

CO₂を地下へ圧入・貯留する技術について ー 苫小牧におけるCCS実証プロジェクトー

汚染水処理対策委員会
トリチウムタスクフォース(第9回)

平成26年7月9日
日本CCS調査株式会社

ご紹介内容

1. CO₂貯留の仕組みと貯留可能性のある場所
2. 苫小牧CCS実証試験の概要
3. 適する地層の調査方法・期間
4. 圧入装置（圧縮機、ポンプ、坑井）
5. 法的規制および環境影響評価

1. CO₂貯留の仕組みと貯留可能性のある場所

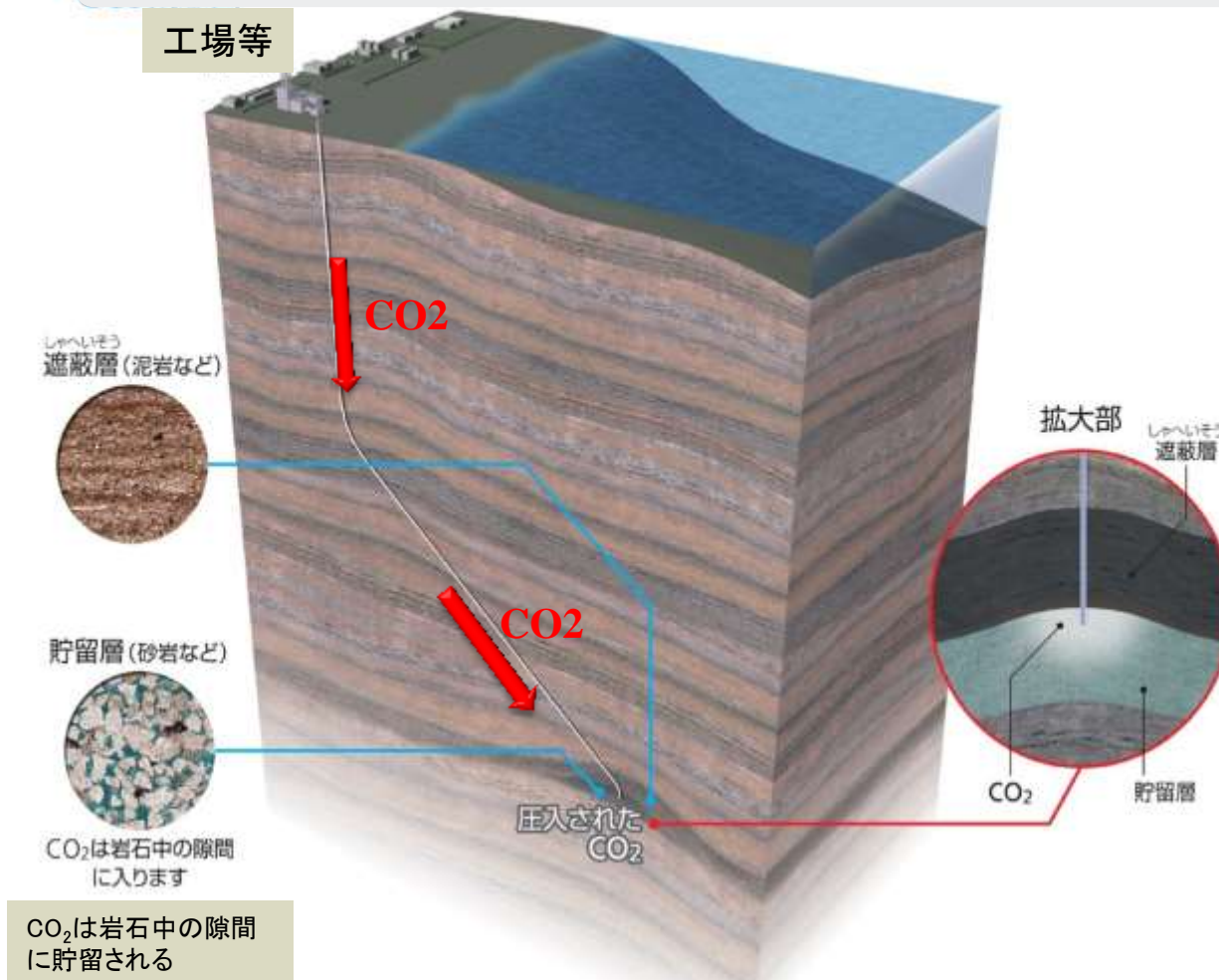
火力発電所や大規模工場などで排出されるCO₂(Carbon dioxide)を大気中に放散する前に捕らえて(Capture)、地中に貯留する(Storage)技術

Carbon dioxide Capture and Storage

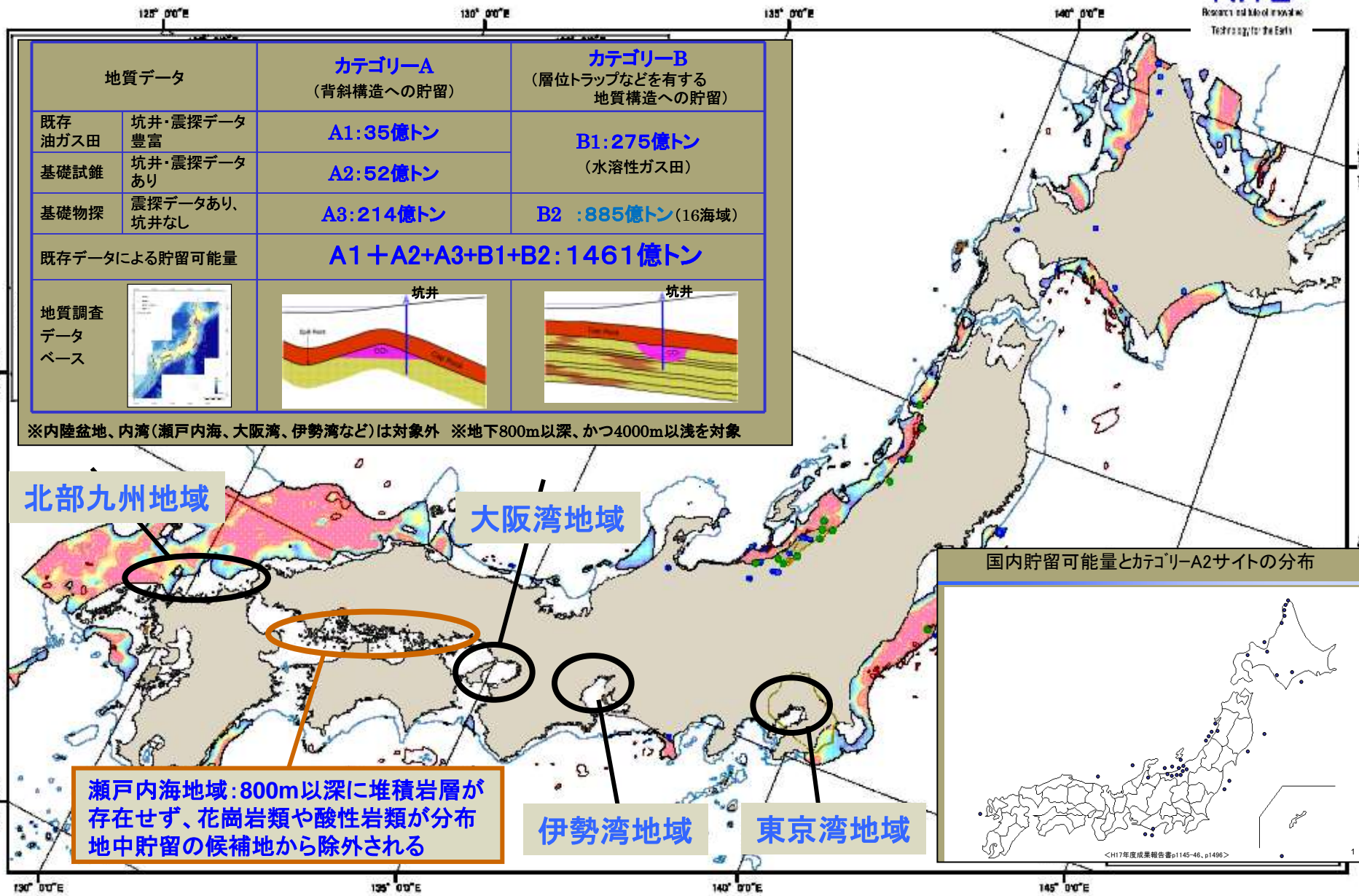
二酸化炭素を

回収して

貯留する



貯留可能量と帯水層分布(沿岸域の貯留層調査)



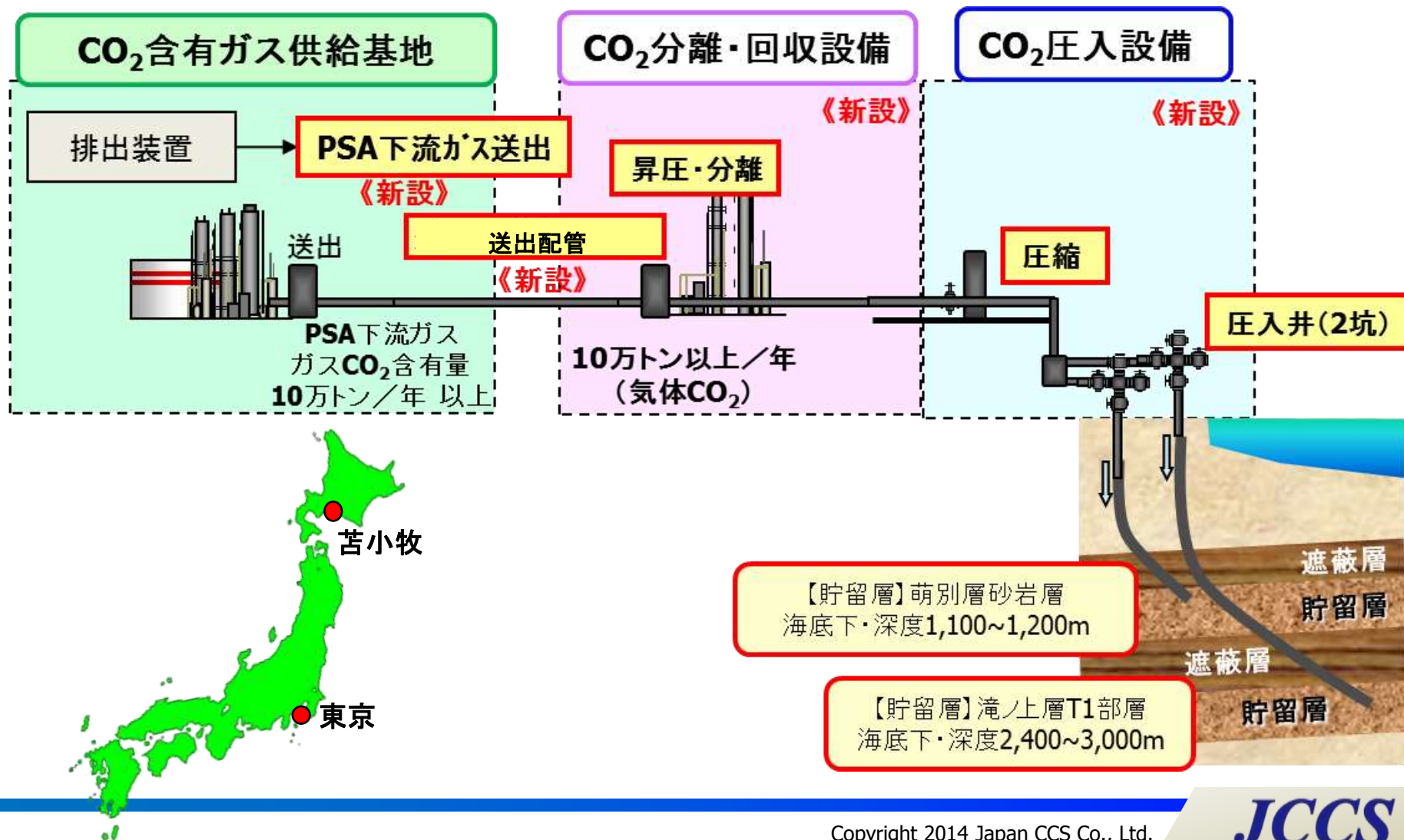
出典: (公財)地球環境産業技術研究機構

日本CCS調査(株)による注記: 黒丸で囲った地域の内、東京湾地域以外は上記貯留可能量には含まれないが、貯留層があることが確認されている。

2. 苫小牧CCS実証試験の概要

CCS大規模実証試験の全体概要

- ・実証試験は、経済産業省が日本CCS調査(株)に委託して実施中。商業運転中の出光興産(株)北海道製油所の水素製造装置オフガスからCO₂を分離・回収し、年間10万トン以上のCO₂を苫小牧沖の2つの貯留層に圧入。
- ・平成24～27年度は、これら地上設備の設計・建設と圧入井掘削、および地上設備の試運転を行う。



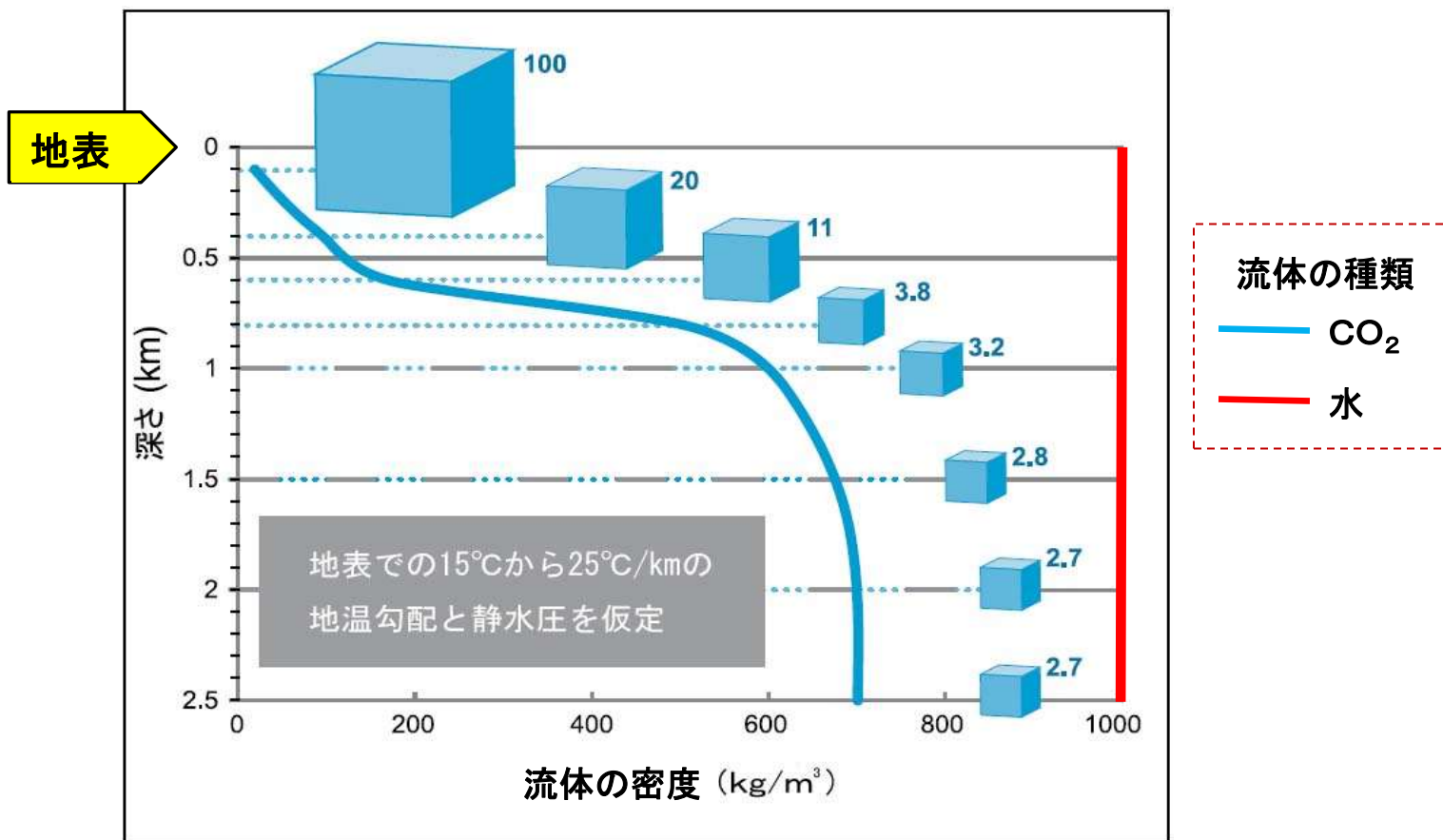
実証試験の目的と課題

【2020年頃の実用化を目指す】

- 分離・回収から貯留までのCCS全体を、一貫システムとして実証する
- 適用した既存の各技術が、それぞれ適切かつ有効に機能することを確認する
- 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
- 貯留サイト選定指針の妥当性を、漏出が起きないことによって確認する
- 地震に関連する不安を、収集したデータに基づいて払拭する
 - 自然地震が起きても、貯留したCO₂に影響が及ぶことはない
 - CO₂の圧入によって地震が起こることはない
- 地質モデルの構築、改良に対する指針が、妥当であることを確認する
- プロジェクトの操業および安全に関する技術基準を作成する
- プロジェクト情報およびデータを開示し、市民にCCSを理解してもらう
- 実用化へ向けて、改善すべき課題、解決すべき課題を明らかにする

3. 適する地層の調査方法・期間

地表と地下での流体の密度変化(CO₂と水の比較)



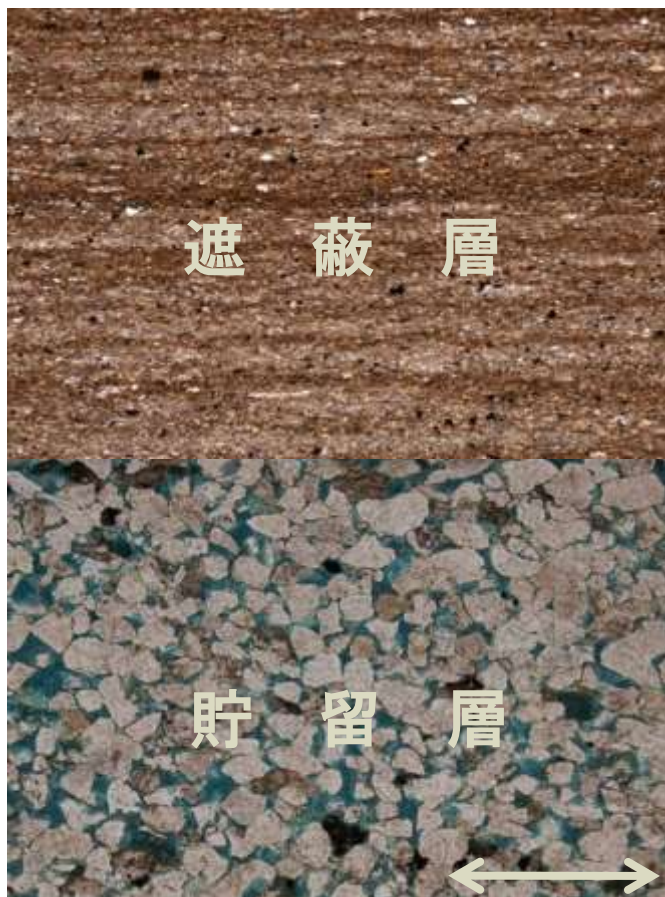
地層の圧力と温度は深度の増加に伴って増加し、CO₂は圧力と温度の増加に伴って密度が急激に増加する。立方体はCO₂が占める相対体積であり、深度の増加に伴って小さくなる。

一方、水の密度はこの圧力と温度の範囲ではほとんど変化しない。水の地下での密度はCO₂の約1.4倍である(同じ質量で比べると、水の体積はCO₂の約70%)。

図の出典: 二酸化炭素回収・貯留に関するIPCC 特別報告書(日本語版)p218 (2005)に加筆

CO₂の貯留に適した地層

CO₂を地中に貯留するためには、貯留層とその上部を覆う遮蔽層が対になった構造が条件。遮蔽層は貯留層に入れたCO₂が漏れ出さないようフタの役割を果たす。



- 泥岩
- すき間が少ない(すき間は地層水で満たされている)
- CO₂が浸透しにくい性質

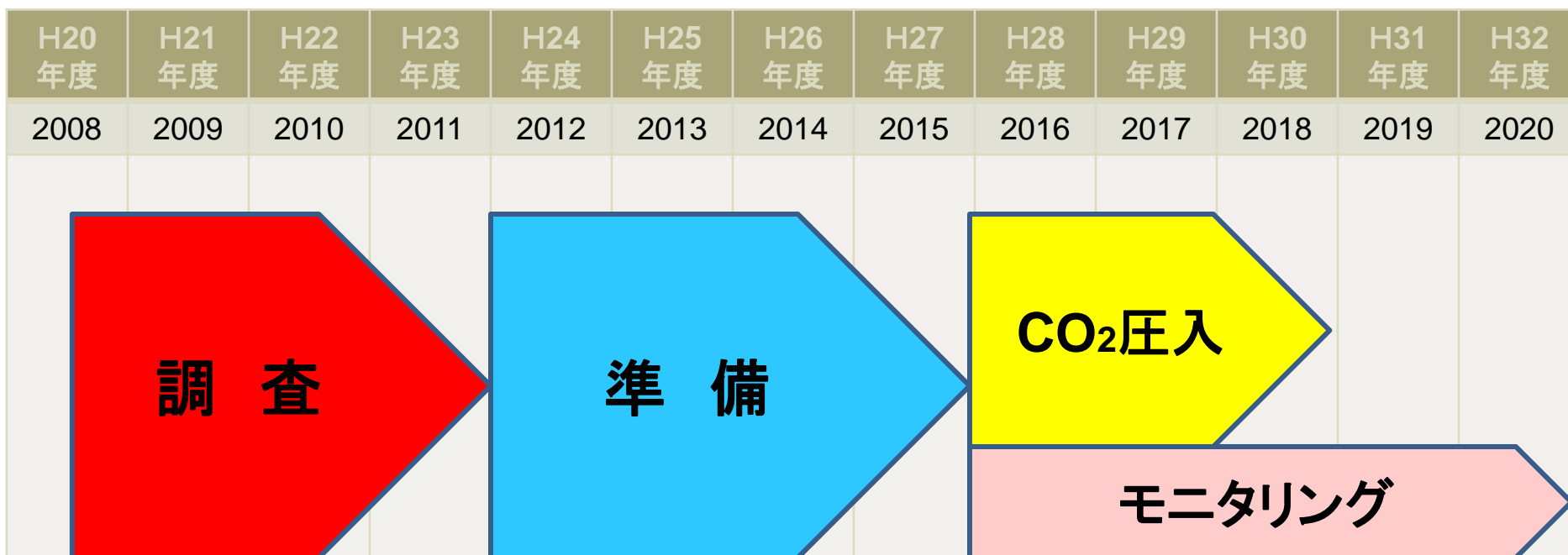
CO₂を通さない

- 砂岩、火山岩など
- すき間が多い(すき間は地層水で満たされている)
- CO₂が浸透しやすい性質

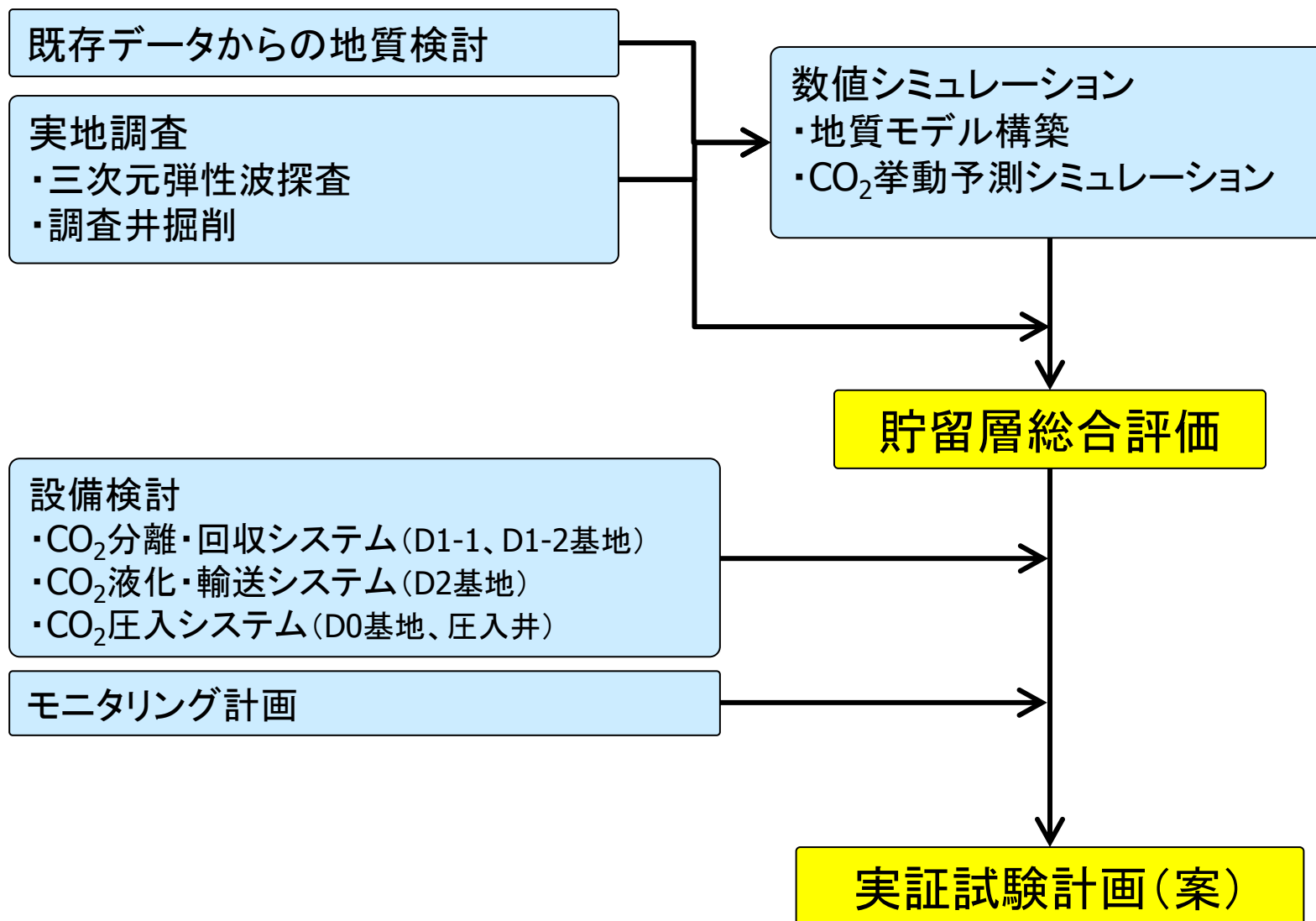
CO₂を貯められる

CCS大規模実証プロジェクトのスケジュール

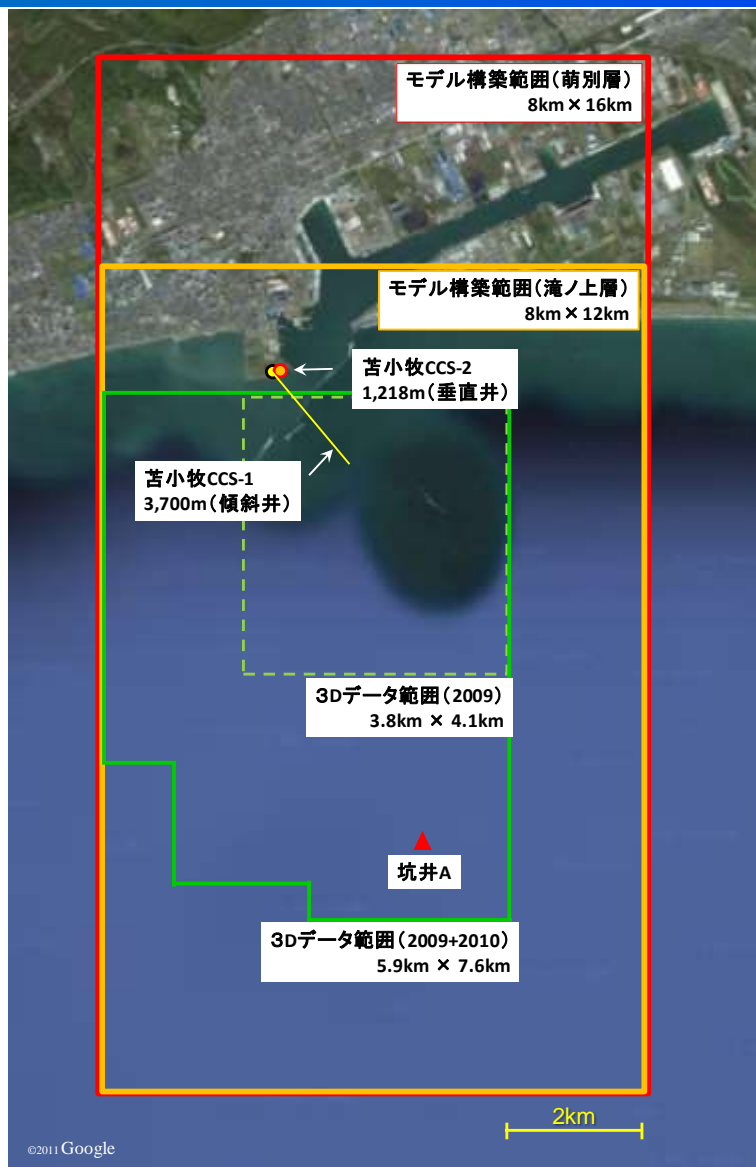
- 平成20-23年度は調査期間
- 平成24-27年度は準備期間
設備の設計・建設、坑井の掘削、操業の準備などを実施
- 平成28-32年度はCO₂ 圧入・モニタリング期間
年間10万トン以上のCO₂を3年間(平成28-30年度)圧入



苫小牧地点 調査段階(平成20-23年度)の成果概要



苫小牧における貯留層評価に係る調査



- ・第一次3次元弾性波探査
- ・第二次3次元弾性波探査
- ・滝ノ上層調査井(傾斜井)
- ・萌別層調査井(垂直井)
- ・地層モデル構築(滝ノ上層)
- ・地層モデル構築(萌別層)
- ・CO₂挙動予測シミュレーション(滝ノ上層)
- ・CO₂挙動予測シミュレーション(萌別層)

苫小牧地点実地調査(3D弾性波探査の測定風景)

各種手法を駆使して貯留サイト近傍の地質構造および性状を把握

発振船



航行速度 6km/h
発振サイクル 25m毎 (約15秒間隔)

エアガン発振で
生じた水泡



エアガン
海面下約6m

撮影 2009.10.22

調査井掘削(苫小牧CCS-1、滝ノ上層対象)

《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

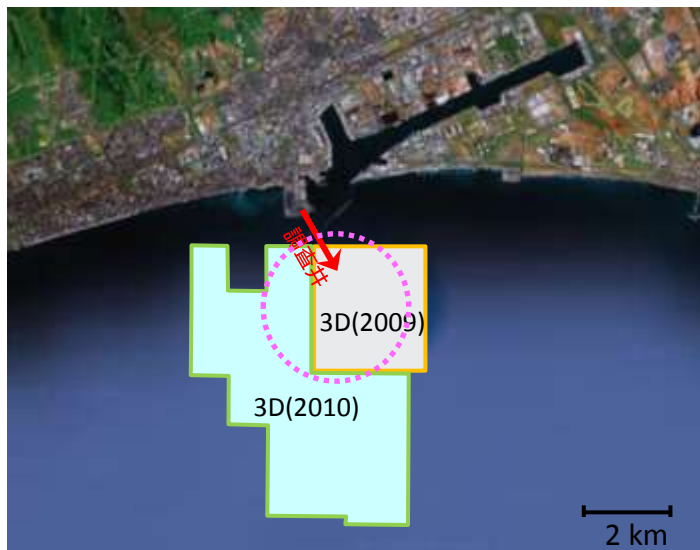
調査井掘削 平成22年10月～平成23年3月

《調査井位置》

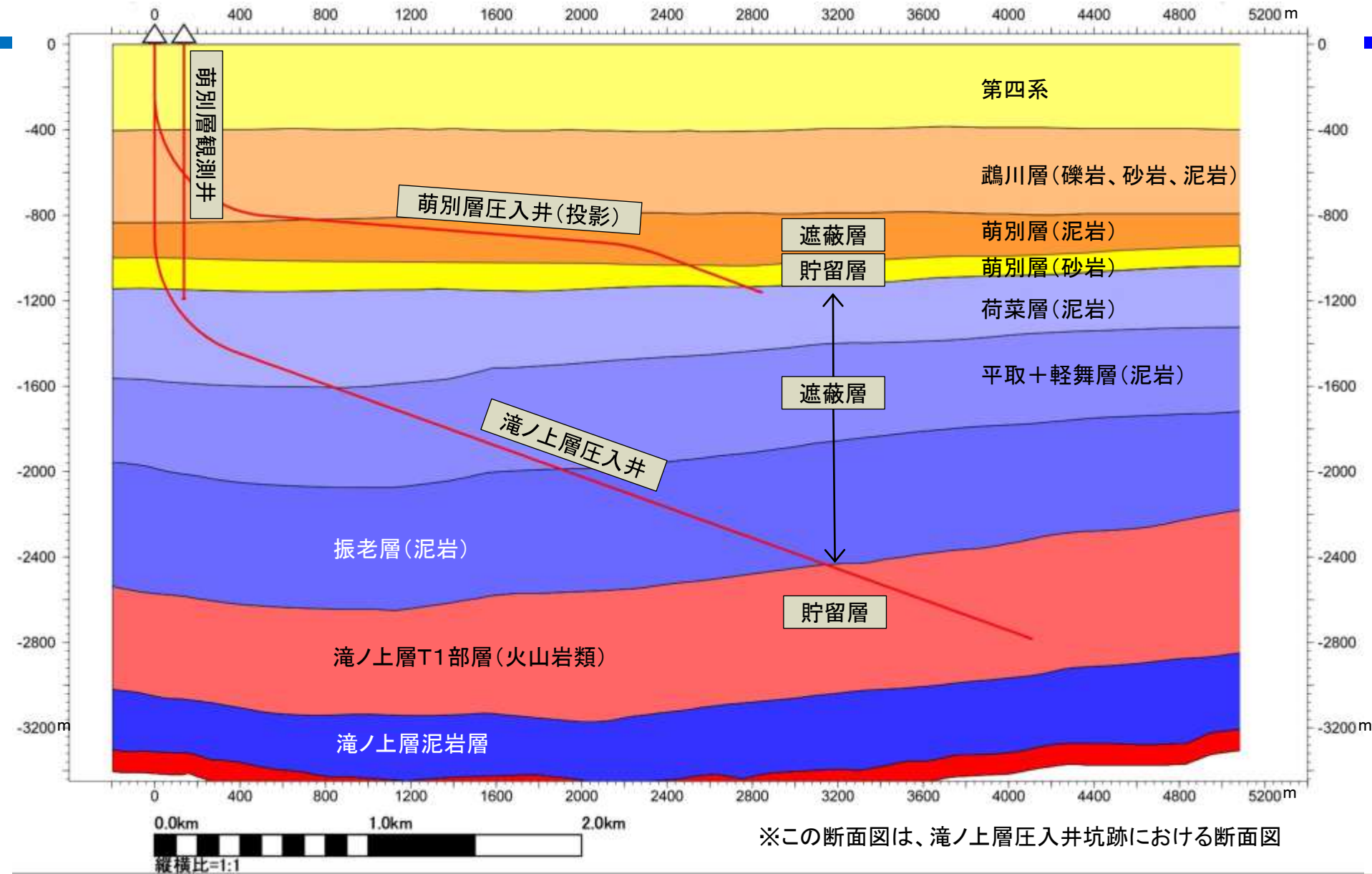
北海道苫小牧市汐見町地先 西港区土砂処分場内
(国土交通省北海道開発局室蘭開発建設部所管)

《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

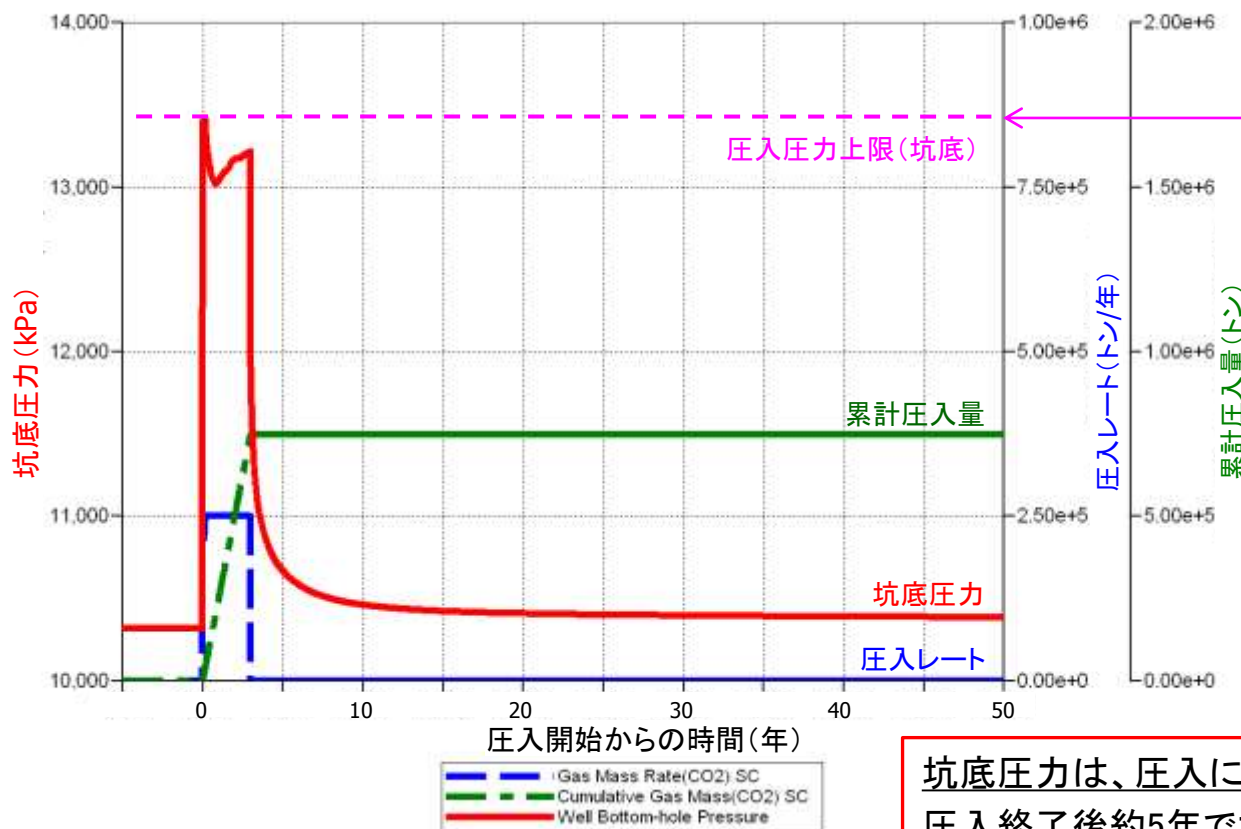


CO₂圧入挙動(萌別層)

(i) 圧力挙動 (シミュレーション結果)

- ・ベースケース: 25万トン/年 × 3年間の圧入を確認。

JCCS D-area 2011 Moebetsu Study
Base



圧入圧力上限(坑底): 13.4 MPa

【計算方法】

リークオフ圧力(等価泥水比重: 1.50)と貯留層上限深度(1011.9mVD)から地層破壊圧が14.9MPaとなる。その90%を圧入圧力上限(坑底)とした。

圧入圧力挙動(ベースケース)

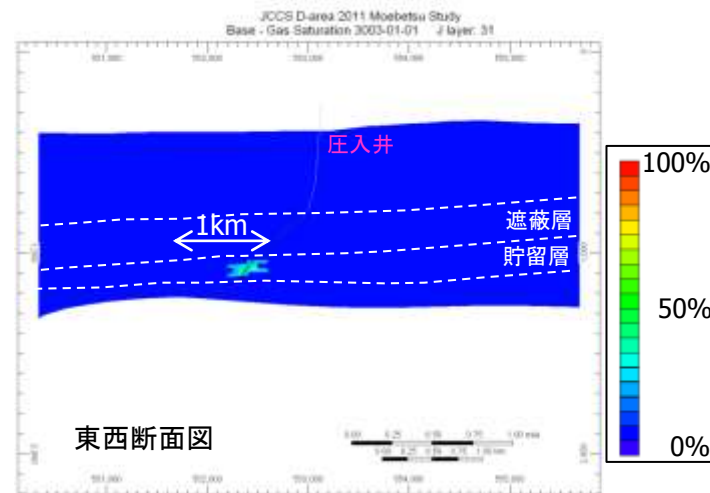
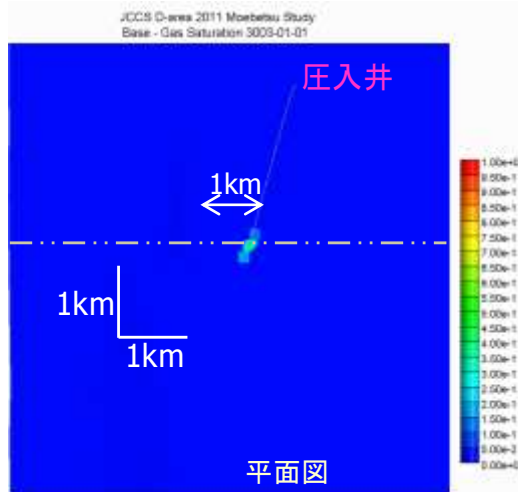
坑底圧力は、圧入によって上昇するが、
圧入終了後約5年で大きく低下し、
以後ゆっくと初期地層圧に近づく。

貯留CO₂の長期挙動予測(萌別層) 3年後(圧入終了時)

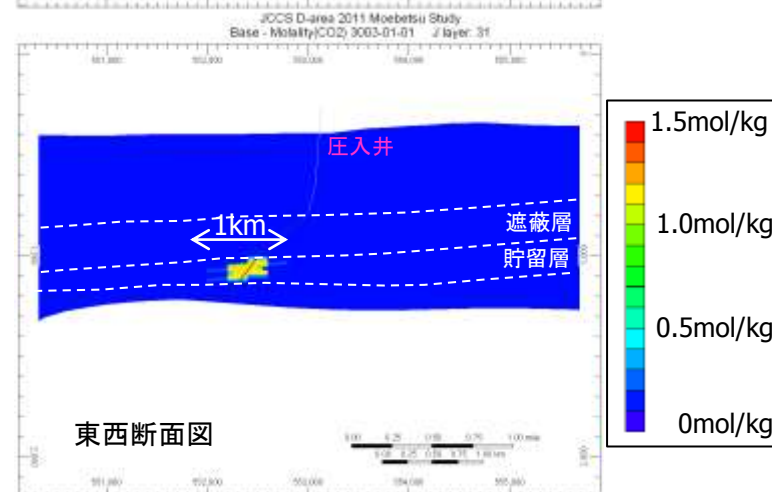
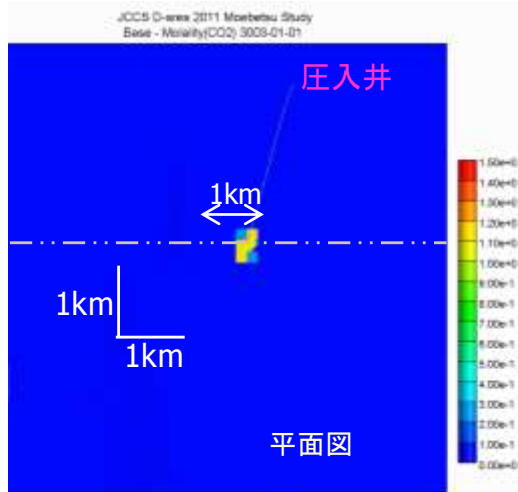
(i) 長期挙動予測 圧入終了時(3年後)

- ・気相CO₂は圧入井近傍で東西約400m、南北約600mに飽和率の高い範囲が広がる。
- ・溶解CO₂濃度は圧入井近傍で東西約400m、南北約600mに広がる。

CO₂飽和率
(ベース
ケース)



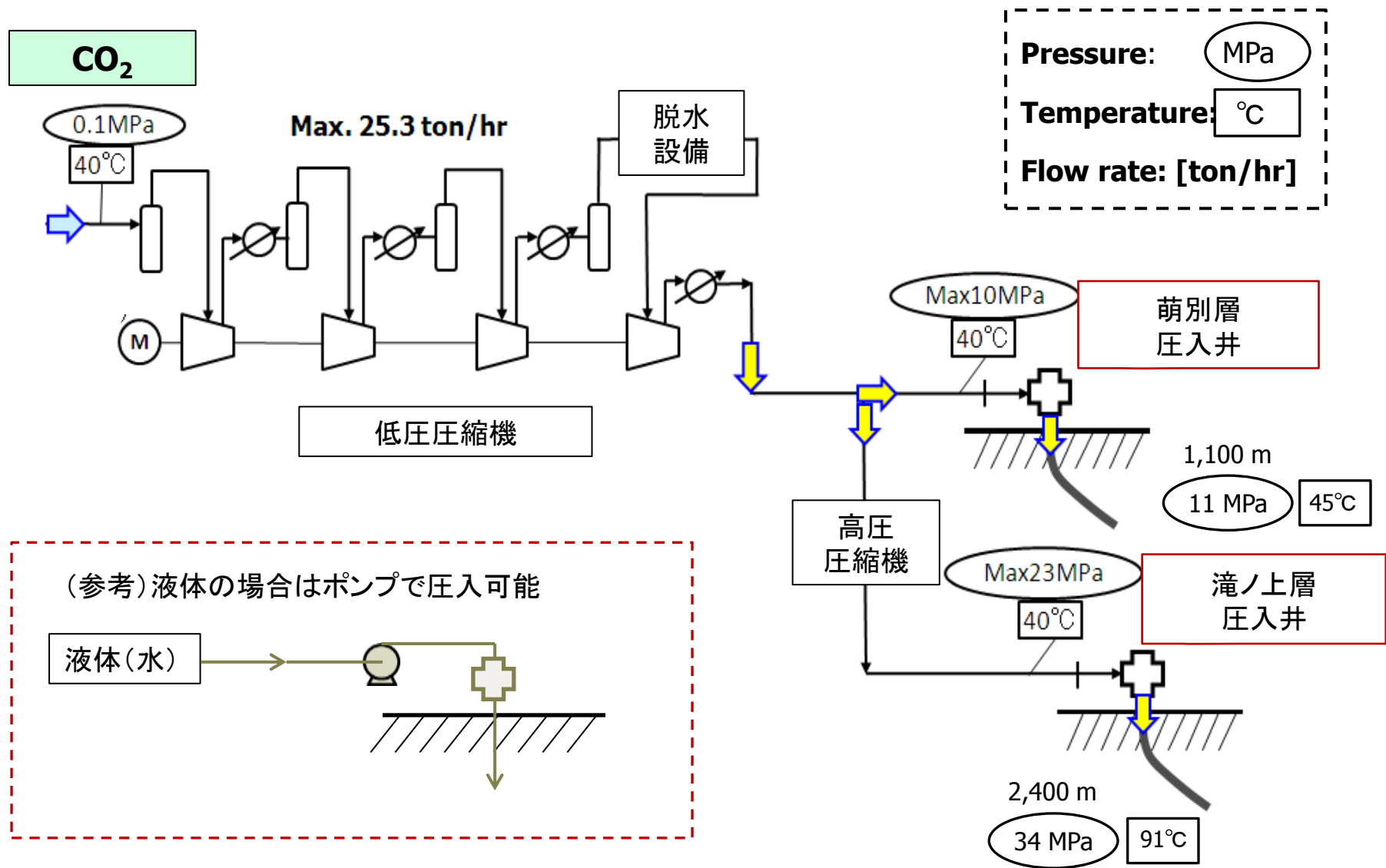
溶解CO₂濃度
(ベース
ケース)



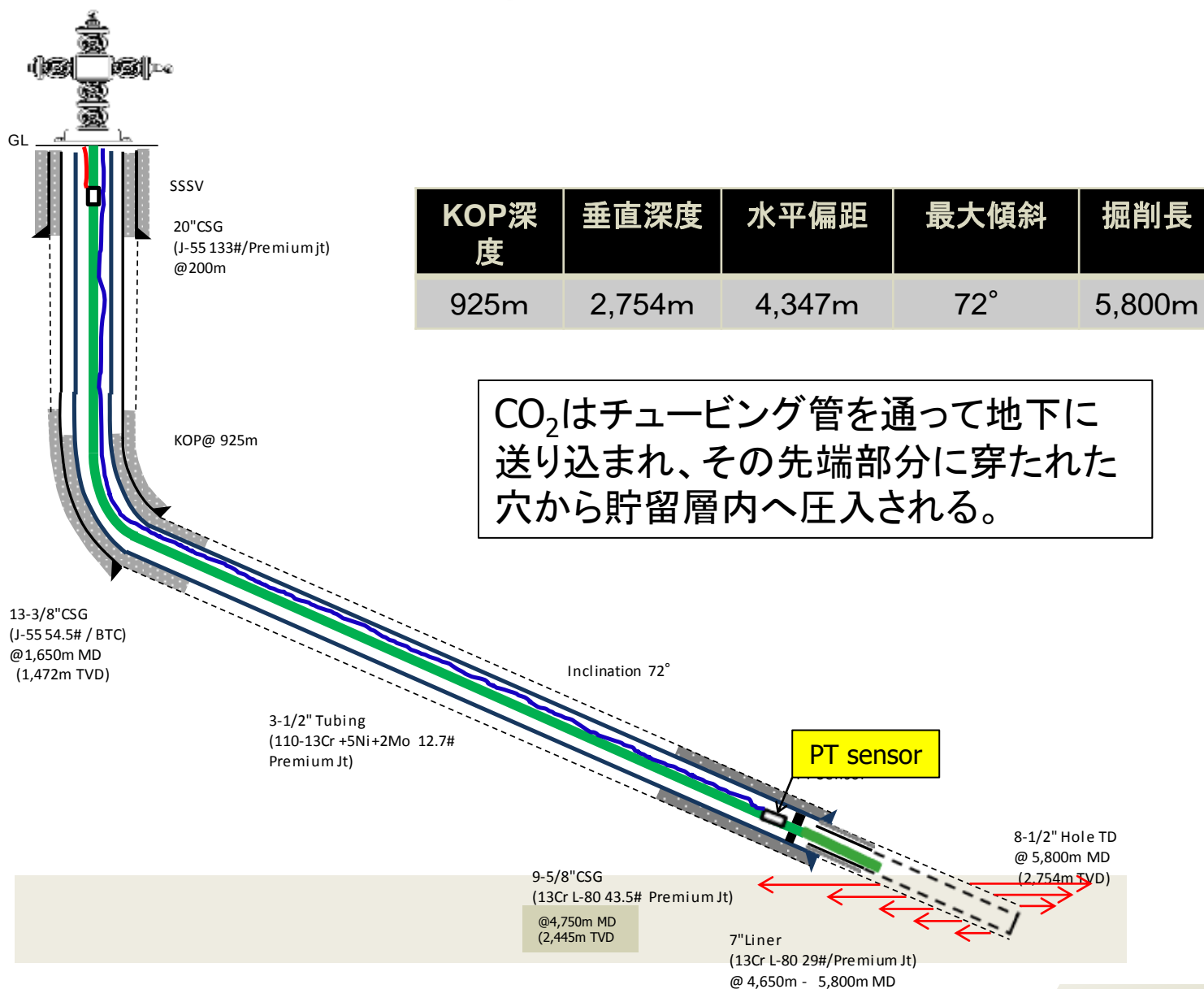
4. 圧入装置(坑井、圧縮機、ポンプ)

地上設備の位置関係



CO₂ 圧縮・圧入システム

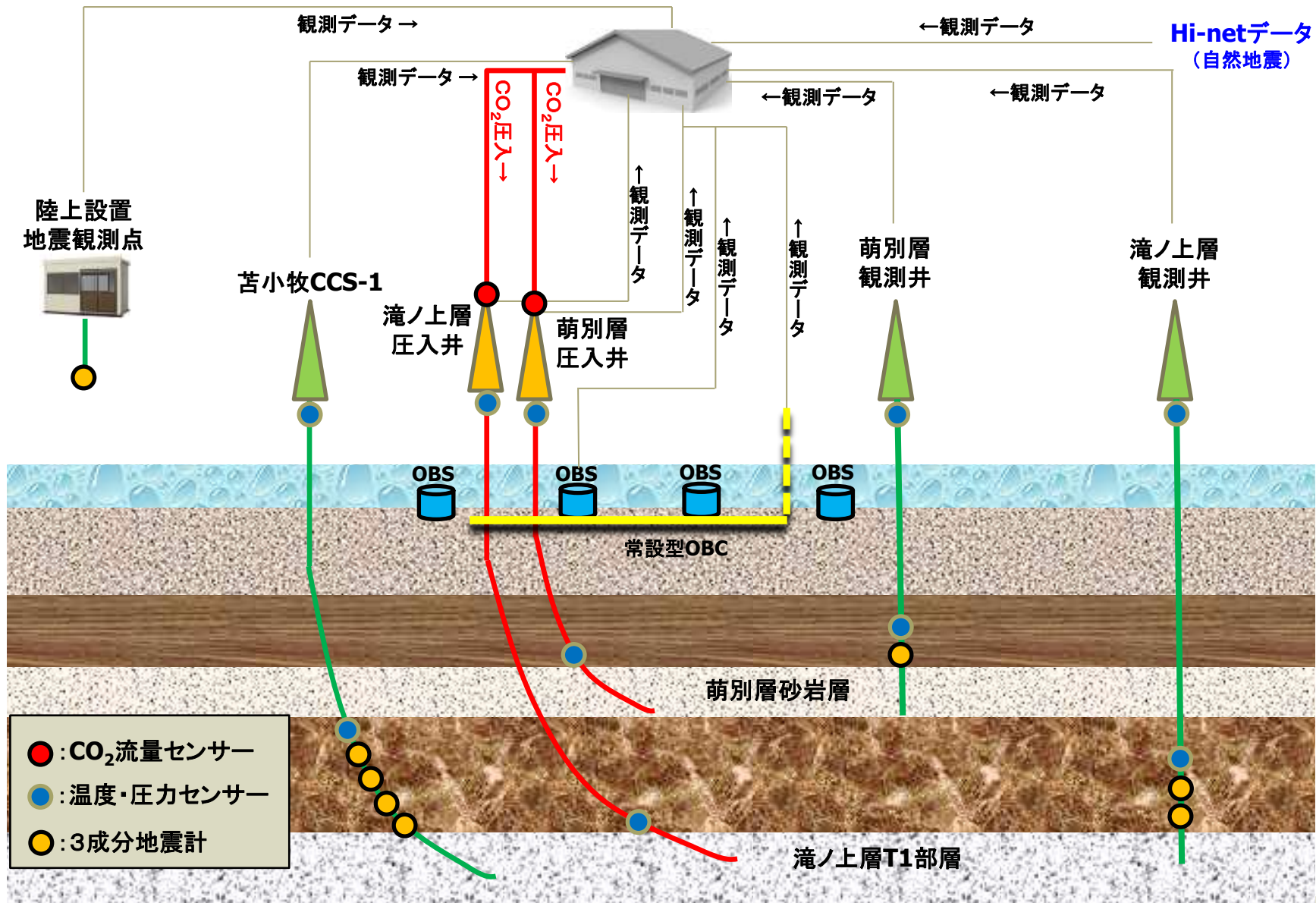
滝ノ上層圧入井



5. 法的規制および環境影響評価

モニタリングシステムの概要

圧入基地管理棟



- ◆ CCS実証試験の実施に際しては、「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律（海洋汚染防止法）」に則り、海洋環境調査を実施しなければならない。

1. 調査範囲(左図)

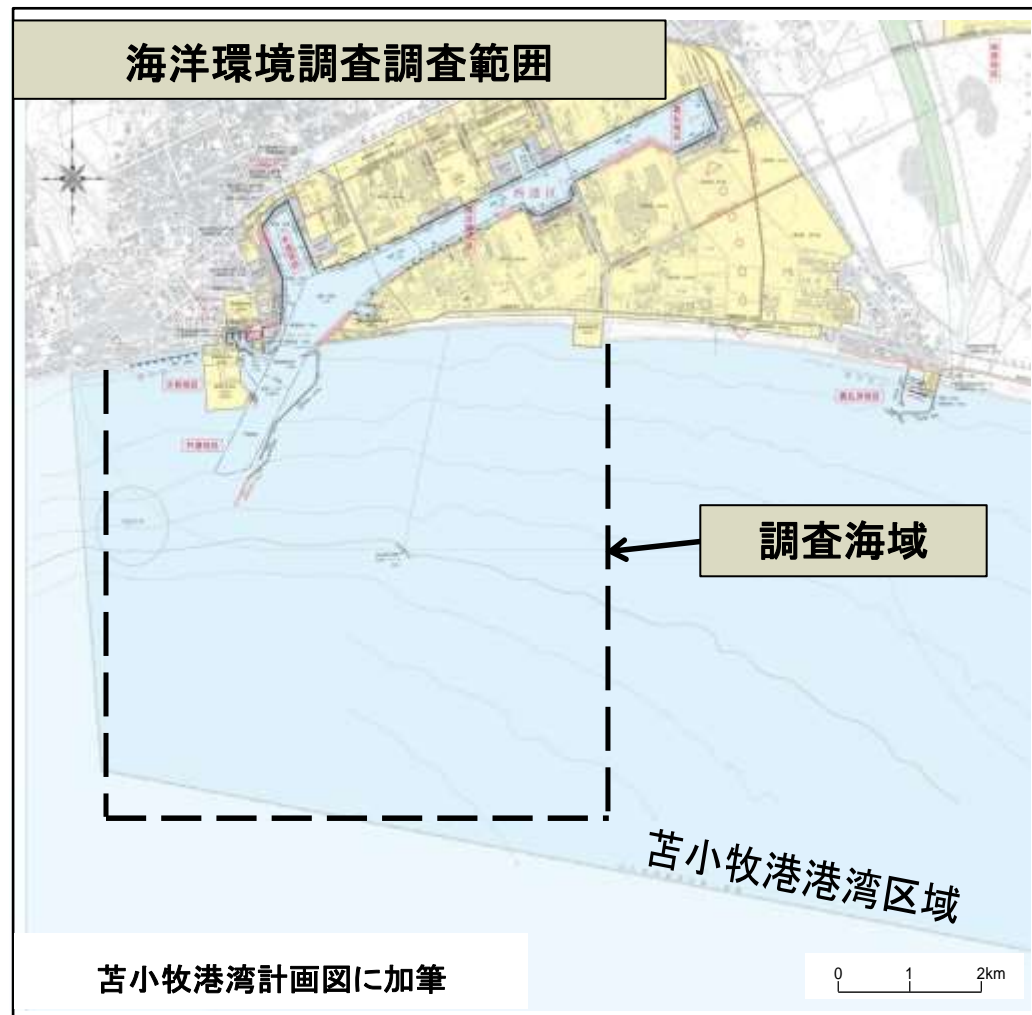
- 苫小牧港港湾区域内12観測点

2. 調査方法

- サイドスキャンソナー／サブボトムプロファイラー
- 流向・流速計による測定（海水の流れの方向と速さを調査）
- 採水器での採集（塩分濃度等、およびプランクトンの状況を調査）
- 採泥器での採集（海底堆積物の状況を調査）
- 網や簡易ドレッジによる採捕（底生生物の種類、数などを調査）
- ダイバーやROVによる底生生物の撮影

3. 三段階にわたる調査

- 準備・建設段階
- 実証試験実施段階
 - CO₂ 圧入運転中
 - CO₂ 圧入運転後
- 実証試験終了後



ロンドン条約96年議定書と海洋汚染防止法の改正

2006年にロンドン条約96年議定書が改定され、CO₂の海底下地中貯留が国際法上で可能となった。

わが国では、2007年に海洋汚染防止法が改正・施行され、ロンドン条約が批准された。

【改正法の骨子】

1. 廃棄物の海底下廃棄の原則禁止

廃棄物を海底の下に廃棄することは、2の許可を受けた場合を除き禁止。

2. CO₂の海底下廃棄に係る許可制度の創設

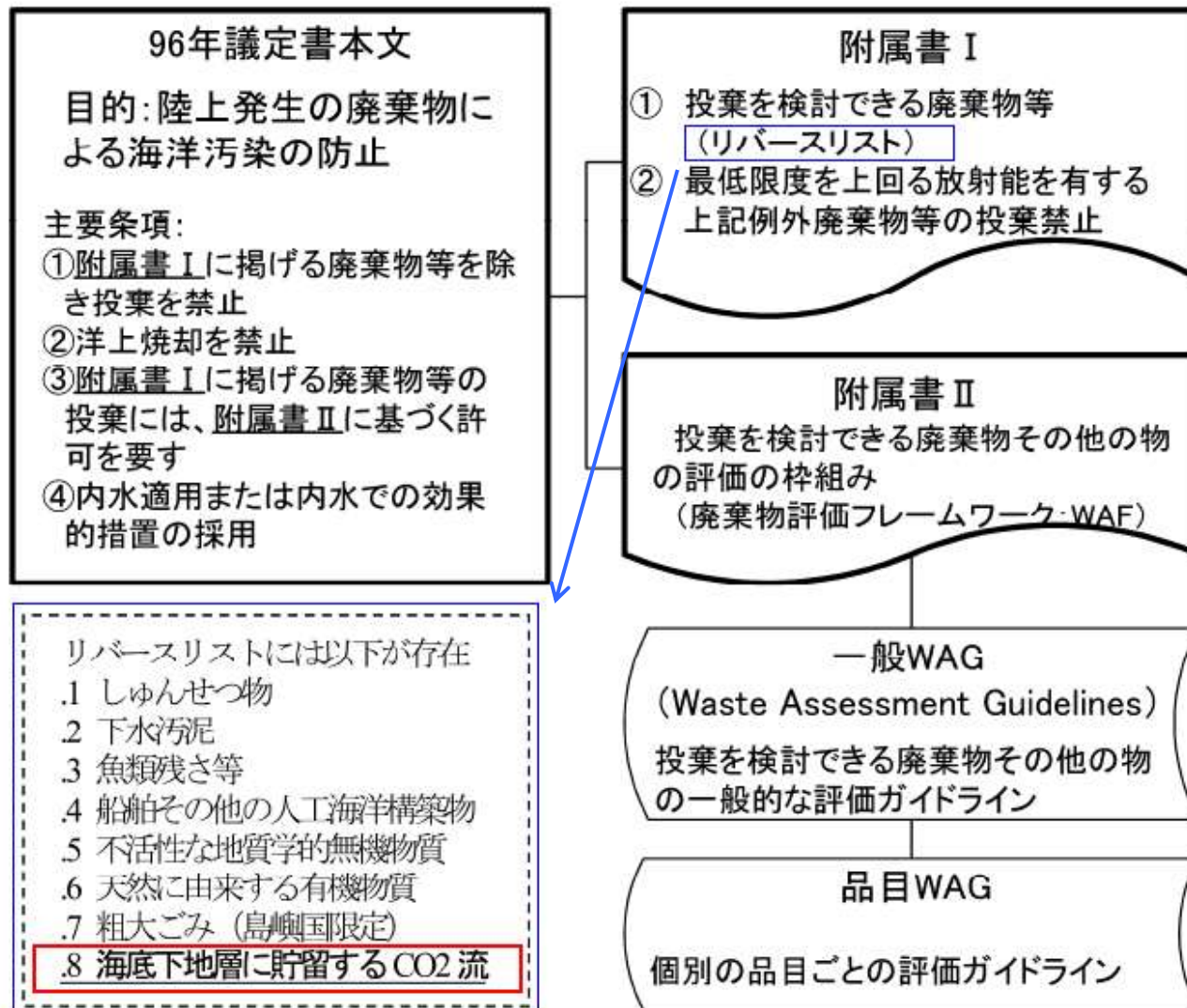
(1) CO₂を海底の下に廃棄しようとする者(陸域から廃棄しようとする者を含む。)は、環境大臣の許可を受けなければならない。

(2) (1)の許可を受けようとする者は、環境影響を評価しなければならない。

(3) 許可を受けてCO₂を海底の下に廃棄する者は、海洋環境の保全に障害を及ぼさないよう廃棄し、また、海洋環境を監視しなければならない。

海洋汚染防止法では「貯蔵」も廃棄に含まれるが、当社ではCO₂の「貯留」を用いる。

ロンドン条約96年議定書の概要



(平成19年2月中央環境審議会答申資料)

平成25年度に行った情報提供活動例



パネル展(合計18回)



子供向け科学実験教室(合計10回)



CCS 講演会 (H26.3月、苫小牧市)



現場見学会(合計19回)



大学向け講演会(合計12回)



プレス発表(合計10回)



建設現場ライブ映像公開
(ホームページ)



2013地球温暖化防止展(H25.5月)



エコプロダクツ2013
(H25.12月)



CCSバナー



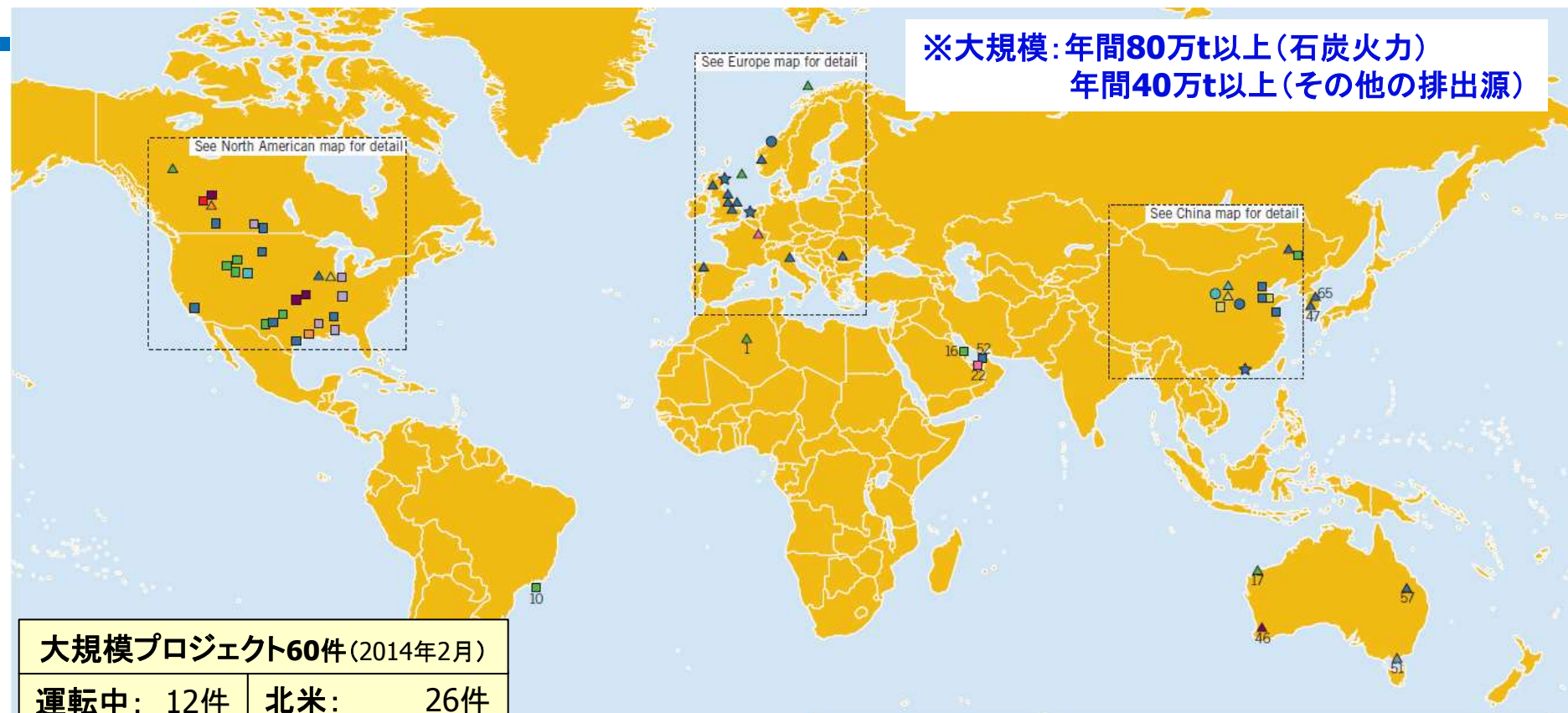
CCS解説アニメーション

ご清聴ありがとうございました

<http://www.japanccs.com/>

CCS/CO₂-EOR: 世界の大規模プロジェクト

※大規模: 年間80万t以上(石炭火力)
年間40万t以上(その他の排出源)



大規模プロジェクト60件(2014年2月)

運転中: 12件	北米: 26件
建設中: 9件	欧州: 11件
精査中: 15件	アフリカ: 1件
評価中: 16件	中東: 3件
構想: 8件	アジア: 14件
	オセアニア: 4件
	南米: 1件

LSIPs: GLOBAL

Industry sector

- Power generation
- Natural gas processing
- Synthetic natural gas
- Fertiliser production
- Hydrogen production
- Coal-to-liquids (CTL)
- Chemical production
- Iron and steel production
- Oil refinery
- Not specified

Storage type

- △ Deep saline formations
- Enhanced oil recovery (EOR)
- ☆ Depleted oil and gas reservoirs
- Various options considered/ not specified

出典: Global CCS Institute, “The Global Status of CCS 2013” および “The Global Status of CCS February 2014”に基づいて作成、一部追記

大規模CCS事業：稼働中プロジェクト

	プロジェクト名	国	CO ₂ 量/年	運転開始	排出源	回収	輸送距離	輸送	貯留
						タイプ		タイプ	タイプ
1	Val Verde Natural Gas Plants ¹⁾	米国	130 万トン	1972	天然ガス精製	燃焼前 (ガス処理)	132 km	陸→陸 パイプライン	EOR
2	Enid Fertilizer CO ₂ -EOR Project ¹⁾	米国	68 万トン	1982	肥料生産	燃焼前	225 km	陸→陸 パイプライン	EOR
3	Shute Creek Gas Processing Facility ¹⁾	米国	700 万トン	1986	天然ガス精製	燃焼前 (ガス処理)	190 km	陸→陸 パイプライン	EOR
4	Sleipner CO ₂ Injection	ノルウェー	100 万トン	1996	天然ガス精製	燃焼前 (ガス処理)	0 km	直接圧入	海底下 帯水層
5	Great Plains Synfuel Plant and Weyburn-Midale Project	カナダ	300 万トン	2000	合成天然ガス	燃焼前	315 km	陸→陸 パイプライン	EOR
6	In Salah CO ₂ Storage ²⁾	アルジェリア	100 万トン	2004	天然ガス精製	燃焼前 (ガス処理)	14 km	陸→陸 パイプライン	陸上 帯水層
7	Snøhvit CO ₂ Injection	ノルウェー	70 万トン	2008	天然ガス精製	燃焼前 (ガス処理)	152 km	陸→海底 パイプライン	海底下 帯水層
8	Century Plant ¹⁾	米国	840 万トン	2010	天然ガス精製	燃焼前 (ガス処理)	256 km	陸→陸 パイプライン	EOR
9	Air Products Steam Methane Reformer EOR Project	米国	100 万トン	2013	水素製造	燃焼前 (合成ガス)	101 – 150 km	陸→陸 パイプライン	EOR
10	Petrobras Lula Oil Field CCS Project	ブラジル	70 万トン	2013	天然ガス精製	燃焼前 (ガス処理)	0 km	直接圧入	EOR
11	Coffeyville Gasification Plant	米国	100 万トン	2013	肥料製造	工業分離	112 km	陸→陸 パイプライン	EOR
12	Lost Cabin Gas Plant	米国	100 万トン	2013	天然ガス精製	燃焼前 (ガス処理)	不明	陸→陸 パイプライン	EOR

1) 米国の4件のEORプロジェクトは、適切な貯留CO₂のモニタリングがなされていないため、IEAやCSLFではCCSプロジェクトとしては認められていない。

2) In Salahプロジェクトは2011年6月から操業を停止している。

出典：Global CCS Institute, “The Global Status of CCS 2013” および “The Global Status of CCS February 2014”に基づいて作成