

苫小牧におけるCCS大規模実証試験

ご説明資料

2022年10月17日
日本CCS調査株式会社

当社の概要

設立：2008年（平成20年）5月26日

資本金：2.4億円（資本準備金2.4億円）

株主：34社（電力、都市ガス、石油、プラント設計・建設、商社等）

事業内容：二酸化炭素の分離・回収、利用、輸送及び地中貯留(CCUS)技術の調査、研究開発、事業化調査、実証試験

従業員：97名（2022年5月現在）

受託事業と実施体制

① 苫小牧におけるCCUS大規模実証試験（2012年度～）

委託元 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)

② 二酸化炭素貯留適地調査事業（2014年度～）

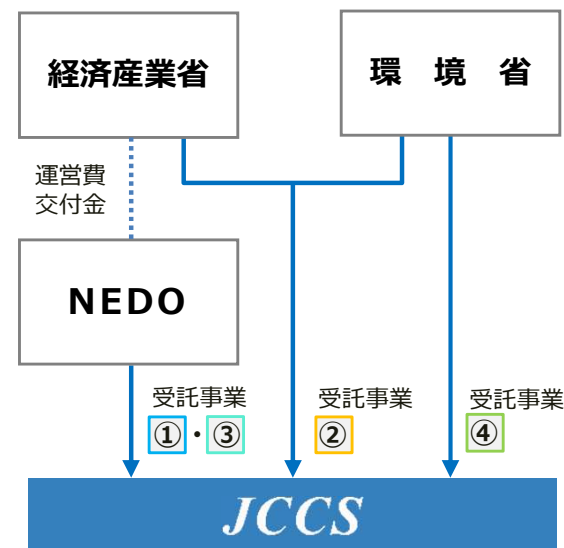
委託元 経済産業省 ・ 環境省

③ CO₂船舶輸送に関する技術開発および実証試験 （2021年度～） ※4社共同受託

委託元 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)

④ 二酸化炭素の資源化を通じた炭素循環社会モデル構築促進事業（2021年度～） ※6社共同受託

委託元 環境省



※各受託事業の遂行にあたっては、各分野の学識経験者等から成る有識者委員会を設置し助言、技術指導を受けています。

Carbon dioxide Capture and Storage

二酸化炭素を

回収して

貯留する

工場等

圧入井

CO₂

CO₂

拡大部

貯留タイプ

- ・ 深部塩水層
(一般的な地中貯留)
- ・ 油層 (CO₂-EOR*)

*石油回収の増進
(EOR: Enhanced Oil Recovery)
に活用して地中貯留

遮へい層
(泥岩など)
CO₂を通さない
地層

貯留層
(砂岩など)
CO₂の貯留に
適した地層
岩石中の隙間に貯留

遮へい層

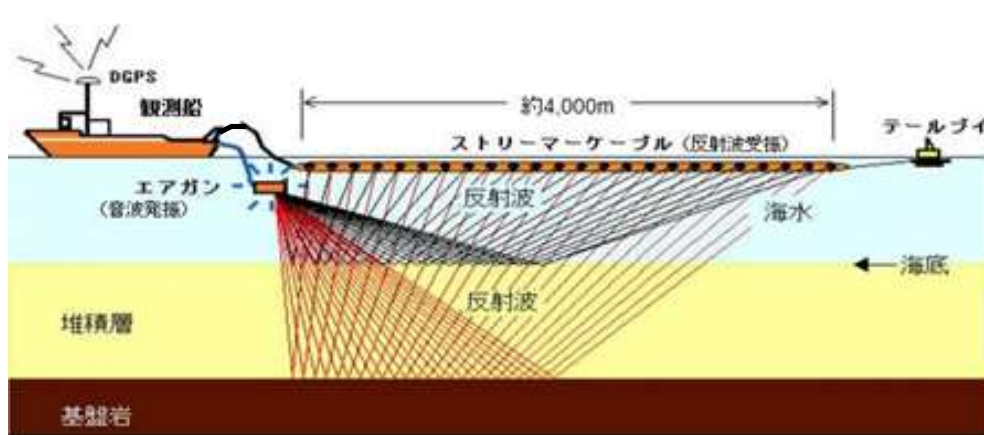
貯留層

CO₂

CO₂を地中に貯留するためには、貯留層とその上部を覆う遮蔽層が対になった地層構造が必要。遮へい層は貯留層に入れたCO₂が漏れ出さないようフタの役割を果たす。

① 適地候補の調査（物理探査）

【許可：鉱業法第100条の2】



② 貯留適地の選定（坑井掘削）

【準拠：鉱山保安法第8条 他】



③ 地中貯留(圧入)

【許可：海洋汚染防止法

準拠：鉱山保安法第8条、

「CCS実証事業の安全な実施にあたって」 他】



- 物理探査や坑井掘削の実施、漏洩リスク等の評価等には、石油・天然ガス鉱業技術を利用。
- CO₂-EORの場合は、海域でも鉱業法・鉱山保安法で実施可能
- 海防法に基づく許可基準には、鉱業法・鉱山保安法及び鉱業で培われた技術及び知見を援用した評価に基づき充足を判断すべき項目が存在。
- 坑井の掘削・閉鎖および圧入・運用時の安全確保、モニタリング等に関する経済産業省のガイドライン「CCS実証事業の安全な実施にあたって（平成21年8月）」を適用している

- CO₂-EORは、1970年代から石油・天然ガス鉱業において実施されているprovenな技術。
- 新法は、石油の増産を目的としない（鉱業法の直接適用とならない）枯渇油ガス田（油ガスが地層水に置換された状態）へのCO₂貯留もカバーする必要あり。
- 深部塩水層へのCO₂圧入・貯留は、基本的にCO₂-EORと同様の技術の適用。但し、油ガスが地中に保たれてきた実績がないため、遮蔽層の健全性等の評価が必要。

	CCS 深部塩水層/枯渇油ガス田	EOR
目的	CO ₂ の地中貯留	油の増産
圧入されたCO ₂	地層水(塩水)の置換、溶解、鉱物化により、半永久的に地中に留まる	一部は油・天然ガスとともに地上に戻るが、大半は地中に残留する（地上に戻ったCO ₂ は油ガスから分離し、再圧入される）
圧入の方法	圧入井を掘削し、圧力をかけてCO ₂ を地中に送る	

新千歳空港

ウトナイ湖

苫小牧における CCS大規模実証試験

苫小牧市役所

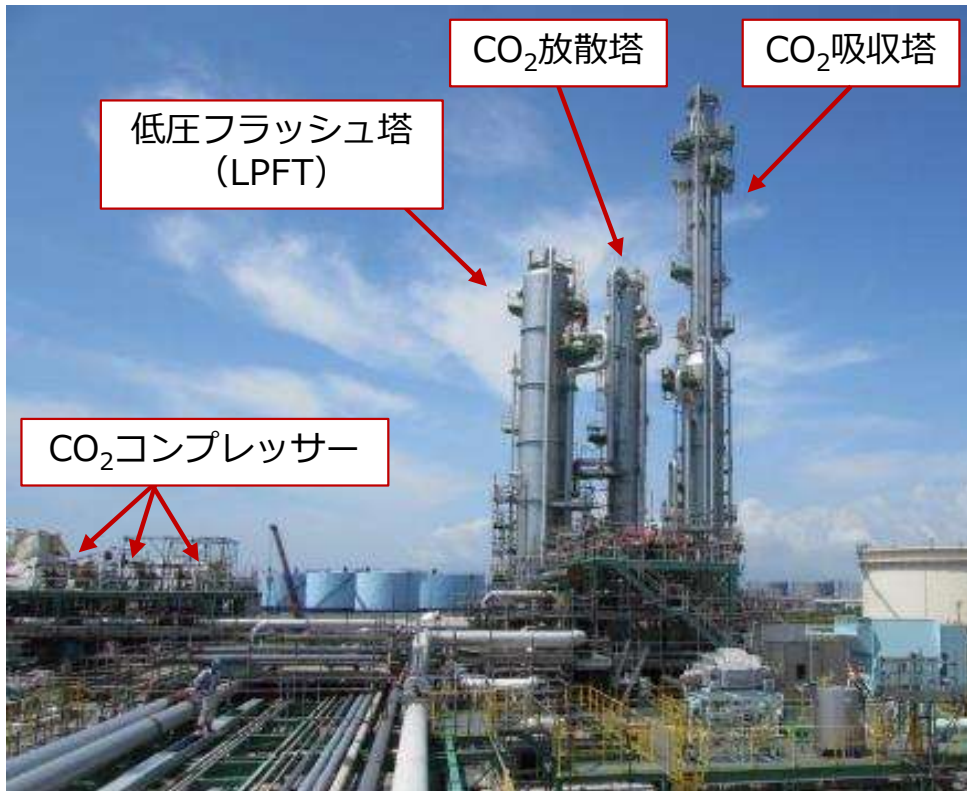
分離・回収・圧入設備

- 苫小牧におけるCCS大規模実証試験の位置付け
圧入量から世界の大規模プロジェクトには分類されないが、世界的に注目すべきプロジェクトとして期待されている



日本初の一貫したCCSプロジェクト、海底下のCO₂地中貯留

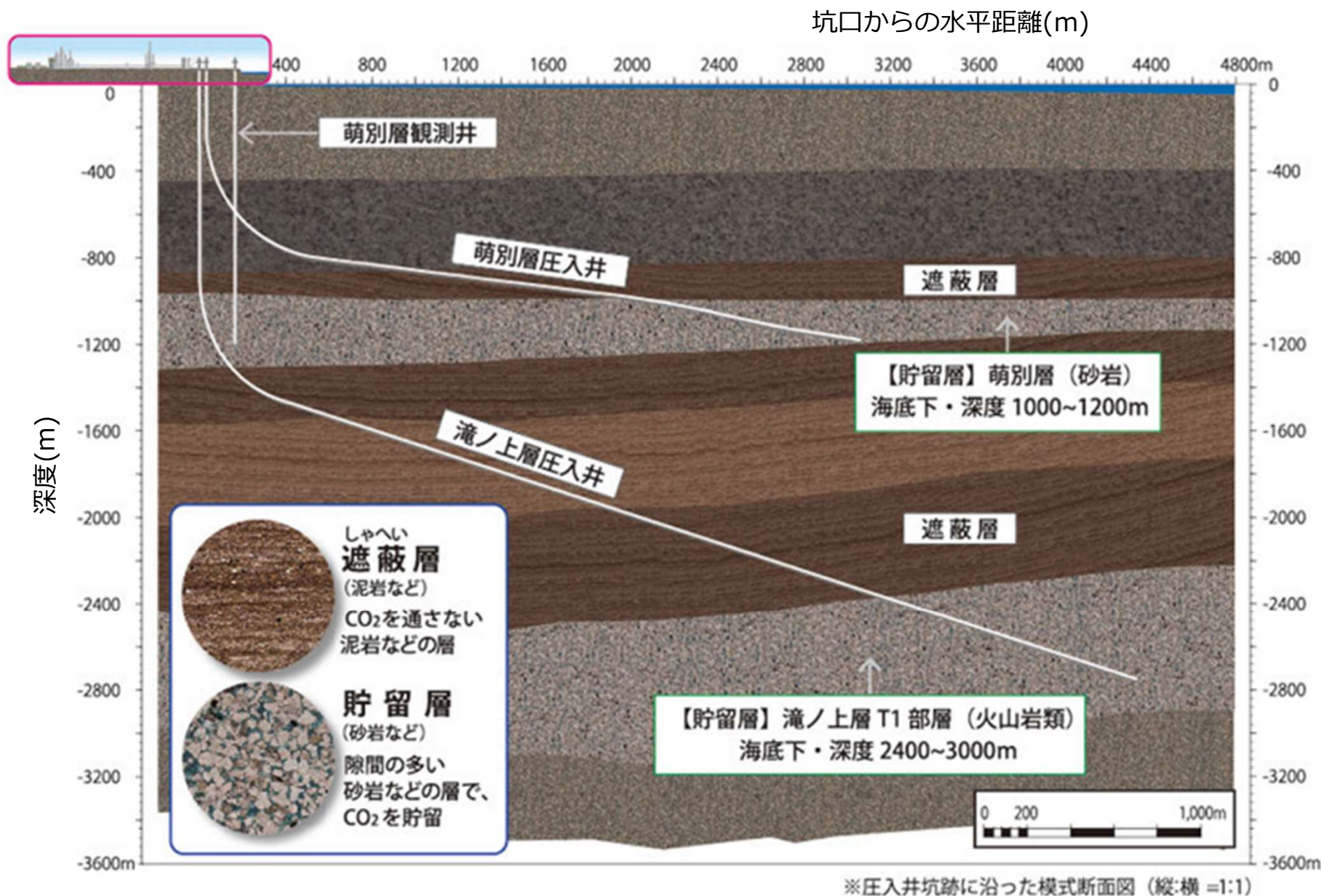
製油所における水素製造装置の生成ガスから高純度水素ガスを得る装置であるPSA（Pressure Swing Adsorption、圧カスイング吸着）装置からの下流ガスには高濃度CO₂が含まれ、このガスよりCO₂を回収し、海底下の貯留層に圧入を行う、CO₂の分離・回収から地中貯留までを一貫操業事業



分離回収能力は20万トン/年

事業名	: 苫小牧CCUS実証試験
委託者	: 2012～2017年度 経済産業省 2018～2023年度 NEDO
受託者	: 日本CCS調査(株)
種別	: CO ₂ 回収+ 地中貯留（海底下）
設備規模	: 20万トン/年 相当
状況	: 2019年11月22日30万トン達成 圧入停止中、モニタリング継続中
操業開始年	: 2016
CO ₂ 供給源	: 水素製造装置
CO ₂ 回収方法	: 工業分離
CO ₂ 回収量	: 600 トン/日（最大）
CO ₂ 回収率	: 99.9%以上
CO ₂ 回収濃度	: 99%以上
CO ₂ 回収プロセス	: 二段吸収法+ LPFT
CO ₂ 吸収液	: 活性化アミン（BASF）
CO ₂ の輸送	: なし
貯留の種類	: 深部塩水層（2層）
設備（新規・改造）	: 新規
設備建設費用	: 約300億円
設備建設地	: 出光興産(株)北海道製油所隣接地
設備建設	: 日揮(株)、石油資源開発(株) JFEエンジニアリング(株)



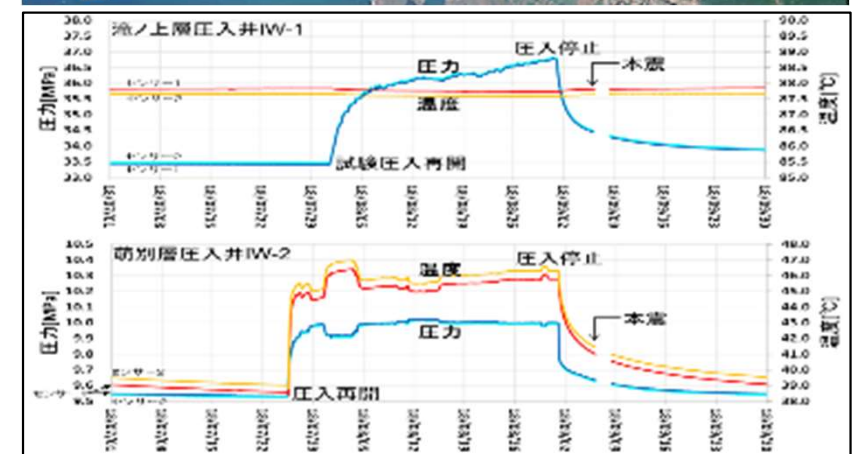
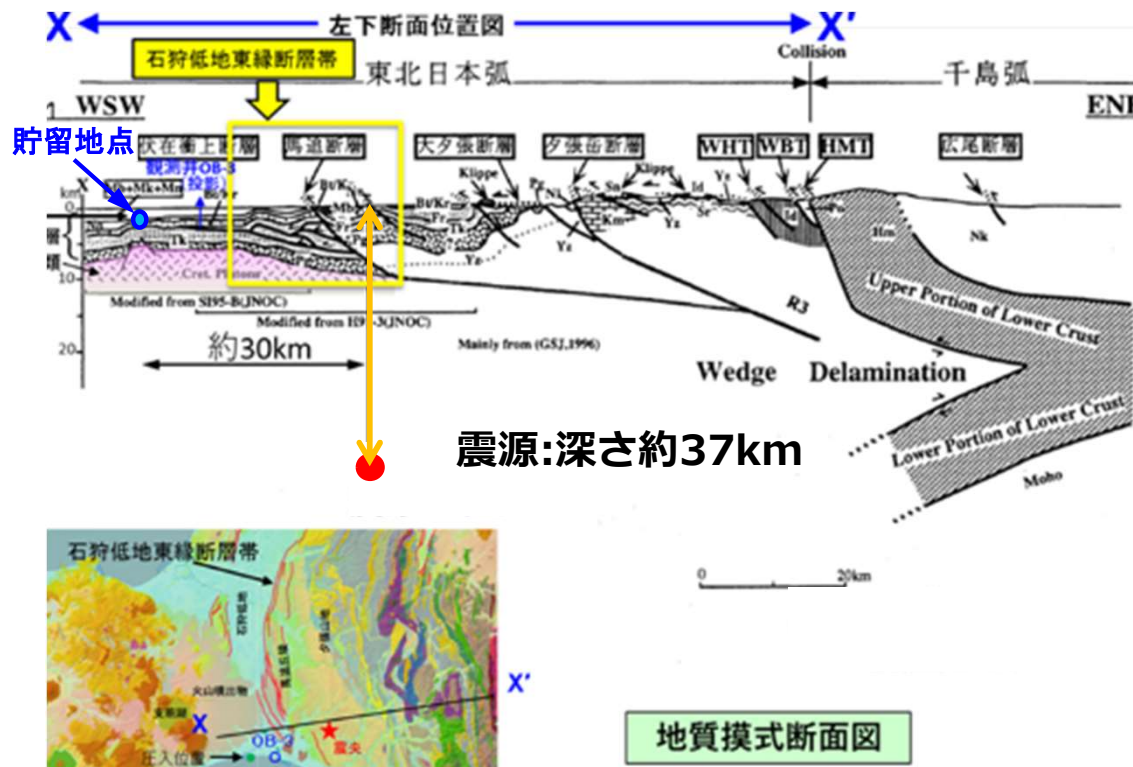


- 分離・回収から貯留までのCCS全体を一貫システムとして実証し、2019年11月、実証試験の**目標30万トン**を達成、圧入を停止した。
(累計CO₂圧入量 300,110トン)
- 各種モニタリングおよび海洋環境調査により、**CCSが安全かつ安心できるシステムであることを確認**した。
- 地震に関連する不安を、収集したデータに基づいて払拭した。
 - ・ 自然地震が起きても、貯留したCO₂に影響が及ぶことはなかった。
 - ・ 貯留地点近傍で圧入との関連を疑うべき微小振動、自然地震は検知されなかった。
- CCSの理解を深める活動を継続的に実施した。
- CCS実用化に向けた取り組みを通じて、得られた知見と課題を整理した。

≫≫ 現在はモニタリングを継続中

- 2018年9月6日北海道胆振東部地震が発生（M6.7）。
 苫小牧CCS実証試験センターは震度5弱、地上設備は異常無し。
 ※CO₂含有ガス供給元の都合により、9月1日よりCO₂圧入を停止中であった。
- 震源は、貯留地点より水平距離で約30km離れた深度37kmの地点で、
 CO₂貯留層は 深度1～3kmで、震源が位置する地層との連続性無し。
- 貯留層の温度・圧力の観測結果等から、CO₂の漏洩を示唆するデータは確認されていない。

2018年10月19日「苫小牧CCS実証試験に係わる課題検討会」での有識者委員会による見解



貯留層の温度・圧力観測結果

2030年までの商用化に必要な課題

2020年5月公開「苫小牧におけるCCS大規模実証試験 30万トン圧入時点報告書」

https://www.japanccs.com/wp/wp-content/uploads/2020/05/report202005_full.pdf より抜粋、一部加筆

■ 低コスト化

- ・ CCS事業では、CO₂分離・回収のエネルギーコストの割合が大きいため、将来のCO₂排出源に応じた様々なCO₂分離・回収手法の技術開発を継続して、CCS普及に向けて更なる低コスト化を図る必要がある。

■ CO₂輸送手段の確立

- ・ 国内ではCO₂大規模排出源は沿岸域に比較的広範囲に点在しており、必ずしも排出源とCO₂の貯留適地が近接しているとは限らない。将来のCCS普及、商用化のためには、大規模CCSを想定した輸送技術の確立が求められ、輸送コスト低減のための実証が必要である。特に液化CO₂船による輸送は有効な手段となり得る。

■ 貯留適地の確保

- ・ CCSを事業化する上で、貯留適地の確保は不可欠であり、経済産業省と環境省は2014年度から共同で大きなCO₂貯留ポテンシャルが期待される地点の詳細な調査・評価を行っている。また、国がJOGMECに委託して実施している基礎物理探査業務にCCSのための調査が追加され、2023年度以降、同調査が実施される予定である。

■ 事業環境整備

- ・ 事業者がCCSを実施するためには、インセンティブ施策、官民の責任分担を明確化（法整備）のほか、社会的受容性の向上等の事業環境の整備が必要である。

法律

海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律

廃棄物の海底下廃棄が可能な例外を示す

政令

海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律施行令

海底下廃棄が可能な特定二酸化炭素ガスの基準を示す

省令

特定二酸化炭素ガスの海底下廃棄の許可等に関する省令

海底下廃棄の許可等を示す

告示

特定二酸化炭素ガスの海底下廃棄の許可の申請に関し必要な事項を定める件

海底下廃棄の許可申請書の記載要領を示す

[法第3条7の2] (定義)
海底下廃棄：物を海底下に廃棄すること（貯蔵することを含む。）をいう。

[法第18条の7]
(廃棄物の海底下廃棄の禁止)
但し、以下は例外
・海底下の鉱物資源掘採に伴うもの
・特定二酸化炭素ガス

[法第18条の8第1項]
特定二酸化炭素ガスの海底下廃棄をしようとする者は、環境大臣の許可を受けなければならない。

[政令第11条の5] (ガスの基準)

- ① アミン法で分離・回収
- ② CO₂濃度が99vol%以上
(石油精製の水素製造では98vol%以上)
- ③ CO₂以外の油等が加えられていない

[告示第2-3-(3)-2)通常時監視の実施時期及び頻度]

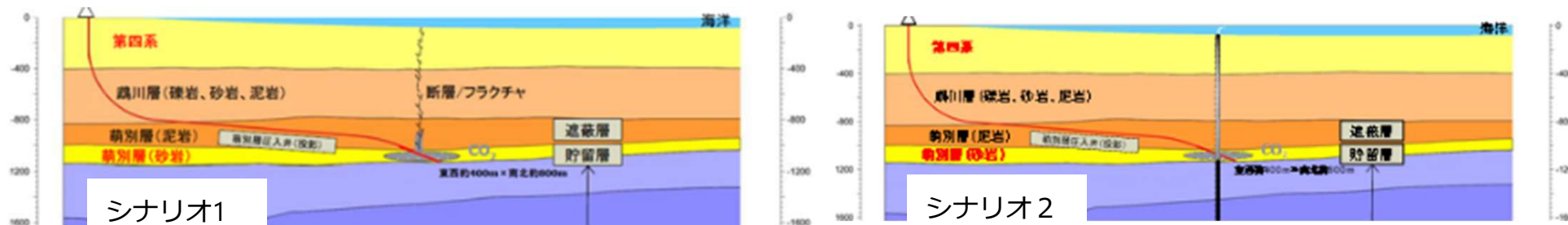
- ② 海域の状況に関する事項
 - ・地層内圧力温度の変化 1年に1回以上
 - ・特定二酸化炭素ガスの位置及び範囲 期間内2回程度
 - ・海水の化学的性状 季節的な変化を勘案して1年に1回
 - ・海洋生物及び生態系並びに海洋の利用 期間内1回以上

※事前評価書には潜在的海洋環境影響調査項目のそれぞれについて現況を記載

[告示第2-2-(1)]
海底下廃棄実施期間は、5年を超えない範囲内で記載するものとする。

海洋汚染防止法に基づく海洋環境への影響検討例（漏出シミュレーションと調査範囲）

- 省令第4条第2号は、「海底下廃棄をされた特定二酸化炭素ガスが海洋に漏出したと仮定した場合に予測される当該特定二酸化炭素ガスの海洋への漏出の位置及び範囲並びに漏出量並びにその予測の方法」の事前評価書への記載を求めている。
- 苫小牧実証の承認申請では、貯留予定量（約60万トン）にて、断層が存在するケース（シナリオ1）及び地質学的には想定し得ない流路が生じたケース（シナリオ2）で漏洩シミュレーションによる計算を実施し、その結果、シナリオ1では海底面への漏出はなく、シナリオ2では約600t/年の漏出が生じる結果となったが、その場合でも海洋での溶存CO₂濃度の上昇は極めて低く、自然変動範囲を超えないとの評価を記載した。



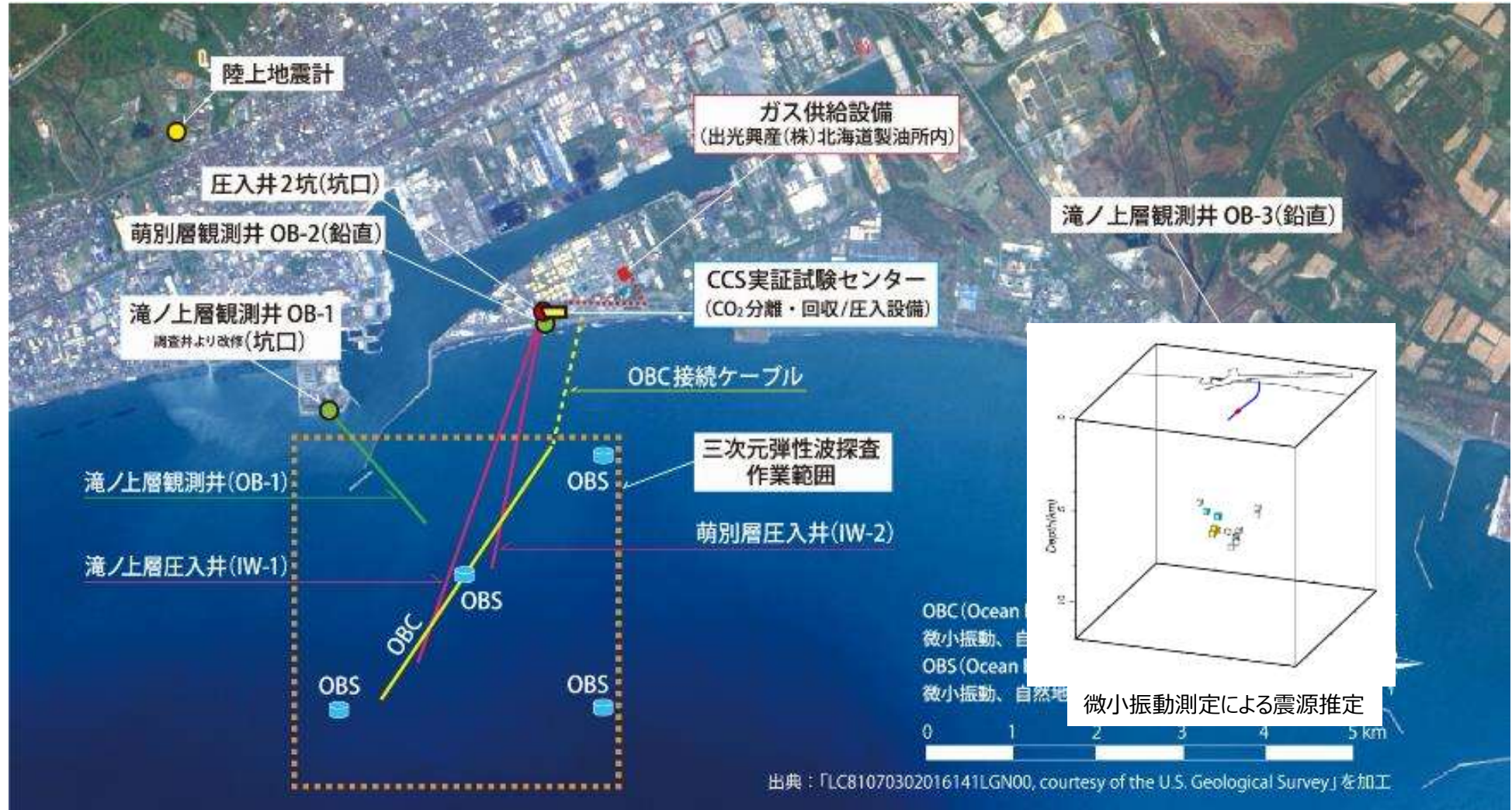
- 更に、海域監視の調査範囲を設定するため、文献から最大CO₂漏出量を約1%（=シナリオ2の10倍）と仮定して、約6,000tが1年で漏出する場合の海洋でのCO₂拡散挙動の予測を行い、漏出域付近で溶存CO₂濃度の上昇が認められるものの、海洋生物に影響を与える値ではないと評価した注。

注：一般的に生物種が影響を受けるのはpCO₂増加分200µatm以上が24時間以上に渡る場合とされるが、本評価での増加分の24時間平均値は最大でも100µatm以下と想定された。

- これらの結果を踏まえ、圧入地点の直上海域を中心とする2km×2kmの範囲を「海洋調査中心域」、漏出点が想定圧入地点上とは限らないことを考慮して、圧入地点の直上海域を中心とする6km×6kmの範囲を「海洋調査域」（現モニタリング範囲）と設定した。その上で、圧入地点の直上海域となる2地点、海洋調査中心域の東西南北に4地点、海洋調査域境界付近で過去に観測実績のある位置の近傍に6地点の計12地点を調査地点(=測点)と設定した。
- 圧入に先立ちベースライン観測として2013年8月から2014年5月の間に四季調査を実施してのベースライン観測データを取得し、これを基に海洋環境に関わる通常時監視、懸念時監視、異常時監視およびそれらの移行基準に係る事項を定め、許可申請における「監視計画」の該当項目を作成した。

モニタリング設備の位置関係

- 海防法的義務作業として圧力温度測定、貯留された二酸化炭素の位置と広がりの評価、海洋環境調査を実施するとともに、CCSでは非常に重要となる社会受容性の観点から、微小振動を測定。
- 圧入井2坑及び観測井3坑における圧力温度測定、更に各観測井地震計、陸上地震計1坑、海底受振ケーブル、海底地震計を配置して、微小振動観測を実施。



注：微小振動観測システムの最適化検討の結果、陸上設置地震計と海底地震計（OBS）4基は運用停止可能と判断し2021年度に運用停止。

左図：微小振動測定による震源推定

監視項目	①特定二酸化炭素ガスの状況に関する事項			②海域の状況に関する事項						
	廃棄量	濃度	圧入条件	地層内圧力及び温度の変化等の地層及び地質の状況		特定二酸化炭素ガスの位置及び範囲		海水の化学的性状	海洋生物の状況	生態系及び海洋の利用の状況
監視方法	流量計	アルカリ吸収法及びガスクロマトグラフ分析法	圧入圧力・速度、圧入時の温度	圧入井の圧力・温度	観測井の圧力・温度	弾性波探査	観測井の圧力・温度	海洋環境調査	海洋環境調査	文献調査・ヒアリング調査
通常時監視	頻度等	連続監視	定期分析	連続監視	連続監視	年1回	連続監視	年4回 必要に応じて 確認調査を実施	年4回	許可期間終了年の前年に1回
	報告	年1回	年1回	年1回	年1回	年1回	年1回	年4回 確認調査の報告は 直ちに	年4回	許可期間終了年
緊急時監視	頻度等	運転停止		連続監視	連続監視	/	連続監視	状況に応じて実施	/	/
	報告			海水の化学的性状と同時	海水の化学的性状と同時		海水の化学的性状と同時	直ちに		
異常時監視	頻度等	運転停止		連続監視	連続監視	速やかに実施	連続監視	状況に応じて実施	状況に応じて実施	状況に応じて実施
	報告			海水の化学的性状と同時	海水の化学的性状と同時	海水の化学的性状と同時	海水の化学的性状と同時	直ちに	直ちに	直ちに

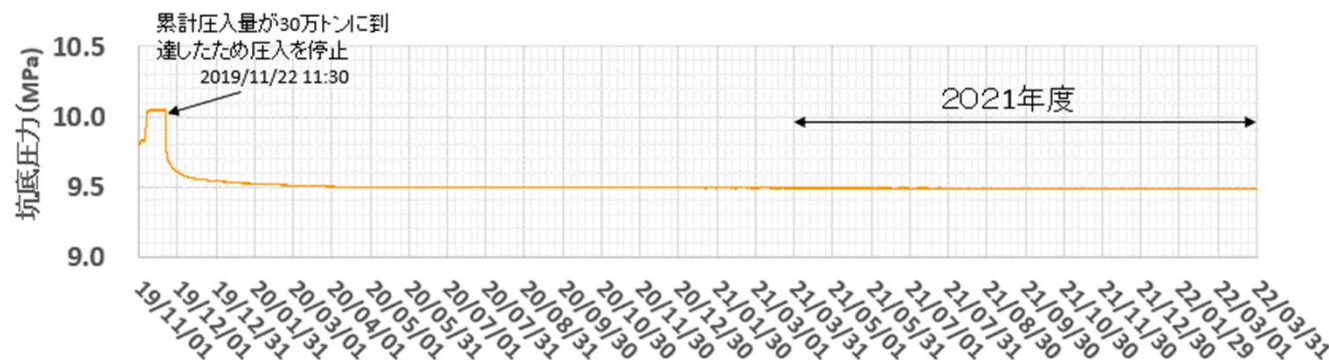
圧力温度の監視

- 圧力温度を連続監視し、設定上限圧力以下での圧入、事前予測評価範囲内での測定温度圧力の変化から、圧入したCO₂は貯留層に留まっていると評価。測定値は貯留層シミュレーションのヒストリーマッチングに活用

萌別層圧入井 (IW-2)

坑底圧力

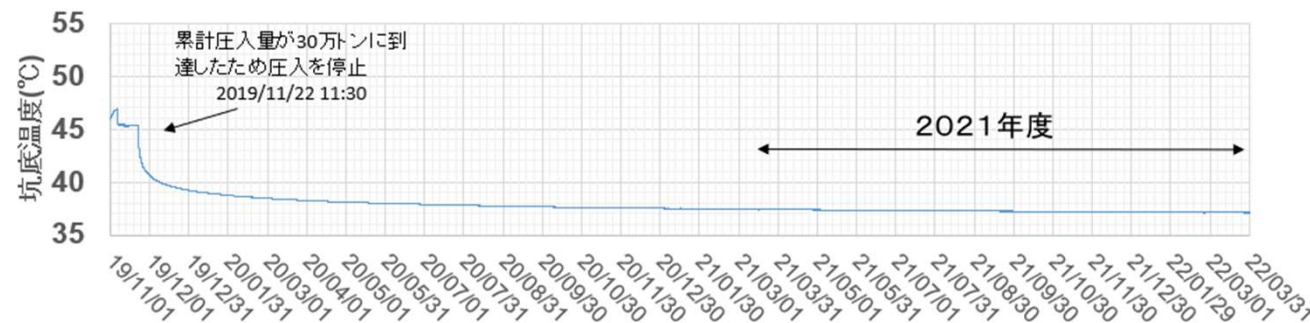
(圧入開始以降～)



萌別層圧入井 (IW-2)

坑底温度

(圧入開始以降～)



萌別層観測井 (OB-2)

坑内圧力

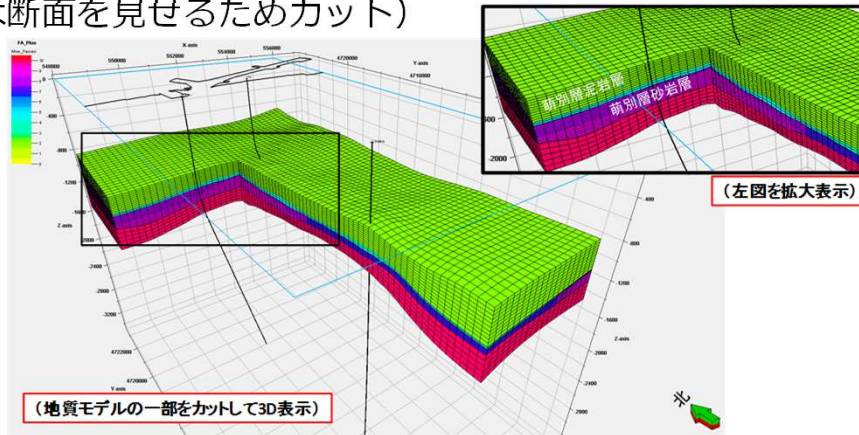
(2021年度)



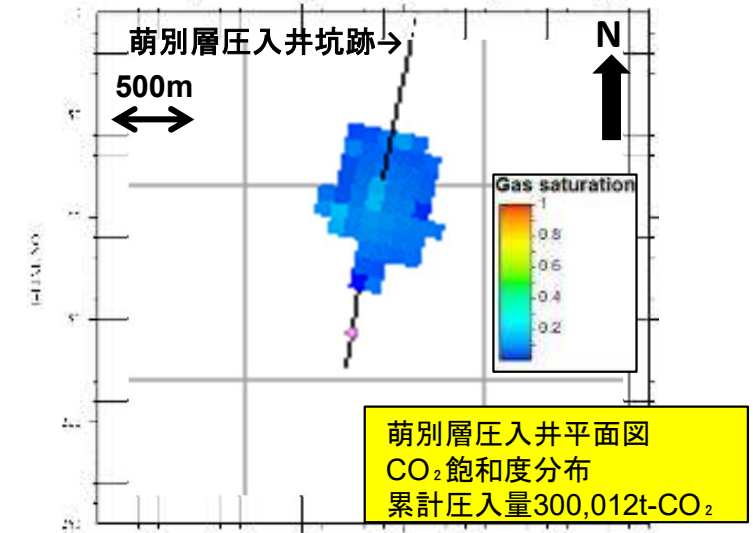
貯留された二酸化炭素の位置と広がりの評価

【貯留層モデルによる挙動予測シミュレーション】

萌別層グリッドモデル外観
(南西部は断面を見せるためカット)

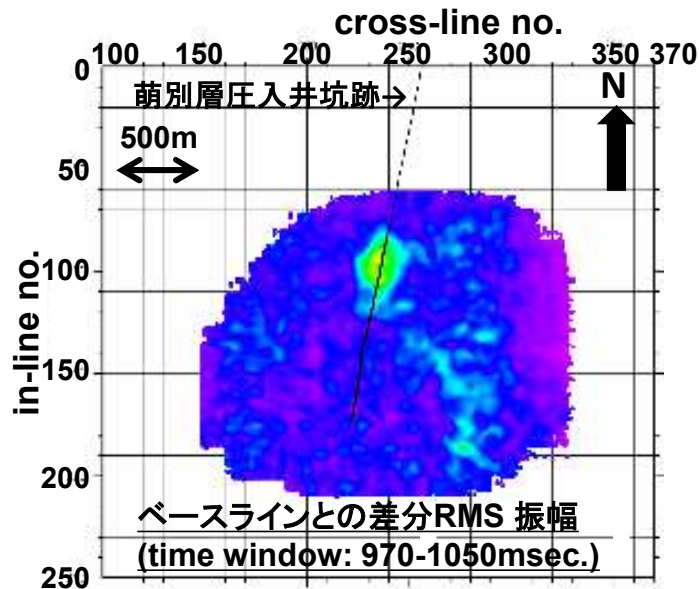


2019年度貯留層モデルによるCO₂飽和率分布予測



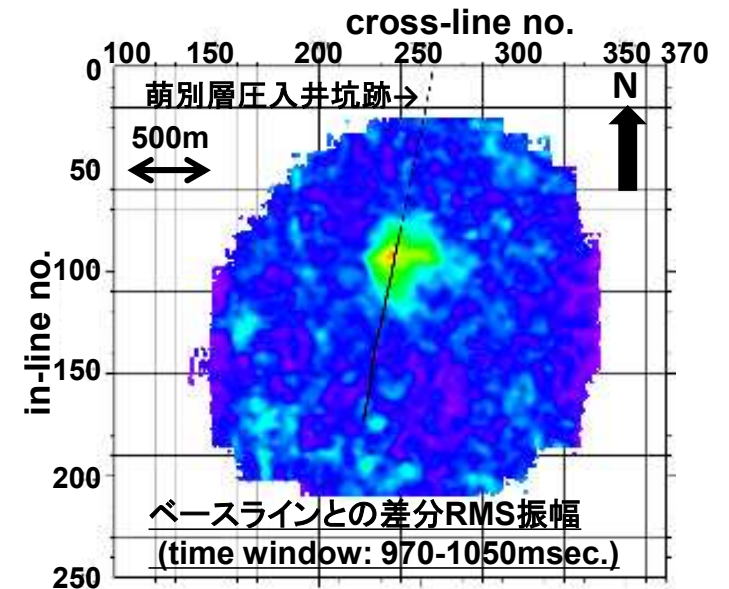
【繰り返し弾性波探査の差分解析】

2017年度第2回モニター調査 (61,239~69,070/t-CO₂)



RMS振幅
振幅を二乗した値の平均値の平方根で振幅の強さを表すのに適している。振幅の差は、CO₂の胚胎により生じている。

2019年度第4回モニター調査 (300,012/t-CO₂)



- ◆ CCS大規模実証試験の実施に際しては、「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律（海洋汚染防止法）」に則り、海洋環境調査を実施しなければならない。

1. 調査地点（右図）

- ・ 苫小牧港港湾区域内12観測点

2. 調査方法

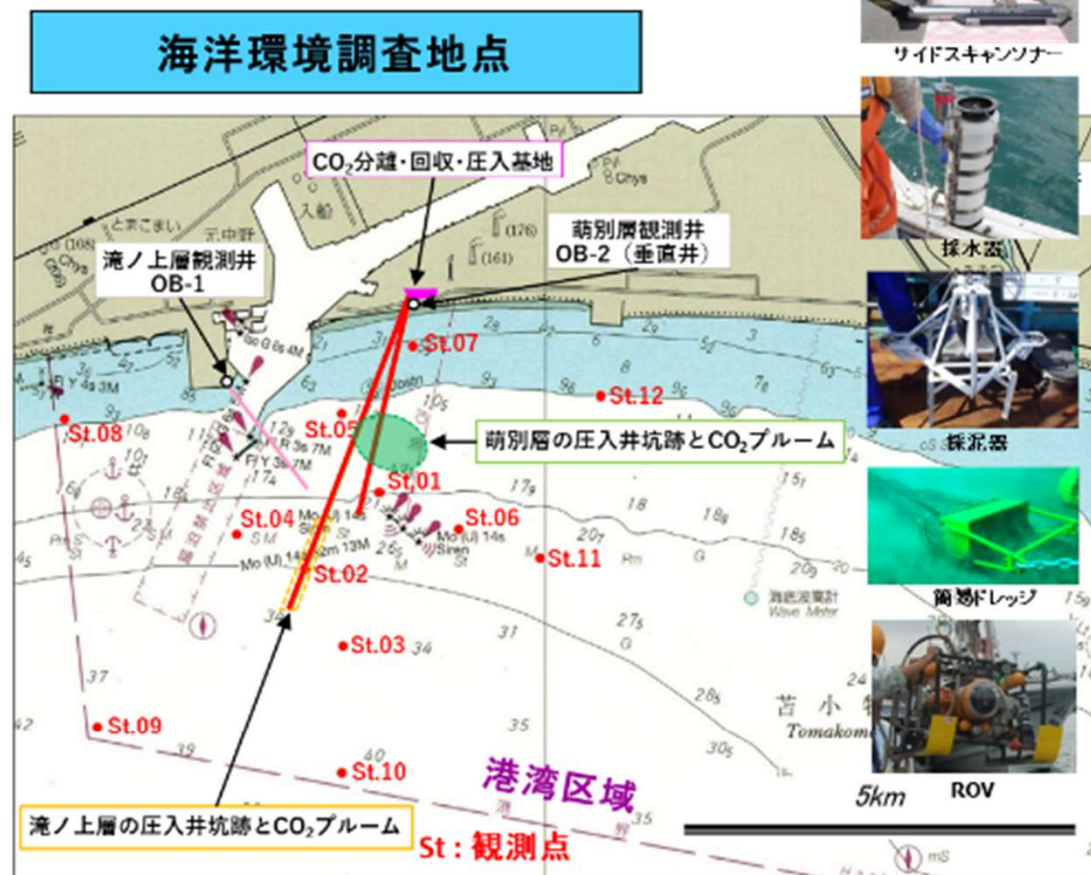
- ・ サイドスキャンソナー／サブボトムプロファイラー
- ・ 流向・流速計による海況調査
- ・ 採水器での採集（塩分濃度等、およびプランクトンの状況を調査）
- ・ 採泥器での採集（海底堆積物の状況を調査）
- ・ 網や簡易ドレッジによる採捕（底生生物の種類、数などを調査）
- ・ ダイバーやROV^{*}による底生生物の撮影

* Remotely Operated Vehicle（無人式の海中作業装置）

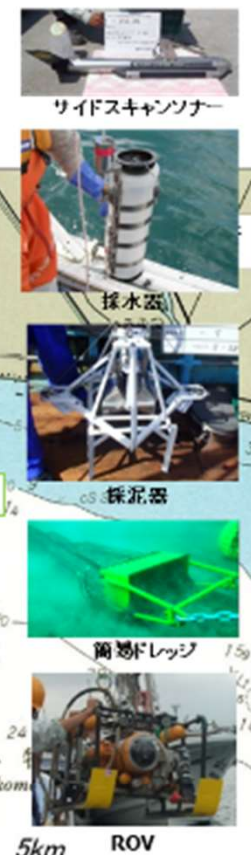
3. 三段階にわたる調査

- ・ 準備・建設段階
 - ベースライン**調査実施済（2013年8月・11月、2014年2月・5月）
- ・ 実証試験実施段階
 - CO₂ 圧入運転中
 - CO₂ 圧入運転後
- ・ 実証試験終了後

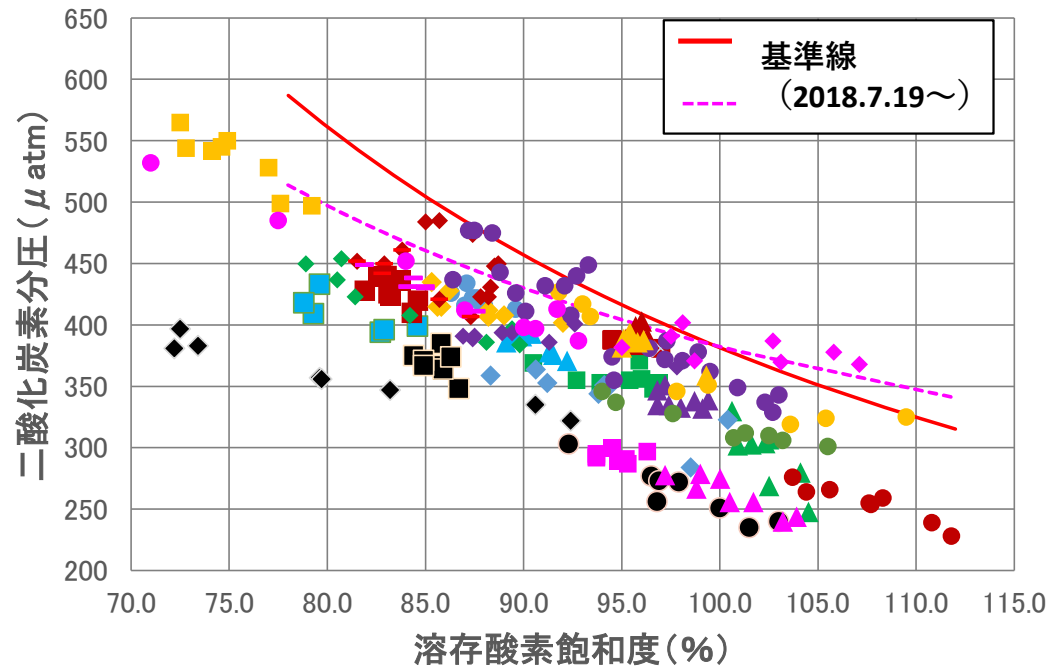
**ベースライン観測：時間的変化を観測するための、変化や効果の有無を判定する基準となる値を取得する観測



海上保安庁航海用海図に加筆



基準超過判定



- ベースライン：● 春季 ◆ 夏季 ■ 秋季
▲ 冬季
- 2016年度：● 春季 ◆ 夏季 ▲ 冬季
- 2017年度：● 春季 ◆ 夏季 — 夏季確認
■ 秋季 ▲ 冬季 × 冬季確認
- 2018年度：● 春季 ◆ 夏季 ■ 秋季 ▲ 冬季
- 2019年度：● 春季 ◆ 夏季 ■ 秋季 ▲ 冬季
- 2020年度：● 春季 ◆ 夏季 — 夏季確認
■ 秋季 ▲ 冬季
- 2021年度：● 春季 ◆ 夏季 ■ 秋季

【海水の化学分析に基づく移行基準】

- 調査地点12測点（2021年度より沿岸4測点を除いた8測点）について、ベースライン調査（H25年8月～H26年5月）で得られた底層（海底面上2m）の酸素飽和度（%）と二酸化炭素分圧（ μatm ）との累乗近似による曲線関係から、自然変動の予測区間を算出し、その上側95%予測区間を超えた観測値が得られた場合は監視段階を移行する。
- 基準超過が見られた場合は、採水再調査、センサー調査（面的調査）、気泡確認調査を実施して、異常が無いことを確認する。

■ 苫小牧実証試験における貯留・モニタリングの結果

■ CO₂圧入・貯留の結果

- 圧入井における圧入圧力の最大値は、圧入開始以降、各層の遮蔽層破壊を避けるために設けた上限圧入圧力に対して十分低く、予測計算の正常な範囲内であった。
- 圧入されたCO₂は貯留層内に留まっていることが確認され、長期挙動予測シミュレーションにて1,000年後においても貯留層に留まっていることが予想された。

■ モニタリングの結果

- 圧入開始以来、平成30年北海道胆振東部地震本震の前後を含めて、圧力温度の測定値は予測計算の正常な範囲内に収まっている。また貯留地点近傍において、圧入との関連を疑うべき微小振動および自然地震は検知されていない。
- 弾性波探査により崩別層におけるCO₂分布状況が確認され、圧入したCO₂は事前の想定通りに貯留層に貯留されており、貯留層外への漏洩等の異常は生じていないものと考えられる。
- 海洋環境調査の結果からは、圧入開始以来、現在に至るまで、CO₂漏出またはそのおそれの確認されていない。

■ 海防法と鉱業との関係について

- 現行海防法における貯留許可要件には、石油・天然ガス鉱業に係る保安基準や評価技術・知見の活用が必要な項目が少なからず存在する。
- 新法による許認可審査は、ロンドン議定書対応を含め、one-stopで迅速に行われることが望ましい。
- 新法は、石油・天然ガスの生産中・後の地下構造へのCO₂貯留や、陸・海域にまたがる貯留を一元的にカバーすることが望ましい。

■ 海防法の許可期間、永続的監視義務について

- 海底下CCSが行われた地点は、CO₂貯蔵状態が継続する限り、永続的に5年ごとの大臣許可の更新が必要とされているが、許可期間の延長や、時間経過に応じた監視義務の緩和が必要ではないか。
- そのうえで永続的監視を必要とする場合、一定期間経過後の監視義務を申請者から国等の公的機関に移転する仕組みが必要ではないか。

■ 海防法の監視項目について

- 海洋の化学的性状、海洋生物の実態調査は、自然変動の影響が大きく、ベースライン調査や漏洩が懸念される場合の調査としては有益でも、漏出検知目的での高頻度の測定の必要性は小さく、科学的根拠、費用対効果を勘案し、地点ごとの実情に応じた監視項目等を検討すべきではないか。
- 漏洩を疑うモニタリングデータ閾値の設定は、自然変動幅を十分に勘案した水準に設定すべきではないか。



ご清聴ありがとうございました。

<https://www.japanccs.com/>

この資料は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務の一環で日本CCS調査(株)が作成したものです。