

研究開発の現状について

令和4年 6月 6日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

本日のご説明内容

1. 研究開発の経緯

2. JAEAにおける研究開発計画等

3. CoolRepR4(研究成果取りまとめ)

4. 地層処分技術に関する研究開発の拠点と研究内容

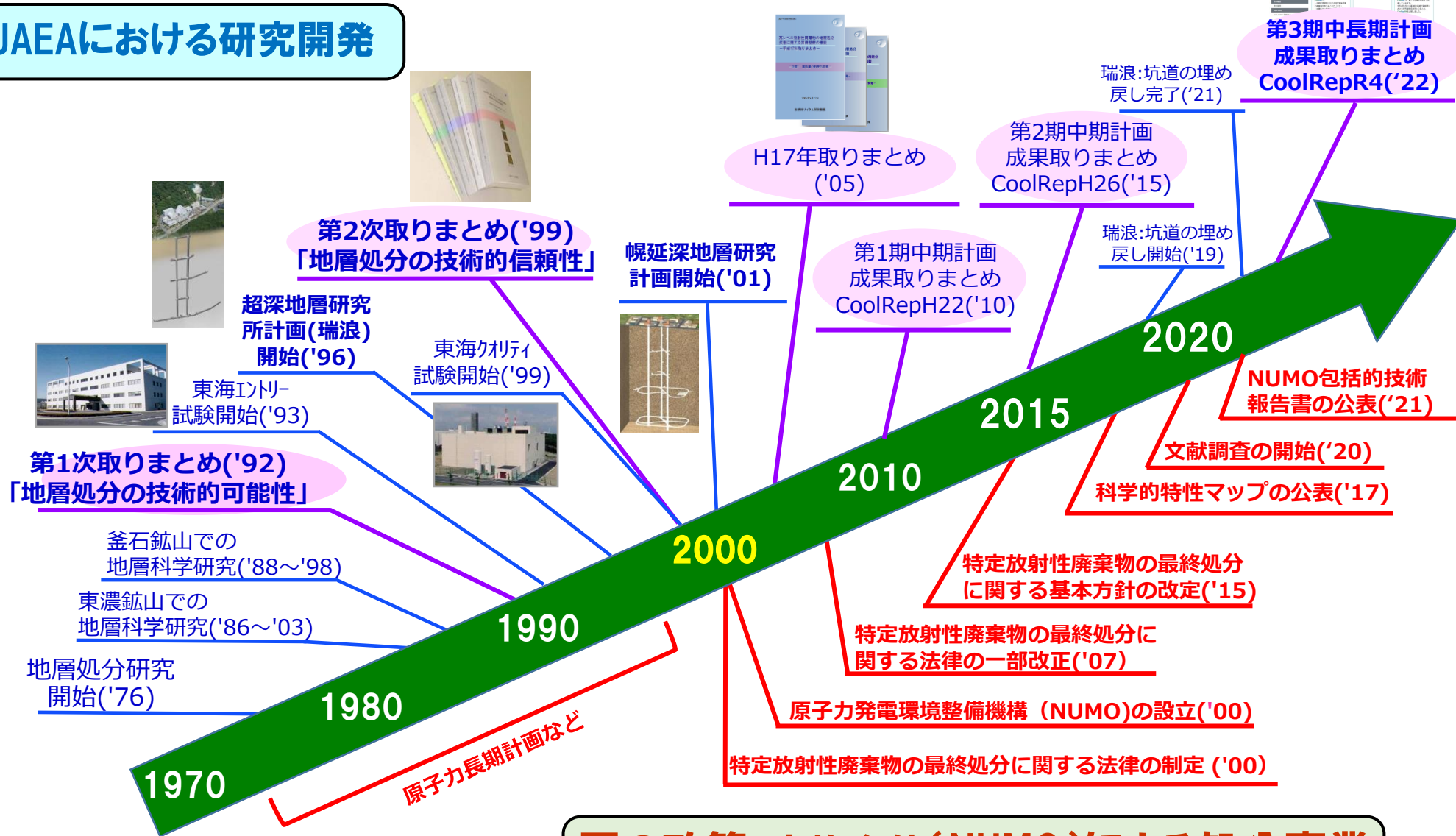
5. 研究開発の現状

- ① 深地層の研究施設計画
- ② 地質環境の長期安定性に関する研究
- ③ 高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発
- ④ 使用済燃料の直接処分研究開発

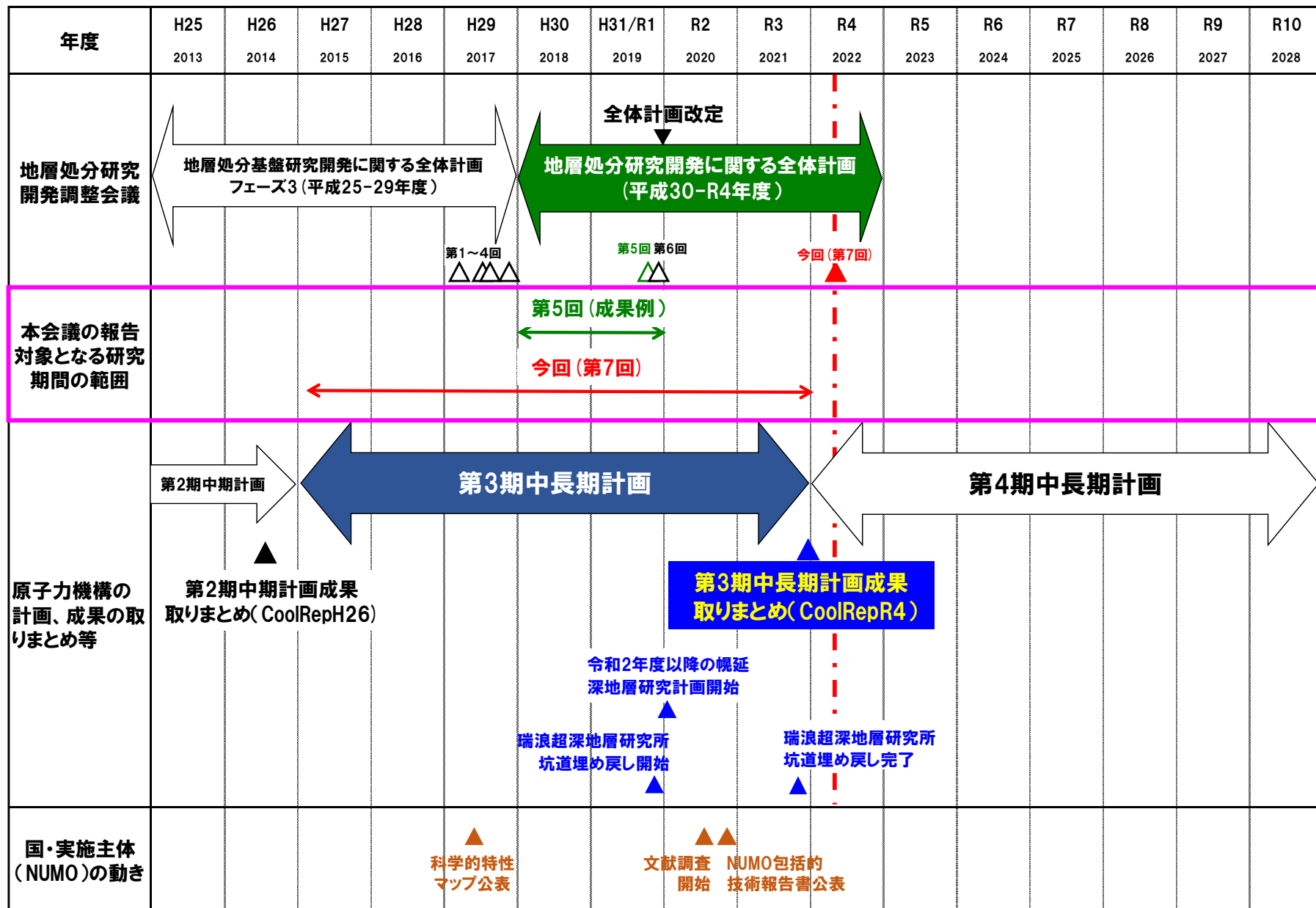
6. まとめ

1. 研究開発の経緯

JAEAにおける研究開発



2. JAEAにおける研究開発計画等



3. CoolRepR4 (研究成果取りまとめ)

- 研究開発で得られた成果をわが国の地層処分計画を支える技術基盤として反映するため、処分事業や安全規制のニーズ・進展を踏まえ、段階的・定期的に取りまとめを実施
- 「第2次取りまとめ」以降、これまでに平成17年取りまとめ「地層処分技術に関する知識基盤の構築」、第1期中期計画期間(H17.10～H22.3) 成果取りまとめ「CoolRepH22」、第2期中期計画期間(H22.4～H27.3) 成果取りまとめ「CoolRepH26」、第3期中長期計画期間(H27.4～R4.3) 成果取りまとめ「CoolRepR4」を実施・公表
- 取りまとめた成果の発信においては、構造的な文書化や成果の反映先を明示する等、ユーザーが活用しやすい形態での情報を提供



CoolRep(クールレブ)

第2期中期計画期間成果取りまとめから新たに導入したウェブサイト上に研究開発成果に関する情報を発信・共有するレポートシステム

<https://kms1.jaea.go.jp/CoolRep/>

(深地層の研究施設計画に関する研究開発成果の反映先)

第1期	CoolRepH22	⇒	概要調査の段階を中心とした技術基盤
第2期	CoolRepH26	⇒	精密調査の段階(前半)を中心とした技術基盤
第3期	CoolRepR4	⇒	精密調査の段階(後半)を中心とした技術基盤

4. 地層処分技術に関する研究開発の拠点と研究内容

(イメージ図)



瑞浪超深地層研究所
(岐阜県瑞浪市)



土岐地球年代学研究所
(岐阜県土岐市)

(瑞浪超深地層研究所は2022年1月に坑道埋め戻し及び地上施設撤去を完了)

東濃地科学センター

- 地質環境の長期安定性に関する研究
- 深地層の研究施設計画 (結晶質岩)*

- 地下坑道における工学的対策技術の開発
- 物質移動モデル化技術の開発
- 坑道埋め戻し技術の開発

※令和元年度で研究開発を完了

核燃料サイクル工学研究所(東海)



地層処分基盤研究施設(エントリー)



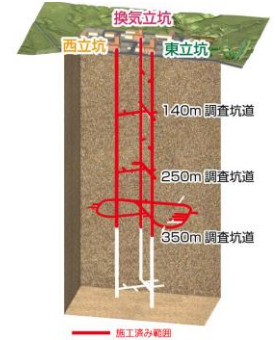
地層処分放射化学研究施設(クオリティ)

- 高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発
- 使用済燃料の直接処分研究開発

(イメージ図)



幌延深地層研究所
(北海道幌延町)



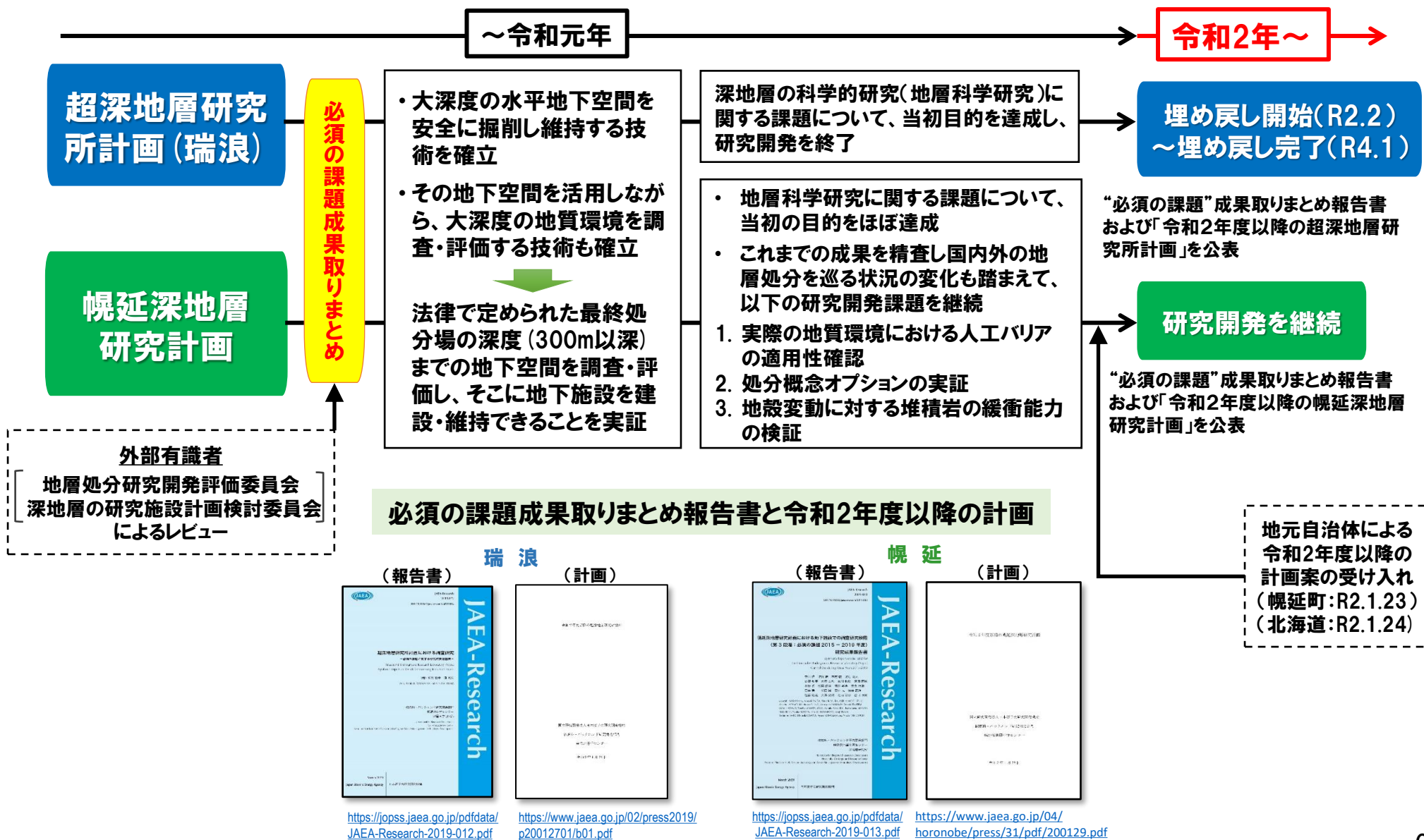
幌延深地層研究センター

● 深地層の研究施設計画 (堆積岩)

- 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
- 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

5. 研究開発の現状

① 深地層の研究施設計画：研究開発の動向



5. 研究開発の現状

① 深地層の研究施設計画：必須の課題

超深地層研究所計画(結晶質岩・瑞浪市)
平成27年度～令和元年度(完了)

(1) 地下坑道における工学的対策技術の開発

- 大規模湧水に対するウォータータイトグラウト技術
- 地下水管理技術

(2) 物質移動モデル化技術の開発

- 長期的な変遷を含めた地下深部におけるわが国固有の亀裂ネットワーク中の地下水流動・物質移動に関する試験及びモデル化技術

(3) 坑道埋め戻し技術の開発

- 坑道閉鎖に伴う環境回復試験技術
- 長期モニタリング技術など

幌延深地層研究計画(堆積岩・幌延町)
平成27年度～令和3年度

(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
- オーバーパック腐食試験
- 物質移行試験

(2) 処分概念オプションの実証

- 処分孔等の湧水対策・支保技術等の実証試験
- 人工バリアの定置・品質確認等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

(3) 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

- 水圧擾乱試験等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

5. 研究開発の現状

① 深地層の研究施設計画：H27～R元年度成果概要（瑞浪）

【研究の背景・狙い・目標・意義】

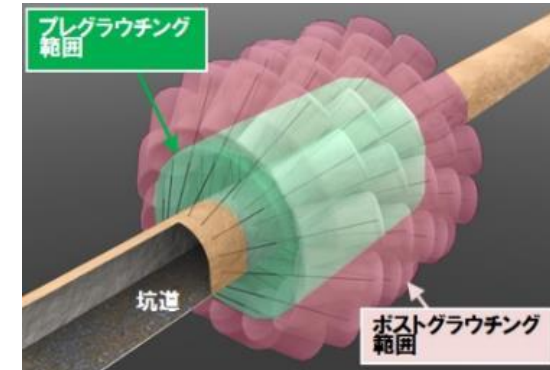
地層処分事業の精密調査において必要とされる技術のうち、地下坑道における工学的対策技術の開発、物質移動モデル化技術の開発及び坑道埋め戻し技術の開発に重点的に取り組む。

【実施内容】

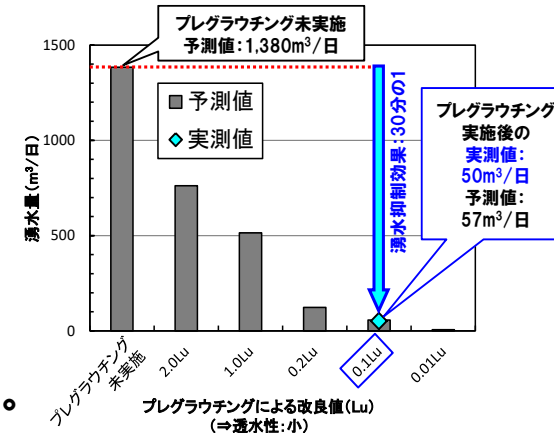
- 地下坑道における工学的対策技術の開発として、地下水抑制技術・地下水管理技術の開発を行った。物質移動モデル化技術の開発として、不均質な割れ目ネットワークのモデル化手法の開発と地質環境の長期変遷に関する解析・評価技術の開発を行った。坑道埋め戻し技術の開発として、坑道閉鎖に伴う環境回復試験技術の開発とモニタリング技術の開発を行った。

【成果・地層処分事業や他分野への貢献】

- 高水圧環境下での湧水抑制技術の開発や、地下水の排水処理技術の有効性確認のほか、亀裂性岩盤の不均質性や湧水可能性を評価可能な手法を開発し、地下施設の設計や建設時、安全評価に有効活用できる成果が得られた。
- 本成果は地層処分事業のほか、トンネル工事等の土木分野での活用も期待される。



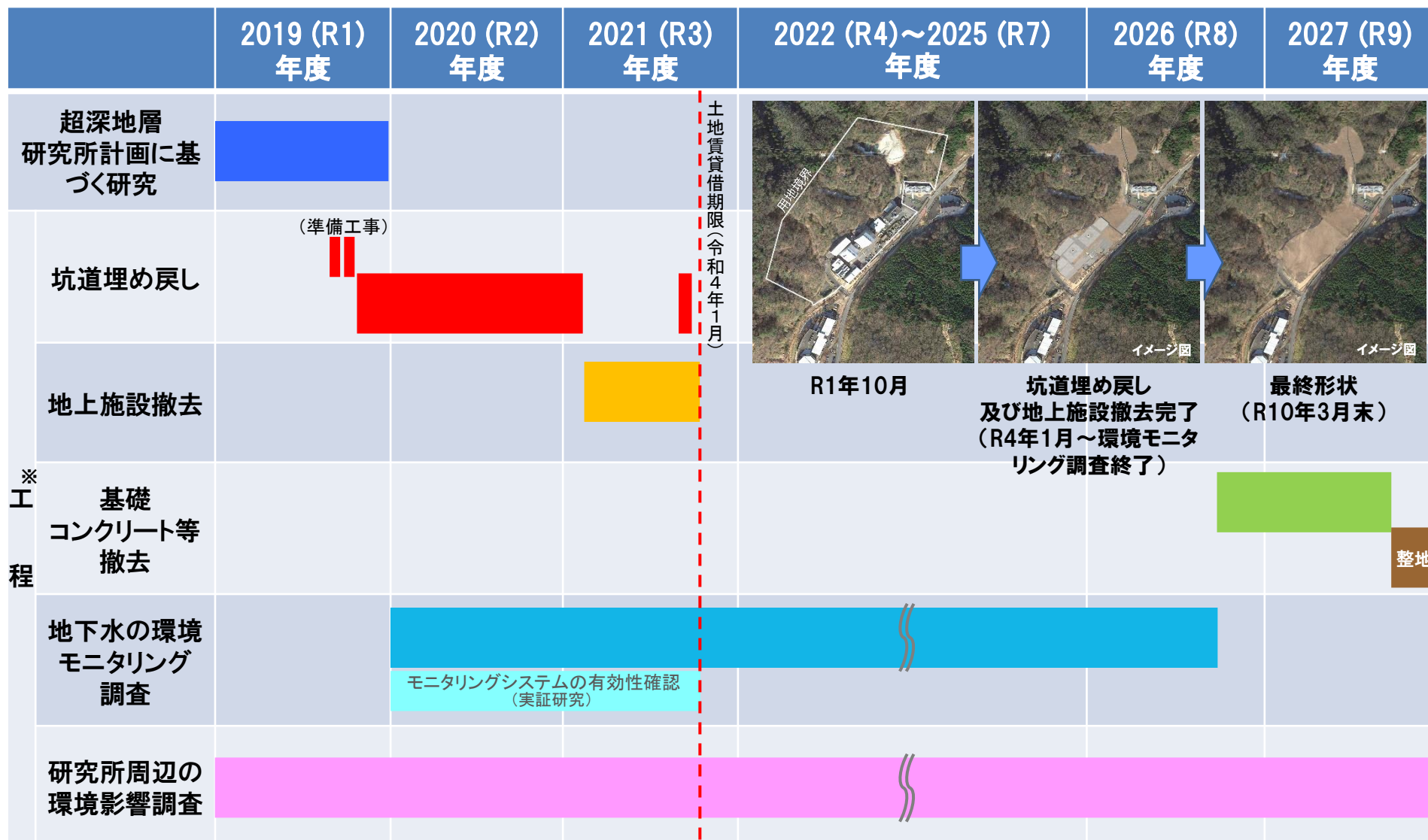
プレグラウチングとポストグラウチングの概念図



プレグラウチングの効果の評価結果

5. 研究開発の現状

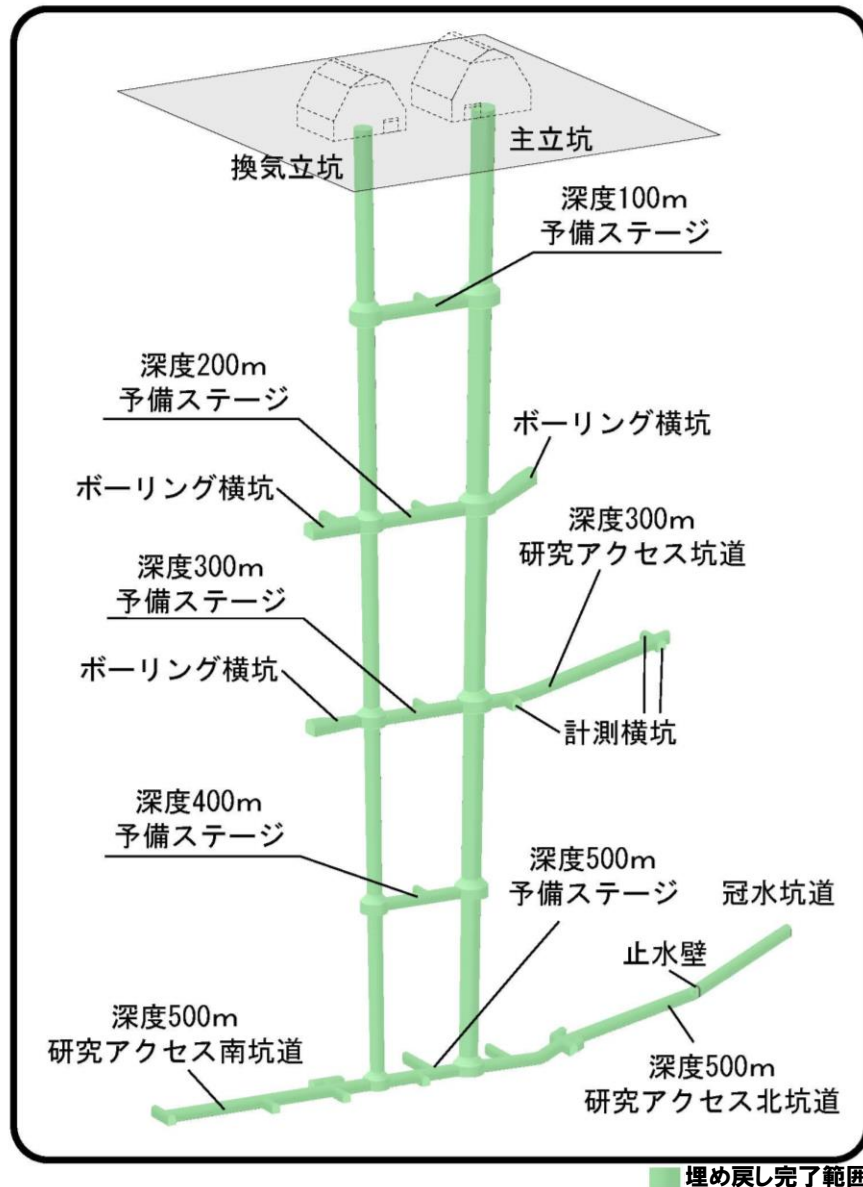
① 深地層の研究施設計画：瑞浪の坑道埋め戻し等について (1/2)



※ 「令和2年度以降の超深地層研究所計画」に基づく。

5. 研究開発の現状

① 深地層の研究施設計画：瑞浪の坑道埋め戻し等について (2/2)



主立坑（直径6.5m）
深度100m予備ステージの
埋め戻し作業の様子



換気立坑（直径4.5m）
深度90m予備ステージの
埋め戻し作業の様子



主立坑工区
研究坑道埋め戻し完了
(R3.11.18完了)



換気立坑工区
研究坑道埋め戻し完了
(R3.12.2完了)

5. 研究開発の現状

① 深地層の研究施設計画：H27～R3年度成果概要(幌延)1/2

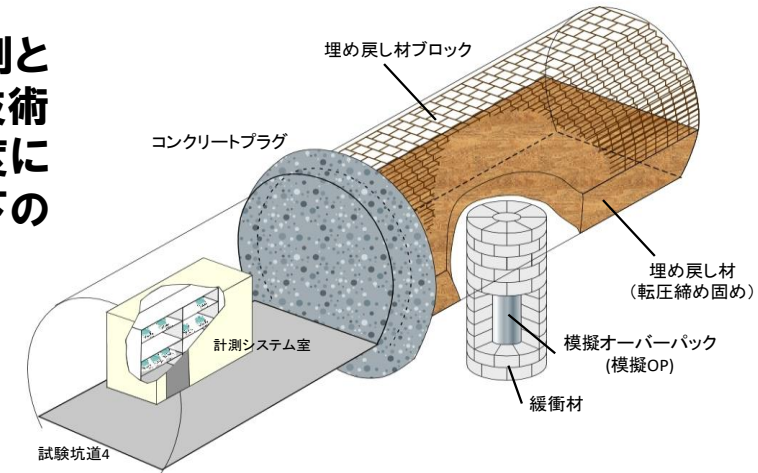
【研究の背景・狙い・目標・意義】

幌延深地層研究センターでは、これまで深度350mまでの立坑掘削と調査研究用の水平坑道を展開しながら、地質環境を調査・評価する技術や深地層における工学技術の開発を着実に進めてきた。平成26年度には、今後の課題の網羅的抽出と必要性の確認などを踏まえて、以下の「必須の課題」を設定した。

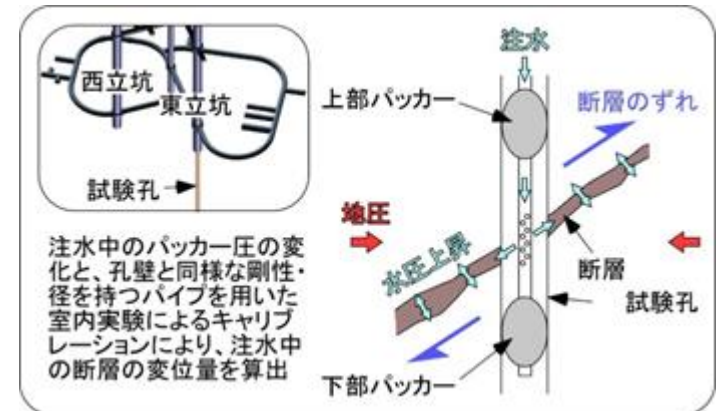
- ・実際の地質環境における人工バリアの適用性確認
- ・処分概念オプションの実証
- ・地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

【実施内容】

- ・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、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。
- ・地震・断層活動等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。



人工バリア性能確認試験の概念図



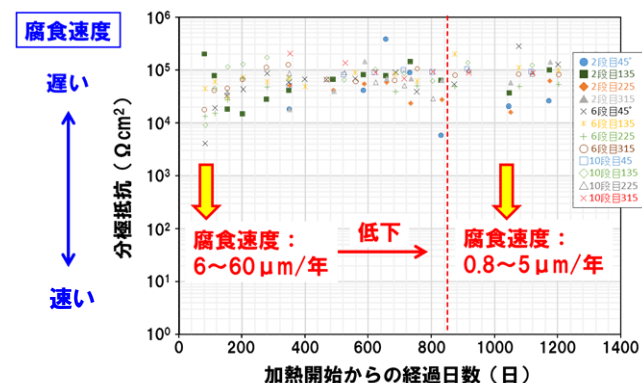
水圧擾乱試験の概要

5. 研究開発の現状

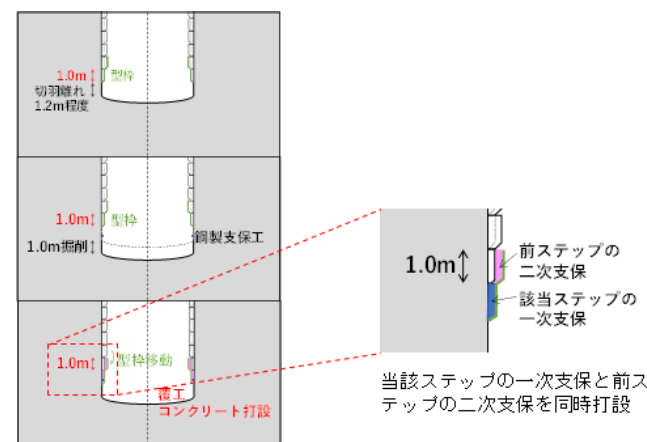
① 深地層の研究施設計画：H27～R3年度成果概要(幌延)2/2

【成果・地層処分事業や他分野への貢献】

- 人工バリア性能確認試験において、設計手法、製作・施工及び品質管理手法を実証するとともに、加熱・注水時のデータを取得し、THMC解析ツールの力学モデルを高度化した。これらの成果は、精密調査段階における安全性・合理性等を考慮した手順・工法の選定、地層処分後の安全評価における初期状態の把握に寄与する。
- オーバーパック腐食試験により、これまでの地上での腐食試験結果に基づくオーバーパックの設計や寿命評価の妥当性を確認した。
- トレーサー試験により、健岩部や割れ目における物質の移動現象を適切に評価可能な手法を確立した。
- 湧水抑制技術、支保技術、搬送定置・回収技術等の実証試験により、これらの技術の有効性を確認するとともに、回収可能性を維持した場合の処分場の安全性への影響に関する品質評価手法を提示した。これらの成果は、「処分場の設計技術の向上」や「処分場建設の安全性を確保する技術の高度化」に寄与する。
- 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証において、地震動が透水性に与える影響範囲を推定した。断層の幅が数cmの規模の小さな断層に着目し、断層の透水性への地震動の影響などを確認した。また、世界で初めて汎用的な装置を活用して人工的に岩盤中の割れ目をずらす原位置試験手法を開発した。これらの成果は、「地質環境特性の長期変遷のモデル化技術の高度化」や「ニアフィールドにおける状態変遷を考慮した核種移行解析モデルの構築」に貢献する。
- 「必須の課題」の取りまとめを行い、引き続き研究開発が必要と考えられる課題を抽出し、令和2年度以降の計画を策定するとともに、自治体との協議を経て「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」として公表した。
- 坑道周辺の亀裂が発達する領域において岩盤の酸化還元状態の変化に関する研究により、坑道周辺の酸化抑制メカニズムを世界で初めて解明した。これらの成果は、地層処分の安全評価において処分場の閉鎖後に生じる変化の予測・評価上、重要な知見となる。



腐食センサーによるモニタリングの結果



深度380m以深において適用可能な二重支保の概念

5. 研究開発の現状

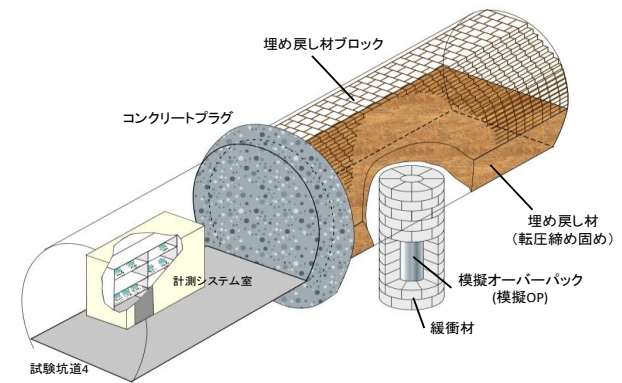
① 深地層の研究施設計画：今後について(幌延)

【研究の背景・狙い・目標・意義】

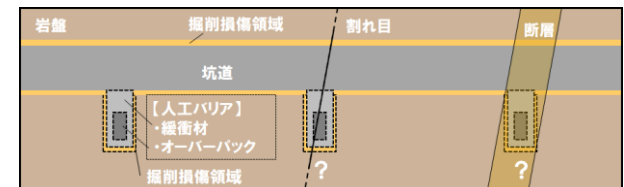
幌延深地層研究センターでは、これまで深度350mまでの立坑掘削と調査研究用の水平坑道を展開しながら、地質環境を調査・評価する技術や深地層における工学技術の開発を着実に進めてきた。令和元年度までに実施した必須の課題の成果を報告書として取りまとめ、その結果も踏まえ、引き続き研究開発が必要と考えられる課題を抽出し、令和2年1月に「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」を決定した。

【実施内容】

- ・ 人工バリア性能確認試験：模擬オーバーバックの減熱時の緩衝材の挙動に関するデータの取得や、施工した人工バリアの解体および緩衝材の飽和度の確認
- ・ 物質移行試験：これまでに確立した手法を用いて、掘削影響領域、有機物、微生物の影響に着目したデータの取得
- ・ 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：施工方法、プラグの有無、回収方法に応じた埋め戻し材の特性把握、廃棄体の設置方法等の処分技術の実証試験
- ・ 高温(100℃超)などの限界的条件下での人工バリア性能確認試験：緩衝材が100℃超になった状態を想定した解析手法の開発
- ・ 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化：より大型の断層に対する地震動の影響等の把握、地下水の流れが非常に遅い領域を調査・モデル化する技術の実証
- ・ 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験：人工バリアのひび割れに対する自己治癒能力を解析する手法の開発



人工バリア性能確認試験の概念図



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

5. 研究開発の現状

②地質環境の長期安定性に関する研究：研究開発課題

(1) 調査技術の開発・体系化

- サイトの選定や安全性の検討に必要なデータ取得技術

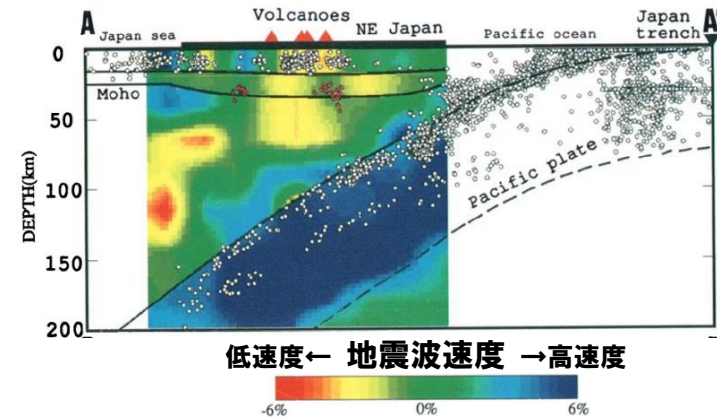
(2) 長期予測・影響評価モデルの開発

- 変動シナリオに基づく安全評価に必要な技術

(3) 年代測定技術の開発

- (1), (2) の信頼性を向上するための技術基盤

上記の研究開発課題については、地層処分技術WG※において示された課題(広域現象の理解に関する研究課題、概要調査以降の調査・評価手法に関する研究課題)を考慮し、設定している。



地震波トモグラフィによる地殻構造のイメージング例

対象施設	年代測定法	年代測定範囲(年前)								主な反映先	対象物質	実用化に向けた状況
		10 ⁰	10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷			
加速器質量分析装置 (JAEA-AMS-TONO-5MV & 300kV)	¹⁴ C法									断層運動	地下水、有機物	実用化済
	¹⁰ Be法									侵食速度	石英	実用化済
	²⁶ Al法									侵食速度	石英	実用化済
	³⁶ Cl法									地下水年代	地下水	試験中
	¹²⁹ I法									地下水年代	地下水	実用化済
希ガス質量分析装置	K-Ar法	...								断層運動	自生雲母粘土鉱物	実用化済
四重極型質量分析装置	(U-Th)/He法	...								侵食速度	アバタイト、ジルコン	実用化済
光ルミネッセンス測定装置	OSL法									断層運動	石英	実用化済
										隆起速度	長石	実用化済
電子スピン共鳴装置	ESR法									断層運動	石英	実用化済
										断層運動	炭酸塩鉱物	試験中
高精度希ガス質量分析装置	希ガス法									地下水年代	地下水	実用化済
電子ブロー-マイクロアナライザ	CHIME法									後背地解析	モナザイト、ジルコン	実用化済
レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析装置	U-Pb法									後背地解析	ジルコン	実用化済
フィッシュトラップ自動計測装置	FT法									断層運動	炭酸塩鉱物	実用化済
										侵食速度	アバタイト、ジルコン	実用化済

技術開発の対象年代範囲

様々な年代測定手法とその年代測定範囲

※総合エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会地層処分技術ワーキンググループ、最新の科学的知見に基づく地層処分技術の再評価—地質環境特性および地質環境の長期安定性について—, 2014, 61p.

5. 研究開発の現状

②地質環境の長期安定性に関する研究:H27~R3年度の成果概要

【研究の背景・狙い・目標・意義】

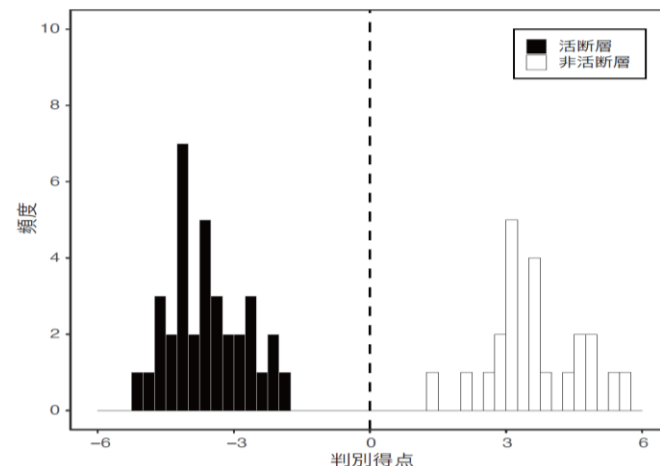
地層処分事業の概要調査～精密調査において必要とされる自然現象の影響調査・評価技術の拡充、将来の地形変化や地殻変動等を考慮した地質環境モデル提示の支援及び数千年～数千万年スケールの年代測定に対応した技術開発を進める。

【実施内容】

- ・ 自然現象の特徴および過去～現在までの履歴を把握するための各個別技術の拡充、地形変化や地殻変動等に関する地質環境モデルの提示を支援するための科学的検討、年代測定に用いる各種機器分析法の高精度化に向けた装置や前処理手法等の改良及び少量試料等への適用範囲の拡大を進めた。

【成果・地層処分事業や他分野への貢献】

- ・ 断層破碎帯内物質の化学組成を用いた多変量解析による活断層と非活断層の分類等が、最近の断層運動の有無を推定する一助となることを示した。本研究の成果は「もんじゅ」敷地内破碎帯の追加地質調査にも適用されている。
- ・ 地質環境の長期安定性評価における共通の基盤技術として、幅広い年代域($10^4 \sim 10^7$ 年)やさまざまな自然現象・試料に対応可能な年代測定手法の開発・整備を進めた。これらを通じて、深成岩の冷却や隆起過程の調査・評価技術の手法を開発するとともに、津波防災にも貢献できる津波堆積物の特定方法を提案した。



断層破碎帯内物質の化学組成を用いた多変量解析による活断層と非活断層の分類結果の例



土岐地球年代学研究所でのテフラの微量元素分析に使用したレーザーアブレーション (LA) 装置(左)とICP質量分析装置(右)

5. 研究開発の現状

②地質環境の長期安定性に関する研究:今後について

【研究の背景・狙い・目標・意義】

地層処分事業の概要調査～精密調査において必要とされる自然現象の影響調査・評価技術の拡充、将来の地形変化や地殻変動等を考慮した地質環境モデル提示の支援及び数千年～数千万年スケールの年代測定に対応した技術開発を進める。

【実施内容】

- ・自然現象の特徴および過去～現在までの履歴を把握するための各個別技術の拡充、地形変化や地殻変動等に関する地質環境モデルの提示を支援するための科学的検討、年代測定に用いる各種機器分析法の高精度化に向けた装置や前処理手法等の改良及び少量試料等への適用範囲の拡大を進める。

レーザーアブレーション装置(左)と
ICP質量分析装置(右)



「炭素14, ヘリウム10」年代測定システム



断層活動、噴火年代等の推定に利用
(施設供用制度によって依頼測定も実施中)

「ウラン-トリウム-ヘリウム」年代測定システム



低温の熱水活動や侵食速度の推定に利用
(国内で唯一測定が可能)

「光ルミネッセンス」年代測定システム



土砂の堆積年代等の推定に利用

5. 研究開発の現状

③高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発：研究開発課題

(1) 処分システムに関する工学技術の信頼性向上

- ・人工バリア等の基本特性データベースの拡充
- ・人工バリア等の長期複合挙動に関する研究

(2) 安全評価手法の高度化

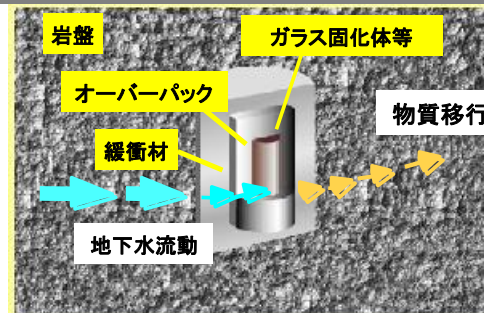
- ・放射性核種の移行に係る現象理解とそれに基づく評価モデルの高度化
- ・安全評価に係るデータベースの拡充

地層処分基盤研究施設(エントリー)



人工バリアシステムの健全性評価試験

地層処分における核種移行モデルの高度化



- 熱力学・収着・拡散データベース
- 緩衝材基本特性データベース
- グラウトデータベース
- ガラスの溶解に関するデータベース
- オーバーパックデータベース

各種データベースの構築(HPで公開中)

人工バリアの長期性能評価に関する室内試験やデータベースの構築

地層処分放射化学研究施設(クオリティ)



放射性物質の濃度分析



還元環境を模擬したグローブボックス内における放射性物質移行データの取得

放射性物質の溶解・移行挙動等の試験研究

5. 研究開発の現状

③高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発：H27～R3年度の成果概要

【研究の背景・狙い・目標・意義】

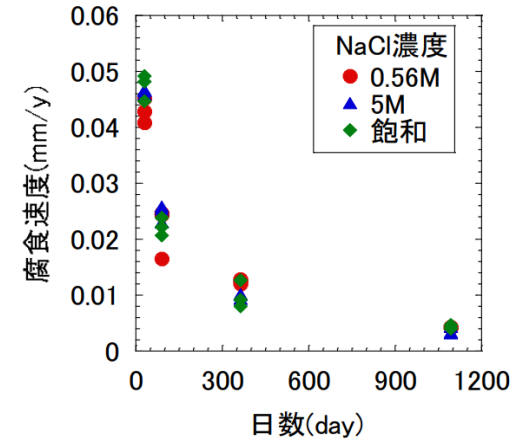
処分システムに関する工学的技術の信頼性向上として、人工バリア等の基本特性データの拡充及びデータベース開発並びに人工バリア等の長期複合挙動に関する研究を進める。また、安全評価手法の高度化として、システム性能評価に係る手法の開発及び放射性核種の移行に係る現象理解とデータベース開発を行う。

【実施内容】

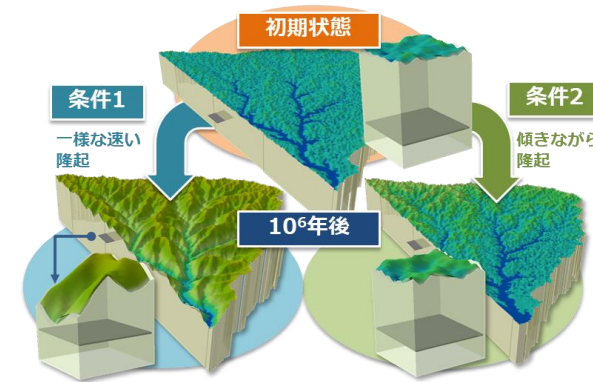
- 幅広い地質環境条件等に対して、オーバーパックの腐食挙動や緩衝材等の基本特性に係るデータを取得し、データベースとして整備した。深地層研究計画での原位置試験での計測データを活用し、人工バリアの連成挙動モデルの信頼性向上を図った。
- 地表環境の変遷を考慮した安全評価手法の開発や生活圏における被ばく線量評価の信頼性向上等を図った。緩衝材や岩盤中の放射性核種の移行、コロイド・有機物・微生物の影響評価手法の開発を行い、得られたデータをデータベースとして整備した。

【成果・地層処分事業や他分野への貢献】

- 幅広い条件に対する人工バリアの適用性や堅牢性、長期挙動の推定に資するための基礎的情報が得られるとともに、閉鎖後長期のニアフィールド複合挙動を評価するためのシステム開発を進め、人工バリア挙動をより現実的に把握できる技術の構築に貢献した。
- 処分候補地の隆起・侵食による地形変化・処分場深度の長期的な変遷を評価することが可能となり、精密調査地区選定への貢献が期待できる。研究開発を通して核種移行モデル・データベース等の整備・拡充を進めるとともに、諸外国の最新知見も反映した最新の核種移行パラメータ設定手法を構築し、NUMOの包括的技術報告書(2021.2公開)に反映した。
- 地下深くの岩盤中の放射性物質の動きをより正確に推定する手法を構築し、今後の地層処分の候補サイトの岩盤を対象とした、効果的な調査・試験や信頼性の高い安全評価の実現に貢献した。



緩衝材中における炭素鋼の腐食に及ぼすNaCl濃度の影響



隆起・侵食による地形変化・処分場深度変化の計算例

5. 研究開発の現状

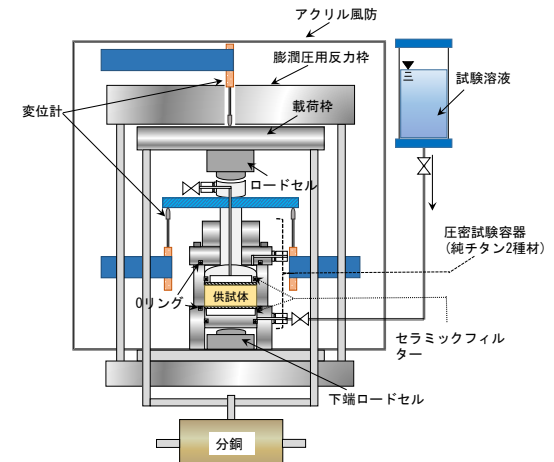
③高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発※：今後について

【研究の背景・狙い・目標・意義】

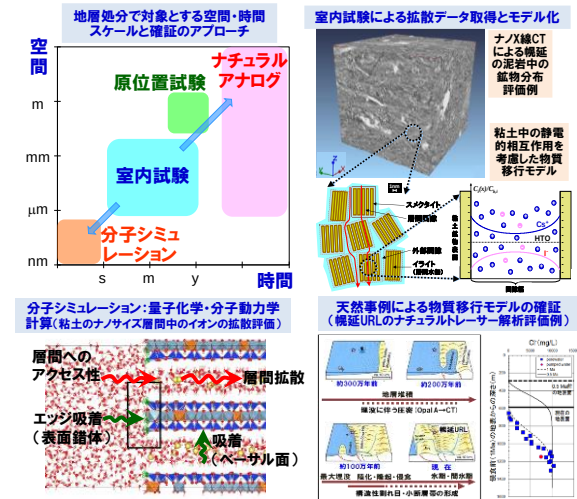
処分システムに関する工学的技術の信頼性向上として、人工バリア等の基本特性データを取得し、データベースを最新のものに更新するとともに、人工バリア等の長期複合挙動に関する研究を継続して進める。また、安全評価手法の高度化として、システム性能評価に係る手法の開発及び放射性核種の移行に係る現象理解とデータベース開発を行う。

【実施内容】

- ・オーバーパックの腐食挙動や緩衝材の基本特性に関して、幅広い地質環境条件とその時間的な変遷(廃棄体定置後のTHMC状態が大きく変化する期間～閉鎖後長期)を考慮した広範な条件に対してデータを取得し、データベースに追加し更新する。また、処分坑道の掘削、埋め戻し、過渡期から長期に渡る処分場の人工バリア等の複合挙動評価技術の開発とその妥当性の確認を幌延深地層研究センターでの原位置試験の計測データ等を活用して行う。
- ・地表環境の違いやその長期変遷の処分システムへの影響を評価するための処分システムの性能評価手法を開発する。また、実際のサイトの地質環境の特徴等を適切に反映することが可能な核種移行評価モデル・データベースを先端的な分析・計算科学技術の適用や、地下研究施設等での原位置試験や天然事例研究に基づき高度化する。



緩衝材に対する長期圧密試験装置概要



核種移行評価モデル・データベース開発において考慮すべき空間・時間スケールとアプローチ

※JAEAの第4期中長期計画(令和4年度～令和10年度)においては、「高レベル放射性廃棄物等の地層処分システムに関する研究開発」として実施

5. 研究開発の現状

④使用済燃料の直接処分研究開発：研究開発課題

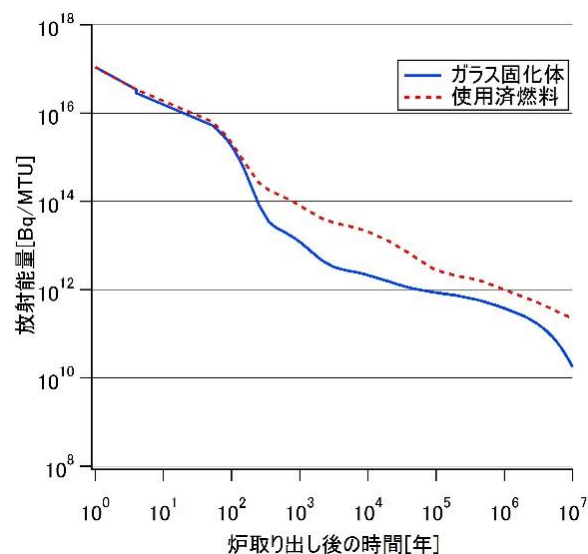
(1) 使用済燃料の直接処分に関する工学技術の開発

- 人工バリアの設計
- 地下施設の設計
- 直接処分方策に関する調査

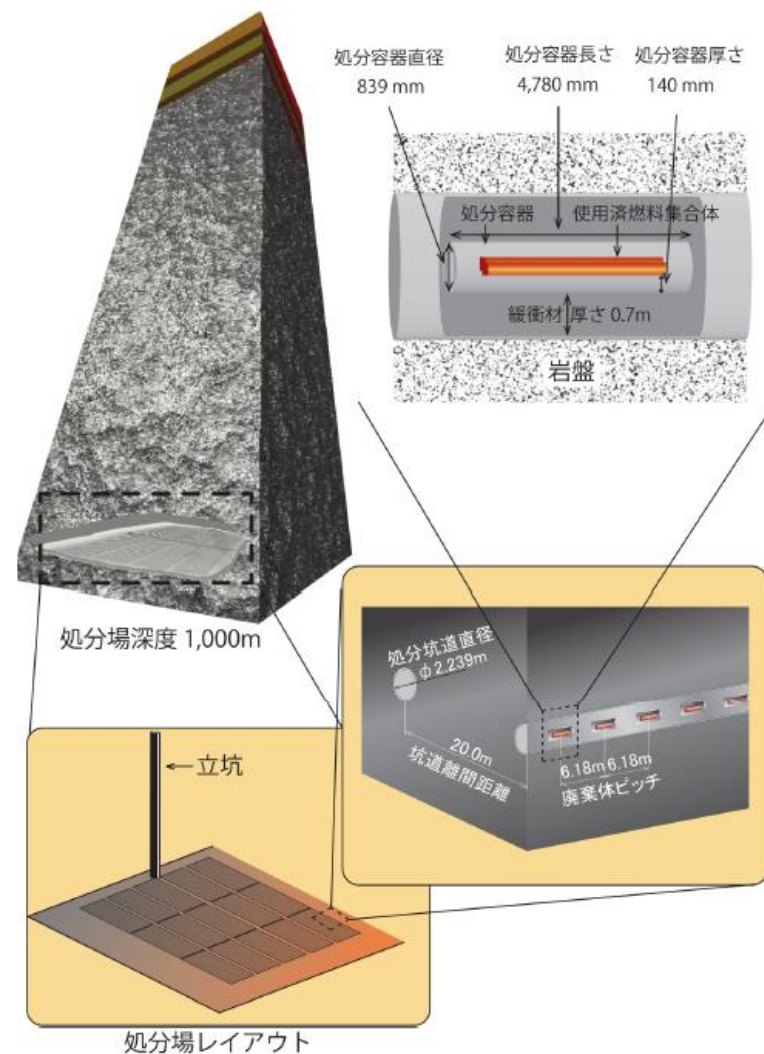
(2) 使用済燃料の直接処分に関する安全評価手法の開発

- 使用済燃料からの核種溶出挙動の理解
- システム性能評価に関する手法の開発

(3) その他代替処分オプションの調査



ガラス固化体と使用済燃料の放射能の時間変化



直接処分第1次取りまとめで想定した地層処分システムの構成

5. 研究開発の現状

④使用済燃料の直接処分研究開発：H27～R3年度の成果概要

【研究の背景・狙い・目標・意義】

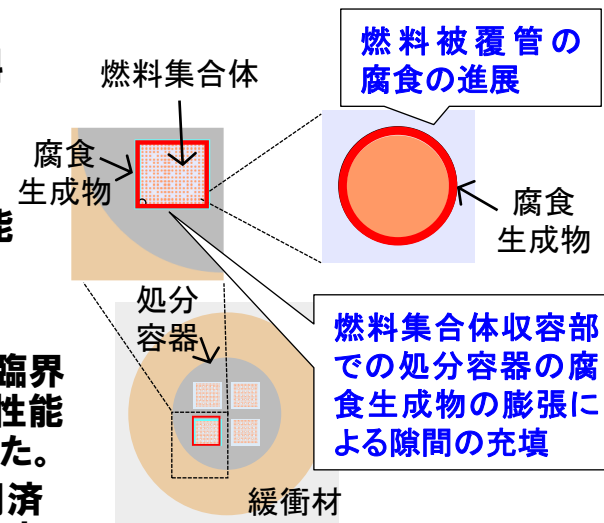
エネルギー基本計画や基本方針において、幅広い選択肢を確保する観点から、使用済燃料など代替処分オプションに関する調査・研究を推進することとされている。使用済燃料の直接処分に関しては、使用済燃料の特徴(形状・寸法、発熱量、インベントリ、特有な現象等)を考慮した設計や安全性の確認が重要な課題の一つであり、人工バリア及び地下施設等の設計検討、また、安全性の評価に必要となる使用済燃料からの溶出挙動の調査及びシステム性能評価に係る手法の開発等を行う。さらに、直接処分以外の代替処分オプションの調査を行う。

【実施内容】

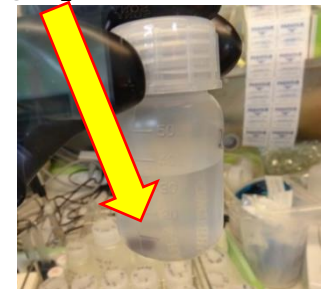
- 人工バリアとしての処分容器の仕様の例示や閉じ込め性能が高い処分容器材料の開発、臨界安全性を考慮した燃料集合体の収容本数の例示、緩衝材の応力緩衝性や廃棄体の支持性能等の要件を満足することを確認した。また、処分坑道や処分孔の力学的安定性評価を行った。
- 使用済燃料からの核種の放出挙動について、諸外国の評価事例をレビューし、実際の使用済燃料を用いた浸漬試験に着手するとともに、燃料からの核種の放出挙動を理解するための実験的な研究を実施した。
- 燃料の炉型、燃料タイプ、燃焼度、冷却期間等の多様な条件を考慮し、使用済燃料の発生量を推定するとともに、直接処分に特有な線量支配核種について、処分容器の長寿命化の効果を確認した。
- 直接処分以外の代替処分オプションとして、超深孔処分について、諸外国での検討事例の調査とともに、わが国の諸条件を考慮した場合の適用性・成立性の検討に向けた調査研究を行った。

【成果・地層処分事業や他分野への貢献】

- ガラス固化体での技術や経験を直接処分での設計等に適用できる見通しを得た。
- 瞬時放出率の文献情報に基づく設定手法の構築、長期溶解速度の炭酸濃度依存性等の文献情報のレビュー結果について、学術論文で公開した。
- その他代替処分オプションとしての超深孔処分のわが国への適用性・成立性の検討において重要となる留意点や課題等を具体化した。
- これら成果は、将来に向けての幅広い選択肢の確保に貢献することが期待できる。



臨界解析で対象とした状態変化の例



浸漬試験サンプルの外観

5. 研究開発の現状

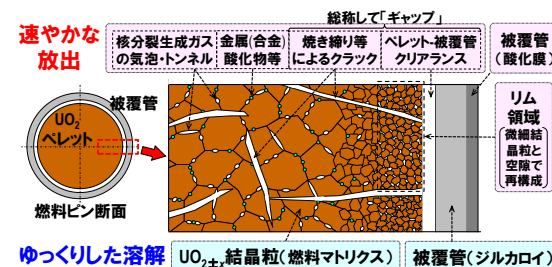
④使用済燃料の直接処分研究開発※：今後について

【研究の背景・狙い・目標・意義】

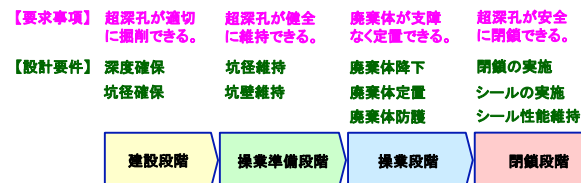
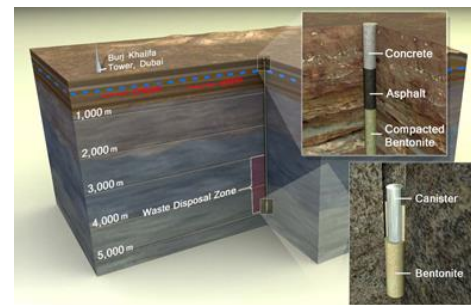
エネルギー基本計画や基本方針において、将来に向けて幅広い選択肢を確保し、柔軟な対応を可能とする観点から、使用済燃料の直接処分など代替処分オプションに関する調査・研究を着実に推進することとされている。使用済燃料の直接処分に関しては、使用済燃料の特徴(形状・寸法、発熱量、インベントリ、特有な現象等)を考慮した設計や安全性の確認が重要な課題の一つであり、これらに関する基礎基盤研究の着実な推進を目的として、直接処分に特徴的な現象の理解深化や評価技術の整備・拡充を進める。さらに、直接処分以外の代替処分オプションとして、超深孔処分のわが国での成立の可能性の検討等に資することを目的として、超深孔処分の特徴や課題、わが国の地質環境条件との関係等の理解・整理を進める。

【実施内容】

- 直接処分については、使用済燃料の処分に特徴的な現象として、使用済燃料からの核種の溶解挙動や使用済燃料の処分容器内での臨界安全性等についての理解深化や評価技術の整備・拡充を進め、地質環境条件や使用済燃料の特性の多様性を考慮した評価検討の拡充、評価技術・評価事例の体系的整理等を目指す。
- 直接処分以外の代替処分オプションについては、超深孔処分で鍵となる超深孔の掘削や定置等に係る技術の調査・整理、及び超深孔処分の実施のための技術的要求事項や地質環境条件に応じたその要求の達成の難易度、条件、課題等を明らかにしていくことで、超深孔処分の特徴や課題、わが国の地質環境条件との関係等の理解・整理を進めることを目指す。



放射性核種の燃料集合体からの溶出挙動の取扱いの概念図



超深孔処分が成立するための各段階での要求事項や設計要件のイメージ

6. まとめ

「地層処分研究開発に関する全体計画(平成30年度～令和4年度)」で実施した研究開発の成果は、JAEAの第3期中長期計画期間成果取りまとめ(CoolRepR4)において地層処分の技術基盤として全体的に取りまとめ、ウェブ上で公表した。

なお、これらの成果については、外部有識者で構成される委員会(地層処分研究開発・評価委員会)から下記の評価を受けている。

第3期中長計における研究開発については、国際的にも高い技術レベルで地層処分技術の信頼性向上に寄与する基盤技術の整備を着実に進めている。特に、その達成度や成果の効果・効用という点では、これらの研究成果が、国の「科学的特性マップ」、原子力発電環境整備機構(以下「NUMO」という。)の包括的技術報告書に反映されるなど、地層処分事業の進展に大きく貢献したことは、顕著な実績として認めることができる。また、国内外の学会発表や報告書類の刊行、論文投稿・掲載が多数認められるとともに、世界初となる貴重な成果も創出し、プレス発表も行うなど、積極的な成果の普及に努めていると判断できる。(中略)

このように当初の計画に基づいて着実に研究開発が行われた結果、高い成果があげられ、地層処分事業に貢献したことから、当初計画は妥当な内容であったと判断できる。これらにより、総じて、我が国の地層処分プログラムを支える中心的な研究開発機関としての役割を十分果たしていると評価できる。

(参考)幌延深地層研究センター地下研究施設を活用した 国際共同プロジェクトについて

【目 的】

「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」の研究課題について、国内外の機関で協力しながら研究開発を推進し、先進的な安全評価技術や工学技術に関わる研究開発の成果を最大化するとともに、知識と経験を共有し次世代を担う国内外の技術者や研究者を育成する。

【現 況】

- OECD/NEA(経済協力開発機構/原子力機関)の協力を得て、国際的に関心の高い以下の項目(「 」内は「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」の課題名)について、国際共同プロジェクト準備会合への参加機関の募集を開始(令和3年10月26日)
 - ・ 物質移行試験(「実際の地質環境における人工バリアの適用性確認」)
 - ・ 処分技術の実証と体系化(「処分概念オプションの実証」)
 - ・ 実規模の人工バリアシステム解体試験(「実際の地質環境における人工バリアの適用性確認」)
- 複数の国・地域の機関から参加希望の表明があり、準備会合(第1回:令和4年3月4日、第2回:令和4年5月16日)を開催

【今後の予定】

複数回の準備会合を行い、その結果を踏まえて最終的に幌延国際共同プロジェクトへの参加を決定した機関の間で契約を締結(令和4年度下期予定)