資料１－１

苫小牧におけるCCS大規模実証試験

ご説明資料

2023年11月 1日

日本ＣＣＳ調査株式会社

日本CCS調査（株）の概要、受託事業と実施体制

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　：33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（2023年4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～）

②二酸化炭素貯留適地調査事業
（2014年度～）

③CO_2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

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

※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。

Copyright 2023 Japan CCS Co., Ltd.

CCSのしくみ

Carbon dioxide Capture and Storage
二酸化炭素を　回収して　貯留する

遮へい層
（泥岩など）
CO_2を通さない地層

貯留層
（砂岩など）
CO_2の貯留に適した地層
岩石中の隙間に貯留

貯留タイプ
- **深部塩水層**
  （一般的な地中貯留）
- **油層（CO_2- EOR*）**

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

CO_2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CO_2が漏れ出さないようフタの役割を果たす。

Copyright 2023 Japan CCS Co., Ltd.

CCSの実施まで（深部塩水層貯留における現行の運用）

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。**
- **CO_2-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**

Copyright 2023 Japan CCS Co., Ltd.

深部塩水層へのCCSとEORの対比

- CO_2-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CO_2貯留もカバーする必要あり。
- 深部塩水層へのCO_2圧入・貯留は、基本的にCO_2-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CO2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CO2を地中に送る	

Copyright 2023 Japan CCS Co., Ltd.

JCCS

苫小牧CCS実証試験（Fact Sheet）

日本初の一貫したCCSプロジェクト、海底下のCO_2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、圧力スイング吸着）装置からの下流ガスには高濃度CO_2が含まれ、このガスよりCO_2を回収し、海底下の貯留層に圧入を行う、CO_2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)

Copyright 2023 Japan CCS Co., Ltd.

CO_2分離・回収/圧入設備の航空写真

Copyright 2023 Japan CCS Co., Ltd.

JCCS

CO_2圧入対象層(模式断面図)

※圧入井坑跡に沿った模式断面図（縦:横 =1:1）

Copyright 2022 Japan CCS Co., Ltd.

苫小牧CCS実証試験の成果

- 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CO_2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CO_2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

Copyright 2022 Japan CCS Co., Ltd.

JCCS

平成30年北海道胆振東部地震について

- 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。
  ※CO_2含有ガス供給元の都合により、9月1日よりCO_2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、
  CO_2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、CO_2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

出典 (左下)：産業技術総合研究所資料に加筆　出典(左中)：石油技術協会誌 VOL.65,NO.1 伊藤谷生

Copyright 2023 Japan CCS Co., Ltd.

苫小牧CCS実証試験から得た社会実装への課題

2030年までの商用化に必要となる課題

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、CO_2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CO_2排出源に応じた様々なCO_2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。

■ CO_2輸送手段の確立

・国内ではCO_2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CO_2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CO_2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CO_2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。

Copyright 2023 Japan CCS Co., Ltd.

分離・回収・圧入設備の適用法規

- CO2の海底下廃棄には、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）を適用
- 坑井掘削及び貯留等は、経済産業省「CCS実証事業の安全な実施にあたって」に従い、鉱業法、鉱山保安法に準拠

Copyright 2023 Japan CCS Co., Ltd.

海洋汚染防止法令体系と監視計画

法律	政令	省令	告示
海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律	海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律施行令	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	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
廃棄物の海底下廃棄が可能な例外を示す	海底下廃棄が可能な特定二酸化炭素ガスの基準を示す	海底下廃棄の許可等を示す	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
②CO_2濃度が99vol%以上
（石油精製の水素製造では98vol%以上）
③CO_2以外の油等が加えられていない

［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。

［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

Copyright 2023 Japan CCS Co., Ltd.

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CO_2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CO_2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CO_2拡散挙動の予測を行い、漏出域付近で溶存CO_2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。

出典：第1回 平成27年度二酸化炭素回収・貯留分野 評価検討会 資料6

Copyright 2023 Japan CCS Co., Ltd.

モニタリング設備の位置関係

- 海防法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

Copyright 2023 Japan CCS Co., Ltd.

海洋汚染防止法監視項目（2021年度以降）

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	適切な探査	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	連続監視	期間内に2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
通常時監視	報告	年1回	年1回	年1回	年1回	年1回	期間内に2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
懸念時監視	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		
懸念時監視	報告	運転停止			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
異常時監視	報告	運転停止			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

Copyright 2023 Japan CCS Co., Ltd.

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CO_2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～）

初期圧力
9.28MPa

萌別層圧入井（IW-2）

坑底温度

（圧入開始以降～）

初期温度
36.5℃

萌別層観測井（OB-2）

坑底圧力

（2022年度）

初期圧力
9.17MPa

Copyright 2023 Japan CCS Co., Ltd.

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）

2022年度貯留層モデルによる
CO_2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-CO_2）

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、CO_2の胚胎により生じている。

2022年度第6回モニター調査
（300,012/t-CO_2）

Copyright 2023 Japan CCS Co., Ltd.

海洋環境調査（概要、2021年度～）

監視計画において海洋環境調査を行っている調査測点および調査項目を示す。
海洋環境調査は、季節ごとに年4回の調査を実施している。（ウバガイの調査を除く）

調査測点： 右図で示す1～12点
（報告対象は8点）

調査項目：

➢ 海水の化学的性状

① 採水調査：水温、塩分、pH、溶存酸素(DO)、全炭酸、アルカリ度、二酸化炭素分圧(pCO_2)、硫化物イオン、クロロフィルa 、栄養塩類

② 多項目水質センサー観測 ： 水温、塩分、溶存酸素(DO)、pH

③ 流況調査

➢ 海洋生物の状況

① プランクトン（採水・採捕）

② ウバガイ 《 分布密度： 夏季、●で示す3測点
歩留り ： 1回/月、1測点 》

➢ 気泡発生の有無と状況調査

① 目視での海面の観測　② 水中カメラ

● 基準判定対象測点
（環境省報告対象測点）

測点番号	緯度（世界測地系WGS84）	経度（世界測地系WGS84）
1	42° 36′ 30″ N	141° 38′ 28″ E
2	42° 35′ 59″ N	141° 37′ 46″ E
3	42° 35′ 26″ N	141° 38′ 07″ E
4	42° 36′ 14″ N	141° 37′ 07″ E
5	42° 37′ 04″ N	141° 38′ 07″ E
6	42° 36′ 15″ N	141° 39′ 13″ E
7	42° 37′ 31″ N	141° 38′ 47″ E
8	42° 37′ 02″ N	141° 35′ 31″ E
9	42° 34′ 53″ N	141° 35′ 49″ E
10	42° 34′ 34″ N	141° 38′ 06″ E
11	42° 36′ 03″ N	141° 40′ 00″ E
12	42° 37′ 12″ N	141° 40′ 33″ E

採水器

多項目水質センサー

電磁流向流速計

植物プランクトン用採水器

動物プランクトン採取ネット

けた網（ウバガイ採取）

Copyright 2023 Japan CCS Co., Ltd.

基準超過判定

【海水の化学分析に基づく移行基準】

- 環境省の報告対象8測点について、ベースライン調査から2017年度冬季調査までに得られた底層（海底面上2m）の酸素飽和度（%）と二酸化炭素分圧（μatm）との累乗近似曲線から自然変動の予測区間を算出し、その上側95%予測区間を基準線とし、基準線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（pHセンサーによる面的調査）、気泡確認調査を実施して、異常が無いことを確認する。

Copyright 2023 Japan CCS Co., Ltd.

苫小牧実証試験における貯留・モニタリングの結果

CO_2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にあった。
- 圧入されたCO_2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。
- 弾性波探査により萌別層におけるCO_2分布状況が確認され、圧入したCO_2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、 CO_2漏出またはそのおそれは確認されていない。

Copyright 2023 Japan CCS Co., Ltd.

課　題

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CO_2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、CO_2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

- 海水の化学的性状及び海洋生物の実態調査は、ベースラインとしての調査や漏洩が懸念される場合の調査としては有益でも、自然変動の影響が大きいため、CO_2漏出監視としての有用性は低いと考えられる。
- 監視段階移行基準は、自然変動幅を十分に勘案した水準に設定するともに、調査測点数、調査頻度、調査項目などは科学的根拠及び費用対効果等を勘案して、適切なものにすべきではないか。

Copyright 2023 Japan CCS Co., Ltd.

将来のCCS社会実装を見据えたあるべきモニタリングに係る分科会の概要

背景

・苫小牧におけるCCS大規模実証試験（以下、「実証試験」という）に係る実証実験計画を踏まえ、実証試験開始にあたり経済産業省および内閣府から指摘された技術的事項等を検討するため、有識者から助言と確認を得るために、2014年にJCCS内に「課題検討会」を設置。

・2019年に目標の30万トンのCO_2圧入を達成し、現在、圧入停止後のモニタリングを継続する中、同検討会における指摘事項の1つとして「将来のCCS社会実装に向けたモニタリングに関し検討すべき課題として、実証試験の成果を踏まえた上で経済性も含めた、そのあるべき姿を提案すること」が挙げられたことから、2021年に課題検討会の下部組織として「将来のCCS社会実装を見据えたあるべきモニタリングに係る分科会」を設置。

・分科会では、将来のCCS社会実装に向け、安全な貯留層管理を目的に、技術的、経済的な観点に加え、地元の安心感醸成等にも配慮した、日本におけるモニタリングのあり方を検討中。

検討スケジュール

第1回分科会 （2021/08/04）	・開催趣旨の確認　技術動向調査計画
第2回分科会 （2021/11/17）	・モニタリング実態文献調査 とモニタリング項目/目的/適応技術の整理
第3回分科会 （2022/02/22）	・技術的視点からの取りまとめ
第4回分科会 （2022/07/08）	・アカウンティング/PAの視点からの実態調査
第5回分科会 （2023/01/18）	・社会的観点からの取りまとめ （PAに係る他事業事例調査含む）
第6回分科会 （2023/03/22）	・中間とりまとめ
第7回分科会 （2023/07/25）	・あるべきモニタリングに関する提案骨子 とモニタリングモデルプランの事例検討
第8～9回分科会 （開催予定）	・日本におけるあるべきモニタリングの姿 取りまとめ

分科会有識者委員

◎：委員長

◎佐藤　光三	東京大学大学院工学系研究科 システム創成学専攻　教授
海江田　秀志	電力中央研究所　名誉研究アドバイザー
佐藤　徹	東京大学大学院新領域創成学研究科 海洋技術環境学専攻　教授
薛　自求	地球環境産業技術研究機構 主席研究員
徂徠　正夫	産業技術総合研究所 CO_2地中貯留研究グループ　グループ長
徳永　朋祥	東京大学大学院新領域創成学研究科 科長 環境システム学専攻　教授
松岡　俊文	深田地質研究所　特別研究員

Copyright 2023 Japan CCS Co., Ltd.

JCCS

あるべきCCSのモニタリングの姿 「提案骨子」（案）

1. モニタリングの主な目的

国際的な基準等に従って選定された貯留サイト*1で、安全にCCSを実施するためには、以下の目的でモニタリングが必要

1. 圧入システム（装置と操業）の不具合を検知すること （Containment）
   - 装置の設計や操業等に伴う想定外の状況が生じないように監視するモニタリング
2. 貯留状態の把握と漏出につながる変化として漏洩を監視し把握すること （Conformance）
   - 貯留したCO_2の挙動が想定内かどうか、 また漏出につながる変化がないか、監視するモニタリング
   - 貯留したCO_2の広がり等を監視するモニタリング
3. 地表付近、海洋の環境に焦点をあてたモニタリング （Environment）
   - 社会的関心等に対応することを目的に行うモニタリング

*1：ISOやDNV等の基準に示されている貯留適地選定プロセスの中で、リスクを特定するハザードアセスを実施済み。

*注）散逸は本分科会では扱わない

2. 漏洩と漏出を区別して扱うこと、漏洩をモニタリングすることの重要性

- 漏洩とは想定された貯留域から域外にCO_2が移動すること、漏出とはCO_2が飲用に供する地下水、大気中あるいは海水中に出ることを指す。
- 漏洩を監視することが、漏出の危険性を事前に察知するうえでも最も有効かつ、現実的なモニタリング（1次監視）である。
- 漏出の検知は、想定内の挙動から外れた場合あるいは貯留コンプレックス外への移動等の懸念があるときに確認のために実施するモニタリング（2次監視）とすべきであり、文献調査や国内外でのヒアリング等の結果でも同様の考え方が確認される （圧入中は圧入井から直接の漏出も懸念されるが、操業監視等で対応し得る）。
- 漏洩のモニタリング結果や経過年数など客観的操業状況と全く独立に、海防法で規定しているような採水モニタリング結果をもって、漏出の指標とすることは極めて困難であり、あくまでも参考値にとどめるべきとすべきである。

3. 合理的なモニタリングのあり方 （漏洩監視のあり方と2次監視への移行について）

1次監視では、圧入井の操業状態（圧力・温度・流量）および微小振動・自然地震等の監視（1-1）という常時観測、ならびに圧入されたCO_2の挙動（地層中での移動、広がり状況）の把握（1-2）という物理探査による観測等を行い、ここでの異常を検知した時にのみ2次監視（漏出の有無の確認など、各リスクに対応したモニタリング）へと移行する。

4. その他 （法規制の対象外とすべきモニタリング）

社会的関心等のために追加で行われるモニタリング（1-3）は、法の規制によるモニタリングとは別に事業者の責任として扱うべき項目である。 また、ロンドン議定書にも記載のあるサンゴ等の海洋生物等が懸念材料（リスクの対象）となるような貯留サイトの場合は、必要に応じて2次監視モニタリングの対象（項目）に追加するものとすることも考慮する。

Copyright 2023 Japan CCS Co., Ltd.

CCSモニタリングのあるべき姿とは

- **CCSモニタリングの基本的考え方**

  法規制を遵守することを前提に
  - 技術的な面のみならず、アカウンティング、社会的受容性（PA）といった社会的側面、事業性といった経営的側面も考慮したもの
  - 過剰な要求を避け、簡素かつ必要と総合的に判断される内容で、柔軟性をもって経時的に見直しをしていくもの

- **CCSモニタリングの定義**
- **Containment**
  - 操業上の不具合を監視
- **Conformance**
  - 貯留状態の把握と漏洩・漏出につながる状態変化を把握
- **Environment**
  - 地表付近の環境把握に焦点を当てたモニタリング

Jenkins(2015)*の論文の中での定義・概要
* The state of the art in monitoring and verification - Ten years on, 2015

日本におけるあるべきモニタリングの姿

Copyright 2023 Japan CCS Co., Ltd.

CCSモニタリングの考え方

モニタリングの基本的な考え方とモニタリングのカテゴリー

サイト選定、リスク評価に基づいてモニタリング対象・項目を選定

- 適切な操業ならびにCO_2の貯留状況を確認する項目が基本
- リスクに基づいた計画
- サイト特有の条件を考慮

1次監視（リスクを判断）①～②

- 操業状況の確認
- その他項目・技術はサイト条件を考慮

2次監視（リスクに対応）③

- 想定されたリスクが上昇したり、リスクが想定と乖離した場合に実施
- 当該リスク（モニタリング結果）にカスタマイズした追加的モニタリング

・ 少なくとも事業開始前の適切なベースラインが必要

1次監視 ↕ 2次監視

Containment

① 操業状況（operation）
- 圧入井の操業管理（圧力・温度、流量、振動＊等
  ＊自然地震／微小振動も含む

Conformance

② 貯留状態 (plume)、漏洩 (leakage)
- 圧入されたCO_2の挙動
- CO_2圧入による地層水の変化や移動
- 潜在漏洩経路（遮蔽層、断層、坑井等）の状況

Environment

③ 環境 (environment)、漏出（seepage）
- 漏出の有無と生態系への影響

知見の蓄積/リスクの変化に伴う柔軟な更新

- 知見（モニタリングデータ）蓄積に基づくリスクの再評価と適用技術・頻度の見直し
- 利用可能な最良の技術（BAT）の適用

BAT: Best Available Technology

Copyright 2023 Japan CCS Co., Ltd.

JCCS

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。