

# 第3期中長期計画の研究開発における これまでの成果

## ②幌延深地層研究計画

平成31年2月21日

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

# 幌延深地層研究計画における研究項目

## 幌延深地層研究計画

### 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 オーバーパック腐食試験※※
- 1.3 物質移行試験

### 2. 処分概念オプションの実証

- 2.1 処分孔等の湧水対策・支保技術※
- 2.2 人工バリアの定置・品質確認などの実証試験※※

### 3. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

- 3.1 断層の変形様式を支配する強度・応力状態の指標化
- 3.2 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
- 3.3 原位置試験によるモデルの検証

※資源エネルギー庁受託事業を活用して実施

※※一部を資源エネルギー庁受託事業を活用して実施

# 1. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

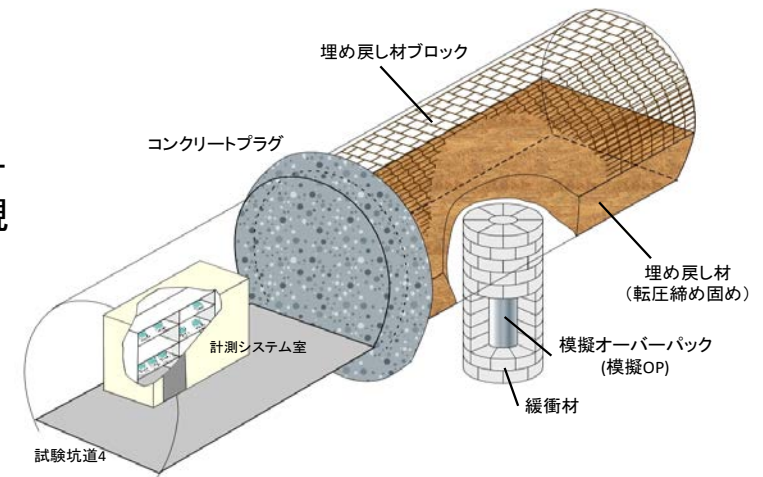
## 1.1 人工バリア性能確認試験

(研究の背景・狙い・目標・意義)

人工バリア性能確認試験は、実際の地質環境下における処分孔竖置き方式を対象とした熱-水-応力-化学連成現象に関する試験をとおして、設計や連成挙動評価手法の適用性の確認、ならびに施工方法などの工学的実現性の例示等を行い、設計、施工および評価・解析といった一連の技術に関する基盤情報を整備する。

(実施内容)

- 人工バリア(緩衝材、オーバーパック)に関する設計手法と製作・施工及び品質管理手法の適用性確認
- 閉鎖技術(埋め戻し材、プラグ)に関する設計手法と製作・施工及び品質管理手法の適用性確認
- THMC連成評価手法の整備と適用性確認



人工バリア性能確認試験の概念図

緩衝材ブロックの設置



模擬オーバーパックの設置



埋め戻し転圧



埋め戻し材ブロックの設置



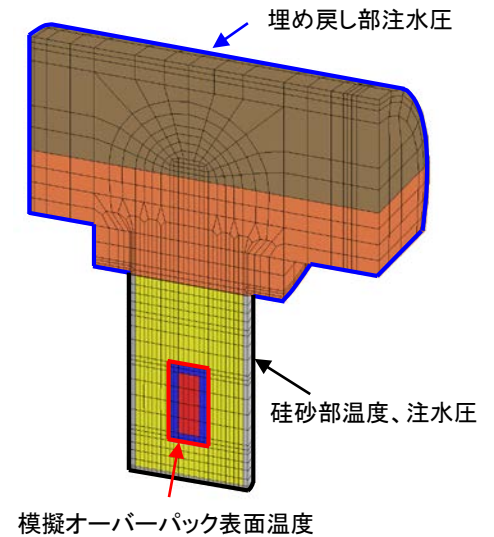
人工バリア性能確認試験 施工の様子

# 1. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

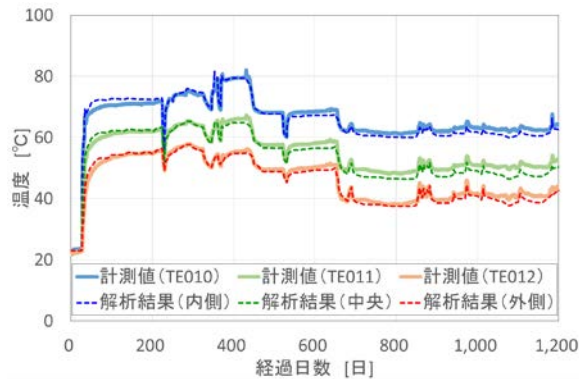
## 1.1 人工バリア性能確認試験

(成果・地層処分事業や他分野への貢献)

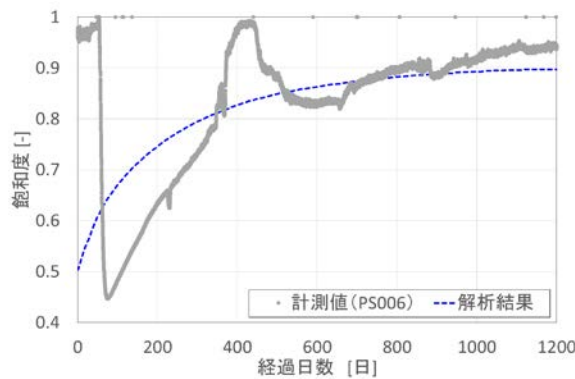
- 人工バリア、埋め戻し材等に関する個別設計フローを構築しその適用性を確認するとともに、新たに処分孔掘削技術の開発を含め、製作・施工技術や品質管理方法の適用性を例示
- THMC連成解析ツール(COUPLYS)のコード不具合の改善、数値演算の高速化、計算中の必要メモリの改善を実施
- THM連成解析ツール(THAMES)の力学モデルを拡張(緩衝材の膨潤に伴う密度低下による剛性の低下を考慮)することにより、緩衝材の膨潤挙動の再現性が向上することを確認。また、緩衝材の膨潤変形による密度変化に伴う熱特性、水理特性及び力学特性の密度依存性を考慮できるようモデルを高度化
- 安全評価における核種移行の初期状態の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環境条件の設定に活用できる



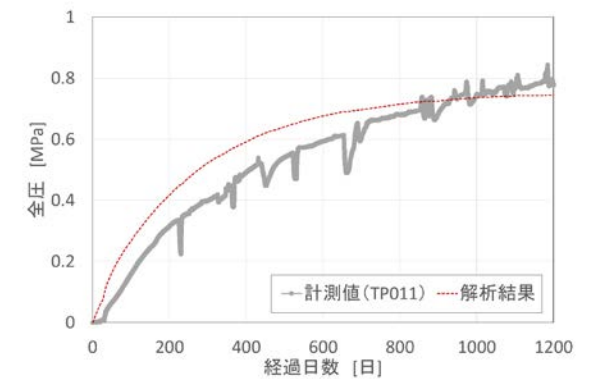
THM連成解析モデルと境界条件



(a)温度の経時変化



(b)飽和度の経時変化



(c)全圧の経時変化

計測結果とTHM連成解析結果の一例(緩衝材5段目に設置したセンサー)

# 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 オーバーパック腐食試験

(研究の背景・狙い・目標・意義)

緩衝材の再冠水過程では、飽和等の環境条件の不均一性によって不均一な腐食の可能性がある。また、環境条件の変化に伴って腐食挙動も経時的に変化すると考えられる。このような挙動を把握するには、ある程度のスケールの試験が必要であり、室内試験では限界があることから、工学的スケールでの検討が必要である。よって、緩衝材の再冠水～飽和の過程を工学規模で再現し、オーバーパックの腐食量や不均一性のデータを取得して既往の腐食量評価手法の妥当性、適用性を確認する。更に、環境条件の不均一性に加えてオーバーパック溶接部に代表される材料側の不均一性も伴う系での不均一腐食挙動を確認する。

(実施内容)

- 試験坑道に掘削した試験孔に緩衝材と模擬オーバーパックを設置して(図1)腐食試験を実施した。
- 約3年間にわたる環境条件や腐食挙動のモニタリングデータを取得し、経時的な変化を把握した(図2)。

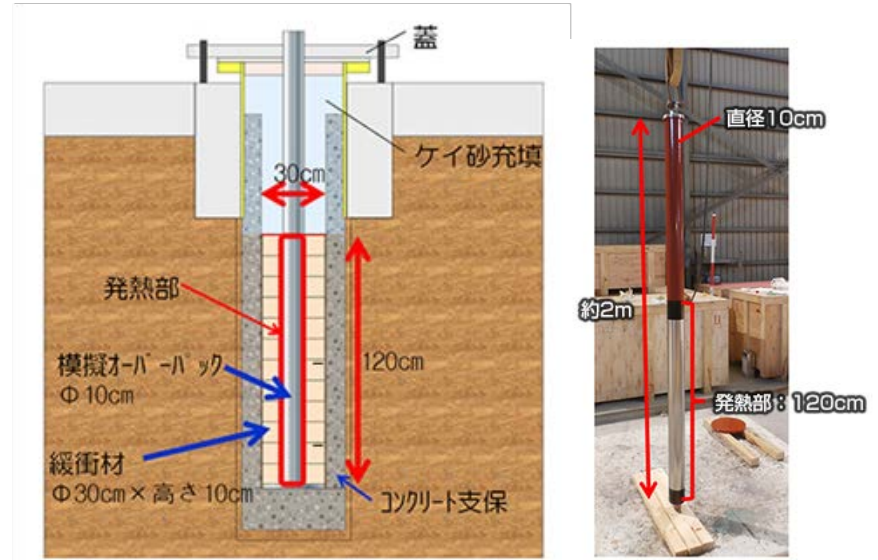


図1 オーバーパック腐食試験の模式図(左)と模擬オーバーパックの外観(右)

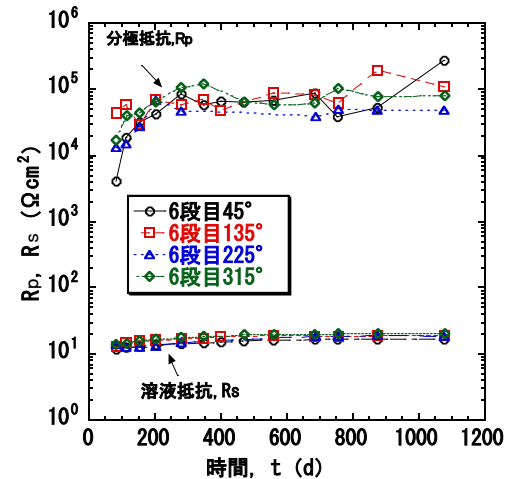


図2 腐食モニタリングデータの一例(溶液抵抗は緩衝材間隙水の電気的抵抗、分極抵抗は腐食速度の逆数に比例する値)

# 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 オーバーパック腐食試験

- 試験後の模擬オーバーパックの観察(図3)、腐食量測定等を実施し、溶接部と母材で腐食挙動に有意な差は認められないことなどを確認した。既往のデータや評価との比較のためのデータ解析を実施中。



図3 緩衝材除去後の模擬オーバーパック外観

(成果・地層処分事業や他分野への貢献)

- 実際の地下環境下におけるオーバーパックの腐食挙動評価手法の適用性を確認し、既往の評価手法の保守性、妥当性を確認。
- オーバーパック設計における腐食しろ設定や腐食量評価の保守性、妥当性を示すデータとしての活用が期待される。
- オーバーパック溶接部の健全性や信頼性を示すデータとしての活用が期待される。

# 1. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

## 1.3 物質移行試験

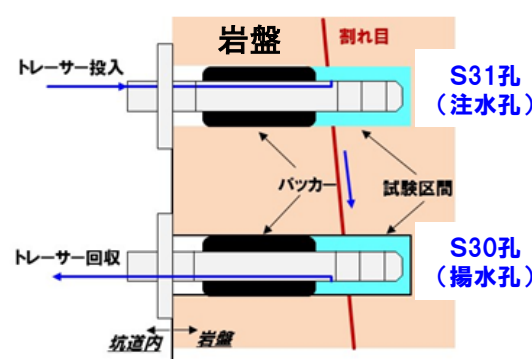
(研究の背景・狙い・目標・意義)

- 幌延地域に分布する泥岩は断層等の構造的な割れ目が分布していることが知られているため、岩盤基質部における拡散および割れ目を介した移流・分散が主要な移行形態として考えられる。したがって、割れ目を有する堆積岩での物質移行特性を総合的に評価することが必要。そのために、幌延の泥岩を事例として、岩盤基質部および割れ目の双方を対象とした原位置トレーサー試験等を実施し、それぞれの構造の物質移行特性評価手法を構築することが重要。また合わせて、世界的にも事例が少ない泥岩中の割れ目を対象としたトレーサー試験手法を確立することも重要。

(実施内容)

### 【割れ目を有する堆積岩中での物質移行挙動の解明】

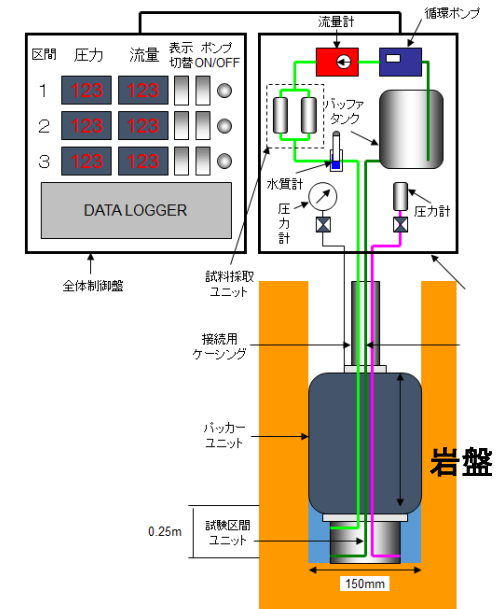
- 断層帯を対象としたトレーサー試験(ダイポール試験)を実施
- 単一の割れ目を対象としたトレーサー試験を事例とし溶存ガス環境下でのトレーサー試験における最適な試験条件の検討
- トレーサーが移行した直接的な痕跡の情報に基づき、割れ目帯中の物質移行概念を検討



ダイポール試験のイメージ

### 【岩盤基質部における物質移行挙動の解明】

- 岩盤基質部を対象とした原位置拡散試験を実施し、その後オーバーコアリングを実施。
- 試験区間内のトレーサー濃度減衰データおよび岩石試料中の濃度プロファイルからDe、Kd等の物質移行パラメータを取得。



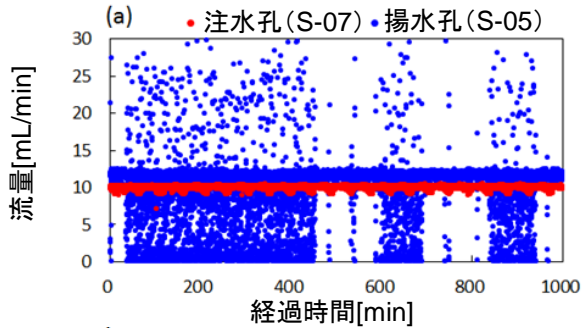
拡散試験のイメージ

# 1. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

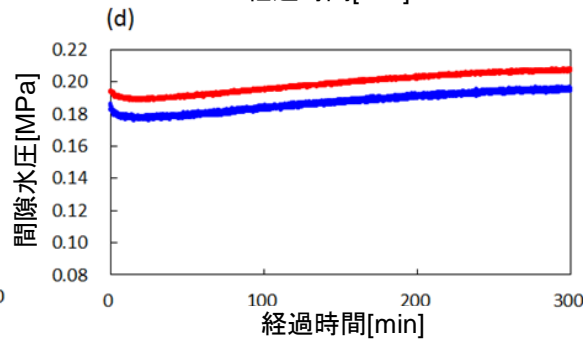
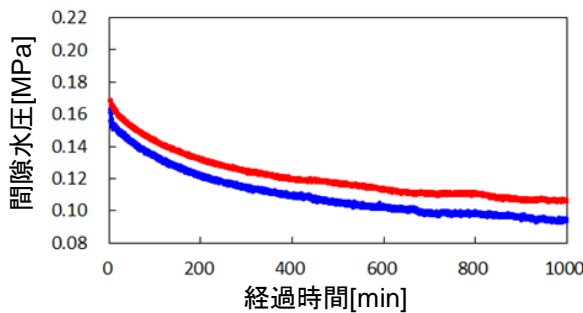
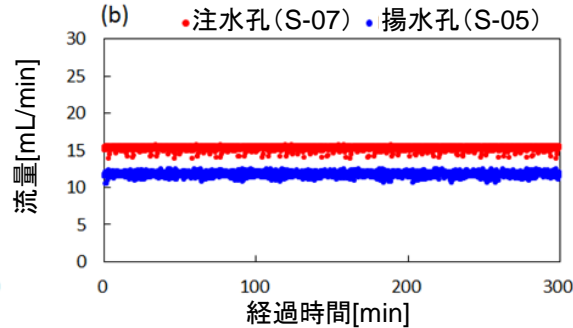
## 1.3 物質移行試験

【割れ目を有する堆積岩中での物質移行挙動の解明】

注水流量: 10mL/min 揚水流量: 12mL/min



注水流量: 15mL/min 揚水流量: 12mL/min

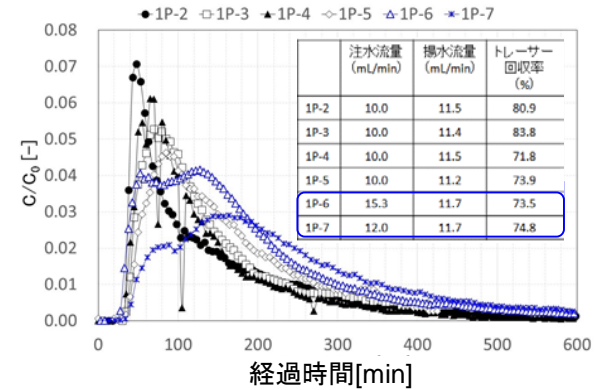


試験条件(注水流量、揚水流量)と脱ガスの発生との関連性

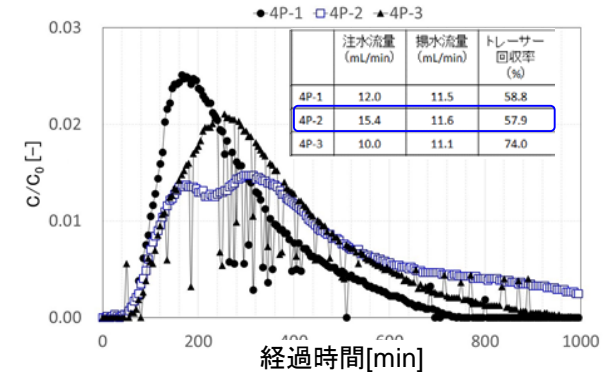
(成果・地層処分事業や他分野への貢献)

- 溶存ガスの存在など、泥岩中で想定される地質環境条件下で、割れ目中の物質移行挙動を評価するために必要となる原位置トレーサー試験手法を提示

注水孔: S-07 揚水孔: S-02



注水孔: S-06 揚水孔: S-02

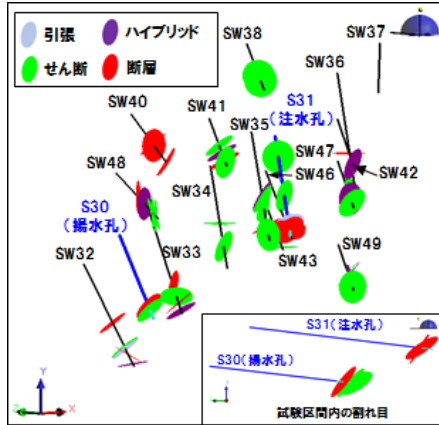


ダイポール比とトレーサー回収率の関係

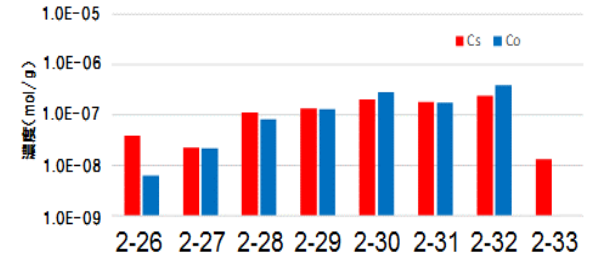
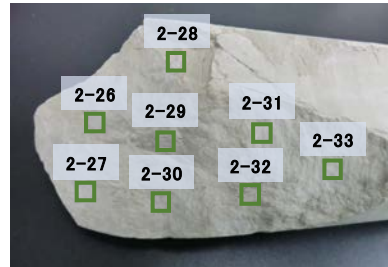


# 1. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

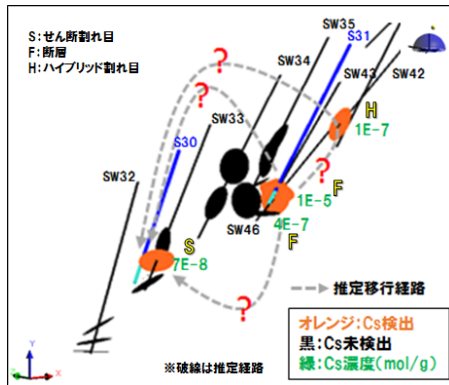
## 1.3 物質移行試験 【割れ目を有する堆積岩中での物質移行挙動の解明】



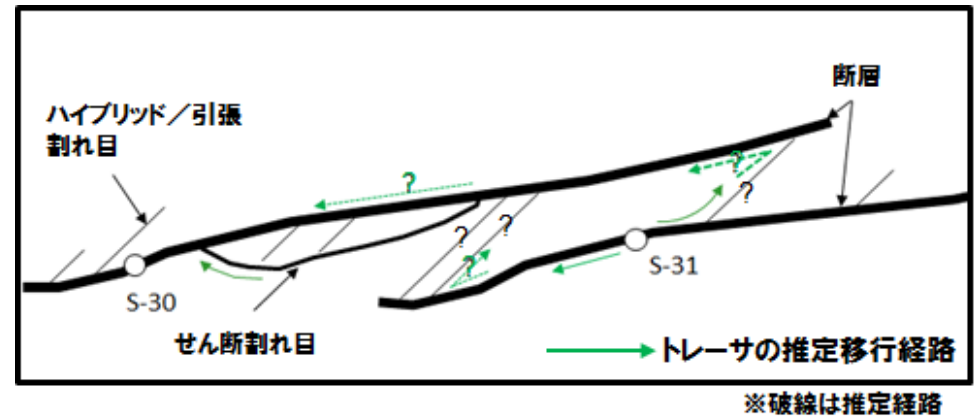
トレーサー試験孔周辺の割れ目分布



割れ目試料の研削位置(写真)と濃度分析結果(図)



トレーサー移行経路の推定結果



トレーサー試験箇所における物質移行概念

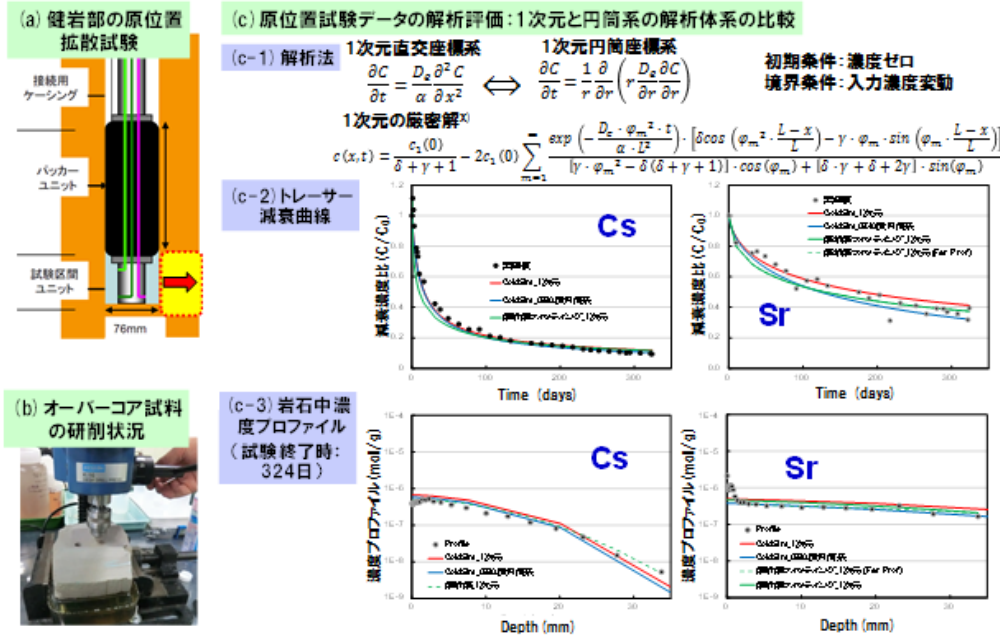
(成果・地層処分事業や他分野への貢献)

- トレーサーが移行した痕跡(割れ目表面に収着したトレーサー濃度)の情報は、断層帯中の複雑な移行経路分布を推定する上で有用である可能性を示唆

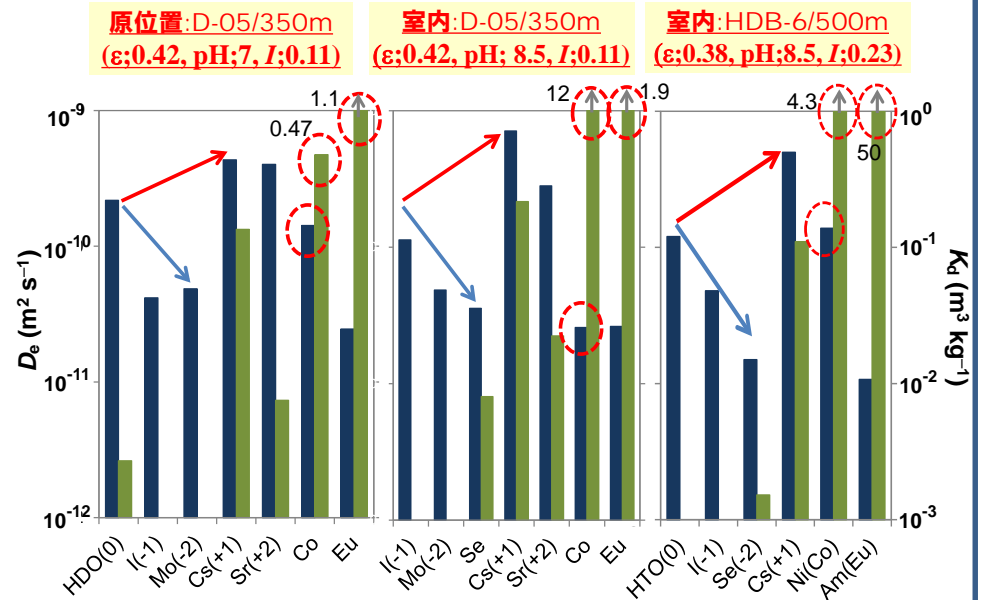
# 1. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

## 1.3 物質移行試験

### 【岩盤基質部における物質移行挙動の解明】



原位置拡散試験の試験体系(a)、オーバーコア試料の分析状況(b)、解析結果の比較(c)



原位置および室内拡散試験で得られた各トレーサーのDe(青色バー)とKd(緑色バー)の比較 ( $\epsilon$ : 間隙率, I: イオン強度)

(成果・地層処分事業や他分野への貢献)

- 粘土鉱物を主体とした収着モデルおよび電気二重層拡散モデルを統合した収着拡散モデルにより、単純イオン(HDO、I、Cs)における原位置試験結果に基づく泥岩中の岩盤基質部における収着／拡散挙動を評価可能。

## 2. 処分概念オプションの実証

### 2.1 処分孔等の湧水対策・支保技術

(研究の背景・狙い・目標・意義)

地層処分場の建設時には、高地圧・高間隙水圧条件が予想される。また、堆積軟岩の場合には割れ目・断層に狭在物が存在する影響で従来のセメント系材料の注入が難しいことなども想定される。さらに、グラウトの周辺岩盤や人工バリアシステムに与える影響評価、多接続坑道を対象とした湧水対策効果を評価する手法の整備なども重要である。

地層処分の地下環境条件を考慮した湧水抑制対策技術やグラウト材の浸透評価手法の開発など、実際の地質環境における一連の湧水抑制対策技術の実証を目標とする。

(実施内容)

既存研究事例で報告されていない課題を抽出。

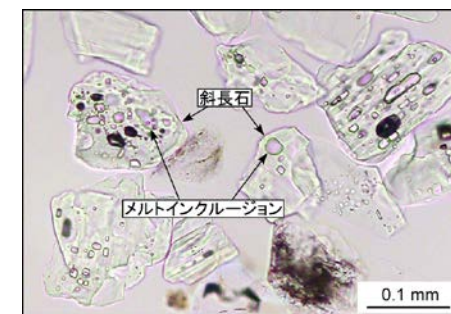
- ・突発的な大量湧水を回避するための予測手法の開発
- ・グラウト材の浸透評価手法の検討
- ・海水条件下で使用可能なグラウト材料の開発

(成果・地層処分事業や他分野への貢献)

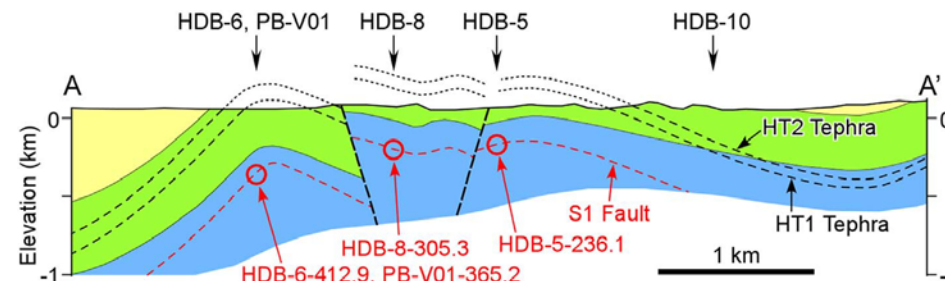
- 突発的な大量湧水の発生の原因となりうる粘土質せん断帯の分布の予測手法として、メルトインクルージョン\*に着目した事前予測が有効である。
- 等価多孔質媒体モデルによるグラウト浸透解析の結果と、現場透水試験の結果は整合的であり、設定したグラウトの改良範囲が妥当であることと、解析の有効性を示すことが出来た。
- 海水条件下で処分孔まわりの低透水領域を改良することが可能となる溶液型グラウト材料の配合を提案した。
- ここで得られた成果は、トンネル施工等の土木分野においても活用できるものである。



大量湧水発生状況



粘土質せん断帯に含まれるメルトインクルージョンの顕微鏡写真



各ボーリング孔における粘土質せん断帯の分析結果に基づく粘土質せん断帯の分布予測(赤色点線部)

\*マグマが噴火時に急冷してガラスとなった物質

## 2. 処分概念オプションの実証

### 2.1 処分孔等の湧水対策・支保技術

(研究の背景・狙い・目標・意義)

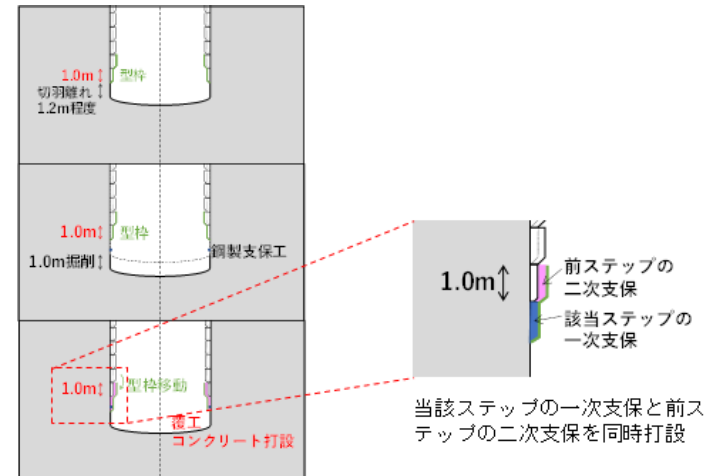
国内外の地下空洞開発事例において、支保設計、情報化施工技術、支保及び岩盤の計測技術が構築されている。このような事例がある中で、地層処分場で想定されるような、広範囲に及び、なおかつ深度300m以深という大深度に展開される大規模地下施設においても、既存の技術が適用可能かどうかを確認し、課題がある場合には技術の整備を行う必要がある。そこで、立坑や水平坑道における支保技術、情報化施工技術、長期的な計測技術を整備することを目標とする。

(実施内容)

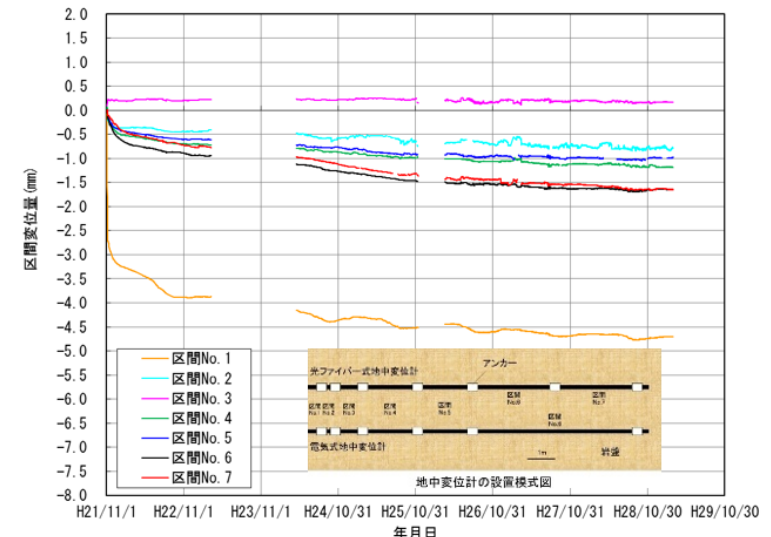
- 立坑掘削時の情報化施工技術の構築
- 低強度・高地圧地山における大深度立坑支保設計手法の開発
- 岩盤および支保工の安定性を長期的に計測する技術の構築（二重支保の適用可能性の検討）

(成果・地層処分事業や他分野への貢献)

- 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することで、支保工に変状を生じさせない施工が可能となった。
- 幌延深地層研究センターの深度380m以深のような、低強度・高地圧状態が想定される堆積岩地山においては、二重支保の適用が有効であることを示した。
- 光ファイバー式変位計により、立坑掘削時および掘削後の岩盤の変形を長期的に計測することが可能であることを示した。
- ここで得られた成果は、トンネル施工等の土木分野においても活用できるものである。



幌延深地層研究センター深度380m以深において適用可能な二重支保の概念



光ファイバ式変位計による約8年間の岩盤変位計測結果

## 2. 処分概念オプションの実証

### 2.2 人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証研究

(研究の背景・狙い・目標・意義)

処分場の操業に関わる人工バリアの搬送・定置方式などの工学技術の実現性、人工バリアの回収技術の実証を目的として、幌延の地下施設を事例に、原位置試験を実施し、人工バリアの搬送定置・回収技術を実証する。

(実施内容)

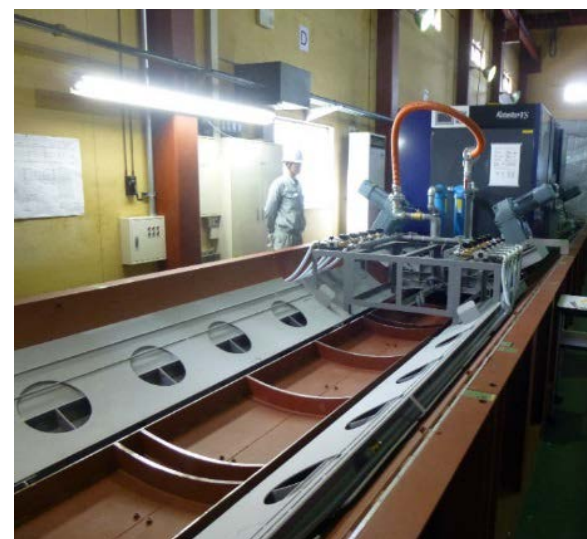
- 処分坑道横置き定置方式について、PEM (Prefabricated Engineered barrier system Module)方式の搬送定置・回収技術の実証
  - ✓ 搬送・定置技術: エアベアリング方式を用いた搬送装置の地下環境への適用性確認
  - ✓ 回収技術: PEM-坑道間の狭隘な隙間に対する、隙間充填技術および充填材の除去技術の整備、実証

(具体的な実施内容)

- 試験坑道の整備: 定置装置の走行面となるコンクリート製組立台の施工、PEM設置のための台座の設置
- 定置・回収装置の要素試験の実施: エアベアリングを使用した小型の要素試験装置による、走行試験の実施
- 模擬PEMの設置: 台座上に模擬PEMを組立・設置
- 隙間充填試験: 下部狭隘部に対してペレット方式、上部空間に対して吹付け方式による充填試験の実施(下部狭隘部: H30.11月実施、上部開放部: H31.1月実施予定)
- 隙間充填材除去試験: ウォータージェットを用いた除去試験の実施(H31実施予定)
- 搬送定置・回収試験: 充填材除去後の模擬PEMの回収および逆動線による搬送定置試験の実施(H31実施予定)



試験坑道の整備



エアベアリング方式のPEMの定置・回収装置(実機)

## 2. 処分概念オプションの実証

### 2.2 人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証研究

(成果・地層処分事業や他分野への貢献)

- 原位置の坑道面に対する装置の走行特性を取得するための要素試験を実施した。試験の結果、現場打設のコンクリート坑道面においてもエアベアリング方式で重量物が搬送可能であることを確認した。また、走行時の牽引力や空気供給量などのデータを取得し、実機の製作・運転方法などに反映した。
- 模擬PEM-坑道間の隙間に対し、下部狭隘部にはペレット方式、上部空間には吹付け方式による隙間充填試験を実施し、適用性を確認した。(平成30年度実施、吹付けはH31.1月実施)



充填装置および充填状況(下部狭隘部)



PEM相当重量の走行試験(要素試験)



模擬PEMの設置状況

## 3. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

### 3.1 断層の変形様式を支配する強度・応力状態の指標化

(研究の背景・狙い・目標・意義)

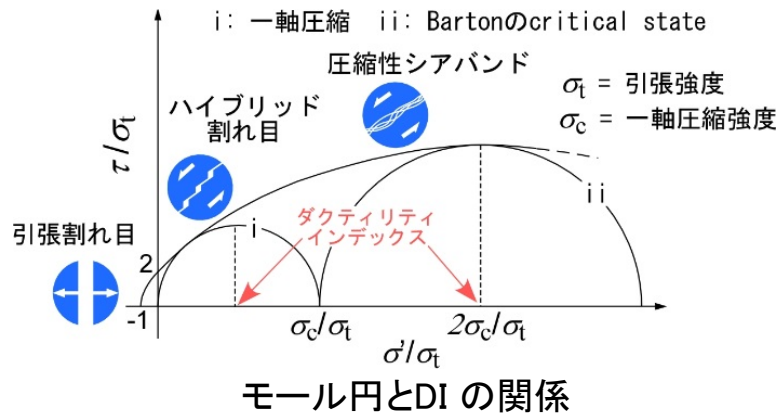
- 地層処分における安全／性能評価では、処分場の閉鎖後における母岩の状態を適切に予測することが重要である。岩盤中には大小様々な断層が存在するが、小規模なものいくつかは処分場に取り込まざるを得ない可能性がある。しかし、それらの断層が将来的に再活動するかを見極めることは難しいため、それらの断層が再活動した場合に、その透水性がどの程度まで上昇し得るかを検討しておく必要がある。
- 断層の透水性は断層の変形様式に大きく依存する。脆性的な変形が起こると断層の透水性は有意に上昇しやすいが、延性的な変形の場合は透水性が上昇しにくい。生じる変形が脆性的か延性的かは、変形時の岩石強度、応力、歪速度、温度などに依存し、特に堆積岩はその低い強度ゆえに、脆性的な変形が生じにくい領域が地下1 km以浅に広く存在し得る。そのような領域の断層は現在の透水性も低く、仮に断層が再活動したとしても有意に透水性が上昇しないことが想定される。処分場の閉鎖後における母岩の状態設定においては、そのような堆積岩の水理・力学的な緩衝能力を適切に考慮し、過度に保守的な母岩の状態設定を合理的に避けることが重要である。
- 本研究では、地殻変動に対する緩衝能力が潜在的に高いことから堆積岩に重点を置き、断層の変形様式を支配する岩石の強度・応力状態を計測且つマッピングが可能なパラメータで指標化することを試みる。そのようなパラメータと断層の透水性の潜在的な上限を関係付けることができれば、処分場閉鎖後の断層の透水性について現実的な状態設定が可能となる。

# 3. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

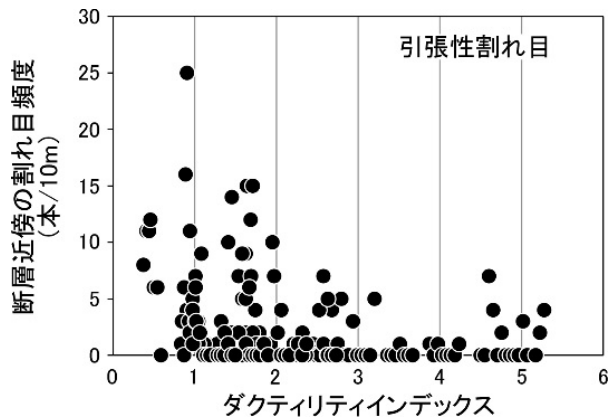
## 3.1 断層の変形様式を支配する強度・応力状態の指標化

(実施内容)

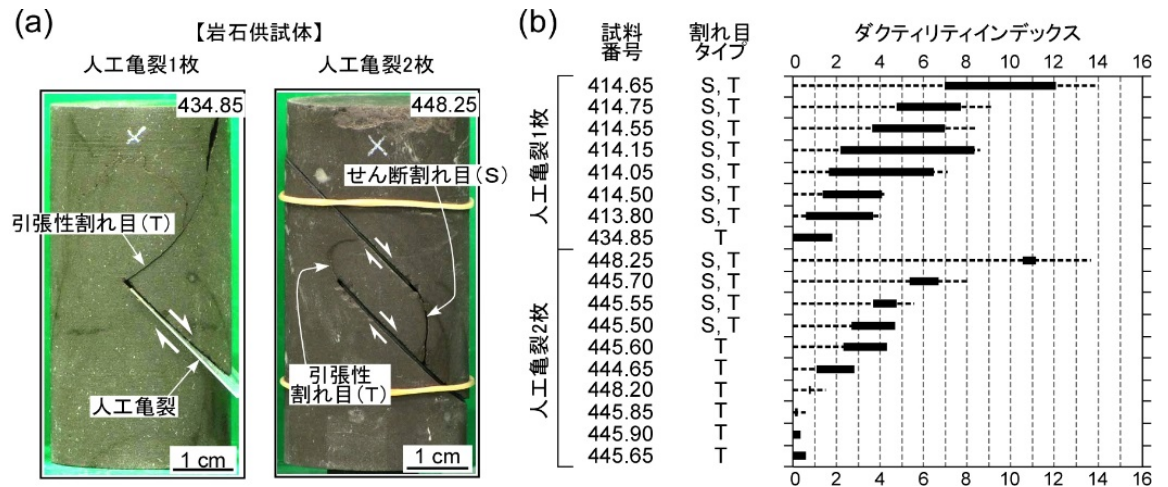
- 断層の変形様式(脆性的or延性的)を支配し得る岩石の強度・応力状態を表す指標を考案するために、関連する既存研究のレビューを行うとともに、机上検討やコア観察・室内実験(破壊実験)を行った。



モール円とDIの関係



断層近傍の引張性割れ目頻度とDIの関係



(a) 破壊実験において断層(人工亀裂で模擬)から派生した割れ目のタイプと

(b) DI の関係(割れ目のタイプを変形様式の指標として活用)

(成果・地層処分事業や他分野への貢献)

- 引張強度で標準化したモール円の中心位置(ダクティリティインデックス: 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であることが確認でき、DIが断層の変形様式を支配し得る岩石の強度・応力状態を表す指標として有効である見通しを得た。



### 3. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

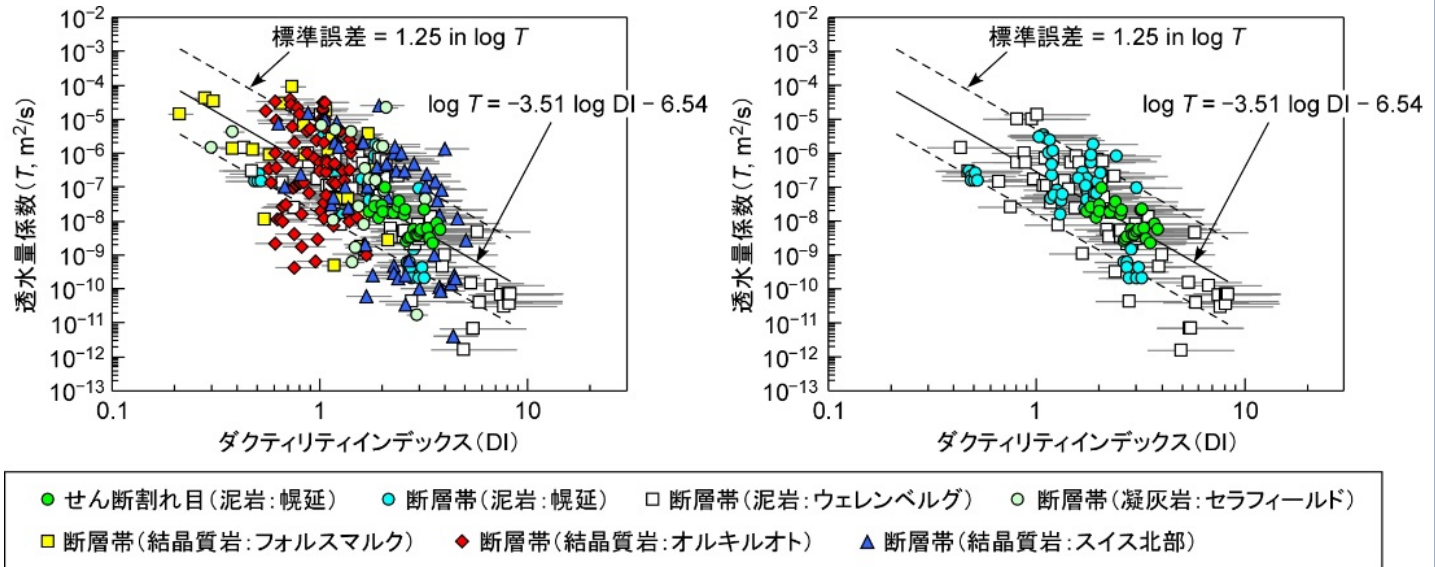
#### 3.2 断層の透水性の潜在的な上限と指標との関係性の整理とモデル(経験則)の構築

(研究の背景・狙い・目標・意義)

- 深度から岩盤の透水性を予測する経験式がいくつか提案されている。しかしこれらは主に深度1 kmより深い領域、あるいは結晶質岩を対象とした経験式であり、深度数百メートルの堆積岩に適用できるとは限らない。また、岩盤力学分野で提案されている亀裂の透水性を推定する経験式を用いて原位置の亀裂の透水性を推定している事例もあるが、その推定には初期の亀裂の透水性など、いくつかの固有なパラメータを室内実験等に基づいて仮定する必要がある。また、この方法は主に節理起源の単一の亀裂を対象としており、断層帯のような複雑な構造を対象としていない。したがって、堆積岩でも適用可能な、断層の透水性の潜在的な上限を推定するモデル/経験則を構築する必要がある。

(実施内容)

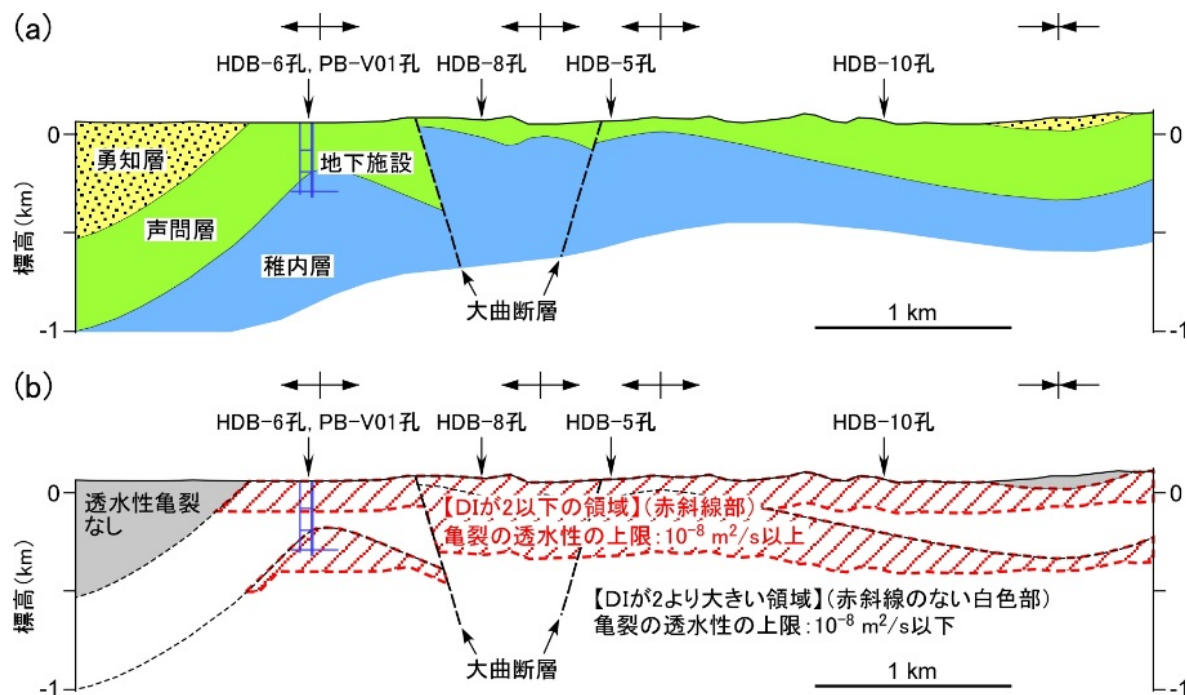
- 堆積岩でも適用可能な、断層の透水性の潜在的な上限を推定するモデル/経験則を構築するために、前項で考案したDIと断層の透水性との関係性を検討する。
- 検討では、断層帯の透水性に関して国内外で得られている様々な試験データのコンパイルを行い、DIと断層の透水性の潜在的な上限の関係について、何らかの経験則が構築できるかを検討した。



DIとせん断性割れ目の透水性の上限値との関係(右図は泥岩のみ)

### 3. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

#### 3.2 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



地下施設周辺のDIの分布と亀裂の透水性 (a) 地質断面図、(b) DIと亀裂の透水性

(成果・地層処分事業や他分野への貢献)

- 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统一的に予測できる可能性が高いことが分かった。このような経験式は、特にサイト固有のデータが多く得られていない段階において、断層の再活動を考慮した処分場閉鎖後の断層の透水性を保守的且つ合理的に設定する際の一つの根拠となり得る。

### 3. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

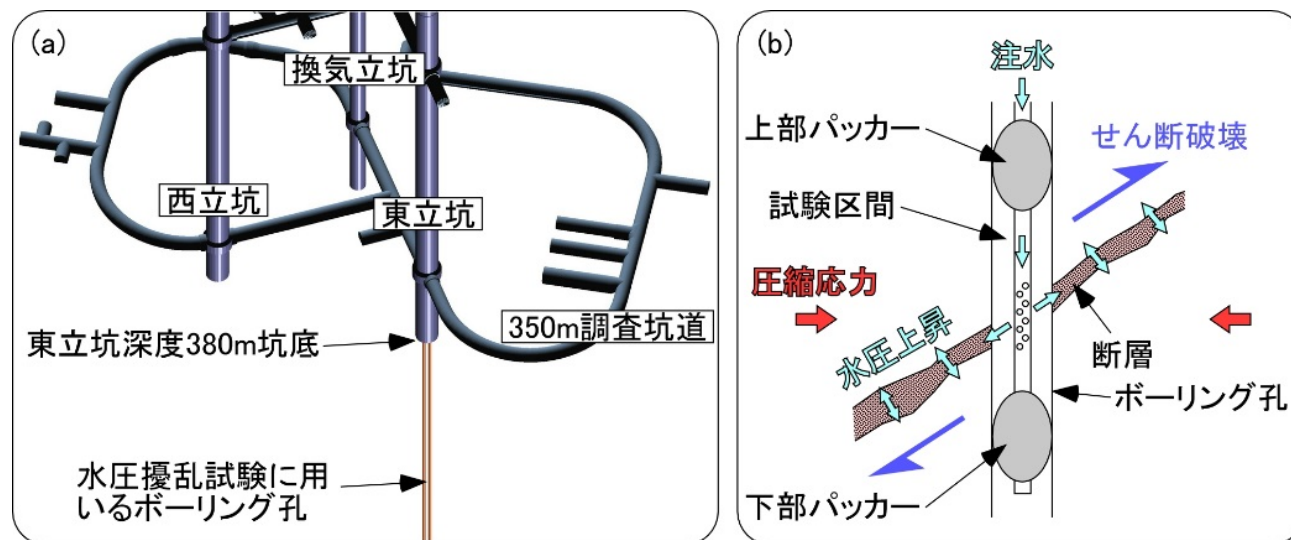
#### 3.3 原位置試験によるモデルの検証

(研究の背景・狙い・目標・意義)

- 近年、断層に高圧注水を行い、断層内にせん断破壊を人工的に生じさせる実験が、地下エネルギー資源の分野や海外の地下研において実施されている。これらの、試験を参考に断層に高圧注水を行い、人工的に断層内にせん断破壊を生じさせ、その前後の透水性を計測することにより、3.2項で構築したDIの経験則を検証する。

(実施内容)

- 地下施設の東立坑の坑底より掘削したボーリング孔で確認された透水性の断層を対象に、水圧を段階的に上昇・下降させる定圧注入試験(水圧擾乱試験)を複数回行い、断層内に不可逆的なせん断破壊を誘発させる
- 破壊前後の断層の透水性の変化を計測した。



(a) 水圧擾乱試験に用いたボーリング孔の位置と(b) 水圧上昇によって誘発される断層のせん断破壊(逆断層の例)

# 3. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

## 3.3 原位置試験によるモデルの検証

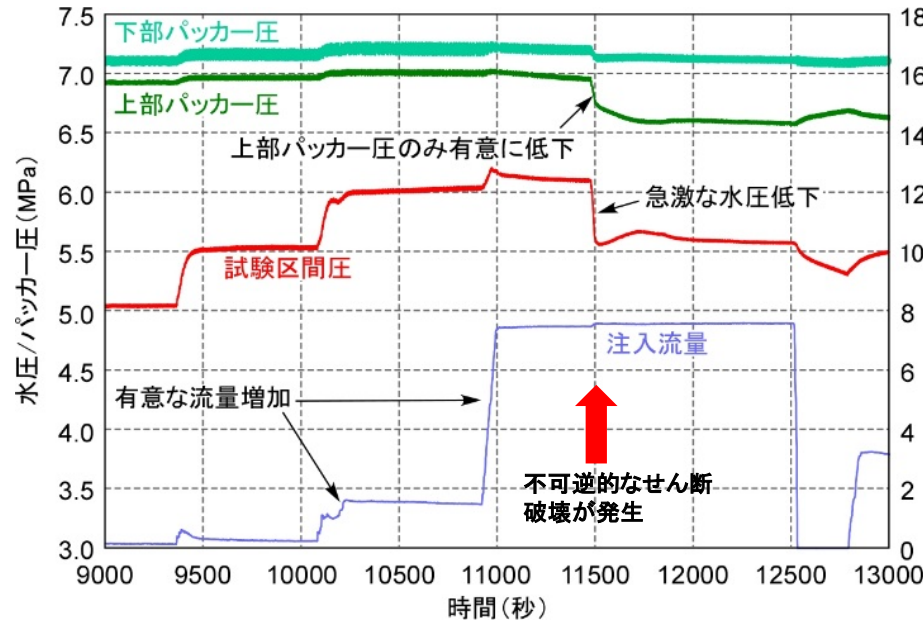


図: 水圧擾乱試験中の水圧、パッカー圧および注入流量

(急激な水圧低下、パッカー圧の不可逆的な変化に基づいてせん断破壊を判断した。)

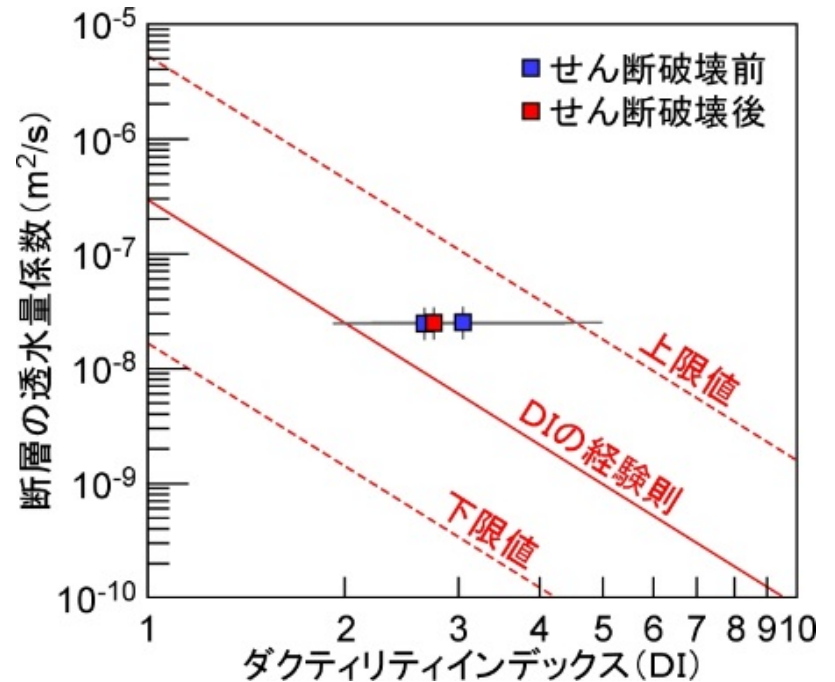


図: せん断破壊前後における断層の透水性の比較 (両者に変化は認められず)

(成果・地層処分事業や他分野への貢献)

- 注入試験により断層内に不可逆的なせん断破壊を生じさせることに成功し、高压注水中は一時的に透水係数が上昇するものの、その前後で断層の透水性に変化が認められないことを確認することができた。これは断層が再活動しても、断層中の亀裂の透水量係数がDIの経験式を超えて不可逆的に上昇しないとするDIモデルを支持しており、断層の再活動を考慮した処分場閉鎖後の断層の透水性を保守的且つ合理的に設定する際に、DIの経験式が一つの設定根拠となることを示唆する。

# 成果のまとめ

## 【幌延深地層研究計画】

以下のような成果が得られている。

### 1. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

(必須の課題達成目標)

- ・人工バリアの設計、製作・施工、品質管理手法の適用性確認および熱、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
- ・オーバーパック腐食評価手法の妥当性確認と原位置でのモニタリング手法の適用性確認
- ・実際の地質環境における物質移行特性評価手法の整備

(成果のまとめ)

- ・処分孔竖置き方式の実規模の人工バリアについて、緩衝材、オーバーパック、坑道埋め戻し材、力学プラグの実際の設計・製作・施工を通じて、既存の設計フローや品質管理手法の有効性を確認。
- ・加熱・注水による人工バリア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、整備したTHM/THMC連成解析コード(THAMES/COUPLYS)により、連成現象の再現性を向上。

# 成果のまとめ

## 【前頁からの続き】

- ・既往のオーバーパックの腐食評価手法の保守性、妥当性を確認するとともに、腐食センサーを用いた腐食挙動のモニタリングが可能であることを確認。
- ・実際の地質環境において、室内試験と原位置試験を組み合わせたモデル化により物質移行挙動を適切に評価することが可能。

## （地層処分事業や他分野への貢献）

- ⇒この技術開発成果は、地層処分の安全性の向上に寄与する重要な成果の一つと考えられる。
- ⇒連成評価手法や物質挙動評価手法などの成果は、石油分野、地熱開発、CO<sub>2</sub>地下貯留の分野に適用が期待される。

# 成果のまとめ

## 【幌延深地層研究計画】

### 2. 処分概念オプションの実証

(必須の課題達成目標)

- ・実際の地質環境における湧水抑制対策・支保技術の実証
- ・人工バリアの搬送定置・回収技術の実証

(成果のまとめ)

- ・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](#)であることを提示。また、海水条件下において処分孔の湧水抑制対策に適用可能な溶液型グラウト配合を提案。
- ・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。支保工や岩盤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提示。
- ・実際の地下環境において、処分坑道横置き方式のうち、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方式や、隙間充填材の除去およびPEMの回収技術の適用性を提示。

(地層処分事業や他分野への貢献)

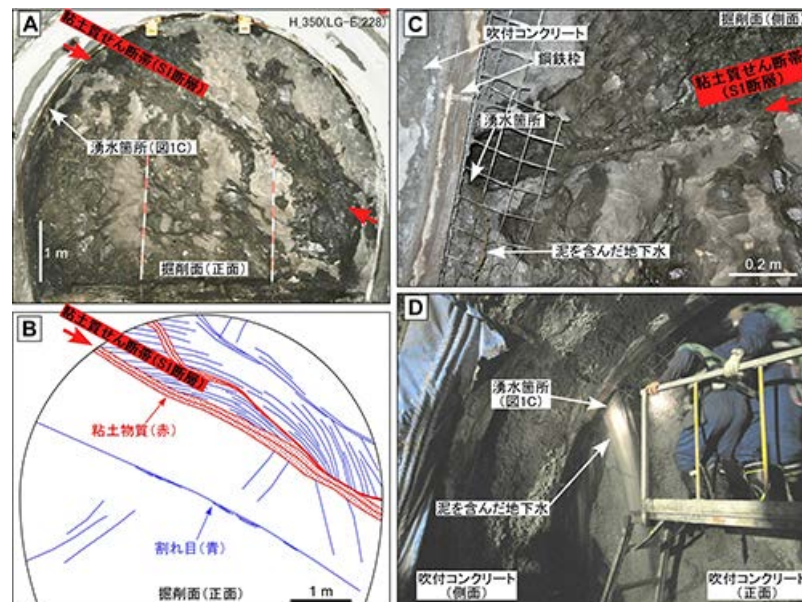
- ⇒この技術開発成果は、処分事業の操業時の安全に寄与する重要な成果の一つと考えられる。
- ⇒本成果は土木分野等の地下開発に適用が期待される。

# 成果のまとめ

## プレスリリース(2017.10.13)

### 「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」

- ・火山灰層起源の粘土質せん断帯は、通常の破碎・変質起源の粘土質せん断帯と比べ、高い膨潤性や変化しやすい粘性を持つスメクタイトを潜在的に多量に含むため、地下坑道等の掘削の際には、同スメクタイトが坑道内へ地下水とともに流出してくる可能性があることから、その分布の事前把握が重要。
- ・しかし、従来の分析方法では粘土質せん断帯が火山灰層起源であるかを断定することは難しかったため、湧水対策を困難にしていた。
- ・幌延深地層研究センターでは、坑道掘削において粘土質せん断帯から流出した粘土物質に、マグマが噴火時に急冷してガラスとなった物質(メルトインクルージョン(MI))が多く含まれていることを発見。このことから、同せん断帯は泥岩中に挟在する火山灰層が変質・変形したものであることが分かった。
- ・火山灰層起源の粘土質せん断帯をMIに基づいて検出し、さらに地下施設周辺のボーリングコアの分析結果に基づいてその拡がりを数キロにわたって追跡することに、世界で初めて成功した。
- ・今回適用した分析手法は、火山灰層起源の粘土質せん断帯の存在や分布を地上からのボーリング調査などから把握する際に役立つと期待。
- ・本研究の成果は国際学術誌「Engineering Geology」に10月13日付で掲載





# 成果のまとめ

## 【幌延深地層研究計画】

### 3. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の実証

(必須の課題達成目標)

- ・断層の変形様式を支配する強度・応力状態の指標化
- ・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
- ・原位置試験によるモデルの検証

(成果のまとめ)

- ・引張強度で標準化したモール円の中心位置(DI)と断層のダメージゾーンの変形様式との定量的な対応付けが可能。
- ・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。
- ・ボーリング孔を用いた断層を対象とした水圧擾乱試験の結果、新たにせん断変形が起こったり有効応力が低下しても、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。

(地層処分事業や他分野への貢献)

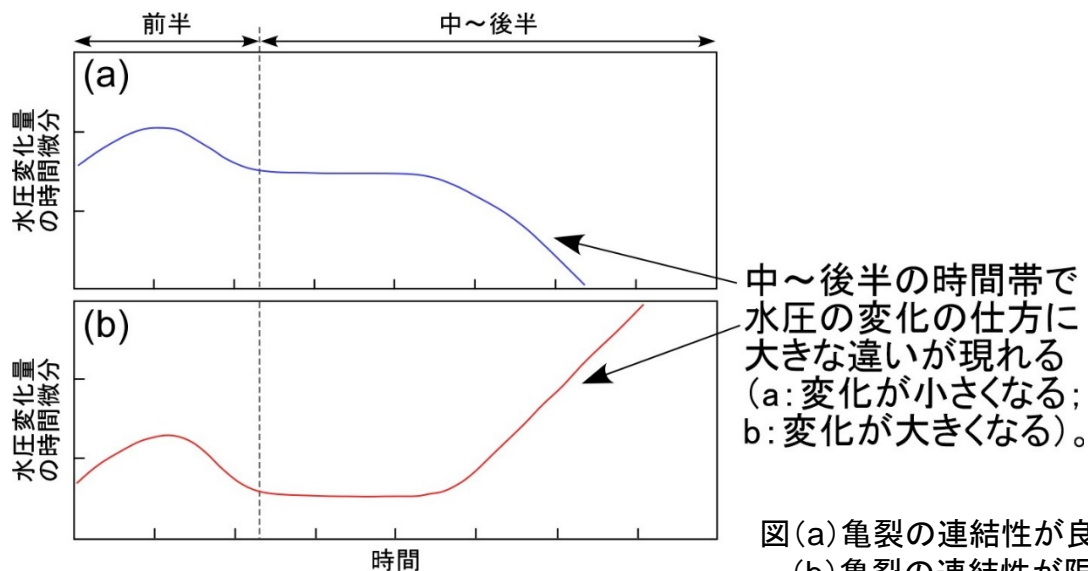
- ⇒この技術開発成果は、地層処分の長期安全性に寄与する重要な成果の一つと考えられる。
- ⇒本成果は石油分野、地熱開発、CO<sub>2</sub>地下貯留の分野に適用が期待される。

# 成果のまとめ


プレスリリース(2018.5.30)

## 「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」

- ・ 高レベル放射性廃棄物の地層処分の候補地選定に係わる調査では、地下深くの亀裂の連結性を適切に評価することが重要だが、これまでに特段の良い評価方法は見つかっておらず、地上から地下深くの亀裂の連結性を適切に評価することは困難とされてきた。
- ・ 幌延深地層研究センターは、水圧挙動の特性など従来から知られている知見を融合させた新たな評価方法を考案。これを用いて日本を含む複数の地層に適用し、その高い実用性を確認した。
- ・ 本研究の成果は、地層処分の候補地選定に係わる調査に役立つだけでなく、地層の亀裂中に貯留する資源の探査などへの応用も期待される。
- ・ 本研究の成果は米国の学術誌「Water Resources Research」に掲載予定。電子版には5月12日(日本時間)に掲載。



図(a) 亀裂の連結性が良い場合の水圧変化の一例  
図(b) 亀裂の連結性が限定的である場合の水圧変化の一例

A wide-angle photograph of a lush green field. In the foreground, three deer are visible: one on the left with large antlers, one in the center, and one on the right. In the background, a line of utility poles stretches across the horizon, and a large, dark, multi-story windmill stands on the right. The sky is a clear, pale blue.

**ご静聴有難うございました。**