

複数課題プログラムを構成する 研究開発課題（プロジェクト）

B.安全な CCS 実施のための CO₂ 貯留技術の研究開発事業

評価用資料

平成30年11月5日

経済産業省産業技術環境局環境政策課地球環境連携室
二酸化炭素地中貯留技術研究組合

目次

I. 研究開発課題(プロジェクト)概要	1
1. 事業アウトカム	2
2. 事業アウトプット	3
3. 当省(国)が実施することの必要性	11
4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ	12
5. 研究開発の実施・マネジメント体制等	13
6. 費用対効果	16
7. 用語集	18

I. 研究開発課題(プロジェクト)概要

プロジェクト名	安全な CCS 実施のための CO2 貯留技術の研究開発事業			
行政事業レビューとの関係	平成 28 年度 行政事業レビューシート 事業番号 新 28-0044 平成 29 年度 行政事業レビューシート 事業番号 0399			
上位施策名	攻めの地球温暖化外交戦略（平成 25 年 11 月）、科学技術イノベーション総合戦略 2015（平成 27 年 6 月 19 日）、エネルギー・環境イノベーション戦略（平成 28 年 4 月）、地球温暖化対策計画（平成 28 年 5 月）、エネルギー基本計画（平成 30 年 7 月）			
担当課室	産業技術環境局 環境政策課地球環境連携室			
プロジェクトの目的・概要				
二酸化炭素回収・貯留（CCS: Carbon dioxide Capture and Storage）は、工場や発電所等から排出される CO2 を大気放散する前に回収し、地下へ圧入・貯留する技術で、温室効果ガス削減効果が大きいこと等から、地球温暖化対策の選択肢の一つとして世界的に期待されている。 CCS の実用化に向けては、CO2 の分離回収、圧入貯留、モニタリングまでトータルでの CCS 技術の確立、CCS 事業コストの十分な低減、十分な貯留能力を有した貯留地点の選定、社会的受容性の醸成等が不可欠である。 本事業では、安全かつ経済的な実用化規模（100 万トン規模/年）での CO2 圧入・貯留技術の確立に向け、我が国の不均質で地質構造が複雑な貯留層に適した、実用化規模の CCS における CO2 貯留安全管理技術を開発する。さらに、我が国の CCS 技術の海外展開を志向した研究開発等を実施する。				
予算額等（委託） （単位：百万円）				
開始年度	終了年度	中間評価時期	終了時評価時期	事業実施主体
平成 28 (2016) 年度	2020 年度	平成 30 (2018) 年度	2021 年度	二酸化炭素地中貯留技術研究組合
H27 (2015) FY 執行額	H28 (2016) FY 執行額	H29 (2017) FY 執行額	総執行額	総予算額
—	887	999	1, 886	5, 746
※総予算額は平成 28～29 年執行額と平成 30 (2018)～2020 年度予算想定額の合計				

1. 事業アウトカム

事業アウトカム指標		
CCS 実用化のためには、安全で経済的な CO2 貯留技術の開発が必要であり、さらには CCS 技術事例集の作成や社会受容性向上などの CCS 普及条件の整備も必要となる。その実現に必要な技術開発要素を設定し、それぞれの技術を開発、確立、実用化することをアウトカム指標とする。 (1) 大規模 CO2 圧入・貯留の安全管理技術の確立 ①-1. 圧入安全管理システムの開発 ①-2. CO2 長期モニタリング技術の開発 ①-3. 大規模貯留層を対象とした地質モデル構築手法の確立 ①-4. 大規模貯留層に適した CO2 挙動シミュレーション、長期挙動予測手法の確立 ①-5. 光ファイバーを利用した地層安定性や廃坑井の健全性監視システムの開発 ①-6. CO2 漏出検出・環境影響評価総合システムの構築 ①-7. リスクマネジメントツールをはじめとする日米 CCS 協力や海外機関との CCUS 技術開発の連携 (2) 大規模貯留層を対象とした有効な圧入・利用技術の確立 ②-1. CO2 圧入井や圧力緩和井の最適配置技術の確立 ②-2. マイクロバブル CO2 圧入技術の適用による貯留率の向上 (3) CCS 普及条件の整備、基準の整備 ③-1. CO2 貯留安全性管理プロトコルの整備 ③-2. 苫小牧大規模実証試験や海外プロジェクトの成果や情報を用いた、CCS 技術事例集の作成、国際標準化 (ISO TC265) との連携 ③-3. CCS の広報活動を通じた社会受容性向上方策の検討		
指標目標値 (計画及び実績)		
事業開始時 (平成 28 (2016) 年度)	計画：基盤技術開発・実証体制の整備	実績：(達成) ・ CO2 回収・貯蔵安全性評価技術開発 (H23-H27) により、関連調査、基盤技術開発を行い、上記目標技術開発・実証の基盤を構築 ・ 各技術の開発・実証にノウハウのある研究機関、石油会社、建設会社等で技術研究組合を構成し、開発体制を整備
中間評価時 (平成 30 (2018) 年度)	計画：開発計画の作成と、各実用化要素技術の開発	実績：(達成) ・ 我が国の地質的特性に適した大規模 CO2 貯留の実用化に必要な安全管理技術の開発、有効圧入・貯留技術の開発、および CCS の普及条件や基準の整備に関する計画を作成 ・ 本計画に基づき、大規模 CO2 貯留へのアップスケーリングに向けての地質評価手法、地層安定性監視や漏出 CO2 検出等のモニタリング技術、貯留率向上に資する圧入技術を構築、実証。さらに、社会科学的手法を取り込んだ社会受容性向上手法を開発、実践。
終了時評価時 (2021 年度)	計画：地中貯留技術の実用化に必要な実用化規模の CO2 圧入安全管理技術、有効な CO2 貯留技術、および社会科学的手法を取り込んだ社会的受容性向上策を確立	実績：
目標最終年度 (2020 年度)	計画：各実用化要素技術の確立	

2. 事業アウトプット

(1) 研究開発内容

①事業の全体像

前述のアウトカムで設定した研究開発項目とその関連性を下図に示す。

各技術確立を図ることで本事業の目的が達成されるため、技術項目ごとに目的とスケジュールを設定し、適切なマネジメントのもと研究を推進していく。

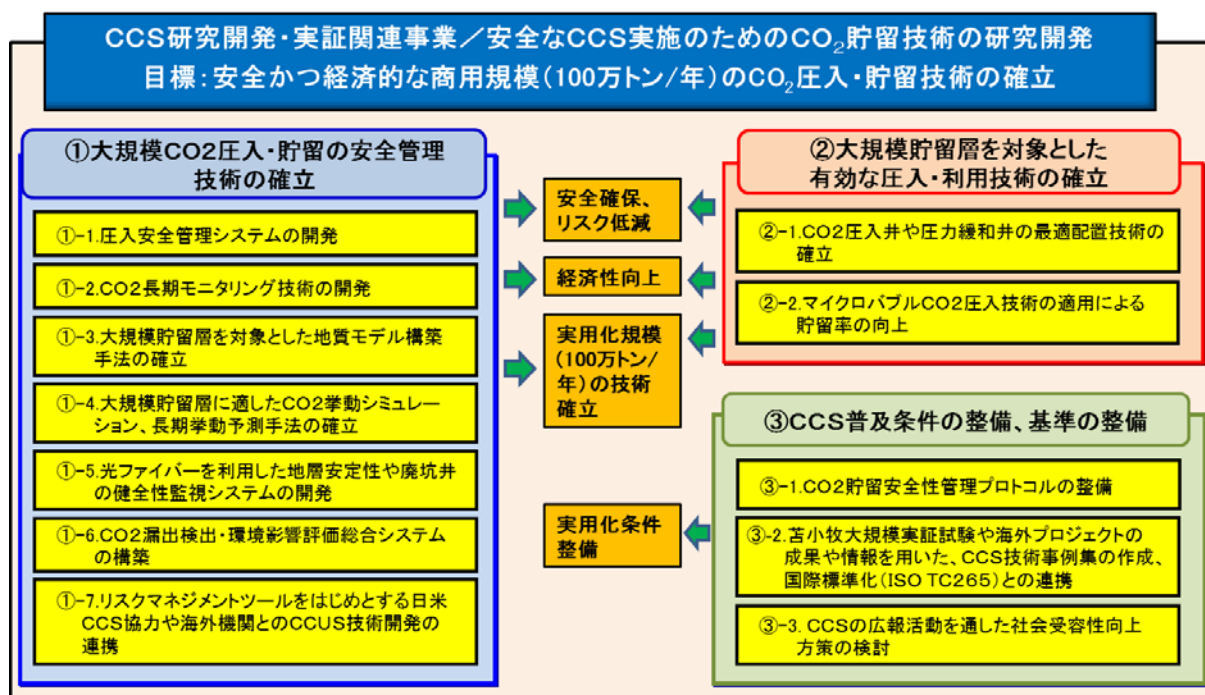


図1 事業の全体像

また、研究成果の実施の活用イメージを以下に示す。

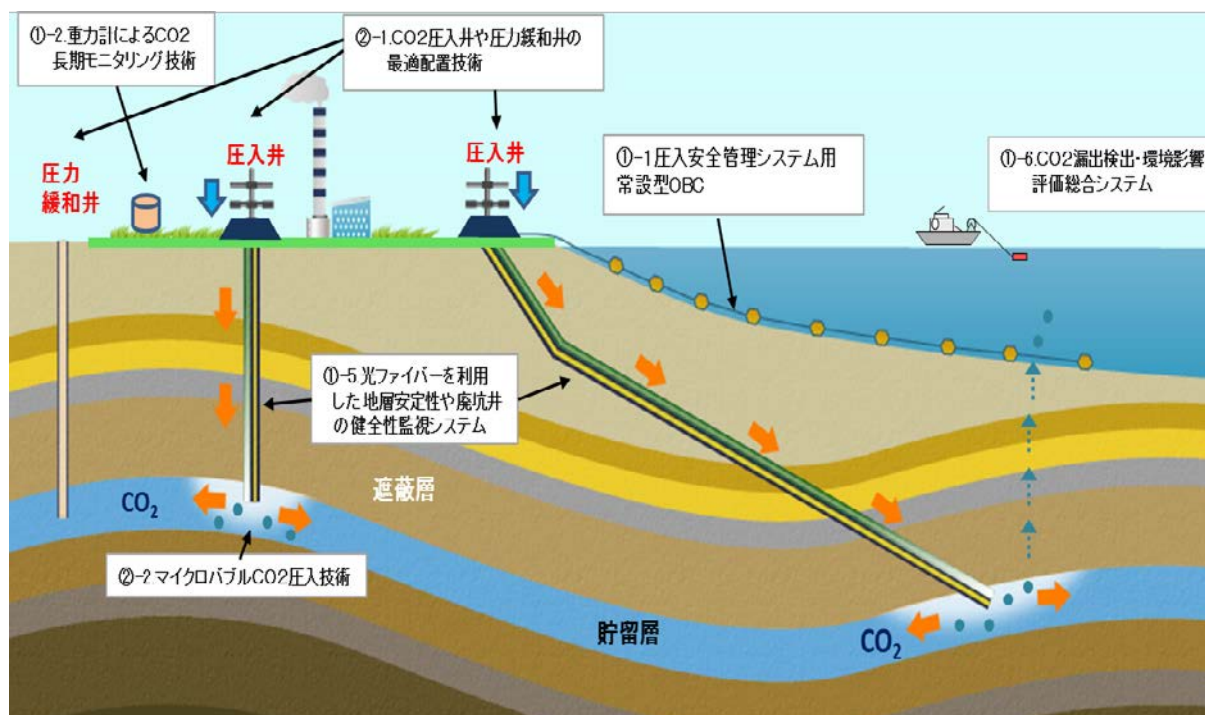


図2 研究成果活用イメージ図

②研究開発内容

本事業では、技術開発の柱として「大規模CO2圧入・貯留の安全管理技術の確立」、「大規模貯留層を対象とした有効な圧入・利用技術の確立」、「CCS普及条件の整備、基準の整備」を設定し、それぞれ具体的な課題を定め、CCS実証サイトも活用しつつ研究を進めて行く。

これにより、実用規模CCSへのアップスケーリング技術の確立、安全な圧入管理や大規模貯留層の適切な性能評価によるリスクと不確実性の低減、モニタリングの効率化によるCCSの経済性の向上、さらにはCCS実現に向けた社会受容性の向上が実現する。

(2) 事業アウトプット

事業アウトプット指標		
(1)大規模 CO2 圧入・貯留の安全管理技術の確立		
①圧入安全管理システム（ATLS）の開発		
指標目標値（計画及び実績）		
事業開始時 （平成 28 (2016) 年度）	計画： ・我が国の実状（沿岸域、自然地震が多発）に対応した圧入安全管理技術の確立に目途	実績：（達成） ・苫小牧 CCS 実証試験サイトのデータを活用し、我が国の貯留サイトでの圧入安全管理技術のための基本性能要件を整理 ・ノイズに強い微小振動検知手法を開発
中間評価時 （平成 30 (2018) 年度）	計画： ・圧入安全管理システムの判断基準となる地震活動カタログの作成 ・圧入安全管理システムの個別要素ツールの作成	実績：（達成） ・気象庁から地震観測データを入手し、地震活動カタログを作成していく方法を確立 ・データ処理を行うツール群を完成
終了時評価時 （2021 年度）	計画： ・実観測データ・実適用に基づいた圧入安全管理システムの確立	実績：—

事業アウトプット指標		
(1)大規模 CO2 圧入・貯留の安全管理技術の確立 ②CO2 長期モニタリング技術の開発		
指標目標値（計画及び実績）		
事業開始時 （平成 28(2016) 年度）	計画： ・超伝導重力計を用いた重力データ取得・解析技術の開発に目途 ・苫小牧 CCS 実証試験における高精度重力データの取得	実績：（達成） ・米国 SWP サイトにおいて、世界で初めて超伝導重力計を CCS に適用し、その有効性を確認
中間評価時 （平成 30(2018) 年度）	計画： ・長期連続観測データにおよぼす自然要因の分離方法の検討 ・自然由来の重力変化（ノイズ）の評価と、実測値からノイズを除去するためのデータ解析手法確立	実績：（達成） ・観測データから潮汐成分、気圧応答成分、不規則ノイズを分離し、長期において連続したトレンド成分の抽出に成功 ・潮汐、気圧応答成分除去後の重力値と降水量に相関があることを見出すことで、左記データ解析手法を確立するとともに、ノイズ除去に目途
終了時評価時 （2021 年度）	計画： ・沿岸域 CCS における高精度重力モニタリング技術の確立 ・圧入停止後を含む苫小牧 CCS 実証試験の高精度重力データの取得	実績：—

事業アウトプット指標		
(1)大規模 CO2 圧入・貯留の安全管理技術の確立 ③大規模貯留層を対象とした地質モデル構築手法の確立		
指標目標値（計画及び実績）		
事業開始時 （平成 28(2016) 年度）	計画： ・実証規模スケールでの地質モデル構築手法から大規模貯留サイトでのモデル構築に目途	実績：（達成） ・苫小牧 CCS 実証試験サイトの地質モデル構築のためのデータを入手し、検層データ解析を実施 ・地層が堆積した時の環境（堆積環境）の違いが CO2 挙動に影響を及ぼすことを確認
中間評価時 （平成 30(2018) 年度）	計画： ・マクロな堆積環境と弾性波探査データを結びつける手法の確立 ・ミクروسケールでの堆積環境把握手法の確立	実績：（達成） ・弾性波探査データにおいてスペクトル・デコンポジションを行うことにより、マクロな堆積環境の違いを把握 ・イメージ検層データにおいて、ミクروسケールの堆積環境の違いを地質モデル構築へ反映する方法を確立
終了時評価時 （2021 年度）	計画： ・ミクロとマクロをつなげるデータ統合手法の確立 ・大規模貯留層を対象とした CCS に必要なデータの取得、地質モデル構築手法の確立	実績：—

事業アウトプット指標		
(1)大規模 CO2 圧入・貯留の安全管理技術の確立 ④大規模貯留層に適した CO2 挙動シミュレーション、長期挙動予測手法の確立		
指標目標値（計画及び実績）		
事業開始時 （平成 28 (2016) 年度）	計画： ・ジオメカニクスや地化学反応を組み込んだ CO2 挙動シミュレーション構築に目途 ・コアスケールの CO2 挙動に基づくモニタリングデータ解析手法に目途	実績：（達成） ・地化学反応を組み込んだ小さい（数万格子）規模の CO2 挙動シミュレーションの確立 ・X 線 CT による CO2 挙動可視化手法の確立
中間評価時 （平成 30 (2018) 年度）	計画： ・ジオメカニクスを考慮したシミュレーションコードの開発 ・X 線 CT による流体の可視化や力学的挙動解析手法の確立	実績：（達成） ・ジオメカニクスを考慮したシミュレーションコードを開発し、実サイトの観測データにより検証 ・X 線 CT による CO2 挙動可視化と力学的挙動解析手法の確立
終了時評価時 （2021 年度）	計画： ・ジオメカニクスや地化学反応を組み込んだ大規模サイトでの長期挙動シミュレーションツールの完成	実績：—

事業アウトプット指標		
(1)大規模 CO2 圧入・貯留の安全管理技術の確立 ⑤光ファイバーを利用した地層安定性や廃坑井の健全性監視システムの開発 a) 分布式ひずみ測定		
指標目標値（計画及び実績）		
事業開始時 （平成 28 (2016) 年度）	計画： ・光ファイバーを用いた分布式ひずみ測定技術の確立に目途	実績：（達成） ・光ファイバーを用いた分布式ひずみ測定に成功し、深度 800m の坑井に設置して検証を実施
中間評価時 （平成 30 (2018) 年度）	計画： ・長期連続観測ツールの開発 ・ひずみ測定に適した光ファイバーの設計	実績：（達成） ・長期連続ひずみ測定及び地盤安定性監視システムを開発 ・地層条件に適したひずみ測定光ファイバーの設計と坑井への施工方法を確立
終了時評価時 （2021 年度）	計画： ・長尺光ファイバーを用いた地層安定性や廃坑井の健全性監視システムの開発	実績：—

事業アウトプット指標		
(1)大規模 CO2 圧入・貯留の安全管理技術の確立 ⑤光ファイバーを利用した地層安定性や廃坑井の健全性監視システムの開発 b) DAS-VSP による CO2 挙動モニタリング技術開発		
指標目標値（計画及び実績）		
事業開始時 （平成 28 (2016) 年度）	計画： ・光ファイバーを用いた DAS-VSP 観測仕様の決定及び作業準備	実績：（達成） ・光ファイバーを用いた DAS-VSP 観測仕様及び実施計画の策定
中間評価時 （平成 30 (2018) 年度）	計画： ・実坑井を用いて光ファイバーによる DAS-VSP 測定作業	実績：（達成） ・実坑井での測定作業および測定データの基本解析
終了時評価時 （2021 年度）	計画： ・DAS-VSP を用いた繰り返しモニタリング手法の確立	実績：—

事業アウトプット指標		
(1)大規模 CO2 圧入・貯留の安全管理技術の確立 ⑥CO2 漏出検出・環境影響評価総合システムの構築		
指標目標値（計画及び実績）		
事業開始時 （平成 28 (2016) 年度）	計画： ・CO2 海中拡散シミュレーション手法及び化学的漏出検出手法の確立 ・物理的漏出検出技術の開発 ・漏出による海洋生物影響の調査	実績：（達成） ・海流による水温、塩分変化を考慮したシミュレーション手法を構築 ・溶存態 CO2 濃度と溶存酸素濃度の相関関係を使った異常値検出手法を提案 ・漏出後の気泡に対するサイドスキャンソナーの気泡検出能力を把握 ・CO2 濃度上昇と暴露時間による生物への影響閾値を提示
中間評価時 （平成 30 (2018) 年度）	計画： ・潮流、海流を考慮した拡散シミュレーションによる漏出継続時間と濃度の関係の把握 ・化学的漏出検出手法における誤判定割合計算手法の構築 ・サイドスキャンソナーによる CO2 気泡検出手法の総括	実績：（達成） ・低解像度モデルによるトレーサシミュレーションにより、濃度が漏出継続時間に依存しないことを把握 ・溶存態 CO2 濃度の異常値検出基準値の誤判定割合の計算手法を構築 ・CO2 気泡検出に関する現場実験を行い、サイドスキャンソナーを使った検出手法を確立
終了時評価時 （2021 年度）	計画： ・生物影響データベースの構築 ・海中拡散シミュレーション、漏出監視手法、生物影響データベースを組み合わせた CO2 漏出検出・環境影響評価総合システムの構築	実績：—

事業アウトプット指標		
(1)大規模 CO2 圧入・貯留の安全管理技術の確立 ⑦リスクマネジメントツールをはじめとする日米 CCS 協力や海外機関との CCUS (CO2 回収・有効利用・貯留) 技術開発の連携		
指標目標値 (計画及び実績)		
事業開始時 (平成 28 (2016) 年度)	計画： ・我が国に適したリスクマネジメント手法の確立と、海外機関と関連技術開発の協力を目途	実績：(達成) ・米国 DOE が開発した NRAP (National Risk Assessment Partnership) リスクマネジメントツールの詳細調査 ・日本における NRAP ツール適用時の課題抽出
中間評価時 (平成 30 (2018) 年度)	計画： ・海外事例・リスクマネジメントツールの調査 ・日米協力としての海外現場試験への参加と光ファイバー計測試験の実施	実績：(達成) ・NRAP ツール (Phase1) の調査及び課題抽出を完了 ・カナダ CaMI フィールドでの光ファイバーひずみ測定試験を実施
終了時評価時 (2021 年度)	計画： ・我が国に適したリスクマネジメント手法の策定 ・海外機関との技術協力を通じたわが国の CCS 研究技術開発成果の海外発信	実績：—

事業アウトプット指標		
(2)大規模貯留層を対象とした有効な圧入・利用技術の確立 ①CO2 圧入井や圧力緩和井の最適配置技術の確立		
指標目標値 (計画及び実績)		
事業開始時 (平成 28 (2016) 年度)	計画： ・複数坑井配置を最適化するシミュレーション手法の構築に目途	実績：(達成) ・海外における複数の圧入井や圧力緩和井の有効性検討の事例を調査
中間評価時 (平成 30 (2018) 年度)	計画： ・海外の複数坑井導入サイトの調査 ・複数坑井の最適配置シミュレーション技術を実サイトに適用	実績：(達成) ・複数坑井の最適配置シミュレーション手法を構築し、既存サイトの情報に基づく有効性検討
終了時評価時 (2021 年度)	計画： ・大規模サイトを対象とした複数坑井の最適配置技術の確立	実績：—

事業アウトプット指標		
(2)大規模貯留層を対象とした有効な圧入・利用技術の確立 ②マイクロバブル CO2 圧入技術の適用による貯留率の向上		
指標目標値（計画及び実績）		
事業開始時 （平成 28 (2016) 年度）	計画： ・マイクロバブル CO2 圧入による地層孔隙有効利用に目途	実績：（達成） ・マイクロバブル CO2 が狭い孔隙にも侵入し、貯留率が向上することを確認
中間評価時 （平成 30 (2018) 年度）	計画： ・マイクロバブル発生装置の設計、検証 ・コア試験によるマイクロバブル有効性の検証	実績：（達成） ・マイクロバブル坑内ツールの製作と、現場着脱試験を実施 ・マイクロバブル CO2 浸透メカニズムを解明
終了時評価時 （2021 年度）	計画： ・実サイトでのマイクロバブル CO2 圧入手法の確立及び有効性の検証	実績：－

事業アウトプット指標		
(3)CCS 普及条件の整備、基準の整備 ①CO2 貯留安全管理プロトコル（IRP）の整備		
指標目標値（計画及び実績）		
事業開始時 （平成 28 (2016) 年度）	計画： ・許可申請書類を対象とした海外事例調査	実績：（達成） ・英国、オランダ、米国、カナダの CO2 貯留の許可申請書類の調査、取りまとめ ・海外のインシデント対応事例（Weyburn の CO2 漏洩疑惑対応など）の調査、取りまとめ
中間評価時 （平成 30 (2018) 年度）	計画： ・国内外の事例に基づき日本版 IRP の要件を抽出 ・日本版 IRP が対象とするインシデントの抽出 ・日本版 IRP の基本構成案の作成	実績：（達成） ・海洋汚染防止法、METI ガイドライン、苫小牧 CCS 実証試験に係る許可申請書、ISO、カナダの関連法規などを分析し、日本版 IRP の要件を抽出 ・ステークホルダーが懸念するインシデントを検討し、日本版 IRP が対象とするインシデントを抽出 ・抽出した日本版 IRP の要件と対象インシデントから基本構成案を作成
終了時評価時 （2021 年度）	計画： ・日本版 IRP の完成 ・ステークホルダーの懸念に対応した QA 集の完成	実績：－

事業アウトプット指標		
(3) CCS 普及条件の整備、基準の整備 ② 苫小牧大規模実証試験や海外プロジェクトの成果や情報を用いた、CCS 技術事例集の作成、国際標準化（ISO TC265）との連携		
指標目標値（計画及び実績）		
事業開始時 （平成 28 (2016) 年度）	計画： ・ 技術事例集の構成が固まり、関連する情報を収集し、事例集の作成を開始	実績：（達成） ・ 事例集の構成を「基本計画」、「サイト選定」、「特性評価」、「実施計画」、「設計・建設」、「操業・管理」、「サイト閉鎖」、「閉鎖後管理」と設定 ・ 長岡実証試験など、関連する事例を収集し、内容の記載に着手
中間評価時 （平成 30 (2018) 年度）	計画： ・ 「基本計画」、「サイト選定」、「特性評価」、「実施計画」のドラフト版を作成 ・ 「設計・建設」、「操業・管理」、「サイト閉鎖」、「閉鎖後管理」について、海外事例を調査し、作成に着手	実績：（達成） ・ 長岡実証試験や海外事例を収集、整理し、「基本計画」「サイト選定」「特性評価」「実施計画」のドラフトを作成 ・ 米国、カナダ、豪州等の CCS 専門家からヒアリングするなどし、「設計・建設」、「操業・管理」、「サイト閉鎖」、「閉鎖後管理」に関する情報を収集し、事例集に反映
終了時評価時 （2021 年度）	計画： ・ 技術事例集の完成と公開	実績：－

事業アウトプット指標		
(3)CCS 普及条件の整備、基準の整備		
③CCS の広報活動を通じた社会受容性向上方策の検討		
指標目標値（計画及び実績）		
事業開始時 （平成 28(2016) 年度）	計画： ・CCS に関するワークショップを開催するなど、社会受容性向上の活動の継続実施	実績：（計画どおり実施） ・CO2 回収・貯蔵安全性評価技術開発（H23-H27）事業において、ワークショップなどを通して社会受容性向上活動を継続実施
中間評価時 （平成 30(2018) 年度）	計画： ・ワークショップ開催などを通し、事業成果を積極発信し、CCS の社会受容性向上に貢献 ・P0 マニュアルの作成を目指し、海外事例の調査 ・P0 教材を試作、評価・改良の実施	実績：（計画どおり実施） ・ワークショップを年 1 回開催し、事業成果に高評価を獲得（アンケート結果） ・P0 マニュアルの作成を目指し、CCS の社会受容性向上策として海外の先行事例を調査 ・小中高生向けの P0 教材を試作し、CCS 普及教育等に活用し、評価・改良を実施 ・フォーラムは H29 年度より開催。
終了時評価時 （2021 年度）	計画： ・ワークショップ、有識者を対象としたフォーラムの開催など、社会受容性向上活動の強化 ・P0 マニュアルと P0 教材の完成 ・事業成果の海外展開を指向し、海外関係者への PR や海外展開の条件整備	実績：—

< 共通指標実績 >

論文数	論文の 被引用度数	特許等件数 （出願を含む）	特許権の 実施件数	ライセンス 供与数	国際標準への 寄与	プロトタイプ の作成
34	64	7	1	0	0	0

3. 当省(国)が実施することの必要性

CCSは、生産性向上、省エネルギーなどに寄与せず、利益の向上に資さない地球温暖化問題への対応に特化した技術で、外部不経済（ある経済主体の行動が、その費用の支払いや補償を行うことなく、他の経済主体に対して不利益や損失を及ぼすこと。例えば、公害。）であるため、研究開発に経済性が無く、市場原理だけでは、その導入を図ることは困難である。

そのため、国が主導して、CCSの技術実証やコストの低減、安全性の担保や貯留適地の確保、社会的受容性の向上等を実施し、その上で制度的枠組みを構築するなど、CCS導入に向けた環境整備を行って行く必要がある。

4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

(1) アウトカムに至るまでのスケジュール

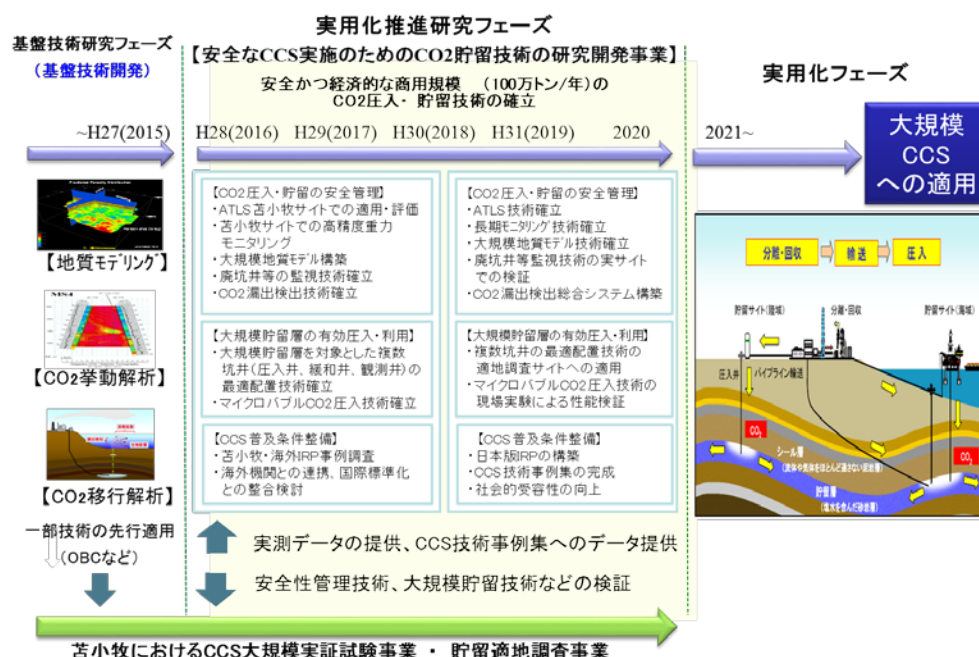


図3 アウトカムに至るまでのスケジュール

スケジュール(上図)に従い、2. 事業アウトプットに示した基盤技術開発を進めることにより、安全かつ経済的な実用化規模(100万トン規模/年)でのCO₂圧入・貯留技術の確立を目指す。

(2) 知財管理の取扱

二酸化炭素地中貯留技術研究組合「知的財産委員会」において、二酸化炭素地中貯留技術研究組合の研究開発の成果についての権利化、秘匿化、公表等の方針決定、実施許諾に関する調整等を行う。特に、権利の帰属に関しては、発明者の寄与度等を考慮して判断するようにし、研究者個々のモチベーションを高めるようにしている。

技術研究組合から組合員への知的財産権の譲渡については、「知的財産権取扱協定書」に基づき行う。

(3) 実証や国際標準化

実証に関しては、本事業ならびに並行で進められている苦小牧CCS実証試験等の終了後、制度的仕組みの導入等の検討が開始され、本格導入に向けた検討が進むものと想定される。

国際標準化に関しては、ISO/TC265において、CCSに関する標準化が進められ、地中貯留WG3はすでに出版した。本事業にて作成するCCS技術事例集については、将来のCCS事業者に向けた参考資料として作成しているが、その海外展開に際しては、ISO/TC265との整合性をとりつつ進めていく。

(4) 性能や安全基準の策定

本事業を実施することにより得られたデータや操業記録等をもとに、技術の性能指標や操業における安全基準を抽出・整理する。これにより、関連業界における安全基準の策定が進むことを見込んでいる。さらに、これらを国際規格にも反映するよう努める。

(5) 成果のユーザー

将来のCO2貯留事業者が本事業成果のユーザーとなる。CO2貯留事業者の運営主体は石油会社、エンジニアリング会社等、資本出資主体は主要CO2排出業者となると考えられる。

5. 研究開発の実施・マネジメント体制等

(1) 研究開発計画

本事業は、公募による選定審査手続きを経て、二酸化炭素地中貯留研究技術組合が、平成28年度～平成29年度は経済産業省からの委託事業として、平成30年度から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）の委託事業として実施している。

下図に本事業の全体スケジュールを示した。

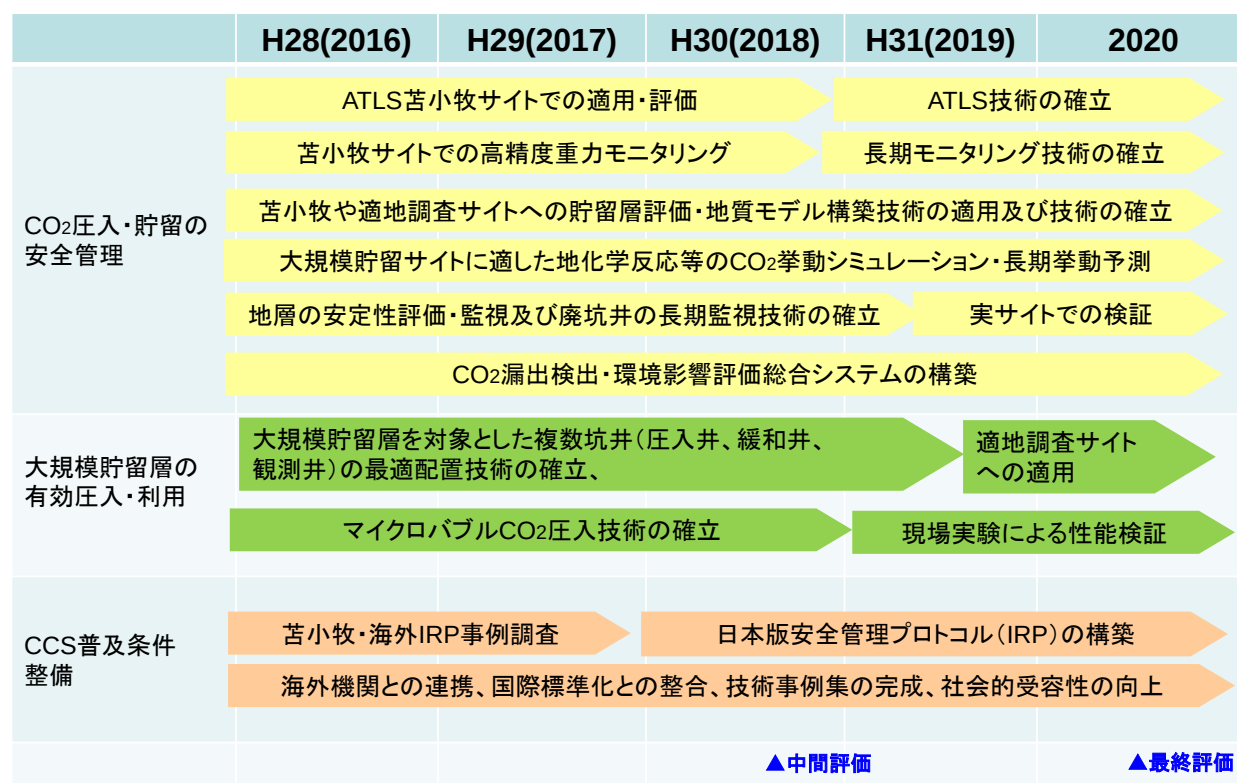


図4 研究開発計画

(2) 研究開発の実施体制

①事業の実施体制

本事業の実施体制を次頁に示す。

プロジェクトリーダーによる全体とりまとめや進捗管理を行うとともに、第三者の有識者委員会による「研究推進委員会」を設置し、進捗状況の確認と技術的な助言を得るなど、計画を適宜改善しながら事業を実施している。

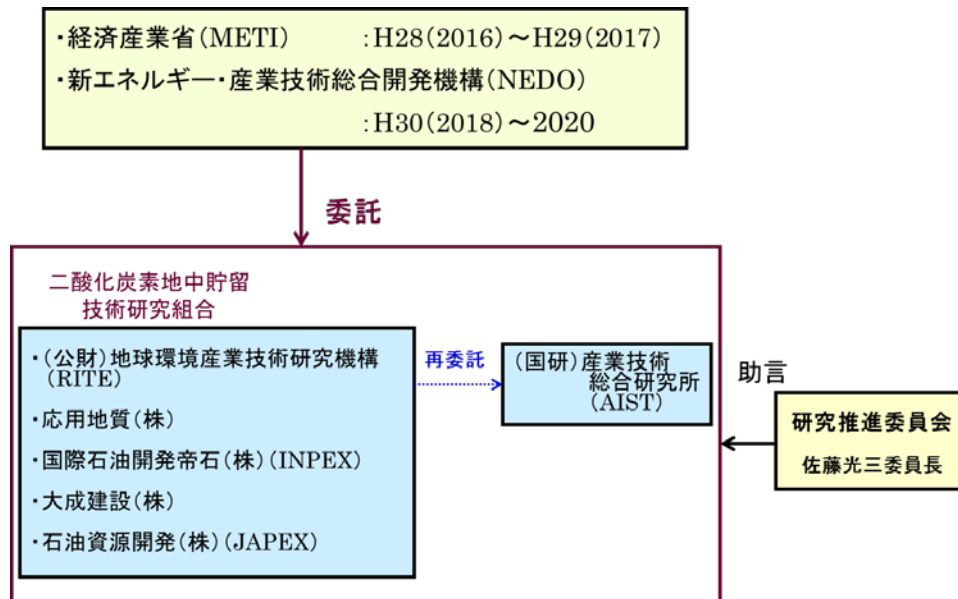


図5 実施体制

②事業の運営体制

二酸化炭素地中貯留技術研究組合に参加している研究機関と企業は、専門とする分野、あるいは保有する研究設備や実証サイトに基いて、適切な分担で事業を運営している。

研 究 課 題		実施組員
(1)大規模CO ₂ 圧入・貯留の安全管理技術の確立	①圧入安全管理システムの開発	RITE、JAPEX、INPEX
	②CO ₂ 長期モニタリング技術の開発	AIST
	③大規模貯留層を対象とした地質モデル構築手法の確立	RITE、JAPEX、応用地質
	④大規模貯留層に適したCO ₂ 挙動シミュレーション、長期挙動予測手法の確立	RITE、AIST、大成建設、応用地質
	⑤光ファイバーを利用した地層安定性や廃坑井の健全性監視システムの開発	RITE、AIST、JAPEX、INPEX
	⑥CO ₂ 漏出検出・環境影響評価総合システムの構築	RITE
	⑦リスクマネジメントツールをはじめとする日米CCS協力や海外機関とのCCUS技術開発の連携	RITE、大成建設
(2)大規模貯留層を対象とした有効な圧入・利用技術の確立	①CO ₂ 圧入井や圧力緩和井の最適配置技術の確立	RITE、大成建設
	②マイクロバブルCO ₂ 圧入技術の適用による貯留率の向上	RITE、JAPEX
(3)CCS普及条件の整備、基準の整備	①CO ₂ 貯留安全管理プロトコルの整備	RITE
	②苫小牧大規模実証試験や海外プロジェクトの成果や情報を用いた、CCS技術事例集の作成、国際標準化(ISO TC265)との連携	RITE
	③CCSの広報活動を通じた社会受容性向上方策の検討	RITE

図6 二酸化炭素地中貯留技術研究組合における役割分担

(3) 「国民との科学・技術対話」の推進

CO2地中貯留技術の最近の研究開発動向や海外での開発状況全般について報告し、CO2地中貯留に関心を持つ方々に最新の情報を広く伝えることで、官民を挙げたCO2削減に関する研究開発活動の理解を得ることを目的として、「国民との科学・技術対話」に積極的に取り組み、「CCSテクニカルワークショップ」を平成28年度と平成29年度に各1回行った。（本事業期間中、毎年1回実施予定）

【平成28年度】

CCSテクニカルワークショップ2016「安全な大規模CO2地中貯留に向けて」

日時：平成29年1月19日（木）10時～17時30分

会場：虎ノ門ヒルズ メインホール

参加人数：365名

【平成29年度】

CCSテクニカルワークショップ2017「大規模CO2地中貯留技術の実用化に向けて」

日時：平成30年1月23日（火）10時～17時30分

会場：イイノホール

参加人数：320名

(4) 資金配分

年度ごとの資金配分を以下に示す。

研究開発に当たっては、技術項目ごとにリソースの配分を適正化し、研究資金の最適な振り分けとコストダウンを図っている。

（単位：百万円）

年度	H28FY (2016)	H29FY (2017)	H30FY(予算額) (2018)	合計
(1) 大規模CO2圧入・貯留の安全管理技術の確立	680	800	700	2,180
(2) 大規模貯留層の有効圧入・利用技術の確立	90	89	190	369
(3) CCS普及条件の整備、基準の整備	117	110	110	337
合計	887	999	1,000	2,886

(5) 社会経済情勢等周囲の状況変化への柔軟な対応

苫小牧CCS実証試験の実施状況に合わせ、研究開発課題の設定・修正や研究成果の提供等を柔軟に行っていく。また、他の関係事業の推進状況も把握するようにしている。CCSの実用化については、米国など海外が先行しており、その情報収集、共同研究の実施などを通し、研究計画を柔軟に改良・拡充するようにしている。

研究成果は、CCS事業へ適用するのみでなく、CO2利用や他分野で活用することも指向している。

6. 費用対効果

CCS技術については、温室効果ガス削減に極めて重要な役割を果たすものであり、IEAの試算によると気温上昇を2度に抑えるシナリオにおいて、CCS技術がない場合の電力分野の追加コストは40年間で240兆円に達すると試算されている。（下図効果1）さらに、CCS無しでは、他のCO2排出削減オプションに対する圧力も増すことになるとされている。

本事業は主にCCS事業の安全性向上に資する技術開発であるが、開発技術の導入による圧入後モニタリング（3D探査頻度の低減）のコスト低減効果を試算すると、1サイト当たり80億円程度が見込まれる。（下図効果2）

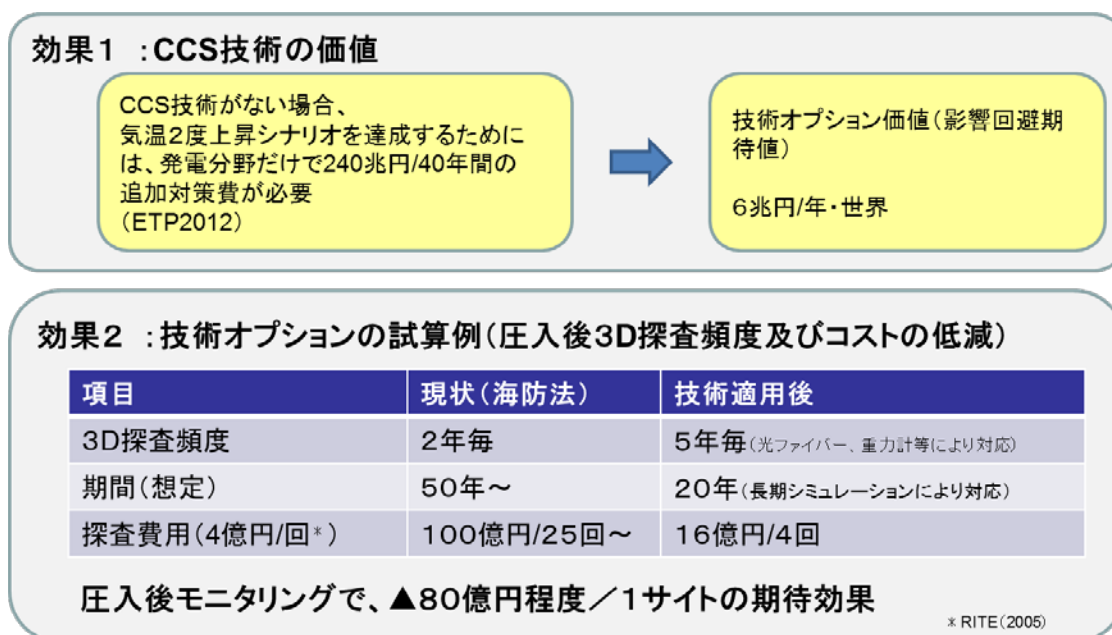


図7 費用対効果の試算例

さらに、事業アウトプットを適切に活用すれば、次頁の表に示す貢献が可能であり、さらなる費用対効果の向上が期待される。

表 1 本事業の各分野において期待される効果

事業貢献分野	対象成果	貢献内容	効果の評価
事業の不確実性の低減	・地質モデル構築 ・長期シミュレーション ・NRAP	・貯留可能性を推定するとともに、不確実性やリスクも定量評価し、投資メリット・リスクを明確化する。	・民間企業の投資判断促進（経営リスクを許容範囲以下に抑制） ・インセンティブ、ファイナンスの適正化
貯留量拡充	・地質モデル構築 ・坑井最適配置	・潜在貯留可能性を正確に見極め、坑井を最適配置し、貯留量の拡充を図る。	・貯留層の活用範囲を拡充
貯留層有効活用	・マイクロバブルCO2圧入技術	・マイクロバブルCO2圧入技術の適用により、貯留層の孔隙を有効活用する。	・貯留層の孔隙の利用率を向上
稼働率向上	・ATLS ・IRP	・地震カタログの整備により、不要な停止を排除し、CCS全体の稼働率を向上させる。 ・トラブル発生時に適切な地域対応を行い、CCSに対する不安払しょくを図る。	・地震による停止期間を削減 ・トラブル発生時の地元対応（非技術対策）的確化による停止期間を削減
設備・運用コスト低減	・光ファイバーセンサー ・CO2漏出検知 ・超伝導重力計、電磁探査 ・長期シミュレーション	・重力計と光ファイバーセンサーにより、CO2圧入後のモニタリング頻度と期間を短縮する。 ・サイドスキャンソナーにより海域におけるCO2漏出監視を効率化する。 ・長期シミュレーションにより、CO2挙動安定時期を明確にし、超長期のモニタリングを不要にする。	・モニタリングコスト・期間を低減 ・モニタリング用設備を合理化
最適事例参照	・技術事例集 ・海外連携	・国内外の適切な先例を的確に把握することにより、CCSの計画・設計・建設・運用・保守を効率化する。	・設計、建設の手戻りを削減 ・適切な運用保守方法を設定し、関連コストを削減
社会受容性向上	・PO/PA	・国民・住民の理解を得ることで、CCS促進や適切な貯留地点の選定が可能となる。 ・国内外の適切な先例を的確に把握することにより、CCS立地計画を効率化する。	・CCSへの国民理解度向上 ・費用対効果の高い貯留層の選定 ・住民理解により、計画期間やトラブル対応停止時の停止期間を削減
波及効果	・マイクロバブルCO2圧入技術 ・光ファイバーセンサー	・CO2-EORの効率向上 ・地すべりや長尺構造物の監視	・石油増産効果→CCS経済性の向上 ・市場規模：国内で数千億円/年

7. 用語集

(五十音、アルファベット順)

圧入安全管理システム (ATLS) :

サイト周辺での微小振動を含む地震発生状況を操業側にフィードバックし、地中への CO₂ 圧入時の安全性確保を行うためのシステム。

アップスケール技術 :

貯留規模を 100 万トン/年の実用化規模にするために必要な大規模化技術。地質モデル確立やシミュレーション技術、圧入井等の最適配置技術等がある。

圧力緩和井 :

大量の CO₂ 圧入による貯留層の圧力上昇を緩和する目的で、貯留層内から揚水するために用いる坑井。

イメージ検層データ :

比抵抗、空隙径分布等の検層データを図面化し、視覚的に理解しやすいようにしたデータのこと。

インシデント (Incident) :

CO₂ 貯留事業を遅滞または中断させる可能性がある事象がある事象。具体的には CO₂ 漏出懸念や地震の発生が相当する。

化学的漏出検出手法 :

海水の pH 等化学的な数値で、海水への CO₂ 漏出を検出する手法。

カナダ CaMI フィールド :

カナダのカルガリー州にあるカナダ・米国・ドイツが参加している CCS 実証サイト。

気圧応答成分 :

気圧の変化により、重力が変化する成分。

検層データ解析 :

地質モデル構築やモニタリング目的のため、観測井等に観測機器を降下させ、深さ方向毎に、中性子や音波を利用した物理データ測定や、比抵抗の測定を実施し、地層の状態を把握するための解析。

コア試験 :

ボーリングで採取された岩石コアを用いた試験。

コアスケール：

ボーリングによって採取された岩石コアを対象とする規模。CCS サイト全体（数 km 四方）と対比した規模感を示す。

高精度重力モニタリング技術：

超伝導重力計を用いて、重力の微小変化から、CO₂ の挙動を監視するための技術で、弾性波探査を補完するためのもの。

サイドスキャンソナー：

音波を発して、その反射画像を面的に捉える機器を使用し、水中の CO₂ 気泡に対する反射信号を解析し、海底下地中深部の貯留層からの万が一の CO₂ 漏出監視に利用する。

ジオメカニクス：

流体の圧入等で生じる貯留層等の変形を、応力、間隙圧力、岩盤強度といった力学的データで評価するもの。

地盤安定性監視システム

坑井周辺の地盤変形を時間的・空間的に連続に計測するための測定機器。

シミュレーションコード

貯留層内における CO₂ 挙動把握のため計算プログラム。

スペクトル・デコンポジション：

弾性波探査データを周波数帯に分けて分析することで、堆積体の境界の明瞭化や堆積体の層厚の変化を調べる技術。

堆積環境：

堆積物は、それらがたまる区域やその周辺地域の物理的・化学的・生物的・地理的・地質的な条件の違いに応じて、それぞれ特有の性質をもっているが、堆積物がたまる時の諸条件を堆積環境という。

弾性波探査：

地表または地中で人工的に発生させた弾性波（縦波：P 波、または横波：S 波）が直接または屈折して地層中を伝播する状況を地表に設置した測定装置で観測し、その結果を解析して地下構造を解明する方法。

地化学反応

圧入した CO₂ が地下水に溶解し、その CO₂ 溶解水が地層中の鉱物に及ぼす化学的反応。

地層孔隙：

貯留層内の岩石粒子間の空間および隙間であり、通常は地下水で満たされている。

長期挙動シミュレーションツール

圧入された CO₂ が、長期にわたり貯留層内をどのように移動拡散していくかを予測するプログラム。

潮汐成分：

潮の満引きと地球の変形により、重力が変化する成分。

超伝導重力計：

超伝導体を通れる電流によって生じる磁場を利用して球体を浮かせ、その位置の制御に必要な電圧変化から重力を測定するもの。高精度の重力測定が可能。

トレーサーシミュレーション：

溶存態 CO₂ の広がりを推定するため、海流や潮流を表現する海洋循環モデルを使って、海水の流動で移動していく仮想物質（トレーサー）の広がりを計算すること。

長岡実証試験：

RITE が新潟県長岡市 INPEX 岩野原基地内で実施した、深部帯水層へのわが国初の CO₂ 圧入試験。平成 15 年から 17 年にかけて 10400 トンの CO₂ を圧入し、各種の貴重なデータを取得した。

物理的漏出検出技術：

海水中の CO₂ 気泡を音波等によって見つけることで、海水への CO₂ 漏出を検出する技術。

米国 SWP サイト：

米国エネルギー省（DOE）が主導する地域パートナーシップ（Regional Carbon Sequestration Partnerships：RCSP）の 1 つである南西部炭素隔離地域パートナーシップ（Southwest Regional Partnership for Carbon Sequestration：SWP）に参画して重力モニタリングを実施した、テキサス州ファーンズワースの EOR サイト。

マイクロバブル CO₂ 圧入技術：

CO₂ をマイクロバブル（微細気泡）化し、貯留層に圧入することによって、CO₂ が地層の狭い孔隙まで入り込み、貯留率を高める方法、

溶存態 CO₂ 濃度：

海水中に溶解している CO₂ の濃度を示す指標。

リスクマネジメント：

経営活動に生じるさまざまな危険を、その影響度や頻度を踏まえた上で、組織的に管理（マネジメント）し、損失などの回避または低減をはかる危機管理手法。

CO2 貯留安全性管理プロトコル（IRP）：

インシデントが生じた際に使用する対応手順・計画。具体的には関係者への情報連絡手順等。
（現場での具体的なオペレーション手順（バルブ操作手順など）は対象外）

DAS-VSP（Distributed Acoustic Sensing - Vertical Seismic Profiling）：

分布型音響センサー（Distributed Acoustic Sensing）を用いて、坑井周辺の地層構造断面図を表示する手法。

NRAP（National Risk Assessment Partnership）：

米国 DOE が開発したリスク評価ツール。CCS の実施に当たり、事業者、投資家、規制当局などが、リスクや不確実性を的確に把握し、適切な措置を図れることを目的とする。

PO（Public Outreach）：

CCS など公共財の立地・運用に関して国民、地元住民、その他関係者への理解促進を図り、社会受容性を向上させるための広報活動。