コストの視点から、現状で最もコストのハードルが高いのはセルロース系エタノール製造。

### 現在の各バイオ燃料のコストレンジ



出典: IEA "Advanced Biofuels – Potential for Cost Reduction" WEBサイト  
[https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2020/02/T41\\_CostReductionBiofuels-11\\_02\\_19-final.pdf](https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2020/02/T41_CostReductionBiofuels-11_02_19-final.pdf)

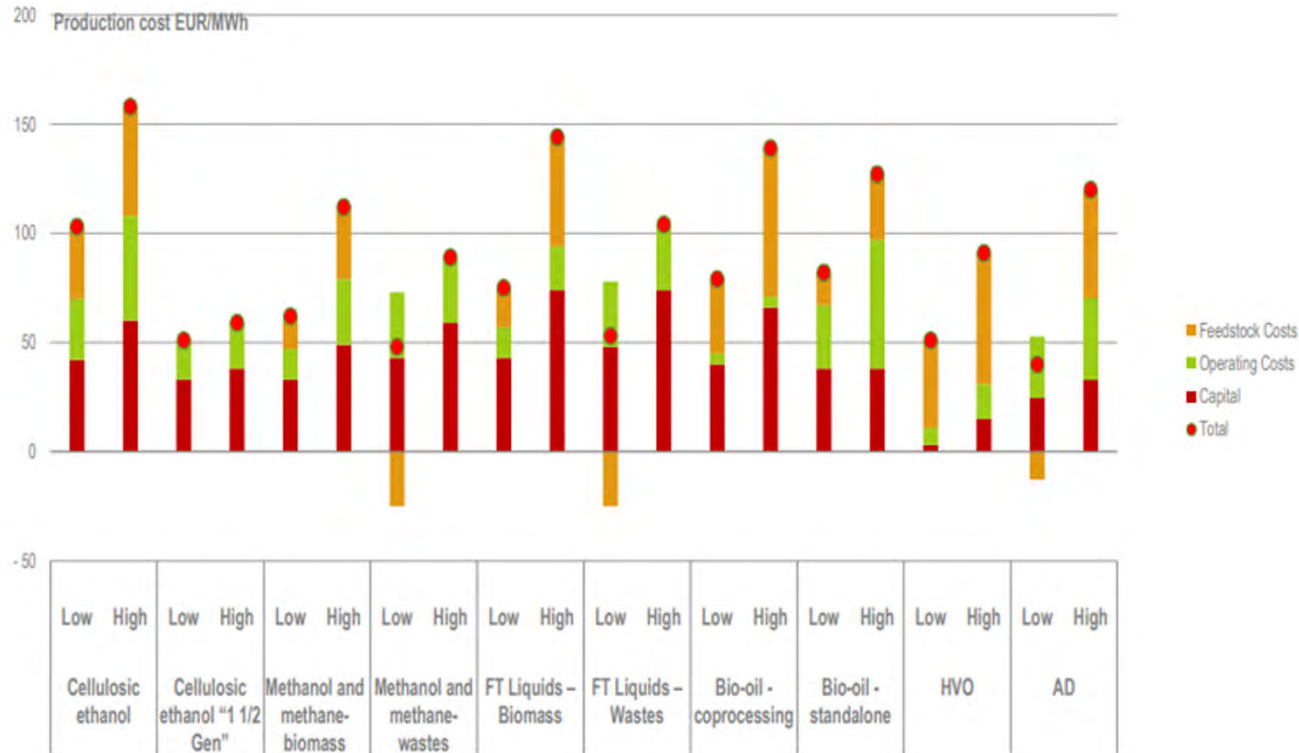


a. 温室効果ガス削減 1. CO<sub>2</sub>ゼロエミッション化 (2) バイオ燃料 ①技術概要

燃料タイプごとのコスト内訳

- IEAの試算で、他のバイオ燃料と比較し、設備投資が少なく製造コストが低いのは炭化水素燃料の製造。

現在のコストレンジと内訳



出典:IEA "Advanced Biofuels – Potential for Cost Reduction" WEBサイト  
[https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2020/02/T41\\_CostReductionBiofuels-11\\_02\\_19-final.pdf](https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2020/02/T41_CostReductionBiofuels-11_02_19-final.pdf)

a. 温室効果ガス削減 1. CO<sub>2</sub>ゼロエミッション化 (2) バイオ燃料 ②事例

次世代バイオ液体燃料の原料になる油脂の回収に関する企業動向

- SAFの原料となる廃食油 (UCO) を国内で回収するために、日揮やローソンなどの大手企業が回収を開始。

企業名	概要	想定回収量
日揮HD・三菱地所	<ul style="list-style-type: none"><li>日揮HDは以前より、レボインターナショナル、コスモ石油株式会社と共同で国内での廃食用油の収集からSAFの製造・輸送・供給に至るまでのサプライチェーン構築に向けて事業化を検討。</li><li>UCOの回収拡大に向け、2022年11月に三菱地所と協力に向けた合意書を締結。三菱地所のテナントから出たUCOを回収予定。</li></ul>	年間約150t (対象物件23棟、2019年度、一部物件は想定量)
ローソン・ENEOS	<ul style="list-style-type: none"><li>ローソンは、親会社の三菱商事がENEOSと連携し、国内でSAFの原料調達から製造、流通までの供給網づくりに取り組んでいることから、店舗から出るUCOの提供を検討中。</li></ul>	不明

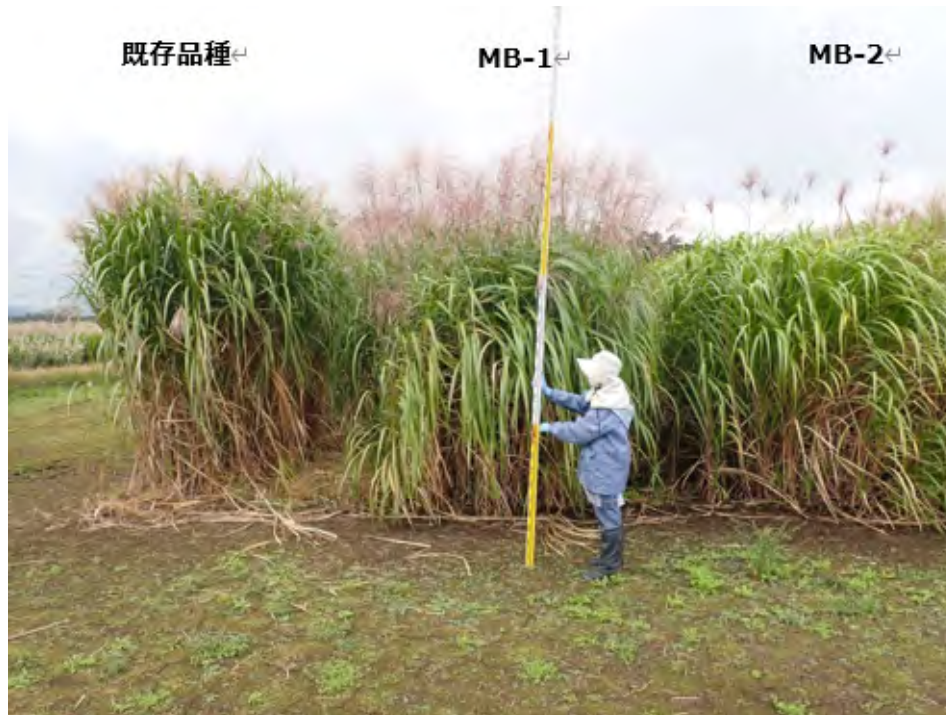
出典:日揮ホールディングス株式会社プレスリリース  
<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000114.000065135.html>

## a. 温室効果ガス削減 1. CO<sub>2</sub>ゼロエミッション化 (2) バイオ燃料 ②事例

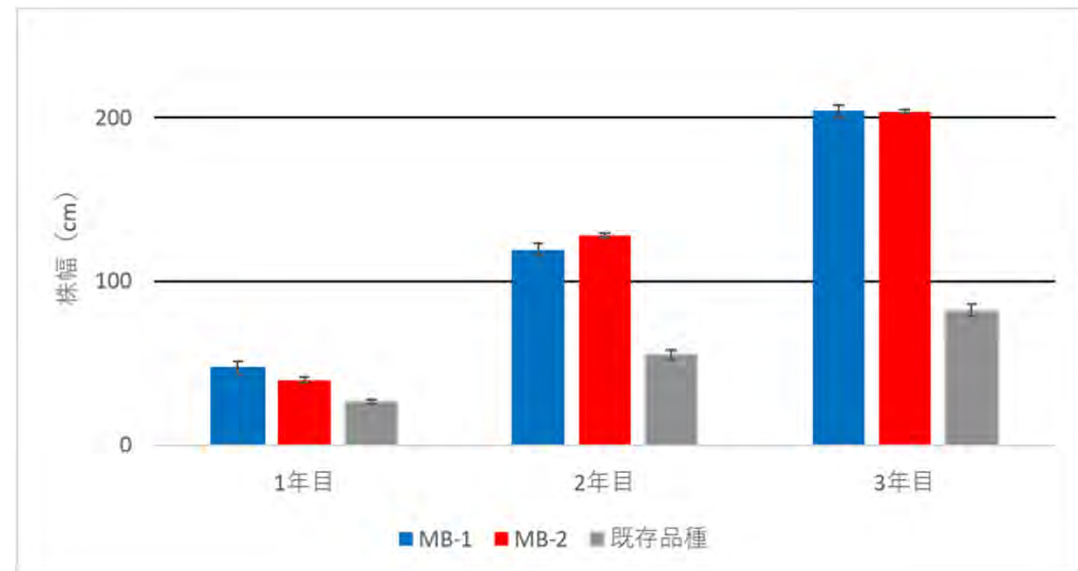
### バイオマス燃料植物オギススキ新品種の開発：農研機構（日本）

- オギススキは日本に自生している植物であり、海外ではジャイアントミスカンサスと呼ばれ、バイオマス植物としてボイラーの燃焼材等に使用。
- オギススキは種子を作らないため、栄養繁殖により多数の株を増殖して移植するという過程が必要である点が課題であったが、農研機構は内閣府SIP事業にて、バイオマス植物として有用なオギススキの新品種を開発。既存品種より株が広がりやすく、かつ多収。株の広がりが速いため、移植する苗数を通常の1/4まで削減。
- 多年生植物であるため、一度草地ができると毎年の耕起・鎮圧・播種・除草剤散布などが不要で、施肥と収穫作業だけで生産が可能。

#### 新品種「MB-1」「MB-2」及び既存品種の移植2年目の草勢



#### 1年目～3年目までの株幅比較



出典：農研機構 プレスリリース  
[https://www.naro.go.jp/publicity\\_report/press/laboratory/tarc/151373.html](https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/tarc/151373.html)

## a. 温室効果ガス削減 2. 農林業機械の電化・水素化等技術

### 水素を燃料とする燃料電池トラクター：クボタ、井関農機（日本）

- クボタは2025年にも水素燃料電池のトラクターを世界で初めて商用化予定。50～100馬力の中大型トラクターを開発予定。ディーゼルエンジンの同種の主力機種が1台800万～1100万円のところ、現行機種よりも4割ほど高くなるとみられる。前段階として2023年に試作機を開発する方針。
- 井関農機も2024年度までに水素を燃料とする小型トラクターの試作機を作り、商品化や大型化を目指す。同社は2012年に愛媛大と共同で電動トラクターの実証実験を実施。水素燃料の噴射制御など専門技術を持つ国内メーカーと組んで開発を進める方針。

クボタが2020年に公開した  
電動トラクター（右）と電動建機



- クボタ、井関農機は、トヨタ自動車やヤンマーHDも参画する「水素バリューチェーン推進協議会」の一員で、同協議会では農機の水素の需要ポテンシャルは2050年に312万トンと推計。

出典:クボタプレス「2050年の「脱炭素」社会の実現に向けて世界とともに私たちが取り組むカーボンニュートラルとは」  
<https://www.kubota.co.jp/kubotapress/life/carbon-neutral.html>  
出典:朝日新聞 WEBサイト <https://digital.asahi.com/articles/ASQ6H6F28Q6BPLFA00M.html>

## a. 温室効果ガス削減 2. 農林業機械の電化・水素化等技術

**世界初のバイオメタンと電力のハイブリッドトラクター：Auga M1（リトアニア）**

- リトアニアに本社を置く有機食品メーカーのAuga groupは、世界初のバイオメタンと電力のハイブリッドトラクター「Auga M1」を開発（2021年10月）。
- 通常の農作業を行えるだけのパワーを出力するために、バイオメタンガスを活用するほか、バッテリーとの組合せで約12時間の稼働が可能。

**バイオメタンと電力のハイブリッドトラクター  
「Auga M1」**

- Auga M1は長さ 6メートル、高さ 4メートルで、900/60R 42 タイヤで走行。1400馬力のディーゼルパワートラクターと同様の作業が可能。
- 高出力を必要としない通常の状態で作動する場合、トラクターは生成されたエネルギーをバッテリーに蓄える仕組み。バイオメタンガスは大型カートリッジを用いており、同社が交換サービスも提供。
- Auga groupはヨーロッパ最大の垂直統合型有機食品メーカーで、39,000haの有機穀物、根菜類、野菜、3,400頭の大規模酪農場を経営。

出典:Auga group WEBサイト <https://auga.lt/en/about-us/>  
<https://www.ivtinternational.com/news/hybrid-electric-vehicles/world-first-hybrid-biomethane-electric-tractor-developed-by-auga-food-group.html>

## a. 温室効果ガス削減 2. 農林業機械の電化・水素化等技術

**完全自律型トラクター：ジョンディア（米国）**

- 米国のジョンディア社は同社初の完全自律型トラクターを販売する予定（2022年2月発表）。6セットのカメラによる360度の障害物検出で、稼働の判断を行う。判断にはディープニューラルネットワークを活用。
- 自律型トラクターは、ジオフェンスに対する位置を継続的にチェックし、想定どおりの場所で動作していること、精度が1インチ未満であることを確認可能。

**ジョンディアの完全自律型トラクター**

- ジョンディア社のトラクター「8R」をベースに、TruSet対応のチゼルプラウ、GPSガイダンスシステム、360度の障害物検知と距離計算を可能にする6対のステレオカメラなどの先進技術を搭載した自律走行型の新製品。
- カメラで撮影された画像はディープニューラルネットワークに送られ、約100ミリ秒で各ピクセルが分類され、障害物の有無によってマシンが動き続けるか停止するかを決定。同じニューラルネットワークが「雑草」と「作物」をその場で区別し、特定の植物を選んで除去が可能。
- 約50万ドルで販売されるトラクターに機能追加される予定。

出典:ジョンディア WEBサイト  
<https://www.deere.com/en/news/all-news/autonomous-tractor-reveal>

## a. 温室効果ガス削減 2. 農林業機械の電化・水素化等技術

### 世界初の水素を燃料とするハイブリッド外洋漁船：Loran（ノルウェー）

- ノルウェーの海運会社Loran は、世界初の水素を動力源に加えたハイブリッド型の外洋漁船を開発（2021年11月）。化石燃料の使用を40%以上削減可能と試算。
- 従来のディーゼルエンジンに加えて、水素のコンテナベースの貯蔵、185 kWの燃料電池2つ及び2000 kWhのバッテリーの両方を搭載。

#### 化石燃料の使用を 40% 以上削減する漁船



出典: skipsteknisk WEBサイト

- エネルギー効率、熱回収及び水素を使用する設計となっており、将来的にはゼロエミッション運用が目標。
- はえ縄を引っ張っている時や、有事への対応を可能とするために、格納式のプロペラも備えている。
- ノルウェー政府は2030年までに船舶による排出量を半減することが目標。
- ノルウェーの気候環境省が所管する研究開発投資機関Enovaより9250万ユーロを助成。

a. 温室効果ガス削減 3. 化石燃料を使用しない園芸施設への移行 (1) 技術概要

植物工場の科学技術研究に関する現状と課題の国際比較

- 日本は基礎研究、応用研究・開発ともに世界的に研究が進展していたが、2017年ごろから米国、中国、欧州などで大規模な研究開発や建設が相次いだことなどで、トレンドは低調。
- 米国は農地が潤沢であり、また南半球からの野菜の輸入があることも影響し、施設園芸は限定的。

国・地域	フェーズ	現状	トレンド	各国の状況、評価の際に参考にした根拠など
日本	基礎研究	◎	→	BNI 研究を主導 (BNI 国際コンソーシアム会議)。東京大学農学部を中心に、植物栄養のシグナルネットワークの解明に多大な貢献あり。
	応用研究・開発	○	→	遺伝子組換え植物の圃場試験が非常に難しく、応用研究、実装研究が極めて弱い。また、BNI 現象の解明を進める国際農研には育種部門が無く BNI 強化作物のプロトタイプの実出は直接出来ない。
米国	基礎研究	◎	↗	長年、植物栄養のシグナルネットワークの解明に注力してきた。また、BNI 作物の基礎研究にも投資している。
	応用研究・開発	○	↗	植物栄養のシグナルネットワークの解明から得られた知見は、社会実装にはまだ遠い。コムギ、トウモロコシ、ソルガムの大産地であり、BNI の育種による導入を検討中。
欧州	基礎研究	◎	↗	植物栄養のシグナルネットワーク研究者の層が厚く、基礎研究が充実している。圃場生態系における物質循環などマクロスケールの研究も充実している。民間財団、Novo Norden Foundation による新たなプロジェクトにより BNI 基礎研究が加速している。
	応用研究・開発	○	↗	民間企業 (BASF 社、モンデリーズ社) の関与による応用研究が進む。
中国	基礎研究	○	↗	植物栄養シグナルネットワークに関する研究を進める研究者層が厚い。また、BNI 強化イネの研究例はあるが、還元状態の水田では効果が発揮しにくい。
	応用研究・開発	△	→	コムギ、トウモロコシ、ソルガムの大産地であるが、応用研究の例はあまりない。
韓国	基礎研究	△	→	植物栄養の研究分野はあまり注目されていない。
	応用研究・開発	△	→	植物栄養の研究分野はあまり注目されていない。
カナダ	基礎研究	△	→	コムギ、オオムギに関しての基礎研究の実施が検討されている。
	応用研究・開発	○	↗	1CW (日本向け春小麦品種群) への BNI 能 (Lr#N-SA) 導入がプロジェクト化されており、施肥の 30% 削減を目標としている。
ニュージーランド	基礎研究	○	↗	合成硝化抑制剤 DCD の使用が禁止されたため、牧草地における N <sub>2</sub> O 排出削減の切り札としての BNI 研究への期待が高い。
	応用研究・開発	○	↗	CIAT と組んだ温帯牧草の BNI 能スクリーニングなどを実施している。

(註1) フェーズ

基礎研究：大学・国研などでの基礎研究の範囲

応用研究・開発：技術開発 (プロトタイプの実出含む) の範囲

(註2) 現状 ※日本の現状を基準にした評価ではなく、CRDS の調査・見解による評価

◎：特に顕著な活動・成果が見えている

○：顕著な活動・成果が見えている

△：顕著な活動・成果が見えていない

×：特筆すべき活動・成果が見えていない

(註3) トレンド ※ここ1~2年の研究開発水準の変化

↗：上昇傾向、→：現状維持、↘：下降傾向



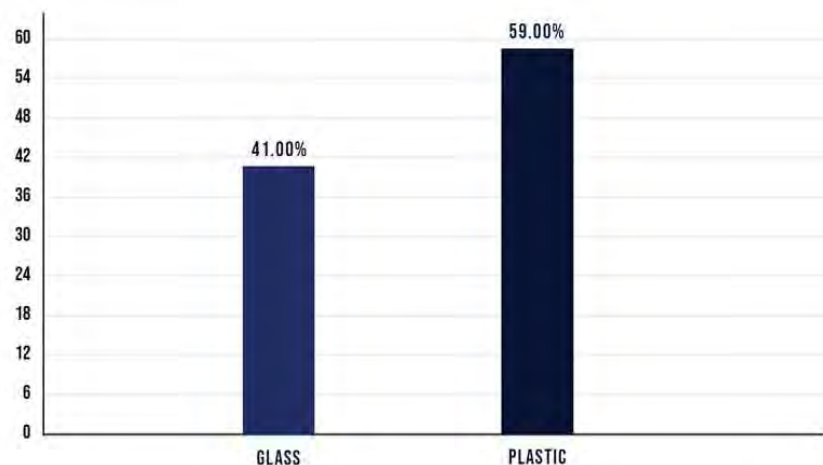
a. 温室効果ガス削減 3. 化石燃料を使用しない園芸施設への移行 (1) 技術概要

**温室栽培のタイプ (ガラス製、プラスチック製) と地域別シェア**

- 温室のタイプごとのシェアでは、プラスチック製がガラス製を上回っており、成長割合も大きいと予測。特に素材の改良により耐久性や機能性が向上することでシェア拡大の見通し。
- 地域ごとのシェアでは、北米とヨーロッパが大きいですが、人口の増加と耕作地の縮小が予測される中国とインドを含むアジア太平洋地域も急速に成長。

**温室のタイプごとのシェア  
(ガラス素材性 vs ビニールハウス等プラスチック製)**

COMMERCIAL GREENHOUSE MARKET SHARE, BY TYPE, 2021 [%]



© PRECEDENCE RESEARCH

**商業用温室市場シェア**

地域	2021 年の収益シェア (%)
北米	32.8%
アジア太平洋地域	24.4%
ヨーロッパ	29%
ラテンアメリカ	9%
中東・アフリカ	4.8%

出典:PRECEDENCE RESEARCH

"Commercial Greenhouse - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, Regional Outlook, and Forecast 2022-2030"  
<https://www.precedenceresearch.com/commercial-greenhouse-market>

a. 温室効果ガス削減 3. 化石燃料を使用しない園芸施設への移行（1）技術概要  
**慣行、温室、垂直農場での使用電力と生産量への影響**

- 植物工場では通年での栽培が可能になることに加え、輸送距離を減らし、鮮度の高い野菜を供給することも可能。

出典: SPEEDA記事「垂直農法」をもとにNTTデータ経営研究所作成

## 米国における施設園芸の位置づけと研究プログラム (1)

- 米国では露地栽培が主流で農地も潤沢であること、南米からの野菜の輸入より年間を通じた流通体制があること等から施設園芸の割合は限定的。
- USDAでは施設園芸に特化した研究プログラムは組んでおらず、生産方法は限定せずにSpecialty Crop (特殊作物) と呼ばれる果物や野菜等の作物生産に関する研究プログラムが USDA の国立食糧農業研究所 (NIFA) が管理する特殊作物研究イニシアチブ (CRI) で実施されている。

### SCRIにおける重点分野 (施設園芸分野でのプログラム応募が可能と考えられる項目を青字で表記)

#### 1. 植物育種、遺伝学、ゲノム学及び作物の特性を改善するその他の方法に関する研究

以下のような作物の特性を改善するための研究。

- a. 製品、味、品質、外観。
- b. 多年生作物用のサイズ調整可能な (接ぎ木の) 台木。
- c. 気候適応、環境対応、耐性。
- d. 栄養管理 (植物の栄養吸収効率を含む)
- e. 害虫及び病害の管理。害虫及び病害に対する抵抗性により、施用を削減する管理戦略を含む。
- f. 植物性栄養素の含有量の向上。

#### 2. 害虫と病気による有害性を特定し、それに対処するための取組

- a. 特殊作物の受粉媒介者に対する有害なリスク。
- b. 新興種及び侵入種。
- c. 既存の天敵複合体に対するより効果的な理解と利用。

a. 温室効果ガス削減 3. 化石燃料を使用しない園芸施設への移行 (1) 技術概要  
**米国における施設園芸の位置づけと研究プログラム (2)**

SCRIにおける重点分野 (施設園芸分野でのプログラム応募が可能と考えられる項目を青字で表記)

**3. 研究時に留意すべき項目**

- a. 生産効率、取扱・加工、生産性、貿易における競争力、長期的な収益性を向上させるための取組 (特殊作物政策とマーケティングを含む)。
- b. 以下についての理解を深めるための努力。
  - i. 土壌根圏マイクロバイーム。
  - ii. 農薬散布システム及び認証されたドリフト低減技術。
  - iii. 特殊作物の貯蔵期間を改善・延長するシステム。

**4. 新しいイノベーション、人工知能を利用したデータ駆動型の予測ツール。**

- a. 生産・加工における労働集約的な作業の機械化・自動化。
- b. 熟成を遅らせたり抑制したりする技術。
- c. フェノロジーと環境要因に基づく意思決定支援システム。
- d. 農業害虫のモニタリングシステムの改善。
- e. 検疫病害虫のプレハーベスト及びポストハーベスト管理のための効果的なシステム。

**5. 生鮮食品を含む特殊作物の生産・加工における潜在的な食品安全上の危害を防止、検出、監視、管理、対応する方法。**

## a. 温室効果ガス削減 3. 化石燃料を使用しない園芸施設への移行（1）技術概要

### 欧米を中心にヒートポンプを活用した脱炭素政策が拡大

- ヒートポンプはGHG削減ポテンシャルが高く評価され、2050年には暖房需要の半分を賄うシナリオも想定。
- 特に欧米を中心にヒートポンプ導入政策が施行されており、新設支援や関連雇用増加に向けた投資が拡大。

#### ヒートポンプの海外政策動向

##### 米国

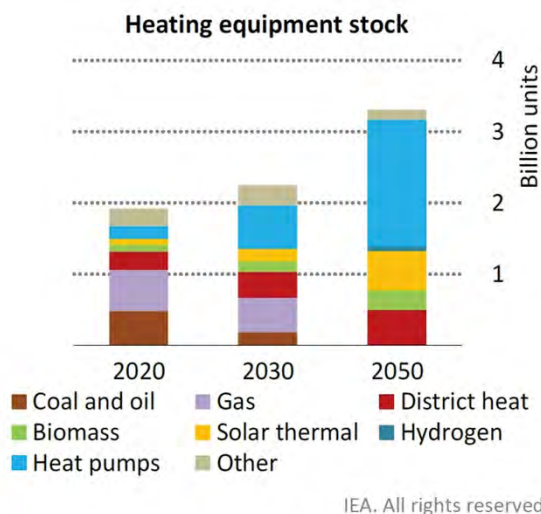
- 2021年3月に雇用創出や国家インフラ再建などに向けた投資計画「米国雇用計画（The American Jobs Plan）」を公表。
- 同計画では、雇用促進のためにも、**電力の脱炭素化と電化への投資**を謳い、ヒートポンプは、電気自動車や充電設備と並んで必要性を提示。

##### 英国

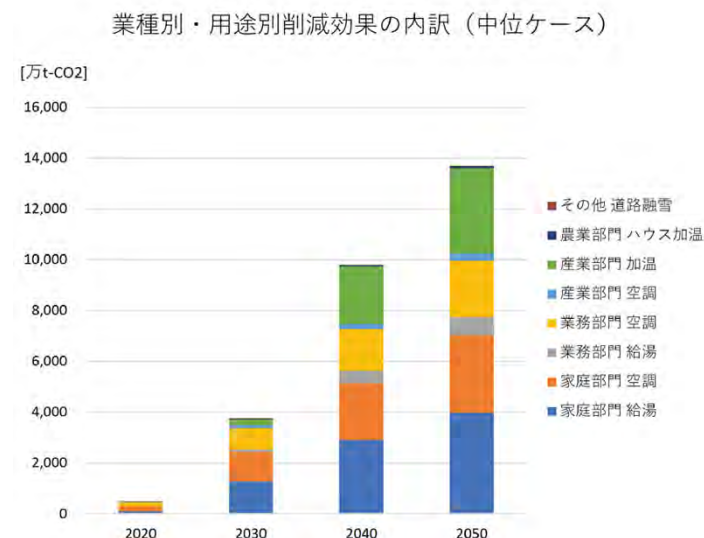
- 2021年10月、住宅暖房などの低炭素化を目指す「Heat and Buildings Strategy」を公表。
- 同戦略では、ガスボイラーの新設を廃止し、**既設ボイラーからヒートポンプへの更新を支援**することを記載。

#### GHG排出削減に向けたポテンシャル

- 日本機械学会はヒートポンプのGHG排出削減効果は中位ケースで2050年には1億3699万t CO<sub>2</sub>となり、2020の温室効果ガス排出量速報値11億4900万tCO<sub>2</sub>の約12%に匹敵すると予測。
- 産業別・用途別の削減効果は、農業部門ハウス加温は最小。



出典:IEA WEBサイト  
[https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector\\_CORR.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf)  
 出典:日本機械学会 WEBサイト  
<https://www.jsme.or.jp/kaisi/1240-28/>



出典:日本機械学会誌 WEBサイト  
<https://www.jsme.or.jp/kaisi/1240-28/>

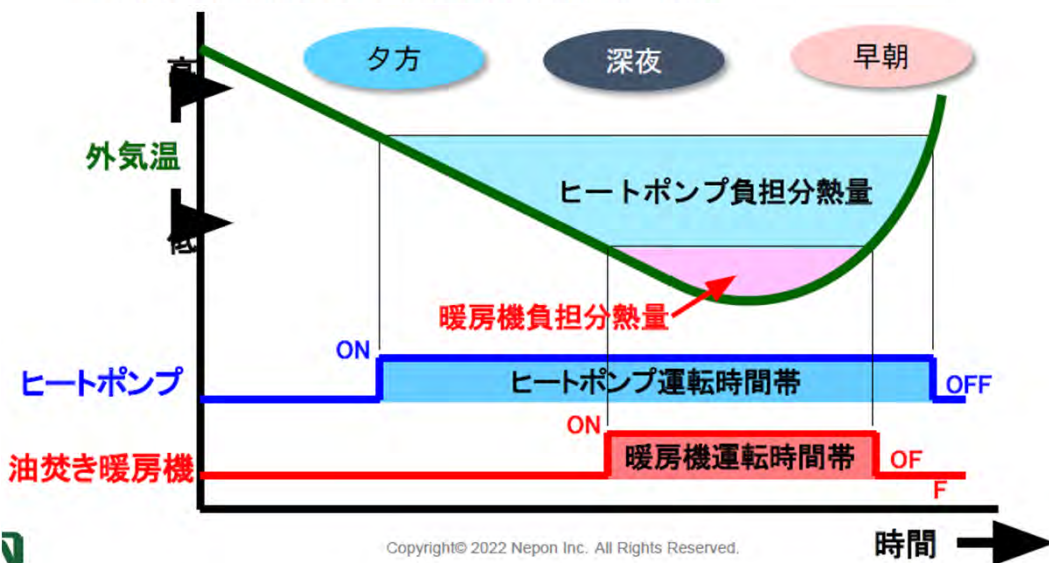
a. 温室効果ガス削減 3. 化石燃料を使用しない園芸施設への移行 (1) 技術概要

# ヒートポンプの利用改善の方向性：植物工場研究会 丸尾達氏 ヒアリング

- ヒートポンプを他の暖房機器とハイブリッド利用する場合、温かい日中はヒートポンプのみとし、深夜などさらに加温が必要な時間帯に暖房機器の稼働を追加すると効率的に利用可能。
- 保温カーテンを複数層にすると、暖房器具使用によるCO<sub>2</sub>排出量削減効果が向上。

## ハイブリッド暖房の運転方法と効果

- ・ 外気温が高く、暖房負荷が小さいうちはヒートポンプだけで暖房
- ・ 暖房負荷が大きくなったら油焚き暖房機も併用



出典：NPO植物工場研究会 丸尾達氏ヒアリング資料  
 NPO植物工場研究会 第150回記念勉強会 2022.9.8  
 『施設園芸のCO<sub>2</sub>などのゼロエミッション化に向けて』  
 ネポン株式会社 野々下知泰  
 「現有技術による施設園芸ゼロエミッション化への道筋」講演資料より

## 年間CO<sub>2</sub>排出量に及ぼす暖房方法と保温カーテンの効果

### I. 保温カーテン1層の場合 (放熱係数 3.9 W・deg<sup>-1</sup>・m<sup>-2</sup>, 最大暖房負荷156kW, 年間暖房負荷142MWh)

暖房方法	暖房費(千円/年)		CO <sub>2</sub> 排出量(t/年)		暖房機	
	合計燃料代	電気代	合計	暖房機	ヒートポンプ	
慣行法1(油だき暖房機のみ使用)	1,249	1,216	33	42.2	42.2	-
慣行法2(ハイブリッド,油0.7+HP0.3)	1,388	874	514	36.5	28.8	7.7
改善案1(油0.3+HP0.7負荷率改善)	1,238	375	863	25.2	12.4	12.8
改善案2(油0.3+HP0.7半量昼間)	997	375	622	24.3	12.4	11.9
改善案3(油0.2+HP0.8半量昼間)	958	250	708	21.8	8.2	13.6

### II. 保温カーテン2層の場合 (放熱係数 2.6 W・deg<sup>-1</sup>・m<sup>-2</sup>, 最大暖房負荷104kW, 年間暖房負荷95MWh)

暖房方法	暖房費(千円/年)		CO <sub>2</sub> 排出量(t/年)		暖房機	
	合計	燃料代	電気代	合計	暖房機	ヒートポンプ
慣行法(油だき暖房機のみ使用)	833	811	22	28.0	28.0	-
慣行法2(ハイブリッド,油0.7+HP0.3)	920	575	345	24.4	19.2	5.2
改善案1(油0.3+HP0.7負荷率改善)	829	257	572	16.8	8.2	8.6
改善案2(油0.3+HP0.7半量昼間)	668	257	411	16.1	8.2	7.9
改善案3(油0.2+HP0.8半量昼間)	643	171	472	14.6	5.5	9.1

場所:千葉県柏市 暖房設定温度15℃ 設計外気温-5℃,プラスチックハウス10a  
 A重油 80円/ℓ 電気基本料金 1,101.6円/kW 電気使用料金 15.51円/kWh

出典：NPO植物工場研究会 丸尾達氏ヒアリング資料  
 NPO植物工場研究会 第150回記念勉強会 2022.9.8  
 『施設園芸のCO<sub>2</sub>などのゼロエミッション化に向けて』  
 NPO植物工場研究会 関山哲夫  
 「ヒートポンプの効果的な利用などによる暖房費とCO<sub>2</sub>排出量の削減」講演資料より