

# 地下空洞型処分施設に係る技術開発について

RWMC's R&D for Intermediate depth disposal

公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター

藤原 啓司

Hiroshi FUJIHARA

Radioactive Waste Management Funding and Research Center

Auditorium, JSCE Headquarters

May 17, 2022

## 1. 中深度処分とは

Concept of Intermediate Depth Disposal

## 2. 原環センターの中深度処分関連研究の目的

Objectives of RWMC's R&D activities

## 3. 取組の概要（経済産業省からの受託研究）

Broad outlines of RWMC's Past and Current R&D (Contracted Research from METI)

### 3.1 地下空洞型処分施設性能確証及び閉鎖技術確証試験

The Construction Test of a Disposal Facility in the Test Cavern

### 3.2 地下空洞型処分施設機能確認試験

Study on Monitoring Methods for Confirming the Condition of Disposal Facility

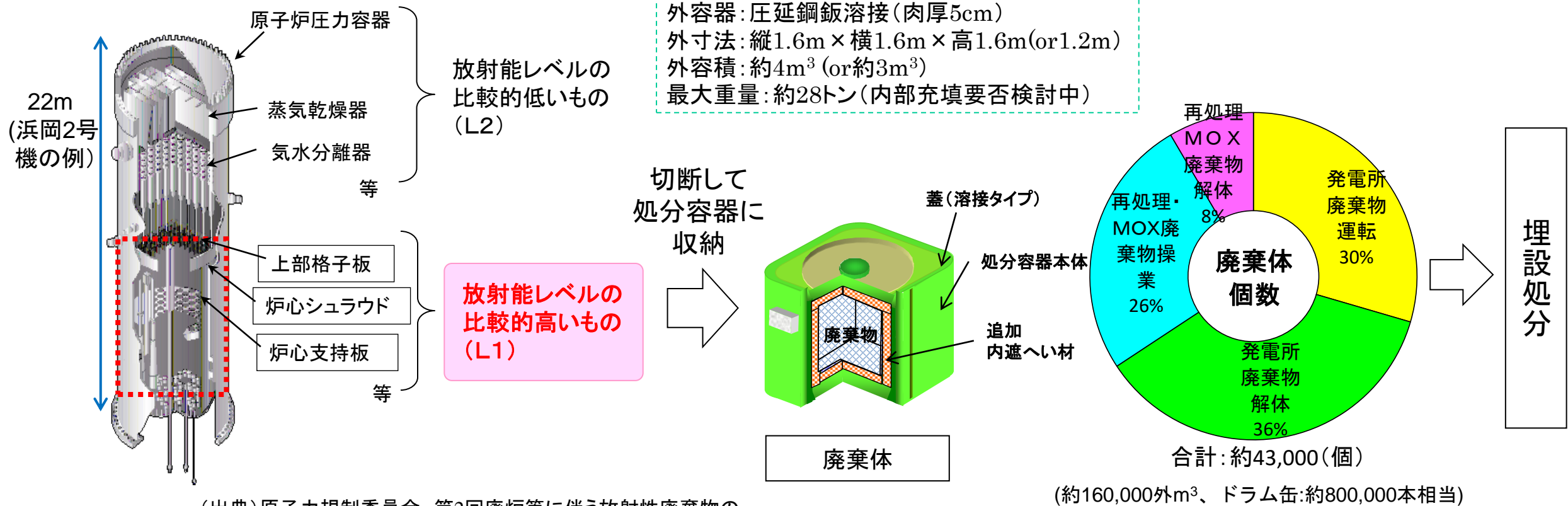
### 3.3 地下空洞型処分調査技術高度化開発

Study on Advanced Methods for Evaluating Underground Environment and Designing Disposal Facility

# 1. 中深度処分とは - 廃棄体・処分容器

- 原子炉施設や再処理施設等の運転と解体から発生する「低レベル放射性廃棄物」のうち、「放射能レベルが比較的高い廃棄物」(L1廃棄物)

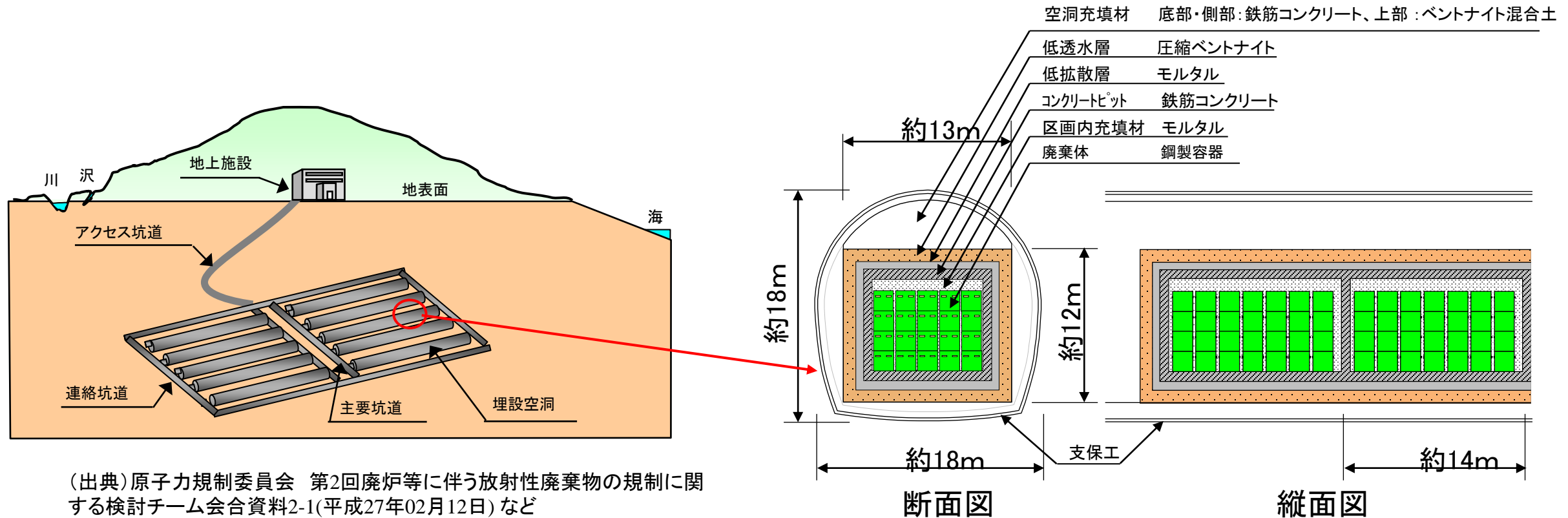
⇒ 廃棄物の収納効率を良くするため、大型角型容器の採用が検討されている



(出典)原子力規制委員会 第2回廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する検討チーム会合資料2-1(平成27年02月12日) など

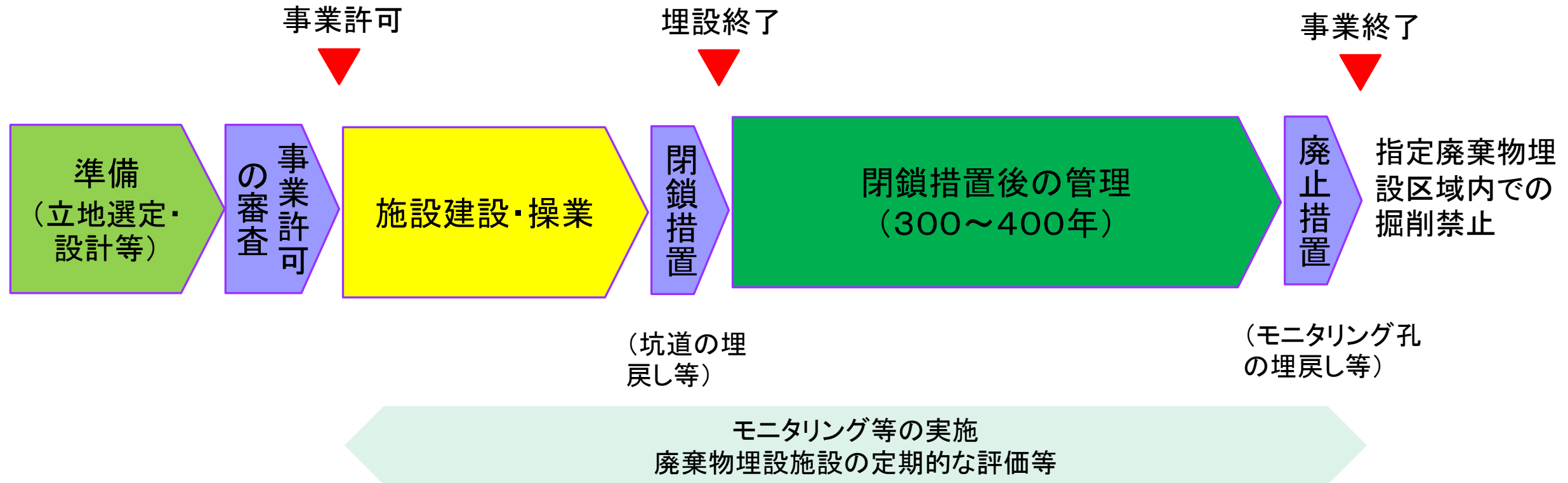
# 1. 中深度処分とは - 処分施設の概念・特徴

- 中深度処分は、住居建設などの一般的な地下利用のほか、高層建築物の建設、地下鉄、上下水道、共同溝などの利用を想定しても十分に余裕のある深度（法令で地表から深さ70m以上の地下）に処分する方法となっている。
- 放射性物質の移行は、「廃棄物・廃棄体」、「天然バリア」、「人工バリア」により長期にわたり抑制する。



# 1. 中深度処分とは -事業の流れ

- 事業者による事業の継続性、廃棄物に含まれる放射性核種の減衰の観点から、既往のピット処分を参考に、300年～400年程度の能動的管理が想定されている
- 処分施設の特徴を踏まえ、坑道埋戻し・坑口閉塞等の措置（閉鎖措置）段階がある
- 公衆と生活環境防護の観点から、規制当局が、事業開始前、埋設施設を含む立体的な区域を掘削制限区域として指定する



## 2. 原環センターの中深度処分関連研究の位置付け

- 廃炉等に伴って生じる廃棄物の処分については、低レベル放射性廃棄物も含め、発生者責任の原則の下、原子力事業者等が処分場確保に向けた取組を着実に進めることを基本としつつ、**処分の円滑な実現に向け、国として、必要な研究開発を推進するなど、安全確保のための取組を促進する。**(第6次エネルギー基本計画,令和3年10月)

### 経済産業省

中深度処分について、その円滑な実施に向けた**基盤的な技術開発**を実施する。

- 地下空洞型処分施設性能確証及び閉鎖技術確証試験 (2005～2014年度)
- 地下空洞型処分施設機能確認試験 (2015～2019年度)
- 地下空洞型処分調査技術高度化開発 (2020年度～)

### 成果の公表

[https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity\\_and\\_gas/nuclear/rw/library/library06.html](https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/library/library06.html)

公募研究

### 原環センター

1976年設立以来、我が国唯一の放射性廃棄物に特化した中立の調査研究機関として、学界、産業界の知見も活用して、幅広い調査研究を実施している。

廃棄物発生者  
(電気事業者等)

低レベル放射性廃棄物全般について、合理的な処理処分の実現に向けた**個別具体的な技術課題の解決策**を検討する。

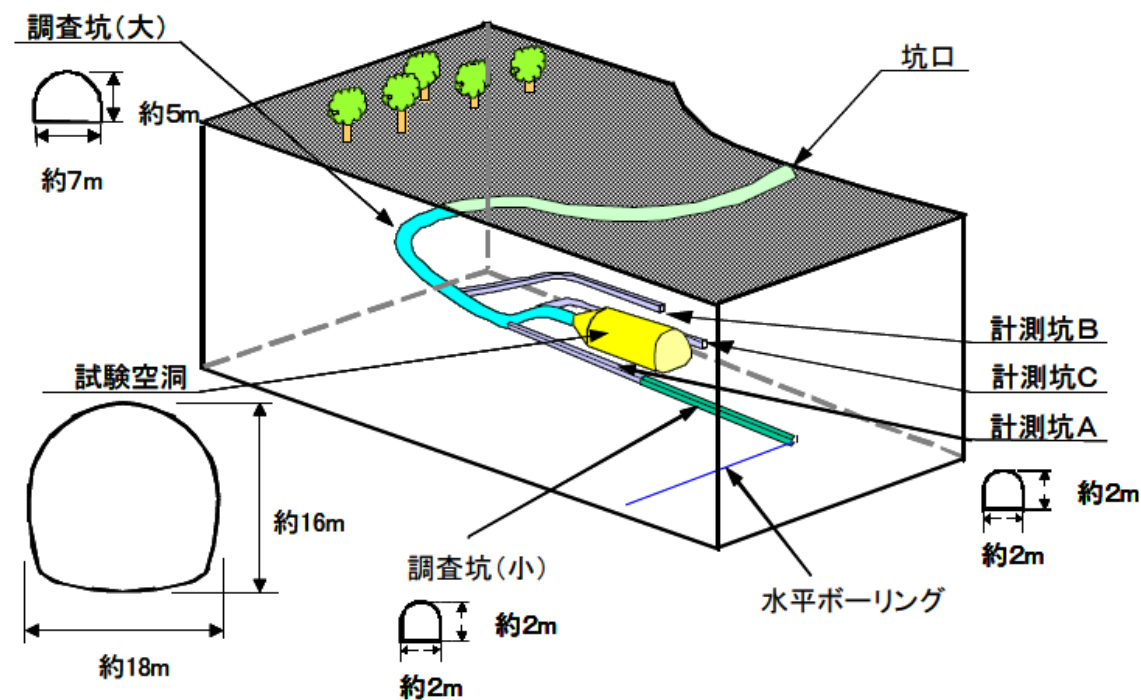
- 放射能評価
- 廃棄体製作
- 規制要求への適合性
- 安全性・信頼性の説明性向上 等

協力

# 3. 1 地下空洞型処分施設性能確証及び閉鎖技術確証試験(1/9)

**目的:** 実際の地下環境条件において中深度処分で想定されている実規模大の模擬施設を構築し、施工技術や施工品質を確認する。あわせて、模擬施設及び周辺岩盤の挙動計測等を行い、その健全性を確保する。

**実施場所:** 日本原燃(株)の試験空洞内 他

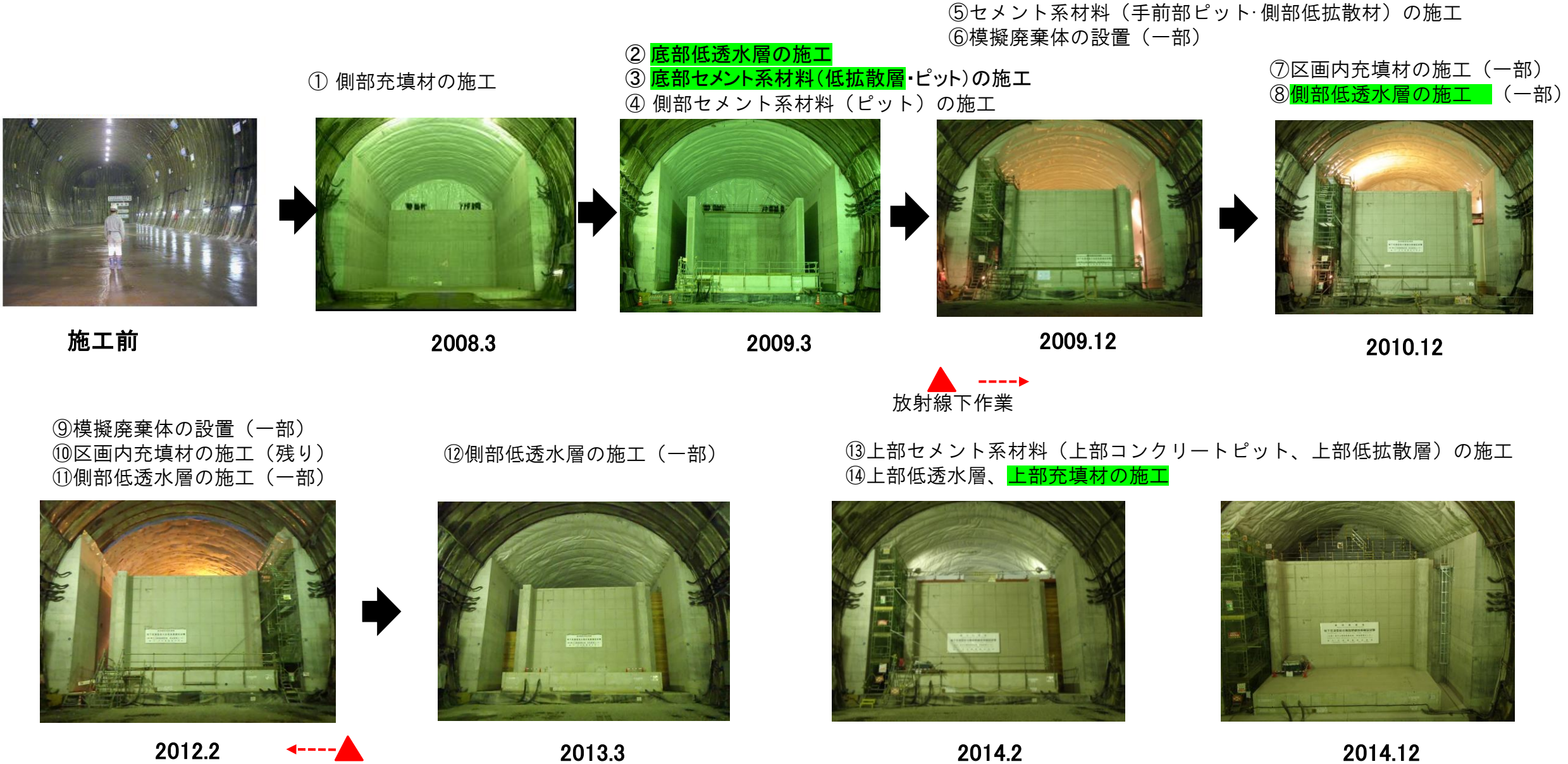


調査坑概念図

試験空洞：幅約18m、高さ約16m、長さ約70mの大きさで、空洞底部の標高が約-90m

(出典)日本原燃(株):低レベル放射性廃棄物の次期埋設に関する本格調査結果について(2006)

# 3. 1地下空洞型処分施設性能確証及び閉鎖技術確証試験(2/9)

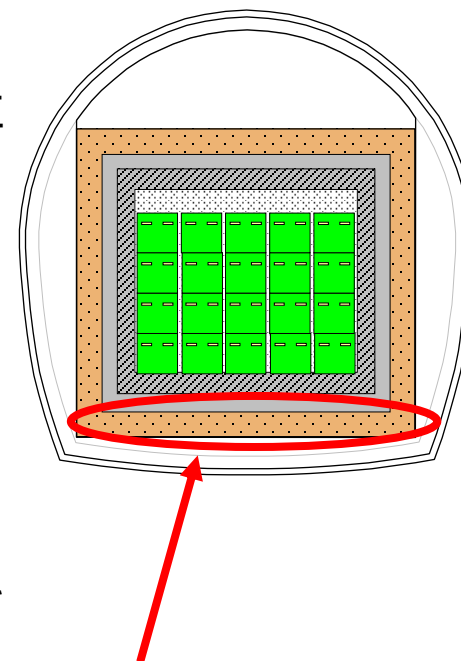




# 3. 1地下空洞型処分施設性能確証及び閉鎖技術確証試験(3/9)

## 施工試験状況: ①底部低透水層の施工

- 使用材料: 100%ベントナイト(粒状ベントナイト:クニゲルGX(粒径10mm以下))使用
  - 粉末ベントナイトに比べ、低い締固めエネルギーで高い密度が達成できること、など
- 施工時の管理目標値:
  - 透水係数 $5.0 \times 10^{-13} \text{m/s}$  以下
  - 乾燥密度 $1.6 \pm 0.1 \text{Mg/m}^3$ , 含水比 $21 \pm 2\%$
- 試験結果:
  - 低透水性や力学性能を損なうような欠陥を生じさせず、均質な部材を構築するための低透水層の施工方法と、構築後の部材の初期性能を確認した。



空洞内の湿度が高い条件(夏場)では結露やローラ面へのベントナイト付着(初期転圧時)が発生



アスファルトフィニッシャーにより敷均し



大型振動ローラにより転圧



端部は小型振動ローラにより転圧

# 3. 1地下空洞型処分施設性能確証及び閉鎖技術確証試験(4/9)

## 施工試験状況: ②側部低透水層の施工



人手による吹付



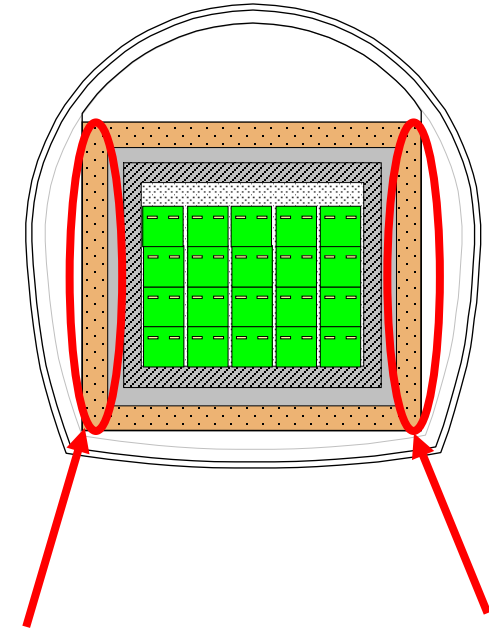
敷均し機械による敷均し



ロボットによる吹付



小型振動ローラによる振動転圧



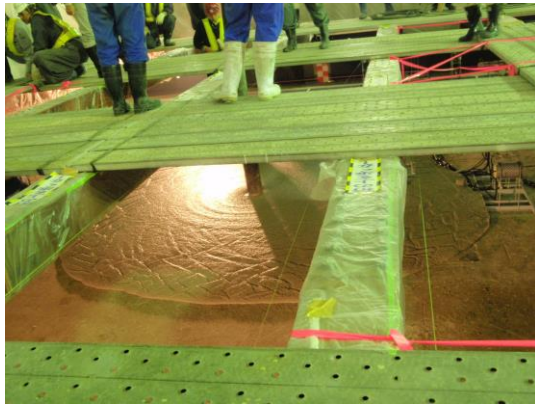
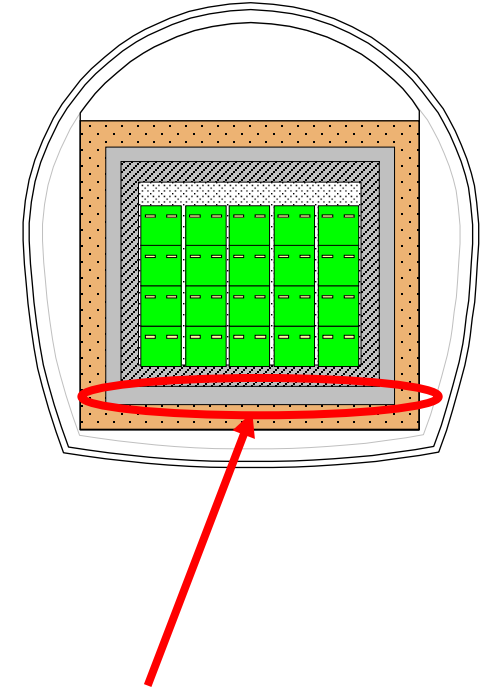
(吹付工法)

(転圧工法)

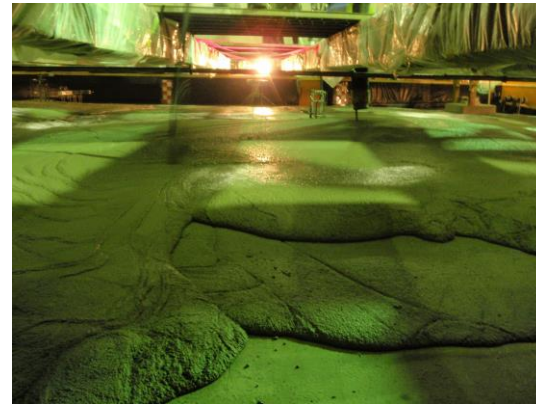
# 3. 1地下空洞型処分施設性能確証及び閉鎖技術確証試験(5/9)

## 施工試験状況：③底部低拡散層の施工

- 使用材料：高流動、低発熱系のモルタル(膨張材添加)
  - 水みちを生じさせる可能性のある粗骨材や鉄筋等を使用しない
  - 一度に打込むことで低拡散性の弱部になると考えられる打継目をできる限り排除
  - 温度変化に伴うひび割れ発生を抑制 等
- 施工時の管理目標値
  - 実効拡散係数 $1.0 \times 10^{-12} \text{m}^2/\text{s}$  以下、部材厚さ0.6m(-5mm 以上+15mm 以下)
- 試験結果：
  - 高流動モルタルの大量・一括打込みの施工性、品質(部材の厚さ等の出来形)、初期性能(拡散係数等)から、極小さな拡散係数の低拡散材の構築が可能な施工技術・施工方法を確立した。また、ひび割れ発生抑制技術の有効性を確認した。



モルタル供給状況



流動性の低下現象  
(ベントナイト上では粗度係数が大きい)



バイブレータ使用状況

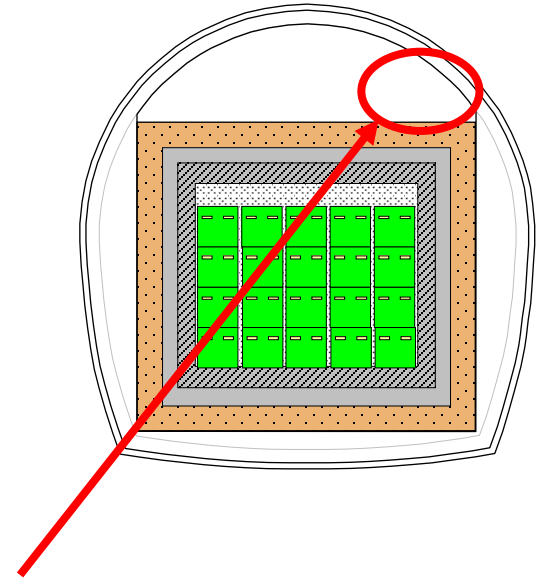


左官仕上げ状況

# 3. 1地下空洞型処分施設性能確証及び閉鎖技術確証試験(6/9)

## 施工試験状況：④空洞充填材(上部)の施工

- 使用材料： 砂+ベントナイト(+クニゲルV1:15%)
- 施工時の管理目標値
  - 透水係数 $1.0 \times 10^{-8}$  m/s (周辺岩盤よりも低い透水性)
- 試験結果：
  - バイブロコンパクタ等機械と吹付け機械による施工性、品質(乾燥密度・層厚さ等の出来形)、初期性能(透水係数等)から、上部の狭隘部でも、既存の施工機械・施工方法を用いて充填材の構築出来ることを確認した。



プレートコンパクタ(60kg)による予備転圧



バイブロコンパクタ(300kg)による転圧

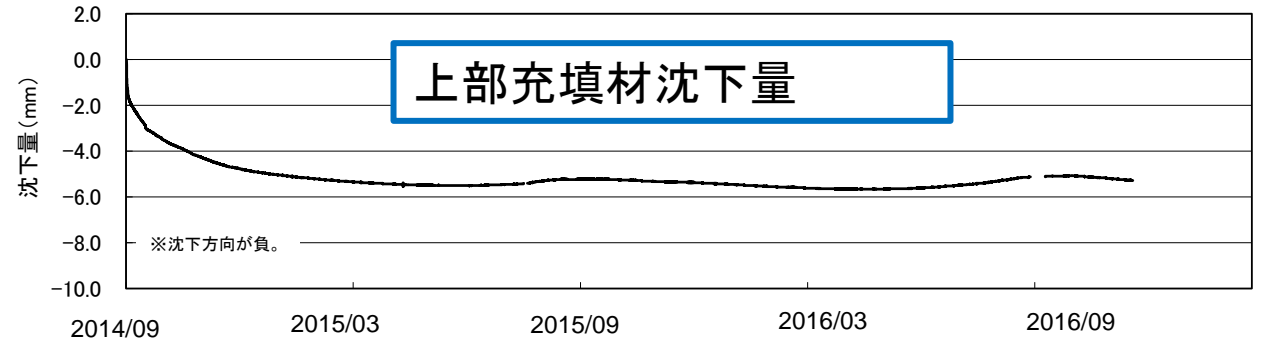
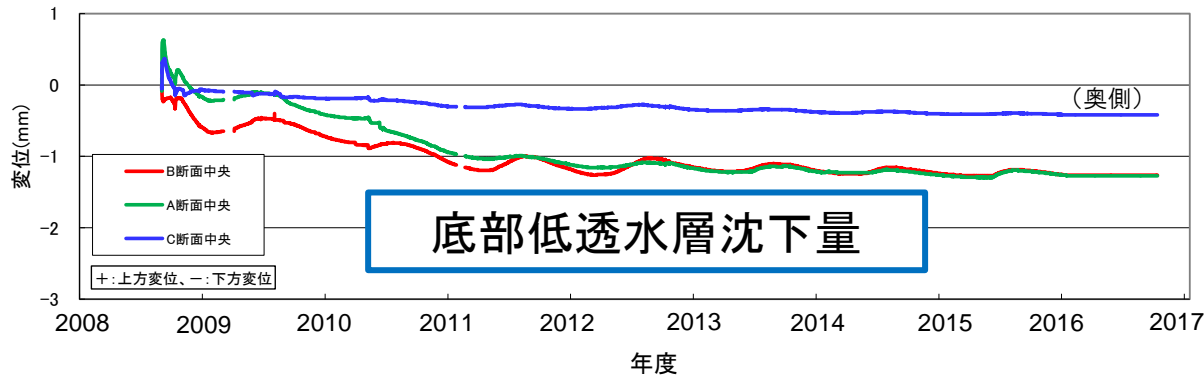
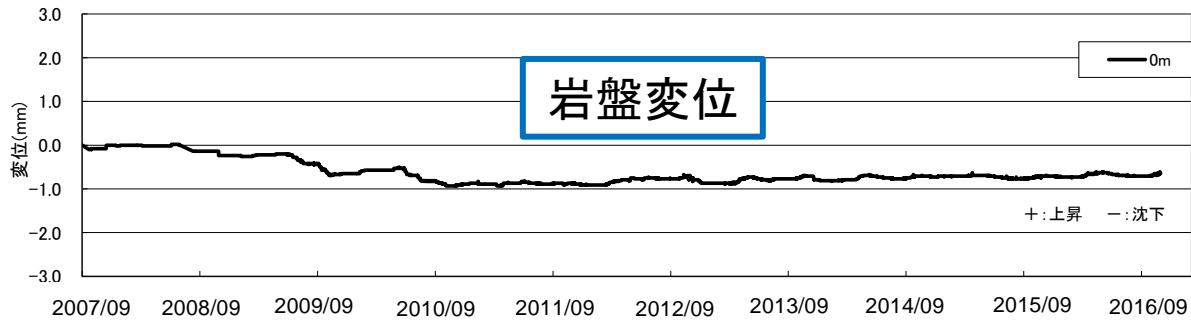
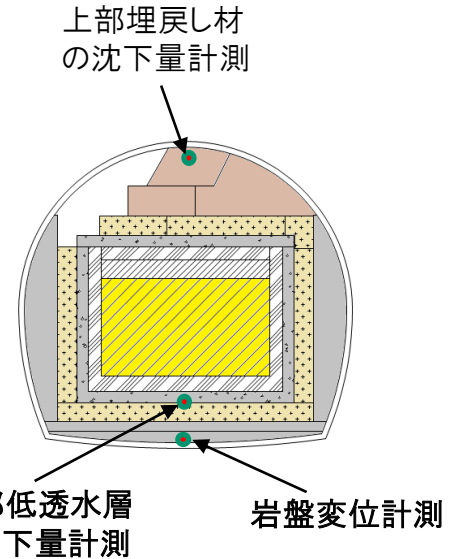


吹付け機による吹付け

# 3. 1 地下空洞型処分施設性能確証及び閉鎖技術確証試験(7/9)

## 施設/岩盤挙動の計測: ① 岩盤変位等の計測

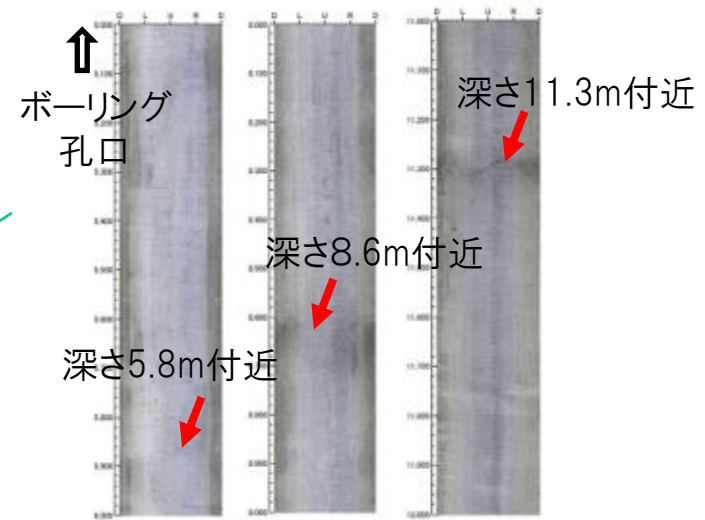
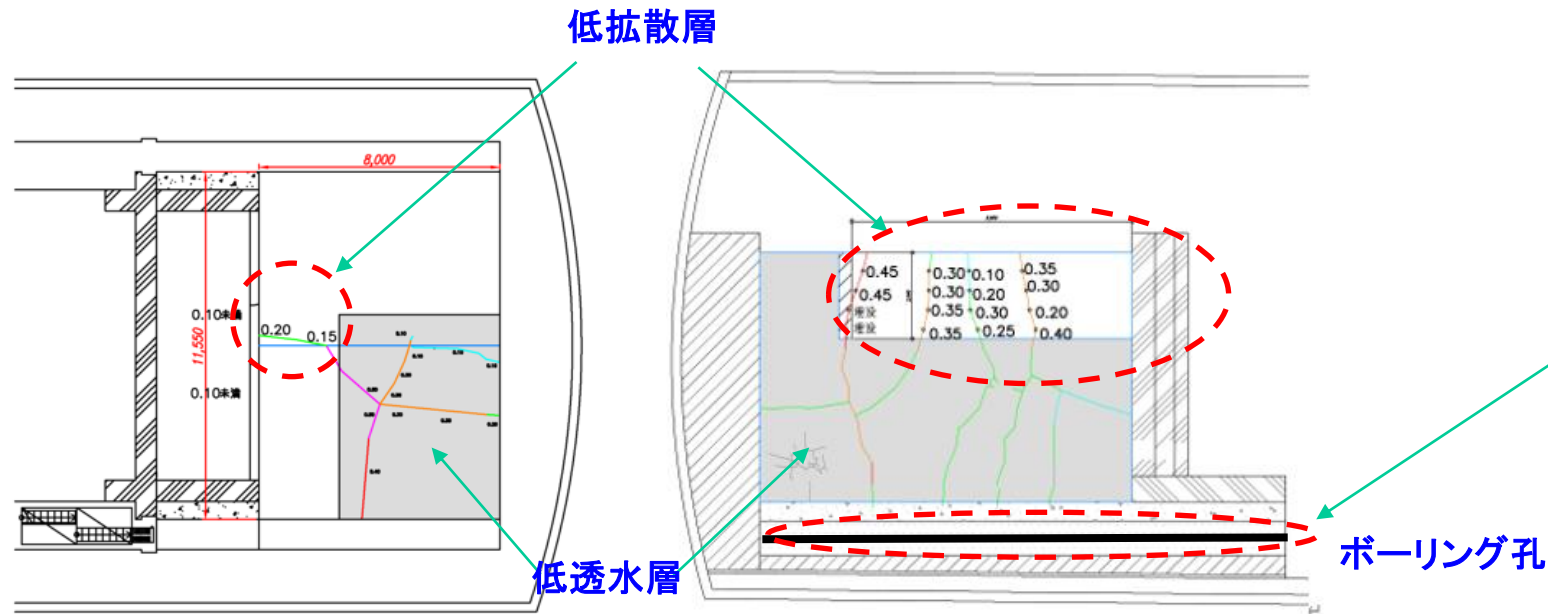
- 模擬施設に温度計やひずみ計等の計測器(593台)を設置、また、周辺岩盤に間隙水圧計及び岩盤変位計(37台)を設置し、模擬施設挙動及び模擬施設構築に伴う周辺岩盤挙動を計測(2019年度まで実施)



# 3. 1 地下空洞型処分施設性能確証及び閉鎖技術確証試験(8/9)

## 施設/岩盤挙動の計測: ② 低拡散層のひび割れ観測

- 施工後比較的初期段階にひび割れは発生するが、その後は、ひび割れの幅増大、長さの進展、あるいは、新たなひび割れの発生は観測されていない(2019年度まで実施)



底部低拡散層(ボーリング孔内壁観察)  
(2008年10月施工)  
最大ひび割れ幅: 計測限界 0.25mm 未満

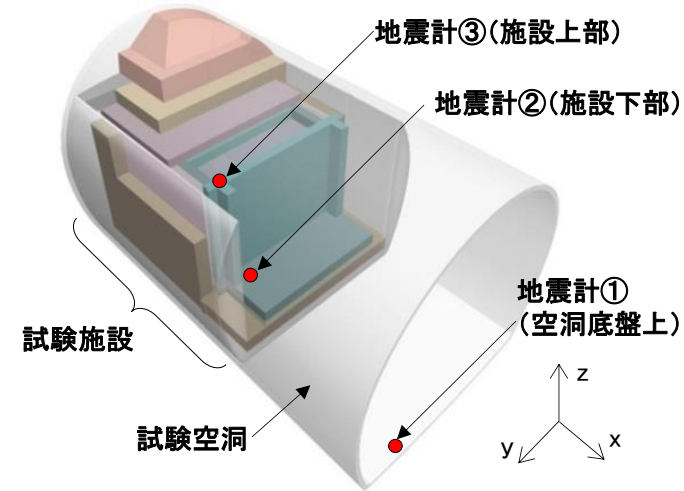
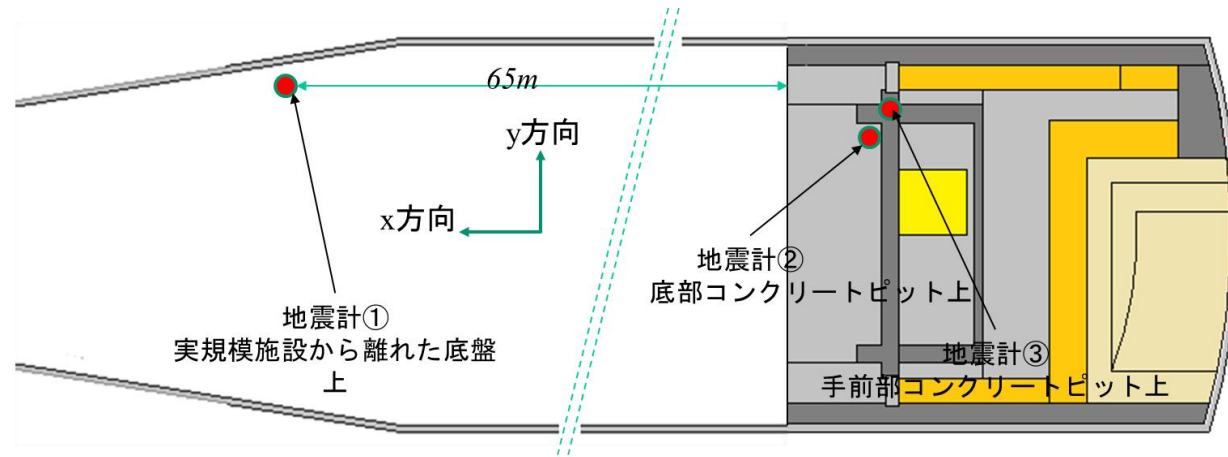
上部低拡散層上面,  
(2012年12月施工)  
最大ひび割れ幅: 0.20mm程度

左側側部低拡散層表面  
(2009年9月施工)  
最大ひび割れ幅: 0.45mm程度

# 3. 1地下空洞型処分施設性能確証及び閉鎖技術確証試験(9/9)

## 施設/岩盤挙動の計測：③地震観測

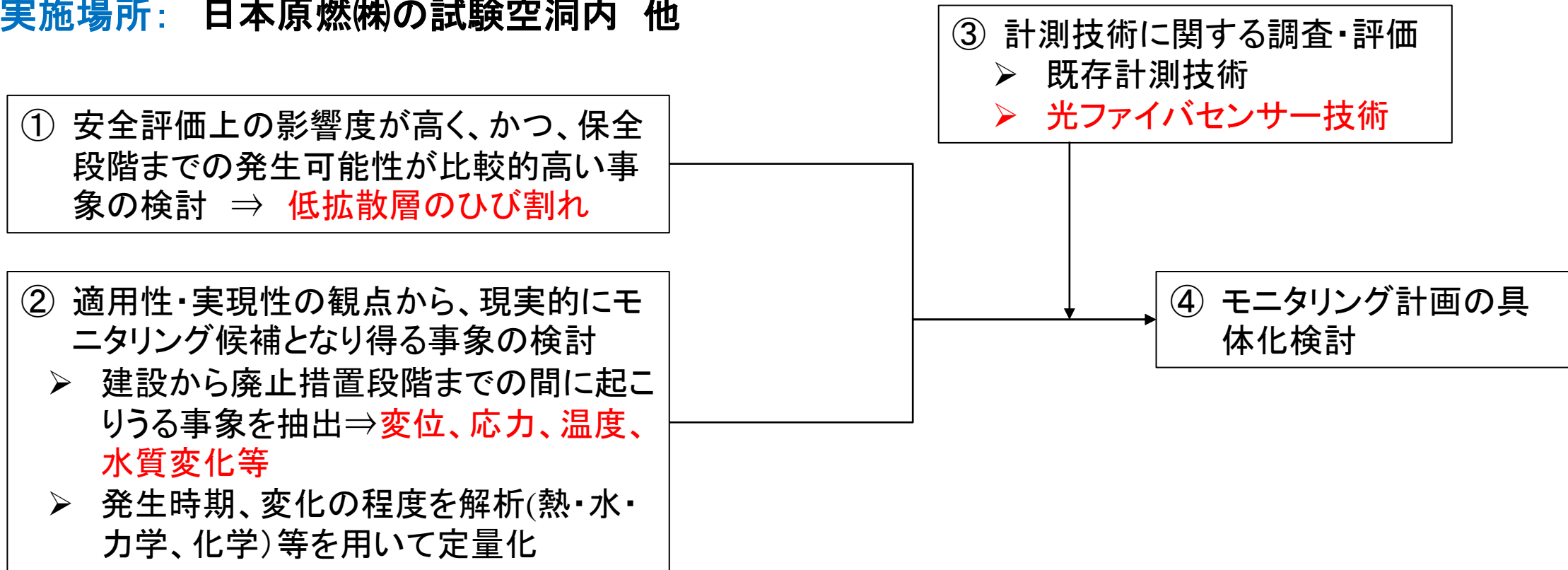
- 2013年10月より、試験空洞(1台)と模擬施設(2台)に地震計を設置し、地震動観測を実施。(継続中, 2021年度に地上部に1台追加)
  - これまでに観測された最大加速度は、2019年8月15日の青森県三八上北地方を震源とするM5.5の地震で、水平方向(x方向)で、地震計①で25.8Gal、地震計②28.7Gal、地震計③で30.7Galを記録。



## 3.2 地下空洞型処分施設機能確認試験(1/14)

**目的:** 処分施設の閉鎖後の長期的な管理に資するため、2014年度までに試験空洞内に構築した模擬施設も活用し、人工バリアや周辺岩盤の長期に亘る機能を確認するためのモニタリング計画を検討する。

**実施場所:** 日本原燃(株)の試験空洞内 他





# 3.2 地下空洞型処分施設機能確認試験(2/14)

## 光ファイバセンサー技術の原理

光ファイバーにパルス光を入射し散乱光を発生させる

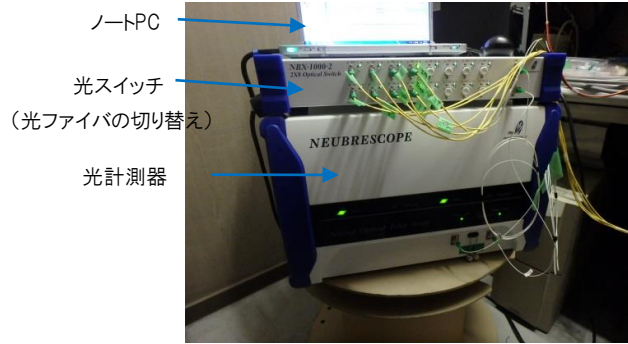


散乱光の強度や周波数に変化

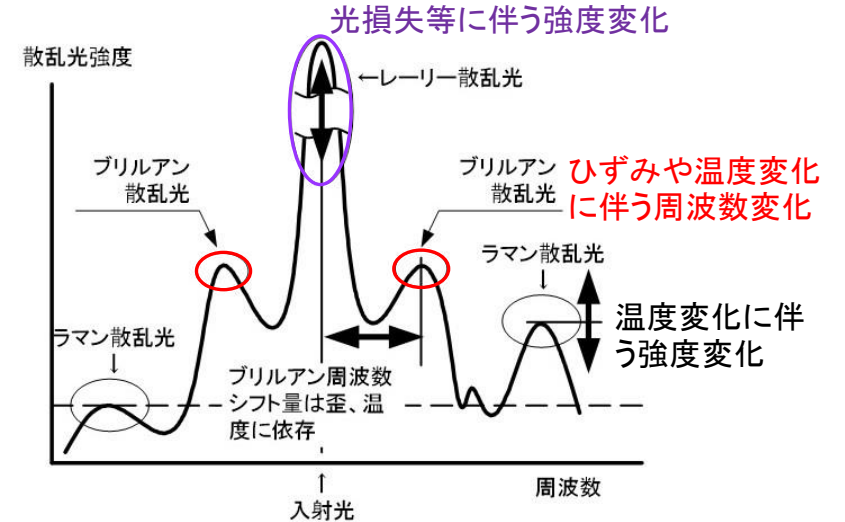


ひずみや温度の変化量に換算(注)

(注)ブリルアン散乱用にPPP-BOTDA方式、レイリー散乱用にTW-COTDR方式 (Neubrex社製NBX-7020を使用)



光ファイバセンサー用計測器



散乱光のスペクトル

## 光ファイバセンサー技術の特徴

- 中深度処分施設のモニタリングに光ファイバセンサー技術を活用する場合の利点は次のとおり。
  - 点センサーではなく、**分布計測が可能**であるため**ケーブル量を最小化**することが可能
  - 既存の計測器よりも**高耐久**
  - ひずみ、温度、(圧力)を同時計測
  - センサー部に**電源が不要**



実規模施設に設置した既存計測器のケーブルの束

	人工バリアの欠損断面積	備考
光ファイバ	0.8cm <sup>2</sup>	計測点数: <u>400</u> (長さ10m, 分解能 2.5cm)
既存計測器	79cm <sup>2</sup>	計測点数: <u>30</u>

面積100倍 (red arrow pointing from 79 to 0.8)  
取得データ数約10倍 (red arrow pointing from 30 to 400)

※ 光ファイバでは圧倒的に小さな欠損で多くのデータを取得可能

## 3.2 地下空洞型処分施設機能確認試験(3/14)

□ 閉鎖措置段階以降に廃棄物埋設地の状態をより直接的に把握するためのオプションとして、光ファイバセンサー技術の適用性を検討

➤ ラボ試験

①: 耐久性の検討

②: 敷設方法の検討

③: 圧力計測の検討

➤ 既設の実規模施設を活用した試験

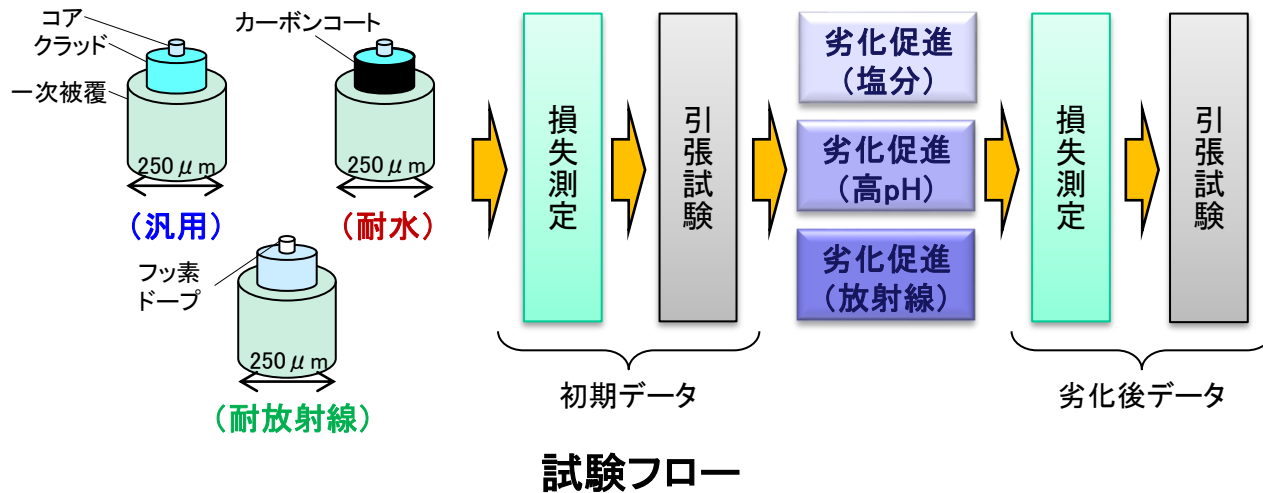
①: 温度計測

②: 人工ひび割れ試験(手前コンクリートピット・上部低拡散層)

# 3.2 地下空洞型処分施設機能確認試験(4/14)

## ラボ試験①: 耐久性の検討

- 現地環境下で想定される劣化要因(塩分・高アルカリ・放射線)に対する光ファイバの破断強度変化
  - 塩水: 汎用タイプは浸漬期間の増加により劣化が進行、耐水タイプはほとんど変化しない
  - 放射線: 汎用タイプ及び耐放射線タイプとも変化なし
  - 高アルカリ: 汎用タイプは10日間の浸漬で激しく劣化、いっぽう、耐水タイプはほとんど変化しない
  
- ラボ試験から推定した100年経過時点の単位長さ当たりの累積破断個数より、環境温度29°C、光ファイバ長5,000mでの累積破断確率は $10^{-6}$ 未満(通信分野で一般的)と推定される。
- なお、解析によれば、低拡散層表面の温度は環境温度(15°C)と同程度で推移するため、累積破断確率は十分に小さい値になると考えられる



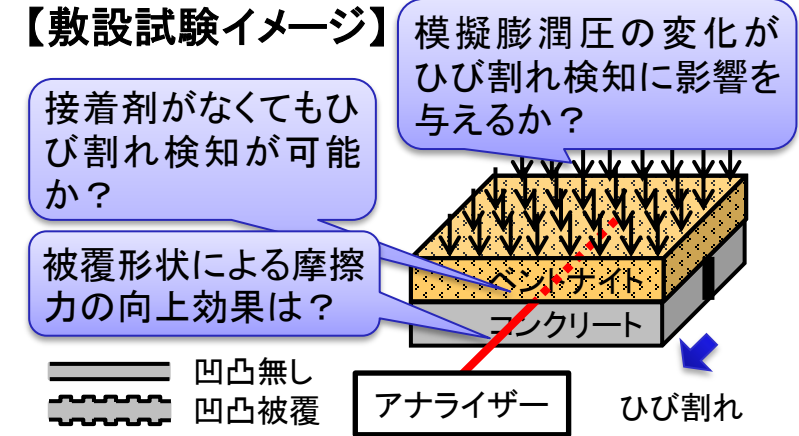
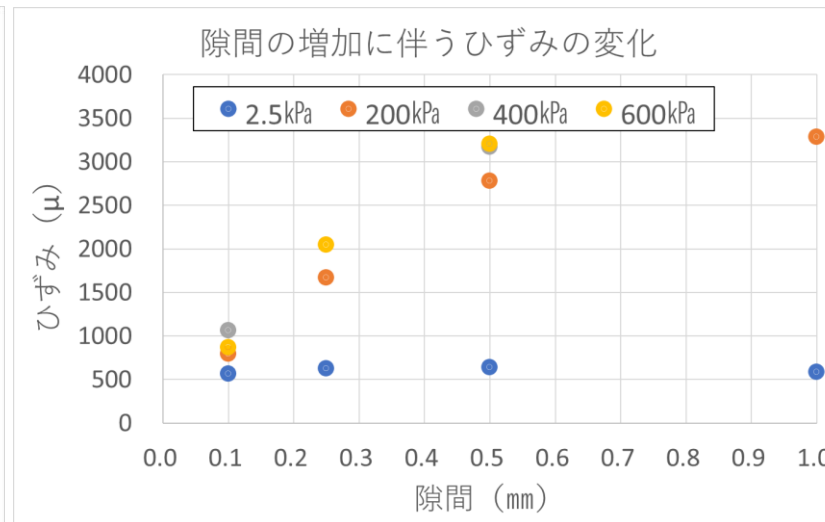
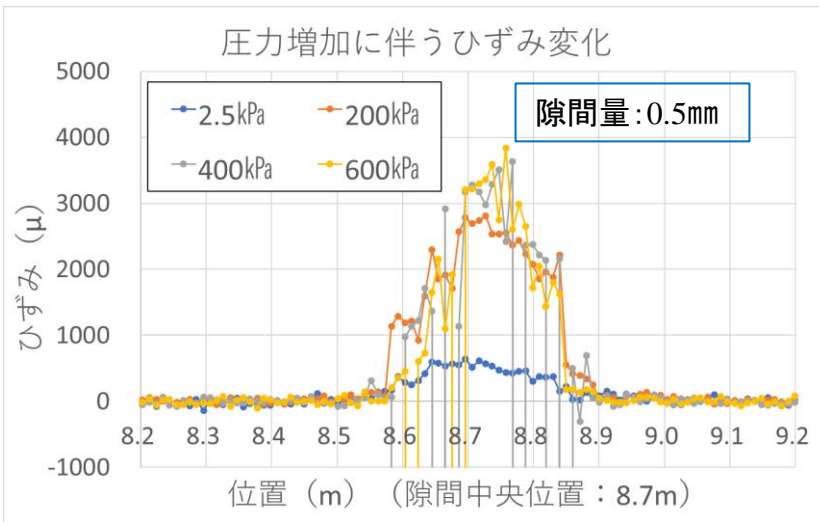
劣化促進パラメーター

劣化因子	比較ファイバ	劣化環境	劣化水準				
			1	2	3	4	5
塩水	汎用vs.耐水	高濃度(海水の2倍)塩水に浸漬(60°C)	10日	50日	100日	200日	400日
高pH	汎用vs.耐水	高アルカリ溶液(pH13)に浸漬(60°C)	1日	3日(汎用)	10日(耐水)		
放射線	汎用vs.耐放射線	200Gy/hを照射	5h	100h			

## 3.2 地下空洞型処分施設機能確認試験(5/14)

### ラボ試験②: 敷設方法の検討

- ひずみ分布計測では、接着剤により、光ファイバセンサと被計測物との一体性を確保するが、その一体性が長期的に維持されるとは考えにくい。そこで、接着剤に期待しない光ファイバセンサの敷設方法の試験を実施
- 試験装置で付与する圧力を変えながら実験し、摩擦力向上策(凹凸被覆)の効果、隙間開閉による影響などを確認 ⇒ 試験の結果、被覆材表面凹凸による有意な差異は認められなかった
- 感度は圧力によって異なるものの、ベントナイト膨潤圧想定値(最大1.5MPa)よりも小さな圧力範囲で検知が可能であった

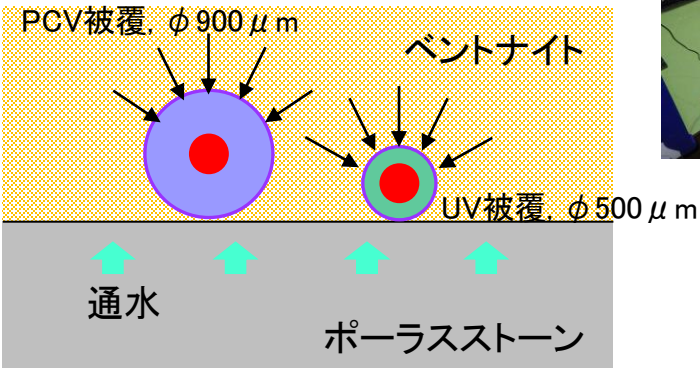


圧力の増加に伴うひずみの増加を検知

## 3.2 地下空洞型処分施設機能確認試験(6/14)

### ラボ試験③: 圧力計測の検討

- 光ファイバセンサーによって、ひずみ・温度分布だけでなく圧力分布を計測できれば、低透水層の膨潤圧などのモニタリングに資することができる。
- 被覆(厚、材料)の異なる二種類の光ファイバセンサを、ポーラスストーンとベントナイトを模擬した軟質ゴム材料との間に配置し、ジャッキ加圧により生じる二種類のひずみ計測結果の差から圧力状態を捉える
- 圧力の定性的な上昇傾向は確認できたが、ひずみ量は $20\mu$ 程度と極めて微小な範囲での変動であり、精度の観点で圧力の定量化には課題



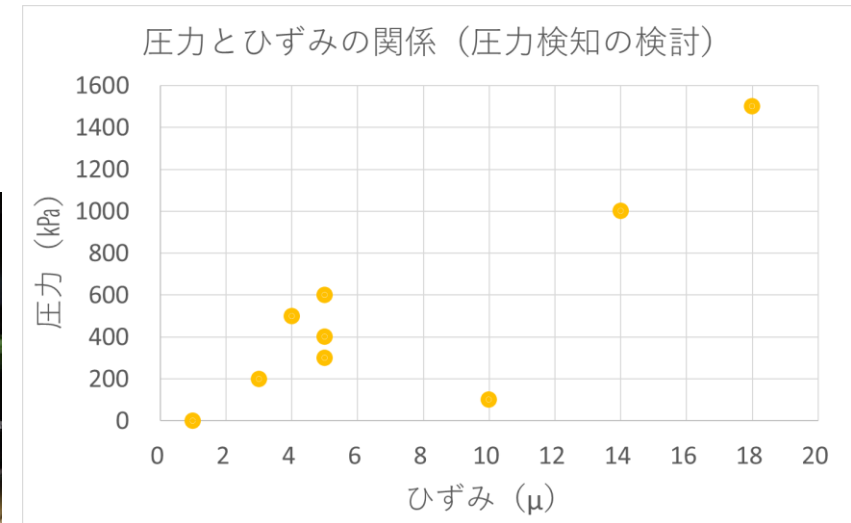
圧力計測イメージ



試験機器配置状況



軟質ゴム上への光ファイバセンサ配置

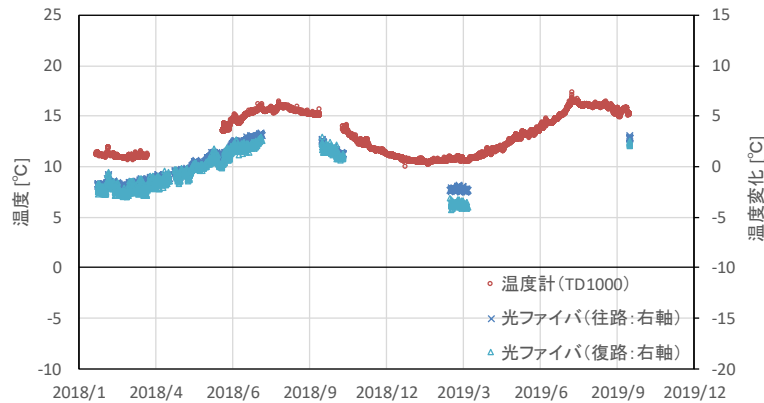


圧力増加に伴うひずみの増加を検知

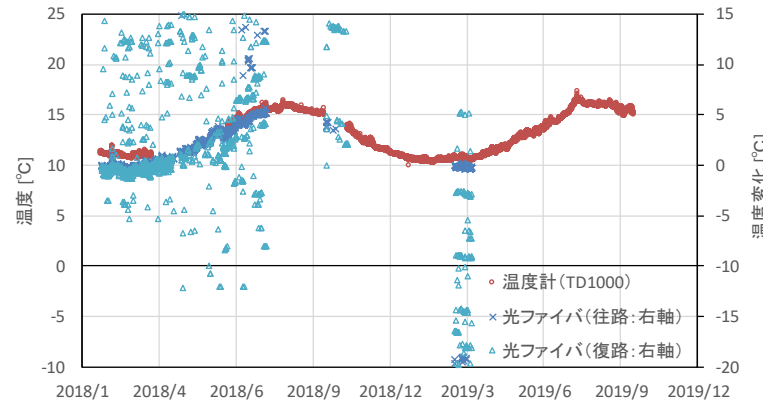
## 3.2 地下空洞型処分施設機能確認試験(7/14)

### 既設の実規模施設を活用した試験①: 温度計測

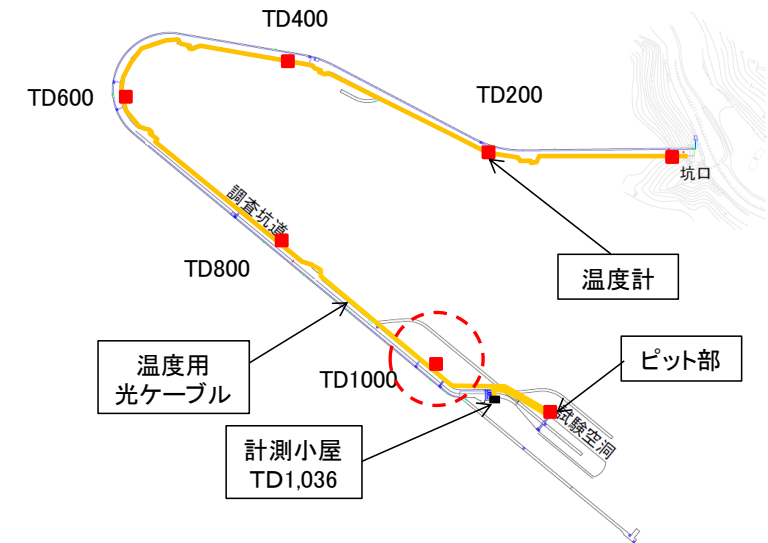
- アクセス坑道沿いに光ファイバセンサーケーブルを敷設して、ブリルアン方式とレイリー方式により、全長約2,750m(往復)における温度変化を不定期に計測した。
- その結果、ブリルアンによる温度計測は、温度計と高い相関があることを確認した。



温度計測結果 (TD1000 ; ブリルアン方式)



温度計測結果 (TD1000 ; レイリー方式)

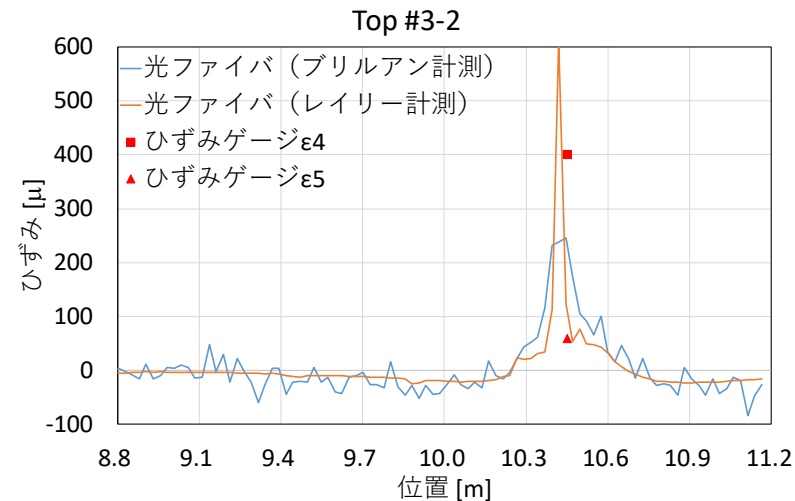


光ファイバセンサーケーブルと温度計の配置

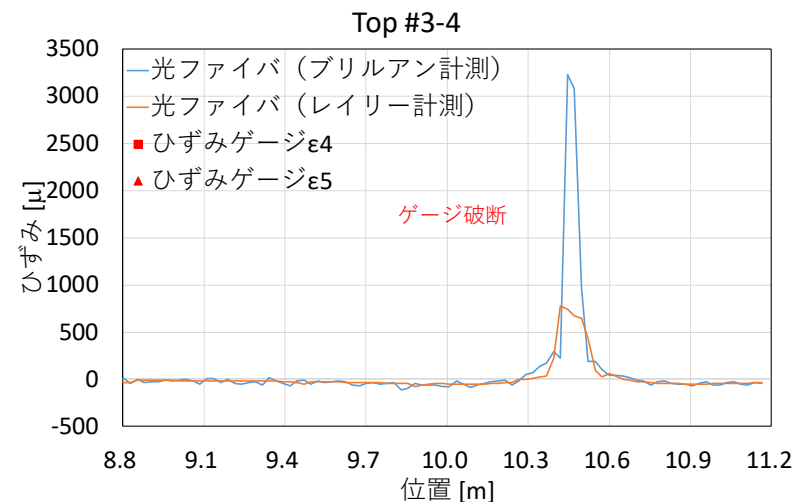
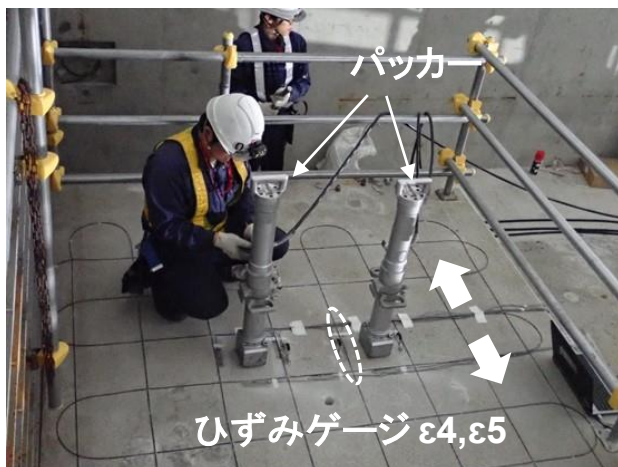
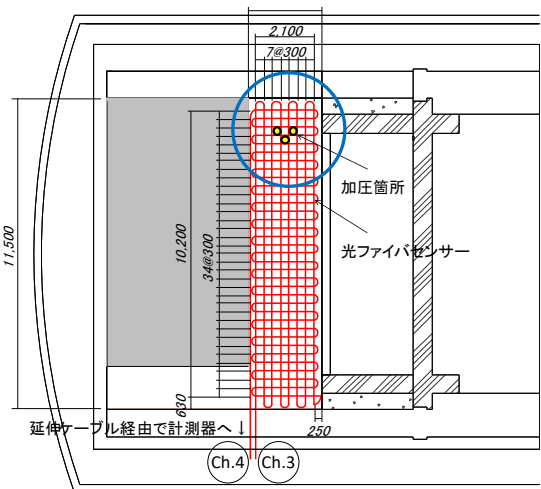
# 3.2 地下空洞型処分施設機能確認試験(8/14)

## 既設の実規模施設を活用した試験②：人工ひび割れ試験 (上部低拡散層)

- ひび割れの予兆となる局所的な引張りひずみについては、光ファイバセンサー(レイリー計測)の感度が高い傾向がある
- ひずみゲージが断線するような幅のひび割れについては、光ファイバセンサー(ブリルアン計測)の感度が高い傾向がある



目視ではひび割れは確認されない



目視でひび割れ発生を確認(0.2mm幅)

# 3.2 地下空洞型処分施設機能確認試験(9/14)

段階 施設概念図	建設段階			廃棄物の埋設段階			閉鎖措置	保全	廃止措置
	計測/分析項目								
処分施設の変形	既存計測技術								
低拡散層のひび割れ	既存計測技術						光ファイバセンサー技術		
温度変化	既存計測技術						光ファイバセンサー技術		
裏面排水の水質	既存計測技術								
周辺地下水の水質	既存計測技術								
地震動	既存計測技術						計測位置限定		
施設内の圧力分布	光ファイバセンサー技術								



## 3.2 地下空洞型処分施設機能確認試験(10/14)

### 水質モニタリングの検討例①

- 閉鎖措置段階以降は、施設周辺のボーリング孔における地下水組成モニタリングが候補になると考えられる。
- モニタリングの位置や時期の検討に資するため、**廃止措置段階までの期間(約400年)**を対象に、解析により施設周辺の地下水を対象とした化学挙動を評価した。
  - 地下水組成が変化する範囲は施設周辺約100m程度
  - ひび割れやEDZがモニタリング値に及ぼす影響は小さい
  - 動水勾配がモニタリング値に及ぼす影響は比較的大きい
  - 人工バリアの物性値が大きく変化してもモニタリング値に及ぼす影響は小さい
  - 施設周辺にて変化するイオンは主に吹付けコンクリートに由来する
  - 地下水組成モニタリングにおいて着目すべきイオンとしては、OH<sup>-</sup>、Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>

(解析ケース)

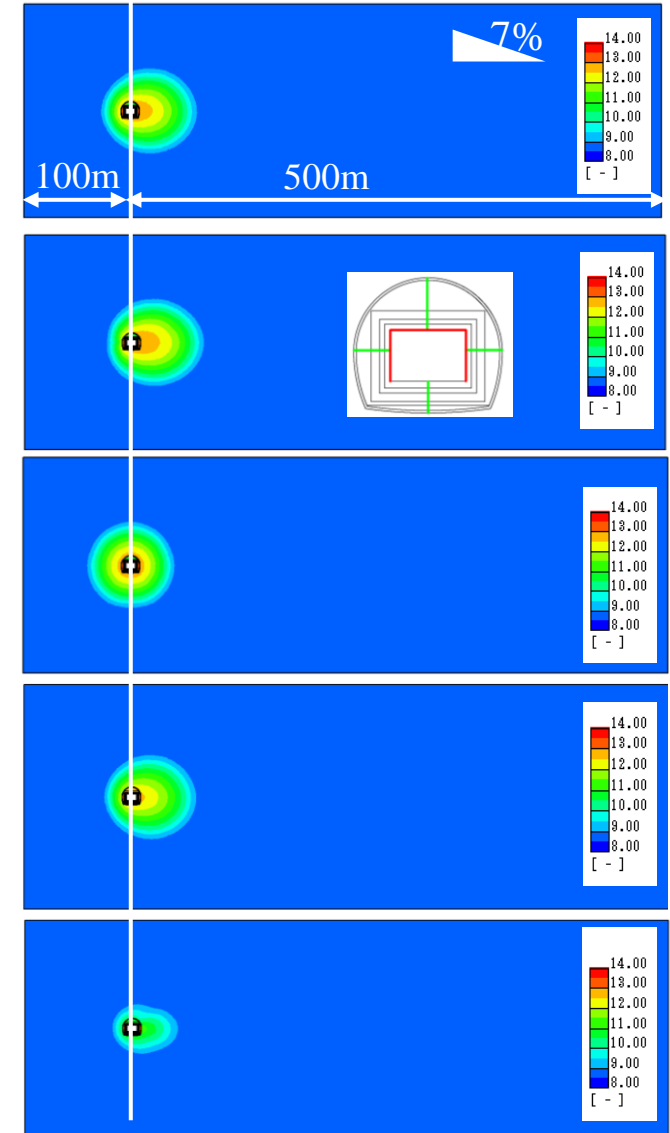
リファレンス

ひび割れ/EDZ

動水勾配 0%

人工バリア部材の拡散係数、透水係数が100倍

吹付けコンクリートのみ変質しない



pH分布(400年後)

## 3.2 地下空洞型処分施設機能確認試験(11/14)

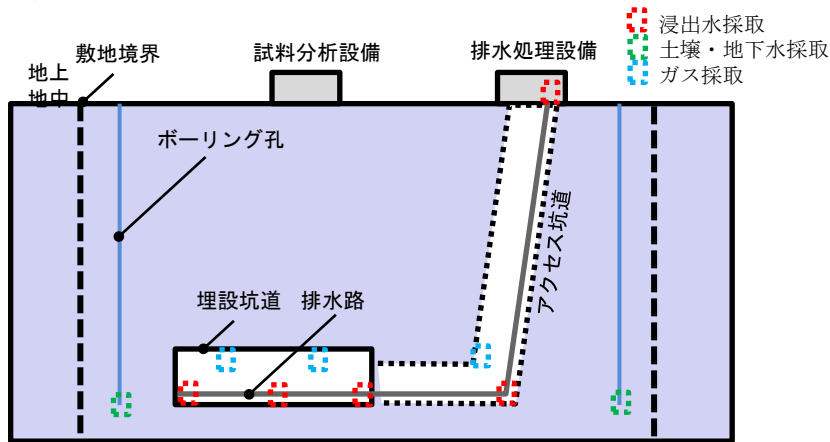
### 水質モニタリングの検討例②

#### ● 閉鎖措置前:

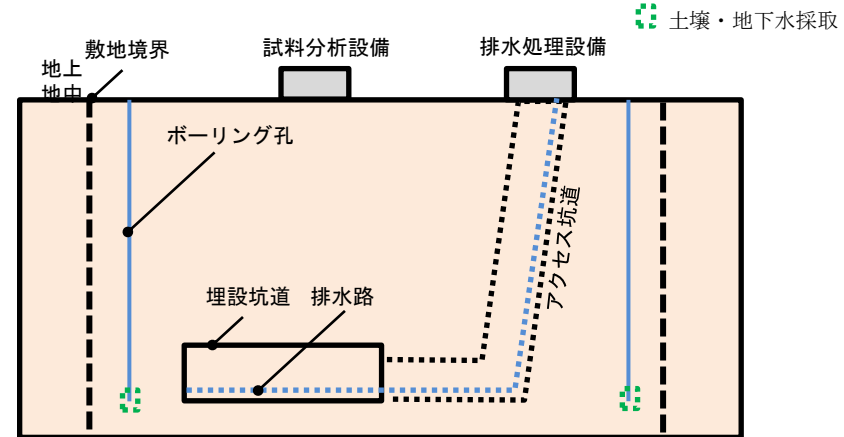
- 埋設坑道内: 浸出水は排水路や排水処理設備で採取し、ガスは検知対象の特性(比重など)を考慮した位置で採取し、分析する
- 埋設地外: 敷地内の試掘ボーリング孔(観測孔)で土壌・地下水・ガスを採取し、分析する。なお、試掘ボーリング孔位置決定には、地下水の流向や解析結果(400年間、pHや各種イオン濃度の変化が生じる範囲は、施設から約100mの範囲内)等を参考とする。

#### ● 閉鎖措置後:

- 埋設坑道内: 資料採取不可
- 埋設地外: 敷地内の試掘ボーリング孔(観測孔)で土壌・地下水・ガスを採取し、分析する。



試料採取モニタリングのイメージ(閉鎖措置前)



試料採取モニタリングのイメージ(閉鎖措置後)

## 3.2 地下空洞型処分施設機能確認試験(12/14)

### 低拡散層のひび割れ、温度変化のモニタリングの検討例①

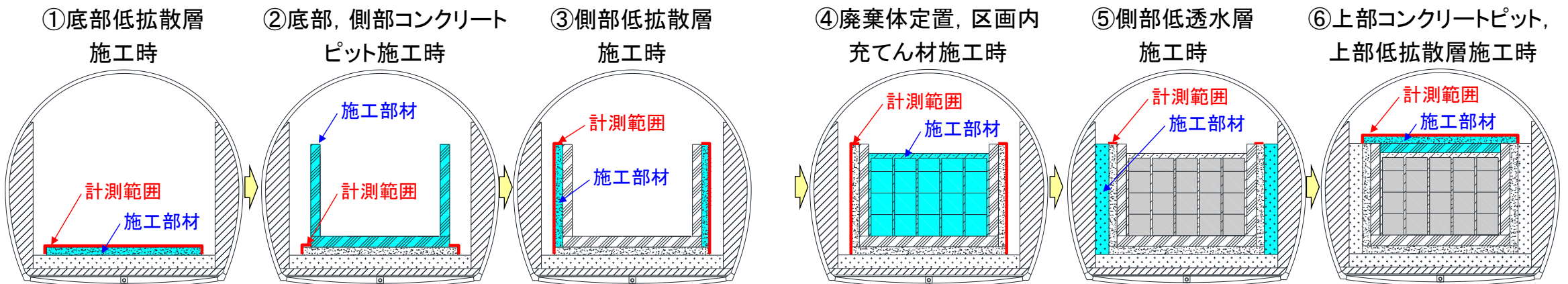
#### □ モニタリング方法の概要

##### ● 閉鎖措置前:

- 低拡散層表面が露出している期間は、既存計測技術(目視又はカメラ撮影、赤外線温度計等)と光ファイバセンサー技術の両技術でひび割れ、**温度**観測を実施
- 観測部位が不可視状態となった後は、光ファイバセンサー技術による計測を実施
- なお、不可視状態となる前までに、既存計測技術と光ファイバセンサー技術による計測結果が整合していることを確認した上で、光ファイバセンサーによる計測に移行する

##### ● 閉鎖措置後:

- 光ファイバセンサーによる計測



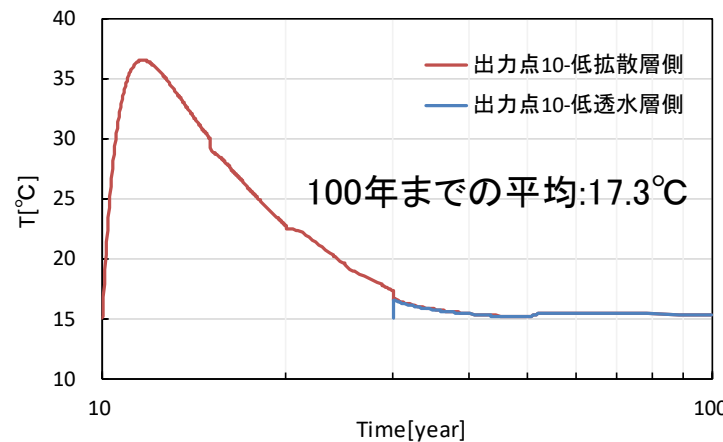
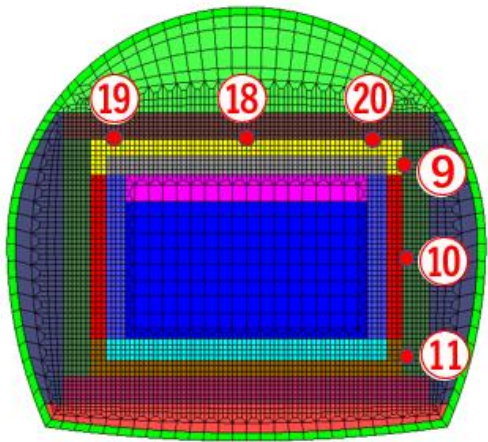
既存技術による計測時期と計測範囲

## 3.2 地下空洞型処分施設機能確認試験(13/14)

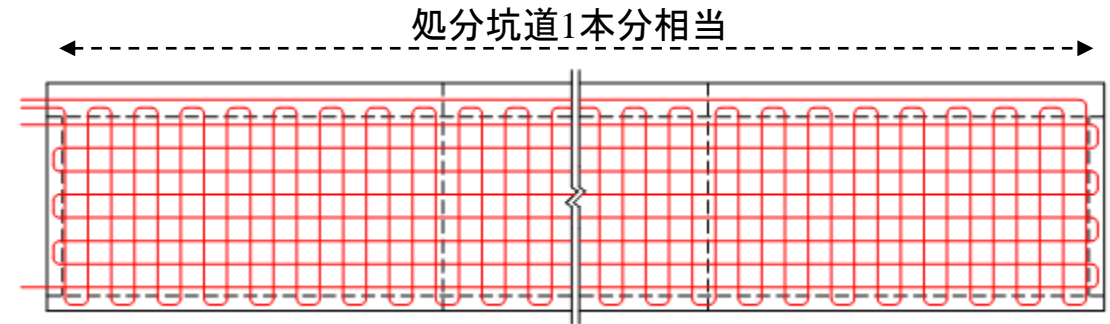
### 低拡散層のひび割れ、温度変化のモニタリングの検討例②

#### □ 光ファイバセンサーの設置方法

- 低拡散層に発生するひび割れは、既設の実規模施設におけるひび割れ発生状況や施設挙動の定量化検討の結果を踏まえると、低拡散層に発生するひび割れの位置や方向を予め特定することは困難と考えられるため、**光ファイバセンサーを格子状に設置する**
- 累積破断確率、バリア貫通面積を考慮して、ケーブル延長、本数を検討
- 温度分布計測は、光ファイバセンサーを格子状に設置する必要はないが、低拡散層のひび割れ(ひずみ)計測用光ファイバセンサーで同時計測することが合理的



最も最高温度が高い出力点⑩(低拡散層側)の温度履歴



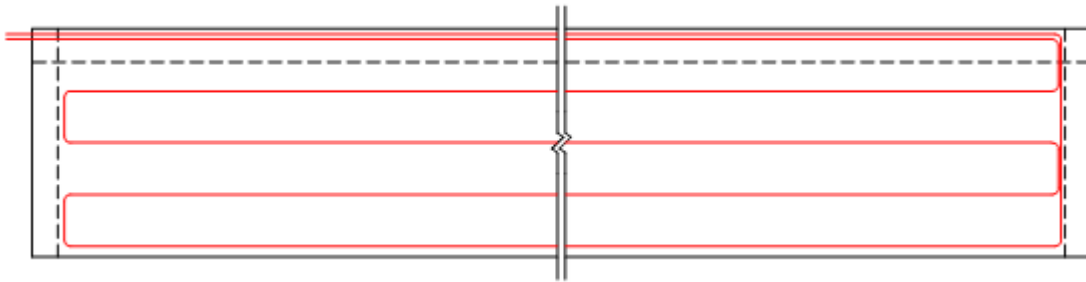
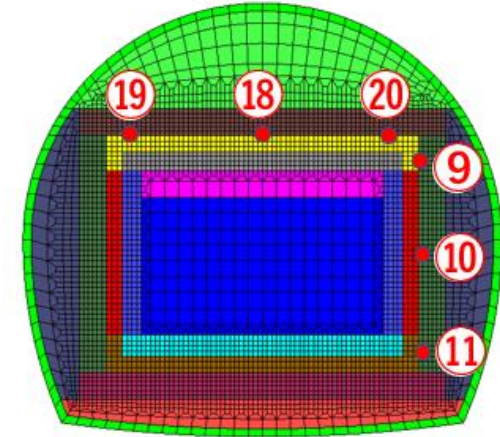
低拡散層のひび割れ計測用光ファイバセンサ設置例  
側部(側面図) 格子間隔:900mm 空洞横断方向1.1km, 空洞  
縦断方向1.0km

## 3.2 地下空洞型処分施設機能確認試験(14/14)

### 施設内の圧力分布のモニタリングの検討例

#### □ 光ファイバセンサーの設置方法

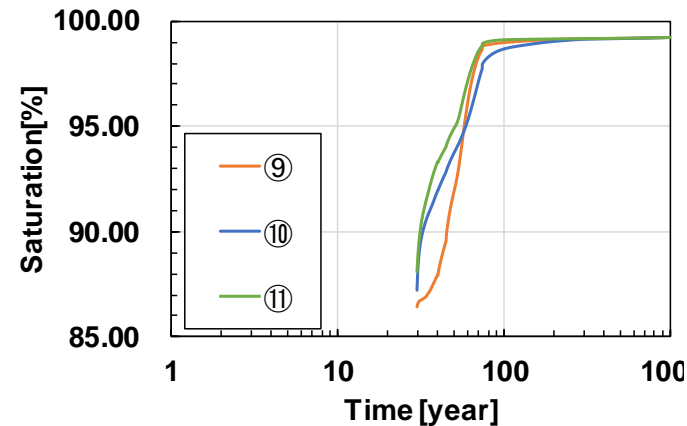
- 施設内の圧力分布計測も、格子状に光ファイバセンサーを設置する必要はない
- 不均質な地下水浸潤を考慮しない解析でも、側部低透水層では、場所によって飽和度、全応力の経時変化に差異が見られることを考慮して、設置間隔を検討
- 圧力分布計測用の光ファイバセンサーは、ひび割れ計測用のそれと構造が異なるため、合理的な設置には課題がある



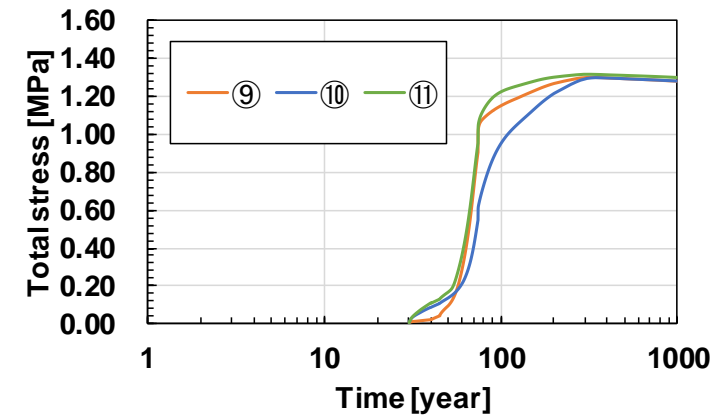
施設内圧力分布計測用光ファイバセンサ設置例

側部(側面図) 1面当たり4~5測線程度(間隔2,000mm)

空洞縦断方向0.6km



飽和度



全応力

## 3.3 地下空洞型処分調査技術高度化開発 (1/5)

**目的:** 大規模な坑道や地下空洞型処分施設などを建設する上で必要となる、岩盤にかかる初期地圧の三次元的な分布を測定する技術の開発等、地下環境を把握するための技術整備を行うと共に、最適な施設設計を支援するための技術整備を行う。

### (1) 中深度処分相当の地下環境を評価する技術の高度化

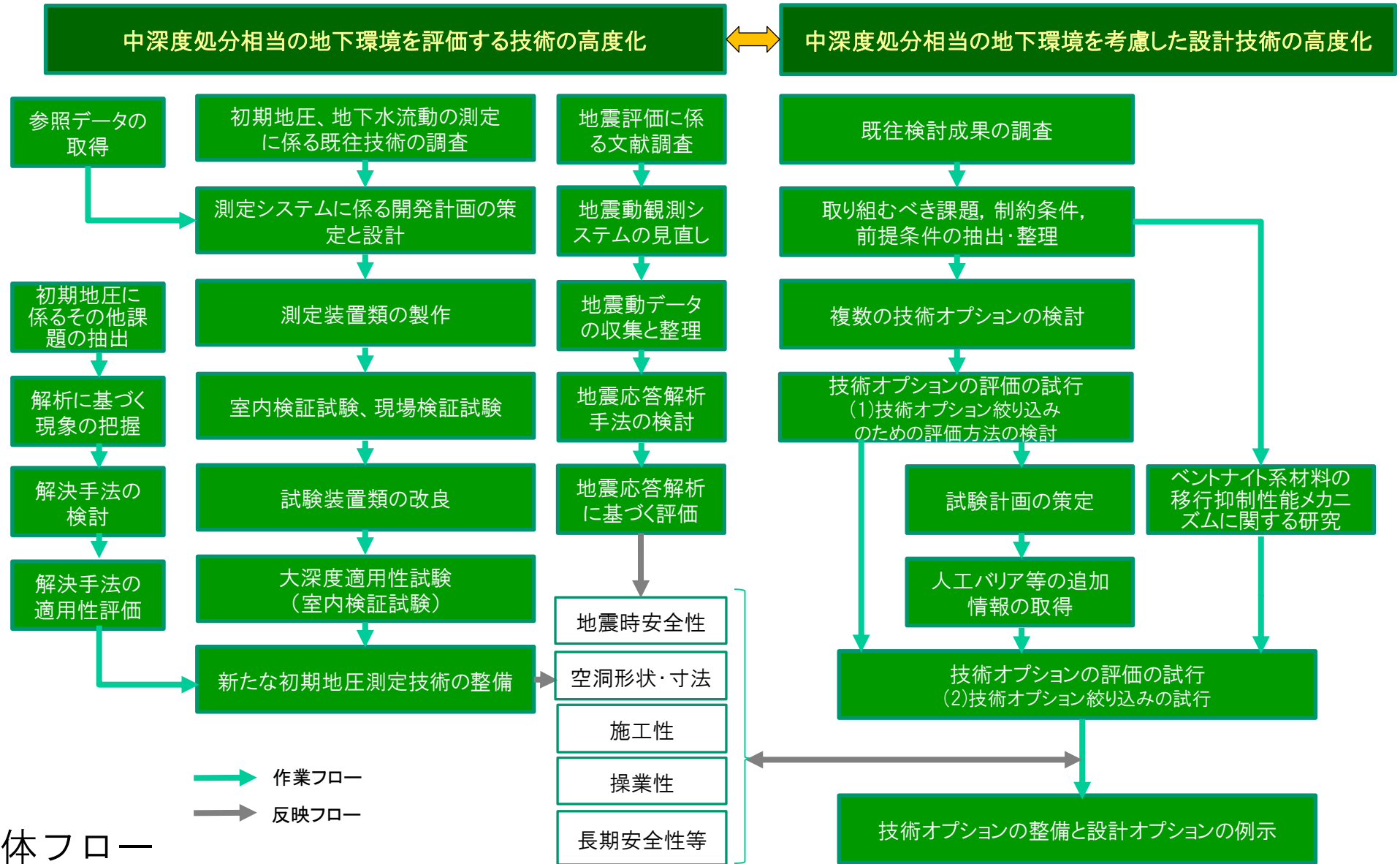
堆積軟岩を対象として、鉛直ボーリングにより、応力解放法により3次元初期地圧を測定できる装置の試作・実証を行う。また、堆積軟岩中に掘削される大空洞を考慮した、地下水流動場の測定・解析技術について調査・整備する。さらに、地震時における中深度処分施設の空洞並びに施設挙動を精度高く解析することが可能な技術を整備する。

### (2) 中深度処分相当の地下環境を考慮した設計技術の高度化

複数の技術オプションに関する基礎情報を整備するとともに、技術オプションの選択やそれらを組み合わせた処分システム(設計オプション)の絞り込み手法を開発する。また、中性子イメージング装置等を利用し、ベントナイト系材料の透水メカニズムに関係する物性を測定し、施設設計の合理化や長期性能に対する説明性向上のための基礎情報を整備する。

**実施場所:** 日本原燃(株)の試験空洞内 他

# 3.3 地下空洞型処分調査技術高度化開発 (2/5)



開発計画の全体フロー

# 3.3 地下空洞型処分調査技術高度化開発 (3/5)

● 原環センター  
● 東電設計

## 開発スケジュール

開発項目等		令和2年度	令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度	
1. 中深度処分相当の地下環境を評価する技術の高度化	既往技術の調査	●	●				
	測定装置の開発	測定装置概念設計	基本設計	詳細設計/製作	室内検証試験	現場検証試験 ●	
	参照データの取得	●	●				
	初期地圧測定の開発に付随した技術課題の検討	技術課題の抽出 解析手法の選定	測定装置仕様の検討 解析手法の妥当性検証	測定装置仕様の検討 室内検証試験解析	岩盤状態の評価 現場検証試験解析	測定装置の適用性評価 適用限界等の検討 ●	
	地下水流動評価技術の調査	既往データ/技術調査	評価手法の整備	技術課題の整理			
	地震動観測及び地震時影響評価技術の検討	計測計画		計器設置(地上、地下)	計測・メンテナンス		計器撤去 ●
		解析手法検討(文献)		地震応答解析手法の検討			地震応答解析・評価 ●
2. 中深度処分相当の地下環境を考慮した設計技術の高度化	既往検討成果の調査	●	●				
	取り組むべき課題、制約条件、前提条件の抽出・整理と全体計画の策定	●	●				
	技術オプションの検討	オプション候補選定	課題抽出	オプション提示	オプション評価	最適化手法の整備 ●	
	ベントナイト系材料の移行抑制性能メカニズムに関する研究	既往文献調査/ 基礎データ取得	基礎データ取得	基礎データ取得	基礎データ取得	移行抑制機構の評価 ●	

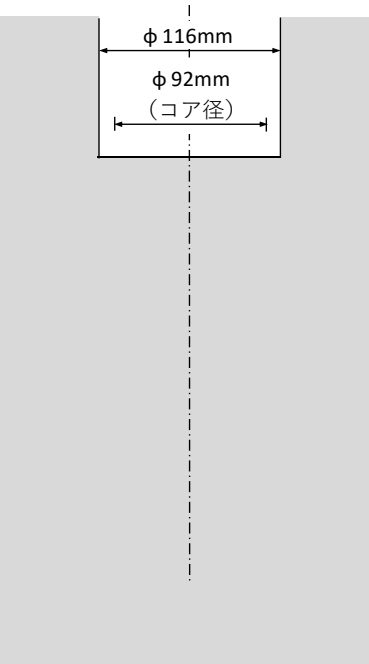


# 3.3 地下空洞型処分調査技術高度化開発 (4/5)

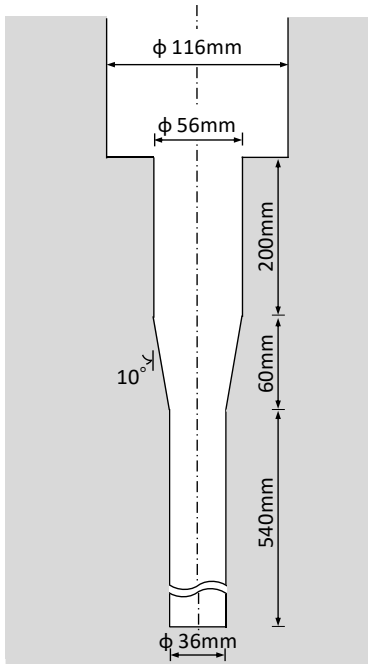
## □ 中深度処分相当の地下環境を評価する技術の高度化

堆積軟岩を対象に鉛直孔(深度-200メートル程度まで)で3次元初期地圧を測定することを目的として、応力解放法的一种である孔壁ひずみ法と円錐孔底ひずみ法を応用して、課題解決を目指す。この新たな応力測定方法を「**円錐孔壁ひずみ法**」と称する。現在、測定装置の基本設計を取り纏めた段階。

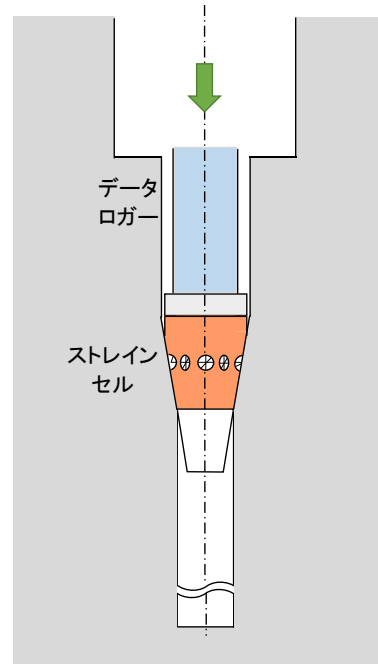
① 測定深度以浅までの掘削



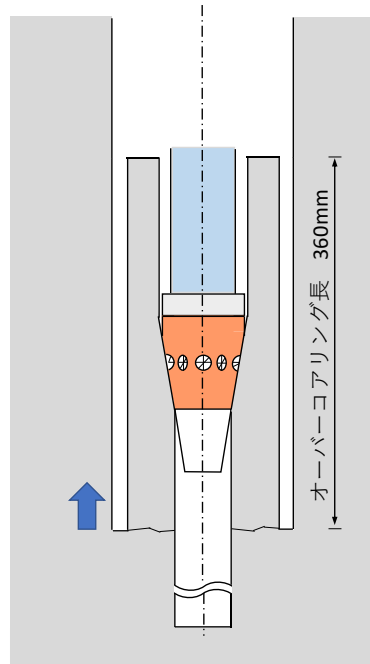
② パイロットボーリング、  
孔底整形



③ ひずみ計設置

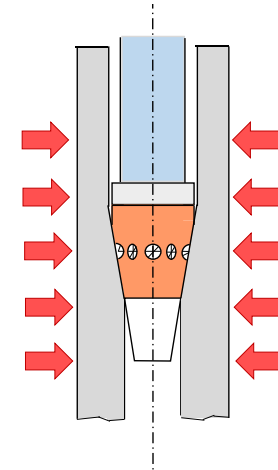


④ オーバーコアリング、  
コア回収



⑤ 感度試験

回収コアの全周から圧力をかけてひずみを測定し、ひずみ感度を求める。



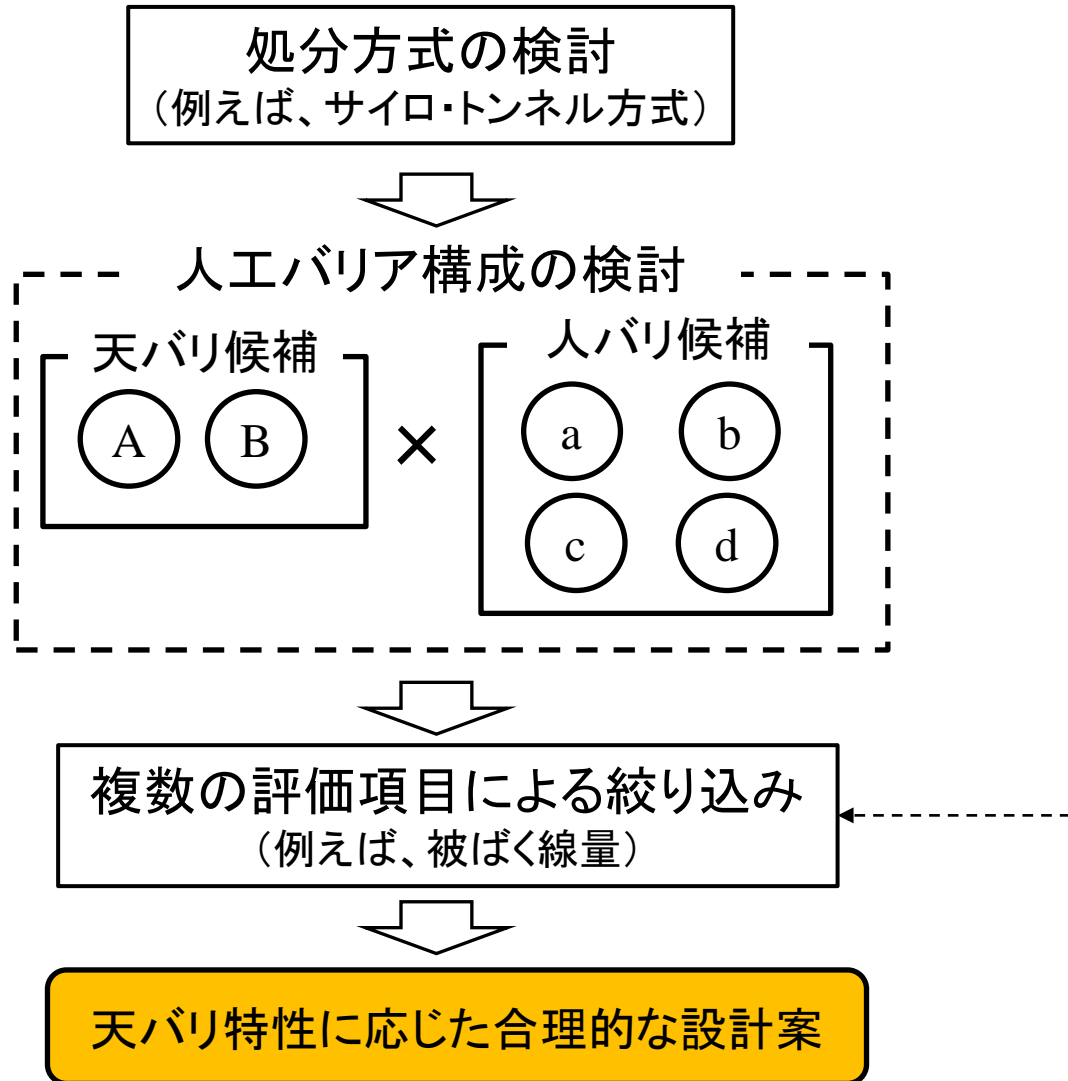
円錐孔壁ひずみ法の測定の流れ

### [技術課題の検討]

- ① 孔形状及びひずみ計の最適配置の検討
- ② 接着方法及び接着剤の検討
- ③ 接着方法及び接着剤の検討のための基礎試験
- ④ 接着方法及び接着剤の検討のための岩石ブロックを利用した試験
- ⑤ ストレインセルの検討
- ⑥ データロガーの検討
- ⑦ 掘削ツールの検討
- ⑧ 孔内状況確認方法の検討
- ⑨ 感度試験方法の検討

# 3.3 地下空洞型処分調査技術高度化開発 (5/5)

## □ 中深度処分相当の地下環境を考慮した設計技術の高度化



評価項目の例	
大項目	小項目
設計の実現性	適用する建設・操業に係る技術の詳細設計への具体化の見通し
建設・操業性	適用技術・導入装置の複雑さ
	建設・操業期間中の地下構造物の管理の容易性
	放射線管理区域での作業性
	事故発生時における全ての場所へのアクセス性
閉鎖後長期の安全性	閉鎖認可に係る性能確認の確からしさ
	自然事象シナリオを対象とした長期安全性
閉鎖前の安全性	品質保証・品質管理のし易さ
	閉鎖前安全性の予測性
環境保全	周辺環境への影響の予測性
回収可能性	回収の容易性
費用・経済性	建設段階に必要な費用
	操業段階に必要な費用
	閉鎖段階に必要な費用

- 中深度処分について、これまで、試験空洞等を活用し、約15年に渡って基盤技術の研究開発を推進してきた。
- 今後も、中深度処分の円滑な実施に向け、必要な研究開発を継続していく。