

未来を拓く無機膜
環境・エネルギー技術シンポジウム

東京大学 伊藤国際学術研究センター
2019年11月7日

DDR型ゼオライト膜プロセスによる CO₂分離への取り組み

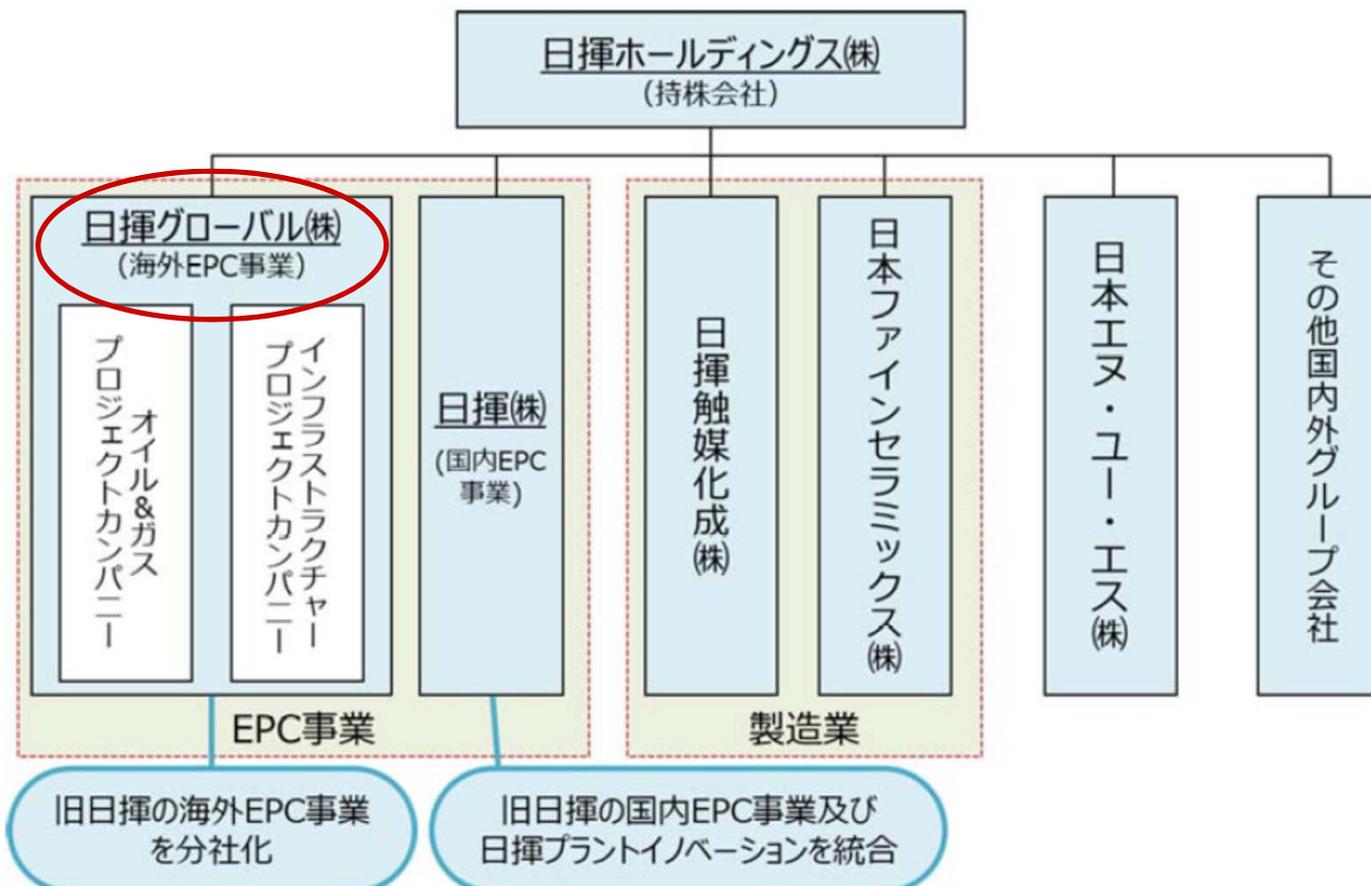
日揮グローバル株式会社
オイル&ガスプロジェクトカンパニー
技術イノベーションセンター

近松 伸康



JGC

日揮グループの新体制



2019年10月1日に
日揮グループは
持株会社体制に
移行しました

https://www.jgc.com/jp/news/2019/20191001_01.html

日揮グローバル株式会社

名称 日揮グローバル株式会社
JGC CORPORATION

本社 神奈川県横浜市西区みなとみらい

売上高 6,192億円(旧日揮(株) 2018年度)



目次

1. 取り組みの背景
2. DDR型ゼオライト膜プロセスの特徴
3. 未来を拓く商業化への取り組み

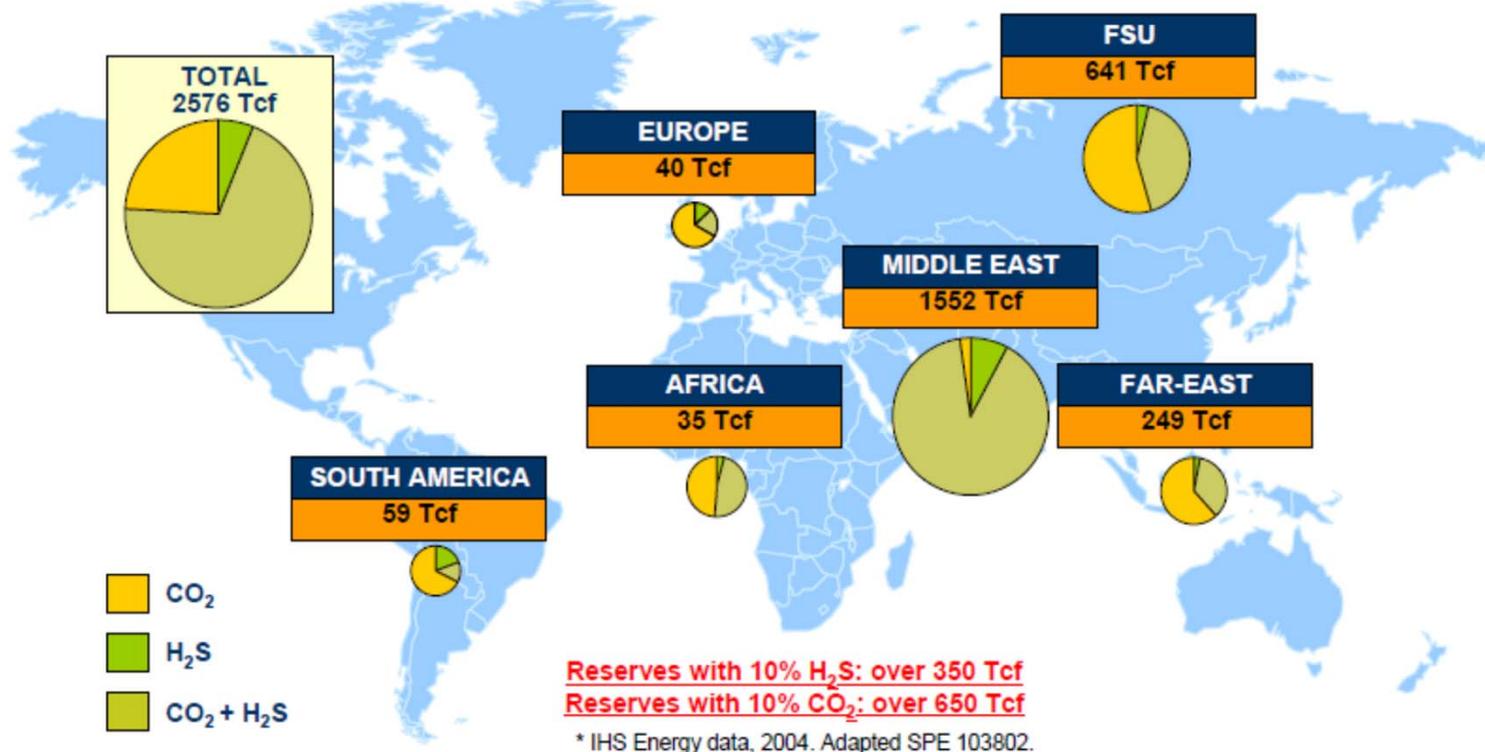
目次

1. 取り組みの背景
2. DDR型ゼオライト膜プロセスの特徴
3. 未来を拓く商業化への取り組み

世界のサワー天然ガスの埋蔵量

多くの天然ガス田はCO₂を含有しており、CO₂分離が必要

40% of remaining reserves are sour*



(Source: <http://archive.amecfw.com/file.axd?pointerID=55a7ba2d8b0c1e0e04f11a62&sid=635726523333160000>, page 5)

CO₂-EORによる石油増産

製品ガス

CO₂ 圧入

CO₂ 分離
回収装置

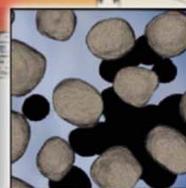
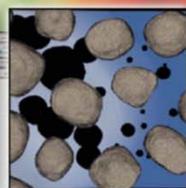
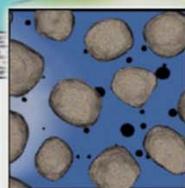
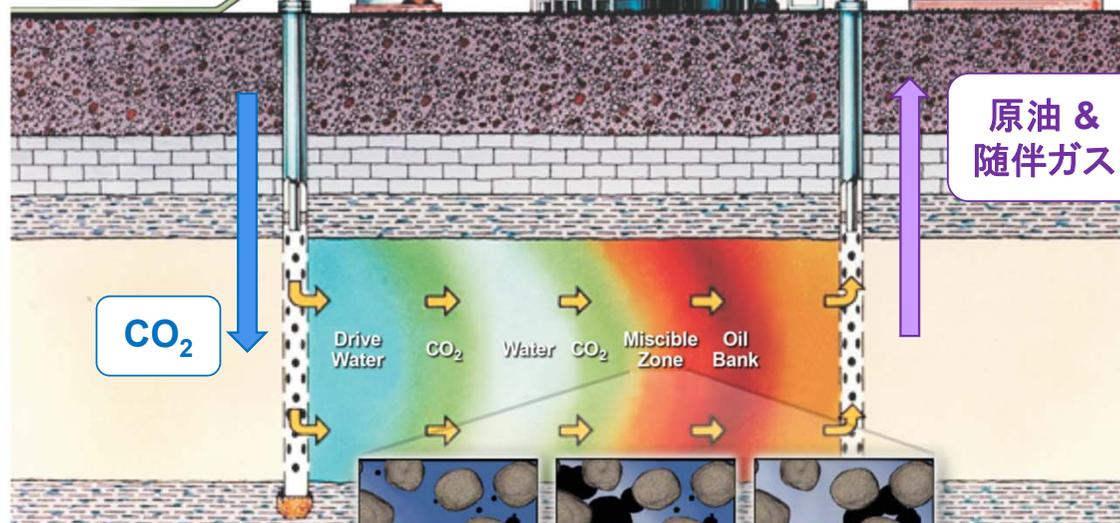
原油産出

リサイクルCO₂

Production Well

Injection W

原油 &
随伴ガス



Injected CO₂ encounters trapped oil

CO₂ and oil mix

Oil expands and moves towards producing well

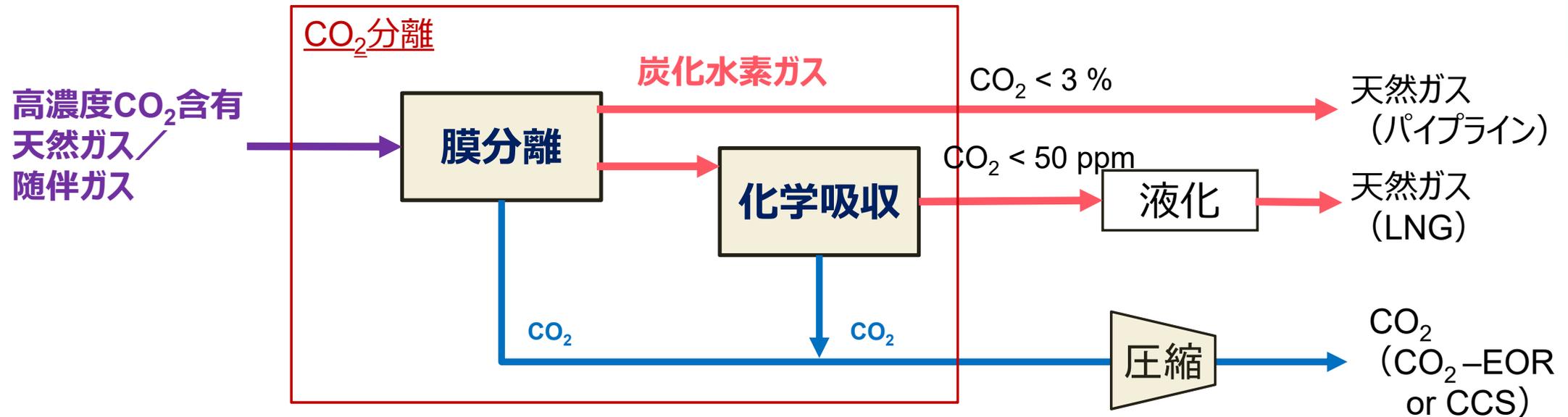
随伴ガスはCO₂を含有



CO₂を分離することで、
製品ガス(メタン等)を得て、
CO₂をリサイクル利用

(Source: The National Energy Technology Laboratory, Carbon Dioxide Enhanced Oil Recovery, 2010.)

商業装置におけるCO₂分離プロセスの構成例



- ✓ パイプライン向け天然ガス：膜分離のみで適用可
- ✓ LNG向け天然ガス：膜分離と化学吸収の併用

膜分離は高濃度CO₂を含む炭化水素からのCO₂分離において重要な技術である

既存のCO₂分離膜技術の課題

■ 既存のCO₂分離膜技術：高分子膜

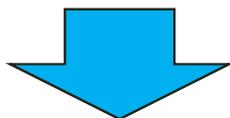
- ✓ 技術的には確立、商業実績あり
- ✓ スケールアップは容易

しかし…

- ✓ **高いCO₂分圧では可塑化**のために分離性能が低下
- ✓ CO₂/メタン選択性が低いため、**メタンロスが大**

■ 高濃度CO₂ガスの分離には、新しい技術が必要

- ✓ **高い選択性と、可塑化しない分離膜はないか？**



■ 日揮のアプローチ

- ✓ 無機分離膜の中でも、“**DDR型ゼオライト膜**”に着目

目次

1. 取り組みの背景

2. DDR型ゼオライト膜プロセスの特徴

3. 未来を拓く商業化への取り組み

日本ガイシ(株)との共同開発

日揮グローバル(株)

- ✓ 天然ガス精製・液化プラントの実績
- ✓ スケールアップ・プロセス化の知見

日本ガイシ(株)

- ✓ セラミックフィルターの国内最大メーカー
- ✓ セラミック製品の豊富な開発実績



実証試験の実施
経済性評価
プロセス設計



セラミック膜の開発

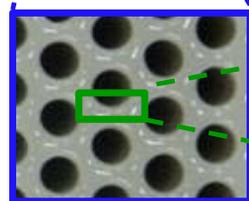
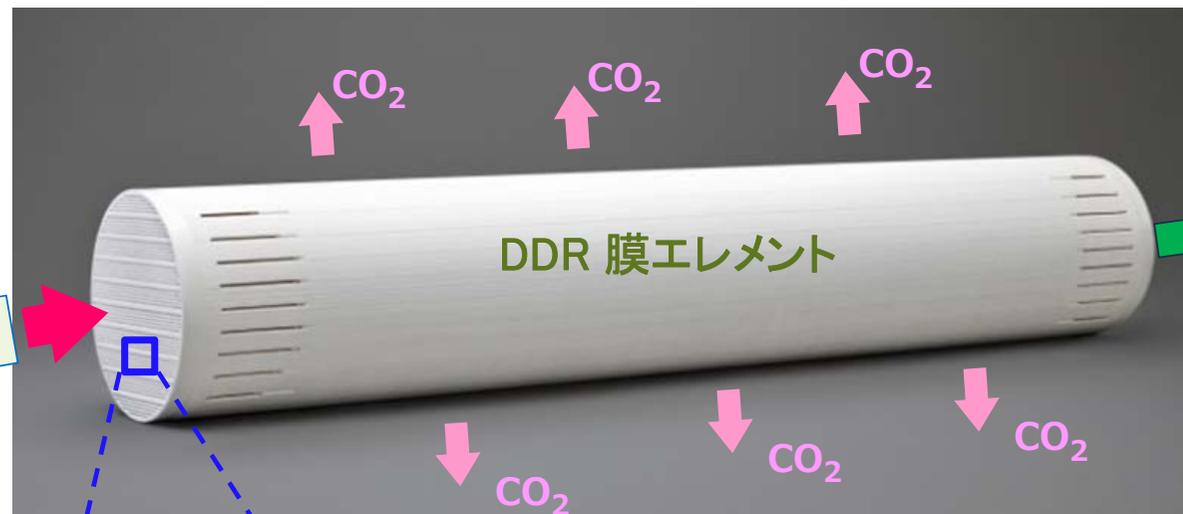


DDR型ゼオライト膜プロセスによる
天然ガス／随伴ガスからのCO₂分離の開発

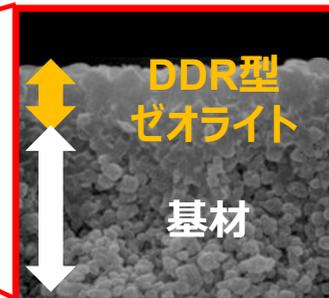
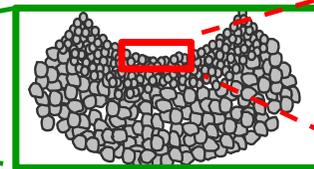


DDR型ゼオライト膜エレメント（商業規模）

- 直径：180mm, 長さ：1,000mm
- 総表面積：12m²
- 膜エレメント構造：モノリス
- 操作圧力：～8MPaG



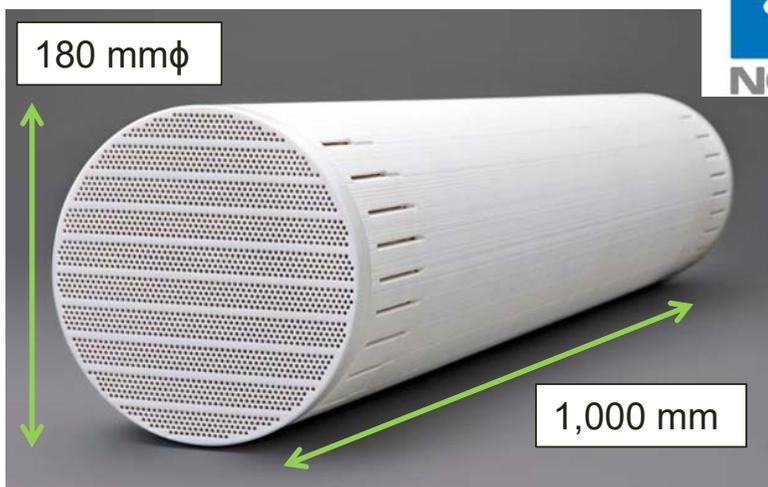
セル



DDR型ゼオライト膜の特徴(1) – 高表面積

世界最大級

ガス分離用ゼオライト膜エレメント

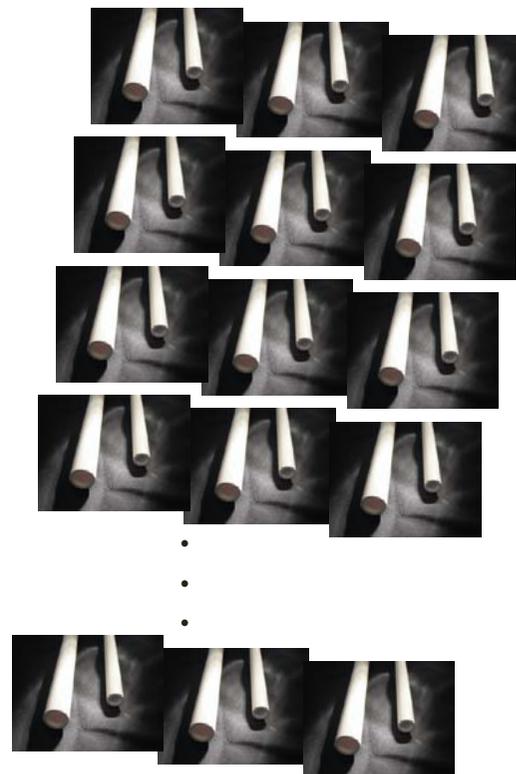


高表面積 (12m²)

←
×200 倍

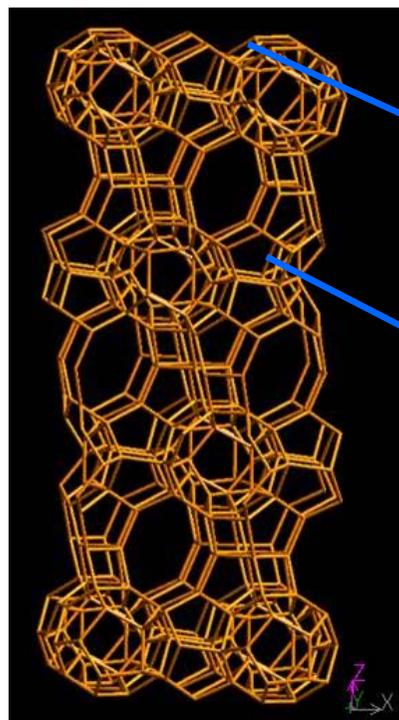
単管式ゼオライト膜

(17 mmΦ × 1,150 mm)

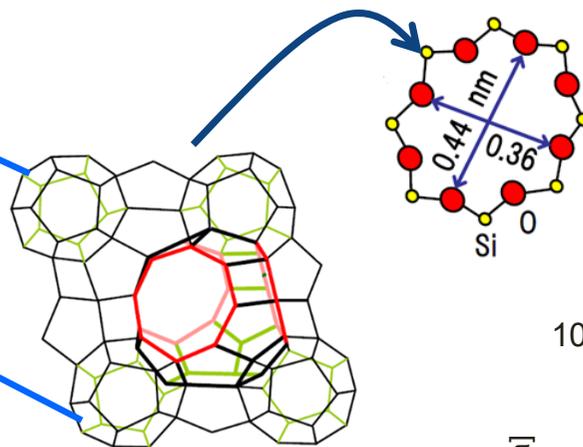


DDR型ゼオライト膜の特徴(2) – CO₂/メタン分離性能

ナノ多孔体構造

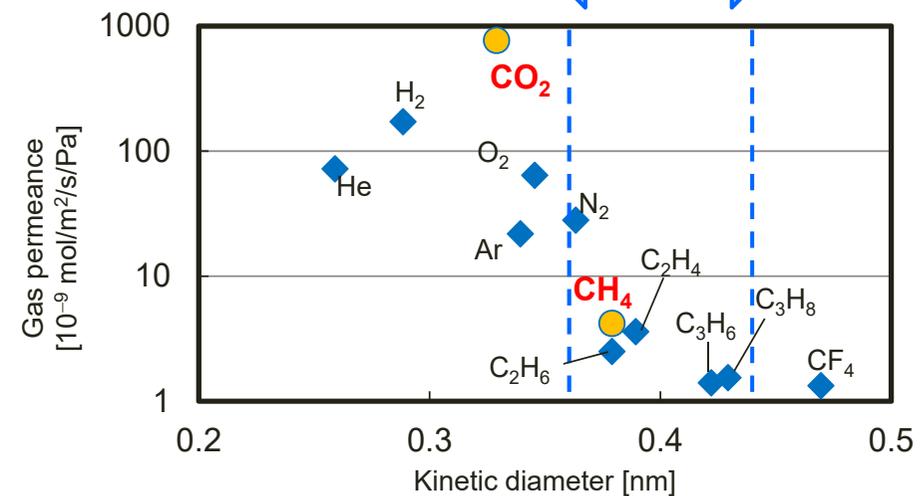


DDR-type zeolite



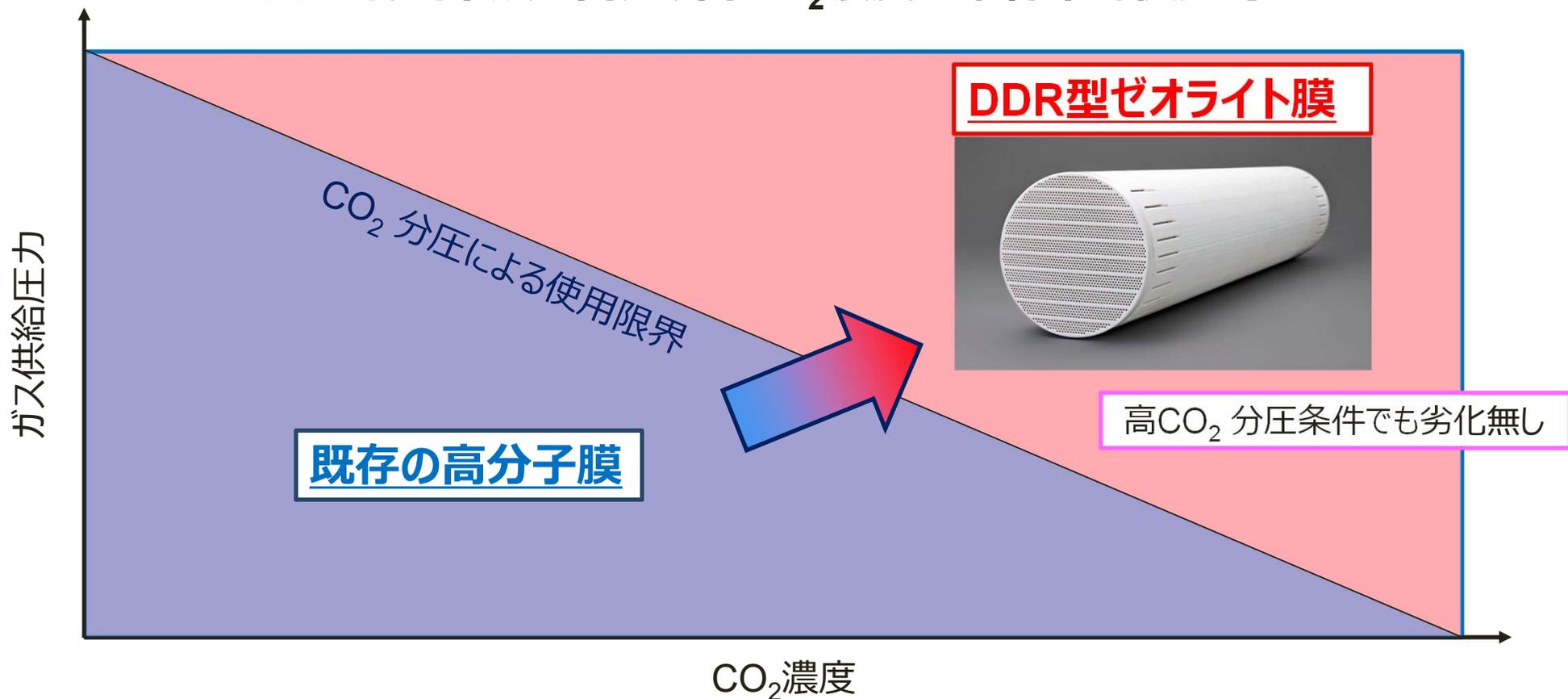
CO₂/メタン分離に
適した細孔径を有する

0.36 nm × 0.44 nm



DDR型ゼオライト膜の特徴(3) – 高CO₂分圧への耐性

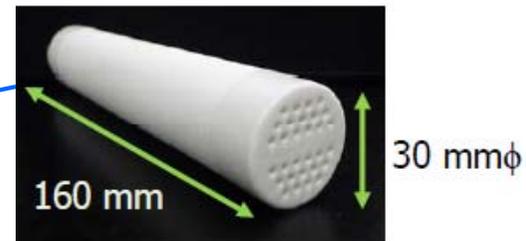
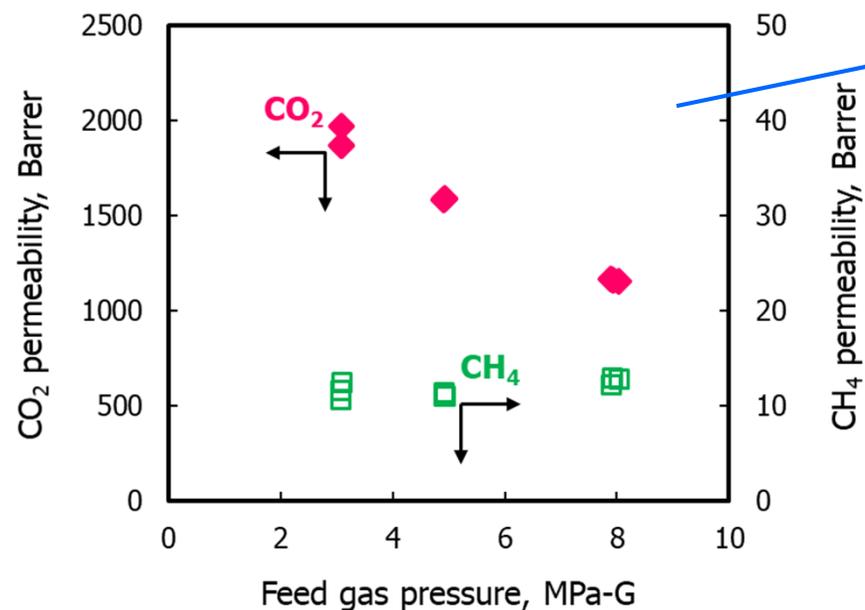
- DDR型ゼオライト膜は高圧、高CO₂濃度の条件下で使用可



高圧でのガス透過性能 – ラボ試験(1/2)

高圧(~8MPaG)でのCO₂透過性能

Feed gas: CO₂/CH₄ = (61–67 mol%/33–39 mol%), Temperature: 44–47 °C



ラボ試験用小型膜

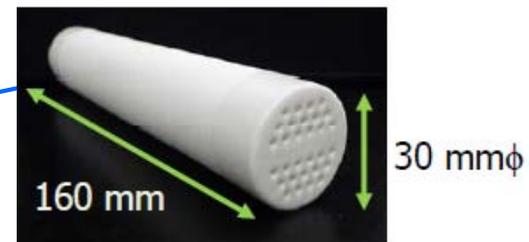
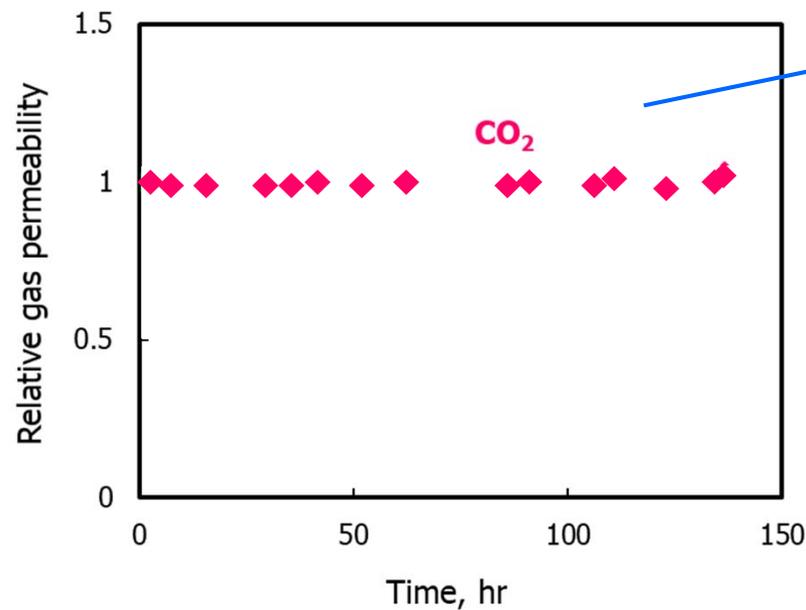
- ◆ 優れたCO₂透過性能
- ◆ 高いCO₂/メタン分離性能

高圧でのガス透過性能 – ラボ試験(2/2)

高圧でのCO₂ 透過性能の経時変化

Feed gas: CO₂/CH₄ = (65–71 mol%/29–35 mol%), Temperature: 58–60 °C

Transmembrane pressure difference: 7.4–7.7 MPa



ラボ試験用小型膜

- ◆ 安定したCO₂ 透過性能
(~140時間)

目次

1. 取り組みの背景

2. DDR型ゼオライト膜プロセスの特徴

3. 未来を拓く商業化への取り組み

DDR型ゼオライト膜プロセスの商業化へのロードマップ^o

■ 現在はフィールドテスト段階



CO₂-EOR油田で
無機膜での初めての
実ガス試験

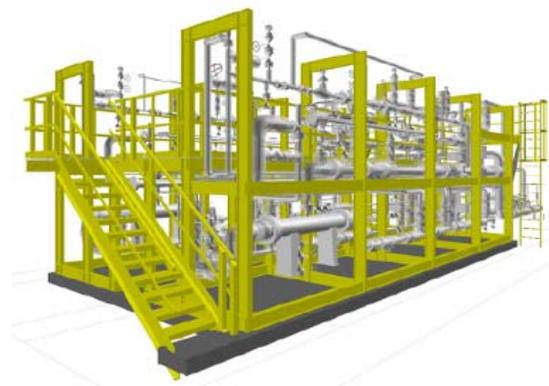
社会実装

フィールド
テスト

データ採取の
ラボ試験



最適な膜の
評価、選定



DDR型ゼオライト膜プロセスの開発現状

	開発項目	状況
ラボ試験	✓ 耐圧性のある分離膜エレメントの製作	完了
	✓ 高圧、高CO ₂ 分圧下での分離性能データの取得	完了
	✓ 共存不純物の影響評価	完了
商業化	✓ 商業サイズエレメントの製作	完了
	✓ 分離膜モジュールの設計	完了
	✓ 実ガスでのフィールドテスト	実施中



商業膜による実ガスでのフィールドテストの概要

大型実証試験をJOGMECと共同で実施

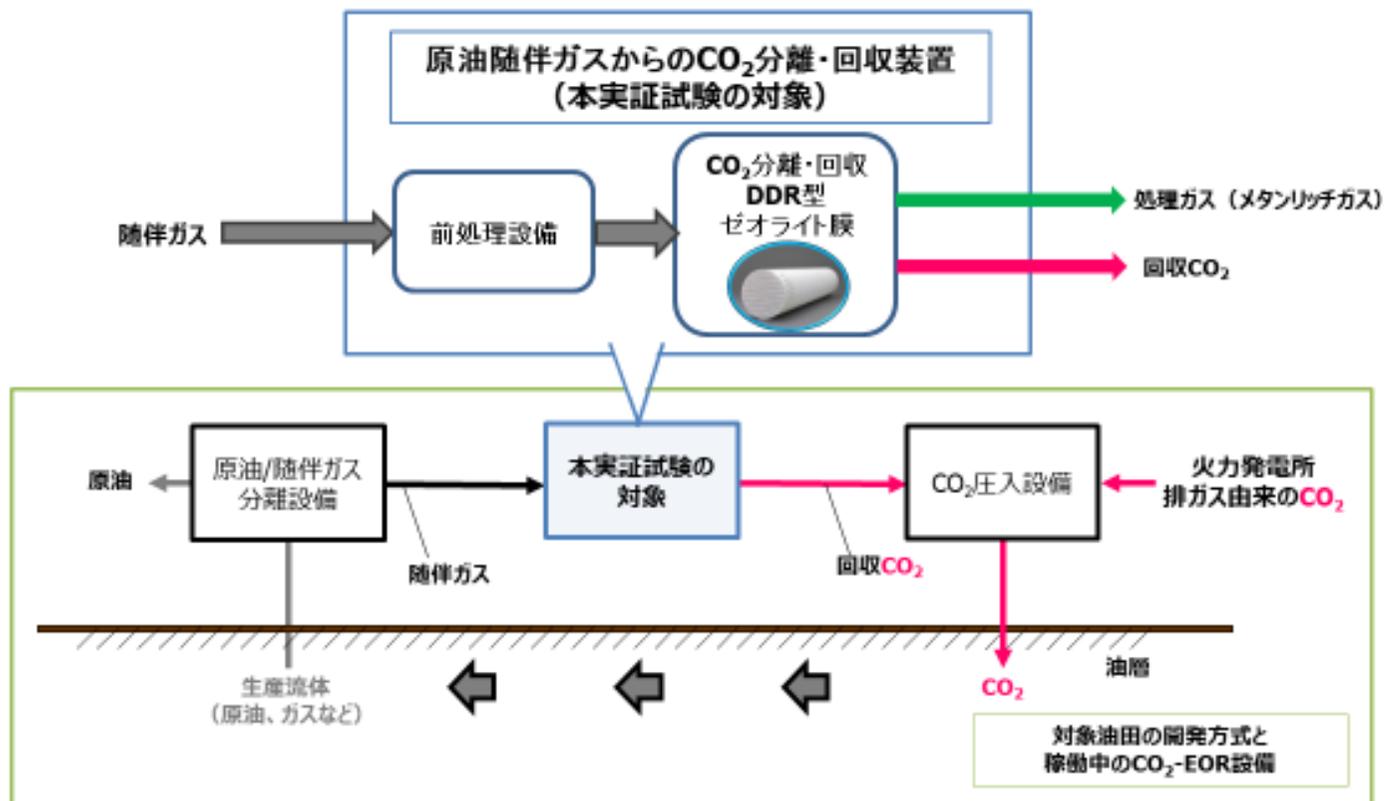
場所	アメリカ合衆国テキサス州
対象ガス	原油生産時の随伴ガス
Capacity	3 MMSCFD (million cubic feet per day)
計画	<ul style="list-style-type: none">2019年2月より試験設備の設計開始設備完成後、約1年間の試験実施



JOGMEC: 独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構

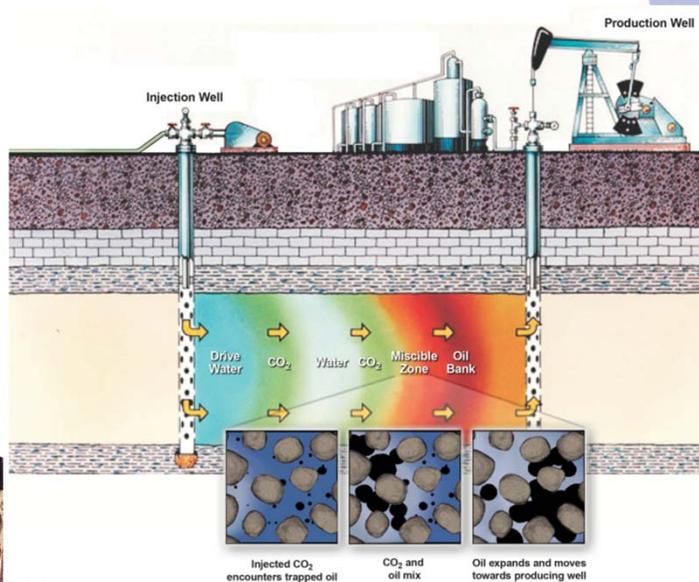
対象油田のCO₂-EOR設備と本実証試験の関係

2019年2月25日 日揮株式会社ニュースリリース



<https://www.jgc.com/jp/news/2019/20190225.html>

膜プロセスによるCO₂/メタン分離の適用先



CO₂含有天然ガス田



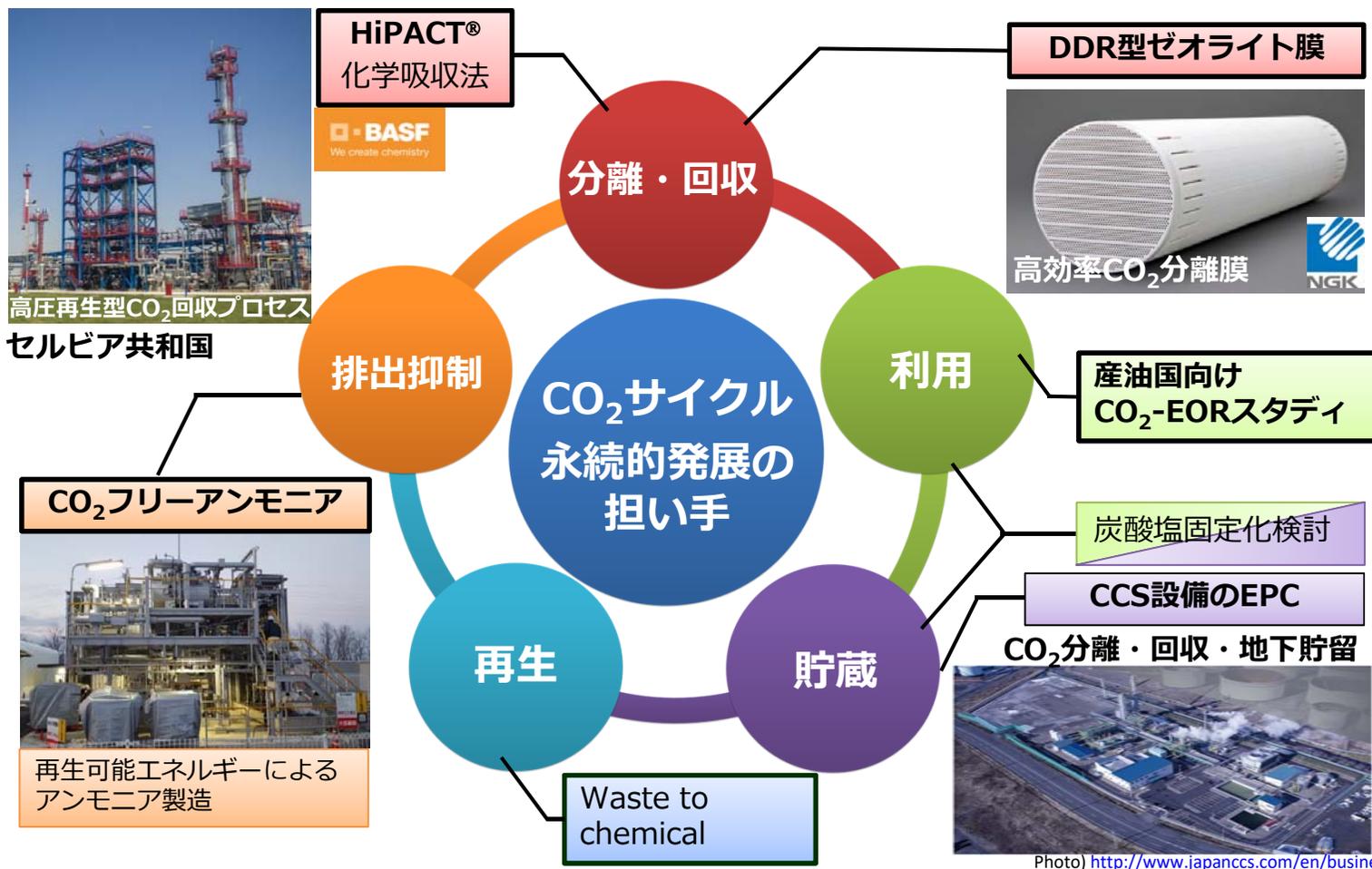
メタン発酵

CO₂-EOR
(Enhanced Oil
Recovery)

商業装置規模(大)



日揮によるCO₂分離とカーボンマネジメントへの取り組み



まとめ

- DDR型ゼオライト膜プロセスによるCO₂分離の特徴
 - ✓ 高表面積(単位容積あたり)
 - ✓ 高いCO₂/CH₄分離性能
 - ✓ 高いCO₂分圧への耐性
- DDR型ゼオライト膜プロセスは、天然ガス処理およびCO₂-EORにおける随伴ガス処理に適する
- DDR型ゼオライト膜プロセスの大型実証を世界で初めて開始

DDR型ゼオライト膜プロセスの社会実装にご期待ください！

謝辞

本発表に示した大型実証試験はJOGMEC（独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構）の平成30年度－平成33年度技術ソリューション事業「DDR膜によるCO₂分離回収技術のフィールド実証試験」による共同事業において遂行中です。
ご支援・ご協力に感謝申し上げます。



問い合わせ先

日揮グローバル株式会社

オイル&ガスプロジェクトカンパニー
技術イノベーションセンター

近松 伸康

chikamatsu.nobuyasu@jgc.com

日揮の技術開発に関する問い合わせ先

technology@jgc.com