

◆ 革新的環境技術シンポジウム 2014 ◆

---

# CO<sub>2</sub>地中貯留における 光ファイバー測定技術開発とその応用

---

(公財)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・主席研究員

せつ じきゅう  
薛 自求



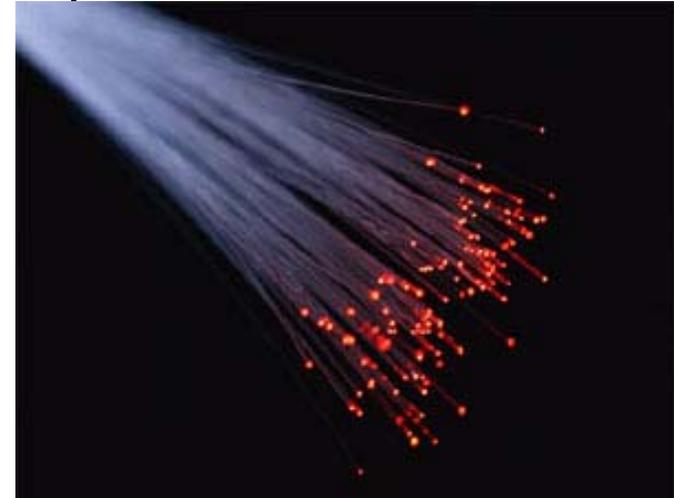
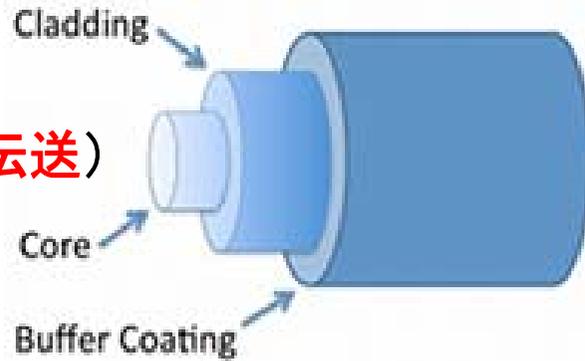
# 目次

- 光ファイバーセンシング技術開発動向
  - ✓ 油・ガス田開発 / CO<sub>2</sub>地中貯留
- CO<sub>2</sub>地中貯留安全性評価への適用
  - ✓ 地層安定性監視、CO<sub>2</sub>挙動モニタリング
- 関連分野への応用及び課題
  - ✓ 地盤変状や斜面崩壊、地中構造物等の長期監視(メンテナンス)

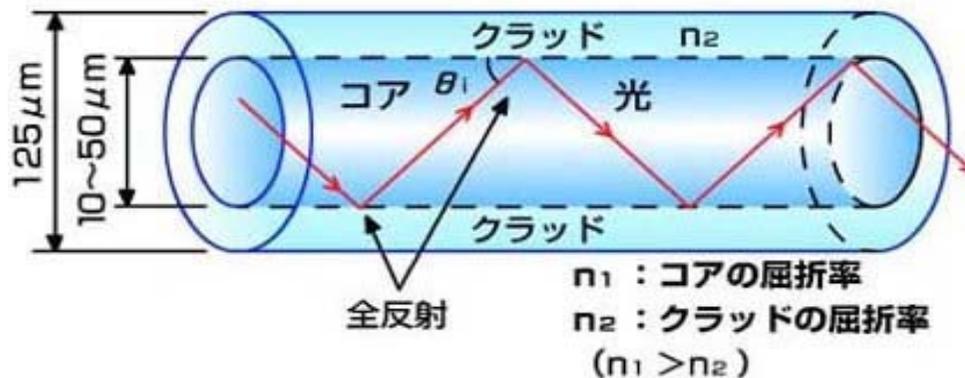
# 光ファイバーについて

(迷光をコアに戻し、伝送損失を抑える)

(光の伝送)



(外部環境や物理的損傷から保護)



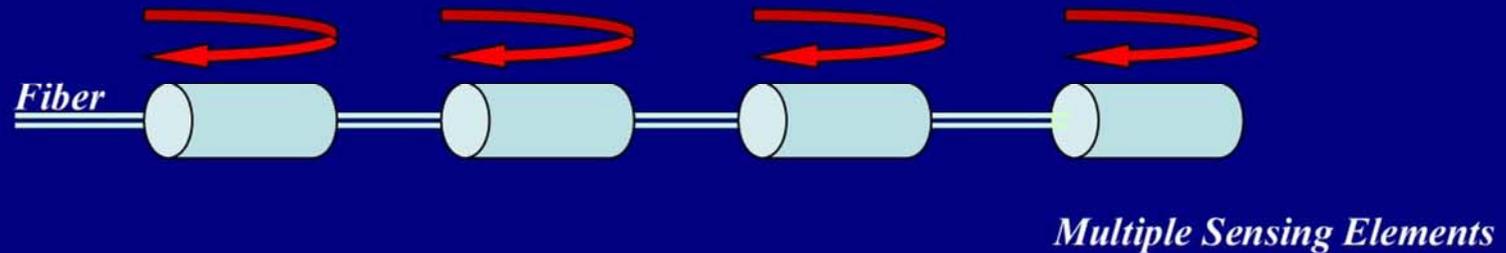
# 光ファイバーセンシング技術

電気センサー  
(電圧、電流)

電気 →→ 光

光ファイバー  
(光波の強さ、位相、周波数)

**多点型** Multi-point (quasi-distributed) Sensor

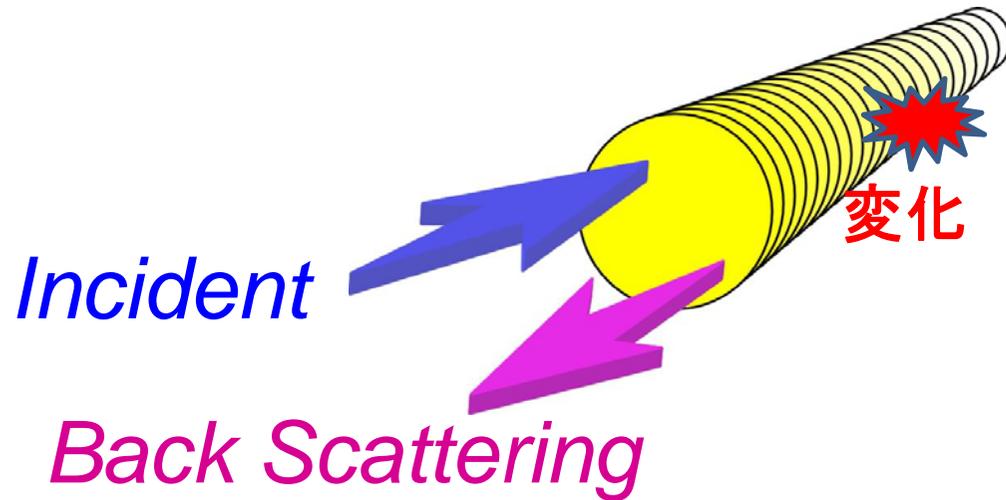


**分布型** Distributed Sensor



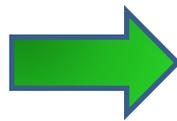
(Dria, SPE/DL 2012)

# 光ファイバーの計測原理



ラマン散乱光, ブリルアン散乱光, レイリー散乱光  
(Raman) (Brillouin) (Rayleigh)

Brillouin & Rayleigh  
Scattering



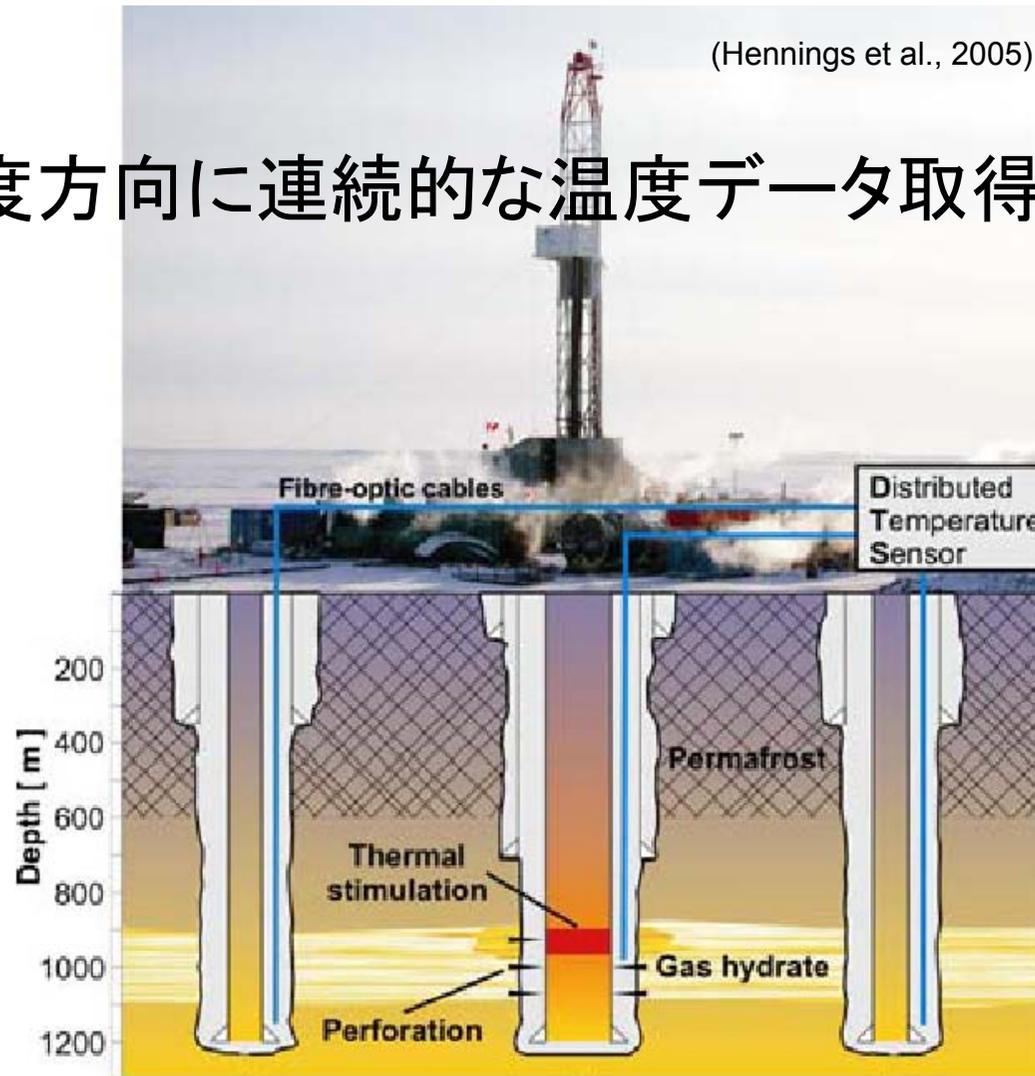
**ひずみ・温度**  
の変化量測定に利用



# 坑井管理／生産に光ファイバー利用

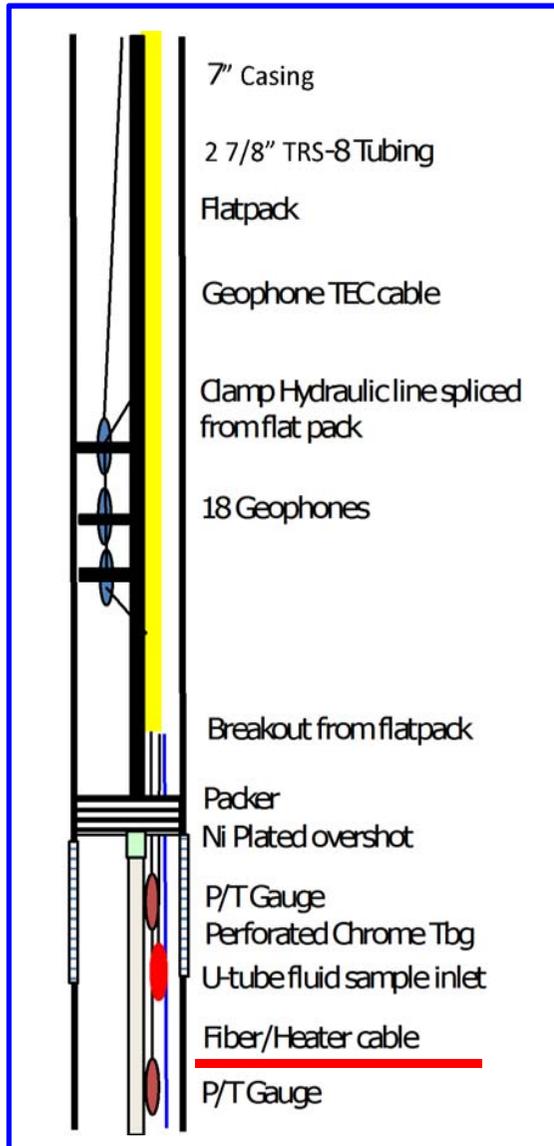
(Hennings et al., 2005)

- 深度方向に連続的な温度データ取得：**DTS**



ケーシングや地層の変形も計測できる？

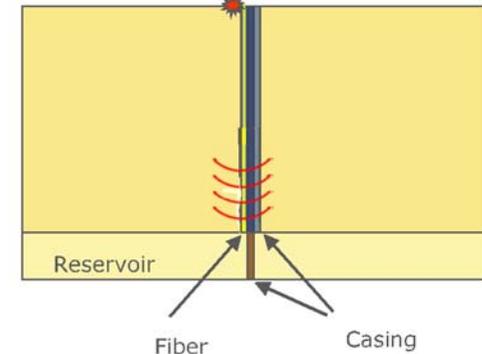
# 光ファイバーセンシング技術@CCS



## QUEST Project



Zero-Offset Source for CO2 Leak Detection  
 Velocity change in overlying formations



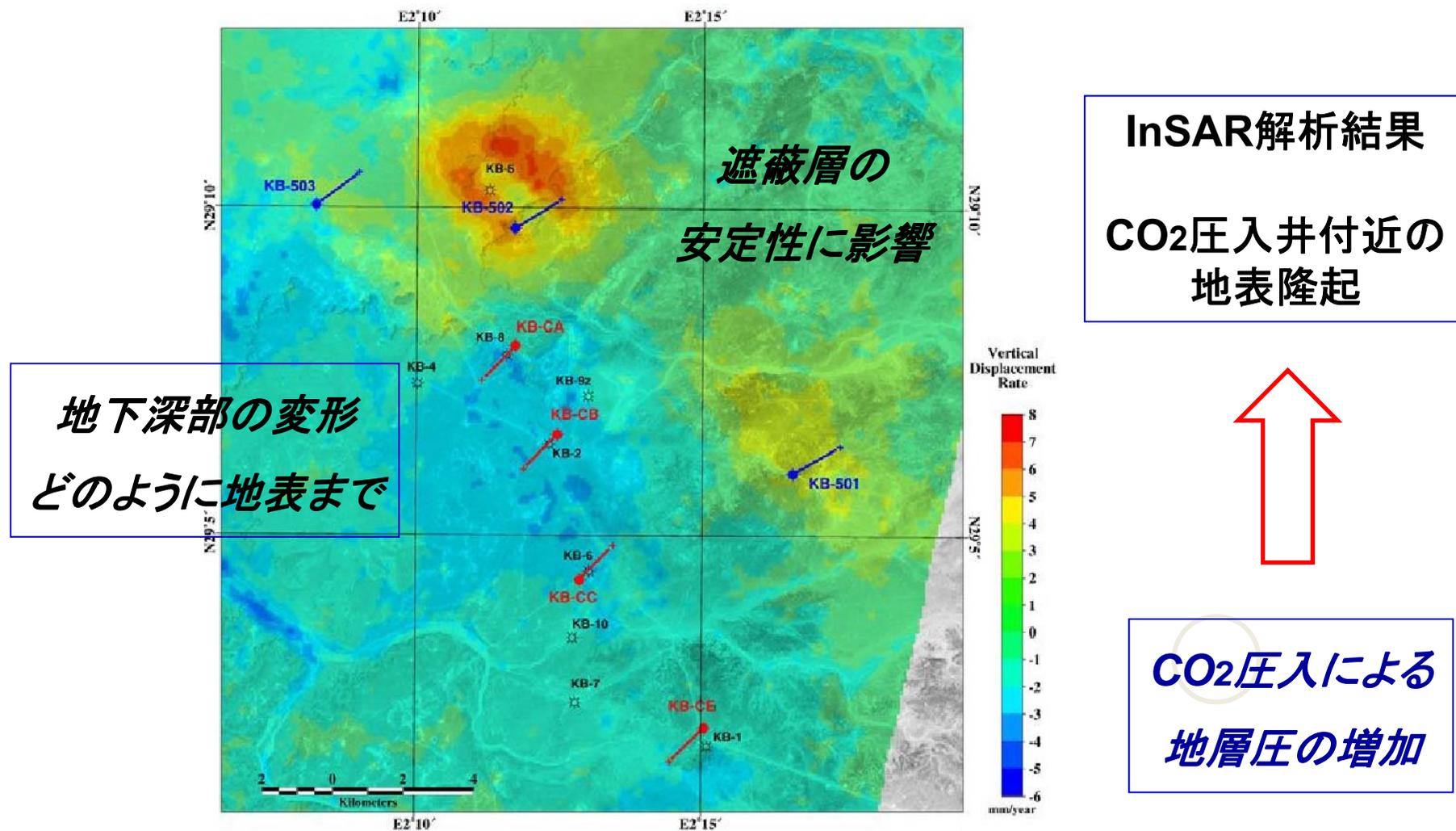
**CO2漏洩検知**

DTS - Distributed Temperature System 温度

DAS - Distributed Acoustic System 音波

**坑井健全性監視**

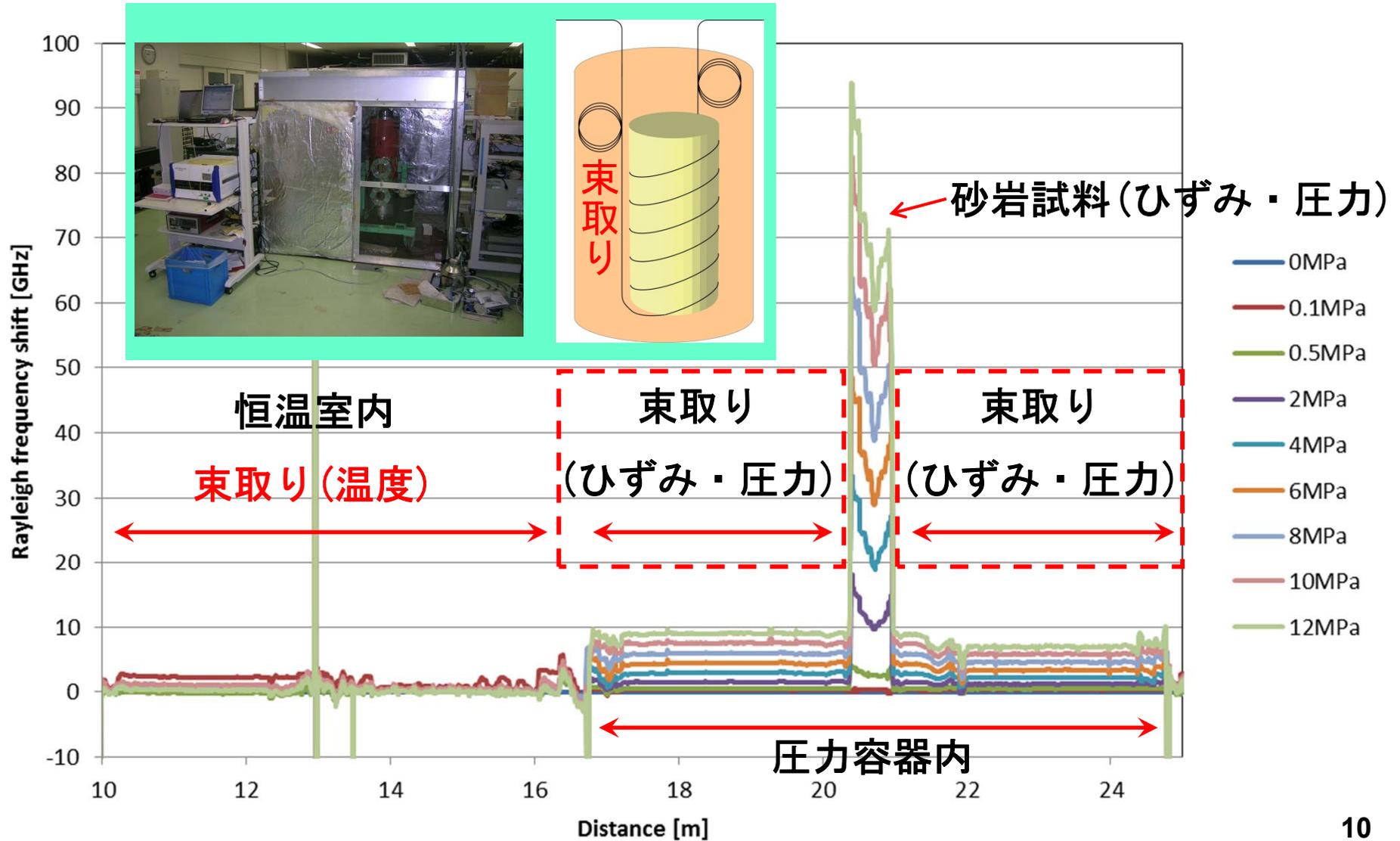
# 貯留層 & 遮蔽層の力学的安定性評価



(Ohnuma and Ohkawa, 2008)

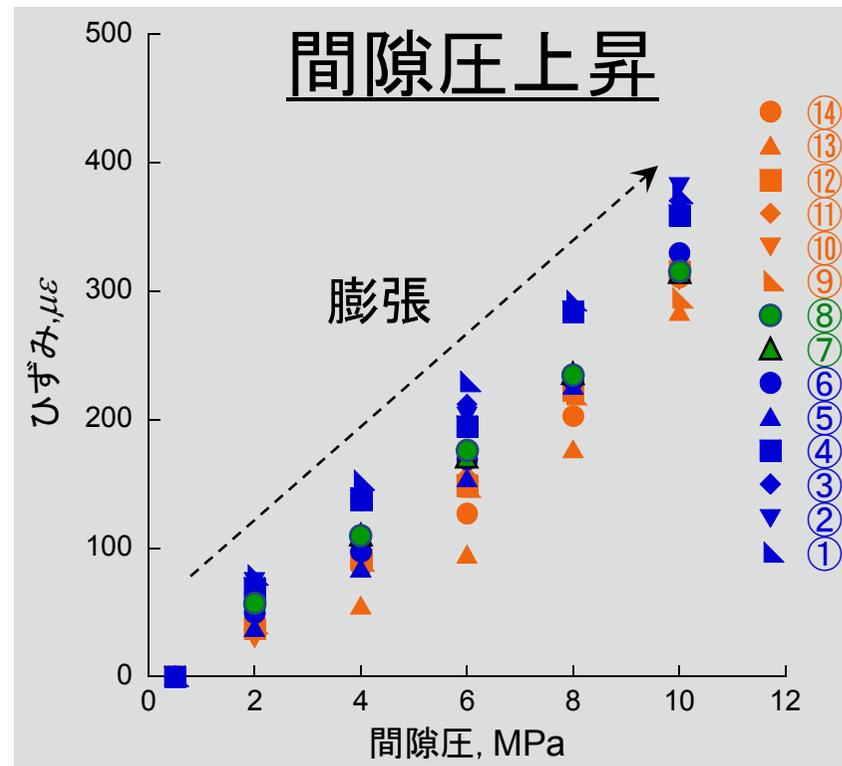
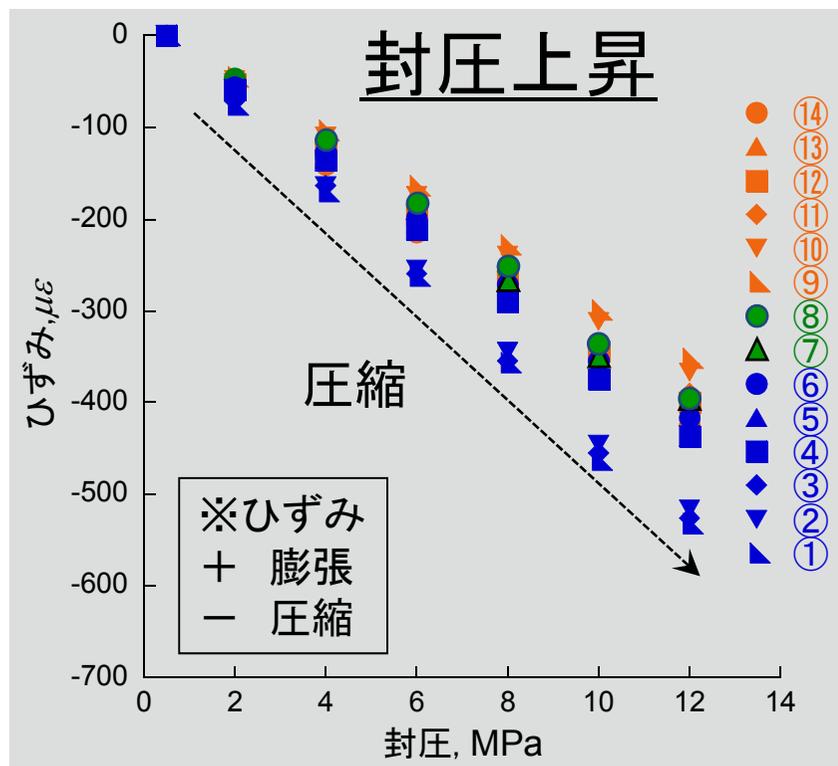
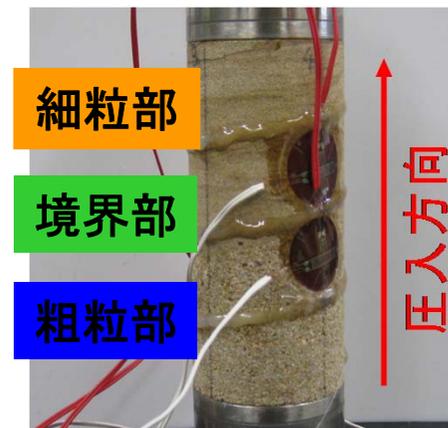
深度方向に連続的なデータ取得方法？

# 砂岩試料を用いた室内実験



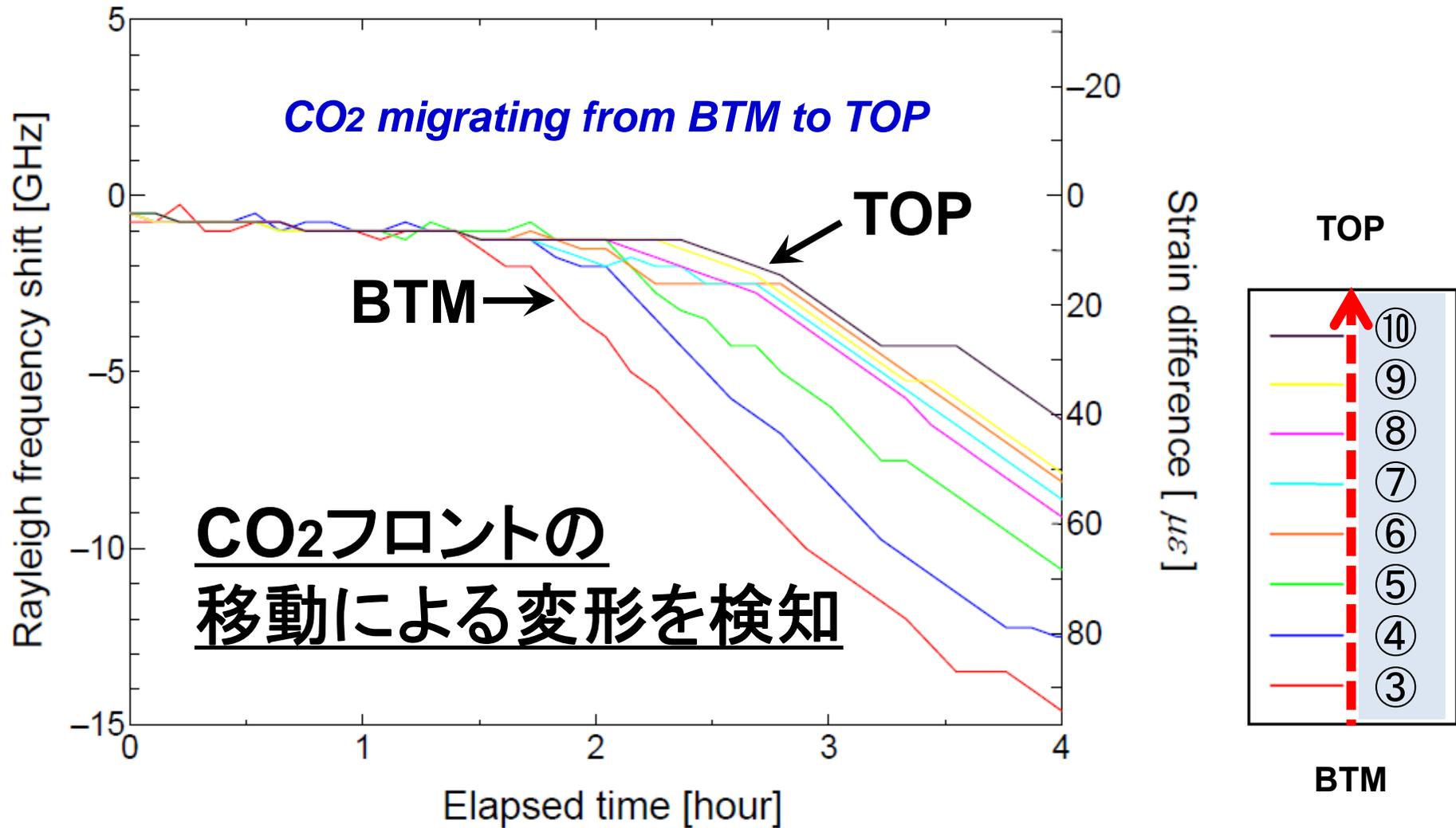
# 不均質な砂岩試料(複雑な地層)

● : 粗粒部   ● : 境界部   ● : 細粒部

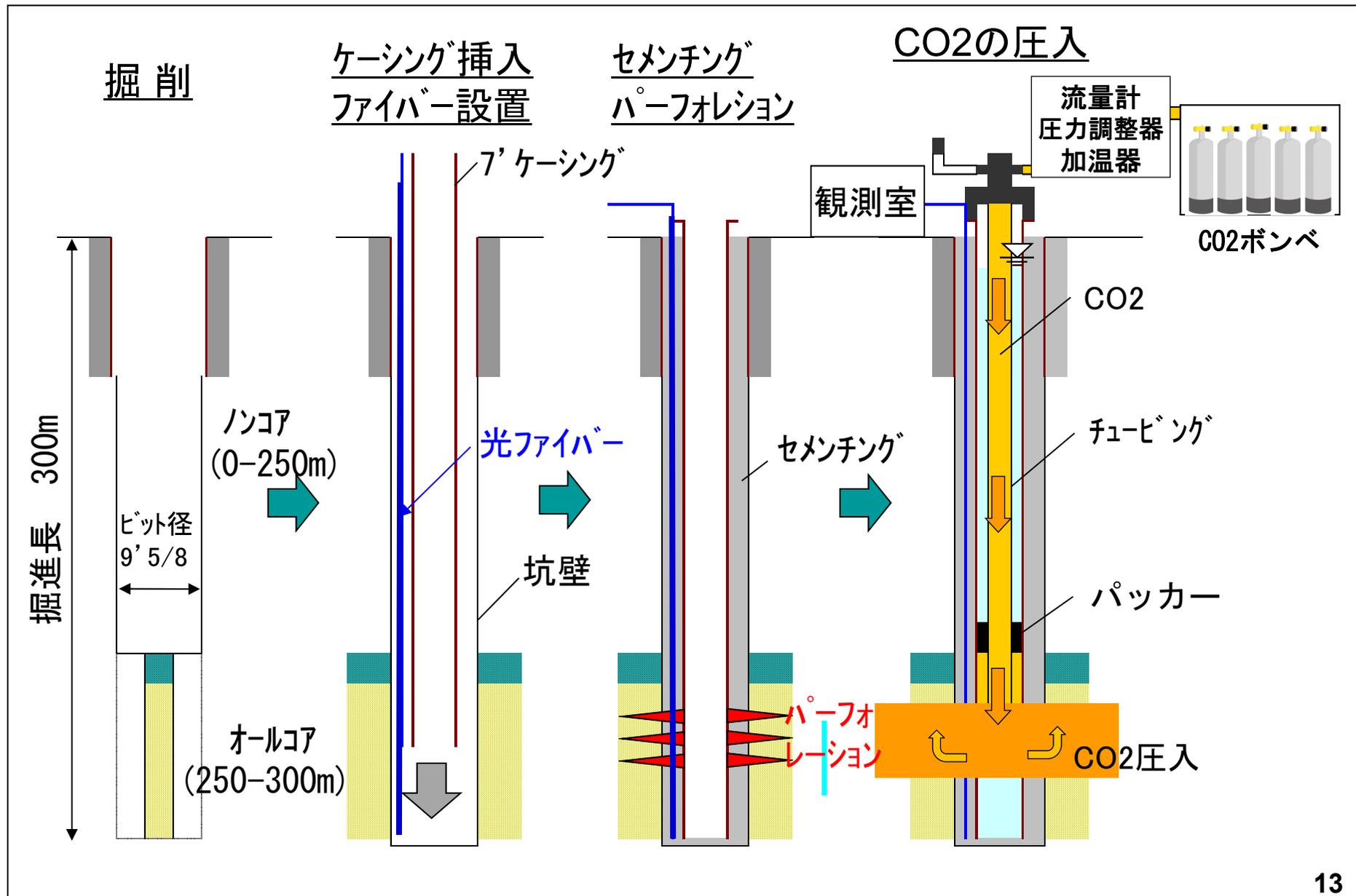


- ひずみは粗粒部で大きく、細粒部で小さい
- 粗粒部と細粒部のひずみの違いが判別できる

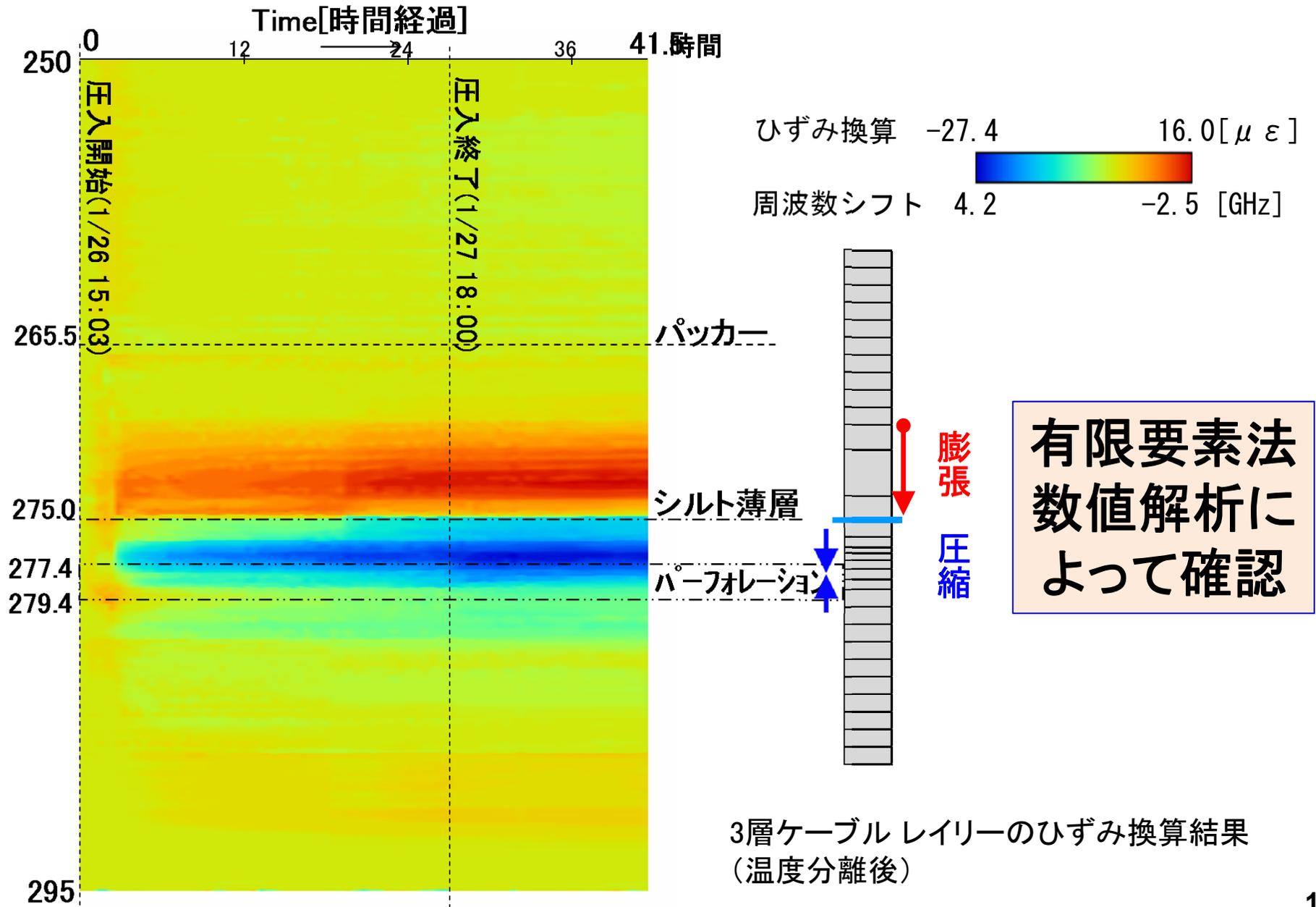
# 地層中のわずかな流体移動の検出



# 光ファイバーを用いた現場試験

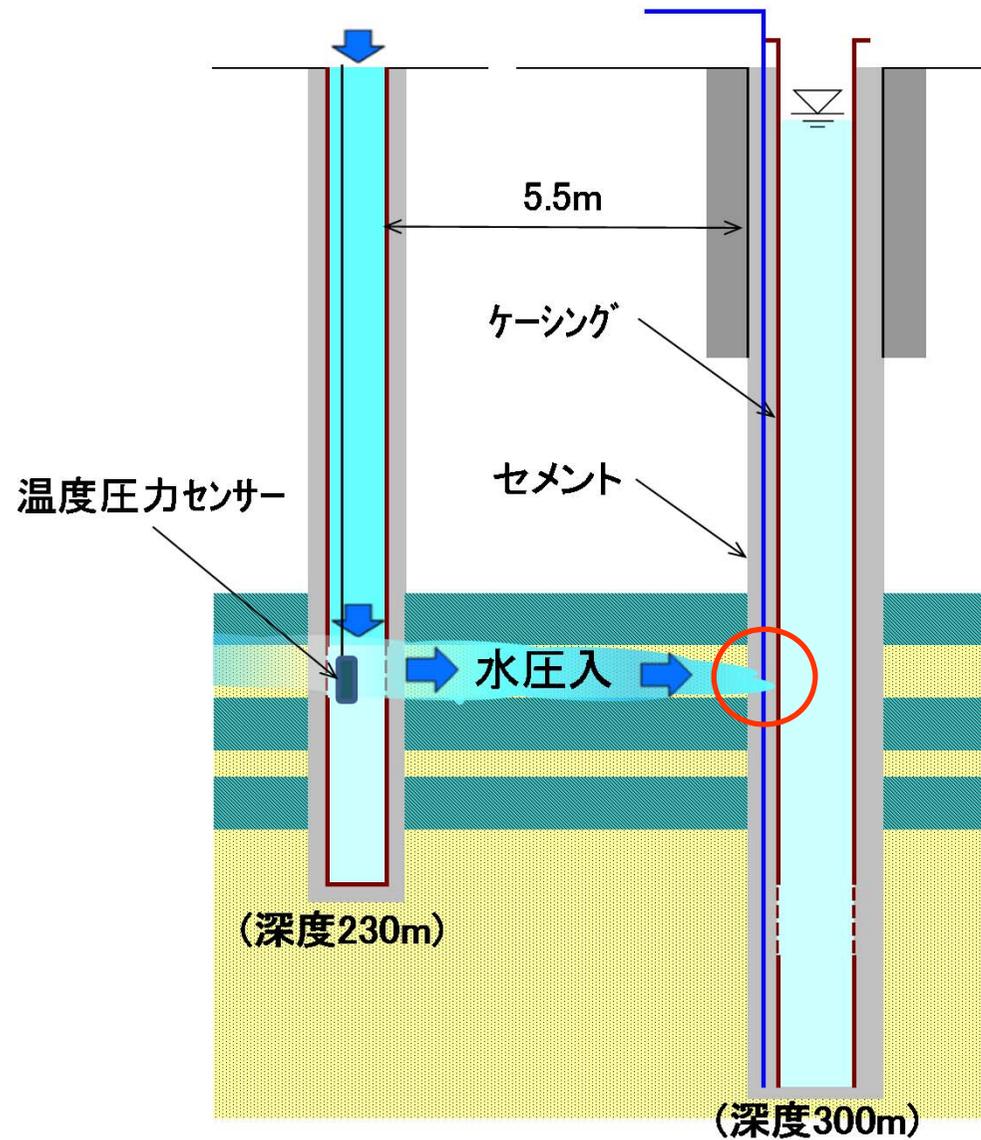


# CO<sub>2</sub>圧入時の地層変形

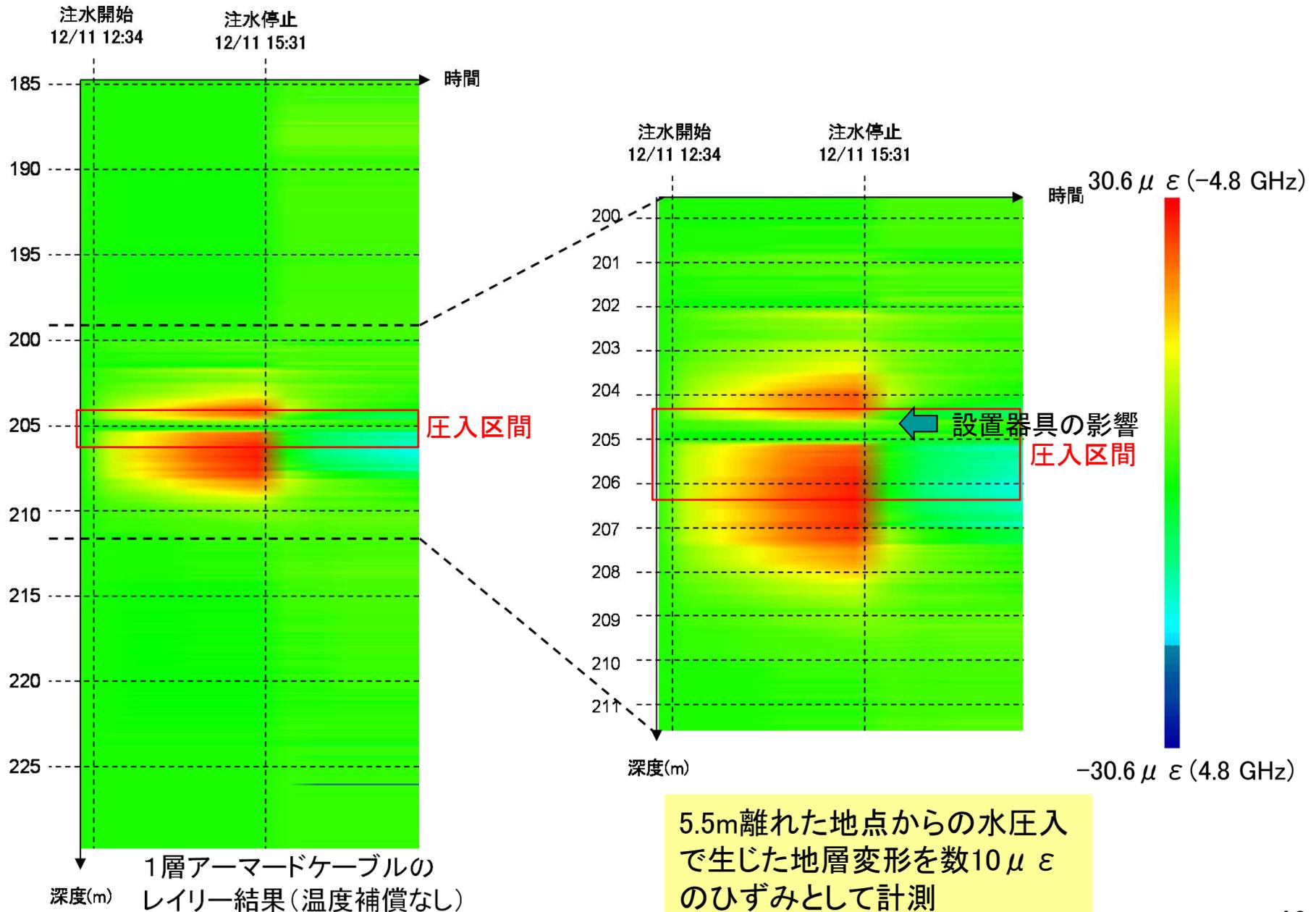


# 新坑井からの注水試験

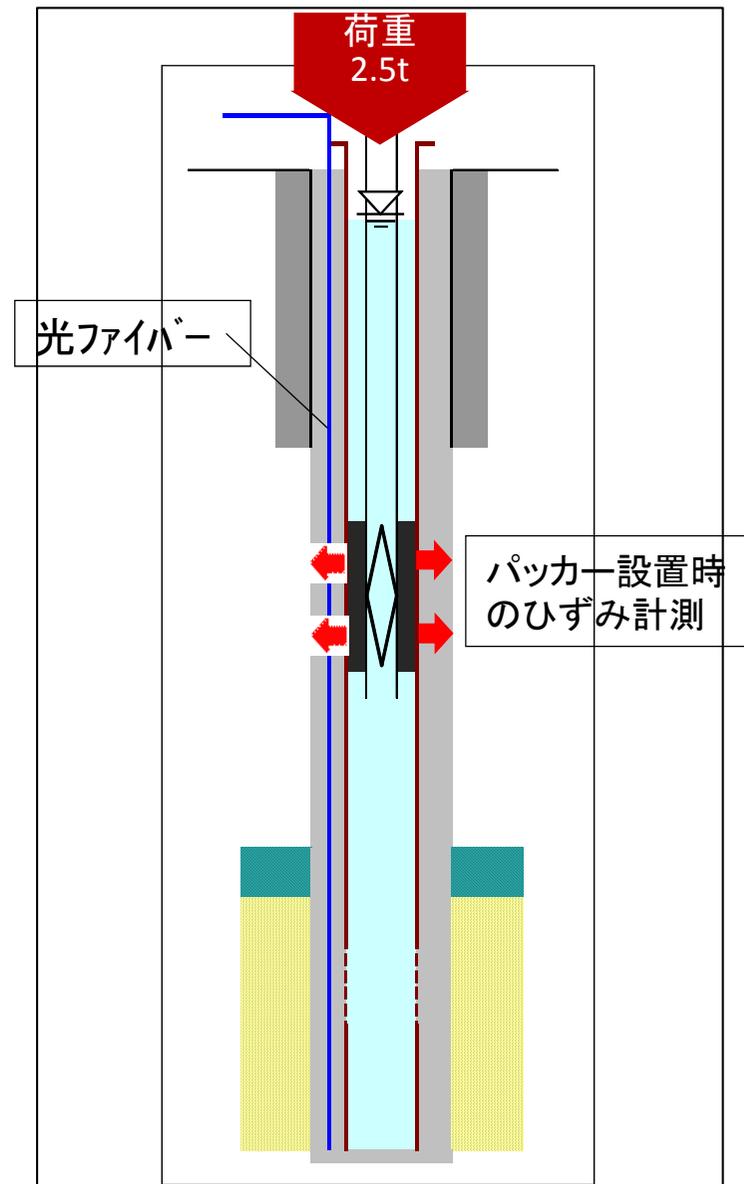
新坑井(水圧入用) 光ファイバー設置坑



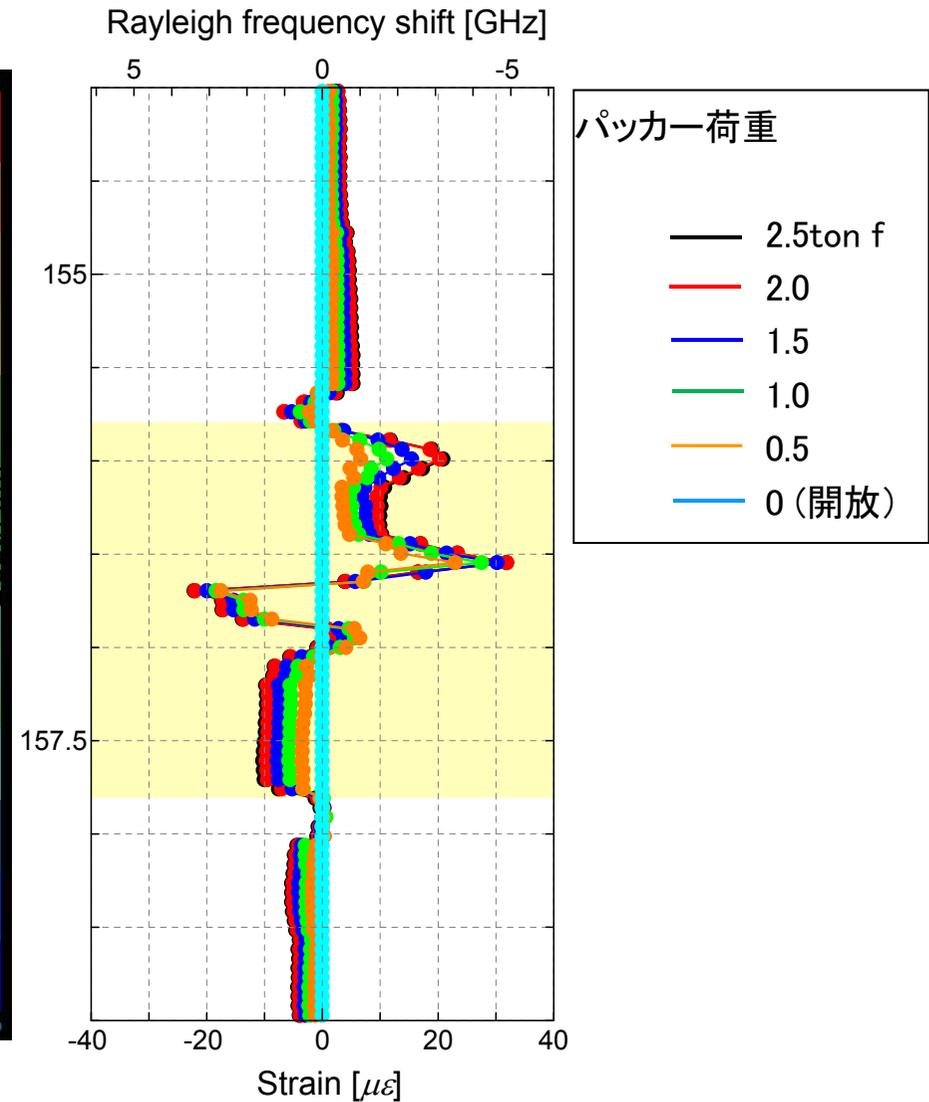
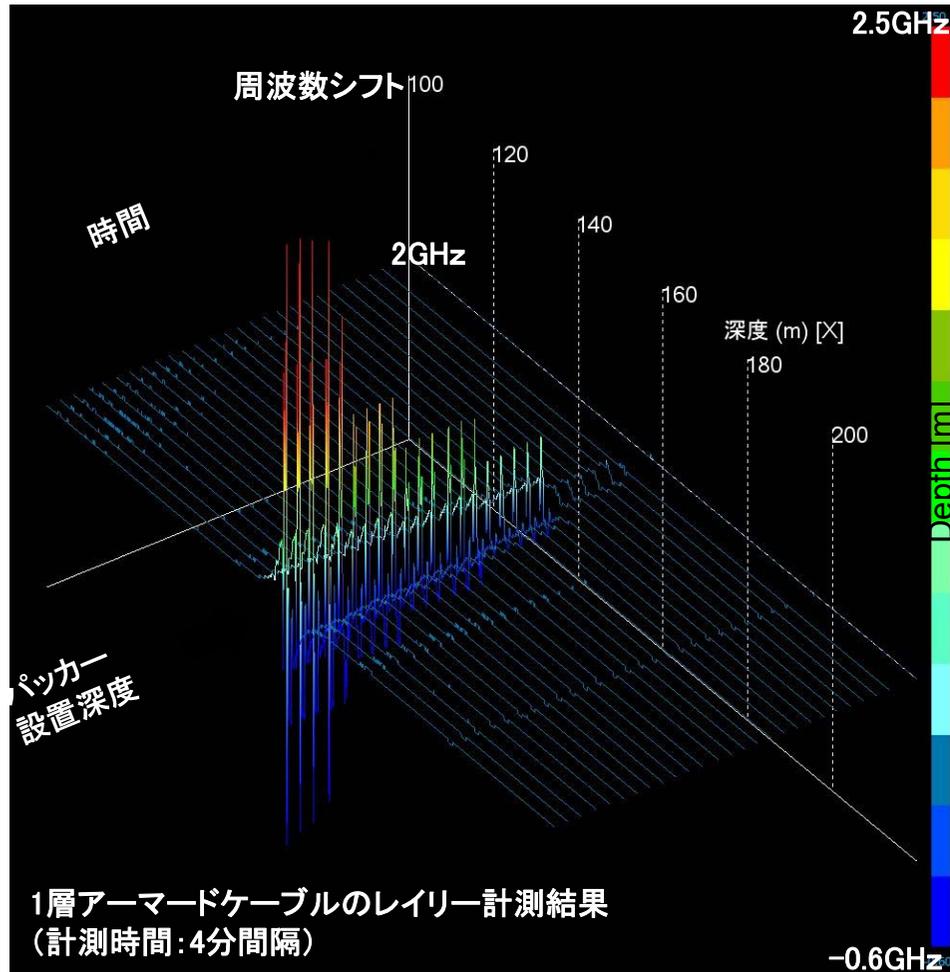
# 注水に伴う地層変形の測定結果



# パッカー動作時のケーシング変形測定

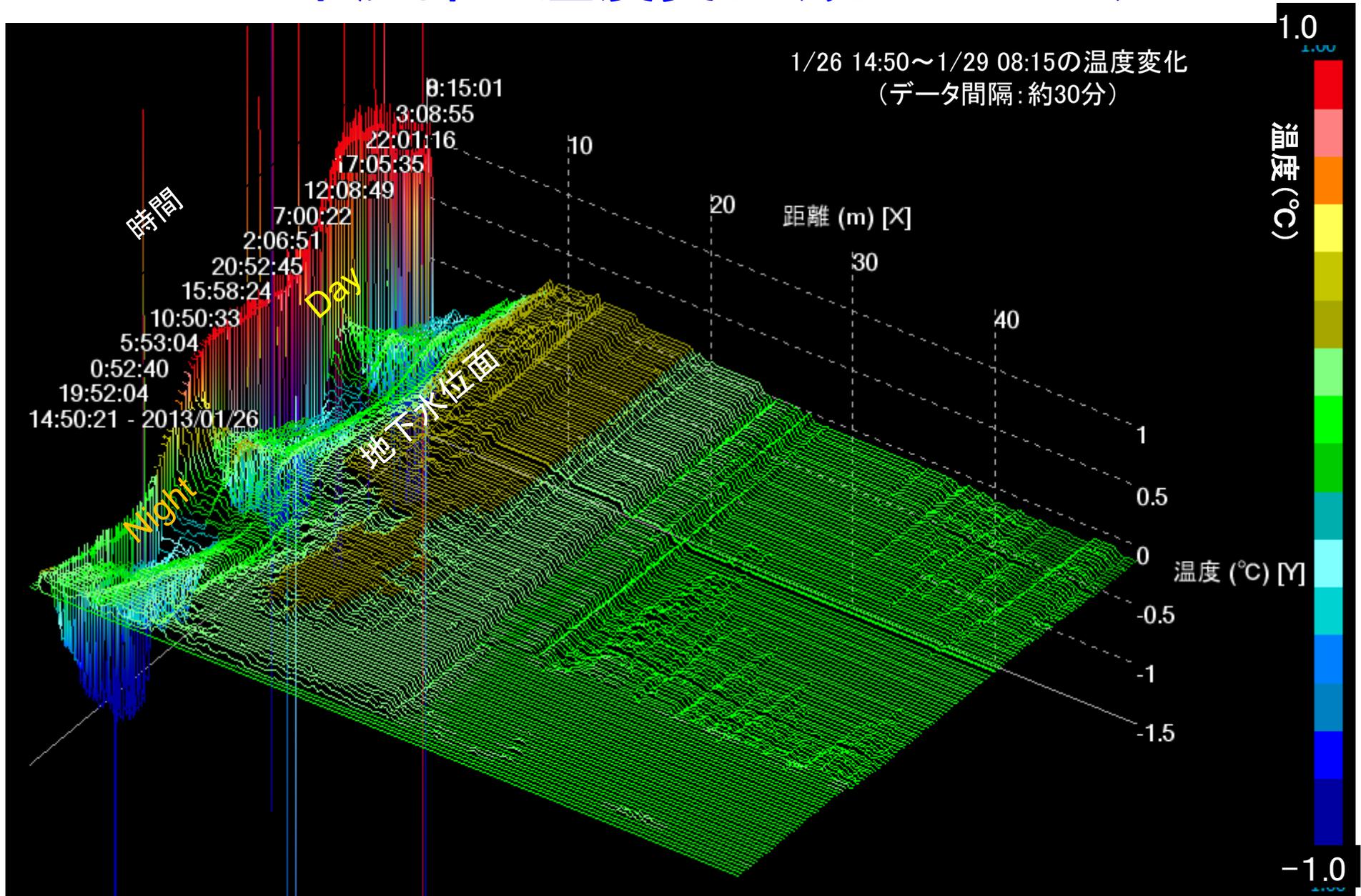


# パッカー動作に伴うケーシングのわずかな変形



レイリー計測は0.2GHz(換算ひずみ数 $\mu\varepsilon$ )程度まで計測可能

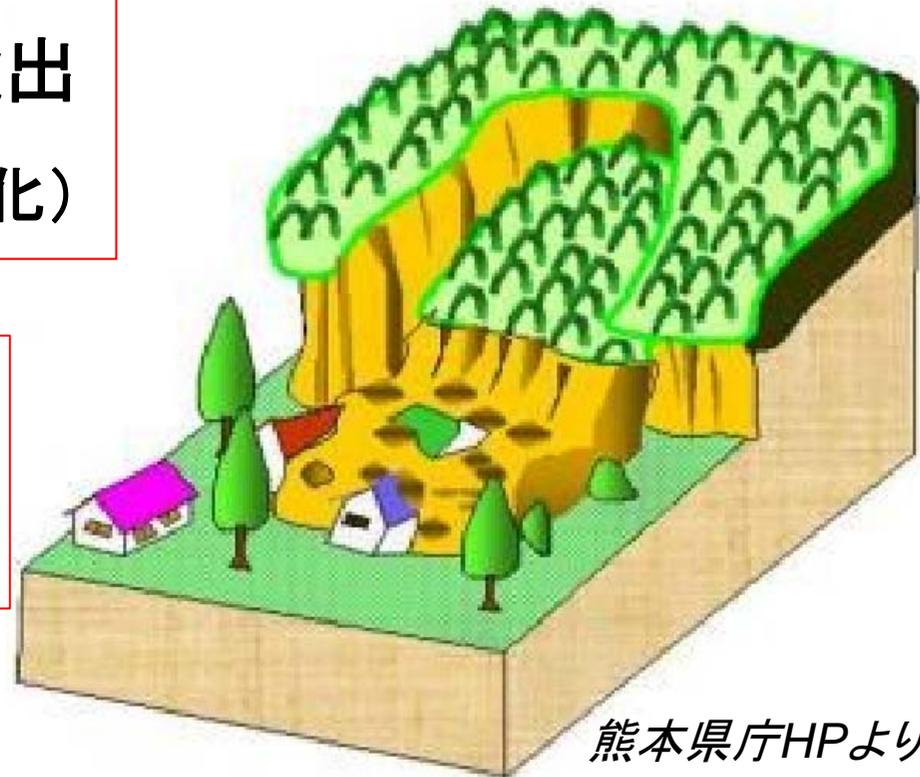
# 地中浅部の温度変化(坑口~50m)



# 波及効果 ①: 地すべり対策

地すべり面(粘土層)の検出  
(雨水滲入時の温度、圧力変化)

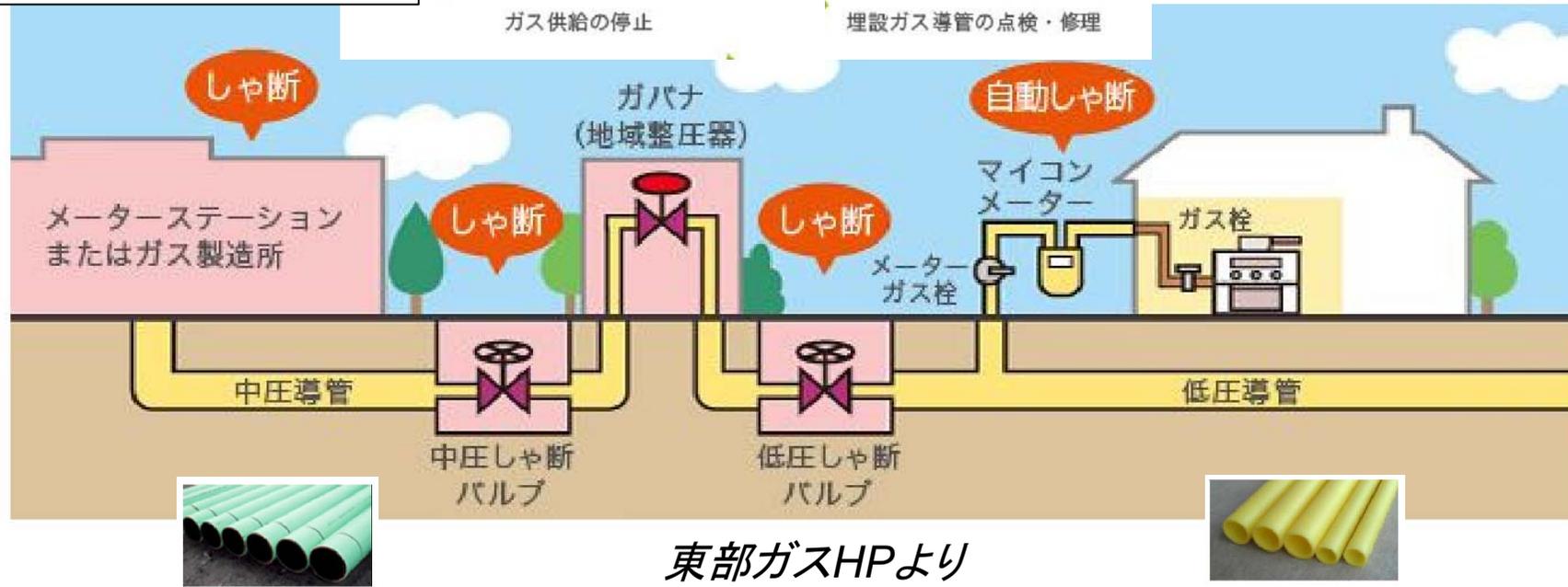
地すべり抑止策や警報  
(地層変位より警報発令)



熊本県庁HPより

大雨が降り続けると地下に水がたくさんしみ込み、水を通しにくい粘土層の上に水がたくさん溜まる。その力に持ち上げられて粘土層をさかいに上の地面がゆっくりと動き出す。

# 波及効果②： 地中配管類の補修管理



地中の導管類に光ファイバーを取り付ける →→→ **メンテナンス**

## まとめ

- 光ファイバーによるひずみ**測定手法**を確立し、**ひずみゲージ**と**同等精度**で測定できることが確認できた。粗粒部と細粒部を有する砂岩試料を用いた測定実験より、**複雑な地層特性**も適切に反映できた。
- 地中に埋設した光ファイバーは、深部**貯留層圧力**の変化によって生じた**地層変形を連続的**に測定できる。深度方向の地層変形が地表の変状との関連性の検討が可能となり、遮蔽層の**力学的安定性評価**に利用できるほか、**CO<sub>2</sub>漏洩の早期検出**にも役立つ。
- 温度・圧力・ひずみの測定結果を基に、**地すべり**や斜面崩壊の対策検討、**地中配管等**の構造物の**補修管理**にも活用できる。
- 大深度・長尺の埋設型光ファイバー**ケーブル製作&設置**、**導入コストの低減**や観測・解析・管理の**パッケージ化**が求められている。

# 謝 辞

本研究は経済産業省の「**二酸化炭素回収・貯蔵安全性評価技術開発**」委託業務の成果の一部であり、記して謝意を表します。また、光ファイバー測定技術開発にご協力いただいた(株)ニューブレクス、(株)フジクラ、(株)関東建設、(株)物理計測コンサルタント、RITE貯留研究グループの関係者には厚く御礼を申し上げます。