

令和5年度 第3回 幌延深地層研究の確認会議 説明資料

令和5年9月28日

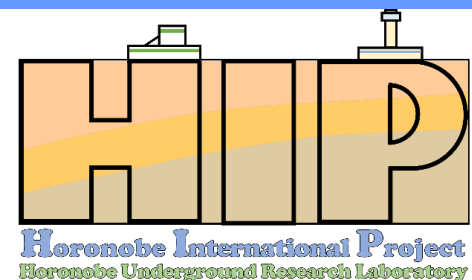
日本原子力研究開発機構
核燃料・バックエンド研究開発部門
幌延深地層研究センター

令和5年度 第3回

幌延深地層研究の確認会議

1. 幌延国際共同プロジェクトの実施状況
2. 施設整備の状況
 - 350m調査坑道の拡張作業状況
 - 立坑掘削のための湧水抑制対策(グラウト工)作業の概要
 - 施設整備工程の更新
3. 地下施設の安全管理の状況
 - 地下施設の安全管理の概要
 - メタンガス発生時の対応
 - 深度350m調査坑道でのメタンガスの発生(6月28日)
 - メタンガス発生時の作業状況(6月28日)と原因・対策
4. その他
 - 確認会議での委員からのご指摘への対応

1. 幌延国際共同プロジェクトの実施状況



【前提】

- 「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」に沿って、令和10年度末までを限度として実施。
- 「幌延町における深地層の研究に関する協定書」の遵守を大前提として進める。

参加機関(令和5年9月28日現在、署名順)	署名日	タスクA	タスクB	タスクC
英国地質調査所(BGS、英国)	2/7	○	○	○
日本原子力研究開発機構(JAEA、日本)	2/8	○	○	○
原子力テクノロジー国営会社(RATEN、ルーマニア)	2/8	○	—	—
工業技術研究院(ITRI、台湾)	2/10	○	—	—
韓国原子力研究所(KAERI、韓国)	3/15	○	○	○
連邦放射性廃棄物機関(BGE、ドイツ)	3/28	○	○	○
原子力環境整備促進・資金管理センター(RWMC、日本)	4/3	—	○	○
原子力発電環境整備機構(NUMO、日本)	4/3	○	○	○
電力中央研究所(CRIEPI、日本)	4/3	○	—	○
オーストラリア連邦科学産業研究機構(CSIRO、オーストラリア)	4/28	○	○	○
国営放射性廃棄物会社(SERAW、ブルガリア)	7/18	○	○	○

※協定書に基本合意していた全機関による署名を7月21日に確認

1. 幌延国際共同プロジェクトの実施状況



実施状況

- 第1回管理委員会(4/11-12, パリ):実施計画の承認
- 合同タスク会合(6/28, ウェブ):各タスクの詳細計画を確認
- タスクAに関する現地会合(9/6, 幌延):原位置試験に関する意見交換など

ホームページなどでの情報発信について

- 協定発効後、署名機関名は週報にて随時お知らせ
 - HIPホームページの更新
 - NUMOの技術者を含め、関係者が幌延を訪問した際のお知らせ
 - ✓ 関係者の訪問日時
 - ✓ 目的
 - ✓ 所属
 - ✓ 参加人数
 - ✓ 活動の状況(写真等)
- ただし、個人を特定する情報については、個人情報保護の観点から非公表



HIPホームページ(日本語)

https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/status/hip/project_hip.html



HIPのホームページ

1. 幌延国際共同プロジェクトの実施状況

タスクAに関する現地会合

- 日時: 令和5年9月6日(水) 14:00~17:00
- 場所: 250m西立坑側第1ボーリング横坑、地上施設
- 参加機関・人数:
 - 日本原子力研究開発機構(3名)
 - 電力中央研究所(1名)
 - 原子力発電環境整備機構(1名)
- 実施内容:
 - 250m西立坑側第1ボーリング横坑の現場確認(写真)
 - 地上施設での原位置試験装置の確認
 - 原位置試験に関する意見交換



写真 現場確認の状況
(250m西立坑側第1ボーリング横坑)

2. 施設整備の状況

350m調査坑道の拡張作業状況(1/2)

水平坑道の掘削方法(第1回確認会議資料3 スライド24/65の再掲)



メタンガスの有無を確認

①ガスチェック



ブレイカーで岩盤を破碎

②掘削



③掘削土(ズリ)出し

コンベアーや運搬車両で立坑まで運搬し、立坑から地上に搬出



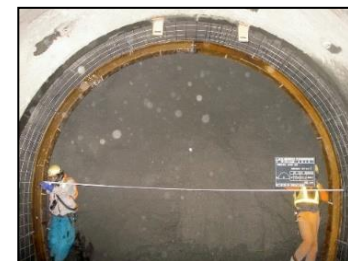
水平坑道掘削後、岩盤壁面の割れ目分布や湧水の有無などの情報を取得

④壁面観察



水平坑道掘削後、⑥の鋼製支保取付けを行うため、岩盤面にコンクリートを吹付ける。

⑤コンクリート吹付け



⑥鋼製支保

水平坑道と同じ形状に曲げた鋼製材料(鋼製支保)を取付ける。



鋼製支保取付け後、コンクリートを吹付ける。

⑦コンクリート吹付け



吹付けコンクリート面から岩盤中にロックボルトを打ち込み補強する。

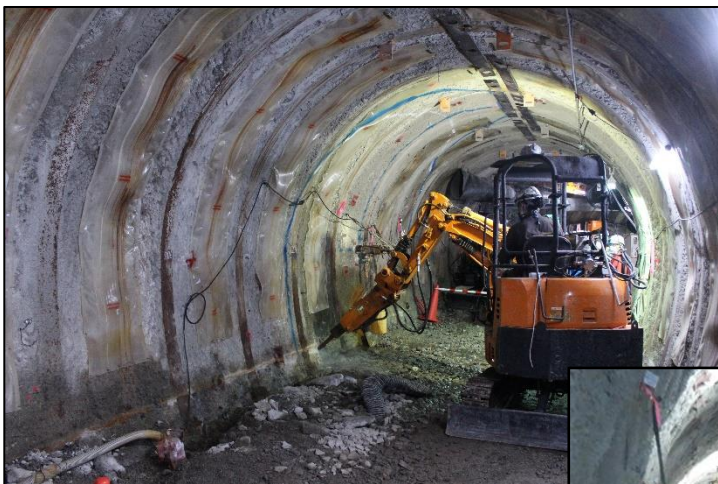
⑧ロックボルト設置

2. 施設整備の状況

350m調査坑道の拡張作業状況(2/2)

掘削状況

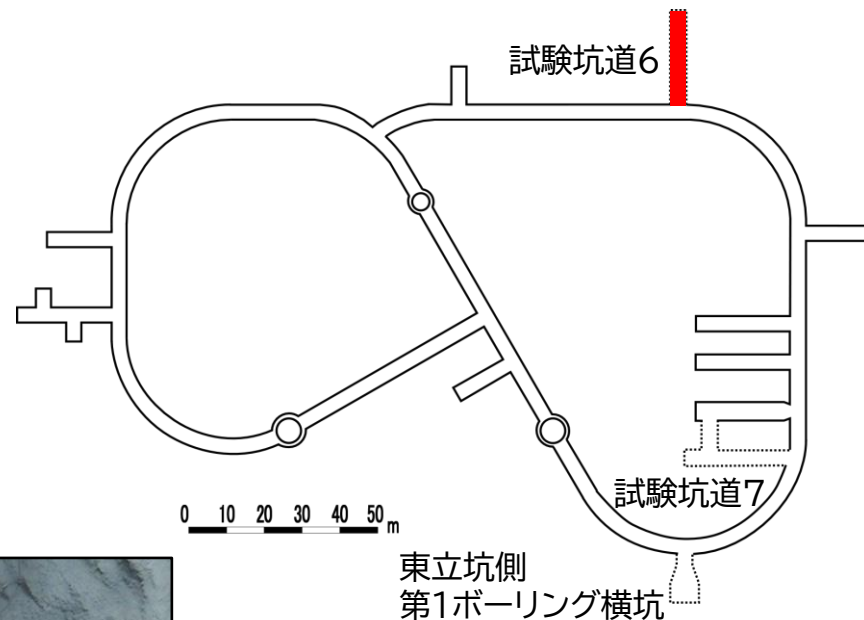
- 試験坑道6の掘削開始: 6月13日
- 9月22日現在の掘削長: 25m/66m



掘削開始時の状況



試験坑道6の掘削完了

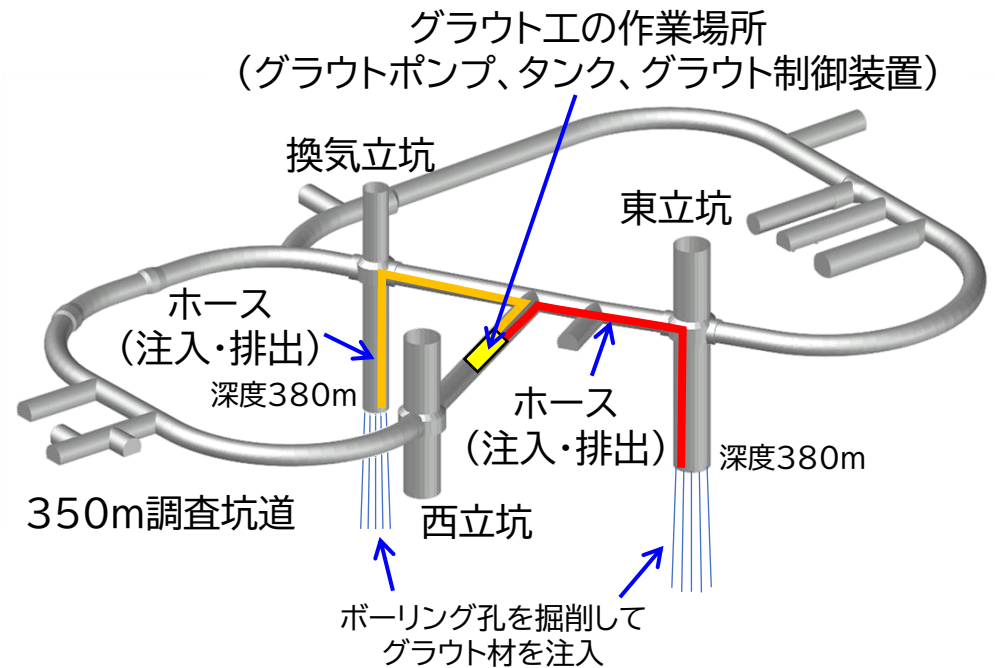


350m調査坑道平面図
(拡張範囲: 点線部)

2. 施設整備の状況

立坑掘削のための湧水抑制対策(グラウト工)作業の概要

- 換気立坑・東立坑の坑底からボーリング孔を掘削し、湧水が多い部分にグラウト材(セメントミルク)を注入して、湧水量を抑制する作業を実施中。
- 注入の管理、セメントミルクの配合などを行う設備を350m調査坑道に設置し、坑底までホースを延ばして作業を行っている。
- 東立坑・換気立坑の坑底では、メタンガスの発生を見込んで換気の強化対策を実施。
- 今後、西立坑の坑底でも同様の作業を実施する予定。



湧水抑制対策作業の概要図

2. 施設整備の状況

施設整備工程の更新(1/2)

本年4月より地下施設の施設整備業務を開始し、深度500m掘削に向けた準備を実施している。湧水抑制対策(グラウト工)のための先行ボーリング結果に基づき、施工方法の最適化の検討を進めた結果、施設整備工程を更新することとした。(本年8月9日に北海道及び幌延町にご説明するとともにHPに掲載)

【工程更新の主な理由】

1. 先行ボーリング結果に伴う湧水抑制対策期間の見直し
 - 湧水抑制対策は、先行ボーリングによる調査を実施し、詳細な施工範囲を決定
 - 調査の結果、換気立坑の湧水抑制対策範囲を合計で約50m分拡充、施工期間を6か月程度延長
 - 東立坑は、湧水抑制対策の進捗が早く、予定より2か月程度早期に掘削に着手できる見通し
2. コンクリート打設長の見直しに伴う掘削期間の短縮
 - 東立坑および西立坑の覆工コンクリートの打設長は、当初、岩盤状態が悪い条件で適用する1mを標準案
 - 受注時の事業者からの技術提案として改善策が提示され、解析結果により採用の是非を判断
 - 解析の結果、打設長を前回工事でも実績のある2mとすることが可能と判断
 - これにより、東立坑および西立坑の掘削期間が6か月程度短縮

	R5年度	R6年度	R7年度
350m調査坑道	■		
換気立坑		■	
東立坑	■		
西立坑			■
500m調査坑道		■	

■見直し後の工程、■見直し前の工程

※段取りや設備等の準備期間を含む(湧水抑制対策は含まない)

※本工程は、今後も現場の進捗等に応じて適宜見直しを行う

【工程の主な更新内容】

- 令和5年度の第2四半期に換気立坑より順次着手としていた立坑掘削について、東立坑より着手
- 西立坑は令和6年度下期から着手予定
- 深度500m調査坑道については予定通り、令和7年度末に完成する見込みであり、研究計画への影響なし

本更新に伴う施設整備完了時期に変更はないことから、研究計画への影響は生じない。

2. 施設整備の状況

施設整備工程の更新(2/2) 施設整備のスケジュール

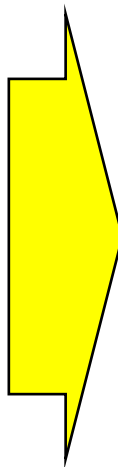
施設整備の概略スケジュール(令和5～7年度)

	R5年度	R6年度	R7年度
350m調査坑道	■		
換気立坑	■	■	
東立坑	■	■	
西立坑		■	■
500m調査坑道		■	■

■見直し後の工程、■見直し前の工程

※段取りや設備等の準備期間を含む(湧水抑制対策は含まない)

※本工程は、今後も現場の進捗等に応じて適宜見直しを行う



各年度の想定スケジュール(令和5～7年度)

令和5年度

	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期
350m調査坑道	準備 掘削			仕上
換気立坑		グラウト		準備 掘削
東立坑	グラウト	準備 掘削		
西立坑				グラウト

令和6年度

	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期
換気立坑		掘削		
東立坑	掘削			
西立坑		グラウト		準備 掘削
500m調査坑道	グラウト	準備 掘削		

令和7年度

	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期
西立坑		掘削		
500m調査坑道		掘削		仕上

■見直し後の工程、■見直し前の工程

- 準備:換気立坑の積込機製作、資機材等の準備(型枠、掘削機、他資機材)など
 - 仕上:路盤コンクリートの打設、配管・配線等の設置、片付け、清掃など
- ※令和7年度第3四半期以降にスcaffolding設置作業等を実施予定。
※本工程は今後の施工計画策定や工事進捗に応じて変更となる場合があります。

地下施設の安全管理の概要

監視システム

地下施設で観測している安全に関する様々な情報を、地上の中央管理室において常時監視しており、異常値が検出された場合に、直ちに対応できるよう備えている。

【主な監視項目】

- 地下の環境(温度、湿度、一酸化炭素濃度、酸素濃度、メタンガス濃度など)
⇒異常検知時には、警報吹鳴
- 設備の稼働状況(換気設備、排水設備、電気設備など)
- 入出坑者(入坑中は、地下施設での位置情報)
- 現場に設置したカメラの映像

メタンガス対策

基本は、換気でメタンガス濃度が上がらないように制御する。

作業開始前に現場でポータブルのガスセンサーで計測(労働安全衛生法に従った対応)するとともに、地下施設の主要な個所にメタンガスセンサーを設置して、地上の中央管理室にて24時間モニタリングしている。



地下の環境を監視するセンサー

3. 地下施設の安全管理の状況

メタンガス発生時の対応

メタンガス濃度(%)	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	パトライト点灯
1.0以上	サイレン吹鳴 退避
1.5以上*	坑内電源遮断

*労働安全衛生規則に基づく措置 メタンガスが爆発する条件(以下のすべてを満たすこと)

- ・空気中のメタンガス濃度が5%~15%である
- ・同時に、酸素が存在する
- ・火気(点火源)が存在する

- 空気中のメタンガス濃度が1.5%を超えた場合、安全装置により自動で電源遮断し点火源を断つ(電源遮断後も地上の換気設備にて坑道換気は継続)
- 電源遮断した場合、作業員は一時避難所等の安全な場所に退避する
- 人キブル関連の電源が復旧した後、地上に退避する

3. 地下施設の安全管理の状況

深度350m調査坑道でのメタンガスの発生(6月28日)

メタンガス発生から作業再開までの状況

• 21時46分

東立坑の坑底において水の通り易さを調べる試験中に、試験装置のホースの出口があった深度350m西連絡坑道において、メタンガス濃度5.0%以上を検知した。安全装置が働き350m調査坑道以深の電源を自動遮断、メタンガス濃度は1分ほどで0%に低下した。地下施設では、7名の作業員がグラウト作業中であった。

• 22時35分

中央監視装置等で異常がないことを確認し、電源を復旧。

• 22時45分

坑内設備の点検を完了し、異常のないことを確認。

• 1時頃

設備等の異常のないことを確認後、作業を再開。

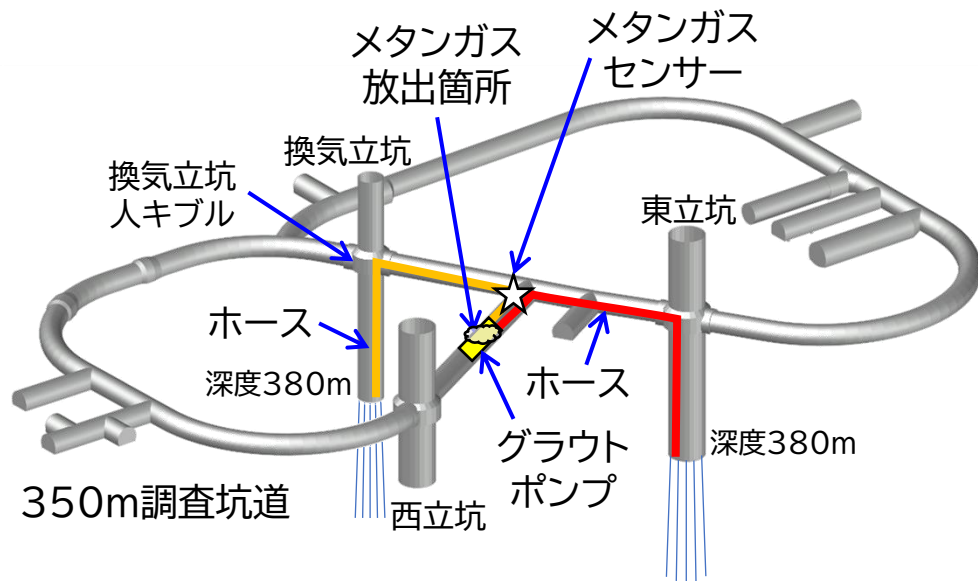


ホームページの「トピックス」に
概要を掲載（6月29日 13時）

3. 地下施設の安全管理の状況

メタンガス発生時の作業状況(6月28日)と原因・対策

- 作業の実施状況
 - 東立坑: 350m調査坑道からホースにてボーリング孔にグラウトポンプで水を供給し、水の通り易さを計測
 - 換気立坑: セメントミルク注入作業を実施
- 作業時の人員配置(合計7名)
 - 350m西連絡坑道: 2名
 - 東立坑の坑底: 2名
 - 換気立坑の坑底: 2名
 - 換気立坑人キブル: 1名
- 原因
 - 東立坑のボーリング孔のグラウト注入区間(深度約480m)より湧出したメタンガスが、残留物とともにホースを通じて、東立坑の坑底から350m調査坑道のグラウト工の作業場所にある制御装置を経て、坑道内に放出された。



メタンガス発生時の状況

今後の対策

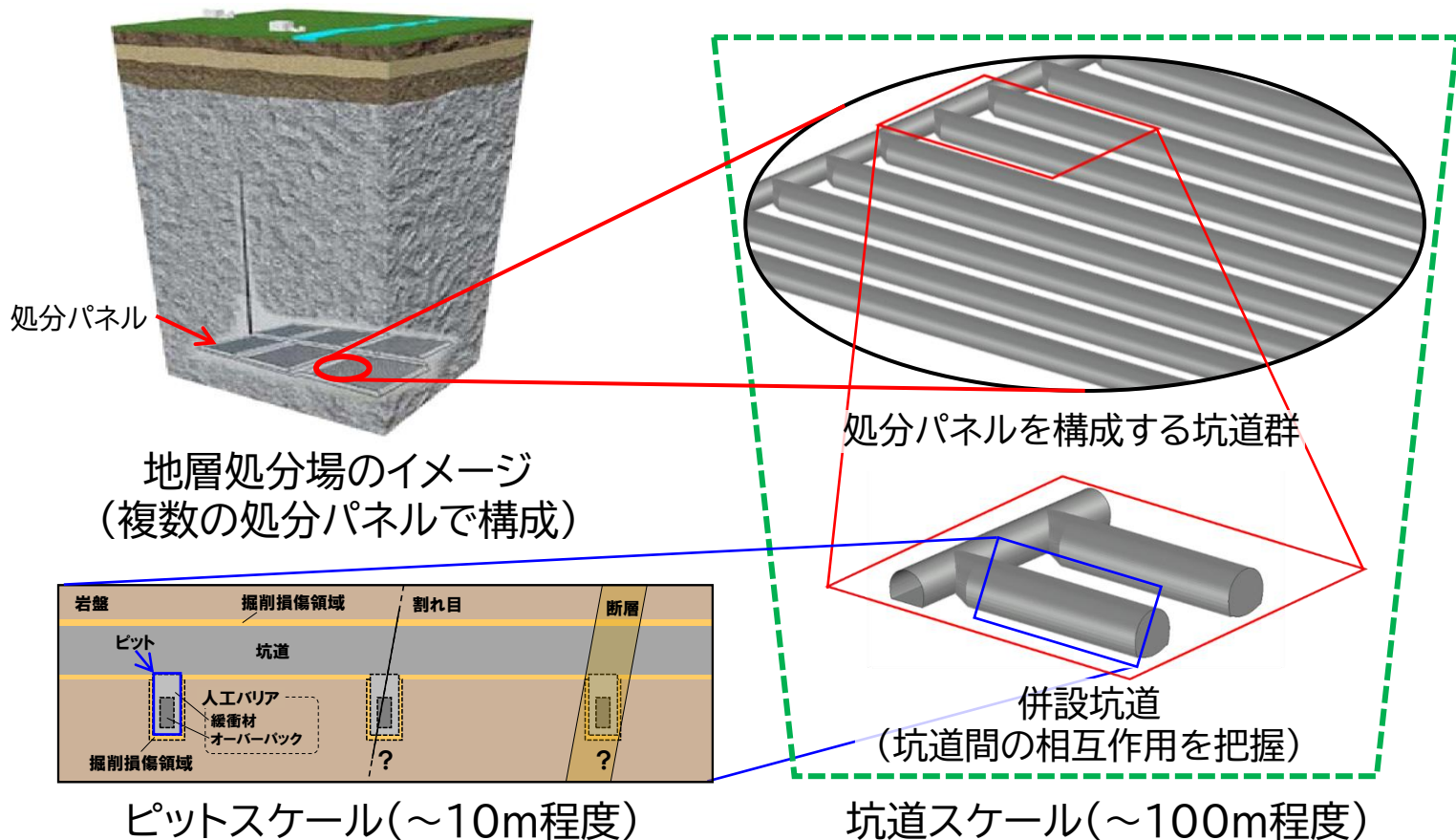
- 東立坑・換気立坑の坑底では、メタンガスの発生を見越して換気を強化していることから、換気による希釈効果を最大限に発揮できる。今後、ホース内にある残留物の抜き取り作業は、各坑底において行うこととした。

4. その他

確認会議での委員からのご指摘への対応: 渡邊准教授他からのご指摘

坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化の概念図について、
 どれが坑道スケール、ピットスケールなのか分かりにくい

- 坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化の概念図の更新

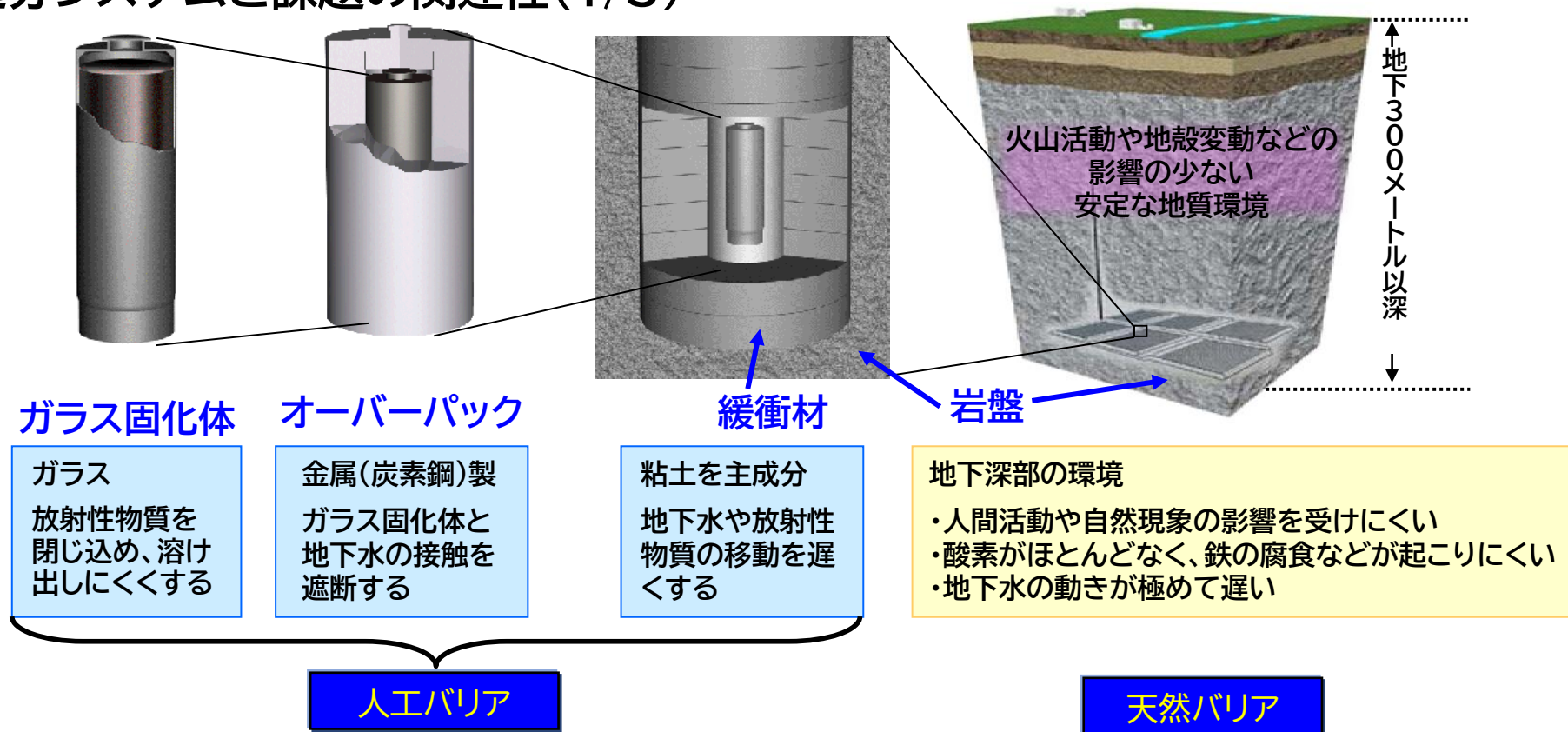


4. その他

確認会議での委員からのご指摘への対応: 渡邊准教授他からのご指摘

処分場の準備、建設、運転、閉鎖後といった流れの中の中のどの部分を対象とした研究なのか、が良く見えないので、研究の意味、位置付けのようなものをもう少し詳しく説明して欲しい。

• 地層処分システムと課題の関連性(1/3)



多重バリアシステム(人工バリアと天然バリアの組み合わせ)に期待されるバリア性能

4. その他

・地層処分システム(変遷の例)と課題の関連性(2/3)

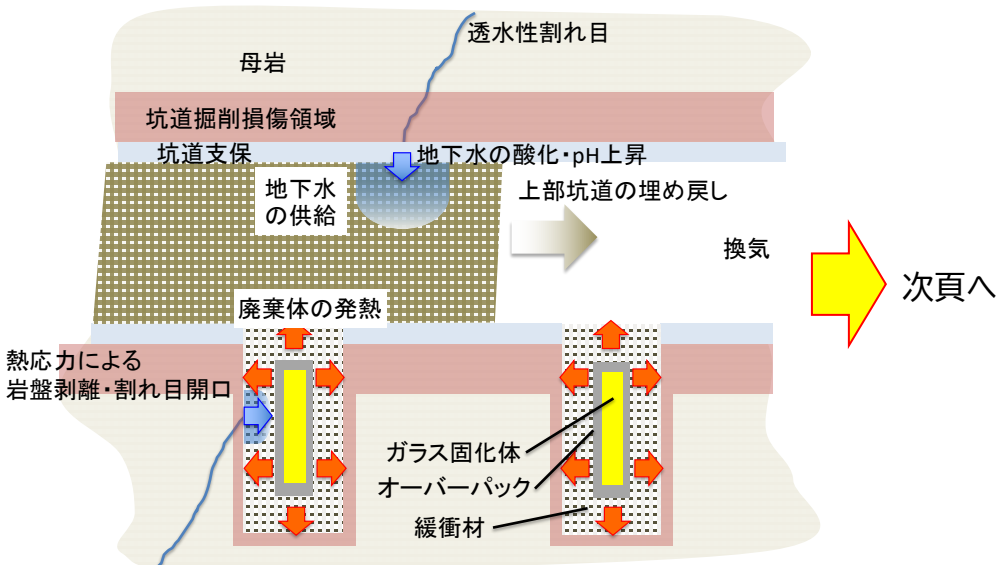
令和2年度以降の幌延深地層研究計画における研究課題

- 1.1 人工バリア性能確認試験
- 1.2 物質移行試験
- 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
- 2.2 高温(100℃以上)などの限界条件下での人工バリア性能確認試験

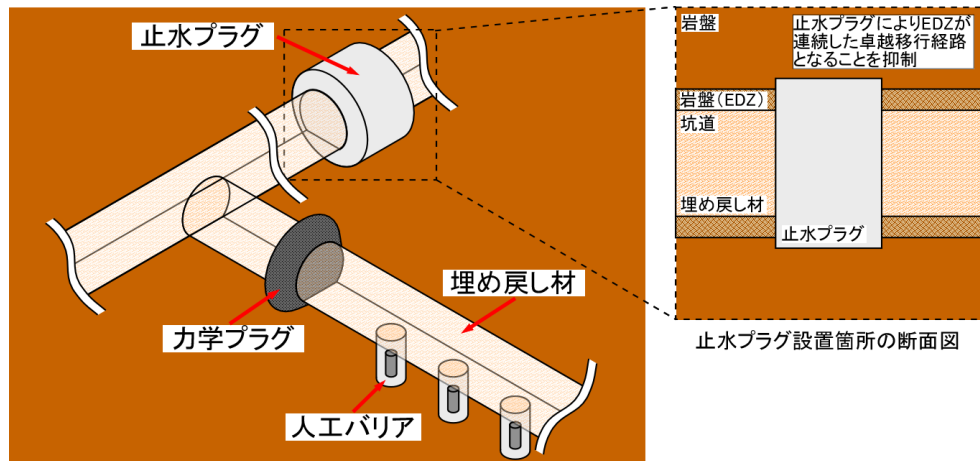
- 3.1 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化
- 3.2 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

各課題で確認する事象は、以下の通り。

建設・操業・埋め戻し期間



- ・ピットの配置・施工(2.1)
- ・掘削影響による割れ目の生成、既存割れ目の開口(2.1)
- ・セメント等の人工材料の設置(2.1)
- ・岩盤割れ目部からの湧水(2.1)
- ・周辺岩盤の物理化学変化(2.1) など



- 処分場の埋め戻し(閉鎖)時
- ・止水プラグの性能を確保できる品質を達成可能な施工方法の検討(2.1)
 - ・止水プラグや坑道の埋め戻しの設計に資する掘削損傷領域(EDZ)の調査技術の高度化(2.1)

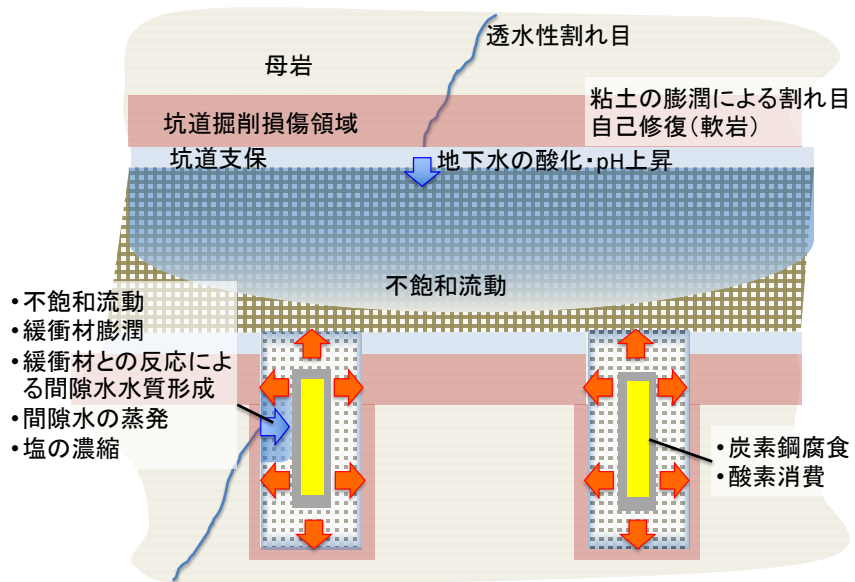
- 処分場の埋め戻し(閉鎖)後
- ・止水プラグの地下水移行抑制機能の評価(2.1)

4. その他

・地層処分システム(変遷の例)と課題の関連性(3/3)

処分場閉鎖～ニアフィールド`遷移状態(閉鎖後1,000年まで)

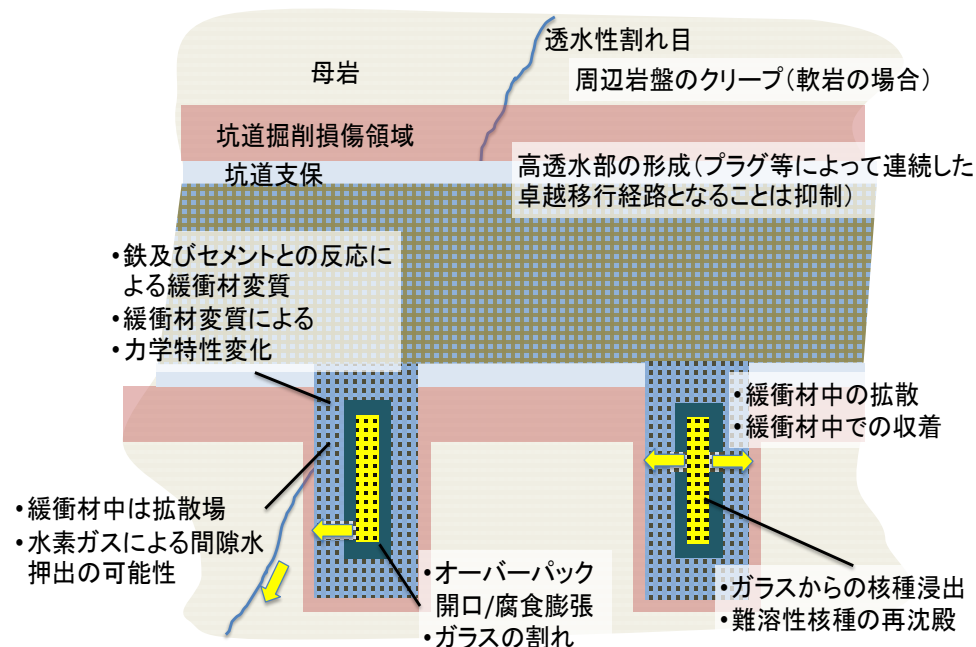
(廃棄体の発熱の顕著な期間)



- ・緩衝材への含水による熱特性の変化、膨潤圧の発生、透水性の変化(1.1, 2.2)
- ・緩衝材間隙水の蒸発による塩の濃縮(1.1, 2.2)
- ・緩衝材の膨潤による割れ目自己修復(1.1, 2.2)
- ・廃棄体からの発熱、減熱による水分移動への影響(1.1, 2.2)
- ・オーバーパックスの腐食および腐食による強度低下(1.1) など

人工バリア・岩盤での核種移行(1,000年後以降)

(環境条件が定常に至り、外部環境と伴に変遷していく期間: 数万年～数十万年)



- ・廃棄体の発熱低下(1.1)
- ・緩衝材の流出/膨出による密度低下(1.1, 2.1)
- ・緩衝材の変質による力学特性の変化(1.1, 2.1)
- ・オーバーパックスの腐食膨張による緩衝材の圧密(1.1)
- ・鉄/ベントナイト、コンクリート/ベントナイト相互作用による緩衝材の変質(1.1)
- ・開口した割れ目等に沿った地下水流動(1.2, 2.1, 3.2)
- ・放射性核種の移行(1.2)
- ・緩衝材の侵食による人工バリア内の移流場の形成(1.1)
- ・長期的な岩盤変位による緩衝材への影響(3.1, 3.2) など

4. その他

補足図(有識者
(渡邊准教授⑧))

坑道の位置を
示します。

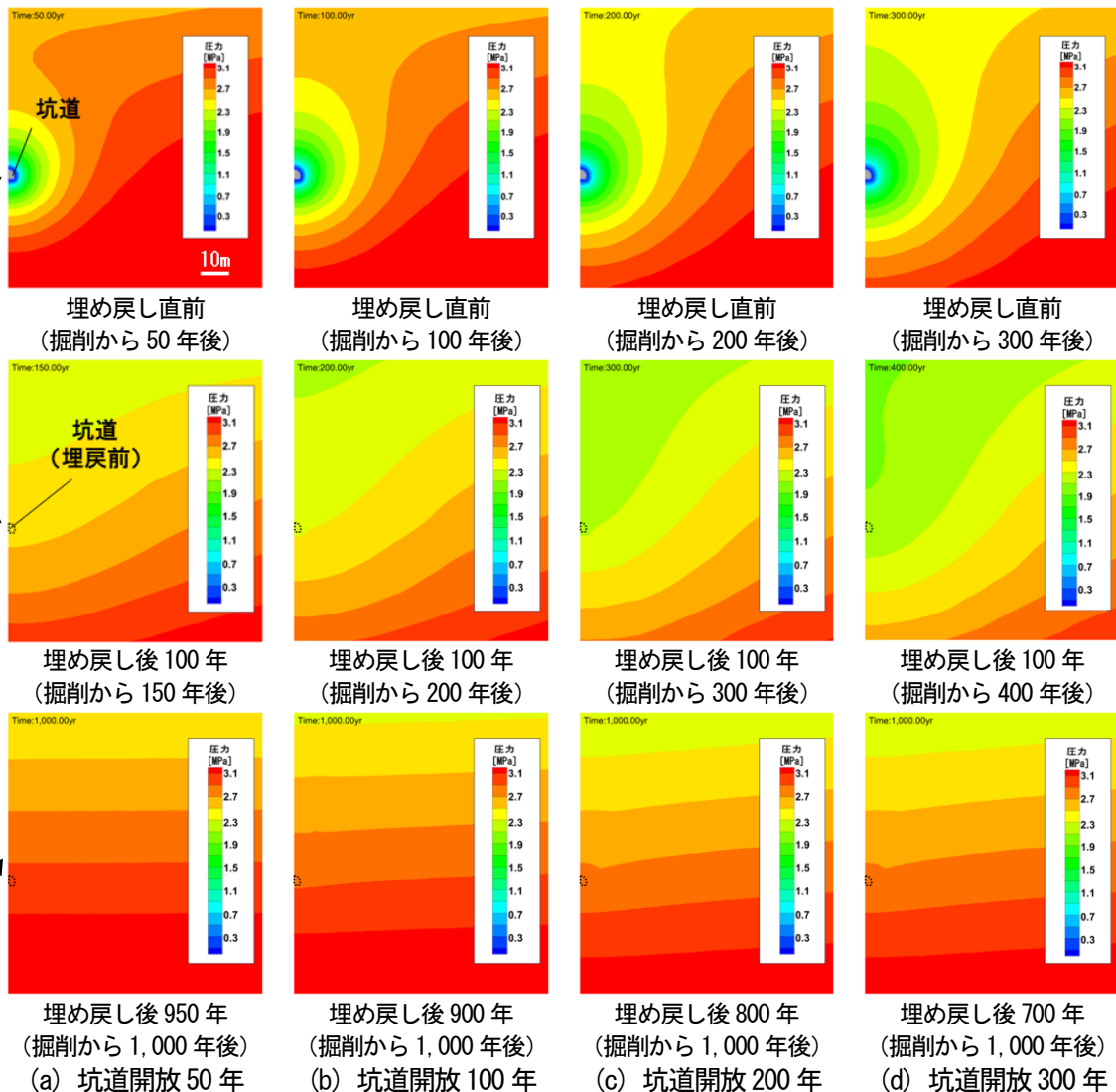


図 30 坑道開放期間の違いによる埋め戻し後の圧力回復挙動の比較

4. その他

補足図(有識者
(渡邊准教授⑧))

坑道の位置を
示します。

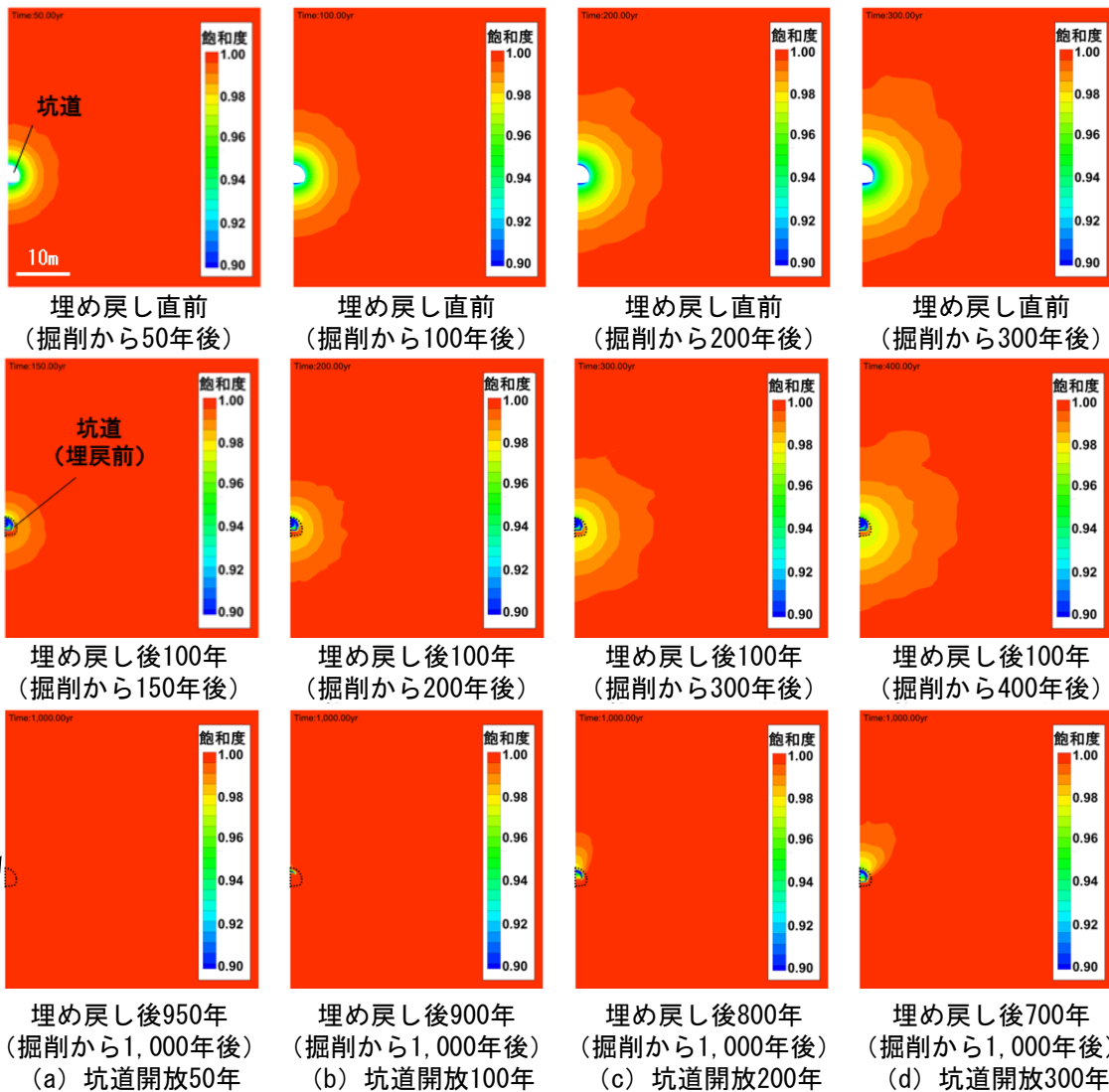
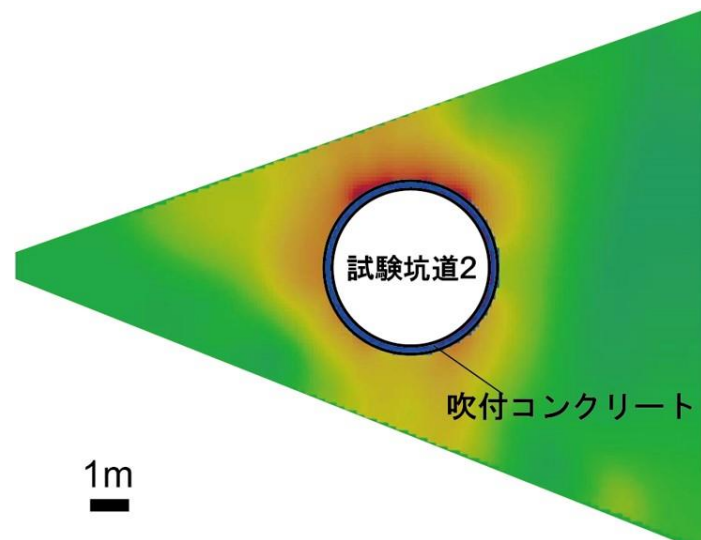
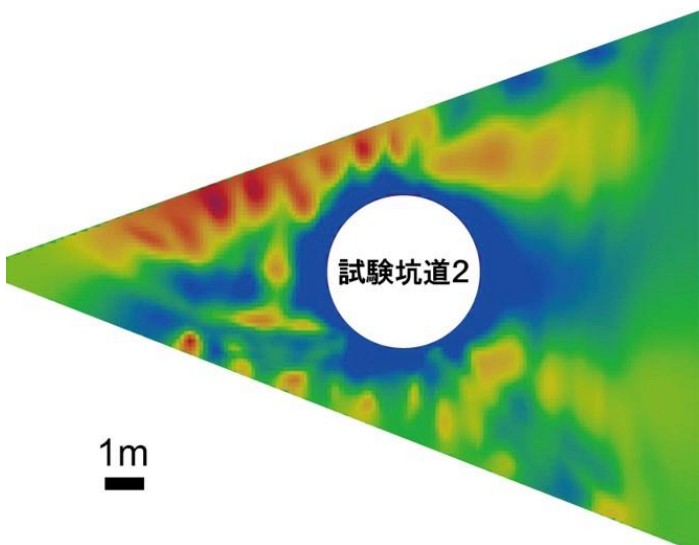


図 31 坑道開放期間の違いによる埋め戻し後の飽和度回復挙動の比較

4. その他

補足図(有識者(渡邊准教授⑭))

吹付コンクリートの位置を示します。



(a) 吹付けコンクリートの影響を考慮しない場合の結果 (b) 吹付けコンクリートの影響を考慮した場合の結果

図 49 吹付けコンクリートの影響を考慮した場合と考慮しない場合の解析結果の比較

4. その他

補足図(有識者(渡邊准教授⑭))

吹付コンクリートの位置を示します。

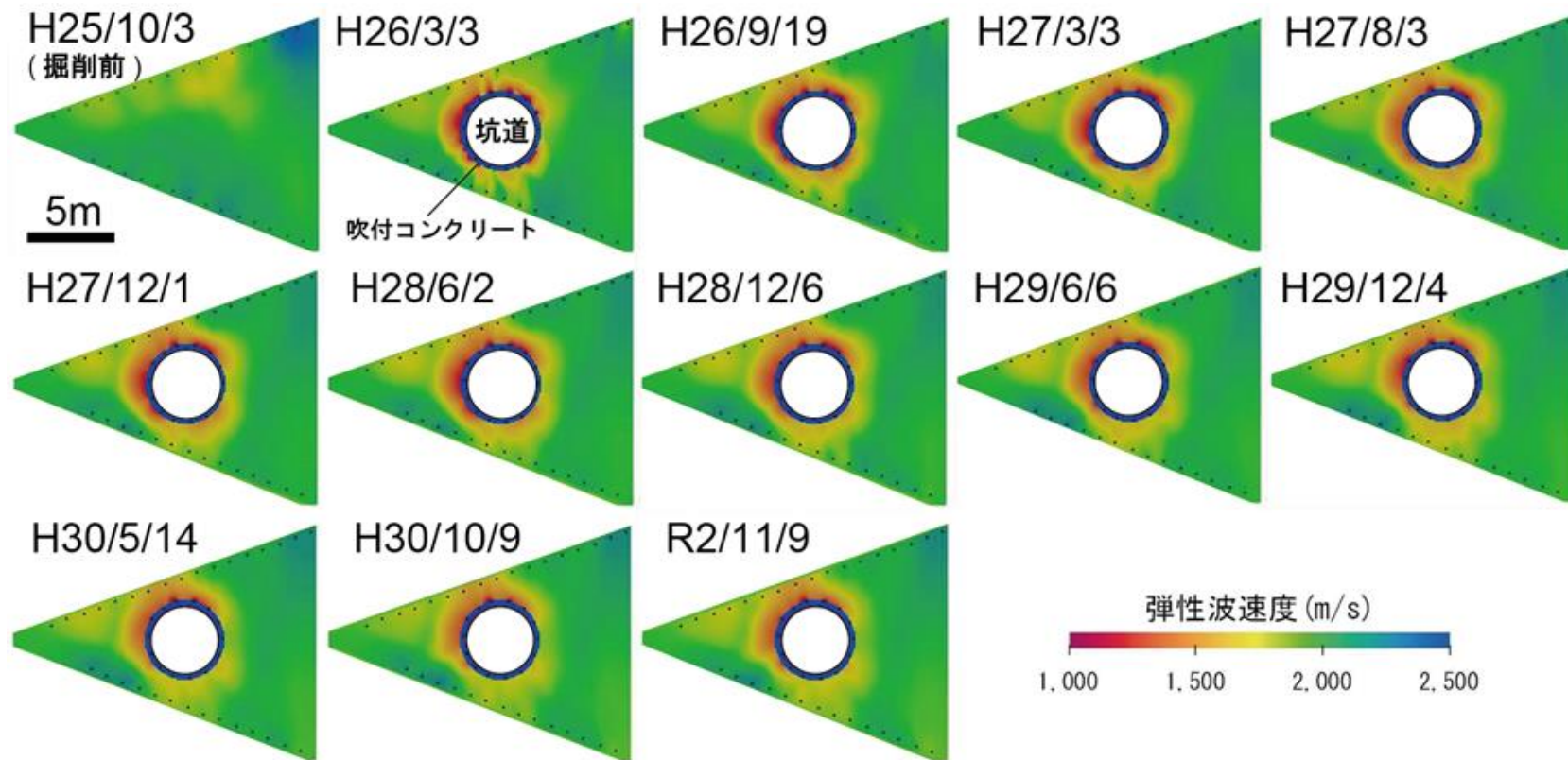


図 50 タイムラプス解析による弾性波速度の経時変化