

# 幌延深地層研究計画の概要

令和 3 年 1 1 月 1 6 日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

核燃料・バックエンド研究開発部門

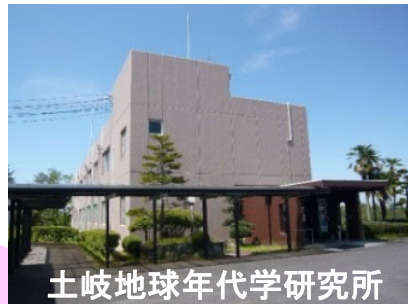
幌延深地層研究センター

# 地層処分技術に関する研究開発拠点



核燃料・バックエンド研究開発部門  
東濃地科学センター

● 瑞浪超深地層研究所  
(結晶質岩)



土岐地球年代学研究所

核燃料・バックエンド研究開発部門  
幌延深地層研究センター

● 幌延深地層研究センター  
(堆積岩)



深地層の研究施設

核燃料・バックエンド研究開発部門  
核燃料サイクル工学研究所 (茨城県東海村)

エントリー



地層処分基盤研究施設  
(コールド施設)

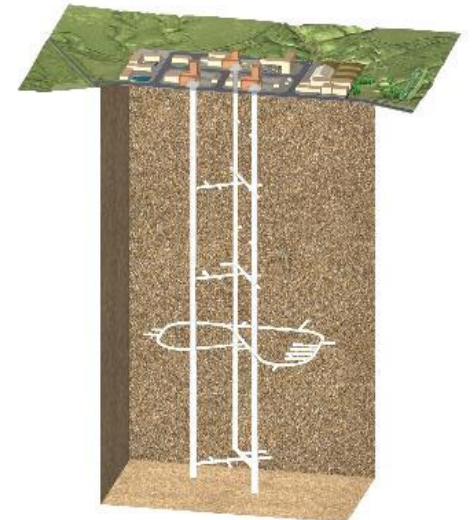
クオリティ



地層処分放射化学研究施設  
(ホット施設)



雰囲気制御  
グローブボックス



【地下施設イメージ図】 令和3年8月更新  
イメージ図は今後の調査研究により  
見直すことがあります。

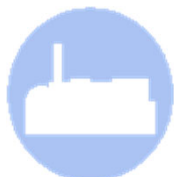
【地下施設イメージ図】

※ 瑞浪超深地層研究所では、  
令和2年2月より、地下施設  
の埋め戻しを開始しています

ウラン探鉱



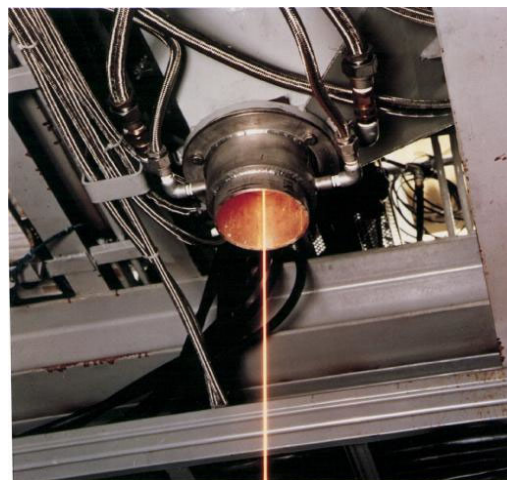
再処理



核燃料  
サイクル

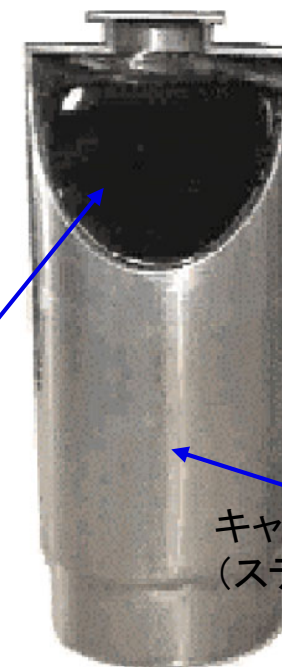


## ガラス固化



再処理により発生した廃液を  
ホウケイ酸ガラスに混ぜて  
約1,200°Cで溶融したものを  
ステンレス容器に注入・固化

## ガラス固化体 (高レベル放射性廃棄物)

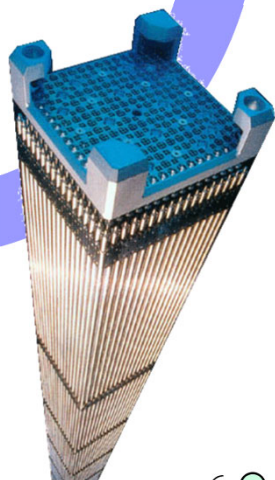


ガラス

キャニスター  
(ステンレス製)

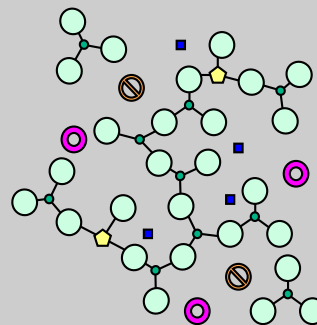
原子力発電

使用済燃料  
(燃料集合体)



- 酸素    ● ケイ素
- ◇ ホウ素    ■ ナトリウム
- ⊙ アクチニド
- ⊙ 他の廃棄物元素

### ガラスの分子構造



(模式図)

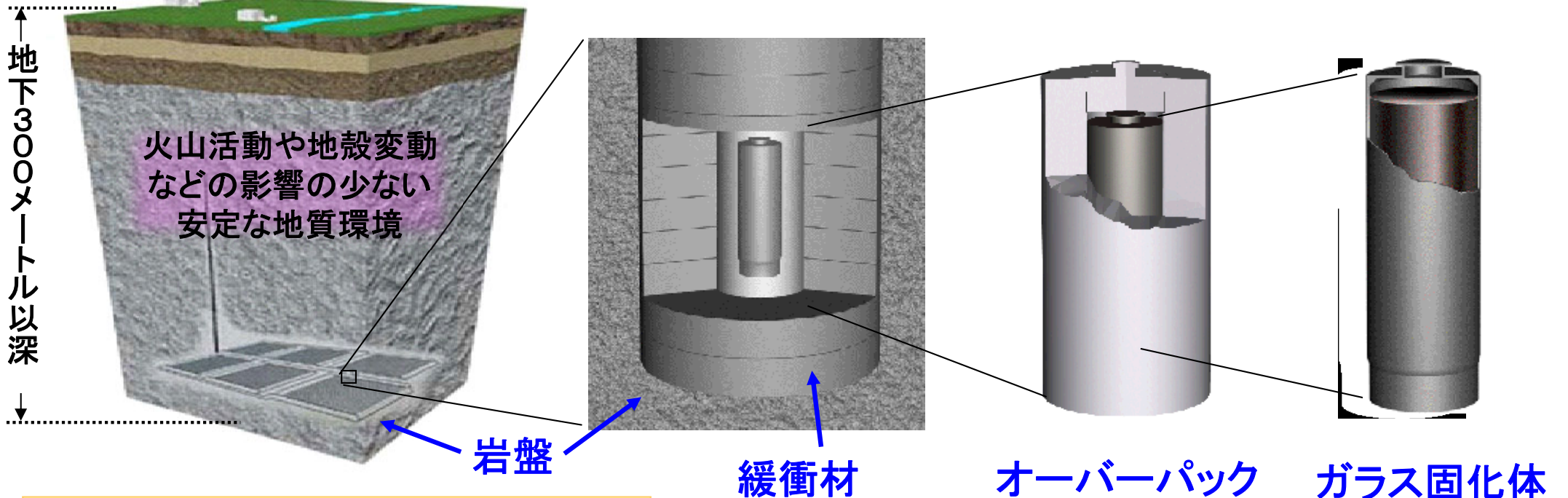
- ・ 高さ : 134 cm
- ・ 直径 : 43 cm
- ・ 重さ : 500 kg

100万キロワットの原子炉を  
1年間運転 ⇒ 約30本



# 地層処分システムとは？

## 天然の岩盤と人工物を組み合わせた多重バリアシステム



### 地下深部の環境

- ・人間活動や自然現象の影響を受けにくい
- ・酸素がほとんどなく、鉄の腐食などが起こりにくい
- ・地下水の動きが極めて遅い

### 粘土を主成分

地下水や放射性物質の移動を遅くする

### 金属(炭素鋼)製

ガラス固化体と地下水の接触を遮断する

### ガラス

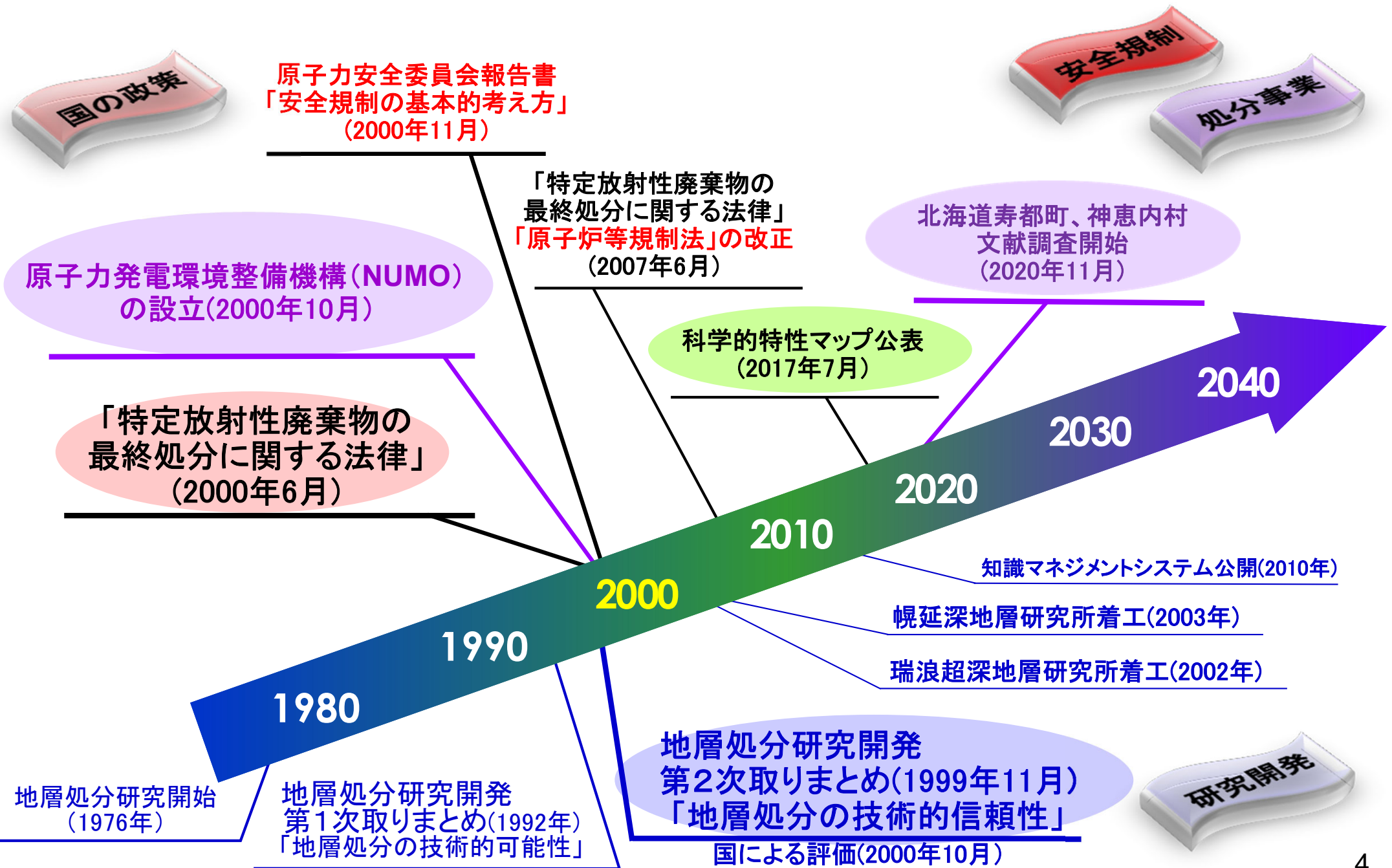
放射性物質を閉じ込め、溶け出しにくくする

天然バリア

人工バリア

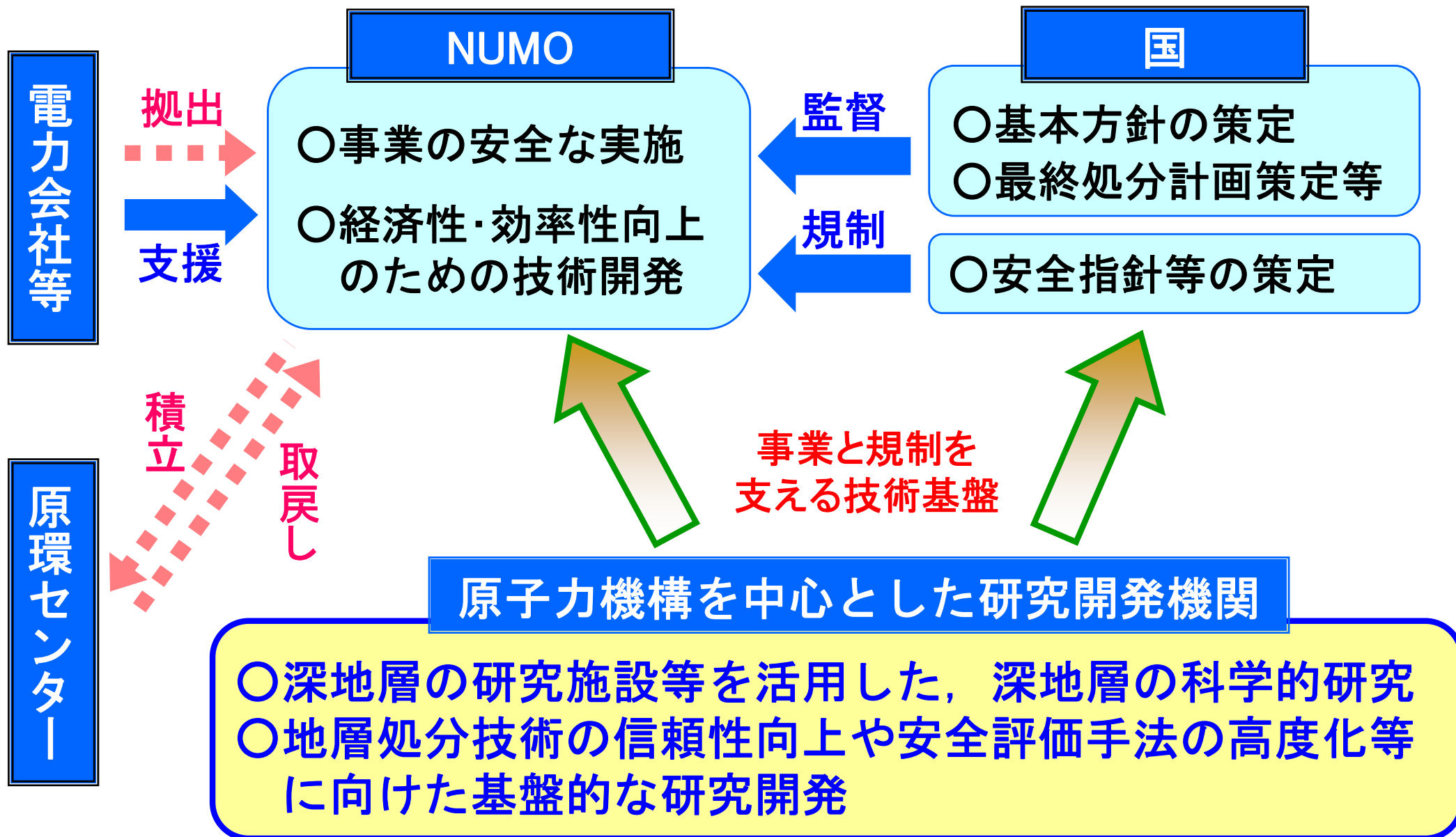


# わが国の地層処分計画の進展



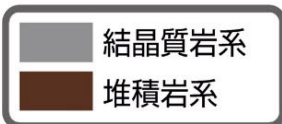


# わが国の地層処分に係る体制



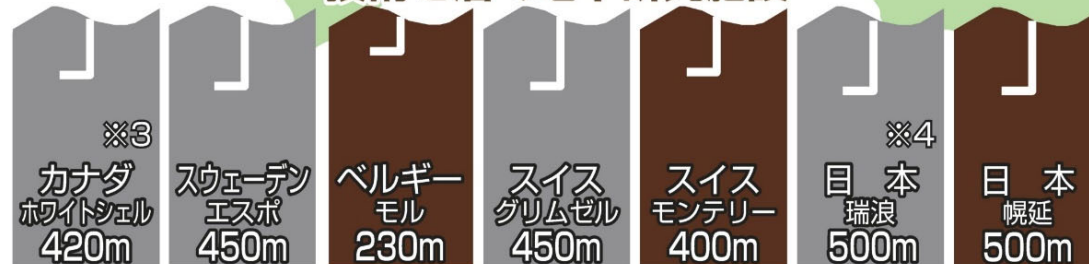


# 世界の地下研究施設



Site-specific URL :  
最終処分候補地の適性を  
見定める地下研究施設

Generic URL :  
最終処分場として使用しない場所で  
技術を磨く地下研究施設



- ※1 オバマ元政権では一旦中止
- ※2 2013年に計画は白紙。2020年にサイト選定手続きから除外され、今後閉鎖予定
- ※3 2010年に閉鎖
- ※4 2020年2月より、地下施設の埋め戻しを開始

(計画)

# 日本に2つのジェネリック地下研究施設 (Generic URL)



① 地層処分技術を実際の地質環境に適用して確認

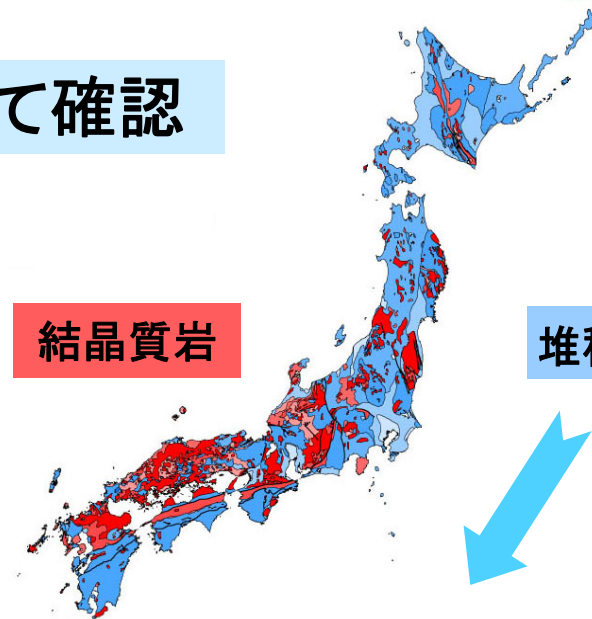
② わが国固有の地質環境の理解

③ 深地層を体験・理解する場

※ 瑞浪超深地層研究所については、令和2年2月より、地下施設の埋め戻しを開始しています。

結晶質岩

堆積岩



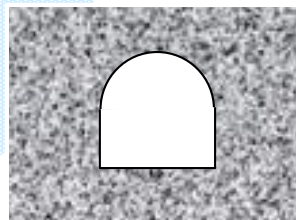
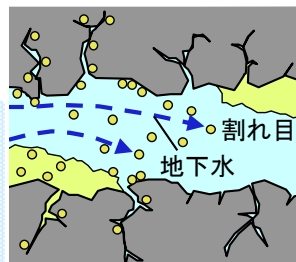
## 瑞浪超深地層研究所 (岐阜県瑞浪市)



花崗岩  
(結晶質岩)

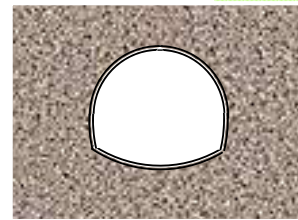
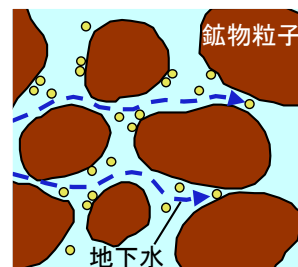
淡水系

硬岩



【地下施設イメージ図】

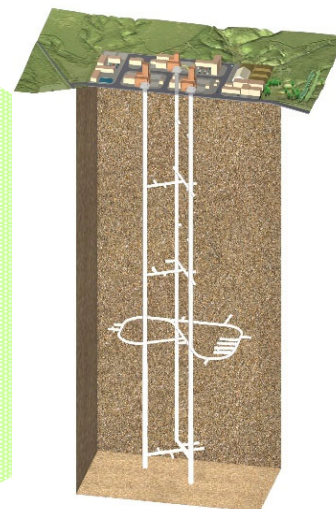
## 幌延深地層研究センター (北海道幌延町)



泥岩  
(堆積岩)

塩水系

軟岩

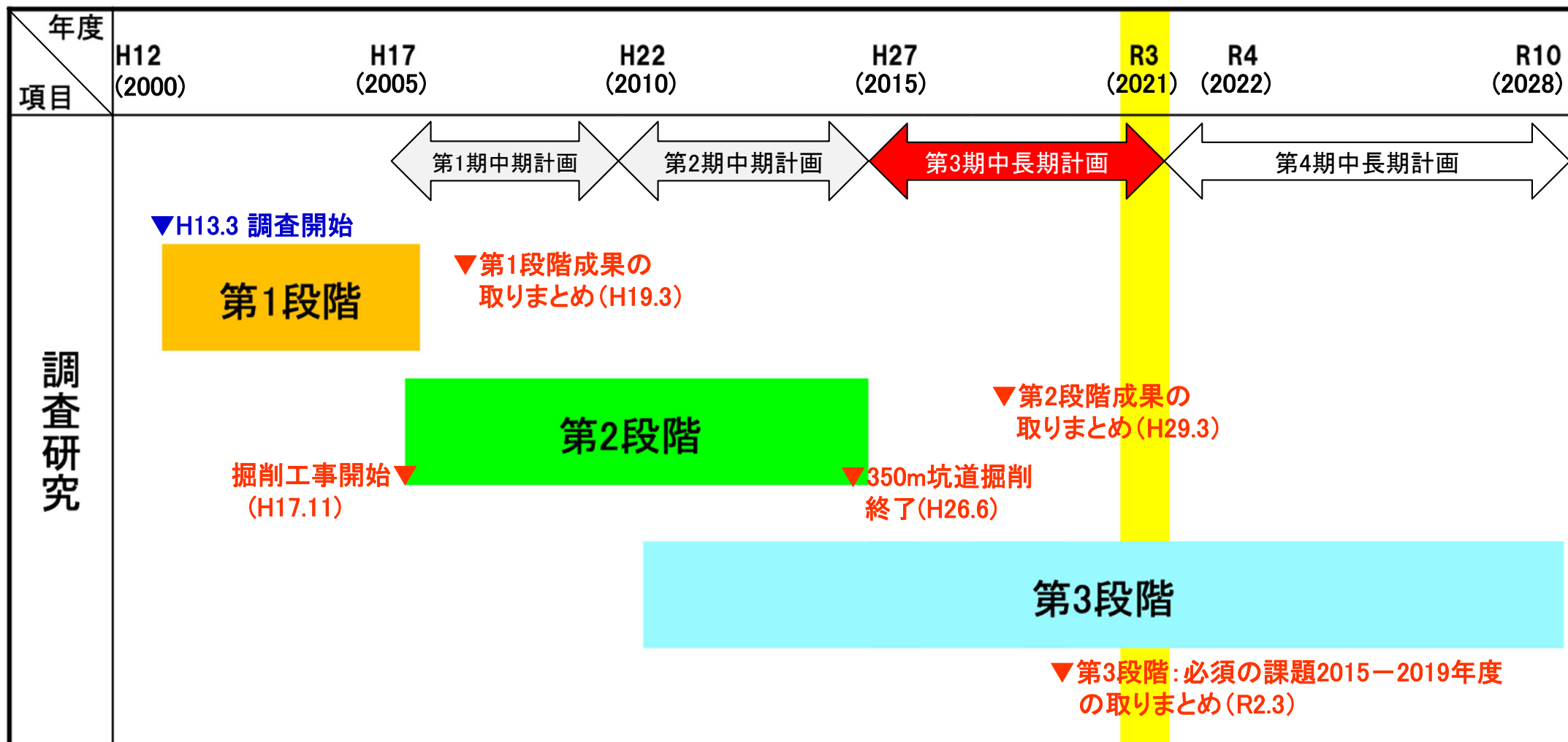


【地下施設イメージ図】

令和3年8月更新



# 幌延深地層研究計画スケジュール



**第1段階：地上からの調査研究段階**

**第2段階：坑道掘削（地下施設建設）時の調査研究段階**

**第3段階：地下施設での調査研究段階**

※ 令和2年1月に「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」を策定し、令和2年度以降、第3期及び第4期中長期計画期間の9年間、研究に取り組んでいくこととしています。



## 「研究の目的」

### ➤ 高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する研究開発

地層処分技術とは、

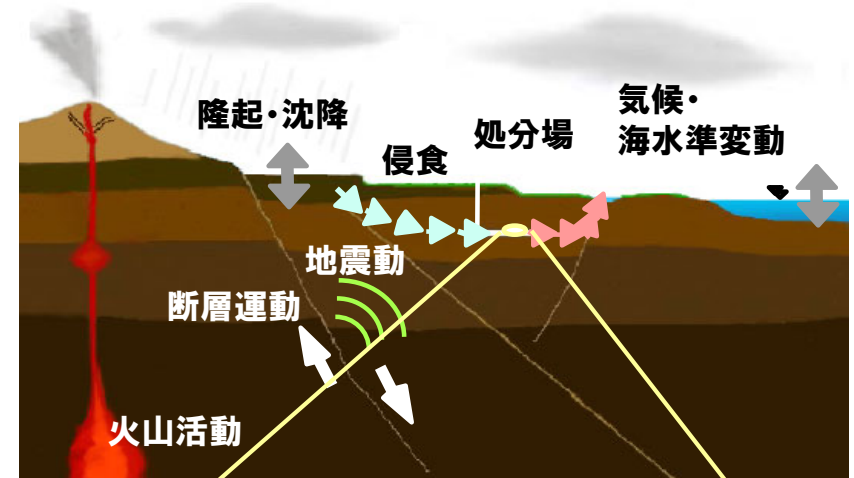
- ✓ 処分事業を進める際に必要な「技術」
  - ✓ 調査、建設、操業、安全審査で使う「技術」
- ⇒ 調査機器、分析手法、調査・試験方法、解析手法、予測手法、評価手法 など

研究開発とは、

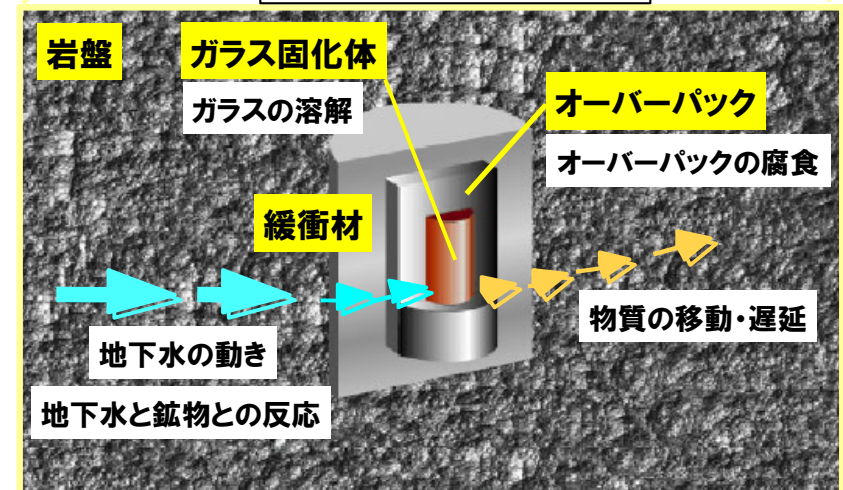
- ⇒ 高度化、信頼性向上、精度向上、検証、高性能にする、より確かなものにする

## 「成果」

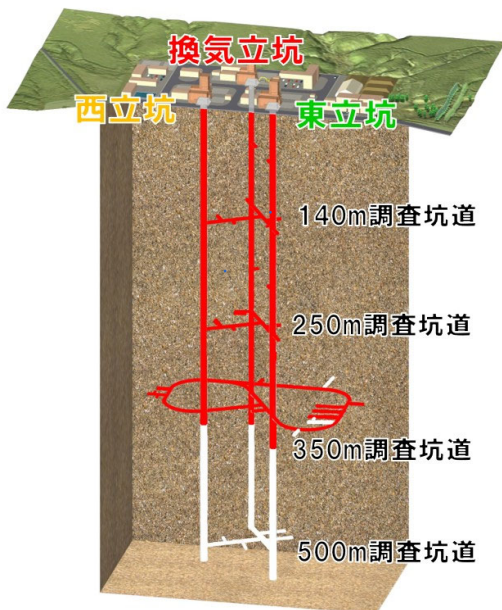
- 地層処分の技術基盤の整備。具体的には、幌延深地層研究センターの地下施設において、調査技術やモデル化・解析技術を実際の地質環境に適用して、その有効性が示されること。



人工バリア周辺で生じる現象の概念図







— 施工済み範囲

※このイメージ図は、今後の調査研究の結果次第で変わることがあります。

【地下施設イメージ図】 令和3年8月更新

## 立坑掘削状況

東立坑 : 掘削深度 380.0m  
換気立坑 : 掘削深度 380.0m  
西立坑 : 掘削深度 365.0m

## 調査坑道掘削状況

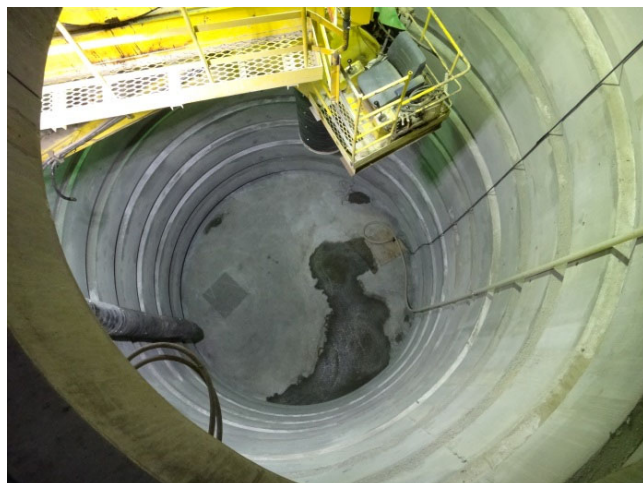
深度140m調査坑道 : 掘削長 186.1 m  
深度250m調査坑道 : 掘削長 190.6 m  
深度350m調査坑道 : 掘削長 757.1 m

※深度500mについては今後掘削する方針としました。住民説明会や確認会議で説明していきます。(令和3年4月)

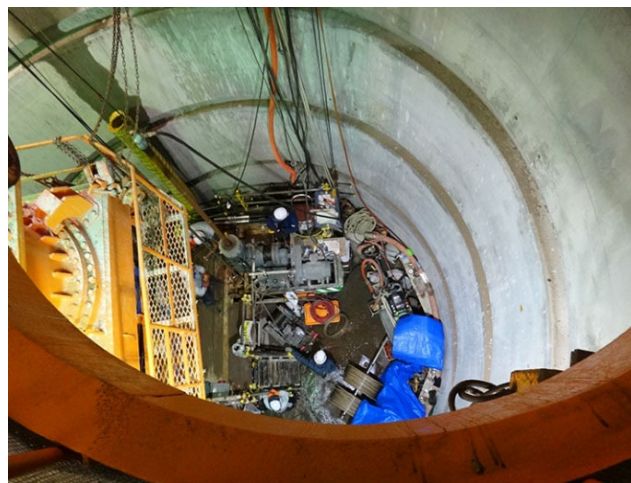


深度350m調査坑道  
試験坑道4

人工バリア性能確認試験実施箇所  
(平成28年5月11日撮影)



西立坑  
(平成26年3月26日撮影)



東立坑  
(平成28年6月8日撮影)



深度350m調査坑道  
東周回坑道  
(平成28年6月28日撮影)



# 3つの段階の研究開発

## 第1段階：地上からの調査研究

■ 地表からの調査により地下深部の地質環境モデルを構築しました。

研究用地

地質構造モデル

反射法地震探査

ボーリング調査 (HDB-11)

水理モデル (地下水の水圧分布)

全水頭 (m)

## 第2段階：坑道掘削時の調査研究

■ 地下施設を建設しながら第1段階の予測の検証と工学技術の有効性の確認を行いました。

地下水モニタリング調査

坑道掘削影響試験

換気立坑  
西立坑 東立坑

このイメージ図は、今後の調査研究等の結果次第で見直すことがあります。

壁面調査

## 第3段階：地下施設での調査研究

■ 地下施設において地層処分システムの性能確認や物質移動に関する研究を行います。

埋め戻し材ブロック

プラグ (コンクリートの蓋)

埋め戻し材

調査坑道

軽圧締め固め

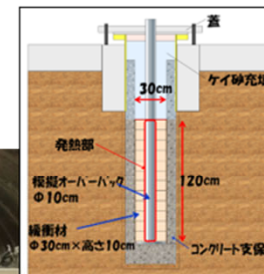
緩衝材

模擬オーバーバック

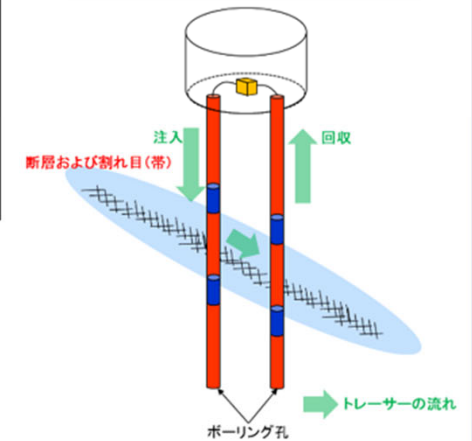
計測システム室

人工バリア性能確認試験

### オーバーパック腐食試験



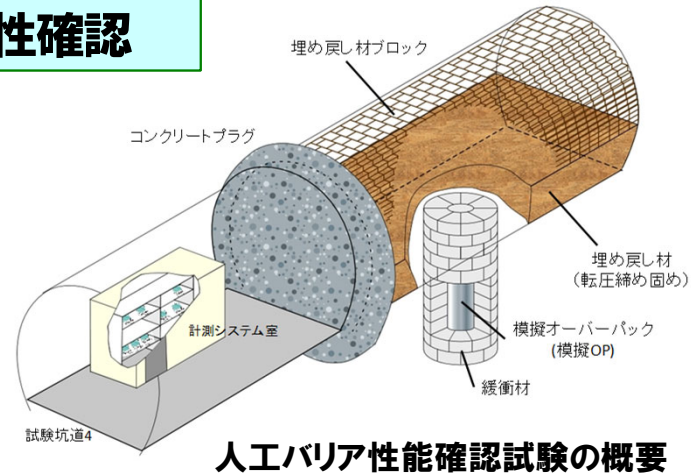
### 原位置トレーサー試験





## ①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

- 人工バリア性能確認試験
- 物質移行試験



人工バリア性能確認試験の解体調査のイメージ

## ②処分概念オプションの実証

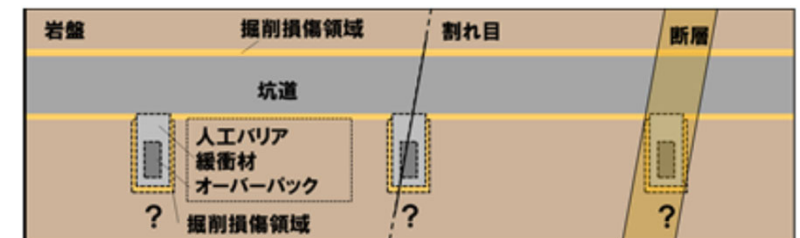
- 人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験
  - ・ 操業・回収技術等の技術オプションの実証、閉鎖技術の実証
  - ・ 坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化
- 高温（100℃以上）等の限界的条件下での人工バリア性能確認試験



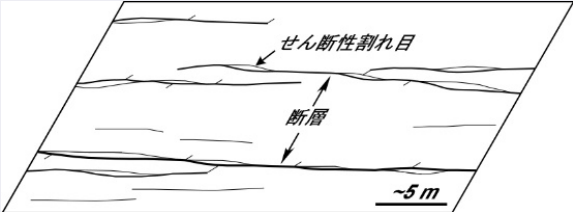
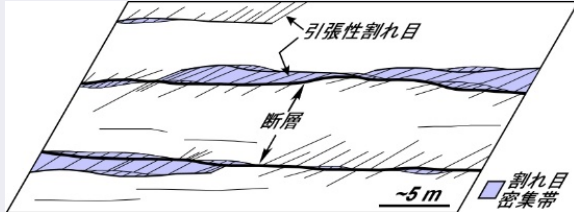
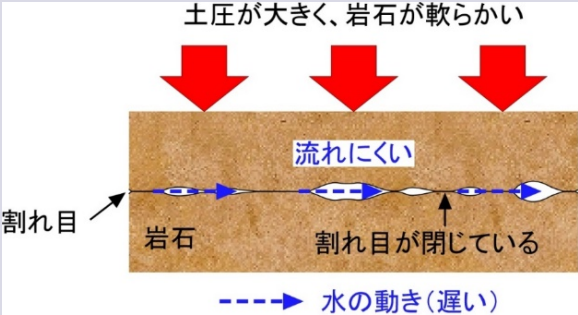
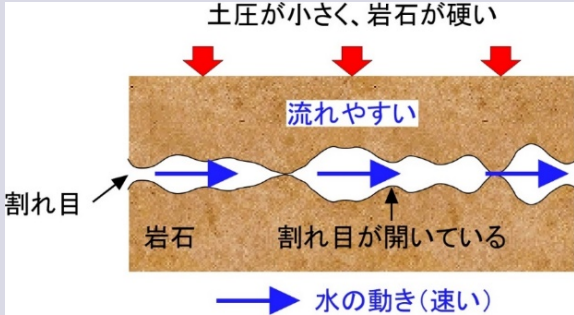
閉鎖技術オプションの整理

## ③地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

- 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化
  - ・ 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握
  - ・ 地下水流れが非常に遅い領域を調査・評価する技術の高度化
- 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験



廃棄体定置決定や間隔設定の考え方の整理

ポイント	深度500m	深度350m
<p>土圧・地下水圧</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>土圧が大きい。350mに比べて岩石が軟らかい</li> <li>地下水圧が高い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>土圧が小さい。岩石が硬い</li> <li>地下水圧が低い</li> </ul>
<p>地質の状態 (分布する割れ目の特徴)</p>	 <p>断層沿いに割れ目の発達が乏しく、断層内を水が流れにくい</p>	 <p>断層沿いに多数の割れ目が発達し、断層内を水が流れやすい</p>
<p>割れ目の開口状況</p>	 <p>割れ目が閉じており、水や物質が流れにくい</p>	 <p>割れ目が開いており、水や物質が流れやすい</p>

## 廃棄体の設置方法等の実証試験を通じた、坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化

稚内層深部領域(深度500m)での研究の具体化

### 【実施概要】

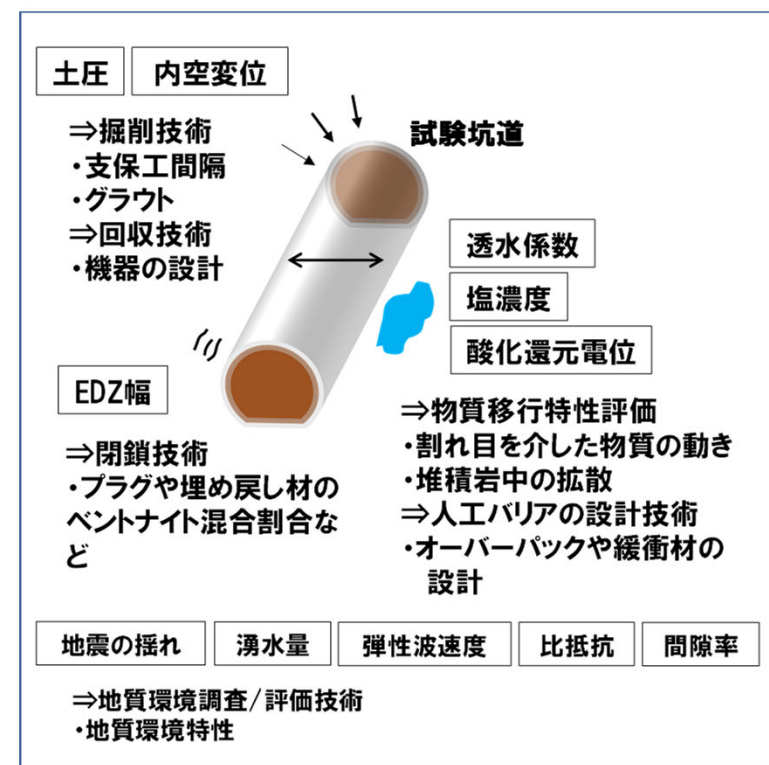
- 人工バリアの品質を踏まえて、これまで実証してきた要素技術を体系的に適用し、廃棄体の設置方法(間隔など)を確認する

### 【実施内容】

- 先行ボーリングによる地質環境特性調査ならびに工学的対策技術を考慮した、地下施設及び人工バリアの設計評価技術の確認
- 多接続坑道を考慮した湧水抑制対策技術及び処分孔支保技術の整備、緩衝材流出・侵入現象評価手法及び抑制対策技術の整備
- 廃棄体設置の判断や間隔の設定に必要な情報の整理

### 【得られる成果】

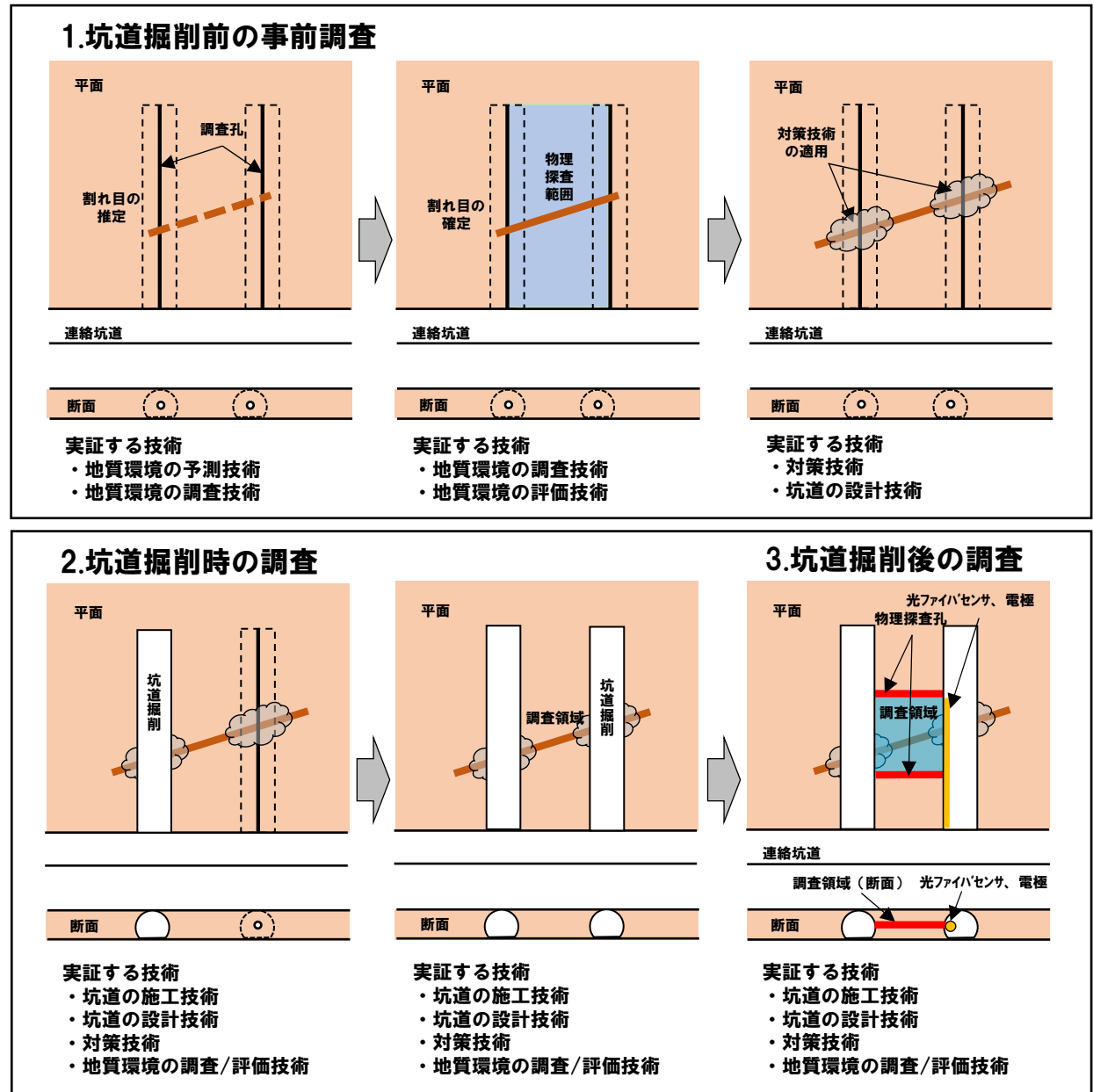
- 幌延を事例とした地質環境条件下での、坑道掘削時の調査・設計・評価技術の実証
- 処分孔配置の判断指標、適切な対策技術の選定方法の提示



対象とする技術の一覧



- 体系化の研究は、令和6年度から令和10年度にかけて行うものです。
- 体系化の研究の原位置試験は、右図のように、坑道を掘削しながら行います。
- 500m調査坑道のうち、体系化の研究で使う2本の研究坑道は、令和7年度に掘削する予定です。



# 課題の全体の内容のつながりについて

## ①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

- 人工バリア性能確認試験
- 物質移行試験

## ②処分概念オプションの実証

- 人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験
  - ・ 操業・回収技術等の技術オプションの実証、閉鎖技術の実証
  - ・ 坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化
- 高温(100℃以上)等の限界的条件下での人工バリア性能確認試験

## ③地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

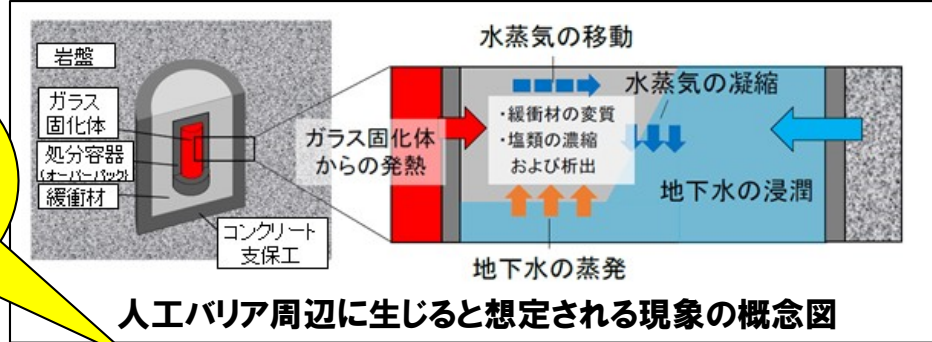
- 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化
  - ・ 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握
  - ・ 地下水の流れが非常に遅い領域を調査・評価する技術の高度化
- 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

坑道を埋め戻す技術は、どのような品質なのか？



坑道を埋め戻す複数の施工方法を確認します

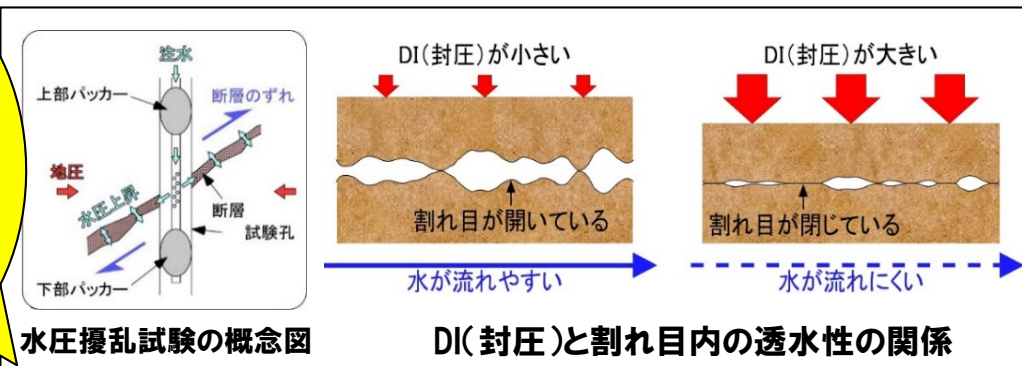
人工バリアでは、どのような現象が起こるのか？



人工バリア周辺に生じると想定される現象の概念図

人工バリアで起こる現象を把握します

割れ目や断層の中での、水や物の動きやすさは、どうなるのか？



水圧擾乱試験の概念図

DI(封圧)と割れ目内の透水性の関係

断層や割れ目内での水や物の動きやすさを把握します

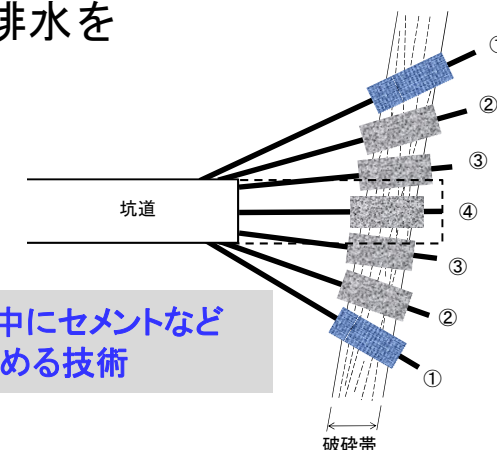
## 大量湧水への安全対策

### ①北るもい漁協との協定に基づく対応（天塩川への放流量は1日当たり最大750m<sup>3</sup>）

- ・坑内からの排水は，脱ホウ素・脱窒素処理したうえで，天塩川下流に放流（定期的に水質調査）
- ・1日当たりの坑内排水量が750m<sup>3</sup>を超える可能性がある場合には，超過分の排水を貯水可能設備へ一時貯水したうえで，坑内排水量の減少に応じて放流

### ②グラウト施工による湧水抑制対策

- ・プレグラウト：掘削前の地質調査により，大量湧水が予測された場合
- ・ポストグラウト：掘削後に大量の湧水があった場合



グラウト：岩盤に孔をあけ，水みちとなる岩盤の割れ目の中にセメントなどの固化材を圧入・充填することにより，湧水を止める技術

## メタンガスへの安全対策

### ①地下坑道の換気：地上の新鮮な空気を強制的に地下に送ることによる換気

### ②メタンガス濃度による段階的な管理

- ・坑道内に設置したメタンガス検知器によりガス濃度を常時監視し，段階的に管理
- ・点火源にならない機器（防爆仕様）の使用

メタンガス濃度対応基準

メタンガス濃度 (Vol%)	対応内容
0.25以上	火器使用作業の禁止，非防爆電動工具の使用禁止
0.5以上	火薬取扱作業の禁止
1.0以上	パトライト点灯 & 一斉放送
1.0以上	作業員退避
1.3以上	パトライト点灯 & サイレン
1.5以上*	坑内電源遮断

### メタンガスが爆発する条件

- ・空気中のメタンガス濃度が5%～15%
- ・酸素
- ・火気(点火源)

\*労働安全衛生規則に基づく措置



# 幌延町における深地層の研究に関する協定書(抜粋)



平成12年11月:科学技術庁原子力局長立会いの下、サイクル機構と北海道及び幌延町との間で「幌延町における深地層の研究に関する協定(三者協定)」を締結

- 第2条: 丙は、研究実施区域に、研究期間中はもとより研究終了後においても、放射性廃棄物を持ち込むことや使用することはしない。
- 第3条: 丙は、深地層の研究所を放射性廃棄物の最終処分を行う実施主体へ譲渡し、又は貸与しない。
- 第4条: 丙は、深地層の研究終了後は、地上の研究施設を閉鎖し、地下施設を埋め戻すものとする。
- 第5条: 丙は、当該研究実施区域を将来とも放射性廃棄物の最終処分場とせず、幌延町に放射性廃棄物の中間貯蔵施設を将来とも設置しない。
- 第6条: 丙は、積極的に情報公開に努めるものとする。
- 第7条: 丙は、計画の内容を変更する場合には、事前に甲及び乙と協議するものとする。

※丙:日本原子力研究開発機構(締結当時は、核燃料サイクル開発機構)



「国際交流施設」(平成21年10月17日開館)  
地域への説明会, 国内外の研究機関との会議等を開催



「ゆめ地創館」(平成19年6月30日開館)  
地下深部での研究内容を紹介  
\* 地下施設の工事状況等をリアルタイムでご覧いただけます。



「一般施設見学会」  
冬期を除き毎月開催



「青少年のための科学の祭典  
ほろのべ大会」  
(令和元年10月26日開催)

## ゆめ地創館の来館者数

- 令和元年度・・・ 8,092名
- 令和 2年度・・・ 3,077名
- 令和 3年度・・・ 1,958名
- 累計・・・ 123,165名 (R3.10月末現在)

## 主な見学者

- 一般(地域の方々など)
- 自治体関係者
- 電気事業関係者
- 国内外の研究機関及び学会関係者  
など





# 研究成果の公表・普及への取り組み

## 成果報告書

全体の成果・進展の概要を年度毎に成果報告書として公表



## 研究成果の報道発表

**【JAERIプレス発表】**  
令和2年9月15日(木)14:30  
(仮時刻)  
茨城県(大洗町)科学文化会館  
新聞記者招待会(仮時刻)  
記者発表式  
国際交流施設(仮時刻)、茨城県大洗町

令和2年9月15日  
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

**汎用的な観点で地下の岩石の割れ目をずらすことに世界で初めて成功 - 様々な地下利用に向けて大きく進展 -**

**【発表のポイント】**

- 高レベル放射性廃棄物の地層処分では、地層変動に伴って地下の割れ目がこのように割れ目の透水性が上昇し、地層の閉じ込め性能に影響を及ぼす可能性がある。この課題の解決には実際に地下の割れ目を人工的にずらす必要がある。従来は地層変動による割れ目のずれを予測し、それを補正する必要がある。本研究は、地層変動による割れ目のずれを予測し、それを補正する技術を開発した。実証試験では、割れ目を大きくずらすことができた。
- 日本原子力研究開発機構は新たな方法として、探索から別の試験で用いていた地層変動を抑制して割れ目をずらす実用技術を開発した。実証試験では、割れ目を大きくずらすことができた。
- 本方法は、地層変動だけでなく、CO<sub>2</sub>地中貯留に活用されるほか、鉱山開発、新鮮な水など様々な地下利用に活用が期待される。実証試験は、今後も実施される。

**【最新技術を用いた調査の方法】**

**【国際共同研究】**

本研究成果は、令和2年9月28日に国際学術誌Engineering Geologyに掲載された。

## 計画説明会・成果報告会などの開催



「令和3年度調査研究計画」  
(住民説明会)  
(国際交流施設 令和3年4月22日)



「札幌報告会2020」  
(札幌市教育文化会館 令和2年7月21日)



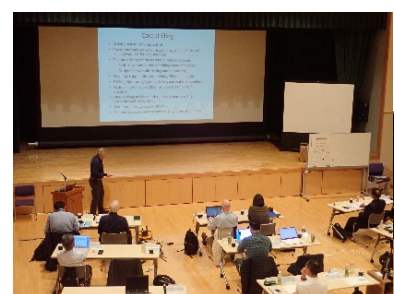
「令和2年度計画及び令和元年度成果報告」  
(稚内記者会への説明)  
(稚内市役所 令和2年11月25日)

【住民説明会・札幌報告会2020はライブ配信もあわせて実施】  
JAEA幌延チャンネル(YouTube)



## 学会等の論文投稿報告会の開催など

全体の成果・進展を報告・議論する報告会等を開催



IAEA(国際原子力機関)  
トレーニングワークショップ  
(令和元年11月4日～8日)  
於: 国際交流施設

放射性廃棄物地層処分に  
関する国際ワークショップ  
(平成29年9月14日)  
於: 国際交流施設



# 情報発信の取り組み



## ホームページでの情報発信

The screenshot shows the homepage of the Horonobe Deep Earth Research Center. It features a navigation bar with tabs for 'センター紹介', '研究内容紹介', '深地層研究計画の状況', 'プレスリリース', 'トピックス', '施設見学について', '情報公開', and '地域との約束'. The main content area is titled '深地層研究計画の状況' and includes a section for '地下施設整備の状況' (Status of Underground Facility Preparation) and '調査研究の状況' (Status of Investigation and Research), which is updated weekly. A search bar and site map are also visible.

- ゆめ地創館 館内案内等の動画紹介ページを制作・公開
- お客様からのご質問に対する回答やご意見を掲載



The screenshot shows social media posts from the Horonobe Deep Earth Research Center. It includes video thumbnails for 'ゆめ地創館 館内案内' (Dream Earth Creation Center Introduction) and '地下施設整備の状況' (Status of Underground Facility Preparation). There are also text-based posts with user avatars and profile pictures, likely representing questions and answers from visitors.

## ツイッターでの情報発信

## 幌延町広報誌「ほろのべの窓」での研究内容紹介の連載

This screenshot details the '地下施設整備の状況' (Status of Underground Facility Preparation). It features a map of the site with labels for '換気立坑', '西立坑', and '東立坑'. Below the map are several tables providing specific data for different shafts and research areas.

立坑	(維持管理)	掘削深
東立坑	(維持管理)	掘削深
換気立坑	(維持管理)	掘削深
西立坑	(維持管理)	掘削深

調査坑	掘削深	掘削
140m調査坑	掘削深 130m	
250m調査坑	掘削深 190.0m	

The screenshot shows several tweets from the JAEA (@JAEA\_Japan) account. The tweets discuss the status of underground facility preparation, including the installation of ventilation shafts and the use of water injection for rock stabilization. One tweet mentions a 350m deep shaft and another mentions a 250m deep shaft. The tweets include images of the construction site and text in Japanese.

※2020年7月号から連載を開始

This screenshot shows an article from the 'Horonobe no Mado' magazine. The article is titled '【地下の研究現場から】第1回 幌延深地層研究センター' (From the Research Site Underground: Issue 1 Horonobe Deep Earth Research Center). It features a photo of a man speaking at a podium and text describing the research activities at the center.