

2020.1.20 16:05-16:40

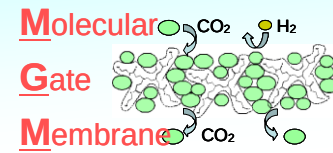
革新的CO₂分離回収技術シンポジウム

活動報告②

二酸化炭素分離膜モジュール 実用化研究開発の進捗について

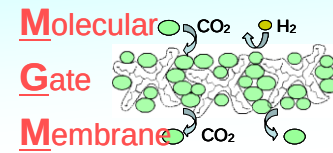
次世代型膜モジュール技術研究組合
専務理事 中尾 真一

目次



1. 次世代型膜モジュール技術開発の進捗
2. まとめと今後の展開

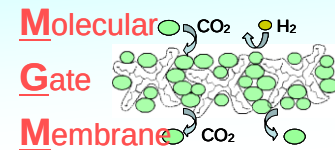
目次



1. 次世代型膜モジュール技術開発の進捗

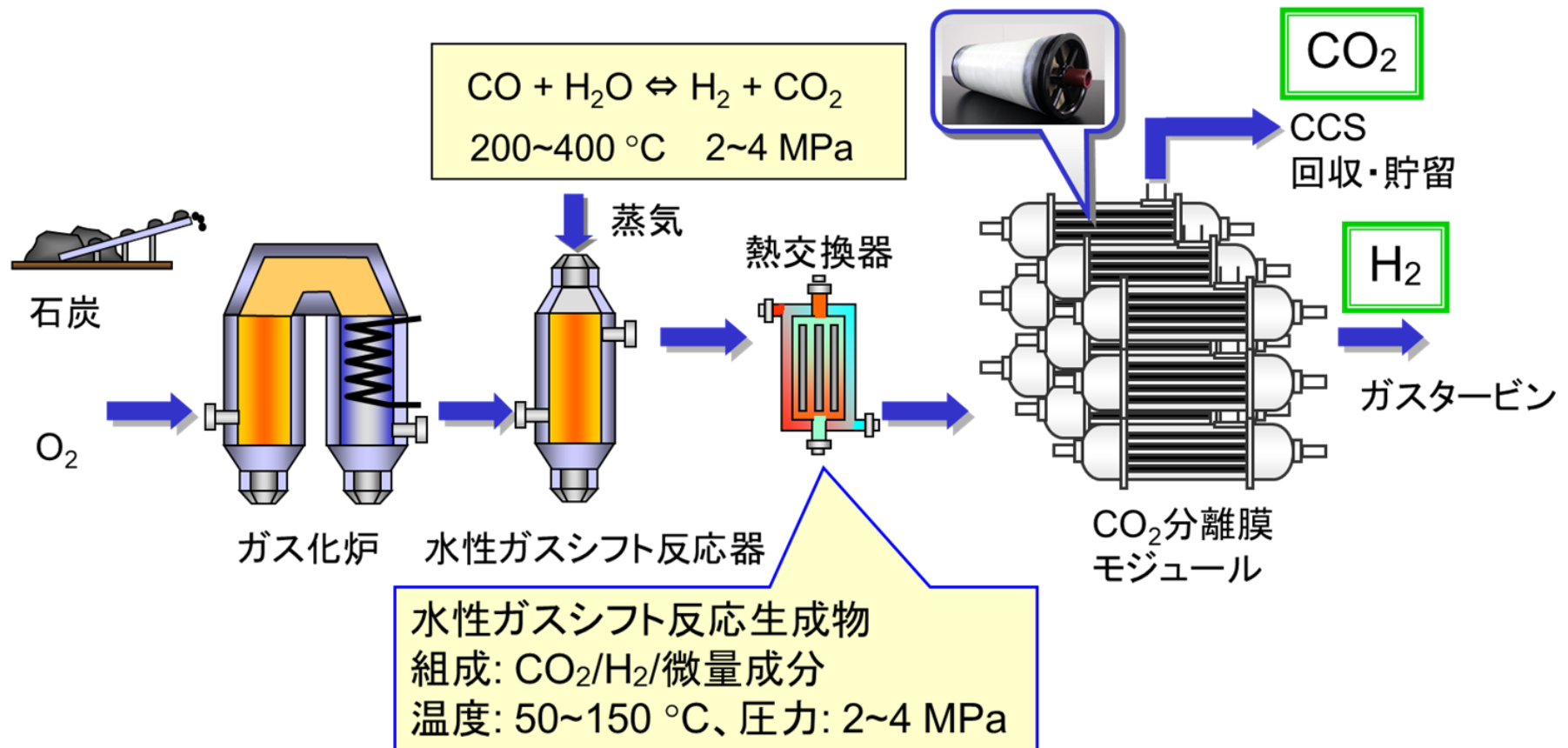
2. まとめと今後の展開

次世代型分離膜モジュールの開発

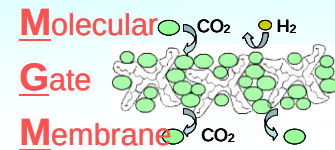


<対象> **高圧**の燃料ガスから省エネルギー、低コストでCO₂を分離回収しうる
高性能CO₂選択透過膜(分子ゲート膜)技術の実用化研究(**燃焼前回収**)

<目標> CO₂分離・回収コスト : $\leq 1,500$ 円/t- CO₂
CO₂分離・回収エネルギー : ≤ 0.5 GJ/t- CO₂



CO₂分離膜モジュール研究開発事業



研究開発体制

次世代型膜モジュール技術研究組合

～H28年3月 (株)クラレ、日東電工(株)、
新日鉄住金エンジニアリング(株)、住友化学(株)、RITE
H28年4月～ 住友化学(株)、RITE

二酸化炭素分離膜モジュール研究開発事業(METI)

(FY2011～FY2014)

目標 回収コスト 1,500円/t-CO₂を実現する

CO₂選択透過(分子ゲート)膜モジュールの基礎研究

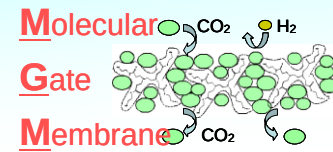
CCS研究開発・実証関連事業/CO₂分離回収技術の研究開発 /二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発

FY2015～2018(METI委託事業)、FY2018～(NEDO委託事業)

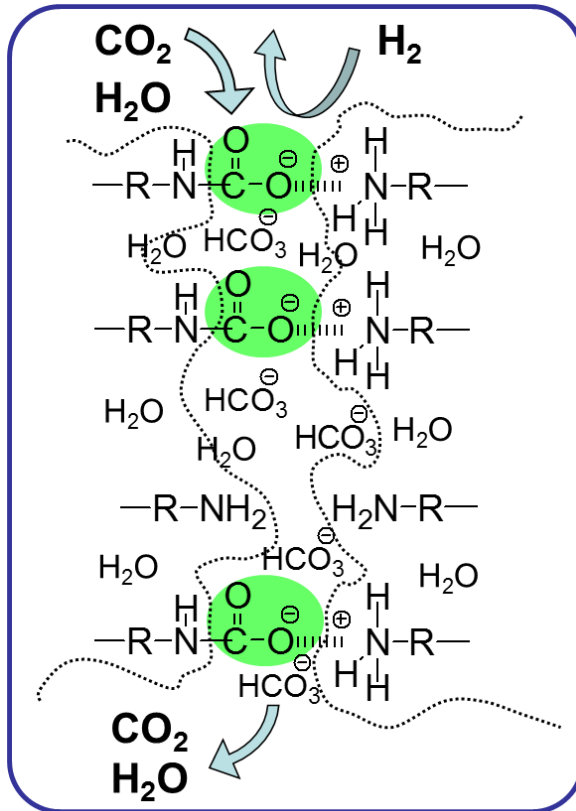
目標 石炭ガス化炉からの実ガスを用いた検証試験

回収コスト: 1,500円/t-CO₂、回収エネルギー: 0.5GJ/t-CO₂

CO₂分子ゲート膜とは



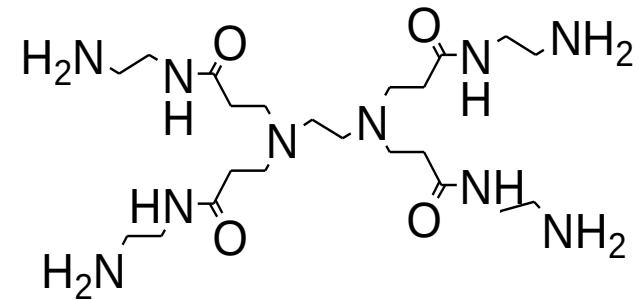
CO₂分子ゲート機能を有する革新的なCO₂分離膜



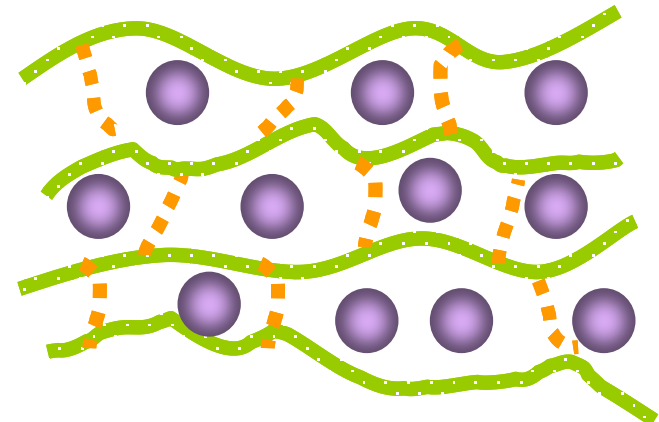
カルバメートによる
擬似架橋



重炭酸イオン



Dendrimer



PVA

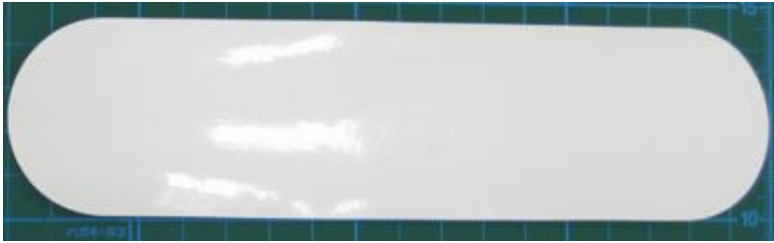
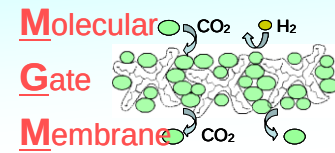


Crosslinker



Dendrimer

CO₂分離膜と膜エレメント



CO₂分離膜

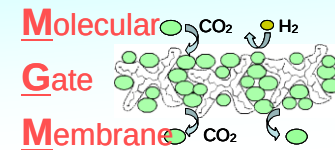


膜エレメント
(4inch; 長さ200mm)



膜モジュール
(2inch用ハウジング)

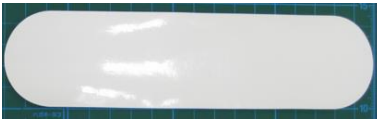
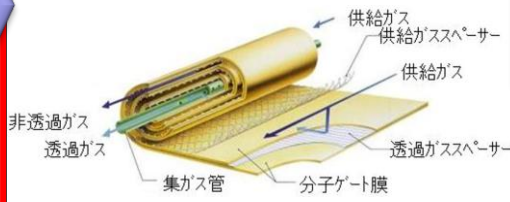
分離膜の開発段階のイメージ



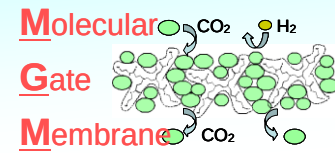
(基盤技術開発)

(実用化研究)

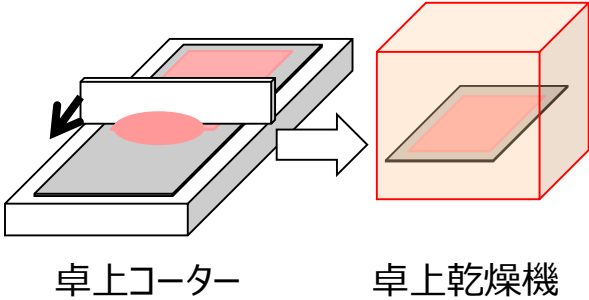
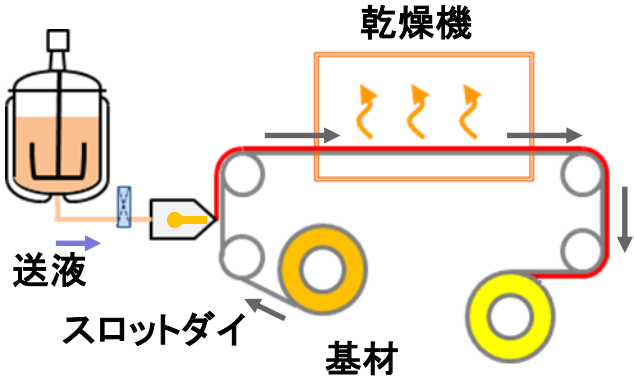
(実機)

名称	単膜	膜エレメント	膜モジュール
概要	ラボスケールの平膜（膜面積：1.2～58cm ² 程度）	大面積の膜を用いた構造体 膜・支持体・流路材などを一体化したもの	膜エレメントとそれを収納する容器（ハウジング）を組み合わせたもの
サイズ、外観	 (膜面積：1.2 cm ²)  (膜面積：58 cm ²)	 (2～4inch、長さ 200mm) 	 (8 inch、長さ 1,000mm 程度)
課題等	膜素材開発 (分離性能向上、 耐圧性・耐久性等 向上)	製膜法、エレメント部材 開発 (連続製膜、大面積化、 シール技術等)	実機モジュール開発 (容器形状、量産化、 システム化)

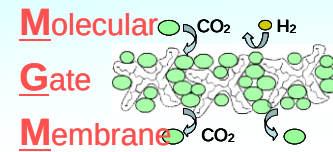
連続製膜技術の開発



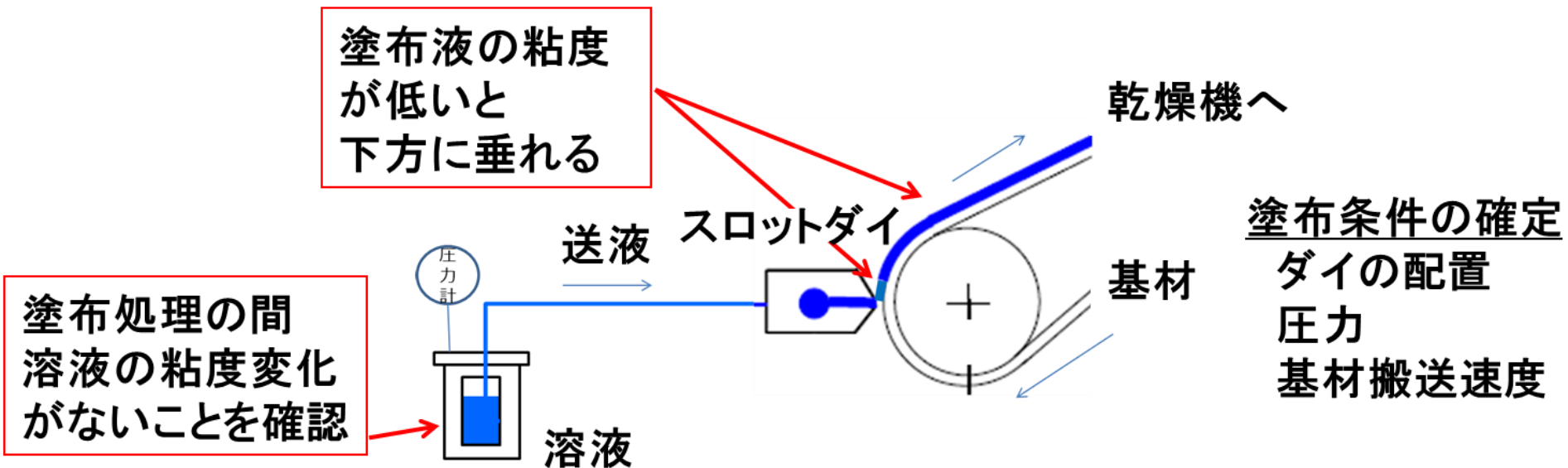
実機適用を念頭に、大面積塗布が可能で生産性も高い連続製膜法を開発

方式	枚葉製膜	連続製膜
装置	 卓上コーター 卓上乾燥機	 送液 スロットダイ 基材 乾燥機
長尺生産	不可	可
生産性	低	高
溶液粘度	広範囲の塗布可能	枚葉製膜よりは範囲限定
基材固定	可	完全固定は難

連続製膜に適した製膜レシピへの改良



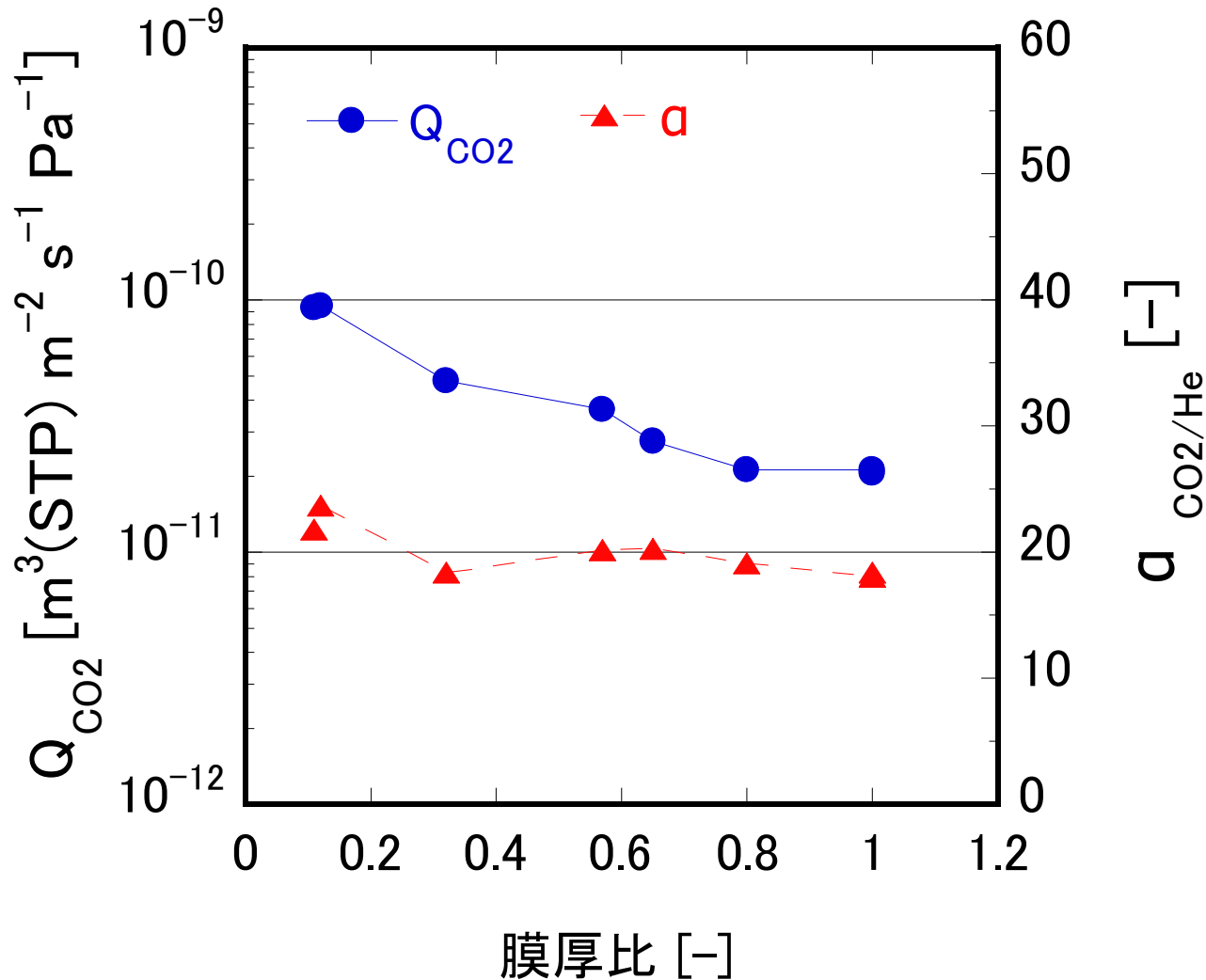
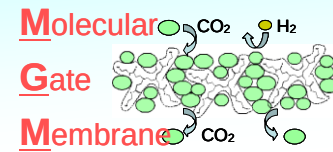
1) スロットダイ塗布に適した粘度を設定し、塗布条件を確定



連続製膜速度の向上
(従来比3～10倍) ⇒ 膜の大量生産が可能

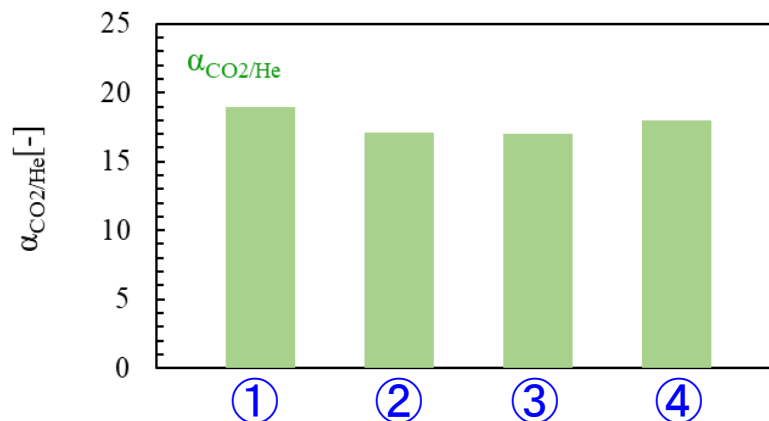
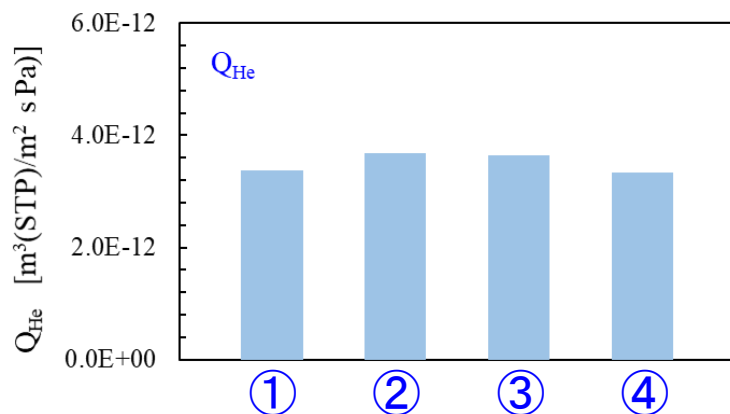
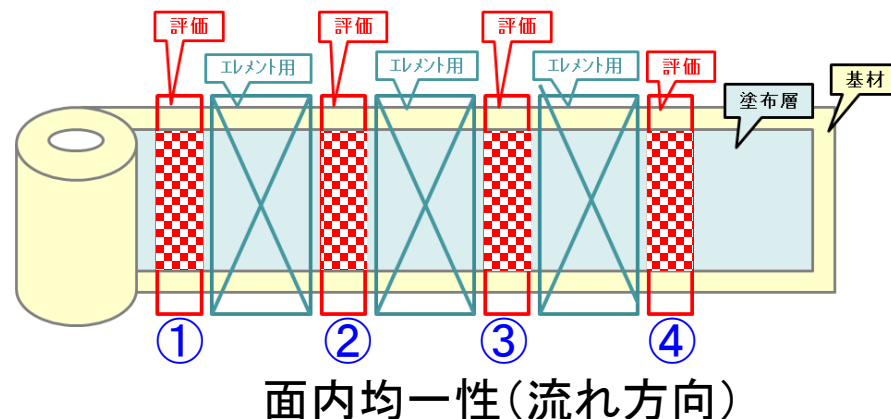
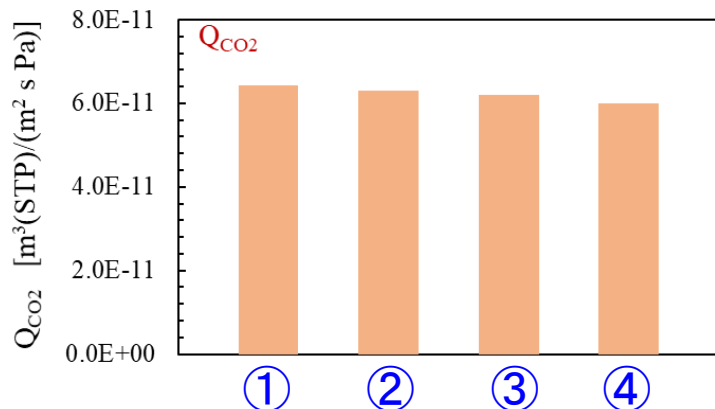
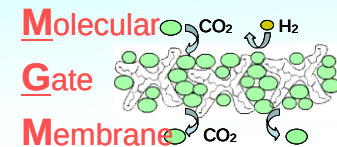
2) 生産性と良好な膜外観を両立する乾燥温度の設定

薄膜化検討



※ 評価条件 切り出した平膜(8cm²) での評価
 85°C, CO₂/He=40/60, 供給側: 400m L/min, Sweep無し, 60%RH, 2.4 MPa

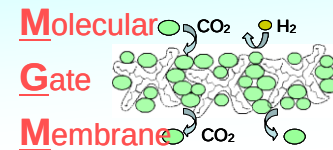
膜性能均一性の検討



流れ方向の均一性が確保されていることを確認

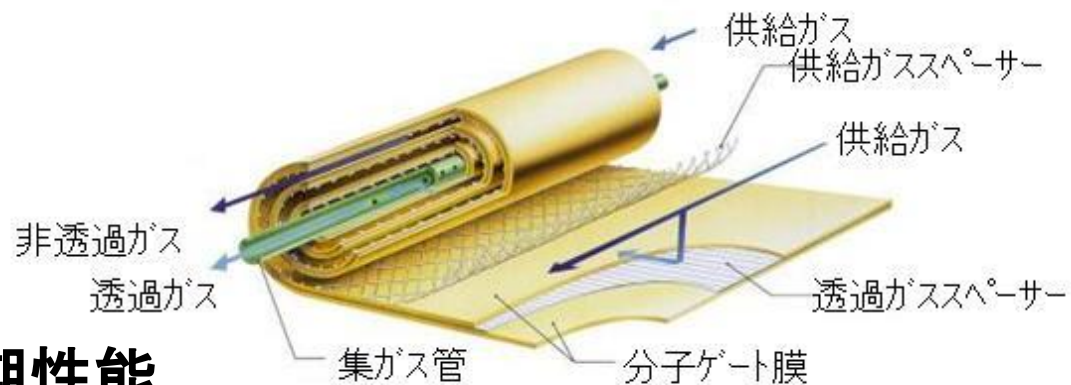
<測定条件> 85°C, CO₂/He=40/60, 供給側 400ml/min, 60%RH, Sweep無, 全圧: 2.4 MPa

膜エレメントの性能



1) 試作エレメント

2inch径、長さ 220mm
のエレメントを試作



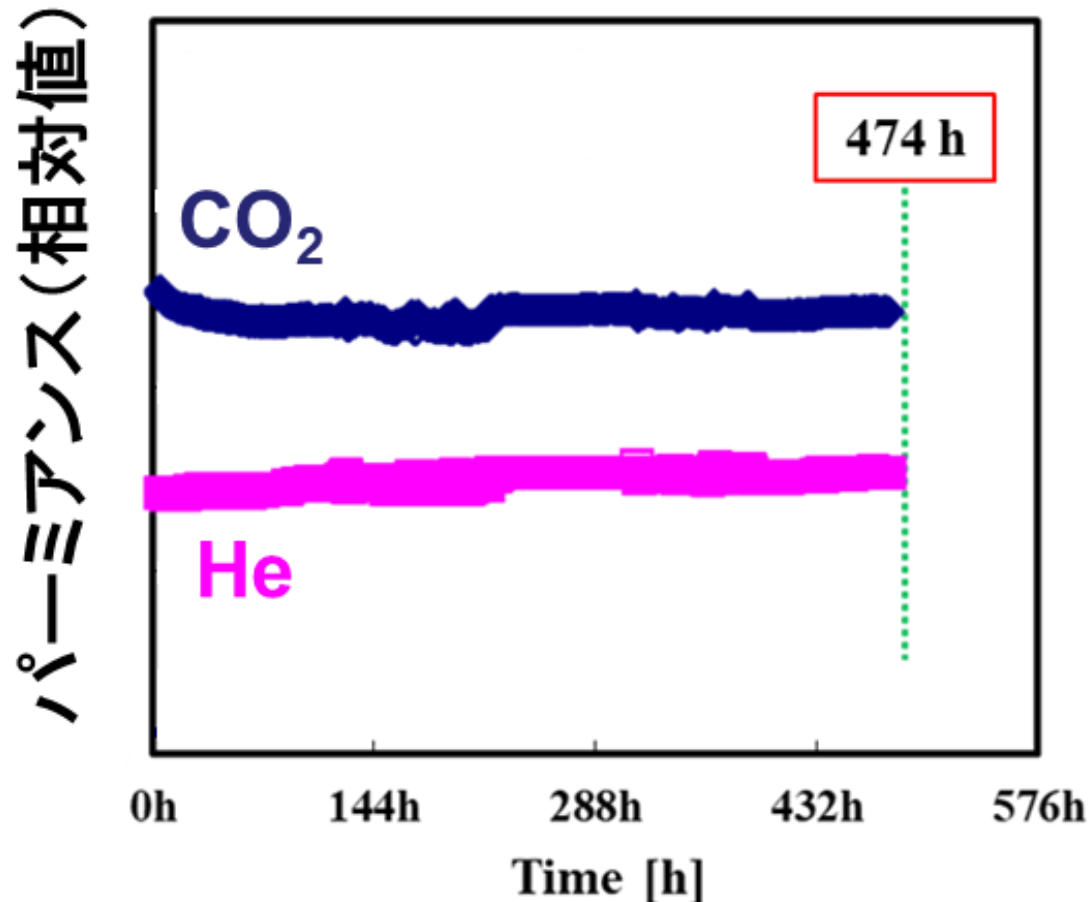
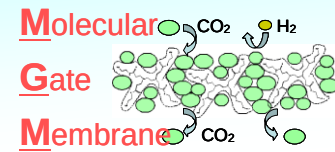
2) 2inch径エレメントの初期性能

⇒CO₂の透過性能は単膜での測定結果と同等

膜エレメントと単膜(58cm²)の分離性能

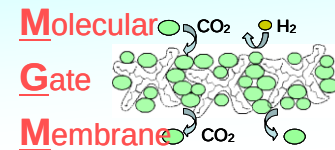
	Relative thickness	Q _{CO2}	Q _{He}	α
		[m ³ (STP)/m ² /s/Pa]	[m ³ (STP)/m ² /s/Pa]	
Membrane A	1	1.94E-11	1.18E-12	16.5
Membrane B (thin membrane)	0.1	7.73E-11	3.92E-12	19.7
Membrane element using Membrane A	1	1.83E-11	1.54E-12	11.9

全圧2.4 MPaでの膜エレメント性能評価

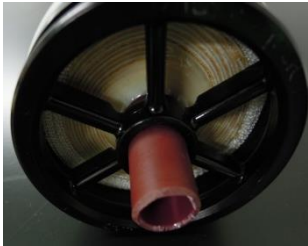


- ・膜エレメント部材(集ガス管、スパーサー 等)の最適化により
高圧下で安定な膜エレメントの基本製法を確立

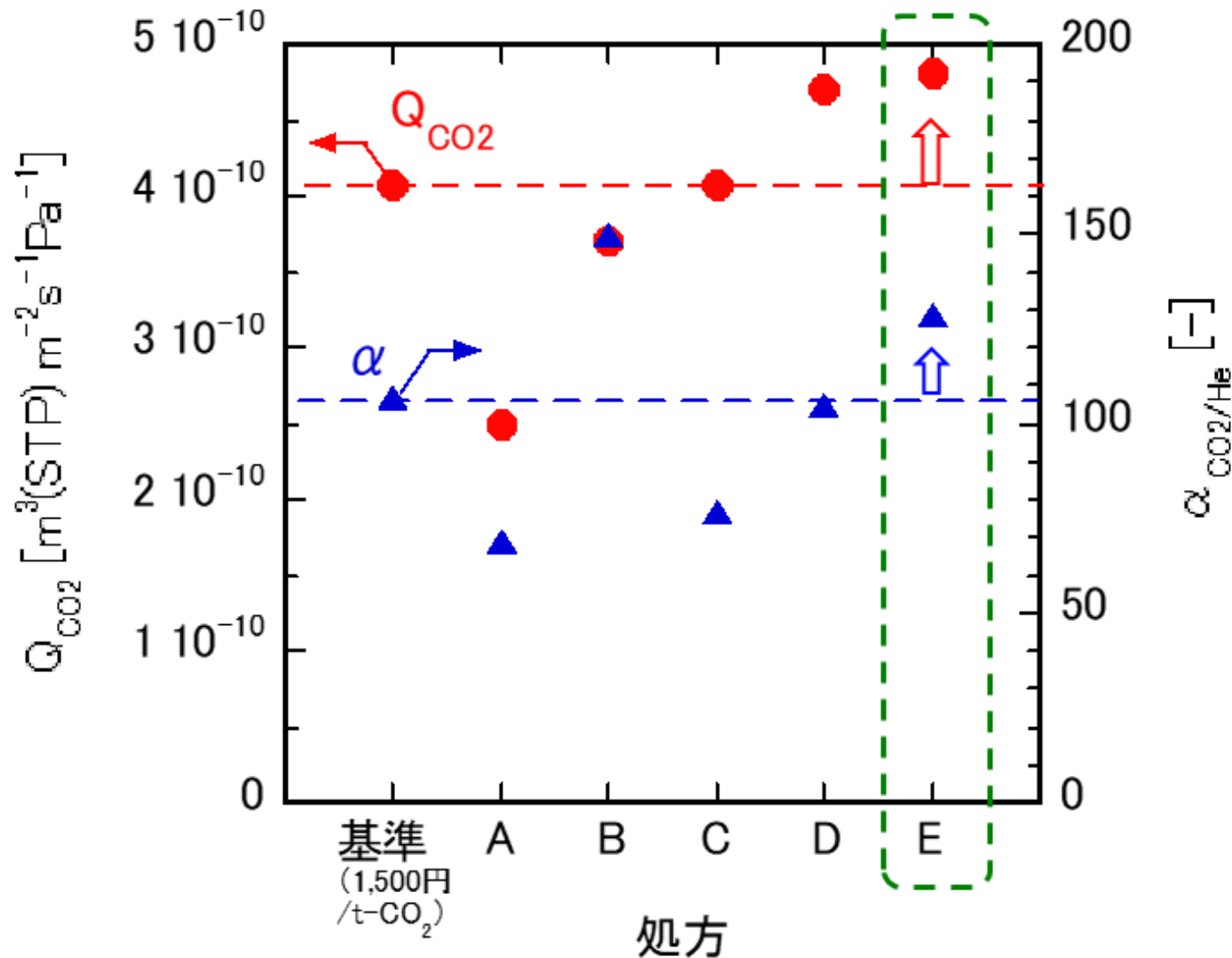
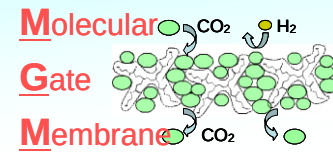
エレメント化スケールアップ検討



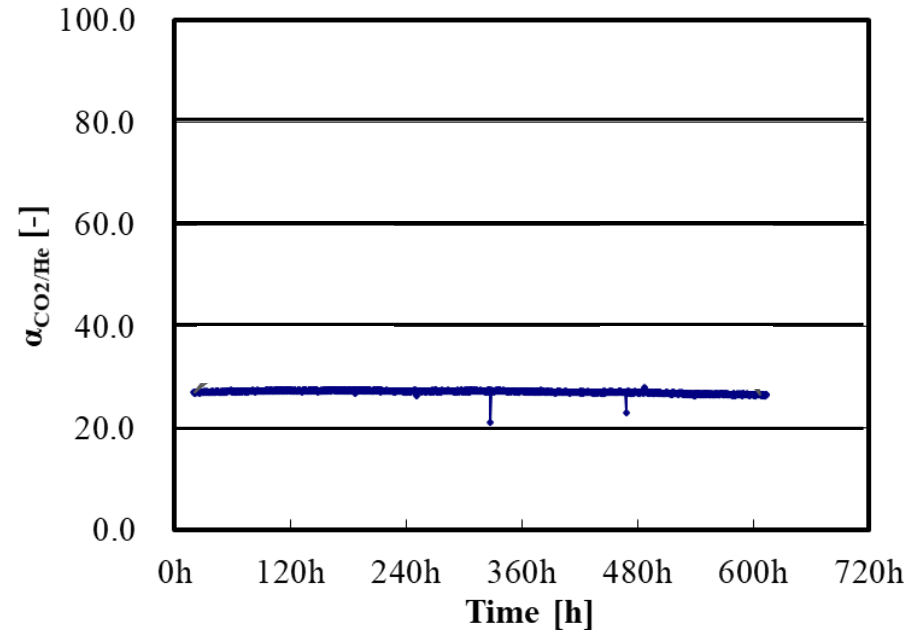
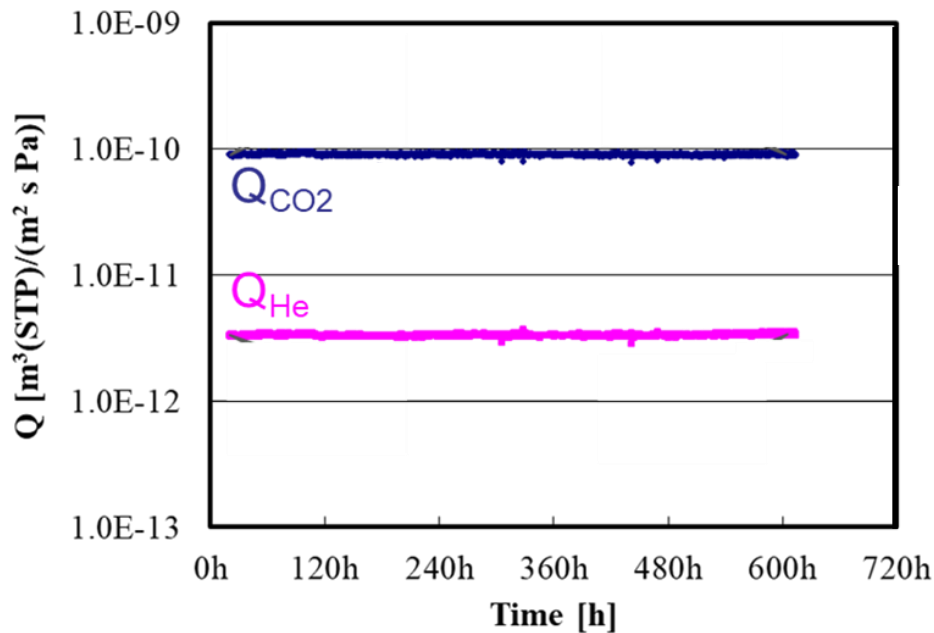
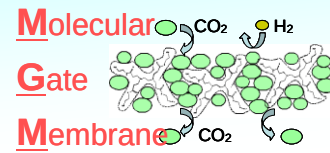
4インチエレメントを試作し、リーフ長を長くして良好に試作できることを確認し、スケールアップ時の設計指針を得た。

エレメント	2インチ	4インチ (A) (改良前)	4インチ (B) (改良後)	実機相当 8インチ
リーフ ^{*1} 長	200～ 300mm	200～ 300mm ※2inchと同じ	700～ 900mm	700～ 900mm (透過圧損次第で 最適化必要)
試作結果		✖ リーフ長が短く ハンドリング難 	○ ハンドリング 良好 	(4インチの知見 に基づき 検討予定)

膜性能の向上



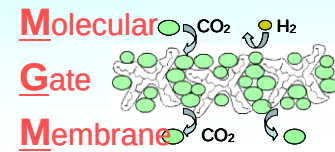
単膜耐久性試験



測定条件： 温度：85℃； 供給側：全圧2.4MPa

混合ガス組成CO₂/He=40/60 vol./vol., 湿度60%RH； 透過側：大気圧

米国ケンタッキー大学における単膜実ガス試験



水性ガスシフト反応器、各種前処理設備を保有する試験サイトとして、ケンタッキー大学応用エネルギー研究センター（UK-CAER）※を選定し、単膜の実ガス試験を実施する。

※University of Kentucky, Center for Applied Energy Research (UK-CAER)

<ガス化炉: Gasification>

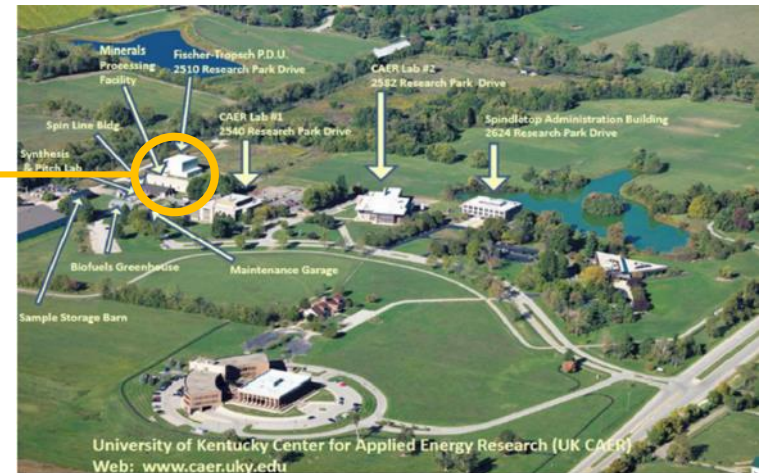
- 酸素吹きプラント
- 石炭使用量: 1ton/day
- Syngas流量: 72.6kg/h

<水性ガスシフト反応器: WGS>

- Co, Fe触媒

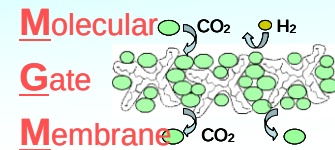
<酸性ガス処理設備>

- アミン吸収液による回収法
- 昇圧設備: 2.76MPa
- 脱硫設備



<https://www.netl.doe.gov/File%20Library/Events/2015/gas-ccbtl-proceedings/Gasification-and-CTL-Workshop-Presentation-2015-UKCAER.pdf>

単膜実ガス試験



ケンタッキー大学(UK-CAER)

次世代型膜モジュール技術研究組合

石炭ガス化炉(酸素吹き)＋シフト反応器＋ガス精製

石炭使用量
1Ton/Day

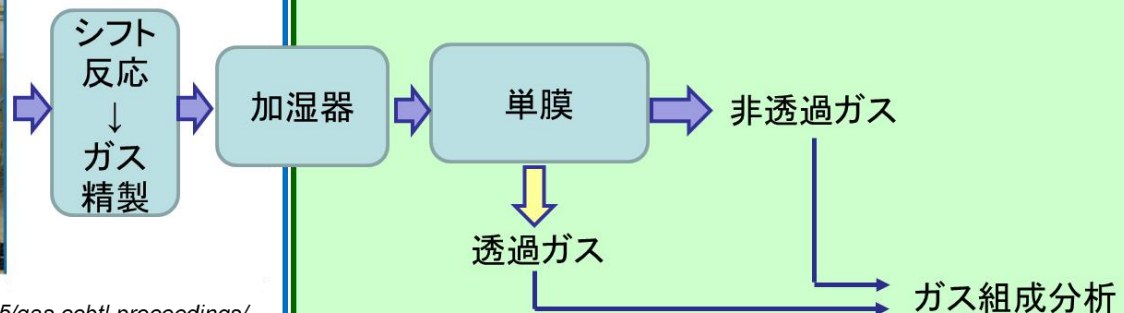
ガス流量
80Nm³/h

Feed Preparation

Gasification Unit



<https://www.netl.doe.gov/File%20Library/Events/2015/gas-ccbtl-proceedings/Gasification-and-CTL-Workshop-Presentation-2015-UKCAER.pdf>

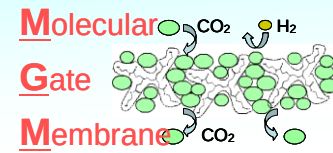


・膜素材の**実ガス耐性**を確認中

・**模擬ガス**(**H₂S濃度** ～1,000 ppm)
を用いた加速試験を実施中

膜エレメントの実ガス試験については、国内実ガスサイトでの実施を予定し、評価設備の準備を進めている。

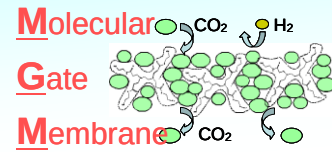
目次



1. 次世代型膜モジュール技術開発の進捗

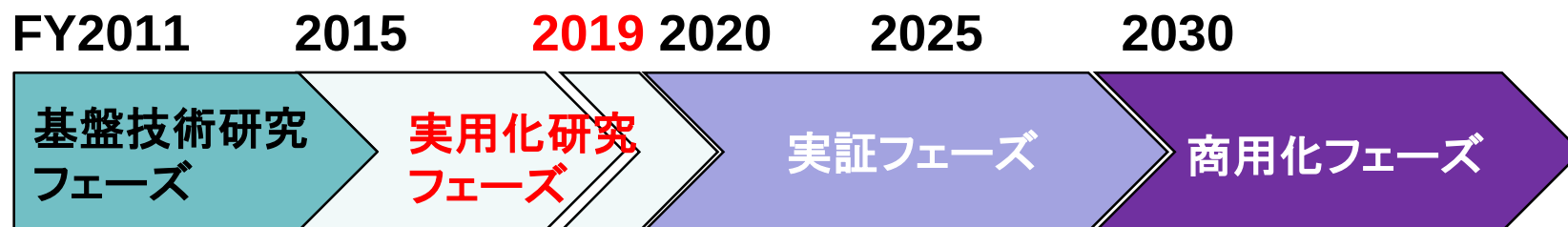
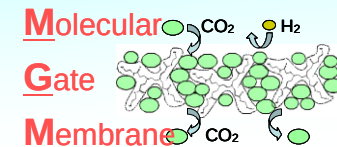
2. まとめと今後の展開

まとめ



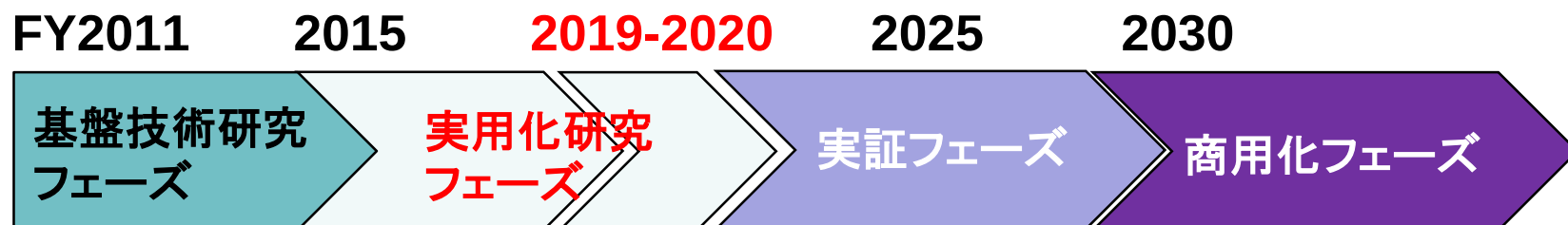
- ・コストダウンと大量生産に適した連続製膜技術と膜エレメントを開発。
- ・膜素材の硫化水素耐性を確認。今後、膜エレメントの実ガス試験を実施予定。
- ・膜モジュールを早期に完成し、種々の高圧排出源への適用を図る。

CO₂分離膜実用化に向けたロードマップ



米国ケンタッキー大学

国内実ガス試験サイト



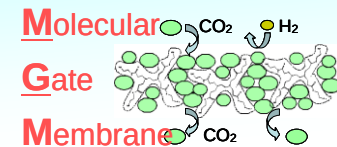
1年延長:

- ・膜エlement実ガス試験 (国内実ガス試験サイト)
- ・単膜実ガス試験 (米国ケンタッキー大学)

次フェーズ(調整中):

- ・膜モジュールシステム実ガス試験 (国内実ガス試験サイト)
- ・2023～ 用途展開(順次実用化)

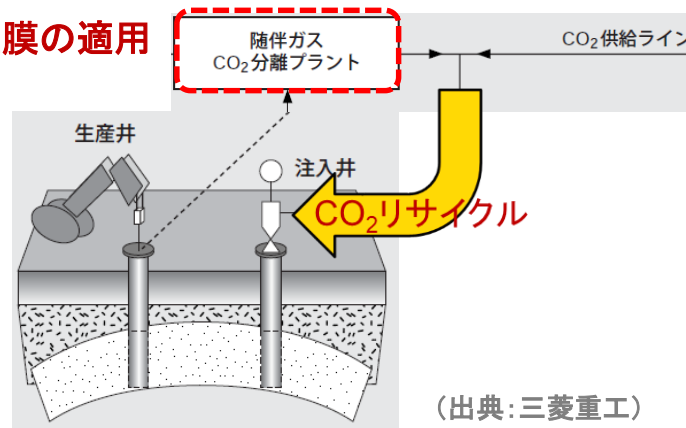
分離膜の他用途展開可能性



EORからのCO₂膜分離

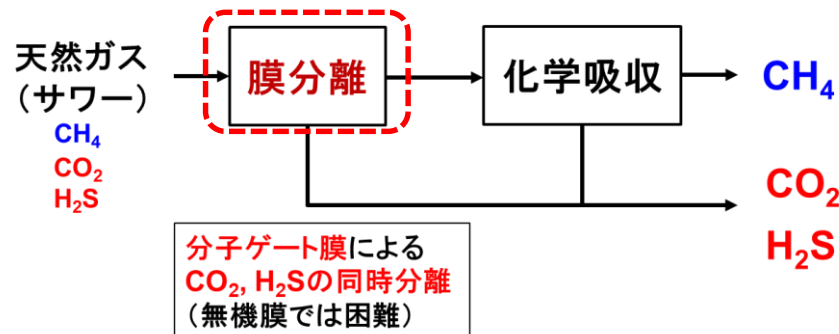
原油随伴ガスからの
低コストCO₂リサイクル

分離膜の適用



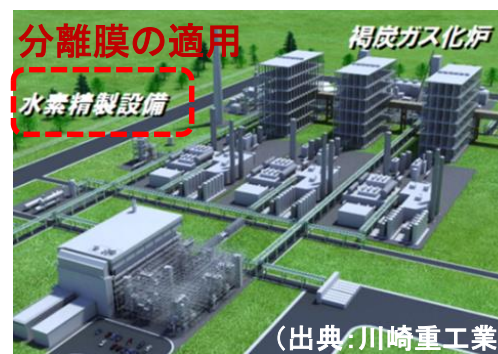
天然ガス田からのCO₂膜分離

残存天然ガス埋蔵量の
40%はサワーガス
⇒ サワーガス精製用への展開



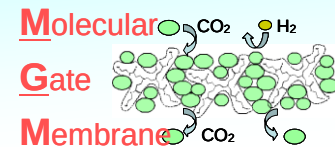
褐炭ガス化ガスからのCO₂膜分離

褐炭からの低コスト水素分離



CCSを併用してCO₂
フリーの液体水素を
現地で製造し、日本
に船舶輸送

謝 辞



本研究開発は、経済産業省および新エネルギー・産業
技術総合開発機構(NEDO)から
次世代型膜モジュール技術研究組合が受託した
「二酸化炭素分離膜モジュール研究開発事業」および
「二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発事業」
により実施された。

ご清聴ありがとうございました

