

苫小牧実証試験における 貯留にかかる安全措置

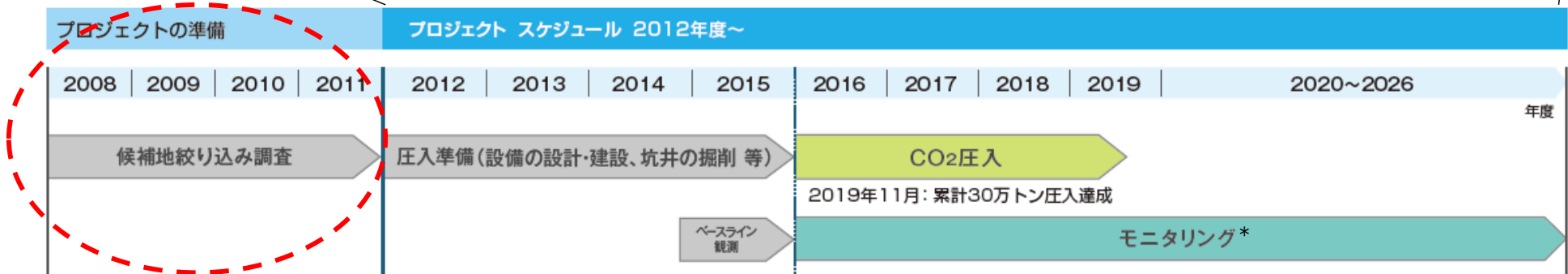
2025年 2月27日

日本CCS調査株式会社
貯留技術部

委託契約期間 2012～2026年度

- 2012～2015年度、準備期間
設備の設計・建設、圧入井の掘削、実証運転の準備等を実施
- 2016年4月～2019年11月、CO₂圧入（2019年11月、30万トン達成・停止）
- 2016年度～モニタリング、継続中
- 2019年11月～設備の保全、機能改善等
- 2021年度～CCSとCCUの連携運用の検討・準備等

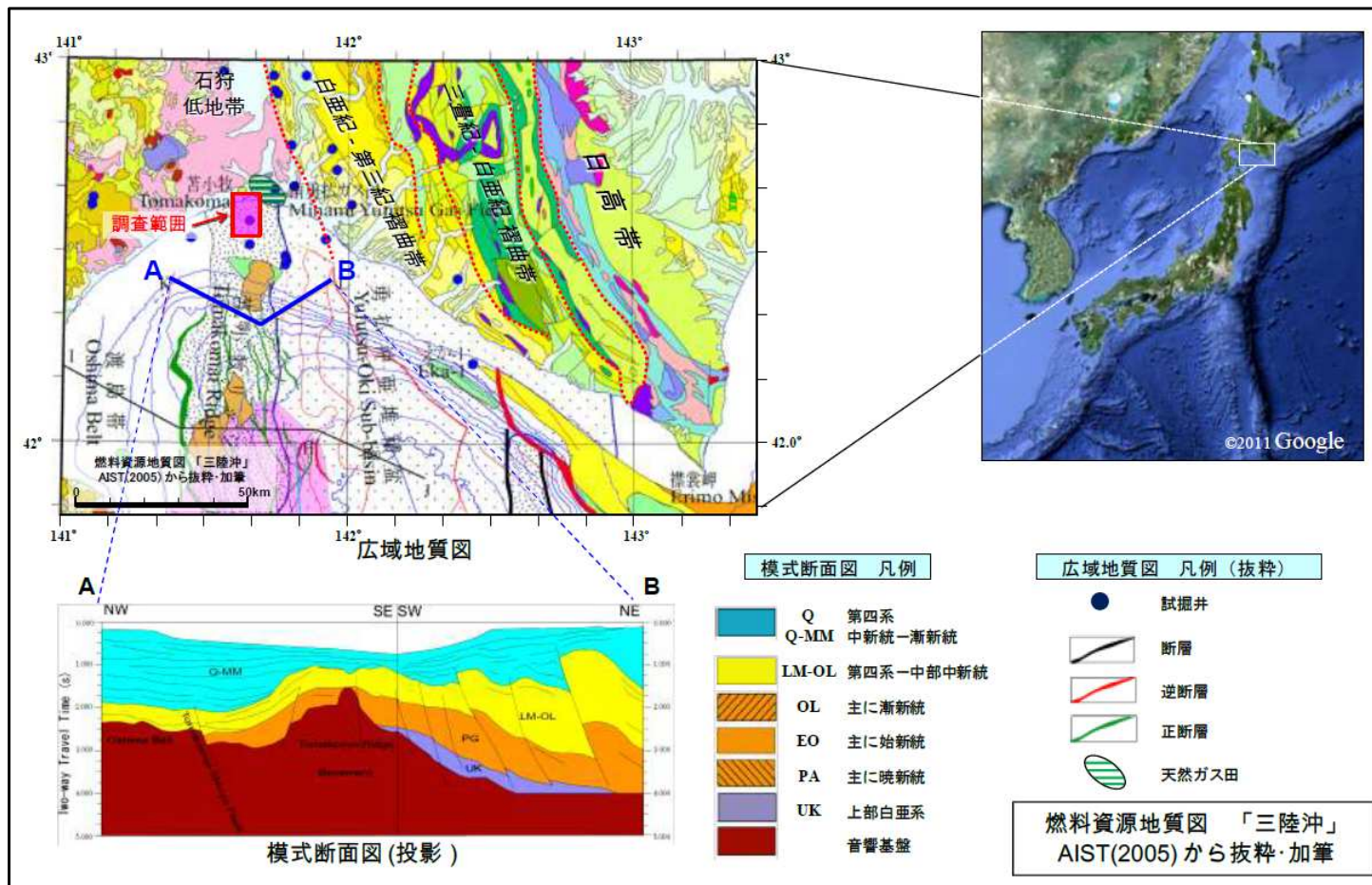
スケジュール



事前評価期間

主に経済産業省 CCS実証試験実施に向けた専門検討会にて実施

広域地質評価と模式断面図



評価結果抜粋

- 調査区域は、苫小牧リッジと呼ばれる中生代火山岩類の基盤岩の隆起帯に位置しており、基盤の上位の古第三紀以降の様々な構造場のもとで形成された堆積盆に、古第三系、新第三系および第四系が認められる。
- 調査区域から東方に向けては、波長が10km 程度の褶曲構造が南北ないし北北西-南南東方向に並列して複数認められ、一般に東側の背斜構造群は逆断層を伴った変形を受けているが、調査区域を含めて西側の背斜構造群はいずれも比較的弱い変形と考えられている。

事前評価使用データ一覧

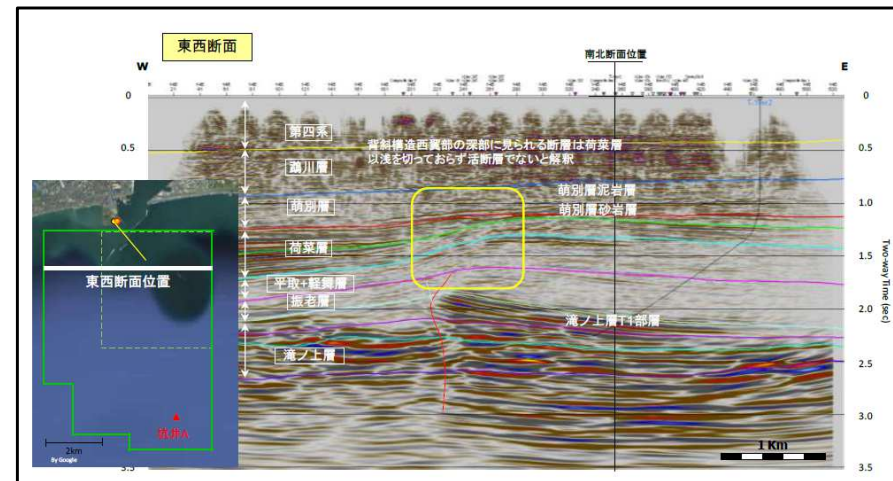
使用データ	使用方法	データソース
三次元弾性波探査データ (3D)	地質構造解釈、堆積学的検討、音響インピーダンス等の物性値推定	3Dデータ (リファレンスデータ: 坑井A・苫小牧CCS-1)
コア分析データ	岩石学的評価の他、孔隙率、浸透率、相対浸透率、毛細管圧、スレシールド圧等の基礎物性値の提供 浸透率-孔隙率相関	周辺坑井 坑井A 苫小牧CCS-1 苫小牧CCS-2
坑井速度測定データ	弾性波データの時間－深度変換	坑井A 苫小牧CCS-1
物理検層データ	岩相区分の判定 インピーダンス推定 岩相分布・孔隙率分布の作成	坑井A 苫小牧CCS-1
温度・圧力データ	地温勾配 坑底圧力(貯留層圧力&地層破壊圧力)決定	坑井A 苫小牧CCS-1 苫小牧CCS-2
二次元弾性波探査データ (2D)	地質構造解釈、堆積学的検討、音響インピーダンス等の物性値推定	陸海域の既存2Dデータ

- 事前評価として三次元弾性波探査による構造・断層形態の把握、公表文献等により活断層の把握、CO₂挙動予測シミュレーションによるCO₂プルームの拡がり・移動、貯留層圧力の上昇/伝播等の検討、断層、すべり評価等のジオメカニクス検討を行い、安全に貯留できるかどうかを評価
- 上記の他、地層水塩分濃度解析による水理地質評価を実施し、圧力伝播や地層水移動の有無を評価

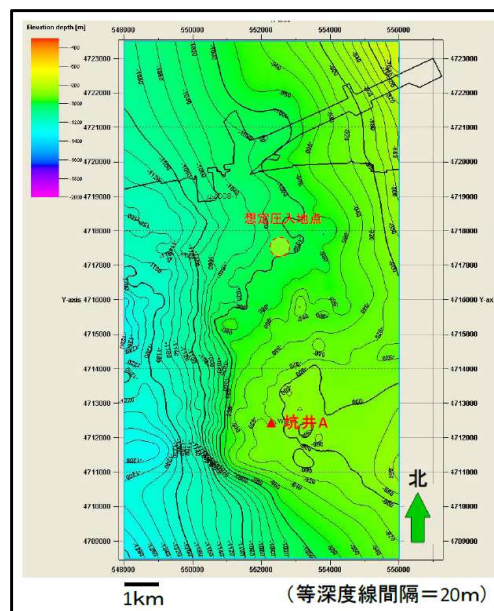
調査範囲位置図と弾性波探査結果解釈例



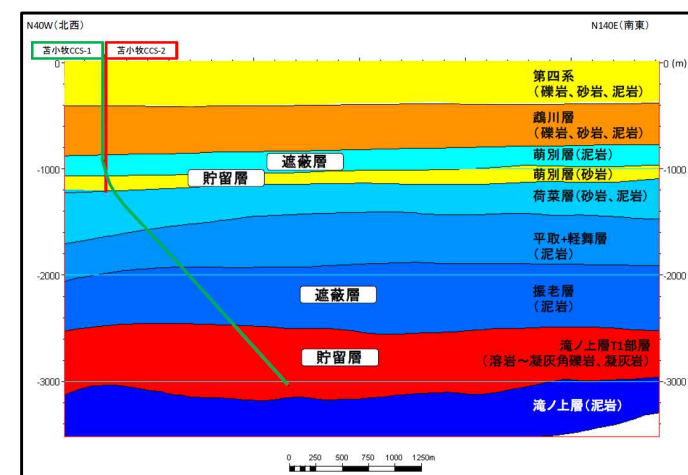
調査範囲位置図



断面図の例 (黄色枠内が萌別層)



構造図の例
(萌別砂岩層上限構造図
と想定圧入地点)



苫小牧地点の層序
(上部黄色：萌別層(砂岩)、下部赤色：滝ノ上層T1部層(溶岩～凝灰角礫岩、凝灰岩))

調査段階：苫小牧CCS-1

＜目的＞

苫小牧地区における地質構造の詳細な把握によるCCSの可能性調査

＜期間＞

敷地工事 平成22年7月～9月

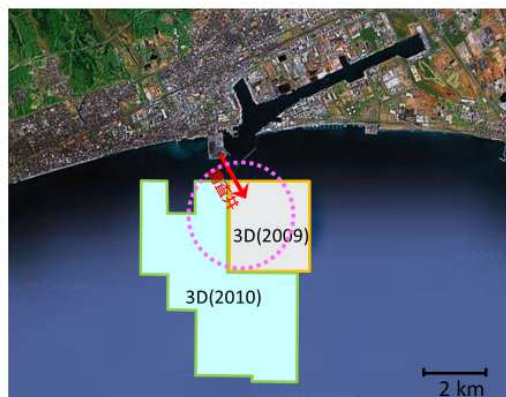
調査井掘削 平成22年10月～平成23年3月

＜調査井位置＞

北海道苫小牧市汐見町地先 西港区土砂処分場内
(国土交通省北海道開発局室蘭開発建設部所管)

＜掘削方法＞

掘削リグを使用して、陸上から沖合に向かって坑井をコントロールして曲げながら(傾斜掘り)、目的地層深度(約3,700m、垂直深度:3,050m)まで掘削した。



リグ(掘削機械)
高さ:48.50m

調査段階：貯留層評価

Copyright 2019 Japan CCS Co., Ltd.

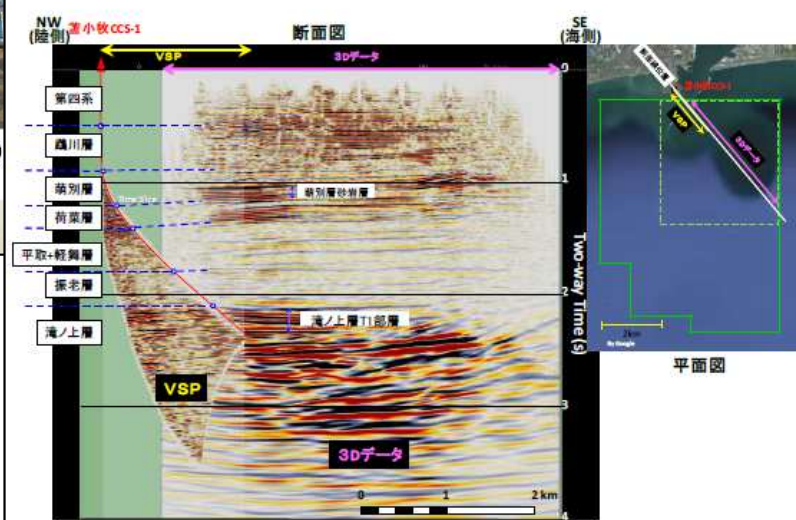
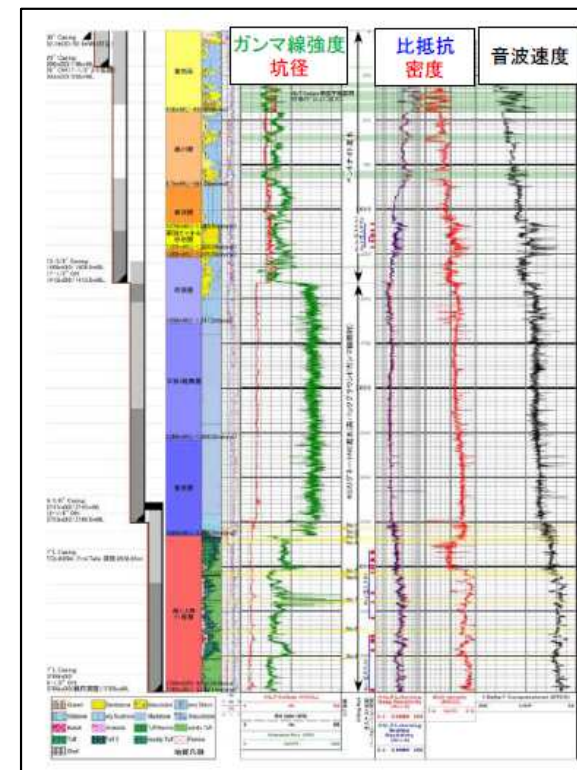


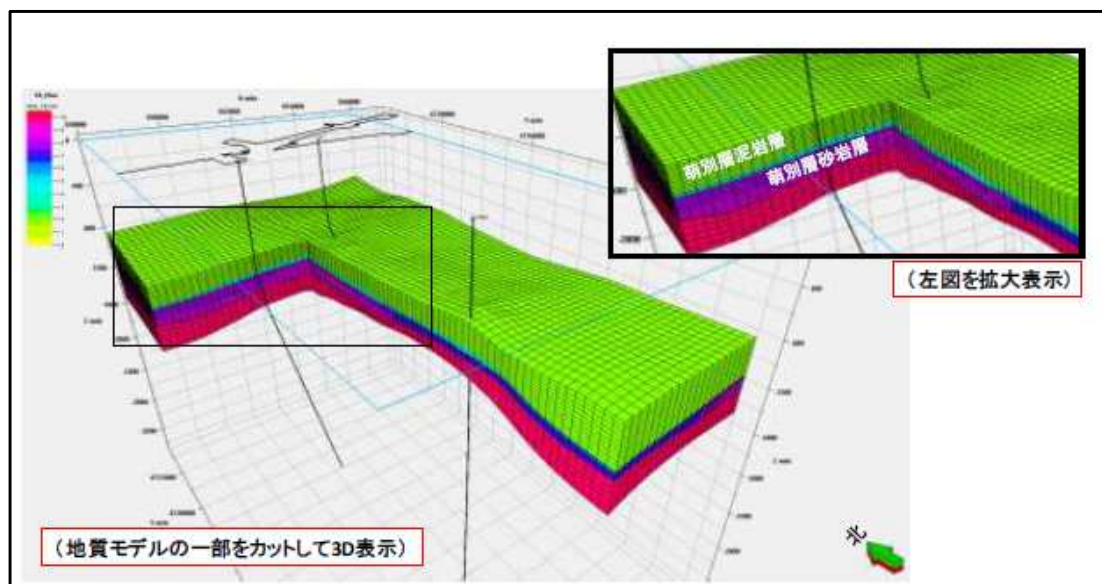
図 2.5-3 坑跡に沿う三次元断面図およびVSPイメージング断面図の対比(縦軸は往復走時)

図(右上) 物理検層結果の例

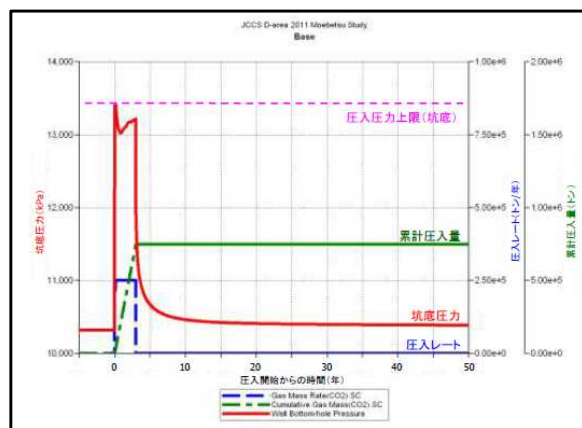
(右下) VSPイメージング(左側)と三次元断面図の比較の例

- 調査井掘削により、カッティングス及び物理検層により地質層序と岩相を評価するための基礎データ取得、温度勾配測定、コア試料採取、リークオフテスト、VSP(坑井内地震探査)、水圧入テスト等を実施

CO₂挙動予測シミュレーション

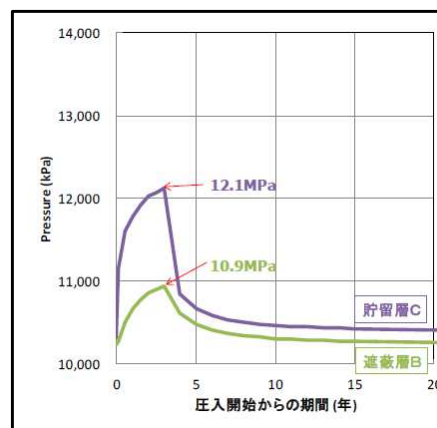


グリッドセルモデル概観
(セル数 i 方向 : 40、j 方向 : 75、k 方向 : 43)

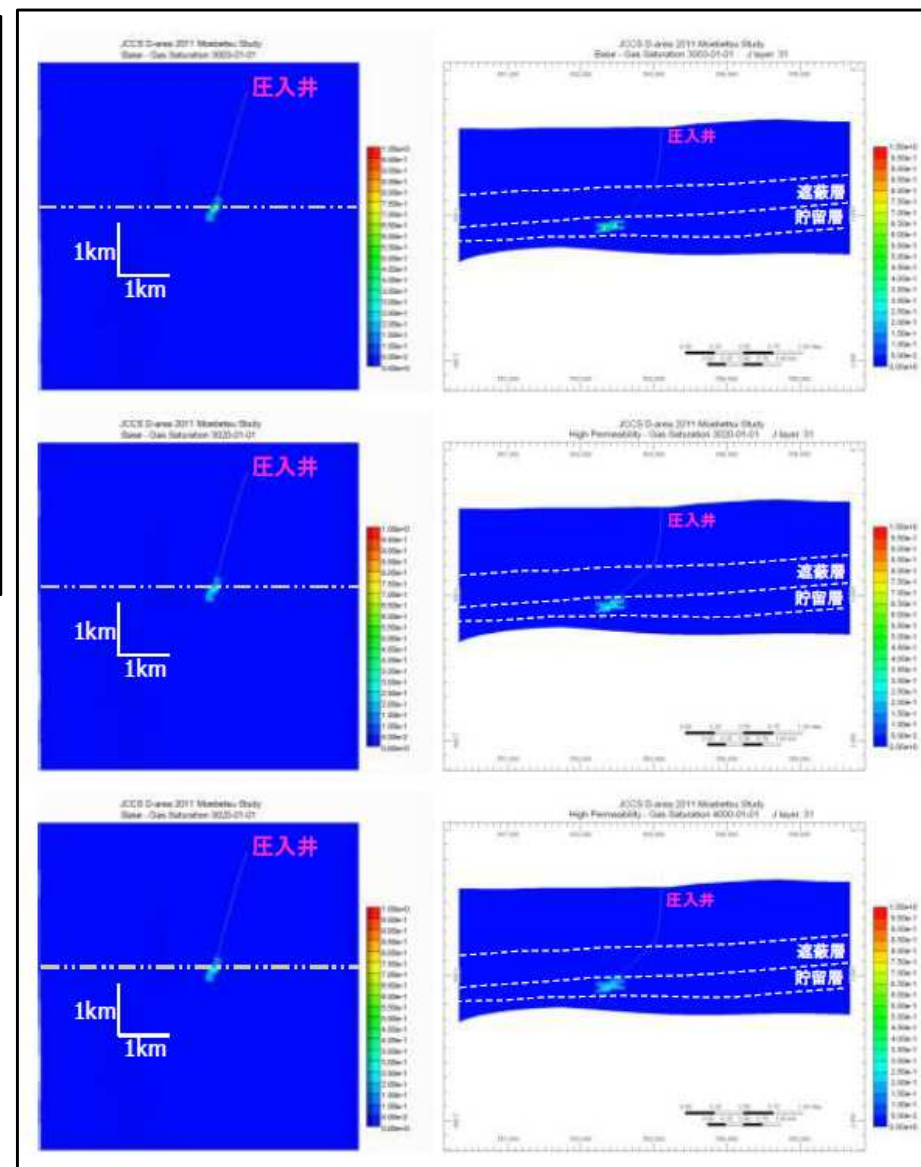


圧入井将来予測の例

赤 : 圧力、緑 : 累計圧入量、青 : 圧入レート

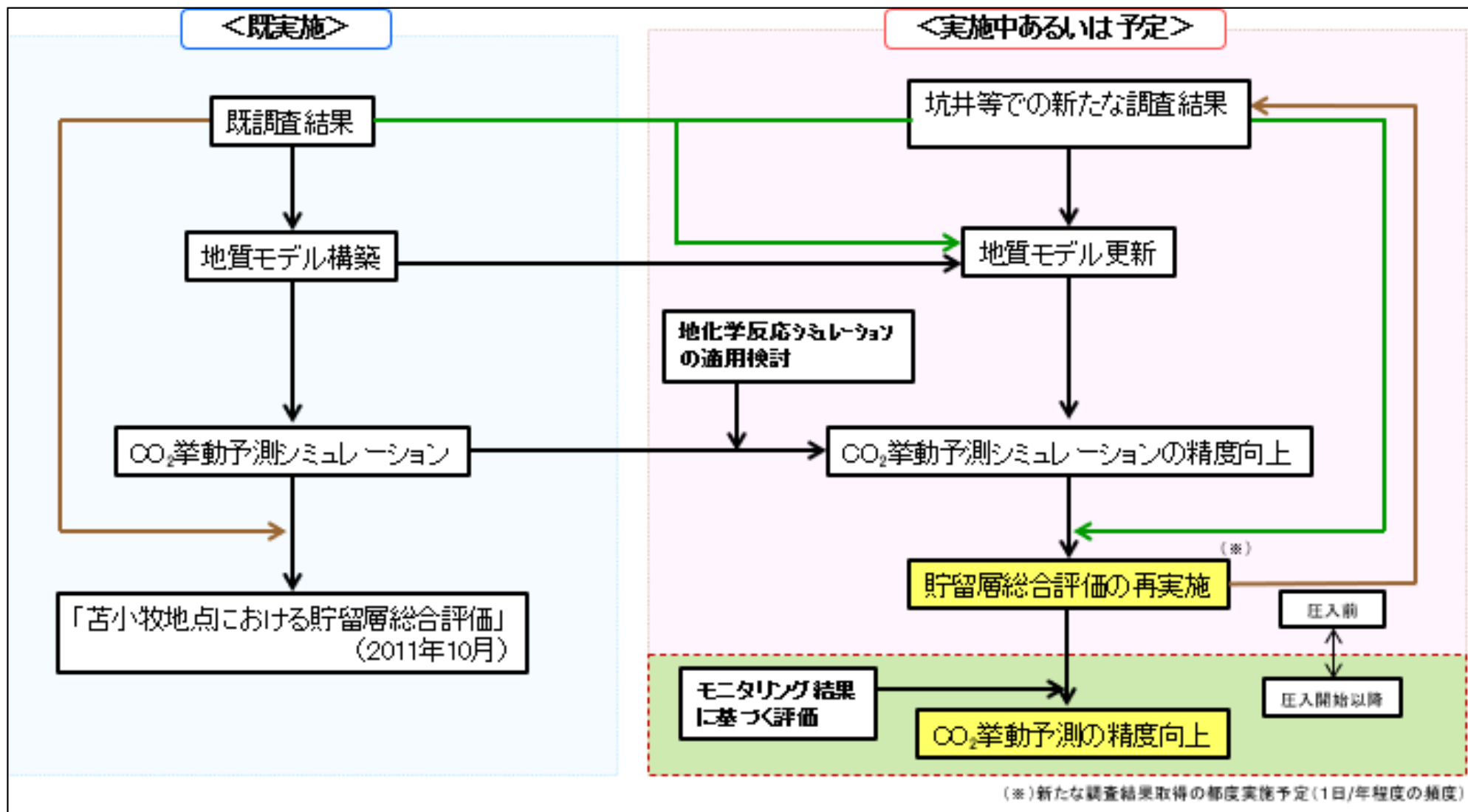


遮へい層と貯留層の
圧力挙動予測計算例



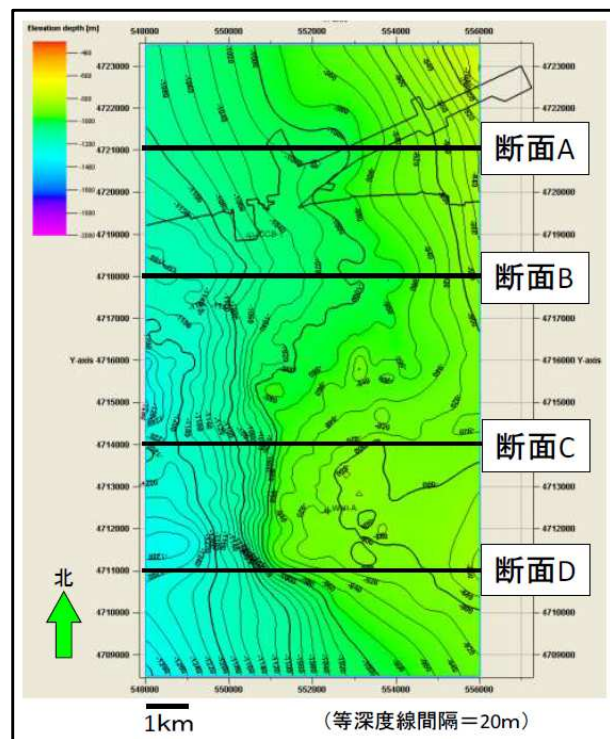
CO₂飽和率の推移の例
(上 : 3年後、中 : 20年後、下 : 1000年後)

貯留層総合評価フロー（事前評価後）

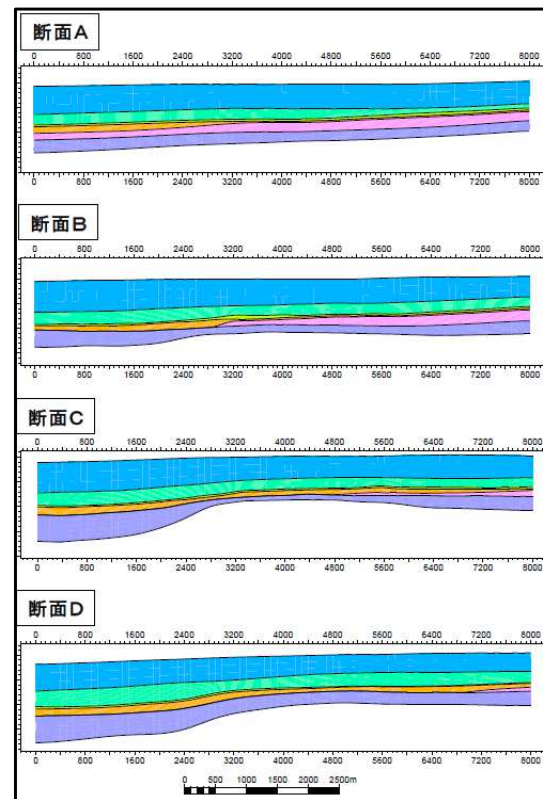


- 圧入井掘削、実際の圧入、モニタリングによる圧力温度観測および弾性波探査などの追加データを活用してモデルの検証を実施し、必要に応じてモデルを更新することで、シミュレーションモデルの精度向上を図る。

遮へい層評価



萌別層泥岩層 遮蔽性状一覧



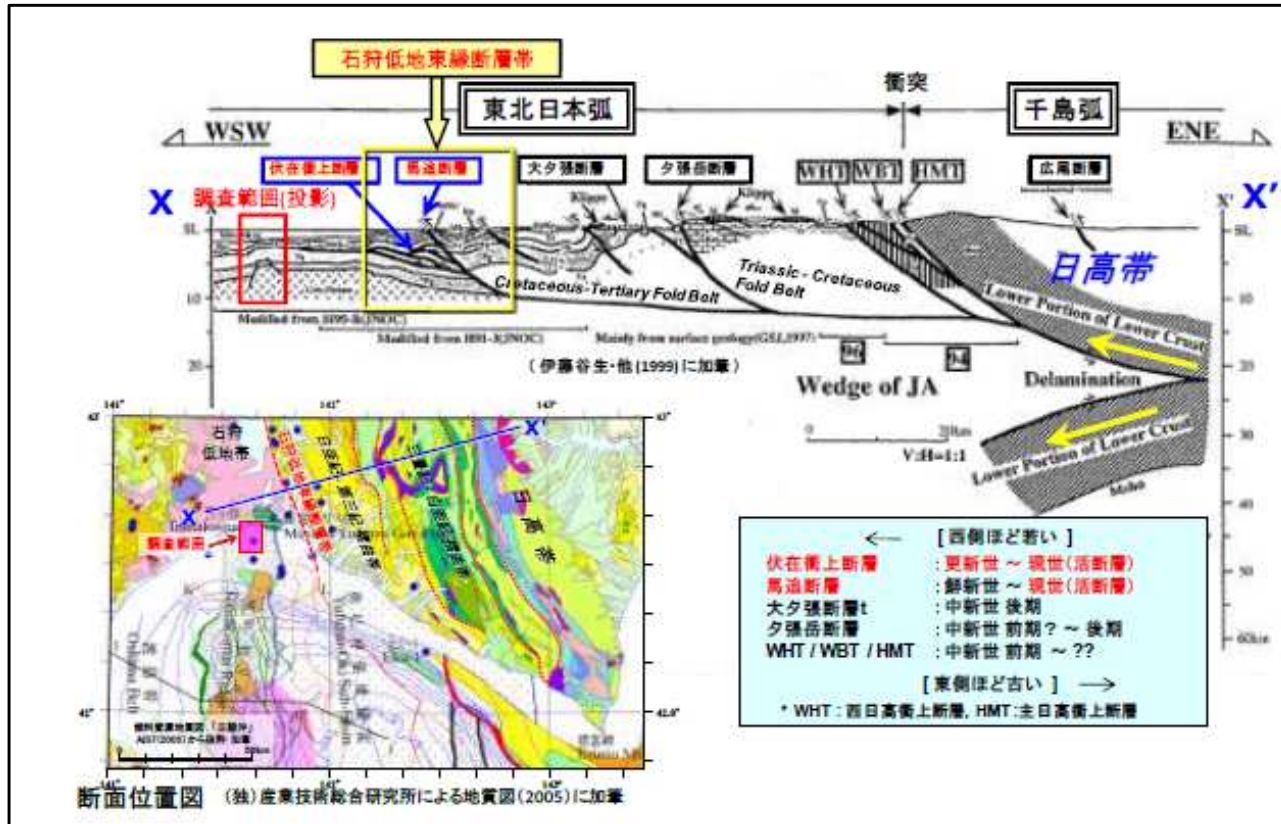
- 第四系
- 鶴川層
- 萌別層上部【遮蔽層】
- 萌別層上部TST【遮蔽層】
- 萌別層下部HST【貯留対象層】
- 萌別層下部HSTデルタ下部【貯留対象層】
- 荷葉層

遮へい層評価地質モデルの
構造図と断面図

項目	
層序	萌別層泥岩層(萌別層上部)
岩相	シルト岩～泥岩
層厚	約200m
孔隙率	32.4～37.2%(苫小牧CCS-2コア試験:封圧下)
浸透率	$0.80 \times 10^{-3} \sim 1.73 \times 10^{-3}$ mD(苫小牧CCS-2コア試験:水浸透率)
スレシヨルド圧力	0.75, 1.65, 1.67MPa(苫小牧CCS-2コア試験:CO ₂ -水系段階昇圧法)
リークオフ圧力 (苫小牧CCS-2 リークオフテスト)	14.6MPa(等価泥水比重:1.50) (萌別層泥岩層(苫小牧CCS-2)991mVD(垂直深度))

- 地質評価にて遮蔽層は広域にわたり、十分な厚さを有すると評価
- コア試験により浸透率が極めて小さいこと、スレシヨルド圧力を確認
- リークオフテストにて強度を確認
(このリークオフ圧力の90%を圧入時に許容される最大坑底圧力と設定)

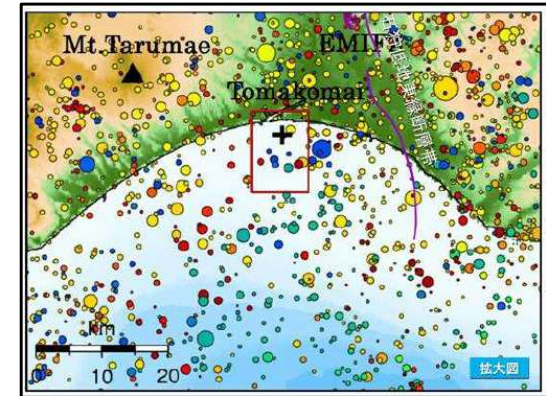
これらの評価を基に適切な圧入圧力や
レートを決



貯留地点周辺のテクトニクス概要
(調査範囲と石狩低地東縁断層帯の関係：断面図)

評価結果抜粋

- ・ 貯留想定地点周辺での地震活動は、日本の他の地域と比して特別に活動的であるわけではない。
- ・ 活断層である石狩低地東縁断層帯南部が貯留想定域の東側に存在するが、貯留地点は約20～30km離れている。
- ・ 貯留想定域の西側約2kmに南北方向に延びる高角の断層（約7km）が存在するが、活断層ではないと判断する。

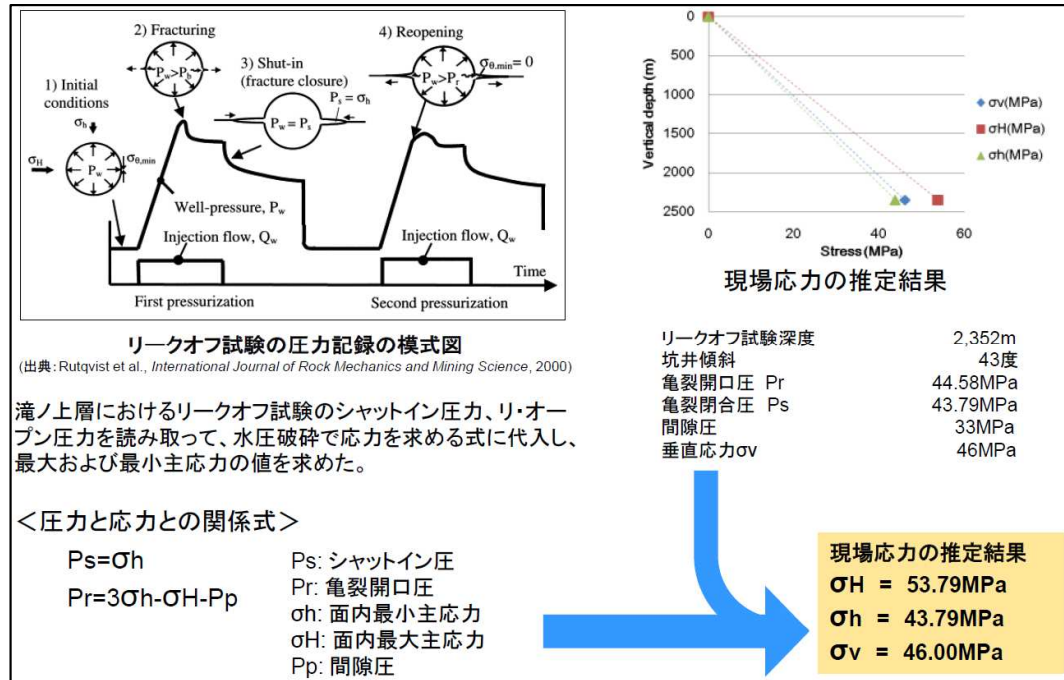


苫小牧周辺の最近の地震活動
(1998 年～2008 年、M>1)



貯留地点周辺のテクトニクス概要
(調査範囲と石狩低地東縁断層帯の関係：平面図)

地震誘発の可能性検討と微小振動観測網の提案



(左上)
エクステンデッドリークオフテストデータに基づく地下応力推定の模式図

- 現場応力を推定し、別途コアを用いたせん断試験の結果も含めてすべり傾向係数（すべり面上のせん断応力/すべり強度）の空間分布の時間変化を推定
- すべり傾向係数が1を超えるとすべりが生じる（＝微小振動が発生する）。

(右下)

地震誘発可能性検討と地震観測網提案

- すべり傾向係数が1になる場所は検出されず微小地震が発生する可能性はないものの、値が高い範囲を対象としたモニタリング範囲を設定（赤）
- 石狩低地東縁断層帯南部の微小地震の観測（淡青）
- 既存観測網による周辺自然地震観測（緑）

