

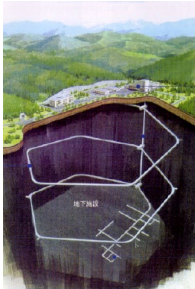
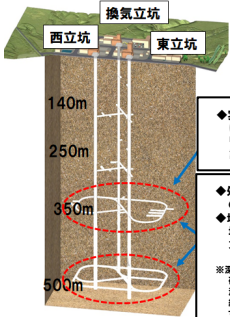
# **稚内層深部(深度500m)における研究 の実施について**

# 目次

- 1. 研究の必要性**
- 2. 研究課題**
- 3. 研究工程**
- 4. 確認会議で確認して頂いた事項**

# これまでの経緯

## 幌延深地層研究計画の経緯(研究対象深度)

主な研究計画	概要	研究坑道レイアウト
<p>深地層研究所(仮称)計画 (H10年10月)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 軟岩における坑道の掘削、支保等の土木工学的観点から、<u>500m以深を目途に展開する試験坑道を主とし、これと地表を結ぶ連絡(アクセス)坑道、通気立坑等の建設を進めます。</u></li> <li>● 堆積岩を対象とした500m以深の地下の研究施設は、国際的にも例を見ないため、国際共同研究の実施や海外の研究者の招へい等を積極的に推進し、国際的に中核となり得る総合的な研究センターとしての発展を目指します。</li> </ul>	
<p>日本原子力研究開発機構の改革計画に基づく「地層処分技術に関する研究開発」報告書 (H26年9月30日)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 水平坑道展開深度については、深度による地質環境条件の変化を考慮した技術開発、特に温度・圧力条件を考慮した処分概念オプションの実証や地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証に取り組むため、「<u>深地層研究所(仮称)計画</u>」を踏まえ研究坑道を展開することとする。</li> <li>● <u>深度500mレベルでの研究内容については、深度350mでの調査研究の成果や地層処分に関する国の方針などを踏まえて検討する。</u></li> <li>● <u>深度500mの坑道展開については必須の課題がより明確になった場合において、必要最小限のレイアウトで検討していく。</u></li> </ul>	 <p>◆実際の地質環境における人工バリアの適用性確認</p> <p>◆処分概念オプションの実証</p> <p>◆地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証</p> <p>※深度500mレベルでの研究内容については、深度350mでの試験の結果や地層処分に関する国の方針などを踏まえて検討。</p> <p>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。</p>
<p>令和2年度以降の幌延深地層研究計画 (R2年1月28日)以降</p>	<p>【令和元年度の確認会議での確認事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 第3期及び第4期中長期目標期間において、350m調査坑道で各研究に取り組む中で、<u>深度500mでも研究を行うことが必要とされた場合には、500mの掘削を判断すること。</u></li> </ul> <p>【令和2年度の確認会議での確認事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 機構は、<u>500mの研究を実施するかどうかについて検討するのは、内部で議論した結果、必須の課題の研究を進め、技術基盤を整備していくために有効な可能性がある」と判断したためであること。</u></li> <li>● 今年度、<u>500mでの研究等を実施するかどうかについて判断材料を集めるための設計を開始し、その検討を踏まえ、今年度中を目途に実施するかどうかを判断すること。</u></li> </ul>	

# 1. 研究の必要性

## 【令和元年度までの知見】

- 稚内層は、地層の中の割れ目が開きやすく、水が流れやすい浅部領域と割れ目が閉じており水が流れにくい深部領域に区分できることがわかっていました。ただし、地下施設周辺でのこれらの領域の境界深度については、まだ不確実な部分がありました。
- これまでに行った地表からの調査(電磁探査)は、深度500m程度を調査範囲としていたため、深度500mより深い部分については、空間的な広がりに不確実な部分がありました。この深い部分は、水質分析の結果も考慮すると、化石海水※が分布する領域と推測されていました。

※ 化石海水の存在は、地下水が長期にわたって流れにくいことを表す指標の一つと考えられています。



# 1. 研究の必要性

【令和2年度の研究により新たに得られた知見(2/2)】

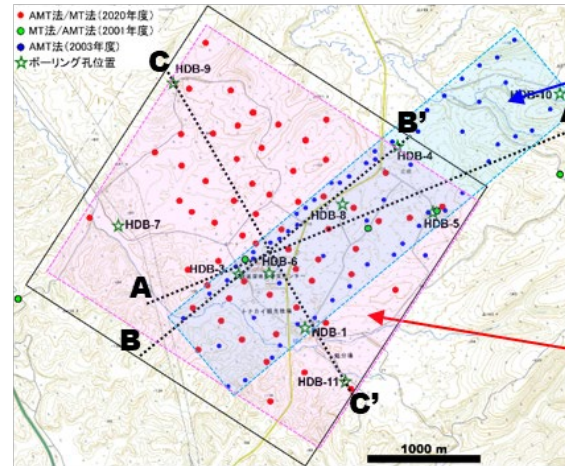
深度500m付近には、地下水の流れが非常に遅い領域があることが、より確かになりました。

- 存在が推測されていた化石海水の地下の空間的な分布をより精度良く把握するために、令和2年度に実施した地表からの調査※の結果、三次元比抵抗分布を精度よく取得できました。

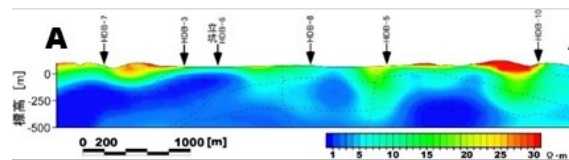
※ より深いところの調査が可能である高密度三次元電磁探査

- これまでに取得した水質データを合わせて評価\*\*すると、化石海水の地下深部での分布が、より精度良く把握できました。

\*\* 図の青色部分が比抵抗値が小さく、化石海水の分布領域と推定されます



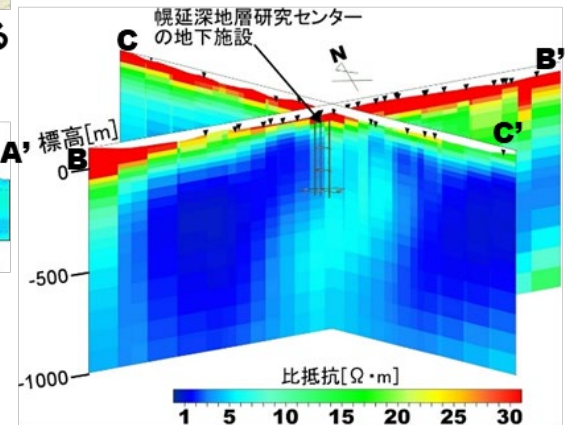
幌延深地層研究センター周辺における電磁探査の測点配置



既往の電磁探査結果(比抵抗の3次元解析結果から断面を切り出し)

既往測点(青):  
探査深度の浅いAMT法の測点を直線状に配置

今年度測点(赤):  
探査深度の深いMT法とAMT法の測点を格子状に配置



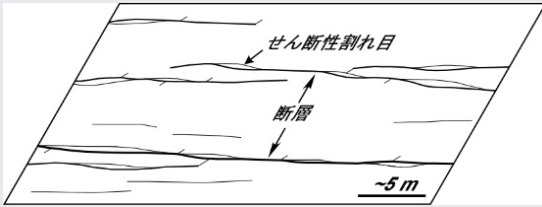
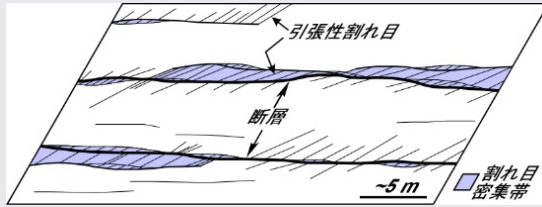
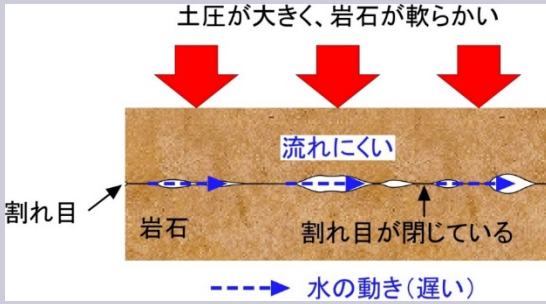
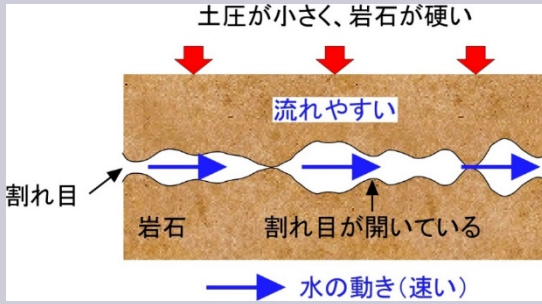
令和2年度の電磁探査結果

(比抵抗の3次元解析結果から2断面を切り出し)



# 1. 研究の必要性

## 深度350m、500mの地質環境の特徴

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>

# 1. 研究の必要性

## ● 深度500mでの研究の必要性について

令和2年度の研究成果によって、深度500mには深度350mとは異なる性質の地層が存在していることが、より確かになりました。

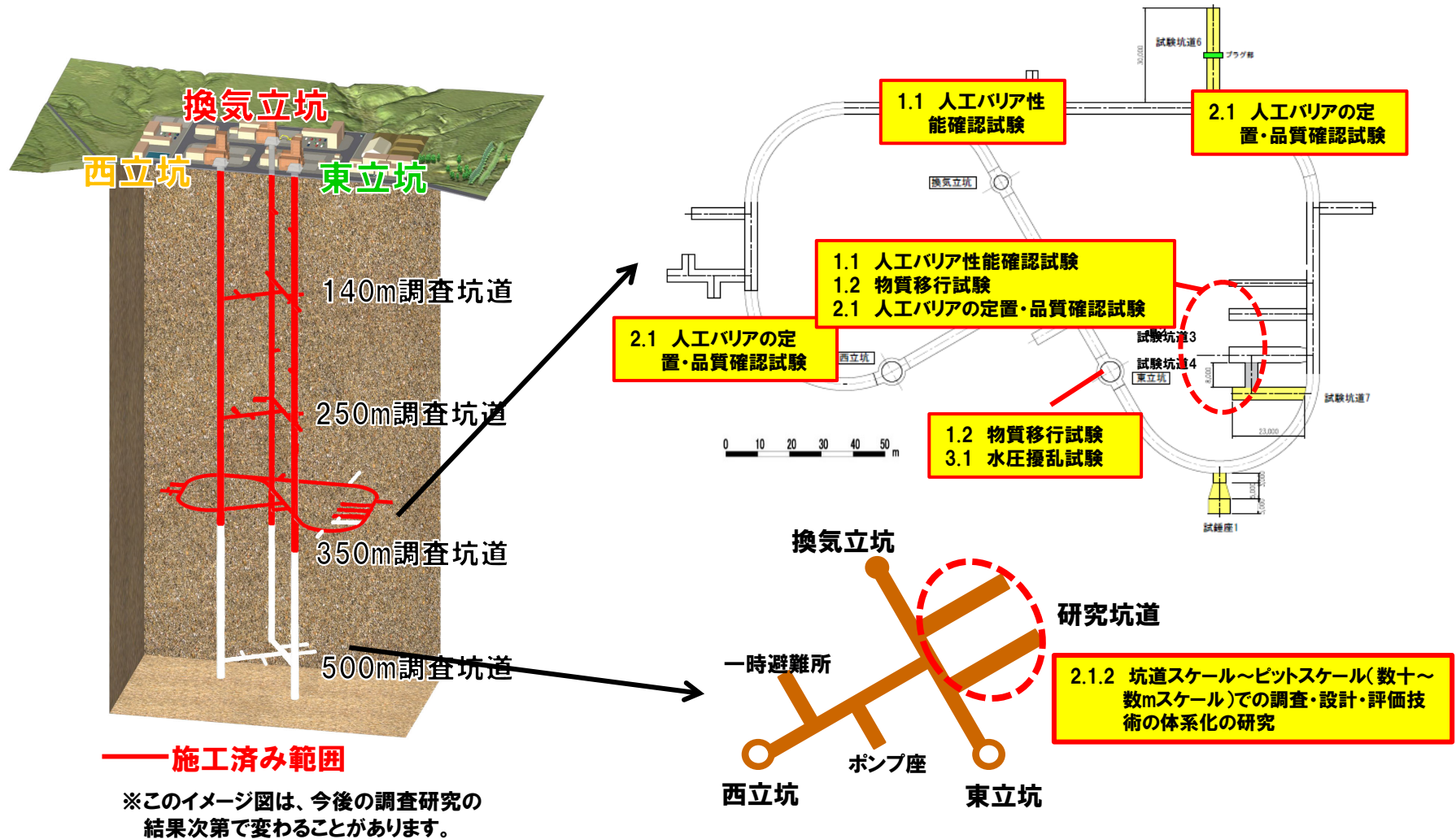
地下坑道の設計・施工上の観点などから、より難しいと考えられる稚内層深部(500m)を対象として、坑道を展開して研究に取り組むことで、技術の信頼性向上を目的に、主に以下の成果が得られ、技術基盤の整備に、より一層貢献できるため、必要と判断しました。

- 高い地圧がかかり坑道の設計・施工上の難易度が高い地質条件下で、処分技術に関わる基盤技術を実証します。
- 物質が動きにくい環境で岩盤が有する物質を閉じ込める性能が実証でき、人工バリア等の技術仕様の精緻化が提案できます。
- 水の流れに大きな影響を及ぼす掘削影響領域を含めた安全評価技術を体系的に実証可能になります。



# 2. 研究課題

## 【坑道のレイアウト・試験実施場所(案)】



## 2. 研究課題

### 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】

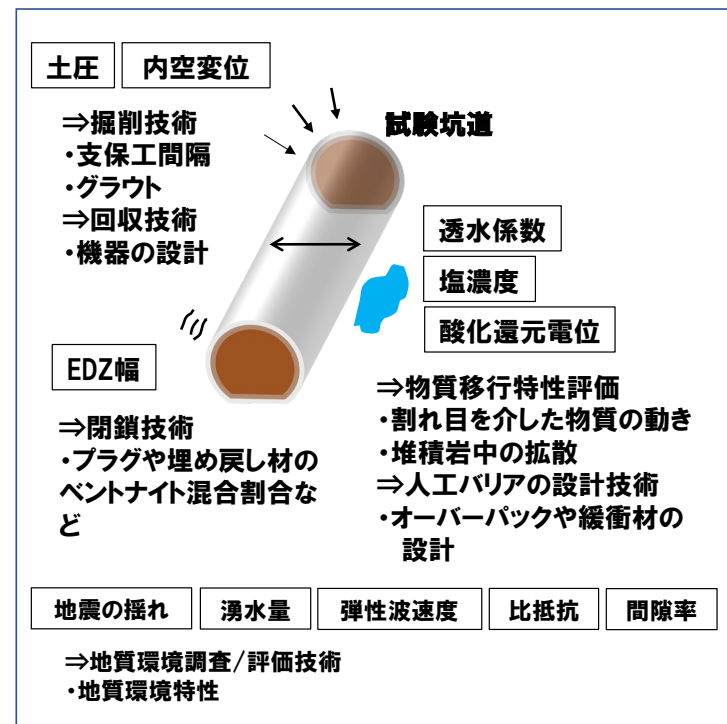
- 人工バリアの品質を踏まえて、これまで実証してきた要素技術を体系的に適用し、廃棄体の設置方法(間隔など)を確認する

#### 【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

# 3. 研究工程

		R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	
		第3期			第4期中長期目標期間						
1. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認											
1.1	人工バリア性能確認試験	浸潤時・減熱時のデータ取得、連成モデルの適用性確認 国際プロジェクトにおける解析コード間の比較検証、改良・高度化						※			
1.2	物質移行試験	掘削影響領域での物質移行に関するデータ取得 有機物、微生物、コロイドの影響を考慮した物質移行試験、等									
2. 処分概念オプションの実証											
2.1	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										
2.1.1	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	搬送定置・回収技術、閉鎖技術の実証									
2.1.2	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					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 廃棄体設置の判断や間隔の設定に必要な情報の整理、等					
2.2	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	100℃超の際にニアフィールドにおいて発生する現象の整理 国際プロジェクト情報の収集・整理、等									
3. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証											
3.1	水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化										
3.1.1	地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握	数10cmの幅の断層を対象とした水圧擾乱試験 断層の活動性評価手法の整備、等									
3.1.2	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	地下水の流れが非常に遅い領域(化石海水領域)の調査・評価技術の検証、等									
3.2	地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験	人工バリアの緩衝材や坑道埋め戻し材が掘削影響領域の力学的・水理学的な緩衝能力に与える影響を把握する解析手法の開発									
【施設計画】											
	坑道掘削			掘削準備	350m調査坑道	立坑(西、東、換気)	500m調査坑道				
【維持管理】											
※本資料は現段階で想定するスケジュールであり、年度ごとに得られた研究成果を評価し見直ししていく						<p>個別の要素技術の課題については、期間の前半で実施し、後半は体系化して取り組む課題(2.1.2)に統合して実施する。</p> <p>2.1.2を実施する中で、情報の不足等があった場合に追加で試験や解析を実施する。</p>					

※ 人工バリア性能確認試験については、材料の水分量や密度、腐食の度合いなど詳細なデータ取得するための解体調査を当初令和5、6年度に予定していたが、500m掘削中(令和5～7年度)は、安全管理上、作業が2箇所(2切羽)までに限定され、規模の大きな作業が困難になるため、令和8、9年度に実施することとしました。

## 4. 確認会議で確認して頂いた事項

### 【令和3年度の確認会議での確認事項(抜粋)】

- 令和2年度の研究成果によって、深度500mには深度350mとは異なる性質の地層が存在していることがより確かになったこと。深度500mで研究を行うことで、技術の実証性を確かなものとする事ができるとともに、より幅広い地質環境を対象とした技術や経験を得ることができること。
- 難易度の高い地層を対象として、坑道の設計・施工、安全評価のための一連の技術を実証することで、処分事業において想定される様々な地質環境に適用できる技術の体系を技術基盤として提示することができ、技術基盤の整備により一層寄与するためのものであること。
- 深度500mにおける研究は、「深地層研究所(仮称)計画(平成10年10月策定)」において位置付けられており、「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」に掲げる処分概念オプションの実証として、必須の課題の範囲内で行う研究であり、三者協定第7条に定める内容の変更に当たらないこと。
- 500mの掘削に当たって、施工上のリスク(湧水や可燃性ガス)対策を行ったとしても、想定の間期限内に工事が収まり、必要な研究期間の確保が可能であること。

# 参考資料

# これまでの経緯

## 【令和元年度の確認会議での確認事項】

- 第3期及び第4期中長期目標期間において、350m調査坑道で各研究に取り組む中で、深度500mでも研究を行うことが必要とされた場合には、500mの掘削を判断すること。

## 【令和2年度の確認会議での確認事項】

- 今年度、500mでの研究等を実施するかどうかについて判断材料を集めるための設計を開始し、その検討を踏まえ、今年度中を目途に実施するかどうかを判断すること。
- 実施については、「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」の研究課題の範囲内であることを前提に令和2年度以降の研究期間の研究工程におさまるかといった観点から判断すること。



## 2. 研究課題

- 深度500mの坑道においては、「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」のうち、主として「坑道スケール～ピットスケール(数十～数mスケール)での調査、設計・評価技術の体系化」の研究を実施します。

※体系化の研究では、実際に坑道を掘削して、地質環境の調査、設計・施工、物質移動に関わる解析等を実施し、廃棄体設置の判断や間隔の設定に必要な情報等を整理するなど、処分技術や安全評価技術を実証していきます。

- 「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」の範囲以外の研究は行いません。

### 令和2年度以降の幌延深地層研究計画における必須の研究課題

1. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認
  - 1.1 人工バリア性能確認試験
  - 1.2 物質移行試験
2. 処分概念オプションの実証
  - 2.1 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
    - 2.1.1 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
    - 2.1.2 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
  - 2.2 高温度(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
  - 3.1 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化
    - 3.1.1 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握
    - 3.1.2 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
  - 3.2 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

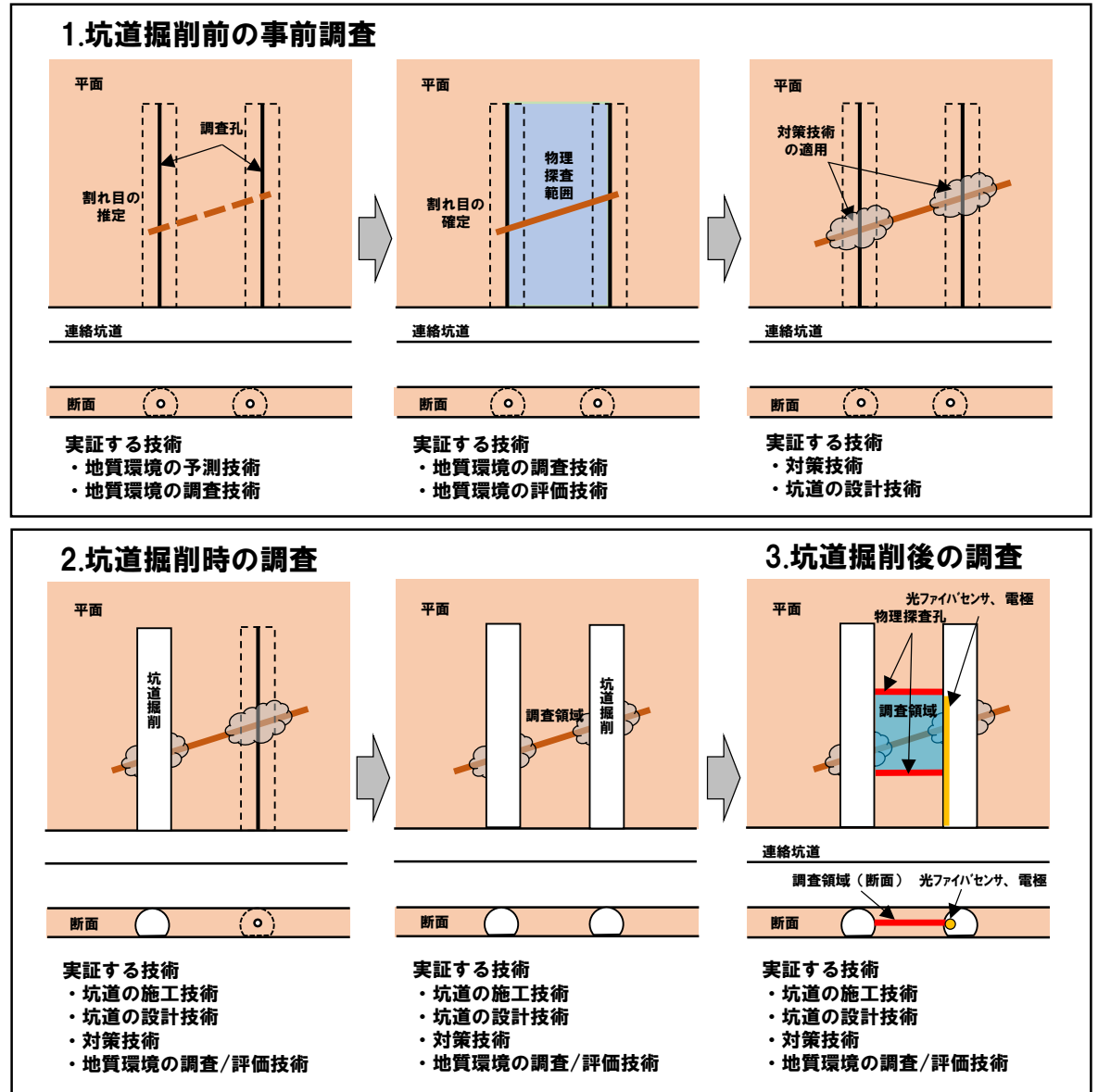
## 2. 研究課題

「坑道スケール～ピットスケール(数十～数mスケール)での調査、設計・評価技術の体系化」では、深度350mに至るまでに遭遇した異なる地質環境において、培ってきた様々な技術を効果的に選択し組み合わせ、地質環境の調査・評価に基づく坑道の設計・施工、安全評価のためのオプションも含めた一連の技術を実証します。

- 現在までに経験している深度350m迄とは異なり、より難易度が高く未経験の地質環境に対して、設計・施工、安全評価技術の適用を行うことにより、技術の実証性を確かなものとすることができるとともに、より幅広い地質環境を対象とした技術や経験を得ることができます。
- これらにより、処分事業において想定される様々な地質環境に適用できる、一連の技術を体系的に示すことができ、成果の最大化につながります。このことは、処分事業における様々な判断の技術的根拠を提供することや、人工バリアの設計の精緻化が可能となるなど、実施主体と規制機関の双方に大きく貢献することとなり、技術基盤の整備に、より一層寄与します。

# 2. 研究課題

- 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。



## 研究の実施手順、実証する技術

# 3. 研究工程

## 施工計画

	R4	R5	R6	R7
掘削準備	設備更新等（コンクリートサイロの設置等）			
		資機材等準備（ズリ積込機の設置等）		
先行ボーリング 湧水対策※1		350m調査坑道 立坑	500m調査坑道	
坑道掘削 (350m)		350m調査坑道		
立坑掘削 (西、東、換気)			500mで研究を行うための坑道掘削期間 立坑掘削※2	
坑道掘削 (500m)			500m調査坑道	坑道整備完了予定 ▽
付帯設備・清掃				付帯設備・清掃※3

● 深度500mで研究を行うために必要となる立坑及び研究坑道の掘削に必要な期間は、2年3ヵ月です。なお、本掘削期間は、500mでの施工性(追加となる補助工法や搬送などの時間増、等)も含め、掘削に係る作業時間を精査した結果に基づくものです。

● 工事の準備期間を考慮すると、令和7年末までに坑道整備が完了する予定です。


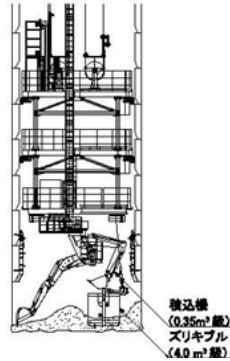

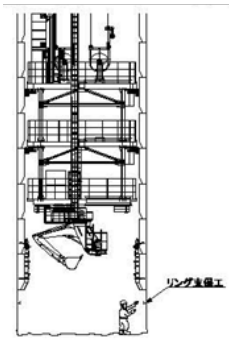

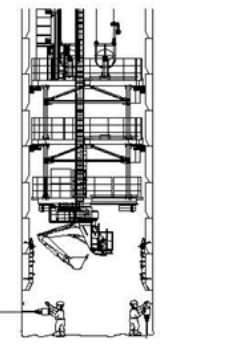

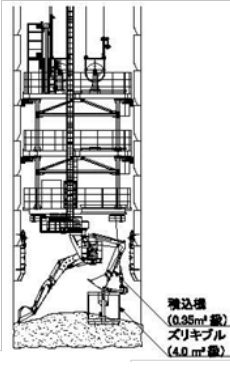

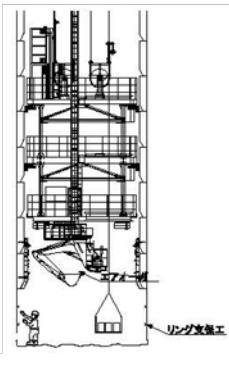

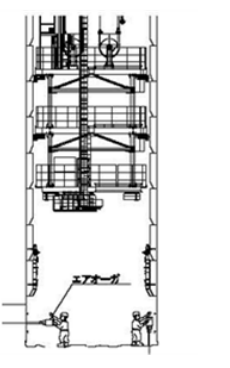

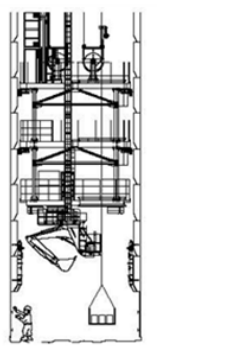

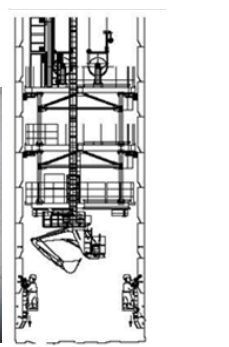

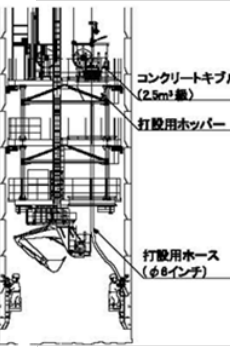
※1 掘削に先駆け、先行ボーリングや湧水対策を実施し、湧水やメタンガスを抑制することで、工事工程へのリスクを低減する計画としています。なお、先行ボーリングの結果によっては、掘削途中で湧水対策を行う場合もあります。

※2 坑道掘削は、原則として2か所での同時作業としており、前半に2立坑を掘削し、後半に残りの立坑と500m調査坑道の掘削を行う計画としています。

※3 エレベータ(設置のための立坑掘り増しを含む)や配管等の付帯設備の設置および工事後の清掃等、仕上げを行う期間です。

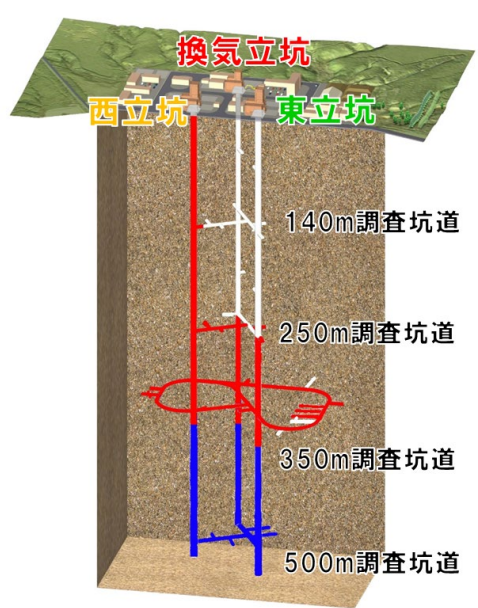
# 3. 研究工程

## 立坑掘削の施工順序(1掘進長:1~2m)

<p>①掘削・ズリ出し (1回目)</p>   <p>積込機 (0.35m<sup>2</sup>級) ズリキブル (4.0 m<sup>2</sup>級)</p>	<p>②鋼製支保工</p>   <p>リング支保工</p>	<p>③ロックボルト工 ④ガスチェックボーリング</p>  
<p>⑤掘削・ズリ出し (2回目)</p>   <p>積込機 (0.35m<sup>2</sup>級) ズリキブル (4.0 m<sup>2</sup>級)</p>	<p>⑥鋼製支保工 ⑦壁面観測</p>   <p>リング支保工</p>	<p>⑧ロックボルト工 ⑨ガスチェックボーリング</p>   <p>スチール</p>
<p>⑩裏面排水材設置 ⑪支保工固め</p>  	<p>⑫セントル脱型・型 枠セット</p>  	<p>⑬覆工コンクリート打設</p>   <p>コンクリートキブル (2.5m<sup>2</sup>級) 打設用ホッパー 打設用ホース (φ8インチ)</p>



# 3. 研究工程



— 第II期工事の範囲

※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。

## 前回工事との工事期間および掘削長の比較表

	工事期間※1	西立坑	東立坑	換気立坑	水平坑道
前回の工事	H23.2～H26.4 (3年2か月)	0m～365m (365m)	250m～380m (130m)	250m～380m (130m)	840m
次期工事	R5.4～R7年度末 (3年程度)※2	365m～515m (150m)	380m～530m (150m)	380m～500m (120m)	286m 66m:深度350m 220m:深度500m

※1: 工事期間には、湧水対策(パイロットボーリング、グラウトなど)や仕上げ工事等を含む

※2: 湧水対策や仕上げ工事等に加え、350m拡張工事も含む(立坑および500m坑道の掘削期間は2年3ヵ月を想定)

- 前回の工事(第II期)における掘削長は、立坑が総延長625m(設備新設を含む)、調査坑道総延長約840mであり、湧水対策(プレグラウト、ポストグラウト)や仕上げを含めた工事期間は3年2か月でした。
- これに比べ、次期工事(500m掘削)は、立坑総延長が前回工事の約2/3となる420m、500m調査坑道総延長が同じく約1/4となる220mであり、前回工事の実績から掘削期間を試算すると2年程度となります。これに対して、今回の設計では、深度500mでの施工性等も考慮し、掘削期間を2年3か月と見込んでおり、湧水対策や仕上げに加え、深度350mの拡張工事(66m)も含めた**工事期間は3年程度**と見込んでいます。