第41回地層処分研究開発・評価委員会
第41回深地層の研究施設計画検討委員会
合同開催 資料41-1（2026.6.16）

原位置試験に関する技術討論
-令和2年度以降の幌延深地層研究計画-

令和8年6月16日

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

本日の内容

1. 令和2年度以降の幌延深地層研究計画の工程
2. 幌延の研究課題の全体像
3. 人工バリア性能確認試験　-解体試験-
4. 体系化研究の全体像
5. 体系化研究　-原位置試験-
   - 閉じ込め性能の評価試験（250m調査坑道）
   - 坑道閉鎖技術の実証試験（350m調査坑道）
   - 地下施設や人工バリアの設計評価に係る試験（500m調査坑道）

令和8年度以降の主な原位置試験スケジュール

1. 令和2年度以降の研究計画の工程



令和8年度における研究実施の留意点：

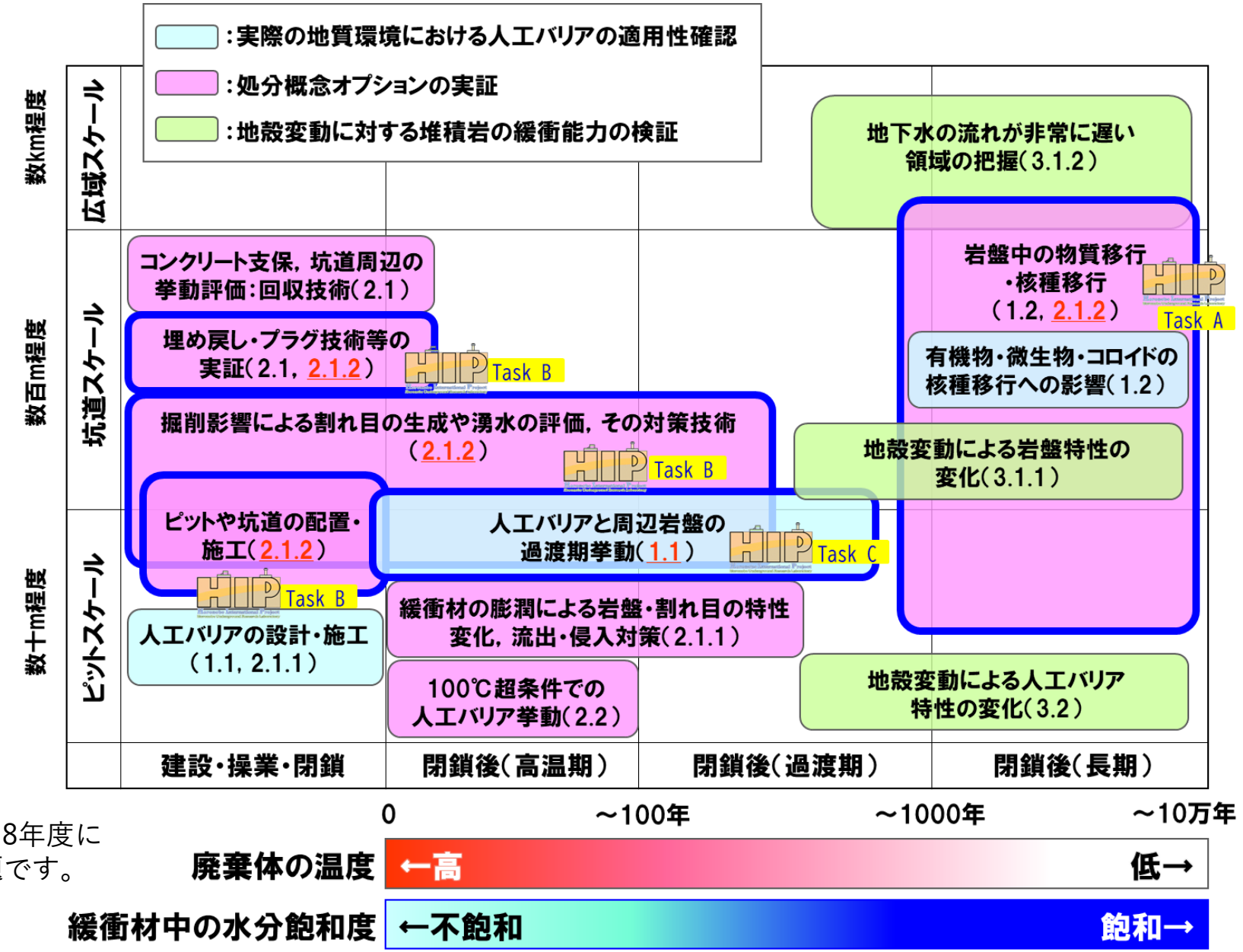
①人工バリアの解体試験・分析
②体系化に関する研究の着実な実施
③幌延国際共同プロジェクト(HIP)の着実な実施

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ていきます。

原位置試験・調査の本格化と、令和10年度までの最終目標に向けた今後の展開

2. 幌延の研究課題の全体像

地層処分の時間・空間スケールの視点での整理



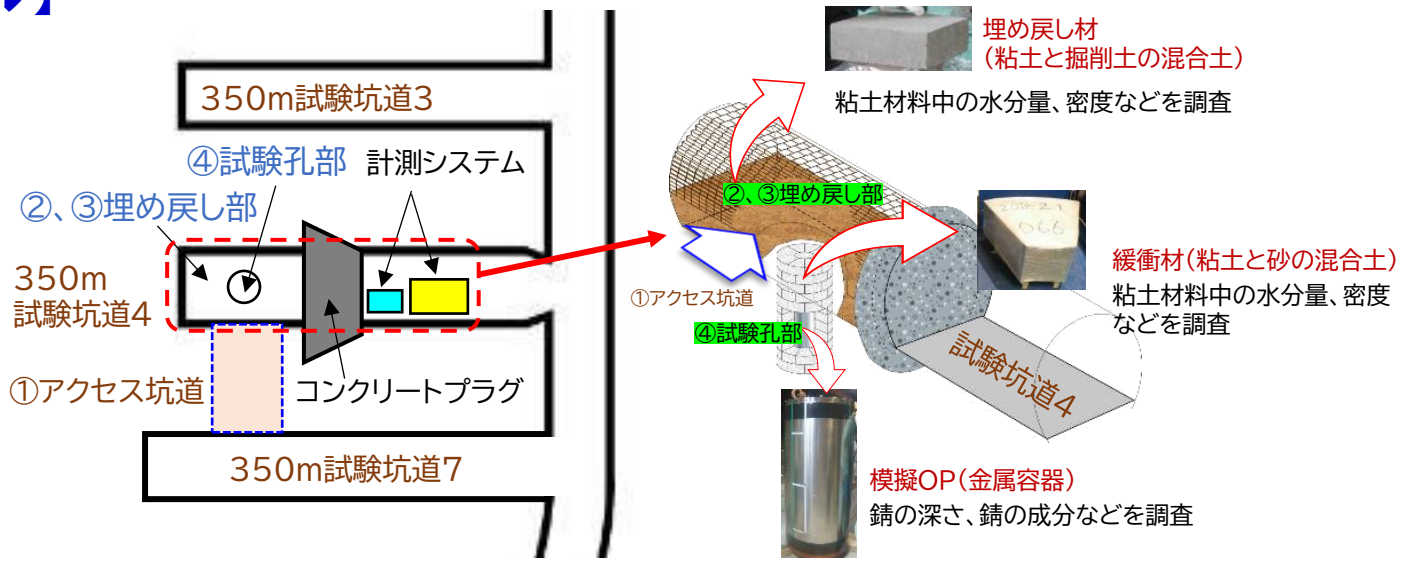
青太枠は令和8年度に取り組む課題です。

3. 人工バリア性能確認試験　-解体試験-

Task C

【解体試験イメージとスケジュール】

- 人工バリア性能確認試験箇所（350m試験坑道４）と隣接する350m試験坑道７をつなぐアクセス坑道の掘削。（右図の①）
- 埋め戻し材、緩衝材、模擬オーバーパック（模擬OP）、コンクリートプラグ、岩盤とコンクリートの境界面などのサンプリング。（右図の②、③、④）
- サンプリング試料を用いて、埋め戻し材や緩衝材中の水分量や密度、模擬OPの腐食深さや腐食生成物などの分析、調査。
- HIP Task Cの参加機関の間で原位置試験を対象とした解析検討を継続、評価モデルの高度化や適用性を確認。



解体試験のイメージ図

解体試験のスケジュール（予定、作業状況により変更の可能性あり）

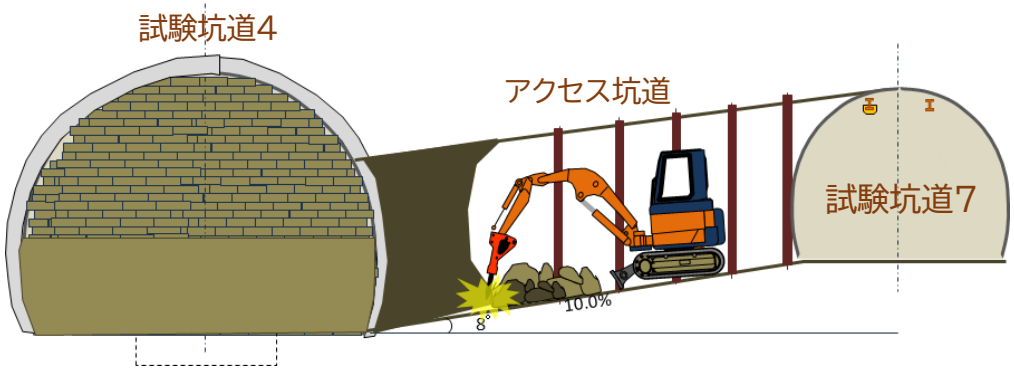
実施内容（PFI事業）	令和8年度							
	4	5	6	7	8	9	10	11
①アクセス坑道の整備	■	■						
②埋め戻し部　サンプリング			■	■				
③埋め戻し部　コアサンプリング					■	■		
④試験孔部　サンプリング						■	■	

3. 人工バリア性能確認試験　-解体試験-

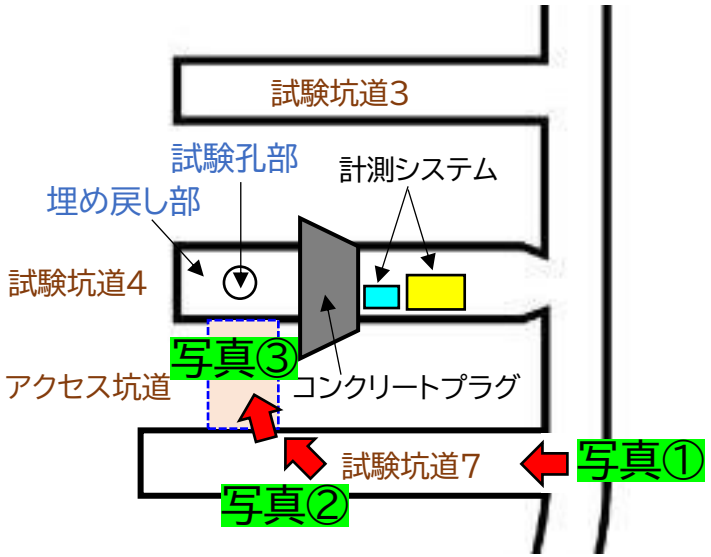
Task C

アクセス坑道の整備（令和8年2月～5月）

試験坑道7から試験坑道4に向かってアクセス坑道を掘削



アクセス坑道掘削のイメージ図



坑道レイアウト







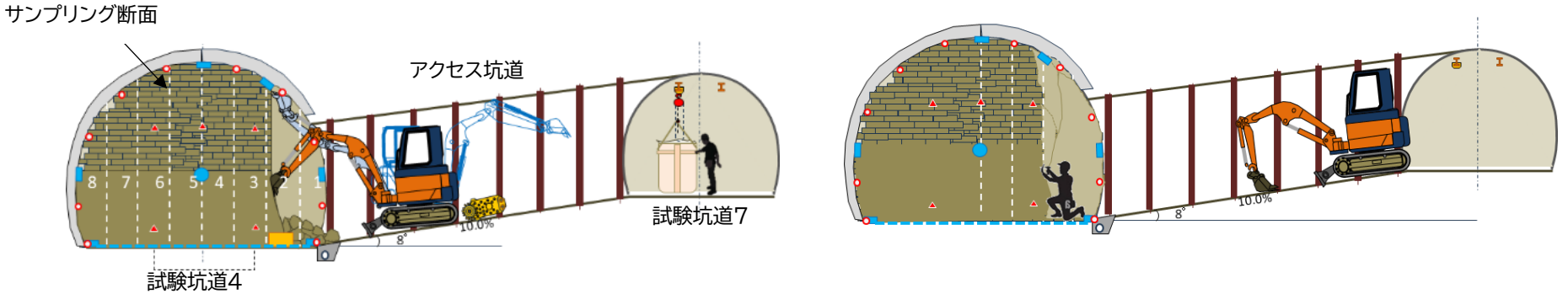
3. 人工バリア性能確認試験　-解体試験-

Task C

埋め戻し材サンプリング（令和8年5月～）

サンプリングを実施する断面まで埋め戻し材を切削

サンプリング断面に到達後に各分析用のサンプルを取得





埋め戻し材の切削



埋め戻し材のサンプリング、観察

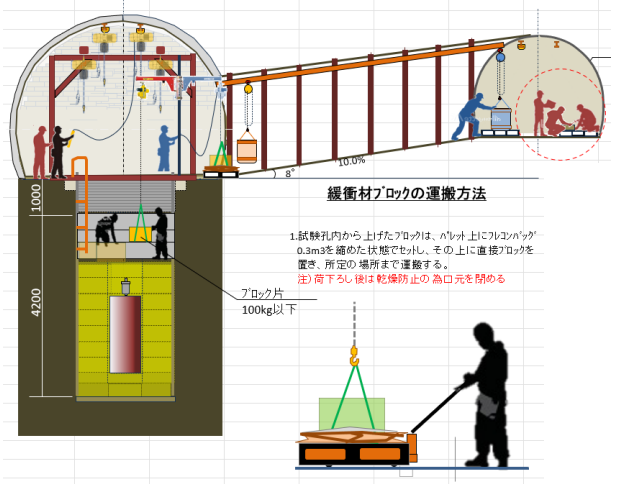
参考

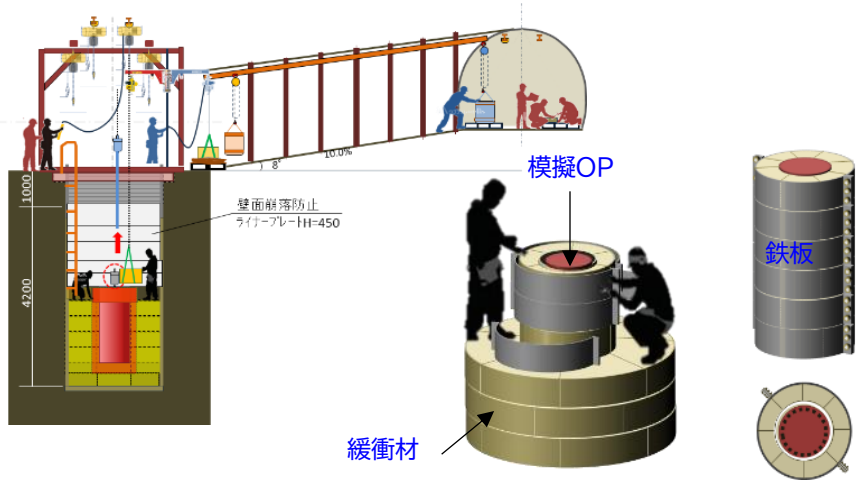
3. 人工バリア性能確認試験　-解体試験-

Horonobe International Project
Horonobe Underground Research Laboratory
Task C

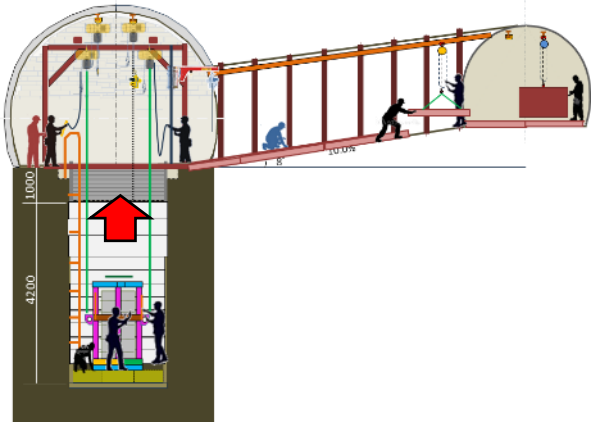
【試験孔部のサンプリング】

① 緩衝材上部の埋め戻し材を解体サンプリング後、上部から順番に緩衝材をカットし、引き上げる。
模擬OP設置段面では、模擬OPを露出させない。ライナープレートは適宜設置。





② 模擬OPと緩衝材の試験体を引き上げるための治具
を試験体に取り付け、試験坑道4内に引き上げる



③ 試験孔に残った緩衝材を引き上げる

④ 試験坑道4内で模擬OP周りの緩衝材のサンプリングと
模擬OP表面の腐食生成物などをサンプリング

参考

3. 人工バリア性能確認試験　-解体試験-

Task C

【分析について】

- 原位置でのサンプリング作業はPFI事業で実施(一部直営でサンプリング):5月中旬～10月末
- 分析は、PFI事業に加えて資源エネルギー庁公募(ニアフィールド長期環境変遷評価技術開発)や直営作業などで追加分析を実施
- 分析結果はHIP Task Cで共有され、現象理解や解析コードの検証を実施

PFI事業

サンプル	数量	分析
埋め戻し材	300	乾燥密度、含水比
	20	間隙水組成、鉱物組成(CEC,LC)、熱物性値
埋め戻し材-吹付けコンクリート-岩盤(コアサンプル)	10	セメント影響
緩衝材	1000	乾燥密度、含水比
	30	間隙水組成、鉱物組成、熱物性値
模擬OP	30	腐食生成物
	1式	腐食深さ
原位置	適宜	観察、測量
センサー類	全	校正、故障原因

エネ庁公募など

サンプル	数量	分析
埋め戻し材	120	微生物(生菌数、DNA解析)
	50	CTスキャン(密度、含水比分布)
	数十	間隙水組成、固相分析、MBC
埋め戻し材-緩衝材	数十	CTスキャン(密度、含水比分布)
緩衝材	200	微生物(生菌数、DNA解析)
	50	CTスキャン(密度、含水比分布)
	数十	間隙水組成、固相分析、MBC
緩衝材-珪砂	数十	緩衝材流出
模擬OP	数十	腐食生成物(腐食センサー含む)
	1式	腐食深さ
原位置	適宜	ポータブル測定器

→ HIP Task C:現象理解、解析コードの検証

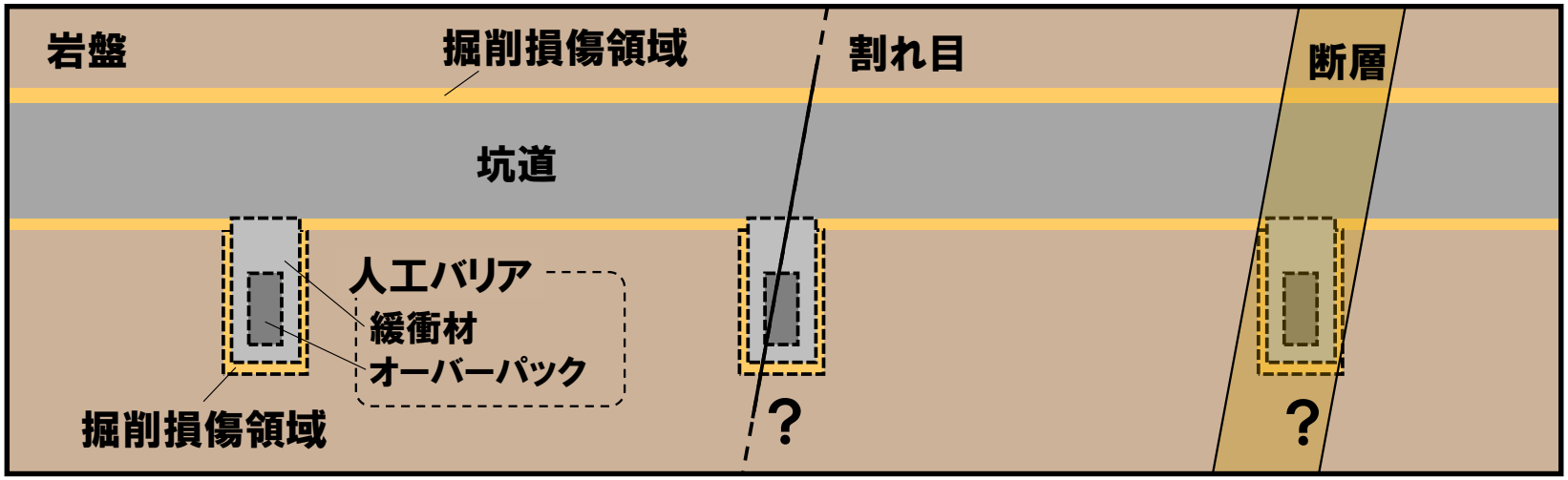
4. 体系化研究の全体像

研究開発の目的と令和10年度までの実施内容

これまでに構築してきた地質環境調査、工学的対策、モデル化技術の体系的な適用による、坑道やピットの配置に係る考え方、人工バリア材料などの設置方法、それらの閉じ込め性能を評価する手法の体系的な提示

これまで研究してきた各要素技術を集約しつつ、4つの課題を設定し、一定のルール・基準に基づき手法を整理(体系化)。具体的には、以下の観点で整理

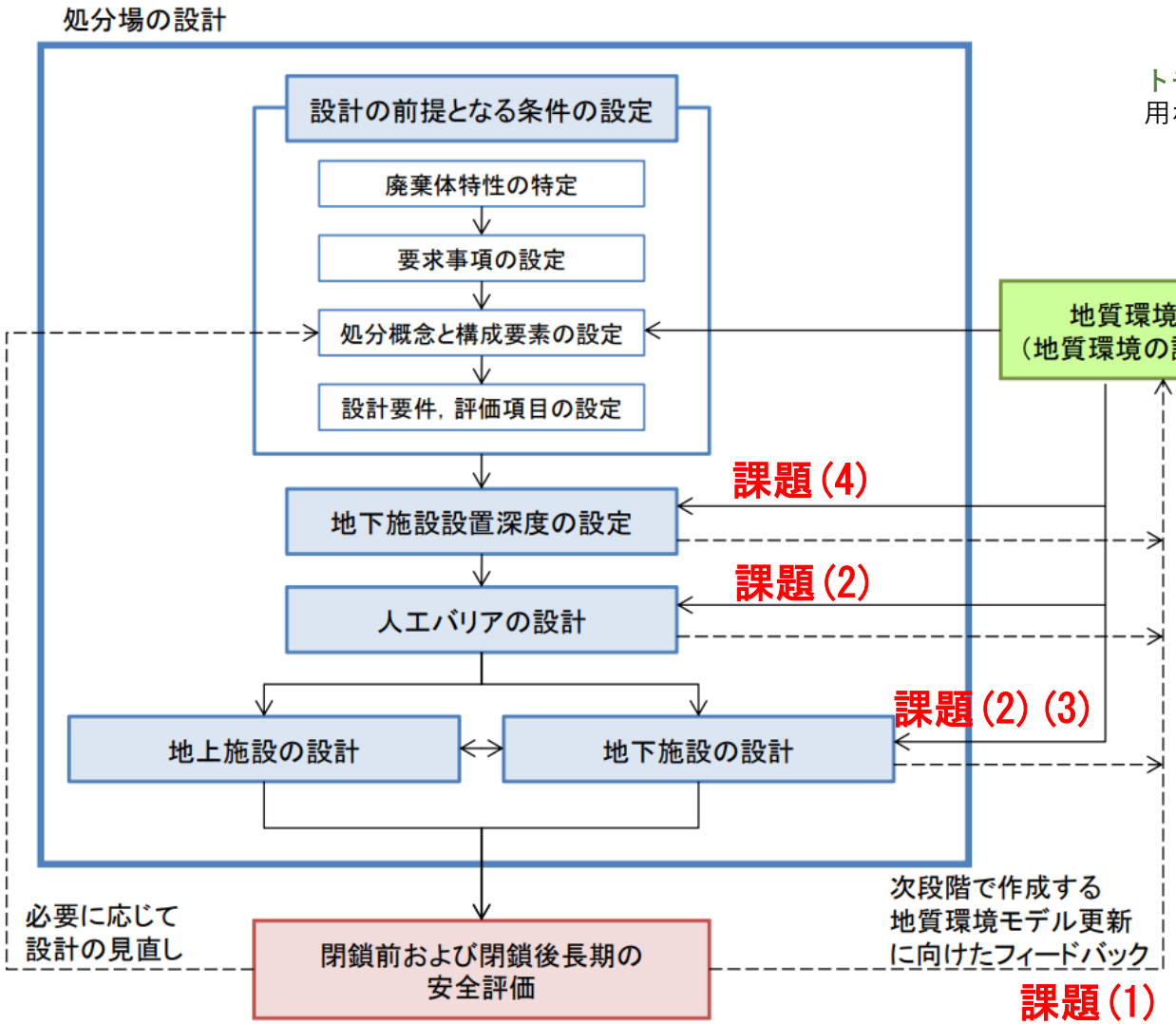
- どのような情報を集めればよいか
- どのような調査で取得するか
- どのように設計するか
- 「閉じ込め」性能をどのように評価するか

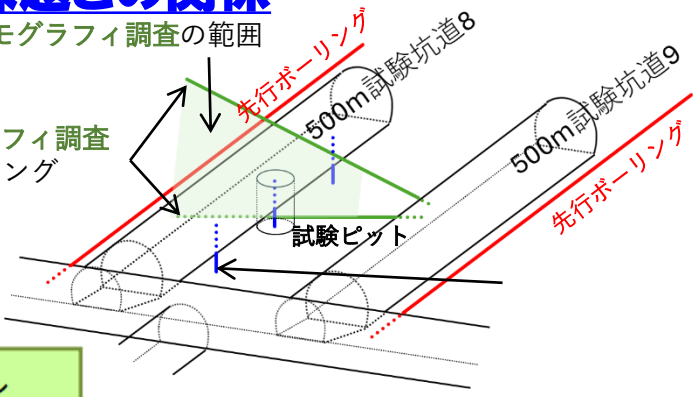


人工バリアやそれを定置する坑道の周辺において想定される地質構造の特徴を示すイメージ図(鉛直断面)

4. 体系化研究の全体像

体系化の全体像～処分場の設計フローと体系化における課題との関係





500m試験坑道8･9における原位置調査レイアウト案

- 処分事業の調査･設計･評価フローの一部を、幌延の実際の地質環境を対象に適用
- 一連の調査･設計･評価の方法論を、体系化と一般化の視点で提示
- 地質環境調査、設計、安全評価の分野間の連携の実践事例の提示

NUMO (2021) :NUMO-TR-20-03に加筆

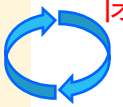
4. 体系化研究の全体像

課題(1)：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

課題(2)：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を考慮した、地下施設および人工バリアの設計評価技術の体系化

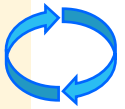
課題(3)：多連接坑道を考慮した湧水等抑制対策技術および処分孔支保技術の整備、緩衝材流出・侵入現象評価手法および抑制対策技術の整備

課題(4)：廃棄体設置の判断や間隔の設定に必要となる情報の整理

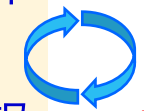


閉じ込め性能評価
（安全評価）

調査・設計・施工



各種対策



地質環境特性の
体系化と一般化



これまでに構築してきた技術を組み合わせて、坑道やピットの配置の考え方、人工バリア材料などの設置方法、閉じ込め性能を評価する手法を提示

*坑道スケール：実際の処分場では地下深くに多数の坑道が掘削され、これらの坑道の配置を検討するために必要な評価範囲（数百m程度）

*ピットスケール：廃棄体および人工バリアを垂直に設置する竪置き方式の場合、処分坑道に多数のピット（処分孔）が掘削され、これらのピットの配置を検討するために必要な評価範囲（数十m程度）

5. 体系化研究　-原位置試験-

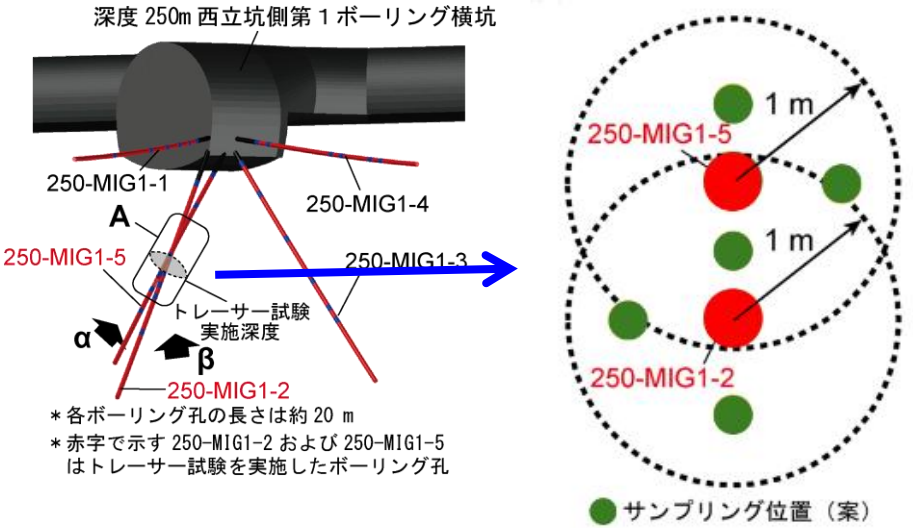
課題❶：閉じ込め性能の評価試験（250m, 500m調査坑道）

Task A

【声問層を対象としたトレーサー試験実施場所周辺における岩石試料採取および分析】

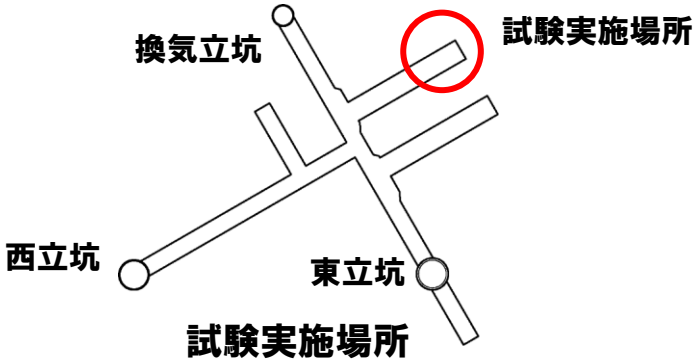
➢ トレーサー試験実施場所周辺における詳細な物質移動のルートや物質移行特性を把握

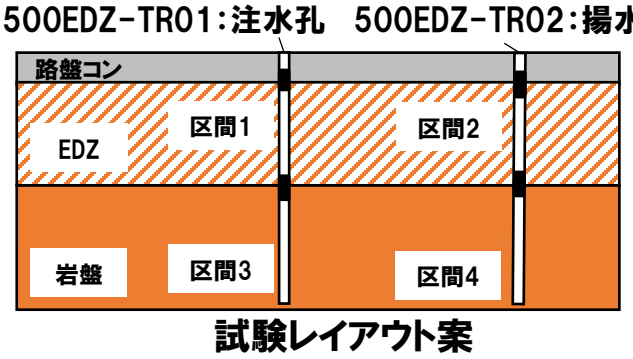
- 最終的なレイアウトやボーリング本数は検討中
- 約20 mのボーリング孔を複数本掘削し、トレーサー試験区間周辺の岩石試料を採取
- 全ての亀裂表面を分析し、トレーサーの経路を把握



【深度500 mにおける掘削損傷領域を対象としたトレーサー試験】

➢ 深度500 mにおいてEDZの物質移行特性を把握





試験レイアウト案

- 令和8年1月にボーリング孔を掘削
- コア観察やBTVによりEDZの範囲は確認済み

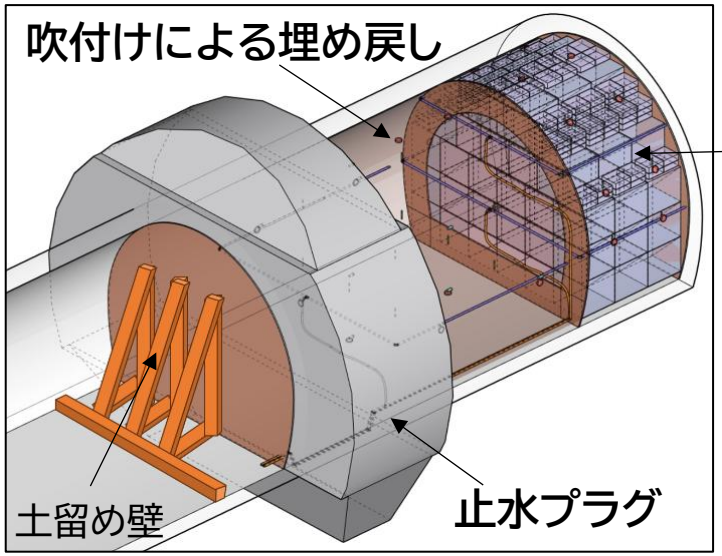
既存の研究結果やこれら調査結果を用いて、坑道スケールからピットスケールにおける岩盤の閉じ込め性能の評価手法の整理

5. 体系化研究　-原位置試験-

課題❷：坑道閉鎖技術の実証試験（350m調査坑道）

Task B

- **処分坑道、連絡坑道、アクセス坑道および周辺の掘削損傷領域（EDZ）が相互に連結して放射性物質の短絡経路になることを防ぐため、処分場閉鎖段階に埋め戻し材とともに止水プラグを設置（NUMO, 2021）**
- **堆積岩での主な課題：結晶質岩と比べ国内外での検討事例が少なく、また、岩盤強度やEDZ分布などが異なるため、止水プラグの施工の観点から以下が課題**
  - ✓ **坑道の空洞安定性の観点から施工される鋼製支保/吹付けコンクリートなどの止水プラグ施工時の取り扱いと空洞安定性を考慮した止水プラグの施工方法**
  - ✓ **EDZを拡大させない切欠きの拡幅掘削方法**



止水プラグ設置の
原位置施工試験の
イメージ図

350m試験坑道6における原位置施工試験により、坑道埋め戻しから止水プラグ設置までの一連の施工技術を確認・実証

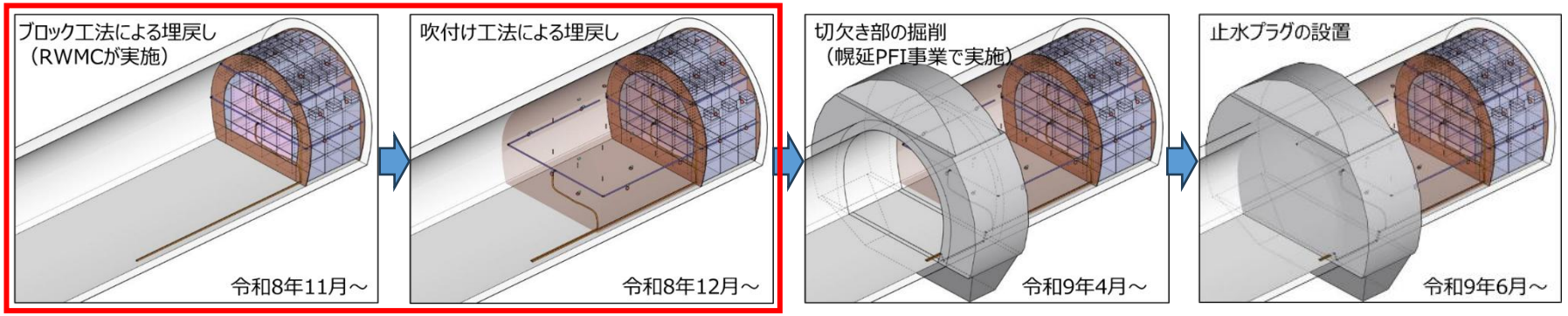
5. 体系化研究　-原位置試験-

課題❷：坑道閉鎖技術の実証試験（350m調査坑道）

Task B

【試験の手順】

- 350m試験坑道6の奥側から数mの範囲をブロック工法と吹付け工法を組み合わせて埋め戻しを実施
- 原位置施工試験では、埋め戻しの手順や施工品質の管理方法などを確認するとともに、施工後の埋め戻しの状態を確認するためのセンサーなどを設置



【スケジュール】

作業内容	令和8年度（2026年度）												令和9年度（2027年度）											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
準備工、計測器・注水管の設置							■																	
ブロック工法による埋戻し								■	■															
吹付け工法による埋戻し									■	■	■													
切欠き部の掘削													■	■										
止水プラグ本体の施工															■	■	■							
データ計測・注水管理																	■	■	■	■	■	■	■	■

※作業内容の詳細が確定していないため、作業期間は想定。今年度の詳細化検討により、作業時期や期間が変わる可能性あり。

5. 体系化研究　-原位置試験-

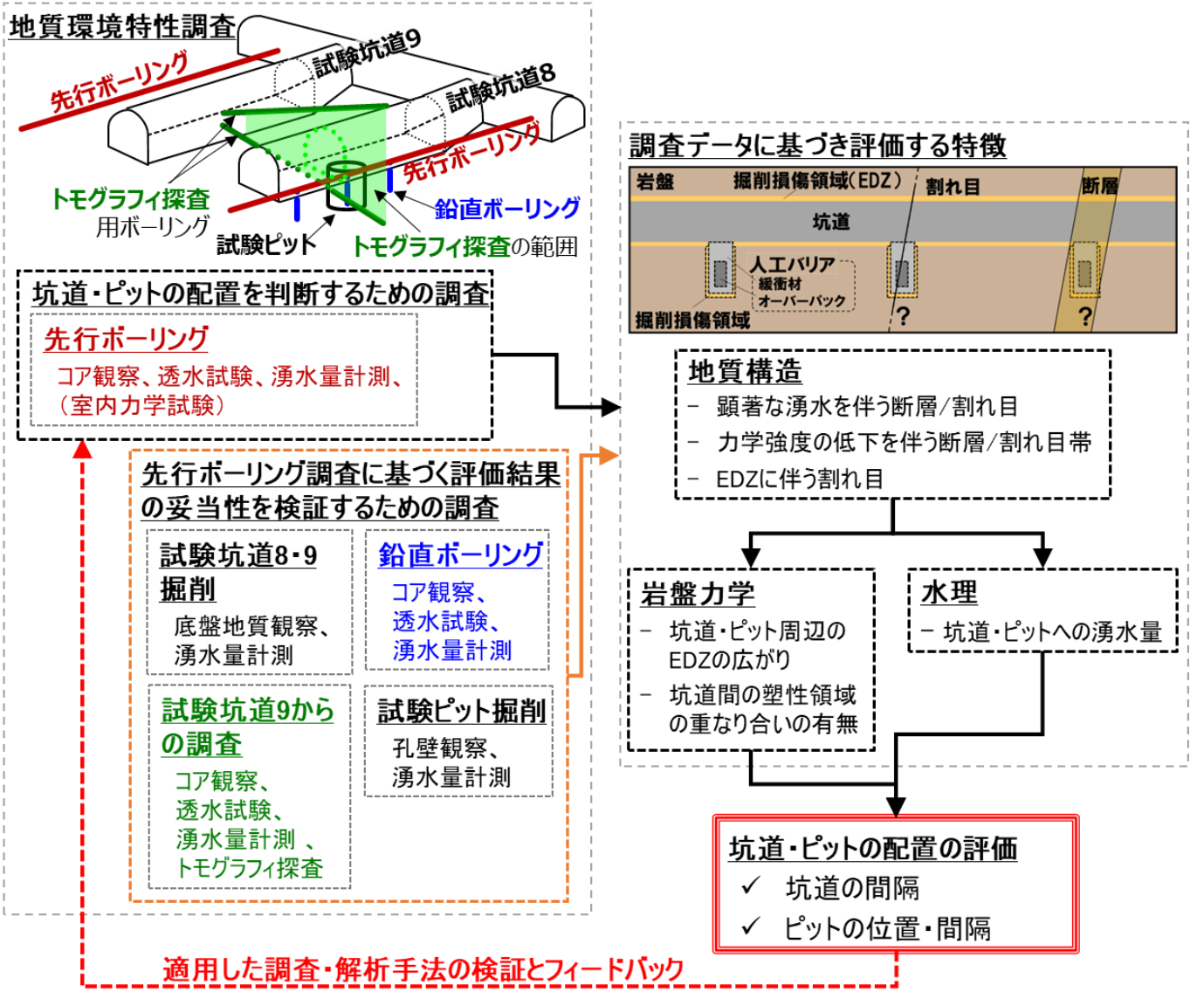
課題❸：地下施設や人工バリアの設計評価に係る試験（500m調査坑道）

Task B

【地質環境特性調査に基づく坑道とピットの配置の評価】

- 先行ボーリングからの調査データとこれまでに構築してきた解析手法が、坑道の間隔とピットの配置（位置・間隔）の評価に適用可能であることを実証

- 先行ボーリングおよび解析手法に基づく評価結果を、500m試験坑道8・9の掘削以降に得られる調査結果と比較して妥当性を検証し、データ取得条件や解析条件の適切性を確認、調査計画および解析手法の最適化に資する知見と留意点を整理



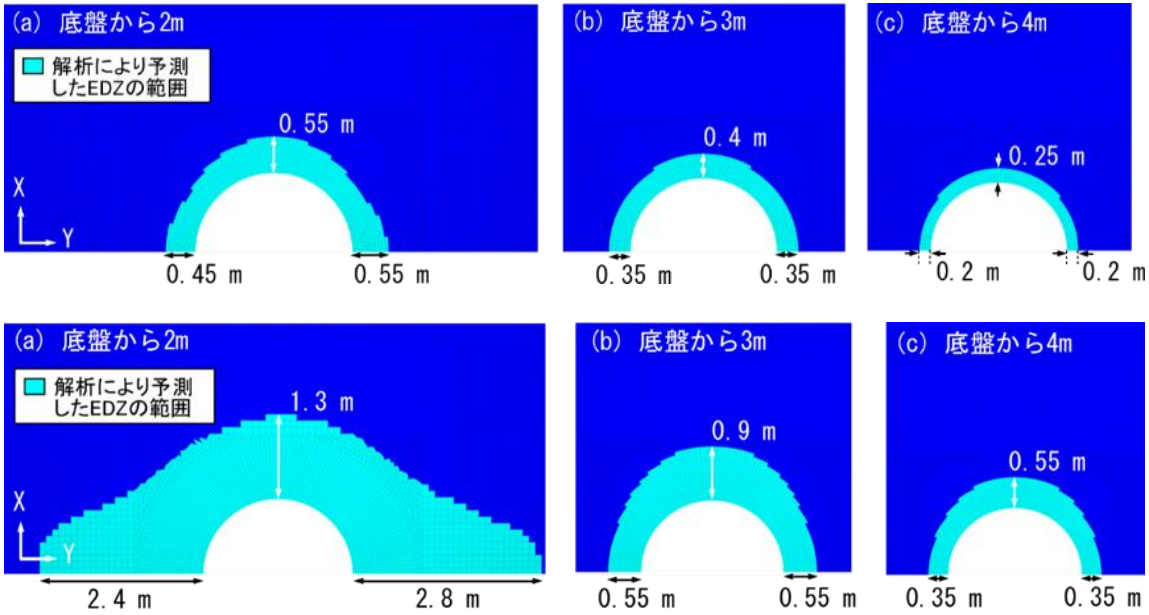
5. 体系化研究　-原位置試験-

課題❸：地下施設や人工バリアの設計評価に係る試験（500m調査坑道）

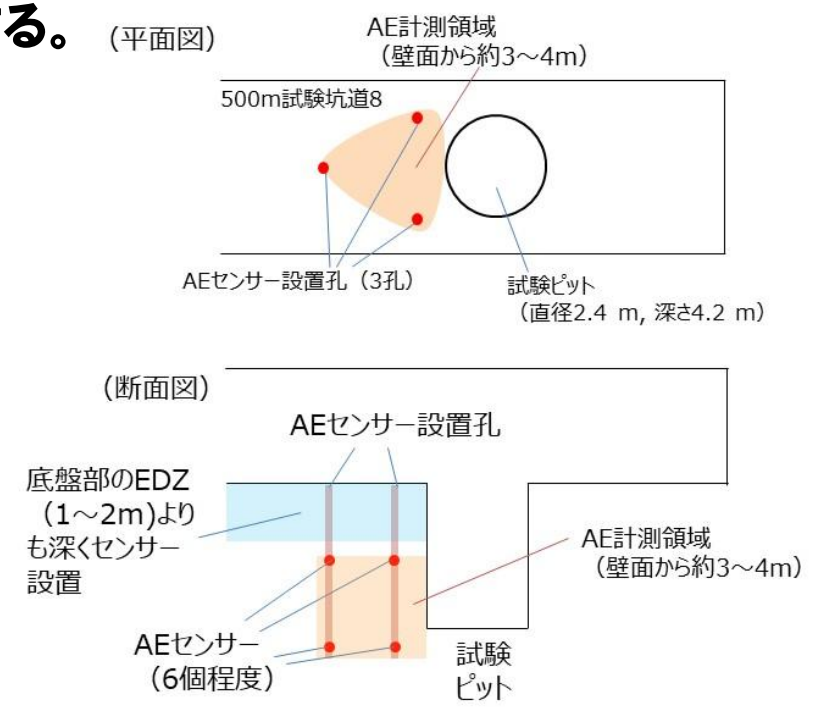
Task B

【ピット掘削中の掘削損傷領域の広がりの計測】

- 試験孔掘削解析を継続し、試験孔の支保設計や施工方法について詳細な検討を進める。
- AEの減衰特性の調査結果や試験孔掘削解析により予測したEDZの広がりの情報などをもとに、500m調査坑道で実施する試験孔掘削中のAE計測の計画（計測レイアウトや計測器のスペックなどを含む）を詳細化する。
- AE計測の事前準備として、AE計測を実施するボーリング孔の掘削および検層を行い、試験孔掘削前の試験坑道周辺の岩盤の状態を把握する。



試験ピット周辺のEDZの範囲の予測結果（上：ケース1、下ケース2）



500m調査坑道における試験孔掘削時のAE計測案

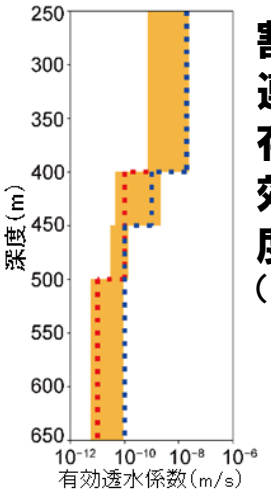
5. 体系化研究　-原位置試験-

課題❸：深度500 mにおける湧水量の把握（500m調査坑道）

断層や割れ目からの定常的な湧水量や減少量の予測手法と緩衝材の流出抑制対策への反映

【坑道からの湧水量の変化に関する検討】

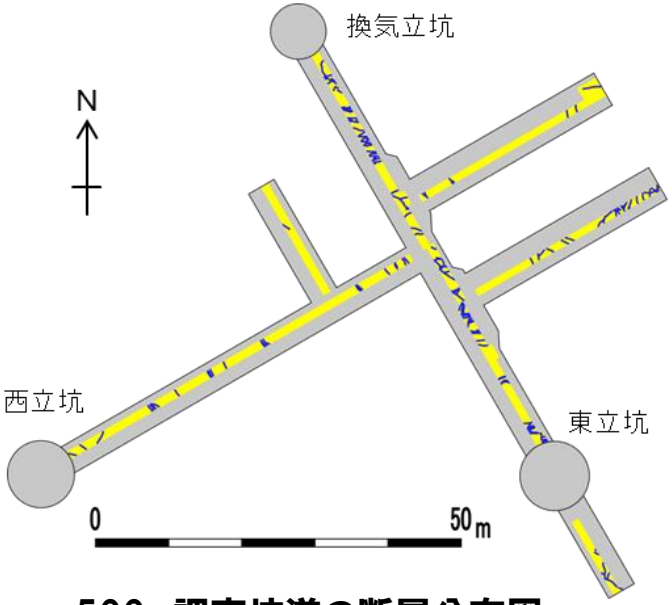
- 500m調査坑道において地質調査を行った結果、複数の断層を確認
- 断層や割れ目へのグラウト注入を行わなかったにもかかわらず、坑内湧水量の定常的な増加は認められなかったことから、500m調査坑道への湧水量は坑内湧水量と比較してわずかであると推測
- この推測結果は事前の予測結果（右上図）と調和的
- 今後、500m調査坑道に整備した排水システムを利用して詳細な湧水量とその時間変化を観測



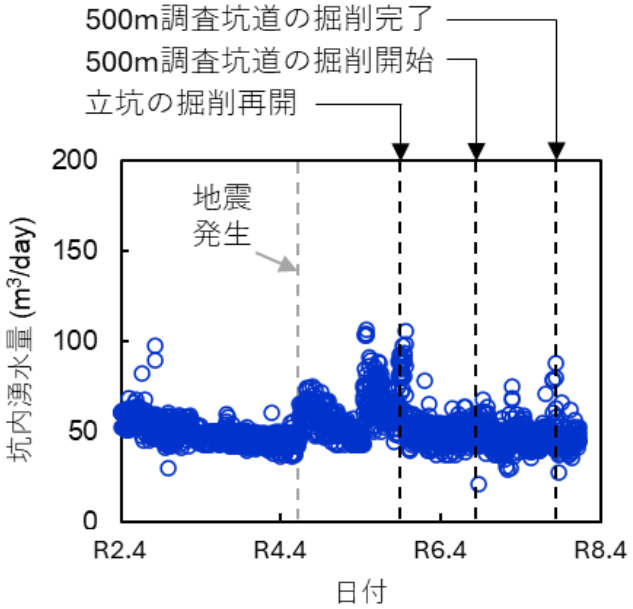
割れ目の水理学的連結性の深度依存性を考慮した有効透水係数の深度予測
（尾崎・石井, 2026）

DFNモデルによる推定範囲

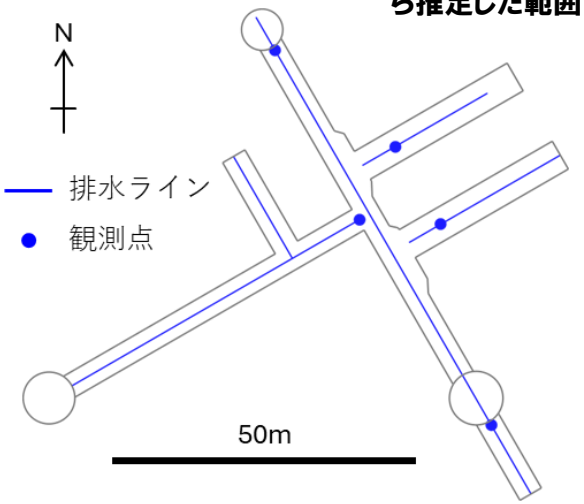
湧水量や地下水圧の観測結果から推定した範囲



500m調査坑道の断層分布図

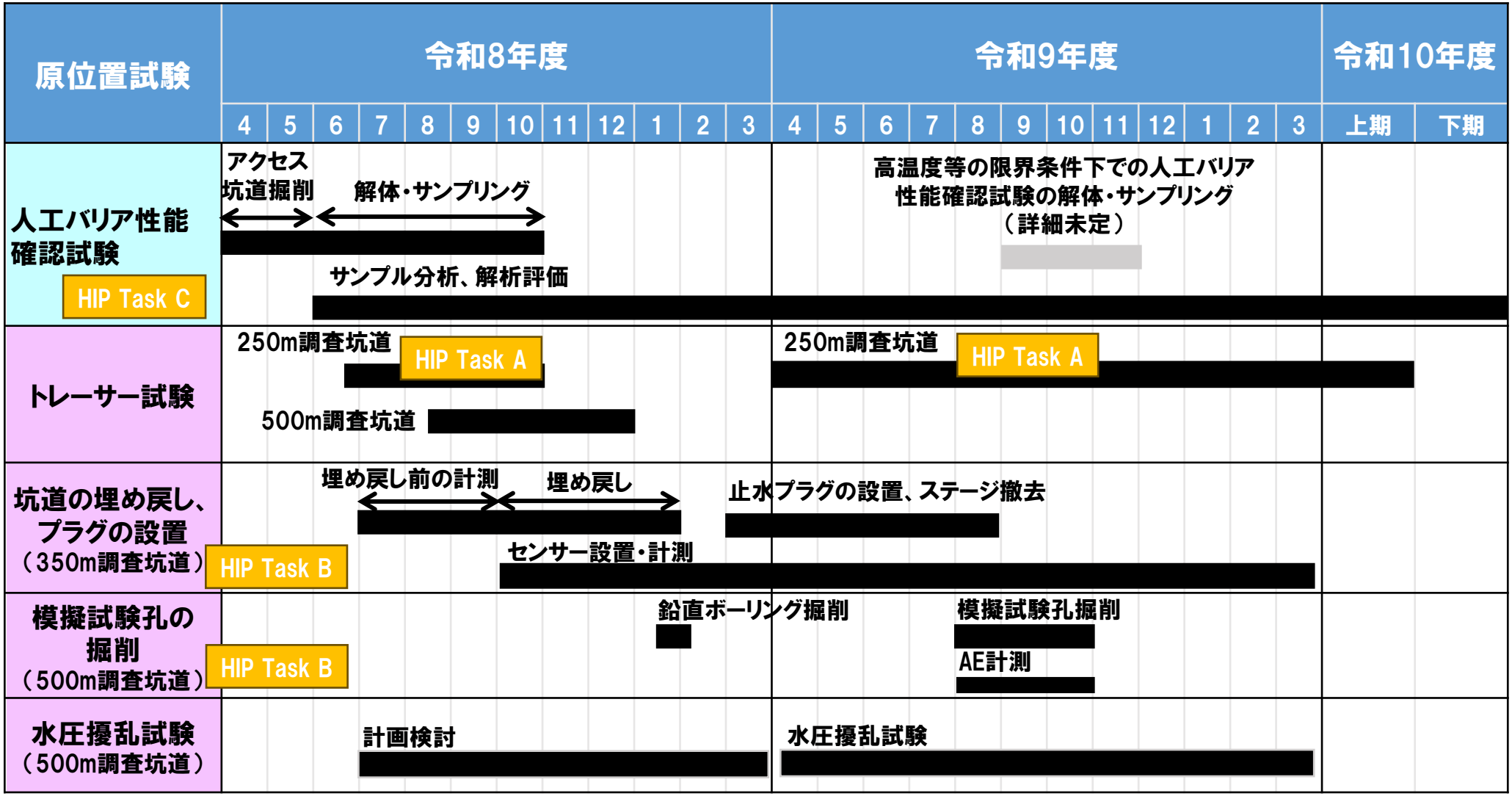


坑内湧水量の推移



500m調査坑道に整備した排水システムの流路図

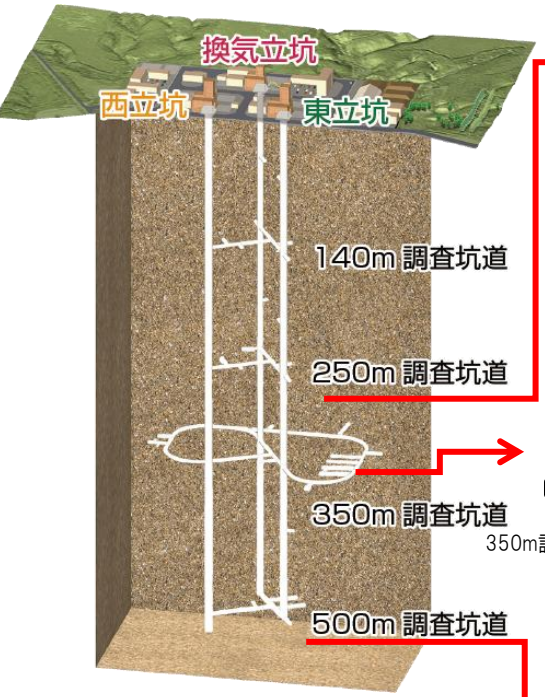
令和8年度以降の主な原位置試験スケジュール



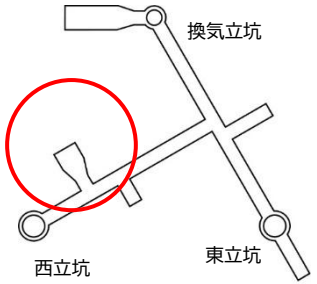
参考資料

参考

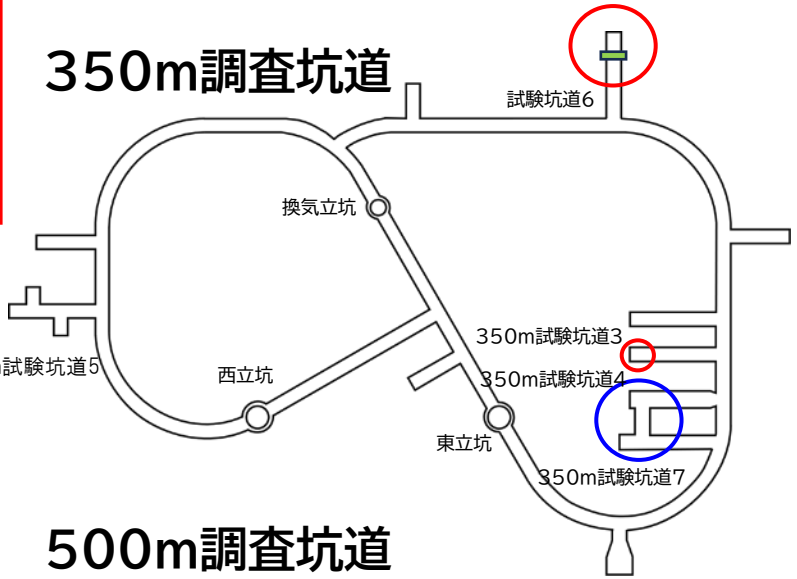
原位置試験の実施場所



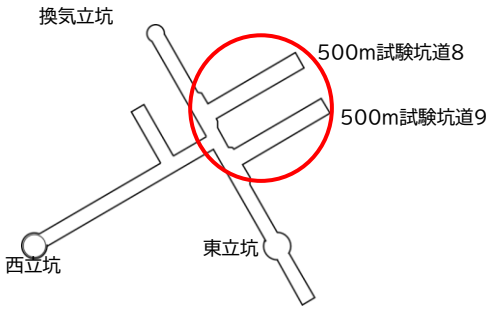
250m調査坑道



350m調査坑道



500m調査坑道



○ 人工バリア性能確認試験

350m調査坑道：
人工バリアの解体試験

Task C

○ 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

250m調査坑道：
閉じ込め性能の評価試験

Task A

350m調査坑道：
坑道閉鎖技術の実証試験

Task B

500m調査坑道：
地下施設や人工バリアの設計評価に係る試験

Task B

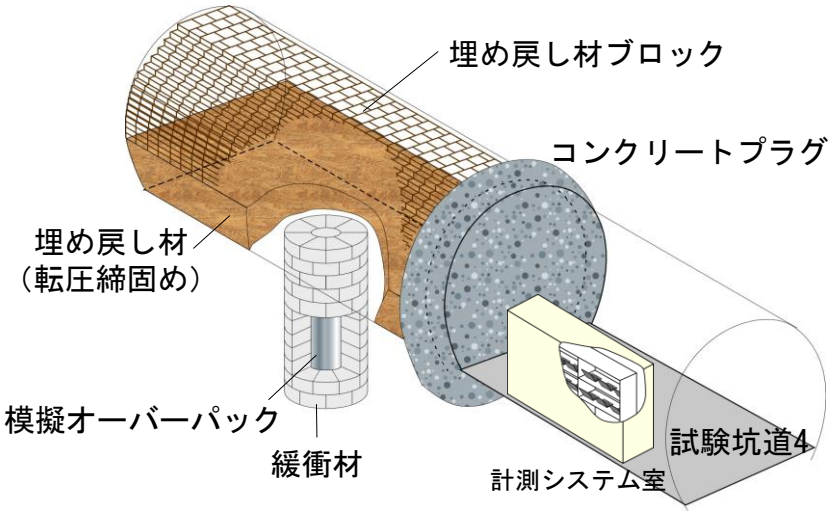
参考

人工バリア性能確認試験　-解体試験-

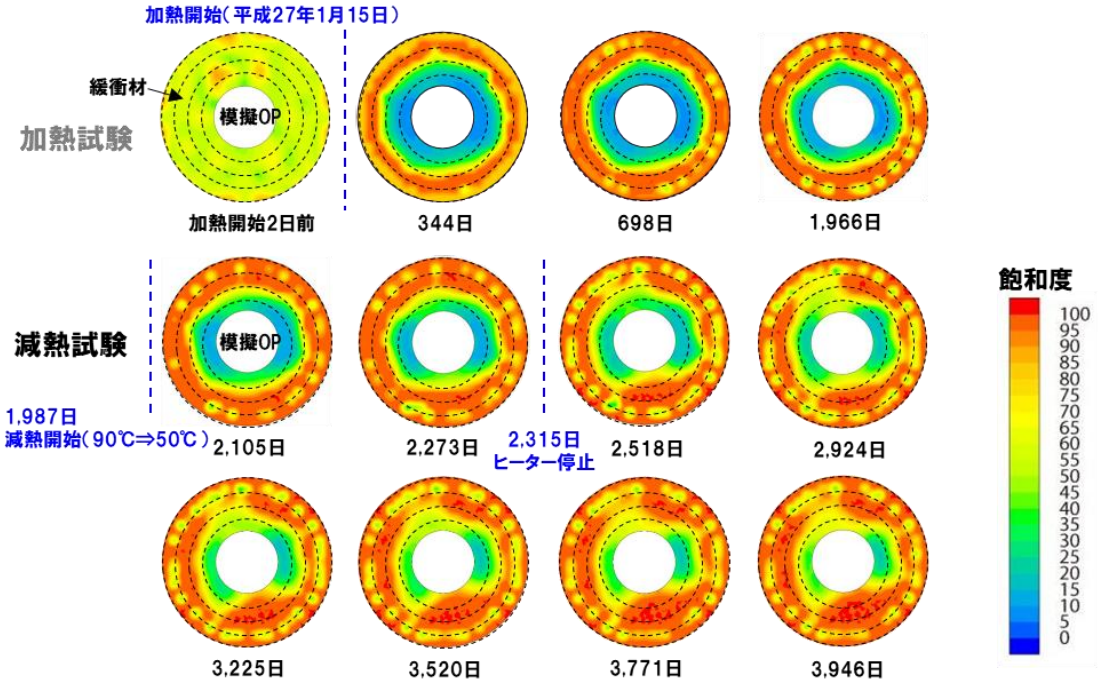
Task C

【第4期中長期計画　目的】

幌延URLの地下350 mで実施している人工バリア性能確認試験で取得されたデータをもとに、人工バリア定置後、緩衝材が飽和に至るまでに発生する人工バリア周辺での熱－水－応力－化学連成現象の評価と現象を予測するための解析モデルの検証を実施



人工バリア性能確認試験の概念図



比抵抗トモグラフィ測定による飽和度分布の推定結果

参考

人工バリア性能確認試験　–解体試験–

Horonobe International Project
Horonobe Underground Research Laboratory

Task C

【現在までの解体試験の様子】

試験坑道4の吹付けコンクリートの切削（動画）



試料を採取する断面に到達するまで切削（動画）



埋め戻し材を採取している様子（動画）



採取した試料（右）

水分量が変化しないように、採取後に直ちにラップで包装・運搬。



参考

人工バリア性能確認試験　−解体試験−

Horonobe International Project
Horonobe Underground Research Laboratory

Task C

