

低炭素社会を目指す 化学研究グループの取り組み

(公財)地球環境産業技術研究機構 (RITE)
化学研究グループ
中尾 真一

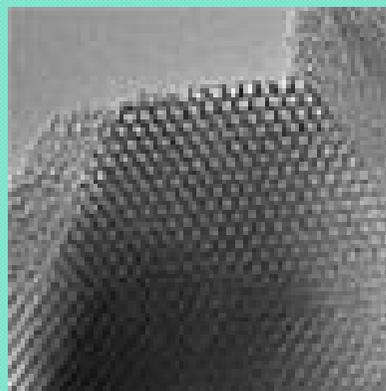


二酸化炭素分離・回収分野



化学吸収液

CO₂を吸収・放散する吸収液の開発
(実用段階)



固体吸収材・吸着剤

CO₂固体吸収材、吸着剤の開発
(実用化技術研究)



CO₂分離膜

高圧ガス用のCO₂分離膜の開発
(実用化技術研究)



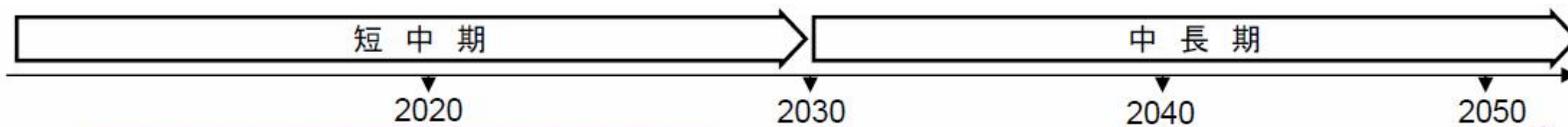
H₂分離膜

H₂分離膜・膜反応器の開発
(基礎研究)

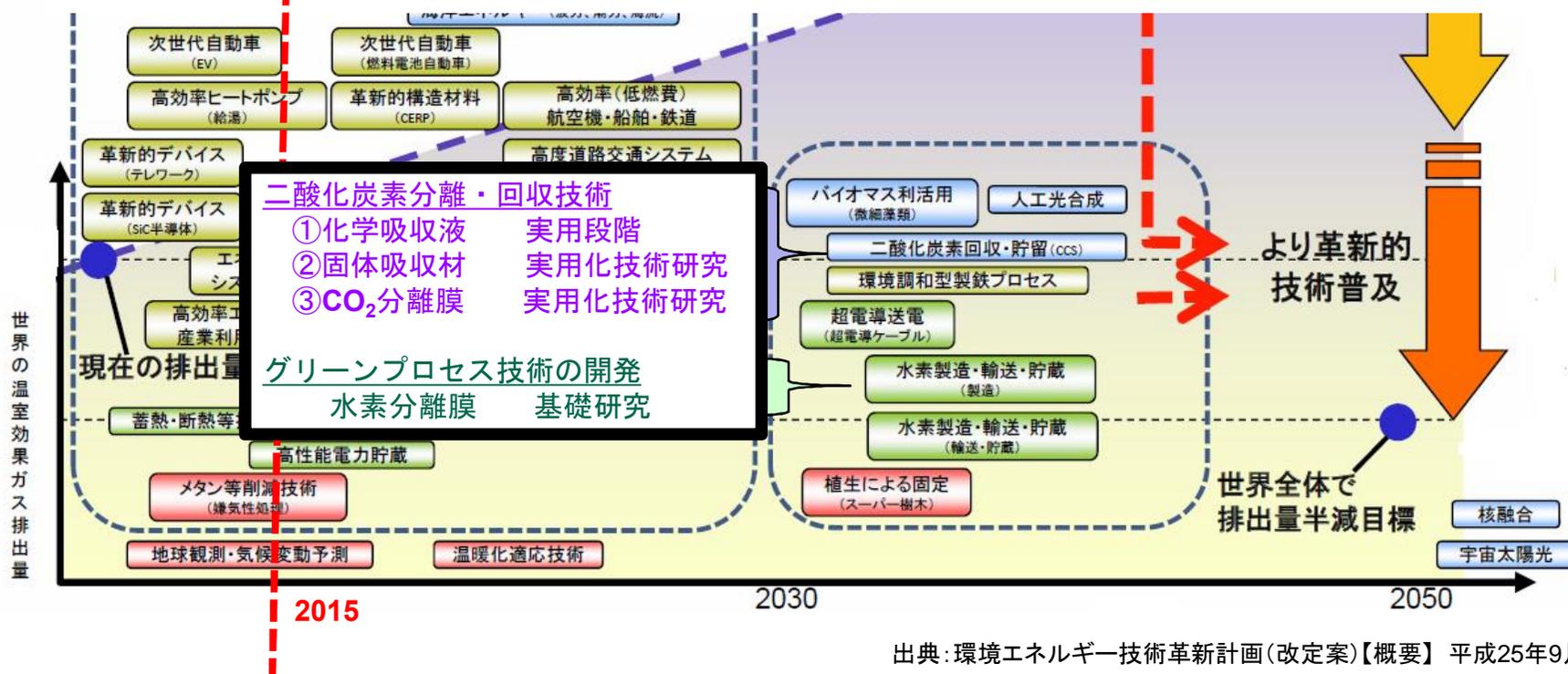
新規開発分野

水素・エネルギー

化学研究グループの研究開発（ロードマップとの対応）



2015年環境エネルギー技術革新計画の中長期課題に位置付けられている二酸化炭素分離・回収技術及びグリーンプロセス技術（水素分離膜）を開発している。



出典：環境エネルギー技術革新計画(改定案)【概要】平成25年9月13日

CO₂分離・回収技術

【NEDO委託事業】

H25FY～

・化学吸収法 **COURSE50**

(高炉ガスからのCO₂分離・回収)

【METI直轄委託事業】

H27FY～

・固体吸収法 **先進的二酸化炭素固体吸収材実用化研究開発事業**

(石炭火力発電からのCO₂分離・回収)

H27FY～

・膜分離技術 **二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発事業**

(IGCCガスからのCO₂分離・回収)

グリーンプロセス技術等

【グリーンプロセス技術】

H25FY～

- ・水素利用等先導研究開発事業 : 未来開拓(NEDO)

【低CO₂排出プロセスシステム】

- ・エネルギー・環境新技術先導プログラム : 提案予定(NEDO)
- ・化学産業における革新的膜技術の開発
抜本的省エネルギーを図る蒸留代替プロセスの開発

目次

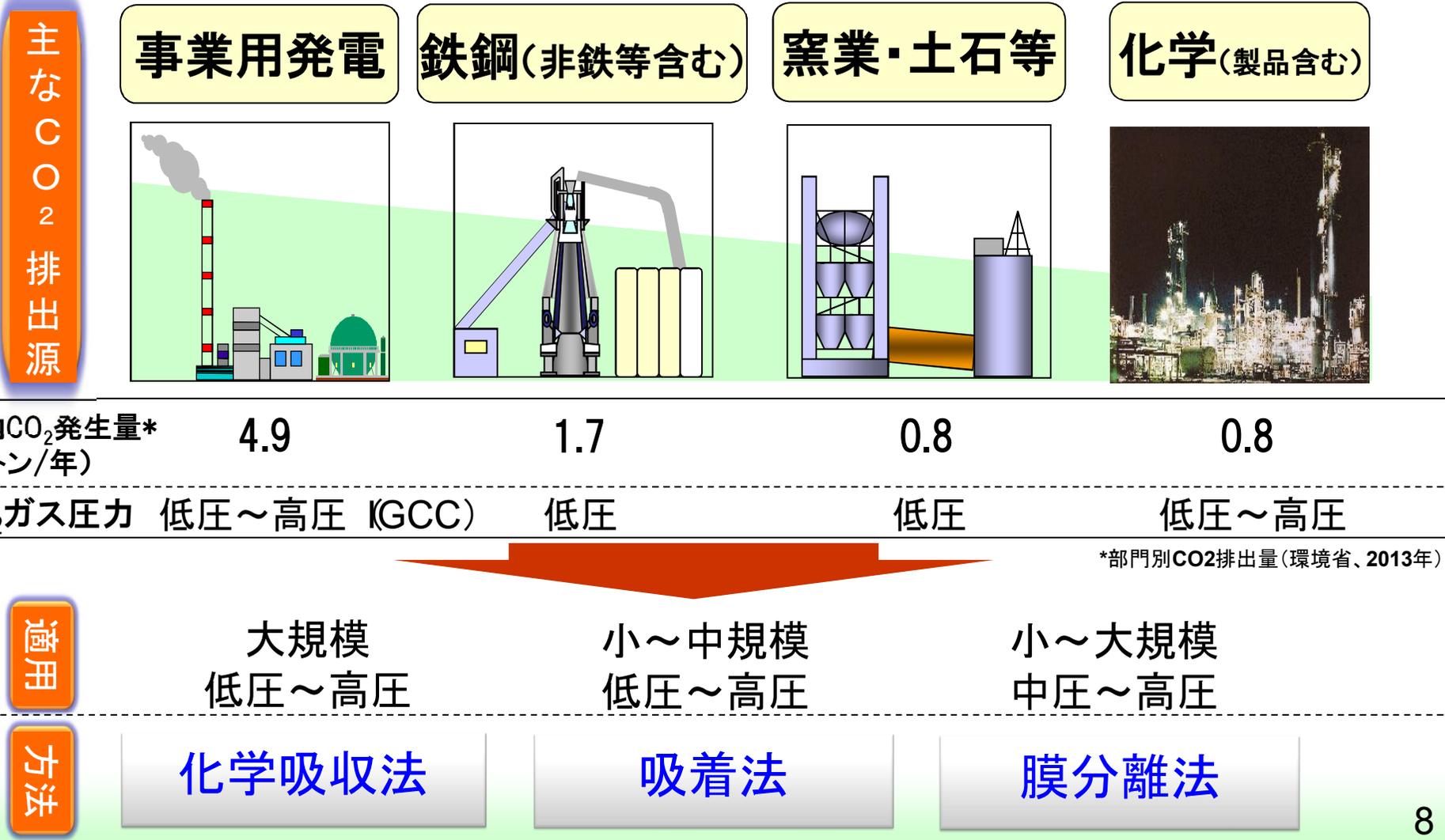
1. CO₂分離・回収技術
2. 水素分離膜技術

1. CO₂分離・回収技術

2. 水素分離膜技術

RITEの取組：発生源に適したCO₂回収技術

発生源の規模・CO₂ガス圧により最適な回収技術の開発



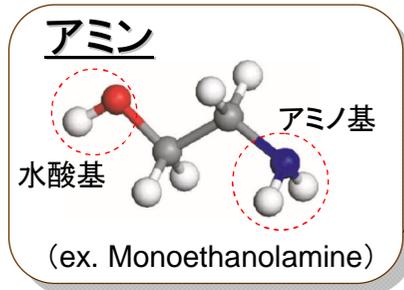
1. CO₂分離・回収技術

(1) 高性能化学吸収液の開発

(2) 高性能固体吸収材の開発

(3) 次世代型分離膜モジュールの開発

高性能化学吸収液の開発



新日鉄住金
エンジニアリング



2005

2010

2015

2020

プロジェクト

COCS

CO₂分離回収エネルギー 半減

対象ガス

高炉ガス
(20%-CO₂)

COURSE50 Step1

COURSE50 Step2

ESCAP®

“環境調和型製鉄プロセス”における回収技術

COURSE50 Step2 概要

◎ NEDO委託事業として日本鉄鋼連盟が受託している
「**環境調和型製鉄プロセス技術開発**」
第1段階第2ステップ(COURSE50 Phase1 Step2)を実施中

⇒ Step1に引き続き、新日鐵住金株式会社殿との共同実施
(平成25年7月～平成29年度)

[目標] **高炉ガスからのCO₂分離・回収コスト2,000円/t-CO₂以下**
を確実なものとする新規高性能吸収液の開発

[高性能吸収液の開発目標]

- ◎ 分離・回収エネルギーの更なる低減
- ◎ 再生温度の一層の低減
- ◎ CAT-LAB及びCAT-1による性能評価

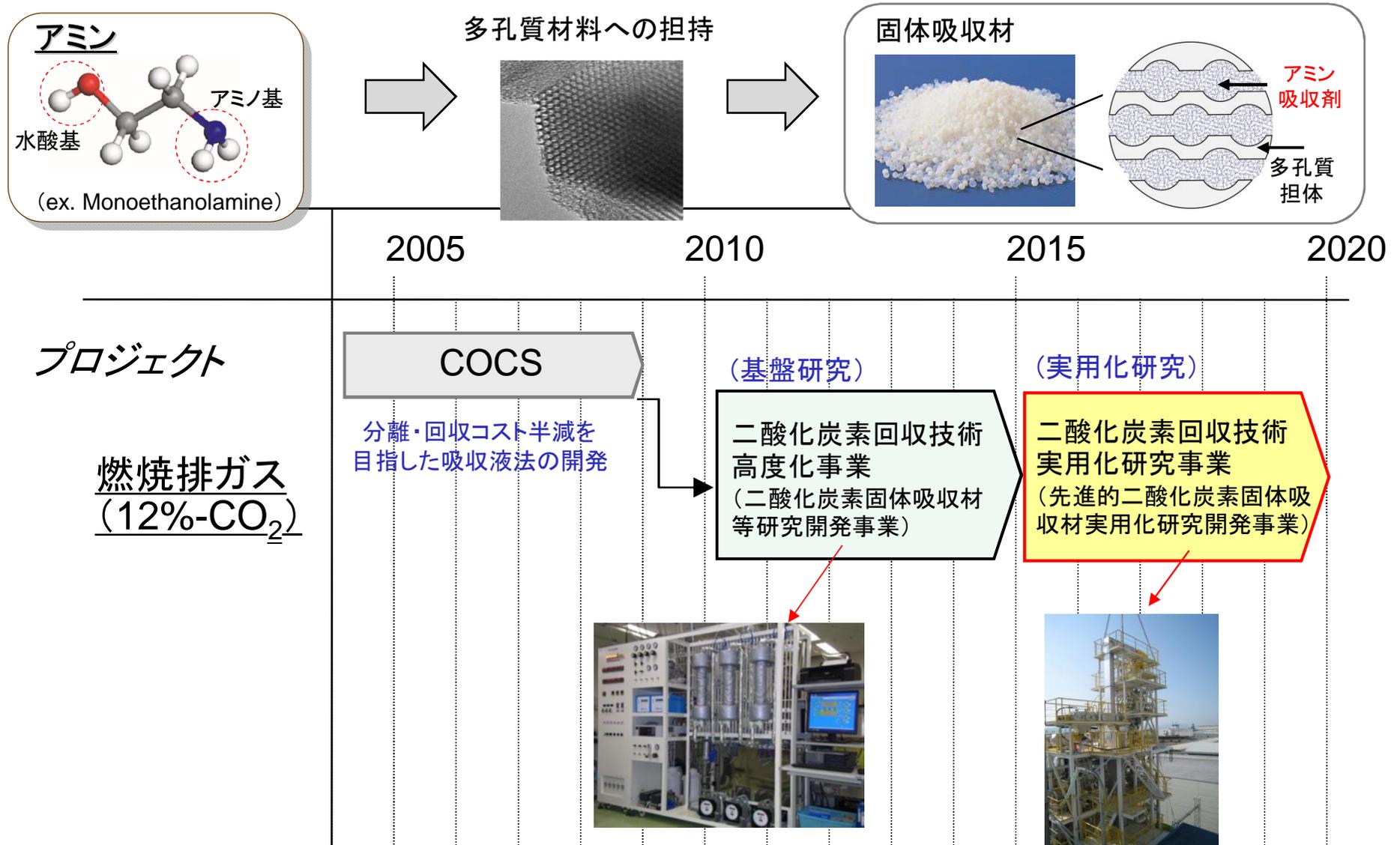
1. CO₂分離・回収技術

(1) 高性能化学吸収液の開発

(2) 高性能固体吸収材の開発

(3) 次世代型分離膜モジュールの開発

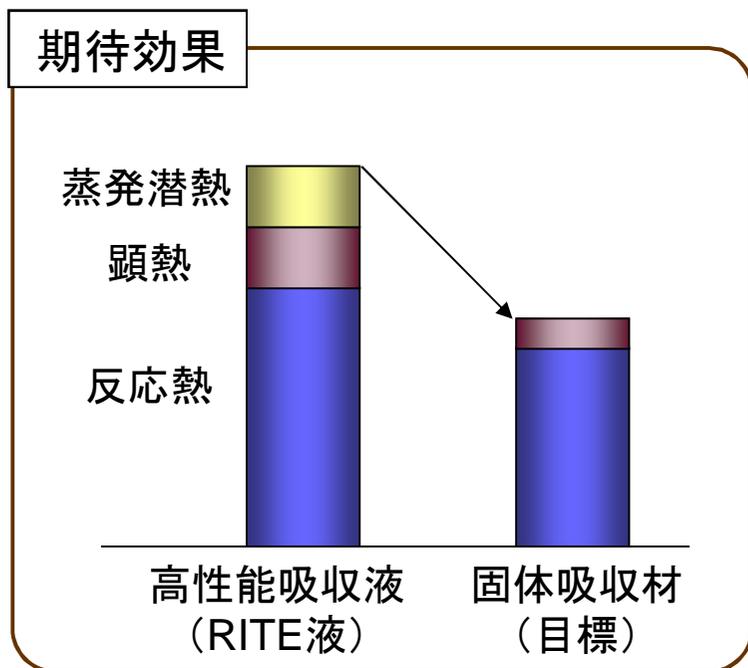
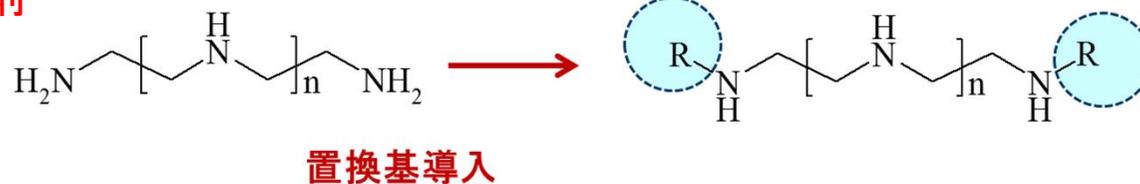
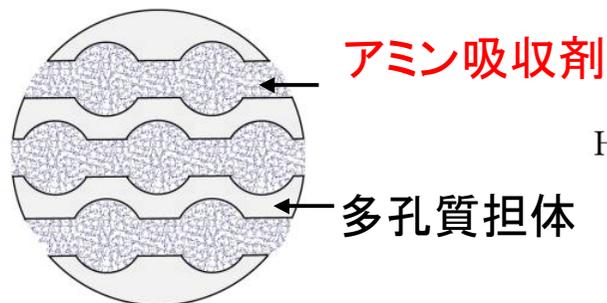
化学吸収液から固体吸収材へ



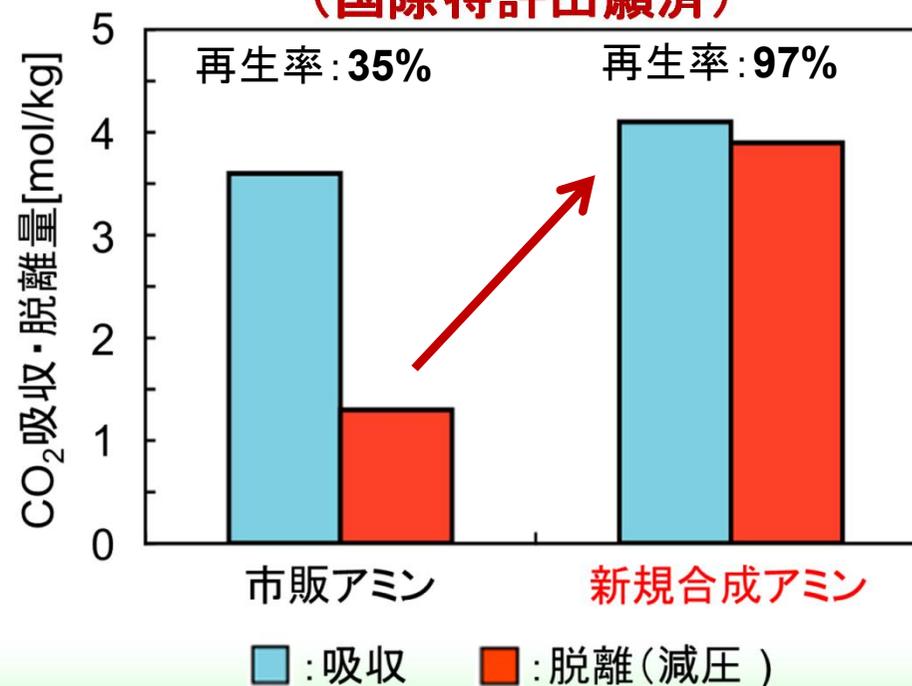
**【目的】H26年度までの成果を
民間企業と共同で実用化**

新規アミンによる性能向上

新規固体吸収材の開発

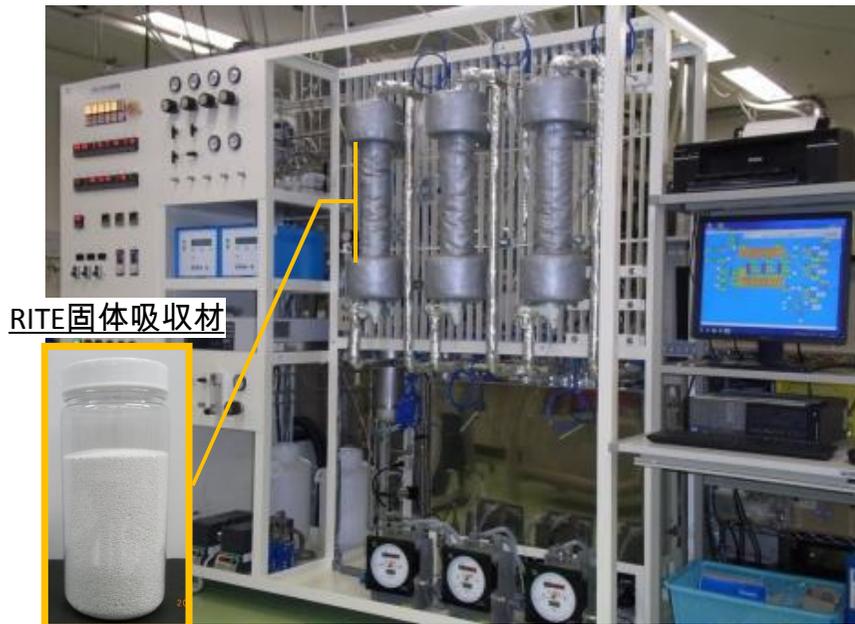


回収容量を飛躍的に向上 (国際特許出願済)

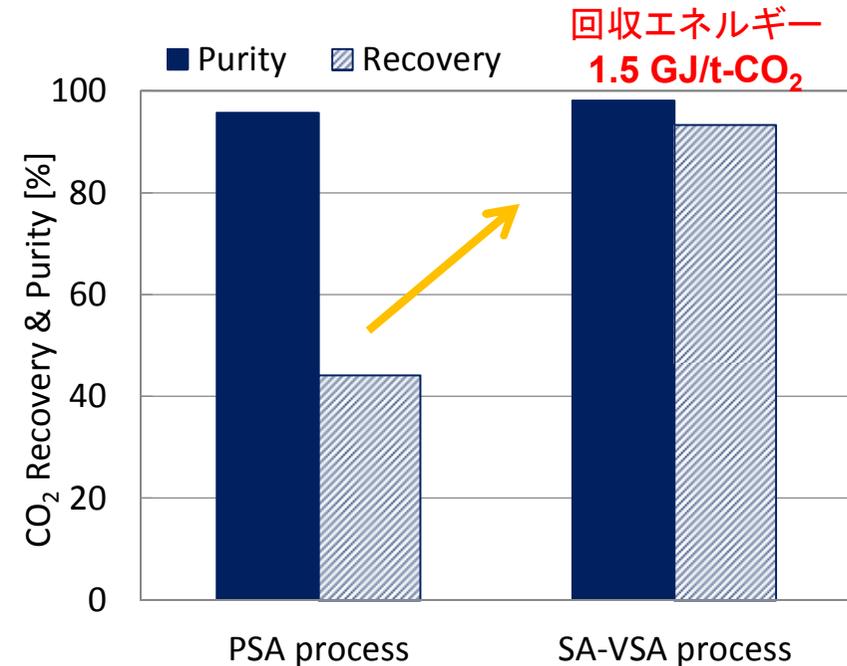


CO₂連続回収試験

プロセス・操作条件の最適化



RITE固体吸収材のCO₂回収性能



- ▶ 脱着工程でスチームを供給するSA-VSA (Steam-aided vacuum swing adsorption) プロセスの適用により、回収率が飛躍的に向上。
- ▶ 回収純度>98%、回収率>93%の回収性能で模擬ガス(12%CO₂)からCO₂を分離可能。
- ▶ 3か月超の試験において顕著な性能低下は確認されなかった。
→ RITE固体吸収材が優れたCO₂分離・回収性能を有することを実証。

研究開発ロードマップ

“石炭火力発電所からの二酸化炭素分離回収”

基盤技術研究
フェーズ

2010~2014



ラボ試験
(数kg/day)

RITE
CO₂連続回収
試験装置

実用化研究
フェーズ

(先進的二酸化炭素固体吸収材実用化研究開発事業)

2015

2016

2017

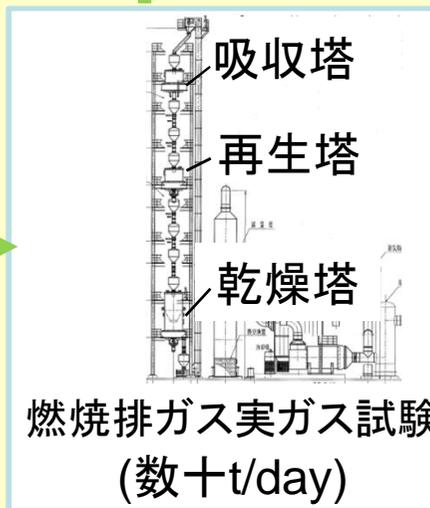
2018

2019



ベンチ試験
(数t/day)

川崎重工業(株)
KCC移動層
ベンチ試験装置



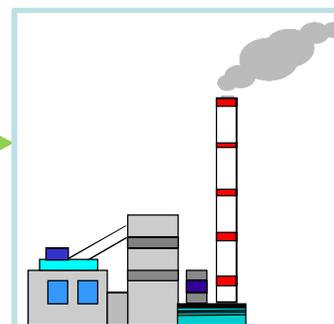
実証・商用化
フェーズ
(補助事業)

2020~

大規模
CCS

石炭火カプラント

+ 制度的仕組みの導入



石炭ボイラ
排ガスへ適用
(3,000t/day)

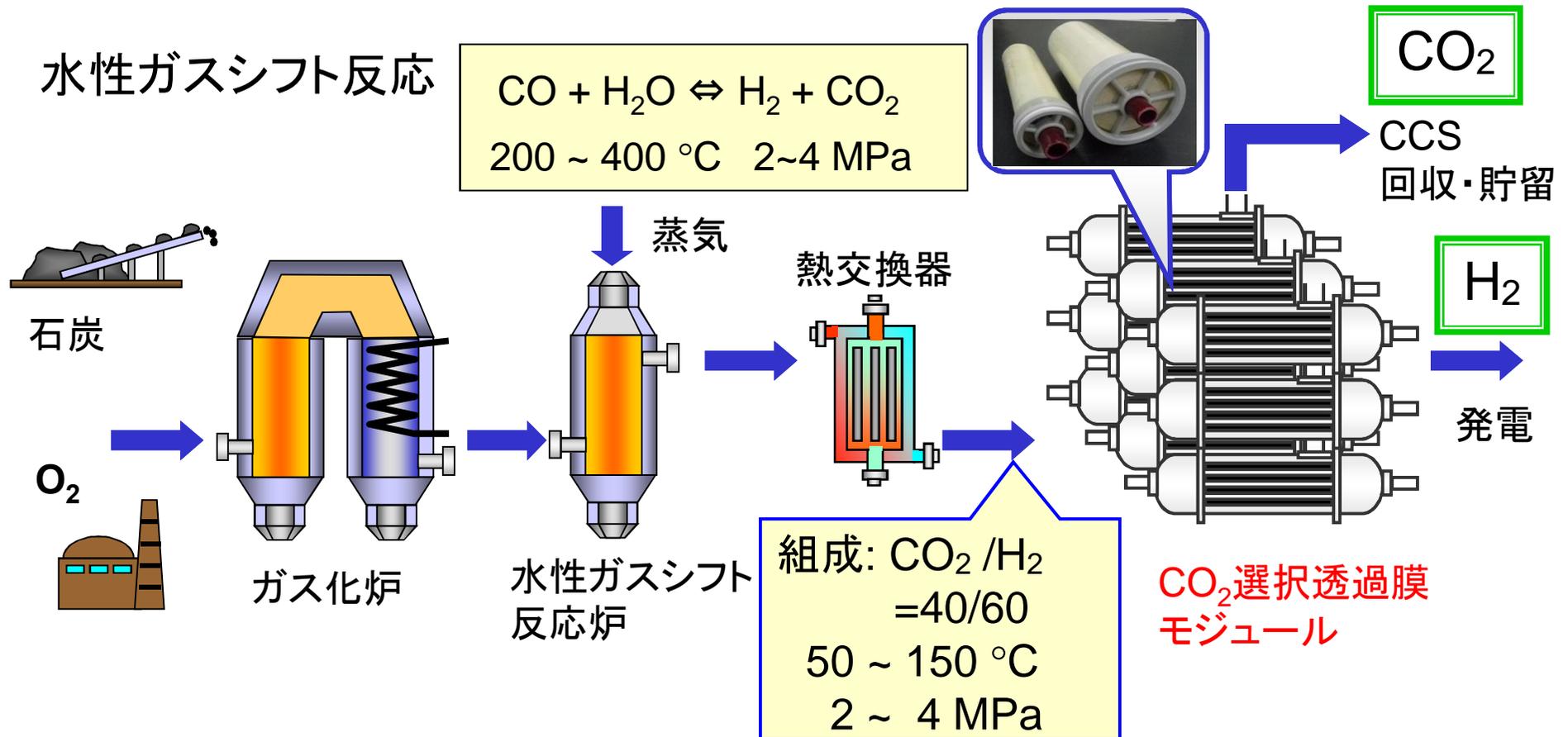
1. CO₂分離・回収技術

(1) 高性能化学吸収液の開発

(2) 高性能固体吸収材の開発

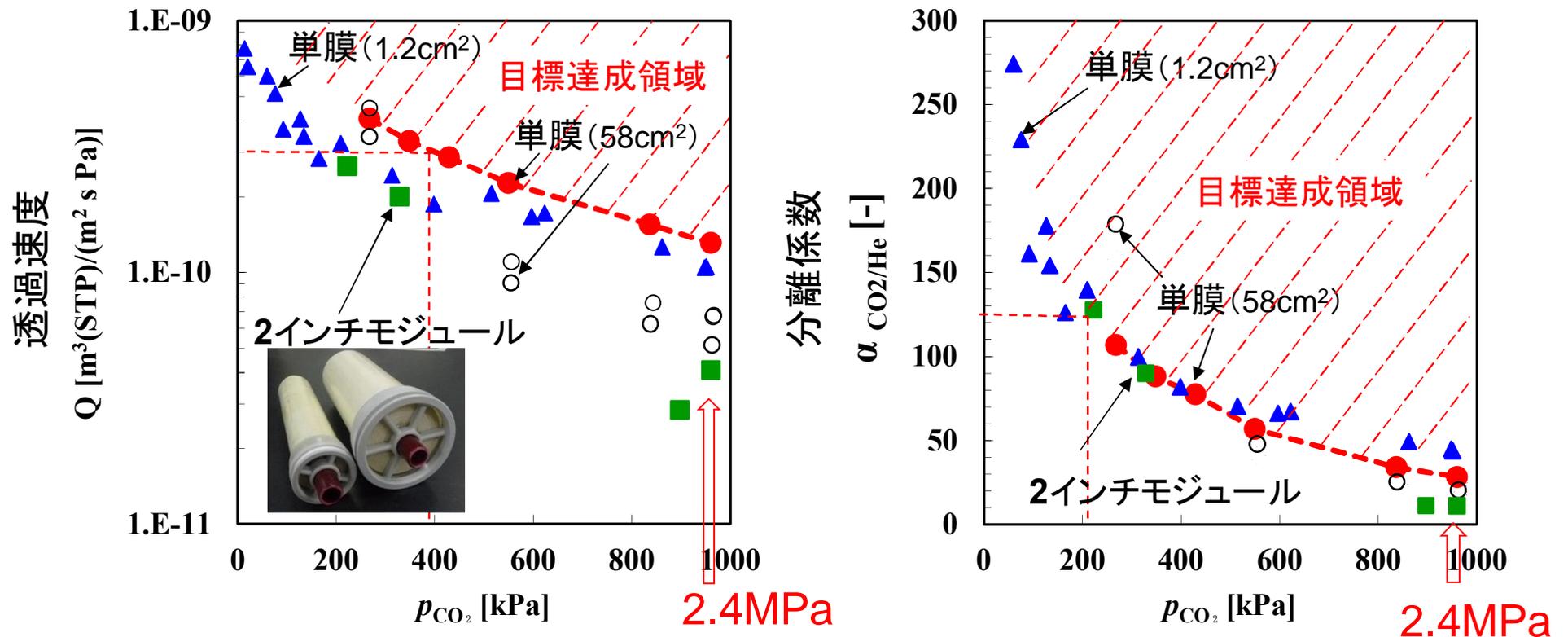
(3) 次世代型分離膜モジュールの開発

次世代型分離膜モジュールの開発



CO₂分離性能と目標達成領域

分子ゲート膜の分離性能 大気圧~2.4MPaにて、CO₂透過試験を実施



目標: CO₂回収コスト1,500円/t-CO₂以下

模擬ガス、ラボレベルで目標性能を達成

CO₂分離コスト試算結果

前提条件: CO₂回収量100万t/Year (63,000m³N/h),
CO₂濃度>95vol%, CO₂回収率>90%

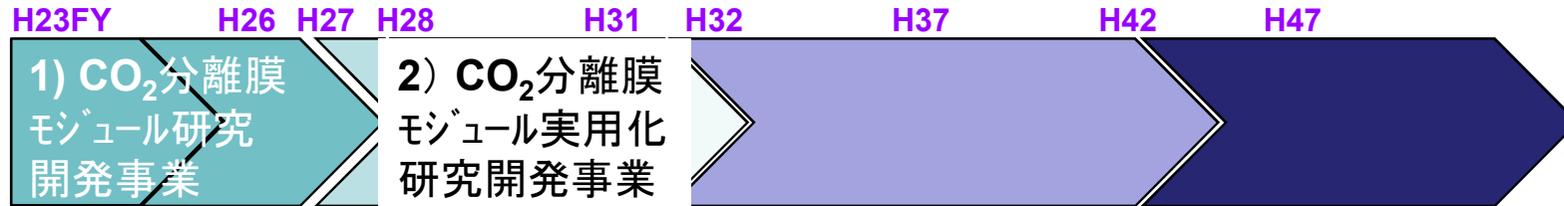
操作条件: 温度85°C、組成CO₂36.3vol%(dry)、H₂63.7vol%(dry)、H₂O(計算条件によって設定)
非透過側圧力 2.4MPa、 透過側圧力 大気圧付近

項目	計算値	単位
CO ₂ 回収量	125.3	t/h
膜面積	190,000	m ²
蒸気使用量	24.1	t/h
モジュール効率	なし	
設備費	600	円/t-CO ₂
膜エレメント及びモジュール容器費用	350	円/t-CO ₂
変動費	540	円/t-CO ₂
処理費合計	1,490	円/t-CO ₂

CO₂分離コスト 1,500円/t-CO₂を達成

CO₂分離膜実用化に向けたロードマップ

基盤技術研究 実用化研究フェーズ 実証フェーズ 商用化フェーズ
2011 15 20 25 30 35



研究・開発体制



2) CO₂分離膜モジュール実用化研究開発事業(H27FY~)
(計画・課題)

- 〃 実ガス等の実用化試験による技術課題の抽出、解決
- 〃 実用化段階の分離・回収コスト1,500円/t- CO₂以下の達成
- 〃 実機膜モジュールシステムの開発

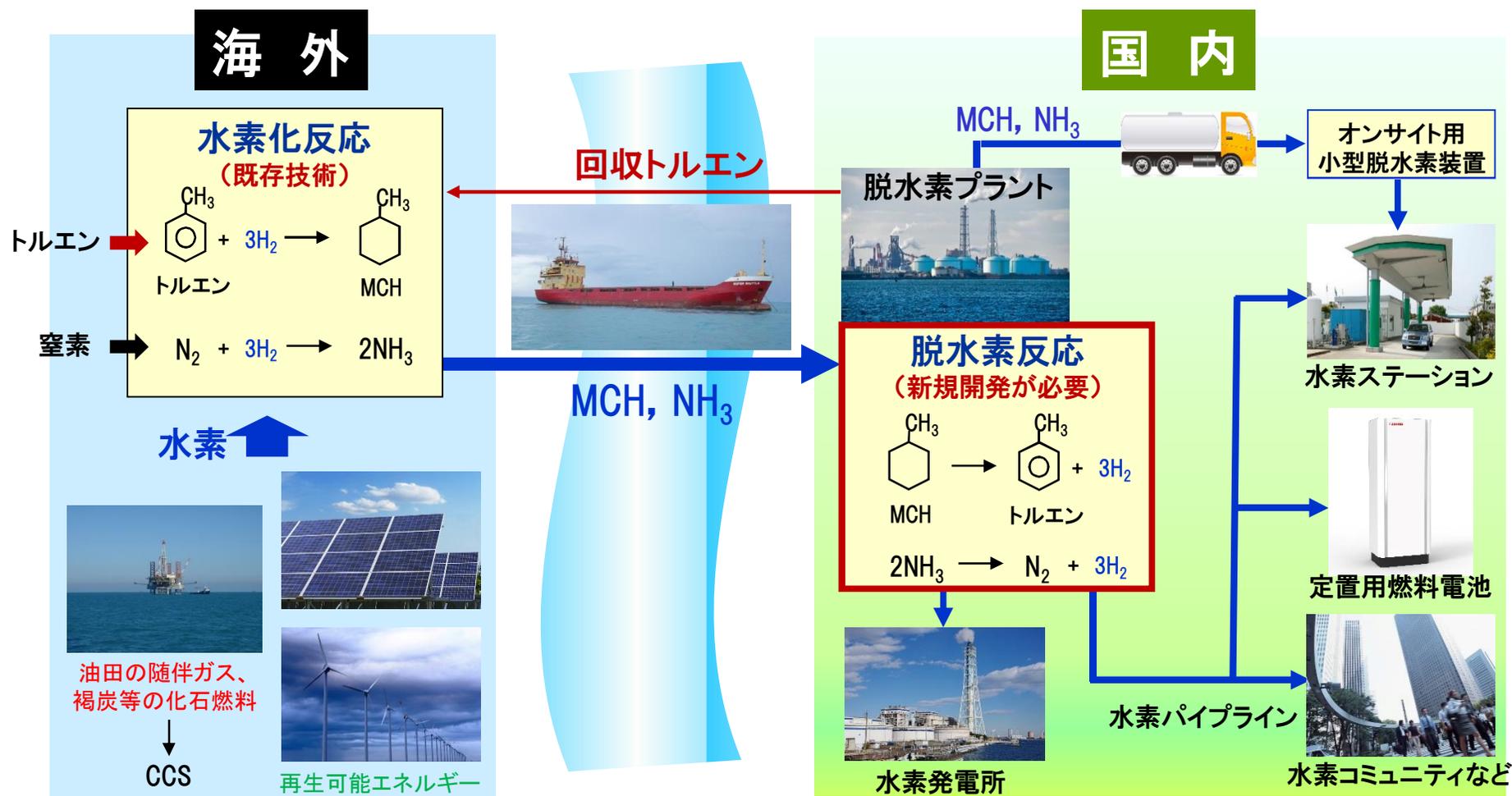
実証フェーズ・商用化フェーズにおける課題

- 〃 IGCC実ガス、実機での長期試験、大規模な実証試験による実績の蓄積
- 〃 膜、モジュールの商業生産プロセスの検討、膜大面積化、量産体制の構築
- 〃 CO₂分離膜プロセス採用に向けた活動

1. CO₂分離・回収技術

2. 水素分離膜技術

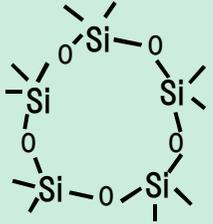
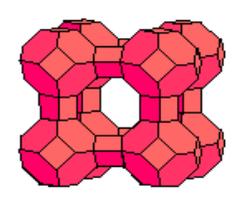
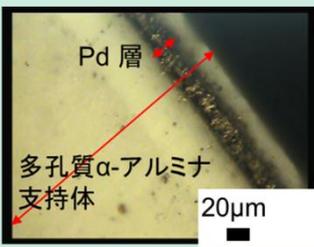
エネルギーキャリア



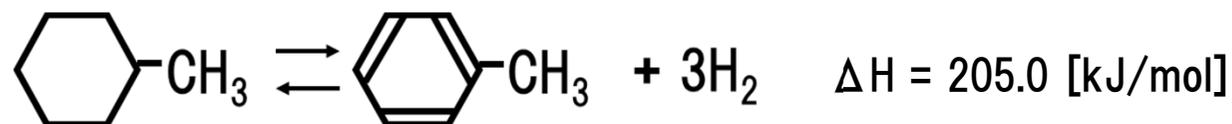
水素エネルギー社会実現を可能とする「エネルギー輸送」技術

効率的な水素分離・精製技術の開発が不可欠

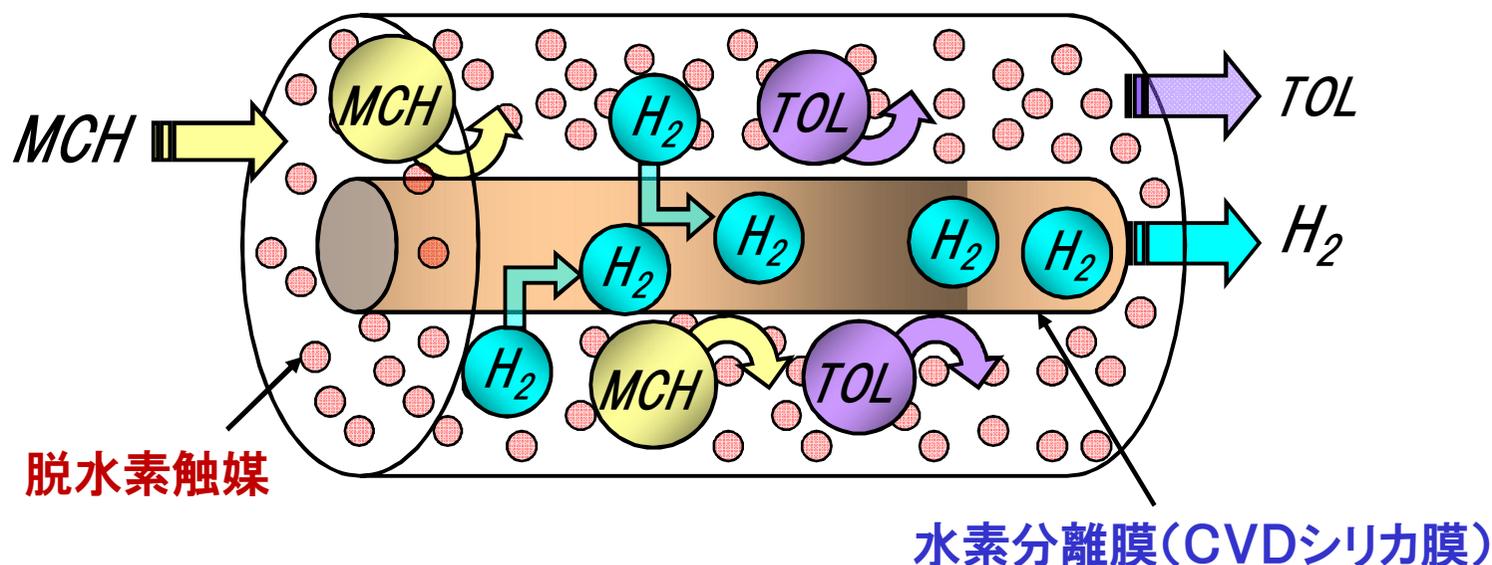
RITEが保有する無機系水素分離膜

膜	構造	用途	製法	特長
CVDシリカ	 <p>非晶質 サブナノ細孔</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・MCH脱水素 	対向拡散CVD法	構造設計の自由度が高い (用途に応じた最適設計)
ゼオライト	 <p>結晶 規則細孔</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・MCH脱水素 	水熱合成法	高度な熱的・化学的安定性
パラジウム	 <p>細孔内充填型</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・NH₃脱水素 	RITE独自の無電解メッキ法	耐久性向上とコスト低減の可能性 (従来技術の課題を解消)

CVDシリカ膜を用いたMCHの脱水素



メンブレンリアクター(MR)



水素を**選択的に分離**することにより、脱水素反応が促進される

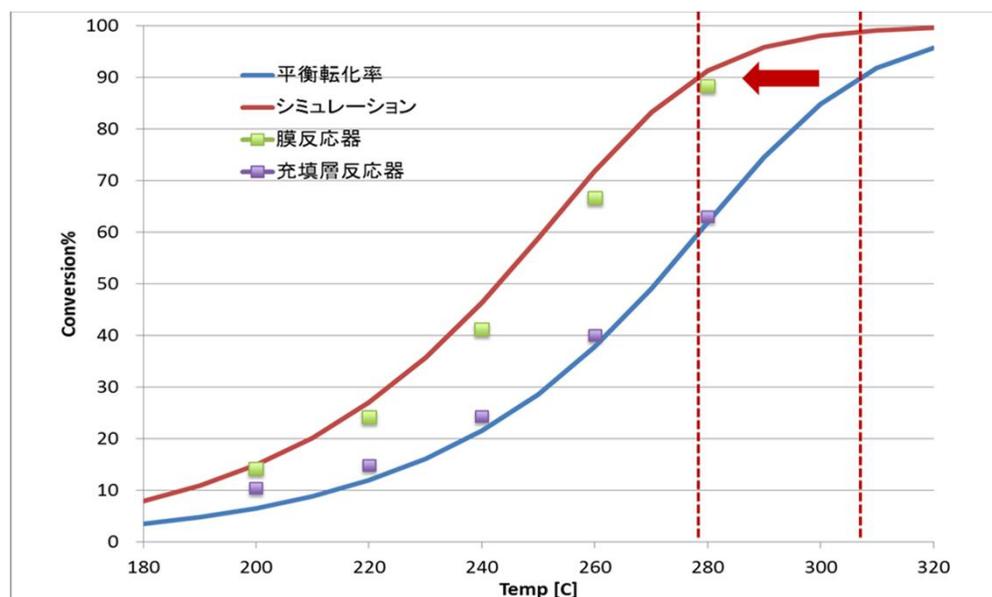
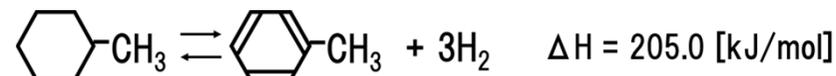
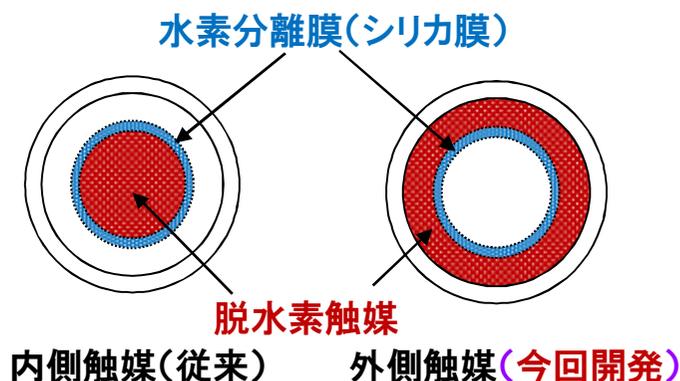
競合技術(PSAなど)と比較して、**コンパクト化**が可能

⇒ 商業施設／オフィスビル／水素ステーション等
中小規模の需要家に適したMCH脱水素装置へ展開

単管MR検討結果

平衡シフト効果を確認

触媒充填構造を改善



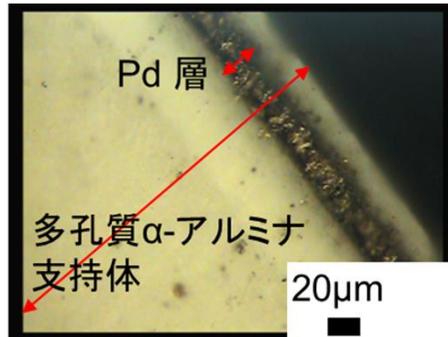
保護膜等なしで熱供給に有利な
外側触媒の構成を採用することが
可能であることを見出した

反応温度の低減を確認
(約310→280°C@転化率90%)



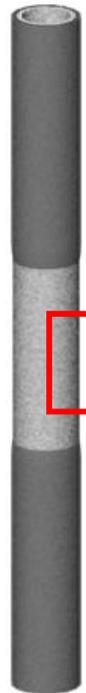
水素分離性能向上により、さらなる低温化
やプロセス改善(さらなる低コスト化)が可能

細孔内充填型パラジウム(Pd)膜



● 支持体の内部に形成(従来は支持体の表面)

- ⇒
- ・耐久性向上の可能性
 - ・Pd使用量は表面型の3分の1

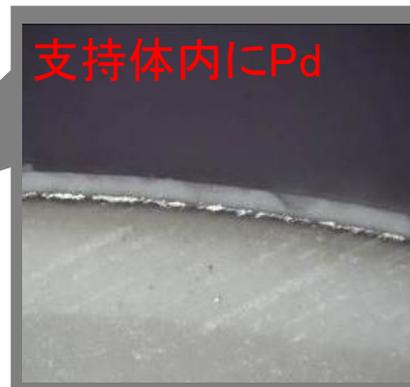
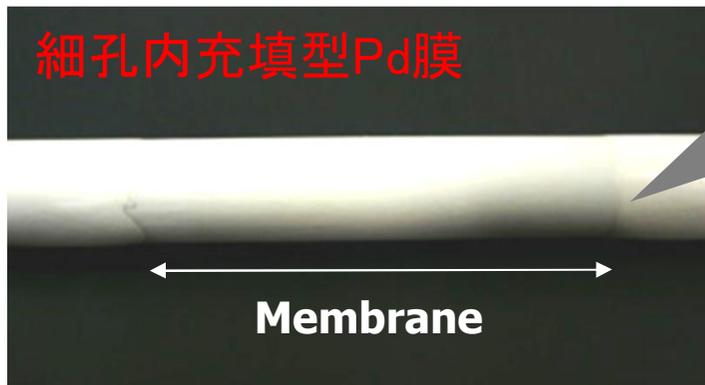
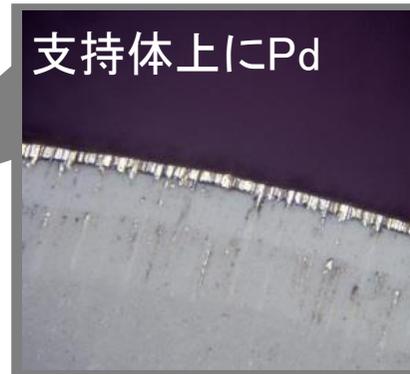


RITE

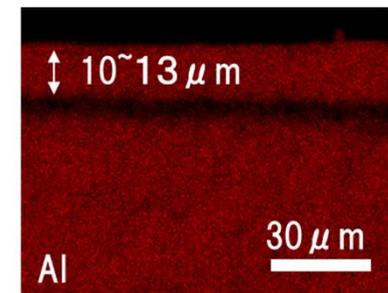
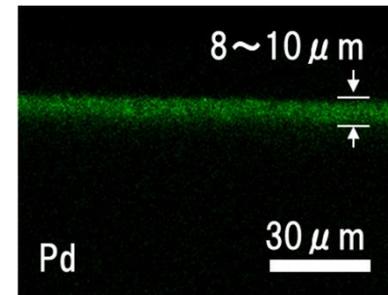
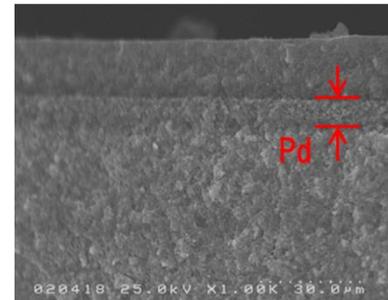
遊離型(圧延膜)	通常型薄膜 (無電解めっき、電解めっき、 スパッタ、CVD 等)	細孔内充填型 (目的とする膜構造)
高コスト	低耐久性*	

* 熱膨張係数差、水素脆化、触媒との合金化、機械的ダメージ

Pd膜の外観像及び断面像比較



細孔内充填型Pd膜
SEM-EDX像



4. まとめ-1

1. 化学吸収法

- ・熱移送の効率化と併せ1.6 GJ/t-CO₂の達成と共に、目標である分離回収コスト2000円以下/t-CO₂達成の目途を得た。
- ・今後は、液組成の最適化と最適プロセスの提案を行う。

2. 固体吸収法

- ・低温(減圧)脱離性能に優れた固体吸収材を用いたラボスケール連続回収試験を実施し、再生エネルギー 1.5GJ/t-CO₂を達成
- ・今後は、民間企業との連携によるスケールアップ、実ガス試験を行う。

4. まとめ-2

3. CO₂分離膜

- ・分子ゲート膜モジュールの基本技術を確立
- ・今後は、実ガス試験による膜モジュール性能、プロセス適合性等に関する技術課題の抽出と解決を行う。

4. 水素分離膜

- ・CVDシリカ膜MRを用いたMCH脱水素装置を開発中。
7本のMRモジュール試験装置を開発し、運転研究開始。
- ・耐久性向上と低コスト化を両立できる可能性を有する細孔内充填型パラジウム膜を開発中。

無機膜研究センターの創設

無機膜(シリカ膜、ゼオライト膜、パラジウム膜など)を活用した
革新的な地球環境保全技術の研究開発、および無機膜の産業化
などを推進する組織として、RITE内に「無機膜研究センター」を
創設する。(平成28年4月予定)

【目的】 日本の英知を結集したドリームチームで、

- ①無機膜の研究開発を推進し、水素社会構築など地球環境の保全に貢献する
- ②産学が連携して、日本に無機膜の産業を確立するための道筋を示す
- ③国費事業を受託する他、民間企業との共同研究／委託研究の受け皿
となって産業界からの「無機膜」に対する期待・ニーズに的確に応える
- ④各種無機膜の第一人者から中堅・若手研究員への技術伝承を行なう

【主な実施内容】

- ①メーカーとユーザ企業が共同で、実用化・産業化に向けたロードマップを策定
- ②メーカー、ユーザ企業、RITEが共同で国費事業立ち上げ、共同研究推進
- ③無機膜研究第一人者からの科学的支援(技術伝承)の推進

センターを中心とする実施・推進体制

アドバイザーボード(国内無機膜研究の第一人者)

伊藤 直次 宇都宮大学大学院工学研究科 教授 (メンブレンリアクター)
 上宮 成之 岐阜大学工学部 教授 (パラジウム膜)
 喜多 英敏 山口大学大学院理工学研究科 教授 (ゼオライト膜)
 都留 稔了 広島大学大学院工学研究科 教授 (シリカ膜)
 原谷 賢治 (株)膜工学研究所 技術顧問 (膜プロセス設計)
 松方 正彦 早稲田大学先進理工学部 教授 (ゼオライト膜)

海外主要研究機関(例)

- ・SINTEF(ノルウェー)
- ・ECN(蘭)
- ・Twente大学(蘭)
- ・ASU(米)

RITE・無機膜研究センター

研究開発部門

産業連携部門

JFCC

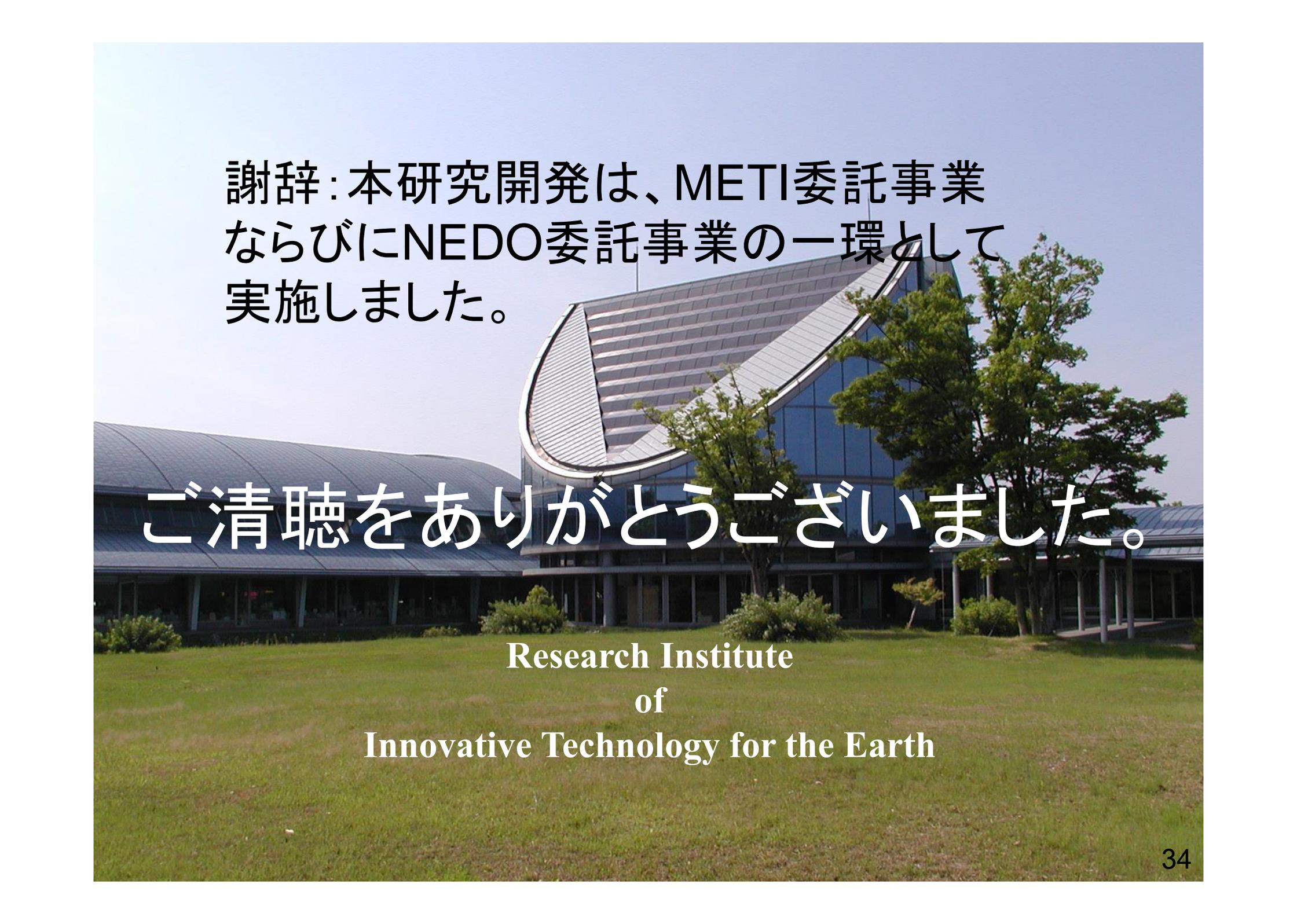
主要メーカー

- ・セラミックメーカー
- ・分離装置メーカー

主要ユーザ企業

- ・エネルギー企業(石油会社、ガス会社など)
- ・エンジニアリング会社
- ・ゼネコン/サブコン

海外機関とも連携しつつ、オールジャパンでオープンイノベーションを推進

A photograph of a modern building with a curved, metallic roof and large glass windows, set against a clear blue sky. The building is surrounded by green grass and trees. The text is overlaid on the image.

謝辞：本研究開発は、METI委託事業
ならびにNEDO委託事業の一環として
実施しました。

ご清聴をありがとうございました。

Research Institute
of
Innovative Technology for the Earth