

◆ 革新的環境技術シンポジウム ◆

CO₂の分離回収技術の現状と
排出削減技術開発への取り組み

(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

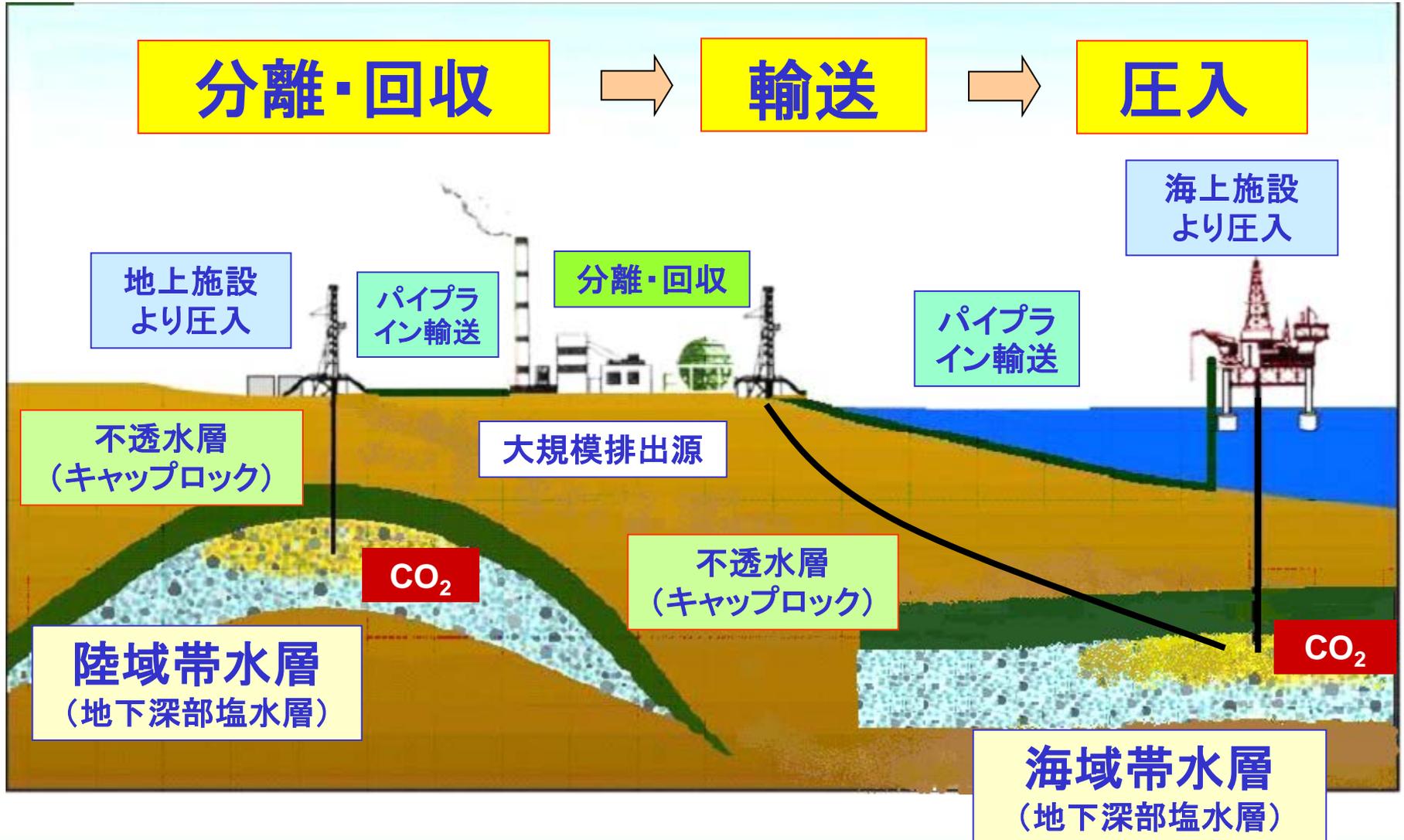


1. はじめに
2. CO₂の分離回収技術の現状
3. 排出削減技術開発への取り組み
4. まとめ

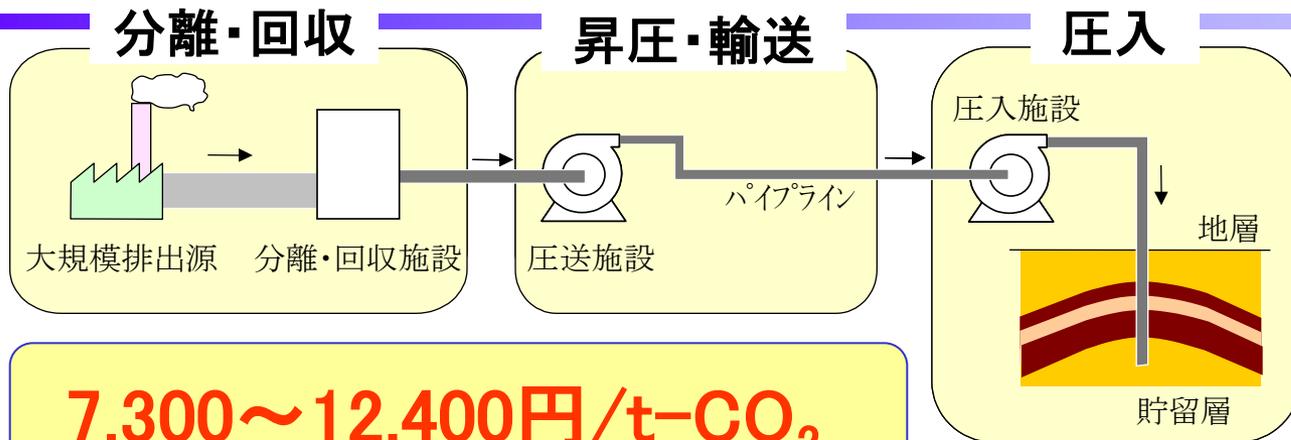
1. はじめに
2. CO₂の分離回収技術の現状
3. 排出削減技術開発への取り組み
4. まとめ

二酸化炭素回収・貯留

(Carbon Dioxide Capture and Storage, CCS)

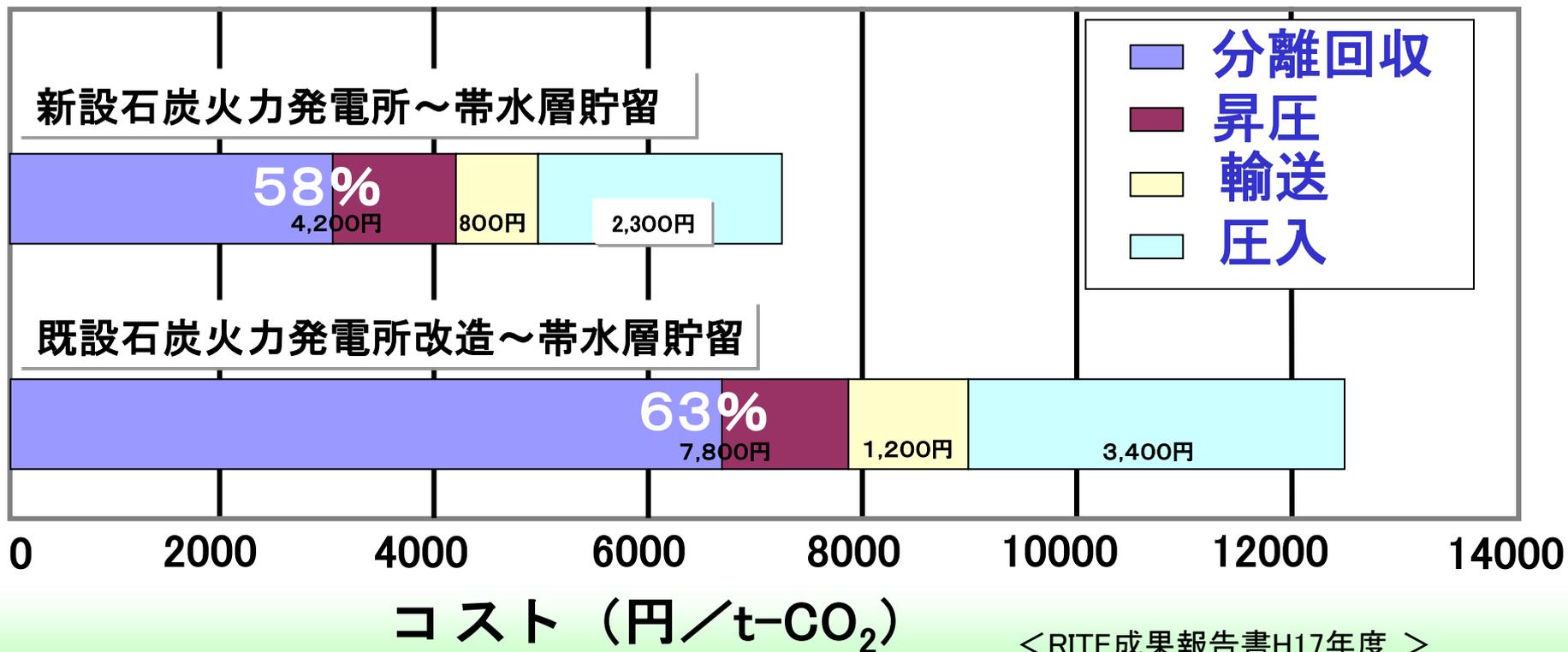


CCSコストの内訳

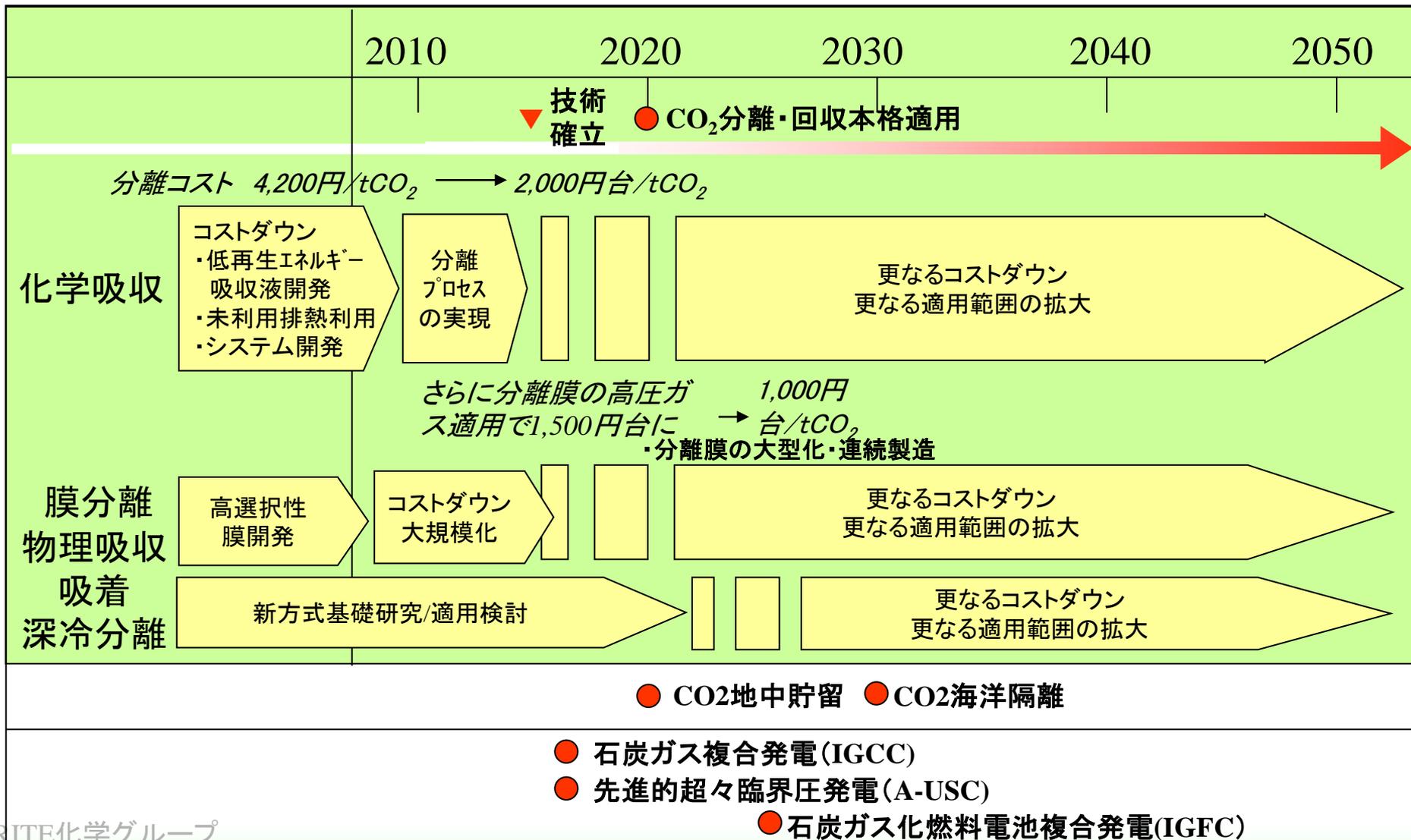


回収貯留量: 100万t-CO₂/年
 輸送距離: 20km、7MPa
 圧入: 10MPa、ERD、
 10万t-CO₂/年/本
 深度: 1000m

7,300~12,400円/t-CO₂



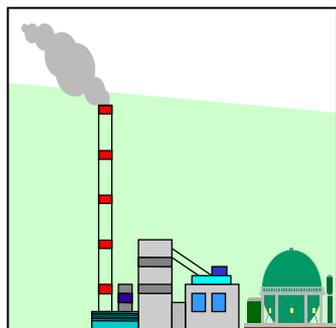
分離・回収 技術ロードマップ



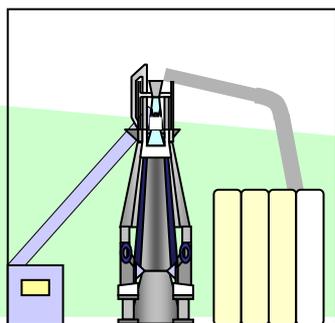
1. はじめに
- 2. CO₂の分離回収技術の現状**
3. 排出削減技術開発への取り組み
4. まとめ

発生源の規模・CO₂ガス圧により最適な回収技術の開発

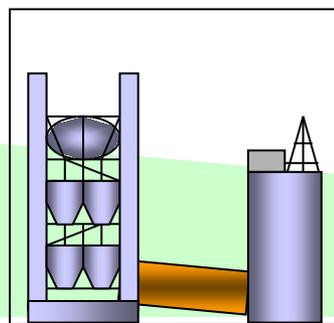
火力発電所



製鉄所(高炉等)



セメント工場



製油所等



国内CO₂発生量
(億トン/年)

3.7

1.8

0.5

0.1

CO₂ガス圧力

低圧、高圧 (IGCC)

低圧

低圧

高圧、低圧

適用

大規模
低圧・高圧

大～中・小規模
中・高圧

中規模
中・高圧

方法

化学吸収法

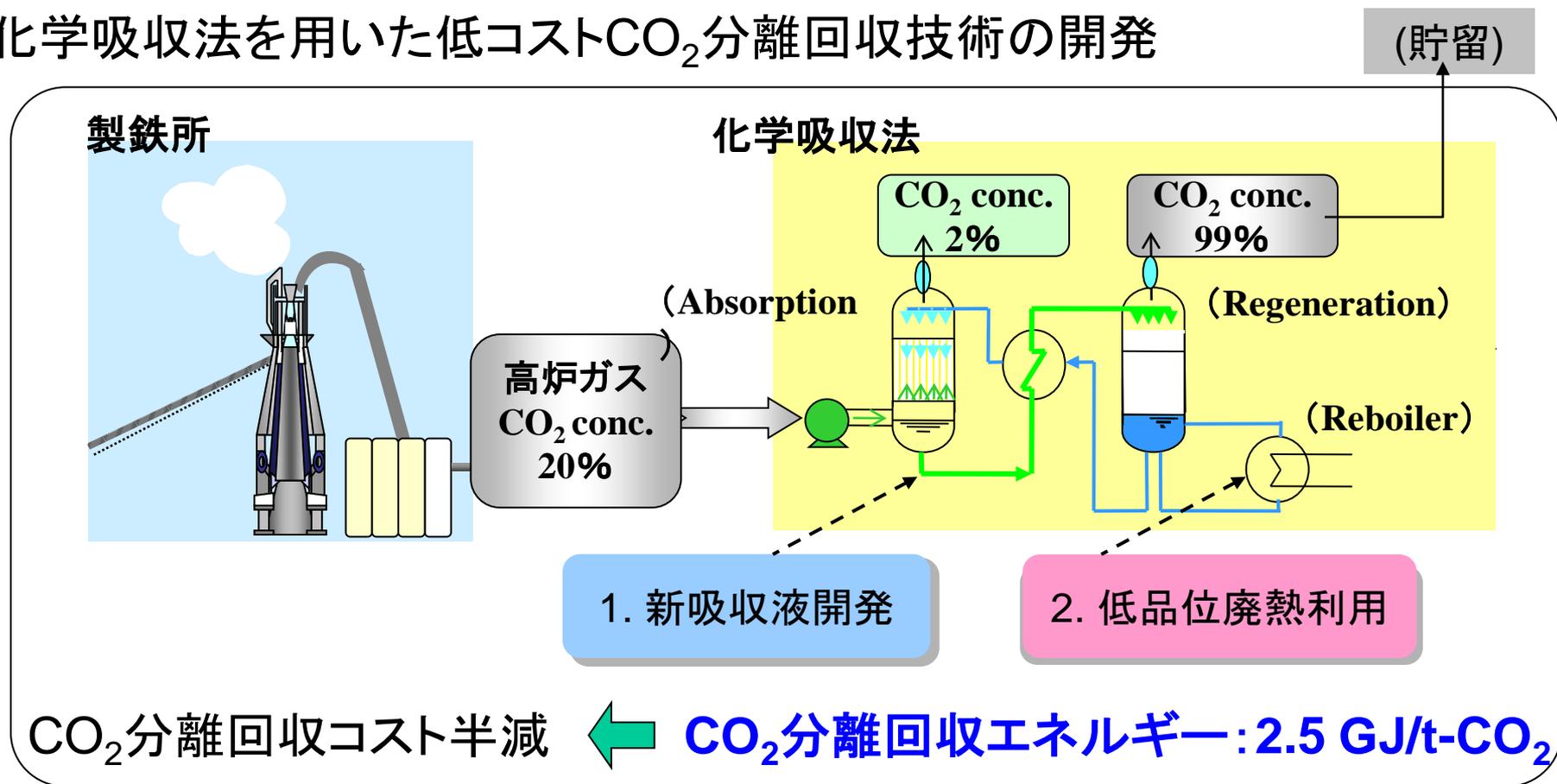
膜分離法

吸着法

新規なアミン吸収液の開発(COCS)

「低品位廃熱を利用する二酸化炭素分離回収技術開発」
(COCS: Cost-Saving CO₂ Capture System, 2004~08年度)

化学吸収法を用いた低コストCO₂分離回収技術の開発

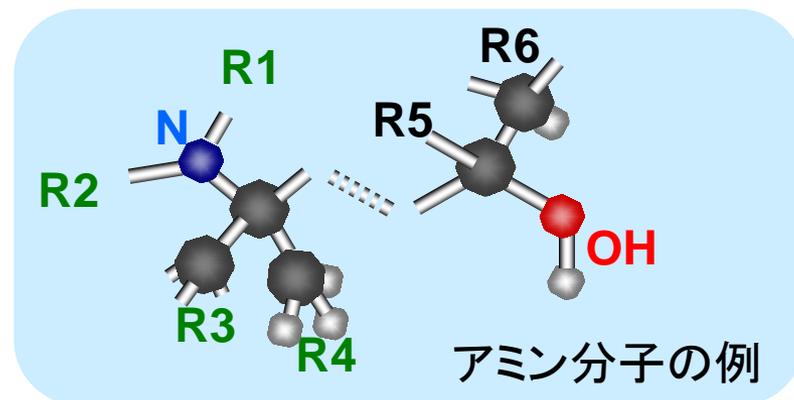


COCSの成果を引き継ぐ新化学吸収液とプロセスの開発
(NEDO事業) H20~H24年

【目標(H24年度)】 分離回収エネルギー 2.0GJ/t-CO₂

新アミン液の開発(COURSE50)

新日本製鐵(株)ー東京大学ー(公財)RITEの共同研究
合成化学手法
計算化学手法
新吸収液開発



新アミン液のプロセス開発

新日鉄エンジニアリング(株)
実高炉ガス(BFG)を用いる1t/d、30t/d装置でのプロセス開発

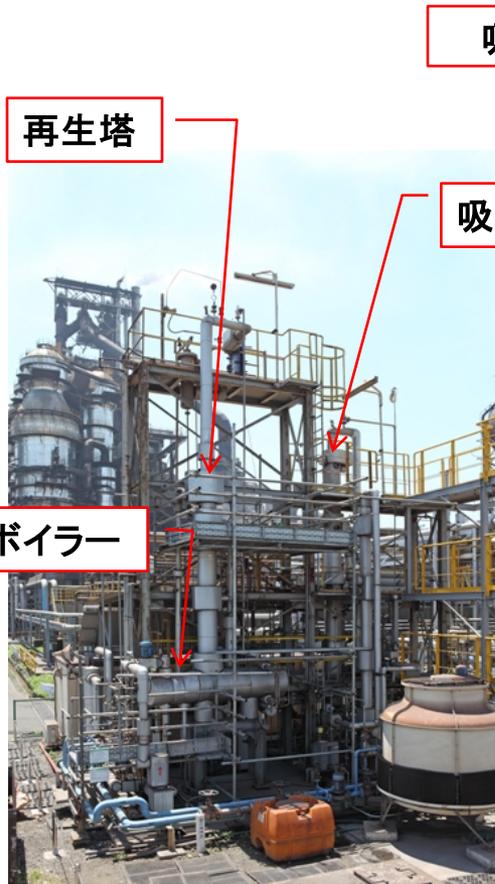
試験装置の外観

NIPPON STEEL ENGINEERING

CAT: Chemical Absorption Test plant



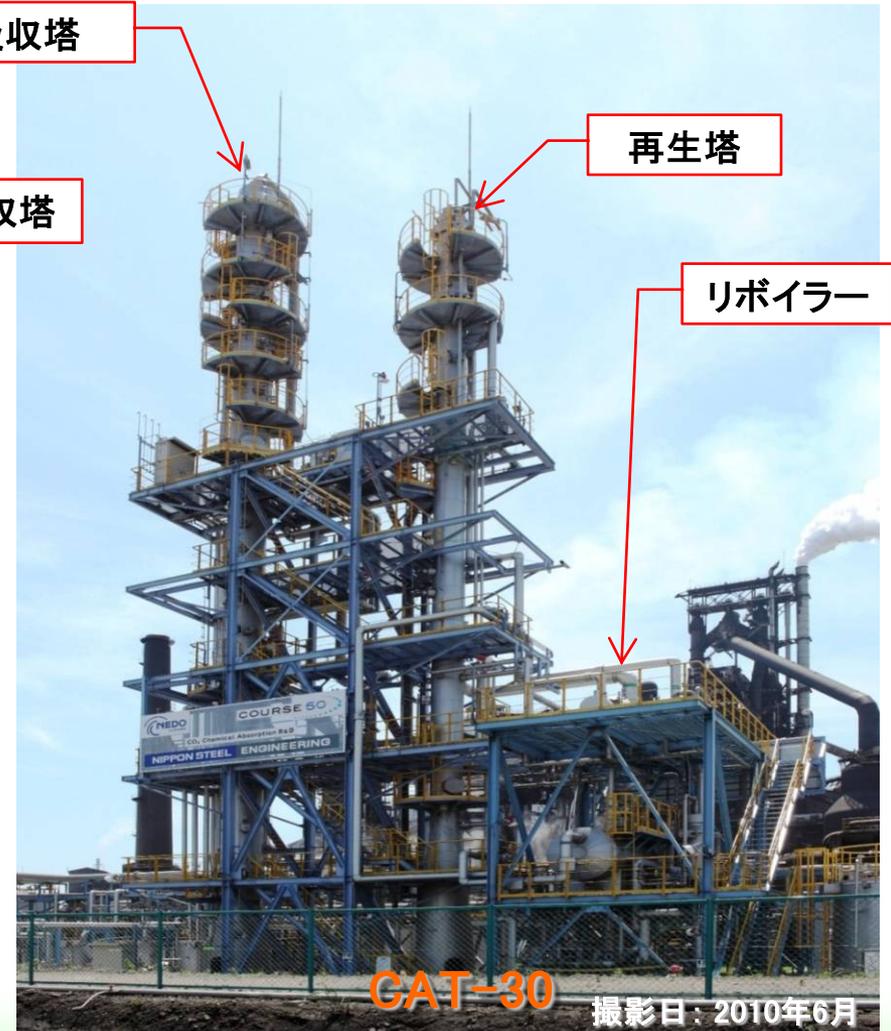
CAT-LAB
RITE



再生塔
吸収塔
吸収塔
再生塔

リボイラー

CAT-1



リボイラー

CAT-30

撮影日: 2010年6月

化学吸収液は、RITEと
新日鐵が「CAT-LAB」
(模擬ガス試験装置)等
を用いて開発

設備スケールと分離回収エネルギー(GJ/t-CO₂)

スケール 吸収液	CAT-LAB 5kg-CO ₂ /d	CAT-1 1t-CO ₂ /d	CAT-30 30t-CO ₂ /d
RITE-5C	3.4	3.1	2.7
RN-1	2.8	2.9	2.5

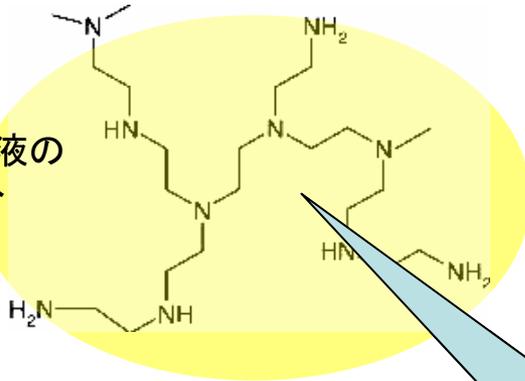
RITE-5C; COCSプロジェクト開発吸収液

RN-1; COURSE50プロジェクト開発吸収液

固体吸収材の開発

化学吸収剤(アミン)

- ・MEA
- ・PEI
- ・RITE開発液の
アミン成分
など



多孔質支持体

- ・シリカ
- ・ポリマー
- ・粘土鉱物
など



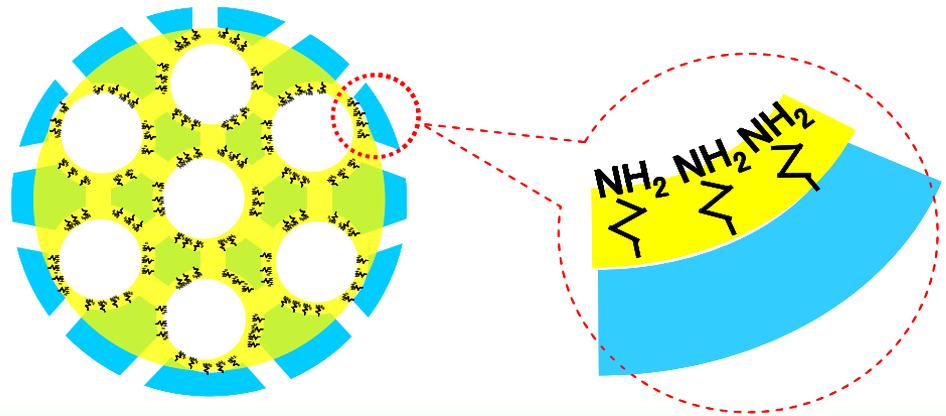
(狙い)

- ・アミンの大量固定
- ・高CO₂分離回収性能
- ・再生エネルギー低減

(検討項目)

- ・アミン/支持体の最適組合せ
- ・アミンの安定的な担持方法

固体吸収材(1粒子)



新規固体吸収材等研究開発

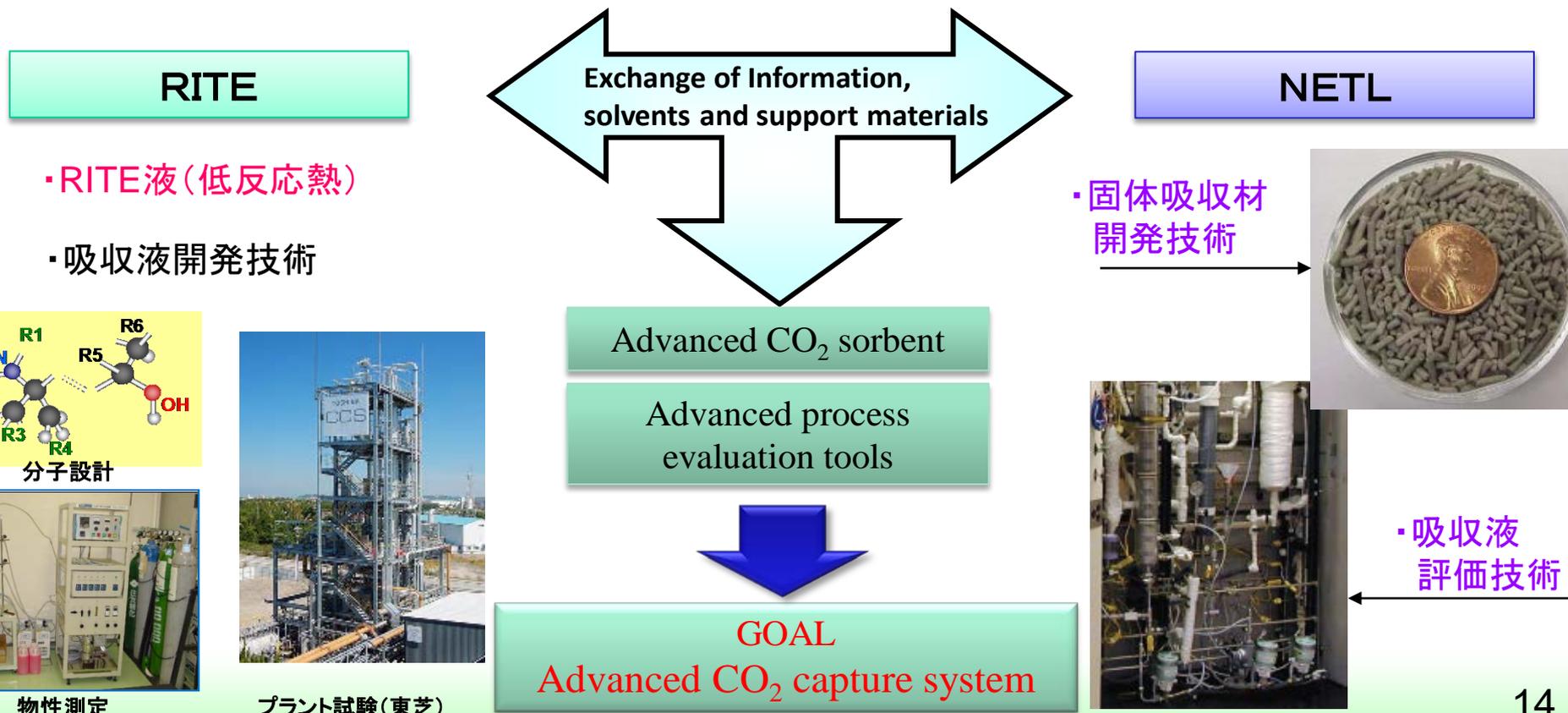
(US-Japan cooperative project under CRADA)

(1)新規固体吸収材の開発

- ・石炭火力発電所燃焼排ガスに対してCO₂分離回収エネルギー:<1.8 GJ/t-CO₂

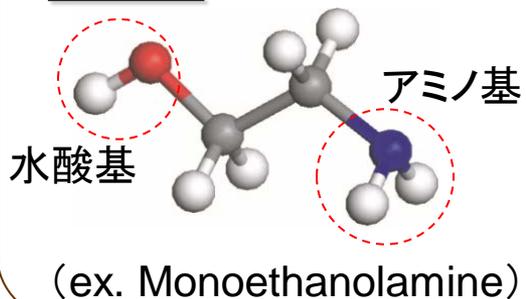
(2)化学吸収液の評価を行う標準的手法の開発

- ・吸収法プロセスシミュレーション技術の高精度化と吸収液の評価手法の開発

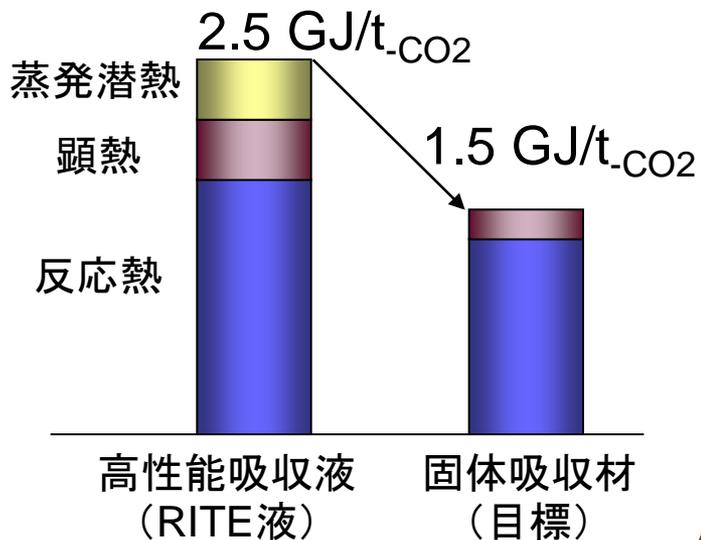


二酸化炭素固体吸収材の開発

アミン

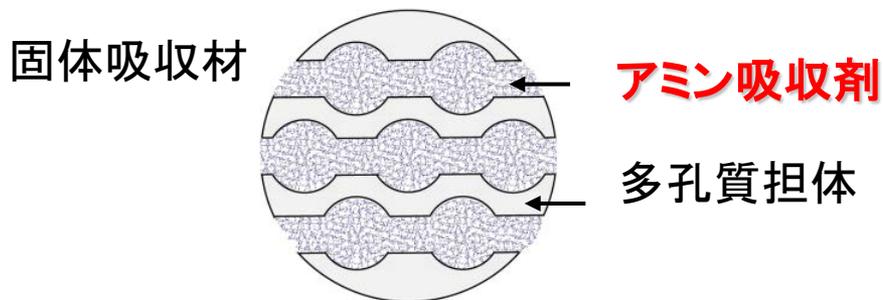


期待効果(目標)

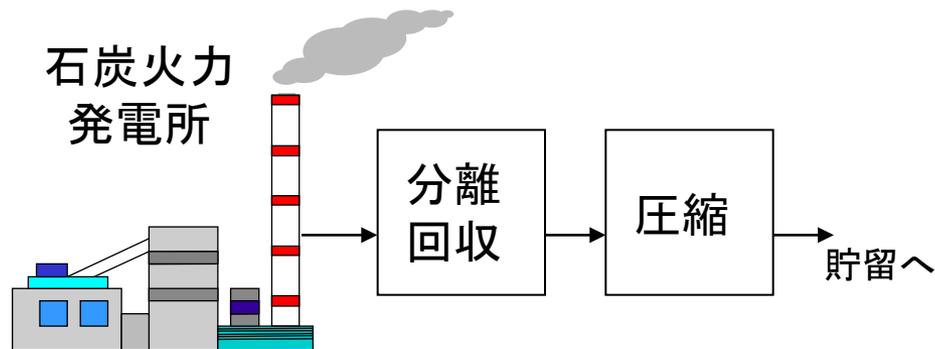


研究開発

新規材料開発



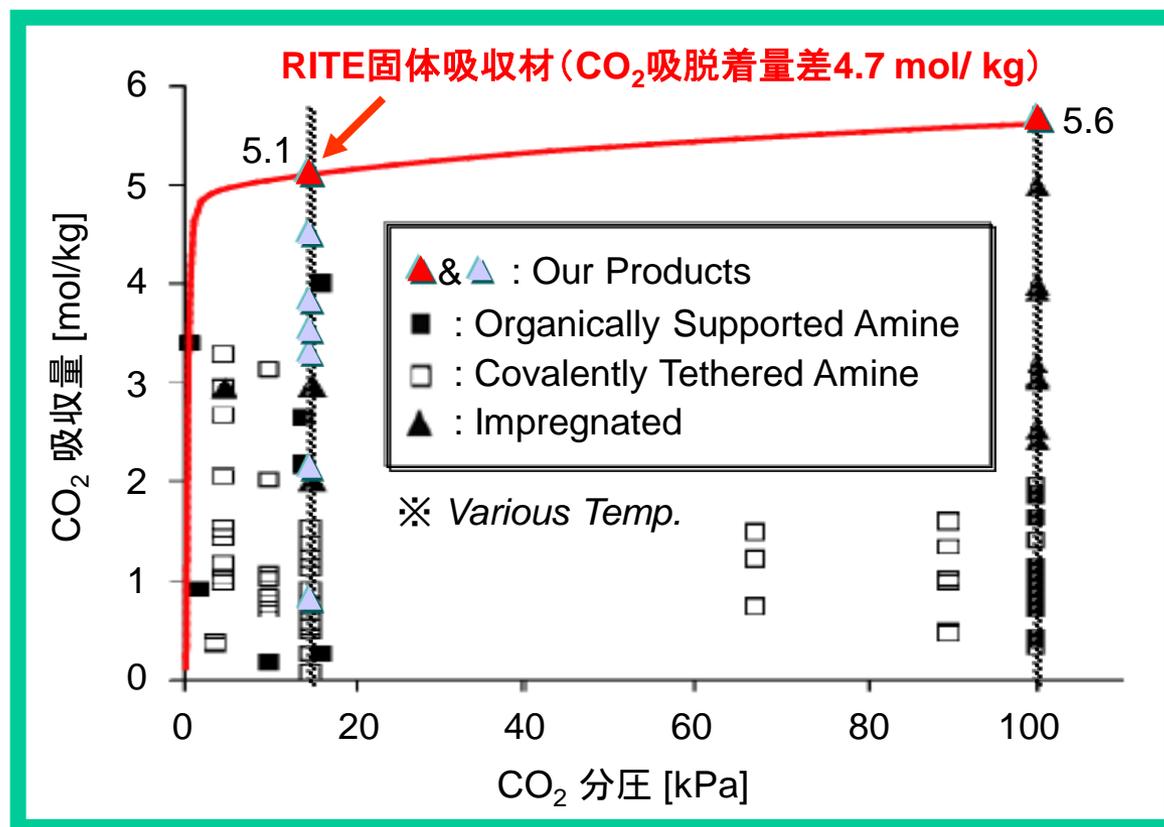
システムレベルの性能評価手法開発



目標: 石炭火力発電所の燃焼排ガスに対して

CO₂分離回収エネルギー: < 1.5 GJ/t-CO₂

新規開発RITE固体吸収材のCO₂吸収性能



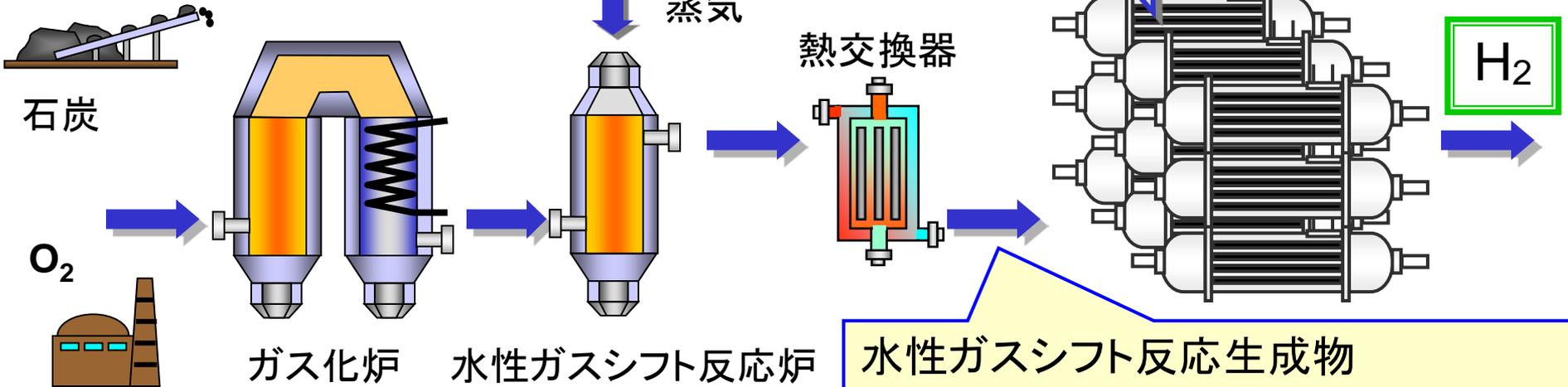
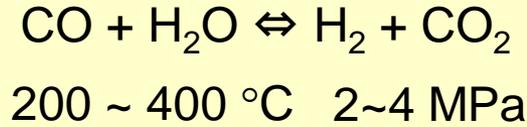
各種固体吸収材のCO₂吸収性能*

* S. Choi, J. H. Dress, C. W. Jones, *ChemSusChem* 2009, 2, 796-854.

RITE固体吸収材: アミン系固体吸収材としてトップレベルの吸収性能

次世代型膜モジュールの開発

水性ガスシフト反応



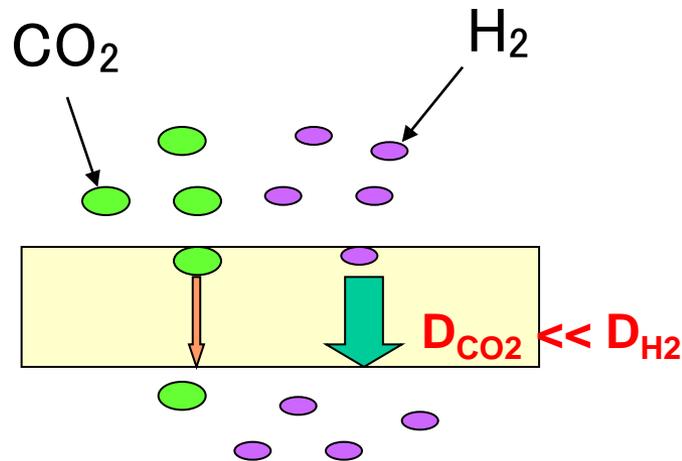
CO₂回収コスト: 1,500円/t-CO₂

膜2段プロセス

CO₂透過速度: 7.5×10^{-10} (m³ m⁻² s⁻¹ Pa⁻¹)、CO₂/H₂選択性: 30

CO₂分子ゲート膜とは

CO₂分子ゲート機能を有する革新的なCO₂分離膜



従来のCO₂分離膜

$\alpha_{\text{CO}_2/\text{H}_2} < 1$ (分子ふるい性膜)
~10 (溶解選択性膜)

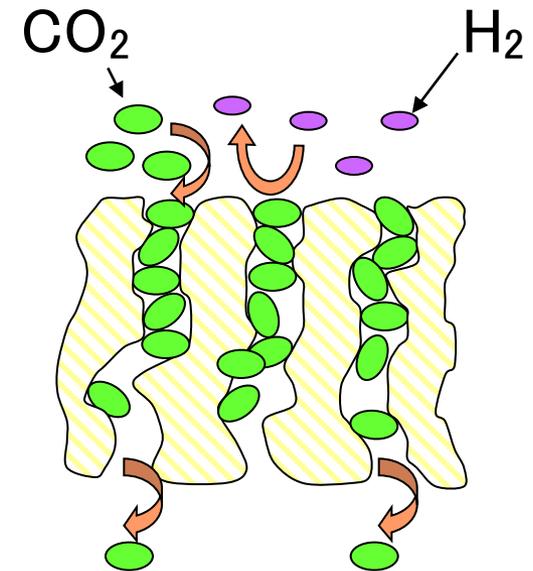
供給側

高圧

圧力

低圧

透過側

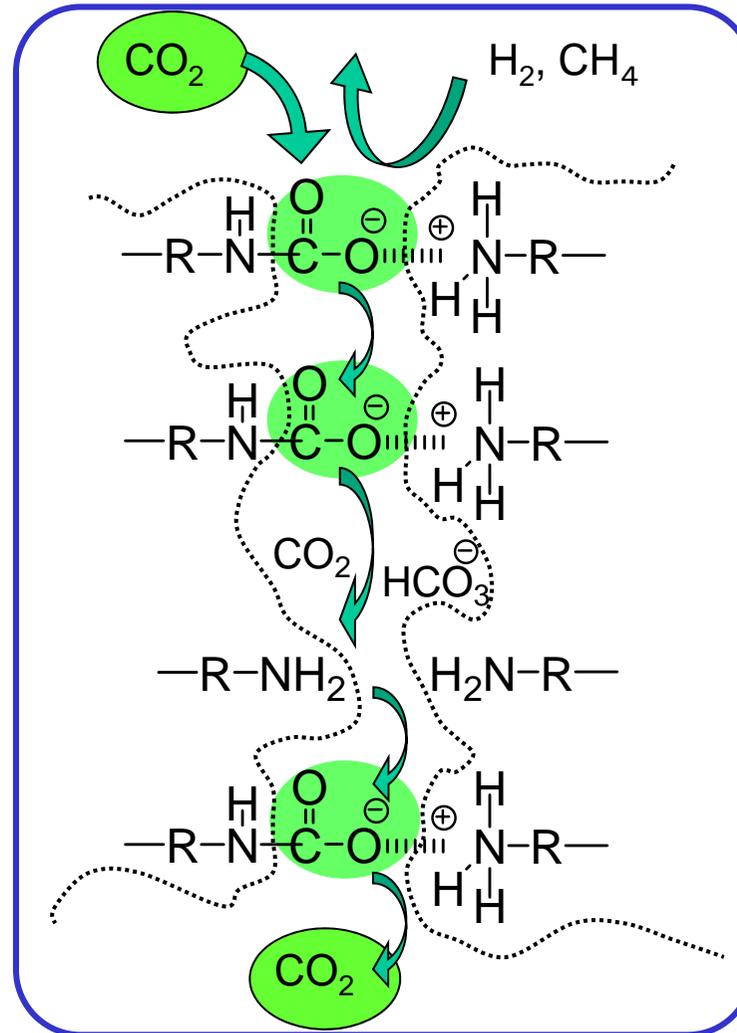


CO₂分子ゲート膜

$\alpha_{\text{CO}_2/\text{H}_2} > 30$

Carbon Sequestration Leadership Forum (CSLF) 認定プロジェクト:
CO₂ Separation from Pressurized Gas Stream
Nominators: Japan (lead) and United States

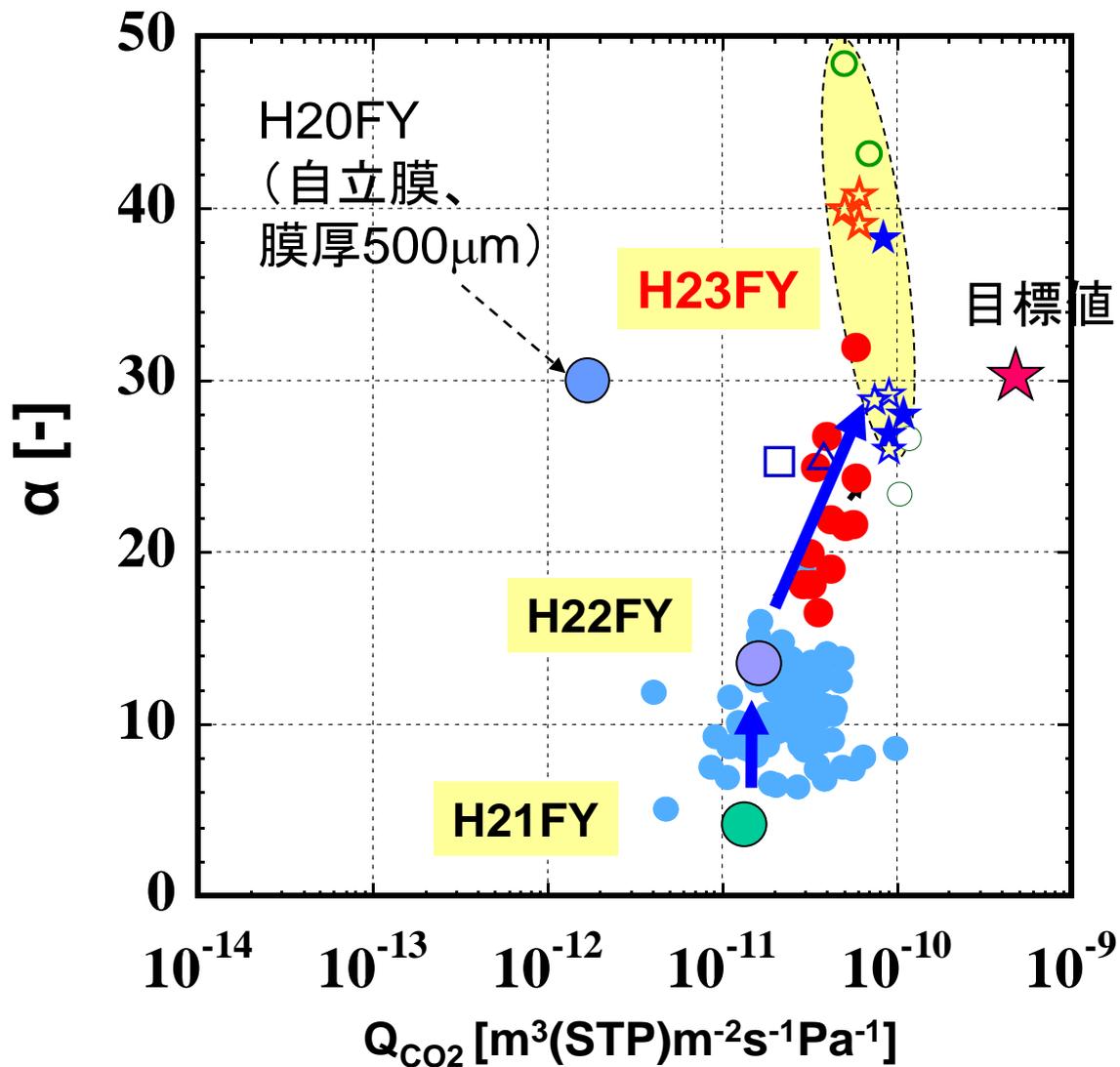
CO₂分子ゲート膜の分離機構(推定)



カルバメイトと
バイカーボネート
の共存

加湿条件下で高い分離性能
→モジュール構造、システム上の水蒸気供給手法の導入

分離性能のまとめ (PEG系複合膜)



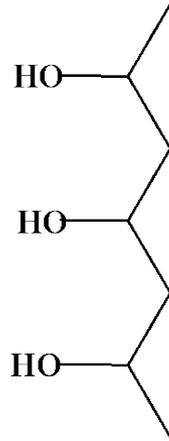
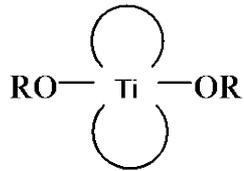
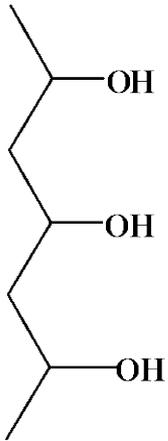
40°C
湿度: 80~90%RH
 $p_{\text{CO}_2}=0.56\text{MPa}$

PVA系分子ゲート膜

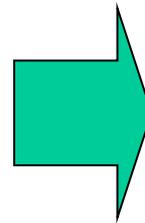
Dendrimer



+



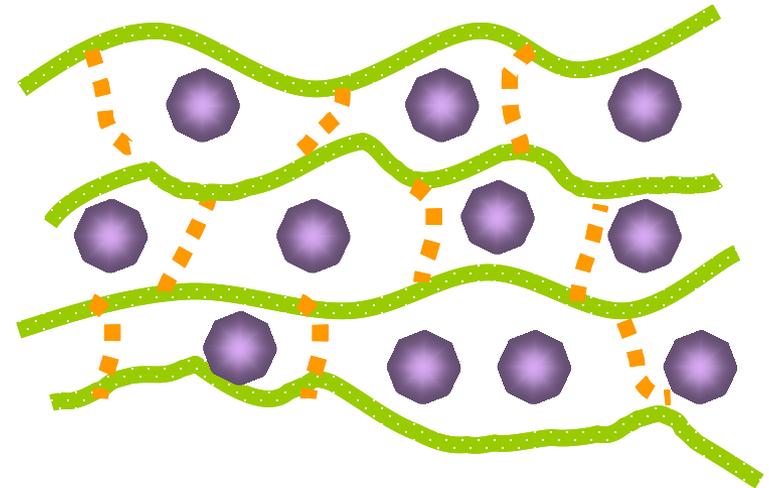
PVA + Ti crosslinker



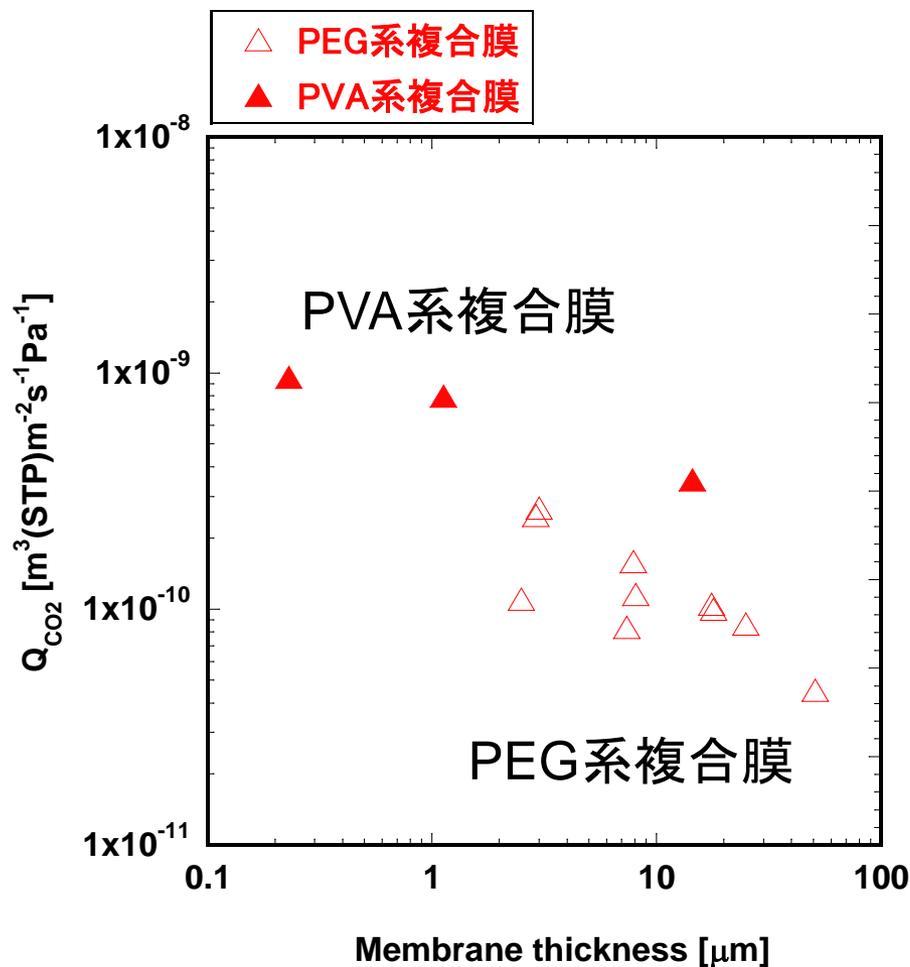
 PVA

 Ti crosslinker

 Dendrimer



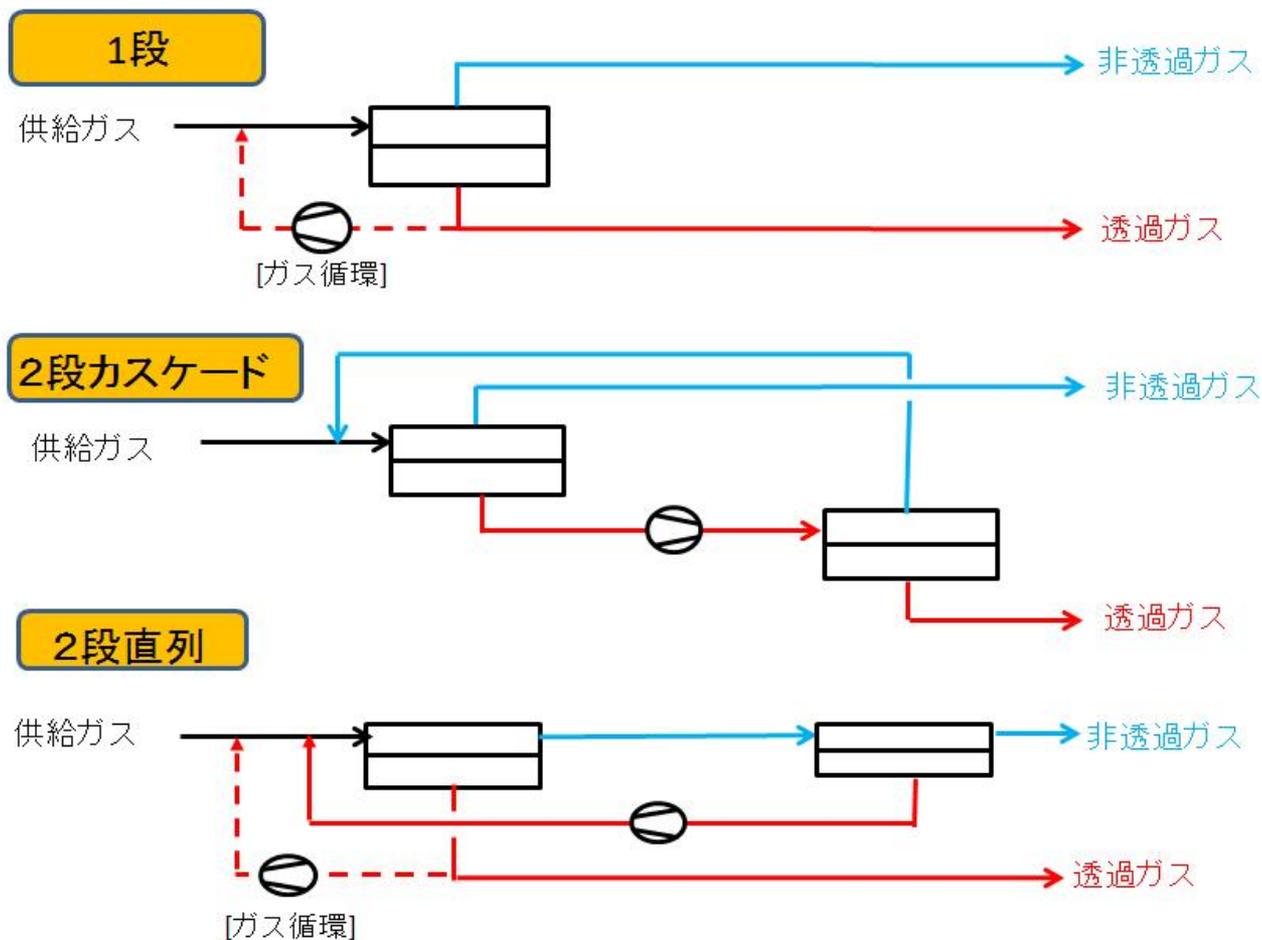
PEG系複合膜とPVA系複合膜の分離性能比較



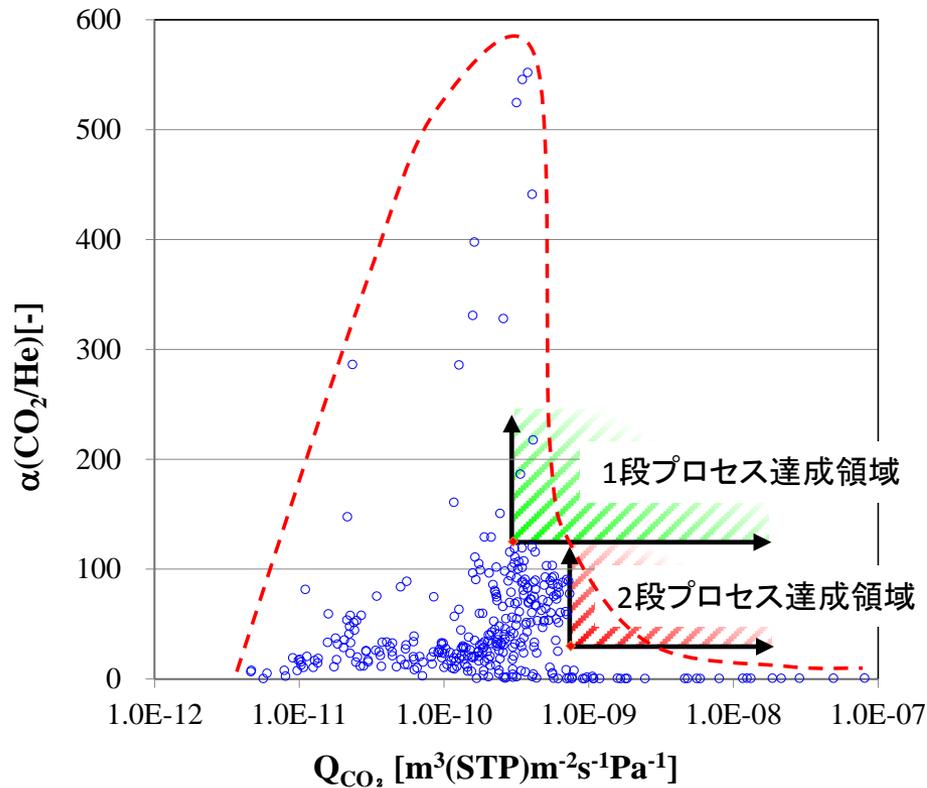
Feed gas: CO₂/He (80/20 vol%), 0.1 MPa, 40°C, Relative humidity: 90 %.

1,500円/t-CO₂を実現する要求膜性能の検討

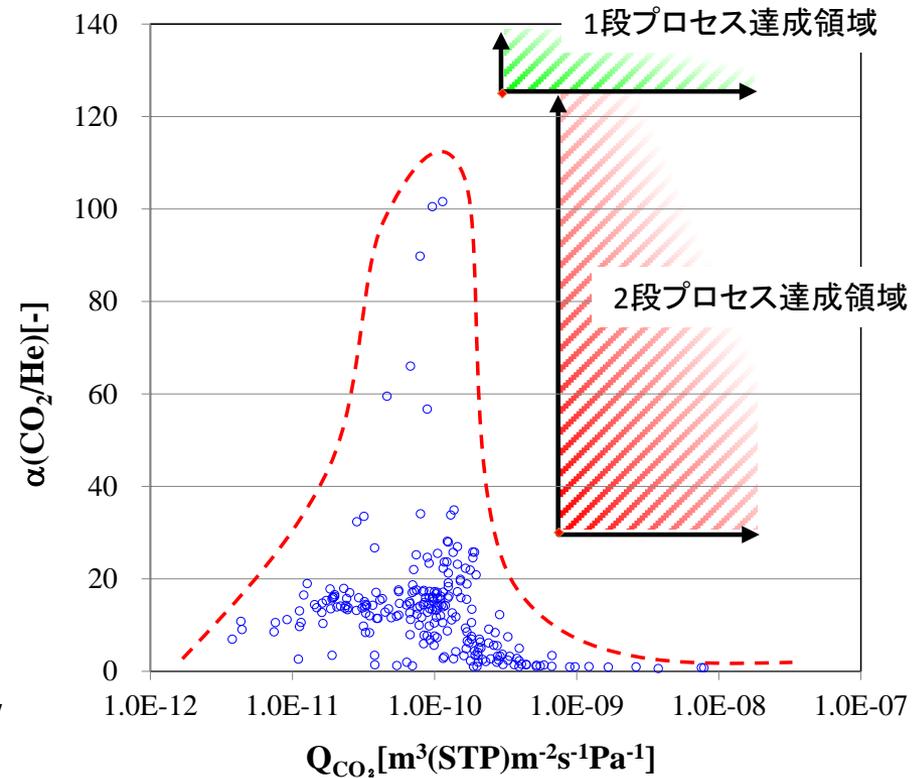
平成21年度の成果である2段膜システムに加え、新たに1段膜システムとして膜モジュールの計算を行い、システム検討及びコストの試算を行った。



PVA系分子ゲート膜の分離性能のまとめ



(a) 大気圧



(b) 0.7MPa加圧条件

膜モジュールの開発

中空系膜モジュール:

特徴:

- ・ガス分離膜での実績。
- ・単位体積当たり大面積。

課題:

- ・耐圧4MPaの実現。
- ・中空系膜への塗布技術。

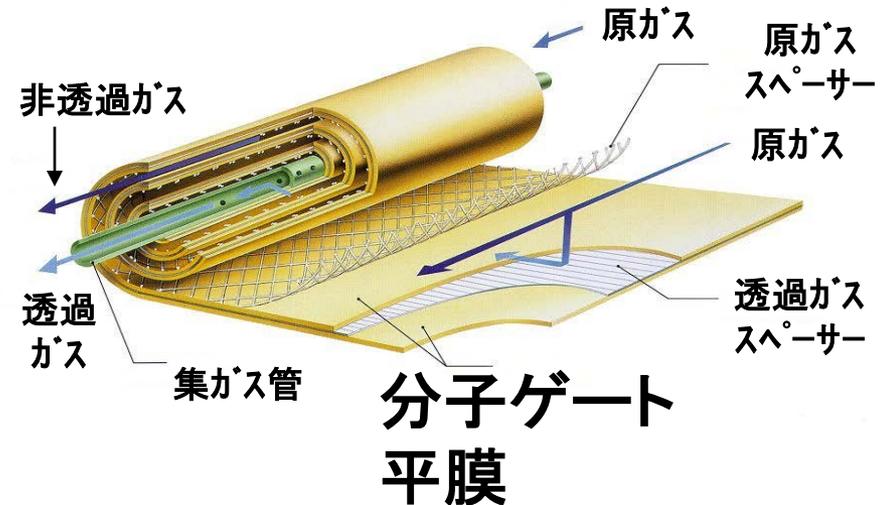
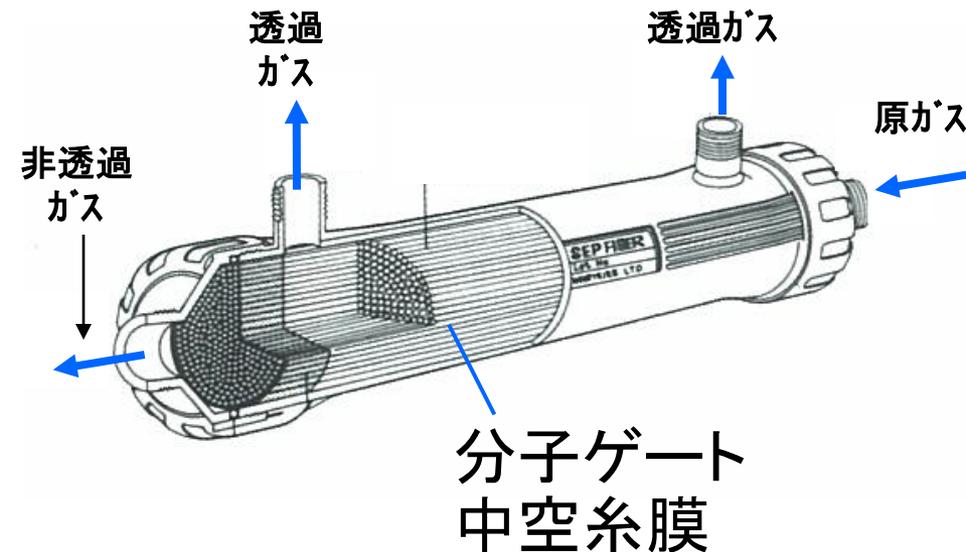
スパイラル型モジュール(平膜):

特徴:

- ・耐圧10MPa実績(水系)。
- ・塗布が容易。

課題:

- ・モジュール効率。



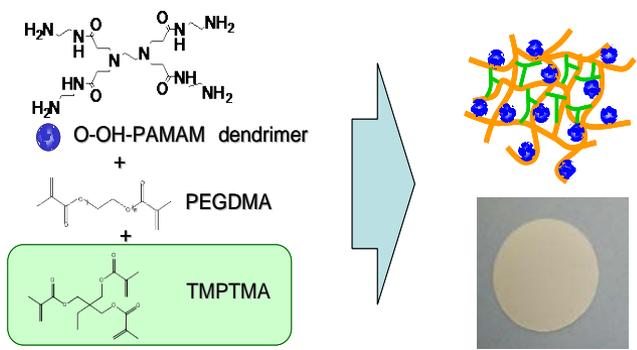
組合員： (株)クラレ、
日東電工(株)、
新日鉄住金エンジニアリング(株)、
(公財)地球環境産業技術研究機構

設立： 平成23年2月17日

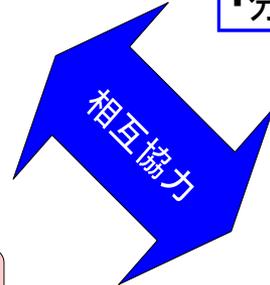
事業の概要： 二酸化炭素回収コスト1,500円/
t-CO₂を実現する次世代型分子ゲート機能CO₂
分離膜モジュールに関する基盤・基礎・応用技
術開発及びその事業化を検討

開発体制

- ・膜材料
- ・製膜方法
- ・膜構造



- ・プロセス適合性
- ・耐久性
- ・分離メカニズム



「 dendrimer膜材料(アクリレート/PVA)」
分離膜の開発: 京都研究室、倉敷研究室
(RITE)

次世代型膜モジュール技術研究組合

相互協力で
効率的に
研究開発を推進

分離機能層



「膜断面とプロト型モジュール」

膜モジュールの開発: 茨木研究室

- ・膜モジュール
- ・モジュール構造
- ・耐久性

「高精度模擬ガス試験装置」

膜分離システムの開発: 富津研究室

1. はじめに
2. CO₂の分離回収技術の現状
- 3. 排出削減技術開発への取り組み**
4. まとめ

3. CO₂排出削減技術開発への取り組み

これまでの技術開発

CCS: 放出されるCO₂を回収・貯留するためのCO₂分離・回収技術の研究開発

これからの新しい取り組み:

CO₂排出そのものを削減する技術

- (1) 自然エネルギーやバイオマス等の再生可能エネルギー由来のH₂を、CO₂を排出しないエネルギーとして使用するプロセスの構築
 - ・H₂分離精製のために、無機系H₂分離膜開発
- (2) エネルギー多消費型技術の蒸留法に代え、省エネルギーの膜を用いた有機溶媒系、炭化水素系の分離技術開発にも着手する。

化学産業のCO₂排出量 約7,000万トン

このうち分離精製プロセスによる消費 約3,000万トン

エネルギー多消費型分離精製技術: 蒸留プロセス

⇒『ゲームチェンジ』⇒膜分離システムへ変換し
消費エネルギー5割減への挑戦

RITE固有技術の確立に向けて

- ◆ 蒸留代替プロセスシステムの開発 システム設計・シミュレーション
- ◆ 非水系膜の開発 ⇒ 新産業創出
 - ・有機材料系 分離系に対応した膜設計技術の確立へ
 - ・無機材料系 大学等のシーズ活用し技術確立へ

1. はじめに
2. CO₂の分離回収技術の現状
3. 排出削減技術開発への取り組み
4. まとめ

4. まとめ

1. 化学吸収法

- ・CO₂回収コストは3,000～4,000円/t-CO₂と大きく、安価なCO₂回収の観点からは、更なる改良が必要
- ・化学吸収法の回収コストは2,000円台/t-CO₂が目標
- ・安全なCO₂回収技術の観点からは、CO₂回収後の放散燃焼排ガス中に含まれるアミンの安全性の検討が、今後の実用化に向けて必要

2. 吸着法

- ・RITE固体吸収材は、アミン系固体吸収材としてトップレベルの吸収性能
- ・今後は、CO₂分離回収エネルギー < 1.5 GJ/t-CO₂を目指す

3. 膜分離法

- 2015年のコスト目標1,500円台/t-CO₂は、常圧では既に達成(分離係数>500)
- 3MPa耐圧のスパイラルモジュールを開発
- 大面積製膜技術、水蒸気スweep型モジュールの開発が急務
- プロセスシステム運転技術の確立も急務
- 2020年のコスト目標1,000円台/t-CO₂へ向けた技術確立が今後の課題

本研究開発は、METI委託事業、並びに
NEDO委託事業の一環として実施した。

ご清聴ありがとうございました



Research Institute
of
Innovative Technology for the Earth