

「未来社会を支える温暖化対策技術シンポジウム in 関西」

CO₂地中貯留技術開発の現状と実用化への課題

—世界の最新動向と日本の取り組み—

二酸化炭素地中貯留技術研究組合

(公財)地球環境産業技術研究機構 (RITE)

せつ じきゅう

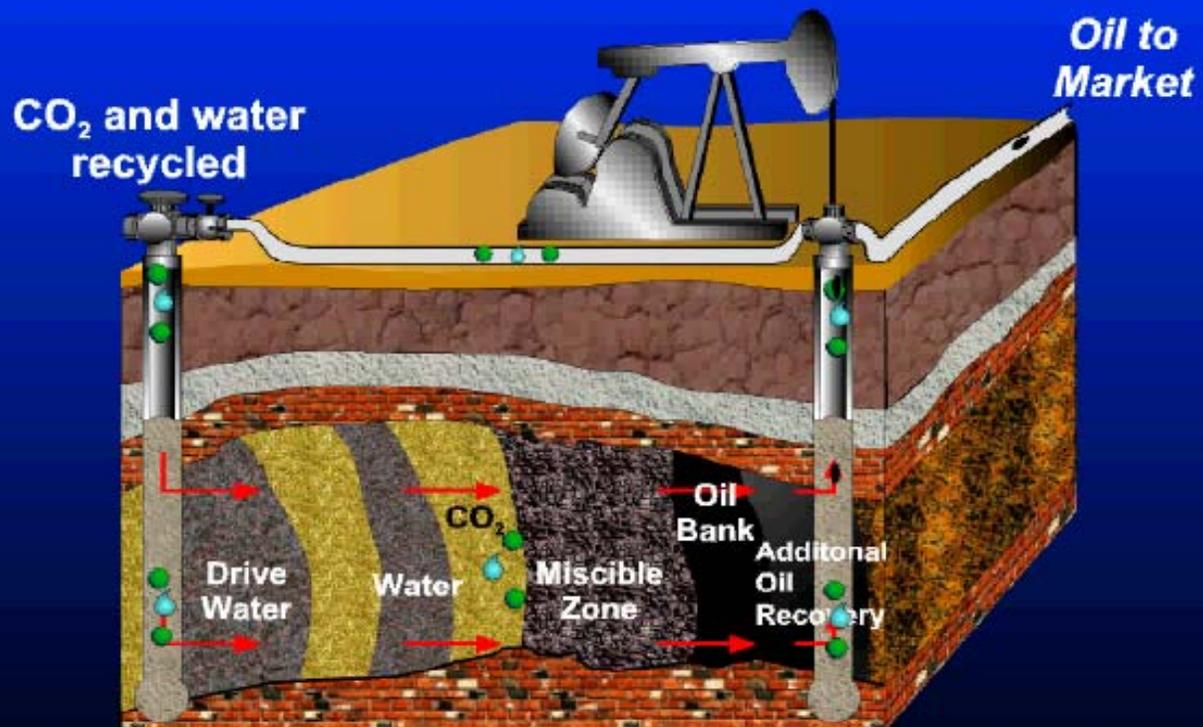
薛 自求



目次

- **CO₂地中貯留PJの推移と最新動向**
 - ✓ **陸域・海域** / **CO₂ソース** / **事業者**
- **地中貯留技術開発と日本の取り組み**
 - ✓ **貯留層評価 & 安全性評価技術**、**長岡(陸域)** & **苫小牧(海域)のCO₂圧入実証試験**
- **地中貯留技術の実用化と事業化の課題**
 - ✓ **政策支援**、**法整備**、**技術の不確実性**や**コスト** & **リスク低減**、**社会的受容性の向上**

Carbon Dioxide Flooding



- ▶ 40-70% of CO₂ injected stays in reservoir

Sleipner	In Salah	Snøhvit
随伴CO ₂ (0.9Mt/y)	随伴CO ₂ (1.0Mt/y)	随伴CO ₂ (0.7Mt/y)
Statoil	BPほか	Statoil

2011年より、圧入中止



1996



2004

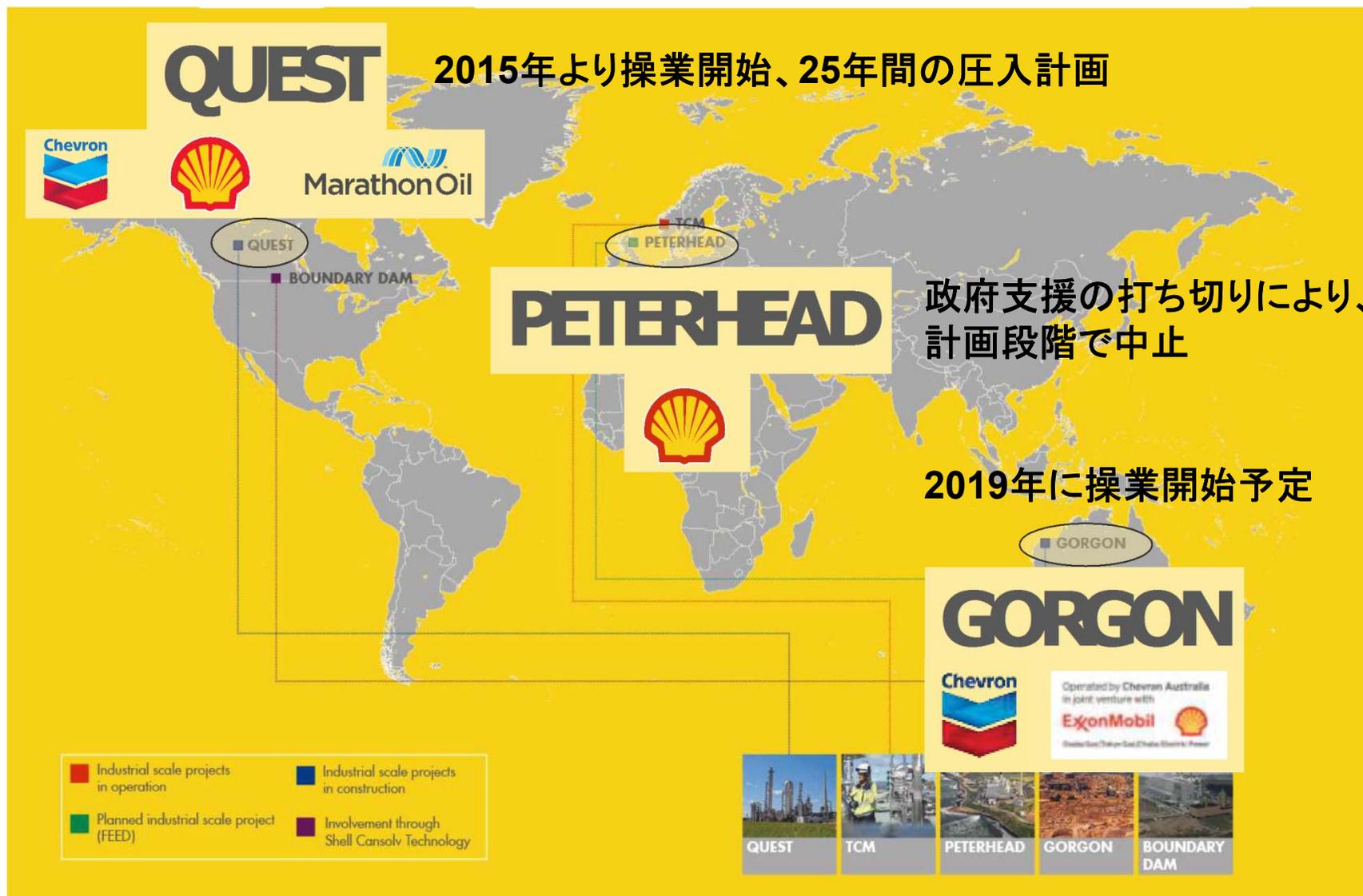


2008

操業者： 大手石油会社

圧入開始、継続中

CCSプロジェクトへのShellの関与



Decatur (米国) : ICCS プロジェクト概要



事業者: エタノール製造会社

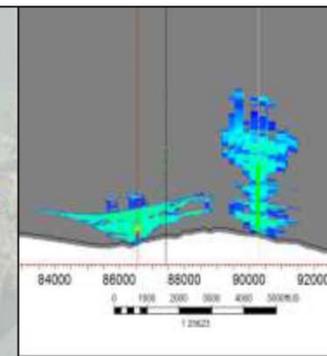
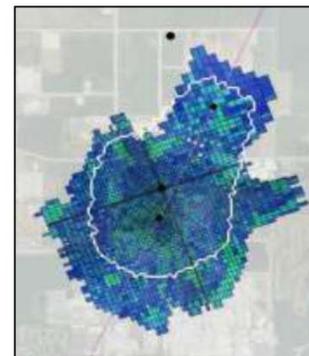
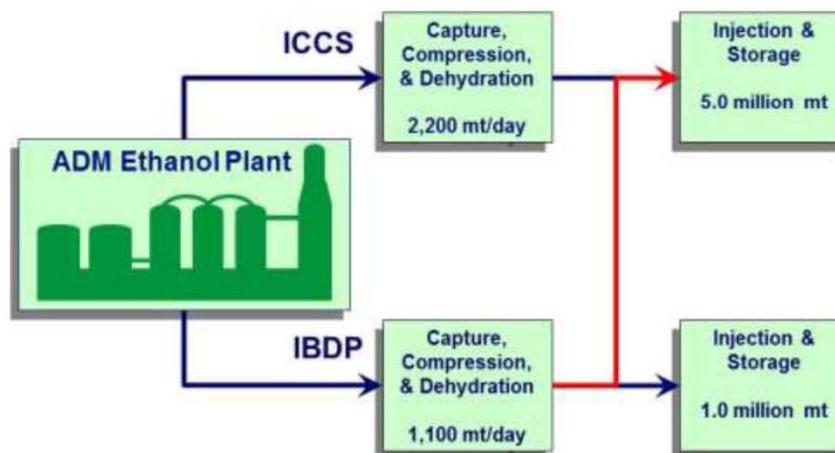


Illinois Basin Decatur Project

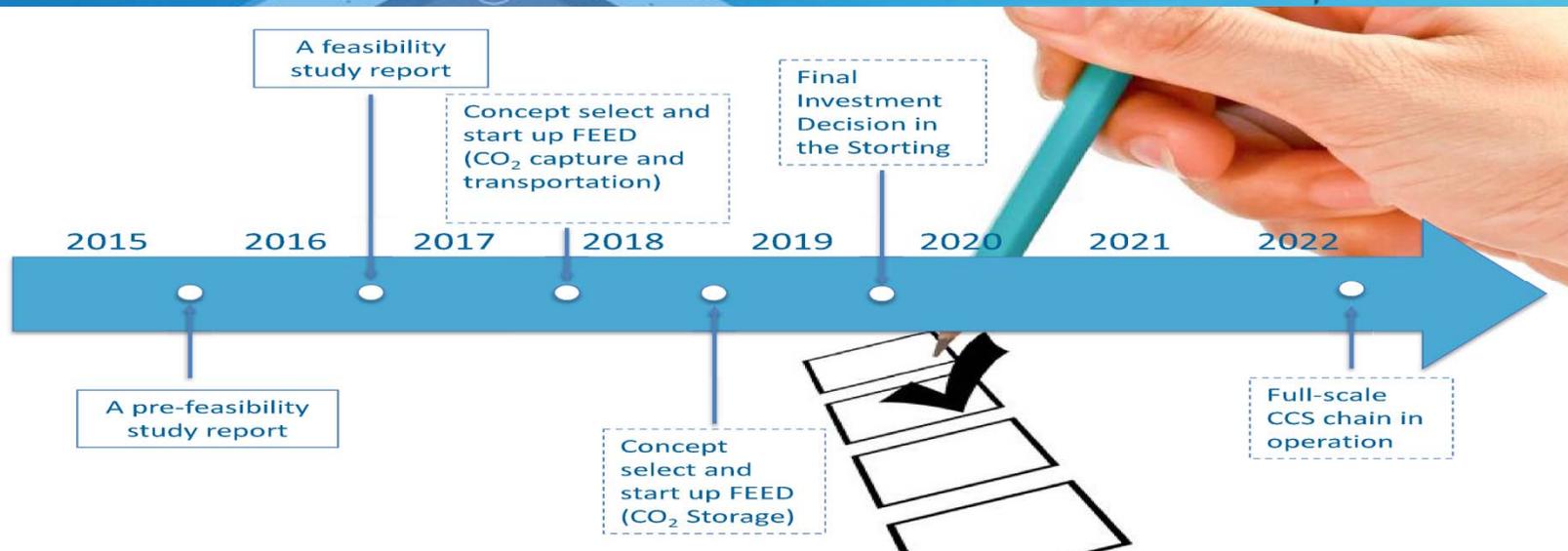
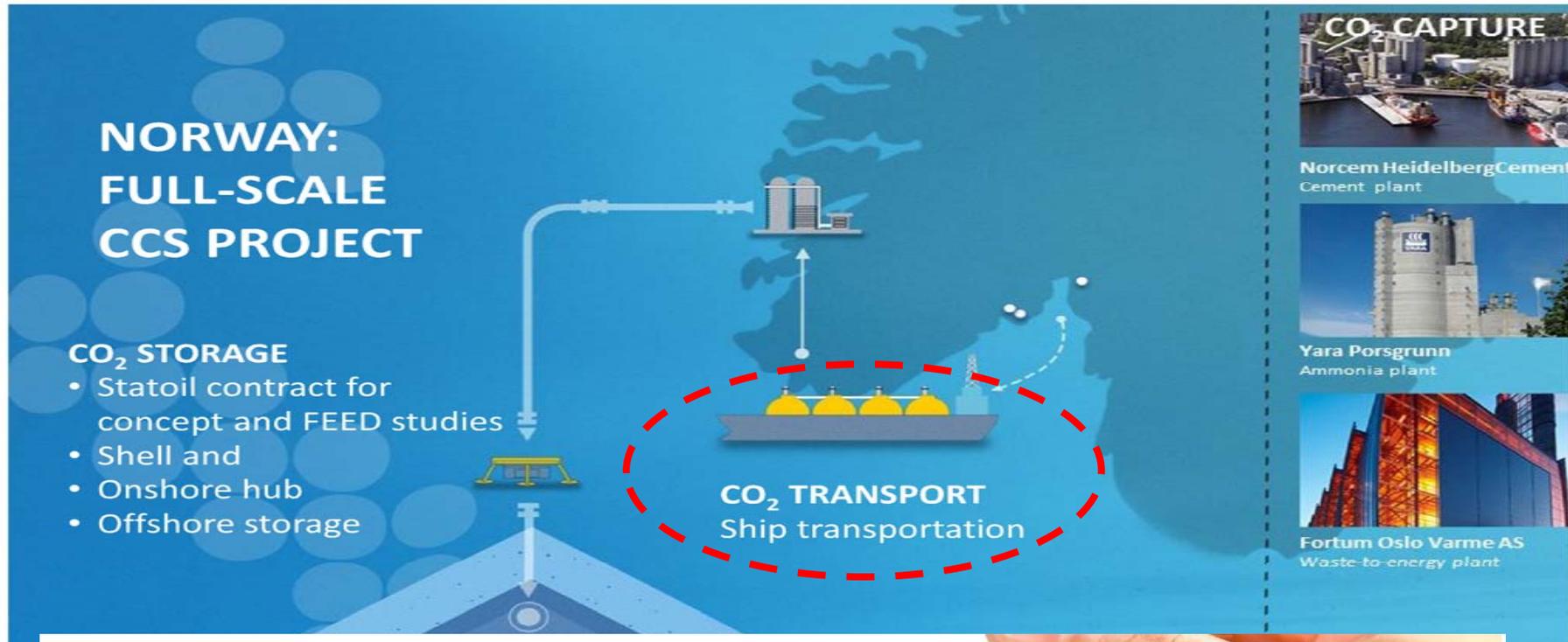
- Large scale geologic test to inject 1.0 million mt of CO₂ over a three year period (1,000 MT/day).

Illinois Industrial CCS Project

- Target & demonstrate advanced CCS technologies at industrial scale facilities.
- Inject and store 1.0 million mt CO₂ per year (3,000 tons/day).
- Study the interaction of two separate plumes.



計画中のCCSプロジェクト@ノルウェー



目次

- CO₂地中貯留PJの推移と最新動向
 - ✓ 陸域・海域 / CO₂ソース / 事業者
- 地中貯留技術開発と日本の取り組み
 - ✓ 貯留層評価 & 安全性評価技術、長岡（陸域） & 苫小牧（海域）のCO₂圧入実証試験
- 地中貯留技術の実用化と事業化の課題
 - ✓ 政策支援、法整備、技術の不確実性やコスト & リスク低減、社会的受容性の向上

CO₂地中貯留技術開発

➤ 貯留層評価 & 地質モデル構築

- ・油ガス田開発の技術応用できるが、高精度の貯留層評価要
- ・少ない地質情報を基に、信頼性の高い地質モデル構築

➤ CO₂挙動 & 地層安定性モニタリング

- ・圧入井から周囲へのCO₂広がり(貯留層内のCO₂分布)
- ・貯留層外部へのCO₂漏洩(地中や海中のCO₂拡散)
- ・地層安定性モニタリング(微小地震観測)

➤ CO₂長期挙動予測

- ・CO₂挙動予測に基づく圧入後モニタリングの頻度 & 継続期間(コスト低減、Liability Transfer)

日本国内の取り組み

➤ 海外CCS事業 (@2000年)

- Sleipner (Norway、海域帯水層、天然ガス随伴CO₂) ; Weyburn (Canada、陸域石油増進回収、石炭ガス化過程のCO₂)

—長岡プロジェクト—

陸域帯水層では世界初のCO₂圧入実証試験

➡ (日本における帯水層へのCO₂貯留可能性の検証)

長岡サイトのCO₂圧入試験

2000

サイト選定、圧入井&
観測井(OB-2, -3)掘削

2001

2002

観測井(OB-4)掘削
(圧入井との距離変更)

2003

CO₂圧入開始 (20 ton/day)

2004

40 ton/dayに変更

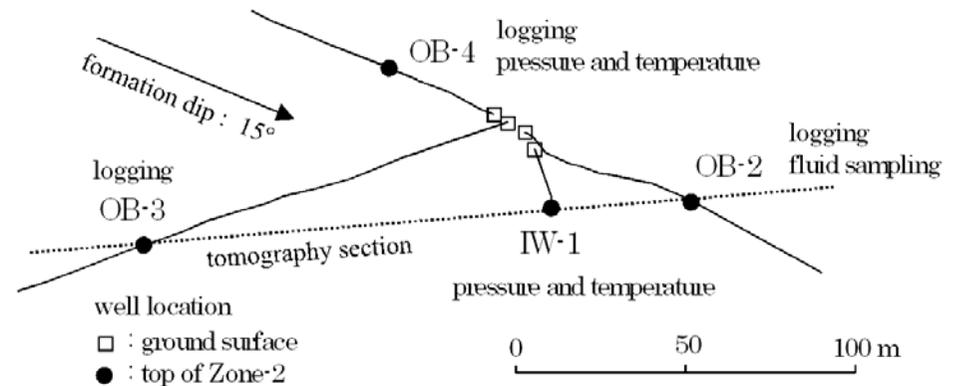
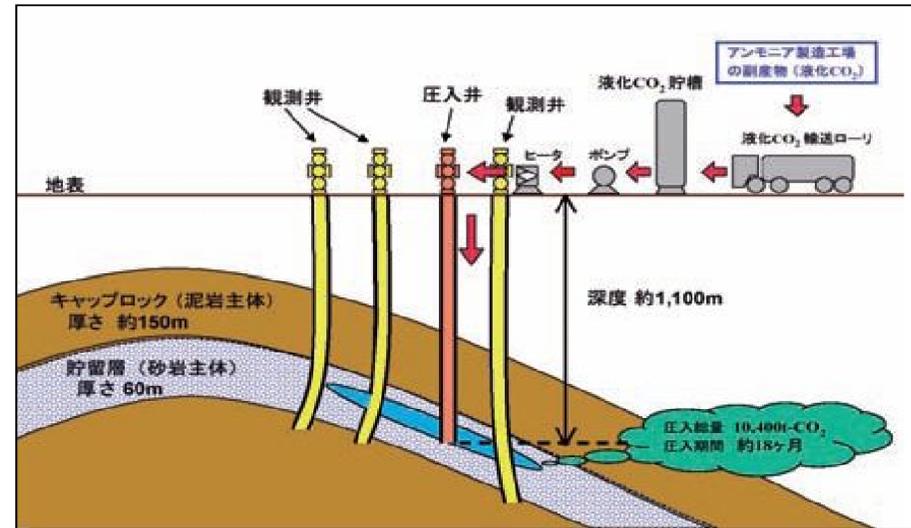
2005

CO₂圧入終了
(10,400 ton)

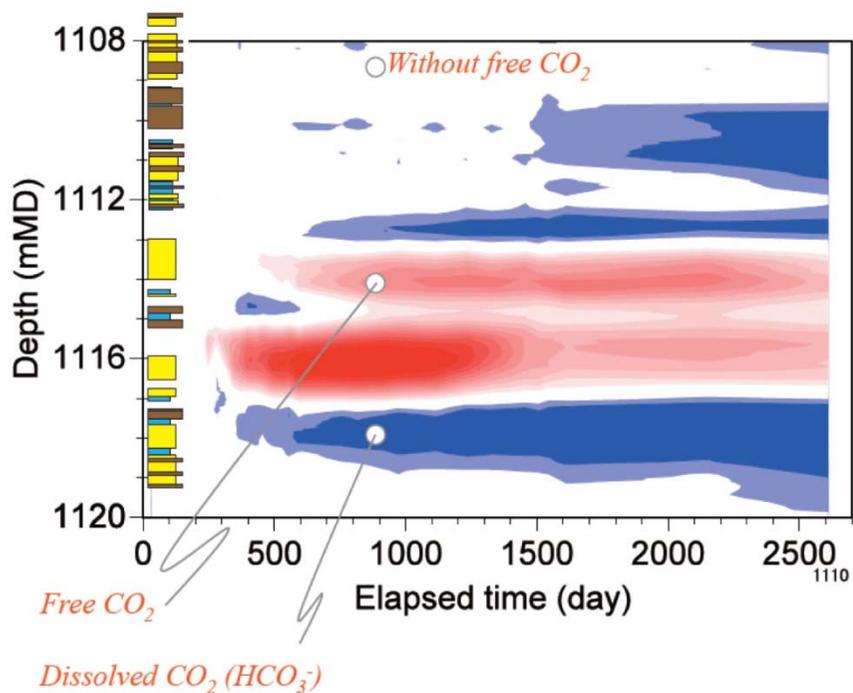
2010

2018

**Post-injection
monitoring**

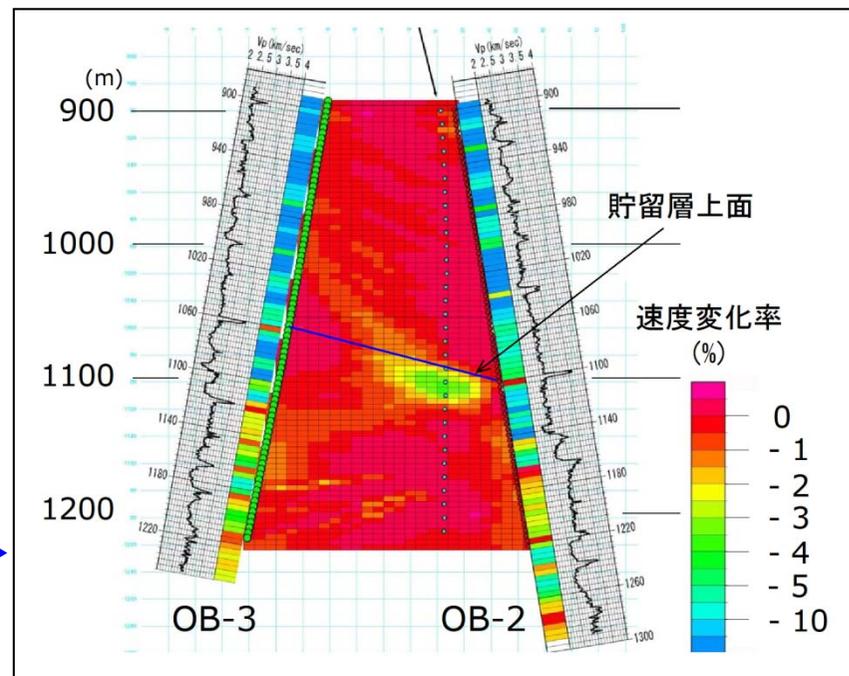


CO₂分布特性・長期挙動予測@長岡サイト



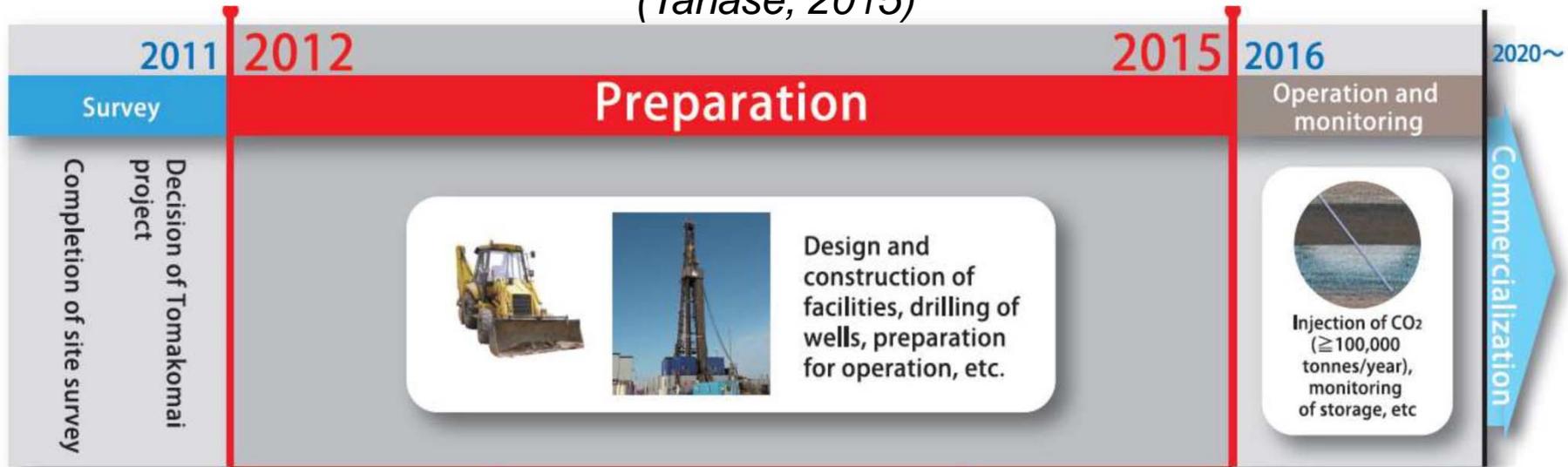
複雑な地層(砂泥互層)中のCO₂分布
及び地層水(化石海水)へのCO₂溶解

泥岩層が**キャップロック**となっており、
圧入されたCO₂は貯留層(砂岩層)に
留まっている(**長期的安定性**)。



CO₂地中貯留大規模実証試験@苫小牧サイト

(Tanase, 2015)



Construction of onshore facilities

Design, construction and commission of facilities necessary for capture and injection of CO₂.

Drilling of injection wells

Drilling of wells for injecting CO₂ into reservoirs deep sub-seabed.

Studies of regulations and standards for safety

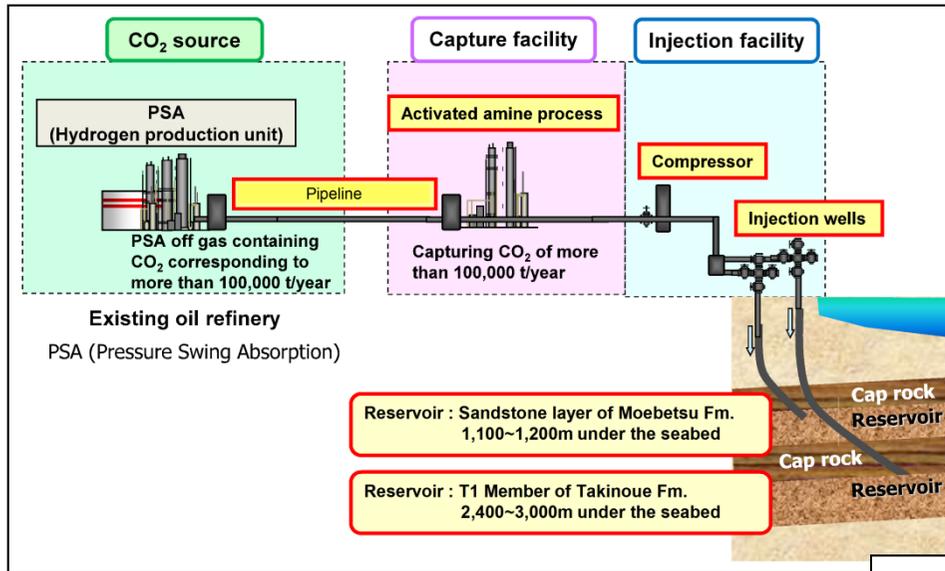
Review of laws and regulations, technical standards and guidelines related to CCS.

Baseline monitoring

Development of monitoring network for obtaining baseline data.

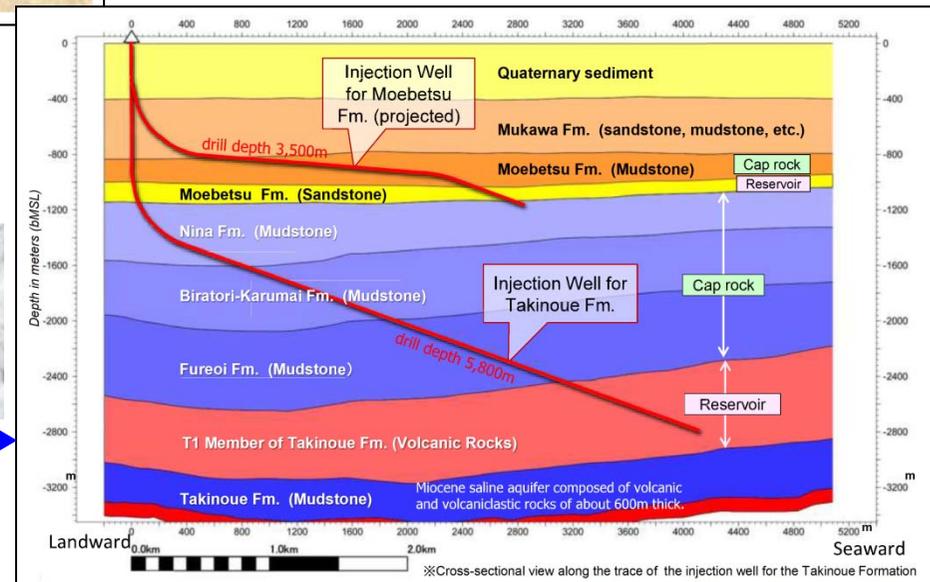
苫小牧大規模実証試験概要

(Tanase, 2015)

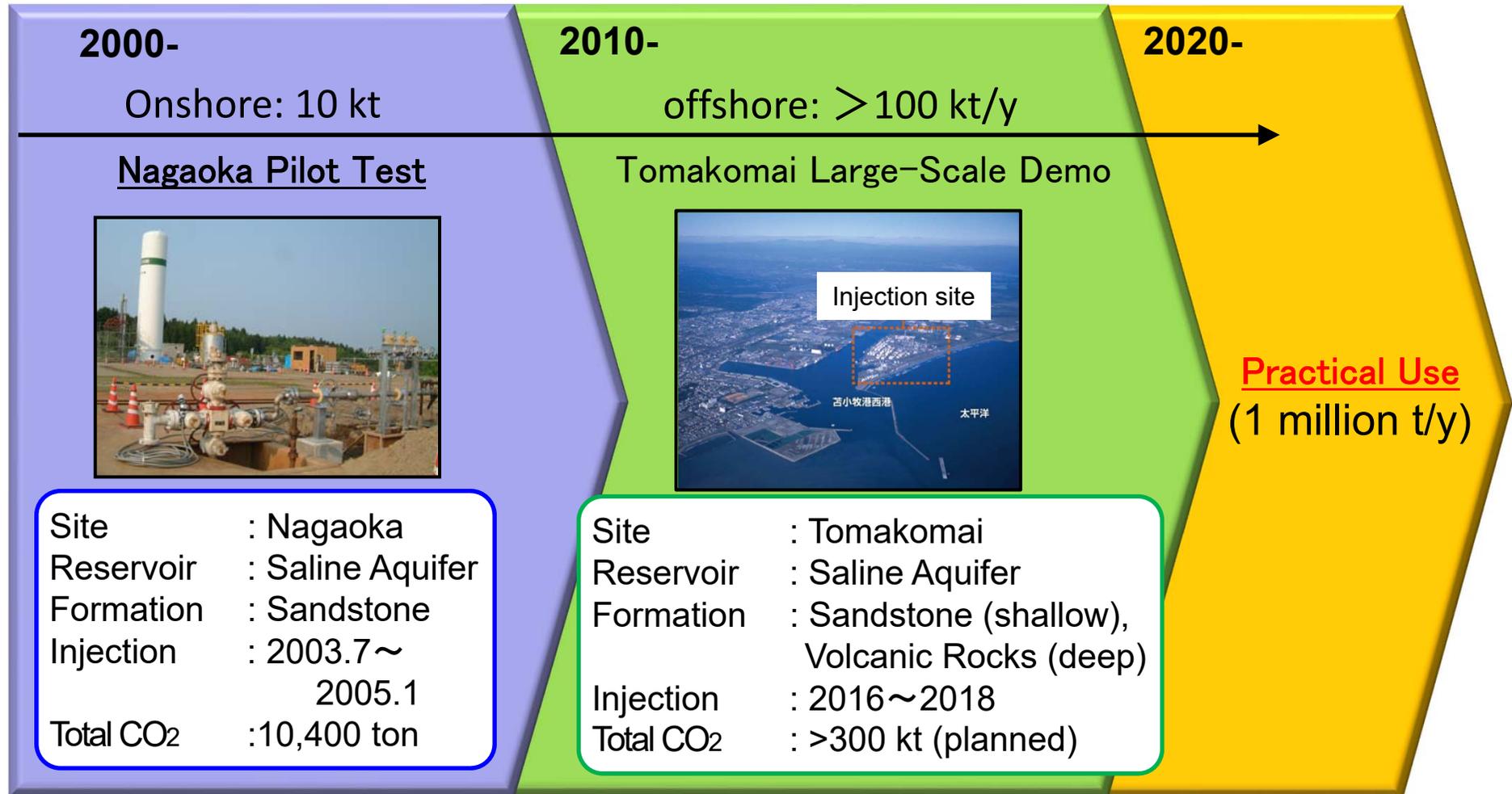


CO₂分離回収・輸送(パイプライン)・貯留の一貫システムの実証試験

陸上からの傾斜坑井から、岩相・深度が異なる2つの貯留層(萌別砂岩層、滝ノ上凝灰岩層)に計30万トンのCO₂圧入予定



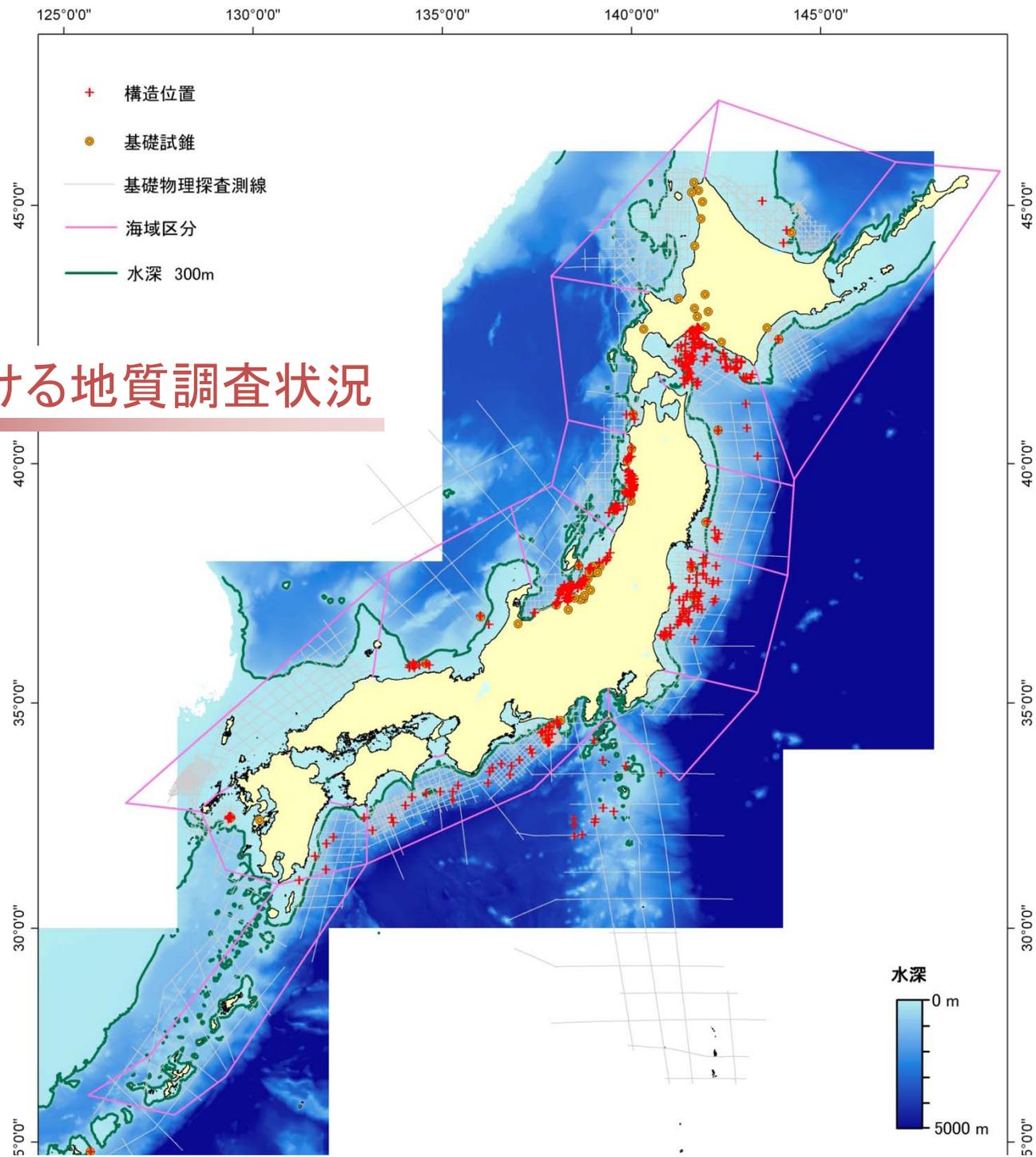
Pilot → Demo → Practical Use



目次

- CO₂地中貯留PJの推移と最新動向
 - ✓ 陸域・海域 / CO₂ソース / 事業者
- 地中貯留技術開発と日本の取り組み
 - ✓ 貯留層評価 & 安全性評価技術、長岡(陸域) & 苫小牧(海域)のCO₂圧入実証試験
- 地中貯留技術の実用化と事業化の課題
 - ✓ 政策支援、法整備、技術の不確実性やコスト & リスク低減、社会的受容性の向上

国内における地質調査状況



カテゴリー分類と貯留ポテンシャル試算(M1)

地質データ		カテゴリーA	カテゴリーB
油ガス田	坑井・震探データが豊富	A1 (旧1) 35億t-CO ₂	B1 (旧3) 275億t-CO ₂
基礎試錐	坑井・震探データあり	A2 (旧2) 52億t-CO ₂	
基礎物探	坑井データなし、震探データあり	A3 (旧4の一部) 214億t-CO ₂	B2 (旧4) 885億t-CO ₂
貯留概念図			
(参考) 実施状況		Weyburn(カナダ)等 長岡プロジェクト	Sleipner(ノルウェー)等
計		約300億t-CO ₂	約1,160億t-CO ₂

(注) 内陸盆地、湾(瀬戸内海、大阪湾、伊勢湾など)は対象外。B1、B2は水深200m以浅を対象。

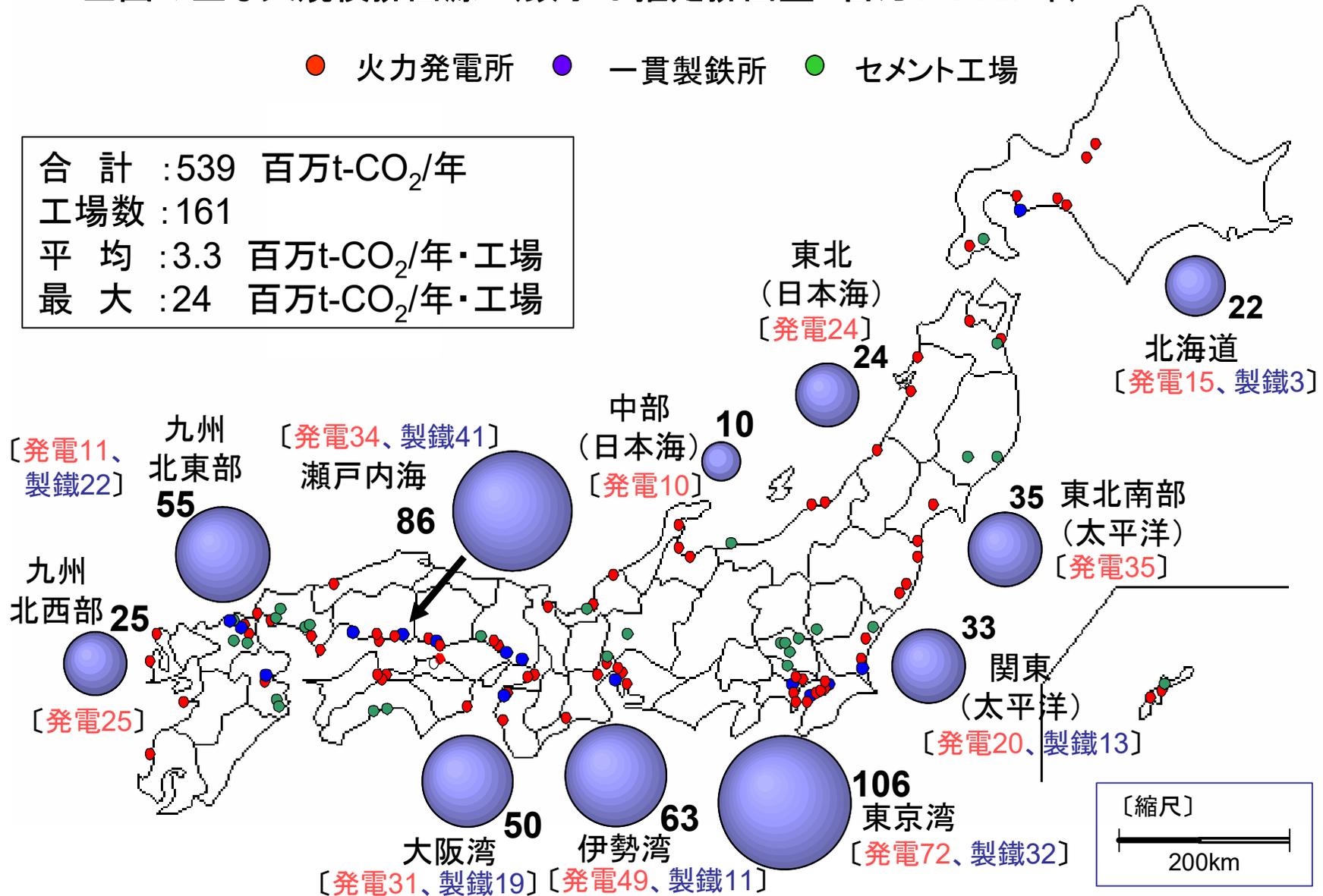
〔 カテゴリーA: シール層が期待され、かつクロージャーが想定される帯水層
 カテゴリーB: 連続的なシール層が期待される帯水層 〕

課題：排出源と貯留サイトのマッチング

全国の主な大規模排出源（数字は推定排出量 百万t-CO₂/年）

● 火力発電所 ● 一貫製鉄所 ● セメント工場

合計 : 539 百万t-CO₂/年
 工場数 : 161
 平均 : 3.3 百万t-CO₂/年・工場
 最大 : 24 百万t-CO₂/年・工場



貯留層評価における技術の不確実性 (地質的不確実性)

Uncertainty

Source: Shell

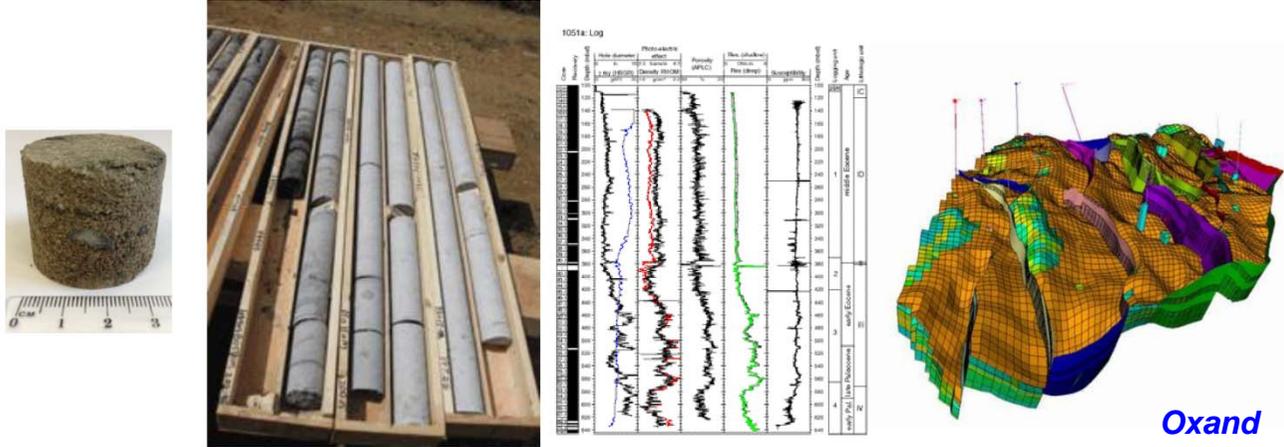
- Insufficient permeability – will only become apparent with the well has been drilled
- Insufficient connectivity – the further away the greater the exposure to this risk

貯留層の浸透率(圧入性): 坑井掘削後に判明

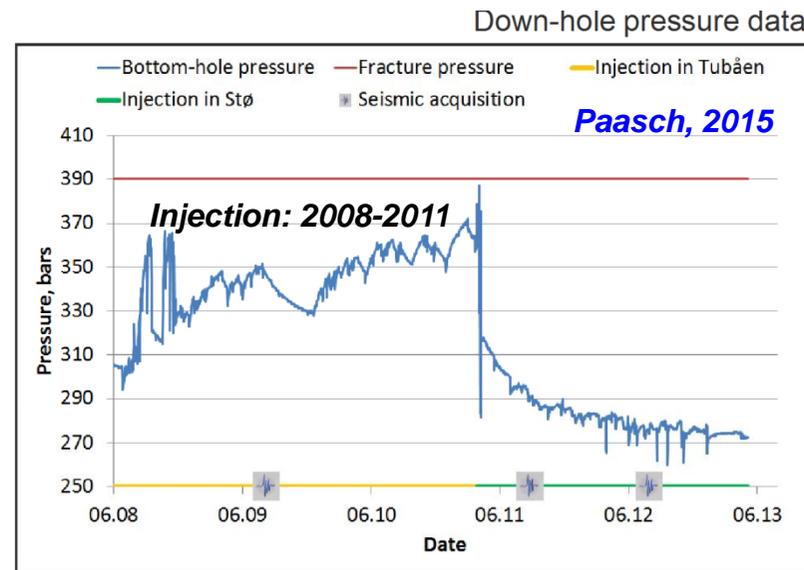
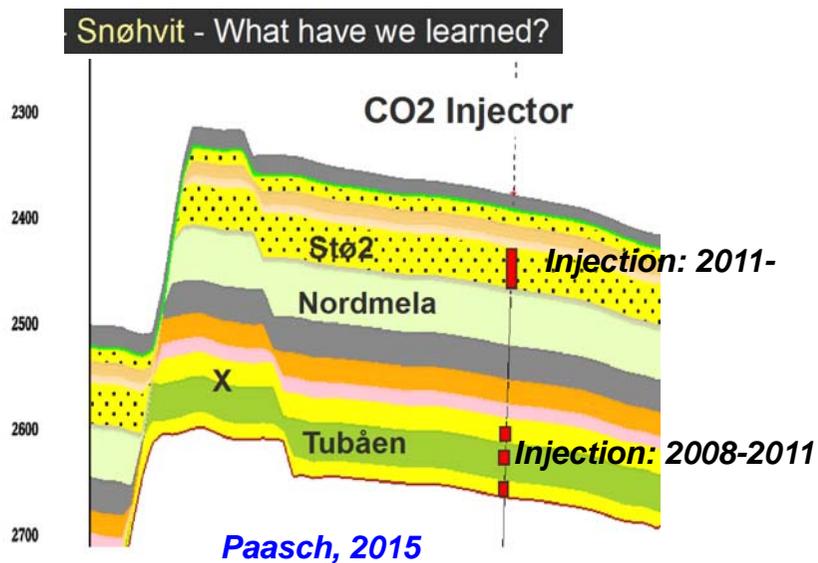
貯留層の連結性: 遠くほどよりリスクに現れる

どこまで貯留層評価ができればよいか

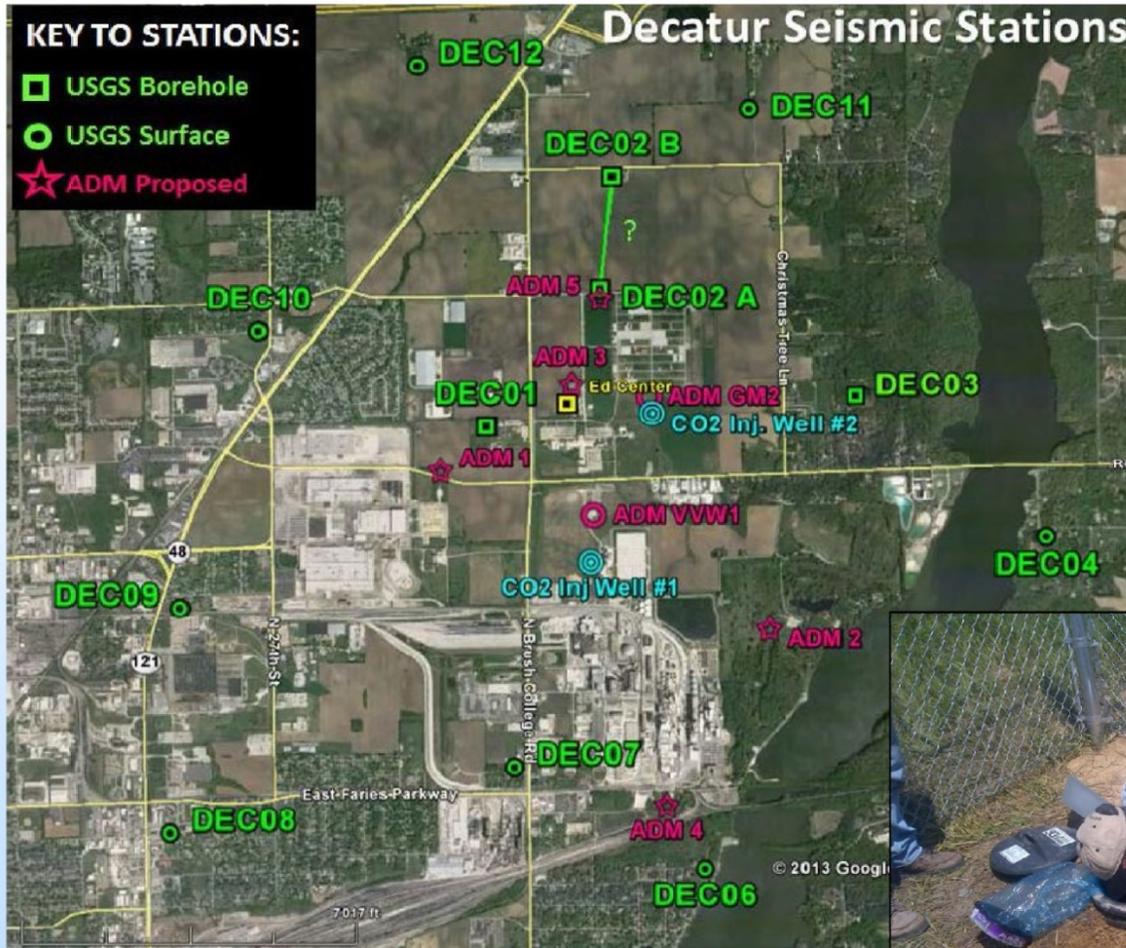
Storage Capacity & Injectivity @Snohvit



➤ Reservoir characterization: Heterogeneity and Injectivity



微小地震観測事例 @米国Decaturサイト



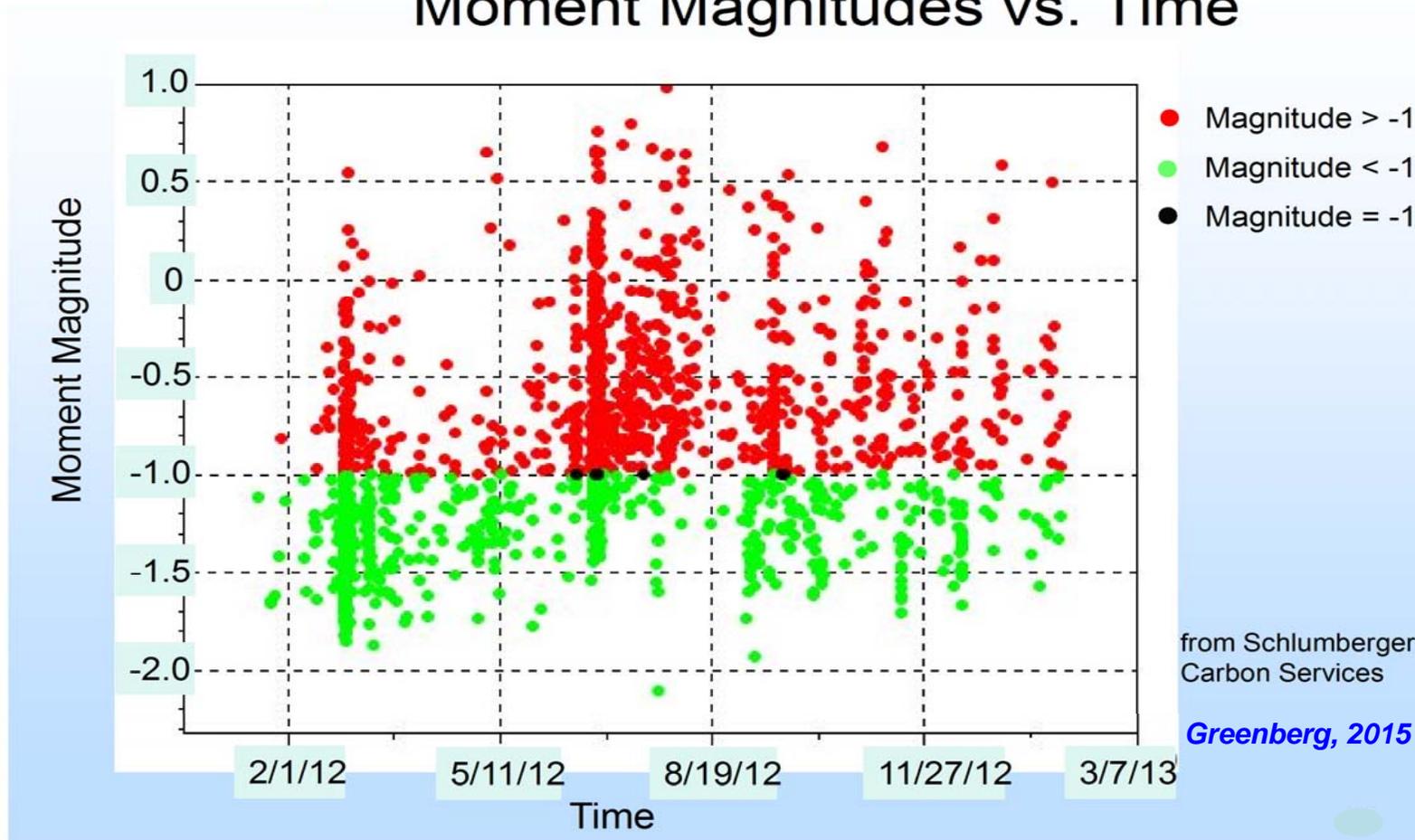
MGSC
Installed
Five
Surface
seismic
Stations:
ADM1-5
Finley, 2013

地上 & 地表浅部の観測機器
計: **17台**



米国Decaturサイトの微小地震観測事例

General Trends in Activity:
Moment Magnitudes vs. Time

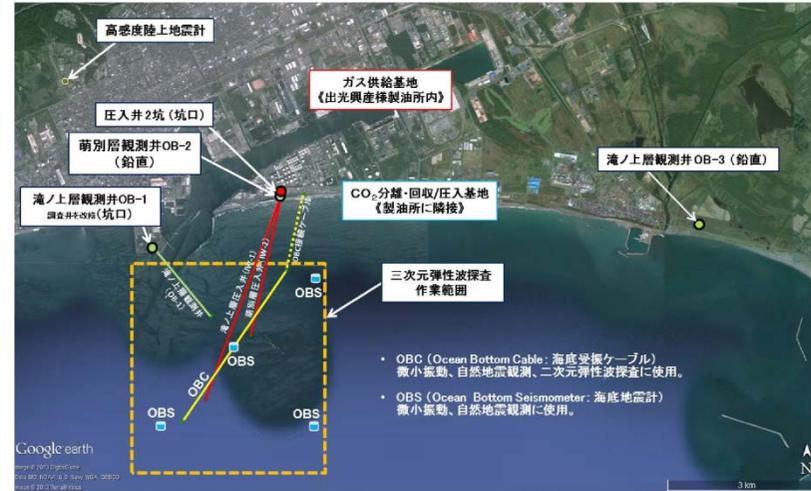
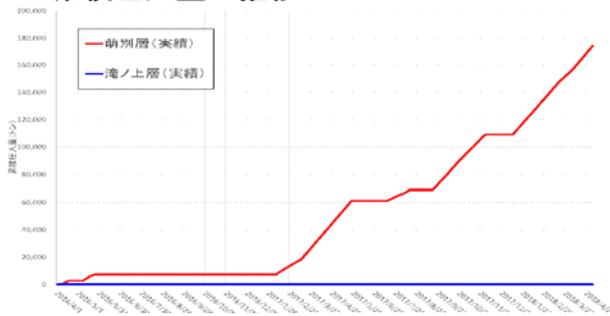


微小振動観測事例@苫小牧サイト

2018年4月の圧入実績と2018年5月の圧入計画

	月間圧入実績 (2018年4月)	月間圧入計画 (2018年5月)	累積圧入実績 (2018年4月末)
萌別層	18,149.2トン	13,500トン	174,133.4トン
滝ノ上層	0トン	0トン	37.2トン

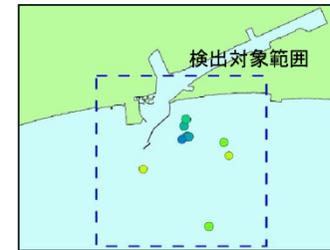
累積圧入量の推移



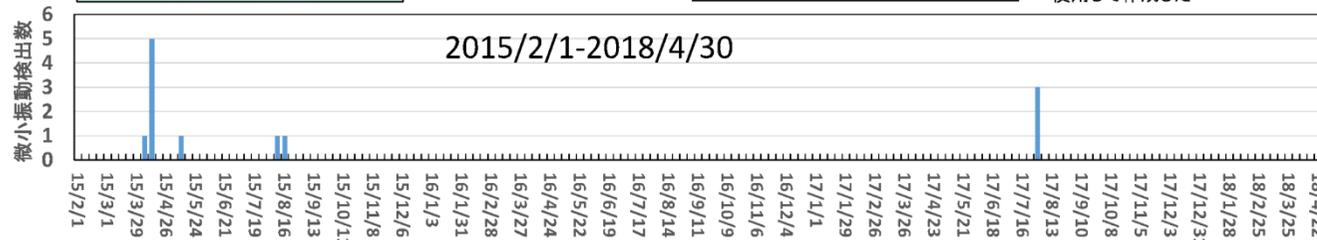
直近6ヶ月間(2017/11/1-2018/4/30)の分布



圧入前12ヶ月間(2015/2/1-2016/2/28)の分布

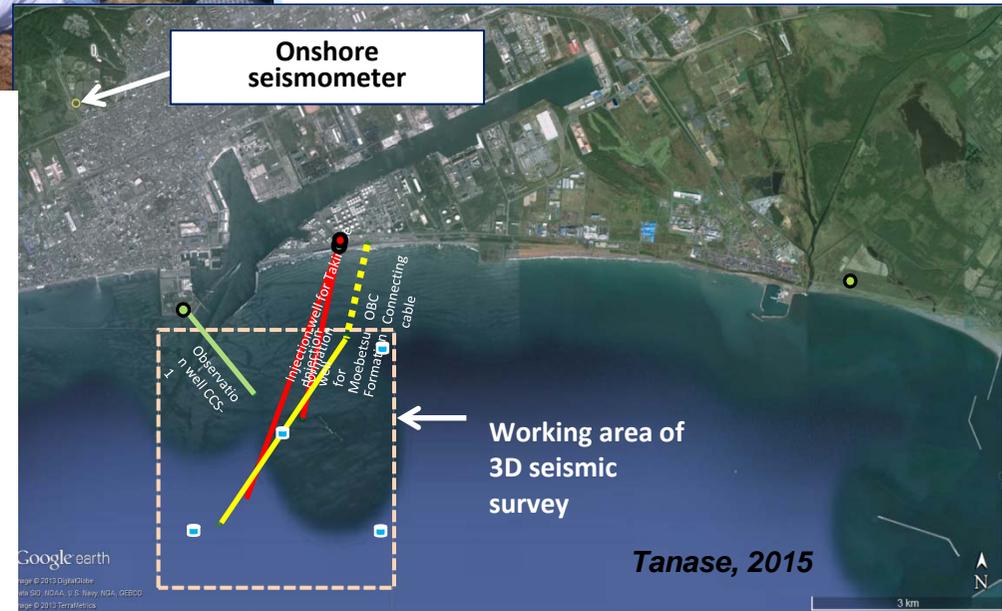
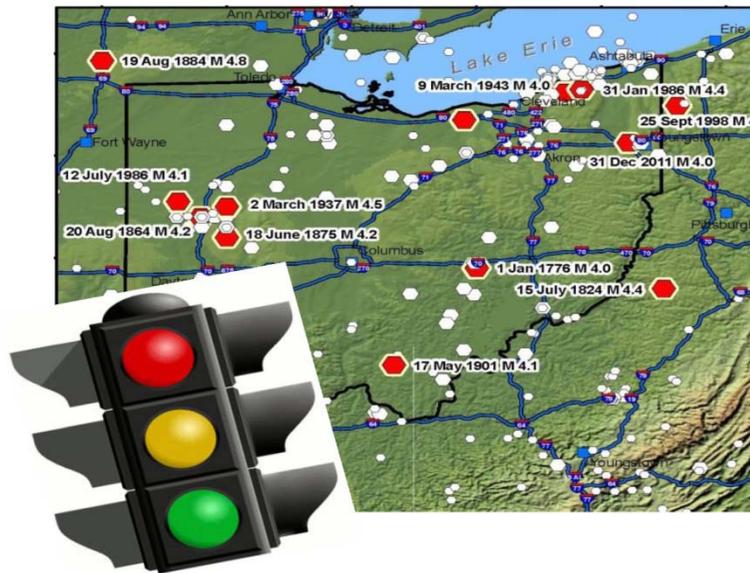
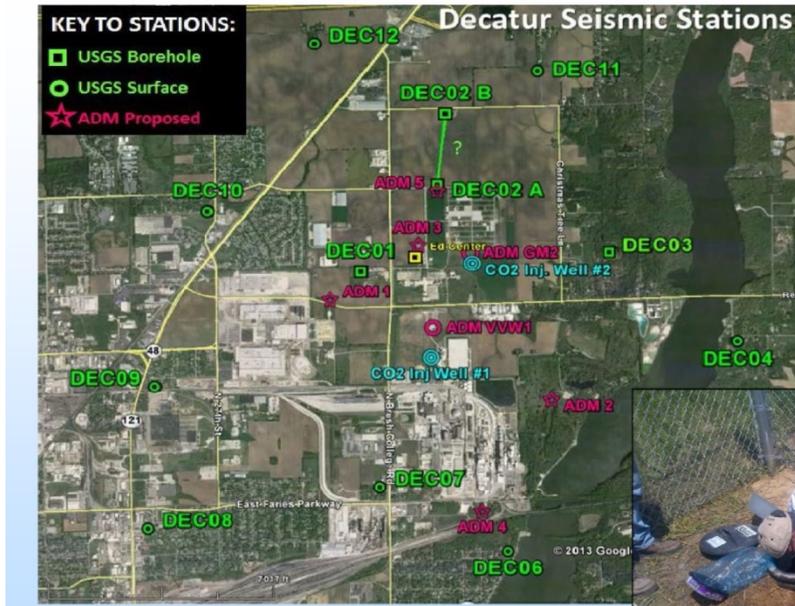


左の地図は、国土地理院
基盤地図情報海岸線データ
を使用して作成した



Advanced Traffic Light System

Gain Insights from Decatur (onshore) and Tomakomai (offshore) on Microseismic Monitoring, Ensure Safety of Saline Aquifer Storage !



実用化・事業化に向けての課題

◎ Technical Gap (技術的課題)

- ✓ Up-scaling(大規模化)技術の確立(実証試験 →→→ 事業化へ)
- ✓ IntegrationとDown-scaling(技術の統合と絞り込み)による実用化技術の確立(実証試験から得た知見を基に)
- ✓ 漏出検出・環境影響評価総合システム構築等(海防法への対応)

◎ Non Technical Gap (技術以外の課題)

- ✓ 社会受容性の獲得 → PO/PA手法の構築
- ✓ CCS実施の仕組み作り → 法体系の検討、政策的支援
- ✓ 社会的認知度の向上&人材育成 → 温暖化のリスク認識、長期的視点&グローバル戦略・対応

謝 辞

この成果は、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)
の委託業務の結果得られたものです。