

光ファイバー方式の温度、ひずみおよび音響測定によるCO₂挙動モニタリング技術の開発

RITEでは、CO₂地中貯留モニタリングのための光ファイバー測定技術の実用化に向けた研究開発を進めています。これまで、室内実験や国内現場試験を通して、光ファイバーを用いたひずみ、温度、音響測定の基盤技術を開発してきました。現在、米国ノースダコタ州CO₂圧入サイト(18万トン/年)において、光ファイバー測定技術によるCO₂挙動モニタリングの実証試験を実施中です。

概要

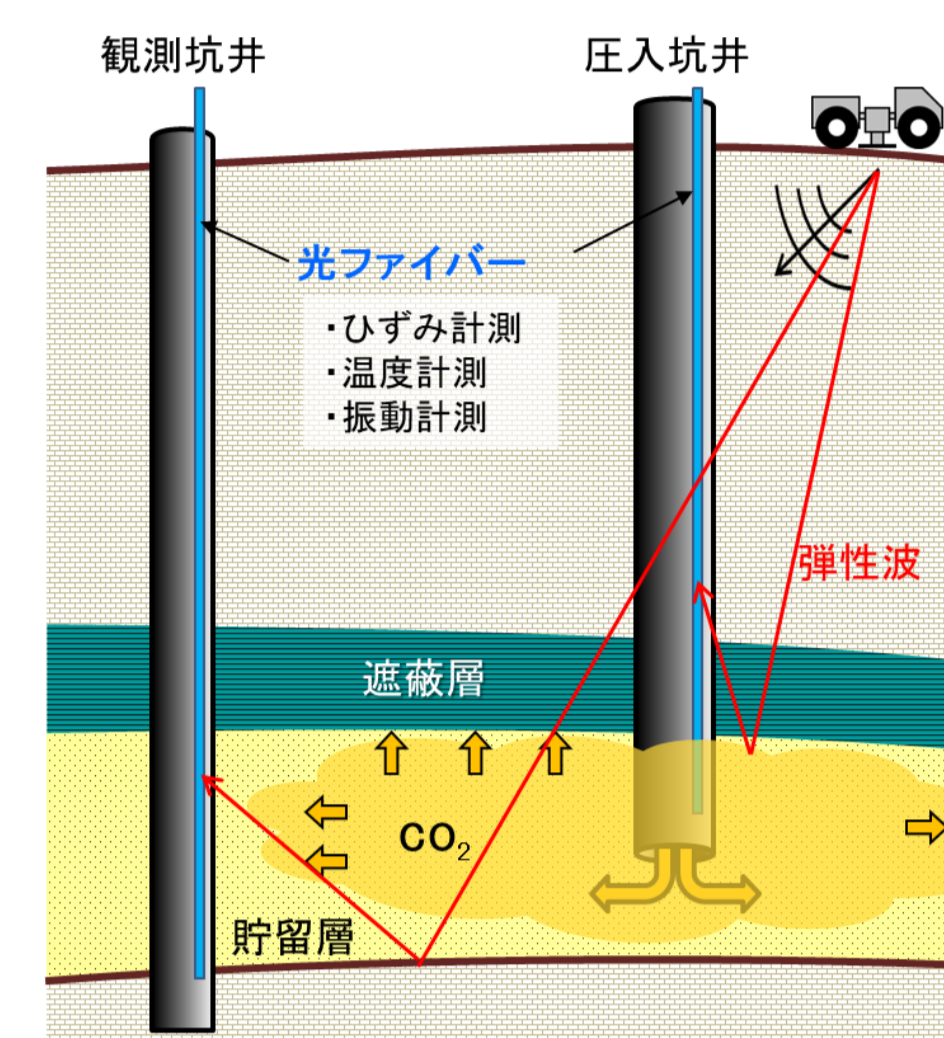
CO₂地中貯留では、圧入されたCO₂が長期間安定して地層内に貯留されていることを確認するために、CO₂挙動モニタリングが必要です。光ファイバーを用いた温度、ひずみ、音響の測定技術によって、低コストで高品質なモニタリングが可能となります。

坑井背面に設置された光ファイバーで温度やひずみ(変形)を測定することにより、CO₂漏洩や地層安定性が監視できます。音響計測では、従来型の受振器に比べてより短時間で高品質なCO₂分布イメージを得ることができるようになります。

1本の光ファイバーケーブルが温度、ひずみ及び音響を同時に測定できるマルチセンサーとして、低コストで利用できます。米国サイトでの技術検証後、国内地中貯留事業への実用化を目指しています。

各光ファイバー測定技術の測定対象

DAS (音響計測)	CO ₂ 分布状態の把握
DSS (ひずみ計測)	貯留層/遮蔽層の力学的安定性監視
DTS (温度計測)	坑井周辺のCO ₂ 漏洩監視(坑井健全性)

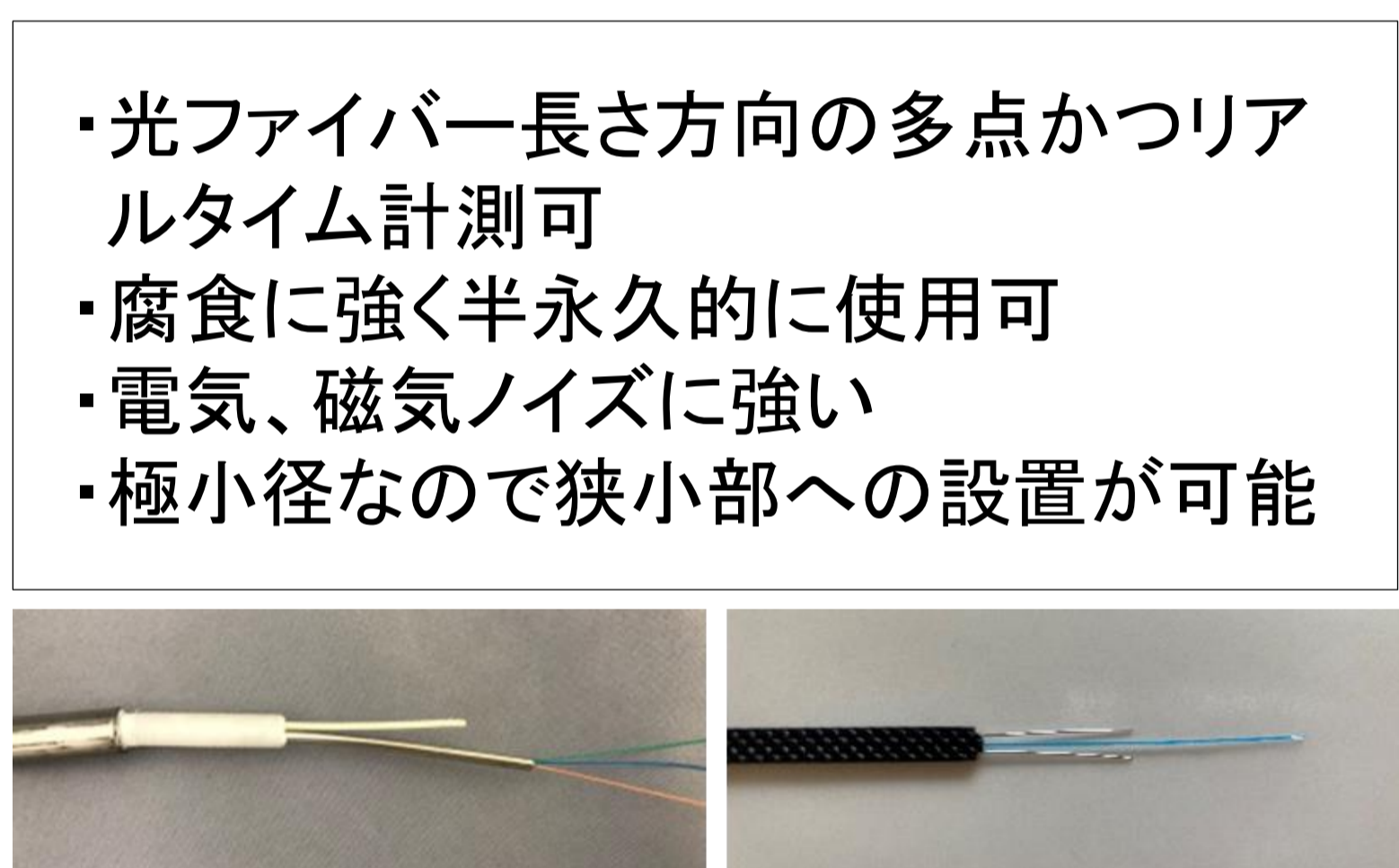


光ファイバー測定概要

光ファイバー測定



光ファイバーケーブルの取り付け



光ファイバーケーブル

- ・光ファイバー長さ方向の多点かつリアルタイム計測可
- ・腐食に強く半永久的に使用可
- ・電気、磁気ノイズに強い
- ・極小径なので狭小部への設置が可能

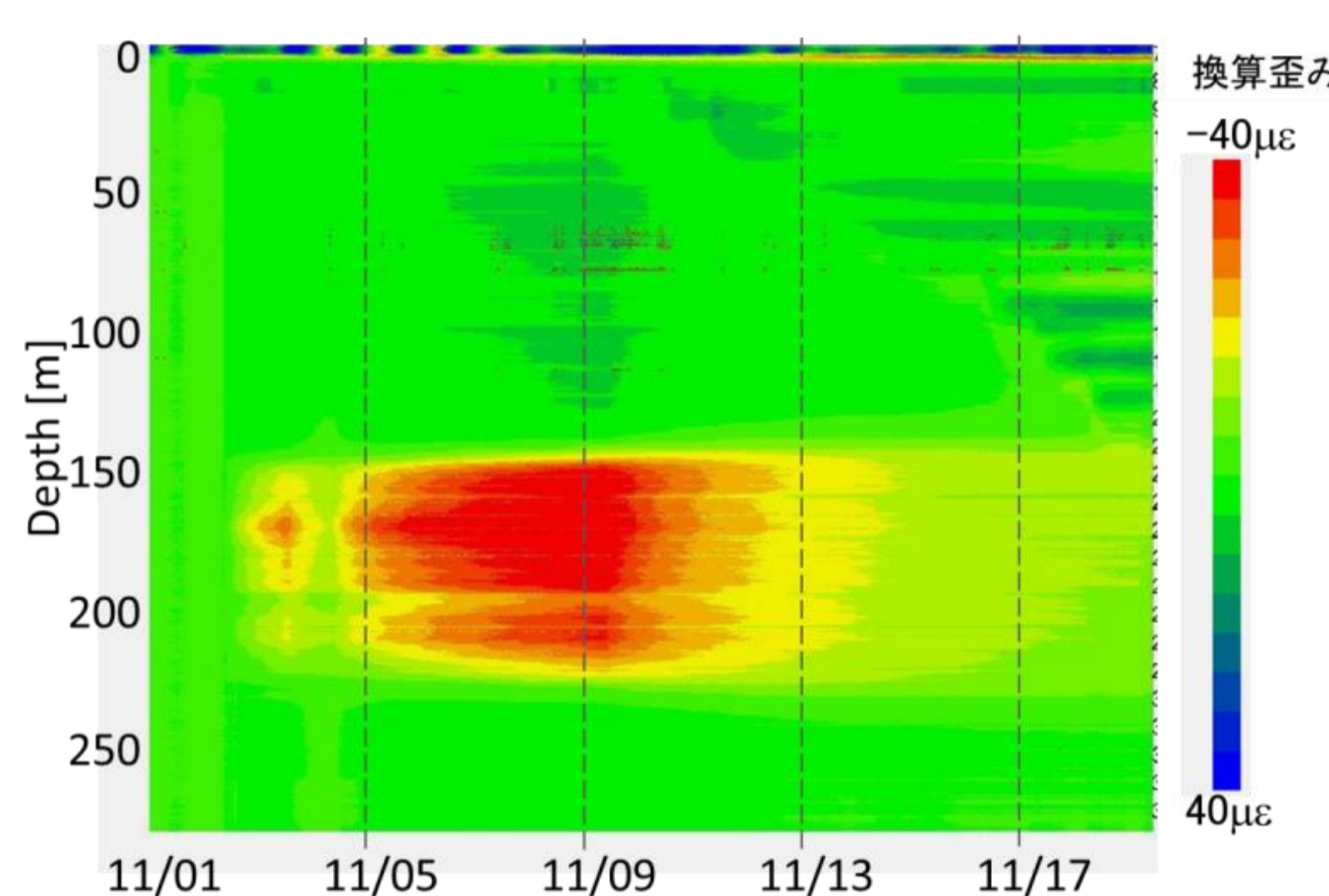
光ファイバーにレーザーパルスを送信し、返ってくる後方散乱光を計測します。後方散乱光の周波数解析により、光ファイバーの伸縮(地層変形)、光ファイバー周辺の環境変化(温度)および音響振動(動的ひずみ)を計測することができます。

RITEでは、光ファイバーケーブルの設計、設置工具改良のほか、光ファイバー測定技術の実用化に取り組んでいます。

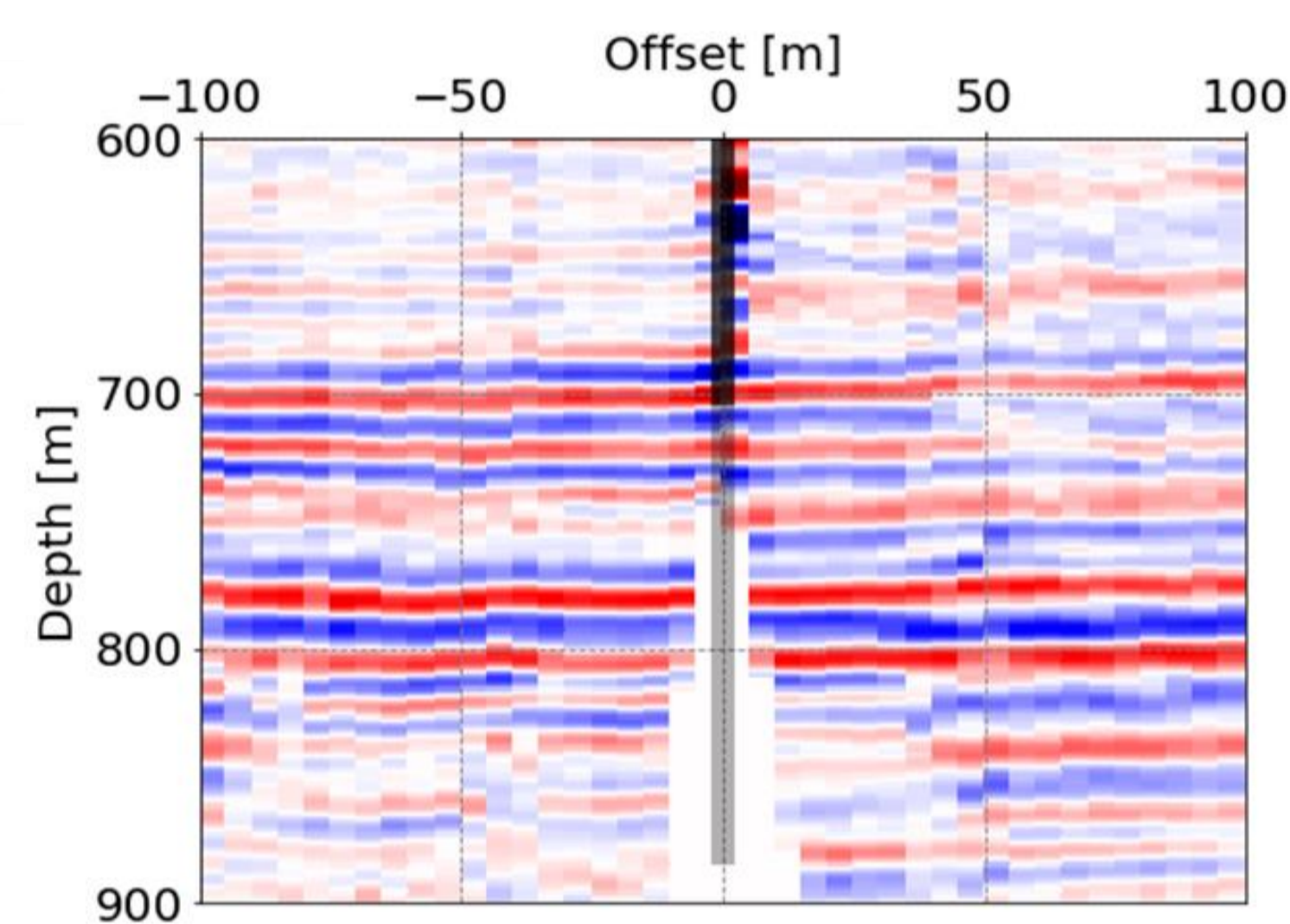
国内現場試験

坑井への注水や揚水によって、対象地層に生じるわずかな変形を、観測井に設置した光ファイバーケーブルでモニタリングしています。数 $\mu\epsilon$ 程度の小さいひずみ(地層変形)を捉えることができます。

光ファイバー音響(振動)測定では、従来のセンサー型(ジオフォン等)の計測に比べて短時間でより高品質な地下のイメージングを行うことができますようになり、モニタリングコストの削減に役立っています。



水の汲み上げにともなう地層変形

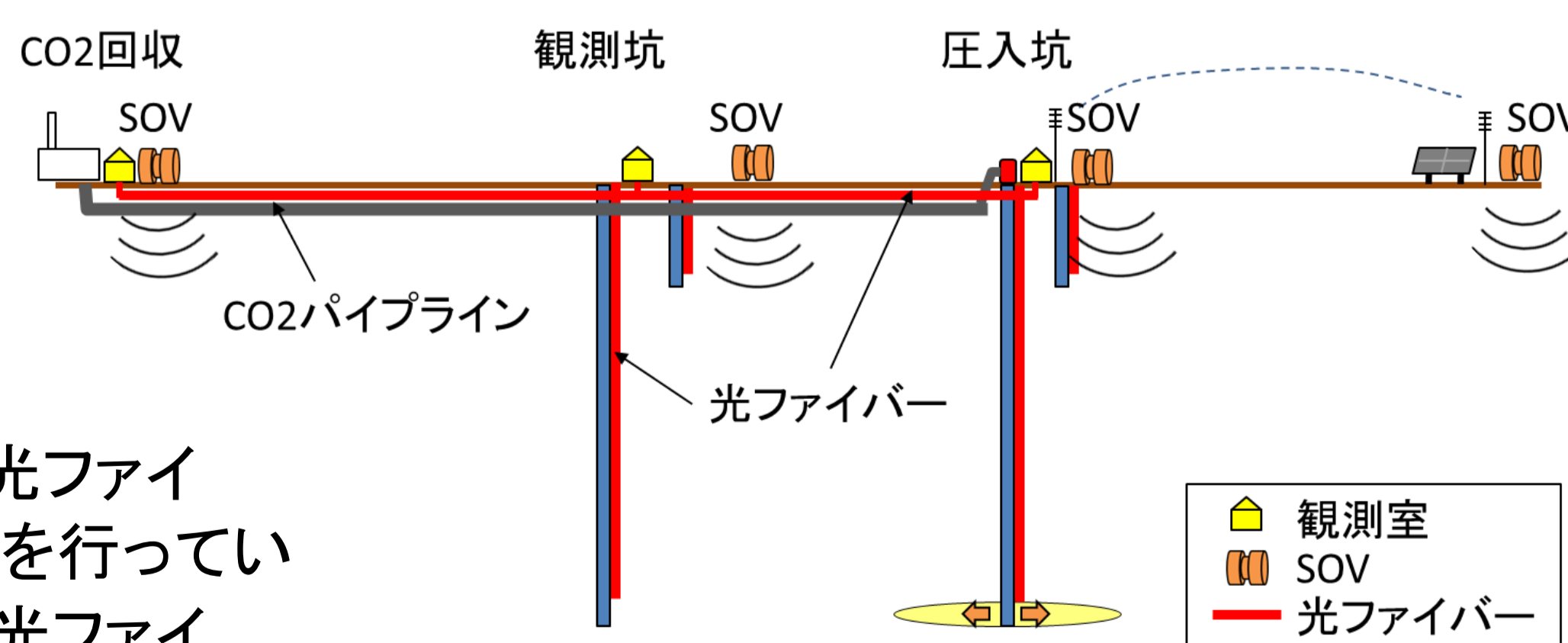


DASによる地下のイメージング

米国ノースダコタ州CCSプロジェクトでの研究協力

米国ノースダコタ州CCSプロジェクトにおいて、RITEが開発してきた光ファイバー測定技術の現場実証試験を行っており、運用ノウハウも蓄積しています。

常設振動源(SOV)から発せられる振動を、光ファイバーで受振し、CO₂分布範囲のイメージングを行っています。また、坑井やパイプラインに設置した光ファイバーで、ひずみ・温度計測を行い、坑井健全性、CO₂漏洩監視をしています。



光ファイバー観測システムの概要



米国ノースダコタ州 CCSサイトの概要

CO₂地中貯留技術事例集

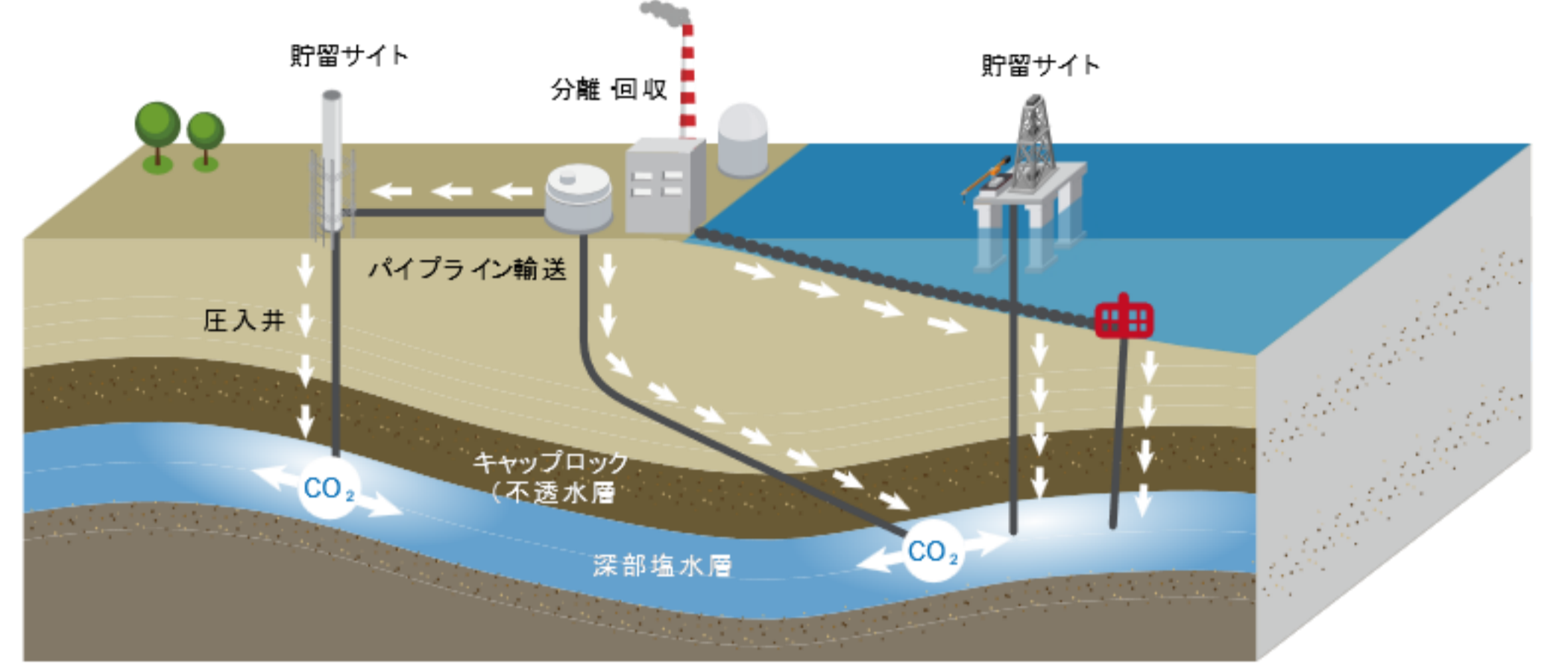
—CCS事業者への手引書—

RITEではCO₂地中貯留技術の実用化に向けて、光ファイバーを用いたひずみ測定技術、貯留CO₂の長期モニタリング技術などの関連技術の検証や、貯留層の総合解析評価手法、社会合意形成手法の開発に取り組んでいます。それらの成果を基にCCS普及条件・基準整備の一環として、「CO₂地中貯留技術事例集」を作成し、2021年11月からMETI、NEDOのホームページにも逐次公開しています。今後は東南アジア諸国等海外への情報発信も行う予定です。

概要

本技術事例集は、CO₂地中貯留に関する国内外の事例を紹介し、将来のCCS事業者のための参考マニュアルとなるようにまとめられています。

この技術事例集の作成にあたっては、2000年度から2007年度に亘って実施された「二酸化炭素地中貯留技術開発」(長岡CO₂圧入実証試験)、2009年に経済産業省が発行した「CCS実証事業の安全な実施にあたって」、2012年度から開始された「苫小牧におけるCCS大規模実証試験事業」の主な成果と、海外機関による大規模CO₂地中貯留事業の知見をまとめたマニュアル、ガイドラインも参考にしました。



各フェーズの内容

ここで扱うCO₂地中貯留事業は8つのフェーズに分けられ、技術事例集は各フェーズに対応した第1章から第8章で構成されています。

- ・ 基本計画 CO₂地中貯留事業基本計画の策定
- ・ 貯留サイト選定 貯留候補サイト(複数)の抽出
- ・ サイト特性評価 候補サイトの特性評価、最適サイト決定
- ・ 実施計画 実施計画の策定、基本設計、経済性評価
- ・ 設計、建設 事業設備等の詳細設計・建設
- ・ 操業、管理 圧入の操業、管理、モニタリングの実施
- ・ サイト閉鎖 圧入井の封鎖、圧入設備の撤去
- ・ 閉鎖後管理 事業の責任移譲までのサイト管理

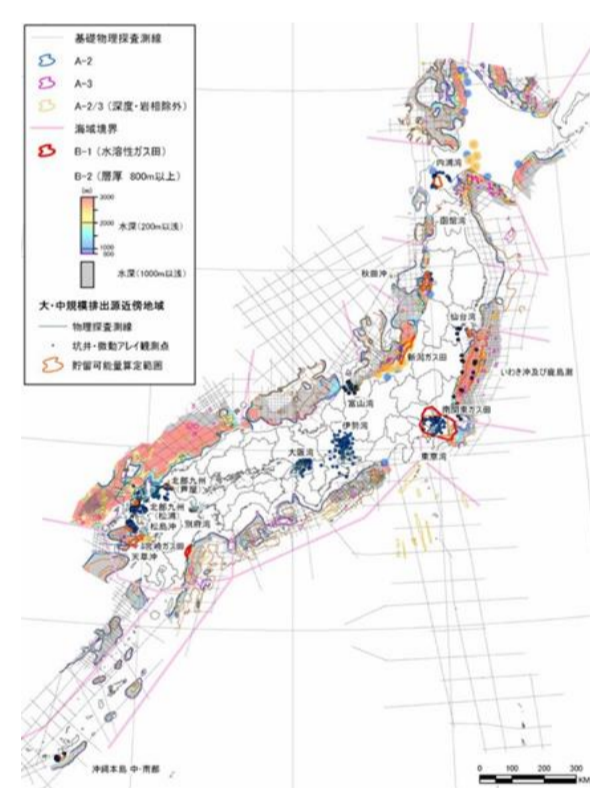
第1章 基本計画について

この「基本計画」は、事業の全体像が把握できるように構成されています。CO₂地中貯留事業の概観、事業実施スキーム、事業実施計画の他、関連法規、経済性、不確実性、リスク管理、そして社会受容性と、CCS事業の計画に際して重要な要件について記述しました。

CCS事業では、特に事業計画から最終投資判断(FID)が重要です。事業者は既存資料によるサイト選定から開始し、必要に応じて新規に弾性波探査や坑井掘削を行い、サイト特性評価を実施し、基本設計、圧入計画、自治体、住民等への対応、コスト試算を行ったうえで、FIDを行います。

第2章 貯留サイト選定について

貯留サイト選定では、CO₂の圧入レートや圧入量などの計画に沿った条件を満たすサイトを候補として抽出します。この段階では地下情報が必ずしも十分ではなく、貯留能力、安全性、経済性の評価については不確実性が大きいので、複数の候補サイトを選定する必要があります。

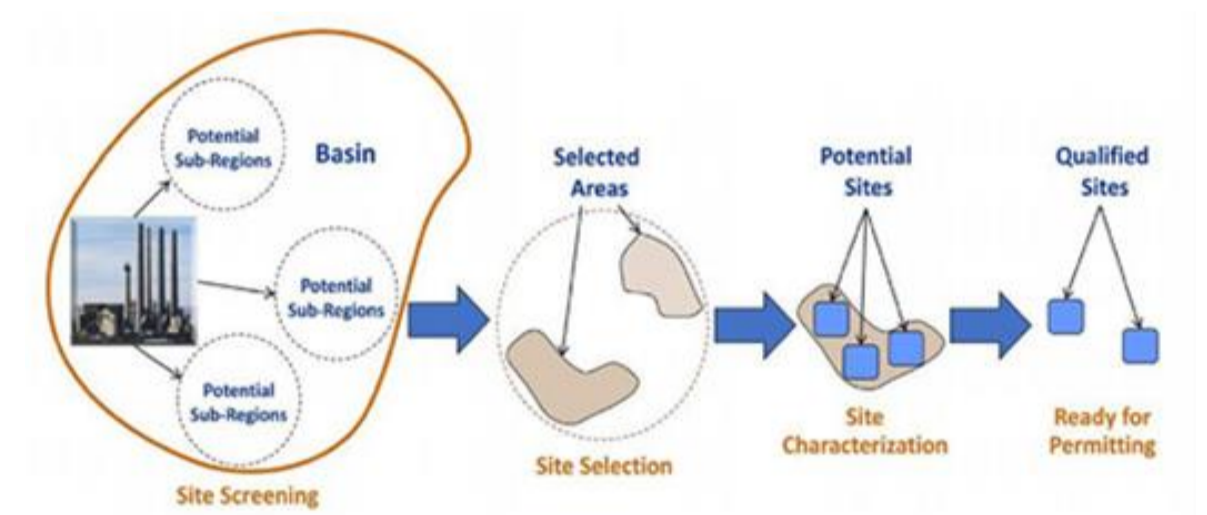


日本のCO₂貯留可能量の概算(RITE, 2006)。貯留可能量として、1,461億トンと推定。

第3章 サイト特性評価について

選定された候補サイトの地質調査を実施し、詳細な地質モデルを構築し、それらのモデルを用いたシミュレーションにより、CO₂の圧入挙動予測、圧入後の地下での長期挙動予測を行い、サイトの適性と貯留能力を検証します。

その後、貯留の安全性を前提とした貯留可能量の推定、圧入計画に基づく圧入設備の概念設計、概算コストも含めた検討を行ったうえで、最終的に貯留サイトを決定します。



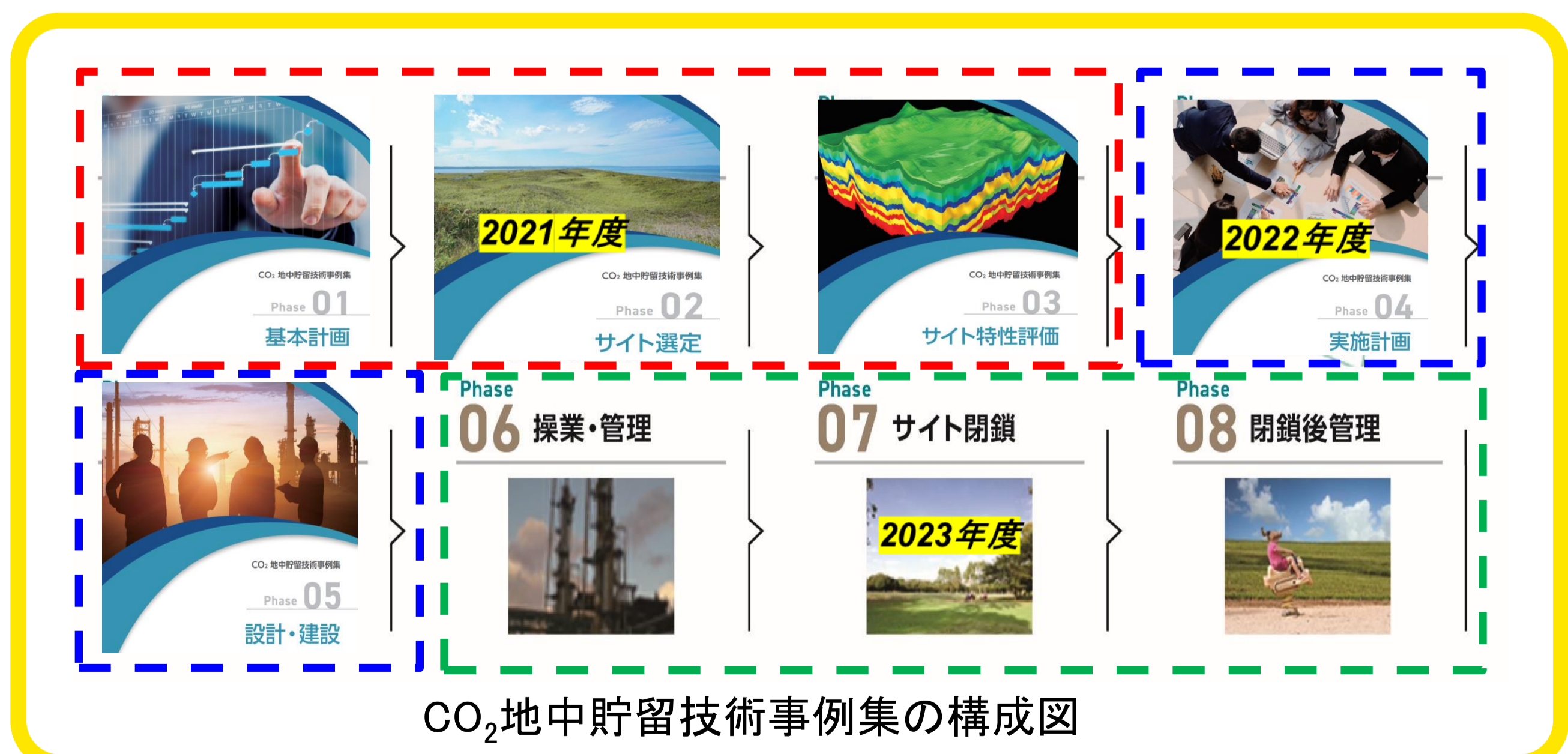
CO₂圧入サイト選定の概念図 (NETL, 2017)

第4章 実施計画について

サイト特性評価を経て、圧入サイトが決定されると、具体的な実施計画を立案します。事業概要、スケジュールの他、CO₂ 輸送・坑井掘削・CO₂ 圧入・モニタリングおよびサイト閉鎖後の責任移譲に関する計画のほか、経済性、リスク管理、社会受容性の要件について記述しています。実施計画策定後には、FIDを行い、事業の許認可申請を行います。

第5章 設計建設について

CCS 事業のうち、CO₂ の輸送、CO₂ 地中貯留に関わる地上施設の設計、建設について その設計・建設に関して記述しています。また、国内外の CO₂ 圧入実証試験、プロジェクト事例と国内外 CCS ガイドラインおよび関連法規を参考に記述する参考に、作業実施上要求される手続きの事例も併せて紹介しています。



CO₂地中貯留技術事例集の構成図