

深地層の研究施設計画に関する報告会2020

4. 幌延深地層研究計画

1) 必須の課題成果取りまとめ報告書と令和2年度以降の計画

2020年12月1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 深地層研究部

部長 岩月 輝希

報告の内容

- **幌延深地層研究計画の概要**
- **必須の課題成果取りまとめ報告書の概要**
- **研究所の活用と研究成果のアウトリーチ**
- **令和2年度以降の計画について**

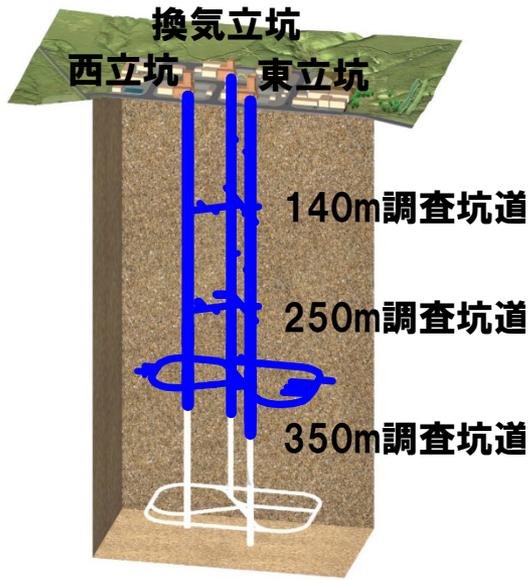
幌延深地層研究計画の概要



幌延深地層研究計画の経緯

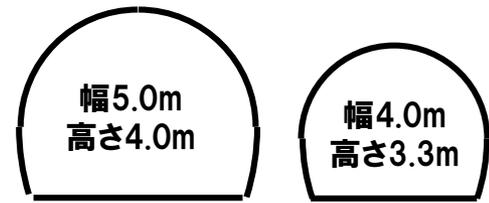
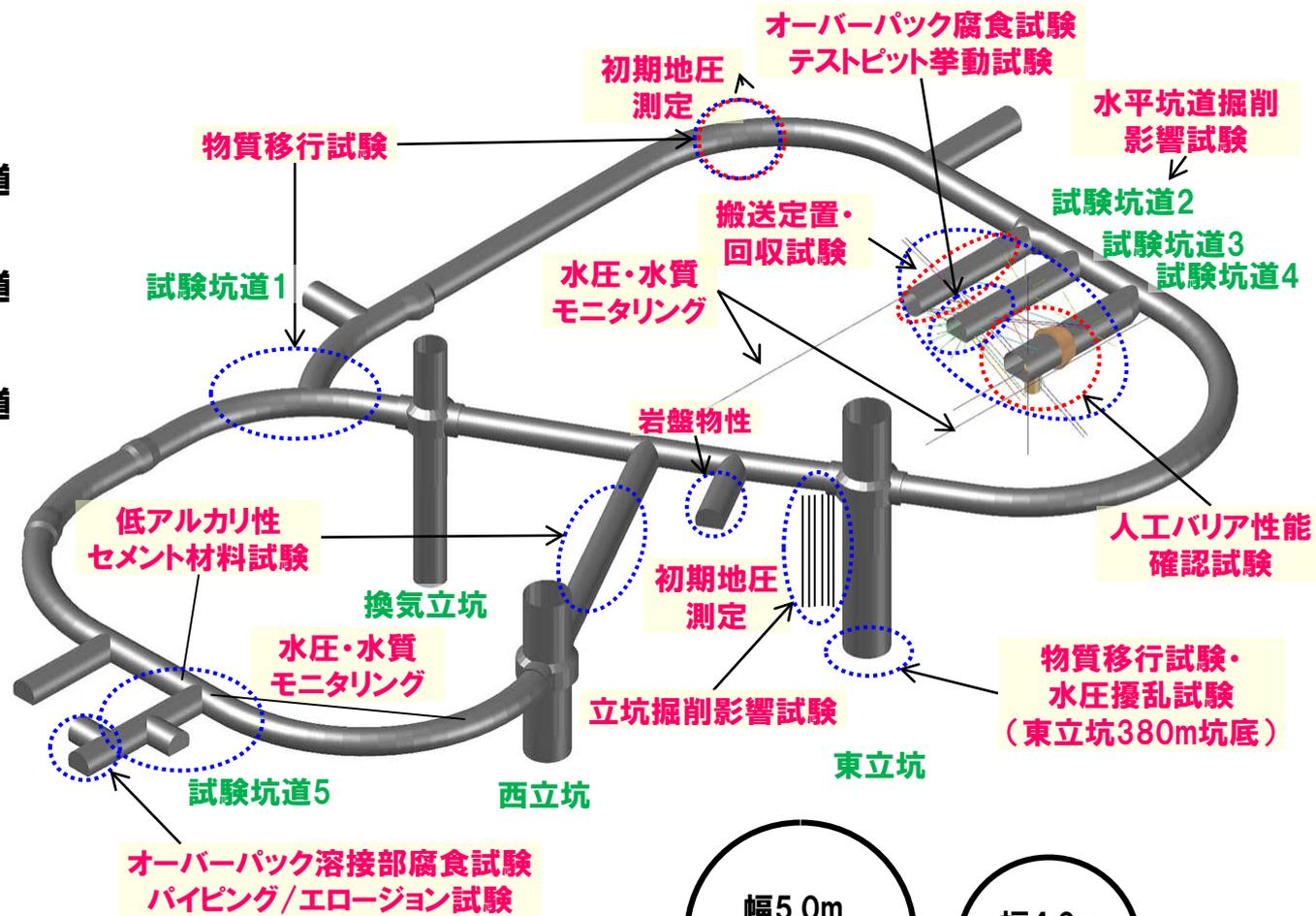
- 1998年12月：サイクル機構より北海道知事及び幌延町長に対し「幌延町における深地層の研究について」申し入れ
- 2000年5月：「深地層の研究の推進に関する条例」を制定（幌延町）
- 2000年10月：「北海道における特定放射性廃棄物に関する条例」を可決
- 2000年11月：「**幌延町における深地層の研究に関する三者協定**」を締結（サイクル機構・北海道・幌延町）
- 2001年4月：幌延深地層研究センター開所
- **2002年7月：研究所設置地区に北進地区を選定**
- 2003年7月：地下研究施設用地造成工事着工
- **2005年11月：地下施設建設に着手**
- **2012年10月：地下施設（研究坑道）深度350m調査坑道周回坑道全域が貫通**
- 2014年9月：機構改革計画に基づく「地層処分技術に関する研究開発報告書」－今後の研究課題について－の公表
- 2019年8月：道及び幌延町に対し「令和2年度以降の幌延深地層研究計画（案）」について申し入れ
- 2019年9月～11月：幌延深地層研究の「確認会議」で必要性、妥当性、三者協定との整合などを確認
- 2020年4月～：「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」に関わる研究開発

幌延深地層研究センターの地下施設



— 施工済み

※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。



試験坑道4

周回坑道

試験坑道の断面形状

- 【立坑】
- 東立坑 : 掘削深度 380 m
 - 換気立坑 : 掘削深度 380 m
 - 西立坑 : 掘削深度 365 m

- 【調査坑道】
- 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

幌延における研究開発の意義

室内試験と地下における原位置試験の違い

- 地下深部は**圧力が高く、酸素濃度も低く、溶存ガスや特異な微生物生態系が存在するなど、地上と大きく異なっている。**
- **室内試験は単純系⇔原位置試験は複雑系。**室内試験は、単純な条件設定で繰り返し実施できるが、地下深部の環境条件を全て再現することは困難。また、処分場で想定される規模(坑道スケール)で試験を実施することも難しい。
- **地下施設の設計・施工の妥当性や坑道の掘削影響などは、原位置でしか確認できない。**

幌延の地質環境特性

- わが国を代表する岩種の一つである**堆積岩(軟岩)**
- 地殻変動に伴い発達した地質構造(断層や亀裂)
- 過去の海水準変動による**沿岸域に特徴的な地形や高塩分地下水**が分布

幌延の地下施設での研究開発により、**堆積岩・塩水系地下水が分布する地下深部の科学的知見を得られるのみでなく、地層処分事業やその規制に利用可能な基盤技術の信頼性の向上を図ることができる。**

深地層の研究施設計画の「残された必須の課題」

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の中長期目標を達成するための計画(中長期計画)(平成27年4月1日～平成34年3月31日)

《深地層の研究施設計画》

- ◆ 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27年度4月に公開された資料より幌延深地層研究計画関連抜粋)

(以下、令和2年4月1日に変更認可された計画で追記)

令和2年度以降においては、研究終了までの工程やその後の埋め戻しについて定めた「**令和2年度以降の幌延深地層研究計画**」に基づき、**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を進める。**

必須の課題成果取りまとめ報告書の概要

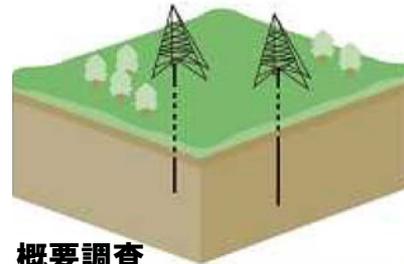
<https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/disclosure/pdf/JAEA-Research-2019-013.pdf>

幌延深地層研究計画 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、オーバーパック腐食試験、物質移行試験を通して、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を評価する技術の適用性を確認し、「精密調査の段階(後半)」に必要となる技術基盤を確立する。

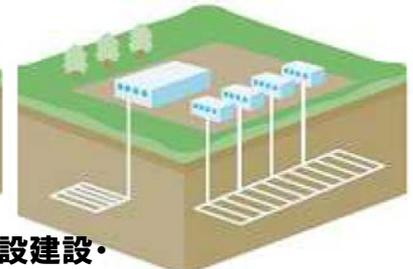
- 1) 人工バリア性能確認試験
- 2) オーバーパック腐食試験
- 3) 物質移行試験



概要調査



精密調査



施設建設・
操業・閉鎖

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・施工を行うことを支援する技術オプションを提供する。

- 1) 処分孔などの湧水対策・支保技術などの実証試験
- 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
- 3) 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

③地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

地震・断層活動などの地殻変動に対する力学的・水理学的な緩衝能力を定量的に把握し、堆積岩地域における処分場の設計を、より科学的・合理的に行うことができる技術と知見を整備する。

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

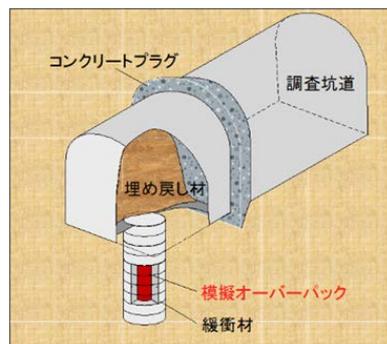
①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

1) 人工バリア性能確認試験

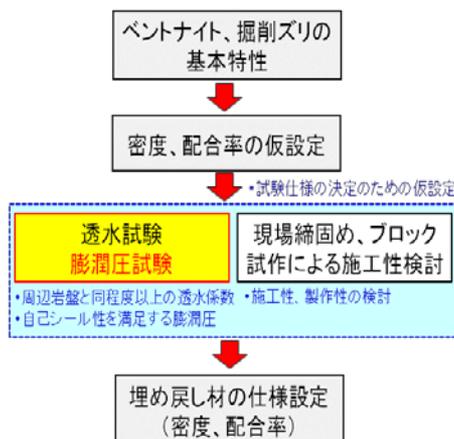
【研究の背景と目標】

口安全評価上の初期状態設定やオーバーパックの寿命評価に必要なニアフィールドの環境条件(THMC: 温度・水理・力学・化学)やそれらの相関に関わる評価手法の確認が必要

- 原位置で実規模の人工バリアの設計・製作・施工、品質管理技術を確認する。
- 坑道閉鎖後のニアフィールドの再冠水～飽和過程を再現し、THMC連成現象のモニタリングデータに基づいて解析評価手法の適用性を確認する。



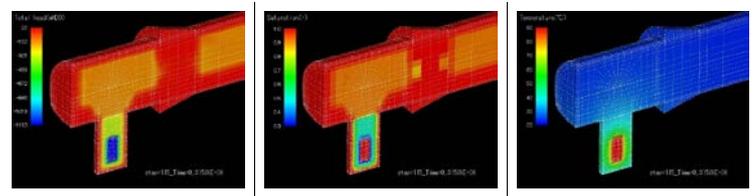
人工バリア性能確認試験



人工バリアの設計



人工バリアの製作・施工



THMCモニタリングと解析技術の確認

【成果と地層処分事業への反映】

人工バリア(豎置)の設計、製作、定置に必要な以下の技術を実証

- ・緩衝材、オーバーバック、埋め戻し材の設計・製作方法
- ・真空把持装置を用いた緩衝材ブロックの定置、品質管理手法
- ・転圧締固め及び埋め戻し材ブロックによる原位置施工や品質管理手法
- ・低アルカリ性セメント(HFSC)を用いたコンクリートプラグの設計・施工及び品質管理手法
- ・THM/THMC連成評価手法及びモニタリング手法

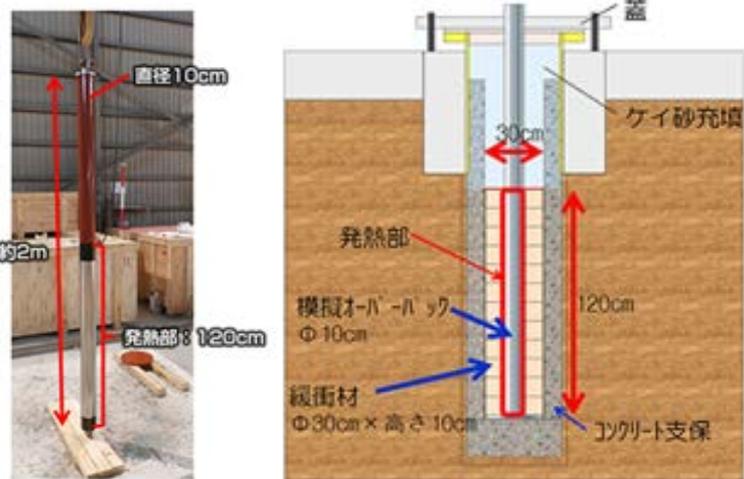
①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

2) オーバーパック腐食試験

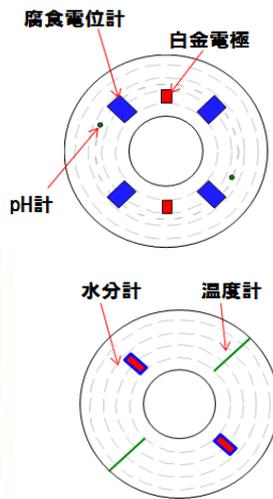
【研究の背景と目標】

口処分直後の酸化環境でのオーバーパック腐食は、室内試験の不均一な腐食に基づき評価されていることから、原位置の環境条件での腐食挙動について確認が必要

➢ 原位置環境で緩衝材の再冠水～飽和の過程を再現し、オーバーパックの腐食量と不均一性のデータを取得し、既往の腐食量評価手法の妥当性、適用性を確認する。



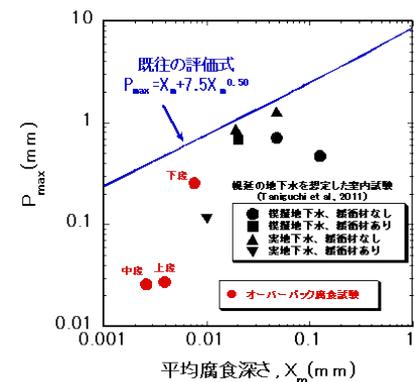
模擬オーバーパックと試験模式図



環境条件計測



試験体の取り出し



【成果と地層処分事業への反映】

実際の地下環境におけるオーバーパックの腐食速度の評価方法を確認

- 腐食生成物の分析結果に基づく腐食状態の評価手法
- 室内試験結果による腐食量評価式と原位置試験に基づく腐食速度評価手法
- 原位置における腐食量モニタリング技術

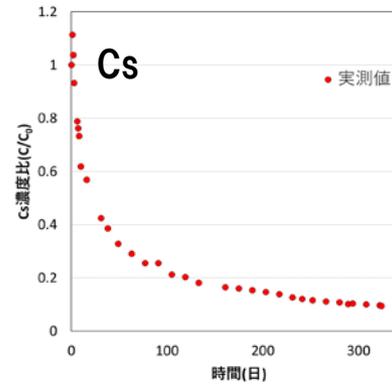
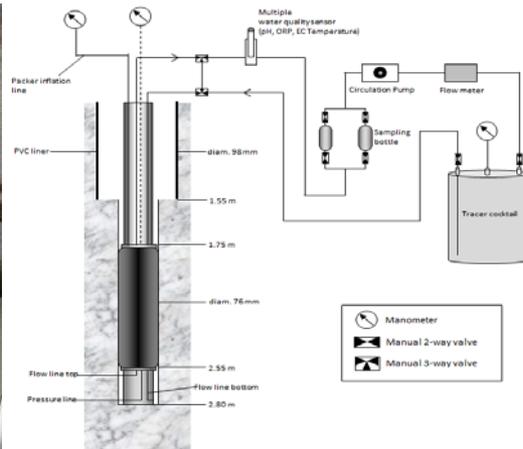
①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

3) 物質移行試験

【研究の背景と目標】

口堆積岩では基質部や断層中の割れ目、坑道掘削損傷領域などが主要な核種移行経路となり得るが、泥岩中の割れ目に関しては物質移行挙動の評価例が少ないため、原位置試験技術の整備を含めて評価手法の整備が必要

➤ 幌延の泥岩を事例として原位置トレーサー試験手法を構築するとともに、室内試験手法と併せて堆積岩における物質移行特性の評価手法の高度化を図る。



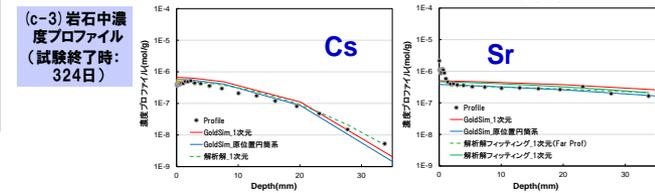
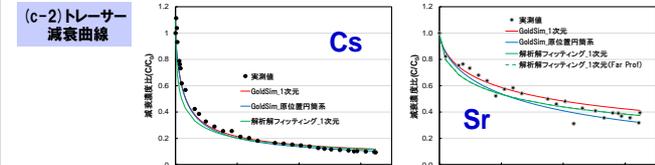
原位置トレーサー試験技術の確認

分析・解析

(c-1) 解析法 $1\text{次元 } \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{D_r}{\alpha} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \Leftrightarrow \text{円筒系 } \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{D_r}{\alpha} \frac{\partial C}{\partial r} \right)$ 初期条件: 濃度ゼロ, 境界条件: 入口濃度変動

1次元での厳密解の適用 $\exp\left(-\frac{D_r \cdot \rho_w \cdot t}{\alpha \cdot L^2} \cdot r\right) \cdot \left[\delta \cdot \cos\left(\rho_w \cdot \frac{L-x}{L}\right) - \gamma \cdot \rho_w \cdot \sin\left(\rho_w \cdot \frac{L-x}{L}\right) \right]$

$$c(x,t) = \frac{c_1(0)}{\delta + \gamma + 1} - 2c_1(0) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\exp\left(-\frac{D_r \cdot \rho_w \cdot t}{\alpha \cdot L^2} \cdot r\right) \cdot \left[\delta \cdot \cos\left(\rho_w \cdot \frac{L-x}{L}\right) - \gamma \cdot \rho_w \cdot \sin\left(\rho_w \cdot \frac{L-x}{L}\right) \right]}{\left[\gamma \cdot \rho_w \cdot \delta - \delta(\delta + \gamma + 1) \right] \cdot \cos(\rho_w) + [\delta \cdot \gamma + \delta + 2\gamma] \cdot \sin(\rho_w)}$$



解析モデルの妥当性確認

【成果と地層処分事業への反映】

堆積岩における基質・割れ目部での物質移行特性とトレーサー試験技術の信頼性を向上

- ・ガスが溶存する地下水環境下における安定同位体、各種トレーサーを用いた物質移行試験技術
- ・堆積岩中の基質部・割れ目部における物質移行特性の評価技術

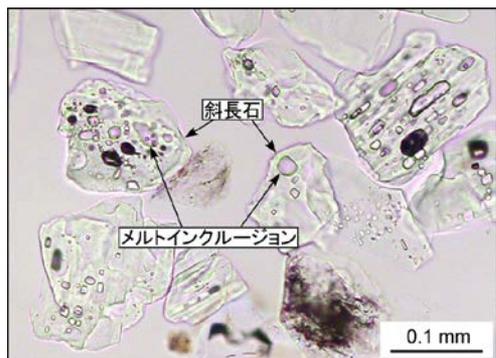
②処分概念オプションの実証

1)湧水抑制対策・支保技術などの実証試験

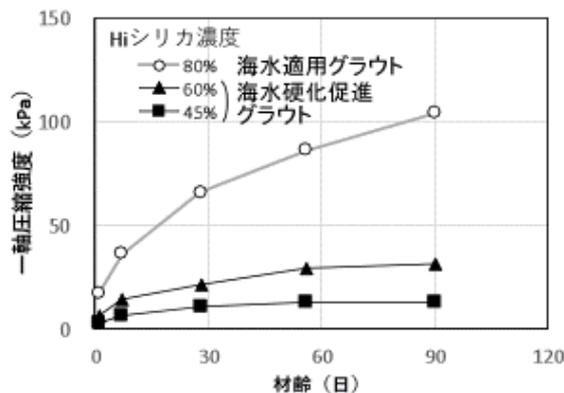
【研究の背景と目標】

口割れ目や地下水が多い地質環境では湧水抑制対策技術が不可欠であり、地層処分で想定される地下深部の高水圧環境に対応した技術の整備が必要

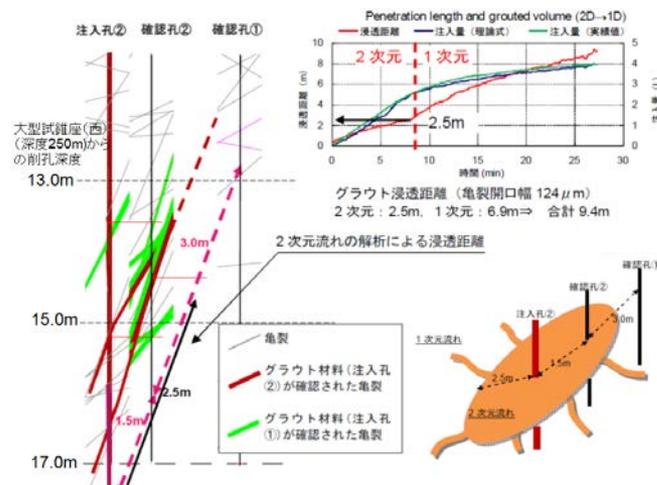
➤湧水地点を事前予測するための調査方法を構築するとともに、塩水条件下で微小亀裂にも利用可能なグラウト技術、グラウト浸透評価方法、長期岩盤変位モニタリング技術を構築する。



鉱物学的手法による湧水箇所予測手法の高度化



塩水環境での溶液型グラウトの適用性確認



グラウトが確認された割れ目位置と解析で評価された浸透距離を比較

【成果と地層処分事業への反映】

坑道掘削時の湧水箇所の予測技術、塩水・堆積岩環境でのグラウト技術を実証

- ・鉱物組成などに基づく突発湧水が起こり得る箇所の事前調査技術
- ・塩水条件の深部地質環境において適用可能な溶液型グラウト配合
- ・グラウトの施工と多孔質媒体モデルを適用したグラウト浸透領域の浸透解析手法
- ・長期的に岩盤と支保工の安定性をモニタリングするための吹付コンクリート・鋼製支保工応力計測手法、弾性波トモグラフィ手法

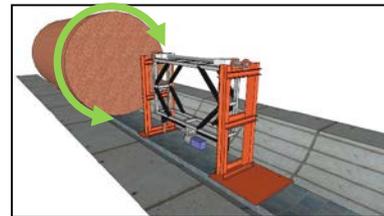
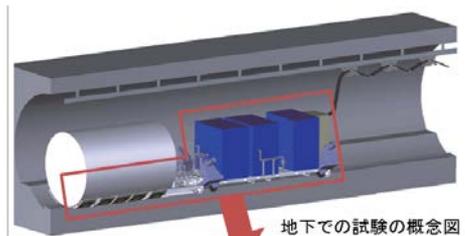
2) 人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験

【研究の背景と目標】

口地層処分に関する基本方針では、「安全な管理が合理的に継続される範囲内で、最終処分施設の閉鎖までの間の廃棄物の搬出の可能性(回収可能性)を確保」とされており、人工バリア定置時に何らかの不具合が発生した場合の廃棄体回収技術の整備が必要

- 原位置におけるPEMを用いた処分坑道横置き定置方式を対象とした搬送定置・回収技術、PEMと坑道の隙間の充填方法及び回収時の除去技術を実証する。

PEM: Prefabricated Engineered Barrier System Module



搬送・定置装置の設計・製作
(原環センターにて実施)



狭隘部の隙間充填技術
の確認(地上)



原位置での模擬PEM
設置技術の確認



原位置での隙間充填・
除去技術の確認

【成果と地層処分事業への反映】

PEM(横置)の搬送・定置・回収に必要な以下の技術を実証

- ・処分坑道横置きPEMのエアベアリング方式を用いた搬送定置・回収技術
- ・原位置におけるPEMと坑道との隙間充填・除去技術(ウォータージェット、オーガ掘削)および品質管理手法

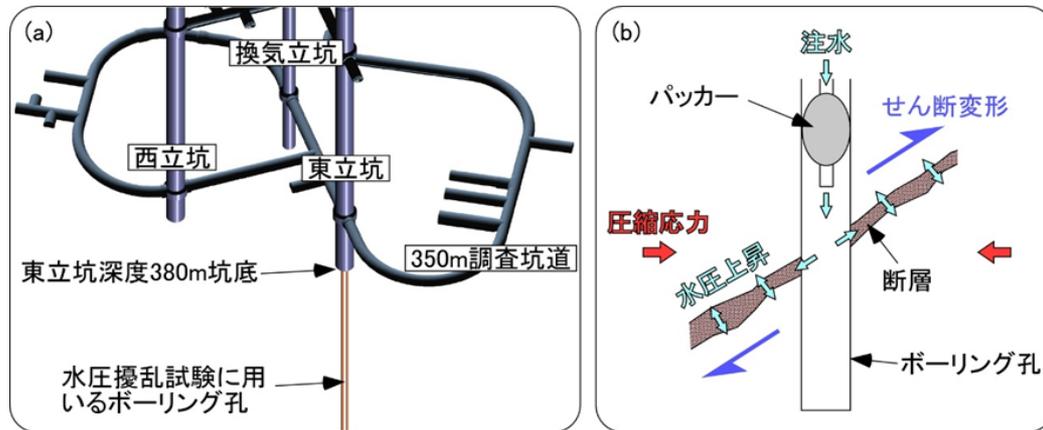
③地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

1)水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化

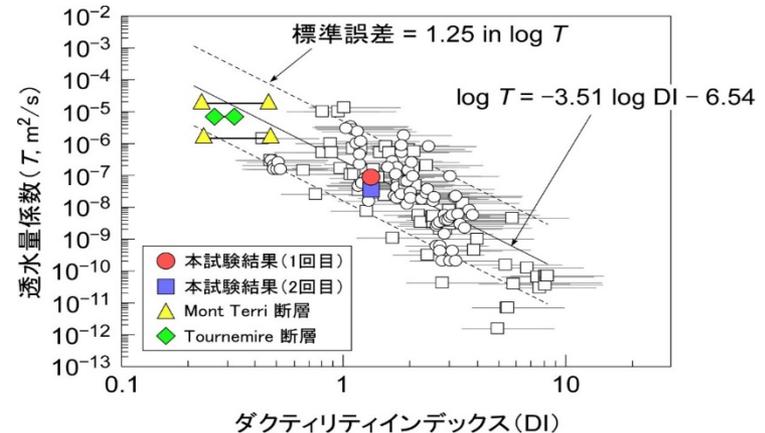
【研究の背景と目標】

口処分場閉鎖後の母岩の長期的な安定性について、地層中の断層・割れ目の長期的な透水性（地震・断層活動や隆起・侵食に伴う変化の有無）を適切に考慮することが重要

➤断層・割れ目の変形様式（脆性的または延性的）について岩石の強度・応力状態を指標化し、透水性との関係性を整理することで、長期的な断層・割れ目の透水性の推測手法を整備する。



断層・割れ目を対象とした水圧擾乱試験による
割れ目の変化時の透水性変化量の計測



DI: 岩石に実際にかかる平均的な負荷応力を引張り破壊に対する強度で除した値
水圧擾乱試験結果や既報データの比較とDI経験式

【成果と地層処分事業への反映】

堆積岩中の断層・割れ目部の長期的な透水性の推測手法を構築

- ・隆起・侵食によって断層・割れ目の深度が浅化した状態を模擬するための水圧擾乱試験技術
- ・断層運動や隆起・侵食を考慮した断層の保守的な透水性の設定手法

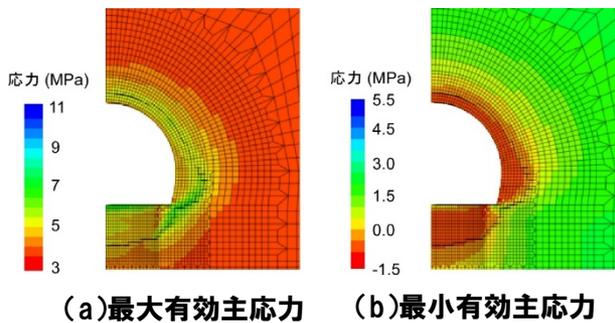
③地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

2)地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

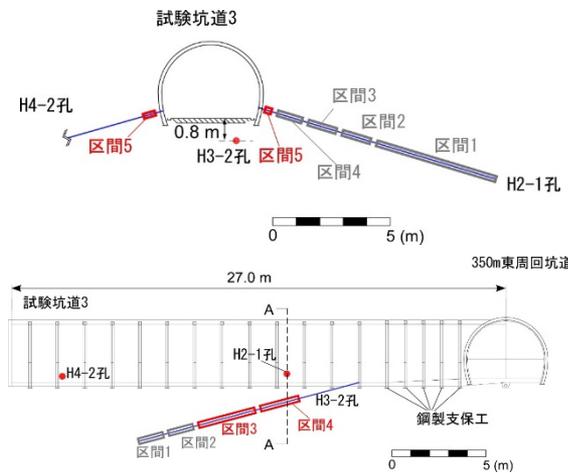
【研究の背景と目標】

口堆積岩での立地選定や処分場の設計をより科学的・合理的に行うために、長期的な地殻変動に対する力学的・水理学的な緩衝能力を踏まえて、人工バリアの長期挙動を推測する技術が必要

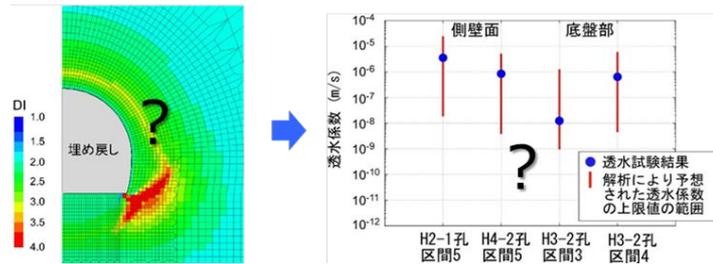
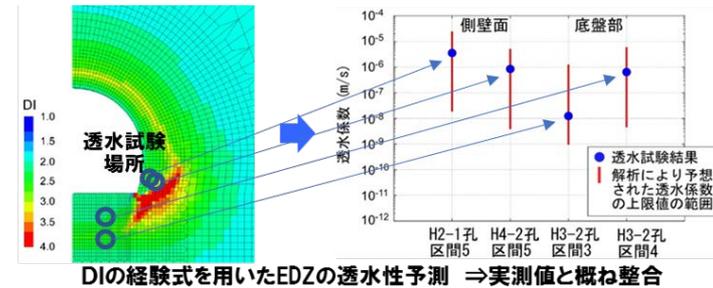
➤人工バリアの緩衝材や坑道の埋め戻し材による掘削影響領域(EDZ)の物性変化を評価する手法を整備する。



掘削直後の坑道周辺の有効応力分布、DIの見積り



掘削損傷領域(EDZ)を対象とした透水試験



坑道閉鎖後のEDZの透水性を予測するモデルの構築へ反映

【成果と地層処分事業への反映】

有効応力分布などに基づき坑道掘削影響領域の透水性を推定する手法を構築

- 掘削影響領域(EDZ)の透水性解析手法
- 坑道埋め戻し後のEDZの透水性を予測するモデルの構築手法

これまでの成果と残された課題

必須の課題		主な成果(～令和元年度末)	残された研究課題
① 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認	1) 人工バリア性能確認試験	地下環境で人工バリアの施工実証。加熱時の緩衝材挙動データ取得を取得。連成解析で現象再現	減熱時の緩衝材挙動データの取得、人工バリアの解体と緩衝材飽和度の確認
	2) オーバーパック腐食試験	地下環境でのオーバーパック腐食試験に基づき、腐食速度推定手法の妥当性を確認	(令和元年度で研究を終了)
	3) 物質移行試験	堆積岩の健岩部・割れ目・断層を対象とした物質移行試験の手法を確立	掘削影響領域、有機物、微生物に着目した物質移行試験
② 処分概念オプションの実証	1) 処分孔などの湧水対策・支保技術などの実証試験	堆積岩に対して、処分孔掘削技術、湧水抑制技術、支保技術などの有効性を確認	(令和元年度で研究を終了)
	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	処分坑道横置き定置方式について、エアベアリングを用いた搬送定置・回収技術などの要素技術を実証	施工方法、プラグの有無、回収方法に応じた埋戻し材の特性把握 廃棄体の設置方法などの処分技術の概念オプションの検討
	3) 高温度(100℃超)などの限界条件下での人工バリア性能確認試験	100℃超の高温度環境下における人工バリアの閉じ込め機能を確認する研究に関する机上検討	緩衝材が100℃超になった状態を想定した解析手法の開発
③ 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証	1) 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化	地殻変動が小規模な割れ目の透水性に与える影響を確認	より大きな割れ目において、地殻変動の影響などを把握 地下水が動いていない領域を調査する技術の実証
	2) 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験	人工バリアの自己治癒能力(ひび割れの修復)を確認する研究の机上の検討	人工バリアのひび割れに対する自己治癒能力を解析する手法の開発

現中長期計画におけるこれまでの成果報告 **研究開発報告書 53報、査読付き論文 46報**

日本原子力学会バックエンド部会 **論文賞(H27)**、土木学会 **論文奨励賞(H27、28)**、土木学会 **土木情報学論文賞(H28)**、資源・素材学会 **第43回奨励賞(H29)**、エルゼビア学術誌 **Outstanding Reviewer賞(H29、30)**、土木学会 **技術賞(H30)**、Waste Management 2019 **Superior Paper Award, Paper of note (R1)**

外部有識者による評価結果

第3期中長期計画におけるこれまでの研究開発成果について、大学等の外部有識者からなる「地層処分研究開発・評価委員会」及び「深地層の研究施設計画検討委員会」において技術的な評価を受け、以下のような評価結果を頂きました。

- ◆ 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**できたと評価します。
- ◆ 今後は、**技術の確立が可能な水準に達するまで、人工バリア性能確認試験および処分概念オプションの実証に関する試験を継続するとともに、本地下研究施設を最先端の地層処分技術を実証するプラットフォーム(共通基盤)として国内外の関係者に広く活用されることを期待**します。

研究所の活用と研究成果のアウトリーチ

国内外の大学・研究機関との研究協力

国内の研究機関

信州大学、室蘭工業大学、北海道大学、京都大学、東京大学、東北大学、名古屋大学

- 坑道周辺岩盤に生じる掘削損傷に関する研究
- 三次元レーザスキャナを用いた壁面地質観察手法の開発
- 坑道掘削に伴う周辺岩盤に生じる割れ目の連結性の評価や三次元分布の可視化
- 地下水中の微量元素と微小な物質(コロイド・有機物・微生物)との相互作用の評価
- 地下深部に生息するメタン酸化機能を有する微生物生態系が地下水や岩石などの性質に与える影響を評価する手法の開発 など

原子力環境整備促進・資金管理センター、電力中央研究所、産業技術総合研究所、幌延地圏環境研究所、国立環境研究所

- 地層処分実規模試験施設を利用した研究開発
- 搬送定置・回収技術の実証的検討に関する研究
- 人工バリアの健全性評価及び無線計測技術の適用性に関する研究開発
- 地質・地下水環境特性評価に関する研究
- 過去の地下水の化学的環境の推定に関する研究
- 岩石・地下水中の微生物特性・化学特性の評価
- 地下施設建設時の坑道掘削影響領域の調査技術の高度化 など

株式会社大林組

- マルチ光計測プローブによる岩盤挙動モニタリング

国外機関との研究協力

モンテリ・プロジェクト、Clay Club、DECOVALEX-2015、DECOVALEX-2023

- 鉄材料の腐食に関する原位置試験
- 粘土の摩擦特性に関する室内試験
- 連成解析技術開発 など

研究成果のプレス発表による社会の理解醸成

プレス発表

2017:「湧水対策が困難な地質構造を地上から把握する方法を開発」 日刊工業新聞(10/18)、電気新聞(10/19)、NHK「ほっとニュース北海道」(10/24)、NHK「ニュース北海道645」、「北海道NEWS1」(11/5)

2018:「地下深くの亀裂の連結性を地上から評価する方法を開発」 電気新聞(5/25)、北海道新聞(6/20)

2020:「地下水から遊離したメタンガスが大気の侵入を抑制」 電気新聞(3/30)

2020:「汎用的な装置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」 電気新聞、日刊工業新聞(9/16)

地元幌延町の広報誌「ほろのべの窓」に毎月、研究トピックスを紹介



【幌延町から】
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構幌延深地層研究センターの研究や取組について広く知ってもらうことを目的に、幌延深地層研究センターで行われる研究開発などに関する紹介記事を広報誌7月号から連載します。

「地下の研究現場から」第1回－幌延深地層研究センター

私たちの行っている研究について、広くご理解いただくために幌延町広報誌「ほろのべの窓」の紙面をお借りして町民の皆様をはじめ、ご愛読者様に研究内容についてご紹介させていただきます。

幌延町トナカイ観光牧場の隣にある幌延深地層研究センターの所長の山口です。今回、「ほろのべの窓」に私たちが行っている様々な研究を紹介させて頂くことになりました。第1回目は、当センターの概要を紹介します。

当センターでは、平成13年から原子力発電で発生する廃棄物を処分するときに利用する技術の研究開発を行っています。当センターの敷地内に、東京タワー（てっぺんまでの高さ333m）がすっぽり入る地下350mまでの穴を掘って、地下深くにトンネルを掘り進める方法や地下の岩石や地下水を調べる方法、廃棄物を埋める方法などの研究を行っています。

当センターには、令和2年6月時点で約80人の従業員がおり、元町、宮園町や名林公園の近くの寮や社宅で生活していますので、町の行事や同好会などにも、お気軽にお問い合わせいただけます。次号の「ほろのべの窓」から、当センターの研究について順番に分かりやすく紹介します。

当センターは、地下深くまで入ることのできる日本では珍しい貴重な施設です。新型コロナウイルス対策「北海道スタイル」に対応した準備をして、皆様のお越しをお待ちしています。

幌延深地層研究センター



幌延深地層研究センターの所在地は、ゆめ地創館のタワーが目印になります。

幌延深地層研究センターの山口所長



毎年、国際交流施設で行っている地域の皆様方への研究計画説明会や成果報告会でのあいさつ。

幌延深地層研究センターの地下施設



ゆめ地創館のタワー展望塔（地上45m）からは、地下施設の地上部分を一望できます。

タワーの展望層から見た利尻富士



冬の空気が澄んだ日には、遠く利尻富士の山頂を見ることができます。

お問い合わせ先：国立研究開発法人日本原子力研究開発機構幌延深地層研究センター

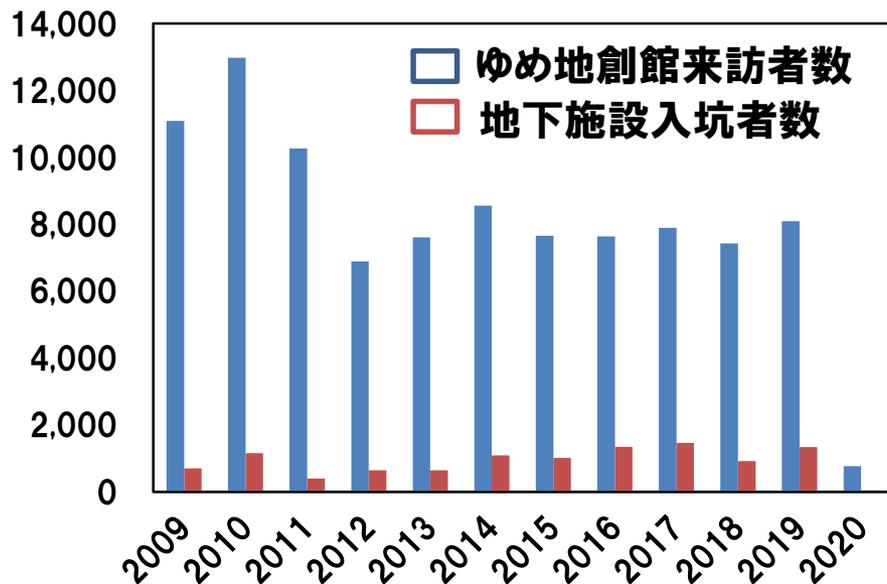
電話・告知端末機：5-2022 <https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/>

ゆめ地創館：電話・告知端末機：5-2772 <https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/yumechisoukai/index.html>

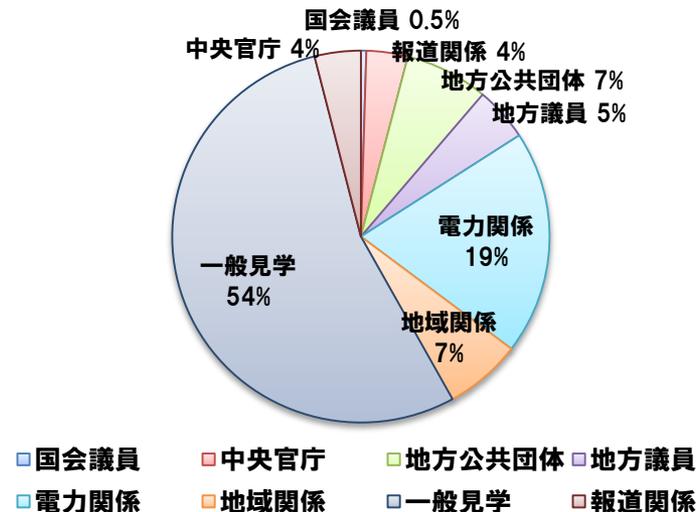
広報調査等交付金事業

ほろのべの窓 2020.7月号 ▶ 8

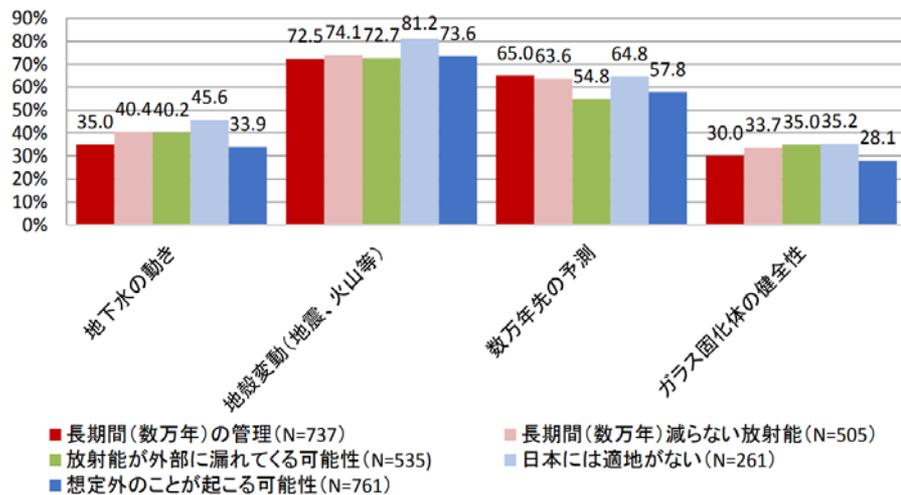
施設見学による社会の理解醸成



地下施設入坑見学者の内訳



地層処分を行う上での技術的な課題は何だと思いますか？（複数回答）
 （地層処分の安全性について「不安」「多少、不安」「わからない」と回答した方）



2020年7月時点の累計の見学者数は、約11万9千人。うち、地下施設入坑者は、約1万2千人。

見学者は、一般見学者、電力業界関係者、地域関係、地方公共団体、地方・国会議員ほか。

見学者の感想などは、コミュニケーションシートで集約し、質問の内容と回答をゆめ地創館に掲示。毎年、ウェブ上に公開：[「幌延深地層研究センターゆめ地創館を活用したリスク・コミュニケーションについて」](#)。

YouTubeで地下施設を視聴できます！（[“深地層研究の現状 幌延深地層研究センター”](#)、[“地下350mの世界を体験！幌延深地層研究センターVRツアー”](#)）

令和2年度以降の計画について

計画の要点

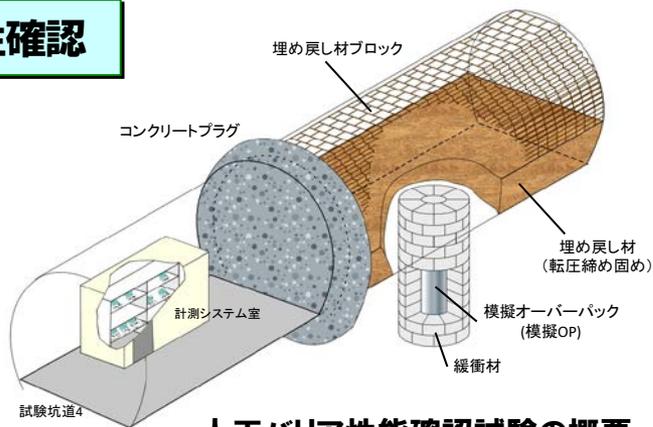
- ◆ 外部有識者の評価結果を踏まえ、実際の地質環境における人工バリアの適用性確認、処分概念オプションの実証に関する試験及び地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証を継続します。
- ◆ これらの研究課題については、令和2年度以降、第3期及び第4期中長期目標期間を目途に取り組みます。その上で、国内外の技術動向を踏まえて、地層処分の技術基盤の整備の完了が確認できれば、埋め戻しを行うことを具体的工程として示します。
- ◆ 本地下研究施設を、最先端の地層処分技術を実証するプラットフォーム(共通基盤)として、国内外の関係者で広く活用します。

令和2年度以降の研究開発

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
 - ・ 操業・回収技術など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）など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となる情報を整理する。

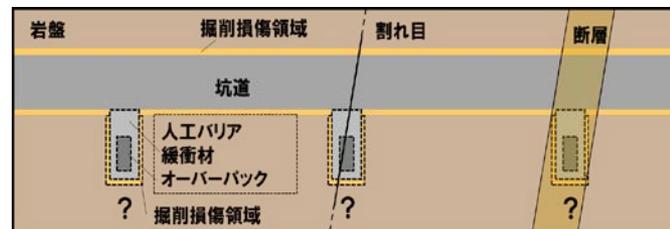


閉鎖技術オプションの整理

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

[概要] 地震・断層活動など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把握するとともに、地下水の流れが非常に遅い領域（化石海水領域）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・合理的に行うことができ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

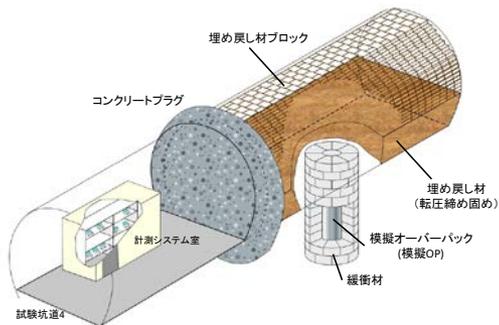
令和2年度以降の研究開発

①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

[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

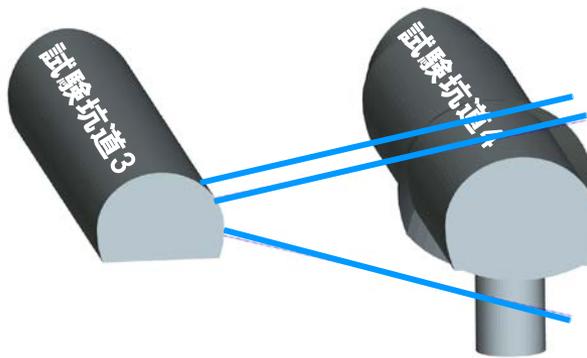
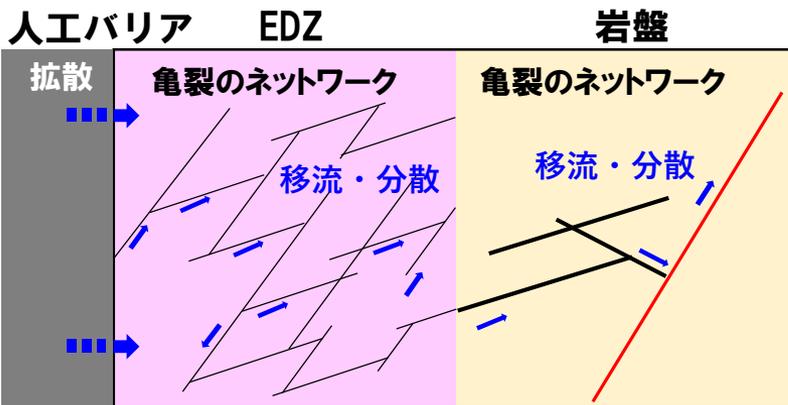
- 減熱試験及び解体調査による飽和度などの検証データ取得、連成モデルの適用性確認
- 国際プロジェクトにおける解析コード間の比較検証、改良・高度化



人工バリア性能確認試験場所を解体し、実際の緩衝材の飽和度測定など、これまでの解析結果を検証するための調査を行う。

物質移行試験

- 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



掘削影響領域から健岩部でのトレーサー試験により坑道から岩盤に至る物質移行過程に関する現象を把握する。

令和2年度以降の研究開発

②処分概念オプションの実証

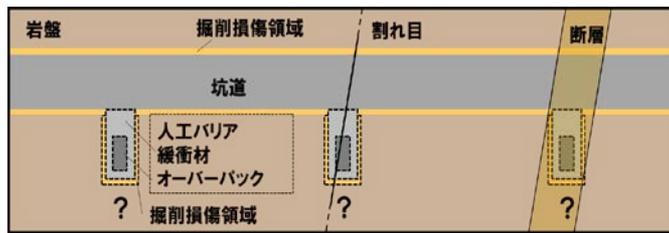
[概要] 定置・回収技術、閉鎖技術に関わる種々の処分概念オプションの工学的実現性を検討し、多様な地質環境条件に対して柔軟な処分場設計を支援する技術オプションを提示する。廃棄体設置の判断や間隔の設定に必要な情報を整理する。

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・回収技術など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



閉鎖技術オプションの整理



廃棄体定置決定や間隔設定の考え方の整理

緩衝材や埋め戻し材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、閉鎖技術（プラグなど）の実証を行う。先行ボーリングによる地質環境調査、工学的対策技術を考慮し、地下施設・人工バリアの設計評価技術を体系化する。

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

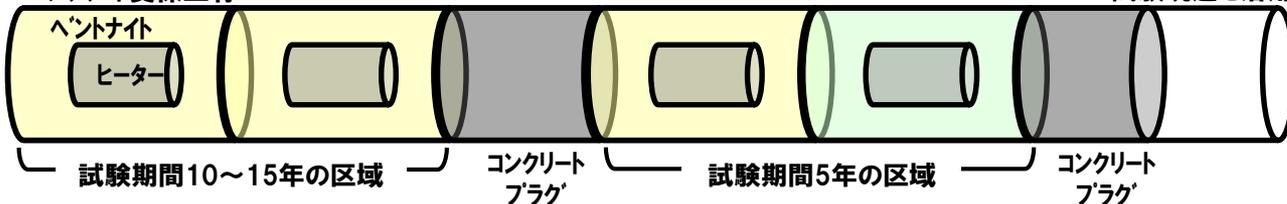
試験1
米国産ハントナイト
ブロック/ペレット
設定温度：200℃
コンクリート支保工有

試験2
米国産ハントナイト
ブロック/ペレット
設定温度：175℃

試験3
米国産ハントナイト
ブロック/ペレット
設定温度：175℃

試験4
チェコ産ハントナイト
ブロック/ペレット
設定温度：175℃

FEBEX試験が行われた
試験坑道を活用



スイスGrimselテストサイトにおける国際プロジェクトHotBENT試験の情報収集を行い、確認された現象などについて整理する。

令和2年度以降の研究開発

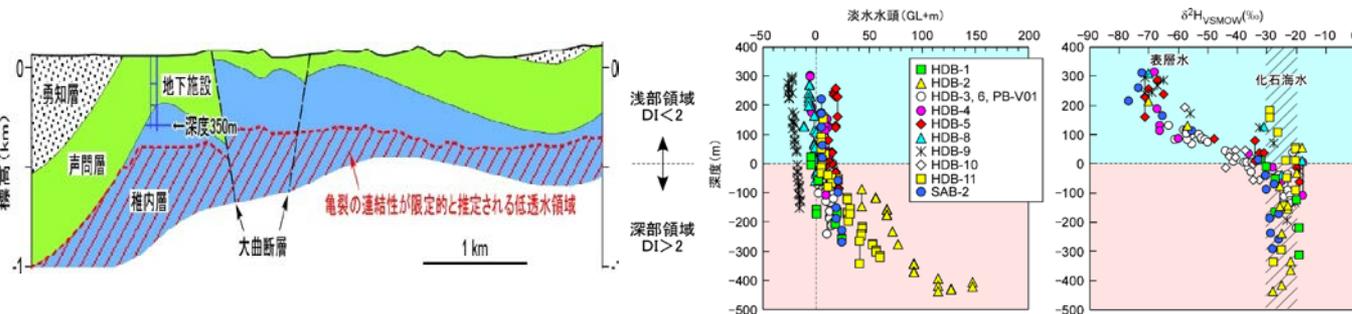
③地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

[概要] 地震・断層活動など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把握する。地下水の流れが非常に遅い領域の三次元分布の調査・評価手法の高度化を図り、立地選定や処分場設計を、より科学的・合理的に行うことができる技術を整備する。

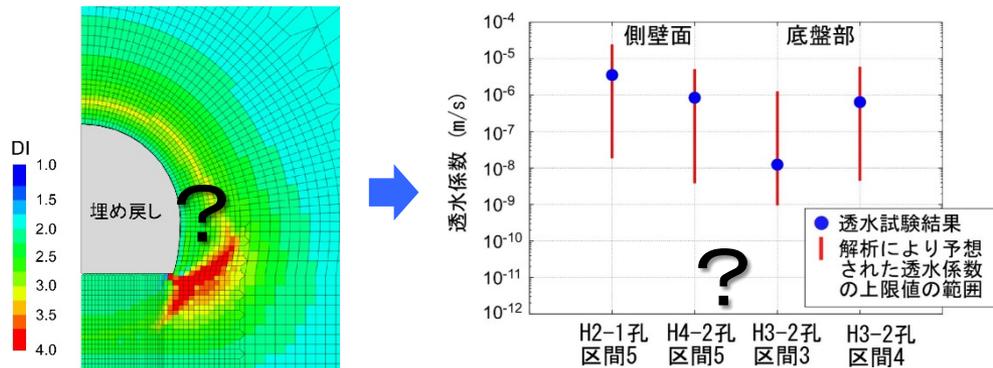
▶ 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化

- 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

水圧擾乱試験により、長期的な断層・割れ目の透水性を評価する手法を確認する。物理探査、ボーリング孔を利用した調査、解析により、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を図る。



▶ 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験



緩衝材膨潤や埋め戻しに伴う掘削影響領域(EDZ)の力学・水理特性に基づき、坑道埋め戻し後のEDZの透水性を予測する手法を構築する。



ご清聴ありがとうございました