

「放射性廃棄物処分関連分野」 に係る技術に関する施策・事業 の概要について

平成26年1月24日
資源エネルギー庁
放射性廃棄物等対策室

目次

1. 技術に関する施策の概要

1.1. 施策の目的・政策的位置付け

1.2. 施策の構造

1.3. 施策の目的実現の見通し

2. 技術に関する事業の概要

2.A.地層処分技術調査

2.B.管理型処分技術調査

2.C.放射性廃棄物共通技術調査

1. 技術に関する施策の概要

- 1.1. 施策の目的・政策的位置付け
- 1.2. 施策の構造
- 1.3. 施策の目的実現の見通し

1.1. 施策の目的・政策的位置付け

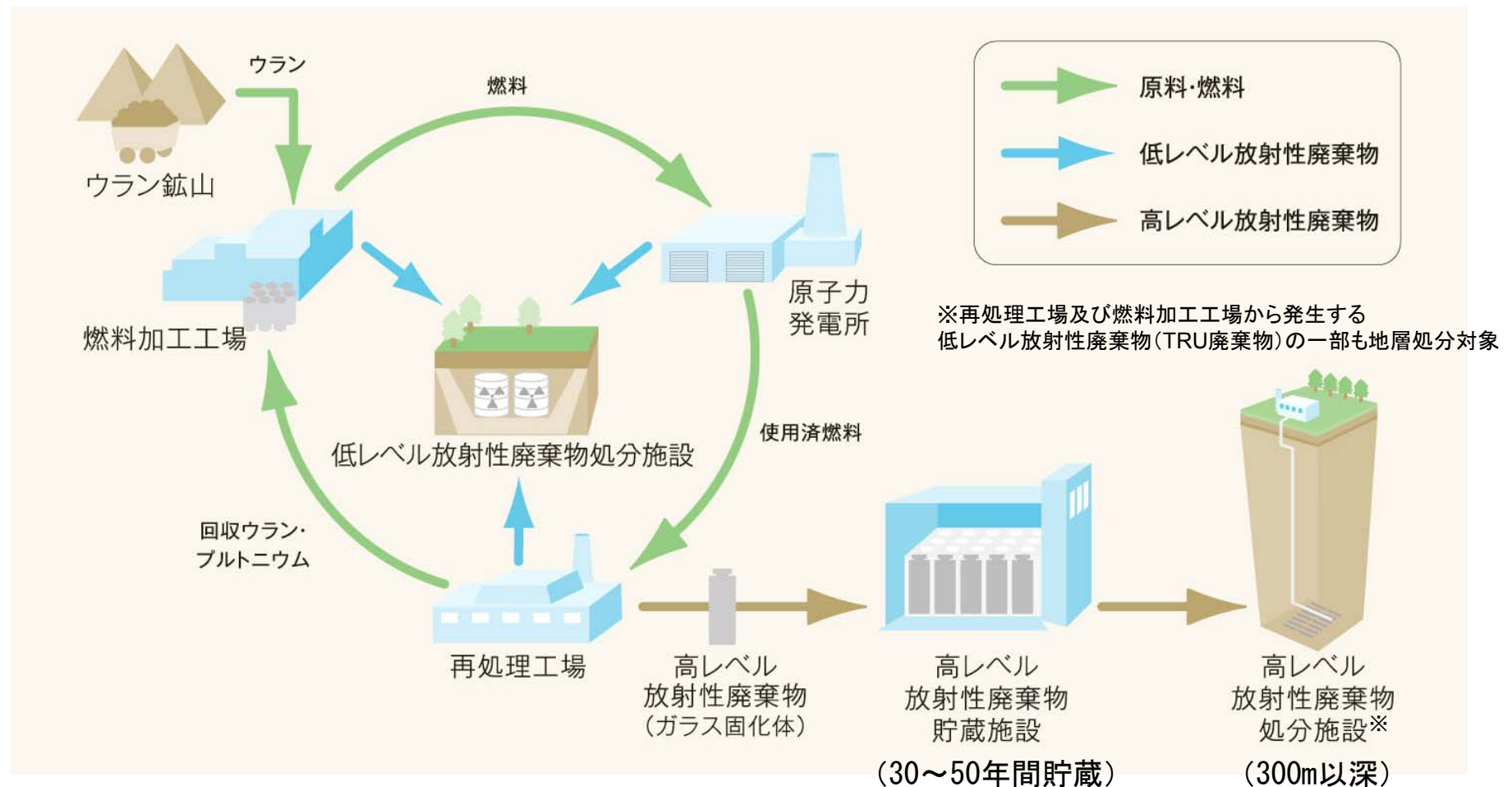
(1) 特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針
(平成20年3月14日閣議決定)

(2) エネルギー基本計画 (平成22年6月18日閣議決定)

- 放射性廃棄物の種類等に応じた処分方針及び事業の進捗等を踏まえながら、国、事業者、研究開発機関間で適切に役割分担しつつ国としての先行的な研究開発を展開している。
- 国の基盤研究開発が先行的に新技術や新知見を創出しつつ技術の信頼性・成立性を提示することにより、将来の技術的・社会的な不確実性を低減させ、もって国民理解、事業・規制の円滑化に繋げる。

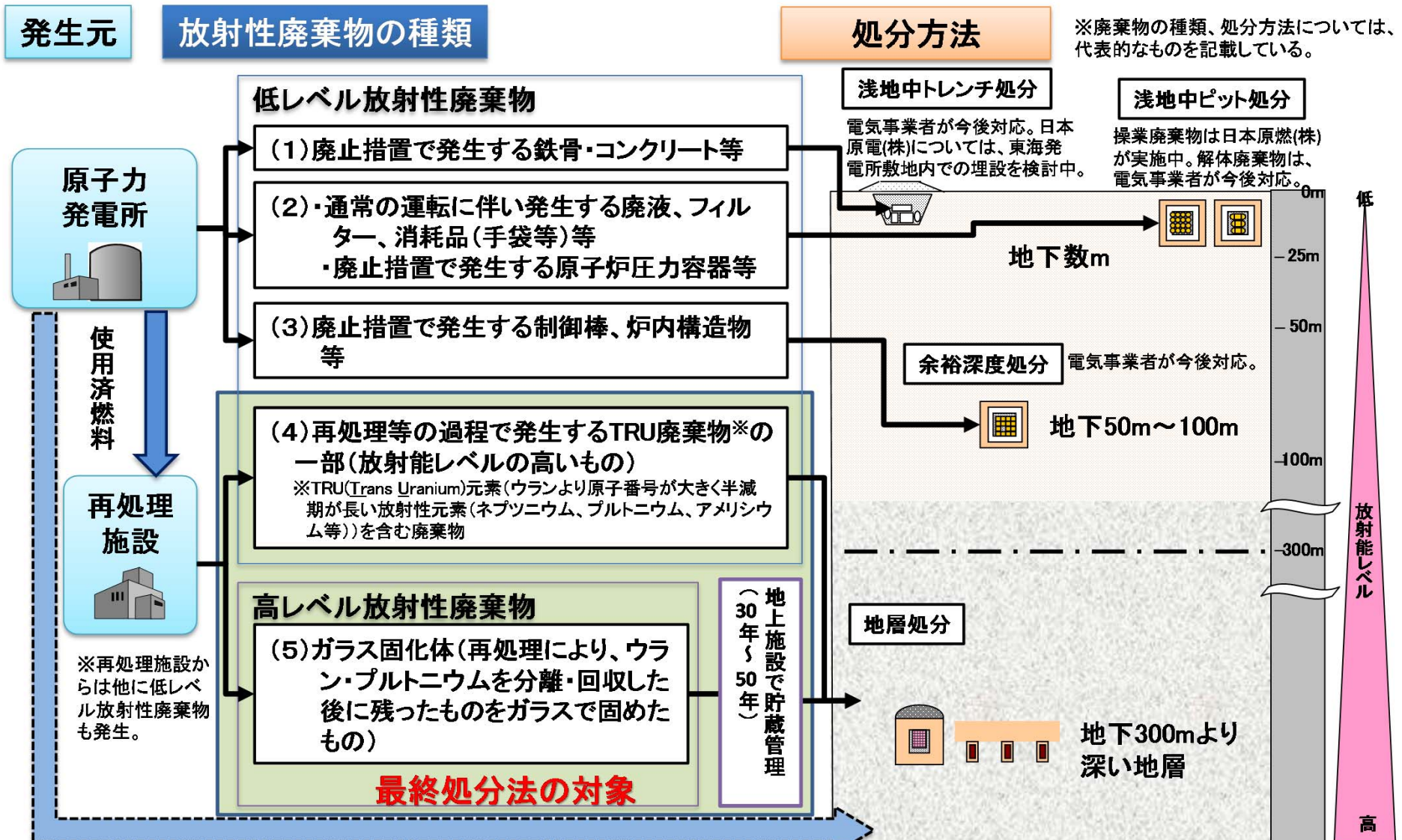
我が国の核燃料サイクル

我が国の基本方針は核燃料サイクルの推進。(再処理により使用済燃料から資源を回収・再利用し、放射性廃棄物を減量する方針)



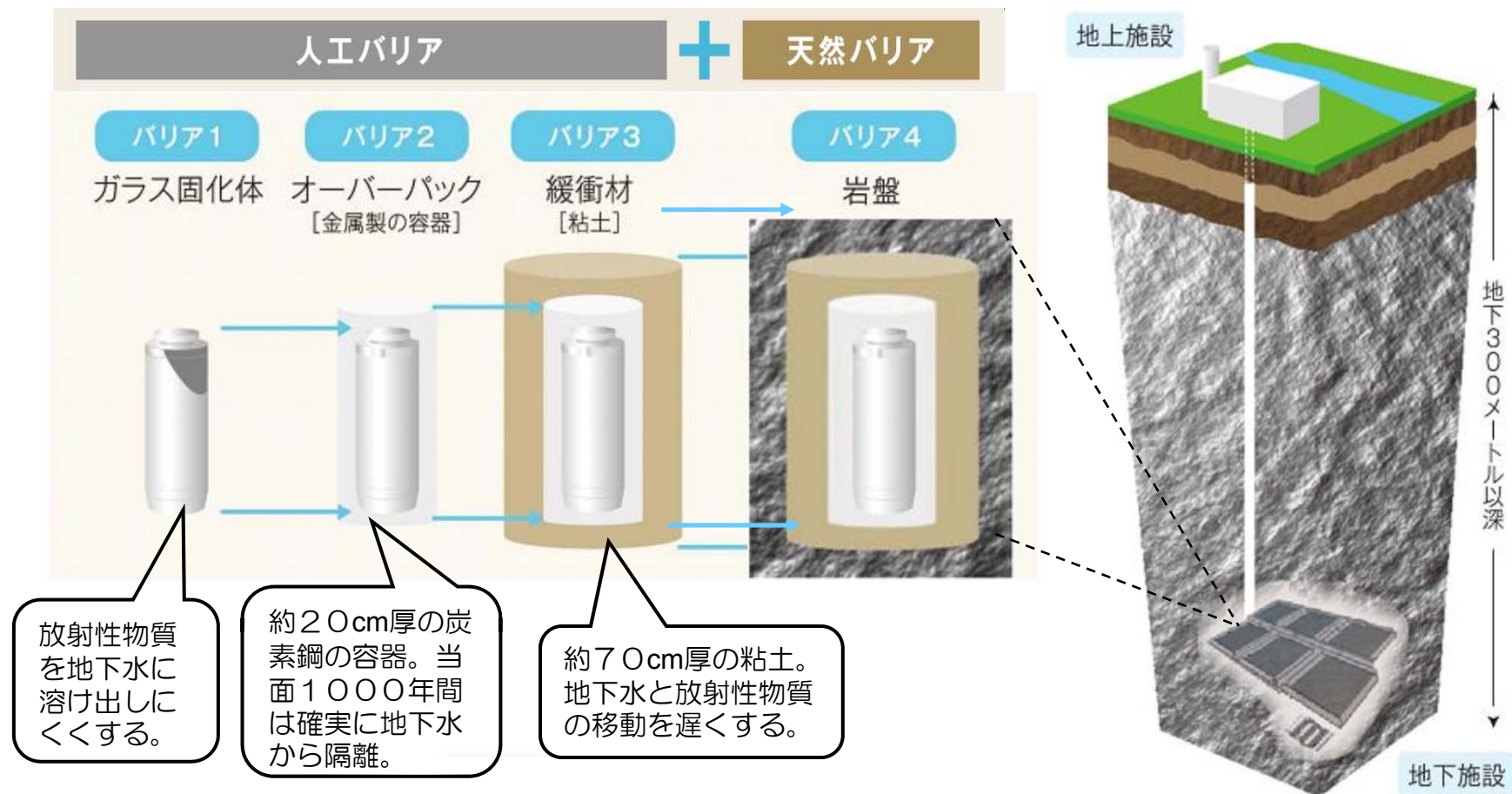
放射性廃棄物の処分方法

放射性廃棄物は、放射能レベルに応じて、異なる深さに適切なバリアを構築して処分される。



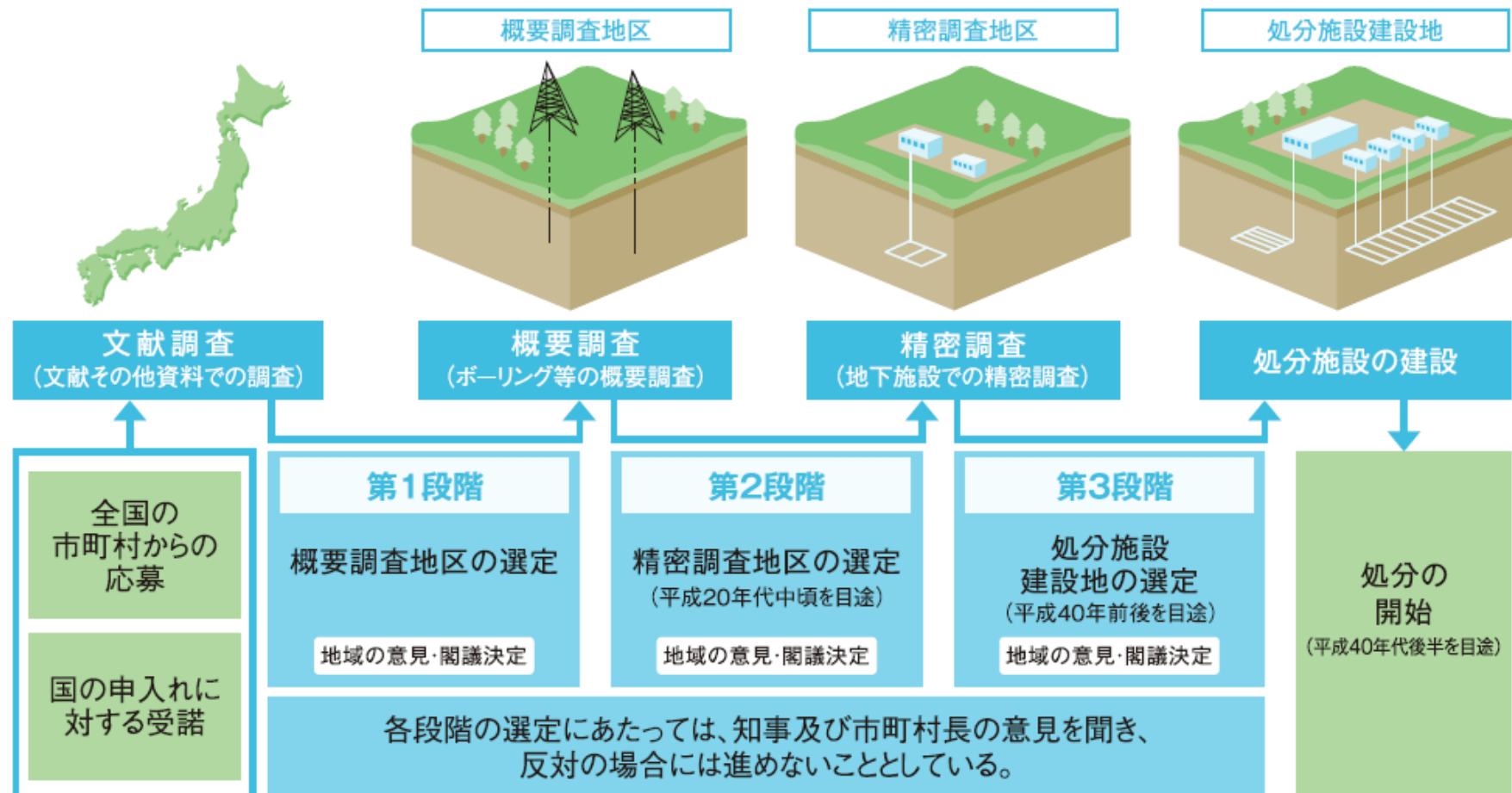
地層処分の概要(イメージ)

地下深くの安定した地層(天然バリア)に、複数の人工障壁(人工バリア)を組み合わせることにより、放射性物質を閉じ込め、人間の生活環境への影響を十分小さくする。



処分地選定プロセスの概要

処分地の選定は、実施主体により3段階のプロセスを経て行われる（概要調査地区の選定、精密調査地区の選定、及び最終処分施設建設地の選定）。



地層処分研究開発の状況と展開

エネルギー基本計画(H22.6)

- ・ 高レベル放射性廃棄物等の処分事業が円滑に実施できるよう、国は高レベル放射性廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画等にしながら、必要な研究開発に着実に取り組む。さらに、研究開発の成果を国民に分かりやすい形で提供することにより、国民との相互理解を深める。
- ・ なお、研究開発等に伴って発生する低レベル放射性廃棄物についても、処分の実現に向け、国及び日本原子力研究開発機構（JAEA）は関係機関の協力を得つつ処分事業を着実に推進する。

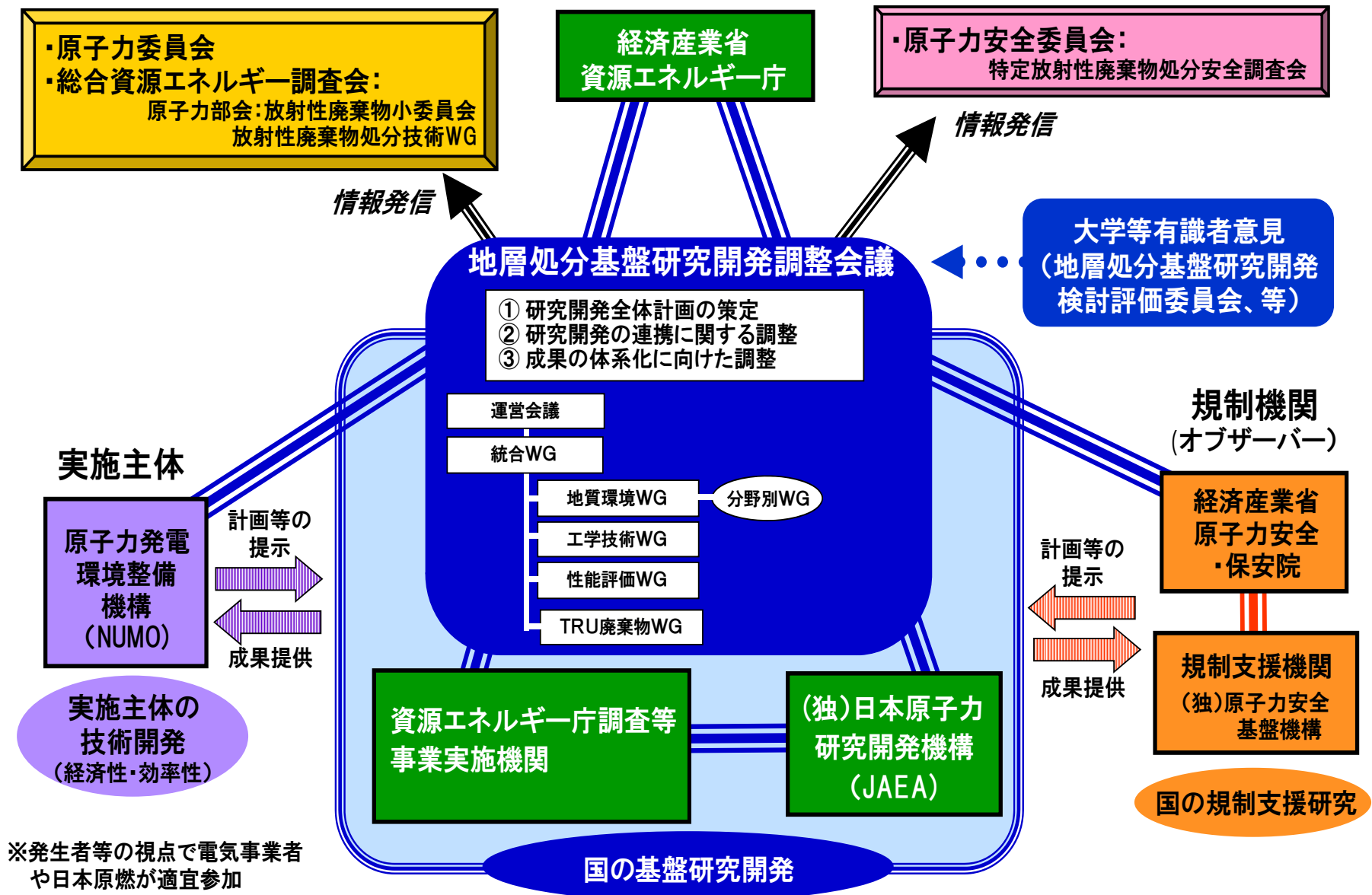
【研究開発活動の着実な進展】

- 研究開発の中核機関である日本原子力研究開発機構の瑞浪と幌延の深地層研究をはじめとした国の基盤研究開発の着実な進展
- NUMOの技術開発の段階的な展開, 安全規制関連の検討の本格化

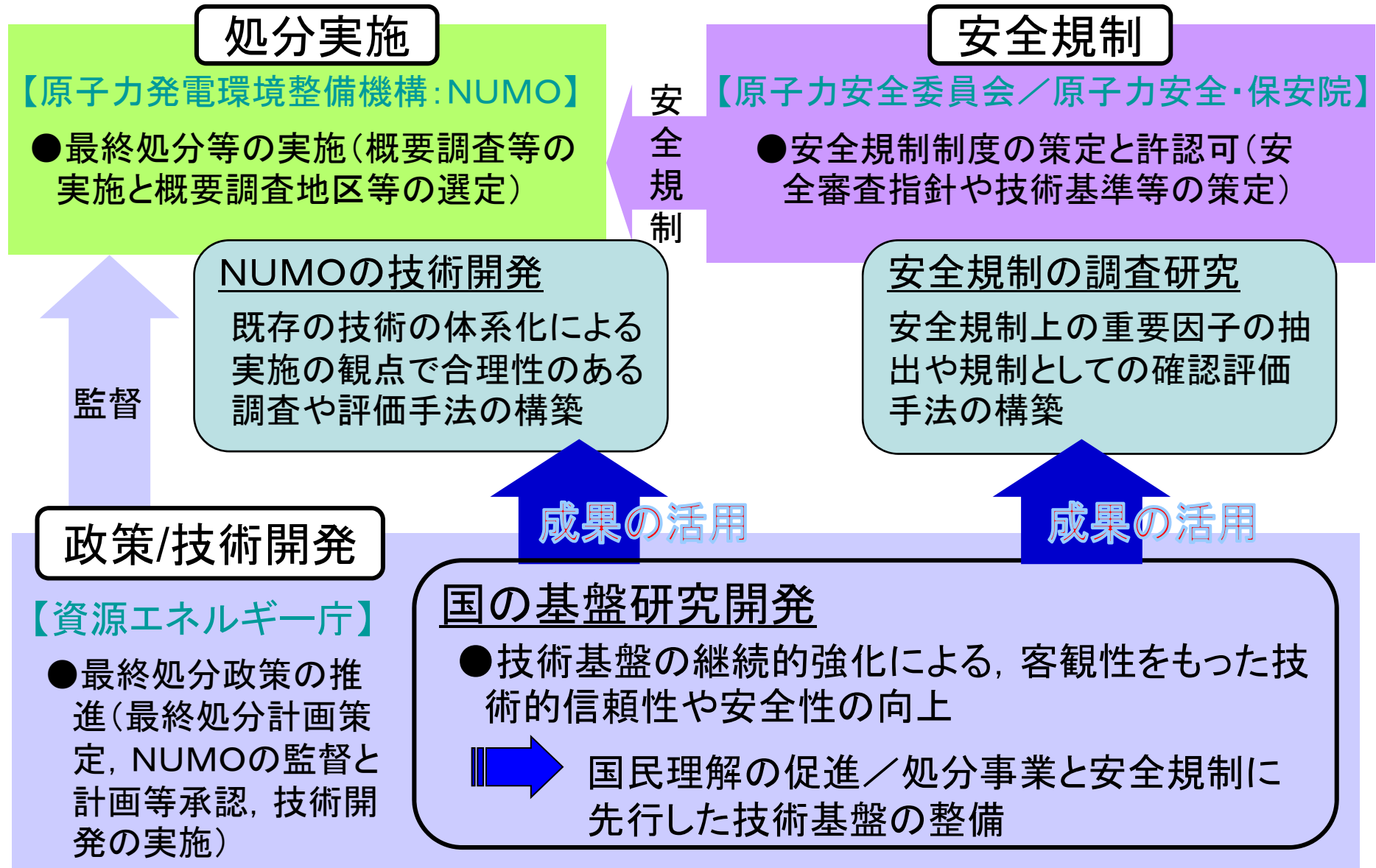


研究開発全体の効果的かつ効率的な推進を図ることを目的に、
「地層処分基盤研究開発調整会議」を設置(H17.7～)、全体計画を策定(H18.12)

地層処分基盤研究開発調整会議の構成(H24まで)

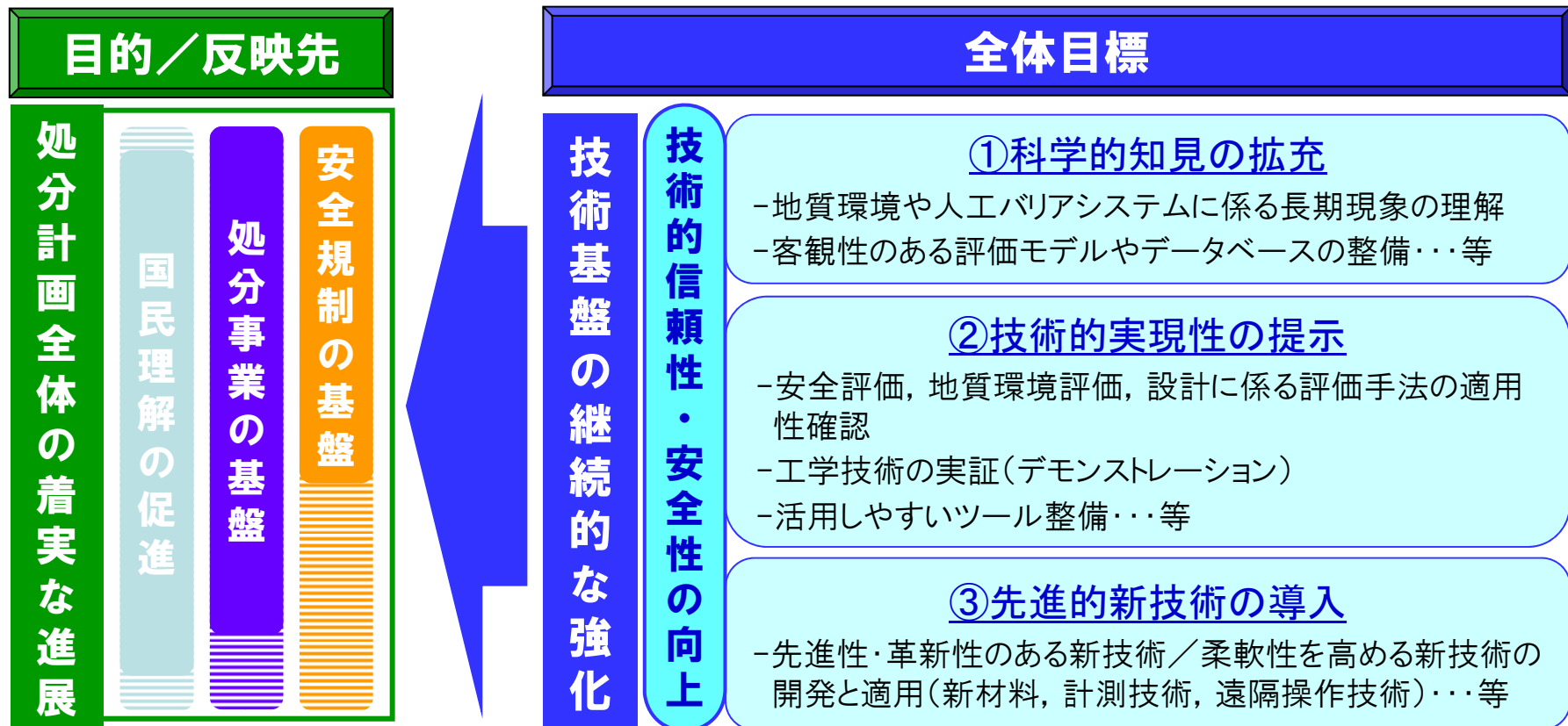


国の基盤研究開発の位置付けと 処分事業及び安全規制との関係



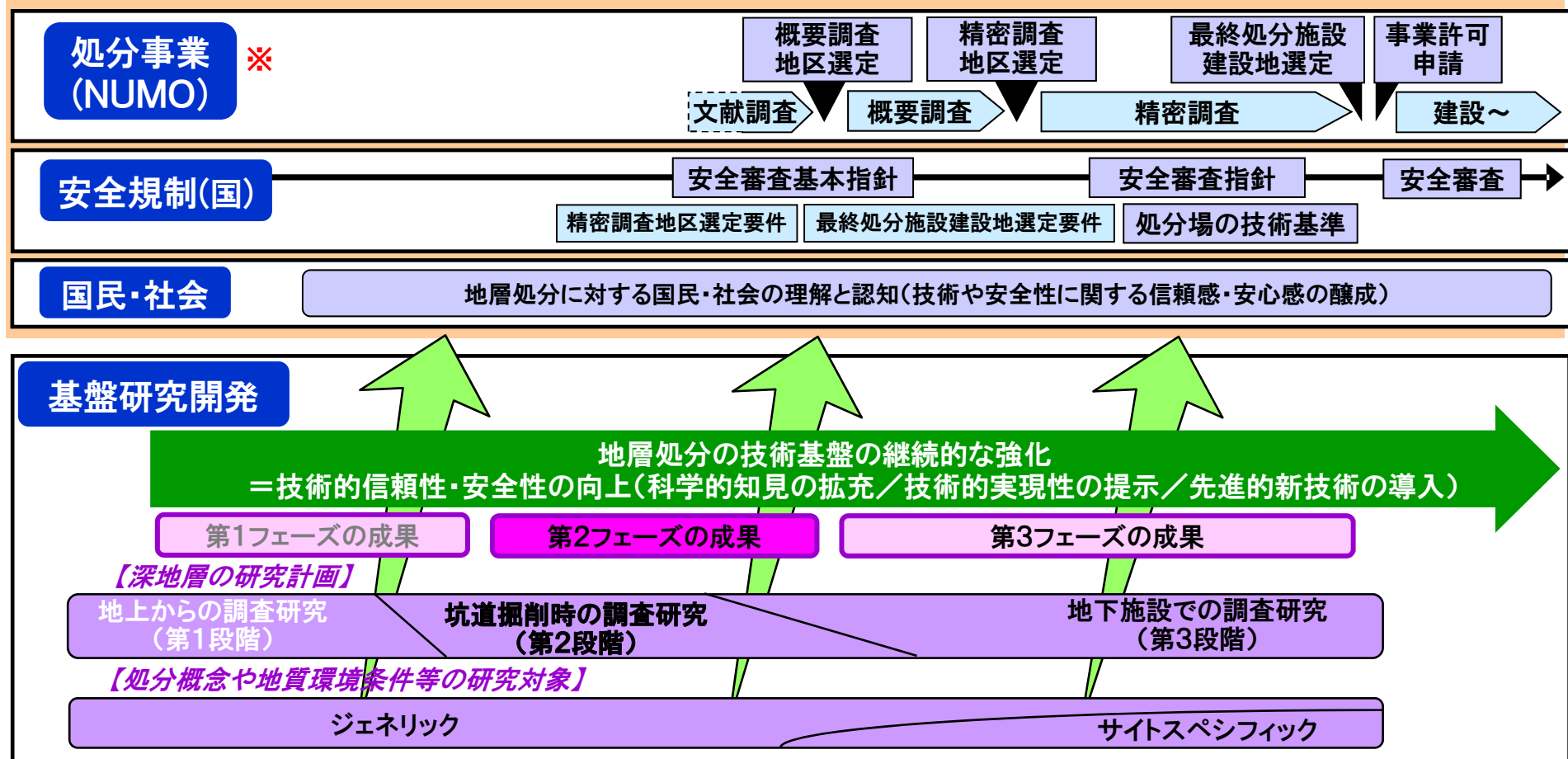
国の基盤研究開発の全体目標

国の責任のもとで技術基盤の継続的強化を図り、客観性をもって技術の信頼性や処分の安全性を高め、国民の理解を促進するとともに、事業や規制に先行する形での技術の整備を通じ、処分事業や安全規制を含む我が国の処分計画全体の着実な進展に資する。



基盤研究開発の段階的進め方

国、関係研究機関及びNUMOは、それぞれの役割分担を踏まえつつ、密接な連携の下、概要調査地区等の選定に関する計画を勘案し、特定放射性廃棄物の最終処分にかかる研究開発を着実に進めていくこととする（最終処分計画）。



※ NUMOが行う処分事業のスケジュールについては、最終処分計画（2008.3閣議決定）にて規定

1.2. 施策の構造

➤ 資源エネルギー庁の研究開発では、処分事業等の動向や関係研究機関の取り組み等との整合性を図りつつ、

①地層処分技術調査

②管理型処分技術調査

③放射性廃棄物共通技術調査

の大きく3つの事業に分けて実施。

➤ 地層処分技術については、(独)日本原子力研究開発機構が深地層研究施設や地層処分放射化学研究施設等を活用して中核的かつ継続的に研究開発を進める一方で、資源エネルギー庁として、地質環境調査技術や処分技術に関連した要素技術など、主に工学的な視点に重点をおいた周辺基盤技術に係る研究開発を展開。

資源エネルギー庁における研究開発のテーマ

1) 地層処分技術調査

【平成21年度に技術評価を実施】

① 地層処分共通技術

深地層の地質特性等を地表から調査する技術の開発

- ・ボーリング技術高度化開発
- ・岩盤中地下水移行評価技術高度化開発
- ・地質環境総合評価技術高度化開発
- ・沿岸域塩淡水境界・断層評価技術高度化開発
- ・海域地質環境調査確証技術開発

② 高レベル放射性廃棄物処分関連技術

人工バリア等に係る工学技術や安全評価技術の開発

- ・先進的地層処分概念・性能評価技術高度化開発
- ・処分システム化学影響評価高度化開発
- ・処分システム工学要素技術高度化開発
- ・地下坑道施工技術高度化開発

③ TRU廃棄物処分関連技術

TRU廃棄物の固有現象や核種の評価技術開発

- ・人工バリア長期性能評価技術開発
- ・ヨウ素・炭素処理・処分技術高度化開発
- ・硝酸塩処理・処分技術高度化開発
- ・セメント材料影響評価技術高度化開発

④ 地層処分回収技術高度化開発

廃棄体の回収技術の開発

2) 管理型処分技術調査

【平成21年度に技術評価を実施】

余裕深度処分施設の施工性や性能確認に関する技術開発

- ・地下空洞型処分技術性能確証試験

3) 放射性廃棄物共通技術調査

【平成21年度に技術評価を実施】

生物圏核種移行プロセス調査, 国内外関連動向や技術調査 等

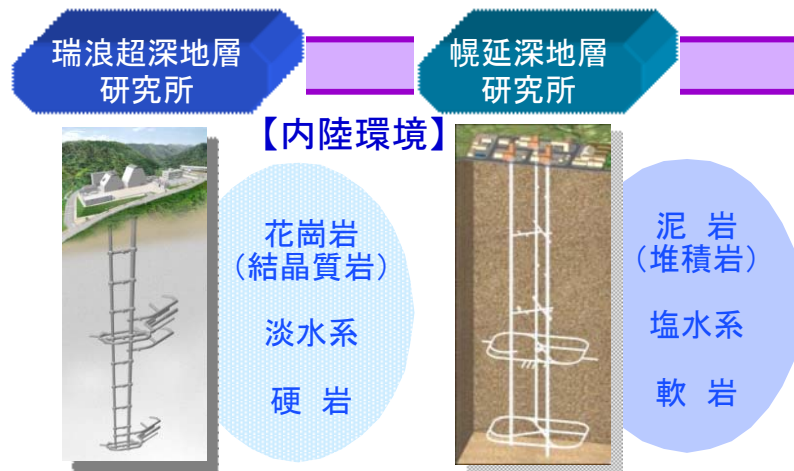
- ・放射性廃棄物海外総合情報調査
- ・放射性廃棄物重要基礎技術研究調査
- ・放射性核種生物圏移行評価高度化調査

※放射性廃棄物海外総合情報調査は、研究開発ではないので評価対象外

1) 地層処分技術調査(①地層処分共通技術)

地質環境総合評価技術高度化開発

- 処分地選定における地上からの地質調査から処分成立性検討に至るまで、解釈・評価を含む一連の情報の流れを地質環境総合評価システムとして体系化。



岩盤中地下水移行評価技術高度化開発

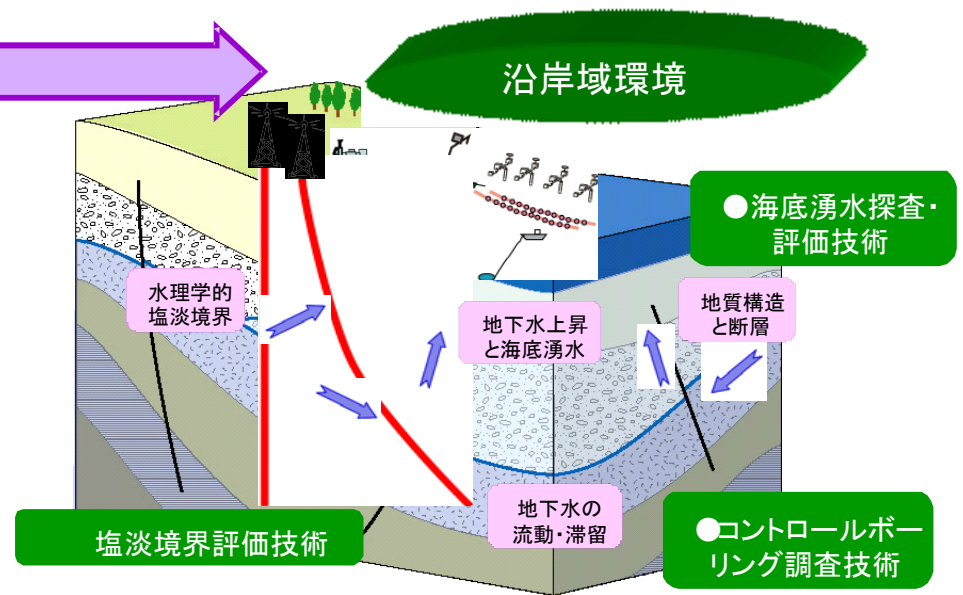
- 地下水の年代測定技術、岩盤中の物質移行特性の評価技術の高度化開発。

ボーリング技術高度化開発

- 少数のボーリングで地質環境特性を精度良く調査するためのコントロールボーリング技術の高度化開発。

沿岸域塩淡水境界・断層評価技術高度化開発

- 沿岸域サイトの評価において重要な塩淡水境界および断層評価の方法論として、既存のデータベースの活用と物理探査・ボーリング調査の効果的な組合せによる総合評価手法の構築。



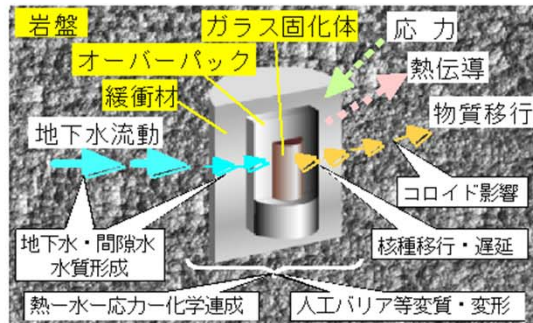
海域地質環境調査技術高度化開発

- 従来の海上ボーリング調査手法の地層処分事業への有効性を実証するために、沿岸域において海上ボーリング実証試験を実施。

1)地層処分技術調査(②高レベル放射性廃棄物処分関連技術)

処分システム化学影響評価高度化開発

- 処分システムの化学環境場に影響を及ぼす不確実性要因について、現象理解、データ整備やモデル開発により評価手法を構築。
- 化学環境複合要因(塩析出や変質)
- 放射線による化学環境場変化(環境/バリア挙動)
- 地下深部環境下での微生物影響等

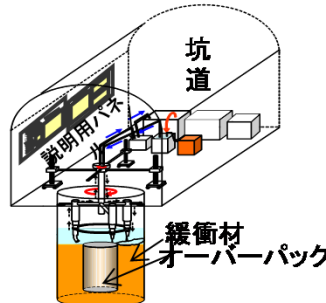


先進的地層処分概念・性能評価技術高度化開発

- 軽水炉再処理からのガラス固化体やTRU廃棄物に対する現在の処分概念体系、将来的なサイクルシステムも念頭に、様々な廃棄物に対応できる先進的かつ合理的な処分概念構築手法並びに性能評価技術の高度化開発。
- 東日本大震災を受け、巨大地震・津波の影響についての検討、東京電力(株)福島第一原子力発電所の事故により発生する放射性廃棄物の処理・処分の検討。

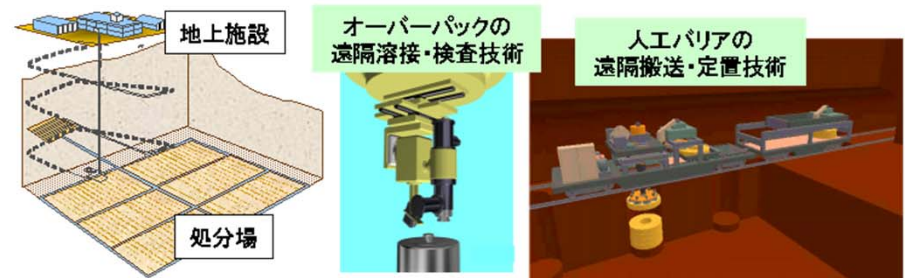
地層処分回収技術高度化開発

- 高レベル放射性廃棄物の回収技術の高度化開発。本技術を整備することにより、国民の地層処分技術に関する安心感の醸成。



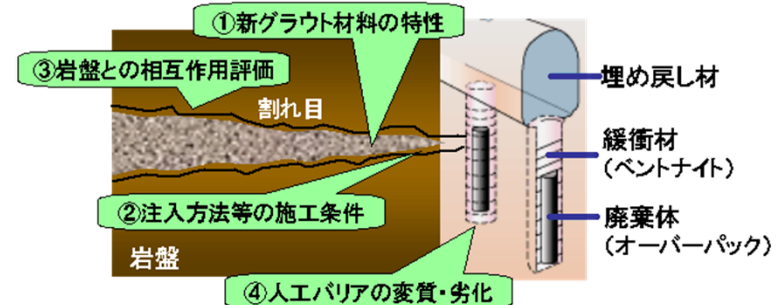
処分システム工学要素技術高度化開発

- 処分システム設計・操業等の工学技術に係わる要素技術開発を体系的に展開。
- オーバーパック溶接、廃棄体搬送・定置等の要素技術開発
- 人工バリアの基本特性データ拡充や品質保証(溶接部腐食、施工方式による性能)
- 回収可能性やモニタリング等の基礎的調査
- 巨大地震・津波等に対するリスク低減技術の調査・評価



地下坑道施工技術高度化開発

- わが国のような地下水の多い地質環境や処分場の長期性能を考慮して、地下坑道の掘削・施工における湧水抑制対策技術(グラウト)の高度化開発。



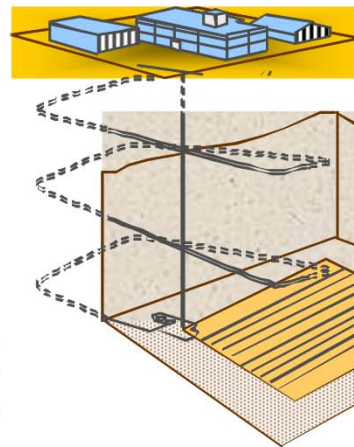
1)地層処分技術調査(③TRU廃棄物処分関連技術)

ヨウ素・炭素処理・処分技術高度化開発

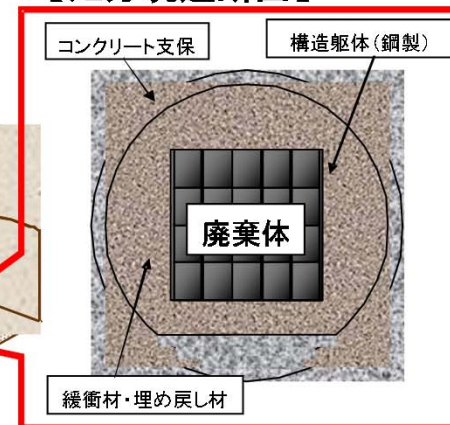
●最重要核種であるヨウ素・炭素対策として、現実的評価のためのデータやモデル整備、固定化や閉じ込め技術の総合的な開発。

【ヨウ素(I-129)固定化技術】
長期性能の基礎試験や成立性評価を実施。

【炭素(C-14)移行評価・閉じ込め技術】
C-14の浸出・移行挙動の究明による性能評価の信頼性向上、代替技術としてのC-14長期閉じ込め容器の開発。



【処分坑道断面】



セメント材料影響評価技術高度化開発

●処分施設に多量に用いられたセメント材料は、長期的にセメント水和物が地下水に溶解し、その力学特性や核種の移行挙動が変化。このバリアシステム性能を評価し、核種移行解析に反映するための、セメント長期影響個別要素評価モデル、セメント-地下水複合現象評価手法の高度化開発。

人工バリア長期性能評価技術高度化開発

●TRU地層処分のバリアシステムの長期評価に係る重要課題として、セメント/ベントナイト長期影響評価、ガス影響評価手法について、地質環境やバリアの多様性への対応、併置処分も念頭に、データ整備や評価手法の信頼性向上。

硝酸塩処理・処分技術高度化開発

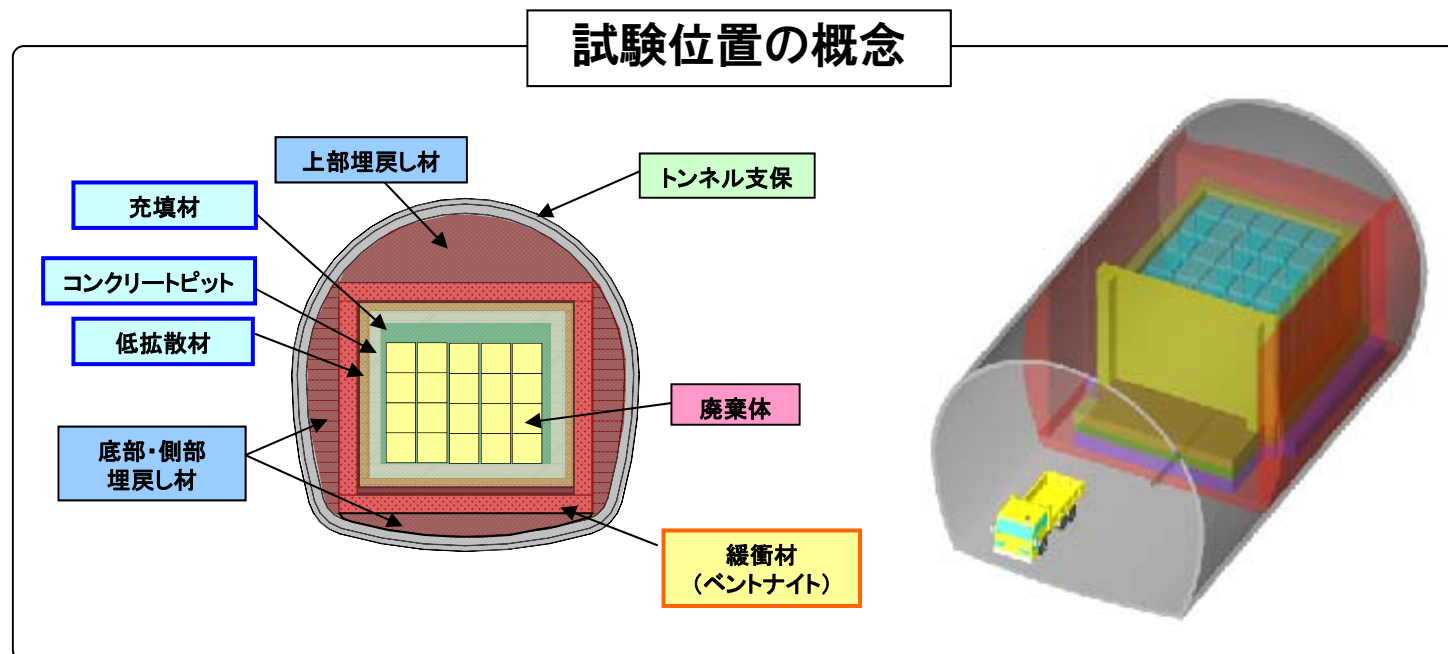
●TRUの併置処分を念頭においた際の重要課題である硝酸塩の対策として、硝酸塩影響評価の信頼性向上、硝酸塩分解技術(代替技術)等の高度化開発。

2)管理型処分技術調査

余裕深度処分において検討されている「地下空洞型処分施設」を対象とした総合的な性能確証試験を行う。

地下空洞型処分施設性能確証試験

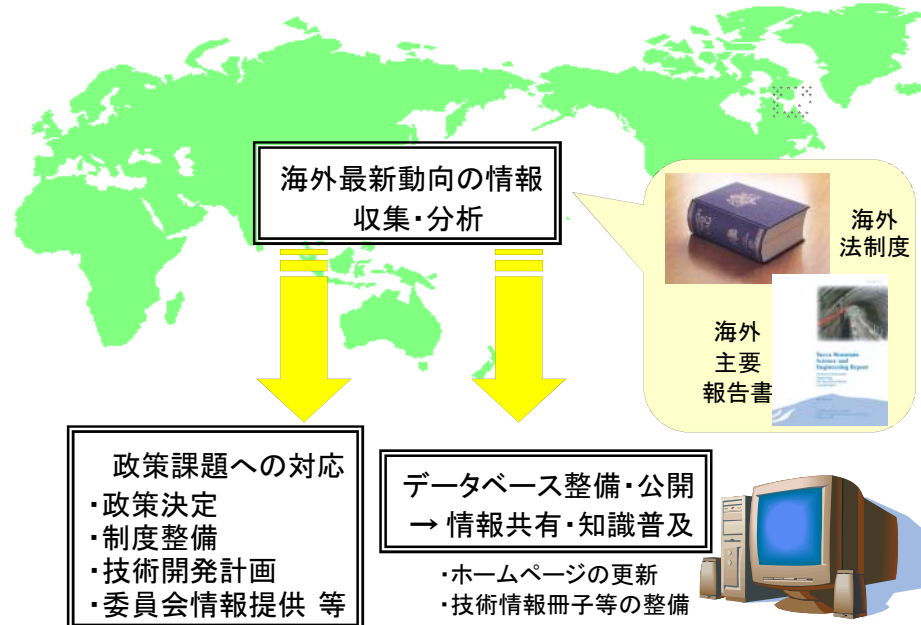
TRU廃棄物や発電所廃棄物等の余裕深度処分において検討されている「地下空洞型処分施設」を対象として、トンネル形状の空洞内にコンクリートピットを構築し、その外側をベントナイトで充填する地下空洞型処分施設の総合的な性能確認を目的とし、実規模大の空洞を利用した人工バリア等の施工性や性能の総合的な確証を行う。



3)放射性廃棄物共通技術調査

放射性廃棄物海外総合情報調査

各放射性廃棄物に関する主要国の状況について情報収集及び分析を行い、データベース等として整備・発信する。



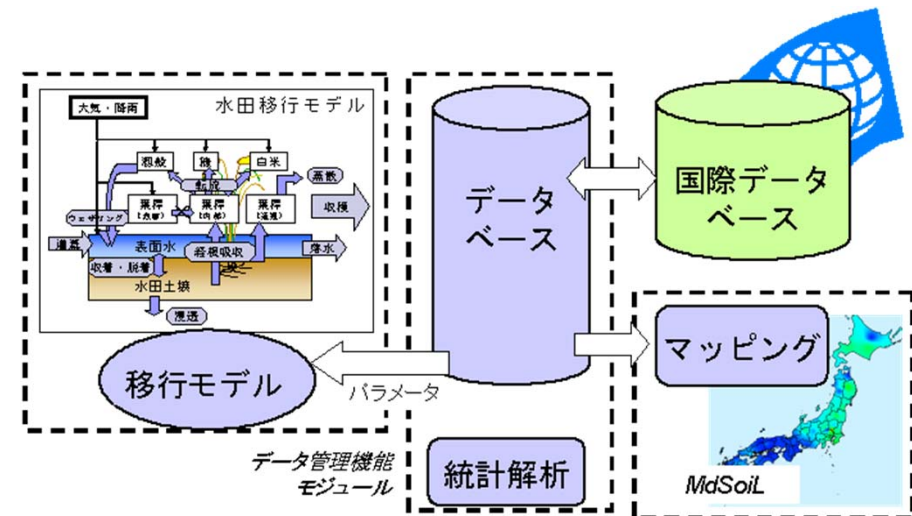
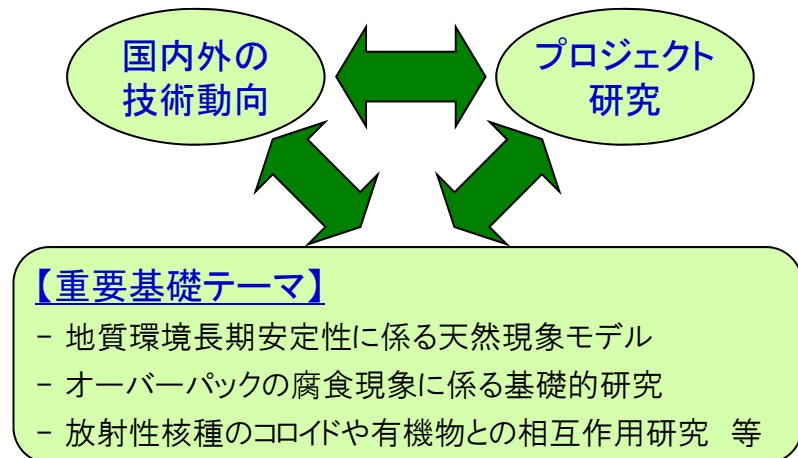
放射性核種生物圏移行評価高度化調査

わが国特有の環境を考慮した農作物や土壌等に対する放射性核種の移行係数等の取得・データベース化と生物圏評価手法の高度化

- 沿岸域データ取得とモデル整備
- C-14やI-129などの線量支配核種のデータ整備
- ラドン等の重要核種の整備
- 原子力発電所事故による環境中に放出された放射性物質の挙動評価に活用

放射性廃棄物重要基礎技術研究調査

放射性廃棄物処分技術に関する国内外の最新の知見・情報の収集と分析を行うとともに、社会的受容性など重要基礎的な研究テーマの抽出と大学等研究者の活用など適切な体制のもと研究を実施する。



1.3. 施策の目的実現の見通し

- 国の基盤研究開発は、処分事業の3段階の処分地選定プロセスやスケジュール、それに合わせて展開される安全規制の制度や基準の整備、さらにこれらに先行する2つの深地層の研究施設計画の段階的進展等を念頭においた、10～20年程度の長期的・段階的戦略を設定しつつ、5年程度を区切りとした3段階のフェーズに対応して具体的な目標や計画を策定。
- 今回の評価対象である平成22年度から平成24年度の間は、地上からの調査に関わる技術基盤の確立、及び実際の地質環境へ適用可能な評価手法の整備と工学的実現性の提示を目標とした第2フェーズの研究開発を実施。
- 今後も、国、処分実施主体、安全規制機関等との間での適切な役割分担のもとで技術開発を進めつつ、処分事業の全体像の中での位置付けを明確にしながら、個々の成果の体系化を実施していく。

第2フェーズの重点課題

第2フェーズの段階目標

- 地上からの調査に関わる技術基盤の確立
(地上からの調査技術の実証～地下施設での調査の考え方を含む)
- 実際の地質環境へ適用可能な評価手法の整備と工学的実現性の提示

<地質環境調査評価分野>

- 地上からの調査から掘削段階調査に至るまでの一連の調査評価の体系的・実用的技術の実証
- 我が国の地質環境を考慮した地下施設の現実的な掘削・施工技術(対策工:湧水対策)の実証

<処分場の工学技術／性能評価分野>

- 幅広い地質環境に対応するためのジェネリックな評価基盤の体系化(データ・モデル)と柔軟な対応を可能とする技術オプションの提示
- 実際の地質環境に適用可能な総合的な設計・性能評価手法の体系化

成果の反映

処分事業

概要調査及び精密調査における地上からの調査

安全規制

環境要件等の具体化と調査評価結果のレビュー

今回の技術評価で対象となるテーマ

1) 地層処分技術調査

【評価対象期間: 平成22年度～平成24年度】

①地層処分共通技術

- ・ボーリング技術高度化開発
- ・岩盤中地下水移行評価技術高度化開発
- ・地質環境総合評価技術高度化開発
- ・沿岸域塩淡水境界・断層評価技術高度化開発
- ・海域地質環境調査確証技術開発*

②高レベル放射性廃棄物処分関連技術

- ・先進的地層処分概念・性能評価技術高度化開発
- ・処分システム化学影響評価高度化開発
- ・処分システム工学要素技術高度化開発
- ・地下坑道施工技術高度化開発

③TRU廃棄物処分関連技術

- ・人工バリア長期性能評価技術開発
- ・ヨウ素・炭素処理・処分技術高度化開発
- ・硝酸塩処理・処分技術高度化開発
- ・セメント材料影響評価技術高度化開発*

④地層処分回収技術高度化開発

- ・地層処分回収技術高度化開発*

2) 管理型処分技術調査

【評価対象期間: 平成22年度～平成24年度】

- ・地下空洞型処分技術性能確証試験

3) 放射性廃棄物共通技術調査

【評価対象期間: 平成22年度～平成24年度】

- ・放射性廃棄物重要基礎技術研究調査
- ・放射性核種生物圏移行評価高度化調査

※放射性廃棄物海外総合情報調査は、
研究開発ではないので評価対象外

*太字部分は平成23年度より開始

2. 技術に関する事業の概要

2.A.地層処分技術調査

2.B.管理型処分技術調査

2.C.放射性廃棄物共通技術調査

2.A-1.地層処分技術調査の概要

概 要	地層処分技術の信頼性と安全性の一層の向上を目指し、深地層の地質や地下水等の調査技術、地層処分システムの性能評価技術、人工バリアの製作・施工等の工学技術、処分坑道の施工技術、及びTRU廃棄物の処理・処分技術等の高度化開発を行う。
評価対象期間	平成22年度～平成24年度
予算総額	96.8億円(平成22年度～平成24年度) (平成22年度:29.5億円 平成23年度:32.9億円 平成24年度:34.4億)
実 施 者	(独)日本原子力研究開発機構 (JAEA) (公財)原子力環境整備促進・資金管理センター (RWMC) (一財)電力中央研究所 (CRIEPI) (独)産業技術総合研究所 (AIST)
プロジェクト リーダー	ボーリング、岩盤中地下水 : 木方 建造 (CRIEPI研究参事) 地質環境、先進的地層処分 : 梅木 博之 (JAEA地層処分研究開発部門 研究主席) 沿岸域塩淡水境界、海域 : 丸井 敦尚 (AIST地下水研究グループ長) 処分システム化学、地下坑道 : 油井 三和 (JAEA地層処分研究開発部門 副部門長) 処分システム工学、回収 : 朝野 英一 (RWMCチーフ・プロジェクト・マネージャー) 人工バリア長期、ヨウ素・炭素 : 朝野 英一、大和田 仁 (RWMCプロジェクト・マネージャー) 硝酸塩処理・処分、セメント : 亀井 玄人 (JAEA地層処分研究開発部門 研究主席)

2.A-2.事業の目的・政策的位置付け

- 「原子力政策大綱」等で示された国の果たすべき役割を踏まえ、原子力発電及び核燃料サイクルに伴って発生する高レベル放射性廃棄物やTRU廃棄物の地層処分を安全かつ着実に進めるため、これらに係る処分事業や安全規制を支える基盤技術の確立を目的に技術開発を行う。
- 事業や規制のスケジュールに合わせてタイムリーに技術開発を展開していくこととしており、平成20年代中頃を目途とする精密調査地区の選定を念頭に、それに向けた地上からの地質環境調査に係る技術、人工バリア等の定置技術や長期健全評価等の工学技術、安全評価技術等の高度化開発を行う。

2.A-3.目標

国としての基盤研究開発の長期的かつ継続的な取り組み、処分事業や安全規制の段階的展開、JAEA等の関連研究開発の計画等を念頭に、10～20年程度の中長期的な視点と同時に、当面5年程度の短期的かつ具体的な視点をもって技術開発の目標・計画を設定して展開している。

①地層処分共通技術

要素技術	目標・指標	妥当性・設定理由・根拠等
ボーリング技術高度化開発	あらかじめ設定された孔跡に沿って方向性を制御しながら掘削するコントロールボーリング技術及び孔内調査技術を確立する。	より少ない掘削でより広範の地質情報が取得できるため、概要調査等において適用性が高い。また、地層処分における安全評価で重要な地下水流動を把握するための孔内調査技術は、従来の資源探査等とは異なるため、新たな技術開発が不可欠である。
岩盤中地下水移行評価技術高度化開発	原位置トレーサ試験技術等、岩盤の溶質移行特性の評価技術開発、数万～百万年を評価可能な地下水年代測定技術の適用試験、海底での地下水湧出探査機器の開発及び探査フローの構築を行う。	原位置での溶質の移行速度の計測は、岩盤の核種移行遅延機能の評価に資する。地下水年代測定技術の確立により、天然バリアの性能に係る地下水流動の緩慢さを直接的に示すことができる。沿岸域では海底での地下水湧出を評価する必要があるが、現状では探査法は無く、湧出点を検出し、計測する技術開発が必要である。
地質環境総合評価技術高度化開発	地質環境調査・評価に係るノウハウや様々な判断・意思決定等のための知識の分析・整理方法をエキスパートシステムとして体系化し、地質環境調査を総合的に支援するシステムを構築する。	地質環境調査・評価を適切に進める上で専門家の経験に基づく知識や判断・意思決定の果たす役割が大きく、これを抽出してエキスパートシステムとして利用できるようにすることは、追跡性・透明性、効率性をもって処分候補地を選定し、設計・安全評価に資するデータを取得する上で不可欠である。
沿岸域塩淡境界・断層評価技術高度化開発	1200mのボーリングによって地質・地下水環境を調査・観測するとともに、ボーリング調査結果と物理探査結果との組合せ、関連データベースの活用等を含めた、沿岸域における塩淡境界や断層等の把握及びその長期的な変遷の評価に係る総合的な調査評価手法として構築する。	沿岸域は陸域と比べて地質構造や地下水流動を把握するための研究実績が少なく、全国の沿岸域地下水・地質DBを構築して実際の地下水特性データと比較検証したり、物理探査により海域から陸域までの地質構造に関する統合的な解析手法を確立することは、沿岸域を含む複数サイトの比較・評価に好適である。
海域地質環境調査技術高度化開発	沿岸浅海域における3次元海底下水理地質モデルを構築し、海底地形と地質構造との関係を明らかにする。また、海上ボーリング調査対象となる沿岸域の海底下水理地質モデルを構築し、地下水流動解析を実施することで、掘削地周辺の地下水環境の推定や掘削適地の評価を行う。	沿岸陸域や深海域においては、これまでに探査技術が概ね確立されている。探査船の入り込めない浅海域における調査技術を確立し、陸域から海域までを統合した海底下水理地質モデルを構築することが求められるため。

②高レベル放射性廃棄物処分関連技術

要素技術	目標・指標	妥当性・設定理由・根拠等
先進的地層処分概念・性能評価技術高度化開発	様々な廃棄物特性等に対応できる先進的かつ合理的な地層処分概念の開発、及びそれらの特徴を適切に捉えることが可能な性能評価技術等の高度化を行う。	技術的に実現可能な処分概念オプションの整備・拡充・高度化、及びそれらに対応した性能評価技術や最適化技術を、放射性廃棄物の包括的管理の観点から開発することは、極めて長期にわたる処分事業を柔軟かつ効率的に進める上で非常に重要である。
処分システム化学影響評価高度化開発	地層処分システムの長期安全性に影響を及ぼす可能性のある不確実性要因評価として、放射線、微生物影響及びバリア間複合作用による化学環境変化や現実的な核種移行に関し、現象理解に基づく定量的影響評価手法を開発する。	放射線、微生物、高温やバリア間複合作用等による影響、並びに圧縮系での核種移行現象は国際的にも十分な評価がなされておらず、信頼性の高いデータの蓄積と現象理解、それらに基づく影響評価手法を構築することは、地層処分システムの長期安全性を示す上で極めて重要である。
処分システム工学要素技術高度化開発	地層処分に係る工学技術の信頼性や成立性等の向上に資する技術基盤の確立を目的として、処分場操業に係る遠隔操作技術、人工バリア品質評価技術及び処分システム状況等のモニタリング技術について適用性確認試験等を行い、技術選択肢の整備に向けた知見を取得する。	地層処分に係る工学技術に関しては、処分場の設計、建設、操業閉鎖等の技術や長期健全性評価技術の開発を、信頼性・安全性の向上を目指した技術基盤の強化を考慮して進める必要がある。第2次取りまとめ及びNUMOの公募関係資料に示されている処分概念に対し、工学技術の実現可能性を幅広く定量的に示しておくことが、技術基盤の整備と事業推進の支援として求められている。
地下坑道施工技術高度化開発	わが国の地下深部の特徴を踏まえ、地層処分システムの長期性能への影響を最小限に抑えた処分場の建設・操業に不可欠なグラウト技術を体系的に構築する。	地下深部に構築される処分場の建設・操業の安全確保と経済性の観点から湧水量を最小限に抑えとともに、講ずる湧水対策が処分システムの長期安全性能に与える影響を最小限とする注入材料／技術の開発は、処分事業の遂行上極めて重要である。

③TRU廃棄物処分関連技術

要素技術	目標・指標	妥当性・設定理由・根拠等
人工バリア長期性能評価技術開発	人工バリアの変質等に伴う長期挙動評価、及び金属の腐食等で発生するガスの移行挙動評価の技術開発を行い、人工バリア性能評価に係る技術基盤を確立する。	TRU廃棄物処分において、人工バリアの変質等に伴う長期挙動の評価及びガスの移行挙動評価については、第2次TRUレポート*やその後の調整会議の議論において解決すべき重要課題として挙げられており、更なる技術開発が求められている分野である。
ヨウ素・炭素処理・処分技術高度化開発	ヨウ素固定化処理技術並びにC-14の長期閉じ込め技術を開発するとともに、C-14の放出挙動を評価し、非収着性核種による被ばく線量を低減させる技術基盤を確立する。	TRU廃棄物処分において最も高い線量率を示し、非収着性の核種であるヨウ素(I-129)及び炭素(C-14)による被ばく線量の低減については、第2次TRUレポート*やその後の調整会議の議論において解決すべき重要課題として挙げられており、更なる技術開発が求められている分野である。
硝酸塩処理・処分技術高度化開発	高レベル放射性廃棄物とTRU廃棄物の併置処分における相互影響因子である硝酸塩に対し、処分後の硝酸塩の影響評価システムの構築及び放射性廃液を対象とした硝酸塩の除去技術の確立を通じて、処理・処分の両面から安全評価の信頼性の向上を図る。	第2次TRUレポート*と原子力委員会での技術検討により、併置処分成立性に係る最重要の相互影響因子がTRU廃棄物中の硝酸塩とされ、同委員会報告書では、さらなる現象の解明や技術的知見の拡充、代替技術の開発が有効とされた。調整会議の議論を経て策定された全体基本計画でも、硝酸塩の影響評価や分解技術が求められている。
セメント材料影響評価技術高度化開発	TRU廃棄物の地層処分において用いられる可能性のあるセメント材料を想定し、それらの長期的な影響によるニアフィールドのバリア性能の経時的変化を反映させながら核種移行解析を実施するための技術を開発する。	TRU廃棄物処分において、多量のセメント系材料が用いられることが想定されており、長期的な挙動とその影響を評価することは重要な課題として認識されている。

*第2次TRUレポート：TRU廃棄物処分技術検討書－第2次TRU廃棄物処分研究開発取りまとめ－
（電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構、2005）

④地層処分回収技術高度化開発

要素技術	目標・指標	妥当性・設定理由・根拠等
地層処分回収技術高度化開発	回収技術について、廃棄体を回収するための緩衝材除去装置の設計を行い、そのうち装置主要部位（塩水噴射部、スラリー吸引部、塩水噴射部昇降設備、塩水リユース設備）製作を行い、地上において各部位の機能確認を行う。	高レベル放射性廃棄物処分の議論において廃棄体の回収可能性を維持することの必要性が取り上げられており、地下環境における高レベル放射性廃棄物の回収技術を整備することにより、国民の地層処分技術に関する安心感の醸成に資するための技術を提示することが求められている。

2.A-4.成果、目標の達成度

評価対象期間においては、技術の高度化やデータの整備などにおいてほぼ当初目標どおりの成果が達成された。

①地層処分共通技術

要素技術	目標・指標	成果	達成度
ボーリング技術高度化開発	あらかじめ設定された孔跡に沿って方向性を制御しながら掘削するコントロールボーリング技術及び孔内調査技術を確立する。	コントロール掘削技術をシステム化し、堆積軟岩及び断層を対象とした掘削に成功した。また、湾曲した掘削孔内における調査技術として、掘削時検層、透水試験、応力測定、弾性波トモグラフィー、モニタリング等の技術開発を行い、実用化の目処をつけた	達成
岩盤中地下水移行評価技術高度化開発	原位置トレーサ試験技術等、岩盤の溶質移行特性の評価技術開発、数万～百万年を評価可能な地下水年代測定技術の適用試験を行う。	トレーサ試験技術、割れ目特性（開口幅や流れの次元など）調査技術を開発し、試作した原位置試験装置の基本性能を確認した。また、複数の年代測定手法により数万～数百万年程度の古い地下水年代の評価に成功した。また、地下水年代測定技術の適用試験を行った。	達成
地質環境総合評価技術高度化開発	地質環境調査・評価に係るノウハウや様々な判断・意思決定等のための知識の分析・整理方法をエキスパートシステムとして体系化し、地質環境調査を総合的に支援するシステムを構築する。	最新の知識工学の技術を活用し、地質環境調査・評価に係わる専門家のノウハウや様々な判断・意思決定等に関する知識をルールベースや事例ベース化することにより、エキスパートシステムの構築を試行するとともに、地質環境調査を総合的に支援可能なシステムの基本要件と全体構成を明らかにした。	達成
沿岸域塩淡水境界・断層評価技術高度化開発	1200mのボーリングによって地質・地下水環境を調査・観測するとともに、ボーリング調査結果と物理探査結果との組合せ、関連データベースの活用等を含めた、沿岸域における塩淡水境界や断層等の把握及びその長期的な変遷の評価に係る総合的な調査評価手法として構築する。	深部水理地質環境把握のためのボーリング技術やサンプリング技術（特許取得）、水理試験技術の開発とそれらを用いた調査により、堆積平野の沿岸海底下には淡水領域が存在し、これが超長期的な地下水の安定に大きく関与していることなど多くの新しい知見を蓄積した。また、浅海域での電磁探査を可能にしたセンサーを新規に開発し、海陸接合探査を実現し、世界的に見て初めての成果を挙げることができた。さらに、我が国における岩石、地下水、堆積盆などのデータベースを構築した。	達成
海域地質環境調査技術高度化開発	沿岸浅海域における3次元海底水理地質モデルを構築し、海底地形と地質構造との関係を明らかにする。また、海上ボーリング調査対象となる沿岸域の海底水理地質モデルを構築し、地下水流動解析を実施することで、掘削地周辺の地下水環境の推定や掘削適地の評価を行う。	海底設置型地震計を用いた計測技術の確立やストリーマケーブルを曳航する二船式の二つのデータ取得方式に関する検討により、浅部の空間分解能を向上させることができ、これまで困難とされてきた浅部詳細地質構造把握が可能となり、水理地質モデル構築に貢献できる成果を得た。しかし、本事業の開始年度の直前に東日本大震災が発生し、当初計画で予定していた現地調査を縮小せざるを得なかった。また、解析的な検討により、日本列島沿岸部は、地形や地質に応じ、一般的に海底下に淡水性地下水の張り出しが存在することが推定された。	一部達成

②高レベル放射性廃棄物処分関連技術

要素技術	目標・指標	成果	達成度
先進的地層処分概念・性能評価技術高度化開発	様々な廃棄物特性等に対応できる先進的かつ合理的な地層処分概念の開発、及びそれらの特徴を適切に捉えることが可能な性能評価技術等の高度化を行う。	種々の条件に対応した処分概念の適用性評価の支援、最新の知識工学を適用した性能評価、多様な要因を含む最適化問題の設定と求解、先進サイクルの導入等に応じて発生する廃棄物の特性の定量的評価などに係る技術・ツールの実用版を整備した。	達成
処分システム化学影響評価高度化開発	地層処分システムの長期安全性に影響を及ぼす可能性のある不確実性要因評価として、放射線、微生物影響及びバリア間複合作用による化学環境変化や現実的な核種移行に関し、現象理解に基づく定量的影響評価手法を開発する。	地下水に対する放射線分解、地下水中の微生物特性、高温環境でのバリア材の腐食や変質、微細空隙と核種移行挙動に関する信頼性の高いデータを取得し、それらをもとに個別モデルの統合や新規モデルの構築を行い、定量的な評価手法を提案した。	達成
処分システム工学要素技術高度化開発	地層処分に係る工学技術の信頼性や成立性等の向上に資する技術基盤の確立を目的として、処分場操業に係る遠隔操作技術、人工バリア品質評価技術及び処分システム状況等のモニタリング技術について適用性確認試験等を行い、技術選択肢の整備に向けた知見を取得する。	オーバーパック(OP)の遠隔溶接・検査技術、及びOPと緩衝材等の遠隔搬送・定置技術について、適用性を試験等により確認し、要素技術の適用性や技術到達度を提示する幅広い技術選択肢(技術メニュー)を整備した。また、処分システムへの影響が小さい無線データ転送システムを製作し性能試験を行った。また、東北地方太平洋沖地震を受け、類似施設の調査結果などに基づき、地層処分施設の操業安全を脅かす可能性がある自然災害(起因事象)を選定しこれらに対する応急対策、恒久対策などを整理した	達成
地下坑道施工技術高度化開発	わが国の地下深部の特徴を踏まえ、地層処分システムの長期性能への影響を最小限に抑えた処分場の建設・操業に不可欠なグラウト技術を体系的に構築する。	平成21年度までに開発した地層処分に関わるグラウト技術のプロトタイプに対し原位置試験や室内試験などを通じて高度化を図るとともに、実施主体の湧水抑制対策に、直接的に反映することを目的にグラウト技術のガイドラインとして、成果を取りまとめた。	達成

③TRU廃棄物処分関連技術

要素技術	目標・指標	成果	達成度
人工バリア長期性能評価技術開発	人工バリアの変質等に伴う長期挙動評価、及び金属の腐食等で発生するガスの移行挙動評価の技術開発を行い、人工バリア性能評価に係る技術基盤を確立する。	セメントの多様性に適応できるモデルの構築のために、試験を行い、同一のモデル上で変質に伴う物質移行特性及び力学特性の変化を評価できる見通しを得た。さらに、ナチュラアナログ研究により、天然の変質が試非常に遅いことを確認した。また、TRU処分施設の長期変遷を考慮した現実的なガス発生・移行に係るシナリオを用いたガス移行評価手法を構築した。	達成
ヨウ素・炭素処理・処分技術高度化開発	ヨウ素固定化処理技術並びにC-14の長期閉じ込め技術を開発するとともに、C-14の放出挙動を評価し、非収着性核種による被ばく線量を低減させる技術基盤を確立する。	3種類の固化技術（岩石固化体、ガラス固化体、セメント固化体）を対象に、ヨウ素放出の概念モデルをそれぞれ構築した。また、コンクリート容器は及び金属容器のそれぞれについて、材料レベルでの長期健全性に関する評価モデルを構築して、長期閉じ込め可能性に関する信頼性を高めた。	達成
硝酸塩処理・処分技術高度化開発	高レベル放射性廃棄物とTRU廃棄物の併置処分における相互影響因子である硝酸塩に対し、処分後の硝酸塩の影響評価システムの構築及び放射性廃液を対象とした硝酸塩の除去技術の確立を通じて、処理・処分の両面から安全評価の信頼性の向上を図る。	硝酸イオンの化学変遷挙動評価、核種移行パラメータに対する硝酸塩影響評価の成果と、核種移行解析コードとを硝酸塩影響評価プラットフォームを介して統合することにより硝酸塩影響評価システムを構築した。また、膜分離技術等を用いた廃液からの硝酸塩除去技術に見通しを得て、硝酸イオン分解プロセスと組み合わせた除去システムを構築した。	達成
セメント材料影響評価技術高度化開発	TRU廃棄物の地層処分において用いられる可能性のあるセメント材料を想定し、それらの長期的な影響によるニアフィールドのバリア性能の経時的変化を反映させながら核種移行解析を実施するための技術を開発する。	処分において用いられる可能性のあるセメントとして、低アルカリ性セメント（フライアッシュ高含有シリカフェームセメント）に対して、地下水との化学反応、モデルを構築した。また、セメント系材料の長期的な影響（ひび割れ発生）を考慮することができる処分施設の力学挙動解析ツールを整備した。	達成

④地層処分回収技術高度化開発

要素技術	目標・指標	成果	達成度
地層処分回収技術高度化開発	回収技術について、廃棄体を回収するための緩衝材除去装置の設計を行い、そのうち装置主要部位（塩水噴射部、スラリー吸引部、塩水噴射部昇降設備、塩水リユース設備）製作を行い、地上において各部位の機能確認を行う。	緩衝材除去装置の設計・製作については、装置の全体設計を実施し、装置の機能部位（塩水噴射・スラリー吸引部、塩水噴射部昇降設備、塩水リユース設備）ごとに製作および機能確認試験を実施した。	達成

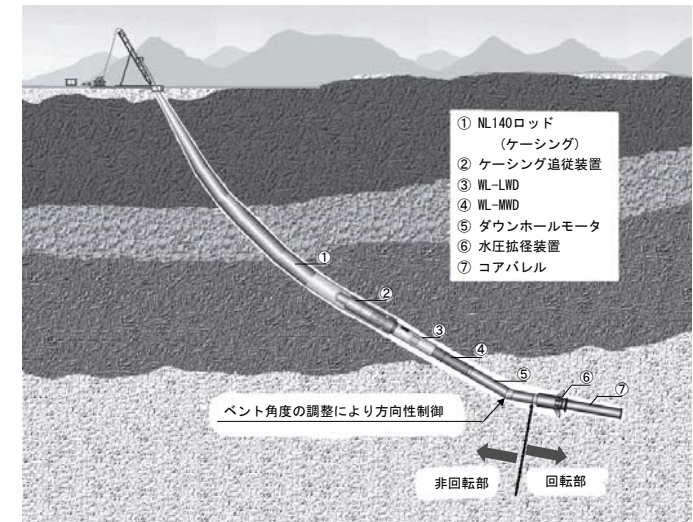
【ボーリング技術高度化開発】

□全体実施概要

- ・堆積軟岩を対象として、限られた地形、地質条件下においても掘削を可能とする、方向性を制御できる掘削工法を開発する。
- ・本掘削工法を概要調査に適用させるために、概要調査で必要となる諸特性を把握することができる各種調査手法の開発と掘削、調査の体系化を図る。

□平成24年度までの主な成果

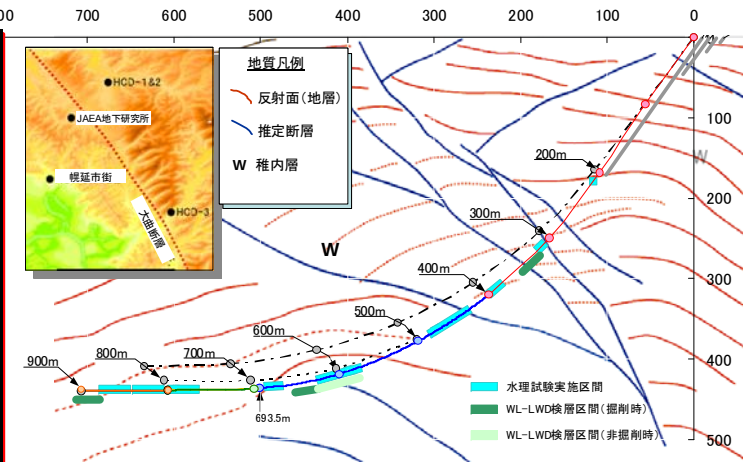
- ・コントロール掘削技術をシステム化し、本システムにより幌延サイトにおいて通常の堆積岩および断層を対象として2本の孔井を掘削した(右図下)。
- ・掘削孔井内で実施する技術として、LWD(掘削時検層)、透水・採水、孔内力学、応力、モニタリング、弾性波トモグラフィーのそれぞれの技術開発を行い、全ての技術の実用化の目途を付けた。



コントロールボーリング掘削概念

□全体スケジュール

	12-16	17	18	19	20	21	22	23	24
(1)孔曲げ掘削技術 (孔曲げ、先端探知、コア採取)	システムの構築	システムの高度化			システムの実用化				
(2)測定・検層技術 (LWD、透水・採水、力学・応力)	装置の開発		システムの高度化			システムの実用化			
(3)モニタリング技術		概念設計	詳細設計と装置の開発			システムの実用化			
(4)物理探査技術 (弾性波トモグラフィー)					システムの構築		システムの実用化		
(5)掘削・調査技術体系化		現地適用性検討(北進)			現地適用性検討(上幌延：大曲断層)				マニュアルの作成



HCD-3孔井の掘削、調査実績

【岩盤中地下水移行評価技術高度化開発】

□全体実施概要

- ・数万年～百万年を評価可能な地下水年代測定法について、技術開発と原位置調査を実施し、国内への適用性向上を図る。
- ・岩盤を対象とした原位置トレーサ試験技術、割れ目特性調査技術を開発し、原位置において有効性を実証する。

□平成24年度までの主な成果

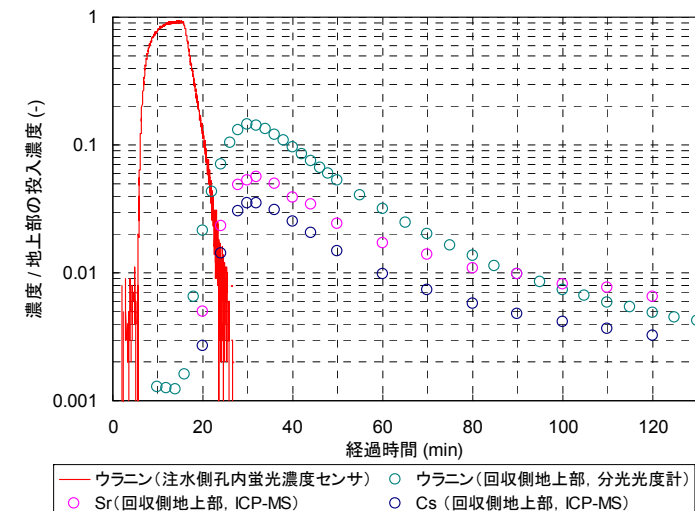
- ・幌延の深部地下水の年代が百万年以上となること、瑞浪の深部地下水の年代が数万年程度となることを開発してきた複数の地下水年代測定技術から示した(右上図)。
- ・トレーサ試験技術、割れ目特性(開口幅、流動次元等)調査技術を開発し、試作した試験装置の基本性能を原位置で確認した(右下図)。

□全体スケジュール

岩盤中地下水移行評価技術高度化開発	実施項目	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24
地下水年代測定技術調査	技術開発	←	←	←	←	←	←	←
	文献調査	←	←	←	←	←	←	←
	原位置での適用性検討	←	←	←	←	←	←	←
岩盤中物質移行特性評価技術高度化調査	技術開発	←	←	←	←	←	←	←
	原位置トレーサ試験技術	←	←	←	←	←	←	←
	各種割れ目調査技術	←	←	←	←	←	←	←

滞留時間(年)	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	評価方法 (検証方法)
流動場	瑞浪(花崗岩)	幌延沿岸域: 更別層	オーストラリア 大銀井盆地 帯水層		⁴ He(蓄積)、無機 ¹⁴ C、有機 ¹⁴ C、希ガス温度計 ⁴ He(フラックス)、 ³⁶ Cl(減衰) ¹⁴ C(減衰: 涵養域のみ) ⁴ He(蓄積)、 ¹⁴ C、水素・酸素同位体比
滞留場			幌延沿岸域 降水との混合 勇知層 幌延: 声間層 降水との混合 稚内		⁴ He(蓄積)、 ³⁶ Cl(平衡)
(拡散場)				オーストラリア 大銀井盆地 難透水層	He(拡散) ³⁶ Cl(拡散) ³⁷ Cl(拡散)

さまざまな調査地点での地下水年代測定結果



スイスGrimselでの原位置トレーサ試験の注水側と回収側の濃度変化

【地質環境総合評価技術高度化開発】

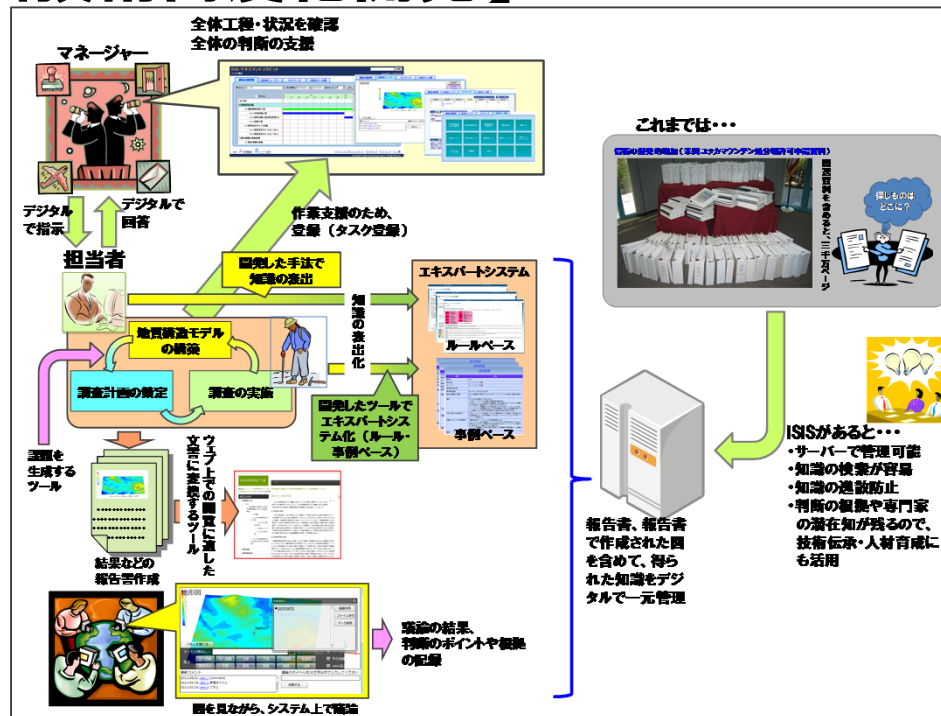
□全体実施概要

- ・事例調査に基づき、実際の経験に基づく調査・評価上のノウハウ、品質管理、不確実性の取扱い、様々な意思決定等を知識として表出化するための手法を開発する。
- ・調査結果の品質確保や調査・評価の進め方等に関する判断・意思決定を支援し、これらに関係専門家間で共有するためのコミュニケーション機能を備えた、次世代型の地質環境総合評価システム(次世代型サイト特性調査情報統合システム:ISIS)を構築する。

□平成24年度までの主な成果

- ・様々な意思決定等を知識として表出化するための手法を開発し、プログラミングに関する知識を必要とすることなく、地質環境調査の専門家自らが、エキスパートシステムを作成できるように、具体的な開発環境ツールとして、インターフェイスを開発した(下図)。
- ・構築された地質環境モデルの可視化し、それを用いた議論と結果の保存機能、関係書類の逸散防止機能、様々な作業の登録と関係書類等の関連付け機能と、作業工程管理機能など、様々な作業を支援するための機能を開発した。
- ・エキスパートシステム、インターフェイス及び機能は、マネジメントコクピットに統合し、プロジェクト全体の意思決定支援、地質環境調査に関する様々な作業の支援、関係者間での情報共有、知識の追跡性の確保が行える「次世代型サイト特性調査情報統合システム(ISIS)」を開発した(上図)。

事業項目	19年度	20年度	21年度	22年度	23年度	24年度
1.地質環境調査に関わる知識の表出化手法の開発			地質環境モデル構築及び地質環境調査計画作成に関する情報の分析・整理			
	瑞浪・幌延URL、沿岸域、長期安定性、他の地質環境条件を対象とした情報の分析・整理					
2.次世代型サイト特性調査情報統合システムの開発	設計・開発環境の整備		各機能の構築			
	ルールベース化・事例ベース化の試行		エキスパートシステムの作成			
						全体の統合



システムの全体概要



エキスパートシステム作成インターフェイス

【沿岸域塩淡水境界・断層評価技術高度化開発】

□全体実施概要

沿岸域における調査評価技術を対象として、ボーリング調査や物理探査、地下水等のデータベースや解析評価技術といった要素技術の高度化開発や、これら技術の適切な組合せによる体系的適用試験を行い、塩淡水境界及び断層評価を中心とした沿岸域の地質環境の総合評価手法を構築し、沿岸域での一連の地上からの調査技術と解析評価手法として体系化を図る。

□平成24年度までの主な成果

・深部水理地質環境の把握のための調査技術（ボーリング技術やサンプリング技術（特許取得）、水理試験技術）の適用により、堆積平野の沿岸海底下には淡水領域が存在し、これが超長期的な地下水の安定に大きく関与していることなど多くの新しい知見を蓄積した。また、浅海域での電磁探査を可能にしたセンサー（右上図）を新規開発し、海陸接合探査を実現し、これらを用いて海底下淡水地下水領域の観測おこない、世界的に見て初めての成果を挙げることができた（右図）。

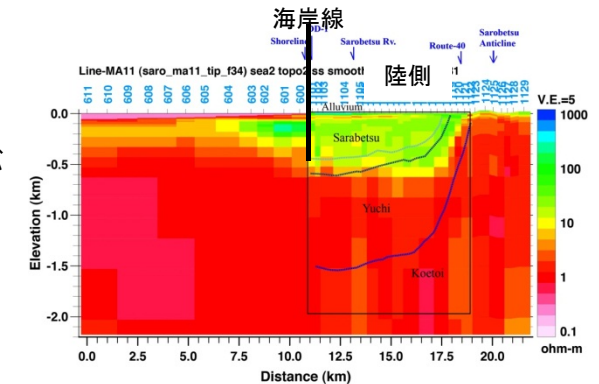
・列島を構成する岩石、地下水等のデータベースを構築した。この結果、列島における地下水量の把握や流動などを可視化することができるようになった（右下図）。

□全体スケジュール

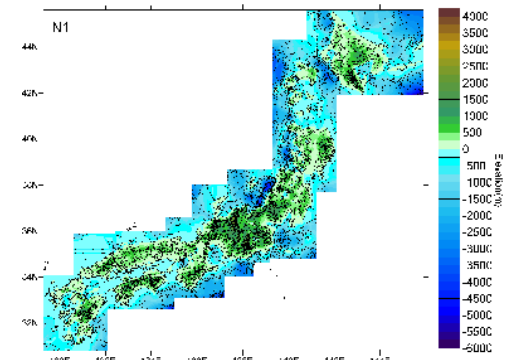
事業項目	20年度	21年度	22年度	23年度	24年度
1.塩淡水境界／地下水総合評価技術の開発	← ボーリング掘削、孔内・孔間試験、岩石・地下水分析、地下水流動解析 →			← モデル化 →	
2.沿岸域地質構造／断層評価技術の開発	← 陸域及び海域の電磁探査・地震探査 →		データの統合化 →		
3.関連データベースの開発	← 深部岩石・地質データベース →		深部地下水DB等の整備 →		



新規開発センサ（海底電磁法探査）



幌延沿岸部における電磁探査結果
（塩分濃度分布：赤色部が塩水）



新第三系（帯水層）基底面分布（DBより）

【海域地質環境調査技術高度化開発】

□全体実施概要

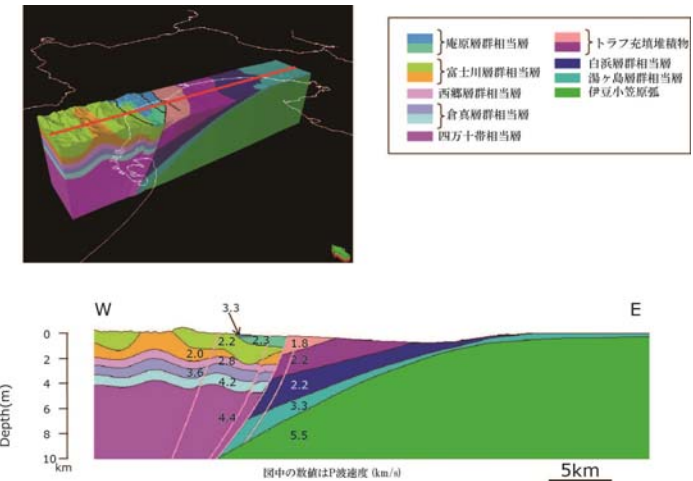
沿岸域領域での調査評価技術に着目して、沿岸域海底下の特徴的な地質環境や地下水環境の調査評価手法の高度化開発を行うため、3次元的な地質構造を明らかにし、地下水の年代(滞留時間)や流動速度などを評価する。

□平成24年度までの主な成果

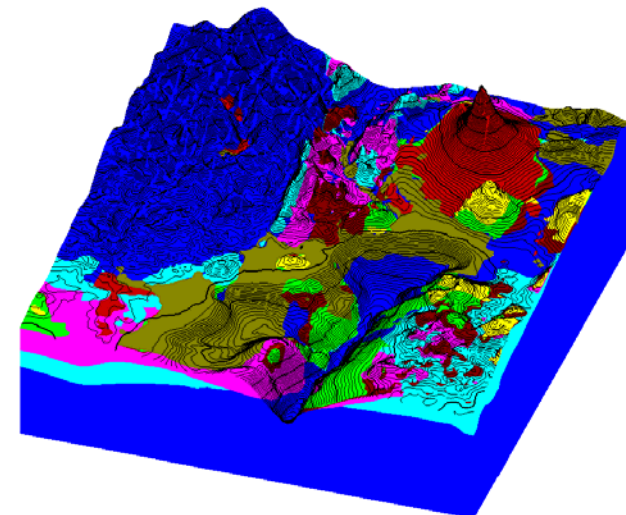
- ・海底設置型地震計を用いた計測技術の確立やストリーマケーブルを曳航する二船式の二つのデータ取得方式に関する検討により、浅部の空間分解能を向上させることができ、これまで困難とされてきた浅部詳細地質構造把握が可能となり、水理地質モデル構築に貢献できる成果を得た。(右図)。
- ・日本列島の堆積平野沿岸海域においては、沿岸部の地形や地質に応じて、海底下に淡水性地下水の張り出しが存在することが解析的に求められた(右下図)。この張り出しの存在が一般的であることを示せたのは大きな成果と言える。この張り出しは海水準が低下した時代(氷期)に形成されたものであり、その下の塩水域は超長期的に安定した地下水体であることも推定された。

□全体スケジュール

事業項目	23年度	24年度	25年度	26年度
1.沿岸域地質構造評価技術の開発	←			→
2.海上掘削技術の開発	←			→



本研究により構築された三次元弾性体グリッドモデル(駿河湾の事例)



広域地下水流動解析事例(静岡)

□全体実施概要

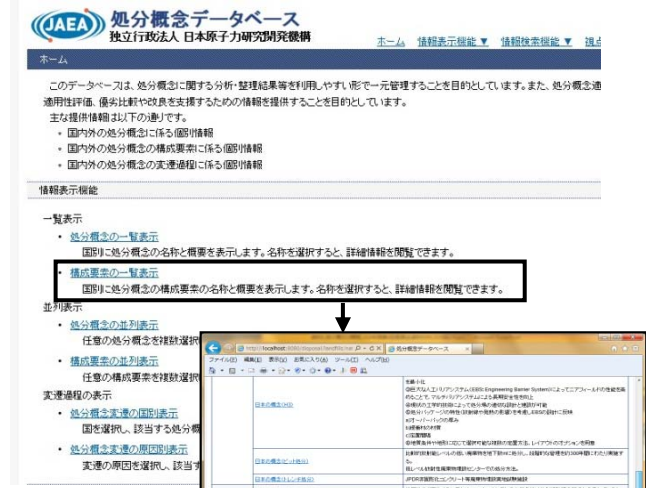
- ・軽水炉サイクルシステムから先進サイクルシステムまでを対象にした包括的な廃棄物管理において必要となる、処分概念開発、性能評価、および最適化に係る技術の開発・高度化を行い、手法・ツールを体系的に整理する。また、関連する情報の収集・分析を行いデータベースとして整理する。
- ・原子力事故廃棄物の処理・処分への対応(平成23年度～)や巨大地震・津波を含む想定外事象への対応(平成24年度～)に係る技術の調査・開発を行う。

□平成24年度までの主な成果

- ・与えられた種々の条件に対する処分概念の適用性の判断および先進的な処分概念の創出を支援する手順と手法、多種多様な処分概念の情報を一元的に管理するデータベース(右上図)の実用版を整備した。
- ・最新の知識工学やIT技術を適用し、性能評価の実施に必要な知識とモデルの統合(右下図)、最適化問題の設定や手法選定を支援するツール・技術の実用版を整備した。
- ・先進サイクルの導入シナリオや技術オプションに応じて発生する廃棄物の特性を定量的に評価するためのツール、その処分への影響を体系的に検討するための技術、関連情報を一元的に管理するデータベースの実用版を整備した。
- ・原子力事故廃棄物については、瓦礫、伐採木等の試料の詳細な放射能分析、処理・処分に向けた情報の収集・整理、課題抽出及び課題解決に向けた対策の検討を実施した。
- ・想定外事象については、過去に発生した巨大地震・津波による地質環境の変化の調査、処分場限界状態評価に係る手法の調査・課題の抽出や試験計画の立案を実施した。

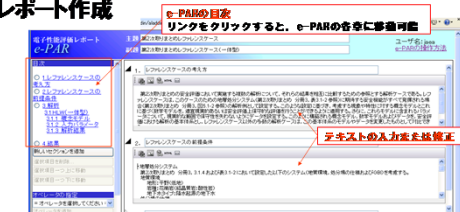
□全体スケジュール

事業項目	19年度	20年度	21年度	22年度	23年度	24年度
1. 先進的地層処分概念の開発	情報分析、適用性評価手順検討、データベース要件検討、プロトタイプ構築			個別技術高度化、適用事例拡充、実用版構築		
2. 性能評価技術／処分概念最適化技術の開発	性能評価統合技術、課題探索技術、最適化技術検討、プロトタイプ構築			個別技術高度化、適用事例拡充、実用版構築		
3. 先進サイクルシステムに対応した処分概念／性能評価技術の開発	情報分析、廃棄物特性定量化手法検討、固化体データ取得、データベース要件検討、プロトタイプ構築			個別技術高度化、適用事例拡充、実用版構築		
4. 原子力事故廃棄物の処理・処分に係る対応				情報分析、課題・対策整理		
5. 巨大地震・津波を含む想定外事象への対応				情報分析、課題・対策整理		

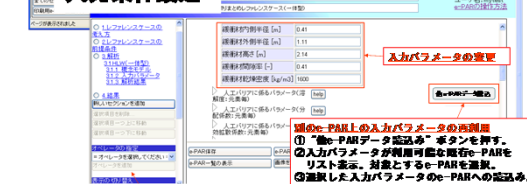


情報のデータベース化(処分概念データベース)

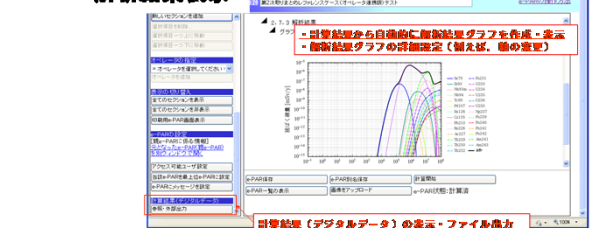
レポート作成



入力条件設定



解析結果表示



性能評価統合技術

(webブラウザ上で内容の閲覧・編集のみならず解析までを実行可能なHTML形式の電子性能評価レポート)

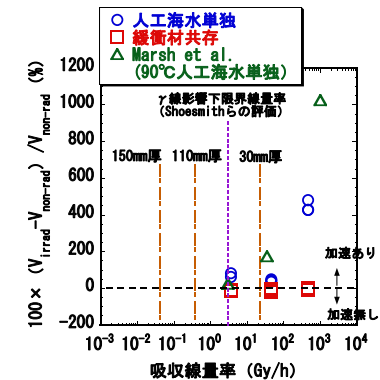
□全体実施概要

高レベル放射性廃棄物の地層処分システムの工学設計や安全評価の実施に資するため、処分システムの長期性能に影響を及ぼす可能性がある以下の4つの不確実性要因について調査研究を実施した。

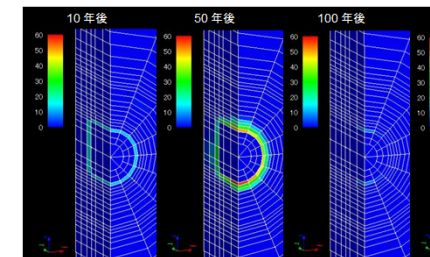
- ①ガラス固化体からの放射線影響
- ②操業時に地上から持ち込まれた微生物や原位置の微生物の影響
- ③緩衝材、オーバーパックで構成する人工バリアや岩盤で構成される天然バリア相互の複合作用等の化学環境（熱、水、応力、化学）の評価
- ④核種移行遅延パラメータの定量的影響評価手法開発

□平成24年度までの主な成果

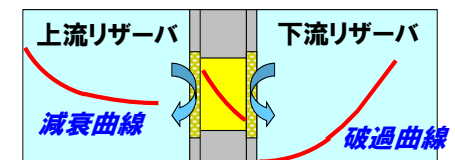
- ・放射線影響：緩衝材共存下ではオーバーパックは耐圧厚さ（30-110mm）のみの場合でも腐食速度への放射線影響はほとんどない（右上図）。
- ・微生物影響：新たに微生物影響評価コードを開発した。幌延深地層研究所の原位置での同手法を適用し、酸化還元試験結果について解析しモデル確証を行った。
- ・バリア複合影響：処分場閉鎖後のニアフィールド環境をシミュレーションするためのTHMC解析システム（原型モデル）を提示した（右中図）。
- ・核種移行遅延：圧密系緩衝材/堆積岩中での信頼性の高い収着・拡散パラメータ取得法、および理論に基づく評価を可能とする収着・拡散原型モデル/データベースを構築した（右下図）。



吸収線量率と腐食加速速度の関係



硝酸塩の濃縮析出と再溶解



圧密体中の核種移行パラメータ取得手法の提示

□全体スケジュール

事業項目	19年度	20年度	21年度	22年度	23年度	24年度
1. 放射線影響調査	現象確認、影響評価手法整備			データ拡充と影響評価		
2. 微生物影響調査	定量・活性手法の開発、原型モデル構築			原位置での適用性確認		
3. バリア複合影響調査	基礎データ取得、THMC基本モデル構築			長期データ拡充、モデル検証		
4. 核種移行遅延調査	基礎データ取得、人工バリア基本モデル構築			データベースと評価体系構築		

【処分システム工学要素技術高度化開発】

□全体実施概要

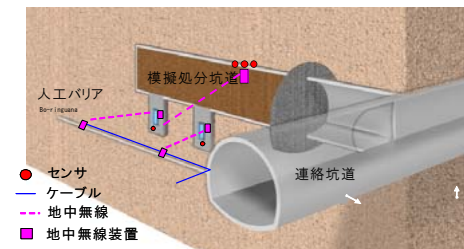
・地層処分に係る工学技術の信頼性や成立性等の向上に資する技術基盤を確立することを目的として、処分場操業に係る遠隔操作技術、人工バリアの品質等の評価技術及び処分システムの状況等をモニタリングする技術について、適用性確認試験等を行い、技術選択肢の整備に向けた知見を取得する。

□平成24年度までの主な成果

- ・遠隔操作技術高度化開発については、オーバーパック(OP)の遠隔溶接・検査技術、及びOPと緩衝材等の遠隔搬送・定置技術について、幅広い技術選択肢(技術メニュー)を整備した。
- ・OPの製作(溶接)により生じる、品質に係わる種々の腐食挙動におよぼす材料因子の影響を耐食性試験で評価し、母材と同等であることを確認した。また、緩衝材の製作、搬送・定置により生じる、品質に係わる種々の状態(密度分布、隙間、残置物)がバリア性能(低透水性、自己シール性など)に及ぼす影響を試験により定量的に示した。
- ・モニタリング技術の開発については、国内外の研究動向を踏まえ、中核技術として地中無線通信技術を開発するとともに、技術メニューを整備した。
- ・なお、東北日本太平洋沖地震を受け、地層処分施設の操業安全を脅かす可能性がある自然災害を選定し、これに対する応急対策、恒久対策、対策を整理した。



オーバーパック溶接部の
非破壊検査装置



性能確認のためのモニタリング
の概念例



開発した小型化地中無線送信装置

□全体スケジュール

事業項目	19年度	20年度	21年度	22年度	23年度	24年度
1. 遠隔操作技術高度化開発	技術調査、適用性確認試験、適用性評価 等			技術メニュー整備	実規模試験等の実施、継続	
2. 人工バリア品質評価技術の開発	オーバーパック溶接部の腐食挙動等の解明、計画			長期健全性評価の実施、継続 緩衝材の小規模試験の実施		
3. モニタリング技術の開発	技術調査、適用性確認試験、適用性評価等			技術メニュー整備		

【地下坑道施工技術高度化開発】

42

□全体実施概要

- ・セメント系材料を用いた既存の注入技術では、長期的な天然バリア性能などに影響を及ぼす可能性が指摘されていることから、そのような影響を低減する新たなグラウト材料や注入工法の開発を行う。
- ・既存のグラウト材料も含め、セメント系グラウトによる長期的な岩盤に対する変質影響を推定するための評価技術の開発を行う。

□平成26年度までの主な成果

- ・要素技術の開発：pH11以下の低アルカリ性を有するグラウト材料を開発し、その物性値をグラウトデータベースに格納した。
- ・要素技術の開発：処分坑道における長期影響評価の観点から、処分場における許容湧水量の目安、グラウト材料、注入工法及び注入装置の適用例を示した。
- ・原位置適用性試験：グリムゼルテストサイト(亀裂性媒体)において、新たに開発した溶液型の注入試験及び数値解析を用いたグラウト浸透範囲予測解析の検証を実施した。
- ・グラウト影響評価技術の開発：グラウト材料による地下水、岩盤及び人工バリアへの影響評価で必要となる水理－物質移行、化学反応－物質移行モデルを開発した。

当事業で得られた成果は、例えば、実施主体が作成する概念設計における湧水抑制対策に、直接的に反映することを目的にグラウト技術のガイドラインとして、成果を取りまとめることができた。国内外での学会発表は約30報、投稿論文・レポートは約30報、特許3件が公開され、国内外の地層処分研究開発に貢献できた。

□全体スケジュール

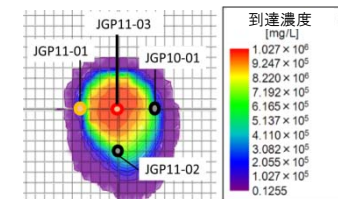
事業項目	19年度	20年度	21年度	22年度	23年度	24年度
1.新グラウト材料／ 注入技術の開発	配合選定試験、注入装置製作			亀裂開口幅に応じた材料データの拡充		
2.原位置適用性試験	サイトの検討・試験計画策定		幌延URL	スイス・グリムゼル岩盤研究所		グラウト技術ガイドライン
3.安全評価に関するグラウト影響評価技術の開発	岩盤への影響評価手法の開発			人工バリアも含めた影響評価手法の開発		

グラウトデータベース

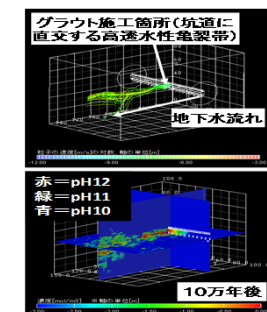
0 m	深 度	許容湧水量の目安*	グラウト材料	注入工法	注入装置
300 m	浅部	1L/min/m	OPC 低アルカリ性セメント	従来の孔配置	既存技術で対応可能
	深部	1L/min/m	OPC 低アルカリ性セメント	坑道断面内への孔配置	高圧対応パワージェットグラウトポンプ
	無分坑道	1L/min/m	低アルカリ性セメント 溶液型	坑道断面内への孔配置	高圧パンプ(流量圧力制御装置)
1000 m	無分坑道	0.5L/min/m	溶液型	坑道断面内への孔配置	高圧パンプ(流量圧力制御装置)
	無分坑道	0.5L/min/m	溶液型	坑道断面内への孔配置	高圧パンプ(流量圧力制御装置)

開発したグラウト設計技術の処分場への適用例

要素技術の開発



原位置適用性試験



グラウト影響評価技術の開発

【人工バリア長期性能評価技術開発】

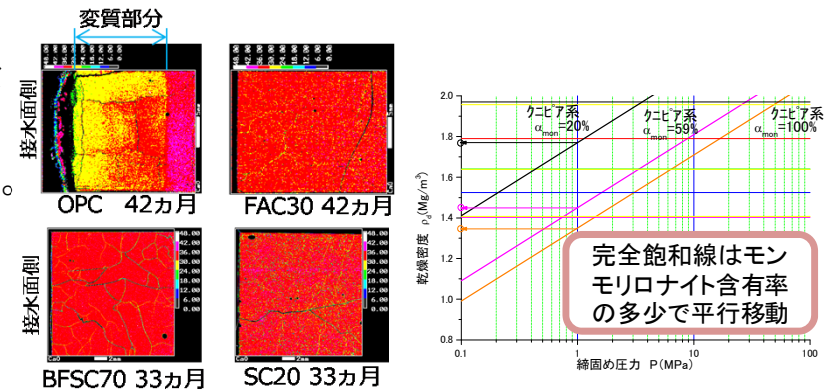
43

□全体実施概要

- 人工バリア材の変質等の長期挙動の予測において、実験等で確認されていない現象の確証試験、多様な環境条件及び材料に対応する人工バリア材料の変質モデルおよび解析手法の検討により、性能評価上の不確実性の低減効果を示す。
- ガス移行に関する材料特性データの取得、モデル化・解析手法の高度化及びそれらを統合したガス移行挙動評価手法を構築して、ガス移行挙動評価の信頼性向上を図る。

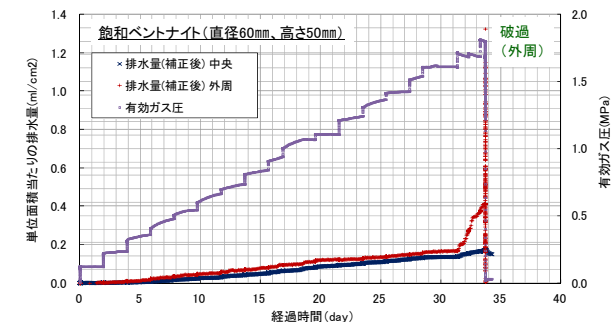
□平成24年度までの主な成果

- 人工バリア長期挙動評価では、多様なセメント系材料からの水和鉱物の溶脱やベントナイト系材料のCa型化や溶解等の人工バリア材の変質において、実験等で確認されていない現象のうち影響の大きいものの確証試験を実施し、その結果を性能評価に反映させた時の不確実性の低減効果を示した。
- ベントナイト材料を用いたガス透気試験より、破過に関わる諸特性のデータを取得の上で寸法効果を評価し、試験データの再現や処分施設モデルの長期変遷等の解析手法を確立し、さらに不確実性低減の観点でガス移行挙動評価手法を構築した。



(セメント系材料の浸漬試験結果)

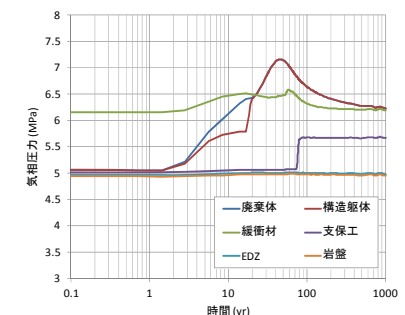
(モンモリロナイト含有率の変化と力学特性変化)



(ガス移行試験での破過に至る排水量増加)

□全体スケジュール

事業項目	19年度	20年度	21年度	22年度	23年度	24年度
1.人工バリア長期挙動の評価	全体研究計画の策定	セメント系材料の長期変質挙動の確証試験				
		セメント-ベントナイト相互影響の確証試験				
		人工バリア性能評価解析の高度化				
2.ガス移行挙動の評価	全体研究計画の策定	材料データの取得				
		モデル化・解析手法の高度化				
		ガス移行挙動評価手法の構築				

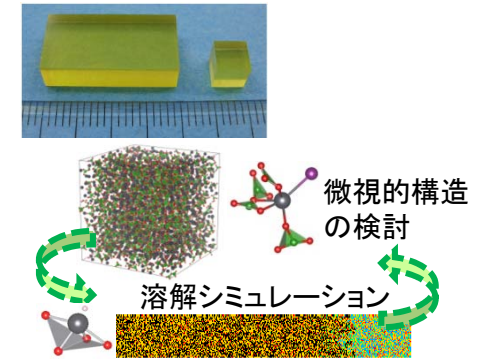


(ガス発生を考慮した施設の長期変遷解析)

【ヨウ素・炭素処理・処分技術高度化開発】

全体実施概要

・ヨウ素(I-129)及び炭素(C-14)は、人工バリア材及び地質媒体への収着分配係数が小さく、これらの核種の移行遅延効果が見込めないため、地質環境が良好でない場合には、処分場の性能が十分に発揮されない可能性がある。そこで、本研究開発では、これら非収着性の核種による被ばく線量を低減することにより、幅広い地質環境に対して処分の安全性を成立させることを目的として、ヨウ素固定化処理技術ならびにC-14の長期閉じ込め技術を開発するとともに、C-14の放出挙動の評価を実施する。



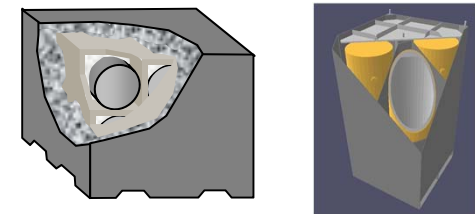
平成24年度までの主な成果

・ヨウ素固化体3種を対象に、ヨウ素放出挙動の概念モデルを提示した。また、各固化体の製造プロセスの検討に必要なデータ(廃銀吸着材からのヨウ素脱離率等)を取得し、スケールアップ前段階として、プロセスの成立性を確認した。

・コンクリート製およびTi合金製の2種類のC-14の長期閉じ込め用廃棄体容器の設計、製作手法、品質検査手法及び長期健全性を検討し、6万年間の閉じ込めが可能であることを示した。

・ハル・エンドピース中のC-14のインベントリを設定し、瞬時放出と想定されている酸化膜のインベントリを低減した。また、長期浸出試験を継続し、C-14の浸出データや腐食速度データを確認した。

ヨウ素固化体(BPIガラス固化体)の外観(上)とヨウ素放出モデル化の例(下)



C-14長期閉じ込め容器概念図
コンクリート容器(左) 金属容器(右)

全体スケジュール

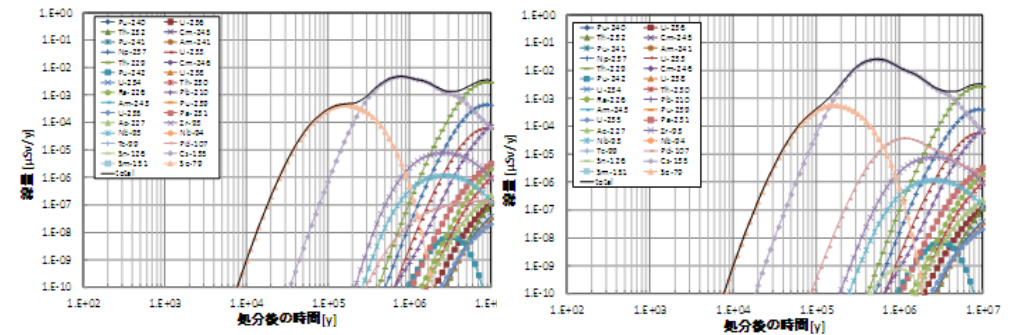
事業項目	18年度	19年度	20年度	21年度	22年度	23年度	24年度
1.ヨウ素固定化処理技術開発		ヨウ素放出挙動の確認およびモデル化			実用化に向けた固化体製造プロセスの検討		
2. C-14の長期閉じ込め技術の高度化		長期閉じ込め性の確認			閉じ込め評価の信頼性確認		
			欠陥検出および加工・溶接の影響把握				
3.放射化金属廃棄物中のC-14の放出挙動評価	長期試験条件の検討	実ハルの長期浸出試験／ジルカロイ及びステンレス鋼の腐食挙動試験		C-14のインベントリの合理的設定			



照射済みBWR燃料被覆管の浸漬試験の様子

全体実施概要

- ・併置処分における重要な影響因子である硝酸塩に対し、処理・処分技術の両面から、処分における安全評価の不確実性を低減させ、その信頼性の向上を図る。これにより、硝酸塩の影響を考慮した併置処分場の線量評価が可能となり、また、廃液からの硝酸イオンやナトリウムイオンの除去技術が確立され、離隔距離や硝酸塩の処理目標の提示が可能となる。
- ・処分技術として、硝酸塩の人工バリア・天然バリアへの影響評価のためのデータ拡充、モデル開発およびこれらを統合した硝酸塩影響評価システムを構築する。また、処理技術として、膜分離技術や硝酸イオン分解技術を適用した硝酸塩除去技術を確立する。



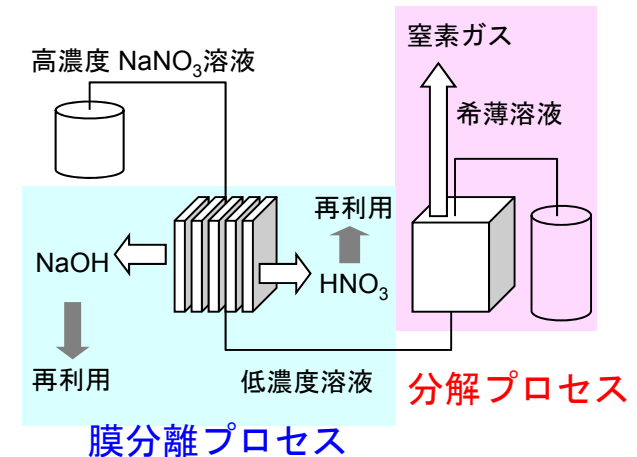
硝酸塩影響評価システムの評価結果（左図：硝酸塩影響なし、右図：硝酸塩影響あり）

平成24年度までの主な成果

- ・硝酸イオンの化学変遷挙動評価のために硝酸イオンと処分施設内の金属、処分施設外の還元性鉱物及び微生物との反応をモデル化し、化学/物質輸送コードに実装するとともに、核種移行パラメータに対する硝酸塩影響評価のために硝酸塩及びその化学的変遷物の存在下での核種挙動を評価した。さらに、これらの成果と核種移行解析コードとを硝酸塩影響評価プラットフォームを介して統合することにより硝酸塩影響評価システムを構築した。
- ・硝酸塩除去技術として、膜分離プロセスの分離性能に係るデータを取得し、新たな分離プロセスを考案した。分離と分解プロセス（右下図）を組み合わせた工学試験装置を製作し、模擬再処理廃液を用いて硝酸塩除去性能を確認した。

全体スケジュール

事業項目	平成19年度	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度
(1) 硝酸塩の影響評価システムの構築	個別モデル開発・データ拡充		評価システム構築			
① 処分環境における硝酸イオンの化学的変遷挙動評価	モデル開発・入力データ取得		モデル改良・補完データ取得			
② 核種移行パラメータに対する硝酸塩の影響評価	溶解度取得・評価		収着分配係数取得・評価			データ補完 データベース化
③ 硝酸塩影響評価システムの構築				システム構築		システム構築
(2) 放射性廃液中の硝酸塩除去技術の開発	個別技術開発			試験装置製作・工学試験		総合評価試験
① 硝酸ナトリウムの膜分離技術開発	Na ⁺ 及びNO ₃ ⁻ 分離技術開発		陰イオン交換膜の開発			
② 硝酸イオンの分解技術開発			技術調査	試験装置製作・工学試験		放射線耐性試験
③ 高濃度硝酸塩除去技術の構築						総合評価試験
(3) 情報収集及び委員会の設置・運営 (国際技術情報交換会議を含む)	適宜関連機関と情報交換を実施	国際WS				
	委員会	委員会	委員会	委員会	委員会	委員会



硝酸塩除去システムの概念

【セメント材料影響評価技術高度化開発】

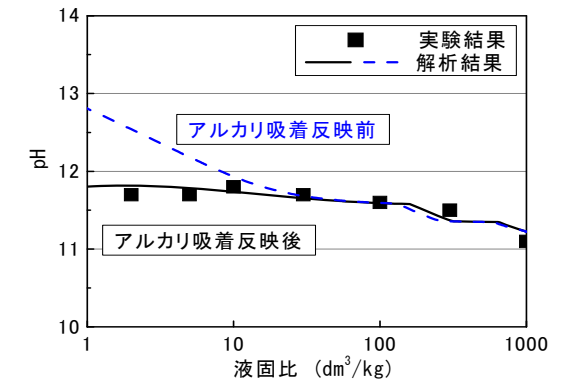
46

全体実施概要

- ・セメント自体の長期挙動及びセメントが処分環境に与える影響に関する個別の現象について現象理解とそれに基づくモデル検討を行い、これらの個別のモデルを集約・統合することにより、経時的に変化する核種移行の場を評価する技術を開発する。
- ・評価された場を核種移行解析上の核種移行経路として表現し核種移行解析を行う技術の開発、並びにセメント影響を受けた間隙水や鉱物を前提とする核種移行データの取得、及びこのデータの妥当性・信頼性を支持するモデルの開発を行う。

平成24年度までの主な成果

- ・通常のセメント(>pH12.5)とは異なり、周囲の地下水のアルカリ性を低減できるフライアッシュ高含有シリカフェームセメント(<12.5)について、低アルカリ性発現機構を明らかにすると共に地下水との化学反応モデルを構築した(右上図)。
- ・緩衝材変質の検討では、セメント反応水に含まれるKOHとの反応によってス멕タイトのK型化やイライト化が生じること、K型化は膨潤性と低透水性に影響を及ぼすことを実験的に確認し、化学的変質とこれによる透水性変化を評価する上での、こうした過程のモデル化が重要であることを示した。
- ・廃棄体や支保工に含まれる金属材料の腐食膨張によりセメント材料にひび割れが発生することを考慮できる力学モデルを取り入れた、緩衝材の化学的変質による力学特性の変化と岩盤の長期クリープ挙動を反映した長期力学挙動解析が実施できる評価ツールを整備し、試解析を行った(右下図)。

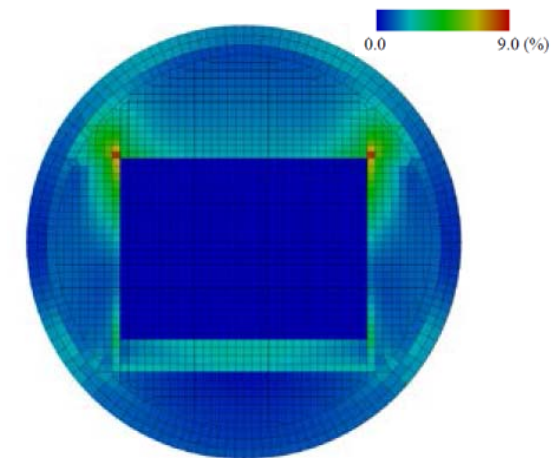


試製SO₃低含有HFSCのバッチ式浸漬実験結果と水和物溶解沈殿モデルによる解析結果の比較

全体スケジュール

事業項目	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	備考
1. 個別要素評価モデル開発/基盤的データ整備	個別モデル開発/基盤的データ整備		補完的モデル改良・データ取得		
① 評価モデル・データの体系化手法の開発	調査・計画策定		進捗に応じて見直し		
② セメント変質評価モデルの開発		データ取得・現象理解・モデル開発・パラメータの定式化			
③ 緩衝材/岩石変質挙動評価モデル開発					
④ バリア材料の変質に伴う力学評価モデル開発				補完的なモデル改良・データ取得及びデータベース化	
⑤ 地球化学元素に関するアルカリ条件下での熱力学/速度論データの整備		溶存化学種及び鉱物に関する熱力学データの整備・鉱物の溶解・沈殿反応速度データの整備			
⑥ 放射性同位元素に関するアルカリ条件下での核種移行特性データ取得及びモデル整備		放射性核種の移行現象に関するモデル・データ(錯体形成・溶解沈殿・吸着等)の整備			
2. 複合現象評価手法開発		評価フレーム・ツール・パラメータ整備		連成・補完的モデル改良	
① 連成解析ツール開発		計算ツール開発・現象の因果関係に基づくパラメータの定式化・フレーム構築・個別モデル実装		連成・補完的モデル改良・プロトタイプ完成	
3. 性能評価モデル開発			評価システムのフレーム構築	評価システムのプロトタイプ作成	
① 評価システム構築		複合現象評価を反映した評価システムのフレーム構築		試解析・システム改良・プロトタイプ完成	
4. 情報収集及び委員会設置・運営	委員会	委員会	委員会	委員会	適宜関連機関と情報交換

NUMO、環境センター、JAEA合同ワーキングショップによるレビュー



整備した評価ツールによる長期力学解析結果の例(処分後10万年経過後のせん断ひずみコンター)

【地層処分回収技術高度化開発】

□全体実施概要

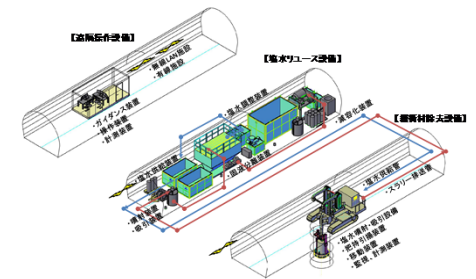
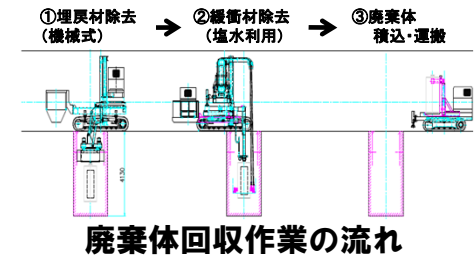
・本事業は、地下環境における高レベル放射性廃棄物の回収技術を整備し、国民の地層処分技術に関する安心感の醸成に資することを目的とし、地下環境における実規模実証試験の計画の策定および回収技術の中核となる緩衝材除去装置の開発を実施するものである。

□平成24年度までの主な成果

- ・地下環境における実規模実証試験の計画の策定については、廃棄体回収に関わる作業と機材の検討を実施し、塩水を用いた緩衝材除去技術を回収の中核技術とし、これを用いた装置の緩衝材除去試験計画を策定した(右上図)。
- ・緩衝材除去装置の設計・製作については、装置の全体設計を実施し、装置の機能部位(塩水噴射・スラリー吸引部、塩水噴射部昇降設備、塩水リユース設備)ごとに製作および機能確認試験を実施した。
- ・塩水噴射・スラリー吸引部の設計・製作では、これまでの基盤研究および要素試験において得られたデータより塩水噴射ノズル配置の詳細検討を実施し、プロトタイプの製作と性能確認を経て塩水噴射・スラリー吸引部を製作した(右中図)。
- ・塩水リユース設備の設計・製作では、緩衝材と塩水が混ざったスラリーを連続的に固液分離処理して再び塩水を供給する設備を検討し。固液分離装置として沈殿濃縮装置(シックナー)を採用した。機能確認試験により連続運転で15m³/hの塩水をリユースすることができることを確認した(右下図)。

□全体スケジュール

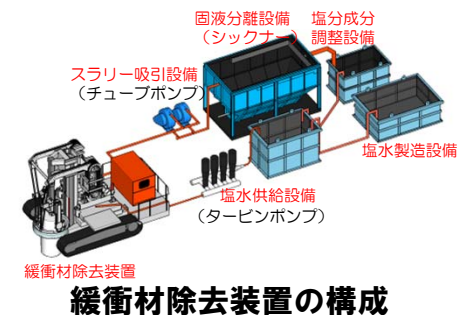
事業項目	23年度	24年度	25年度	26年度
1. 地下での実証試験計画	技術メニュー整備			
2. 緩衝材除去装置の開発	基本設計・要素試験	装置製作・機能確認試験	総合動作確認試験	



地下での緩衝材除去試験の配置検討



緩衝材除去試験(機能確認)



2.A-5.事業化、波及効果

- 事業の性格から現時点で長期的な事業化までを具体性をもって評価することは困難であるが、個々のテーマのこれまでの成果については、処分事業や国の政策及び安全規制等の検討に既に反映されている。
 - ✓ NUMOの公募関係資料や技術報告書
 - ✓ 「放射性廃棄物処理・処分に係る規制支援研究計画（平成22年度～平成26年度）」（平成21年10月、JNES）
 - ✓ NUMO の技術レポート「地層処分事業の安全確保2010」にも成果を反映
- 余裕深度処分等の他の放射性廃棄物の処分に対して、共通的な技術や知見を提供することが可能である。
- 事業の成果を地域への啓蒙教育、若手研究者の育成、民間企業への技術移転等に供することにより、処分事業の実施体制の強化や住民への理解促進に大きく貢献できる。
- さらに、二酸化炭素地中貯留等の地下空間利用や、原子力発電設備の高経年化対策など様々な科学技術分野の発展に寄与することが期待される。

2.A-6.研究開発マネジメント・体制等

- 研究開発計画については、地層処分事業の3段階の処分地選定プロセスとスケジュール、それに合わせて展開される安全規制の制度や基準の整備等を念頭においた、10～20年程度の中長期的・段階的な視点をもって計画を策定している。
- 「地層処分基盤研究開発調整会議」により、NUMOや安全規制のニーズへの対応、JAEAを含めた関連する研究開発機関間の連携や成果の体系化の調整など、全体として重複等を避け、効果的かつ効率的な研究開発の展開を図っている。
- 各テーマの実施に当たっては、外部の専門家・有識者等で構成される委員会を設置し、研究計画、実施方法、結果の評価等に関する審議・検討を行った上で、成果報告書を取りまとめている。
- また、研究開発の効率的な実施のため、海外の地層処分研究施設等、国内外の研究機関との協力体制を活用している。
- なお、各テーマの事業者は、技術点と価格点を組み合わせた総合評価方式による一般競争入札によって選定している。入札の際は、外部審査委員を加えた技術審査委員会による審議を行っている。

2.B-1.管理型処分技術調査の概要

概 要	低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に関し、大空洞型処分施設の施工技術や性能に係る確証試験を実施し、今後建設・操業が予定されている余裕深度処分事業の円滑な実施に資する。
評価対象期間	平成22年度～平成24年度
予算総額	9.0億(平成22年度～平成24年度) (平成22年度:3.0億円 平成23年度:3.1億円 平成24年度:2.9) (地下空洞型処分施設性能確証試験のみ) ※委託費
実 施 者	(公財)原子力環境整備促進・資金管理センター (RWMC)
プロジェクト リーダー	寺田 賢二 (RWMCチーフ・プロジェクト・マネージャー)

2.B-2.事業の目的・政策的位置付け

<目的>

原子力発電施設及び核燃料サイクル施設から発生する低レベル放射性廃棄物のうち、管理型処分対象で、処分の事業化がこれからはなされるものに対する処分技術の確立を目的とする（現在は余裕深度処分に係る技術開発を実施）。

<政策的位置づけ>

(1)原子力政策大綱(原子力委員会、平成17年10月)

(2)「原子力の技術基盤の確保について」

(総合資源エネルギー調査会原子力部会、平成13年7月)

- 廃棄物毎の特徴を踏まえた研究開発による先行的技術基盤整備が必要
- 処分事業や安全規制の長期性と研究開発の継続性といった特徴を踏まえ、廃棄物種類・処分形態や事業進捗に応じ、適切に役割分担しつつ研究開発を展開
(地層処分＝主体的 ～ 管理型処分＝支援的)

2.B-3.目標

余裕深度処分のための地下空洞型処分施設の実現性や信頼性の提示を目的として、施設の施工・性能確認に係る確証試験を実施する。

要素技術	目標・指標	妥当性・設定理由・根拠等
地下空洞型処分施設性能確証試験	地下空洞型処分施設を構成する各部材（緩衝材、低拡散材、充填材等）の施工・性能確認試験、及び、施設・周辺岩盤の挙動計測等を行い、処分施設としての要求性能を満たしているか検証し、施設の施工技術確立する。	処分施設の構成部材毎について、バリア性能を確保するための施工技術等の実施工への適用性、及び、施工後の施設の力学安定性や核種閉じ込めに係る初期性能を明確にすることは、余裕深度処分の事業化に向けて国が先行して実施すべき課題として残されている。施設・周辺岩盤の挙動計測等についても、実規模大の施設でのデータは今後の事業にとって非常に重要である。

2.B-4.成果、目標の達成度

研究期間中の成果であるため、一部達成となっている。個別の試験実施工程は計画どおり進捗しており、目標とする成果が得られ、必要なレベルでの目標が達成された。

要素技術	目標・指標	成 果	達成度
地下空洞型処分施設性能確認試験	地下空洞型処分施設を構成する各部材(緩衝材、低拡散材、充填材等)の施工・性能確認試験、及び、施設・周辺岩盤の挙動計測等を行い、処分施設としての要求性能を満たしているか検証し、施設の施工技術を確立する。	各部材(緩衝材、低拡散材、充填材、ピット)の一部について施工・性能確認試験及び施工した各部材・周辺岩盤の挙動計測等を実施した。その結果、各部材で選定した施工技術、施工方法等が現実の処分施設の施工において実現できることを確認すると共に、部材毎の要求性能を満足していることを実証し、処分施設の施工技術を確立した。	達 成

地下空洞型処分施設性能確証試験

全体実施概要

- ・処分施設を模擬した施設での施工・初期性能確認試験等の基本計画及び詳細試験計画を策定する。
- ・処分施設に要求される性能を確保するための施工技術、施工方法等の実施工への適用性を明確にし、施工技術を確立する。また、施工した人工バリアの初期性能が要求性能を満足していることを確認する。
- ・施工中、施工後の処分施設や周辺岩盤の力学・水理挙動を計測し、力学的安定性や地下水流動を評価する。
- ・なお、当初目標には入っていないが、東北地方太平洋沖地震の発生を受け、地下空洞型処分施設の設計・施工技術等に反映することを目的に、巨大地震が地下空洞型処分施設に与える影響について検討を実施する。



充填材試験状況



側部緩衝材試験状況

平成24年度までの主な成果

実規模・地下環境下での人工バリア（底部・側部緩衝材、コンクリートピット、低拡散材、充填材、底部・側部埋戻し材）の施工・初期性能確認試験を実施し、施工技術、施工方法等実施工への適用性を確認し、施工技術を確立した。また、施工した人工バリアの初期性能が要求性能を満足していることを確認した。施設・周辺岩盤の挙動計測を実施した。また、巨大地震が地下空洞型処分施設に与える影響について地震応答解析を行い検討した。



上部コンクリートピット試験状況



上部低拡散材試験状況

全体スケジュール

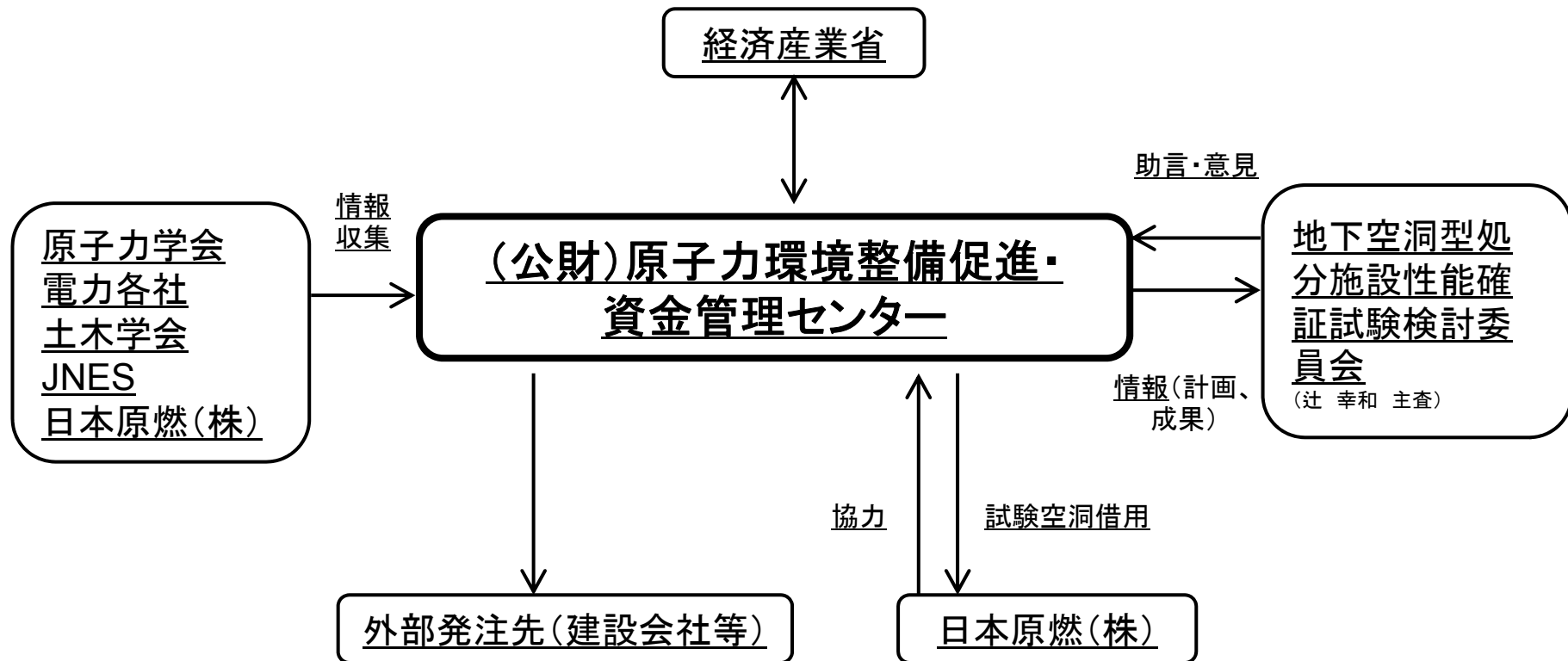
事業項目	17年度	18年度	19年度	20年度	21年度	22年度	23年度	24年度
1.基本計画/詳細試験計画策定	基本計画	詳細計画						
2.処分施設施工確認試験/初期性能確認試験			底部・側部埋戻し材 底部緩衝材	底部緩衝材 底部低拡散材 底部・奥部・側部コンクリートピット 他	手前部コンクリートピット 側部低拡散材 充填材 他	充填材 側部緩衝材 他	側部緩衝材 他	上部コンクリートピット、上部低拡散材、側部緩衝材 他
3.施設岩盤・挙動計測								

2.B-5.事業化、波及効果

- 発電所廃棄物の余裕深度処分における施設の設計、建設に向けた経済性と要求性能とを考慮した現実的施工技術の確立及び施設の総合的な性能確認ができる。
- TRU廃棄物処分への施工技術及び処分施設安全性確認、評価、安全規制等に対するデータ等の提供ができる。
- 地下空洞型処分施設に対する実規模、実環境における我が国初の確証試験であり、処分施設の安全性を直接示すことによって、国としての取り組みが理解され、国民に対する安全・安心文化の醸成に資する。

2.B-6.研究開発マネジメント・体制等

本研究では国内関係機関・学会等から情報を収集し、大学関係者等の有識者で構成された検討委員会から意見の聴取を行ってきた。



2.C-1.放射性廃棄物共通技術調査の概要

概 要	放射性廃棄物の処分に係る共通的な技術に関連して、幅広い知見を要する処分技術における重要基礎的課題に係る研究開発を実施する。また、処分の安全評価において共通的に必要となる生物圏における放射性物質の移行パラメータの整備を実施する。
評価対象期間	平成22年度～平成24年度
予算総額	13. 0億円(平成22年度～平成24年度) ※委託費 (平成22年度:4. 4億円 平成23年度:4. 5億円 平成24年度:4. 1億円) ※※なお、この予算額には評価対象外の 放射性廃棄物海外総合情報調査の予算も含まれる。
実 施 者	(公財)原子力環境整備促進・資金管理センター (RWMC) (独)放射線医学総合研究所 (NIRS)
プロジェクト リーダー	放射性廃棄物重要基礎技術研究調査 田辺 博三、稲垣 裕亮 (RWMCチーフ・プロジェクト・マネージャー) 放射性核種生物圏移行評価高度化調査 内田 滋夫 (NIRS廃棄物技術開発事業推進室長)

2.C-2.事業の目的・政策的位置付け

- 平成40年代後半を目途に操業開始を目指す地層処分を始めとして、放射性廃棄物処分については長期的事業展開等を視野に入れた継続的取組が不可欠である。
- このため、本事業において処分事業等の基盤となる共通的な技術を先行的に整備し、これによって処分事業等の円滑な推進に資する。
- 「エネルギー基本計画(平成22年6月18日閣議決定)」等にも示されているとおり、放射性廃棄物処分については、その技術的信頼性や安全性の一層の向上を図り、国民の理解を得つつ処分事業等を推進していくため、国として取り組むべき基盤的な研究開発について、関係者の適切な役割分担と密接な連携の下で研究開発を着実に進めていくことが必要である。

2.C-3.目標

当面5年程度の具体的な技術開発の目標・計画を設定して事業を展開しているとともに、必要に応じて段階的な指標を設定して、達成度の把握を実施するようにしている。

要素技術	目標・指標	妥当性・設定理由・根拠等
放射性廃棄物重要 基礎技術研究調査	国内研究開発動向や国外処分技術等に関する情報収集・体系的整理等を行うと共に、これらを活用した基礎的研究テーマの抽出及び実フィールドや大学研究者等も活用した研究を実施する。	基盤研究開発及び地層処分技術の信頼性向上に資する技術開発等を積極的に進めていくことの重要性・必要性に加え、長期的な事業展開も念頭に置いた学際分野を含む広範な人材活用や実フィールドを対象とした調査による効果的な成果取得が重要である。
放射性核種生物圏 移行評価高度化調査	我が国の生物圏における核種移行評価の高精度化に資するため、沿岸域データ、TRU廃棄物処分に関わる主要核種等のデータ等を収集し、我が国の生物圏における核種移行パラメータの整備・拡充を行う。	生物圏においては、核種挙動は、その地域の環境や人間活動に大きく影響されるため、核種移行モデルに使用される移行パラメータは、それぞれの国や地域において収集・整備する必要がある。本事業で得られた移行パラメータ等を用いることにより、我が国における放射性廃棄物処分に係わる安全評価がより適切に行うことが可能となる。

2.C-4.成果、目標の達成度

評価期間の中では、技術の高度化やデータの整備などにおいてほぼ当初目標どおりの成果が達成された。

要素技術	目標・指標	成 果	達成度
放射性廃棄物重要 基礎技術研究調査	国内研究開発動向や国外処分技術等に関する情報収集・体系的整理等を行うと共に、これらを活用した基礎的研究テーマの抽出及び実フィールドや大学研究者等も活用した研究を実施する。	調整会議の全体計画整備作業を支援するとともに、海外主要国の最新性能評価報告書等の情報整理、取りまとめ・公開を行った。更に、人材育成の視点も踏まえた大学研究者等を活用した11件の研究実施に加え、海外調査フィールドを活用した研究実施により基礎的知見等が得られた。	達 成
放射性核種生物圏 移行評価高度化調査	我が国の生物圏における核種移行評価の高精度化に資するため、沿岸域データ、TRU廃棄物処分に関わる主要核種等のデータ等を収集し、我が国の生物圏における核種移行パラメータの整備・拡充を行う。	河口-沿岸域における移行パラメータデータベースの構築、C-14の土壌-農作物移行係数の取得、日本列島各地の表層土壌のラドン実効拡散係数の取得、土壌-農作物データベースの整備・拡充等を行い、国際標準等に反映させた。	達 成

【放射性廃棄物重要基礎技術研究調査】

□全体実施概要

- ・基礎的研究テーマの整理として、国内研究開発及び国外処分技術等に関する情報収集を行い、処分事業及び研究開発の実施に資する情報として体系的な整理等を行う。
- ・上記情報を踏まえつつ、わが国の地層処分事業の長期的展開も視野に、現段階から着手する必要がある基礎的研究テーマを実施する。

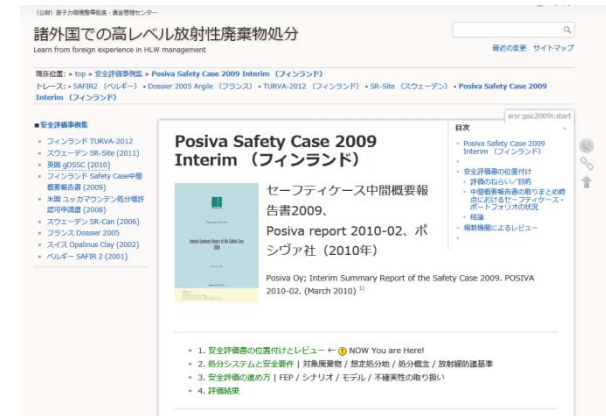
□平成24年度までの主な成果

- ・国内の研究開発動向の体系的整理として「地層処分基盤研究開発調整会議」の運営支援及び平成25-29年度を対象とした新規全体計画の策定を支援し、国外については主要5カ国の最新の性能評価報告書等の情報整理、取りまとめ・公開を行った(右上図)。
- ・上記計画書に基づく基礎的研究テーマの抽出を行い、人材育成の視点も念頭に大学等研究者を活用した8件の研究を実施するとともに、海外調査フィールド(フィリピン)を活用した研究により右下図に示す成果を得た。

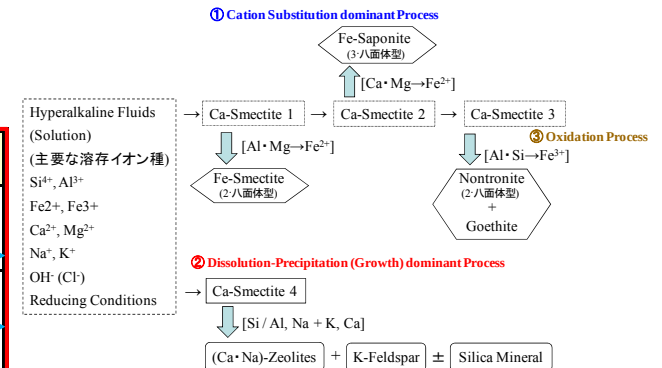
□全体スケジュール

事業項目	19年度	20年度	21年度	22年度	23年度	24年度
1.基礎的研究テーマの整理 (国内外動向等調査)			国内研究開発動向の情報収集・整理 国外処分技術等の情報収集・整理			
2.重要基礎技術研究調査 (大学等活用研究の実施)	2件実施	2件実施	7件実施		8件実施	
3.多重バリアの長期安定性 に関する基礎情報の収集 及び整備(フィリピン調査サイト)	文献調査	予察調査		詳細調査		

各国の性能評価報告書等の概要を紹介する一般向けホームページ



フィリピン：ベントナイト緩衝材とセメント系材料の相互作用に係わるナチュラルアナログ(高アルカリ環境下のベントナイトの長期変質プロセス)



- ・高アルカリ地下水との接触界面ではスメクタイトのアルカリ変質が確認されたが、変質層は数mm程度であり二次鉱物のクロッキングなどで変質は限定されている。

【放射性核種生物圏移行評価高度化調査】

□全体実施概要

我が国の生物圏における核種移行評価の高精度化に資するため、以下の調査・研究を行い、我が国の生物圏核種移行パラメータの整備・拡充を行う。

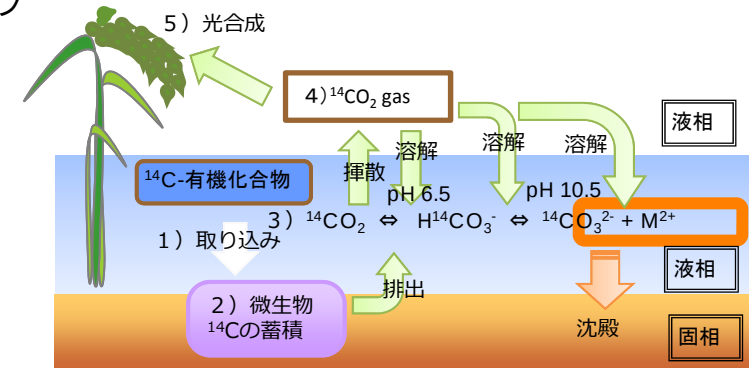
- (1) 河口-沿岸域における移行パラメータデータベースの構築
- (2) C-14の土壌-農作物移行係数の取得
- (3) 日本列島各地の表層土壌のラドン実効拡散係数の取得
- (4) 土壌-農作物データベースの整備・拡充

□平成24年度までの主な成果

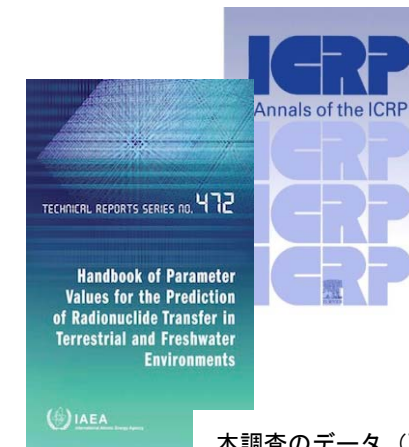
- ・河口-沿岸域における移行パラメータデータベース構築
 - ・C-14の土壌-農作物移行係数(TF)の取得
 - ・我が国の表層土壌のラドン実効拡散係数の取得
 - ・土壌-農作物データベースの高度化
- 等を行い、国際標準等に反映させた。

□全体スケジュール

事業項目	20年度	21年度	22年度	23年度	24年度
1.沿岸域における核種挙動評価	分析法の開発・沿岸域調査・移行パラメータデータベース				
2.重要核種（C-14, I-129 など）移行挙動評価	化学形態別移行パラメータ				モデル化
3.ラドン挙動評価	フィールドにおけるラドン散逸率の測定・評価				ラドン散逸率推定モデル
4.生物圏移行パラメータ推定法開発およびデータベースの高度化・拡充	環境移行パラメータ推定法の開発・データベース高度化				



放射性炭素の農作物移行パラメータの整備及び移行モデル構築



本調査のデータ（TF値やCR値等）が、ICRP-114およびIAEAの Technical Report Seriesに被引用

2.C-5.事業化、波及効果

- 事業の性格から現時点で長期的な事業化までを具体性をもって評価することは困難であるが、個々のテーマのこれまでの成果については、処分事業や国の政策及び安全規制等の検討に反映されている。
- 放射性廃棄物重要基礎技術研究調査
→地層処分基盤研究開発調整会議における研究計画の策定に反映
- 放射性核種生物圏移行評価高度化調査
→IAEAの報告書やデータベース等に反映
- 放射性廃棄物処分における基盤研究として位置づけられるものであり、事業の成果を地域への啓蒙教育、若手研究者の育成、民間企業への技術移転等に供することにより、処分事業の実施体制の強化や住民への理解促進に大きく貢献できる。

2.C-6.研究開発マネジメント・体制等

- 「地層処分基盤研究開発調整会議」により、NUMOや安全規制のニーズへの対応、JAEAを含めた関連する研究開発機関間の連携や成果の体系化の調整など、全体として重複等を避け、効果的かつ効率的な研究開発の展開を図っている。
- 各テーマの実施に当たっては、外部の専門家・有識者等で構成される委員会を設置し、研究計画、実施方法、結果の評価等に関する審議・検討を行った上で、成果報告書を取りまとめている。
- また、研究開発の効率的な実施のため、国内外の大学や研究機関との協力体制を活用している。
- なお、各テーマの事業者は、技術点と価格点を組み合わせた総合評価方式による一般競争入札によって選定している。入札の際は、外部審査委員を加えた技術審査委員会による審議を行っている。