

## 目次

第1章 事業の背景、目的および結果概要 .....	1
1.1 本事業の目的 .....	1
1.2 年間約10万トン規模でのCO <sub>2</sub> 分離・回収設備(第2章) .....	2
1.3 年間約10万トン規模でのCO <sub>2</sub> 圧入、貯留試験(第3章) .....	8
1.4 貯留したCO <sub>2</sub> のモニタリング(第4章) .....	9
1.5 貯留層等総合評価(第5章) .....	22
1.6 海洋環境調査(第6章) .....	35
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) .....	38
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 .....	44
1.9 海外への情報発信ならびに情報収集 .....	47
1.10 社外有識者による技術指導 .....	51
1.11 将来計画の検討・準備等 .....	52

## 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 (CO<sub>2</sub>) 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調査株式会社の3者は、2012年度から2021年度の10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CO<sub>2</sub>（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実証試験であり、CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>の貯留、貯留したCO<sub>2</sub>のモニタリング等を実施している。なお、2019年11月にCO<sub>2</sub>圧入量が目標の30万tに達したことにより、以降はCO<sub>2</sub>の圧入は停止している。

また、貯留後のCO<sub>2</sub>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、海外への情報発信並びに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2021年度分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CO<sub>2</sub>の貯留地点とし、その沿岸部に地上設備（CO<sub>2</sub>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された事業である。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の実証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CO<sub>2</sub>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の安全性の実証一連の作業を通じて、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) 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実用化作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CO<sub>2</sub>分離・回収設備(第2章)

### (1) 実施内容および成果

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、2019年11月にCO<sub>2</sub>圧入目標量である30万tに達した後、圧入は停止しているため、2021年度もCO<sub>2</sub>供給設備およびCO<sub>2</sub>分離・回収設備等は休止中にある。休止期間中も2020年度に引き続き、将来的な利活用に備えて各種保全業務を遂行し、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2021年度の実施内容とその成果を要約する。

#### ① D1-1基地(供給設備)の保全点検

出光興産(株)北海道製油所内に設置したD1-1基地の設備構成図を図1.2-1に示す。基地の今後の利活用に向け、CO<sub>2</sub>含有ガス供給設備とその関連設備の点検保全業務を遂行した。例として、休止中設備の一部の配管に放射線透過検査を実施し、健全性を検証した。またPSAオフガスサクシンドラム(CS-V1; 図1.2-1)のヒーティングコイルへのスチーム供給ライン接続フランジ(スチームマニホールドフランジ)の減肉を確認したため、フランジを交換した。

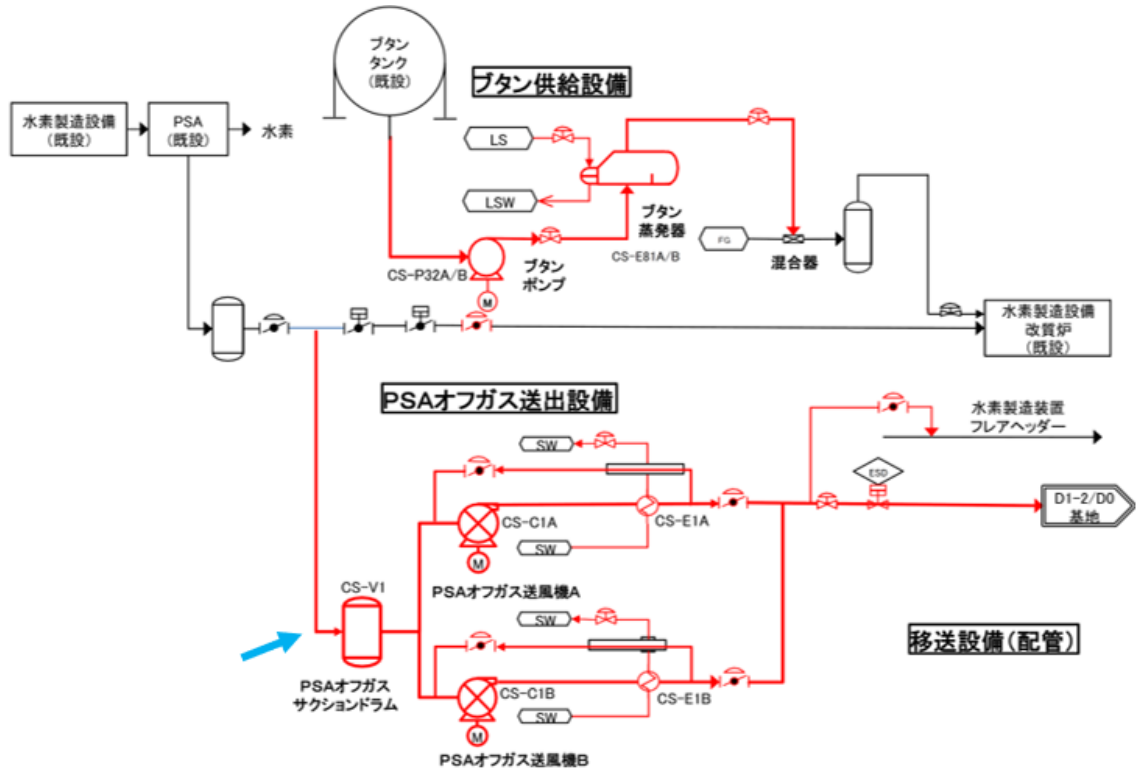


図 1.2-1 D1-1 基地の設備構成図 (赤色表示箇所)

保守期間終了を迎える D1-1 設備の DCS 機器の更新にも着手した。一部作業を 2022 年度に後倒しし、引き続き検討を行う予定である。

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

設備保全に関する管理規程、および要領を適切に運用し、日常保全、定期保全、点検対応補修、および機能改善工事等を遂行した。定期保全における法定点検検査は、高圧ガス保安法に基づく窒素製造設備の安全弁分解点検検査、フレキシブルホースの耐圧検査、配管気密検査等の自主検査を実施した。さらに、設備の機能改善の目的で、PSA オフガス圧縮機のアンチサージ弁閉塞対策工事およびボイラーの給水ポンプシステムの更新工事などを実施した。

## ③ 安全・環境管理

前述のように、当センターの分離、回収、圧入設備は、現在休止状態である。休止期間中であっても、安全管理においては、当センターの安全衛生および環境に関する管理規程および要領に従って、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) を実施し、2021 年度も無事故・無災害で業務を遂行した。これにより当センター開業

(2016年2月10日)以来継続している無事故・無災害は2022年3月31日で2,241日を達成した。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、環境汚染につながる公害の発生はなかった。

#### ④ CCSコストの推算

2019年度にはCO<sub>2</sub>圧入年間100万トン規模の実用化モデルを対象にして、一般的な条件からCCSコストの算出を行ったが、2021年度には、実際の運転で起こり得る定常運転以外の各種条件を考慮に入れたCCSコストの算出およびコスト削減の検討に着手した。対象となる条件としては、1)部分負荷運転時(最低40%負荷)におけるエネルギー効率改善、2)低CO<sub>2</sub>回収率運転におけるエネルギー効率改善、3)起動・停止運転時におけるエネルギー効率改善の3点があげられるが、2021年度は、1)および3)について、運転操作方法見直しによる運転コスト削減を目指し、運転実績データに基づく机上検討を進めた。

部分負荷運転時におけるエネルギー効率改善について考察を行うため、部分負荷時運転実績データをまとめた(表1.2-1)。リーンアミン溶液およびセミリーンアミン溶液の循環量は設計値の60%以下で運転した際、吸収塔出口のCO<sub>2</sub>濃度は通常上限の0.1%以下に保持されている現象がみられた。これは、CO<sub>2</sub>が吸収塔上段のリーンアミン溶液中に捕獲されたため発生した現象と推定される。このことは、アミン溶液循環量を低下させても通常量のCO<sub>2</sub>回収があったことを示しており、コスト低減に寄与する可能性がうかがえる。起動移行・停止移行運転時の分離・回収エネルギーについては、本事業における起動移行・停止移行運転時実績データをまとめ、停止移行期間のエネルギー消費は、起動移行期間のエネルギー消費よりも相対的に大きく、経年による減少も見られないことを明らかにした。

表 1.2-1 部分負荷運転データ

年/月/日		2017/8/9	2019/1/15
CO <sub>2</sub> 回収量	t/h	12.2	10.3
装置負荷 (設計値 5.3t/h)	%	48.2	40.7
リーンアミン溶液	t/h	81	81
設計値: 123t/h	%	66	66
セミリーンアミン	t/h	351	376
設計値: 785t/h	%	45	48
リボイラー熱量	GJ/h	13.65	14.07
設計値: 21.83GJ/h	%	63	64
	GJ/t-CO <sub>2</sub>	1.119	1.366
ポンプ電気量	kWh/t	30.7	37.7
分離・回収エネルギー	GJ/t-CO <sub>2</sub>	1.51	1.84
設計値 : 1.13GJ/t-CO <sub>2</sub>	%	133	163
(参考) 吸収塔出口 CO <sub>2</sub> 濃度	mol%	0.03	0.01
(参考) 吸収塔下段出口 CO <sub>2</sub> 濃度	mol%	3.08	4.47

#### ⑤ 設備の信頼性検討

本検討の目的は、圧入試験終了後の設備の保全、利活用に伴う開放点検の結果や運転データの比較検証から抽出された実用化のための対策・改善策の検討、設備の信頼性の検証である。

図 1.12-2 に分離回収設備フロー図を示す。CO<sub>2</sub> 圧入試験は 2019 年 11 月 22 日に終了したが、本圧入試験中の 2019 年 10 月 9 日、セミリーンアミン配管の調節弁 (11FV-002) 下流フランジ直近の溶接線 (図 1.2-2 ※1) のピンホールからアミン漏洩が発生した。2019 年度～2020 年度に CO<sub>2</sub> 吸収塔 (11V-001)、CO<sub>2</sub> 放散塔 (11V-003)、低压フラッシュ塔 (11V-004)、低压フラッシュ塔塔頂受槽 (11V-005)、アミンリボイラー (11E-004) の各塔槽機器および接続配管の内部を調査し、アミン漏洩箇所以外の健全性を確認した。また、セミリーンアミン配管の漏洩メカニズムを検討した。その結果、漏洩箇所およびその近傍において高速の流動によって被膜 (炭酸鉄) の生成・剥離が繰り返され、エロージョン、コロージョンによる局所的な減肉が進行し開孔、漏洩に至ったと解析した。これを受け、2021 年度は設備の耐腐食性を向上するため、漏洩が懸念される箇所として、「セミリーンアミン配管の調節弁 (11FV-002) および下流配管 (配管サイズ 12B～16B)」 (図 1.12-1 ※1) と「セミリーンアミンポンプ (20P-002A/B) バイパス配管 (配管サイズ 3/4B)」 (図 1.2-2 ※2) を特定し、改善が必要な箇所については、配管類の材

質を炭素鋼からステンレス鋼に変更する対策工事を実施した。なお、対策工事後は窒素封入による次期稼動時までの保管処置を施した。

また、将来の実機運転時に複数材質テストピースによる実機腐食試験を行うことを想定し、テストピース取り付け用治具の準備を実施した。

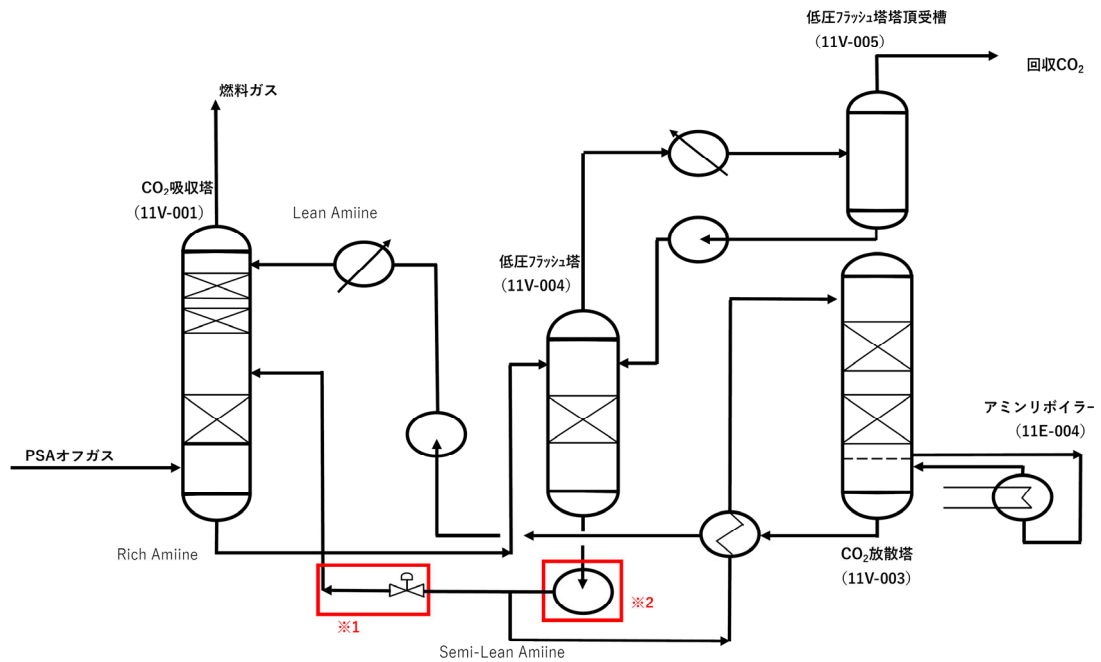


図 1.2-2 分離回収設備フロー図／材質変更箇所

## (2) 今後の課題

### 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、確実に設備の機能維持と安全性を確保していく必要がある。また、DCS 機器の更新工事は図 1.2-2 に示すように 2021 年度は工事内容・工程の検討を実施し、ハードウェアおよびソフトウェアの設計業務は 2022 年度に実施する。

	2022年度				2023年度				2024年度		
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q
工事発注	★										
ハード	設計	→	製作	→							
ソフト	設計	→	製作	→							
納入					北製納入						
事前工事					事前工事	システム立上げ	検査・システム修正				
更新工事									切替工事		
検収							工事に向けた 検討・準備			装置立上げ	★

図 1.2-3 DCS 更新工事工程

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

停止状態の設備は、運転時のように異常が顕在化することが少ないため、潜在的な不具合を検出する必要がある。静機器 (配管・塔槽・熱交換器等) においては、塩害による外面腐食等の点検、計装機器や電気機器においては機能低下や損傷状況の点検等が挙げられる。安全、確実に再稼働するためには、さらなる詳細な点検検査と保全工事が必要である。このような事業環境下から総合点検が必要と考えられ、2021 年度には計画策定のための事前点検 (プレ点検検査) を実施した。その際、発見された小径配管の外面腐食や保温材シール施工の劣化、計装機器の塩害劣化不具合等は、総合点検時の視点に反映させる必要がある。

③ 安全・環境管理

2021 年度、当センターは開業 (2016 年 2 月 10 日) 以来の無事故・無災害を継続できた。これは、実証試験設備は休止状態であるものの、さまざまな日常保全作業や定期保全作業は継続されており、安全衛生および環境に関する管理規程および要領に従う安全管理および環境管理活動が本成果の一助となっていると考えられる。以上を踏まえ、今後もこれらの管理活動の継続が、従業員の安全・健康の確保および安定操業にとって重要となる。

また、環境管理においては、2020 年 1 月 21 日以降解除となっている北海道、苫小牧市、当社の三者の公害防止協定書に関して、今後、実証試験設備の再稼働が決定した場合は、北海道、苫小牧市と新協定書締結に関する協議を行う必要がある。

④ CCS コストの推算

今回の検討で明らかになった CO<sub>2</sub> 回収量が 50% 以下での運転時でも吸収塔出口おける CO<sub>2</sub> 濃度が 0.1% 以下に保持できていた現象に関し、同条件 (セミリーニアミン溶液循環



量：60%に低下。リーンアミン溶液循環量：40%程度に低下。)で運転した時の実測での検証が必要である。起動移行・停止移行運転時の分離・回収エネルギーに関しては、特に2019年度の停止\*2)移行期間のエネルギー消費の内容について、詳細に分析し対策を検討しておく必要がある。

#### ⑤ 設備の信頼性検討

実機腐食試験実施に向けて、2022年度以降に具体的な試験要領を検討する。

### 1.3 年間約10万トン規模でのCO<sub>2</sub>圧入、貯留試験(第3章)

#### (1) 実施内容

本事業のCO<sub>2</sub>圧入は、「本圧入」への移行前に貯留層能力を評価する「試験圧入」、複数回のフォールオフ解析(以下、「FOA」と称する。)により貯留層状況の把握に努める「本圧入初期段階」、CCS実用化段階でのCO<sub>2</sub>圧入に準じて可能な限り高レートで圧入を継続する「本圧入継続段階」と、目的別に3つの段階がある。

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た。

滝ノ上層への圧入は、2018年2月6日から2月23日、7月31日から9月1日まで試験圧入を実施し98 t-CO<sub>2</sub>を圧入した。

圧入停止時の累計圧入量は萌別層が300,012 t-CO<sub>2</sub>、滝ノ上層が98 t-CO<sub>2</sub>、両層の合計は300,110 t-CO<sub>2</sub>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。2019年11月22日の圧入停止以降、坑底圧力および坑底温度の低下傾向が継続している。

---

\*2) 2019年3月に、原料であるPSAオフガス供給に急激な変動を生じた。この変動によって、PSAオフガス圧縮機がサージングの危険領域に近づいたため、D1-2/D0基地の緊急遮断システムが作動し、自動遮断や開放および機器の運転停止が行われて、安全と機器健全を確保した。

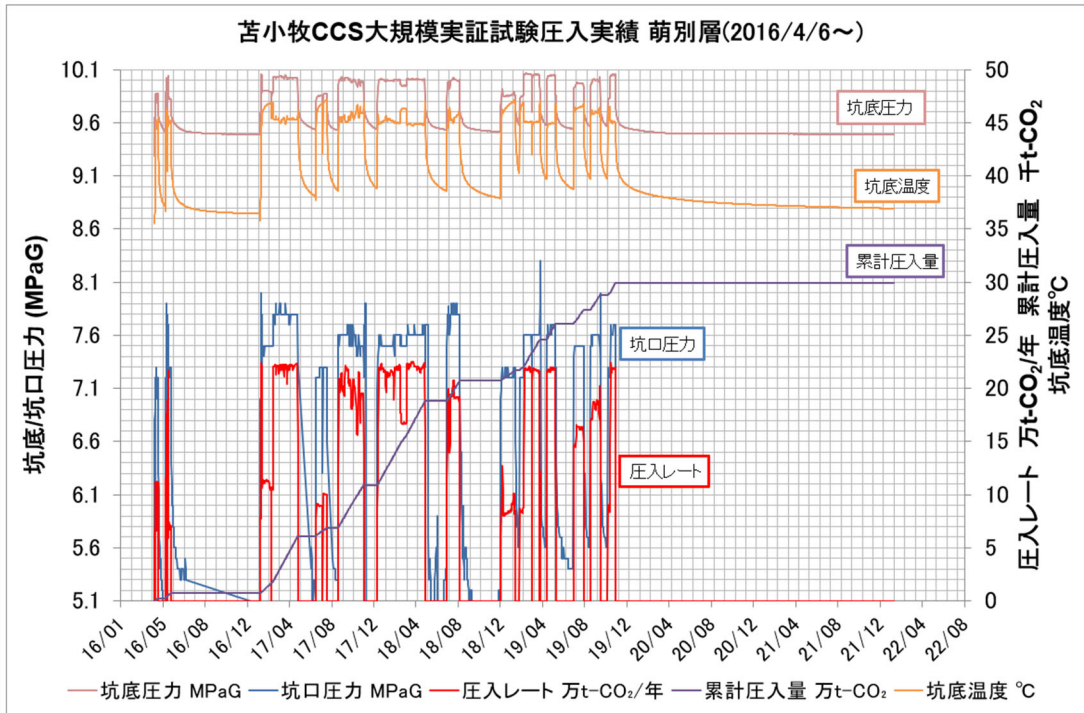


図 1.3-1 萌別層圧入井の圧入履歴

(2) 今後の課題

2019年度に圧入を停止して以降、2021年度も圧入停止を継続した。2022年度も圧入の再開は予定しておらず、圧入停止後の貯留層近傍の坑底圧力および坑底温度を継続して観測する必要がある。

1.4 貯留したCO<sub>2</sub>のモニタリング(第4章)

(1) 実施内容および成果

(1)-1 成果の概要

本事業においては、圧入したCO<sub>2</sub>の貯留層での挙動をモニタリングし、CO<sub>2</sub>が漏洩・漏出せず、想定通りに貯留層内に存在することを確認することを目的に、圧入井<sup>\*3)</sup>および観測井<sup>\*4)</sup>での坑底の圧力・温度観測に加え、観測井坑内地震計、地表、海底および苫小牧周辺のHi-net<sup>\*5)</sup>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た地下の状態変

<sup>\*3)</sup> 圧入井はIW-1(滝ノ上層へのCO<sub>2</sub>圧入井(2015年度に掘削))およびIW-2(萌別層へのCO<sub>2</sub>圧入井(2015年度に掘削))から構成される。  
<sup>\*4)</sup> 観測井はOB-1(苫小牧CCS-1(調査井)を滝ノ上層を対象とする観測井として改修、名称変更)、OB-2(萌別層を対象とする観測井(2012年度に掘削))およびOB-3(滝ノ上層を対象とする観測井(2013年度に掘削))の3坑井から構成される。  
<sup>\*5)</sup> 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

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。2021年度では地震観測システムを見直し、震源決定の精度向上への寄与が小さいOBS\*6) (Ocean Bottom Seismometer) による海底での観測と陸上設置地震計の運用を停止し、回収・撤去した。これら各観測システムで取得したデータは当センターに設置した総合モニタリングシステムにおいて集約・一元管理している。また、同システムは、観測データの表示と異常の監視および各種解析機能も備えている。総合モニタリングシステムの概要を図1.4-2に示す。各観測井の温度・圧力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\*7)を利用して発信した。

2021年度は、総合モニタリングシステムの諸機能を利用し、CO<sub>2</sub>圧入地点近傍(CO<sub>2</sub>圧入地点を中心とする東西6km×南北6kmの範囲)における微小振動の発生状況\*8)と本事業の周辺地域(CO<sub>2</sub>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)を把握した。検知したイベントは圧入とは無関係と考えられる。

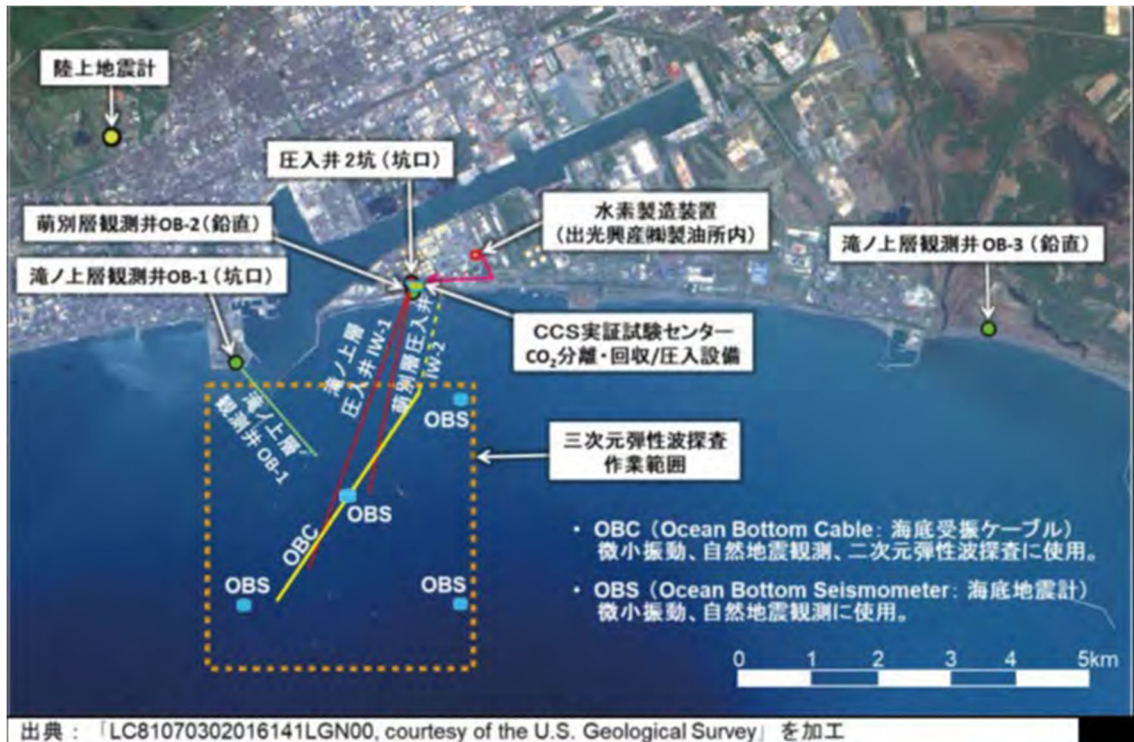
2022年度に第6回目の繰り返し三次元弾性波探査モニター調査(以下、「モニター調査」と称する。)の実施を予定している。2020年度に実施した第5回モニター調査では、滝ノ上層も対象としたが圧入量が少ないために、経時的な変化を確認することができなかった。このため第6回モニター調査では萌別層のみを対象とすることとし、最適なデータを取得するための受発振ジオメトリを設定するための受振測線長、および発振測線数のデシメーションテスト\*10)を2021年度に実施した。

---

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)など様々に利用されている。

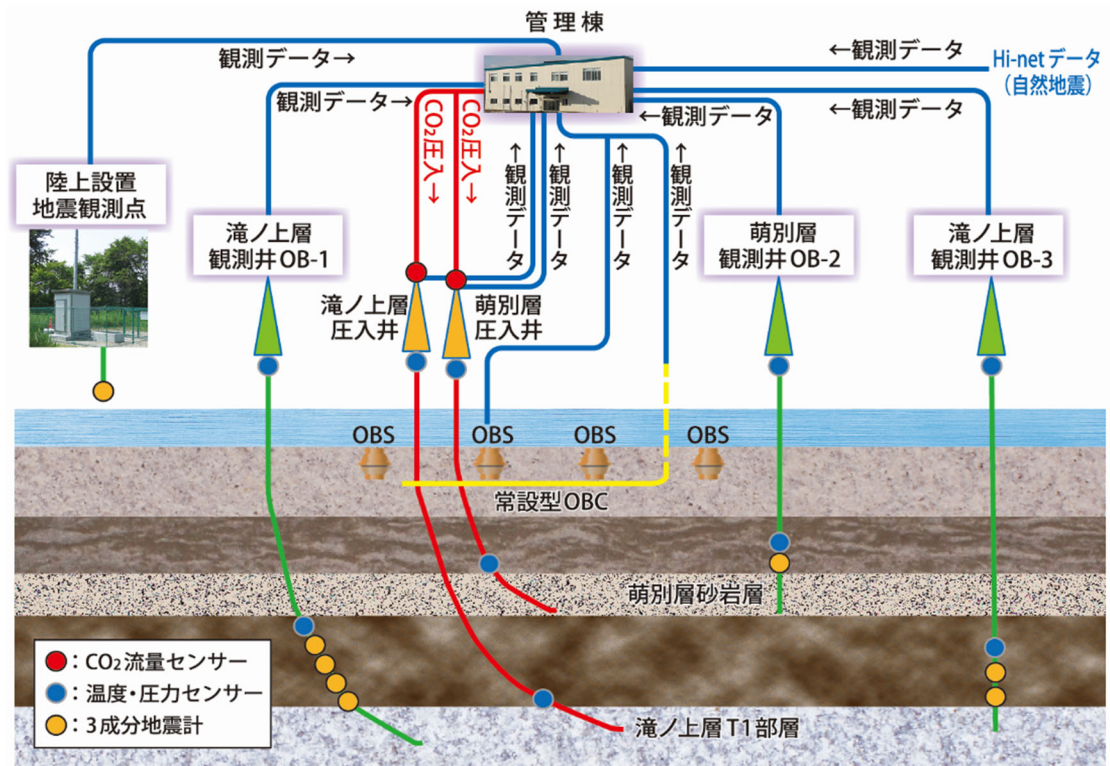
- \*6) 耐圧ガラス球内に組み込まれた地震計、原子時計、レコーダーおよび電源装置等の関連機器一式をOBSと称する。
- \*7) 本事業の進捗状況およびモニタリングの結果を発信することを目的として2016年4月6日に運用開始したシステム。総合モニタリングシステムで集約したデータの当社ホームページからの情報提供および苫小牧市役所内に設置した情報公開用端末に配信・表示を行っている。
- \*8) OB-1、OB-2、OB-3の3本の観測井に設置した地震計、常設型OBCおよびOBSの観測データから振源を推定している。
- \*9) 陸上設置地震計の観測データに加え、(国研)防災科学技術研究所(NIED)から本実証試験地域周辺にあるHi-net(High Sensitivity Seismograph Network Japan)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、独自に自然地震の震源解析を実施している。  
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)など様々に利用されている。
- \*10) 観測点の削減、測線長の縮小や発振測点数削減の可能性調査

圧入井を利用したモニタリングでは、IW-2 および IW-1 の坑底圧力・温度の観測からは、貯留層の異常を示す事象は観察されていない。



注) OBS と陸上設置地震観測点は 2021 年度に撤去した

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 年度に撤去した

図 1.4-1 総合モニタリングシステム概要

### (1)-2 観測井を利用したモニタリング

各観測井で計測された坑井内温度・圧力のモニタリング結果(2014年1月～2023年3月)を観測井別に図1.4-3～図1.4-5に示す。

#### ① OB-1

FBG\*<sup>11)</sup>圧力および温度については、2021年4月の坑内観測機器回収点検作業後に機器の異常が発生している。温度は上昇傾向を示し、圧力は減少傾向が明確にみられ、12月以降には異常の程度はより顕著となる。2022年度にセンサーの検査が必要である。温度については、光ファイバによるDTS\*<sup>12)</sup>により浅部から深部までの連続観測のデータからは、年間を通して一定であることを確認している(図1.4-3および図1.4-6)。圧力については、半導体圧力値およびPPS26\*<sup>13)</sup>圧力値は安定しており、貯留層は安定していると推定される。なお、PPS26圧力については、1月以降データ欠測が発生している。一方、PPS26温度はやや低下傾向が認められ、何らかのセンサー異常が発生していると考えられ

\*<sup>11)</sup> Fiber Bragg Grating (光ファイバ回折格子) 圧力温度センサー

\*<sup>12)</sup> Distributed Temperature Sensor (連続式光ファイバ温度センサー)

\*<sup>13)</sup> Pioneer Petrotech Services Inc.社製の Silicon on Sapphire 素子を用いたデータ電送型の温度・圧力計

る。

## ② OB-2

FBG 温度および PPS26 温度はともに安定しており、良好なデータ取得ができています。PPS26 圧力は安定しており、良好なデータ取得ができています一方、半導体圧力および FBG 圧力は、相対値としてはほぼ安定しているが、点検など調整の度に、その前後で絶対値に変化が生じているという課題がある(図 1.4-4)。

## ③ OB-3

FBG 圧力・温度、PPS26 圧力・温度、および半導体圧力は、それぞれ異常は認められず、良好なデータ取得ができています。圧力については、坑内機器の回収の際、坑口圧力払いの作業があり、測定再開の際に毎度圧力上昇が発生する。貯留層圧力の回復に時間を要するためであり、現在のメンテナンスインターバルでは十分安定した状態の圧力には戻っていない可能性がある。なお、ほぼ同一深度に設置している FBG 圧力と半導体圧力は、経年的に絶対値の差が発生しており、その差が経年的に大きくなる傾向が認められる(図 1.4-5)。

## ④ 坑内機器の不具合(トラブル事例)

前述のとおり OB-1 の FBG センサーには、温度の上昇および圧力の低下の傾向がそれぞれ認められた。

OB-1 の坑内に設置している No.1 微小振動・自然地震観測ツールのデータが計測中に異常値を示し、No.2~4 微小振動・自然地震観測ツールの Y 成分にスパイク上のノイズが混入する現象がたびたび発生している。2021 年 7 月を始めにその後も継続して発生している。原因は No.1 微小振動・自然地震観測ツール不具合の可能性が高いと考えられる。

OB-3 坑内に設置されている PPS26 および微小振動・自然地震観測ツールが 2021 年 10 月末に地上装置と通信不能になる不具合が発生した。地上システム部(地上配線や地上機)の調査では不具合箇所が特定できなかったため、坑内観測機器を回収して臨時のメンテナンスを実施した。回収された坑内観測機器を調査したところ、ケーブルヘッド内に少量の坑内流体と考えられる液体が侵入しており、電子基板の腐食が認められたため、これが原因となって通信不能が発生したと推測された。再発防止策としては、メンテナンス時に坑内観測機器の各所シール部分の確認を確実にすることがあげられる。この不具合による欠測期間は以下のとおりである。

PPS26 温度・圧力 : 2021 年 10 月 21 日 19:22~11 月 18 日 14:43

微小振動・自然地震 : 2021年10月23日 3:58~11月18日 15:09

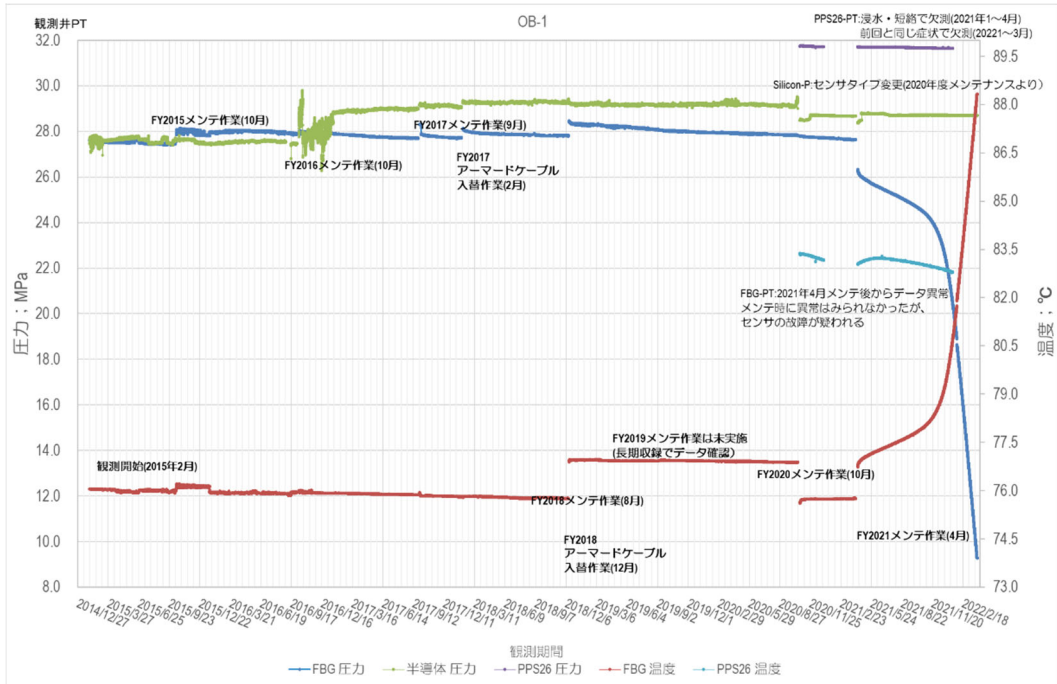


図 1.4-3 OB-1 温度・圧力モニタリング結果

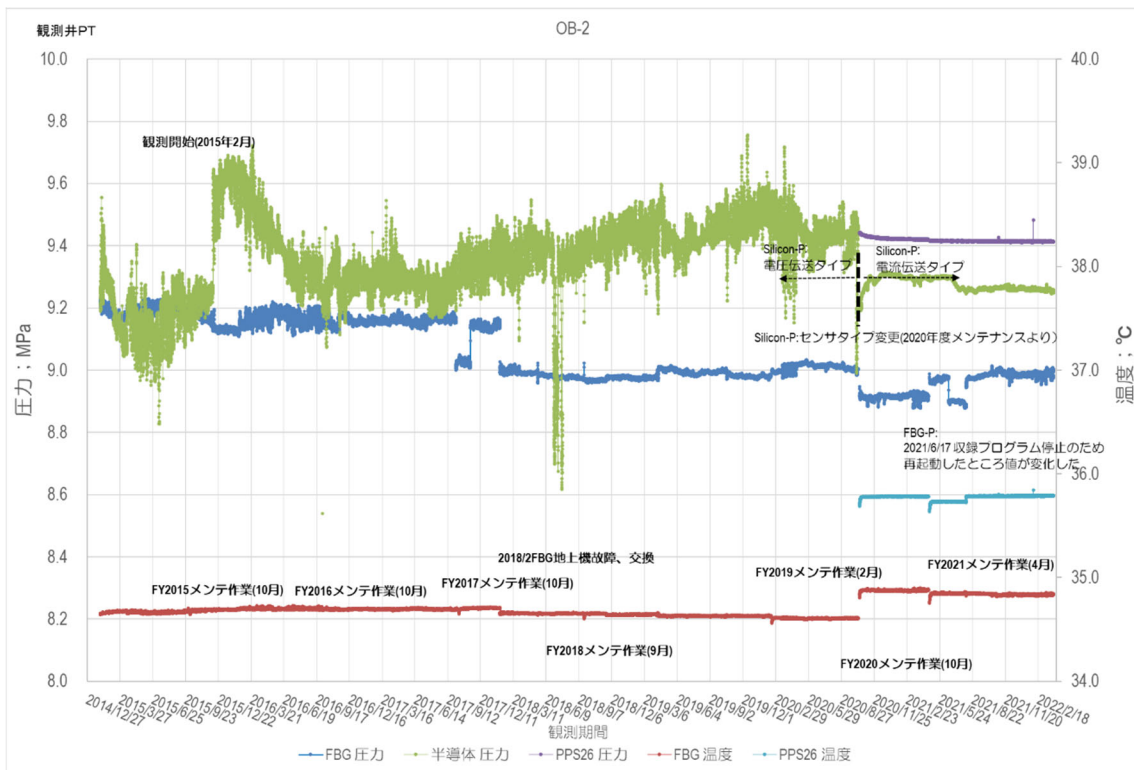


図 1.4-4 OB-2 温度・圧力モニタリング結果

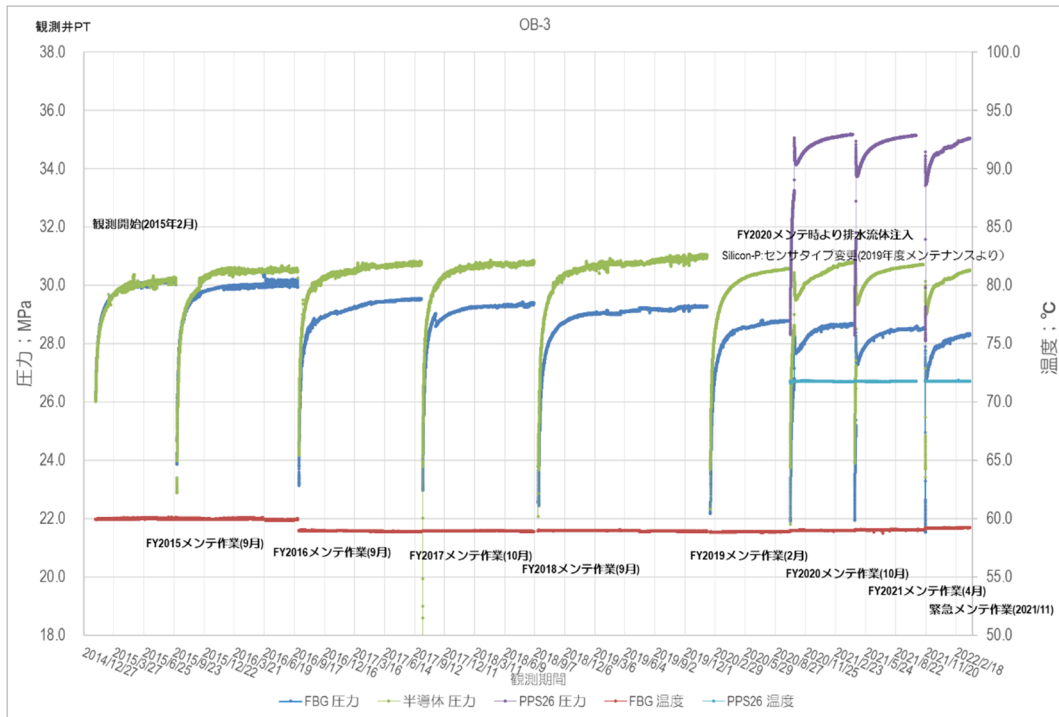


図 1.4-5 OB-3 温度圧力モニタリング結果

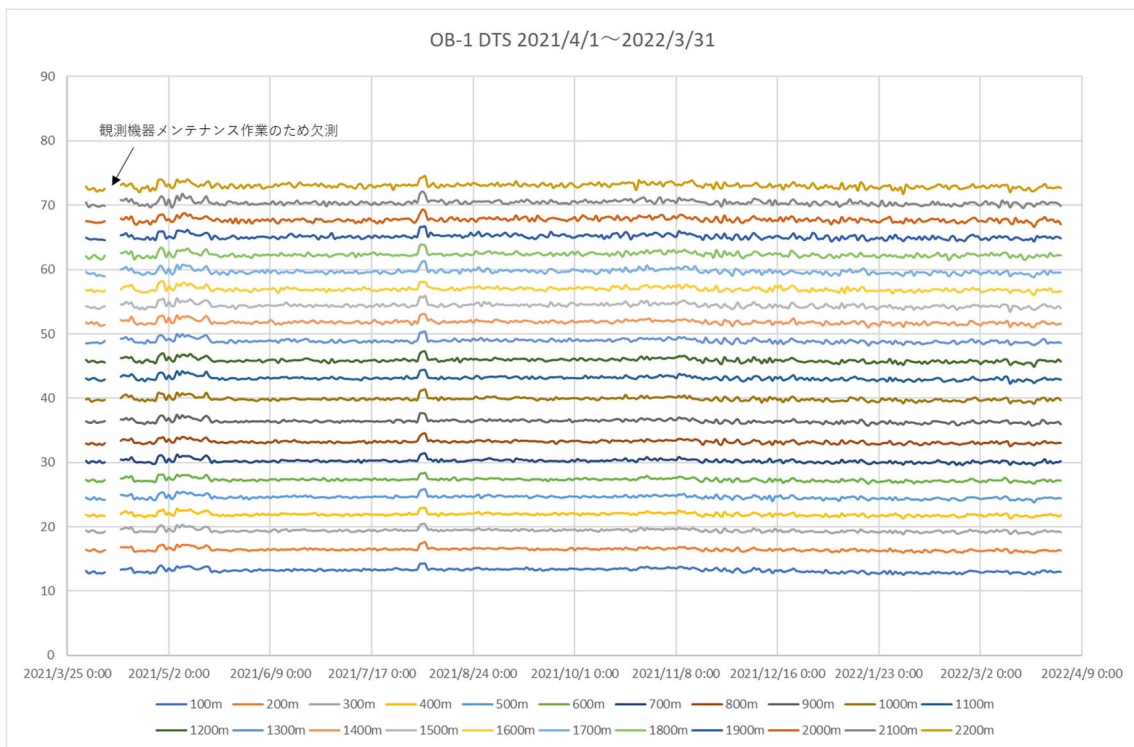


図 1.4-6 OB-1 における DTS 温度モニタリング結果

### (1)-3 陸上設置地震計によるモニタリング

苫小牧市の緑ヶ丘公園内に掘削した深度約 200 m の観測孔の孔底に地震計を設置し、運



用を停止するまで、近傍に設置した観測建屋にデータ収録装置および周辺機器を格納していた(以下、観測孔、地震計、データ収録装置等および観測建屋全体を「現地観測施設」と称する。)。一方、当センターには、データ収録サーバーと周辺機器を設置していた。現地観測施設、当センターに設置された機器およびVPN<sup>\*14</sup>全体を「陸上設置地震計観測システム」と称する。図1.4-7に撤去前の現地観測施設と等センターの位置を示す。2020年度までは、観測井坑内地震計、陸上設置地震計、OBS、常設型OBCにより微小振動・自然地震モニタリングを実施してきたが、観測網の最適化に伴い、2021年度に陸上設置地震計およびOBSの運用を停止することとした。

2021年7月8日にシステム運用停止後の撤去作業を行い、廃棄物を適切に回収・処分し、2021年9月17日をもって苫小牧市からの借地を原状復旧した。



注) 出典: 「LC81070302016141LGN00, courtesy of the U.S. Geological Survey」を加工

図 1.4-7 現地観測施設と苫小牧 CCS 実証試験センターの位置図

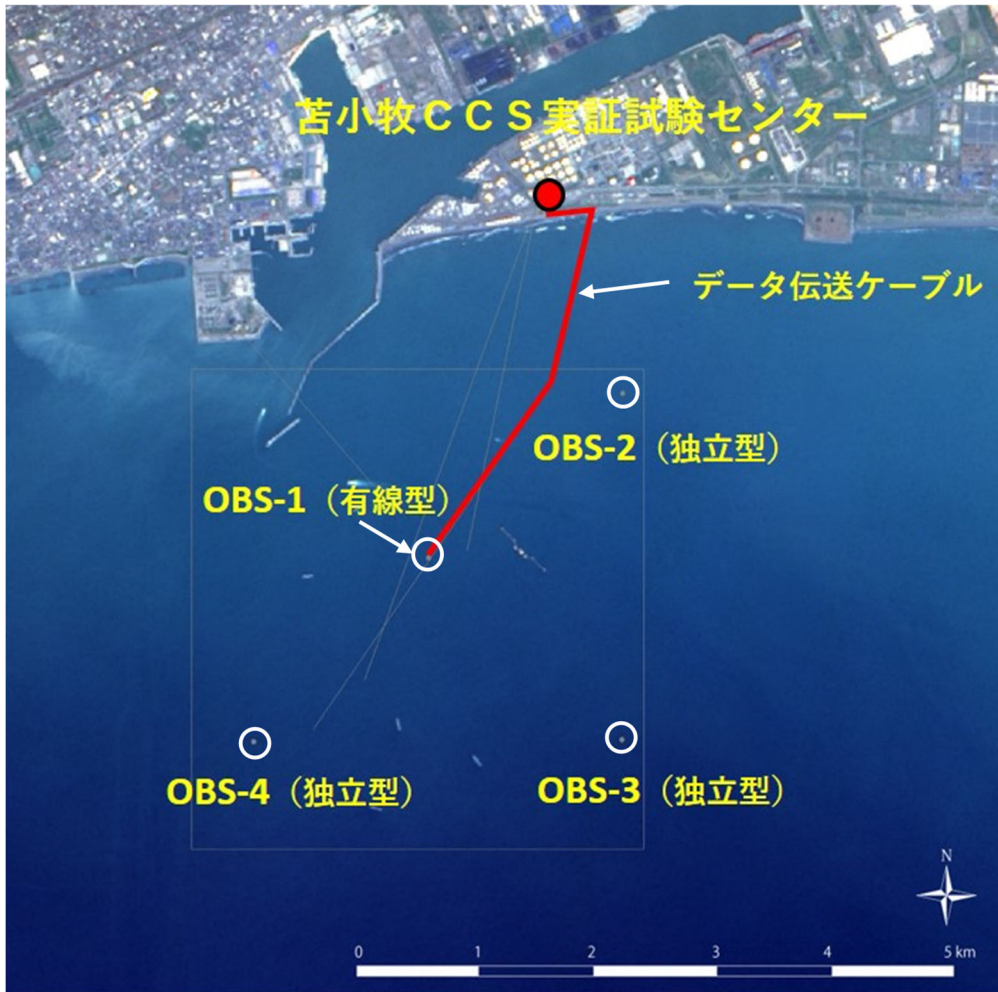
<sup>\*14</sup> VPN (Virtual Private Network) は、通信事業者の公衆回線を経由して構築された仮想的な組織内ネットワークである。企業内ネットワークの拠点間接続等に用いられ、あたかも自社ネットワーク内部の通信のように遠隔地の拠点との通信が可能である。本観測システムでは、暗号技術を用いて IP パケット単位で改竄検知や秘匿機能を提供する IPsec (Security Architecture for Internet Protocol) 方式を採用しており、暗号化をサポートしていないトランスポート層やアプリケーションを用いた通信路の途中で通信内容の覗き見や改竄も防止することができる。

#### (1)-4 OBSによるモニタリング

本事業では、苫小牧沖に設置した4台のOBS(Ocean Bottom Seismometer、以下、各々、「OBS-1」「OBS-2」「OBS-3」および「OBS-4」と称する。)から構成されるOBS観測システムによるモニタリングを、運用停止するまで実施していた。OBS-1のみ取得されたデータは、データ伝送ケーブル(2013年度に敷設)を介して実証試験センター内に設置されているデータ処理システムにリアルタイムで観測データを伝送していた。その他のOBSは一般的な使用方法である独立型として運用した。なお、有線型OBSを含む4箇所の観測点(OBS-1、OBS-2、OBS-3およびOBS-4)に設置したOBSは4箇月ごとに交換し、データ回収と次の交換に備えた整備を実施した。

図1.4-8に撤去前の実証試験センター、OBS設置位置およびデータ伝送ケーブルの敷設位置を示す。前述した理由により、2021年度に陸上設置地震計およびOBSの運用を停止することとした。

OBSは2021年7月までデータを取得し運用を停止し回収・搬出した。OBSを用いた観測を終了したことから、OBSを設置していた鉄筋コンクリート製容器を海底から揚収して撤去した。有線型OBSであるOBS-1の伝送ケーブルは切断し、海底面下約0.6mに残置した。撤去後の設置容器やOBSケーブルは産業廃棄物として適正に処理した。実際の設置容器揚収は8月1日と20日に行った。また、8月27日に撤去後の海底写真撮影を実施した。



注) 出展: 「LC81070302016141LGN00, courtesy of the U.S. Geological Survey」を加工

図 1.4-8 苫小牧 CCS 実証試験センター、OBS およびデータ伝送ケーブル位置図

#### (1)-5 総合モニタリングシステムの運用

総合モニタリングシステムの円滑な運用のため、定期的に専用回線を利用した遠隔監視と現地保守点検を実施した。モニタリングシステムとして、海域には萌別層貯留層と滝ノ上層貯留層の圧入地点直上を横切る海底に常設型 OBC を、その周辺に定期的にデータ回収が可能な OBS を、陸域には、CO<sub>2</sub> の圧入地点の周辺に Hi-net に準じた陸上設置地震計および、観測井(計 3 坑)に地震計を設置してきたが、圧入終了後モニタリングを最適化することを目的として、微小振動モニタリング範囲内でこれまでに観測されたイベントを対象として、観測点のデシメーションテストを実施した。

2021 年度までに、貯留地点近傍に推定された 12 イベントについて、観測システム毎の検知状況を表 1.4-1 に示す。観測井坑内地震計は、12 イベント全てを検知している。OBS および常設型 OBC は、航行船舶等による一過性ノイズに被覆された一部のイベントを検

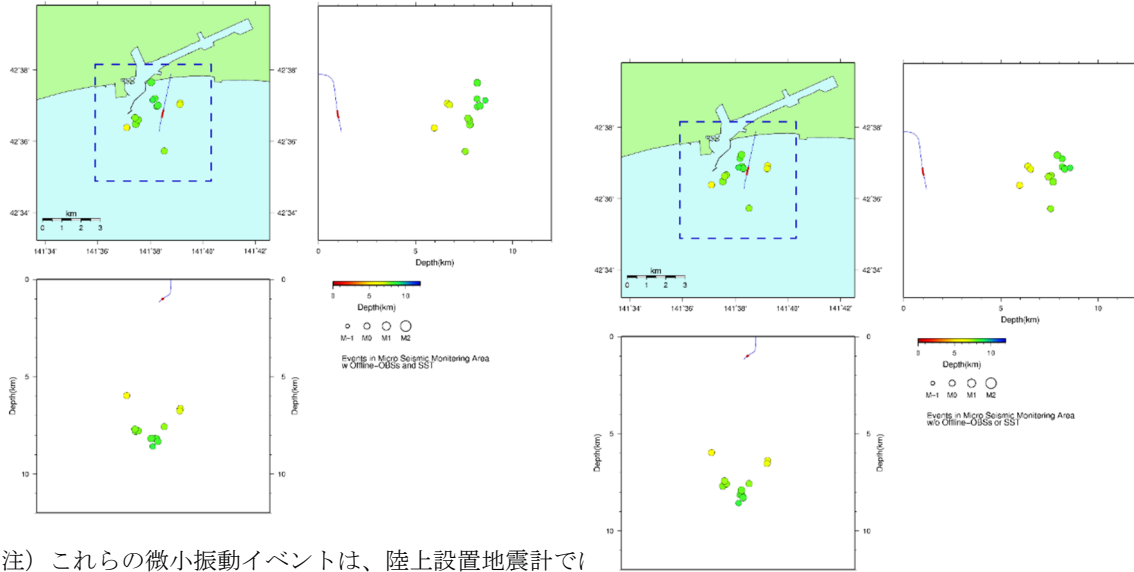
知できていない。陸上設置地震計は、これらのイベントを一つも検知することはできなかった。

表 1.4-1 貯留地点近傍に推定された微小振動の観測システム毎の検知状況

イベント発生日時	検知可否			
	観測井坑内地震計	OBS	陸上設置地震計	常設型OBC
2015/4/9 15:03	○	○	×	○
2015/4/13 14:00	○	×	×	○
2015/4/17 7:06	○	○	×	○
2015/4/17 7:09	○	○	×	○
2015/4/17 7:13	○	○	×	○
2015/4/17 7:18	○	×	×	×
2015/5/10 8:27	○	○	×	○
2015/8/10 19:08	○	○	×	○
2015/8/20 23:20	○	○	×	○
2017/8/2 13:35	○	○	×	○
2017/8/2 13:36	○	○	×	○
2017/8/2 13:55	○	○	×	○
2020/9/24 11:53	○	×	×	○
2021/4/1 4:23	○	×	×	○
2021/8/24 16:03	○	×	×	○

注) これらの微小振動イベントは、Hi-netでは検知されていない。

デシメーションテストの対象は、陸上設置地震計およびOBSとした。その理由は、陸上設置地震計は、市街地に設置されたため、微小振動の検出能力が低いこと、OBSは、常設型OBCと同程度の検出能力を有することを確認できたが、埋設していないためノイズレベルが高いこと、常設型OBC(55点)に比べて地震計の数が少ない(4点)こと、メンテナンスのために潜水土が設置回収するため費用が高額になることである。図1.4-9に、圧入開始前および圧入期間中に、貯留地点近傍に推定された12イベントについて、現状の観測点配置から陸上設置地震計およびOBSを除外した場合の震源推定結果の比較図を示す。また、図1.4-10に、2017年度に、やや広域の範囲に推定された66イベントについて、現状の観測点配置から陸上設置地震計およびOBSを除外した場合の震源推定結果の比較図を示す。両図の結果によると、震源位置の水平分布は多少の変動があるものの、圧入との関連を評価する上で重要となる深度方向の変動は少なく、これらの観測点は必ずしも必要ではないと考えられる。



注) これらの微小振動イベントは、陸上設置地震計で

図 1.4-9 貯留地点近傍における震源推定結果の比較 (左:全観測点, 右:OBS を除いた観測点)

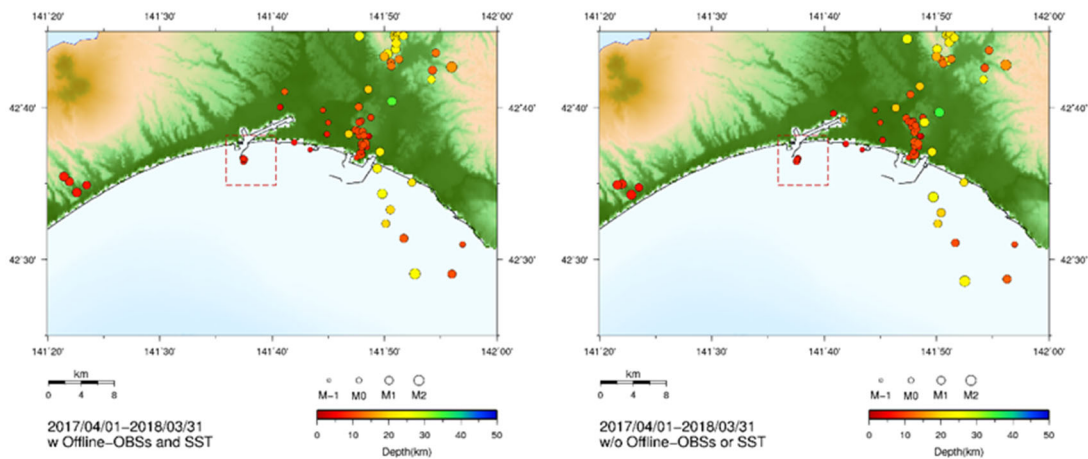


図 1.4-10 やや広域な範囲における震源推定結果の比較 (左:全観測点, 右:陸上設置地震計および OBS を除いた観測点)

### (1)-6 繰り返し弾性波探査

2022年度に、第6回目のモニター調査の実施を予定している。モニター調査は圧入停止後も定期的にも実施する必要がある。ノイズを抑え二酸化炭素貯留分布を適切に推定することが重要である一方、コスト低減および地元漁業者に対する負荷軽減の観点からは調査範囲は最小限にすることが望ましい。2009年に実施した三次元弾性波探査ベースライン調査や、2020年度に実施した第5回モニター調査では、滝ノ上層も対象としたが、圧入量が少なく、経時的な変化を確認することができていないため、2022年度実施予定の第6

回モニター調査では萌別層のみを対象とすることとし、最適なデータを取得するための受振振ジオメトリを設定するための受振測線長および受振測線数のデシメーションテストを2021年度に実施した。その結果、受振ケーブル長を短くすることでコスト削減や作業時間の短縮を試みる一方で、受振測線数を増やすことで品質を確保する調査方法を採用することとした。

#### (1)-7 圧入井・観測井の維持管理

圧入井においては1日に1回の日常点検および月1回の月例点検、観測井においては1月1回の月例点検において坑井健全性に関わる異常は確認されなかった。

滝ノ上圧入井IW-1および萌別層圧入井IW-2の坑口装置を健全な状態に維持することを目的として、坑口装置マスターバルブの交換を行った。あわせて内部シールの微少漏洩が確認されていたIW-2の坑口装置にある地表安全弁であるSSV<sup>\*15</sup>(Surface Safety Valve)を、解体点検・整備のため取り外し、ゲートをスライドさせて開閉するスラプタイプのゲートバルブと交換した。

#### (2) 今後の課題

2022年度も継続して観測井および圧入井を利用した圧力・温度測定を実施し、貯留層状況を監視する必要がある。

観測井を利用したモニタリングでは坑内観測機器の回収・点検・再設置作業の際、坑口圧力が発生しているOB-3では作業の安全のため、事前に坑口圧力を大気圧までの減圧することが必要である。作業後は緩やかな坑底圧力の上昇が発生するが、安定圧力に達するまでに時間がかかり、2021年度の作業では安定状態の圧力観測はできなかった。OB-3の安定圧力の測定は今後の課題として引き続き検討していく必要がある。また、異常の可能性が高いOB-1のFBGセンサー(圧力温度センサー)への対応および、エラーが発生している可能性の高い微小振動・自然地震観測ツールへの対応も必要である。あわせてOB-2およびOB-3で確認されている半導体圧力とFBG圧力値の絶対値の差に関する検討および対応も必要である。

総合モニタリングシステムの運用では、圧入終了後モニタリングを最適化することを目的として地震観測システムの最適化を進めている。2021年度は震源決定の精度向上にあまり寄与していないOBSによる海底での観測と陸上設置地震計の運用を停止し、回収・撤去した。今後も引き続き地震観測システムの最適化を図っていく必要がある。

<sup>\*15</sup> 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

繰り返し弾性波探査は2022年度に第6回モニター調査を実施し、圧入したCO<sub>2</sub>が想定通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) 実施内容および成果

#### ① 萌別層地質構造解釈の更新

調査対象範囲では、2009～2010年度の3D探査弾性波探査データ(ベースライン記録)取得以降、2020年度までに4回の3D弾性波探査(以下、これら一連の記録を「4D記録」と称する。)を実施している。2021年度は主に苫小牧沖3D弾性波探査データ(2020)の差分解析検討結果をもとに検討を行い地質構造解釈を更新した。この差分解析検討で使用したベースライン記録は、2009年度3D弾性波探査に2017年度および2018年度3D探査弾性波探査記録の中から圧入したCO<sub>2</sub>の影響が及んでいない範囲(2017年度はその調査領域東側、2018年度はその調査領域北側)を加えて拡張したものである。主に圧入井IW-2近傍の萌別層貯留層を更新対象とし、図1.5-1の赤枠で示す既存の地質モデル範囲全域の構造解釈および萌別層基底などの深度構造図の更新を行った。

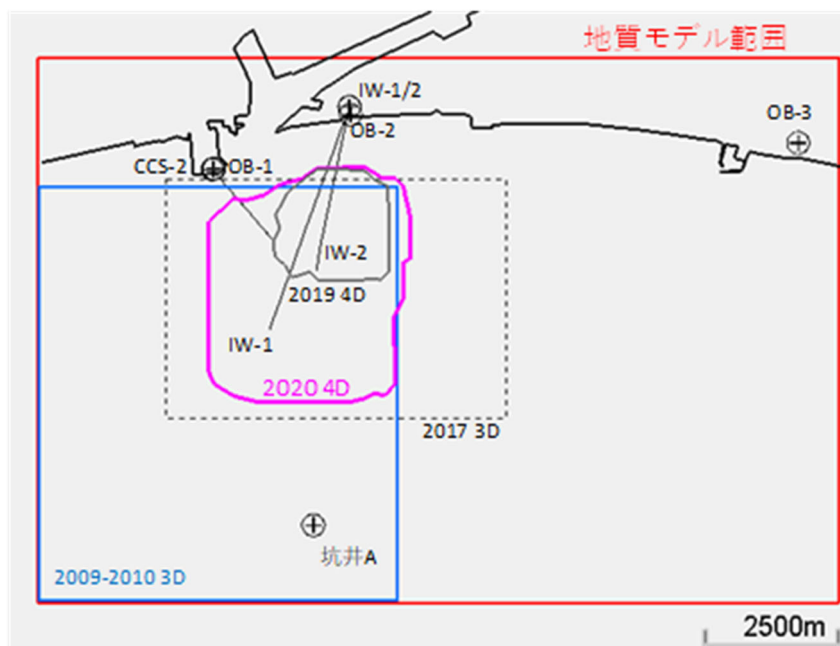


図 1.5-1 調査対象範囲

#### ② 地質モデルの更新

萌別層貯留層の地質モデルは、2020年度に苫小牧沖CCS大規模実証試験「繰り返し弾

性波探査タイムラプス処理」の結果を用いて、2018年度地質モデルの更新を実施している。地質モデルの範囲は、2018年度および2020年度と同様の図 5.2-2 に示す約 10 km × 15 km の範囲であり、そのうち更新の対象範囲は、繰り返し弾性波探査が実施されている約 5 km × 5 km の範囲である。具体的には 2020 年度に新規に取得した弾性波探査の結果により、萌別層砂岩上部層準等の深度構造図の更新を実施した。あわせて、2018 年度に実施した堆積相解析ならびに断層解釈の結果の更新の必要性の有無について確認するとともに、深度構造図の更新にあわせて、地質モデルのグリッドモデルの更新・最適化についても検討した。

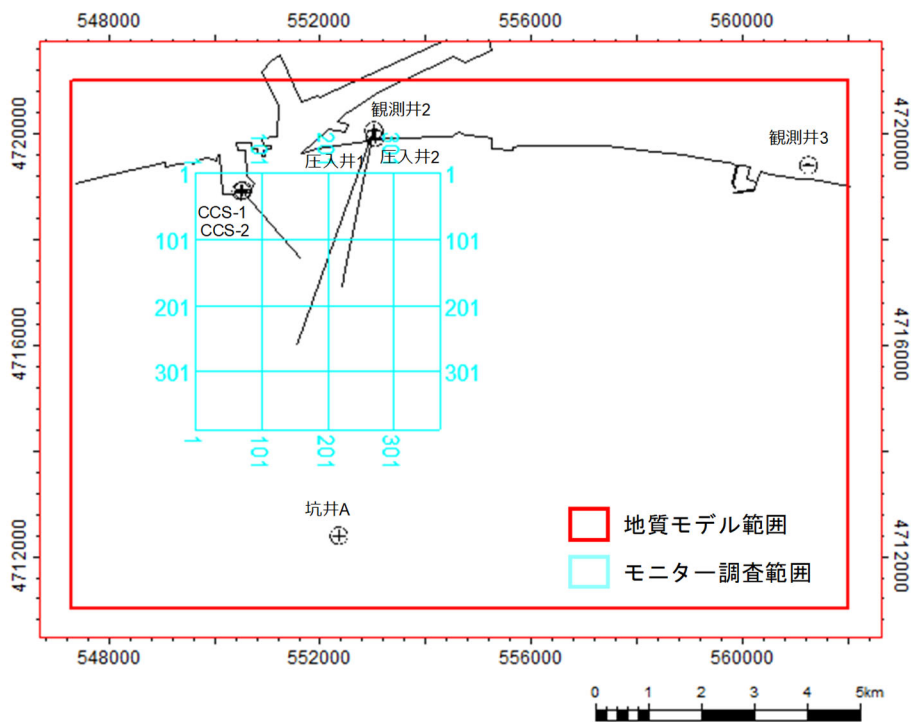
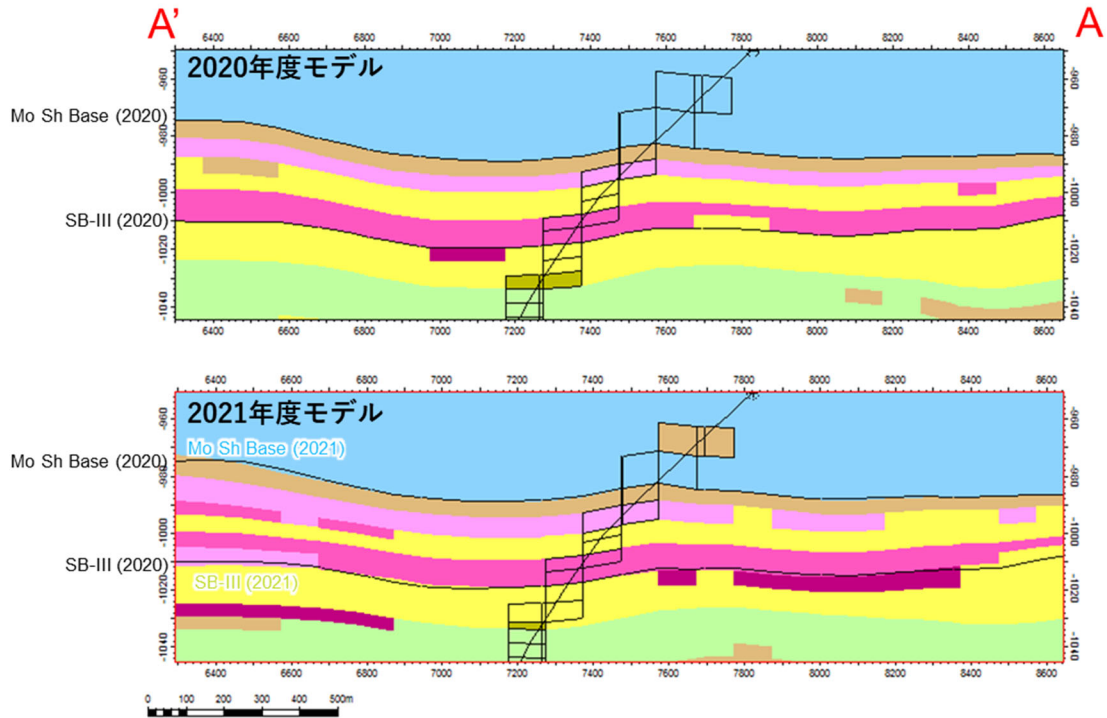


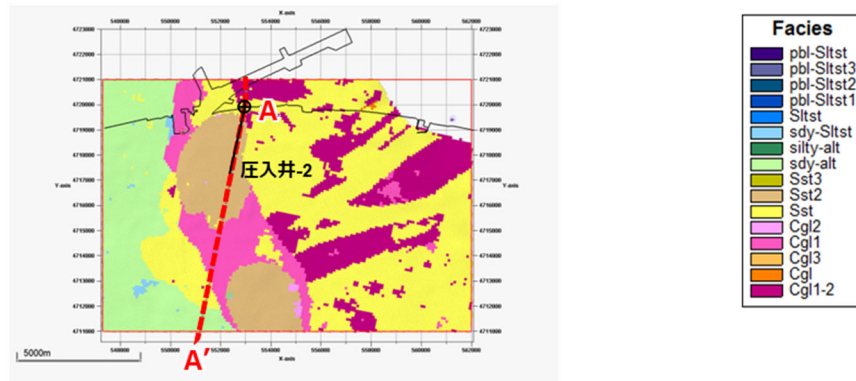
図 1.5-2 地質モデル範囲と坑井位置

地質モデル更新結果の一例として、図 1.5-3 に圧入井 IW-2 の坑跡に沿った 2020 年度地質モデルの断面図と 2021 年度地質モデルの断面図を示す。両者を比較すると、萌別層砂岩層上部の構造の変更は軽微であり、IW-2 の南側および北側においてわずかに変化する程度にとどまる。また、グリiddingの最適化にともない、2021 年度モデルでは 2020 年度モデルに比べて、高浸透率領域②の層厚が薄く、高浸透率領域③の層厚が厚くなるモデルとなった。グリッドモデルを更新したうえで、岩相分布モデルを確率論的に作成した。一例を図 1.5-3 の下図に示す。確率論的手法としては SIS (Sequential Indicator Simulation) を使用している。





MO SH Base TS-III～SB-IIIのファシス分布モデル



注) 下図は岩相分布モデルの平面図であり図中 A-A' は断面線の位置を示す。

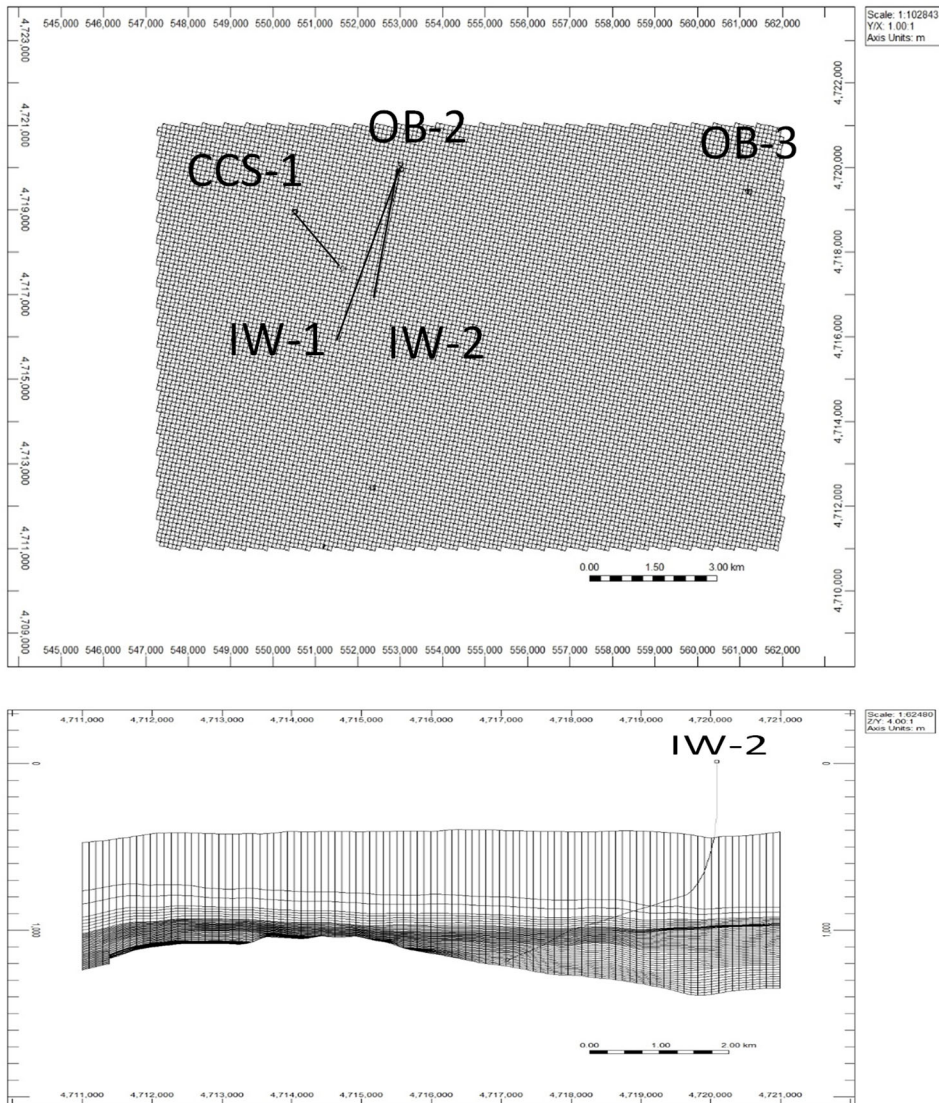
注) facies (ファシス) : 相: 均一な性質をもったもの。その意味は広く、堆積学では層相、岩石学では鉱物相や変成相など。(日本応用地質学会 応用地質用語集より)

図 1.5-3 2020 年度地質モデルと 2021 年度地質モデルの比較

### ③ 萌別層圧入井 IW-2 圧入圧力の予実績比較

圧入井 IW-2 に設置した圧力、温度 (P/T) センサーより取得した坑底圧力データに基づき、2021 年度に更新した貯留層モデルを用いて、坑底圧力の予実績比較等の検討を行った。

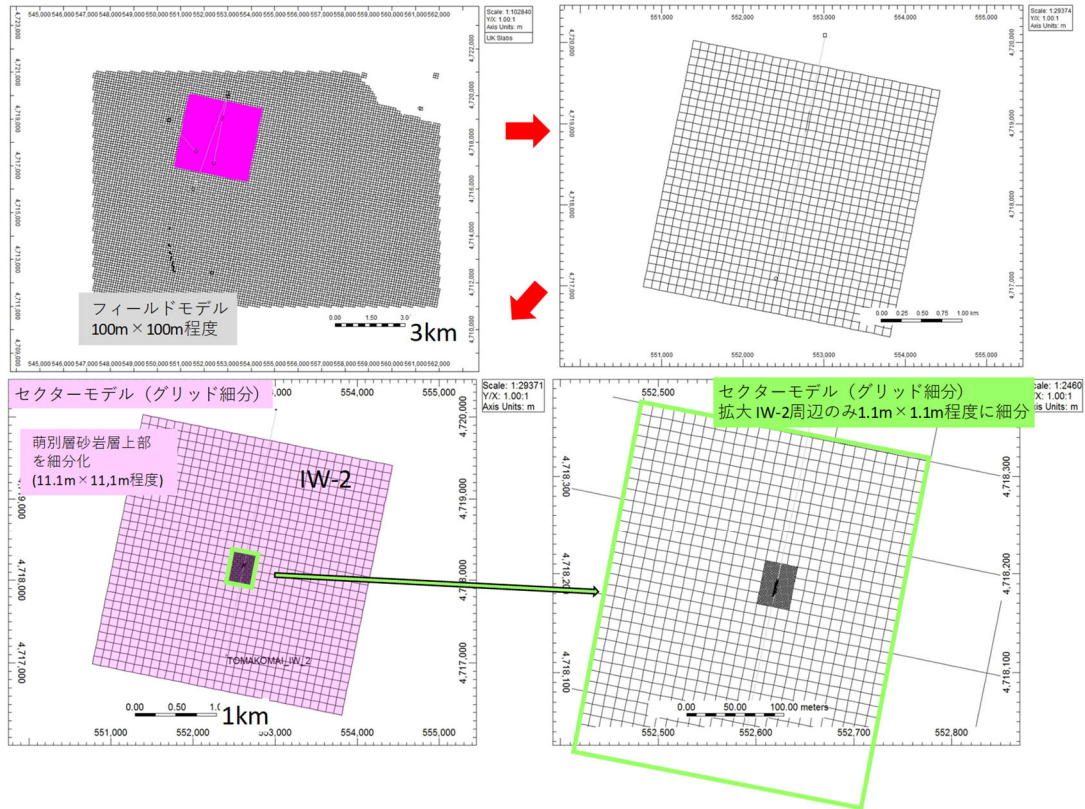
IW-2 の坑底圧力の予実績比較等の検討では図 1.5-4 に示すフィールドモデルを用いた。フィールドモデルとは OB-3 までを含めた広域のモデルであり、水平方向のグリッドサイズは 100 m×100 m、垂直方向が 5 m 程度、セル数は 163×126×173 である。



注) 上図：フィールドモデルの平面図(k=1) 下図：フィールドモデルの坑井断面図(j=58)

図 1.5-4 フィールドモデル

一方、セクターモデルとは、フィールドモデルから坑井周辺を切り出し、グリッドサイズを細分化したモデルである。対象範囲は限定されるが予測精度が向上する。図 1.5-5 のように  $31 \times 31 \times 48$  のモデルを切り出し、坑井周辺を水平方向に  $11.1 \text{ m} \times 11.1 \text{ m}$  ( $9 \times 9$  分割)、さらに坑井通過グリッドとその隣接グリッドの坑井周辺のみ LGR を適応することで細分化した。最小グリッドサイズは  $1.23 \text{ m} \times 1.23 \text{ m} \times 1.25 \text{ m}$  に細分化している。



注)ピンク色で示した部分がフィールドモデルから切り出した部分である。

図 1.5-5 セクターモデル

フィールドモデルを用い、圧入を開始した2016年4月6日から圧入を停止した2019年11月30日までのCO<sub>2</sub>圧入実績を入力し、IW-2の坑底圧力を予測した。予実績比較は図1.5-6のとおりである。

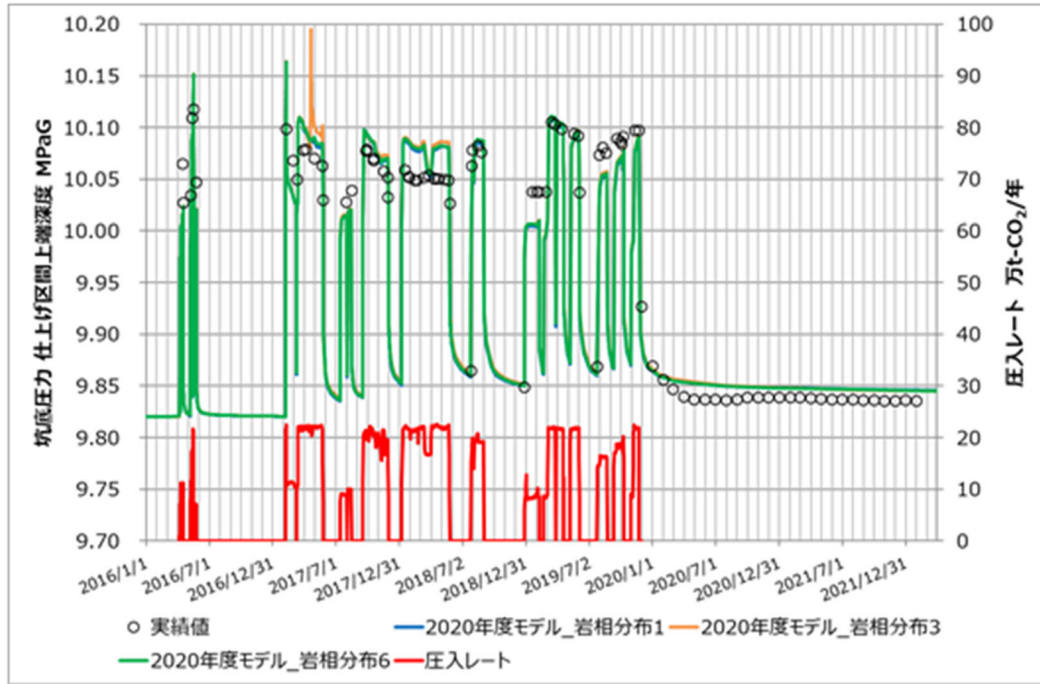
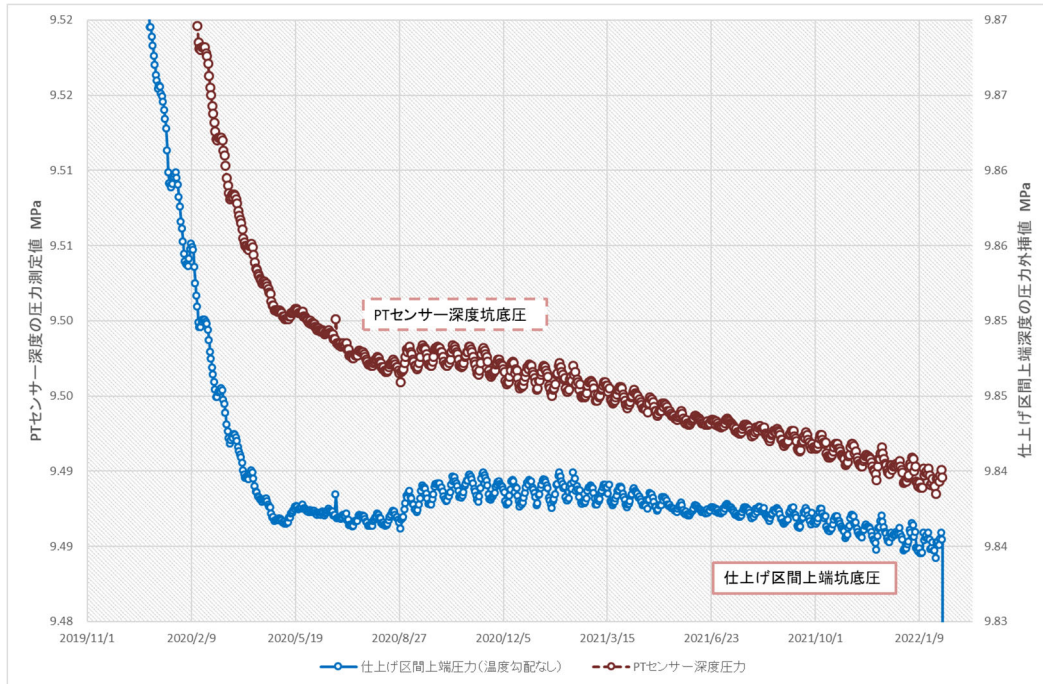


図 1.5-6 IW-2 坑底圧力の予実績比較

坑底圧力の実績値および仕上げ深度上端部の計算した圧力値を図 1.5-7 に示す。図 1.5-7 の青線の値は IW-2 井の坑底 PT センサー深度の測定圧力および温度を基に、仕上げ区間上端深度での圧力を推定した値を用いている。なお、使用した密閉坑底圧力は、PT センサー深度での測定圧力および温度における CO<sub>2</sub> 密度が、仕上げ区間上端まで続くとした場合の外挿値である。

PT センサーの測定圧力は、2020 年 8 月頃より約 2 週間周期で上下する様子が顕著に見られるものの低下傾向は続いている。この PT センサーでの測定圧力を仕上げ区間上端深度に深度変換した圧力値は、2020 年 5 月頃よりほぼ一定に転じ、2021 年 10 月頃より再び低下傾向を示している。



注) 青線の仕上げ深度上端坑底圧は茶線の PT センサー深度坑底圧 (実測値) をもとに PT センサーから仕上げ区間までの CO<sub>2</sub> の密度を温度圧力より補正し深度換算した計算値である。

図 1.5-7 IW-2 坑底圧の実績値と仕上げ区間上端計算値 (2019/11/22~)

これは PT センサー深度における温度が圧入停止以降低下し続けており、図 1.5-8 に示すように換算に使用した CO<sub>2</sub> 密度が上昇しているためである。2021 年 10 月頃より、仕上げ区間上端深度に深度換算した圧力値が再び低下傾向に転じているのは、温度低下の度合いが緩やかになり CO<sub>2</sub> 密度の上昇も緩やかになったためである。

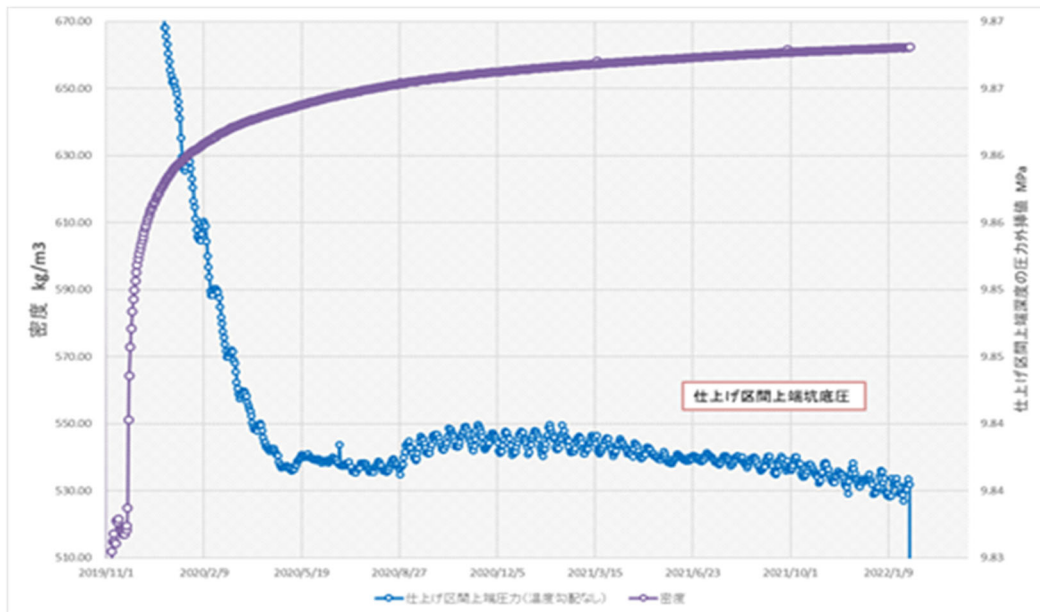


図 1.5-8 IW-2 仕上げ区間上端深度換算圧力値と密度変化 (2019/11/22~)

#### ④ 萌別層圧入井 IW-2 ヒストリーマッチング

2021年度のヒストリーマッチングではセクターモデルを用い、浅部・深部高浸透率領域の絶対浸透率の組合せとスキんファクターとの組合せをマッチングパラメータとし、浅部・深部高浸透率領域の絶対浸透率が異なる可能性を試行錯誤的に検証した。ヒストリーマッチング状況の判断は、1) IW-2の坑底圧力、2) 圧入レート割合、3) フォールオフテストデータ、4) CO<sub>2</sub>の広がりを確認し、総合的に判断した。マッチングパラメータはスキんファクターだけでなく、スキんファクターおよび各高浸透率領域の絶対浸透率の組合せを設定し、各高浸透率領域への圧入レート割合を変更することで、マッチングを得る具現像\*16)を選定することができた。具現像の総数はおよそ20通り以上の岩相分布があれば、それ以上の数の岩相分布があったとしても平均値や標準偏差、累積分布関数の形状にはほとんど変化がないことが分かったが、最終的に具現像を30個抽出するまでに試行した岩相分布の数は66通りであった。

結果として、各高浸透率領域の絶対浸透率が同一である組合せの可能性を追求しヒストリーマッチングを実施したが、マッチングの基準を満たす組合せは他にも二通り存在している。各高浸透率領域の絶対浸透率をより精度良く設定するためには、CO<sub>2</sub>圧入再開し追加のダイナミックデータを取得するか、あるいは掘削時のカッティングス分析などを行い、新たに情報を追加する必要があると考える。

#### ⑤ 萌別層圧入井 IW-2 流動シミュレーション

IW-2流動シミュレーションではヒストリーマッチの実施で得られたパラメータを、フィールドモデルに適用し圧入可能量評価を実施した。各具現像の圧入可能量は、圧入開始からの累計圧入量を100万t-CO<sub>2</sub>単位で増加させてそれぞれシミュレーションを行い、仕上げ区間上端の圧力および圧入停止1,000年後の溶存CO<sub>2</sub>分布が下記の条件1～条件5に到達するかどうかを確認することで評価した。条件のいずれにも達しない最大の累計圧入量を、その具現像の圧入可能量とした。圧入可能範囲は;下記条件のように海域のみとした。

- 1) 条件1：萌別層圧入井における仕上げ区間上端の圧力が12.93 MPaGに達する
- 2) 条件2：溶存CO<sub>2</sub>量の分布が海岸線に到達する
- 3) 条件3：溶存CO<sub>2</sub>量の分布が遮蔽層層準の層厚20 m以下となるエリアに到達する
- 4) 条件4：溶存CO<sub>2</sub>量の分布がモデルエリア西部の断層周辺に到達する（断層から約

\*16) 地球統計学的手法で作成したグリッドシステムが共通で、岩相分布が異なる30個のセクターモデルのこと。

50 m 坑井側へ境界線を設定)

5) 条件 5 : 溶存 CO<sub>2</sub> 量の分布が深度 750 m TVDSS (True Vertical Depth Subsea : 海面下垂直深度) に到達する

条件 1 は圧入時の圧入圧力制御のための IW-2 坑底圧力の上限圧力である。このため、溶存 CO<sub>2</sub> 量の分布が条件 2~5 に対応する境界を超えないことを確認すればよいことになる。また、図 1.5-9 に示すとおり条件 5 の境界は赤線であり、条件 3 の境界 (青線) よりも坑井に近い範囲となる。その結果、条件 2、4、5 を満たさない範囲が圧入可能量評価のための範囲となる。なお、溶存 CO<sub>2</sub> が条件を満たす場合やその可能性があるとして判断した場合には、累計圧入量を 100 万 t-CO<sub>2</sub> ずつ減らして圧入可能量の評価を行うこととした。このような方法を用いて、各具現像の圧入可能量を算定した。具現像数が 15 個以上のとき、累積分布関数の形状や P90、P50、P10 (それぞれ累積分布関数の値が 0.1、0.5、0.9) の数値は収束することから (図 1.5-10 参照)、具現像数が 30 個あれば十分と判断した。

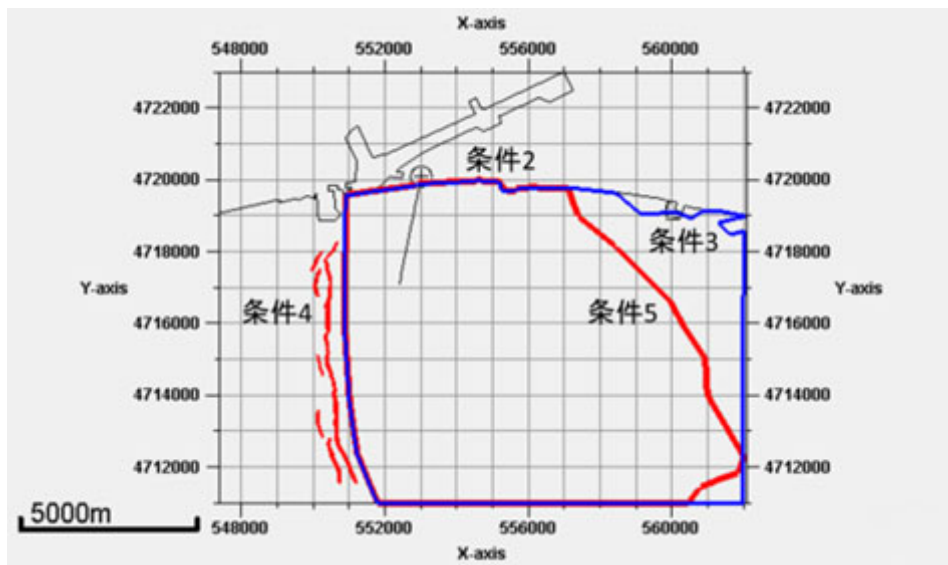


図 1.5-9 圧入可能量評価における条件 2、3、4、5 の範囲

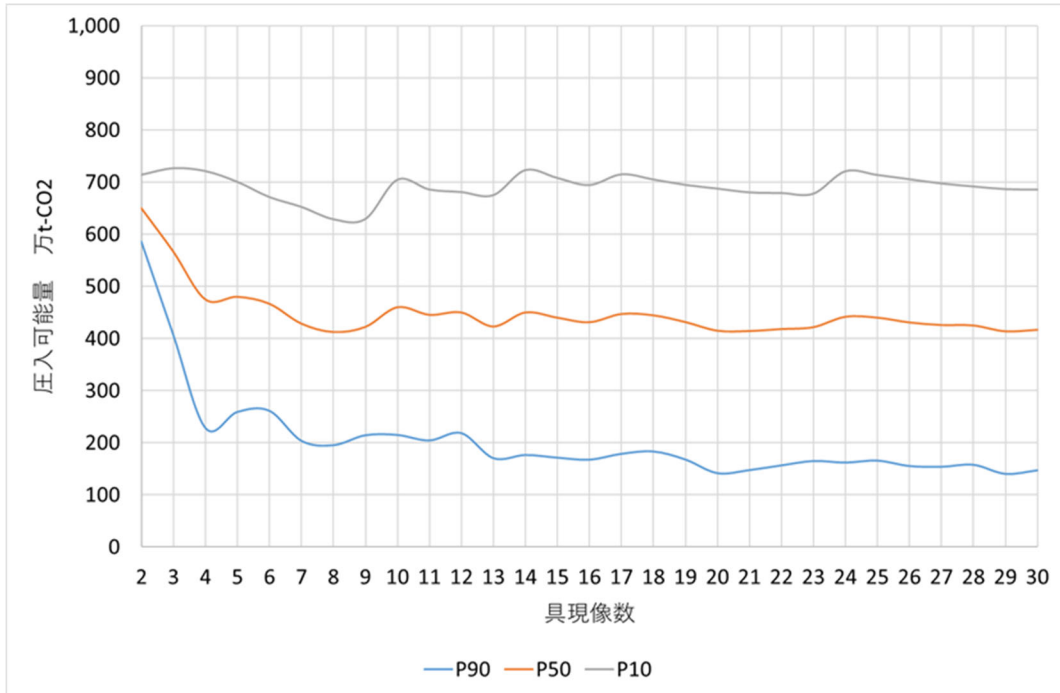


図 1.5-10 具現像数毎の P90、P50、P10 の圧入可能量評価値

2021 年度行った圧入可能量評価の結果、および 2019 年度の結果を表 1.5-1 に示す。2021 年度の結果では、具現像数 30 個での平均は 417 万 t-CO<sub>2</sub>、標準偏差は 210 万 t-CO<sub>2</sub> であった。これらの結果を用いたときの P90 は 148 万 t-CO<sub>2</sub>、P50 は 417 万 t-CO<sub>2</sub>、P10 は 686 万 t-CO<sub>2</sub> となった。

表 1.5-1 圧入可能量評価の比較

	2021 年度評価	2019 年度評価
平均	417	470
標準偏差	210	252
P90	148	147
P50	417	470
P10	686	793

圧入可能量評価を実施し、P90 相当、P50 相当、P10 相当の各具現像における IW-2 仕上げ区間上端圧力推移と圧力変化、CO<sub>2</sub> 飽和度、溶存 CO<sub>2</sub> 量の各分布から長期的な CO<sub>2</sub> 流動挙動を数値シミュレーションにより推定した。

圧入可能量評価時の確認事項である溶存 CO<sub>2</sub> の分布は、超臨界 CO<sub>2</sub> の分布の影響を受ける。その超臨界 CO<sub>2</sub> の分布は地層傾斜だけでなく浸透率分布の影響を受ける。特に CO<sub>2</sub> の圧入割合が大きい浅部高浸透率領域において、高浸透率の岩相が連続して分布している



方向へCO<sub>2</sub>が拡散する様子が確認できており、各具現像の浸透率分布の違いにより圧入量評価値に大きな振れ幅が生じている。

P50相当、P10相当では、遮蔽層に溶存CO<sub>2</sub>が分布するものの、CO<sub>2</sub>飽和度分布では下限値以下であり、CO<sub>2</sub>は安全に貯留されている様子が確認された。一方で、圧入可能量評価では、具現像ごとの振れ幅が大きく、地質の不均質性と不確実性によるリスクを低減する場合には、追加坑井を掘削する等、更なる追加データの取得が必要であると考えられる。

ケーススタディとして、P10、P50、P90相当の具現像において圧入可能領域を北側のモデル境界(含む陸域)まで拡張した場合の圧入可能量評価を行い、IW-2仕上げ区間上端圧力推移や圧力変化、CO<sub>2</sub>飽和率、溶存CO<sub>2</sub>量の分布の長期的な挙動について考察を行った。前出の海域のみで行った圧入可能量評価で抽出したP10、P50、P90相当の具現像について、5つの制限条件のうち条件2を変更した場合のCO<sub>2</sub>飽和度分布と圧入可能量を評価した。

- 1) 条件1: 萌別層圧入井における仕上げ区間上端の圧力が12.93 MPaGに達する
- 2) 条件2': 溶存CO<sub>2</sub>量の分布がシミュレーションの北部境界に到達する
- 3) 条件3: 溶存CO<sub>2</sub>量の分布が遮蔽層層準の層厚20 m以下となるエリアに到達する
- 4) 条件4: 溶存CO<sub>2</sub>量の分布がモデルエリア西部の断層周辺に到達する
- 5) 条件5: 溶存CO<sub>2</sub>量の分布が深度750 mTV DSSに到達する

図1.5-11に条件2'~5の範囲を示す。条件2'は青線で示しており、これまでの制限条件であった海岸線から1,000~1,500 m北方(陸域)へ拡張している。条件3~4は以前の制限条件と同様である。条件5は赤線であり、条件3よりもさらに沖合になる。これらをまとめると「溶存CO<sub>2</sub>量の分布が条件2'、4、5に囲まれた範囲内に納まること」が圧入可能量評価のための条件であり、赤枠の内側を圧入可能域として圧入可能量評価を行った。

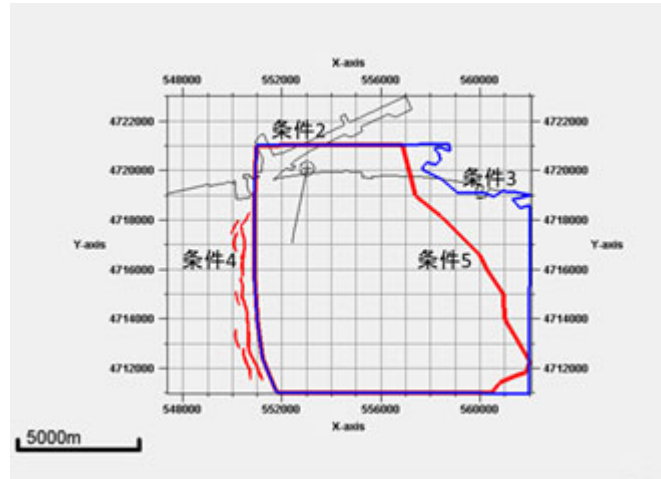


図 1.5-11 ケーススタディ圧入可能量評価における条件 2'、3、4、5 の範囲

P90、P50、P10 相当の具現像 13、3、2 の圧入可能量を算定した。表 1.5-2 に評価結果を示す。P90、P50、P10 相当具現像はいずれも、圧入エリアが海域のみの条件では累計圧入量を増やしていくと溶存 CO<sub>2</sub> が海岸線に到達して圧入可能量が決まるのに対して、陸域までを含むケーススタディの条件では圧入可能域が北側のモデル境界まで拡張されたため、すべての具現像において圧入可能量は大きくなった。

表 1.5-2 圧入可能量評価結果一覧

具現像 (カッコ内は 具現像ナンバー)	ケーススタディ 圧入可能量 万 t-CO <sub>2</sub>	圧入可能量評価 (5.5.3 項) 万 t-CO <sub>2</sub>
P90 相当(13)	600	100
P50 相当(3)	800	400
P10 相当(2)	1,100	700

いずれのケースにおいても圧入井の仕上げ区間上端における圧力は上限値の 12.93 MPaG には到達せず、CO<sub>2</sub> 圧入中でも最大で 10.39 MPaG 程度であった。またケーススタディの圧入可能量まで累計圧入量を増やしても、遮蔽層下端における圧力変化は最大 150 kPa 程度であり、スレッシュホールド圧力未満であることを確認した。

CO<sub>2</sub> 飽和率分布の形状は、特に浅部高浸透率領域の岩相分布が影響しており、高浸透率領域が広がる方向へ CO<sub>2</sub> が広がり、浮力による CO<sub>2</sub> の東側への移動も特に高浸透率領域で顕著に確認された。前出の圧入範囲を海域のみに限定した条件において西側の断層周辺に溶存 CO<sub>2</sub> が到達し圧入可能量が決定する具現像以外は、北方へ圧入可能領域を拡大したため圧入可能量が増大した。

しかし、東側に位置する超臨界から外れる深度または西側の断層周辺に溶存CO<sub>2</sub>が到達することが原因で、ケーススタディ条件における圧入可能量は最大でも1,000~1,500万程度に留まると想定される。

遮蔽層においては、CO<sub>2</sub>飽和度分布からは遮蔽層に超臨界CO<sub>2</sub>は確認されなかったが、溶存CO<sub>2</sub>の測定下限から導いた下限値 $3 \times 10^{-5}$  mole/kg-H<sub>2</sub>Oを超える量の溶存CO<sub>2</sub>が遮蔽層内に確認された。溶存CO<sub>2</sub>の形態であれば基本的には重力により構造下位へ移動していくため、安全に貯留されると考えられる。

## (2) 今後の課題

### ① 萌別層地質構造解釈更新

地質構造解釈については特に挙げる課題はないと考えている。

### ② 地質モデル

IW-2の遮蔽層区間において全域の検層データが取得されておらず、その性状がはっきりしないため、地質モデルでは一様なプロパティを与えられている。そのため遮蔽層へのCO<sub>2</sub>の浸透などを考慮するには当該区間のデータの新規取得が必要である。

### ③ IW-2ヒストリーマッチング

FOTのログ-ログプロットにおいて、圧力デリバティブの形状を確認したところ、密閉後10時間程度までに見られるCO<sub>2</sub>領域のラディアルフローを示唆するSlope 0の挙動が、シミュレーションモデル結果では再現できなかった。短期的な挙動のマッチングの向上を目的として、PTセンサー深度での坑底圧力の貯留層深度への深度換算や坑井近傍のプロパティ分布と坑底圧力の対応関係、LGR (Local Grid Refinement : 該当するグリッドのみを細分化する手法を適用したセクターモデル) の設定等の詳細化のためには、貯留層区間のデータの新規取得が必要となる。

ヒストリーマッチングのスクリーニングにおいては、同じ岩相であっても浅部高浸透率領域と深部高浸透率領域の浸透率やスキンの違いがあれば、IW-2の坑底圧力の挙動は再現される可能性があることが示された。各高浸透率領域の絶対浸透率およびスキンファクターの組合せを絞り込み、貯留層イメージの精度向上を図るためには、コアや検層、震探データ等、実データを高解像度で追加取得することが必要になると考える。

### ④ IW-2流動シミュレーション

特に高浸透率領域における岩相分布の形状がCO<sub>2</sub>の広がり方に影響し、岩相分布の違いによって圧入可能量は数100万t-CO<sub>2</sub>の違いがあることが確認された。圧入可能量評価の

振れ幅を絞り込んでいくには、追加坑井を掘削するなど巨視的な観点からもデータを追加取得し、貯留層イメージに反映していくことが課題と考えられる。

## ⑤ ケーススタディ

シミュレーションの北側の境界位置の制限条件を海岸線から北方へ拡張すると圧入可能量は増加する傾向にあるが、一方で西側の断層周辺の制限条件にも配慮が必要になることが示された。

今後、圧入可能量の増大化を検討する場合には、西側断層でのリスク評価が検討項目の一つとなる。また、圧入井をより東側に新規に掘削することで、西側の制限条件への到達状況および貯留可能量の増加についての検討も必要と考えられる。

## 1.6 海洋環境調査（第6章）

### (1) 実施内容および成果

海洋汚染防止法では、許可を受けた事業者は監視計画に従い監視を実施し、その結果を環境大臣に報告する必要がある。

経済産業省は、2021年3月31日に終了期限を迎えた「特定二酸化炭素ガスの海底下廃棄」許可を更新し、2026年3月31日まで許可を2021年3月18日に得た。あわせて監視計画の変更も実施し、環境省への報告対象測点の削減（12測点から8測点へ）、監視項目の変更（底質調査、ベントス調査を通常時監視項目から除外し、クロロフィルa、栄養塩類およびプランクトン調査を監視項目に追加）を行った。2021年度はこの新しい通常時監視項目による海洋環境調査を実施した。

なお、監視計画において、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」称する。）を定めており、2018年度夏季調査以降は、2018年8月31日に許可された監視計画の移行基準に従い、基準超過判定を実施している。2021年度はこの新しい通常時監視項目による海洋環境調査を図1.6-1に示す12地点において実施し、監視計画で定められた移行基準に従って基準超過判定を行った。具体的な調査内容を以下に記載する。

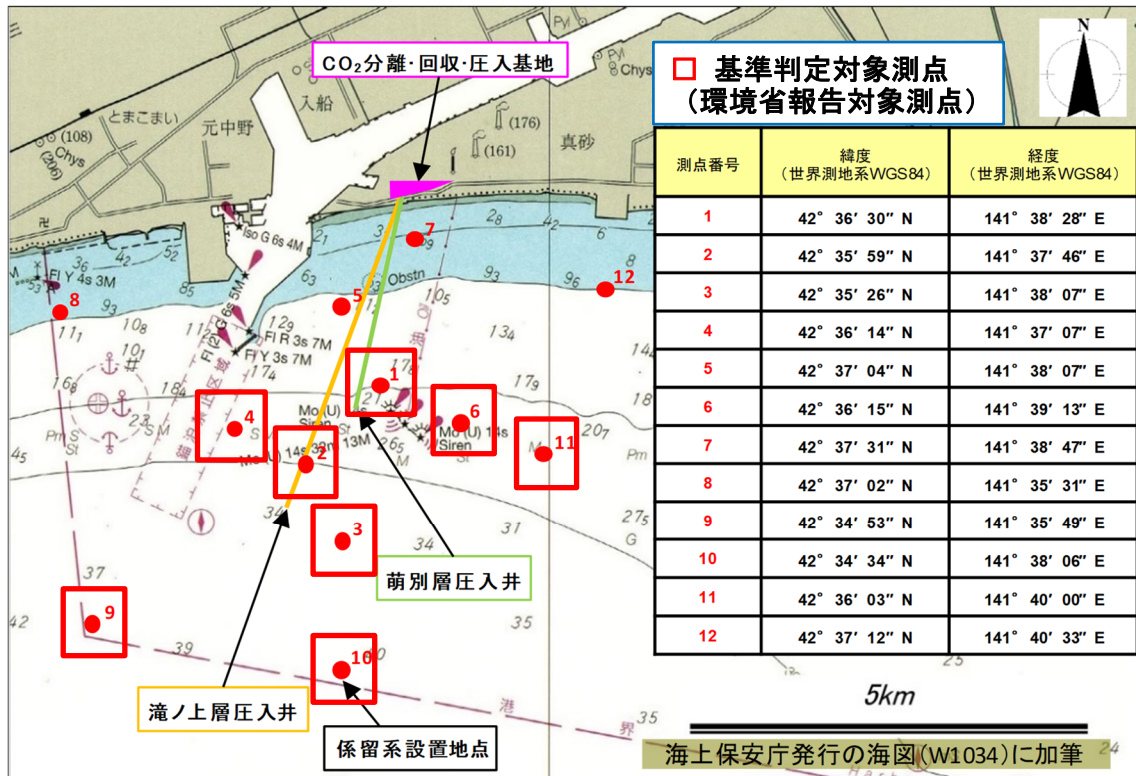


図 1.6-1 海洋環境調査測点の位置 (赤字 12 点)

監視計画に記載した海域の状況に関する事項のうち、海水の化学的性状、海洋生物の状況等の現地調査を海洋環境調査と称している。

海水の化学性状は、「採水による水質分析」、「多項目水質センサーによる鉛直観測」および「クロロフィル a および栄養塩類の採水分析」の調査で構成されている。海洋生物の状況は「植物プランクトン調査」、「動物プランクトン調査」、「貝けた網による調査」により構成され、その他として「気泡発生状況調査」と「係留系による水質連続観測」を行っている。「貝けた網による調査」は毎年 1 回夏季に行い、「貝けた網による調査」以外の調査項目は年 4 回 (春、夏、秋、冬) 行うことになる。

2021 年度に実施した海洋環境調査は以下の通りであった。

海水の化学的性状は、春季、夏季の各調査とも各水質分析項目の分析値について特記するような異常値は認められなかったものの、秋季調査において、監視段階の移行基準からの超過判定を行った結果、St.02、St.03、St.04、St.06、St.09、および St.11 において基準より高い観測値が認められた (図 1.6-2 参照)。

また冬季調査において、監視段階の移行基準からの超過判定を行った結果、6 箇所の測点 (St.01、St.02、St.03、St.04、St.06 および St.11) において基準より高い観測値が認められた (図 1.6-3 参照)。その他、冬季調査では全炭酸や栄養塩類の濃度が過年度の調

査結果の範囲を上回る値を示した。その原因としては、2021年9月に発生した北海道太平洋（根室～日高沖）で発生した赤潮の影響を受けた海水が親潮の影響で苫小牧海域に流入したことが可能性の一つとして考えられた。

海洋生物の状況は、春季、夏季、秋季、冬季とも植物プランクトンおよび動物プランクトンの出現個体数に異常は認められなかった。また夏季に行われた貝けた網による調査の結果、ウバガイの分布密度に経年的な変化は認められなかった。

その他、4回の調査いずれにおいても、船上からの目視による海面の観測および水中カメラによる海底面付近の観測において、気泡の発生は確認されなかった。

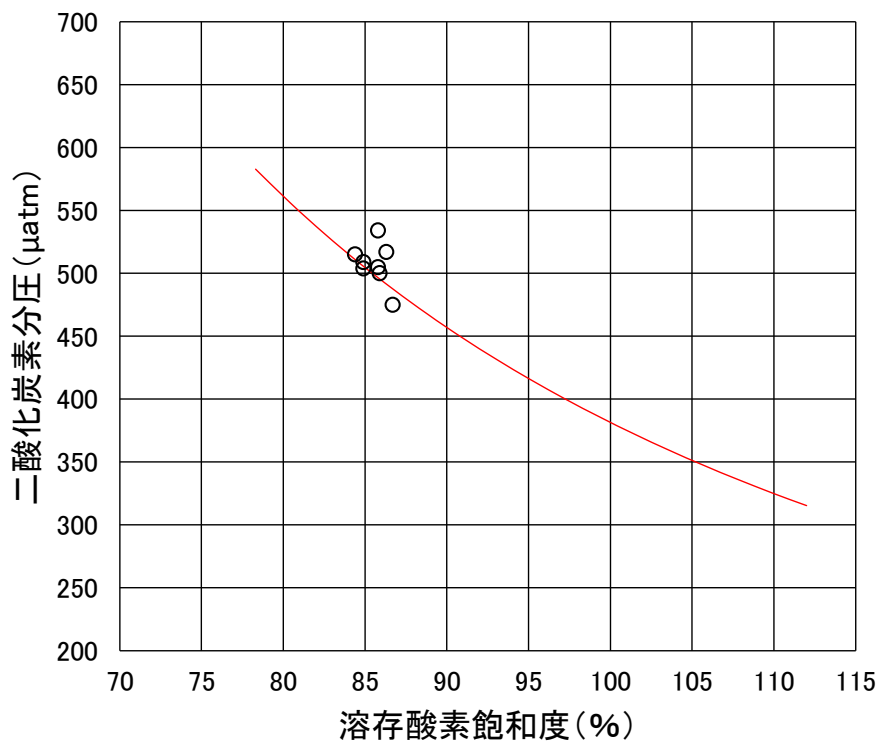


図 1.6-2 監視段階の移行基準（赤線）と秋季調査で得られた観測値（丸印）

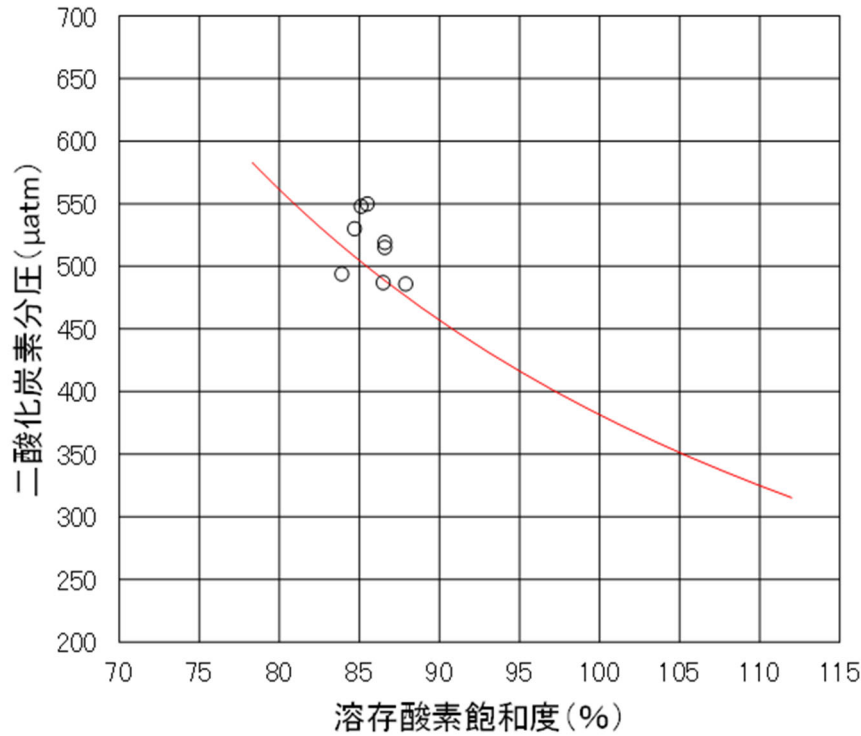


図 1.6-3 監視段階の移行基準（赤線）と冬季調査で得られた観測値（丸印）

(2) 今後の課題

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ため、2022年度も継続して海洋環境調査および圧力・温度測定を実施し、海洋環境や地層状況を監視する予定である。

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) 実施内容および成果

日本における今後のCCS事業を検討するため、本事業の国際活動の一環として、海外のCCSの最新動向を中心とする情報収集を継続的に実施している。2021年度は、2030年頃のCCSの社会実装を見据えて日本政府が取り組むCCSの課題検討および制度設計等に資する情報を海外先行事例から入手するため、2020年度に引き続き、各国における以下の基本情報および最新のCCSプロジェクト情報やビジネスモデル、CO<sub>2</sub>の越境輸送、船舶輸送に関する検討状況等について調査を実施した。

- 1) 15 箇国（オーストラリア、ブラジル、カナダ、中国、フランス、ドイツ、イタリア、インドネシア、メキシコ、オランダ、ノルウェー、サウジアラビア、アラブ首長国連邦、英国、米国）およびEUの基本情報（GHG政策、石炭火力発電

に対する政策、CCS政策とインセンティブ)

- 2) CO<sub>2</sub>貯留の長期貯留責任に関する最新動向
- 3) ロンドン議定書におけるCO<sub>2</sub>越境輸送等に関する調査
- 4) 米国、カナダ、オーストラリアの州別のCCS制度
- 5) 操業中の大規模CCSプロジェクトにおけるビジネスモデル
- 6) 将来のCCSビジネスモデル(海外事例)
- 7) ASEAN(東南アジア諸国連合)およびインドにおける最新動向
- 8) 炭素回収利用プロジェクトの現状および成功・非成功プロジェクトの例と要因分析
- 9) 水素またはアンモニアとCCS
- 10) 2006年版IPCC(気候変動に関する政府間パネル、以下、「IPCC」と称する。)国別温室効果ガスインベントリに関するガイドライン(ケーススタディ)

これらのスコープに基づき、2020年度からの更新および追加調査を行った。これらの結果概要について以下に記載する。

- 1) 調査を実施した15箇国およびEUでは、COP26に合わせて、2050年またはさらに早い段階におけるネットゼロの達成目標が各国政府、州政府、企業により打ち出されている。いくつかの政策文書やロードマップでは、石炭火力発電の政策、電気自動車の展開、再生可能エネルギー事業への投資拡大による計画とともに、CCSに対する支援メカニズムの確立につながる前向きな動きもみられる。
- 2) 脱炭素化への世界的顕著な動向として、水素をエネルギー源とする動きも加速しており、現状年間7,000万tの水素製造は、今世紀半ばには大幅に拡大することが予測されている。このうち石炭や天然ガスから水素を精製し随伴するCO<sub>2</sub>をCCSにより処理する方法は、現状費用対効果が高いとされ、ブルー水素製造におけるCCSは必須の技術として開発が進んでいる。
- 3) アジア圏等における一部の潜在的なCCSの開発国等においては、CCS設備を付設した石炭火力発電所が再生可能エネルギーよりもグリッド全体のエネルギー供給の安定化を担保するということから石炭火力発電所へのCCS導入検討等が進んでいる。
- 4) CCS支援策を背景に、世界では商用目的のCCSプロジェクトが立ち上がり、特にエネルギーの集約部門である発電や産業プロセス、特にセメント、鉄鋼等の



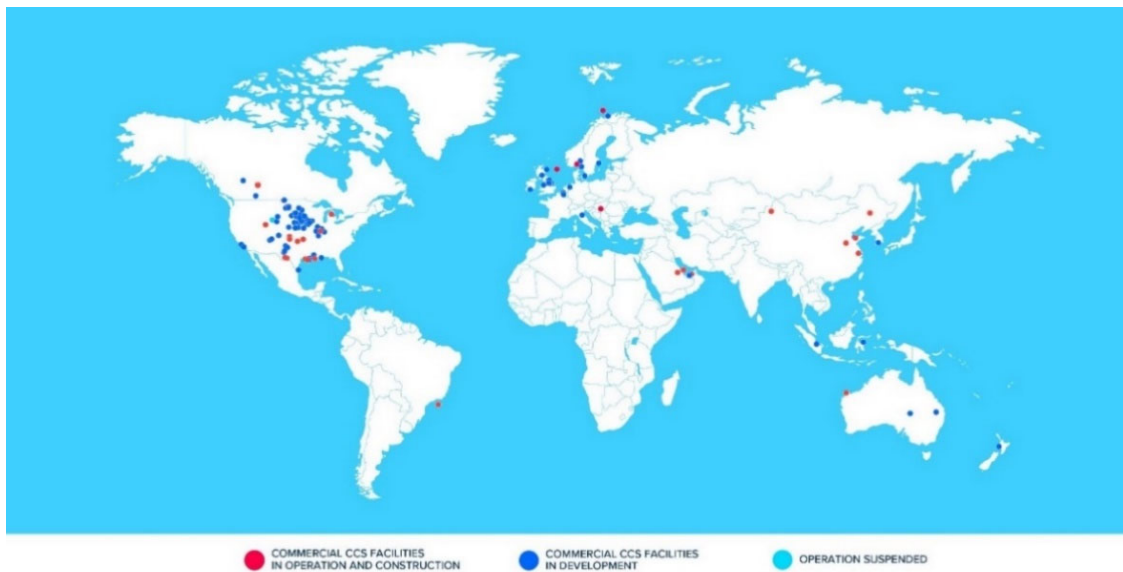
削減困難な産業部門では、CCSの技術導入が費用対効果の高い技術として展開が進んでいる。

- 5) 世界には建設中、開発中を含めて135件の商業用CCS施設が存在する。このうち71件は新規プロジェクトである。現在稼働中の29件のプロジェクト(休止中の2件を含む)を合計すると、年間約40百万tのCO<sub>2</sub>を回収し、恒久的に貯留することができる。

図7.1-1に各種開発段階にある商用CCS施設の世界地図を示す。調査時点での各施設の開発段階は以下のとおりである。

- ・ 操業中 : 27件
- ・ 建設中 : 4件
- ・ 開発段階 : 102件
- ・ 休止中 : 2件

図7.1-1では「操業中」および「建設中」を赤いドット、「開発段階」を青いドット、「停止中」水色のドットで示している。



出典 : Global CCS Institute, Japan Country Review, 2021

図 1.7-1 各種開発段階にある商用 CCS 施設

- 6) BECCS、DACCS等のCCS施設の開発も進む中、米国では45Q法案によるインセンティブを背景に、エタノール製造等を主とするBECCS事業が2020年の10件から2021年には44件に増加している。世界の商業用のBECCS施設は2020年当時の10件から、米国内の44件を含み表1.7-1に示すように48件に増加し

た。

- 7) これまでの世界の操業中の CCS 事業は、製油所、エタノール生産、肥料生産、天然ガス生成セクター等、分離・回収コストが低価格となる分野で進んでいたが、今後はセメント、鉄鋼、廃棄物や石炭からの発電等の大規模な排出削減が求められる部門への CCS 導入開発の展開が期待される。
- 8) 欧米を中心に CCS のハブ&クラスター事業が急拡大している。ハブとなる CO<sub>2</sub> 貯留サイトと、クラスターとなる複数の CO<sub>2</sub> 供給源の組み合わせにより、輸送インフラを共通化し CCS コストの低減化を図ることが本スキームの特徴である。具体的なケースとしてノルウェーの Longship プロジェクトでは CO<sub>2</sub> の供給源をノルウェー国内のみならずオランダ、ベルギー、ドイツ、スウェーデン、英国に拡大しつつある。2019 年には CO<sub>2</sub> の国境間輸送を定めた 2009 年版のロンドン議定書の改定の暫定摘要、すなわち CO<sub>2</sub> の越境輸送が認められ、政策面の後押しがハブ&クラスターの急速な拡大につながっていると考えられる。世界ではこのほか米国 DOE が推進する Carbon Safe 事業、オーストラリアの Carbon Net Project、オーストラリア・シンガポール間の MOU によるシンガポールで回収した CO<sub>2</sub> のオーストラリアにおける貯留の構想、英国の Net Zero Teesside プロジェクト等の展開がみられる。
- 9) 各地域の CCS の展開と法整備の関係性について考察すると、米国では 45Q 税額控除やカリフォルニア州低炭素燃料基準等の政策による商業目的の CCS 事業の急拡大、カナダではアルバータ CO<sub>2</sub> 幹線の稼働が CCS の急速な立ち上げに貢献するなど、政府の CCS 政策による効果がみられる。
- 欧州では、気候変動対策のみならず産業、雇用を守るための CCS の必要性に対する理解が深まりつつあり、英国、デンマーク、スウェーデン、イタリア等で CCS の参入がみられる。アジア諸国では、中国が初の海域における CCS に着手したほか、天然ガス田などの資源開発が進むインドネシア、マレーシアで CCS の開発や政策面での環境整備が進んでいる。
- サウジアラビアでは天然ガス処理、UAE では鉄鋼セクターにおける CCS が稼働中である。
- 10) 米国、カナダ、オーストラリアの州政府レベルの CCS の制度設計に関しては、既存の資源開発に係る法案を拡大する事例が多数みられる。また CCS に特化した制度設計、実施、規制開発や、連邦政府による許可制度を補完する技術規制や許可の制度は、連邦政府と協調するも、州政府が主導するケースが多く、州

内の商業規模のCCSプロジェクトのスムーズな展開に寄与している。

- 11) 英国は2020年代半ば迄に2箇所でCCUSクラスターを、2030年迄にさらに2箇所でCCUSクラスターを展開することを政策目標に掲げている。政府はCCUSクラスターを構成するCO<sub>2</sub>輸送・貯留事業、電力CCUS事業、産業炭素回収事業のビジネスモデルを検討するとともに、先行する2つのクラスター（トラック1クラスター）を立ち上げるべく、クラスター・シーケンシングのプロセス（コンペ）を推進している。

表 1.7-1 世界の商業用BECCS施設（施設48件）

	事業名／（操業開始年：ステージ）	回収能力 （百万t/年-CO <sub>2</sub> ）
1	米国：Arkalon CO <sub>2</sub> Compression Facility（2009年：操業中）	0.29百万t/年-CO <sub>2</sub>
2	米国：Bonanza BioEnergy CCUS EOR（2012年：操業中）	0.1百万t/年-CO <sub>2</sub>
3	米国：Clean Energy Systems Carbon Negative Energy Plant - Central Valley（2025年：開発初期）	0.32百万t/年-CO <sub>2</sub>
4	英国：Drax BECCS Project（2027年：開発初期）	4百万t/年-CO <sub>2</sub>
5	米国：Illinois Industrial Carbon Capture and Storage（2017年：操業中）	1百万t/年-CO <sub>2</sub>
6	米国：Project Interseqt - Hereford Ethanol Plant（2022年：開発初期）	0.3百万t/年-CO <sub>2</sub>
7	米国：Project Interseqt - Plainview Ethanol Plant（2022年：開発初期）	0.33百万t/年-CO <sub>2</sub>
8	米国：Red Trail Energy BECCS Project（2025年：開発初期）	0.18百万t/年-CO <sub>2</sub>
9	米国：The Illinois Clean Fuels Project（2025年：開発初期）	2.7百万t/年-CO <sub>2</sub>
0	米国：ZEROS Project（2020年代後半：建設中）	1.5百万t/年-CO <sub>2</sub>
1	米国：Velocys' Bayou Fuels Negative Emission Project（2024年：開発初期）	0.5百万t/年-CO <sub>2</sub>
2	米国：Midwest AgEnergy Blue Flint ethanol CCS（2022年：開発初期）	0.18百万t/年-CO <sub>2</sub>
3	英国：Net Zero Teesside - Suez Waste to Energy CCS（2027年、開発初期）	不明
4	米国：Fairmont Biorefinery Carbon Capture and Storage（2024年、開発後期）	0.33百万t/年-CO <sub>2</sub>
5	米国：York Biorefinery Carbon Capture and Storage（2024年、開発後期）	0.14百万t/年-CO <sub>2</sub>
6	米国：Aberdeen Biorefinery Carbon Capture and Storage（2024年、開発後期）	0.14百万t/年-CO <sub>2</sub>
7	米国：Atkinson Biorefinery Carbon Capture and Storage（2024年、開発後期）	0.16百万t/年-CO <sub>2</sub>

	事業名／(操業開始年：ステージ)	回収能力 (百万t/年-CO <sub>2</sub> )
18	米国：キャセルトン Biorefinery Carbon Capture and Storage (2024年、開発後期)	0.5百万t/年-CO <sub>2</sub>
19	米国：セントラルシティ Biorefinery Carbon Capture and Storage (2024年、開発後期)	0.33百万t/年-CO <sub>2</sub>
20	デンマーク：Copenhill (Amager Bakke) Waste to Energy CCS (2025年、開発後期)	0.5百万t/年-CO <sub>2</sub>
21	米国：Galva Biorefinery Carbon Capture and Storage (2024年、開発後期)	0.11百万t/年-CO <sub>2</sub>
22	米国：Goldfield Biorefinery Carbon Capture and Storage (2024年、開発後期)	0.22百万t/年-CO <sub>2</sub>
23	米国：Grand Junction Biorefinery Carbon Capture and Storage (2024年、開発後期)	0.34百万t/年-CO <sub>2</sub>
24	米国：Granite Falls Biorefinery Carbon Capture and Storage (2024年、開発後期)	0.18百万t/年-CO <sub>2</sub>
25	米国：Heron Lake Biorefinery Carbon Capture and Storage (2024年、開発後期)	0.19百万t/年-CO <sub>2</sub>
26	米国：Huron Biorefinery Carbon Capture and Storage (2024年、開発後期)	0.09百万t/年-CO <sub>2</sub>
27	米国：Lamberton Biorefinery Carbon Capture and Storage (2024年、開発後期)	0.16百万t/年-CO <sub>2</sub>
28	米国：Lawler Biorefinery Carbon Capture and Storage (2024年、開発後期)	0.57百万t/年-CO <sub>2</sub>
29	米国：Marcus Biorefinery Carbon Capture and Storage (2024年、開発後期)	0.46百万t/年-CO <sub>2</sub>
30	米国：Mason City Biorefinery Carbon Capture and Storage (2024年、開発後期)	0.34百万t/年-CO <sub>2</sub>
31	米国：Merrill Biorefinery Carbon Capture and Storage (2024年、開発後期)	0.16百万t/年-CO <sub>2</sub>
32	米国：Mina Biorefinery Carbon Capture and Storage (2024年、開発後期)	0.4百万t/年-CO <sub>2</sub>
33	米国：Nevada Biorefinery Carbon Capture and Storage (2024年、開発後期)	0.4百万t/年-CO <sub>2</sub>
34	米国：Norfolk Biorefinery Carbon Capture and Storage (2024年、開発後期)	0.15百万t/年-CO <sub>2</sub>
35	米国：Nevada Biorefinery Carbon Capture and Storage (2024年、開発後期)	0.4百万t/年-CO <sub>2</sub>
36	米国：One Earth Energy facility Carbon Capture (2025年、開発後期)	0.5百万t/年-CO <sub>2</sub>
37	米国：イリノイ州 Onida Biorefinery facility Carbon Capture and Storage (2024年、開発後期)	0.23百万t/年-CO <sub>2</sub>
38	米国：Otter Tail Biorefinery Carbon Capture and Storage (2024年、開発後期)	0.16百万t/年-CO <sub>2</sub>
39	米国：Plainview Biorefinery Carbon Capture and Storage (2024年、開発後期)	0.32百万t/年-CO <sub>2</sub>

	事業名／(操業開始年：ステージ)	回収能力 (百万 t/年-CO <sub>2</sub> )
40	米国：Redfield Biorefinery Carbon Capture and Storage (2024年、開発後期)	0.17百万 t/年-CO <sub>2</sub>
41	米国：Shenandoah Biorefinery Carbon Capture and Storage (2024年、開発後期)	0.23百万 t/年-CO <sub>2</sub>
42	米国：Sioux Center Biorefinery Carbon Capture and Storage (2024年、開発後期)	0.19百万 t/年-CO <sub>2</sub>
43	米国：Steamboat Rock Biorefinery Carbon Capture and Storage (2024年、開発後期)	0.23百万 t/年-CO <sub>2</sub>
44	スウェーデン：Stockholm Exergi BECCS (2025年、開発後期)	0.8百万 t/年-CO <sub>2</sub>
45	米国：Superior Biorefinery Carbon Capture and Storage (2024年、開発後期)	0.17百万 t/年-CO <sub>2</sub>
46	米国：Watertown Biorefinery Carbon Capture and Storage (2024年、開発後期)	0.37百万 t/年-CO <sub>2</sub>
47	米国：Wentworth Biorefinery Carbon Capture and Storage (2024年、開発後期)	0.26百万 t/年-CO <sub>2</sub>
48	米国：Wood River Biorefinery Carbon Capture and Storage (2024年、開発後期)	0.34百万 t/年-CO <sub>2</sub>

出典：Global CCS Institute, Japan Country Review, 2021

注：開発初期：事業は「事業計画 (FS など)」「基本設計 (FEED)」「設計」「調達」「建設」「試運転」「運転・保守」とすすむ。このうち事業計画段階までの事業

注：開発後期：基本設計以降の段階にある事業

## (2) 今後の課題

国内外のCCUSプロジェクト活動は活発であるため、その動向を押さえておくことは大変有益であり、各CCUS先進国の法規制に関するそのバックグラウンドを含めた理解や最新動向の把握は、日本政府のCCS政策の検討を支援する当社が世界の動静を前広に理解するという点で重要となる。このため、この分野に関する動向調査の継続は必須であると考えられる。

## 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) 実施内容および成果

本事業の円滑な推進には、国民から深い理解と信頼を獲得することが必要であることから、社会的受容性活動 (Public acceptance、以下、「PA活動」と称する。)を行っている。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などを通じて、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良好なコミュニケーションを確保し、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。

しかしながら、2020年から拡大した新型コロナウイルス感染症の影響は2021年度も収束することなく、各種イベントの中止もしくはオンラインでの開催を余儀なくされるなど、PA活動へは大きな影響がでた。このような状況のなか、2021年度も双方向の対話および意思疎通を図ることを基本方針にしつつ、対面での情報発信機会の減少を補うため、オンラインの更なる活用など情報発信方法の多様化の強化をテーマに取り組みを進めた。

2021年度の活動の概要を表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）	新型コロナウイルス感染症のため開催なし	0回
パネル展の開催	北海道庁パネル展、環境広場さっぽろ2021他	7回
北海道における講義・講演の実施、CCS講演会の開催	学校、学会	6回
子ども実験教室／夏休み宿題教室の開催	地域で学ぼうSDGs夏休み1日自由研究	1回、19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	91件、545名
講義・講演の実施	大学、学会、商工会議所他	23回、1,681名
展示会、シンポジウム、学会へのブース出展	地球温暖化防止展2022、スマートエネルギーWeek2022他	4回、2,799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	42件
寄稿および発表	石油技術協会協会誌、対談広告(北海道新聞)他	4件

\*1: JCCS ブース来訪者数

当センターの見学では、コロナ禍における対応として感染防止対策のガイドラインを策定し、一度に受け入れる人数に制限(25名)をもうけるなどの対応を行ったうえで、国内外から現場見学を受け入れた。政府や北海道の新型コロナウイルス感染予防対策方針に従いつつ見学者の受け入れを継続したが、2021年4月1日～9月30日(183日間)、2022年1月21日～3月21日(29日間)については、コロナ感染症の感染拡大の影響により見学受け入れを原則中止せざるを得なかった。緊急事態宣言が解除となった10月以降は見学者の受け入れを再開し、例年見学者が減少する厳冬期においても、再び感染が拡大する1月中旬までは見学者が途切れることがなかった。当センターの見学件数と見学者数の実績を図1.8-1に示す。

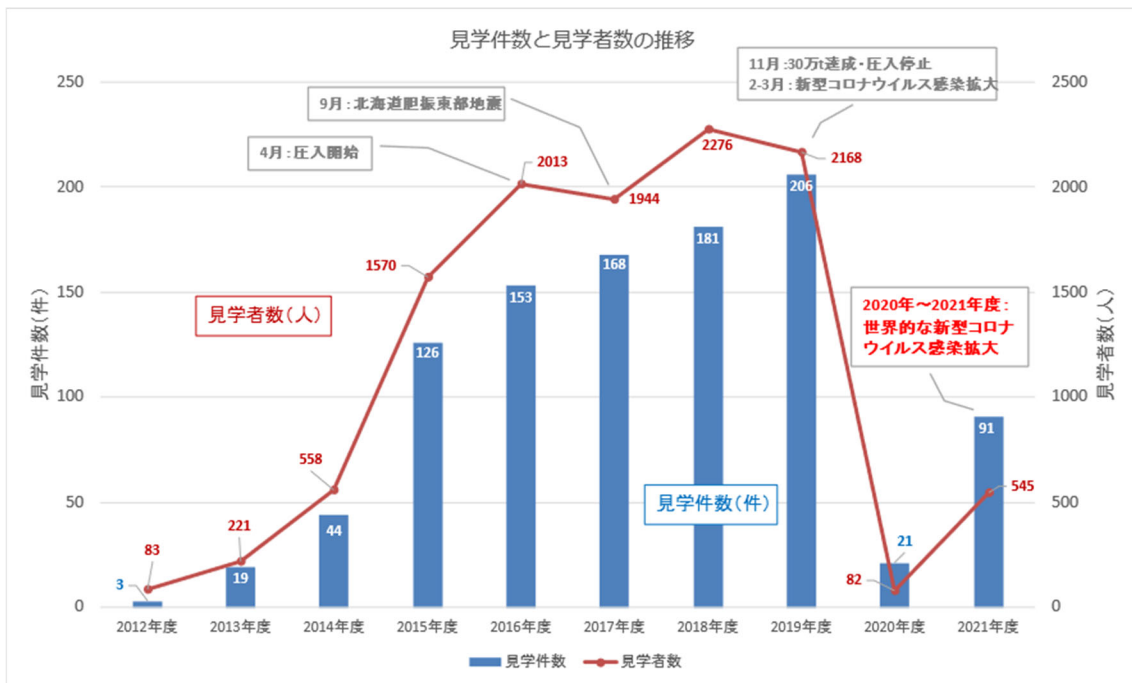


図 1.8-1 現場見学件数と見学者数の推移 (2012年度 - 2021年度)

2021年度の具体的な取り組みとしては、苫小牧市民を中心とした地域住民向けの対面でのイベントである、当センターバスツアー、子ども向け実験教室・夏休み宿題教室・自由研究やCCS講演会は中止を余儀なくされた一方、東京では2年ぶりの開催となったエコプロ2021への出展やスマートエネルギーWeek2022には苫小牧市からの要請により共同による出展という形で参加した。また、他社とのコラボレーションや、2020年度から検討を重ねてきた当社のYouTube公式チャンネル、およびFacebookの開設と既存ホームページを連動した情報発信、オンラインでの講座/講演に努めたことなどオンラインの活用により、CCS関連情報の発信機会・方法の拡大につながり、加えて、自社ホームページ

を通じた情報発信や SNS の活用において、CCS に詳しくない方々向けに親しみやすい内容のコンテンツ提供に努めたことは、情報の受け手の裾野の広がりにも寄与したと考えられる。

## (2) 今後の課題

コロナ禍においても、双方向の対話および意思疎通を図ることを基本方針に、情報発信機会の減少を補うため、他者とのコラボレーションや情報発信方法の多様化による、機会の拡大と訴求力の強化をテーマに取り組みを進めた。

当センターの見学対応、イベント・展示会への出展および各種講演の実施の継続は重要である。とくに北海道内での広報活動である北海道庁パネル展、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)でのパネル展などの無人パネル展、および苫小牧役所ロビーのモニター設置による情報発信については、直接対面での説明・質疑応答はできないものの、地元関係者との友好的関係の維持に繋がると考えられ、今後も地元関係者の意向・要望を尊重しつつ継続的に対応していくことが、さらなる関係強化に繋がるものと考えられる。

一方で、オンラインでの情報発信は対面での情報発信と比べて、臨場感や双方向のコミュニケーションを図る点からは不足感は否めず、その方法および内容の継続的な改善が必要であること、2021年度にその機会に恵まれた新聞広告やテレビ放映は、他者企画とのコラボレーションであり継続的な取り組みは必ずしも容易ではないことを踏まえ、引き続き、情報発信の機会と選択肢の拡大、訴求力の強化をテーマに、社会的受容性の醸成に貢献すべく活動を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) 実施内容および成果

2021年度の国際活動は、経済産業省が東アジア・アセアン経済研究センター(Economic Research Institute for ASEAN and East Asia : ERIA) とともに、2021年6月に「アジア CCUS ネットワーク」を立ち上げ、アジア諸国との CCS、CCUS を通じた国際協力の推進に向けて、同地域を対象とするフォーラムやワークショップ等の開催等の活動を開始したことを鑑み、以下活動方針に則った活動を実施した。

- 1) 海外からの現場見学者対応・意見交換の実施
- 2) 海外における国際会議や、国内外セミナー、展示会等における成果発表と情報交換、フィールドツアー参加による情報収集
- 3) Global CCS Institute との情報交換、協力



- 4) CSLF アジア・太平洋地域ステークホルダーチャンピオンとしての活動
- 5) 情報発信、情報収集の機会拡充を見据えた海外政府や海外 CCUS 事業者、研究者との協力、共同事業、共同研究の実施
- 6) 外国語ツール、ホームページ、メディアを通じた情報発信についての検討ならびに情報発信ツールの維持、更新
- 7) 海外に向けた情報発信活動の在り方ならびに実施の検討

#### (1)-1 海外からの現場見学者対応・意見交換の実施

2021 年度は、現場視察対応を 22 件程度と想定していたが、コロナ禍による海外からの渡航制限などが影響し、実際の視察対応は 3 回に留まった。しかし、直接対応、オンラインに関わらず、先方のニーズに対応したことにより、議論も多方面にわたって展開することができ、各国の CCUS 関係者や政府関係者との信頼関係の構築にも寄与したと考えられるため、今後とも同様に積極的な取組を検討していく。また、意見交換会や技術交流会についても、今後の日本の CCS 技術の具体的な展開の可能性を探るための重要な機会ととらえ、積極的に対応したいと考える。

#### (1)-2 海外における国際会議や、国内外セミナー、展示会等における成果発表と情報交換、フィールドツアー参加による情報収集

本事業の技術成果や日本の CCS 技術の安全性、信頼性の国際理解の向上を図るため、2021 年度の計画に基づき、第 11 回トロンハイム CCS 国際会議 (TCCS-11)、UKCCSRC (英国炭素回収・貯留研究センター、UK Carbon Capture and Storage Research Centre)、CO2CRC (Cooperative Research Centre for Greenhouse Gas Technologies)、SPE (米国石油技術者協会、Society of Petroleum Engineers) 等主催の専門会議等に参加し、オンラインによる発信を行った。

このうち特筆すべき成果として、TCCS-11 における本事業の発表論文が査読付論文として「Best Paper 賞」を受賞し、論文集の巻頭に掲載されるなど、本事業の国際評価を測り得る成果も得た (本成果は、(国研)新エネルギー・産業技術総合開発機構 (以下、「NEDO」と称する。) 事業の受賞案件として、委託者にも報告した)。

このほか、2021 年 6 月に経済産業省と東アジア・アセアン経済研究センター (ERIA) が立ち上げた「アジア CCUS ネットワーク」 (Asia CCUS Network) の活動支援の一環で、同ネットワークが向う数年間のビジョンとして掲げているアジア諸国におけるキャパシティビルディングをサポートするため、同地域を主対象として開催された「Japan-Asia CCUS Forum 2021」、「The 1st Asia CCUS Network Forum」、「CCUS Model Case

Study Workshop」等において発表を行った。さらに「COP26 ヴァーチャル・ジャパン・パビリオン」の出展と合わせて実施したヴァーチャルプレゼンテーションも ERIA と連携し、CCS 展開の潜在性が高い開発諸国に対して、本事業の成果に基づく CCS 技術の安全性や必要性を発信した。

#### (1)-3 Global CCS Institute との情報交換、協力

本事業では国際的な情報発信の領域の拡大に向けて、Global CCS Institute との連携を通じたさまざまな活動に取り組んでいる。

2021 年度は Global CCS Institute の仲介により、CCS の潜在性が高まりつつあるマレーシア国営企業との意見交換会において、本事業の成果発表の機会を得たほか、2020 年に続き、「Japan-Asia CCUS Forum」を共同開催し、国内外の CCUS の動向について世界に発信した。さらに毎年世界の CCS の最新動向についてまとめられる Global CCS Institute の旗艦レポートにおいても、本事業の最新動向が掲載されたほか、同所の新しい取り組みとして編纂された「Technology Compendium 2022」への当社投稿を通じて、本事業の主要技術とその成果が世界的に公開された。

#### (1)-4 CSLF アジア・太平洋地域ステークホルダーチャンピオンとしての活動

CSLF（炭素隔離リーダーシップ・フォーラム、Carbon Sequestration Leadership Forum）は、25 箇国および欧州委員会で構成された CCS の普及と発展を目指す国際協力枠組みである。CSLF はメンバー国の政策担当者、国立研究機関の研究者等の活動を主体とし、さらに官民連携の観点から、民間組織を中心とする「CSLF ステークホルダー」との連携も重視している。CSLF ステークホルダーは、「CSLF の目標に影響を受け、CSLF の目標に影響を与えうる組織」と定義されており、当社は CSLF ステークホルダーに位置付けられる。

CSLF ステークホルダーは、2016 年 10 月に東京にて開催された「CSLF 年次会合」以降、世界 4 地域（米州、欧州、中東・アフリカ、アジア太平洋）に分かれて活動するために、各地域のまとめ役として「ステークホルダーチャンピオン」が指名されることとなり、当社は同会合にて、アジア太平洋地域のステークホルダーチャンピオンに指名された。

ステークホルダーチャンピオンの活動実績としては、2017 年 12 月に開催された CSLF 閣僚級会合における「ステークホルダーメッセージ」の発信がある。これは、2017 年に米州、欧州、中東・アフリカ、アジア太平洋地域ごとに CCS の普及促進に向けた CSLF ステークホルダーの会合やアンケート調査（当社はアジア太平洋地域を担当）を実施し、

その結果を基に米州のステークホルダーチャンピオンが CSLF メンバー国の閣僚向けに提言を行っている。

CSLF には欧米を中心に主要 CCUS 推進国の技術者が参加している Technical Group がある。本 Group は CCUS の技術／経済／環境面の主要課題の特定、解決に向けた国際連携の推進を主目的として活動しており、当社は CSLF ステークホルダーチャンピオンとして、CSLF Technical Group が開催する定例会合、関連会議に参加している。

CSLF Technical Group Mid-Year Meeting は定例会合であり、CCUS に関する重要な情報ソースである。会議には継続的に参加しており、2021 年度も本会議への参加により CCUS プロジェクトの状況、CCUS の技術課題、CSLF Technical Group の取組み内容についての最新情報を収集するとともに、CSLF Technical Group の主要メンバーとネットワークを構築・維持することができた。

欧米を中心に主要 CCUS 推進国、研究機関の技術者が参加する CSLF Technical Group の定例会合である CSLF Technical Group Annual Meeting は CCUS に関する重要な情報源である。会議への参加を通じ、CO<sub>2</sub> 貯留ポテンシャル評価・データベース構築に向けた動き、二酸化炭素除去 (Carbon Dioxide Removal: CDR) に関する新しい取組み、CSLF Technical Group の活動状況について最新情報を収集することができた。

#### (1)-5 情報発信、情報収集の機会拡充を見据えた海外政府や海外 CCUS 事業者、研究者との協力、共同事業、共同研究の実施

日本政府、ERIA が主導する「アジア CCUS ネットワーク」への支援の重要性を鑑み、2021 年度はアジア諸国のステークホルダーとのネットワークの構築に向けて、同地域の大学・研究者、産業・金融機関等との技術交流会および情報交換会をとおした意見交換等を実施した。

#### (1)-6 外国語ツール、ホームページ、メディアを通じた情報発信についての検討ならびに情報発信ツールの維持、更新

本事業の国際活動の一環として、海外の政府関係者、CCS 事業者、研究者などのステークホルダーに対する本事業の正確かつタイムリーな情報発信をすることを目的に、映像資料やホームページのコンテンツデータの維持、拡充を図った。特に 2021 年度は新たに「JCCS in the media」、「Japan-Asia CCUS Forum」、「JCCS at COP」のバナーをトップページに新設し、ホームページ閲覧者が本事業の活動報告、および本事業にかかる他組織の公表に容易にアクセス可能な環境を整えた。本事業の委託者、当社株主等のステークホルダーとともに、コロナ禍における本事業の国際活動の情報、および世界の

CCS/CCUSの最新動向の発信を通じて、日本の重要な政策であるCCSへの理解の一層の深化を図るため、季刊誌「国際だより」を創刊した。



図 1.9-1 季刊誌「国際だより」2021年度発行号表紙

## (2) 今後の課題

コロナ禍においても、海外からの視察依頼や、情報交換の依頼が途切れることがないことを鑑み、日本という地震国かつCCSという長期的な実証期間を要する本事業で得られた成果は、今後も国際的に貴重かつ有効な情報として需要が高まることを予想している。今後も丁寧な対応により、本事業に対する理解の深化を図る機会としていきたいと考える。

なお、信頼性の高い日本のCCS事業の成果は、海外政府や企業の意思決定の材料となる可能性や、両国の信頼関係にも発展する可能性を踏まえ、今後も日本政府や委託者との協議に基づく適切な対応を図っていく。

### 1.10 社外有識者による技術指導

#### (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いる。2021年度は、第16回課題検討会を2021年8月、第17回課題検討会を2022年3月に実施した。課題検討会では、繰り返し弾性波探査の最適化、海洋環境調査結果の監視項目および基準の課題、ならびに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。なお、モニタリング分科会は「将来のCCS社会実装にむけて、海洋汚

染防止法にかかわらず、技術的、経済的に望ましい日本における CCS のモニタリングのあるべき姿を検討し、CCS 事業を進めるうえで早急な対応が求められている法規制のあり方に係る技術的な検討材料に資する」ことを目的に 2022 年度までの活動を目途として 2021 年度に設立し、3 回開催した。

## (2) 今後の課題

本事業の進展に伴って浮上した諸課題を、課題検討会での確認・助言を得て適切に対応してきた。今後も各種課題への対応、より望ましい対処法の検討に取り組みながら、最新動向も取り込む姿勢を継続したい。

### 1.11 将来計画の検討・準備等

#### (1) 実施内容および成果

CCUS 技術の早期実用化に向け、CCS と CCU の連携運用時に発生する課題の抽出とその対策の検討を行なっている。2021 年度は、2022 年度以降の CCU 実証事業を想定し、以下の内容を実施した。

##### ① 苫小牧における新たな CCU 実証事業の調査、探索、ヒアリング

2021 年度には、研究機関などとの情報交換、実験設備見学を通じて新たな CCU 実証事業の調査、検討を実施したものの、研究機関等では基礎研究ベースであることが多く、短期での CCU 実証事業に関する r を提案可能なテーマは見出すことはできなかった。

##### ② メタノール合成実証事業での研究開発課題の抽出、検討

2019～2020 年度の NEDO 調査事業<sup>\*17)</sup>を参考にメタノール合成実証事業での研究開発課題の検討を行い、以下の課題を抽出した。

- 1) メタノール合成に適した反応器の開発、構造設計、プラントシミュレーションの実施
- 2) 反応器に適したメタノール合成触媒の種類や形状
- 3) CCUS の効率的な運用方法
- 4) CCU として日本における低炭素メタノール展開の可能性や海外での大規模プラント展開等

---

<sup>\*17)</sup> 「CCS 研究開発・実証関連事業／CCUS 技術に関連する調査／苫小牧の CO<sub>2</sub> 貯留地点におけるメタノール等の基幹物質の合成による CO<sub>2</sub> 有効利用に関する調査事業」

**③ メタノール合成実証事業の実施体制の検討**

実施体制の検討を実施した。実施体制は、メタノール合成触媒に精通した化学会社、反応器およびプラントの設計・検討ができるエンジニアリング会社などとの共同実施体制が最適と考えられる。

**④ メタノール合成実証事業の実施予算の積算、積算根拠整理**

メタノール合成実証事業での実施項目、実施内容、実施期間を想定し、実施項目毎の想定必要費用とそれら費用の算出根拠の整理などを行った。

**(2) 今後の課題**

CCUS 実証事業の早期実用化に向け、継続した情報収集・情報交換を進め、新たなCCUS 実証事業テーマを探索していく必要がある。