

# 革新的環境技術シンポジウム

## 次世代CO<sub>2</sub>分離回収技術の動向と RITEの取り組み

(財)地球環境産業技術研究機構 (RITE)  
化学研究グループ

風間 伸吾



## 1. はじめに

CO<sub>2</sub>分離技術の開発の方向

## 2. RITEの取り組み

新規な化学吸収液の開発 (RITE液)

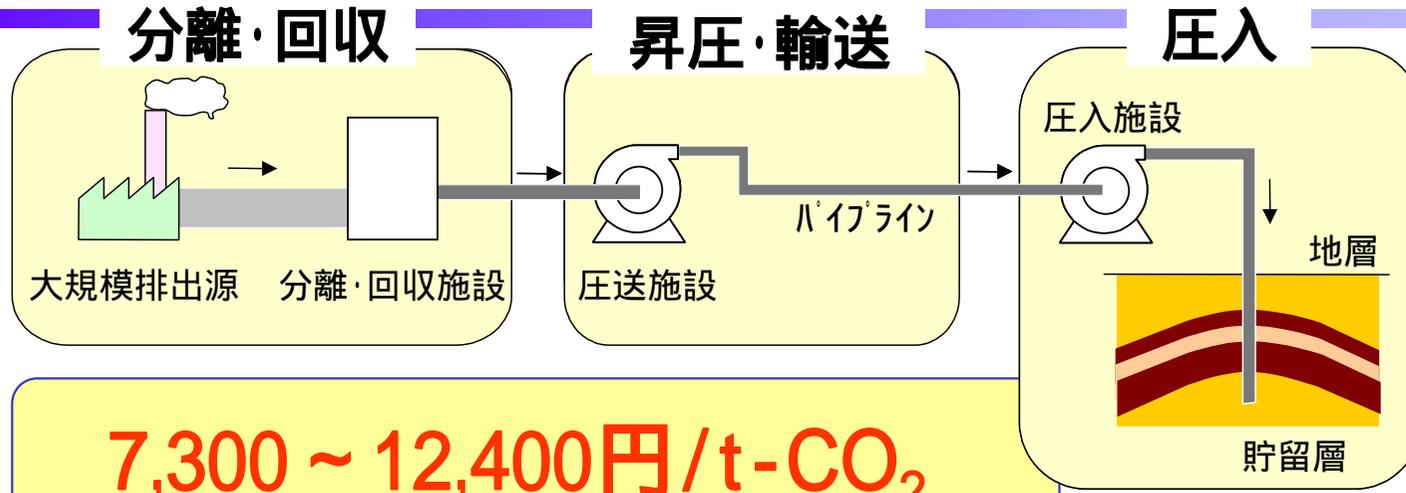
CO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>を分ける分離膜 (分子ゲート膜)

その他 (吸着剤、 高圧吸収液)

## 3. まとめ

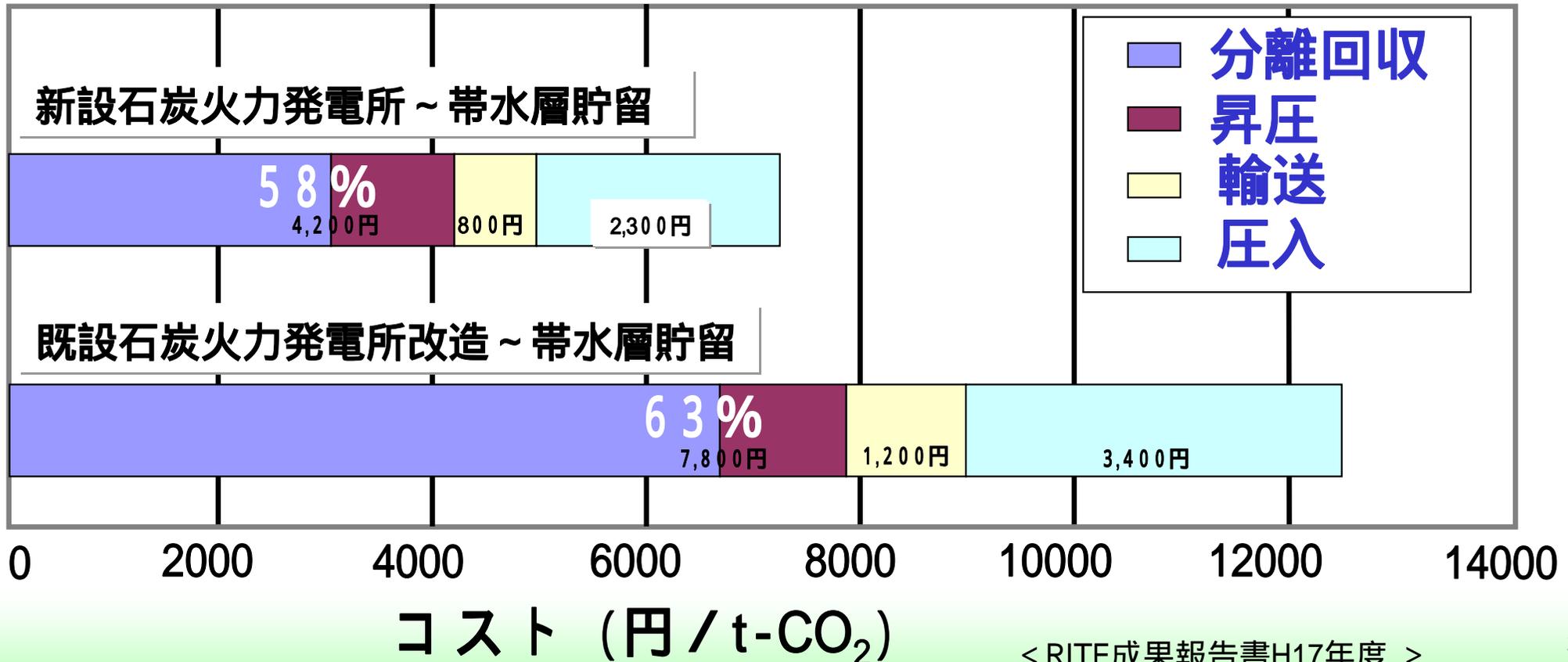
CO<sub>2</sub>回収技術の実用化へ向けて

# CCSコストの内訳

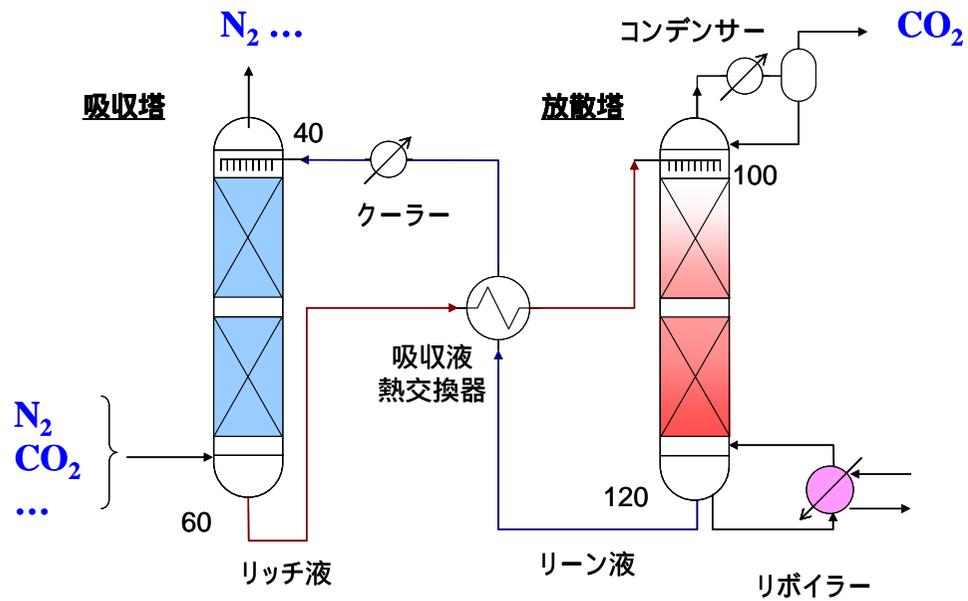


回収貯留量: 100万t-CO<sub>2</sub>/年  
 輸送距離: 20km、7MPa  
 圧入: 10MPa、ERD、  
 10万t-CO<sub>2</sub>/年/本  
 深度: 1000m

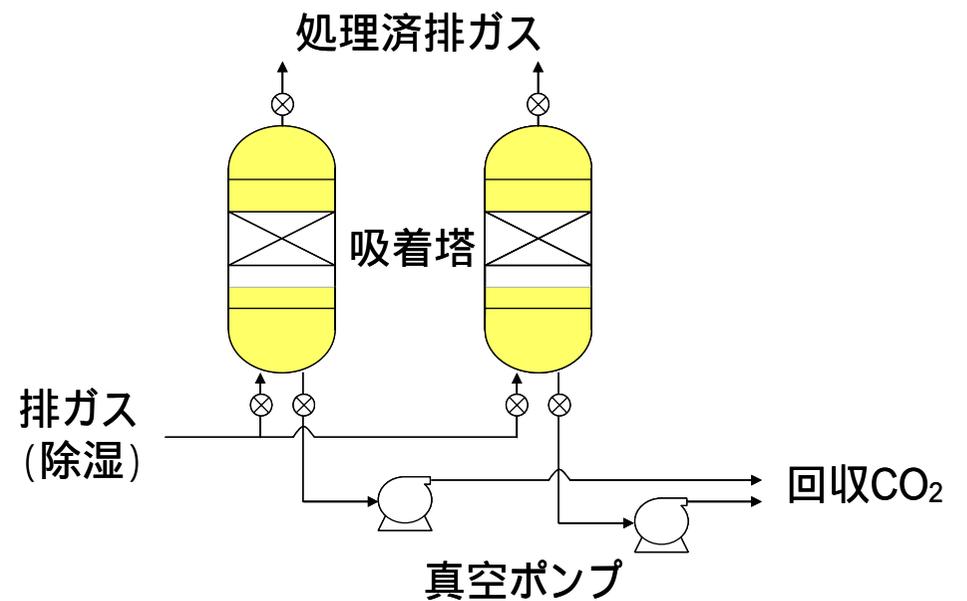
**7,300 ~ 12,400円/t-CO<sub>2</sub>**



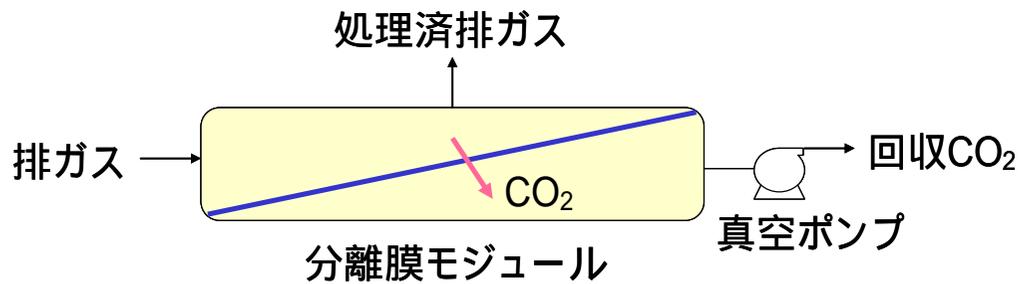
# 各種のCO<sub>2</sub>分離方法



**吸収法**



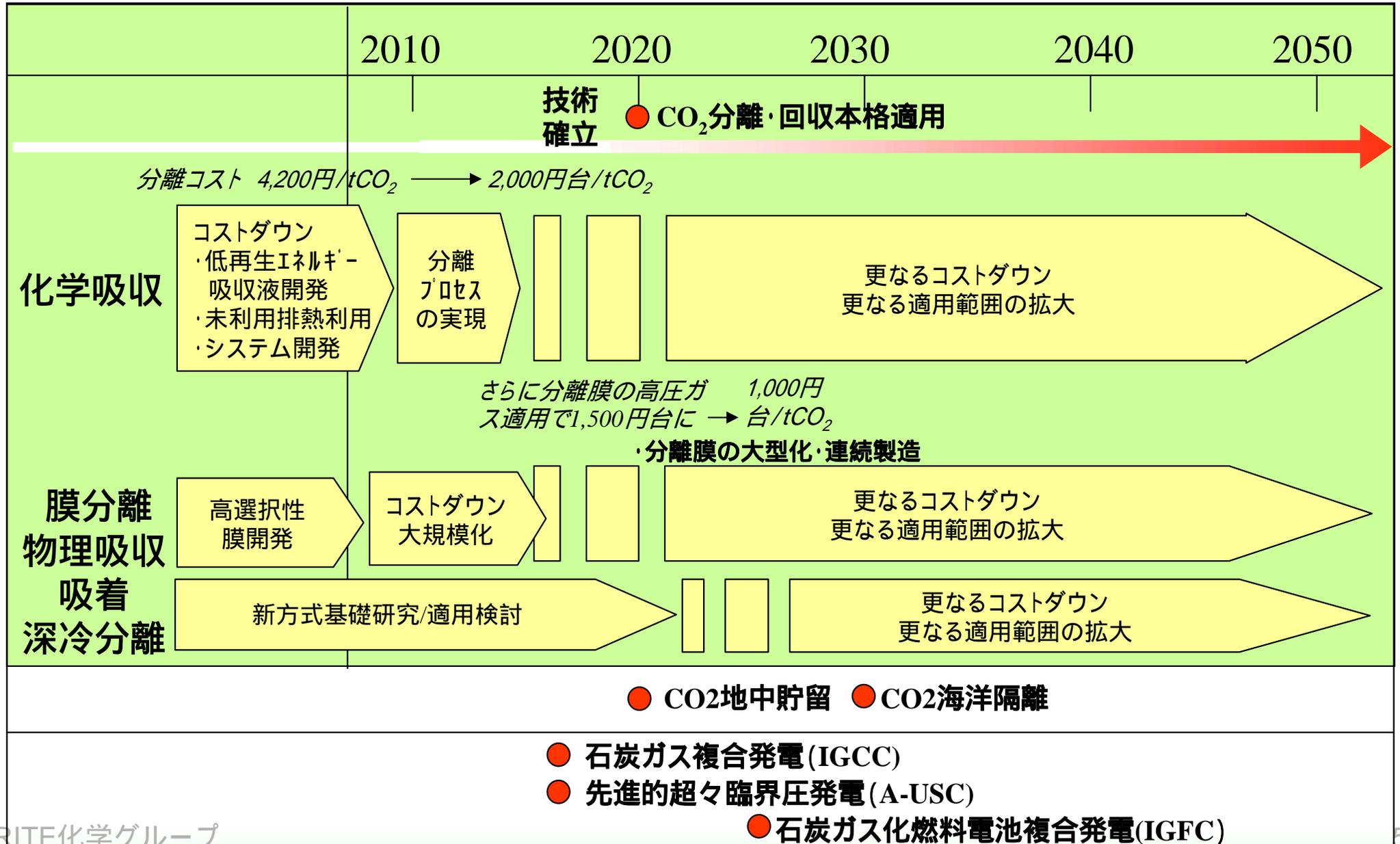
**吸着法**



**膜分離法**



# 分離・回収 技術ロードマップ



## ・回収(Capture)に係わる19のセッション

内訳:

|          |        |
|----------|--------|
| 燃焼後回収:   | 9セッション |
| 燃焼前回収:   | 2セッション |
| 純酸素燃焼:   | 2セッション |
| 分離膜:     | 1セッション |
| ケミカルリング: | 1セッション |
| その他:     | 4セッション |



・GHGT-10: <http://www.ghgt.info/>

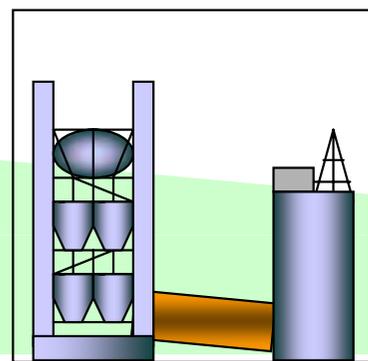
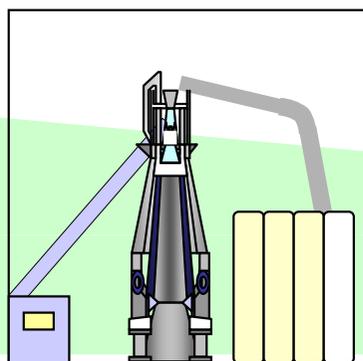
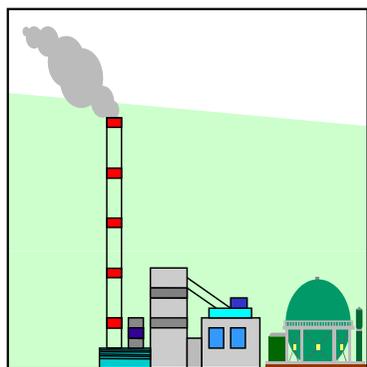
## 発生源の規模・CO<sub>2</sub>ガス圧により最適な回収技術の開発

火力発電所

製鉄所(高炉等)

セメント工場

製油所等



国内CO<sub>2</sub>発生量  
(億トン/年)

3.7

1.8

0.5

0.1

CO<sub>2</sub>ガス圧力 低圧、高圧(IGCC)

低圧

低圧

高圧、低圧

適用

大規模  
低圧

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

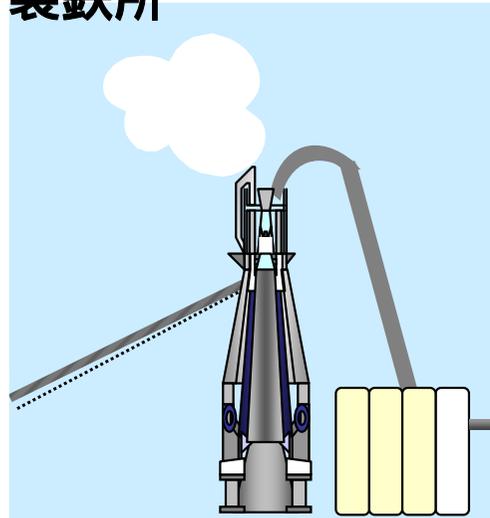
## 「低品位廃熱を利用する二酸化炭素分離回収技術開発」

(COCS: Cost-Saving CO<sub>2</sub> Capture System, 2004 ~ 08年度)

化学吸収法を用いた低コストCO<sub>2</sub>分離回収技術の開発

(貯留)

製鉄所



高炉ガス  
CO<sub>2</sub> conc.  
20%

化学吸収法

(Absorption)

CO<sub>2</sub> conc.  
2%

CO<sub>2</sub> conc.  
99%

(Regeneration)

(Reboiler)

1. 新吸収液開発

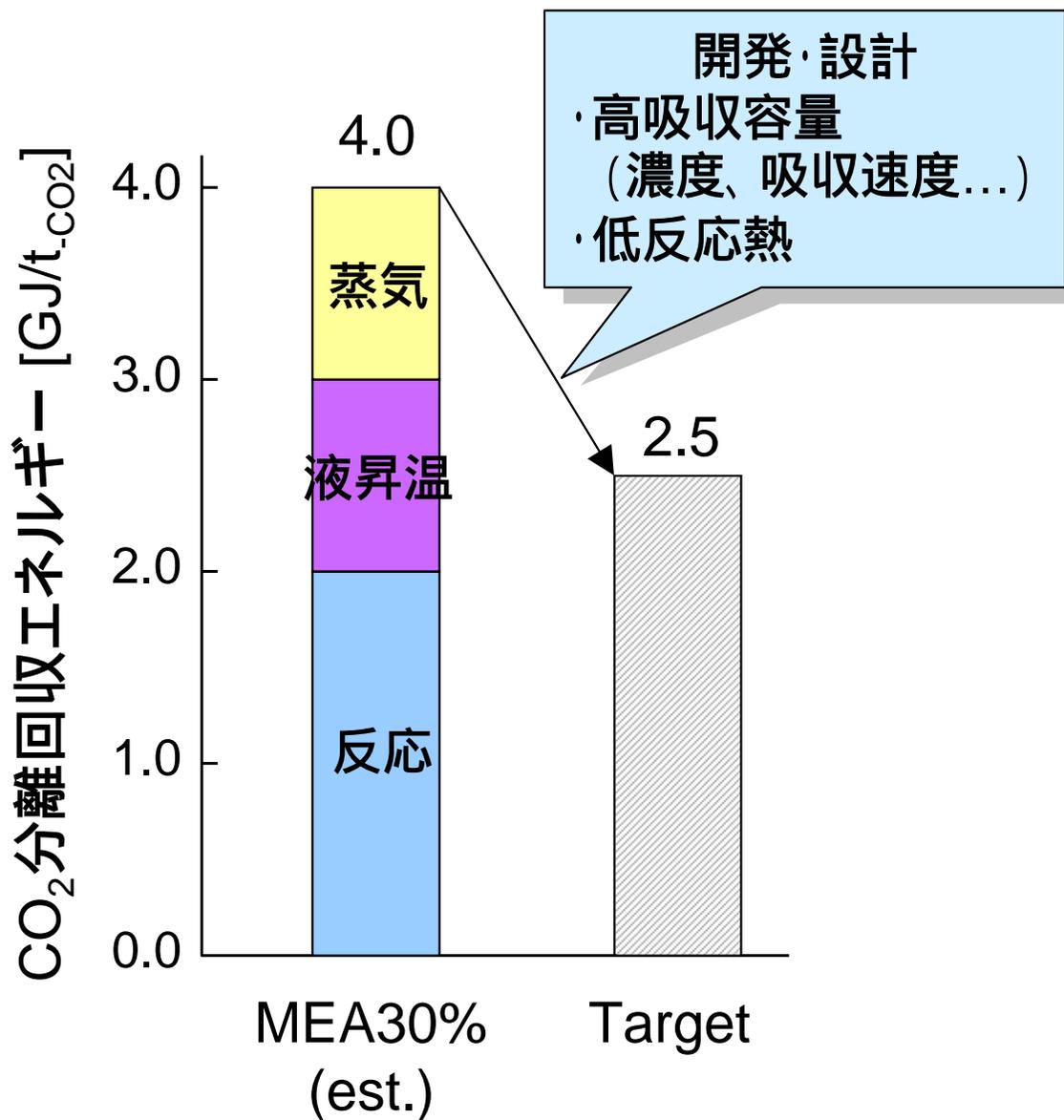
2. 低品位廃熱利用

CO<sub>2</sub>分離回収コスト半減



CO<sub>2</sub>分離回収エネルギー: 2.5 GJ/t<sub>CO2</sub>

# 新吸収液開発への取り組み



## R1~R4: 立体障害基

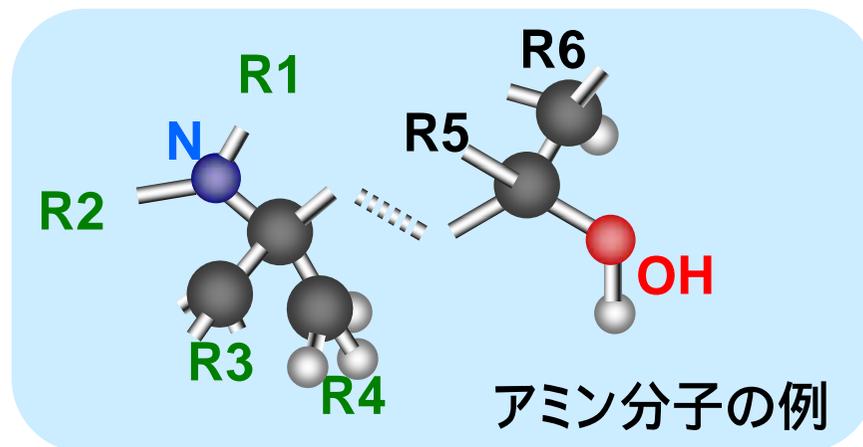
- ・カルバメイト生成の抑制
- 反応速度、反応熱に影響

## N: アミノ基

- ・1級~3級アミンの相違
- ・電子供与性
- 反応速度、反応熱、反応量に影響

## OH: ヒドロキシル基

- ・水素結合特性
- ・親水性
- ・電子吸引性
- 濃度等に影響





## (プラント試験)

対象ガス:

高炉ガス (20%CO<sub>2</sub>)

CO<sub>2</sub>回収能力:

1 t<sub>-CO<sub>2</sub></sub> / d

吸収塔:

4.2m x 0.26mφ

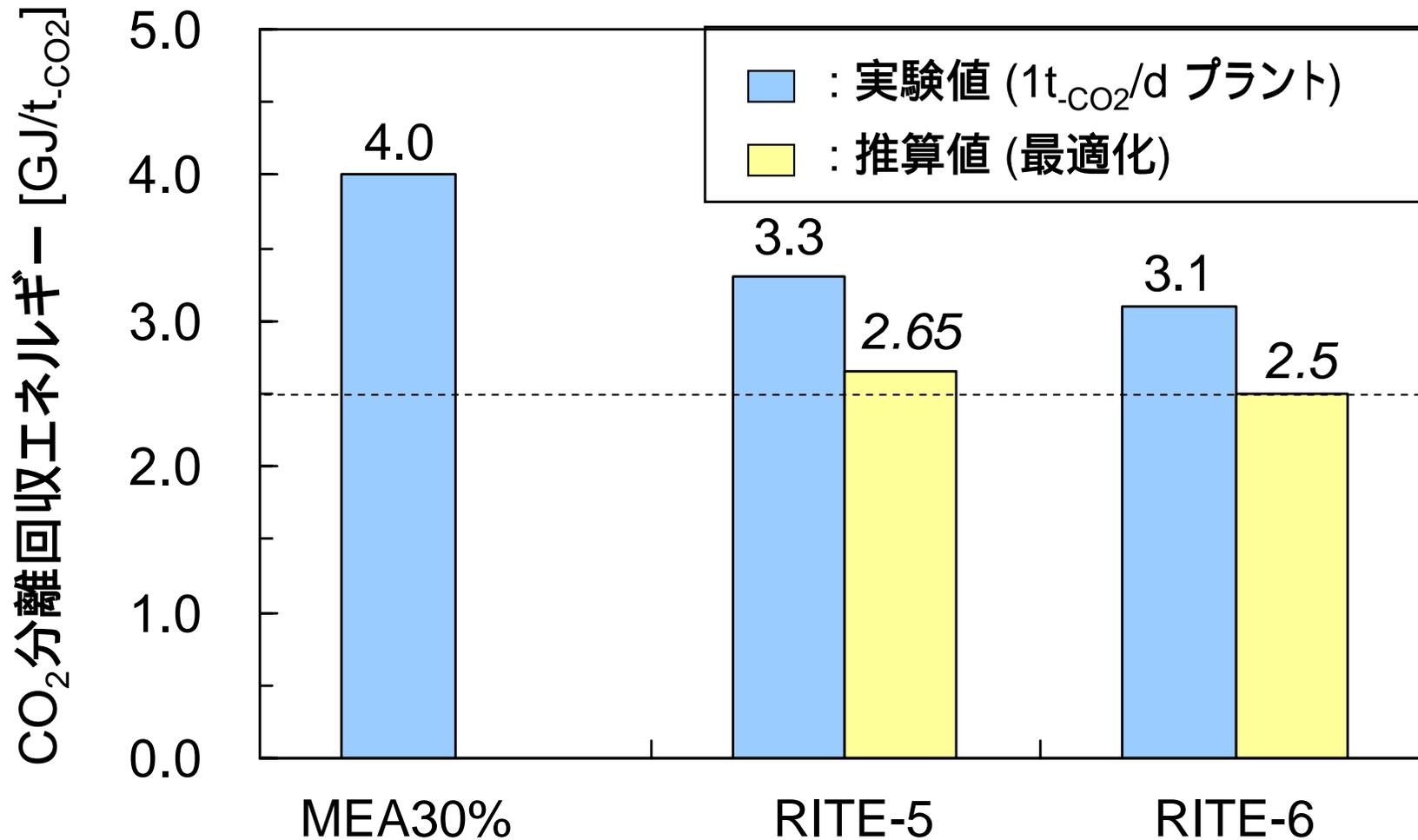
放散塔:

2.1m x 0.2mφ



(新日本製鐵(株)君津製鉄所構内)

# プロセス性能評価の結果



**GHGT-10での報告: < 3GJ/t-CO<sub>2</sub>**

## COCSプロジェクトを吸収液開発の成果:

- 新吸収液開発 (RITE-5、RITE-6)
- 新吸収液の開発技術
- 吸収液の評価技術

### (製鉄所)

COURSE50  
(革新的製鉄  
プロセス技術開発)



新日鉄エンジニアリングのHPから抜粋

### (発電所)

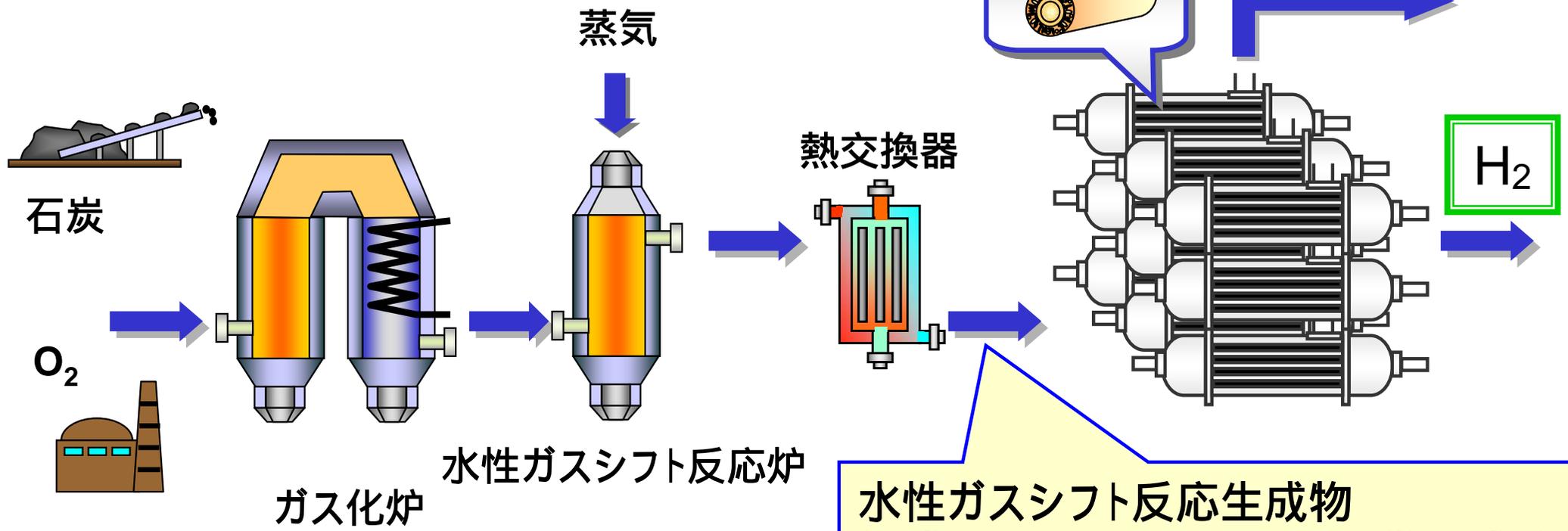
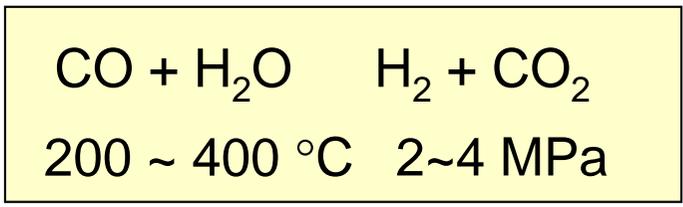
CSIRO(オーストラリア)プラント試験  
東芝・大牟田プラント試験



CSIRO-RITEシンポジウム(09.5, 京都)

# CO<sub>2</sub>回収型IGCC(膜分離の例)

## 水性ガスシフト反応



水性ガスシフト反応生成物  
組成: CO<sub>2</sub> ca40 vol%/ H<sub>2</sub> / 微量成分  
温度: 50 ~ 150 °C、 圧力: 2 ~ 4 MPa

# 膜性能の目標設定とCO<sub>2</sub>回収コストの比較

| 方式                   | ガス圧力     | ガス組成  | 膜の目標性能  |
|----------------------|----------|---|---|
| 膜法                   |          |   | CO <sub>2</sub> 透過速度:<br>7.5 x 10 <sup>-9</sup><br>(m <sup>3</sup> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> Pa <sup>-1</sup> )<br>CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> 選択性:<br>30 (膜2段) |
| 水性ガス<br>シフト反応<br>生成物 | 4 MPa    | CO <sub>2</sub> :40%<br>H <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O | 現行分子ゲート膜PJ目標値   |
| 吸収法                  | 加圧<br>ガス | 化学吸収法(MDEA-フラッシュ法)<br>物理吸収法                               |   |
|                      | 大気圧ガス    | KS液   |   |

出力: 300MW IGCC  
膜面積: 100,000 m<sup>2</sup>

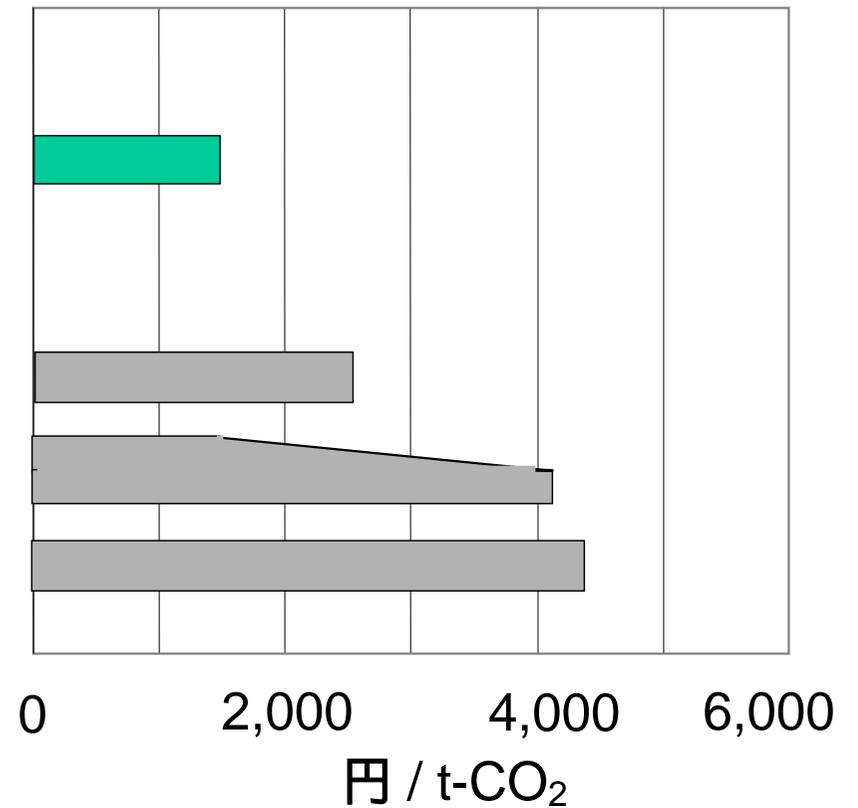




写真:UOP パンフレットより

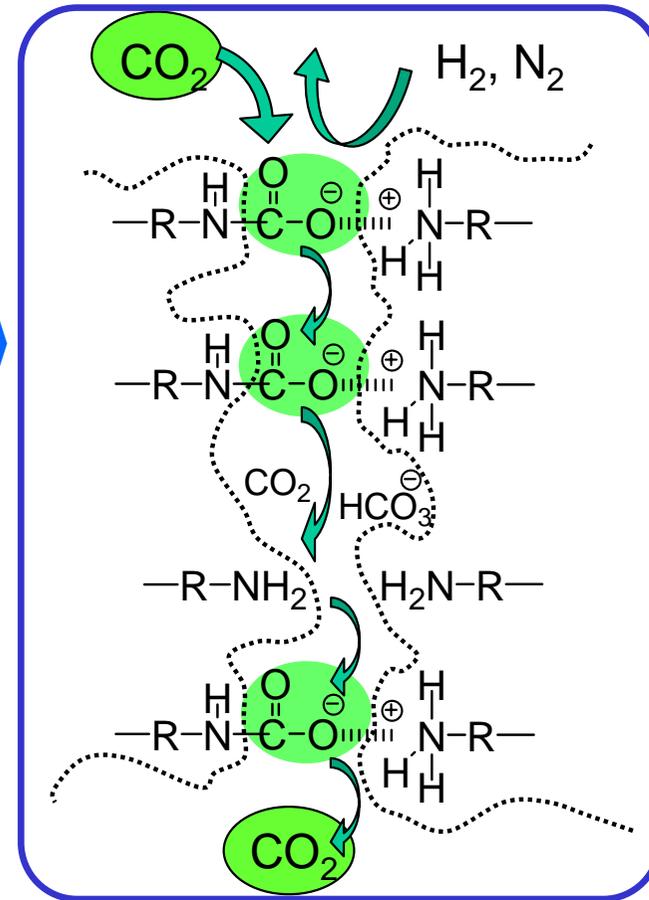
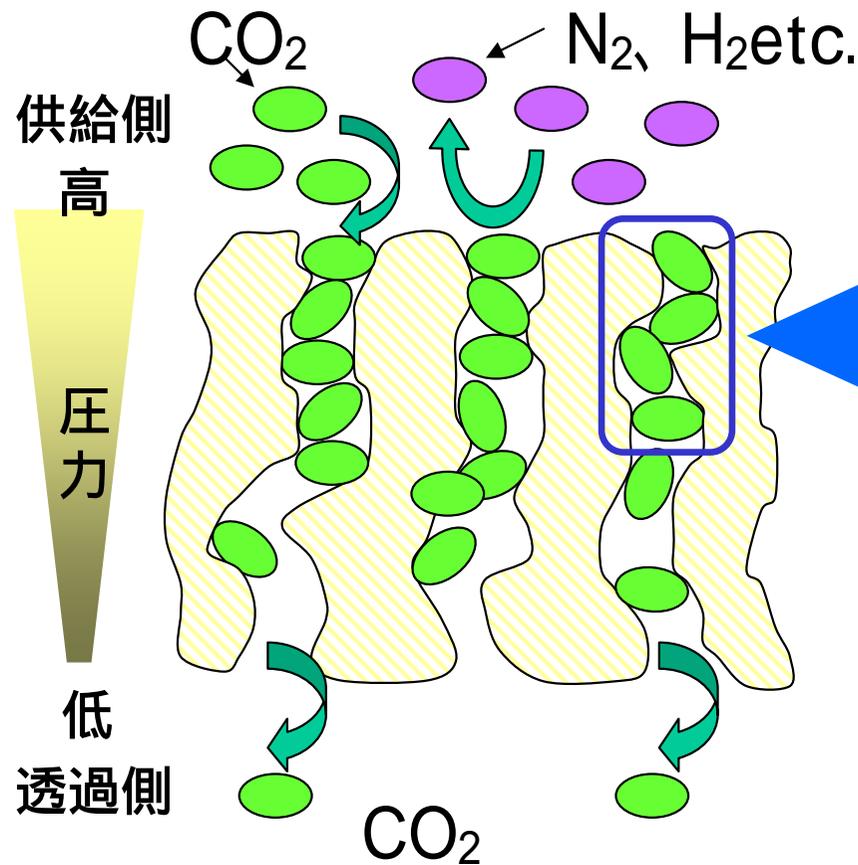
UOP Separex System,  
6.5% CO<sub>2</sub> を 2% CO<sub>2</sub> へ  
ガス処理量 58万m<sup>3</sup>/hr  
膜面積 100,000 m<sup>2</sup>

CO<sub>2</sub>処理量:  
75t/hr (1,800t/day, 60万t/年)

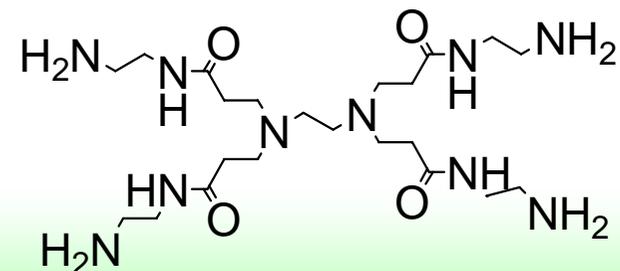


## CO<sub>2</sub>分子ゲート機能

## CO<sub>2</sub>分子が他のガスの透過を抑制

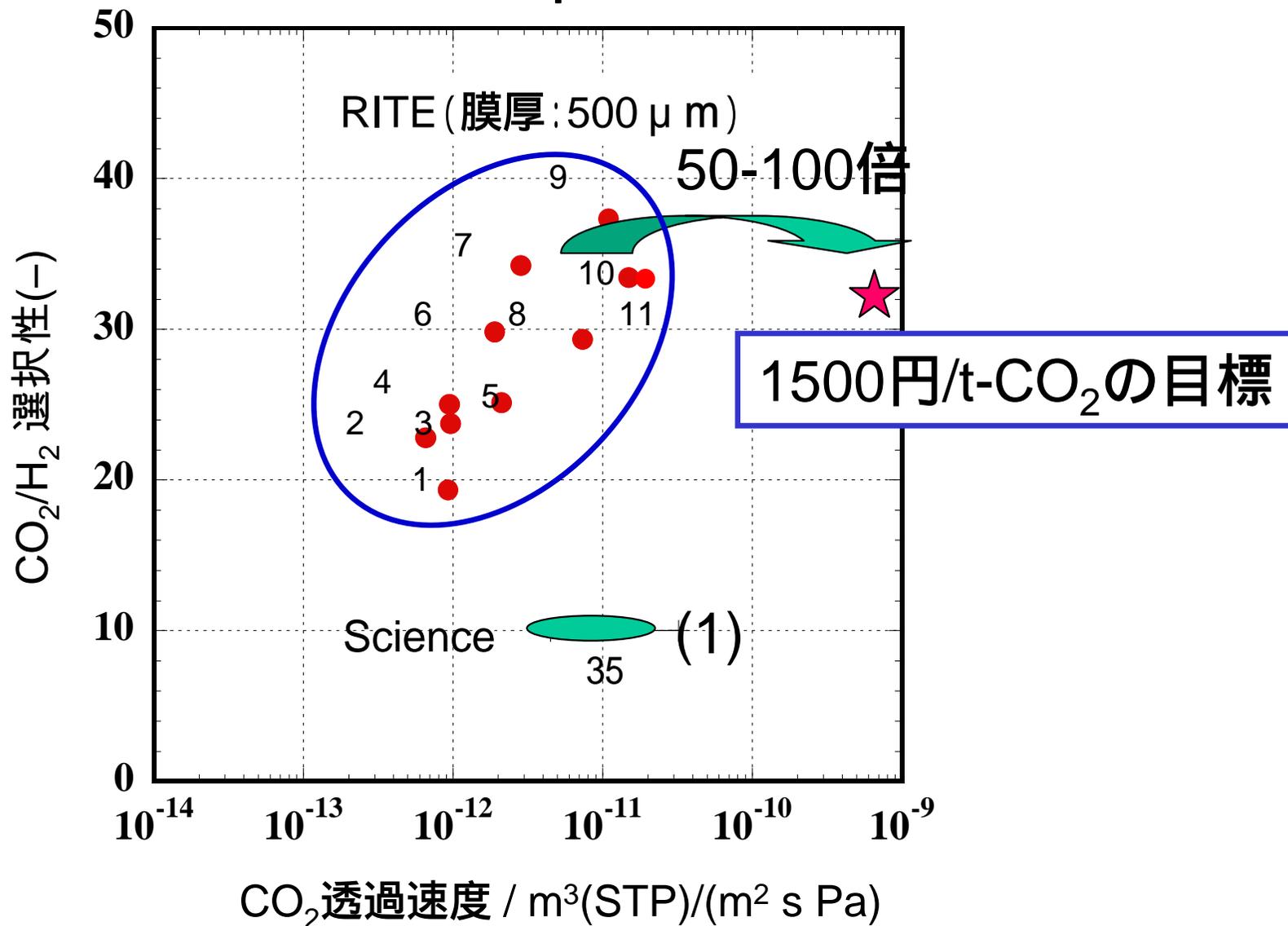


PAMAM デンドリマー





膜厚: 500 μm 薄膜化?



(1) H. Lin B.Freeman *et al.*, *Science*, **311**, 639-642 (2006).

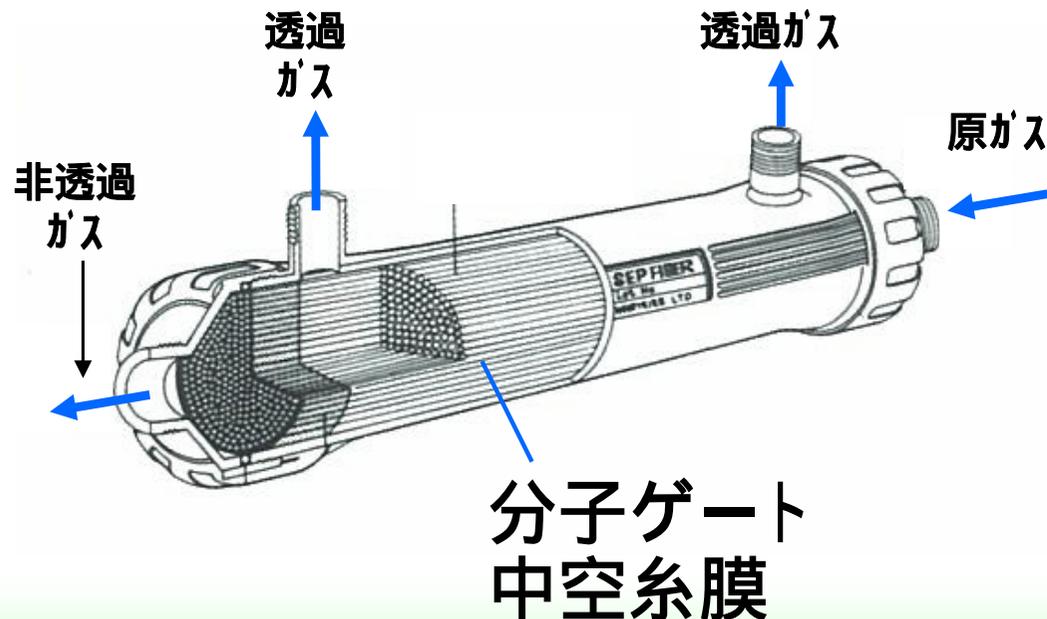
## 中空系膜モジュール:

### 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。



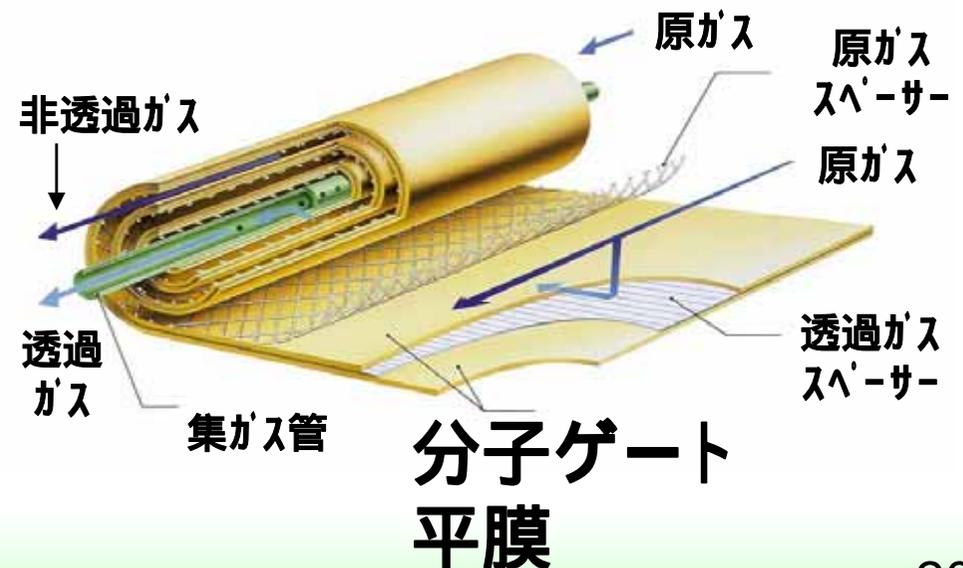
## スパイラル型モジュール(平膜):

### 特徴:

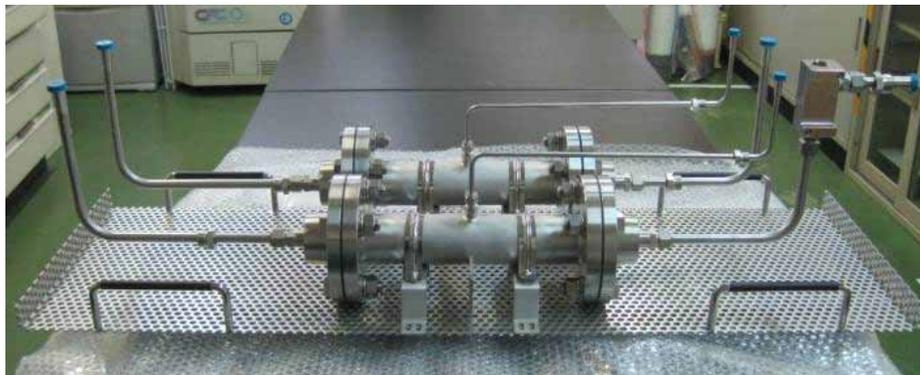
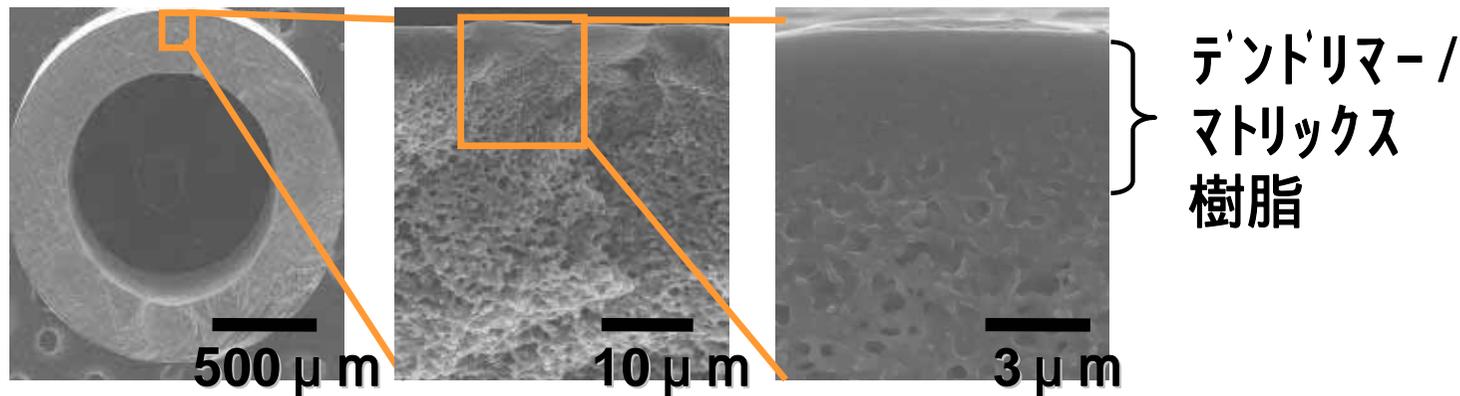
- ・耐圧10MPa実績(水系)。
- ・塗布が容易。

### 課題:

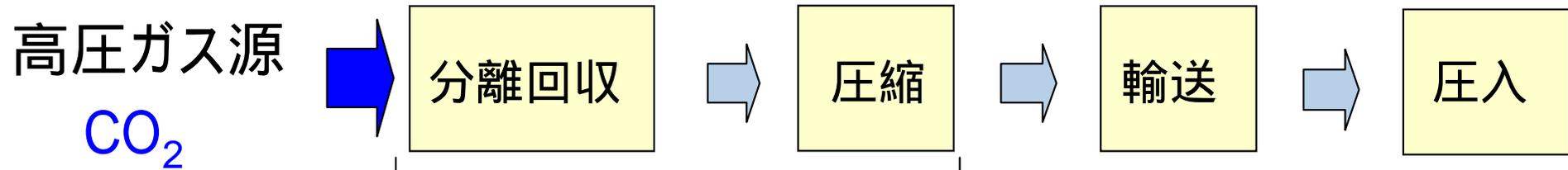
- ・モジュール効率。



膜メーカー4社(東レ、日東電工、ダイセル化学工業、クラレ)  
エンジニアリング会社(新日鉄エンジニアリング)との連携で実用化



# 新規高压用化学吸収液の開発



目標: 1.5 GJ/t- $\text{CO}_2$



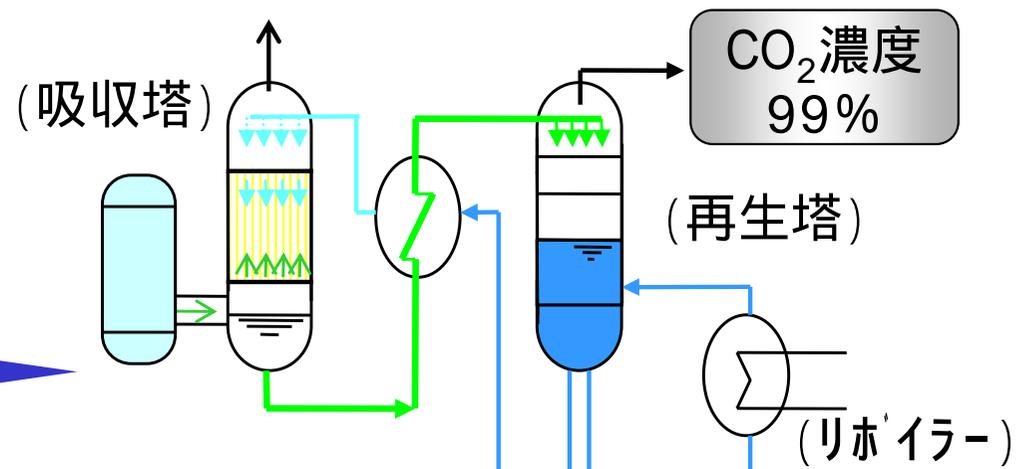
IGCC

ガス組成

2.5 - 4 MPa

$\text{CO}_2$  40%  
 $\text{H}_2$  50%  
 $\text{CO}$ ,  
 $\text{CH}_4$ ...

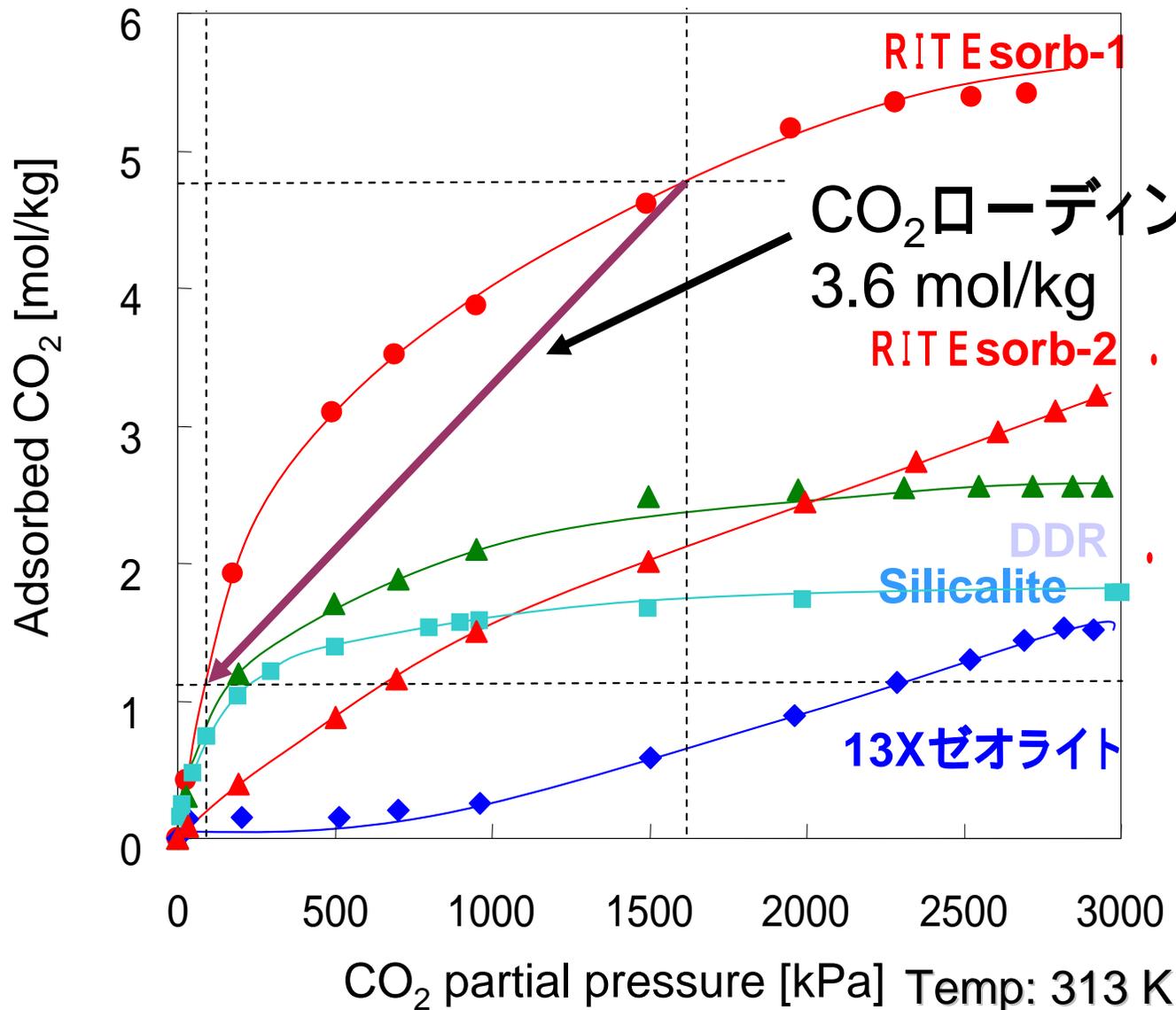
## 圧力を利用した吸収法



Eagleパイロットプラント(J-Power、若松) 出典: 電源開発株式会社ホームページ Eagle: 多目的石炭ガス製造技術

$\text{CO}_2$ 分離回収技術として化学吸収法の適用を検討.

# 新規疎水型CO<sub>2</sub>吸着剤の開発



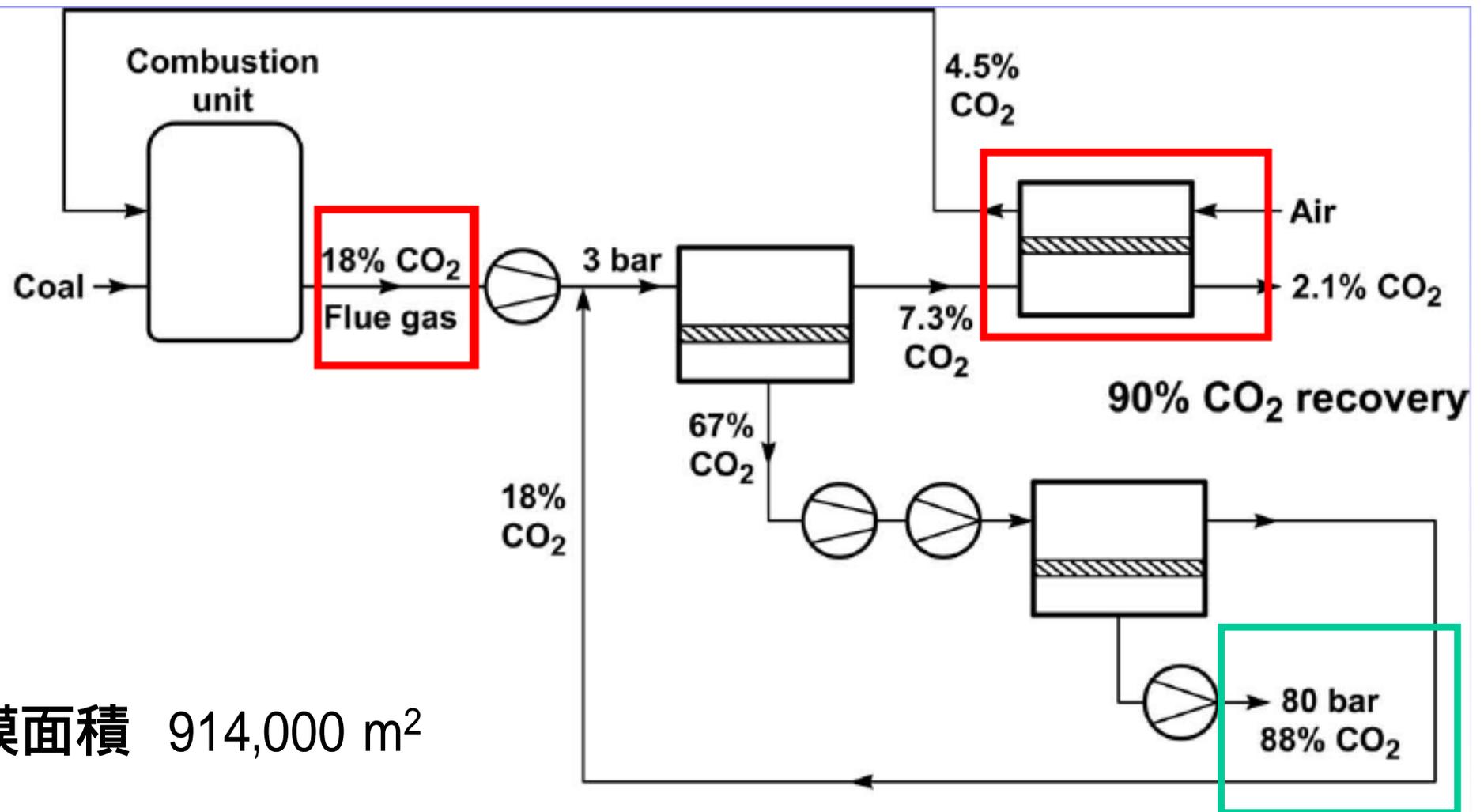
CO<sub>2</sub>ローディング差:  
3.6 mol/kg

- ・ 高圧ガスへの適用  
動力低減 (< 1 GJ/t-CO<sub>2</sub>)
- ・ 除湿塔省略による  
省エネ・簡略プロセス

## 水蒸気共存下でのCO<sub>2</sub>吸着性能

(\*Belsorp HPでの水蒸気プレ吸着後、CO<sub>2</sub>吸着測定による)

# 米国MTR社の分離膜システム



膜面積 914,000 m<sup>2</sup>

システム開発の重要性

インプット  
(発生源)

CO<sub>2</sub>濃度、圧力、回収率  
ガス組成、微量成分

回収方法選択・システム最適化

CO<sub>2</sub>回収  
コスト削減

アウトプット  
(貯留)

CO<sub>2</sub>濃度  
ガス組成、微量成分

# 想定するCO<sub>2</sub>回収技術の進展方向

技術の進展または実用化時期（年度）



## 常圧ガスからのCO<sub>2</sub>回収

山元天然ガスCO<sub>2</sub>回収  
+化学吸収法

微粉炭燃  
焼・高炉ガス  
+化学吸収

天然ガス複合発電  
+化学吸収

純酸素  
+微粉炭燃焼

バイオガスCO<sub>2</sub>回収  
+膜分離・膜-吸収ハイブリッド

実用化のイメージ

パイロット

応用を狙う

次世代技術

## 高圧ガスからのCO<sub>2</sub>回収

石炭ガス化複合発電  
+物理吸収

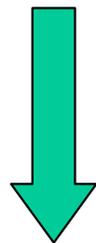
山元天然ガスCO<sub>2</sub>回収  
+膜分離・PSA(吸着)

石炭ガス化複合発電  
+膜分離・化学吸収液

純酸素燃焼  
+複合発電

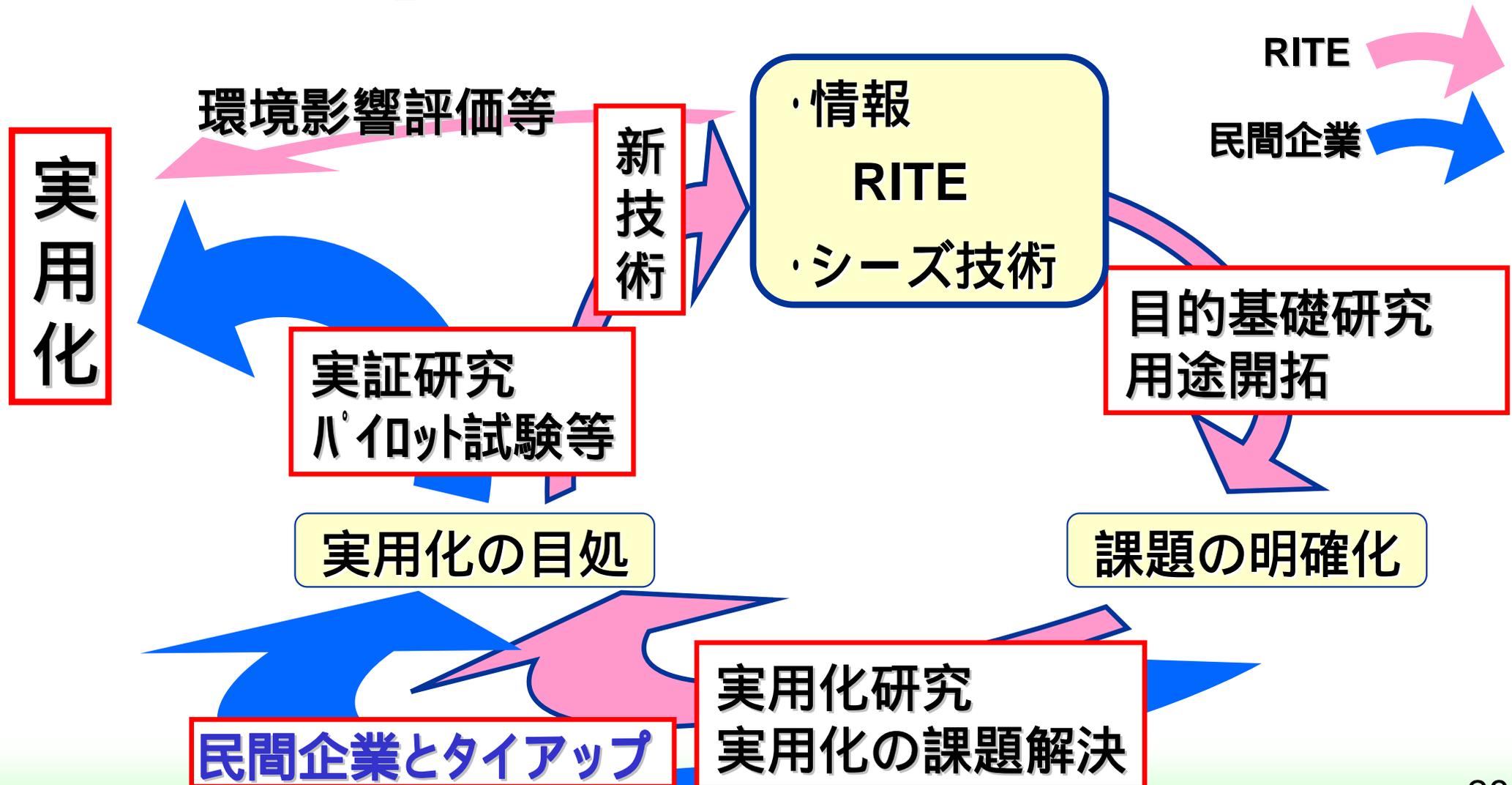
石炭ガス化複合発電  
+膜分離(あるいは物理吸収)+SOFC

CO<sub>2</sub>回収の経済性向上



本格化: 2015年以降

- ・独自シーズ技術で世界一の温暖化対策技術を実用化
- ・産業界のCO<sub>2</sub>削減に積極的に貢献



ご清聴ありがとうございました



**Kazama@rite.or.jp**

**Research Institute  
of  
Innovative Technology for the Earth**