

# カーボンリサイクルLPGのための触媒実用性向上と 製造プロセスの研究開発

2026年 3月 3日  
ENEOSグローブ株式会社



# 目次

1. 弊社の事業概要
2. カーボンリサイクルLPGの意義
3. 本研究の目的とプロジェクト体制
4. 技術コンセプト
5. 触媒実用性向上の取り組み
6. 基礎研究成果（ラボスケール）と今年度の取り組み
7. 実証拠点でのスケールアップ
8. 実証拠点での試験結果と今年度の取り組み
9. 製造プロセス全体像と今年度の取り組み
10. 小規模ガス分離システム設計
11. 経済性比較
12. ベンチ実証設備計画
13. 社会実装モデル

# 1. 弊社の事業概要

## ■ 概要

商号	ENEOSグローブ株式会社
創業/統合日	1960年6月 / 2011年3月1日
本社所在地	〒100-6115 東京都千代田区永田町2-11-1 山王パークタワー15F
資本金	1億円
株主	ENEOS株式会社 50%  ENEOS 三井物産株式会社 30%  MITSUI & CO. 丸紅株式会社 20%  Marubeni
事業内容	液化石油ガスの輸入・販売（元売事業 シェア約30%）
売上	約4,170億円（2025年3月期）
従業員数	約300人（グループ人数 約2,000名）

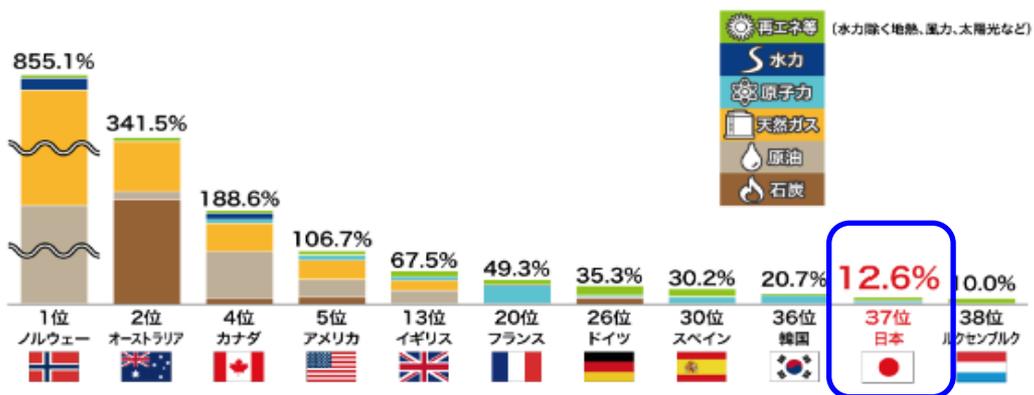
## ■ カーボンニュートラルに関する取り組み

2021年10月	・一般社団法人「日本グリーンL P ガス推進協議会」をL P ガス卸売大手5社で設立
2022年 4月	・専任部署（経営企画部カーボンニュートラル推進グループ）設置 ・NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）委託事業「カーボンリサイクルL P G 製造技術とプロセスの研究開発」が採択 ・「カーボンニュートラルL P ガス（ボランタリークレジット）」取扱い開始
2023年10月	・「カーボンニュートラルL P ガス（J-クレジット）」取扱い開始 ※現在はカーボンオフセットLPガスに名称変更
2025年 4月	・NEDO助成事業「カーボンリサイクルL P Gのための触媒実用性向上と製造プロセスの研究開発」が採択

# 2. カーボンリサイクルLPGの意義

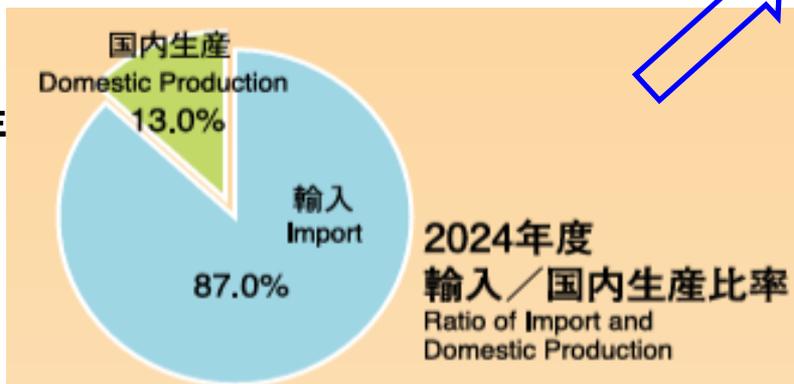
- 日本の一次エネルギー自給率：12.6%（87%を輸入依存）
- LPG：一次エネルギーの約3%を占め、災害に強い分散型エネルギー
- LPG輸入依存度：約87%
- 脱炭素とエネルギー安全保障の両立が必要
- CO<sub>2</sub>由来LPG製造技術の確立が重要

## 主要国の一次エネルギー自給率比較(2022年)



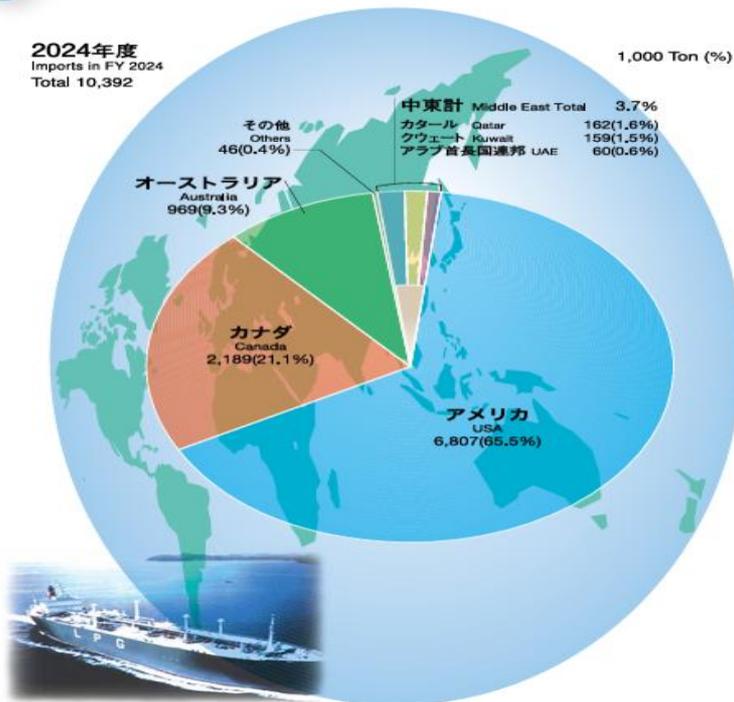
経産省資源エネルギー庁広報パンフレットより

LPガス国内需要  
1,200万トン/年



## 5 日本の輸入相手国

LP Gas Imports by Country



日本のLPガス統計2025 日本LPガス協会

# 3. 本研究の目的とプロジェクト体制

➤ 目的

CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>からのLPG製造技術の確立と実用化検討

➤ 共同研究体制

富山大学、日本製鉄、ENEOSグローブ



➤ フェーズ

基礎研究（2022-2024） → ベンチ実証（2025-） → 国内実証（2030-）

カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／CO<sub>2</sub>有効利用拠点における技術開発  
／研究開発拠点におけるCO<sub>2</sub>有効利用技術開発・実証事業／

カーボンリサイクルLPGのための触媒実用性向上と製造プロセスの研究開発



## 事業内容

<事業期間> 2025年4月～2027年3月

## <事業概要>

FT合成を用いたカーボンリサイクルLPG製造のベンチ実証をするために、触媒量産化技術の検討、ベンチ実証設備の設計、および社会実装を考慮した最適化検討を実施する。

事業項目① 触媒の性能向上と耐久性の確立

事業項目② 触媒の量産化方法の確立

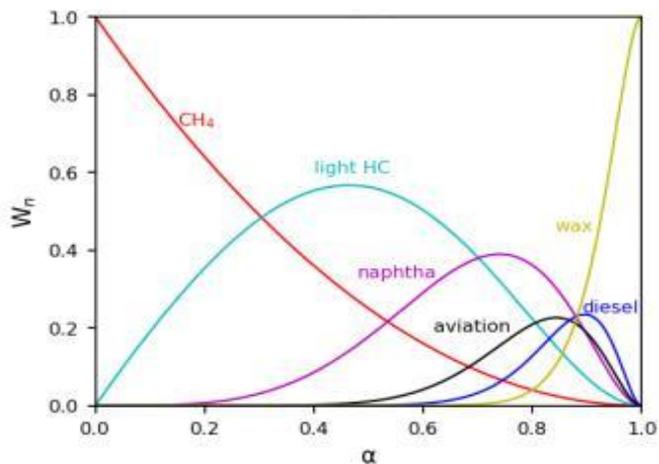
事業項目③ 触媒反応器と製造プロセスの基本設計

事業項目④ ベンチ実証設備建設に向けた計画の立案と国内実証の概略計画の検討

# 4. 技術コンセプト

$\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightarrow (\text{RWGS}) \rightarrow \text{H}_2 + \text{CO} \rightarrow (\text{FT合成}) \rightarrow \text{C}_1 - \text{C}_5^+ \rightarrow (\text{ゼオライト分解}) \rightarrow \text{C}_3/\text{C}_4 \text{ 増強}$

- FTは確率論的炭化水素合成 (ASF分布)
- 推定  $\alpha$  : 0.55-0.65、
- 理論C<sub>3</sub>/C<sub>4</sub>生成割合 : 約50-55%  
 ※ナフサ分解工程を含めた実効的C<sub>3</sub>/C<sub>4</sub>収率向上を想定  
 触媒・反応統合設計により理論限界へ接近

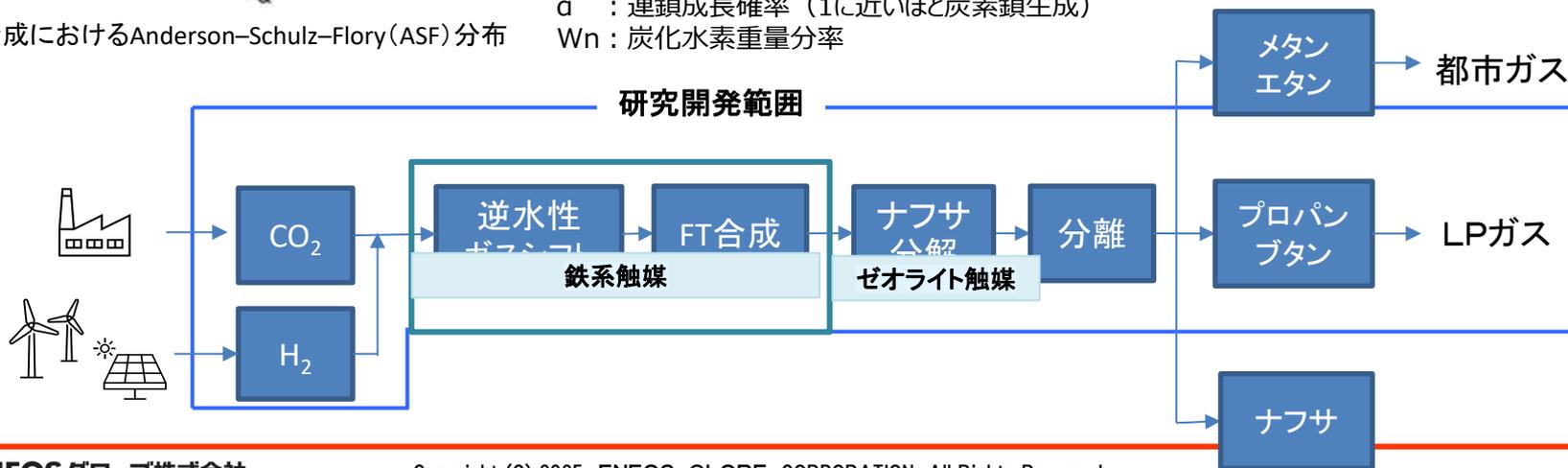


FT合成におけるAnderson-Schulz-Flory (ASF) 分布

$\alpha$  : 連鎖成長確率 (1に近いほど炭素鎖生成)  
 $W_n$  : 炭化水素重量分率

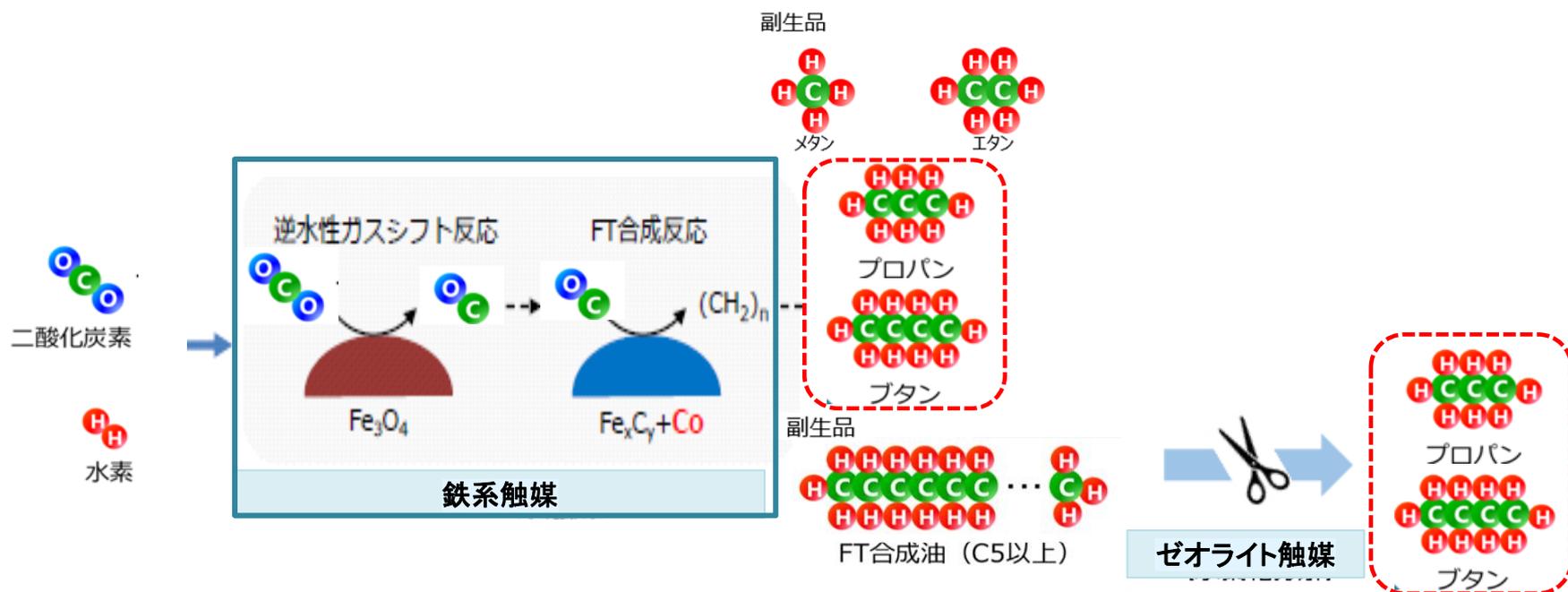


大崎上島CR実証研究拠点試験設備



# 5. 触媒実用性向上の取り組み

- 鉄系FT触媒最適化
  - アルカリ金属添加によるCO<sub>2</sub>反応性向上
  - Co・Alによる活性安定化
- ゼオライト選定
  - H-ZSM-5
  - ナフサ分解によるLPG収率向上

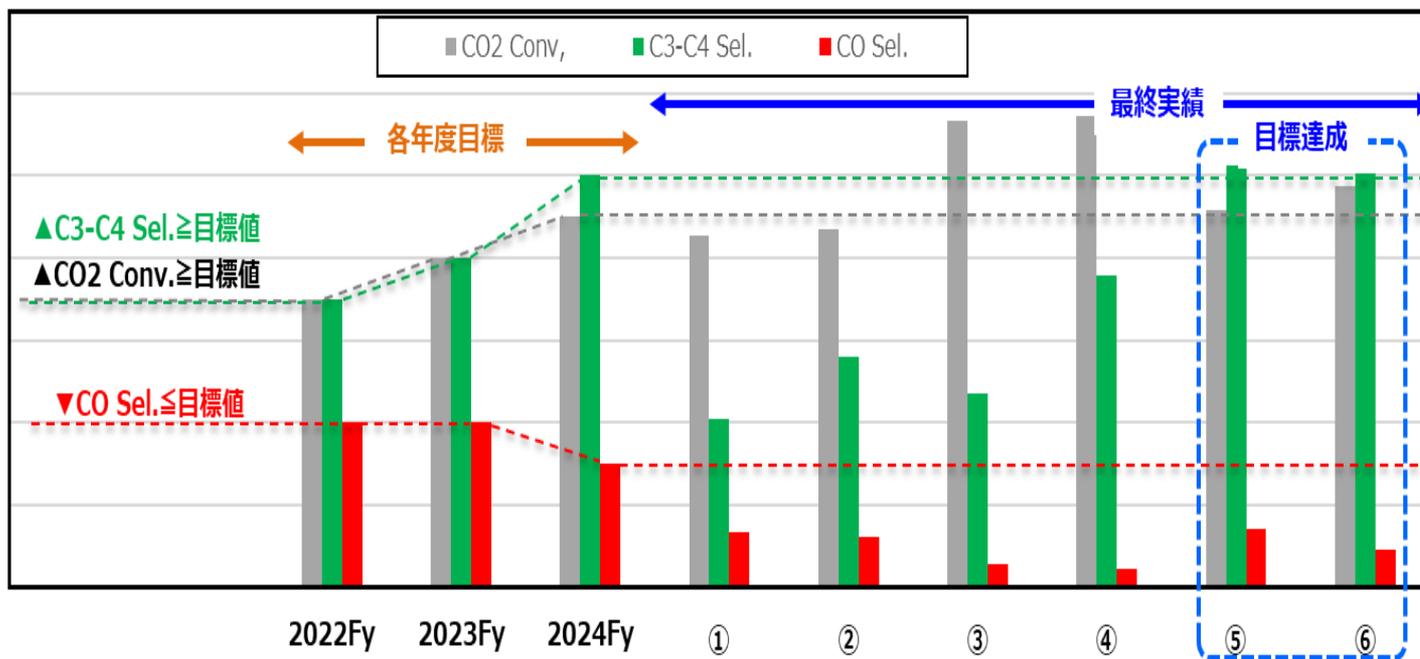


# 6. 基礎研究成果（ラボスケール）と今年度の取り組み

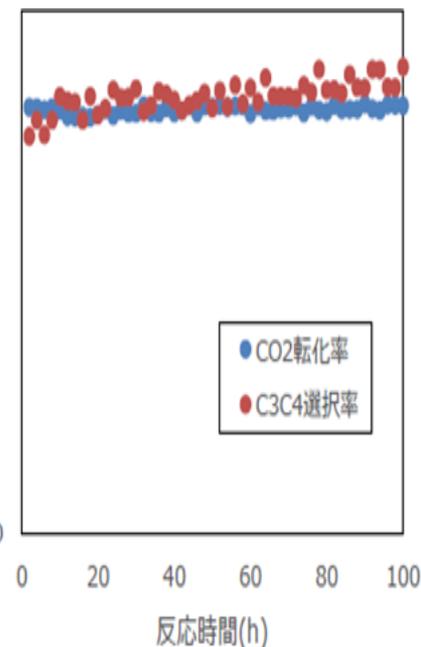


- **2024年度成果**
  - ✓ 触媒性能目標値達成
  - ✓ 100時間耐久目標達成（安定挙動確認）
- **2025年度の取り組み**
  - ✓ 触媒性能さらに向上（+10%）
  - ✓ 量産化触媒候補確定
  - ✓ 1000時間耐久試験実施中
  - ✓ ベンチ実証設計へ反映中

触媒性能 目標と実績



100時間耐久試験実績



**CO<sub>2</sub>転化率・C<sub>3</sub>/C<sub>4</sub>選択率、CO副生率、100時間耐久性とも目標値を達成**

# 7. 実証拠点でのスケールアップ

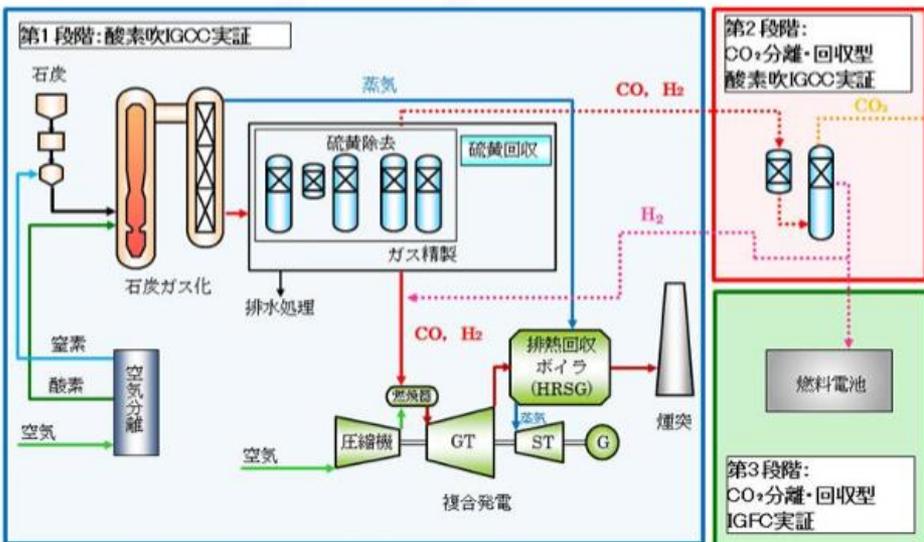
- 大崎上島CR実証研究拠点
- ラボの約16倍スケール
- IGCC由来CO<sub>2</sub>使用



CO<sub>2</sub>供給設備



<実証拠点 実験室>



※石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業にはCO<sub>2</sub>分離回収設備は含まれていない

NEDO: 炭ガス化燃料電池複合発電実証事業(中間評価)2016年度~2025年度10年間プロジェクトの概要(公開版)

## 8. 実証拠点での試験結果と今年度の取り組み

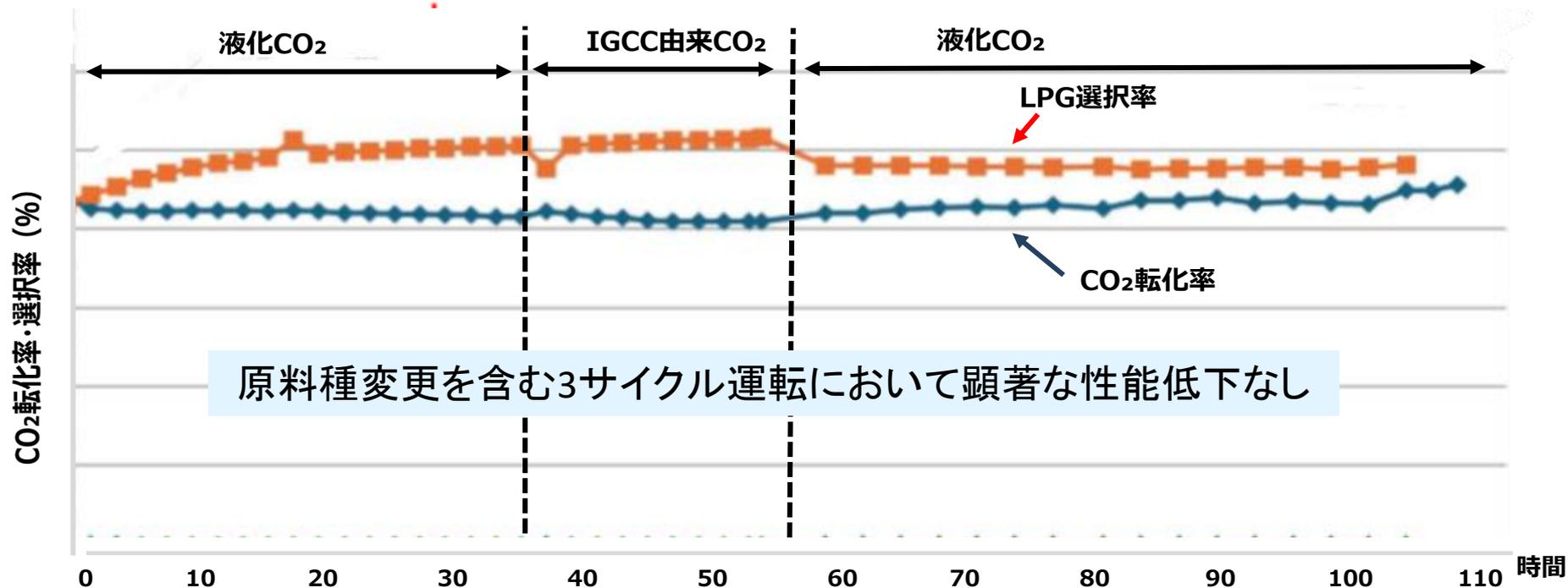
### ▶ 2024年度成果（100時間運転実証）

- ・初期安定化後、CO<sub>2</sub>転化率・LPG選択率とも定常状態を確認
- ・IGCC由来CO<sub>2</sub>でも反応性差異なし

### ▶ 2025年度の取り組み

- ・ベンチ実証移行に向けた1000時間触媒耐久試験実施中
- ・急激な失活挙動なし
- ・長期劣化率を定量評価中

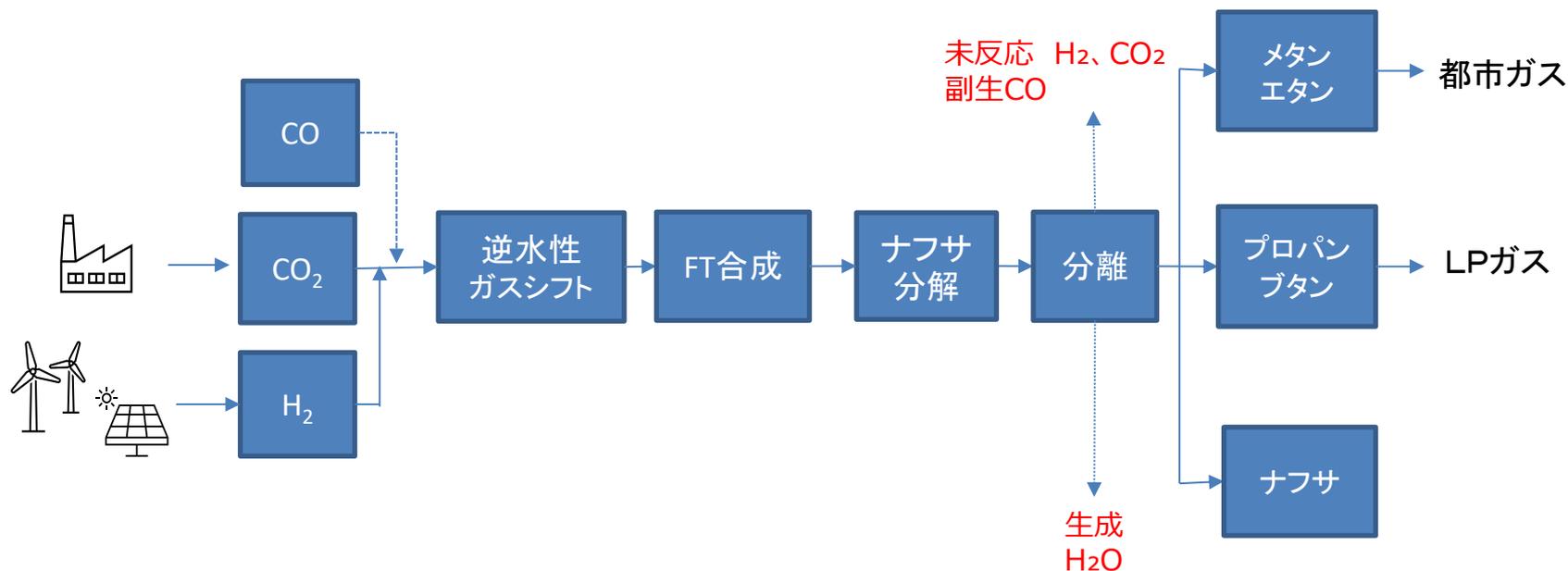
### ▶ ベンチ実証設計への反映を前提とした長期安定性確認段階



# 9. 製造プロセス全体像と今年度の取り組み

CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>供給→FT反応器→クラッキング→分離→LPG回収+未反応リサイクル

- **収率・経済性は分離・リサイクル設計に強く依存（本年度重点検討項目）**
- **ベンチ実証基本設計（2025年度実施中）**
  - ✓ 固定床熱交換型反応器の概略設計完了（触媒充填量・反応管径・反応温度制御）
  - ✓ 熱収支・物質収支の概算計算実施
  - ✓ 小規模分離ユニットの構成設計
  - ✓ リサイクル流量の最適化検討
- ▶ **ベンチ実証設備建設に向けた具体設計段階へ移行**



# 10. 小規模ガス分離システム設計

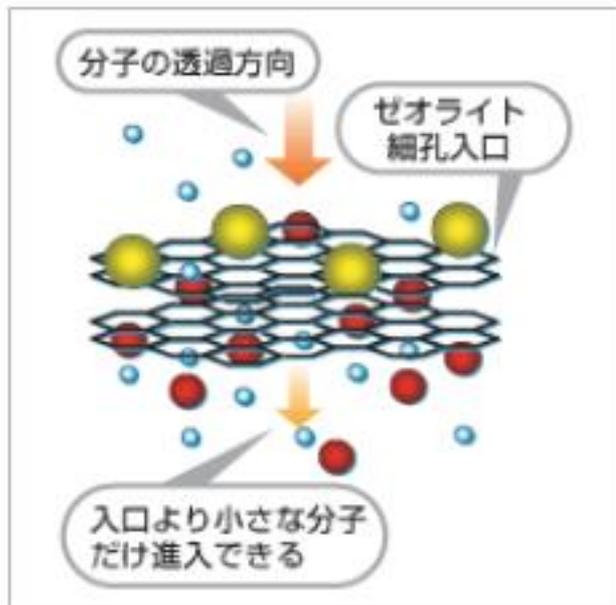
## ➤ カーボンリサイクルプロパン/ブタン（ユーザーニーズ）への実製品分離 … 今年度の取り組み

操作圧力：1-3MPaG、C<sub>3</sub>/C<sub>4</sub>純度：日本LPガス協会品質ガイドライン適合

目標：未反応H<sub>2</sub>の循環利用率最大化（目標H<sub>2</sub>回収率：80-90%）

分子ふるい型膜の適用による実装指向の分離設計を実施中

⇒単段膜ではなくリサイクル設計込みで評価、C基準収率とリサイクル設計を実施中



「分子ふるい」イメージ図

【出典】日本ガイシ セラミック材料基礎講座・応用編

	分子	動径 (Å)	特徴
廃棄 ↑	H <sub>2</sub> O	2.65~2.80	小さいが極性が強く、膜に吸着しやすい
	H <sub>2</sub>	2.89	最小、拡散速度が非常に大きい
	CO <sub>2</sub>	3.30	線形分子、極性モーメントあり
リサイクル ↑	CO	3.76	無極性、拡散性高い
	Ar	3.40~3.80	単原子、非極性、拡散挙動はCOに近い
	CH <sub>4</sub>	3.80	無極性、最小の炭化水素
C1+C2 ↑	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	4.16	n電子あり、やや扁平構造
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	4.44	無極性、拡散やや遅い
プロパン ↑	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	4.68	二重結合あり、膜吸着しやすい
	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	4.85	無極性、やや大きい
ブタン ↑	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	4.94	不飽和、やや扁平
	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	5.06	無極性、直鎖構造
ナフサ ↑	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	5.30	より大きく、拡散困難

【出典】

Breck, Zeolite Molecular Sieves (1974)、Bird et al., AIChE Journal (1987)、Robeson, J. Membrane Sci. (2008)、Sholl & Lively, Nature (2016)

# 11. 経済性比較

## ➤ バイオマスモデル vs CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>モデル **2024年度試算**

前提：H<sub>2</sub>：100→20円/Nm<sup>3</sup>（2050想定）・CO<sub>2</sub>：5.9千円/t

感度：CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>モデルはスケールアップによる設備費、補修人件費低減が可能

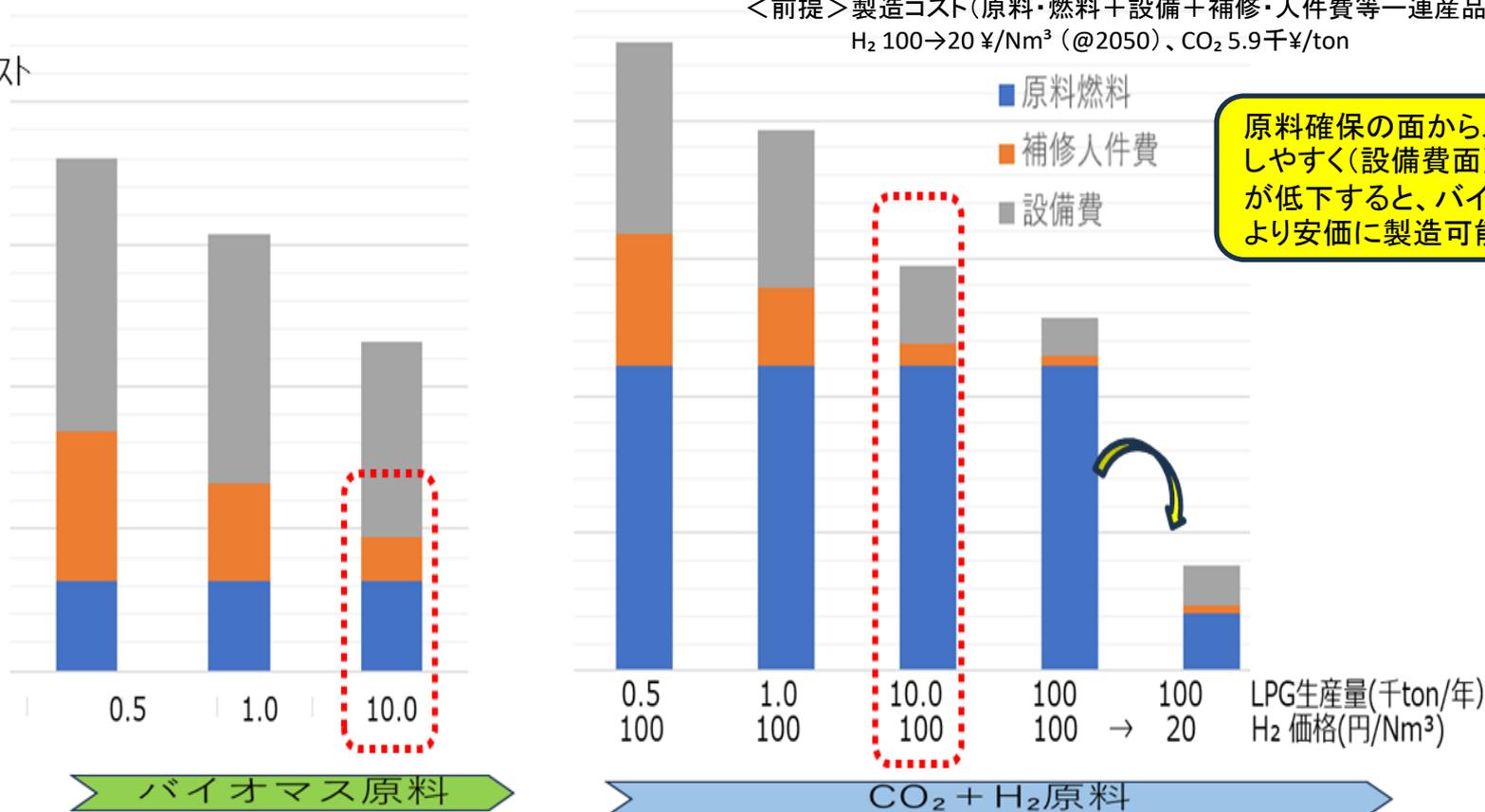
H<sub>2</sub>価格低下で更に優位

転化率+5%でコスト大幅改善

## ➤ **今年度：ベンチ仕様での概略設計反映済、ベンチ仕様反映によるコスト試算更新中**

＜前提＞製造コスト(原料・燃料+設備+補修・人件費等一連産品)÷LPG生産量  
H<sub>2</sub> 100→20 ¥/Nm<sup>3</sup> (@2050)、CO<sub>2</sub> 5.9千¥/ton

製造コスト

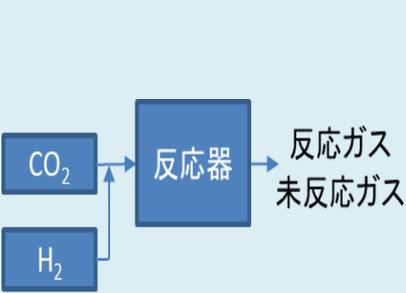
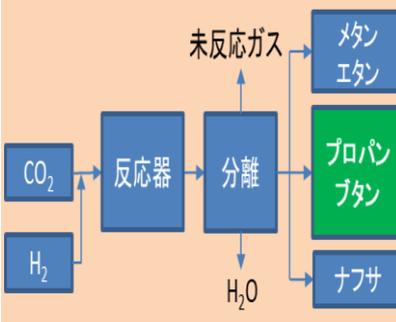
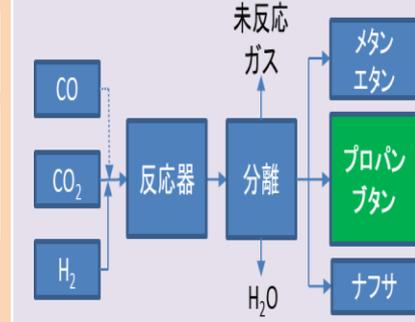
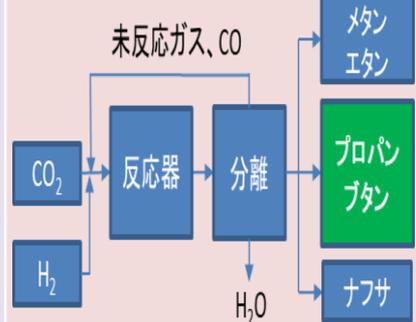


原料確保の面からスケールアップしやすく(設備費面)、H<sub>2</sub>原料価格が低下すると、バイオマスモデルより安価に製造可能

# 12. ベンチ実証設備計画

実装設計フェーズへの移行段階に到達

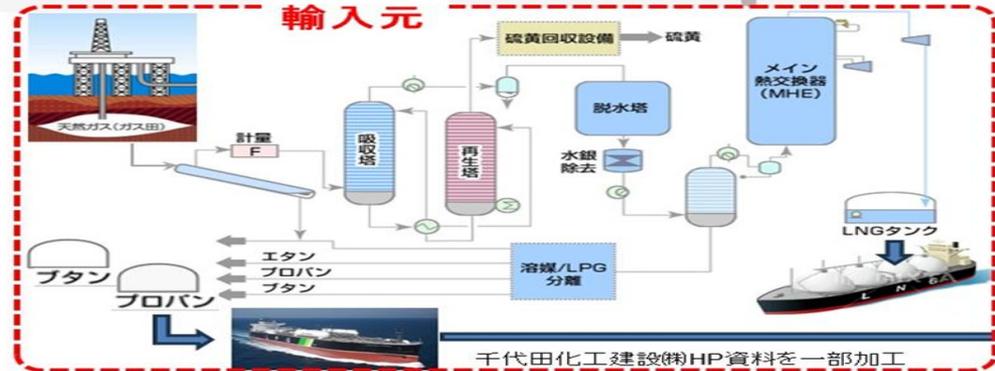
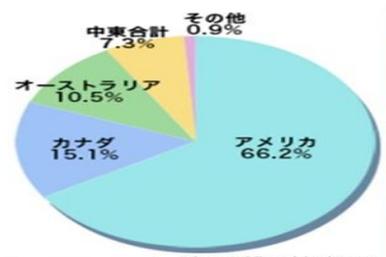
- **ベンチ実証設備建設に向けた計画の立案** … 今年度の取り組み
- **国内実証の概略計画の検討** … //

フェーズ	基礎研究 (2022~2024)	実用化研究① (2025~2026)	実用化研究② (2027~2029)	小規模国内実証 (2030~2033)
目的	粉末状の触媒でLPG合成の技術開発 	量産触媒の開発 (粉末→ペレット)  反応器設計 製品製造の基盤整備	量産触媒用反応器での試験 (研究用途のため未反応物のリサイクル無し)	<b>商用レベルでの小型製造機の実証 (未反応物リサイクルを含め製造工程最適化)</b>
製造量	0.03t/年 (100g/日)		検討中	検討中
概略工程	粉末触媒試験	量産触媒試験器設計 + LPG分離回収	量産触媒試験(Base)	実証試験 (×10倍)
				
PR成果		<b>1st Drop(製品採取)</b>	<b>製品サンプル提供</b>	<b>LPG製造技術の確立</b>
研究拠点	大崎上島 ←	コスト&情報発信面で優位	検討中	検討中

# 13. 社会実装モデル

- ベンチ実証→小規模国内実証：約10倍、小規模国内実証→商用：約10倍を想定
- 原料・出荷インフラ近接地域が優位（既存LNG・LPG流通活用 例：米国南部） **2024年度実績**
  - ▶ H2価格影響を受けやすく注視、大規模展開は海外優位

項目	特記
原料調達	国内外のCO <sub>2</sub> ・H <sub>2</sub> 供給候補地を調査⇒H <sub>2</sub> 価格は海外の方が割安
製造拠点候補	米国南部が最有力候補 <ul style="list-style-type: none"> <li>・CO<sub>2</sub>・H<sub>2</sub>の安価な供給が可能</li> <li>・既存LNGインフラ（分離・貯蔵・出荷）活用で初期投資抑制</li> </ul>
製品流通	<ul style="list-style-type: none"> <li>・副生物はLNG・コンデンセート（ナフサ）で回収し共に輸出可能</li> </ul>
課題	インフラ条件、流通コスト、副生物の価値最大化



## 2025年度の技術進展まとめ

- ✓ 触媒性能 + 10%改善
  - ✓ 量産化候補触媒選定
  - ✓ 1000時間耐久試験開始
  - ✓ ベンチ基本設計着手（反応器概略設計、プロセス設計）
  - ✓ 小規模分離試作開始
- ▶ 技術成立性確認段階を完了し、実装設計フェーズへ移行

暮らしをささえ、地球をまもり、未来をつくる。



# ご参考. 基礎研究 (NEDO委託事業) の成果発表



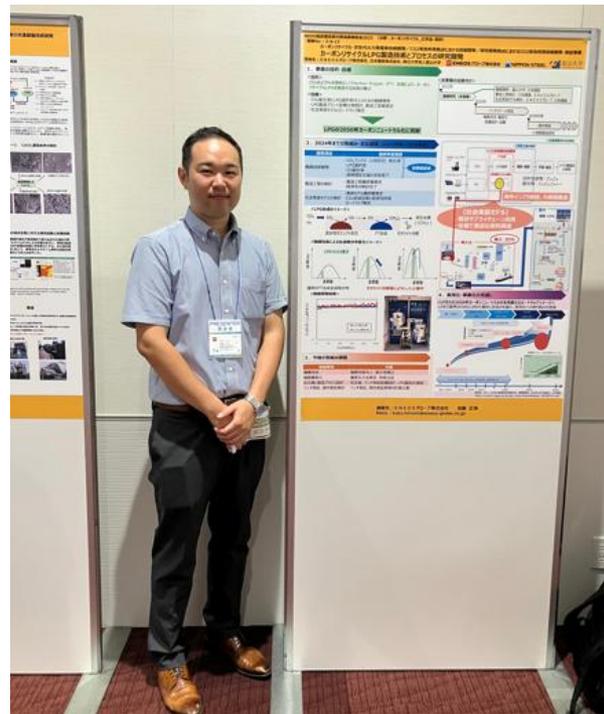
国立研究開発法人  
新エネルギー・産業技術総合開発機構



開催日	事業分野	件名	開催地	備考	掲載日
-----	------	----	-----	----	-----

2025年 7月15日      燃料電池・水素      2025年度NEDOエネルギー・地球環境 (水素・アンモニア/再生可能エネルギー/脱炭素技術) 分野成果報告会の開催      パシフィコ横浜 (神奈川県横浜市 西区みなとみらい)      主催      2025年 6月2日

開催日	事業分野	件名	開催地	備考	掲載日
2-9-8	CO2を原料としたパラキシレン製造に関する技術開発	三菱商事株式会社、国立大学法人富山大学、日本製鉄株式会社、ハイコム株式会社、千代田化工建設株式会社			
2-9-9	CO2を原料とした直接合成反応による低級オレフィン製造技術の研究開発	株式会社IHI			
2-9-10	CO2を用いたメタノール合成における最適システム開発	JFEスチール株式会社、公益財団法人地球環境産業技術研究機構			
2-9-11	CO2の高効率利用が可能な藻類バイオマス生産と利用技術の開発	日本製鉄株式会社			
2-9-12	CO2を炭素源とした産廃由来炭化ケイ素合成の研究開発	国立大学法人東北大学			
2-9-13	カーボンリサイクルLPG製造技術とプロセスの研究開発	日本製鉄株式会社、国立大学法人富山大学、ENEOSグループ株式会社			
2-9-14	CO2分解、炭酸塩生成、尿素生成反応器で構成するCO2分解・還元プロセスの開発	国立大学法人東海国立大学機構、川田工業株式会社			
2-9-15	微細藻類によるCO2固定化と有用化学品生産に関する研究開発	株式会社アルガルバイオ、関西電力株式会社			
2-9-16	Gas-to-Lipidsバイオプロセスの開発	国立大学法人広島大学、中国電力株式会社			
2-9-17	カーボンリサイクルを志向した化成品選択合成技術の研究開発	川崎重工業株式会社、国立大学法人大阪大学			
2-9-18	大規模なCO2-メタネーションシステムを用いた導管注入の実用化技術開発	株式会社INPEX			
2-9-19	CO2からの合成反応を用いた高効率な液体燃料製造技術の開発	ENEOS株式会社			
2-9-20	SOECメタネーション技術革新事業	大阪ガス株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所			
2-9-21	低温プロセスによる革新的メタン製造技術開発	東京瓦斯株式会社、株式会社IHI、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構			
2-9-22	革新的触媒・プロセスによるグリーンLPガス合成技術の開発・実証	古河電気工業株式会社			



# ご参考. 基礎研究 (NEDO委託事業) の成果発表

## Carbon Recycling

第7回カーボンリサイクル産学官国際会議2025



- |   |                            |
|---|----------------------------|
| 1 経済産業省<br>国立研究開発法人 新エネルギー・産業               | 25 早稲田大学<br>ササクラ           |
| 2 環境省                                       | 26 株式会社アルガルバイオ             |
| 3 広島県庁                                      | 27 ENEOSグローブ株式会社           |
| 4 一般財団法人カーボンフロンティア機構                        | 28 株式会社INPEX               |
| 5 中外テクノス株式会社                                | 29 株式会社IHI                 |
| 6 日本特殊陶業株式会社                                | 30 国立大学法人東北大学              |
| 7 ニイガタ株式会社                                  | 31 一般社団法人日本微細藻類技術協会        |
| 8 アルヴォス株式会社                                 | 32 古河電気工業株式会社              |
| 9 一般財団法人カーボンフロンティア機構                        | 33 株式会社IHI 技術開発本部 技術基盤センター |
| 10 コンビナート高度統合運営技術研究組合                       | 34 広島大学                    |
| 株式会社野村総合研究所                                 | 35 東京ガス株式会社                |
| 11 一般財団法人カーボンフロンティア機構<br>石油コンビナート高度統合運営技術研究 | 36 茨城大学カーボンリサイクルエネルギー研究    |
| 株式会社NTTデータ経営研究所                             | 37 同志社大学                   |
| 12 エア・ウォーター株式会社                             | 38 一般社団法人カーボンリサイクルファンド     |

