

目次

第1章 事業の背景、目的および結果概要	1-1
1.1 本事業の目的	1-1
1.2 年間約10万トン規模でのCO ₂ 分離・回収設備(第2章)	1-2
1.2.1 D1-1基地(供給設備)の保全点検	1-2
1.2.2 D1-2/D0基地(分離、回収、圧入設備)の日常保全および定期保全	1-3
1.2.3 安全・環境管理	1-3
1.2.4 CCSコストの推算	1-4
1.2.5 設備の信頼性検討	1-4
1.2.6 今後の課題等	1-4
1.3 年間約10万トン規模でのCO ₂ 圧入、貯留試験(第3章)	1-5
1.4 貯留したCO ₂ のモニタリング(第4章)	1-6
1.4.1 実施内容および成果	1-6
1.4.2 今後の課題等	1-12
1.5 貯留層等総合評価(第5章)	1-12
1.5.1 実施内容および成果	1-12
1.5.2 今後の課題等	1-14
1.6 海洋環境調査(第6章)	1-15
1.6.1 実施内容および成果	1-15
1.6.2 今後の課題等	1-19
1.7 CCUSに関する法規制・他プロジェクトの動向調査(第7章)	1-19
1.7.1 実施内容および成果	1-19
1.7.2 今後の課題等	1-21
1.8 国内における社会的受容性の醸成に向けた情報収集発信活動	1-22
1.8.1 実施内容および成果	1-22
1.8.2 今後の課題等	1-24
1.9 海外への情報発信ならびに情報収集	1-25
1.9.1 実施内容および成果	1-25
1.9.2 今後の課題等	1-28
1.10 社外有識者による技術指導	1-28
1.10.1 実施内容および成果	1-28
1.11 将来計画の検討・準備等	1-29

1.11.1	実施内容および成果	1-29
1.11.2	今後の課題等	1-30

第1章 事業の背景、目的および結果概要

CCS (Carbon dioxide Capture and Storage) は、火力発電所や工場等で発生する二酸化炭素 (CO₂) を大気中に排出せずに回収し、地中へ貯留する技術であり、再生可能エネルギーの利用拡大やエネルギー利用の効率化等とともに地球温暖化対策の一つとして世界的に期待されている。

経済産業省、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」と称する。）および日本CCS調査株式会社（以下、「当社」または「JCCS」と称する。）の3者は、2012年度から2023年度の12年間にわたって、苫小牧におけるCCS大規模実証試験に係る事業（以下、「本事業」と称する。）を実施している。

本事業は、製油所から排出されるガスからCO₂（年間約10万トン規模）を分離・回収し、地中（地下1,000m以深）に貯留するCCS大規模実証試験であり、CO₂の圧入、貯留とモニタリングを実施し、CCSが安全かつ安心できるシステムであることを実証する等を目的としている。

実証試験設備の設計・建設・坑井掘削等を2012年度から2015年度に行い、2016年度からCO₂の貯留、貯留したCO₂のモニタリング等を実施している。なお、2019年11月にCO₂圧入量が目標の30万tに達したことにより、以降はCO₂の圧入は停止している。

また、貯留後のCO₂挙動評価のための貯留層等総合評価、海洋汚染防止法に基づく海洋環境調査、CCSに関する法規制・他プロジェクトの動向調査、国内における社会的受容性の醸成に向けた情報発信活動、海外への情報発信および情報収集等についても実施している。

本報告書は、2018年度から当社が受託しているNEDO「CCUS研究開発・実証関連事業／苫小牧におけるCCUS大規模実証試験／苫小牧におけるCCUS大規模実証試験」について2023年度の成果をとりまとめたものである。

1.1 本事業の目的

本事業は、北海道苫小牧市の苫小牧港港湾区域の海底下をCO₂の貯留地点とし、その沿岸部に地上設備（CO₂の分離・回収／圧入設備）および圧入井等を設置したうえで実施している大規模CCS実証試験事業である。本事業の主な目的は、「苫小牧地点における実証試験計画」（平成24年経済産業省）等によれば以下のとおりである。

- 1) CCSの実用プロジェクトと同等の設備構成で我が国として初となるCO₂の分離・回収から貯留までのCCSプロセス全体を一貫システムとして実証すること。
- 2) CCSの一連の操業を通じて、CCSが安全かつ安心できるシステムであることを

実証すること。

- 3) 情報公開、社会的受容性の醸成の活動を通じて、本事業に関する情報を広く公表し、CCSの理解を深めること。
- 4) CCS実用化操業技術を獲得するとともに実用化に向けた取り組みを行うこと。

1.2 年間約10万トン規模でのCO₂分離・回収設備(第2章)

苫小牧CCS実証試験センター(以下、「当センター」と称する。)では、CO₂圧入目標量である30万tを2019年11月に達成した後、圧入を停止しているため、2023年度もCO₂供給設備およびCO₂分離・回収設備等は休止中である。休止中も2022年度に引き続き、将来の利活用に備えて各種保全業務を遂行するとともに、耐久性、安全性、操作性等の観点から各設備の機能改善工事を行った。以下に2023年度の実施内容とその成果を要約する。

1.2.1 D1-1基地(供給設備)の保全点検

2023年度もD1-1基地の今後の利活用に向け、CO₂含有ガス供給設備とその関連設備の点検保全業務を行った。また、DCS(Distributed Control System)制御機器の更新工事として、現場へのDCS装置の設置と各関連書類の確認等を行った。図1.2-1に設置された更新DCS装置の外観および内部の様子を示す。



図 1.2-1 現場に設置させた更新DCS装置の外観および内部の様子

1.2.2 D1-2/D0 基地（分離、回収、圧入設備）の日常保全および定期保全

休止中の設備の維持管理として日常保全、定期保全、点検対応補修、および設備機能改善工事等を計画的に実施した。設備機能改善工事では、特別高圧受電設備の変圧器更新工事を実施し（図 1.2-2 参照）、稼働時の運転実績に基づき変圧器の容量を 14 MW から 16 MW に増強した。また、2022 年度に実施した計装機器の機能点検や塩害劣化による不具合状況の点検結果を基に、差圧・圧力伝送器等、合計 30 台の計装機器の点検補修を実施した。



仮設電源設備設置 既設変圧器撤去準備(フェンス撤去) 既設変圧器撤去後の基礎



新変圧器据付け作業 設置工事 フェンス等復旧

図 1.2-2 特別高圧受電設備変圧器更新工事

1.2.3 安全・環境管理

設備休止中も、当センターの安全衛生および環境に関する管理規程ならびに管理要領に従い、安全管理（安全衛生会議、安全事前評価委員会、安全パトロール等）および環境管理活動（公害の発生を未然に防止するための対策協議、産廃の適正処理等）を継続している。上記のような安全管理活動の実行を通じて、2023 年度も年間無事故・無災害で作業を遂行し、当センター開業（2016 年 2 月 10 日）以来連続している無災害日数は、2023 年度末（2024 年 3 月 31 日）で 2,971 日となった。また、環境管理においては、産業廃棄物の適正な処理等を実施したことにより、環境汚染等いかなる公害は 2023 年度も発生していない。

1.2.4 CCSコストの推算

2021年度および2022年度に検討した実績データに基づき、部分負荷運転時、起動移行・停止移行運転時、および低CO₂回収率運転時におけるエネルギー効率改善について検討した結果、CO₂の分離・回収エネルギーは、おのおの条件の最適化を行えば、10%程度の改善が期待できる。なお、効率改善については、再稼働時に確認することが必要である。

1.2.5 設備の信頼性検討

本検討の目的は、当センターの操業トラブルを軽減し、信頼性の向上を得ることである。2019年度の運転終了後にD1-2/D0分離・回収設備塔槽類の内部異常や腐食状況を評価した。設備に接続する機器や配管の開放点検検査を実施し、セミリーンアミン溶液漏洩箇所以外では腐食が起きていないことを確認した。その結果を基に2021年度は、耐腐食性を維持するための対策として、アミン溶液腐食に対する改善が必要な箇所については鋼管材質を炭素鋼からステンレス鋼に変更する工事を実施し、あわせて著しい腐食が発生した箇所において将来の実機運転時に実機腐食試験が行なえるようにテストピース取付け治具の準備を実施した。また、2022年度は、実機腐食試験で使用する腐食センサー（国内初の防爆認定品）の作動確認および実機試験位置からの通信テストを実施し、機器の健全性を確認した。

2023年度は、当センター設備のテスト稼働および再稼働工程を想定して、これまで実施してきた設備劣化状況評価に基づく対策実施の試験スケジュールを検討した。

1.2.6 今後の課題等

(1) D1-1 基地（供給設備）の保全点検

今後も引き続き休止中のD1-1基地設備の点検保全業務を行うことで、設備の機能維持と安全性を確保していく。また、DCS制御機器の更新について、2024年度に作動確認等を行い、作業を完遂する。

(2) D1-2/D0 基地（分離、回収、圧入設備）の日常保全および定期保全

設置機器の寿命や部品製造終了に伴い補修対応ができない機器が顕在化してきており、設備維持管理のため特に保安上、必要な設備については、計画的に機器更新を実施する必要がある。

(3) 安全・環境管理

2024年度も、関係法令および社内規程類を遵守して、保安点検・検査および工事等を行

う。災害リスクの高い工事についてリスク評価を確実にいき、目標達成のために安全管理活動を展開していく。

また、環境管理においては環境汚染につながる作業の防止と廃棄物の適正管理と適正処分に努める。

(4) CCSコストの推算

今後、分離・回収装置の利活用が行われる際は、これまでの検討結果の検証に必要とされる運転を実施し、分離・回収エネルギーを実測して、運転パラメータが分離・回収エネルギーの低下に及ぼす影響を確認する必要がある。

(5) 設備の信頼性検討

2023年度に実機腐食試験の準備を完了した。今後の当センター設備の再稼働は未定であるため、設備の信頼性検討の業務については、再稼働を検討する状況となった場合は実施計画書の修正を含めた対応を行う。

1.3 年間約10万トン規模でのCO₂圧入、貯留試験(第3章)

萌別層への圧入は、2016年4月6日から5月24日の試験圧入、2017年2月5日から9月15日の本圧入初期段階を経て、2017年9月16日より本圧入継続段階に移行し、2019年11月22日に本事業における累計圧入量30万t-CO₂を達成後、圧入を停止し、その後も圧入停止を継続した。滝ノ上層への圧入は、2018年2月6日から2月23日、同年7月31日から9月1日まで試験圧入を実施した。

圧入停止時の累計圧入量は萌別層が300,012t-CO₂、滝ノ上層が98t-CO₂、両層の合計は300,110t-CO₂であった。圧入停止後の状況を含む萌別層への圧入履歴を図1.3-1に示す。圧入停止以降の坑底圧力および坑底温度は、圧入前初期値への回復傾向が継続している。

2024年度も圧入停止を継続する計画であるが、坑底圧力および坑底温度の観測を継続する予定である。

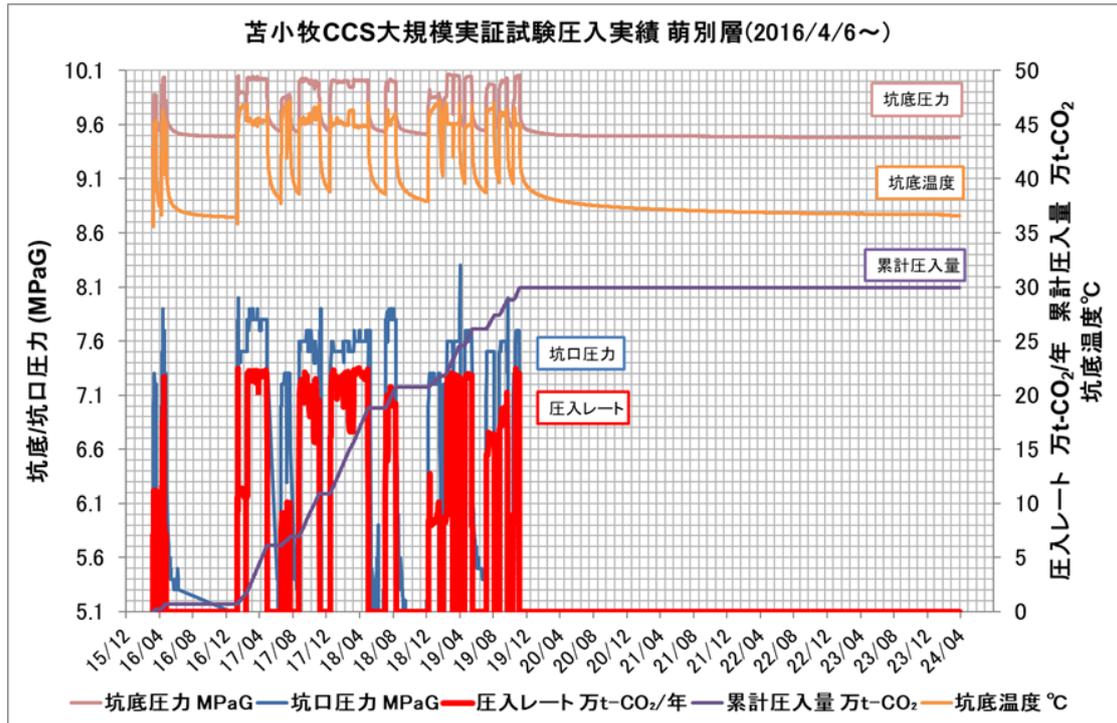


図 1.3-1 萌別層圧入井の圧入履歴

1.4 貯留した CO₂ のモニタリング (第 4 章)

1.4.1 実施内容および成果

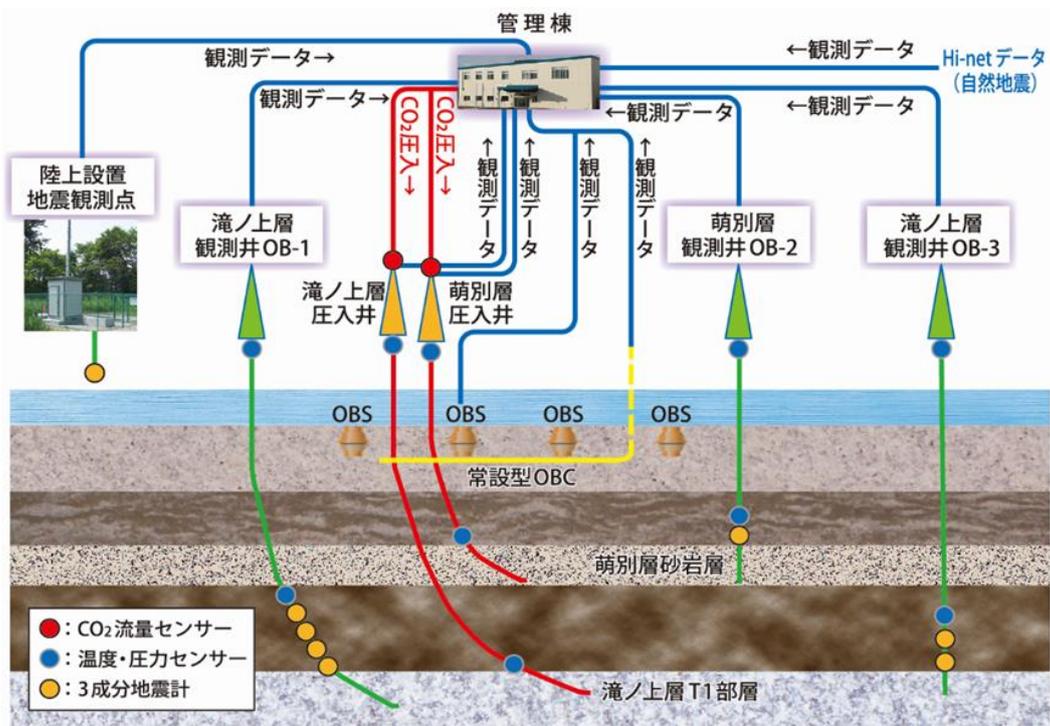
本事業においては、圧入した CO₂ の貯留層での挙動をモニタリングし、漏洩・漏出の有無を確認することを目的に、圧入井および観測井での坑内の圧力・温度観測に加え、観測井坑内地震計、常設型 OBC および苫小牧周辺の Hi-net^{*1)}による微小振動・自然地震観測、ならびに弾性波探査を用いて地下の状態変化のモニタリングを実施している。圧入井、観測井およびモニタリング設備の配置を図 1.4-1 に示す。また、すべての観測データの一元管理、観測データの表示と異常の監視および各種解析機能を備える総合モニタリングシステムの概要を図 1.4-2 に示す。

*1) Hi-net (High Sensitivity Seismograph Network Japan、(国研) 防災科学技術研究所 (NIED) の高感度地震観測網のこと。苫小牧周辺には「厚真」観測点がある。なお、Hi-net は、日本各地、地域毎の地震の特徴を詳しく把握するために約 20km 間隔で設置された無人で微弱な揺れの感知が可能な 24 時間連続稼働の高感度地震観測網であり、1996 年に観測が開始され、2011 年時点で日本全国に約 800 箇所の観測点が配置されている。観測データは常時、中央局 (データセンター) に送られ、気象庁による緊急地震速報や地震発生後の震源決定、地震調査委員会による地震活動の現状把握、高精度即時震源パラメータ解析システム (AQUA) 等様々に利用されている。



注) OBSと陸上設備地震観測点は2021年度に撤去済

図 1.4-1 圧入井、観測井およびモニタリング設備の配置

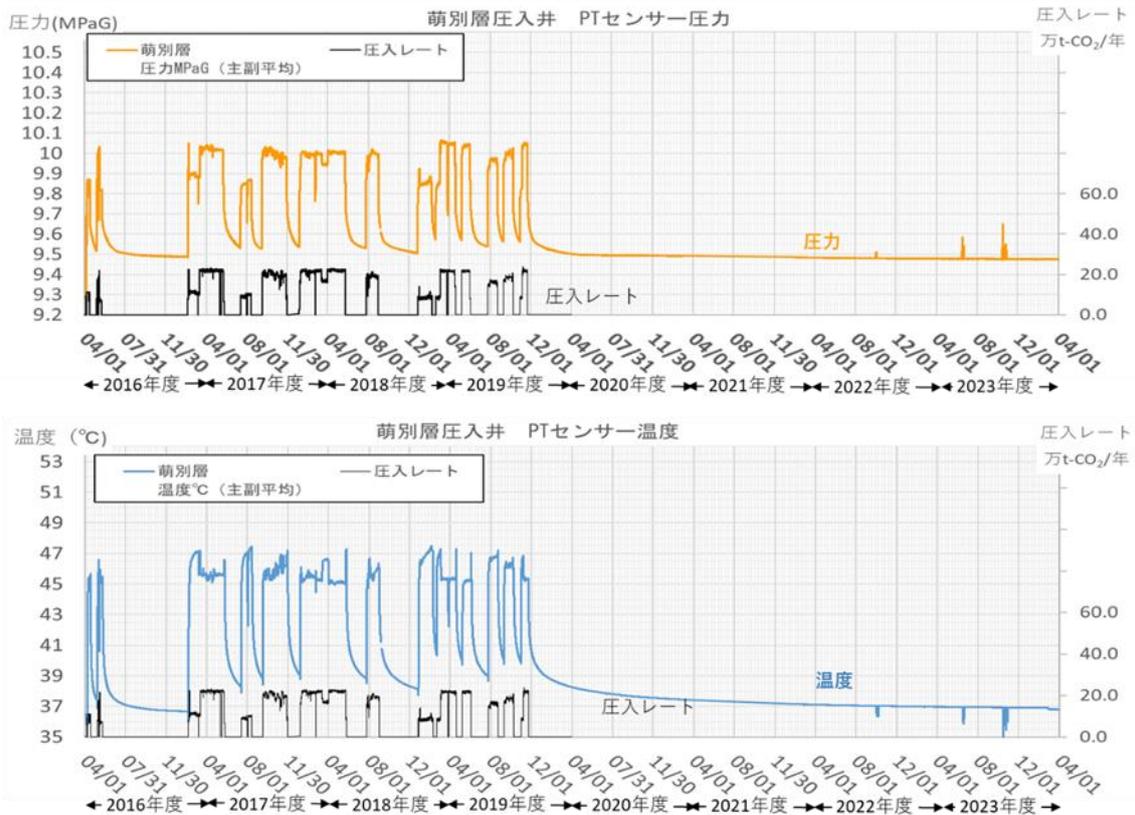


注) OBSと陸上設置地震観測点は2021年度に撤去済

図 1.4-2 総合モニタリングシステム概要

圧入井および観測井を利用した圧力・温度モニタリングでは、ベースライン測定時から圧入中そして圧入停止以降、連続観測を継続した。

2023年度の圧入井においては、萌別層圧入井 IW-2^{*2)}および滝ノ上層圧入井 IW-1^{*3)}の坑底圧力・温度の観測値には、一部に機器の不具合によるデータの欠測、および他作業の影響^{*4)}と考えられるスパイク等が見られたものの、貯留層の異常を示す事象は観察されていない。IW-2 および IW-1 の地下に設置した圧力・温度センサー (PT センサー) による圧力と温度のモニタリングの実績を図 1.4-3 および図 1.4-4 に示す。貯留層の状況については圧力・温度が圧入開始前の状況に近づいており、漏洩・漏出のリスクは低下する傾向にあると考えられる。



注 1) 同一深度に 2 基の PT センサー (主副) を設置している。グラフは主副平均値を示している。

注 2) 1 年は 365 日として圧入レートを算出。

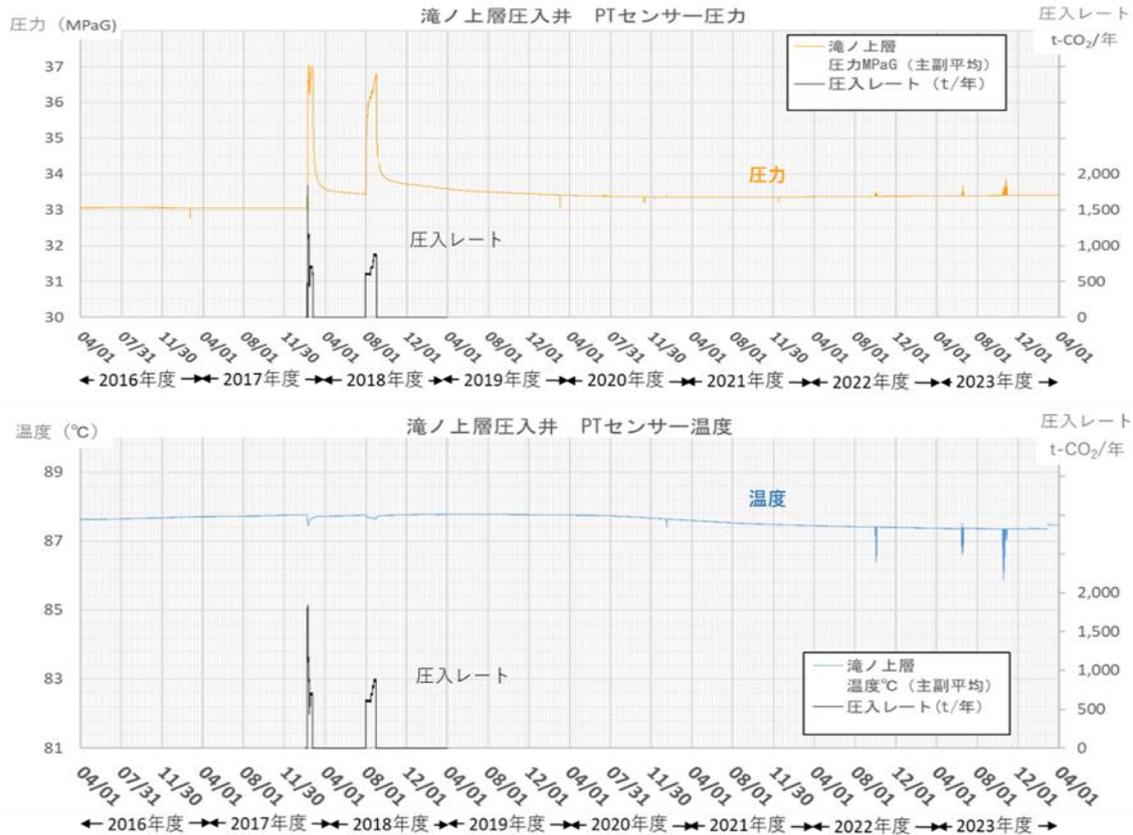
注 3) 萌別層に圧入を実施した 2016 年 4 月から 2019 年 11 月を含む、2016 年 4 月から 2024 年 3 月末までの圧力と圧入レート (上図)、温度と圧入レート (下図) を示している。

図 1.4-3 IW-2 の坑内に設置した PT センサーの圧力・温度データ

*2) IW-2 : 萌別層への CO₂ 圧入井 (2015 年度に掘削)。

*3) IW-1 : 滝ノ上層への CO₂ 圧入井 (2015 年度に掘削)。

*4) 近傍で実施された電磁波探査の影響と思われるノイズ発生。



注1) 同一深度に設置した2基のPTセンサーの指示値を平均した値を示している。
 注2) 滝ノ上層に圧入を実施した2018年2月から9月を含む、2016年4月から2024年3月末までの圧力と圧入レート(上図)、温度と圧入レート(下図)を示している。

図 1.4-4 IW-1 の坑内に設置した PT センサーの圧力・温度データ

観測井においては、観測井近傍の貯留層における圧力・温度の変化が観測されないことを確認した。

さらに、観測データの信頼性を確認するため、2022年度に実施した観測井 OB-3^{*5)}の検層に引き続き、2023年度は観測井 OB-1^{*6)}および観測井 OB-2^{*7)}においても検層を実施して、圧力・温度観測値との比較・校正を行った結果、検層は今後の観測井における圧力・温度観測の維持管理に有効であることを確認した。

その他、圧入井および観測井の維持管理のために必要な保全を実施した。2023年度は、2022年度に整備を行ったIW-2用SSV^{*8)}(Surface Safety Valve)の設置を実施した。

また、総合モニタリングシステムの諸機能を利用し、CO₂圧入地点近傍(CO₂圧入地点

*5) OB-3: 滝ノ上層を対象とする観測井(2013年度に掘削)。

*6) OB-1: 苫小牧 CCS-1(調査井、2010年度に掘削)を、滝ノ上層を対象とする観測井として改修、名称変更。

*7) OB-2: 萌別層を対象とする観測井(2012年度に掘削)。

*8) 坑口装置のマスターバルブ上部に設置され、異常時に自動もしくは遠隔操作にて瞬時に遮断することができるバルブ。

を中心とする東西 6km×南北 6km の範囲) における微小振動および本事業の周辺地域 (CO₂ 圧入地点を中心とする東西 50km×南北 38km の範囲) での自然地震の発生状況*9) を引き続き把握した。微小振動・自然地震モニタリングでは、坑井内、海底下 OBC という通常の地震観測と比較してノイズレベルの低い環境における微小な振動の計測を継続している。その結果 2023 年度の微小振動・自然地震モニタリングでは、本事業の周辺地域において気象庁 96 件に対して実証試験では 446 件のイベントを検出した。各観測井の圧力・温度等のモニタリング結果、微小振動・自然地震の発生状況および海洋環境調査結果等は、情報公開システムを利用して発信した。

他方、観測システムによるモニタリングに加え、繰り返し弾性波探査を定期的実施し、CO₂ 圧入開始前の弾性波探査の結果と圧入後の弾性波探査の結果を比較することにより、圧入した CO₂ の挙動や分布状況を把握している。2023 年度は、データ処理の最適化として、統合ベースライン調査記録*10)の更新と、トレース内挿処理の適用を実施した。2023 年度処理結果を図 1.4-5 に示す。統合ベースライン調査記録におけるトレース数のギャップが埋まり、特に圧入領域の東側において 4D ノイズがより効果的に抑制され、二酸化炭素圧入による変化がより明瞭に確認できるようになった。

*9) 3本の観測井に設置した地震計、常設型 OBC の観測データに加え、本実証試験地域周辺にある Hi-net の 10 観測点 (大滝、室蘭、白老、千歳、追分、厚真、西平取、門別西、門別東、静内) のデータの提供を受け、独自に微小振動および自然地震の震源解析を実施している。

*10) 三次元ベースライン調査範囲の外側も評価するために、調査範囲拡張等によりベースラインデータが不足する箇所については第 2 回モニター調査および第 3 回モニター調査のうち圧入の影響が及んでいないと考えられるデータを統合して補完し、新たに作成したベースライン調査記録となる反射法ボリューム。

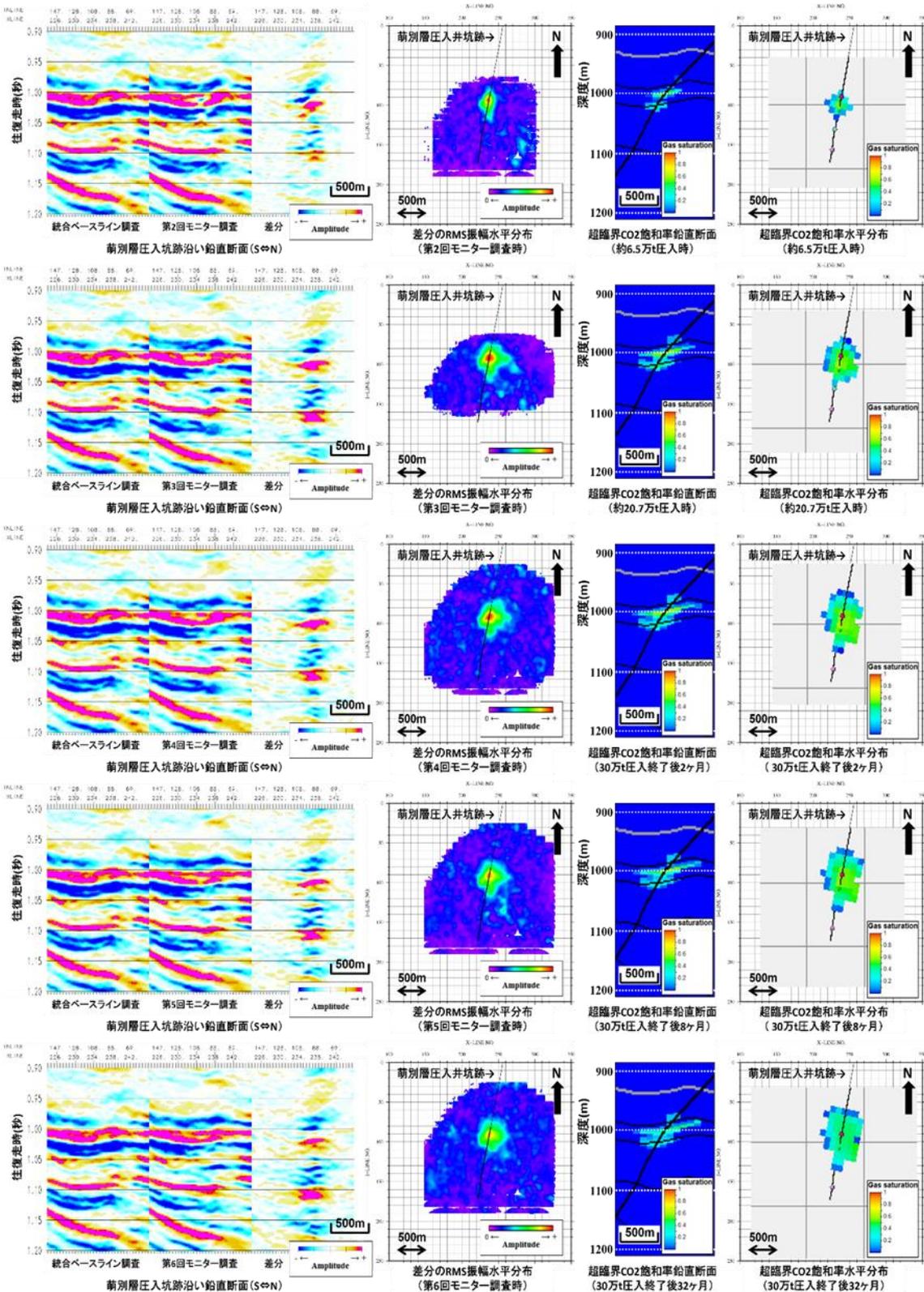


図 1.4-5 2023 年度処理結果 (差分抽出処理結果と貯留層シミュレーション結果の比較)

1.4.2 今後の課題等

2024年度も引き続き圧入井および観測井における圧力・温度測定を実施し、貯留層状況を監視する。

2024年度も引き続き観測井坑内地震計、常設型OBCおよび苫小牧周辺のHi-netによる微小振動・自然地震観測を実施し、本事業の周辺地域での自然地震の発生状況を把握する。あわせて、常設型OBCについては運用停止および撤去について検討する。

繰り返し弾性波探査では2024年度に第7回モニター調査を実施し、圧入したCO₂が想定どおりに貯留層内に存在していることを確認する。

1.5 貯留層等総合評価(第5章)

1.5.1 実施内容および成果

本年度新たに追加したデータが事前の予測・評価の範囲内にあることの確認を目的に、圧力データの実績と予測の比較やCO₂圧入および圧入停止後の貯留層圧力推移についてのデータ解析を実施した。その結果、特に貯留層の異常を示す事象は生じておらず、シミュレーションの予測の範囲内であると考えられる結果を得た。図1.5-1および図1.5-2にIW-2における坑底圧力の予実績比較を示す。

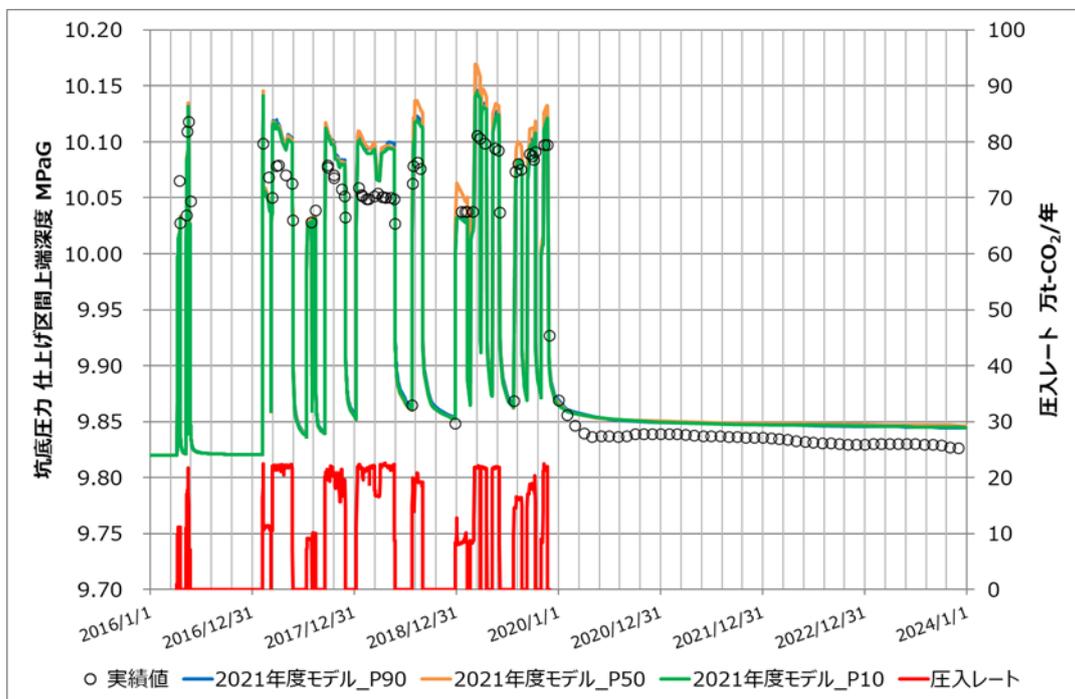


図 1.5-1 IW-2 坑底圧力(仕上げ区間上端深度での圧力)の予実績比較

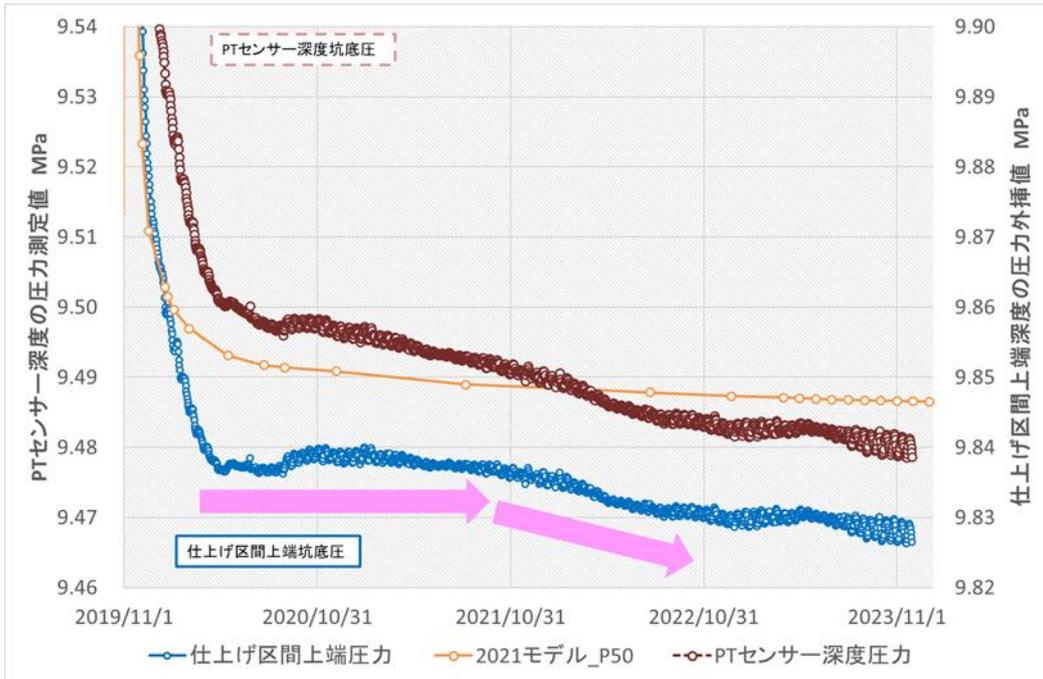


図 1.5-2 IW-2 坑底圧力の予実績比較 (圧入を停止した 2019 年 11 月 22 日以降)

また、総合検討として、まず 2022 年度に取得した弾性波探査データをもとに地質モデル更新の必要性について検討を行ったところ、地質モデル更新は不要との判断に至った。

次に、貯留層シミュレーションによって、圧入レートと貯留層内の圧入区間の関係について調査・検討を行った。その結果、高压入レートであるほど坑底圧力が貯留層圧力より大きくなる領域が貯留層下部側に広がり、CO₂ が貯留層の下部にまで圧入されることを確認できた (図 1.5-3 参照)。また、高レートであるほど、貯留層上部以外に貯留される CO₂ 量も増え、貯留層の中でも低レートでは活用されない空間に貯留されて水平方向への CO₂ の広がり抑制するため、萌別層上部や下部において東側へ広がる溶存 CO₂ の拡大も抑制され、遮蔽層境界への CO₂ の移動も抑えられることを確認した。

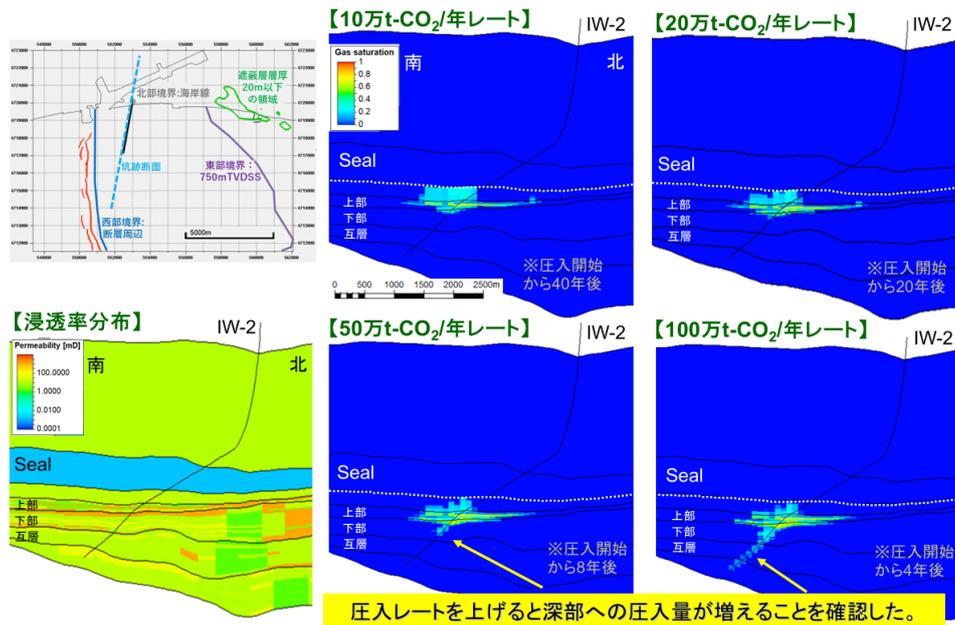


図 1.5-3 圧入レートごとの圧入終了時の飽和率断面図（坑跡断面）

1.5.2 今後の課題等

(1) 貯留層圧力の測定

圧入井の坑底圧力の予実績比較やフォールオフ解析で使用するデータには予測モデルによる計算誤差（例えば演算上の丸め誤差）と実測値の測定誤差（例えば圧力測定深度と圧入深度との間の坑内流体密度の想定値に起因する圧力の深度換算誤差や計測誤差）が含まれる。実測値は CO_2 の密度変化の影響を大きく受けることから、想定した条件次第で評価結果が大きく変わってしまうと考えられる。このため、現状で両者の差異をさらに詳細に検討してもその有効性は低いと判断される。この問題の対策としては、圧力・温度センサー設置深度から仕上げ区間上端深度までの圧力勾配を連続測定することで精度向上を図ることができるが、IW-2 のような高傾斜井での圧力勾配測定は測定器の滞留のリスクが非常に高く、現在のところ実施が困難である。

(2) 繰り返し弾性波探査データ

苫小牧沖 4D 繰り返し弾性波探査データを用いた 4D 解析、および CO_2 の圧入に伴う弾性波応答についての検討を実施したところ、以下 3 点が今後の課題として考えられる。

- 1) 弾性波フォワードモデリングによる 4D 応答の検討
- 2) 4D ノイズの軽減および速度変化や時間シフトに関する検討

3) インバージョン解析による物性解析

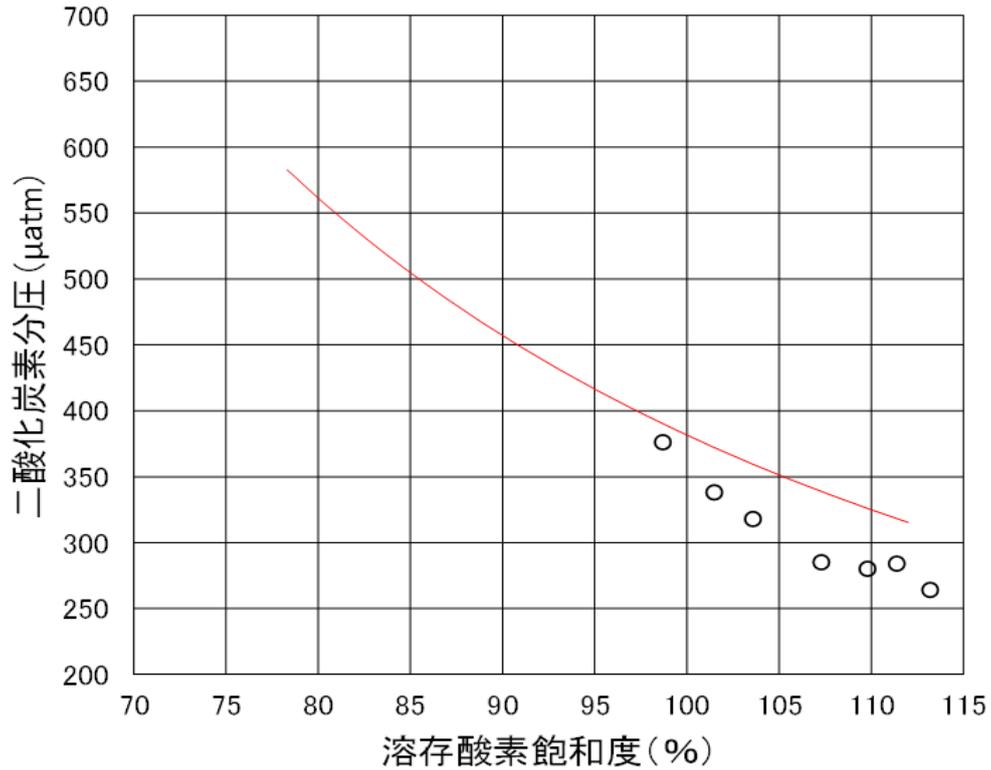
(3) ケーススタディの検証

シミュレーションモデルの精度向上と貯留層の特性把握を目的として、シミュレーションにより圧入レートと圧入区間の関係を検討したが、現状においては実テストによる検証は行われていない。また、本圧入井は最大傾斜が80度を超える高傾斜井であり、主に自重で降下する坑内ツールズを用いた検証は困難であると考えられるが、高レート圧入と圧入前後での弾性波探査を組み合わせる等の手法により検証できる可能性がある。

1.6 海洋環境調査(第6章)

1.6.1 実施内容および成果

海洋汚染防止法の監視計画では、溶存酸素飽和度(DO)と二酸化炭素分圧($p\text{CO}_2$)との関係による移行基準(以下、「移行基準」と称する。)を定めている。2023年2月に実施した2022年度冬季調査の移行基準の超過判定において、基準より高い観測値が8測点中6測点で認められた。このため2023年度の海洋環境調査では、4月下旬から6月上旬にかけて冬季調査の確認調査(現地概況調査)を実施した。現地概況調査では、採水再調査を行いDOと $p\text{CO}_2$ の関係が基準範囲内(図1.6-1参照)であることを確認するとともに、センサー調査や気泡確認調査による面的な観測においても、特定二酸化炭素ガスの漏出またはそのおそれがある事象は確認されなかった。



注) 図中最左側の丸印は、冬季調査において移行基準を超過しなかった調査地点で「対象点」として選定した。

図 1.6-1 監視段階の移行基準（赤線）と冬季調査現地概況調査（採水再調査）で得られた観測値（丸印）

2023年度の通常時監視の四季調査では移行基準の超過判定において基準超過は認められなかった。監視段階の移行基準と四季（春、夏、秋、冬）調査で得られた観測値を図 1.6-2～図 1.6-5 に示す。

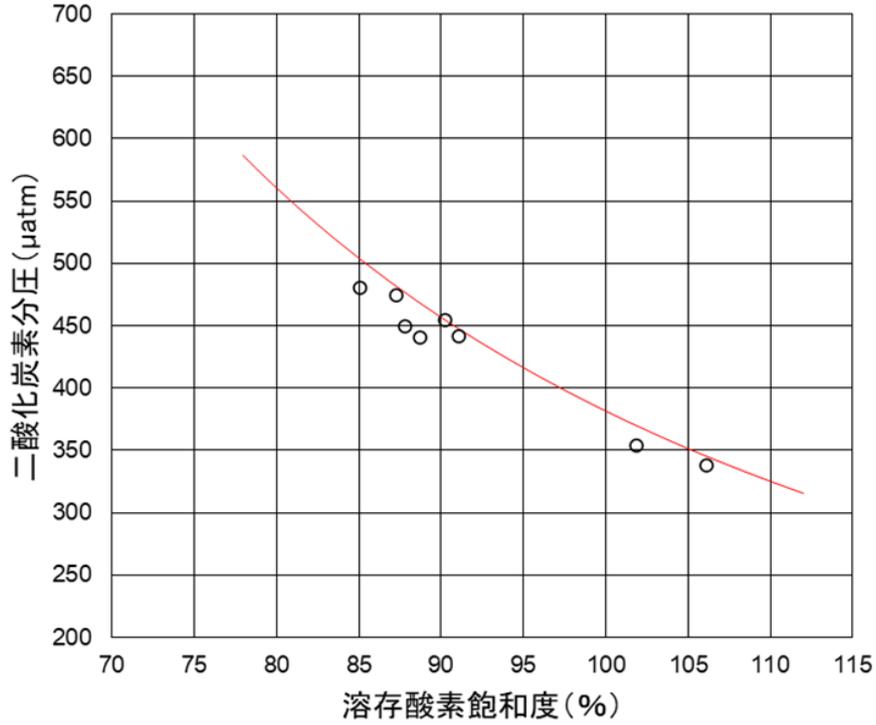


図 1.6-2 監視段階の移行基準（赤線）と春季調査で得られた観測値（丸印）

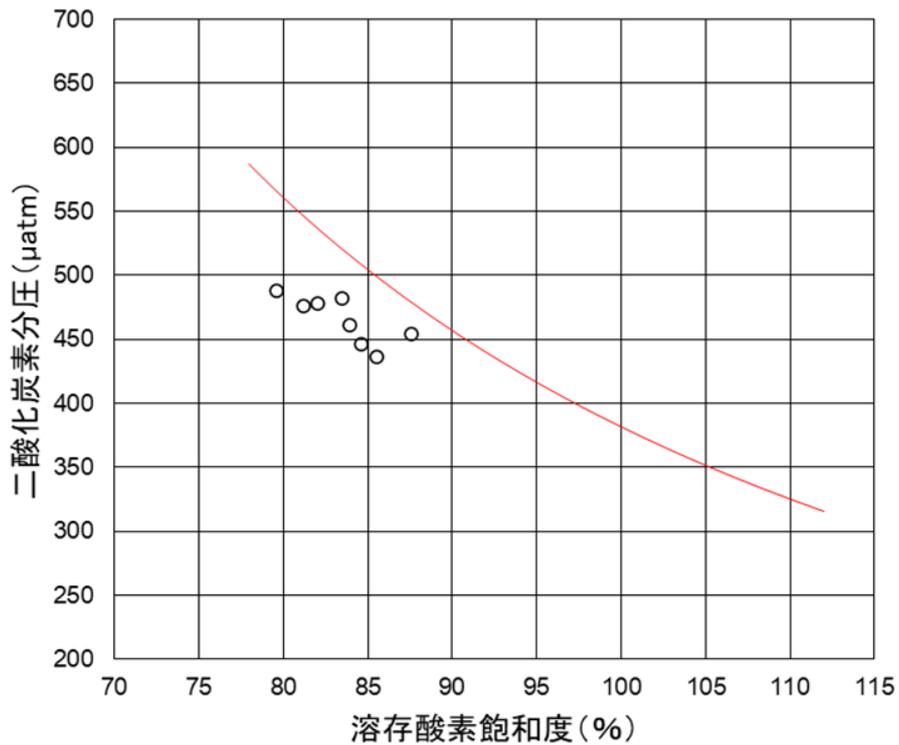


図 1.6-3 監視段階の移行基準（赤線）と夏季調査で得られた観測値（丸印）

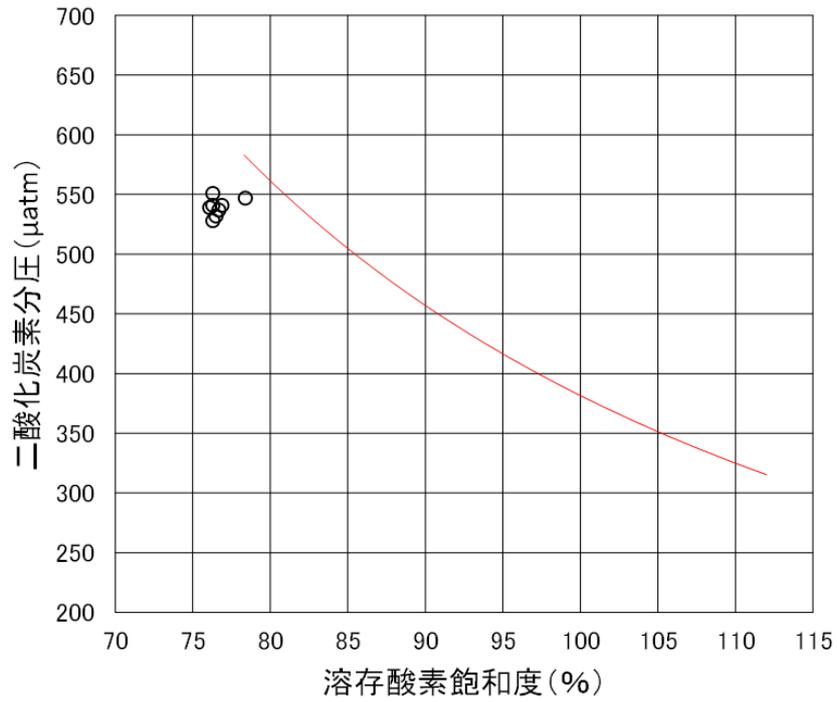


図 1.6-4 監視段階の移行基準（赤線）と秋季調査で得られた観測値（丸印）

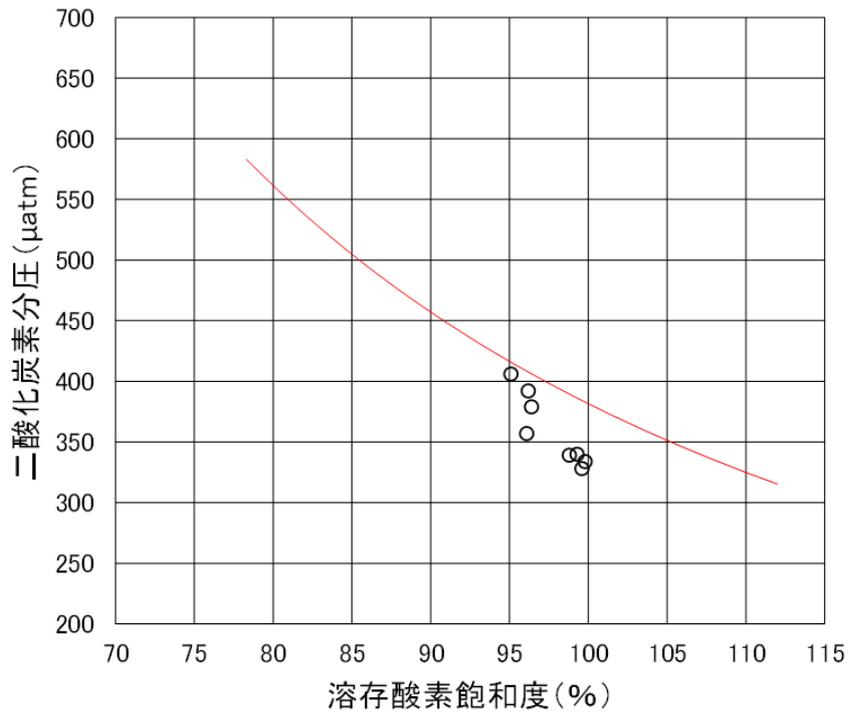


図 1.6-5 監視段階の移行基準（赤線）と冬季調査で得られた観測値（丸印）

海水の化学的性状に関しては、夏季調査の St.02、および St.03 で全リン濃度が過年度の最大値を超える測定値を示した以外は、おおむね過年度の変動範囲から大きく外れる観測値は認められなかった。

海洋生物の状況に関しては、植物プランクトンの出現細胞数や動物プランクトンの出現個体数は、過年度の観測結果と大きく異なるようなデータは認められなかったが、動物プランクトンにおいて温帯から熱帯の沿岸域に分布し北海道での分布は少ないと報告されている種が初めて優占種として観測される等、優占種については過年度と異なる種が観測される事例が認められた。また、苫小牧における重要な水産資源であるウバガイに関しては、夏季調査における分布密度の調査、年 12 回の生育状況の調査を実施し、過年度と同様の傾向を示していることが確認された。

係留系による水質連続観測については、多項目水質センサーのトラブルによりデータの一部に欠測が生じる事例があった。秋季調査以降は、予備の水質センサーを設置する等の対策のもとで、水質連続観測を行った。

海水の化学的性状および海洋生物の状況を正しく把握するためには、今後も引き続き調査を実施し、データを蓄積する必要がある。

1.6.2 今後の課題等

2024年度も海洋環境調査による監視を継続する予定である。

なお、これまで監視計画に則り海水の化学的性状、海洋生物の状況等の海洋環境調査を実施してきたが、これまでの観測実績から、海水中の DO と pCO₂ の関係に基づく移行基準は自然変動による観測値のばらつきが大きいことが課題となっており、引き続き検討が必要である。

1.7 CCUSに関する法規制・他プロジェクトの動向調査（第7章）

1.7.1 実施内容および成果

海外における CCS 関連の法整備が急速に進む中、我が国でも国境間を超えた CCS の実現等を視野に入れた日本の CCS 法の成立が間近である。しかしながら、CCS の社会実装には、詳細な技術、技術基準等の検討が必要であり、早期の社会導入に向けて、その必要性が高まっている。こうした背景から、2023年度の「CCUSに関する法規制・他プロジェクトの動向調査」では、2022年度に引き続き、国内外のCCUSプロジェクト、技術基準、ガイドライン等に関する最新情報を入手し、特に海外における法規制の検討状況等に焦点を当て、今後の国内法のあり方を検討するための資料の取りまとめを実施した。海外にお

ける CCS 関連の法規制に係る検討状況等について、地域ごとに整理した内容は以下のとおりである。

(1) 北米・南米地域

米国における複数の緩和技術にわたって効果のある最も注目に値する政策手段は、税額控除であり、企業が投資から直接収益を生み出すことを可能にした。この動きは、2022年のインフレ抑制法（IRA）と 45Q 税額控除の大幅な改正によって、特に大きな前進が見られたが、2023 年度中については、新たな気候変動関連法案の導入が少なかった様子である。

一方、米国の IRA に触発されたカナダ連邦政府は、CCS プロジェクト開発を奨励するために同等の税制優遇策を採用し、CCS 投資総額の最大 60% の控除率を提示した。さらにカナダは、グリーン経済の成長を促進するため、5 年間で 150 億ドルを割り当てる大規模な公共投資イニシアチブ「カナダ成長基金（Canada's Growth Fund）」を発表した。このようにカナダでは CCS プロジェクトの資金調達への支援策として、カナダ成長基金を通じた投資税額控除と差額契約の利用等、CCS 補助金を提供しうる新たな法律の導入や検討が加速している。

南米ブラジルではブラジル大統領自らが再生可能燃料の使用拡大に向け、2023 年 9 月に、排出量を削減する「未来への燃料プログラム（Fuel of the Future）」を推進し、持続可能な航空燃料（SAF）の国家プログラムを創設する等、同政府として従来以上に強固な CCUS 政策イニシアチブの開発意向が示された。

(2) 欧州地域

欧州では EU-ETS 強化を図るための 2023 年 10 月から炭素国境調整メカニズム（CBAM）の導入が開始された。これは域内市場と輸入に適用されるカーボンプライシング政策の同等性を確保し、EU における低炭素製品の消費促進とともに、第三国の低炭素技術開発や野心的気候政策への刺激が狙いである。一方、EU-ETS の排出枠オークションの収入を財源とするイノベーション基金による各国の CCUS 事業への支援も進み、2023 年 10 月公開の EU 指令「第 4 回実施報告書」ではブルガリア、デンマーク、ギリシャ、フランス、リトアニア、ハンガリー、フィンランド、スウェーデン、アイスランドによる CCS 指令を実施する法律の変更が報告される等、欧州一体での取り組みが進んでいる。

(3) アジア、大洋州地域

東南アジアでは、同地域経済の脱炭素化における CCS の可能性や役割に対する認識が高まりつつあり、CCS を支える政策、法律、規制の展開がみられ、いくつかの国では、CCS

に特化した政策や規制を確立するための制度的な機運が高まっている。例えば、インドネシアは CCS に関する統合的な規制枠組みを確立し、タイとマレーシアでは CCS 技術を支援するための法整備が進められている。こうした進展は、ベトナム、ブルネイ、カンボジア等、この地域の他の数箇国が、排出削減公約を達成するために CCS を緊急に必要としているにもかかわらず、法規制体制に大きな制約があるのとは対照的な動きであり、特に法規制の整備については、東南アジアにおける急速な発展と遅れを対照的に物語るものである。

一方、CO₂越境輸送を伴う大規模な CCS 事業への取り組みが進むオーストラリアでは、CO₂輸出の法制化に向けた環境整備の一環として、2009年のロンドン議定書改正内容の実施に向けた、国境を越えた CO₂ 輸出活動を可能にする条項を含む「海洋投棄法」の一部改正案がオーストラリア連邦議会で 2023 年 11 月に可決される等、国際的な CCS 事業の展開を視野に、同連邦政府による画期的な支援の動きがみられた。

(4) 中東地域

2022 年頃から中東・北アフリカ地域全体で気候政策への前向きな動きがみられ、UAE は、2023 年 7 月に従来以上に野心的な NDC 目標を UNFCCC に提出した。同国では再生エネルギーの強化を主に、気候変動対策のための行動計画、政策、戦略の策定が進められている。一方、サウジアラビアでは、同政府および Aramco 社間において、大規模な CCS ハブ開発プロジェクト「Aramco Jubail」の建設に関する共同開発契約が締結される等、同政府による CCS 拡大支援の意向が確認された。

(5) CCS のための CO₂ 船舶輸送に関する法整備

CO₂輸送に関しては、大規模な CCS の実現に向けた船舶輸送による国境間を超えた法整備が重要であり、ロンドン議定書に加えて、広範な地域や国の法律の遵守を踏まえた理解を深めていくことが必要とされている。

1.7.2 今後の課題等

2023 年度の海外法規制の検討状況に関する調査を通じて、多くの国、地域が、自国における CCS 固有の法令について検討段階や準備段階にあることが分かった。海外では特に欧州を中心に CCS の大規模ネットワーク化のための政策支援の検討も顕著に進んでいることから、今後の日本の CCS 展開に向けた先事例として注視していくことが重要と考える。2024 年度についても国際水域にわたる CO₂ の輸送の国際合意を含め、海外における法規制の検討状況を重点テーマとして取り扱うこととする。

1.8 国内における社会的受容性の醸成に向けた情報収集発信活動

1.8.1 実施内容および成果

本事業の円滑な推進には、国民、特に当センター周辺地域の関係者から深い理解と信頼を獲得することが必要である。本事業の社会的受容性活動（Public Acceptance。以下、「PA 活動」と称する。）では、関係者との信頼関係を維持・強化することに注力しつつ、見学会・講演会・パネル展、地域で開催されるイベントへの出展、講義・講演の実施等、直接対話が可能な取り組みを通じて、CCS の目的・意義・技術・安全性を理解してもらうことを基本として、対象者に合わせたわかりやすい情報発信に努めている。特に、当センター周辺地域の住民との信頼関係を維持・強化することに注力しつつ、さらに、国内外の企業関係者・業界団体・学生等の見学の受け入れや講義の開催、寄稿や各種イベントへの参加やパネル展の開催等を展開してきた。

2023 年度の国内における社会的受容性の醸成に向けた情報収集発信活動の概要を表 1.8-1 に示す。

表 1.8-1 国内における社会的受容性の醸成に向けた情報収集発信活動

苫小牧市およびその周辺地域における情報収集発信活動		
地元市民向け現場見学会（バスツアー）	子供～10代向け（2回） シニア世代向け（1回） 働く世代向け（1回）	計4回、113名
パネル展の開催	環境広場さっぽろ2023 北海道庁パネル展 ビジネスEXPO2023 他3件	計6件
北海道における講義・講演の実施、CCS講演会の開催	学校・団体等（8回） CCS講演会（1回）	計9回
子ども実験教室／地域で学ぼうSDGs夏休み1日自由研究の開催	子ども実験教室（4回） 地域で学ぼうSDGs夏休み1日自由研究（1回）	計5回、109名
苫小牧市との連携	市庁舎に情報公開モニターの設置等	—
国内他地域における情報発信活動		
現場見学会	企業、大学、研究機関、一般等	計262件、2,946名
講義・講演の実施	一般向け（13回） 大学等（10回）	計23回、1,174名
展示会、シンポジウム、学会へのブース出展	2023地球温暖化防止展 エコプロ2023 CCSテクニカルワークショップ 他2件	計5件、3,881名 ^{*1}
その他の情報発信活動		
メディア対応	プレスリリース、新聞報道、雑誌・書籍掲載等	48件
寄稿および発表	地球温暖化への挑戦～苫小牧CCSプロジェクト	1件

*1 CCSテクニカルワークショップを除く当社ブース来訪者数

2023年度は、国によるCCSの事業化に向けた取り組みが加速し、多くのメディア（新聞・雑誌・テレビ）でも取り上げられる等、CCS事業への関心が高まったことにより、当センターの見学件数・見学者数は過去最高を記録した。当センターの現場見学件数と見学者数の推移（2012年度 - 2023年度）を図1.8-1に示す。

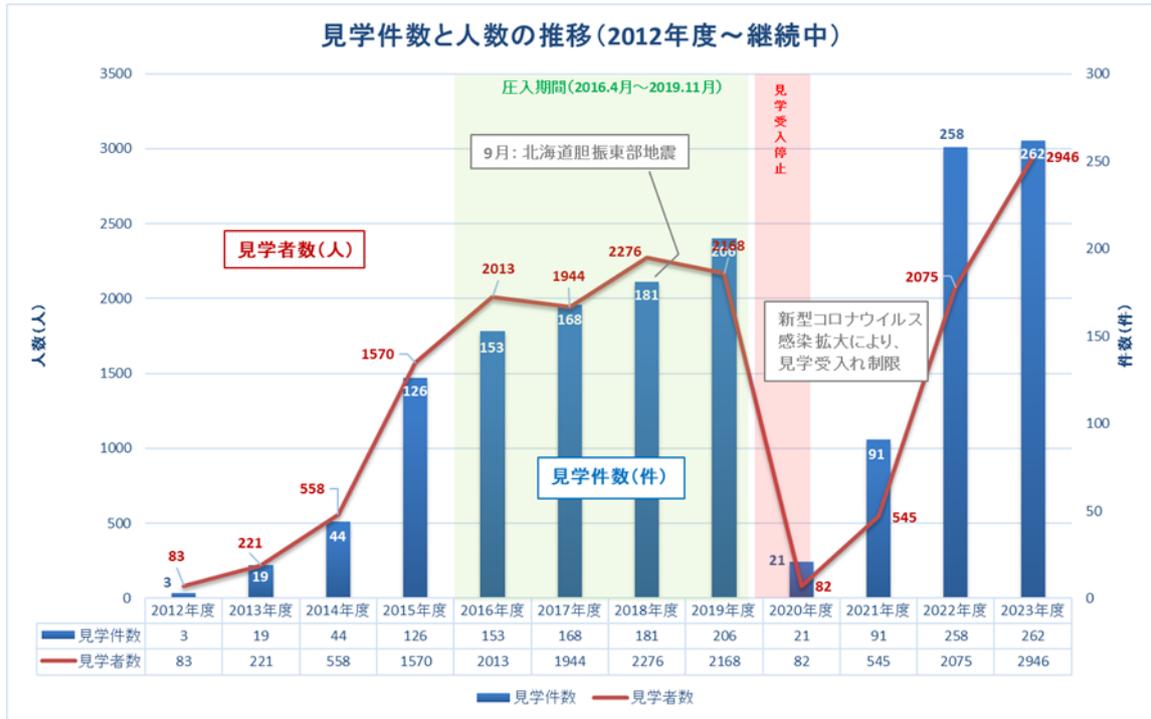


図 1.8-1 現場見学件数と見学者数の推移(2012年度 - 2023年度)

また、コロナ禍の影響も解消され、「子ども実験教室」や「地域で学ぼう SDGs 夏休み 1 日自由研究」等のイベントが復活し、CCS 講演会、講義・講演等も含め、直接的な情報発信活動もコロナ禍以前の活動を取り戻した。

これらの活動における質疑等からは、世間の関心が CCS 技術そのものから、CCS 政策の方向性や将来の社会実装のあり方に広がる等、CCS の今後の事業展開への注目の高まりを実感した。

この他、継続的に取り組んでいる地域とのコラボレーション企画であるパネル展の開催、苫小牧市庁舎設置のモニターによる情報発信、首都圏を中心とした各種展示会へのブース出展、講義・講演の実施、メディア対応等、積極的な情報発信に努めた。

一方、オンラインコンテンツによる最新の情報を発信するとともに、苫小牧実証試験における社会的受容性の実例集および同活動を通じて得られた知見を有識者の助言を得つつ取りまとめた。

1.8.2 今後の課題等

引き続き、国民、特に当センター周辺地域の自治体および住民から深い理解と信頼を獲得する取り組みが重要である。当センター周辺地域とのコラボレーション企画による関係強化、CCS に関心のある方々が集まる見学会、講演会、学習教室等直接対話を可能とする

対面でのイベント開催は欠かせない。一方で、CCSの認知度向上に向けては、北海道庁パネル展、苫小牧西港フェリーターミナルパネル展、トヨタカローラ苫小牧(株)でのパネル展や、苫小牧役所ロビーのモニター設置による不特定多数の方々への情報発信も必要と認識する。

今後のPA活動については、広報活動の定量的評価手法に関する専門家による外部評価およびイベントで実施したアンケート分析結果を踏まえ、数多く効果的に、また継続的に行うことが肝要であり、引き続き、情報発信の機会と選択肢の拡大、露出機会の増加、訴求力の強化をテーマに継続していく必要がある。

1.9 海外への情報発信ならびに情報収集

1.9.1 実施内容および成果

2023年度の国際活動では、本事業のこれまでの研究成果や具体的な知見を視察対応や国際発表等を通じて対外的に発信し、日本のCCS技術のプレゼンスの向上を図った。あわせてCCSにかかる国際議論への参加や海外事業者とのネットワーキングを通じて、我が国のCCS推進のための環境整備(技術、法令(CCS事業法の制定)、コスト低減等)に資する情報収集活動を実施し、その成果を委託者および関連機関(経済産業省等)への情報提供に活用した。2023年度の特筆事項および成果は以下のとおりである。

海外からの視察対応では、本事業やCCSに関する技術的知見のみならず、コストやCCS/CCUSの経済性、補助金、政策等に対する高い関心も見られ、海外視察者の関心が、技術的ノウハウから、本格的なCCSの実現のための環境整備へと拡大していること、またそうした変化からCCSをビジネスとして捉える動きが世界で拡大していることも窺われた。図1.9-1に、2023年度の実績を含めた、過去12年間の「海外からの視察者数の推移」を示す。2023年度の海外からの視察者対応の実績件数は39件、視察者数554名となり、事業開始以降最多であった。

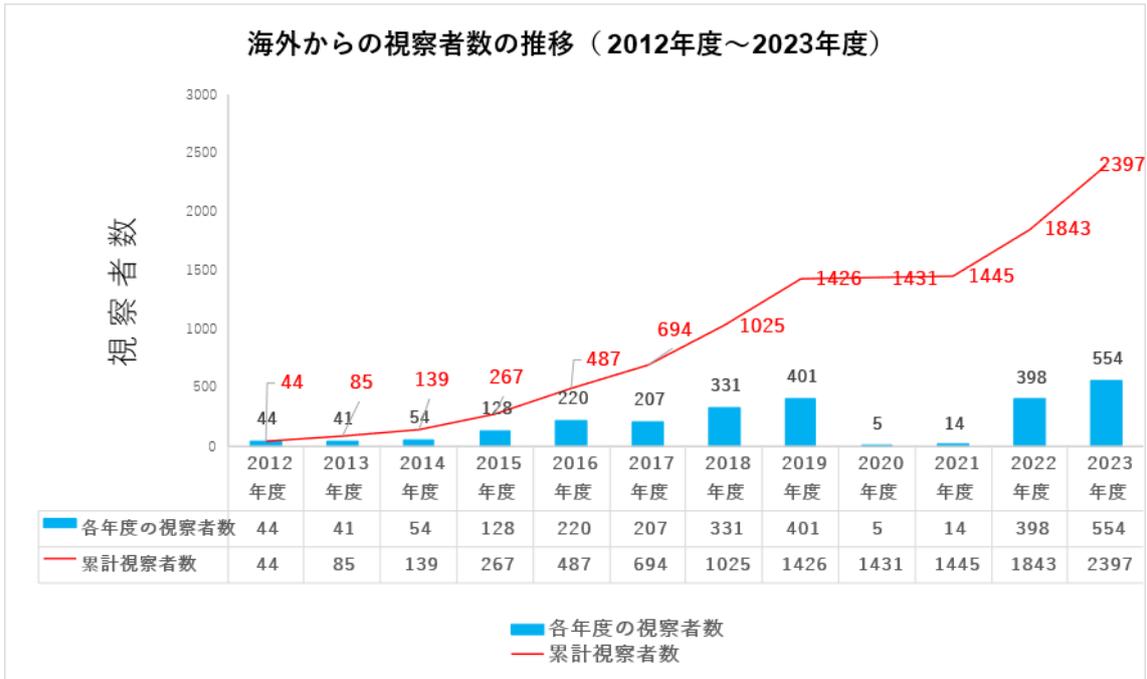


図 1.9-1 海外からの視察数の推移（2012年度～2023年度）

また、海外からの視察者対応や海外との意見交換・技術交流会等で実施したディスカッションの内容を要素ごとに分類し、海外からの関心度の高いテーマについて分析した結果（「2023年度の主要なディスカッションテーマ」）を図 1.9-2 に示す。

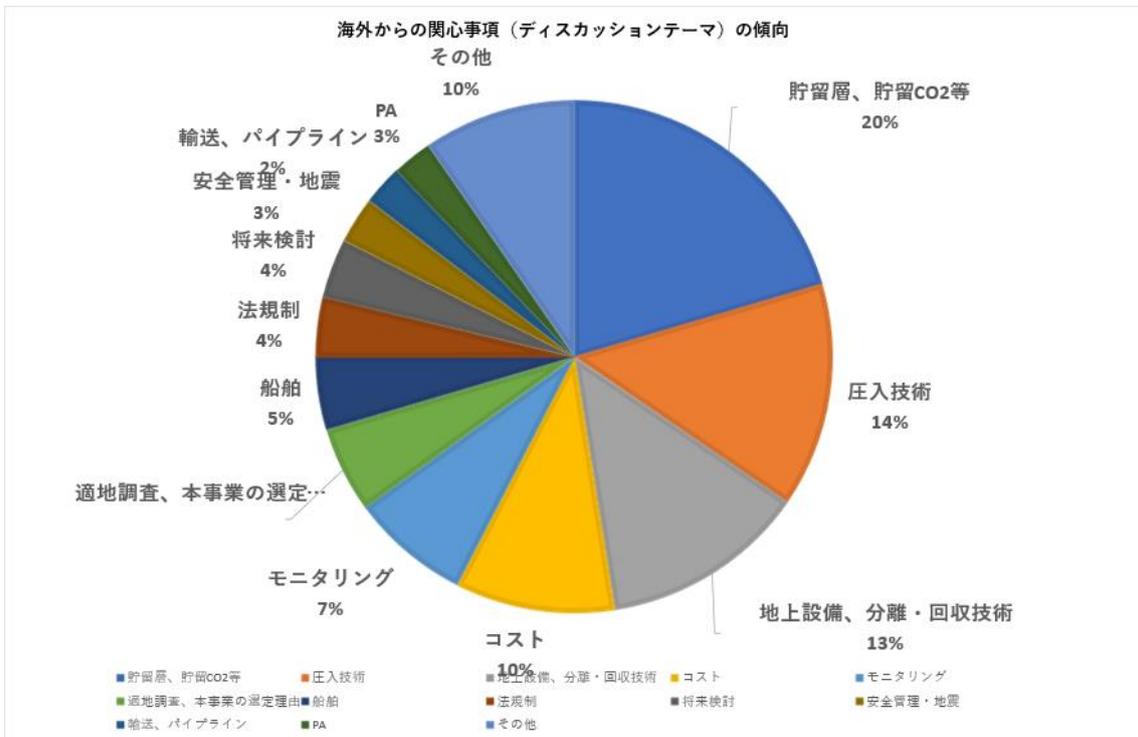


図 1.9-2 2023年度の主要なディスカッションテーマ

上の円グラフの通り、最も関心の高いテーマは、貯留層（潜在的規模、貯留CO₂の性状を含む）や圧入技術に関するもので、ディスカッションテーマ全体の約2割を占めた。特に、本事業地点や日本全体の潜在的な貯留規模、滝ノ上層に圧入できなかった理由等について高い関心がある傾向が見られた。これに次いで圧入技術に関連するCO₂の温度や圧力管理、本事業に係るコストやCCSの経済性、アミン溶液の交換の必要性、義務付けられたモニタリング期間やCO₂漏洩の確認方法、貯留適地の選定方法、CO₂地中貯留への地震の影響やその対策、安全性等、事業が地域に受け入れられるまでのプロセスについての高い関心が見られた。また2023年度は、2022年度以上にビジネスモデルや事業化に向けた課題等に関する議論も多く、海外がビジネスとしてCCUSの導入に関心を高めている傾向が見られた。

本事業の成果や知見等について海外に向け発信し、国際社会における日本のCCUS技術についてのプレゼンスの向上を図ること、また海外における最新のCCSの検討状況等に関する情報収集により、本事業の将来検討や日本の環境整備に寄与することを主眼とし国際会議等における情報発信、情報収集を実施した。2023年度における国際会議等における成果発表件数は9件、情報収集は2件となった。

グローバルCCSインスティテュート(GCCSI)との協力、連携活動では、GCCSIが最新のCCS、CCUS技術大要として取りまとめた「State of the Art: CCS Technologies 2023」への寄稿を実施したほか、海外政府の視察、国際イベントへの後援を通じて、今後の国際活動の機会向上を図った。

2016年から継続しているCSLF活動については、CCSに関するハイレベルな国際議論の機会において、本事業の最新の研究成果を継続的に発信するとともに、CCSに関する世界共通の課題についても把握し、重要な組織とのネットワークの維持強化にも繋がった。世界各国のCCS関係者との交流や意見交換会では、官民の役割、多国間協力の在り方等を含めた最新動向等も知見として得られ、特にビクトリア州政府との関係については、長期的連携を確認するためのMOU締結等の成果も達成した。

ツール等の維持更新作業に関しては、実施中のモニタリングやPA活動について、英語版のツールやウェブサイト等にタイムリーに反映し、また季刊誌「国際だより」（図1.9-3参照）の発行による当社国際活動の理解促進を図ることにより、当社が適切かつ安全にCCSを推進していることを正確に発信した。



図 1.9-3 季刊誌「国際だより」2023 年度発行号表紙

2023 年度現在において、日本政府は、国際的な広い視野のもとで、国内法の精緻化に資する豊富な知見を求めており、当社はこうした日本の動きに対応するべく、今後もさらに活動の場を広げ、新規テーマや議論の場にも積極的に対応していくことを検討する。海外組織との交流は、正確な情報を入手するためのネットワーク構築の上で重要であり、今後も重点テーマとして取り組む。

1.9.2 今後の課題等

地震多発国かつ国際的にも稀少な都市近郊における CCS の実証成果について情報発信することは、日本の CCS 技術の確実な取り組みに対する理解につながることから、今後も継続が重要である。

CCS の法整備やビジネスモデルの議論は、海外では先行している現状がある。こうした国際議論への積極的な関与を通じ、官民の役割等についても多様なケースから情報を得ることが重要かつ有効と考えられ、今後もモニタリング、PA 活動に有効となる海外先行事例とともに、日本政府が取り組んでいる国内法の整備に資する情報収集に努める。

1.10 社外有識者による技術指導

1.10.1 実施内容および成果

外部有識者から構成される「苫小牧 CCS 実証試験に係わる課題検討会」（以下、「課題検討会」と称する。）を設置して、事業推進の一助としてきた。2023 年度は、第 20 回課題検討会を 2023 年 8 月、第 21 回課題検討会を 2024 年 3 月に実施した。課題検討会では、繰り返し弾性波探査解析結果報告、海洋環境調査の移行基準見直しに関する報告、貯留層総合評価（シミュレーションスタディー報告）、観測井モニタリングの最適化とデータ解析事例、および各項目の今後の課題についての報告に加えて、課題検討会の下に設置した「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」（以下、「モ

ニタリング分科会」と称する。)の進捗および検討内容等についても報告を行い、社外有識者による確認と助言を得た。

モニタリング分科会では2023年度はこれまで重点的に検討してきた技術的事項に加え、リスク評価、規制当局との関わりに関する知見を収集・整理したうえで具体的なモニタリングモデル計画の作成を行った。並行して、ファイナンス、保険業界等CCSを事業化するにあたり重要な分野からのヒアリングも実施し、参考意見として整理した。CCSのモニタリングの意義を総合的に勘案したうえで、「日本におけるCCSのモニタリングのあるべき姿」の取りまとめを行った。具体的な想定貯留サイトの事例として、浅海域・深海域・断層の多い場所等、そのサイト特有のリスク分析に基づいた日本におけるモニタリングモデル計画の策定について、国際動向を踏まえつつ、明記すべき点を追加することにより、独自のものとしたことについて報告した。そのほか、2023年11月に経済産業省カーボンマネージメント小委員会および環境省の委員会にて「日本におけるあるべきCCSのモニタリングの姿「提案骨子」」として紹介した、モニタリングの目的、漏洩と漏出の区別と漏洩監視の重要性、最低限行うべきモニタリング、その他のモニタリングに関する考え方は、モニタリング分科会の成果として周知することが有効であると結論づけられた。

1.11 将来計画の検討・準備等

1.11.1 実施内容および成果

2023年度は、CCUS技術の早期実現に向け、触媒反応による航空燃料(SAF:Sustainable Aviation Fuel)の製造、バイオ(バクテリア)を活用したSAFの製造に関する調査のために、CO₂からSAFへの変換技術を持つライセンス供与会社にヒアリングを行い、CCUSの装置構成の検討を試みた。主な成果等は以下のとおりであるが、技術ライセンス供与会社から十分な情報を得ることができず、限られた範囲での考察にとどまっている。

- 1) CO₂を原料とするメタノール製造は実績もあり比較的取り組みやすいCCUとして考えられるが、メタノールからのSAF製造では、メタノールの炭素数が低いことが起因し、エタノールや他の原料より厳しい収率となり、エネルギー効率の観点からも著しい優位性は見出されなかった。
- 2) 一方、CO₂を直接燃料転換できるとされているバイオ(バクテリア)技術の採用は、CO₂を分解することもなく、エネルギー効率的には優位に立てる技術のように思える。

1.11.2 今後の課題等

今後、ランセンス供与会社の技術動向を注視し、入手可能な技術情報を基に評価を進めることを検討する。技術評価後の試験計画等を提示することが困難な現況では、情報収集には限界があるため、今後は他のCR(Carbon Recycling)技術も含めた調査を継続する。