

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

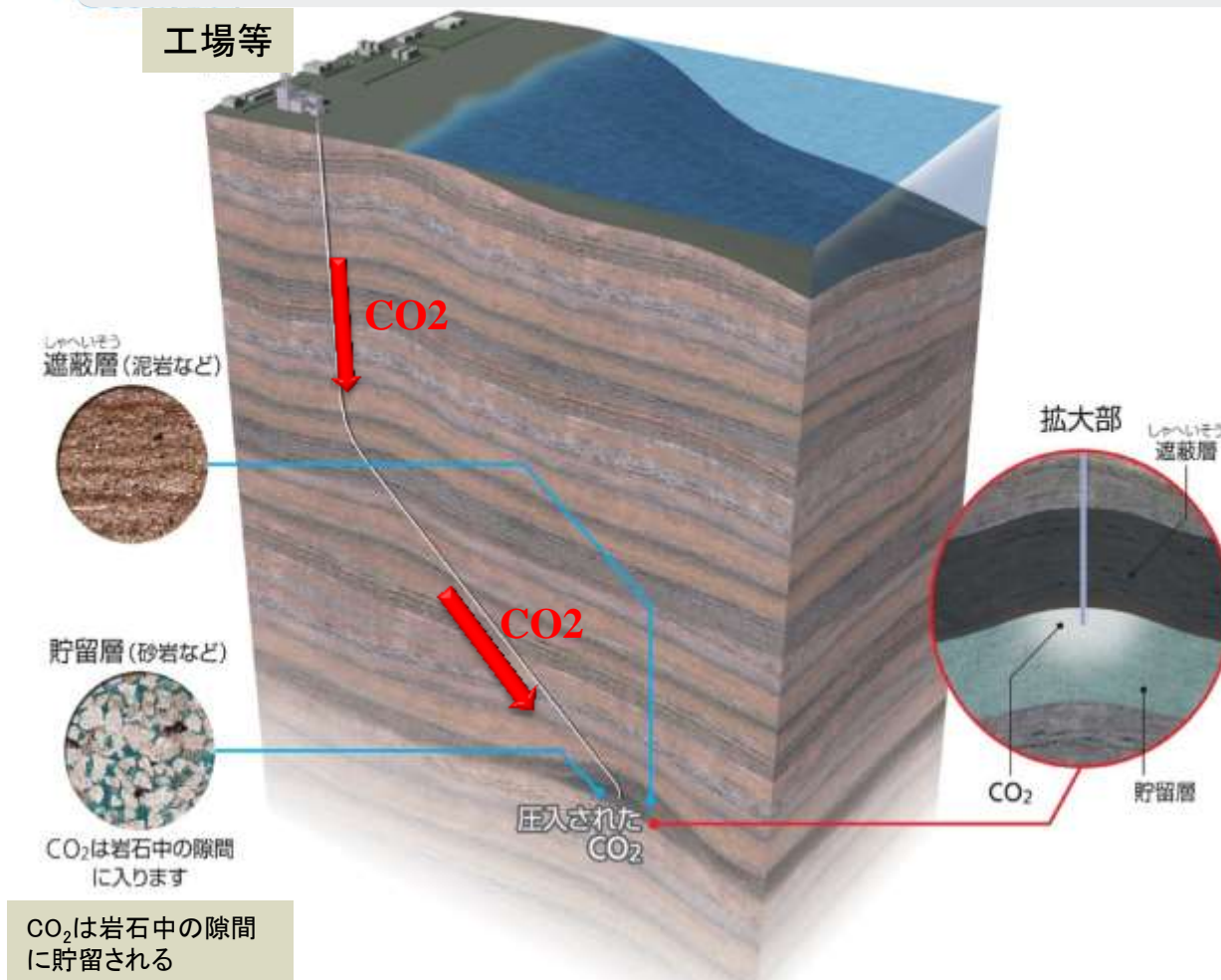
火力発電所や大規模工場などで排出されるCO₂(Carbon dioxide)を大気中に放散する前に捕らえて(Capture)、地中に貯留する(Storage)技術

Carbon dioxide Capture and Storage

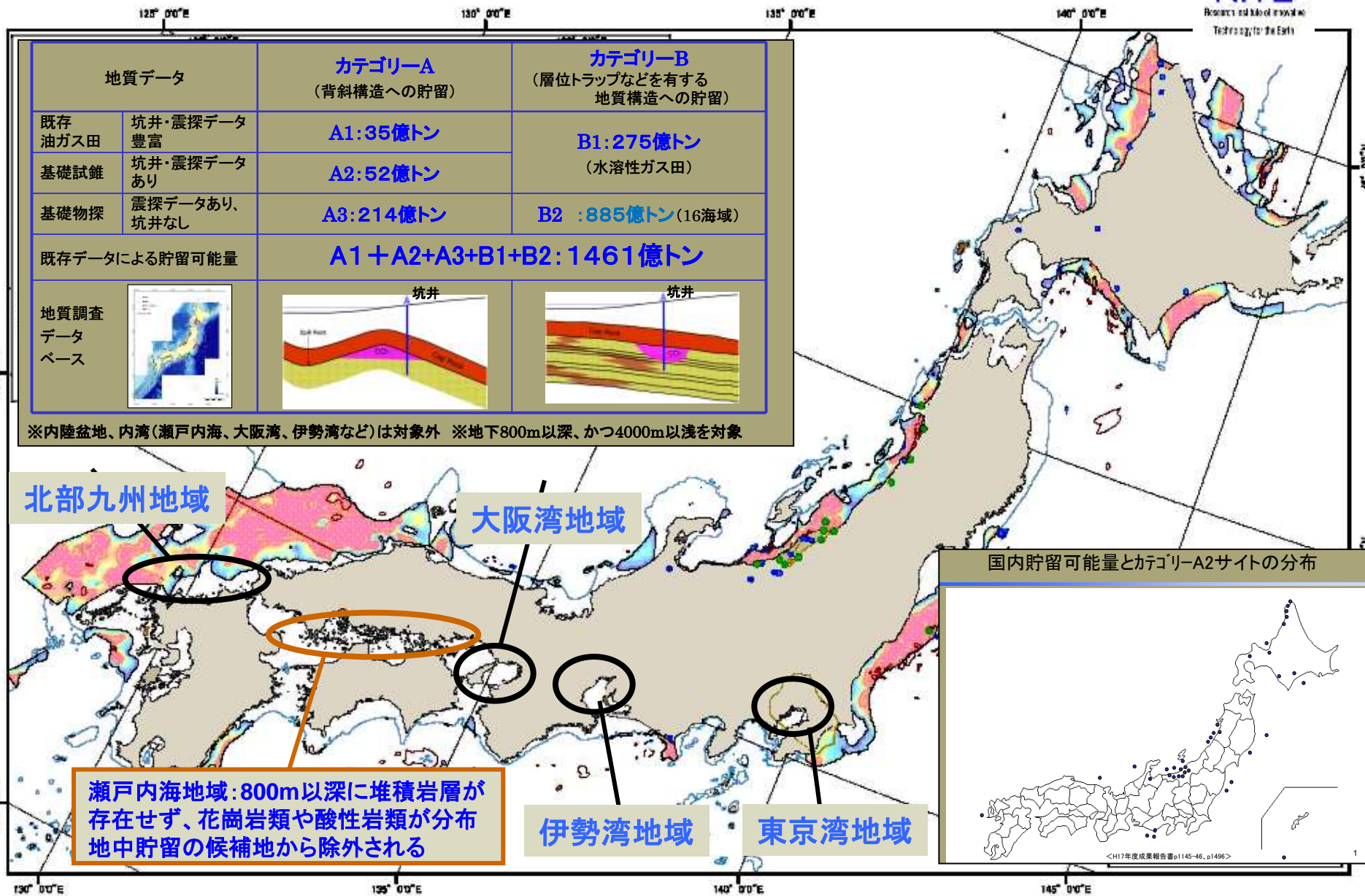
二酸化炭素を

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)



北部九州地域

大阪湾地域

瀬戸内海地域: 800m以深に堆積岩層が存在せず、花崗岩類や酸性岩類が分布
地中貯留の候補地から除外される

伊勢湾地域

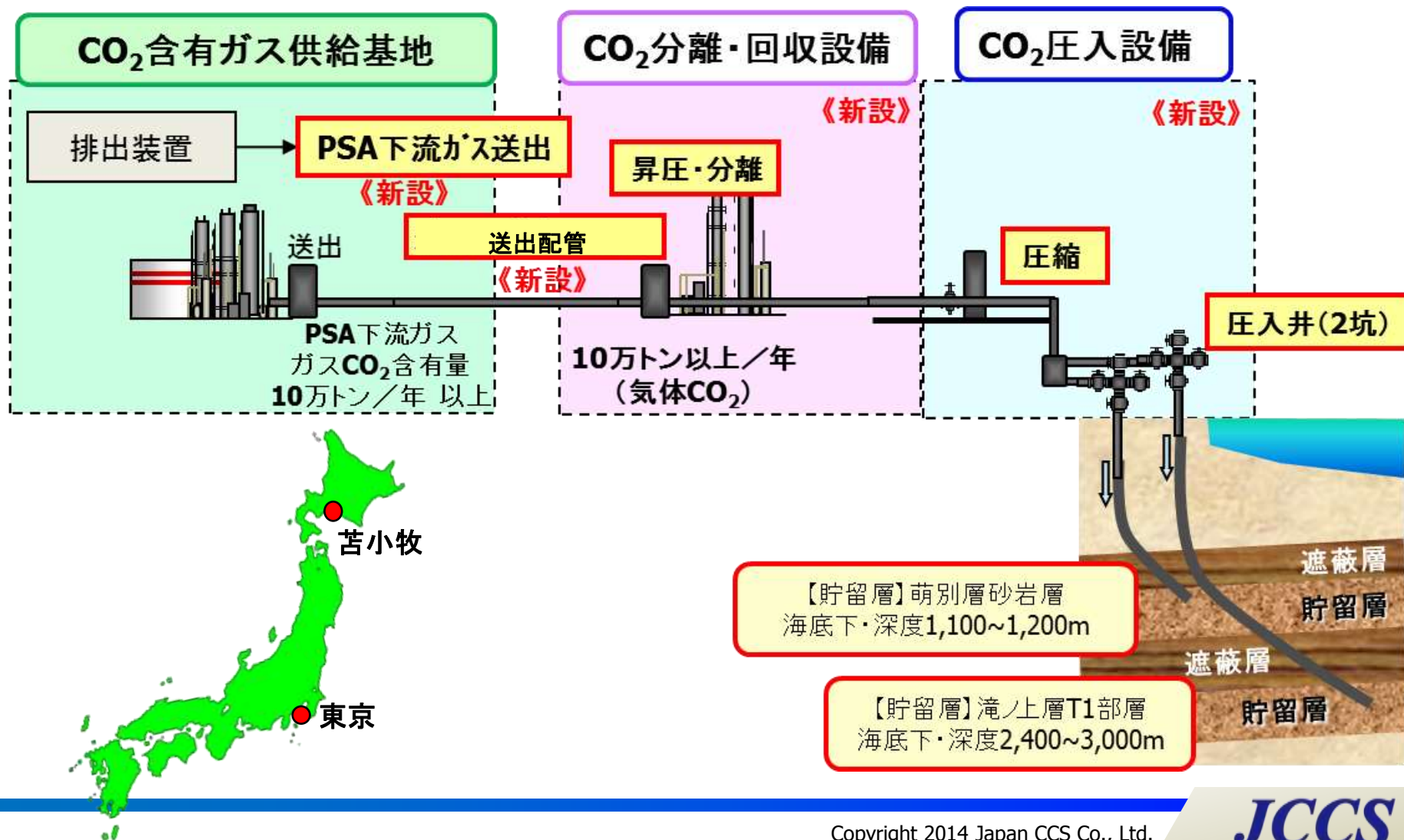
東京湾地域

<H17年度成果報告書p1145-46, p1496>

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。



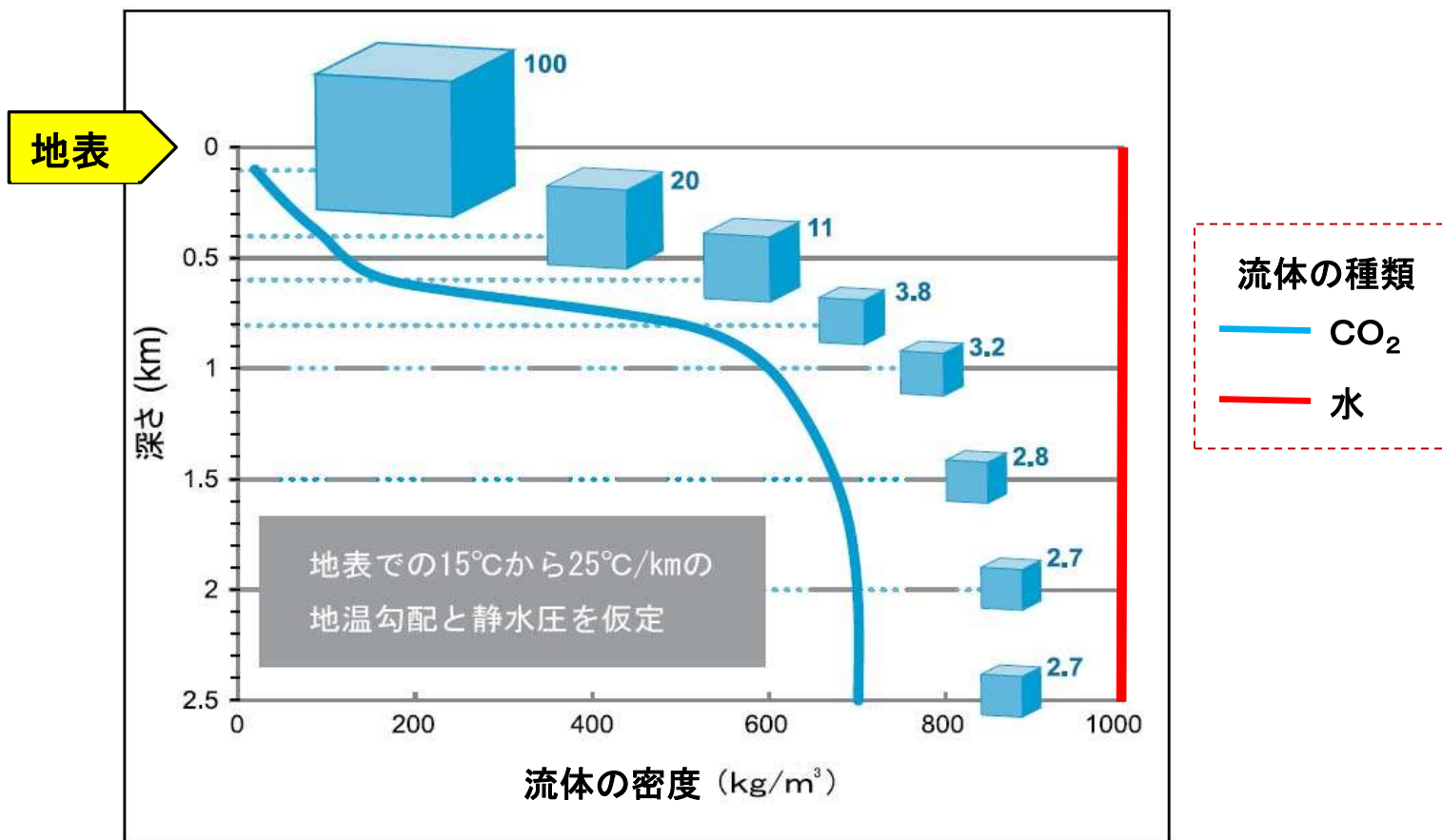
実証試験の目的と課題

【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)



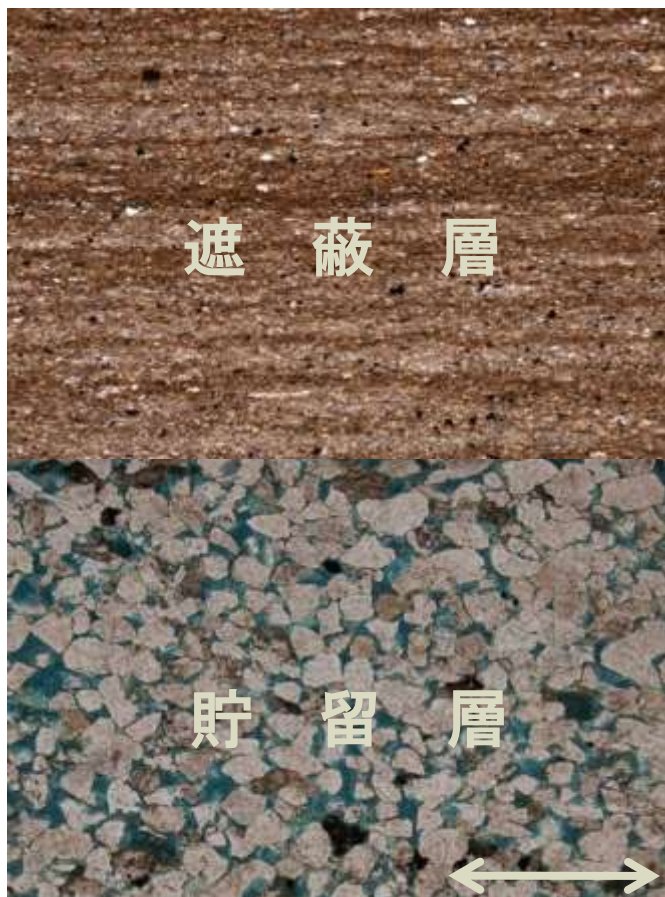
地層の圧力と温度は深度の増加に伴って増加し、CO₂は圧力と温度の増加に伴って密度が急激に増加する。立方体はCO₂が占める相対体積であり、深度の増加に伴って小さくなる。

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

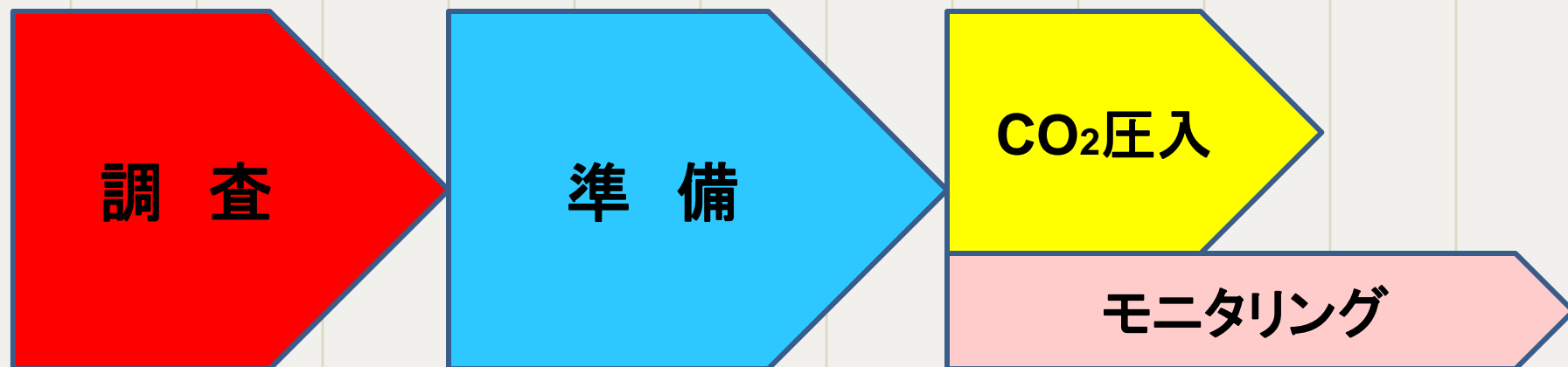
- 砂岩、火山岩など
- すき間が多い(すき間は地層水で満たされている)
- CO₂が浸透しやすい性質

CO₂を貯められる

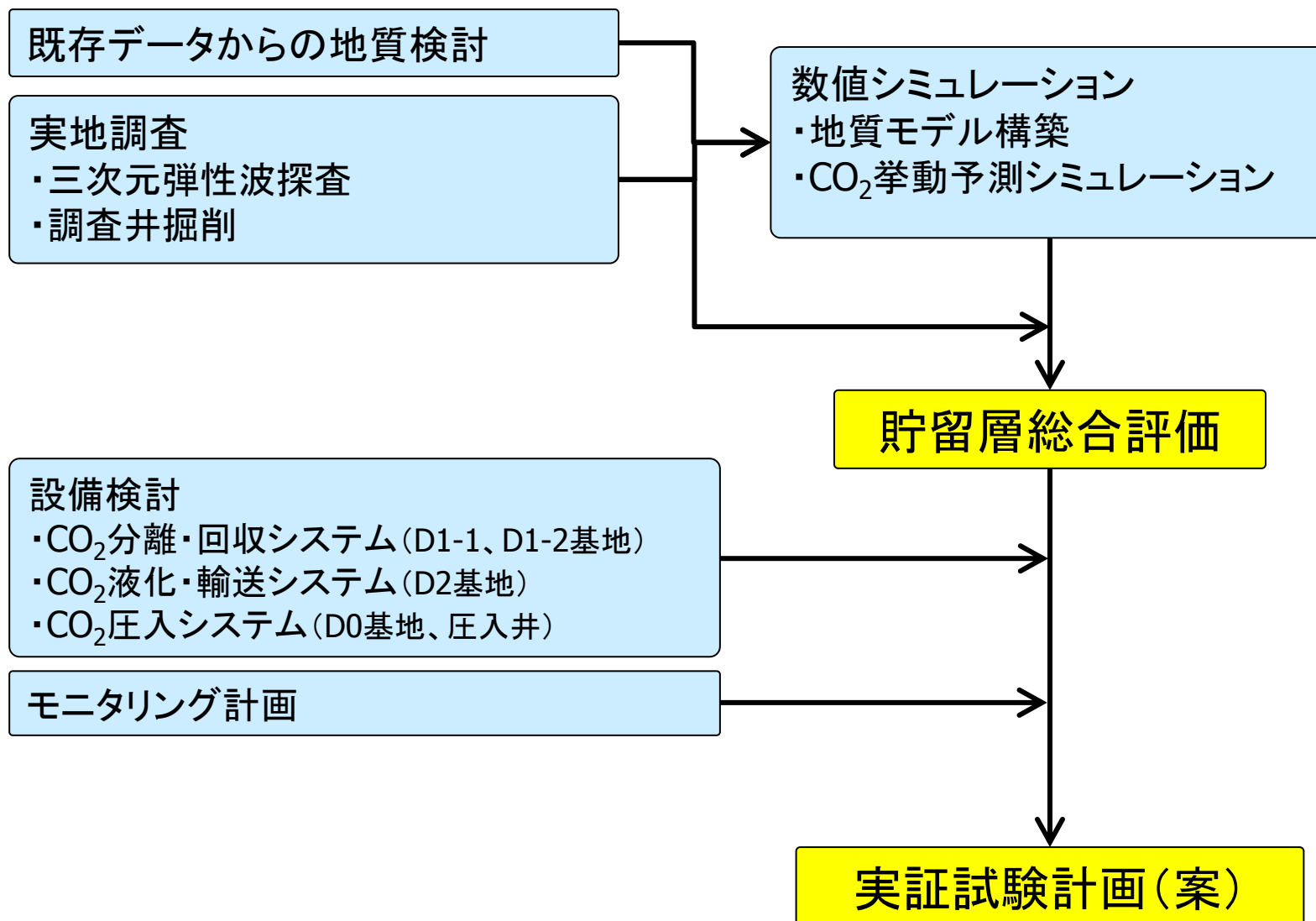
CCS大規模実証プロジェクトのスケジュール

- 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

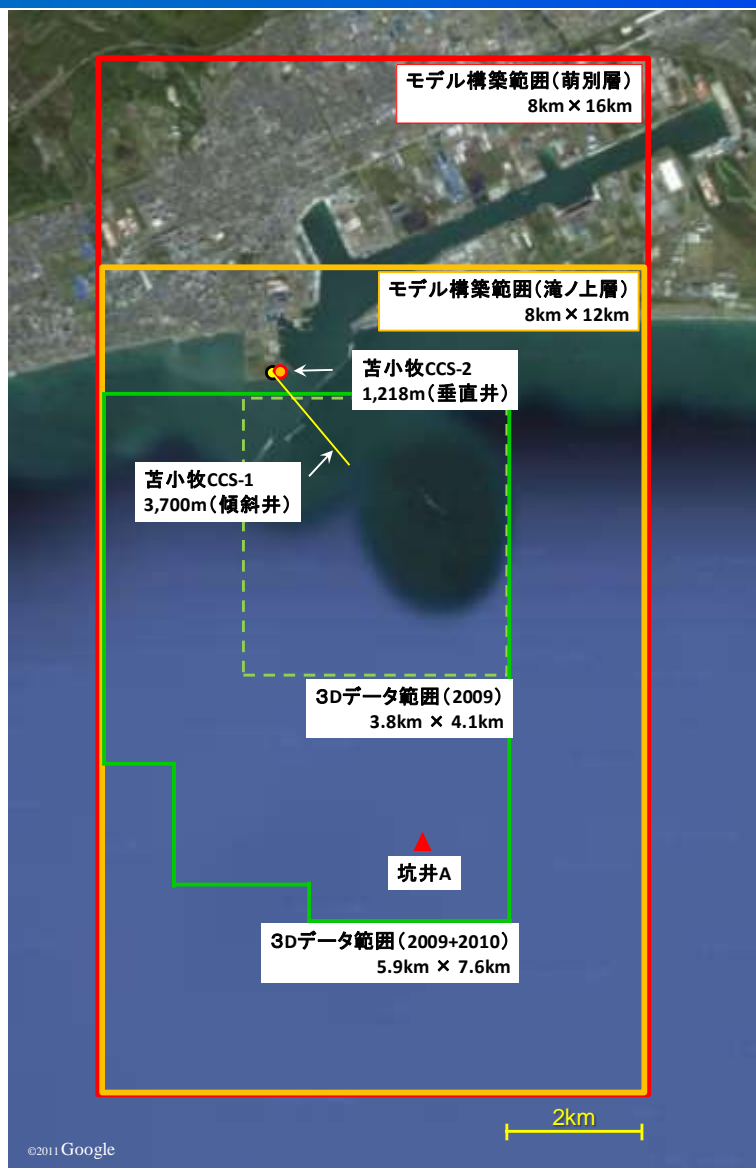
H20 年度	H21 年度	H22 年度	H23 年度	H24 年度	H25 年度	H26 年度	H27 年度	H28 年度	H29 年度	H30 年度	H31 年度	H32 年度
2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020



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

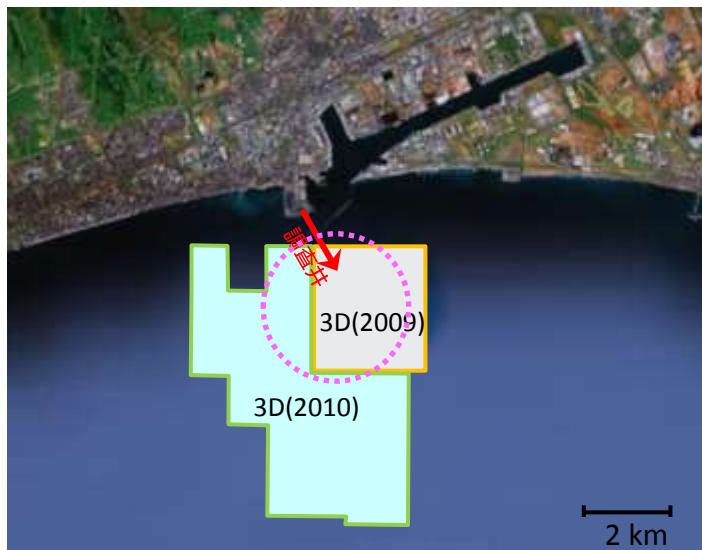
調査井掘削 平成22年10月～平成23年3月

《調査井位置》

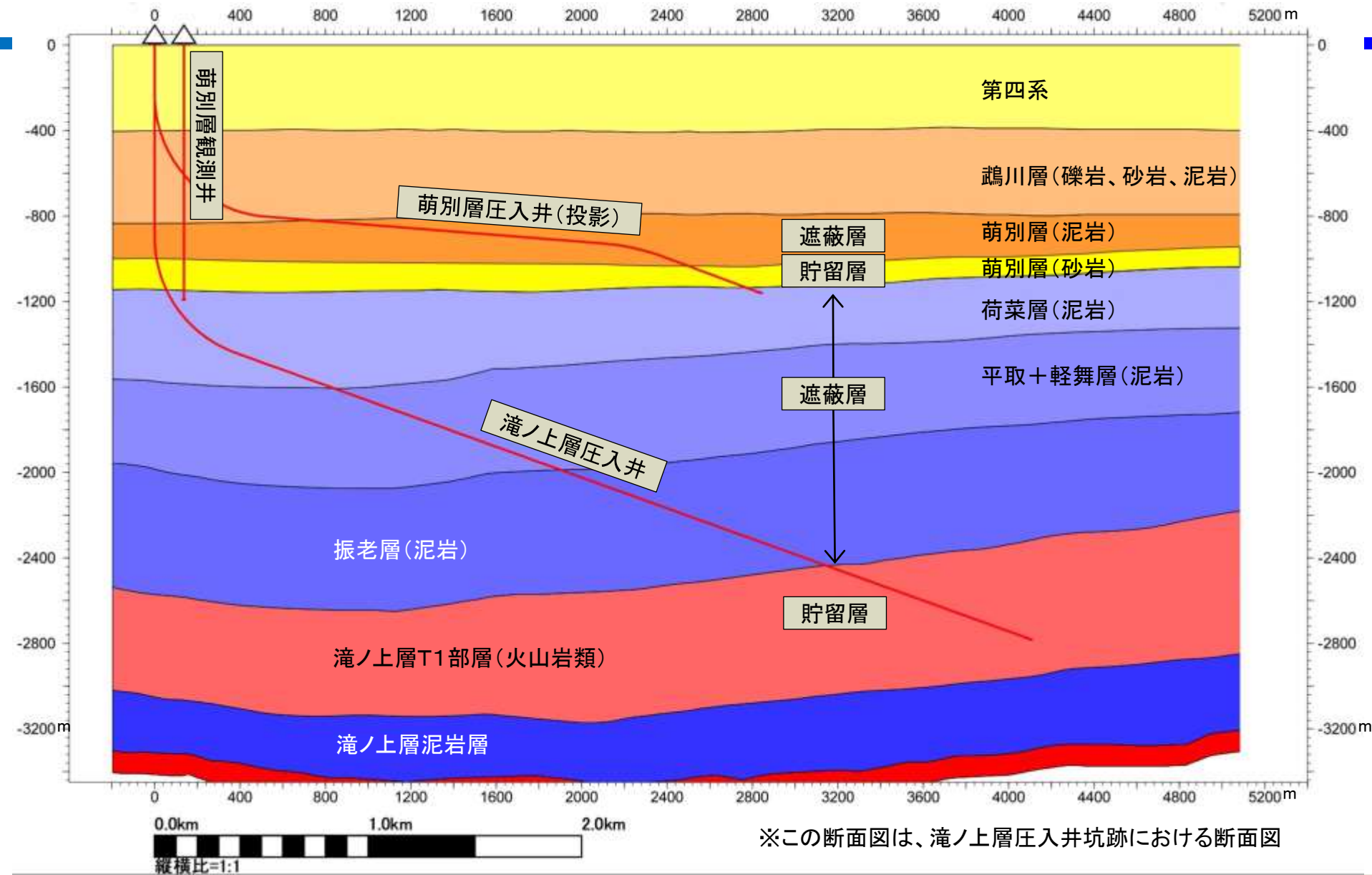
北海道苫小牧市汐見町地先 西港区土砂処分場内
(国土交通省北海道開発局室蘭開発建設部所管)

《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

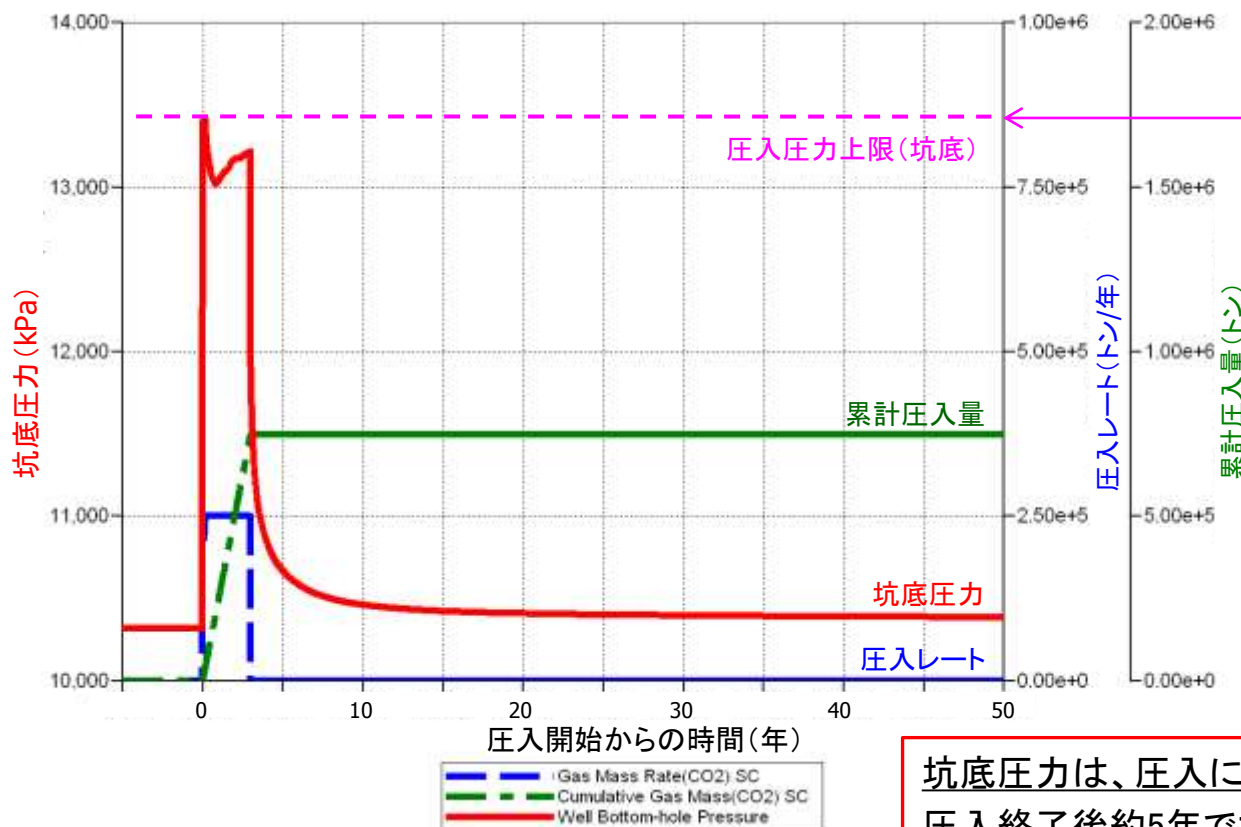


CO₂圧入挙動(萌別層)

(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)

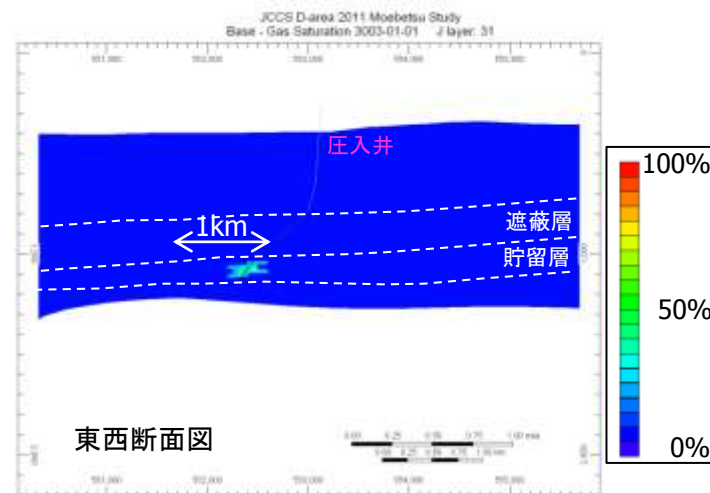
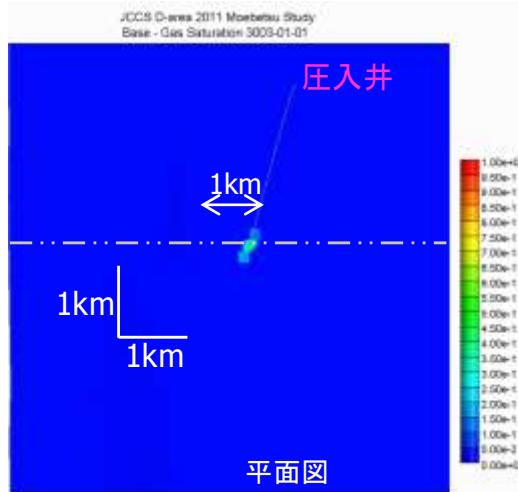
坑底圧力は、圧入によって上昇するが、
圧入終了後約5年で大きく降下し、
以後ゆっくりと初期地層圧に近づく。

貯留CO₂の長期挙動予測(萌別層) 3年後(圧入終了時)

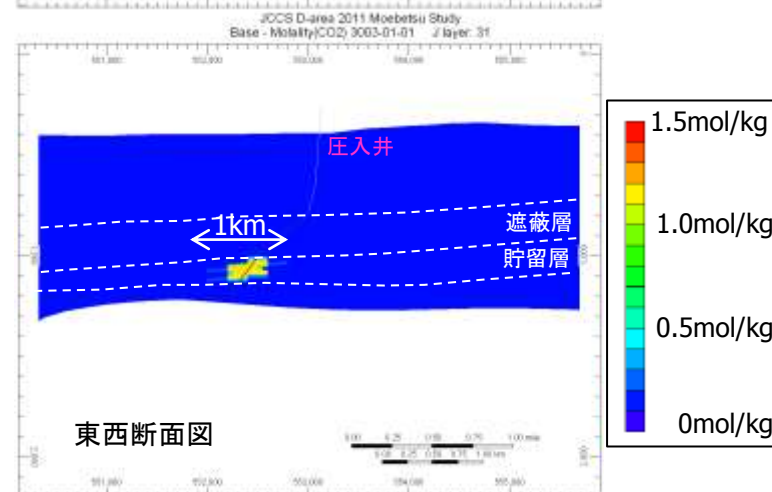
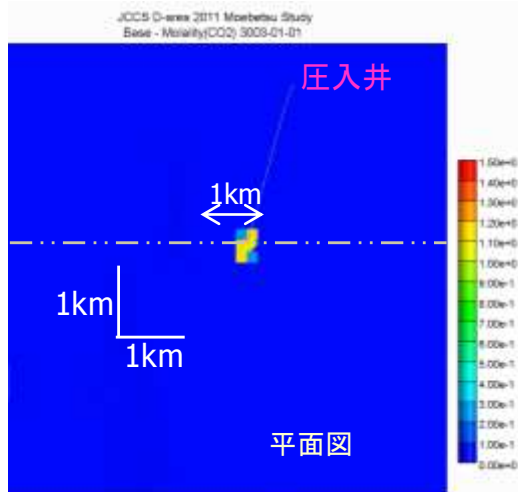
(i) 長期挙動予測 圧入終了時(3年後)

- ・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)



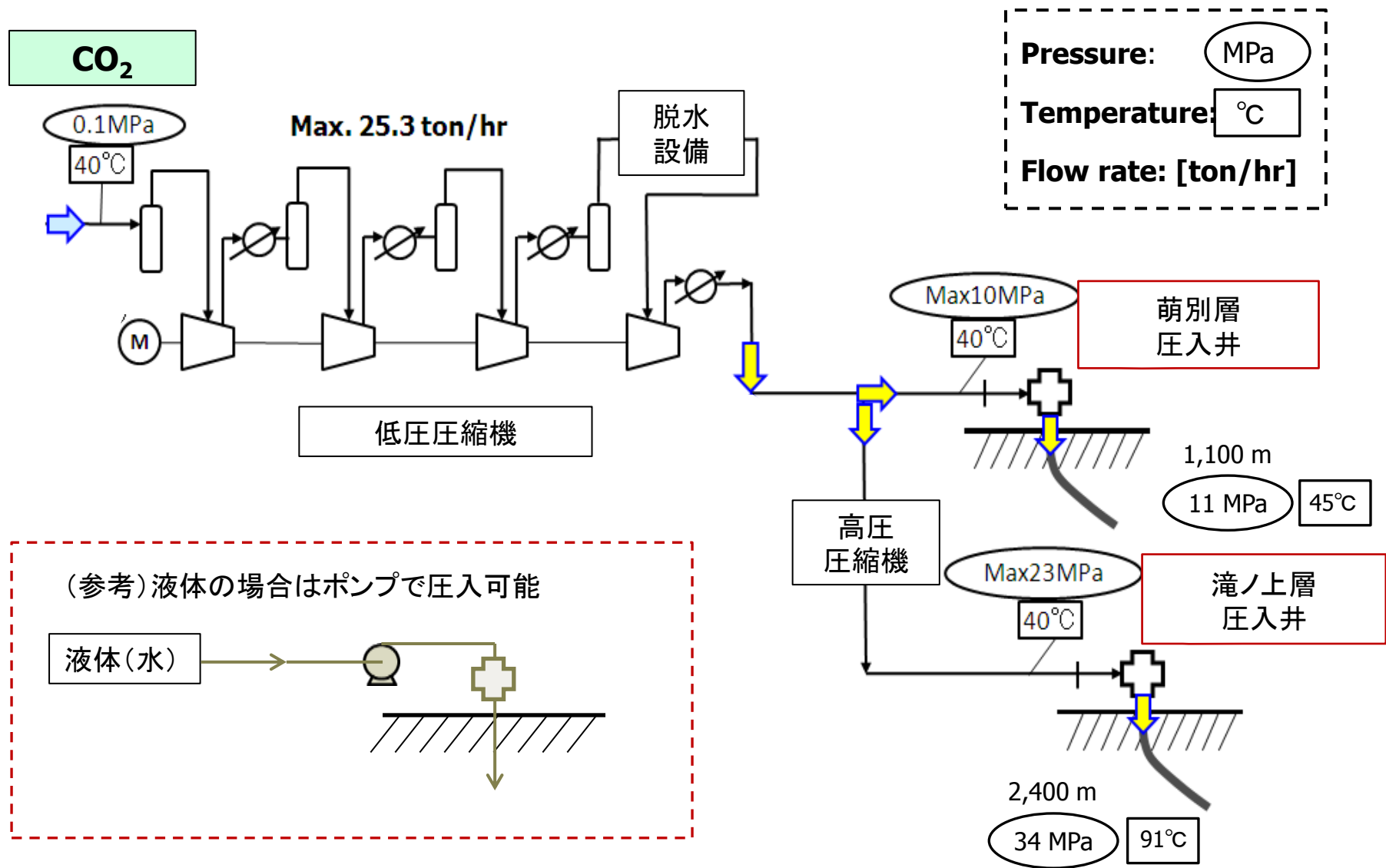
4. 圧入装置(坑井、圧縮機、ポンプ)

地上設備の位置関係

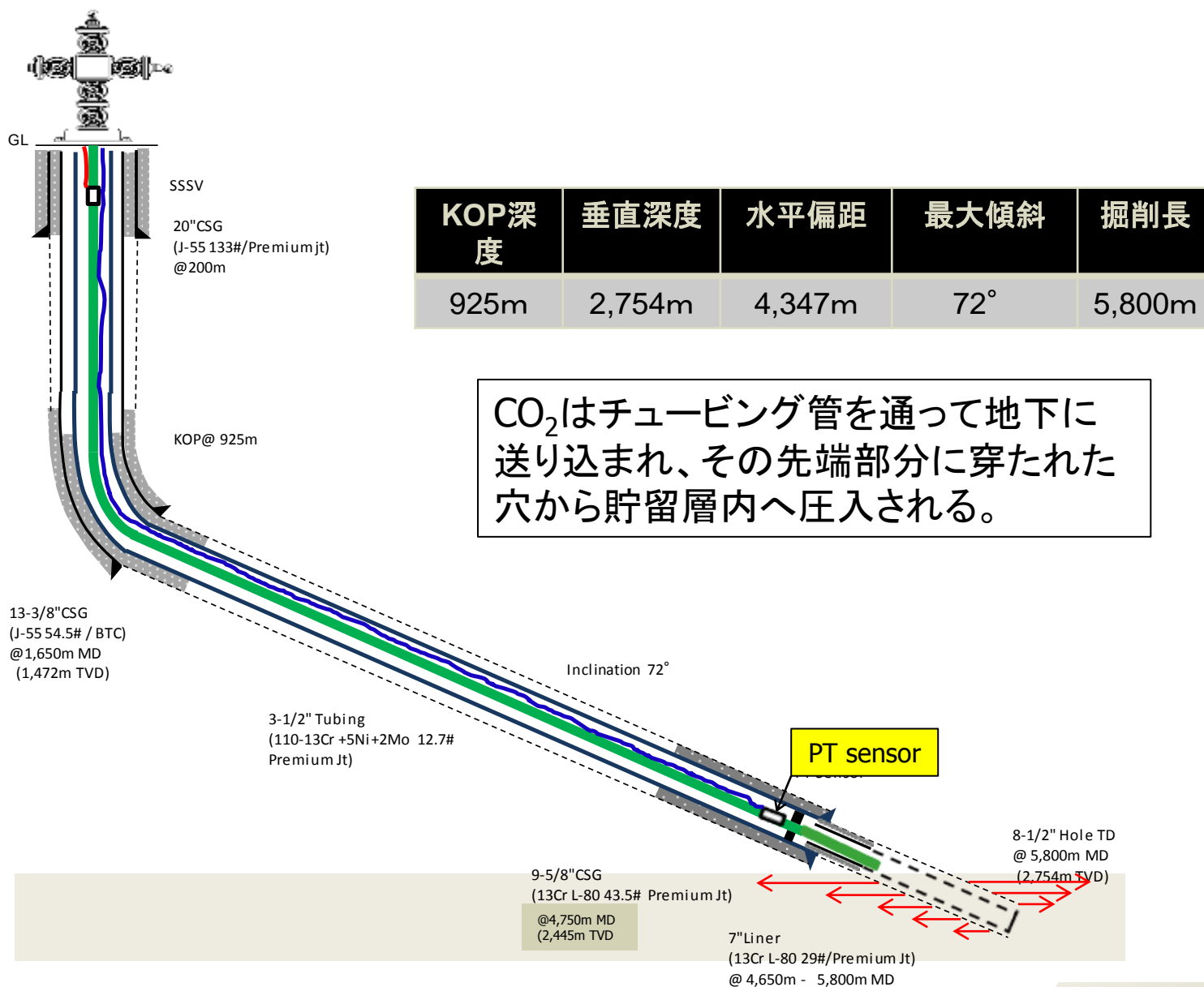


© 2013 ZENRIN
Image © 2013 DigitalGlobe

© Google © 2013 ZENRIN Image © 2013 DigitalGlobe

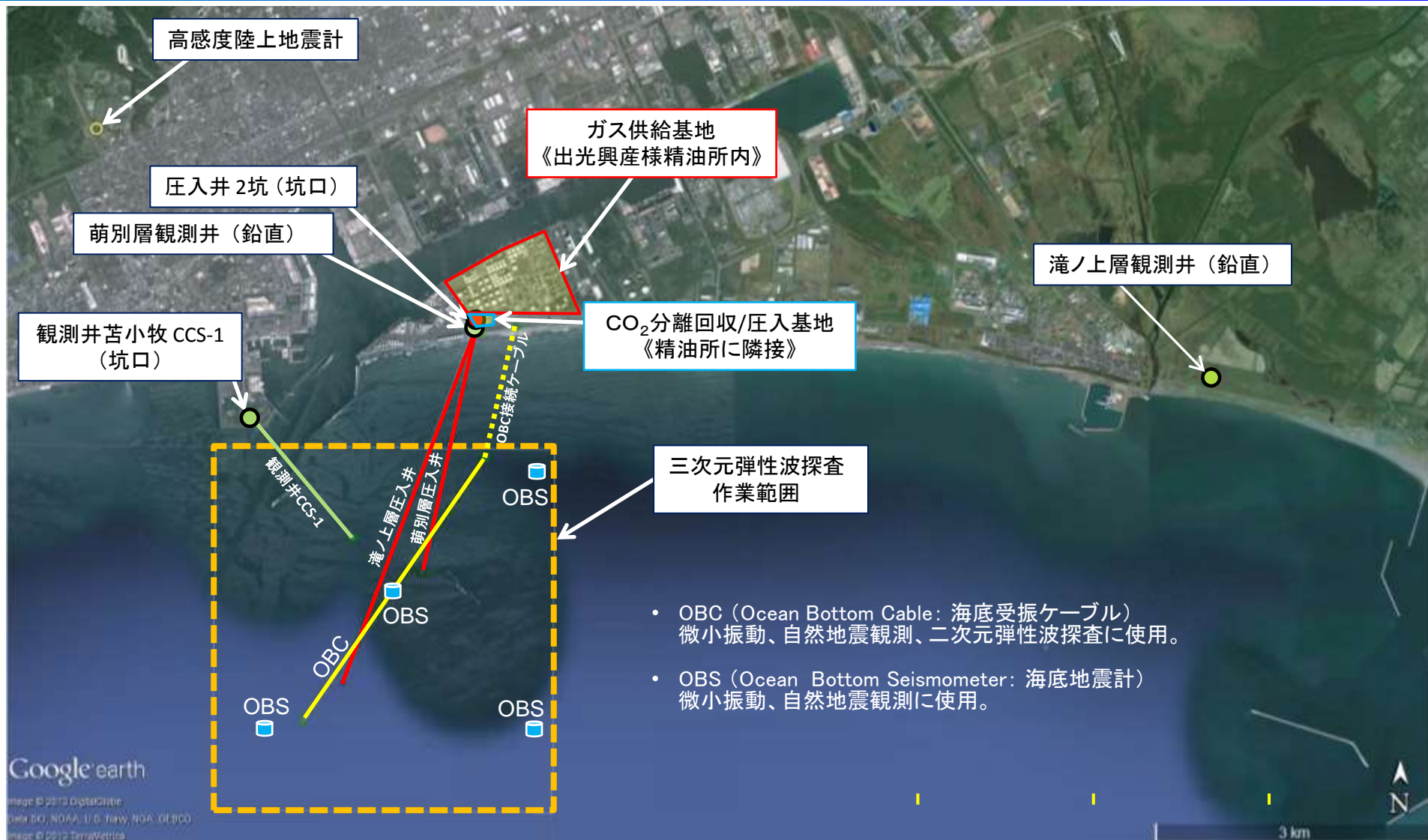
CO₂ 圧縮・圧入システム

滝ノ上層圧入井



5. 法的規制および環境影響評価

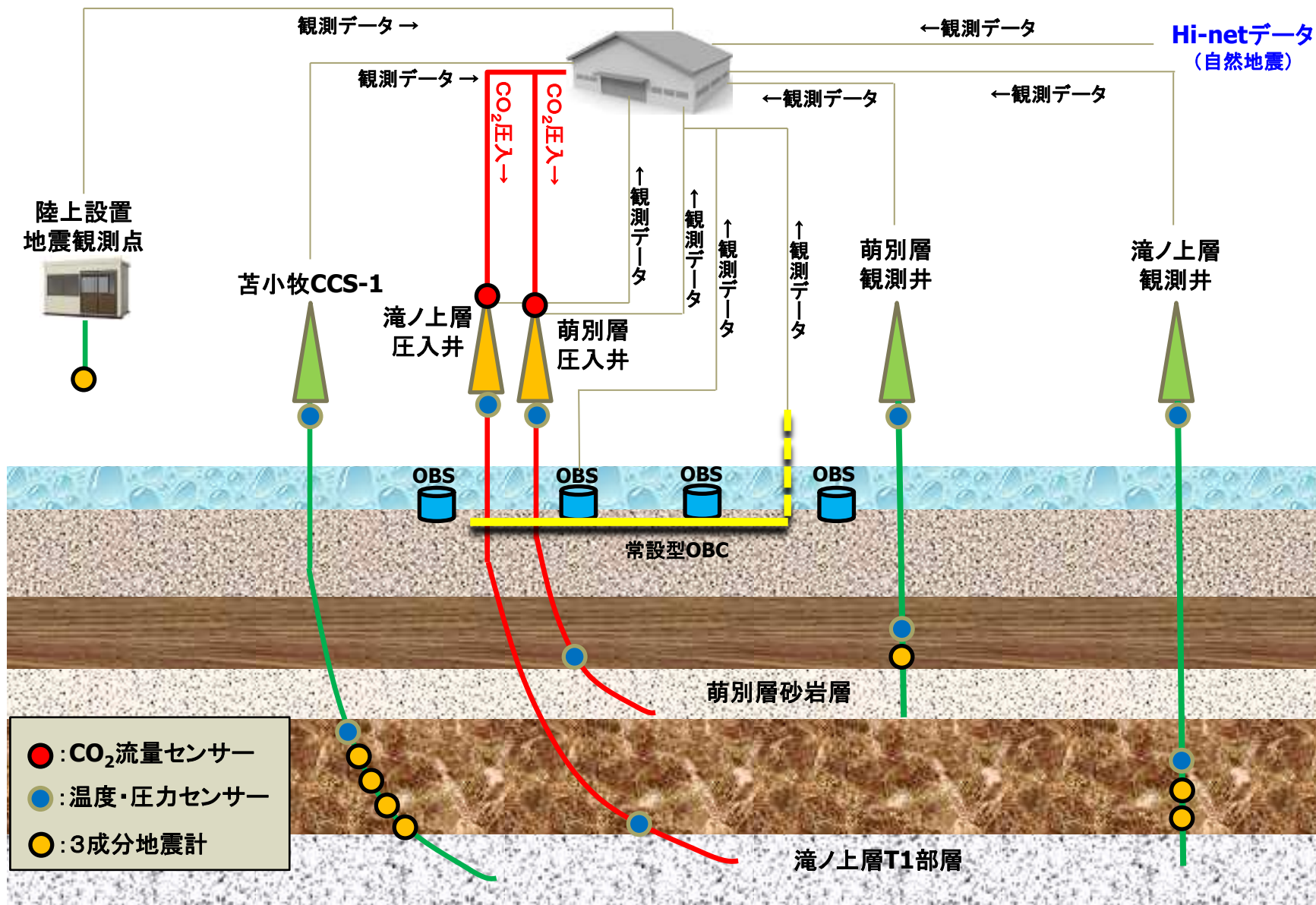
圧入およびモニタリングシステムの位置関係



- OBC (Ocean Bottom Cable: 海底受振ケーブル)
微小振動、自然地震観測、二次元弾性波探査に使用。
- OBS (Ocean Bottom Seismometer: 海底地震計)
微小振動、自然地震観測に使用。

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)

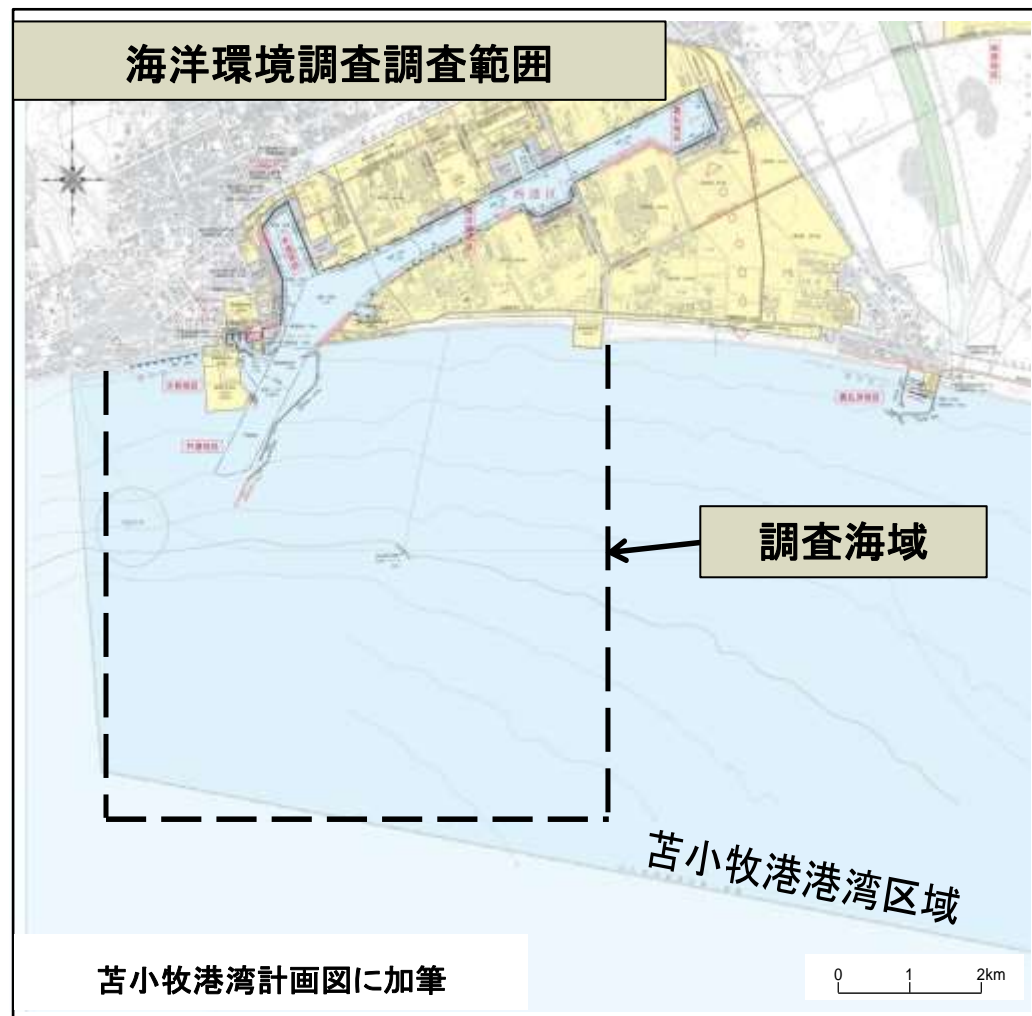
- 苫小牧港港湾区域内12観測点

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

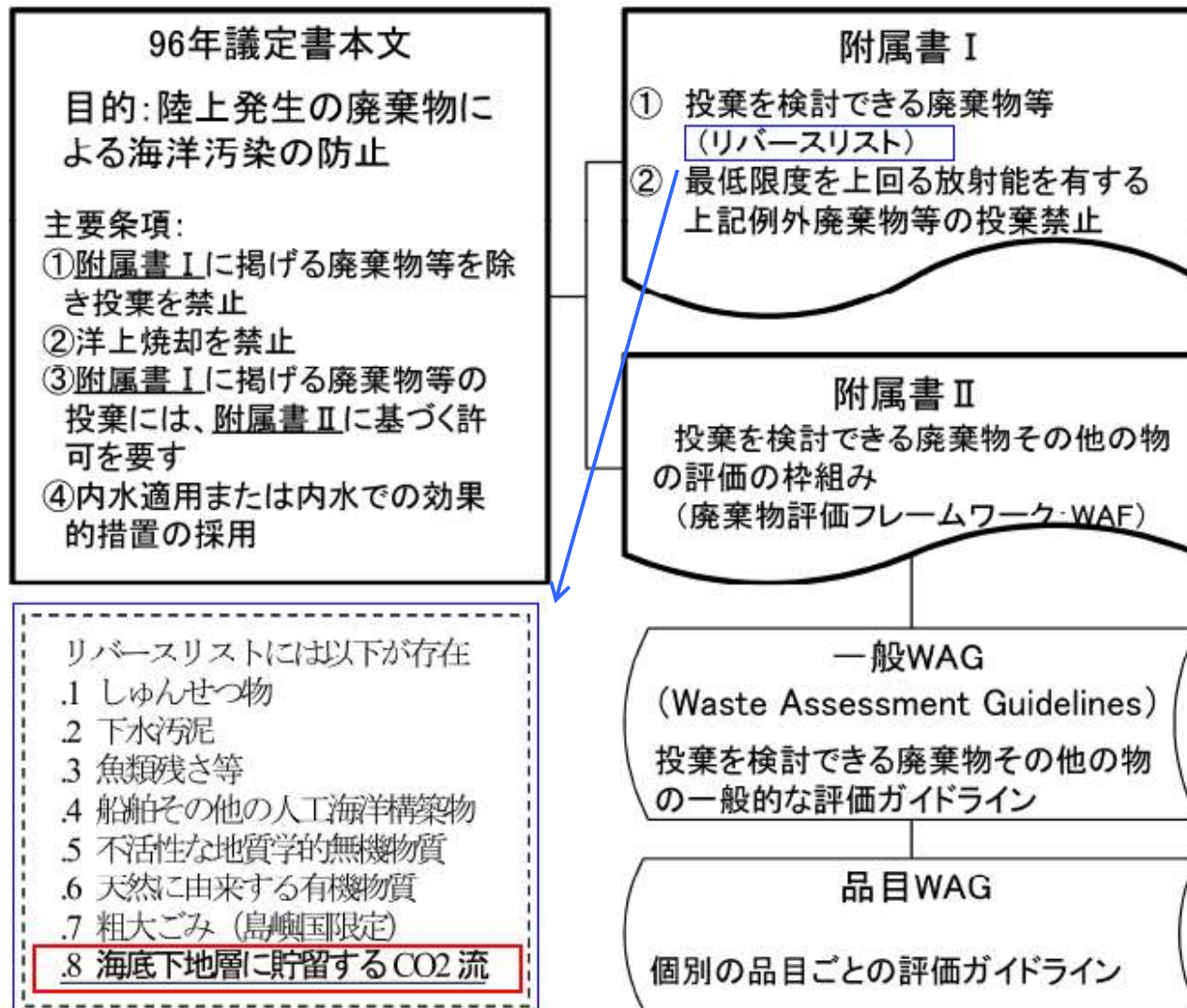
(1) CO₂を海底の下に廃棄しようとする者(陸域から廃棄しようとする者を含む。)は、環境大臣の許可を受けなければならない。

(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



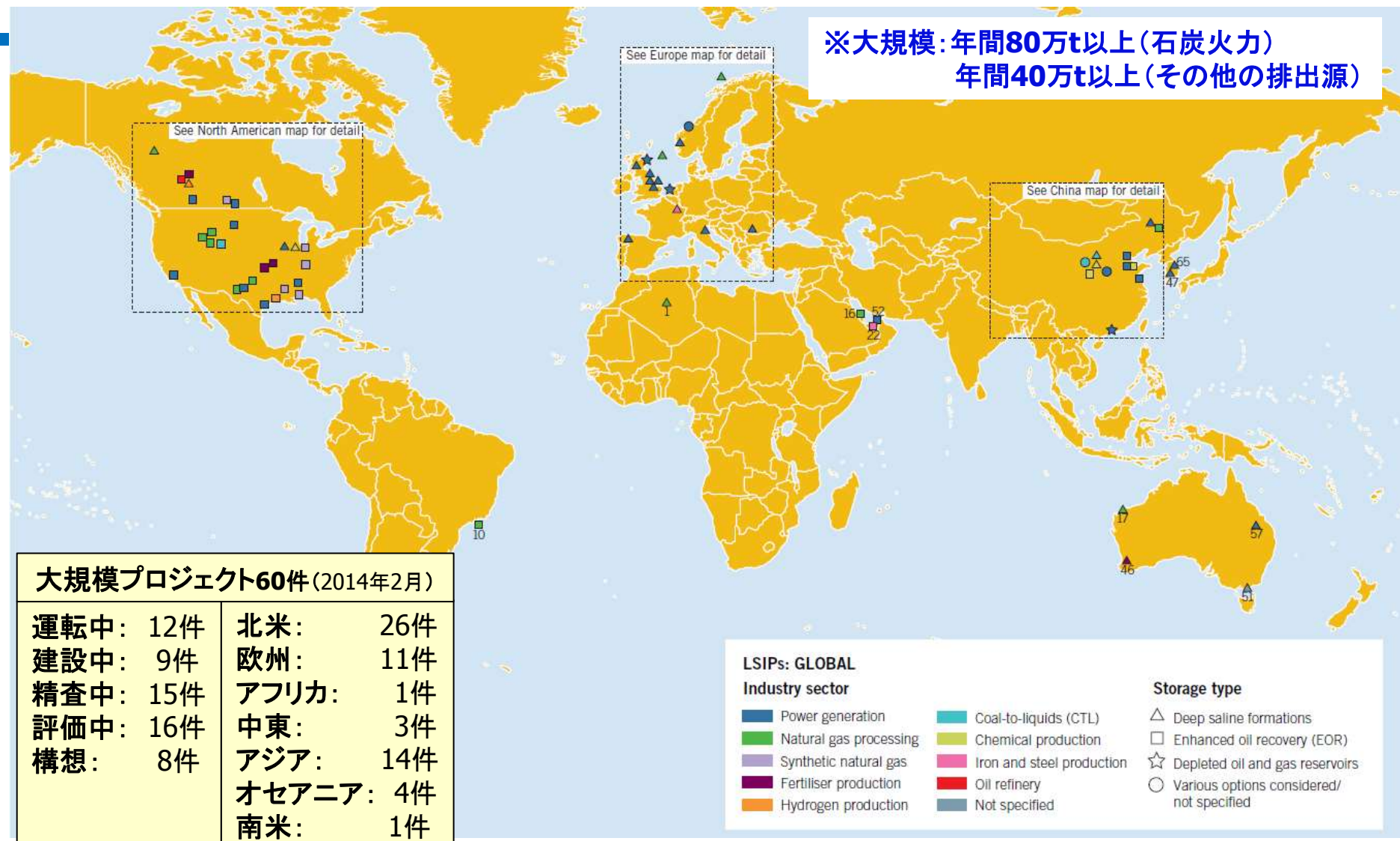
CCS解説アニメーション

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)



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