

深地層の研究施設計画に関する報告会2020

2. 研究開発の概況

(高レベル放射性廃棄物の処分技術等に関する研究開発)

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
地層処分研究開発推進部

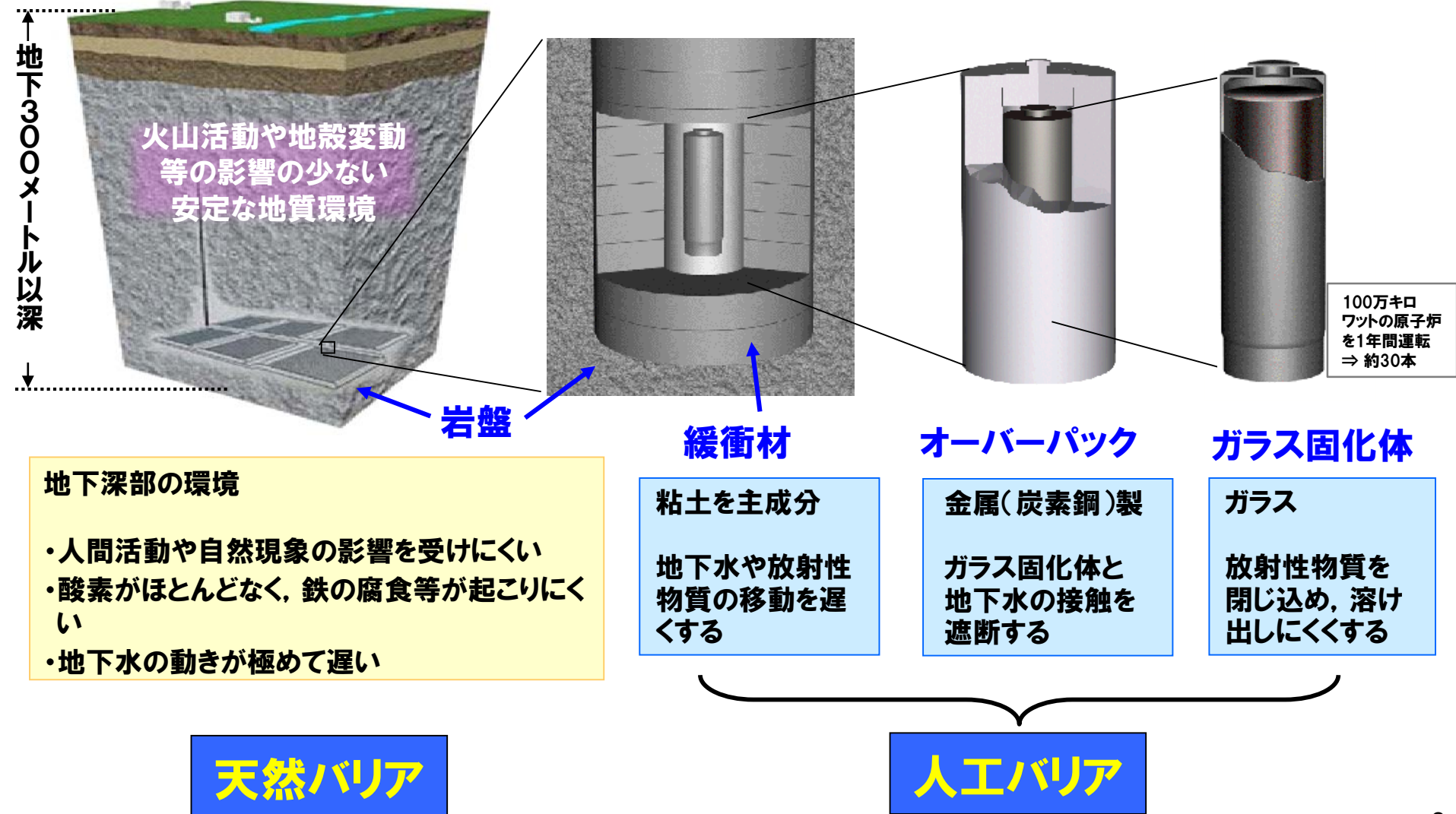
部長 瀬尾 俊弘

報告の内容

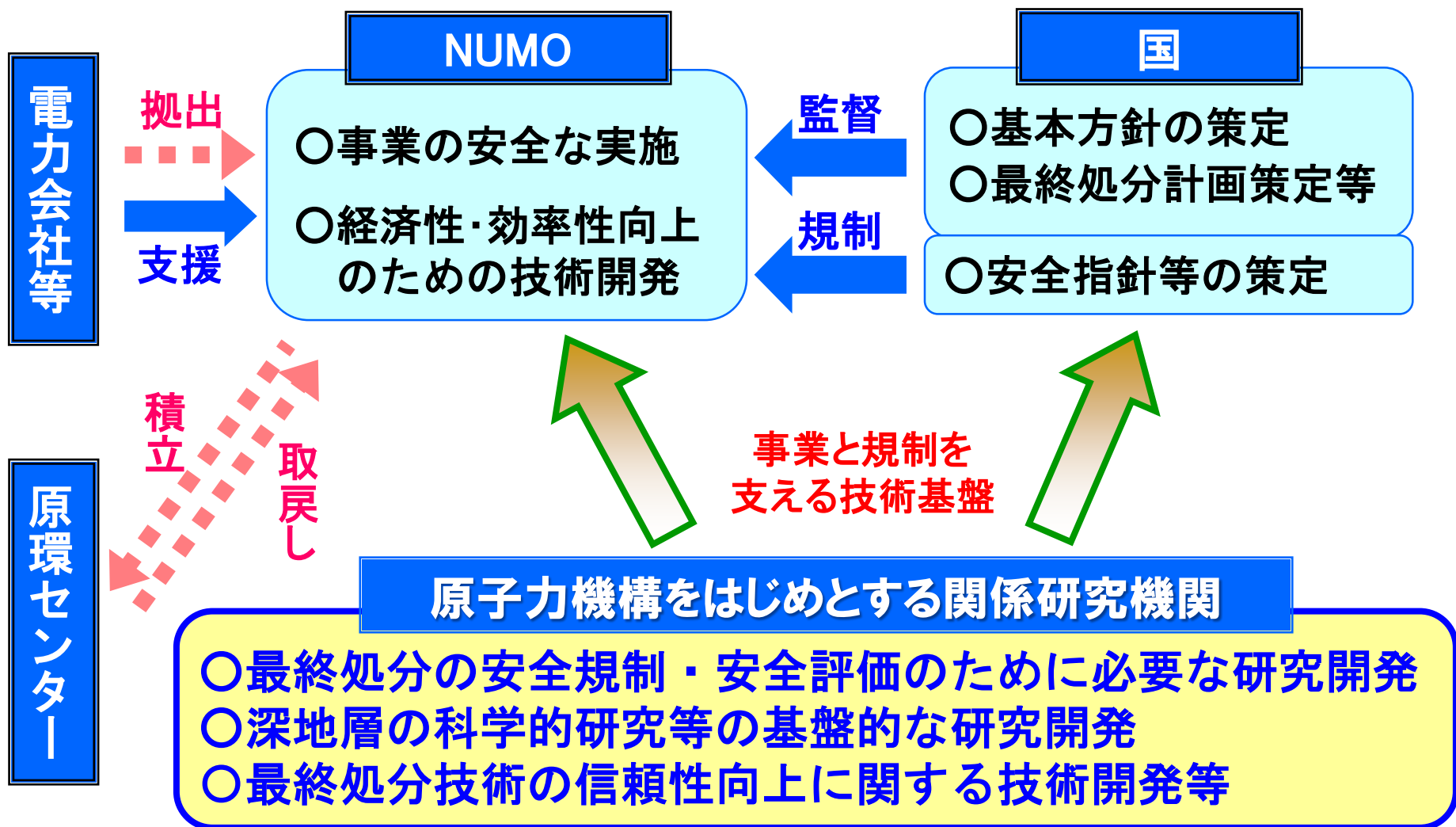
- **研究開発の背景**
- **JAEAにおける研究開発計画**
- **研究開発のトピックス**
- **研究開発を取り巻く状況**
- **今後の研究計画の取り組み**

研究開発の背景 -地層処分システムについて-

天然の岩盤と人工物を組み合わせた多重バリアシステム



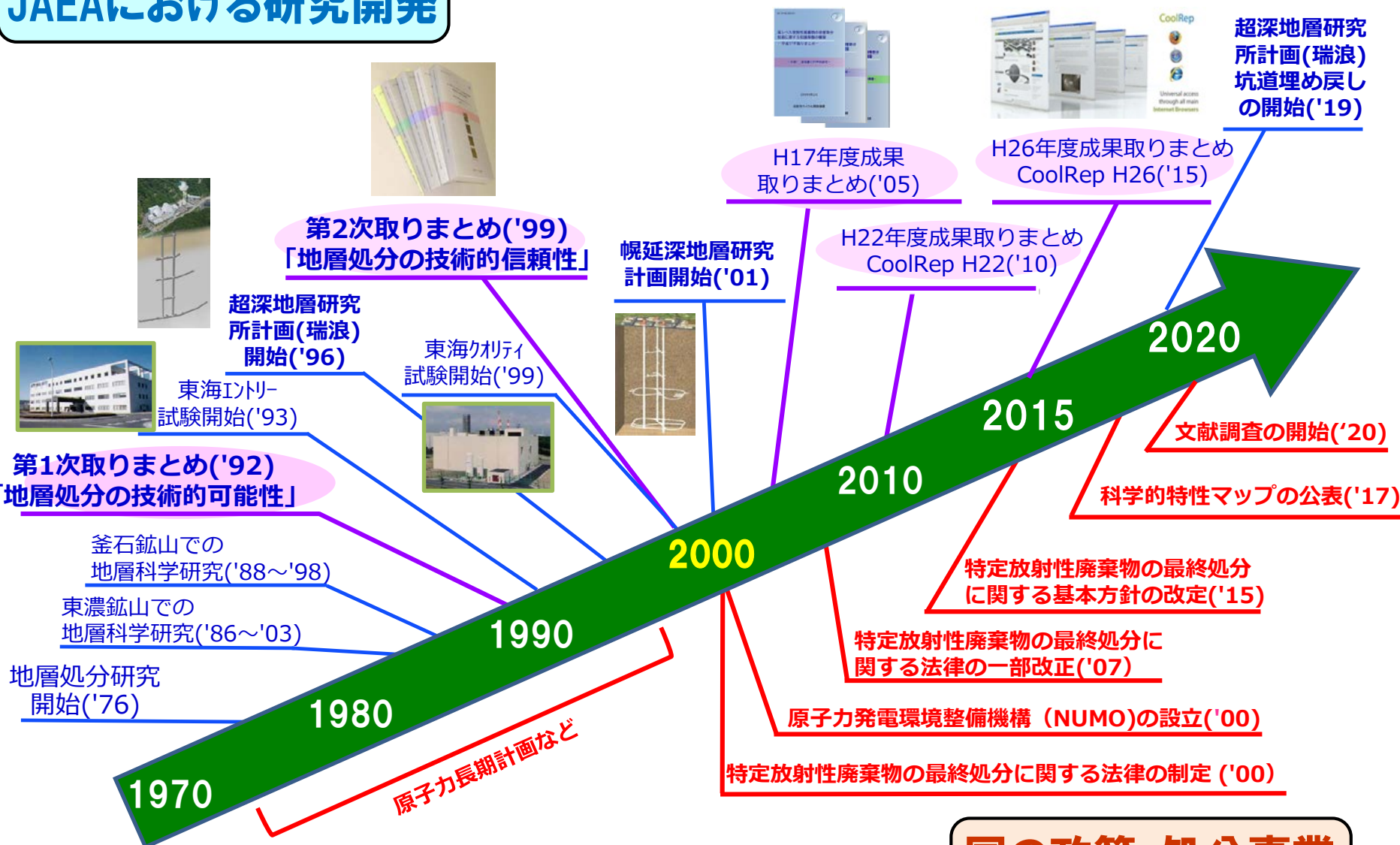
研究開発の背景 -わが国の地層処分に係る体制-



(特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針等に基づく)

JAEAにおける研究開発計画 -研究開発の経緯-

JAEAにおける研究開発



国の政策・処分事業

JAEAにおける研究開発計画 -研究開発成果の取りまとめと反映-

- 研究開発で得られた成果については、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している。
- 「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」を実施・公表してきた。
- 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の提供を目指す。



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

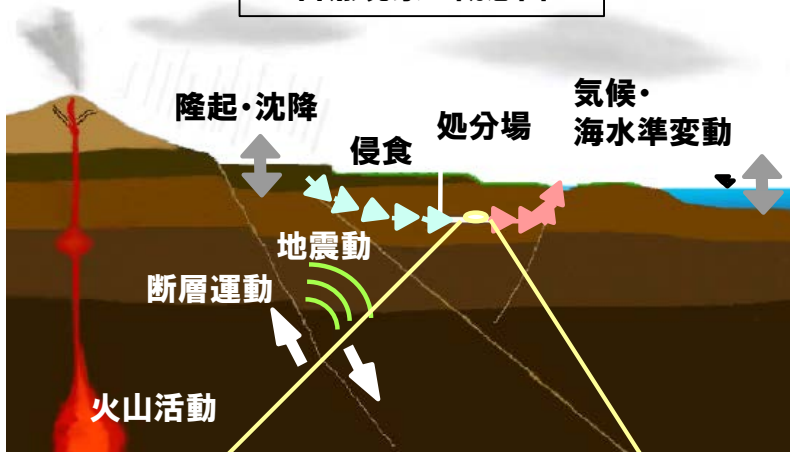
<https://kms1.jaea.go.jp/CoolRep/>

(深地層の研究施設計画に関する研究開発成果の反映先)

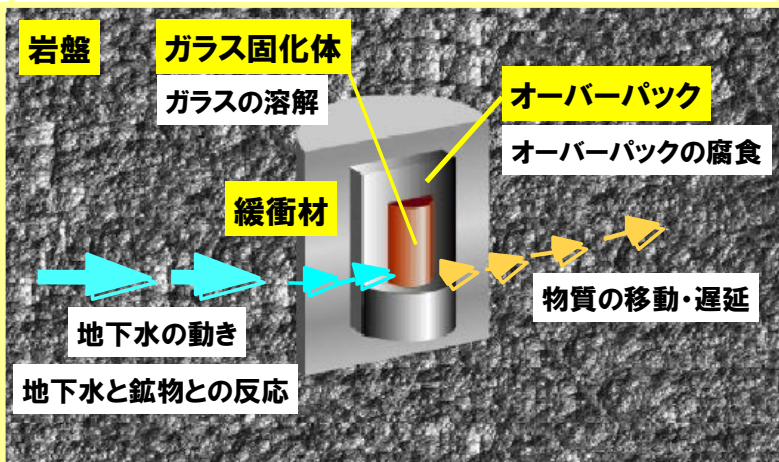
- 第1期 CoolRepH22 ⇒ 概要調査の段階を中心とした技術基盤
- 第2期 CoolRepH26 ⇒ 精密調査の段階(前半)を中心とした技術基盤
- 第3期 CoolRepR4 ⇒ 精密調査の段階(後半)を中心とした技術基盤
- (今期)

JAEAにおける研究開発計画 -地層処分技術に関する研究開発テーマ-

地層処分で考慮すべき自然現象の概念図

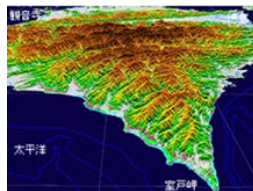


人工バリア周辺で生じる現象の概念図



1. 深地層の科学的研究

- ✓ 地質環境の長期安定性に関する研究開発
- ✓ 地質環境特性の調査・評価技術の開発
- ✓ 深地層における工学技術の開発



コンピューターを用いた段丘分布図の例



坑道内におけるボーリング調査

2. 処分システムにおける工学技術の信頼性の向上

- ✓ 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



模擬オーバーパックの設置



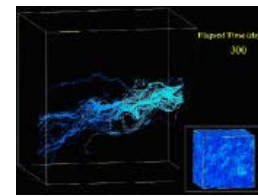
模擬PEMの設置

3. 安全評価手法の高度化

- ✓ 安全評価に係るデータベースの拡充
- ✓ 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



室内試験の様子(クオリティ)



物質移行シミュレーションの例

JAEAにおける研究開発計画 -研究開発拠点-

核燃料サイクル工学研究所(東海)



地層処分基盤研究施設(コールド施設)



地層処分放射化学研究施設(ホット施設)

工学技術の信頼性向上

安全評価手法の高度化

幌延深地層研究センター

東濃地科学センター



土岐地球年代学研究所



瑞浪超深地層研究所

※瑞浪超深地層研究所では、令和2年2月より、地下施設の埋め戻しを開始しています。



幌延深地層研究所

深地層の科学的研究

工学技術の信頼性向上

安全評価手法の高度化

深地層の科学的研究

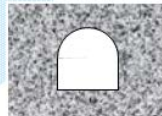
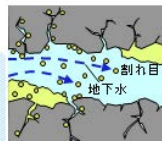


(イメージ図)

花崗岩
(結晶質岩)

淡水系

硬岩

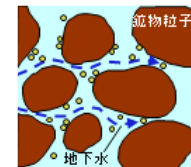


深地層の研究施設計画

- ・超深地層研究所計画(瑞浪)
- ・幌延深地層研究計画

(目的)

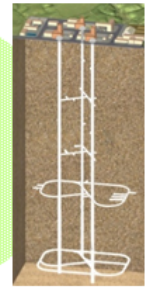
- ✓ 地層処分技術を実際の地質環境に適用して確認
- ✓ わが国固有の地質環境の理解
- ✓ 深地層を体験・理解する場



泥岩
(堆積岩)

塩水系

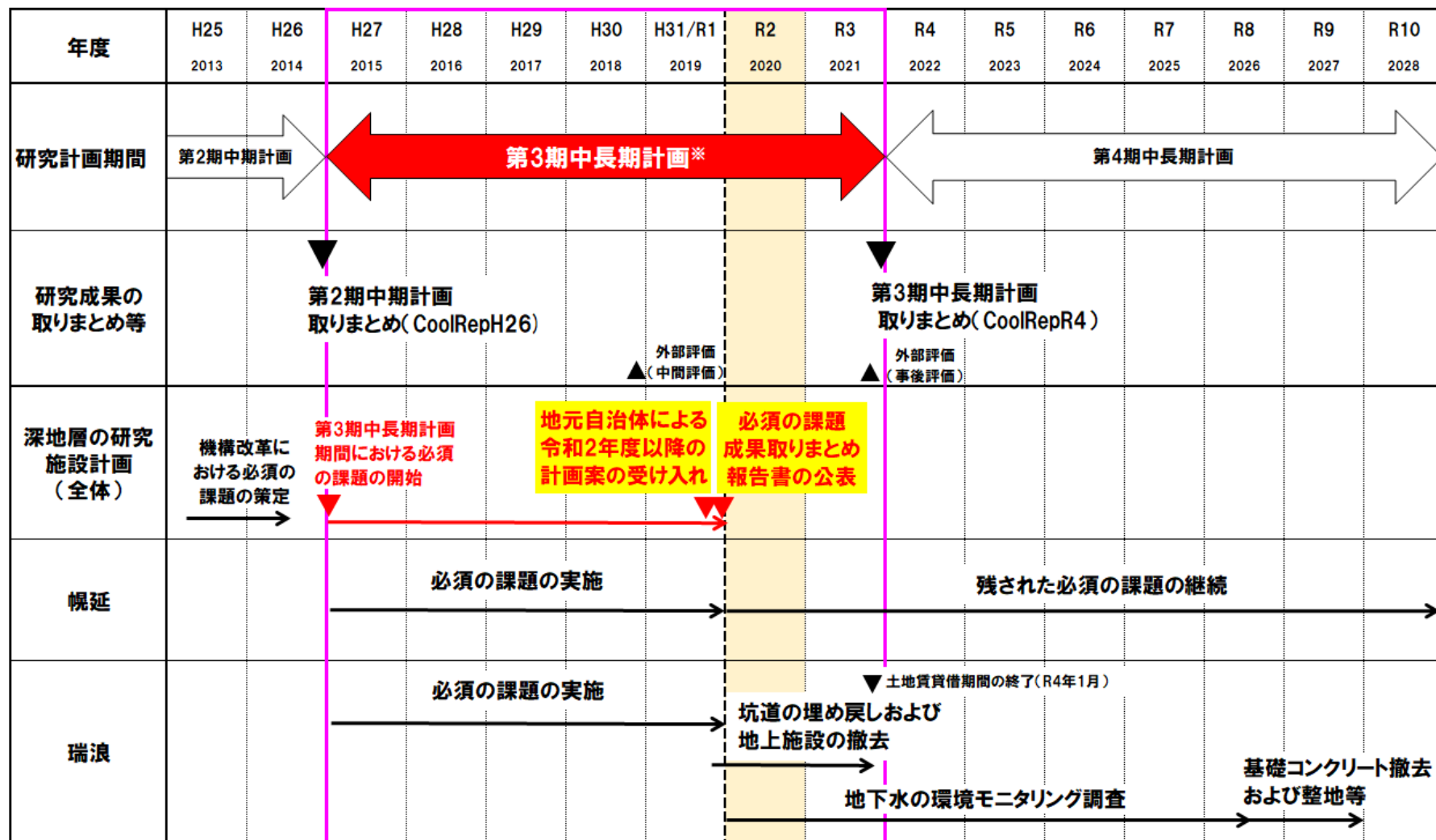
軟岩



(イメージ図)

※イメージ図は今後の調査研究により見直すことがあります。

JAEAにおける研究開発計画 -第3期中長期計画等の工程-



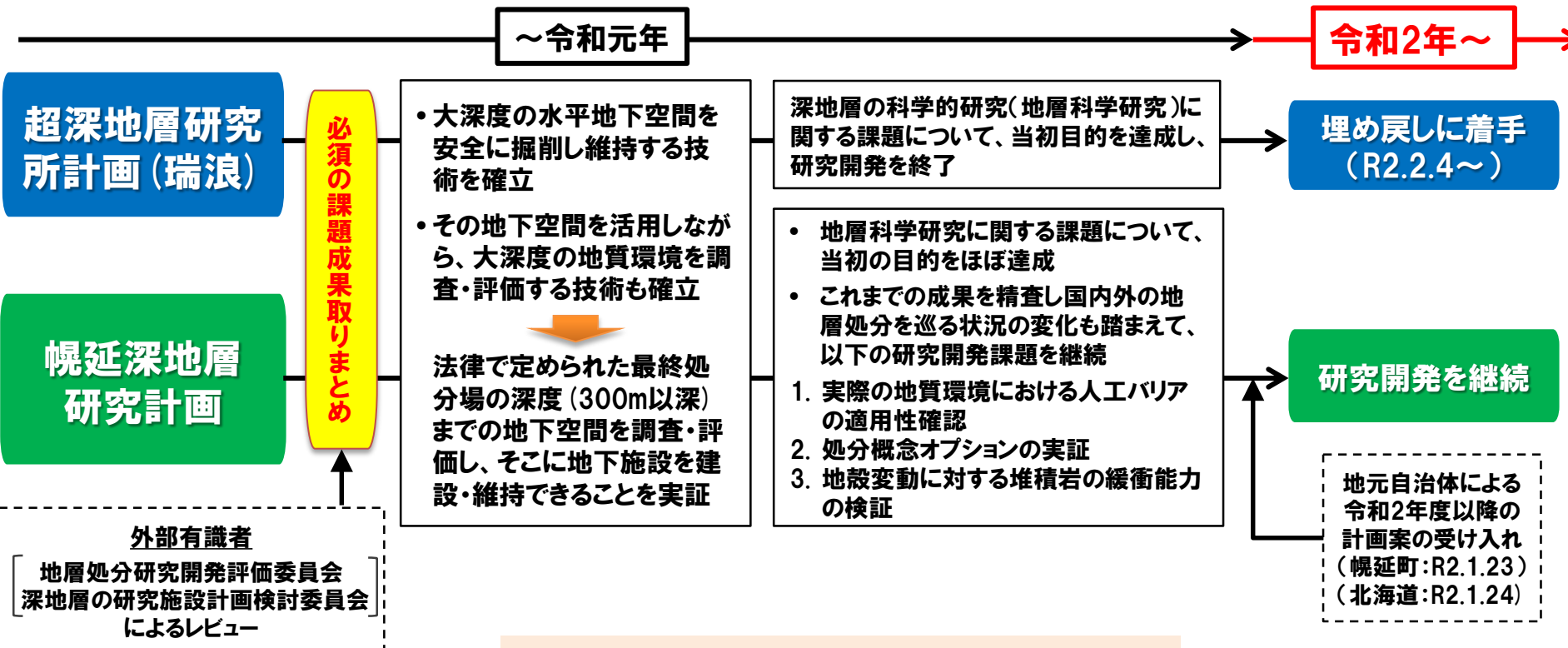
▲ 地層処分研究開発調整会議
地層処分研究開発に関する全体計画
(令和2年3月改訂版)の公表

※原子力機構 第3期中長期計画公表時における同計画の記載(抜粋)


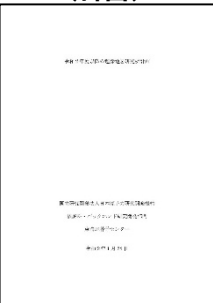


超深地層研究所計画：(必須の課題)について平成31年度末までの5年間で成果を出すことを前提に取り組む。同年度末までに、土地賃貸借期間の終了(平成34年1月)までに埋め戻しができるようにという前提で考え、坑道埋め戻しなどのその後の進め方について決定する。

幌延深地層研究計画：(必須の課題)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。

JAEAにおける研究開発計画 - 深地層の研究施設計画の動向 -



必須の課題成果報告書と令和2年度以降の計画

瑞 浪		幌 延	
(報告書)	(計画)	(報告書)	(計画)
			
https://jopss.jaea.go.jp/pdfdata/JAEA-Research-2019-012.pdf	https://www.jaea.go.jp/02/press2019/p20012701/b01.pdf	https://jopss.jaea.go.jp/pdfdata/JAEA-Research-2019-013.pdf	https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/press/31/pdf/200129.pdf

研究開発のトピックス -地質環境の長期安定性に関する研究-

日本各地における事例研究の蓄積および今期から本格的に導入した年代測定技術により、自然現象に伴う地質環境の長期変遷を予測・評価する技術に関して、従来より予測・評価に係る不確実性が低減

1. 調査技術の開発・体系化

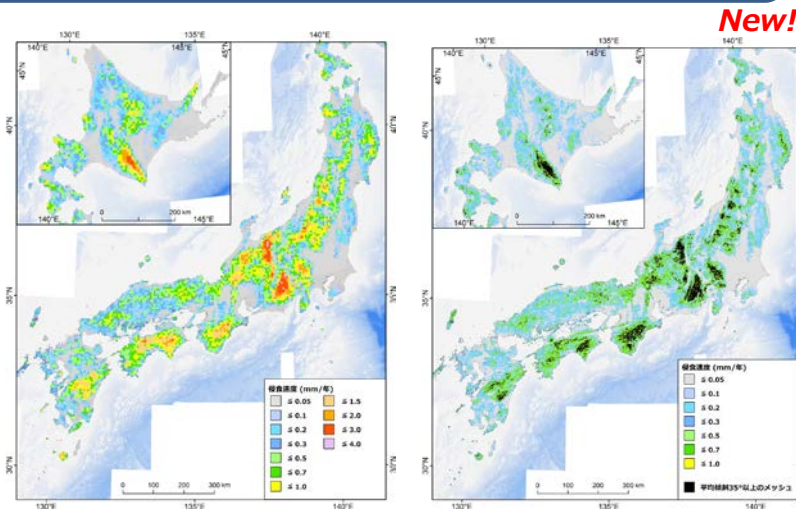
- 地震波のS波偏向異方性解析により、概要調査の段階で深部流体の移行経路となる地質環境の特徴を抽出できる可能性を例示 等

2. 長期予測・影響評価モデルの開発

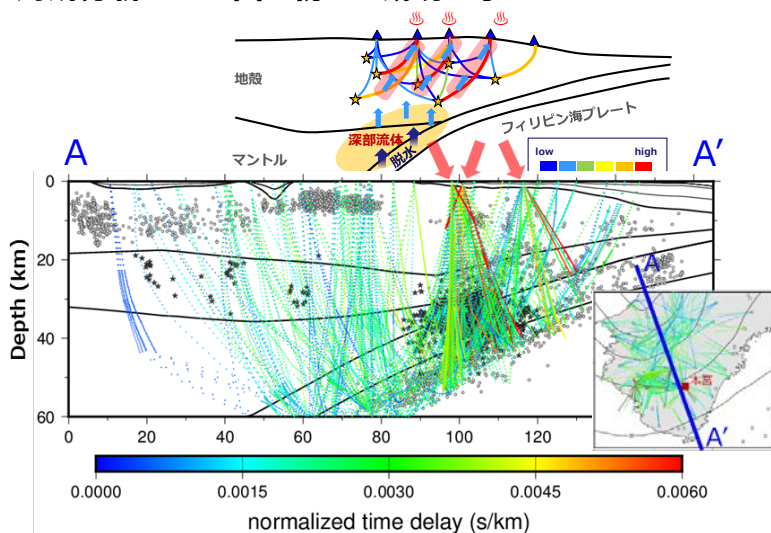
- 熱年代学的手法等、新たな年代測定手法の取入れにより、従来データが不足していた数百万年前から1万年前までの侵食速度データを拡充し、長期の時間スケールを対象とする安全評価に有用なマップを作成 等

3. 年代測定技術の開発

- 岩石の形成年代や断層の活動年代等、様々地質現象の把握に有効と考えられるウラン-鉛 (U-Pb) 年代測定に関して、レーザーアブレーション付き誘導結合プラズマ (LA-ICP) 質量分析装置を用いた示準化石試料の局所分析にわが国で初めて成功 等



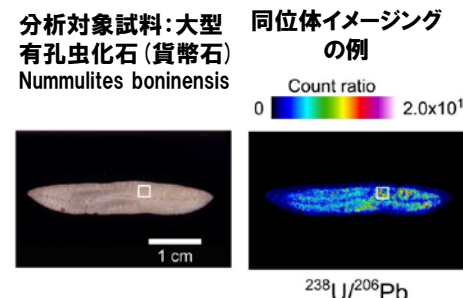
既存の数十年間の侵食速度マップ(左図:藤原ほか,1999)
新規に作成した数百万年~1万年間の侵食速度マップ(右図)



地震波の異方性を利用した深部流体の経路検出の概念図(上図)
紀伊半島を事例とした試行的解析結果(下図)

加速器質量分析装置	^{14}C 法, ^{10}Be 法, ^{26}Al 法 ^{36}Cl 法, ^{129}I 法
希ガス質量分析装置	K-Ar法
四重極型質量分析装置	(U-Th)/He法
光ルミネッセンス測定装置	OSL法
電子スピン共鳴装置	ESR法
高精度希ガス質量分析装置	希ガス法
電子プローブマイクロアナライザ	CHIME法
FT自動計測装置	FT法
LA-ICP質量分析装置	U-Pb法, 火山灰年代

土岐地球年代学研究所における年代測定技術(黒字:実用化済、青字:開発中)



U-Pb 年代: $39.7 \pm 2.9 \text{ Ma}$
(推定生息年代: 44~40 Ma)

LA-ICP質量分析装置を用いたウラン-鉛年代測定結果の例

研究開発のトピックス -地層処分研究開発 (安全評価手法の高度化) -

深地層の研究施設計画で得られた原位置データや先端的な計測分析、数値解析技術を用いることにより、従来の比較的単純化した地層処分システムの評価技術をより現実的かつ複合的な評価を可能とする技術レベルへと高度化を図り、わが国の多様な地質環境条件に対応可能な技術基盤の整備が進展

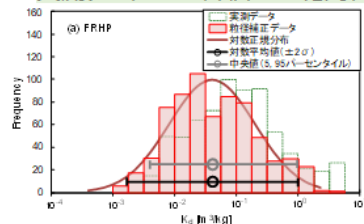
核種移行データベースの拡充とパラメータ設定手法の開発

安全評価で必要となる岩石への吸着分配係数の設定手法について、国内外の最新知見に基づき、複数の設定手法を整備し、地質環境等のサイトの条件やサイトの調査段階に応じて、適切な手法を選定し、パラメータを設定できる包括的な技術を構築(NUMOとの共同研究を通じて、NUMO包括的技術報告書のパラメータ設定において活用)

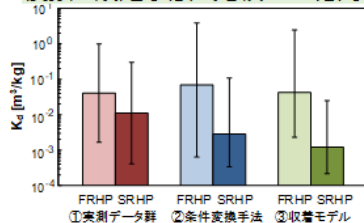
JAEA-SDBからのデータ抽出



実測データからの評価: Cs-花崗岩



複数の設定手法の比較: Cs-花崗岩



地質環境等の各種の条件に応じた吸着分配係数の設定

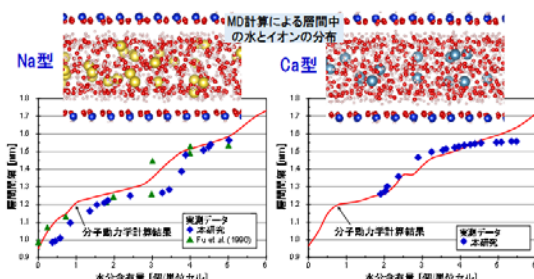
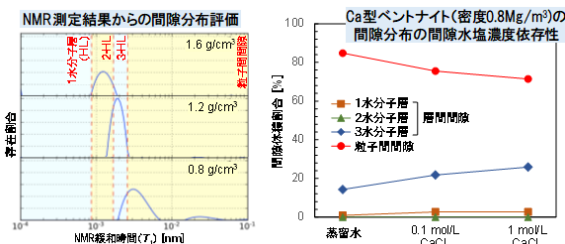
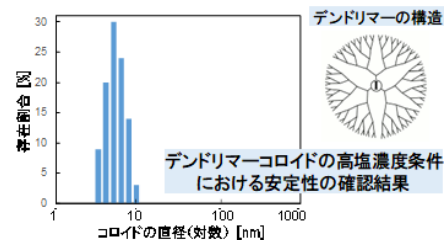
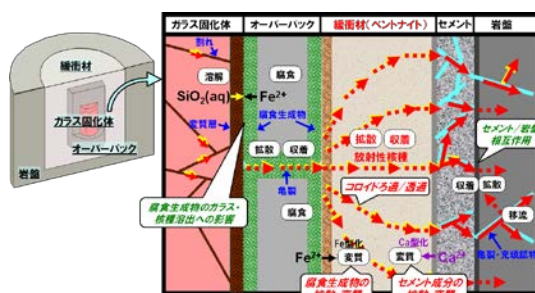
放射性核種の移行に係る現象理解とそれに基づく評価モデルの高度化

核種移行特性に影響を及ぼす、金属製オーバーパックやセメントとの接触に起因するベントナイトの変質に伴う間隙構造や核種移行特性の変化について以下の①～③の課題を解決

① **デンドリマーコロイドによるベントナイトの間隙構造とコロイド移行特性の評価: 従来手法で困難であったナノサイズ間隙の連続性やコロイドの移行しやすさ(透過・ろ過率)の定量評価を実現**

② **核磁気共鳴法によるベントナイト中の間隙構造評価: 層間イオンや密度・間隙水組成の変化と間隙割合との関係の定量評価を実現**

③ **分子動力学法によるベントナイトの膨潤メカニズムの解明: 層間イオンと粘土の膨潤特性・層間距離との関係を理論的に把握し、多様な環境条件での膨潤挙動の予測評価を実現**



研究開発を取り巻く状況 -地層処分に関する最近のトピックス-

1. NUMO包括的技術報告書

- ✓ 原子力学会によるレビュー報告書の公表 (R1/12/20)

2. 地層処分研究開発調整会議

- ✓ 第5回会議 (R2/1/27)、第6回会議(R2/3/9-13)
- ✓ 地層処分研究開発に関する全体計画改定版公表 (R2/3/31)

3. 最終処分国際ラウンドテーブル

- ✓ G20軽井沢大臣会合 (R1/6/15-16) : 於 日本
- ✓ 第1回会合 (R1/10/14)、第2回会合(R2/2/7): 於 フランス
- ✓ 最終報告書の公表(R2/8月)

4. 処分事業

- ✓ 北海道寿都町 文献調査の応募書をNUMOへ提出 (R2/10/9)
- ✓ 北海道神恵内村 国からの文献調査の申し入れの受諾を表明 (R2/10/9)
- ✓ NUMO 上記、両町村における文献調査を開始(R2/11/17)

研究開発を取り巻く状況 -最終処分国際ラウンドテーブル-

Radioactive Waste Management
2025

International Roundtable on the Final Disposal of High-Level Radioactive Waste and Spent Fuel

Summary Report



Message on international co-operation from
high-level government representatives



計2回の会合での議論を踏まえ、OECD/NEA(経済協力開発機構/原子力機関)が最終処分における政府の役割、対話活動や意思決定プロセス、技術分野における国際協力等の観点から最終報告書を取りまとめ・公表(R2年8月)

技術分野における国際協力に関する主な報告・提案 (資源エネルギー庁, 2019)

- ✓ 1980年代以降、NEA、欧州委員会、IAEAの枠組みを通じて、様々な国際協力が成功してきており、これらのプロジェクトへ、現世代および次世代の関係者の参加が推奨されること
- ✓ 研究開発において他の国の施設等を活用することによる国際協力を行うことは、財政面でも人的資源面でも有意義であること
- ✓ 他国の地下研究施設を利用することは、最終処分地の地質条件が特定されていない意思決定プロセスの初期段階である国にとって特に有効であること
- ✓ 国際連携強化を検討する分野として、ビッグデータを活用した長期的な安全評価モデルの開発・検証、処分場操業時の効率性、安全性を考慮したロボットや遠隔操作技術の実証、地質環境に応じた処分場設計の最適化手法等への関心が示されたこと等

今後の研究計画の取り組み

- ① 研究開発拠点における地元の皆様のより一層のご理解とご協力が得られるように努めるとともに、第3期中長期計画における課題達成に向けた、安全確保を最優先とする研究開発を着実かつ効果的に推進する。
- ② 幌延深地層研究センター・土岐地球年代学研究所、核燃料サイクル工学研究所(エントリー・クオリティ)における研究資源を最大限に活用した国内・国外関係機関との連携協力や人材育成をより一層推進する。
- ③ ウェブベースのレポートシステムを用いた、第3期中長期計画(H27～R3)における研究成果の総括的取りまとめ(CoolRepR4)の着実に実施・公表する(R4.3末)。特に、アクセシビリティ(利用しやすさ)および地層処分の安全性に係る論拠として活用可能な「知識基盤」の観点から、環境・コンテンツを充実させていく。

参考資料 - 国外機関との研究協力 -

