

各プロジェクトの概要

平成28年11月1日

資源エネルギー庁 放射性廃棄物対策課

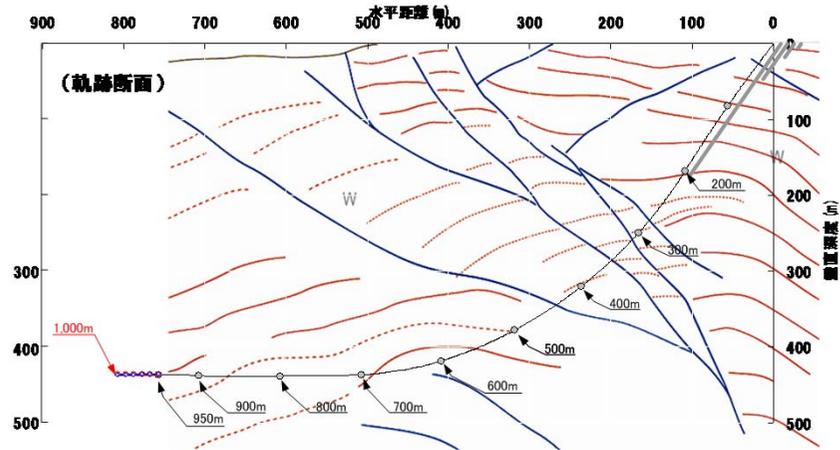
(1) ①岩盤中地下水移行評価確証技術開発

□全体実施概要

- ・堆積軟岩に適用可能な方向性が制御可能な掘削と孔内での調査技術を開発し、その適用性を確認する。
- ・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27年度までの主な成果

- ・コントロール掘削および孔内での調査に関する機器を開発し、上幌延サイトにおいて大曲断層を対象として孔長1000m、深さ450mの孔井を当初の計画に沿って掘削し、孔内調査やモニタリングなどにより、断層構造や水理地質構造を明らかにすることが可能となった。
- ・トレーサ試験技術、割れ目特性(開口幅、流動性等)調査技術について、改良した試験装置(右下図)を用いて瑞浪超深地層研究所で実施したトレーサ試験により、元素ごとの割れ目充填鉱物等への吸着性が推定でき、割れ目の多い岩盤での適用性が確認できた。



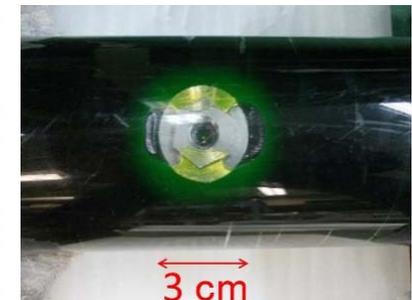
コントロール掘削実績 (HCD-3孔井:上幌延サイト)

□全体スケジュール

実施項目	H12-17	H18-24	H25	H26	H27	H28	H29
岩盤中地下水移行評価確証技術開発	掘削技術 設計・試作	改良					
	調査技術 設計・試作	改良	モニタリング				
	現地適用・体系化 北進サイト	上幌延サイト	マニュアル				
岩盤中物質移行特性評価技術の開発		技術開発 設計・試作	改良	高度化			
			現地適用 Grimsel		瑞浪		



(a) パッカーに取り付けた注入用ポート



(b) アクリル管をボーリング孔に見立ててウランを注入した

トレーサ試験装置のパッカー一体型孔内注入装置

(1) ②地質環境長期安定性評価確証技術開発

全体実施概要

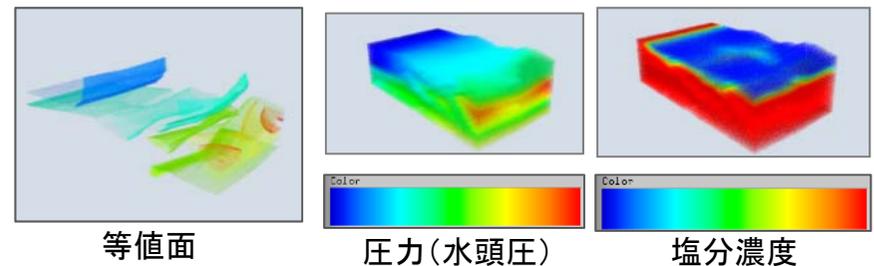
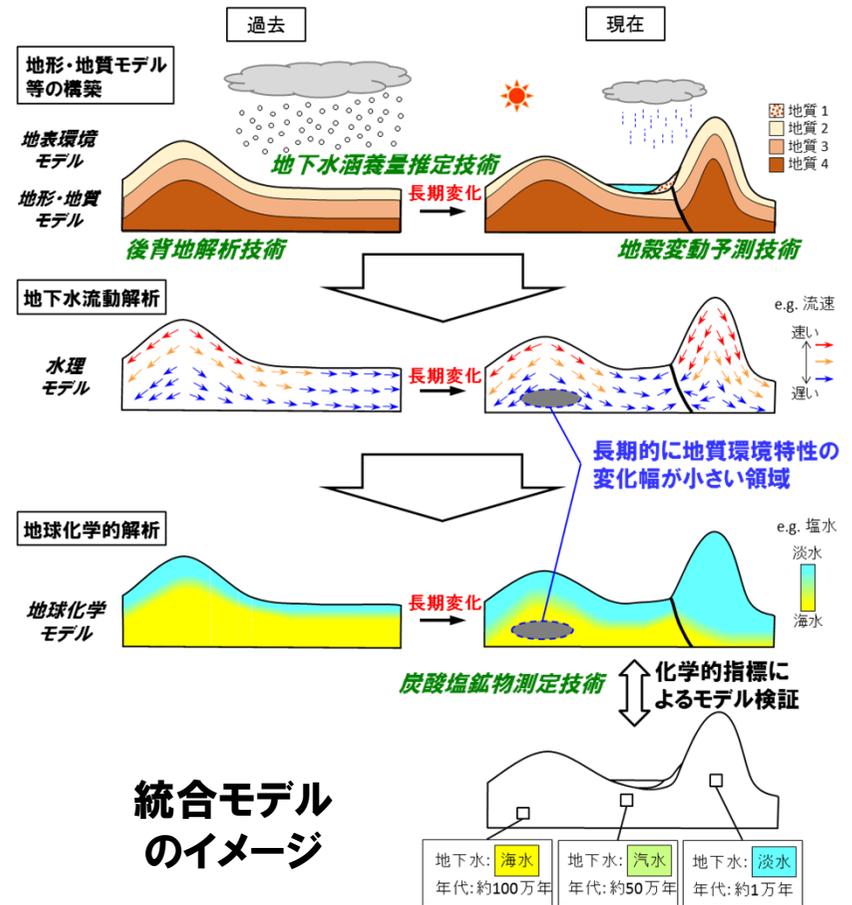
- これまで個別に進められてきた地形・地質モデル、水理モデル、地球化学モデル及び地表環境モデルを統合化した地質環境長期変動モデルを構築するとともに、これらに必要な可視化・数値化技術や不確実性の評価手法を提示する。
- モデルの作成・検証に必要なデータを取得するための革新的要素技術の開発を行い、地質環境長期変動モデルに反映する。

平成27年度までの主な成果

- 堆積物の化学組成の変化に基づいた山地の形成過程を復元する技術(後背地解析技術)や、長期的な気候変動及び地形変化を考慮した地下水涵養量の推定技術等の開発を行い、百万年間という長期の地形・地質変化や地下水流動のモデル化に有効な技術を整備した。
- 個別の分野のモデルを始めから終わりまで通貫した統合モデルを構築するフローを提示し、地形の変化が地下水流動に影響を及ぼし、さらに地下水流動が水と岩石との反応に影響を及ぼす、といった一連の変化の流れと相互の関係を明確にした。これにより、個別のモデルのみでは把握が困難であった時間変化する地質環境を可視化する道筋を示した。また、これら時間変化するモデルを効果的に可視化するために必要な技術としての三次元CGのプロトタイプを作成した。

全体スケジュール

事業項目	25年度	26年度	27年度	28年度	29年度
(1)地質環境長期変動モデルの開発					
①統合数値モデル化、モデル検証及び不確実性の評価	事前検討、FEPによる整理	長期変遷シナリオの整備、条件設定、統計処理法の提示等	作業フローの提示	統合数値モデル&可視化技術の提示	モデルの検証&不確実性の評価
②地形・地質モデル					
③地表環境モデル					
④水理モデル					
⑤地球化学モデル					
(2)革新的要素技術の開発					
①後背地推定技術	装置整備				
②炭酸塩鉱物測定技術					
③地殻変動予測技術					
④地下水涵養量推定技術					



地下水流動解析結果の可視化の例

(1) ③ 処分システム評価確証技術開発

全体実施概要

・高レベル放射性廃棄物の処分施設周辺(ニアフィールド)におけるシステム変遷と核種移行を評価するための技術及び巨大地震・断層活動を例とした過酷事象の地層処分システムへの影響に関する評価確証技術を開発する。

平成27年度までの主な成果

- ・ニアフィールドにおいて発生する様々なシステム変遷とその核種移行挙動に及ぼす影響を評価するうえで重要となる課題を、様々な複合現象や不確実性要因等を考慮して抽出し(図1)、以下に示すような成果例を得た。
- ・人工バリア中の核種移行評価技術開発では、緩衝材候補材料である圧縮ベントナイトの核種移行データをモンモリロナイトのイオン型(Na型とCa型)や液相の塩濃度を变化させて取得し、塩濃度の増加に伴い、実効拡散係数と収着分配係数のいずれも減少する傾向を確認した(図2)。実効拡散係数が小さくなると核種の移行が遅延されるが、収着分配係数が小さくなると核種の移行が促進される。このような知見の拡充を通じ、システム変遷と核種移行を評価する上でより正確な核種移行パラメータ設定が可能となった。
- ・天然バリア中の核種移行評価技術開発では、スイスグリムゼルの花崗岩を対象に収着性の異なる複数の元素を用いた割れ目中の通液試験を行った結果、現状の評価モデルによる解析では核種の収着性を大きく見積もっていることが明らかになったため(図3)、評価モデルの精緻化に向けた取り組みを進めている。
- ・過酷事象の影響については、断層が処分施設に直撃した際の健全性を評価する手法の開発を行った結果、断層のずれが廃棄体を直撃した場合においても、周辺岩盤がオーバーパックに接触しないかぎり、オーバーパックの破損につながらないことが分かった。

全体スケジュール

	H25	H26	H27	H28	H29
ニアフィールドのシステム変遷と核種移行を評価するための先端的技術の開発			中間評価 ワークショップ	原位置等での評価確証/複合現象・核種移行の体系的評価	
過酷事象の地層処分システムへの影響に関する評価確証技術開発	概念構築・シナリオ構築			改良・高度化	

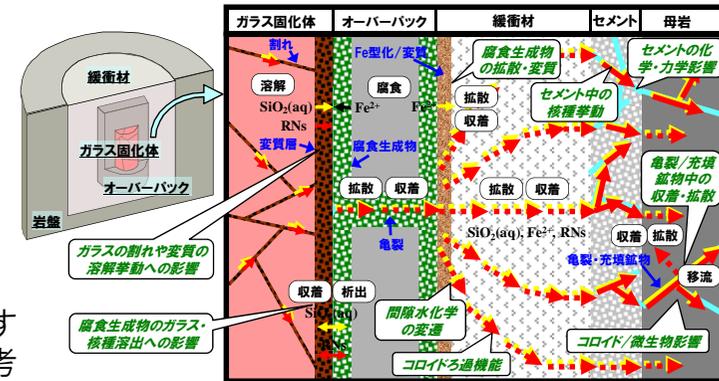


図1 ニアフィールドにおいて時間的変遷に伴い発生する現象(図中吹き出し)と核種の移行経路(図中矢印)の概念図

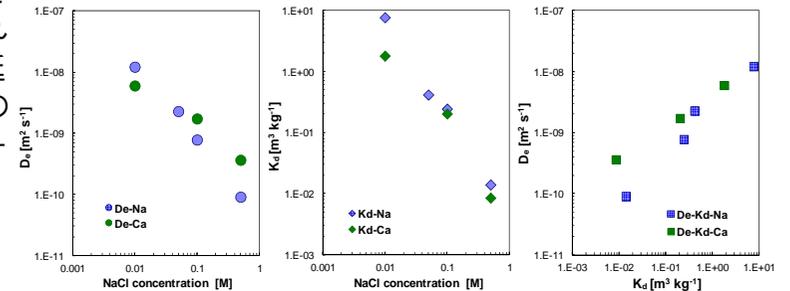


図2 圧縮モンモリロナイト中のSrの核種移行データ(収着分配係数Kd,実効拡散係数De)の塩濃度依存性

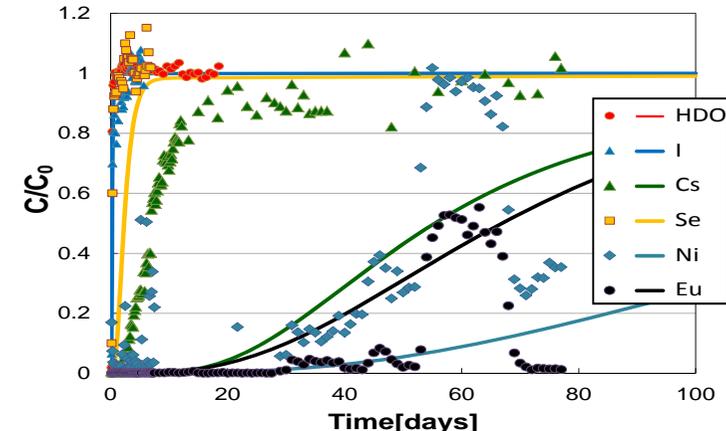


図3 花崗岩割れ目中の通液試験の結果(図中プロット)と解析結果(図中実線)の比較

(1) ④ 処分システム工学確証技術開発

□ 全体実施概要

・地下環境を考慮してオーバーパック及び緩衝材の品質や健全性が確保されていることを判断するための指標の提示に向けた検討を行うことにより、それらの製作・施工技術に対する信頼性を向上させる。また、品質や健全性を確認するためのモニタリング技術について地下研究施設での適用性確認等を行う。さらに、処分場操業期間中の自然災害に対する安全対策を提示する。

□ 平成27年度までの主な成果

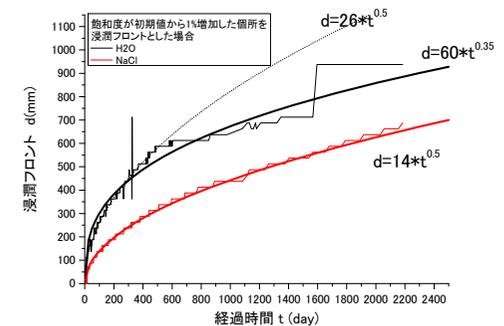
- ・地下研究施設でのオーバーパック溶接部腐食試験を開始し、腐食速度などを測定した。また、超音波探傷法のデータ処理方法に全波形収録開口合成法を適用することで溶接部の欠陥寸法及び位置の測定精度が向上することを解析により確認した。
- ・緩衝材の再冠水過程を対象として浸潤、膨潤、流出などに関する試験データを取得し、浸潤速度に関する相関式などを提示した。また、地下研究施設での緩衝材流出試験を実施し、湧水条件によっては緩衝材と孔壁の間に水みちが形成され、緩衝材の流出が発生することが確認された。
- ・遠心模型試験により、人工バリアと周辺岩盤挙動に関する100年間相当のデータを取得した。また、材料試験から得られた構成材料の物性値を用いた感度解析結果から、緩衝材の剛性等が長期的な変形挙動に及ぼす影響を定量化した。
- ・国際共同研究に参画し、今後のわが国の性能確認プログラム(モニタリングや施工管理等を組み合わせた包括的なプログラム)としての全体枠組みの構築に資する技術情報を整備した。また、国際共同研究でも重要技術とされている無線通信及び無線給電技術について、前者は地下施設での実用性の確認、後者は伝送効率等を確認し、それらの成果を国際共同研究にフィードバックした。
- ・自然災害に起因する火災に着目して、地下及び地上施設を対象とした解析を実施し、放射性物質の環境への放リスクの検証を行った。

□ 全体スケジュール

事業項目	25年度	26年度	27年度	28年度	29年度
1.人工バリア品質/健全性評価手法の構築-オーバーパック	試験孔掘削、試験装置製作		地下研での溶接部腐食試験の実施		
			強度評価および欠陥評価		
2.人工バリア品質/健全性評価手法の構築-緩衝材	試験孔掘削		地下研での緩衝材流出試験の実施		
			再冠水時を対象としたデータ取得		
3.人工バリアと周辺岩盤の長期挙動評価手法の構築			遠心模型試験による長期挙動データ取得		
			要素試験および長期挙動予測解析の実施		
4.モニタリング関連技術の整備			モニタリングプログラムの全体枠組みの構築に資する情報収集		
			無線通信技術の実証および実用化の見直し確認		
5.自然災害に対する操業期間中の安全対策に関する基盤技術の開発			作業員の安全確保対策の提示		
			人工バリアへの火災影響の評価		



溶接部腐食試験装置の設置作業



緩衝材中の浸潤フロントの進展



地下施設で実証中の地中無線装置

(1) ⑤ 海域地質環境調査確証技術開発

全体実施概要

・沿岸域深部の地質・地下水環境を高精度に把握する手法の確立を目的とし、その一例として富士川河口において物理探査と大深度ボーリングを実施する。物理探査の実施に当たっては、交通網などのノイズや断層の影響等を事前にシミュレーションする手法を用いる。また、地下水調査においては、沿岸域の地下水流動を三次元的に把握することを目的として、沿岸域でボーリング調査を実施する。

平成27年度までの主な成果

- 沿岸部における地層処分技術の信頼性向上のため、必要な技術を抽出して沿岸部の特性を高精度に把握できるように調査技術の体系化を行った。
- ・事前シミュレーションの実施により、最も適切な物理探査方法を選択し、センサーを最適な位置に配置して探査することで、断層を含む地質構造を高精度に把握する手法を開発した(図1)。
- ・本研究により開発された海域微地形探査により、海底湧出地下水を発見し、地下水を採取・分析した。さらに物理探査の結果と統合して断層位置を特定した。これと沿岸域に掘削した観測井から得た高品質試料の分析により、沿岸域の陸域から海域に流れる地下水の起源や滞留時間が推定可能となった。沿岸域の地下水は深度ごとに層状である水理構造を把握する手法が確証できた。海域微地形探査においては、図2に示すように2mメッシュでの高精度な海底微地形の把握手法を開発した。

全体スケジュール

海域地質環境調査確証技術開発	H23	H24	H25	H26	H27
沿岸域地質構造評価技術の開発		既存資料の再解析	弾性波探査	→	→
海上掘削調査技術の開発		全国各地解析 沿岸域調査技術レビュー	海底湧出地下水調査	掘削調査	総合解析

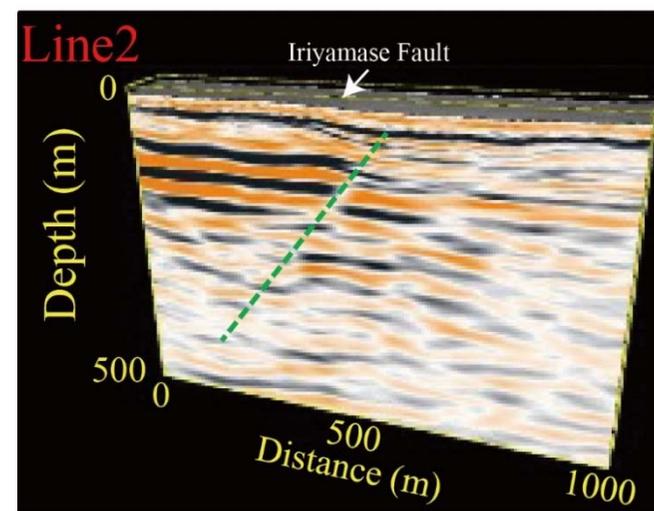


図1 富士川河口における三次元反射法解析の結果(緑は入山瀬断層の位置)

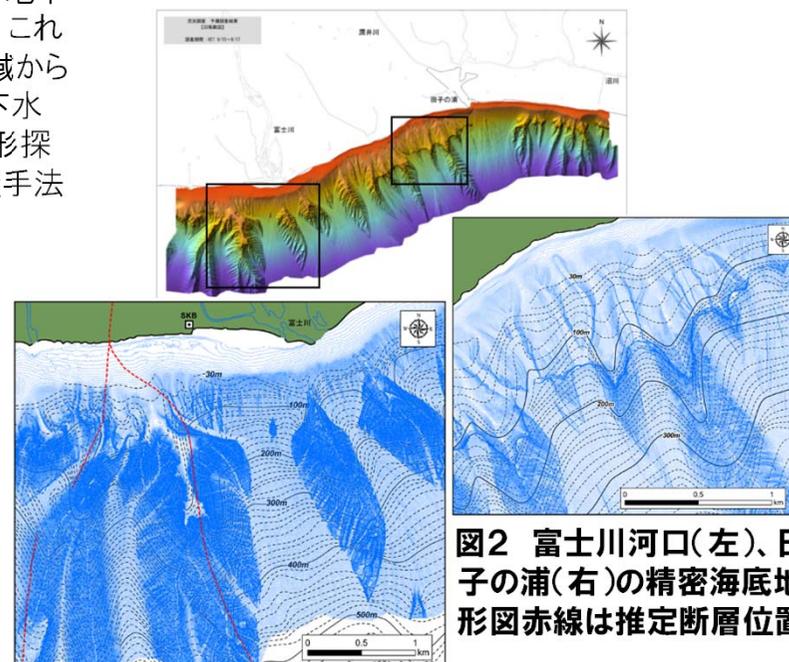


図2 富士川河口(左)、田子の浦(右)の精密海底地形図赤線は推定断層位置

(1) ⑥沿岸部処分システム高度化開発

□全体実施概要

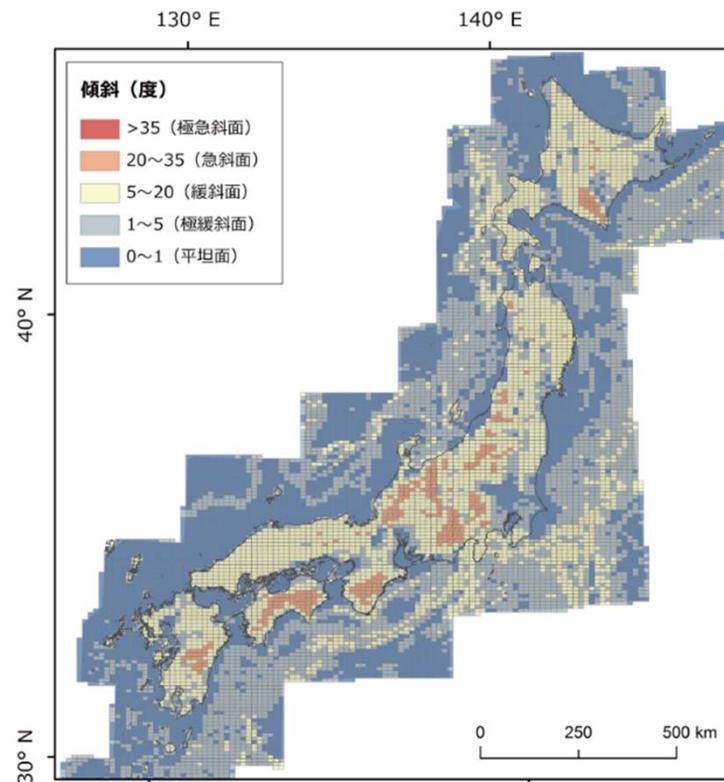
- ・沿岸部における自然現象に関する地質学的調査・分析等、地下水の長期安定性を把握するためのボーリング調査・解析等、塩水環境での人工バリア材料の特性変化を把握するための室内試験等、核種移行・生活圈評価に係るモデル及びパラメータの整備等を行うため文献調査を行う。

□平成27年度までの主な成果

- 沿岸部に関連するこれまでの地層処分研究開発成果に基づいて、文献調査により沿岸部の特性を整理するとともに課題を抽出・整理した。
 - ・沿岸部における地質環境について、氷期の下刻量を把握するうえで沿岸海底下の勾配が大きく影響することが明らかになった。そこで、海陸数値標高モデルから傾斜区分図を作成して海水準の低下によって海底下から陸化する地形の特徴を示した(右図)。
 - ・今後3年間の調査で取得する必要性のある主な項目を以下のように抽出した。
 - ・地質環境の調査技術：沿岸部海域における隆起・侵食の評価手法の開発、沿岸部地下水の長期安定性の評価のための現在/氷期の降水、現海水/化石海水の識別等
 - ・工学技術：人工バリア材料等の劣化・変質に係る塩水系地下水の化学的影響等
 - ・安全評価技術：淡水系地下水/海水系地下水の分布やその時間変化等、沿岸部における安全評価に適切に考慮するための評価手法の改良や評価事例の蓄積等

□全体スケジュール

沿岸部処分システム高度化開発	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度
(1) 沿岸部における地質環境の調査技術の高度化開発	文献調査・課題整理	現地調査、評価手法の開発、地質環境のモデル化、事例の蓄積		
(2) 沿岸部における工学技術の高度化開発	文献調査・課題整理	人工バリア材料等に関する劣化や変質に関する現象の把握、塩水環境下ニアフィールド領域での処分システムの設計手法等の提示		
(3) 沿岸部における安全評価技術の高度化開発	文献調査・課題整理	FEP整備、評価モデルの更新、パラメータ設定手法の検討・整備、影響評価・不確実性評価		



日本列島と周辺海域の傾斜区分図

本事業において作成。
陸地では緩斜面が広く分布するが、海底では平坦面から極緩斜面が広く分布する。日本列島周辺における大陸棚の勾配は直線的であり、平均5~7%である。

(1) ⑦ TRU廃棄物処理・処分技術高度化開発

□全体実施概要

- ・TRU廃棄物の地層処分において、高い影響を与えるヨウ素129を長期間にわたり閉じこめる固化体(アルミナ固化体、BPIガラス固化体、セメント固化体)を開発し、その影響を低減する。
- ・放射化金属廃棄物の腐食にともなって放出される炭素14が高い影響を及ぼすため、ハル及びエンドピースの材質であるジルカロイ及びステンレス鋼の腐食過程をモデル化し、これまでの保守的な仮定に基づく評価結果と比較し、影響度合いを確認する。
- ・処分場の性能の低下の原因として考えられる、セメント系材料からのアルカリ影響による緩衝材の変質について、同様の天然事象(ナチュラルアナログ)を用いてその影響の程度を把握する目的で、現在も高アルカリ地下水がベントナイト質の粘土層に影響している場所(NAサイト)を特定するとともに、アルカリ影響に関するデータを取得し、上記性能の変化が予測の範囲内であることを示す。
- ・セメント系材料(想定される量が多いことから、広く一般産業で利用実績のある、普通セメントおよびJIS規格に規定された混合セメント)と緩衝材との反応を主とした長期的な処分施設の化学的変遷やガスの移行に関する予測のためのデータの拡充および評価方法の高度化により、影響予測の信頼性を向上させる。また、セメント系材料の熱変質温度や、施工時の部材寸法等に関するデータを取得し、処分場の状態変遷予測のために重要な処分施設の初期の状態を設定する。



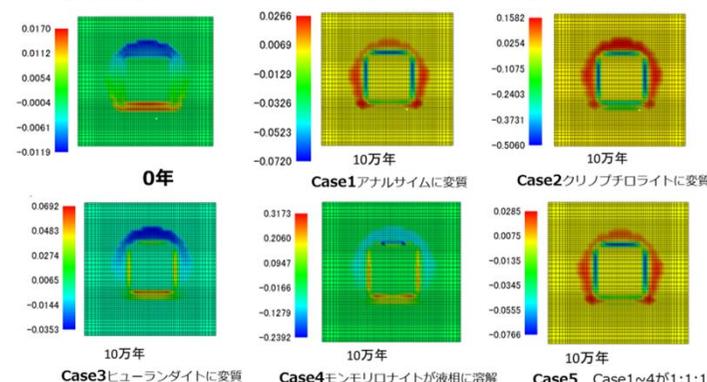
パラワン島のNAサイトでの粘土層のトレンチ調査

□平成27年度までの主な成果

- ・ヨウ素129固化体の溶出試験や固化方法の改良から、アルミナ固化体の空隙率の低減、BPIガラス固化体のヨウ素浸出挙動への地下水中の溶存イオン種の影響、セメント固化体中のヨウ素固定鉱物層を確認し、ヨウ素129の放出を抑制できることを確認した。
- ・炭素14に関しては、燃料被覆管の材料であるジルカロイの長期腐食試験およびエンドピースの材料であるステンレス鋼の短期腐食試験の結果、酸化膜の成長により腐食速度が次第に遅くなることが明らかになった。
- ・フィリピンのパラワン島で高アルカリ地下水がベントナイトと類似の粘土層に影響している、ナチュラルアナログ(NA)サイトとしてふさわしい場所を選定した。今後、人工バリアの長期性能に係る地球化学モデルの検証・改良を可能とすることを目的として、現地調査(サンプリング)、鉱物化学分析によりアルカリ環境下での変質プロセスと時間スケールを明らかにする。
- ・セメント系材料から供給されるアルカリにより、緩衝材中の鉱物の溶解や2次鉱物の沈殿等に伴う密度分布のばらつきが生じることが明らかとなっているが、この現象が処分場のバリア機能に与える影響の程度は明らかとなっていない。現時点においては密度分布のばらつき発生に係るシミュレーションを行うことができた。
- ・熱変質試験の結果、50℃以上でセメント系材料の結晶化が起きることを確認した。
- ・ガス圧の上昇に伴う地下水の押し出しやガスの透過は、緩衝材の物理的な破断に影響を及ぼし、放射線量のピークに悪い影響を及ぼす。そのため、ガス移行試験及び力学試験を行い、ガスの移行経路や毛細管圧力等のデータを取得し、再現解析を行った結果、緩衝材が物理的に破断する可能性を示す条件が明らかとなった。

□全体スケジュール

事業項目	25年度	26年度	27年度	28年度	29年度
①ヨウ素129対策技術の信頼性向上			ヨウ素固化体の性能評価 技術選定の検討・準備		
②炭素14長期放出挙動評価			ジルカロイおよびステンレス鋼の長期腐食モデルの検討 炭素14の化学形態の調査		
③ナチュラルアナログ調査			NAサイトの探査 アルカリ環境下のベントナイトの長期変質プロセスの評価 NAによる地球化学モデルの検証・改良		
④人工バリア材料長期挙動評価・人工バリア評価の初期条件の設定			化学・力学連成解析のためのモデルの信頼性向上および確認試験 熱影響等の初期値への影響に関する検討	初期条件の設定の検討	
⑤ガス移行連成挙動評価手法の開発			ガス移行評価ナリオの拡充 ガス移行連成挙動ツールの高度化 人工バリアシステムのガス移行連成挙動評価		



改良した水理-力学-化学連成解析によって予測した10万年後の処分場内の応力分布(化学変質による生成二次鉱物の違いによる応力分布の差(赤は圧縮状態(高密度)を示す))。

(1) ⑧セメント材料影響評価技術高度化開発

□全体実施概要

- ・緩衝材や周辺岩盤へのアルカリ影響を低減させるために新しく開発された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: High-volume Fly ash Silica fume Cement, HFSC)について、セメント材料の長期挙動と、セメントが他のバリア材料に与える影響に関する個別現象毎のモデル開発を行うとともに、これらのモデルを連成させることにより、個別現象が相互に影響を与えながら変化する核種移行の場を評価するための複合現象評価モデルを開発する。
- ・また、評価された場を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を行う。

□平成26年度までの主な成果

- ・セメント材料の長期影響について、化学的挙動と物質輸送特性の変化及びこれらの連成挙動を表現するためのモデル開発を行い、実験結果との比較により、当該モデルの妥当性を確認した。これにより、HFSCの場合は、普通セメント(OPC)と比較して、水と接触した場合の接触液のpHが低く抑えられること及びセメントの間隙率が0.52以下の範囲ではHFSCとOPCの間隙率が同様であっても透水係数が低く抑えられることがわかった(図1)。
- ・化学的挙動と物質輸送特性の変化に加え、力学に係る個別現象が相互に影響しながら核種移行の場を変化させる様子を評価する複合現象評価モデルと、これにより評価された2次元の時間的・空間的変化を伴う場(図2)における核種移行挙動を解析する手法を開発した(図3)。これによりセメント材料の止水性を砂並みに設定した従来の手法より、セメント材料の透水係数と間隙率との関係を反映し、現実に近い条件で核種移行を評価できる見通しを得た。

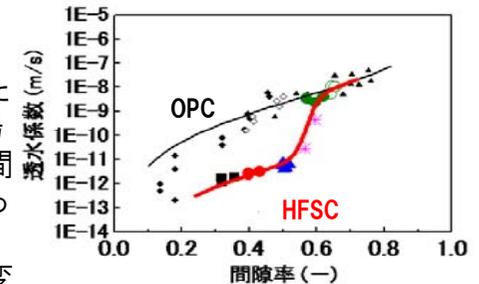


図1 個別現象評価モデルの開発の成果の例 (セメント系材料の物質輸送特性(透水係数))

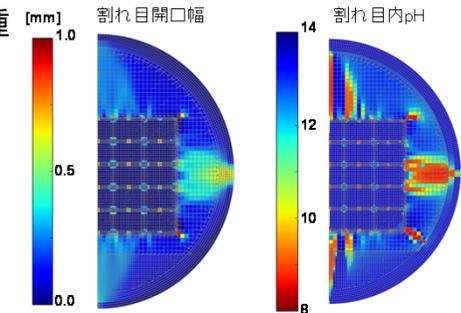


図2 複合現象評価モデルを用いた解析例 (TRU廃棄物処分坑断面におけるセメント埋め戻し材中の、8.00年経過時の(a)割れ目開口幅及び(b)割れ目内間隙水のpH)

□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
1. 個別要素評価モデル開発 / 基礎的データ整備	個別モデル開発 / 基礎的データ整備			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			
③ 緩衝材/岩石変質挙動評価モデル開発				補完的なモデル改良・データ取得及びデータベース化
④ バリア材料の変質に伴う力学評価モデル開発				
⑤ 地球化学元素に関するアルカリ条件下の熱力学 / 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・マトリクス拡散)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(高速化)・現象のパラメータの定式化・フレーム構築	因果関係に基づく個別モデル実装		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 性能評価システム構築	評価システムのフレーム構築・複合現象評価を反映した予察的解析			解析・システム改良・プロトタイプ完成

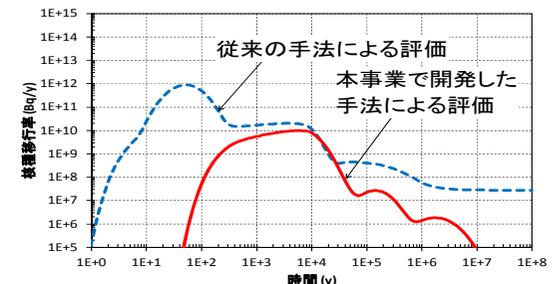


図3 本事業で開発した手法による核種移行解析結果の例 (処分施設からの核種の移行率)

(1) ⑨可逆性・回収可能性調査・技術高度化開発

□ 全体実施概要

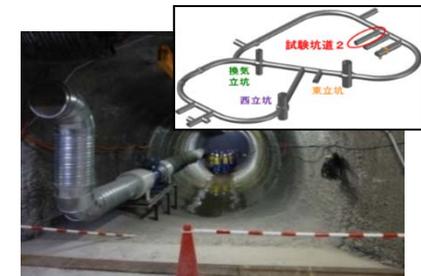
- ・可逆性・回収可能性の重要性の高まりや平成27年5月に閣議決定された『特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針』における施設閉鎖までの回収可能性の確保、及び関連する技術課題への調査研究実施に関する規定を踏まえ、社会の関心への対応や施策への信頼感醸成に向けて、回収技術の実現性を示すとともに、示された技術課題に対する検討を着実に進める。
- ・具体的には、実規模レベルで回収技術や設備を整備して、地上及び地下での実証を段階的に進め、回収の技術的実現性を示すとともに、技術課題として示された回収可能性を維持できる期間に関する検討を進める。これらの取組を進めることで、国民の地層処分事業に関する信頼感の醸成に資する。

□ 平成27年度までの主な成果

- 地上での回収技術の実証試験： 処分孔縦置き定置方式に対して、回収における中核技術である緩衝材除去技術を周辺装置を組み合わせたシステムとして整備し、実規模大の実証試験(緩衝材除去試験)を地上で実施することで、技術的な実現可能性を確認した。
- 地下での実証試験に向けた回収技術の高度化開発： 定置方式や搬送定置オプション、およびこれまでの基盤研究で実施した操業に係る工学技術の成果を踏まえ、地下環境での実証試験計画を策定し、地下実証試験サイトの選定、実証試験装置の設計・製作に着手した。



地上での回収技術の実証試験

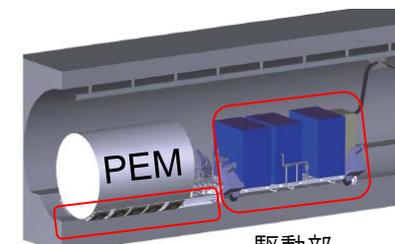


□ 全体スケジュール

項目	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31
全体計画	策定	更新			策定	更新			
緩衝材除去システムの整備	計画検討	設計・製作	機能確認		計画検討	試験設備	設計・製作		
地下／地上施設での実証試験			緩衝材除去試験 地上施設		計画検討		地下施設	搬送定置・回収試験	
回収可能性の維持についての検討					計画検討	工学的技術等の検討と整理、影響評価			
地層処分実規模試験施設の活用									

取りまとめ ▲

取りまとめ △



地下環境での回収技術の高度化開発

(1) ⑩直接処分等代替処分技術開発

全体実施概要

- 我が国における使用済燃料の直接処分及び代替処分オプションの検討のために以下の技術的基盤を整備する。
 - ・先進的な材料の開発及び閉じ込め性能評価手法の高度化
 - ・直接処分施設の設計検討
 - ・直接処分以外の代替処分オプションについての調査・検討

平成27年度までの主な成果

- ・直接処分での総線量の最大値は、半減期が約5700年と長いC-14が支配的となり、ガラス固化体よりも2桁程度大きくなるため、処分容器寿命の長期化が課題になる。こうした中、超長期の耐久性が期待できる処分容器の新材料候補としてバルク金属ガラスに着目し、物理化学的性質の比較や溶射試験による溶射膜の形成状況の確認等により、Ni基合金等が有望な候補となることが示唆された。
- ・処分容器(図1)について、設計に係わる一連の解析(臨界解析・遮へい解析・構造解析等)を使用済燃料に特有の条件(核種量、寸法、重量等)に適用し、我が国のPWRとBWRを対象とした処分容器の寸法や燃料集合体の收容本数を設定することができた。
- ・緩衝材について、使用済燃料の処分容器の大きさや重さはガラス固化体の場合と大きく異なるものの、緩衝材の厚さや密度等の仕様はガラス固化体の場合と同様とできることを、岩盤クリーブ変形・廃棄体自重沈下・処分容器腐食膨張変形等の複合解析により確認した。
- ・代替処分オプションとして米国等で具体的な検討が行われている超深孔処分の概念(図2)を調査し、今後の我が国への適用の検討において着目する課題として、地質環境条件(応力、水理)や地震活動による掘削や定置への影響の可能性等を抽出した。

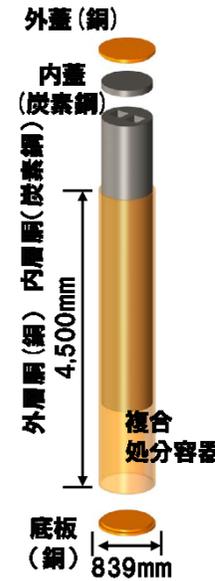


図1 直接処分容器の例

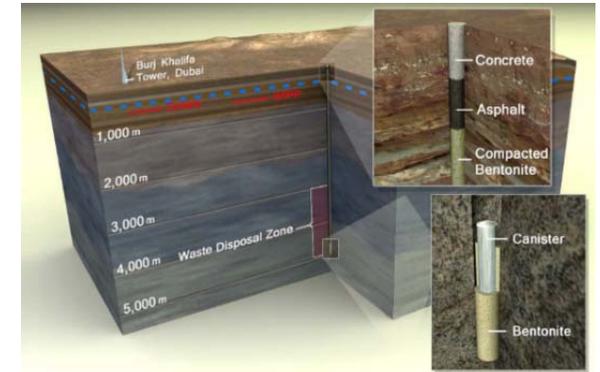


図2 超深孔処分の検討例(米国)

全体スケジュール

直接処分等代替技術開発事業項目	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度
(1) 直接処分システムの閉じ込め性能を向上させる先進的な材料の開発および閉じ込め性能評価手法の高度化		処分容器新材料に関する候補材料の提示・通用性の概略評価	選定した新材料の基本特性分・評価、適用性の詳細検討		事業成果の取りまとめ
(2) 直接処分施設の設計検討		緩衝材、埋め戻し材の新材料に関する調査と適用性の概略評価	多量バリウム構成材料の閉じ込め性能向上の可成り集約システム評価のための調査・解析・評価	モニタリング等に関する調査・検討	事業成果の取りまとめ
(3) 直接処分施設の設計支援システムの構築		設計支援システムの設計	設計支援システム	プロトタイプ構築	事業成果の取りまとめ
(4) その他の代替処分オプションについての調査・検討		調査研究計画の検討	調査研究計画の検討	海外事例の調査	事業成果の取りまとめ

(1) ⑪放射性核種生物圏移行評価高度化開発

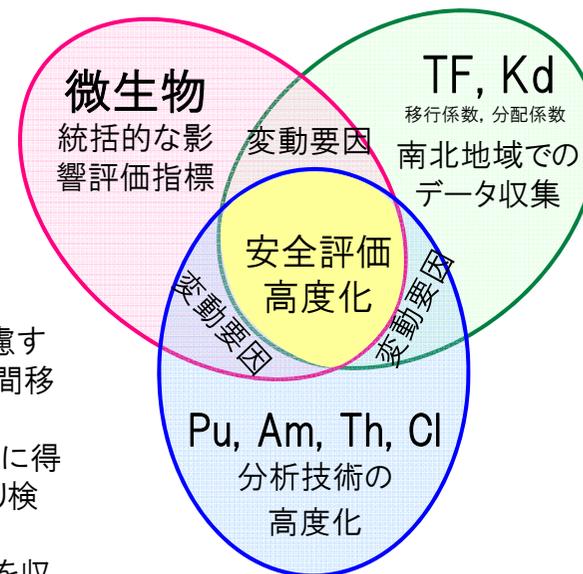
□全体実施概要

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)気候変動を考慮した環境移行パラメータ(TF及びKd)データベースの構築
- (2)放射性炭素の移行パラメータに対する微生物活動の影響調査
- (3)重要核種(Pu, Am, Th及びCl)の超高精度分析による環境移行パラメータ収集

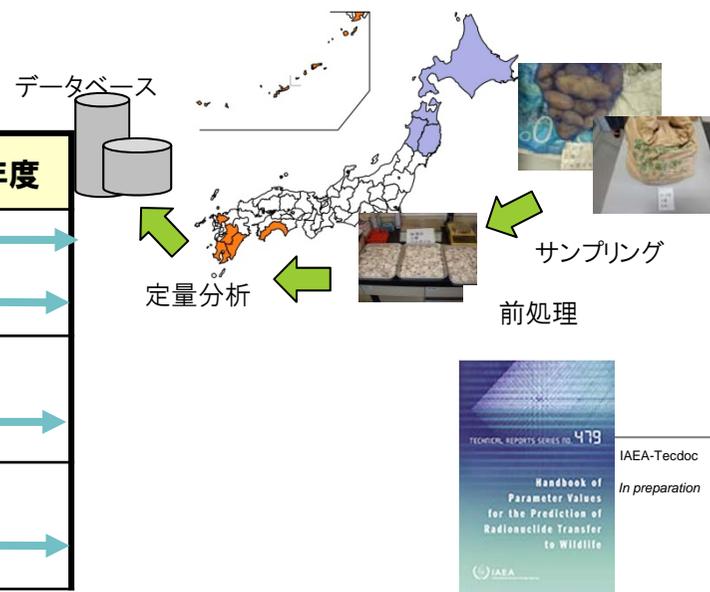
□平成27年度までの主な成果

- (1)文献調査と実測により土壌-植物間移行係数が気温の高低で変動するという相関を考慮するため、実際に気温が相対的に低い地域と高い地域のコメ及びジャガイモの土壌-植物間移行係数を取得し、データを拡充(本事業での採取目標20の半分終了)した。
- (2)水田土壌微生物群集の活動に対する温度の効果としてCO₂発生速度や発生率を実験的に得ることにより、微生物による水稻への炭素の移行モデルを構築し、その妥当性を解析により検証した。今後、モデルの不確実性解析を実施予定。
- (3)これまで計測できなかった微量なPuの高精度質量分析法を確立し、環境移行パラメータを収集した。また、AmとClの超高精度分析法の開発に着手した。



□全体スケジュール

事業項目	25年度	26年度	27年度	28年度	29年度
1.気候変動を考慮した環境移行パラメータ(TFおよびKd)データベースの構築		移行係数に対する気温の影響調査とデータ収集		データベース	
2.放射性炭素の移行パラメータに対する微生物活動の影響調査		微生物活動と環境移行パラメータ	微生物活動を反映したモデルの構築		
3.重要核種(Pu, Am, ThおよびCl)の超高精度分析による環境移行パラメータ収集		超高精度分析法開発		土壌-農作物の移行パラメータの収集	

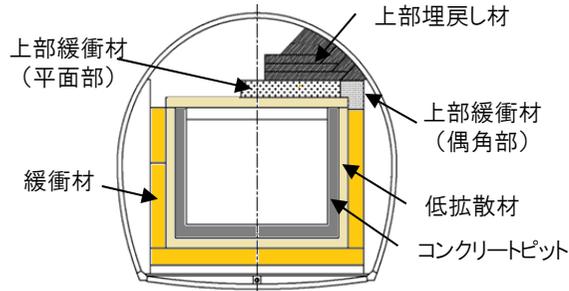


(2) ⑫ 地下空洞型処分施設機能確認試験

□ 試験の概要

本試験は、平成19年度から平成24年度に実施した「地下空洞型処分施設性能確認試験」で構築した実規模施設^(注)の上部空間を利用し、上部緩衝材、上部埋戻し材の施工確認試験・初期性能確認試験を実施する。

(注)日本原燃(株)が同社敷地内に掘削した試験空洞内に設置



また、同施設を活用しつつ、人工バリアを模擬して施工されている各部材(緩衝材や低拡散材等)の機能や周辺岩盤の状態変化を長期に亘って確認するための技術開発を実施するとともに、当該施設における地震時挙動評価を継続的に実施する。

□ 平成27年度までの主な成果

- 施工確認試験・初期性能確認試験
 - 転圧工法と吹付け工法を併用することで、所期の透水性能を満足する埋戻しが実施できることを確認した。
- 施設・周辺岩盤挙動計測及び地震観測
 - 施工済みの人工バリア(緩衝材や低拡散材等)内に設置した土圧計等により、上部埋戻し施工に伴う荷重変化が処分施設へ影響を与えないことを確認した。
 - コンクリートピット等のひび割れ状況を調査し、施工初期の乾燥収縮等により発生したひび割れについて、ひび割れ幅の増大・進展がなく、また、新たなひび割れの発生もないことを確認した。
 - 地震動の観測(平成27年度は計7回観測)を実施した。また、地震応答解析を行い、試験施設の固有振動数に近い卓越振動数を持つ地震動が、相対的に実規模施設の変形量に与える影響が大きくなることを確認した。

○ 機能確認試験計画等の策定

- 機能確認期間中の値(膨潤圧、ひずみ)の変化の可能性を検討するために、機能確認の対象とする計測項目の候補として、低透水層の再冠水に伴う特性変化(水理、力学)を選定するとともに予察的な解析を行う計画を立てた。なお、計測方法としては状態変化を長期に亘って確認するため、光ファイバセンサーを選定した。
- 実規模施設を使用した機能確認試験の設備設計に必要な項目として、以下を抽出した。
 - 有害塩の低拡散材等のセメント系材料への劣化影響試験
 - 光ファイバセンサーの耐久性(塩分、pH、放射線)試験

□ 全体スケジュール

事業項目	17年度～24年度	25年度～26年度	27年度～31年度
	性能確認試験	閉鎖技術確認試験	機能確認試験
施工確認試験・初期性能確認試験	計画策定		
施設・周辺岩盤挙動計測及び地震観測	挙動計測	地震観測	
機能確認試験計画の策定等			試験計画策定 確認方法構築 解析及び試験

(2) ⑬原子力発電所等金属廃棄物利用技術開発

□全体実施概要

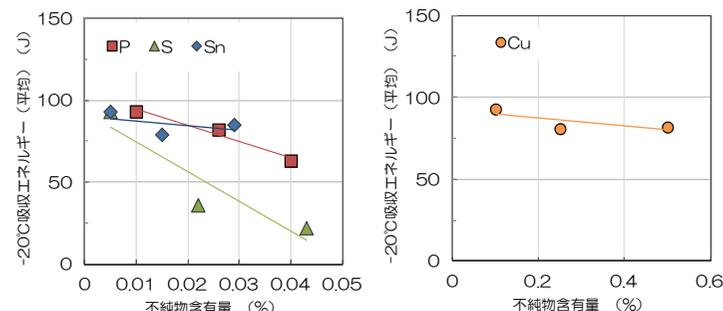
- 原子力発電所等の解体から生じるクリアランス金属廃棄物等を利用し、余裕深度処分を想定した低レベル放射性廃棄物を一時的に保管する放射線遮へい能力・耐久性を有する金属容器への利用プロセスを技術開発し、容器材料の規格案を策定する。
- 実際のクリアランス金属廃棄物の実物大の金属容器への再利用により、再利用技術の実現可能性を示す。

□平成27年度までの主な成果

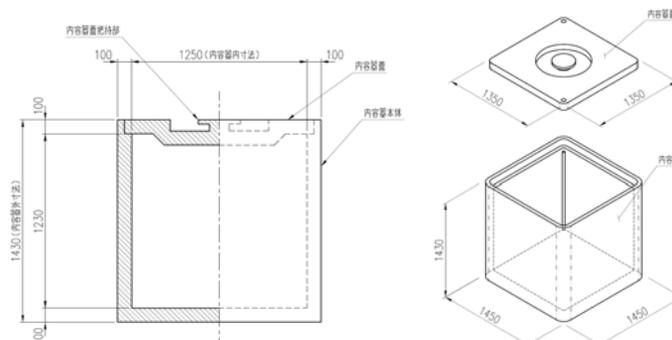
- 開発する金属容器に求められる技術要件を抽出した。具体的には、材料規格案の策定に向けて、基礎試験を実施し、抽出された技術要件を満たす材料の不純物濃度条件を評価した。この結果、鋼材中の硫黄(S)及びリン(P)濃度が機械的性質に影響を及ぼすことが分かった。
- クリアランス金属廃棄物の輸送時に周辺環境に影響を与えないことや精錬した工場施設に放射能の影響が残らないことを検証するための確認項目を検討した。
- 実証試験として、実際のクリアランス金属を用いて金属容器を製作するため、東海発電所から発生した金属廃棄物を日本製鋼所室蘭製作所に海上輸送し、精錬する計画を立案した。

□全体スケジュール

事業項目	27年度	28年度	29年度
(1) 再利用プロセスの開発	金属容器に求められる技術要件の整理	容器材料に求められる条件等の整理	
① 開発する容器の要件の整理	←→	←→	
② 基礎試験の実施	←→	←→	
③ 再利用プロセスの開発	←→	←→	
(2) 再利用プロセスの評価	←→	←→	←→
① 実証試験計画の策定	←→	←→	←→
② 実証試験の実施	←→	←→	←→
③ 再利用プロセスの評価	←→	←→	←→



不純物元素の影響評価結果



金属容器図(肉厚100mm)



クリアランス金属運搬計画