

2050年カーボンニュートラルを支えるイノベーション  
革新的環境技術シンポジウム2025

---

CO<sub>2</sub>地中貯留技術の事業化に向けて  
ー技術実証 & 知見蓄積ー

---



二酸化炭素地中貯留技術研究組合 技術部長

Geological Carbon Dioxide Storage Technology Research Association

公益財団法人 地球環境産業技術研究機構 (RITE)

CO<sub>2</sub>貯留研究グループリーダー

せつ じきゅう

薛 自求

Ziqiu Xue (xue@rite.or.jp)



## US Energy Department Announces \$625M To Boost Coal

The US Department of Energy announced a \$625 million investment to expand America's coal industry, aiming to increase energy production and support coal communities.

September 30, 2025

Journal of Petroleum Technology



- \$350 million for projects to demonstrate readiness to recommission or modernize coal power units and provide near-term electric power reliability and capacity
- \$175 million for coal power projects that provide direct benefits of energy affordability, reliability, and resiliency in rural communities
- \$50 million to support the development and implementation of advanced wastewater management systems demonstrating scalable, cost-effective systems that enable coal plants to extend their service life, reduce operational costs, and enhance commercial byproduct recovery

"Beautiful, clean coal will be essential to powering America's reindustrialization and winning the AI race," Secretary of Energy Chris Wright said.

"These funds will help keep our nation's coal plants operating and will be vital to keeping electricity prices low and the lights on without interruption."

# CCS Technical Workshop 2026

**Moderator:** Prof. Toshifumi Matsuoka, Professor Emeritus, Kyoto University

12:15 -	Registration Open & Poster Exhibition	
13:00 - 13:05	Opening Remarks	Shinichi Hiramatsu President, Geological Carbon Dioxide Storage Technology Research Association (GCS)
13:05 - 13:10	Greetings from Co-organizer	Yoshinori Keino Director, CCS Policy office, Natural Resources and Fuel Department Agency for Natural Resources and Energy, the Ministry of Economy, Trade and Industry of Japan (METI)
13:10 - 13:15	Greetings from Co-organizer	Shigekazu Fukunaga Director General, Environment Department, New Energy and Industrial Technology Development Organization
13:15 - 13:20	Scene Setting	Toshifumi Matsuoka Professor Emeritus, Kyoto University
13:20 - 14:20	Presentation 1: The Role and Initiatives of R&D for CCS Commercialization (Tentative)	Ziqiu Xue Director, Technical Department, Geological Carbon Dioxide Storage Technology Research Association
14:20 - 15:20	Presentation 2: Latest Developments in CCS Projects and CCS Commercialization in North Dakota, USA (Tentative)	Kevin Connors Assistant Director for Regulatory Compliance and Energy Policy Energy and Environmental Research Center (EERC), University of North Dakota
15:20 - 16:00	Poster Session & Coffee Break	
16:00 - 17:00	Presentation 3: CCS Policy and Commercialization Support in the United States (Tentative)	U.S. Department of Energy (DOE) -TBC-
17:00 - 17:20	Presentation 4: Activities to Support Advanced CCS Projects (Toward Commercialization of CCS) (Tentative)	Ryuta Kitamura Director General, CCS Project Department Energy Business Unit Japan Organization for Metals and Energy Security (JOGMEC)
17:20 - 17:25	Wrap-up	Toshifumi Matsuoka Professor Emeritus, Kyoto University
17:25 - 17:30	Closing Remarks	Yoshiyuki Shimoda, Director, Geological Carbon Dioxide Storage Technology Research Association

Date/Time: January 21, 2026 (Wed.)  
13:00–17:30 (Registration: 12:15, JST, UTC+9)

## Access to the Venue

JP TOWER Hall & Conference

KITTE 4F, 2-7-2 Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo

<https://www.jptower-hall.jp/#access>

## Information

<https://www.rite.or.jp/en/news/events/2025/12/ccs2026.html>

**Invited Talk from FECM/DOE United States**





## Who Should Pay for Carbon Storage: Governments, Corporations, or the Taxpaying Public?

With the right governance, CCS funding can be a strategic tool to decarbonize hard-to-abate sectors, safeguard jobs, and help meet net-zero goals.

October 1, 2025 By Uzoma Johnpaul Ajugwe  
The Way Ahead



Funding for recent CCS projects comes from a mix of public incentives—tax credits, grants, state-backed infrastructure, and private investment from major energy corporations. These have helped kickstart projects, but also raise important questions: Can these sources sustain full-scale deployment? Are they truly accelerating decarbonization, or are they, in some cases, enabling continued fossil fuel extraction under a green banner?

*is Europe positioning to catch what the US is dropping?*

**INDUSTRIAL**EDGE the EU opening up ETS-backed capital for hydrogen, heat and net-zero manufacturing; a dedicated industrial-heat auction with performance-linked subsidies; Sweden backing hydrogen steel; Denmark accelerating cement CCS.

# CO<sub>2</sub>地中貯留技術

研究開発 →→ 実用化 →→ 事業化へ

実用化: 技術的に実施できる(使える、役立つ)

事業化: 収益が得られ、継続的にビジネス  
(法律、政策、市場)

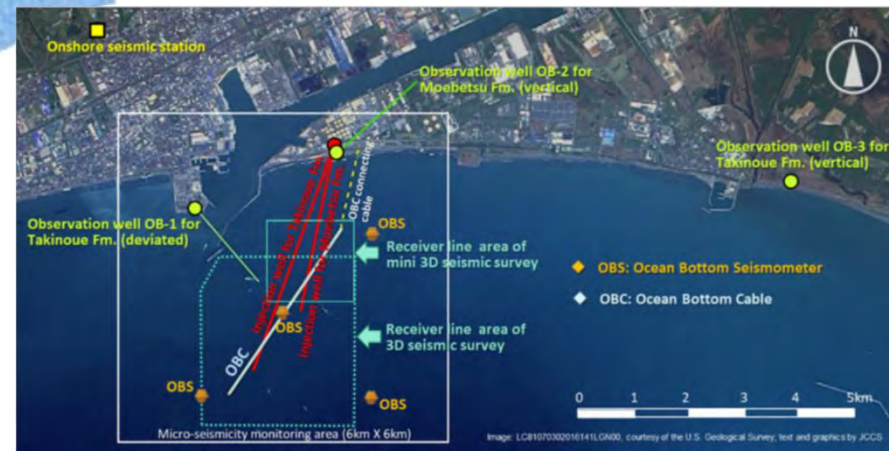
社会実装

10kt-CO<sub>2</sub>  
Nagaoka (onshore)



2000

2016



300kt-CO<sub>2</sub>  
Tomakomai (offshore)

Scaling up to Commercial  
(1Mt-CO<sub>2</sub>/y)

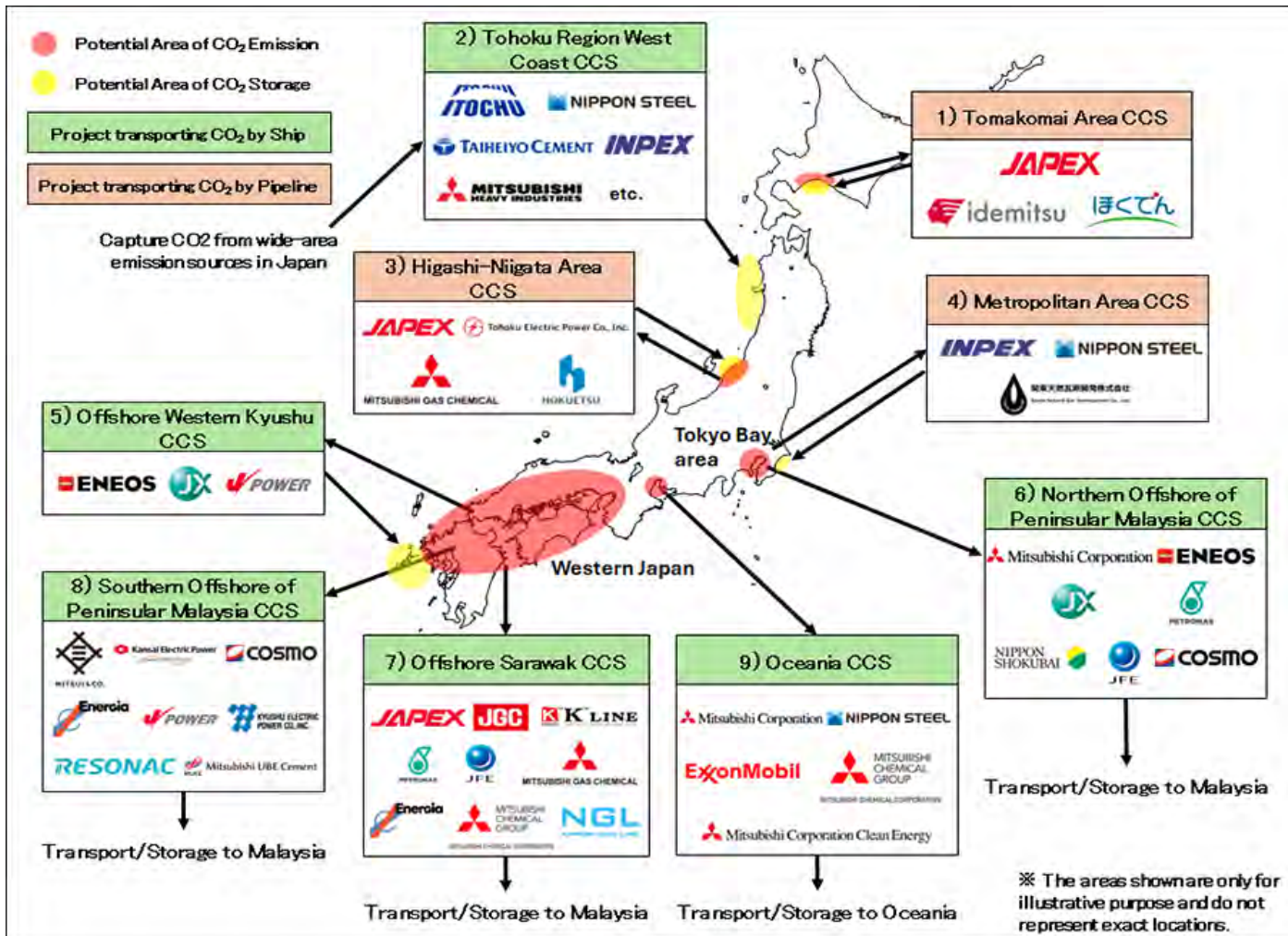
2030-  
先進的CCS事業  
国内事業展開

Available for  
Deployment



## Advanced Efforts for Commercialization of CCS

### - **Nine projects** Awarded as Japanese Advanced CCS Projects in 2024 -



Final Investment Decisions (FID) by **FY2026**, to achieve Japanese government **target of 6 to 12 Mtpa** of CO<sub>2</sub> storage by **2030**.

If cost issues lie with capture, risk issues lie with storage.

Questions about **Scale-up, Social License, Business models** for Commercialization of CCS in Japan.



## 背景・法律の概要

- ✓ 2050年カーボンニュートラルに向けて、今後、脱炭素化が難しい分野におけるGXを実現することが課題。こうした分野における化石燃料・原料の利用後の脱炭素化を進める手段として、CO<sub>2</sub>を回収して地下に貯留するCCS（Carbon dioxide Capture and Storage）の導入が不可欠。
- ✓ 我が国としては、2030年までに民間事業者がCCS事業を開始するための事業環境を整備することとしており（GX推進戦略 2023年7月閣議決定）、公共の安全を維持し、海洋環境の保全を図りつつ、その事業環境を整備するために必要な貯留事業等の許可制度等を整備する。

## 1. 試掘・貯留事業の許可制度の創設、貯留事業に係る事業規制・保安規制の整備

## (1) 試掘・貯留事業の許可制度の創設

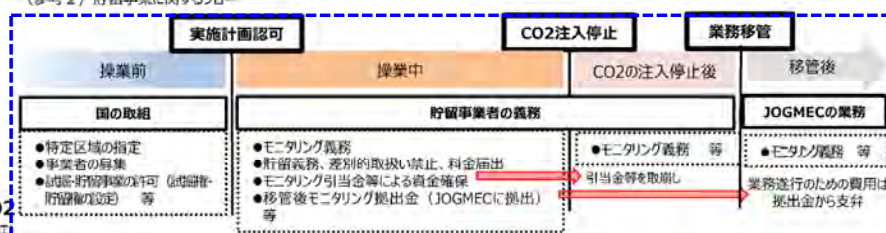
- ・ 経済産業大臣は、貯留層が存在する可能性がある区域を「特定区域」として指定※した上で、特定区域において試掘やCO<sub>2</sub>の貯留事業を行う者を募集し、これらを最も適切に行うことができると認められる者に対して、許可※を与える。
- ※ 海域における特定区域の指定及び貯留事業の許可に当たっては環境大臣に協議し、その同意を得ることとする。
- ・ 上記の許可を受けた者に、試掘権（貯留層に該当するかどうかを確認するために地層を掘削する権利）や貯留権（貯留層にCO<sub>2</sub>を貯留する権利）を設定する。CO<sub>2</sub>の安定的な貯留を確保するための、試掘権・貯留権は「みなし物権」とする。
- ・ 鉱業法に基づく探掘権者は、上記の特定区域以外の区域（鉱区）でも、経済産業大臣の許可を受けて、試掘や貯留事業を行うことを可能とする。

(参考1) CO<sub>2</sub>の貯留メカニズム

## (2) 貯留事業者に対する規制

- ・ 試掘や貯留事業の具体的な「実施計画」は、経済産業大臣（※）の認可制とする。
- ※ 海域における貯留事業の場合は、経済産業大臣及び環境大臣
- ・ 貯蔵したCO<sub>2</sub>の漏えいの有無等を確認するため、貯留層の温度・圧力等のモニタリング義務を課す。
- ・ CO<sub>2</sub>の注入停止後に行うモニタリング業務等に必要な資金を確保するため、引当金の積立て等を義務付ける。
- ・ 貯留したCO<sub>2</sub>の挙動が安定しているなどの要件を満たす場合には、モニタリング等の貯留事業場の管理業務をJOGMEC（独立エネルギー・金属鉱物資源機構）に移管することを可能とする。また、移管後のJOGMECの業務に必要な資金を確保するため、貯留事業者に対して提出金の納付を義務付ける。
- ・ 正当な理由なく、CO<sub>2</sub>排出者からの貯留依頼を拒むことや、特定のCO<sub>2</sub>排出者を差別的に取扱うこと等を禁止するとともに、料金等の届出義務を課す。
- ・ 技術基準適合義務、工事計画届出、保安規程の策定等の保安規制を課す。
- ・ 試掘や貯留事業に起因する賠償責任は、被害者救済の観点から、事業者の故意・過失によらない賠償責任（無過失責任）とする。

(参考2) 貯留事業に関するフロー

2. CO<sub>2</sub>の導管輸送事業に係る事業規制・保安規制の整備

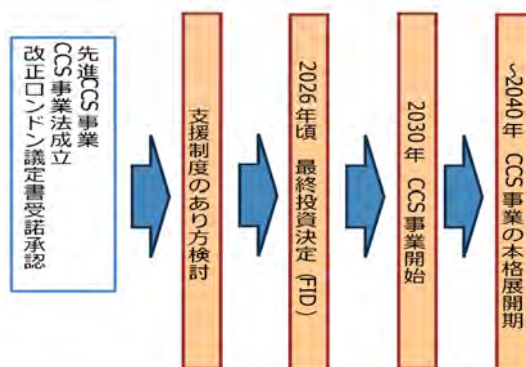
## (1) 導管輸送事業の届出制度の創設

- ・ CO<sub>2</sub>を貯留層に貯留することを目的として、CO<sub>2</sub>を導管で輸送する者は、経済産業大臣に届け出なければならないものとする。

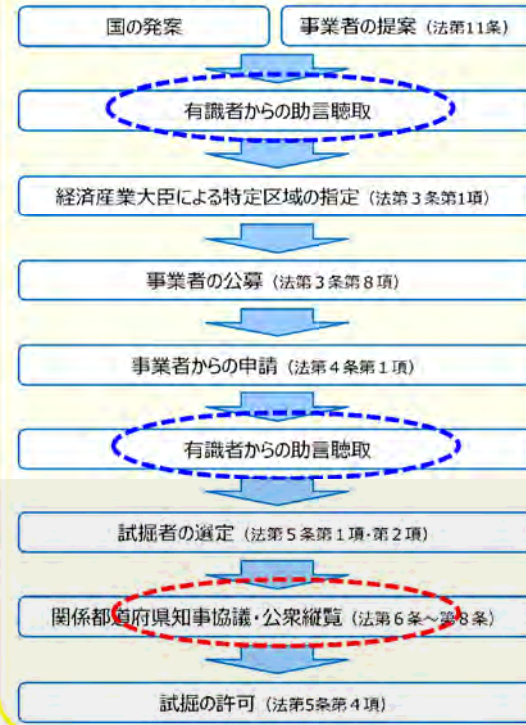
## (2) 導管輸送事業者に対する規制

- ・ 正当な理由なく、CO<sub>2</sub>排出者からの輸送依頼を拒むことや、特定のCO<sub>2</sub>排出者を差別的に取扱うこと等を禁止するとともに、料金等の届出義務を課す。
- ・ 技術基準適合義務、工事計画届出、保安規程の策定等の保安規制を課す。

※海洋汚染防止法におけるCO<sub>2</sub>の海底下廃棄に係る許可制度は、本法律に一元化した上で、海洋環境の保全の観点から必要な対応について環境大臣が共管する。



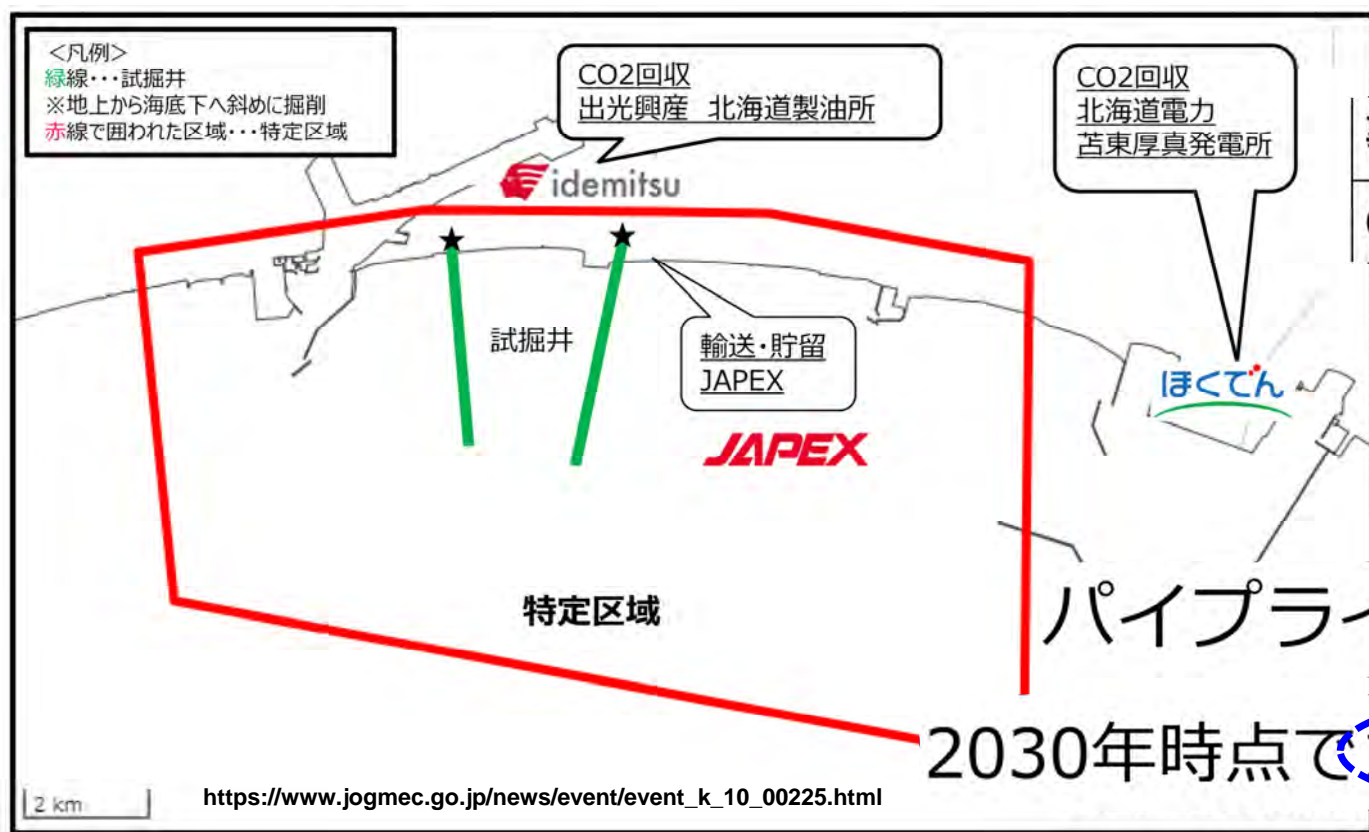
## &lt;試掘許可の手続フロー&gt;





## TomaCO<sub>2</sub>mai CCS Project の概要

- 石油資源開発、出光興産、北海道電力の3社でCCSバリューチェーン全体の検討を実施（CO<sub>2</sub>分離回収・パイプライン輸送・圧入貯留・モニタリング）
- 苫小牧地域において、**2030年までに150～200万トンの貯留開始を目指す**



事業化判断年度	2026年度末を想定
CO <sub>2</sub> 貯留開始年度	2030年中を想定

パイプラインによる気相CO<sub>2</sub>輸送

2030年時点で150～200万トン/年を想定



## CO2貯留で九十九里沖指定 苫小牧市沖に続き 経産省

9/17(水) 17:18 配信 8



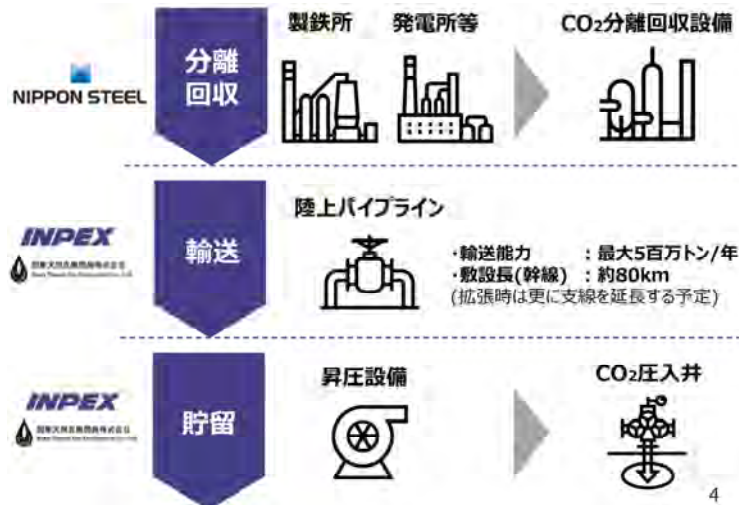
[https://www.jogmec.go.jp/news/event/event\\_k\\_10\\_00225.html](https://www.jogmec.go.jp/news/event/event_k_10_00225.html)

経済産業省は17日、二酸化炭素（CO2）を回収して地中深くに貯留する技術「CCS」の実用化に向け、千葉県の九十九里沖を特定区域に指定したと発表した。

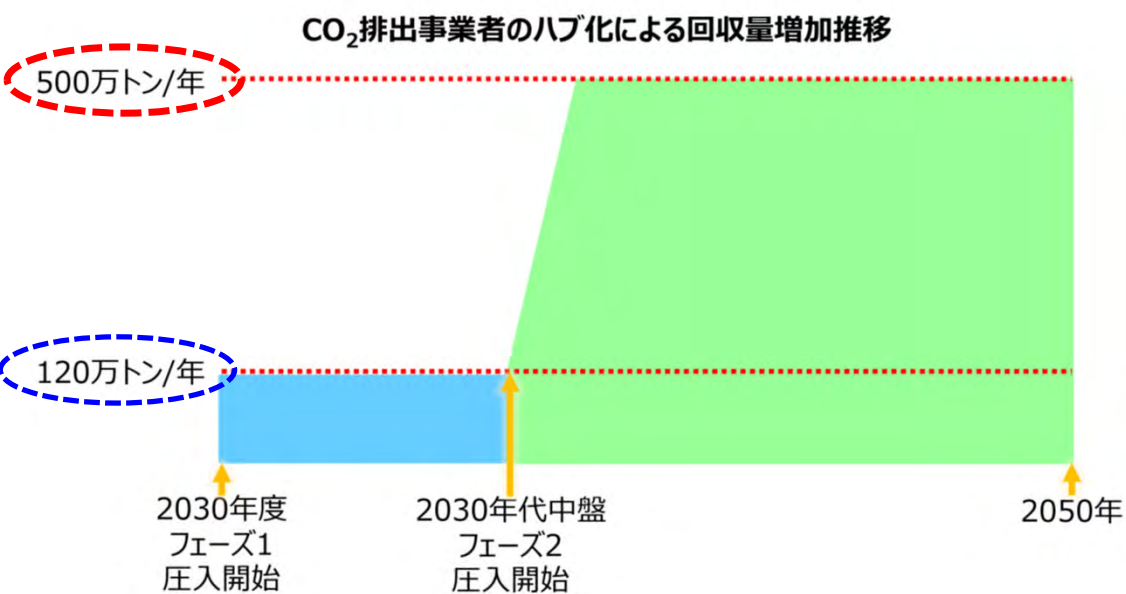
指定はCCS事業法に基づくもので、2月の北海道苫小牧市沖に続いて2件目。早ければ今年度中に試掘が始まる見通しだ。

事業者からの試掘許可申請の受け付けを同日始めた。九十九里沖では資源開発大手INPEXなどのグループが事業化を検討している。

経済産業省 = 東京都千代田区



- シミュレーションの結果によりCO<sub>2</sub>貯留層の不確実性低減を図るため、評価井は2坑
- 評価井の掘削位置(想定)：外房沖の5～15 kmの地点(水深20～30m)

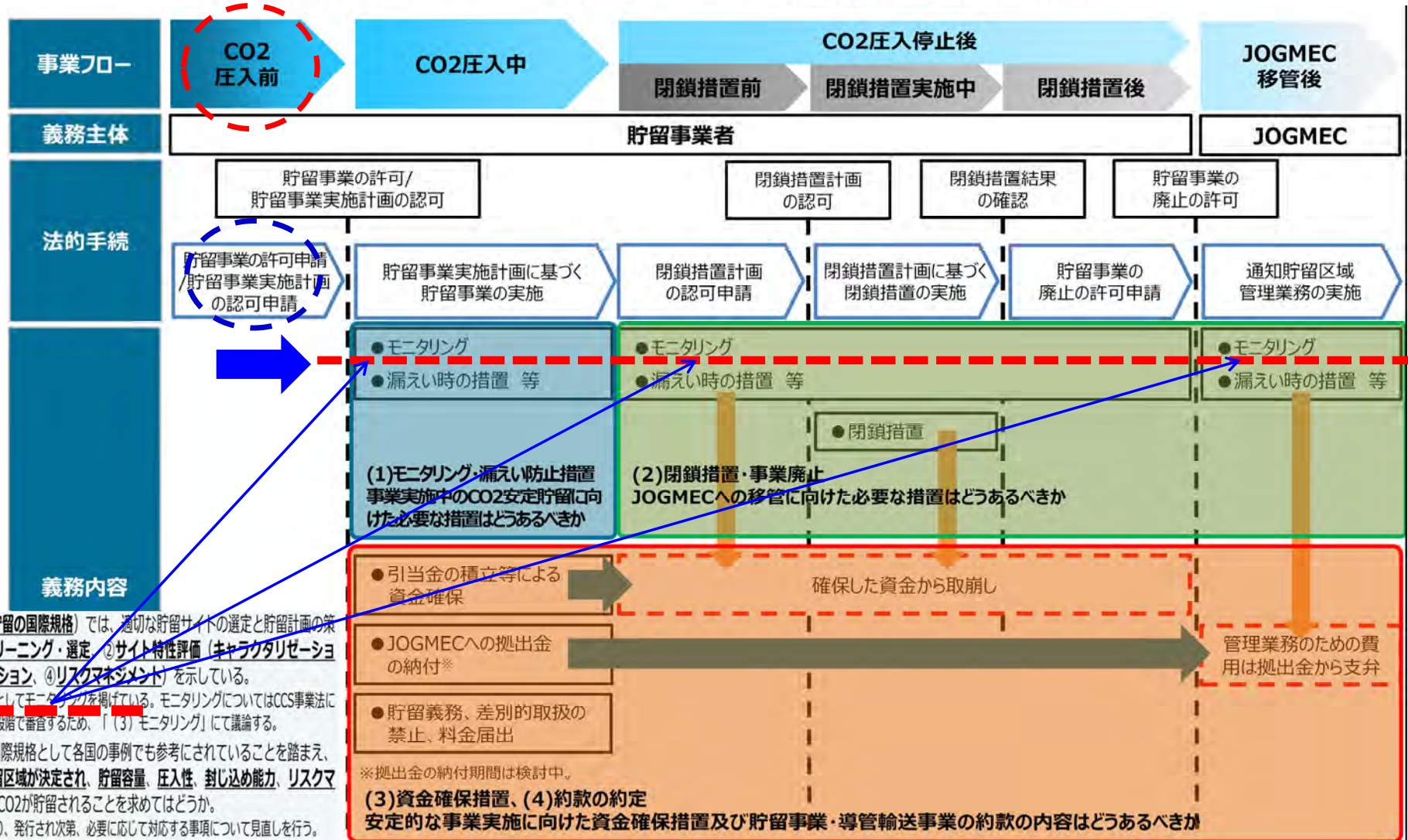


- 評価井の掘削結果を受けて、圧入井数の追加、別層準への圧入検討



# CCS事業法の貯留事業の制度概要

METI, 2025



- ISO27914（2017・CO2地中貯留の国際規格）では、適切な貯留サイトの選定と貯留計画の策定に向けた手順（①サイトスクリーニング・選定、②サイト特性評価（キャラクターゼーション）、③モデリング・シミュレーション、④リスクマネジメント）を示している。  
※ ISO27914ではこれらに続く手順としてモニタリングを掲げている。モニタリングについてはCCS事業法においては貯留事業実施計画の認可段階で審査するため、「(3)モニタリング」にて議論する。
- 貯留事業の許可に当たっては、国際規格として各国の事例でも参考にされていることを踏まえ、ISO27914を参考に、適切な貯留区域が決定され、貯留容量、圧入性、封じ込め能力、リスクマネジメントの観点から、安定的にCO2が貯留されることを求めているかどうか。  
※ ISO27914は改訂が議論されており、発行され次第、必要に応じて対応する事項について見直しを行う。

# <モニタリングの目的>

①	圧入したCO2が貯留層内に安定的に貯留されているかを確認する。
②	圧入したCO2が予測と整合的に挙動しているかを確認する。
③	予測から著しい乖離が生じた場合、その原因を把握し、今後発生し得る事象を評価する。
④	海洋環境及び陸域への影響の可能性を確認する。

## <モニタリングの対象と項目・方法の例>

モニタリング対象	モニタリング項目※1の例	モニタリング方法※1の例	頻度の例※2
<ul style="list-style-type: none"> <li>CO2の成分・流量・濃度</li> <li>温度・圧力</li> <li>坑井健全性※3※4</li> <li>地下の揺れ※3</li> <li>CO2の位置及び範囲</li> <li>海洋環境及び陸域※3の状況</li> </ul>	①～④の目的に照らし、 <ul style="list-style-type: none"> <li>坑口や坑底等の温度・圧力</li> <li>アニュラス圧力</li> <li>微小振動</li> <li>貯留区域内のCO2挙動</li> <li>貯留区域外へのCO2移動</li> <li>地下水、水質、海洋生物・生態系等から適切な項目を選択</li> </ul>	①～④の目的に照らし、 <ul style="list-style-type: none"> <li>坑井に設置した計測機器での温度・圧力計測</li> <li>坑井に設置した光ファイバーでの振動・温度・ひずみ計測</li> <li>坑井における物理検層</li> <li>振動計測</li> <li>弾性波探査</li> <li>シミュレーション</li> <li>地層水分析</li> <li>気泡調査</li> <li>採水・採泥分析等から適切な方法を選択</li> </ul>	項目及び方法に応じて、 <ul style="list-style-type: none"> <li>連続計測により実施</li> <li>通常時において定期的に実施</li> <li>懸念時・異常時の状況に応じて実施</li> </ul> 等から適切な頻度を選択

モニタリング対象	圧入前 (初期ベースライン)	圧入中			圧入停止後		
		通常時	懸念時	異常時	通常時	懸念時	異常時
CO2の成分・流量・濃度		○	□	□			
温度・圧力	○	○	□	□	○	□	□
坑井健全性	○	○	□	□	○	□	□
地下の揺れ	○	○	□	□	○	□	□
CO2の位置及び範囲	○	○	□	□	○	□	□
海洋環境及び陸域の状況	○	○	□	□	○	□	□



# 二酸化炭素の地下貯蔵の保安措置に関するガイドラインの提案

## 第4回二酸化炭素貯留事業等安全小委員会



### 技術実証

@国内外サイト



有効性・優位性  
運用実績  
データ・知見蓄積

コスト削減



国内CCS事業へ  
実用化

### (1) 二酸化炭素の適切な注入のための注入計画の策定

公共の安全の維持に支障を及ぼさないよう、著しい地下の揺れ<sup>※1</sup>の発生、地表や海底面の著しい変形を防止する観点から、以下の3つに留意した注入計画（注入計画には、坑井数、坑井配置、注入圧力、各坑井からの想定注入レート等が含まれる）を設定するものとする。

どの技術、どこまで検出できるか

- ① 二酸化炭素の注入によって遮蔽層に大規模なき裂等を生成させることを防止する観点
- ② 二酸化炭素の注入によって既存の断層等の地層不連続面を著しく滑らせることを防止する観点
- ③ 二酸化炭素の注入によって地層を著しく膨張させることを防止する観点

### (2) モニタリング計画の策定

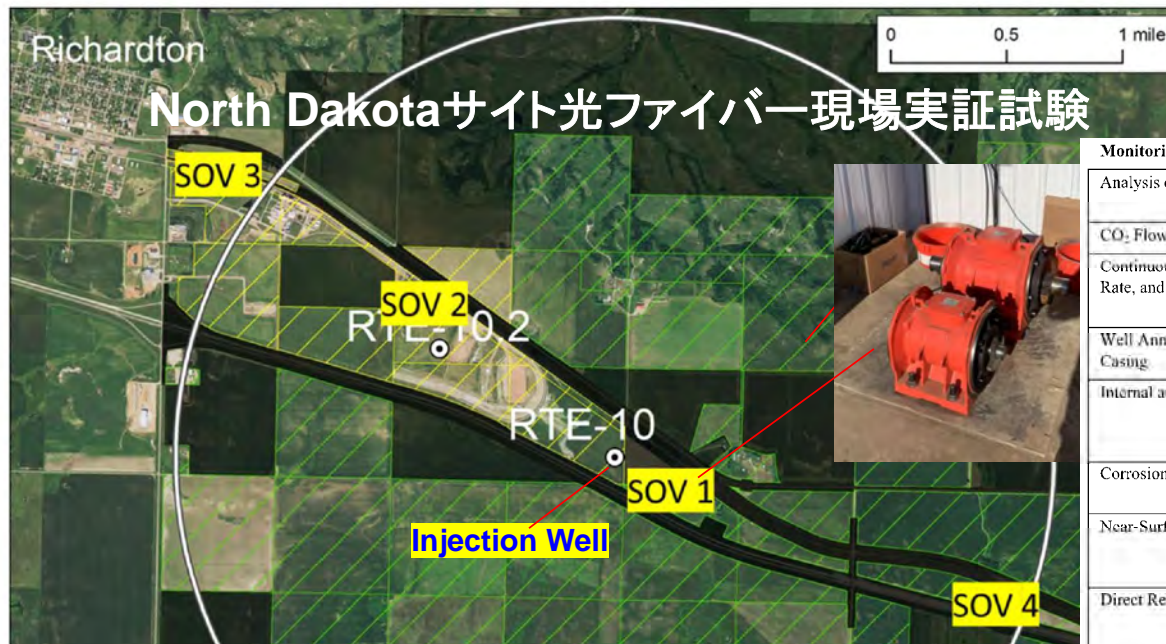
上記3つの観点について、事前の予測と整合的であるかを確認するため、坑底の圧力等の必要な事項についてのモニタリング計画を用意する。

### (3) 判断基準及び対応手順計画の策定

モニタリングの結果によって通常挙動からの乖離が見られた際に、二酸化炭素の注入を一時停止するといった対応手順とその判断基準を用意する。

# North Dakotaサイト光ファイバーマルチセンシング(音響・温度・ひずみ)技術の実証試験

## Fiber Optic Multi-Sensing (DTS, DAS, DSS) and Permanent Monitoring for CO<sub>2</sub> Storage



### Summary of the Underground Injection Control (UIC) Class VI Permit MVA Program

Monitoring Type	RTE Monitoring Program	Structure/Project Area
Analysis of Injected CO <sub>2</sub>	Compositional and isotopic analysis of the injected CO <sub>2</sub> stream	Wellhead
CO <sub>2</sub> Flowline	<b>DTS/DAS and DSS</b>	Capture facility to the wellsite
Continuous Recording of Injection Pressure, Rate, and Volume	Surface pressure/temperature gauges and a flowmeter installed at the wellhead with shutoff alarms	Surface to reservoir (injection well)
Well Annulus Pressure Between Tubing and Casing	Annular pressure gauge for continuous monitoring	Surface to reservoir (injection well)
Internal and External Mechanical Integrity	Tubing-casing annulus pressure testing (internal) <b>DTS/DAS fiber-optic cable</b> , ultrasonic imager tool (USIT) (external)	Well infrastructure
Corrosion Monitoring	Flow-through corrosion coupon test system for periodic corrosion monitoring	Well infrastructure
Near-Surface Monitoring	Groundwater wells in the area of review (AOR) dedicated to Fox Hills monitoring wells and soil gas sampling and analyses	Near-surface environment, USDWs
Direct Reservoir Monitoring	Wireline logging, external downhole pressure and temperature gauges, and <b>DTS/DAS fiber-optic cable</b>	Storage reservoir
Indirect Reservoir Monitoring	Time-lapse geophysical surveys, gravity surveys, InSAR and passive seismic measurements	Entire storage complex

CO<sub>2</sub> Injection Started: June 16 2022, 180k ton-CO<sub>2</sub> /year

### Optimize geologic storage operations

US/DOE

- Higher resolution and quantification (e.g., improve characterization of faults and fractures)
- Geomechanics (pressure and state of stress)
- Enabling real-time decision making

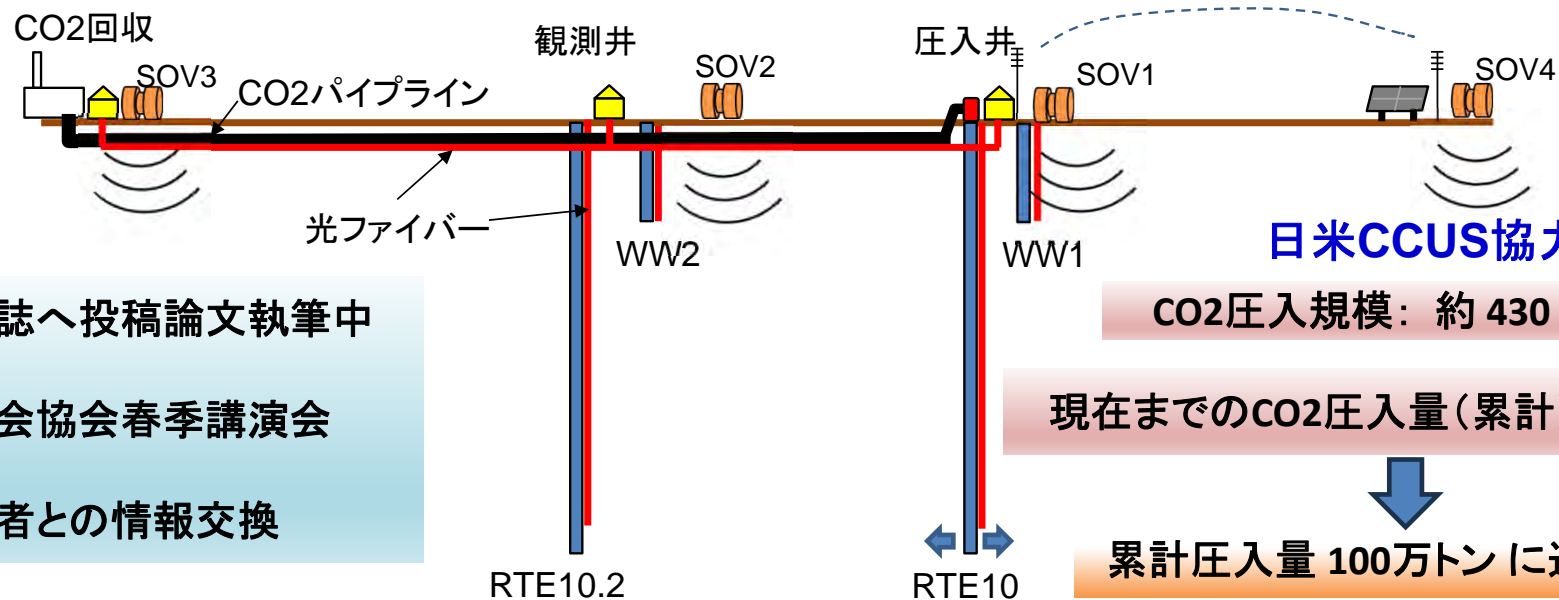


Richards et al\_(2022)

**Class VI Approved  
1st Permit in North Dakota  
(Oct. 2021)**



# 光ファイバーマルチセンシングによるCO<sub>2</sub>モニタリング



- 国内外専門誌へ投稿論文執筆中
- 石油技術協会協会春季講演会
- 先進的事業者との情報交換

DAS (音響計測)	CO <sub>2</sub> プルームの広がり把握 (DAS/VSP)
DSS (ひずみ計測)	坑井健全性、貯留層/遮蔽層安定性監視、CO <sub>2</sub> 挙動監視
DTS (温度計測)	坑井やパイプラインの健全性監視 (パーマネント監視システム)

# RTE's MRV plan (1/2) : RTE, 2022

圧入前(1年間) 圧入中(20年間) 圧入後(10年間)

Table 4-1. Summary of RTE's CCS Monitoring Strategy

Method (target area/structure)	Pre-Injection (Baseline – 1 year)	Injection Period (20 years)	Post-Injection (10 years)
CO <sub>2</sub> Stream Analysis (capture)	Start-up	Real-time	NA <sup>1</sup>
Surface Pressure Gauges and Temperature Sensors (RTE-10, RTE-10.2, and flowline)	NA	Real-time	NA
Mass/Volume Flowmeters (RTE-10 and flowline)	NA	Real-time	NA
Downhole Pressure Gauges and Temperature Sensors (RTE-10 and RTE-10.2)	NA	Real-time	Real-time until plume stabilization is demonstrated
<u>DTS/DAS Fiber (RTE-10 and RTE 10.2, dedicated Fox Hills monitoring wells and flowline)</u>	NA	<u>Real-time</u>	Real-time DTS until well plugging and site reclamation
Visual Inspections (flowline)	Start-up	Quarterly	Quarterly
Corrosion Coupons (flowline)	NA	Quarterly	NA
SCADA <sup>2</sup> Automated Remote System (surface facilities)	Start-up	Real time	NA
Soil Gas Analysis (AOR)	Three to four seasonal samples adjacent to each RTE well	Three to four seasonal samples per year adjacent to each well	Three to four seasonal samples every 3 years adjacent to each well
Water Analysis: Shallow Aquifers (AOR)	Three to four seasonal sample events per water wells closest to RTE-10	Once per year during years 1 through 3 and 5, <u>then every 5</u> years thereafter. Other water wells may be phased in based on CO <sub>2</sub> plume migration.	Three to four sample events at cessation of injection and before site closure
Water Analysis: Lowest USDW (AOR)	Three to four sample events per dedicated Fox Hills monitoring well adjacent to each RTE well	Once per year during years 1 through 3 and 5, then every 5 years thereafter	Three to four sample events at cessation of injection and before site closure
Cement Bond Logs (RTE-10 and RTE-10.2)	After cementing	If needed	Prior to P&A <sup>3</sup>

Continued . . .



## RTE's MRV plan (2/2) : RTE, 2022

圧入前(1年間) 圧入中(20年間) 圧入後(10年間)

Table 4-2. Summary of RTE's CCS Monitoring Strategy (continued)

Method (target area/structure)	Pre-Injection (Baseline – 1 year)	Injection Period (20 years)	Post-Injection (10 years)
Annular Pressure Test (RTE-10 and RTE-10.2)	Prior injection	Perform during workovers but not more than once every 5 years	Perform during workovers but not more than once every 5 years
<u>Pulsed-Neutron Logs (RTE-10 and RTE-10.2)</u>	Baseline	Every 5 years in RTE-10.2 and as needed in RTE-10	<u>Every 5 years in RTE-10.2 and as needed in RTE-10</u>
Ultrasonic Imager Logs (RTE-10 and RTE-10.2)	Baseline	Perform during workovers but not more than once every 5 years	Perform during workovers but not more than once every 5 years
Pressure Falloff Test (RTE-10)	Prior to injection	Every 5 years	Prior to P&A
<u>Time-Lapsed Seismic Surveys (AOR)</u>	Baseline	Every 5 years	<u>Every 5 years</u>
Surface Seismometers (AOR)	Baseline	Real-time	Real-time
InSAR <sup>4</sup> (AOR)*	Baseline	Real-time	Real-time
Gravity Surveys (AOR)*	Baseline	TBD <sup>5</sup> – repeat survey at least once	TBD

\* If feasible.

<sup>1</sup> Not applicable.

<sup>2</sup> Supervisory control and data acquisition.

<sup>3</sup> Plugged and abandoned.

<sup>4</sup> Interferometric synthetic aperture radar.

<sup>5</sup> To be determined.

事業認可において、CO2モニタリング項目が具体的、かつ実施頻度も明確！

## 技術開発事業(R&D) vs 実用化・事業化展開(米国DOEの考え)

**How can the data acquired during the CarbonSAFE initiative be used to promote the long-term viability of CCUS infrastructure? Are there any R&D needs that would complement the goals of the CarbonSAFE initiative?**

CarbonSAFE has already delivered significant learnings to the long-term viability of CCUS infrastructure. Moving forward, data acquired from the CarbonSAFE initiative can help understand questions that will help lower project costs by leading to the adoption of new and emerging technologies, as well as increasing public confidence in carbon storage. Potential areas for expanded research and development may include:

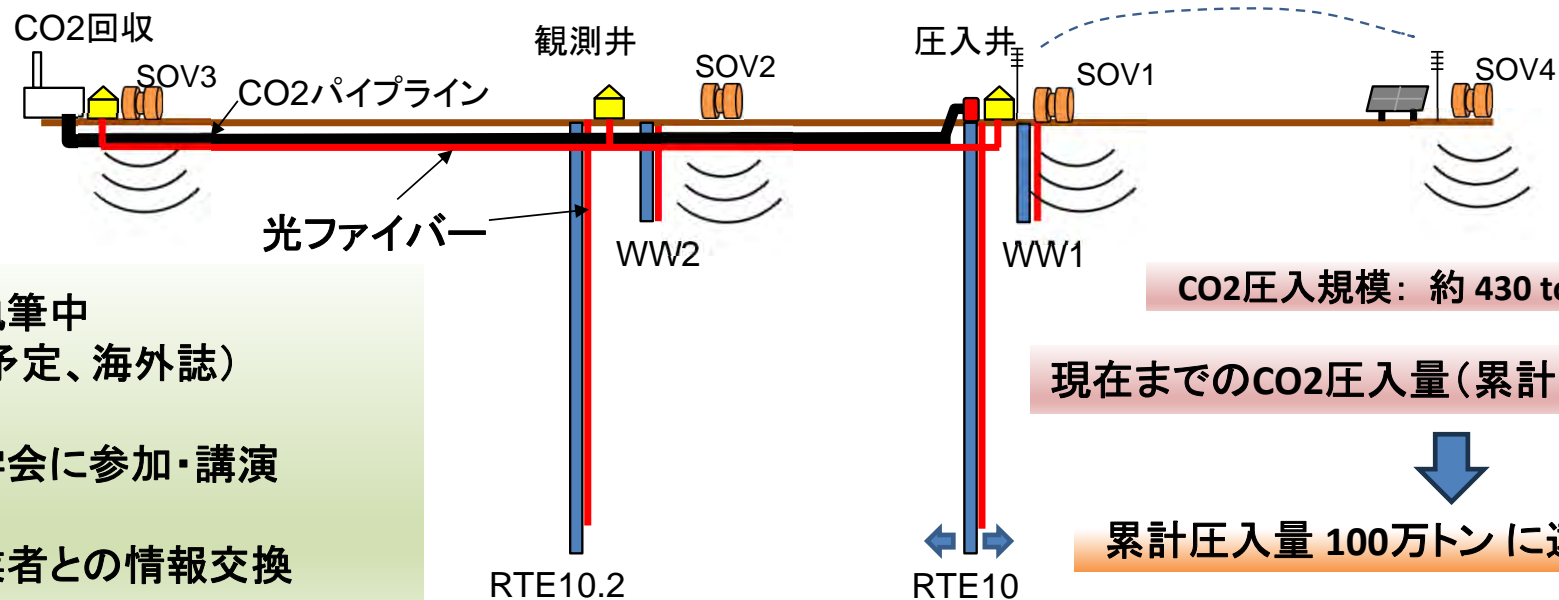
- Developing cutting-edge tools informed by CarbonSAFE projects to enhance data collection, streamline injection processes, and improve monitoring and verification for carbon storage projects. This could include but is not limited to techniques such as radar satellite data and other remote sensing options.
- Developing state-of-the-art systems to monitor the plume in the subsurface and conduct early leakage detection.

To: Office of Fossil Energy and Carbon Management, US Department of Energy  
From: Carbon Capture Coalition  
Contact: Sangeet Nepal, Technology Specialist, Carbon Capture Coalition

Date: January 6, 2025  
Re: DE-FOA-0003471



## 光ファイバーによるCO<sub>2</sub>貯留モニタリング(低コスト・パーマネント)



- 投稿論文執筆中  
(2編投稿予定、海外誌)
- 国内外の学会に参加・講演
- 先進的事業者との情報交換

DAS (音響計測)	CO2プルームの広がり把握(DAS/VSP)、SOV-DAS/VSP(常設)、Vibroseis-DAS/VSP(1回/年)
DSS (ひずみ計測)	坑井健全性、貯留層/遮蔽層安定性監視、CO2挙動監視
DTS (温度計測)	坑井およびパイプラインのCO2漏洩(健全性)監視(DTS+DSS)

## 低コスト・パーマネントモニタリング

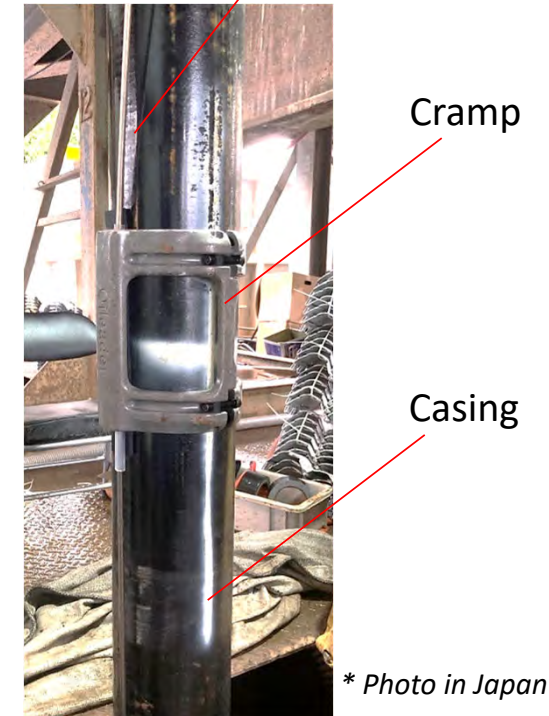
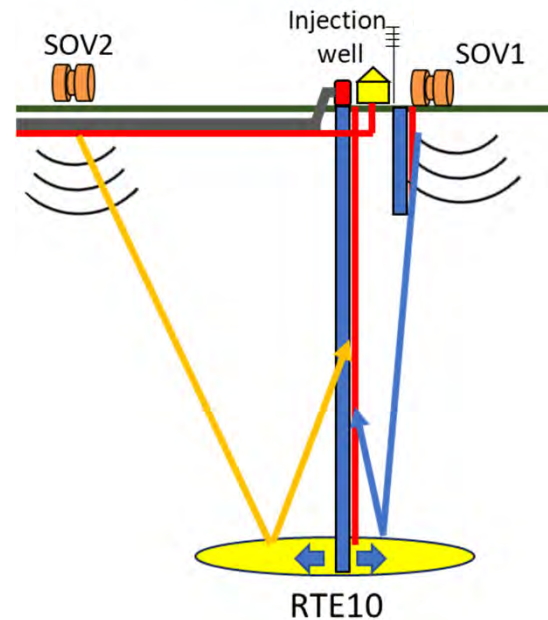
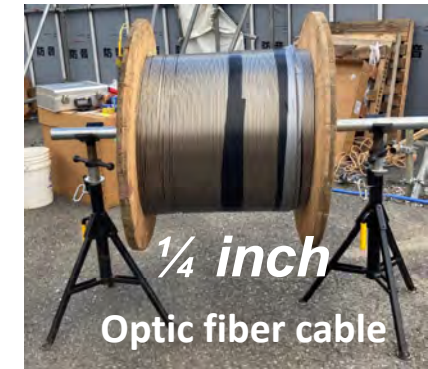
### SOV- DAS/VSP for time-lapse CO<sub>2</sub> plume imaging

#### SOVs: Permanent sources

- Remotely controlled
- Programmed operation
- On-demand operation

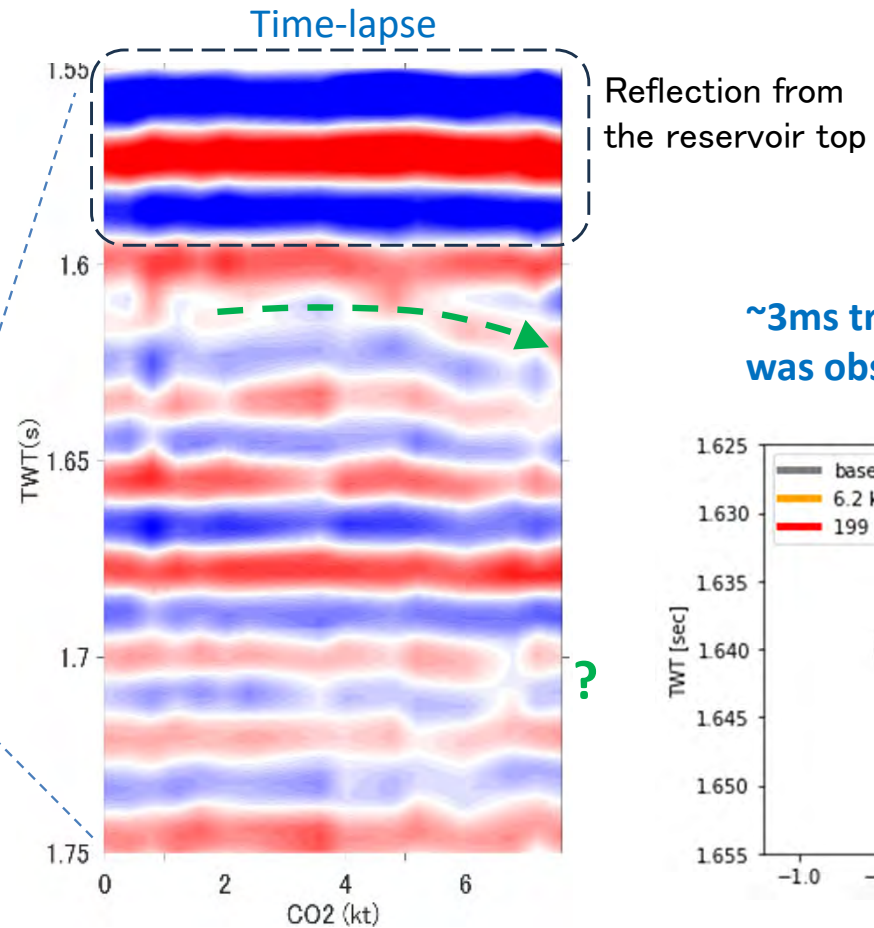
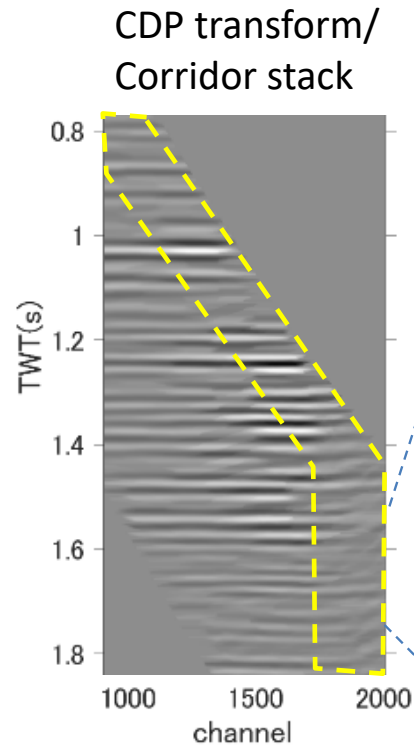
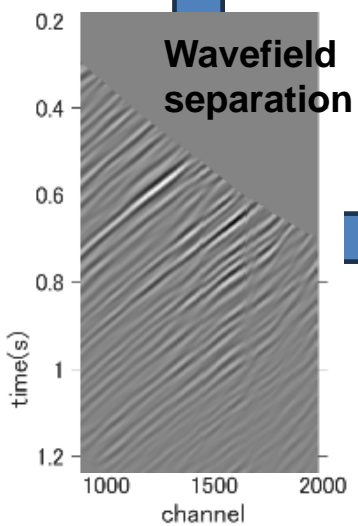
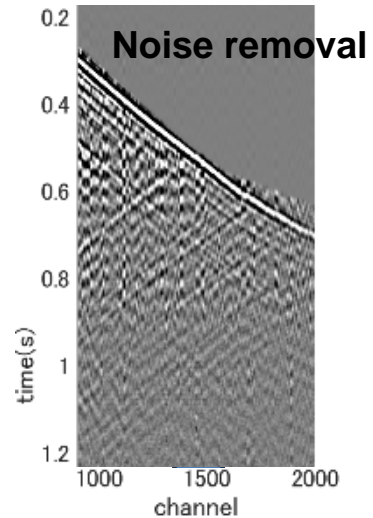
#### DAS/VSP: Permanent receivers

- Borehole seismic
- Available for continuous recording
- Remotely controlled

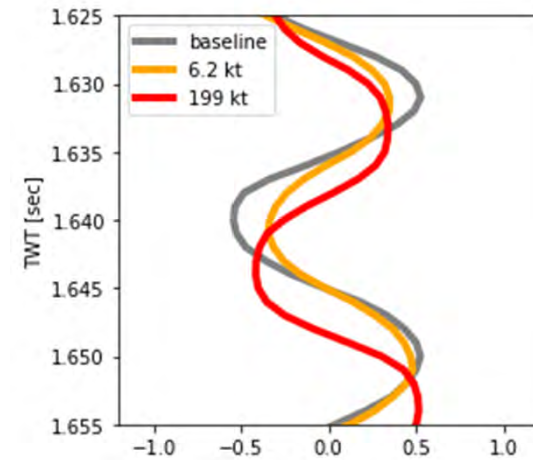




# 圧入初期（約8,000トンまで）のCO<sub>2</sub>分布観測結果 (SOV1 - RTE10, Zero-offset VSP探査)



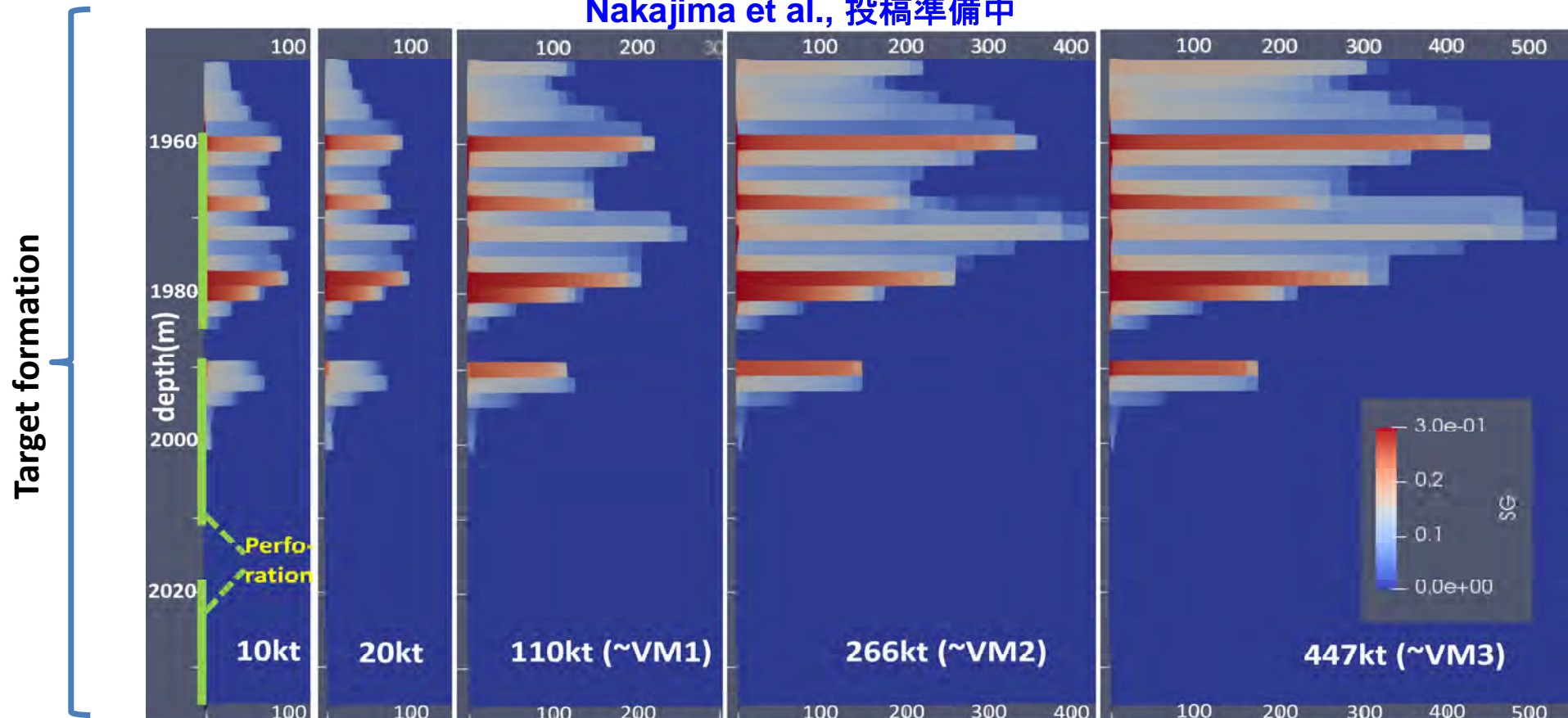
~3ms travel time delay was observed.



Nakajima et al., 投稿準備中

## 貯留層内のCO<sub>2</sub>分布予測(中性子検層結果と対比済み)

Nakajima et al., 投稿準備中

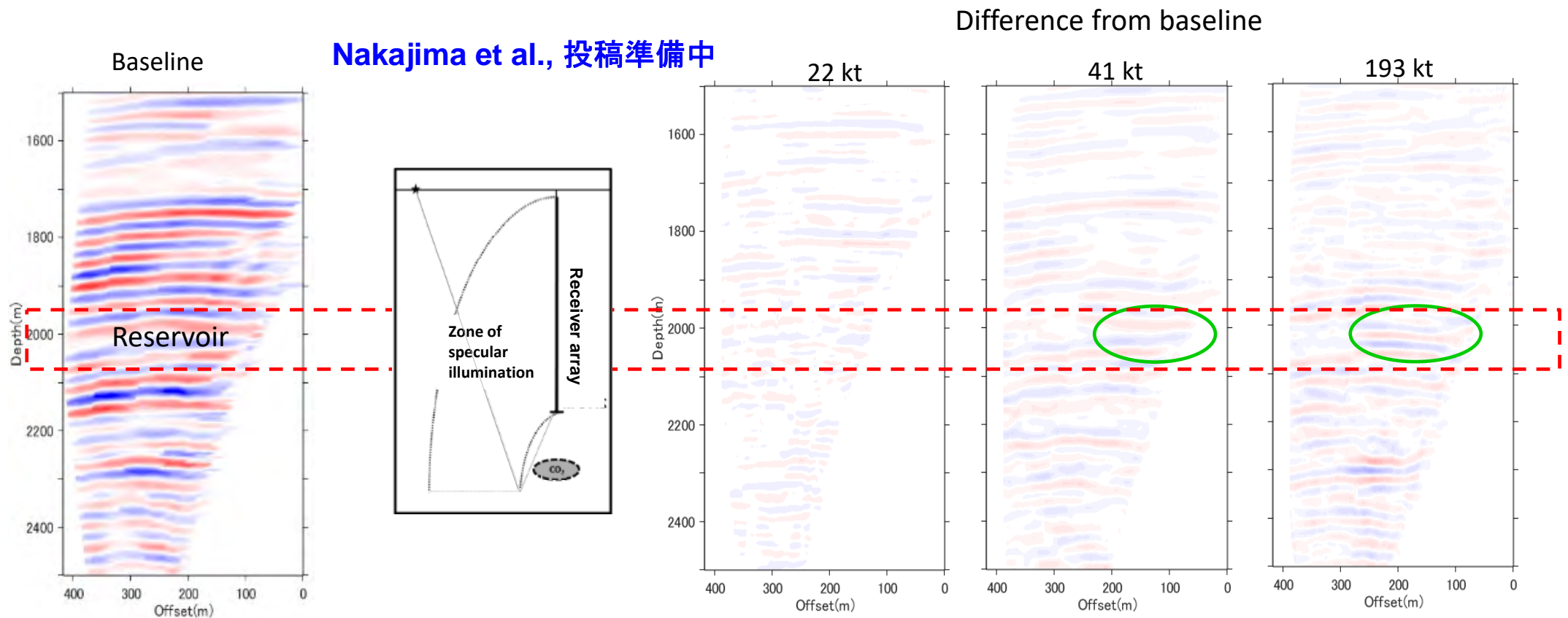


Quest Project (Alberta) では、DAS-VSPで層厚約40mの貯留内のCO<sub>2</sub> imagingに成功

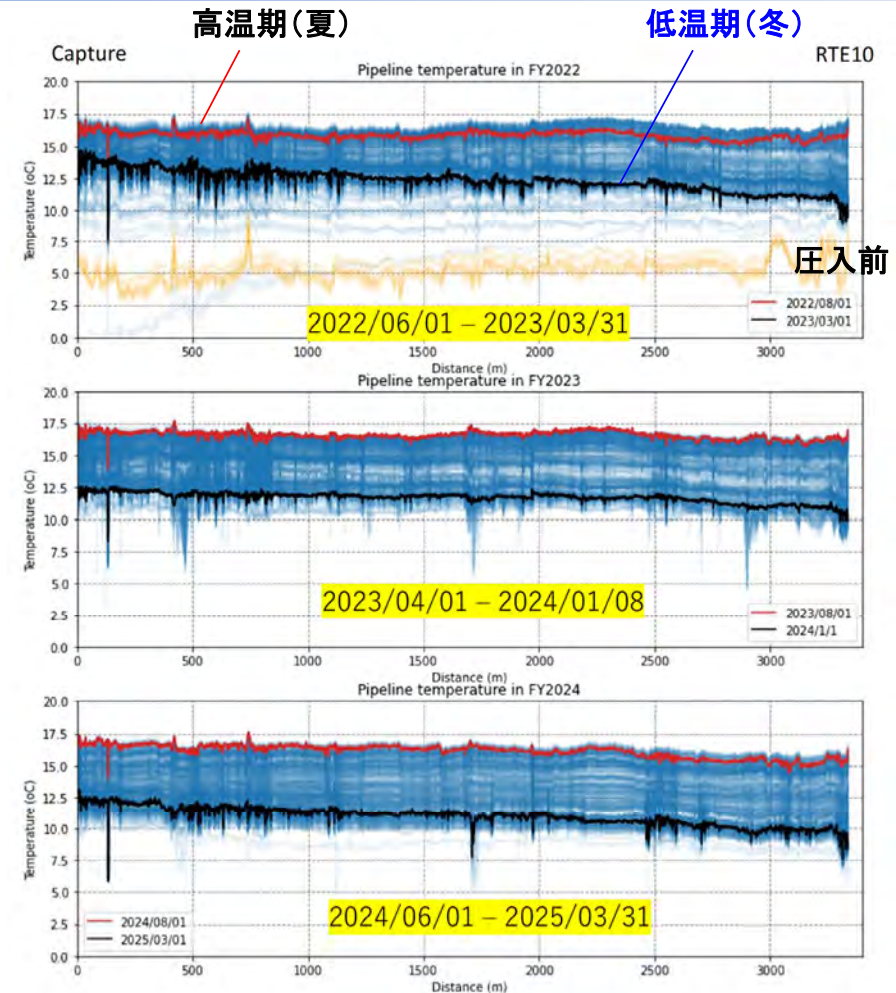
国内CCS事業のCO<sub>2</sub>モニタリングの参考に！ 効果的なシステム運用・国内サイトに導入検討



# CO2圧入量の増加に伴って、離れている観測井でも捉えた?! (SOV2 - RTE10, Offset VSP探査)



# 光ファイバーによるCO<sub>2</sub>パイプライン健全性監視



雪解け水排出時、低温検出警報発生(排水溝を流れる低温水が光ファイバー温度測定によって検出された！)



## North DakotaサイトにおけるDTS/DAS/DSSのポイント

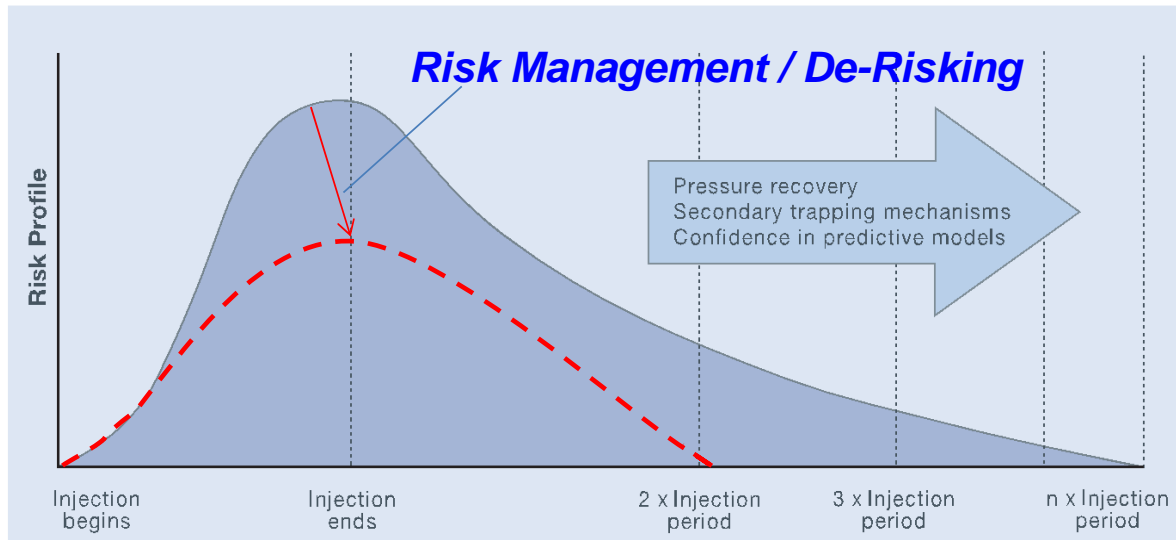
### ➤ 事業化の目安100万トンまで光ファイバー測定技術を実証

- ✓ 温度・音響・ひずみデータの計測・解析に加えて、計測システムの運用ノウハウ・知見を蓄積(**CCS技術事例集に反映**)
- ✓ パイプライン・坑井の健全性監視に温度・ひずみの複合解析CO2圧入量・分布範囲に対するDAS/VSPの検出特性解析  
(**学会や論文投稿を通じて国内CCS事業者と情報共有**)
- ✓ 国内サイトへの適用検討を進めながら、モニタリングコスト削減効果を検証(**>20%カット、目標達成へ**)

### ➤ マニュアル作成・技術事例集への反映

- ✓ 国内サイトへの適用検討にあわせて、利用マニュアルを作成し、技術事例集にも反映させる
- ✓ 日本独自のひずみ測定技術(DSS)を**海外**事業へも**展開**
- ✓ 民間企業に**技術**を**移転**し、国内CCS事業への技術サービス体制を整備

# Subsurface Uncertainty, Potential Risk, Risk Management



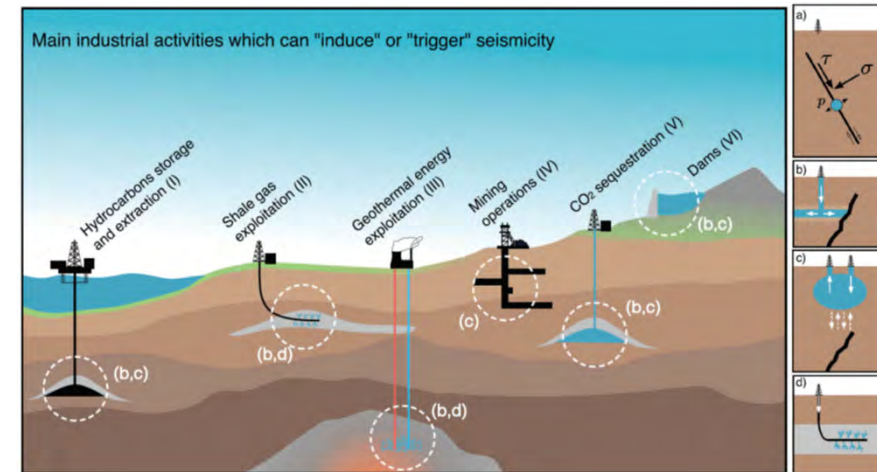
Risk profile @CO<sub>2</sub> injection site (site-specific)

[Illustration source: Benson, 2007]

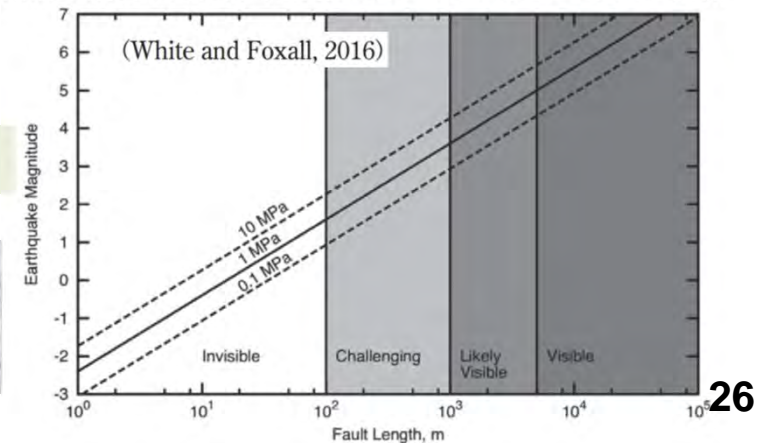
Reducing Uncertainty / Mitigating Risks to the Manageable Levels !

**Loses of Injectivity, Capacity and Containment,  
Induced Seismicity (fault), Environmental Impacts**

流体圧入サイトの誘発地震発生メカニズム (Grigoli *et al.*, 2017)

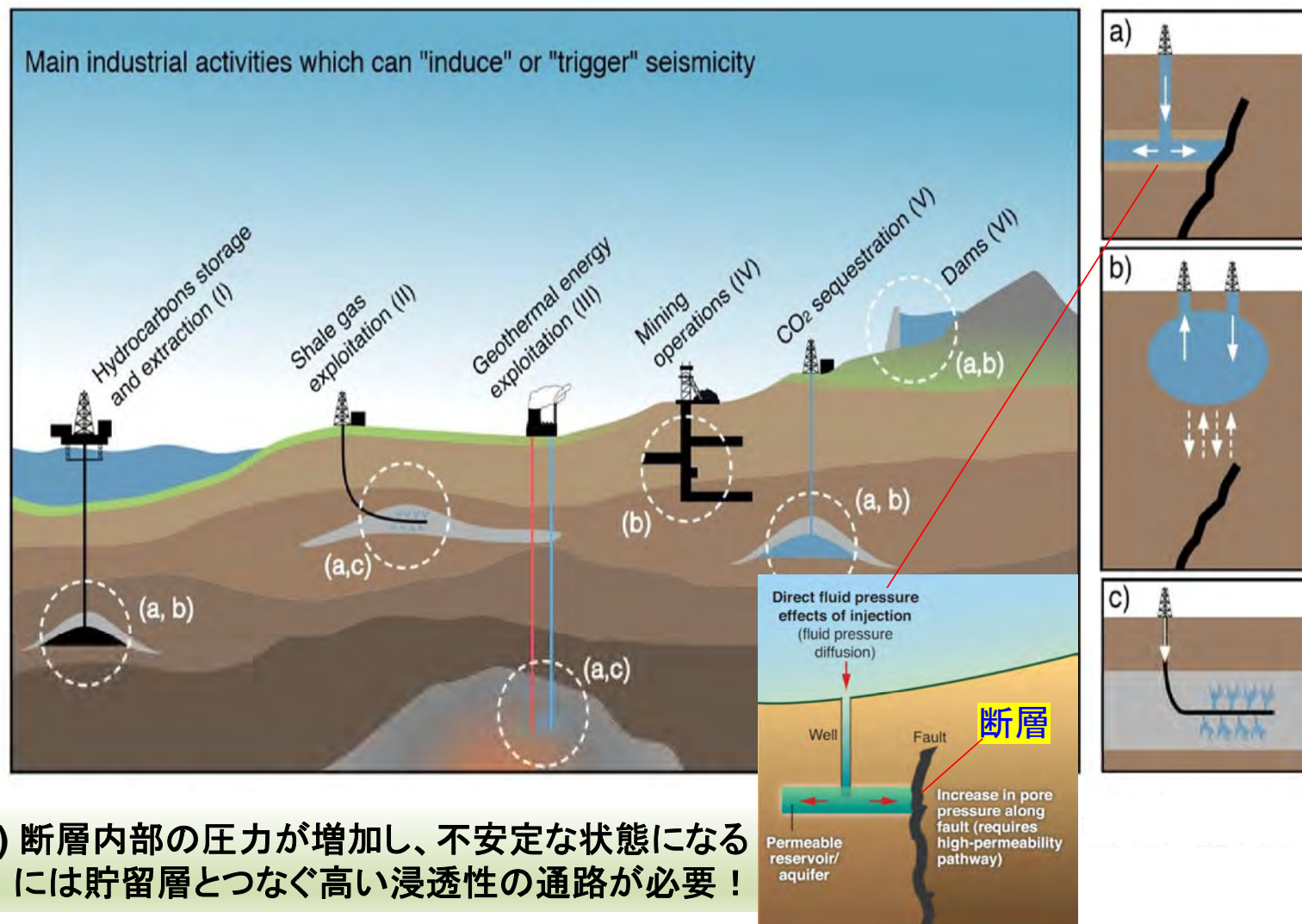


断層の規模や応力降下量と地震のマグニチュードとの関係

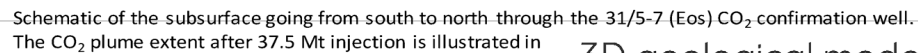




## 人間活動と誘発地震について



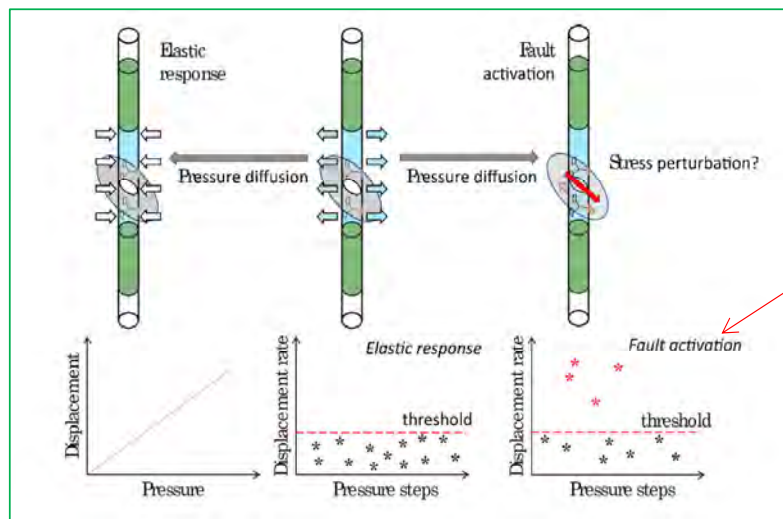
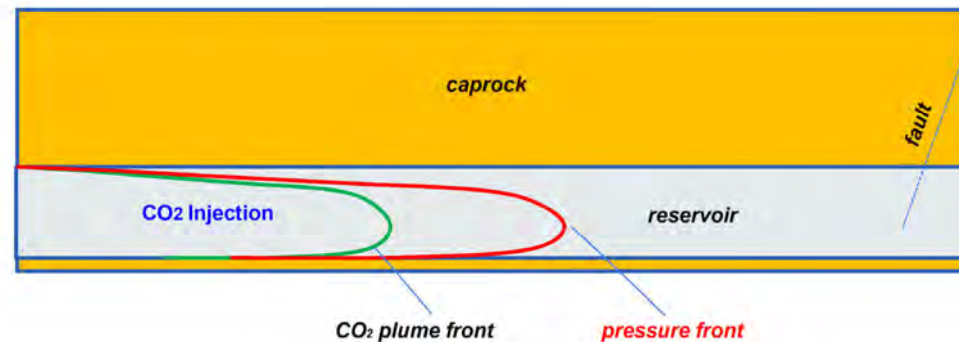
## @Northern-Liahts Proiect



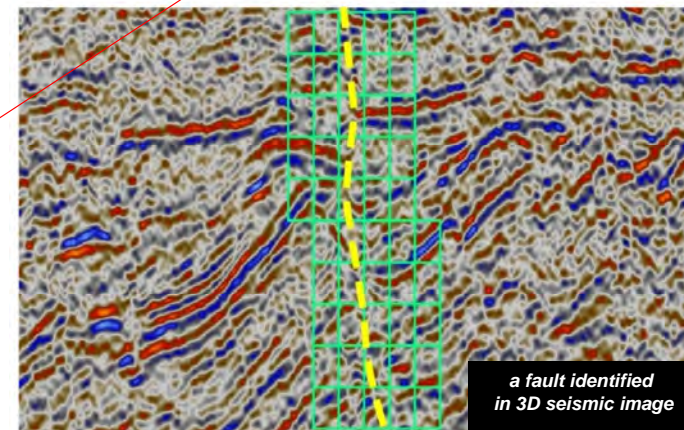
- 3D geological modelling



# Fault Integrity Monitoring (reactivation, leakage) with Fiber Optic Sensing



Installing **fiber optic cables** behind casing of monitoring wells for Distributed **Strain**, **Temperature** and **Acoustic** sensing

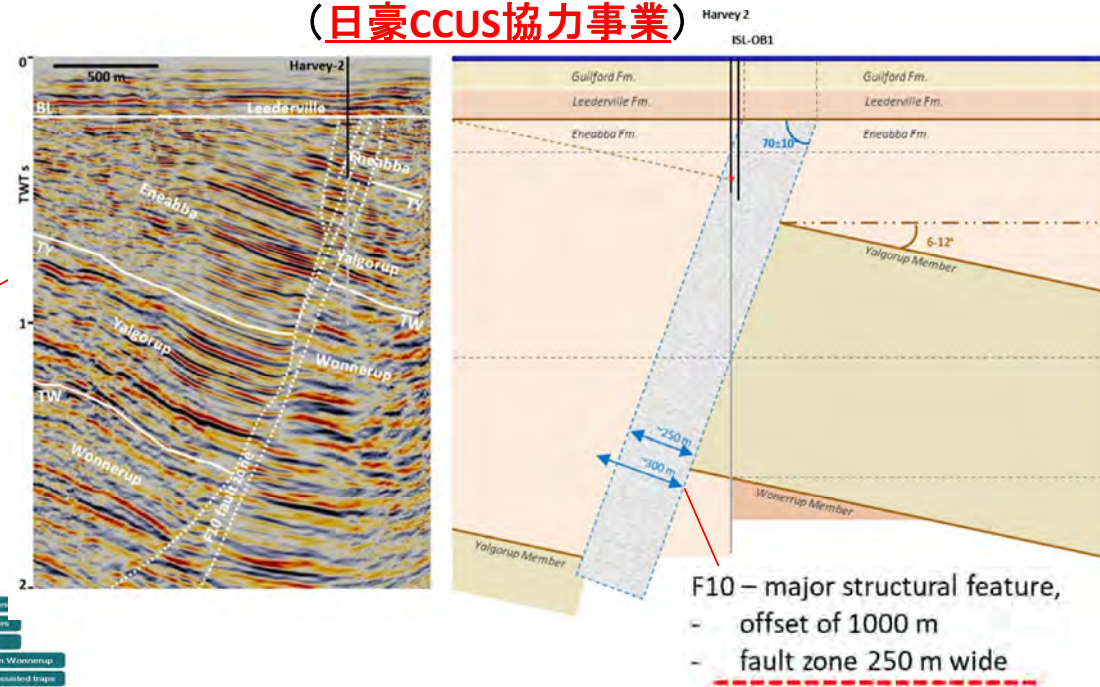




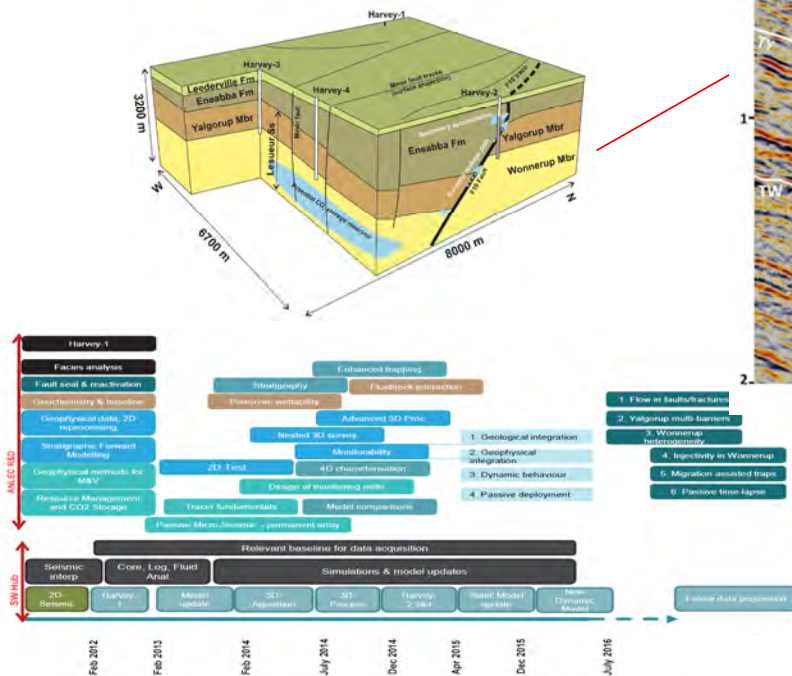
In Situ Lab / SW-Hub: South Perth

# Collaborations: **RITE-CSIRO** Fiber Optic Sensing for Fault Zone Mapping and Stability Monitoring

(日豪CCUS協力事業)



➤ Fault zone mapping and monitoring with **Strain Sensing (RITE)** coupled with temperature and acoustic sensing (**CSIRO**)

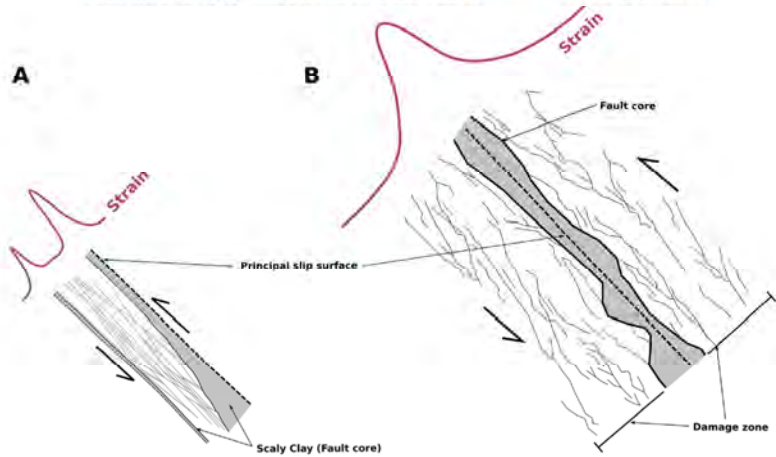




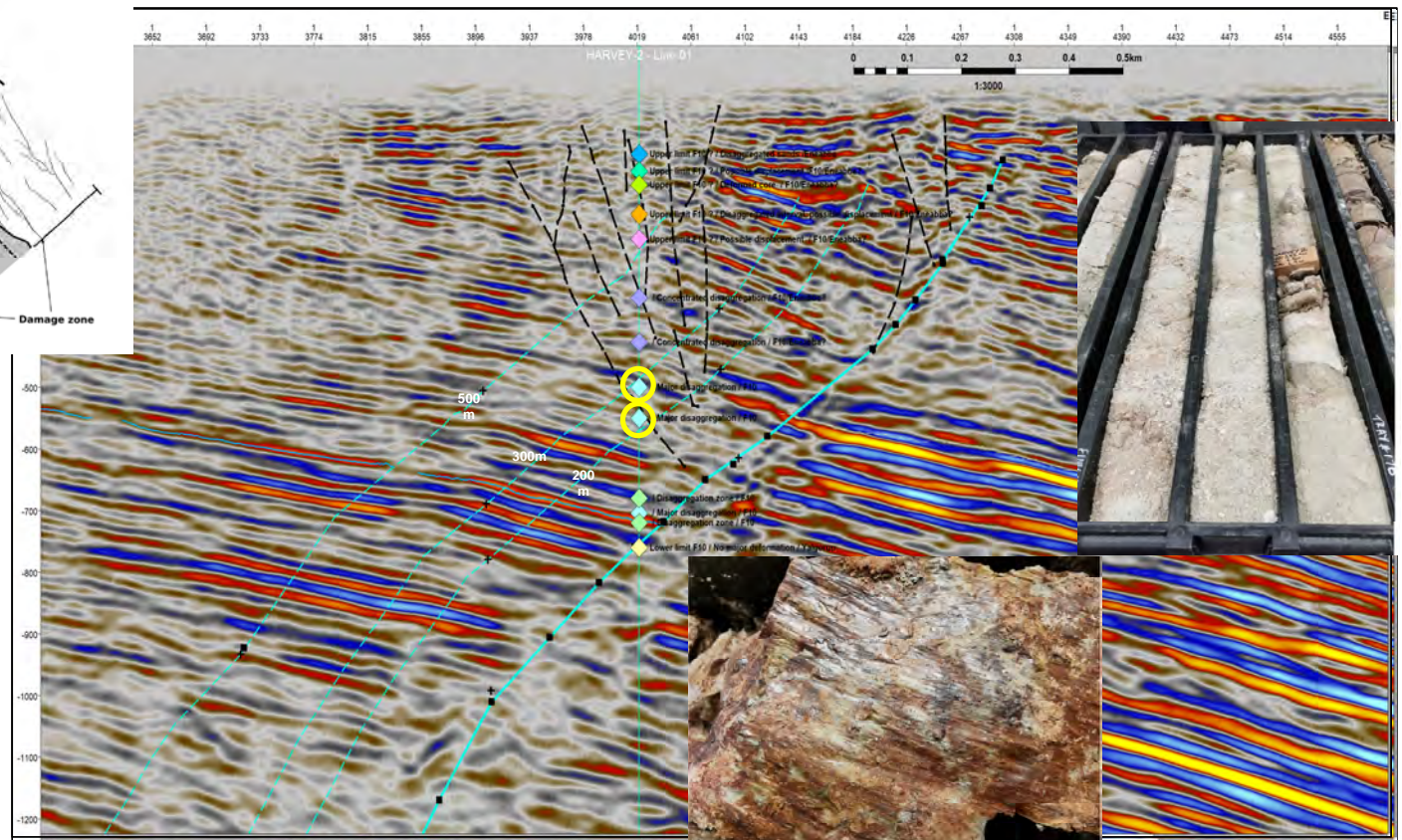
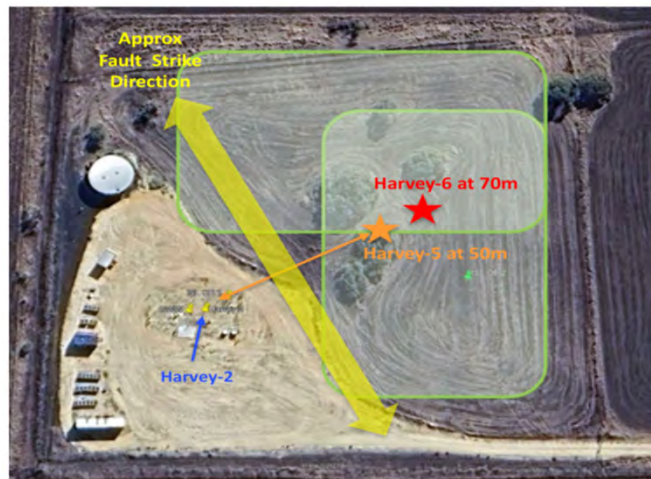
# Fault Characterization (fault zone, hydraulic-mechanical property) Drilling two new wells and applying Fiber Optic Strain Sensing

Journal of Geophysical Research: Solid Earth

10.1029/2021JB022432



the relationship between fault core/gouge, principal slip surfaces, and the 'fault damage zone'



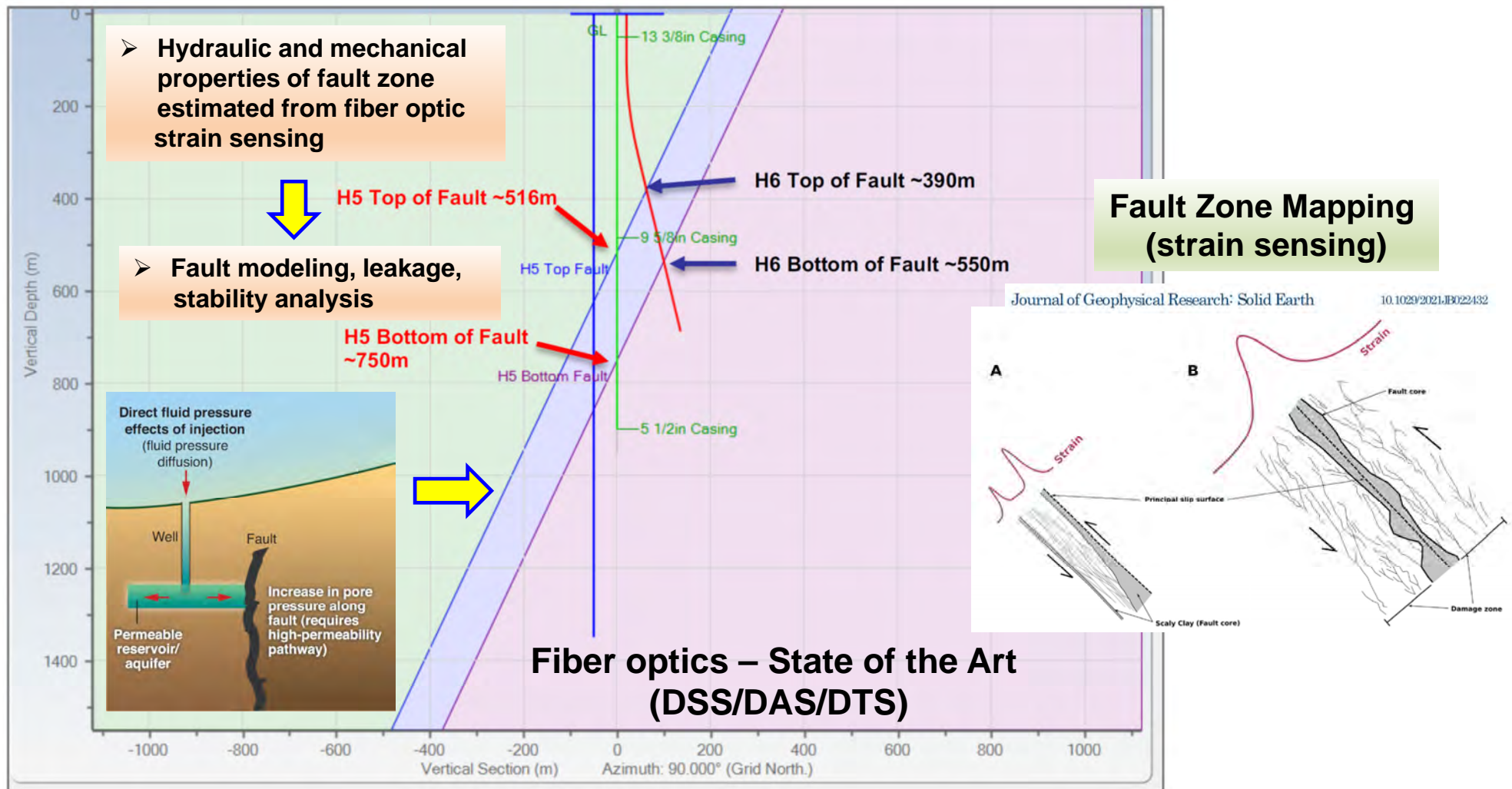


## Perth南部サイトの坑井掘削・サイト整備ほぼ完了、今年度後半から断層破碎帯調査





## 新規坑井Harvey-5 (Depth:1,000m、流体圧入井)の掘削完了・注水試験計画中



## Perth南部サイトにおける断層安定性評価のポイント

### ➤ 破碎帯の側方流動性(母岩から破碎帯への流体浸入能力)

- ✓ 光ファイバーによる上盤、下盤、破碎帯幅等の評価
- ✓ 国内サイトではコア採取しても破碎帯認定が困難、3D反射断面では分解能に対する断層変位量次第
- ✓ 側方流動性がない場合は、有効応力減少がなく、再活動可能性が低い

### ➤ 破碎帯の水理的・力学的特性

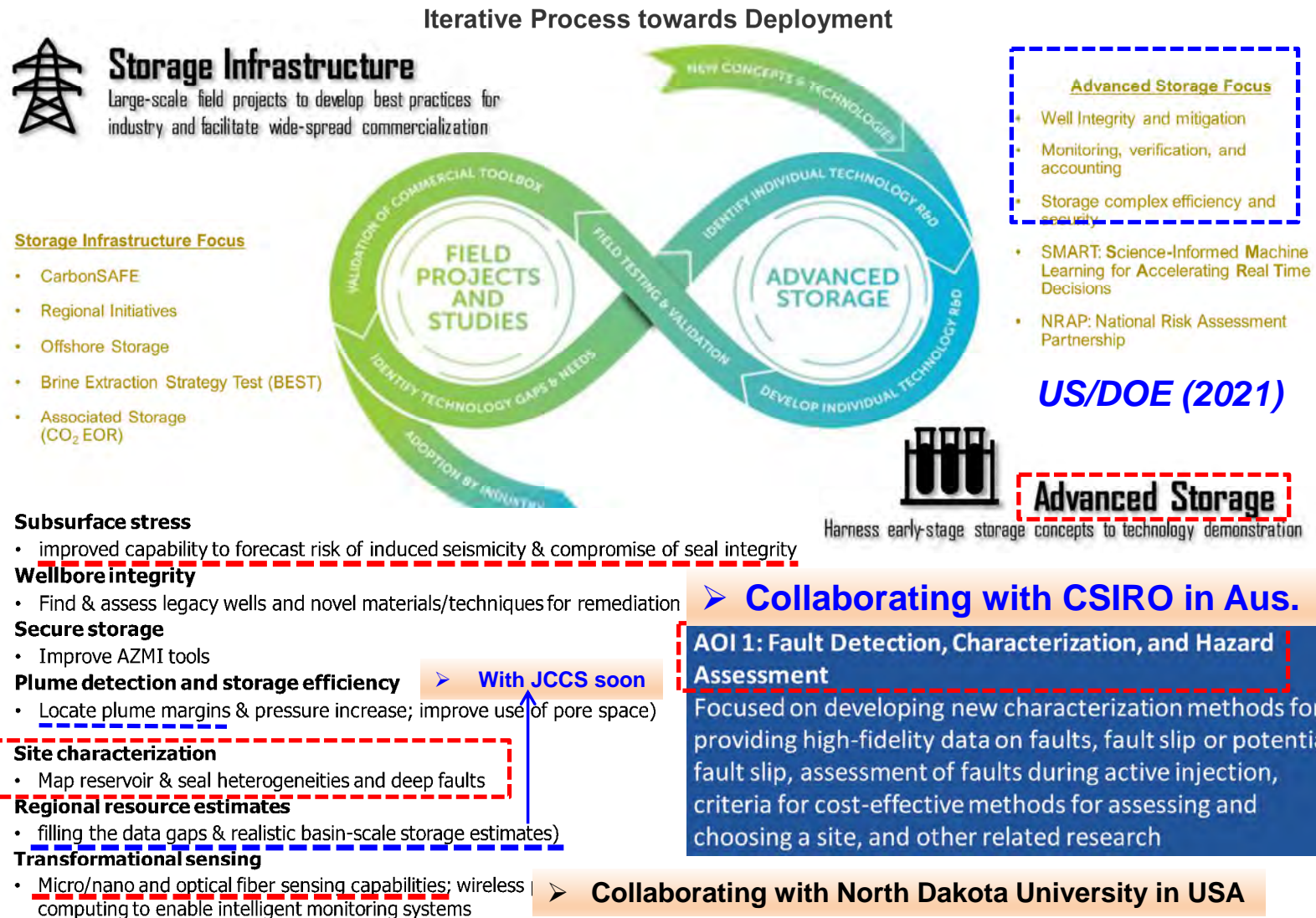
- ✓ 破碎帯は地震発生後徐々に癒着するから、幅全体が透水性あるとは限らない。癒着部の力学特性も把握できれば、再活動リスク(安定性)評価が可能

### ➤ 再活動性評価

- ✓ 光ファイバーひずみ測定に基づくジオメカニクス(地質力学)解析  
(日本独自の技術、国内外CCS事業への適用を目指す)



# これからの研究開発：事業 (field projects) との密接な連携



## 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。ご協力いただいた関東天然瓦斯(株)、(株)物理計測コンサルタント、サンコーコンサルタント(株)、(株)KNGウェルテクノ、ニューブレクス(株)にも感謝申し上げます。

**This talk is based on results obtained from a project (JPNP18006) commissioned by the New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO) and the Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) of Japan.**