

2050年カーボンニュートラルに向けた JOGMECのCCS事業の取組み

Japan Oil, Gas and Metals National Corporation

2020.12.23 CCS推進グループ

1. 資源開発も脱炭素化の時代へ

資源開発における脱炭素化への要求が高まっている。海外の産油国・メジャーもCCSなどを中心に脱炭素事業への取組を強化している。今後、化石燃料を水素・アンモニアなど新たな資源として活用していくためにもCCSの利用が不可欠。

資源開発事業における取組例

- OPCI(石油・ガス気候変動イニシアティブ)*¹は、欧州を中心とした4つのHub CCUSプロジェクトを推進。10億米ドルのファンドを立上げ、メタン/CO₂を低減するCCUS技術等に投資している。
- ADNOC (アブダビ国営石油会社) は、2030年までにガス処理施設等から排出されるCO₂を回収し、500万トン/年を CO₂EOR *²で地下圧入するとしている。
- 蘭Shell社は、カナダ・アルバータ州でのQuest CCSにおいて、化石燃料由来の水素製造を含む設備から、これまで累計500万トンのCO₂を回収し地下圧入している。
- 米Chevron社は、オーストラリアのGorgon LNGにおいて、CCS *³の運転を開始しており、最大で340万~400万トン/年のCO₂を圧入し、40年間稼働することを計画している。
- 豪Santos社は、豪州内陸のMoombaにおける天然ガス処理プラントから排出される170万トン/年のCO₂を地下貯留する計画であり、化石燃料由来の水素製造とそれに伴うCCSも検討している。
- 蘭Shell社や仏Total社は、カーボンオフセット*⁴によって、カーボンニュートラルLNGとして、日本や中国に販売している。



*出典：OGCI Progress Report 2020 より

*¹：OGCI: 石油・ガス業界のCEOによる気候変動対策の取組。メンバー企業はBP, Shell, ExxonMobil, Chevron, Saudi Aramco, Petrobras, Eni, Total等の石油メジャー、国営石油会社12社。エネルギー・バリューチェーンのCO₂排出量の削減、低炭素ソリューションの促進、炭素循環型モデルの形成を目的とし、それを実現するための活動として「メンバー企業自身の活動による排出削減の推進」と「投資ファンドによる低炭素化に寄与する研究・技術開発・政策提言等」を掲げている。

*^{2~4}：本紙末尾「コラム：二酸化炭素削減手法」を参照

2. 世界のCCSの状況

従来、EOR（原油増進回収）が中心だったCCSに変化が起きている。今後は、CO2排出抑制の手段としてのCCS事業の役割がより重要に。地域的にも、これまでは米欧豪が中心だが、今後世界の産油ガス国に広がるポテンシャルあり。

世界のCCSの状況－2020年時点

- 稼働中のCCSプラント：26件
－累計約4000万トン/年のCO2圧入を実施
－23件は天然ガス・水素・化学品製造由来
- 建設中：3件
- 詳細検討中：13件
- 初期検討中：21件



主なCCSプロジェクト概要

プロジェクト名	国	状況	稼働年/ 稼働開始 予定年	CO2 ソース	貯留容量 (Ton/年)	貯留 分類
Century Plant	米国	稼働中	2010	天然ガス 処理	500万	EOR
Petrobras Santos Basin Pre-Salt oil Field CCS	ブラ ジル	稼働中	2013	天然ガス 処理	460万	EOR
Petra Nova Carbon Capture	米国	稼働 停止	2017	石炭 火力	140万	EOR
Gorgon Carbon Dioxide Injection	豪州	稼働中	2019	天然ガス 処理	400万	CCS (貯留のみ)
Santos Cooper Basin CCS Project	豪州	詳細 検討中	2023	天然ガス 処理	170万	CCS (貯留のみ)
San Juan Generating Station Carbon	米国	詳細 検討中	2023	石炭 火力	600万	EOR
The Clean Gas Project	英国	初期 検討中	2025	天然ガス 火力	600万	CCS (貯留のみ)

*出典：Global CCS Institute –Global status of CCS 2020

3. JOGMECにおける取組（1）－技術事業戦略の策定

- JOGMECは、「**低炭素社会に向けた技術事業戦略**」を2020年7月1日に公表。
- 同戦略において、新たな技術開発の方向性の**3本柱**を位置付け。
- 特に、「**①低炭素社会の実現への貢献**」のため、資源開発と一体となったCCS事業の支援・技術開発を強化する方針。そのため、戦略公表と同日付で、JOGMEC内に新たにCCS事業を統括し推進する特別なグループを設置。

①低炭素社会の
実現への貢献

②油ガス田開発の
新たな可能性の追求

③技術支援や探鉱開発評価を
支える基盤技術の維持・強化

新たな技術開発の方向性の3本柱

資源開発CCS事業支援

低環境負荷型技術の研究開発

炭化水素からの新たな資源創出とバリューチェーン構築への関与

- CCS技術を用い、低環境負荷型の事業の支援を実施する。
- 燃料アンモニア等を媒体とした、低炭素型エネルギー開発のビジネスモデル構築の為のFSの実施や詳細技術検討を進める。

□ CCS推進グループの設立(7月1日)

- 長年取り組んできたEOR技術や探査技術、さらには施設関連技術のノウハウを動員し、CCS事業に活用。

4. JOGMECにおける取組（2） – CCS推進事業

JOGMECは資源開発CCSの中核機関として、本邦企業によるCCS事業への支援を強化する。そのため、「過去50年蓄積した地下評価技術ノウハウ」と「実証系研究で蓄積した施設技術ノウハウ」を最大限活用する。

CCS推進事業の取組方針

技術開発

- JOGMEC技術センター（TRC）が有する地下評価技術/施設技術のCCS事業へ適用のためのさらなる技術開発・改良

実フィールドでの適用

- 国内外の実フィールドにおける技術検証とCCS事業性評価の実施

国内企業ニーズへの対応

- 国内企業のCCS事業課題の解決や技術ニーズへの対応
- 国内外企業との連携による燃料アンモニア事業の推進

関係機関との連携

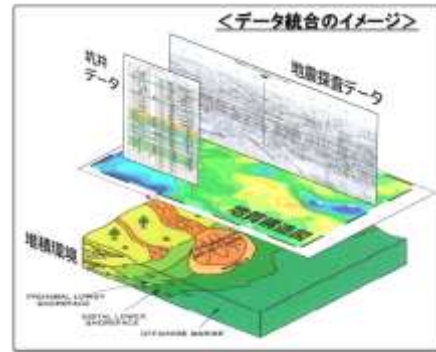
- 国内外CCS関連機関とのネットワーク構築

5. 地下評価技術の取組内容

CCSの事業性評価を行う上で、特に重要な以下の4つの技術課題に取り組む。

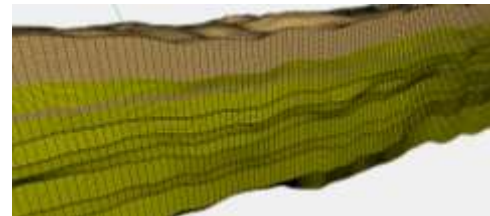
① CCS対象構造の絞り込み

利用可能な地質情報を分析し、広大な堆積盆から貯留に適した有望エリア、構造を抽出する。



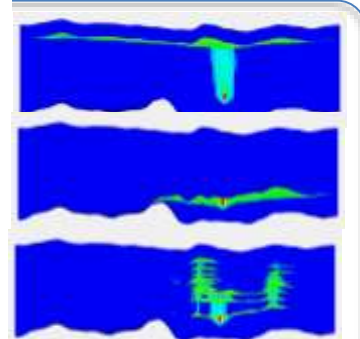
② 地下貯留層評価

地震探査データ／坑井データや地下の岩石サンプルを分析することにより、地層モデルを作成し、地下の貯留層を正確に把握する。



③ CO2貯留予測シミュレーション

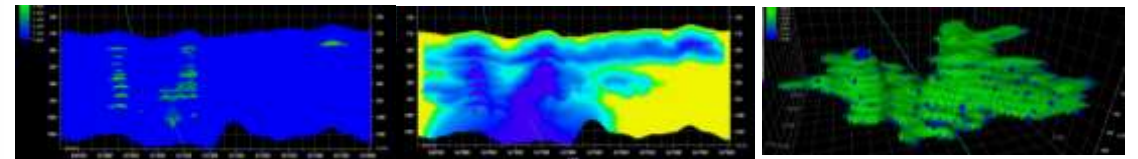
地下におけるCO2貯留状況をシミュレーションにより予測する。その結果を踏まえ、貯留量評価や圧入デザインを決定する。



地質パラメータに応じた異なるCO2貯留予測結果

④ モニタリング／モデルキャリブレーション

実際に貯留されたCO2の広がりを地震探査や坑井データによりモニタリングする。
③シミュレーション結果との比較を通じて分析手法を改善、長期安定性を評価する。



1000年後の超臨界CO2分布およびpH分布

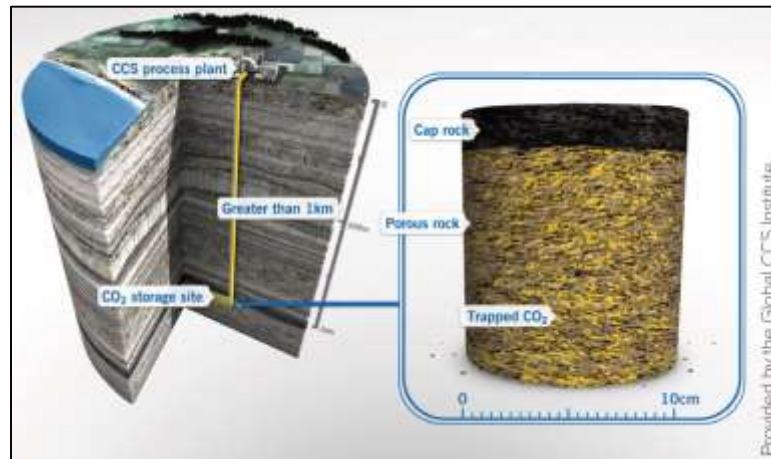
圧入停止直後の超臨界CO2分布

【参考】地下評価の基盤となる技術

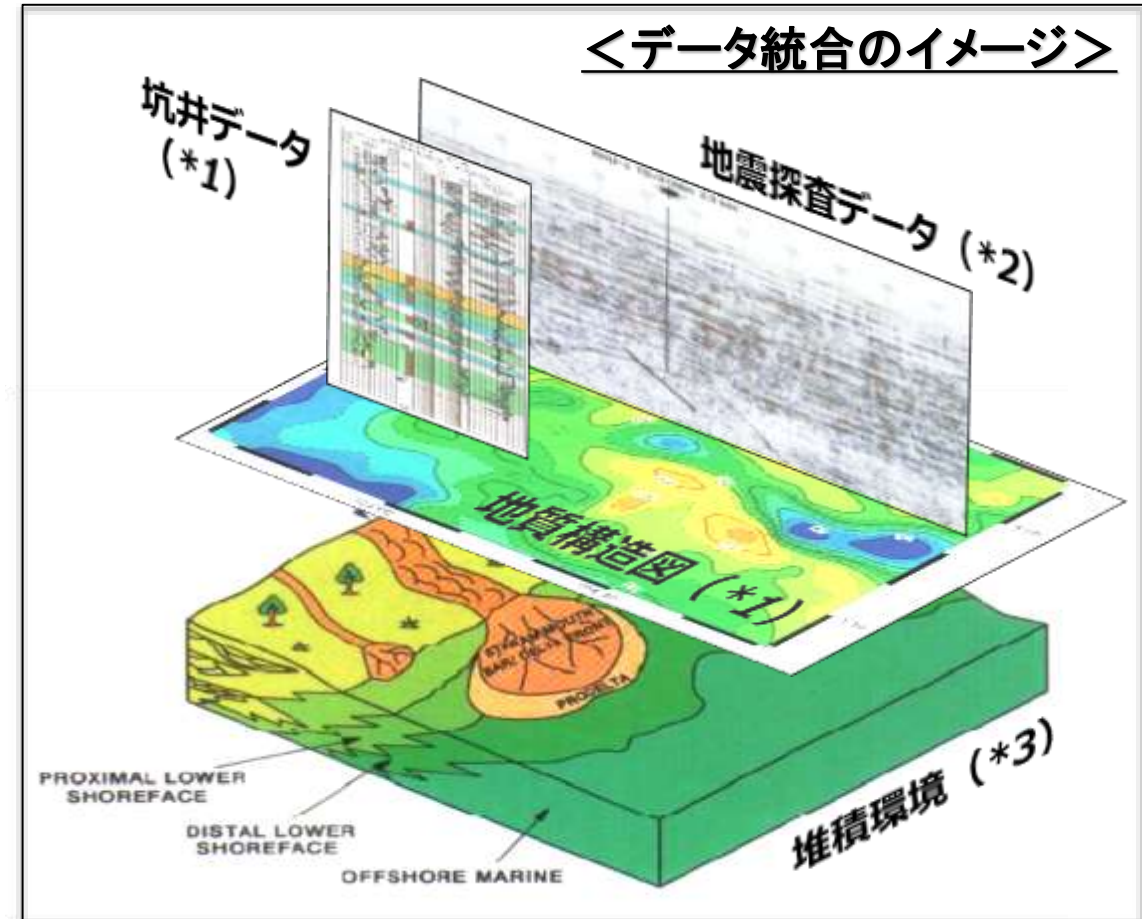
①CCS対象構造の絞り込み

貯留岩とキャップロックの分布の把握

広域地質調査に基づき対象地域の堆積環境を把握。さらには、利用可能な広域の地震探査データを活用し、地下構造の概略を把握するとともに、坑井データを用い、貯留岩とキャップロックの地質性状を調査。それにより、広大な地域から、CCSサイトに求められる要件（地表面/海底面から1km以上の深さ、十分な貯留容積等）を満たす有望エリアを抽出。



(出典) Global CCS Institute



(出典) *1 Madon and Azlina (1999).

*2 Wong Hin Fat (1999).

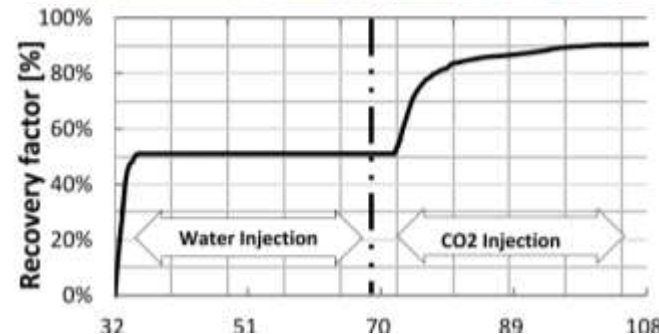
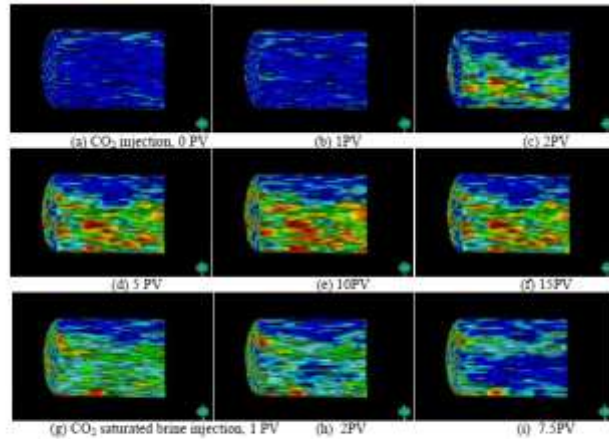
*3 Asiah Mohd Salih and Mohd Fauzi Abdul Kadir (1995).

【参考】地下評価の基盤となる技術

②地下貯留層評価

貯留層岩石を用いたコア実験

技術センター（TRC）内のラボ施設において実際の岩石サンプルを使った分析が可能。例えば、医療用CTを用いて岩石の内部流動を可視化し、高温・高圧下で、岩石中の空隙に貯留する水をどの程度CO₂で置換可能か算出できる。



(出典) Okabe et al. 2008

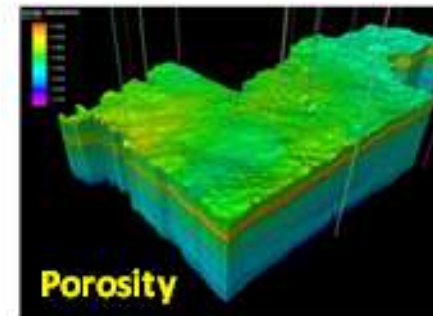
CO₂貯留量のみならず、油層への圧入の場合には、CO₂圧入による増油効果も評価。

(出典) Hiramoto et al. 2016

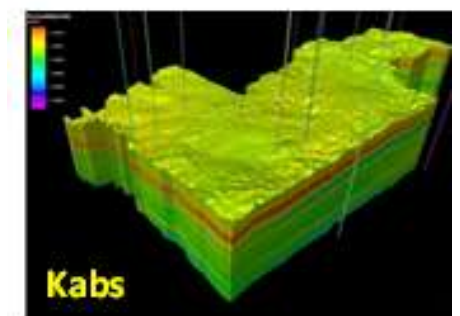
地下貯留層評価技術

岩石サンプルを用いた岩石物性測定値（コアサンプリングポイントの点データ）によって、坑井にて取得した物理検層データ（坑跡に沿った線データ）の校正・補正を行う。さらに、地層の堆積環境や地震探査データ（水平方向の広がり）を加味して、岩石物性値（空隙率、浸透率等）の空間的な分布を把握する。

岩石サンプル測定値／坑井物理検層データ／地震探査データを統合して作成された岩石物性値（空隙率、浸透率等）の空間分布



空隙率



浸透率

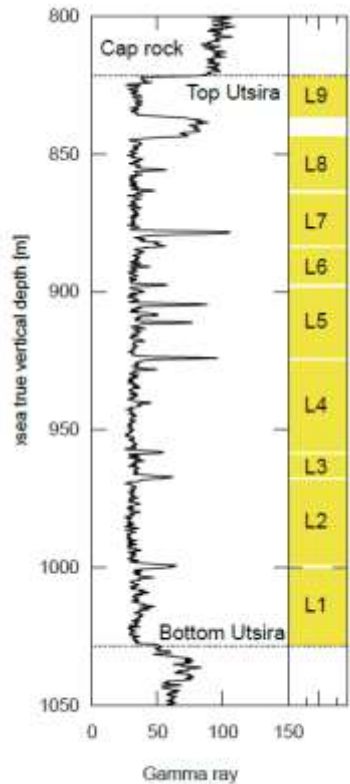
(出典) Kato et al. 2017

【参考】 地下評価の基盤となる技術

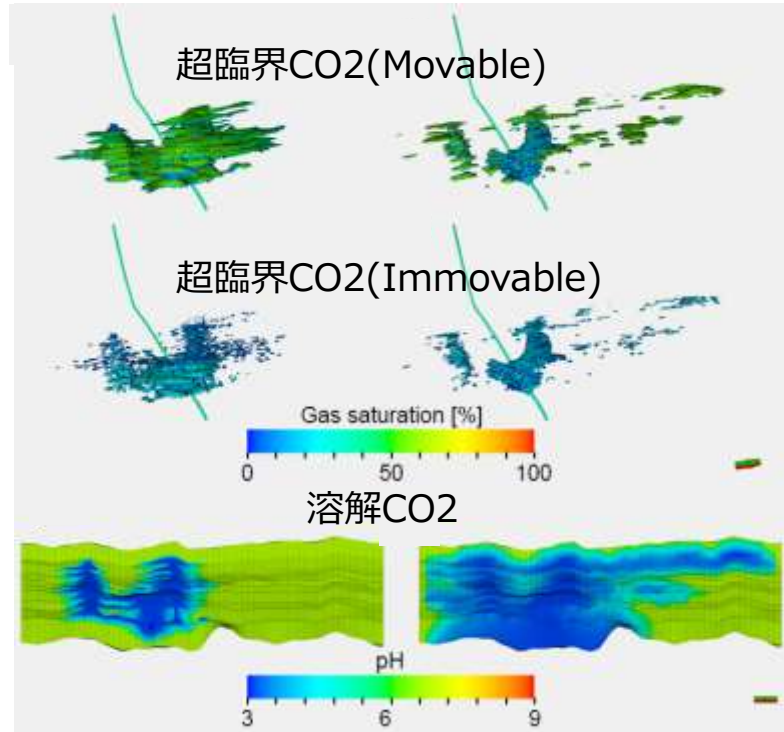
③ CO2貯留予測シミュレーション

帯水層へのCO2圧入長期挙動予測シミュレーション

シミュレーションによりCO2貯留可能量や長期的なCO2挙動を予測する。時間とともに変化するCO2の貯留形態を可視化し、漏洩リスクの評価や、圧入井のデザインに活用する。

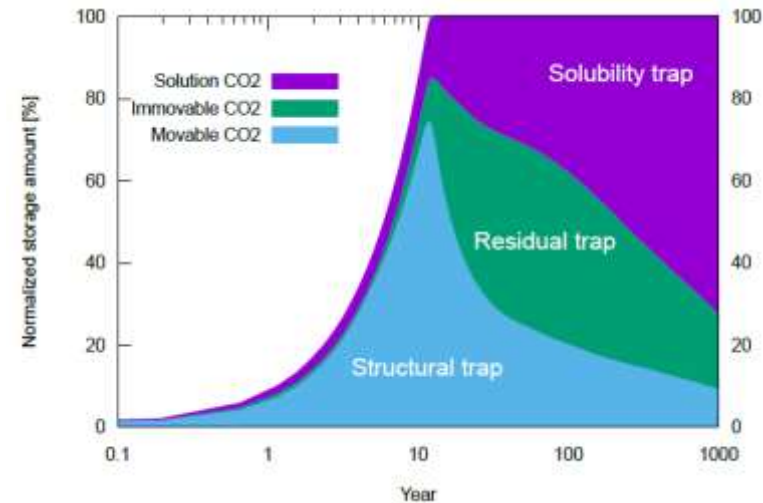


圧入停止直後（10年後） 長期貯留（1000年後）



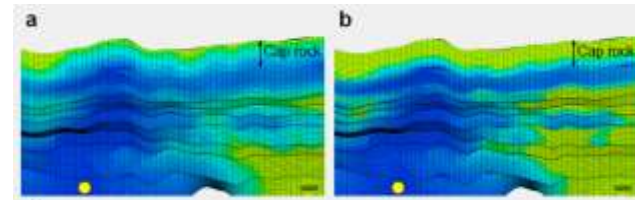
CO2貯留形態の経時変化分析

（超臨界状態CO2から地層水への溶解トラップへ）



圧入後、時間の経過とともに、CO2貯留形態は、超臨界状態の構造的貯留から、地層水への溶解型トラップへと変化していく。

貯留層外部への漏洩リスク評価



キャップロックの遮蔽能力に応じて、対象貯留層外部への漏洩リスクを評価。

（出典） Akai et al. 2020 (Under review)

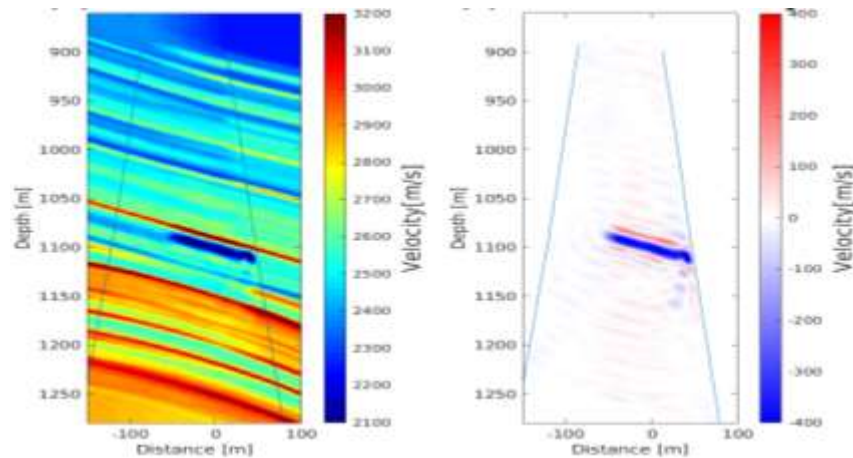
【参考】地下評価の基盤となる技術

④ モニタリング／モデルキャリブレーション

Full Waveform Inversion (FWI) 技術

地震波形全体を解析に用いることにより、従来の地震探査データの解析手法に比べて解析精度を飛躍的に向上。

長岡でのCCS実証試験（下図）やアブダビ陸上油田への適用等を通じて有効性を確認。

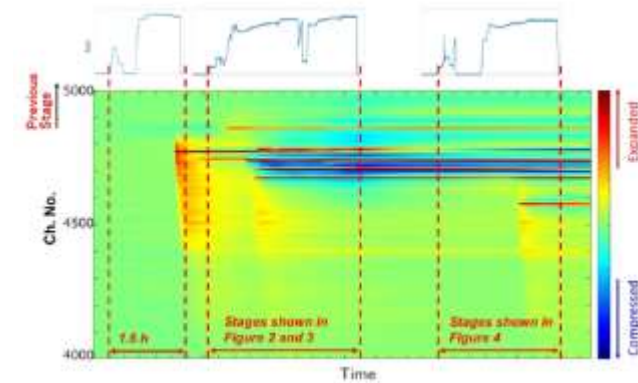


（出典） Ichikawa et al. 2020

光ファイバーセンシング技術

坑井に吊るした光ファイバーケーブルを用いて、CO2圧入後の温度・圧力・ひずみ等の貯留層プロパティを坑井に沿って連続的に高精度で把握できるモニタリング技術。

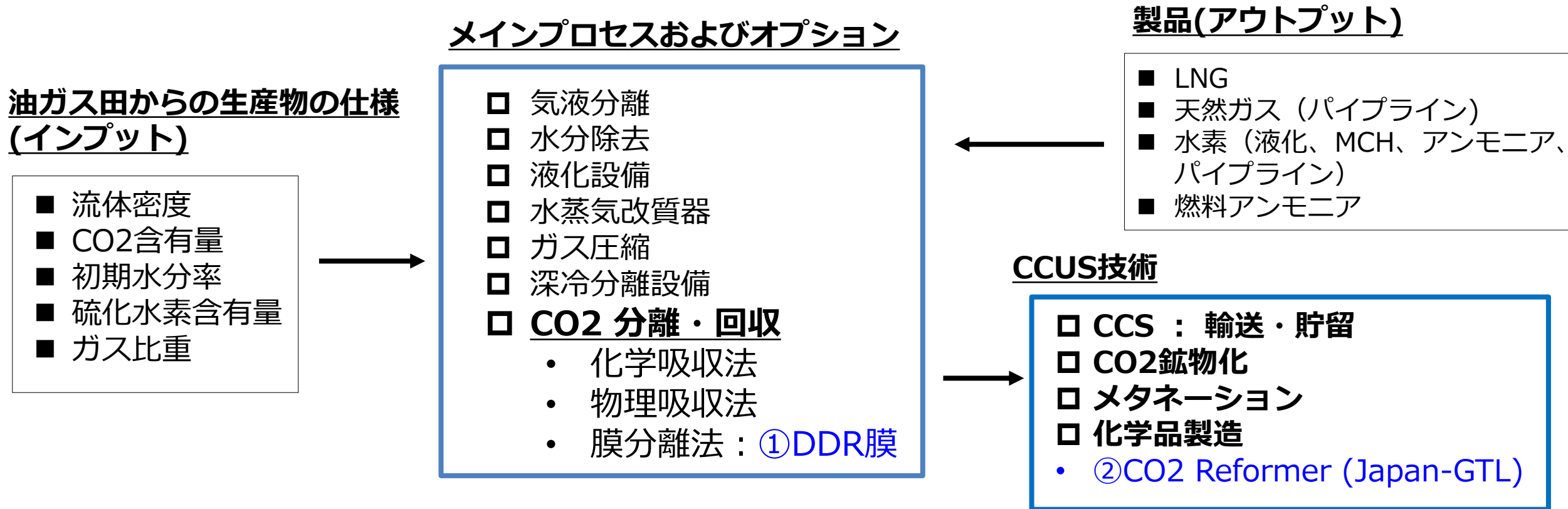
モンターニー地域タイトガス（下図）や機構のメタンハイドレート開発井での適用を通じて有効性を確認。



（出典） Ichikawa et al. 2020

6. 施設技術の取組内容

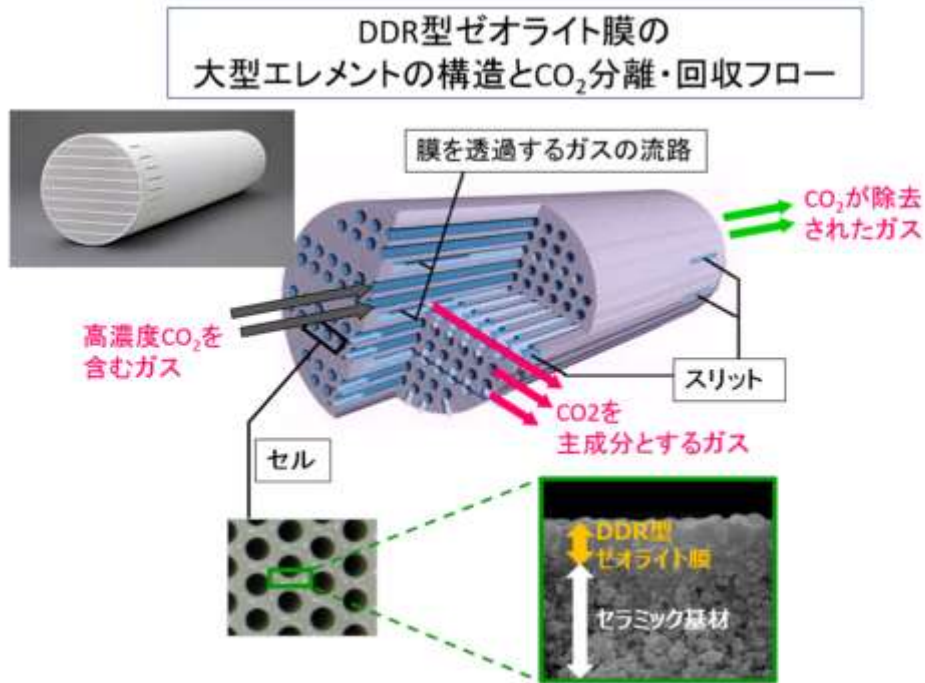
多様な上流油ガス田の仕様(インプット)、需要側の要求(アウトプット)を踏まえ、最適なCCSプロセスを事業パートナーと検討、評価。
CO2分離回収技術やGTL (Gas To Liquid)など、JOGMECの保有技術を最大限活用。



【参考】施設関連の要素技術

① DDR膜 (CO₂分離膜)

- 高圧下での高CO₂含有ガスからのCO₂分離に適用可能
- 世界最大のゼオライト膜エレメント (180mm x 1,000mm)
- 日揮、日本ガイシと共同開発、現在商業化を見据えた実証への移行段階



(出典) 2019年ニュースリリース | 日揮ホールディングス株式会社

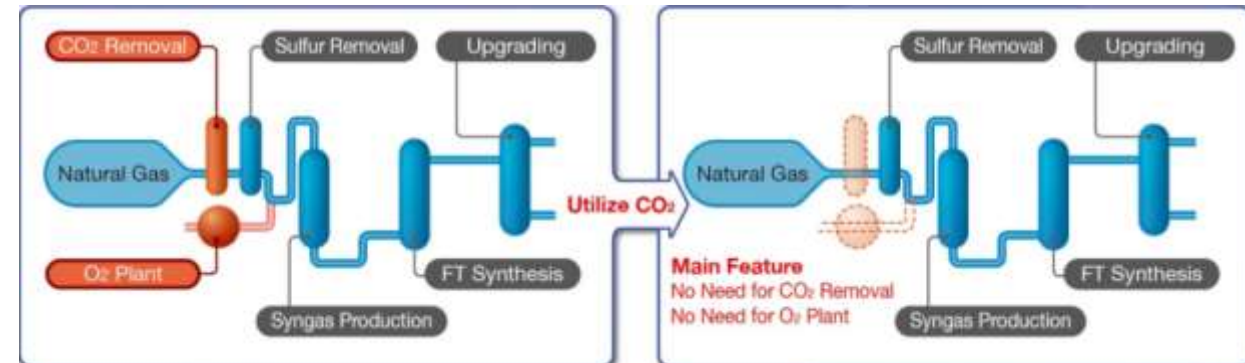
② CO₂ Reformer (Japan-GTL)

従来プロセス

ガス田含有のCO₂除去処理設備と酸素製造設備が必要

JAPAN GTL プロセス

CO₂を原料ガスとして、合成ガス生成可能 (最大CO₂含有量40%)



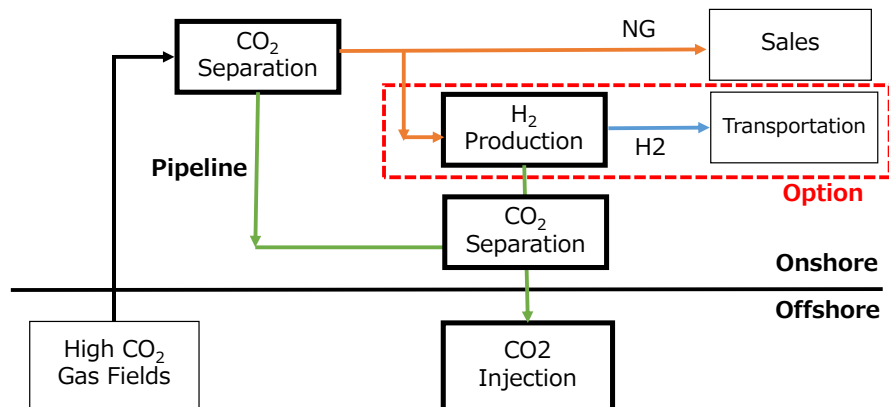
本技術性能を活かしたCCUSプロセスの検討

7. 現在実施中の主なプロジェクト

① 東南アジアにおけるCCSを用いた高濃度CO2含有ガス田開発計画の策定

【案件概要】

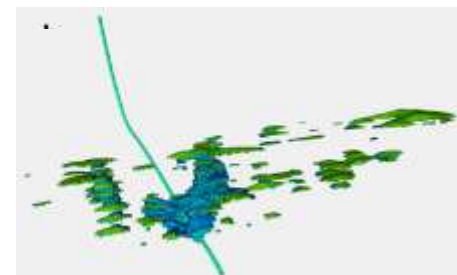
- 東南アジア海上の高濃度CO2含有ガス田（～50%）から排出されるCO2を地上で分離し近傍の海洋枯渇ガス田へ再圧入するCCS計画。
- 生成されるガスは製品として出荷する。また、その一部は水素に転換して日本への持ち込みを検討。
- 現在、JX石油開発と協力し、複数ガス田の評価を実施中。今後、FEED、FIDに向けて検討を進める予定。



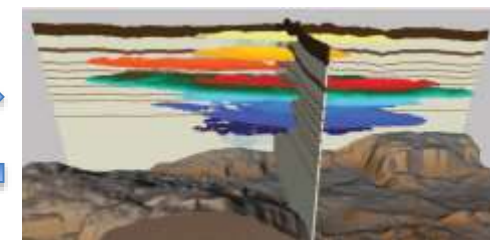
② 帯水層CO2圧入のシミュレーション分析 (Sleipnerデータを用いた新しいシミュレーション手法検討)

【案件概要】

- ハリバートン社と協力し、ノルウェー海上におけるSleipner CCS projectの実データを用いて、帯水層におけるCO2圧入のシミュレーションを実施。
- 石油開発において通常使用されるモデルとは異なるシミュレーションモデルを用いて、従来のJOGMECの分析手法を改良。より高精度に圧入CO2の挙動をシミュレートするためのワークフローの構築を目指す。
- 今年度中に成果発表予定。



JOGMEC保有商用ソフトウェア



ハリバートン社ソフトウェア
(出典) Permedia™
CO2 Software data sheet

※上記の他、日本国内、ロシア、中東、豪州、アジア、北米等で事業検討中

8. 今後の重要テーマ

①CCS事業の経済性向上

プロジェクト全体の経済性を向上させるためにはCCSに要するコストを可能な限り削減していくことが必要。技術開発や全体システムの最適化によるコスト低減に取り組んでいく必要あり。

②CO2削減量/貯留量の算定、国際調和

CCSによる事業全体のCO2削減量やCO2貯留量を評価する仕組みと、評価手法の国際的な調和が重要。今後海外の資源エネルギー関係機関と連携し、日本企業が推進するCCS事業の有効性や信頼性の向上に寄与するための認証機能・機関の形成が必要。

(注) 海外における取組例：カナダ・アルバータ州では、CCS事業者がCO2削減量を算定した後、同州エネルギー省下の地下資源監督庁(AER)が、CO2削減・貯留にかかる方法論をレビュー、削減量の認定を行っている

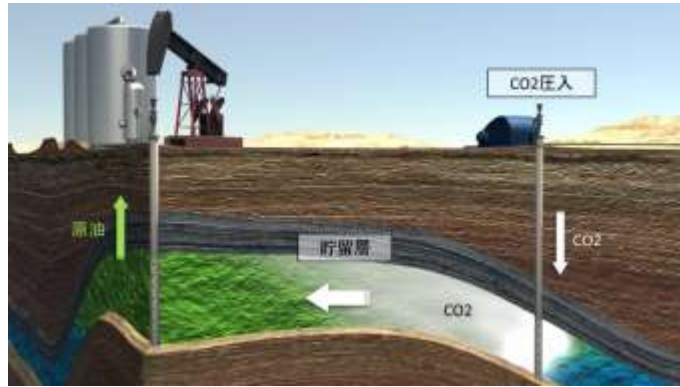
③長期CO2貯留安定性

CO2を長期で貯留する地層能力の評価、長期のCO2挙動の予測技術の向上、適切なモニタリング手法の確立等により、長期安定性を検証し、信頼性を高めていく努力が必要。

【コラム】 二酸化炭素削減手法

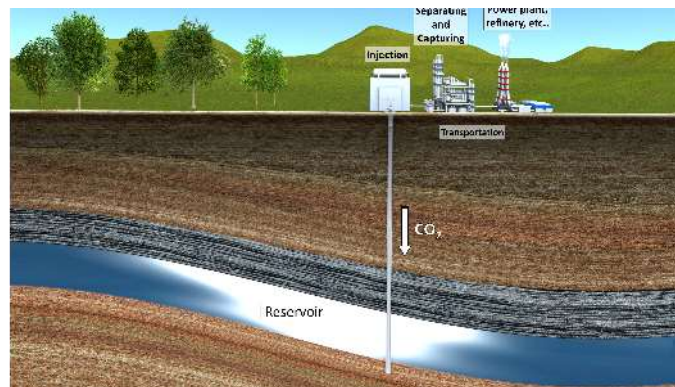
CO2EOR (Enhanced Oil Recovery) : 二酸化炭素圧入による石油増進回収

CO2を原油貯留層に圧入することで、油層内の原油の流動性を高め、原油の回収量を向上させる技術。一部のCO2は地下に残留し貯留される。



CCS (Carbon Capture and Storage) : 二酸化炭素の回収と貯留

CO2を地下に長期貯留する目的で、枯渇油ガス田や帯水層に圧入する。



カーボン・オフセット :

事業活動によって排出される二酸化炭素等の温室効果ガスのうち、企業の自助努力では削減できない排出分について、他の場所でのCO2削減・吸収事業支援やクレジット購入により、埋め合わせること。

