

# 幌延深地層研究所計画に関する 必須の課題成果取りまとめ結果と今後の計画

令和2年2月13日

幌延深地層研究センター

# 本日の内容

## 1. 必須の課題に関する成果取りまとめと研究の進捗状況

- 必須の課題成果取りまとめに頂いたご意見の報告書への反映状況
- 令和1年8月～10月に実施した個別説明時に頂いたご意見の対応方針
- 平成31年度/令和1年度に得られた主な研究成果

## 2. 令和2年度以降の幌延深地層研究計画

- 自治体との協議
- 計画の内容

# 第3期中長期計画(平成27年度～令和3年度)

Ⅱ. 研究開発の成果の最大化その他の業務の質の向上に関する目標を達成するためとるべき措置

6. 核燃料サイクルに係る再処理、燃料製造及び放射性廃棄物の処理処分に関する研究開発等

(3) 高レベル放射性廃棄物の処分技術等に関する研究開発

《中略》

1) 深地層の研究施設計画

超深地層研究所計画(結晶質岩:岐阜県瑞浪市)と幌延深地層研究計画(堆積岩:北海道幌延町)については、機構が行う業務の効率化を図りつつ、改革の基本的方向を踏まえた調査研究を、委託などにより重点化し、着実に進める。研究開発の進捗状況等については、平成31年度末を目途に、外部専門家による評価等により確認する。なお、超深地層研究所計画では、土地賃貸借期間も念頭に調査研究に取り組む。

超深地層研究所計画については、(略)。

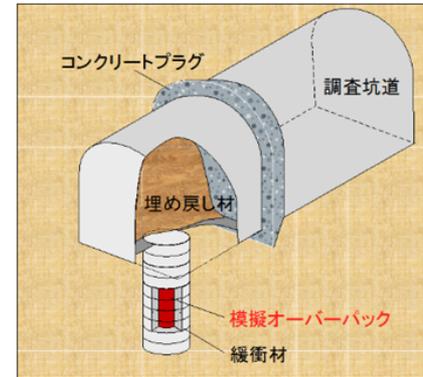
幌延深地層研究計画については、実際の地質環境における人工バリアの適用性確認、処分概念オプションの実証及び地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証に重点的に取り組む。また、平成31年度末までに研究終了までの工程やその後の埋め戻しについて決定する。

# 平成26年度に設定した必須の課題

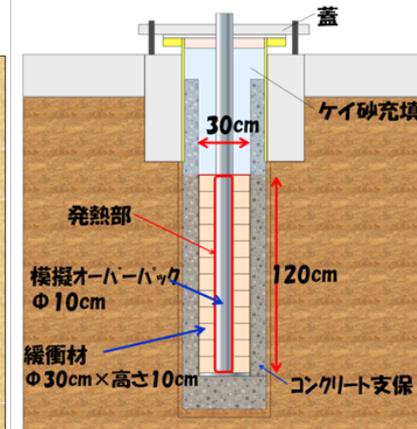
## ①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

平成26年度から深度350m調査坑道で実施している人工バリア性能確認試験、オーバーバック腐食試験、物質移行試験を通して、実際の地質環境において、人工バリアや周辺岩盤中での熱-水-応力-化学連成挙動や物質移行現象などを計測・評価する技術の適用性を確認し、「精密調査後半」に必要となる実証試験の技術基盤を確立する。

- [人工バリア性能確認試験](#)
- [オーバーバック腐食試験](#)
- [物質移行試験](#)



人工バリア性能確認試験

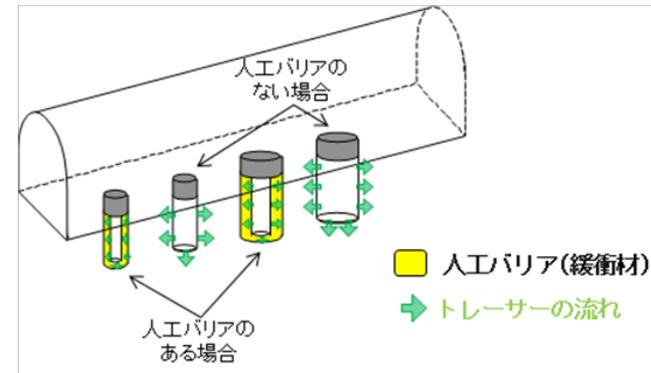


オーバーバック腐食試験

## ②処分概念オプションの実証

人工バリア設置環境の深度依存性を考慮し、種々の処分概念オプションの工学的実現性を実証し、多様な地質環境条件に対して柔軟な処分場設計を行うことを支援する技術オプションを提供する。

- [処分孔等の湧水対策・支保技術などの実証試験](#)
- [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](#)
- 高温(100℃以上)などの限界的条件下での人工バリア性能確認試験



物質移行試験

## ③地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

地震・断層活動等の地殻変動に対する力学的・水理的な緩衝能力を定量的に検証し、堆積岩地域における立地選定や処分場の設計を、より科学的・合理的に行える技術と知見を整備する。

- [水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化](#)
- 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

# 報告書レビューの経緯および今後の予定

## 1. 第23回委員会(平成30年10月1日)

- 研究成果の説明
- 取りまとめ報告書原案の説明
- レビュー依頼

## 2. 第24回委員会(平成31年1月15日)

- コメント対応結果の説明
- 取りまとめ報告書の説明

## 3. 評価結果受領(平成31年2月15日)

## 4. 最終版の作成

- 第24回委員会でのコメント
- 個別評価結果における意見への対応
- 令和2年3月末公開予定

①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

1) 人工バリア性能確認試験

<p>達成目標</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計手法の適用性確認(人工バリア、閉鎖技術)</li> <li>製作・施工及び品質管理手法の適用性確認(同)</li> <li>熱、水、応力、化学連成評価手法とモニタリング手法の適用性確認</li> </ul>
<p>成果のまとめと達成度</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>緩衝材とオーバーパックならびに坑道埋め戻し材と力学プラグの実際の設計・製作・施工を通じて、第2次取りまとめや平成17年取りまとめの設計フローや品質管理手法を適用し、それらの有効性を確認。</li> <li>処分孔縦置き方式の実規模の人工バリアを施工し、加熱・注水試験を行い、不飽和から飽和への過渡的時期における、熱－水－応力－化学連成現象に関するデータを取得した。整備したTHM/THMC連成解析コード(THAMES/COUPLYS)による解析結果と実測値を比較することで、より連成現象を再現することが可能となった。</li> <li>各種センサーの有効性を評価。</li> </ul> <p style="text-align: right;">→目標一部達成</p>
<p>さらなる技術レベルの向上に向けた方策・提案</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>緩衝材中への地下水の浸透の促進、減熱過程におけるデータ取得。</li> <li>解体調査、サンプリング。</li> <li>MC相互作用のモデル開発を進めることによるTHMCモデルの高度化。</li> </ul>

成果総数： 技術開発報告書類：10件、学術論文0件、学会プロシーディング等9件

# 必須の課題の総括的まとめ

## ①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

### 2) オーバーパック腐食試験

<p>達成目標</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• オーバーパック腐食寿命評価手法の妥当性の確認</li> <li>• 原位置におけるモニタリング手法の適用性確認</li> </ul>
<p>成果のまとめと達成度</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 既往のオーバーパックの腐食評価手法の保守性、妥当性を確認。</li> <li>• 腐食挙動については、腐食センサー(炭素鋼の自然電位と交流インピーダンス法による計測)を用いたモニタリングが可能であることを確認。</li> <li>• 環境条件(水分量、pH)のモニタリングについては、代替的計測手法の検討、測定結果の妥当性の検証等が今後必要。</li> </ul> <p style="text-align: right;"><b>→目標一部達成</b></p>
<p>さらなる技術レベルの向上に向けた方策・提案</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 緩衝材の再冠水～飽和の過渡的な過程における腐食メカニズムの理解</li> </ul>

成果総数： 技術開発報告書類：0件、学術論文0件、学会プロシーディング等0件

# 必須の課題の総括的まとめ

## ①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

### 3) 物質移行試験

<p>達成目標</p>	<p>幌延の泥岩を事例とした割れ目、岩盤基質部双方における物質移行特性評価手法の整備</p>
<p>成果のまとめと達成度</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 岩盤基質部を対象とした原位置拡散試験の結果             <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 室内試験に基づいて開発された拡散/収着モデルは原位置に適用可能。</li> <li>➢ 原位置および室内試験結果を相互に比較検証するアプローチは物質移行パラメータ(DeやKd)や評価モデルの高度化に有効。</li> <li>➢ バックグラウンド濃度や溶解度を考慮し、適切なトレーサーを選定することで安定同位体を用いても有効なデータ取得が可能。</li> </ul> </li> <li>● 割れ目を対象とした原位置トレーサー試験の結果             <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 割れ目に収着したトレーサー濃度と割れ目分布との関係进行评估することで、実際のトレーサーの移行経路を推定することが可能。</li> <li>➢ 室内と原位置を組み合わせたモデル解析手法により、非収着性および収着性トレーサーの物質移行挙動を評価することが可能。</li> </ul> </li> <li>● 溶存ガスの脱ガスが生じうる地下水環境下での試験方法を確立</li> </ul> <p style="text-align: right;"><b>→目標達成</b></p>
<p>さらなる技術レベルの向上に向けた方策・提案</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● EDZにおける物質移行評価</li> <li>● コロイド、有機物、微生物共存系での物質移行挙動の把握</li> </ul>

成果総数： 技術開発報告書類：0件、学術論文1件、学会プロシーディング等1件

# 必須の課題の総括的まとめ

## ②処分概念オプションの実証

### 1) 処分孔の湧水対策・支保技術

<p>達成目標</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>幌延の立坑および水平坑道を対象とした湧水抑制対策・支保技術の実証</li> </ul>
<p>成果のまとめと達成度</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>突発湧水の発生の原因となりうる粘土質せん断帯の事前予測手法として、メルトインクルージョンに着目した事前予測手法が有効である。</li> <li>等価多孔質媒体モデルによるグラウト浸透解析の結果と、現場透水試験の結果は整合的であり、設定したグラウトの改良範囲が妥当であることと、解析の有効性を示すことが出来た。</li> <li>海水条件下で処分孔まわりの低透水領域を改良することが可能となる溶液型グラウト材料の配合を提案した。</li> <li>大深度における立坑崩落への対策を考慮した情報化施工技術を適用し、その有効性を実証するとともに、二重支保やその長期安定性を把握するためのモニタリング技術の有効性を示した。</li> </ul> <p style="text-align: right;"><b>→目標達成</b></p>
<p>さらなる技術レベルの向上に向けた方策・提案</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>日々進化する湧水抑制対策技術のレビューならびに新たな坑道掘削時における最新技術の適用と有効性の評価</li> </ul>

成果総数： 技術開発報告書類：4件、学術論文4件、学会プロシーディング等11件

# 必須の課題の総括的まとめ

## ②処分概念オプションの実証

### 2) 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

<p>達成目標</p>	<p>人工バリアの搬送定置・回収技術の実証</p>
<p>成果のまとめと達成度</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 実際の地下環境において、処分坑道横置き定置方式のうち、PEM方式に対する搬送定置・回収試験を行い、エアベアリングを用いた搬送定置・回収技術の適用性を示した。</li> <li>• (隙間充填技術・回収技術は実施中)</li> </ul> <p style="text-align: right;"><b>→目標達成見込み</b></p>
<p>さらなる技術レベルの向上に向けた方策・提案</p>	

成果総数： 技術開発報告書類：8件、学術論文0件、学会プロシーディング等0件

## 必須の課題の総括的まとめ

### ③地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

<p>達成目標</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>断層の変形様式を支配する強度・応力状態の指標化</li> <li>断層の透水性の潜在的な上限と指標との関係性の整理とモデル(経験則)の構築</li> <li>原位置試験によるモデルの検証</li> </ul>
<p>成果のまとめと達成度</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>引張強度で標準化したモール円の中心位置(DI)が断層のダメージゾーンの変形様式と定量的な対応付けが可能。</li> <li>ボーリング調査でフローアノマリーとして検出される断層帯亀裂の透水性とDIの関係性を検討した結果、両者には十分な相関性が認められ、断層帯亀裂の潜在的な透水性の上限は、DIを用いた経験式によりある一定の幅を持って予測できる可能性が高いことが分かった。</li> <li>ボーリング孔を用いて断層を対象とした水圧擾乱試験を行った結果、新たにせん断変形が起こったり、有効応力が低下したとしても、断層帯亀裂の透水性はDIの経験式の範囲を超えないことを確認。</li> </ul> <p style="text-align: right;"><b>→目標達成</b></p>
<p>さらなる技術レベルの向上に向けた方策・提案</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>データの蓄積によるモデルの妥当性の検証</li> </ul>

---

# 必須の課題成果取りまとめに頂いた ご意見の報告書への反映状況

# ご意見の報告書への反映状況

## —前回委員会資料での未対応部分—

### —②処分概念オプションの実証—

#### 2) 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

No.	コメント	対応結果
23	<p>(p.86)            まとめでは、今回実施した項目についてのみ述べられているが、今回の内容は定置に関する様々な検討課題のごく一部であり、基本的なことが確認されただけである。特に再取出しを前提とした定置技術はこれまでにない技術であり、今後も継続的に研究開発を実施する必要がある。今後の研究開発についても言及すべきである。</p>	<p>ご指摘の通り、今回の試験では処分坑道横置きPEM方式の搬送定置・回収技術のコアとなる技術についてのみを抽出し、整備を進めて地下で実証したものであり、より良くするために取り組むべき課題(例えば、効率アップ、遠隔操作など、)については、今後も継続的に高度化を進める必要があります。</p> <p>本試験は現在も実施中であることから、現状では実施した項目のみを記載しておりますが、平成30、31年度の試験結果を反映した、まとめを記載いたします。その際には、ご指摘の点を反映いたします。<b>(今後対応)</b></p>



#### 必須の課題報告書への反映状況

⇒ 搬送・定置、回収技術の代替オプションを含めて、高速化や遠隔化の技術の実証が課題である旨を報告書に追記しました。

# ご意見の報告書への反映状況

## —前回委員会資料での未対応部分—

### —③地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証—

No.	コメント	対応結果
3	(p.102) 具体的な成果の記述がないが、結果が期待される。	既に主要なデータは記載済みですが、現在取得中のデータも今後、追加する予定です。(今後対応)

#### 必須の課題報告書への反映状況

⇒ 東立坑の坑底から掘削したボーリングに交差した断層を対象とした水圧擾乱試験を実施し、品質が確保された試験データを取得したため、この結果に基づいて堆積岩の緩衝能力について改めて評価し、報告書に反映しました。

---

# 令和1年8月～10月に実施した個別説明時に 頂いたご意見の対応方針

# ご意見への対応方針

## 計画全般

No.	コメント	対応方針
1	幌延地域の特徴の一つでもある深部の拡散場の現象理解(地下水や物質の移動が極めて遅くなる等)やその効果(亀裂や断層の影響も無視できるほど小さくなる等)をアピールすることが重要。その際、対象範囲を深部に限定せず、浅部との関連性など大局的な視点にも留意して考える必要がある。	堆積岩の緩衝能力の検証のうち、地下水が動いていない領域を調査・モデル化する技術の実証の研究で取り組みます。
2	野心的なテーマにチャレンジしていることをもっと表に出すべき。地層処分研究開発の歴史の中で、何ができてきて、何が問題として残っているのか、それに対して幌延がどのように克服しようとしているのか、今回の計画を全体としてつなげるストーリーとして語るべきである。	令和2年度以降の研究計画(案)の作成において、諸外国の研究開発や処分事業の進捗状況の把握や理解の重要性を改めて認識しました。国際プロジェクトへの参画や共同研究を通じて、ご指摘のような位置づけやストーリーを明確にしていきたいと考えます。
3	地層処分研究開発全体における各研究課題の位置付け(重要度・優先度)や国内外の研究経緯・動向、現時点での到達度・課題、課題解決に向けたアプローチ等を丁寧に説明していくことが不可欠	

# ご意見への対応方針

## 個別課題

No.	コメント	対応方針
1	処分概念オプションの実証は、重要なテーマ。ただし、幌延の研究環境・条件がどこまで実際の処分場を模擬・再現するものであるのか、本研究で達成しようとしている技術レベルを全体的な視点から明確にしておく必要がある。	拝承。
2	地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の実証についても、日本が変動的な地質環境条件にある中で、避けられないテーマであり、非常に重要。	拝承。
3	スイスのHOTBENTプロジェクトとの関わり方は？	処分概念オプションの一環として類似試験を予定していることもあり、より詳しい情報を収集の上、当該プロジェクトへの参画や、共同研究の可能性を含め計画を具体化する予定です。
4	廃棄体の間隔設定の合理化に関わる研究テーマは重要。事業に直接反映できる部分の焦点をあててはどうか？	拝承。処分概念オプションの中で実施します。
5	研究協力、人材育成を更に進めていくことを期待	拝承。国際協力においては、DECOVALEXで新規タスクを提案。いくつかの組織が興味を提示しています。

# ご意見への対応方針

## 個別課題

No.	コメント	対応方針
6	500mでの試験は、地圧も高く難しいのではないかと。他方、研究なのだから、岩盤状況の悪いところにもアプローチし、事業で想定されるリスク因子への知見・対策を得るという考え方もあり得る。	500mについては、350mでの研究成果を踏まえて実施の可否を判断する予定です。
7	人バリ試験の観測がセンサーの問題により、十分にできていないのが非常に残念。センサーの回収、再設置などの予定は？	解体までセンサーを回収することはできません。センサーの不良については、解体後の調査により、原因を究明していく予定です。
8	最近の研究で、化石海水が地すべりの要因の一つになっていることが分かってきている。化石海水に含まれる塩分が粘土鉱物の変質に影響を与えていると考えられる。地下水の長期変遷や人バリ試験の参考になるかも知れない。	拝承。ご指摘の観点も踏まえて研究に取り組みます。
9	事業を含めた今後の進展を踏まえると、日本の堆積岩系岩盤における幌延の立ち位置(位置づけ)を明確にしていくべき。特に、深部の脆性破壊しにくいと考えられる岩盤の特性がどのような意味を持っているのか、全体的なストーリーが必要。	拝承。ご指摘の観点も踏まえて研究に取り組みます。

---

# 平成31年度/令和1年度に得られた 主な研究成果

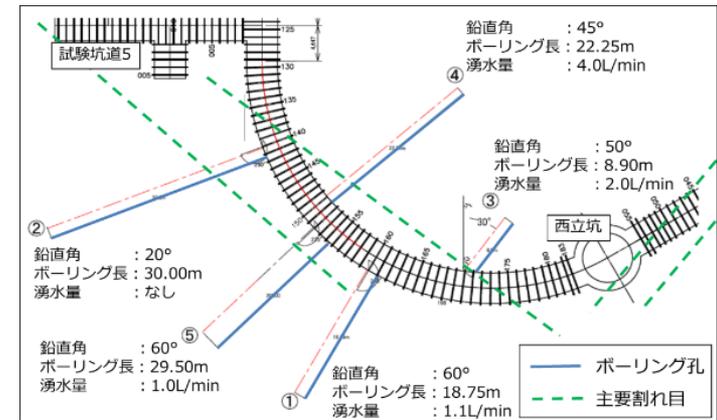
# 平成31年度/令和1年度に得られた主な研究成果

## ○実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

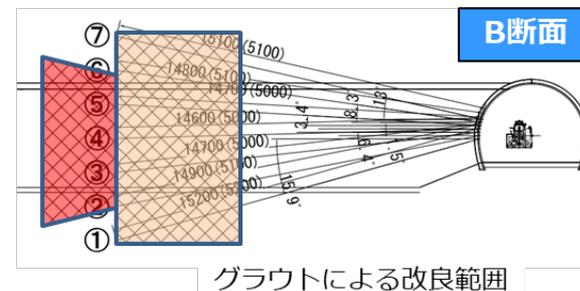
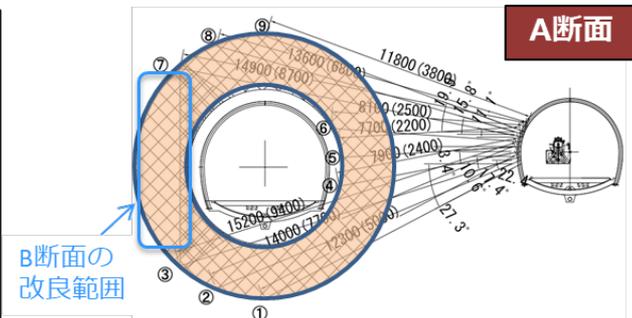
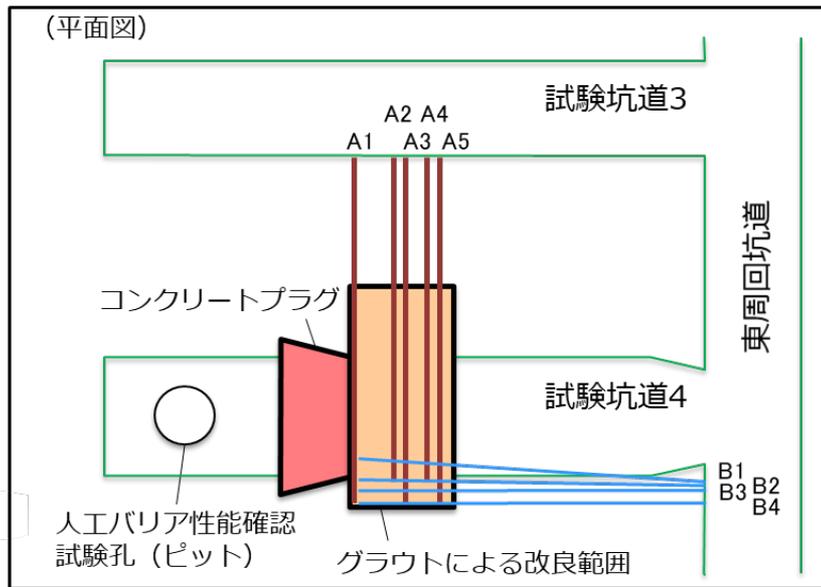
### ・人工バリア性能確認試験

掘削影響領域を介した逸水を抑制するため、令和元年6月上旬から9月上旬にかけてグラウト施工(東周回坑道側からB断面(12区間)試験坑道3側からA断面(56区間))を実施

人工バリア性能確認試験に必要な水を確保するための給水用ボーリング孔(5孔)の掘削を実施



給水用ボーリング孔



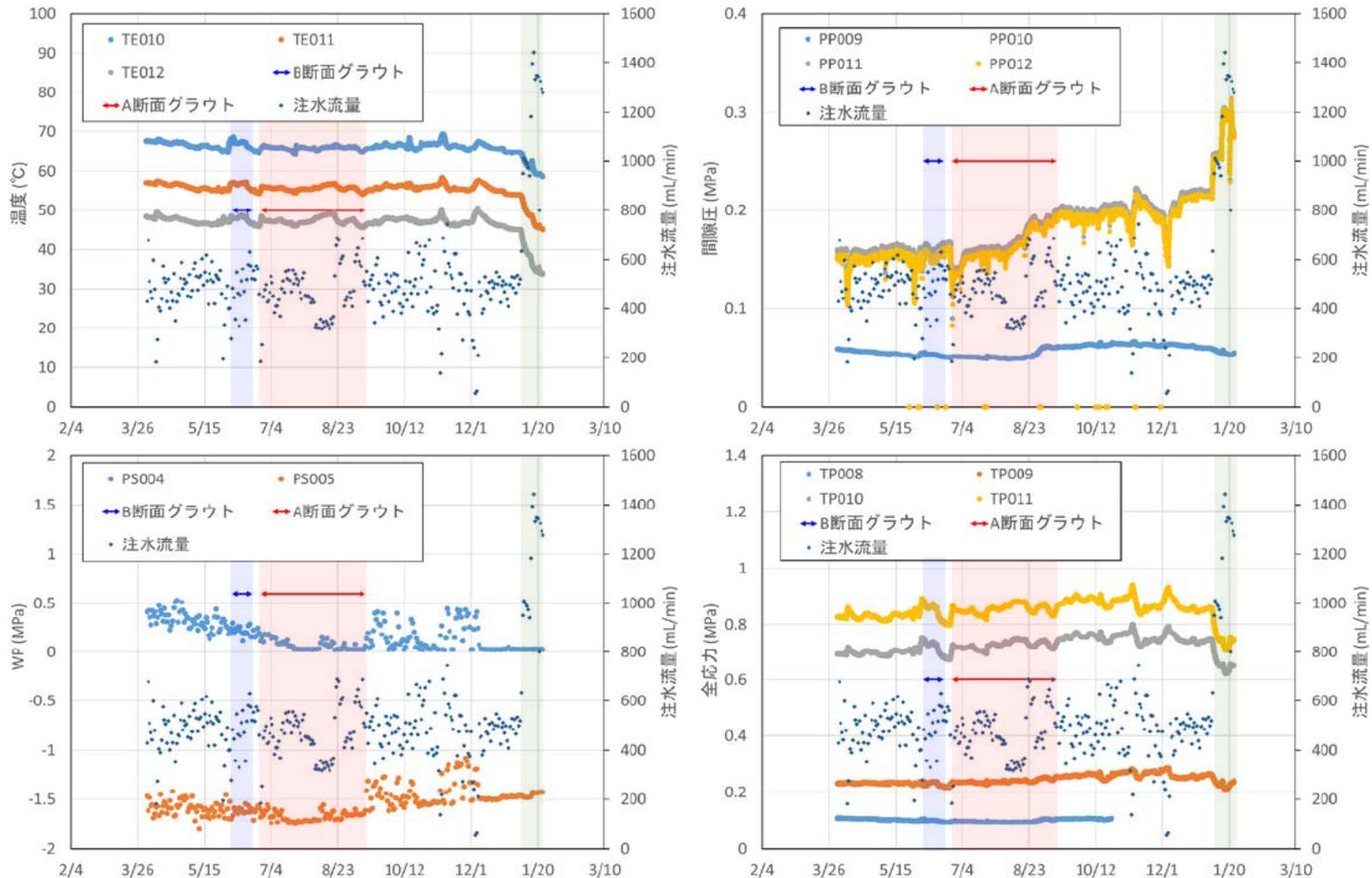
グラウト施工箇所

# 平成31年度/令和1年度に得られた主な研究成果

## ○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

注水流量を増加させ(500→1000→1500 mL/min)、設置したセンサーによりデータ計測を継続

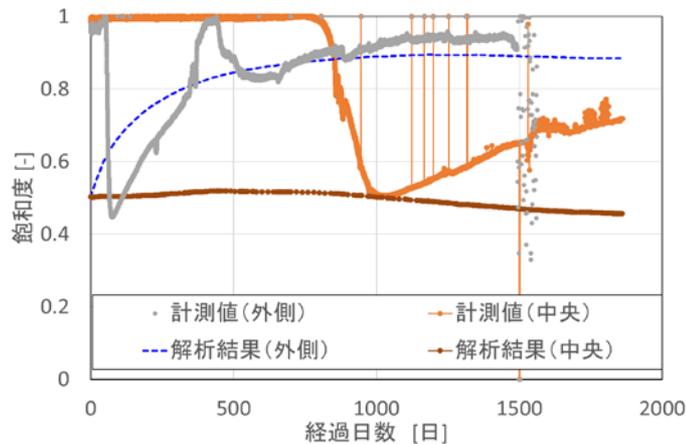
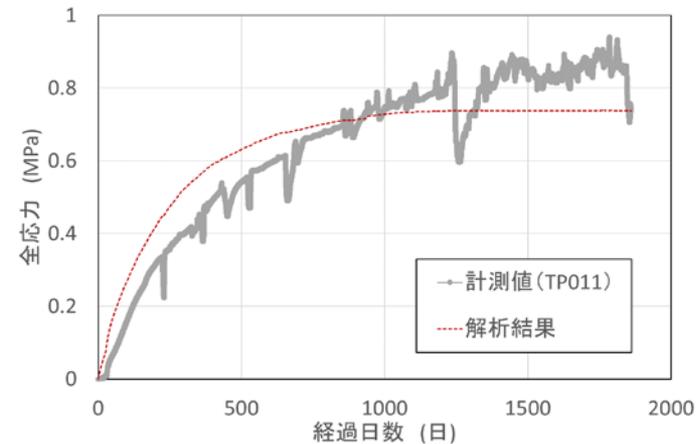
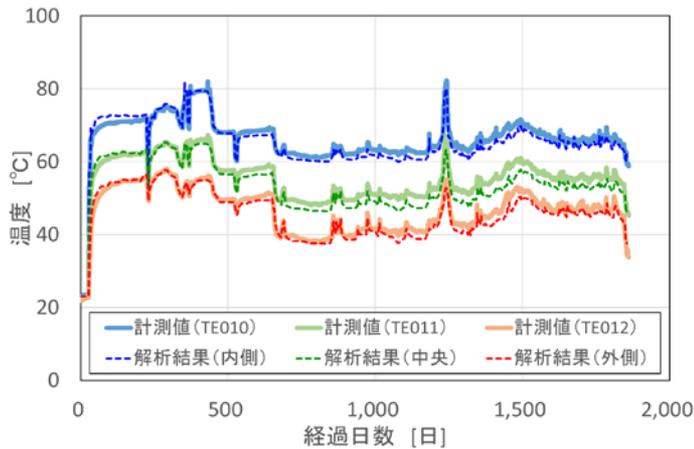


# 平成31年度/令和1年度に得られた主な研究成果

## ○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

室内試験による物性データの拡充等を行い、実現象に即した解析を実施し、THAMESによるTHM連成評価手法の適用性を検討(水分、力学パラメータを取得予定・取得中)



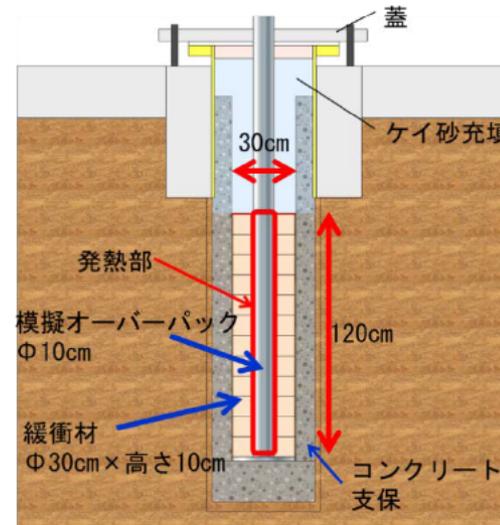
# 平成31年度/令和1年度に得られた主な研究成果

## ○実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

### ・オーバーパック腐食試験

工学的スケールでの試験データの拡充、及び、緩衝材の再冠水～飽和の過程を工学規模で再現し、既往の腐食量評価手法の妥当性、適用性の確認を目的として、原位置試験を実施。

- 模擬オーバーパックには不均一な腐食が観察されたものの、腐食局在化の程度は天然水環境等で観察される範囲内であることを確認した。
- 主な腐食生成物は、炭酸鉄、オキシ水酸化鉄、酸化鉄
- 酸化性環境における既往のオーバーパックの腐食量評価手法は実際の地下環境における工学的規模での腐食現象に対しても十分保守的であることを確認した。
- 緩衝材中における各種センサーの適用性を確認し、以下の結果が得られた。
  - ・温度：一般的なK型シース熱電対の適用が可能
  - ・水分量：サイクロメータセンサーの適用には課題
  - ・光学式pHセンサー：既往のデータと整合する値は得られたものの、計測値の妥当性については検証が必要
  - ・酸化還元性：緩衝材中の環境が還元性に向かう傾向を確認
  - ・腐食挙動：開発した腐食センサーにより室内試験と概ね整合する結果が得られ、数年間以上のモニタリングが可能であることを確認



オーバーパック腐食試験の概要



模擬OPの外観



オーバーパック腐食試験後の試験体取り出し

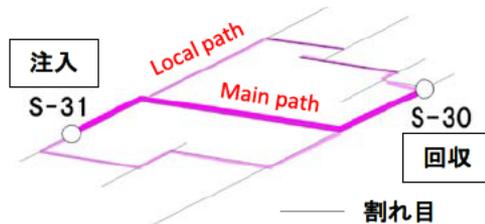
# 平成31年度/令和1年度に得られた主な研究成果

## ○実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

### ・物質移行試験

断層を対象とした原位置トレーサー試験(ダイポール試験)を実施

断層周辺に分布する複数の割れ目を介した物質移行挙動を評価するためのモデル化/解析手法を検討

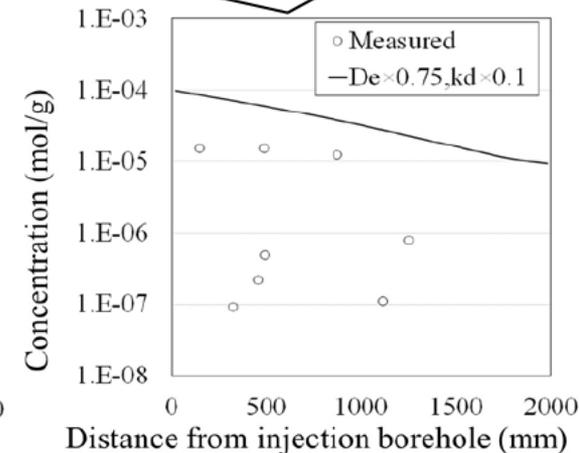
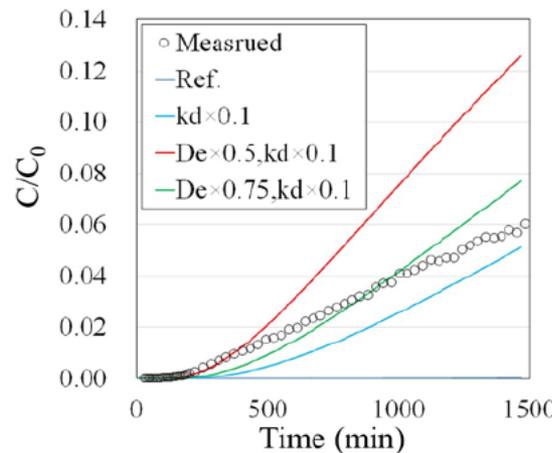
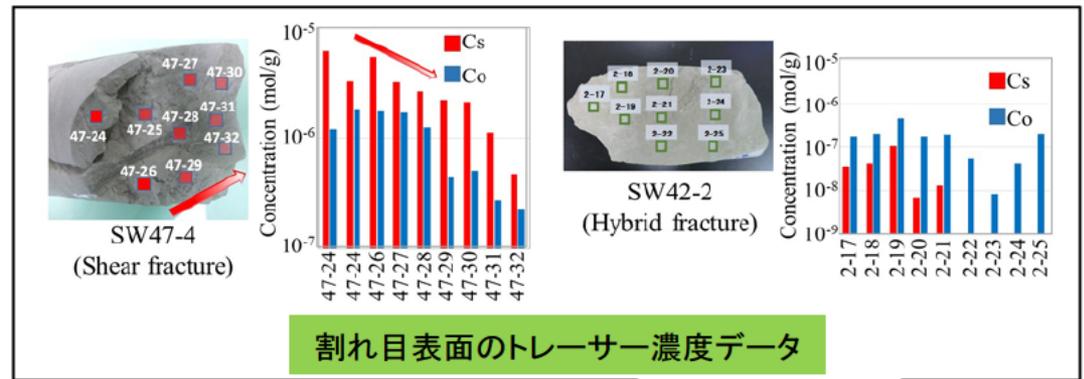


トレーサーは複数の割れ目を介して移行  
(- : Main path、- : Local path)

このうち、破過データの傾向に最も寄与し得る可能性のあるMain Pathを対象に平行平板モデルを仮定した解析を実施

### トレーサーの移行概念

- 選択的な流れを平行平板モデルで仮定した上でKdの濃度依存性等を考慮することによりCsのトレーサー試験結果の傾向性を概ね再現可能



解析結果(左:破過データ、右:割れ目表面の濃度分布)

# 平成31年度/令和1年度に得られた主な研究成果

## ○処分概念オプションの実証

### ・搬送定置・回収技術に関する試験

- ・回収技術: PEM-坑道間の狭隘な隙間に対する、充填材の除去技術(ウォータージェット、オーガ掘削)を実証した。
- ・搬送・定置技術: 隙間充填材除去後の模擬PEMに対し、エアベアリング方式を用いた搬送・定置装置(重量物の搬送技術)の地下環境への適用性を確認した。

### ➤ 得られた知見

#### ・操業技術整備:

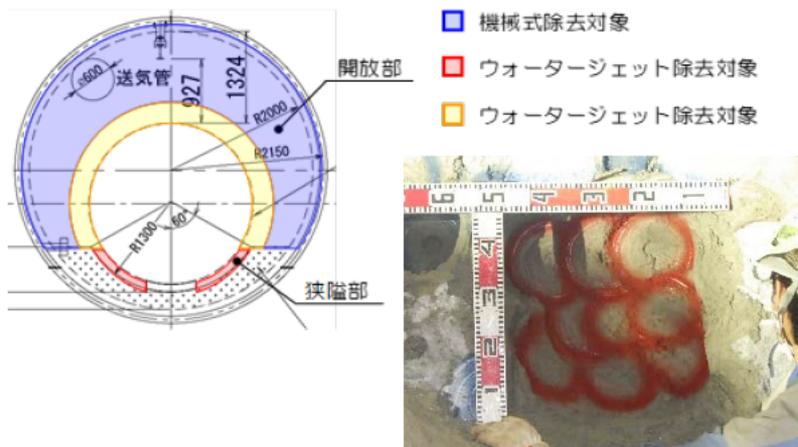
処分坑道横置き・PEM方式に対して、定置から回収までの一連の操業技術の実現性の見通しを得た。

#### ・定置・品質確認などの方法論:

地上試験での実績を地下で再現する形で地下環境での実証試験を実施する手順は、操業技術の技術開発の方法論として有効である。

### ➤ 課題

- ・搬送・定置、回収技術の代替オプションを含め、高速化や遠隔化の技術の実証



オーガ掘削(左)とウォータージェット(右)による充填材の除去状況



模擬PEMの回収試験状況

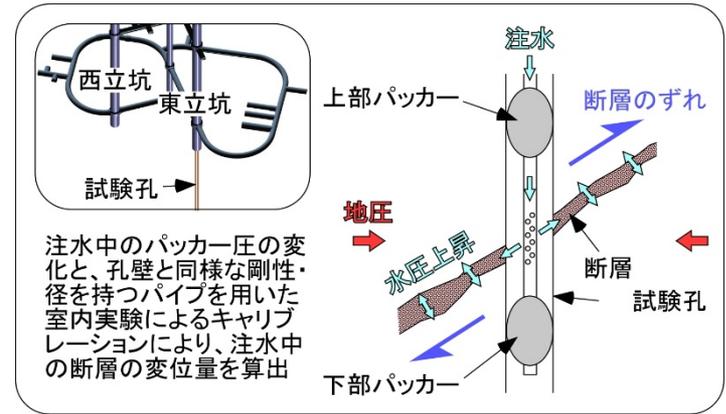
# 平成31年度/令和1年度に得られた主な研究成果

## ○地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

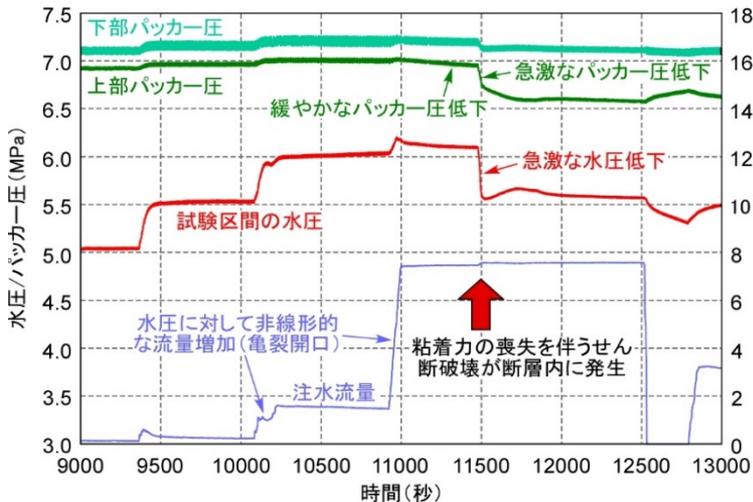
### ・水圧擾乱試験

地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証を目的とした試験を実施。

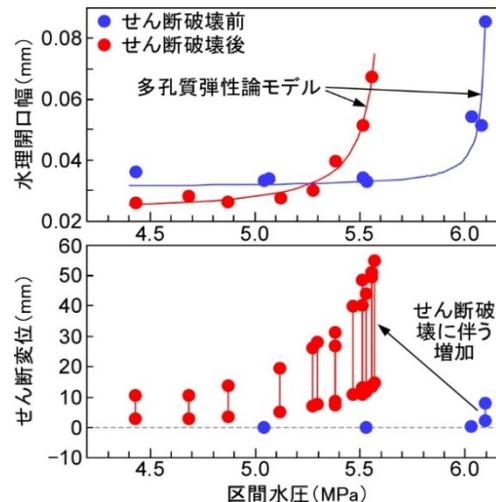
東立坑の坑底(深度380m)から掘削したボーリング孔と交差した断層を対象に、水圧擾乱試験(通常の透水試験より高い水圧をかけて断層をずらす試験)を実施し、試験中の断層の透水性・変位量を計測した。



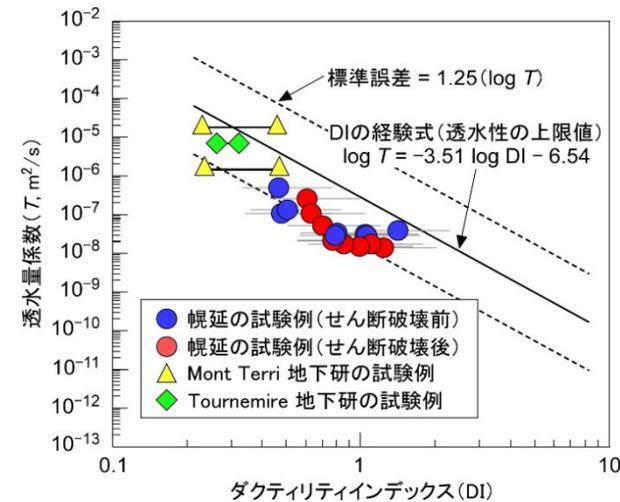
水圧擾乱試験の概念



試験中の水圧・注水流量・パッカー圧(段階的に水圧を上昇させ、6.1MPaでせん断破壊が発生)



試験中の断層の水理開口幅とせん断変位(※)



DIの経験式と今回の試験結果や他の既報データとの比較(※)

➤断層の透水性は力学で定義されるパラメータ(DI)の経験式の範囲を超えないことを確認した。

※報告書には未反映

➤DIは将来の断層運動に伴う透水性の変化を考慮する際の設定根拠となり得る。

---

# 令和2年度以降の幌延深地層研究計画(案) －自治体との協議－

# 令和2年度以降の幌延深地層研究計画(案) – 自治体との協議 –

- 8月2日 :原子力機構が本計画(案)を自治体へ提示
- 9月～11月 :自治体が研究計画の必要性、妥当性、三者協定との整合性を確認する確認会議を5回開催
- 11月19、20日 :自治体主催の説明会を開催(札幌・幌延)
- 12月6日 :原子力機構理事長が北海道知事、幌延町長と会談(本計画(案)の改訂版を提出)
- 12月9日 :幌延町長が幌延町議会で本計画(案)の受け入れを表明
- 12月10日 :北海道知事が北海道議会で本計画(案)の受け入れを表明
- 1月14～16日 :自治体主催の説明会を開催(札幌・幌延・函館・帯広)
- 1月23日 :幌延町より了承の旨の文書を受領
- 1月24日 :北海道より了承の旨の文書を発送(道知事記者会見)

# 令和2年度以降の幌延深地層研究計画(案) – 自治体との協議 –

## 【確認会議】

<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/kz/kke/horonobe/horonobekakuninkekka.htm>

### (1)「確認会議」の構成員など

- ・北海道:環境・エネルギー室長(座長)、宗谷総合振興局産業振興部長
- ・幌延町:副町長、企画政策課長
- ・専門有識者:

北海道大学大学院工学研究院環境フィールド工学部門教授 石川 達也(地質学)

北海道大学大学院理学院自然史科学専攻特任教授 竹下 徹(地盤工学)

北海道大学大学院工学研究院環境創生工学部門准教授 東條 安匡(環境工学)

北海学園大学法学部教授 福士 明(行政法)

北海道大学大学院工学研究院エネルギー環境システム部門准教授 渡邊 直子(原子力工学)

### (2)開催経過

第1回(9月10日) 研究計画(案)の説明聴取及び論点の抽出

第2回(10月10日) 研究計画(案)に関する質問事項の提示及び原子力機構からの回答

第3回(10月23日) 原子力機構からの回答に対する質疑

第4回(10月31日) 前回会議における再質問等への回答と質疑

第5回(11月6日) 確認内容の取りまとめ

### (3)確認事項について

確認会議では、研究計画(案)に係る確認事項を次の3項目に分けて原子力機構に質問した。

① 必要性:研究の進捗状況の確認と評価、環境の変化、変更の理由など

② 妥当性:当初計画との変更点の確認、変更理由と変更内容の合致、変更内容の問題や疑問点など

③ 三者協定との整合:協定との間で齟齬がないかの確認など

原子力機構に対する質問は、道、幌延町、専門有識者のほか、道民から寄せられた質問等も加えて、原子力機構から回答を得た。

(道民からの質問等の募集)

期間:令和元年9月5日～10月4日

募集方法:郵便、FAX、インターネット等

質問等の数:200件

# 令和2年度以降の幌延深地層研究計画(案) – 自治体との協議 –

## 【確認会議における確認事項】

<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/kz/kke/horonobe/horonobekakuninkekka.htm>

### 1 必要性

#### ○幌延深地層研究センターの意義や役割について

- ・地層処分を実施するために必要な技術・方法の信頼性について、実際の地質環境で確認するものであること、深地層を体験・理解するための場であること。
- ・幌延の地下研究施設は、ジェネリック地下研究施設(最終処分場としない場所で技術を磨く地下研究施設)であること。

#### ○我が国における地層処分研究の位置付けについて

- ・日本でも地層処分が技術的に実施可能と国内外の専門家によって確認されており、国の「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針」や「エネルギー基本計画」にあるように、その信頼性を高めるために、地下研究施設を使って研究開発を行うことは重要と認識されていること。

#### ○外部評価の結果について

- ・外部委員会は、「全体として概ね適切に研究が遂行され、当期5カ年の目標を達成できた」と評価しているが、一部研究は十分になされていないと評価されたこと。
- ・外部委員会の評価にある「技術の確立が可能な水準に達するまで」とは、地下研究施設で研究した技術が処分施設の地下環境で活用できる状態という意味であること。

#### ○幌延での研究計画延長の必要性について

- ・全体として概ね適切に研究が遂行されたが、一部研究に遅れがあったことなどにより成果が十分に得られていない研究があること。研究成果を得るには、継続し実施する必要がある研究があること。
- ・延長が必要となったのは、外部評価に加え、フィンランドの規制委員会から地層処分に関し、処分場建設許可申請に対する審査結果が示されたことなど国内外の地層処分を巡る状況に変化があること。

#### ○瑞浪が研究を終了するのに対し、幌延での研究を続ける理由について

- ・瑞浪は地層科学研究のみ行っており、所期の目的を達成し埋め戻すが、幌延は地層科学研究と地層処分研究開発の両方を行っており、地層科学研究はほぼ終了したが、地層処分研究開発は継続が必要であり、このため、関連する地層科学研究も一部継続する必要があること。

# 令和2年度以降の幌延深地層研究計画(案) – 自治体との協議 –

## 【確認会議における確認事項】

<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/kz/kke/horonobe/horonobekakuninkekka.htm>

### 2 妥当性

#### ○研究計画(案)と当初計画の範囲の関係について

- ・当初計画の研究は既に三つの必須の課題に重点をおいて取り組まれており、研究計画(案)の研究も三つの必須の課題の範囲内で行うものであること。また、いずれの研究も放射性廃棄物を持ち込まない研究であること。
- ・このことから、研究計画(案)は、新たな研究計画ではなく研究期間の延長であり、三者協定第7条に基づく、研究計画の内容の変更の対象となること。

#### ○研究期間について

- ・令和2年度以降の研究は、第3期及び第4期中長期目標期間を通じて、技術基盤の整備の完了が確認されるよう進めること。
- ・「令和2年度以降の幌延深地層研究計画(案)」に記されている第4期中長期目標期間は、令和4年度から令和10年度であること。

#### ○「研究終了までの工程とその後の埋め戻し」について

- ・機構が第3期中長期計画の中で、「平成31年度末までに研究終了までの工程やその後の埋め戻しについて決定する」としていることについては、研究計画(案)の6ページの上4行「これらの研究課題については、令和2年度以降、第3期及び第4期中長期目標期間を目途に取り組みます。その上で、国内外の技術動向を踏まえて、地層処分の技術基盤の整備の完了が確認できれば、埋め戻しを行うことを具体的工程として示します。」に示していること。
- ・令和2年度以降の研究は、第3期及び第4期中長期目標期間を通じて、技術基盤の整備の完了が確認されるよう進めること。
- ・第4期中長期目標期間で技術基盤の整備の完了が確認できた場合には、研究を終了すること。
- ・「技術基盤の整備の完了」とは、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・解析技術が実際の地質環境に適用して、その有効性が示された状態を意味すること。
- ・この確認は、国や原子力機構の外部評価委員会(深地層の研究施設計画検討委員会や地層処分研究開発・評価委員会)等で外部専門家により行われるものと想定していること。

# 令和2年度以降の幌延深地層研究計画(案) – 自治体との協議 –

## 【確認会議における確認事項】

<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/kz/kke/horonobe/horonobekakuninkekka.htm>

- ・仮に、技術基盤の整備の完了が確認できず、研究を継続する必要がある場合には、機構は改めて計画変更の協議を申し入れるが、協議が整わなければ計画は変更できず、第4期中長期目標期間で終了すること。
- ・「埋め戻しを行うことを具体的工程として示す」の「具体的工程」とは、施工方法、作業手順、期間等であること。
- ・研究計画(案)の「処分概念オプションの実証」に記載した実証試験以外の立坑などの埋め戻しは、本研究計画(案)では研究対象としていないこと。

### ○深度500mでの研究について

- ・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。

### ○施設の安全確保対策について

- ・設置してから長期間が経過している機械や設備については、更新や補修の計画を立てて、計画的に更新作業や補修作業を実施すること。

## 3 三者協定との整合性

### ○放射性核種の持ち込みについて

- ・協定を遵守し放射性廃棄物を持ち込まず、また、放射性核種を利用しなくても有効なデータを取得できること。

### ○国内外の関係機関の資金や人材の活用について

- ・「国内外の関係機関の資金や人材の活用」の国内外の関係機関には、現時点で具体的な計画があるわけではないが、最終処分事業を行う実施主体であるNUMOも想定し得ること。
- ・仮にNUMOの資金や人材を活用する場合でも、NUMOへの譲渡や貸与を行わないことを前提に機構が主体となり機構の研究目的や課題と整合し機構の責任において研究施設を運営・管理すること。

### ○情報の公開について

- ・研究が順調であると報告した平成30年度の成果報告書の説明後、間を空けずに令和元年8月2日に本研究計画(案)の申し入れがあったのは、本年3月まで外部委員会が評価を行い、評価への対応を検討し、本研究計画(案)を組織決定したのが8月1日であったためであること。

### ○三者協定の遵守について

- ・機構は今後とも三者協定を遵守する認識があること。最終処分場とせず、研究終了後に埋め戻すこと。

# 令和2年度以降の幌延深地層研究計画(案) ー自治体との協議ー

## 【北海道からの回答文書に記載された要請事項】

<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/kz/kke/horonobe/gen/nsiryokukikouhenokaitou.htm>

- 今後とも「三者協定」に則り研究に当たること
- 9年間の研究期間を通じて必要な成果を得て研究を終了できるよう取り組むこと
- 研究の実施主体として責任をもって計画に即して研究を進めること
- 安全管理に関する情報や埋め戻しの考え方など、道民の皆様の不安や懸念の解消につながる情報について、あらゆる機会を通じ、分かりやすくかつ丁寧に提供すること
- 研究の進捗状況を分かりやすく説明できるよう、今後の研究の工程表を整理し公表すること
- 道及び幌延町が三者協定に基づき毎年度開催する確認会議において、毎年度の計画や実績のみならず、**研究に対する評価**やその他研究の推進に関することについても報告するとともに、地域での説明会等で積極的に情報発信すること

---

# 令和2年度以降の幌延深地層研究計画 －計画内容－

## 1. はじめに

- 国の政策における位置づけ
- 機構の第3期中長期計画の記載
- 研究開発の経緯、外部評価、今後の計画立案
- 当初計画「深地層研究所(仮称)計画」との関係

## 2. 必須の課題と研究成果に対する評価について

- 設定した必須の課題
- 研究成果
- 「地層処分研究開発・評価委員会」の評価結果

## 3. 今後の進め方について

- 研究課題と研究期間
- 研究終了後の扱い
- 研究協力・人材育成・資金
- 北海道および幌延町との協定

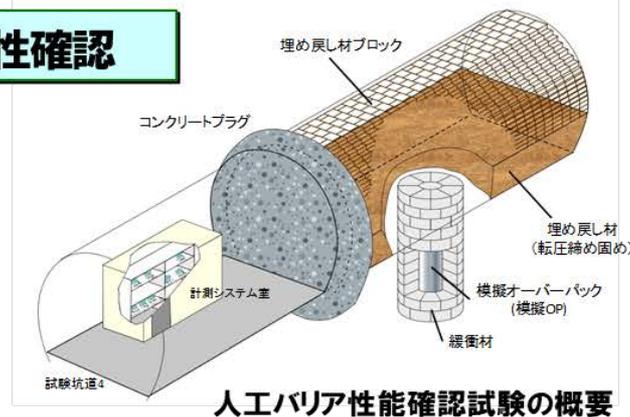
# 令和2年度以降の幌延深地層研究計画 ー計画内容ー

## 【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

- 人工バリア性能確認試験
- 物質移行試験

[概要] 実際の地質環境において、人工バリアや周辺岩盤中での特に減熱時における熱-水-応力-化学連成挙動や、物質移行現象などを計測・評価する技術の高度化を行う。



人工バリア性能確認試験の概要



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
- 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

[概要] 定置・回収技術や閉鎖技術も含めた、種々の処分概念オプションの工学的実現性を実証し、多様な地質環境条件に対して柔軟な処分場設計を行うことを支援する技術オプションを提供する。廃棄体設置の判断や間隔の設定に必要な情報を整理する。



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
- 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

[概要] 地震・断層活動等の地殻変動に対する堆積岩の力学的・水理学的な緩衝能力を定量的に検証するとともに、化石海水の三次元分布に係る調査・評価手法の高度化し、堆積岩地域における立地選定や処分場の設計を、より科学的・合理的に行える技術と知見を整備する。



廃棄体定置決定や間隔設定の考え方の整理

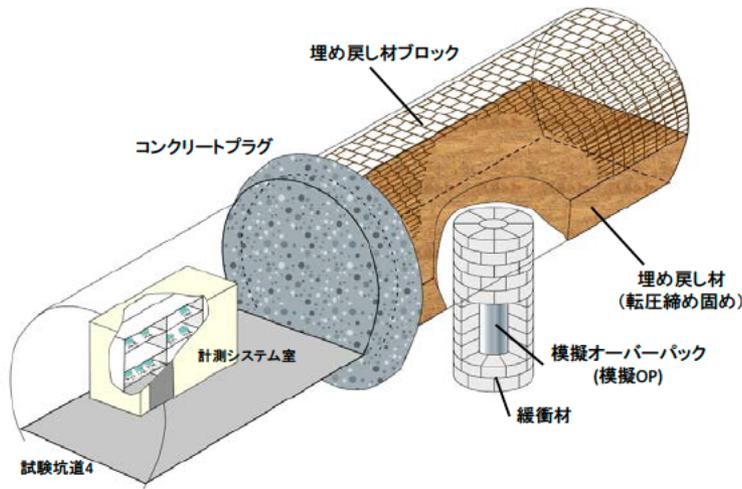
# 令和2年度以降の幌延深地層研究計画 - 計画内容 -

## 【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

#### 【実施概要】

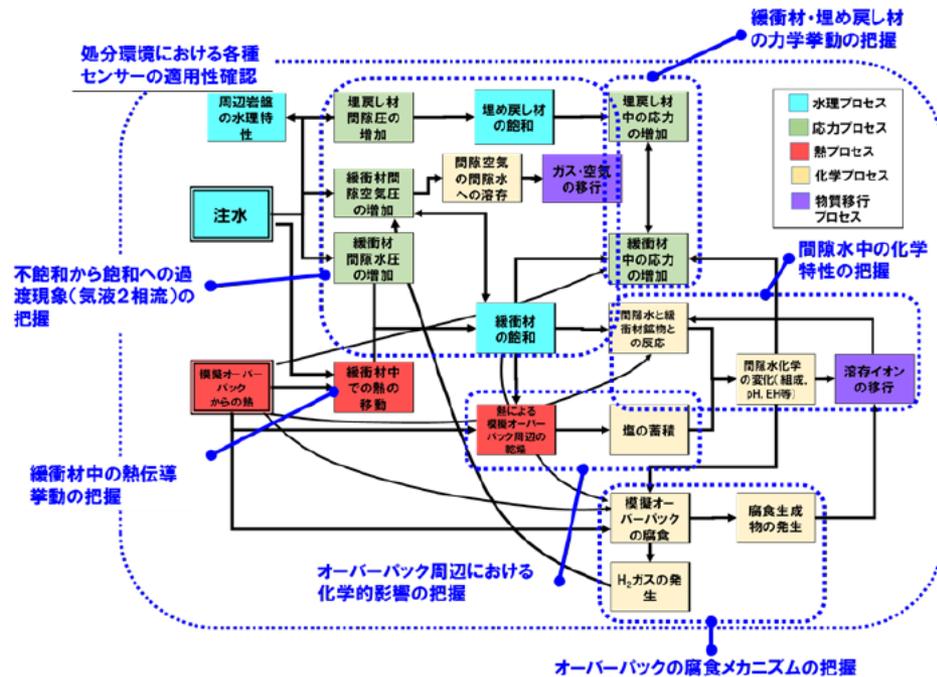
- 減熱試験及び解体調査による飽和度等の検証データ取得、連成モデルの適用性確認
- 国際プロジェクトにおける解析コード間の比較検証、改良・高度化



人工バリア性能確認試験の概要



人工バリア性能確認試験の解体調査のイメージ



人工バリア性能確認試験で考慮する複合現象

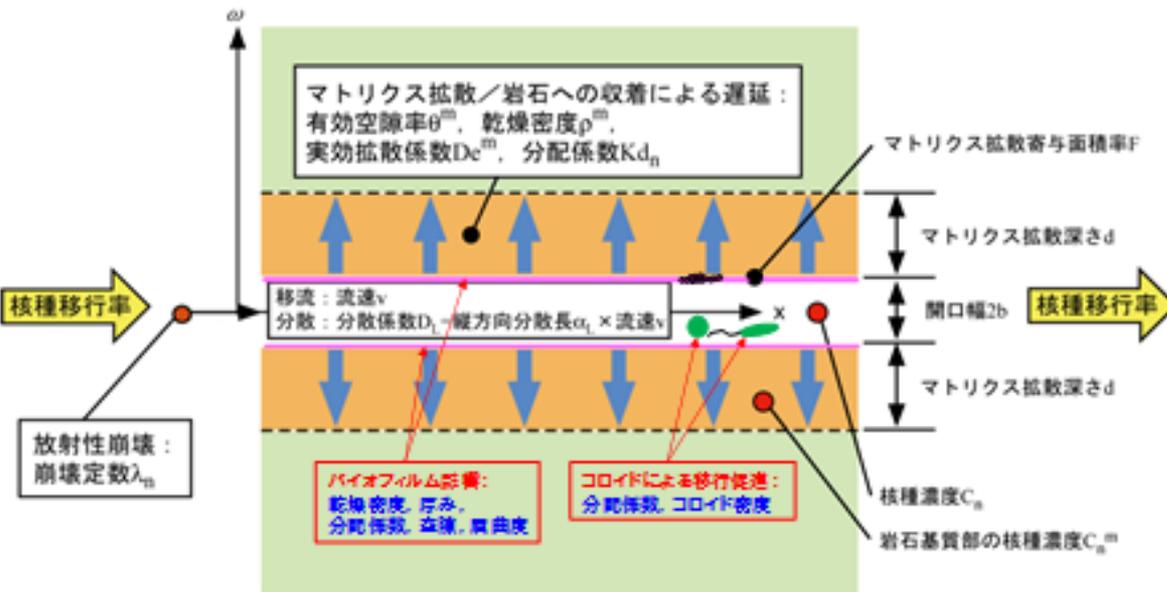
# 令和2年度以降の幌延深地層研究計画 — 計画内容 —

## 【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

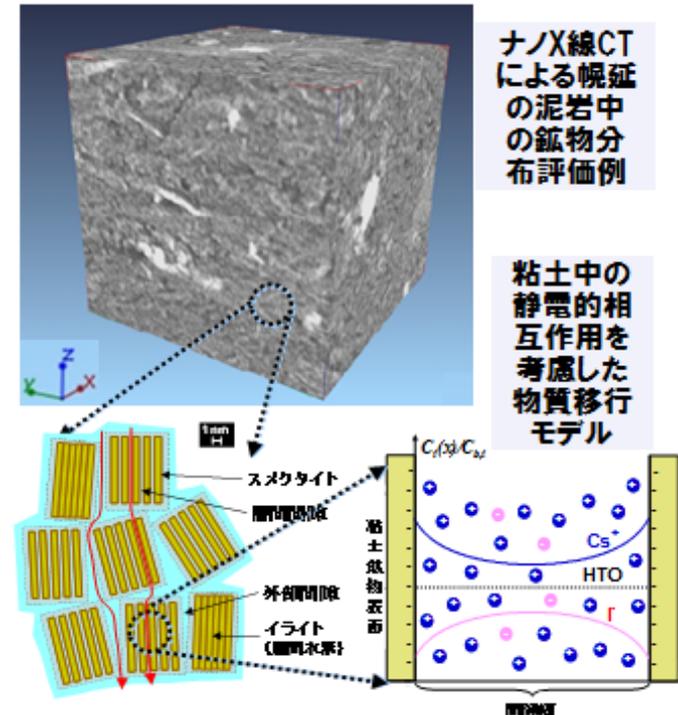
### 1.2 物質移行試験

#### 【実施概要】

- 割れ目を有する堆積岩を対象とした掘削影響領域を含むブロックスケール(数m~100規模)における遅延性能評価手法の整備
- 有機物、微生物、コロイドの影響を考慮した物質移行モデル化手法の高度化



コロイド及びバイオフィーム影響を考慮した  
一次元平行平板モデルの概念図



室内試験による拡散データ取得とモデル化

# 令和2年度以降の幌延深地層研究計画 ー計画内容ー

## 【研究課題】 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

#### ● 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

##### 【実施概要】

- 人工バリアの緩衝材と坑道の埋め戻し材の施工方法の違いに係る品質保証体系の構築
- 搬送定置・回収技術の実証(緩衝材や埋め戻し材の状態に応じた除去技術の技術オプションの整理、回収容易性を考慮した概念オプション提示、回収維持の影響に関する品質評価手法の提示)
- 閉鎖技術(埋め戻し方法:プラグ等)の実証



緩衝材の除去技術



オーガー掘削による隙間充填材の除去  
除去技術オプション



ウォータージェットによる除去試験



スクリー方式による埋め戻し材の施工



閉鎖技術オプション



切り欠きの掘削とプラグの施工例



# 令和2年度以降の幌延深地層研究計画 — 計画内容 —

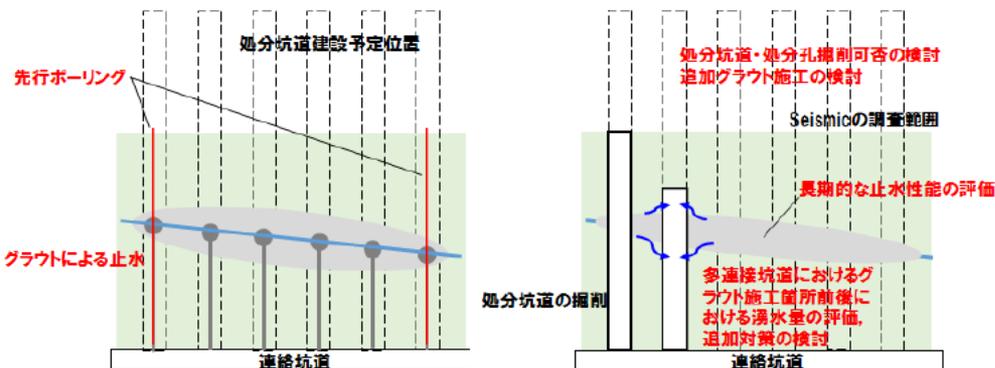
## 【研究課題】 2. 処分概念オプションの実証

### 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

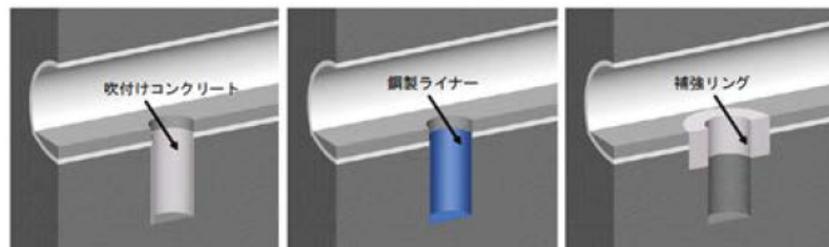
#### ● 坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化

##### 【実施概要】

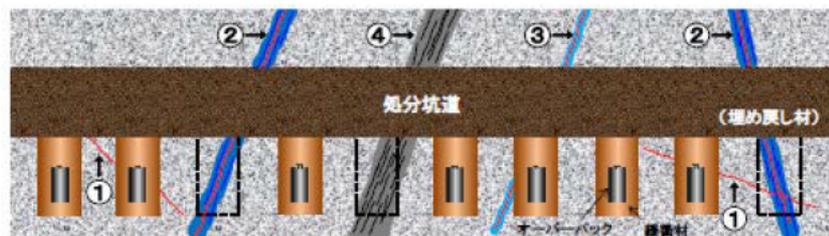
- 先行ボーリングによる地質環境特性調査ならびに工学的対策技術を考慮した、地下施設及び人工バリアの設計評価技術の体系化
- 多接続坑道を考慮した湧水抑制対策技術及び処分孔支保技術の適用事例の提示、緩衝材流出・侵入現象評価手法及び抑制対策技術の提示
- 廃棄体設置の判断や間隔の設定に必要な情報の整理



設計評価、工学的対策の検討イメージ



支保工設計と適用事例



定置位置決定特性の考え方の整理

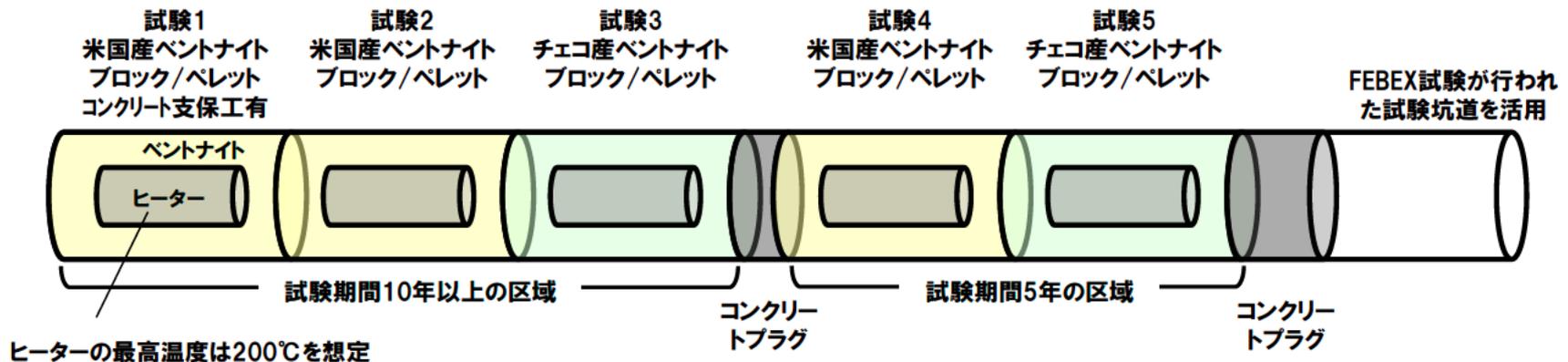
# 令和2年度以降の幌延深地層研究計画 — 計画内容 —

## 【研究課題】 2. 処分概念オプションの実証

### 2.2 高温(100℃以上)などの限界的条件下での人工バリア性能確認試験

#### 【実施概要】

- 減熱100℃超時のニアフィールドにおいて発生する現象の整理
- ニアフィールドにおける上限温度設定の考え方を提示  
(国際プロジェクト情報を収集し、発生する現象の整理に反映)



国際プロジェクトHotBENT試験の概要

# 令和2年度以降の幌延深地層研究計画 ー計画内容ー

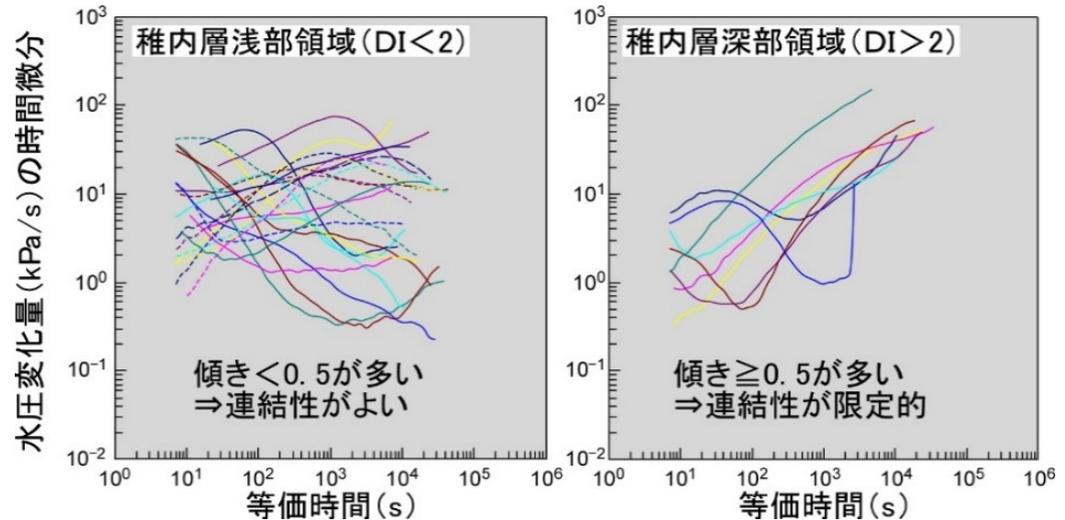
## 【研究課題】 3. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

### 3.1 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化

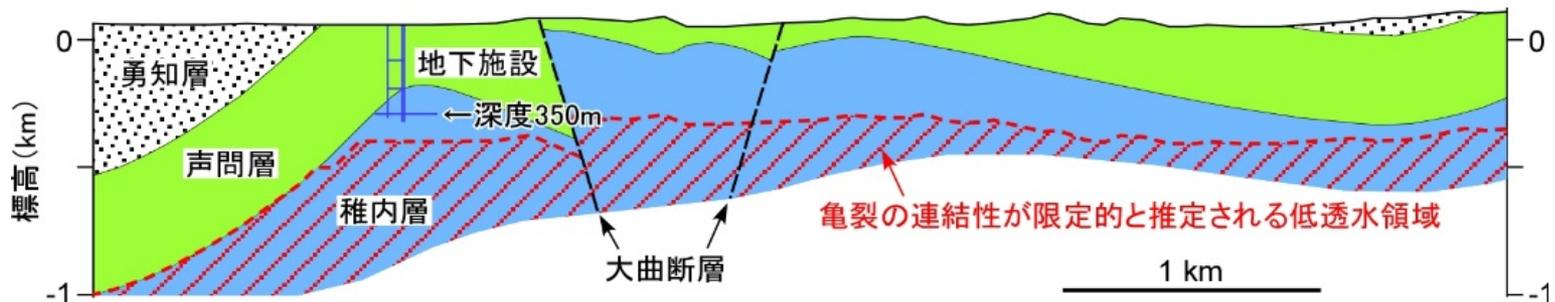
#### ● 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握

#### 【実施概要】

- DIを用いた透水性評価の信頼性向上・隆起侵食の影響評価手法の構築
- 水圧擾乱試験による断層の活動性評価手法の構築



透水試験の詳細解析⇒DI>2で連結性限定的



亀裂の不連結性の評価⇒稚内層のDI>2が連結性限定的

亀裂の不連結性のDI依存性

# 令和2年度以降の幌延深地層研究計画 — 計画内容 —

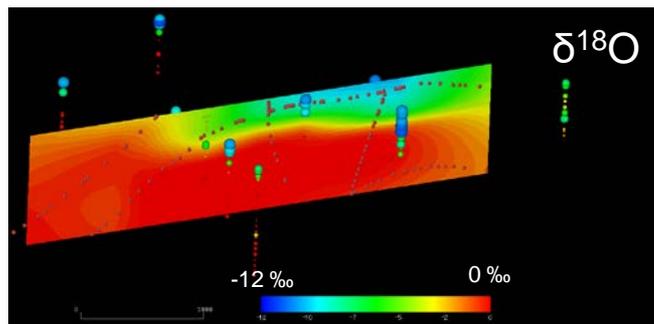
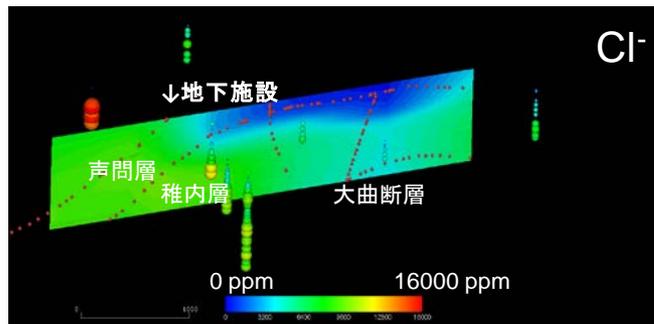
## 【研究課題】 3. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

### 3.1 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化

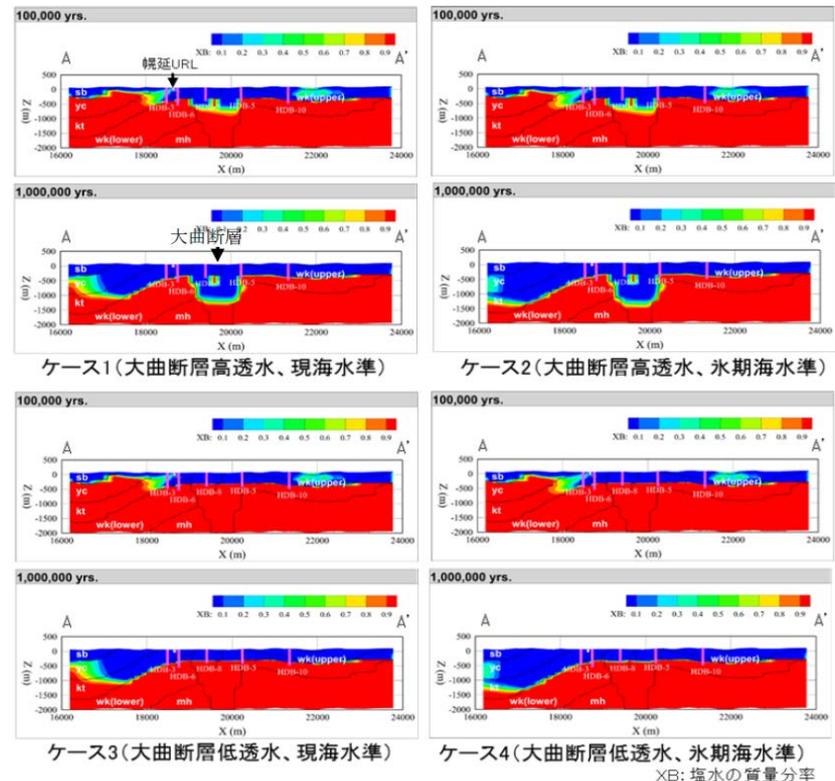
- 地下水の流れが非常に遅い領域を調査・評価する技術の高度化

#### 【実施概要】

- 化石海水の三次元分布に係る調査・評価手法の高度化
- 広域スケールを対象とした水理・物質移動評価手法の高度化(地下水滞留時間評価のための水理解析、塩分濃度分布評価のための水理・物質移動解析)



地下水のCl<sup>-</sup>及びδ<sup>18</sup>O分布の推定例



塩分濃度分布評価のための水理・物質移動解析の例

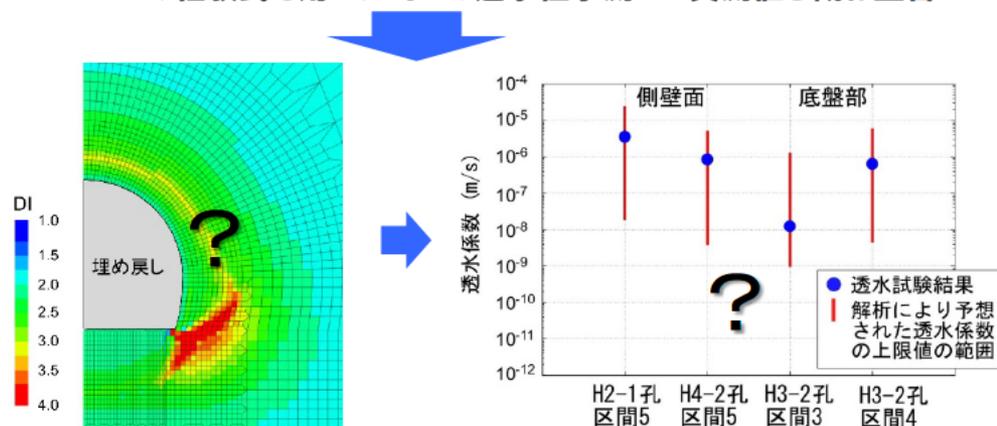
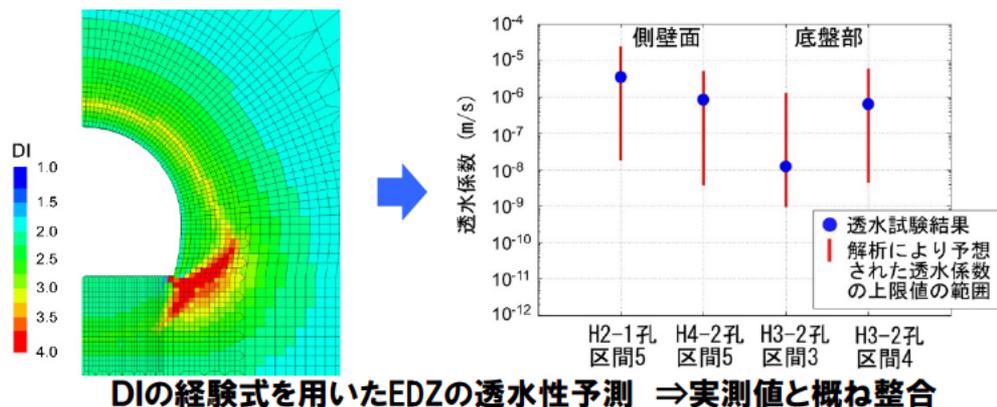
# 令和2年度以降の幌延深地層研究計画 ー計画内容ー

## 【研究課題】 3. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

### 3.2 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

#### 【実施概要】

- 緩衝材膨潤や埋め戻しに伴う掘削影響領域(EDZ)の緩衝能力を解析する手法の開発
  - ・ DIを用いたEDZの透水性を予測する既存モデルの再検証
  - ・ 坑道埋め戻し後のEDZの透水性を予測するモデルの構築



# 令和2年度以降の幌延深地層研究計画 ー計画内容ー

## 【研究期間、研究終了の扱い】

これらの研究課題については、令和2年度以降、第3期及び第4期中長期目標期間を目的に研究開発に取り組みます。

※第3期中長期目標期間：平成27年度～令和3年度

第4期中長期目標期間：令和4年度～令和10年度

※※令和2年度以降の研究期間は9年間です。

※※その期間を通じて必要な成果を得て研究を終了できるようしっかり取り組みます。

➤ 前半の取り組み：

必須の課題のうち、継続的な課題への対応に3～5年程度を想定

➤ 後半の取り組み：

必須の課題のうち、継続的な課題の成果をふまえて体系化して取り組む課題で5年程度を想定

国内外の技術動向を踏まえて、地層処分の技術基盤の整備の完了が確認できれば、埋め戻しを行うことを具体的工程として示します。

# 令和2年度以降の幌延深地層研究計画 ー計画内容ー

## 【研究協力・人材育成・資金】

当初の計画の研究対象の範囲内において、国内外の関係機関の資金や人材を活用することを検討します。

※当初の計画：深地層研究所(仮称)計画(平成10年10月)

研究対象の範囲内：地層科学研究・地層処分研究開発

## 【北海道および幌延町との協定】

研究計画の遂行に当たっては、最終処分場としないことや研究終了後は埋め戻すことなどを定めた北海道および幌延町との協定を遵守するとともに、安全確保を第一に調査研究を進めていきます。

※下線部は、12/6の北海道知事、幌延町長、理事長との面談時に提出した計画(案)改訂版で追記した部分。