地層処分基盤研究開発に関する
全体計画【研究開発マップ】
（平成25年度～平成29年度）

2014年3月

地層処分基盤研究開発調整会議

地層処分基盤研究開発調整会議の構成機関は以下のとおり

- 経済産業省資源エネルギー庁
- （独）日本原子力研究開発機構
- （公財）原子力環境整備促進・資金管理センター
- （一財）電力中央研究所
- （独）産業技術総合研究所
- （独）放射線医学総合研究所
- 原子力発電環境整備機構

地層処分基盤研究開発に関する全体計画【研究開発マップ】

（平成25年度～平成29年度）

～ 目次 ～

1. はじめに 1
1.1 地層処分基盤研究開発全体計画の策定の背景・経緯 1
1.2 平成25年度から平成29年度の地層処分基盤研究開発に関する全体計画の構成 7
1.3 基本方針に基づく研究開発計画の展開 7
1.4 外部有識者委員会による研究開発マップのレビュー 11
1.5 本研究開発マップの構成 14

2. 地質環境調査評価技術分野の研究開発 15
2.1 研究開発マップの内容 －分類と分類目標の設定－ 15
2.2 研究開発マップの内容 －細目と課題の設定（フェーズ2）－ 19
2.3 研究開発マップの内容 －細目と課題の設定（フェーズ3）－ 23

3. 処分場の工学技術分野の研究開発計画 26
3.1 研究開発マップの内容 －分類と分類目標の設定－ 26
3.2 研究開発マップの内容 －細目と課題の設定（フェーズ2）－ 28
3.3 研究開発マップの内容 －細目と課題の設定（フェーズ3）－ 31

4. 性能評価技術分野の研究開発計画 34
4.1 研究開発マップの内容 －分類と分類目標の設定－ 35
4.2 研究開発マップの内容 －細目と課題の設定（フェーズ2）－ 41
4.3 研究開発マップの内容 －細目と課題の設定（フェーズ3）－ 43

5. TRU廃棄物処分技術分野の研究開発計画 47
5.1 TRU廃棄物処分技術に特有な役割分担と国の基盤研究開発の役割 47
5.2 TRU廃棄物地層処分研究開発におけるフェーズ 47
5.3 高レベル放射性廃棄物処分や余裕深度処分との関連・共通性と連携・体系化の方向性 52

6. 使用済燃料の直接処分分野の研究開発計画 54
6.1 研究開発計画の実施方針 54
6.2 研究開発マップの内容 －分類・細目と課題の構造－ 55

別 添 資 料 57

1. はじめに

1.1 地層処分基盤研究開発全体計画の策定の背景・経緯

本書は，平成25年度から平成29年度までの5ヵ年を対象とした，地層処分に関する国の基盤研究開発計画を示すものであり，後述する2種の計画のうち，各研究開発分野における研究開発課題等の詳細を示す「地層処分基盤研究開発に関する全体計画【研究開発マップ】（平成25年度～平成29年度）」（以下，「研究開発マップ」という）に相当する。はじめに，地層処分に関する国の基盤研究開発計画策定の背景・基本方針等の概要を以下に示す。なお，地層処分に関する国の基盤研究開発の基本方針，基盤研究開発の役割，研究開発計画策定における考慮事項等については，平成25年3月版として本書に先行し策定・公開された以下の計画書に詳細に示しているため，そちらを参照されたい。

●「地層処分基盤研究開発に関する全体計画（平成25年度～平成29年度），2013年3月」
以下の経済産業省資源エネルギー庁の放射性廃棄物のホームページからダウンロード可能
http://www.enecho.meti.go.jp/rw/docs/library/rprt3/rprt06.pdf

（1） 高レベル放射性廃棄物及びTRU廃棄物処分の研究開発計画の策定

わが国の高レベル放射性廃棄物（以下，「HLW」とも略す）及びTRU廃棄物[※1]の地層処分計画を円滑に進めていくためには，地層処分の技術的信頼性を更に高め，国民の理解と信頼を得ていくと同時に，実際の処分事業や安全規制の基盤となる技術を整備・強化していくための研究開発を着実に行っていく必要がある。また，研究開発の推進においては，全体として計画的かつ効率的に進め，実施主体や国の安全規制への効果的な成果の反映がなされるよう，関係研究機関の連携の強化も念頭に，体系的かつ中長期的な視点で研究開発計画を検討・調整する必要性が認識されてきた。

このような認識に鑑み，資源エネルギー庁及び国の基盤研究開発を担う関係機関を中心として，平成16年度以降，国の基盤研究開発を対象とした「研究開発全体マップ」を策定するとともに，平成17年7月には，資源エネルギー庁の主導のもと，国の基盤研究開発の効果的かつ効率的な推進のための調整を継続的に行うために「地層処分基盤研究開発調整会議」（以下，「調整会議」という）が設置された。

上記の調整会議のもとで策定された平成18年12月の「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」及び「TRU廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体基本計画」では，平成11年に核燃料サイクル開発機構（現 独立行政法人日本原子力研究開発機構（以下，「JAEA」という））が取りまとめた「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性ー地層処分研究開発第2次取りまとめ」（以下，「第2次取りまとめ」という）以降の地層処分の事業化フェーズである国の基盤研究開発を，サイト選定プロセスを考慮し段階的に成果を反映させることを念頭に置き，以下のようにフェーズ1～3として定義した。

フェーズ1：概要調査の段階に必要となる技術基盤の整備・強化
フェーズ2：精密調査の前半段階（地上からの調査）に必要となる技術基盤の整備・強化

フェーズ3：精密調査の後半段階（地下調査施設での調査）に必要となる技術基盤の整備・強化

上記の全体計画に基づき実施されてきた国の基盤研究開発はフェーズ2（平成19年度から平成24年度頃）の終期を迎えたため，調整会議では，平成25年度以降の5ヵ年を対象とした地層処分に関する国の基盤研究開発計画の検討を開始し，以下の事項などを考慮に入れ，平成25年3月版として前述の地層処分基盤研究開発全体計画（平成25年度～平成29年度）（以下，「全体計画」という。）を取りまとめ公表した。

○平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震の発生，それに伴う東京電力（株）福島第一原子力発電所の事故における教訓※2。

○平成24年12月に示された原子力委員会の見解※3。

※1：ウランより原子番号が大きい超ウラン（TRU）核種を含む廃棄物（TRUはTransuraniumの略）。比較的半減期が長い核種を含み，高レベル放射性廃棄物に比較して発熱が低いことから長半減期低発熱放射性廃棄物とも呼ばれる。様々な核種を含み，また，幅広い放射能レベルを有するため，適切に分類・管理し，浅地中処分，余裕深度処分，地層処分される。

※2: 東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会報告書（http://www.kantei.go.jp/jp/noda/actions/201207/23kenshou.html）及び国会事故調東京電力福島原子力発電所事故調査委員会報告書（http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/3856371/naiic.go.jp/index.html）の指摘から，主に以下などを考慮に入れている。

- 地層処分のシステム構築や安全性に関する長期的評価においても，複合的な自然現象やその脅威を考慮した上で，その対策技術を含めた研究開発等が必要である。
- 新たな知見が得られた場合には，最新の知見を反映して地層処分の安全性を日々高める努力が必要である。
- 地層処分の技術開発においても，地震や津波の影響について再度確認を行い，その影響が発生した場合の対策技術についても開発を行う必要がある。

※3:「今後の高レベル放射性廃棄物の地層処分に関する取組について（見解）」（平成24年12月）（http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/121218.pdf）及び「今後の原子力研究開発の在り方について（見解）」（平成24年12月）（http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/121225_2.pdf）から，主に以下の点を研究開発計画策定において考慮に入れている。

- 地球科学分野の最新の知見を反映して地層処分の実現可能性について調査研究し，その成果を国民と共有するための取組が可能となるような体制を再構築し，取組を進めるべきである。
- 発生頻度が低いと想定される事象であっても，発生時に重大な被害をもたらす可能性のある事態にも対処できるように備えるべきである。
- 処分施設立地地域の地質条件を保守的に予想した上で，十分安全を確保していくことができる処分技術の確立に向けて研究開発を推進していくべきである。
- 深地層の科学的研究，処分技術の信頼性や安全評価手法の高度化に加えて，回収可能性の合理的な担保の在り方などに関する研究開発を継続的に進める。
- 最新知見を反映して取組を定期的に評価し，必要に応じて見直しを行っていくことが重要である。
- 既に発生している研究炉からの使用済燃料や東京電力（株）福島第一原子力発電所の使用済燃料などの直接処分などの対策も念頭に，使用済燃料の直接処分を可能とする研究開発を行う必要がある。

また，このような原子力委員会の見解や国の審議会等の指摘等への考慮（具体的な取組の検討）においては，その技術的取組の全般や戦略といった基本方針部分の検討段階から，外部有識者等のご意見を頂き，全体計画に積極的に反映した。

なお，高レベル放射性廃棄物及びTRU廃棄物処分の研究開発計画に関しては，5ヵ年の計画として具体化を行っているが，フェーズ2からフェーズ3への移行を円滑にすることを可能とすることや次のような外部環境の変化等への対応を可能とするため，平成26年度に中間評価を行い，その後の計画を柔軟に見直すこととしている（図 1.1-1）。

○東京電力（株）福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた取組への対応として別途策定された「放射性廃棄物の処理・処分に関する研究開発計画」への対応の具体化を可能とする
○エネルギー及び原子力政策等の検討動向，特定放射性廃棄物の最終処分に関する計画の改訂等も踏まえた改訂・推進を行うことを可能とする
○平成26年度は，JAEA の第2期中期計画の最終年度でもあるため，平成27年度以降の計画の具体化は，JAEAの第3期中期計画と整合させることも可能とする

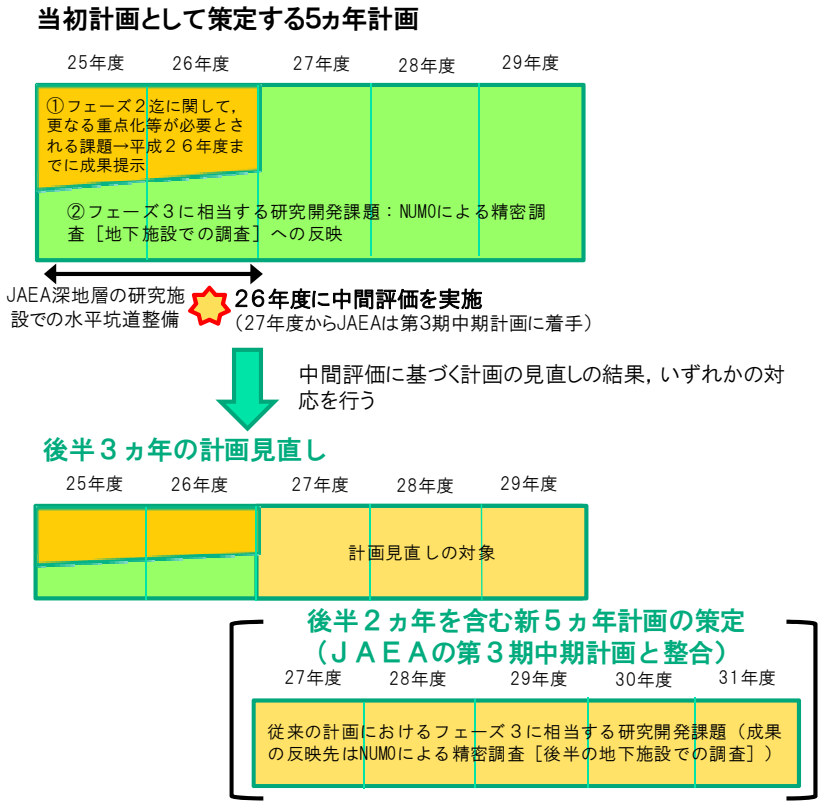


図1.1-1　平成25から平成29年度を対象とした研究開発計画の中間評価及び見直し

平成25年度から平成29年度を対象とした本研究開発マップでは，高レベル放射性廃棄物及びTRU廃棄物処分分野については，先行して公表された全体計画における分野構成を踏襲し，次の4つの分野で展開している。

① 地質環境調査評価技術分野
② 処分場の工学技術分野
③ 性能評価技術分野（安全評価分野）
④ TRU廃棄物処分技術分野

なお，フェーズ3以降のTRU廃棄物処分技術分野の研究開発課題については，平成26年度の中間評価時にHLW及びTRU廃棄物を包含する形で処分場の工学技術分野及び性能評価技術分野へ統合するが，本研究開発マップでは，TRU廃棄物処分技術分野について一つの章を割り当て，独立したマップを作成している。

（2） 使用済燃料の直接処分に関する研究開発計画の策定

使用済燃料の直接処分については，原子力委員会が，直接処分の実施を可能とする必要性を指摘し，また，そのための研究開発を着実に進めるべきとの見解を示している[※3]。このような原子力委員会の方針等を踏まえ，新たな原子力政策の策定や核燃料サイクルのシナリオの選択に柔軟性を与えるためにも使用済燃料の直接処分に関する研究に着手することが必要である。

実施主体の設置などに関する制度の整備が行われていない現状では，使用済燃料の直接処分の研究開発は，国のリーダーシップのもとで，基盤研究開発において実施する必要がある。本研究開発マップでは，平成25年度～平成29年度を対象とした使用済燃料の直接処分に係る研究開発計画を具体化し取りまとめている。

なお，以下に整理するように，平成25年度～平成29年度を対象として取り組む使用済燃料の直接処分に関する研究開発は，前節において示した，3つのフェーズを定義して取り組まれてきたHLW及びTRU廃棄物の地層処分に関する研究開発と，その研究開発の位置付けや目標設定（成果達成の内容，成果反映先等）が異なる。そのため，両者の位置付けや目標設定の違いから，研究開発マップにおいて統合的に展開することができない。したがって，平成25年度～平成29年度を対象とした研究開発計画の展開では，従来から定義されてきた4つの分野構造とは別の新たな分野として展開している。

① 研究開発の目標と当面5ヵ年のマイルストーン

使用済燃料の直接処分に関する技術的取りまとめについては，以下に示すように第1次取りまとめ，第2次取りまとめと段階的に進めていく（図1.1-2）。このように設定したマイルストーンの中で，主要な3つの節目における成果提示を研究開発の上位目標として設定することで，各節目で区切られる3つの期間において実施される研究開発や取組を以下のように計画する。

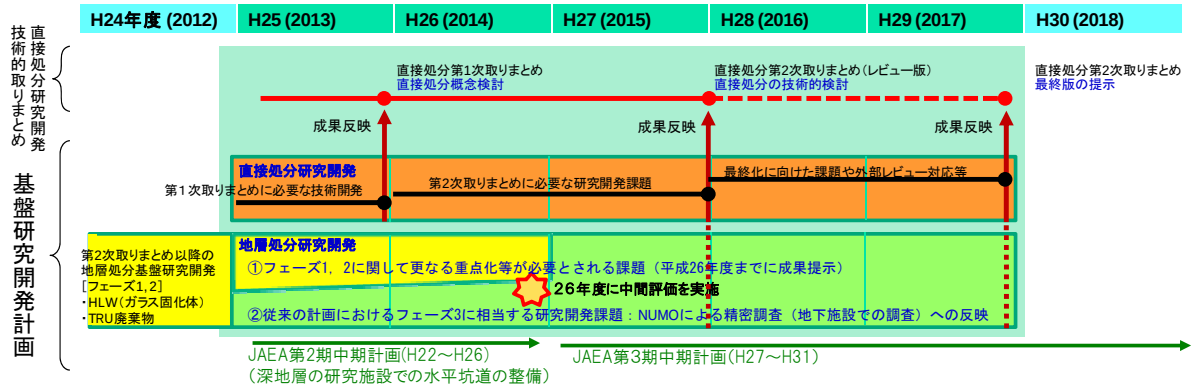


図1.1-2　使用済燃料の直接処分に関して想定する5カ年のマイルストーン

1．当面の1ヵ年（平成25年度迄を目処）：
　使用済燃料の直接処分の実現可能性と課題を第 1 次取りまとめとして提示

2．当面の3ヵ年（平成27年度迄を目処）：
　使用済燃料の直接処分の技術的信頼性について第2次取りまとめ（レビュー版）として提示

3．当面の5ヵ年（平成29年度迄を目処）：
　上記の第2次取りまとめ（レビュー版）をベースとして，国内外の有識者によるレビュー等を経て，直接処分研究開発の第2次取りまとめ（最終版）を提示

② 技術的取りまとめの実施体制

使用済燃料の直接処分に関する当面の研究開発及び技術的取りまとめが事業化段階前の取組であることから，本取組を国の基盤研究開発として進める。研究開発の実施については，JAEAを中心として，直接処分に関する資源エネルギー庁調査等事業の実施者のみならず国の基盤研究開発関係機関等との協働によって進められる。

このような今後の技術的取りまとめにおける技術的知見等の集約の必要性を踏まえ，研究開発の取組とは別に，調整会議の下に次のような役割を担う「取りまとめタスクフォース」を設置して，取りまとめを着実に実施できる体制を構築する。

○直接処分研究成果の技術的取りまとめという実務を遂行。
○技術的取りまとめを構成／支援する国の基盤研究開発における，個別要素課題の進捗や成果の管理を実施。
- 成果達成レベルや課題の過不足を，取りまとめ作業（成果取り込み作業）のなかで分野横断的に評価。
- 評価結果は，個別研究開発及び技術開発の現場にフィードバック（あるいは新規課題として提案）。

なお，使用済燃料の直接処分に関する研究開発計画については，前述の5カ年の各マイルストーン

において，その段階での研究開発の進捗や成果，レビューなどを踏まえ，その後の課題展開を柔軟に見直すこととしている。

1.2 平成25年度から平成29年度の地層処分基盤研究開発に関する全体計画の構成

平成25年度から平成29年度を対象とした全体計画は，次の2種の階層的なドキュメントとして整備している。

①地層処分基盤研究開発に関する全体計画（平成25年度～平成29年度）

②地層処分基盤研究開発に関する全体計画【研究開発マップ】（平成25年度～平成29年度）

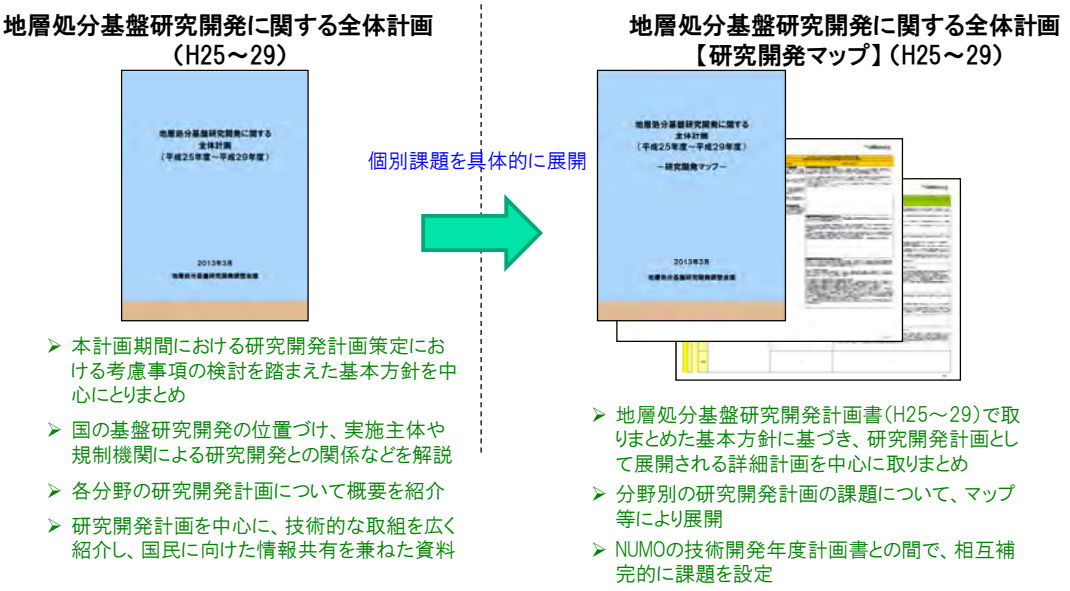


図1.2-1 平成25年度から平成29年度を対象として研究開発計画の構成

2013年3月版の全体計画は，上記①に相当し，計画期間における研究開発計画策定における考慮事項の検討を踏まえた基本方針，国の基盤研究開発の位置づけ，実施主体である原子力発電環境整備機構（以下，「NUMO」という）の技術開発との関係などを中心として取りまとめたものである。

本書は，全体計画において取りまとめられた基本方針などに基づき，研究開発計画として展開される詳細な計画部分を中心にまとめたものである。研究開発計画の展開においては，マップ等により各研究開発課題について詳細に示している。

なお，平成18年に初版として整備された従前までの全体計画は，上記②に相当するドキュメントとして整備されていた。今回の全体計画において2種の計画を取りまとめることにより，研究開発計画を中心とした技術的な取組に関する資料ではあるものの，その基本方針や実施内容を中心に取りまとめた資料（①）を作成することで，このような地層処分の技術的な取組の内容や成果等を社会と共有する一助となることも意図している。

1.3 基本方針に基づく研究開発計画の展開

本研究開発マップでは，全体計画で述べた，本研究開発期間における国の基盤研究開発の基本方針に基づいて，具体化の対象とする平成25年度～平成29年度の分野ごとの研究開発計画を第2章以降で示している。本節では，全体計画で示した基本方針に基づいた，研究開発計画のマップへの展開方法及びマップの概念構造などについての考え方を示す。

(1) マップとしての展開と構造概念

マップフォーマットによる研究開発課題の具体化は，以下に示した5つの分野構成よって展開される。

(A)地質環境調査評価技術分野
(B)処分場の工学技術分野
(C)性能評価技術分野(安全評価分野)
(D)TRU廃棄物処分技術分野
(E)使用済燃料の直接処分研究開発分野

このうち，HLW及びTRU廃棄物処分分野(上記(A)から(D)の分野)については，国の基盤研究開発では，第2次取りまとめ(平成11年)以降を研究開発について，3つの段階的なフェーズを定義し(1.1(1)参照)，各フェーズにおける研究開発の目標等を設定している。

このような段階的なフェーズ設定のもと，国の基盤研究開発の研究開発マップは，基盤研究開発の全体目標を最上位に位置付けた階層的構造として図 1.3-1のような概念として整理･展開して具体化される。全体目標の下に各フェーズの段階目標を設定し，段階目標を達成するための研究開発を分類，細目，課題の順に詳細化して示している。次に，研究開発マップについて，その概要，展開方法などを示す。

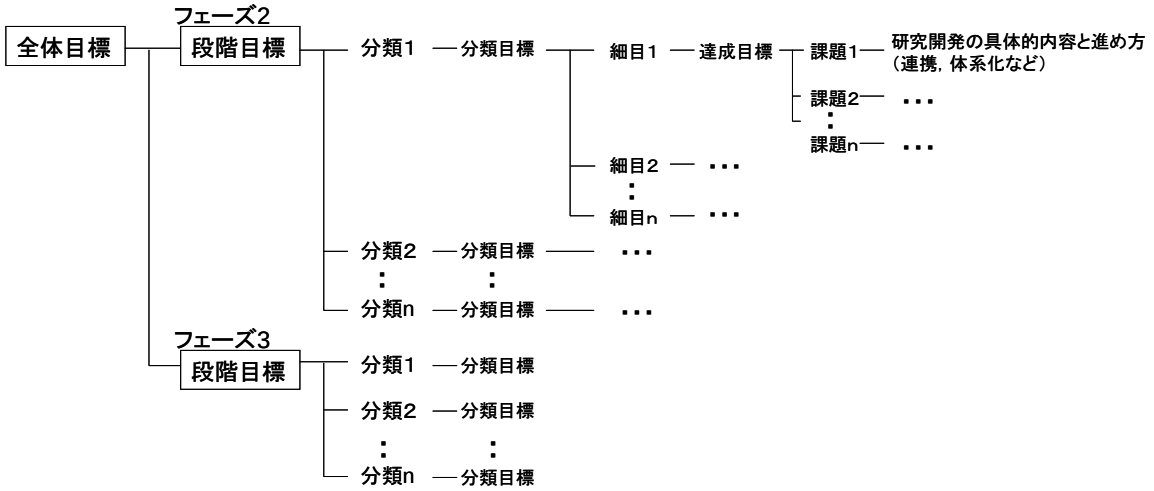


図 1.3-1 国の基盤研究開発の具体的な展開の構造

なお，前述のように直接処分分野(上記(E))については，本計画対象期間(5ヵ年)において取りまとめを行うため，上記のフェーズ展開とは異なるマイルストーン設定がなされているが，第1次取りまとめ，第2次取りまとめ(レビュー版)，第2次取りまとめ(最終版)と3つの段階が設定されており，それぞれの段階での成果の提示が上位の目標となる。このために，研究開発要素の分類，細目及び課題の設定を行い，各課題について5ヵ年(平成29年度迄)の中間目標を設定するとともに，各マイルストーンに向けた課題の進め方が設定されている。

(2) 研究開発マップによる研究開発計画の具体化

平成25年度～平成29年度を対象とした研究開発計画は，前述した研究開発計画の個別目標と課題への展開方法に沿って，研究開発マップとして整理・展開している。HLW／TRU廃棄物処分分野に関しては，当該研究開発計画がフェーズ2及びフェーズ3の双方を扱うことから，研究開発マップへの整理・展開に当たっては，それぞれの研究開発フェーズに対応する研究開発課題の展開を，次に示すような，対応する2種のマップフォーマットで整備を行っている（図 1.3-4）。

マップフォーマット①

従来の国の基盤研究開発計画におけるフェーズ2までに関して，更なる重点化等が必要とされる課題（フェーズ2の課題として設定）を展開する。

- 平成21年度版全体計画までのフェーズ2からの課題の連続性や整合性を表現する。
- 課題構成（分野，細目構成）は，従前の研究開発計画で設定したフェーズ2の課題構成を踏襲することを基本とする。

マップフォーマット②

精密調査地区選定後に必要となる（実施主体による精密調査[後半の地下施設での調査]に資する），従来のフェーズ3の位置付けに対応する課題（フェーズ3の課題として設定）を展開する。

- 長期的な目標（事業許可申請段階をその目標達成時期と位置付ける）を明示したうえで，平成29年度迄の中間目標を提示する。
- 課題構成（分野，細目構成）は，下記の検討のポイント※も参照しつつ，新たな構成について分野で検討して設定する。

※課題構成に関する検討のポイント：研究開発課題の個々について，『国の基盤研究開発として当該課題を設定する意味・位置付け』を意識して設定する。例えば，次のような視点で個々の課題の成果の反映先や，国の基盤研究開発として実施する意味・位置付けについて，NUMOの技術開発計画（ニーズ）との相互補完性やわが国の地層処分研究開発全体での抜け落ちや重複の排除を意識し設定する。

1） NUMOの技術開発計画[1]等で示されたNUMOのニーズに対応

2)現段階で上記に直結しないが，長期事業の信頼性向上や国民・関係者からの信頼感醸成等に資する，国の基盤研究開発としての課題

1 原子力発電環境整備機構（2013），「地層処分事業の技術開発計画 ー概要調査段階および精密調査段階に向けた技術開発ー」，http://www.numo.or.jp/topics/2013/pdf/130625_02.pdf

マップフォーマット①：フェーズ2迄に関して更なる重点化等が必要とされる課題（平成26年度までに成果提示）

研究開発要素			平成24年度迄の計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題	
					精密調査地区選定を見据えた研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細目	達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方

マップフォーマット②：フェーズ3に相当する研究開発課題（NUMOによる精密調査［地下施設での調査］への反映）

研究開発要素			平成25年度～平成29年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題		
			実施主体による精密調査［後半の地下施設での調査］に資する研究開発課題		
分野	分類	細目	長期達成目標（事業許可申請段階における目標）	長期達成目標を踏まえた，平成29年度迄の中間目標	課題の設定，進め方

図 1.3-4　研究開発マップの2つのフォーマット

また，使用済燃料の直接処分分野に関しては，本研究開発期間を対象とした5ヵ年の研究開発及びその取りまとめを行うための目標及び課題設定を行っており，他の分野の研究開発段階と異なっている。このため，独自のフォーマットにおいて課題や課題の進め方を示す必要がある。使用済燃料の直接処分分野の研究開発マップについては，図1.3-5に示すように，以下を実現するようフォーマットを策定している。

○計画期間における個別要素課題を具体的に提示
○各細目に対応した平成29年度までの中間目標，中間目標達成のために必要な課題を設定
○当該研究開発計画における3つの段階（当面の1ヵ年，3ヵ年及び5ヵ年）について，各研究開発課題に関する研究開発計画を具体化して展開

研究開発要素			平成25年度～平成29年度迄の使用済燃料の直接処分に関する各研究開発要素の研究開発目標と課題				
					課題の進め方		
分野	分類	細目	制度措置の見据えた平成29年度までの中間目標	課題の設定	当面の1ヵ年（平成25年度迄を目途）： 実現可能性を示す第1次取りまとめへの成果の反映	当面の3ヵ年（平成27年度迄を目途）： 技術的信頼性の見通しを示す第2次取りまとめ（ドラフト）への成果の反映	当面の5ヵ年（平成29年度迄を目途）： 第2次取りまとめ（最終版）への成果の反映

図 1.3-5　使用済燃料の直接処分分野の研究開発マップのフォーマット

(4)　研究開発マップにおける課題の設定・進め方の記述

本研究開発マップの策定において実施した，1.4で概説する外部有識者委員会による研究開発マップのレビューでは，マップにおける課題の設定・進め方の表記方法について，以下のような指摘を受けた。

○課題間の繋がりがある場合には明確にする必要がある
○課題が設定される背景情報についても必要に応じてマップ中に記載する必要がある

これらの指摘に対応するため，研究開発マップでは，以下の対応を行った。

①課題番号の設定及び関連する課題について課題番号の明示
課題間の連携を研究開発マップ内において効果的･効率的に示すために，以下の方法により，すべての課題に固有の課題番号を設定し，関連する課題がある場合には，課題名の後に矢印（⇒）を付し，関連する課題番号を記入
②課題設定の背景の明示
原則として，各課題が設定された背景情報を各課題の実施内容とともに記述

以上の対応を行った研究開発マップの記入例を図1.3-6に示す。この例では，「（工学3-2）」が課題番号に相当し，この課題が処分場の工学技術分野のフェーズ3の2番目の課題であることを示している。また，矢印（⇒）の後に示されている「（TRU3-4）」は，この課題が，TRU廃棄物処分技術分野のフェーズ3の4番目の課題と関連があることを示している。

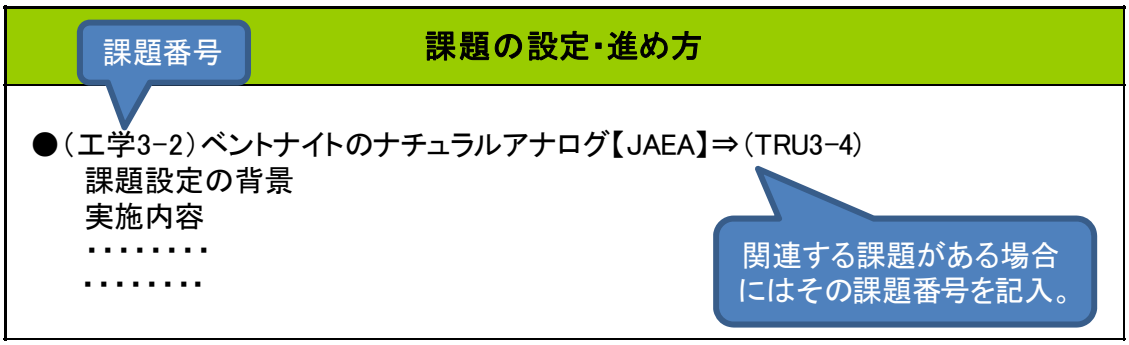


図 1.3-6　研究開発マップにおける関連する課題等の記入例

なお，【】内はこの課題の実施機関を示す。この例では，JAEAが実施機関。

この図で示されている課題番号等は例示のため，実際のマップでの課題番号や実施機関とは異なっている。

1.4　外部有識者委員会による研究開発マップのレビュー

昨年度までに整備･公開を行った本研究開発マップにおける研究開発課題の策定等の基本方針などを中心として取りまとめた全体計画は，平成24年度に2度の外部有識者委員会を開催し，その方針部分等を中心に外部有識者の意見の反映を行った。

本研究開発マップについては，平成24年度設置した外部有識者委員会の下に，各分野に関する専門性を有す大学の外部有識者で構成される，分野別委員会を設置し，各分野の研究開発計画について，技術的な観点から詳細なレビューを実施した。図1.4-1に外部有識者委員会と分野別委員

会の体制を示す。

分野別委員会は，以下の方針に基づき設置した。

○各分野別員会主査は，外部有識者委員会の委員とする

○使用済燃料の直接処分に関する分野別委員会委員は，同分野の研究開発が各分野にまたがること，技術的取りまとめの進め方と密接に関連することなどから，外部有識者委員会委員と同一とする

○TRU分野の研究開発課題については，H26年度の中間評価時期において工学技術分野と性能評価分野への統合を予定しているため，工学技術及び性能評価技術分野の分野別委員会においてレビューを行う

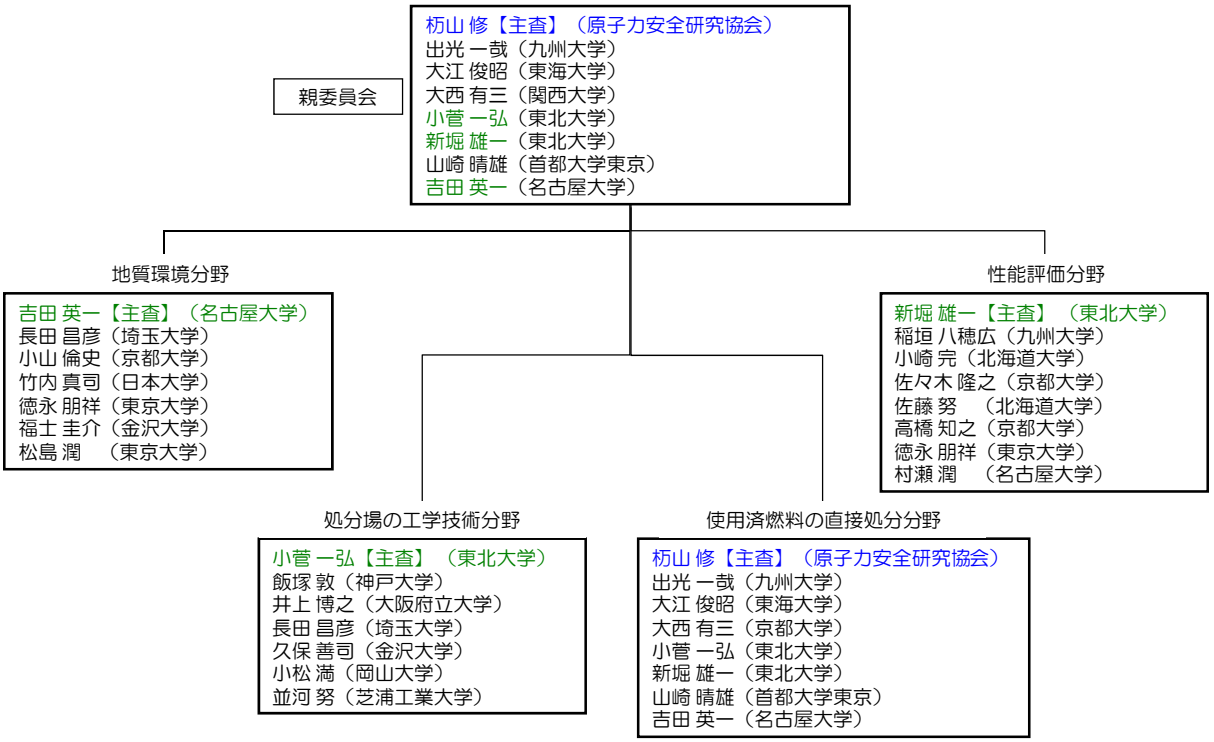


図 1.4-1　外部有識者委員会と分野別委員会の体制

また，外部有識者委員会及び各分野別委員会の委員を表1.4-1 に示す。

表1.4-1　外部有識者委員会及び分野別委員会名簿

（50 音順，敬称略）

委員氏名	所属，役職名　（平成２６年２月段階）
外部有識者委員会（及び分野別委員会（直接処分））	
出光　一哉	九州大学大学院　工学研究院　エネルギー量子工学部門　教授
大江　俊昭	東海大学　工学部　原子力工学科　教授

大西　有三	関西大学　環境都市工学部　特任教授
小菅　一弘	東北大学大学院　工学研究科　バイオロボティクス専攻　教授
杤山　修（主査）	公益財団法人　原子力安全研究協会　処分システム安全研究所　所長
新堀　雄一	東北大学大学院　工学研究科　量子エネルギー工学専攻　教授
山崎　晴雄	首都大学東京大学院　都市環境科学研究科　教授
吉田　英一	名古屋大学　博物館　教授
分野別委員会（地質環境）	
長田　昌彦	埼玉大学　地圏科学研究センター　准教授
小山　倫史	京都大学大学院　工学研究科　都市社会工学専攻　ジオマネジメント工学講座　ジオフロントシステム工学分野　助教
竹内　真司	日本大学　文理学部地球システム科学科　准教授
徳永　朋祥	東京大学大学院　新領域創成科学研究科　環境システム学専攻　教授
福士　圭介	金沢大学　環日本海域環境研究センター 助教
松島　潤	東京大学大学院　工学系研究科　エネルギー・資源フロンティアセンター　准教授
吉田　英一（主査）	名古屋大学　博物館　教授
分野別委員会（工学技術）	
飯塚　敦	神戸大学　自然科学系先端融合研究環・都市安全研究センター　教授
井上　博之	大阪府立大学大学院　工学研究科　物質・化学系専攻　講師
長田　昌彦	埼玉大学　地圏科学研究センター　准教授
久保　善司	金沢大学　理工学域環境デザイン学類　准教授
小菅　一弘（主査）	東北大学大学院　工学研究科　バイオロボティクス専攻　教授
小松　満	岡山大学　廃棄物マネジメント研究センター（大学院環境生命科学研究科）　准教授
並河　努	芝浦工業大学　工学部　土木工学科　教授
分野別委員会（性能評価）	
稲垣　八穂広	九州大学大学院　工学研究院エネルギー量子工学部門　准教授
小崎　完	北海道大学大学院　工学研究院　エネルギー環境システム部門エネルギー生産・環境システム分野　原子力環境材料学研究室　教授
佐々木　隆之	京都大学大学院　工学研究科　原子核工学専攻　准教授
佐藤　努	北海道大学大学院　工学研究院　環境循環システム部門資源循環工学分野　環境地質学研究室　教授
高橋　知之	京都大学　原子炉実験所　原子力基礎工学研究部門　准教授 兼　京都大学大学院　農学研究科　地域環境科学専攻　准教授
徳永　朋祥	東京大学大学院　新領域創成科学研究科　教授
新堀　雄一（主査）	東北大学大学院　工学研究科　量子エネルギー工学専攻　教授
村瀬　潤	名古屋大学大学院　生命農学研究科　講師

各分野別委員会においては，各分野の研究開発計画の目標設定や研究開発課題についての妥当性，NUMOの技術開発計画の相互補完性，課題の抜け落ち･重複などの観点からのレビューが行われ，研究開発マップへの反映が行われた。しかし，分野別委員会では，当該分野だけの問題ではなく，複数分野にまたがる課題，各分野共通の課題や基盤研究開発の方針などに関わる問題等に関する指摘･示唆もいただいた。これらの指摘等については，各分野別委員会から外部有識者委員会に対して諮問し，外部有識者委員会において対応や考え方などについて検討いただいた。

これらの分野にまたがる課題等については，外部有識者委員会での検討結果を踏まえ，調整会議において検討し，平成26年度の中間評価後の研究開発計画の見直しや平成29年度以降の研究開発計画の策定に反映していく。

1.5 本研究開発マップの構成

1.3～1.5において示した方法により，平成25年度～平成29年度を対象とした研究開発計画について，研究開発マップとして分野毎に整理･展開している。第2章～第5章に高レベル放射性廃棄物の3つの分野（地質環境調査評価技術分野，処分場の工学技術分野，性能評価技術分野）及びTRU廃棄物分野の研究開発計画の詳細を示している。また，第6章において，本計画対象期間において新たに取り組む使用済燃料の直接処分に関する研究開発計画を示している。

なお，各分野の研究開発マップについては，別添資料として整備している。

2. 地質環境調査評価技術分野の研究開発

国の基盤研究開発のうち，地質環境調査評価技術に関する研究開発は，処分地の選定や処分場の設計・性能評価の検討に必要となる地質環境情報を取得するための調査機器や調査手法，あるいは得られたデータを用いて地質環境特性の空間的な分布や長期的な変化を推定しモデル化するための解析・評価手法などを対象としている。

実際の処分場やその候補サイトにおける地質環境の調査や評価を如何に行うか，また，その結果を規制としてどのように確認・評価するかについては，それぞれNUMOや安全規制関係機関がサイトの状況などを勘案しつつ，具体化していくものである。それらが適切に行われるに足るだけの技術基盤を先行的に整備していくことが，地質環境調査評価技術に関する国の基盤研究開発の役割である。技術基盤の整備においては，「基本的な技術として漏れがなく，信頼性があること」，「技術の体系として実用的に整備されていること」が主眼となる。地質環境調査評価技術に関する研究開発を進めるにあたっては，上述の役割を踏まえて研究開発全体の計画を策定したうえで，事業や規制の進展に応じて，その内容を適宜見直していくことが必要である。その際，以下のような視点が重要となる。

○処分地の選定や処分場の設計及び性能評価の根拠となる地質環境情報を取得するためには，どのような調査評価技術が必要か。

○地質環境の調査評価に必要となる個々の技術は，目的に応じた適切なレベルで整備されているか（重要な技術に欠落や支障はないか）。

○それらの技術を組み合わせることによって，目標に応じた段階的な調査が実現できるか（実用性を裏付ける実績や根拠はあるか）。

本マップにおいては，上記のような観点から，段階目標を達成していくための研究開発計画として，まず，研究開発課題の分類及び分類毎の段階目標を設定した。次に，フェーズ2及びフェーズ3について，それぞれの分類目標の達成に向けた研究開発計画を具体化するために，分類をさらに詳細化した細目及びその達成目標を設定したうえで，それぞれを構成する研究開発課題とそれに対する研究開発の進め方を検討した。

以下，2.1 節でフェーズ2及びフェーズ3の目標や内容を示したうえで，2.2 節及び 2.3 節において各フェーズの対応課題に関する設定内容や連携・体系化の考え方を述べる。

2.1 研究開発マップの内容 －分類と分類目標の設定－

平成20年に改定された現行最終処分計画で示されたNUMOによる処分事業のスケジュールを踏まえれば，フェーズ2以降の研究開発は，「平成20年代中頃の精密調査地区の選定」に照準を合わせて進めることが必要となる。精密調査地区の選定後に行われる最終処分施設建設地の選定に向けた精密調査は，大きくは前段の「地上からの精密調査」と，その結果を踏まえた後段の「地下施設を利用した精密調査」からなる。このため，フェーズ2以降の研究開発は，精密調査前段の「地上からの精密調査」と後段の「地下施設を利用した精密調査」のそれぞれに反映すべき成果や時期を念頭において進める必要がある。また，精密調査を開始する段階には，「地上からの精密調査」に関する詳細な計画に加えて，「地下施設を利用した精密調査」を含む精密調査全体に関する概略的な計画が準備されることになるため，この点にも留意して技術基盤の整備を進めることが重要である。一方，精密調査地区の選定に先だって，NUMOによる「概要調査地区の選定」，「概要調査の実施」，あるいは安全

規制による「精密調査地区選定段階に考慮すべき環境要件の策定」や「安全審査基本指針の策定」などが見込まれる。フェーズ2以降の研究開発成果は，このような処分事業の展開や安全規制上の施策にも適宜反映していく必要がある。

以上のような状況を踏まえて，地質環境調査評価技術に関する段階目標として，フェーズ2では「地上からの調査に関わる技術基盤の確立」を，フェーズ3では「地下施設を活用した調査に関わる技術基盤の確立」を掲げている。これらの段階目標を達成するために設定した，フェーズ2及びフェーズ3の研究開発課題の分類と分類目標を表2.1-1に示す。これは，フェーズ1において「地質環境特性」，「地質環境の長期安定性」，「深地層の工学技術の基礎の開発」の3分類の枠組みで進めてきた個々の研究開発の達成レベルや残された課題などを確認し，フェーズ2以降の分類を見直して設定したものである。具体的には，フェーズ1で「地質環境特性」の細目の一つであった「総合的な調査評価技術」を新たに分類として位置付け，「総合的な調査評価技術」，「地質環境特性調査評価技術」，「地質環境の長期安定性調査評価技術」及び「深地層における工学技術」の4分類の構成としている。フェーズ2及びフェーズ3の段階目標である「地上からの調査に関わる技術基盤の確立」及び「地下施設を活用した調査に関わる技術基盤の確立」に向けては，個別に開発・改良してきた技術の有効性・実用性を深地層の研究施設計画などへの適用を通じて確認しつつ，地質環境を総合的に調査評価するための技術体系として整備していくことが重要である。

表2.1-1 分類と分類目標（地質環境調査評価技術）

分類（フェーズ1）	分類（フェーズ2以降）	分類目標（フェーズ2）	分類目標（フェーズ3）
(1) 地質環境特性	(1) 総合的な調査評価技術	地上からの調査技術の体系化・信頼性確認 坑道掘削時の調査技術の体系的整備	坑道掘削時の調査技術/地下施設における調査技術の体系化・信頼性確認
	(2) 地質環境特性調査評価技術	地上からの調査/坑道掘削時の調査に関わる個別技術の改良・高度化	地下施設での調査に関わる個別技術の改良・高度化
(2) 地質環境の長期安定性	(3) 地質環境の長期安定性調査評価技術	天然現象に関する調査技術の体系化と長期予測・影響評価手法の整備	天然現象に関する長期予測・影響評価手法の高度化
(3) 深地層の工学技術の基礎の開発	(4) 深地層における工学技術	地下施設の設計・施工・維持管理技術の整備	地下施設の設計・施工・維持管理技術の高度化

以下，研究開発課題の4つの分類項目について，段階目標の達成に向けた研究開発の進め方を概説する。

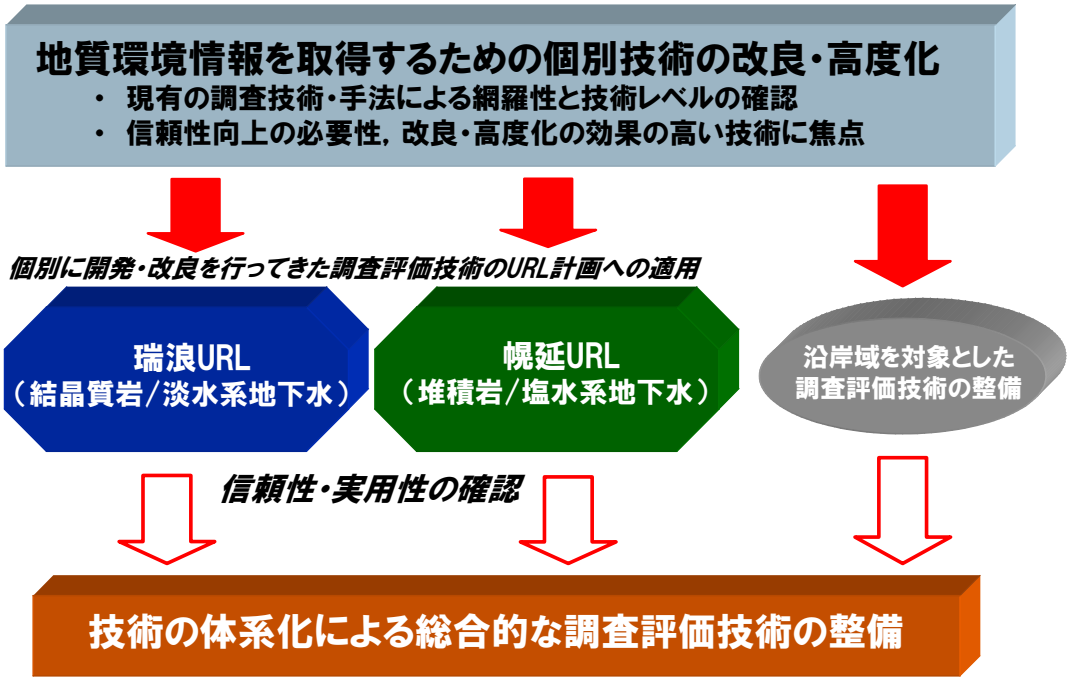
(1) 総合的な調査評価技術

フェーズ2以降の研究開発においては，調査の実現性や技術の実用性が重要な視点となる。そのため，後述の(2)地質環境特性調査評価技術において整備される技術や手法を組み合わせて，段階的にサイトの調査評価を進めるための体系的な方法論を確立し，その成立性を実証的に示していくことが重要である。具体的には，わが国の地質環境を代表する結晶質岩と堆積岩を対象とした2つの深地層の研究施設等を活用して，これまでに開発・整備してきた地質環境の調査評価技術を現実の地質

環境に適用することを通じ，その信頼性や実用性を確認しつつ，地上からの調査や地下施設での調査といった段階に応じた体系的な調査評価手法として整備していく。また，沿岸域（海岸線付近の陸地から浅海域までを含む）については，(2)地質環境特性調査評価技術における個別の研究開発を統合しながら，一連の技術としての体系化を目指していく（図2.1-1参照）。

深地層の研究施設においては，JAEAの現中期計画期間中（平成22年度～26年度）において，深地層環境の深度（瑞浪：深度500m，幌延：深度350m）までの坑道掘削を伴う調査研究段階（第2段階）が進められており，これを通じて，地上からの調査の妥当性確認を行うことがフェーズ2の必須の課題である。一方で，立坑や水平坑道の建設などを通じて，坑道掘削時の調査技術を蓄積していくことも，同じく重要な課題となる。また，この深地層の研究施設では，上記の第2段階に並行して坑道を利用した調査研究段階（第3段階）も開始されており，深地層環境の深度に水平坑道が展開されつつある。それらを活用した本格的な調査研究を通じて，坑道掘削時の調査技術や地下施設における調査技術の体系化と信頼性確認を進めていくことがフェーズ3の課題である。

以上の認識に基づき，フェーズ2では「地上からの調査技術の体系化・信頼性確認」と「坑道掘削時の調査技術の体系的整備」を，またフェーズ3では「坑道掘削時の調査技術／地下施設における調査技術の体系化・信頼性確認」を分類目標とした。



（URL(Underground Research Laboratory)：深地層の研究施設）

図2.1-1　地質環境調査評価技術分野のフェーズ2以降の研究開発の特徴

(2)　地質環境特性調査評価技術

物理探査技術やボーリング調査技術など，地質環境情報を取得するために活用できる既存の技術や手法は多岐に及び，それぞれの技術に応じて常に改良・高度化の余地がある。また，現有の個別技術を組み合わせた複合技術や地質環境のモデル化を支援する技術（例えば，岩盤物性の空間分布を推定する技術など）としての開発要素も残されている。これらのうち，国の基盤研究開発においては，

重要な地質環境情報を取得するために必要となる技術・手法の網羅性と技術レベルを地層処分事業の進展を見据えて適宜確認しつつ，信頼性向上の重要性や改良・高度化の効果の高い技術に焦点をあてて開発を進めることが必要である。

地質環境特性調査評価技術に関する研究開発を進めるにあたっては，深地層の研究施設計画を最大限に活用して，個別技術の適用性を確認しつつ，前項の(1)で述べた一連の技術体系への統合を図っていくことが重要である。特に，沿岸域の地質環境については，内陸地域に比べて調査の実績が少なく，また海水の影響や塩淡境界の分布を考慮する必要があるなど，研究開発の余地が残っている。フェーズ2以降の研究開発においては，沿岸域に焦点をあてた技術のレビューを行いながら，国の基盤研究開発として取り組むべき課題や目標などを明確化して進めることが重要である。

以上の認識に基づき，フェーズ2では「地上からの調査／坑道掘削時の調査に関わる個別技術の改良・高度化」を，またフェーズ3では，主に深地層の研究施設計画を活用した「地下施設での調査に関わる個別技術の改良・高度化」を分類目標とした。

(3) 地質環境の長期安定性調査評価技術

地質環境の長期安定性は，わが国における地層処分の成立性を支える必須の要件であり，国の基盤研究開発として継続的に取り組むことが重要である。フェーズ2以降の研究開発においては，安定した地質環境を選定するという視点に加え，与えられた場の安定性や長期的な変化を地層処分システムの性能と関係づけて定量的に評価するという視点での研究開発を進める必要がある。そのため，過去の変動履歴に関する調査技術の改良・高度化を進めるとともに，天然現象の長期予測手法や地質環境への影響評価手法を整備していくことが重要となる。また，安全規制の具体化に向けた議論の進展に伴い，安全評価期間や評価シナリオなどとの関係にも留意した対応が必要である。具体的には，変動地形が明瞭でない活断層の有無を確認するための調査技術として，地上からの調査技術の適用事例を増やすとともに，地球物理データや地球化学データ等を用いた総合的な解析手法を導入することによって信頼性を向上させる。また，超長期における予測・評価手法に関する検討として，現在の地殻変動の方向・速度が一定になった時期を地域ごとに推定する手法を確立する。

以上の認識に基づき，フェーズ2では「天然現象に関する調査技術の体系化と長期予測・影響評価手法の整備」を，また，フェーズ3では「天然現象に関する長期予測・影響評価手法の高度化」を分類目標とした。

(4) 深地層における工学技術

深地層の研究施設においては，JAEAの現中期計画期間中（平成22年度～26年度）に，深地層環境の深度まで坑道を掘削しながら調査研究が進められ，これらを通じ，地下施設の設計・施工・維持管理技術の整備と高度化を進めていくことが重要である。

深地層における工学技術については，深地層の研究施設計画における坑道掘削時の調査研究に基づく「地下施設の設計・施工・維持管理技術の整備」をフェーズ2の分類目標とし，フェーズ3では，地下施設における調査研究の成果も含めた「地下施設の設計・施工・維持管理技術の高度化」を分類目標とした。

1.2 節で示した考え方に基づき，上述した分類目標の達成に向けた研究開発計画を具体化するため，フェーズ2及びフェーズ3のそれぞれについて，分類ごとに研究開発対象を詳細化して細目を設定したうえで，達成目標及びそれを達成するために取り組むべき課題とその進め方を検討し，研究開発マップに整理した。以下，フェーズ2及びフェーズ3について，細目の設定から研究開発マップ作成に至るまでの考え方を示す。

2.2 研究開発マップの内容 －細目と課題の設定(フェーズ2)－

フェーズ2の分類目標の達成に向けて設定した細目を，フェーズ1と対比させて表2.2-1に示す。これは，フェーズ2におけるこれまでの研究開発の進捗を踏まえて，地上からの精密調査の段階に必要となる技術を整備する観点から重点化を図ったものである。

表2.2-1 フェーズ2の細目の設定(地質環境調査評価技術)

フェーズ1

分類	細目
(2) 地質環境特性	①総合的な調査・評価
	②地質・地質構造
	③地下水流動特性
	④地球化学特性
	⑤岩盤の応力・熱・特性
	⑥物質移動特性
	⑦地質環境調査技術高度化
(1) 地質環境の長期安定性	①地震・断層活動
	②火山・火成活動
	③隆起・侵食
	④気候・海水準変動
(3) 深地層の工学的技術の基礎の開発	

フェーズ2

分類	細目
(1) 総合的な調査評価技術	①多様な地質環境を対象とした調査評価技術
	②特定の地質環境を対象とした調査評価技術 ○結晶質岩 ○堆積岩 ○沿岸域
	③地質環境の長期変遷評価技術
(2) 地質環境特性調査評価技術	①地質・地質構造
	②地下水流動特性
	③地球化学特性
	④物質移動特性
	⑤岩盤の熱・力学特性
(3) 地質環境の長期安定性調査評価技術	①地震・断層活動
	②火山・熱水活動
	③隆起・侵食/気候・海水準変動
(4) 深地層における工学技術	①結晶質岩
	②堆積岩

「総合的な調査評価技術」においては，細目として「①多様な地質環境を対象とした調査評価技術」と「②特定の地質環境を対象とした調査評価技術」(結晶質岩，堆積岩，沿岸域)を設定している。前者では，わが国の多様な地質環境を対象に網羅的･概括的な視点で調査評価技術の体系的整備を目指し，後者においては，深地層の研究施設計画など特定の地質環境を対象とした調査や解析を通じて地質環境を総合的に理解しつつ，調査評価技術の信頼性確認と体系化を目指す。後者の対象としては，わが国の地質環境を代表する「結晶質岩」及び「堆積岩」に，2.1(2)の議論を踏まえて，「沿岸域」を加えた構成としている。さらに，地質環境特性の時間的な変化や地質環境の超長期的な変化に関する研究開発を体系的に取り扱うことの重要性を明示するため，「③地質環境の長期変遷評価技術」を細目として新たに設定した。

「地質環境特性調査評価技術」については，フェーズ1における「地質環境特性」の構成を参照して5つの細目を設定している。フェーズ1において「地質環境特性」の細目の一つであった「地質環境調

査技術高度化」は，「総合的な調査評価技術」と「地質環境特性調査評価技術」の細目で包含できるため削除している。

「地質環境の長期安定性評価技術」では，フェーズ1における細目の一つであった「火山・火成活動」に関連する研究開発として，非火山地域における地温異常や熱水作用などが重要な研究対象であることを踏まえ，それを明示する意味で細目名を「火山・熱水活動」としている。また，「隆起・侵食」と「気候・海水準変動」については，将来の地形変化などを予測する観点から複合的な評価が必要となるため，両者をあわせて「隆起・侵食／気候・海水準変動」としている。

「深地層における工学技術」については，工学的な特性の違いに着目して，2つの深地層の研究施設計画の対象である「結晶質岩」と「堆積岩」を細目としている。

本研究開発マップにおいては，細目ごとに，フェーズ2におけるこれまでの研究開発の成果や達成度を確認しつつ，今後の達成目標及びそれを達成するために取り組むべき課題とその進め方を検討し，別添資料 1-1 の研究開発マップ 【地質環境調査評価技術：フェーズ2】に整理した。

以下，研究開発マップ（フェーズ2）の背景となっている主な考え方を，分類ごとに整理する。

（1） 総合的な調査評価技術

表2.2-1に示した「②特定の地質環境を対象とした調査評価技術」のうち「結晶質岩」と「堆積岩」については，2つの深地層の研究施設計画における大きな目標に位置付けて研究開発が進められており，その中で関係機関との共同研究などを通した連携・協力が図られている。JAEAの現中期計画期間（平成26年度まで）においては，地上からの調査研究で予測した地質環境を確認することを通じて，地上からの調査技術やモデル化手法の妥当性の評価がなされる見込みである。今後は，目標の達成を目指して，関係機関による連携・協力の強化を図りながら，深地層の研究施設計画を着実に進めて行くことが重要である。

一方，「沿岸域」については，基本的には既存技術の適用により内陸域と同様の調査が可能と考えられるが，調査の実績や経験的な知識が少ないため，現象の理解及び技術の体系化の観点から以下のような取組が重要である。

- ○調査評価技術の体系化に向け，海域での実際の調査も通じて，フィールド調査における一連の方法論と関係づけて個々の技術の適用性を評価していく。
- ○上記の調査結果などを活用しつつ，地下水流動，地下水年代，水質形成メカニズムの総合的な解釈を通じて，沿岸域における地下水環境（場）の理解を進める。
- ○地下水流動については，内陸域と同様の水理地質構造（断層などの不連続構造，低透水性構造）や動水勾配などに加えて，塩淡境界や海底湧水を把握するための調査技術の整備を進める。また，海水と淡水との密度勾配による流動や移流場から拡散場への移行，海水準変動の影響などに着目して，解析技術の開発を進める。

以上を踏まえ，フェーズ2においては，具体的なフィールドを対象に調査を実施し，沿岸域特有の地質環境特性に関する知見を蓄積しながら，調査評価技術の信頼性向上と体系化を図っていくこととした。これに基づき，資源エネルギー庁事業（以下，「ANRE事業」という）と幌延の深地層の研究施設計画との連携により，幌延町西岸の海域から陸域までを包含した地質環境を対象に，調査・評価技術

の体系化に向けた取組（沿岸域プロジェクト）が進められてきた。今後の調査においては，これまでに整備してきた様々な技術を適用してそれらの高度化を図りつつ，海域での調査にも重点を置いて，塩淡境界の詳細な分布や沿岸海底下での地下水流動の状況といった沿岸域特有の地質環境特性の把握に努めながら，技術の体系化を図っていく必要がある。

さらに，総合的な調査評価技術としては，地質環境の時間的な変化への対応が重要となる。すなわち，地層処分の安全性を評価する際には，地質環境特性の時間的な変化や地質環境の超長期的な変化などを踏まえて，安全評価のシナリオやモデルを設定する必要がある。これに対して，地質環境調査評価技術として適切に応えていくための研究開発課題として，「③地質環境の長期変遷評価技術」を細目として新たに設定し，先ずは，その評価に向け必要となる，基盤技術（編年技術の開発）に重点を置くこととする。

以上の研究成果については，引き続き「①多様な地質環境を対象とした調査評価技術」として整備を進めているエキスパートシステムなどのツールを活用して，知識化・体系化を図っていくことが重要である。

（2） 地質環境特性調査評価技術

地質環境特性調査評価技術としては，フェーズ1において，重要な地質環境情報を取得するための個別技術について，網羅的に研究開発課題の設定がなされてきた。フェーズ2においても，基本的に従来の課題設定の構成を踏襲しつつ，重要な課題に焦点をあてて研究開発を進めていくこととした。特に深地層の研究施設計画においては，これまで構築したサイトスケール（数 km オーダー）地質環境モデルの妥当性の評価や更新を地下での調査を通じて行うと同時に，ブロックスケール（数百 m～数十 m）の地質環境モデルの構築技術の整備について重点化していく。また，沿岸域を対象とした調査を念頭に置いた個別技術については，フェーズ1において複数のANRE事業として進められてきた研究開発をJAEAの研究開発も含めて前項(1)総合的な調査評価技術として取り込みつつ，全体の連携強化を図ってきた。その中で，これまで開発を進めてきたコントロールボーリングや高精度物理探査などの手法が実用化されてきており，地下水年代測定技術についても，測定手法自体は概ね確立できてきている。今後も引き続き，地質環境調査への適用を通じて，総合的な調査・評価技術として体系化していくことが重要である。

（3） 地質環境の長期安定性調査評価技術

地質環境の長期安定性調査評価技術については，「第2次取りまとめ」を踏襲して課題設定された天然現象を対象に，調査手法の整備を主眼とした事例研究が進められてきたが，フェーズ2の研究開発では，性能評価との連携を強化しつつ，将来予測や影響評価に関する技術の整備に重点を移していく必要がある。また，地質環境の長期安定性は処分地選定の基本的な要件であり，その評価は主に地上からの調査によってなされるため，国の基盤研究開発としても，早期に実用化できる見通しをもって，調査技術の開発を進める必要がある。

フェーズ2におけるこれまでの研究開発により，地下に伏在しているマグマの存在を検出する技術や段丘等を利用して隆起量を測定する技術などについては概ね整備できてきている。活断層の調査評価技術については，原子力施設の耐震や地震防災の分野で精力的な取組みが進められているため，

これらの成果も積極的に活用しながら，必ずしも十分な検討がなされていない，例えば，変形地形が明瞭でない活断層の評価といった課題に焦点を絞って研究開発を進めていくことが重要である。また，東北地方太平洋沖地震という従来想定されていなかったマグニチュード9の巨大地震が発生した事実を重く受け止めて，将来の天然現象による変化や変動の規模の評価などに対して，より一層の柔軟性と広い視野をもって取り組んでいかなければならない。とくに，巨大地震に伴う地殻変動や誘発的な断層活動への留意が必要である。

なお，将来予測に関しては，予測期間の長さに応じて不確実性が増加するという普遍的な傾向や各天然現象に固有の特徴に留意しつつ，「第2次取りまとめ」が示した「将来10万年程度までの評価」の信頼性を確保する一方で，安全評価期間が10万年程度を超えるようなケースに対して，どのような情報や知見を提示できるかについても明確にしていく必要がある。こうした観点から今後は，安全審査基本指針などの策定に向けた安全規制の議論にも注目しつつ，必要に応じて研究開発の優先度や進め方を見直していく。

(4) 深地層における工学技術

深地層における工学技術については，(1)総合的な調査評価技術と同様に，結晶質岩と堆積岩を対象とした深地層の研究施設計画における目標に位置付けて研究開発が進められている。フェーズ2においては，坑道掘削時の調査研究を通じて得られる情報に基づき，地下施設の設計や掘削・覆工技術等の妥当性，及び実際の岩盤や湧水等の状況に応じた施工対策の有効性などを確認しながら，地下施設の施工・維持管理技術の整備を進めていく。上述の通り，JAEAの現中期計画期間（平成26年度まで）終了までには，2つの深地層の研究施設計画においてそれぞれ深度500m(瑞浪)，350m（幌延）までの坑道掘削が終了する見込みであり，フェーズ2においては，この際の調査研究を通じて，湧水抑制対策や排水処理対策などを含め，地下施設の設計・施工・維持管理技術の整備（信頼性の確認）に関する知見が得られる見通しである。

以上に述べた(1)から(4)までの研究開発をより一層効率的に進めていくためには，細目内の各課題，細目，分類，あるいは分野間といった様々なレベルでの連携を進めていくことが必要である。また，フェーズ2の段階目標である「地上からの調査に関わる技術基盤の確立」に向けては，個々の研究開発の成果を一連の技術体系へと統合していくことが重要となる。そのためには，ANRE事業とJAEAの研究開発について，それぞれの特徴を活かして効果的・効率的に役割分担と研究協力を図っていくことが重要である。このような認識に基づき，フェーズ2においては，すでに調査評価技術の開発・高度化を目指したANRE事業と2つの深地層の研究施設計画との連携など，実際の地質環境を活用した技術の適用性確認や体系化に向けた研究協力が積極的に進められているところである。今後は，それらの成果を取り込みつつ，「結晶質岩」，「堆積岩」，「沿岸域」を対象とした一連の調査評価技術の体系へとさらに集約していくことが重要である。以下に主な連携の例を示す。

○調査評価技術の開発・高度化や適用性確認を目指した研究協力〔細目内（課題間）の連携〕

- ボーリング技術高度化調査，塩淡境界調査技術及び地下水年代測定技術の連携〔ANRE事業間の連携〕
- 深地層の研究施設を活用した物質移動試験技術の適用性確認〔ANRE事業とJAEAの研究

開発〕

○調査評価技術の適用性確認や体系化を目指した研究協力〔細目間・分類間の連携〕

- 結晶質岩と堆積岩の2つの深地層の研究施設計画での適用を通じた一連の調査評価技術の構築〔ANRE事業とJAEAの研究開発〕
- 沿岸域を対象とした一連の調査評価技術の構築〔ANRE事業とJAEAの研究開発（幌延）〕

また，地質環境の調査から処分場の設計・性能評価までの一連の地層処分技術の体系として研究成果を集約していくためには，以下に示すような工学技術や性能評価との分野間での連携が重要である。フェーズ2のこれまでの研究開発において，その取組がなされてきているものの，今後さらに強化を図る必要がある。

○地質環境の調査から核種移行解析に至る一連の技術体系の構築〔地質環境調査評価技術（総合的な調査評価技術）と性能評価技術（総合的な性能評価技術）の連携〕

○深地層の研究施設計画を活用した処分場の設計・施工技術の適用性確認〔地質環境調査評価技術（深地層における工学技術）と処分場の工学技術（処分場の設計・施工技術）の連携〕

○天然現象影響評価技術〔地質環境調査評価技術（地質環境の長期安定性調査評価技術）と性能評価技術（総合的な性能評価技術）の連携〕

2.3 研究開発マップの内容 －細目と課題の設定（フェーズ３）－

フェーズ3の分類目標の達成に向けて設定した細目を表2.3-1に示す。これは，地下施設を利用した精密調査の段階に必要となる技術基盤を整備する観点から，国の基盤研究開発として実施すべき研究開発課題を細目として設定したものであり，基本的には深地層の研究施設を活用して実施するジェネリックな研究開発である。ただし，フェーズ3の研究開発は，候補サイトの条件を念頭において実施すべき課題も多いため，NUMOによる処分地選定の状況も踏まえて，適宜，スペシフィックな視点を取り入れながら見直していく必要がある。

表2.3-1 フェーズ3の細目の設定（地質環境調査評価技術）

分類	細目
(1)総合的な調査評価技術	①多様な地質環境を対象とした調査評価技術
	②特定の地質環境を対象とした調査評価技術 ○結晶質岩　○堆積岩
	③地質環境の長期変遷評価技術
(2)地質環境特性調査評価技術	①地質・地質構造
	②地下水流動特性
	③地球化学特性
	④物質移動特性
	⑤岩盤の熱・力学特性
(3)地質環境の長期安定性調査評価技術	①地下施設における調査評価技術の開発
(4)深地層における工学技術	①結晶質岩
	②堆積岩

「総合的な調査評価技術」においては，細目として「①多様な地質環境を対象とした調査評価技術」と「②特定の地質環境を対象とした調査評価技術」（結晶質岩，堆積岩）及び「③地質環境の長期変遷評価技術」を設定した。なお，「②特定の地質環境を対象とした調査評価技術」に関して，フェーズ2において課題設定した「沿岸域」については，塩水，淡水を含む地下水流動の把握などを結晶質岩，堆積岩における地下施設を利用する調査段階に含めて統合することとした。ただし，ここで削除した課題（細目）についても，今後の研究開発の進展や候補サイトの条件によっては，国の基盤研究開発としての継続的な取組が必要になることもあるため，NUMOによる処分地選定の状況を見極めながら，適宜，見直しを行うこととする。

「地質環境特性調査評価技術」については，地質環境の各特性を把握するための要素技術として，引き続き5つの細目を設定した。

「地質環境の長期安定性評価技術」については，地下施設を利用した調査段階においては，地下坑道で遭遇する断層の活動性の評価などが重要となることから，「①地下施設における調査評価技術の開発」を細目として設定し，フェーズ2において設定していた各天然現象に関する細目は削除した。ただし，候補サイトの条件によっては，国の基盤研究開発として実施すべき新たな課題が生じると予想されるため，NUMOによる処分地選定の状況を見極めながら，適宜，見直していく。

「深地層における工学技術」については，フェーズ2と同様に，工学的な特性の違いに着目して，2つの深地層の研究施設計画の対象である「結晶質岩」と「堆積岩」を細目としている。

本研究開発マップにおいては，細目ごとにフェーズ3における達成目標及びそれを達成するために取り組むべき課題とその進め方を検討し，別添資料1-2の研究開発マップ 【地質環境調査評価技術：フェーズ3】に整理した。

以下，研究開発マップ（フェーズ3）の背景となっている主な議論の結果を，分類ごとに整理する。

（1） 総合的な調査評価技術

表2.3-1に示した「②特定の地質環境を対象とした調査評価技術」のうち「結晶質岩」と「堆積岩」については，2つの深地層の研究施設計画における大きな目標に位置付けて研究開発が進められており，深地層環境の深度における調査研究が行われる見込みである。この段階では，物質移動や掘削影響領域などにも着目しながら，坑道周辺のニアフィールド領域に焦点を当てた研究開発が進められる。その結果を踏まえて，処分場の設計・性能評価の観点から，地質環境を総合的に評価するための手法を整備することが重要である。そのためには，関係機関による連携・協力を強化しつつ，オールジャパンの技術を結集していくことが重要である。また，将来的に実施される地下施設の埋め戻しに伴う再冠水現象の実証や予測・観測技術の開発などを目指した研究開発についても，先行的に検討していくことが必要である。

一方，「沿岸域」については，基本的に深地層の研究施設計画における地下施設での調査研究や，下記（2）の地質環境特性調査評価技術に包含していくことになるが，モデルの検証や長期変遷の評価など沿岸域に固有の課題も残るため，NUMOによる処分地選定の状況を見ながら，必要に応じて研究開発課題を設定していく。

さらに，「③地質環境の長期変遷評価技術」については，地質環境長期変動モデルや革新的分析

技術などの要素技術の開発などについて，フェーズ2で開発した編年技術や深地層の研究施設における調査研究によって得られた科学的知見・データなどによって，建設・操業・閉鎖・閉鎖後長期といった時間スケールを考慮して，技術の適用性や信頼性を確認し，高度化する。

以上の研究成果については，引き続きエキスパートシステムなどのツールを活用して，知識化・体系化を図っていくことが重要である。

(2) 地質環境特性調査評価技術

地質環境特性調査評価技術としては，地質環境の各特性を把握するための要素技術として抜け落ちがないことを保証する観点から，フェーズ3においても，これまでの課題構成を踏襲したうえで，例えば，海底下の地下水流動特性の評価技術といった重要な課題に焦点をあてて研究開発を進めていく。同時に，フェーズ2で開発された技術についても必要に応じて，フェーズ3の中で適用性を確認していく。個別の研究開発によって得られた成果や整備された技術は，1)総合的な調査評価技術として体系化していくことが重要である。

(3) 地質環境の長期安定性調査評価技術

フェーズ3においては，「①地下施設における調査評価技術の開発」として，地下坑道で遭遇した断層の活動性を評価するための調査手法や年代測定技術の確立を図っていく。具体的には，革新的な要素技術として断層充填鉱物の分離技術の開発や年代測定技術の高度化などを進めていく。これらの技術はフェーズ3の(1)③地質環境の長期変遷評価技術(表2.3-1)にも適切に反映していく。また，細目としては設けないが，これまでに取り組んできた自然現象に関する調査評価技術についても，最新の科学的知見を反映しつつ，継続的に技術の高度化を進める。

(4) 深地層における工学技術

深地層における工学技術については，結晶質岩と堆積岩を対象とした深地層の研究施設計画における目標に位置付けて研究開発が進められている。フェーズ3においては，深地層環境の深度に展開される地下施設での調査研究を通じて得られる情報に基づき，地下施設の設計・施工・維持管理技術の高度化を図っていく。また，将来的に実施される地下施設の閉鎖に向けた埋め戻しや原状回復のための技術についても，先行的に検討していく必要がある。

以上に述べた(1)から(4)までの研究開発を効率的に進めていくためには，細目内の各課題，細目，分類，あるいは分野間といった様々なレベルでの連携・協力の強化が必要である。また，フェーズ3の段階目標である「地下施設を活用した調査に関わる技術基盤の確立」に向けては，個々の研究開発の成果を一連の技術体系へと統合していくことが重要となる。そのためには，ANRE事業とJAEAの研究開発について，それぞれの特徴を活かして効果的・効率的に役割分担しつつ研究協力を図っていくことが重要である。また，フェーズ3においては，地質環境の調査から処分場の設計・性能評価までの一連の地層処分技術の体系として研究成果を集約していくことが，より一層重要となるため，工学技術や性能評価との分野間での連携をさらに密にしていく必要がある。

3. 処分場の工学技術分野の研究開発計画

国の基盤研究開発のうち，処分場の工学技術に関する研究開発は，人工バリアを含む処分場施設の構築に必要となる設計，建設，操業，閉鎖などの技術や，構築された人工バリアを含むニアフィールド環境において熱−水−応力−化学連成挙動などの長期にわたる挙動評価に必要なモデルやデータベースなどを対象としている。

フェーズ2（平成24年度頃まで）における，処分場の工学技術では，精密調査地区の選定や概要調査結果に基づく処分場の概念設計，及び安全規制による安全審査基本指針の策定に必要となる処分場の設計・施工技術や長期健全性評価技術を技術基盤として整備しておくことが重要である。特に，精密調査では地下の坑道が掘削されることから，処分事業や安全規制に先行して処分場の設計・施工技術の適用性を実際に確認し，提示していくことが重要となる。

このような考え方や第1章に示した視点から，本研究開発マップにおいては，平成18年度版全体計画を出発点として，段階目標を達成していくための研究開発計画について，まず，研究開発要素の分類及び分類ごとの精密調査地区選定を見据えた喫緊の研究開発課題及び実施主体による精密調査[後半の地下施設での調査]に資する研究開発課題の具体的な目標を検討した（3.1 節参照）。さらにこれらの分類目標の達成に向けた今後の研究開発計画を具体化するために，分類をさらに詳細化した細目及びその達成目標を設定したうえで，それぞれの研究開発課題とそれに対する研究開発の進め方を検討し，研究開発マップを作成した。このような見直しにあたってはこれまでの研究開発の成果やNUMO等のニーズを踏まえた細目と課題を設定している。特に，精密調査地区選定を見据えた喫緊の研究開発課題については 3.2 節に詳細に記載している。また，精密調査に資する研究開発課題については，長期達成目標を踏まえた平成29年度迄の中間目標を設定し，課題及びその課題解決の進め方等について 3.3 節に記載している。

3.1 研究開発マップの内容 −分類と分類目標の設定−

本研究開発マップでは，処分場の工学技術に関わる段階目標として，平成21年度に公表した「高レベル放射性廃棄物及びTRU廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画」（以下，「平成21年度版全体計画」という）[2]を踏襲して，引き続きフェーズ2では「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，フェーズ3では，「実際の地質環境を対象とした体系的・合理的な評価手法と工学技術等の実証」を掲げている。今回の計画策定では，フェーズ2とフェーズ3の双方を扱う移行段階と位置付けられるため，従来のフェーズ1及び2に関して，更なる重点化等が必要とされる喫緊の課題に対しても，個々の技術について最新の科学的知見を適切に取り込み技術基盤の充実を図っていくとともに，深地層の研究施設等の活用を図り適用性を確認していく。また，フェーズ3では，これら技術基盤の充実と適用性の確認に加え，総合的に技術基盤としての体系化を図っていく。さらに，平成23年3月11日に発生した東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所の事故を踏まえた巨大地震・津波や発生確率が低いと考えられる事象等に対する対応も新たな分類として位置づけていく。

表3.1−1に，フェーズ2以降の研究開発に対し，ここで設定した処分場の工学技術分野の分類と分

[2] 資源エネルギー庁，（独）日本原子力研究開発機構（2010），「高レベル放射性廃棄物及びTRU廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画」，
http://www.enecho.meti.go.jp/rw/docs/library/rprt3/rprt05.pdf

類目標を示す。これは，平成21年度版全体計画における分類と分類目標を踏襲したものである。表に示す3つの分類のうち，後者の2つは，それぞれ「工学技術」と「長期健全性」という研究開発全体マップ平成16年度版のフェーズ1で設定した分類に相当し，「(2)処分場の設計・施工技術」は，人工バリアを含む処分場施設の構築に必要な技術を，また「(3)長期健全性評価技術」は，人工バリアを含むニアフィールドの長期にわたる挙動評価に必要な技術を対象としている。フェーズ2以降では，それぞれ「実際にものを作ることができること」と，「そのふるまいを評価するモデルの検証・確証」といった視点が重要となる。

もう一つの分類「(1)処分場の総合的な工学技術」は，平成18年度版全体計画[3]において，フェーズ2から新たに掲げた分類である。これは，特に研究開発全体マップ平成16年度版への大学等の有識者によるコメントも念頭に，個別に進めているテーマの連携の強化やそれらを体系化していくための方策を具体化することを意図して設定したものである。これにより，上記(2)，(3)で得られる2つの特徴的な研究開発の成果を，NUMOや安全規制のニーズに応じ，技術基盤として柔軟に統合していくことを意図している。

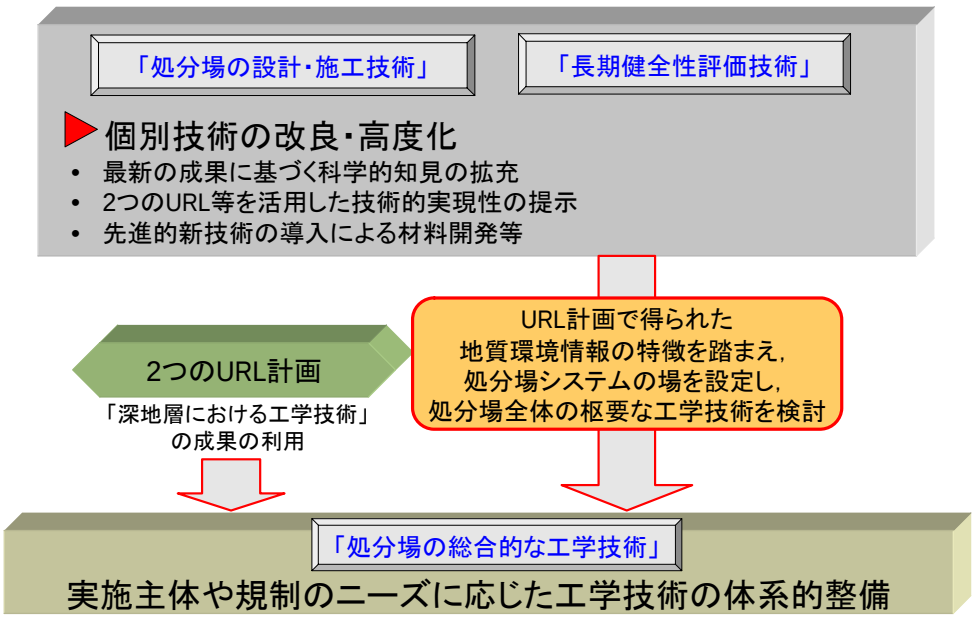
以上に述べた考え方は，本研究開発マップにおいても引き続き妥当なものであると判断され，上述したとおり，分類と分類目標については平成21年度版全体計画を変更しないこととした。

表3.1-1 分類と分類目標（処分場の工学技術）

分類 （フェーズ 1）	分類 （フェーズ 2 以降）	分類目標（フェーズ 2）	分類目標（フェーズ 3）
	(1) 処分場の総合的な工学技術	実際の地質環境への適用を考慮した柔軟性のある工学技術の体系化	実際の地質環境への適用性が確認された工学技術全体の体系化
(1)工学技術	(2) 処分場の設計・施工技術	設計・建設技術の実際の地質環境への適用性確認と操業・閉鎖技術の整備	処分場の設計・施工技術の実際の地質環境への総合的な適用性確認
(2)長期健全性	(3) 長期健全性評価技術	実際の地質環境へ適用可能な長期健全性評価モデルの整備	実際の地質環境に対する長期健全性評価モデルの総合的な適用性確認

処分場の工学技術分野における分類及び分類目標の体系とフェーズ2以降の研究開発の特徴はこれまでの全体計画と同様，図3.1-1のように示すことができる。

[3] 資源エネルギー庁，(独)日本原子力研究開発機構(2006)，「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」（平成18年12月），
http://www.enecho.meti.go.jp/rw/docs/library/rprt3/rprt02.pdf



（URL(Underground Research Laboratory)：深地層の研究施設）

図3.1-1　処分場の工学技術分野のフェーズ2以降の研究開発の特徴

3.2　研究開発マップの内容　－細目と課題の設定（フェーズ２）－

3.1 節で設定した分類目標の達成に向けた研究開発計画を具体化するために，前改訂からこれまでの研究開発の進捗や第 1 章に述べた視点に基づいて検討を行い，ここでは，分類ごとの細目を表3.2-1のとおり設定した。設定した細目に対し，フェーズ2とフェーズ3の双方を扱う移行段階であることを勘案して，各細目の達成目標とその目標を達成するための具体的な研究開発の課題及びそれに対する研究開発の進め方を整理した。これらは研究開発マップ 【処分場の工学技術：フェーズ2】（別添資料2-1）に集約している。

細目については，基本的に平成21年度版全体計画に示されたフェーズ2の構造をベースとしている。細目ごとの達成目標とその目標を達成するための具体的な研究開発の課題については，先行して公開済みの全体計画第3章 3.2 節で示されている国の基盤研究開発全体に対して設定されている全体目標（地層処分の技術基盤の継続的な強化による技術的信頼性・安全性の向上：科学的知見の拡充，技術的実現性の提示，先進的新技術の導入）に照らしながら，国が行う基盤研究開発として「今なぜその研究が必要なのか。」という観点から研究の意義と位置付けの再確認を行った。「(1)処分場の総合的な工学技術」では，処分施設と人工バリアに共通する項目に，平成23年3月11日に発生した東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所の事故を踏まえた巨大地震・津波や発生確率が低いと考えられる事象等に対する対応を加えた。「(2)処分場の設計・施工技術」は，これまで同様の細目とした。「(3)長期健全性評価技術」では，ガラス固化体に係る課題ついてはフェーズ1で終了していることから，細目を削除した。また，セメント・コンクリートは，フェーズ3としてのみ実施することから，細目を削除した。オーバーパックの長期健全性評価技術については「(2)処分場の設計・施工技術」の「①人工バリア a)オーバーパック」における腐食挙動評価等に基づいて実施予定であり，これまで同様，この項目に含めている。

以下，分類ごとに設定した細目について，達成目標や研究開発の課題，課題に対する研究開発の

進め方について述べる。

表3.2-1 フェーズ2の細目の設定(処分場の工学技術)

平成21年度改訂時

分類	細目	
(1) 処分場の総合的な工学技術	①URLにおける適用性検討	
	②工学技術オプション	
(2) 処分場の設計・施工技術	①人工バリア	a) オーバーパック
		b) 緩衝材
	②支保・グラウト・シーリング	a) シーリング
		b) 支保(低アルカリ性セメント)
		c) グラウト
	③建設・操業・閉鎖等の工学技術	a) 建設技術
		b) 操業技術
		c) 閉鎖技術
		d) 品質管理
		e) 回収技術
(3) 長期健全性評価技術	①ガラス固化体	
	②緩衝材	a) 緩衝材の長期力学的変形挙動
		b) 緩衝材の長期変質挙動
		c) 緩衝材流出・侵入挙動
	③セメント・コンクリート	
	④岩盤	
	⑤熱-水-応力-化学連成評価技術	
	⑥ガス移行挙動	
	⑦人工バリアせん断応答挙動	

本研究開発マップ

分類	細目	
(1) 処分場の総合的な工学技術	①URLにおける適用性検討	
	②工学技術オプション	
	③巨大地震・津波に対する処分場工学技術の高度化	
	④発生確率が低いと考えられる事象に関わる検討	
	⑤処分場の限界状態評価手法の開発	
	⑥残置物の影響評価と対策検討	
(2) 処分場の設計・施工技術	①人工バリア	a) オーバーパック
		b) 緩衝材
	②支保・グラウト・シーリング	a) シーリング
		b) 支保(低アルカリ性セメント)
		c) グラウト
	③建設・操業・閉鎖等の工学技術	a) 建設技術
		b) 操業技術
		c) 閉鎖技術
		d) 品質管理
		e) 回収技術
(3) 長期健全性評価技術	①緩衝材	a) 緩衝材の長期力学的変形挙動
		b) 緩衝材の長期変質挙動
		c) 緩衝材流出・侵入挙動
	②岩盤	
	③熱-水-応力-化学連成評価技術	
	④ガス移行挙動	
	⑤人工バリアせん断応答挙動	

(URL: 深地層の研究施設)

(1) 処分場の総合的な工学技術

3.1 節で述べたように，本分類は，他の2つの分類(「(2)処分場の設計・施工技術」と「(3)長期健全性評価技術」)の個々の成果の体系化を図るために設けられたものである。特に，1.1 節で示されている平成23年3月11日に発生した東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所の事故を踏まえた巨大地震・津波や発生確率が低いと考えられる事象等に対する対応も新たな分類として追加している。なお，研究開発全体マップ平成16年度版で設定されたフェーズ1の構造では，分類「工学技術」の細目のうち「①人工バリア(オーバーパック，緩衝材)」の中に，人工バリアの設計と施工に関する技術を体系的に取り扱うための「全体(適用性検討)」という下部の細目が設けられていたが，これは本分類に吸収されている。

細目の達成目標や研究開発の課題の設定にあたっては，特に，現時点で具体的なサイトが特定されていないことを念頭に置いておく必要がある。このため，本研究開発マップの策定にあたっても，工学技術の研究開発において国が行うべき基盤研究開発としては，平成21年度版全体計画を踏襲し，引き続き適用可能な技術の選択肢を狭めることなく，その信頼性を高めていくことが重要であり，様々なサイトの特徴に応じた処分概念を構築できるよう，従来の処分概念の拡張を含め工学技術の体系化を図っていくこととした。この際，平成21年度版全体計画と同様に，可能性のある代替の工学技術オプションの構築に必要な共通的技術基盤の検討に特に注力する。細目「①深地層の研究施設における適用性確認」については，平成21年度版全体計画に沿って進めてきたこれまでのフェーズ2の研究開発の進捗も踏まえ，深地層の研究施設での掘削段階において得られる地質環境情報をもとに，評価手法，データベース，製作・施工技術といった個々の研究開発成果を設計・施工フローを踏まえた

実用的な視点から体系化を継続的に進める。また，細目「②工学技術オプション」については，全体目標の一つである「先進的新技術の導入」も視野に入れて今後も研究開発を進めることとした。

「①URLにおける適用性検討」では，実用的視点での処分場全体及び構成要素の設計フローを構築するとともに，処分場設計に使用する評価ツール（モデル，解析コード，データ，データベース，方法論等）の体系的な整備・拡充を行う。これらは，深地層の研究施設における地上からの調査データを利用した設計手法の適用性の確認を通して実施していく。「②工学技術オプション」では，地上からの調査に基づく利用可能な情報（サイト環境の特徴）に即した事業主体による処分概念の構築と施設設計デザインへのフィードバックや，先進サイクルの検討や規制等の新たな要件の発生などによる境界条件の変化に対応できる新たな処分概念の創出を目的とした処分場概念構築ツールとその基盤となる知識ベースを提供する。「③巨大地震・津波に対する処分場工学技術の高度化」，「④発生確率が低いと考えられる事象に関わる検討」，「⑤処分場の限界状態評価手法の開発」については，安全評価との連携と品質保証を考慮した，巨大地震・津波に対する標準的な評価手法，対策技術，及び対策技術導入に際しての処分システム成立性への影響の確認，ならびに超長期における処分場性能の限界条件を提示していく。「⑥残置物の影響評価と対策検討」では，残置物の人工バリア長期性能に対する影響や残置物に対する工学的な対策を提示する。

（2） 処分場の設計・施工技術

本細目については，平成21年度版全体計画の構成を踏襲している。「①人工バリア（オーバーパック，緩衝材）」では，オーバーパックの個別腐食現象に関するデータ整備と実験データに基づく評価手法を構築していくとともに，緩衝材に関しては，事業，規制のニーズに則した標準的な測定手法及び基本特性データを提示する。「②支保・グラウト・シーリング」における「シーリング」では，埋め戻し材の基本特性を幅広い環境条件で取得し，データベースに集約をはかるとともに，埋め戻し材の長期安定性評価事例を提示する。「支保（低アルカリ性セメント）」では，pH 低下挙動のモデル化による低アルカリ性を明示するとともに，配合選定手法の整備による処分場支保工への低アルカリ性セメント吹付けコンクリートの適用性を提示する。「グラウト」では，グラウト設計手法の標準化に向けた検討を行う。「③建設・操業・閉鎖等の工学技術（建設技術，操業技術，品質管理，回収技術）」における「建設技術」では，実際の処分場建設の際に用いられる設計手法を改良する。また，「操業技術」では，地上施設における緩衝材の定置技術を実証するとともに，遠隔溶接・検査技術及び遠隔搬送・定置技術の高度化をはかる。「閉鎖技術」は「シーリング」と同様の内容を実施する。さらに，「品質管理」では，性能評価や地質環境分野からの観点も含めた品質管理計画や最新の知見に基づく人工バリアや処分施設に対する性能保証項目を提示するとともに緩衝材の性能を考慮した定置精度に係る検討を行う。「回収技術」では，オーバーパックの竪置きや横置き等の多様な定置概念を対象とした回収技術を提示する。

（3） 長期健全性評価技術

本細目については，平成21年度版全体計画の構成を踏襲している。ガラス固化体に係る課題ついてはフェーズ1で終了していることから，細目を削除した。また，「セメント・コンクリート」は，フェーズ3としてのみ実施することから，細目を削除した。「①緩衝材（長期力学的変形，長期変質，流出／侵入）に

分かれており，「長期力学的変形」では，緩衝材の長期圧密評価手法に関わる一般的方法論や具体的事例を提示する。「長期変質」では，緩衝材とオーバーパック材料の相互作用に伴う緩衝材の長期変質評価に関わる方法論，具体的事例を提示する。「流出/侵入」では，具体的な地質環境を対象とした緩衝材流出現象の評価手法適用事例を提示する。「②岩盤」では，堆積岩におけるニアフィールド岩盤の長期力学挙動予測手法の信頼性の向上をはかる。「③熱-水-応力-化学連成挙動」では，熱-水-応力-化学連成評価手法の適用範囲を拡張する。「④ガス移行挙動」では，緩衝材の透気特性メカニズムに関する知見の体系的整理を行うとともに，岩石の透気特性メカニズムの解明に向けたデータを拡充する。「⑤せん断応答挙動」では，試験結果及び試験結果を表現する数値モデル基づく知見基盤を提供する。

3.3 研究開発マップの内容 -細目と課題の設定(フェーズ3)-

フェーズ3の分類目標の達成に向けて設定した細目を表3.3-1に示す。これは，地下施設を利用した精密調査の段階に必要となる技術基盤を整備する観点から，国の基盤研究開発として実施すべき研究開発課題を細目として設定したものであり，基本的には深地層の研究施設を活用して実施するジェネリックな研究開発である。ただし，フェーズ3の研究開発は，候補サイトの条件を念頭において実施すべき課題も多いため，NUMOによる処分地選定の状況に応じて，適宜，スペシフィックな視点を取り入れながら見直していく必要がある。

表3.3-1 フェーズ3の細目の設定(処分場の工学技術)

分 類	細 目	
(1) 処分場の総合的な工学技術	①URLにおける適用性検討	
(2) 処分場の設計・施工技術	①人工バリア	a) オーバーパック
		b) 緩衝材
	②支保・グラウト・シーリング	a) シーリング
		b) 支保(低アルカリ性セメント)
		c) グラウト
	③建設・操業・閉鎖等の工学技術	a) 建設技術
		b) 操業技術
		c) 閉鎖技術
		d) 品質管理
		e) 回収技術
(3) 長期健全性評価技術	①緩衝材	a) 緩衝材の長期力学的変形挙動
	②セメント・コンクリート	
	③岩盤	
	④熱-水-応力-化学連成評価技術	
	⑤ガス移行挙動	

(URL: 深地層の研究施設)

「(1)処分場の総合的な工学技術」では，フェーズ2にある「工学技術オプション」は，実施の候補サイトの条件に非常に依存することから削除した。また，本研究開発マップでフェーズ2に新たに加えた「巨大地震・津波に対する処分場工学技術の高度化」，「発生確率が低いと考えられる事象に関わる検討」，「処分場の限界状態評価手法の開発」，「残置物の影響評価と対策検討」については，フェーズ2終了時点でその中間成果の評価を行い，継続の必要性を判断する。「(2)処分場の設計・施工技

術」は，これまで同様の細目とした。「(3)長期健全性評価技術」の「緩衝材（長期変質，流出/侵入）」及び「せん断応答挙動」についても，同様にフェーズ2終了時点でその中間評価を行い，継続の必要性を判断することとし項目としては削除した。

以下，分類ごとに設定した細目について，達成目標や研究開発の課題，課題に対する研究開発の進め方について述べる。

(1) 処分場の総合的な工学技術

本細目は，フェーズ3の目的に照らし合わせフェーズ2の細目を見直したものである。フェーズ2に記載されフェーズ3で削除されている項目については，フェーズ2終了時点でその中間評価を行い，必要があれば継続して実施することになる。「①URLにおける適用性検討」では，坑道掘削時の地質環境条件に応じた最適な処分場設計の方法論を提示する。ここは，「(2)処分場の設計・施工技術」，「(3)長期健全性評価技術」の検討で実施する処分場の設計に係る方法を取りまとめる。

(2) 処分場の設計・施工技術

本細目については，平成21年度版全体計画の構成を踏襲している。①人工バリア（オーバーパック，緩衝材）における「オーバーパック」では，腐食の概念と構造（強度）の概念を統合した，オーバーパック長期健全性評価モデルや候補サイトでの精密調査時の地下調査施設で行う腐食試験に必要なツール等の基盤技術を提供する（たとえば地下の調査施設に適用可能なモニタリング技術／方法と選択肢を提示）。「緩衝材」では，処分施設の基本仕様設定に伴う緩衝材の最適化・合理化設計のためのデータベース及び手法を整備する。「②支保・グラウト・シーリング」における「シーリング」では，実岩盤条件における閉鎖要素の実証及び性能の確認を行う。「支保（低アルカリ性セメント）」では，深地層の研究施設での実証及び影響評価試験による低アルカリ性セメントの実用性の実証を行う。「グラウト」では，実岩盤条件におけるグラウト設計技術の実証及び性能の確認を行う。「③建設・操業・閉鎖等の工学技術（建設技術，操業技術，品質管理，回収技術）」における「建設技術」では，実際の処分場建設の際に用いられる設計手法の体系化及び施工技術の実証を行う。「操業技術」では，多様な環境条件に対する操業技術の選定や合理化に向け，フェーズ2において適用性を確認した搬送・定置技術の深地層の研究施設を利用した実証試験による適用性の確認を行う。「閉鎖技術」は「シーリング」と同様の内容を実施する。「品質管理」では，深地層の研究施設掘削段階で逐次取得される地質環境データに基づき，設計段階で提示した性能保証項目，品質管理項目及び品質管理計画を更新するための方法論を提示する。また，品質管理に関連し「制度的管理技術等」では事業段階に応じたモニタリング項目・反映方法や，バリアの機能や性能への影響を低減した長期挙動モニタリング技術の確立に向けた地中無線通信等の通信機器，測定機器等を提示する。「回収技術」では，処分概念や操業状態（段階）等の多様性に応じた，地下環境を想定した回収技術を整備する。

(3) 長期健全性評価技術

本細目については，フェーズ3の目的に照らし合わせフェーズ2の細目を見直している。フェーズ2に記載されフェーズ3で削除されている項目については，フェーズ2終了時点でその中間評価を行い，必要があれば継続して実施することになる。「①緩衝材（長期力学的変形挙動）」では，深地層の研究施

設を利用した試験結果に基づく緩衝材仕様の最適化・合理化設計のための評価手法を整備するとともに，遠心載荷時間縮尺試験による長期(～100年～)のニアフィールド挙動検証技術を提示する。「②セメント・コンクリート」では，深地層の研究施設での調査に基づくニアフィールドの長期挙動評価手法を提示する。「③岩盤」では，深地層の研究施設での調査に基づく岩盤の長期挙動評価手法を提示する。「④熱－水－応力－化学連成挙動」では，精密調査後半における，基本レイアウトや人工バリアの基本仕様の最適化・合理化設計，設計変更技術のための連成評価技術や，人工バリアの連成現象に関わる計測技術ならびに連成評価技術を用いた評価手法を提示する。また，施工法や材料特性(組合せ)に応じた緩衝材の再冠水挙動の長期健全性評価モデルを提示するとともに，ナチュラルアナログの長期挙動の現象理解を踏まえた，ナチュラルアナログ－室内実験－連成解析による総合的な緩衝材の長期健全性評価手法を提示する。「⑤ガス移行挙動」については，処分施設の基本仕様設定に伴う人工バリアの最適化・合理化設計のためのデータベース及び手法の整備を行う。

4. 性能評価技術分野の研究開発計画

国の基盤研究開発のうち，性能評価技術に関する研究開発は，地層処分システムの全体性能を評価するための技術，性能評価上重要な現象に係るモデル化やデータ取得及びそれらの信頼性向上に必要となる技術，わが国に幅広く分布する地質環境条件下でのシステム性能評価に利用可能な方法論／モデル／データベースの整備・拡充などを対象にしている。

国の基盤研究開発に関する全体計画の策定にあたっては，安全規制関連研究（規制支援研究），実施主体（NUMO）の技術開発及び国の基盤研究開発からなる研究開発の主要な枠組みと連携・役割分担に関する最新動向を考慮に入れることが重要である。フェーズ2については，平成24年度までに実施してきた研究開発の成果や上記枠組みに関する最新動向等を踏まえ，平成25年度から平成26年度の2年間を対象期間として，実施主体で計画されている精密調査地区選定や精密調査（前半の地上からの精密調査）を見据えて更なる重点化が必要とされる国の基盤研究開発としての喫緊の課題を設定し，達成目標と進め方を検討する。これについては，実施主体で計画されている精密調査地区選定や精密調査（前半の地上からの精密調査）で取得される地質環境データに基づく処分場の概念設計や予備的性能評価，更には安全規制における関連研究や安全審査基本指針等の検討に具体的に反映することができるように，性能評価に係る技術基盤（フェーズ2においてこれまでに技術開発を行ってきた精密調査地区選定や精密調査（前半の地上からの精密調査）を見据えたシナリオ解析技術，モデル化技術，データベース，及びそれらを用いた不確実性評価技術や総合的な性能評価技術等）を改良・整備し，その技術的信頼性を先行的に提示する。フェーズ3については，フェーズ2におけるこれまでの研究開発の成果や今後2年間での研究開発の進展，及び上記枠組みに関する最新動向等を踏まえ，平成25年度から平成29年度迄を対象期間として，実施主体で計画されている精密調査（後半の地下調査施設での精密調査）で取得される地質環境データに基づく処分場の詳細設計やより具体化した性能評価，更には安全規制における関連研究，安全審査指針や処分場の技術基準等の策定に反映することができるように，性能評価に係る技術基盤（地下調査施設での精密調査を踏まえたシナリオ解析技術，モデル化技術，データベース，及びそれらを用いた不確実性評価技術や総合的な性能評価技術等）を整備し，その技術的信頼性を先行的に提示する。特に，フェーズ3においては，国の基盤研究開発における研究資源の有効活用や研究実施の効率化を図る観点から，国の基盤研究開発と実施主体による研究開発の役割分担を明確にし，信頼性が提示され国の基盤研究開発としての目標を達成した技術基盤については実施主体への技術移転を積極的に進めるとともに，実施主体において経済性・効率性を考慮して高度化された技術開発の過程から生じた課題やニーズ等については適宜国の基盤研究開発にフィードバックすることにより，相互補完的に研究開発を進めることに重点を置く。

本研究開発計画においては，上記の視点から，フェーズ2とフェーズ3における分類，分類毎の具体的な目標，及び各分類における細目について検討し，研究開発課題の設定を行った。フェーズ2においては，これまでの経緯も踏まえ，分類，分類毎の具体的な目標，及び各分類における細目はこれまでのフェーズ2の設定を踏襲した。また，深地層の研究施設計画（地上からの調査研究）等の研究資源を活用したフェーズ1及びフェーズ2におけるこれまでの研究開発成果をレビューすることにより，精密調査地区選定や精密調査（前半の地上からの精密調査）を見据えて，平成25年度から平成26年度迄の2年間を対象期間として，フェーズ2のみならずフェーズ1も含めて更なる重点化等が必要とさ

れる喫緊の研究開発課題を分類・細目に対応させてフェーズ2の研究開発課題として設定し，研究開発課題に対する研究開発の進め方を検討・整理した。フェーズ3については，研究開発が平成25年度から始まることや国の基盤研究開発と実施主体の技術開発との役割分担も考慮に入れ，分類，分類毎の具体的な目標，及び各分類における細目を新たに設定した。また，精密調査（後半の地下調査施設での精密調査）を見据えるとともに，実施主体における実用的な技術開発との役割分担をより明確にすることにより，平成25年度から平成29年度迄の期間を対象として，フェーズ2で得られた研究開発成果や深地層の研究施設計画（坑道掘削時の調査研究及び坑道を利用した調査研究）等の研究資源の活用を見据えた研究開発課題を分類・細目に対応させて設定し，研究開発課題に対する長期達成目標，中間目標及び課題に対する研究開発の進め方を検討・整理した。

4.1 研究開発マップの内容 －分類と分類目標の設定－

平成20年に改定された現行の最終処分計画で示されているNUMOによる処分事業のスケジュールを踏まえれば，フェーズ2以降の研究開発は，「平成20年代中頃を目途の精密調査地区の選定」に照準を合わせて進めることが必要となる。精密調査地区の選定後に行われる最終処分施設建設地の選定に向けた精密調査は，大きくは前半の「地上からの精密調査」と，その結果を踏まえた後半の「地下調査施設での精密調査」からなる。このため，フェーズ2以降の研究開発は，精密調査前半の「地上からの精密調査」と後半の「地下調査施設での精密調査」のそれぞれに反映すべき成果や時期を念頭において進めることが肝要である。また，精密調査を開始する段階には，「地上からの精密調査」に関する詳細な計画に加えて，「地下調査施設での精密調査」を含む精密調査全体に関する概略的な計画についても準備されることになるため，この点にも留意して技術基盤の整備を進めることが重要である。一方，精密調査地区の選定に先だって，NUMOによる「概要調査地区の選定」，「概要調査の実施」，あるいは原子力安全委員会による「精密調査地区選定段階に考慮すべき環境要件の策定」や「安全審査基本指針の策定」などが見込まれる。フェーズ2以降の研究開発成果は，このような処分事業の展開や安全規制上の施策にも適宜反映していく必要がある。

以上のような状況を踏まえて，性能評価技術に関連する段階目標として，フェーズ2では「実際の地質環境へ適用可能な評価手法の整備」を，フェーズ3では「実際の地質環境を対象とした体系的・合理的な評価手法の実証」を掲げている。全体計画におけるこれらの段階目標を達成すべく，性能評価技術分野に関して，フェーズ2については，最新の科学的知見を適切に取り込むとともに，深地層の研究施設計画における地上からの調査研究等で得られた研究開発成果の活用を図りながら，「精密調査（前半の地上からの精密調査）」に反映可能な地質環境条件の設定及びそれに基づく性能評価に関する技術基盤についての整備・改良を行う。また，フェーズ3については，深地層の研究施設計画における坑道掘削時の調査研究や坑道を利用した調査研究等から得られる研究開発成果の活用を図りながら，「精密調査（後半の地下調査施設での精密調査）」に反映可能な地質環境条件の設定及びそれに基づく性能評価に関する技術基盤について，実際の地質環境への適用を通じてさらに確かなものとしていく。

本研究開発マップの策定にあたって設定したフェーズ2とフェーズ3の性能評価技術に関する分類と分類目標を，それぞれ，表4.1－1及び表4.1－2に示す。フェーズ2の分類と分類目標の設定にあたっては，平成21年度版全体計画における性能評価技術分野の研究開発計画で設定したフェーズ1及

びフェーズ2の3つの分類(「評価手法」,「モデル化技術」及び「データベース開発」)とそれらの分類目標及びそれぞれの分類毎に得られた研究開発成果を踏まえ,平成25年度から平成26年度迄の2年間の対象期間内に解決すべき更なる重点化等が必要とされる喫緊の研究開発課題について最新の技術動向や国内外の研究開発の状況についても考慮に入れて検討した。この結果,フェーズ2については,全体計画を策定した平成18年度から平成24年度までの6年間に上記分類と分類目標の下で研究開発が順調に進められ成果が得られており,適宜実施主体への技術移転も図られていること,残された研究対象期間は平成25年度から平成26年度までの2年間であり,この期間内でフェーズ2のみならずフェーズ1も含めて更なる重点化等が必要とされる喫緊の研究開発課題をフェーズ2の研究開発課題として設定すること,平成26年度には全体計画における研究開発の進捗・成果に関する中間評価が行われ,これに基づき今後の研究開発方針が検討されること等を考慮すると,平成21年度版全体計画における性能評価技術分野の研究開発計画で設定した3つの分類(「評価手法」,「モデル化技術」及び「データベース開発」)とそれらの分類目標を踏襲することが適切と考え,3つの分類(「評価手法」,「モデル化技術」及び「データベース開発」)とそれらの分類目標は変更しないこととした。フェーズ2における性能評価技術分野の分類の体系と研究開発の特徴は,図4.1-1のように示すことができる。これは平成21年度版全体計画における性能評価技術分野の研究開発計画で示したものと同様である。

一方,フェーズ3については,精密調査(後半の地下調査施設での精密調査)に反映できる性能評価に係る技術基盤を,深地層の研究施設計画における坑道掘削時の調査研究や坑道を利用した調査研究等で得られる研究開発成果及びその他の利用可能な研究資源の有効活用を図りつつ,最新の技術動向を踏まえて開発・整備することが必要となる。また,国の基盤研究開発として研究開発目標を達成した技術基盤については,積極的に実施主体への技術移転を進めることが肝要であり,国の基盤研究開発と実施主体における効率性・経済性を目指しした技術開発との役割分担を明確しつつ,相互の研究開発/技術開発を補完的に実施することが合理的である。以上の観点から,これまで幅広く実施してきた国の基盤研究開発におけるフェーズ1とフェーズ2の3つの分類(「評価手法」,「モデル化技術」,「データベース技術」)に対し,フェーズ3においては,研究開発目標を達成した技術基盤の実施主体への積極的な技術移転,実施主体における効率性・経済性を目指しした技術開発と国の基盤研究開発との役割分担等を念頭におき,最新の技術動向を踏まえた地層処分システム性能評価の技術的信頼性を強化する基盤技術の開発と国の基盤研究開発での特徴的な研究資源(深地層の研究施設計画,放射性同位体や核燃料物質が利用できる研究施設等)の活用に特化した研究開発を推進することとし,2つの分類(「システム統合」,「システムの理解と表現」)とそれらに対する分類目標を新たに設定した。

フェーズ3における性能評価技術分野の分類の体系と研究開発の特徴は,図4.1-2のように示すことができる。フェーズ3における分類「システム統合」は,フェーズ2の分類「評価手法」に対応し,分類「システムの理解と表現」において頑健性が示された性能評価モデルや提案された先進的な性能評価モデル,及び品質保証・整備・拡充されたデータベース等の成果を活用し,先進的なシナリオ開発,セーフティケース構築を見据えたシステム統合の考え方/方法論の体系的整備及び研究開発成果を知識ベースとして管理するための技術開発・整備を行う。分類「システムの理解と表現」は,フェーズ2の分類「モデル化技術」と「データベース開発」に対応し,国の基盤研究開発での特徴的な研究資源

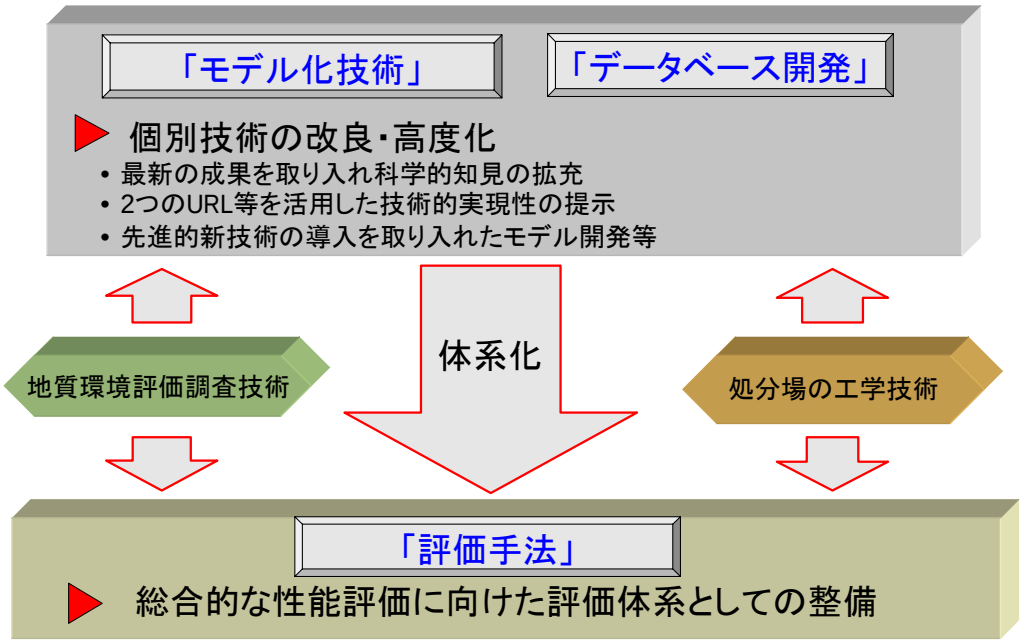
や先進的な計算科学技術等を活用し，最先端の知識や科学技術などに基づいて個別現象の科学的理解の深化を進め，既往の保守性を考慮した性能評価モデルの頑健性を示すとともに，次世代の先進的な性能評価モデルを提案する。また，わが国の幅広い地質環境条件下での性能評価解析に適用可能な核種移行データベースを品質保証も含めて整備･拡充する。生物圏については，表層環境の特徴とその長期的変遷を考慮した生物圏評価モデル構築とパラメータ設定技術を体系的に整備するとともに，性能評価用データベースについて，長期変動を含めた最新の知見に基づく拡充を行い，一般化を図る。分類「システムの理解と表現」におけるこれらの研究開発で得られた成果については，分類「システム統合」における研究開発，すなわち，先進的なシナリオ開発，セーフティケース構築を見据えたシステム統合の考え方／方法論の体系的整備及び研究開発成果を知識ベースとして管理するための技術開発･整備に活用される。

表4.1-1 フェーズ2の分類と分類目標（性能評価技術）

分 類	分類目標
(1)評価手法	実際の地質環境へ適用可能な評価手法の整備･改良
(2)モデル化技術	実際の地質環境へ適用可能な個別モデルの整備･改良
(3)データベース開発	データベースの拡充，性能評価用パラメータの設定手法の整備

表4.1-2 フェーズ 3 の分類と分類目標（性能評価技術）

分 類	分類目標
(1)システム統合	実際の地質環境に対する評価手法の総合的な適用性確認 実際の地質環境に適用可能な性能評価用パラメータセットの設定手法の体系的整備 実際の地質環境に適用可能な性能評価技術に係る情報の体系的な管理技術の整備
(2)システムの理解と表現	実際の地質環境に対する個別モデルの適用性確認 実際の地質環境に適用可能なデータベースの体系的整備



(URL (Underground Research Laboratory):深地層の研究施設)

図4.1-1 フェーズ2における性能評価技術分野の研究開発の特徴

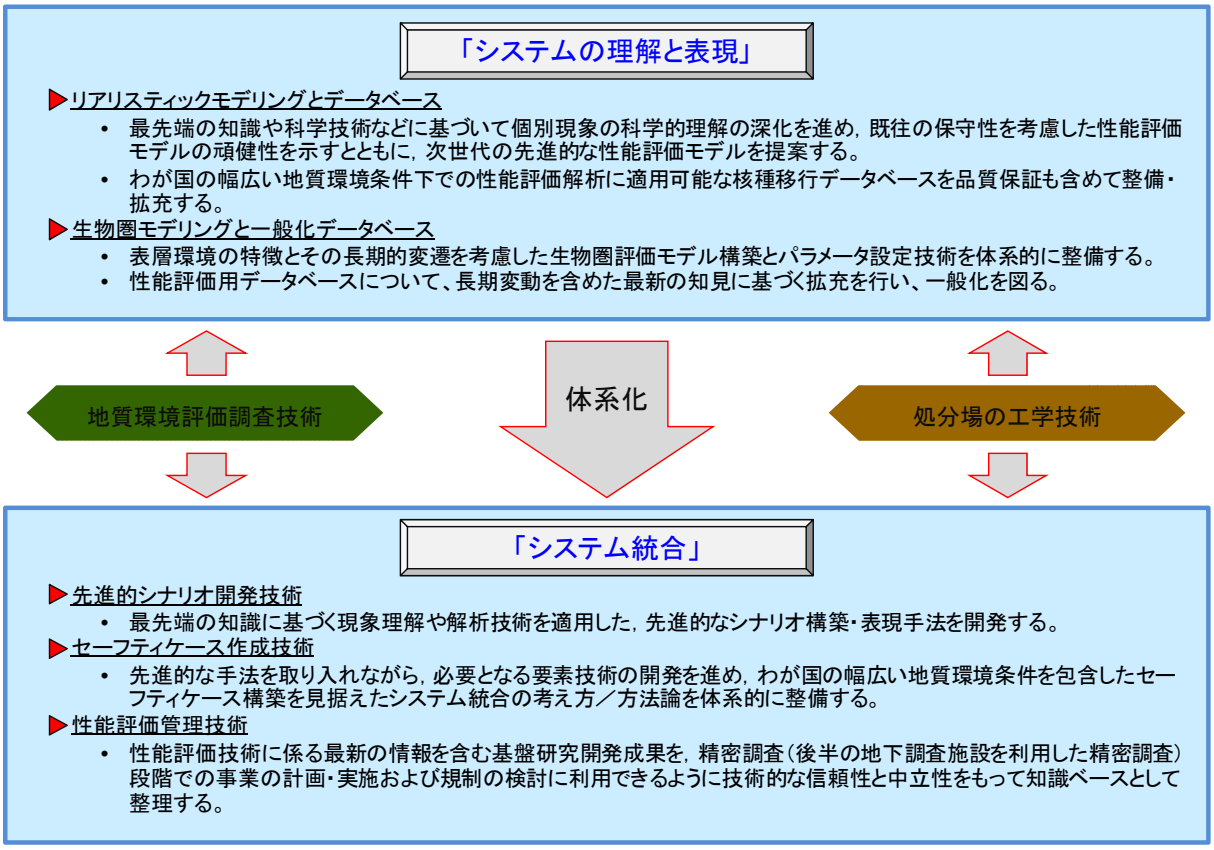


図4.1-2 フェーズ3における性能評価技術分野の研究開発の特徴

フェーズ2の研究開発課題の分類と目標

上記したように，本研究開発計画におけるフェーズ2の研究開発課題の分類と目標については，平成21年度版全体計画におけるフェーズ2の研究開発課題の分類と目標を踏襲して設定した。設定したフェーズ2の分類は，「評価手法」，「モデル化技術」，「データベース開発」を3つであり，以下にこれらの分類おける分類目標と目標達成に向けた研究開発の考え方を概説する。

(1) 評価手法

分類「評価手法」における分類目標は，「実際の地質環境へ適用可能な評価手法の整備・改良」である。この目標を達成するために，シナリオ解析，不確実性評価及び総合的な性能評価のそれぞれで必要となる個別的な技術や手法について，科学的知見の拡充，技術的実現性の提示，及び先進的技術の導入という観点を踏まえ，深地層の研究施設計画における地上からの調査研究で取得された地質環境データ等を活用し，実際の地質環境での適用性を確認することを通して，整備・改良を進める。また，総合的な性能評価における解析作業を一貫して行うための評価体系についても，深地層の研究施設計画における地上からの調査研究で取得された地質環境データ等を活用し，実際の地質環境に関する評価との連携を図ることにより実用的なものとして整備する。

(2) モデル化技術

分類「モデル化技術」における分類目標は，「実際の地質環境へ適用可能な個別モデルの整備・改良」である。この目標を達成するために，対象とする個別現象や放射性元素の安全評価上の重要度を勘案しつつ，科学的知見の拡充や先進的技術の導入の観点から，個別モデルについての信頼性や詳細度の向上に資するため，現象理解に即したより詳細なモデルの整備・改良を進める。また，これらモデル化技術の実証性の提示という観点から，深地層の研究施設計画における地上からの調査研究で取得された地質環境データ等を活用し，実際の地質環境への適用性を評価しつつ，整備・改良を行う。

(3) データベース開発

分類「データベース開発」における分類目標は，「データベースの拡充，性能評価用パラメータの設定手法の整備」である。この目標を達成するために，熱力学データ，分配係数及び拡散係数などの核種移行に係るパラメータに関するデータベースを拡充・整備する。また，対象とする個別現象や放射性元素の安全評価上の重要度を勘案し，信頼性及び十分性の向上のため，深地層の研究施設計画における地上からの調査研究の活用を図りつつ，わが国に幅広く分布する地質環境の条件を勘案した核種移行に係るパラメータを継続的に取得し，取得条件も含めてデータベースの整備・拡充に反映する。同時に，信頼度評価と品質向上を目指したデータ取得の方法論の整備や性能評価で用いる個々のパラメータの設定に関する定型化した手順・手法の構築を進める。

フェーズ3の研究開発課題の分類と目標

上記したように，フェーズ3においては，研究開発目標を達成した技術基盤の実施主体への積極的な技術移転，実施主体における効率性･経済性を目指した技術開発と国の基盤研究開発との役割分担等を念頭におき，最新の技術動向を踏まえた地層処分システム性能評価の技術的信頼性を強化する基盤技術の開発と国の基盤研究開発での特徴的な研究資源（深地層の研究施設計画，放射性同位体や核燃料物質が利用できる研究施設等）の活用に特化し，合理的に研究開発を実施するために，新たに分類と分類目標を設定した。設定した分類は，「システム統合」，「システムの理解と表現」，の2つである。以下にこれらの分類おける分類目標と目標達成に向けた研究開発の考え方を概説する。

(1) システム統合

分類「システム統合」における分類目標は，「実際の地質環境に対する評価手法の総合的な適用性確認」，「実際の地質環境に適用可能な性能評価用パラメータセットの設定手法の体系的整備」，「実際の地質環境に適用可能な性能評価技術に係る情報の体系的な管理技術の整備」である。これらの分類目標を達成するために，深地層の研究施設計画における坑道掘削時の調査研究や坑道を利用した調査研究で取得される地質環境データ等を活用することにより，最先端の知識に基づく現象理解や数値解析技術を適用した先進的なシナリオ構築･表現手法を開発する。また，ステークホルダーとの議論における情報提供に関する様々なプラットホームの整備や性能評価における不確実性の取り扱いなどについて，先進的な手法を取り入れながら，深地層の研究施設計画と連携した総合性能評価を試行することにより，必要となる要素技術の開発を進め，わが国の幅広い地質環境条件下でのセーフティケース構築を見据えたシステム統合の考え方／方法論を体系的に検討･整備する。さらに，精密調査（後半の地下調査施設での精密調査）段階での性能評価解析における一連のプロセス，データ設定等に係る論拠やエビデンスについて品質保証や追跡性などの観点から統合的に管理可能な知識管理システムを構築するとともに，性能評価に係る最新の技術情報を含む国の基盤研究開発の成果を，精密調査（後半の地下調査施設での精密調査）での事業の計画･実施及び規制の検討に利用できるように技術的な信頼性と中立性をもって知識ベースとして整備する。

(2) システムの理解と表現

分類「システムの理解と表現」における分類目標は，「最新の技術動向を踏まえた個別モデルの開発と適用性の検討」，「実際の地質環境に適用可能な先端的な現象理解を踏まえたデータベースの体系的整備」である。これらの目標を達成するために，最先端の知識や計算科学技術などに基づいて性能評価上重要な個別現象の科学的理解の深化を進め，深地層の研究施設計画における坑道掘削時の調査研究や坑道を利用した調査研究で取得される地質環境データ等を活用した技術的信頼性の評価を通して，既往の保守性を考慮した性能評価モデルの頑健性を示すとともに，次世代の先進的な性能評価モデルを提案する。また，国の基盤研究開発での特徴的な研究資源を活用することにより，わが国の幅広い地質環境条件下での性能評価解析に適用可能な核種移行データベースを品質保証も含めて整備･拡充し，公開を推進する。

4.2 研究開発マップの内容 -細目と課題の設定(フェーズ2)-

4.1 節で示したフェーズ2の分類及び分類目標の設定に際しての考え方を踏まえると，細目設定にあたっても同様の考え方を適用することが適切と考え，平成21年度版全体計画における性能評価技術分野の研究開発計画で設定したフェーズ2の3つの分類(「評価手法」,「モデル化技術」,「データベース開発」に対する細目については変更せず，そのまま踏襲して，本研究開発計画におけるフェーズ2の分類に対する細目として設定することとした。設定したフェーズ2の分類毎の細目を表4.2-1 に示す。また，各細目に対して，精密調査地区選定や精密調査(前半の地上からの精密調査)を見据え，平成25年度から平成26年度までの2年間を研究対象期間として，フェーズ2のみならずフェーズ1も含めて更なる重点化等が必要とされる喫緊の研究開発課題をフェーズ2の研究開発課題として新たに設定した。喫緊の研究開発課題の設定にあたっては，最新の技術動向を踏まえていること，及び国の基盤研究開発での特徴的な研究資源(深地層の研究施設計画，放射性同位体や核燃料物質が利用できる研究施設等)を有効活用することを前提条件とした。上記を踏まえ，表4.2-1 に示す分類・細目に対して，平成25年度から平成26年までの2年間を研究対象期間として更なる重点化等が必要とされる喫緊の研究開発課題とその進め方をフェーズ2の研究開発マップとして整理した(別添資料3-1:研究開発マップ 【性能評価技術:フェーズ2】参照)。

表4.2-1 フェーズ2の細目の設定(性能評価技術)

分 類	細 目
(1)評価手法	①シナリオ解析技術
	②不確実性評価技術
	③総合的な性能評価技術
(2)モデル化技術	①人工バリア中の核種移行
	a)地下水化学／間隙水化学
	b)ガラス固化体からの核種溶出
	c)緩衝材中の核種移行
	②天然バリア中の核種移行
	a)岩盤中の核種移行
	b)コロイド・有機物・微生物
	③生物圏での核種移行/被ばく
(3)データベース開発	①放射性元素の熱力学データベースの整備
	②収着・拡散データベースの整備
	③処分場システムデータベースの整備

以下に，フェーズ2の分類に対して設定した各細目に対する研究開発課題，達成目標，課題に対する研究開発の進め方について概括する。

(1) 評価手法

分類「評価手法」で設定した細目は，「シナリオ解析技術」，「不確実性評価技術」，「総合的な性能評価技術」である（表4.2-1）。細目「シナリオ解析技術」では，総合的な性能評価における重要な要素となるシナリオの解析技術の整備を行う。細目「不確実性評価技術」では，総合的な性能評価におけるシナリオ，モデル，パラメータの不確実性を評価するための技術を整備する。細目「総合的な性能評価技術」では，総合的な性能評価を行うための評価体系の整備を行う。

各細目における研究開発課題，達成目標，課題に対する研究開発の進め方については，4.1 節で設定した分類目標を踏まえ，深地層の研究施設計画における地上からの調査研究で取得される地質環境データ等を活用することにより，実際の地質環境で適用性評価を重視したものとするとともに，評価体系の具体化に向けて個々の技術を体系的に整備することに力点をおいた（別添資料3-1：研究開発マップ 【性能評価技術：フェーズ2】参照）。

(2) モデル化技術

分類「モデル化技術」では，性能評価の対象領域の区分である人工バリア，天然バリア及び生物圏に応じて整理することとし，細目「人工バリア中の核種移行」，「天然バリア中の核種移行」，「生物圏での核種移行／被ばく」を設定した（表4.2-1）。細目「人工バリア中の核種移行」については，さらに，細目「地下水化学／間隙水化学」，「ガラス固化体からの核種溶出」，「緩衝材中の核種移行」に細分化した。細目「地下水化学／間隙水化学」では，人工バリア領域の地球化学条件設定技術を整備する。細目「ガラス固化体からの核種溶出」では，ガラス固化体からの核種溶出データ取得技術及びモデル化技術を整備する。細目「緩衝材中の核種移行」では，緩衝材中の核種の収着・拡散挙動評価技術を整備する。細目「天然バリア中の核種移行」については，さらに，細目「岩盤中の核種移行」，「コロイド・有機物・微生物」に細分化した。細目「岩盤中の核種移行」では，岩盤中の水理・物質移行評価手法の整備と岩盤中での収着と拡散に関するモデルを整備・改良する。細目「コロイド・有機物・微生物」では，核種移行に及ぼすコロイド・有機物・微生物の影響評価技術を整備する。細目「生物圏での核種移行／被ばく」については細目「人工バリア中の核種移行」，「天然バリア中の核種移行」の研究開発成果も踏まえて，地表環境における核種移行／被ばくに関するモデル整備とデータ取得を行う。

各細目における研究開発課題，達成目標，課題に対する研究開発の進め方については，4.1 節で設定した分類目標を踏まえ，深地層の研究施設計画における地上からの調査研究で取得される地質環境データやサンプル等を活用することにより，実際の地質環境への適用性評価を重視したものとするとともに，性能評価で用いるモデルの設定とその信頼性評価を行うための技術の整備に力点をおいた（別添資料3-1：研究開発マップ 【性能評価技術：フェーズ2】参照）。

(3) データベース開発

分類「データベース開発」で設定した細目は，「放射性元素の熱力学データベースの整備」，「収着・拡散データベースの整備」，「処分場システムデータベースの整備」である（表4.2-1）。細目「放射性元素の熱力学データベースの整備」と「収着・拡散データベースの整備」では，性能評価における核種移行解析に必要な放射性元素の熱力学的データと収着・拡散に関するデータの取得とデータベ

ースについてそれらの品質保証や不確実性も考慮に入れて整備・拡充する。なお，細目「処分場システムデータベースの整備」は，平成24年度までに，細目「放射性元素の熱力学データベースの整備」と「収着・拡散データベースの整備」以外の性能評価技術分野で取得するデータを集約，利用しやすい形態での整備を終了したことから，平成25年度から平成26年度までの2年間の期間内で更なる重点化等が必要とされる喫緊の研究開発課題は設定していない。

各細目における研究開発課題，達成目標，課題に対する研究開発の進め方については，4.1 節で設定した分類目標を踏まえ，深地層の研究施設計画における地上からの調査研究で取得される地質環境データやサンプル等を活用することにより，実際の地質環境への適用性確認を重視したものとするとともに，データベースの機能・情報の拡充と品質向上，性能評価で用いるパラメータの設定のための方法論の構築に力点をおいた（別添資料3-1：研究開発マップ 【性能評価技術：フェーズ2】参照）。

4.1 節において述べたように，フェーズ2の研究開発計画においては，平成21年度版全体計画における性能評価技術分野の研究開発計画の基本的な構造や内容を踏襲している。ただし，フェーズ2の研究開発マップについては，精密調査地区選定と精密調査（前半の地上からの詳細調査）を見据え，これまで実施してきたフェーズ1及び2の研究開発に関して更なる重点化等が必要とされる喫緊の研究開発課題を上記した従来の分類・細目に対して設定し，その進め方を記述することにより，研究開発マップの拡充を行っている。

4.3 研究開発マップの内容 -細目と課題の設定（フェーズ3）-

4.1 節で示したフェーズ3の分類及び分類目標の設定に際しての考え方を踏まえると，細目設定にあたっても同様の考え方を適用することが適切であることから，フェーズ3の2つの分類（「システム統合」，「システムの理解と表現」）に対して細目と研究開発課題を新たに設定した。表4.3-1に設定したフェーズ3の分類毎の細目を示す。また，同表には，フェーズ3の分類・細目に対応するフェーズ2の分類・細目も併せて示している。

表4.3-1 フェーズ3の細目の設定とフェーズ2の細目との対応関係（性能評価技術）

フェーズ3		フェーズ2	
分類	細目	分類	細目
(1)システム統合	①先進的シナリオ開発技術	(1)評価手法	①シナリオ解析技術
	②セーフティケース作成技術*		②不確実性評価技術
			③総合的な性能評価技術
	③性能評価管理技術		
(2)システムの理解と表現	①リアリスティックモデリングとデータベース	(2)モデル化技術	①人工バリア中の核種移行 a)地下水化学／間隙水化学
			①人工バリア中の核種移行 b)ガラス固化体からの核種溶出
			①人工バリア中の核種移行 c)緩衝材中の核種移行
			②天然バリア中の核種移行 a)岩盤中の核種移行
			②天然バリア中の核種移行 b)コロイド・有機物・微生物
		(3)データベース開発	①放射性元素の熱力学データベースの整備
			②収着・拡散データベースの整備
			③処分場システムデータベースの整備
	②生物圏モデリングと一般化データベース	(2)モデル化技術	③生物圏での核種移行/被ばく

*本研究開発計画では，「セーフティケース作成技術」はセーフティケース作成に資する要素技術という意味で使用している。

分類「システム統合」では，3つの細目「先進的シナリオ開発技術」，「セーフティケース作成技術」，及び「性能評価管理技術」を，分類「システムの理解と表現」では，2つの細目「リアリスティックモデリングとデータベース」と「生物圏モデリングと一般化データベース」を設定した。フェーズ3の分類に対する細目と課題の設定にあたっては，4.1 節で述べたように，研究開発目標を達成した技術基盤の実施主体への積極的な技術移転，実施主体における効率性・経済性を目指しした技術開発と国の基盤研究開発との役割分担等を念頭におき，最新の技術動向を踏まえた地層処分システム性能評価の技術的信頼性を強化する基盤技術の開発と国の基盤研究開発での特徴的な研究資源（深地層の研究施設計画，放射性同位体や核燃料物質が利用できる研究施設等）の活用に特化した研究開発を推進することを念頭においた。

フェーズ3の分類における各細目に対して，精密調査地区選定や精密調査（後半の地下調査施設での精密調査）を見据え，平成25年度から平成29年度までの5年間を当面の研究対象期間として，

フェーズ3の研究開発課題を新たに設定し，課題に対する長期達成目標，長期達成目標を踏まえた平成29年度までの中間目標，及び課題の具体的な進め方をフェーズ3の研究開発マップとして整理した（別添資料3-2：研究開発マップ 【性能評価技術：フェーズ3】参照）。

以下に，フェーズ3の分類に対して設定した各細目に対する研究開発課題，達成目標，課題に対する研究開発の進め方について概括する。

(1) システム統合

分類「システム統合」において設定した細目は，「先進的シナリオ開発技術」，「セーフティケース作成技術」，「性能評価管理技術」である。細目「先進シナリオ開発技術」では，最先端の知識に基づく現象理解や数値解析技術を適用した先進的なシナリオ構築・表現手法を開発する。細目「セーフティケース作成技術」では，セーフティケース作成に資する要素技術の開発を行う。具体的には，ステークホルダーとの議論における情報提供に関する様々なプラットホームの整備や性能評価における不確実性の取り扱いなどについて，先進的な手法を取り入れながら，分類「システムの理解と表現」で得られた研究開発の進捗／成果を見据えつつ，深地層の研究施設計画と連携した総合性能評価を試行することにより，必要となる要素技術の開発を進め，わが国の幅広い地質環境条件下でのセーフティケース構築を見据えたシステム統合の考え方／方法論を体系的に検討・整備する。細目「性能評価管理技術」では，精密調査（後半の地下調査施設での精密調査）段階での性能評価解析における一連のプロセス，データ設定等に係る論拠やエビデンスについて品質保証や追跡性などの観点から統合的に管理可能なシステムを構築する。また，分類「システム統合」における細目「先進的シナリオ開発技術」，「セーフティケース作成技術」や分類「システムの理解と表現における細目「リアリスティックモデリングとデータベース」，「生物圏モデリングと一般化データベース」で得られた性能評価に係る最新の技術情報を含む国の基盤研究開発の成果を，精密調査（後半の地下調査施設での精密調査）での事業の計画・実施及び規制の検討に利用できるように技術的な信頼性と中立性をもって知識ベースとして整備する。

各細目において，研究開発課題を設定し，それに対する長期達成目標，長期達成目標を踏まえた平成29年度迄の中間目標，課題の進め方について検討・整理した。研究開発課題の設定や，その進め方についての検討・整理にあたっては，4.1 節で設定した分類目標を踏まえ，分類「システムの理解と表現」における各細目で設定した研究開発課題の成果や深地層の研究施設計画における坑道掘削時の調査研究や坑道を利用した調査研究で取得される地質環境データ等を活用することにより，わが国の幅広い地環境条件下での先進的シナリオ開発技術や処分システムの安全評価で用いるモデル／パラメータの設定やそれらに基づく全体性能評価を行うために必要な技術（セーフティケース作成技術）の整備，及びそれらの技術整備でのプロセスや成果を集約し知識化する技術と知識ベースの整備（性能評価管理技術）に力点をおいた（別添資料3-2：研究開発マップ 【性能評価技術：フェーズ3】参照）。

(2) システムの理解と表現

分類「システムの理解と表現」において設定した細目は，「リアリスティックモデリングとデータベース」と「生物圏モデルと一般化データベース」である。細目「リアリスティックモデリングとデータベース」では，

最先端の知識や計算科学技術などに基づいて性能評価上重要な個別現象について，現象論的解釈に重点を置き，科学的理解の深化を進め，深地層の研究施設計画における坑道掘削時の調査研究や坑道を利用した調査研究で取得される地質環境データ等を活用した技術的信頼性の評価を通して，既往の保守性を考慮した性能評価モデルの頑健性を示すとともに，次世代の先進的な性能評価モデルを提案する。また，国の基盤研究開発での特徴的な研究資源を活用することにより，わが国の幅広い地質環境条件下での性能評価解析に適用可能な核種移行データベースを品質保証も含めて整備・拡充し，公開を推進する。細目「生物圏モデリングと一般化データベース」では，生物圏評価に関する最先端の国際動向を踏まえ，表層環境の特徴とその長期的変遷を考慮した安全評価のための生物圏評価モデルの構築とパラメータ設定技術を体系的に整備する。また，わが国固有の特徴を考慮した生物圏評価用データベースについて，長期変動に関するデータを含めた最新の知見に基づくデータの拡充を行い，一般化を図る。上記した分類「システムの理解と表現」における各細目で得られた研究開発成果については，適宜，分類「システム統合」における研究開発に反映し，分類「システム統合」からのフィードバックも踏まえて，より信頼性が高く，品質管理されたモデルとデータベースの開発・整備を目指す。

各細目において，研究開発課題を設定し，それに対する長期達成目標，長期達成目標を踏まえた平成29年度迄の中間目標，課題の進め方について検討・整理した。研究開発課題の設定や，その進め方についての検討・整理にあたっては，4.1 節で設定した分類目標を踏まえ，分類「システム統合」の各細目における研究開発課題への成果の反映も考慮に入れ，深地層の研究施設計画における坑道掘削時の調査研究や坑道を利用した調査研究で取得される地質環境データ等を活用することにより，わが国の幅広い地質環境条件下で安全評価上重要となる現象の現象論的解釈を可能とする最先端の知識や計算科学技術に基づくモデル化，それら現象論的モデルに支援される安全評価モデルの整備，安全評価に使用するパラメータの信頼性向上の資するデータベースの整備，表層環境の特性と長期的変遷を考慮した生物圏モデル構築とパラメータ設定に関する方法論と関連するデータベースの整備に力点をおいた（別添資料3-2：研究開発マップ 【性能評価技術：フェーズ3】参照）。

5. TRU廃棄物処分技術分野の研究開発計画

5.1 TRU廃棄物処分技術に特有な役割分担と国の基盤研究開発の役割

TRU廃棄物の地層処分研究開発の基本的枠組みと役割分担の考え方は，平成18年度版TRU廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体基本計画（以下，「TRU廃棄物全体基本計画」という）[4]及び平成21年度版高レベル放射性廃棄物及びTRU廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画を踏襲している。そこでは，研究開発課題は，発生・処理と処分の視点，国の基盤研究開発と事業化技術開発の視点で整理されている。国の基盤研究開発と事業化技術の役割分担については，事業化が先行している高レベル放射性廃棄物の地層処分の考え方に沿っている。今回の研究開発マップの策定では，基本的に国の基盤研究開発課題に位置づけられるものを記載することとした。ただし，廃棄体技術のうちの廃棄物の種類・発生量データベース整備・拡充に関しては，発生者・処理事業者の行う技術開発に位置づけられるものであっても，基盤研究開発遂行のうえで不可欠な情報であり，その基盤研究開発の成果を，TRU廃棄物と高レベル放射性廃棄物との併置処分も視野に入れた処分地の選定プロセスへ活用していくという観点から，研究開発マップにその内容を記すこととした。また，この記載にあたっては，処分実施主体や安全規制関係機関のニーズも考慮した。

TRU廃棄物の地層処分はまた，その研究開発課題において，高レベル放射性廃棄物処分や余裕深度処分との関連や共通性がある。したがって，これら相互の連携や体系化が合理的かつ重要であり，その方向性について記述する。

5.2 TRU廃棄物地層処分研究開発におけるフェーズ

TRU廃棄物地層処分研究は，高レベル放射性廃棄物処分研究基盤を可能な限り活用しつつ，TRU廃棄物処分に固有の課題について進められてきている。したがって基盤研究開発のフェーズについても，基本的には高レベル放射性廃棄物処分研究と歩調を合わせて進めていくことが肝要である。第2次TRUレポートの作成段階（フェーズ1）において，高レベル廃棄物地層処分の性能評価において想定された条件における処分の成立性が示されるとともに，信頼性向上や幅広い地質環境に柔軟に対応するための基盤的研究開発として，廃棄体データベース，処分技術，性能評価，代替技術に関する具体的な課題が抽出された。これを踏まえつつ，フェーズ2においては，平成18年度版TRU廃棄物全体基本計画において，1．併置処分の評価に係る信頼性向上，2．ジェネリックな評価基盤の拡充（高レベル放射性廃棄物評価基盤との平仄），及び　3．より幅広い地質環境に柔軟に対応するため，細目レベルで37課題が設定された。これらの成果として，現象理解に基づく評価モデルの構築や改良が進捗するとともに，幅広い地質環境に対応できるデータの整備や高レベル放射性廃棄物処分の評価基盤としてのデータベース等の統合化等が進んできている。

今後のフェーズ3においては，高レベル放射性廃棄物と同様のフェーズ目標を念頭に，精密調査段階において必要とされる評価基盤の整備として，概要調査の結果も考慮しつつ補完的データの取得とともに，整備した評価モデルの長期適用性検討や確証を行う予定である。また，設計・工学技術に関しては，その多くを事業者の行う技術開発としてこれまでの成果を移管するほか，高レベル放射性廃棄物地層処分の評価基盤との統合化をさらに進めていく。

---

[4] 「TRU廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体基本計画」（平成18年12月）
http://www.enecho.meti.go.jp/rw/docs/library/rprt3/rprt01.pdf

5.2.1　フェーズ２における研究開発マップの分類・細目と課題の構造

フェーズ2での当該研究開発分野の分類構造は，フェーズ1に位置づけられる第2次TRUレポートまでの研究開発や検討の取組を踏まえ，また，併置処分の検討や代替技術の開発を含む第2次TRUレポートを参考として設定した平成18年度版TRU廃棄物全体基本計画及び平成21年度版全体計画に基づいており，廃棄体技術，設計・工学技術，性能評価，併置処分に関する検討及び代替技術の開発の5つの分類から構成される。この分類に基づき，研究開発マップに展開するため，平成21年度版全体計画以降の研究開発の進展も考慮しつつ，表5.2-1に示す細目が設定されている。同表の脚注に記すように，これらの分類項目または細目には，国の基盤研究開発でなく，廃棄物発生・処理事業者の技術開発課題として位置付けられるものや処分事業者の技術開発課題として位置付けられるものも含まれる。また基盤研究開発課題のうち高レベル放射性廃棄物処分研究と成果の共有・統合化を図っていくことを目指すものについても，その旨を明示した。

なおフェーズ2における分類項目ごとの成果については研究開発マップに概括した（別添資料4-1：研究開発マップ 【TRU廃棄物処分技術：フェーズ2】参照）。

表5.2-1　フェーズ2におけるTRU廃棄物処分技術に関する研究開発要素（分類－細目）の構成

研究開発要素		
分類	**細目**	
(1)廃棄体技術*1	①種類･発生量(データベース整備･拡充)	－
	②処理･廃棄体化技術	－
	③廃棄体の品質管理／検認手法	－
(2)設計･工学技術	①人工バリア材料物性*2	a) セメント材料
		b) ベントナイト系材料
	②ニアフィールド構造解析*2	－
	③処分施設の設計*3	a) 人工バリア設計
		b) 坑道設計
		c) 処分場の基本概念
	④建設･操業･閉鎖等の工学技術＊3	a) 建設技術
		b) 操業技術
		c) 閉鎖技術
		d) 管理技術(品質･安全)
		e) モニタリング･回収技術
(3)性能評価	①核種移行データ取得･整備*2	a) ソースターム(核種溶解挙動)
		b) 金属溶解･核種放出挙動
		c) 移行パラメータ(分配係数など)
		d) コロイド･微生物影響
	②セメント変質	a) 化学的変遷
		b) 力学影響
	③アルカリ環境下ベントナイト･岩反応	a) ベントナイト系材料
		b) 岩盤変質
		c) 連成評価モデル
	④硝酸塩／有機物影響	－
	⑤ガス発生影響	a) ガス発生評価
		b) ガス移行評価
	⑥システム性能評価	a) シナリオ解析*2
		b) 核種移行評価
		c) 生物圏評価
		d) 総合評価／不確実性解析*2
(4)併置処分に関する検討*2,3	①相互影響評価	－
	②併置処分概念の合理化･最適化	－
(5)代替技術の開発	①放射性ヨウ素固定化	－
	②放射性炭素の閉じ込め	－
	③低アルカリ性セメント*2	－
	④硝酸塩分解技術*1	－
	⑤アスファルト分解技術*1	－

＊1，廃棄物発生･処理事業者の技術開発(（5）④については一部基盤研究）

＊2．高レベル放射性廃棄物処分研究と成果の共有･統合化

＊3，処分事業者の技術開発(（2）④b，(4）①,②については一部基盤研究）

5.2.2 フェーズ3におけるTRU廃棄物処分技術に関する研究開発要素の分類･細目と課題の構造

フェーズ2の成果として，現象理解にもとづく評価モデルの構築や改良が進捗するとともに，幅広い地質環境に対応できるデータの整備や高レベル放射性廃棄物処分の評価基盤としてのデータベース等の統合化等が進められつつある状況となってきている。このことを踏まえ，フェーズ3においては，併

置処分の可否判断に利用できる技術基盤も含めて，精密調査地区選定に必要な評価基盤の整備のため，概要調査の結果も考慮しつつ補完的データの取得とともに，整備した評価モデルの長期適用性検討や確証を行う。これらを考慮しつつ，フェーズ3における研究開発要素の構成を表5.2-2に示す。

表5.2-2 フェーズ3におけるTRU廃棄物処分技術に関する研究開発要素（分類－細目）の構成

研究開発要素		
分類	**細目**	
(1)廃棄体技術	①種類・発生量（データベース整備・拡充）	－
	②処理・廃棄体化技術	－
	③廃棄体の品質管理／検認手法	－
(2)設計・工学技術	①人工バリア材料物性＊1	a) セメント材料
		b) ベントナイト系材料
	②ニアフィールド構造解析＊1	－
	③処分施設の設計＊2	－
	④建設・操業・閉鎖等の工学技術	a) 操業技術＊1
(3)性能評価*3	①核種移行データ取得・整備	a) ソースターム（核種溶解挙動）
		b) 金属溶解・核種放出挙動
		c) 移行パラメータ（分配係数など）
	②セメント変質	a) 化学的変遷
	③アルカリ環境下ベントナイト・岩反応	a) ベントナイト系材料
		b) 岩盤変質
		c) 連成評価モデル
	④硝酸塩／有機物影響	a) 人工バリア材への影響評価
	⑤ガス発生影響	a) ガス発生評価
		b) ガス移行評価
	⑥システム性能評価	a) 核種移行評価
		b) 生物圏評価
		c) 総合評価／不確実性解析
(4)併置処分に関する検討*2		
(5)代替技術の開発	①放射性ヨウ素固定化	
	②放射性炭素の閉じ込め＊3	
	③低アルカリ性セメント*1	－
	④硝酸塩分解技術*4	
	⑤アスファルト分解技術*4	

＊1，性能評価研究と統合し，高レベル放射性廃棄物処分研究と成果の共有・統合化

＊2，処分事業者の技術開発

＊3，高レベル放射性廃棄物処分研究と成果の共有・統合化

＊4，廃棄物発生・処理事業者の技術開発

5.2.3 フェーズ3における課題設定

フェーズ3の位置づけに関する上記の考え方を踏まえつつ，分類項目ごとに課題設定の考え方を記す。

(1) 廃棄体技術

廃棄体技術のうち，種類・発生量に関しては，実廃棄物の実測に基づくデータ取得も含め，すべての廃棄体グループについてのインベントリ情報の継続的な整備が必要である。また，処理・廃棄体化技術として，ガラス固化体製造後の廃溶融炉解体に伴う高発熱性廃棄物の廃棄体化技術の検討が必要である。

TRU廃棄物は発生者及び再処理事業者に帰属するが，このようなインベントリ設定等に不可欠な核種分析・解析データは処分の安全評価の基礎情報となること，また，処理・廃棄体化技術では，廃棄体自体が処分システムの安全機能の1つを担うことから，それらの基礎情報集約のため電気事業者を含め，基盤研究側との幅広い協力体制が必要である。したがって，その集約は，発生者・再処理事業者の技術開発課題と位置付けられるものの，基盤研究との密接な情報共有等が不可欠である。

(2) 設計・工学技術

設計・工学技術は①人工バリア材料物性，②ニアフィールド構造解析，③処分施設の設計，④建設・操業・閉鎖等の工学技術に区分される。このうち①はセメント材料とベントナイトの物性に関するデータ拡充整備であり，(3)の性能評価の中で実施するとともに，高レベル放射性廃棄物処分の人工バリア特性データベースと統合化する。②については同様に(3)の性能評価の中で開発する力学挙動評価ツール及び力学データを活用する。③，④については，処分実施主体の行う技術開発課題と位置付ける。ただし，④の操業技術のうち人工バリア特性変化評価技術については，性能評価研究課題と共通するので，これと統合化する。

(3) 性能評価

課題の内訳は①核種移行データ取得・整備，②セメント変質，③アルカリ環境下ベントナイト・岩反応，④硝酸塩/有機物影響，⑤ガス発生影響，⑥システム性能評価であるが，特にTRU廃棄物処分施設に固有の特徴として，硝酸塩を含む廃棄体が持ち込まれることと，セメント材料が多用される見込みであることが挙げられる。フェーズ2の段階では，このような条件下での性能評価基盤の整備が進められ，評価ツールのプロトタイプが提示できる見込みとなっている。このような進捗を踏まえ，フェーズ3の段階では基本的に高レベル放射性廃棄物処分研究との統合化を進めつつ，モデルの長期適用性検討や確証を目指した研究を行う。また，処分システム長期挙動評価の信頼性向上のため補完的データ取得として硝酸塩影響下での人工バリア挙動(セメント影響との重畳を含む)，金属腐食に伴うガス発生・移行や，線量支配核種の生物圏での挙動評価モデルの改良等が必要である。さらに，性能評価によって示される施設の長期的な性能，特にセメント系材料からのアルカリ影響に起因する性能の変化について，その信頼性・説明性を高めていく目的で，天然での類似事象(ナチュラルアナログ)の活用も重要である。これらを含めフェーズ3の個別課題については研究開発マップに示す。

(4) 併置処分に関する検討

併置処分に関してはフェーズ3の段階では，処分事業者の技術開発課題として位置付ける。これまで，高レベル放射性廃棄物処分への影響の観点から，TRU廃棄物から溶出する硝酸イオンとその地層中での化学的変遷物が存在する条件での核種移行評価が可能となる評価ツールのプロトタイプ構

築がなされつつある。精密調査選定段階ではこのような評価ツールを用いた線量評価とともに，次に述べる代替技術としての処理技術の選択の要否と併せ，合理的な処理・処分方策の策定に活用されていくことが期待される。

このような併置処分に関する検討においては，(3)性能評価の研究成果や，高レベル放射性廃棄物と共有化される性能評価研究成果を活用することが期待される。

(5) 代替技術の開発

TRU廃棄物処分における代替技術の目的は，(1)処分における安全裕度の向上と，(2)幅広い地質環境への適用性向上(平成18年度版TRU廃棄物全体基本計画)にある。特に，線量評価において支配的核種と考えられる I-129(半減期1,570万年)と C-14(同5,730年)については，前者が10万年に及ぶ放出期間の確保を目指した固化体の開発，後者は半減期の10倍の期間としての6万年の閉じ込めを目指した技術開発がそれぞれ課題となっている。

前者のI-129含有廃棄物の固化技術開発については，より大きな試験規模での実用化に向けた固化処理技術の高度化や合理化にむけて，固化技術の絞り込みを検討するとともに，廃棄物発生者への技術移転の見通しを明らかにする。また，基礎データとしての，固化体の長期浸出データ取得を継続して評価の信頼性向上をはかる必要がある。

後者の C-14閉じ込め技術については，候補のコンクリート容器やチタン合金等の金属容器の実用化検討を行って，処分事業者への技術移転の見通しを明らかにする。今後，コンクリート容器に関しては，同じくTRU廃棄物処分研究として行う，セメント系人工バリア材に関する研究成果を確認しつつ，基盤的データをさらに拡充していく必要がある。金属材料については高レベル放射性廃棄物処分研究のうちのオーバーパック候補材料の研究との共通性があるのでこれを活用することが合理的である。

また，上記(3)の性能評価において硝酸塩の影響評価を検討するが，硝酸塩の影響を低減するための代替措置としてフェーズ2で開発を進めてきた硝酸塩分解技術の適用が必要となった場合は，廃棄物発生・処理事業者が技術の実用化に向けた開発を進めていく必要がある。なお，フェーズ2で検討された低アルカリ性セメントの研究開発については，(3)の性能評価の中で実施するとともに，高レベル放射性廃棄物処分工学技術分野における支保工の技術開発と共通する部分については，これと統合化する。

5.3 高レベル放射性廃棄物処分や余裕深度処分との関連・共通性と連携・体系化の方向性

全体計画第3章において，TRU廃棄物地層処分に係る研究開発に関して，高レベル放射性廃棄物処分の研究開発，及び余裕深度処分との研究課題の共通性や連携の観点から，関連する成果を相互活用しながら研究開発を進めることを基本とする考え方を示した。このような考え方は，平成18年度版TRU廃棄物全体基本計画及び平成21年度版全体計画の記載を踏襲するものであり，それらの相互関係は図5.3-1のように整理されている。これらの関連性は本研究開発マップ策定に向けた検討においても，引き続き有効であり，今後も以下のような観点から一層の連携の強化を図っていくことが重要である。

●TRU廃棄物分野を中心に進めるセメント影響評価やガス発生影響評価の高レベル放射性廃棄物処分分野等への反映

●併置処分を前提とした高レベル放射性廃棄物とTRU廃棄物の地層処分に係る性能評価データ・手法の高度化開発の整合的な展開

●余裕深度処分の研究開発として先行的に進められている大空洞型処分の施工・性能試験成果のTRU廃棄物地層処分の研究開発への展開等

本研究開発計画マップでは，これまでの研究開発成果や，高レベル放射性廃棄物地層処分並びに余裕深度処分に関わる研究開発の最新状況を考慮して，研究開発マップにおいて，個別の研究開発要素ごとに相互関係を記載した。

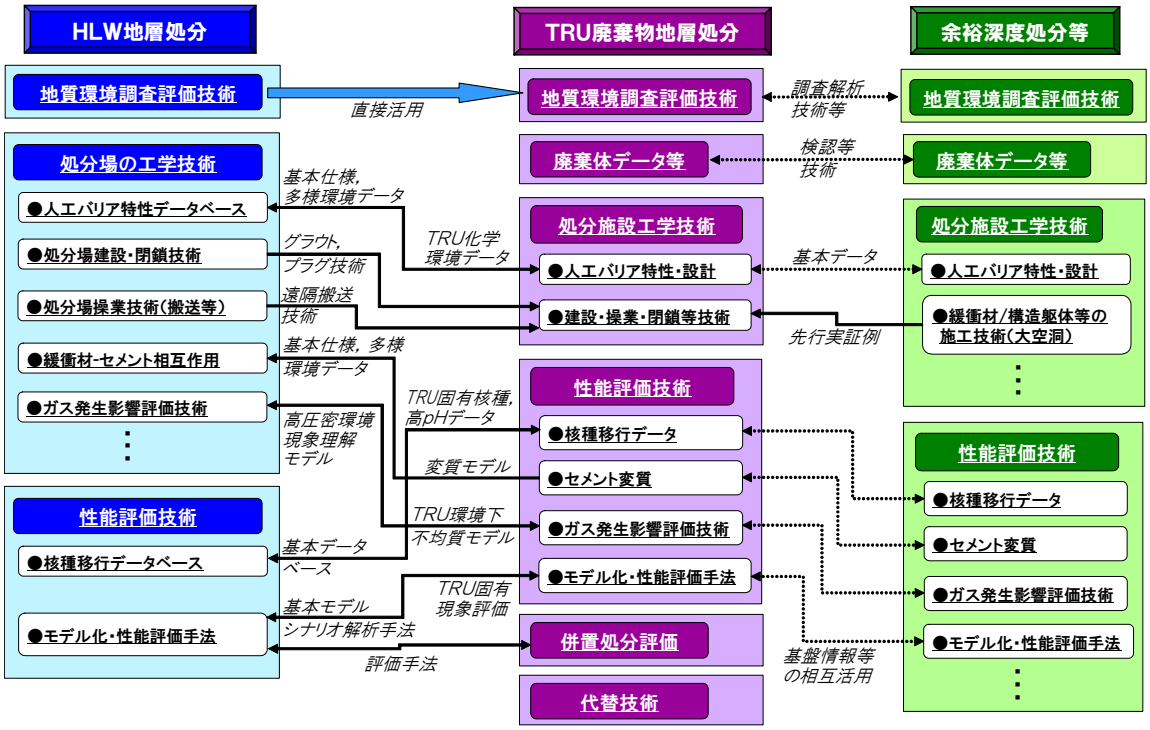


図5.3-1　TRU廃棄物地層処分と，高レベル放射性廃棄物地層処分及び余裕深度処分との研究開発における関連性

6. 使用済燃料の直接処分分野の研究開発計画

使用済燃料の直接処分に関する研究開発は，第1章にも記載されているように，新たな原子力政策の策定や核燃料サイクルのシナリオの選択に柔軟性を与えるためにも研究に着手することが必要である。使用済燃料の直接処分に関する研究開発は，これまでに行われたガラス固化体の地層処分などの事業化ステップと同様に，まずは実現可能性の検討を行うことが必要であり，その後の核燃料サイクルのシナリオの検討結果などに従い，必要に応じ実施主体の設置などに関する制度の整備などが行われることとなる。

このため，第１章に示したように，国のリーダーシップのもとでの基盤研究開発として，技術的取りまとめをマイルストーンとし，平成25年度から5カ年の研究開発を進める。

なお，使用済燃料の直接処分の研究開発は，地層処分の事業段階（3段階の処分地選定プロセス）の節目等にも整合するように3つのフェーズを定義して取り組まれてきたHLW及びTRU廃棄物の地層処分に関する研究開発と，その研究開発の位置付けや目標設定（成果達成の内容，成果反映先等）が異なることから，新たな分野として，他の分野とは異なるフォーマットでの研究開発マップを作成した。

6.1 研究開発計画の実施方針

研究開発は，5ヵ年のマイルストーンを踏まえて段階的に実施することを前提に，使用済燃料の直接処分に特徴的な現象に着目して必要となる研究開発の細目と課題の設定を行う。計画の策定及び研究実施における基本方針は以下のとおりである。

○研究開発の効率化・合理化の観点から，並行して実施されるHLWやTRU廃棄物を対象とした地層処分に関する研究開発を積極的に取り入れ，使用済燃料の直接処分に特有な課題に重点をおいた研究開発を行う。また，研究開発課題の展開では，ガラス固化体やTRU廃棄物の処分研究において共通課題として取り組まれている地質環境調査評価技術分野での研究開発成果を活用することとし，本研究開発では，直接処分に係る廃棄体データベース開発，処分場の工学技術及び性能評価技術を中心に取り組む。

○研究開発は，後述の技術的取りまとめを経てエネルギー政策及び原子力政策の検討に資することを意図するが（例えば，核燃料サイクルのシナリオ選択に柔軟性を与える），発電用原子炉だけでなく，発電用原子炉以外（例えば，試験研究炉など）の使用済燃料も対象とするとともに，東京電力（株）福島第一原子力発電所の廃止措置に伴う燃料デブリや破損燃料等の処理・処分の対策検討などへの成果反映も念頭に進める。

○研究開発の実施（及び技術的取りまとめ）では，HLW及びTRU廃棄物を対象とした地層処分に関する研究開発成果と同様に，研究開発成果の網羅性や追跡性，信頼性の確保を意識して取り組む。

○直接処分に特徴的な現象に着目して必要となる研究開発を展開するとともに，使用済燃料等の特性（被覆管の腐食，核種インベントリ・発熱量の変化）に大きな影響を及ぼす可能性のある中間貯蔵の方法や期間との関係にも留意する。

○5ヵ年のマイルストーンにおける各節目（技術的取りまとめ）において，その段階での研究開発の進捗や成果，レビューなどを踏まえ，その後の研究開発計画を柔軟に見直す。

6.2 研究開発マップの内容 －分類・細目と課題の構造－

前節に示した研究開発計画の実施方針に従い，並行して実施されるガラス固化体やTRU廃棄物の地層処分に関する研究開発成果の積極的な反映を前提とし，HLW及びTRU廃棄物に対する研究開発計画における分野，分類の設定も参考に，(1)廃棄物データベース開発，(2)処分場の工学技術，(3)性能評価技術の3分類を設定した。各分類に設定した細目とあわせて表6.2-1に示す。

表6.2-1 直接処分の研究開発における分類毎の細目構成

分類	細目
廃棄物データベース開発	インベントリデータ整備
処分場の工学技術	処分場設計技術開発
	人工バリア概念の開発
性能評価技術	性能評価モデル／データ整備
	総合性能評価手法の開発

なお，研究開発マップの記述における研究期間は，前述の通り，HLW及びTRU廃棄物におけるフェーズの設定とは異なり，マイルストーンとする技術的取りまとめに対応させることとした。そして，各マイルストーンで作成する報告書への成果を反映という観点から，各細目に設定される課題の進め方を記述した。また，細目あるいは課題毎に平成29年度迄の中間目標を設定した。

(1) 廃棄物データベース開発

分類「廃棄物データベース」においては，細目「①インベントリデータ整備」を設定した。本細目は，後述する「(2)処分場の工学技術」及び「(3)性能評価技術の開発」における基盤情報として，わが国における様々な使用済燃料の存在量に関するデータ及び将来の発生予測に基づき使用済燃料の総量に関する情報を整備するとともに，使用済燃料中の核種インベントリデータについて，体系的な整備を行うことを平成29年度までの中間目標とする。

(2) 処分場の工学技術

分類「処分場の工学技術」においては，細目「①処分場設計技術開発」と「②人工バリア概念の開発」の2つを設定した。

「①処分場設計技術開発」では，多様な使用済燃料集合体に対応した処分施設の設計に関する技術的信頼性を提示すること，及び設計を支援するツールとして，設計支援システムの開発を行うことを平成29年度までの中間目標とする。本細目では，「直接処分に関する方策の検討」，「設計技術

開発」及び「設計支援システム開発」の3つの課題を設定する。

「②人工バリア概念の開発」では，使用済燃料の特徴に対応した人工バリア概念に関する技術的信頼性を提示することを平成29年度までの中間目標とする。本細目では，「使用済燃料の特徴を考慮した人工バリア概念の設定」及び「人工バリア概念設定に資する基盤データの整備及び評価手法開発」の2つの課題を設定する。

(3) 性能評価技術

分類「性能評価技術」においては，細目「①性能評価モデル／データ整備」と「②総合性能評価手法の開発」の2つを設定した。

「①性能評価モデル／データ整備」では，直接処分に特有な現象に着目し，既存の知見を調査するとともに，現象理解のための基礎試験を実施することにより，核種移行モデル／データベースを開発・整備することを平成29年までの中間目標とした。本細目では，「現象理解・モデル開発」及び「データ整備・データベース開発」の2つの課題を設定し，前者では，使用済燃料の溶解と核種の浸出挙動，使用済燃料からの放射線分解影響に重点を置いて，現象理解とモデル開発を進める。後者では，使用済燃料の核種浸出データ取得，核種移行データの取得を進めるとともに，ソースタームを含む核種移行パラメータに関して，核種移行データベースの開発を進める。

「②総合性能評価手法の開発」では，以下の5つの課題を設定し，それぞれに平成29年度までの中間目標を設定した。「地質環境条件の設定」では，深地層の研究施設計画等で取得された地質環境に関する情報に基づき，第2次取りまとめで設定した地質環境特性に関するパラメータの値を見直し，直接処分における処分場設計／安全評価に反映する。なお，本課題は細目「総合性能評価手法の開発」の中に置かれているが，設定される地質環境条件は，処分場設計，性能評価等に共通の前提となるものである。「シナリオの開発」では，使用済燃料の特徴を踏まえた安全評価のシナリオを，リスク論的考え方に基づき包括的に提示する。「処分場周辺における臨界可能性評価」では，処分場周辺における臨界可能性評価を行い，処分システムの健全性を示す。「直接処分総合性能評価手法開発」では，使用済燃料の直接処分に係る個別要素技術開発に関する成果を反映し，直接処分システムの性能評価解析を実施するとともに，直接処分のセーフティケースを例示することで，直接処分に関する技術的信頼性を提示する。また，「直接処分に係る技術・知識・情報・データ等の知識ベース化」として，使用済燃料の直接処分に係る処分場設計や安全評価の実施に係る知識，及びそれを支えるデータベースやモデルの開発成果，主要な現象や特性に係る研究成果等を，処分場設計や安全評価の適切性や品質保証の論拠として体系的に管理するための技術を整備する。

別 添 資 料

別添資料1-1　研究開発マップ【地質環境調査評価技術:フェーズ2】
別添資料1-2　研究開発マップ【地質環境調査評価技術:フェーズ3】
別添資料2-1　研究開発マップ【処分場の工学技術:フェーズ2】
別添資料2-2　研究開発マップ【処分場の工学技術:フェーズ3】
別添資料3-1　研究開発マップ【性能評価技術:フェーズ2】
別添資料3-2　研究開発マップ【性能評価技術:フェーズ3】
別添資料4-1　研究開発マップ【TRU廃棄物処分技術:フェーズ2】
別添資料4-2　研究開発マップ【TRU廃棄物処分技術:フェーズ3】
別添資料5　　研究開発マップ【使用済燃料の直接処分】

研究開発マップにおける関係機関の略称

経済産業省資源エネルギー庁(ANRE)【放射性廃棄物等対策室】
(独)日本原子力研究開発機構(JAEA)【地層処分研究開発部門】
資源エネルギー庁調査等事業実施機関(下記機関)
(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)
(独)放射線医学総合研究所(NIRS)
なお，平成24年度迄の計画と成果には以下の機関も含まれている。
(財)産業創造研究所(IRI)

研究開発マップにおける各課題の実施機関の表記

研究開発マップにおいては，各課題の実施機関を【】内に上記略称を記入することで示している。資源エネルギー庁調査で実施機関が決まっていない場合には【ANRE】，決まっている場合には，【ANRE(実施機関)】と記載している。また，JAEAの運営費交付金事業の場合には【JAEA】と記載している。

別添資料1-1

研究開発マップ 【地質環境調査評価技術：フェーズ2】

研究開発要素				平成24年度迄の計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査地区選定を見据えた喫緊の研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細　目		達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
（A）地質環境調査評価技術	（1）総合的な調査評価技術	①多様な地質環境を対象とした調査評価技術		**【地上からの調査段階】** ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究を通じて，地上からの調査段階で構築した地質環境モデルの妥当性を評価 ●上記の結果を踏まえつつ，地上からの調査段階で整備した地質環境の調査・評価技術の有効性を評価し，方法論として提示 ●2つのURLにおける研究成果や既往情報を活用しつつ，沿岸域に特有の現象や条件に注目して，地上からの調査段階で地質環境特性を調査・評価するための方法論を提示 ●幌延URLへの適用を通じて，従来技術では掘削および調査が困難な断層破砕帯などを対象としたコントロールボーリング及び調査技術を開発し，堆積岩を対象とした一連のボーリング調査手法を提示 ●沿岸域という場の特殊性に着目して、地下水流動による核種移行や深部地下水との隔離性能という観点から地下水流動環境を評価するための手法を提示 **【坑道掘削時の調査段階】** ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究成果及びそれ以外の研究開発の成果を統合しながら，坑道掘削時において段階的に地質環境を調査・評価できる方法論を提示	**●地質環境評価技術高度化調査【ANRE(JAEA)】** わが国の多様な地質環境を対象に，既往の研究成果などの情報調査結果を基に，地質環境の調査から評価のフローを構築して地上/坑道からの調査段階における調査体系を整理。 ・沿岸域重要課題に対応した地質環境調査技術の体系的整理（例えば，沿岸，島嶼に対応できる調査システムフローの構築） ・坑道を利用した調査段階の調査システムフローの構築 ・地質環境調査技術の適用性に関する検討/2つのURLにおける地質環境情報を活用した調査システムフローの適用性確認 ・設計・性能評価の模擬検討に基づく有効性，信頼性の確認 ・国内外の最新技術，知見の調査による情報の拡充とフローの更新 ・知識・事例のデータベース化 ・地質環境調査のマネジメントや説明に利用できるコンピュータツールの開発 **【成果】** 2つのURLの地上からの調査研究，沿岸域における調査研究，国外の調査事例において蓄積された経験・ノウハウをエキスパートシステム（ルールベース・事例ベース）化し，多様な地質環境を考慮した文献調査～概要調査を支援するシステム「次世代型サイト特性調査情報統合システム（ISIS: Information Synthesis and Interpretation System）」を開発。 ・2つのURLの地上からの調査研究及び沿岸域における調査研究を対象に経験・ノウハウを分析・整理し，ルールベース及び事例ベースとして整備 ・上記を文献調査～概要調査のマネジメントや知識の共有・伝承，説明に利用できるように統合 ・研究開発機関や大学の専門家によるワークショップおよびコミュニティ活動を行い，システムの使い易さなどの確認および一部のコンテンツのレビューを実施	**【地上からの調査段階】** ●2つのURLにおける坑道掘削時および坑道を利用した調査研究を通じて，地上からの調査段階で構築した地質環境モデルの妥当性を評価 ●上記の結果を踏まえつつ，地上からの調査段階で整備した地質環境の調査・評価技術の有効性を評価し，方法論として提示 ●2つのURL，沿岸域における研究成果や既往情報を活用しつつ，多様な地質環境特性を地上からの調査において調査・評価するための方法論を提示 ●地上からの調査段階に必要な調査・解析・評価の経験・ノウハウなどの知識ベースを整備 ●地質環境特性の時間的な変化や地質環境の超長期的な変化を評価するための方法論（地質環境長期変遷モデルや革新的分析技術等の要素技術）を提示 ●沿岸域という場の特殊性に着目して、地下水流動による核種移行や深部地下水との隔離性能という観点から地下水流動環境を評価するための手法を提示 **【坑道掘削時の調査段階】** ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究成果およびそれ以外の研究開発の成果を統合しながら，坑道掘削時において地質環境を調査・評価できる方法論を提示	**●（地質2-1）地質環境評価技術高度化調査【JAEA】⇒（性能2-2，2-3，2-15）** 処分事業における概要調査及び精密調査（地上からの調査）について，地質環境調査やモデル化などを支援するシステムを開発。 ・平成24年度までに「次世代型サイト特性調査情報統合システム（ISIS）」開発 ・平成25年度にISISを公開し，文献調査～概要調査を支援するシステムとして活用
		②特定の地質環境を対象とした調査評価技術	結晶質岩		**●超深地層研究所計画（略称：瑞浪URL）【JAEA】** 瑞浪URLにおける坑道掘削時の地質環境情報を基に，地上からの調査段階で提示した地質環境特性を段階的に調査・評価するための方法論の妥当性を評価。 ・坑道掘削時の調査研究で得られる地質環境情報（坑道壁面観察，湧水量観測，水圧，水質変化の観測結果など）を用いて，地上からの調査研究段階における地下深部の地質環境の予測結果（地質環境モデルなど）を段階的に評価 ・上記の結果に基づき設計や安全評価を見据えた坑道掘削時以降の具体的な調査項目とその重要度に関する判断の根拠などを提示 ・上記の調査研究を通じて，データおよび地質環境モデルなどの地質環境情報に含まれる不確実性を段階的に評価し，調査研究を通じて不確実性を低減させる手法を例示 坑道掘削時の段階的な地質環境の調査，解析及びその評価による知見を基に，地上からの調査研究段階において実施した一連の調査研究の流れを見直すとともに，坑道掘削時の調査研究段階において地質環境を段階的に調査・評価するための方法論を提示。 **【成果】** ・坑道掘削時の調査研究で得られる地質環境情報（坑道壁面観察，湧水量観測，水圧，水質変化の観測結果など）を用いて，地上からの調査研究段階における地下深部のサイトスケール（数km四方領域）の地質環境モデルの更新及び妥当性確認の考え方を整理		**●（地質2-2）超深地層研究所計画（略称：瑞浪URL）【JAEA】⇒（性能2-2，2-3，2-15）** 処分事業における概要調査および精密調査（地上からの調査）について，地上からの地質環境の調査・評価技術の有効性，妥当性の確認を背景として以下の課題を設定。 瑞浪URLにおける坑道掘削時および坑道を利用した調査を展開し，地質環境情報を蓄積するとともに，それに基づき，地上からの調査段階や坑道掘削時の調査段階において地質環境特性を理解するための技術基盤を整備。 ・サイトスケール（数km四方領域）の地質環境モデルの更新／妥当性確認を通じて，地上からの調査段階で提示した地質環境特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論の妥当性を評価 ・坑道掘削時および坑道を利用した調査結果に基づきブロックスケール（数十mから数百m四方の領域）の地質環境モデルを構築 ・坑道掘削時の調査・評価における体系的な方法論を整理 ・各地質環境特性の調査研究で構築する知識ベースに基づき総合的な評価を行い，知識基盤を整備
			堆積岩		**●幌延深地層研究計画（略称：幌延URL）【JAEA】** 幌延URLにおける坑道掘削時の地質環境情報を基に，地上からの調査段階で提示した地質環境特性を段階的に調査・評価するための方法論の妥当性を評価。 ・坑道掘削時の調査研究で得られる地質環境情報（坑道壁面観察，湧水量観測，水圧，水質変化の観測結果など）を用いて，地上からの調査研究段階における地下深部の地質環境の予測結果（地質環境モデルなど）を段階的に評価 ・上記の結果に基づき設計や安全評価を見据えた坑道掘削時以降の具体的な調査項目とその重要度に関する判断の根拠などを提示 ・上記の調査研究を通じて，データ及び地質環境モデルなどの地質環境情報に含まれる不確実性を段階的に評価し，調査研究を通じて不確実性を低減させる手法を例示 坑道掘削時の段階的な地質環境の調査，解析及びその評価による知見を基に，地上からの調査研究段階において実施した一連の調査研究の流れを見直すとともに，坑道掘削時の調査研究段階において地質環境を段階的に調査・評価するための体系的な方法論を提示。 **【成果】** ・深度250mまでの坑道掘削時の調査研究（坑道壁面観察，湧水量観測，水圧，水質変化の観測結果など）により，地上からの調査研究段階で構築した地質環境モデル（地質構造やその水理地質特性，地下水水質の三次元分布など）の妥当性を評価 ・地上からのボーリング調査で，施設設計・建設上重要な断層の水理地質特性を評価するためのノウハウ，地下水水質の予測に関わるデータ量と確度の関係などの知見を取得 ・必要な調査技術（観測機器や観測手法）などを開発し，適用試験を行うことにより課題を整理		**●（地質2-3）幌延深地層研究計画（略称：幌延URL）【JAEA】⇒（性能2-2，2-3，2-15）** 処分事業における概要調査および精密調査（地上からの調査）について，地上からの地質環境の調査・評価技術の有効性，妥当性の確認を背景として以下の課題を設定。 幌延URLにおける坑道掘削時および坑道を利用した調査を展開し，地質環境情報を蓄積するとともに，それに基づき，地上からの調査段階や坑道掘削時の調査段階において地質環境特性を理解するための技術基盤を整備。 ・深度約350mまでの坑道掘削時の調査研究により，地上からの調査研究段階で構築した地質環境モデルおよびそのために適用した調査解析手法の妥当性を段階的に評価 ・地上からの調査研究段階において適用した調査解析手法については，上記の評価結果を踏まえ，更新 ・坑道内での固有の環境（調査のための空間が限られていることや，被圧環境での調査の実施等）に対処可能と考えられる既存の調査技術・調査機器の適用性を評価するとともに，新たな調査技術・調査機器を開発 ・各地質環境特性の調査研究で構築する知識ベースに基づき総合的な評価を行い，知識基盤を整備

研究開発要素				平成24年度迄の計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査地区選定を見据えた喫緊の研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細 目		達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
(A)地質環境調査評価技術	(1)総合的な調査評価技術	②特定の地質環境を対象とした調査評価技術	堆積岩	【地上からの調査段階】 ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究を通じて，地上からの調査段階で構築した地質環境モデルの妥当性を評価 ●上記の結果を踏まえつつ，地上からの調査段階で整備した地質環境の調査・評価技術の有効性を評価し，方法論として提示 ●2つのURLにおける研究成果や既往情報を活用しつつ，沿岸域に特有の現象や条件に注目して，地上からの調査段階で地質環境特性を調査・評価するための方法論を提示 ●幌延URLへの適用を通じて，従来技術では掘削および調査が困難な断層破砕帯などを対象としたコントロールボーリング及び調査技術を開発し，堆積岩を対象とした一連のボーリング調査手法を提示 ●沿岸域という場の特殊性に着目して、地下水流動による核種移行や深部地下水との隔離性能という観点から地下水流動環境を評価するための手法を提示	**●ボーリング技術高度化開発【ANRE(CRIEPI)】** 地上からの調査段階において，様々な地質，地形制約条件下で効率的なボーリング調査を進めるために，堆積岩を対象にボーリングのコントロール掘削技術と概要調査の各段階で把握する必要がある水理，地化学，力学などの地質環境特性を効率的に調査・評価する技術を開発。 ・フェーズ1の成果を踏まえ，現場適用を通じて総合的なボーリング掘削，調査，モニタリングシステムを構築する ・フェーズ2では特に掘削が困難と予想される断層破砕帯を対象とした技術開発を実施する。具体的には，幌延地域に分布する大曲断層を対象として，孔長800m，深度500m級のコントロール掘削および調査を実施し，指定地点の地質環境特性を把握しつつ，そのデータ品質を繰り返し評価していくことにより，構築した掘削，調査，モニタリングシステムの妥当性を確認 ・地下水年代測定技術との連携により，上記のボーリング調査の岩芯を利用して地下水の年代測定を実施し，地下水流動の予測結果との比較検討による地質環境情報の信頼性向上に関わる技術を提示 ・ボーリング孔内での物理検層，流体検層などで取得した情報を踏まえ，地質環境を総合的に理解するための方法論を整備 **【成果】** ・コントロール掘削の孔曲げ掘削技術，先端探知技術，コア採取技術に関する技術開発を実施 ・調査技術として，採水・透水試験，孔内検層技術，孔内応力測定技術，孔内力学測定技術，孔内トモグラフィ測定技術，孔内モニタリング技術を開発 ・上記のこれら技術を用いて，北海道幌延サイトに分布する大曲断層を対象としたコントロール掘削，調査を実施 ・平成23年度までに計画孔跡に沿って孔長1,000mのコントロール掘削を実施し，本孔井内で主としてLWDおよび採水・透水試験，孔内トモグラフィーなどを実施 ・これらにより，大曲断層の地質，地下水環境を評価することができ，コントロール掘削による概要調査における調査・評価体系を構築	【地上からの調査段階】 ●2つのURLにおける坑道掘削時および坑道を利用した調査研究を通じて，地上からの調査段階で構築した地質環境モデルの妥当性を評価 ●上記の結果を踏まえつつ，地上からの調査段階で整備した地質環境の調査・評価技術の有効性を評価し，方法論として提示 ●2つのURL，沿岸域における研究成果や既往情報を活用しつつ，多様な地質環境特性を地上からの調査において調査・評価するための方法論を提示 ●地上からの調査段階に必要な調査・解析・評価の経験・ノウハウなどの知識ベースを整備 ●地質環境特性の時間的な変化や地質環境の超長期的な変化を評価するための方法論（地質環境長期変遷モデルや革新的分析技術等の要素技術）を提示 ●沿岸域という場の特殊性に着目して、地下水流動による核種移行や深部地下水との隔離性能という観点から地下水流動環境を評価するための手法を提示 【坑道掘削時の調査段階】 ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究成果およびそれ以外の研究開発の成果を統合しながら，坑道掘削時において地質環境を調査・評価できる方法論を提示	**（●（地質2-4）ボーリング技術高度化技術の確証【ANRE】）⇒（性能2-2，2-3，2-15）** 処分事業における概要調査及び精密調査（地上からの調査）について，地上からの地質環境の調査・評価技術の有効性，妥当性の確認を背景として以下の課題を設定。 地上からの調査段階において，様々な地質，地形制約条件下で効率的なボーリング調査を進めるために，堆積岩を対象にボーリングのコントロール掘削技術と概要調査の各段階で把握する必要がある水理，地球化学，力学などの地質環境特性を効率的に調査・評価する技術を開発。コントロール掘削，調査技術の実用化のために，これまで蓄積した技術を以下のように取りまとめる。 ・コントロール掘削技術に関しては，平成23年度までに掘削技術の実績を積んできているが，トラブル遭遇時の対処としてセメンティングによるサイドトラック手法の適用性を確認する。 ・調査技術の実孔井での適用性を確認するために，孔内応力測定，孔井トモグラフィー及び孔内モニタリングに関する現地適用性検討を実施する。 ・これまでの現地適用実績を踏まえて，コントロール掘削，調査，評価に関する総合マニュアルを作成する。 ・今後数年継続する孔内モニタリングについては，フェーズ3の「岩盤中地下水移行評価確証技術開発〔ANRE〕」の一部として実施する。
			沿岸域		**●沿岸域を対象とした調査・評価技術の体系化/沿岸域に関わる研究開発要素の研究成果の統合【ANRE/JAEA幌延】** 2つのURLにおける研究成果や既往情報を活用しつつ，沿岸域に特有の現象や条件に注目した調査技術の高度化を進め，地上からの調査段階で地質環境特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論を整備。 ・フェーズ2の前半では，既存技術や知見およびURLでの体系的な方法論を参考に，一連の調査・評価の体系を検討しつつ，個々の調査評価技術を高度化，適用性を確認 ・フェーズ2の後半においては，適用性確認の結果などを踏まえ体系化した方法論として取りまとめ ・沿岸域に関しては経験的な知識が少なく，フィールドを活用した調査研究による技術の高度化，知見の蓄積が重要であるため，陸域から海上まで包含した調査研究のフィールド確保に向けて，既にURLでの研究が進められている幌延町やその他の可能性のある地域を対象に検討 **【成果】** ・幌延沿岸域を対象とした“沿岸域プロジェクト”の推進により，陸域から沿岸域（浅海域）を対象とした，物理探査，ボーリング孔調査及び地質構造やその水理地質特性，地下水流動，地下水水質に関わる各解析技術などの要素技術の適用性を確認するとともに，それらを利用した調査計画の立案に関するノウハウ（年度展開や調査レイアウトなど）を整理	**●（地質2-5）地質沿岸域を対象とした調査・評価技術の体系化/沿岸域に関わる研究開発要素の研究成果の統合【JAEA】⇒（性能2-2，2-3，2-15）** 処分事業における概要調査及び精密調査（地上からの調査）について，地上からの地質環境の調査・評価技術の有効性，妥当性の確認を背景として以下の課題を設定。 沿岸域における物理探査，ボーリング調査などの成果を踏まえ，沿岸域を対象とした調査・評価技術の体系化/沿岸域に関わる研究開発要素の研究成果を統合
					●沿岸域塩淡境界・断層評価技術高度化開発【ANRE(AIST)】 既存の地質調査情報を統合し，沿岸域で深層ボーリング調査を行い，海底下の地下水に関する長期安定性評価を実施。物理探査技術（反射法，電磁法等）の調査手法、海陸接合調査・解析技術を高度化することによって，沿岸域の海底地質構造及び伏在する断層，大規模断裂系等を推定する手法を構築。 ・沿岸域で深層ボーリングを実施し，地質・地下水試料を採取分析することで，沿岸域における浅層から深層までの水理地質モデリングを実施 ・物理探査，解析評価技術の高度化開発及び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，塩淡境界および断層評価を中心とした沿岸域特有の地質環境評価手法を構築 ・データベース開発を通した全国規模の地質・地下水環境把握の高精度化をはかり、技術の適用範囲等を明確化 **【成果】** ・沿岸海底下で淡水地下水領域の存在を確認し、これが海水準変動に起因することをつきとめた。また、データベースによる解析から列島の堆積平野沿岸では共通する現象であることもわかり、海底下地下水環境の長期安定性を見極めることができ、地質環境の長期評価技術開発に貢献した。 ・沿岸域物理探査による海陸接合水理地質モデル，地下水流動解析による海底下地下水賦存モデル等の実証ならびに海底下地質の確認と地下水環境評価を実施し，沿岸域特有の地質環境を評価することができた。	**●（地質2-6）海域地質環境調査確証技術開発【ANRE（AIST）】（新規課題）⇒（性能2-2，2-3，2-15）** 処分事業における概要調査および精密調査（地上からの調査）について，地上からの地質環境の調査・評価技術の有効性，妥当性の確認を背景として以下の課題を設定。 海底下の地下水流動評価技術の高精度化のため、海底下深部の地質構造や広域地下水流動等の状況を，海域の物理探査と海上ボーリング調査によって把握するとともに，断層と地下水流動の関連，地下水流動の長期的な変遷を評価。特に，海上ボーリング調査を用いた地質構造や地下水環境の評価技術を対象として，要素技術の高度化開発を行い，沿岸域海底下の地質環境の総合評価手法を構築。 ・物理探査技術を用いた沿岸域地質構造評価技術の開発と，海上掘削調査技術の開発を含めた深部地下水環境研究のそれぞれについて，実際の沿岸域フィールドにおける体系的な適用試験と総合評価を実施し，沿岸域での調査技術と解析評価手法として体系化 ・物理探査技術においては，海域から陸域にかけての地質構造評価のための物理探査接合技術の実証的研究，とりわけ，断層評価における最適化探査技術の開発や解析技術の高度化を実施 ・海上ボーリング調査における各種技術の要素開発を実施し，高品質な地下水・地質試料を入手することで，海底下の地下環境を高精度に評価する技術を構築 ・将来的に処分事業を開始した場合に地下水が移動する範囲等を的確に評価し、将来的な安全研究に寄与
					●海域地質環境調査技術高度化開発【ANRE（AIST）】 海底下深部の地質構造や広域地下水流動等の状況を、海域の物理探査と海上ボーリング調査によって把握するとともに，断層と地下水流動の関連，地下水流動の長期的な変遷を評価。特に，海上ボーリング調査を用いた地質構造や地下水環境の評価技術を前提として，沿岸域海底下の地質環境の総合評価を実施。 ・物理探査技術を用いた沿岸域地質構造評価技術の開発と，海上掘削調査技術の開発を含めた深部地下水環境研究のそれぞれについて，実際の沿岸域フィールドにおける体系的な適用試験と総合評価を実施し，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。さらに，将来的に処分事業を開始した場合に地下水が移動する範囲等を的確に評価し，将来的な安全研究に寄与 **【成果】** ・全国の代表的な堆積平野の沿岸海域において地下水流動解析を実施し，概ね海底下に淡水地下水領域があることを確認 ・これにより、淡水地下水領域の下部には長期的に安定した地下水領域があることが示唆 ・この領域を的確に評価するための物理探査手法の最適化シミュレーション実施	

研究開発要素			平成24年度迄の計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査地区選定を見据えた喫緊の研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細　目	達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
（A）地質環境調査評価技術	（1）総合的な調査評価技術	③地質環境の長期変遷評価技術 （新規項目）			●超長期にわたる地質環境の予測・評価に伴う不確実性を評価	**●（地質2-7）地質環境の長期安定性に関する研究（超長期）【JAEA】⇒（性能2-2，2-3，2-15）** 超長期にわたる処分システムの安全評価に資するため，地質環境の予測・評価に伴う不確実性を評価する手法を整備することを背景に課題を設定。 [超長期における予測・評価手法の検討] ・ 断層運動，火山活動，隆起・侵食等の自然現象について，過去のイベントの生じた時期や変動パターン・規模等を推定する際に重要となる編年の精度（イベントを復元できる時期，識別できる分解能等）を取りまとめ ・現在のテクトニクスに転換した時期（ネオテクトニクスの開始時期）や変動パターン・規模（隆起・侵食の動的平衡の成立性等）等を地域ごとに取りまとめ，超長期の予測・評価に係る基盤情報を整備 [放射年代測定技術の開発] ・ 断層運動，火山活動，隆起・侵食等の自然現象について，過去のイベントの生じた時期や変動パターン・規模等を推定する際に重要となる編年精度の向上を図るため，加速器質量分析装置等の最先端の機器分析装置を用いた放射年代測定技術を整備 ・具体的には，岩石の露出年代を推定するためのBe−10年代や断層岩を対象とした(U−Th)/He年代，K−Ar年代等の方法を実用化
	（2）地質環境特性調査評価技術	①地質・地質構造	**【地上からの調査段階】** ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究を通じて，地上からの調査段階で構築した地質構造モデルの妥当性を評価 ●上記の結果を踏まえつつ，地上からの調査段階で整備した地質構造の調査・評価技術の有効性を評価し，一連の方法論として取りまとめ ●沿岸域を対象に，既存情報による知見を活用しつつ，物理探査技術などを駆使して陸域から海域に伏在する断層や大規模な断裂系を把握する調査手法を提示 ●沿岸域において，塩淡境界の分布を把握する手法として，地層中の間隙率分布や地下水性状などを推定するために，地震波及び電磁波を用いた物理探査技術を高度化 ●ボーリング調査などにより把握した断層などの不連続構造，破砕帯（割れ目帯）などの水みち構造の空間的な分布を精度良く推定し地質構造をモデル化するために，トモグラフィ技術を高度化 **【坑道掘削時の調査段階】** ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究成果及びそれ以外の研究開発の成果を統合しながら，坑道掘削時において段階的に地質構造を調査・評価できる体系的な方法論を提示 ●坑道掘削時の調査段階で必要となる調査，解析などの要素技術を改良，高度化	**●超深地層研究所計画（瑞浪URL）【JAEA】** 瑞浪URLにおける坑道掘削時の地質環境情報を基に，地上からの調査段階で提示した地質・地質構造を段階的に調査・評価するための一連の調査手法の妥当性を評価。 ・坑道掘削時の調査研究で得られる地質環境情報〔坑道壁面観察結果，ボーリングの岩芯観察結果，物理探査結果（逆VSPなど）〕を用いて，地上からの調査研究段階における地下深部の地質環境の予測結果（地質構造モデルなど）を段階的に評価 坑道掘削時の段階的な地質環境の調査，解析及びその評価による知見を基に，地上からの調査研究段階において実施した一連の調査研究の流れを見直すとともに，坑道掘削時の調査研究段階において地質・地質構造を段階的に調査・評価するための体系的な方法論を提示。 ・坑道（施設）スケールで着目すべき岩盤中の不均質性や不連続構造を対象に，それらの三次元的な分布/地質学的性状の調査・解析（モデル化）を行ない，調査量と理解度（不確実性）との関連性を明示するとともに，繰り返しアプローチに基づく体系的な調査・解析（モデル化）手法を例示 ・坑道内の壁面調査/観測技術（特に，データの取得方法や品質管理）や調査プログラムを整備するとともに，制約条件を受けた場合における調査手法の最適化や想定すべき事象の考え方（失敗事例を含む）を実際の経験に基づき例示 ・立坑の掘削を利用した逆VSP探査および流体流動電位法により掘削影響領域の周辺に分布する重要な地質構造，水みち構造を高精度に把握する手法を開発 **【成果】** ・ 深度500mまでの坑道掘削時の調査研究（坑道壁面観察，ボーリングの岩芯観察，物理探査（逆VSPや自然電位測定など））により地質・地質構造に関する情報を取得 ・ 地上からの調査段階で構築したサイトスケール（数km四方領域）の地質構造モデルの更新及び妥当性確認の考え方を整理	**【地上からの調査段階】** ●2つのURLにおける坑道掘削時及び坑道を利用した調査研究を通じて，地上からの調査段階で構築した地質構造モデルの妥当性を評価 ●上記の結果を踏まえつつ，地上からの調査段階で整備した地質・地質構造の調査・評価技術の有効性を評価し，方法論として取りまとめ ●2つのURL，沿岸域における研究成果や既往情報を活用しつつ，多様な地質・地質構造を地上からの調査において調査・評価するための方法論を提示 ●地上からの調査段階に必要な調査・解析・評価の経験・ノウハウなどの知識ベースを整備 **【坑道掘削時の調査段階】** ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究成果およびそれ以外の研究開発の成果を統合しながら，坑道掘削時において地質・地質構造を調査・評価できる方法論を提示	**●（地質2-8）超深地層研究所計画（瑞浪URL）【JAEA】⇒（性能2-2，2-3，2-10，2-15）** 処分事業における概要調査及び精密調査（地上からの調査）について，地上からの地質環境の調査・評価技術の有効性，妥当性の確認を背景として以下の課題を設定。 瑞浪URLにおける坑道掘削時及び坑道を利用した調査を展開し，地質・地質構造に関する情報を蓄積するとともに，それに基づき，段階的な調査において地質・地質構造を理解するための技術基盤を整備し，研究成果として取りまとめ。 ・ 坑道掘削時及び坑道を利用した調査（坑道壁面観察，ボーリングの岩芯観察，物理探査（逆VSPなど））により地質・地質構造に関する情報を取得するとともに，それに基づくサイトスケール（数km四方領域）の地質構造モデルの更新／妥当性確認を実施 ・ 地質構造モデルの更新／妥当性確認を通じて，地上からの調査段階で提示した地質・地質構造を段階的に調査・評価するための方法論の妥当性を評価するとともに適宜見直しを実施 ・ 坑道掘削時及び坑道を利用した調査結果に基づきブロックスケール（数十mから数百m四方の領域）の地質構造モデルを構築 ・坑道掘削時において地質・地質構造を調査・評価できる方法論を提示 ・ 地質・地質構造の調査・解析・評価の実施及び調査計画立案に係る技術的ノウハウ（各作業における留意点や意思決定プロセス，トラブルシューティングなど）や，品質管理の考え方を整理し，知識ベースとして蓄積 ・ 上記に関連した技術開発（地質構造モデルの不確実性評価手法など）を実施
				●幌延深地層研究計画（幌延URL）【JAEA】 幌延URLにおける坑道掘削時の地質環境情報を基に，地上からの調査段階で提示した地質・地質構造を段階的に調査・評価するための一連の調査手法の妥当性を評価。 ・坑道掘削時の調査研究で得られる地質環境情報（坑道壁面観察結果，ボーリングの岩芯観察結果など）を用いて，地上からの調査研究段階における地下深部の地質環境の予測結果（地質構造モデルなど）を段階的に評価 ・第1段階で掘削した地表部おける既存のボーリング孔や坑道を利用して，幌延の地層中に地下深部まで存在するメタンガスや二酸化炭素の計測を継続することにより，大規模不連続構造を把握する技術の信頼性を向上 坑道掘削時の段階的な地質環境の調査，解析およびその評価による知見を基に，地上からの調査研究段階において実施した一連の調査研究の流れを見直すとともに，坑道掘削時の調査研究段階において地質・地質構造を段階的に調査・評価するための体系的な方法論を提示。 ・坑道（施設）スケールで着目すべき岩盤中の不均質性や不連続構造を対象に，それらの三次元的な分布/地質学的性状の調査・解析（モデル化）を行ない，調査量と理解度（不確実性）との関連性を明示しつつ体系的な調査・解析（モデル化）手法を例示 ・坑道内の壁面調査/観測技術（特に，データの取得方法や品質管理）や調査プログラムを整備，構築するとともに，制約を受けた場合における調査手法の最適化や想定すべき事象の考え方（失敗事例を含む）を実際の経験に基づき例示 **【成果】** ・研究所設置地区周辺を対象として物理探査，地表踏査及びボーリング調査を実施し，これらの既存の調査手法の組み合わせにより，大曲断層を事例として，数キロメートル以上の規模の断層の三次元分布を推定する手法を例示 ・地表踏査やボーリング調査の結果に基づき，岩盤中に分布する割れ目の地質学的性状（方向性・産状・成因など）を把握し，割れ目の連続性・連結性に関する概念を構築 ・割れ目が地下水流動に与える影響については，声問層中の割れ目は連続性・連結性に乏しく影響が小さいことや，稚内層において，断層運動によって引張割れ目が発達しやすい領域では，層理面に高角な断層が引張割れ目の派生を伴っており，それらが高い透水性であることを確認 ・以上の知見に基づき，堆積岩を対象として精密調査地区を選定し，地下施設の設計を行うための地質・地質構造のモデル化に関わるノウハウを整理		**●（地質2-9）幌延深地層研究計画（幌延URL）【JAEA】⇒（性能2-2，2-3，2-10，2-15）** 処分事業における概要調査及び精密調査（地上からの調査）について，地上からの地質環境の調査・評価技術の有効性，妥当性の確認を背景として以下の課題を設定。 幌延URLにおける坑道掘削時及び坑道を利用した調査を展開し，地上からの調査段階で提示した地質・地質構造を段階的に調査・評価するための技術基盤を整備し，研究成果として取りまとめ。 ・坑道掘削時の調査研究で得られる地質環境情報（坑道壁面観察結果，ボーリングの岩芯観察結果など）を用いて，地上からの調査研究段階における地下深部の地質環境の予測結果（地質構造モデルなど）を段階的に妥当性を評価するとともに、地質構造モデルを更新 ・ 坑道掘削時における調査結果に基づき数十mから数百m四方の領域の地質構造モデルを構築 ・第1段階で掘削した地表部における既存のボーリング孔や坑道を利用して，地下水や物質の移行経路となりうる断層や割れ目帯の分布特性・幾何形状を三次元的に把握する技術の信頼性を向上 ・ 地質・地質構造の調査・解析・評価の実施及び調査計画立案に係る技術的ノウハウ（各作業における留意点や意思決定プロセス，トラブルシューティングなど）や，品質管理の考え方を整理し，知識ベースとして蓄積

研究開発要素			平成24年度迄の計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査地区選定を見据えた喫緊の研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細 目	達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
（A）地質環境調査評価技術	(2) 地質環境特性調査評価技術	①地質・地質構造	【地上からの調査段階】 ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究を通じて，地上からの調査段階で構築した地質構造モデルの妥当性を評価 ●上記の結果を踏まえつつ，地上からの調査段階で整備した地質構造の調査・評価技術の有効性を評価し，一連の方法論として取りまとめ ●沿岸域を対象に，既存情報による知見を活用しつつ，物理探査技術などを駆使して陸域から海域に伏在する断層や大規模な断裂系を把握する調査手法を提示 ●沿岸域において，塩淡境界の分布を把握する手法として，地層中の間隙率分布や地下水性状などを推定するために，地震波及び電磁波を用いた物理探査技術を高度化 ●ボーリング調査などにより把握した断層などの不連続構造，破砕帯（割れ目帯）などの水みち構造の空間的な分布を精度良く推定し地質構造をモデル化するために，トモグラフィ技術を高度化 【坑道掘削時の調査段階】 ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究成果及びそれ以外の研究開発の成果を統合しながら，坑道掘削時において段階的に地質構造を調査・評価できる体系的な方法論を提示 ●坑道掘削時の調査段階で必要となる調査，解析などの要素技術を改良，高度化	**●高精度物理探査技術高度化調査** **【ANRE(RWMC)】** 陸域から沿岸域までの適用を念頭に，段階的な事業の進め方を見据え柔軟に対応できる物理探査技術を構築。 ・地表からの調査段階における沿岸域での調査を見据え，断層などの大規模な地質構造や塩淡境界の分布を把握する技術として，地震波や電磁波を用いた物理探査技術を高度化し，実際のフィールドでの適用（例えば幌延URL）を通じて有効性を確認 ・ボーリング孔を利用した地上からの調査結果において，不連続構造の空間分布などに起因する不確実性を低減するために，孔井間の伏在断層，破砕帯の把握，及び水理特性の空間分布推定に向けた物理情報の取得を目的に，トモグラフィ解析技術を高度化 ・フィールドでの適用（例えば瑞浪URL）を通じて有効性を評価しつつボーリング調査結果などとを踏まえ，地質構造の空間分布の推定に向けたデータの総合的な解釈技術を提示 **【成果】** ・陸域の3次元電磁法解析技術の原位置確証を目的として，結晶質岩中（中国北山の花崗岩）及び堆積岩中（幌延）の断裂系を探査し，既存情報と整合性の高い断層構造を確認し，本解析技術の信頼性を確認 ・弾性波トモグラフィ技術について，米国デバイン試験場（堆積岩）で取得したデータの解析，及びスイス・グリムゼル試験場（花崗岩）における原位置試験により，本手法によって岩盤中の力学的性状分布を把握し，亀裂分布の推定，岩盤の安定性評価，及び周辺岩盤の透水係数の把握に適用可能性を提示		**（●高精度物理探査技術高度化調査【ANRE】）** **・フェーズ3に移行し実施（⇒地質3-7）**
				●沿岸域断層評価手法の開発に関する研究調査【ANRE(AIST)】 既存の地質調査情報を統合し，物理探査等（反射法，電磁法）の調査手法を高度化することによって，沿岸域の海底に伏在する断層，大規模断裂系等を推定する手法を構築。 ・全国の沿岸域周辺の既存調査の概要に関する情報をデータベース化して公開 ・陸域及び海域の調査情報を統合し沿岸部の海底に伏在する断層，大規模断裂系等を推定する手法を開発 ・沿岸域周辺を対象とする物理探査技術（地震探査，電磁探査等）について調査・解析手法の要素技術開発を行い，フィールドでの適用性確認（例えば，幌延URL）などを踏まえ実用可能な手法として提示 **【成果】** ・塩淡境界／地下水総合評価技術の開発：塩淡境界や化石海水を含む地下水の水理境界位置と地質境界位置が一致する場合としない場合があることを確認（水質・同位体・水頭分布等） ・沿岸域地質構造／断層評価技術の開発：浅海域専用の電磁探査用センサーを開発するとともに浅海域を含む海域から陸域にかけての連続した物理探査手法を開発及びこれと独自に開発した解析手法により，世界で初めて浅海域海底下の淡水地下水の存在を物理探査により解明 ・関連データベースの開発：全国の堆積盆（帯水層）データベースを完成させたことで，これまでに開発した水収支DBなどと統合することにより，深部地下水の賦存状態を提示		**平成19年度から「沿岸域断層評価手法の開発に関する研究」と「塩淡境界面形状把握調査」の内容を統合し，「沿岸域塩淡境界・断層評価技術高度化開発【ANRE】」に含めて実施。**
		②地下水流動特性	**【地上からの調査段階】** ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究を通じて，地上からの調査段階で構築した水理地質構造モデルの妥当性を評価 ●上記の結果を踏まえつつ，地上からの調査段階で整備した水理特性の調査，水理地質構造のモデル化，地下水流動解析手法及び不確実性の評価技術の有効性を確認し，一連の方法論として取りまとめ ●塩淡境界の分布とそれに沿った地下水流動を調査評価する手法，及び海底の地下水湧出点の分布を把握する手法のフィールドへの適用を通じて，それぞれの有効性を確認 ●沿岸域における地下水流動や水質変化に関する知見や情報を整備 ●塩水環境における地下水流動とそれに伴う水質変化を精度良く把握するために，フィールドで取得した情報を基に，非ダルシー流を考慮した地下水流動解析，水質形成機構及び同位体による地下水年代など多面的アプローチによる地質環境特性の評価手法を整備 **【坑道掘削時の調査段階】** ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究成果及びそれ以外の研究開発の成果を統合しながら，段階的に水理特性を理解し，水理地質構造のモデル化・解析，さらには不確実性の評価に至る一連の方法論を提示 ●坑道掘削時の調査段階で必要となる調査，解析などの要素技術の改良，高度化	**●超深地層研究所計画（瑞浪URL）【JAEA】** 瑞浪URLにおける坑道掘削時の地質環境情報（断層・割れ目帯などの分布，透水係数／透水量係数や水圧分布などの水理特性，地下水の地球化学特性）を取得するとともに，地上からの調査段階で提示した水理特性を把握する技術，水理地質構造をモデル化し解析する技術，不確実性の評価技術などで構成される一連の調査手法の妥当性を評価し，研究成果として取りまとめる。 ・坑道掘削時の調査研究で得られる地質環境情報（坑内湧水量，ボーリング孔での水理試験結果，水圧観測結果など）を用いて，地上からの調査研究段階における地下水流動特性に関わる予測結果（ローカル／サイトスケールの水理地質構造モデル，掘削影響の予測結果など）を段階的に評価 ・坑道周辺の水理特性に関わる情報に基づき，坑道周辺を対象とした水理地質構造モデルの構築・更新を行うとともに，その結果をサイトスケールの水理地質構造モデルの更新に反映（アップスケーリング）し，坑道周辺での地下水流動特性を評価 ・これらの検討を通じて割れ目系岩盤の水理学的不均質性評価技術を提示 坑道掘削時の段階的な地質環境の調査，解析およびその評価による知見を基に，地上からの調査研究段階において実施した一連の調査研究の流れを見直すとともに，坑道掘削時の調査研究段階において地下水流動特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論を提示。 ・坑道周辺に分布する断層や割れ目（帯）など岩盤の水理特性の不均質性に関わる主な影響因子に注目し，それらの特性を効果的に把握するための調査技術を整備 ・調査結果を基に坑道周辺岩盤の水理特性の不均質性を適切に記述するための水理地質構造のモデル化手法及び地下水流動解析手法を整備 ・坑道内での水理調査/観測技術（特に，データの取得方法や品質管理）や調査プログラムを整備するとともに，制約（例えばグラウトの影響など）を受けた場合の調査手法の最適化や想定すべき事象の考え方（失敗事例を含む）を実際の経験に基づき例示 **【成果】** ・ 深度500mまでの坑道掘削時の調査研究（湧水量計測，地下水長期モニタリング，坑道からのボーリング孔を用いた水理試験など）により水理特性に関する情報を取得 ・ 地上からの調査段階で構築したサイトスケール（数km四方領域）の水理地質構造モデルの更新及び妥当性確認の考え方を整理	**【地上からの調査段階】** ●2つのURLにおける坑道掘削時及び坑道を利用した調査研究を通じて，地上からの調査段階で構築した水理地質構造モデルの妥当性を評価 ●上記の結果を踏まえつつ，地上からの調査段階で整備した地下水流動特性の調査・評価技術の有効性を評価し，方法論として取りまとめ ●2つのURL，沿岸域における研究成果や既往情報を活用しつつ，多様な地下水流動特性を地上からの調査において調査・評価するための方法論を提示 ●地上からの調査段階に必要な調査・解析・評価の経験・ノウハウなどの知識ベースを整備 **【達成目標/坑道掘削時の調査段階】** ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究成果及びそれ以外の研究開発の成果を統合しながら，坑道掘削時において地下水流動特性を調査・評価できる方法論を提示	**●（地質2-10）超深地層研究所計画（瑞浪URL）【JAEA】⇒（性能2-2，2-3，2-10，2-15）** 処分事業における概要調査及び精密調査（地上からの調査）について，地上からの地質環境の調査・評価技術の有効性，妥当性の確認を背景として以下の課題を設定。 瑞浪URLにおける坑道掘削時及び坑道を利用した調査を展開し，地下水流動特性に関する情報を蓄積するとともに，それに基づき，段階的な調査において地下水流動特性を理解するための技術基盤を整備し，研究成果として取りまとめる。 ・ 坑道掘削時及び坑道を利用した調査（湧水量計測，地下水圧モニタリング，坑道からのボーリング孔を用いた水理試験など）により地下水流動特性に関する情報を取得するとともに，それに基づくサイトスケール（数km四方領域）の水理地質構造モデルの更新／妥当性確認を実施 ・ 水理地質構造モデルの更新／妥当性確認を通じて，地上からの調査段階で提示した地下水流動特性を段階的に調査・評価するための方法論の妥当性を評価するとともに適宜見直し ・ 坑道掘削時及び坑道を利用した調査結果に基づきブロックスケール（数十mから数百m四方の領域）の水理地質構造モデルを構築 ・ 地下水流動特性の調査・解析・評価の実施及び調査計画立案に係る技術的ノウハウや，品質管理の考え方を整理し，知識ベースとして蓄積 ・ 上記に関連した技術開発（長期地下水圧モニタリング技術（装置の長期耐久性確認など）や水理地質構造モデルの更新手法（逆解析手法など））を実施

研究開発要素			平成24年度迄の計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査地区選定を見据えた喫緊の研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細　目	達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
（A）地質環境調査評価技術	（2）地質環境特性調査評価技術	②地下水流動特性	【地上からの調査段階】 ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究を通じて，地上からの調査段階で構築した水理地質構造モデルの妥当性を評価 ●上記の結果を踏まえつつ，地上からの調査段階で整備した水理特性の調査，水理地質構造のモデル化，地下水流動解析手法及び不確実性の評価技術の有効性を確認し，一連の方法論として取りまとめ ●塩淡境界の分布とそれに沿った地下水流動を調査評価する手法，及び海底の地下水湧出点の分布を把握する手法のフィールドへの適用を通じて，それぞれの有効性を確認 ●沿岸域における地下水流動や水質変化に関する知見や情報を整備 ●塩水環境における地下水流動とそれに伴う水質変化を精度良く把握するために，フィールドで取得した情報を基に，非ダルシー流を考慮した地下水流動解析，水質形成機構及び同位体による地下水年代など多面的アプローチによる地質環境特性の評価手法を整備 【坑道掘削時の調査段階】 ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究成果及びそれ以外の研究開発の成果を統合しながら，段階的に水理特性を理解し，水理地質構造のモデル化・解析，さらには不確実性の評価に至る一連の方法論を提示 ●坑道掘削時の調査段階で必要となる調査，解析などの要素技術の改良，高度化	**●幌延深地層研究計画（幌延URL）【JAEA】** 幌延URLにおける坑道掘削時の地質環境情報（地層の堆積構造，褶曲および断層・割れ目帯などの分布，透水係数，水圧分布などの水理特性）を基に，地上からの調査段階で提示した水理特性を把握する技術，水理地質構造をモデル化し解析する技術，不確実性の評価技術などで構成される一連の調査手法の妥当性を評価し，研究成果として取りまとめる。 ・坑道掘削時の調査研究で得られる地質環境情報（坑内湧水量，ボーリング孔での水理試験結果，水圧観測結果など）を用いて，地上からの調査研究段階における地下深部の地質環境の予測結果（水理地質構造モデル，掘削影響の予測結果など）を段階的に評価 ・坑道周辺の水理特性に関わる情報に基づき，水理地質構造モデルを更新 ・この際，稚内層や声問層に分布する割れ目帯に注目し，多孔質および亀裂性媒体の双方のモデル化の考え方を組み合わせた水理学的不均質性のモデル化・解析技術を提示 ・幌延地域における，積雪地帯，牧草地と森林部が混在する環境を考慮した地下水涵養量や涵養域・流出域の推定手法の確立と表層部分の地下水流動特性把握に向け，表層水理調査を継続 ・これらの調査結果は，上記水理特性に関するモデル化・解析における地表部での境界条件として反映 坑道掘削時の段階的な地質環境の調査，解析及びその評価による知見を基に，地上からの調査研究段階において実施した一連の調査研究の流れを見直すとともに，坑道掘削時の調査研究段階において地下水流動特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論を提示 ・溶存ガスが存在する塩水環境下において，坑道掘削時にその周辺に分布する断層や割れ目（帯）などに注目しつつ，それら特性を効果的に把握するための調査技術を整備 ・水理学的不均質性を適切に記述するために，多孔質および亀裂性媒体の双方のモデル化の考え方を組み合わせた水理地質構造のモデル化手法及び地下水流動解析手法を整備 ・坑道内での水理調査/観測技術（特に，データの取得方法や品質管理）や調査プログラムを整備するとともに，制約（例えばグラウトの影響など）を受けた場合の調査手法の最適化や想定すべき事象の考え方（失敗例を含む）を実際の経験に基づき例示 **【成果】** ・地上からの調査研究段階で構築した水理地質構造モデルに基づいて，立坑の掘削工程を模擬した湧水量の予測解析を実施し，実測湧水量との対比により評価 ・湧水に寄与する高透水性構造のモデル化の考え方の妥当性を確認するとともに，量的な予測精度の向上にモデル化が必要な地質環境情報などを整理 ・幌延地域のように，積雪寒冷な気象条件で，牧草地と森林部が混在する環境に適用可能な観測システムを整備して，表層水理調査手法の現地での適用性を評価 ・地下水流動解析領域の上部境界を対象とした水文諸量の空間分布の推定方法の妥当性を観測したデータを用いて検証 ・坑道の掘削に伴い取得した地質環境情報を用いて水理地質構造モデルを更新 ・これにより，坑道掘削時に得られる情報の質・量・スケールと達成可能なモデル更新の程度に関する知見を取得 ・ボーリング孔掘削時や試験時に実際に溶存ガスの脱ガスが確認されたことから，現場においてこれらの影響の低減を図るとともに，このような経験を踏まえて有効と考えられる対策や調査手法の最適化などについて検討を実施 ・以上の知見に基づき，精密調査地区選定時の水理地質構造の水理地質特性評価や施設設計に関わる湧水量解析，地下施設建設時にそれらの評価結果，解析結果を確認するための要素技術とノウハウを整理	【地上からの調査段階】 ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究を通じて，地上からの調査段階で構築した水理地質構造モデルの妥当性を評価 ●上記の結果を踏まえつつ，地上からの調査段階で整備した水理特性の調査，水理地質構造のモデル化，地下水流動解析手法及び不確実性の評価技術の有効性を確認し，一連の方法論として取りまとめ ●塩淡境界の分布とそれに沿った地下水流動を調査評価する手法，及び海底の地下水湧出点の分布を把握する手法のフィールドへの適用を通じて，それぞれの有効性を確認 ●沿岸域における地下水流動や水質変化に関する知見や情報を整備 ●塩水環境における地下水流動とそれに伴う水質変化を精度良く把握するために，フィールドで取得した情報を基に，非ダルシー流を考慮した地下水流動解析，水質形成機構及び同位体による地下水年代など多面的アプローチによる地質環境特性の評価手法を整備 【坑道掘削時の調査段階】 ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究成果及びそれ以外の研究開発の成果を統合しながら，段階的に水理特性を理解し，水理地質構造のモデル化・解析，さらには不確実性の評価に至る一連の方法論を提示 ●坑道掘削時の調査段階で必要となる調査，解析などの要素技術の改良，高度化	**●（地質2-11）幌延深地層研究計画（幌延URL）【JAEA】⇒（性能2-2，2-3，2-10，2-15）** 処分事業における概要調査及び精密調査（地上からの調査）について，地上からの地質環境の調査・評価技術の有効性，妥当性の確認を背景として以下の課題を設定。 幌延URLにおける坑道掘削時及び坑道を利用した調査を展開し，地質環境情報（地層の堆積構造，褶曲および断層・割れ目帯などの分布，透水係数，水圧分布などの水理特性）を基に，地上からの調査段階で提示した水理特性を把握する技術，水理地質構造をモデル化し解析する技術，不確実性の評価技術などで構成される一連の調査手法の妥当性を評価し，技術基盤として整備するとともに研究成果として取りまとめる。 ・坑道掘削時（深度350m程度まで）の調査研究で得られる地質環境情報を用いて，地上からの調査研究段階における地下深部の水理地質環境の予測結果（水理地質構造モデル，掘削影響の予測結果など）の段階的な評価を継続 ・表層から地下深部まで水理特性の異なる地層や不連続構造などを含む数km四方程度を対象として，評価領域の水理学的不均質性を表現するための水理地質構造モデル化技術（多孔質媒体/亀裂性媒体，決定論モデル/確率論モデルの組み合わせなど）を提示
				●塩淡境界面形状把握調査【ANRE(AIST)】 沿岸域における特徴的な現象で，かつ地下水流動に大きく影響を与えていると考えられる塩淡境界面の分布とそれに沿った地下水流動を地上から調査評価する手法を整備。併せて，塩淡境界周辺の地質環境特性（塩淡境界面の形状，地下水流動，水質など）に関する知見を蓄積。 ・様々な沿岸域でのフィールド調査・観測を通じて塩淡境界面の分布と形成機構を明らかにし，長期間にわたる塩淡境界面の変動予測法を開発 ・フェーズ1までに構築した沿岸域の地下水調査手法を用いフィールド調査・観測を実施し，加えて地質形成過程を考慮に入れた広域地下水流動特性について検討 ・このような検討のためには，沿岸部において地下水流動や水質形成などに関する情報が蓄積された環境が望ましいことから，URLでの研究が進みつつある幌延町を一つの候補として実施に向けて検討 ・地下深部での塩淡境界面に沿った地下水流動や，緩慢な地下水流動場の性状などに関する情報や知見を整備 ・地下水年代，水質形成機構（水－岩石反応を含む）などの現象解明の基礎情報として深部岩盤情報や深部地下水水質情報を整備 **【成果】** ・塩淡境界の存在に係わる地下水特性（地下水流動や水質の変化など）を明らかにするとともに，地下水の上向き流動に及ぼす塩淡境界の役割を評価 ・大規模な地下水流動の変化に伴う塩淡境界の形状変化や移動を初めて観測し，塩淡境界の形成メカニズムやプロセスを明示 ・塩淡境界の位置情報を整備するため，全国規模で流域ごとの地下水データベースを構築し，流域水収支計算を行い，概ね塩淡境界が海域側に存在することを解明	**平成19年度から「沿岸域断層評価手法の開発に関する研究」と「塩淡境界面形状把握調査」の内容を統合し，「沿岸域塩淡境界・断層評価技術高度化開発【ANRE】」に含めて実施。**
				●海底地下水湧出探査技術高度化調査【ANRE(CRIEPI)】 陸域から流動して海底に湧出する地下水の分布を把握し，その地下水の水質や流動時間に関わる物理化学特性を解明するために必要とされる要素技術を開発。 ・海底地下水湧出が想定される箇所において，フェーズ1で開発した機器の適用性を確認し，開発範囲外の既存調査手法を加えて海底地下水湧出探査の全体調査フローなどにより方法論を提示 ・調査フローでは陸域水理調査から湧水可能性を検討する手段も考慮 ・調査フローに基づいた実海域での海底地下水湧出探査手法の検証は今後の課題 **【成果】** ・海底に湧出する地下水の探査手法として，海底において地下水特有の化学特性を探査するための高感度pH/ORPセンサや地下水中のラドン検知する光シンチレーションセンサ，湧出点が把握可能な流速センサなどの要素技術を開発 ・海域調査における海底地下水湧出探査の位置づけを明確化し，調査フローを提案 「岩盤中地下水移行評価技術高度化開発」を構成する3課題の1つとして実施。	**（●海底地下水湧出探査技術高度化調査【ANRE】）** **・フェーズ3に移行し実施**

研究開発要素			平成24年度迄の計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査地区選定を見据えた喫緊の研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細　目	達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
（A）地質環境調査評価技術	(2) 地質環境特性調査評価技術	**②地下水流動特性**		**●塩水環境下処分技術調査【ANRE(IRI)】** 塩水環境における地下水流動とそれに伴う水質変化などを総合的に評価するため手法を整備。 ・既存情報及びこれまでにフィールドで取得したデータを用いて，フェーズ1で改良した解析コード（Dtransu-2D・ELの改良版）により長期間にわたる地下水流動評価手法の汎用性について検討 ・幌延URLでの地質環境情報（例えば，水理地質構造モデル，地下水の地球化学特性，地下水年代値など）などを活用した総合的な検討を通じて地下水賦存状況の長期予測のための評価手法を提示 ・フェーズ1で改良した解析コードを公開し，広く利用できるように整備 ・非ダルシー要因の発現を確認するための透水試験について，様々な堆積岩試料を用いて実験・評価し，試験手法や影響要因に関する知見などを提示 **【成果】** ・沿岸域における調査事例を対象に，既存文献に基づき地球化学特性及び地下水流動の分析・整理を行い，地下水対流状態を評価するための手法の提示と必要なデータ項目を整理（本調査は，平成18年度をもって終了）		－
		③地球化学特性	**【地上からの調査段階】** ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究を通じて，地上からの調査段階で構築した地球化学モデルの妥当性を評価 ●上記の結果を踏まえつつ，地上からの調査段階で整備した地球化学特性の調査・評価技術の有効性を評価し，一連の方法論として成果を取りまとめ ●総合的に地下水年代を評価する方法の確立，及び地下水流動との整合的な解釈を含めた技術構築のために，地下水流動，水質形成機構，地下水年代などを組み合わせた多面的なアプローチによる方法論を例示（内陸および沿岸域） **【坑道掘削時の調査段階】** ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究成果及びそれ以外の研究開発の成果を統合しながら，段階的に地球化学特性を理解し，モデル化・解析，さらには不確実性の評価に至る一連の方法論を提示 ●坑道掘削時の調査段階で必要となる調査，解析などの要素技術を改良，高度化	**●超深地層研究所計画（瑞浪URL）【JAEA】** 瑞浪URLにおける坑道掘削時の地質環境情報を基に，地上からの調査段階で提示した地球化学特性を段階的に調査・評価するための一連の調査手法の妥当性を評価し，研究成果として取りまとめる。 ・坑道掘削時の調査研究で得られる地質環境情報（坑道内への湧水調査結果，坑道内のボーリング調査での採水調査，地上から掘削したボーリング孔での水質の連続観測などの結果）を用いて，地上からの調査研究段階における地下深部の地質環境の予測結果（地球化学モデルなど）を段階的に評価 坑道掘削時の段階的な地質環境の調査，解析及びその評価による知見を基に，地上からの調査研究段階において実施した一連の調査研究の流れを見直すとともに，坑道掘削時の調査研究段階において地球化学特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論を提示する。 ・坑道掘削時の調査研究を通じて，坑道周辺領域に分布する地下水の地球化学特性とその変化を把握し，短期的及び長期的な地球化学特性の変化を支配する要因及び変化の程度を把握するための調査及びモデル化手法を開発 ・坑道内での採水調査技術（特に，データの取得方法や品質管理）や調査プログラムを整備するとともに，制約（例えばグラウトの影響など）を受けた場合における調査手法の最適化や想定すべき事象の考え方（失敗事例を含む）を実際の経験に基づき例示 **【成果】** ・深度500mまでの坑道掘削時の調査研究（水質モニタリング，孔内湧水の採水分析調査など）により地球化学特性に関する情報を取得し，地上からの調査段階で構築したサイトスケール（数km四方領域）の地球化学モデルの更新及び妥当性を確認 ・坑道掘削時の周辺地下水の地球化学特性の経時変化に関わる知見を蓄積するとともに，中長期的な変化の解析手法を構築 **●幌延深地層研究計画（幌延URL）【JAEA】** 幌延URLにおける坑道掘削時の地質環境情報を基に，地上からの調査段階で提示した地球化学特性を段階的に調査・評価するための一連の調査手法の妥当性を評価し，研究成果として取りまとめる。 ・坑道掘削時の調査研究で得られる地質環境情報（坑道内への湧水調査結果，坑道内のボーリング調査での採水調査，地上から掘削したボーリング孔での水質の連続観測などの結果）を用いて，地上からの調査研究段階における地下深部の地質環境の予測結果（地球化学モデルなど）を段階的に評価 ・堆積岩及び塩水系地下水中の微生物の活動についての調査技術および微生物が地層処分システムの健全性に与える影響の考え方を提示 坑道掘削時の段階的な地質環境の調査，解析およびその評価による知見を基に，地上からの調査研究段階において実施した一連の調査研究の流れを見直すとともに，坑道掘削時の調査研究段階において地球化学特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論を提示 ・坑道掘削時の調査研究を通じて，坑道周辺領域に分布する地下水の地球化学特性とその変化を把握し，短期的及び長期的な地球化学特性の変化を支配する要因及び変化の程度を把握するための調査及びモデル化手法を開発 ・坑道内での採水調査技術（特に，データの取得方法や品質管理）や調査プログラムを整備するとともに，制約（例えばグラウトの影響など）を受けた場合における調査手法の最適化や想定すべき事象の考え方（失敗事例を含む）を実際の経験に基づき例示 ・坑道から掘削するボーリング孔において，原位置環境下で物理化学パラメータ（pH,Eh）の測定ができる試験装置の適用性確認を行い，同調査技術の有効性を提示 ・深部地下水中へ溶存したメタンガスを原位置環境下で測定できるセンサーの適用性を評価 **【成果】** ・坑道掘削時の調査研究で得られる地質環境情報（坑道内への湧水調査，坑道内ボーリングでの採水調査，地上から掘削したボーリング孔での水質連続観測などの結果）を用いて，地上からの調査研究段階における地下深部の地質環境の予測結果（地球化学モデルなど）を段階的に評価 ・堆積岩及び塩水系地下水中の微生物の活動についての調査技術及び微生物が地層処分システムの健全性に与える影響の考え方を提示 ・坑道掘削時の調査研究を通じて，坑道周辺領域に分布する地下水の地球化学特性とその変化を把握し，短期的及び長期的な地球化学特性の変化を支配する要因及び変化の程度を把握するための調査及びモデル化手法を開発 ・坑道から掘削するボーリング孔において，原位置環境下で物理化学パラメータ（pH,Eh）の測定ができる試験装置の適用性確認を行い，同調査技術の有効性を提示 ・以上の知見に基づき，精密調査地区選定時の地下水水質分布の評価や施設設計に関わる湧水量の水質解析，地下施設建設時にそれらの評価結果，解析結果を確認するための要素技術とノウハウを整理	**【地上からの調査段階】** ●2つのURLにおける坑道掘削時及び坑道を利用した調査研究を通じて，地上からの調査段階で構築した地球化学モデルの妥当性を評価 ●上記の結果を踏まえつつ，地上からの調査段階で整備した地球化学特性の調査・評価技術の有効性を評価し，方法論として成果を取りまとめ ●2つのURL，沿岸域における研究成果や既往情報を活用しつつ，多様な地球化学特性を地上からの調査において調査・評価するための方法論を提示 ●地上からの調査段階に必要な調査・解析・評価の経験・ノウハウなどの知識ベースを整備 **【坑道掘削時の調査段階】** ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究成果およびそれ以外の研究開発の成果を統合しながら，坑道掘削時において地球化学特性を調査・評価できる方法論を提示 ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究成果およびそれ以外の研究開発の成果を統合しながら，坑道掘削時において地球化学特性を調査・評価できる方法論を提示	**●（地質2-12）超深地層研究所計画（瑞浪URL）【JAEA】⇒（性能2-2，2-3，2-10，2-15）** 処分事業における概要調査及び精密調査（地上からの調査）について，地上からの地質環境の調査・評価技術の有効性，妥当性の確認を背景として以下の課題を設定。 瑞浪URLにおける坑道掘削時及び坑道を利用した調査を展開し，地球化学特性に関する情報を蓄積するとともに，それに基づき，段階的な調査において地球化学特性を理解するための技術基盤を整備し，研究成果として取りまとめる。 ・坑道掘削時及び坑道を利用した調査（水質モニタリング，孔内湧水の採水分析調査など）により地球化学特性に関する情報を取得するとともに，それに基づくサイトスケール（数km四方領域）の地球化学モデルの更新／妥当性確認を実施 ・地球化学モデルの更新／妥当性確認を通じて，地上からの調査段階で提示した地球化学特性を段階的に調査・評価するための方法論の妥当性を評価するとともに適宜見直しを実施 ・調査・解析・評価及び調査計画立案に係る技術的ノウハウや，品質管理の考え方を整理し，知識ベースとして蓄積 ・施設建設に伴う地球化学特性の変化に関わる観測を継続し，中長期的な地球化学特性の予測解析手法を構築 ・ 上記に関連した技術開発（水質モニタリング技術（装置の開発，試料採取時の品質管理方法の検討など）を実施 **●（地質2-13）幌延深地層研究計画（幌延URL）【JAEA】⇒（性能2-2，2-3，2-10，2-15）** 処分事業における概要調査及び精密調査（地上からの調査）について，地上からの地質環境の調査・評価技術の有効性，妥当性の確認を背景として以下の課題を設定。 幌延URLにおける坑道掘削時及び坑道を利用した調査を展開し，地球化学特性に関する情報を蓄積するとともに，それに基づき，段階的な調査において地球化学特性を理解するための技術基盤を整備し，研究成果として取りまとめる。 ・深度約350mまでの坑道掘削に伴う地球化学調査で得られるデータ（坑壁湧水調査，坑道内ボーリング調査での採水調査，地上から掘削したボーリング孔での水質の連続観測などにより得られるデータ等）を用いて，地上からの調査段階において構築した地球化学モデル等の調査結果の妥当性を段階的に評価 ・上記の評価結果に基づき，地上からの調査・解析手法を更新 ・ 地球化学特性の調査・解析・評価の実施及び調査計画立案に係る技術的ノウハウや，品質管理の考え方を整理し，知識ベースとして蓄積 ・ 上記に関連した技術開発（水質モニタリング技術（装置の開発，試料採取時の品質管理方法の検討など）を実施

研究開発要素			平成24年度迄の計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査地区選定を見据えた喫緊の研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細　目	達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
（A）地質環境調査評価技術	(2) 地質環境特性調査評価技術	③地球化学特性	【地上からの調査段階】 ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究を通じて，地上からの調査段階で構築した地球化学モデルの妥当性を評価 ●上記の結果を踏まえつつ，地上からの調査段階で整備した地球化学特性の調査・評価技術の有効性を評価し，一連の方法論として成果を取りまとめ ●総合的に地下水年代を評価する方法の確立，及び地下水流動との整合的な解釈を含めた技術構築のために，地下水流動，水質形成機構，地下水年代などを組み合わせた多面的なアプローチによる方法論を例示（内陸および沿岸域） 【坑道掘削時の調査段階】 ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究成果及びそれ以外の研究開発の成果を統合しながら，段階的に地球化学特性を理解し，モデル化・解析，さらには不確実性の評価に至る一連の方法論を提示 ●坑道掘削時の調査段階で必要となる調査，解析などの要素技術を改良，高度化	**●塩水環境下処分技術調査【ANRE(IRI)】** 塩水環境下において，地下水流動，水質形成機構，地下水年代などを組み合わせた多面的なアプローチによる方法論の例示に向けて，幌延URLサイトの地質環境情報（地質構造モデル，水理地質構造モデル，地球化学モデル，地下水年代値など）を用いてフェーズ1までに整備した評価手法の適用性を確認。 ・水質分析結果および地史などを考慮した地球化学モデルを構築し，地下水の長期安定性や滞留環境を評価する手法を整備 ・地下水の地球化学特性の評価に必要な調査項目及び調査方法について整理し，提示 **【成果】** ・沿岸域における調査事例を対象に，既存情報に基づき地球化学特性及び地下水流動の分析・整理を行い，地下水対流状態を評価するための手法の提言と必要なデータ項目を整理（本調査は，平成18年度をもって終了）		―
				●地下水年代測定技術調査【ANRE(CRIEPI)】 既存の地下水年代測定法について調査し，長期の地下水年代を評価するために必要な採水技術，分析技術などの技術開発を行い，百万年程度の地下水年代を評価できる方法を開発する。 ・総合的に地下水年代を評価する方法を確立するために，①複数の地下水年代測定法による比較・検討，②解析技術（地化学解析・地下水流動解析）と比較・検討し，地下水年代を評価する方法を整備 ・整備した評価方法を瑞浪URLや幌延URLに適用し，地下水年代測定技術の適用性を評価 ・地下水年代測定技術の適用性確認においては，ボーリング技術高度化開発，JAEAの幌延，瑞浪URLにおける調査研究，塩淡境界面形状把握調査と連携して実施 ・「岩盤中地下水移行評価技術高度化開発」を構成する3課題の1つとして実施。 **【成果】** ・処分候補岩体の地下水の流動性を評価するために，万年～百万年の地下水年代を評価できる方法の整備 ・地下水流動解析など地下水年代測定結果を検証できる解析技術の整備 ・堆積岩（JAEA幌延，ボーリング技術高度化開発）では，岩石コアを用いた地下水年代測定技術を適用した結果，幌延の深部地下水の年代が100万年以上となることをHe-4蓄積法とCl-36法により推定 ・幌延沿岸域（海域地質環境調査技術高度化開発）では，浅部に水期の淡水，深部に堆積時の海水の残留を推定 ・花崗岩（JAEA瑞浪）では、深部地下水の年代が数万年程度であることを，He-4蓄積法、無機C-14法、有機C-14法により推定 ・これらの成果により地下水年代測定法の国内への適用性を確認		**（●地下水年代測定技術調査【ANRE】）** **・フェーズ3の「岩盤中地下水移行評価確証技術開発【ANRE】」の一部として実施する**
		④物質移動特性	●坑道掘削時の調査段階における調査や試験により物質移動特性に関わる情報や知見を蓄積するとともに，地上から調査段階で構築した物質移行概念モデルを更新し信頼性を向上 ●坑道を利用した調査段階で必要となるトレーサー試験などの調査技術を構築 ●坑道掘削時の調査段階における地質環境情報を用いて，地質環境の調査・解析から物質移動解析に至る一連の方法論の検討を進め，調査・解析技術を高度化し，方法論として整備		**【地上からの調査段階】** ●2つのURLにおける坑道掘削時及び坑道を利用した調査研究を通じて，地上からの調査段階で構築した物質移動概念モデルの妥当性を評価 ●上記の結果を踏まえつつ，地上からの調査段階で整備した物質移動特性の調査・評価技術の有効性を評価し，方法論として成果を取りまとめ ●2つのURL，沿岸域における研究成果や既往情報を活用しつつ，多様な物質移動特性を地上からの調査において調査・評価するための方法論を提示 ●地上からの調査段階に必要な調査・解析・評価の経験・ノウハウなどの知識ベースを整備 **【坑道掘削時の調査段階】** ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究成果及びそれ以外の研究開発の成果を統合しながら，坑道掘削時において物質移動特性を調査・評価できる方法論を提示	**●（地質2-14）超深地層研究所計画（瑞浪URL）【JAEA】⇒（性能2-2，2-3，2-10，2-11，2-12，2-13，2-15）** 瑞浪URLにおける坑道掘削時及び坑道を利用した調査を展開し，物質移動特性に関する情報を蓄積するとともに，それに基づき，段階的な調査において物質移動特性を理解するための技術基盤を整備。 ・ 坑道掘削時及び坑道を利用した調査（物質移動特性に係る室内試験，原位置試験など）により物質移動特性に関する情報を取得するとともに，それに基づき物質移動概念モデルを更新 ・ 物質移動概念モデルの更新／妥当性確認を通じて，地上からの調査段階で提示した物質移動特性を段階的に調査・評価するための方法論の妥当性を評価 ・ 物質移動特性の調査・解析・評価の実施及び調査計画立案に係る技術的ノウハウや，品質管理の考え方を整理し，知識ベースとして蓄積 ・ 上記に関連した技術開発（コロイド/有機物/微生物の採取・分析手法など）を実施
				●幌延深地層研究計画（幌延URL）【JAEA】 幌延URL及びその周辺地域に分布する堆積岩を対象に，岩石マトリクス及び不連続構造の物質移動特性に関する情報を蓄積しつつ，データの取得方法などを整備。また，幌延URLで取得した地質環境情報を活用して，調査から物質移動解析に至る一連の方法論を例示（性能評価との連携）。 ・幌延URLの坑道掘削時の調査・試験を通じて物質移動特性（特に割れ目帯に注目）に関する情報を蓄積し，地上からの調査段階で構築した物質移動概念モデルの妥当性を評価するとともにモデルを更新 ・物質移動経路として堆積岩中の粒子間の空隙と割れ目（多孔質＋亀裂性媒体）に注目し，それらの不確実性を考慮した物質移動解析を試行しつつ，その結果を踏まえて坑道において実施するトレーサ試験手法を提示 ・幌延URLにおける地上及び坑道からの調査段階の地質環境情報を用いて，地質環境の調査・解析から物質移動解析に至る一連の方法論を例示するとともに，その過程で得られた知見を提示（性能評価との連携） **【成果】** ・ボーリングコア，地下水等を用いて，拡散係数や収着分配係数，物質移動経路などの物質移動に関する情報や知見を蓄積するとともに，マトリクス部への拡散については，声問層および稚内層の深度変化や岩相の不均質性に起因する間隙率の違いを考慮することにより，「第2次取りまとめ」において分類した新第三紀堆積岩（泥岩・凝灰岩類）に対する拡散係数（実効拡散係数）と間隙率との関係に適合することを示し，間隙率の関数として拡散係数を表現できることを確認 ・物質移動解析に用いる各種パラメータ（実流速や移行距離等）を設定し，物質移動解析におけるこれらのパラメータの感度や解析のノウハウを整理 ・その結果，①稚内層及び声問層が極めて高い物質移動の遅延効果を示す，②稚内層では，小断層帯が優勢な移動経路として機能する可能性があることなどを確認 ・以上の知見に基づき，精密調査地区選定時の物質移動特性の評価や，施設建設時にそれらの評価結果を確認するための要素技術とノウハウを整理	**●（地質2-15）幌延深地層研究計画（幌延URL）【JAEA】⇒（性能2-2，2-3，2-10，2-11，2-12，2-13，2-15）** 処分事業における概要調査および精密調査（地上からの調査）について，地上からの地質環境の調査・評価技術の有効性，妥当性の確認を背景として以下の課題を設定。 幌延URLにおける坑道掘削時及び坑道を利用した調査を展開し，物質移動特性に関する情報を蓄積するとともに，それに基づき，段階的な調査において物質移動特性を理解するための技術基盤を整備 ・URL及びその周辺地域に分布する堆積岩を対象に，岩石マトリクスおよび不連続構造の物質移動特性に関する情報を蓄積しつつ，堆積岩が一般的に備える特徴（ガス・地下水の胚胎など）に適用可能な原位置試験技術やデータの取得方法などを整備 ・URLで取得した地質環境情報を活用して，調査から物質移動解析に至る一連の方法論を例示 ・URLの坑道掘削時の調査・試験を通じて物質移動特性（特に割れ目帯に注目）に関する情報を蓄積し，地上からの調査段階で構築した物質移動概念モデルの妥当性を評価
				●岩盤中物質移行特性評価技術高度化調査【ANRE(CRIEPI)】 地下施設での調査に向けて，岩盤中での特に割れ目を介した溶質移動特性を数m規模で高精度に調査・評価する技術（原位置トレーサ試験技術を中心として）を開発・高度化し，原位置において実証する。 ・収着性トレーサを用いた原位置トレーサ試験に関する経験的な知識を蓄積しつつ，その試験・評価手法を確立 ・割れ目系の岩盤に関する水理特性調査手法や岩石サンプルを用いた室内での水理・物質移動特性試験法との連携を図りつつ，JAEAとの共同研究として瑞浪URLなどでの適用試験の準備を実施 **【成果】** ・収着性物質の使用も可能な原位置トレーサ試験技術や，それを補完する各種割れ目探査技術（溶存ラドン濃度計測による平均開口幅調査，高粘性流体注入による割れ目内流動形態調査，音響トモグラフィによる割れ目分布調査）を開発し，スイスNagraのグリムゼル試験場において有効性を実証		**（●岩盤中物質移行特性評価技術の確証【ANRE】）** **・フェーズ3の「岩盤中地下水移行評価確証技術開発【ANRE】」の一部として実施する**

研究開発要素			平成24年度迄の計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査地区選定を見据えた喫緊の研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細　目	達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
（A）地質環境調査評価技術	(2) 地質環境特性調査評価技術	⑤岩盤の熱・力学特性	**【地上からの調査段階】** ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究を通じて，地上からの調査段階で構築した岩盤力学モデルの妥当性を評価 ●上記の結果を踏まえつつ，地上からの調査段階で整備した岩盤力学特性の調査・評価技術の有効性を評価し，一連の方法論として成果を取りまとめ **【坑道掘削時の調査段階】** ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究成果及びそれ以外の研究開発の成果を統合しながら，坑道掘削時において段階的に岩盤の力学物性や三次元応力が把握でき，これに基づき掘削影響領域が評価できる体系的な方法論を提示 ●坑道掘削時の調査段階で必要となる調査，解析などの要素技術を改良，高度化	**●超深地層研究所計画（瑞浪URL）【JAEA】** 瑞浪URLにおける坑道掘削時の地質環境情報（岩石・岩盤物性，初期応力及び岩盤変位など）を基に，地上からの調査段階で提示した岩盤力学特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論の妥当性を評価。 ・坑道掘削時の岩盤力学調査（岩石・岩盤物性，初期応力など）や地質構造調査の結果に基づき三次元応力場の推定手法の適用性を評価 ・初期応力測定に関するデータの拡充及び新たに開発された装置の適用性評価を通じて信頼性を向上 坑道掘削時の段階的な地質環境の調査，解析及びその評価による知見を基に，地上からの調査研究段階において実施した一連の調査研究の流れを見直すとともに，坑道掘削時の調査研究段階において岩盤力学特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論を提示。 **【成果】** ・深度500mまでの坑道掘削時の調査研究（原位置応力測定，室内物理・力学試験など）により岩盤の熱・力学特性に関する情報を取得 ・地上からの調査段階で構築したサイトスケール（数km四方領域）の岩盤力学概念モデルの更新及び妥当性確認の考え方を整理 **●幌延深地層研究計画（幌延URL）【JAEA】** 幌延URLにおける坑道掘削時の地質環境情報（岩石・岩盤物性，初期応力および岩盤変位など）を基に，地上からの調査段階で提示した堆積軟岩の岩盤力学特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論の妥当性を評価 ・坑道掘削時の岩盤力学調査（物性，初期応力など）や地質構造調査の結果に基づいき三次元応力場の推定手法，地下施設建設に伴う掘削影響の予測手法の適用性を評価 ・空洞周辺岩盤中の掘削影響領域を非破壊で把握するために第1フェーズから検討中の原位置AE測定法について，原位置の堆積岩に対する適用性を確認 坑道掘削時の段階的な地質環境の調査，解析及びその評価による知見を基に，地上からの調査研究段階において実施した一連の調査研究の流れを見直すとともに，坑道掘削時の調査研究段階において岩盤力学特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論を提示。加えて，測定事例の少ない堆積軟岩を対象とした地圧測定データを拡充。 **【成果】** ・深度140m及び250mを対象とした三次元的な初期地圧の分布を把握 ・その結果，140m調査坑道で実施した2地点の主応力方向と大きさは概ね一致 ・地上からの調査研究 において主応力の一つを鉛直方向とした仮定の妥当性を確認 ・250m調査坑道で実施した3地点の主応力方向と大きさにバラつきを確認するとともに最も下向きを示す主応力は，鉛直方向から最大で40°程度傾いていることを確認	**【地上からの調査段階】** ●2つのURLにおける坑道掘削時及び坑道を利用した調査研究を通じて，地上からの調査段階で構築した岩盤力学概念モデルの妥当性を評価 ●上記の結果を踏まえつつ，地上からの調査段階で整備した岩盤の熱・力学特性の調査・評価技術の有効性を評価し，方法論として取りまとめ ●2つのURL，沿岸域における研究成果や既往情報を活用しつつ，多様な岩盤の熱・力学特性を地上からの調査において調査・評価するための方法論を提示 ●地上からの調査段階に必要な調査・解析・評価の経験・ノウハウなどの知識ベースを整備 **【坑道掘削時の調査段階】** ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究成果及びそれ以外の研究開発の成果を統合しながら，坑道掘削時において岩盤の熱・力学特性を調査・評価できる方法論を提示	**●（地質2-16）超深地層研究所計画（瑞浪URL）【JAEA】⇒（性能2-2，2-3，2-10，2-15）** 処分事業における概要調査及び精密調査（地上からの調査）について，地上からの地質環境の調査・評価技術の有効性，妥当性の確認を背景として以下の課題を設定。 瑞浪URLにおける坑道掘削時及び坑道を利用した調査を展開し，岩盤の熱・力学特性に関する情報を蓄積するとともに，それに基づき，段階的な調査において岩盤の熱・力学特性を理解するための技術基盤を整備。 ・坑道掘削時及び坑道を利用した調査（原位置応力測定，室内物理・力学試験など）により岩盤の熱・力学特性に関する情報を取得するとともに，それに基づくサイトスケール（数km四方領域）の岩盤力学概念モデルの更新／妥当性確認を実施 ・岩盤力学モデルの更新／妥当性確認を通じて，地上からの調査段階で提示した岩盤の熱・力学特性を段階的に調査・評価するための方法論の妥当性を評価 ・坑道掘削時及び坑道を利用した調査結果に基づきブロックスケール（数十mから数百m四方の領域）の岩盤力学モデルを構築 ・岩盤の熱・力学特性の調査・解析・評価の実施及び調査計画立案に係る技術的ノウハウや，品質管理の考え方を整理し，知識ベースとして蓄積 ・上記に関連した技術開発（岩盤の長期挙動評価手法，及び局所的な岩盤破壊を対象とした調査・評価技術など）を実施 **●（地質2-17）幌延深地層研究計画（幌延URL）【JAEA】⇒（性能2-2，2-3，2-10，2-15）** 処分事業における概要調査及び精密調査（地上からの調査）について，地上からの地質環境の調査・評価技術の有効性，妥当性の確認を背景として以下の課題を設定。 幌延URLにおける坑道掘削時及び坑道を利用した調査を展開し，岩盤の熱・力学特性に関する情報を蓄積するとともに，それに基づき，段階的な調査において岩盤の熱・力学特性を理解するための技術基盤を整備。 ・ 坑道掘削時及び坑道を利用した調査（原位置応力測定，室内物理・力学試験など）により岩盤の熱・力学特性に関する情報を取得するとともに，それに基づくサイトスケール（数km四方領域）の岩盤力学概念モデルの更新／妥当性確認を実施 ・ 岩盤力学モデルの更新／妥当性確認を通じて，地上からの調査段階で提示した岩盤の熱・力学特性を段階的に調査・評価するための方法論の妥当性を評価 ・ 350mまでの深度における初期地圧の空間分布を把握するとともに複数の手法による初期地圧測定の結果から，幌延の堆積岩を対象とした初期地圧測定法の適用性を確認 ・ 地下深部で得られた結果に基づき，地上からの調査結果と地下深部での調査結果の比較を行うことにより，地上からの調査結果に基づく岩盤力学モデルの構築手法を例示 ・坑道掘削時の掘削影響領域を調査する手法を例示するとともに，地上からの調査段階で予測した同領域の物性等の変化の程度や幅の妥当性を評価し地上からの調査段階で構築した掘削影響領域のモデルを更新 ・上記に関連した技術開発（岩盤の長期挙動評価手法，及び局所的な岩盤破壊を対象とした調査・評価技術など）を実施

研究開発要素			平成24年度迄の計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査地区選定を見据えた喫緊の研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細　目	達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
（A）地質環境調査評価技術	（3）地質環境の長期安定性調	①地震・断層活動	**【達成目標】** ●地上からの調査段階において，具体的な地域を対象として，活動性が高い活断層の分布を把握し，その活動による周辺岩盤への力学的，水理学的影響の主な範囲を調査・評価できる手法を提示	**●断層活動に関する調査技術【JAEA】** フェーズ1の成果を踏まえ，フェーズ2では，外部機関の成果（原子力施設の耐震や地震防災に関わる活断層調査など）を活用して，断層の発達履歴に関する調査技術と，断層の活動性に関する調査技術を整備。 ＜断層の発達履歴に関する調査技術＞ ・活断層の分岐，伸張，変形帯の発達過程を把握する調査方法の適用結果の例示 ・地形，地質，地球物理学的手法などの要素技術を組み合わせた活褶曲及び活断層の調査方法の適用結果の例示 ＜断層の活動性に関する調査技術＞ 変位地形が不明瞭な断層の活動性を把握するための地球化学的調査などを活用した調査技術を開発。 **●断層活動の影響評価モデルの開発【JAEA】** フェーズ1の成果を踏まえ，フェーズ2では特に以下の点に注目して調査研究を実施。 ・断層活動に伴う周辺岩盤への力学的・水理学的な影響範囲のモデルに関する調査事例の提示 ・プレート境界地震に伴う水理学的な影響のモデルに関する調査事例の提示 ・地形，地質，地球物理学的手法などの要素技術を組み合わせて断層及び褶曲の分布や活動履歴を把握し，それらの活動に伴う地質環境の影響範囲を評価する調査手法の適用事例の提示（幌延地域） **【成果】** ・断層運動によって生じる微細な変動地形を認定するための地形要素自動抽出プログラムを作成するとともに，このプログラムの有効性を航空レーザー計測や地表踏査等によって確認 ・断層から放出されるガスの主成分化学組成，同位体組成等が，変動地形が明瞭でない活断層の分布や活動性を概括的に把握するための指標となり得ることを提示 ・ディスロケーションモデル（Coulomb3.1）によって，断層運動に伴い地形変化が生じる領域を評価する手法を提示	**【達成目標】** ●地上からの調査段階において，サイトの選定や安全性の検討に必要となるデータを取得するための調査技術を整備	**●（地質2-18）変動地形が明瞭でない活断層の調査技術【JAEA】⇒（性能2-2，2-3，2-15）** 超長期にわたる処分システムの安全評価に資するため，地質環境の予測・評価に伴う不確実性を評価する手法を整備することを背景に課題を設定。 低活動性の断層や未成熟な断層等，変動地形が明瞭でない活断層を高い信頼性で同定するため，これまで行われてきた地形・地質学的手法や地球物理学的手法を補完するため断層ガスの化学組成・同位体組成を指標とした地球化学的アプローチによる調査技術を提示 **●（地質2-19）地殻内の震源断層等に係る調査技術【JAEA】⇒（性能2-2，2-3，2-15）** 対象地域やその周辺において震源断層や高温流体等の存否を確認するため，これらの存在によって引き起こされる地殻内の不均質構造を高分解能で把握するための三次元の地震波速度構造や比抵抗構造等を解析するための技術を整備
					【達成目標】 ●将来の地質環境の変化の程度を概括的に評価するための手法を整備	**●（地質2-20）断層の再活動等に係るシミュレーション技術の開発【JAEA】⇒（性能2-2，2-3，2-15）** 超長期にわたる処分システムの安全評価に資するため，地質環境の予測・評価に伴う不確実性を評価する手法を整備することを背景に課題を設定。 ・断層運動による物理学的な影響に対して裕度をもって回避すべき範囲を提示するため，現在の地殻応力場下（あるいは地殻応力場が変化した場合）において既存の断層の伸長や新たな副断層の形成，破砕帯の拡大等を予測・評価するための数値シミュレーション技術を提示 ・海溝型地震の発生による地殻応力の変化に伴う活断層・地質断層の活動性について検討
					【達成目標】 ●2011年東北地方太平洋沖地震のような稀頻度の自然現象に伴う地質環境の変化の程度を概括的に評価するための手法を整備	**●（地質2-21）海溝型巨大地震等に伴う地質環境の変化の予測・評価技術の整備【JAEA】⇒（性能2-2，2-3，2-15）** 超長期にわたる処分システムの安全評価に資するため，地質環境の予測・評価に伴う不確実性を評価する手法を整備することを背景に課題を設定。 ・2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地質環境の変化に関する情報を収集・整理 ・地震に伴う地殻応力・歪の変化やそれに起因する地下水の変化を予測・評価するための技術を整備
		②火山・熱水活動（非火山地帯の熱水活動に関連するものも含む）	**【達成目標】** ●地上からの調査段階において，具体的な地域を対象として，第四紀火山・熱水活動の履歴や地下深部のマグマ・高温岩体などの存在を確認するための体系的な調査技術を提示 ●安全評価基本指針などに資するため，日本海側，単成火山周辺などにおいて，新たな火成活動の発生する可能性を概括的に評価できる手法を提示 ●地上からの調査段階において，構造運動から生じる深部流体の分布やその特徴を把握するとともに，地殻変動や断層活動などとの関連性を概括的に把握できる手法を提示	**●地下深部のマグマ・高温岩体等の調査技術【JAEA】** 既存の地球物理学的手法や地球化学的手法の適用性確認を通じて体系的な調査技術を構築。 ・地震の後続波を利用した高精度地震波トモグラフィー解析手法の開発及び希ガス同位体のフラックスによる調査技術の開発を行うとともに，地質，地球物理，地球化学的手法を組合せた体系的な調査技術を確立 **●第四紀の火山・地熱活動等の調査技術【JAEA】** 肉眼では識別できないテフラ降灰層準の認定によって第四紀の火山噴出物を同定するための技術のほか，熱年代学的手法により古地温の変遷や熱水対流系の有無等を推定する調査技術を整備。 ・多量屈折率地質解析法（RIPL法）を鮮新世～更新世前期の火山に適用し，編年の有効性を確認 ・（U-Th）/He年代測定システム及び地質試料の年代較正法を確立するとともに，比較的低温領域（～200℃）の熱履歴解析手法を構築 **●火山活動等の長期予測モデルの開発【JAEA】** 火山フロントの日本海側の地域や単成火山群の周辺地域における新たな火山の形成の可能性を評価するため，空間統計学的手法を用いた確率モデル等を開発。 ・フェーズ1で開発した確率モデルに，地球物理データ（地震波速度構造，地殻熱流量等），地球化学データ（地下水やガスの化学組成，同位体組成等）をベイス法等によって結合したmultiple inference モデルを開発 **●熱水活動の影響評価モデルの開発【JAEA】** 地下深部のマグマや高温流体等から放出される熱エネルギーを適切に評価するための解析手法のほか，熱源周辺の地下水理の変化を予測するためのシミュレーション技術を開発 ・マグマや非火山性熱源の地質環境に及ぼす影響を定量的に把握するため，既存の地熱シミュレータをベースに，地下30km程度までの熱・水理・物質等の挙動をシミュレーションできる解析コードを開発 **●構造運動による熱水活動（非火山性熱水活動）に関する基盤研究【JAEA】** ・日本列島スケールでの当該現象の分布やその特徴（胚胎構造，温度，化学組成等）に関する情報を収集しデータベース化する。 ・非火山性の熱水活動のメカニズムを地質，地球物理，地球化学的データにより総合的に評価する手法の検討 ・非火山性の熱水活動の成因は多岐に及ぶことから，そのタイプに応じて関係機関で調整を図りつつ，研究開発を実施 **【成果】** ・地下深部のマグマや高温岩体（流体）等を検出するため，地震波トモグラフィー，地磁気・地電流法等の地球物理学的手法と地下水の遊離ガスや溶存ガスの二酸化炭素や希ガス等の同位体組成等の地球化学的手法を組合せた総合的なアプローチを提示 ・閉鎖温度が低いジルコン等の(U-Th)/He年代測定システムをわが国で始めて構築するとともに，これらとFT年代法等を組合せた低温の熱水活動の熱履歴解析手法を提案 ・地質データと地球物理データをベイス法等によって結合したmultiple inference モデルを提示 ・紀伊半島南部，飯豊山地，能登半島等の非火山性の熱水活動のメカニズムに関する概念モデルを提示	**【達成目標】** ●地上からの調査段階において，サイトの選定や安全性の検討に必要となるデータを取得するための調査技術を整備	**●（地質2-22）高分解能のテフラ同定技術の開発【JAEA】⇒（性能2-2，2-3，2-15）** 超長期にわたる処分システムの安全評価に資するため，地質環境の予測・評価に伴う不確実性を評価する手法を整備することを背景に課題を設定。 ・過去の地質環境の変遷の理解の信頼性向上を図るため，最先端の機器分析装置を用いた放射年代測定技術を含む編年技術を整備 ・数万年より古い堆積年代については，一般に火山灰を年代指標としたテフロクロノロジーが用いられるが，テフラの保存状況が悪い場合にはガラスの屈折率や化学組成による同定は困難であるため，テフラに含まれる造岩鉱物中のメルトインクルージョンの化学組成によって指標テフラを識別する手法を実用化

研究開発要素			平成24年度迄の計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査地区選定を見据えた喫緊の研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細　目	達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
（A）地質環境調査評価技術	（3）地質環境の長期安定性調査評価技術	③隆起・侵食／気候・海水準変動	【達成目標】 ●地上からの調査段階において，具体的な地域を対象として，気候・海水準変動を考慮しつつ将来の地形変化及びそれによる水理学的影響などの範囲を調査・評価できる手法を提示	**●隆起・沈降・侵食等に関する調査技術【JAEA】** 岩石・鉱物の化学組成・結晶構造，有機物組成等を指標に局所的な侵食速度を推定する技術を整備する。 ・フェーズ1の成果を踏まえ，地形，地質，測地学的データを組み合わせて，幌延地域を対象に隆起・沈降・侵食の傾向を推定する調査手法の適用事例を提示 **●気候・海水準変動に関する調査技術【JAEA】** 侵食や堆積による地形変化，及び沿岸地域における塩淡境界の位置などの変化を推定するため，侵食・堆積域，侵食・堆積速度，及び過去の汀線位置の履歴などを把握する調査技術を整備。 ・フェーズ1の成果を踏まえ，フェーズ2では海水準変動による海岸線の移動，侵食・堆積域や侵食・堆積速度の変化がもたらす地形変化を予測するための手法を整備 ・幌延地域における事例研究を通じて，気候・海水準変動による地質環境の変化を把握する調査手法の適用事例を提示 **●三次元地形変化モデルの開発【JAEA】** 隆起・侵食に伴う将来の地形変化等を予測するため，従順化モデル等による三次元のシミュレーション技術を開発 ・地形・地層の変形・発達をモデル化するための地質学的，地形学的調査手法を整備 ・将来の地形変化が地下水の水質や流動などへ与える影響を評価するための長期変動シミュレーション技術を整備 **●地質環境の変化を考慮した地下水流動解析手法の開発【JAEA】** 三次元地形変化モデルなどを踏まえ，長期的な地下水流動への影響を予測するための技術を整備 ・東濃／幌延地域における取得データを用いて，隆起・侵食／気候・海水準変動による地質環境の将来の変化を予測し，地下水流動へ及ぼす影響を評価できる解析手法を提示 **【成果】** ・いくつかの事例研究を通じて，内陸部の隆起量については，河成段丘を用いたT-T法の有効性を提示 ・地形変化シミュレーション技術の一環として，河川による土砂の運搬・堆積過程に関連する物理モデルと岩盤物性を考慮したパラメータをアルゴリズムに組み込んだ「粒径変化モデル」を提示 ・木曽山地から濃尾平野の領域を事例に，過去百万年までの地形・地質構造，気候・海水準変動の復元，それに基づく地下水流動解析等により過去から現在までの広域的な地下水流動の変化を概括的に把握するための調査・解析手法を提示	【達成目標】 ●地上からの調査段階において，サイトの選定や安全性の検討に必要となるデータを取得するための調査技術を整備	**●（地質2-23）内陸部の隆起・侵食量の算出に係る調査技術【JAEA】（性能2-2，2-3，2-15）** 超長期にわたる処分システムの安全評価に資するため，地質環境の予測・評価に伴う不確実性を評価する手法を整備することを背景に課題を設定。 ・河成段丘堆積物や旧河谷堆積物等を用いて内陸部の過去10万年程度の隆起・侵食量を推定するための調査技術を提示 ・広域的な地下水流動を支配する大局的な地形の発達を復元するための調査技術を提示
					【達成目標】 ●将来の地質環境の変化の程度を概括的に評価するための手法を整備	**●（地質2-24）地形変化シミュレーション技術の高度化【JAEA】⇒（性能2-2，2-3，2-15）** 超長期にわたる処分システムの安全評価に資するため，地質環境の予測・評価に伴う不確実性を評価する手法を整備することを背景に課題を設定。 ・将来十万年程度の地下水の流動や水質の変化を評価するための基盤技術として，H23までに拡散モデルに基づく地形変化シミュレーション・プログラムを開発 ・当面3年間については，これらを含めた物理モデルによる数値解析による予測の信頼性を検討 ・そのため，地形学的手法によって過去の地形（古地形）の復元を行うとともに，そこを起点として現在の地形の起伏が再現できるか否かを一つの目安としてシミュレーションの妥当性の評価
	（4）深地層における工学技術	①結晶質岩	【達成目標】 ●2つのURLの建設を通じて，具体的な地質環境を対象とした地下施設の設計・施工，建設，施工対策及び安全確保に関する技術の適用性を評価	**●超深地層研究所計画（瑞浪URL）【JAEA】** 瑞浪URLの建設を通じて，大深度での地下施設の設計・施工計画構築技術の妥当性や，建設技術，施工対策技術及び安全確保技術の適用性を段階的に評価し，結晶質岩／淡水系地下水環境における体系化した深地層の工学技術として提示。 ・地下施設の施工・維持・管理に適用した工学技術の有効性を確認 ・立坑などの掘削が表層部の環境へ与える影響について事前に予測し，観測結果などを踏まえ予測結果の妥当性や技術の適用性を評価 ・地層処分で必要とされる仕様の地下施設を安全に建設できることの実例を提示 **【成果】** ・第2次取りまとめで示された規模の研究坑道掘削工事において，既存の地下施設の設計・施工計画技術及び建設技術（ショートステップ工法とレジン注入による地山安定化対策の組み合わせ）を深度500mまでの掘削工事に適用し，それらが主立坑（電研式岩盤分類でD級主体）と換気立坑（電研式岩盤分類でCM級以上が主体）における地質状況の違いも許容可能な高い安全率を有することを提示 ・施工対策技術として，地下施設内へのグラウチングによる湧水抑制対策技術を実施し，深度500mまでの範囲で異なる材料（普通ポルトランドセメント，超微粒子セメント，コロイダルシリカ）を用いて高水圧下（最大2.5MPa程度）までの岩盤の湧水抑制が可能であることを示すとともに，それらの材料の適用範囲を岩盤の透水性（ルジオン値）と関連づけて提示 ・研究坑道建設前から研究所用地内及び周辺井戸での水位の観測を実施し，堆積岩層で被覆されている花崗岩体中の坑道掘削では，被覆層中に不透水層がある場合には花崗岩部での湧水による表層部の水理環境への影響は最小化される可能性が高いことを実証 ・地震の覆工に及ぼす影響についてモニタリングを実施し，遠地地震については支保工への力学的影響はほとんどないことを確認 ・処分場建設を含む地下構造物建設プロジェクトの実施にあたり，設計および施工段階で適用可能なリスクマネジメント手法を提示 ・排水処理などのリスクも考慮した場合，パイロットボーリング調査はそのリスクの最小化や地下構造物の設計の合理化に有用であることを，瑞浪URLで実施したパイロットボーリング調査の再分析により実証	【達成目標】 ●2つのURLの建設を通じて，具体的な地質環境を対象とした地下施設の設計・施工，建設，施工対策及び安全確保に関する技術の適用性を評価 ●2つのURLの建設を通じて，実際の地質環境を対象とし，人工材料が周辺地質環境に与える影響を必要に応じ修復・低減するための技術を提示	**●（地質2-25）超深地層研究所計画（瑞浪URL）【JAEA】⇒（性能2-2，2-3，2-15）** 瑞浪URLの建設を通じて，大深度での地下施設の設計・施工計画構築技術の妥当性や，建設技術，施工対策技術及び安全確保技術の適用性を段階的に評価し，結晶質岩／淡水系地下水環境における体系化した深地層の工学技術として提示。 ・地下施設の施工・維持・管理に適用した工学技術の有効性を確認 ・地層処分で必要とされる仕様の地下施設を安全に建設できることの実例を提示 ・深度500mにおける水平坑道群展開時に取得される情報に基づき，地下施設の設計・施工，建設，施工対策技術に関する適用性を評価 ・地震時の覆工の健全性評価のためのモニタリングを継続しデータを蓄積
		②堆積岩		**●幌延深地層研究計画（幌延URL）【JAEA】** 幌延URLの建設を通じて，設計・施工計画構築技術の妥当性や，建設技術，施工対策技術及び安全確保技術の適用性を評価し，堆積岩／塩水系地下水環境における体系化した深地層の工学技術として提示。 ・地下施設の施工・維持・管理に適用した工学技術の有効性を確認 ・幌延の堆積軟岩中への地下施設建設中に取得する計測データを合理的に設計・施工にフィードバックする情報化施工等の技術体系を例示 ・幌延における地下施設建設に伴う周辺環境への影響調査事例を提示 ・地層処分で必要とされる仕様の地下施設を安全に建設できることの実例を提示 **【成果】** ・地上からの調査研究段階（第1段階）で策定した実施設計に基づき，地下施設の建設（第Ⅰ期，第Ⅱ期工事）に着手し，GL-350mまで立坑及び水平坑道の施工を行い，事前設計ならびに施工技術の適用性を確認 ・情報化施工計画に基づき，地下施設建設時に取得した計測データを分析・評価することにより，支保設計を合理化し，コスト縮減及び施工サイクルタイムを短縮 ・幌延の地下施設建設に並行して環境モニタリング（騒音，振動，水質，動植物）を実施するとともに，掘削ズリや排水の処理方法を関係法令・機関との調整を踏まえて策定し，実施 ・坑道掘削に伴い発生する湧水対策のための技術開発の一環として，低アルカリ性のグラウト材料の原位置での適用性を確認 ・深度250m及び350mの岩盤を対象とした平板載荷試験とロックせん断試験を実施した結果，地下施設の設計の観点から，試験結果は事前予測の結果とほぼ同等であることを確認		**●（地質2-26）幌延深地層研究計画（幌延URL）【JAEA】⇒（性能2-2，2-4，2-17）** **（工学2-3，2-20，2-26，2-30，2-34，2-36）** 幌延URLの建設を通じて，地下施設の設計・施工計画構築技術の妥当性や，建設技術，施工対策技術及び安全確保技術の適用性を段階的に評価し，堆積岩／塩水系地下水環境における体系化した深地層の工学技術として提示。 ・幌延URLの建設を通じて，設計・施工計画構築技術の妥当性や建設技術，施工対策技術および安全確保技術の適用性を評価し，堆積岩／塩水系地下水環境における体系化した深地層の工学技術として提示 ・設計に用いる岩盤物性の設定の妥当性の評価のため，原位置岩盤物性調査試験結果を用い，室内試験で得られた物性値から設定した設計のための入力値の妥当性評価ならびに設定プロセスを例示

別添資料1-2

研究開発マップ 【地質環境調査評価技術：フェーズ3】

研究開発要素			平成25年度～平成29年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 実施主体による精密調査[後半の地下施設での調査]に資する研究開発課題		
分野	分類	細 目	長期達成目標(事業許可申請段階における目標)	長期達成目標を踏まえた，平成29年度迄の中間目標	課題の設定，進め方
(A)地質環境調査評価技術	(1)総合的な調査評価技術	①多様な地質環境を対象とした調査評価技術	●2つのURLにおける地下施設での調査研究成果，ならびにそれ以外の研究開発成果を統合しながら，精密調査(後半：地下施設での調査)において地質環境を調査・評価できる体系的な方法論提示 ●閉鎖段階を念頭に置いて，精密調査(後半：地下施設での調査)に必要となる地質環境調査解析技術の開発	●精密調査(後半：地下施設での調査)に必要な調査・解析・評価の経験・ノウハウなどの知識基盤のうち，特に坑道掘削時の調査研究の経験・ノウハウを体系的に整備	**●(地質3-1)多様な地質環境を対象とした調査評価技術【JAEA】(新規課題)⇒(性能3-5)** 処分事業における概要調査及び精密調査について，地質環境調査やモデル化などを支援するシステムを開発。 ・結晶質岩や堆積岩等を対象とした調査研究で得られた成果を「次世代型サイト特性調査情報統合システム(ISIS)」へ集約 ・科学的知見や方法論について，ルールベース化や事例ベース化することにより，形式知を充実
		②特定の地質環境を対象とした調査評価技術 結晶質岩		**【坑道を利用した調査段階】** ●地下施設での調査段階における体系的な地質環境特性の調査・評価の方法論構築に資するために，URLにおける調査研究を進め，坑道を利用した地質環境の調査・評価に係る個別調査技術を開発	**●(地質3-2)超深地層研究所計画(略称：瑞浪URL)【JAEA】⇒(性能3-4)** 処分事業における精密調査(地下施設での調査)について，地下施設における地質環境の調査・評価技術の構築を背景として以下の課題を設定。 瑞浪URLにおいて深度500mまでの立坑及び調査坑道を整備し，それらの研究資源を活用して調査研究及び技術開発を実施し，調査技術を高度化。 ・地上から掘削されたボーリング孔を利用し，研究坑道の維持管理中，閉鎖時のサイトスケールの地下水圧・水質の経時変化を把握 ・坑道再冠水試験，埋戻し試験の知見を参照し，坑道全体の閉鎖に関わる周辺環境変化の予測解析を行うとともに，研究坑道の閉鎖方法及び閉鎖後のモニタリングの考え方に関わる検討を実施 ・これらの知見を踏まえて，観測装置の技術開発を実施 ・地質環境特性に関する情報を用いた物質移動解析を繰り返し試行し，地質環境特性に関する調査・解析から物質移動解析(移流，拡散，収着などを組合せた総合的な解析)に至る一連の方法論について，設計・性能評価と連携して例示 ・坑道掘削時の調査研究段階における地質環境特性を調査・評価する体系的な方法論を適宜見直し ・坑道を利用した調査・評価における方法論を整理 ・地質環境特性の調査研究で構築する知識ベースについて総合的な評価を行い，知識ベースとして整理
		②特定の地質環境を対象とした調査評価技術 堆積岩		**【坑道を利用した調査段階】** ●地下施設での調査段階における体系的な地質環境特性の調査・評価の方法論構築に資するために，URLにおける調査研究を進め，坑道を利用した地質環境の調査・評価に係る個別調査技術を開発	**●(地質3-3)幌延深地層研究計画(略称：幌延URL)【JAEA】⇒(性能3-4)** 処分事業における精密調査(地下施設での調査)について，地下施設における地質環境の調査・評価技術の構築を背景として以下の課題を設定。 幌延URLにおいて，深度約350mまでの立坑及び調査坑道(深度140，250，350m)を活用した調査評価技術を高度化 ・フェーズ2において開発した坑道内における調査技術・調査機器について，その適用性を確認するとともに，地下施設を利用した調査のための技術基盤としてとりまとめるとともに地質環境データを蓄積 ・地上からの調査では取得することが困難であり，かつ，実際の地質環境において評価することが望ましい地質環境特性や現象(物質移動に関わる特性や坑道掘削影響，熱-水-応力-化学連成現象等)に対する調査評価技術を構築 ・人工材料の使用等が及ぼす影響および施設閉鎖後の地質環境特性の回復過程を理解するために，坑道の一部を利用して埋戻し・閉鎖試験を行い，短期的・長期的な坑道周辺地質環境の変遷を総合的に評価する技術を構築
		③地質環境の長期変遷評価技術		●地質環境特性の時間的な変化や地質環境の超長期的な変化を評価するための体系的な方法論(地質環境長期変遷モデルや革新的分析技術等の要素技術)を提示	**●(地質3-4)地質環境長期安定性評価確証技術開発【ANRE】(新規課題)⇒(性能3-1，3-15)** 超長期にわたる処分システムの安全評価に資するため，地質環境の予測・評価に伴う不確実性を評価する手法を整備することを背景に課題を設定。 地形，地質，生物圏，水理，地球化学等の観点から連続プロセスや突発的な事象など，地層処分の技術的成立性や安全性を論ずる上で重要となる地質環境特性を定量的かつ一体的に表現できる三次元の地質環境長期変動モデル化手法およびモデルの開発に必須となる革新的な要素技術を開発。 ・東濃地域を研究の場として，過去から現在までの地質環境の長期的な変化を表現できる三次元地質環境長期変動モデル(Geological-evolutionary model; GEMs)を開発・構築し，モデル検証(割れ目充填鉱物，変質鉱物や自然界に存在する希土類元素等のアナログ元素の存在状態の化学分析，放射年代測定等による過去の地下水の流れ・水質等によるモデルの信頼性の確認)の検討を実施 ・モデルの開発に際して必須となる新たな要素技術(例えば，後背地解析技術，炭酸塩鉱物の放射年代測定技術やEh推定技術，地下水涵養量予測技術等)を開発 ・上記により得られた科学的知見や方法論は，「次世代型サイト特性調査情報統合システム(ISIS)」へ集約
	(2)地質環境特性調査評価技術	①地質・地質構造	●2つのURLにおける地下施設での調査研究成果，ならびにそれ以外の研究開発成果を統合しながら，精密調査(後半の地下施設での調査)において地質・地質構造を調査・評価できる体系的な方法論を提示 ●精密調査(後半の地下施設での調査)で必要となる地質・地質構造調査・解析の要素技術を改良・高度化	**【坑道を利用した調査段階】** ●地下施設での調査段階における体系的な地質環境特性の調査・評価の方法論構築に資するために，2つのURLにおける調査研究を進め，坑道を利用した地質・地質構造の調査・評価に係る個別調査技術を開発	**●(地質3-5)超深地層研究所計画(瑞浪URL)【JAEA】⇒(性能3-4)** 処分事業における精密調査(地下施設での調査)について，地下施設における地質環境の調査・評価技術の構築を背景として以下の課題を設定。 坑道を利用した調査研究段階における段階的な地質環境の調査，解析及びその評価によって得られる知見に基づき，坑道を利用した調査研究段階における地質・地質構造を段階的に調査・評価するための体系的な方法論を提示。 ・坑道を利用した調査研究段階において取得した情報に基づき地質構造モデルを更新するとともに，坑道掘削時以前に構築した地質構造モデルの妥当性を評価 ・地質構造モデルの更新／妥当性確認を通じて，坑道掘削時の調査段階で提示した地質・地質構造を調査・評価するための方法論の妥当性を評価 ・坑道(施設)スケールにおける岩盤中の不均質性や不連続構造を対象に，それらの三次元的な分布/地質学的性状の調査・解析(モデル化)を行ない，調査量と理解度(不確実性)との関連性を明示しつつ体系的な調査・解析(モデル化)手法を例示 ・坑道内の壁面調査や観測技術などに関わるなどの調査プログラム(特に，データの取得方法や品質管理，リスク管理)を整備するとともに，制約を受けた場合における調査手法の最適化や想定すべき事象の考え方(失敗事例を含む)を実際の事例に基づき整理し，知識ベースとして蓄積
					●(地質3-6)幌延深地層研究計画(幌延URL)【JAEA】⇒(性能3-4) 処分事業における精密調査(地下施設での調査)について，地下施設における地質環境の調査・評価技術の構築を背景として以下の課題を設定。 地下施設を活用した調査研究段階における段階的な地質環境の調査，解析及びその評価によって得られる知見に基づき，地下施設を活用した調査研究段階における地質・地質構造を段階的に調査・評価するための体系的な方法論を提示。 ・坑道を利用した調査研究段階において取得した情報に基づき地質構造モデルを更新するとともに，坑道掘削時以前に構築した地質構造モデルの妥当性を評価 ・地質構造モデルの更新／妥当性確認を通じて，坑道掘削時の調査段階で提示した地質・地質構造を調査・評価するための方法論の妥当性を評価 ・坑道(施設)スケールにおける岩盤中の不均質性や不連続構造を対象に，それらの三次元的な分布/地質学的性状の調査・解析(モデル化)を行ない，調査量と理解度(不確実性)との関連性を明示しつつ体系的な調査・解析(モデル化)手法を例示 ・坑道内の壁面調査や観測技術などに関わるなどの調査プログラム(特に，データの取得方法や品質管理，リスク管理)を整備するとともに，制約を受けた場合における調査手法の最適化や想定すべき事象の考え方(失敗事例を含む)を実際の事例に基づき整理し，知識ベースとして蓄積
					●(地質3-7)高精度物理探査技術高度化調査【ANRE】(新規課題)⇒(性能3-4) 処分事業における精密調査(地下施設での調査)について，地下施設における地質環境の調査・評価技術の構築を背景として以下の課題を設定。 地下施設周辺の地質・地質構造を精緻に把握する調査評価技術を開発。 ・観測点やデータ量が不足することで不確実性が相対的に高い領域(坑道やボーリング孔間)を対象として，そこに分布する不連続構造(地質境界，断層)や水理特性を評価するための探査技術を構築 ・孔間トモグラフィーや孔内検層(弾性波，電気，自然電位探査など)，間隙水圧や水分量計測，透水試験，力学試験などの計測結果を組み合わせ，地下施設周辺に分布する不連続構造や水理特性を3次元的に把握するための体系的調査技術を提案

研究開発要素			平成25年度～平成29年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 実施主体による精密調査[後半の地下施設での調査]に資する研究開発課題		
分野	分類	細 目	長期達成目標(事業許可申請段階における目標)	長期達成目標を踏まえた，平成29年度迄の中間目標	課題の設定，進め方
(A)地質環境調査評価技術	(2)地質環境特性調査評価技術	②地下水流動特性	●2つのURLにおける地下施設での調査研究成果，ならびにそれ以外の研究開発成果を統合しながら，精密調査(後半：地下施設での調査)において，地下施設近傍の水理特性を理解し，水理地質構造のモデル化・解析，不確実性の評価に至る一連の体系的な方法論を提示 ●精密調査(後半の地下施設での調査)で必要となる地質・地質構造調査・解析の要素技術を改良・高度化 ●沿岸域という場の特殊性に着目して，地下水流動による核種移行や深部地下水との隔離性能という観点から地下水流動環境を評価するための手法を提示	**【坑道を利用した調査段階】** ●地下施設での調査段階における体系的な地質環境特性の調査・評価の方法論構築に資するために，2つのURLにおける調査研究を進め，坑道を利用した地下水流動特性の調査・評価に係る個別調査技術を開発	**●(地質3-8)超深地層研究所計画(瑞浪URL)【JAEA】⇒(性能3-4)** 処分事業における精密調査(地下施設での調査)について，地下施設における地質環境の調査・評価技術の構築を背景として以下の課題を設定。 地下施設を活用した調査研究段階における段階的な地質環境の調査，解析およびその評価によって得られる知見に基づき，地下施設を活用した調査研究段階における地下水流動特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論を提示。 ・高湧水圧下において高透水性から低透水性に至る幅広い透水性の割れ目を連続的かつ合理的・効率的に調査可能な技術を開発する。 ・坑道を利用した調査研究段階において取得する地質環境情報に基づき坑道周辺岩盤の水理地質構造モデルを更新するとともに，坑道掘削時以前に構築した水理地質構造モデルの妥当性を評価 ・水理地質構造モデルの更新／妥当性確認を通じて，坑道掘削時の調査段階で提示した水理地質構造を調査・評価するための方法論の妥当性を評価 ・坑道を利用した調査研究段階においても，長期地下水圧モニタリングを継続するとともに，モニタリング装置の耐久性を確認し，必要に応じた改善を図るとともに，装置の維持管理方法を構築する。 ・地下水流動特性の調査・解析・評価の実施及び調査計画立案に係る技術的ノウハウや，品質管理の考え方を整理し，知識ベースとして蓄積 **●(地質3-9)幌延深地層研究計画(幌延URL)【JAEA】⇒(性能3-4)** 処分事業における精密調査(地下施設での調査)について，地下施設における地質環境の調査・評価技術の構築を背景として以下の課題を設定。 幌延URLにおける坑道掘削時の段階的な地質環境の調査，解析及びその評価による知見を基に，地上からの調査研究段階において実施した一連の調査研究の流れを見直すとともに，坑道掘削時の調査研究段階において地下水流動特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論を提示。 ・坑道の掘削に伴い取得した地質環境情報を用いて水理地質構造モデルの更新を継続 ・坑道掘削時の調査で得られる情報量と，更新したモデルに基づく地下水流動解析結果の実測値の再現性向上の関係を整理して例示 ・坑道内から掘削したボーリング孔を用いた原位置試験を通じて，溶存ガスが存在する塩水環境を対象とした調査技術・機器の適用性や脱ガス対策などを含む一連の調査手法の有効性を確認 ・坑道内での水理調査/観測技術(特に，データの取得方法や品質管理)や調査プログラムを整備するとともに，制約(例えばグラウトの影響など)を受けた場合の調査手法の最適化や想定すべき事象の考え方(失敗例を含む)を実際の経験に基づき例示 **●(地質3-10)海域地質環境調査確証技術開発【ANRE】⇒(性能3-4)** 処分事業における概要調査および精密調査(地上からの調査)について，地上からの地質環境の調査・評価技術の有効性，妥当性の確認を背景として以下の課題を設定。 海底下の地下水流動評価技術の高精度化のため，海底下深部の地質構造や広域地下水流動等の状況を，海域の物理探査と海上ボーリング調査によって把握するとともに，断層と地下水流動の関連，地下水流動の長期的な変遷を評価。特に，海上ボーリング調査を用いた地質構造や地下水環境の評価技術を対象として，要素技術の高度化開発を行い，沿岸域海底下の地質環境の総合評価手法を構築。 ・物理探査技術を用いた沿岸域地質構造評価技術の開発と，海上掘削調査技術の開発を含めた深部地下水環境研究のそれぞれについて，実際の沿岸域フィールドにおける体系的な適用試験と総合評価を実施し，沿岸域での調査技術と解析評価手法として体系化 ・物理探査技術においては，海域から陸域にかけての地質構造評価のための物理探査接合技術の実証的研究，とりわけ，断層評価における最適化探査技術の開発や解析技術を高度化 ・海上ボーリング調査における各種技術の要素開発を実施し，高品質な地下水・地質試料を入手することで，海底下の地下環境を高精度に評価する技術を構築 ・将来的に処分事業を開始した場合に地下水が移動する範囲等を的確に評価するとともに，将来的な安全研究にも貢献 **●(地質3-11)海底地下水湧出探査技術高度化開発【ANRE】(新規課題)⇒(性能3-4)** 処分事業における概要調査及び精密調査(地上からの調査)について，地上からの地質環境の調査・評価技術の有効性，妥当性の確認を背景として以下の課題を設定。 ・沿岸域において地下水の湧出箇所とその水質特性，陸域から海域にわたる塩淡境界及び地下水の湧出経路となる水みちや断層を効率よく把握するために，海底及び陸と海を同時に高密度に合理的探査可能な技術を高度化 ・これまで海底地下水湧出探査技術として開発した要素技術を実海域での適用を通して高度化するとともに，既存技術も含めて体系的に展開し，探査フローも含めて手法を確立 **●(地質3-12)地下水の実流動に係る実証試験【ANRE】(新規課題)⇒(性能3-4)** 処分事業における精密調査(地下施設での調査)について，地下施設における地質環境の調査・評価技術の構築を背景として以下の課題を設定。 坑道掘削時の地下水流動や再冠水時のそれを考慮して，対象層における圧入・揚水試験により，地下水実移動に係わる間隙水の賦存状態やその3次元的範囲を把握。さらに，圧力伝播の観測により圧力影響の範囲を把握。これにより，坑道掘削に係わる地下水の実移動，さらにリスク評価のために圧力伝播を把握。さらには，実移動する地下水流動評価と合わせて，実用的(広域的)な再冠水モデリングを実施。 ・対象層における水理特性を細かなスケールで評価するために，坑道内での適用に適した電気・電磁気探査や弾性波探査等の物理探査計測技術やモニタリング技術，岩石試料の異方性水理特性計測技術等の技術開発を実施 ・深部地下水特性評価技術を用いた圧入・揚水試験に伴う地下水流動のモニタリングを実施し，地下水実移動に係わる間隙水の賦存状態やその3次元的範囲を把握 ・圧力伝播の観測により圧力影響の範囲を把握 ・亀裂等の水みち把握が可能となる評価技術を構築 ・透水係数や拡散係数，遅延係数などの水理定数に関して温度依存の度合いや異方性を実測し，実移動する地下水流動評価を実施
		③地球化学特性	●2つのURLにおける地下施設での調査研究成果，ならびにそれ以外の研究開発成果を統合しながら，精密調査(後半：地下施設での調査)において，地下施設近傍の地球化学特性を理解し，モデル化・解析，さらには不確実性の評価に至る一連の体系的な方法論を提示 ●精密調査(後半の地下施設での調査)で必要となる地球化学特性調査・解析の要素技術の改良・高度化	**【坑道を利用した調査段階】** ●地下施設での調査段階における体系的な地質環境特性の調査・評価の方法論構築に資するために，2つのURLにおける調査研究を進め，坑道を利用した地球化学特性の調査・評価に係る個別調査技術を開発	**●(地質3-13)超深地層研究所計画(瑞浪URL)【JAEA】⇒(性能3-4)** 処分事業における精密調査(地下施設での調査)について，地下施設における地質環境の調査・評価技術の構築を背景として以下の課題を設定。 瑞浪URLにおける坑道掘削時以降の段階的な地質環境の調査，解析及びその評価による知見を基に，地上からの調査研究段階において実施した一連の調査研究の流れを見直すとともに，坑道の維持管理・閉鎖時の地下水の地球化学特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論を提示。 ・地下坑道において地下水の地球化学データを取得するための採水・観測技術を構築し，その適用性を評価 ・得られた地球化学データに基づいて，物質移行に係る特性の理解や，坑道掘削や人工材料の使用が坑道近傍の地質環境特性に与える影響の評価を実施するための技術を構築 ・坑道内での地球化学特性調査技術(特に，データの取得方法や品質管理)や調査プログラムを整備するとともに，制約(例えばグラウトの影響など)を受けた場合における調査手法の最適化や想定すべき事象の考え方(失敗事例を含む)を実際の経験に基づき例示 **●(地質3-14)幌延深地層研究計画(幌延URL)【JAEA】⇒(性能3-4)** 処分事業における精密調査(地下施設での調査)について，地下施設における地質環境の調査・評価技術の構築を背景として以下の課題を設定。 幌延URLにおける坑道掘削時以降の段階的な地質環境の調査，解析およびその評価による知見を基に，地上からの調査研究段階において実施した一連の調査研究の流れを見直すとともに，坑道掘削時の調査研究段階において地下水の地球化学特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論を提示。 ・地下坑道において地下水の地球化学データを取得するための採水・観測技術を構築し，その適用性を評価 ・得られた地球化学データに基づいて，物質移行に係る特性の理解や，坑道掘削や人工材料の使用が坑道近傍の地質環境特性に与える影響の評価を実施するための技術を構築 ・坑道内での地球化学特性調査技術(特に，データの取得方法や品質管理)や調査プログラムを整備するとともに，制約(例えばグラウトの影響など)を受けた場合における調査手法の最適化や想定すべき事象の考え方(失敗事例を含む)を実際の経験に基づき例示

研究開発要素			平成25年度～平成29年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 実施主体による精密調査[後半の地下施設での調査]に資する研究開発課題		
分野	分類	細 目	長期達成目標(事業許可申請段階における目標)	長期達成目標を踏まえた，平成29年度迄の中間目標	課題の設定，進め方
(A)地質環境調査評価技術	(2)地質環境特性調査評価技術	④物質移動特性	●2つのURLにおける地下施設での調査研究成果，ならびにそれ以外の研究開発成果を統合しながら，精密調査(後半：地下施設での調査)において，地下施設近傍の物質移動特性を理解し，モデル化・解析，さらには不確実性の評価に至る一連の体系的な方法論を提示 ●精密調査(後半の地下施設での調査)で必要となる物質移動特性調査・解析の要素技術の改良・高度化	**【坑道を利用した調査段階】** ●地下施設での調査段階における体系的な地質環境特性の調査・評価の方法論構築に資するために，2つのURLにおける坑道を利用した調査研究を進め，坑道を利用した物質移動特性の調査・評価に係る個別調査技術を開発	**●(地質3-15)超深地層研究所計画(瑞浪URL)【JAEA】⇒(性能3-4，3-10，3-11)** 処分事業における精密調査(地下施設での調査)について，地下施設における地質環境の調査・評価技術の構築を背景として以下の課題を設定。 瑞浪URLにおける坑道掘削時以降の段階的な地質環境の調査，解析及びその評価による知見を基に，物質移動特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論を提示。 ・坑道を利用した調査により，坑道周辺領域における物質移動に係る現象や特性の理解に必要な物質移動特性(物質移動場や岩盤の収着・拡散特性，コロイド／有機物／微生物の影響)に関する情報を取得 ・取得した情報に基づき，坑道周辺の数cm～100m程度を対象として物質移動概念モデルの更新／妥当性を確認 ・坑道周辺における物質移動に係る特性の理解や，坑道掘削や人工材料の使用が坑道近傍の地質環境特性に与える影響の評価を実施するための技術を構築 ・物質移動モデルの更新／妥当性確認を通じて，物質移動特性を調査・評価するための方法論の妥当性を評価 ・物質移動特性の調査・解析・評価の実施及び調査計画立案に係る技術的ノウハウや，品質管理の考え方を整理し，知識ベースとして蓄積
					●(地質3-16)幌延深地層研究計画(幌延URL)【JAEA】⇒(性能3-4，3-10，3-11) 処分事業における精密調査(地下施設での調査)について，地下施設における地質環境の調査・評価技術の構築を背景として以下の課題を設定。 幌延URLにおける坑道掘削時以降の段階的な地質環境の調査，解析およびその評価による知見を基に，物質移動特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論を提示。 ・物質移動経路として堆積岩中の粒子間の空隙と割れ目(多孔質媒体＋亀裂性媒体)に注目し，それらの不確実性を考慮した物質移動解析を実施 ・物質移動解析等の事前解析の結果を踏まえて坑道において実施するトレーサ試験手法を提示するとともに，原位置試験に必要な試験装置や解析手法の適用性を深度250mと350mに設置される調査坑道において段階的に確認 ・坑道を利用した調査や原位置試験により，坑道周辺領域における物質移動に係る現象の理解に必要な物質移動特性(物質移動不均質性，物質移動場や岩盤の収着・拡散特性，コロイド／有機物／微生物の影響)に関する情報を取得 ・幌延URLにおける地上及び坑道からの調査段階の地質環境情報を用いて，地質環境の調査・解析から物質移動解析に至る一連の方法論を例示するとともに，その過程で得られた知見を提示し，制約条件下での試験レイアウト・項目・数量などの最適化手法やデータの品質管理・評価手法を構築
				●地下施設での調査に向けて，岩盤中での特に割れ目を介した溶質移動特性を高精度に調査・評価する技術を(原位置トレーサ試験技術を中心として)高度化し，その有効性を国内の試験場において実証。 ●輸送媒体となる地下水の滞留時間(地下水年代)の測定技術を地下施設において適用できるように改良するとともに，地下施設周辺での地下水の流動性を評価する技術を開発	**●(地質3-17)岩盤中物質移行特性評価技術の確証【ANRE】(新規課題)⇒(性能3-4，3-10，3-11)** 処分事業における精密調査(地下施設での調査)について，地下施設における地質環境の調査・評価技術の構築を背景として以下の課題を設定。 フェーズ2までに開発した岩盤を対象とし収着性物質の使用も可能な原位置トレーサ試験技術や，それを補完するボーリング孔間の割れ目特性調査のための各種探査技術(溶存ラドン濃度計測による平均開口幅調査，高粘性流体注入による割れ目内流動形態調査等)を改良し，国内サイト(結晶質岩，堆積岩)の試験場において実証。また，物質の輸送媒体となる地下水の年代を測定する技術については，フェーズ2までは主に地表からの調査により地下水の流動場を評価する技術として開発してきており，地下施設での調査において活用できるように改良し，国内試験場において実証。 ・収着性トレーサを用いた原位置トレーサ試験やそれを補完するための割れ目探査技術について，スイスNagraのグリムゼル試験サイトでの適用試験の結果を踏まえて，わが国の水理地質環境への適用を想定した高度化を実施 ・地下施設での地下水年代調査において地下水や岩石試料を採取する方法を開発 ・地下水年代を用いて地下施設周辺での地下水の流動性・物質移行特性を評価する技術を開発 ・割れ目を伴う岩盤に関する水理特性調査手法や岩石サンプルを用いた室内での水理・物質移動特性試験法との連携を図りつつ，JAEAとの共同研究において瑞浪・幌延URLなどでの適用試験などを実施 ・ボーリング技術化高度化開発のうち，今後数年間孔内モニタリングを継続し，適用性を確認
		⑤岩盤の熱・力学特性	●2つのURLにおける地下施設での調査研究成果，ならびにそれ以外の研究開発成果を統合しながら，精密調査(後半：地下施設での調査)において，地下施設近傍の岩盤の熱・力学特性を理解し，モデル化・解析，さらには不確実性の評価に至る一連の体系的な方法論を提示 ●精密調査(後半の地下施設での調査)で必要となる熱・力学特性調査・解析の要素技術の改良・高度化	**【坑道を利用した調査段階】** ●地下施設での調査段階における体系的な地質環境特性の調査・評価の方法論構築に資するために，2つのURLにおける調査研究を進め，坑道を利用した岩盤の熱・力学特性の調査・評価に係る個別調査技術を開発	**●(地質3-18)超深地層研究所計画(瑞浪URL)【JAEA】⇒(性能3-4)** 処分事業における精密調査(地下施設での調査)について，地下施設における地質環境の調査・評価技術の構築を背景として以下の課題を設定。 瑞浪URLにおける坑道掘削時以降の段階的な地質環境の調査，解析およびその評価による知見を基に，地上からの調査研究段階において実施した一連の調査研究の流れを見直すとともに，坑道掘削時の調査研究段階において岩盤の熱・力学特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論を提示。 ・坑道を利用した調査により，坑道周辺領域における物質移動に係る現象や特性の理解や，坑道掘削や人工材料の使用を含む施工対策が坑道近傍の地質環境特性や状態に与える影響の評価に必要な岩盤の熱・力学特性に関する情報を取得 ・空洞の力学的安定性に関わる熱，応力の作用を含めた岩盤の破壊現象とその長期挙動のメカニズムを解明するための原位置計測や解析を実施 ・取得した情報に基づきサイトスケールならびにブロックスケールの岩盤力学モデルの更新／妥当性を確認 ・岩盤力学モデルの更新／妥当性確認を通じて，岩盤力学特性を調査・評価するための方法論の妥当性を評価 ・岩盤の熱・力学特性の調査・解析・評価の実施及び調査計画立案に係る技術的ノウハウや，品質管理の考え方を整理し，知識ベースとして蓄積
					●(地質3-19)幌延深地層研究計画(幌延URL)【JAEA】⇒(性能3-4) 処分事業における精密調査(地下施設での調査)について，地下施設における地質環境の調査・評価技術の構築を背景として以下の課題を設定。 坑道掘削時以降の段階的な地質環境の調査，解析及びその評価による知見を基に，岩盤の熱・力学特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論を提示。 ・ 坑道を利用した調査により，坑道周辺領域における物質移動に係る現象や特性の理解や，坑道掘削や人工材料の使用を含む施工対策が坑道近傍の地質環境特性や状態に与える影響の評価に必要な岩盤の熱・力学特性に関する情報を取得 ・ 地下深部から掘削したボーリング孔を利用し，地下深部に至るURL周辺における初期地圧の空間的な分布を把握し，地上からの調査に基づく初期地圧分布の結果を含めた総合的な解析を実施することにより，地下深部における初期地圧の調査技術，地下深部の初期地圧状態のモデル化及びその更新に関わる手法の適用性を評価 ・ 原位置において実施する岩盤の強度特性に関する情報と岩石コアによる岩石の強度特性に関する情報を，地質環境情報も含めて総合的に評価することにより，地下深部における岩盤の力学特性を評価する指標を例示 ・坑道掘削に伴い坑道周辺に生じる掘削影響領域を評価する調査・評価手法を例示 ・調査技術・評価手法の適用性，技術的ノウハウや品質管理の考え方を分析し文書化することにより，知識ベースとして蓄積

研究開発要素			平成25年度～平成29年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 実施主体による精密調査[後半の地下施設での調査]に資する研究開発課題		
分野	分類	細 目	長期達成目標(事業許可申請段階における目標)	長期達成目標を踏まえた，平成29年度迄の中間目標	課題の設定，進め方
(A)地質環境調査評価技術	(3)地質環境の長期安定性調査評価技術	①地下施設における調査技術の開発	●地下施設での調査段階において，サイトの選定や安全性の確認に必要となるデータを取得するための調査技術を整備	●対象とする断層と変位基準(マーカー)との切断関係から活動性を評価するため，マーカーとなる岩石・鉱物脈等の放射年代測定手法を確立	**●(地質3-20)地下施設で遭遇した断層の活動性に係る調査技術の開発【JAEA】⇒(性能3-4)** 処分事業における精密調査(地下施設での調査)について，地下施設における地質環境の調査・評価技術の構築を背景として以下の課題を設定。 ・ボーリングや坑道などの掘削によって地下で遭遇した断層の活動性の評価には，活断層の調査で通常用いられる上載地層法を適用することが困難 ・このような断層の活動性の評価を行うためには，断層運動に伴って生じる熱的なイベント等を断層物質や周辺の岩盤の岩石・鉱物学的手法によって明らかにすることが有効 ・そのため，断層岩の微細構造や岩石・鉱物学的特徴のほか，断層に含まれる粘土鉱物や炭酸塩鉱物等の放射年代等を指標とした一連の調査・評価手法を構築 **●(地質3-21)年代測定技術の高度化【JAEA】⇒(性能3-4)** 処分事業における精密調査(地下施設での調査)について，地下施設における地質環境の調査・評価技術の構築を背景として以下の課題を設定。 ・断層を充填する粘土鉱物や炭酸塩鉱物等の年代を精度良く決定するため，最先端の機器分析装置を用いた放射年代測定技術を整備
	(4)深地層における工学技術	①結晶質岩	●2つのURLにおける調査，建設，維持管理を通じて，地下施設の設計・施工，建設，施工対策及び安全確保に関する体系的な技術を提示	●2つのURLの建設を通じて，実際の地質環境を対象とした地下施設の設計・施工，建設，施工対策及び安全確保に関する技術の適用性を評価するとともに，人工材料が周辺地質環境に与える影響を必要に応じ修復・低減するための技術を提示	**●(地質3-22)超深地層研究所計画(瑞浪URL)【JAEA】⇒(性能3-4)** 処分事業における精密調査(地下施設での調査)について，地下施設における地質環境の調査・評価技術の構築を背景として以下の課題を設定。 瑞浪URLの建設を通じて，大深度での地下施設の設計・施工計画構築技術の妥当性や，建設技術，施工対策技術及び安全確保技術の適用性を段階的に評価し，結晶質岩／淡水系地下水環境における体系化した深地層の工学技術として提示。 ・実際の地下環境での施設の安全性確保に必要な技術を提示 ・坑道掘削や人工材料の使用を含む施工対策が坑道近傍の地質環境特性や状態に与える影響を評価するために，深度500mに設置される止水壁について，周辺岩盤の挙動を含めて計測するとともに，止水壁周辺の掘削影響領域を修復するためのグラウトの適用性評価，ならびに，グラウト材料と周辺岩盤との相互作用を評価 ・地震時の覆工の健全性評価のためのモニタリングを継続しデータを蓄積 ・施工対策技術(湧水抑制対策)としてポストグラウトを含むウォータータイトグラウト技術を提示 ・坑道閉鎖に関わる技術について埋め戻し材の特性やそれらが周辺岩盤に与える影響に関する基礎的な情報を取得
		②堆積岩			**●(地質3-23)幌延深地層研究計画(幌延URL)【JAEA】⇒(工学3-1，3-7，3-8，3-9，3-10，3-11，3-12，3-19，3-21，3-22，3-23，3-24，3-25，3-27，3-29)(性能3-4)** 処分事業における精密調査(地下施設での調査)について，地下施設における地質環境の調査・評価技術の構築を背景として以下の課題を設定。 幌延URLの建設を通じて，設計・施工計画構築技術の妥当性や建設技術，施工対策技術及び安全確保技術の適用性を評価し，堆積岩／塩水系地下水環境における体系化した深地層の工学技術として提示。 ・坑道の施工・維持・管理に適用した工学技術の有効性を確認 ・坑道の掘削が表層部の環境へ与える影響について事前に予測し，観測結果などを踏まえ予測結果の妥当性や技術の適用性を評価 ・地層処分で想定される仕様の地下施設を安全に建設できることの実例を提示
				(注)2つのURLに関しては，現行の計画に基づくため(平成29年度までの計画ではない)，【達成目標】と標記。	

別添資料2-1

研究開発マップ 【処分場の工学技術：フェーズ2】

研究開発要素			平成24年度までの計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査地区選定を見据えた喫緊の研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細目	達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
(B)処分場の工学技術	(1)処分場の総合的な工学技術	①URLにおける適用性検討	●幌延URLでの中間深度までの坑道掘削段階において得られる地質環境情報をもとに，フェーズ1で提示した手法の適用性の確認	**●処分場設計条件・留意点の整備** ・人工バリア，閉鎖及び施設設計についてそれらの相互関係も含め，設計上考慮すべき条件と必要となる情報の抽出・整理【JAEA】 ・処分坑道横置き方式と処分孔竪置き方式における設計上の相違点及び支保工材料による留意点の整理【ANRE（JAEA）】 ・PEM方式を設計オプションとして用いた場合における，地下施設の設計，人工バリアの設計及び人工バリアの長期健全性評価の観点からの留意点の整理【ANRE/JAEA】 **●処分場設計フローの見直し【JAEA】** ・処分孔竪置き方式処分場全体設計フロー ・処分坑道横置き方式設計フロー	● 実用的視点での処分場全体及び構成要素の設計フローの構築。 ●処分場設計に使用する評価ツール（モデル，データ，データベース，方法論等）の体系的な整備・拡充。 ●幌延URLでの地上からの調査データに基づく設計手法の適用性の確認。	**●（工学2-1）処分場全体及び構成要素の設計フローの構築【ANRE/JAEA】⇒（工学2-8，2-14，2-16，2-17，2-19，2-20，2-21，2-23，2-24，2-25）（性能2-3）** 処分場設計フローの未検討箇所に関する検討，設計手順に関する妥当性の確認と見直し，処分坑道横置き方式による設計フローの検討，処分孔竪置き方式と処分坑道横置き方式における設計上の相違点等の整理を行う。新たな処分概念（例えばPEM方式等）も考慮に入れる。 **●（工学2-2）処分場設計評価ツールの体系的な整備・拡充【ANRE/JAEA】⇒（性能2-3）** 処分場全体及び個別要素の設計に必要な評価モデル，データ，データベース，方法論等を（工学2-1）で提示したフローに従って体系的に整備・拡充する。処分方式（例えば処分孔竪置き方式及び処分坑道横置き方式）の違いについても比較検討する。 **●（工学2-3）地上からの調査データに基づく設計手法の適用性の確認【ANRE/JAEA】⇒（地質2-1，2-3，2-26）（性能2-3）** 幌延URLの地上からの調査（第1段階）から得られる情報に基づき，上記設計手法の適用性の確認を行う。
		②工学技術オプション	●事業の柔軟性の確保に向け整備する必要のある概念オプションの成立性や実現性に必要不可欠な技術基盤の提示	**●工学技術オプションの検討ツールの整備** ・事業の観点から，国内外で提案されている既存の概念／設計オプションの有効性分析を行うため，設計因子に基づく比較手法を提示した。【ANRE（JAEA）】 ・新たな概念／設計オプションを創出するための手法として，発明的問題解決理論（TRIZ）を導入し，その適用性を確認した。また上記手法を用いたケーススタディの成果を格納するため，処分場概念データベースのプロトタイプを提示した。【ANRE（JAEA）】 ・事業規制を視野に入れた比較検討やワークショップの活用など，これまでとは形式の異なるケーススタディの検討は未実施。	●地上からの調査に基づく利用可能な情報（サイト環境の特徴）に即した事業主体による処分概念の構築と施設設計へのフィードバック ●先進サイクルの検討や規制等の新たな要件の発生などによる境界条件の変化に対応できる新たな処分概念の創出 ●上記の知識ベースについては，これまでに蓄積した知見を体系的に整理して提供	**●（工学2-4）処分場概念構築ツールとその基盤となる知識ベースの開発【ANRE】⇒（地質2-25，2-26）（性能2-3）** ・新たな概念／設計オプション創出の手法を体系的に開発整備する。また，既存の概念／設計オプションの特徴の整理を体系的に行うとともに，国内外の専門家レビューを通じ，その品質を確保する。 ・上記の成果を基に，入力以外に必要に応じてデータベースの改良，更新を行う。
		③巨大地震・津波に対する処分場工学技術の高度化 ④発生確率が低いと考えられる事象に関わる検討 ⑤処分場の限界状態評価手法の開発	●安全評価との連携と品質保証を考慮した，巨大地震・津波に対する標準的な評価手法，対策技術の提示 ●長期における処分場性能の限界条件の提示に向けた課題及び研究計画の提示	**●処分施設閉鎖前までの処分事業操業中における巨大地震・津波への対策技術開発【ANRE（RWMC）】** ・大規模な自然災害等による類似施設の被災情報等を調査し，施設や人工バリアに対する異常状態や事故の状況を設定 ・上記に対するリスク低減対策及び工学的対策技術を抽出し，技術開発に関わる年度展開を策定 **●処分場閉鎖後の長期にわたる期間を中心として巨大地震・津波を含む想定外事象への対応【ANRE（JAEA）】** ・過去に発生した巨大地震・津波に関連した地質環境への影響を調査し，処分場で留意すべき項目を抽出 ・巨大地震・津波を含む処分場が限界状態となる事象を設定し，その評価計画を策定 ・津波による長期の安全性に影響する項目を抽出	●安全評価との連携と品質保証を考慮した，巨大地震・津波に対する標準的な評価手法，対策技術の提示 ●対策技術導入に際しての処分システム成立性への影響の確認 ●長期における処分場性能の限界条件の提示	**●（工学2-5）処分事業操業中における巨大地震・津波への対策技術開発【ANRE】** H24年度に抽出した異常状態や事故の状況設定に基づき，対策技術の検討を進める必要があるため，以下を実施する。 ・平成24年度に抽出した巨大地震・津波のリスク低減対策に必要な工学的対策技術について，既存技術の技術調査や試験，及び新規技術の技術調査等を行うことで，各技術の適用性を確認，提示する。 ・開発した工学的対策技術により，処分システムへの巨大地震・津波のリスク低減対策の導入を検討し，導入した場合の処分システムの成立性を提示する。 **●（工学2-6）処分場閉鎖後の長期にわたる期間を中心とした巨大地震・津波を含む過酷事象への対応【ANRE】⇒（地質2-21）（工学2-35，36）（性能2-1）** ・過酷事象に対する地質環境への影響調査 ・過酷事象を考慮するためのシナリオ評価 ・過酷事象に対する人工バリア及び処分施設に関わるデータ取得 ・過酷事象評価手法の開発
		⑥残置物の影響評価と対策検討 *処分場の建設・操業時に使用した工学材料で閉鎖後に残置されるもの（例えば，グラウト材，吹付けコンクリート，ロックボルト等）	●操業時に生じる残置物のうち，人工バリアの長期性能に影響を与え得るものについて抽出。	**●人工バリアへの長期性能の観点からの残置物の整理【JAEA】** 建設，操業，閉鎖までの処分場の地下施設に発生し得る残置物を抽出し，既存知見を基に，人工バリアの長期性能に影響を与え得るものを提示した。	●残置物の人工バリア長期性能に対する影響の提示 ●残置物に対する工学的な対策を提示	**●（工学2-7）残置物の影響評価及び対策技術開発【ANRE】⇒（地質2-26）（工学2-8，2-14，2-16，2-18，2-19，2-27～34）** ・建設，操業，閉鎖までに生じる残置物が人工バリアの長期性能に与える影響について，メカニズムを解明し，評価する。 ・人工バリアの長期性能劣化に繋がる影響については評価結果を踏まえた上で工学的な対策を検討，提示する。
	(2)処分場の設計・施工技術	①人工バリア（オーバーパック/緩衝材） a)オーバーパック	(a) 炭素鋼オーバーパック ●環境因子，材料因子の影響に関する腐食試験データの拡充 ●オーバーパックの長寿命化，オーバーパック表面100℃超での腐食挙動に関わる基礎データの取得と概略的評価 ●幌延を対象とした環境条件に対するデータの取得とそのデータに基づく腐食量の評価 ●腐食データのデータベース化，寿命評価手法等の体形的整理	・10年間の長期腐食データを取得し（H3仕様緩衝材），長期的な腐食速度が設計上の腐食速度設定値（10μm/y）の約1/10以下となることを示した。 ・炭素鋼の腐食に及ぼす鋼中不純物成分や添加元素の影響を検討し，腐食促進の作用を有する元素，耐食性向上に有効な元素等を明らかにした。 ・γ線照射下での腐食試験を実施し，緩衝材共存下では照射による影響が大幅に緩和されることを確認した。 ・温度に関する不確実性，緩衝材制限温度緩和の観点から100℃超環境における腐食挙動を調べ，腐食形態，腐食量への影響について見通しを得た。 ・幌延地下水環境での腐食データ取得，寿命評価を行い，従来の手法の妥当性を確認した。 ・これまでの腐食試験データ，腐食量評価手法等を体系的に整理し，データベースとして公開した。 ・遠隔操作による炭素鋼オーバーパックの蓋封入方法として検討された溶接方法（TIG MAG EBW）で製作された試験体に対して耐食性評価試験を実施した。溶接部が母材と同等以上の耐食性を有し，蓋封入手法としての溶接の適用性を品質（長期健全性）の観点から評価・検討を行った。 ・想定した処分環境における腐食シナリオを基にした耐食性試験（全面−局部腐食挙動，応力腐食割れ，水素脆化）を実施し，溶接部が母材部と同等以上の耐食性を有することを確認した。 ・緩衝材共存下において定電位−低歪み速度法による応力腐食割れ評価試験を実施し，母材，溶接材ともに低濃度の炭酸塩濃度環境において高濃度（>0.5M）の場合とは異なる形態の割れ感受性を示す現象を確認した。 ・一部の環境ではアーク溶接（TIG，MAG）の溶接部で選択的な腐食が発生し，母材で想定される腐食深さを上回ることが示唆された。 ・母材と溶接部の腐食挙動の差異を，化学成分や金属組織，欠陥・介在物等の材料性状の違いに注目して調査・整理し，現象の生起機構を検討した。	●地質環境特性に対して炭素鋼のオーバーパックの適用性，生起しうる腐食形態，腐食モードとその生起進展挙動を推定できる手法，データベースを整備し，公開する。 ●現実的な寿命評価，長寿命化の可能性評価に反映可能なデータの取得，拡充	**●（工学2-8）炭素鋼オーバーパックの腐食現象理解と長期挙動評価【ANRE/JAEA】⇒（工学2-1，2-9，2-10，2-11，2-12，2-13，2-18，2-28，2-33，2-34，3-3，3-4，3-5）** H24年度までの成果を受け，より長期・実環境に近い現象の把握の必要性が明らかになったため，以下の項目を実施する。 ・炭素鋼オーバーパックにおいて考慮すべき腐食現象に対して，材料中成分の影響，溶接による影響などの材料因子の影響と放射線による影響などの環境因子の影響を実験的に調べる。 −溶液単独系や飽和緩衝材中などの均一系，単純系を対象としたオーバーパックの腐食挙動の現象理解 >長期浸漬試験による母材／溶接部の腐食挙動，及び水素吸収挙動のデータの拡充 >種々の腐食挙動に及ぼす材料因子（化学成分や溶接組織）と環境因子（高温環境を含む）の影響評価 >放射線照射が炭素鋼の腐食挙動に及ぼす影響の評価 −長期健全性評価モデル構築のための腐食現象のメカニズム解明 −緩衝材共存下での電気化学試験や応力腐食割れ試験手法の検討，及び応力腐食割れ感受性に及ぼす緩衝材共存の影響の評価 ・長期腐食試験やナチュラルアナログによる長期埋設物の腐食調査等により長期挙動に関する知見を拡充する。これらのデータ等を含め，これまでに蓄積した知見をデータベースとして体系的に整理する。 ・長期データ等に基づいて代表的な腐食速度とオーバーパック厚さからオーバーパックが貫通に至るまでの期間を推定する。また，既往のデータ等に基づいて材料成分の改善による腐食速度低減と達成寿命を推定する。
			●溶接部に特有な品質に及ぼす影響因子の抽出，品質改善手法の提示	・溶接部の品質に影響を及ぼす現象について，実際の操業時に実施可能な品質改善手法として整備するため，影響因子の抽出・評価，個々の因子に対する改善手法の検討，提示を行った。 ・アーク溶接部の選択的な腐食については，溶接材料の改良による品質改善手法を，溶接材料の設計プロセスとして提示した。 ・割れの発生要因となる溶接残留応力について，その低減効果を適切かつ速やかに評価するための数値解析手法を開発した。この手法を用いた数値解析により，溶接後熱処理（PWHT）による応力低減条件を提示した。 ・PWHTによって，残留応力の低減のほかにも，水素脆化感受性や継手性能なども改善が図られることが確認された。	●実際の操業において実施可能な品質改善，及び溶接品質評価を経たオーバーパックの品質レベルを明らかにし，オーバーパックの長期健全性の評価対象となる溶接部の初期条件を提示。	**●（工学2-9）溶接残留応力低減効果の確認【ANRE】⇒（工学3-3，3-4，3-5）** H24年度までの成果を受け，数値解析により取得した低減手法の効果を確認する必要性があるため実施する。 ・数値解析により改善効果を検討した操業を考慮した熱処理による残留応力低減手法について，実溶接試験体を使用した低減効果の確認試験を実施し，長期健全評価において懸念される割れによる早期破損の要因の1つである残留応力を低減する手法を提示する。 **●（工学2-10）溶接部品質改善手法の妥当性の確認【ANRE】⇒（工学3-3，3-4，3-5）** H24年度までの成果を受け，溶接部の品質改善手法の妥当性を材料因子等の観点から理論的に裏付ける必要性があるため実施する。 ・整備したアーク溶接部の選択腐食に対する改善手法の検討プロセスについて，溶接手法や処分環境の違い等での汎用性・妥当性を確認する。提示した改善手法により溶接部／品質が長期にわたり確保されることを改善のメカニズムに基づいて評価・提示する。

研究開発要素				平成24年度までの計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査地区選定を見据えた喫緊の研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細目		達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
(B)処分場の工学技術	(2)処分場の設計・施工技術	①人工バリア（オーバーパック/緩衝材）	a)オーバーパック			●実際の操業において実施可能な品質改善，及び溶接品質評価を経たオーバーパックの品質レベルを明らかにし，オーバーパックの長期健全性の評価対象となる溶接部の初期条件を提示。	**●（工学2-11）超音波探傷技術に対する信頼性向上のための技術開発【ANRE】⇒（工学3-4，3-5）** H24年度までの成果を受け，オーバーパックの構造健全性評価への反映，及び探傷技術の信頼性向上を図る必要性があるため実施する。 ・溶接施工品質を保証するため，超音波探傷による溶接欠陥の分析・評価技術を確立し，品質検査技術に資する開発としてオーバーパック探傷像の分析・評価手法を確立し，検出・定量データを蓄積・整備する。 **●（工学2-12）溶接部における初期品質目標の提示【ANRE】⇒（工学3-3，3-4，3-5）** H24年度までの成果を受け，オーバーパックの長期健全性評価に資するオーバーパックの品質の初期条件を提示する必要性があるため実施する。 ・オーバーパックの長期健全性評価モデルによる評価に際し，評価対象となるオーバーパックの初期条件の一つである溶接部の品質を提示する。
			(b)代替オーバーパック ●溶接部における耐食性の評価，銅の腐食データの拡充と地下水条件に対する適用条件の明確化，及び放射線影響に関する腐食データの取得と評価手法の開発 ●腐食データのデータベース化，寿命評価手法等の体系的整備	・低酸素濃度下におけるチタンの水素吸収に及ぼす溶接の影響に関し，試験データを取得中（RWMC共研）。 ・純銅の電気化学特性，酸化性条件での腐食形態について基礎データを取得し，緩衝材中において概ね全面腐食が進展するものの，孔食の生起可能性も現時点で否定できないことなどを示した。 ・硫化物共存環境における純銅の腐食挙動について硫化物濃度の影響等基礎データを取得し，銅オーバーパックにおいて，[S(-II)]<0.001Mであれば10,000年を超える寿命達成が期待できることを示した。 ・これまでの腐食試験データ，腐食量評価手法等をの体系的な整理，データベース化についてはー部実施。 ・放射線影響，塩濃縮，析出下でのデータ取得は中断中（ANRE）	●地質環境特性に対して代替材料のオーバーパックとしての適用性や適用範囲，生起しうる腐食形態，腐食モードとその生起進展挙動を概略的に推定できる手法，データベースの開発。 ●代替オーバーパックによる長寿命化の可能性，長寿命化の条件の見通しを提示。	**●（工学2-13）代替オーバーパックの腐食現象理解と長期挙動評価【ANRE/JAEA】⇒（工学2-8，2-18，2-33，3-3，3-4，3-5）** H24年度までの成果を受け，より長期・実環境に近い現象の把握の必要性が明らかになったため，以下の項目を実施する。 ・チタン層の長期健全性評価に資するため，低酸素雰囲気での腐食挙動，水素吸収挙動，水素化物生成挙動のデータの拡充，影響因子の評価を行う。 －材料因子（化学成分：母材鋼種・溶接材料，金属組織：溶接・加工など）の影響調査 －環境因子（放射線，温度，溶液組成，pHなど）の影響調査 －TRUの金属容器の腐食挙動評価との整合性に留意して検討する。 ・銅の全面腐食／局部腐食挙動など個別の腐食現象に対し，溶接部の耐食性，放射線による影響等を含め，データを拡充する。また，硫化物等の腐食への影響に関する知見に基づき，長寿命化の可能性，長寿命化を達成可能な環境条件を検討する。 ・上記の知見に基づき，代替材料の適用限界，個別の腐食現象に対する生起・進展挙動の評価手法を検討する。
			b)緩衝材	●実際の地質環境条件を考慮するため，塩水及びセメント影響に着目した緩衝材の基本特性データを整備し，それらに基づく評価手法を提示するとともに，これら最新の知見を基にデータベースの更新を行う。また，複数の緩衝材製作・施工方法（ブロック定置方式，ペレット充填など）に関して，塩水及び高Ca条件下における緩衝材の隙間充填性や止水性に関してデータを拡充し，緩衝材設計要件の一つである自己シール性の設計基準に関する基盤情報を整備する。さらに，学会による測定手法の標準化に向けた基盤情報の整備を図る。	**●基本特性データの整備** ・Ca型化したクニゲルV1を用いて塩濃度をパラメータとした透水試験及び膨潤圧試験データの拡充を実施。 **●塩水環境下における自己シール性の設計基準に係る基盤情報の整備** ・人工海水等を用いた緩衝材の体積膨潤変形試験データの拡充を実施。 **●基本特性データベースの構築** ・電中研やSKBの文献データ及び緩衝材の熱変質に伴う特性変化データをJAEA 緩衝材基本特性データベースへ格納した。 **●測定手法の標準化** ・緩衝材の膨潤及び熱特性の測定手法に関して，これまでに実施されてきた測定手法上の留意点や精度などを整理するとともに，代表的な測定手法に関して，データを蓄積しつつ基盤情報の整備を実施（※ 電中研との共同研究報告書として取りまとめ）	●事業，規制のニーズに則した標準的な測定手法及び基本特性データの提示。	**●（工学2-14）緩衝材の基本特性に関するデータ，測定手法の整備【ANRE/JAEA】⇒（工学2-5，2-6，3-3）** 腐食健全性評価の環境条件の1つとして反映 ・緩衝材の基本特性データを整備するため，環境変化（塩濃度，地震による地下水組成の変化等）をパラメータとした透水試験，膨潤圧試験を実施し，データを拡充する。 ・自己シール性の設計基準に関わる基盤情報の整備として，環境変化（塩濃度，地震による地下水組成の変化等）をパラメータとした緩衝材の体積膨潤変形試験を実施し，データを拡充する。 ・ 測定手法の標準化に向けた緩衝材の試験・測定手法および事例，データを提示する。
		②支保・グラウト・シーリング	a)シーリング	(a)設計手法の信頼性向上に資するために，フェーズ1の成果を考慮した解析評価を行い，閉鎖シナリオの見直しを行うとともに，様々な地質環境下における閉鎖設計全体の基本的な考え方と閉鎖要素の役割の明確化を行う。	**●閉鎖要件の提示【JAEA】** 結晶質岩の地下坑道での実規模試験を考慮した上で，処分場規模のレイアウトを対象とした解析評価・閉鎖シナリオの見直しを実施し，閉鎖要素の役割を明確化した。	●結晶質岩を対象とした閉鎖要素の役割を，堆積岩に適用し，結晶質岩の役割と合わせ，両岩種に代表される地質環境下に閉鎖設計全体の基本的な考え方と閉鎖要件の役割の明確化を行う。	**●（工学2-15）堆積岩の閉鎖要件の明確化【ANRE/JAEA】⇒（工学3-9）** 結晶質岩を対象として明確化された閉鎖要素の役割を，堆積岩に適用する視点で分析し，堆積岩を対象とした閉鎖設計全体の基本的な考え方と閉鎖要件の役割の明確化を行う。
				(b)実際の地質環境条件を対象とした埋め戻し材及び止水プラグのズリ，ベントナイト含有率をパラメータとした材料特性を含めた埋め戻し材設計に関する基盤情報を提示する。	**●埋め戻し材及び止水プラグの基盤情報の整備【JAEA】** 塩水環境下，高Ca条件下における膨潤及び透水特性データを取得し，緩衝材データベースへの反映を実施した。	●埋め戻し材の基本特性として，幅広い環境条件でのデータを取得し，データベースに集約。 埋め戻し材の長期安定性評価事例の提示。	**●（工学2-16）埋め戻し材の基本特性データ取得と長期安定性評価事例の提示【ANRE/JAEA】⇒（工学3-9）** ・埋め戻し材の基本特性として，塩水環境下，高Ca条件下における透水及び膨潤特性データを取得し，緩衝材基本特性データベースに反映する。 ・埋め戻し材の長期安定性評価事例として，埋め戻し材等，ベントナイト含有率が低い材料への関口・太田モデルの適用性を評価する。
				(c)閉鎖技術の実際の地質環境における適用性を確認するために，幌延URLにおいて閉鎖性能に関して確認すべき項目の抽出を行うとともに，実規模試験計画を立案する。	**●実規模試験計画の立案【JAEA】** ・結晶質岩系における閉鎖技術の施工性・性能確認試験結果を取りまとめ公表した。 ・堆積岩特有の地質環境特性を対象とした長期安全性，掘削影響領域の拡がり等に関わる知見及び諸外国の堆積岩地域の地下研究施設における閉鎖性能の考え方の整備・蓄積を行った。 ・幌延URLでの試験概念の検討を実施した。		**⇒（工学3-9）へ**
				(d)処分場の安全性に関わる信頼性向上の観点から，1,000m相当の長孔に対する止水性確保に関わる国内外の既存情報を整備する。	**●長孔に対する止水性確保に関わる既存情報の整備【JAEA】** 長孔に対する止水性確保に関わる国内外の既存情報を処分以外の分野も含め整備した。		
			b)支保（低アルカリ性セメント）	1)HFSCコンクリートの配合選定手法の標準化に向け配合設計に関わる因子を抽出する。また，配合設計の因子に関するコンクリート特性をデータベース化するために必要とされるデータ項目について抽出・整理する。その上で，不足するデータ取得に必要とされる試験項目・内容を提示する。 2)pH低下挙動を精度よく予測するため，反応速度のデータを拡充する。なお，pH低下挙動に関するデータ取得の対象は，粉体浸漬試験から実構造物に拡充する。	・HFSCコンクリートの幌延URLへの適用における研究成果から，既往の知見を整理し，配合設計に関わる因子を抽出した。抽出された因子（pH,材料構成比,W/C等）に関してデータ（圧縮強度,材齢等）を整理し，配合選定において不足するデータを抽出した。また不足するデータを補うための試験項目と内容を提示した。 ・pH低下挙動解析モデルの検証用データとして，円盤状供試体を用いた長期浸漬試験（2シリーズ）を継続し，材齢4年及び7年までのデータを取得した。また，粉末浸漬試験を新たに開始し，材齢2年までのデータを取得した。 ・pH低下挙動の検討対象を実構造物に拡大充するため，幌延URLの地下坑道において，コア及び地下水を採取し，施工後3年目までのデータを取得した。	●サイトの地質環境条件・力学的条件に対応可能となる標準化されたHFSCコンクリートの配合選定手法の提示 ●化学成分の分析結果に基づくpH低下挙動における反応機構の解明に資するデータの蓄積 ●pH低下挙動のモデル化による低アルカリ性の明示及び配合選定手法の整備による処分場支保工へのHFSC吹付けコンクリートの適用性の提示	**●（工学2-17）配合選定フローの提示【ANRE/JAEA】⇒（工学3-10）** ・既往の知見を整理し，配合設計に関わる因子を確定し，因子に関するデータ補充を行った上で，HFSC配合データベースとしてとりまとめ，一般的なサイトの地質環境条件・力学的条件に対応する配合選定フローを提示する。 **●（工学2-18）pH低下挙動に関するデータの拡充【ANRE/JAEA】⇒（工学3-10，3-24）（TRU2-10，2-11，3-12）** ・pH低下挙動に関する反応機構の解明に向けて，粉体浸漬試験を継続するとともに，幌延URLの地下坑道における実コンクリートからもデータを取得する。さらに，幌延URLの地下水を模擬した浸漬試験を開始し，データの拡充を図る。 ※HFSCの評価モデルに関しては，TRU研究開発において開発される評価モデルを適切な時期に適用する。

研究開発要素				平成24年度までの計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査地区選定を見据えた喫緊の研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細目		達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
(B)処分場の工学技術	(2)処分場の設計・施工技術	②支保・グラウト・シーリング	c)グラウト	【グラウトに関する技術メニューの整備】 ●地質環境WGと連携し，従来用いられている，グラウト材料について，材質，止水性，施工性，耐久性，周辺環境への影響の観点から比較し整理する。 ●核種移行への影響を考慮し，セメント系グラウト材料による処分施設への適用性の観点から，岩盤や緩衝材との長期的な相互作用について検討を進める。 【具体的な地質環境への適用性検討】 ●地質環境WGと連携し，施工実績の少ないグラウト材料について，国内URLなどを利用して，実際の地質環境への適用性を検討する。特に，低アルカリ性セメントやその他の低アルカリ性を有する新材料のグラウトへの適用性について長期安全性能への影響評価も含めて検討を実施する。検討に際しては，岩盤亀裂に注入するグラウト材料の施工性，透水係数等の改善効果を確認するために，亀裂条件等に応じた注入材料の選定や注入圧力の設定，注入試験等を行い，その適用性を確認する。	・低アルカリ性を有する3種類のグラウト材料(低アルカリ性セメント系，超微粒子球状シリカ，溶液型)について，基本的な物性を調べるとともに，適用条件に関する浸透特性について室内試験により評価した。 ・幌延URLにおいて，低アルカリ性セメント系材料の適用性に関する地下坑道での注入試験を実施した。また，スイス岩盤研究施設(結晶質岩)において，溶液型材料の適用性に関する注入試験を実施した。 ・注入試験を通じ，高圧対応機器(高圧パッカー，高圧バルブ)について適用性を確認した。 ・グラウトの注入・浸透挙動を再現するためのグラウト浸透モデルとして，G&Sモデル及び等価多孔質媒体モデルの適用性について，実測データに基づき評価した。 ・グラウト施工・材料の情報・試験結果に関するデータベースを構築し公開した。 ・セメント系グラウト材料による岩盤変質や核種移行への長期的な影響を評価する上で必要な解析手法，データベースの開発整備を行った。また，亀裂性岩盤を対象とした場合の岩盤変質～核種移行評価までの一連の評価フローをまとめるとともに，普通ポルトランドセメントと低アルカリ性セメントの比較解析に基づき，セメント系グラウト材料の適用性について概略的な評価を行った。またセメント支保の利用等も想定し，緩衝材等の人工バリアへの影響も考慮した評価例を提示した。	●グラウト設計手法の標準化	**●(工学2-19)グラウトデータベースの更新【ANRE】⇒(工学3-11)** グラウト設計ガイドラインに基づく個別技術(材料，注入機器，注入範囲測定手法，岩盤変質/核種移行評価手法)の見直しを行う。 グラウトデータベースを適宜更新する。
		③建設・操業・閉鎖等の工学技術	a)建設技術	●地下深部の坑道群(多連設坑道)の設計手法について，第2次取りまとめに基づき，さらに詳細化・実用化を図る。	・多連設坑道における坑道群特有の変形を把握するため，従来の単一モデルでの設計から坑道全体をモデル化した多連設坑道モデルによる解析手法(2，3次元解析)を提示し，この解析手法の留意点，問題点を抽出した。また，この解析手法を用いる多連設坑道設計検討フロー(案)を取りまとめ，多連設坑道構造に関する設計手法の詳細化に向けた課題を抽出した。	●地層処分場特有の多連設坑道構造となる処分パネル設計に関わる手法のガイドライン(設計における留意点，問題点)の提示	**●(工学2-20)処分パネルの設計手法に関わる留意点，問題点の提示⇒(工学3-12，3-13)【ANRE/JAEA】** 地層処分場の処分パネルのように多連設坑道を配置する際には，主要坑道との交差部についても多連設構造となることから，多連となる交差部を考慮した数値解析を行う。解析の結果を評価することにより，坑道交差部を包含した地層処分場特有の多連設坑道構造となる処分パネルの設計手法に関わる留意点，問題点をガイドラインとして提示する。
			b)操業技術	●堆積岩系岩盤において操業技術の適用性を確認する。また，多様な環境条件に対する操業技術の選定や合理化に向けて，操業技術の適用条件等を定量的に評価，提示する。	・緩衝材の定置方式の概念やその操業技術に関して，竪置き方式に対する実規模のブロック型緩衝材の定置試験設備(地上設備)の設計検討を行った。また，その一部を製作し，機能を確認した。(RWMC/JAEA共同研究)	●地上施設における緩衝材の定置技術(ブロック型，竪置き方式)の実証	**●(工学2-21)緩衝材定置技術の適用性確認【ANRE】⇒(工学3-14，3-15，3-16)** 平成24年度までに実施した設計検討の成果を受け，緩衝材定置技術の適用性を確認する必要があるため以下を実施する。 ・ブロック型緩衝材の竪置き方式について，実規模仕様の設備を整備し，模擬処分孔への定置試験により一連の定置技術の適用性を確認する。
					●技術基盤の整備と体系化及びサイティング柔軟性向上【ANRE】(遠隔操作技術高度化調査) ・遠隔溶接・検査技術の開発として，適用性確認試験(基礎試験，要素試験)や実規模試験等を通じて，オーバーパックに対する各溶接・検査技術の到達度(密封性，検査性，能率等)を定量的に評価し，その技術的実現性を提示した。また，得られた知見は，多様な技術選択肢を整理したデータベース(技術メニュー)として整備(更新・拡充)し，遠隔溶接・検査システムの概念構築へ反映した。 ・製作，施工されたオーバーパックの設計，品質，長期健全性に対し，溶接影響を踏まえたオーバーパック封入部の長期健全性評価方法の具体化を検討した。 ・遠隔ハンドリング・定置技術の開発として，多様な操業概念について，建設技術や閉鎖技術との関係，人工バリアシステムの品質，操業安全性，操業条件の多様性や制御(位置検知や監視などを含む)，遠隔，長期性能などの観点も考慮して適用性確認試験(基礎試験，要素試験)や実規模試験等を実施することにより，幅広い操業技術の成立性，適用性(適用範囲や適用条件等)を定量的に評価し，サイティングの柔軟性を考慮した技術的実現性を提示した。	●遠隔溶接・検査及び遠隔搬送・定置に関する新規技術の適用性の提示。 ●遠隔操作時の異常事象発生時を考慮した施工上の留意点の提示	**●(工学2-22)遠隔技術の適用性検討【ANRE】⇒(工学3-3，3-4，3-5，3-6，3-16)** H24年度までの成果を受け，人工バリアの品質に留意した遠隔技術のさらなる開発の必要性が明らかになったため，検討を進める。 ・遠隔・溶接検査技術及び遠隔搬送・定置技術に関する新規技術の適用性を検討する。 ・遠隔操作時に異常事象が発生した場合，人工バリア品質に影響を及ぼす現象を抽出し，施工上の留意点を整理する。
					・遠隔ハンドリング・定置技術の適用性に関する知見を基に，建設や閉鎖などの操業前後の段階の影響や状況を考慮し，人工バリアの品質や長期健全性に対する検討，要素技術のシステムとしての検討を行い，遠隔操作システムの成立性について提示した。 ・室内試験，実規模試験，地下坑道での試験などの各試験の位置付けを整理し，実現性に関する合理的な技術情報の収集・整理を行った。 ・得られた知見は，多様な技術選択肢を整理したデータベース(技術メニュー)として整備(更新・拡充)した。		**⇒(工学3-6)へ**
			c)閉鎖技術	●実際の地質環境における閉鎖技術の適用性を確認するために「シーリング(c)」で抽出された閉鎖性能を確認すべき項目に基づく閉鎖に関する施工技術の知見を整備し，地下坑道での実規模試験計画を立案する。 ●多様な環境条件に対する操業技術の選定や合理化に向けて，操業技術の成立性に影響を及ぼす閉鎖技術を定量的に提示する。	・閉鎖に関わる埋め戻し材，プラグなどの施工技術について実際の地質環境における適用性を確認するために，上記「シーリング(c)」で抽出された幌延の地質環境条件において確認すべき閉鎖性能の項目を考慮した施工技術に関する知見をの整備を実施した。		**⇒(工学3-9)へ**
			d)品質管理	●URL掘削段階で得られる地質環境データに基づき，性能評価や地質環境調査分野の観点も含めた品質管理計画の提示と最新の知見に基づく人工バリアや処分施設に対する性能保証項目に関する見直しを行うとともに，人工バリアの定置精度に関する試験で検討すべき項目を整理する。	・人工バリアや処分施設の長期安全性について検討するために幌延URLの掘削段階において観察・計測されたデータをデータ集として取りまとめた。 ・品質管理項目及び品質管理計画の例示については未実施。 ・人工バリアの定置精度については，緩衝材(ブロック型，竪置き方式)定置試験設備(地上設備)を一部試作し，その機能を確認した。(RWMC/JAEA共同研究)(操業技術参照)	●性能評価や地質環境分野の観点も含めた品質管理計画の提示と最新の知見に基づく人工バリアや処分施設に対する性能保証項目の提示 ●緩衝材の定置精度(ブロック型，竪置き方式)の提示	**●(工学2-23)人工バリアの品質管理計画，性能保証項目の提示【ANRE/JAEA】⇒(工学3-5)** OP長期健全性評価の観点から各工程における品質管理目標を提示 地上からの調査で取得した地質環境データに基づき，人工バリアや処分施設の長期安定性の観点から設計，建設，施工技術の手法や測定項目などに関わる情報を整理し，品質管理項目を例示する。これに基づき，最新の知見を取り込んで，処分場の性能保証項目を見直すとともに品質管理計画を策定する。 **●(工学2-24)緩衝材の定置精度の取得(ブロック型，竪置き方式)【ANRE】⇒(工学3-14，3-15，3-16)** 平成24年度までに整備した緩衝材定置試験設備について，定置時の精度等の知見を取得する必要があるため以下を実施する。 ・幌延URLの地上施設(地層処分実規模試験施設)に整備した実規模の緩衝材定置試験設備(ブロック型，竪置き方式)により，模擬処分孔への定置試験を通して，定置精度に関するデータや知見を得る。(H25まで)
				●各事業段階に応じた計測行為に適用可能な無線データ通信システムを提示する。また，国内URLや候補地区の調査に利用可能な無線データ通信機器の仕様を提示する。	**●計測行為に対する無線データ通信技術の適用【ANRE(RWMC)】** ・無線データ通信に障害となる要因の抽出とその影響度について整理した。 ・各事業段階で実施される調査の計測データを無線通信する現実的・合理的なシステム仕様の選択肢を提示した。 ・上記を踏まえ，処分環境を考慮した無線データ通信機器の開発要素(小型化，耐圧性，耐熱性，耐放射線性，電源確保策，データ通信アルゴリズム，センサーとの適合性)について，経済性を含め評価・整理し，現実的・合理的な設計及び開発を実施した。 ・国内URLにおける試験計画の立案・準備を行った。		

研究開発要素				平成24年度までの計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査地区選定を見据えた喫緊の研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細目		達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
(B)処分場の工学技術	(2)処分場の設計・施工技術	③建設・操業・閉鎖等の工学技術	d)品質管理	●人工バリア材料のうち緩衝材等の過渡的段階（湧水による緩衝材の再冠水を想定）を考慮した品質評価に向け，緩衝材の施工法の違いによる力学挙動や水理挙動を定量的に評価する。	・緩衝材の密度均質化に関する試験や，Ca型化と膨潤挙動の発生順序の可逆性を評価するための試験等を実施し，透水及び膨潤特性に関するデータを取得し，力学メカニズムの解釈に供した。 ・隙間や異種材料界面における透水性評価試験，パイピング試験を実施し，通水量，乾燥密度，施工法などのパイピング発生条件に関するデータを取得した。 ・これらの試験結果から，多様な処分環境に適用しうる緩衝材施工法の選定の考え方を提示した。	●緩衝材の飽和状態での力学メカニズムの解明，施工法に応じた水理メカニズム（隙間や異種材料界面の透水メカニズム）の解明を通じた設計・製作・施工法の考え方の提示	**●（工学2-25）緩衝材の施工品質【ANRE】⇒（地質3-12）（工学3-8）（TRU2-10）** 平成24年度までの成果を受け，緩衝材の密度均質化等に関する更なるデータの取得とメカニズム解明が必要であることが明らかとなったため，以下を実施する。 ・緩衝材の密度均質化や，膨潤挙動に及ぼすCa型化の影響等の現象理解を踏まえ，密度差をパラメータとした密度均質化に関する試験等を実施し，力学メカニズムの解明を行う。 ・環境因子（水質）を考慮したパイピング試験等によりパイピング発生条件を提示し，隙間や異種材料界面における水理（透水）メカニズムの解明を行う。 ・TRU廃棄物の緩衝材における挙動も併せて検討する。
			e)回収技術	●回収可能性に関する回収技術の適用性を確認するために，緩衝材除去技術について適用条件等を定量的に提示する。 ●地下環境に適用可能な回収装置を開発する。	【ANRE(RWMC)】 ・竪置き処分概念を対象に，実規模相当の緩衝材の除去試験を実施し，回収技術の基礎的適用性及び課題を提示した。 ・横置き処分概念を対象に，実規模相当の緩衝材の除去試験を実施し，回収技術の基礎的適用性及び課題を提示した。 ・竪置き処分概念について，地下環境を想定した実規模実証試験（H23～H26年度）を行うための計画検討，及び緩衝材除去装置の設計と一部開発を実施した。	●多様な定置概念を対象とした回収技術の提示。	**●（工学2-26）回収技術の開発（竪置き）【ANRE】⇒（工学3-18，3-19）** 平成24年度までの基礎的検討の成果を受け，実規模の実証試験の必要性が明らかとなったため，以下を実施する。 ・竪置き処分概念について，地下環境を想定した実規模実証試験（H23～H26年度）を行うための緩衝材除去装置を開発し，総合動作確認試験を実施する。地下環境での実証試験の計画を策定する。 ・処分施設を完全に埋め戻さずに，廃棄体を回収するための維持期間及び維持方法について検討する。
	(3)長期健全性評価技術	①緩衝材	a）緩衝材の長期力学的変形挙動	●二次圧密の加速挙動に関するデータの取得や海水系地下水条件でのパラメータ設定についての考え方の整理を通じて，評価手法を提示する。また岩盤クリープを考慮した評価手法として，岩盤と緩衝材の3次元連成解析手法を提示する。	・緩衝材の二次圧密加速挙動に関するデータを取得するため，長期の圧密試験を開始するとともに塩水条件下における力学挙動に関する要素試験データを拡充した。 ・緩衝材（関口・太田モデル）/岩盤（コンプライアンス可変型モデル）を用いた三次元連成解析手法を提示した。	●緩衝材の長期圧密挙動を評価するための方法論，具体的事例の提示。 ●岩盤と緩衝材を対象とした長期変形挙動を評価するための解析手法の提示。	**●（工学2-27）緩衝材の長期力学的変形挙動の把握【ANRE/JAEA】⇒（工学3-20）** ・緩衝材は長期圧密下において圧密挙動が加速する可能性があるため，緩衝材の長期圧密試験を実施し，緩衝材の二次圧密係数を取得するとともに，そのメカニズムを解明する。 ・緩衝材の基本特性，二次圧密係数を用いた緩衝材及び岩盤を対象とした長期変形挙動解析を実施する。
			b）緩衝材の長期変質挙動	●緩衝材とオーバーパック（OP）材料との相互作用について，国際的な動向を注視しつつ体系的なデータ取得，熱力学的な評価等を実施し，変質・劣化の予測解析を行い，緩衝材の安全機能に与える影響の概略評価を行う。 ●高アルカリ性地下水による緩衝材の変質については，TRU廃棄物研究と連携し，成果を反映することにより，HLW処分システムにおける緩衝材特性や安全機能への影響評価を実施する。 ●処分場設計の自由度を担保するために，緩衝材最高温度が100℃を上回る場合の緩衝材特性の評価方法の検討を行う。 ●緩衝材の変質に関するデータベースシステム等の構築により，調査・試験により得られるデータ，知見の体系化を行う。	**●緩衝材とOP材料との相互作用評価** ・懸濁及び圧縮系での長期試験後（10年程度）の試料の分析を行い，変質現象の違いやその要因を検討し，長期的な変質挙動をモデル化する上での留意事項を提示した。 ・緩衝材とOP材料との相互作用について，変質・劣化の予測解析を行い，緩衝材の安全機能に与える影響を概略的に評価した。また，変質・劣化への影響が大きいと考えられ，不確実性の大きい要因（パラメータ）を明らかにし，長期的な変質影響の幅や量を提示。 **●セメント系材料に起因する高pHプルームによる変質劣化評価** ・TRU廃棄物研究の成果も踏まえつつ，高pHプルームによる緩衝材の変質劣化評価とも共通する二次鉱物（沸石類，CSH鉱物，粘土鉱物）の熱力学データ整備し，データベース化を行った。 ・安全機能への影響については，基本的にTRU廃棄物研究の成果に基づき，HLWシステムで想定されるセメント系材料の適用（グラウト，セメント支保）を念頭とし，概略的に評価を行った。 **●100℃を超える温度条件の検討** ・緩衝材と鉄との相互作用を中心に，100℃以下及び100℃を超える条件での変質現象の整理，試験データの蓄積を行い，長期的変質評価のための手法，予察的評価結果を提示。また，100℃を超える条件に曝された緩衝材の特性変化に関する既往の情報を整理し，データベース化を行った。	●緩衝材とOP材料の相互作用に伴う緩衝材の長期変質評価に関わる方法論，具体的事例の提示 ● 幌延URLでの実規模試験後の試料を対象に，試験後の試料の調査・分析手法に関わる提言および分析結果の提示	**●（工学2-28）緩衝材の長期変質挙動評価手法の整備【ANRE】⇒（工学3-22）** ・幌延URLを例に想定される種々の変質現象を対象とした評価手法を開発する。また，評価に必要な基本データを整備する。 **●（工学2-29）緩衝材の長期変質挙動データの取得【ANRE/JAEA】⇒（工学3-23）** ・試験後の試料の調査・分析を通じて，必要な調査・分析事項や手順・留意点等をまとめるとともに，分析結果を提示する。
			c）緩衝材流出・侵入挙動	(a)侵入現象 より現実的な地質環境（例えば，実際の岩盤亀裂の特徴など）を考慮したデータ整備を行い，現状の評価手法の適用性確認を踏まえ，緩衝材の密度低下に関する評価例を提示する。	・現状の緩衝材侵入現象モデル（固相拡散モデル）の適用性の評価結果に基づき，モデル（移流・拡散モデル）の改良検討を実施し，プロトタイプを提示した。	●具体的な地質環境を対象とした緩衝材流出現象に対する評価手法の適用事例の提示	**●（工学2-30）緩衝材の岩盤の割れ目中への侵入現象把握【ANRE/JAEA】** これまで開発されたモデルに対して，実験結果に即した長期緩衝材評価に用いるパラメータ設定手法を提示し，結果の評価を行う。
				(b)浸食現象 緩衝材起源のコロイド生成に係わるサイト選定上の留意事項（例えば，臨限界流速値または流速条件に伴うコロイド浸食量など）を提示する。	・コロイド生成に関するデータを拡充し，流速の減少に伴いコロイド生成量も減少する傾向を把握した。 ・コロイド生成メカニズムの現象理解として，ベントナイトの侵入領域における組成分布を把握した。	●緩衝材起源のコロイドが生成する環境条件，緩衝材浸食現象に対する評価手法の提示	**●（工学2-31）緩衝材の浸食現象【ANRE/JAEA】⇒（工学2-25）** 平成24年度までの成果を受け，緩衝材の流出現象に関する発生条件等の検討が必要であることが明らかとなったため以下を実施する。 ベントナイト材料，流速条件，地震による地下水組成の変化等の条件及び環境変化におけるコロイド生成量と流速との関係に関するデータを蓄積する。また，パイピング現象の発生条件を整理し，許容湧水量の設定手法を提示する。
		②セメント・コンクリート					**⇒（工学2-18，3-10，3-24）（TRU2-10，2-11，3-12）**
		③岩盤		(a) 岩盤の長期力学的変形挙動 【予測手法の高度化】 ●地質環境WGと協力して，幌延深地層研究計画の中間深度までの坑道掘削時の調査研究段階で得られる計測データ及び岩盤の力学特性に関する情報等を用いて，地下構造物周辺岩盤の力学挙動に対するコンプライアンス可変型構成方程式の再現性の検証を行うとともに，それらを考慮した解析用物性値や定数の設定方法の一例を提示する。 【設計への反映】 ●廃棄体からの熱の影響度や重要度を表すための実験的手法及び幌延URLの岩石コアを対象とした検討事例を提示する。	・幌延URLで採取したコア試料から求めたパラメーターを使って，140m坑道及び250m坑道の掘削再現解析を実施し，実測データとの比較を行った。その結果，掘削時の挙動については比較的よく再現されたが，クリープ挙動については良い一致が見られなかったため，その要因（支保工剛性，コア採取深度と再現解析深度の差異等）を抽出した。 ・岩盤のクリープ特性に対する熱の影響に関する試験を電力中央研究所において実施した結果，幌延の硬質泥岩では熱の影響は小さく，クリープの挙動評価に考慮する必要性は低いとの結論を得た。	●堆積岩におけるニアフィールド岩盤の長期力学挙動予測手法の信頼性の向上を目的とした解析手法における課題等の抽出，解析手法の改良 （岩盤クリープに対する熱の影響に関する研究はフェーズ3へ移行）	**●（工学2-32）岩盤長期力学挙動予測解析の課題／留意点の抽出【ANRE/JAEA】⇒（工学3-25）【幌延PFI】** ・掘削影響領域の強度回復特性等の試験結果を構成方程式へ反映させる。 ・改良または検証された岩盤特性モデル（コンプライアンス可変型構成方程式）を適用した幌延URLの坑道掘削影響の再現解析を実施し，解析上の課題／留意点を抽出する。

研究開発要素			平成24年度までの計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査地区選定を見据えた喫緊の研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細目	達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
(B)処分場の工学技術	(3)長期健全性評価技術	④熱-水-応力-化学連成挙動	●化学現象から他の現象への連成に関する既存のデータ収集やパラメータ設定を実施するとともに，工学規模試験や国際共研を活用した連成解析モデルの検証を行う。また，連成解析モデルを用いて，幌延URLなどの具体的な地質環境条件を対象とした長期（1,000年以上）の数値実験を実施して，結果や解析手法を提示するとともに，変動シナリオ（熱水の影響など）に対する適用性を確認する。さらに，室内試験（オーバーパック腐食と緩衝材中の塩析出を複合模擬した系での連成試験）や工学規模試験などを実施し，実験データに基づく連成挙動の把握と解析評価モデルの検証及び適用性の確認を行う。	**●連成解析コードの開発・検証【JAEA】** ・化学から他現象への連成現象に関するデータの収集・整理を実施した。 ・国際共同研究を通じてモンテリーにおけるベンチレーション試験を対象とした連成解析を実施し，解析モデルの実用性を確認した。 ・幌延の地質環境を考慮した坑道掘削段階から操業期間中におけるニアフィールドの変遷に係る数値実験を実施した。 ・変動シナリオ（熱水の影響など）に対する適用性の確認については未実施。	●熱-水-応力-化学連成評価手法の適用範囲の拡張	**●（工学2-33）人工バリアにおける熱-水-応力-化学連成挙動の把握【ANRE】⇒（工学3-26）** ・連成解析に必要となる地球化学反応モデルを調査し，解析パラメータを設定するオーバーパックの腐食などに影響を及ぼす水溶性化学種の変遷について評価を行い，具体的モデル化手法を示す。 ・他の解析コードや手法との比較を通じて，開発した連成解析モデルの適切性を確認する。解析結果の変動幅や適用範囲に関する検討を実施し，設計の妥当性確認及び設計変更技術ツールとして整備する。
				●地下坑道での試験に向けた検討【JAEA】 幌延URLにおいて取得されたデータをもとに連成解析に必要な地質環境条件を設定し，坑道掘削段階から操業期間中における水理及び水質変化に関する予察解析を実施した。		
				●塩水環境下処分技術調査【ANRE】 ・塩濃縮に関する解析評価モデル構築に関連し，地球化学モデル，物質移行モデルについて，三次元問題に適用できるよう改良を実施した。また，改良したモデルを用いて，幌延URLで取得された地質環境条件を例とした1,000年間を対象とした連成解析（数値実験）を実施した。 ・熱-水-応力連成試験設備等を利用して，塩濃縮に関わる室内連成試験を実施した。また，塩濃縮現象を評価可能な解析評価モデルを構築した。		
			●幌延URLにおける試験に適用する熱-水-応力-化学連成現象に関する計測技術の提示や計測計画の作成を行う。	**●熱-水-応力-化学連成現象の計測に関わる検討【JAEA】** 熱-水-応力連成試験設備を用いた工学規模の室内試験において，幌延URLなどでの試験への適用を念頭においた計測技術の実験的検討を実施。 ・緩衝材中の水分量の計測技術として，FDR-V法及び比抵抗トモグラフィー法の適用を検討した。また，工学規模の室内試験にこれらのセンサーを導入し，その有効性を確認するための試験を実施した。 ・緩衝材中の間隙水のpH計測技術として，光学式pH計の適用を検討した。工学規模の室内試験にpH計を導入し，その適用性確認試験を実施した。		
				・熱-水-応力-化学連成現象を計測するセンサー技術（例えば同時多点計測が可能な光ファイバセンサー技術）について，幌延URLでの試験に向けた連成パラメータを計測するためのシステムについて，室内実規模レベルでの検証試験の実施とともに開発課題を抽出した。		
		⑤ガス移行挙動	【ガス移行パラメータの整備】 ●具体的な地質環境条件を踏まえた緩衝材及び岩盤の透気特性に関する基礎データを拡充し，ガス移行パラメータを整備するとともに設定方法に関する考え方を提示 【力学連成ガス移行モデルの提示】 ●実験結果との比較検討を通じてGAMBIT-GWSモデルの信頼性向上及び改良を行い，代表的な力学連成ガス移行モデルの一つとして提示	**●透気特性データの整備及び現象理解** ・海水系地下水条件での緩衝材の透気特性データの拡充を進めるとともに，これまでに取得された降水系地下水条件下の透気特性データを取りまとめ，データベースとしてWeb公開。 ・幌延URLの具体的な地質環境条件での評価手法の適用性確認の観点から，幌延URLのボーリングコアを用いた試験を行い，岩石の透気特性データの取得に着手。 ・X線CTを用いた可視化研究については，ガス移行領域を把握するためのトレーサーとして，キセノンガスの利用について検討を実施。 【JAEA】	●緩衝材の透気特性メカニズムに関する知見の体系的整理及びデータの拡充	**●（工学2-34）ガス移行試験の留意点の整理【ANRE/JAEA】⇒（TRU2-21，2-22，2-23，3-5，3-21，3-22，3-23）** ・国内で得られた緩衝材の基本的透気特性データに基づき，ばらつきの要因を抽出し，ガス移行試験の留意点を整理。 ・幌延URLの岩石を一例として，基質部及び亀裂部を対象としたガス移行特性データの拡充を図り，データベースとして提示。 ・基礎的特性については(D)TRU廃棄物処分技術（3）性能評価⑤ガス発生影響において検討【ANRE】。
				●ガス移行評価手法の信頼性向上 ・緩衝材を対象としたガス移行試験の結果を用いたGAMBIT-GWSモデルによるシミュレーション解析を通じて，モデルの問題点や改良に向けた課題を整理。 ・課題に基づき，モデルの一部改良を実施し，代表的なモデルの一つとして整備。 ・ガス移行評価手法の適用性を確認するため，幌延URLでのガス移行試験計画の立案に着手。 【JAEA】	●実際の地質環境におけるガス移行評価手法の適用性確認	**●（工学2-35）ガス移行評価手法の適用性確認【ANRE/JAEA】⇒（TRU2-22）** ・幌延URLにおける評価手法の適用性の確認に向けた試験計画の策定。 ・幌延URLでの試験計画を立案するため，溶存ガスによる緩衝材の飽和膨潤に与える影響などの検討を実施。
		⑥人工バリアせん断応答挙動	●断層ずれのせん断速度の効果を考慮した評価手法の提示	【JAEA】 ・過去の履歴から，M6.5以下の地震を引き起した断層は概要調査（地表からの調査）で見逃す可能性が高いことから，M6.5に相当する断層（せん断速度1m/sec；せん断変位1m ）を対象に設定した。 ・約1/20スケールの模型試験において，装置の機械的制約から最大せん断速度を0.1m/secとした場合，緩衝材の塑性変形により金属製オーバーパックに損傷や変形は認められなかった。 ・人工バリアに作用する応力はせん断速度に応じて増加する傾向が把握できた。 ・せん断速度を補完できるよう，試験結果を表現する数値モデルを修正Cam-clayモデル（ひずみ硬化型弾塑性モデル）に基づき作成した。 ・現在の解析モデルは緩衝材厚さの約半分までの変位に対して追従が可能であることが提示できた。 ・これまでの知見を基に異なる処分概念への拡張を視野に入れ，異なる解析モデルによる数値実験の比較検討を韓国との共同研究として行い論文化する（継続中：未完了）。	●試験結果及び試験結果を表現する数値モデルに基づく知見を，実施主体，規制側が利用可能な知識基盤として提供	**●（工学2-36）人工バリアにおけるせん断影響の把握【ANRE】⇒（工学2-5，2-6）** ・想定される事象を見直すとともに，巨大地震等，これまで具体的に想定していなかった事象によって発生した断層や破断面が直撃した場合の人工バリアの挙動を提示する。 ・幾何形状や材質の異なる構成要素を用いた試験を実施するとともに，試験結果を数値モデル化し，材質や条件等に関する幅広い範囲の挙動を把握する。
★制度的管理技術等	－	－	【モニタリング技術】 ●モニタリングの意義，目的に沿って，時間的・空間的な不確実性を考慮した体系的な技術，システム概念をまとめた技術メニューに基づく具体的なモニタリングシステムをの整理，フィールド等での試験による検証の実施	【ANRE(RWMC)】 ●モニタリングの意義・位置づけとデータ・情報の分類 ・性能確認：モニタリングのパラメータ選定手法を検討し，ワークフローを提示した。 ・地質環境：ベースラインの把握に関する基礎データを選定した。 ・計測・モニタリングに関する課題の整理 －モニタリングに対する要求事項と計測可能性の相関のを整理し，処分場で実施可能なモニタリングの範囲に関する案を提示した。 －モニタリングシステム構築及び具体的な利用を勘案した技術メニューの高度化を実施した。 ●モニタリングのための計測センサー，機器システム等要素技術の調査とフィージビリティ研究 ・地中無線通信技術 －長距離/小型化通信機器の開発及びフィールド試験を実施し，技術の適用性を確認した。 ・耐久性のあるセンサー技術 －光ファイバシステム技術のモニタリングへの利用に関する検証を実施し，課題を抽出した。 －その他の安定型センサー技術の調査，検証を実施し，課題のを抽出した。 ●記録保存に関する調査 －各国の記録保存に関する制度等を調査し，要点を抽出・整理した。		

別添資料2-2

研究開発マップ 【処分場の工学技術：フェーズ3】

研究開発要素				平成25年度～平成29年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 実施主体による精密調査[後半の地下施設での調査]に資する研究開発課題		
分野	分類	細目		長期達成目標(事業許可申請段階における目標)	長期達成目標を踏まえた，29年度迄の中間目標	課題の設定・進め方
(B)処分場の工学技術	(1)処分場の総合的な工学技術	①URLにおける適用性検討		●坑道掘削時の地質環境条件に応じた最適な処分場設計の方法論の提示	●幌延URLの地質環境を事例として，幌延URL深度350mまでに得られた地質環境条件に基づき，処分場概念の設計を通して，体系的設計フローの有効性を確認する。	**●(工学3-1)URLにおける処分場設計手法の適用方法の開発【JAEA】⇒(地質3-1，3-3，3-23)** ・幌延URL掘削段階で取得される地質環境条件を事例として，地上からの調査段階で構築した処分場概念，処分場全体及び個別要素の設計フローの適用性を確認するとともに，新たな調査データに基づいた見直しを行うことを通して一連の処分場設計の方法論を提示する。また，安全評価手法の適用性確認の方法論との連携を図る。 **●(工学3-2)人工バリア設計フローの有効性確認【JAEA】** ・幌延PFI事業において実施する地下坑道を利用した人工バリア性能試験に対して設計フローを構築し，その有効性を実証する。
	(2)処分場の設計・施工技術	①人工バリア(オーバーパック/緩衝材)	a)オーバーパック	(a)炭素鋼オーバーパック ●腐食と構造(強度)の概念を統合し，溶接欠陥を考慮したオーバーパック長期健全性評価モデルを構築する。	● 腐食評価モデルの構築 ・個別の腐食現象に対して，均一・単純系(室内試験)での現象理解を基にしたメカニズムの解明を図り，モデル化を検討する。 ・幌延URLでのオーバーパック腐食試験を含め，緩衝材の不飽和-飽和等の不均一性を有する系や複合的な因子が関与する系での腐食現象やメカニズムを明らかにする。 ●構造健全性評価モデルの構築 ・材料強度を劣化させる事象を抽出し，オーバーパック耐用期間中の強度劣化の程度を明らかにする。必要に応じて個々の事象に対する劣化予測モデルを構築する。 ・オーバーパックの破損を引き起こす可能性のある外的要因について検討し，溶接欠陥及び①の材料劣化を考慮した構造健全性評価モデルを構築する。 ・前項の結果から，長期健全性を確実なものにするための工学的対策の検討に資する検査方法や溶接技術に対する要件を提示する。 ●構築した腐食評価モデルと構造健全性評価モデルを組み合わせた，オーバーパックの長期健全性評価モデルを構築し提示するとともに，モデルケースとして炭素鋼オーバーパックの設計指標を提示する。	**●(工学3-3)腐食評価モデルの構築【ANRE/JAEA】⇒(工学3-2，3-4，3-6，3-7，3-10，3-26)** オーバーパックに係わる個別要素技術および技術的選択肢に対して，精密調査段階後半における人工バリア成立性の判断のため，オーバーパックの腐食の観点から以下の項目を実施する。 ・個別の腐食現象に対して，均一・単純系(室内試験)での現象理解を基にしたメカニズムの解明を図り，モデル化を検討する。 ・幌延URLでのオーバーパック腐食試験を含め，緩衝材の不飽和-飽和等の不均一性を有する系や複合的な因子が関与する系での腐食現象やメカニズムを明らかにする。 ・精密調査により明らかとなるサイト条件を反映した腐食シナリオの再構築手法を提示する。地下水水質，微生物，有機物等を含め処分環境を考慮した腐食現象の時間遷移を明らかにし，割れ等によるオーバーパック破損に繋がるシナリオの冗長性を高める。 ・以上の検討から，腐食によるオーバーパック全体の健全性-時間モデルを構築する。 **●(工学3-4)構造健全性評価モデルの構築【ANRE】** オーバーパックに関する個別要素技術および技術的選択肢に対して，精密調査段階後半における人工バリア成立性の判断のため，オーバーパックの強度・構造の観点から以下の項目を実施する。 ・中性子照射脆化や溶接熱影響などの材料強度(破壊抵抗)を劣化させる事象を抽出し，オーバーパック耐用期間中の強度劣化の程度(引張強さ，降伏応力，破壊靭性値の低下)を明らかにする。必要に応じて個々の事象に対する劣化予測モデルを構築する。 ・オーバーパックの破損を引き起こす可能性のある外的要因(破壊の駆動力)について検討し，溶接欠陥及び①の材料劣化を考慮した構造健全性評価モデルを構築する。そして，オーバーパック溶接部の品質判断基準(最大許容欠陥寸法や欠陥個数など)を提示する。 ・前項の結果から，これまで個々に技術開発が進められてきた検査技術や溶接技術に対して，測定精度や溶接品質について目標値を提示する(例えば，検査方法に対して検出確率や測定精度など，溶接技術に対して残留応力や溶接品質など)。 **●(工学3-5)オーバーパック長期健全性評価モデルの構築【ANRE】** オーバーパックに係わる個別要素技術および技術的選択肢に対して，精密調査段階後半における人工バリア成立性を長期健全性の観点から評価・判断するための，オーバーパック健全性評価手法を構築するため，以下の項目をを実施する。 ・構築した腐食評価モデルと構造健全性評価モデルを組み合わせ，オーバーパックの長期健全性評価モデルを提示する。 ※本研究で構築した長期健全性評価モデルは，銅やチタンなど腐食特性や強度特性が異なる材料に対しても適用可能と考えられる。将来的には，必要に応じてその適用性を検討していく。 **●(工学3-6)工学的対策の提示【ANRE】** 操業技術，長期健全性の観点から人工バリアの成立性を向上させるため，リファレンスケースのオーバーパックを基本として以下の項目を実施する。 ・長期健全性評価に基づく材質・構造の決定を含めたオーバーパックの設計方針(案)を作成する。 ・組立て，溶接，(後熱処理)，非破壊検査等の個別要素技術へ長期健全性評価に基づいて品質管理の判断指標を提示する。
				●候補サイトでの精密調査時に地下の調査施設で行う腐食試験に必要なツール等の基盤技術(地下の調査施設に適用可能なモニタリング技術／方法と選択肢等)の提供	●腐食挙動やその環境条件のデータを実際に取得する上でのモニタリング技術の適用性や，適用上の問題と対策を明らかにするための幌延URLの地下坑道での試験を開始するとともに，室内試験を通じて腐食モニタリング技術とセンサー類の適用性を確認する。	**●(工学3-7)腐食モニタリング手法の提示【幌延PFI】⇒(工学3-30)** ・室内試験等に基づき確認したモニタリング手法を幌延URLの地下坑道での試験に適用し，腐食挙動や環境条件の測定を実際に行う。測定値やその変動の挙動から値の妥当性，信頼性を判断するとともに，センサー類の寿命等の適用限界やその対策を検討する。
			b)緩衝材	1)処分施設の基本仕様設定に伴う緩衝材の最適化・合理化設計のためのデータベース及び手法の整備 2)施工法や材料特性(組合せ)に応じた緩衝材における地下水の浸透及び変形挙動に対する環境因子を考慮した現象理解，長期健全性評価モデルの提示。	●緩衝材が人工バリアの構成材料として成立することを示す。 ●施工法や材料特性(組合せ)に応じた緩衝材の建設操業～再冠水後における地下水の浸透及び変形挙動を，環境因子(温度勾配・溶液種)等を含めた複合的な挙動として評価するための手法を提示するとともに，人工バリアの長期性能劣化に繋がる挙動については工学的対策を検討，提示する。	**●(工学3-8)緩衝材の設計・施工性・性能の確認と評価【幌延PFI】⇒(工学2-31)** ・幌延URLの坑道における人工バリア性能試験において実規模の緩衝材を設計・施工し，膨潤性能，止水性能を確認する。 **【ANRE】⇒(地質3-12)(工学2-25)** 緩衝材に係わる個別要素技術および技術的選択肢に対して，精密調査段階後半における人工バリア成立性を長期健全性の観点から評価・判断するための，緩衝材の健全性評価手法を構築するため，以下の項目を実施する。 ・膨潤，浸食，パイピング等の現象を実験的に確認した上で，緩衝材の不飽和から飽和に至る水-応力挙動の評価，環境因子(温度勾配・溶液種)等を考慮した水-応力挙動の評価を実施する。さらにフェーズ2において実現性を提示した多様な施工法に応じて複合挙動の評価手法を提示するとともに，人工バリアの長期性能劣化に繋がる挙動については評価結果を踏まえた上で工学的な対策を検討，提示する。TRU廃棄物の緩衝材における再冠水時の挙動も併せて検討する。
		②支保・グラウト・シーリング	a)シーリング	●実岩盤条件における閉鎖要素の実証及び性能の確認	●堆積岩における竪置き方式の人工バリアを対象とした坑道部分の埋戻し材(緩衝材との相互作用を含む)及び力学プラグの設計・施工性及びその性能の確認。 ●埋戻し材の緩衝材膨出抑制に関するデータの取得。 ●堆積岩を対象とした埋戻し材の設計・施工性の妥当性評価のためのデータの拡充。	**●(工学3-9)埋戻し材，力学プラグの設計・施工性・性能の確認と評価【幌延PFI】⇒(工学2-15，2-16)** ・幌延URLの人工バリア性能試験において，竪置き方式の人工バリアを対象とした坑道部分における埋戻し材，力学プラグの設計・施工性を確認する。埋戻し材(緩衝材の膨出抑制効果を含む)及び力学プラグで取得される計測データに基づき，その性能を確認する。 ・幌延URLの人工バリア性能試験における埋め戻し材，力学プラグ及び緩衝材－埋め戻し材相互作用の評価を行う。
			b)支保(低アルカリ性セメント)	●幌延URLでの実証及び影響評価試験によるHFSCの実用性の実証	●HFSCの吹付コンクリート及び覆工コンクリートの地下坑道での施工試験により，施工性及び変形挙動を評価する。また，試験後に採取するサンプルの分析により，周辺環境への影響に関するデータを取得する。	**●(工学3-10)地下環境でのHFSCコンクリートの施工性評価と周辺影響評価【幌延PFI】⇒(工学2-17，2-18)(TRU2-10，2-11)** ・幌延URLにおける吹付けコンクリートの施工試験において，地圧や地下水圧の変化(深度140，250，350m)，地層の相違(声問層，稚内層)がコンクリート支保工に与える影響を把握する。 ・幌延URL深度370mにおける立坑での場所打ち覆工の施工試験により，HFSC覆工コンクリートの地下環境での施工性を実証する。 ・幌延URLで取得されるコアサンプル及び地下水の分析により，HFSCが周辺環境に与える影響を評価する。 ※HFSCの評価モデル(pH低下挙動モデル)に関しては，TRU研究開発において開発される評価モデルを適切な時期に適用する。
			c)グラウト	●実岩盤条件におけるグラウト設計技術の実証及び性能の確認	●堆積岩を対象とした地下施設実施工におけるグラウト技術の適用性を評価する。	**●(工学3-11)グラウト設計及び影響評価技術の適用性確認【幌延PFI】⇒(工学2-19)** 幌延URL350m坑道の建設におけるグラウトの施工に関して，これまでに開発してきたグラウト設計及び影響評価技術の適用性を確認する。

研究開発要素				平成25年度～平成29年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 実施主体による精密調査[後半の地下施設での調査]に資する研究開発課題		
分野	分類	細目		長期達成目標(事業許可申請段階における目標)	長期達成目標を踏まえた，29年度迄の中間目標	課題の設定・進め方
(B)処分場の工学技術	(2)処分場の設計・施工技術	③建設・操業・閉鎖等の工学技術	a)建設技術	●実際の処分場建設の際に用いられる設計手法の体系化および施工技術の実証	●地下施設の設計・施工計画等の適用性に関する評価事例を提示する。	**●(工学3-12)地下施設設計・施工計画等の適用性に関する評価事例の提示【幌延PFI】⇒(工学2-20)** ・幌延URLの建設計画における基本設計・実施設計と地下施設建設時の実計測データとの比較により設計上の留意点を提示する。 ・地質環境情報および計測データを適切に設計や施工に反映させる手法として，幌延URLで適用する情報化施工プログラムを提示する。
					●地下施設の施工技術の適用性に関する評価事例を提示する。	**●(工学3-13)地下施設の施工技術の適用性に関する評価事例の提示【幌延PFI】⇒(工学2-20)** ・幌延URLの施工・維持・管理に適用した工学技術の有効性，建設に伴う周辺環境への影響調査結果などを体系的に取りまとめ，提示する。 ・幌延URLで採用した施工技術の地下坑道での実施工を通して明らかとなる留意点を提示する。
			b)操業技術	【地下坑道を利用した搬送・定置実証試験】 ●多様な環境条件に対する操業技術の選定や合理化に向け，フェーズ2において適用性を確認した搬送・定置技術について，地下坑道を利用した実証試験を行い，適用性を確認する。	●フェーズ2で適用性を確認した搬送・定置技術について，幌延URLの地下坑道での試験を想定した作業要領を検討する。 ●深度350mの試験坑道において，実規模スケールの人工バリア性能試験を実施する際，その準備段階においてブロック型緩衝材を模擬処分孔(模擬ピット)の中に設置するため，定置装置の一部である真空把持装置により緩衝材ブロックを1個ずつ定置することを通じて，地下環境(湿度が高く湧水が存在する環境)における竪置き方式及び横置き方式の搬送・定置技術の適用性についての技術的見通しを得る。 ●幌延URL等を活用し，フェーズ2で整備したPEMの地下環境における搬送・定置技術(エアジャッキ，エアベアリング，鋼殻と坑道間の隙間の充てん技術等)の適用性について技術的見通しを得る。	**●(工学3-14)人工バリアの搬送定置実証試験(竪置き)【幌延PFI】⇒(工学2-24)** 地下雰囲気下での緩衝材に対して，搬送定置試験を行い適用性を確認する。(人工バリア性能試験，オーバーパック腐食試験等の現場施工時の利用等) **●(工学3-15)人工バリアの搬送定置実証試験(横置き)【ANRE】⇒(工学2-24)** 精密調査段階後半での人工バリア成立性の提示に向けた技術選択肢の提示のため，地下環境での横置き方式の搬送定置に関する技術的見通しを得るため以下を実施する。 ・地下雰囲気下での緩衝材に対して，搬送定置試験を行い適用性を確認する。(深度350m，φ4m坑道の利用等)
				【操業技術の実証計画】 ●操業技術の実証試験計画を立案する。	●フェーズ2までに検討した操業に関わる要素技術の実証試験計画を立案する。	**●(工学3-16)人工バリア操業技術の実証計画【ANRE】⇒(工学2-23)** 精密調査段階後半での人工バリア成立性の提示に向けた，人工バリアの品質に関する裏付けを持った技術選択肢の提示のため，以下を実施する。 ・操業システム(溶接・検査・搬送・定置等)を構成する個別要素技術について，技術開発レベル，課題を抽出する(技術メニューを活用する)。 ・操業の各工程において要素技術を組み合わせたプロセス案を作成する。 ・人工バリア構成要素の設計・製造・施工の各プロセスごとに品質を管理する前提に基づき，工程ごとに実証試験で確認すべき事項を整理し，遠隔操作での実施に留意して実証試験計画を立案する。
			c)閉鎖技術	②a)シーリングで実施		**⇒(工学3-9)**
			d)品質管理	1)URLの掘削段階で逐次取得される地質環境データに基づき，設計段階で提示した性能保証項目，品質管理項目及び品質管理計画を更新するための方法論を提示する。	●幌延URLの深度350mまでの調査で取得される地質環境条件に基づく品質管理計画の段階的な更新方法を例示する。	**●(工学3-17)人工バリアの品質管理に関する適用事例の提示⇒(工学2-23)** ・幌延URLの掘削段階で取得される地質環境条件を具体例として，地上からの調査段階で構築した性能保証項目や品質管理項目の見直しについて検討するとともに，品質管理計画を更新し，適用事例として提示する。
				★制度的管理技術等に移動		
			e)回収技術	●処分概念や操業状態(段階)等の多様性に応じた，地下環境を想定した回収技術を整備する。	●地層処分事業における柔軟性(選択肢)を提示する。 ●処分方式に応じた回収技術を整備する。	**●(工学3-18)地層処分事業における柔軟性(選択肢)の提示【ANRE】⇒(工学3-4～3-8，2-26，3-29，3-30)** 精密調査段階の後半では一貫した操業技術による地層処分事業の成立性を提示するとともに，事業における柔軟性(選択肢)を提示する必要があるため，以下を実施する。 ・回収可能性を維持した処分概念，処分施設，操業技術等の検討 ・回収が必要となる状態(段階，起因事象)及び判断基準の検討 ・人工バリア((2)①b)緩衝材 等)，モニタリング((E)制度的管理技術等)等に関する他プロジェクトとの連携 **●(工学3-19)処分方式に応じた回収技術の整備【ANRE】⇒(工学2-26)** 精密調査段階の後半では一貫した操業技術による地層処分事業の成立性を提示するとともに，事業における柔軟性(選択肢)を提示する必要があるため，以下を実施する。 ・竪置き方式の回収技術開発と地下環境での確証(定置後の静的状態における緩衝材除去技術開発を実施中) ・横置き方式と人工バリア仕様に応じた回収技術開発と地下環境での確証 ・上記を踏まえた回収技術の適用性の提示
	(3)長期健全性評価技術	①緩衝材	a)緩衝材の長期力学的変形挙動	1)緩衝材仕様の最適化・合理化設計のための評価手法を整備する。	●オーバーパックの腐食膨張挙動等に対する緩衝材の健全性に関する評価手法の適用性を確認するため，幌延URLの地下坑道での試験を開始する。	**●(工学3-20)緩衝材の長期力学変形挙動の把握⇒(工学2-27，3-3，3-4)** ・幌延URLでの試験計画を通じて，これまでに開発・改良を進めてきた緩衝材/岩盤の力学連成解析手法を用いたパラメータの見直しを行う。幌延URLでのオーバーパック腐食膨張試験の解析におけるパラメータ設定手法を提示する。
				2)地下坑道での試験では検証できない数十年を超える長期のニアフィールド挙動(岩盤-緩衝材-オーバーパックが相互に影響を受ける挙動)について，遠心力模型実験および現場縮尺模型実験により検証する技術を提示する。	●ニアフィールドを対象とした遠心力模型実験および現場縮尺模型実験の技術を確立し，単一の処分孔(廃棄体1体・緩衝材1組・処分孔1孔)のニアフィールド模型を用いて数十年を超える長期間に相当する挙動を提示する。	**●(工学3-21)ニアフィールド縮尺模型実験【CRIEPI】⇒(工学3-25，3-26)** ・ニアフィールド模型に対する遠心力模型実験技術として，模型作製，応力，遠心加速度，透水・加熱の手順，実験中の計測，実験後のX線CT撮影を検討し，縮尺模型実験技術を確立する。例えば，竪置き型の寸法1/30モデル， 30Gの遠心加速度場で，約40日間の模型実験で実現象で100年相当のニアフィールド挙動を提示する。 ・遠心力模型実験では計測困難なニアフィールドの詳細な挙動(例えば処分孔のひずみ分布等)も把握するため，稠密計測可能な重力場での現場縮尺模型実験(例えば1/5程度)を実施する。 ・検討にあたっては，緩衝材および岩石の力学特性とその時間依存性，熱特性，透水特性等を別途把握する。また，これらの特性を考慮可能な連成解析コードを開発し，縮尺模型実験と連携させることによって，連成解析コードの検証に取り組む。
			b)緩衝材の長期変質挙動	●緩衝材における長期変質挙動の評価手法を提示する。	●オーバーパック材料との相互作用に伴う緩衝材の長期的な変質に関する評価手法を提示する。 ●幌延URLでの試験後の採取試料を対象とした緩衝材の変質挙動の調査を行う。	**●(工学3-22)緩衝材の長期変質挙動評価手法の整備⇒(工学2-28)** ・幌延URLの環境条件等において想定される変質現象を対象とした評価手法の開発と，評価に必要な基本データの整備を行う。 **●(工学3-23)緩衝材の長期変質挙動データの取得⇒(工学2-29)** ・幌延URLでの試験後の試料の調査・分析を通じた緩衝材の変質挙動データの拡充と緩衝材変質メカニズムの解明を行う。
			c)緩衝材流出・侵入挙動			

研究開発要素			平成25年度～平成29年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 実施主体による精密調査[後半の地下施設での調査]に資する研究開発課題		
分野	分類	細目	長期達成目標(事業許可申請段階における目標)	長期達成目標を踏まえた，29年度迄の中間目標	課題の設定・進め方
(B)処分場の工学技術	(3)長期健全性評価技術	②セメント・コンクリート	●幌延URLでの調査に基づく岩盤の長期挙動評価手法の提示／改良を行う。	●HFSCコンクリートの耐久性(劣化挙動)の評価に資するHFSCの溶脱特性を把握するためのデータを拡充する(急結剤の影響など)。 ●地下坑道で採取されるサンプルの分析により，周辺環境への影響に関するデータを取得する。	**●(工学3-24)急結剤を考慮した室内浸漬試験と原位置でのデータ取得【幌延PFI】⇒(工学2-18，3-10)(TRU2-10，2-11)** ・幌延URLの地下坑道における実コンクリートからのデータ取得を継続する。 ・幌延URLで取得されるコアサンプル及び地下水の分析により，HFSCが周辺環境に与える影響を評価する。 ※HFSCの評価モデルに関して，TRU研究開発において開発されるセメント系材料の長期評価モデルを適切な時期に反映する。
		③岩盤	●幌延URLでの調査に基づく岩盤の長期力学的変形挙動評価手法の提示／改良を行う。	●幌延URLでの試験による岩盤の長期力学挙動の予測解析手法の高度化	**●(工学3-25)岩盤長期力学挙動の予測解析手法の高度化【幌延PFI】⇒(工学2-32)** 幌延URLの深度350mで実施される各種の調査や人工バリア性能試験，坑道での計測により取得されるデータに基づき，岩盤の長期力学挙動の予測解析手法の高度化を行う。
		④熱-水-応力-化学連成挙動	1)精密調査後半における，基本レイアウトや人工バリアの基本仕様の最適化・合理化設計，設計変更技術のための連成評価技術の提示。 2)人工バリアの連成現象に関わる計測技術ならびに連成評価技術を用いた評価手法の提示。 3)ナチュラルアナログの長期挙動の現象理解を踏まえた，ナチュラルアナログ－室内実験－連成解析による総合的な緩衝材の長期健全性評価。	●人工バリア性能試験において，熱-水-応力-化学連成挙動に関する検証データを蓄積し，現象理解に向けた先進的モデルを提示する。 ●高アルカリ地下水とベントナイトが接触するナチュラルアナログサイトにおけるベントナイトの浸潤・変質過程に係わるデータに基づく現象理解と緩衝材の長期健全性評価へのナチュラルアナログデータの適用可能性を示す。 (D)TRU廃棄物処分技術(3)性能評価③アルカリ環境下ベントナイト・岩反応a)ベントナイト系材料(緩衝材，埋め戻し材)【化学的変質】にも記載	**●(工学3-26)人工バリアにおける熱-水-応力-化学連成挙動の把握【ANRE】⇒(工学2-33，3-30)** ・フェーズ2において室内試験において適用性を確認してきた種々のセンサーを幌延URLで実施する人工バリア性能試験に適用し，熱-水-応力-化学連成挙動を取得することにより，センサー類の適用性を示す。 **●(工学3-27)ベントナイトのナチュラルアナログ【ANRE】⇒(TRU3-16)** 精密調査段階後半における人工バリアの成立性の提示に必要な，緩衝材に関する現象理解と長期健全性評価のため，ナチュラルアナログの適用性に関する以下の内容を実施する。 ・高アルカリ地下水とベントナイトが接触するナチュラルアナログによる，ベントナイトの浸潤・変質過程(短期から長期にわたる一連の現象)の理解と，室内実験および解析モデルに基づく長期健全性評価におけるナチュラルアナログの活用を検討する。 (D)TRU廃棄物処分技術(3)性能評価③アルカリ環境下ベントナイト・岩反応a)ベントナイト系材料(緩衝材，埋め戻し材)【化学的変質】にも記載
		⑤ガス移行挙動	1) 処分施設の基本仕様設定に伴う人工バリアの最適化・合理化設計のためのデータベース及び手法の整備	●ガスの発生・移行に伴うニアフィールドの力学・水理学的な影響，さらにはニアフィールド近傍の天然バリア中での物質移行に与える影響などを考慮した現象の理解。 ●幌延URLの地下坑道を活用したガス移行評価手法の適用性の確認。	**●(工学3-28)ガス移行評価手法の適用性確認【ANRE/JAEA】⇒(TRU2-21，2-22，2-23，3-21，3-22，3-23)** ・ガス発生・移行による人工バリア及び天然バリア中での物質移行に与える影響を把握するため，幌延URLの地下坑道においてボーリング孔などを利用した堆積岩中でのガス移行試験を行い，ガスの移行挙動や，それに伴う水理学的な影響等に関するデータを取得 ・また，これらの試験を通して，幌延を一つの事例とした評価手法の適用性に関する検討を実施。 【ANRE】 ・基礎的特性については(D)TRU廃棄物処分技術(3)性能評価⑤ガス発生影響において検討を行う。
★制度的管理技術等※	－	－	【モニタリング】 ●地層処分事業におけるモニタリングは，事業期間中の安全確保及び，閉鎖後長期の安全性の確保のため実施される。閉鎖後長期の安全性をモニタリングにより直接確認することはできないが，安全評価で仮定された現象が仮定通りに起こっていることを事業期間中のモニタリングにより確認することが期待される。閉鎖後長期の安全性に関するモニタリングは，調査段階での地質環境等のベースライン把握に始まり，閉鎖後も制度的管理として一部が実施される可能性がある。 ●基盤研究では，事業者による操業・建設段階等でのモニタリング計画に必要な，モニタリングの役割と項目，技術的制約条件を整理し，地下研究所等で実証された技術的選択肢を提示する。 【記録保存】 ●制度的管理としての記録保存について事業者の実施計画策定に資する，項目や管理方法等からなるシステム案を提示する。	●事業段階に応じたモニタリング項目・反映方法の検討 ・地層処分におけるモニタリングの役割や技術的制約条件等を整理し，各事業段階に必要な天然・人工バリアのモニタリング項目，モニタリング結果のセーフティーケースの補強等への反映方法を提示する。併せて，モニタリングの目的，事業段階，場所，パラメータを，技術情報と結び付けるデータベース(技術メニュー)を整備する。 ●モニタリングの技術的実現性の検討 ・上記検討にて抽出されるパラメータに関して，処分環境でモニタリングを行う際に必要な頑健性/冗長性を持ったモニタリングシステムの検討，バリア機能の擾乱の最小化等の処分環境固有のニーズに適応した測定・通信技術をフェーズ2にて開発した要素技術を発展させた形で検討・開発し，URL等における検証を実施する。これにより，モニタリングの技術的実現性を向上させる。 ●記録保存に関する検討 ・記録保存に関する国内外の制度と保存される記録の項目，記録保存技術等を調査し，記録保存計画策定に資する情報を整備する。	**●(工学3-29)事業段階に応じたモニタリング項目・反映方法の検討【ANRE】⇒(地質3-7，3-12)(性能3-5)** 精密調査段階後半での事業の許認可に向けたモニタリング計画立案に資するため，以下を実施する。 ・モニタリング結果反映方法の検討： 事業の各段階における，セーフティーケースの補強等に資するモニタリング項目を，下記2)の技術的実現性の検討結果，最新の事例調査(MoDeRn等欧州での知見，国内URLに関する情報等)により抽出し，解析の併用等によりモニタリング結果の反映方法を検討する。 ・回収に関する検討： 各段階における事業の柔軟性に寄与するため， 「(B)工学技術(1)処分場の総合的な工学技術③建設・操業・閉鎖等の工学技術e)回収技術」における回収が必要となる状態(段階，起因事象)及び判断基準の検討と連携したモニタリングの検討を行う。 ・モニタリング情報の整備： 上記及び2)における検討項目の収録，文献調査等による収録情報の拡充とともに，運用を踏まえたインターフェースの整備を実施し，モニタリング計画等に資する情報提供機能を向上させる。 **●(工学3-30)モニタリングの技術的実現性の検討【ANRE】⇒(地質3-7)(工学3-7，3-18，3-26)** 精密調査段階後半での事業の許認可に向けたモニタリング計画立案の技術的な裏付けに資するため，以下を実施する。 ・モニタリングシステムの検討： 測定環境に対する適合性や，バリアの擾乱抑制，頑健性/冗長性，経済性等の制約条件を満たした測定のため，個々の測定・通信機器のみならず，機器寿命に伴う交換性，機器の配置等を検討する。 ・モニタリング技術工学試験： 処分環境固有のニーズ(耐熱，耐圧，対放射線，耐久性等)と上記1)の検討結果を考慮し，地中無線通信技術，測定技術等の開発，適用性検討を行い，URL(幌延，フランス・ビュール等)等において確認する。 **●(工学3-31)記録保存に関する検討【ANRE】** 精密調査段階後半での事業の許認可に向けた記録保存計画立案に資するため，以下を実施する。 ・OECD/NEAにおける検討状況，国内外の制度等を調査し，情報を整備する。

※制度的管理技術等については，HLWの3分野の枠を越えて検討することが合理的であるため，研究開発マップでは他分野とは別に整理しているが，品質管理等との関連性等を考慮し，工学技術分野のマップに含めている。

別添資料3-1

研究開発マップ 【性能評価技術：フェーズ2】

研究開発要素			平成24年度迄の計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査の前半段階（地上からの調査）に必要となる研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細　目	達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
（C）性能評価技術	（1）評価手法	①シナリオ解析技術	●シナリオ解析技術について，FEP情報や事例研究成果から安全評価用のシナリオの構築と評価までを行う一連の作業を体系化するための技術の整備・改良を図る。これを通じてシナリオの不確実性への対応を適切に行うことを可能とする。	**●基本シナリオを対象としたFEP情報に基づくシナリオの構築・評価技術の整備【JAEA】** フェーズ1では，FEP情報の処理に関する基本的な手法を構築した。フェーズ2では，FEP情報に基づくシナリオの抽出やスクリーニングに係わる技術を整備し体系化するために，以下の検討を行う。 ・シナリオ抽出プロセスの理解の促進を図るため，フェーズ1で構築した基本的な手法をベースに，相関関係のマトリクス形式での整理と階層構造化を用いたシナリオ抽出手法の詳細化と体系的な整備を行う。 ・スクリーニングに関しては，安全評価で必要となるシナリオの相対的な重要度の評価について，FEP情報に基づく定性的なスクリーニング，及び感度解析結果等に基づく定量的なスクリーニングについてのプロセス及び技術を整備する。 ・これら技術については，ある地質環境条件が設定された場合に柔軟に適用できるように，また調査研究の進展に伴い利用可能になる情報（地質環境条件，設計条件）や現象に関する知見を容易に取り込むことができるように拡張・改良する。そのえで，FEP情報の整備から安全評価で考慮するシナリオの構築及び評価までの作業を一貫して行えるように技術を整備・改良し体系化する。また，これら一連の技術を利用しやすい形で整備する。 ・なお，FEP情報の整備，感度解析の問題設定や条件設定，FEPの重要性の評価等については，性能評価技術分野の分類「(C)(2)モデル化技術」「(C)(3)データベース開発」，地質環境調査評価技術分野の分類（「(A)(2)地質環境特性調査評価技術」など）及び処分場の工学技術分野の分類（「(B)(3)長期健全性評価技術」など）との連携により成果の共有を図る。 **【成果】** フェーズ1で構築したシナリオ構築手法については，その適用手順を具体化するとともに，FEPの相互関係の整理と図化の作業の効率化に重点を置いた支援ツール（FEPMATRIX）を構築し，公開した。また，シナリオで記述される，処分システムの安全性に影響を与えることが懸念される事象の影響を，事象と安全機能及び核種移行解析上のパラメータとの連鎖として具体性をもってわかりやすく表示し，不確実性評価技術として開発した感度解析的手法を組み合わせることで，影響の重要度をその連鎖に沿って分析・評価する手法を構築した。さらに，事業の進展に伴って更新される地質環境に関する情報や設計オプションの変更に対応した新たなシナリオを，前段階での評価と整合性を保ちながら分かりやすく効率的に構築する手法として，変更点に起因して変化する安全機能を整理することで，シナリオを部分的に更新していく手法を構築した。	●精密調査（前半の地上からの精密調査）段階で得られる情報の特性を踏まえ，それらの情報を適切に取り込んだシナリオ解析の考え方と手法を整理するとともに予備的安全評価に資するシナリオ解析技術を整備する。	**●（性能2-1）予備的安全評価に向けたシナリオ解析技術の体系化【JAEA】⇒（地質2-18～24）（性能3-1）** フェーズ2で進めて来たシナリオ解析技術のうち，精密調査（前半の地上からの精密調査）段階における予備的性能評価において，具体的に利用可能な知識を体系的に取りまとめ，研究開発課題「（性能2-3）総合的な性能評価のための評価体系の例示」に反映する。 ・安全機能とFEPとの関係を整理することで，安全機能に基づくシナリオ分岐の検討やシナリオ分類を行う手法について具体化を行い，その手法に従ったシナリオ解析を例示する。 ・ニアフィールドの変遷に関する最新の現象理解について，シナリオ構築で利用することを念頭に，情報を体系的に整備するとともに，それらの情報に基づくシナリオの検討を行う。 ・精密調査（前半の地上からの精密調査）段階における地質環境調査で得られる情報を想定した，天然現象（緩慢な天然現象による地質環境の長期変遷を含む）に関するシナリオの分類と評価すべきシナリオの抽出を行う。 ・なお，これらの研究開発については，フェーズ3の研究開発課題「（性能3-1）先進シナリ開発技術」において発展的に継続される。
				●天然現象を発端とする変動・接近シナリオの構築・評価技術の整備【JAEA】 フェーズ1では，天然現象に関わる場の特徴についての知見を，シナリオの構築及び影響評価に効果的に取り込むためのTHMC情報シートなどの基本的手法を構築し，火山活動についてのシナリオの試作を通じて適用性を検討した。フェーズ2では，他の事象への適用及びシナリオの構築から影響解析までの展開を含めたシナリオの構築やスクリーニングに関わる技術を整備し体系化するために，以下の検討を行う。 ・フェーズ1で構築した手法を，（事例研究等による既存の知見に基づき）他の事象に適用するとともに，安全評価で考慮するシナリオの構築から影響解析までを一貫して行うことのできるレベルまで体系化する。それら一連の技術を利用しやすい形で整備する。体系化にあたっては，上記課題「(C)(1)①●基本シナリオを対象としたFEP情報に基づくシナリオの構築・評価技術」に関する成果を取り込む。 ・スクリーニングに関しては，類型化や安全評価で必要となるシナリオの相対的な重要度の評価について，天然現象に関わる場の特徴や発生の可能性などの知見に基づく定性的なスクリーニング，及び影響解析結果（含む感度解析）に基づく定量的なスクリーニングのプロセスおよび技術を整備する。 ・これら技術については，事例研究の調査結果や深地層の研究施設計画などから得られる情報を例とした適用を通じて有効性を確認するとともに，シナリオの試作例を示す。 ・なお，天然現象に関わる場の特徴の把握及び影響解析の条件設定等については，地質環境調査評価技術分野の分類（「(A)(3)地質環境の長期安定性調査評価技術」など），性能評価技術分野内の分類（「(C)(2)モデル化技術」と「(C)(3)データベース開発」）との連携を図り，それらの成果を取り込んでいく。 **【成果】** 天然現象に起因するシナリオについては，フェーズ1において検討した基本的手順を実務的な作業ステップとして具体化し，作業ステップに沿った天然現象の特徴の分類・整理，性能評価への影響の伝播の具体化といった一連の作業を進め，影響評価の概念モデルを構築した。これらにより，評価対象とする場の想定や得られる情報に応じて，具体的な影響解析ケースの設定までを行う基盤が整備され，例えば，隆起・侵食については，深度だけではなく，地表環境や地形変化のパターンに応じた解析ケースを例示した。さらに，サイト選定や工学的対策により回避することが前提となっているシナリオが発生したと仮定した場合（what if）の性能評価上の取り扱いに関しても，仮定の導出から解析ケースの設定，核種移行解析に至るまでの一連の手順を検討し，断層影響について具体的な例を示した。		フェーズ2での左記研究開発課題は終了し，フェーズ3の研究開発課題「（性能3-1）先進シナリ開発技術」において発展的に継続する。
		②不確実性評価技術	●不確実性及びその影響の定量化に関わる技術について，不確実性評価に関わる一連の作業を体系化するための技術の整備・改良を図る。これを通じて不確実性の低減などの対応を適切に行うことを可能とする。	**●不確実性の要因の分類に応じた不確実性の定量化技術の整備【JAEA】** 不確実性の定量化について，フェーズ1では，パラメータの不確実性に着目し，その定量化（分布設定）の技術を検討した。フェーズ2では，パラメータの不確実性の定量化技術の向上を図るとともに，モデルやシナリオの不確実性を生ずる要因のパラメータの不確実性としての取り扱いにも着目して以下の検討を行う。 ・不確実性を，要因の違い，安全評価上の取り扱いの違いや類似性の観点から分類・整理する。このとき，細目「(C)(1)①シナリオ解析技術」と分類「(C)(2)モデル化技術」「(C)(3)データベース開発」の成果を取り込む。 ・パラメータの分布設定については，分類「(C)(2)モデル化技術」「(C)(3)データベース開発」との連携を図ることにより，取得データの誤差等に起因する不確実性，現象理解やシナリオの不十分さに起因する不確実性，安全評価の入力パラメータの設定作業に起因する不確実性などの多様な要因との関係を整理する。さらに，それぞれの要因の分布設定への取り込み手順や手法および留意点を整備する。 ・上記の情報・知見を，不確実性の定量化や低減に反映させる。 **【成果】** 地質環境調査の結果を用いて構築される水理地質構造モデルの不確実性が，母岩の適性を検討する際の指標のひとつとなると考えられる特性（ダルシー流速）に及ぼす影響についての検討を進めた。 溶解度や分配係数といった核種移行パラメータの不確実性については，実験データの持つ誤差や不確実性を低減させる観点やデータの品質保証の観点から留意すべき事項を整理した。これらの留意点は，熱力学データベースの整備における個別データの品質確認，分配係数及び拡散係数データベース整備におけるデータの信頼度付与に反映された。その結果として，収着・拡散データついては，信頼性の高いデータに基づくパラメータ設定が可能となり，実験値に基づく設定の不確実性を低減することが可能となった。さらに，収着・拡散メカニズムに基づくモデルの導入により，限られた元素や条件ではあるが，地質媒体の不均質性や環境条件の不確実性に依存した核種移行パラメータの不確実性の議論を可能とする基盤が整備された。また，新たに開発したJAEA-TDBにおいては，熱力学データの値に誤差を付記することで，熱力学がデータの不確実性に基づく溶解度計算値の不確実性の議論が可能となった（分類「(C)(2)モデル化技術」，「(C)(3)データベース開発」）。	●精密調査（前半の地上からの精密調査）段階で得られる情報の特性を踏まえ，想定される不確実性の取り扱いや安全評価への影響について検討し，次の段階の精密調査（後半の地下調査施設での精密調査）において取るべき不確実性低減方策の策定に資する。	**●（性能2-2）予備的安全評価に向けた不確実性評価技術の体系化【JAEA】⇒（地質2-1～26）（性能2-3）** フェーズ2で進めて来た不確実性評価技術について，精密調査（前半の地上からの精密調査）段階における予備的性能評価に有効に利用可能となる知識を取りまとめ，研究開発課題「（性能2-3）総合的な性能評価のための評価体系の例示」に反映する。

研究開発要素			平成24年度迄の計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査の前半段階(地上からの調査)に必要となる研究開発課題(平成26年度迄の成果提示)	
分野	分類	細 目	達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
(C)性能評価技術	(1)評価手法	②不確実性評価技術	●不確実性及びその影響の定量化に関わる技術について，不確実性評価に関わる一連の作業を体系化するための技術の整備・改良を図る。これを通じて不確実性の低減などの対応を適切に行うことを可能とする。	**●不確実性の影響評価技術の整備【JAEA】** 不確実性の影響評価技術について，フェーズ1においては，パラメータの不確実性及びモデルの不確実性のそれぞれについて，いくつかの例を対象にした検討を行った。フェーズ2では，上記の「不確実性の要因の分類に応じた不確実性の定量化技術の整備」の成果を取り込み，不確実性の影響評価手法を高度化するとともに，それら技術を体系的に整備する。 ・個々の事象，プロセス，特性に関する不確実性についての知見を，核種移行解析に取り込めるように，FEPとモデル・パラメータの対応関係を明らかにする。さらに，それらに加えて，事象やプロセスの生起可能性，バリア特性の時間変遷あるいはその組み合わせなどを考慮した不確実性の影響評価が可能な体系を整備する。不確実性の知見のモデルやパラメータへの変換などについては，性能評価技術分野内の分類(「(C)(2)モデル化技術」「(C)(3)データベース開発」，地質環境調査評価技術分野や処分場の工学技術分野の分類細目との連携を図りつつ，ある地質環境条件が設定された場合に柔軟に適用できるように，また調査研究の進展に伴い利用可能になる情報(地質環境条件，設計条件)や現象に関する知見が変遷することに適切に対応できるようにする。 ・安全評価の不確実性を効果的に低減させるために，統計的手法の組み合わせによる分析精度の向上，ある線量をしきい値とした時のその線量を下回るためのパラメータ値の組合せの抽出，などに関する個別的な技術を整備する。さらに，それら手法を体系的に整理する。その適用を通じて，データ取得や個別の現象についての研究の優先度の設定および安全裕度の定量化などに資する情報を整理するとともに，不確実性の低減などの対応に関して分類「(C)(2)モデル化技術」「(C)(3)データベース開発」との連携を図ることにより具体的な事例を提示する。 **【成果】** 不確実性評価技術に関しては，処分システムの安全裕度の定量的な提示及びその頑健性を高めることに寄与する因子を抽出していくための手法を構築した。具体的には，母岩のバリア性能を極めて低く見積もったケースを仮定し，その仮定の下で安全性を人工バリアにより確保するために重要となる因子及びその定量的条件(例えば，ガラス溶解速度やオーバーパック寿命)を評価する手法を，これまでに開発してきたモンテカルロシュミレーション技術と統計的な感度解析技術を組み合わることで構築した。この手法により，天然バリアの性能と人工バリアの性能の相互補完的な関係の整理に資する情報が得られるとともに，それらを地質環境の調査・評価や人工バリア設計に係る研究にフィードバックすることで処分システム全体の頑健性の向上や合理化・最適化に係る議論を効率的に進めることが可能となった。		左記研究開発課題は終了し，「(性能2-2)予備的安全評価に向けた不確実性評価技術の体系化」に統合して実施する。
		③総合的な性能評価技術	●総合的な性能評価の実施に含まれるシナリオの構築やモデル，パラメータの設定及び核種移行解析に関わる全体モデルチェーンの設定等の作業を，柔軟性や信頼性を確保しつつ一貫して行うための評価体系を例示する。 ●総合的な性能評価に関わる技術を多様な側面から向上させるための検討として，スケールに応じた核種移行解析を行うための技術の体系化，核種移行評価に対する地球化学の役割に関する体系的な検討と実用的な解析技術の具体化，安全性の理解促進のための説明技術の拡充，及びナチュラルアナログ事例の利用の具体化を図る。	**●総合的な性能評価のための評価体系の例示【JAEA】** フェーズ1では，地質環境調査で得られる情報を用いた物質移行解析にいたる評価作業について具体例を示した。フェーズ2では，総合的な性能評価を行うための評価体系を例示するために以下の検討を実施する。 ・第2次取りまとめでの評価体系及びフェーズ1で示した地質環境調査で得られる情報を用いた物質移行解析に至る評価作業の例を基盤として，それらに対してシナリオの構築やモデル，パラメータの設定に関する最新の技術と知見及び地質環境調査評価技術分野や処分場の工学技術分野の成果を取り込むための整備・改良を行う。これにより，核種移行解析に関わる全体モデルチェーンの例示を含めて，総合的な性能評価の実施に含まれる作業を一貫して行うための評価体系を例示する。あわせて，地質環境調査評価技術分野や処分場の工学技術分野との連携を進める中で，性能評価における現実性と保守性のバランスを検討し明らかにしていく。 ・この中では，評価体系の柔軟性の確保のために，ある地質環境条件が設定された場合や調査研究の進展に伴い利用可能な情報が変遷することに応じて評価の内容やモデルチェーンなどを変更できるようにする。また，シナリオにおける網羅性の検討あるいはシナリオ，モデル，パラメータの不確実性の影響に関わる検討と連携することなどにより，評価の十分性に関する合理的な根拠を提示できるようにする。さらに，評価の信頼性の確保のために，評価の信頼性を提示するための項目や手順について検討整備する(技術情報の管理，要求事項の設定とそれに対する適合性評価の適用など)。 ・本件は，性能評価技術分野の他の分類(「(C)(2)モデル化技術」「(C)(3)データベース開発」)と細目(「(C)(1)①シナリオ解析技術」「(C)(1)②不確実性評価技術」)，及び地質環境調査評価技術分野や処分場の工学技術分野との連携を図ることにより効率的に進める。 **【成果】** 精密調査地区選定段階において取得されると考えられる情報の想定に基づいて，母岩の透水性の不均質性を考慮した場を設定し，複数廃棄体を対象とした物質移行解析解析を試行し，地質環境調査評価技術分野や処分場の工学技術分野との連携を含む課題の抽出を行った。 地質環境調査評価技術分野との連携のひとつとして，精密調査地区選定段階において地層処分施設の設定に好ましいということを判断するための具体的な指標について一般的な検討を行い，整理を行った。さらにそれらの指標のうち，ダルシー流速や地下水移行時間に着目し，幌延深地層研究計画における地上からの調査段階取得された調査データを用いて，これら指標を定量化する際に生じる不確実性等についての検討を行った。 性能評価解析体系の整備として，第2次取りまとめのレファレンスケースの評価体系に加えパラメータの時間変化が取り扱い可能な解析モデルをGoldSimを用いて構築した。	●精密調査(前半の地上からの精密調査)段階での取得が想定される情報に基づき，地質環境調査評価技術分野や処分場の工学技術分野と連携することにより予備的安全評価に必要となる知識の体系化を行う。	**●(性能2-3)総合的な性能評価のための評価体系の例示【JAEA】⇒(地質2-1～26)(工学2-1～2-4)(性能3-4)** フェーズ2では，総合的な性能評価を行うための評価体系の一部を例示してきたが，引き続き，精密調査(前半の地上からの精密調査)段階を想定し，地質環境調査での取得される具体的な情報に基づいて，それらの安全評価における取り扱い方法の検討を進めるとともに，処分システムの設計との連携を考慮して，精密調査(前半の地上からの精密調査)段階における予備的安全評価における基盤となる総合的な性能評価技術を体系的に整備する。 ・なお，本研究開発については，フェーズ3の研究開発課題「(性能3-4)深地層の研究施設計画と連携した総合性能評価技術の整備」において発展的に継続される。
				●多様なスケールに応じた評価技術の開発・整備【ANRE(JAEA)】 フェーズ1では，既存情報に基づき多様なスケールの評価上の取り扱い方法と課題の整理，及び処分場スケールを対象としたモデル化技術の検討を進めた。フェーズ2では，多様なスケールにわたる核種移行解析を行うための技術を体系的に整備するために以下の検討を実施する。フェーズ2の延長に伴い，特にニアフィールド現象に関わる各課題についての追加的な成果を反映して信頼性を拡充する。また，ANRE調査事業「先進的地層処分概念・性能評価技術高度化開発」において発展的に継続する。 ・それぞれのスケールに求められる解析の詳細度や保守的な簡略化等の意味と目的を明確にしつつ，モデル概念や数学モデルの構築，利用可能な知識や数学的な手法の限界，データの利用可能性について総合的に検討を行い，多様なスケールにわたる核種移行解析を整合的かつ柔軟に行うことができる階層的な評価モデル体系として開発・整備する。 ・特に処分場スケールについては，ニアフィールドでの核種移行に関わる現象の複合的な取り扱い，処分システム要素の空間的な配置の考慮とそれと関係する現象の現実的な取り扱い，及び場の特性の不均質性の取り扱いなどを高度化し，処分場スケールに特化した実用的な評価モデルを開発・整備する。このモデルを，他のスケールのモデルとの整合等の総合的な検討を踏まえて，階層的な評価モデル体系に反映する。		フェーズ2については左記研究開発課題を終了した。ここで得られた成果を踏まえ，フェーズ3の研究開発課題「(性能3-4)深地層の研究施設計画と連携した総合性能評価技術の整備」において発展的に継続している。
				●地球化学情報の統合化技術の開発・整備【ANRE(JAEA)】 フェーズ1では，地球化学モデリングに関する既存情報と課題を整理した。フェーズ2では，地球化学情報の統合化に関する実用的な技術について以下の検討を実施する。フェーズ2の延長に伴い，課題についての追加的な成果を反映して技術を拡充する。また，ANRE調査事業「先進的地層処分概念・性能評価技術高度化開発」において発展的に継続する。 ・調査の各段階やスケールに応じた地球化学特性について，空間分布や長期的変遷の評価を行うための技術(地下水化学実測値の解釈の手順や手法，実測値の地質環境条件との関係の解釈の手順や手法，地球化学モデリングに関する実用的な解析技術，解析コード，データベースなど)を，核種移行評価における役割及び原位置測定の限界や実測値の信頼性と関係づけながら検討するとともに，実用的な評価技術としての開発と体系的な整備を行う。		左記研究開発課題はフェーズ2で終了した。

研究開発要素			平成24年度迄の計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査の前半段階（地上からの調査）に必要となる研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細　目	達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
（C）性能評価技術	（1）評価手法	③総合的な性能評価技術	●総合的な性能評価の実施に含まれるシナリオの構築やモデル，パラメータの設定及び核種移行解析に関わる全体モデルチェーンの設定等の作業を，柔軟性や信頼性を確保しつつ一貫して行うための評価体系を例示する。 ●総合的な性能評価に関わる技術を多様な側面から向上させるための検討として，スケールに応じた核種移行解析を行うための技術の体系化，核種移行評価に対する地球化学の役割に関する体系的な検討と実用的な解析技術の具体化，安全性の理解促進のための説明技術の拡充，及びナチュラルアナログ事例の利用の具体化を図る。	**●安全性の論理構造を説明するための理解促進ツールの開発・整備【ANRE(JAEA)】** フェーズ1では，安全性の論理構造についての説明技術を一部の安全機能を例題として試行した。フェーズ2では，安全評価全体を対象とした理解促進技術の開発のために以下の検討を実施する。フェーズ2の延長に伴い，課題についての追加的な成果を反映して内容の充実・更新を図る。また，ANRE調査事業「先進的地層処分概念・性能評価技術高度化開発」において発展的に継続する。 ・安全機能や保守性の説明事例を拡大しつつ，その有機的な組み合わせにも留意して，安全性の論理構造を安全評価全体を対象にしてわかりやすく説明できる技術と説明コンテンツを作成し，それらを体系的に整備する。 **【成果】** ANRE調査事業「先進的地層処分概念・性能評価技術高度化開発」において，性能評価統合技術として，核種移行解析に必要となる種々のタスク（現象理解，水理解析，核種移行解析など）の分析及び関連するモデルやコードを調査・整備した。さらにそれら評価やコードの利用に係わる知識の統合的な活用を可能とするために，興味のある人が「解析結果を閲覧すること」だけでなくインタラクティブに「解析を試してみること」を可能とするHTML形式の報告書（電子性能評価レポート：e-PAR）の作成と利用に係る技術を構築した。e-PAR事例の作成を通じてこれら技術の適用性の確認を行った。e-PAR事例作成におけるタスクの分析及び関連するモデルやコードの調査・整備の中で，課題「(C)(1)③●多様なスケールに応じた評価技術の開発・整備」及び課題「(C)(1)③●地球化学情報の統合化技術の開発・整備」についての過去の検討成果を利用するとともに発展的な検討を実施し，それらの評価技術と知識をe-PAR事例のコンテンツとして適宜反映した。このことから，e-PARに係る技術は，モデルや評価技術等に関する知見や情報の体系化に資することのできる技術としての役割が期待できる。 また，e-PAR事例作成におけるタスクの分析は安全機能の定義やその取扱いの設定と密接に関係するものであり，課題「(C)(1)③●安全性の論理構造を説明するための理解促進ツールの開発・整備」での検討成果も活用しつつ，それらの内容をe-PAR事例での解析内容や結果の説明の仕方に適宜反映した。これにより，既存の解析内容や結果の意味等を確認しながら新たな実際の解析を試してみること等，解析の実施と結果の解釈との有機的な連携がコンテンツレベルで促進され，それらを通じて性能評価の内容をより深く理解できるようになる。このことから，e-PARに係る技術は，安全性の論理構造の理解促進に資することのできる技術としての役割も期待できる。 さらに，課題「(C)(1)③●多様なスケールに応じた評価技術の開発・整備」の2つ目の項目の発展的な検討として，上述のANRE公募事業「先進的地層処分概念・性能評価技術高度化開発」における次世代性能評価技術の開発のひとつとして，地質環境条件に応じたより現実的な核種移行解析技術に着目し，ニアフィールド母岩の特性についての特徴や不均質性と処分概念オプション（例えば，廃棄体の定置位置，レイアウトオプション）とを組み合わせた核種移行解析と分析を行った。この中では，処分概念オプションの選択が安全性に与える可能性等を比較・分析するとともに，その結果を処分概念オプションの選択や地質環境調査の効率的な実施にフィードバックしていくための留意点や可能性のあるアプローチを整備した。		左記研究開発課題はフェーズ2で終了した。
				●地層処分システムの長期安定性に対するナチュラルアナログ事例の活用に関する検討【ANRE(RWMC)】 フェーズ1では，個々のバリア材料あるいは現象との対応に着目して既存の事例研究成果の整理及び有効性等の検討を実施した。フェーズ2では，ナチュラルアナログ事例を地層処分システムの長期安定性の論拠のひとつとして活用できるようにするために以下の検討を実施する。また，ナチュラルアナログの利用による地層処分システムの安全性に関する信頼性をより体系的に示す。 ・個々のバリア材料あるいは現象のみならず処分環境で生じえる複合的な現象も対象として，既存の事例研究の有効性，信頼性及び適用範囲などについての検討を継続する。 ・上記を踏まえて，ナチュラルアナログ研究に求められる課題を整理するとともに，既存の事例研究の活用方策や新規の事例研究計画を提示する。 ・事例研究を実施し，成果を長期安定性の論拠として活用しやすい形で提示する。 **【成果】** ・既存の事例研究成果の達成レベル，わが国の処分概念とその性能評価における重要FEP及びナチュラルアナログの展開可能性の重要度を判断し，セメント系材料とベントナイト系材料の相互作用に係わるナチュラルアナログを優先的な課題として選定した。また，精査した文献についてわが国の処分への適用性や信頼性を考察しデータベースに取りまとめた。 ・高アルカリ地下水とベントナイト鉱床の存在に関する文献調査及び予察調査に基づき，ナチュラルアナログの調査地点として選定したフィリピン国ルソン島北西部において，高アルカリ地下水とベントナイトが接触していた地点（Fossil Typeの調査サイト）を発見した。この接触部の試料から，ベントナイトのアルカリ変質に伴う鉱物変遷プロセスが明らかになると共に，変質部のクロッギング（閉塞現象）によりアルカリ変質帯が5mm程度に限定されていることが明らかになった。また，年代測定により，長期間に渡り高アルカリ地下水がベントナイト層と接触していた可能性が示された。 ・高アルカリ地下水環境下でのベントナイトは，(1)cmスケールでの鉱物変化は認められないこと，(2)変質鉱物によるクロッギング，(3)相互作用のあった変質部の基本物性は健全部より物質移行を抑制する傾向を示すこと（高密度、低間隙率），(4) フィールドのマクロな観点からアルカリ地下水が噴出する地域で地層処分を超える長期間ベントナイト鉱床が存在し，ベントナイト系緩衝材に求められる諸特性の著しい劣化が確認されないことから，高アルカリ地下水環境下でもベントナイトの長期健全性が十分保たれることをナチュラルアナログにより示した。		**●（性能2-4）地層処分システムの長期安定性に対するナチュラルアナログ事例の活用に関する検討【ANRE(RWMC)】⇒（地質2-1～26）（TRU2-14）** 本課題については，TRU廃棄物処分技術分野における成果を活用する。

研究開発要素				平成24年度迄の計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査の前半段階（地上からの調査）に必要となる研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細　目		達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
(C)性能評価技術	(2)モデル化技術	①人工バリア中の核種移行	a)地下水化学／間隙水化学	●地下水については，実測データの信頼性評価と補正に関する適用性を検討するとともに，地下水水質形成モデルの構築に関わる一連の技術の体系化を行う。また，幌延の深地層の研究施設計画における坑道掘削に伴う地下水水質の変化を推定する手法を開発する。 ●間隙水については，条件を変えた系でのデータの取得などによるモデルの適用性検討を行い，間隙水水質形成モデルの構築に関わる一連の技術の体系化を行う。	**●地下水水質形成モデルの適用性検討【JAEA】** フェーズ1における地下水の実測データの信頼性評価と補正及び推定結果に対して，フェーズ2では，幌延の深地層の研究施設計画を例に，坑道掘削時の調査研究で得られた原位置測定結果と比較し地下水水質の推定手法の適用性について検討する。また，坑道掘削に伴う地下水水質の変化を推定する手法を開発する。 ・地下水の実測データの信頼性評価と補正に関しては，幌延の深地層の研究施設計画を例に，フェーズ1で提示した地下深部で採水され地表で測定されたデータに基づく推定結果を坑道掘削時の調査研究で得られた原位置測定結果と比較し，推定手法の適用性について検討する。その上で，データの信頼性評価，水質の空間分布の把握，統計学的解析に基づく水質の類型化や水質形成機構の考察，熱力学的解析に基づく水質を支配していると考えられる代表的な鉱物－水反応の推定，及び既存の地球化学的知見や鉱物情報との整合性確認などの地下水水質形成モデルの構築に関わる一連の技術の体系化と知見の整理を行う。これにより，ある地質環境条件が設定された場合の地下水水質の推定を可能とする。 ・また，坑道掘削に伴い，水理学的条件の変化による不飽和領域の発生や地下水の混合などが生じ，性能評価上重要な地下水の化学的条件（pH，Ehなど）が変化すると予想されることから，坑道掘削に伴い条件が変化する範囲や程度を水理学的影響と地球化学的影響を考慮したモデルにより推定する手法を開発する。 ・本件に関しては，地質環境調査評価技術分野でのANRE調査事業受託機関／JAEA幌延の共同研究（「幌延深地層研究計画における地下水水質・水理モデルの信頼性向上に関する研究」「幌延深地層研究計画における地質・地下水環境特性評価に関する研究」），及び性能評価技術分野の細目「(C)(1)③総合的な性能評価術」で示した地球化学情報の統合化に関わるANRE/JAEAの共同研究とも連携して進める。 **【成果】** フェーズ2では，具体的な地質環境を対象とした地下水水質及び間隙水水質の設定を行うための技術や情報の一連の手順の体系化に向けた整備を進めた。具体的には，地下水水質の設定において必要となる深部地下水の実測データ，その分析結果，及びモデル評価等から得られる多様な地球化学情報を総合的に評価し統合することで，より合理性の高い水質設定を可能にするための作業フローを作成した。この作業フローの中では特に重要な技術的検討項目として，①地球化学特性の空間分布の不確実性の評価，②地球化学特性の長期的変遷の評価，③地表で得られた地下水化学実測値の深部地質環境への補正，及び④地下水化学への掘削影響と評価，の4つを設定し，これらのうち③及び④については，諸外国における先行事例に基づいた技術情報の整理を行うとともに，幌延を例にした試験的・解析的な検討を進めることで，最新技術の蓄積とそれを参考とした具体的な地質環境を対象とした適用手法の例示を行った。なお①及び②については，サイト依存性の高い技術検討項目であり，瑞浪および幌延を対象とした地質環境調査評価技術分野で具体的に実施されていることから，本項目での検討対象から除いた。フェーズ2までの検討により，モデルに基づいた一般的な手法による地下水水質形成モデルの適用性検討については，概ね終了した。		**●（性能2-5）圧縮ベントナイト中の間隙水水質の推定手法の適用性検討【JAEA】** ・これまでに検討してきた圧縮ベントナイト中の間隙水の測定手法をもとに，条件を変えた系でのデータ取得を行い，間隙水水質形成モデルによる推定結果と比較することにより，モデルの適用性，適用範囲あるいは留意点を整理するとともに，必要に応じてモデルを改良する。 ・また，測定手法，モデル解析といった一連の技術を体系的にまとめ，知見を整理する。これにより，具体的な地質環境条件が設定された場合の圧縮ベントナイト中の間隙水水質の推定を可能とする。
					●間隙水水質形成モデルの適用性検討【JAEA】 フェーズ1までに構築された蒸留水や人工的に調整された溶液を用いた試験に基づく間隙水水質形成モデルに対して，フェーズ2では，間隙水水質の推定手法の適用性について，以下の検討を実施する。 ・幌延の地下水を用いたベントナイト－水反応試験や条件を変えた系でのデータの取得を行い，間隙水水質形成モデルによる推定結果と比較することにより，モデルの適用性，適用範囲あるいは留意点を整理するとともに，必要に応じてモデルを改良する。 ・また，試験手法，モデル解析といった一連の技術を体系的にまとめ，知見を整理する。これにより，ある地質環境条件が設定された場合の間隙水水質の推定を可能とする。 **【成果】** フェーズ2では，H17までの蒸留水や人工海水を用いたベントナイト−地下水反応試験に基づき構築した間隙水化学モデルに対し，より複雑な実際の地下水（幌延の深部地下水）を用いた懸濁系での試験を実施しモデルの適用性を検討した。その結果，固液比が比較的小さい条件では試験結果とモデルの整合は良好であるが，固液比が大きくなるに従いその差が大きくなる傾向があること，またその相違の原因として試験溶液からの脱ガスの影響や潜在的には溶存有機物・微生物による影響も示唆され，これらにより，実際の地下水のような複雑な溶液を対象とした場合のモデルの適用範囲，及び試験実施上の留意事項を具体的に示した。また，圧縮ベントナイト中の間隙水のpH，Eh直接測定に関わる手法検討のため，測定用カラムやセンサーの試作および試測定を実施した。	●圧縮ベントナイト中の間隙水測定手法の検討評価，モデルの適用性検討に必要なデータ取得とモデルの適用性確認を行なう。 ●間隙水水質形成モデルの構築に関わる一連の技術の体系化を行なう。	
			b)ガラス固化体からの核種溶出	●ガラス溶解と核種溶出に関するより現実的な評価のために，ガラス溶解と緩衝材の相互作用やオーバーパック腐食膨張の影響などの理解，評価手法やツールの高度化，及びそれらの体系化を行う。	**●現実的なガラス溶解挙動と核種溶出挙動の理解【JAEA】** フェーズ1では模擬ガラスを用いてアルカリ環境での浸出挙動から知見を得た。フェーズ2では，ガラス溶解挙動と核種溶出挙動をより現実的に把握するために実ガラス及び緩衝材共存下での試験を行い以下の検討を実施する。また，ニアフィールドにおける溶存ケイ酸の移行挙動やガラス固化体の粉砕挙動に関する実験的検討といった新規テーマのフェーズ3での実施可能性について検討に着手する。 ・ガラスの溶解と核種の溶出に関して実ガラスを用いた試験を行い，表面変質層の影響の確認及び第2次取りまとめでの長期溶解速度設定の妥当性の確認を行う。 ・緩衝材との相互作用を考慮するためのベントナイト中への模擬ガラス埋め込み試験を実施し，ガラスの長期溶解，核種溶出及び緩衝材中での核種移行の関係の理解と体系的な評価手法の検討を行う。 ・ガラス溶解速度のデータベースについては，既存の文献情報及び上記の試験結果を含む最新の情報の取り込みによる更新を図り，実験方法やガラス溶解速度に影響を与える主要な実験条件などの違いによる浸出挙動の比較検討やある解析条件を与えたときのデータの絞り込み等に活用できるものとしていく。 **【成果】** 環境条件や人工バリア材料とのガラスの相互作用の影響に着目し，現象の理解及びそれに基づくモデル化を行うための基盤整備を進めた。液性及び温度等の環境条件の制御が可能なマイクロリアクタ流水試験法を開発し，環境条件を変数として組み込んだ溶解速度モデルの構築に活用した。人工バリア材料である緩衝材とのガラスの相互作用については，現実的に起こりえる溶存ケイ酸の緩衝材中の移行の影響を考慮した評価を行い，ガラス固化体の溶解速度が低下することにより，全量溶解にかかる時間が第2次取りまとめのレファレンスケースに比べ長くなるとともに（7万年→80万年），人工バリアからの可溶性核種の最大移行率が低下する可能性を示した。核種浸出については，実ガラスを用いた浸出試験により，可溶性核種がガラス固化体の変質に伴って生成する二次鉱物へ取り込まれることを確認し，可溶性核種がガラス固化体の溶解と調和的に浸出するとした第2次取りまとめでの取り扱いが保守的である可能性を示した。この他，ガラスの溶解速度に関する既存の知見の全体像を把握できるように，公開情報を調査・整理し，「ガラスの溶解に関するデータベース」（ガラスDB）として整備し，広く利用できるように，JAEAの公開HPに掲載した。	●幅広い地質環境条件，相互作用等を考慮したガラス溶解と核種溶出の現象を理解する。	**●（性能2-6）現実的なガラス溶解挙動と核種溶出挙動の評価手法の整備【JAEA】** フェーズ2で実施してきた環境条件や人工バリア材料とのガラスの相互作用の影響に着目した，現象の理解及びそれに基づくモデル化を行うための基盤の整備について，予備的安全評価で必要となるソースタームモデルの作成に利用できる知識として整理を行う。

研究開発要素				平成24年度迄の計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査の前半段階（地上からの調査）に必要となる研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細 目		達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
(C)性能評価技術	(2)モデル化技術	①人工バリア中の核種移行	b)ガラス固化体からの核種溶出	●ガラス溶解と核種溶出に関するより現実的な評価のために，ガラス溶解と緩衝材の相互作用やオーバーパック腐食膨張の影響などの理解，評価手法やツールの高度化，及びそれらの体系化を行う。	**●ガラス固化体近傍の現実的評価ツールの開発・整備【ANRE(JAEA)】** フェーズ1では，ガラス溶解及びガラス固化体の破壊・変形挙動のそれぞれについて現実的な評価手法の基盤を整備した。フェーズ2では，それら現象を整合的に結合したガラス溶解及び核種溶出のモデルの体系化について以下の検討を実施する。本研究はANREiによる調査事業「先進的地層処分概念・性能評価技術高度化開発」において発展的に継続する。 ・ガラスの破壊とガラス溶解・変質層形成に関わる表面化学現象とを結合したモデルの開発，実証的な試験の実施等による現実的評価手法としての有効性の確認，及び処分環境条件の多様性に応じたガラス固化体の変質・変形挙動評価を実施する。 ・ガラス溶解・変質層形成と緩衝材との相互作用も考慮し，核種の溶出と移行挙動に関するモデルの開発を行う。 ・上記モデルを実用的なツールとして体系的に整備するとともに，他のスケールのモデルとの整合等の総合的な検討を踏まえて，細目「(C)(1)③総合的な性能評価技術」の中の課題「(C)(1)③●多様なスケールに応じた評価技術の開発・整備」での階層的な評価モデル体系の整備に反映する。 **【成果】** ANRE調査事業「先進的地層処分概念・性能評価技術高度化開発」において，現実的な性能評価の実現に向けた検討の一部として，まず，オーバーパック腐食膨張の影響理解については，有限離散要素法（Finite-Discrete Element Method；FDEM）を用いてオーバーパックの腐食に伴って発生する応力によるガラス固化体の破砕割れの進展を評価した。その結果，処分後の破砕に伴う表面積の増加を考慮しても，第2次取りまとめで採用された割れ係数10を越える可能性が小さいことが示された。これに基づき，力学的な破砕現象ではなく，ガラス固化体の長期の溶解現象に着目し，ガラス固化体の溶解挙動に関わる詳細解析技術の開発として，表面変質層の鉱物学的変遷モデル及びガラス固化体近傍の核種移行モデルの作成等を行った。 また，評価手法及びツールの高度化については，マクロスケールのモデルのミクロスケールのモデルによる理論的支援に着目し，量子化学計算手法による検討を進める中の一つのテーマとして，ガラス溶解挙動について，水分子の表面反応や変質層の影響についての量子化学計算手法によるシミュレーションの実現に向けて，その基盤となるホウケイ酸ガラスの基本構造モデルの作成と構造特性の評価を行い，方法論として第1原理電子状態計算と古典MD計算を組合せて行うことが合理的であるとの見通しを得た。	●ガラス溶解と核種溶出の評価手法やツールを高度化するとともに体系化する。	フェーズ2での左記研究開発課題は終了し，フェーズ3の研究開発課題「（性能3-7）ガラス溶解」で発展的に継続する。
			c)緩衝材中の核種移行	●緩衝材中での核種の収着と拡散について，環境条件や緩衝材の状態に応じたプロセスの理解を進めるとともに，分配係数や拡散係数の設定に適用可能なモデル化技術を整備する。 ●溶解度制限固相については，固溶体モデルの拡充の継続と不確実性の検討を行い，設定手法を提示する。 ●放射線影響については，地下水環境での放射線分解生成物挙動に関するデータの継続的拡充・整備と緩衝材内の核種移行化学環境評価モデルの構築を行う。	**●緩衝材中での核種の収着と拡散に関するモデルの整備・改良【JAEA】** フェーズ1では，主として，現象理解を進めるための個別研究を進めてきた。フェーズ2では，環境条件に応じて分配係数や拡散係数の設定を行うことができるモデル化技術を整備するために，以下の作業を実施する。また，個別試験の成果だけでなく，全成果を体系的に整理・統合して取りまとめる。 ・収着については，不確実性を含む分配係数の設定ができるようにする。このとき，熱力学的収着モデルの適用を含めて，化学的条件や溶存イオンの形態等に依存した緩衝材中での収着プロセスを考慮する。また，このための現象理解に必要なデータ取得およびモデルの整備・改良と体系化を行う。 ・拡散については，不確実性を含む実効拡散係数の設定ができるようにする。このとき，モデルの適用を含めて，化学的条件や溶存イオンの形態等に依存した緩衝材中での拡散プロセス及び移行経路の違い等を考慮する。また，このための現象理解に必要なデータ取得およびモデルの整備・改良と体系化を行う。 ・収着と拡散の複合的な挙動に関しては，バッチ式収着試験で得られる分配係数と拡散試験から導出される分配係数の関係に関する考察などからより詳細な現象理解を行い，パラメータ設定に反映可能な知見として整備する。 ・本件で得られたデータ及びモデルは，細目「(A)(3)②収着・拡散データベースの整備」におけるデータベースおよびパラメータ設定手法の検討にそれぞれ反映する。 ・また，上記の現象理解とモデル化に必要な一連のデータの取得については，ANRE/JAEAの連携「収着・拡散データの取得と現象理解を活用して役割分担することにより，主として下記のANRE調査事業における課題「(C)(2)①c)●圧縮ベントナイト中の収着拡散過程の現象論的検討」において実施し，JAEAにおいてはQUALITYなどの施設の特徴を活かすことが出来る一部の元素を分担する。 **【成果】** ・下記ANRE調査事業における課題「(C)(2)①c)●圧縮ベントナイト中の収着拡散過程の現象論的検討」で取得した多様な核種/環境条件での収着・拡散データをもとに，収着・拡散挙動の傾向性やバッチ系と圧縮系の整合性を評価，現象論的収着・拡散モデルとデータベースの体系を構築し，複数の重要核種を対象にその適用事例を示すとともに，モデルによる予測評価に含まれる不確実性の定量評価手法を提示した。さらに，従来の実測値に基づく手法及びモデルの活用も含めて，ベントナイト中の収着・拡散パラメータの設定手法を構築し，不確実性を含む設定評価事例を提示した。	●精密調査（前半の地上からの精密調査）に基づく安全評価に資する，現象論的収着・拡散モデルを体系的に構築するとともに，収着・拡散パラメータ設定と不確実性評価の方法論を提示する。	**●（性能2-7）緩衝材中での核種の収着と拡散に関するモデルの整備・改良【JAEA】** 現象論的収着・拡散モデルの活用を含めた収着・拡散パラメータ設定の方法論について以下のように整理する。 ・下記ANRE調査事業における課題「(C)(2)①c)（性能2-8）圧縮ベントナイト中の収着拡散過程の現象論的検討」の成果をもとに，性能評価上考慮すべき多様な核種/環境条件への収着・拡散モデルの適用性評価と検証，さらにはモデルの改良・高度化を進め，緩衝材系の現象論的収着・拡散モデル/データベース体系を完成させるとともに，実測値データベースとの相互補完も含めた収着・拡散パラメータ設定と不確実性評価の方法論を体系的に整備する。
					●圧縮ベントナイト中の収着拡散過程の現象論的検討【ANRE(JAEA)】 環境条件が緩衝材中の核種移行に及ぼす影響評価として，フェーズ1での塩水環境及びMg蓄積変質の影響に加えて，フェーズ2では多様な環境条件影響に関する知見を得るために以下の検討を実施する。また，様々な核種の環境条件影響に関するデータ取得を通じ，収着・拡散メカニズムに関する知見を得るとともに，現象論的モデルを検討・整備する。また，核種や環境条件の拡張などによってより多様な系への適用可能な成果を提供する。 ・多様な核種の圧縮ベントナイト中での収着拡散挙動の環境条件影響を，複数の試験手法で取得するとともに，その解釈によって収着・拡散メカニズムの把握と現象論的な評価モデルの開発を行う。 ・塩水，淡水下でのFe腐食物などによる緩衝材長期変質（Fe変質）が核種移行挙動に与える影響を定量的に示す。本件は，処分場の工学技術分野の細目「(B)(3)②b)緩衝材の長期変質挙動」と連携しつつ進める。 ・上記の現象理解に係わる成果は，課題「(C)(2)①c)●緩衝材中での核種の収着と拡散に関するモデルの整備・改良」での検討に反映する。 **【成果】** ・細目「(C)(3)②収着・拡散データベースの整備」でのANRE調査事業における課題「●圧縮ベントナイト中の収着拡散データの取得手法の高度化」で開発したデータ取得評価法（拡張型透過拡散法／トレーサー減衰法）によって，様々な核種の圧縮ベントナイト中での収着・拡散挙動の環境条件影響データを取得，イオン強度の収着・拡散挙動への影響，化学種による拡散挙動の変化，バッチ法収着試験との整合性など，収着拡散メカニズムを把握した。 ・先端的な分析手法の適用により，ベントナイトへの核種収着機構分析（Eu，TRLFS分析），圧縮ベントナイト間隙構造分析（X線CT等）を行い，収着・拡散モデルの裏付けとなる分析的知見を取得した。 ・従来より構築してきた収着・拡散統合モデルの改良・適用，及び分析的なアプローチによる収着機構の把握を行いつつ，様々な核種/環境条件下での圧縮ベントナイト中の収着・拡散挙動を説明可能なモデル体系を構築した。 （・Fe腐食生成物による核種移行への評価については，フェーズ2で実施せず，フェーズ3の課題とした）	●精密調査（前半の地上からの精密調査）に基づく安全評価に資する，収着・拡散メカニズムに関する知見と現象論的モデル化事例を提示する。	**●（性能2-8）圧縮ベントナイト中の収着拡散過程の現象論的検討【ANRE(JAEA)】⇒（性能2-7）** 核種，緩衝材条件，環境条件のバリエーションへの十分な対応を可能とするデータとモデルを，以下のように拡充・整備する。 ・フェーズ2において，これまでに取得してきたデータや課題も念頭に，多様な核種，緩衝材のタイプや密度条件，環境条件のバリエーションも考慮しつつ，主要な核種の収着・拡散データ，及び収着・拡散メカニズムに関する分析的知見の拡充を図るとともに，収着・拡散モデルの適用評価と高度化，不確実性の定量評価手法を検討する。

研究開発要素				平成24年度迄の計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査の前半段階（地上からの調査）に必要となる研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細　目		達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
(C)性能評価技術	(2)モデル化技術	①人工バリア中の核種移行	c)緩衝材中の核種移行	●緩衝材中での核種の収着と拡散について，環境条件や緩衝材の状態に応じたプロセスの理解を進めるとともに，分配係数や拡散係数の設定に適用可能なモデル化技術を整備する。 ●溶解度制限固相については，固溶体モデルの拡充の継続と不確実性の検討を行い，設定手法を提示する。 ●放射線影響については，地下水環境での放射線分解生成物挙動に関するデータの継続的拡充・整備と緩衝材内の核種移行化学環境評価モデルの構築を行う。	**●溶解度制限固相の設定手法の構築【JAEA】** フェーズ1ではRaの炭酸系についての固溶体モデルを提示した。フェーズ2では，溶解度制限固相の設定手法の拡充のために以下の検討を実施する。 ・フェーズ1で提示したRaの炭酸系の固溶体モデル（Ra(Ba)-Ca-CO_3）に対して，人工バリア内で想定されるCa以外の共存元素（Baなど）の影響を考慮可能な固溶体モデルを構築する。 ・固溶体を含む溶解度制限固相の設定手法の整備を行うとともに，溶解度の不確実性の要因のひとつとなる溶解度制限固相の不確実性を最新の知見に基づき提示する。 **【成果】** ・Ba-Ca-CO_3及びRa-Ca-CO_3系におけるBa及びRaの元素分配比を実験的に取得した。また本結果より，熱力学的モデルを用いて収着分配係数相当のパラメータに変換することで，地層処分環境中におけるRa（及びBa）の共沈挙動を評価できることを示した。 ・熱力学データベースの更新版を用いて，第2次取りまとめで設定したモデル地下水に対する溶解度評価を実施した際に，過飽和条件であることから非晶質固相が溶解度を制限する可能性が高いこと，また地下水条件（特にpH及びEh）が大きく変動するような固相は溶解度制限固相として適切ではないことなど，溶解度制限固相の設定の考え方を提示した。	●溶解度制限固相については，固溶体モデルの拡充の継続と不確実性の検討を行なう。 ●溶解度制限固相の設定手法を提示する。	**●（性能2-9）溶解度制限固相の設定手法の構築【JAEA】** 過渡に保守的ではない，より現実的な溶解度評価を行うために，以下の内容を実施する。 ・溶解度制限固相の設定手法に関する基盤情報の整備を継続するとともに，方法論の提示を行う。 ・地層処分第2次取りまとめでは共沈モデルを用いて溶解度を評価していたRaについて設定手法を見直す。
					●バリアシステム放射線影響評価【ANRE(JAEA)】 フェーズ1での放射線化学的な試験手法による地下水の放射線分解特性（分解生成物の生成・分解）に関するデータ取得を踏まえて，フェーズ2では，放射線分解生成物が核種移行に関わる化学環境に与える影響について，以下の検討を実施する。また，試験条件の拡張などによってより包括的な検討を実施する。 ・地下水環境における放射線分解生成物の拡散を含む挙動に関するデータの精度向上と拡充により，現象を定量的に理解する。 ・核種移行挙動に影響を与える可能性がある化学環境の空間分布と時間変化を解析評価するための放射線分解プロセスシナリオの構築とそれに基づく放射線分解パラメータの設定を行い，放射線分解生成物の生成・拡散・分解を取り込んだ緩衝材内の化学環境評価モデルを構築する。 **【成果】** ・フェーズ1でのγ線照射試験と放射線分解反応モデル解析による地下水の放射線分解に対する主要な無機塩類の影響検討の結果を踏まえて，α線分解の模擬試験として水溶液のヘリウムイオン照射試験を実施した。特に処分環境の地下水中に存在して酸化性化学種の生成に特に大きな影響を与えると想定される溶存水素の影響を検討し，線量率低下に伴う過酸化水素の生成速度抑制を確認した。この結果を再現する放射線分解モデルを構築し，処分環境で想定される表面線量率及び溶存水素濃度で計算を行ったところ，過酸化水素濃度が極めて低い定常値となると予測された。 ・地下水のα線分解の溶存水素による抑制効果に対する地下水中の金属イオンや微量成分の阻害作用の可能性について検討した。 ・α線分解の化学環境への影響から核種移行影響に至る一連のプロセスシナリオを整理し，各段階の定量的モデルの性質と信頼性の整理及び代表的なケースでの計算を実施した。それらの結果から，後段への影響の有無の基準と実際に影響が発現する可能性の見通しの提示を行うことを通じて，影響評価の網羅性と透明性の向上を図った。 ・核種移行影響の発現に至るケースの解析に必要となる一連のツール（インベントリ計算，酸化還元フロント移行モデル，酸化還元環境の時間変化を考慮した核種移行解析モデル）を整備し，酸化還元フロントの移動を考慮した核種移行解析が実施できる体制を整えた。 ・α線による水の放射線分解で過酸化水素が生成した場合における緩衝材間隙水，及びその緩衝材間隙水が使用済燃料やキャニスターと接触した場合の酸化還元状態を熱力学計算で調べ，過酸化水素等の酸化性化学種はキャニスター内において消費され，緩衝材中には放出されないことを確認した。		（本件は，直接処分に関する研究開発分野の枠組みにおいて，継続的に実施）
		②天然バリア中の核種移行	a)岩盤中の核種移行	●水理・物質移行現象については，それに影響を及ぼす要因をより大きなスケールで把握するための試験の実施とその影響の評価手法の検討，及び処分場周辺を対象とした水理・物質移行評価のための一連の技術の整備・体系化を図る。 ●岩盤中での核種の収着と拡散については，環境条件や岩石の状態に応じたプロセスの理解を進めるとともに，分配係数や拡散係数の設定に適用可能なモデル化技術を整備する。	**●岩盤中の水理・物質移行評価手法の整備【JAEA】** フェーズ1では，比較的小さなスケールの岩石試料等を用いた室内試験による水理・物質移行現象に影響を及ぼす要因の把握とその影響の評価手法，および処分場周辺スケールを対象に地下水の移行経路等を評価する手法を提示した。フェーズ2では，水理・物質移行現象に影響を及ぼす要因のより大きなスケールでの把握を進めるとともに，地質環境の特徴や調査の進展に応じた水理・物質移行評価を行うことができる技術の整備のために，以下の検討を実施する。スケールの拡大に対応した手法の適用性については先ず十分に現象の把握を進めたのち，より大きなブロック試料による試験の実施を目指した詳細な計画検討を進める。 ・水理・物質移行現象に影響を及ぼす要因（現象，特性）については，室内試験とサイト調査との間のスケールの違いを補間する知見を得るために，たとえば従来のコア試料を対象にした室内試験の結果に基づいて，個々の要因に関してより大きなスケールを含めた理解を深めるとともに，データの拡充・整備ならびに評価手法の改良・整備を行う。その際，具体的な地質環境条件が設定された場合に柔軟に適用できるように，瑞浪・幌延での掘削を伴う調査研究段階等で得られる調査データ等を活用する。 ・水理・物質移行評価については，上記の個々の要因に関する理解の程度，地質環境の特徴，調査の進展に応じた地下水流動に関わる理解の程度，および対象とするスケールの大きさ等に対して柔軟に対応できるように，処分場周辺を対象とした水理・物質移行評価に必要な一連の技術の整備・改良とともに，それらの体系化を図る。これについては，瑞浪・幌延での地上からの調査研究で得られる地質環境データを用いた評価の試行，およびフェーズ1での地上からの調査研究段階のデータを用いた評価結果との比較・検討を通じて実用性の向上を図る。また，上記検討を通じて，地質環境データの解釈から地下水の移行経路特性の評価に至る過程等に付随する不確実性を整理・分析する。 **【成果】** ・水理・物質移行現象に影響を及ぼす要因（現象，特性）については，幌延での掘削を伴う調査研究段階等で得られた試料などを活用したデータの拡充を進めるとともに，亀裂の不均質性が水理物質移行現象に与える影響検討に関して大型の岩石試料の亀裂形状と開口幅データや不均質な亀裂開口幅と亀裂内の物質移行の定量計測などを行いデータ拡充を進めた。また，より大きなスケールのブロック試料を対象とした試験手法を検討するとともに，その原位置への適用に際しての課題をとりまとめた。 ・亀裂開口幅と亀裂内の物質移行の定量計測については，亀裂表面形状の同時計測手法や亀裂表面形状計測に基づく開口幅評価手法の高度化開発などの技術開発を進めた。亀裂交差部が水理物質移行に与える影響評価のための形状計測を継続して実施した。スケールの拡大に対応した手法開発については，より大きなブロック試料による試験のフェーズ3における実施を目指した試験手法を検討した。また，密度流れが水理物質移行に与える影響の評価に必要な手法開発を進め，塩水楔現象の塩水濃度分布の定量的データを取得した。 ・水理物質移行評価については，海外の処分候補地で取得されたデータを用いた試行を通じて，水理・物質移行評価に必要な一連の技術の整備を進めた。また，地上からの調査段階における母岩の特性を評価する手法の整備として，地質環境データの解釈から地下水の移行経路特性の評価に至る過程をタスクフローを作成し，それに付随する主要な不確実性情報を整理した。	●精密調査（前半の地上からの精密調査）段階で得られる情報を想定し，レファレンス処分場概念に基づく予備的安全評価に資する知識の体系化に向けて，処分場周辺を対象とした水理・物質移行評価に必要な一連の技術の体系化について，特に母岩特性評価に向けた評価技術を整備する。	**●（性能2-10）岩盤中の水理・物質移行評価手法の整備【JAEA】⇒（地質2-10，2-11，2-14，2-15）** フェーズ2で実施してきた，地質環境の特徴や調査の進展に応じた水理・物質移行評価を行うことができる技術の整備を進め，精密調査（前半の地上から精密調査）段階でのレファレンス処分場概念に基づく予備的安全評価に必要な評価技術として，処分場周辺を対象とした水理物質移行特性に着目し，母岩の特性を評価する技術の整備を進める。

研究開発要素				平成24年度迄の計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査の前半段階（地上からの調査）に必要となる研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細　目		達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
（C）性能評価技術	（2）モデル化技術	②天然バリア中の核種移行	a)岩盤中の核種移行	●水理・物質移行現象については，それに影響を及ぼす要因をより大きなスケールで把握するための試験の実施とその影響の評価手法の検討，及び処分場周辺を対象とした水理・物質移行評価のための一連の技術の整備・体系化を図る。 ●岩盤中での核種の収着と拡散については，環境条件や岩石の状態に応じたプロセスの理解を進めるとともに，分配係数や拡散係数の設定に適用可能なモデル化技術を整備する。	**●岩盤中での核種の収着と拡散に関するモデルの整備・改良【JAEA】** フェーズ1では，主として，現象理解を進めるための個別研究を進めてきた。フェーズ2では，環境条件や岩石の状態に応じた岩盤中での分配係数や拡散係数の設定に適用可能なモデル化技術を整備するために，以下の作業を実施する。また，特に核種や環境条件影響に関するデータとモデル化事例を拡充し，より信頼性の高いモデル化に資する。 ・収着については，不確実性を含む分配係数の設定ができるようにする。このとき，熱力学的収着モデルの適用を含めて，環境条件や溶存イオンの形態あるいは岩石の状態等に依存した岩盤中での収着プロセスを考慮する。また，このための現象理解に必要なデータ取得及びモデルの整備・改良と体系化を行う。 ・拡散については，不確実性を含む実効拡散係数の設定ができるようにする。このとき，モデルの適用を含めて，環境条件や溶存イオンの形態あるいは岩石の状態等に依存した岩盤中での拡散プロセス及び移行経路の違い等を考慮する。また，このための現象理解に必要なデータ取得とモデル及び整備・改良と体系化を行う。 ・収着と拡散の複合的な挙動に関しては，バッチ式収着試験で得られる分配係数と拡散試験から導出される分配係数の関係に関する考察などからより詳細な現象理解を行い，パラメータ設定に反映可能な知見として整備する。 ・本件で得られたデータ及び整備・改良するモデルは，細目「(C)(3)②収着・拡散データベースの整備」におけるデータベース及びパラメータ設定手法の検討にそれぞれ反映する。 ・また，上記の現象理解とモデル化に必要な一連のデータの取得については，主として下記のANRE調査事業における課題「(C)(2)②a)●岩盤中の収着拡散過程の現象論的検討」において実施し，JAEAにおいてはQUALITYなどの施設の特徴を活かすことが出来る一部の元素を分担する。 **【成果】** ・下記細目「(C)(2)②a)●岩盤中の収着拡散過程の現象論的検討」において取得した堆積岩（幌延），結晶質岩（グリムゼル）のそれぞれにおける多様な核種/環境条件での収着・拡散データをもとに，収着・拡散挙動の傾向性評価，バッチ系と圧縮系の整合性評価を実施した。 ・幌延の堆積岩系を対象に，メカニズム理解のための試験・分析を付加的に実施しつつ，粘土を主体とした収着・拡散モデル化アプローチを構築した。 ・国際共同研究を通じ，グリムゼルの結晶質岩系を対象に原位置長期拡散データを取得するとともに，室内実験結果をもとに原位置での移行パラメータを評価するアプローチを提示した。 ・これらの知見をもとに，複数のアプローチの比較や選択の視点を含む分配係数パラメータの設定フローを構築するとともに，幌延の堆積岩に対する不確実性を含む評価設定事例を提示した。	●精密調査（前半の地上からの精密調査）に基づく安全評価に資する，現象論的収着・拡散モデルや原位置での評価手法を構築する。 ●収着・拡散パラメータ設定と不確実性評価の方法論を提示する。	**●（性能2-11）岩盤中での核種の収着と拡散に関するモデルの整備・改良【JAEA】⇒（地質2-12，2-13，2-14，2-15）** 実際の原位置の地質環境への適用を想定して，堆積岩，結晶質岩系の評価手法検討を以下のように実施する。 ・下記ANRE調査事業における課題「(C)(2)②a)（性能2－12）岩盤中の収着拡散過程の現象論的検討」の成果をもとに，幌延堆積岩系とグリムゼル花崗岩系の収着・拡散モデルの改良・検討を行うとともに，室内試験データやモデルをもとに原位置条件での核種移行パラメータを評価する手法を検討する。
					●岩盤中の収着拡散過程の現象論的検討【ANRE(JAEA)】 フェーズ1での岩盤中の収着と拡散に関するJAEAの検討を踏まえ，収着拡散メカニズムに関する理解をさらに進めるとともに，上記課題「(C)(2)②a)●岩盤中での核種の収着と拡散に関するモデルの整備・改良」に知見を提供するために，以下の検討を実施する。本研究は，ANRE調査事業「処分システム化学影響評価高度化開発」において発展的に継続する。 ・収着場の構造が保有される岩石コア（マトリクス拡散領域）を用いた収着拡散試験により，岩石の構成鉱物，間隙空間サイズ，地下水移行経路等の様々な要因あるいは試験手法による収着拡散メカニズムの違いを現象論的に検討する。また，複数の試験方法で得られた収着拡散データを比較し，試験手法の違いの影響を整理する。 ・岩石の変質や亀裂充填物共存が収着拡散メカニズムに及ぼす影響について，未撹乱岩，変質層や亀裂充填物を伴う不均一岩石などを用いた収着拡散試験により知見を整備する。 ・上記で得られる詳細な収着拡散メカニズムに関する知見に基づき現象モデルの整備・改良を図る。またこの成果を，上記課題「(C)(2)②a)●岩盤中での核種の収着と拡散に関するモデルの整備・改良」での検討に反映する。 **【成果】** ・幌延の堆積岩について，細目「(C)(3)②●圧縮ベントナイト中の収着拡散データの取得手法の高度化」で開発したデータ取得評価手法を適用しつつ，様々な核種の圧密系での収着・拡散データを取得するとともに，バッチ法と拡散法のデータの整合性確認，イオン強度の影響評価，X線CT等による間隙構造分析などに基づき，収着拡散メカニズムを把握した。 ・結晶質岩系については，国内の標準的花崗岩を対象に，Csのバッチ収着データや遠心載荷法による移行遅延データを取得し，EPMAやX線CT等の分析手法も適用することにより，不均質性も含めた移行遅延メカニズムを把握した。さらに，グリムゼル花崗岩を対象に，様々な核種の収着・拡散データ及び間隙等分析データを取得し，収着・拡散メカニズム評価と原位置試験データの解釈を実施した。 ・岩石の変質影響（高アルカリ）については，花崗岩と堆積岩系の収着への影響について，予察的データを取得した。	●精密調査（前半の地上からの精密調査）に基づく安全評価に資する，収着・拡散メカニズムに関する知見と現象論的モデル化事例を提示する。	**●（性能2-12）岩盤中の収着拡散過程の現象論的検討【ANRE(JAEA)】⇒（地質2-12，2-13，2-14，2-15）（性能2-11）** 実際の地質環境条件を考慮した現象理解とモデル化について以下の検討を実施する。 ・堆積岩，結晶質岩の重要な岩石系（当面は幌延堆積岩とグリムゼル花崗岩）における，主要な核種の収着・拡散データ，及び収着・拡散メカニズムに関する分析的知見の拡充を図るとともに，収着・拡散モデルの適用評価と高度化改良を実施する。
			b)コロイド・有機物・微生物	●核種移行に及ぼすコロイド，有機物及び微生物の影響に係るデータの拡充 ●現象のより現実的な理解及びモデル化 ●影響が顕在化する可能性のある環境条件の把握と性能評価での取り扱いの具体化	**●コロイド・有機物の特性評価手法の確立とそれら影響の性能評価での取り扱いの具体化【JAEA】** データの取得例が少なくその評価手法についても十分確立されていなかったフェーズ1に対して，フェーズ2では，コロイド・有機物の特性評価手法の確立とデータの拡充，及び核種移行への影響の把握と性能評価での取り扱いの具体化のために，以下の検討を実施する。また，H21年度に実施されたスイス・グリムゼル試験サイトにおける放射性核種を用いた原位置試験で得られたデータを用いたモデルの確証結果を反映する。 ・コロイド・有機物の特性評価手法については，存在量や化学組成などの特性評価項目の選定，試料採取方法，採取時の擾乱の補正方法，特性評価手法の確立とこれらの手法を適用したデータ取得を実施するとともに，ある地質環境条件が設定された場合に特性評価が行えるように技術の体系化を図る。 ・コロイドー核種相互作用については，標準的評価方法の検討を行うとともに，Np(IV)，Am(III)およびTc(IV)とベントナイトコロイドの相互作用及びその可逆性に関するデータ取得，有機物ー核種相互作用については，Np(IV)とフミン酸の相互作用及びその可逆性に関するデータ取得を継続する。また，これらに加え岩石等が存在する三相系でのより現実的な相互作用データを取得して，そのモデル化を行う。 ・影響評価コードについは，フェーズ1で考慮できていなかったコロイド及び有機物の核種との不可逆収着やフィルター効果について，これらの現象理解とモデル化を進め，必要に応じCOLFRAC-MRLコードの改良を進める。このコードを用いて，スイス・グリムゼル試験場における原位置でのコロイド・核種移行挙動評価試験結果の解析を行い，その適用性を確認する。また，このコード及び上記取得データやモデルを用いて，核種移行に及ぼすコロイド及び有機物影響の感度解析を実施し，これらの影響が顕在化する可能性のある環境条件を詳細に把握する。これらの結果及び相互作用に関する現象理解を踏まえて，コロイド及び有機物の核種移行への影響を整理し，それら影響の性能評価での取り扱いを具体化する。 **【成果】** ・コロイド・有機物の試料採取，擾乱補正及び特性評価方法の整備と体系化を行うとともに，幌延地域の地下水を対象として特性データを取得した。 ・コロイドー核種相互作用評価の標準的方法を整備するとともに，Am(III)とベントナイトコロイド及びEu(III)と腐植物質の相互作用と可逆性データ，並びに，岩石共存三相系での相互作用データを取得し，モデル化を行った。 ・岩石中におけるコロイド等のフィルター効果の現象理解を進めた。COLFRAC-MRLにより原位置試験結果を解析し，適用性を確認した。 ・上記データ・コードを用いて核種移行に及ぼすコロイド及び有機物影響の感度解析を実施し，影響が顕在化する可能性のある環境条件を把握するとともに，コロイド及び有機物影響の性能評価での取り扱いを具体化した。	●コロイド・有機物の特性・相互作用評価手法の体系化 ●コロイド・有機物の影響を考慮した基本モデルによる影響評価結果に基づき，予備的性能評価で用いられる性能評価モデルにおいて影響を定量的に考慮した移行パラメータ設定手法の整備	**●（性能2-13）コロイド・有機物の特性・相互作用評価手法の体系化と性能評価パラメータへの影響反映手法の整備【ANRE（JAEA）】⇒（地質2-12～2-15）** 特性・相互作用評価の体系化のために，天然コロイド・有機物を対象とする場合の試料採取時の擾乱や不確実性等の課題の確認と予備的性能評価で用いられるモデルにおいてコロイド・有機物影響を考慮した移行パラメータの設定手法を開発する。 ・コロイド・有機物の特性評価手法については，幌延の坑道を利用して，天然コロイド・有機物を対象とし，課題となっている採取時の擾乱により生成するコロイドの排除方法，有機物の分離・精製方法（特に，全有機物の一括濃縮・分離方法）を開発し，一連の特性評価手法の体系化を図る。 ・核種との相互作用については，幌延の試錐孔で採取された地下水・岩石試料を用いて，有機物と核種との標準的な相互作用評価方法を確認する。 ・影響評価コードについては，スイス・グリムゼル試験場における原位置でのコロイド・核種移行挙動評価試験に向けた原位置予備試験結果の解析を行い，予備的性能評価で用いられる性能評価モデルにおいてコロイド・有機物影響を考慮した移行パラメータ設定手法を開発する。 ・コロイドー核種相互作用については，標準的評価方法の検討を目的として，Np(IV)及びNp(V)とベントナイトコロイドの相互作用及びその可逆性に関するデータ取得を継続する。また，これらに加え岩石等が存在する三相系でのより現実的な相互作用データを取得して，そのモデル化を継続して行う。（⇒（性能2－14））

研究開発要素				平成24年度迄の計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査の前半段階（地上からの調査）に必要となる研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細 目		達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
(C)性能評価技術	(2)モデル化技術	②天然バリア中の核種移行	b)コロイド・有機物・微生物	●核種移行に及ぼすコロイド，有機物及び微生物の影響に係るデータの拡充 ●現象のより現実的な理解及びモデル化 ●影響が顕在化する可能性のある環境条件の把握と性能評価での取り扱いの具体化	**●地下自然環境要因影響調査【ANRE(JAEA)】** フェーズ1での微生物影響評価コードのプロトタイプに対して，フェーズ2では，深部地下環境の微生物挙動を適切に取り込み核種移行への影響を評価できるようにするために，以下の検討を実施する。本研究は，ANRE調査事業「処分システム化学影響評価高度化開発」において発展的に継続する。 ・性能評価で考慮する特性・プロセスに影響を与える可能性のある微生物固有な要因を抽出するとともに，微生物影響評価コードへの入力パラメータとして必要となる微生物量，種類，活性などの一連の微生物特性に関するデータの取得技術を体系的に整備する。 ・上記で抽出された重要な要因，一連の微生物特性データ及び地下水化学条件を考慮するためのモデルとコードの改良・整備を行い，実際の地質環境（URL等）を対象にしたデータ取得とコードの適用性の検討を実施する。 **【成果】** ・幌延の原位置に生息する微生物を対象に，深部地質環境での微生物特性評価手法の開発として，種々の微生物分析手法を検討し定量評価手法の代謝微生物群への適用を提示した。また，処分環境の酸化還元に影響を及ぼすと想定される各微生物の活性評価等を実施するとともに，データベース化を行った。 ・微生物影響評価としては地下水化学，核種移行への影響を考慮できるような評価手法の作成を目的として，既存の地球化学計算コードを用いた微生物評価を可能とした。微生物活動による酸化還元変化についての室内試験結果，原位置での試験について適用して解析を行い，掘削影響についての微生物活動の評価の見通しを得た。	●地球化学条件に基づく微生物特性データの整備として，原位置施設を利用した試料採取手法及び微生物影響試験データを取得しデータベース化 ●バイオフイルムを対象とした核種移行評価手法を整備	**●（性能2-14）微生物影響評価手法の開発【ANRE（JAEA）】** 核種移行評価への反映を目的とした微生物影響評価手法の開発を実施する。 ・実際の地質環境を考慮した天然バリア性能の評価のために，核種の移行・遅延に関わる地下水環境に対する微生物の影響について，原位置での試験/解析により核種移行プロセスの評価手法を開発する。 ・実際の地下坑道より採取した地下水中の微生物やバイオフイルムについて、その存在形態や生成についての知見を得ることを目的として、長期的な核種移行の解析手法に資するデータ取得と評価手法を構築する。
					●地球化学バリア有効性確証調査【ANRE(RWMC)】 放射性核種のコロイドによる移行については，実験室や地下研での研究が主で，実際の地質環境での放射性核種のコロイドによる移行現象についての知見・理解は少ない。そこで，実際の地質環境でのコロイドによる核種移行についてデータを収集できる場として，ロシアの放射性物質で汚染されたサイトを活用した以下の検討を実施する。 ・ロシアの放射性物質で汚染されたサイトの地下50～100mの地質環境中で，地下水中のコロイド粒子の特性・性状，コロイドへの放射性核種(Puなど)の収着形態などのデータを収集する。これらを評価することによって，コロイドによる核種移行挙動に関する理解を進める。また，現地データの実験室での再現実験による核種移行に寄与するコロイド粒子の特性・性状，コロイドへの核種の収着形態などの確認を行う。 ・上記の現地データと実験データに基づき，コロイドによる核種移行についての数学モデルを検討する。 ・現地データと実験データの比較，モデルの検討，及びこのサイトとわが国の地層処分で想定される環境条件との相違点と類似点などに基づき，コロイドによる核種移行挙動の環境依存性などを整理する。 **【成果】** ・比較的深部（～100 m）におけるkmオーダーにわたるコロイド共存下核種移行挙動データを取得した。 ・水酸化酸化鉄コロイドと核種の相互作用に関する現象理解を進め，不可逆的相互作用の可能性及び有機物によるコロイドの安定化に関する知見を得，核種移行に及ぼす水酸化酸化鉄コロイドの重要性を明らかにした。 ・室内実験においてアクチニド核種のコロイド生成挙動に関するデータを取得した。		左記研究開発課題はフェーズ2で終了した。
	③生物圏での核種移行／被ばく			●生物圏への核種放出域（GBI）設定手法及び地表環境での核種移行／被ばくのモデル化技術の改良・整備を進めるとともに，モデルの特性や適用性を把握しつつ体系化することにより，生物圏評価モデルの拡充を図る。 ●生物圏における核種移行パラメータについては，地域特性を考慮したデータの取得・整備を実施する。 ●生物圏評価用のデータベースについては，上記のデータを含めた最新の知見に基づく更新を継続する。	**●GBI設定手法及び地表環境での核種移行／被ばくのモデル化技術の改良・整備【JAEA】** フェーズ1では，GBI設定に関わる基本的な手法の構築と試行，地表環境での核種移行／被ばくのモデルの拡充，重要なパラメータの抽出等を行った。フェーズ2では，環境条件の特徴や調査の進展に応じた生物圏評価を行うことができる技術の整備のために，以下を実施する。また、開発するモデル化技術をANRE調査事業における課題「(C)(2)③●放射性核種生物圏移行評価高度化調査」で構築されるデータベースへリンクするための拡張を行う。 ・GBI設定手法については，深地層の研究施設計画の情報等を活用することにより，調査の進展に伴い利用可能となる地表・地質環境の特徴に関する情報を取り込んだGBI設定の試行を行い，その試行結果や諸外国での検討例を基に，生物圏評価で考慮するGBIを設定するにあたっての課題の抽出と対策の整備を行う。 ・地表環境での核種移行／被ばくのモデルについては，実際の環境で想定される複雑さや不均一性に対する適用性，適用範囲あるいは留意点を整理するとともに，必要に応じてモデルを改良する。また，環境条件が異なる場合のパラメータ変化に対するモデルの応答特性や重要となるパラメータの同定等を行い，モデルの改良やデータ取得の優先度の設定に資する知見としてとりまとめる。 ・上記を通じて，GBI設定と核種移行／被ばくのモデル化の技術と知見を，ある地質環境条件が設定された場合や調査研究の進展に伴い利用可能な情報が変遷することに応じた生物圏評価を行うことができる技術として体系的に整備する。なお，これらモデル化をどこまで精密化するかは，サイトにおいて全体的な性能評価をどのように行うかに依存し，事前に決めることはできない。そのため，本研究では，様々なサイトの条件や将来の変動（例えば地形変化）についての検討を進めながら，典型的な類例の設定とそれに対するモデル化の技術を充実させていくことを基本的な考え方としている。 ・生物圏評価用データベースについては，データの信頼性向上を目的として，国内外の最新の知見の整備とデータベースの更新を継続し適切な時期に公開する。なお，最新の知見としては，IAEA技術報告書などのデータとともに，下記のANRE調査事業における課題「(C)(2)③●放射性核種生物圏移行評価高度化調査」において取得されるデータもANRE調査事業受託機関/JAEAの連携「生物圏データベースに関する検討」を活用しつつ適切に反映する。 **【成果】** ・GBI設定及び核種移行／被ばくのモデル化技術整備の一環として，実際の環境条件に基づく生物圏評価モデル構築のための作業フローを作成した。本作業フローに基づき，実際の環境において得られる情報を参照しつつ，GBI設定および核種移行／被ばくモデルの構築の試行を通じてGBI設定及びモデル構築における課題や留意点の抽出・整理を実施した。また，表層環境における核種移行のモデル化技術の高度化の一環として，ランダムウォーク法を用いた表層における移流分散計算方法を検討し，GBI設定に向けての解析手法の高度化を実施した。 ・パラメータ設定に関しては，第2次取りまとめ等で用いた生物圏評価モデル及びパラメータを対象に，感度解析を通じたパラメータの重要度に関する検討を実施し，評価上重要となるパラメータ（サイトでのデータ取得もしくは最新の知見に基づくデータ更新の必要性が高いパラメータ）を提示した。また，実際の環境の特徴を考慮したパラメータ設定のための作業フローを作成した。さらに，ANRE調査事業受託機関との連携により，わが国の特徴を反映したデータベースを整備した。	●精密調査（前半の地上からの精密調査）段階で得られる情報を想定し，それらを取り込んだ生物圏評価モデル及びそこで利用するデータ設定手法を整理し，予備的安全評価に資する。	**●（性能2-15）GBI設定手法および地表環境での核種移行／被ばくのモデル化技術の改良・整備【JAEA】⇒（TRU2-25, 3-27）** フェーズ2で進めて来た生物圏評価技術について，精密調査（前半の地上からの精密調査）段階における予備的性能評価に有効に利用可能となる知識を取りまとめ，細目「(c)(1)③総合的な性能評価技術」に反映する。 ・精密調査（前半の地上からの精密調査）段階で利用可能な情報を想定して，生物圏評価のためのモデル化技術を整備するとともに，サイトの特徴を考慮した評価において適用できるよう既存のデータを分類整理する。

研究開発要素			平成24年度迄の計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査の前半段階（地上からの調査）に必要となる研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細　目	達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
（C）性能評価技術	（2）モデル化技術	③生物圏での核種移行／被ばく	●生物圏への核種放出域（GBI）設定手法及び地表環境での核種移行／被ばくのモデル化技術の改良・整備を進めるとともに，モデルの特性や適用性を把握しつつ体系化することにより，生物圏評価モデルの拡充を図る。 ●生物圏における核種移行パラメータについては，地域特性を考慮したデータの取得・整備を実施する。 ●生物圏評価用のデータベースについては，上記のデータを含めた最新の知見に基づく更新を継続する。	**●放射性核種生物圏移行評価高度化調査【ANRE（NIRS）】** 生物圏における核種挙動は，その地域の環境や人間活動に影響される。そのため核種移行モデルに使用される移行パラメータ値は，それぞれの国や地域において収集・整備する必要がある。 フェーズ1までで十分に整備されていない核種移行パラメータの取得・整備のために，以下の検討を実施する。また，データベース化の作業を実施する。 本件は，ANRE調査事業受託機関／　JAEAの連携「生物圏データベースに関する検討」などを活用し，上記の課題「(C)(2)③●GBI設定手法および地表環境での核種移行／被ばくのモデル化技術の改良・整備」からの重要パラメータに関わる情報を参考にしつつ進めるとともに，得られたデータを適切に反映する。 **・河川水が到達する河口沿岸域における核種移行パラメータについて，複数の場所でのデータの取得・整備を行い，地域特性に関わる情報も含めてフェーズ1でのANRE調査事業で構築したデータベースの拡充を図る。** **【成果】** 海水（汽水含む），堆積物，海産生物等の海洋試料中の元素や化学成分の濃度を全国19箇所において取得した。 沿岸域における海底堆積物への分配係数（Kd）や海産生物への濃縮係数（CR）を取得し，データベースを拡充した。		フェーズ2については本研究課題を終了した。気候変動に関連する情報に基づきデータを整理したところ，差が認められる元素があった。さらに，いくつかの重要核種（Pu，Th）について，土壌-植物移行に関するデータが無い状況なので追加する必要がある。そこで，これらの成果を踏まえ，フェーズ3の研究開発課題「(c)(2)②（性能3-15）放射性核種生物圏移行評価高度化開発」において環境移行パラメータに変動を与える要因を整理すると共に，重要核種について農作物への移行係数を追加するための超高精度分析法を開発することで発展的に継続している。
				・わが国の代表的な幾つかの土壌を対象として，ラドンの土壌透過特性を調べ，各種土壌に対する透過率の違いから，土壌のラドンの散逸に対する抑制効果の違いを明確にする。さらに，わが国の代表的な土壌を例としてバックグラウンドとしてのラドン散逸率の評価を行う。 **【成果】** ラドンチェンバーを用いた室内トレーサ実験により土壌中におけるラドン実効拡散係数を求め，ラドン散逸に関する土性（土壌の種類）による違いを明らかにした。フィールドにおいてラドン散逸率を評価し，室内実験で得られた土壌特性との関連を解明するとともに，ラドン散逸率推定モデルを構築した。土壌のラドン散逸抑制効果に関する知見を得た。		
				・わが国の食物の生産や消費の実態を考慮しつつ，C-14の重要な被ばく経路となる農産物への移行とその移行形態に着目し，土壌や水等の食物生産媒体からの移行に関わるパラメータ取得・整備を行うとともに，これらのパラメータに影響を与える環境因子を調査し解析する。 本件は，TRU廃棄物処分技術分野に係わる研究機関(JAEA/RWMC)と連携しながら進める。 **【成果】** 酢酸，ギ酸，ホルムアルデヒド，及びメタノール形態のC-14を用い，全国各地の農耕地土壌における土壌-土壌溶液分配係数を取得した。 土壌-農作物移行係数についても，酢酸，ギ酸形態のC-14を用いて取得した。 ヨウ素についてはヨウ化物イオンとヨウ素酸イオンについて農耕地土壌における土壌-土壌溶液分配係数の範囲および平均値を求め，データベースに加えた。		
	（3）データベース開発	①放射性元素の熱力学データベースの整備	●熱力学データベースの信頼性向上のためのデータ取得を行うとともに，OECD/NEAを含む国内外の最新情報等を分析・評価し，最新のデータベースとして整備する。また，利用者の利便性を考慮した形態で適切な時期に公開する。 ●核種移行解析で用いる溶解度の設定について，熱力学データベースの活用を含めた一連の設定手順・手法を整備する。	**●熱力学データベースの更新及び溶解度設定手法の体系化【JAEA】** フェーズ1では，主に安全評価上の重要元素に対する個別の熱力学データの信頼性向上のための試験の実施とデータ拡充を行うとともに，既往の熱力学データベースの利用環境の整備と公開を実施した。フェーズ2では，重要元素に対する熱力学データ取得を継続するとともに，第2次取りまとめ以降の最新データやOECD/NEAによるデータレビューの結果を取り入れ，データベースの更新を行う。さらに，溶解度の設定手順・手法を整備する。具体的には以下の作業を実施する。また，試験上の困難が伴う核種（例えばSe）に対して十分に時間をかけることや新規課題（例えばCa/Si共存下でのNp(IV)の溶解度上昇の可能性評価）の検討を実施する。TRU廃棄物処分における重要核種の熱力学データ整備の検討に着手する。 ・安全評価上の重要元素に対する熱力学データ取得として，引き続き，フェーズ1で未実施のアクチニド元素の加水分解定数の導出とそれに基づく溶解度積の再評価及び理論モデルを用いた値の妥当性検討を実施する。さらに，アクチニド元素と溶存ケイ酸の相互作用に関する試験研究に基づく熱力学データの検討，Se溶存化学種の酸化還元平衡に関するデータ取得とFe-Se系固相の熱力学データ取得を実施する。 ・上記のデータに加え，国内外のデータ（OECD/NEA 熱力学データ整備プロジェクトphaseII及びphaseIII，旧原研の研究成果など）の内容確認を行い，反映すべきデータを抽出・整理する。また，核種移行解析上の重要性の観点からデータの充足性を評価し，データが欠落している化学種については，化学アナログやモデル推定値など利用の検討を行う。熱力学データの誤差についてもデータ整備を行う。これらを含めて既往のJNC-TDBを更新し，JAEA-TDBとして整備する。さらに，利用者の利便性を考慮して，各種地球化学計算コードでの利用が可能な形式として適切な方法により公開を行う。 ・細目「(C)(2)①c)緩衝材中の核種移行」における沈殿についての現象理解やモデル化及び溶解度制限固相の設定手法に関する検討と連携しつつ，溶解度実測値と熱力学データベースを利用した溶解度推定値との整合性などの総合的な評価を行い，核種移行解析で用いる濃度上限値（溶解度）をその不確実性とあわせて設定するための一連の手順・手法を体系的に整備する。不確実性の設定技術については，分類「(C)(1)②不確実性評価技術」での成果を取り込む。 **【成果】** ・溶媒抽出法によりNp(IV)加水分解種の分配比を実験的に取得し，既往の熱力学データベース（例えばOECD/NEA公開版）で未選定のNp(IV)加水分解種の熱力学データ取得に成功した。さらに，この熱力学データ（加水分解定数）を用いて，Np(IV)非晶質酸化物の熱力学データ（溶解度積）を再評価した。以上により得られた熱力学データをJAEA熱力学データベース（JAEA-TDB）に採用した。 ・Se(VI)とSe(IV)の溶存化学種間の標準電極電位を電気化学的手法で測定することに成功した。また，Fe-Se系固相（ニセレン化鉄等）の溶解度測定結果の再評価を行った。 ・OECD/NEA熱力学データベースプロジェクトの成果を含め，JNC-TDB公開後の熱力学データの文献値を調査及びレビューし，最新かつ最良の熱力学データ選定を性能評価対象元素すべて（HLWのみならずTRU廃棄物対象元素を含む）について実施した。選定された熱力学データを集約し，JNC-TDBの更新版としてJAEA-TDBを公開するとともに，各種地球化学計算コード用フォーマットを整備した。 ・上記熱力学データ選定時において，Co-Ni及びランタニド/アクチニド(III)相互の化学アナログの適用可能性について詳細な検討を行い，Co-Niでは電子の授受を伴わない反応の平衡定数によい相関があること，後者ではAcを除き概ねAmの熱力学データが他のランタニド/アクチニド(III)に適用できることを示した。 ・JAEA-TDBを用いて第2次取りまとめで設定した地下水中の各元素の溶解度評価を行い，溶解度評価手順を整理するとともに課題の抽出を行った。	●熱力学データベースの更新 ●最新かつ最良の熱力学データベースを引き続き提供する。 ●信頼性の高い溶解度評価を実現するために，環境条件の変化が及ぼす影響等について科学的基盤の整理を行う。	**●（性能2-16）熱力学データベースの更新および溶解度設定手法の体系化【JAEA】** 熱力学データのレビュー及び選定を継続するとともに，より高塩濃度に対応可能な活量補正モデルが利用可能な熱力学データベースを構築するとともに，温度影響等の環境条件の変化が及ぼす影響等について科学的な根拠に基づいて評価することを目指す。 ・Se，特に鉄共存下におけるSeの実験研究を継続する。第2次取りまとめにおいてSeの溶解度制限固相となっている鉄セレン化物等の熱力学データの取得を行い，熱力学データの信頼性向上を目指す。 ・Nbの溶解度試験を実施し，熱力学データを取得することにより，JAEA-TDBにおけるNbの熱力学データの信頼性を高める。 ・JAEA-TDBの更新を継続する。特に，OECD/NEAから公開されたSn等の熱力学データのレビューを行うとともに，OECD/NEAが推奨する活量補正モデルが利用可能な環境を整備する。 ・ウラン等の溶解度について，ナチュラルアナログ研究等を基に，より現実的な評価値が設定できるような検討を行う。

研究開発要素			平成24年度迄の計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査の前半段階（地上からの調査）に必要となる研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細 目	達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
(C)性能評価技術	(3)データベース開発	②収着・拡散データベースの整備	●収着データベース及び拡散データベースの信頼性向上のためのデータ取得を行うとともに，国内外の情報等を取り込んだ最新のデータベースとしての整備を継続し適宜公開する。 ●核種移行解析で用いる分配係数と拡散係数の設定について，データベースの活用を含めた一連の設定手順・手法を整備する。 ●適切なデータ取得のための試験手法や手順に関する知見を整備する。	**●分配係数及び拡散係数についてのデータベースの整備とパラメータ設定手法の体系化【JAEA】** フェーズ1では，主として試験によるデータ取得と文献調査によりデータベースを拡充するとともに，データベースシステムの整備，公開を行った。フェーズ2では，核種移行解析で用いるパラメータ設定におけるデータベース利用の観点からデータベースの充足性を再評価した上で不足しているデータの取得を継続するとともに，データベース等を用いたパラメータ設定の手順・手法を整備する。具体的には以下の作業を実施する。また，TRU廃棄物処分における重要核種に関するデータ整備の検討に着手する。 ・データベースについては，核種移行解析における分配係数と実効拡散係数の設定に利用する観点から，整備対象重要元素の再評価，環境条件の変化に対する感度の検討に資するパラメータ依存性情報の有無の確認などを行い，データの取得が必要とされる条件の再検討を行い，データベース整備方針を設定する。データの取得については，主として下記のANRE調査事業の課題「(C)(3)②●圧縮ベントナイト中の収着拡散データの取得手法の高度化」において実施し，JAEAにおいてはQUALITYなどの施設の特徴を活かすことが出来る一部の元素を分担する。 ・上記のデータ取得に加え，細目「(C)(2)①c)緩衝材中の核種移行」「(C)(2)②a)岩盤中の核種移行」においてモデル化への反映を目的として取得したデータ，及び文献調査に基づく国内外の最新情報に基づき，データベースの継続的な更新を実施する。また，データベースの信頼性を向上させるために，収着データベースについては登録データに対する信頼度付与作業を継続するとともに，拡散データベースについてもデータの品質評価方法について検討する。このように整備したデータベースについては，ホームページでの公開等を含めた，利用環境整備を継続的に実施する。 ・細目「(C)(2)①c)緩衝材中の核種移行」「(C)(2)②a)岩盤中の核種移行」における収着と拡散に関するモデル化の検討と連携しつつ，実測値とデータベースやモデルを利用した推定値との整合性などの総合的な評価を行い，核種移行解析で用いる分配係数と拡散係数をその不確実性とあわせて設定するための一連の手順・手法を体系的に整備する。不確実性の設定技術については，分類「(C)(1)②不確実性評価技術」での成果を取り込む。また，深地層の研究施設計画から得られる地質環境情報の利用により，その適用性を例示する。 **【成果】** ・第2次取りまとめの段階で整備した従来データベースに対して，情報の量と質を拡充，効果的なデータ抽出を可能とする検索機能等を拡充したWebベースのデータベースを開発し，平成20年度末にJAEA-SDB/DDBとしてホームページで公開した。 ・収着データベース（JAEA-SDB）については，多様な粘土鉱物，土壌，セメント等の対象を拡充するとともに，様々な条件・手法で得られた信頼度の異なる膨大なデータ群から信頼性の高いデータを効率的に抽出できるようにするため，信頼度評価のガイドラインの策定，これに基づく信頼度情報を，SDBに検索機能とともに付加した。 ・拡散データベース（JAEA-DDB）については，従来国内岩石に限定していた対象に緩衝材を加えたほか，データの信頼性に係わる情報の付加など，データベースを大幅に改良した。 ・改良された収着・拡散データベースを，実際の地質環境条件を対象とした収着・拡散パラメータの設定への適用を通じて，その有効性を確認した。	●精密調査（前半の地上からの精密調査）に基づく予備的安全評価に資するために，実際的な活用が可能なデータベースの機能・情報の拡充と，核種移行パラメータ設定の方法論の構築を行う。	**●（性能2-17）分配係数および拡散係数についてのデータベースの整備とパラメータ設定手法の体系化【JAEA】⇒（性能2-18）** 実際的なパラメータ設定への活用を可能とするためのデータベースの機能・情報の拡充と，核種移行パラメータ設定の方法論の構築として以下の点に着手する。 ・収着・拡散データベース（JAEA-SDB/DDB)をパラメータ設定に活用する観点で，データ傾向性分析や統計的取り扱い等の機能や情報を拡充するとともに，地下研等の実際の地質環境を想定した収着・拡散データベースに基づくパラメータ設定を試行する。 ・上記細目「(C)(2)①c)緩衝材中の核種移行」及び「(C)(2)②a)岩盤中の核種移行」で取り組む多様な環境条件でのデータ取得，海外での核種移行パラメータ設定の方法論に関する調査，並びに，モデル化技術で取り組む現象論的収着・拡散モデル/データベース開発の成果，を統合する形で，精密調査（前半の地上からの精密調査）段階の情報に基づく核種移行パラメータ設定の方法論(ガイドライン）を構築する。
				●圧縮ベントナイト中の収着拡散データの取得手法の高度化【ANRE(JAEA)】 フェーズ1では，Csを例として，複数の収着拡散試験方法の相互比較と試験技術的な課題の抽出を行った。フェーズ2では，試験手法の適用範囲や試験手順などの知見の体系化と標準化に向けて，以下の研究開発を実施する。ANRE調査事業「処分システム科学影響評価高度化開発」にて発展的に継続する。 ・既往の収着拡散試験手法について複数の試験条件下で取得されたデータの相互比較を実施し，既往の試験手法の適用範囲や技術的留意点をまとめ，必要があれば試験手法の改良を図る。 ・試験結果の解釈に用いる解析手法について，従来の均一系1次元モデルによる解析に加え，より高度な解析法（例えば，解析の多次元化，非線形収着挙動の考慮）の適用を図る。 ・また，フェーズ1段階では実験が困難であり実測データが不足していた還元環境下でのSe（HSe-）の分配係数と拡散係数や高収着性核種（例えば，Am）の実効拡散係数について，データ取得手法を検討し，地下環境条件（地下水組成，温度等）に対応する条件での実測データを取得する。Seについては，酸化還元状態の制御技術（例えば，電解還元法）と収着拡散試験法を組み合わせて，塩水系や降水系地下水環境条件下のデータを拡充する。また，Amについてはトレーサー減衰拡散法によりデータを取得する。 ・上記で得られたデータは，上記の課題「(C)(3)②●分配係数及び拡散係数についてのデータベースの整備とパラメータ設定手法の体系化」に反映する。 **【成果】** ・従来のTD法，ID法に加え，RD法の適用と比較評価を行うとともに，多様な核種／環境条件下で信頼性の高い収着拡散データを取得可能な手法として拡張型TD/RD法を，実際に多様な系への適用性を確認しつつ構築した。これらの試験の中で，高収着性のAmやNi等のデータ取得評価手法を構築した。 ・データの解釈評価手法についても，均質系Kdモデルを基本とし，その適用範囲と限界を明らかにしつつ，Kdの濃度依存性や反応速度等を考慮した評価手法を検討した。	●精密調査（前半の地上からの精密調査）に基づく予備的安全評価に資するために，信頼性の高いデータ取得法の構築とデータベースの拡充を行う。	**●（性能2-18）収着拡散データの取得手法の高度化【ANRE】⇒（性能2-17）** 上記課題「(C)(3)②●（性能2-17）分配係数および拡散係数についてのデータベースの整備とパラメータ設定手法の体系化」と連動して，以下を実施する。 ・核種移行パラメータ設定に関する海外の動向調査に基づく核種移行データを収集し，データベース情報を拡充する。 ・圧縮ベントナイト中の還元系核種のデータ取得手法を検討するとともに，堆積岩や結晶質岩を対象にデータ取得・評価手法の適用評価と改良を実施する。
	③処分場システムデータベースの整備		●熱力学データベース，収着データベース及び拡散データベース以外の性能評価技術分野で用いるデータを集約し利用しやすい形態で整備する。	**●処分場システムデータベースの整備【ANRE(JAEA)】** 分類「(C)(2)モデル化技術」の中で整備されるデータベース（ガラス溶解速度のデータベース，生物圏評価用データベース等）に加え，試験研究で取得・整備されるデータ，解析評価で得られる情報，さらには地質環境調査評価技術分野と処分場の工学技術分野で取得・整備されるデータに対して，性能評価用に集約・記録しておくべきデータを選定するとともに，性能評価に利用しやすいように体系的に整理する。それら複数のデータベースを処分場システムデータベースとして集約する。また，地質環境調査評価技術分野と処分場の工学技術分野も含め，現在のANRE調査事業の実施期間（H25年度まで）の成果を反映する。特に，性能評価技術分野では，ANRE調査事業「先進的地層処分概念・性能評価技術高度化開発」の成果である先進サイクルに係るデータや情報についても反映する。 **【成果】** ANRE調査事業「先進的地層処分概念・性能評価技術高度化開発」において，人工バリアや定置・レイアウトなどの処分概念のオプションを，地質環境条件への対応性などの関連情報とともにデータベース化することで，性能評価で参照しやすい形で整備した（処分概念データベース）。また，国内外での廃棄物特性に関する情報の収集・整理結果，及びサイクル特性に応じた廃棄物特性（発生量や核種量・組成等）を評価するために作成した廃棄物特性定量評価ツールの結果についてもデータベース化することで，性能評価で参照しやすい形で整備した（廃棄物特性データベース）。さらに，細目「(C)(1)③総合的な性能評価技術」の成果として述べた電子性能評価レポート（e-PAR）は，性能評価における解析の内容と結果を一元的に管理するものであり，既存の性能評価を対象にしたe-PAR事例を蓄積し事例ベース化することで参照・再利用しやすい形で整備した（e-PAR事例ベース）。		フェーズ2については本研究開発課題を終了した。ここで得られた成果を踏まえ，フェーズ3の研究開発課題「（性能3-5）性能評価に係る知識ベースの構築」において発展的に継続している。

別添資料3-2

研究開発マップ 【性能評価技術：フェーズ3】

研究開発要素			平成25年度～平成29年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 実施主体による精密調査[後半の地下調査施設での精密調査]に資する研究開発課題		
分野	分類	細目	長期達成目標（事業許可申請段階における目標）	長期達成目標を踏まえた，平成29年度迄の中間目標	課題の設定，進め方
（C）性能評価技術	（1）システム統合	①先進的シナリオ開発技術	●施設の建設・操業から閉鎖後の長期に到る期間を対象として，最先端の知識に基づく個別現象の理解や，天然現象を含む環境条件の長期的な変遷に関する情報を取り込み，不確実性を適切に考慮した包括的なシナリオ構築手法を整備する。	●精密調査（後半の地下調査施設での精密調査）段階で得られるサイト特有の地質環境条件に関する情報，天然現象を含む将来の長期的な環境条件の変遷に関する情報，処分場の建設・操業から閉鎖後初期のニアフィールドの変遷に関する現象理解等に基づいて，不確実性を適切に考慮したシナリオ構築手法を提案する。	**●（性能3-1）先進シナリオ開発技術【ANRE/JAEA】⇒（地質3-4）** ・地質環境の長期的変動として，隆起・侵食や気候変動等を考慮した状態設定を行うための技術を整備する。また，本来サイト選定で排除されるべき発生の可能性の低い天然事象（火成活動，断層など）についてもシナリオの不確実性として包括的に評価するために，これらの事象に対する評価技術を体系的に示す。 ・建設・操業から閉鎖後までのニアフィールド環境の変遷について，熱-水-応力-化学（THMC）連成挙動に関する研究の成果等を活用するとともに，シミュレーション技術やヒューリスティックな検討とを適切に組み合わせたシナリオ解析技術を整備する。 ・最新の現象理解に基づいて，リスク論的考え方を取り入れたシナリオの類型化とスクリーニングを行う技術を整備する。
			●複合的な現象の解明とその性能評価が必要なセメント系材料とベントナイト系材料の相互作用を対象として，ナチュラルアナログにより過渡的な段階から長期経過後までの状態変遷を明らかにし，さらにナチュラルアナログを直接活用して解析モデル最適化を図ることにより，地層処分システムの性能評価の信頼性向上を図る。	●セメント系材料とベントナイト系材料の相互作用に関するナチュラルアナログについて，調査地点でのデータを拡充して，環境条件の変遷や長期の変質プロセスについての定量的な評価を図るとともに，ベントナイトの長期健全性評価に必要な調査・解析手法の適用性の検討と改善のための課題を示す。	**●（性能3-2）地層処分システムの長期安定性に対するナチュラルアナログ事例の活用に関する検討【ANRE（RWMC）】⇒（TRU3-14）** ベントナイトと高アルカリ地下水との相互作用に係わるプロセスを現地調査に基づいてより詳細に解析するとともに，数値シミュレーションや既存実験結果も活用して，ナチュラルアナログ利用による地層処分システムの信頼性をより体系的に示す。 ・フィリピン国ルソン島北西部のアクティブなナチュラルアナログサイトにおけるフィールド調査，試料分析を実施して，ベントナイトのアルカリ変質の過渡的な現象を明らかにし，そのアルカリ変質プロセスに係わるデータを拡充する。 ・上記の取得データに基づきアルカリ変質プロセスを明らかにし，実際の処分環境とアナログサイトとの違いとその影響を明確にした上で，ベントナイトの長期健全性について評価する。また，長期評価モデルによる変質解析を実施した上でナチュラルアナログ現象と解析結果や既存実験結果との違いについて考察し，その原因やモデル改善のための課題を掲示する。 ・フィールド調査によるデータ取得や長期評価モデルの適用においては，本計画のTRU廃棄物処分技術分野における成果を活用する。
		②セーフティケース作成技術	●セーフティーケースの構築に関して，信頼性向上の観点から，ステークホルダーとの議論における情報提供に関する様々なプラットホームの整備，性能評価における不確実性の取扱いなどについて，先進的な手法を取り入れながら，必要となる要素技術の開発を進め，セーフィティケース構築手法を体系的に整備する。	●安全性に関する議論の基盤となる情報提供・共有のためのプラットホームを整備する。	**●（性能3-3）情報提供プラットホームの整備【ANRE/JAEA】⇒（性能3-5）** セーフティケースの構築においては安全性に係る双方向コミュニケーションが不可欠であり，それを促進・支援するための仕組みが必要である。 ・セーフティケースに係る双方向コミュニケーションを情報の提供・共有により促進・支援するための環境整備を行う。 ・地層処分の安全性や実現性等を上位命題とする討論モデルの構築，及び他の研究分野・項目での先進的な研究成果の討論モデル中の論証に係る論拠としての取り込みの効率的な実施に向けて，討論モデル作成支援技術の適用範囲とユーザーの使いやすさを段階的に拡充する。 ・安全性を論じるうえで解消すべきトレードオフやコンフリクトの関係を有する論証の抽出技術，及びそれらを解消するための合理化・最適化の技術あるいは新しい取り組みを見出すための発想支援や課題探索に係る技術を整備する。 ・安全性に関する定量的な検討事例及び関連情報の整備に向けて，電子性能評価レポート（e-PAR）での解析実施・レポート作成支援技術の適用範囲を拡張する。 ・なお，上記項目の検討では，課題「(C)1)③(性能3-5）性能評価に係る知識ベースの構築」での知識ベース化を支援するツール等の体系的整備とその適用による知識の整備及び知識ベース化の推進と密に連携していく。
				●深地層の研究施設計画において取得される地質環境情報を活用し，地層処分システムの性能評価技術を体系的に整備する。	**●（性能3-4）深地層の研究施設計画と連携した総合性能評価技術の整備【JAEA】⇒（地質3-2，3-3，3-5～3-23）（工学3-1，3-2）** 精密調査（後半の地下調査施設での精密調査）を想定し，段階深地層の研究施設計画の坑道掘削時の調査研究や坑道を利用した調査研究において得られる地質環境情報を利用して，処分システムの安全性を示す方法論の構築を行う。この際，地質環境調査評価技術分野及び処分場の工学技術分野などから得られる情報を有効に活用しつつ，個別の細目「(C)(2)①リアリスティックモデリングとデータベース」の研究開発成果を取り込んだ性能評価を行うとともに，不確実性低減やシステム性能向上を目的とした分野間の連携のありかたについて例示を行う。具体的には，以下に示す項目を実施する。 ・精密調査（後半の地下調査施設での精密調査）段階において必要となる評価手法の整備に資することを目的として，深地層の研究施設計画での調査・試験から得られる地質環境条件（含，地質環境の長期変動予測）及び設計・操業に関する情報に基づき，地層処分システムの安全機能への影響が高いと考えられる地質環境特性や熱・水理・力学・化学などのプロセスを統合化し，それらを状態設定として整理することで，シナリオの設定手法の体系的な整備を進める。 長期安全性に関する知見を調査・工学技術へフィードバックすることにより処分場の安全性をさらに高める観点から，分野間にまたがる長期安全性に関係する重要なテーマ（例えば，設計上避けるべき亀裂特性＆工学的対策と安全評価の関係など）を選定し，注力すべきポイント，不確実性低減に向けた方策，調査・設計へフィードバックすべき情報などについて検討する。この際，坑道を利用した調査・試験から入手可能な情報の特性や制約条件に着目し，感度解析等による不確実性の取り扱いの検討を実施するとともに，その結果を踏まえた評価結果を地質環境調査評価技術分野や処分場の工学技術分野へ反映する方法論を例示する。
		③性能評価管理技術	●性能評価技術に係る最新の情報を含む基盤研究開発成果を，精密調査（後半の地下調査施設での精密調査）段階での事業の計画・実施及び規制の検討に利用できるように技術的な信頼性と中立性をもって知識ベースとして整理する。	●精密調査（後半の地下調査施設での精密調査）段階での安全評価におけるシナリオの設定，核種移行パラメータ設定，不確実性評価を支えるデータベース及びモデルの開発成果や主要なシステム擾乱影響評価の成果などを含め，その段階での性能評価タスクの実施に係る知識を，現実性や品質保証の論証となる情報とも対応させつつ体系的に管理するための技術を整備する。	**●（性能3-5）性能評価に係る知識ベースの構築【ANRE/JAEA】⇒（性能3-3）** 精密調査（後半の地下調査施設での精密調査）段階での地質環境情報の量的・質的な向上に対応した，シナリオやデータセットの設定から核種移行解析の実施・評価までの一連の評価プロセスに係る情報，そのプロセス中で行われる様々な判断等の考え方や根拠，及びそこでの不確実性の取り扱い等を知識ベースとして統合的に管理することは，性能評価の品質保証や追跡性・透明性・再利用性の向上の観点から重要である。 ・このような知識ベースとしての統合と管理を支援する機能・ツール等の整備を，課題「(C)(1)②(性能3-3）情報提供プラットホームの整備」で検討する技術を含むJAEA KMSに係る技術・ツール・コンテンツの活用や発展的拡充を基本として実施する。 ・上記技術を他の研究開発項目の中で適用しながら，一連の評価プロセス，様々な判断，不確実性の取り扱い等に係る技術や情報を性能評価に係る知識として段階的に整備する。この中では，例えば，性能評価に係る技術や知見等を，地層処分の安全性や実現性等を上位命題とする討論モデルと対応させながら構造的に整理することなどを通じて，精密調査（後半の地下調査施設での精密調査）段階での性能評価の信頼性の確保及びその向上のために取り組むべき研究開発課題等を俯瞰的に検討できるようにしていく。また，ユーザーコミュニティの設定とそこでのコンテンツの共有促進を実際的に試みるなどして，知識ベース化を支援する機能・ツール等の有効性向上に係るニーズの抽出と改良・開発に効率的に反映していく。
	（2）システムの理解と表現	①リアリスティックモデリングとデータベース	●最先端の知識や計算科学技術などに基づいて個別現象の科学的理解の深化を進め，既往の性能評価技術の頑健性を示し処分事業に対する信頼感の醸成に資するとともに，次世代の先進的な性能評価技術を開発する。	●圧縮ベントナイト中での間隙水水質測定手法の開発・適用によるデータ取得に基づいて，現象理解に基づくより精緻な圧縮ベントナイト間隙水モデルを提案する。	**●（性能3-6）間隙水化学【ANRE/JAEA】⇒（性能3-8）** 核種の溶解度や収着・拡散パラメータ評価の前提となる間隙水化学の信頼性を高めるために，最新知見に基づく間隙水評価モデルの高度化・改良，それらに基づくシステム変遷を含む不確実性評価を行う。 ・最新の知見・技術を踏まえた圧縮ベントナイト中の間隙水化学の測定手法の改良・適用性評価，それらの手法により多様な環境条件でのデータ拡充を行う。 ・圧縮ベントナイト中の微細間隙構造，間隙水の特性，鉱物等の溶解，物質移行等の現象理解を反映し，間隙水モデルの改良・適用性評価を実施する。 ・ニアフィールドの状態変遷（初期の酸化・不飽和状態からの浸潤過程を含む）を考慮した間隙水化学の時空間変化，不確実性の定量評価手法を開発する。
				●最新の科学的知見と精緻なガラス溶解試験データを統合し，表面の変質層の保護効果やオーバーパック，緩衝材との相互作用に関する現象の記述を含め，より精緻なガラス溶解，核種溶出モデルを提案する。	**●（性能3-7）ガラス溶解【ANRE/JAEA】⇒（性能3-8）** 第2次取りまとめ以降の国内外の研究により，オーバーパックや緩衝材との相互作用といったニアフィールドにおける様々なプロセスがガラス固化体の長期的溶解を支配する可能性が示唆されてきている。これらのプロセスがどのようなメカニズムでガラス固化体の溶解に影響を及ぼすのか，またこれらのプロセスが影響する条件下でガラス変質層の保護的効果を期待することが可能なのかなど未だ不明確な部分が多く，より精緻なガラス溶解モデルを作成するには知見の拡充が不可欠である。 ・実ガラスを用いた緩衝材埋め込み試験等により，ガラスと緩衝材の相互作用を把握し，核種移行挙動を理解する。 ・先進的分析技術を活用した研究を通じ，変質層の保護的効果及びオーバーパックとの相互作用等に関する知見を拡充し，ガラス溶解モデルを高度化する。
				●最新の科学的知見と精緻な溶解度試験に基づいて，リアリスティックな溶解度（溶液中濃度上限推定）モデルを提案する。	**●（性能3-8）溶解度【ANRE/JAEA】⇒（性能3-6，3-7）** ・多様な温度条件における溶解度を適切に評価するため，温度影響に関してモデルを改良することにより新規モデルを導入する。 ・共沈挙動をとる，もしくは固溶体を形成すると考えられる核種の溶解度を適切に評価するため，溶液中濃度を既定する現象の現実的な理解に基づく，共沈・固溶体モデル（温度影響，固相変遷の速度論的取り扱いを含む）の開発のための基盤情報整備を継続する。 ・ガラス表面変質層，オーバーパック腐食生成物の存在を考慮した現実的な溶解度制限現象を確認する（課題「(C)(2)①（性能3－7）ガラス溶解」とリンク）。 ・上記モデル開発に必要となるデータ取得（最先端の分析技術の導入）及び関連するデータのデータベースとしての整備を実施する。 ・地下水組成をより適切に設定するため，鉱物/水反応に関する熱力学データ，反応速度データを，整合的に整備する（課題「(C)(2)①（性能3－6） 間隙水化学」とリンク）。 ・溶解度の確率論的評価が実施できるよう，単なる誤差伝播では過大評価となる場合の溶解度の誤差を適切に評価するための検討を進める。

研究開発要素			平成25年度～平成29年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 実施主体による精密調査[後半の地下調査施設での精密調査]に資する研究開発課題		
分野	分類	細目	長期達成目標(事業許可申請段階における目標)	長期達成目標を踏まえた，平成29年度迄の中間目標	課題の設定，進め方
(C)性能評価技術	(2)システムの理解と表現	①リアリスティックモデリングとデータベース	●最先端の知識や計算科学技術などに基づいて個別現象の科学的理解の深化を進め，既往の性能評価技術の頑健性を示し処分事業に対する信頼感の醸成に資するとともに，次世代の先進的な性能評価技術を開発する。	●先進的な分析技術や計算科学技術を用いたメカニズム理解を含む，最新の科学的知見に基づいて，不確実性をより現実的にした収着・拡散モデルを提案する。	**●(性能3-9) 人工バリア中の収着・拡散に関するリアリスティックモデルの開発【ANRE/JAEA】** これまで開発してきた圧縮ベントナイト中の収着・拡散に関する評価モデル，パラメータ設定手法の信頼性を高めつつ，システム変遷等の考慮や不確実性のより現実的な取り扱いを可能とするため，最新に知見に基づく以下の技術開発を実施する。 ・先進的分析技術や計算科学技術を適用することにより，圧縮ベントナイト中の間隙構造や間隙水の不均質特性の把握，収着・拡散データの取得及びメカニズムの把握を進める。 ・システム変遷影響等の視点を含む多様な環境条件下で，多様な核種の収着・拡散データを拡充するとともに，データの信頼性を確認するための長期・検証試験データを取得する。 ・最新の科学的知見に基づく，現象論的収着・拡散モデルとデータベースの高度化開発を進め，システムの長期変遷(オーバーパック腐食生成物の影響，緩衝材の不飽和状態や高温条件等)をより現実的に考慮したパラメータ設定/不確実性評価手法を提示する。
				●精密調査(後半の地下調査施設での精密調査)では地上からの精密調査の段階に比べて坑道周辺を中心に多くのデータが取得されると期待されるが多くの不確実性を有すると考えられる。そのため，地下調査施設での精密調査で取得されるサイトの地質環境情報に基づき，サイトの水理物質移行特性とその不確実性を定量的に取り込んだ現象解析モデルを提案する。 ●先進的な分析技術を用いたデータ取得を含む，最新の科学的知見に基づいて，より精緻化した収着・拡散モデルを提案する。	**●(性能3-10) 天然バリア中の核種移行【ANRE/JAEA】⇒(地質3-8，3-9，3-13～3-16)** ・空間的に不均質な媒体中の移流分散現象や，密度流れなどの複合現象を対象としたより精緻な解析モデルによる現象理解を目的とした室内実験手法の開発と，その定量的データの取得を進める。 ・不均質に分布する亀裂開口幅や亀裂交差部などがの亀裂の水理・物質移行特性の設定に与える影響とその不確実性を定量的に評価する手法の整備を図ることを目的として，室内試験とモデル化技術の開発を進めるとともに，地下坑道で得られる情報に基づいた評価手法を開発する。 ・深地層の研究施設計画等の調査研究の成果を踏まえたマトリクス部や割れ目系での核種移行(物質移行)特性の解析・評価と，室内試験データから原位置をつなぐアップスケーリングに関する室内試験データ取得評価手法とモデル化技術を構築する。 ・深地層の研究施設計画等の成果を踏まえ，割れ目(充填鉱物/変質部)，マトリクスの不均質性，地下水化学等の空間的分布を考慮した収着・拡散評価手法，それらを反映した核種移行パラメータ設定手法を開発し，原位置試験等による検証を行う。⇒(課題「(C)(2)①(性能3-11) 有機物，コロイド，微生物」とも連携)。 ・先進的分析技術と計算科学手法を取り入れた岩石中の核種移行メカニズムの理解とモデルの高度化・検証を行う。 ⇒(本課題は，地質環境調査評価技術分野の(2)②地下水流動特性，同(2)④物質移動特性とも連携して進める。)(地質3-8，3-9，3-15，3-16)
				●先進的な分析技術を用いたデータ取得を含む，最新の科学的知見に基づいて，コロイド・有機物・微生物共存下での核種移行に関するより詳細な現象理解のモデルを提案する。	**●(性能3-11) コロイド・有機物・微生物【ANRE/JAEA】⇒(地質3-13～3-16)** ①コロイド・有機物 ・核種-コロイド・有機物あるいは移行媒体(緩衝材，母岩)-コロイド・有機物相互作用現象をより詳細に理解するために，EXAFS・SPM等による先進的な分析による現象理解及び個別現象モデルの開発を進め，③のリアリスティックモデル開発に資する。 ・ベントナイトコロイドの濃度・粒径分布・核種との相互作用を評価するための一連のモデル及びパラメータデータを整備する。また，腐植物質と核種との相互作用に関する実測値及び錯形成モデルパラメータデータを整備し，これらの未分画有機物への適用性を確認する。 ②微生物 処分場操業段階を以下の2つのプロセスに大きく分けて評価を行う。 ・これまでシナリオ上考慮されていなかった微生物影響に関して現象理解するために，閉鎖後初期の段階において，オーバーパックの微生物腐食などの定量的評価手法を構築する。 ・核種移行段階として，実際の地質環境を考慮した核種の移行・遅延に関わる微生物の影響に対する知見を得るために，幌延の地下坑道において，アナログ元素と微生物の相互作用を事例的に解明し，長期的な核種移行の解析手法を構築する。 ③コロイド・有機物・微生物共通 ・複数のコロイド・有機物・微生物共存系での影響を理解するために，核種との不可逆的相互作用，コロイドフィルトレーション・有機物被覆による移行媒体(緩衝材，母岩)の変質等の影響を考慮したリアリスティック核種移行挙動評価モデル及び計算コードを開発する。 ・影響評価を実際の地質環境で理解するために，原位置試験における物質移行試験を実施し，開発したモデル等の原位置試験への適用性を確認する。また，グリムゼルのCFMプロジェクト原位置試験へのモデル等の適用性を確認する。
				●最新あるいはより信頼性の高い情報に基づき熱力学データベースの更新を行う。	**●(性能3-12) 熱力学データベースの開発【ANRE/JAEA】** 従前より適切な溶解度を評価するため，以下の研究開発を実施する。 ・Se，特に鉄共存下におけるSeの実験研究を継続する。第2次取りまとめにおいてSeの溶解度制限固相となっている鉄セレン化合物等の熱力学データの取得を行い，熱力学データの信頼性向上を目指す。 ・Nbの溶解度試験を実施し，熱力学データを取得することにより，JAEA-TDBにおけるNbの熱力学データの信頼性を高める。 ・ウラン等の溶解度について，ナチュラルアナログ研究等を基に，より現実的な評価値が設定できるよう基盤情報を整備する。 ・JAEA-TDBにおける鉱物/水反応の熱力学データ(JNC-TDB選定値をそのまま採用したもの)を再評価することによりコアデータの統一，不確実性評価等を実施する。 ・熱力学データ及びデータベース等の最新情報に関する調査実施し，適宜熱力学データベースを更新する。 ・より高塩濃度に対応可能な活量補正モデルの基盤情報整備を継続する。特に，地層処分環境中で重要な塩化物系の活量補正パラメータの整備を目指す。
				●最新あるいはより信頼性の高い情報に基づき収着・拡散データベースの更新を行う。	**●(性能3-13) 収着・拡散データベースの高度化開発【ANRE/JAEA】** ・処分システムの長期変遷(例えば，鉄やセメントの共存)や多様な岩石・鉱物や環境条件に対する核種移行パラメータ評価を可能とするため，上記課題「(C)(2)①(性能3－9) 人工バリア中の収着・拡散に関するリアリスティックモデルの開発」及び「(C)(2)①(性能3－10) 天然バリア中の核種移行」と連携して，収着・拡散データベースの機能と情報を拡充する。 ・収着・拡散実測値データベースと現象論的収着・拡散モデル/データベースを連携させた体系的なデータベース・評価ツールを開発する。
		②生物圏モデリングと一般化データベース	●生物圏評価に関する最先端の国際動向を適切に反映し，サイトにおける表層環境の特徴とその長期的変遷を考慮した安全評価のための生物圏評価モデル構築とパラメータ設定技術を体系的に整備する。また，わが国固有の特徴を考慮して構築した生物圏評価用のデータベースについては，長期変動に関するのデータを含めた最新の知見に基づくデータの拡充を行い，更新を継続し，一般化を図る(TRU廃棄物評価対象元素を含む)。	●生物圏評価の考え方に関する国際動向等に留意しつつ，表層環境でのダイナミズムの影響を考慮した先進的な生物圏評価モデルの提案を行う。	**●(性能3-14)表層環境の時間的変遷や表層環境中での物質移行に関する現象理解を反映した生物圏評価モデル構築技術の整備【ANRE/JAEA】⇒(地質3-4)(性能3-15)(TRU3-26，3-27)** ・地質環境の長期安定性研究などの気候・地形変化に関するシミュレーションの成果などを反映した生物圏評価モデルを検討し，これらの変化が生物圏評価に与える影響の程度や不確実性を把握したうえで，生物圏評価モデルに取り込むべき現象を特定する。 ・個別元素の挙動特性を反映した，より現実的な表層環境での核種移行モデルを開発する(例えば，大気－植物－土壌系の炭素-14の循環を考慮した核種移行モデル等)。 ・実際の表層環境条件やその時間的変遷を考慮した生物圏評価シナリオ及びモデル構築手法(生物圏への核種放出域の設定手法を含む)について検討する。 ・上記の成果を反映した，表層環境での核種移行／被ばくのモデル構築のための新たな作業フローを構築する。 ・上記生物圏評価モデルに対応し，最新の知見やデータを反映した生物圏評価パラメータの設定に向けた汎用的なデータベースを整備(下記ANRE調査事業における課題「(C)(2)②●(性能3-15)放射性核種生物圏移行評価高度化開発」との連携)する。 ※本計画における研究成果についてはTRU廃棄物処分技術分野にも反映する。
				●地質環境の長期変動を考慮した生物圏での核種移行パラメータに影響する重要ファクター調査及びその影響解析を行い，先進的な生物圏評価のためのデータベースを提供する。	**●(性能3-15)放射性核種生物圏移行評価高度化開発【ANRE(NIRS)】⇒(性能3-14)(TRU3-26，3-27)** 生物圏における核種移行プロセスは地表環境に影響される。そのため，気候変動等の地表環境の長期的変遷を考慮した生物圏モデルの開発に対応する環境移行パラメータのデータベースを整備することは重要である。 上記課題「(C)(2)②(性能3-14)表層環境の時間的変遷や表層環境中での物質移行に関する現象理解を反映した生物圏評価モデル構築技術の整備」からの情報を参考にしつつ，以下の調査を行う。 ・国内の年平均気温が低い地域と高い地域における主要農作物への移行係数調査を行い，フェーズ1及び2で得られた全国調査の結果との比較検討を行う。 ・農作物中の分析が困難な重要核種であるThやPu等について，環境中の濃度が測定できる分析法を開発し，フェーズ1及び2で構築したデータベースに追加する。 ・炭素循環に最も影響するであろう土壌微生物活動と気温の変動に着目して，放射性炭素の生物圏移行パラメータの変動範囲を明らかにする。(放射性炭素についてはTRU廃棄物処分技術分野(TRU3-26)で検討している。)

別添資料4-1

研究開発マップ 【TRU廃棄物処分技術：フェーズ2】

研究開発要素				平成24年度迄の計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査地区選定を見据えた喫緊の研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細　目		達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
(D)TRU廃棄物処分技術	(1)廃棄体技術	①種類・発生量（データベースの整備・拡充）		●今後発生する廃棄物の実データの拡充に基づく，発生量や放射性核種濃度の試算値の精度向上	●JNFLの施設の操業に伴って今後発生する廃棄物や廃止措置に伴う廃棄物についての発生量，含有放射性核種量等の取得，データの拡充【JNFL】 ●JAEAの再処理施設，MOX燃料施設から発生する廃棄物に含まれる放射性核種濃度（組成）の分析データの取得・拡充【JAEA】 ●設備の保守・更新時の除染，廃棄物データ等の収集，物量評価への反映【JAEA】 →特廃法改正に伴い廃棄物物量の見直しを実施し，NUMOのレベル3報告書へ提供。この際に，廃棄体物量試算条件をJNFLと整合を図ったものに変更。 → 再処理施設から発生した雑固体廃棄物の放射性核種濃度の分析データの取得を継続。 →JAEAの廃棄物を一括管理するための廃棄物管理システムの開発を進め，廃棄物の発生量，放射性核種濃度のデータを提供できる環境を整備。 (ヨウ素・炭素長期挙動) ●照射条件の異なる放射化金属のインベントリーについて測定し，照射条件の計算値と実測値を比較して，現実的なインベントリーを設定（グループ2のインベントリの合理的設定）【ANRE】(RWMC) →平成24年度までに合理的なインベントリ設定方法と既存のデータを基にしたC-14インベントリの設定を実施。 ただし，BWRについては実測値との比較まで一部データを取得済みとなるが，PWRやエンドピース等については実測が未実施。	●グループ2廃棄物の現実的なインベントリーの設定	**●（TRU2-1）環境影響物質等のデータの集約【JNFL】【JAEA】** 処分場設計が放射線学的毒性以外の観点からも問題にならないことを立証するため，必要となる環境影響物質等のデータを集約する。JAEAについては，東海再処理施設の操業データ等を基に，環境影響物質を抽出し，整理する。 (ヨウ素・炭素長期挙動) **●（TRU2-2）PWR被覆管のC-14等分析データの取得【ANRE】** これまでのBWRの被覆管の分析と同様に，PWR被覆管でも詳細な分析によりC-14等のインベントリを精査することで，TRU廃棄物の地層処分に於ける安全性，信頼性を向上させる。 **●（TRU2-3）エンドピース、インコネルのC-14等分析データの取得【ANRE】** グループ2のインベントリをより合理的に設定することを目的に，ジルカロイ，ステンレス鋼と同様にインコネルに含まれるC-14の分析を実施する。 **●（TRU2-4）C-14以外の重要核種のデータ取得【ANRE】** グループ2に含まれる放射化金属の影響をより詳細に評価することを目的に，C-14以外の重要核種についてもデータを整備する。
		②処理・廃棄体化技術		●処理技術の実証	●性能試験による処理技術の実証【JNFL】【JAEA】 (代替技術については本計画(5)に記載)		**●（TRU2-5）高発熱性廃棄物の廃棄体化方法の検討【JNFL】【JAEA】** - 高発熱性廃棄物（廃溶融炉レンガ等）の廃棄体化方法の検討。 - 固化材料の長期安定性の確認並びに固化材料に対する核種移行パラメータの取得。
		③廃棄体の品質管理／検認手法		●放射性核種濃度や非破壊測定技術を考慮した実廃棄物に適用可能な検認技術の整備	●実際のTRU廃棄物の性状に応じた非破壊外部測定法の開発【JNFL】【JAEA】 ●難測定核種の測定・評価手法の整備【JNFL】【JAEA】 ●TRU廃棄物の地層処分に関する安全確保の考え方及び廃棄体の技術基準案の検討【電気事業者】		
	(2)設計・工学技術	①人工バリア材料物性	a) セメント材料	●海水系環境，人工バリア仕様，変質影響等のデータ拡充	●海水系地下水など地下水組成の異なる環境下での透水係数，拡散係数データの拡充【JAEA】 ●低アルカリ性セメントの変質や特性変化に係るデータの取得とモデル化【JAEA】 →TRU廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画(3)「性能評価」②セメント変質にて実施。 ●混合セメントの変質に伴う力学および物質移行特性変化のモデル化【ANRE】(RWMC) →セメント種によらず評価が可能となる変質に伴う物質移行挙動変化のモデル化手法を提案。		**低アルカリ性セメントの施工性等、特性把握【ANRE（JAEA）】⇒（工学3-10）（TRU2-10）** 高レベル放射性廃棄物地層処分基盤研究開発の全体計画(B)(2)②b)支保 低アルカリ性セメント にて実施。低アルカリ性セメントの化学的特性については，TRU廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画の（3）「性能評価」で実施。
			b) ベントナイト系材料	●海水系環境，人工バリア仕様，変質影響等のデータ拡充	●海水系地下水など地下水組成の異なる環境下での透水係数，拡散係数データの拡充【JAEA】 ●海水系地下水におけるCa型化ベントナイトの膨潤特性データの拡充【JAEA】 →海水系地下水などの環境下での透水係数や膨潤特性（自己シール性）については，高レベル放射性廃棄物の地層処分基盤研究開発の全体計画(B)(2)①b）緩衝材(a)基本特性データの整備にて実施。拡散係数についても，同計画(c)(2)①人工バリア中の核種移行c）緩衝材中の核種移行にて実施。 ●Ca型化およびスメクタイト含有量の変化に対応する応力ー歪関係の整理（定式化）及び拡散係数変化のモデル化【ANRE】(RWMC) →スメクタイト含有量およびCa型化に応じた応力-歪み関係と透水係数の変化について整理した。		**ベントナイトの基本特性の把握【ANRE（JAEA）】⇒（工学3-8）（TRU2-12，2-14）** 高レベル放射性廃棄物地層処分基盤研究開発の全体計画(B)(2)①b）緩衝材(a)基本特性データの整備にて実施。セメント影響を受けたベントナイトの化学的特性については、TRU廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画の（3）「性能評価」で実施。 緩衝材の設計・施工および再冠水に伴う初期物性の検討については、HLW工学技術の「(2)処分場の設計・施工技術③建設・操業・閉鎖等の工学技術」で実施
		②ニアフィールド構造解析		●施設設計・評価手法の具体化，適用性，妥当性の検証（解析モデルの信頼性向上）	●人工バリア長期変形評価モデルの高度化とその検証【JAEA】 -岩盤クリープが人工バリアへ与える力学的影響を評価できるようにモデルを改良。 →JAEAが所有する長期力学挙動評価ツールMACBECEに大久保らが開発した粘弾性モデルを導入し，処分施設と岩盤の変形の連成解析を行うことができるように改良を施した。 -緩衝材における構造力学評価パラメータを高度化。 →TRU廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画(3)「性能評価」③a)【力学影響】において実施した。 -Ca溶出による剛性低下を考慮できる最新のセメント系材料の力学モデルを構造力学評価ツールに導入し，妥当性を検証。 →TRU廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画(3)「性能評価」③c)連成評価モデルにおいて実施した。 ●地下深部における原位置での岩盤クリープに係るデータの取得【JAEA】 →高レベル放射性廃棄物地層処分基盤研究開発の全体計画(b)(3)④岩盤(a)岩盤の長期力学挙動において実施した。		**人工バリア長期変形評価モデルの高度化【ANRE（JAEA）】⇒（TRU2-15，2-18）** TRU廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画の(3)「性能評価」③a)【力学影響】及びc)連成評価モデルにおいて実施。
		③処分施設の設計	a) 人工バリア設計	●多様な環境下における人工バリアシステムの構成，仕様が具体的な根拠に基づき設計できるレベル	●各人工バリアの詳細設計【処分実施主体】 - サイトの地質環境条件等を考慮した各人工バリア仕様の提示，詳細化（廃棄体パッケージ，充填材，緩衝材，構造躯体等を対象）。 ●廃棄物特性を踏まえたバリアシステムの合理化【処分実施主体】 - 各廃棄物の物量，特性に応じたバリア構成・仕様の合理化。		
			b) 坑道設計	●施設設計・評価手法の具体化，適用性，妥当性の検証（解析モデルの信頼性向上）	●掘削時安定性評価【処分実施主体】 - 大断面地下坑道掘削時における周辺岩盤挙動（岩盤変位，支保工応力等）計測結果との比較分析，安定性評価手法の適用性，妥当性の検証。 ●地震時安定性評価【処分実施主体】 - 建設，操業時の坑道の地震動に対する力学的安定性評価手法の構築。 - 耐震評価における入力地震動の設定。 - 評価対象部位の選定，各部位の重要度分類，解析モデルの構築。		
			c) 処分場の基本概念	●多様な環境を想定した処分概念，処分場操業システムが具体的な根拠に基づき構築できるレベル	[処分場の基本概念構築] ●各廃棄体の特性及び地上施設，地下施設における一連の作業を考慮した合理的な処分場操業システムの構築【処分実施主体】 ●物流システム，換気・排水システムの構築，諸条件（廃棄物量，スケジュール等）の変更に対する柔軟性の確保【処分実施主体】 ●総合的なシステムとしての合理性，妥当性を備えた操業システムの構築【処分実施主体】		

研究開発要素				平成24年度迄の計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査地区選定を見据えた喫緊の研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細　目		達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
(D)TRU廃棄物処分技術	(2)設計・工学技術	④建設・操業・閉鎖等の工学技術	a) 建設技術	●実際の作業環境，時間軸，操業安全性を考慮した，より現実的な建設・操業・閉鎖技術の提示 ●多様なサイト条件，操業条件に対する各種対応技術の準備	[処分坑道掘削技術] ●大断面処分坑道等の掘削影響領域の形成の抑制及び工期短縮等を考慮とした坑道掘削技術の高度化【処分実施主体】 [緩衝材施工技術] ●地下環境，空間的制約，廃棄物特性等を考慮した合理的な緩衝材施工技術の構築【処分実施主体】 [構造躯体構築技術] ●空間的制約，工程を考慮した施工技術の構築【処分実施主体】 ●施工欠陥・内継ぎ目等の低減など，施工方法の最適化（核種移行遅延機能を期待できるコンクリート部材の施工方法の検討）【処分実施主体】		
			b) 操業技術	同上	[廃棄体パッケージ製作技術] ●廃棄体パッケージの具体的な製作技術及び成立性の提示【処分実施主体】 [廃棄体ハンドリング・定置技術] ●各廃棄体及び廃棄体パッケージの特性，形状を考慮したアクセス坑道～処分坑道における搬送技術【処分実施主体】 ●処分坑道内における廃棄体定置技術の構築【処分実施主体】 [充填材施工技術] ●廃棄体定置後のセメント系材料等による充填技術の構築【処分実施主体】	セメント系人工バリアの性能に対する施工方法の影響(異方性等)の把握と対策	**●(TRU2-6)現実的なセメント系人工バリア施工オプションの検討【ANRE】** ・バリア構築方法による部材性能への影響（異方性等）把握 ・品質管理方法の調査
			c) 閉鎖技術	同上	[埋め戻し技術] ●使用材料（ベントナイト系，セメント系材料）及び施工部位の空間的制約等を考慮した埋め戻し材の施工技術の構築【処分実施主体】 ●掘削ずりの利用等の合理化検討【処分実施主体】 [プラグ構築技術] ●ベントナイト系，セメント系材料による水理プラグ，力学プラグの各設置対象部位に応じた施工技術の構築【処分実施主体】 [グラウト技術] ●長期的な止水性能を期待したベントナイト系材料によるグラウト技術の開発【処分実施主体】		
			d) 管理技術（品質・安全）	●TRU廃棄物処分場の特性を考慮した品質管理，安全確保技術の検討	[坑道の維持・管理技術] ●大断面坑道等の維持・管理の方法，技術の構築【処分実施主体】 [人工バリアの維持・管理] ●各人工バリア施工時及び処分場閉鎖までの期間における品質管理方法及び技術の構築【処分実施主体】 [操業安全技術] ●地上施設，地下施設における操業時の事故防止技術及び放射線影響を考慮した設備設計，管理区域の設定【処分実施主体】 ●事故時復旧技術の検討【処分実施主体】 [緩衝材の膨潤挙動に関する検討] ●施設閉鎖後から再冠水に至る段階での緩衝材の膨潤が緩衝材の性能に与える影響の評価及び，遠隔操業技術により施工される緩衝材の施工品質が緩衝材の性能に与える影響の評価【ANRE】 ●建設・操業・閉鎖に伴い発生する様々な環境が与える影響の検討【ANRE】		[緩衝材の設計・施工および再冠水に伴う初期物性の検討については、HLW工学技術の「(2)処分場の設計・施工技術③建設・操業・閉鎖等の工学技術」に記載]
			e) モニタリング・回収技術	●TRU廃棄物処分場の特性を考慮したモニタリング・回収技術の検討	●建設・操業・閉鎖及び処分場閉鎖後のモニタリング技術の開発【処分実施主体】 ●TRU廃棄体の回収技術に関する検討【処分実施主体】 ●事業フェーズ（定置作業中～定置作業後～閉鎖後）に応じた廃棄体の状態評価技術の開発【処分実施主体】		
	(3)性能評価	①核種移行データ取得・整備	a) ソースターム（核種溶解挙動）	●多様な地下水条件や廃棄物性状を考慮してより現実的な評価を行うためのデータベースの拡充	●海水系地下水や廃棄体成分等の影響を考慮した条件下での核種溶解度データの取得／熱力学データベースの拡充（アスファルト・セメント混和剤・その他有機物の化学的/微生物的分解生成物といった有機配位子、硝酸・アンモニア・リン酸イオンといった無機配位子の核種溶解度に対する影響の知見拡充）【JAEA】【AVRE（JAEA）】 →熱力学データベースの拡充については高レベル放射性廃棄物の地層処分基盤研究開発の全体計画(c)(3)①放射性元素の熱力学データベースの整備において実施した。 →硝酸錯体・アンモニア錯体の核種溶解度に対する影響の知見の拡充についてはTRU廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画(3)性能評価④硝酸塩/有機物影響において実施した。 →セメント間隙水中におけるアクチニド等の溶解度測定を実施し，JAEA-TDBによる熱力学計算の適用性を確認した。 →アクチニド等の溶解度に及ぼすセメント減水剤の影響を調査し、セメント+減水剤から抽出した間隙水中では顕著なセメント減水剤の影響がないことを確認した。	セメント環境下における基盤的データ整備	**●(TRU2-7)アルカリ条件での熱力学データベース整備【ANRE（JAEA）】** TRU廃棄物処分の評価に重要となるセメント環境（アルカリ条件）での熱力学データベースを整備し，高レベル放射性廃棄物処分の熱力学データベースと統合する。カルシウムと4価の金属イオンの錯体形成についての報告が近年なされており，その影響を調査する必要がある。 V4価金属イオン等のZr溶解度に及ぼすCa濃度等の影響調査 ・アルカリ環境下における溶解度設定のための基盤情報の提示
			b) 金属溶解・核種放出挙動	●多様な環境条件を考慮した長期データの蓄積等に基づく信頼性向上	●長期浸出試験による放出挙動など，有機及び無機C-14に関するデータを整備し、より現実的な評価を可能にした【ANRE(RWMC)】。 →照射済み被覆管について，浸漬期間10年の長期浸漬試験を開始した。C-14浸出速度を確認（2年程度）するとともに気相C-14，液相無機C-14，液相有機C-14の存在を確認した。化学形態については詳細な化学種の分析が必要であることがわかった。 →金属の腐食に関して，ジルカロイについては，合金組成の違い，カルシウムや温度影響を考慮した中期の水素ガス発生・吸収のデータを取得し，腐食速度は経時的に減少することが分かった。 →ステンレス鋼については，温度影響を考慮した中期の水素ガス発生のデータを取得し，腐食速度は経時的に減少することが分かった。 →照射済み試料からのC-14浸出割合と未照射材の水素ガス発生による腐食量について評価したところ，照射影響や水素化物影響等の材料の物性に起因する影響に加え，液性や温度等の環境影響等の加速因子を検討する必要性が明らかになった。 →さらに，長期評価については，浸漬試験の長期継続のみでは不十分であり，長期を予測するためのモデル化が必要であることがわかった。そのために，ジルカロイについては高温腐食の知見を活用することで，モデル化できる可能性が示された。	●浸出するC-14の化学形態の把握と生成プロセスの科学的根拠を示すための計画策定を行う ●ジルカロイ等の各廃棄物材料からの長期腐食・核種浸出予測のためのモデルの検討・構築さらに確認方法の提示を行う ●モデル構築のための長期試験や腐食メカニズム等の理解を行う【長期試験】 ●C-14以外の重要核種の挙動評価を行う	**●(TRU2-8)放射化金属廃棄物のソースターム（核種放出挙動）の現実的な評価（TRU廃棄物処理・処分技術高度化開発）【ANRE（RWMC）】** H24年度までの成果を受け，放射化金属廃棄物のソースターム（核種放出挙動）の現実的な評価の必要性が明らかになったため，廃棄物材料（金属やハル酸化膜）毎に，核種放出や腐食挙動，さらに放出形態などのソースタームについて検討し，長期の挙動評価（科学的根拠に基づくモデル化）を行う。 ・気相，液相（有機・無機）のC-14の浸出割合の把握 ・C-14については化学種毎の形態把握方法の構築と，コールド試験による生成プロセスの検討（科学的根拠）を実施する。 ・腐食に伴うガス発生・吸収による信頼性の高い現実的な腐食速度を設定（ジルカロイやステンレス鋼）。 ・ジルカロイの長期腐食予測モデルの確認のための確認試験（照射影響など確認のためのホット試験含む）【長期試験】 ・放射化ステンレス鋼の長期腐食挙動モデルの構築（コールド材による評価のみを行い，ホット試験は実施しない） ・ハル酸化膜の溶解等に伴う長期核種放出モデルの構築手法の検討 ・C-14以外の核種浸出データの取得

研究開発要素				平成24年度迄の計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査地区選定を見据えた喫緊の研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細 目		達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
(D)TRU廃棄物処分技術	(3)性能評価	①核種移行データ取得・整備	c) 移行パラメータ（分配係数など）	●多様な地下水条件や廃棄物性状を考慮してより現実的な評価を行うためのデータ整備	●化学類似性で設定した核種に対するセメント系材料への核種収着データの取得【ANRE(JAEA)】 ●海水系地下水や廃棄体成分等の影響を受けた条件での核種収着データの取得【ANRE(JAEA)】 ●アスファルト・セメント混和剤・その他有機物の化学的/微生物的分解生成物（配位子）が核種収着に及ぼす影響の知見の拡充【ANRE(JAEA)】 ●硝酸錯体・アンモニア錯体の核種収着に及ぼす影響の知見の拡充【ANRE(JAEA)】 →硝酸錯体・アンモニア錯体の核種収着に対する影響の知見の拡充についてはTRU廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画(3)性能評価④硝酸塩/有機物影響において実施した。 ●有機C-14の安定性などを考慮した試験手法の標準化と，それに基づく分配係数データの取得 【ANRE(RWMC)】	セメント長期影響個別要素評価モデル開発/基盤的データ整備	**●（TRU2-9）収着分配係数設定に係る基盤情報整備【ANRE（JAEA）】** H24年度までの成果を受け，アルカリ環境下のデータが不足しており，データ・知見を拡充する。 ・アルカリ環境下における収着分配係数等設定のための基盤情報の提示
			d) コロイド・微生物影響	●TRU廃棄物処分システムの特徴を考慮したコロイド・微生物影響評価の検討	[高pHプルーム，廃棄体由来化学物質などに起因するコロイド生成など，処分場近傍の化学環境場を考慮したコロイドの発生影響評価] ●微生物活動による硝酸塩の変遷による影響の評価【JAEA】 （●微生物代謝産物による錯体形成及びコロイド形成現象の解明・評価については，担当機関未定の留保課題） →微生物活動による硝酸塩変遷挙動評価については，TRU廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画の(3)性能評価④硝酸塩/有機物にて実施。		**微生物活動による硝酸塩の変遷による影響評価【ANRE（JAEA）】⇒（TRU3-20）** TRU廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画の(3)性能評価④硝酸塩/有機物にて実施。
		②セメント変質	a) 化学的変遷	●地下水組成及びセメント系材料の多様性を考慮したセメント系材料の化学-物質移動モデルの構築とそれに伴うデータベース整備	●実験室レベルに加え，工学的規模や実地層環境での確認等によるセメント系材料や地下水条件の多様性を考慮した変質データの拡充，変質現象の解明，長期変質評価【JAEA】【ANRE(JAEA)】【ANRE(RWMC)】 - 様々なセメント硬化体，海水環境や廃棄体溶出成分を考慮した幅広い地下水組成を考慮した変質データの蓄積とモデルの検証 →低アルカリ性セメント（HFSC）の低アルカリ性発現機構を提案し，化学モデルを構築した。本化学モデルの多様な地下水条件への適用性確認のためのデータを取得中（～H26）。 →淡水及び海水による物質輸送特性変化や鉱物変化等の変質に関わるデータを取得中（～H26）。 →セメント硬化体中への元素の固溶メカニズムに立脚した鉱物の設定を提示し，有効性を確認した。地下水成分との作用によって生じるセメント硬化体の鉱物変化を解析するための化学反応モデルを提示し，有効性を確認した。 →JISに規定された混合セメントの変質モデル及び解析に必要な鉱物の設定を提示。 セメント種によらず評価可能な変質に伴う物質移行挙動変化のモデル化手法を提案（3次元空隙モデル＋MCDモデル）。 ●適切な長期の変質事例（人工構築物等）の調査，データ取得による，地下水組成や熱影響等に関する変質データの拡充【ANRE(RWMC)】 →1933年及び1960年に打設されたコンクリートを入手し，降水系及び海水系地下水組成の影響と熱影響の履歴を経たセメントについて分析を行い、長期の変質挙動を確認と変質モデルへの反映事項の抽出 →セメントの変質解析に考慮されていないSi及びCaの均一化，80℃以下でもC-S-Hの結晶化の進行を確認。 ●セメント系材料及びベントナイト系材料の界面近傍における変質挙動解明と長期変質評価及び変質に関わる熱力学データの整備【ANRE(RWMC)】 →界面近傍で生じる2次鉱物がC-S-Hであることを確認。	セメント長期影響個別要素評価モデル開発/基盤的データ整備 ●多様なセメント系材料の変質時の物質移行特性モデルを構築する。 ●人工バリア構築手法と初期状態の把握する(H29年度まで)。 （操業技術と重複記載） ●③セメント系材料への熱影響について変質条件や物性値への影響を把握する ●④セメント系材料の評価起点（閉鎖時）の初期設定の妥当性を確認する。	**●（TRU2-10）低アルカリ性セメント（HFSC）の変質評価モデル構築【ANRE（JAEA）】** H24年度までに取得したデータを用いて，海水影響を考慮した化学反応モデルの構築，物質輸送特性のモデル化，化学反応-物質輸送連成解析モデルの構築を行う。 ・化学反応モデルの多様な地下水条件への適用性確認。 ・水和反応を考慮した化学反応モデルの高度化。 ・水理特性や物質輸送特性に関するデータ拡充とそのモデル化。 ・セメント鉱物の熱力学データ整備 ・上記知見に基づく化学反応/物質輸送連成解析モデルの構築と妥当性確認。 **●（TRU2-11）セメント系材料に対する熱影響の把握および初期条件設定手法の整備【ANRE（RWMC）】** 長期変質評価におけるセメント系材料の初期条件の設定手法及び長期評価手法の整備 人工バリアのセメント系材料における処分場建設から処分場閉鎖までの履歴を考慮した長期変質評価の初期条件の設定手法を整備する。長期変質評価に必要となる現実的な物質移行特性モデルを構築する。 ・多様なセメント系材料の変質時の物質移行モデルを構築する。H24年度までに検討した物質移行モデルに関して，核種移行に関わる典型的な化学種の移動をモデル化し，MCDモデルの適用性を示す（H26年度まで）。 ・現実的な人工バリアオプションの成立性を検討する（H29年度まで）。H26年度までに現実的なバリア構成オプションとその構築方法の検討する。平成29年度までにバリア構築方法による部材性能への影響の把握，工学規模での特性確認，緻密な材料での物質移行（拡散係数）について検討する。 ・セメント系材料への熱影響による熱変質温度の設定とセメント物性（収着性含む）への熱影響の把握(H29年度まで)。 ・セメント系材料の評価起点（閉鎖時）の初期設定の妥当性について低pH化、結晶化等の影響を，アナログ試料の分析結果から課題の整理と想定される長期挙動の確証(H29年度まで)。
			b) 力学影響	●ひび割れ等の局所欠陥の生起及び修復過程のモデル化並びに物質輸送過程の変化の把握	●セメント系材料のひび割れ等の局所欠陥の長期的挙動調査による自己修復性やセメント系材料の止水性の変化を調べ、長期評価への反映可能性を示した。これらの評価により現実的なセメント系材料の物質移動抑制機能を安全評価に反映した【ANRE(RWMC)】 - ひび割れの長期的挙動を調査し，ひび割れ近傍での溶脱や閉塞が生じる条件（ひび割れに沿った二次鉱物の生成等）の確認及びひび割れ閉塞のモデル化 →試験を実施した多くの条件でひび割れの閉塞が確認されたが，その条件を特定することはできていない。 - ひび割れ形成，開口・閉塞に伴う物質輸送特性（透水性・拡散性）の変化に関するデータの取得 →ひび割れが閉塞傾向にあることから，ひび割れの発生そのものが長期的に施設性能に影響を及ぼすものではないと考えられるが，閉塞条件が特定できないことから，性能として組み込めないことが明らかになった。 - 上記検討による知見や工学スケールでの検証に基づく変質モデルの高度化		

研究開発要素				平成24年度迄の計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査地区選定を見据えた喫緊の研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細 目		達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
(D)TRU廃棄物処分技術	(3)性能評価	③アルカリ環境下ベントナイト・岩反応	a) ベントナイト系材料（緩衝材，埋め戻し材）【化学的変質】	●海水環境などの多様な環境条件でのデータ整備，評価手法の高度化 ●鉱物の熱力学データや変質モデル等のより現実的評価を行うための基盤整備	●地下水組成の多様性を考慮した緩衝材の時空間的な化学的変遷挙動及び間隙水化学を評価するために必要な知見の拡充と化学反応モデルへの反映と確証【JAEA】【ANRE(JAEA)】 - 天然事例研究情報反映を含む長期変遷シナリオの拡充・高度化 →緩衝材の長期変遷シナリオへの最新知見の反映，シナリオに基づく堆積岩変質天然事例シミュレーションモデルを開発した。 - 緩衝材変質に関する初期鉱物（スメクタイト等）及び二次鉱物（C-S-H鉱物，ゼオライト等）の溶解・沈殿反応に関する熱力学データベース及び速度論データの拡充・信頼性向上 →高アルカリ条件におけるスメクタイト溶解速度データを取得し，アルカリ領域で適用可能なスメクタイトの溶解速度モデルを構築した。これら成果を活用しつつ熱力学データ/速度論データ整備を実施中（～H26）。 - 緩衝材の変質過程及び間隙水の化学的条件に対する人工バリア材料/廃棄体等由来の化学物質を含む多様性影響に関する知見の拡充 →セメント成分の影響による水理特性変化に関するデータを取得中（～H26）。廃棄体由来化学物質の影響については未実施。 - 地下水組成の多様性等を考慮したセメント系材料と接触したベントナイト系材料の界面近傍における長期変質挙動の確証【ANRE(RWMC)】。 →セメント-ベントナイト界面近傍の析出物がC-S-Hであることを確認した。また，その識別のための界面付近の分解能の向上，微量な二次鉱物の分析を可能とした。 →2次鉱物の生成は7年程度の実験期間では界面近傍に留まっており，特に緩衝材の変質に関しては物質移行が制限されている可能性を示した。 →スメクタイトの圧縮環境での溶解速度（pH12.5）を測定し，いわゆる「遅い」溶解速度で評価可能であることを確認した。 →アナルサイムに生成条件について検討し熱力学データ通りpH10程度であっても高Na濃度ではアナルサイム化が進展することを確認した。 - 二次鉱物の分離・分析手法の高度化による変質挙動の確証 ●変質モデルの2次元化・最新知見（狭隘間隙での固相影響，高イオン強度，セメンテーション，超長期データでの確証）の反映【JAEA】【ANRE（RWMC）】 - 上記の化学反応-物質輸送モデルの2次元化 →天然事例シミュレーションを通して，擬2次元化学-物質輸送解析手法を開発した。 - 狭隘間隙における固相表面の影響（P-Bモデル）や高イオン強度条件での活量補正手法の反映，及びセメンテーション挙動の評価 →狭隘間隙における固相表面影響については，高レベル放射性廃棄物の地層処分基盤研究開発の全体計画（c)(2)①人工バリア中の核種移行にて実施。活量補正については，上記の擬2次元化学-物質輸送解析手法に高イオン強度条件活量補正モデルを反映。セメンテーション挙動評価は未実施。 - 緩衝材のアルカリ変質に関するNA研究による天然環境での長期データの取得・確証・改良 →天然環境でのアルカリ変質，Ca型化を履歴として残している場を，国内，国外双方で検討。長期データの取得のための手法の適用性について実試料を対象にして検討した。 - セメント及びベントナイト系材料の変質に関する情報管理ツールの作成 →既存の情報についての整理を行い，ツールとして使用できるレベルのものを構築。	セメント長期影響個別要素評価モデル開発/基盤的データ整備 ●ベントナイト材料及び地下水環境の多様性に対応した，モンモリロナイトの化学変質の把握 ●ベントナイト材料のセメント材料の多様性に対応した変質挙動の評価（H29年度まで） ●天然事例による評価の妥当性確認（H29年度まで） ●フィリピンのナチュラルアナログサイトでの反応が継続している（アクティブな）地点の探索	**●（TRU2-12）緩衝材の変質挙動評価モデルの構築【ANRE（JAEA）】** H24年度までに取得したデータを用いて，セメント成分によるベントナイト緩衝材の化学的特性及び水理特性変化のモデル化，化学反応-物質輸送連成解析モデルの構築を行う。 ・セメント成分の影響による水理特性変化に関するデータ拡充，現象理解及びモデル構築。 ・上記知見に基づく化学反応/物質輸送連成解析モデルの構築，連成解析評価に用いるための鉱物熱力学データ/溶解・生成速度論データの整備。 ・実験トレース，天然事例シミュレーション等を通じたモデル/データの妥当性確認。 **●（TRU2-13）TRU廃棄物処理・処分技術高度化開発【ANRE】** 圧縮環境下での異なる条件（水質・温度，材料）での溶解挙動の把握 圧縮環境下では，モンモリロナイトの溶解速度は遅くなることを前フェーズで確認することができたが，より実環境に近い条件で，水理ー力学ー化学の複合現象としてベントナイトの挙動を捕らえ，性能評価に反映することが必要である。 ・圧縮環境でのモンモリロナイトの溶解速度の評価法を確認する。 ・セメント溶脱水の環境でのベントナイトの変質挙動を確認する。 ・二次鉱物の生成挙動（生成条件、生成速度等）を把握する。 ・ベントナイト変質鉱物の物性（体積変化等）を把握する。 **●（TRU2-14）ナチュラルアナログを活用した緩衝材の長期挙動評価の妥当性確認** アルカリ環境下のベントナイトの長期挙動評価の信頼性の担保のためにナチュラルアナログの活用を検討し，フィリピン国ルソン島北西部がその調査サイトとして最適であることが確認され、過去に高アルカリ地下水とベントナイトが接触していた地点（Fossil Typeの調査サイト）において多くの知見が得られた。さらに，現在もアルカリ地下水が湧出しているアクティブなサイト（Active Typeの調査サイト）においてフィールド調査を実施して，ベントナイトのアルカリ変質の過渡的な現象を明らかにして，その長期挙動の妥当性を確認する。 ・ナチュラルアナログ事例の試料分析や変質解析による評価から，天然でのスメクタイトへのアルカリ（Ca）影響による変質が十分遅いことを示し，処分場性能が十分に長期間保たれる論拠を補足する。H26年度まではアルカリ影響を受けたフィリピンの試料の分析とそのナチュラルアナログを活用した長期評価モデルの適用性の確認。 ・アクティブなナチュラルアナログサイトの調査による，変質反応に係わる地下水，地質環境、物質移行データの取得とベントナイトの変遷過程の確認【長期調査】。
			a) ベントナイト系材料（緩衝材，埋め戻し材）【力学影響】	●地下水組成の多様性を考慮した緩衝材の力学挙動及び物質移動特性変化の評価	●地下水の多様性を考慮し，Ca型化以外のイオン型の変化，当量イオン濃度変化による力学パラメータを取得して，力学評価及び力学変化に伴う物質移動特性変化を評価【JAEA】 - スメクタイトのイオン型の変化（K型化，Mg型化），間隙水の当量イオン濃度変化による力学パラメータの評価、及び上記を反映した力学挙動評価及び力学影響による物質移動特性変化の評価 →スメクタイトの交換性Na率および当量イオン濃度とECモデルの降伏曲面形状パラメータの関係を整理して降伏曲面形状パラメータの定式化を行い、TRU廃棄物処分坑道を対象とした力学評価及び力学的挙動の帰結として現れる透水係数の変化を評価した。 - 鉱物変質と膨潤性との関係の把握，及び水理，力学特性に関する長期変遷挙動の評価手法の検討 - 変質によりセメンテーションした場合の力学挙動評価 ●モデル検証に必要な長期変質試料に関するデータ（透水係数，拡散係数，膨潤特性）を取得し、それらを反映した評価手法を提示した【ANRE】（RWMC） -モンモリロナイトの型および含有量の異なるベントナイトに適用可能な力学特性・物質移行モデルのを構築。 -セメント-ベントナイト界面での変質挙動を反映した透水係数の測定 →モンモリロナイトの含有量の変化、接触界面でのCa型化あるいはモンモリロナイトの変質を模擬的に再現する試験を実施し，挙動の測定およびその要因について検討。変質過程をモデル化し、長期挙動予測に反映する解析手法を提示した。	セメント長期影響個別要素評価モデル開発/基盤的データ整備 化学変質に伴う力学・物質移行特性変化の演繹的手法によるモデルの高度化	**●（TRU2-15）緩衝材のテクスチャーの変化を想定した力学挙動評価手法の開発【ANRE（JAEA）】** H24年度までの成果を受け，緩衝材がセメンテーションする場合の力学挙動の評価手法を開発することの重要性が明らかとなったため，フレーム解析モデルによる解析手法を構築。 **●（TRU2-16）緩衝材の化学変質を考慮した力学・物質移行特性変化のモデル化【ANRE（RWMC）】** 化学変質を考慮した力学・物質移行特性変化のモデル化 化学的な影響を考慮した試験によって，ベントナイトの力学挙動は，モンモリロナイトの溶解，Ca型化の他にもイオン強度，イオン種，二次鉱物の生成による体積変化等の影響を受けることが明らかとなった。そのため，実環境を念頭においた特性変化についての把握が必要である。 ・化学変遷質に伴う力学・物質移行特性変化の演繹的手法によるモデルの高度化（継続中）および地下水の多様性への対応。 ・地下水の多様性（化学種の影響）による力学挙動を把握する。 ・二次鉱物の生成を考慮した力学・物質移行特性変化を測定うする。
			b) 岩盤変質	●岩盤の類型化及び岩盤構成鉱物の変質シナリオの構築，変質に伴う岩盤の物質移行特性への影響に関する知見の拡充	●具体的な地質媒体を対象にアルカリ影響評価のための，天然事例調査や試験データに基づく，岩石・地下水の類型化及び包括的な変質シナリオの構築【JAEA】【ANRE】（JAEA） - 岩との反応機構に関する試験等を実施し，鉱物変遷及び化学反応過程に関する知見の拡充を実施 - 岩-アルカリ反応に関する天然事例調査 - 岩盤や地下水組成の類型化（廃棄体由来の化学物質影響を含む） - 岩-アルカリ反応による岩盤の変質過程の包括的シナリオの構築 →岩盤の元素組成、地下水組成を類型化し、岩-アルカリ反応によって生じ得る鉱物学的変化を想定した長期変遷シナリオを構築した。 ●アルカリ変質による岩盤の物質移行特性変化の定式化，地質媒体の不均質性（亀裂等）を考慮した評価への適用，及び妥当性検討【JAEA】【ANRE（JAEA）】 - 初期鉱物及び二次鉱物に関する熱力学データベース及び速度論データの整備 →岩-アルカリ溶液反応実験における干渉計を用いたその場観察により，岩石構成鉱物の溶解速度を測定し，本結果及び既往の文献データに基づき岩石変質挙動評価に用いる鉱物溶解速度データセットを作成した。熱力学データ整備については，a)ベントナイト系材料と共に実施中（～H26）。 - 通水実験等による物質移行特性変化の評価，間隙率等を関数とした定式化，アルカリー岩反応機構に関する試験結果を反映した解析手法の高度化 →花崗岩粉砕試料を用いたカラム通水実験，花崗岩人工亀裂への通水実験を実施。粉砕試料については多孔質媒体としてモデル化を行い，通水量変化を再現することができた。人工亀裂については，水理特性変化の現象解明及び定式化を実施中（～H26）。 - 亀裂の反応寄与面積の設定，亀裂充填鉱物の反応への寄与，二次鉱物の生成による亀裂の充填及びマトリクス中の間隙閉塞の影響を考慮した亀裂性媒体としての変質解析 →亀裂間隙構造の不均性を考慮した化学-物質輸送連成解析手法を開発し，本解析手法を用いて既往の花崗岩天然亀裂通水実験でみられた二次鉱物生成に伴う通水量変化を再現することができた。 - 地下水組成やセメント量などの境界条件を考慮した解析評価 →国際共同研究（LCS）を通じて，環境条件等の異なる天然事例を対象とした解析評価を実施した。	セメント長期影響個別要素評価モデル開発/基盤的データ整備	**●（TRU2-17）岩石の変質挙動評価モデルの構築【ANRE（JAEA）】** H24までの知見を受け，セメント成分による花崗岩人工亀裂の水理特性変化の現象解明とモデル化を行う。 ・セメント成分の影響による亀裂性媒体（花崗岩）の水理特性変化に関するデータ拡充、現象理解及びモデル構築。 ・上記知見に基づく化学反応/物質輸送連成解析モデルの構築，解析評価に用いる鉱物熱力学データ/溶解・生成速度データの整備。 ・実験トレース，天然事例シミュレーション等を通じたモデル/データの妥当性確認。

研究開発要素				平成24年度迄の計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査地区選定を見据えた喫緊の研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細　目		達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
(D)TRU廃棄物処分技術	(3)性能評価	③アルカリ環境下ベントナイト・岩反応	c) 連成評価モデル	●力学-化学-物質移動連成評価手法の開発	●人工バリア及び天然バリア領域における力学-化学-物質移動連成評価手法の開発【JAEA】【ANRE（JAEA）】【ANRE（RWMC）】 - 2次元化された人工バリア及び天然バリアの化学-物質移動連成モデルカップリング - 上記化学-物質移動連成モデルと力学モデルの連成 →金属材料の腐食膨張に伴うセメント系材料でのひび割れの発生による坑道の変形及び透水係数の変化を評価できる力学モデルを長期力学挙動評価ツールに導入してTRU廃棄物処分施設を対象とした長期力学解析を行うと共に，バリア材料の化学的変質-物質輸送-力学挙動間のフィードバックループを反映した連成解析を行うための課題を抽出した。 【ANRE（RWMC）】 (3)「性能評価」②セメント変質及び③アルカリ環境下ベントナイト・岩反応に記載した各試験結果，モデル検討結果を反映した解析手法の提案（鉱物設定の変更，力学連成等）	セメント－地下水複合現象評価手法の開発 水理－力学-化学（HMC）複合現象のモデルの高度化	**●（TRU2-18）ニアフィールド・複合現象評価手法開発【ANRE（JAEA）】** H24年度までの成果を受け，異種材料間における化学-物質輸送-力学現象に跨る複合現象を考慮して，ニアフィールドの長期挙動を評価するための手法を開発する。 ・「セメント長期影響個別要素評価モデル開発/基盤的データ整備」の成果を逐次反映した汎用化学反応・物質輸送連成解析ツール及び力学挙動解析ツールと，これらのインターフェースとなるミドルウェアを実装した複合現象評価システムの構築。 **●（TRU2-19）人工バリアのHMC複合現象のモデル化のための要素検討（TRU廃棄物処理・処分技術高度化開発）【ANRE（RWMC）】** HMC連成の効果についての検討により，複合現象のモデルの高度化とその現象を取り込むための解析方法についての検討が必要であることが課題であることが明らかとなった。そのため，現象のモデル化のために必要な情報を整理し，化学試験及び力学試験で得られた現象モデルの反映方法と優先度を把握することが必要である。 ・化学変質を考慮した力学解析手法の検討 ・二次元での複合現象の解析の効果の確認
		④硝酸塩／有機物影響		●地下水や岩石等の多様性並びに廃棄体及び人工バリア由来の化学物質の影響の考慮 ●多様な環境における有機物/硝酸塩反応の評価	●地質媒体中での硝酸イオンの化学的変遷過程に関する知見の拡充及び現実的な硝酸塩影響範囲を評価の実施【ANRE（JAEA）】 ●地下深部の原位置での硝酸塩等物質移行挙動の知見の拡充 ●硝酸塩による高イオン強度等による核種移行パラメータ等への影響の程度に関する知見の拡充【ANRE(JAEA)】 - 廃棄体由来成分（硝酸塩)影響及び高イオン強度影響に関する知見を反映したデータの拡充 →硝酸イオンの化学的変遷に寄与する，処分施設内の金属との反応，処分施設内外の微生物との反応及び天然岩盤中の還元性鉱物との反応をそれぞれモデル化し，これらを組み合わせることにより化学反応モデルを構成した。 →上記の化学反応モデルを化学反応/物質輸送計算コードに実装することにより，硝酸塩化学変遷評価モデル（NEON）を構成した。 →酸化還元に鋭敏な元素の溶解度に及ぼす硝酸ナトリウムの影響を調査し，概ね硝酸イオンとの顕著な錯生成や硝酸イオンによる酸化の影響は見られないことを確認した。 →アンモニアと錯生成する可能性のある元素について，溶解度に及ぼすアンモニアの影響を調査し，JAEA-TDBによる熱力学計算と概ね整合することを確認した。 →収着分配係数に及ぼす硝酸ナトリウムの影響を調べナトリウムイオンと競争的に収着することを確認した。. →収着分配係数に及ぼすアンモニアの影響を調べ，アンモニアと錯生成する元素について，高アンモニウム濃度条件において収着分配係数の顕著な低下を確認した。 →拡散法により収着分配係数を取得するための試験を実施した。 - 多様なセメントとその変質物及び変質岩石に対する収着データ拡充 ●地下水，バリア材，廃棄体に含まれる多様な化学物質による有機物/硝酸塩反応に対する影響評価 - 有機物/硝酸塩反応に対する触媒作用物質の探索。 - 触媒物質共存下における有機物/硝酸塩反応過程の評価。		対応する課題はフェーズ3として実施
		⑤ガス発生影響	a) ガス発生評価	●ガス発生速度の長期データの取得 ●放射性ガスの発生に係る知見（材料の腐食データ等）の拡充	【ANRE（RWMC）】 ●(3)①bで実施する金属の腐食試験の結果から，金属廃棄物の内，主にジルカロイからのガス発生速度を提示した。 →還元環境での単純な系でのジルカロイ，ステンレス鋼の中期の腐食に伴うガス発生データを取得。 ●微生物分解作用による処分環境下におけるガス発生速度データの取得と長期評価モデルの検討 ●ジルカロイ吸蔵水素の再放出の可能性評価 ●放射性ガス発生量評価手法の検討とデータ取得	●現実的な腐食に伴うガス発生速度の設定 ●ジルカロイの水素ガス発生・吸収の反応メカニズムの理解 ●放射性ガスの発生に係る知見（材料の腐食データ等）の拡充 ●各放射化金属の長期腐食のモデル化 ・ただし、金属由来以外のガス発生については抜け落ち課題であり、目標が設定されていない。	ガス発生に関する課題は現状抜け落ちである。ただし，下記案件で実施している金属の腐食試験の成果は，波及効果として利用できる。 **●（TRU2-20）放射化金属廃棄物からの水素ガス発生の現実的評価（TRU廃棄物処理・処分技術高度化開発）【ANRE（RWMC）】** H24年度までの成果を受け，金属廃棄物の腐食にともなって発生する水素ガスの現実的な評価の必要性が明らかになったため，金属毎（ジルカロイやステンレス鋼）に，長期的な腐食モデルを構築し、水素発生量の評価を行う。 ・還元環境におけるジルカロイ，ステンレス鋼からのガス発生の長期のデータや環境影響を考慮したデータを取得し，現実的な腐食に伴うガス発生速度を設定する。 ・各放射化金属の長期腐食モデルの構築（短期試験含む）
			b) ガス移行評価	●粘土系材料や亀裂性岩盤を中心としたガス移行特性データの拡充，モデルの高度化及び確証	【ANRE(RWMC)】 ●ガス移行に関する材料特性データの整備 - 基礎的データ拡充試験及び工学規模特性試験による緩衝材のガス移行に係わる基礎的データの取得 →基本特性要素試験を実施し，緩衝材の飽和挙動に関する基礎的データを取得。 →寸法効果評価試験から，破過，自己シール性，ガス透気経路及び寸法効果に関する基礎的データを取得。 →（飽和不飽和力学特性試験） →複合要素システム試験計画の最適化に関する情報収集，及び基本特性要素試験，寸法効果評価試験からの飽和挙動に関する基礎的データを踏まえて試験内容の見直し。 ●モデル化・解析手法の高度化 - 選定したモデル化・解析手法に対する適用性を既存の研究成果再現解析から検証 - 長期変遷の考慮に向け，水理（H）と温度（T）と力学（M）の連成を考慮したモデル化とガス発生・移行への影響因子に関する検討 - 構成モデルやパラメータ等の共通利用が可能なデータライブラリの構築 - ガス移行影響評価による処分施設内の応力場の評価とその影響を考慮したガス移行評価の検討 ●ガス移行挙動評価手法の構築 - 処分施設の長期変遷過程におけるガス発生・移行に係るシナリオの整備 - ガスの発生と核種移行の情報や知見の取得，拡充に向けた検討	●ガス移行に関する材料特性データの拡充 -ベントナイト，セメント系材料（の一部）に関する個々のガス移行挙動及び現実的な施工状況を反映したガス移行挙動を明らかにする。 ●ガス移行連成解析ツールの高度化 -複合材料（セメント・ベントナイト）の長期変遷・連成系（THMC）の考慮や不確実性の定量化手法を提示する。 ●ガス移行評価シナリオの拡張 -TRU廃棄物処分技術検討書（第2次TRUレポート）のガス発生に係る記載を改訂する。	**●（TRU2-21）ガス移行に関する材料特性データの拡充【ANRE（RWMC）】** ベントナイトに係るガス移行の知見について十分把握されておらず，セメントについては殆ど把握されていない。 ・ベントナイト，セメント系材料（の一部）のガス移行に関する課題を整理したうえで，具体的なデータ取得に着手し試験を実施し，さらに現実的な施工状況を反映したガス移行挙動の把握のためのシステム試験の検討を実施する。 **●（TRU2-22）ガス移行連成解析ツールの高度化【ANRE（RWMC）】** 解析・モデル化の検討において，連成問題への対応への余地が存在する。 ・複合材料（セメント・ベントナイト）の長期変遷・連成系（THMC）を考慮したモデル化手法・解析手法及び不確実性の定量化手法を提示する。 **●（TRU2-23）ガス移行評価シナリオの拡張【ANRE（RWMC）】** TRU廃棄物の他グループや容器などを考慮したシナリオ構築の余地が存在する。 ・最新の研究結果を整理し，TRU廃棄物処分技術検討書（第2次TRUレポート）のガス発生量，発生時期を再検討し，必要に応じ修正を施す。
		⑥システム性能評価	a) シナリオ解析	●シナリオ開発におけるシナリオ／解析ケースの導出過程の論理構築 ●わが国固有の特徴を考慮した変動シナリオ及び接近シナリオにおける様式化アプローチの構築	●包括的FEPとシナリオ/解析ケースとの演繹的・帰納的関連付け【JAEA】 →高レベル放射性廃棄物の地層処分基盤研究開発の全体計画(c)(1)①シナリオ解析技術にて実施した。 ●国際的に共通する部分とわが国固有の部分の整理を踏まえた様式化アプローチ（シナリオの評価方法，生物圏等）【JAEA】 →TRU廃棄物処分技術検討書（第2次TRUレポート）において線量を支配するI-129の移行パラメータについて国際間の比較を行うなど，上記様式化アプローチに資する情報の収集を行った。		**TRU廃棄物処分を対象としたシナリオ解析技術の高度化【ANRE（JAEA）】⇒（性能2-1）** 高レベル放射性廃棄物処分全体計画（c）性能評価技術（1）評価手法①シナリオ解析技術に統合。

研究開発要素				平成24年度迄の計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査地区選定を見据えた喫緊の研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細　目		達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
			b）核種移行評価	●人工バリア変質や天然バリアの地下水環境の変遷などを考慮した概念モデルや評価モデルの高度化	●処分施設閉鎖後の過渡的条件，人工バリアの長期挙動に対応した核種移行評価手法の高度化（核種移行パラメータの変遷，概念モデル及び解析モデルの詳細化など）【JAEA】 ●個別事象に関する最新の知見を反映したモデルの高度化とデータ設定【JAEA】 →TRU廃棄物処分施設の力学挙動，及び地下水流動の有限要素解析コードによる解析を効率よく実施し，核種移行評価に反映するための解析支援プログラムのプロトタイプを開発した。	セメント影響評価モデル高度化	**●（TRU2-24）複合的な場の状態に対応できる核種移行評価手法の構築【ANRE（JAEA）】** TRU廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画(3)性能評価③アルカリ環境下ベントナイト・岩反応c)連成評価モデルにおける「セメント－地下水複合現象評価手法開発」の結果を反映できるように，性能評価モデルを開発する。 ・ニアフィールド環境変遷問題に対して複合現象評価手法を適用することにより予測される人工バリアや岩盤の割れ・形状変形とこれらに伴う水理・物質輸送特性の変化，及び化学的変質に伴う核種移行特性への影響等を総合的に考慮することの可能な性能評価モデルを開発する。
（D）TRU廃棄物処分技術	（3）性能評価	⑥システム性能評価	c）生物圏評価	●わが国固有の特徴やTRU廃棄物固有の課題を考慮した生物圏評価モデルやデータベースの構築	●有機形態を含むC-14，I-129などTRU廃棄物固有核種の特徴を考慮した現実的生物圏評価手法の構築（モデルの高度化やデータベースの拡充）（C-14及びI-129の生物圏評価についてのANRE公募事業の成果（NIRS）も必要に応じて引用）【JAEA】 →高レベル放射性廃棄物処分全体計画（c）性能評価技術(2)③生物圏での核種移行/被ばくにおいて実施した。 ●放射性核種生物圏移行評価高度化調査【ANRE(NIRS)】 ・生物圏評価におけるC-14とI-129のデータ（土壌等への収着分配係数）の拡充。 【成果】 ・酢酸，ギ酸，ホルムムアルデヒド，メタノール等の低分子有機化合物のC-14について，わが国の農耕地土壌における土壌－土壌溶液分配係数の範囲を示した。 ・ヨウ化物イオン及びヨウ素酸イオンについて，わが国の農耕地土壌における土壌－土壌溶液分配係数の範囲を示した。	わが国固有の特徴やTRU廃棄物固有の課題を考慮した生物圏評価モデルやデータベースの構築の拡充	**●（TRU2-25）TRU廃棄物処分を対象とした生物圏評価モデルの高度化【JAEA】⇒（性能2-15）** 生物圏における現象理解を中心としつつ，その成果を処分場の性能評価モデルに導入する方法論の構築を必要に応じ他機関と連携の上，実施する。（高レベル放射性廃棄物処分全体計画（c）性能評価技術(2)③生物圏での核種移行/被ばくにおける成果を活用） ●【ANRE（NIRS）】 フェーズ2については本研究開発課題を終了した。この課題において微生物活動がC-14のガス化に関与しており，ガス化したC-14が光合成を介して農産物（水稲）へ移行することが分かった。この成果を踏まえ，フェーズ3の研究開発課題「放射性核種生物圏移行評価高度化開発（TRU3-50）」において微生物活動とC-14の農作物への移行について調査することで発展的に継続している。
			d）総合評価／不確実性解析	●核種移行パラメータ間の相関など不確実性をより現実的に考慮した評価手法の構築 ●リスク論的考え方による不確実性の定量化とリスク論的安全評価手法の適用性評価	●核種移行パラメータの相関性の検討及び相関を反映した不確実性解析の実施【JAEA】 ●モデルバリエーションを反映した核種移行解析【JAEA】 ●TRU廃棄物と高レベル放射性廃棄物地層処分の設計・安全評価の考え方・使用ツールに関する平仄合わせ【JAEA】 →TRU廃棄物と高レベル放射性廃棄物地層処分における性能評価ツールのベンチマーク解析を実施した。		**TRU廃棄物処分を対象とした性能評価のための評価体系の例示【JAEA】⇒（性能2-4）** 高レベル放射性廃棄物処分全体計画（c）性能評価技術（1）評価手法③総合的な性能評価技術と統合。
	（4）併置処分に関する検討	①相互影響評価		●より合理的な相互影響クライテリアの構築	●離隔距離を律する硝酸塩等による高レベル放射性廃棄物処分システムのバリア材に及ぼす影響の知見の拡充による離隔距離や配置の合理化【処分実施主体】 ●硝酸塩処理・処分技術高度化開発：併置処分における硝酸塩影響評価システムの構築（地質媒体中での硝酸イオンの化学的変遷過程に関するモデル化及び硝酸イオンやその変遷物の核種移行パラメータ等への影響評価）並びに廃液からの硝酸塩除去システムの構築【ANRE(JAEA)】 →TRU廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画(3)「性能評価」④硝酸塩/有機物影響で実施した，地質媒体中での硝酸イオンの化学変遷モデル（NEON）の開発の成果と，硝酸イオンやその変遷物の核種移行パラメータへの影響評価の成果を統合した硝酸塩影響評価システムを構築した。 →廃液からの硝酸塩除去システムの構築については，TRU廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画(5)代替技術の開発④硝酸塩分解技術で実施した。		フェーズ3の課題として実施
		②併置処分概念の合理化・最適化		●併置における総合的な処分概念の構築	●様々なサイト条件に応じた離隔距離，配置，プラグ等の工学的対策を含めた合理的な併置処分施設設計の高度化【処分実施主体】 ●TRU廃棄物と高レベル放射性廃棄物の特徴を踏まえた人工バリア構成の最適化【処分実施主体】 ●TRU廃棄物と高レベル放射性廃棄物を合わせた地層処分技術の一本化【処分実施主体】 ●TRU廃棄物と高レベル放射性廃棄物地層処分の設計・安全評価の考え方・使用ツールに関する平仄合わせ【JAEA】 →TRU廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画（3）性能評価⑥システム性能評価で実施。		
	（5）代替技術の開発	①放射性ヨウ素固定化		●長期浸漬試験等の実施による長期予測モデルの検証 ●固化処理プロセスデータ取得，実規模固化体サイズの評価 ●ヨウ素固定化技術を適用した際の合理的な処分概念の検討	【ANRE(RWMC)】 （長期性能） ●処分場環境を想定した条件下での長期浸漬試験により浸出データや固化体物性データを取得し，H18年度までに構築したヨウ素放出モデルを検証した。 →長期浸出データを取得することで，一部の固化体でモデルの修正を行い，ヨウ素放出モデルを検証した。 ●固化体マトリクスの変質に関する解析技術の構築(ヨウ素の浸出モデルの信頼性を確保し，その効果を検証するには，長期試験が必要であり，そのための検討期間の延長が必要)。 →固化体の溶解・変質に関する解析技術を一部の固化体について構築し，他の固化体については構築に着手した。 （処理プロセス） ●固化体サイズをパラメータにした固化処理試験及び解析により固化体性状や浸出データを取得し，実規模固化体サイズを評価した。 →スケールアップ試験や解析技術を構築することで，実規模固化体サイズを設定した ●中規模或いは工学試験規模の固化処理プロセス試験(コールド)によりヨウ素回収率(目標>95%)を評価 →中規模試験と机上検討を合わせ，固化処理プロセスのヨウ素回収率に95%以上の見込みを得，工学試験の概念検討への知見を得た。 ●中規模或いは工学試験等により実用的な固化処理能力を評価 →中規模試験により，実用的な固化処理能力を評価し，工学試験の概念検討への知見を得た。 ●実用化を想定した機器設計・開発 -廃銀吸着材の性状調査と，調査結果に伴う施設設計を見直した。 →模擬廃銀吸着材の熱特性を把握し，プロセス設計の見直しへ反映したが，実廃銀吸着材の性状を直接分析することができなかった。 -工学規模試験設備による施設設計の妥当性の確認 （実規模での確証に先だって，工学規模での十分な検討を実施するため，数年程度の期間の延長が必要） →中規模規模での試験によりプロセスデータを取得し，工学規模試験の設備・工程についておおよその目処を得た。 【電気事業者】 ●ANRE技術開発中のヨウ素固定化技術を反映した廃棄体の概念設計を行うとともに，反映した合理的な処分概念を検討（平成19年まで）	●長期浸漬試験等の継続的なデータ取得による長期予測モデルの信頼性向上を行う ●緻密性など固化体性能の向上を行う ●固化処理プロセスの工学規模試験の準備（小規模および中規模試験での確認）を行う ●技術の絞り込みに必要となる情報の整備（処分実施主体（NUMO），JNFLとの調整）を行う	**ヨウ素固定化処理技術の高度化（TRU廃棄物処理・処分技術高度化開発）【ANRE（RWMC）】** H24年度までの成果を受け，ヨウ素固化体特性についてより精緻かつ科学的根拠をもって示す必要性が明らかになったため，これまで開発を継続している3つの候補技術（岩石固化技術，BPIガラス固化技術，セメント固化技術）を対象に，ヨウ素放出モデルの高度化を行うとともに，技術選定の準備を行う必要がある。 **●（TRU2-26）（長期性能）** ・処分場環境を想定した条件下での長期浸漬試験により浸出データや固化体物性データの取得を継続し，H24年度までに構築したヨウ素放出モデルを検証・高度化 ・H24年度までに構築した固化体マトリクスの変質に関する解析技術の高度化 ・固化体性能の向上 **●（TRU2-27）（処理プロセス）** ・中規模の固化処理プロセス試験(コールド)により，H24年度までに見込みを得たヨウ素回収率(目標>95%)に対して，プロセス設計の高度化およびゆう度を把握し，工学規模試験の設計・製作に資する ・中規模試験による，固化処理技術の高度化および合理化検討 ・工学規模試験計画の策定 **●（TRU2-28）（技術の絞り込みの準備）** ・各固化体の処分環境への適用性，コスト等を総合的に考慮した固化技術の絞り込みのための評価項目の整理 （NUMO，JNFLの実施計画との調整が必要）

研究開発要素			平成24年度迄の計画と成果		平成26年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 精密調査地区選定を見据えた喫緊の研究開発課題（平成26年度迄の成果提示）	
分野	分類	細 目	達成目標と達成レベル	課題の設定，進め方，成果	達成目標	課題の設定，進め方
(D)TRU廃棄物処分技術	(5)代替技術の開発	②放射性炭素の閉じ込め	●長期閉じ込め型容器について，長期性能や製作性に係わる信頼性向上のためのデータ取得とモデル構築	【ANRE(RWMC)】 （長期性能） ●コンクリート容器（長期間のC-14閉じ込め実現性の提示） -コンクリート容器のひび割れ進展・閉塞のモデル化 →環境(地下水，温度)を考慮したひび割れ進展の長期予測モデルを構築，C-14閉じ込めの実現性を評価 →試験を実施した全てのケースでひび割れの閉塞が確認され，処分環境でひび割れが閉塞する可能性を確認 -コンクリート容器の化学劣化評価モデルの性能評価モデルとの整合 →水浸透及び溶脱劣化の長期挙動を評価するモデルを構築し，C-14閉じ込めの実現性を評価 ●金属容器（長期間のC-14閉じ込め実現性の提示） -金属容器の加工及び熱影響部の長期健全性の評価 →Ti合金の曲げ加工部及び溶接による熱影響部は長期閉じ込め性に影響がないことを確認 -長期腐食挙動評価の信頼性の向上 →自然浸漬試験を実施し，浸漬2.5年までは加工及び熱影響がないことを確認，さらなる信頼性向上のために浸漬試験を継続 （製作性＝共通） ●閉じ込め型容器（特に金属容器）の製作手法の詳細化 ●長期閉じ込めを担保するための製作時の工程(削除；及び品質管理手法の構築）検討 ●非破壊検査技術の概念構築と基礎データの取得 -コンクリート容器のひび割れ検査のための基礎技術の検討 →要素試験により，ステップパルサを使用した超音波法によるひび割れ探査手法の適用性を確認 【電気事業者】 ●ANRE研究開発中のC-14長期閉じ込め技術を反映した処分概念を検討するとともに，廃棄体性能を発揮するための処分概念の検討を実施（平成19年度まで）	平成24年度までに閉じ込め容器の成立性を示し，実施主体等による実証が残された課題となっている。閉じ込め制の信頼性向上にかかる課題は、共通する課題を有する右記実施項目に含めることとした。	・コンクリート容器の長期閉じ込め性評価手の信頼性を確保するための，長期的な水和-溶脱-水浸透挙動評価手法の高度化に関しては，性能評価-セメント系材料の課題として扱うこととした。 ・Ti合金の腐食モデルに関するHLWとの整合性確認に関しては，HLWの代替オーバーパックの腐食特性評価に共通の課題として含めることとした。 ・要求仕様（特性）に応じた人工バリアの製作（施工）方法は，操業技術の課題に含めることとした。
		③低アルカリ性セメント	●低アルカリ性セメントの施工性及び施工時の特性，長期変質や特性変化に係るデータの取得とモデル化に関する信頼性向上	●低アルカリ性セメントの施工性，施工時の特性の把握【JAEA】 -HFSCを用いた処分場設計及び低アルカリ性セメントの使用部位の検討 -実規模試験及びURLを利用したHFSCの施工性の確認 →高レベル放射性廃棄物地層処分基盤研究開発の全体計画(B)(2)②b)支保 低アルカリ性セメント にて実施。 ●低アルカリ性セメントに関する諸データの取得とモデルの構築【JAEA】 -HFSCの海水系地下水環境での変質に関わるデータの取得とモデルの構築 -HFSCの変質時を含む水理・核種移行パラメータの整備 →(3)性能評価の項にて実施。		施工性確認については高レベル放射性廃棄物地層処分研究と統合，変質にかかわるデータ取得及びモデル構築は，本計画（3）「性能評価」②a)で実施する。
		④硝酸塩分解技術	●工学的実現性の確認	●分解処理技術【JAEA/JNFL】 ・低レベル濃縮廃液に含まれる硝酸イオンをN2ガスに分解処理する技術の開発 【成果】 ・ビーカースケールで，Pd・Cu/活性炭担持触媒と還元剤(ヒドラジン／ヒドラジン＋ギ酸)を用いて，高濃度硝酸イオンを高効率でN2ガスに分解できることを実証した。工学試験を実施中。 ●二次廃棄物発生量，性状の調査【JAEA/JNFL】 ・硝酸イオン分解処理によって発生する二次廃棄物の処理方策の確認 【成果】 ・還元剤にヒドラジンとギ酸を用いて得られる炭酸ナトリウム溶液をセメント固化できることを確認した。 ●硝酸塩除去技術【ANRE】（JAEA） ・低レベル濃縮廃液に含まれる硝酸ナトリウムの大半を，イオン交換膜を用いる電気透析法によって，取り除く技術の開発 ・電気透析によって大半の硝酸ナトリウムを除去した廃液中に残存する硝酸イオンを，活性汚泥を用いてN2に分解する技術の開発 【成果】 ・ベンチスケールの工学試験装置を作成し，酸性，中性，アルカリ性の模擬廃液のそれぞれから90%以上の硝酸ナトリウムを除去できることを実証した。 ・ベンチスケールの工学試験装置を作成し，電気透析によって大半の硝酸ナトリウムを除去した廃液中の硝酸イオン濃度をさらに1000 ppm以下まで分解除去できることを実証した。	基礎研究としては終了したため、発生者の課題として実用化研究に移る[発生者（JAEA)]	
		⑤アスファルト分解技術	●技術的成立性の検討	●分解処理技術【JAEA】 ・アスファルト固化体からアスファルト成分と硝酸塩成分の分離技術等調査検討 ・模擬試料等による分離基礎試験 ・分離した硝酸塩成分の分解処理方法の検討 【成果】 ・文献調査等に基づき，凍結粉砕＋水浸漬分離によりアスファルト固化体から硝酸塩を分離するための処理フローを作成した。 ・模擬固化体を作製し，これを凍結粉砕した試料からの水溶性塩の水浸漬試験を実施し，95%以上の硝酸塩の分離に成功した。 ●特性評価【JAEA】 ・固化体が水と接触した際の膨潤圧、変形量の検討 ・放射線照射によるガス発生の検討 【成果】 ・種々の塩濃度の模擬固化体を用いて，固化体が水と接触した際の膨潤圧，変形量を測定した。 ・模擬固化体へのγ線照射試験を行い，水素ガス等の発生量を調べた。	●分解処理の技術的成立性の検討を行う。 ●硝酸塩，地下水や放射線によるアスファルト固化体の変化の把握を行う。	**●（TRU2-29）分解処理技術の開発【ANRE（JAEA）】** 平成24年度までの開発に引き続き，アスファルト固化体から硝酸塩を分離するための要素技術の検討を進める。 ・前処理技術（ドラム缶からのアスファルト固化体の取り出し），固化体の粉砕技術の工学的成立性を検討する。 ・工学規模の模擬固化体からの硝酸塩の水浸漬試験を実施し，硝酸塩分離データ，主要元素の分配データを取得し，工学的成立性を検討する。 ・硝酸塩を分離した後のアスファルトの乾燥方法，廃棄体化の方法を検討する。 **●（TRU2-30）特性評価【ANRE(JAEA)】** 平成24年度までの開発に引き続き，アスファルト固化体の特性を評価するための検討を進める。 ・硝酸塩とアスファルトとの反応による熱発生およびアスファルトの変性を調べ，アスファルト固化体の長期安全性の評価に資する。 ・アスファルト固化体が地下水と接触することによる水溶性塩の溶出や膨潤・変形及び膨潤によって発生する圧力を調べる。 ・放射線によるアスファルトの分解及びガス発生等について調べる。

別添資料4-2

研究開発マップ 【TRU廃棄物処分技術：フェーズ3】

研究開発要素			平成25年度～平成29年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 実施主体による精密調査[後半の地下施設での調査]に資する研究開発課題		
分野	分類	細 目	長期達成目標(事業許可申請段階における目標)	長期達成目標を踏まえた、平成29年度迄の中間目標	課題の設定，進め方
(D)TRU廃棄物処分技術	(1)廃棄体技術	①種類・発生量(データベースの整備・拡充)	●インベントリ(発熱)評価のため，廃棄物の型式や材料ごとの物量やスペックが入手できること。 ●基礎情報として，廃棄物の型式や材料ごとの，重要核種の分析データ，解析データがそろっていること。	●優先度の高い核種データが一部取得されており，継続的にデータ取得できる基盤技術や体制が整っていること。 ●グループ2に属する廃棄物のうち，被覆管以外の廃棄物(エンドピース、タイプレート等)からのインベントリの設定の根拠が整備され，その精度が確保されていること	**●(TRU3-1)優先度の高い型式、材料から適宜分析・解析を実施する。【JNFL】** ・Cl-36やI-129など，難測定核種の分析手法の信頼性を向上させる。 ・廃棄体の放射能決定手法の確立をめざす。 **●(TRU3-2)使用済燃料付着率データ取得精度の向上【JNFL/JAEA】** ハルエンド廃棄体の発熱量評価に必要な使用済燃料付着率データについて、実廃棄物の実測による精度の向上 **●(TRU3-3)現実的なインベントリ設定手法の確立【ANRE】** 照射済みのエンドピース等の分析および放射化計算の精度の確認等により，現実的なインベントリ設定手法を確立する。
		②処理・廃棄体化技術			
		③廃棄体の品質管理／検認手法			
	(2)設計工学技術	①人工バリア材料物性 a)セメント材料	●事業許可申請時には具体的な人工バリア設計を示す必要があり，そのためには，取り得るオプションを明示するとともに，そのオプションを用いた際の施設性能を評価可能である必要がある。ここでは，それらを可能とするため，現実的なオプションについて要求される性能を担保しうることを示すことを目標とする。 ●事業許可申請時には，その地域で可能な処分場設計のオプションに応じた性能評価が可能であることが必要である。その際には想定される温度での解析も必要であり，また，制限温度の設定も必要である。そのための基礎データの蓄積を目標とする。	●精密調査(後半の地下施設での精密調査)に必要な評価基盤の整備。 ●人工バリア材料の物性値の施工に起因する不確実性等が把握され，それらの影響を加味した状態設定方法が提示されていること。	**●(TRU3-4)設計に必要な人工バリア物性データの把握及びHLW処分の人工バリア特性データベースとの統合化【ANRE】** 設計に必要な人工バリア物性データを，熱影響を受けたセメント系材料の物性(力学及び物質移行)設定のための短期，及び長期試験。施工手法と初期物性(異方性等含む)との関係を要素試験等で把握する。HLW処分の人工バリア特性データベースと統合化を実施する。 [緩衝材の設計・施工および再冠水に伴う初期物性の検討については，HLW工学技術の「(2)処分場の設計・施工技術③建設・操業・閉鎖等の工学技術」に記載]
		b)ベントナイト計材料			
		②ニアフィールド構造解析	●具体的地質環境条件において，施設設計が可能な程度のニアフィールド構造解析が可能であること。	●精密調査(後半の地下施設での精密調査)に必要な評価基盤の整備。	**●(TRU3-5)ニアフィールド構造解析ツールの整備【ANRE】** 性能評価③で開発した力学挙動評価ツール及び力学データを利用する。このツール・データについて，ベンチマーク等を行いつつ，課題抽出/改良を実施する。
		④建設・操業。閉鎖等の工学技術 a)操業技術	●事業許可申請時には具体的な人工バリア設計を示す必要があり，そのためには，取り得るオプションを明示する必要がある。ここでは，操業時に必要な充填材・緩衝材・埋め戻し材の施工等によって生じる各人工バリアの異方性等の不確実性について，「①人工バリア材料物性」で検討する不確実性を低減可能な施工オプションを明らかにする.	●精密調査地区選定に必要な評価基盤の整備。 -セメント系 人工バリアの材料および部材仕様と要求性能(不確実性の幅を含む)を満たすための施工オプションの提示	**●(TRU3-6)現実的な人工バリア施工オプションの検討【ANRE】** ・バリア構築方法による部材性能への影響(異方性等)把握 ・工学規模での特性確認 ・緻密な材料での施工方法による物質移行(拡散)現象等の幅の確認
	(3)性能評価	①核種移行データ取得 a)ソースターム(核種溶解挙動)	●事業許可申請時には，最終的な地質環境及び工学的対策に基づき，より現実的な核種移行解析を実施する必要があり，そのためには最新の知見に基づいて核種移行現象の科学的理解の深化を進め，ニアフィールド場の長期変遷に応じて核種移行データを設定する技術が必要である。ここでは，変遷する種々の条件に応じた核種の溶解度設定を可能とするためのモデル開発/データ整備を目標とする。	●精密調査(後半の地下施設での精密調査)で取得されるサイトの地質環境情報を利用し，特定の環境条件における核種溶解挙動の現象理解及びモデル化，現象を踏まえた信頼性の高いデータの取得・整備を行う。この際には，TRU廃棄物処分に特有の共存化学物質影響(硝酸塩影響、セメント影響)を考慮して放射性同位元素の溶解度評価を可能とする環境整備を行う。	**●(TRU3-7)セメント長期影響評価個別モデル開発/基盤的データ整備における放射性元素に関するアルカリ条件での熱力学データベース(TDB)の整備(補完的データの取得)【ANRE】** ・知見が不足しているセメント環境下における放射性同位元素の溶解度データの取得を継続的に行う。特に，高pH高Ca条件においてCa錯塩やCa共存錯体等を生成すると思われるNb, Sn, U(VI)等を対象元素とする。溶解度におけるpH，Ca濃度(及びイオン強度)依存性から，高pH，高Ca条件において生成すると思われるCa錯塩やCa共存錯体等の熱力学データを導出し，熱力学データベース(JAEA-TDB)への選定する。 ・放射性同位元素の溶解度に及ぼす硝酸塩およびアンモニア等の共存化学物質の影響に関する調査を継続、特に酸化還元反応のメカニズムの解明を行う。
		b)金属溶解・核種放出挙動	●事業許可申請段階では，金属廃棄物等からの核種放出(腐食挙動)について，短期的に起こる現象(付着成分等からの放出)及び母材金属等の腐食に伴う長期的な核種放出挙動の双方を説明できること。また、C-14の化学形態について根拠を持って説明できること。	●精密調査(後半の地下施設での精密調査)で取得されるサイトの地質環境情報を利用し，特定の環境条件における金属溶解・核種放出挙動の現象理解及びモデル化，現象を踏まえた信頼性の高いデータの取得・整備を行う。この際には，金属の腐食挙動とともに，生成・浸出するC-14の化学形態について同定し，生成プロセスに関する科学的知見・根拠による評価を可能とする環境整備を行う。	**●(TRU3-8)放射化金属廃棄物からの核種放出ソースタームの整備【ANRE】** 精密調査の後半段階での安全評価では，放射化金属廃棄物のソースターム(核種放出挙動)の現実的な評価や長期の腐食挙動を予測する必要がある。特に，C-14の移行評価はその化学形態に基づくが，地質環境条件に依存することから，生成プロセスなどの論拠(科学的根拠に基づくモデル化)を構築する必要がある。 ・現実的な浸出挙動評価を行うため，想定される埋設地下環境における長期の実ハル浸漬試験(酸化膜，放射化ステンレス鋼，放射化ニッケル基合金含む)を実施し，信頼性の高い浸出パラメータを取得する。 ・実ハルからの放出メカニズムを明らかにするため，ハル酸化膜の浸漬試験を実施し，浸出パラメータを取得する。 ・還元環境における合金組成や性状の異なるジルカロイやインコネル材等からの長期の水素ガス発生・吸収データを取得し，信頼性の高い現実的な腐食速度を設定する。 (有機C-14化学形態) ・ハル及び酸化膜，エンドピースから浸出する有機C-14(コールドの炭素挙動含む)の化学形態を測定し，浸出メカニズムを把握する。 (浸出メカニズム、長期腐食予測) ・ジルカロイについては低温と高温の腐食挙動を調査し，腐食生成物の同定や腐食反応を想定し，長期腐食モデルの構築を行う。 ・ステンレス鋼やニッケル基合金，ハル酸化膜については，長期予測のためのモデル化と確認のための手法を構築する。 ・金属の腐食に関する加速試験(高温オートクレーブ試験等)の適応性を検討する。 ・腐食への影響因子を検討する。 ・C-14以外の核種の挙動を確認する。
		c)移行パラメータ(分配係数など)	●事業許可申請時には，最終的な地質環境及び工学的対策に基づき，より現実的な核種移行解析を実施する必要があり，そのためには最新の知見に基づいて核種移行現象の科学的理解の深化を進め，ニアフィールド場の長期変遷に応じて核種移行データを設定する技術が必要である。ここでは，変遷する種々の条件に応じた核種の収着分配係数設定を可能とするためのモデル開発/データ整備を目標とする。 ●代替技術やソースターム評価と併用するかたちで，C-14やI-129の現実的な移行パラメータの設定・信頼性が確保されていること。	●精密調査(後半の地下施設での精密調査)で取得されるサイトの地質環境情報を利用し，特定の環境条件における核種収着挙動の現象理解及びモデル化，現象を踏まえた信頼性の高いデータの取得・整備を行う。この際には，TRU廃棄物処分に特有の共存化学物質影響(硝酸塩影響，セメント影響)を考慮し，放射性同位元素の収着挙動(収着分配係数)の予測を実測値及び熱力学的収着モデル等を用いて行うことができるようにする。 -C-14，I-129被ばく低減のための移行パラメータの再評価の必要性の判断	**●(TRU3-9)セメント影響によって変化する人工バリア、天然バリアに関する収着分配に係る現象理解とモデルの適用性検討【ANRE】** ・知見が不足しているセメント環境下における人工バリアおよび天然バリアに対する放射性同位元素の収着挙動を継続的に調べる。特に高pH、高Ca条件において生成すると思われるNb, Sn, U(VI), Zr, Thや Caの錯塩の収着分配係数を導出し、収着メカニズムの解明を行う。 ・高pH環境における熱力学的収着モデルのパラメータ整備を実施する。その一環として、酸塩基滴定等による鉱物表面近傍の解離定数を実験的またはモデルによって導出する。 ・放射性同位元素の収着挙動に及ぼす硝酸塩およびアンモニア等の共存化学物質の影響調査を継続する。必要に応じて、熱力学的収着モデルのパラメータ整備(実験またはモデルによって導出)を実施する。 **●(TRU3-10)C-14, I-129移行パラメータの検討【ANRE】** ・代替技術やソースターム評価の進展を横目で見ながら，移行パラメータへの期待や必要性について検討していき，必要に応じてデータ取得を試みる。
		②セメント変質 a)化学的変質	●事業許可申請時には，最終的な地質環境及び工学的対策に基づき，より現実的な核種移行解析を実施する必要があり，そのためには最新の知見に基づいて核種移行の場の変遷についての科学的理解の深化を進め，評価する技術が必要である。ここでは，様々な現象の複合的影響を考慮できるニアフィールド場の評価手法開発を目標とする(②③共通)。	●精密調査(後半の地下施設での精密調査)で取得されるサイトの地質環境情報を利用し，特定の環境条件に応じて，セメント長期挙動評価を行うためのモデル開発/基盤的データ整備を行う。この際には，TRU廃棄物処分に特有の共存化学物質影響を考慮し，核種移行媒体及び水酸化物イオンソースタームとしてセメント変質評価が行えるようにする。 ●精密調査時に設定される人工バリア設計に応じて，現実的な評価パラメータを設定できるようにする。	**●(TRU3-11)セメントと硝酸塩等の化学物質の影響の重畳現象を考慮できる個別要素評価モデル(セメント化学挙動評価モデル)の開発【ANRE】** ・多様な廃棄体成分による低アルカリ性セメント(HFSC)の化学・物質輸送特性への影響の調査を行う。 ・硝酸塩(高イオン強度条件や微生物影響含む)やアンモニア等による低アルカリ性セメント(HFSC)の変質現象と化学・物質輸送特性への影響についての知見拡充を行う。 ・具体化された処分環境(e.g.,地下水条件、処分施設設計、廃棄体由来化学物質影響)に応じてセメント長期挙動を評価するためのモデルを開発する。 **●(TRU3-12)TRU廃棄物処理・処分技術高度化開発【ANRE】** 人工バリア評価の初期設定の確証(長期材令コンクリートの分析結果から認識された課題の整理・対応を含む) 人工バリアのセメント系材料における処分場建設から処分場閉鎖までの履歴を考慮した長期変質評価の初期条件の設定手法を構築する。 ・現実的な人工バリアオプションの成立性に関し，バリア構築方法による部材性能への影響把握，工学規模での特性確認及び緻密な材料での物質移行(拡散係数)について検討する。 ・セメント系材料の特性への熱影響評価として，熱変質温度の設定及びセメント物性(収着性含む)への熱影響を把握する。 ・セメント系材料の評価起点(閉鎖時)の初期設定の妥当性を確認する(低pH化，結晶化等)。

研究開発要素				平成25年度～平成29年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 実施主体による精密調査[後半の地下施設での調査]に資する研究開発課題		
分野	分類	細 目		長期達成目標（事業許可申請段階における目標）	長期達成目標を踏まえた、平成29年度迄の中間目標	課題の設定，進め方
(D)TRU廃棄物処分技術	(3)性能評価	③アルカリ環境下ベントナイト・岩反応	a)ベントナイト系材料(緩衝材・埋め戻し材)[化学的変質]	●事業許可申請時には，最終的な地質環境及び工学的対策に基づき，より現実的な核種移行解析を実施する必要があり，そのためには最新の知見に基づいて核種移行の場の変遷についての科学的理解の深化を進め，評価する技術が必要である。ここでは，様々な現象の複合的影響を考慮できるニアフィールド場の評価手法開発を目標とする（②③共通）。	●精密調査（後半の地下施設での精密調査）で取得されるサイトの地質環境情報を利用し，特定の環境条件に応じて，ベントナイト長期化学的挙動評価を行うためのモデル開発/基盤的データ整備を行う。この際には，TRU廃棄物処分に特有の共存化学物質による複合的影響（e.g.硝酸塩影響、セメント影響）を考慮してベントナイト変質評価が行えるようにする。 ●精密調査段階に対象となる地質環境条件を反映させた現実的設計に基づいた性能評価において，これまで知見が不足しているため反映できなかった事象を含めて信頼性高い評価解析が行なえるようにする。また，得られた解析評価結果について，適切な類似の天然事例等との比較等によって説明性，信頼性を高い説明を可能にする。	**●（TRU3-13）セメントと硝酸塩等の化学物質の影響の重量現象を考慮できる個別要素評価モデル（ベントナイト変質評価モデル）の開発【ANRE】** ・多様な廃棄体成分とセメント系材料のアルカリ成分によるベントナイト系材料の化学・物質輸送特性への複合的影響の調査を行う。 ・硝酸イオン変遷物（アンモニア等）の吸着によるスメクタイトの膨潤性の変化等の変質現象に伴う化学・物質輸送特性変化についての知見拡充を行う。 ・具体化された処分環境（e.g.,地下水条件，処分施設設計，廃棄体由来化学物質影響）に応じてベントナイト長期挙動を評価するためのモデルを開発する。 **●（TRU3-14）セメント−ベントナイト相互作用の現象モデルの高度化【ANRE】** セメント−ベントナイト接触供試体の長期浸漬試験を継続し，2次鉱物の拡がりが十分に遅いことを示す。 人工バリアの長期挙動の評価のためには，力学特性変化と化学変質を複合現象として捉え評価することが必要である。そのため，現象をモデル化し評価手法に反映することが性能評価の不確実性を減少し，精度向上につながる。本検討では，複合現象をモデル化することを目的とする。 ・実環境を模擬した環境でのベントナイトの変質挙動に関して，鉱物の変遷，ベントナイトの膨潤性，透水性への影響等の知見を拡充する。 ・変質による実際の物性変化を評価するための試験を行い，複合現象のモデルの高度化に資する。 ・実処分環境でのベントナイトの変質挙動を把握するための長期試験を含んだ確証試験を行う。 ナチュラルアナログによる緩衝材のアルカリ変質プロセスに基づく長期性能評価の信頼性向上 フィリピン国ルソン島北西部の現在もアルカリ地下水が湧出しているアクティブなサイト（Active Typeの調査サイト）においてフィールド調査を実施して，ベントナイトのアルカリ変質プロセスとその時間スケールを評価し，ベントナイトの長期健全性に資する論拠を補足するとともに，そのメカニズムを明らかにして性能評価モデルの向上を図る。 ・ナチュラルアナログ事例の試料分析や変質解析による評価から，天然でのスメクタイトへのアルカリ（Ca）影響による変質が十分遅いことを示し，処分場性能が十分に長期間保たれる論拠を補足する。H29年度までに，アクティブサイトサイトを活用した長期評価モデルの確証を行い，上記論拠となりうる情報を示す。 ・アクティブサイトを探索するとともに，そこからサンプリングした試料の分析により，アルカリ変質に関わる地質・鉱物，地下水化学，年代のデータを取得する。それらのデータに基づき，アルカリ環境下の鉱物変遷過程とその反応を制限する環境条件や物理化学的なメカニズムの評価を行う。
			a)ベントナイト系材料(緩衝材・埋め戻し材)[力学影響]		●精密調査（後半の地下施設での精密調査）で取得されるサイトの地質環境情報を利用し，特定の環境条件に応じて，ニアフィールド力学挙動評価を行うためのモデル開発/基盤的データ整備を行う。この際には，TRU廃棄物処分に特有の共存化学物質による複合的影響（e.g.硝酸塩影響、セメント影響）を考慮し，ベントナイト・セメント・岩盤の化学的変質挙動を反映して力学挙動評価が行えるようにする。	**●（TRU3-15）セメントと硝酸塩等の化学物質の影響の重量現象を考慮できる個別要素評価モデル（力学挙動評価モデル）の開発【ANRE】** ・硝酸塩及びアンモニア等の共存化学物質の影響によるスメクタイトの膨潤性の変化や，セメンテーションによるテクスチャーの変化等の変質現象に伴う力学パラメータの変化を反映できる力学評価モデルを開発する。 **●（TRU3-16）TRU廃棄物処理・処分技術高度化開発【ANRE】** ベントナイトの化学変質による力学特性変化のモデル化のための確証試験 より現実的な系でのベントナイトの化学変質によっておきる物性の変化を反映した力学特性はこれまでに把握されていない。ベントナイト間隙水の影響を含んだ化学影響を検討する。 ・種々の二次鉱物が生成した場合の，体積，間隙率の変化を考慮した力学モデルの高度化のために，化学的変質で得られた知見を基に，変質を反映した力学試験方法を検討し，確証試験を行う。
			b)岩盤変質		●精密調査（後半の地下施設での精密調査）で取得されるサイトの地質環境情報を利用し，特定の環境条件に応じて，岩盤長期化学的挙動評価を行うためのモデル開発/基盤的データ整備を行う。この際には，TRU廃棄物処分に特有の共存化学物質による複合的影響（e.g.硝酸塩影響、セメント影響）を考慮して岩石変質評価が行えるようにする。	**●（TRU3-17）セメントと硝酸塩等の化学物質の影響の重量現象を考慮できる個別要素評価モデル（岩石変質挙動評価モデル）の開発【ANRE】** ・多様な廃棄体成分とセメント系材料のアルカリ成分による岩石の化学・物質輸送特性への複合的影響の調査を行う。 ・硝酸塩やアンモニア等による花崗岩の変質現象と化学・物質輸送特性への影響についての知見拡充を行う。 ・具体化された処分環境（e.g.,地下水条件，岩盤構成鉱物組成，多孔質/亀裂性媒体,処分施設設計，廃棄体由来化学物質影響）に応じて岩盤長期挙動を評価するためのモデル開発に着手する。
			c)連成評価モデル		・精密調査（後半の地下施設での精密調査）で取得されるサイトの地質環境情報を利用し，特定の環境条件に応じて，異種現象間の相互影響を考慮し，TRU廃棄物処分に特有の共存化学物質影響（セメント影響、硝酸塩影響）を考慮した複合現象評価手法を開発する。	**●（TRU3-18）セメントと硝酸塩等の化学物質の複合的影響を想定したニアフィールドにおける複合現象評価モデル開発【ANRE】** ・上記の個別要素評価モデル開発の成果に基づき、ニアフィールドにおける化学−力学−物質輸送連成現象を評価するための基盤技術を整備する。 ・複合現象の理解、重要な複合現象の抽出と個別モデルへのフィードバックを行う。 **（TRU3-19）緩衝材のHMC連成評価モデルの検証【ANRE】** ●緩衝材のHMC連成評価に必要な物性変化の長期試験による取得及び評価パラメータの確証 ・多様な実環境に対応出来る複合現象評価に必要な物性変化データの長期試験による取得 ・アクティブなナチュラルアナログサイトの調査結果を反映させた、長期評価モデルの提案、検証
		④硝酸塩/有機物影響		●事業許可申請時には，最終的な地質環境及び工学的対策に基づき，より現実的な核種移行解析を実施する必要があり，最新の知見に基づいて核種移行現象や核種移行の場の変遷についての科学的理解の深化を進め，評価する技術が必要である。ここでは，硝酸塩を含む多様な廃棄体由来成分による様々な影響を評価するための手法開発を目標とする。	●精密調査（後半の地下施設での精密調査）で取得されるサイトの地質環境情報を利用し，特定の環境条件を対象として核種移行解析を実施するためのモデル開発/基盤的データ整備を行う。この際には共存化学物質影響（セメント影響、硝酸塩影響）を考慮した解析評価が行えるようにする。	**●（TRU3-20）硝酸塩を含む多様な廃棄体由来成分の影響を，セメント影響との重量現象を考慮して評価するための手法開発【ANRE】⇒（TRU3-7，3-9，3-11，3-13，3-15，3-17，3-18，3-25）** (3)性能評価①核種移行データ取得，②セメント変質，③アルカリ環境下ベントナイト・岩反応，⑥システム性能評価のそれぞれに分散して記載。
		⑤ガス発生影響	a)ガス発生評価	●金属腐食，有機物分解及び微生物活動によるガス発生速度が根拠をもって現実的に設定（モデル化）されていること ●放出機構の変化にともなう急激なガス放出や，吸蔵水素の再放出挙動についても評価されていること。	●精密調査（後半の地下施設での精密調査）で取得されるサイトの地質環境情報を利用し，特定の環境条件における金属腐食にともなうガス発生挙動の現象理解及びモデル化，現象を踏まえた信頼性の高いデータの取得・整備を行う。この際には，金属の腐食挙動とともに，ジルコニウムの水素化物由来の水素放出に関する科学的知見・根拠による評価を可能とする環境整備を行う。 ●ただし，金属由来以外のガス発生については抜け落ち課題であり，目標が設定されていない。	ガス発生に関する課題は現状抜け落ちである。ただし，下記案件で実施している金属の腐食試験の成果は，波及効果として利用できる。 **●（TRU3-21）TRU廃棄物処理・処分技術高度化開発【ANRE（RWMC）】** 精密調査の後半段階での安全評価（施設の健全性や核種移行の観点）では，金属廃棄物の腐食にともなう現実的なガス発生の評価を行う必要がある。ジルカロイについては生成する水素を吸収する特性があることから，環境変化にともなう吸蔵水素からのガス発生についても評価する必要がある。 ・還元環境における合金組成や性状の異なるジルカロイやステンレス鋼等からの長期の水素ガス発生・吸収データを取得しモデル化することで，信頼性の高い現実的なガス発生・吸収速度を設定する。 ・ジルカロイの腐食に伴って生成した皮膜の破損の可能性を検討するとともに破損する場合は急激なガス発生の有無を検討する。 ・吸蔵水素（水素化ジルコニウム）の安定性・酸化特性を検討する。
			b)ガス移行挙動	●ガス移行に係わる長期変遷を考慮したシミュレーションの実施により，TRU廃棄物処分場の健全性・信頼性評価のためのデータが整備されていること ●上記長期シミュレーションに必要な解析ツールが整備され，その信頼性が確立されていること	各部材のガス移行挙動評価に必要な基礎的データが整備され，それらを用いてガス移行挙動を評価するためのツールの整備が行われていること。 ●ベントナイト及びセメント系材料個々の諸条件におけるガス移行挙動を把握する。 ●複合材料（セメント・ベントナイト）を対象に，長期挙動，現実的な施工状況等を反映したガス移行挙動の把握，ならびに長期変遷や連成系（THMC）を考慮したモデル化解析および不確実性の定量化が可能となること。 ●ガス移行評価シナリオが拡充・高度化されること	TRU廃棄物処理。・処分技術高度化開発 **●（TRU3-22）ガス移行に関する材料特性データの拡充材料特性データの取得** ・諸条件を考慮してベントナイトへのガス注入試験方法（装置の大型化，ガス注入方法の変更や実施工条件の考慮等）のガス移行挙動の信頼性を向上させるとともに，セメント系材料に対するガス透気試験を実施してセメント中のガス移行挙動を把握し，さらにセメントとベントナイトとの界面のガス透気試験の実施により，多種の材料で構成される人工バリア内のガス透気挙動について把握する。 ・ベントナイトへのガス注入試験方法（装置の大型化，ガス注入方法の変更等）の検討と試験の実施から，ガス移行挙動の信頼性を向上させる。 ・ベントナイト内部の施工界面を考慮したガス透気試験を実施し，より現実的なガス移行挙動を把握する。 ・セメント系材料に対するガス透気試験を実施し，セメント中のガス移行挙動を把握する。 ・セメントとベントナイトとの界面のガス透気試験の実施により，多種の材料で構成される人工バリア内のガス透気挙動を把握する。 **●（TRU3-23）ガス移行連成解析ツールの高度化モデル化・解析手法の高度化** ・諸条件を反映させた既往試験結果の再現解析結果を基に，実施設での定量ガス発生によるガス移行挙動を解明し，さらに複合材料（セメント・ベントナイト）の連成系（THMC）を考慮したモデル化手法・解析手法の提案と妥当性検証及び長期変遷について，確率統計論的手法等による不確実性の定量化手法を確立し，これら解析における構造モデルやパラメータのデータライブラリを拡充することによりモデル化・解析手法を体系化する。 ・ガス圧力制御の既往試験結果の再現解析結果を踏まえ，実施設での定量ガス発生によるガス移行挙動を解明する。 ・複合材料（セメント・ベントナイト）の連成系（THMC）を考慮したモデル化手法・解析手法の提案と妥当性検証を行う。 ・複合材料（セメント・ベントナイト）の長期変遷について，確率統計論的手法による不確実性の定量化手法の提案と妥当性検証を行う。 ・モデル化・解析手法の体系化を目指し，解析における構造モデルやパラメータのデータライブラリを構築する。 **●（TRU3-24）ガス移行評価シナリオの拡張ガス移行を考慮したシナリオの高度化** ・H23年度までの成果に対して他のTRU廃棄物グループ及び最新の情報を反映させて評価シナリオの見直しを行うとともに，最新の研究結果を用いてTRU2次レポートにおけるガス発生量，発生時期等について見直しを行う。 ・H23年度までの成果に対して最新の情報を反映させて内容の見直しを行う。 ・最新の研究結果を用い，TRU2次レポートにおけるガス発生量，発生時期の見直し・改訂を行う。

研究開発要素				平成25年度～平成29年度迄の各研究開発要素の研究開発目標と課題 実施主体による精密調査[後半の地下施設での調査]に資する研究開発課題		
分野	分類	細 目		長期達成目標（事業許可申請段階における目標）	長期達成目標を踏まえた、平成29年度迄の中間目標	課題の設定，進め方
(D)TRU廃棄物処分技術	(3)性能評価	⑥システム性能評価	シナリオ解析			高レベル放射性廃棄物処分全体計画（c）性能評価技術（1）システム統合①先進的シナリオ開発技術と一体化して実施する。
			a)核種移行評価	●事業許可申請時には，最終的な地質環境及び工学的対策に基づき，より現実的な核種移行解析を実施する必要があり，様々な現象の複合的影響を考慮したニアフィールド場の評価結果を反映させて核種移行評価を実施するための手法開発を目標とする。	●精密調査（後半の地下施設での精密調査）で取得されるサイトの地質環境情報を利用し，特定の環境条件を対象として核種移行解析を実施するためのモデル開発/基盤的データ整備を行う。この際には，TRU廃棄物処分に特有の共存化学物質影響（セメント影響、硝酸塩影響）を考慮した化学-力学-物質輸送連成評価に基づき核種移行の場の状態を評価し，核種移行解析に反映できるようにする。	**●（TRU3-25）セメント影響と硝酸塩等の化学物質の影響の重量現象が考慮されたニアフィールドにおける複合現象評価で評価される場の状態を核種移行評価に反映させるための手法開発【ANRE】** ・時間的空間的に変遷する場の情報を核種移行解析に反映する手法の開発 ・割れや変形などの不均質性のある場の情報を性能評価に反映させる手法の開発
			b)生物圏評価	●性能評価モデル構築のための生物圏移行パラメータの変動に係わる重要因子を示すこと。	●地質環境の長期変動を考慮した生物圏での核種移行パラメータに影響する重要ファクター調査およびその影響解析を行い，先進的な生物圏評価のためのデータベースを提供する。	**●（TRU3-26）放射性核種生物圏以降評価高度化開発【ANRE（NIRS）】⇒（性能3-15）** 生物圏におけるC-14の環境挙動は微生物の活動に大きく影響されるが，その活動は気候変動，特に気温変化に鋭敏に反応することから，生物圏移行パラメータに影響する重要因子として微生物活動の変化の程度及びC-14の移行パラメータにおよぼす影響を明らかにすることは重要である。 ・日本全国各地の土壌を用いて微生物活動とC-14環境移行パラメータとの関係および温度変化と微生物活動の関係を明らかにし，C-14環境移行パラメータに対する気温変化による影響の範囲を示す。 ・この影響評価の指標として，集団としての微生物群集の活動指標を示す。 （本件は高レベル放射性廃棄物処分 (c)性能評価技術(2)システムの理解と表現②生物圏モデリングと一般化データベースの成果を活用） **●（TRU3-27）TRU廃棄物処分を対象とした生物圏評価モデルの高度化【JAEA】⇒（性能3-15）** 生物圏における現象理解を中心としつつ，その成果を処分場の性能評価モデルに導入する方法論の構築を，NIRSと連携の上，実施する。 （本件は高レベル放射性廃棄物処分 (c)性能評価技術(2)システムの理解と表現②生物圏モデリングと一般化データベースの成果を活用）
			c)総合評価/不確実性解析	●セーフティーケースの構築に関して，信頼性向上の観点から，ステークホルダーとの議論における情報提供に関する様々なプラットホームの整備，性能評価における不確実性の取扱いなどについて，先進的な手法を取り入れながら，必要となる要素技術の開発を進め，セーフィティケース構築手法を体系的に整備する。	●安全性に関する議論の基盤となる情報提供のためのプラットホームを整備する。	**●（TRU3-28）包括的な複合現象評価のためのシステム統合化【ANRE】** 上記の「個別要素評価モデル開発」，「複合現象評価手法開発」及び「核種移行評価手法開発」の成果を統合して包括的な複合的影響評価が行えるシステムの統合（個別モデルの検証･改良/補完データの整備，連成ツールプロトタイプの検証･改良，システム化･性能評価プラットホームへの実装）。
	(4)併置処分に関する検討	①相互影響評価				
	(5)代替技術の開発	①放射性ヨウ素固定化		●実廃銀吸着材の性状や核種インベントリ等の必要な特性が明らかになっている必要がある。 ●処分実施主体（NUMO）の事業許可申請時には，固化体技術の選定を可能とする事が必要であり，廃棄確認や品質保証の方策や，そのために併せて実施される安全評価に供する基礎データとしての各固化体の長期評価モデル及びヨウ素放出データを整備する必要がある。 ●JNFLの処理施設（固化施設）の設計までに，固化技術の選定を行えるよう，各固化体のプロセスデータの整備及び選定に必要な固化体性能に関する基礎データを得ておくことが必要である。	●長期浸漬試験等の継続的なデータ取得による長期予測モデルの確証 ●実廃銀吸着材の性状･特性調査と，性状等を踏まえた処理プロセスの条件整備 ●固化処理プロセスの工学規模試験の計画策定 ●品質マネジメント方策の構築	**●（TRU3-29）ヨウ素固定化処理技術の高度化【ANRE】** ・精密調査の後半段階では，廃銀吸着材に対する代替技術について，サイト特性･環境条件に応じて技術選定を行う必要がある。そのため，代替技術であるヨウ素固化体について，想定される環境における長期的な評価モデルが構築されている必要があるとともに，固化体製造プロセスについて見通し（ヨウ素回収率や品質マネジメント対策）を得ている必要がある。 （長期性能） ・処分場環境を想定した条件下での長期浸漬試験により浸出データや固化体物性データの取得を継続し，H24までに構築したヨウ素放出モデルを検証･高度化，必要に応じて修正し，信頼性を向上させる。 **●（TRU3-30）ヨウ素固定化処理技術の高度化（処理プロセス）【ANRE】** ・固化処理プロセスの信頼性向上 ・実用化を想定した機器設計･開発 ・工学規模試験の計画策定 ・品質管理方策の検討 ・実廃銀吸着材の性状調査と，調査結果に伴う廃棄体性能および施設設計の見直しへの反映
		②放射性炭素の閉じ込め		●平成23年度までに，長期閉じ込めの成立性を示すという当初の目的はほぼ達成。課題として残る項目については，右記の通り他の課題と統合して実施する。	●長期閉じ込め型容器について，長期性能や製作性に係わる信頼性向上のためのデータ取得とモデル構築	・コンクリート容器の長期閉じ込め性評価手の信頼性を確保するための，長期的な水和-溶脱-水浸透挙動評価手法の高度化に関しては，性能評価-セメント系材料の課題として扱うこととした。 ・Ti合金の腐食モデルに関するHLWとの整合性確認に関しては，HLWの代替オーバーパックの腐食特性評価に共通の課題として含めることとした。 ・要求仕様（特性）に応じた人工バリアの製作（施工）方法は，操業技術の課題に含めることとした。 ・コンクリート容器の非破壊検査技術の具体的手法の提示および長期評価の信頼性の向上 →(D)(2)②の ①現実的な人工バリアオプションの成立性検討 に統合
		③低アルカリ性セメント		●高レベル放射性廃棄物の全体計画（B）（2）②b)「支保 低アルカリ性セメント」として実施		
		④硝酸塩分解技術		[発生者（JAEA)] ●基礎研究としては終了したため，発生者の課題として実用化研究に移る		
		⑤アスファルト分解技術		[発生者（JAEA)] ●基礎研究としては終了したため，発生者の課題として実用化研究に移る		

別添資料5

研究開発マップ 【使用済燃料の直接処分】

研究開発要素			平成25年度～平成29年度迄の使用済燃料の直接処分に関する各研究開発要素の研究開発目標と課題				
分野	分類	細目	平成29年度迄の中間目標	課題の設定	課題の進め方 当面の1ヵ年（平成25年度迄を目処）： 技術的成立性の見通しを示す第1次取りまとめへの成果の反映	当面の3ヵ年（平成27年度迄を目処）： 技術的信頼性の見通しを示す第2次取りまとめ（ドラフト）への成果の反映	当面の5ヵ年（平成29年度迄を目処）： 技術的信頼性を示す第2次取りまとめ（最終版）への成果の反映
(E)使用済燃料の直接処分技術に関する研究開発	(1)廃棄物データベース開発	①インベントリデータ整備	●処分場の工学技術及び性能評価技術の開発における基盤情報として，わが国における様々な使用済燃料の存在量に関するデータ及び将来の発生予測に基づき使用済燃料の総量に関する情報を整備するとともに，使用済燃料中の核種インベントリデータをについて，体系的な整備を行う。	**●使用済燃料に関する発生量評価とインベントリ評価【JAEA】**	・使用済燃料の発生量に関する調査，使用済燃料中の核種存在量に関する情報等の整理に着手する。 ・ORIGENや平成24年度までに資源エネルギー庁事業「先進的地層処分概念 性能評価技術高度化開発」で整備した廃棄物特性定量評価ツール等を用いてインベントリ計算を実施し，予備的評価必要なインベントリの設定を行う。	1)発生量評価 ・我が国の既存の使用済燃料の存在量，燃焼度や中間貯蔵等の履歴に関する調査を行い，情報を整備する。 ・今後の発電量，再処理量等の推移に伴って想定される廃棄体種類と量の変化についてのシミュレーションを行う。 2)インベントリ評価 ・発電用原子炉の炉型や燃焼度，試験研究炉燃料の特徴などを考慮して，使用済燃料（構造材を含む）の核種存在量について体系的な情報整理を進めるとともに，課題の検討・整理を行う。 ・ORIGENや平成24年度までに資源エネルギー庁事業「先進的地層処分概念 性能評価技術高度化開発」で整備した廃棄物特性定量評価ツール等を用いたインベントリ計算を実施し，評価に必要なインベントリの設定を行う。	第2次取りまとめ（ドラフト）として集約される当面3ヵ年の研究開発成果をベースとして実施する国内外の外部専門家によるレビュー，第2次取りまとめ（ドラフト）策定にあたり明らかになった平成29年度迄を目処に解決すべき残された課題を踏まえ，必要な研究開発を継続するとともに，得られた成果の見直しや知見の拡充を行うことにより，インベントリ評価の信頼性を確保する。また，見直した成果や拡充した知見を第2次取りまとめ（最終版）に反映する。
	(2)処分場の工学技術	①処分場設計技術開発	●多様な使用済燃料集合体に対応した処分施設の設計に関する技術的信頼性を提示する。また，設計を支援するツールとして，設計支援システムの開発を行う。	**●直接処分に関する方策の検討【ANRE】**	・使用済燃料の直接処分に関して先行している諸外国（スウェーデン，フィンランド等）を対象とした，直接処分方策に関する事例を調査し，わが国の特徴を考慮した場合の直接処分方策に関する基礎的検討に着手する。 ・使用済燃料を直接処分に関わる保障措置，核物質防護等の方策についての調査，情報整理を行い，検討に着手する。	・使用済燃料の処分オプション（処分までの貯蔵場所，貯蔵方法，貯蔵（冷却）期間，モラトリアム期間，モニタリング，回収可能性の維持，テロ対策等）を考慮した最終処分シナリオを検討し，社会的な受容性が得やすく，現実的な直接処分方策の検討を行う。 ・使用済燃料の直接処分に関わる保障措置，核物質防護等に関して，設計，建設，操業及び閉鎖後管理段階での実施方策及び対処技術の検討を行う。	第2次取りまとめ（ドラフト）として集約される当面3ヵ年の研究開発成果をベースとして実施する国内外の外部専門家によるレビュー，第2次取りまとめ（ドラフト）策定にあたり明らかになった平成29年度迄を目処に解決すべき残された課題を踏まえ，必要な研究開発を継続するとともに，得られた成果の見直しや知見の拡充を行うことにより，直接処分方策を具体的に示す。また，見直した成果や拡充した知見を第2次取りまとめ（最終版）に反映する。
				●設計技術開発【ANRE】	・使用済燃料の直接処分に関して先行している諸外国（スウェーデン，フィンランド等）の処分場設計に関する要件（設計要件）を調査・整理するとともに，わが国に適用する際の技術的課題を検討する。 ・再検討・確認された地質環境データに基づき，地下深部における坑道及びそれらの交差部を含めた地下空洞の安定性解析を実施し，処分坑道の形状，寸法，支保工構造に関する設計（予備設計）を行う。 ・使用済燃料の廃棄体パッケージの特性を考慮した搬送・定置設備の概念設計（装置の故障，不具合時の対処法を含む）を行う。 ・使用済燃料の封入施設等の地上施設の概念検討として，検討される廃棄体パッケージの閉塞方法，残留応力低減方法を満足する閉塞装置の検討を行う。	・再検討・確認及び変更が行われた地質環境データに基づき，地下深部における地下空洞の安定性解析を実施し，地下施設の構成要素を検討するとともに，アクセス坑道や処分坑道（処分孔）からなる地下施設の実施設計を行う。 ・人工バリア概念の検討により設定される使用済燃料の廃棄体パッケージの特性を考慮した搬送・定置設備の基本設計（装置の故障，不具合時の対処法を含む）を行う。定置方式は竪置き方式，横置き方式等，複数の方式を考慮する。 ・廃棄体パッケージの諸元を考慮した廃棄体パッケージの搬送・定置設備及び坑道仕様が共に整合する処分場の地下施設の設計技術を例示する。 ・人工バリア概念の検討により設定される廃棄体パッケージを考慮した，使用済燃料の受け入れから廃棄体パッケージへの封入・保管等までを想定した地上施設の概念設計を行う。 ・搬送・定置設備に関しては，概念設計で示された機構の実現性を事前に確認するため，設備の枢要な機構を対象として，その実現性を示すため試作を行う。	第2次取りまとめ（ドラフト）として集約される当面3ヵ年の研究開発成果をベースとして実施する国内外の外部専門家によるレビュー，第2次取りまとめ（ドラフト）策定にあたり明らかになった平成29年度迄を目処に解決すべき残された課題を踏まえ，必要な研究開発を継続するとともに，得られた成果の見直しや知見の拡充を行うことにより，処分場を設計できる技術を確保する。また，見直した成果や拡充した知見を第2次取りまとめ（最終版）に反映する。
				●設計支援システム開発【ANRE】	・使用済燃料の封入施設等の地上施設の設計，地上から地下にかけて考慮が必要となる使用済燃料を封入した廃棄体パッケージ，緩衝材等の搬送設備の搬送機構，廃棄体パッケージや緩衝材の把持機構・定置機構，廃棄体パッケージ搬送設備が具備すべき放射線遮蔽機構等の設計，それらの設計から導き出される地下施設の坑道形状，支保工構造の設計，搬送・定置設備と坑道との取り合い（衝突検出等），搬送，定置設備の動線の確保等の一連の設計・検討を行うために用いるデータを共有することで，処分場施設の設計研究を効率的に行うことが可能となる設計支援システムについて，建築・土木業界等で活用されているBIM（ﾋﾞﾙﾃﾞｨﾝｸﾞ ｲﾝﾌｫｰﾒｰｼｮﾝ ﾓﾃﾞﾘﾝｸﾞ），CIM（ｺﾝｽﾄﾗｸｼｮﾝ ｲﾝﾌｫｰﾒｰｼｮﾝ ﾓﾃﾞﾘﾝｸﾞ）等のIT技術を参考にしながら、その概念設計を行う。	・概念設計された設計支援システムに関して，設計技術開発で行われる設計行為を通じて抽出される設計支援システムの要件を本システムの開発に反映させつつ，プロトタイプに作りこむ。	開発した設計支援システムのプロトタイプを運用することにより，システムの改良を行う。並行してマニュアルの整備を進め，設計支援システムの初期版を完成させる。
		②人工バリア概念の開発	●使用済燃料の特徴に対応した人工バリア概念に関する技術的信頼性を提示する。	**●使用済燃料の特徴を考慮した人工バリア概念の設定【JAEA/ANRE】**	**【JAEA】** ・ガラス固化体を対象とした人工バリアの設計に関する基本的考え方及び前提となる条件及び設計要件を，使用済燃料の直接処分の視点から確認し，必要な変更点を明確化する。 ・使用済燃料の特徴（形状，寸法，重量，発熱特性，放射線影響，核分裂性物質等の量と割合，臨界防止等）を検討・確認し，廃棄体パッケージの仕様（材料，形状，廃棄体封入本数，廃棄体封入形態，肉厚，封入方法等），緩衝材の仕様（材料，密度，厚さ等）の概略検討を行う。 ・地下施設の設計に必要となる地質環境データについて使用済燃料の観点から既存データを検討・確認し，必要な変更点を明確化する。 **【ANRE】** ・使用済燃料の直接処分に関して先行している諸外国（スウェーデン，フィンランド等）の人工バリア（廃棄体パッケージ，緩衝材）に関する要件を調査・整理し，わが国の特徴と照らし，技術的課題を分析し，取りまとめる。 ・使用済燃料の封入施設等の地上施設の概念検討として，諸外国における廃棄体パッケージの設計・施工（閉塞方法，残留応力低減方法を含む）に関する情報を整理する。 ・使用済燃料の直接処分のための廃棄体パッケージの蓋構造を検討する。種々の蓋構造に対する閉塞方法，残留応力低減方法を検討する。	**【JAEA】** ・使用済燃料の特徴（形状，寸法，重量，発熱特性，放射線影響，臨界可能性等）を考慮した人工バリア概念（廃棄体パッケージの仕様及び緩衝材の仕様）の設定を行う。 ・人工バリア概念の構成要素である廃棄体パッケージの仕様は，熱解析，臨界解析，放射線遮蔽解析，構造解析，ハンドリング性検討等により導き出される燃料集合体の封入本数，燃料集合体封入の離間距離，腐食しろ，放射線遮蔽厚さ，寸法，形状，重量等を総合的に判断し，設定する。 ・人工バリア概念の構成要素である緩衝材の仕様は，廃棄体パッケージの仕様に基づく沈下解析，岩盤クリープ解析，腐食膨張解析，コロイド透過性検討，施工性検討，止水性検討等により緩衝材の材料特性（ケイ砂混合率など），密度，厚さ等を設定する。 ・また，廃棄体パッケージの腐食膨張量は緩衝材の厚さを設定する上で大きく影響することから，両者の解析結果を総合的に判断することにより最適な人工バリア概念（廃棄体パッケージの仕様及び緩衝材の仕様）を設定する。 ・使用済燃料の観点から再検討・確認，変更を行った地下施設設計に必要となる地質環境データを提示する。 **【ANRE】** ・設定される廃棄体パッケージの仕様に適用する蓋構造を設定し，蓋構造に対する閉塞方法，残留応力低減方法を提示する。	第2次取りまとめ（ドラフト）として集約される当面3ヵ年の研究開発成果をベースとして実施する国内外の外部専門家によるレビュー，第2次取りまとめ（ドラフト）策定にあたり明らかになった平成29年度迄を目処に解決すべき残された課題を踏まえ，必要な研究開発を継続するとともに，得られた成果の見直しや知見の拡充を行うことにより，人工バリア概念を設定できる技術を提示する。また，見直した成果や拡充した知見を第2次取りまとめ（最終版）に反映する。
				●人工バリア概念設定に資するデータの整備及び評価手法開発【JAEA/ANRE】	**【JAEA】** ・使用済燃料処分用人工バリアの性能要件に対応し，使用済燃料処分に特徴的な環境条件下において廃棄体パッケージ材料の腐食試験に着手するとともに，長期的な腐食挙動評価や寿命評価手法の検討に着手する。 ・使用済燃料処分用人工バリアの性能要件に対応する緩衝材の仕様設計に資する緩衝材の基盤データの整備に着手する。 **【ANRE】** ・廃棄体パッケージの先進材料に関する情報を文献に基づき収集し，整理する。 ・上記先進材料を対象とした腐食試験の計画を策定し，先進材料の腐食挙動に関する一部の基礎的データの取得に着手する。	**【JAEA】** ・使用済燃料処分用人工バリアの性能要件に対応し，使用済燃料処分に特徴的な環境条件下において廃棄体パッケージ材料の腐食試験を行い，基盤データを整備する。整備されたデータに基づき廃棄体パッケージの長期的な腐食挙動評価や寿命評価手法を構築するとともに，上記の人工バリア概念の設定に反映させる。 ・使用済燃料処分用人工バリアの性能要件に対応する緩衝材の仕様設計に資する緩衝材の基盤データを整備し，上記の人工バリア概念の設定に反映させる。 **【ANRE】** ・廃棄体パッケージの先進材料の腐食挙動（既往の材料との比較も考慮）に関する基礎データを拡充・整備する。	第2次取りまとめ（ドラフト）として集約される当面3ヵ年の研究開発成果をベースとして実施する国内外の外部専門家によるレビュー，第2次取りまとめ（ドラフト）策定にあたり明らかになった平成29年度迄を目処に解決すべき残された課題を踏まえ，必要な研究開発を継続するとともに，得られた成果の見直しや知見の拡充を行うことにより，廃棄体パッケージ及び緩衝材の設計が行える評価技術及び基盤データを確保する。また，見直した成果や拡充した知見を第2次取りまとめ（最終版）に反映する。

研究開発要素			平成25年度～平成29年度迄の使用済燃料の直接処分に関する各研究開発要素の研究開発目標と課題				
分野	分類	細目	平成29年度迄の中間目標	課題の設定	課題の進め方 当面の1ヵ年（平成25年度迄を目処）： 技術的成立性の見通しを示す第1次取りまとめへの成果の反映	当面の3ヵ年（平成27年度迄を目処）： 技術的信頼性の見通しを示す第2次取りまとめ（ドラフト）への成果の反映	当面の5ヵ年（平成29年度迄を目処）： 技術的信頼性を示す第2次取りまとめ（最終版）への成果の反映
(E)使用済燃料の直接処分技に関する研究開発	(3)性能評価技術	①性能評価モデル／データ整備	●直接処分に特有な現象に着目し，既存の知見を調査するとともに，現象理解のための基礎試験を実施することにより、核種移行モデル／データベースを開発・整備する。	**●現象理解・モデル開発【JAEA】**	直接処分に特有な以下の現象等に着目し，国内外の最新知見を調査するとともに，第1次取りまとめのためのソースタームに係るモデル及びパラメータの設定，今後の課題の抽出及び研究計画の検討を行う。 1) 使用済燃料の溶解と核種の浸出挙動 使用済燃料からの核種放出の主要なメカニズムである瞬時放出と燃料マトリックス溶解に関し，そのメカニズムやモデル化の知見を調査・整理する。それらをもとに第1次取りまとめにおける評価のためのモデル及びパラメータの設定と不確実性の検討を行うとともに，今後の調査・研究課題を整理する。 2) 使用済燃料からの放射線分解影響 放射線影響として想定される燃料表面での長期的溶解挙動と酸化還元フロントによる核種移行への影響について，既往文献調査をもとに最新の知見と考え方を整理するとともに，今後の調査・研究課題を整理する。	直接処分に特有な以下の現象等に着目し，国内外の知見の詳細調査分析を継続するとともに，現象理解のために取得する基礎データを利用しつつ，核種移行モデルとパラメータを提示・更新する。 1) 使用済燃料の溶解と核種の浸出挙動 使用済燃料からの核種放出の主要なメカニズムである瞬時放出と燃料マトリックス溶解に関し，それらのメカニズムやモデル化の知見，国内の使用済燃料の関連情報を調査・分析を進め，溶解モデルの考え方と不確実性を含むパラメータ設定を提示・更新する。 2) 使用済燃料からの放射線分解影響 放射線影響として想定される燃料表面での長期的溶解挙動と酸化還元フロントによる核種移行への影響について，既往の知見の詳細分析，及び解析と試験を通して，放射線分解による影響を評価可能なモデル開発するとともに，それらに基づく影響評価を提示する。	第2次取りまとめ（ドラフト）として集約される当面3ヵ年の研究開発成果をベースとして実施する国内外の外部専門家によるレビュー，第2次取りまとめ（ドラフト）策定にあたり明らかになった平成29年度迄を目処に解決すべき残された課題を踏まえ，必要な研究開発を継続するとともに，得られた成果の見直しや知見の拡充を行うことにより，使用済燃料からの核種の浸出挙動や核種移行に及ぼす放射線の影響の取り扱いについての信頼性を確保する。また，見直した成果や拡充した知見を第2次取りまとめ（最終版）に反映する。
				●データ整備・データベース開発【JAEA】	使用済燃料からの核種浸出や核種移行等の直接処分の性能評価に関連する国内外の最新の知見を調査するとともに，第1次取りまとめのための，溶解度，収着，拡散等のパラメータを設定する。今後の課題の抽出及び研究計画の検討を行う。 1) 使用済燃料の核種浸出データ取得 上記の現象理解・モデル開発のに資する観点からデータ取得に係る研究課題を整理する。 2) 核種移行データの取得 使用済燃料の特徴を考慮して，U, I-129, C-14等の重要核種の移行メカニズムの理解やパラメータ設定に関する既存データ調査と課題抽出を行うとともに，一部データ取得に着手する。 3) 核種移行データベースの開発 ソースタームを含む核種移行パラメータに関して，国内外の既往のデータを収集・整理するとともに，核種移行データベースの拡充・整備方針を策定する。	使用済燃料からの核種浸出や核種移行等の直接処分の性能評価に必要となるデータ取得とデータベース整備を進めつつ，性能評価で考慮すべき環境条件や不確実性要因等を考慮して，パラメータの設定・更新を行う。 1) 使用済燃料の核種浸出データ取得 使用済燃料の取扱いが可能な既存の施設の活用方策を含め，上記の現象理解・モデル開発に資する観点から試験計画を策定し，基礎データの取得に着手する。 2) 核種移行データの取得 使用済燃料の特徴を考慮して拡充が必要なU, I-129, C-14等の移行メカニズムの理解やパラメータ設定に関する既存データ調査，データ取得を継続する。 3) 核種移行データベースの開発 ソースタームを含む核種移行パラメータに関して，国内外の既往のデータを収集・整理を継続するとともに，核種移行データベースの整備・公開を実施する。	第2次取りまとめ（ドラフト）として集約される当面3ヵ年の研究開発成果をベースとして実施する国内外の外部専門家によるレビュー，第2次取りまとめ（ドラフト）策定にあたり明らかになった平成29年度迄を目処に解決すべき残された課題を踏まえ，必要な研究開発を継続するとともに，得られた成果の見直しや知見の拡充を行うことにより，核種移行データに関する基盤情報を整備し，性能評価におけるパラメータ設定についての信頼性を確保する。また，見直した成果や拡充した知見を第2次取りまとめ（最終版）に反映する。
		②総合性能評価手法の開発	●深地層の研究施設計画等で取得された地質環境に関する情報に基づき，H12レポートで設定した地質環境特性に関するパラメータの値を見直し，直接処分における処分場設計／安全評価に反映する。	**●地質環境条件の設定【JAEA】**	・深地層の研究施設計画で取得された地質環境に関する情報等に基づき，H12レポートで設定した地質環境特性に関するパラメータ値の設定手法や値の妥当性を確認する。	・使用済燃料の直接処分システムの性能を評価するため設計や核種移行評価の鍵となる地質環境の特性とその調査技術について諸外国の事例を調査するとともに技術的課題について検討・整理する。 ・H12レポート以降に報告されたわが国の地下深部を対象とした地質環境に関する情報を整理するとともに，その成果に基づきH12レポートで設定した地質環境特性に関するパラメータ値の設定手法や値の見直しを図る。 ・隆起・浸食などの自然現象が地質環境に与える影響評価に関する技術情報を整理し，そのような地質環境の変遷が設計や核種移行評価に与える影響を考慮した地質環境特性に関するパラメータ値の設定手法を検討する。 ・上記の検討・整理結果に基づき，直接処分システム性能評価に当たってのわが国に幅広く分布する地質環境に関するを考慮した解析条件を設定する。	第2次取りまとめ（ドラフト）として集約される当面3ヵ年の研究開発成果をベースとして実施する国内外の外部専門家によるレビュー，第2次取りまとめ（ドラフト）策定にあたり明らかになった平成29年度迄を目処に解決すべき残された課題を踏まえ，必要な研究開発を継続するとともに，得られた成果の見直しや知見の拡充を行うことにより，地質環境条件の設定の信頼性を確保する。また，見直した成果や拡充した知見を第2次取りまとめ（最終版）に反映する。
			●使用済燃料の特徴を踏まえた安全評価のシナリオを、リスク論的考え方に基づき包括的に提示する。	**●シナリオの開発【JAEA】**	・使用済燃料の特徴を踏まえ，地質環境の長期的な変動を考慮しつつ，発生の可能性が高いと考えられる処分場の状態設定や将来における人間の生活圏の状態設定を行い，基本シナリオの構築を試行する。 ・基本シナリオ以外のシナリオの検討として，蓋然性が低い事象や種々の変動要因を考慮したシナリオの検討に着手し，第2次取りまとめに向けた概略的評価を試行する。	・使用済燃料に関連するFEP（特徴，事象，プロセス）を整理し，直接処分に特徴的なシナリオの抽出と体系的な整理を行うとともに，総合性能評価の前提となるリスク論的考え方に基づいたシナリオ開発を行う。 ・処分場概念のオプション，評価対象廃棄物のバリエーションなど，安全評価の前提となる条件を変化させた場合の安全評価を合理的かつ概略的に評価するためのシナリオを整備し，総合性能評価へ反映する。	第2次取りまとめ（ドラフト）として集約される当面3ヵ年の研究開発成果をベースとして実施する国内外の外部専門家によるレビュー，第2次取りまとめ（ドラフト）策定にあたり明らかになった平成29年度迄を目処に解決すべき残された課題（HLW及びTRUとの併置処分の検討などを含む）を踏まえ，必要な研究開発を継続するとともに，得られた成果の見直しや知見の拡充を行うことにより，シナリオの信頼性を確保する。また，見直した成果や拡充した知見を第2次取りまとめ（最終版）に反映する。
			●処分場周辺における臨界可能性評価を行い，処分システムの健全性を示す。	**●処分場周辺における臨界可能性評価【JAEA】**	使用済燃料の直接処分において，検討が必要となるシナリオのひとつである，核分裂性物質（U, Pu）が一カ所に濃集することによる臨界可能性について，評価の考え方を整理し，予備的評価を実施する。	使用済燃料の直接処分において，検討が必要となるシナリオのひとつである，核分裂性物質（U, Pu）が一カ所に濃集することによる臨界可能性について，評価の考え方の整理，評価ツールの整備を進め，地質環境条件や物質移行特性及びそれらの不確実性を考慮した臨界可能性評価を行う。	第2次取りまとめ（ドラフト）として集約される当面3ヵ年の研究開発成果をベースとして実施する国内外の外部専門家によるレビュー，第2次取りまとめ（ドラフト）策定にあたり明らかになった平成29年度迄を目処に解決すべき残された課題を踏まえ，必要な研究開発を継続するとともに，得られた成果の見直しや知見の拡充を行うことにより，処分場周辺における臨界可能性評価技術の信頼性を確保する。また，見直した成果や拡充した知見を第2次取りまとめ（最終版）に反映する。
			●使用済燃料の直接処分に係る個別要素技術開発に関する成果を反映し，直接処分システムの性能評価解析を実施するとともに，直接処分のセーフティーケースを例示することで，直接処分に関する技術的信頼性を提示する。	**●直接処分総合性能評価手法開発【JAEA】**	既存の性能評価手法を活用し，予備的評価を実施する。評価の結果に基づいて，人工バリア概念の開発，性能評価モデル/データ整備等への課題を整理する。	・人工バリア概念の開発によって提示される体系を対象とし，シナリオの開発，現象理解に基づいた性能評価モデルの構築，データ整備の成果を反映し，直接処分システムの総合性能評価を実施する。 ・得られた評価結果に基づいて，人工バリア概念の開発，性能評価モデル／データ整備等への課題のフィードバックを行う。 ・また，直接処分を対象とした安全確保の考え方の検討，不確実性要因の分析，不確実性が処分システム性能へ与える影響についての評価，評価指標の考え方等の検討等を通じて，多様な条件下において直接処分のセーフティーケースを構築するための考え方を検討・整理する。	第2次取りまとめ（ドラフト）として集約される当面3ヵ年の研究開発成果をベースとして実施する国内外の外部専門家によるレビュー，第2次取りまとめ（ドラフト）策定にあたり明らかになった平成29年度迄を目処に解決すべき残された課題を踏まえ，必要な研究開発を継続するとともに，得られた成果の見直しや知見の拡充を行うことにより，総合性能評価の信頼性を確保する。また，見直した成果や拡充した知見を第2次取りまとめ（最終版）に反映する。
			●使用済燃料の直接処分に係る処分場設計や安全評価の実施に係る知識，及びそれを支えるデータベースやモデルの開発成果，主要な現象や特性に係る研究成果等を，処分場設計や安全評価の適切性や品質保証の論拠として体系的に管理するための技術を整備する。	**●直接処分に係る技術・知識・情報・データ等の知識ベース化【JAEA】**	・使用済燃料の直接処分に係る多様な技術・知識・情報・データ等の構造的な整理（知識ベース化）の方向性と進め方を，既存のJAEA KMSの技術やツール（討論モデル，CoolRep，電子性能評価レポート，エキスパートシステム，事例ベースシステム等）の活用を含めて検討するとともに，平成25年度までに得られた知識・情報・データを対象にした構造的な整理の例示を行う。	・使用済燃料の直接処分に関する各研究開発項目において，既存のJAEA KMSの技術やツールを適宜機能の高度化等を図りながら利用することにより，そこで得られる多様な技術・知識・情報・データ等の整備を行うとともに，処分場設計や安全評価に係る検討・評価の透明性，追跡性，信頼性の向上及び技術・知識・情報・データ等を体系化し利用しやすい形とするための構造的な整理（知識ベース化）を段階的に進める。 ・また，上記知識ベース化の検討を通じて，使用済燃料の直接処分に係る各段階での技術・知識・情報・データ等の充足性や妥当性の確認及び課題（不足，不整合等）などの抽出を図り，該当する処分場設計や安全評価の研究開発項目に適宜フィードバックすることで，使用済燃料直接処分に係る取り組みの全体的な充足性や品質の向上及び効率化を支援する。	第2次取りまとめ（ドラフト）作成に向けての知識ベースの構築及びドラフト作成やレビューにおける知識ベースの機能やコンテンツの活用を通じて，知識ベース化の有効性を確認するとともに，第2次取りまとめ（最終版）に向けて優先的に整えておくべき技術・知識・情報・データの洗い出しと該当する研究開発項目へのフィードバックを支援し，知識ベースの拡充を図る。 最新の知識ベースの機能やコンテンツは，第2次取りまとめ（最終版）の作成及びレビュー等において活用する。

R100
古紙配合率100%再生紙を使用しています