

NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026

プログラムNo. B2-1-06

低温プロセスによる革新的メタン製造技術開発

グリーンイノベーション基金事業/CO₂等を用いた燃料製造技術開発/合成メタン製造に係る革新的技術開発

発表：2026年7月21日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

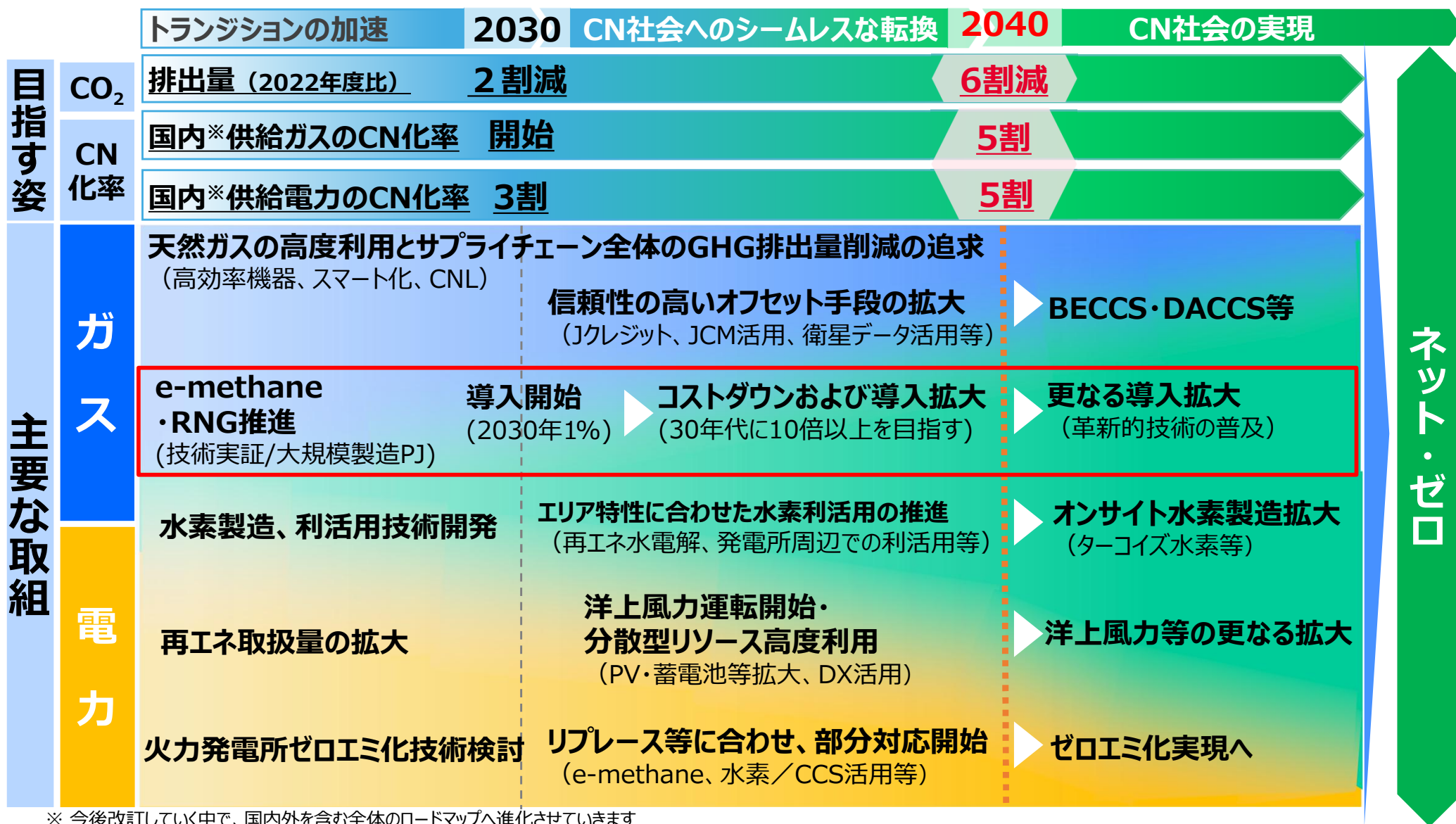
発表者名 伊東 健太郎

*東京ガス（株）（再委託：（国）大阪大学）、（株）IHI（再委託：（株）IHIプラント）
（国研）宇宙航空研究開発機構（再委託：（国）京都大学、（国）富山大学）

問い合わせ先 東京ガス株式会社 <https://www.tokyo-gas.co.jp/>

2050年カーボンニュートラルに向けた東京ガスの取組み

足元の天然ガス高度利用と並行しながら、ガス・電力の脱炭素化技術の実装・拡大を進め、2050年カーボンニュートラルの実現を目指している。



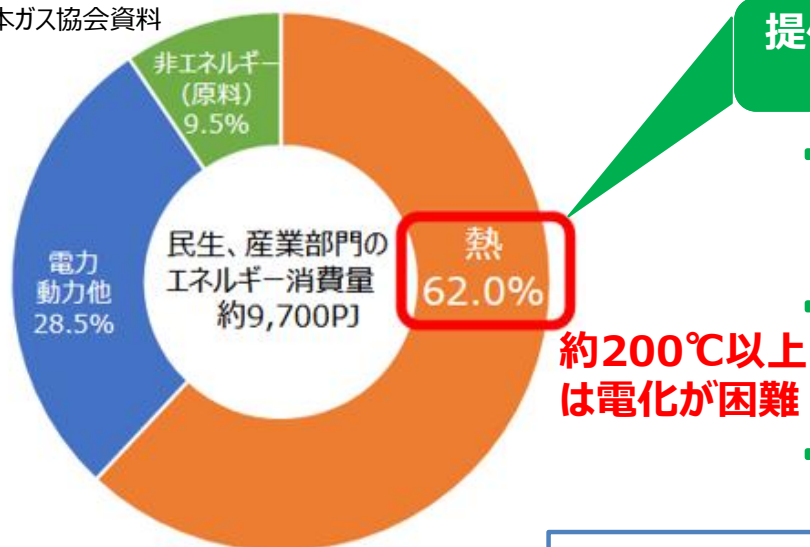
※ 今後改訂していく中で、国内外を含む全体のロードマップへ進化させていきます

e-methaneの活用意義

日本のエネルギー消費の6割を占める熱需要分野のカーボンニュートラル化は、2050年のCN実現に向けた重要課題であり、e-methaneはその有効な解決策の一つとなる。
そのほか、追加のインフラ投資コストを抑制できるなど、様々な価値を提供し、次世代熱エネルギー産業の実現に寄与する。

民生・産業部門のエネルギー消費構成

(出典) 日本ガス協会資料



e-methaneの提供価値

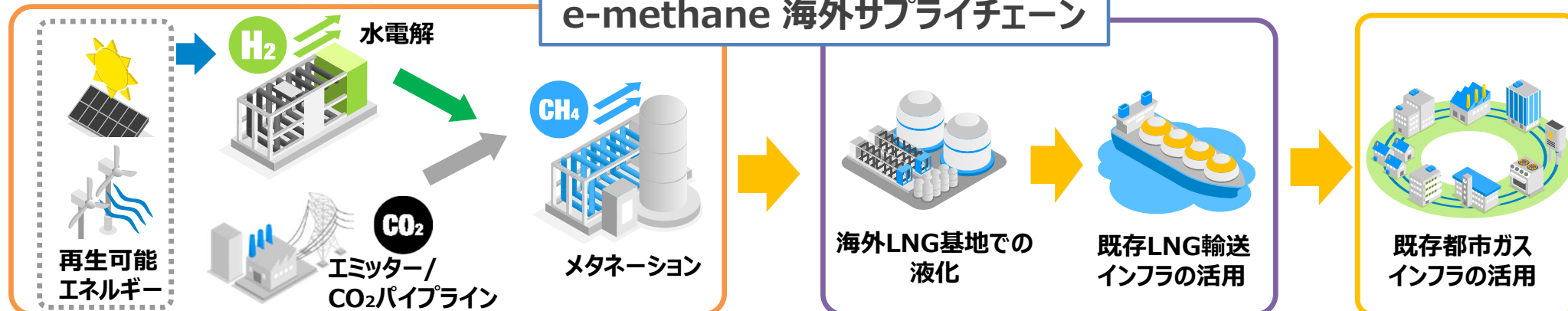
提供価値① 熱需要分野のカーボンニュートラル化
⇒日本のカーボンニュートラル実現に貢献

+ 提供価値② 追加的な社会コストの低減
⇒投資リスクの低減、国民負担の低減

+ 提供価値③ 日本の製造業の競争力強化への貢献
⇒製造業は自社の製品開発投資に集中

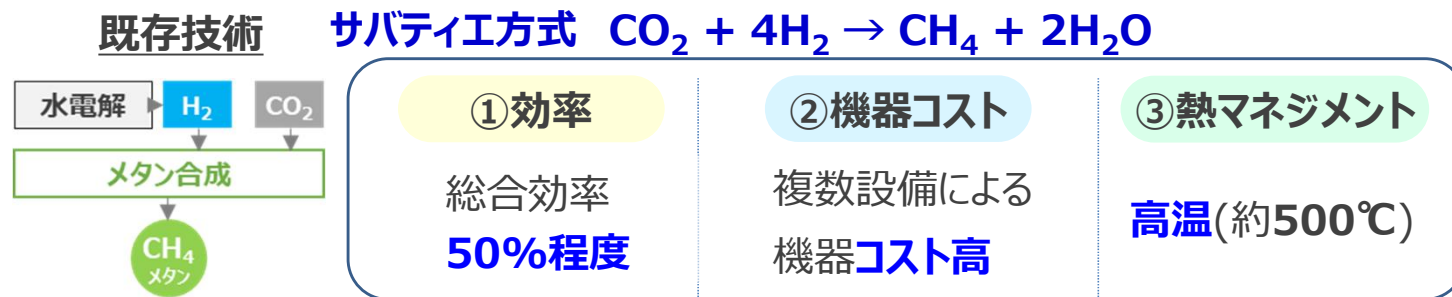
+ 提供価値④ アジア地域のカーボンニュートラル化
⇒日本の技術の海外展開

e-methane 海外サプライチェーン



既存技術の課題と革新的技術による解決

従来技術のサバティエ方式の主な3つの課題 ①合成効率の向上、②装置コストの低減、③熱マネジメント、を解決するために革新的メタネーション技術開発に取り組んでいる。



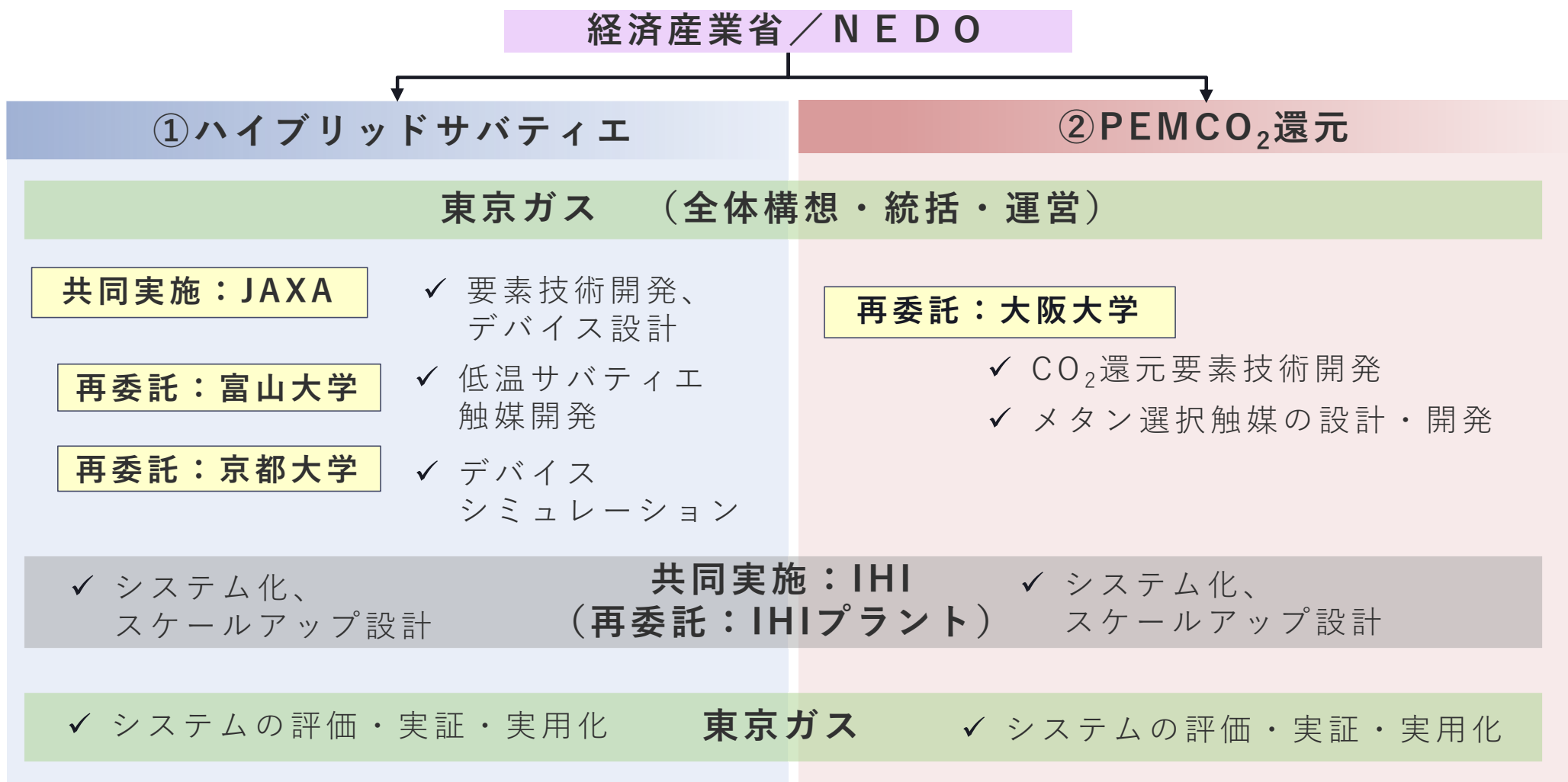
既存のサバティエ方式の技術的課題を革新的技術により解決し、新たな価値を創造



* : PEMCO₂還元技術のe-fuelへの応用可能性検討は、GI基金事業によらず当社独自の取り組みです。

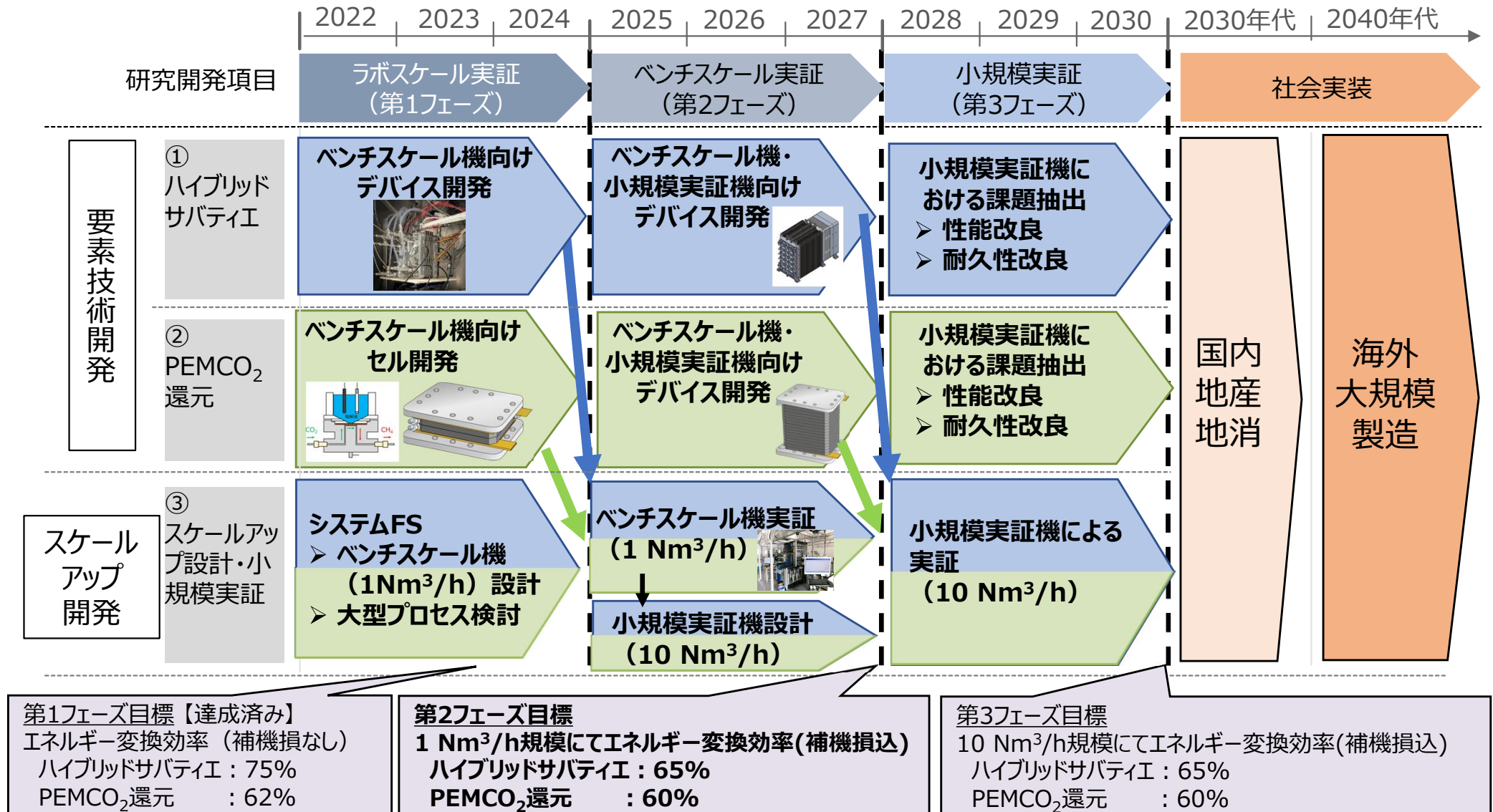
研究開発体制

2022年度より本事業での研究開発を開始し、基本技術開発をJAXAと大阪大学が、システム化・スケールアップ開発をIHIが、全体マネジメントと実証を東京ガスが担当する。



開発目標とスケジュール

基本技術開発とスケールアップ開発により、2030年までにメタン製造量10 Nm³/h級の高効率システムの確立を目指す。GI基金事業終了後、速やかな社会実装を目指す。

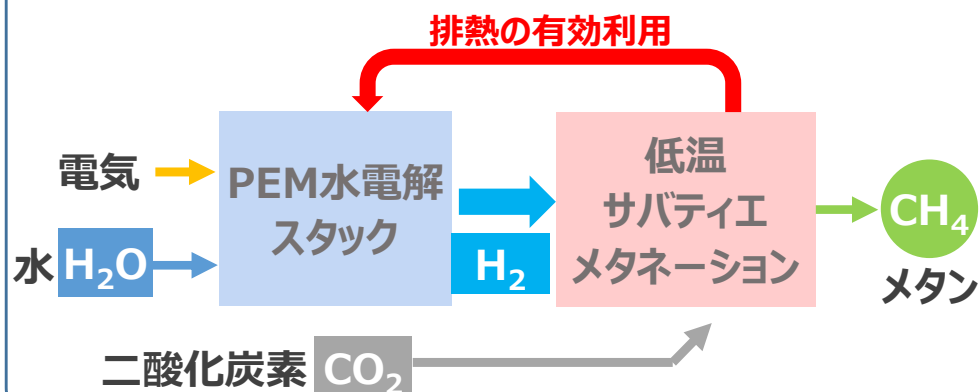


ハイブリッドサバティエ技術：概要

吸熱反応領域での水電解反応に、サバティエの発熱を利用することで水電解反応に投入する電気エネルギーを低減する技術である。

基本的な構成としては既存技術の組み合わせのため、早期の社会実装が期待される。

ハイブリッドサバティエ技術の概要



効率

サバティエの発熱を水電解（吸熱反応）で有効利用することにより、高効率化が可能。（将来効率目標80%超）

熱マネジメント

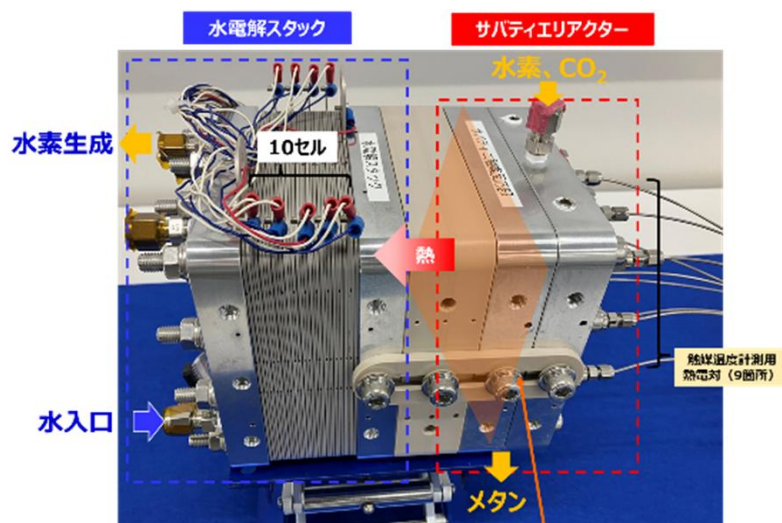
低温プロセス（約220℃）のため、起動停止、再エネ変動への対応運転が容易。

機器コスト

東京ガスが開発中の低コスト水電解セルスタック製造技術を活用し、さらなる低コスト化が可能。

その他

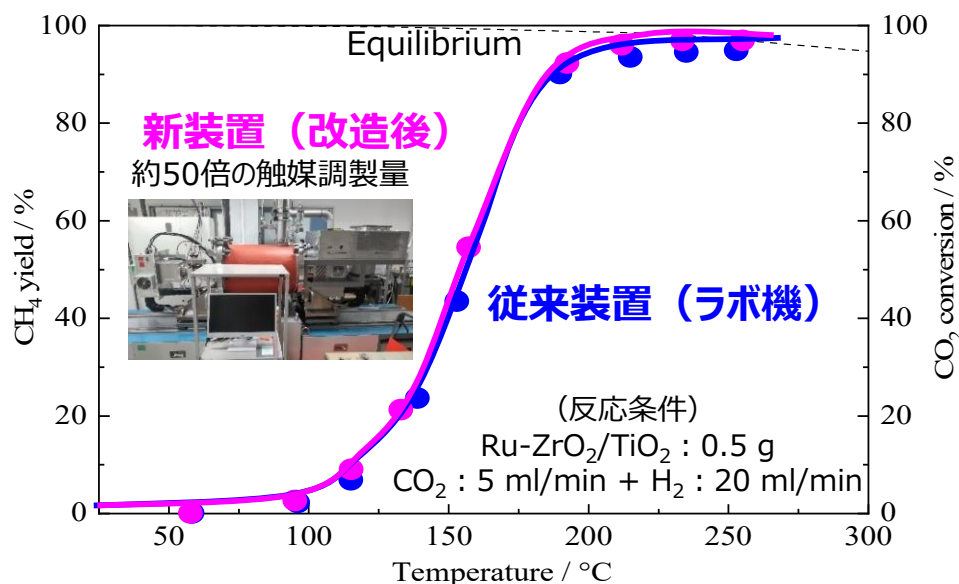
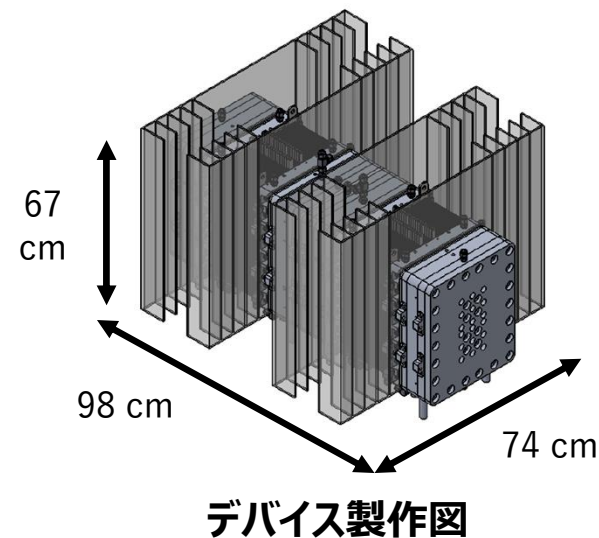
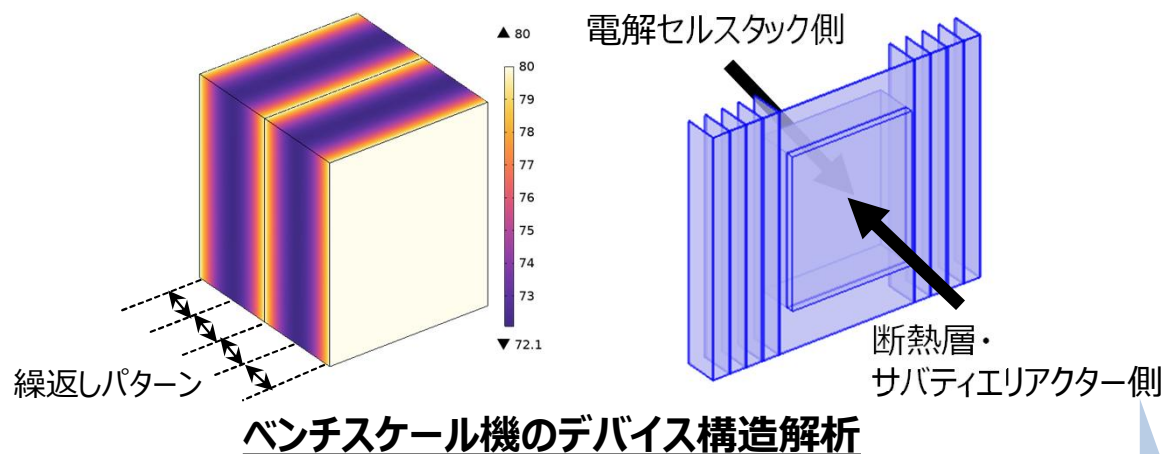
既存技術の組み合わせであることから、早期の社会実装が可能。（JAXAが宇宙開発で原理実証済）



ハイブリッドサバティエリアクター

ハイブリッドサバティエ技術：ベンチスケール機開発

シミュレーションを用いたデバイス構造解析や除熱機構の設計、新装置による低温サバティエ触媒の大量製造を実施し、ベンチスケール機（1 Nm³/h）を設計・製作した。
現在、試運転調整を実施中であり、SG目標達成に向けた性能評価・改造を実施していく。



新装置（大量調製装置）と従来装置（ラボ機）の触媒特性



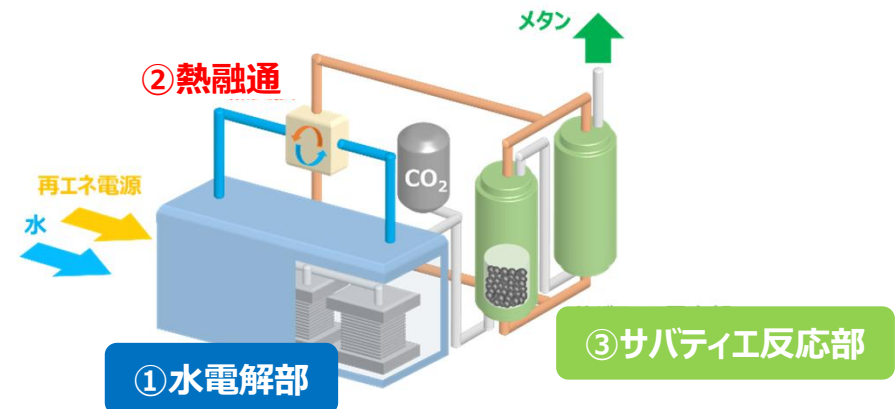
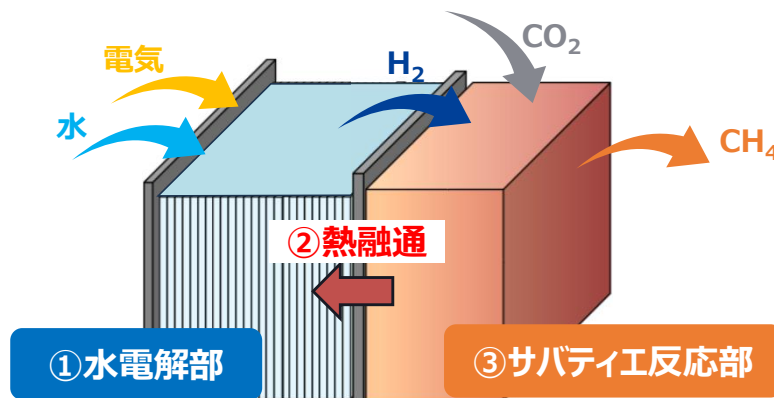
ハイブリッドサバティエ技術：システム方式の検討①

ハイブリッドサバティエ技術には、熱融通方法の異なる構造一体型と機能集約型の2方式がある。今後のスケールアップ開発に当たり、それぞれの特徴を考慮し比較した上で、社会実装スケールに適した方式を選択する必要がある。

構造一体型

機能集約型

構成イメージ



概要

水電解部とサバティエ反応部を、所定の規模ごとに一体化する構成

水電解部とサバティエ反応部を集約し、それぞれを大型化する構成

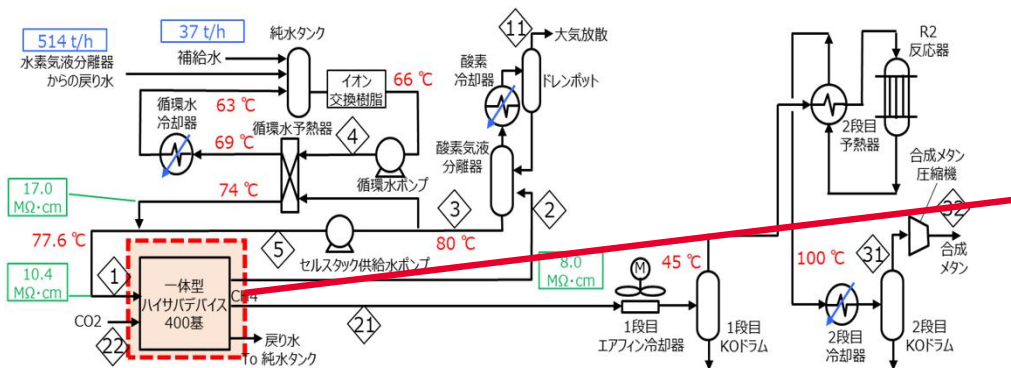
特徴

- 構造が一体化され、装置全体がコンパクトになる
- 大型化に当たり、デバイスの並列化が必要

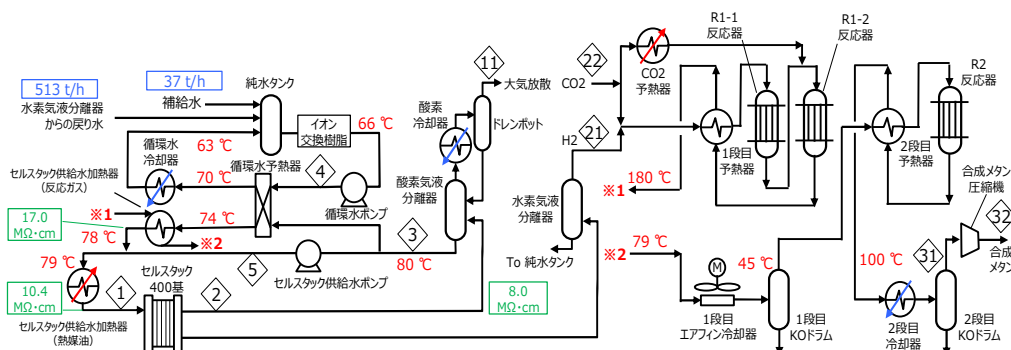
- スケールメリットが得やすく、既存の製造技術を活用しやすい
- 熱媒体を用いて各部の温度・性能を維持するための熱融通技術が必要

ハイブリッドサバティエ技術：システム方式の検討②

社会実装スケール（1万Nm³/h級）を想定し、プラント構成・プロセスフロー・熱/物質収支の観点で実現性を確認した上で、合成メタン製造にかかる主要コストを比較した結果、「機能集約型」が優位であることを確認した。



社会実装スケールにおけるシステム構成（構造一体型）



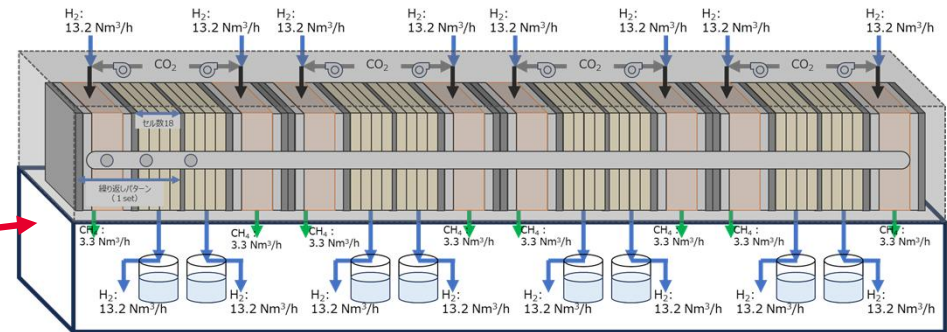
社会実装スケールにおけるシステム構成（機能集約型）

※1：構造一体型の合計コストを100とした。

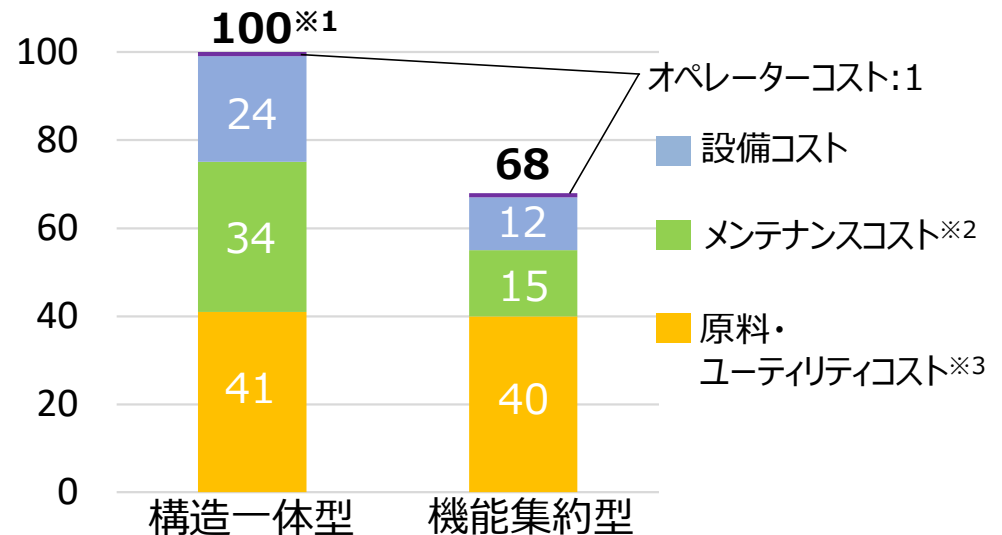
※2：構造一体型は以下要因により、メンテナンスコストが高くなっている。

・一体型スタックは一度工場持ち出しとなるため、触媒交換費用が高い。一体型デバイス400基など設備が多いため、プラント設備メンテナンス費が高い

※3：効率、構造一体型と機能集約型で同等とした。



構造一体型デバイス1基

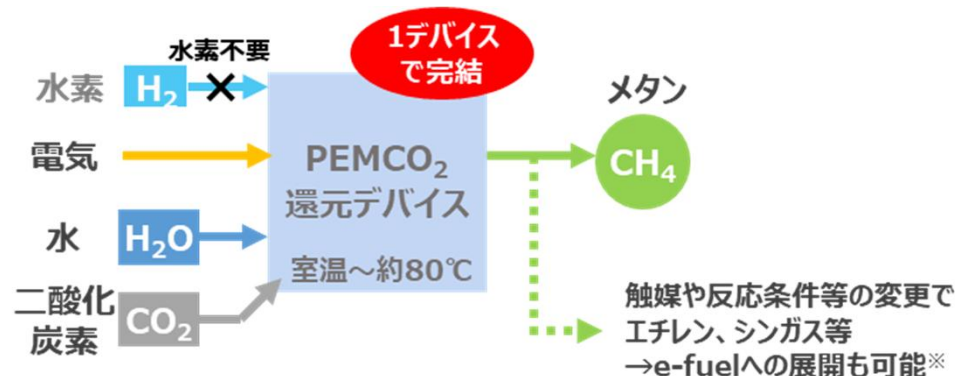


合成メタン製造にかかる主要コスト試算結果

PEMCO₂還元技術：概要

水電解にも用いられている固体高分子膜（PEM）を利用した電気化学的還元により、水とCO₂からメタンを直接合成する技術。熱マネジメントが不要となる低温（室温～約80℃）で反応し、シンプルな設備構造から大幅な設備コスト低減が期待できる。様々なe-fuelの合成に適用できる可能性もあり、多用途展開が期待される*。

PEMCO₂還元技術のイメージ



効率

1段反応により**高効率化可能**
(将来目標効率**70%超**)

熱マネジメント

低温（室温～約80℃）**反応で、熱マネジメントが不要**

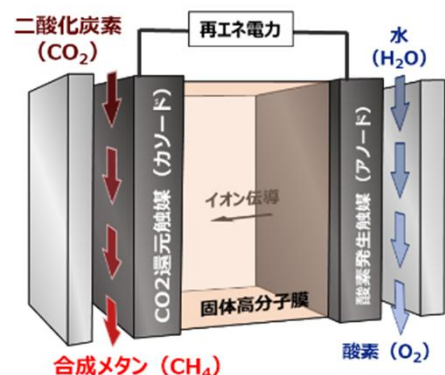
機器コスト

水とCO₂から**直接メタンを合成する**
簡略なシステムにより、**抜本的な低コスト化が可能**

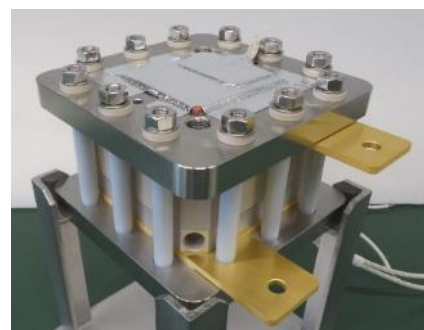
新たな価値

電極条件変更により**メタン以外の副生成物を合成可能**
(e-fuelへの応用) *

* : PEMCO₂還元技術のe-fuelへの応用可能性検討は、GI基金事業によらず当社独自の取り組み



PEMCO₂還元の作動原理



PEMCO₂還元セル

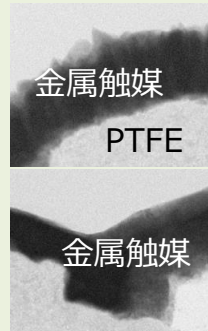
PEMCO₂還元技術：メタン生成量向上の取り組み

単位面積当たりのメタン生成量向上を目的として、触媒改良および運転条件の最適化に取り組んだが、目標とするメタン生成量は得られず、ベンチスケール機（1 Nm³/h）製作への移行には開発方針の抜本的な見直しが必要と判断した。

(1-1) 触媒の製作・運転条件の最適化

・ 成膜手法

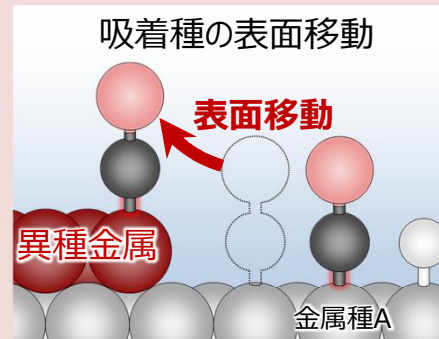
- ・ スパッタリング（DC/RF）
- ・ アークプラズマ



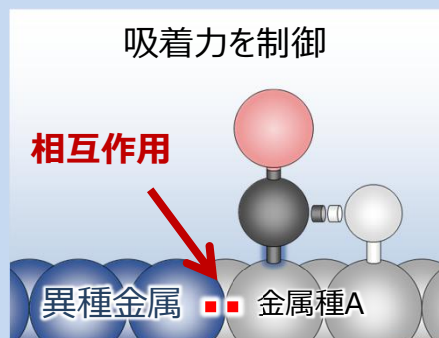
・ 運転条件

温度、圧力、ガス濃度、
電解液（種類、濃度、カチオン種）、
流路構造、制御電位

(1-2) 助触媒としての異種金属の添加 計20種

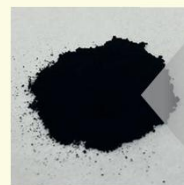


(1-3) 異種金属との合金化

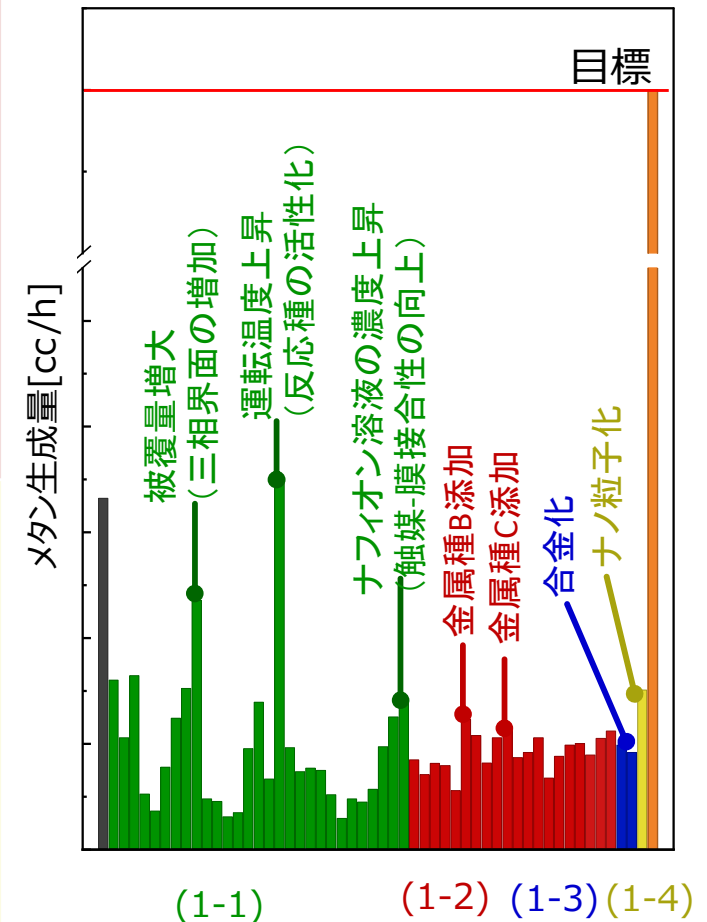


(1-4) 高比表面積担体材料・触媒のナノ 粒子化の検討

カーボン担体
金属ナノ粒子



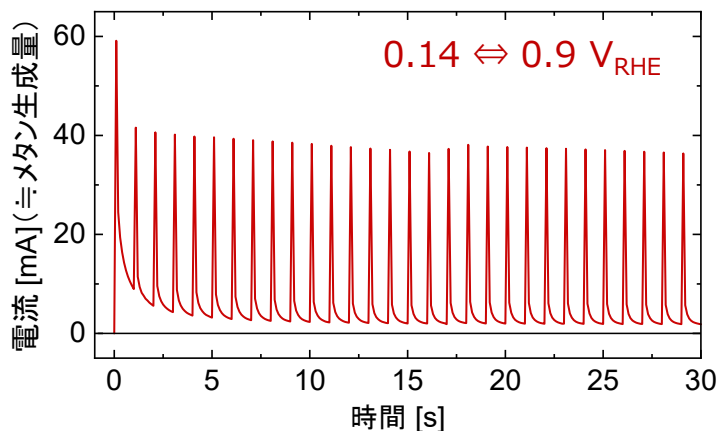
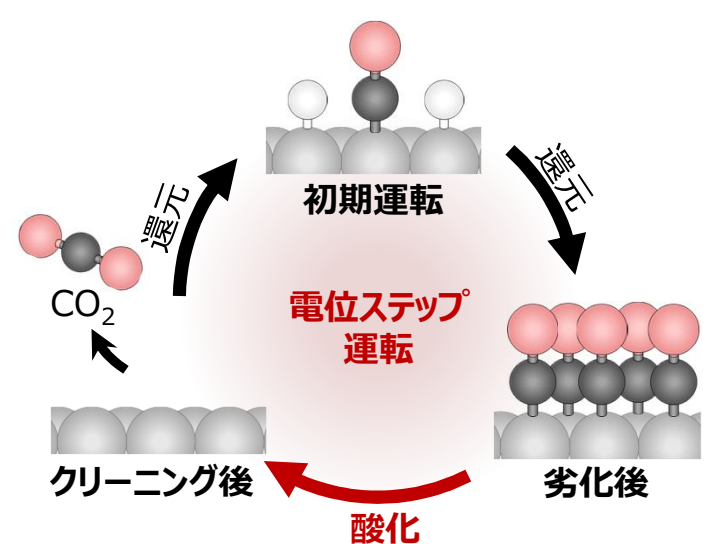
金属担持触媒
(高比表面積担体材料)



PEMCO₂還元技術：耐久性向上の取り組み

触媒の耐久性向上のため、電位ステップ運転による再活性化処理プロセスを検証した。表面の酸化処理による効果は一定確認できたが、目標とする耐久性には達しなかった。

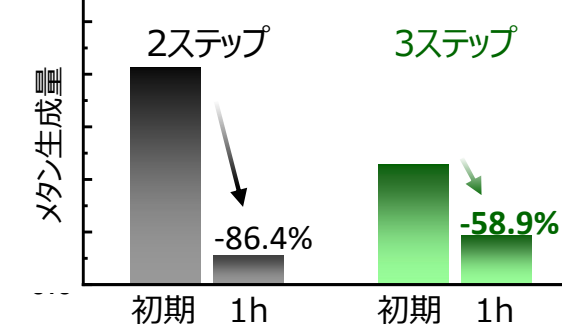
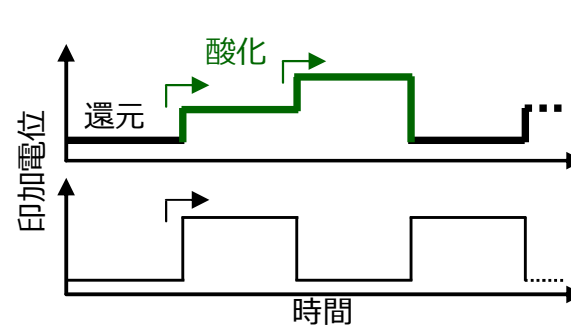
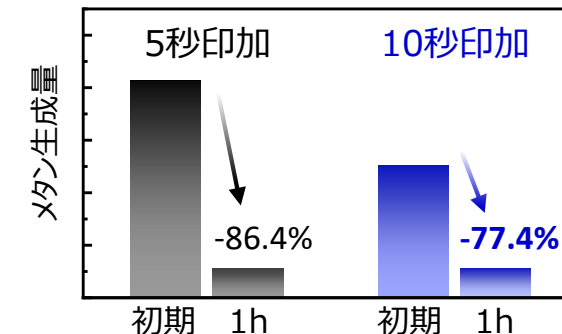
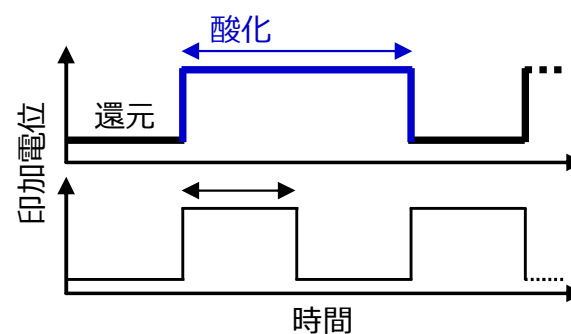
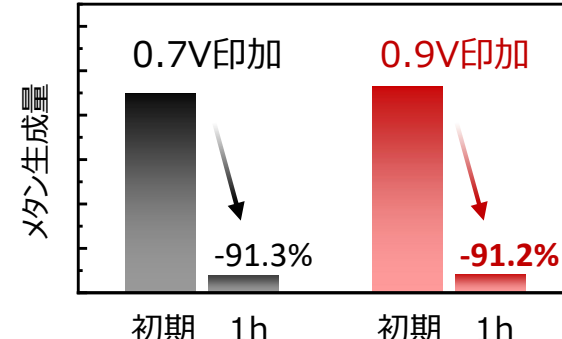
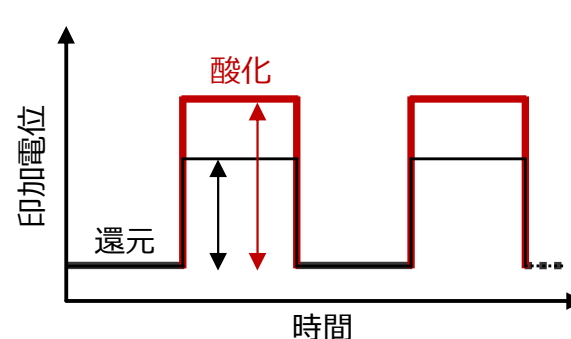
⇒スケールアップ化（ベンチスケール機製作）への移行は困難であると判断し、2025年度もって本事業でのPEMCO₂還元技術の開発を終了した。



酸化電位

印加電位

ステップ数

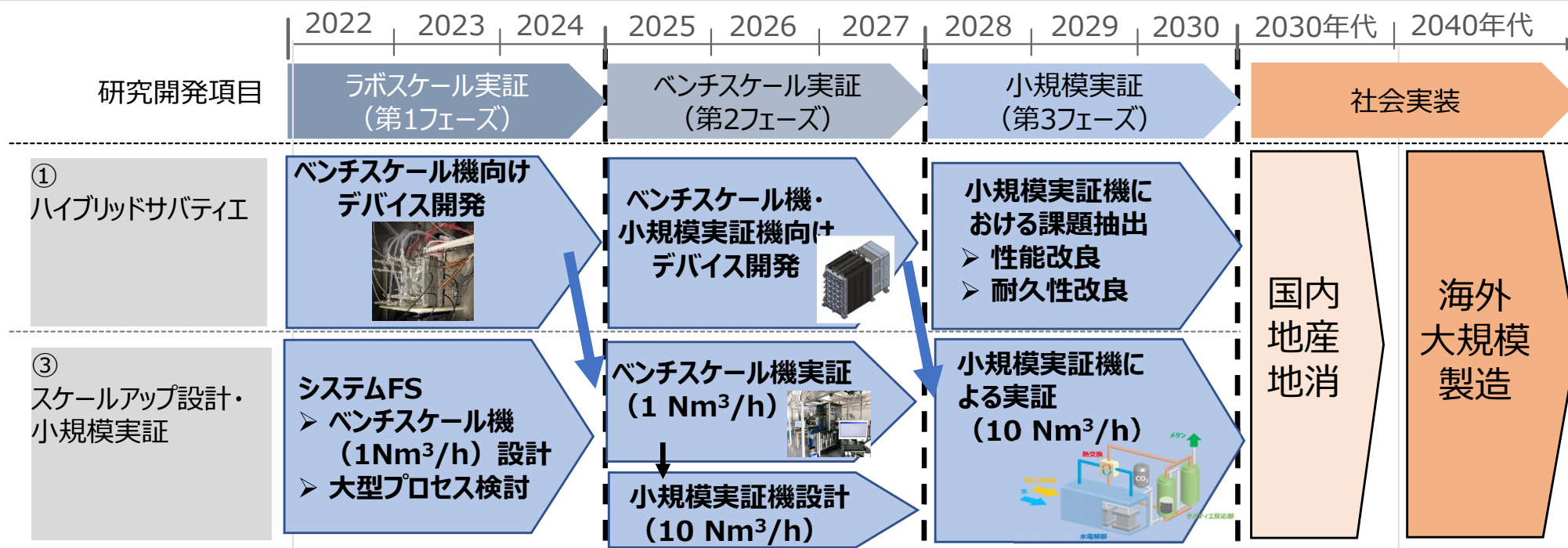


今後の開発計画

本事業では、ハイブリッドサバティエ技術開発に注力し、社会実装の早期実現を目指す。

今後の第2フェーズの進め方は、以下の通り。

- 一体型ベンチスケール機（1 Nm³/h）の実証にて、第2フェーズ目標の補機損込み効率65%達成の見通しを得る。一体型と分離型で補機類およびユーティリティ消費量は同等の見込みも得られており、本成果は小規模実証機以降の機能集約型にも活用可能。
- 小規模実証機（10 Nm³/h）は、社会実装スケールに適した「機能集約型」を採用するとともに、ベンチスケール実証や要素技術開発の成果を活用しながら、仕様検討を実施する



第1フェーズ目標【達成済み】
エネルギー変換効率（補機損なし）
ハイブリッドサバティエ：75%

第2フェーズ目標
1 Nm³/h規模にてエネルギー変換効率（補機損込）
ハイブリッドサバティエ：65%

第3フェーズ目標
10 Nm³/h規模にてエネルギー変換効率（補機損込）
ハイブリッドサバティエ：65%

まとめ

- e-methaneの普及拡大に向け、既存技術による社会実装と規模拡大を推進するとともに、GI基金事業のご支援のもと**製造コスト低減、オンサイト供給、適用範囲拡大**が期待される**低温プロセスによる革新的メタネーション技術の開発**を進めている。
- ハイブリッドサバティエについては、**ベンチスケール機（1 Nm³/h）を製作し、試運転調整**を実施している。また、将来スケールを見据えたシステム方式として「**機能集約型**」の採用を**決定**し、今後の小規模実証機（10 Nm³/h）は同方式で検討を進める。
- PEMCO₂還元については、ベンチスケール機（1 Nm³/h）移行に必要な性能目標を達成することができず、2025年度をもって本事業での開発を終了した。
- 今後は、ハイブリッドサバティエ技術開発に注力し、社会実装の早期実現を目指す。