

**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**

**2009年7月
(平成20年度版)**

**資源エネルギー庁
(独)日本原子力研究開発機構**

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

～ 目次 ～

はじめに

【第 部 全体基本戦略】

1. わが国の地層処分計画と研究開発の経緯・状況	1- 1
1.1 地層処分計画のこれまでの経緯・状況	1- 1
1.2 研究開発を取り巻く状況	1- 3
1.3 国際的な動向	1- 4
1.4 平成20年度の全体計画の改訂	1- 5
2. 国の基盤研究開発の位置付け・役割・全体目標	1- 9
2.1 地層処分に係る研究開発の特徴	1- 9
2.2 国の基盤研究開発の役割と全体目標	1- 9
2.3 処分事業と安全規制のニーズ/研究開発との関係	1-11
3. 国の基盤研究開発の枠組みと基本的進め方	1-16
3.1 国の基盤研究開発の分野・課題の構造	1-16
3.2 国の基盤研究開発の実施体制と研究開発ツール	1-17
3.3 国の基盤研究開発の段階的進め方～柔軟性と具体性の確保～	1-18
3.4 当面5年程度(フェーズ2)の重点課題の考え方	1-20
4. 効果的・効率的な研究開発推進方策～連携と体系化の促進～	1-21
4.1 国の基盤研究開発の連携方策	1-21
4.2 成果の体系化と効果的反映の方策	1-22
5. 国の基盤研究開発のマネジメント	1-23
5.1 地層処分基盤研究開発調整会議の機能・体制	1-23
5.2 国の基盤研究開発のマネジメントスキーム	1-23
5.3 計画・成果のレビューと情報発信の方策～国の基盤研究開発の信頼性～	1-25
5.4 国の基盤研究開発の工程	1-26

【第 部 研究開発計画～分野毎の研究開発方針と研究開発全体マップ～】

1. 全体基本戦略の研究開発計画への展開	- 1
1.1 研究計画策定の基本方針	- 1
1.2 平成 20 年度の全体計画の改訂	- 4
2. 研究開発全体マップの作成	- 8
2.1 研究開発全体マップの構造	- 8
2.2 研究開発全体マップ概括版	- 8
3. 地質環境調査評価技術分野の研究開発計画	- 11
3.1 研究開発全体マップ概括版の内容 -分類と分類目標の設定-	- 11
3.2 研究開発全体マップ詳細版の内容 -細目と課題の設定-	- 15
4. 処分場の工学技術分野の研究開発計画	- 20
4.1 研究開発全体マップ概括版の内容 -分類と分類目標の設定-	- 20
4.2 研究開発全体マップ詳細版の内容 -細目と課題の設定-	- 23
5. 性能評価技術分野の研究開発計画	- 29
5.1 研究開発全体マップ概括版の内容 -分類と分類目標の設定-	- 29
5.2 研究開発全体マップ詳細版の内容 -細目と課題の設定-	- 32
6. 分野をまたがる取り組み	- 39
6.1 制度的管理技術等の課題と進め方	- 39
6.2 研究開発分野間の連携	- 40

別添資料

別添資料1	研究開発全体マップ概括版	別添- 1
別添資料2 (1)	研究開発全体マップ詳細版【地質環境調査評価技術】	別添- 2
別添資料2 (2)	研究開発全体マップ詳細版【処分場の工学技術】	別添- 9
別添資料2 (3)	研究開発全体マップ詳細版【性能評価技術】	別添- 22
別添資料2 (4)	研究開発全体マップ詳細版【制度的管理技術等】	別添- 30
別添資料3	地上からの調査における地質環境評価技術の課題の整理一覧	別添- 31

はじめに

わが国の高レベル放射性廃棄物の地層処分計画を進めていく上で、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進めていく必要がある。平成12年に特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律が成立し、それに基づき処分の実施主体(以下、実施主体)として原子力発電環境整備機構(以下、NUMO)が設立されて以降、原子力長期計画等^{*1)}に示された役割分担に沿って、国の関係研究機関による基盤的な研究開発(国の基盤研究開発)^{*2)}が着実に進められてきた。具体的には、日本原子力研究開発機構(以下、JAEA)が深地層の科学的研究や安全評価手法の高度化など主に科学的な視点や体系化の視点に重点をおいた研究開発を進める一方、資源エネルギー庁調査等事業として主に工学的視点に重点をおいた周辺基盤技術開発を進めてきた。

このような研究開発が着実に進展する中で、地層処分の研究開発を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その調査等事業実施機関並びにJAEAの国の基盤研究開発を担う関係機関を中心として、NUMOと原子力安全・保安院を含むその他関係機関や大学等有識者等の協力を得ながら、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、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)を設置した。

一方で、原子力委員会によって策定され、平成17年10月11日に閣議決定された「原子力政策大綱」では、「国及び研究開発機関等は、全体を俯瞰して総合的、計画的かつ効率的に進められるよう連携・協力するべき」とされ、さらに、これを踏まえ、同年10月29日に閣議決定された「最終処分計画(改定)」においては、「国、関係機関及び原子力発電環境整備機構は、それぞれの役割分担を踏まえつつ、密接な連携の下で、特定放射性廃棄物の最終処分に係る研究開発を着実に進めていく」旨が示された。上記の調整会議は、これらに応える活動を展開していくための枠組みである。

「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」(以下、全体計画)は、上記のような状況の下で、調整会議におけるそれまでの検討活動の成果として、今後の国の基盤研究開発の役割・目標や長期的かつ段階的な進め方といった全体基本戦略[第 部]を設定するとともに、その戦略に基づく分野毎の目標・課題と、連携や体系化の視点も含めた当面5年程度の具体的な研究開発計画[第 部]を提示したものであり、平成18年度に初版が取りまとめられた。全体計画は、わが国の地層処分計画の段階的な進展に柔軟に対応するとの考えのもと、内容の具体化や見直しを継続的に行いながら研究開発の展開を図っていくことを前提としている。また、調整会議においては、再

^{*1)} 1956年以來、概ね5年ごとに9回に渡って策定された原子力長期計画(正式名称は「原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画」)は、2005年版よりその名を「原子力政策大綱」と称されている。

^{*2)} 日本原子力研究開発機構(地層処分研究開発部門)の研究開発と資源エネルギー庁の調査等事業を包括して国の基盤研究開発と称する。実施主体の技術開発と安全規制関係機関の安全規制関連研究とは区別される。

処理等から発生する超ウラン核種を含む放射性廃棄物(以下、TRU廃棄物)の地層処分にに関する研究開発に係る検討も進めており、これについては「TRU廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体基本計画」として別途取りまとめている^{*3)}。

本書は、上述した平成18年度に策定した「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」を、その後の研究開発の進捗状況等を踏まえた継続的な見直しに加え、研究開発を取り巻く最近の状況等への対応を加味して改訂し、平成20年度版として取りまとめたものである。これらの状況については、第 部第1章において概説するとともに、1.4 節においてその位置付け等について詳述している。

本全体計画は、資源エネルギー庁及びその調査等事業実施機関並びにJAEAの国の基盤研究開発を担う関係機関にNUMOを加えた調整会議の構成機関を中心として、調整会議のオブザーバー機関である原子力安全・保安院、原子力安全基盤機構、並びに、電気事業者と日本原燃の協力を得て策定したものである。なお、平成20年度の全体計画の改訂に際しては、従来オブザーバーとして参加していたNUMOを調整会議の構成機関に加え、研究開発ロードマップの共有による、より効果的かつ効率的な研究開発の実施に向けた体制整備を行っている。このような体制整備に関する経緯等についても、第 部第 1.4 節で触れているので参照されたい。

^{*3)} 資源エネルギー庁・日本原子力研究開発機構他(2009):「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」。

第 部 全体基本戦略

1. わが国の地層処分計画と研究開発の経緯・状況

1.1 地層処分計画のこれまでの経緯・状況

地層処分に関する研究開発については、1970年代半ばより日本原子力研究開発機構(以下、JAEA)において開始され(当時は動力炉・核燃料開発事業団(以下、動燃事業団)),1999年に「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 - 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)と題する重要なレポートが公表されるに至った(当時は、核燃料サイクル開発機構(以下、サイクル機構))。このレポートは、わが国における高レベル放射性廃棄物の地層処分について、サイトを特定しない一般的な観点から技術的な成立性と信頼性を提示したものであり、原子力委員会によって、「第2次取りまとめには、わが国における地層処分の技術的信頼性が示されるとともに、処分予定地の選定と安全基準の策定に資する技術的拠り所が与えられており、これが地層処分の事業化に向けての技術的拠り所となる」との評価が示された⁻¹⁾。

このような第2次取りまとめを中心とした技術基盤の整備を踏まえて、平成12年5月に「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」(以下、最終処分法)が成立するとともに、それを受け同年10月に実施主体「原子力発電環境整備機構」(以下、NUMO)が設立され、もってわが国の最終処分事業がスタートした。また、同年10月に閣議決定された「特定放射性廃棄物の最終処分に関する計画」において、最終処分法で定められた3段階の処分地選定プロセスとその後の建設・操業に至るスケジュールが示された。

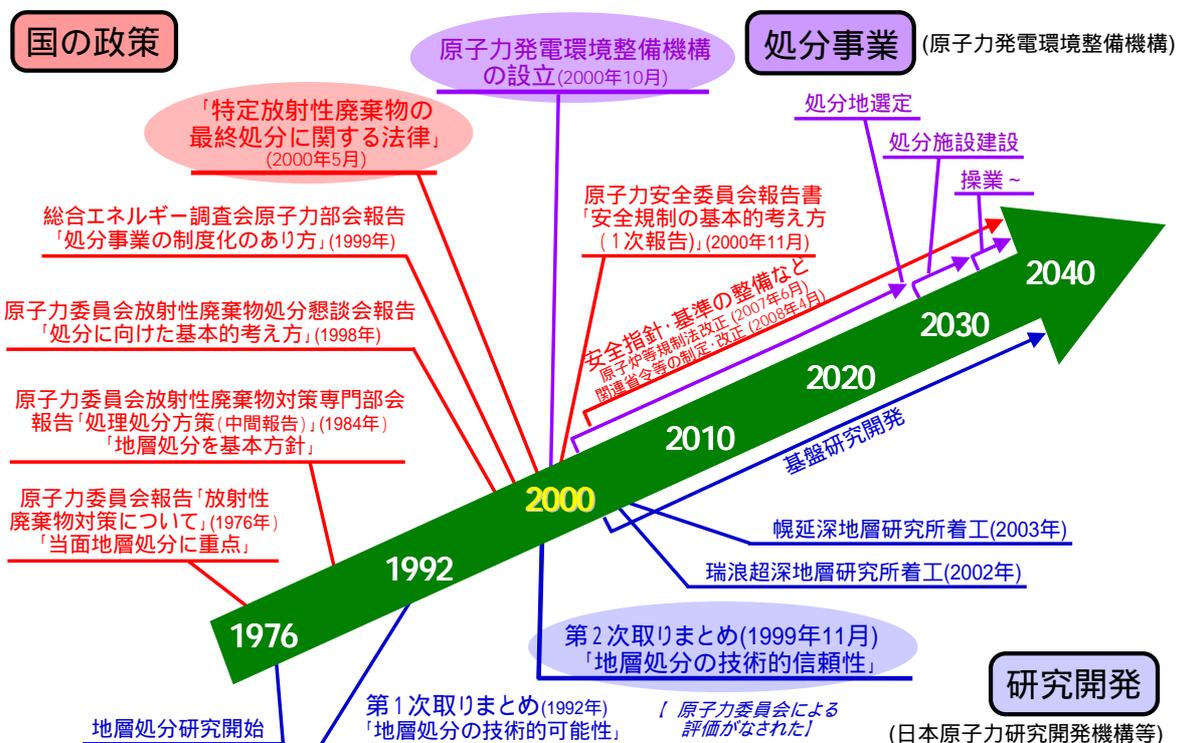


図 -1 わが国の地層処分計画の経緯と展開

⁻¹⁾ 原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会(2000):「我が国における高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術的信頼性の評価」(平成12年10月11日)。

最終処分法は平成19年6月に、地層処分の対象廃棄物の追加(TRU 廃棄物等)に伴う一部改正が行われ、平成20年4月より施行されている。また、同法に基づく、「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針」及び「特定放射性廃棄物の最終処分に関する計画」が平成20年3月に改定され、概要調査の結果に基づく精密調査地区の選定を平成20年代中頃を目途に、精密調査に基づく最終処分施設建設地の選定を平成40年前後を目途に、最終処分の開始を平成40年代後半を目途に進めるという新たなスケジュールが示されている。このような制度整備のもとで、NUMOが、組織設置後の平成14年12月より、全国市町村を対象に「最終処分施設の設置可能性を調査する区域」の公募を開始し、処分場の立地に向けた具体的な活動の第一歩が踏み出された。その後、幾つかの地域で応募に向けた検討が行われ、具体的な応募もあったものの、その後取り下げられている。このように、現在まで、文献調査を開始するには至っていないものの、上記のスケジュールに沿って、文献調査や概要調査の実施に向けた準備が進められている。

一方で、安全規制の面では、平成12年11月に原子力安全委員会によって、「高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全規制の基本的考え方について(第1次報告)」が示されたのを皮切りに、原子力安全委員会による特定放射性廃棄物処分安全調査会での環境要件等の検討、規制行政庁である原子力安全・保安院による総合資源エネルギー調査会放射性廃棄物安全小委員会における規制制度や安全規制関連研究等の検討が鋭意進められ、それぞれの成果が段階的に報告書として取りまとめられている²⁾。特に安全規制の制度面では、平成19年6月に「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」が改正され、同法施行に必要となる埋設規則や技術基準等の整備が行われた。現在、原子力安全委員会においては、精密調査地区選定段階の環境要件や安全審査基本指針の策定に向けた検討が進められており、また、原子力安全・保安院では、地層処分事業の立地選定段階における調査結果のうち安全性に係る結果の妥当性レビューに向けた検討等が行われている。

なお、TRU廃棄物のうち地層処分が必要とされるものに関しては、平成17年9月にJAEAと電気事業者によって高レベル放射性廃棄物との併置処分の検討も含む「TRU廃棄物処分技術検討書-第2次TRU廃棄物処分研究開発取りまとめ-」が提示された。以降、原子力委員会による検討の結果として、平成18年4月に、併置処分が技術的に成立するとの報告³⁾がなされ、総合資源エネルギー調査会原子力部会放射性廃棄物小委員会において、併置処分の可能性を含めた制度化のあり方が検討された⁴⁾。上述の平成19年6月の最終処分法の一部改正は、それらの検討結果を受けたものであり、NUMOは平成20年4月に高レベル放射性廃棄物の地層処分に加え、TRU廃棄物の地層処分の実施主体としての認可を受けている。

²⁾ 原子力安全委員会特定放射性廃棄物安全調査会(2002):「高レベル放射性廃棄物処分の概要調査地区選定段階において考慮すべき環境要件について」、
総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会(2003):「廃棄物安全小委員会報告書-高レベル放射性廃棄物処分の安全規制に係る基盤確保に向けて-」、
同部会廃棄物安全小委員会(2006):「放射性廃棄物の地層処分に係る安全規制制度のあり方について」、
同部会廃棄物安全小委員会(2008):「高レベル放射性廃棄物等の地層処分に係る安全規制について」、
等

³⁾ 原子力委員長半減期低発熱放射性廃棄物処分技術検討会(2006):「長半減期低発熱放射性廃棄物の地層処分の基本的考え方-高レベル放射性廃棄物との併置処分等の技術的成立性-」。

⁴⁾ 総合資源エネルギー調査会電気事業分科会原子力部会放射性廃棄物小委員会(2006):「放射性廃棄物小委員会 報告書」。

1.2 研究開発を取り巻く状況

1) 地層処分基盤研究開発調整会議発足の経緯

このような処分事業がスタートした状況を踏まえつつ、平成12年に取りまとめられた原子力長期計画等に示された役割分担に沿って、関係研究機関等において国の基盤研究開発が着実に進められてきた。国の基盤研究開発の中核的なプロジェクトは、JAEAによる岐阜県瑞浪市と北海道幌延町における深地層の研究施設計画(瑞浪;結晶質岩,幌延;堆積岩)であり、両計画はこれまで第1段階として地上からの調査研究が進められてきたところ、平成17年を節目として、第1段階の調査研究結果を踏まえつつ、第2段階の坑道掘削による調査研究の段階に入り、現在立坑の掘削とそれに伴う調査研究が進められている状況である。

動燃事業団として研究開発をスタートして以来、国の基盤研究開発の中核的役割を担ってきたJAEAは、動燃事業団、サイクル機構と組織変遷を経て、平成17年10月に日本原子力研究所と統合する形で、独立行政法人日本原子力研究開発機構(JAEA)として発足するに至った。この新法人の発足にあたり、旧サイクル機構における第2次取りまとめ以降の研究成果が「高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する知識基盤の構築 - 平成17年取りまとめ -」として公表されるとともに、新法人第一期の平成21年度までの中期目標及び中期計画として、瑞浪と幌延の深地層の研究施設計画における中間的な深度までの掘削段階の調査研究を中心に、処分技術や安全評価に関する研究開発とあわせて全体を知識ベースに取りまとめていくとの研究方針が示されている。

一方、1.1節に示したような地層処分計画の進展に伴い、NUMOにおいては文献調査や概要調査等の方法論に係る技術開発が展開されており、また、安全規制関連についても、原子力安全委員会において重点安全研究計画⁻⁵⁾として安全研究ニーズが具体的に提示された他、原子力安全・保安院においては、安全規制支援機関としての独立行政法人原子力安全基盤機構(JNES)の設立などの体制強化を図りつつ、安全規制関連研究が継続的に展開されている。

このように国の基盤研究開発並びに処分事業や安全規制の関連研究のそれぞれについて着実な進展をみるなか、具体的なニーズへの対応や成果の反映などを念頭に、地層処分の研究開発を全体として計画的かつ効率的に進めるため、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。平成17年度に取りまとめられた原子力政策大綱や総合科学技術会議等での議論においても、この点が大きな課題として指摘されてきたところである。このような状況に鑑み、資源エネルギー庁及びその調査等事業実施機関並びにJAEAの国の基盤研究開発の実施機関を中心に、NUMOや安全規制関係機関等の参加も得て、「地層処分基盤研究開発調整会議」(以下、調整会議)を平成17年7月に発足させた。国の基盤研究開発の位置付けや役割については第2章を参照されたい。

2) 国の基盤研究開発に関する全体計画の策定

上記の調整会議のもとで、「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」、
「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」が平成18年12月に策定された。同計画は、地層処分の研究開発を計画的かつ効率的に進めるための全体計画のフレームワークを示

⁻⁵⁾ 原子力安全委員会(2008):「原子力の重点安全研究計画(平成20年6月一部改訂)」

すとともに、PDCAサイクル(Plan, Do, Check, Action)に基づく国の基盤研究開発の柔軟なマネジメントスキームを提示している。これらの計画のもとで国の基盤研究開発が着実に進められるなか、実施主体による技術開発及び安全規制関係機関による安全規制関連研究(原子力安全委員会による重点安全研究計画や原子力安全・保安院による規制支援研究計画)などが、調整会議のフレームワークを活用した相互の綿密な情報共有のもとで展開されている。

このように、調整会議のフレームワークが構築され国の基盤研究開発並びに処分事業や安全規制の関連研究が全体として計画的かつ効率的に進められるなか、総合資源エネルギー調査会原子力部会放射性廃棄物小委員会における最終処分事業を推進するための取り組みの強化策の検討では、安全性等に関する研究開発の取り組みについて、より一層効果的な研究開発の実施に加えて、地層処分技術を体系化する方策、国民・社会とのコミュニケーション、人材育成等に関する中長期的な観点からの検討の必要性が示された。これを受けて、同小委員会のもとに放射性廃棄物技術ワーキンググループが設置され、地層処分技術の信頼性等のより一層の向上、関係機関間の連携の更なる強化、地層処分研究開発に関する国民との相互理解の観点から検討が行われ、今後の取り組みの方向性等が示された。また、原子力委員会政策評価部会における、原子力政策大綱で示された取り組みの基本的考え方に関する評価では、その結論において、放射性廃棄物の処理・処分全般に関する研究開発について、その継続的な実施と、事業者によるそれらの研究開発の推進と基礎・基盤部分と安全規制面での国の分担の必要性とともに、研究開発ロードマップの共有による効果的かつ効率的な推進の必要性が示されている。更に、高レベル放射性廃棄物の処分事業については、安全性に関する国民の信頼確保の観点から実施主体であるNUMOのリーダーシップのもとでの研究開発機関等との連携による研究開発や技術開発の実施及びそれらの国民への分かりやすい説明の必要性が指摘されている⁶⁾。

調整会議では、平成18年度の全体計画策定から2年が経過した平成20年度に、この間の進捗を踏まえたPDCAサイクルに基づく全体計画の見直しと「特定放射性廃棄物の最終処分に関する計画」の改定の反映に加えて、上記の研究開発への取組に関する評価や指摘等への対応について検討を行い、平成20年度版の全体計画としての取りまとめを行った(この取りまとめの概要については、1.4節を参照されたい)。

1.3 国際的な動向

地層処分の研究開発分野においては、その立ち上げの当初から国際協力が精力的に進められ、技術的側面のみならず社会的・倫理的側面に至るまで、様々な観点で国際的合意形成が図られてきた。第2次取りまとめまでの研究開発や最終処分法といった制度化等のプロセスにおいても、これら国際的活動の成果に依るところが少なくない。この平成12年以降の数年間においても、国際的な合意形成と

⁶⁾ 総合資源エネルギー調査会電気事業分科会原子力部会放射性廃棄物小委員会(2007):「放射性廃棄物小委員会報告書 中間とりまとめ ~最終処分事業を推進するための取組の強化策について~」、総合資源エネルギー調査会電気事業分科会原子力部会放射性廃棄物小委員会放射性廃棄物処分技術ワーキンググループ(2009):「放射性廃棄物処分技術ワーキンググループ中間とりまとめ -地層処分研究開発に関する取組について-」、原子力委員会 政策評価部会(2008):「原子力政策大綱に示している基本的考え方に基づく放射性廃棄物の処理・処分に関する取組の評価について」

して、例えば、IAEA と OECD/NEA による地層処分に関する安全要件 (WS-R-4) ⁻⁷⁾ の策定、更に、WS-R-4 と放射性廃棄物の浅地中処分に関する安全要件 (WS-R-1) を統合する放射性廃棄物の処分に関する安全要件のドラフティング作業 (DS354) が実施されている。各国における地層処分概念の開発として、例えば、スイスにおける EN2002、フランスにおける Dossier2005 の公開 ⁻⁸⁾ など、さらには処分場立地に係る具体的な進展として、2001年にはフィンランドでオルキルオトが、2002年には米国でユッカマウンテンが処分地として決定したことに続き、スウェーデンでは2009年6月に2ヶ所の候補サイトの中から、フォルスマルク(エストハンマル自治体)が処分地に選定され、2010年には処分場の立地・建設の許可申請が行われる予定である。フランスでも2009年の候補サイトの提案を経て、2014年には設置許可の申請が予定されている。米国では、2008年、ユッカマウンテンに係る連邦エネルギー省 (DOE) による建設認可申請の提出及び原子力規制委員会 (NRC) による同申請書の受理 (受理後3年にわたる審査を予定) が行われた。更に、サイト選定活動に着手したスイスや英国において処分場立地に向けた様々な活動の展開が見られた。

1990年代までに技術面や倫理面を含めた地層処分の考え方について専門家の間では一定の国際的合意形成がなされ、それをベースとして上記のような進展がある一方で、各国の地層処分計画の遅れや見直しが生じていることも事実としてあり、地層処分事業や安全確保の長期性等に関する公衆との合意形成など社会的側面での検討を行いつつ紆余曲折しながらも着実に事業を進めてきた状況も見られる。このような状況に具体的に対応するため、IAEA や OECD/NEA の国際機関を中心とした検討を通じ、地層処分計画を段階的な意思決定を経ながら進めていく段階的アプローチ (Stepwise Approach) や意思決定の材料としてのセーフティケース (Safety Case) の重要性が国際的に共通の認識となりつつあり、また、そのような考え方を選定プロセスに具体的に取り入れるケースも見受けられる。なお、セーフティケースとは、OECD/NEA の定義によれば、「処分場の長期の安全を裏付ける論拠を収集したものであり、安全評価の結果に加え、施設のロバスト性と信頼性、その設計と設計論理、安全評価及びその仮定の妥当性を実証するための証明及び推論も含まれるもの」とされる ⁻⁹⁾。段階的アプローチやセーフティケースの考え方は、わが国における処分事業や安全規制の今後の具体化においてももちろんのこと、国の基盤研究開発を進めていく上でも非常に重要な考え方として捉える必要がある。

1.4 平成20年度の全体計画の改訂

既に述べたように、全体計画は平成17年に設置された調整会議の下で平成18年12月に初版が策定された。初版の整備以降2年が経過した平成20年度には、当初より国の基盤研究開発のマネジメントスキームとして導入したPDCAサイクルに基づく改訂を含めて、下記 ~ の作業を行っている。本書は、平成20年度版の全体計画として、すでに完了した 及び の作業が反映されたものである。

⁻⁷⁾ IAEA and OECD/NEA(2006): Safety Requirements: Geological Disposal of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. WS-R-4.

⁻⁸⁾ NAGRA(2002): Project Opalinus Clay, Safety Report, Demonstration of Disposal Feasibility for Spent Fuel, Vitrified High-level Waste and Long-lived Intermediate-level Waste(Entsorgungsnachweis), TECHNICAL REPORT 02-05 (NAGRA NTB 02-05),

ANDRA(2005): Dossier 2005, Les recherches de l'Andra sur le stockage géologique des déchets radioactifs à haute activité et à vie longue, Résultats et perspectives.

⁻⁹⁾ OECD/NEA(2004): Post-closure Safety Case for Geological Repositories – Nature and Purpose.

1)と 2)に示した NUMO のニーズの把握による国の基盤研究開発への反映や国の基盤研究開発の安全規制関連研究への貢献については現在、引き続き検討・調整作業を進めており、その結果については、今後、適宜反映し、全体計画をさらに改訂していく予定である。

PDCAサイクルに基づく改訂

全体計画の策定(Plan)、研究開発の実施(Do)、研究開発の進捗・成果の相互確認(Check)、相互確認を踏まえた全体計画の見直し(Action)という PDCA サイクルに基づき Check 及び Action を行う。平成 18 年度に策定した全体計画に沿って実施された各研究開発の 2 年間の進捗などを踏まえた、個々の研究開発課題の達成度や問題点、連携・体系化の取り組み状況等の相互確認に基づく全体計画の調整や新規課題等の取り込みなどが改訂の主要な視点である。

最終処分計画の改定への対応

既に述べたように大きな状況変化として、平成20年3月に閣議決定された「特定放射性廃棄物の最終処分に関する計画」の改定が挙げられる。同改定は、精密調査地区及び最終処分施設建設地の選定時期を見直したものであるが、この改定された処分計画とJAEAにおける地下研究所での研究計画(深地層の研究施設計画)と整合を図りながら、国の基盤研究開発に関する全体計画について調整を行う。具体的には、全体計画のフェーズ2の終了時期を、当初平成22年頃までとしていたものを平成24年頃までとすることで、全体計画のもとで、平成19年度から5年程度を計画期間として実施されている資源エネルギー庁の調査等事業の成果をすべて取り込むことが可能となるとともに、JAEAにおける深地層の研究施設計画(第2段階)等と連携して相互の成果を活用し合うことによって調整会議全体としてのフェーズ2の成果をより包括的かつ体系的なものとする事ができる。更に、これが実施主体による精密調査へと円滑に反映されることで、フェーズ2の研究開発と精密調査それぞれが時期的に、より整合的かつ効果的に進められることが期待される。

研究開発の進め方に関する提言への対応

1.2 節で述べたように、放射性廃棄物の処理・処分全般に関する研究開発について、その継続的な実施と、事業者によるそれらの研究開発の推進と基礎・基盤部分と安全規制面での国の分担の必要性とともに研究開発ロードマップの共有による効果的かつ効率的な推進の必要性が示されている。更に、高レベル放射性廃棄物の処分事業について、実施主体であるNUMOのリーダーシップのもとでの研究開発機関等との連携による研究開発や技術開発の実施が求められている。

これらの指摘は、平成18年度版の全体計画に示された、調整会議における国の基盤研究開発、NUMO の技術開発、並びに、安全規制関連研究の位置付けや役割分担等の見直しを求めるものではないものの、これらの間でのより綿密な連携と NUMO のリーダーシップの発揮を求めるものである。このため、従来、オブザーバーとして調整会議に参加していた NUMO をメンバーとし、より積極的に国の基盤研究開発の進め方や具体的内容の決定に関与することができるよう体制の変更を行っている。これによって、国の基盤研究開発を処分計画の推進により貢献するように最適化するとともに、規制支援研究と国の基盤研究開発との補完性をより明確にし、2)で述べるように安全規制への活用も促進することを意図している。平成20年度の全体計画の改訂では、これらに対応するために以下に示すような取り組みを開始している。

1) 実施主体のニーズの把握による国の基盤研究開発への反映

次章に示すように、国の基盤研究開発と実施主体(NUMO)の技術開発にはそれぞれの役割や目的があり、それらの違いを踏まえれば、両者の計画や実施レベルでの内容は必ずしも全てが一致するものではない。しかしながら、国の基盤研究開発が事業推進に貢献するという意味で、それらの成果は NUMO が目的とする技術開発等へ反映されるという、より強い意識を持って進めることが重要である。このような意識のもとで、国の基盤研究開発の個々の成果がどのような意味を持つものであるかを精査して重点化等を行い、効果的かつ効率的な事業の展開に貢献する(NUMO の技術開発に直接的に寄与するもの、或いは、基礎・基盤等の部分で間接的な成果として寄与するもの等、その役割や重要性に応じて研究開発を実施する)。

このためには、調整会議の場において NUMO のニーズに関する詳細情報が提供され、国の基盤研究開発を実施する関係機関との綿密な情報共有が欠かせない。NUMO は調整会議メンバーとして、このような要求に応えるべく、平成20年度の全体計画の改訂に関する 及び の作業と並行してそのニーズを精緻化し、併せてそれらと国の基盤研究開発の内容との関連等についての整理を開始している。これは、国の基盤研究開発のうち NUMO の事業や技術開発に活用できるものは取り込んで行くという以前の立場から、調整会議にニーズを提示した上で国の基盤研究開発をリードするというより積極的な関与への転換を意味するものである。このような取り組みは、4章で示す国の基盤研究開発の連携や成果の体系等を加速させ、より効果的かつ効率的な研究開発の推進を行っていくうえで大きく貢献することが期待される。

2) 国の基盤研究開発成果の安全規制への活用

安全規制関連研究については、原子力安全・保安院が総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会廃棄物安全小委員会のもとで、平成20年11月より放射性廃棄物規制支援研究ワーキンググループを設置し、原子力安全委員会における原子力の重点安全研究計画とも整合を図りながら、次期規制支援研究計画(平成22年度～平成26年度)の策定に着手している。原子力の重点安全研究計画は、平成17年度～平成21年度を対象とした計画が平成20年6月に改訂され、また、次期計画(平成22年度～平成26年度)が取りまとめられつつあるところである。

安全規制関連研究と、NUMO の技術開発及び国の基盤研究開発との位置付けや役割の違いは4章に示すとおりである。事業者と、国や関連研究開発機関、双方での研究開発ロードマップの共有による効果的かつ効率的な推進が必要とする原子力委員会政策評価部会の指摘や、安全規制の独立性の確保等も踏まえつつ検討が進められ、国の基盤研究開発のみならず、国内外の幅広い分野から得られる研究開発成果やデータ等の研究成果を、それらの品質等の確認について独立性・透明性を保ちつつ安全規制に活用するという方針が示されている。

本全体計画で示される国の基盤研究開発は、安全規制関連研究(原子力安全委員会における重点安全研究や原子力安全・保安院の規制支援研究など)に直接的に資することを目的とはしていないが、上記のような取り組みが結果として、安全規制関連研究側での効果的かつ効率的な研究開発の推進にも寄与することが期待される。

すでに平成18年版の全体計画策定の際にも、NUMO や安全規制機関のニーズについて当時の

状況に基づく検討を行い、国の基盤研究開発の位置づけや内容を明らかにするうえでこれを反映している。これらは、今回取りまとめを行った平成20年度版の全体計画に、ほぼそのまま記載されている(2.3節参照)。現在進行中の、以上1), 2)に示した取り組みの成果は反映されていないものの、引き続き調整会議等の場を活用して検討や調整が図られ、その結果に基づいて本全体計画もさらに改訂される予定である。なお、冒頭で概説したように、平成20年度の全体計画の改訂に際しては、NUMOを調整会議の構成機関に加え、より効果的かつ効率的な研究開発の実施に向けた体制整備を行っている(図-2参照)。従来の調整会議では、国の基盤研究開発そのものを実施する主体か否かという観点から、NUMOはオブザーバー機関として位置付けられていた。平成17年度の調整会議の発足以来、このような位置付けに関わらず実質的に連携して、効果的かつ効率的な研究開発を推進して行くことが重要であることをそれぞれが認識して進めてきたが、今回の体制整備は、調整会議の取り組み、特に上記1)に示した取り組みにNUMOと国の基盤研究開発実施機関それぞれがより主体的に関与して行くことを明示したものである。

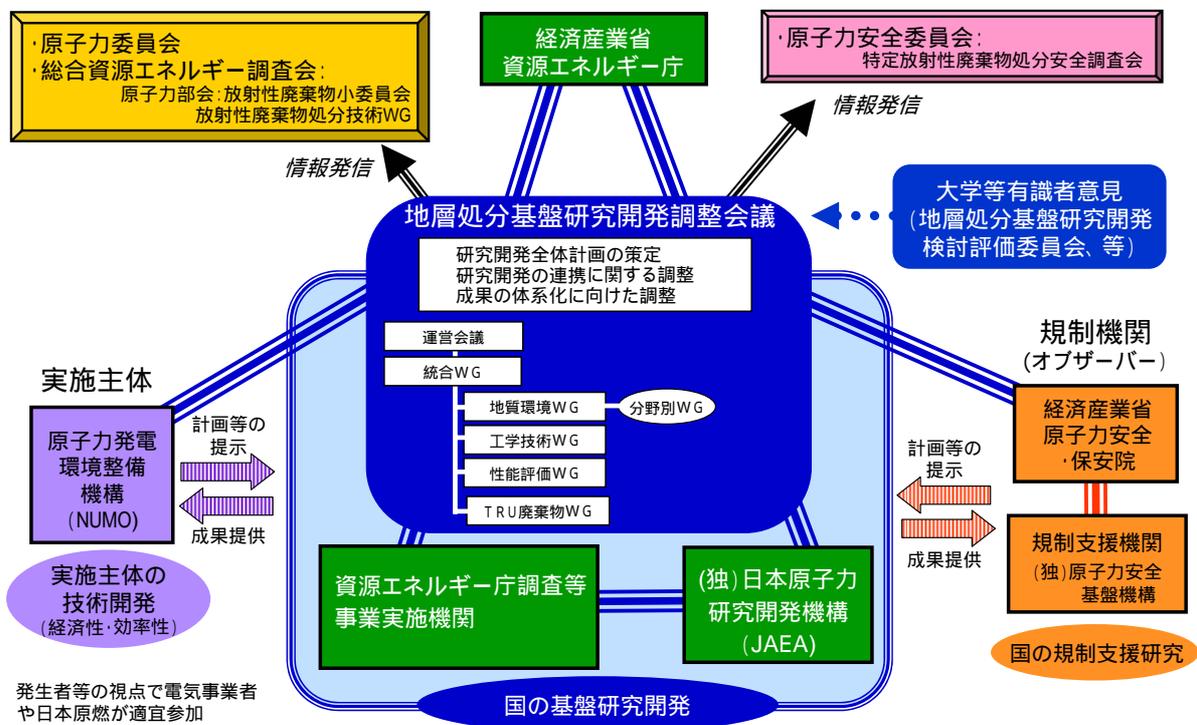


図 -2 地層処分基盤研究開発調整会議の仕組み

2. 国の基盤研究開発の位置付け・役割・全体目標

2.1 地層処分に係る研究開発の特徴

地層処分は、人工バリアと天然の地層を適切に組み合わせたシステムによって数万年以上にも及ぶ極めて長い時間スケールの安全を確保しようとするものである。このため、システムの長期的な変化をモデル計算によって予測し、これに基づいて安全性の判断が行われることが地層処分的特徴的な点である。こうした評価にあたっては、遠い将来までを対象とする時間スケールの大きさに伴う不確実性ととも、人間の生活環境から離れた深地層中に大きな人工構造物を構築することによって構成されるシステムの空間的な不均質性に起因する不確実性に細心の注意を払うことが必要である。このような背景から、地層処分の安全性が信頼に足るものであることを予測評価の結果だけでなく様々な観点から検討してセーフティケースを作成し、この信頼性を高めていくという考え方が広く認識されている。研究開発の役割は、このセーフティケースの信頼性向上に資するため、多くの学問分野にわたる科学技術基盤を体系的に整備していくことである。

また、地層処分の事業は、サイト選定から建設・操業・閉鎖に至るまで数十年を超える長期に及ぶことも特徴であり、それ故に、多くの国の計画において、研究開発の進展に応じた知見の集約とそれに基づく意思決定を行いながら処分事業を段階的に進めるとい、段階的アプローチが採られている。各段階での知見に基づき、長期の安全性が十分に信頼しうるものであることについて、その都度社会的な理解と合意形成を図りながら、段階的に意思決定を行っていくための材料として、各段階でセーフティケースを構築しその信頼性を継続的に高めていくことが重要とされている。

このような地層処分的特徴を念頭におきつつ、常に最新の知見を用いたセーフティケースの構築とそれに基づく意思決定が図られるように、幅広い分野・課題に対する基盤的な研究開発を長期的かつ戦略的な視点をもって進めていくことが必要である。

2.2 国の基盤研究開発の役割と全体目標

原子力発電に伴って必然的に生じる放射性廃棄物の処分は、公益性が極めて高く、国民全体の利益から見ても重要な課題である。さらに、地層処分の安全確保の長期性と処分事業の長期性、それに伴って国の監督や規制についても長期的な関与が必要になることを踏まえれば、国として先導性と継続性をもって基盤的な研究開発を推進する役割を担い、国民各層の理解を得つつ、わが国の地層処分計画の着実な進展のための基盤を整備していくことが重要である。

原子力政策大綱でも議論がなされている通り、原子力研究開発には、実用化に至るまで長期の期間を要するため、その間の技術的・社会的な変動要因等に係る不確実性が大きく、民間のみで行うにはリスクが大きいといった特徴がある。特に、放射性廃棄物分野の研究開発は、他に類を見ない長期的な安全確保に力点がおかれるため、利益事業への直結性や汎用技術への展開性には未知の部分が多い。それ故に、国の基盤研究開発のような取り組みが一層求められている領域である。国の基盤研究開発が先行的に新技術や新知見を創出しつつ技術の成立性・信頼性を提示することによって、将来の技術的・社会的諸条件の変化に柔軟に対応できるようにし、もって国民理解、事業・規制の円滑な推進に資する。

また、これまでのわが国の地層処分に関する研究開発や政策の経緯として、研究開発上の重要な

プロジェクトである深地層の研究施設計画については、実施主体が行う事業や技術開発と明確に区分する形で進めてきた。こうしたプロジェクトを含む国の基盤研究開発が、実施主体や規制機関とは別の体制で、科学技術上の中立性や品質を確保しつつ展開することを通じて、その研究成果を処分事業と安全規制の双方の共通の基盤として資することが可能となる。

以上のような地層処分の特徴と国が果たすべき研究開発の意義を考えれば、国の基盤研究開発の役割と目標は、国の責任のもとで技術基盤の継続的強化を図り、客観性をもって技術的信頼性や安全性を高めることによって、国民の理解を促進するとともに、処分事業や安全規制に先行する形で技術基盤の整備を進めることにより、処分事業や安全規制を含むわが国の地層処分計画全体の着実な進展に資することである。同時に、技術基盤の継続的な強化にあたっては、処分事業を支える人材の育成、供給に配慮することも重要である。

このような国の基盤研究開発の役割と目標は、構造的には、図 - 3 のように整理することができる。技術的信頼性や安全性の向上に主眼をおいた技術基盤の継続的な強化を図っていくという全体目標を達成するために、段階的に国民の理解を得つつ、処分事業や安全規制の基盤として効果的に資するという観点から、以下の3つを目指した取り組みが重要となる。

科学的知見の拡充

地層処分システムの評価において必要となる地質環境や設計・性能評価に係る一連のデータ、モデル及び評価手法に関する客観性をもった科学的知見の整備・拡充

技術的実現性の提示

実際の処分事業に先駆け、地質環境の調査技術、処分場の建設や人工バリアの製作・施工技術といった具体的技術の実現性の提示

先進的新技术の導入

段階的アプローチに基づく処分事業や安全規制の長期的かつ段階的な展開にあわせて、最新かつ適切な知見と技術の導入が可能となることを目指した、先進的新技术の開発

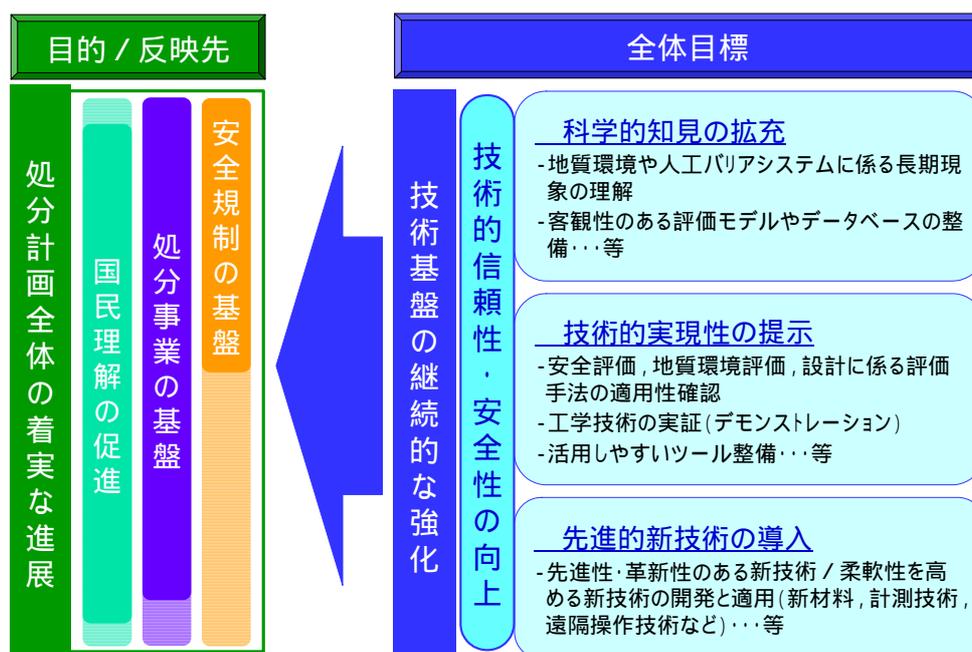


図 - 3 国の基盤研究開発の全体目標の設定

【原子力政策大綱(平成17年10月11日原子力委員会)】

～「3-3.放射性廃棄物の処理・処分」のうち地層処分等の研究開発方針に係る部分の抜粋～

…(略)…このことを踏まえて、研究開発機関等は、放射性廃棄物の効果的で効率的な処理・処分を行う技術の研究開発を先進的に進めるべきであり、発生者等の関係者にはこうして生まれた新知見や新技術を取り入れて、今後の社会における廃棄物の処理・処分の範となる安全で効率的な処理・処分を行っていくことを期待する。国は、このことを促進することも含めて、上記原則等に基づき、引き続き適切な規制・誘導の措置を講じていくべきである。

…(略)…

国、研究開発機関及びNUMOは、それぞれの役割分担を踏まえつつ、密接な連携の下で、高レベル放射性廃棄物の地層処分に係る研究開発を着実に進めていくことを期待する。NUMOには、高レベル放射性廃棄物の最終処分事業の安全な実施、経済性及び効率性の向上等を目的とする技術開発を計画的に実施していくことを期待する。また、日本原子力研究開発機構を中心とした研究開発機関は、深地層の研究施設等を活用して、深地層の科学的研究、地層処分技術の信頼性向上や安全評価手法の高度化等に向けた基盤的な研究開発、安全規制のための研究開発を引き続き着実に進めるべきである。

これらの研究開発成果については、海外の知見も取り入れつつ、地層処分に係る最新の知識基盤として整備・維持され、NUMOの最終処分事業や国の安全規制において有効に活用されることが重要である。このため、国及び研究開発機関等は、全体を俯瞰して総合的、計画的かつ効率的に進められるよう連携・協力すべきである。また、研究開発機関等は、国及びNUMOが行う住民の理解と認識を得るための活動にも協力していくことが重要である。

2.3 処分事業と安全規制のニーズ/研究開発との関係

高レベル放射性廃棄物処分のための研究開発は、上述した通り、平成12年以降、当時の原子力長期計画等で示された役割分担を踏まえ、国の基盤研究開発が引き続き幅広い分野・課題に対する取り組みを担ってきており、原子力政策大綱においても、基本的には平成12年の原子力長期計画と同様の役割分担が踏襲されている。一方で、処分事業と安全規制の展開等を踏まえ、国の基盤研究開発の役割、実施主体と安全規制関係機関のニーズ、それぞれが進める研究開発との関係などについて、具体的な情報共有や調整を図りつつ、日本全体として効率的に研究開発を進めることが益々重要となっている。

これらの役割分担と関係性は、原子力政策大綱や上述した国の基盤研究開発の役割等を勘案すれば、図 - 4のように整理することができる。図 - 4に示す基本的な役割分担や関係性を念頭に、以下に処分事業と安全規制の双方から提示された研究開発の考え方並びに国の基盤研究開発へのニーズをまとめる。これらのニーズへの対応については、処分事業や安全規制の対象として現時点では特定の地質やサイトが選定されているわけではなく、また、安全基準等の策定も今後具体化されるものであることから、引き続き幅広い地質環境を対象としたジェネリックな視点を保ちつつ、同時に今後のサイトスペシフィックな条件への具体的展開を念頭において、検討・調整する必要がある。なお、実施主体と安全規制関係機関が行う研究開発との関係や役割分担の検討にあたっては、各研究開発課題を国の基盤研究開発と実施主体及び安全規制関係機関のそれぞれの間で分担しあうという性格の

ものではなく、それぞれの目的に応じた視点やアプローチの違いを念頭において検討・整理がなされることが重要である。なお、1.4 節に述べたように、NUMO のニーズや規制支援研究への貢献については、現在詳細な検討を進めているところであり、ここで示したニーズや、国の基盤研究開発、実施主体及び安全規制関係機関の研究開発、それぞれの視点・特徴については今後見直しを行なっていく予定である。

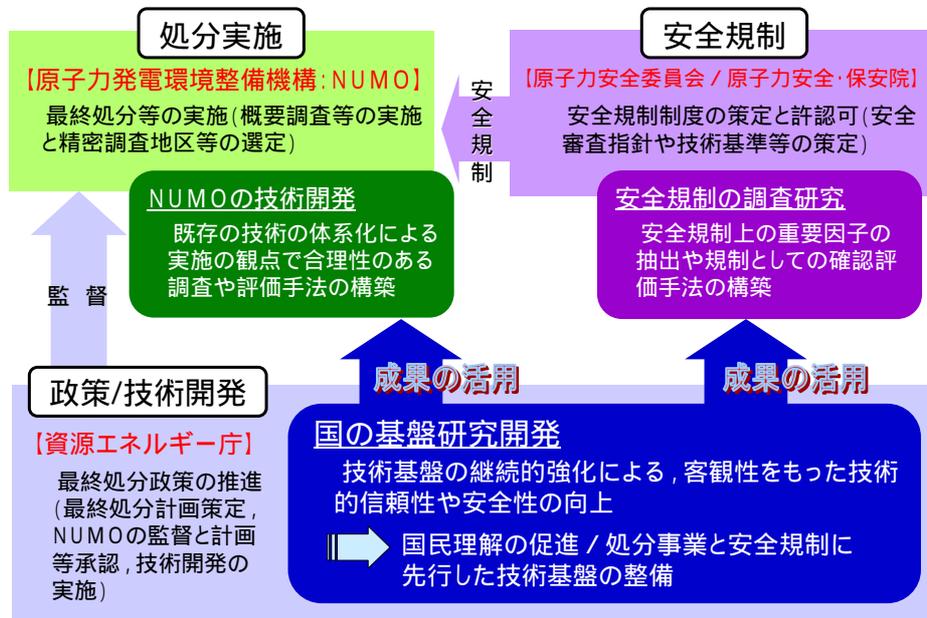


図 -4 わが国の処分実施体制と国の基盤研究開発の位置付け

【処分事業の展開とニーズ】

NUMOの処分事業は、概要調査地区の選定、精密調査地区の選定、最終処分施設建設地の選定という3段階の調査・評価のプロセスを経て処分地を選定し、その後、処分場の建設・操業・閉鎖と段階的に展開していくこととされており、文献調査による概要調査地区の選定とそれに続く概要調査が当面の活動として進められる。



図 -5 処分事業の段階的処分地選定プロセス

このような背景のもと、NUMOが自ら行う技術開発の考え方、及び国の基盤研究開発への期待は、以下のように示されており、国の基盤研究開発と実施主体との技術開発の視点の違いについては、例えば、図 -6のように考えることができる。

【NUMOの技術開発の考え方】

実施主体としての段階的アプローチの構築(技術選択、品質保証等の考え方)

既存の技術(国の基盤研究開発の成果等)の体系化による実施の観点で合理性のある調査・評価手法の構築

- 初期段階(文献調査等)で直接活用する方法論・ツールの体系化
- 次段階(概要調査等)に必要な個別の方法論、技術・ツールの実用的視点での開発

【国の基盤研究開発への期待】

客観性のある科学技術的基盤情報の体系的提示

深地層の研究施設での一連の技術の適用性検討 / 実際の地質環境への適用を伴う技術開発

長期的な視点に立った新技術開発

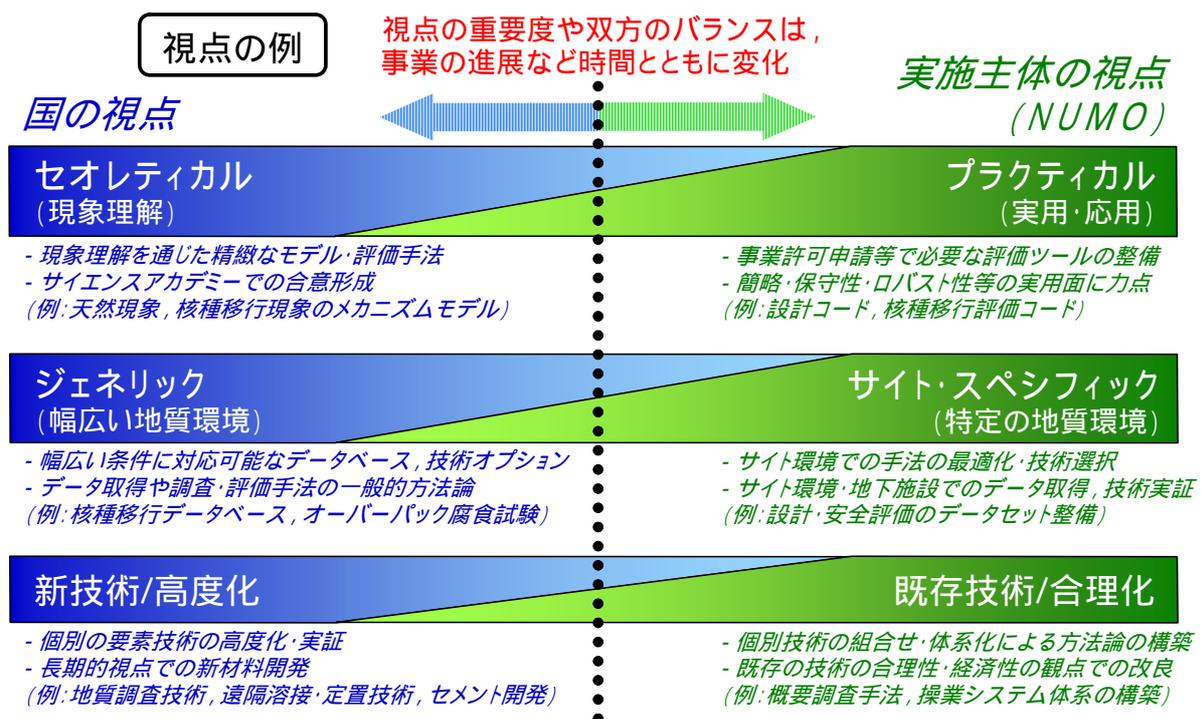


図 -6 国の基盤研究開発と実施主体の技術開発の視点の違い(例示)

【安全規制の展開とニーズ】

安全規制に係る取り組み・展開については、原子力安全委員会及び原子力安全・保安院により、安全審査指針や基準等の策定、具体的な安全規制制度の構築、それらに基づく安全審査／許認可が実施される。現在、それぞれの機関で、地層処分の安全規制のあり方等に関する検討が本格化しつつあり、原子力安全委員会においては、精密調査地区選定段階の環境要件や安全審査基本指針の策定が計画されている。また、原子力安全・保安院では、平成19年6月に「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」が改正され、同法施行に必要な埋設規則や技術基準等の整備が行われ、地層処分事業の立地選定段階における調査結果のうち安全性に係る結果の妥当性レビューに向けた検討等が行われている(脚注 -2 参照)。

このような展開の中で、安全規制関係機関自らが進める安全規制関連研究の考え方、更に国の基盤研究開発への期待は以下のように示されている。

【安全規制関連研究の考え方】

安全評価上の重要因子の抽出や規制としての確認評価手法の構築

- 当面の重点分野；地質・気候／人間活動／母岩を中心とした地下水移行
- 安全規制関連研究の新たな展開；規制の考え方の整理や具体的な規制実務(安全評価や施設確認等)に必要な確認評価の方法論の整備に向けた展開

独立性・客観性・信頼性のある、技術的能力の高い体制の構築・維持

地層処分事業の重要性も踏まえ、合理的な規制を目指した不断の努力の一環として、規制支援研究以外の研究成果も適切に蓄積しつつ、研究の進め方を柔軟に検討していくための手法(事業者による地層処分の安全性に係る技術的報告書のレビュー等)の整備・運用

【国の基盤研究開発への期待】

安全規制関連研究を実施する上での地下研究施設の活用(データ、フィールド)

科学技術的成果(データやモデル等の評価基盤)の信頼性・客観性の更なる向上

すでに述べたように、原子力安全委員会においては、平成17年度～平成21年度を対象とした「重点安全研究計画」が平成20年6月に改訂され、また、次期重点安全研究計画(平成22年度～平成26年度)が取りまとめられつつある。原子力安全・保安院でも、次期重点安全研究計画とも整合を図りながら、次期規制支援研究計画(平成22年度～平成26年度)の策定を行っている。

以上に基づけば、国の基盤研究開発、実施主体及び安全規制関係機関の双方の研究開発、それぞれの視点・特徴は以下のように考えることができる。



地質環境	文献調査・評価技術の体系的 方法論の整備 概要調査の最適化検討 地質環境データベース整備	地質環境調査・評価技術の URL ^{*2} での適用・体系化 沿岸域等の調査要素技術の高度 化・実用化 長期安定性に係る現象理解	特廃法への適合性を示す ための調査手法・評価手 法の検討 特廃法への適合性を判断 するための基準策定
工学技術 (処分概念)	概要調査段階における概念 設計や要件設定の方法論 処分場の操業システム / 操 業安全性の検討	人工バリアの長期健全性評価 (現象理解と評価モデル) 建設・操業・閉鎖に関する要素 技術の実証(遠隔定置技術, URL ^{*2} 等での適用性確認)	安全設計の基本要件の 整理 人工バリア・廃棄体挙動 評価手法の整備
安全評価 (性能評価)	概要調査段階における概略 安全評価や要件設定の方法 論の構築 安全確保の自主基準や対話 手法の検討	性能評価シナリオなど性能評価 手法の体系化 性能評価モデルの高度化 (URL ^{*2} 等での適用性確認, コロ イド・放射線等影響評価) 核種移行データベース整備(熱 力学・収着, 生物圏等)	安全評価の基本的考え 方の整理 被ばく線量等を導出する ための評価手法の整備

*1安全規制関連研究, 原子力安全・保安院における規制支援研究計画に関する、平成20年度の検討状況を踏まえて設定。

*2URL; 深地層の研究施設

図 -7 国の基盤研究開発, 処分事業と安全規制の研究開発の視点・特徴

3. 国の基盤研究開発の枠組みと基本的進め方

3.1 国の基盤研究開発の分野・課題の構造

地層処分の安全確保の基本的アプローチは、地層処分にとって適切な安定した地質環境を選定すること(サイト選定)、その環境に対し人工バリアや処分施設を適切に設計・施工すること(工学的対策)、によって地層処分システムを構築し、構築された地層処分システムの安全性を安全評価によって確認する、というものである。このようなアプローチを具体的に支えるため、信頼性の高い現実的な技術基盤を整備していくためには、非常に幅広い分野・課題に対する取り組みを必要とする。このような取り組みを効果的に進めるため、上記の基本アプローチの流れに沿って、従来より、図-8に示すように、「(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)」と大きく3つの分野に分けて研究開発が展開されてきている。このような構造は、引き続き国の基盤研究開発の基本として考えることができる。

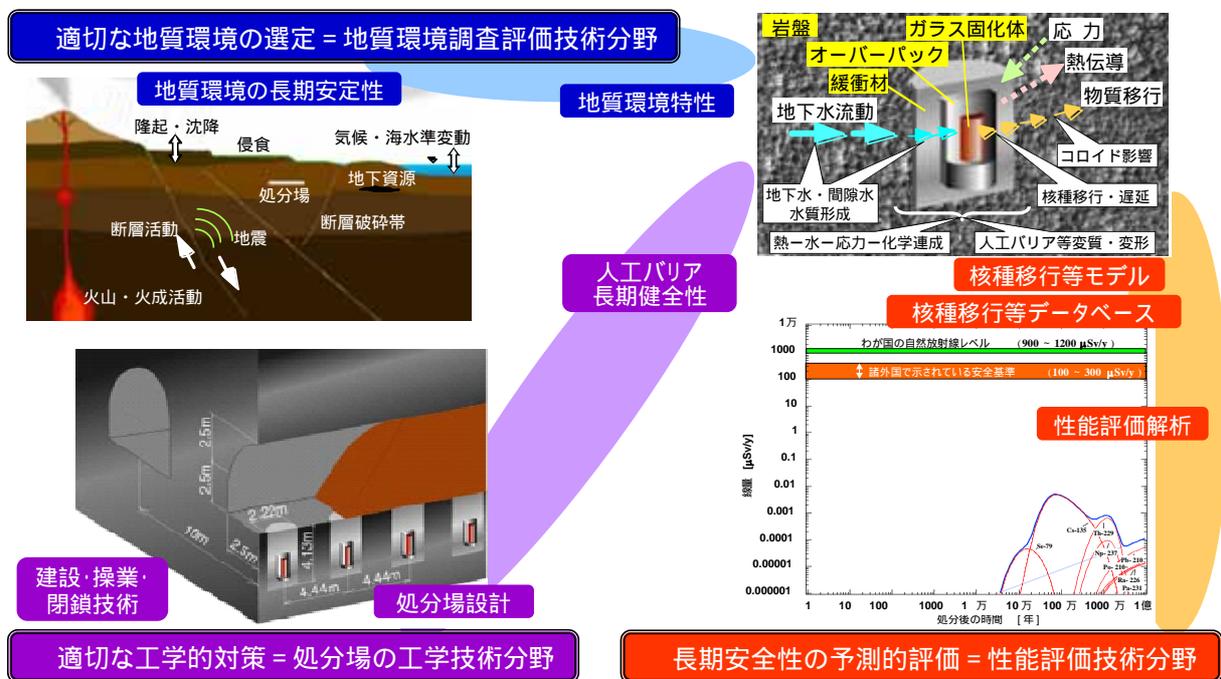


図-8 地層処分の研究開発における分野構造と課題例

一方で、既に述べたような地層処分の特徴として、様々な分野にわたるデータ・知見を総合的・体系的に組み上げて評価していくことの重要性や、今後の処分事業や安全規制の具体的な展開における段階的アプローチやセーフティケース構築を念頭におけば、国の基盤研究開発における体系化の取り組みもその重要性を増している。このような観点から、上記3分野の構造を基本として研究開発の実質的展開を図っていくなかで、分野間にまたがる視点も含めて様々な体系化のための取り組みを考慮していく必要がある。また、意思決定に基づく段階的アプローチを具体化する上で、課題の一つとなるモニタリングや記録の保存等に関しては、上記の3分野とは別の取り組みが必要な研究開発テーマが存在することから、「制度的管理技術等」として整理しつつ、上記の体系化の取り組みと同様に、3分野の枠組みと関係付けて展開していくこととする。

3.2 国の基盤研究開発の実施体制と研究開発ツール

国の基盤研究開発の実施体制については、JAEAが中核研究機関として、深地層の科学的研究や安全評価手法の高度化など主に科学的な視点や体系的な視点に重点をおいた研究開発を進め、一方で、資源エネルギー庁では調査等事業として、地質環境調査技術や、処分技術に関連した要素技術など主に工学的視点に重点をおいた周辺基盤技術の研究開発を進めている。

JAEAは1.2節で述べた通り、平成17年10月に独立行政法人として発足し、平成21年度までの中期計画期間において、岐阜県瑞浪市と北海道幌延町の深地層の研究施設計画を中間的な深度まで展開する計画としている。あわせて地層処分基盤研究施設(エントリー)や地層処分放射化学研究施設(クオリティ)等を活用した工学技術や安全評価に関する研究開発を進め、深地層の研究施設計画における研究開発成果とともに、地層処分の安全性に係る一連の論拠を支える知識ベースとして体系化する、との方針が示されている。深地層の研究施設計画はわが国の地層処分研究開発における重要なプロジェクトであり、処分事業や安全規制の展開に先行する形で、地上からの調査研究(第1段階)、坑道掘削時の調査研究(第2段階)、地下施設での調査研究(第3段階)と、段階的に調査研究が展開され、それぞれ図-9のように、工学技術や安全評価技術とともに体系化された成果として、処分事業や安全規制に反映される計画である。

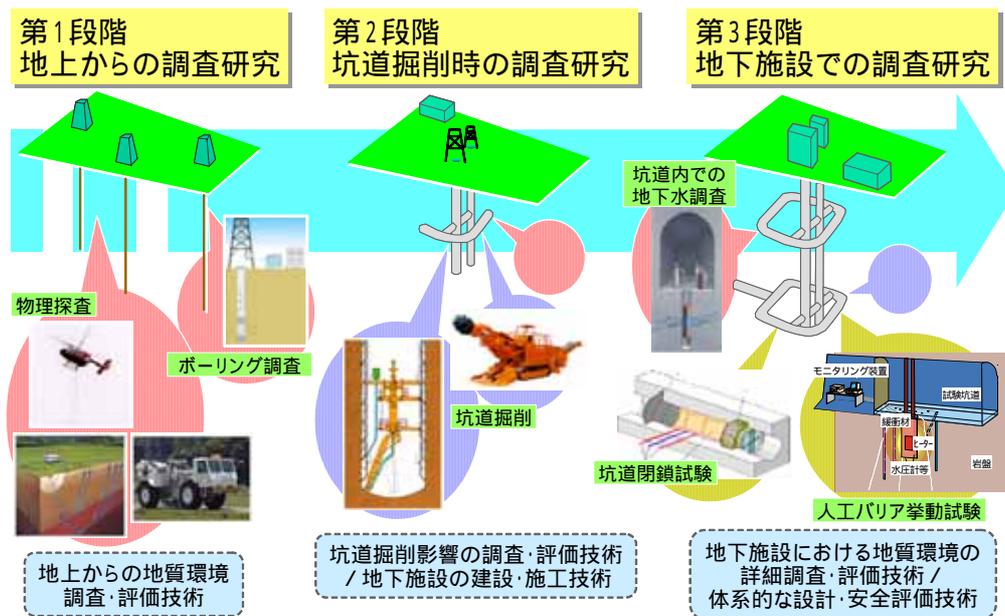


図 -9 深地層の研究施設計画の段階的な進め方

資源エネルギー庁の調査等事業については、地上からのコントロールボーリング技術や沿岸域を対象とした各種調査・解析等の地質環境調査技術の高度化開発、調査計画の策定や実施支援のための総合評価技術の開発、処分場の操業の際に必要な遠隔での廃棄体搬送・定置に関する要素技術開発、微生物や放射線が核種移行に及ぼす不確実性要因の評価手法の整備、将来のサイクルも視野に入れた処分概念開発・性能評価技術の高度化といった基盤技術の開発を展開している。これらの資源エネルギー庁調査等事業を効果的・効率的に展開していく上でも、処分事業や安全規制のマイルストーンとともに、深地層の研究施設計画を中心とするJAEAの研究計画や研究開発ツールを念頭におく必要がある。

3.3 国の基盤研究開発の段階的進め方～柔軟性と具体性の確保～

国の基盤研究開発は、その役割や全体目標に沿って、国民理解に資するべき課題・ニーズも念頭におきつつ、処分事業と安全規制の進展に応じた研究開発のマイルストーンや目標を具体的に設定しながら段階的に展開し、タイムリーに技術基盤を提示できるようにしていくことが重要である。処分事業の段階的アプローチやセーフティケースの概念に基づき、注意深く意思決定がなされつつサイト選定や処分概念の具体化が行われていくことを考慮して、研究開発自体に「フレキシビリティ(柔軟性)」を持たせることが重要である。例えば、幅広い地質環境を考慮したジェネリックな段階から、サイトスペシフィックな段階への展開やそれに伴う処分概念の具体化に応じて、技術の選択肢を用意するといった柔軟な対応を可能とする技術基盤の整備が重要である。一方で、当面の研究開発計画を合理性や効率性の観点を含めて具体性のあるものとして提示することも重要である。上記2つの視点、事業と規制の双方の段階的な展開に応じた「柔軟性」、現時点での研究開発の合理性や効率性に配慮した「具体性」を、全体としてどう整合的に示すかが、当該研究計画を検討する上で留意すべき課題である。

このため、処分事業の3段階の処分地選定プロセスやスケジュール、それに合わせて展開される安全規制の制度や基準の整備、さらにこれらに先行する2つの深地層の研究施設計画の段階的進展等を念頭においた、10～20年程度の長期的・段階的戦略を設定しつつ、当面5年程度のマイルストーンに対応して具体的な目標や計画を策定することが合理的であるといえる。また、計画の節目毎に成果を体系化して処分事業や安全規制に円滑に反映できるようにし、併せて以降の課題と研究開発の方向性を提示する。さらに、適宜計画を見直すことによって柔軟性を確保することが重要である。

このような考え方にに基づき、第2次取りまとめ以降、5年程度を一つの節目として捉え、段階的な研究フェーズを設定するとともに、各々のフェーズにおける処分事業や安全規制のニーズ、深地層の研究施設計画の展開、さらには、処分事業の進展に伴って、ジェネリックからサイトスペシフィックな地質環境条件/処分概念へと展開していくこと等を念頭に、各段階の目標を設定した。現時点においては、以下のように平成12年以降の3つのフェーズに対して反映先や段階目標を設定している。平成18年度版の全体計画からの主要な変更点は、フェーズ2の期間を2年程度延長したことである。これは、1.1節で述べたような法律改正に基づくスケジュールの変更に基づき、平成19年度から5年程度の計画期間を念頭に進められている現行の資源エネルギー庁の調査等事業の多くがほぼ計画完了となる時期に合わせてフェーズ期間を設定し直すことにより、成果をより包括的、かつ体系的に取りまとめることを可能とするためである。また、段階目標については、従来の全体計画から変更する必要はなく、同じ内容を設定している。

フェーズ1(平成17年度頃まで)【既に終了】

【反映先等】

処分事業における概要調査への反映や安全審査基本指針等の検討・策定に資することを目標とするフェーズ。主に深地層の研究施設計画の第1段階(地上からの調査研究段階)に相当。

【段階目標】

- 1) 地上からの地質環境調査技術の体系的整備
- 2) 幅広い地質環境を対象とした評価手法の整備

フェーズ2 (平成24年度頃まで)

【反映先等】

平成20年代中頃を目途とする精密調査地区選定時期を念頭に、実施主体による精密調査(前半の地上からの詳細調査)への反映や安全審査指針・基準の検討に資することを目標とするフェーズ。主に深地層の研究施設計画の第2段階(坑道掘削時の調査研究段階)に相当。

【段階目標】

- 1) 地上からの調査に関わる技術基盤の確立(地上からの調査技術の検証～地下施設での調査の考え方を含む)
- 2) 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

フェーズ3 (平成20年代後半頃まで)

【反映先等】

平成40年前後を目途とする最終処分施設建設地選定に向けた、実施主体による精密調査(後半の地下施設での調査)への反映、安全規制のための指針・基準(安全審査指針や処分場の技術基準等)の策定や安全審査等に資することを目標とするフェーズ。主に深地層の研究施設計画の第3段階(地下施設での調査研究段階)に相当。

【段階目標】

- 1) 地下施設を活用した調査に関わる技術基盤の確立
- 2) 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

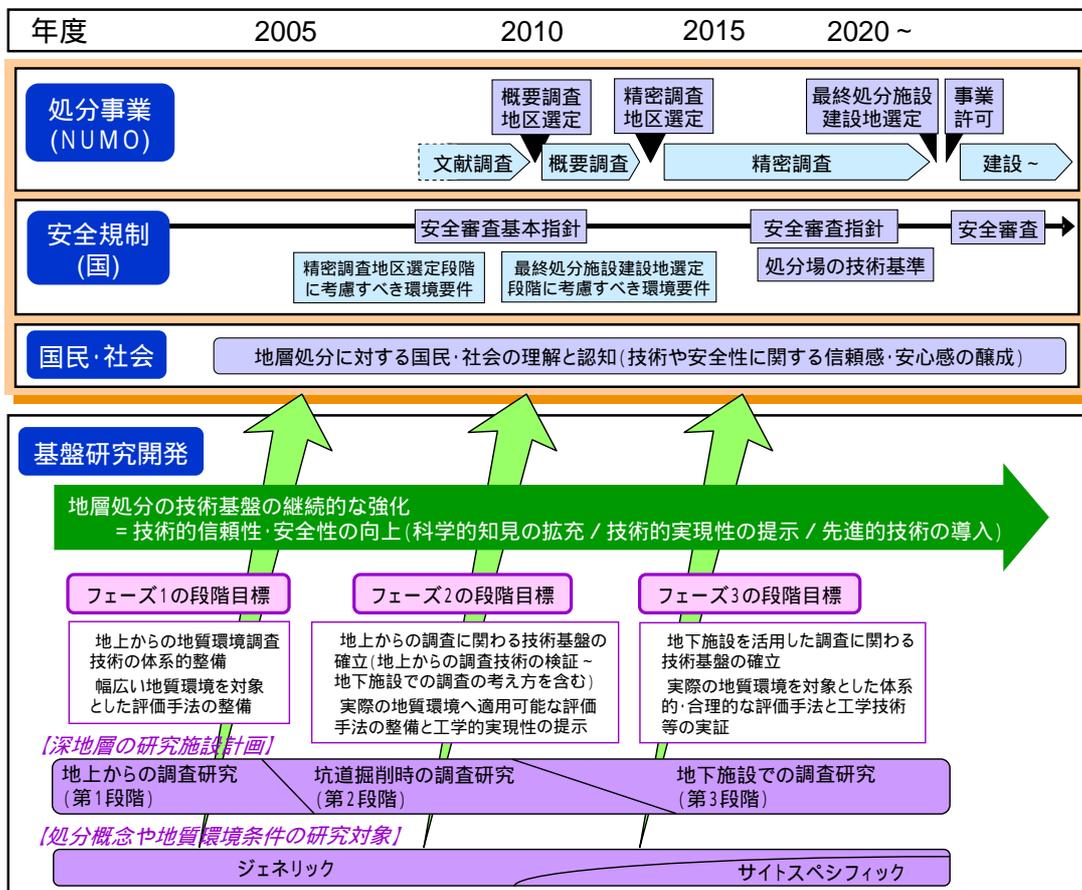


図 -10 処分事業や安全規制の展開に応じた国の基盤研究開発の段階と目標設定

3.4 当面5年程度(フェーズ2)の重点課題の考え方

上記 3.3 節において、国の基盤研究開発の中長期的な段階的進め方と5年程度を節目としたフェーズ毎の段階目標を概括的に設定した。直近5年程度のフェーズ2における目標を具体化し、重点課題を設定していく上では、当面5年～10年程度の処分事業と安全規制の展開を念頭におく必要がある。

NUMOによる処分事業に関しては、概要調査を経て精密調査地区の選定が平成20年代中頃に行われ、その後、精密調査として地上からの詳細調査が展開される。また、精密調査地区選定にあたっては、概要調査の結果に基づいて処分場の概念設計やその結果に基づく予備的な性能評価を行うことが想定される。一方、安全規制関連としては、上記NUMOの事業展開に合わせて、精密調査地区選定段階での環境要件や安全審査基本指針の策定、並びに概要調査及びその評価の結果についてレビューが行われることが想定される。具体的な地点を対象に調査が行われ、その結果の評価に基づき、地点を絞り込む判断がなされることを念頭に、事業と規制のいずれにおいても役立つものとなるよう、国の基盤研究開発を進めていくことが重要である。

このような観点から、フェーズ2においては、図-11に示す通り、わが国の幅広い地質環境を念頭におきつつも、具体的な地点を対象に適用することを想定した、地上からの一連の地質環境調査評価技術、それに応じて適切に設計・性能評価を行うための技術を、体系化や実用性といった面も含めて整備していくための取り組みが必要となる。

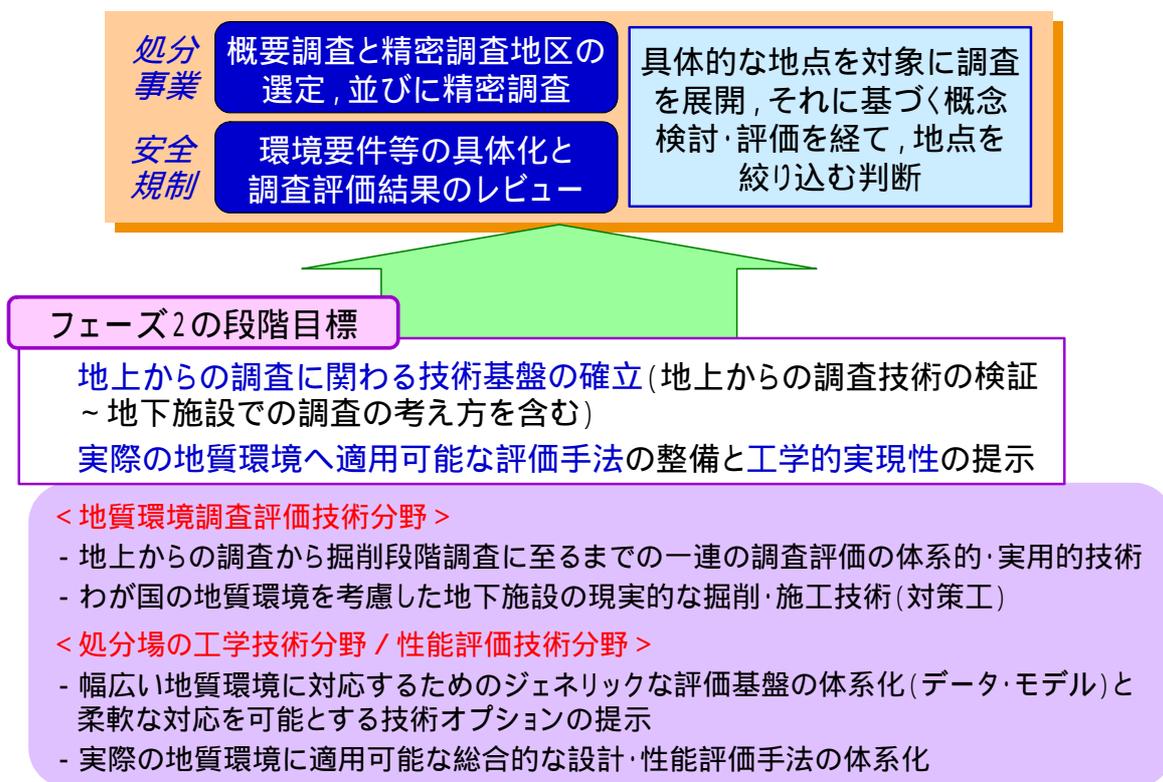


図 -11 当面5年程度のフェーズ2における段階目標と重点課題

4. 効果的・効率的な研究開発推進方策～連携と体系化の促進～

4.1 国の基盤研究開発の連携方策

国の基盤研究開発の全体目標の達成に向け、より効果的・効率的に研究開発を推進するという観点から、研究開発の分野・課題間並びに研究機関間での連携など、様々なレベル・視点での連携を図っていく必要がある。このことは、地質環境調査、工学的検討、長期安全評価まで、幅広い分野・課題構造からの知見を集約しつつ体系化するという地層処分技術の特徴、また、事業段階に沿って研究開発を体系化することの必要性から不可欠な要素であり、今後、より一層の強化に取り組むことが求められる。このため、3.2 節に示した国の基盤研究開発の実施体制や研究開発ツールを念頭に、複数の機関で役割分担を明確化して研究開発を展開しつつも、体系化の視点で重要となるテーマ、複数の機関で研究資源(研究施設、調査技術、モデル・コードやデータベース等)を共有化すべきテーマなど、連携すべきテーマの特定とそのための取り組みをより具体的に展開していく。特に、JAEAが瑞浪と幌延で掘削中の深地層の研究施設をはじめ、エントリー/クオリティのような施設の活用をさらに進めることは、研究資源の有効利用に留まらず、図 - 12 に示すように、総合的な実証試験の場としての活用や一連の調査や評価技術の体系化につなぐという観点からも意義深いものである。

以上のような体系化の促進や研究資源の有効活用など、国の基盤研究開発の分野・課題間並びに研究機関間での連携を強化していく際には、従来より地層処分研究開発における重要な手段となっている国際協力の効果的利用や、科学的基礎研究領域を担う大学等との協力強化も含めてさらに検討を行なっていくことが重要である。

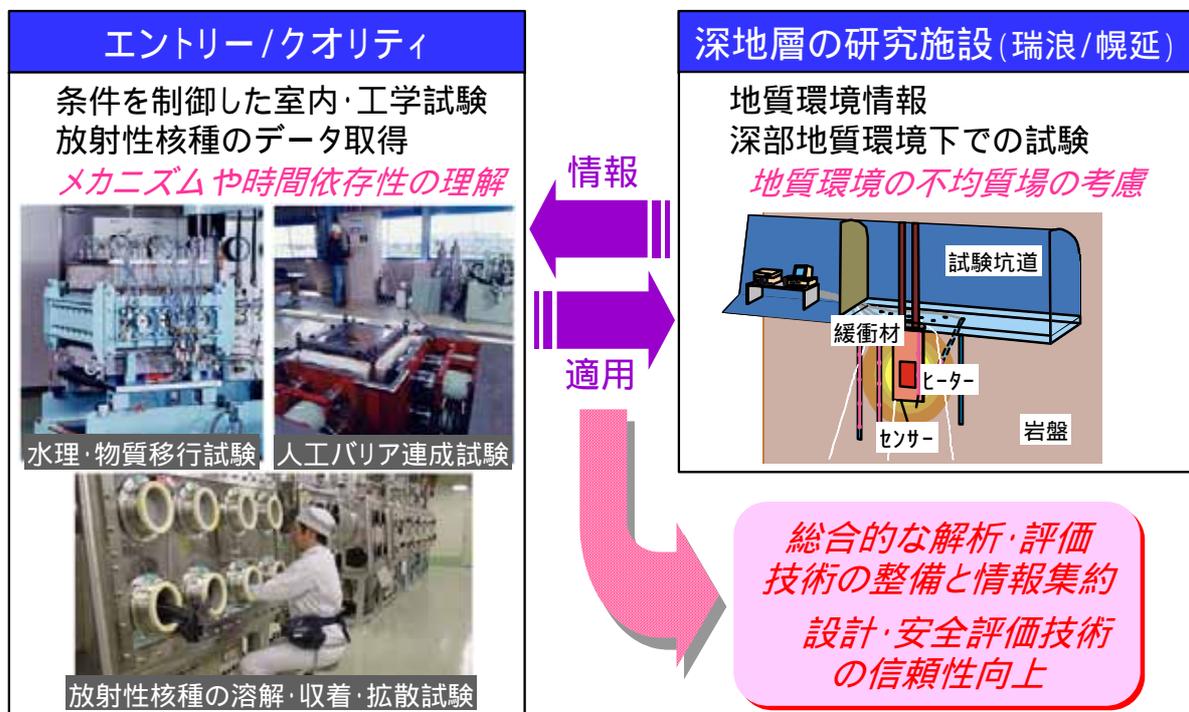


図 - 12 JAEAの深地層の研究施設等を活用した連携のより一層の推進

4.2 成果の体系化と効果的反映の方策

地層処分の特徴として、幅広い分野にわたる知見や情報を総合的に評価しつつ体系化することが不可欠であり、これまでの研究開発においても、ジェネリックな研究開発としての総合的な評価の視点で、第1次取りまとめ、第2次取りまとめ(図 -1 参照)といった段階的な体系化が実施されてきた。今後は、処分事業が処分場候補地を対象に一連の調査・評価を経て、実際の建設・操業・閉鎖と進められ、安全規制がそれに対応して展開していくことを考慮すれば、双方に資する技術基盤を整備する観点から、従来のジェネリックな視点での総合的な評価のみならず、特定の地質環境への適用を念頭においた実質的な技術としての体系化という視点をもった研究開発の実施が益々重要となる。

以上のような観点から、具体的には、上述したような深地層の研究施設の活用など、分野・課題間の連携や研究機関間での連携の枠組み等も活用しつつ、個別課題や個別要素技術における体系化、複数の課題や領域にまたがる技術や評価手法の組み合わせとしての体系化といった、様々なレベルや視点での体系化のための取り組みを展開していく。このような取り組みに基づき、最終的には実際の地質環境を対象に一連の調査評価、処分場の設計、安全評価に関する総合的な方法論としての体系化を通じ、セーフティケース構築のための基盤技術として提示される必要がある。

このような様々なレベルでの体系化の取り組みは、今後の国の基盤研究開発において定常的に指向されるべきものであり、研究フェーズの節目においては、国の基盤研究開発全体を対象として体系化された成果として提示され、処分事業や安全規制の技術基盤として資するとともに、国民の信頼感の醸成に貢献することが必要である。このような研究フェーズの節目における体系化は、成果の効果的反映のみならず、その時点での研究開発の達成レベルと課題抽出、それに基づく次期フェーズの研究開発計画の策定に資する上でも重要である。このような国の基盤研究開発全体を対象とした体系化は、研究フェーズの節目において実施することを基本としつつも、その方法や時期等については、処分事業や安全規制の展開やニーズに応じて、柔軟に対応できるようにしておくことが必要である。

原子力政策大綱においては、「研究開発成果については、海外の知見も取り入れつつ、地層処分に係る最新の知識基盤として整備・維持され、NUMOの最終処分事業や国の安全規制において有効に活用されることが重要」とされている。このため、JAEAでは、中期計画に基づき、知識ベース構築⁻¹⁰⁾の取り組みが進められており、その中で国の基盤研究開発の成果を含めた国内外の最新の知見が適切に取り込まれることが重要である。このような取り組みは、セーフティケース構築のための知識基盤としてはもちろんのこと、長期にわたる処分事業や安全規制を継続的に支えるための技術の継承並びに人材の育成、供給の観点からも意義のあるものである。

⁻¹⁰⁾ 例えば、梅木ほか(2006):「地層処分技術に関する知識管理システムの基本的概念」, JAEA-Research 2006-078, 大澤ほか(2008):「地層処分技術に関する知識マネジメントシステムの設計概念」, 火力原子力発電, No621, Vol.59.

5. 国の基盤研究開発のマネジメント

5.1 地層処分基盤研究開発調整会議の機能・体制

調整会議を、国の基盤研究開発全体のマネジメントの中心的な機能として位置づけ、継続的に活動を展開しつつ、効果的・効率的に研究開発を推進していく。調整会議は図 - 2 に示したように、処分事業と安全規制のニーズを反映しながら、国の基盤研究開発の全体の連携や体系化を含む最適な展開を図っていくためのものである。

調整会議は、国の基盤研究開発全体を統括する資源エネルギー庁、研究開発の中核的機能を担うJAEA並びに資源エネルギー庁調査等事業の実施機関にNUMOを加えた関係機関によって構成し、さらに、オブザーバー機関である原子力安全・保安院、原子力安全基盤機構、並びに、電気事業者と日本原燃の協力を得ることによって、処分事業と安全規制双方のニーズへの対応と成果の効果的反映を含めた具体的な調整を可能としている。また、調整会議の活動は、様々な場を活用して大学等の有識者の意見を取り入れるとともに、国の委員会や学会等への定期的な報告・レビューを行いつつ進めることとしている。

調整会議は、以下の3つを主たる機能として担うものとする。

研究開発全体計画の策定

国の基盤研究開発の役割や目標、処分事業や安全規制のニーズやスケジュール等を踏まえた、連携や体系化方策を含む国の基盤研究開発の全体計画の策定

研究開発の連携に関する調整

体系化や効率化の観点から連携して取り組むべき課題の明確化と、研究施設等の研究資源の有効活用を含めた共同研究等の企画・調整

成果の体系化に向けた調整

研究開発成果の効果的な集約と反映を念頭においた体系化のあり方の検討と、それに基づく様々なレベル・視点での体系化作業の推進・調整

平成17年7月の調整会議設置以来、このような機能を果たすべく、運営会議の統括のもと、全体基本戦略の検討調整を行う統合ワーキンググループ、地質環境、工学技術、性能評価の各分野の研究開発計画の検討・調整を行う3つの分野ワーキンググループを設置して、活動を実施してきている。

5.2 国の基盤研究開発のマネジメントスキーム

国の基盤研究開発の方針として、柔軟性と具体性を両立させたマネジメント(3.3節参照)を効率的に行うため、処分事業や安全規制の展開等を念頭に10～20年程度の中長期の段階的戦略を設定したうえで、当面5年程度の具体的な計画を策定するとともに、継続的な調整等を通じて見直しを行いながら柔軟に研究開発を進めていくこととしている。このようなマネジメントを展開していくため、調整会議における上記 ~ の機能を、図 - 13 に示すようなPDCAサイクルとして実践していく。

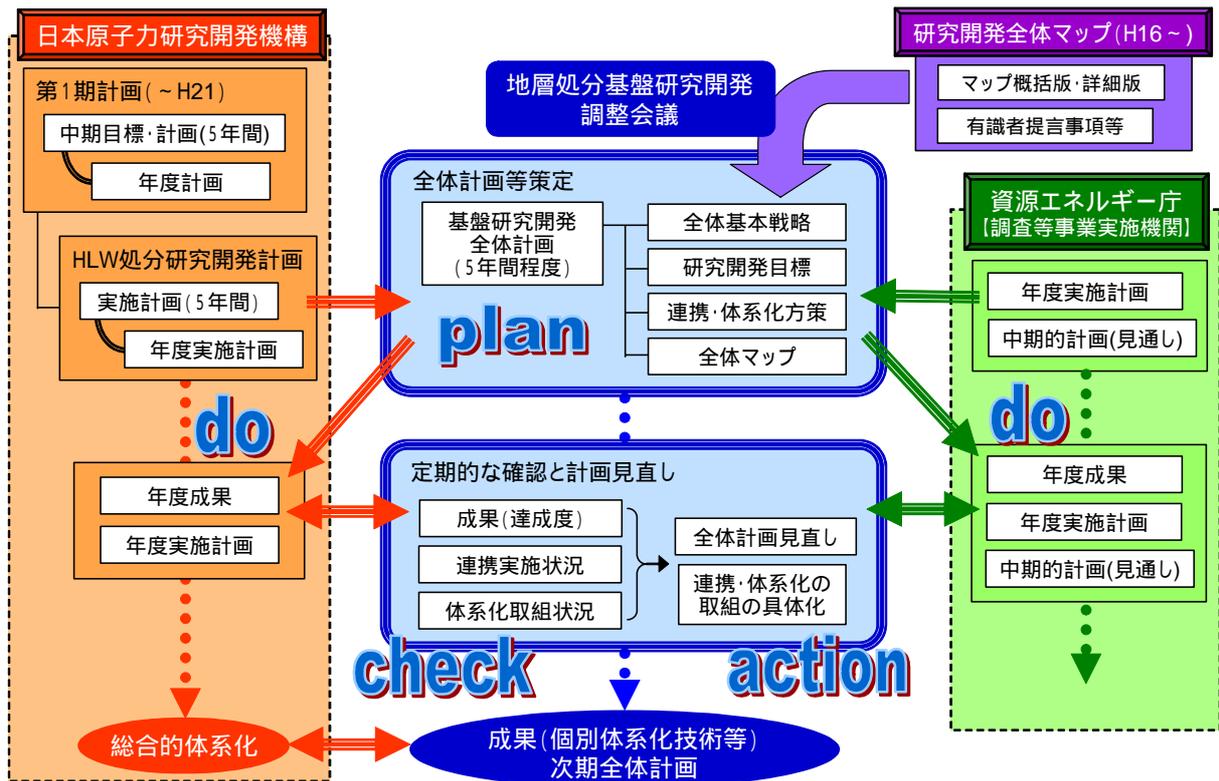


図 -13 地層処分基盤研究開発調整会議を中心とした研究開発マネジメントスキーム

具体的には、概ね5年程度を念頭においた全体計画の策定(plan)、全体計画に基づく研究開発の実施(do)、定期的な進捗・成果の相互確認(check)、連携や体系化の促進等を含む全体計画の見直し(action)の流れで展開していく。

全体計画の策定(plan)

国の基盤研究開発の役割や目標、処分事業や安全規制のニーズやスケジュール、国の基盤研究開発の中核的機関としてのJAEAの計画(深地層の研究施設計画を含む)を踏まえ、概ね5年程度を念頭において、連携や体系化の方針を含む全体計画を策定する。全体計画の策定にあたっては、10～20年程度の中長期的・段階的戦略を検討しつつ、当面5年程度の計画を具体的に設定・展開するためのツールとして「研究開発全体マップ(概括版 = 中長期戦略, 詳細版 = 当面5年の計画)」を活用する(研究開発全体マップについては【第 部】にて詳述)。

研究開発の実施(do)

全体計画に沿ったJAEAと資源エネルギー庁調査等事業としての研究開発の実施と、連携や体系化方針に基づく共同研究等の展開。

研究開発の進捗・成果の相互確認(check)

全体計画に沿った各研究開発の進捗状況や達成度の確認、連携・体系化の具体的な取り組み状況や方向性の確認・調整。

相互確認を踏まえた全体計画の見直し(action)

各研究開発の進捗状況、達成度や連携・体系化の取り組み状況の相互確認に基づく、方向性の修正や新規課題の抽出とそれに基づく全体計画の見直し、並びに次年度予算要求への反映。

上記 ～ のPDCAサイクルを毎年度適切な視点・詳細度にて実施するとともに、年度毎に計画～連携～体系化へと重点を移行しつつ反復的にこのプロセスを繰り返すことを通じ、最終的に研究開発フェーズの節目として、全体計画に対応した成果(体系化された知見・技術等)を提示するとともに、次のフェーズの全体計画の策定へとつないでいく。

5.3 計画・成果のレビューと情報発信の方策～国の基盤研究開発の信頼性～ 上記のPDCAサイクルのうち、特に「相互確認(check)」と「見直し(action)」をより適切に実施するという観点から、研究開発の品質を高めるための様々なレビュープロセスを適用するとともに、国の基盤研究開発の計画や成果情報を広く発信し、国民・社会とのコミュニケーションを通じて国の基盤研究開発全体に対する信頼を構築していくことを目指した活動を展開していく。

【計画・成果のチェック&レビューの方策】

個別成果のレビューには、基本的には従来通り論文発表等の既存のプロセスを活用しつつ、国の基盤研究開発としての全体計画や体系化された成果については、処分事業と安全規制の基盤としての品質確保の観点から、様々なチェック&レビューのプロセスを、以下のような方法を念頭に展開していく。

国の基盤研究開発の枠組みや調整会議での様々な活動の場を通じ、大学等の有識者による意見を取り入れるとともに、関係機関や大学等の幅広い専門家を含めた相互評価(ピアレビュー)を検討する。

国の委員会において、国の基盤研究開発の全体計画・成果やマネジメント等の報告を行い、その適切性に関して評価を受ける(資源エネルギー庁関連の原子力部会放射性廃棄物小委員会及び同小委員会放射性廃棄物処分技術ワーキンググループを中心に、原子力委員会、原子力安全委員会、原子力安全・保安院の関連委員会でも適宜報告)。

国の基盤研究開発の体系化された成果や技術の信頼性・適切性について、関連性の高い学会等によって詳細レベルでの技術レビューを受けることを検討する。

【情報の発信方策】

研究開発機関がそれぞれに展開する成果発信方法との効果的な連携にも配慮し、国の基盤研究開発全体として計画・成果を発信する仕組みを検討する。

国の基盤研究開発全体としての報告書の作成(例えば、a)全体計画、b)フェーズの中間成果報告書、c)フェーズの最終成果報告書)

国の基盤研究開発全体としての報告会の開催(例えば、上記の報告書公表とあわせた公開報告会)

【国民・社会とのコミュニケーション】

国の基盤研究開発の役割として、国民の理解と信頼を得るための取り組みが極めて重要であり、原子力政策大綱においても、国やNUMO等はもちろんのこと、「研究開発機関等は、国及びNUMOが行う住民の理解と認識を得るための活動にも協力していくことが重要である」とされている。また、総合資源エネルギー調査会原子力部会放射性廃棄物小委員会の下に設置された放射性廃棄物処分技術ワーキンググループが地層処分研究開発に関する取り組みについて2008年6月より開始した検討に

においても、国民との相互理解の重要性が再度確認されるとともに、特に、研究開発の観点からは、その成果に関する分かりやすい情報発信の努力や深地層の研究施設の公開等を通じた地層処分の概念や安全性等についての理解増進の取り組みの必要性が示された⁶⁾。

地層処分基盤研究開発調整会議ではその発足当初より、国民・社会とのコミュニケーションを実践するために下記のような取り組みを展開していくこととしているが(図 -14)、上述した放射性廃棄物処分技術ワーキンググループにおける提言等も踏まえて、より一層の具体化を図ることが必要である。

国の基盤研究開発としての報告会やレビュー等の情報発信活動(上記「情報の発信方策」参照)、更にはJAEAの深地層の研究施設をはじめとする個別のコミュニケーションツールの活用を通じて、国民各層とのコミュニケーションとニーズの把握を図る。

処分事業や安全規制の活動としての幅広いコミュニケーション活動を通じた経験を、調整会議を通じてニーズとして吸収する。

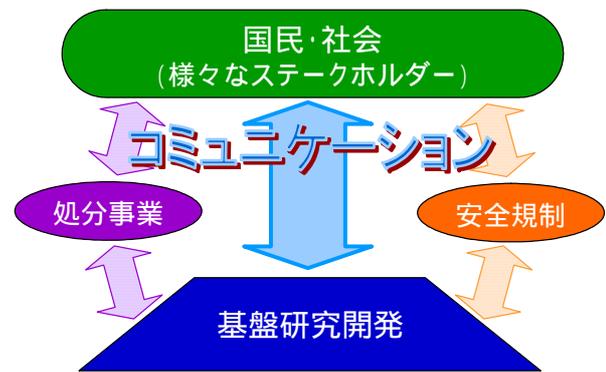


図 -14 国民・社会とのコミュニケーションとニーズの把握

5.4 国の基盤研究開発の工程

当面のフェーズ2(3.3 節参照)における国の基盤研究開発の進め方として、連携・体系化方策を具体化しつつ研究開発を展開するとともに、段階的かつ効果的な情報発信やレビューの実施など、具体的なスケジュールを明確にし、最終的にフェーズ2の成果取りまとめと次期フェーズへの計画策定へとつないでいく。

第 部 研究開発計画～分野毎の研究開発方針と研究開発全体マップ

1. 全体基本戦略の研究開発計画への展開

1.1 研究計画策定の基本方針

地層処分基盤研究開発全体計画(以下、全体計画)第 部では、第 部で述べた国の基盤研究開発の全体基本戦略に基づいて見直しを行ったフェーズ2の具体的な研究開発計画について示す。まず、1章で全体基本戦略を具体的な研究開発計画へと展開していく考え方を述べるとともに、2章で研究開発計画を構造的に示す研究開発全体マップの作成方法を説明する。以降、研究開発分野毎に、「3. 地質環境調査評価技術分野の計画」、「4. 処分場の工学技術分野の計画」、「5. 性能評価技術分野の計画」、さらに「6. 分野をまたがる取り組み」として具体的な研究開発計画を示す。

第 部において、国の基盤研究開発の全体目標(技術基盤の継続的強化による技術的信頼性と安全性の向上)、処分事業及び安全規制のスケジュールに基づく段階的進め方、並びに各フェーズの段階目標を設定している。

平成 20 年 3 月に閣議決定された「特定放射性廃棄物の最終処分に関する計画」(以下、最終処分計画)によれば、原子力発電環境整備機構(以下、NUMO)は、平成 20 年代中頃を目途に概要調査の結果に基づく精密調査地区の選定、平成 40 年前後を目途に精密調査の結果に基づく最終処分施設建設地の選定を行うこととされている。NUMO は、概要調査の結果に基づいて処分場の概念設計やその結果に基づく予備的な性能評価を行うこととしており、これら処分場の設計や性能評価は、その後の精密調査によって得られる地質環境情報によって、より精密、詳細なものとしていくことになる⁻¹⁾。(第 部 2.3 節参照)

一方、安全規制に関する取り組み・展開については、原子力安全委員会及び原子力安全・保安院によって、安全審査指針や基準等の策定、具体的な安全規制制度の構築、それらに基づく安全審査/許認可が実施されることとなる。制度面では、平成 19 年 6 月に「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」が改正され、同法施行に必要となる埋設規則や技術基準等の整備が行われた。現在、原子力安全委員会においては、精密調査地区選定段階の環境要件や安全審査基本指針の策定に向けた検討が進められており、また、原子力安全・保安院では、地層処分事業の立地選定段階における調査結果のうち安全性に係る結果の妥当性レビューに向けた検討等が行われている⁻²⁾。また、安全規制関連研究については、原子力安全・保安院が総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会廃棄物安全小委員会のもとで、平成 20 年 11 月より放射性廃棄物規制支援研究ワーキンググループを設置し、原子力安全委員会における原子力の重点安全研究計画とも整合を図りながら、次期規制支援研究計画(平成 22 年度～平成 26 年度)が策定されつつある。原子力の重点安全研究計画については、平成 17 年度～平成 21 年度を対象とした「重点安全研究計画」が平成 20 年 6 月に改訂され、また、次期重点安全研究計画(平成 22 年度～平成 26 年度)が取りまとめられ

⁻¹⁾ 原子力発電環境整備機構(2005): 平成 17 事業年度事業計画, 原子力発電環境整備機構, 原子力発電環境整備機構(2006): 平成 18 事業年度事業計画, 原子力発電環境整備機構, 原子力発電環境整備機構(2007): 平成 19 事業年度事業計画, 原子力発電環境整備機構, 原子力発電環境整備機構(2008): 平成 20 事業年度事業計画, 原子力発電環境整備機構. (http://www.numo.or.jp/about_numo/outline/jigyokeikaku_yosansho/yosansho/index.html).

⁻²⁾ 例えば、総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会廃棄物安全小委員会(2008):「高レベル放射性廃棄物等の地層処分に係る安全規制について」.

つつあるところである。(第 部 1.4 及び 2.3 節参照)

このような処分事業及び安全規制に関する活動のスケジュールを念頭に、第 部 3.3 節で設定された平成 18 年度以降における研究開発フェーズ毎の段階目標は以下の通りである。

フェーズ2 (平成 18 年度から平成 24 年度頃まで)

概要調査やその結果を用いる処分場の設計・性能評価、精密調査の計画作成や精密調査前半の地上からの詳細調査、関連する安全規制上の施策に対し、研究開発成果を技術基盤として適切に反映できるよう、以下の2つの段階目標を設定。

地上からの調査に関わる技術基盤の確立(地上からの調査技術の検証～地下施設での調査の考え方を含む)

実際の地質環境へ適用可能な評価手法の整備と工学的実現性の提示

フェーズ3 (平成 24 年度頃～平成 30 年前後頃まで)

精密調査、特に地下施設を用いた調査や、精密調査の結果を用いた処分場の設計・性能評価、安全審査に関連した指針等の策定に、技術基盤として資するために、以下の2つの段階目標を設定。

地下施設を活用した調査に関わる技術基盤の確立

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

平成 18 年度の全体計画の整備作業においては、フェーズ2の研究開発計画の展開にあたって、第部の全体基本戦略をベースの考え方として、平成 16 年度の「研究開発全体マップ」の策定時に得られた大学等有識者からの提言やコメント、NUMO における技術開発や安全規制関係機関における研究に関する最新の状況を念頭に置き、国の基盤研究開発の進め方を考えるうえで重要な以下の点に留意した。

- a. 地層処分事業の長期性を考慮し、中長期を見通した計画性と柔軟性
- b. 処分事業や安全規制のスケジュールとの整合性
- c. 処分事業や安全規制側からの研究開発へのニーズへの対応
- d. 国の基盤研究開発としての意義の明確化(全体目標・視点との関連付け)
- e. 研究開発の効率的推進の具体化と促進(特に、連携の具体化と役割分担)
- f. 研究開発成果の体系化の具体化と促進
- g. 分野を横断する課題の取扱いの具体化と促進

「地質環境調査評価技術」、「処分場の工学技術」、「性能評価技術」の各分野で、研究開発要素を「分類」、「細目」の2つのレベルで設定しながら、以下のような共通の手順を踏んで検討を行うことにより、研究開発計画の内容を研究開発全体マップの形式で表現するうえで、分野間の偏りや過不足が生じないように配慮した。

フェーズ2の段階目標に沿って、平成 17 年度頃までのフェーズ1の研究開発の達成レベルを勘案しながら、「分野」ごとに、研究の内容を表す主要な「分類」とそれぞれの分類に対応した「分類目標」を設定する。その際、このような「分類」がフェーズ3の段階目標に対しても継続的に機能することを確認するとともに、フェーズ3の段階目標に対する「分類目標」を明らかにしておく。これによって研究開発の構造の長期的な適合性の確保を図る(このような検討により、上記 a 及び b を確認)。

次に「分類目標」を達成するために、処分事業及び安全規制の進展に伴う国の基盤研究開発への具体的なニーズなどを勘案しつつ、各「分類」における研究開発の内容を具体的に示す「細目」と、それぞれの「細目」に対応した「達成目標」及び「課題」を明らかにする。「課題」に対応して、研究開発の内容を詳細なレベルで記載するとともに、国の基盤研究開発を実施することの意義(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)や研究開発の進め方(研究開発の内容に関する連携や実施上の機関間の連携, 様々なレベルでの体系化)を具体化する(このような検討作業により, 上記 c, d, e, f を実現)。

上記の「分野」内で検討した研究開発の内容に基づいて, その研究開発の成果を他の「分野」の成果と合わせて体系化(情報統合)するための考え方や具体的な連携の方法を明らかにする(これによって, 上記gの実現)。

から の検討結果を研究開発全体マップ(概括版/詳細版)として整備する。

以上の検討内容を, 国の基盤研究開発の全体目標を最上位に位置づけた階層的構造として表すと図 -1-1 のようになる。研究開発全体マップは, 国の基盤研究開発の中長期的戦略を示すための概括版と, 当面のフェーズ2に関する研究開発を具体的に示す詳細版から構成される。図 -1-1 には, 上記階層的な構造が, 概括版, 詳細版の目的に照らしてどのように表現されているかを併せて示してある。

全体基本戦略を踏まえて分野毎の研究開発計画を策定(上記)するにあたっては, 地層処分基盤研究開発調整会議の3つの分野ワーキンググループを中心に検討を行った。同時に, 統合ワーキンググループ及び分野ワーキンググループの合同調整の場を通じて, 全体基本戦略と分野毎の研究開発計画の整合をとりつつ, 2章に示す「研究開発全体マップ概括版」を策定した。全体目標から具体的な研究開発への展開に関する適切性や分野間の連携や成果の統合(上記 及び)の実現可能性などについても, 統合ワーキンググループにおいて包括的な検討を行い, 計画全体の整合性を確保した。

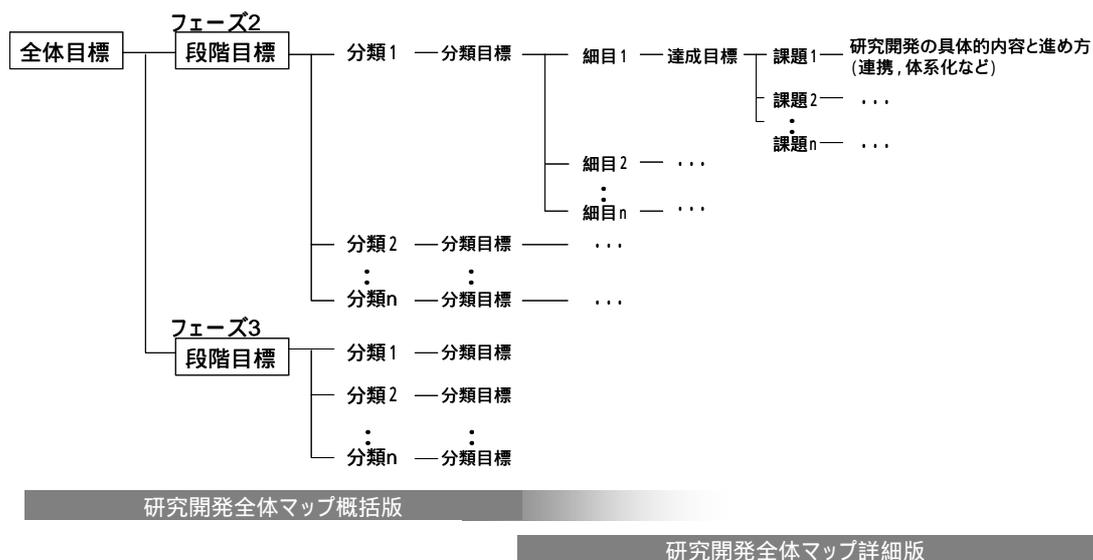


図 -1-1 国の基盤研究開発の具体的な展開の構造と研究開発全体マップの関係

上述した全体計画策定上の留意点や研究開発全体マップ作成の基本的考え方、ワーキンググループでの作業を通じた検討の進め方については、平成20年度の本改訂版の取りまとめにあたっても踏襲されている。次節では、平成20年度の改訂内容について概要を述べる。なお、研究開発全体マップの構成等の詳細については、2章以降に記載する。

1.2 平成20年度の全体計画の改訂

既に第 部第 1.4 節に示したように、全体計画は、平成17年に設置された調整会議の下で平成18年12月に初版として策定されたものである。初版の整備以降2年が経過した平成20年度に、PDCAサイクルに基づく改訂、最終処分計画の変更への対応、研究開発の進め方に対する提言への対応、を開始している。平成20年度版として取りまとめた本全体計画では、まず、これらのうち、の作業が反映されている。以下に、の視点を再掲するとともに、分野毎の平成20年度の改訂内容の主要点を整理する。なお、については、現在、NUMO や安全規制関係機関において、国の基盤研究開発へのニーズの明確化のための作業が進められているところであり、これらのニーズに応じてさらに本全体計画の見直しを行う予定である。また、平成21年度は、日本原子力研究開発機構(以下、JAEA)の現中期計画における研究開発成果の取りまとめ時期にあたり、その過程で JAEA の成果についての体系化が実施されることとなっており、この結果と国の基盤研究開発の全体計画との整合を図って行くことも重要である。

PDCAサイクルに基づく改訂

第 部 5.2 節に示した、1)全体計画の策定(Plan)、2)研究開発の実施(Do)、3)研究開発の進捗・成果の相互確認(Check)、4)相互確認を踏まえた全体計画の見直し(Action)というPDCAサイクルに基づき Check及び Actionを行う。平成18年度に策定した全体計画に沿って実施された各研究開発の2年間の進捗などを踏まえた、個々の研究開発課題の達成度や問題点、連携・体系化の取り組み状況等の相互確認に基づく全体計画の調整や新規課題等の取り込みなどが改訂の主要な視点である。

最終処分計画の改定への対応

既に示したように大きな状況変化として、平成20年3月に閣議決定された「最終処分計画」の改定が挙げられる。同改定は、精密調査地区及び最終処分施設建設地の選定期期を見直したものであるが、この改定された最終処分計画とJAEAにおける深地層の研究施設計画との整合を図りながら、国の基盤研究開発に関する全体計画について調整を行った。具体的には、全体計画のフェーズ2の終了時期を、当初平成22年頃までとしていたものを平成24年頃までとする(第 部3.3節参照)ことにより、全体計画のもとで、5年を計画期間として実施されている資源エネルギー庁の調査等事業の成果をすべて取り込むことや、JAEAにおける深地層の研究施設計画(第2段階)等と連携して相互に成果を活用し合うことによって調整会議全体としてのフェーズ2の成果をより包括的かつ体系的なものとするようにした。更に、これが実施主体による精密調査へと円滑に反映されることで、フェーズ2の研究開発と精密調査それぞれが時期的に、より整合的かつ効果的に進められることが期待される。

JAEAにおける深地層の研究施設計画については、当初のスケジュールよりも若干の遅れが生じているが、フェーズ2の終了期間を平成24年度頃までへと見直すことにより、この期間中に深地層環境までの坑道掘削を伴う調査研究が進められ、フェーズ3の期間中には、主に深地層環境での地下施設における調査研究が進められる予定である。各分野の研究開発計画の検討にあたっては、このような状況を念頭に置いている。

最終処分計画の改定に伴う全体計画の見直しにおける主要な論点は次のとおりである。

- ・これまでフェーズ2の研究開発を実施する中で新規に着手することが必要になった課題・項目の有無。
- ・これまでのフェーズ2の研究開発で当初予定通りに進んでいないもので、延長期間中に実施可能な項目の有無。
- ・フェーズ3で実施予定の項目のうち、フェーズ2の期間内で先行的に実施すべき項目の有無。
- ・フェーズ2の終了時期の見直しによる、現在の資源エネルギー庁の研究開発事業(平成19～23年度の調査委託事業)の最終年度の成果の取り込みによる効果(どのような成果が追加されることになるか)。

研究開発分野毎の改訂の主要点を以下に概括的に示す。その詳細については、平成18年度版全体計画からの変更がわかるように、後述の第 部第3章～第6章に記述している。

1) 地質環境調査評価技術分野の研究開発計画

地質環境調査評価技術分野では、上記、で示される視点に基づき、当該分野に関する関係研究機関の自主的な取り組み状況にも配慮して検討を行い、次に示す改訂を行った。

○PDCAサイクルに基づく改訂

平成18年度版全体計画策定後の研究開発は、概ね順調に進められてきており、研究開発の枠組みや各分類の目標・課題に関する大きな変更はない。JAEAにおける深地層の研究施設計画については、当初のスケジュールよりも若干の遅れが生じているが、フェーズ2の終了時期を平成24年度頃までとすることにより、この期間中に深地層環境までの坑道掘削を伴う調査研究が進められ、フェーズ3の期間中には、主に深地層環境での地下施設における調査研究が進められる見通しである。沿岸域を対象とした調査評価技術については、資源エネルギー庁調査等事業により、幌延深地層研究計画と連携した研究開発が進められている。今後は、全体計画に示した目標の達成を目指して、連携・体系化の取り組みを更に強化しながら、処分事業の進展やニーズを踏まえて引き続き調整を進めていくこととした。また、活断層に関する調査技術については、他分野(原子力施設の耐震や地震防災に関わる活断層調査など)での研究成果を積極的に活用しながら、地層処分分野に固有の研究開発課題への重点化を図っていくこととした。

○最終処分計画の改定に応じた見直し

フェーズ2の終了時期を平成24年頃までとすることにより、JAEAにおける深地層の研究施設計画と資源エネルギー庁の研究開発事業等とが、精密調査地区の選定期間を目途に平仄を合わせながら連携・協力を強め、地上からの精密調査の基盤となるべき技術の適用性確認や体系化など、より有効な研究開発成果を達成することが可能となった。

関係機関における自主研究内容の取り込み

資源エネルギー庁調査等事業とは別に、各関係機関が自主研究等として独自に実施している研究開発課題などを再調査して、課題整理一覧を改訂した。

2) 処分場の工学技術分野の研究開発計画

処分場の工学技術分野では、上記、で示される視点から検討を行い、それぞれ以下のとおり必要な改訂を行った。

○PDCAサイクルに基づく改訂

平成 19 年度以降 2 年間の進捗を踏まえ、フェーズ2の期間を 2 年間延長した場合にメリットが得られる項目として炭素鋼以外のオーバーパック腐食研究などを抽出し、研究開発全体マップ詳細版に記述を追加した。

○最終処分計画の改定に応じた見直し

フェーズ2の終了時期の変更は工学技術分野の計画に大きな影響は与えないものの、情報化施工技術の開発など、一部 JAEA における深地層の研究施設計画に連動する項目についてはその旨を研究開発全体マップ詳細版に追記した。また平成 20 年度から資源エネルギー庁が広報関連事業として新たに開始した「地層処分実規模設備整備事業」に関し、基礎・基盤部分での活用が期待できるものについて、操業技術の備考欄に資源エネルギー庁調査等事業 (ANRE 事業) と JAEA の連携に関する追記を行った。

3) 性能評価技術分野の研究開発計画

性能評価技術分野では、上記、で示した視点から検討を行い、以下のとおり必要な改訂を行った。

○PDCAサイクルに基づく改訂

平成 18 年度版全体計画策定後の 2 年間の研究開発は、計画に従って順調に進められてきており、この観点から研究開発の目的や内容 (分類と分類目標、細目と課題) に関する大きな変更点はない。予算的制約などによる個別テーマの計画の変更などについては、研究開発全体マップ詳細版への反映を行った。

最終処分計画の改定に応じた見直し

全体計画フェーズ 2 の終了時期を当初の平成 22 年度頃までから平成 24 年度頃までとすることについて、上述した論点から細目 / 課題レベルでの検討を進めて計画の見直しを行い、必要に応じて研究開発全体マップ詳細版の修正を行った。

JAEA における深地層の研究施設計画において、フェーズ2の期間中に展開される水平坑道において、性能評価のための現象理解やモデル開発、データ取得などを実施できる可能性もあるが、地下施設における試験計画の立案や実施には時間がかかること、限られた規模の水平坑道の活用については他の研究開発との調整が必要であること、費用面の確保についても慎重な検討を要することから、フェーズ2の期間中にこれを実施することを前提とするのは現実的とはいえない。このため、フェーズ3における深地層の研究施設を利用した試験の意義や可能性について、延長されたフェーズ2期間において併せて検討を行うこととした。

4) 分野をまたがる取り組み

制度的管理技術に関する2年間の進捗及び課題を踏まえた後年度実施内容への反映

制度的管理技術のうちモニタリング技術の進捗状況を確認するとともに、技術の詳細化の妥当性についての議論を行い、閉鎖前までの安全確保に特化した項目及びモニタリングで異常を認知した場合に対応可能とするための対策(例えば回収可能性の確保等)との関連について検討を行う旨の追記を行った。

2. 研究開発全体マップの作成

2.1 研究開発全体マップの構造

第 部の全体基本戦略や前章の方針を踏まえ、具体的に策定される研究開発計画の内容については、研究開発全体マップの概括版及び詳細版として取りまとめた。

研究開発全体マップ概括版は、国の基盤研究開発の体系的かつ中長期的な展開を俯瞰するために作成するものである。概括版の構造を図 -2-1 に示す。概括版には、その目的にそって、中長期にわたる処分事業及び安全規制のスケジュールとともに、図 -1-1 で示すように国の基盤研究開発の全体目標及び段階目標、フェーズ1における成果や達成レベル、各研究開発分野の分類と分類目標、成果の反映先が示される。また、分野を横断する課題の取り扱いを概観するため、分野間の情報の流れ(情報統合)を示すことによって、それぞれの分野の研究開発の連携について表現されている。例えば、地質環境調査評価技術に関する研究開発によって整備されたデータや知見は、処分場の工学技術及び性能評価技術の研究開発において、設計・評価手法やモデル、データベースの開発、技術の適用性の確認などに用いられる。さらに処分場の工学技術において想定された設計条件なども含めて、性能評価手法の体系化に関する検討が行われ、その検討の内容は、処分場の工学技術や地質環境調査評価技術に関する研究開発の内容にフィードバックされる。研究開発全体マップ概括版の具体的内容については、次節 2.2 に示す。第 部で述べたように、平成 18 年度版からの変更はフェーズ2の期間が平成 24 年頃までに延長されていることであり、段階目標などは同じである。

一方、研究開発全体マップ詳細版は、分野ごとに作成され、図 -1-1 で示したように、主要な分類と各分類目標に基づき、分類をさらに具体化した細目と細目ごとの達成目標に対して、取り組むべき課題と各課題を解決するための研究開発内容と連携、体系化などの進め方の方針などをフェーズ2の研究開発計画として示すものである(図 -2-2 参照)。平成 18 年度版全体計画では、フェーズ1(平成 17 年度頃まで)における細目ごとの達成レベルと残された課題を明らかにしたうえで、処分事業と安全規制における国の基盤研究開発に対するニーズを当時の状況に基づいて検討(第 部 1.4 節参照)し、フェーズ2の分類目標を達成するよう細目と達成目標を設定した。次に、細目レベルで必要な研究開発の課題を示し、これに取り組むための研究開発の概要を示すとともに、その進め方として研究開発の効率的推進の具体化と促進に向けた連携や役割分担の方針と、研究開発成果の具体的体系化の促進に向けた方針を展開している。このような進め方に関しては、TRU 廃棄物処分に関わる研究開発との関連性についても言及している。第1章に述べた考え方に沿った今回の改訂における研究開発全体マップ詳細版の具体的内容については、分野毎に3章以降に示す。

2.2 研究開発全体マップ概括版

第 部の全体基本戦略とそれに基づき具体化される分野毎の研究開発計画を、体系的かつ中長期的な展開として全体を俯瞰した形に取りまとめた「研究開発全体マップ概括版」を別添資料1に示す。これは、第 部の全体基本戦略で整理した処分事業や安全規制等の中長期的展開、それを踏まえた国の基盤研究開発の全体目標や段階的進め方(図 -10)をより具体的に整理するとともに、3章以降に示す分野ごとに設定された分類項目及び分類目標を集約することによって作成したものである。

分野毎の分類目標は、第 部で示した段階目標を達成するよう設定している。これらの作業過程と設定された分類項目及び目標の内容は、平成 18 年度版全体計画と同じである。例えば、地質環境調査評価技術分野では、フェーズ2の段階目標(地上からの調査に関わる技術基盤の確立)を達成するうえで、個別に開発・改良を行ってきた技術の有効性・実用性について、深地層の研究施設計画等で適用性を確認しつつ、地質環境を総合的に調査・評価するための技術体系を整備していくことが重要であることから、フェーズ1で設定された3つの分類を再構成し「総合的な調査評価技術」の分類項目を新たに設定したうえで、各々の分類目標を設定している(3章参照)。また、処分場の工学技術分野では、フェーズ2の段階目標(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)を達成するうえで、深地層の研究施設等を活用した適用性確認を行いながら、個々の研究開発の連携を図り成果を体系的に整備していくことが重要であることから、フェーズ1で設定された2つの分類に加えて「処分場の総合的な工学技術」の分類項目を新たに設定したうえで、各々の分類目標を設定している(4章参照)。性能評価技術分野では、フェーズ2の段階目標(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)を達成するため、個々の研究開発の連携を図りながら、分類「評価手法」において一連の評価作業で用いる技術や手法の体系化を進めるという考え方に基づき、フェーズ1で設定された3つの分類を踏襲したうえで、各々の分類目標を設定している(5章参照)。

また、研究開発全体マップ概括版には、研究開発分野間の連携が必要な下記の課題を念頭において研究開発分野間の情報の流れ(情報統合)を示しているが、これについても平成 18 年度版と同じである。

天然現象影響評価技術、地質環境の調査から核種移行解析に至る技術体系など

(地質環境調査評価技術及び性能評価技術の分野間)

深地層の研究施設計画を活用した設計・施工技術の適用性確認など

(地質環境調査評価技術及び処分場の工学技術の分野間)

処分場の工学技術分野で想定した設計条件等を考慮した性能評価手法の体系化など(処分場の工学技術及び性能評価技術の分野間)

シナリオ解析技術、不確実性評価技術や品質管理など(全分野)

なお、研究開発全体マップ概括版に示した各分野の分類と分類目標の設定に関する詳細な解説は、各分野の研究開発計画を記述した第 部の3章以降、「3. 地質環境調査評価技術分野の計画」、「4. 処分場の工学技術分野の計画」、「5. 性能評価技術分野の計画」のそれぞれ第1節に、また、制度的管理技術等並びに分野間の連携については「6. 分野をまたがる取り組み」において記述している。

	2005(H17)	2013(H25) ~	2028(H40) ~
国(規制)	基盤研究開発の成果の反映先とスケジュール		
国(政策)			
実施主体			
国民・社会			

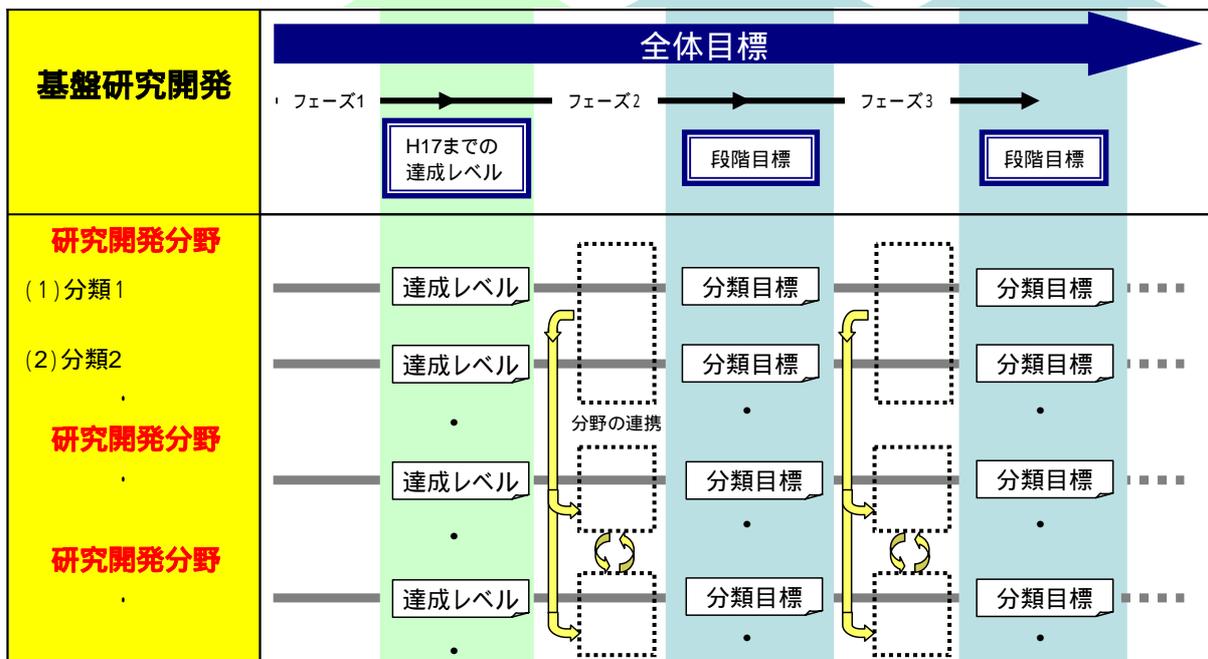


図 -2-1 研究開発全体マップ概括版の構造

研究開発要素			第2次取りまとめまでの達成レベル	各研究開発要素の研究開発目標と課題				備考
分野	分類	細目		フェーズ1: 第2次取りまとめ以降5年程度の成果【平成17年度頃まで】		フェーズ2: 当面5年程度の計画【平成24年度頃まで】		
				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	
			[達成目標] フェーズ1の計画段階で設定された達成目標 [達成レベル] H17年度頃までの研究成果の達成レベル	課題[実施機関] ・実施概要 ・成果の概要	フェーズ2の達成目標	課題[実施機関] ・概要H17年度頃までの研究開発の状況(残された課題)との関連 ・進め方(連携・体系化の方針など)	・実施主体/規制研究機関の計画 ・連携のテーマ(既存、新規) ・TRU 廃棄物分野との関連	

図 -2-2 研究開発全体マップ詳細版の構造

3. 地質環境調査評価技術分野の研究開発計画

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な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において、サイトの状況などを勘案しつつ、具体化がなされていくものであり、これ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、信頼できること」、「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な個々の技術は、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？)

平成18年度版全体計画の作成にあたっては、このような考え方にに基づき、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、分類及び分類毎のフェーズ2とそれ以降の目標を設定し、概括版に示した。次に、当面の対象であるフェーズ2に焦点をあて、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、詳細版を作成した。

本改訂では、平成18年度版全体計画を出発点として、第1章に示した考え方に従って、フェーズ2とそれ以降の目標、研究開発全体マップ概括版及び詳細版の見直しを行った。その結果は、以下に述べる通り、平成18年度版全体計画の基本的な課題構成を踏襲しつつ、フェーズ2における現在までの進捗や状況の変化などを踏まえて微修正した内容となっている。以下、3.1節でフェーズ2の目標や概括版の内容を示したうえで、3.2節で詳細版における課題の設定や連携・体系化の考え方を述べる。

3.1 研究開発全体マップ概括版の内容 -分類と分類目標の設定-

第 部で示した通り、改定「最終処分計画」で示されたNUMO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、フェーズ2の途中段階で、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確認したうえで、研究開発全体マップ概括版(別添資料1)には、地質環境調査評価技術に関する段階目標として、平成18年度版全体計画と同様、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。また、フェーズ2以降の研究開発課題の分類と分類目標についても、表 -3-1 に示すように、平成18年度版全体計画と同様とした。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づけ、「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。これは、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との基本認識に基づく。

表 -3-1 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)深地層の工学的技術の基礎の開発	(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

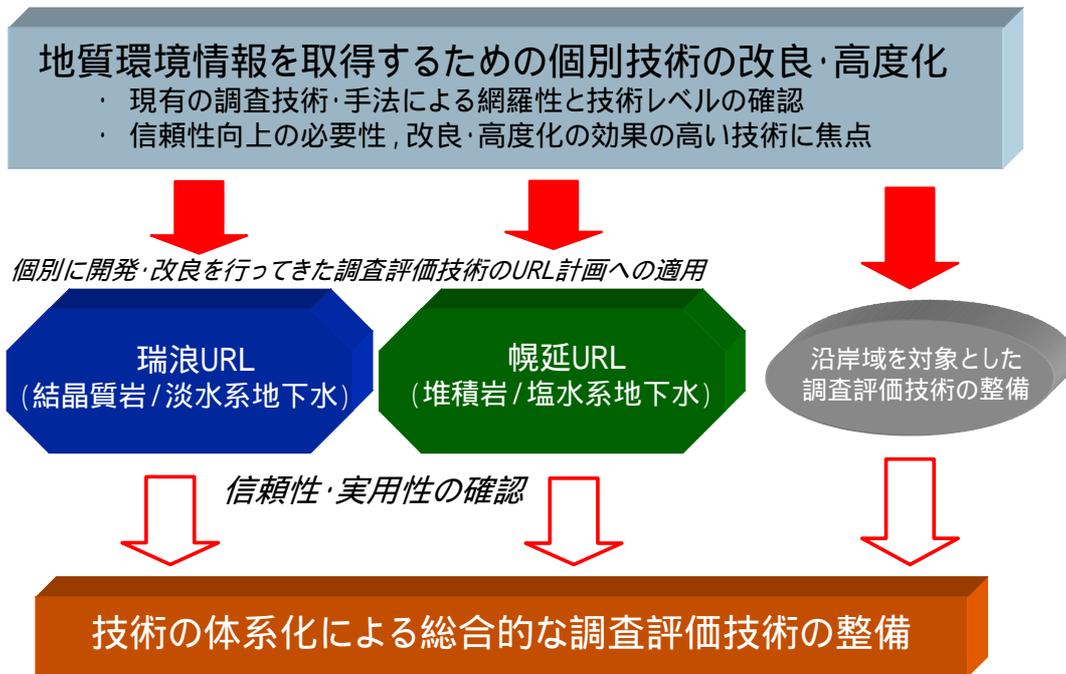
本改訂に際し、フェーズ2におけるこれまでの研究の進展等を加味しつつ、今後の段階目標の達成に向けた研究開発の進め方について検討を行った。その主な結果を以下に示すが、基本的には平成18年度版全体計画を踏襲した内容となっている。

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、本章の冒頭で述べたように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、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進めながら、一連の技術としての体系化を目指していく(図 -3-1 参照)。

深地層の研究施設においては、フェーズ2の期間中に深地層環境までの坑道掘削を伴う調査研究が進められる予定である。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必須の課題であるが、一方で、地下施設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、フェーズ2における重要な課題である。また、フェーズ3の期間中には、主に深地層環境での地下施設における調査研究が進められる予定であり、これらを通じて、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重要である。

以上の認識に基づき、またフェーズ2におけるこれまでの進展や第1章に示した視点を踏まえ、本改訂においても引き続き、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 -3-1 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、研究開発の余地が大きいと考えられる。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、またフェーズ2におけるこれまでの進展や第1章に示した視点を踏まえ、本改訂においても引き続き、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。

以上の認識に基づき、またフェーズ2におけるこれまでの進展や第1章に示した視点を踏まえ、本改訂においても引き続き、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、1)で述べたように、フェーズ2の期間中に深地層環境までの坑道掘削を伴う調査研究が進められ、またフェーズ3の期間中には、深地層環境での地下施設における調査研究が進められる予定である。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も、引き続き、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。

3.2 研究開発全体マップ詳細版の内容 - 細目と課題の設定 -

フェーズ2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、平成18年度版全体計画において、分類ごとに研究開発対象を詳細化して細目を検討した。本改訂においては、3.1節で設定した分類目標に対して、フェーズ2におけるこれまでの研究開発の進捗や第1章に述べた視点を加味して議論を行ったうえで、表-3-2に示すように平成18年度版全体計画と同様の細目設定とした。

表 -3-2 細目の設定(地質環境調査評価技術)

フェーズ1		フェーズ2以降	
分類	細目	分類	細目
(2)地質環境特性	総合的な調査・評価	(1)総合的な調査評価技術	多様な地質環境を対象とした調査評価技術
			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
	地質・地質構造	(2)地質環境特性調査評価技術	地質・地質構造
	地下水流動特性		地下水流動特性
	地球化学特性		地球化学特性
	岩盤の応力・熱特性		物質移動特性
	物質移動特性		岩盤の熱・力学特性
地質環境調査技術高度化			
(1)地質環境の長期安定性	地震・断層活動	(3)地質環境の長期安定性調査評価技術	地震・断層活動
	火山・火成活動		火山・熱水活動
	隆起・侵食		隆起・侵食/気候・海水準変動
	気候・海水準変動		
(3)深地層の工学的技術の基礎の開発		(3)深地層における工学的技術	結晶質岩
			堆積岩

「総合的な調査評価技術」においては、細目として「多様な地質環境を対象とした調査評価技術」と「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、3.1 2)の議論を踏まえて、「沿岸域」を加えた構成としている。

「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調査評価技術」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。

平成 18 年度版全体計画においては、フェーズ 2 を対象とした研究開発全体マップ詳細版の作成にあたり、まず現状における国の基盤研究開発の網羅性や達成レベルを確認するため、表 -3-2 に示した細目に沿って、具体的な調査や評価の項目を網羅的に抽出し、対象とする地質環境(結晶質岩、堆積岩、沿岸域、共通)との関連性をマトリックス表に整理した。この作業を通じて、現状での技術レベルや研究開発の課題設定と進捗の程度などを俯瞰することにより、国の基盤研究開発としての課題構成の妥当性を確認した。本改訂においては、その後の進展を踏まえて本マトリックス表を修正し、別添資料 3 (別添資料 2(1)の研究開発全体マップ詳細版の末尾)として添付した。また、細目ごとに、これまでの研究開発の成果や達成度を確認しつつ、フェーズ 2 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 2(1)の研究開発全体マップ詳細版に整理した。別添資料 2(1)の備考欄には、課題ごとに関連する NUMO や規制支援機関の研究開発計画を記した(第 1 章に述べたように、これらについては現在見直し中であるが、現時点では平成 18 年度版全体計画の内容をそのまま記載している)。また、資源エネルギー庁調査等事業(以下、ANRE 事業)と JAEA の研究開発との役割分担や研究協力の方向性についても、あわせて備考欄に示した。

以下、研究開発全体マップ詳細版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。これらは、フェーズ 2 におけるこれまでの研究開発の進捗や、フェーズ 2 の終了が平成 24 年頃まで延長されることによる効果(第 3 部 3.3 節参照)などを勘案したものであり、基本的には平成 18 年度版全体計画における議論を追認するものとなっている。したがって、特に説明のない記述は、平成 18 年度版全体計画を踏襲したものである。

1) 総合的な調査評価技術

表 -3-2 に示した「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づ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も活発化しつつある。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、平成 18 年度版全体計画の策定時にフェーズ 2 の研究開発の課題や進め方を整理するにあたり、地質環境ワーキンググループにタスクフォースを設け、次項 2) 地質環境特性調査評価技術とあわせて、現状の技術レベルなどを確認するとともに、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の確立を目指した今後の研究開発の進め方や具体的な課題を検討した。その結果、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、沿岸域については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り組みが重要であることが確認された。

調査評価技術の体系化に向け、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、幌延深地層研究計画の活用も視野に入れて、海域から陸域までを包含した地質環境を対象に、沿岸域特有の地質環境特性に関する知見を蓄積しつつ、調査評価技術の信頼性向上と体系化を進めていくこととした。具体的には、「沿岸域を対象とした調査・評価技術の体系化」を、細目「特定の地質環境を対象とした調査評価技術(沿岸域)」の課題として設定した。これに基づき、フェーズ 2 におけるこれまで研究開発の中で、ANRE 事業と幌延深地層研究計画との連携により、沿岸域を対象とした調査・評価技術の体系化に向けた取り組み(沿岸域プロジェクト)が進められている。本改訂においては、このような進展を確認し、引き続き同様の認識と課題設定の下、沿岸域を対象とした研究開発の強化を図っていくこととした。

なお、フェーズ 1 においては、調査によるデータの取得から解析、評価結果の活用に至るまでの流れを体系化する取り組みが、2つの細目である「多様な地質環境を対象とした調査評価技術」と「特定の地質環境を対象とした調査評価技術」として、それぞれ異なった視点で進められてきた。前者は、わが国の地質環境を包括的/概括的にとらえつつ汎用的な可視化システムの開発を目指すものであり、後者は 2つの深地層の研究施設計画における「結晶質岩」と「堆積岩」を対象に、実際の調査、解析、評価の経験に基づいて構築する PDCA(Plan-Do-Check-Action)システムである。平成 18 年度版全体計画において、これらを高度化していく過程で役割や反映先などを含めた開発の方向性を検討していく必要性が指摘されていたが、フェーズ 2 におけるこれまで研究開発の中で、その取り組みが進められつつある。

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。このため、平成 18 年度版全体計画では、フェーズ 2 においても、基本的にこれまで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ることとした。特に沿岸域を対象とした調査技術については、物理探査における作業効率や解析技術など、信頼性向上の観点から、今後の研究開発において改良・高度化を図るべき余地が大きいとされた。そのため、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体系付けながら、前項 1) 総合的な調査評価技術ともあわせて、ANRE 事業間や JAEA の研究開発も含めた全体の連携を図っていくこととした。本改訂においては、フェーズ 2 のこれまでの研究開発において、体系化を目指した連携の取り組みが着実に進められていることを確認した。

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。その具体的な対応として、例えば、「隆起・侵食 / 気候・海水準変動」において、将来の地形変化が地下水流動に与える影響の予測評価を目指した「地質環境の変化を考慮した地下水流動解析手法の開発」が新たに課題設定されている。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。本改訂においては、このような認識を追認するとともに、原子力施設の耐震や地震防災に係る活断層評価など、他分野での研究成果を積極的に活用していくことを確認した。

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、安全評価期間との関係についても明確化を図っていくことが重要である。こうした観点から、今後とも安全規制に関する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づ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が確認されていく。本改訂においては、このような取り組みが着実に進められていることを確認し、引き続き、これらの成果に基づき、地下施設の施工・維持管理技術の整備・高度化を進めていくこととした。

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)

- 幌延深地層研究計画のフィールドを活用した物理探査技術等の適用性確認〔ANRE 事業と JAEA の研究開発(幌延)〕
- 超深地層研究所計画を活用したトレーサー試験技術の適用性確認〔ANRE 事業と JAEA の研究開発(瑞浪)〕

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必要であり、フェーズ2のこれまでの研究開発において、その取り組みが開始されている。

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/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〕

4. 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な設計、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。

第1章に示したように、本改訂に伴ってフェーズ2(平成24年度頃まで)が終了する頃には、NUMOによる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が計画されていることから、工学技術に関する国の基盤研究開発では、そのために必要となる処分場の設計・施工技術やニアフィールド環境の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建設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、本改訂においては、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フェーズ2とそれ以降の具体的な目標を検討し、研究開発全体マップ概括版に示した(4.1節に解説)。さらに当面の対象であるフェーズ2に焦点をあて、その期間延長に伴う、それぞれ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、研究開発全体マップ詳細版を作成した。このような見直しにあたってはフェーズ2におけるこれまでの研究開発の進捗を考慮している。詳細版の作成に至るまでの検討の内容については、NUMOと安全規制関連研究機関の計画(これについては、現在検討や見直しが進められているところであり、本改訂においてはこれまでの状況に基づいて検討を行っている)との関係、今後の研究開発をより効率的に進めていくための分野間や研究機関間での連携・体系化等に関わる検討結果とあわせて4.2節に記載する。

4.1 研究開発全体マップ概括版の内容 -分類と分類目標の設定-

第1章に述べたように、本改訂では、処分場の工学技術に関わる段階目標として、平成18年度版全体計画を踏襲して、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。これによって、フェーズ2の終了時までには、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。

表-4-1に、フェーズ2以降の研究開発に対し、本改訂において設定した処分場の工学技術分野の分類と分類目標を示す。これは、平成18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・確認」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、本改訂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18年版全体計画を変更しないこととした。

表 -4-1 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

本改訂においても、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平成18年度版全体計画と同様、図-4-1のように示すことができる。以下、分類ごとに、それぞれの分類目標について説明する。

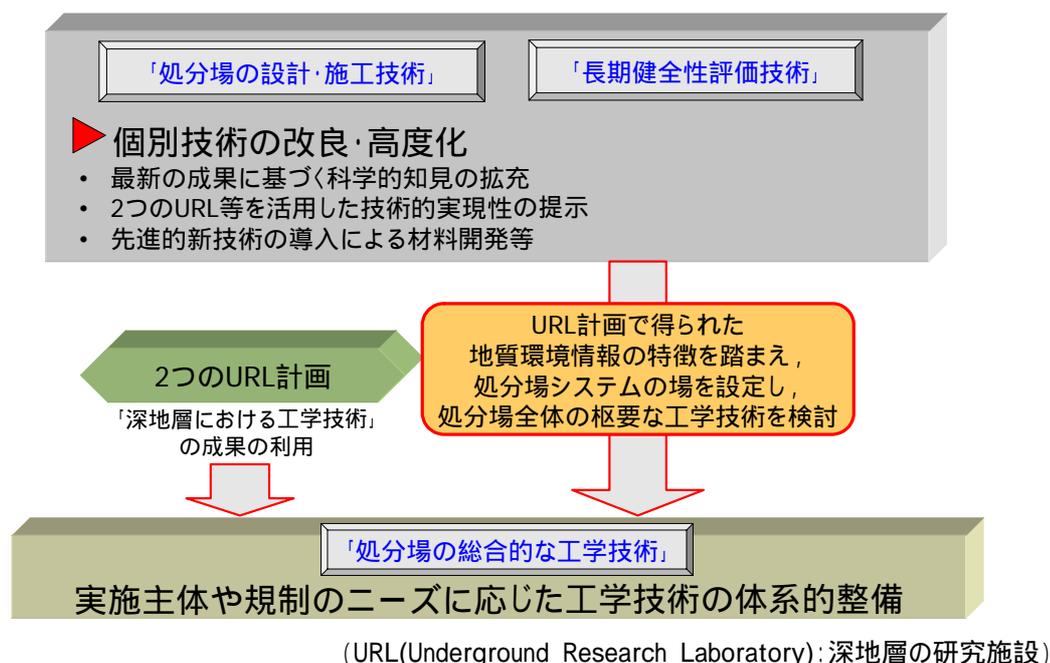


図 -4-1 処分場の工学技術分野のフェーズ2以降の研究開発の特徴

1) 処分場の総合的な工学技術

本分類は、平成 18 年度版全体計画において、フェーズ2の計画に対して新たに設定した分類であり、後述の「(2) 処分場の設計・施工技術」と「(3) 長期健全性評価技術」における個々の研究開発の連携を図り、成果を体系化していくものとして本改訂においても引き継がれている。第1章に示したフェーズ2とフェーズ3の段階目標を基に、フェーズ 2 におけるこれまでの研究開発の進捗などを念頭に置いて、本改訂においても平成 18 年度版全体計画と同様、分類目標を以下のように設定した。

フェーズ2: 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

フェーズ3: 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

具体的には、フェーズ2の終了時まで、深地層の研究施設等を活用した適用性確認を含む個々の研究開発の有機的な連携を図り、その成果を NUMO や規制側のニーズに応じた形で体系的に整理するとともに、従来の処分概念の拡張や代替の処分概念を含む「工学技術オプション」の構築に必要な共通的な技術基盤の検討を行う。後者については、NUMO が事業を進めていくうえでの柔軟性を確保できるよう応募区域の環境条件に応じた処分概念の開発に資する技術基盤の整備に主眼を置く。フェーズ3では、それまでの成果を踏まえ、深地層の研究施設等での適用性確認を通じた工学技術に関する研究開発全体の体系化を行うとともに、応募区域の環境条件に応じた工学技術オプションを技術基盤として総合的に整備する。

2) 処分場の設計・施工技術

本分類では、人工バリアを含む処分場施設の構築に必要な設計、建設、操業、閉鎖に関する各技術の整備と適用性の確認を行う。第1章に示したフェーズ2とフェーズ3の段階目標を基に、本改訂においても、平成 18 年度版全体計画を踏襲して分類目標を以下のように設定した。

フェーズ2: 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

フェーズ3: 処分場の設計・施工技術の実際の地質環境への適用性確認

具体的には、深地層の研究施設で行う掘削やデータ取得に基づき、フェーズ2におけるこれまでの成果を踏まえて、引き続き適用性確認を含む設計・建設技術の改良と高度化を行う。また、最新の知見を適切に取り込み人工バリアの設計手法や緩衝材特性データベースなど関連する技術基盤の信頼性を向上させるとともに、得られた最新のデータベース等については逐次公開していく。フェーズ3では、フェーズ2の成果を踏まえ、深地層の研究施設等を活用し、処分場の操業や閉鎖などに関わる主要な技術の適用性を確認するとともに、その経験を基に品質管理手法の整備を行う。

3) 長期健全性評価技術

本分類では、人工バリアの長期健全性を評価するため、ニアフィールドにおける熱-水-応力-化学連成現象の評価に必要なモデルやデータベースなどの技術基盤の整備を行う。第1章に示したフェーズ2とフェーズ3の段階目標を基に、本改訂においても平成 18 年度版全体計画と同様、分類目標を以下のように設定した。

フェーズ2: 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

フェーズ3: 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

フェーズ2の終了時まで、工学規模の試験から得られる知見や深地層の研究施設で得られる実際の地質環境条件に基づいてニアフィールドにおける種々の現象に関するモデルの改良や高度化を

行い、人工バリアの長期健全性を評価するための技術の整備を進める。その成果を踏まえ、フェーズ3では、深地層の研究施設での原位置試験や長期室内試験を可能な限り活用し、モデルの適用性確認を行う。

以上を反映して、研究開発全体マップ概要版(別添資料1)を作成している。

4.2 研究開発全体マップ詳細版の内容 - 細目と課題の設定 -

4.1 節で設定したフェーズ2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、フェーズ2における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、本改訂においても分類ごとの細目を平成18年度版全体計画と同様に表-4-2のとおり設定した。設定した細目に対し、フェーズ2の期間延長を勘案して、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。これらは研究開発全体マップ詳細版(別添資料2(2))に集約している。

細目については、平成18年度版全体計画において新たに設定した分類「(1)処分場の総合的な工学技術」を除き、基本的に研究開発全体マップ平成16年度版に示されたフェーズ1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、第2部2.2節で述べた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,先進的新技术の導入)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づけの再確認を行った。

以下、本改訂において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-4-2 細目の設定(処分場の工学技術)

フェーズ1

分類	細目		
(1)工学技術	人工バリア(オーバーバック/緩衝材)	a) 全体(適用性検討)	
		b) オーバーバック	
		c) 緩衝材	
	支保・グラウト・シーリング		
	建設・操業・閉鎖等の工学技術	a) 建設技術	
		b) 操業・閉鎖技術	
		c) 品質管理	
	(2)長期健全性	ガラス固化体	
		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			
セメント・コンクリート			
岩盤			
熱水応力化学連成評価技術			
ガス移行挙動			

フェーズ2以降

分類	細目	
(1)処分場の総合的な工学技術	URLにおける適用性検討	
	工学技術オプション	
(2)処分場の設計・施工技術	人工バリア(オーバーバック/緩衝材)	a) オーバーバック
		b) 緩衝材
		a) シーリング
		b) 支保(低アルカリ性セメント)
		c) グラウト
	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	ガラス固化体	
	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
	セメント・コンクリート	
	岩盤	
	熱水応力化学連成評価技術	
ガス移行挙動		
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

4.1 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。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「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、本改訂にあたっては、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18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18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の技術基盤の検討に特に注力する。細目「深地層の研究施設における適用性確認」については、平成18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「工学技術オプション」については、全体目標の一つである「先進的新技术の導入」も視野に入れて今後も研究開発を進めることとした。以下に、本改訂において設定した細目ごとの達成目標を示す。

深地層の研究施設における適用性確認

- 深地層の研究施設の掘削段階において得られる地質環境情報を用いた、フェーズ1で開発した設計・評価手法やデータベースの適用性確認と、現実的な製作・施工を考慮した処分場全体の設計手法の提示

工学技術オプション

- 国内外の動向や先進的新技术の導入を考慮した代替の処分概念を含む工学技術オプションの成立性や実現性に関わる共通的な技術基盤の整備

2) 処分場の設計・施工技術

細目「人工バリア(オーバーパック/緩衝材)」については、上述したように、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の構造に含まれていた「全体」を、細目「処分場の総合的な工学技術」に移し、「オーバーパック」と「緩衝材」を細目とした平成18年度版全体計画の構成を踏襲している。

細目「支保・グラウト・シーリング」についても、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の構造では一つの細目として取り扱ってきたが、平成18年度版全体計画策定の際に、対象となる用途や材料がそれぞれ異なることから細目の階層化を図り、「シーリング」、「支保(低アルカリ性セメント)」、「グラウト」という3つの下部細目を設定することとした。本改訂においてもこの考え方をそのまま用い、同じ構成としている。細目「建設・操業・閉鎖等の工学技術」も同様に、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、「操業・閉鎖」を一つの細目として扱ってきたが、その目的や内容が大きく異なることから、平成18年度版全体計画においてはそれぞれ独立の細目と

して取り扱うとともに、処分場の閉鎖までに維持することが求められる廃棄体回収⁻³⁾に必要な「回収技術」についても、新たに独立の細目として扱うこととした。本改訂においても、この平成 18 年度版全体計画の構造を継承している。

平成 18 年度版全体計画の策定においては、各細目の達成目標とその目標を達成するための研究開発の課題の設定にあたり、本分類の対象が、実際の人工バリア等の製作技術や地下施設の施工技術を含んでいることに加え、地質環境の特徴にも大きく依存することに配慮した。このため、処分場の設計や施工技術については、深地層の研究施設等を利用した適用性確認により、また操業・閉鎖技術については、適用できる技術の選択肢を狭めることのないように、信頼性を高めていくこととした。さらに、最新の知見を適切に取り込み、その信頼性をより一層向上させていくことに加え、様々なサイト条件に対して適用できるよう、従来の技術基盤をベースにその適用範囲の拡張についても配慮している。なお、細目「支保・グラウト・シーリング」のうち「支保(低アルカリ性セメント)」、「グラウト」で行う低アルカリ性セメント材料の開発は、第 3 部で示した国の基盤研究開発の全体目標の一つである「先進的新技术の導入」を視野に入れたものである。このような平成 18 年度版全体計画の考え方は、本改訂においても踏襲している。以下に、本改訂において設定した細目ごとの主な達成目標を示す。これらについても平成 18 年度版全体計画から変更はない。しかし、フェーズ 2 の期間延長に伴う利点(第 3 部 3.3 参照)によって、その達成レベルはより充実したものとすることが可能である。

人工バリア(オーバーパック/緩衝材)

- オーバーパック: オーバーパック寿命評価手法の体系的整備, 材料選定に関わる基盤情報整備, 溶接・検査技術と溶接部における耐食性評価手法の提示, 長寿命化に関わる概略評価
- 緩衝材: 塩水環境も含めた緩衝材基本特性データベースの公開・更新, 基本特性の測定手法標準化に関する基盤情報の整備, セメント影響に関する基本特性データの拡充

支保・グラウト・シーリング

- シーリング: 様々な地質環境に対する閉鎖要件の明確化, 止水プラグ/埋め戻し材の基盤情報の整備
- 支保(低アルカリ性セメント): 低アルカリ性セメントを用いた支保工コンクリートの吹き付け施工例の提示
- グラウト: グラウトに関する技術オプションの提示と具体的な地質環境への適用性確認

建設・操業・閉鎖等の工学技術

- 建設技術: 深地層の研究施設での掘削段階における設計・施工技術の適用事例及び留意点の提示
- 操業技術: 操業システムの成立性や信頼性に寄与する技術メニューの提示
- 閉鎖技術: 幌延を一例とした閉鎖技術の例示と閉鎖システム構築に向けた技術オプションの提示
- 品質管理: 深地層の研究施設で得られる地質環境データに基づく品質管理計画の例示
- 回収技術: 閉鎖前の回収・再定置技術の適用性に関わる技術オプションの整理

⁻³⁾ 例えば、原子力安全委員会(2000):高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全規制の基本的考え方について(第 1 次報告), 平成 12 年 11 月 6 日.

3) 長期健全性評価技術

平成 18 年度版全体計画では、新たな細目として「人工バリアせん断応答挙動」を加えている。これは、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、性能評価分野の「変動・接近シナリオ」の中に位置づけられていたが、その目的が「模型試験に基づき想定される最大の断層ずれによる人工バリアへの影響把握」であることから、工学技術の分野で扱うこととしたものである。また、細目「ガラス固化体」については、フェーズ1までの成果により、当初の目標を達成したことから、平成 18 年度版全体計画では新たな課題を設定していない。しかし、事業や規制の進展に伴って新たな課題の設定が必要になることを考慮し、細目は残しておくこととした。これらの考え方は本改訂にあっても引き続き採用しており、細目の構成は平成 18 年度版全体計画から変更していない。

各細目の達成目標とその目標を達成するための研究開発課題の設定にあたっては、4.1 節に示した分類目標にしたがい、細目に示したニアフィールド環境の長期挙動ごとに、これまで構築を行ってきたモデルやデータベースといった評価技術について、深地層の研究施設等を含む実際の地質環境条件を考慮に入れた適用性の検討に焦点をあてている。その際、最新の知見を適切に取り込み、その信頼性をより一層向上させていくことに留意している。このような考え方についても平成 18 年度版全体計画と同様である。以下に、本改訂において設定した細目ごとの主な達成目標を示す。

ガラス固化体(引き続き新たな課題設定は行っていない)

緩衝材

- 長期力学的変形: 緩衝材 岩盤クリープ連成モデル構築, 海水地下水条件下でのモデルの適用性確認
- 長期変質; 実際の地質環境と関連させた変質評価手法の提示や 100 を超える領域での緩衝材特性の評価手法の提示
- 流出/侵入; 実際の岩石等を用いたより現実的なデータの取得と評価手法の提示

セメント・コンクリート

- 地下水組成や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 (TRU 廃棄物処分研究成果の活用)

岩盤

- 深地層の研究施設の掘削段階における岩盤の長期力学挙動評価手法の検証, 岩盤の長期変質挙動評価手法の提示

熱-水-応力-化学連成挙動

- 幌延等の具体的地質環境における熱-水-応力-化学連成モデルの適用事例の拡充や幌延における原位置試験に適用する計測技術及び計画の提示

ガス移行挙動

- 具体的な地質環境条件を考慮したガス移行パラメータの整備と力学連成ガス移行モデルの提示

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

本改訂に基づき、各細目ごとのフェーズ2の達成目標、課題、及び各課題に対する研究開発の進め方については、別添資料2(2)の研究開発全体マップ詳細版に集約している。ここで、それらの設定のために行った検討作業の要点を、第1章に示した留意点への対応という観点でまとめておく。

i) NUMO や安全規制側のスケジュールとの整合性と研究開発へのニーズへの対応

本改訂にあたっては、分類目標、細目の達成目標及びその目標を達成するための研究開発課題の設定にあたり、表 -4-3 に示す NUMO や安全規制関係機関の計画に関する最新の状況との整合性に配慮した。第 部で述べたように、現在 NUMO や安全規制関係機関において国の基盤研究開発に対するニーズの明確化が進められており、これらのニーズに対して、本全体計画はさらに見直しが行われる予定である。

表 -4-3 NUMO と安全規制関係機関の当面の計画

<p>NUMO の計画:「平成 20 事業年度 事業計画・予算・資金計画」(原子力発電環境整備機構, 2008)より</p> <p>・「概要調査結果を基に処分場の概念設計やその性能評価を行うため、地上・地下施設の設計・建設、人工バリアの設計・製作及び処分場の建設・操業・閉鎖に関する要素技術について、既存技術の適用性検討を基に成立性や実現性の検討を行うとともに、必要な性能評価手法を開発する。また、これらの成果を踏まえ仮想の処分場の設計演習を行い、得られた課題を概要調査に反映するなど処分場の概念設計や性能評価を行うための体系を整備・充実する。」</p>
<p>安全規制関係機関の計画:平成 20 年度に設置された放射性廃棄物規制支援研究WGでの検討内容を中心に記載</p> <p>・安全評価全体に係る考え方:「安全設計の基本的要件及び安全評価の基本的考え方の整理」</p> <p>・処分システムの理解:「地質環境条件及び天然バリア挙動評価手法の整備」、「人工バリア挙動評価手法の整備」及び「廃棄体挙動評価手法の整備」</p>

ii) 研究開発の効率的推進の具体化と促進

上記1)～3)で設定した各分類の研究開発の課題について、関連する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に配慮することが重要である。特に、フェーズ2で新たに設けた分類「(1) 処分場の総合的な工学技術」については、個々の研究開発の成果を一連の技術体系に統合していくことが必要であり、こうした連携を進めることが重要となる。また、JAEA と ANRE 事業が行うそれぞれの研究開発の課題については、各機関が有する実績、人材、施設等の特徴を考慮に入れ、効果的、効率的な研究開発が推進できるよう、役割分担と研究協力を図っていくことが重要である。さらに、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、「地質環境調査評価技術」や「性能評価技術」との分野間での連携を進めていくことも必要である。加えて、TRU 廃棄物処分に関わる研究開発との共通的な課題についても連携が必要である。平成 18 年度版全体計画においては、このような観点から様々なレベルでの連携の可能性についての検討を行い、その結果を詳細版に反映した。これらの概要は以下のとおりである。

JAEA と ANRE 事業との連携

オーバーパック溶接部の腐食評価などについては、JAEA と ANRE 事業の共同研究が進行中である。深地層の研究施設における工学技術の適用性確認、緩衝材の基本特性データの整備、建設・操業・閉鎖技術、品質管理技術、緩衝材の長期変質挙動などについては、情報交換あるいは共同研究の可能性について検討を進める。

「地質環境調査評価技術」、 「性能評価技術」及び「TRU 廃棄物処分に関わる研究開発」 との連携

建設技術、支保・グラウト、岩盤の力学的安定性などについては、地質環境調査評価技術分野における“深地層における工学技術”などとの連携を進める。また、品質管理、緩衝材の長期変質挙動、緩衝材の流出・侵入挙動などについては、性能評価技術分野との連携を進める。さらに、セメント・コンクリート、緩衝材の長期変質挙動などについては、TRU 廃棄物処分に関わる研究開発と共通的な課題であり、効果的・効率的な連携を進める。

平成 18 年度版全体計画に示した上記の体系化や連携に関する取り組みは、フェーズ 2 のこれまでの研究開発の実施において鋭意実施されており、こうした進捗も踏まえ、本改訂では引き続きこれらの取り組みを進めることとし、研究開発全体マップ詳細版にこれを明示している。

5. 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、性能評価で用いるモデルやパラメータの設定に必要となる技術、及びそれらを用いて一連の性能評価作業を行うために必要となる技術を対象にしている。

第1章に示した処分事業や安全規制の展開に関する最新動向を念頭におけば、本改訂に伴って延長されたフェーズ2(平成24年度頃まで)での性能評価技術分野の研究開発の役割として、NUMOにおいて計画されている概要調査結果に基づく処分場の概念設計やその性能評価の概略的实施、及び安全規制において予定されている安全審査基本指針の策定に資するよう、信頼性のある技術基盤(シナリオ解析の手法、モデル及びデータベース、それらを用いた不確実性評価や総合的な性能評価の手法等)を先行的に整備することが重要である。

このような考えや第1章に示した視点から、本改訂においては、平成18年度版全体計画を出発点とし、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、分類及び分類ごとのフェーズ2とそれ以降の具体的な目標について再検討を行った上でこれを設定し、概括版に示した(5.1節に解説)。次に、当面の対象であるフェーズ2に焦点をあて、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、分類をさらに詳細化した細目及びその達成目標を見直したうえで、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、詳細版の改訂を行った。5.2節には詳細版の改定に至るまでの検討の内容について、NUMOと安全規制関係機関の計画との関係、今後の研究開発を効率的に進めていくための分野間や研究機関間での連携・体系化等に関わる検討結果とあわせて記載しているが、上記処分事業や規制策定の最新動向を踏まえて今後明らかにされるNUMOや規制機関からのニーズに基づいて再度見直しを行う予定である。その際、第1部に述べたようにTRU廃棄物がNUMOの地層処分事業の対象となったことから、国の基盤研究開発として実施しているTRU廃棄物処分に関する研究開発との連携に一層の注意を払う必要がある。

5.1 研究開発全体マップ概括版の内容 -分類と分類目標の設定-

第1章に示した通り、本改訂においても平成18年度版全体計画と同様、性能評価技術に関わる段階目標として、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。フェーズ2においては、最新の科学的知見を適切に取り込むとともに、深地層の研究施設等の活用を図りながら、ある地質環境条件が与えられた場合に適切に対応できる性能評価技術として整備・改良を行う。またフェーズ3では、それら技術基盤の適用性を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。

表-5-1に、本改訂において設定した分類と分類目標を示す。平成18年度版全体計画の策定にあたっては、研究開発全体マップ平成16年度版で設定したフェーズ1の3つの分類(評価手法、モデル化技術、データベース開発)を基に、当時の最新の技術レベルや研究開発の状況に関してフェーズ1まで(平成17年度頃まで)の進展を踏まえたレビューを行うとともに、フェーズ2とフェーズ3で行うべき研究開発を検討した。この結果、フェーズ2及びフェーズ3についても、研究開発全体マップ平成16年度版で用いた3つの分類を変更する必要はないと判断した。また、細目や課題の検討においても

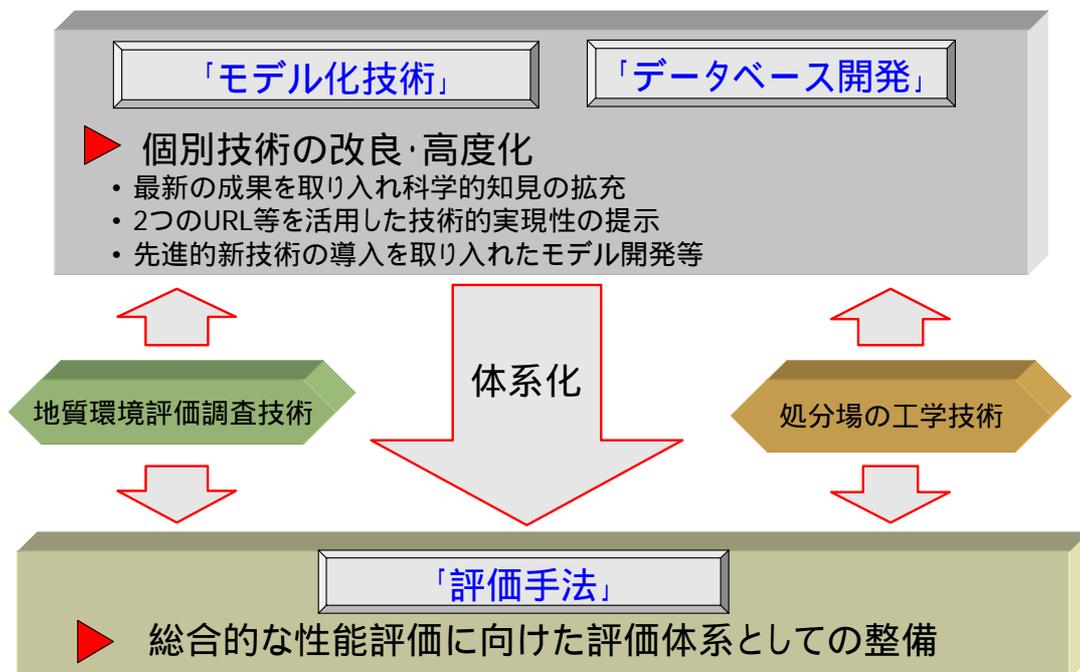
適宜この分類で不都合がないかどうかのチェックを行い、適切なものであることを確認した。平成 18 年度版全体計画に示した、このような分類や分類目標、細目 / 課題の内容は、本改訂において、第部 1.2 節で述べたような観点から検討を行い、今回の見直しにあたって変更する必要がないことを確認している。しかし、第部 3.3 節に述べたようにフェーズ 2 の延長に伴う利点により、目標の達成レベルはより充実した体系的なものとするのが可能である。

本改訂によって設定した分類及び分類ごとのフェーズ 2 とそれ以降の具体的な目標を表 -5-1 に示す。

表 -5-1 分類と分類目標(性能評価技術)

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)評価手法	(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	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
(2)モデル化手法	(2)モデル化手法	実際の地質環境へ適用可能な個別モデルの整備・改良	実際の地質環境に対する個別モデルの適用性確認
(3)データベース開発	(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	実際の地質環境に適用可能なデータセット/性能評価用パラメータセットの設定手法の体系的整備

性能評価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、図 -5-1 のように示すことができる。これは平成 18 年度版全体計画で示したものと同様である。以下、分類ごとに、その目標を説明する。



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

図 -5-1 性能評価技術分野のフェーズ 2 以降の研究開発の特徴

1) 評価手法

本分類では、性能評価における一連の作業で用いる技術や手法の整備を行う。

フェーズ1においては、シナリオや不確実性に関わる個別的な技術や手法の強化と総合的な性能評価の方法論の整備を行った。平成 18 年度版全体計画では、フェーズ1までの成果及びフェーズ2とフェーズ3の段階目標を踏まえ、分類目標を以下のように設定した。

フェーズ2：実際の地質環境へ適用可能な評価手法の整備・改良

フェーズ3：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

フェーズ2では、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、第 2 部 2.2 節に述べた技術的実現性の提示や先進的新技术の導入という観点から、特に前者については、深地層の研究施設等から得られる情報を利用した実際の地質環境への適用を考慮した整備・改良を進める。先進的新技术の導入という観点からは、複合的な現象を考慮した解析技術などを対象とした研究開発を進める。さらに、総合的な性能評価に含まれる作業を一貫して行うための評価体系についても、深地層の研究施設等を利用した実際の地質環境に関する調査評価と連携を図ることにより実用的なものとして整備していく。

フェーズ3においては、引き続き実際の地質環境を対象とした適用とそれらを通じた改良等を進め、処分場の候補サイトを念頭に置いた評価体系の総合的な適用性を確認する。

上記平成 18 年度版全体計画に沿ったフェーズ 2 のこれまでの研究開発は着実に進められ所期の成果が得られてきており、第 1 章に述べた視点に基づく本改訂においては、この分類目標は引き続き妥当なものであると判断し、変更せずそのまま用いることとした。

2) モデル化技術

本分類では、性能評価で考慮する個別現象についての理解促進とそれに基づく個別モデル(現象モデル、サブシステムモデル)の整備を行う。

フェーズ1においては、室内・工学試験等による現象理解の向上と個別モデルの拡充・高度化を行った。平成 18 年度版全体計画ではフェーズ1までの成果及びフェーズ2とフェーズ3での段階目標を踏まえ、分類目標を以下のように設定した。

フェーズ2：実際の地質環境へ適用可能な個別モデルの整備・改良

フェーズ3：実際の地質環境に対する個別モデルの適用性確認

フェーズ2では、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新技术の導入の観点から、個別モデルについての信頼性や詳細度の向上のためのモデルの整備・改良を進める。このとき、現象理解に即した詳細なモデル化(現象モデルの作成)とともに、サブシステムモデルを含めた階層的な性能評価モデル体系の整備を進める。また、先進的新技术として新たなモデル化の概念や手法などの導入についても検討を行っていく。さらに、これらモデル化技術の実証性の提示という観点から、深地層の研究施設等から得られる情報を利用した実際の地質環境への適用を考慮して整備・改良を行う。

フェーズ3においては、処分場の候補サイトの実際の地質環境を念頭に置いた試験などによる現象の理解とそれに基づくモデルの改良等をさらに進め、個別モデルの適用性を確認する。

平成 18 年度版全体計画に沿ったフェーズ 2 のこれまでの研究開発は着実に進められ期待された成果が挙げられており、本改訂においては、この分類についても平成 18 年度版全体計画で設定され

た分類目標は引き続き妥当なものと考え、変更しないこととした。

3) データベース開発

本分類では、熱力学データ、分配係数及び拡散係数などについてデータベースの整備を行う。

フェーズ1においては、海水系等を中心とした熱力学データ及び収着、拡散に関するデータの取得とデータベースの拡充を行った。平成18年度版全体計画においては、フェーズ1までの成果及びフェーズ2とフェーズ3での段階目標を踏まえ、分類目標を以下のように設定した。

フェーズ2: 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

フェーズ3: 実際の地質環境に適用可能なデータセット/性能評価用パラメータセットの設定手法の体系的整備

フェーズ2では、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、信頼性及び十分性の向上のため、深地層の研究施設等から得られる情報を利用した実際の地質環境の条件等を勘案して継続的なデータの取得を進めるとともにデータベースとして整備・公開を行う。また、データの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を進める。さらに、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においては、データ取得/設定の方法論について処分場の候補サイトを念頭に置いた実際の地質環境を対象として適用性を確認する。また、データベースとそれを用いた性能評価用パラメータセット(性能評価で用いる複数のパラメータを整合的に設定したもの)の設定手順・手法の定型化を体系的に進めるとともに、その適用性を実際の地質環境を対象として確認する。

本分類についても、平成18年度版全体計画に沿ったフェーズ2のこれまでの研究開発は着実に進められ所期の成果が得られている。他の分類と同様、この分類についても、本改訂にあたって、平成18年度版全体計画で設定された分類目標は引き続き妥当なものとして判断し変更せずに用いることとした。

以上の内容は研究開発全体マップ概括版(別添資料1)に反映されている。

5.2 研究開発全体マップ詳細版の内容 - 細目と課題の設定 -

平成18年度版全体計画の策定においては、フェーズ2での細目及び課題の設定にあたり、フェーズ1の内容に対して、以下のような視点で検討を行っている。

フェーズ1での細目あるいは課題を部分的に見直しながら基本的に継続

フェーズ1での複数の細目あるいは課題を発展的に統合

フェーズ1では設定されていない新規の細目あるいは課題を追加

フェーズ1での細目あるいは課題を削除(例えば、フェーズ1で目標を達成)

本改訂では、5.1節で設定したフェーズ2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、こうした過去の経緯も念頭に、フェーズ2における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、平成18年度版全体計画に引き続き、分類ごとの細目を表-5-2のとおり設定した。さらに、フェーズ2の期間延長を勘案して、各細目の達成目標及びその目標の達成のために取り組むべき具体的な課題を設定し、併せて各課題の進め方を別添資料2(3)の研究開発全体マップ詳細版に整理した(表中の「フェーズ2: 課題の設定、進め方」の欄参照)。

表 -5-2 細目の設定(性能評価技術)

フェーズ1		フェーズ2以降
分類	細目	細目
(1)評価手法	シナリオ解析技術	シナリオ解析技術
	変動・接近シナリオ	不確実性評価技術
	不確実性評価技術	総合的な性能評価技術
	総合的な性能評価技術	人工バリア中の核種移行
(2)モデル化技術	ガラス固化体からの核種溶出	a)地下水化学 / 間隙水化学
	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
	岩盤中の核種移行	c)緩衝材中の核種移行
	a)水理・物質移行	天然バリア中の核種移行
	b)収着・拡散現象	a)岩盤中の核種移行
	c)コロイド・有機物・微生物	b)コロイド・有機物・微生物
	生物圏での移行 / 被ばく	生物圏での核種移行 / 被ばく
	放射性元素の熱力学データベースの整備	放射性元素の熱力学データベースの整備
(3)データベース開発	収着・拡散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

以下に、本改訂において設定した各細目の達成目標、課題及び各課題に対する研究開発の進め方について述べる。

平成 18 年度版全体計画でこれらを設定した際には、平成 16 年度版の研究開発全体マップに対する大学等の有識者のコメントを反映している。主要なコメントは第 1 章で示した改訂における留意点(処分事業や安全規制のスケジュールやニーズへの対応、研究開発の効率的推進の具体化と促進(連携の具体化と役割分担、分野を横断する課題の取り扱い)、研究開発成果の体系化の具体化と促進)に集約されていることから、本改訂における検討にあたってはこの留意点への対応に重点をおいたものとした。本節の最後に、本改訂にあたって設定した細目ごとの目標、課題、課題に対する研究開発の進め方に関わる検討の要点を、各留意点への対応という観点で整理して示す。

1) 評価手法

本改訂では、平成 18 年度版全体計画に引き続き、総合的な性能評価を行うための評価体系の整備に関する細目「総合的な性能評価技術」を設定するとともに、総合的な性能評価における重要な要素となるシナリオ解析及び不確実性評価の技術や手法の整備に関する細目「シナリオ解析技術」、「不確実性評価技術」を設定した(表 -5-2)。なお、研究開発全体マップ平成 16 年度版に設定したフェーズ1の構造においては、基本的なシナリオの検討と天然現象を発端とするシナリオの検討を細目として分けていたが、平成 18 年度版全体計画策定時に、フェーズ2ではそれらを取りまとめていくことが必要であることからひとつの細目に統合している。

各細目における達成目標、課題及びその進め方については、5.1 節で設定した分類目標を踏まえ、深地層の研究施設等から得られる情報を利用した実際の地質環境への適用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(後述の「iii)研究開発成果の体系化の具体化と促進」参照)に力点をおいたものとした(別添資料2(3)研究開発全体マップ詳細版中の「フェーズ2:課題の設定、進め方」の欄参照)。本改訂におけるこうした考え方は、平成 18 年度版全体計画の策定において採った考え方と同じものである。また、具体的な検討にあたっては、平成 18 年度版全体計画に従って進めてきたこれまでのフェーズ 2 の研究開発の進捗を考慮している。

2) モデル化技術

本改訂においても、この分類の細目については、平成 18 年度版全体計画と同様、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た。平成 18 年度版全体計画において、バリア要素や現象を中心に設定した研究開発全体マップ平成 16 年度版のフェーズ 1 に対する細目を一部変更している(表 -5-2)。

本改訂において設定した細目は、「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」である。「人工バリア中の核種移行」の細目は、さらに、人工バリア領域の現象である「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、また、「天然バリア中の核種移行」の細目は、「岩盤中の核種移行」、「コロイド・有機物・微生物」に細分化している。なお、「岩盤中の核種移行」は、平成 18 年度版全体計画において、フェーズ 1 で設定した「水理・物質移行」と「収着・拡散現象」の 2 つの細目を統合したものである。「生物圏での核種移行/被ばく」の細目はフェーズ 1 と同じく細分化を行っていない点も平成 18 年度版全体計画と同様である。

各細目における達成目標、課題及びその進め方については、平成 18 年度版全体計画策定の考え方を基本的に引き継いでおり、5.1 節で設定した分類目標を踏まえ、深地層の研究施設等から得られる情報を利用した実際の地質環境への適用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を行うための技術の整備に力点を置いたものとした(別添資料 2(3)研究開発全体マップ詳細版中の「フェーズ 2: 課題の設定, 進め方」の欄参照)。この場合にも、具体的な検討にあたっては、平成 18 年度版全体計画に従って進めてきたフェーズ 2 のこれまでの研究開発の進捗を考慮している。

3) データベース開発

本改訂においては、細目として、平成 18 年度版全体計画同様、研究開発全体マップ平成 16 年度版でのフェーズ 1 の項目と同じ「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」とともに、これら以外の性能評価に用いるデータを集約することを目的とした「処分場システムデータベースの整備」を設定した(表 -5-2)。

各細目における達成目標、課題及びその進め方については、5.1 節で設定した分類目標を踏まえ、データベースの拡充と性能評価で用いるパラメータの設定のための技術の整備に力点を置いたものとした(別添資料 2(3)研究開発全体マップ詳細版中の「フェーズ 2: 課題の設定, 進め方」の欄参照)。本改訂におけるこうした考え方は、平成 18 年度版全体計画の策定の際と同様である。また、具体的な検討にあたっては、平成 18 年度版全体計画に従って進めてきたこれまでのフェーズ 2 の研究開発の進捗を考慮している。

1.2 節 3)において述べたように、今回の見直しにおいては平成 18 年度版全体計画の基本的な構造や内容に関する変更は必要ないとの結論に至っている。ただし、フェーズ 2 を 2 年延長することによる各細目の課題や目標の設定、進め方については必要に応じて研究開発全体マップ詳細版の修正を行っている。

別添資料 2(3)の研究開発全体マップ詳細版に集約した各細目に関するフェーズ 2 の達成目標、課題、及び各課題の進め方の要点を、第 1 章に示した留意点への対応という観点から以下にまとめておく。

i) 処分事業や安全規制のスケジュールとの整合性と研究開発へのニーズへの対応

本改訂においては、分類目標、細目の達成目標及びその目標を達成するための研究開発課題の設定にあたり、表 -5-3 に示した NUMO や安全規制関係機関の計画の最新の状況との整合性に配慮した。

表 -5-3 NUMO の計画及び安全規制関係機関の当面の計画

<p>NUMO の計画: 「平成 20 事業年度 事業計画・予算・資金計画」(原子力発電環境整備機構, 2008)より</p> <ul style="list-style-type: none">概要調査結果を基に処分場の概念設計やその性能評価を行うため、(中略)、必要な性能評価手法を開発する(処分場概念開発の観点から)様々なサイトの特徴を考慮した処分概念、設計オプションとのリンクがとれる性能評価技術の整備が重要(地質環境条件の不確実性が大きい当面の段階においては)ニアフィールド挙動の把握に重点を置く
<p>安全規制関係機関の計画: 平成 20 年度に設置された放射性廃棄物規制支援研究WGでの検討内容を中心に記載</p> <ul style="list-style-type: none">安全評価全体に係る考え方:「安全設計の基本的要件及び安全評価の基本的考え方の整理」安全評価の手法:「被ばく線量等の評価のためのシナリオ設定手法の整備」、「廃棄体からの核種溶出挙動評価手法の整備」、「人工バリア核種移行挙動評価手法の整備」、及び、「天然バリア核種移行評価手法の整備」その他安全評価上考慮すべきもの:「生物圏評価手法の整備」、「不確実性を考慮した安全評価手法の整備」、「稀頻度事象の評価手法の整備」、及び、「代替的指標の導出方法」

具体的には、NUMO や安全規制関係機関の計画に共通する以下の点への対応に特に配慮した。これについては、平成 18 年度版全体計画策定と基本的には大きく変わっていない。

実際の地質環境条件、それに応じた処分概念、設計オプションへの適用に関わる検討

時間スケールや処分環境を考慮したニアフィールド挙動の把握

データベース(FEP, 基本特性)の拡充、不確実性の取り扱いに関する研究開発(リスク論的安全評価、安全評価シナリオ設定への対応など)

実際の地質環境条件等への性能評価手法やモデル、データベースの適用に関わる検討については、本改訂においても、引き続き段階目標として明記されており、検討の全般にわたって念頭に置いた点である。ニアフィールド挙動の把握、及びデータベースの拡充や不確実性の取り扱いの強化についても、関係する内容を細目及び課題として具体的に設定した。なお、NUMO と安全規制関係機関の研究開発計画と重複する課題については、信頼性向上あるいは相互補完の観点からの位置づけの明確化や連携の可能性という観点から再検討を行った。別添資料2(3)中の「備考」の欄に、各細目に関する NUMO と安全規制関係機関の研究開発計画を記載した。

第 部に述べたように、現在 NUMO や安全規制関係機関において、国の基盤研究開発に対するニーズの明確化が進められており、これによって本改訂版をさらに見直す予定である。

ii) 研究開発の効率的推進の具体化と促進

本改訂にあたっては、平成 18 年度版全体計画策定時と同様、細目内の連携、細目間 / 分類間の連携、及び分野間の連携に分けて、連携の内容に関する確認と検討を重点的に行い、研究開発

全体マップ詳細版の記載に反映した(別添資料2(3)中の「フェーズ 2:課題の設定,進め方」の欄参照)。また,国の基盤研究開発を実施する関係研究機関間の共同研究項目については,現時点で実施中のものに加えて今後の可能性についても検討し,これらを実施中あるいは検討中であることを区別しつつ,詳細版に記載した(別添資料2(3)中の「備考」の欄参照)。

細目内の連携

本改訂にあたり,類似の課題を統合・整理しつつ,平成18年度版全体計画に従って進められてきたフェーズ2において,現時点で資源エネルギー庁調査等事業(以下,ANRE事業)を担当する機関とJAEAのそれぞれの特徴を活かした役割分担と共同研究を進めることが有効な課題について検討した。役割分担の概要は以下のとおりである。この役割分担のもとに,実施中あるいは今後の可能性を検討している共同研究の課題を明らかにしている。

- 総合的な性能評価技術:

総合的な性能評価のための評価体系に関わる検討は,ANRE事業担当機関において主に先進的処分概念や先進サイクルシステムなども考慮に入れた性能評価技術の高度化を,JAEAにおいて主に従来性能評価手法の信頼性向上やANRE事業の成果も含めた性能評価技術としての体系化を実施する。

- ガラス固化体からの核種溶出:

ガラス溶解及び核種溶出に関する量子化学的評価ツールの開発は主にANRE事業担当機関,実験による現象理解やガラス溶解に関する情報のデータベース化,性能評価モデルへの反映は,主にJAEAが実施する。

- 微生物:

微生物特性のデータ取得は主にANRE事業担当機関,影響評価は主にJAEAが実施する。

- 生物圏での核種移行/被ばく:

モデル化や評価技術の開発は主にJAEA,生物圏での核種移行パラメータの取得は主にANRE事業担当機関が実施する。

- 収着現象のモデル化

収着現象の性能評価における取り扱いや現象モデルの性能評価モデルへの反映についての検討は主にJAEA,特定の現象に関する現象理解や現象モデルの整備は主にANRE事業担当機関が実施する。

- 収着データベースの整備:

データベース開発やパラメータ設定手順・手法の開発は主にJAEA,データ取得は主にANRE事業担当機関が実施する。

細目間/分類間の連携

本改訂においても,細目間や分類間での成果等の共有や活用について検討を行い,以下の通り,基本的に平成18年度版全体計画における検討と同じ結論に達している。

- 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:

「モデル化技術」及び「データベース開発」との連携による成果等の共有と活用を図る。このような連携を通じて,「モデル化技術」や「データベース開発」での個々の研究で対象とする

現象や条件の検討を、シナリオや不確実性の検討とも関係づけながら進めることができる。

- モデル化技術，データベース開発(収着・拡散)：

フェーズ1に関するレビューにおいて、収着・拡散に関するデータ取得やモデル化に関わる課題が十分に整理されずに両分類の細目として混在しており、成果の共有や活用を難しくしていることが問題点として挙げられた。このため、平成 18 年度版全体計画では、設計や性能評価に直接的に用いられるデータ取得は基本的に「データベース開発」の細目に、「モデル化技術の細目」には現象理解や詳細な現象モデル化に関連したデータ取得のみ含めることとし、この考え方に沿って課題設定及びその進め方を明らかにした。また、課題に対する研究の進め方の中で、成果等の共有と活用について明示した。このような計画上の対応が妥当なものであることは、平成 18 年度版全体計画に沿って進めてきたフェーズ2のこれまでの研究開発の進捗によって確認している。本改訂にあたってこれを踏襲している。

分野間の連携

本改訂でも、地質環境調査評価技術及び処分場の工学技術の各分野における成果の共有と活用、及び共通的な課題への取り組みに関する協力について検討を行い、以下の通り、平成 18 年版全体計画における対応を引き続き踏襲することとした。これは、第 部 1.1 節で示した国の基盤研究開発の進め方を考える上での留意点「分野を横断する課題の取扱いの具体化と促進」への対応でもある。

- 地下水化学 / 間隙水化学，岩盤中の核種移行：

これらの課題は、地質環境調査評価技術と性能評価技術の両分野の重要な接点のひとつであり、課題への取り組みにあたり、地質環境調査評価技術分野の中の地質環境特性調査評価技術と連携することを、本改訂において引き続き明示した(性能評価技術分野で検討するモデル化技術の深地層の研究施設等の地質環境条件への適用など)。

- 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：

課題への取り組みにあたり、地質環境調査評価技術及び処分場の工学技術の両分野の成果を取り込んだ検討とすることを、本改訂にあたって引き続き明示した(深地層の研究施設等の地質環境条件を活用したシナリオ解析，不確実性評価，及び一連の核種移行解析や総合的な性能評価の試行，地質環境の長期安定性調査評価技術の成果を反映した天然現象影響評価技術の構築とその試行など)。

また、TRU 廃棄物処分研究開発との連携についても、平成 18 年版全体計画における対応を引き続き踏襲し、C-14 の生物圏移行パラメータの調査，高 pH プルウムや硝酸塩の影響に関する評価などについて連携することを、本改訂において引き続き明示した。

iii) 研究開発成果の体系化の具体化と促進

本改訂にあたって、個々の細目や課題に対する研究開発によって得られる成果を性能評価で用いるための技術や知見として整理・統合していくために体系化に関する検討を重点的に行い、研究開発全体マップ詳細版の記載に反映した(別添資料2(3)中の「フェーズ 2: 課題の設定，進め方」の欄参照)。本改訂にあたって設定した表 -5-2 の分類と細目に対する研究開発の内容を網羅し、これらを性能評価技術として具体的にどのように体系化していくかを明らかにするため、以下のような 3 つ

の方向性を設定した。

総合的な性能評価のための手法を対象とした体系化

- シナリオ解析体系
- 不確実性評価体系
- 全体的な核種移行解析体系
- 時間・空間スケールに応じたモデルの階層的な整備
- 総合的な性能評価に含まれる一連の作業(対象と範囲の異なる種々のレベルにおいて体系化された個別評価手法(下記,「性能評価に用いる個別評価手法を対象とした体系化」参照)の有機的な組み合わせ)を実施するための全体的体系(性能評価統合技術),およびセーフティケースの信頼性を向上させるための課題を能動的に発見し性能評価上の問題として設定し対処するための技術(課題探索的性能評価技術)

性能評価に用いる個別評価手法を対象とした体系化

- 水質推定手法
- 核種溶出評価手法
- 溶解度制限固相設定手法
- 人工バリア中での核種移行現象の評価手法(地下水流動場設定手法を含む)
- 天然バリア中での核種移行現象の評価手法(地下水流動場設定手法を含む)
- 生物圏評価手法

熱力学データベース,収着データベース,拡散データベースを利用したパラメータ設定手順・手法(含む,個別現象の評価手法や実測値の活用)を対象とした体系化

- 溶解度の設定手順・手法
- 分配係数の設定手順・手法
- 拡散係数の設定手順・手法

6. 分野をまたがる取り組み

6.1 制度的管理技術等の課題と進め方

第 部に述べたように、平成 18 年度版全体計画作成以降、最近の国際的な議論を通じ、地層処分計画を段階的な意思決定を経ながら進めていく「段階的アプローチ (Stepwise Approach)」や意思決定の手段としての「セーフティケース概念 (Safety Case)」の重要性が国際的に共通の認識としてさらに浸透しつつあり、このような考え方は国の基盤研究開発を進めていく上においても非常に重要な考え方として再認識する必要がある。そのような観点から、処分計画の段階的アプローチに関連して、制度的管理に関わる記録の保存、モニタリング、回収可能性 / 再取り出し技術といったテーマも国の基盤研究開発においてますます重要な課題となってきたといえよう。これらの課題については、図 -6-1 に示すように、国としての政策や安全規制等に関わる制度化の検討、処分事業の段階戦略と整合をとりつつ進めることが重要である。こうした制度面での関連性を考慮して、これらは、従来からの3技術分野における計画(上述の「3. 地質環境調査評価技術分野の計画」、「4. 処分場の工学技術分野の計画」、「5. 性能評価技術分野の計画」)の枠を超えて検討することが合理的であり、本改訂においても、研究開発全体マップの中で3技術分野とは別に「制度的管理技術等」として整理を行っている。

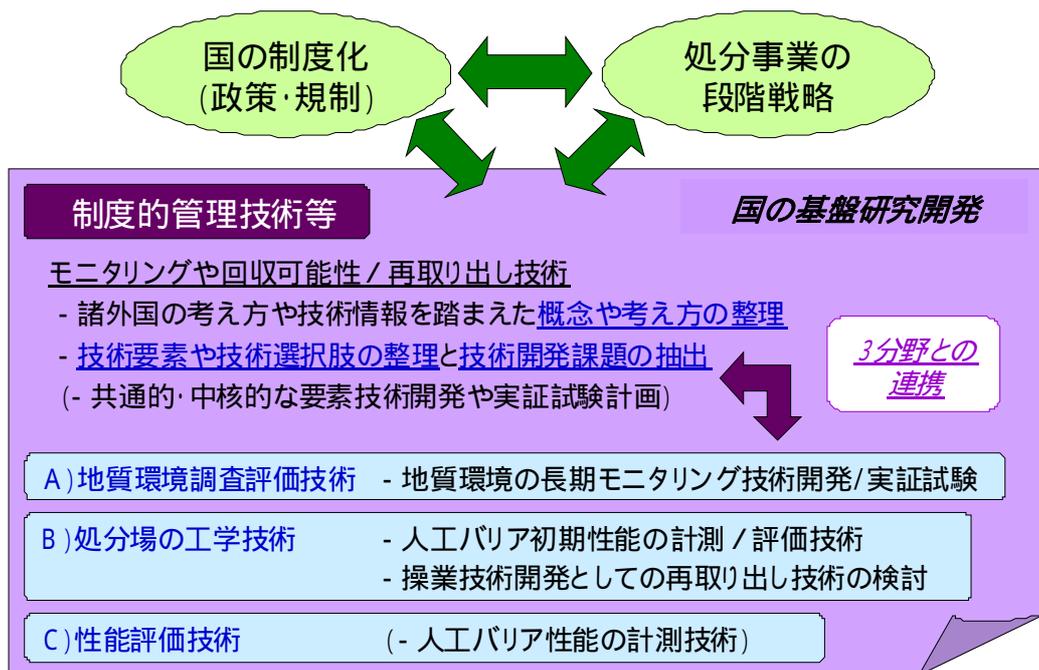


図 -6-1 制度的管理技術等のフェーズ2以降の研究開発の特徴

第 1 章 1.1 節に述べた視点から検討を行った結果、別添資料1の研究開発全体マップ概括版に示すように、本改訂でも、「当面のフェーズ2においては、フェーズ1に引き続いて、諸外国の考え方や技術情報を踏まえた概念や考え方の整理を行いつつ、重要な技術要素の抽出や現時点での技術選択肢の整理、それに基づく技術課題の抽出を行うこととする」とした平成 18 年版全体計画の方針を継承している。フェーズ3についても、同様に、国の制度や処分事業の段階戦略等に対応して、実証試験等を通じた技術的な実現可能性を具体的に提示していくこととした。なお、フェーズ2の技術要素や技

術選択肢の検討を進める際、図 -6-1 に示すように、地質環境の長期モニタリング技術や人工バリア挙動の計測技術等の個別の要素技術については3分野の技術開発と連携し、特に閉鎖前までに行う安全性確保のための情報収集という側面に重点を置いて効果的に進めることが重要であるとの認識は平成18年度版全体計画と変わらない。また、本改訂においても、平成18年版全体計画と同様、モニタリングで異常を確認した場合に対応可能とするための対策(回収可能性等の確保)との関連について検討する旨の追記を行った。本改訂において見直しを行った制度的管理技術等のフェーズ2の計画を研究開発全体マップ詳細版として別添資料2(4)に示す。

6.2 研究開発分野間の連携

本改訂版全体計画では、平成18年版全体計画同様、段階目標に向けた各分野の成果の情報統合に向け、2.2節にも示したとおり、下記の項目を分野間にまたがる重要な連携検討事項と位置付け、これらを俯瞰して研究開発全体マップ概括版に示している。

天然現象予測・影響評価技術、地質環境の調査から核種移行解析に至る技術体系など

(地質環境調査評価技術と性能評価技術の連携)

深地層の研究施設計画を活用した設計・施工技術の適用性確認など

(地質環境調査評価技術と処分場の工学技術の連携)

処分場の工学技術分野で想定した設計条件等を考慮した性能評価手法の体系化など

(処分場の工学技術と性能評価技術の連携)

シナリオ解析技術、不確実性評価技術や品質管理など(全分野)

地質環境調査評価技術の分野では、深地層の研究施設における坑道掘削時の調査、沿岸域の地質環境特性や地質環境の長期安定性に関する事例研究を行う。地質環境の調査・解析・評価は、地下施設の設計・施工や性能評価に必要となる情報を提供することを視野に入れて技術的な体系化を図り、一連の地質環境調査評価技術の適用性を確認する。

地質環境の調査・解析・評価において得られた深地層の研究施設や事例研究の場に関するデータ/情報は、処分場の工学技術分野における処分場の設計・施工技術や長期健全性評価技術、性能評価技術分野における評価手法、モデル化技術、データベース開発に活用される。逆に、処分場の工学技術分野や性能評価技術分野からは、必要となる地質環境特性や長期安定性に関わる情報、データが示される。このような分野間での連携を通じて、一連の調査・解析・評価手法の適用性の確認や、データベースの拡充などを進めていく。例えば、天然現象影響評価技術、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、地下水化学/間隙水化学や岩盤中の核種移行評価などに関する課題において、具体的に地質環境調査評価技術と性能評価技術の分野間の連携を進める。

深地層の研究施設計画を活用した設計・施工技術の適用性確認などの課題においては、地質環境調査評価技術と処分場の工学技術の分野間の連携が進められる。また、処分場の工学技術分野において想定された設計条件などを考慮しながら、性能評価技術分野において評価手法の体系化が行われるとともに、品質管理、緩衝材流出・侵入挙動、岩盤の長期健全性については処分場の工学技術と性能評価技術の分野間で相互に情報を受け渡ししながら研究開発を進める。

さらに、シナリオ解析技術、不確実性評価や品質管理等に関する課題に対しては、全分野の共通

的課題として研究開発の連携を進める。

以上に述べた分野間の連携については、第3章から5章に示した各研究開発分野において具体的に言及している。なお、TRU 廃棄物処分に関わる研究開発との共通的課題についても、今後明らかにされるNUMOや安全規制関係機関のニーズを踏まえ、より効果的・効率的な連携を図っていくための検討を行う。

これらの連携を通じた一連の作業プロセスを経て得られた研究成果は、フェーズ2の段階目標「地上からの調査に関わる技術基盤の確立」、「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」に向け、地質環境データの取得から地下施設の設計・施工/性能評価に至る調査・解析・評価の作業プロセスなどの一連の枠組みとして情報統合するとともに、得られたデータ/情報は、データベースとして整備する。

フェーズ2で得られた研究成果は、第 部 4.2 節で述べたように、JAEA が構築を進めている知識ベースに将来的に取り込むことを視野に入れておくことが重要である。この知識ベースは、セーフティケースを視軸として構造化されており、国の基盤研究開発全体の成果をこれに取り込むことにより、NUMO や安全規制機関をはじめとする様々なユーザーに必要な技術的情報を適時・適切に提供し、社会共通の資源として活用・更新・維持することが可能となる(図 -6-2)。JAEA では、この知識ベースを含む知識マネジメントシステムとリンクしたウェブ上に展開する新たな形式の報告書(CoolRepと命名)によって現中期計画期間の研究開発成果を取りまとめ、平成22年3月に公表することとしており⁴⁾、今後、国の基盤研究開発の成果を技術基盤として体系化するための枠組みとして適切なものとなるよう調整を行っていくことが重要である。

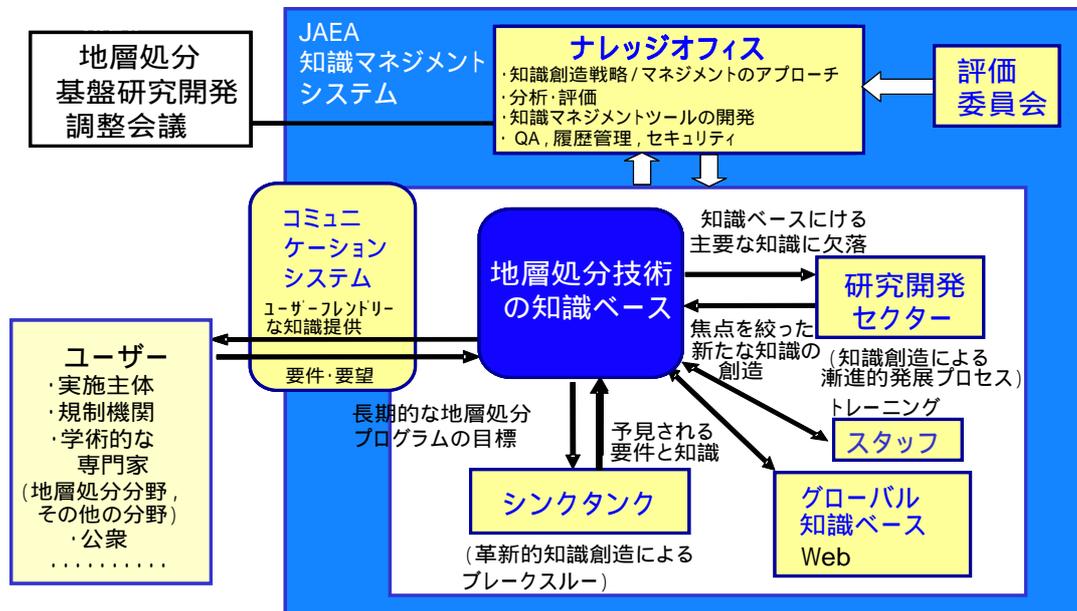


図 -6-2 知識管理システムの概念⁵⁾

⁴⁾地層処分研究開発部門意見交換会「知識マネジメントシステム開発の現状」平成21年7月1日
http://www.jaea.go.jp/04/tisou/houkokukai/ikenkoukankai_h21.html

⁵⁾ H. Umeki, H. Osawa, K. Nakano, H. Makino and I. McKinley (2008): Knowledge Management: the Cornerstone of a 21st Century Safety Case, Symposium Proceedings for Safety Cases for Deep Geological Disposal of Radioactive Waste: Where Do We Stand?, Paris, France, 23-25 January 2007, ISBN 978-92-64-99050-0 に掲載された図の著者による和訳

別添資料

- 別添資料1 研究開発全体マップ概括版
- 別添資料2(1) 研究開発全体マップ詳細版【地質環境調査評価技術】
- 別添資料2(2) 研究開発全体マップ詳細版【処分場の工学技術】
- 別添資料2(3) 研究開発全体マップ詳細版【性能評価技術】
- 別添資料2(4) 研究開発全体マップ詳細版【制度的管理技術等】
- 別添資料3 地上からの調査における地質環境評価技術の課題の整理一覧

研究開発全体マップ詳細版における関係機関の略称

資源エネルギー庁 (ANRE)【放射性廃棄物等対策室】
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)

フェーズ1

原子力環境整備促進・資金管理センター (RWMC)
電力中央研究所 (CRIEPI)
産業技術総合研究所 (AIST)
放射線医学総合研究所 (NIRS)
産業創造研究所 (IRI)

フェーズ2*

日本原子力研究開発機構 (JAEA)【地層処分研究開発部門】
原子力環境整備促進・資金管理センター (RWMC)
電力中央研究所 (CRIEPI)
産業技術総合研究所 (AIST)
放射線医学総合研究所 (NIRS)

*平成 21 年度以降の資源エネルギー庁調査等事業の実施機関は適宜決定される。

	2000 (H12)	2001 (H13)	2002 (H14)	2003 (H15)	2004 (H16)	2005 (H17)	2009 (H21)	2010 ~ (H22)	2020 ~ (H32)	2030 ~ (H42)	
国(規制) <i>(原子力安全委員会 / 原子力安全・保安院)</i>	基本的考え方 (第1次報告) 環境要件 (概要調査地区選定段階)						安全審査基本指針 設計要件 安全評価シナリオ 安全指標、基準値 等	環境要件 (精密調査地区選定段階)	環境要件 (施設建設地選定段階)	安全審査指針 処分場の技術基準	安全審査
国(政策) <i>(原子力委員会 / 資源エネルギー庁)</i>	最終処分法 基本方針 / 最終処分計画					最終処分計画の改定	基本方針 / 最終処分計画の改定	最終処分計画の改定 実施計画の変更承認	最終処分計画の改定 実施計画の変更承認		最終処分計画の改定 実施計画の変更承認
実施主体 <i>(原子力発電環境整備機構)</i>	設立		公募開始				文献調査 概要調査地区の選定	概要調査 精密調査地区の選定	精密調査	建設地の選定	建設・操業 / 閉鎖
国民・社会	地層処分に対する国民・社会の理解と認知 (技術や安全性に関する信頼感・安心感の醸成)										

基盤研究開発 <i>(日本原子力研究開発機構 / 資源エネルギー庁調査等事業)</i>	地層処分の技術基盤の継続的な強化 = 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)										
	第2次取りまとめの達成レベル	H17までの達成レベル	フェーズ1	フェーズ2	フェーズ3						
地質環境調査評価技術		地上からの地質環境調査技術の体系的整備 幅広い地質環境を対象とした評価手法の整備	地上からの調査技術の体系的整備	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						
(1) 総合的な調査評価技術	段階的に地質環境を理解するための調査・評価の進め方などの例示	URLにおける地上からの調査段階において、様々な個別技術の適用を通じた体系的な調査評価技術の整備	地上からの調査技術の体系的整備	URLでの坑道掘削時の地質環境情報などを用いた地上からの体系的な調査評価技術の整備 坑道掘削時の体系的調査技術の整備	坑道掘削時および地下施設における体系的な調査評価技術の整備と評価						
(2) 地質環境特性調査評価技術	国際共同研究や東濃・釜石地域での調査研究を通じて、個別要素技術を開発、及び既存実測データに基づき各地質環境特性の深度分布等を整理	実際のフィールドにおける地上からの調査による地質環境情報の拡充 地上からの調査技術「ボーリング、物理探査、モニタリング等」の改良・高度化	地上からの調査に関する個別技術の改良・高度化	地上からの調査 / 坑道掘削時の調査技術の改良・高度化	坑道掘削時および地下施設における調査等を通じた調査評価技術の改良・高度化						
(3) 地質環境の長期安定性調査評価技術	全国規模での文献調査や事例研究により知見・データベースを整備し、天然現象の傾向・規制性や影響範囲を提示	地層処分システムに影響を及ぼす可能性がある現象の存在や過去から現在までの変動の履歴に関する調査技術の整備	天然現象に関する個別調査技術の整備	変動履歴の調査技術の改良・高度化 現象の長期予測手法及び地質環境への影響評価モデルの整備	長期予測・影響評価手法の改良・高度化 モデルの検証方法の確立						
(4) 深地層における工学技術	東濃鉱山および釜石鉱山における掘削影響試験事例を報告	地上からの地質環境情報に基づく地下施設設計・施工技術の整備	地下施設設計・施工技術の整備	URLの坑道掘削を通じた地上からの調査による地下施設設計・施工技術の評価と改良 地下施設の維持管理および坑道の閉鎖技術の整備	URLの地下施設の調査等を通じた、地下施設の維持管理技術の改良と高度化 URLを活用した坑道の閉鎖技術などの実証						
処分場の工学技術											
(1) 処分場の総合的な工学技術	幅広い地質環境に柔軟に対応できる設計評価の基本的な流れを提示	地上から調査による具体的な地質環境情報等に基づく設計評価フローの見直し	人工バリア等の設計評価手法の体系的整理	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	URLでの確認を踏まえた工学技術の体系化 概念オプションの絞り込み						
(2) 処分場の設計・施工技術	幅広い地質環境を対象に、現状技術で実現可能と考えられる建設・操業・閉鎖技術を概念的に提示	支保工、シーリングなどの個別要素技術の基礎データの蓄積	閉鎖等の個別要素技術の強化	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	URLでの操業・閉鎖等に関する個別要素技術の適用性確認(実証) 建設・操業・閉鎖の品質管理手法の整備						
(3) 長期健全性評価技術	降水系地下水を中心とした実測データや基本モデルを整備し、保守的な考え方に基づく設計技術を提示	海水系地下水やセメント影響を中心としたデータ拡充と現象理解に基づく(個別現象・連成現象モデル)の拡充・高度化	海水系等を中心とした現象理解の向上と評価モデルの拡充・高度化	工学試験や実際の地質環境条件を踏まえたモデルの改良・高度化	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						
性能評価技術											
(1) 評価手法	国際的な考え方を踏襲しつつ、幅広い地質環境を考慮したシナリオ構築手法、決定論的アプローチを基本とした保守的な安全評価手法を提示	シナリオ構築手法の拡充・高度化 不確実性の定量的評価手法の拡充・高度化 総合評価の基本的な方法論の構築	個別評価手法の強化と総合評価の方法論の整備	実際の地質環境へ適用可能な評価手法の整備・改良	実際の地質環境(URL等)への適用を通じた要素技術及び総合評価手法の適用性確認						
(2) モデル化技術	主に室内試験に基づき、人工バリアは比較的現実的、天然バリア等は簡略・保守的な評価モデルを提示	幅広い地質環境を考慮した現象理解に基づく(個別モデル)の拡充・高度化 ロイドや有機物等の実測データの拡充と基本モデルの構築	室内・工学試験等による現象理解の向上と評価モデルの拡充・高度化	実際の地質環境条件(URL等)への適用を考慮した現象理解と個別モデル(現象モデル、サブシステムモデル)の整備・改良	実際の地質環境条件(URL等)での試験や現象理解を通じた現象モデル、サブシステムモデルの適用性確認						
(3) データベース開発	降水系条件を中心としたデータ取得、国内外の文献調査に基づきデータベースを整備し、保守的な設定手法を提示	海水系地下水やセメント影響を中心としたデータ拡充(主に人工バリア)	海水系等を中心としたデータベースの拡充	データベースの拡充、性能評価パラメータの設定手法の整備	実際の地質環境条件(URL等)への適用を考慮したデータ取得 / 設定の方法論の適用性確認 実際の地質環境条件に適用可能なデータベースと性能評価パラメータ設定手法の体系的整備						
制度的管理技術等	国際的な共通認識などを参考に、制度的管理に依存せず処分場を閉鎖する判断に必要な技術的情報として、閉鎖までに行う管理の項目を整理	モニタリングや記録管理の考え方と適用技術の調査研究	モニタリング、記録保存等の意義と技術要素の整理	モニタリング技術選択肢の整理、記録保存制度概念の明確化	実際の地質環境に適用可能なモニタリング、記録保存技術等の整備						



別添資料2(1) 研究開発全体マップ詳細版[地質環境調査評価技術] (平成20年度版)

研究開発要素			第2次取りまとめまでの達成レベル	各研究開発要素の研究開発目標と課題		備考
分野	分類	細目		フェーズ1:第2次取りまとめ以降5年程度の成果[平成17年度頃まで] 達成目標と達成レベル	フェーズ2:当面5年程度の計画[平成24年度頃まで] 課題の設定,進め方,成果	
(A) 地質環境調査評価技術	(1) 総合的な調査評価技術	多様な地質環境を対象とした調査評価技術	文献調査,地上からの調査,地下施設での調査ごとに,主要な調査項目や手法,技術を提示	<p>【達成目標】 URLや沿岸域における地質環境の調査解析などによる経験的な知見の蓄積と各研究開発課題の成果の統合を通じて,地上から地質環境を段階的に調査,モデル化・解析するための体系的な方法論を提示する</p> <p>【達成レベル】 瑞浪と幌延の2つのURLでの調査研究を通じて,結晶質岩と堆積岩を対象に地上から段階的(空間スケール毎)に地質環境を調査・評価するための体系化した方法論を例示した。</p> <p>国内外の既往の研究成果などを基に,日本の多様な地質環境を対象にした地上からの調査・評価の進め方を調査フローとし整理した。</p> <p>種々の制約条件の下に,深部地質環境特性を地上から効果的に把握するために,コントロールボーリング掘削技術に水理,地球化学特性調査技術を組み合わせた調査システムを構築した。</p>	<p>【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段階的に地質環境を調査・評価できる体系的な方法論を提示する。</p>	<p>【実施主体の計画】 精密調査地区選定において考慮すべき事項および概要調査計画の検討 (A) 概要調査を円滑に進めるため,精密調査地区選定において考慮すべき事項の検討を進める。また,必要なデータ等取得する概要調査手法の体系化についても検討を行うとともに概要調査計画の立案に関する検討を行う。 ・地質環境評価に関わる精密調査地区選定のための調査・評価手法の体系化に関する検討 ・サイト特性調査プログラムの最適化に関する検討 概要調査における総合的管理技術の検討 概要調査技術・評価手法の開発・実証 (B) 概要調査における地質環境の長期安定性,地質環境特性の調査技術・評価手法の開発を進める。また,概要調査を計画・立案・実施する技術・手法等の検討を行うとともに,調査技術・評価手法の実証を行う。 ・地質環境の調査技術・評価手法の実証 概要調査における総合的管理技術の検討</p> <p>【規制機関の計画】 (C) ・概要調査安全要件の検討 ・地質データベースの構築 ・天然バリアの性能評価に必要な地質環境調査技術に関する研究</p> <p>【細目・分類間の連携(既存)】 幌延URLの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 (ANRE/JAEA幌延)</p> <p>【細目・分類間の連携(新規)】 瑞浪URLの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 (ANRE/JAEA東濃)</p>
				<p>結晶質岩</p> <p>【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段階的に地質環境を調査・評価できる体系的な方法論を提示する。</p>	<p>【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段階的に地質環境を調査・評価できる体系的な方法論を提示する。</p>	<p>【実施主体の計画】 精密調査地区選定において考慮すべき事項および概要調査計画の検討 上記Aに同じ。 概要調査技術・評価手法の開発・実証 上記Bに同じ。</p> <p>【規制機関の計画】 上記Cに同じ。</p> <p>【細目・分類間の連携(新規)】 瑞浪URLの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 (ANRE/JAEA東濃)</p> <p>【分野間の連携(既存)】 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(総合的な性能評価)の連携)</p>
				<p>堆積岩</p> <p>【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段階的に地質環境を調査・評価できる体系的な方法論を提示する。</p>	<p>【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段階的に地質環境を調査・評価できる体系的な方法論を提示する。</p>	<p>【実施主体の計画】 精密調査地区選定において考慮すべき事項および概要調査計画の検討 上記Aに同じ。 概要調査技術・評価手法の開発・実証 上記Bに同じ。</p> <p>【規制機関の計画】 上記Cに同じ。</p> <p>【細目内(課題間)の連携(既存)】 幌延URLの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 (ANRE/JAEA幌延)</p> <p>【分野間の連携(既存)】 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(総合的な性能評価)の連携)</p>
				<p>沿岸域</p> <p>【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段階的に地質環境を調査・評価できる体系的な方法論を提示する。</p>	<p>【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段階的に地質環境を調査・評価できる体系的な方法論を提示する。</p>	<p>【実施主体の計画】 精密調査地区選定において考慮すべき事項および概要調査計画の検討 上記Aに同じ。 概要調査技術・評価手法の開発・実証 上記Bに同じ。</p> <p>【規制機関の計画】 上記Cに同じ。</p> <p>【細目内(課題間)の連携(既存)】 幌延URLにおけるボーリング技術の適用性確認 (ANRE/JAEA幌延)</p> <p>【分野間の連携(既存)】 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(総合的な性能評価)の連携)</p>

研究開発要素			第2次取りまとめまでの達成レベル		各研究開発要素の研究開発目標と課題				備考
分野	分類	細目	フェーズ1: 第2次取りまとめ以降5年程度の成果[平成17年度頃まで]		フェーズ2: 当面5年程度の計画[平成24年度頃まで]				
			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	地質・地質構造	文献情報等に基づき、わが国における一般的な地質構造について、特に地下水や物質の移行経路となりうる地質構造要素に着目して整理	<p>【達成目標】</p> <p>フィールドを活用した調査、モデル化・解析などの経験的な知見と既往の研究成果の統合を通じて、地上からの調査において、段階的に地質構造を理解およびモデル化するための体系化した方法論を提示する。</p> <p>断面などの不連続構造の空間分布などに起因する地質構造モデルの不確実性を低減するために、物理探査技術を高度化する。</p> <p>陸域から海域において大規模な断面および断裂系が存在形態を把握するために、既往情報を整理分析し、調査手法を提示する。</p> <p>【達成レベル】</p> <p>2つURLにおける結晶質岩と堆積岩を対象とした調査研究を通じて、地上からの調査において段階的に岩盤中の不均質性や不連続構造の3次元分布など地質・地質構造を把握するための調査、データの解釈、モデル化および不確実性の評価などで構成される体系化した方法論を提示した。</p> <p>沿岸域の結晶質岩を対象に地震探査(特に音波探査を指す)結果を補完する方法として、断面活動に伴う割れ目帯の分布など地質構造を解釈する電磁法探査技術を用いた調査方法を提示した。また、ボーリング調査結果を利用した孔間を補完する方法として、地層中の断面などの不連続構造や水理特性を解釈するトモグラフィ技術を用いた調査方法を提示した。そして、地質構造モデルに含まれる調査結果の不確実性をESL法により可視化できるようにした。</p> <p>陸域から海域において大規模な断面および断裂系の分布形態を把握するために、陸域と海域の既存文献を収集し整理した。さらに、陸域から海域のデータを接合する手法について検討を行い、データの統合と断面抽出における問題点を整理した。</p>	<p>【達成目標/地上からの調査段階】</p> <p>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する。</p> <p>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成果を取りまとめる。</p> <p>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面や大規模な断裂系を把握する調査手法を提示する。</p> <p>沿岸域において、塩淡水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等を推定するために、地震波および電磁波を用いた物理探査技術を高度化する。</p> <p>ボーリング調査などにより把握した断面などの不連続構造、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する。</p>	<p>【達成目標/地上からの調査段階】</p> <p>2つの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し、研究成果として取りまとめる。フェーズ2での主要な具体的課題は以下のとおり。</p> <p>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)を段階的に評価する。</p> <p>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する。フェーズ2での主要な具体的課題は以下のとおり。</p> <p>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3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)手法を提示する。</p> <p>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提示する。</p> <p>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する。</p>	<p>【実施主体の計画】</p> <p>精密調査地区選定において考慮すべき事項および概要調査計画の検討 前記Aに同じ(ただし、箇条書き項目を除く)。 概要調査技術・評価手法の開発・実証 前記Bに同じ(ただし、箇条書き項目を除く)。</p> <p>【規制機関の計画】</p> <p>前記Cに同じ。</p> <p>【細目・分類間の連携(新規)】</p> <p>瑞浪URLのフィールドを活用した物理探査技術の適用性確認(ANRE/JAEA東濃)</p>		
				<p>【達成目標/坑道掘削時の調査段階】</p> <p>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する。</p> <p>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、高度化を進める。</p>	<p>【達成目標/坑道掘削時の調査段階】</p> <p>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段階的に地質構造を調査・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。フェーズ2での主要な具体的課題は以下のとおり。</p> <p>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)を段階的に評価する。</p> <p>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掘削坑道を利用して、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行うことにより、大規模不連続構造を把握する技術の信頼性を向上させる。</p> <p>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する。第2フェーズでの主要な具体的課題は以下のとおり。</p> <p>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3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)手法を提示する。</p> <p>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提示する。</p>	<p>【実施主体の計画】</p> <p>精密調査地区選定において考慮すべき事項および概要調査計画の検討 前記Aに同じ(ただし、箇条書き項目を除く)。 概要調査技術・評価手法の開発・実証 前記Bに同じ(ただし、箇条書き項目を除く)。</p> <p>【規制機関の計画】</p> <p>前記Cに同じ。</p> <p>【細目内(課題間)の連携(既存)】</p> <p>幌延URLのフィールドを活用した物理探査技術の適用性確認(ANRE/JAEA幌延)</p>			
				<p>【達成目標/坑道掘削時の調査段階】</p> <p>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する。</p> <p>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、高度化を進める。</p>	<p>【達成目標/坑道掘削時の調査段階】</p> <p>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段階的に地質構造を調査・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。フェーズ2での主要な具体的課題は以下のとおり。</p> <p>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)を段階的に評価する。</p> <p>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掘削坑道を利用して、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行うことにより、大規模不連続構造を把握する技術の信頼性を向上させる。</p> <p>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する。第2フェーズでの主要な具体的課題は以下のとおり。</p> <p>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3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)手法を提示する。</p> <p>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提示する。</p>	<p>【実施主体の計画】</p> <p>精密調査地区選定において考慮すべき事項および概要調査計画の検討 前記Aに同じ(ただし、箇条書き項目を除く)。 概要調査技術・評価手法の開発・実証 前記Bに同じ(ただし、箇条書き項目を除く)。</p> <p>【規制機関の計画】</p> <p>前記Cに同じ。</p> <p>【細目内(課題間)の連携(既存)】</p> <p>幌延URLのフィールドを活用した物理探査技術の適用性確認(ANRE/JAEA幌延)</p> <p>【細目内(課題間)の連携(新規)】</p> <p>瑞浪URLのフィールドを活用した物理探査技術の適用性確認(ANRE/JAEA東濃)</p>			
				<p>【達成目標/坑道掘削時の調査段階】</p> <p>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する。</p> <p>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、高度化を進める。</p>	<p>【達成目標/坑道掘削時の調査段階】</p> <p>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段階的に地質構造を調査・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。フェーズ2での主要な具体的課題は以下のとおり。</p> <p>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)を段階的に評価する。</p> <p>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掘削坑道を利用して、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行うことにより、大規模不連続構造を把握する技術の信頼性を向上させる。</p> <p>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する。第2フェーズでの主要な具体的課題は以下のとおり。</p> <p>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3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)手法を提示する。</p> <p>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提示する。</p>	<p>【実施主体の計画】</p> <p>精密調査地区選定において考慮すべき事項および概要調査計画の検討 前記Aに同じ(ただし、箇条書き項目を除く)。 概要調査技術・評価手法の開発・実証 前記Bに同じ(ただし、箇条書き項目を除く)。</p> <p>【規制機関の計画】</p> <p>前記Cに同じ。</p> <p>【細目内(課題間)の連携(既存)】</p> <p>幌延URLのフィールドを活用した物理探査技術の適用性確認(ANRE/JAEA幌延)</p> <p>【細目内(課題間)の連携(新規/検討中)】</p> <p>幌延URLのフィールドを活用した物理探査技術の適用性確認(ANRE/JAEA幌延)</p>			

研究開発要素			各研究開発要素の研究開発目標と課題				備考
分野	分類	細目	フェーズ1: 第2次取りまとめ以降5年程度の成果【平成17年度頃まで】		フェーズ2: 当面5年程度の計画【平成24年度頃まで】		
			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	地下水流動特性	文献情報や東濃・釜石地域の実測データをもとに、動水勾配と地形や深度との関係、岩種毎の透水係数値や深度依存性を整理	【達成目標】 フィールドを活用した調査、モデル化、解析などの経験的な知見と、既往の研究成果の統合を通じて、地上からの調査において、段階的に水理特性を把握し、水理地質構造をモデル化・解析するための体系化した方法論を提示する。	【達成目標】 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、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する。	【達成目標】 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、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する。	【実施主体の計画】 精密調査地区選定において考慮すべき事項および概要調査計画の検討前記Aに同じ(ただし、箇条書き項目を除く)。 概要調査技術・評価手法の開発・実証(D) 概要調査における地質環境の長期安定性、地質環境特性の調査技術・評価手法の開発を進める。また、概要調査を計画・立案・実施する技術・手法等の検討を行うとともに、調査技術・評価手法の実証を行う。 概要調査における地質環境特性(岩盤、地下水)の調査技術、評価手法の高度化・海外知見分析に基づく地下水水理評価に関する検討 【規制機関の計画】 前記Cに同じ。
			地表から地下深部岩盤の水理特性を精度良く(品質を担保して)把握するための調査・試験技術、水理地質構造のモデル化・解析技術およびボーリング孔などを活用した水圧・水質変化の観測技術などの高度化、適用性確認を行い、実用的な調査技術として整備する。	【達成目標】 瑞浪URLおよびその周辺に分布する花崗岩を主な対象に、地上からの調査段階の研究を通じて、地質構造区分に基づき(岩盤の水理特性やその不均質性を把握し、水理地質構造の段階的(空間スケールおよび調査ステップ毎)なモデル化、地下水流動解析、さらにはこれらの情報に含まれる不確実性を評価するための一連の調査手法を例示する。	【達成目標】 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、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する。	【達成目標】 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、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する。	
			沿岸域において特徴的かつ重要な現象である塩淡水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、および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の要素技術を整備する。	【達成目標】 実際の調査結果に基づき段階的に水理地質構造を把握するための方法論や、スケールごとに地下水流動特性を評価するための、調査からデータの解釈、データセット作成、水理地質構造のモデル化、解析に至る一連の技術体系とその根拠、解析結果の妥当性の評価及び、これらを通して得られた地質環境特性評価に関する知見などを提示した。	【達成目標】 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(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)を段階的に評価する。	【達成目標】 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(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)を段階的に評価する。	
			密度変化に起因する地下水流動やダルシー則が適用できない極めて緩慢な流動環境を考慮した解析技術を整備する。加えて、室内実験などにより上記の密度流や非ダルシー流が発生するメカニズムなどを明らかにする。	【達成目標】 地質環境への適用性確認の結果を踏まえ、電気伝導度、温度、流量の検閲技術の組み合わせによる、目的に応じた水みち検出技術、高から低透水岩盤までの水理特性を把握できるシーケンシャル透水試験手法を提示した。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。	
			【達成レベル】 瑞浪と幌延の2つURLにおける結晶質岩と堆積岩を対象とした調査研究を通じて、地上からのボーリング調査を利用した水みち検出技術、シーケンシャル水理試験技術、空間スケール毎の水理地質構造のモデル化、地下水流動解析技術、水圧を精度良く観測し水理地質構造の評価につなげる手法などを構築し、これらの技術を組み合わせて効果的に水理地質環境を評価する体系化した方法論を例示した。	【達成目標】 幌延URL周辺に分布する堆積岩を主な研究対象に、地上からの調査段階の研究を通じて、地質構造区分に基づき(岩盤の水理特性やその不均質性を把握し、水理地質構造の段階的(空間スケールおよび調査ステップ毎)なモデル化、地下水流動解析、さらにはこれらの情報に含まれる不確実性を評価するための一連の調査手法を例示する。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。	
			フィールド試験を通じて、塩淡水境界の移動を観測することにより塩淡水境界を形成する要因を明確化することができた。また、塩淡水境界の形状や境界面に沿った地下水流れを把握し、地質状況に応じた塩淡水境界の形成機構の調査方法を確立した。	【達成目標】 幌延地域の特徴(積雪地帯、牧草地と森林部が混在)を考慮した表層水理に関するデータ取得方法(長期モニタリングを含む)を整備し、その適用性を評価するとともに、得られた河川流量、降水量、蒸発散量などのデータから地下水涵養量の推定方法を例示した。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。	
海底から湧出地下水を探索するために、トラック法、湧出水の物理化学特性を明らかにするpH/ORPセンサ、流速計などを開発した。	【達成目標】 透水性係数や水圧分布などに関する既往のデータ取得方法(長期モニタリングを含む)とその適用性について評価した。これらの検討結果及び地質・地質構造(地層の堆積構造、褶曲、断層、割れ目帯など)との関連性を検討し、水理地質構造モデルの構築から、地下施設建設に伴う影響予測に至るの一連の方法を例示した。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。				
堆積岩での淡塩混合と地温勾配による密度変化の達成、および非ダルシー域の流動を包含した地下水流動解析が実施できるように、既往の有限要素法地下水流動解析コードを改良した。同コードを用いた感度解析により、沿岸域の地下水流動に大きく影響を与える要因を抽出した。	【達成目標】 低透水岩盤中の実流速・流向を把握するために新たに開発された技術の適用試験を実施し、実際に利用可能であることの見通しを得た。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。				
	【達成目標】 石油や天然ガスの影響を考慮して、暴噴防止・防爆仕様の水理試験装置を開発し、溶存ガス存在下における水理試験方法を提示した。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。				
	【達成目標】 塩水系地下水環境下における流体検層を実施する場合、置換水として井戸水を用いることにより、水みちを高感度に検出できることを例示した。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。				
	【達成目標】 多点式の水圧計測装置を調査終了後のボーリング孔に設置し連続観測した結果、冬季の極低温環境や石油やガスの胎胎する環境下においても十分に適用できることを確認した。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。				
	【達成目標】 塩淡水境界面の形状や境界面に沿った地下水流れを把握し、地質状況に応じた塩淡水境界面の形成機構の調査方法を構築した。井戸調査を含む野外調査手法、電磁探査法などによる塩水浸入域の調査法および井戸データベース・地質図などにもづく調査を組み合わせて精度よく広域塩淡水境界面が推定できる手法を例示した。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。				
	【達成目標】 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する。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。				
	湧出地下水を探索する トラック法、湧出水の物理化学特性を明らかにするpH/ORPセンサ、流速計などを開発し、海域での適用試験へ移行する技術レベルに達した。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。				
	【達成目標】 塩水環境下の処分技術調査(ANRE(IRI)) 塩淡水境界の分布や地温分布などの密度変化に起因する地下水流動やダルシー則が適用できない極めて緩慢な流動を含む地下水環境を対象とした地下水流動評価手法を整備する。加えて、室内実験などにより上記の非ダルシー流の発現を確認し、そのメカニズムなど検討する。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。				
	堆積岩(軟岩)が分布する環境を対象に、塩淡水境界の分布と地温勾配に起因する密度変化を達成させ、加えて透水性の非線形特性(非ダルシー流を包含)を取り込んだ地下水流動解析を可能とするために、既往の有限要素法による解析コード(Dtransu-2D・EL)を改良した。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。				
	沿岸域の地下水流動に影響を及ぼす主な要因を把握するために上記の改良した解析コードを用いた感度解析による評価を試みた。この結果、非ダルシー性、長期的海面変動に伴う海岸線移動速度、断層などによる大域的な不均質性などの影響要因を抽出した。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。				
	低動水勾配・極微小流量型の室内透水試験装置を整備した上で、堆積岩について非ダルシー流に係わる現象について実験的検討し、その現象の発生し傾向を確認した。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。				
	レーザー光の干渉を利用した微小流速測定技術のボーリング孔調査への適用を念頭に、単線型光ファイバー干渉計を水中でも使用可能な実用的形態として整備した(原理的、実験的な基礎技術の習得が完了し、計測時の測定条件を提示して、全てを終了した)。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。	【達成目標】 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)を段階的に評価する。				

研究開発要素			第2次取りまとめまでの達成レベル		各研究開発要素の研究開発目標と課題				備考
			フェーズ1: 第2次取りまとめ以降5年程度の成果[平成17年度頃まで]		フェーズ2: 当面5年程度の計画[平成24年度頃まで]				
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	地震・断層活動	過去数十万年にわたる既存の活断層帯で繰り返し発生するなどの知見を提示(活断層マップ) 活断層(逆断層)帯の幅の拡大は最大数km程度と推定	【達成目標】 文献や概略的な地上からの調査により、活断層(帯)及び主な潜在的な震源断層が分布する可能性の高い範囲を認識できる調査技術を提示する。 活断層(逆断層)の3次元的な分布、活動履歴および発達プロセスを把握するための調査技術を提示する。 【達成レベル】 活断層が分布する可能性の高い範囲を特定するための調査事例を提示した。 逆断層の三次元的な分布と過去数十万年程度の活動履歴を把握するための調査技術と断層発達プロセスを明らかにするための調査事例を提示した。	地下の活断層に関する調査技術(JAEA) 明瞭な地表地震断層を引き起こさない活断層を抽出するため、詳細な地質調査・地形判読に加えて、微小地震観測・重力構造などの地球物理学的数据の解析や剪断応力のシミュレーションなどを用いた総合的な調査技術を整備する。 活断層が分布する可能性の高い範囲を特定するための調査(地形解析, 地質構造解析, 微小地震解析など)事例を提示した。 逆断層の三次元的な分布と過去数十万年程度の活動履歴を把握するための調査技術(地表調査・ボーリング調査, 弾性波探査など)と断層発達プロセスを明らかにするための調査事例を提示した。 断層活動の影響評価モデルの開発(JAEA) 断層活動に伴う周辺岩盤の力学的影響やそれに伴う地下水流動の変化, 将来の断層の拡幅, 延伸および移動などを予測するためのモデルの開発を行う。 幌延URLとその周辺を対象に, 地上及び地下150m程度の地点における地震観測, MT観測及びボーリング孔に設置した水圧・水質長期モニタリングによる調査事例を提示した。 上記データおよびGPS観測データなどを総合した幌延地域を事例とした将来の地殻の活動性評価に関する基本的な考え方を提示した。	【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する。 【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の整備を進める。 <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事例を示す。 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および活断層の調査方法の適用事例を示す。 <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する。 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進める。 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を示す。 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を示す。 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断層およ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を示す(幌延地域)。	【実施主体の計画】 精密調査地区選定において考慮すべき事項および概要調査計画の検討 前記Aに同じ(ただし, 箇条書き項目を除く)。 概要調査技術・評価手法の開発・実証(E) 概要調査における地質環境の長期安定性, 地質環境特性の調査技術・評価手法の開発を進める。また, 概要調査を計画・立案・実施する技術・手法などの検討を行うとともに, 調査技術・評価手法の実証を行う。 断層活動年代の測定手法に関する検討 テクトニクスに関する評価手法の構築 【規制機関の計画】 地質現象の長期変動(地震活動), 火山・火成活動, 隆起・浸食(含む海水準変動), 熱水活動)に関する研究 【分野間・細目間の連携(既存)】 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/総合的な調査評価技術)と性能評価(総合的な性能評価)の連携) 【外部機関の成果活用】 活断層に関する調査技術については, 地震調査研究推進本部が進める調査研究や原子力発電所の耐震バックチェック等で蓄積される成果を活用する。JAEAは「地震・断層活動の影響評価モデルの開発」に重点を置く。		
		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)	プレート配置や沈み込み角度に支配された顕著な偏在性を有し, 第四紀火山は限定された地域内で繰り返し活動するなどの知見を提示(第四紀火山マップ) その影響範囲は火山の中心から最大で20km程度と推定	【達成目標】 文献や概略的な地上からの調査により, 第四紀火山を認定でき, 火成活動による周辺岩盤への熱的, 水理学的, 地球化学的影響などの範囲を適切に設定できる調査技術を提示する。 マグマ・高温岩体, 熱水活動などの存在や, 過去から現在までの地温上昇・熱水活動などの履歴を調査できる技術を例示する。 【達成レベル】 地下深部のマグマなどの存在を把握するために有効な調査技術を提示した。 過去から現在までに至る熱水活動の履歴を評価するために有効な手法を提示した。	地下深部のマグマ・高温岩体などの調査技術(JAEA) 既存の地球物理学的手法や地球化学的手法の適用性を確認する。 地下深部のマグマなどの存在については, 地震波トモグラフィ, 地磁気・地電流観測, 温泉ガスなどのヘリウム同位体測定などが有効な手法であることを明示した。 第四紀の火山・地熱活動などの調査技術(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などを推定する調査技術を整備する。 過去から現在までの熱水活動の履歴などについては, 熱年代学的手法と数値シミュレーションを組合わせた手法が有効であることを明示した。 火山活動など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などの開発を行う。 確率モデルを用いた火山活動の長期予測手法を提示した。また, 独立単成火山群における将来予測に有効であることを示した。 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など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する。 火山活動が地質環境へ及ぼす影響を把握する手法の一つとして解析コード(Magma2002)の開発を進めている。このコードを用いて火山下の温度構造や地下の水理環境を推定し実測値と比較した結果, 現状では全ての観測値を表現できていないものの有効なツールとして活用できる見通しを得た。	【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確立する。 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する。 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する。 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する。 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の開発を行う。 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)をベース法等によって結合したmultiple inference モデルを開発する。 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する。 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する。 構造運動による熱水活動(非火山性熱水活動)に関する基礎研究(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, 地球化学的数据により総合的に評価する手法を検討する。 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, 研究開発を進める。	【実施主体の計画】 精密調査地区選定において考慮すべき事項および概要調査計画の検討 前記Aに同じ(ただし, 箇条書き項目を除く)。 概要調査技術・評価手法の開発・実証 上記Eに同じ(ただし, 箇条書き項目を除く) 【規制機関の計画】 地質現象の長期変動(地震活動), 火山・火成活動, 隆起・浸食(含む海水準変動), 熱水活動)に関する研究 【細目内(課題間)の連携(新規/検討中)】 構造運動によって生じる熱水活動の事例研究(ANRE/JAEA) 【分野間・細目間の連携(既存)】 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/総合的な調査評価技術)と性能評価(総合的な性能評価)の連携)		
		隆起・浸食/気候・海水準変動	日本列島の大部分では, 隆起・侵食量は100m/10万年未満と推定 過去数十万年にわたって, 地殻応力場の特徴に対応して, 地域毎に一定の傾向に沿って継続・累積している(侵食速度マップ等)などの知見を提示, また日本列島規模での隆起・侵食量を概括的に把握し提示 過去数十万年間の水期には, 日本列島の平均気温が10度程度低下, 降水量は5割程度低下との知見を提示 過去数十万年以上にわたる地球規模での周期的な水期・間水期サイクルが存在することを提示	【達成目標】 文献や概略的な地上からの調査により, 第四紀における隆起速度や侵食速度を見積ることができ, 隆起・侵食による地形勾配や土被りの変化などを適切に設定できる手法を例示する。 文献や概略的な地上からの調査により, 気候・海水準変動の規模や時期を推定でき, 降水量や気温変化の概括的な設定事例を示す。 過去数十万年程度の地形と地層の発達プロセスを把握できる手法を例示する。 【達成レベル】 沿岸域の隆起量や地殻水平短縮量の推定においては, 海成段丘を指標とした垂直変動量や地下地質構造断面図を用いた地殻短縮量の解析などが有効である事例を示した。 気候変動とフラックスの関係および寒冷期と温暖期の後背地の侵食速度の違いなどを把握するための調査技術を例示した。 内陸域の地形変化を予測するためのシミュレーション手法を例示した。	侵食・隆起に関する調査技術(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。 幌延地域で実施したボーリング調査で採取した試料を用いて, シリカ鉱物相の変化および有機物組成の変化を指標とし, 過去100万年程度の地層の削り量から侵食速度を推定する方法を示した。 隆起・沈降等に関する調査技術(JAEA) 海成段丘等により隆起量や旧汀線を推定するための技術を整備する。また, 測地学的手法や地質学的手法により地殻水平短縮量を推定するための技術を整備する。 日本列島のほぼ全域にわたる全国隆起量図を作成した。 幌延地域における事例研究を通じて, 沿岸域の隆起量や地殻水平短縮量を推定するための調査技術について検討した。その結果, 海成段丘を指標とした垂直変動量や地下地質構造断面図を用いた地殻短縮量の解析などといった地質学的手法が有効であることを例示した。 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, および沿岸域における塩淡水境界の位置などに変化を及ぼすことが想定されることから, 侵食・堆積域, 侵食・堆積速度, およ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する。 第四紀における気候/海水準変動の変遷やそれに伴う海岸線の移動範囲等を把握するための調査技術(地表調査, ボーリング調査等)を例示した。 過去数十万年間の気候変動の変遷を復元し, 気候変動とフラックスの関係および寒冷期と温暖期の後背地の侵食速度の違いなどを把握するための調査技術(ボーリング調査等)を例示した。 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する。また, 地下水理等への影響を把握するため, 地下水流動モデルとの結合を行う。 内陸域の将来約10万年間の地形変化を予測するためのシミュレーション手法を例示した。	【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する。 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, 測地学的数据を組み合わせ, 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示す。 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, および沿岸域における塩淡水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, およ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する。 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する。 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示す。 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する。フェーズ2では特に以下の点について検討する。 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する。 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開発する。 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する。 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する	【実施主体の計画】 精密調査地区選定において考慮すべき事項および概要調査計画の検討 前記Aに同じ(ただし, 箇条書き項目を除く)。 概要調査技術・評価手法の開発・実証 上記Eに同じ(ただし, 箇条書き項目を除く) 【規制機関の計画】 地質現象の長期変動(地震活動), 火山・火成活動, 隆起・浸食(含む海水準変動), 熱水活動)に関する研究 【分野間・細目間の連携(既存)】 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/総合的な調査評価技術)と性能評価(総合的な性能評価)の連携)		

研究開発要素			第2次取りまとめまでの達成レベル	各研究開発要素の研究開発目標と課題				備考
				フェーズ1: 第2次取りまとめ以降5年程度の成果 [平成17年度頃まで]		フェーズ2: 当面5年程度の計画 [平成24年度頃まで]		
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	(4) 深地層における工学技術	結晶質岩	幅広い地質環境を対象に、現状技術で実現可能と考えられる設計・施工計画立案技術や建設技術等を例示	<p>【達成目標】</p> <p>2つのURLサイトの地質環境を対象に、地上からの調査段階の地質環境情報を基に地下施設の設計・施工計画、建設計画、施工対策及び安全確保技術などの計画立案事例を提示する</p> <p>[達成レベル]</p> <p>2つのURLにおける地質環境特性を考慮して地上からの調査段階の地質環境情報を基に地下施設を設計した。</p> <p>地下施設の掘削や支保及び施工管理に関する計画を立案するとともに、突発事象(山はねなど)の予測や対策工の計画を提示した。</p>	<p>超深地層研究所計画(瑞浪URL)(JAEA)</p> <p>瑞浪URLおよびその周辺に分布する花崗岩を主な対象に、地上からの調査段階の地質環境情報を用いて、地下施設の設計・施工計画、建設計画、施工対策及び安全確保技術などの計画立案事例を提示する。</p> <p>地下施設の設計・施工計画技術の開発； 研究坑道のレイアウト、掘削時・掘削後の操業期間を対象とした空洞安定性解析や通気解析などの設計手法・設計体系に関して、第2次取りまとめの手法を踏襲し、具体的な地質環境を対象としたURLの設計・施工計画の立案を通して現状技術の適用性を確認した。</p> <p>地下施設の建設技術の開発； 立坑の掘削技術、支保工、施工管理システムに関して、現状の技術の適用性を検討し、URLの特徴を考慮して施工計画を立案した。</p> <p>施工対策技術の開発； URLの建設で遭遇することが想定される突発事象(大量出水、山はねなど)に対する予測技術や対策工に関して、現状技術の適用性や周辺環境への影響を確認するために、予測や効果確認の調査を含む対策工に関する計画を立案するとともに、URL建設前の周辺環境に関するベースラインを把握した。</p> <p>安全を確保する技術の開発； 坑道の長期維持補修技術や坑内安全管理システムの開発について、既存技術を調査し、URLの特徴を考慮した技術やシステムの概念を整理した。</p>	<p>【達成目標】</p> <p>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する。</p> <p>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する。 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する。 地層処分が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する。</p>	<p>超深地層研究所計画(瑞浪URL)(JAEA)</p> <p>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する。</p> <p>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する。 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する。 地層処分が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する。</p>	<p>【実施主体の計画】</p> <p>概要調査に対応する処分場の設計・性能評価手法の開発(F) 概要調査結果を基に処分場の概念設計やその性能評価を行うため、地上・地下施設の設計・建設、人工バリアの設計・政策および処分場の建設・操業・閉鎖に関する要素技術について、既存技術の適用性検討を基に、成立性や実現性の検討を行い、必要な手法を開発する。これらの成果を踏まえ仮想の処分上の設計演習を行い、得られた課題を概要調査に反映するなど処分場の概念設計や性能評価を行うための体系を整備・充実する。 地下深部における地震動評価手法に関する調査検討</p> <p>【分野間の連携(既存)】</p> <p>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)</p>
		堆積岩		<p>【達成目標】</p> <p>幌延URLおよびその周辺に分布する堆積岩を対象に、地上からの調査段階において、地下施設の設計・施工計画、建設計画、施工対策及び安全確保技術などの計画立案事例を提示する。</p> <p>幌延URLおよびその周辺地域の地質環境の特徴(低強度の堆積岩、塩水環境、溶存メタンガスの存在など)を考慮した深度500mまでの空洞の安定性の評価と支保工の設計および施工計画を例示した。</p> <p>幌延における研究用地造成及び地上施設建設に伴う周辺環境への影響調査を例示した。</p>	<p>幌延深地層研究所計画(幌延URL)(JAEA)</p> <p>幌延URLおよびその周辺に分布する堆積岩を対象に、地上からの調査段階において、地下施設の設計・施工計画、建設計画、施工対策及び安全確保技術などの計画立案事例を提示する。</p> <p>幌延URLおよびその周辺地域の地質環境の特徴(低強度の堆積岩、塩水環境、溶存メタンガスの存在など)を考慮した深度500mまでの空洞の安定性の評価と支保工の設計および施工計画を例示した。</p> <p>幌延における研究用地造成及び地上施設建設に伴う周辺環境への影響調査を例示した。</p>	<p>【達成目標】</p> <p>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する。</p> <p>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示す。 地層処分が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する。</p>	<p>幌延深地層研究所計画(幌延URL)(JAEA)</p> <p>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する。</p> <p>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する。 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する。 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示す。 地層処分が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する。</p>	<p>【実施主体の計画】</p> <p>概要調査に対応する処分場の設計・性能評価手法の開発 上記Fに同じ。</p> <p>【分野間の連携(既存)】</p> <p>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)</p>

別添資料2(2) 研究開発全体マップ詳細版 [処分場の工学技術] (平成20年度版)

研究開発要素			各研究開発要素の研究開発目標と課題				備考		
分野	分類	細目	フェーズ1: 第2次取りまとめ以降5年程度の成果 [平成17年度頃まで]		フェーズ2: 当面5年程度の計画 [平成24年度頃まで]				
			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) 工学技術	(1) 処分場の総合的な工学技術	URLにおける適用性検討	降水系地下水を中心とした実測データや保守的な考え方に基づき、幅広い地質環境を一般化して扱う人工バリアの設計の考え方を示すとともに、幅広い地質環境に柔軟に対応し得る人工バリアの基本概念を例示した。	【達成目標】 具体的な地質環境において、地表からの調査に基づき人工バリアの基本概念が構築できるレベル 【達成レベル】 幌延等の具体的な地質環境条件を一つの事例とした場合の地上からの調査段階における地質環境条件の設定方法に関する考え方を示した。また、それらの地質環境条件を踏まえた施設、人工バリア及び閉鎖技術に関する各設計の考え方を例示するとともに、設計手法を提示し、具体的な地質環境条件における人工バリアの概念を例示した。	【達成目標】 フェーズ1における手法の見直しを行うとともに、幌延URLでの中間深さ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、その適用性を確認し、評価ツールやデータベース、さらには現実的な製作・施工技術との関連をも考慮した実用的視点での処分場全体の設計手法を提示する。	【達成目標】 フェーズ2において、処分孔設置方式を一例として設計フローを提示するとともに、幌延等の具体的な地質環境条件を用いた人工バリア等の試設計例を示したが、坑道掘削方式に関する検討は実施していない。また、フェーズ1において提示した地質環境条件の設定方法や設計上の留意点等について、中間深さまでの坑道掘削段階で得られる情報をもとにその妥当性を検証することが必要である。 そのため、フェーズ2では、人工バリア、閉鎖及び施設設計相互の相関関係を整理し、処分坑道掘削方式を対象とした設計フローの検討・坑道掘削段階で得られる地質環境情報をもとにフェーズ1での設計データの設定方法、設計手法や設計上の留意事項の妥当性の評価 フェーズ1での検討で課題として残されている人工バリア等の設計基準の整備 (例えば、緩衝材の自己シール性など) 等を行う。また、処分事業の各段階における設計レベルに対する考え方の整理および構築された評価ツールやデータベース等との相関を示した設計手法の体系的な整備を行う。	【実施主体の技術開発計画】 (原環機構H17事業年度計画より抜粋) 概要調査結果を基に処分場の概念設計やその性能評価を行うため、地上・地下施設の設計・建設、人工バリアの設計・製作および処分場の建設・操業・閉鎖に関する要素技術について、既存技術の適用性検討を基に成り立ちや実現性の検討を行うとともに、必要な性能評価手法を開発する。また、これらの成果を踏まえ仮想的処分場の設計演習を行い、得られた課題を概要調査に反映するなど処分場の概念設計や性能評価を行うための体系を整備・充実する。 【規制関連機関の技術開発計画】 特になし 【情報交換: 検討中】 ・JAEA/ANRE: 緩衝材やオーバーバックの製作・施工技術や操業技術などを考慮したより現実的な設計手法を整備するために、これらの検討を実施しているANREとの情報交換が必要である。		
		工学技術オプション			事業の柔軟性確保に向け整備する必要のある概念オプションの成り立ちや実現性に必要不可欠な技術基盤を提示する。	【達成目標】 第2次取りまとめ概念の拡張あるいは全く異なる概念オプションの成り立ちや実現性において鍵となる要素技術(人工バリアや処分場の設計・製作/施工、長期健全性評価、処分場の操業・閉鎖、廃棄物の回収、モニタリングなど)を特定する。さらに、国内外の技術開発の動向を踏まえた検討を行い、温度・セメント・放射線などの影響評価や処分場の長期性能に関する施工・操業・閉鎖技術の留意点など、概念オプションの成り立ち及び実現性に共通的な課題について、それらの技術基盤を提示する。	【情報交換: 検討中】 ・JAEA/ANRE: 合理的なオプションの例示を行うためには、各要素技術の検討を行っているANREとの連携が必要である。		
(2) 処分場の設計・施工技術	人工バリア(オーバーバック/緩衝材)	a)オーバーバック	(a) 炭素鋼オーバーバック	【達成目標】 専門家の指摘に耐えうる設計手法及びデータベースが整備され、概念設計が行えるレベル 【達成レベル】 a) 炭素鋼オーバーバック 幅広い環境条件に対するオーバーバックの長期健全性評価の信頼性を向上させた。また、溶接部の腐食挙動、幌延地下水環境での腐食挙動について予備的な検討を行い、従来の腐食挙動評価結果の範囲内で実施項目は以下のとおり。	(a) 炭素鋼オーバーバック 環境因子(塩水、放射線)の影響、材料因子の影響(溶接影響を含む)に関する腐食試験データの拡充を引き続き行い、これらに基づいたオーバーバック設計・製作や材料選定の具体化・最適化などへ資する腐食データ(腐食形態、腐食速度、腐食局在化などのデータ)のデータベース化と腐食寿命または腐食代の評価手法の体系的整備を行う。また、これまでに整備されたオーバーバック寿命評価手法の適用性を確認し、長期寿命評価に必要となる知見を拡充するために、幌延を対象として与えられた環境条件に対するデータに基づく腐食量評価を行う。	(a) 炭素鋼オーバーバック フェーズ1では、実験データに基づく長期腐食速度の評価とナチュラルアナログによる妥当性確認を行うとともに、オーバーバックの腐食量の増大を導く(可能性のある現象等)に関する評価を行い、幅広い環境条件に対するオーバーバックの長期健全性評価の信頼性を向上させた。しかし、溶接による影響を含めて材料因子(熱履歴、金属組織、成分など)による耐食性への影響についての知見は、オーバーバック設計を具体化するうえで十分ではない。また、ナチュラルアナログ研究による検証においても、考古学的鉄製品と室内試験で用いられた炭素鋼との腐食挙動の違いに関する材料因子の影響などの検討は十分ではない。以上のことから、フェーズ2では、継続中の長期試験(10年以上)に加えて、材料因子による腐食挙動への影響に関する知見を拡充する。 また、環境因子による腐食挙動への影響としてフェーズ1では、海水条件とともに化石塩水条件を想定したデータ整備を行い、オーバーバック健全性評価を実施し信頼性を向上させた。しかし、塩水環境におけるオーバーバック表面への塩析出を想定した耐食性評価と処分場地下水環境での放射線影響についての知見は、オーバーバック寿命評価及び設計の具体化及び最適化を促す上で十分ではない。そのためフェーズ2では、これらの環境因子による影響について知見を拡充する。以上の検討により得られたこれらのデータは、既存のデータと合わせてデータベース化するとともに、このデータを用いた腐食寿命評価手法についても体系的な整備を行う。 さらに、フェーズ1では具体的な地質環境条件に対する寿命評価手法の適用性について、幌延地下水条件における腐食挙動の概略的な評価にとどまっている。そのため、フェーズ2では、幌延地下研究施設における環境条件を想定した腐食データの拡充と寿命評価手法の適用性確認を行う。また、将来的な地下深部での原位試験に向けて腐食モニタリング手法の検討を行う。 以下に具体的な課題と進め方を示す。 【長期試験データ取得と腐食量評価】 長期試験データ取得と腐食量評価【JAEA】 長期試験(〜4年程度)データからの推定とナチュラルアナログデータとの比較により、推定腐食量の妥当性を検証した。1,000年規模の考古学的試料の分析から、第2次取りまとめで想定された1,000年後の腐食量が10倍以上保守的であることを事例的に確認した。数年規模の実験データに基づく長期腐食速度評価はほぼ終了(10年以上のより長期試験は継続中)。 【材料因子による影響評価】 材料因子による影響評価【JAEA】 低酸素雰囲気下の試験において、規格の異なる材料を用いた実験、溶接部の付与された試験片を用いた実験を行った。その結果、材質の違いによる腐食速度への影響は認められなかった。また、溶接部の有無による腐食速度の違い、溶接部における選択的な腐食も観察されなかった。したがって、低酸素濃度条件下では材質の違い、溶接による腐食挙動への影響は小さいと推定された。 【ANRE(RWMC)】(人工バリア特性体系化調査) 溶接部耐食性評価については、RWMCとJAEAとの共同研究により実施した。炭素鋼の鋼種について、機械的特性、製作性、耐食性などの炭素鋼の性質とオーバーバックに求められる特性を整理し、「鋼種選定」の考え方をまとめた。 溶接部に発生する残留応力に関して、その評価方法(実測、解析方法)と、残留応力低減方法に関する知見を整理し、炭素鋼オーバーバックを対象としたときに適用可能な低減手法について、その技術的妥当性を確認するための試験計画を策定した。 【共同研究: JAEA-ANRE(RWMC)】 「遠隔操作技術高度化調査」(RWMC・エネ庁委託)で製作した3種類の溶接試験片(TIG、EBW、MAG)に対して、溶接部の耐食性評価の観点から金属組織、機械特性などの材料データを整理するとともに、腐食シナリオ(母材)を基に、溶接部の耐食性評価のために必要な試験項目を提示した。	(a) 炭素鋼オーバーバック フェーズ1では、実験データに基づく長期腐食速度の評価とナチュラルアナログによる妥当性確認を行うとともに、オーバーバックの腐食量の増大を導く(可能性のある現象等)に関する評価を行い、幅広い環境条件に対するオーバーバックの長期健全性評価の信頼性を向上させた。しかし、溶接による影響を含めて材料因子(熱履歴、金属組織、成分など)による耐食性への影響についての知見は、オーバーバック設計を具体化するうえで十分ではない。また、ナチュラルアナログ研究による検証においても、考古学的鉄製品と室内試験で用いられた炭素鋼との腐食挙動の違いに関する材料因子の影響などの検討は十分ではない。以上のことから、フェーズ2では、継続中の長期試験(10年以上)に加えて、材料因子による腐食挙動への影響に関する知見を拡充する。 また、環境因子による腐食挙動への影響としてフェーズ1では、海水条件とともに化石塩水条件を想定したデータ整備を行い、オーバーバック健全性評価を実施し信頼性を向上させた。しかし、塩水環境におけるオーバーバック表面への塩析出を想定した耐食性評価と処分場地下水環境での放射線影響についての知見は、オーバーバック寿命評価及び設計の具体化及び最適化を促す上で十分ではない。そのためフェーズ2では、これらの環境因子による影響について知見を拡充する。以上の検討により得られたこれらのデータは、既存のデータと合わせてデータベース化するとともに、このデータを用いた腐食寿命評価手法についても体系的な整備を行う。 さらに、フェーズ1では具体的な地質環境条件に対する寿命評価手法の適用性について、幌延地下水条件における腐食挙動の概略的な評価にとどまっている。そのため、フェーズ2では、幌延地下研究施設における環境条件を想定した腐食データの拡充と寿命評価手法の適用性確認を行う。また、将来的な地下深部での原位試験に向けて腐食モニタリング手法の検討を行う。 以下に具体的な課題と進め方を示す。 【長期試験データ取得と腐食量評価】 長期試験データ取得と腐食量評価【JAEA】 長期試験(〜4年程度)データからの推定とナチュラルアナログデータとの比較により、推定腐食量の妥当性を検証した。1,000年規模の考古学的試料の分析から、第2次取りまとめで想定された1,000年後の腐食量が10倍以上保守的であることを事例的に確認した。数年規模の実験データに基づく長期腐食速度評価はほぼ終了(10年以上のより長期試験は継続中)。 【材料因子による影響評価】 材料因子による影響評価【JAEA】 低酸素雰囲気下の試験において、規格の異なる材料を用いた実験、溶接部の付与された試験片を用いた実験を行った。その結果、材質の違いによる腐食速度への影響は認められなかった。また、溶接部の有無による腐食速度の違い、溶接部における選択的な腐食も観察されなかった。したがって、低酸素濃度条件下では材質の違い、溶接による腐食挙動への影響は小さいと推定された。 【ANRE(RWMC)】(人工バリア特性体系化調査) 溶接部耐食性評価については、RWMCとJAEAとの共同研究により実施した。炭素鋼の鋼種について、機械的特性、製作性、耐食性などの炭素鋼の性質とオーバーバックに求められる特性を整理し、「鋼種選定」の考え方をまとめた。 溶接部に発生する残留応力に関して、その評価方法(実測、解析方法)と、残留応力低減方法に関する知見を整理し、炭素鋼オーバーバックを対象としたときに適用可能な低減手法について、その技術的妥当性を確認するための試験計画を策定した。 【共同研究: JAEA-ANRE(RWMC)】 「遠隔操作技術高度化調査」(RWMC・エネ庁委託)で製作した3種類の溶接試験片(TIG、EBW、MAG)に対して、溶接部の耐食性評価の観点から金属組織、機械特性などの材料データを整理するとともに、腐食シナリオ(母材)を基に、溶接部の耐食性評価のために必要な試験項目を提示した。	【実施主体の技術開発計画】 (原環機構H17事業年度計画より抜粋) 概要調査結果を基に処分場の概念設計やその性能評価を行うため、地上・地下施設の設計・建設、人工バリアの設計・製作および処分場の建設・操業・閉鎖に関する要素技術について、既存技術の適用性検討を基に成り立ちや実現性の検討を行うとともに、必要な性能評価手法を開発する。また、これらの成果を踏まえ仮想的処分場の設計演習を行い、得られた課題を概要調査に反映するなど処分場の概念設計や性能評価を行うための体系を整備・充実する。 【規制関連機関の技術開発計画】 特になし	
			長期試験データ取得と腐食量評価	長期試験データ取得と腐食量評価【JAEA】 長期試験(〜4年程度)データからの推定とナチュラルアナログデータとの比較により、推定腐食量の妥当性を検証した。1,000年規模の考古学的試料の分析から、第2次取りまとめで想定された1,000年後の腐食量が10倍以上保守的であることを事例的に確認した。数年規模の実験データに基づく長期腐食速度評価はほぼ終了(10年以上のより長期試験は継続中)。	【長期試験データ取得と腐食量評価】 長期試験データ取得と腐食量評価【JAEA】 長期試験(〜4年程度)データからの推定とナチュラルアナログデータとの比較により、推定腐食量の妥当性を検証した。1,000年規模の考古学的試料の分析から、第2次取りまとめで想定された1,000年後の腐食量が10倍以上保守的であることを事例的に確認した。数年規模の実験データに基づく長期腐食速度評価はほぼ終了(10年以上のより長期試験は継続中)。	【長期試験データ取得と腐食量評価】 長期試験データ取得と腐食量評価【JAEA】 長期試験(〜4年程度)データからの推定とナチュラルアナログデータとの比較により、推定腐食量の妥当性を検証した。1,000年規模の考古学的試料の分析から、第2次取りまとめで想定された1,000年後の腐食量が10倍以上保守的であることを事例的に確認した。数年規模の実験データに基づく長期腐食速度評価はほぼ終了(10年以上のより長期試験は継続中)。	【長期試験データ取得と腐食量評価】 長期試験データ取得と腐食量評価【JAEA】 長期試験(〜4年程度)データからの推定とナチュラルアナログデータとの比較により、推定腐食量の妥当性を検証した。1,000年規模の考古学的試料の分析から、第2次取りまとめで想定された1,000年後の腐食量が10倍以上保守的であることを事例的に確認した。数年規模の実験データに基づく長期腐食速度評価はほぼ終了(10年以上のより長期試験は継続中)。	【長期試験データ取得と腐食量評価】 長期試験データ取得と腐食量評価【JAEA】 長期試験(〜4年程度)データからの推定とナチュラルアナログデータとの比較により、推定腐食量の妥当性を検証した。1,000年規模の考古学的試料の分析から、第2次取りまとめで想定された1,000年後の腐食量が10倍以上保守的であることを事例的に確認した。数年規模の実験データに基づく長期腐食速度評価はほぼ終了(10年以上のより長期試験は継続中)。	【長期試験データ取得と腐食量評価】 長期試験データ取得と腐食量評価【JAEA】 長期試験(〜4年程度)データからの推定とナチュラルアナログデータとの比較により、推定腐食量の妥当性を検証した。1,000年規模の考古学的試料の分析から、第2次取りまとめで想定された1,000年後の腐食量が10倍以上保守的であることを事例的に確認した。数年規模の実験データに基づく長期腐食速度評価はほぼ終了(10年以上のより長期試験は継続中)。
			材料因子による影響評価	材料因子による影響評価【JAEA】 低酸素雰囲気下の試験において、規格の異なる材料を用いた実験、溶接部の付与された試験片を用いた実験を行った。その結果、材質の違いによる腐食速度への影響は認められなかった。また、溶接部の有無による腐食速度の違い、溶接部における選択的な腐食も観察されなかった。したがって、低酸素濃度条件下では材質の違い、溶接による腐食挙動への影響は小さいと推定された。	【材料因子による影響評価】 材料因子による影響評価【JAEA】 低酸素雰囲気下の試験において、規格の異なる材料を用いた実験、溶接部の付与された試験片を用いた実験を行った。その結果、材質の違いによる腐食速度への影響は認められなかった。また、溶接部の有無による腐食速度の違い、溶接部における選択的な腐食も観察されなかった。したがって、低酸素濃度条件下では材質の違い、溶接による腐食挙動への影響は小さいと推定された。	【材料因子による影響評価】 材料因子による影響評価【JAEA】 低酸素雰囲気下の試験において、規格の異なる材料を用いた実験、溶接部の付与された試験片を用いた実験を行った。その結果、材質の違いによる腐食速度への影響は認められなかった。また、溶接部の有無による腐食速度の違い、溶接部における選択的な腐食も観察されなかった。したがって、低酸素濃度条件下では材質の違い、溶接による腐食挙動への影響は小さいと推定された。	【材料因子による影響評価】 材料因子による影響評価【JAEA】 低酸素雰囲気下の試験において、規格の異なる材料を用いた実験、溶接部の付与された試験片を用いた実験を行った。その結果、材質の違いによる腐食速度への影響は認められなかった。また、溶接部の有無による腐食速度の違い、溶接部における選択的な腐食も観察されなかった。したがって、低酸素濃度条件下では材質の違い、溶接による腐食挙動への影響は小さいと推定された。	【材料因子による影響評価】 材料因子による影響評価【JAEA】 低酸素雰囲気下の試験において、規格の異なる材料を用いた実験、溶接部の付与された試験片を用いた実験を行った。その結果、材質の違いによる腐食速度への影響は認められなかった。また、溶接部の有無による腐食速度の違い、溶接部における選択的な腐食も観察されなかった。したがって、低酸素濃度条件下では材質の違い、溶接による腐食挙動への影響は小さいと推定された。	【材料因子による影響評価】 材料因子による影響評価【JAEA】 低酸素雰囲気下の試験において、規格の異なる材料を用いた実験、溶接部の付与された試験片を用いた実験を行った。その結果、材質の違いによる腐食速度への影響は認められなかった。また、溶接部の有無による腐食速度の違い、溶接部における選択的な腐食も観察されなかった。したがって、低酸素濃度条件下では材質の違い、溶接による腐食挙動への影響は小さいと推定された。
溶接部耐食性評価	溶接部耐食性評価については、RWMCとJAEAとの共同研究により実施した。炭素鋼の鋼種について、機械的特性、製作性、耐食性などの炭素鋼の性質とオーバーバックに求められる特性を整理し、「鋼種選定」の考え方をまとめた。 溶接部に発生する残留応力に関して、その評価方法(実測、解析方法)と、残留応力低減方法に関する知見を整理し、炭素鋼オーバーバックを対象としたときに適用可能な低減手法について、その技術的妥当性を確認するための試験計画を策定した。	【ANRE(RWMC)】(人工バリア特性体系化調査) 溶接部耐食性評価については、RWMCとJAEAとの共同研究により実施した。炭素鋼の鋼種について、機械的特性、製作性、耐食性などの炭素鋼の性質とオーバーバックに求められる特性を整理し、「鋼種選定」の考え方をまとめた。 溶接部に発生する残留応力に関して、その評価方法(実測、解析方法)と、残留応力低減方法に関する知見を整理し、炭素鋼オーバーバックを対象としたときに適用可能な低減手法について、その技術的妥当性を確認するための試験計画を策定した。	【ANRE(RWMC)】(人工バリア特性体系化調査) 溶接部耐食性評価については、RWMCとJAEAとの共同研究により実施した。炭素鋼の鋼種について、機械的特性、製作性、耐食性などの炭素鋼の性質とオーバーバックに求められる特性を整理し、「鋼種選定」の考え方をまとめた。 溶接部に発生する残留応力に関して、その評価方法(実測、解析方法)と、残留応力低減方法に関する知見を整理し、炭素鋼オーバーバックを対象としたときに適用可能な低減手法について、その技術的妥当性を確認するための試験計画を策定した。	【ANRE(RWMC)】(人工バリア特性体系化調査) 溶接部耐食性評価については、RWMCとJAEAとの共同研究により実施した。炭素鋼の鋼種について、機械的特性、製作性、耐食性などの炭素鋼の性質とオーバーバックに求められる特性を整理し、「鋼種選定」の考え方をまとめた。 溶接部に発生する残留応力に関して、その評価方法(実測、解析方法)と、残留応力低減方法に関する知見を整理し、炭素鋼オーバーバックを対象としたときに適用可能な低減手法について、その技術的妥当性を確認するための試験計画を策定した。	【ANRE(RWMC)】(人工バリア特性体系化調査) 溶接部耐食性評価については、RWMCとJAEAとの共同研究により実施した。炭素鋼の鋼種について、機械的特性、製作性、耐食性などの炭素鋼の性質とオーバーバックに求められる特性を整理し、「鋼種選定」の考え方をまとめた。 溶接部に発生する残留応力に関して、その評価方法(実測、解析方法)と、残留応力低減方法に関する知見を整理し、炭素鋼オーバーバックを対象としたときに適用可能な低減手法について、その技術的妥当性を確認するための試験計画を策定した。	【ANRE(RWMC)】(人工バリア特性体系化調査) 溶接部耐食性評価については、RWMCとJAEAとの共同研究により実施した。炭素鋼の鋼種について、機械的特性、製作性、耐食性などの炭素鋼の性質とオーバーバックに求められる特性を整理し、「鋼種選定」の考え方をまとめた。 溶接部に発生する残留応力に関して、その評価方法(実測、解析方法)と、残留応力低減方法に関する知見を整理し、炭素鋼オーバーバックを対象としたときに適用可能な低減手法について、その技術的妥当性を確認するための試験計画を策定した。			
共同研究: JAEA/ANRE	炭素鋼オーバーバックの腐食シナリオに沿って溶接部の腐食データを拡充し、母材との比較により選択腐食や水素脆化感受性などの溶接部に特異的な腐食挙動や耐食性に及ぼす溶接影響を明らかにし、溶接部の長期健全性を評価する。なお、腐食試験の実施による溶接部耐食性評価は、継続してJAEAとANREとの共同研究により実施する。	【共同研究: JAEA/ANRE】 炭素鋼オーバーバックの腐食シナリオに沿って溶接部の腐食データを拡充し、母材との比較により選択腐食や水素脆化感受性などの溶接部に特異的な腐食挙動や耐食性に及ぼす溶接影響を明らかにし、溶接部の長期健全性を評価する。なお、腐食試験の実施による溶接部耐食性評価は、継続してJAEAとANREとの共同研究により実施する。	【共同研究: JAEA/ANRE】 炭素鋼オーバーバックの腐食シナリオに沿って溶接部の腐食データを拡充し、母材との比較により選択腐食や水素脆化感受性などの溶接部に特異的な腐食挙動や耐食性に及ぼす溶接影響を明らかにし、溶接部の長期健全性を評価する。なお、腐食試験の実施による溶接部耐食性評価は、継続してJAEAとANREとの共同研究により実施する。	【共同研究: JAEA/ANRE】 炭素鋼オーバーバックの腐食シナリオに沿って溶接部の腐食データを拡充し、母材との比較により選択腐食や水素脆化感受性などの溶接部に特異的な腐食挙動や耐食性に及ぼす溶接影響を明らかにし、溶接部の長期健全性を評価する。なお、腐食試験の実施による溶接部耐食性評価は、継続してJAEAとANREとの共同研究により実施する。	【共同研究: JAEA/ANRE】 炭素鋼オーバーバックの腐食シナリオに沿って溶接部の腐食データを拡充し、母材との比較により選択腐食や水素脆化感受性などの溶接部に特異的な腐食挙動や耐食性に及ぼす溶接影響を明らかにし、溶接部の長期健全性を評価する。なお、腐食試験の実施による溶接部耐食性評価は、継続してJAEAとANREとの共同研究により実施する。	【共同研究: JAEA/ANRE】 炭素鋼オーバーバックの腐食シナリオに沿って溶接部の腐食データを拡充し、母材との比較により選択腐食や水素脆化感受性などの溶接部に特異的な腐食挙動や耐食性に及ぼす溶接影響を明らかにし、溶接部の長期健全性を評価する。なお、腐食試験の実施による溶接部耐食性評価は、継続してJAEAとANREとの共同研究により実施する。			
JAEA	材料中不純物成分による腐食挙動への影響に関し、基礎的検討を行い、腐食反応における個々の成分の作用、腐食挙動への影響を把握する。このような知見を蓄積し、オーバーバック設計における材質の具体化、最適化に反映させる。	【JAEA】 材料中不純物成分による腐食挙動への影響に関し、基礎的検討を行い、腐食反応における個々の成分の作用、腐食挙動への影響を把握する。このような知見を蓄積し、オーバーバック設計における材質の具体化、最適化に反映させる。	【JAEA】 材料中不純物成分による腐食挙動への影響に関し、基礎的検討を行い、腐食反応における個々の成分の作用、腐食挙動への影響を把握する。このような知見を蓄積し、オーバーバック設計における材質の具体化、最適化に反映させる。	【JAEA】 材料中不純物成分による腐食挙動への影響に関し、基礎的検討を行い、腐食反応における個々の成分の作用、腐食挙動への影響を把握する。このような知見を蓄積し、オーバーバック設計における材質の具体化、最適化に反映させる。	【JAEA】 材料中不純物成分による腐食挙動への影響に関し、基礎的検討を行い、腐食反応における個々の成分の作用、腐食挙動への影響を把握する。このような知見を蓄積し、オーバーバック設計における材質の具体化、最適化に反映させる。	【JAEA】 材料中不純物成分による腐食挙動への影響に関し、基礎的検討を行い、腐食反応における個々の成分の作用、腐食挙動への影響を把握する。このような知見を蓄積し、オーバーバック設計における材質の具体化、最適化に反映させる。			
JAEA	ナチュラルアナログ研究における考古学的遺跡からの出土金属の事例データについてその埋設環境、材料組成の違いに着目した検討を行い、ナチュラルアナログ研究による検証の妥当性を確認する。	【JAEA】 ナチュラルアナログ研究における考古学的遺跡からの出土金属の事例データについてその埋設環境、材料組成の違いに着目した検討を行い、ナチュラルアナログ研究による検証の妥当性を確認する。	【JAEA】 ナチュラルアナログ研究における考古学的遺跡からの出土金属の事例データについてその埋設環境、材料組成の違いに着目した検討を行い、ナチュラルアナログ研究による検証の妥当性を確認する。	【JAEA】 ナチュラルアナログ研究における考古学的遺跡からの出土金属の事例データについてその埋設環境、材料組成の違いに着目した検討を行い、ナチュラルアナログ研究による検証の妥当性を確認する。	【JAEA】 ナチュラルアナログ研究における考古学的遺跡からの出土金属の事例データについてその埋設環境、材料組成の違いに着目した検討を行い、ナチュラルアナログ研究による検証の妥当性を確認する。	【JAEA】 ナチュラルアナログ研究における考古学的遺跡からの出土金属の事例データについてその埋設環境、材料組成の違いに着目した検討を行い、ナチュラルアナログ研究による検証の妥当性を確認する。			
ANRE/JAEA	オーバーバックの長期寿命評価を傍証するナチュラルアナログ事例の蓄積は、その評価の信頼性を向上するための重要な情報となる。ANREでは、国内のナチュラルアナログに関する調査を実施し、事例データが蓄積されている。そこで、ナチュラルアナログ事例研究の集約に関して、JAEAとANREが連携することによる体系的な整備が必要である。	【ANRE/JAEA】 オーバーバックの長期寿命評価を傍証するナチュラルアナログ事例の蓄積は、その評価の信頼性を向上するための重要な情報となる。ANREでは、国内のナチュラルアナログに関する調査を実施し、事例データが蓄積されている。そこで、ナチュラルアナログ事例研究の集約に関して、JAEAとANREが連携することによる体系的な整備が必要である。	【ANRE/JAEA】 オーバーバックの長期寿命評価を傍証するナチュラルアナログ事例の蓄積は、その評価の信頼性を向上するための重要な情報となる。ANREでは、国内のナチュラルアナログに関する調査を実施し、事例データが蓄積されている。そこで、ナチュラルアナログ事例研究の集約に関して、JAEAとANREが連携することによる体系的な整備が必要である。	【ANRE/JAEA】 オーバーバックの長期寿命評価を傍証するナチュラルアナログ事例の蓄積は、その評価の信頼性を向上するための重要な情報となる。ANREでは、国内のナチュラルアナログに関する調査を実施し、事例データが蓄積されている。そこで、ナチュラルアナログ事例研究の集約に関して、JAEAとANREが連携することによる体系的な整備が必要である。	【ANRE/JAEA】 オーバーバックの長期寿命評価を傍証するナチュラルアナログ事例の蓄積は、その評価の信頼性を向上するための重要な情報となる。ANREでは、国内のナチュラルアナログに関する調査を実施し、事例データが蓄積されている。そこで、ナチュラルアナログ事例研究の集約に関して、JAEAとANREが連携することによる体系的な整備が必要である。	【ANRE/JAEA】 オーバーバックの長期寿命評価を傍証するナチュラルアナログ事例の蓄積は、その評価の信頼性を向上するための重要な情報となる。ANREでは、国内のナチュラルアナログに関する調査を実施し、事例データが蓄積されている。そこで、ナチュラルアナログ事例研究の集約に関して、JAEAとANREが連携することによる体系的な整備が必要である。			
新規共同研究: 検討中	オーバーバックの長期寿命評価を傍証するナチュラルアナログ事例の蓄積は、その評価の信頼性を向上するための重要な情報となる。ANREでは、国内のナチュラルアナログに関する調査を実施し、事例データが蓄積されている。そこで、ナチュラルアナログ事例研究の集約に関して、JAEAとANREが連携することによる体系的な整備が必要である。	【新規共同研究: 検討中】 オーバーバックの長期寿命評価を傍証するナチュラルアナログ事例の蓄積は、その評価の信頼性を向上するための重要な情報となる。ANREでは、国内のナチュラルアナログに関する調査を実施し、事例データが蓄積されている。そこで、ナチュラルアナログ事例研究の集約に関して、JAEAとANREが連携することによる体系的な整備が必要である。	【新規共同研究: 検討中】 オーバーバックの長期寿命評価を傍証するナチュラルアナログ事例の蓄積は、その評価の信頼性を向上するための重要な情報となる。ANREでは、国内のナチュラルアナログに関する調査を実施し、事例データが蓄積されている。そこで、ナチュラルアナログ事例研究の集約に関して、JAEAとANREが連携することによる体系的な整備が必要である。	【新規共同研究: 検討中】 オーバーバックの長期寿命評価を傍証するナチュラルアナログ事例の蓄積は、その評価の信頼性を向上するための重要な情報となる。ANREでは、国内のナチュラルアナログに関する調査を実施し、事例データが蓄積されている。そこで、ナチュラルアナログ事例研究の集約に関して、JAEAとANREが連携することによる体系的な整備が必要である。	【新規共同研究: 検討中】 オーバーバックの長期寿命評価を傍証するナチュラルアナログ事例の蓄積は、その評価の信頼性を向上するための重要な情報となる。ANREでは、国内のナチュラルアナログに関する調査を実施し、事例データが蓄積されている。そこで、ナチュラルアナログ事例研究の集約に関して、JAEAとANREが連携することによる体系的な整備が必要である。	【新規共同研究: 検討中】 オーバーバックの長期寿命評価を傍証するナチュラルアナログ事例の蓄積は、その評価の信頼性を向上するための重要な情報となる。ANREでは、国内のナチュラルアナログに関する調査を実施し、事例データが蓄積されている。そこで、ナチュラルアナログ事例研究の集約に関して、JAEAとANREが連携することによる体系的な整備が必要である。			

研究開発要素			各研究開発要素の研究開発目標と課題				備考		
分野	分類	細目	フェーズ1: 第2次取りまとめ以降5年程度の成果 [平成17年度頃まで]		フェーズ2: 当面5年程度の計画 [平成24年度頃まで]				
			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) 工学技術	(2) 処分場の設計・施工技術	a) オーバーバック	環境因子による影響評価 環境因子による影響評価として、オーバーバックの腐食量の増大を導く可能性のある現象(高pH条件での局部腐食、マグネサイトによる腐食加速)の生起可能性、生起した場合の腐食量に關しても定量的な評価を行った。 また、化石塩環境で考慮すべき化学種を想定した腐食挙動に關し定量的な評価を行った。一方、塩析出影響、放射線影響に關しては影響評価試験手法を提示し現象理解のためのデータを取得した。	環境因子による影響評価 [JAEA] オーバーバックの腐食量の増大を導く可能性のある現象に關し、以下の検討を行った。アルカリ性環境に關する検討として、処分開始初期の酸素の存在する期間での局部腐食の生起、進展挙動を実験的に調べた。普通セメント使用の場合に局部腐食の前提となる不動態化の可能性が否定できないことを提示した。次に炭素鋼が不動態化するアルカリ性環境での局部腐食進展による腐食量の評価を実施し、全面腐食での評価値を超えないことを確認した。これら基礎データの取得により酸素による腐食量評価手法の検討はほぼ終了した。 マグネサイトによる腐食加速に關する知見の整理と、マグネサイト共存下での腐食データを拡充し、寿命への影響がないことを確認した。本課題への取り組みはほぼ終了した。		環境因子による影響評価 [ANRE] (塩水環境下処分技術調査) 塩析出事象を対象としたオーバーバック健全性評価を目標に、塩析出による腐食局在化データを拡充し腐食寿命評価手法を構築するとともに健全性評価を行う。また、同事象に關し、具体的地質環境(幌延)を対象とした地下水条件における室内実験データ取得と寿命評価手法の適用性確認を行う。 [ANRE] (バリアシステム放射線影響評価) 放射線照射環境下でのオーバーバック健全性評価と長期挙動評価を目標に炭素鋼腐食挙動の長期データを拡充し、耐食性評価を実施するとともに、放射線影響のモデル化を行い、オーバーバック寿命評価と設計の具体化及び最適化に反映させる。	[情報交換: 実施中] ANRE/JAEA: 放射線影響評価 オーバーバックの腐食寿命評価の信頼性向上、放射線遮蔽厚みの適切な設定のためには放射線照射影響存在下の耐食性を評価し、腐食挙動やそのメカニズムを確認する必要がある。ANREではオーバーバック腐食挙動の放射線照射影響に關する実験的検討を実施しデータが蓄積されている。そこでJAEAとANREが連携することにより放射線影響に關する寿命評価手法の適用性検討を行い、オーバーバック設計値の妥当性評価及び最適化に反映させる。 [微生物による腐食への影響について] オーバーバックの腐食に及ぼす環境因子のひとつとして、微生物の活動も挙げられる。しかし、炭素鋼の腐食に對して影響を及ぼす代表的な微生物である硫酸塩還元菌については、緩衝材中で活性を維持しにくいと考えられる。人工海水を用いた硫酸塩還元菌の増殖確認試験では、十分な栄養剤と最適な温度条件を与えても、ペントナイト/水比が約1000g/l以上になると増殖しないことが確認されている。微生物影響については、不飽和も含めて影響が顕在化することが想定される場合は対応を検討する。 [ANRE] 塩水環境下での腐食に關する検討は平成19年度より中断されている。		
			オーバーバック寿命評価手法の具体的地質環境への適用性確認 幌延地下水条件での腐食挙動、オーバーバック寿命評価手法の適用性について、予備的な検討を行った。	オーバーバック寿命評価手法の具体的地質環境への適用性確認 [JAEA] 幌延地下水環境における腐食形態を実験的に評価するとともに、腐食量について予備的な評価を行い、第2次取りまとめにおいて設定された腐食し(40mm)によって1,000年間の寿命を達成できることの見通しを提示した。		オーバーバック寿命評価手法の具体的地質環境への適用性確認 [JAEA] 幌延における地下水条件において腐食速度、腐食局在化の程度について実験データを取得し、既存のデータとの比較、実験データに基づき1,000年間の腐食量の推定を行う。コンクリート製支保工による地下水の高pH化を想定した実験も実行し、腐食量の推定に反映させる。また、幌延地下水条件における腐食モニタリング手法の検討を行い、将来的な地下深部での原位試験方法の具体化に反映させる。			
			照射損傷 長期の照射損傷挙動に對して、金属の微視的組織と機械的性質の変化の対応付けを行い、寿命予測モデル構築に對して考慮すべき脆化メカニズムに關する知見を整備した。	照射損傷 [ANRE (RWMC)] 照射を行った鉄鋼材料中のナノ析出物、ナノボイド、原子空孔・不純物複合体などの検出手法(陽電子消滅法、3次元アトムプローブ)、及び固溶不純物濃度を非破壊的に調べる手法を確立した。 高精度引張試験により微視的組織(ナノ組織)の変化と機械的特性の対応付けを行った。 欠陥における陽電子状態、析出物形成シミュレーション等を行う理論計算方法を確立した。 以上により不純物による照射誘起析出メカニズムを説明すると共に、照射条件による析出、欠陥形成の差異の可能性を指摘した。 以上の成果をもって本研究は平成18年度で終了する。		データベース化と評価手法の体系化 [JAEA] 既存の知見、上記で得られた知見を含めオーバーバック設計や腐食寿命の評価に資するための手法を体系化するとともに、腐食評価や材料選定の具体化、最適化に用いる腐食データのデータベース化を行う。			[新規共同研究: 検討中] JAEA/ANRE: 腐食データおよび評価手法に關する体系化 実施主体や規制機関などが実施するオーバーバック設計、材料選定の具体化、最適化や安全評価に資するデータベースや評価手法について体系的に整備する必要がある。 ANREでは、TRU廃棄物処分における腐食に關する研究、溶接部の耐食性研究、ならびに放射線影響や塩水影響に關する腐食評価研究等を実施しており、今後も引き続き研究による腐食データや評価手法に關する知見の蓄積が進められる。また、溶接、放射線影響などの個別の課題に關してJAEAとの共同研究が計画されている。そこで、腐食データのデータベース化および評価手法に關する体系化を行うために、JAEAとANREが連携して体系化のための検討を実施する必要がある。
			(b) 代替オーバーバック オーバーバックの代替材料であるチタンおよび銅に關する腐食評価を実施し、チタンでは処分環境で生起する現象として、すきま腐食と水素脆化を抽出し、基礎的実験と文献データを中心とした評価により、1,000年程度はこれらの現象を回避できることを確認した。銅では、既往の文献データに基づいて酸素と硫化物による1,000年間の腐食量を簡略的に評価した。	(b) 代替オーバーバック 代替オーバーバックについて、信頼性の高い腐食寿命評価を行うために、チタンについては水素脆化の保守的な評価に用いる実験データの整備とそれに基づき評価を行い、銅については腐食に及ぼす環境因子の整理と保守的な腐食量を評価可能な実験データを整備した。	(b) - 代替オーバーバック(チタン) 腐食寿命評価手法の構築および環境因子による腐食影響評価 [JAEA] チタンについて、還元性雰囲気での腐食、および水素吸収材の機械特性データを取得し、1,000年間で水素脆化により破壊しないことを提示した。高pH環境を含めて環境因子の影響に關する基礎データを取得。純チタン、チタン-パラジウム合金(Grade 17)の母材に關する基礎データ取得はほぼ終了した。	(b) 代替オーバーバック 代替オーバーバックの腐食評価の信頼性向上のために、チタンと銅の溶接部における耐食性を評価する。また銅の処分環境における腐食データの拡充と地下水条件に對する適用条件の明確化、および放射線影響に關する腐食データの取得と評価手法を提示する。これらに基づいたオーバーバック設計や材料選定の具体化・最適化などへ資する評価手法とデータベースを整備する。	(b) - 代替オーバーバック(チタン) 腐食寿命評価手法の構築 [JAEA] フェーズ1では、腐食試験データに基づく1,000年間の健全性の確認を実施したが、オーバーバック設計や材料選定の具体化、最適化に資するデータや評価手法などを整備し体系化するまでは至っていない。そのため、フェーズ2では、長期腐食データや与えられた環境に對する試験データを取得し、既存の知見も含めて評価手法を整備するとともに、腐食寿命評価に關する情報をデータベース化する。 溶接部耐食性評価 [JAEA] フェーズ1では、チタンに關する溶接部の耐食性評価をほとんど行っており、溶接影響の明確化や評価手法の提示までには至っていない。そのため、フェーズ2では、チタンについて種々の環境条件に對する溶接部の腐食データを拡充し、母材との比較により耐食性に及ぼす溶接影響の明確化と腐食評価手法を構築する。溶接部耐食性評価は、ANREとの共同研究により実施する。		[新規共同研究: 検討中] JAEA/ANRE: 腐食データおよび評価手法に關する体系化 炭素鋼オーバーバックの共同研究と同様に、チタンおよび銅に關する腐食データおよび評価手法に關する体系化を行うために、JAEAとANREが連携して体系化のための検討を実施する必要がある。
				溶接部耐食性評価 [ANRE] (人工バリア品質評価技術の開発(オーバーバック)) 溶接部耐食性評価(チタン)については、既存の共同研究(炭素鋼)を拡張し、JAEAとANREとの共同研究により実施する。 溶接部耐食性評価(チタン)から得られる溶接影響の結果から、耐食性の観点より溶接技術の要件(適切な溶接方法、溶接条件、腐食対策)を提示し、製作技術へ反映すると共に、その妥当性を検討する。 [共同研究: JAEA / ANRE] フェーズ1では、チタンに關する溶接部の耐食性評価をほとんど行っており、溶接影響の明確化や評価手法の提示までには至っていない。そのため、フェーズ2では、チタンオーバーバックに適用可能な溶接方法による溶接部について、チタンオーバーバックの腐食シナリオに沿って溶接部の腐食データを拡充し、母材との比較により耐食性に及ぼす溶接影響の明らかになり、溶接部の長期健全性を評価する。なお、腐食試験の実施による溶接部耐食性評価は、既存の共同研究(炭素鋼)を拡張し、JAEAとANREの共同研究により実施する。					
				環境因子による腐食影響評価 [ANRE] (バリアシステム放射線影響評価) フェーズ1では、チタンの放射線存在下における耐食性評価をほとんど実施しており放射線影響の提示までには至っていない。そのためフェーズ2ではチタンについて淡水、塩水水質やペントナイト共存下における放射線環境下でのデータを取得し、耐食性に及ぼす放射線影響を明確化する。		[ANRE] 現状では放射線影響について、炭素鋼の検討のみに焦点をあてており、代替材料に關する検討は行われていない。			

研究開発要素			各研究開発要素の研究開発目標と課題				備考
分野	分類	細目	フェーズ1: 第2次取りまとめ以降5年程度の成果 [平成17年度頃まで]		フェーズ2: 当面5年程度の計画 [平成24年度頃まで]		
			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) 工学技術	(2) 処分場の設計・施工技術	人工バリア(オーバーバック/緩衝材)	a) オーバーバック	(b) 【代替オーバーバック】(銅) 腐食寿命評価手法の構築および環境因子による腐食影響評価 [JAEA] 銅について、環境因子の影響把握、緩衝材中における腐食形態の推定、腐食局在化に関する実験データを取得した。還元性雰囲気や硫化物共存系における腐食データを取得し、硫化物による1,000年間の腐食量の推定、銅オーバーバックに超長寿命(10 ⁴ 年オーダー以上)を期待できる硫化物濃度条件を概略的に評価した。 [ANRE (IRI)] (塩水環境下処分技術調査) 銅について化石塩水環境を考慮したI、Br共存環境及び塩析出・付着環境下での腐食形態、腐食速度を概略的に評価した。	(b) 【代替オーバーバック】(銅) 腐食寿命評価手法の構築 [JAEA] ・フェーズ1では、腐食試験データに基づく1,000年間の健全性の確認を実施したが、オーバーバック設計や材料選定の具体化、最適化に資するデータや評価手法などを整備し体系化するまでは至っていない。そのため、フェーズ2では、長期腐食データや与えられた環境に対する試験データを取得し、既存の知見も含めて評価手法を整備するとともに、腐食寿命評価に関する情報をデータベース化する。 溶接部耐食性評価 [JAEA] ・フェーズ1では、銅に関する溶接部の耐食性評価をほとんど行っており、溶接影響の明確化や評価手法の提示までには至っていない。そのため、フェーズ2では、溶接材を用いた予備的な実験を行い、母材との比較により耐食性の違いを確認する。	[情報交換: 検討中] [ANRE/JAEA] ・ANREでは、海外の情報を中心に溶接技術、溶接部耐食性に関する情報整備が実施されている。そこで、JAEAが行う銅の基礎データ整備に資する情報として収集するための情報交換を行う。	
				(c) 処分システム高度化研究 オーバーバックの長寿命化、オーバーバック表面100 超での腐食挙動に関する基礎データの取得と概略的評価	(c) 処分システム高度化に関する研究 超長寿命化の可能性評価 [JAEA] ・フェーズ1では、第2次取りまとめの試設計で示された寿命1,000年に対する健全性評価を実施したが、海外ではより長期の寿命を期待する国もあり、今後オーバーバックの超長寿命化の要求の可能性は否定できない。そのため、フェーズ2では、オーバーバックの超長寿命化の検討として、銅について超長寿命化(1万年以上の設計寿命)の可能性と腐食量の推定手法を提示し、炭素鋼について低合金化による耐食性向上(数千年以上の設計寿命)の可能性を検討する。 [ANRE] (廃棄体開発調査) (TRU処分研究)ハル・エンドピースに含まれるC-14対策として、チタンを用いた長期閉じ込め型容器を代替技術という位置づけで開発している。フェーズ1として、チタン合金・炭素鋼複合容器の概念を提示し、チタン合金のTRU廃棄物処分環境条件での腐食挙動の検討を実施し、そのモデル化を行っている。従って、チタン合金の腐食メカニズムの理解、長期閉じ込めのロジック構築、ならびに溶接部の腐食データの取得等を進める一方で、高レベル処分に対しては、幅広い地質環境条件への対応と安全性の裕度向上により処分システムの高度化に寄与できるデータ取得の点からの連携が必要である。 オーバーバック表面100 超での腐食挙動に関する検討 [JAEA] ・フェーズ1では、緩衝材の制限温度からオーバーバックの表面温度は100 以下とされ、これに基づき腐食シナリオの構築や腐食試験条件の設定を行ったが、処分システムの設計の自由度を拡げる観点からオーバーバック表面温度を100 を超える環境に対する腐食挙動評価の考え方を検討しておく必要がある。そのため、フェーズ2では、オーバーバック表面が100 を超える環境に対する腐食シナリオの構築、腐食試験方法の検討、腐食データの取得および影響評価を行う。	[ANRE] 現状では放射線影響について、炭素鋼の検討のみに焦点をあてており、代替材料に関する検討は行われていない。また、塩水環境下での検討は平成19年度より中断されている。	
				(d) 製作、施工技術の観点からの長期健全性評価 炭素鋼、チタンについて蓋封入部を想定した溶接試験の結果から、溶接影響・微細組織、溶接きず、表面荒れ、残留応力 - に関するデータを取得した。 非破壊検査方法(主として超音波探傷法)について、蓋封入部を想定した試験により、溶接きずと探触子の位置により溶接きずの検出性と定量性が異なることを確認した。	(d) 製作、施工技術の観点からの長期健全性評価 [ANRE (RWMC)] (遠隔操作技術高度化調査) ・炭素鋼溶接継手部について、機械試験(継手性能試験)、組織観察、金属成分分析、溶接きず観察、溶接表面状態、および残留応力測定を実施し、溶接法により継手部の組成、組織、溶接きずの種類、寸法、位置、表面の仕上がり程度が異なること、また、継ぎ手部に降伏点を超える残留応力が存在することを確認した。 ・炭素鋼溶接継手部について、表面から190mm深さまでの非破壊検査において溶接きずの定量性を求める場合、超音波探傷法である飛行時間回折 (TOFD) 法とクリービングウェーブ法、及び交流磁場(ACFM)法の異なる3種類の手法を組み合わせ最低7回の条件による検査が必要であることを確認した。 ・チタンについても同様の試験を行い、溶接影響に対する非破壊検査の制限、条件等を整理した。	[TRU廃棄物地層処分に関するチタンの研究について、ANRE] 放射性核種濃度が地層処分対象廃棄物の中で比較的高いハル・エンドピース中に多く含まれる炭素-14(C-14)(半減期:約5700年)は、地下水とともに移行しやすい。「第2次TRUレポート」では、C-14が十分減衰するまで閉じ込めるためのチタン合金を用いた金属製廃棄体容器の開発の現状を取りまとめ、TRU想定環境における腐食形態を整理し、耐食性評価試験を実施した結果、0.01%パラジウムを含むチタン合金により、C-14の閉じ込め期間を6万年(C-14の半減期の約10倍の期間)にする可能性についての見通しを得た。チタン腐食評価手法に関しては、HLWとTRU廃棄物処分で総合的な説明が必要である。	
						[情報交換: 実施中] JAEA/ANRE:100 を超える温度域での腐食挙動評価 処分環境条件において、100 を超える温度域での腐食挙動を評価するための試験データや腐食シナリオは構築されていない。ANREでは、100 を超える腐食試験を実施可能な装置と試験ノウハウを有することから、100 を超える温度域での腐食挙動評価を行うために、JAEAによる腐食シナリオの構築とともに、ANREによる試験データの取得と試験手法の検討を行う必要がある。 [JAEA/ANRE] 現状では炭素鋼を対象として検討が行われており、今後、代替材料に関する検討を行う。	
				(d) 製作、施工の影響評価研究 溶接継手部の長期健全性(耐食性と機械特性)に影響を及ぼすオーバーバックの製作・施工技術について、その影響評価の方法、ならびに溶接継手部の品質評価手法の例示。	(d) 製作、施工技術の影響評価研究 [共同研究: JAEA / ANRE] 溶接部耐食性評価により、溶接影響によるデータを取得する。(前記(B)-(2)-a) 材料因子による影響評価の通り。) [ANRE] (遠隔操作技術高度化調査) ・フェーズ1では、溶接試験、非破壊検査試験の結果から、各製作、施工技術が溶接継手部の長期健全性に対し影響を及ぼす可能性があることを確認した。そのためフェーズ2では、溶接継手部の機械的健全性に影響を及ぼす因子の整理を行うとともに、その品質ならびに長期健全性の評価手法と関連データ(長期の放射線照射影響や応力負荷の影響など)の調査、検討を行うことで、評価手法案・判定手法案を例示する。		

研究開発要素			各研究開発要素の研究開発目標と課題				備考
分野	分類	細目	フェーズ1:第2次取りまとめ以降5年程度の成果[平成17年度頃まで]		フェーズ2:当面5年程度の計画[平成24年度頃まで]		
			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) 工学技術	(2) 処分場の設計・施工技術	b) 緩衝材	<p>【達成目標】 降水環境条件を中心とした各種基本特性に関するデータを整備し、関係式の一般化を図った。また、それらのデータに基づき緩衝材に求められる機能の幅を明らかにして人工バリアの設計に反映した。</p> <p>【達成レベル】 実際の地質環境条件を考慮し、塩水環境条件下における緩衝材の基本特性データを充実させ、幌延などを対象とした緩衝材の設計要件に係る検討を実施するとともに、設計等に必要となるデータベースを整備し、Web公開した。また、第2次取りまとめにおけるリファレンス仕様を対象に塩水条件下におけるブロック間充填性について評価し、隙間の充填が可能であることを実験的に示した。さらに、緩衝材の膨潤特性、熱特性に係る測定手法の標準化のための基盤情報を整備した。</p>	<p>(a) 基本特性データの整備 [JAEA] ・実際の地質環境条件を考慮するため、人工海水、幌延地下水および塩濃度をパラメータとした溶液を用いて、塩水環境条件を対象とした緩衝材の基本特性データを整備し、それらに基づき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(ブロック配置方式、ペレット充填など)に関して、塩水および高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つつ、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係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を目的とした体制を構築するとともに、標準化に向けた基盤情報の整備を図る。</p>	<p>(a) 基本特性データの整備 [JAEA] ・フェーズ1までは、低アルカリ性セメントの使用を前提として、地下水の塩濃度などによる影響を考慮した基本特性データの整備を進めてきたが、実際には普通ポルトランドセメントの使用の可能性も考えられる。そのためフェーズ2においては、これまでのTRU研究成果を踏まえつつ、セメント影響に着目した緩衝材基本特性データを整備するとともに、TRU研究と連携しセメント影響を考慮した特性間の関係性を提示する。さらに、これまでケナグルV1を候補材料の一つとして、特性間の関係性を整備してきたが、海外産のペントナイト系材料の利用の可能性も踏まえ、降水及び塩水条件下での緩衝材の特性について、幅広いペントナイト系材料を対象に特性間の関係性を評価し得る指標の検討を行う。</p>	<p>【新規共同研究:検討中】 ・ANRE/JAEA: 隙間充填性能 塩水環境条件における緩衝材および埋め戻し材の隙間充填および止水性能に関して、緩衝材設計や材料選定に係る基盤情報を整備する必要がある。ANREにおいては、複数の施工方法における塩水環境や高Ca条件などを想定した隙間充填性や透水性能に関するデータが整備されている。また、JAEAにおいては、幌延などの地質環境を踏まえた、緩衝材設計や材料選定の観点から留意すべき事項に関して整理していることから、ANRE/JAEAの連携により、緩衝材の設計要件のひとつである自己シール性に関する基盤情報を整備する。</p>	
		<p>(b) 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 [ANRE (IRI)] (塩水環境下処分技術調査) ・塩水環境条件下での緩衝材のブロック配置方式における隙間の充填性能の評価を目的として、再冠水時の初期隙間充填性の状況確認と、隙間充填部の透水特性を把握した。その結果、第2次取りまとめのリファレンスケース仕様の場合、隙間充填部の密度(乾燥密度換算)は1.2g/cm3以上となり、卓越した透水経路とはならないことが示された。</p> <p>[JAEA] ・幌延等の地質環境条件を一例として緩衝材の試設計を実施した。その結果、設計要件の一つである自己シール性に関しては、隙間充填後の膨潤応力として、0.1MPa発現可能な密度を確保するというPOSIVAのひとつの考え方をベースに、一部実験結果(隙間体積膨潤試験など)を参照しつつ、試設計により設定した密度が施工上発生する隙間を充填できることを確認した。</p>	<p>(b) 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 [ANRE/JAEA] (塩水環境下処分技術調査) ・フェーズ1では、一例として緩衝材ブロック配置方式を対象に隙間充填性および止水性に関して検討した。しかしながら、実際にはペレット充填方式など種々の施工方法が考えられている。また、緩衝材の膨潤性に係る既往の知見においても膨潤性の高い微粉末ペントナイト成型体に関する検討が主で、隙間やペレット隙間の影響を検討した例は少ない。そのため、フェーズ2においては、現時点で考えられている緩衝材施工方法(ペレット充填など)に対して、膨潤性が低下すると予想される塩水環境や高Ca条件などを対象とした隙間充填性および透水性能を実験的に拡充する。これにより、緩衝材の膨潤・透水性能に関する地下水化学影響および緩衝材仕様(ペントナイト材料、ケイ砂混合率など)のデータベースを充実させ、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を整備する。</p>	<p>【情報交換:検討中】 ・JAEA/ANRE: 基本特性データベース 想定される様々なサイト環境条件に対して、処分場概念の成立性に関する概略的評価や処分場の設計および性能評価を実施するためには、評価ツールやデータベースを整備しておくことが必要である。 緩衝材の基本特性データの整備に関しては、JAEAとANREとの連携を図り、製作・施工技術に関する成果なども体系的に取りまとめ、データベースを構築する。</p>			
<p>(c) 基本特性データベースの構築 [JAEA] ・第2次取りまとめまでの知見および平成17年度上期までに取得した塩水環境条件に関する基本特性データを集約するとともにデータベースシステムを構築し、Web公開した。</p> <p>(d) 測定手法の標準化 [JAEA] ・緩衝材の膨潤応力に関しては、供試体縦横比を変えことによって緩衝材の膨潤応力が増減するため、緩衝材の膨潤応力に係るスケール効果を考慮し、膨潤応力測定手法の標準化のための基盤情報を整備した。開放型供試体を用いて膨潤応力を測定した結果、緩衝材成型時の残留応力は膨潤応力のスケール効果の影響要因ではない可能性を示した。</p> <p>・緩衝材の熱物性(熱伝導率・熱拡散率・比熱)に関しては、測定手法の違いによるデータのバラツキ等に関して検討するため、測定手法に係る比較を実施した。その結果、熱伝導率に関しては、測定手法の違いによる差異はないことが示された。また、熱拡散率に関しては、測定点周辺の温度変化のみを測定する点熱源法が、試料表面の場を平均的に測定できる面熱源法に比べ若干高い測定値を示した。</p>	<p>(c) 基本特性データベースの構築 [JAEA] ・緩衝材の基本特性データベースに関しては、緩衝材の材料選定の観点からオプションをある程度幅広く検討できるように、海外の知見も取り込みつつ、データベースの拡張を図る。また、埋め戻し材仕様なども含めた最新の知見を踏まえ、データベースの更新を実施する。</p> <p>(d) 測定手法の標準化 [JAEA] ・フェーズ1同様に、これまで標準化されていなかった緩衝材の膨潤および熱特性に関する測定手法に関して、測定手法の標準化に係る基盤情報を体系的に整備する必要がある。フェーズ2においては、これら測定手法の標準化に向けて、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の整理を実施するとともに、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を整備し、土木学会等の第三者によるレビューを受ける。</p>	<p>【共同研究:検討中】 ・緩衝材の膨潤及び熱特性に係わる測定手法の標準化に関しては、JAEAとANREとの連携を図りそれに必要な土木学会を含めた体制の構築と基盤情報の体系的な整理を行う。</p>					
<p>【達成目標】 幅広い地質環境を考慮した支保・グラウト・埋め戻し・プラグに関する性能評価手法の整備と概念設計が行え、EDZ特性、セメント影響、埋め戻し材性能)に基づき提示できるレベル</p>	<p>(a) 具体的な閉鎖性能のシナリオの構築、閉鎖要素の要件検討 ・埋め戻し材に期待される役割と設計上考慮すべき項目を設定した上で仕様を検討を実施した。</p> <p>(b) 埋め戻し材および止水プラグの基盤情報の整備 ・ペントナイト含有率をパラメータとした膨潤と透水性に関するデータなどから埋め戻し材の仕様を想定しその施工性などを示した。</p>		<p>(a) 具体的な閉鎖性能のシナリオの構築、閉鎖要素の要件検討 ・埋め戻し材に期待される役割と設計上考慮すべき項目を設定した上で仕様を検討を実施した。</p> <p>(b) 埋め戻し材および止水プラグの基盤情報の整備 ・坑道内の隙間が生じた場合に、隙間を充填すると同時に、低透水性、膨潤圧・剛性などの性能を保持する必要があることから、埋め戻し材の隙間充填性能に着目した基礎試験を実施した。その結果、膨潤特性は、降水系地下水条件下よりも海水系地下水条件下のときに小さいことが示され、これは試験水のイオン強度の影響であることが示された。しかし、海水環境下でも降水環境下と同様、掘削岩片(ズリ)を基本とする埋め戻し材料に粘土を含有することにより、降水環境下と同等のシーリング性能が確保できるとことが分かった。</p>	<p>(a) 閉鎖要件の提示 ・設計手法の信頼性向上に資するために、フェーズ1の成果を考慮した坑道を横切る破砕帯を経由する移行の発生に着目してFault ツリーを用いた分析を行い、閉鎖性能を論じるためのシナリオの検討を行った。検討の結果、閉鎖要素においてその機能が発揮されること、その核種移行の存在のためにはいくつもの条件を同時に満たすことが必要であることから、「連絡坑道から小規模の破砕帯を伴う断層を経由する支配的な核種移行が存在する」というシナリオの可能性は低く、第2次取りまとめの「母岩を経由して大規模な破砕帯を伴う断層に至る」とするシナリオが妥当であることを示すことができた。</p> <p>(b) 埋め戻し材および止水プラグの基盤情報の整備 ・実際の地質環境条件(幌延を中心)を対象とした埋め戻し材及び止水プラグのズリ、ペントナイト含有率をパラメータとした材料特性も含めた埋め戻し材設計に係る基盤情報を提示する。</p>	<p>(a) 閉鎖要件の提示 [JAEA] ・フェーズ1では、閉鎖システムを対象とした水理解析及びFault ツリー分析を行い閉鎖シナリオを提示したが、フェーズ2では、「埋め戻し材および止水プラグの基盤情報の整備、及び結晶質岩の原位置実規模試験で得られた結果を閉鎖個別要素それぞれの機能に反映させた上で、処分場のレイアウト規模を対象と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や各閉鎖要素の役割の明確化を行う。また、支保工の劣化等の坑道条件の変化に伴う閉鎖要素の評価を行う。</p> <p>(b) 埋め戻し材および止水プラグの基盤情報の整理 [JAEA] ・支保工の劣化やズリの化学的な影響等により埋め戻し材及び止水プラグ自身の止水性能が低下し、坑道が水みちとなる場合の閉鎖性能評価に資するため、大型試験等の事例に基づいた埋め戻し、緩衝材や岩盤との境界部に関する事例調査を行う。</p> <p>[ANRE] ・フェーズ1では、埋め戻し材性能の検討は膨潤性の高い微粉末ペントナイト成型体に関する検討が主で、埋め戻し材の施工方法起因した隙間等の影響については更なる精査が必要であった。また、配合が検討されている掘削ズリについてはケイ砂の様に化学的に安定なものであるとして取り扱われてきたが、処分サイトや掘削方法によっては、掘削ズリからの化学成分(Ca等)の溶出も懸念される。フェーズ2では、埋め戻し施工技術の柔軟性や埋め戻し材データベースの構築の観点より、複数の埋め戻し材施工方法(ブロック組上げ、ペレット充填)に対して、塩水環境下、高Ca条件下での膨潤性低下が想定される環境下における隙間閉塞性と透水性データを実験的に拡充する。また、埋め戻し材の化学特性(可溶性物質含有率等)の埋め戻し材性能への影響について知見を充実させる。これらの研究開発により、埋め戻し材の膨潤・透水性に関する、地下水化学、掘削ズリ化学影響、埋め戻し材仕様(ペントナイト材料、ケイ砂混合率等)のデータベースを充実させ、埋め戻し材設計に係る基盤情報の整備を進める。</p>	<p>【実施主体の技術開発計画】(原環機構H17事業年度計画より抜粋) 概要調査結果を基に処分場の概念設計やその性能評価を行うため、地上・地下施設の設計・建設、人工バリアの設計・製作および処分場の建設・操業・閉鎖に関する要素技術について、既存技術の適用性検討を基に成立性や実現性の検討を行うとともに、必要な性能評価手法を開発する。また、これらの成果を踏まえ仮想の処分場の設計演習を行い、得られた課題を概要調査に反映するなど処分場の概念設計や性能評価を行うための体系を整備・充実する。</p> <p>【規制関連機関の技術開発計画】 特になし</p> <p>【共同研究:検討中】 ・JAEA/ANRE: 塩水環境下における隙間特性評価 支保工の劣化やズリの化学的な影響等により埋め戻し材及び止水プラグ自身の止水性能が低下し、坑道が水みちとなる場合の閉鎖性能を評価するため、埋め戻し材及び止水プラグのズリ、ペントナイト含有率をパラメータとしたデータ取得を行い、埋め戻し材および止水プラグの基盤情報の整理を行う。本評価の効率的な実施のために、隙間特性に関わる事例調査に関してはJAEAが、データ取得はANREが、全体評価は両者で行う。</p>	
a) シーリング	<p>【達成目標】 幅広い地質環境を考慮した支保・グラウト・埋め戻し・プラグに関する性能評価手法の整備と概念設計が行え、EDZ特性、セメント影響、埋め戻し材性能)に基づき提示できるレベル</p>	<p>(a) 具体的な閉鎖性能のシナリオの構築、閉鎖要素の要件検討 ・埋め戻し材に期待される役割と設計上考慮すべき項目を設定した上で仕様を検討を実施した。</p> <p>(b) 埋め戻し材および止水プラグの基盤情報の整備 ・坑道内の隙間が生じた場合に、隙間を充填すると同時に、低透水性、膨潤圧・剛性などの性能を保持する必要があることから、埋め戻し材の隙間充填性能に着目した基礎試験を実施した。その結果、膨潤特性は、降水系地下水条件下よりも海水系地下水条件下のときに小さいことが示され、これは試験水のイオン強度の影響であることが示された。しかし、海水環境下でも降水環境下と同様、掘削岩片(ズリ)を基本とする埋め戻し材料に粘土を含有することにより、降水環境下と同等のシーリング性能が確保できるとことが分かった。</p>	<p>(a) 閉鎖要件の提示 ・設計手法の信頼性向上に資するために、フェーズ1の成果を考慮した坑道を横切る破砕帯を経由する移行の発生に着目してFault ツリーを用いた分析を行い、閉鎖性能を論じるためのシナリオの検討を行った。検討の結果、閉鎖要素においてその機能が発揮されること、その核種移行の存在のためにはいくつもの条件を同時に満たすことが必要であることから、「連絡坑道から小規模の破砕帯を伴う断層を経由する支配的な核種移行が存在する」というシナリオの可能性は低く、第2次取りまとめの「母岩を経由して大規模な破砕帯を伴う断層に至る」とするシナリオが妥当であることを示すことができた。</p> <p>(b) 埋め戻し材および止水プラグの基盤情報の整備 ・実際の地質環境条件(幌延を中心)を対象とした埋め戻し材及び止水プラグのズリ、ペントナイト含有率をパラメータとした材料特性も含めた埋め戻し材設計に係る基盤情報を提示する。</p>	<p>(a) 閉鎖要件の提示 [JAEA] ・フェーズ1では、閉鎖システムを対象とした水理解析及びFault ツリー分析を行い閉鎖シナリオを提示したが、フェーズ2では、「埋め戻し材および止水プラグの基盤情報の整備、及び結晶質岩の原位置実規模試験で得られた結果を閉鎖個別要素それぞれの機能に反映させた上で、処分場のレイアウト規模を対象と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や各閉鎖要素の役割の明確化を行う。また、支保工の劣化等の坑道条件の変化に伴う閉鎖要素の評価を行う。</p> <p>(b) 埋め戻し材および止水プラグの基盤情報の整理 [JAEA] ・支保工の劣化やズリの化学的な影響等により埋め戻し材及び止水プラグ自身の止水性能が低下し、坑道が水みちとなる場合の閉鎖性能評価に資するため、大型試験等の事例に基づいた埋め戻し、緩衝材や岩盤との境界部に関する事例調査を行う。</p> <p>[ANRE] ・フェーズ1では、埋め戻し材性能の検討は膨潤性の高い微粉末ペントナイト成型体に関する検討が主で、埋め戻し材の施工方法起因した隙間等の影響については更なる精査が必要であった。また、配合が検討されている掘削ズリについてはケイ砂の様に化学的に安定なものであるとして取り扱われてきたが、処分サイトや掘削方法によっては、掘削ズリからの化学成分(Ca等)の溶出も懸念される。フェーズ2では、埋め戻し施工技術の柔軟性や埋め戻し材データベースの構築の観点より、複数の埋め戻し材施工方法(ブロック組上げ、ペレット充填)に対して、塩水環境下、高Ca条件下での膨潤性低下が想定される環境下における隙間閉塞性と透水性データを実験的に拡充する。また、埋め戻し材の化学特性(可溶性物質含有率等)の埋め戻し材性能への影響について知見を充実させる。これらの研究開発により、埋め戻し材の膨潤・透水性に関する、地下水化学、掘削ズリ化学影響、埋め戻し材仕様(ペントナイト材料、ケイ砂混合率等)のデータベースを充実させ、埋め戻し材設計に係る基盤情報の整備を進める。</p>	<p>【共同研究:検討中】 ・JAEA/ANRE: 基本特性データベース 想定される様々なサイト環境条件に対して、処分場概念の成立性に関する概略的評価や処分場の設計および性能評価を実施するためには、評価ツールやデータベースを整備しておくことが必要である。 緩衝材の基本特性データの整備に関しては、JAEAとANREとの連携を図り、製作・施工技術に関する成果なども体系的に取りまとめ、データベースを構築する。</p>		

研究開発要素			各研究開発要素の研究開発目標と課題				備考
分野	分類	細目	フェーズ1: 第2次取りまとめ以降5年程度の成果 [平成17年度頃まで]		フェーズ2: 当面5年程度の計画 [平成24年度頃まで]		
			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) 工学技術	(2) 処分場の設計・施工技術	a) シーリング	(c) 原位置実規模試験の評価およびシーリング評価手法の確立 要素としての粘土プラグの実規模原位置試験により、結晶質岩系岩盤においてプラグを施工できることを提示した。	(c) 原位置実規模試験の評価およびシーリング評価手法の確立 [JAEA] 施工されたプラグの閉鎖性能に関する検証データを取得し、低透水性を確認するとともに、解析によってEDZを含めたプラグ設置部の物質移行挙動を表現することができ、原位置試験を行ったカナダの花崗岩の場合、EDZが選択的物質移行経路になることを示した。これにより、結晶質岩系に対する評価手法の適用性を確認した。	(c) 原位置実規模試験計画の立案 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における閉鎖性能を確認すべき項目の抽出を行うとともに、原位置実規模試験計画を立案する。	(c) 原位置実規模試験計画の立案 [JAEA] フェーズ1までに、結晶質岩系において閉鎖技術に関する施工性・性能の確認を行ってきており、フェーズ2では、この結果を考慮して、幌延の原位置試験計画を立案する。	
		b) 支保(低アルカリ性セメント)	地中に普通ポルトランドセメント(OPC)を用いたコンクリートが存在すると、周辺地下水のpHが上昇し周辺岩盤や緩衝材に影響を及ぼす可能性があるため、代替材料として低アルカリ性セメントを開発してきた。そこで、わが国では低アルカリ性セメントとして、JAEAがボソラン材料を混合したHFSC、CRIEPIがセメントの成分を変えたLAC-Sを開発してきた。 地下空洞の支保工材料は一般的にコンクリート製が多く、施工方法として現場打ちのほか吹付けやセグメントによる対応を可能にする。 顕著な変質が避けられると考えられるpH11以下を目標とする低アルカリ性セメントを推奨する。	【達成レベル】 低アルカリ性を旨してOPCの一部をシリカフェュームとフライアッシュに置換えるHFSCを選定し、支保工の模擬施工や物性試験により有用であることを提示した。 HFSCとは、普通ポルトランドセメント(OPC)の一部をボソラン材料であるシリカフェュームとフライアッシュに置換した低アルカリ性セメントであり、HFSC424などの数値は3材料の重量混合比を表す。実施項目は以下のとおり、 施工性 [JAEA] HFSCは、シリカフェュームが微粉未のため加水後に流動性が低下、フライアッシュが石炭種により品質変動する可能性があるため、高流動コンクリートでセグメントを製作するとともに、場所打ちコンクリートの打込み性能を確認した。また、吹付けコンクリートは初期強度が小さいため、模擬トンネルにおいて吹付け施工試験を行い、HFSC424はOPCと同等の吹付け性能を把握した。 高強度性 [JAEA] HFSCはOPCの減少により初期強度が低下するため、吹付けコンクリートの強度試験を行い、HFSC424は幌延深地層研究施設の基本計画時の設計基準強度がほぼ発現することを確認した。 低アルカリ性 [JAEA] ベスト粉体の浸漬試験では、HFSC226を65 度3日浸漬するとpH11以下に低下したが、HFSC424は常温でpH低下に長時間を要したため、モデル解析を行って、pH低下挙動の評価に見通しを得た。 低腐食性 [JAEA] pHが低下すると内部鋼材が腐食しやすいため、HFSC226の場所打ちコンクリートを海上暴露試験した結果、埋込鉄筋の腐食進行は遅いもののOPCと異なり発錆した。今後、HLWでHFSCコンクリートを用いる場合には無筋であることを想定した。	セメント系材料は溶出しやすいことから、これまでHLWにおいて長期の低透水性は期待せず支保工として扱ってきたため、JAEAはHFSC424等のコンクリートの施工性を中心に検討する。 また、工学技術の信頼性向上のために、幌延研究施設の水平坑道の一部を利用して、低アルカリ性セメントを用いた吹付けコンクリートの施工試験を行い、中間深度までの施工例を提示して、支保工材料としての適用性を確認する。	施工性 [JAEA] 支保工材料としての施工性を確認するために、地下での吹付けコンクリートの施工試験を行い、ボソラン材料を用いたHFSCコンクリートの流動性、材料分離抵抗性および品質変動を確認する。 高強度性 [JAEA] 水平坑道の吹付けコンクリートの詳細設計時の設計基準強度を満足するために、吹付けコンクリートの模擬施工試験等を行い、HFSCの配合を選定する。 低アルカリ性 [JAEA] 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とともにCSHゲル生成の反応機構を理解し、その速度パラメータを再評価する。なお、pH低下解析の検討対象は、粉体浸漬試験から実コンクリート構造物に拡充する。 低腐食性 [JAEA] フェーズ1において、HFSC226に埋込んだ鉄筋の腐食進行が遅かったため、海上暴露試験を継続し、鉄筋腐食の進行性を確認する。	
		c) グラウト	【達成レベル】 低アルカリ性セメント(HFSC)のグラウト材料への適用性検討 ・pH低下性能およびコスト評価の観点から、HFSCを用いた際のグラウト材料の配合に関する方向性を提示した。	低アルカリ性セメント(HFSC)のグラウト材料への適用性検討 [JAEA] 周辺岩盤に注入しやすい低アルカリ性のグラウト材料を選定するために、HFSCの構成材料等の粒径分布測定や粉体浸漬液のpH測定を行った結果、微粒子OPCおよびシリカフェュームに石灰石微粉末を混合したものが、岩盤亀裂へのセメント系グラウト材料としてコスト的に適用可能性があると認められた。	建設・操業中の止水を目的としたグラウトに関する技術メニューを、処分システムの成立性を考慮して提示するとともに、具体的な地質環境にて適用性を検討する。	グラウトに関する技術メニューの整備 [JAEA] 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。 グラウト材の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 [ANRE/JAEA] 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、原位置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、透水係数等の改良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などを行い注入試験等を行い、その適用性を確認する。	【グラウトの性能について】 グラウトの長期性能については期待しないが、長期的な岩盤への影響については検討を行う。

研究開発要素		第2次取りまとめまでの達成レベル		各研究開発要素の研究開発目標と課題				備考	
分野	分類	細目	達成目標と達成レベル	フェーズ1: 第2次取りまとめ以降5年程度の成果 [平成17年度頃まで]		フェーズ2: 当面5年程度の計画 [平成24年度頃まで]		達成目標	達成レベル
				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) 工学技術	(2) 処分場の設計・施工技術	建設・閉鎖等の工学技術	全体	<p>【達成目標】 全体・地質環境条件に応じた建設・操業・閉鎖等の工学技術に関する技術要件等の整理</p>					<p>【実施主体の技術開発計画】 (原環機構H17事業年度計画より抜粋) 概要調査結果を基に処分場の概念設計やその性能評価を行うため、地上・地下施設の設計・建設、人工バリアの設計・製作および処分場の建設・操業・閉鎖に関する要素技術について、既存技術の適用性検討を基に成立性や実現性の検討を行うとともに、必要な性能評価手法を開発する。また、これらの成果を踏まえ仮想の処分場の設計演習を行い、得られた課題を概要調査に反映するなど処分場の概念設計や性能評価を行うための体系を整備・充実する。</p> <p>【規制関連機関の技術開発計画】 特になし</p>
			a)建設技術	<p>幅広い地質環境を対象に、現状技術で実現可能と考えられる建設技術、製作技術、操業技術や閉鎖技術を例示(地下水流動、坑道安定性、熱影響等に関する解析的評価技術に基づき、深度・レイアウト、支保・グラウト等の設計例を提示)</p>	<p>【達成目標】 a)建設技術 ・URL設計事例等を踏まえ具体的な地質環境を想定した建設技術の選定及び対策工の事例を提示できるレベル</p> <p>【達成レベル】 (a)設計手法 国内URLでの地上からの調査段階で得られた具体的な地質環境の特徴を踏まえた地下施設の設計手法を抽出した。</p>	<p>(a)設計手法 地下施設の設計手法の提示 [JAEA] 第2次取りまとめにおける地下施設の設計例をベースとし、新たに地上からの調査段階で得られた具体的な情報を反映させ更新した設計手法を提示した。 ・幌延(堆積岩)、瑞浪(結晶質岩)という具体的な地質環境条件を対象とし、地上からの調査段階で得られた地質環境情報を用いて、立坑周辺部を対象とした地下施設設計用の物性値の設定事例を提示した。 ・幌延(多孔質・低透水性の堆積岩)、瑞浪(結晶質岩)という具体的な地質環境に対応し詳細化した単一坑道の設計手法を示すとともに、防災設計、耐震設計も含めた地下研究施設における一連の試設計事例を提示した。</p> <p>設計上の留意点等の抽出 [JAEA] 情報化施工(掘削段階における設計の見直し)に関する手法の整備、実践地質環境の特徴および長期安全性を考慮した地下施設の施工技術の整理、設計および施工技術選択時の留意点の抽出 ・地下深部の坑道群に対する設計手法の詳細化</p>	<p>(a)設計手法 国内URLの中間深度までの坑道掘削時の調査研究段階で得られた地質環境情報や施工実績などを基に詳細化かつ実用化の観点から検証した地下施設の設計手法の一例を提示するとともに、設計上の留意点を抽出する。</p>	<p>(a)設計手法 [JAEA] フェーズ1では、幌延深地層研究施設設計画の地上からの調査を利用して、アクセス立坑周辺岩盤を対象とした設計用物性値の設定、および単一坑道を対象とした空洞安定性評価手法の詳細化を実施した。よって、フェーズ2では、地質環境WGと協力して、以下に示すように、幌延深地層研究施設設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た原位置情報を用いて、フェーズ1で実施したアクセス立坑や単一坑道を対象とした設計手法の適用性確認を進めるとともに、地下深部の坑道群を対象としたより詳細な設計用物性値の設定および設計手法の構築に向けた検討を進める。また、一般に、大規模地下空洞の建設においては、その規模の大きさから対象となる地質環境を明確に把握することが困難であり、掘削に伴い得られる様々なデータを元に地上からの調査段階で実施した事前設計にフィードバックし、状況に応じて設計を変更していく(情報化施工)ことが行われる。つまり、実際の地層処分施設も、面的には数km x 数km範囲で展開されるものであるため、施工に際しては適切な情報化施工を計画しておくことが重要と考えられる。具体的な課題は以下の通り。</p> <p>(1) 幌延深地層研究施設設計画の中間深度までの坑道掘削時の調査研究段階を利用して、地上からの調査段階で設定した立坑周辺岩盤に関する設計用物性値の設定手法や一連の地下施設の設計手法に関する具体的な地質環境への適用事例を提示し、その結果に基づき設計上の留意点を抽出する。</p> <p>(2) 新たに、幌延の地下施設の建設工事を対象とした情報化施工計画を立案するとともに、URLの工程変更を踏まえて幌延深地層研究施設設計画の中間深度まで(URLの工程変更を反映)の坑道掘削時の調査研究段階を対象として、アクセス立坑を中心とした実際の地下構造物への適用事例を提示する。</p> <p>(3) 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た地質環境情報に基づき、地下深部の坑道群に対するより詳細な設計用物性値の設定例を提示する。</p> <p>(4) フェーズ1で取り組んでいない「地下深部の坑道群、すなわち「多連設坑道」は、これまでに事例の少ない特殊な構造物であるため、フェーズ2では、その設計手法について、第2次取りまとめに基づきつつ、さらに詳細化・実用化を図る。フェーズ1での多連設坑道の設計手法は、従来の双設トンネルの設計例にならない、坑道間の相互影響がない離間距離を確保する考え方(局所破壊基準に基づく設計)を基本とした。フェーズ2では、フェーズ1での考え方に加え、坑道群全体を一つの構造物と捉え、坑道間岩盤(ピラー)と支保工が坑道群全体の上載荷重を支えているという考え方(ピラーの安定性に対する照査)を追加検討項目とし、より現実的な設計手法の構築を目指す。具体的な検討課題は、ピラー荷重の評価、ピラー強度の評価、安全率の設定方法の3点である。</p>	
			b)操業技術	<p>わが国の幅広い地質環境を対象に、現状技術で実現可能と考えられる人工バリア製作技術、操業技術を例示</p>	<p>【達成目標】 b)操業・閉鎖技術 操業の技術的実現性が概略評価でき、結晶質岩の閉鎖技術の事例を提示できるレベル</p> <p>【達成レベル】 操業技術(オーバーバックの遠隔溶接・検査、及びオーバーバックと緩衝材のハンドリング・定置技術)について、技術の信頼性を定量的に評価・表示する技術情報を整備し、各技術の技術的実現性を概略評価した。</p>	<p>(b)施工技術 基礎技術の整備、体系化 [ANRE (RWMC)] (遠隔操作技術高度化調査) 掘削機に掘削が可能であることを提示した。</p>	<p>(b)施工技術 掘削機に掘削が可能であることを提示した。</p> <p>技術基盤の整備と体系化およびサイティング柔軟性向上 [ANRE] (遠隔操作技術高度化調査) 人工バリアシステムの品質と遠隔操作システムの観点から、操業技術の成立性に影響を及ぼす建設技術(操業環境を制御する技術としての処分坑掘削技術や、操業環境を維持する技術としての湧水処理技術、支保技術、覆工技術など)について、技術的に達成可能な施設仕様と品質を調査、整理し、操業技術の検討へ展開する。 操業システムの成立性に影響を及ぼす建設技術に対する技術的課題については、適用性確認試験等により各技術の適用性を評価し、サイティングの柔軟性も考慮した技術的実現性を提示する。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)する。</p> <p>国内URLの地質環境における施工技術の適用性検討 [JAEA] 新たに、地質環境WGと協力して、堆積岩と結晶質岩という大きく2つの地質環境に大別し、幌延・瑞浪の地下施設の建設工事で採用した施工計画や中間深度までの掘削時に得られた施工や対策工の実績をベースとし、具体的な地質環境への適用性、効率性、安全評価への影響の観点から建設技術を整理するとともに、施工技術選定時に考慮すべき品質や留意点を抽出する。</p>	<p>(b)施工技術 掘削機に掘削が可能であることを提示した。</p> <p>技術基盤の整備と体系化およびサイティング柔軟性向上 [ANRE] (遠隔操作技術高度化調査) 人工バリアシステムの品質と遠隔操作システムの観点から、操業技術の成立性に影響を及ぼす建設技術(操業環境を制御する技術としての処分坑掘削技術や、操業環境を維持する技術としての湧水処理技術、支保技術、覆工技術など)について、技術的に達成可能な施設仕様と品質を調査、整理し、操業技術の検討へ展開する。 操業システムの成立性に影響を及ぼす建設技術に対する技術的課題については、適用性確認試験等により各技術の適用性を評価し、サイティングの柔軟性も考慮した技術的実現性を提示する。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)する。</p> <p>国内URLの地質環境における施工技術の適用性検討 [JAEA] 新たに、地質環境WGと協力して、堆積岩と結晶質岩という大きく2つの地質環境に大別し、幌延・瑞浪の地下施設の建設工事で採用した施工計画や中間深度までの掘削時に得られた施工や対策工の実績をベースとし、具体的な地質環境への適用性、効率性、安全評価への影響の観点から建設技術を整理するとともに、施工技術選定時に考慮すべき品質や留意点を抽出する。</p>	
b)操業技術	<p>わが国の幅広い地質環境を対象に、現状技術で実現可能と考えられる人工バリア製作技術、操業技術を例示</p>	<p>【達成目標】 b)操業・閉鎖技術 操業の技術的実現性が概略評価でき、結晶質岩の閉鎖技術の事例を提示できるレベル</p> <p>【達成レベル】 操業技術(オーバーバックの遠隔溶接・検査、及びオーバーバックと緩衝材のハンドリング・定置技術)について、技術の信頼性を定量的に評価・表示する技術情報を整備し、各技術の技術的実現性を概略評価した。</p>	<p>[ANRE (RWMC)] (遠隔操作技術高度化調査) 溶接技術の開発として、炭素鋼を対象にTIG、EBW、及びMAGの各溶接技術について、板厚50～190mmまでの溶接施工性、品質を要素試験等により確認した。また、チタンを対象にTIG、及びEBWの各溶接技術について、板厚7mmのチタン材料に対する溶接施工性、品質を要素試験等により確認した。 ・検査技術の開発として、超音波探傷技術(TOFD法、フェイズドレイ法、フェイズドレイTOFD法、CW法)、及び交流電磁場法(ACFM法)について、炭素鋼及びチタンに対する欠陥検出性、定量性を要素試験等により確認した。 ・ハンドリング・定置技術の開発として、緩衝材定置方式を検討の起点とし、試験・解析等によりシステム構築に向けたデータ収集と技術の適用範囲を明らかにした。取得された知見を反映し、具体的な根拠に基づく定置システムの構築を行った。 ・操業技術に関して、取得した知見や国内外の最新の知見を調査、整理した「技術メニュー」を整備した。</p>	<p>堆積岩系岩盤において操業技術の適用性に対する評価を定量的に評価、提示する。</p>	<p>幌延の掘削段階を通じて得られる地質環境条件を対象とした操業技術、操業試験計画の提示 [JAEA] ANREとの連携を前提に緩衝材の定置方式の概念や操業技術に関する知見の観点から、実規模試験と原位置試験で確認すべき項目を整理する。</p> <p>技術基盤の整備と体系化およ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して、オーバーバックに対する各溶接・検査技術の到達度(密封性、検査性、効率性)を定量的に評価し、その技術的実現性を提示する。炭素鋼だけでなく、銅やチタン合金に対しても同様の適用性確認試験を実施する。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する。 製作・施工されたオーバーバックの設計、品質、長期健全性に対し、溶接影響を踏まえたオーバーバック封入部の長期健全性評価方法の具体化を検討する共に、適切なオーバーバック蓋構造を構築し、提示する。 ・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、建設や閉鎖といった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する。 ・室内試験、実規模試験、原位置試験(URLを含む)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・整理を行う。 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)する。</p>				
									<p>【連携・体系化の進め方】 施工した溶接部の耐食性評価は、JAEAとANREの共同による溶接部耐食性評価の実施により、耐食性に及ぼす溶接影響を多面的に評価する。 (ANRE「人工バリア品質評価技術の開発(オーバーバック)」) ・操業技術の実証に向けて、NUMOのシステム確認、JAEAのEBS性能に関する知見の観点から連携をはかり、実規模試験と原位置試験で確認すべき項目を整理し、効率的に知見を収集する。</p> <p>【既存共同研究】 ・ANRE/JAEA: 溶接部耐食性評価 オーバーバックの腐食寿命評価の信頼性を向上させるためには、溶接部の耐食性評価を実施し、腐食挙動やそのメカニズムを確認する必要がある。ANREでは、オーバーバックの遠隔溶接技術の開発を実施しているが、溶接技術に関する技術メニューを整備するとともに、溶接部の耐食性に関する評価が求められている。そこで、溶接技術の開発を行っているANREが溶接条件や材料データに関する情報を提供し、JAEAが腐食試験設備、母材での評価手法の情報を提供したうえで、ANRE/JAEAの両者により腐食データの取得と耐食性に関する評価手法を構築する。 ・ANRE/JAEA: 操業技術の実証 緩衝材の定置方式の概念や操業技術に関わる実規模試験の検討に際しては、JAEAが幌延深地層研究計画の第3段階で実施する人工バリア試験の検討とANREが実施する国民の最終処分場の概念や安全性の理解促進のための「地層処分実規模設備整備事業」における研究との連携を図る。</p> <p>【情報交換・検討中】 ・ANRE/JAEA: 閉鎖技術の影響を考慮した操業技術の開発 閉鎖技術の影響を考慮した操業技術の開発を進めるため、別途NUMO-JAEA「処分場閉鎖技術に関する検討会」で検討を行っている閉鎖要素の設計要件の考え方等に関する情報交換を行っていく。なお、操業技術の実証に向けて、NUMOのシステム確認、JAEAのEBS性能、ANREの緩衝材の定置方式の概念や操業技術に関する知見の観点から連携をはかり、実規模試験と原位置試験で確認すべき項目を整理し、効率的に知見を収集・整理する。 ・ANRE/JAEA: 再冠水挙動の評価 操業技術(緩衝材定置)の不確実性の低減と信頼性向上のために実施する緩衝材の再冠水評価の検討に際しては、JAEAが実施する熱・水・応力・化学連成評価技術で実施する検討とANREが実施する処分システム設計・操業等の工学技術に依る要素技術開発における検討との連携を図る。</p>

研究開発要素		各研究開発要素の研究開発目標と課題				備考	
分野	分類	細目	フェーズ1: 第2次取りまとめ以降5年程度の成果 [平成17年度頃まで]		フェーズ2: 当面5年程度の計画 [平成24年度頃まで]		
			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) 工学技術	(2) 処分場の設計・施工技術	建設・操業・閉鎖等の工学技術	c)閉鎖技術	<p>わが国の幅広い地質環境を対象に、現状技術で実現可能と考えられる閉鎖技術を例示した。</p> <p>【達成目標】 b)操業・閉鎖技術 操業の技術的実現性が概略評価でき、結晶質岩の閉鎖技術の事例を提示できるレベル</p> <p>【達成レベル】 結晶質岩系岩盤における閉鎖性能を実際の地質環境でその性能も含め提示するとともに、堆積岩URLでの閉鎖技術を確認するための試験概念を立案した。</p>	<p>【JAEA】 施工されたプラグの閉鎖性能に関する検証データを取得し、低透水性を確認するとともに、解析によってEDZを含めたプラグ設置部の物質移行挙動を表現することができ、原位置試験を行ったカナダの花崗岩の場合、EDZが選択的物質移行経路になることを示した。これにより、結晶質岩系に対する評価手法の適用性を確認した。幌延URLを対象として、試験規模、セメント条件、地下水質、定置方式、試験深度等について検討し、閉鎖性能を確認する試験概念を立案した。</p>	<p>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上記「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いた閉鎖に関する施工技術の知見を整備し、原位置実規模試験計画を立案する。</p> <p>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、操業技術の成立性に影響を及ぼす閉鎖技術について定量的に提示する。</p>	
			d)品質管理	<p>わが国において想定される幅広い地質環境を考慮して人工バリアの設計要件とそれを満たすための製作・施工方法および品質管理項目を概略的に整理。</p> <p>【達成目標】 c)品質管理 ・URL設計等に基づく(人工バリアや処分施設に対する)品質管理方針が提示できるレベル</p> <p>【達成レベル】 ・処分場の長期的安全性の観点から人工バリアなどについて、設計段階において保証すべき性能(性能保証項目(案))を明確にするとともに、その性能の保証方法、保証するための評価ツールなどの整備状況について体系的に整理した。また、人工バリアの施工に係わる定置精度に関して、処分場の長期的安全性に対する影響を検討し、人工バリアの定置装置が有すべき機能に関する基礎情報として整備した。</p>	<p>【JAEA】 ・処分場を構成する要素(オーバーバック、緩衝材、埋め戻し材、プラグ、坑道および処分孔)を対象として、性能保証項目を試案として示すとともに、これら評価するためのモデル、データベース、実験方法などに関する現状を明らかにした。 ・人工バリアの施工に関わる定置精度について、処分場の長期的安全性に対する影響の有無を確認するために、緩衝材やオーバーバック間などの隙間に着目した実験的検討を行い、オーバーバック腐食への影響や緩衝材の隙間膨潤に起因する密度の不均質化の発生は、小さいことを確認した。</p>	<p>・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から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原位置試験で検討すべき項目を整理する。</p>	<p>品質管理計画の例示【JAEA】 ・フェーズ1では、設計段階における性能保証項目の試案を示すと同時に、評価ツールの現状を明らかにした。フェーズ2では、幌延等のURLで掘削段階に入ることから、掘削段階(中間深度)で得られる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全性の観点から設計、建設、施工技術の手法や測定項目などに関する情報を整理し、品質管理項目を例示するとともに、一部ドキュメントの体系化を行う。これらの検討においては、性能評価や地質環境調査分野とも密接に関係しており、これら分野の観点も含めることが重要である。また、設計段階における性能保証項目に関しては、最新の知見に基づき見直し、更新を行う。</p> <p>人工バリア定置精度に関わる原位置試験に関する検討【JAEA】 ・フェーズ1では、人工バリアの施工に関わる隙間の長期安全性への影響について実験的検討を行い、影響が小さいことを確認した。フェーズ2では、幌延での定置精度に関わる原位置試験に向けて、緩衝材などの他の項目で検討される隙間充填性に係るデータや人工バリアの定置技術に関する知見に基づき、幌延の原位置試験で検討すべき項目を整理する。</p>
		e)回収技術	<p>・人工バリア、処分施設に対する操業時の安全確保と品質管理方針を提示した。</p>	<p>【ANRE(RWMC)】(遠隔操作技術高度化調査) ・処分場における操業時の安全確保の基本原則と操業時の品質確保に関する基本的考え方を構築した。 ・各操業プロセス(地表、アクセス坑道、地下搬送、パネル、その他)に対する留意点を整理した。</p>	<p>・操業時の安全確保、品質管理計画の策定に寄与する知見を拡充し、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た操業技術の適用条件等を定量的に提示する。</p>	<p>操業時の安全確保と品質管理に関する検討【ANRE】(遠隔操作技術高度化調査) ・操業時における人工バリアの品質評価の指標と品質管理手法の策定に向けて、遠隔操作システムの観点からの操業にかかわる安全確保と構築する人工バリアの品質管理に係わる技術課題を整理する。 ・操業システムの成立性に影響を及ぼす操業時の安全確保と品質管理に係わる技術的課題については、適用性確認試験等により各技術の適用性を評価し、サイテイングの柔軟性も考慮した技術的実現性を提示する。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)する。</p>	
			<p>・計測ケーブルに起因する問題(水理場擾乱・作業煩雑化・絶縁低下等)解決手段としての、無線通信概念を提示した。また、地中の基本的な無線通信性能を確認した。</p>	<p>【ANRE(RWMC)】 ・海底地盤沈下計測で適用事例がある通信装置を用い、エスポHRL(花崗岩)の地下400m地点の水平坑道間(100m)で基本的な通信性能を確認し、その結果と電磁波の伝搬理論をもとに解析的評価手法をまとめた。 ・解析評価手法をもとに、地下の媒体、構造物の特徴と伝搬について解析の有効性を確認。(仏からの受注による解析評価作業にも反映)</p>	<p>・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。</p>	<p>計測行為に対する無線データ通信技術の適用【ANRE】(新規提案) ・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する。 ・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する。 ・上記を踏まえ、処分場を考慮した無線データ通信機器の開発要素(小型化、耐久性、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・合理的な設計および開発を実施する。 ・国内URLにおける原位置試験計画を立案・準備する。</p>	
(3) 長期健全性評価技術	ガラス固化体	照射損傷	<p>照射による微細組織(空隙、析出物等の形成)の変化に基づく長期健全性の検討は実施されていない。</p> <p>【達成目標】 ・長期の放射線照射環境下での照射影響評価手法が提示できるレベル</p> <p>【達成レベル】 ・長期の照射損傷挙動に対して、ガラスの微視的構造変化の可能性をガラス成分との対応付けで分類し、照射による欠陥が入りにくいことを確認すると共に、ガラス構造のより長期の安定性を観察するための手法を提示した。</p>			<p>【実施主体の技術開発計画】 特になし</p> <p>【規制関連機関の技術開発計画】 特になし</p>	
			<p>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、操業技術の適用条件等を定量的に評価し、回収機構を有した操業技術の実現性を提示する。</p>	<p>【ANRE】(遠隔操作技術高度化調査) ・坑道埋め戻し前における回収技術に係わる技術的課題を整理する。 ・操業システムの成立性に影響を及ぼす坑道埋め戻し前における回収技術の技術的課題は、緩衝材の除去を含むオーバーバックの回収について、技術調査、適用性確認試験等により各技術の適用性を評価し、サイテイングの柔軟性も考慮した技術的実現性を提示する。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)する。 ・坑道埋め戻し後の回収技術について、技術的実現性の提示に向けた検討を行う。</p>			

研究開発要素		各研究開発要素の研究開発目標と課題				備考	
分野	分類	細目	フェーズ1: 第2次取りまとめ以降5年程度の成果 [平成17年度頃まで]		フェーズ2: 当面5年程度の計画 [平成24年度頃まで]		
			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) 工学技術	(3) 長期健全性評価技術	a) 緩衝材の長期力学的変形挙動	<p>オーバーバックの腐食膨張による影響については、岩盤クリープ解析により求められたクリープ変形量を強制変位として与え、緩衝材の構成モデルとして修正Cam-Clayモデルを用いて概略的な評価を行った。また、オーバーバックの自重沈下については、緩衝材の粘性的挙動を表現できる関口・太田モデルを用いた評価を行った。なお、ここでの評価は、保守的に岩盤のクリープ変形やオーバーバック腐食膨張を考慮せずに自重沈下のみを考慮して実施した。</p> <p>これらの評価の結果、腐食膨張及び自重沈下によって、緩衝材の力学的安定性等の機能を損なうような影響を及ぼす可能性は小さいと判断した。</p>	<p>【達成目標】 ・海水系データの拡充と基本的な評価モデル及びデータベースが構築され、幅広い地質環境を考慮した評価手法が整備されるレベル</p> <p>【達成レベル】 ・降水系地下水条件における2次元モデル解析手法の構築として構成モデルの選定から適用性確認までを実施した。また構成モデルの海水系地下水条件における適用性を確認するため、パラメータの一部を設定した。</p>	<p>【JAEA】 ・降水系地下水条件における2次元モデル解析を構築するために、構成モデルの見直しとして粘性土の既存構成モデルの体系化を通じて関口・太田モデルおよび足立・岡モデルの2つのモデルを選定した。さらに要素試験を行ったパラメータを設定し、実験結果との比較によるモデルの妥当性確認とともに、パラメータ設定に関する考え方を整理して長期挙動評価手法を提示した。またこの評価手法を用いて、自重沈下解析と腐食膨張解析を実施し、人工バリアの長期健全性を評価した結果、安全性に問題がないことを確認した。</p> <p>・降水系地下水条件で構築したモデルの海水系地下水条件への適用可能性を確認するための準備として、幌延で採取された地下水および人工海水を用いて要素試験データを取得し、構成モデルのパラメータのうちの一部分を設定した。</p>	<p>二次圧密の加速挙動に係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して、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次元連続解析手法を提示する。</p>	<p>【実施主体の技術開発計画】(原環機構H17事業年度計画より抜粋) 概要調査結果を基に処分場の概念設計やその性能評価を行うため、地上・地下施設の設計・建設、人工バリアの設計・製作および処分場の建設・操業・閉鎖に関する要素技術について、既存技術の適用性検討を基に成実性や実現性の検討を行うとともに、必要な性能評価手法を開発する。また、これらの成果を踏まえ仮想の処分場の設計演習を行い、得られた課題を概要調査に反映するなど処分場の概念設計や性能評価を行うための体系を整備・充実する。</p> <p>【規制関連機関の技術開発計画】 特になし</p> <p>【TRU廃棄物との関係・連携】 ・緩衝材と岩盤の力学連成モデルの開発については、TRU研究との連携を図ることが必要。</p>
			<p>b) 緩衝材の長期変質挙動</p> <p>既存文献やデータをもとに、100 を越えない温度条件においては、緩衝材の長期的な変質・劣化は顕著ではないと判断し、緩衝材性能が長期的にも維持され得ると評価した。セメント影響についても、低アルカリ性セメントの使用により影響を回避できるとした。ただし、鉄との相互作用、高pH環境における評価については、さらにデータの蓄積やより詳細な評価を行う必要が指摘された。</p>	<p>【達成目標】 熱変質・高アルカリ変質・腐食生成物・放射線等による変質に関する基本的なモデル及びデータベースが構築され、幅広い地質環境を考慮した評価手法が整備されるレベル</p> <p>【達成レベル】 緩衝材とオーバーバック材料との相互作用等の個別現象理解を進めるための試験研究を実施し、各現象の機構、生起条件等に関する知見を得た。また、既往研究の調査による知見や課題を整理するとともに緩衝材変質の概略的評価を行なった。なお、塩水環境下における緩衝材の化学的、鉱物学的劣化の評価として海水中のマグネシウムによる緩衝材変質を評価し、その影響は十分無視しうると判断できる結果を得た。実施項目は以下の通り。 ・高アルカリ環境による緩衝材の変質についてはTRU廃棄物研究の枠組みで研究が進められた。</p>	<p>第2次取りまとめ時点での課題であり、近年国際的にも着目され新たなデータ取得や評価が行われている。緩衝材とオーバーバック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pHによる緩衝材の変質についてはTRU廃棄物研究の枠組みで進められる研究と連携を行い、TRU廃棄物研究の成果を反映して、HLW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。さらに、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。</p> <p>なお、緩衝材変質に関するデータベースシステム等の構築により、研究により得られるデータ、知見の体系化を行う。</p>	<p>フェーズ1では、従来あまり着目されていなかった塩水中のMgの影響に関する評価を実施するとともに、第2次取りまとめ時点で課題とされていた緩衝材と鉄との相互作用に関して室内試験等による現象理解を進めた。また、高pHによる緩衝材の変質についてはTRU廃棄物研究の枠組みで研究が進められた。</p> <p>フェーズ2では、緩衝材と鉄との相互作用を重点課題とし、体系的な実験条件での実験的研究や長期複合試験、熱力学モデルの検討等により、緩衝材特性や緩衝材の安全機能への影響予測を目標とした、長期変質評価を実施する。また、フェーズ1では検討対象外であった緩衝材温度が100 を超える場合についても、知見の拡充を進めるとともに、評価上の取り扱いについて検討を行う。さらに、これらの研究開発により得られるデータや知見をデータベース等のシステム構築により体系化する。</p> <p>なお、高pHによる緩衝材の変質については、綿密な連携の下に、引き続きTRU廃棄物研究の枠組みを中心として研究を進めることとし、TRUにおける評価手法のHLWへの適用を行う。</p>	
		<p>(a) 塩水環境下処分技術調査</p> <p>塩水環境下における緩衝材の化学的、鉱物学的劣化を把握することを目標として、(1)炭素鋼OP周辺での熱による塩析出機構、(2)炭素鋼OP周辺の高温環境下で塩水が接触することにより生じたMgによる鉱物学的変質現象を把握し、各現象の機構、生起条件を評価した。</p>	<p>【(a) 塩水環境下処分技術調査【ANRE(IRI)】】 ・炭素鋼OP周辺での熱による塩析出現象に関するデータ取得を行い、OP周辺では短期的には高温環境下で不溶性の塩として硫酸カルシウムの析出が起こりうる可能性が示唆された。今後、核種崩壊による発熱期間(数百年)を考慮し、熱-水-化学連成解析による長期的な評価が課題として挙げられる。(フェーズ2においては、熱-水-応力-化学連成評価技術)の中で研究を継続)</p> <p>・緩衝材と海水の反応による緩衝材の鉱物学的変質現象を把握し、各現象の機構、生起条件を評価した。海水中のマグネシウムを蓄積することにより、モンシロナイトの擬Mg型クロライト化が示唆された。ただし、単位緩衝材あたりの地下水の接触量を考慮すると、緩衝材安定性に与える影響は十分無視しうると判断できた。</p> <p>なお、本研究により得られた知見は、Mg²⁺とFe³⁺の類似性と差異を考慮し、フェーズ2における緩衝材とオーバーバック材料との相互作用評価の研究に反映される。</p>	<p>【(a) 緩衝材とオーバーバック材料との相互作用評価【JAEA】】 ・炭素鋼接触圧縮ベントナイト(4年)の評価、鉄-ベントナイト混合試料(6年)および鉄型化スメクタイトの高温(250)加速試験を実施し現象理解を進めた。上記試験条件下では、顕著な変質は認められなかったが、可能性のある変質二次鉱物に関する情報を得た。</p> <p>・緩衝材中の鉄の拡散挙動に関する予備的解析を実施した。</p>	<p>【(a) 緩衝材とオーバーバック材料との相互作用評価【ANRE】】 ・地下水化学、温度等をパラメータとした実験的研究により知見を拡充し、オーバーバック腐食に伴う鉄による鉱物学的変質現象の機構、生起条件等を明らかにし、長期挙動評価モデルの構築に資する。</p> <p>【JAEA】 ・長期(10年以上)の炭素鋼接触圧縮ベントナイトおよび鉄-ベントナイト混合試料の評価を行うとともに、生成二次鉱物の同定に関する試験を実施する。さらに、熱力学的考察を取り入れた長期のスメクタイト安定性評価を実施し、緩衝材の安全機能への影響の予測を行う。</p>	<p>【情報交換: 実施中】 ・ANREの試験計画においては、JAEAが構築する影響評価手法に反映できるように、試験条件等を考慮する。 ・JAEA: 長期(10年以上)複合試験の実施、熱力学的評価等を実施する。 ・ANRE: 体系的な試験条件における緩衝材変質挙動について試験データを蓄積を実施する。 ・ANRE/JAEA: 長期評価手法の構築を行い、緩衝材安全機能等への影響について検討する。</p>	

研究開発要素			第2次取りまとめまでの達成レベル		各研究開発要素の研究開発目標と課題		備考										
分野	分類	細目	フェーズ1: 第2次取りまとめ以降5年程度の成果[平成17年度頃まで]		フェーズ2: 当面5年程度の計画[平成24年度頃まで]												
			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) 工学技術	(3) 長期健全性評価技術	緩衝材 b)緩衝材の長期変質挙動	(c)(TRU処分研究)セメント材料に起因する高アルカリ環境による緩衝材の変質劣化評価 高アルカリ環境における鉱物の溶解・沈殿を考慮し、ベントナイトの化学的な変質挙動及びそれに伴う物質輸送特性の変化を反映。	(c)(TRU処分研究)セメント材料に起因する高pHブルームによる変質劣化評価 ベントナイトと降水系地下水の変質シナリオ及び化学反応・物質輸送モデルを構築し、高アルカリ性条件下における緩衝材構成鉱物の溶解・二次鉱物の生成挙動を評価することにより、変質に伴う物質輸送パラメータの変化を評価した。 【MEXT/JAEA】 セメント由来のアルカリ性条件下におけるベントナイトの鉱物学的変遷挙動を既往の知見に基づき変質シナリオとして整理 簡易解析体系での予備解析により二次鉱物の種類及び組み合わせ、反応速度、TDB等の変質挙動への影響評価を実施 変質に伴う物質移動パラメータの変化をスメクタイトゲル密度、当量イオン濃度及び層間イオン型の開数として定式化 上記検討に基づき各種不確実性(境界条件、鉱物変遷、二次鉱物による空隙閉塞の有無等)を反映した解析ケースを設定し、化学反応・物質輸送解析を実施 上記に基づき緩衝材の物質輸送に対するバリア性の維持期間を評価 【ANRE(RWMC)】 アルカリ性条件下における圧縮ベントナイトの変質挙動を確認のためのデータ取得 溶解量の観点から溶解速度に関するモデルの保守性を確認 【電力】 ベントナイト変質に対する硝酸塩影響の評価 【関連する成果】 【CRIEPI】 モンモリロナイトの陽イオン交換定数を取得し、Ca型化の程度と間隙水中ナトリウム濃度との関連性を評価 モンモリロナイトの表面錯体生成パラメータを取得し、高アルカリ水のpH緩衝効果を試算	(b)セメント材料に起因する高pHブルームによる変質劣化評価 【TRU廃棄物との関係・連携】 セメント系材料の利用に起因する高pHブルームによる緩衝材の変質劣化評価は、TRU研究と共通の課題であり、したがって同課題については、TRU研究が現在までに開発して来た手法を有効に利用する。また今後の変質現象の解明、関連熱力学データ整備、評価手法の集約、手法の検証等の進め方については、TRU処分研究における各機関の連携・体系化についても参考にし、綿密な連携の基に実施する。 【以下、TRU処分研究】 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認 NA研究情報の反映を含む長期変遷シナリオの拡充・高度化 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TDBの拡充・信頼性向上 緩衝材の変遷過程及び間隙水の化学的条件に対する人工バリア材料/廃棄体由来の化学物質を含む多様性影響に関する知見の拡充 地下水組成の多様性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認 二次鉱物の分離・分析手法の高度化による変質挙動の確認/変質反応の可逆性等の現象生起の確認 圧縮ベントナイトの間隙水物理化学特性のモデル化												
				変質モデルの2次元化・最新知見(狭隙間隙での固相影響、高イオン強度、セメンテーション、超長期データでの検証)の反映 化学反応・物質輸送モデルの2次元化 狭隙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下での活量補正手法の反映 セメンテーション挙動の評価 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・検証・改良 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完成・運用	<table border="1"> <tr> <th>ワークの性質</th> <th>主として担当する機関</th> </tr> <tr> <td>現象解明</td> <td>JAEA</td> </tr> <tr> <td>評価モデルの集約</td> <td>JAEA</td> </tr> <tr> <td>TDB, KDB整備</td> <td>JAEA</td> </tr> <tr> <td>検証(複合、共存系評価、手法開発等)</td> <td>METI</td> </tr> <tr> <td>情報管理ツール開発</td> <td>METI</td> </tr> </table>	ワークの性質	主として担当する機関	現象解明	JAEA	評価モデルの集約	JAEA	TDB, KDB整備	JAEA	検証(複合、共存系評価、手法開発等)	METI	情報管理ツール開発	METI
			ワークの性質	主として担当する機関													
			現象解明	JAEA													
評価モデルの集約	JAEA																
TDB, KDB整備	JAEA																
検証(複合、共存系評価、手法開発等)	METI																
情報管理ツール開発	METI																
	【以下、HLW処分研究】 【JAEA】 TRU廃棄物処分研究における研究成果のHLWシステムへの適用、評価の実施																
	(c)100 を超える温度条件の検討 処分システムの設計の自由度を担保する観点から、緩衝材最高温度を100 を超えることを容認した場合の変質現象に関する情報を整理し、その想定される変質現象を考慮した処分システム設計における緩衝材特性や安全評価における緩衝材性能の取り扱い方法を検討する。 【JAEA】 100 を超える条件下で考慮すべき緩衝材の変質現象について情報を統合し、整理するとともに、100 を超える温度を経験した緩衝材領域に対する処分システム設計上および安全評価上の取り扱い方法についての検討を行う。 【ANRE】 100 を超える条件下での緩衝材変質挙動に関する試験データの蓄積と発生可能性のある変質挙動に関する情報の整理(主としてオーバーバックとの相互作用)。	【情報交換:実施中】 ANRE: 緩衝材長期挙動に関する試験研究が計画されている。ANREの試験計画においては、JAEAが構築する影響評価手法に反映できるように、試験条件等を考慮する。 JAEA/ANRE: 情報交換を実施し、これまでの知見を踏まえ、100 を超える温度条件下での緩衝材長期挙動の緩衝材設計や性能評価への反映の必要性の有無や方法論について検討を実施する。															
	(d)変質に関する情報の体系化 既往研究の調査により課題を整理して取りまとめた。基本的なデータや地質環境分類に基づく緩衝材変質の概略的評価を行なった。	(d)変質に関する知見・情報の体系化【JAEA】 既往研究の調査を実施し、現状での知見や課題を整理して取りまとめた。さらに、基本的なデータや地質環境分類に基づく緩衝材変質の概略的評価を行なった。															
	既存文献をもとに、緩衝材の放射線損による変質・劣化は顕著ではないと判断し、緩衝材性能が長期的にも維持され得ると評価した。	(e)放射線影響評価 緩衝材の諸物性に対する放射線影響としてベントナイトへの照射試験を実施し、緩衝材性能への影響がないことを確認。	【ANRE(IRI)】 緩衝材の諸物性に対する放射線影響としてベントナイトへの照射試験を実施し、緩衝材性能(膨潤量、MB吸着量)に影響がないことを確認した。フェーズ1以前の既存知見とこれらデータの取得により本課題への取り組みをほぼ終了した。														

研究開発要素		各研究開発要素の研究開発目標と課題				備考	
分野	分類	細目	フェーズ1: 第2次取りまとめ以降5年程度の成果 [平成17年度頃まで]		フェーズ2: 当面5年程度の計画 [平成24年度頃まで]		
			第2次取りまとめまでの達成レベル	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) 工学技術	(3) 長期健全性評価技術	緩衝材	緩衝材の侵入現象に関しては、降水系地下水条件における平行平板模擬亀裂中への侵入データを取得し、亀裂開口幅及び緩衝材密度をパラメータに、侵入距離と時間との関係の一部把握した。また、緩衝材の膨潤圧と粘性抵抗を用いて固相拡散係数を設定することにより侵入現象のモデル化を行い、100万年後までの緩衝材の密度低下について概略的な評価例を提示した。	【達成目標】 ・海水系データの拡充と可視化技術の適用等による基本的な評価モデル及びデータベースが構築され、幅広い地質環境を考慮した評価手法が整備されるレベル 【達成レベル】 ・地質環境条件のうち、水質に重点をおいた試験を実施し、侵入・浸食現象のデータを蓄積した。海水系地下水条件では、亀裂中への侵入ならびに流水場における浸食が顕著でなく、本現象が海水系地下水条件下において除外できる可能性があることを示唆した。実施項目は以下のとおり。		フェーズ1では、本来複雑である岩盤亀裂を平行平板で模擬し、侵入現象の基礎的な挙動の把握を行い、これに基づいた評価手法の適用性確認を実施した。本条件は、亀裂を平滑的に模擬していることから、実際の岩盤亀裂の粗さの影響などを考慮しておらず、実際の現象よりも保守的な要素が含まれることが考えられる。したがって、フェーズ2では、実際の岩盤亀裂の特徴を踏まえたデータの取得を行うとともに、より現実的な地質環境条件において評価手法の適用性確認する。また、フェーズ1において検討した侵入密度分布やベントナイトの粘性係数などのデータの取得に関しては、いまだ十分ではないことから、フェーズ2においてデータの取得を継続し、評価手法の信頼性向上に反映する。 浸食現象については、フェーズ1の検討におけるベントナイトコロイドの生成に関し、元素分析を用いることで浸食コロイド量の定量的な評価を行った。本条件は、主に流速をパラメータにベントナイトコロイドの生成量を評価したが、実際の地質や地下水流速を模擬しているものではなく、限られた流速条件または水質条件によって得られたものである。したがって、フェーズ2では、さらに種々の環境条件を考慮したデータの拡充を行い、幅広い地質環境に対応したコロイドの生成条件に関するデータの整備を進める。また、既存の実験は、アクリル製のセルを用いて岩盤を模擬しており、より現実的な実験手法を考案するなどの検討を行う。実施項目は、以下のとおり。	
		セメント・コンクリート (本項目はTRUの研究事項であり、TRUでのマップ検討案を転載した)	【化学】 ・第1次レポートでは、普通ポルトランドセメント(OPC)と降水系地下水の化学反応による変質モデルを構築し化学的条件の変遷を評価。 ・化学的条件の変遷評価における廃棄体溶出成分の影響は、セメント系材料の物質移動抑制機能を無視することで対処。	(a)侵入現象 降水系地下水条件および海水系地下水条件における亀裂中へのベントナイトの侵入距離と時間の関係を取得し、関係式を提示した。これにより、水質条件が及ぼす侵入現象への影響を把握し、平行平板模擬亀裂における研究をほぼ終了した。また、侵入現象のモデル化では、モデルに用いるベントナイトの物性について、データの取得と最新の知見から見直しを行い、モデルの適用性評価を実施した。これにより、モデルの評価精度の向上と適用性を確認し、侵入現象の基本モデルを提示した。	(a)侵入現象 より現実的な地質環境(例えば、実地で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。	(a)侵入現象 降水系地下水条件を対象とした実際の岩盤(例えば、レプリカなどを含む)を用いた侵入速度のデータを取得し、亀裂の粗さ、亀裂分布などが侵入現象に与える影響を把握する。具体的には、フェーズ1と同様に、侵入速度の指標である比例係数を取得し、時間と侵入距離との関係式を得る。また、これらの結果と既存の試験結果との比較により、保守的あるいは顕著に差異がないことなどを把握し、評価手法の改良の検討に反映する。 侵入現象モデルの適用性確認に資するために、X線CTスキャナを用いた侵入密度分布のデータ取得を継続する。具体的には、時間経過に伴う侵入密度分布のプロファイルから求める固相拡散係数と、モデルに基づいた固相拡散係数を比較する。 侵入現象モデルに用いるベントナイトの物性データである粘性係数に関しては、含水比をパラメータとしてデータを蓄積し、データの信頼性を向上させ、モデルの入力データとして反映する。データの取得範囲に関しては、X線CTスキャナによる侵入密度分布の結果をもとに、侵入現象で対象となるベントナイトのコア部からゲル部の間で抽出を行う。 実験より得られた結果を踏まえ、実際の現象に即した評価手法への改良に関する検討を行う。具体的には、X線CTにより得られた侵入密度分布の測定結果を用い、既存の評価手法でのシミュレーションによって、適用性を確認する。また、適用性確認の結果より、不具合がある場合には、評価手法について改良の検討を行う。	
			(b)浸食現象 ベントナイトコロイドが生成する臨界流速値をより詳細に検討するために、元素分析による定量的な手法を用いて評価を行った。これにより、降水系地下水条件では、第2次取りまとめにおける評価よりも小さい流速場において浸食が発生する可能性を示唆した。また、海水系地下水条件では、ベントナイトコロイドの生成が顕著ではないことを示した。	(b)浸食現象【JAEA】 ・浸食現象の既存の臨界流速値に関しては、流水場における亀裂侵入ベントナイトの形状変形から見積もられた定性的な評価であり、より定量的な評価手法によってデータの信頼性を向上させる必要がある。したがって、排水液中に含まれるベントナイトの主要な元素分析を行い、浸食現象によって生成されたものと考えられるベントナイトコロイドの定量的な評価を行った。その結果、浸食現象が発生する臨界流速値は、第2次取りまとめの評価よりも小さい流速場で起こりうる可能性を示唆した。 ・幅広い地質環境条件を考慮し、海水系地下水条件において、ベントナイトコロイドが生成される臨界流速値を把握するための試験を実施した。降水系地下水条件と同様に、元素分析によるベントナイトコロイドの定量的な把握を行った結果、降水系地下水条件よりも大きい流速場においてもベントナイトコロイドの生成は認められなかった。したがって、海水系地下水条件においては、降水系地下水条件よりも、ベントナイトコロイドの生成が顕著ではないことを把握した。	(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。	(b)浸食現象【JAEA】 ・水理や地球化学的影響(例えば、流速条件や水質条件など)を考慮した実験により、コロイド生成条件を明確化し、サイト選定上の留意事項を整理するために引き続きデータを蓄積する。	
		【TRU処分場研究】 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を、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り、変質現象の解明と長期変質評価を可能にする。 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。 評価に必要なTDBや反応速度データの整備や高いイオン強度下・固相影響下での活量補正法の適用 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 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評価 セメントの分担に基づいた海水環境下でのセメント劣化データ取得とモデル評価			【実施主体の技術開発計画】(原環機構H17事業年度計画より抜粋) 概要調査結果を基に処分場の概念設計やその性能評価を行うため、地上・地下施設の設計・建設、人工バリアの設計・製作および処分場の建設・操業・閉鎖に関する要素技術について、既存技術の適用性検討を基に成立性や実現性の検討を行うとともに、必要な性能評価手法を開発する。また、これらの成果を踏まえ仮想の処分場の設計演習を行い、得られた課題を概要調査に反映するなど処分場の概念設計や性能評価を行うための体系を整備・充実する。 【規制関連機関の技術開発計画】 特になし 【連携・体系化の進め方】 ・実験手法や長期的な変質試料、変質データ、水理・力学特性の変遷に関する知見の共有、体系化を行っていくために、JAEA、ANREとの情報交換による連携を行っていく(特に長期変質事例に関する情報)。 【HLWとの関係・連携】 ・岩盤および緩衝材の変質に与える影響を評価するためにはセメント系材料の変遷に関する知見が必要であるものの、HLWではバリア材として取り扱われていないことから、TRUでの検討を中心として連携を行うこととする。		

研究開発要素		各研究開発要素の研究開発目標と課題				備考	
分野	分類	細目	フェーズ1: 第2次取りまとめ以降5年程度の成果 [平成17年度頃まで]		フェーズ2: 当面5年程度の計画 [平成24年度頃まで]		
			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) 工学技術	(3) 長期健全性評価技術	セメント・コンクリート (本項目はTRUの研究事項であり、TRUでのマップ検討案を転載した)	<p>[工学]</p> <p>変質に伴う力学特性変化に伴う物質移動特性変化の評価。</p> <p>変質によるセメント系材料の力学特性変化に伴う物質移動特性変化の評価。</p> <p>ひび割れ等の局所欠陥の影響による物質輸送パラメータ変化についてはセメント系材料の物質移動抑制機能を無視することで対処。</p>	<p>[TRU処分研究]</p> <p>変質によるセメント系材料の力学特性変化に伴う構造的変化(空隙率等)とそれによる物質移動特性変化の評価手法を整備し、評価を実施。</p> <p>[JAEA]</p> <p>OPC水和物の化学的変質に伴うセメント系材料の強度・弾性係数など力学特性変化に関するデータの整備</p> <p>OPC水和物の化学的変質に伴うセメント系材料の力学強度を評価する歪み軟化モデルを構築</p> <p>OPC水和物の化学的変質に伴うセメント系材料の力学変化及びそれに伴う物質移動特性変化を評価</p> <p>[電共研]</p> <p>主たる廃棄体溶出成分(硝酸塩)による化学的変質(液・固相分析)およびOPC水和物の収着特性への影響確認</p> <p>(関連する成果)</p> <p>[CRIEPI]</p> <p>C-S-Hゲル溶解・沈殿モデルを組み込んだ物質移動・化学平衡カップリングモデル(多孔質媒体、亀裂媒体モデル)の開発</p>			
		岩盤	<p>(a)岩盤の長期力学変形挙動予測手法の提示</p> <p>日本の岩盤における地質情報を、文献調査に基づき統計的に整理するとともに、横置き式処分坑道周辺岩盤の長期力学挙動予測手法(コンプライアンス可変型構成方程式)を提示した。</p> <p>[達成目標]</p> <p>ニアフィールド岩盤で起こる実現象の基本的な評価モデル及びデータベースが構築され、軟岩を中心とした評価手法が整備されるレベル</p> <p>[達成レベル]</p> <p>(a)岩盤の長期力学変形挙動予測手法の高度化</p> <p>地上からの調査により得られた具体的な地質環境の特徴を踏まえ詳細化した横置き式処分坑道周辺岩盤の長期力学挙動予測手法を提示した。</p> <p>設計への反映</p> <p>岩盤の長期力学挙動の観点から、地上からの調査段階で得られた知見をもとに、処分場設計時に考慮すべき事項を抽出した。</p>	<p>(a)岩盤の長期力学挙動(幌延地下研究施設周辺岩盤を対象)予測手法の高度化 [JAEA]</p> <p>幌延深地層研究施設計画の地上からの調査段階において、岩盤の長期力学挙動予測に必要な実データ(強度特性、変形特性、コンプライアンス可変型構成方程式の定数n, m)の取得および解析用物性値の設定例を提示した。</p> <p>コンプライアンス可変型構成方程式を用い、初期地圧の異質性を考慮した、横置き式処分坑道周辺岩盤の長期力学挙動予測手法を提示した。</p> <p>岩盤の長期力学挙動予測の妥当性を検証するためのナチュラルアナログ的概念を提示するとともに、超長期を対象としたときには地圧現象がナチュラルアナログ的手法として有望であることを示した。また、限られたデータからではあるが、コンプライアンス可変型構成方程式を用いて得られた予測結果について地圧現象と整合性がとれていることを確認した。</p> <p>設計への反映 [JAEA]</p> <p>地上からの調査段階を通じ岩盤の長期力学挙動の観点から設計時に考慮すべき事項として、以下に抽出した。</p> <ul style="list-style-type: none"> 軟弱な堆積岩では、無支保で長期的な健全性は望めない場合が多く、工学的対策や空洞の閉塞を前提とした設計が必要である。 地下深部の堆積岩においては、岩盤に作用する内圧と岩盤の自己修復特性により、長期的に掘削により損傷を受けた領域の強度や透水性が回復に向かう可能性がある。地質条件によっては内圧により岩盤に引張破壊が生じる可能性がある。 一部の多孔質の堆積岩では、含有水分の変化(乾湿繰返)により、著しい強度低下を引き起こす可能性があるため、地下施設建設時の切羽や支保工の安定性を検討する際に考慮して設計する必要がある。 廃棄体からの熱の影響は、地質条件によっては、岩盤の長期力学挙動を促進する場合もあるため、設計に際しては、その影響度や重要度について確認しておく必要がある。 	<p>(a)岩盤の長期力学変形挙動予測手法の高度化</p> <p>幌延深地層研究施設計画の中間深度までの坑道掘削時の調査研究段階を対象とし、地下施設周辺岩盤の時間依存性挙動に対する予測モデルの再現性を検証し、高度化した岩盤の長期力学挙動評価手法を提示する。</p> <p>設計への反映</p> <p>幌延の地質環境を対象として、ニアフィールドの安全性に影響を及ぼす可能性のある岩盤の力学現象に関する評価手法を整備し、その重要度を評価する。また、幌延URL中間深度までの掘削・調査を通じ、閉鎖までの短期間及び閉鎖後の長期間の両方に着目して岩盤の長期力学挙動の観点から設計上の留意点を抽出する。</p>	<p>(a)岩盤の長期力学挙動予測手法の高度化 [JAEA]</p> <p>数万年といった長期挙動に対して信頼性の高い予測を行うためには、評価モデルについて、原位置の空洞周辺岩盤の挙動や天然類似現象に見られる長期挙動の再現性に着目した検証を進め、高度化していく必要がある。フェーズ1では、具体的な地質環境における地上からの調査段階を対象とした一連の評価手法を提示するとともに、評価モデルのナチュラルアナログ的手法を用いた検証概念を提案した。フェーズ2では、坑道掘削時に得られる諸情報を用いて高度化した評価モデルの提示を目指して、幌延URLの中間深度までの坑道掘削時の調査研究段階を対象として、以下の検討を進める。</p> <p>新たに、地質環境WGと協力して、幌延深地層研究施設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およ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。</p> <p>フェーズ1で岩盤の長期挙動に大きく影響を及ぼす現象として抽出した緩衝材の膨潤、オーバーバックの腐食膨張、支保工の存在をモデル化し組み込んだ評価手法を提示する。</p>	<p>[実施主体の技術開発計画] (原環機構H17事業年度計画より抜粋)</p> <p>概要調査結果を基に処分場の概念設計やその性能評価を行うため、地上・地下施設の設計・建設、人工バリアの設計・製作および処分場の建設・操業・閉鎖に関する要素技術について、既存技術の適用性検討を基に成立性や実現性の検討を行うとともに、必要な性能評価手法を開発する。また、これらの成果を踏まえ仮想的処分場の設計演習を行い、得られた課題を概要調査に反映するなど処分場の概念設計や性能評価を行うための体系を整備・充実する。</p> <p>[規制関連機関の技術開発計画]</p> <p>特になし</p>
			<p>(b)岩盤の長期変質挙動</p> <p>(TRU処分研究)</p> <p>均質媒体近似の岩盤に対するセメント由来のアルカリブルーム影響の時間的・空間的な広がりを評価する手法を提示する。</p> <p>アルカリ骨材反応及び諸外国のアルカリ性溶液/岩石反応実験に基づく知見の整理</p> <p>既往の知見に基づく2次鉱物の整理</p> <p>岩石変質に対する硝酸塩影響の評価</p> <p>1次元の化学反応・物質移動連成モデルの構築/評価</p> <p>[JAEA]</p> <p>熱力学データベースの整備</p>	<p>(b)岩盤の長期変質挙動</p> <p>セメント由来の高pHブルームの天然バリア中における時間的・空間的な広がりを評価するため、既往の知見に基づき変質過程を例示し、この例示に基づき多孔質媒体近似の岩盤に対して、1次元の化学反応・物質移動連成モデルを構築して、鉱物学的変化、地下水組成の変化及び岩盤の物質移動特性の変化を評価した。</p> <p>[電力]</p> <p>アルカリ骨材反応及び諸外国のアルカリ性溶液/岩石反応実験に基づく知見の整理</p> <p>既往の知見に基づく2次鉱物の整理</p> <p>岩石変質に対する硝酸塩影響の評価</p> <p>1次元の化学反応・物質移動連成モデルの構築/評価</p> <p>[JAEA]</p> <p>熱力学データベースの整備</p>	<p>(b)岩盤の長期変質挙動</p> <p>具体的な地質媒体を対象とした岩盤のアルカリ影響に関する評価手法およびモデルの改良</p> <p>設計への反映</p> <p>幌延の地質環境を対象として、ニアフィールドの安全性に影響を及ぼす可能性のある岩盤の力学現象に関する評価手法を整備し、その重要度を評価する。また、幌延URL中間深度までの掘削・調査を通じ、閉鎖までの短期間及び閉鎖後の長期間の両方に着目して岩盤の長期力学挙動の観点から設計上の留意点を抽出する。</p>	<p>(b)岩盤の長期変質挙動 [JAEA/ANRE]</p> <p>地質環境によっては地下施設建設段階での支保工やグラウトの使用は避けられないことが予測されるため、支保工やグラウト材としての普通セメントの適用性について検討する必要がある。TRU研究では、その一環として、フェーズ1から岩盤のアルカリ影響に関する検討が進められている。よって、HLWでは、先行しているTRU研究の成果を反映するとともに、地下研など原位置を利用した検証を進めていく。</p> <p>岩盤のアルカリ影響について、NAGRA(グリムゼル)とのLCS(longterm Cement Stability)共研等により、室内試験、モデル化、データベース開発および原位置試験と整合性を図りつつ影響評価手法の開発を進める。</p>	
	<p>(TRU一次レポート)</p> <p>既往の研究を整理し、セメント系材料からの高pHブルームの影響として、岩石の溶出、施設近傍でのCalciteの析出、岩石表面でのC-S-Hの析出を抽出した。影響範囲としては、処分場周辺の広範囲にわたる可能性を示唆した。ただし定量的な評価は実施されていない。</p>	<p>(TRU処分研究)</p> <p>均質媒体近似の岩盤に対するセメント由来のアルカリブルーム影響の時間的・空間的な広がりを評価する手法を提示する。</p> <p>アルカリ骨材反応及び諸外国のアルカリ性溶液/岩石反応実験に基づく知見の整理</p> <p>既往の知見に基づく2次鉱物の整理</p> <p>岩石変質に対する硝酸塩影響の評価</p> <p>1次元の化学反応・物質移動連成モデルの構築/評価</p> <p>[JAEA]</p> <p>熱力学データベースの整備</p>	<p>(TRU処分研究)</p> <p>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</p> <p>設計への反映</p> <p>幌延の地質環境を対象として、ニアフィールドの安全性に影響を及ぼす可能性のある岩盤の力学現象に関する評価手法を整備し、その重要度を評価する。また、幌延URL中間深度までの掘削・調査を通じ、閉鎖までの短期間及び閉鎖後の長期間の両方に着目して岩盤の長期力学挙動の観点から設計上の留意点を抽出する。</p>	<p>(TRU処分研究)</p> <p>具体的な地質媒体を対象としたアルカリ影響の評価のための天然事例調査や試験データに基づく、岩石、地下水の類型化および包括的な変質シナリオを構築する。</p> <p>[JAEA]</p> <p>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</p> <p>岩・アルカリ反応に関する天然事例調査</p> <p>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)</p> <p>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</p> <p>アルカリ変質による岩盤の物質移行特性変化を定式化するとともに、地質媒体の不均質性(亀裂等)を考慮した評価へ適用し、妥当性を検討する。</p> <p>[JAEA]</p> <p>初期鉱物及び二次鉱物に関する熱力学データベースを整備する。</p> <p>通水実験等による岩盤の物質移行特性変化を評価し、間隙率等の関数として定式化する。</p> <p>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の実施</p> <p>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の実施</p> <p>アルカリ・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</p>			

研究開発要素		各研究開発要素の研究開発目標と課題				備考		
第2次取りまとめまでの達成レベル		フェーズ1: 第2次取りまとめ以降5年程度の成果 [平成17年度頃まで]		フェーズ2: 当面5年程度の計画 [平成24年度頃まで]				
分野	分類	細目	達成目標と達成レベル	達成目標	課題の設定, 進め方, 成果			
(B) 工学技術	(3) 長期健全性評価技術	熱-水-応力-化学連成評価技術	<p>【達成目標】 基本的な連成評価モデル及びデータベースが構築され、幅広い地質環境を考慮した評価手法が整備され、基本的な数値実験が行えるレベル</p> <p>【達成レベル】 熱-水-応力解析コードに、化学現象を組み込んだプロトタイプ・コードを構築し、化学現象と熱、水、応力との相互作用を考慮した簡易的な解析評価を実施した。また、人工バリア性能確認のためのモニタリングとして、取得すべき情報と計測項目の概要を提示した。</p>	<p>(a) 連成解析コードの開発・検証 [JAEA] 熱、水、応力、化学現象の相関関係を整理し連成モデルの作成を行うとともに、熱-水-応力連成解析コード (THAMES) に、地球化学解析コード (PHREEQC) と移流分散解析コード (Dtransu3D-EL) の連携によるプロトタイプ・コードを開発した。また、室内連成試験設備 (Couple) を用いて連成挙動に関するデータを取得するとともに、上記で構築したプロトタイプ・コードの検証解析を実施し、pH等の挙動を表現可能であることを確認した。さらに、プロトタイプ・コードを用いて、塩の蓄積 (緩衝材における海水浸潤) に関する解析やユッカマウンテンにおける坑道規模加熱試験 (国際共同研究: DECOVALEXを活用) などに對する検証解析を実施するとともに、第2次取りまとめの処分場レイアウトを用いた熱-水-化学解析を実施し、第2次取りまとめにおける緩衝材最高温度、再冠水時間や緩衝材のpHの解析結果の妥当性を提示した。</p>	<p>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、幌延などの具体的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、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 (オーバーバ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および適用性の確認を行う。</p>	<p>(a) 連成解析コードの開発・検証 [JAEA] フェーズ1では、熱-水-応力-化学連成挙動に関するプロトタイプコードを作成したが、化学現象から他の現象への連成は十分ではなく、さらなるデータの収集とモデル化が必要である。フェーズ2では、化学現象から他の現象への連成データや温度依存性に関する既存データを収集・整理するとともに、海水系および軟岩系 (コンクリート支保工の影響による) の熱-水-応力-化学連成挙動解析のためのモデルの構築、およびパラメータの設定を行う。また、工学規模試験や国際共同研究の活用による解析コードの検証を実施するとともに、幌延等の具体的地質環境における熱-水-応力-化学連成挙動解析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、結果や解析手法を提示することにより、その可能性を評価する。</p> <p>本検討において、塩濃縮に関する熱-水-応力-化学連成挙動に関する解析評価については、ANREとの共同研究により実施する。また、コンクリート支保の人工バリアに対する化学的影響のモデルへの取り込みのため、TRU研究の成果を適宜反映させる。</p> <p>(b) 原位置試験に向けた検討 [JAEA] 原位置における人工バリア試験に向けた検討として、原位置試験における人工バリア仕様や計測計画に反映するために、URL掘削段階で得られる地質環境データに基づいた予備解析を実施する。</p> <p>(c) 塩水環境下処分技術調査 [ANRE] フェーズ1では、典型的な熱-水-化学連成現象のひとつとして、発熱したオーバーバック表面での塩析出現象に関して知見の拡充と整理を進めるとともに、熱-水-化学連成解析の適用はなかった。また、オーバーバック表面100 以上の高温化のバリア材への影響については、オーバーバック、緩衝材、個々について基盤情報整備がなされる予定であるが、両者が複合した状態での評価も重要である。そこで、フェーズ2では、熱-水-化学連成実験により引き続き塩濃縮現象に関する知見を拡充し、さらに、最新の熱-水-化学連成解析モデルを適用することにより、埋設から数百年程度までの人工バリアシステムの挙動の把握、および、核種移行評価への影響について基盤情報を提供する。(フェーズ1は'緩衝材の長期変質挙動'に記載)</p>	<p>【実施主体の技術開発計画】 (原環機構H17事業年度計画より抜粋) 概要調査結果を基に処分場の概念設計やその性能評価を行うため、地上・地下施設の設計・建設、人工バリアの設計・製作および処分場の建設・操業・閉鎖に関する要素技術について、既存技術の適用性検討を基に成り立ちや実現性の検討を行うとともに、必要な性能評価手法を開発する。また、これらの成果を踏まえ仮想的処分場の設計演習を行い、得られた課題を概要調査に反映するなど処分場の概念設計や性能評価を行うための体系を整備・充実する。</p> <p>【規制関連機関の技術開発計画】 特になし</p> <p>・塩濃縮に関するシミュレーション研究 ANREでは、オーバーバックと緩衝材を複合模擬した系で塩析出試験を実施しており実験データに基づく現象の理解と解析の評価に取り組んでいる。JAEAにおいては、解析コードの構築・信頼性向上のため実験データに基づく検証が必要である。そこで、JAEAとANREが連携することにより、ANREで取得する実験データに基づき、JAEAで開発した解析コードによる解析評価を行い、現象を理解するとともに解析コードの信頼性向上を図る。また、塩濃縮環境でのオーバーバック挙動についても必要に応じて共同研究の枠内で評価・検討を実施する。 ・ANRE/JAEA: 再冠水挙動の実証 原位置における人工バリア試験に向けた検討に際しては、JAEAが幌延深地層研究計画の第3段階で実施する人工バリア試験の検討とANREが実施する国民の最終処分場の概念や安全性の理解促進のための地層処分実規模設備整備事業における研究との連携を図る。</p>	
		ガス移行挙動	<p>降水系地下水条件下における緩衝材の透気特性データの取得により、有効粘土密度とガス有効浸透率などの関係を整理した。また、Darcy二相流モデルを基礎とした二相流解析コード (TOUGH2) により、概略的にガス発生の影響を評価し、オーバーバックの腐食が発生するガスが処分システムに影響を及ぼす可能性は極めて小さいと判断した。</p>	<p>【達成目標】 実規模人工バリアシステムの原位置試験による解析コードの適用性の確認、海水系データの拡充と可視化技術の適用等による基本的な評価モデル及びデータベースが構築され、幅広い地質環境を考慮した評価手法が整備されるレベル</p> <p>【達成レベル】 改良型TOUGH2やGAMBITモデルなどを用いた試験結果のシミュレーションにより、それらモデルの適用性を確認し、基本的な評価モデルとして提示した。また、改良型TOUGH2モデルを用いた評価を行い、第2次取りまとめ同様処分システムに影響を及ぼす可能性は小さいことを示した。さらに、海水系地下水条件の一部データの取得を行い、緩衝材中のガス移行挙動に対する塩濃度の影響はそれほど顕著ではないことを示唆した。</p>	<p>(b) 熱-水-応力-化学連成現象確認のための計測技術に関する検討 [JAEA] 国際機関や欧米各国における情報や国内の関連情報に基づき、処分場閉鎖前における人工バリアの性能確認に関する基本的な考え方を整理するとともに、熱-水-応力-化学連成現象確認のための計測項目・技術に関する情報を整理した。</p> <p>【ANRE (RWMC)】 ・人工バリアの性能確認モニタリング技術に係る調査の一環として、適用性のあるセンサー技術について国内外調査を実施した。 ・温度及び圧力に関して、既存のセンサー技術と比較しつつ、既に土木分野で実用域にあり、人工バリアにおける多点同時計測に有望な光ファイバ技術を利用した計測システムの有効性確認試験を行った。数百時間の連続計測において、汎用の熱電対および土圧計と同等の計測性能を持つ。その結果をもとに今後の室内実規模レベルでの検証試験計画の立案を行った。</p>	<p>幌延における原位置試験に適用する熱-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。</p>	<p>(d) 熱-水-応力-化学連成現象の計測技術に関する検討 [JAEA] フェーズ1では、熱-水-応力-化学連成現象の計測技術について、考え方や計測計画に関する情報の整理にとどまっていたが、原位置試験等に対して適用性のある計測技術に関する検討は十分ではない。フェーズ2では、幌延などの原位置試験への適用を念頭において、室内試験や工学規模試験などによる計測技術の適用性・長期耐久性などの実験的検討を行い、原位置試験での計測計画作成を目指す。</p> <p>【ANRE】 熱-水-応力-化学連成現象を計測するセンサ技術 (例えば同時多点計測可能な光ファイバセンサ技術) について、幌延の原位置試験に向けた連成パラメータの計測システムの室内実規模レベルでの検証試験を実施するとともに開発課題を抽出する。</p>	<p>【共同研究】 JAEA/ANRE: 人工バリア試験に向けたモニタリング技術高度化研究 幌延で行う人工バリア試験においては、地下に模擬人工バリアを設置して、人工バリア設置初期の熱、水理、応力、化学に関わる挙動を把握する。そのためには、事前に試験に適用可能な計測技術を開発し、人工バリア設置環境を模擬した環境での計測技術の適用性を把握する必要がある。したがって、ANREの光ファイバ・センサを中心とした計測技術開発の成果と連携をはかり、人工バリア設置環境での適用性を確認するとともに、原位置試験で考慮すべき事項、確認すべき項目などを整理する。</p>
		ガス移行挙動	<p>降水系地下水条件下における緩衝材の透気特性データの取得により、有効粘土密度とガス有効浸透率などの関係を整理した。また、Darcy二相流モデルを基礎とした二相流解析コード (TOUGH2) により、概略的にガス発生の影響を評価し、オーバーバックの腐食が発生するガスが処分システムに影響を及ぼす可能性は極めて小さいと判断した。</p>	<p>【達成目標】 実規模人工バリアシステムの原位置試験による解析コードの適用性の確認、海水系データの拡充と可視化技術の適用等による基本的な評価モデル及びデータベースが構築され、幅広い地質環境を考慮した評価手法が整備されるレベル</p> <p>【達成レベル】 改良型TOUGH2やGAMBITモデルなどを用いた試験結果のシミュレーションにより、それらモデルの適用性を確認し、基本的な評価モデルとして提示した。また、改良型TOUGH2モデルを用いた評価を行い、第2次取りまとめ同様処分システムに影響を及ぼす可能性は小さいことを示した。さらに、海水系地下水条件の一部データの取得を行い、緩衝材中のガス移行挙動に対する塩濃度の影響はそれほど顕著ではないことを示唆した。</p>	<p>(a) 透気特性データの整備及び現象理解 [JAEA] ・実際の地質環境条件下での緩衝材の透気特性データを充足するという観点から、海水系地下水条件下 (人工海水や幌延地下水を使用) におけるデータの拡充を実施した。その結果、緩衝材中のガス移行挙動に対する塩濃度の影響はそれほど顕著ではないことを推測した。 ・緩衝材中のガス移行挙動メカニズムのより詳細な理解という観点から、X線CTを用いた可視化試験を行い、相対的なCT値の変化から緩衝材中におけるガスの移行過程を観察可能であり、緩衝材中のガスの移行挙動は試料全体を一様に移行するのではなく、選択的な移行経路の形成による挙動であると推測した。</p> <p>(b) ガス移行評価手法の開発 [JAEA] 応力による透過性の変化を考慮した評価手法として、改良型TOUGH2および国際共同研究において開発を進めてきたGAMBIT-GWS (ガス移行-応力連成) モデルを選定し、それぞれのモデルについて実験結果との比較検討を行い、その適用可能性を確認した。また、改良型TOUGH2を用いて、ガス発生による影響を解析した結果、第2次取りまとめと同様、影響が無いことを把握した。</p>	<p>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する。また、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ならびに改良を行い、代表的な力学連成ガス移行モデルの一つとして提示する。</p>	<p>(a) ガス移行挙動については、ガスの蓄積圧やガスの移動に伴い、長期力学的安定性や核種移行に影響を及ぼすことが考えられることから、処分場の設計において設定される人工バリアシステムの長期健全性を示すためにも、その影響を定量的に評価することが重要となる。そこで、フェーズ1までは緩衝材の降水及び海水地下水条件を対象とした基礎的なデータ拡充やCTを用いた現象理解、さらには改良型TOUGH2やGAMBIT-GWSモデルの適用性などに関する検討を行った。しかしながら、海水系地下水条件下でのデータや岩盤の透気特性データが不十分であり、解析上のパラメータを任意に設定していることやモデル自体の課題等もあり、長期健全性評価の信頼性の向上を図るためには、これらの課題に対応した研究の継続が必要である。具体的な実施項目は以下のとおり。</p> <p>(a) 透気特性データの整備及び現象理解 [JAEA] ・フェーズ1において取得した海水系地下水条件下におけるデータは、試験数が少なく (海水系における評価の妥当性を確認するには至っていない) ため、これまで緩衝材を中心とした試験を行ってきたことから解析評価に用いる岩盤の透気特性データが不十分である。そのため、フェーズ2では、海水条件下での緩衝材の透気特性データの取得を継続するとともに、幌延の具体的地質環境条件での評価手法の適用性確認の観点からも、幌延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を整備する。また、これらの試験を通して評価上必要となるパラメータの整備を行う。 ・X線CTを用いた可視化研究については、フェーズ1においてその適用性を確認できたが、一断面での結果であることから、三次元的な連続性の把握には至っていない。そこで、フェーズ2では複数断面のCTスキャンを行い、三次元的な連続性などに関する検討を行い、緩衝材中のガス移行現象の把握に反映する。</p>	<p>【実施主体の技術開発計画】 (原環機構H17事業年度計画より抜粋) 概要調査結果を基に処分場の概念設計やその性能評価を行うため、地上・地下施設の設計・建設、人工バリアの設計・製作および処分場の建設・操業・閉鎖に関する要素技術について、既存技術の適用性検討を基に成り立ちや実現性の検討を行うとともに、必要な性能評価手法を開発する。また、これらの成果を踏まえ仮想的処分場の設計演習を行い、得られた課題を概要調査に反映するなど処分場の概念設計や性能評価を行うための体系を整備・充実する。</p> <p>【規制関連機関の技術開発計画】 特になし</p> <p>【情報交換】 JAEA/ANRE: 透気特性データの整備 HLW及びTRU共通の課題として、ガス移行評価上必要となる岩盤、コンクリート、緩衝材等に関する透気特性データを相互の役割分担において整備する。JAEAは幌延コアや緩衝材を用いて、ANREは緩衝材、コンクリート、岩盤それぞれの界面特性等の把握の観点から、それぞれデータの整備を進める。 ・JAEA/ANRE: 原位置試験計画立案に関する情報交換 スイス グリムゼルテストサイトにおけるガス移行原位置試験、二相流モデルの適用性検討・評価などが、ANREにおいて実施されていることから、幌延におけるガス移行原位置試験計画の立案等に関して、ANREとの連携が必要である。</p>
						<p>【情報交換】 JAEA/ANRE: 各種モデルの適用性に関する情報交換 GAMBITモデル、GETFLOWS、CODE-BRIGHT、TOUGH2、改良型TOUGH2等の各種モデルの適用性について必要に応じて情報交換を行い、相互の役割分担のもとに各モデルの特徴や取り扱い上の留意点などを整理する。</p>		

	HLW	TRU
(1) 透気特性データの整備		
1) 岩盤	○	○
2) コンクリート	○	○
3) 緩衝材	○	○
(2) 異方性に係るデータの取得		
(3) モデル開発		

研究開発要素			各研究開発要素の研究開発目標と課題				備考
分野	分類	細目	フェーズ1:第2次取りまとめ以降5年程度の成果[平成17年度頃まで]		フェーズ2:当面5年程度の計画[平成24年度頃まで]		
			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)工学技術	(3)長期健全性評価技術	ガス移行挙動	(TRU1次レポート) 均質多孔質媒体を仮定した二相流モデルによるガス移行を計算,排水量を評価。	(TRU処分研究) 非放射性ガスを対象としたガス移行挙動解析によるガス移行挙動の評価 ガス状放射性核種を対象としたガス移行評価解析によるガス移行挙動の評価	(TRU処分研究) 粘土系材料や亀裂性岩盤を対象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	(TRU処分研究) 地質環境や施設条件等の多様な条件下における評価手法の適用性拡大を目指し,各種材料のガス移行特性(透気特性,透水特性等)に関する基礎的データを拡充 EBS材料の配合,形状(層構成,界面の有無),施工方法等をパラメータとした室内試験,モックアップ試験等の実施によるガス移行特性関連データの拡充 処分施設の応力条件を考慮した各バリア材料に対するガス移行特性データの取得 実スケールへの対応(形状,寸法,材料配合,施工方法等)の観点からのガス移行入力値の設定方法の評価 種々のモデル化手法・解析コードについての再評価の実施,及びコードの改良による精度と信頼性の向上 粘土系材料におけるガス移行モデルの高度化(粘土系媒体中のガス移行と応力を連成させたモデルの開発) 亀裂性母岩におけるガス移行モデルの開発及びモデルの構築 力学連成,ガス移行に伴う変形,破壊,自己修復挙動等を考慮可能なモデル化手法,解析コードの改良・開発 多様な条件下に対応したガス移行挙動評価のための統合解析ツールの開発	
		人工バリアせん断応答挙動	スウェーデンの人工バリア概念に対する解析結果を参考に,第2次取りまとめ仕様の人工バリアに断層ずれが生じた場合にオーバーバックが損傷を受けないことを,相似計算により評価	【達成目標】 最新の知見を活用した,各天然現象の影響の可能性を合理的にカバーするシナリオの構築とそれに対する評価技術の整備が行われ,(特に,実際の地質環境や処分システムへの適用に向けて)課題の抽出が行われるレベル 【達成レベル】 断層ずれの影響を人工バリアの模型を用いた実験を行って実測データを取得,解析手法の構築として,2つの構成モデルについてその適用性を比較,選定した。	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】 フェーズ1では,せん断速度1ケースについて模型実験を行い,断層ずれの影響の実測データを取得した。断層ずれのせん断速度は,緩衝材に発生する応力に影響を及ぼすことを考慮し,フェーズ2では断層ずれのせん断速度の影響を考慮した評価手法の構築を目的として,せん断速度をパラメータとした模型実験データを取得する。 フェーズ1では,修正Cam-clayモデルを用いた解析により,模型実験の結果を概略的に把握することを確認した。フェーズ2では,断層ずれのせん断速度影響を考慮するため,せん断速度の異なる模型実験に対して修正Cam-clayモデルによるシミュレーション解析を実施し,その適用性確認およびパラメータ設定の考え方についての知見をまとめる。	【実施主体の技術開発計画】(原環機構H17事業年度計画より抜粋) 概要調査結果を基に処分場の概念設計やその性能評価を行うため,地上・地下施設の設計・建設,人工バリアの設計・製作および処分場の建設・操業・閉鎖に関する要素技術について,既存技術の適用性検討を基に成立性や実現性の検討を行うとともに,必要な性能評価手法を開発する。また,これらの成果を踏まえ仮想の処分場の設計演習を行い,得られた課題を概要調査に反映するなど処分場の概念設計や性能評価を行うための体系を整備・充実する。 【規制関連機関の技術開発計画】 特になし 【他分野との連携】 地質環境の長期安定性のうち「地震・断層活動」と連携し,断層ずれの変位や変位速度の幅に関する情報を取得する。

別添資料2(3) 研究開発全体マップ詳細版【性能評価技術】(平成20年度版)

研究開発要素			各研究開発要素の研究開発目標と課題				備考
分野	分類	細目	フェーズ1:第2次取りまとめ以降5年程度の成果[平成17年度頃まで]		フェーズ2:当面5年程度の計画[平成24年度頃まで]		
			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	シナリオ解析技術	<p>【達成目標】 実際の地質環境及び処分システムへの適用に向けた、シナリオ解析の基本的な技術とFEP情報が整備され、(特に、実際の地質環境への適用に向けての)課題が抽出されるレベル。 透明性などを向上させるためのシナリオ解析手法の構築 国内外の最新知見の収集とFEPに関する情報の整備 最新の知見を活用した、各天然現象の影響の可能性を合理的にカバーするシナリオの構築とそれに対する評価技術の整備が行われ、(特に、実際の地質環境や処分システムへの適用に向けての)課題の抽出が行われるレベル。</p> <p>【達成レベル】 基本シナリオのシナリオ構築技術について、FEP情報の処理プロセスの効率等の向上のための技術を開発。</p>	<p>FEP情報の処理手法の構築【JAEA】 追跡性、透明性などを向上させるためのシナリオ解析手法の構築に関して、以下の検討を行った。 ・煩雑で時間のかかるFEPの相関関係の処理について、その効率化を図るとともに、透明性、追跡性、合理性及びわかりやすさを向上させるための基本的な手法として、FEPの相関関係のマトリクス形式での整理と階層化を導入したFEP情報の処理手法を構築。 ・この手法を用いた計算機支援ツールのプロトタイプを構築。 ・実際の適用に向けての課題として、FEPの設定に見直しや階層構造の最適化による上記手法の効果の向上、およびシナリオ構築、影響解析への展開を抽出。</p> <p>天然現象を発端とする変動・接近シナリオの構築・評価手法の構築【JAEA】 天然現象を発端とする変動・接近シナリオについてより現実的な評価を行うための手法の構築に関して、以下の検討を行った。 ・天然現象に係わる場の特徴(発生様式、影響様式、地域性など)に関する知見を、シナリオの構築および影響評価に効果的に取り込むための基本的な手法として、系統的な作業手順を整備するとともに、天然現象を発端とした地質環境条件の変化に関する知見を熱、水理、力学、化学の分類で収集・整理する手法(THMC情報シート)、および地質環境条件の変化が処分環境・システム性能に与える影響の伝播をマトリクス形式で整理する手法を構築した。 ・実際の適用に向けての課題として、THMCの形式で整理される地質環境条件の変化を接点として、本手法と上記課題で構築するシナリオ解析手法と統合することを抽出。</p>	<p>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。</p>	<p>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。フェーズ2の延長に伴う各細目の追加的な成果に対し開発した手法を適用して信頼性を拡充。 ・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、安全評価が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、およ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および技術を整備する。 ・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。そのうえで、FEP情報の整備から安全評価で考慮するシナリオの構築およ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、性能評価技術分野内の「モデル化技術」と「データベース開発」の細目、地質環境調査評価技術分野の細目(地質環境特性調査など)および工学技術分野の細目(長期挙動理解など)との連携により成果の共有を図る。</p> <p>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、天然現象に関する場の特徴についての知見を、シナリオの構築およ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な手法を構築し、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、他の事象への適用およ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す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2の延長に伴う各細目の追加的な成果に対し開発した手法を適用して信頼性を拡充。 ・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、上記の「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、天然現象に関す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、および影響解析結果(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、天然現象に関する場の特徴の把握および影響評価の条件設定等については、地質環境調査評価技術分野の細目(地質環境の長期安定性調査評価技術など)、性能評価分野内の「モデル化技術」と「データベース開発」の細目との連携を図り、それらの成果を取込んでいく。</p>	<p>【実施主体の計画】(A) 概要調査結果を基に処分場の概念設計やその性能評価を行うため、(中略)、必要な性能評価手法を開発する。 ・(処分場概念開発の観点から)様々なサイトの特徴を考慮した処分概念、設計オプションとのリンクがとれる性能評価技術の整備が重要。 ・(地質環境条件の不確実性が大きい当面の段階においては)ニアフィールド挙動の把握に重点を置く</p> <p>【規制研究機関の計画】(B) 安全評価全体に係る考え方:「安全設計の基本的要件及び安全評価の基本的考え方の整理」 安全評価の手法:「被ばく線量等の評価のためのシナリオ設定手法の整備」、「廃棄体からの核種溶出挙動評価手法の整備」、「人工バリア核種移行挙動評価手法の整備」、及び、「天然バリア核種移行評価手法の整備」 その他安全評価上考慮すべきもの:「生物圏評価手法の整備」、「不確実性を考慮した安全評価手法の整備」、「稀頻度事象の評価手法の整備」、及び、「代替的指標の導出方法」</p> <p>【連携】 シナリオに関する説明技術の開発【ANRE/JAEA】 安全評価においては、重要なシナリオが抜け落ちなく適切に選択されていることをわかりやすく説明する必要がある。ANRE事業「先進的処分概念・性能評価技術高度化開発」において、安全機能や評価上の保守的な取り扱いに関する理解促進のための技術開発を進めている(「総合的な性能評価技術」の細目参照)。</p>
		不確実性評価技術	<p>決定論的なアプローチを基本とし、幅広い地質環境を対象としたシステムの多様性、およびデータ、モデル、シナリオの不確実性についての個別の影響評価と、それらの組み合わせによる評価を実施。</p>	<p>【達成目標】 シナリオ、モデル、パラメータの不確実性の取り扱いについての基本的な考え方や評価技術が整備され、(実際の地質環境や処分システムへの適用に向けての)課題の抽出が行われるレベル。</p> <p>【達成レベル】 データおよびモデルについての不確実性評価の基盤となる個別要素技術(パラメータの分布設定技術、パラメータの不確実性の影響評価技術、代替モデル)を開発・整備。また、それら技術の適用における課題や留意点を抽出した。 シナリオの不確実性については、「シナリオ解析技術」において検討</p>	<p>パラメータの分布設定技術の開発・整備【JAEA】 パラメータの不確実性およびその影響を評価するためにはデータのばらつきや現象理解の程度に関する情報に基づき、その不確実性を定量化(分布設定)することが必要である。分布設定技術に関して、以下の検討を行った。 ・特定の場所を対象とした調査研究の初期の段階においては、不確実性を定量化するための情報が十分に存在しない状況が考えられる。そのような状況下で分布を設定する手法のひとつである誘出法の適用を検討した。具体的には、概延の環境条件下での分配係数の設定に適用することを例として取り上げ、分布設定の具体的な手順や作業内容を整理するとともに、作業上の留意点として環境条件などの基盤情報が過度に偏らないようにすることの重要性を明らかにした。</p> <p>パラメータの不確実性の影響評価技術の開発・整備【JAEA】 パラメータの不確実性が評価結果に与える影響を定量的に示すことは、評価の信頼性を向上させる上で重要な課題である。また、影響の大きな不確実性を分析し抽出することは、不確実性の定量化に関わる研究開発の優先度を検討する上で重要な情報となる。影響評価技術に関して、以下の検討を行った。 ・複数のパラメータの不確実性の影響を網羅的かつ効率的に解析することが可能な核種移行解析モデルを構築するとともに、第2次取りまとめで設定したパラメータの不確実性を考慮したモンテカルロシミュレーションを行い、その影響を定量的に例示した。 ・さらに、パラメータの不確実性の影響の相対的な重要度を分析、抽出するための技術として、モンテカルロシミュレーションの結果に対する重回帰分析、クラス分析、決定木分析などの統計手法の適用を検討し、それら手法の特徴等を整理するとともに、目的に応じた使い分けの必要性を提示した。</p> <p>モデルの不確実性評価のための代替モデルの開発【JAEA】 モデルの不確実性については、対象とする現象についての理解度によって、概念モデル上の仮定が複数設定される場合が考えられる。このような不確実性の評価について、以下のような例題を取り上げて検討を行った。 ・第2次取りまとめにおいて保守的に簡略化されたプロセスである掘削影響領域での核種移行について、遅延プロセスのモデル化や境界条件の取り扱いに関する仮定に基づき複数の代替的なモデルを構築し、これらのモデルの違いが評価結果に与える影響を定量的に明らかにすることにより、各モデルの特徴を整理した。</p>	<p>不確実性およ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。</p> <p>不確実性の原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は、フェーズ1では、パラメータの不確実性のみを単独でとらえて、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。フェーズ2の延長に伴う各細目の追加的な成果に対し開発した手法を適用して信頼性を拡充。 ・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、「シナリオ解析技術」、「モデル化技術」、「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、「モデル化技術」と「データベース開発」の細目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。</p> <p>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は、パラメータの不確実性およ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。フェーズ2の延長に伴う各細目の追加的な成果に対し開発した手法を適用して信頼性を拡充。 ・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モデルあるいはパラメータの形式に変換する。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「モデル化技術」と「データベース開発」の細目、地質環境調査評価技術分野や工学技術分野の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。 ・不確実性の影響の程度に関する理解を深めるために、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「モデル化技術」、「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。</p>	<p>【実施主体の計画】 前記Aに同じ</p> <p>【規制研究機関の計画】 前記Bに同じ</p>

研究開発要素			各研究開発要素の研究開発目標と課題				備考	
第2次取りまとめまでの達成レベル			フェーズ1: 第2次取りまとめ以降5年程度の成果(平成17年度頃まで)		フェーズ2: 当面5年程度の計画(平成24年度頃まで)			
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	<p>わが国の幅広い地質環境を一般化して扱い、処分システムの各サブシステムに対応する評価モデルを接続した総合的な評価体系を構築し評価を実施</p>	<p>【達成目標】 実際の地質環境及び処分システムの条件への適用に向けて、地層処分システムの総合的な性能を適切かつ合理的に評価・判断するための全体フレームの概念の検討(考慮すべき要素/その構造/評価手法/ツール)が行われ、(特に、実際の地質環境や処分システムへの適用に向けての)課題の抽出が行われるレベル</p> <p>【達成レベル】 総合的な性能の評価に関わる検討として、実際の地質環境の調査研究から物質移行解析にいたる一連の評価の作業フローおよび作業内容を具体化。また、技術的な情報やその利用形態等を体系的に管理するための技術情報統合システムを開発。</p> <p>総合的な性能評価技術を多様な側面から向上させるための検討として、スケールに応じた評価手法・ツールに関する既存の知見の整理と処分場スケールを対象としたモデルの開発、地球化学情報の統合化の観点からの地球化学モデリングの既存事例および課題の整理、安全性の理解促進のための説明技術の開発、および多重バリアの長期安定性の傍証としてのナチュラルアナログ事例の利用方策の検討を実施。</p>	<p>実際の地質環境の調査研究から物質移行解析にいたる一連の評価に関する検討【JAEA】 実際の地質環境及び処分システムの条件を対象とした総合的な性能の評価を行ううえで重要な要素のひとつとなる、実際の地質環境に対する調査研究からそれにより得られる地質環境情報を用いた物質移行解析までに行っている一連の評価について以下の検討を実施した。</p> <ul style="list-style-type: none"> 一連の評価の概念(考慮すべき要素、その構造等)および評価に必要な技術(評価手順、評価手法、ツール等)を検討した。この検討を通して、一連の評価における作業フローおよび具体的な作業内容として体系化した。 深地層の研究施設設計画からの地質環境情報を対象に、一連の評価を試行し、作業上の留意点を抽出・整理するとともに物質移行解析の結果に高い感度をもつ因子を整理した(流速、分配係数、マトリクス拡散深さの設定、および水理地質構造モデルの設定における断層の透水異方性のあるなしの設定など)。 <p>技術情報の統合技術の開発【JAEA】 総合的な安全評価を行う際には、多くの技術的な情報を参照したり、直接解析等に利用する必要があるため、これら情報の管理について以下の検討を実施した。</p> <ul style="list-style-type: none"> 種々の調査や研究開発から得られる成果などの技術的な情報の管理のあり方について検討し、情報自身に加えそれがどのように利用されるかという評価との関係も含めて管理する必要性を示した。 上記考え方に基づき、情報ソースおよびその利用形態に関わる情報を体系的に管理する技術情報統合システムを開発した。 <p>多様なスケールに応じた解析技術の開発の基本戦略の立案【ANRE(RWMC)/JAEA】 多様なスケールを対象とした統合的な核種移行解析の実施に向けて、以下の検討を実施した。</p> <ul style="list-style-type: none"> 既存の諸外国の安全評価報告書等を対象に、解析の目的、考慮しているプロセス、利用コードなどをスケールを視軸として整理した。 上記結果を踏まえ、多様なスケールに応じた評価技術に関する今後の研究開発課題を整理した。 <p>処分場スケールを対象とした解析技術の開発(性能評価技術高度化)【ANRE(RWMC)/JAEA】 多様なスケールのうち、処分場規模での広がり(例えば全体レイアウトを対象としたスケール)での核種移行解析を実施するための具体的なモデルに関して、以下の検討を実施した。</p> <ul style="list-style-type: none"> 処分場スケールで考慮すべき現象や特性を整理するとともに、それらの評価結果への影響を検討した。 上記と並行してこのスケールを扱えるモデルとして、コンパートメントモデルを候補のひとつとして選定し、多孔質媒体中での物質移行を対象とした3次元核種移行解析ツールのプロトタイプの開発を通してその有効性と適用範囲を確認した。 <p>地球化学情報の統合化の検討【ANRE(RWMC)/JAEA】 地球化学特性については平衡論に基づく数学モデルの適用が試みられているが、その適用性や役割、および核種移行評価にどのように役立て得るのかなどについて必ずしも体系的な検討は行われていない。そのため地球化学情報の統合化としての考え方の整理に向けて、まず地球化学モデリングに着目し以下の検討を実施した。</p> <ul style="list-style-type: none"> 地球化学特性の空間分布や長期的変遷、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等に関して、国内外の事例を対象に水質の統計解析手法や平衡論を中心とした解析手法の組み合わせや適用方法を整理した。 上記結果を踏まえ、地球化学モデリングに関する今後の開発課題を整理した。 <p>安全性に関する重要事項を説明するための理解促進技術の開発(性能評価技術高度化)【ANRE(RWMC)/JAEA】 安全評価に関する情報を関係者間で共有するためのコミュニケーションツールの開発について、以下の検討を実施した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ガラス固化体からの放射線の影響や減衰、ガラスの溶解や核種の溶出に関する科学的根拠や性能評価結果を説明するためのツール(動画)を可視化等の手法を用いて試作し、インタビューによりその有効性を確認した。 地層処分の安全性の論理構造をわかりやすく説明することを目的として、安全機能や保守性に着目した説明の仕方を検討した。わかりにくさの原因などを検討したうえで説明すべき事項を整理し、安全機能のひとつであるガラス固化体からの核種溶出抑制を例に、説明案を作成した。この検討を踏まえ、安全機能や保守性の有機的な組み合わせまで含めた安全評価全体の安全性の論理構造を説明するための技術開発の全体計画を策定した。 <p>多重バリア長期安定性事例調査【ANRE(RWMC)】 ナチュラルアナログ事例の多重バリアの長期安定性の傍証としての利用に関して以下の検討を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> 海外でのオウロ、シガーレイク、およびボッルス・デ・カルダス等での事例研究例を対象に、地層処分のナチュラルアナログとしての有効性およびわが国の地層処分への適用性を整理した。 人工バリアの長期性能に関する事例として、古墳等から発掘される鉄器の腐食状況に関する調査、わが国の地層の長期安定性に関する事例として、断層活動が周辺の地質環境に与える影響に関する調査を行った。 上記の調査結果をまとめ、パンフレットや科学的読み物を作成した。また、これらのパンフレットに関するアンケートを実施した。 	<p>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、パラメータの設定および核種移行解析に関する全体モデルチェーンの役割等の作業を、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。</p> <p>また、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、およびナチュラルアナログ事例の利用の具体化を図る。</p>	<p>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、地質環境情報からそれを用いた物質移行解析までに行ってい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。フェーズ2の延長による各細目の追加的な成果を反映して評価体系の充実を図る。</p> <p>第2次取りまとめでの評価体系およびフェーズ1で示した地質環境情報からそれを用いた物質移行解析までに行ってい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および地質環境調査評価技術分野や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、核種移行解析に関す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。</p> <p>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、評価の合理的な十分性を確保するために、たとえば、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により、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(たとえば、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)。</p> <p>本件は、性能評価技術分野の「モデル化技術」「データベース開発」「シナリオ解析技術」「不確実性評価技術」、および地質環境調査評価技術分野や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。</p>	<p>【実施主体の計画】 前記Aに同じ</p> <p>【規制研究機関の計画】 前記Bに同じ</p> <p>【連携(実施中)】 性能評価技術高度化研究【ANRE/JAEA】 地層処分における性能評価手法の高度化を多面的な観点から効率的に図ることを目的とし、両機関で保有している地層処分に関する技術や情報を提供しあいながら、情報の調査・整理、課題抽出・方針整理、開発業務等を分担して実施する。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。</p>
								<p>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、およ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の延長に伴う、特にニアフィールド現象に関わる各細目の追加的な成果を反映して信頼性を拡充、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。</p> <p>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、およ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。</p>

研究開発要素			第2次取りまとめまでの達成レベル		各研究開発要素の研究開発目標と課題				備考
分野	分類	細目	フェーズ1: 第2次取りまとめ以降5年程度の成果[平成17年度頃まで]		フェーズ2: 当面5年程度の計画[平成24年度頃まで]				
			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	人工バリア中の核種移行	a) 地下水化学学	<p>地下水化学学に関しては、化学平衡論に基づく地下水水質形成モデルを構築し、地質環境を特定しない地下水水質(一般的な降水系地下水と海水系地下水)を設定した。また、圧縮ベントナイトの間隙水化学学に関しては、パッチ試験に基づいた間隙水化学モデルを構築し、圧縮ベントナイト中の間隙水水質を設定した。</p>	<p>【達成目標】 地下水化学学や人工バリア間隙水化学学についてのモデルの実測データに基づく信頼性向上</p> <p>【達成レベル】 実際の地質環境における深部地下水の地表での測定値に対する信頼性評価と補正について、化学平衡論に基づく手法を例示。</p> <p>人工バリアの設計や性能評価で必要となる圧縮ベントナイト中間隙水水質について、その時空間変化を把握するための試験手法の開発およびデータ取得。</p>	<p>地表からの調査段階を対象とした地球化学データの信頼性と補正の検討 [JAEA] 地表からの調査段階では、pHやEhなどのデータは、ボーリング孔内での原位置測定または採水後の地表での測定になるが、原位置測定データは限られ、大部分のデータは採水後に地表で測定されたものになる。この場合に重要となる、データの信頼性評価や原位置の地下水水質を推定するための補正手法を検討した。</p> <p>実際の地質環境として、茂原の泥岩中海水系地下水や幌延の海水系地下水を例に、まず、地下深部で採水され地表で測定されたデータ(pHやEh)の信頼性について、深部地下水水質を支配すると考えられる地球化学的知見や地層中に認められる鉱物に関する情報との整合を検討した。その結果、地表で測定されたデータは、それらと整合していなかった。そこで、補正手法として、茂原および幌延の事例において採水に伴う水質変化の要因として考えられる溶存ガス(炭酸ガス、微量の硫化水素ガス)の遊離を考慮するとともに、地層中に認められる水質を支配すると考えられる鉱物の情報と整合するような水質を推定した。</p> <p>また、「総合的な性能評価技術」で取りまとめられた地質環境情報から物質移行解析に至る一連の評価に関わる検討の一環として、深地層の研究施設計画において地下深部で採水され地表で測定されたデータや深部地下水水質を支配すると考えられる地球化学的知見をもとに、化学平衡論に基づく地球化学モデルにより、物質移行解析の基盤として設定された深度1000m(瑞浪)および深度450m(幌延)の地下水水質を設定した。</p> <p>圧縮ベントナイト中間隙水水質の時空間変化の把握 [JAEA] 第2次取りまとめで設定された中間隙水水質は均一な単一領域における平衡状態での推定値であったが、処分後の緩衝材中では、地下水の再冠水後、溶質の拡散や化学反応の進展に伴い、中間隙水水質の時空間分布が生ずると考えられる。このような現象を把握し緩衝材埋設後の初期および長期における中間隙水水質の空間分布に関するモデル化に必要なデータを整備するため、以下の検討を実施した。</p> <p>・圧縮ベントナイト中間隙水(pH, イオン濃度)の時空間変化を測定する手法を開発し、淡水系、海水系、アルカリ環境でのデータを取得。 ・天然ベントナイト地床における中間隙水の空間分布に関するデータを取得。</p>	<p>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。</p> <p>また、中間隙水については、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、中間隙水水質形成モデルの体系化を行う。</p>	<p>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およ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、地上からの調査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、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。</p> <p>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(推定結果を地上からの調査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、およ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。</p> <p>また、立坑掘削に伴い、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、掘削前に対して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。</p> <p>本件に関しては、地質環境調査評価技術分野でのANRE/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」)、および性能評価技術分野の「総合的な性能評価技術」の細目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。</p>	<p>【実施主体の計画】 前記Aに同じ</p> <p>【規制研究機関の計画】 (C) ・時間スケールや処分環境を考慮した廃棄体人工バリア及び天然バリアの閉じこめ性能、核種移行遅延性能に関する評価モデルの整備とその適用条件・適用範囲及び不確実性の把握</p>
				b) ガラス固化体からの核種溶出	<p>溶存ケイ酸濃度が飽和に達した条件下での長期溶解速度データに基づきガラス溶解速度を求めた。固化体製造時やオーバーパック腐食生成物の応力による割れの溶解速度への影響について、10倍の表面積増加を考慮し、約7万年でのガラス固化体全量の溶解を推定した。</p>	<p>【達成目標】 幅広い地質環境や人工バリア材料等との相互作用を考慮した長期溶解速度のデータや表面積変化に関する知見を拡充し、表面変質層の生成とその効果等を考慮したガラス長期溶解評価手法が提示できるレベル。</p> <p>【達成レベル】 高アルカリ環境を考慮した長期溶解速度に関する知見の拡充、ガラス浸出試験データのデータベースのプロトタイプを構築、割れのガラス溶解への影響の評価、および天然におけるガラス変質事例の蓄積を実施。</p> <p>表面変質層の生成とその効果を考慮したガラス溶解・変質挙動、およびガラス固化体の破壊・変形挙動に関する詳細な評価手法を提示。</p> <p>地下水の放射線分解生成物がガラス溶解に対して大きな影響がないことを確認。</p>	<p>長期溶解速度のデータや表面積変化に関する知見の拡充 [JAEA] 幅広い地質環境や人工バリア材料等との相互作用を考慮した長期溶解速度のデータや表面積変化に関する知見の拡充として、以下の検討を行った。</p> <p>・高アルカリ環境等でのガラス浸出挙動に対する表面変質層の影響の把握を目的として、ガラス浸出試験を実施し、表面変質層の生成はpH条件により異なり、pH11以下のスケタイト生成条件ではガラス浸出/変質速度は遅いことがわかった。また、水の拡散をもとにした水和変質を考慮したガラス長期溶解の解析を行い、水和変質の重要性を提示した。</p> <p>・ガラスの浸出試験に関するデータを整理し活用しやすくするために、主要な文献等から約800件のデータを抽出・整理し、検索が可能なガラス溶解速度のデータベースのプロトタイプを構築した。</p> <p>・ガラス固化体の割れによる表面積の増加の影響に関する知見として、表面積の増加がガラス溶解速度に比例的には影響しないことを代替的なモデルにより示し、第2次取りまとめでの設定の妥当性を確認した。</p> <p>・ナチュラアナログとなる処分環境と整合性のある火山ガラスの変質事例調査として、地下深部のボーリングコア中の火山ガラス変質を調査した。地温70℃付近で存在していた火山ガラスは変質鉱物として斜輝チロル沸石、モンモリロナイトが観測され、40℃付近ではほとんど変質していなかった。</p> <p>ガラス固化体近傍の詳細評価技術の開発(性能評価技術高度化) [ANRE(RWMC)/JAEA] 表面変質層の生成とその効果等を考慮してガラス固化体の溶解・変質挙動をより現実的に評価するために、以下の検討を行った。</p> <p>・ガラス固化体の溶解・変質挙動をより現実的に評価するために、水和変質を評価することができるメソスケールモデル(セルラーオートマタ)並びにナノスケールモデル(量子化学法、MD法)によるシミュレーションから、ガラスの溶解と変質層形成及びそれに伴う原子レベルでの現象に関して整合的な説明ができることを確認した。さらに上記の知見を巨視的モデル(Granbowモデル等)と対応づけることにより、巨視的モデルに含まれる経験的パラメータについて、現象論的な意味、環境条件への依存性、時間的変遷傾向を理論的に考察し、既存の性能評価での取り扱いの保守性を明示した。</p> <p>・ガラス固化体の溶解に影響を与える長期挙動としてガラス固化体の破壊・変形挙動をより現実的に評価することを目的として、オーバーパックの変形挙動を岩盤、緩衝材との相互作用を考慮して3次元で解析する手法を検討し、埋設後のオーバーパックの変形挙動の一例を示した。また本評価結果を境界条件としてガラス固化体の破壊挙動を3次元で解析する手法を検討し、各時刻及び腐食量毎におけるガラスの破片サイズの分布や総表面積を評価した。</p> <p>・上記検討を踏まえ、ガラス固化体とその近傍での形状変化、長期ガラス溶解挙動について、それらの現象理解およびモデルの向上に資する実証的な試験の課題を整理した。</p> <p>バリアシステム放射線影響評価 [ANRE(IRI)] ガラス溶解に対する地下水の放射線分解生成物の影響に関して以下の検討を実施した。</p> <p>・ガラス溶解に関して、地下水の放射線分解生成物を考慮したコールド模擬試験により溶解量等に関するデータを取得した。 ・フェーズ1以前の既存知見と上記で取得したデータにより、マトリクス成分の溶解挙動及び充填元素の溶出挙動に概略大きな影響がないことを確認した。 ・以上により、本課題への取り組みを終了した。</p>	<p>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および緩衝材共存下での試験を行い以下の検討を実施する。フェーズ2の延長に伴い、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でのフェーズ3での実施可能性について検討に着手。</p> <p>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および第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。</p> <p>・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、核種溶出およ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。</p> <p>・ガラス溶解速度のデータベースについては、既存の文献情報およ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。</p> <p>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、ガラス溶解およ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およ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、フェーズ2の延長により同事業の全計画予定期間(H23年度まで)の成果を反映可能。</p> <p>・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、およ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。</p> <p>・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。</p> <p>・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、「総合的な性能評価技術」の細目の中の「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。</p>	<p>【実施主体の計画】 前記Aに同じ</p> <p>【規制研究機関の計画】 前記Cに同じ</p> <p>【連携(実施中)】 性能評価技術高度化研究 [ANRE/JAEA] 地層処分における性能評価手法の高度化を多面的な観点から効率的に図ることを目的とし、両機関で保有している地層処分に関する技術や情報を提供しあいながら、情報の調査・整理、課題抽出・方針整理、開発業務等を分担して実施する。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。</p>

研究開発要素			各研究開発要素の研究開発目標と課題				備考	
分野	分類	細目	フェーズ1: 第2次取りまとめ以降5年程度の成果[平成17年度頃まで]		フェーズ2: 当面5年程度の計画[平成24年度頃まで]			
			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	人工バリア中の核種移行 c) 緩衝材中の核種移行	核種収着・拡散 瞬時・可逆・線形を仮定した収着分配係数、拡散係数の保守的な設定に基づき評価 溶解度 溶解度制限固相として水酸化物を想定した溶解度評価を行った。共沈現象が考えられる元素については簡易的な共沈モデルにより溶解度を評価	<p>【達成目標】 圧縮ベントナイト中の収着・拡散現象解析モデルの適用性が提示できるレベル</p> <p>溶解度制限固相の変遷や共沈現象に関する基本データの整備やメカニズムの理解ができるレベル。</p> <p>【達成レベル】 収着メカニズムの理解のための溶液条件等を変化させたデータ取得とモデル化を実施するとともに、分配係数設定におけるモデルの適用性等を整理。拡散については、溶液条件に依存した拡散メカニズムの理解のためのデータ取得とモデル化を実施し、拡散に寄与する要因を整理。</p> <p>Raの炭酸系での共沈現象およびアクチノイド元素の溶解度制限固相の特性に関するデータ取得を実施し、それらを取り込んだ溶解度評価手法を例示。</p>	<p>緩衝材中での核種の収着と拡散に関するモデル開発 [JAEA] 緩衝材中での収着と拡散のメカニズムの理解のための分配係数や拡散係数の間隙水組成等の環境条件依存性に関するデータの取得、それを反映したモデル化、およびその適用性の検討について、以下の検討を実施した。</p> <p>収着については、還元条件、炭酸共存系におけるアクチノイド(Np)のベントナイトへの収着試験を行い、溶液条件の変化に伴う分配係数の変化は、溶液条件の変化による溶存化学種の変化と溶存化学種ごとの分配係数の違いの組み合わせで説明可能であることを示した。また、OECD/NEA収着プロジェクトに参画し、分配係数の設定における熱力学的収着モデル(溶液中の化学種分配、イオン交換、表面錯体モデルを用いて収着をモデル化する手法)の適用範囲や課題等の整理を行った。</p> <p>拡散については、緩衝材中の陰イオンの実効拡散係数のイオン強度依存性に関するデータ取得を行い、得られた傾向性が陰イオン排除効果により説明できることを示した。また、各種条件下における様々なイオンの緩衝材の微細空隙構造中での拡散プロセスや経路の違い等を、拡散の活性化エネルギーに基づき考察した。さらに、マイクロ観点から、分子動力学と均質化解析手法を用いた水およびイオンのベントナイト中の拡散シミュレーション手法を開発し、データ取得に基づき理解と整合することを確認した。</p> <p>溶解度制限固相の検討 [JAEA] 第2次取りまとめ時点で簡易な取り扱いをしていた共沈現象などについて、より現象に即したものとするために、以下の検討を実施した。</p> <p>第2次取りまとめ時点では、共沈現象についての知見が不足していたために、Raについて簡易な共沈モデルで溶解度設定が行われた。そのため、地層処分時間スケールを考慮してRaの炭酸系での共沈データ(Ra(Ba)-Ca-CO₂)を取得し、Ra溶解度について固溶体モデルによる評価手法を提示した。</p> <p>アクチノイド元素であるU(IV)、Np(IV)の共存下での溶解度実験結果に基づき非晶質酸化物の溶解挙動が理想固溶体モデルにより表現できることを示した。</p>	<p>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。</p> <p>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。</p>	<p>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、環境条件や緩衝材の状態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。 フェーズ2の延長により、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、</p> <p>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。</p> <p>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およ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。</p> <p>収着と拡散の複合的な挙動に関しては、パ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。</p> <p>本件で得られたデータおよびモデルは、「収着・拡散データベースの整備」の細目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。</p> <p>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に関する連携」)を活用して役割分担することにより、主として下記の「圧縮ベントナイト中の収着拡散過程の現象論的検討 [ANRE]」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。</p> <p>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。</p> <p>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-CO₂)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。</p> <p>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。</p>	<p>【実施主体の計画】 前記Aに同じ</p> <p>【規制研究機関の計画】 前記Cに同じ</p> <p>【連携】 以下の二つのテーマに関しては、ANRE調査事業「処分システム科学影響評価高度化開発」において発展的に継続中</p> <p>「収着・拡散データの取得と現象理解に関する連携 [ANRE/JAEA]」 本件では、収着と拡散に関する幅広い研究に関して適切な役割分担と連携を図る。</p> <p>「緩衝材中の核種移行」の細目に関しては、JAEAにおいては、主として分配係数や拡散係数の設定に適用可能なモデルの体系的な整備を行い、ANRE事業においては主としてモデル開発に必要な体系的なデータ取得を行うとともに、より詳細な現象モデルの開発を分担する。</p> <p>「岩盤中の核種移行」の細目に関しては、JAEAにおいては、主として分配係数や拡散係数の設定に適用可能なモデルの体系的な整備を行い、ANRE事業においては主としてモデル開発に必要な体系的なデータ取得を行うとともに、より詳細な現象モデルの開発を分担する。</p> <p>「収着・拡散データベースの整備」の細目に関しては、JAEAは、主として収着データベースの分配係数および拡散データベースの拡散係数の設定への適用性の観点からデータベース整備方針を示し、ANRE事業においては主として体系的なデータ取得を行う。また、ANRE事業において収着・拡散試験の実施による試験手法の検討を進め、JAEAの有する知見等と併せ、共同で試験手法の体系化を行う。</p> <p>放射線影響の性能評価上の取り扱いに関する連携 [ANRE/JAEA] 放射線影響に関して、試験・解析的検討の成果と性能評価上の取り扱いとを整合させることが必要であり、ANRE事業では放射線分解挙動試験と放射線分解を考慮した核種移行化学環境解析、JAEAでは放射線による環境変化を考慮した性能評価手法の検討を主な分担として連携を進める。</p>
				<p>緩衝材長期変質挙動(Mg変質)の核種移行への影響の把握(塩水環境下処分技術調査) [ANRE(IRI)] 工学技術分野の「緩衝材の長期変質挙動」の細目において可能性が示唆された緩衝材のMg変質の収着分配係数への影響について以下の検討を実施した。</p> <p>Mg変質させた緩衝材に対するCsの収着分配係数を実験的に調べた。その結果、Mg変質による分配係数の低下が確認された。</p> <p>ただし、高温塩水による長期Mg変質は軽微と考えられることから、Mg変質の核種移行への影響は小さいと判断した。本課題への取り組みをほぼ終了した。</p>	<p>圧縮ベントナイト中の収着拡散過程の現象論的検討 [ANRE] 核種移行に及ぼす緩衝材長期変質影響について、フェーズ1での塩水環境下でのMg蓄積変質の影響に加えて、フェーズ2ではMg蓄積変質以外の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、試験条件による収着拡散過程の違いや試験手法による収着拡散データの違いに関する知見を整備する。フェーズ2の延長に伴い試験条件の拡張などによってより包括的な成果を提供。</p> <p>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、工学技術分野の「緩衝材の長期変質挙動」の細目と連携しつつ進める。</p> <p>同一の手法での異なる試験条件による圧縮ベントナイト中での収着拡散挙動の違いを、試験結果と現象モデルを用いた解析との比較などを行うことにより、現象論的に検討する。また、複数の試験手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。</p> <p>上記の現象理解に係わる成果は、「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]」での検討に反映する。</p>	<p>バリアシステム放射線影響評価 [ANRE] フェーズ1での放射線化学的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。フェーズ2の延長に伴い試験条件の拡張などによってより包括的な検討を実施。</p> <p>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る現象の定量的理解。</p> <p>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。</p>		

研究開発要素			各研究開発要素の研究開発目標と課題				備考
分野	分類	細目	フェーズ1: 第2次取りまとめ以降5年程度の成果(平成17年度頃まで)		フェーズ2: 当面5年程度の計画(平成24年度頃まで)		
			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)	(2)	天然バリア中の核種移行	<p>コロイドの影響について、亀裂性媒体を対象として、核種との相互作用を瞬時・線型・可逆と仮定した簡略なモデルを用いて、核種移行に及ぼす影響を評価し、線量の増加は数倍程度との結果を得た。なお、コロイド濃度及び核種のコロイドに対する分配係数は、文献値に基づき設定。一方、有機物及び微生物の影響については、定性的な検討にとどまっている。</p> <p>微生物の特性データ、微生物活動による影響に関する基本的なモデル化手法を提示。</p>	<p>【達成目標】 幅広い地質環境を考慮したコロイドや有機物の特性データの整理、コロイド、有機物の影響評価に関する基本モデルの構築ができるレベル。</p> <p>微生物の特性データ取得、微生物活動による影響の整理及び地球化学・核種移行に与える影響評価基本モデルの構築ができるレベル。</p> <p>【達成レベル】 亀裂性媒体及び多孔質媒体を対象とし、核種との相互作用を速度論的に考慮して、コロイドの核種移行に及ぼす影響評価を行うことができるコードを開発するとともに、コロイド及び有機物の相互作用に関するデータを取得。</p> <p>微生物の特性データ、微生物活動による影響に関する基本的なモデル化手法を提示。</p>	<p>コロイド・有機物の核種移行に及ぼす影響に関するコードの開発とデータ取得【JAEA】 コロイド・有機物の相互作用特性評価と相互作用速度を考慮した影響評価モデル開発について、以下の検討を実施した。</p> <ul style="list-style-type: none"> 核種とコロイドとの相互作用が比較的遅い反応、あるいは、不可逆の場合、瞬時・可逆取着の場合に比べて核種の移行が促進される可能性がある。そこで、核種移行に及ぼすコロイドの影響を評価するコードとして、亀裂性媒体及び多孔質媒体を対象とし、核種とコロイドの相互作用反応を速度論的に取り扱うことができるCOLFRAC-MRLを開発した。このコードを用いて、コロイド共存下での核種移行挙動を調べた室内カラム実験及びスイスグリムゼル岩盤試験場における原位置実験の結果を解析しコードの妥当性を確認した。また、コロイド影響に関する感度解析を行い、コロイド濃度が高い、あるいは、流速が遅い場合、相互作用の速度が核種移行挙動に影響を及ぼす可能性があるとの知見を得た。 これまで十分なデータがそろっていないコロイド及び有機物と核種との相互作用に関して、性能評価上重要な核種についてのデータを取得した。コロイドについては、ベントナイトコロイドを対象とし、Csの分配係数及び取着速度データを取得するとともに、取着が可逆的との知見を得た。また、有機物については、フミン酸を対象とし、Th(IV)及びNp(IV)とフミン酸との錯形成の安定度定数及び反応速度データを取得するとともに、不可逆的な錯形成が存在する可能性があるとの知見を得た。これらの知見は、今後行われる核種移行へのコロイド及び有機物影響の感度解析に用いられる。 <p>微生物影響評価コードのプロトタイプの開発とデータ取得【JAEA】 深部地質環境において存在が実測され、地層処分システム性能に対して影響を与える可能性が指摘されている微生物の影響評価に関して以下の検討を実施した。</p> <ul style="list-style-type: none"> 微生物の移行挙動に対する影響については、多種の微生物を考慮し、COLFRAC-MRLコードを用いてコロイド的な移行挙動に関する解析例を提示するとともに、微生物の地球化学・核種移行への影響を評価できる微生物影響評価コード(MINT)のプロトタイプを開発を行った。 微生物の核種取着について、微生物単体の影響よりも、その集合体であるバイオフィームとしての影響が重要であることから、一部微生物を用いて花崗岩、堆積岩存在下での微生物培養実験を実施しバイオフィーム生成を確認した。 	<p>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と現象のより現実的な理解およびモデル化を継続することにより、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を図る。</p> <p>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、およ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。フェーズ2の延長により、H21年度に予定されているスイス・グリムゼル試験場における放射性核種を用いた原位置試験データを用いたモデルの検証結果を反映。</p> <ul style="list-style-type: none"> 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、特性評価方法の確立とこれらの方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・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)及びTc(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、有機物・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ては、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取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、必要に応じて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。 <p>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。ANRE調査事業「処分システム科学影響評価高度化開発」において発展的に継続、フェーズ2の延長により、調査事業の予定計画期間(H23年度まで)の全成果を反映。</p> <ul style="list-style-type: none"> 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およ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。 <p>地球化学バリア有効性検証調査【ANRE】 コロイドによる核種移行については、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。フェーズ2の期間延長により、事業で予定されている全計画期間(H23年度まで)の成果を反映。</p> <ul style="list-style-type: none"> 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)の取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取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、およ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。 	<p>【実施主体の計画】 前記Aに同じ</p> <p>【規制研究機関の計画】 前記Cに同じ</p> <p>【連携】 微生物影響に関する共同研究(ANRE/JAEA) 微生物影響評価コードの改良について、微生物が特性・プロセスに影響を与える可能性の整理、微生物特性データの取得・整備、既存微生物挙動に関する情報の整理を役割分担して進める。また、今後の課題として、実際の地質環境条件を考慮した場合の微生物の影響をFEPの相関関係の観点から体系的に検討する。ANRE調査事業「処分システム化学影響評価高度化開発」にて発展的に実施中。</p> <p>【連携(ANRE/JAEA)】 ANRE調査事業「処分システム化学影響評価高度化開発」、「地球化学バリア有効性検証調査」にて発展的に実施中。 天然バリア中での核種移行挙動に及ぼす天然コロイドの影響評価 核種とコロイドの相互作用の現象理解を進めるに当たって、天然系で得られた知見を適宜取り込む可能性を検討する。 取着分配係数に及ぼす微生物影響の評価技術の確立 アクチノイド元素などを中心とした安全評価上重要な核種の取着分配係数(Kd値)変化に及ぼす微生物影響について、地下環境から分離した微生物を用いた実験などを含めた微生物影響の評価技術の高度化と確立に関して、連携を進める。</p>

研究開発要素			各研究開発要素の研究開発目標と課題				備考
分野	分類	細目	フェーズ1: 第2次取りまとめ以降5年程度の成果[平成17年度頃まで]		フェーズ2: 当面5年程度の計画[平成24年度頃まで]		
			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)	2)	生物圏での核種移行/被ばく	<p>将来においても現在と同様の生活様式が継続すると仮定し、わが国の幅広い地表環境を考慮して移行/被ばく影響を概略的に取り扱う評価モデルを構築し、種々の移行経路を想定して評価</p> <p>【達成目標】 実際の地表環境への適用に向けた、核種移行経路・プロセスや被ばく経路・プロセスについての基本的な考え方や評価技術が整備され、(特に、実際の地表環境への適用に向けての)課題が抽出されるレベル地表環境や長期的な環境変化などの特徴への対応に向けての生物圏評価モデルの改良・開発 わが国の地表環境の特徴に関する情報の取得・収集とデータベースの整備</p> <p>【達成レベル】 地表環境の特徴のモデルへの取り込みに関して、GBI(地図と生物圏のインターフェイス)の設定の基本的な考え方や評価手法の検討、核種移行/被ばくのモデルの拡充、第2次取りまとめで用いた生物圏評価データベース(ジェネリックな評価用データベース)の更新。 わが国の風土と生活様式を反映した移行パラメータの整備として、水田や畑地における農作物への移行係数と土壌・土壌溶液間の分配係数を収集し、得られたデータの整備・解析のためのデータベース化やマッピングシステム化を行い、また水田環境下においては特定核種に対する移行予測モデルを構築。</p>	<p>モデル化技術およびパラメータ設定手法に関する検討【JAEA】 実際の地表環境への適用に向けての、地表近傍での地下水や物質の移行の特徴のモデルへの取り込みに関する基本的な考え方や評価手法、およびパラメータ設定に関する基本的な手法について、以下の検討を実施した。 ・モデル化については、第2次取りまとめでは考慮しなかった地表近傍の帯水層での希釈による分散、吸着による遅延の効果を含めた実際の地表近傍での地下水や物質の移行についての特徴を、理解の程度に応じてGBIの設定や核種移行/被ばくのモデルに取り込めるようにしておくことが課題となる。GBIの設定については、地表環境の特徴に応じて候補の抽出および絞り込みをしていくための考え方・手法を検討し、わが国の幅広いジェネリックな環境条件を対象とした基本的なGBI設定フローを作成するとともに、仮想的な環境条件に対するGBI設定の試行を通じて地下水流動を含む水の循環の情報の重要性を確認した。核種移行/被ばくのモデルについては、第2次取りまとめで用いた沿岸海域モデルの詳細化や第2次取りまとめでは検討しなかった下部土壌への核種の直接流入を考慮したモデルの構築等、多様なモデルを構築・整備した。 ・パラメータ設定については、ひとつのモデルに含まれる生物圏評価パラメータの数が100を超え、それらパラメータの設定に必要なデータベースも含めると膨大な情報量を取り扱う必要があることから、適切にパラメータを設定するための基本的な手法を整備しておくとともに、効率的に作業を進めるために重要なパラメータを絞り込むことが重要となる。そこで、感度解析により評価上の重要度を定量的に把握するとともに、重要度が高いものについては、IAEAの国際共同プロジェクトBIOMASSで検討された手法を参考に、情報のソースの信頼性などを整理した。これにより、効率的に重要なパラメータを抽出するための技術を整備するとともに、データベースの更新において優先的に検討を行うべき情報を抽出することができた。また、第2次取りまとめで用いた生物圏評価データベース(ジェネリックな評価用データベース)について、国内の法令が改正されたことに基づき内部および外部被ばくの線量換算係数の更新を行った。</p>	<p>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。</p>	<p>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】 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。フェーズ2の延長により、開発するモデル化技術「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等等を行い、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、典型的な類型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「放射性核種生物圏移行パラメータ調査【ANRE】」において取得されるデータもANRE/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。</p>	<p>【実施主体の計画】 前記Aに同じ</p> <p>【規制研究機関の計画】 前記Cに同じ</p> <p>【連携(実施中)】 生物圏評価データベースに関する検討【ANRE/JAEA】 実際の地表・地質環境の特徴に適用可能な生物圏評価の基盤技術・情報の整備に向け、生物圏評価データベースについて関係機関で行う研究開発の相互補充や成果の信頼性向上を目的とした連携を行う。まず、連携の具体的な内容と進め方を設定するために、関係機関同士の定期的な情報/意見交換を実施。</p> <p>【TRU廃棄物との関係、連携】 C-14の移行パラメータ調査に関する検討(仮称) TRU廃棄物WGとの共通課題としてANRE内における課題間で協議して効率的なデータ取得を実施するために、情報交換・共同研究などの可能性を検討中。</p>
			<p>放射性核種生物圏移行パラメータ調査【ANRE(NIRS)】 わが国の風土と生活様式を反映した移行パラメータの整備として、以下の検討を実施した。 ・処分地の立地にあたっては、我が国の広範な地域特性を考慮した安全評価が求められることから、日本の風土と日本人の生活様式の特徴および地域性を反映すると考えられる水田・畑地から農作物への移行係数(TF)を、また土壌・土壌溶液間の分配係数(Kd)を、全国地域別に取得し、地域特性に対応できるデータの整備を行った。 ・上記と連携して、全国各地域で取得されている土壌や河川水中の元素濃度および核種移行パラメータ(移行係数および分配係数)をデータベースとして整理するとともに、データの平面的分布を把握し地域特性を解析するためのマッピングシステムを開発した。 ・わが国での生物圏評価における被ばく(経路として重要な水田環境下における放射性核種の移行を汎用型モデルとして構築し、ヨウ素、セシウム、ストロンチウム等の核種の特性に応じた移行経路を設定するとともに、各核種の移行経路に沿ったモデルパラメータの整備を行った。本モデルにおいて、穂部は初穀、籾、白米の3コンパートメント、茎葉部は茎葉表面と茎葉内部の2コンパートメント、水田土壌には2成分モデルを適用し、移行が遅い成分と移行が遅い成分の2コンパートメントとした。また、水田表層水は1コンパートメントとし、湛水しているときのみ存在するとした。</p>	<p>放射性核種生物圏移行評価高度化調査【ANRE】 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。フェーズ2の延長によりフェーズ3に予定していたデータベース化の作業を実施。これにより、利用者の利便性を向上させる。 ・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(NISR)事業で構築したデータベースの拡充を図る。本件は、ANRE/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「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】」からの重要な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。 ・ウランの子孫核種であるラジウム(安全評価上の重要核種のひとつ)から生成されるラドンは放射性希ガスであり、物質間を容易に移動できることから、ラドンが土壌中を通過した後大気中へ放出されると、地上の居住環境に侵入し、それらがさらに壊変して生成される子孫核種を居住者が呼吸により体内に取り込んだ場合、内部被ばく(の主要な原因となり、その線量の寄与も大きくなる。しかし、廃棄物由来のラドンが土壌中でどのような挙動を示し生活環境にどのように関与しているのかは、まだ十分にわかっていない。本研究では、まず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、この研究を通じて、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ことができ、これらの情報はラドンによる被ばくを過度に保守的なものとしないためにも有用である。さらに、土壌には天然に存在するウランやラジウムが含まれていることから、処分場サイトのバックグラウンド成分を明確に把握し天然由来のラドンによる居住者の線量への寄与を検討できるようにするために、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。 ・放射性炭素(C-14)については、人工バリアおよび天然バリアへの吸着性が低いこと、多様な存在形態をとることから、TRU廃棄物処分での被ばく評価における支配的な核種となっている。このため、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廃棄物に係る研究機関(JAEA/RWMC)との連携「C-14の移行パラメータ調査に関する検討(仮称)」を活用して進める。</p>			

研究開発要素			各研究開発要素の研究開発目標と課題				備考
			フェーズ1: 第2次取りまとめ以降5年程度の成果(平成17年度頃まで)		フェーズ2: 当面5年程度の計画(平成24年度頃まで)		
分野	分類	細目	達成目標と達成レベル		達成目標		
(C) 性能評価技術	データベース開発	放射性元素の熱力学データベースの整備	<p>【達成目標】 幅広い地質環境を考慮した海水系環境でのデータの拡充とデータベースが提示できるレベル</p> <p>【達成レベル】 安全評価上の重要元素に対する溶解度試験を実施し個別の熱力学データを取得。また、活量係数モデルに関するデータ整備と適用性の検討を実施。今後の熱力学データベースの改定に向けて、JAEA取得データの評価を含めたデータベース更新作業方法の検討を実施。さらに、第2次取りまとめで整備した熱力学データベース(JNC-TDB)等の利用環境の整備と、ホームページを通じた公開を実施。2005年7月時点における国内外からのデータベース利用登録者は300名以上。</p>	<p>【課題の設定・進め方、成果】 熱力学データの取得と熱力学データ利用環境の整備(JAEA/JNC) データの不足などにより信頼性の向上が必要である熱力学データについて、データ取得を行った。さらに、活量係数モデルの検討、熱力学データベースの各種地球化学計算コードでの利用を可能とするデータファイルの整備と公開を行った。</p> <p>・熱力学データの取得として、第2次取りまとめ段階で、データの不足やバラツキがあり、信頼性の向上が必要であると判断された、アクチニド系のNp-OH-CO₂錯体、水和酸化固相の溶解度積および加水分解定数を取得するための実験を行い、熱力学データを導出することで、データの拡充を行った。また、アクチニド系間の水和酸化固相の溶解度積等の傾向性の確認を行った。</p> <p>・第2次取りまとめで課題とされたイオン強度の高い地下水への溶解度計算の適用性検討の一環として、高いイオン強度に対応できる活量係数モデルであるPitzerモデルによる溶解度計算を行なうために、Pitzerパラメータのデータベースを整備した。さらに、活量係数モデルの違いの溶解度計算結果への影響を確認し、海水程度のイオン強度(I=0.6)であればPitzerモデルの導入の必要性は高くないと示された。</p> <p>・熱力学データ利用環境整備として、第2次取りまとめで整備した熱力学データベース(JNC-TDB)およびOECD/NEAにより整備された熱力学データベース等を複数の地球化学計算コード用フォーマットの電子ファイルとして整備した。それらの利用促進のためにサイクル機構外部公開ホームページによる国内外への公開を開始した。</p>	<p>【達成目標】 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。さらに、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。</p>	<p>【課題の設定・進め方】 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) 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。最新の知見に基づく信頼性確保を目的とした継続的作業ため期間変更の影響は小さい。フェーズ2の延長に伴い、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。また、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。</p> <p>・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およ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ベースの検討、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。</p> <p>・上記のデータに加え、国内外のデータ(OECD/NEA熱力学データベース整備プロジェクトphasellおよびphaselll、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。</p> <p>・緩衝材中の核種移行、の細目における沈殿についての現象理解やモデル化およ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、「不確実性評価技術」の分類での成果を取り込む。</p>	<p>【実施主体の計画】 前記Aに同じ</p> <p>【規制研究機関の計画】 前記Cに同じ</p> <p>【TRU廃棄物との関係、連携】 TRUとの共通課題として、セメント系材料の利用による高pHブルームによる地下水・間隙水水質への影響を考慮した重要化学種等の検討については、TRU処分研究との連携が必要。</p> <p>・TRUとの併置処分に関しては、TRUとの併置に伴う高pHブルームや硝酸塩の影響は基本的に避ける配置とすることとしているが、TRU処分研究との連携の下に、より具体的な処分システムのレイアウトや評価体系の検討を行い、必要に応じてそれらの影響に関する評価を実施する。</p>
		取着・拡散データベースの整備	<p>【達成目標】 幅広い地質環境を考慮した海水系環境のデータの拡充とデータベースの提示、及び取着データ取得方法の標準化ができるレベル</p> <p>【達成レベル】 分配係数については、幅広い地質環境(岩種、地下水)を対象としつつ、海水系地下水条件や温度依存性に関する分配係数のデータ取得を実施し、第2次取りまとめ以降の文献の調査を含めたデータの拡充による取着データベース(JNC-SDB)の更新と公開を実施。この中で、試験方法の相互比較による留意点の抽出等を実施した。あわせて、取着データベース中の登録データに対する信頼性付与の考え方と判断基準の検討を実施するとともに、原子力学会標準化委員会による分配係数データ取得方法の標準化に係わる作業に情報・知見を提供。</p> <p>拡散係数については、H12取りまとめで用いたデータをデータベースシステムとして整備するとともに、第2次取りまとめ以降の拡散データの調査を開始。</p> <p>・塩水環境下における核種移行パラメータの取得(塩水環境下処分技術調査)(ANRE(IRI)) 取着拡散試験方法を改良し、代表的核種の塩水環境下における分配係数、拡散係数を取得し、取着分配係数、拡散係数の温度依存性の実測データを拡充した。</p> <p>・第2次取りまとめにおいては、性能評価の設定温度は60であったが、分配係数、拡散係数の温度依存性データが不足していた。そこで、フェーズ1では、塩水環境下の代表的核種(Cs, Se, Am)の取着分配係数、拡散係数の温度依存性の実測データを取得した。</p> <p>・透過拡散試験法、トレーサー減衰拡散法により、海水条件下でのセシウムの分配係数や拡散係数を取得し、それぞれの手法で得られた値を相互比較した。その結果、異なる手法でも得られる値はよく一致していた。また、各手法の試験手順や試験の留意点について課題(試験条件の維持方法、解析方法)を抽出した。</p>	<p>【達成目標】 取着データベースおよ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整備を継続し適切な時期に公開する。また、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。</p>	<p>【達成目標】 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)</p> <p>フェーズ1では、主として試験によるデータ取得・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。最新の知見に基づく信頼性確保を目的とした継続的作業ため期間変更の影響は小さい。フェーズ2の延長に伴い、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。</p> <p>・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、ANRE/JAEAの連携(「取着・拡散データの取得と現象理解に関する連携」)を活用して役割分担することにより、主として下記「圧縮ペントナイト中の取着拡散データの取得手法の高度化(ANRE)」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。</p> <p>・上記のデータ取得に加え、「緩衝材中の核種移行」岩盤中の核種移行、の細目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、およ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、取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。</p> <p>・「緩衝材中の核種移行」岩盤中の核種移行、の細目における取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、核種移行解析用の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、「不確実性評価技術」の分類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</p>	<p>【実施主体の計画】 前記Aに同じ</p> <p>【規制研究機関の計画】 前記Cに同じ</p> <p>【連携】 取着・拡散データの取得と現象理解に関する連携(ANRE/JAEA) 本件は、ANRE調査事業「処分システム化学影響評価高度化開発」の中で発展的に継続し、取着と拡散に関する幅広い研究に関して適切な役割分担と連携を図る。</p> <p>・「緩衝材中の核種移行」の細目に関しては、JAEAにおいては、主として分配係数や拡散係数の設定に適用可能なモデルの体系的な整備を行い、ANRE事業においては主としてモデル開発に必要な体系的なデータ取得を行うとともに、より詳細な現象モデルの開発を分担する。</p> <p>・「岩盤中の核種移行」の細目に関しては、JAEAにおいては、主として分配係数や拡散係数の設定に適用可能なモデルの体系的な整備を行い、ANRE事業においては主としてモデル開発に必要な体系的なデータ取得を行うとともに、より詳細な現象モデルの開発を分担する。</p> <p>・「取着・拡散データベースの整備」の細目に関しては、JAEAは、主として取着データベースの分配係数および拡散データベースの拡散係数の設定への適用性の観点からデータベース整備方針を示し、ANRE事業においては主として体系的なデータ取得を行う。また、ANRE事業において取着・拡散試験の実施による試験手法の検討を進め、JAEAの有する知見等と併せ、共同で試験手法の体系化を行う。</p>	
		処分場システムデータベースの整備			<p>【達成目標】 熱力学データベース、取着データベースおよび拡散データベース以外の性能評価で用いるデータを集約し利用しやすい形態で整備する。</p>	<p>【達成目標】 処分場システムデータベースの整備(JAEA)</p> <p>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)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や処分場の工学技術の分野で取得・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し処分場システムデータベースとして取りまとめ。フェーズ2の延長に伴い、地質環境調査評価分野、工学技術分野も含め、現在のANRE調査事業の予定計画期間(H23年度まで)の全成果を反映する。特に、性能評価分野では、調査事業「先進的の層処分概念・性能評価技術高度化開発」の成果である先進サイクルに関わるデータや情報についても反映する。</p>	

別添資料2(4) 研究開発全体マップ詳細版【制度的管理技術等】(平成20年度版)

研究開発要素			各研究開発要素の研究開発目標と課題				備考
分野	分類	細目	フェーズ1:第2次取りまとめ以降5年程度の成果(平成17年度頃まで)		フェーズ2:当面5年程度の計画(平成24年度頃まで)		
			達成レベル	課題の設定,進め方,成果	達成目標レベル	課題の設定,進め方	
制度的管理技術等			<p>処分場の管理について,国際的な共通認識などを参考に,制度的管理に依存せず処分場を閉鎖する判断に必要な技術的情報として,閉鎖までに行う管理の項目を整理</p>	<p>モニタリング技術</p> <p>[ANRE/RWMC]</p> <p>1.モニタリング計画策定の考え方の整理(モニタリングの意義について技術面,社会的側面からの総合的な考察による分類整理)</p> <p>2.モニタリングの目的,項目,技術の関連性を定型的技術フォーマットに整理した技術メニュー化</p> <p>3.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</p> <p>地中無線通信技術</p> <ul style="list-style-type: none"> ・エスポ坑道間約100mでの通信検証フィールド試験の実施 ・試験データを利用した3次元解析手法の確立 ・通信距離の長距離化方策の立案 <p>耐久性のあるセンサー技術に関する調査検討の実施</p>	<p>モニタリング技術</p> <p>モニタリングについての意義,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整理し,フィールド等での試験検証が行えるレベル</p>	<p>[ANRE]</p> <p>1.技術メニューを利用した時間的・空間的な観点を考慮したモニタリング計画策定の考え方のケーススタディ検討並びに整理</p> <p>1-1 モニタリングの意義・位置づけとデータ・情報の分類</p> <ul style="list-style-type: none"> 理解を明確にした技術メニュー整備を実施 性能評価:評価の初期条件,環境条件の確認 地質環境:ベースラインの把握に関する基礎データ選定 計測・モニタリングに係る課題の整理 要求基準と計測可能性の相関の整理 上記を踏まえた各WGとの調整 <p>1-2 モニタリングシステム構築並びに具体的な利用を勘案した技術メニューの高度化</p> <p>2.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</p> <p>2-1 地中無線通信技術</p> <ul style="list-style-type: none"> ・長距離/小型化通信機器の開発及びフィールド試験 <p>2-2 耐久性のあるセンサー技術</p> <ul style="list-style-type: none"> 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,課題の抽出 その他の安定型センサー技術の調査,検証,課題の抽出 <p>2-3 その他の機器システム等要素技術の高度化調査とフィージビリティ研究</p> <p>例)長寿命電源,計測システム構成要素の小型化</p>	<p>【実施主体】</p> <p>(目標)概要調査地区のサイト環境に応じたモニタリング計画の内容が整備されていること</p> <p>【規制機関】</p> <p>(目標)地層処分に関するモニタリングに関する考え方や方策(いつ,何を,どのように)について明らかとすること</p> <p>【連携,体系化の進め方】</p> <p>本研究内容に関しては,例えば下記に示す具体的な利用に向けた関連分野並びに機関との連携が必要である。</p> <p>モニタリング技術メニューを利用し,閉鎖前までの安全性に特化したモニタリングシステム構築およびモニタリングで異常を確認した場合にとるべきアクション(回収可能性)との関連に資する検討</p> <p>(工学技術分野と関連して)耐久性のあるセンサー技術のうち,光ファイバセンサー技術の有効性確認</p> <p>地中無線通信技術の具体的な利用並びに高度化のための開発</p> <p>【TRU廃棄物との関係・連携】</p> <p>本研究成果は,TRU廃棄物処分サイトにおいても有用な技術である。</p> <p>【実施主体】</p> <p>【規制機関】</p> <p>(目標)地層処分に関する記録管理並びに保存に関する考え方や方策(いつ,何を,どのように)について明らかとすること</p> <p>(技術開発)</p> <p>【連携,体系化の進め方】</p> <p>記録の管理及び保存については,今後の意思決定に資する情報の一部として,概要調査で取得したデータの取扱いについてRWMCと関係機関とで事前に協議しておくべきである。</p> <p>【TRU廃棄物との関係・連携】</p> <p>記録保存に係る技術については,TRU廃棄物処分サイトにおいても有用である。</p>
			<p>記録保存</p> <p>地層処分に関する記録情報の管理保存の制度的,技術的な検討要件が調査,整理されるレベル</p>	<p>[ANRE/RWMC]</p> <p>1.地層処分に関する記録保存の意義について,総合的な調査・考察による,分類整理</p> <p>2.長期にわたる世代間の記録保存を想定し,社会制度的概念及び記録媒体技術の両面から,既存の関連情報を調査整理及びフィージビリティの考察</p> <p>2-1 保存媒体として炭化ケイ素への文字刻印技術</p> <ul style="list-style-type: none"> ・炭化ケイ素媒体への文字刻印及び視認性の評価 ・刻印媒体の耐久性試験 	<p>記録保存</p> <p>記録の保存について社会制度とその運用に必要な情報管理,保存についての関連技術,方策を整理し,技術,制度方策の具体案を個別に提示できるレベル</p>	<p>[ANRE]</p> <p>1.記録の管理及び保存に関し,制度的概念とその特徴,課題に基づいた,方策についての制度設計の実施</p> <p>2.記録保存技術,記録媒体についての,実際の試用を念頭に置いたシステム化</p>	

研究課題 / 分類	調査評価項目	多様な地質環境を対象とした調査評価技術 【アドレス記号:II】				特定の地質環境を対象とした調査評価技術				
		結晶質岩【アドレス記号:II】		堆積岩【アドレス記号:III】		沿岸域【アドレス記号:IV】				
IS-1) 総合的な調査評価技術		1) 地質環境評価技術高度化調査 / 調査システムフローの整備 (ANRE/RWMC): 多岐にわたる調査・解析・モデル化・処分成立性検討に関連する情報を体系化し、情報の追跡性、調査の透明性、合理的調査の実行、コミュニケーション(相互理解)、処分の安全性の提示に寄与するシステムの整備		1) 超深地層研究所計画 (JAEA): 統合化データフロー(分野間の情報の統合化技術)、繰り返しアプローチ、空間スケール設定技術、不確実性評価技術などで構成する実践に基づく(段階的)な一連の調査戦略と技術 2) 深層ボーリング調査技術(JAEA): 結晶質岩を対象に地質構造、水理、地球化学、岩盤力学の各分野のデータを包括的に取得するための深層ボーリング調査技術およびボーリング孔を閉塞するための技術		1) 概深地層研究所計画 (JAEA): 地層処分の観点から堆積岩における重要な地質環境特性を段階的に調査・評価するための体系的技術 2) ボーリング技術高度化調査 (ANRE(CRIEPI)): 堆積岩地域において方向性を制御し、各種の孔内測定、調査を可能にするコントロールボーリング掘削、調査技術 3) 深層ボーリング調査技術 (JAEA): 堆積岩を対象とした地質、水理、地球化学、岩盤力学の各分野のデータを包括的に取得するための深層ボーリング調査技術		1) 沿岸海底下における塩水環境坑道の各種特性調査法の開発 (CRIEPI): 塩水環境下における堆積岩の岩石物性の調査法や特殊環境下における調査、評価手法の開発		
	実施主体・規制研究機関の計画	1) 地質環境評価に関わる精密調査地区選定のための調査・評価手法の体系化に関する検討(実施主体) 2) サイト特性調査プログラムの最適化に関する検討(実施主体) 3) 概要調査における総合的管理技術の検討(実施主体) 4) 地質環境の調査技術・評価手法の実証(実施主体) 5) 概要調査安全要件の検討(規制研究機関) 6) 地質データベースの構築(規制研究機関) 7) 天然バリア性能評価に必要な地質環境調査に関する研究(規制研究機関)								
地質環境特性調査評価技術	地質・地質構造	[G-1] 母岩の地質学的不均質性(岩体の規模含)	1) 高精度物理探査技術高度化調査 / トモグラフィ技術の高度化 (ANRE(RWMC)): 孔井間の断層等の地質構造や岩盤性状の探査能力を向上し、結晶質岩を含めた多様な地質環境へ適用可能な孔内調査技術の高度化 2) 高精度物理探査技術高度化調査 / 電磁法3次元解析技術の高度化 (ANRE(RWMC)): 多様な地質への高い適用性を生かしつつ、構造検出能力を向上し、同時に岩盤性状や地下水性状の情報取得可能な地質調査技術の高度化 3) 物理探査解析法高精度化の研究(AIST): 電磁探査法・地震探査法の3次元データ解析		1) 体系的地上物理探査技術 (JAEA): 反射法地震探査、マルチオフセットSP探査、電気探査、孔内トモグラフィ探査を組み合わせた地上から地質構造の不均質性を把握するための探査技術 2) 不確実性評価技術 (JAEA): 調査対象となる地質構造の理解度を定量的に評価するためのベイズ統計法を用いた不確実性評価技術		1) 地質物理探査技術の適用性確認 (JAEA): 空中物理探査、反射法地震探査、MT法電磁探査、AMT法電磁探査、電気探査を組み合わせ、概延に分布する堆積岩の地層構造、褶曲構造、不連続構造等の不均質性を把握するための地上からの探査技術 2) 高精度物理探査技術高度化調査 (ANRE(RWMC)): 孔井間の地質構造に関しては -G-1 1) 参照 地質調査の場合は -G-1 2) 参照		1) 高精度物理探査技術高度化調査 / 海底電磁法技術の高度化 (ANRE(RWMC)): 結晶質岩環境を含め、沿岸域(海域)における地質構造調査を可能とし、同時に岩盤性状や地下水性状の情報取得可能な地質調査技術の確立 2) 沿岸域断層評価手法開発調査 (ANRE(AIST)): 沿岸域周辺を対象とする電磁探査法・地震探査法等の調査・解析法の高度化、および既存地質調査メタデータの整備	
		[G-2] 移行経路としての重要な水みち(断層破砕帯の分布含)	1) 高精度物理探査技術高度化調査 / 音響・透水トモグラフィ技術・周波数コントロール可能な高出力孔内電流の高度化 (ANRE(RWMC)): 亀裂系を含む孔井間の岩盤透水性を把握可能とする調査技術の確立(孔井間の断層調査に関しては -G-1 1) 参照) 2) 物理探査解析法高精度化の研究(AIST): I-G-1 3) 参照		1) 体系的地上物理探査技術 (JAEA): II-G-1 1) 参照 2) 透水性構造の地質学的評価・解析技術 (JAEA): 鉱物学的・地球化学的手法を用いた地質学的に長期にわたる水みちの地質学的変遷の解析・評価技術 3) 立坑掘削に伴う物理探査技術 (JAEA): 逆VSP探査/流体流動電位法による坑道掘削領域周辺に分布する重要な地質構造や水みちを、より高精度に把握するための探査技術 4) 不確実性評価技術 (JAEA): II-G-1 2) 参照		1) 地上物理探査技術の適用性確認 (JAEA): III-G-1 1) 参照 2) 不連続地質構造3次元分布評価技術 (JAEA): 調査データに基づき堆積岩中の断層および破砕帯等の不連続構造の3次元的な分布を把握するための評価技術およびメタデータなどを利用した大規模不連続構造調査技術		1) 沿岸域断層評価手法開発調査 (ANRE(AIST)): 沿岸域周辺を対象とする電磁探査法・地震探査法等の調査・解析法の高度化、及び、陸・海の既存地質調査情報等の統合による伏在断層・大規模断層系の推定手法の開発 2) 高精度物理探査技術高度化調査 (ANRE(RWMC)): 陸域の地下水性状は -G-1 2) 参照 浅海域の地下水性状は -G-1 1) 参照	
		[G-3] 被覆層の厚さ(未固結層の分布)	1) 高精度物理探査技術高度化調査 (ANRE(RWMC)) (孔井間調査では -G-1 1) 参照) 2) 物理探査解析法高精度化の研究(AIST): I-G-1 3) 参照		1) 体系的地上物理探査技術 (JAEA): 反射法地震探査および電磁探査を組み合わせた被覆層の厚さや被覆層内部の不均質性(層序等)を把握するための探査技術		1) 地上物理探査技術の適用性確認 (JAEA): III-G-1 1) 参照		1) 沿岸域断層評価手法開発調査 (ANRE(AIST)): IV-G-1 2) 参照	
		[G-4] 第四紀火山岩の分布	実施主体・規制研究機関の計画							
	地下水流動特性	[H-1] 母岩の透水性分布	1) 水理試験技術(既存技術) JFT, ルジオン etc 2) 高精度物理探査技術高度化調査 (ANRE(RWMC)): 孔井間の透水性分布は -G-2 1) 参照		1) シーケンシャル水理試験技術 (JAEA): 母岩の透水性を合理的に把握するための透水性に応じて複数の水理試験を組み合わせた調査技術 2) 割れ目系岩盤の水理学的不均質性評価技術 (JAEA): ブロック・坑道スケールにおいて割れ目の分布や連続性などに起因した水理学的不均質性を評価することを目的として実施する孔内試験などの調査技術、およびモデル化・解析技術		1) シーケンシャル水理試験技術 (JAEA): 層存ガスが存在する塩水環境下での低透水性岩盤を対象とした水理試験技術 2) 原位置における微流向・流速測定技術 (JAEA・岡山大学共同): ボーリング孔内の任意深度のパッカー閉鎖区間において自然状態の地下水流向、流速を測定する技術 3) 塩水環境下処分技術調査 (ANRE(IRI)) 低動水勾配下での室内透水試験による非ダルシー性の評価手法		左記 I, II, III H-1 の技術を応用)	
		[H-2] 断層 / 断層破砕帯の透水性分布(移行経路として重要な水みち含)	1) 断層破砕帯における水理特性調査手法の評価 (CRIEPI): 断層/周辺の地下水化学特性や物性値に基づき定性的な透水性や地下水流動を明らかにする技術		1) シーケンシャル水理試験技術 (JAEA): 断層や割れ目帯など水みちの透水性を合理的に把握するための透水性に応じて複数の水理試験を組み合わせた調査技術 2) 電気伝導度検層による水みち抽出技術 (JAEA): 岩盤中の水みちを高精度で把握することを目的として、孔内水を異なる電気伝導度の水で置換し、その後の電気伝導度の変化から水みちおよびその水理パラメータを評価する調査技術 3) 割れ目系岩盤の水理学的不均質性評価技術 (JAEA): II-H-1 2) 参照 4) モニタリング装置を用いた断層などの分布評価技術 (JAEA): 地下水圧モニタリングや地帯付近に設置した傾斜計を用いて、断層などの分布を評価するための調査技術(東北大学との共同研究含む)		1) シーケンシャル水理試験技術 (JAEA): 層存ガスが存在する塩水環境下での高透水性岩盤を対象とした水理試験技術 2) 流体検層による水みち抽出技術 (JAEA): 塩水環境下におけるフローメーター検層、電気伝導度検層等の流体検層手法を用いた水みちの特性評価技術		左記 I, II, III H-2 の技術を応用)	
		[H-3] ボテンシャル分布(間隙水圧分布)	1) 観測技術(既存技術/MPシステム, PIEZO etc): II-H-3 2) 参照		1) モニタリングデータの計画・解析技術 (JAEA): 地下深部の間隙水圧を適切に把握することを目的として、ボーリング孔における間隙水圧のモニタリングの区間設定や水圧の計測技術、ならびにノイズ除去やANN(Artificial Neural Network)などを用いたデータ解析技術 2) 観測技術(既存技術/MPシステム, PIEZO etc): ボーリング孔内をパッカーにより閉鎖し、閉鎖区間の間隙水圧を閉鎖系(MPシステム)もしくは解放系(PIEZOシステム)で測定する技術		1) 間隙水圧の測定技術 (JAEA): 概延の地質環境特性を考慮した、MPシステム、SPMPシステム、PIEZO システム等を用いた地下深部の間隙水圧の長期モニタリング技術 2) 観測技術(既存技術/MPシステム, PIEZO etc): II-H-3 2) 参照		1) 地下水の長期安定性研究 (AIST) 泥火山、異常間隙水圧、非火山性熱・熱水に関する全国分布とそのメカニズム調査	
		[H-4] 温度勾配分布	1) 検層技術(既存技術/温度, 光ファイバー検層): II-H-4 1) 参照		1) 検層技術(既存技術/温度, 光ファイバー検層): ボーリング孔内の温度分布を単体のサーミスタ(温度検層)や複数の光ファイバーセンサー(光ファイバー検層)を用いて水みちやその透水性などを評価する技術		1) 検層技術(既存技術/温度, 光ファイバー検層): II-H-4 1) 参照		左記 I, II, III H-4 の技術を応用)	
		[H-5] 塩淡水境界面の分布形状	1) 塩淡水境界面形状把握調査 (ANRE(AIST)): 既存の地下水・水文資料や地質資料(地質図など)を用いた塩淡水境界深度や淡水地下水量を概算する技術 2) 物理探査, 探水調査(既存技術): 比抵抗探査, 電磁探査, 探水調査 etc		1) 物理探査, 探水調査(既存技術): 比抵抗探査, 電磁探査, 探水調査 etc		1) 塩水環境下処分技術調査 (ANRE(IRI)): 非ダルシー性等を考慮した数値解析による地下水流動評価技術 (JAEA/概延と連携)		1) 塩淡水境界面形状把握調査 (ANRE(AIST)): 塩淡水境界面の二次元的な形状と淡水・塩水の圧力分布の把握による地下水流動(流向・流速・流量)を精査する技術ならびにその方法論 2) 塩水環境下処分技術調査 (ANRE(IRI)): 沿岸域における地下水流動影響要因(非ダルシー性、海岸線移動、断層等)を考慮した数値解析による地下水流動評価技術	
		[H-6] 地下水の涵養域と流出域	1) 海底地下水湧出探査技術高度化調査 (ANRE(CRIEPI)): 海底からの地下水の湧出を調査する技術 2) 地下水年代測定技術 (ANRE(CRIEPI)): 地下水に溶解する希ガスやその同位体、放射性同位体などにより、地下水の滞留時間を評価する技術		1) 地下水年代測定技術 (ANRE(CRIEPI)): I-H-6 2) 参照 2) 水圧・水質の観測技術(既存技術): MPシステム etc		1) 地下水年代測定技術 (ANRE(CRIEPI)): I-H-6 2) 参照 2) 表層水理調査技術 (JAEA): 概延地域の特徴(塩害地帯、牧草地と森林部が混在等)を考慮した気象観測技術、河川流量観測技術、地下水涵養量評価技術、表層部水理特性評価技術 3) 地下水流動解析結果評価技術 (JAEA): III-H-7 1) 参照 4) 水圧・水質の観測技術(既存技術): MPシステム etc		1) 塩淡水境界面形状把握調査 (ANRE(AIST)): 広域地下水流動系の把握の中で塩淡水境界面の存在による陸域系地下水の流出現象の解明ならびに深部地下水の浅層への移行経路の解明 2) 海底地下水湧出探査技術高度化調査 (ANRE(CRIEPI)): I-H-6 1) 参照	
[H-7] 地下水の移行経路・移行時間・移行距離	1) 地下水年代測定技術 (ANRE(CRIEPI)): (I-H-6 2) 参照) 2) 地下水流動解析技術 (CRIEPI): 広域の地下水流動やそれに伴う物質の輸送現象を評価する解析技術(地下水流動と地化学のカップリング解析や密度流解析)		1) 地下水流動解析 (CRIEPI): 亀裂のネットワークを考慮した解析や亀裂を等価多孔媒体で近似した解析 2) 地下水流動解析技術 (JAEA): 地表およびボーリング孔などを利用した水理調査やモニタリングデータにより、適切に地下深部までの地下水流動をモデル化・解析する技術 3) 地下水流動解析技術(既存技術):		1) 塩水環境下処分技術調査 (ANRE(IRI)): III-H-5 1) 参照 2) 地下水流動解析結果評価技術 (JAEA): 概延URL及びその周辺地域を対象とした地下水流動解析結果に基づき(移行経路情報(時間、距離、形状等)、涵養域・流出域)の評価技術 3) 地下水流動解析技術(既存技術):		1) 塩淡水境界面形状把握調査 (ANRE(AIST)): IV-H-7 1) + 化石地下水の評価(地質ヒストリーと地下水ヒストリーの整合性評価) 2) 塩水環境下処分技術調査 (ANRE(IRI)): IV-H-5 2) 参照			
実施主体・規制研究機関の計画	1) 概要調査における地質環境特性(岩盤、地下水)の調査技術、評価手法の高度化(実施主体) 2) 海外知見分析に基づく(地下水水理評価に関する検討(実施主体))									

研究課題 / 分類	調査評価項目	多様な地質環境を対象とした調査評価技術 [アドレス記号: I]				
		結晶質岩 [アドレス記号: II]		特定の地質環境を対象とした調査評価技術		
				堆積岩 [アドレス記号: III]	沿岸域 [アドレス記号: IV]	
地質環境特性調査評価技術	地球化学特性	[C-1] 地下水のpH分布	1) 観測技術(既存技術/MPシステム, PIEZO etc): II-H-3 2) 参照	1) 潜水試験過程での地下水の採水/分析技術(JAEA): ボーリング孔を用いて水理試験と地下水の採水を同時に行い、信頼性の高いpH値を取得するための採水・測定技術 2) 長期的変遷の評価技術(JAEA): 岩石・鉱物データに基づきpHの長期的変動幅を推測する技術	1) 地下水の採水/分析技術(JAEA): ボーリング孔を用いた採水と岩石コアからの抽出による採水・分析技術 2) 物理化学パラメータ原位量測定技術(JAEA): 原位環境下での地下水化学パラメータ(pH, Eh)測定技術	左記 I, II, III C-1の技術を応用
		[C-2] 酸化還元環境	1) 微生物による酸化還元状態の推定(CRIEPI): 各種微生物の活動環境を明らかにすることにより、地下深部の酸化、還元環境を特定する技術	1) 潜水試験過程での地下水の採水/分析技術(JAEA): ボーリング孔を用いて水理試験と地下水の採水を同時に行い、信頼性の高い酸化還元電位値を取得するための採水・測定技術 2) 長期的変遷の評価技術(JAEA): 岩石・鉱物データに基づき酸化還元電位の長期的変動幅を推測する技術	1) 地下水の採水/分析技術(JAEA): III-C-1 1) 参照 2) 物理化学パラメータ原位量測定技術(JAEA): III-C-1 2) 参照 3) 地下水及びコア中の微生物評価技術(JAEA・静岡大共研): 観延地域に分布する堆積岩及び塩水系地下水中の微生物活動についての調査技術	左記 I, II, III C-2の技術を応用
		[C-3] 溶存化学成分濃度の分布	1) 観測技術(既存技術/MPシステム, PIEZO etc): II-H-3 2) 参照	1) 潜水試験過程での地下水の採水/分析技術(JAEA): ボーリング孔を用いて水理試験と地下水の採水を同時に行い、信頼性の高い酸化還元電位値を取得するための採水・測定技術 2) 地下水水質変遷過程の評価技術(JAEA): 岩石・鉱物データに基づき地下水水質の長期的変動幅を推測する技術	1) 離透水岩石サンプルからの間隙水抽出(CRIEPI): 離透水である堆積岩の地下水化学特性を評価するための、最適な抽出条件を特定するための技術 2) 地下水の採水/分析技術(JAEA): III-C-1 1) 参照 3) 地下水の採水/分析技術(JAEA): 潜水試験過程での地下水の採水/分析技術、コアサンプルを用いた間隙水抽出による地下水の採水/分析技術 4) 地下水水質分布推定技術(JAEA・清水建設共研): 空中・地上・ボーリング孔における物理探査結果を統合した3次元比抵抗分布の推定およびそれに基づく水質分布推定技術 5) メタンガスセンサーの開発(JAEA・山口大共研): 地下水中への溶存したメタンガスの原位量での測定技術	左記 I, II, III C-3の技術を応用
		[C-4] 地下水の起源と年代、水質形成メカニズム	1) 地下水年代測定技術(ANRE(CRIEPI)): I-H-6 2) 参照	1) 地下水年代測定技術(ANRE(CRIEPI)): I-H-6 2) 参照 2) 地下水流動解析技術(JAEA): 放射性同位体濃度などを基にした地球化学的視点に基づく地下水流動状態の解析技術	1) 塩水環境下処分技術調査(ANRE(IRI)): 地下水形成に関する地球化学モデルに基づく地球化学的解析による地下水滞留状況の評価手法 2) 離透水岩石サンプルからの希ガス抽出技術(CRIEPI): 地下水の地下水年代を評価するために、離透水性の岩石から希ガスを抽出し分析する技術	1) 塩水環境下処分技術調査(ANRE(IRI)) III-C-4 1) 参照
	実施主体・規制研究機関の計画					
	物質移動特性	[T-1] 岩盤の吸着・拡散特性	1) 物質移行特性評価技術高度化調査(ANRE(CRIEPI)): 岩盤中での特に割れ目を介した溶質移行特性を数m規模で高精度に調査・評価する技術(吸着性トレーサを用いた原位量トレーサ試験技術を中心として)	1) 物質移行特性評価技術高度化調査(ANRE(CRIEPI)): I-T-1 1) 参照 2) パリアシステム核種移行評価高度化調査(ANRE(IRI)): 岩石コアにおける吸着拡散プロセス現象評価技術(JAEAと連携) 3) マトリクス拡散寄与面積を評価するためのトレーサ試験技術(JAEA): 位置の地理学的境界条件(水頭、流量)を適切に制御し、空隙率、岩盤の吸着・拡散特性に加えマトリクス拡散寄与面積を把握するためのトレーサ試験技術	1) 物質移動特性評価技術(JAEA): 多孔質・低透水岩石のマトリクス/亀裂部分を対象としたトレーサ試験技術 2) パリアシステム核種移行評価高度化調査(ANRE(IRI)) II-T-1 2) 参照	左記 I, II, III T-1の技術を応用
		[T-2] 物質移動場(場の概念モデル化)	1) 物質移行特性評価技術高度化調査(ANRE(CRIEPI)): I-T-1 1) 参照	1) 物質移行特性評価技術高度化調査(ANRE(CRIEPI)): I-T-1 1) 参照 2) 物質移動解析・評価技術/性能評価との協働作業(JAEA): 亀裂表面形状、亀裂内充填物、他の亀裂との相互作用(分岐や交差に伴う不均質性)を考慮可能な物質移行解析・評価技術	1) 物質移動解析・評価技術/性能評価との協働作業(JAEA): 観延の堆積岩を対象とした調査データに基づく物質移行モデル構築技術	左記 I, II, III T-2の技術を応用
		[T-3] コロイド/有機物/微生物の影響	1) 変動要因を考慮した天然/リア中での物質移行評価手法(CRIEPI): 水・岩石・コロイドの3相系においてそれぞれに分配する核種量の評価技術および微生物が地下水水質に及ぼす影響の評価技術	1) コロイド/有機物/微生物の影響評価技術(JAEA): 分配係数や錯体安定定数などを求めるための原位量試験技術と試験結果に基づきコロイド/有機物/微生物が微量元素の挙動に与える影響を評価するための解析技術	1) 地下自然環境要因影響調査(ANRE(IRI)): 微生物固有な現象に重要となるパラメータの抽出及び取得法に基づく、地下水化学等も考慮した微生物の影響評価モデルの構築技術(JAEAと連携)	左記 I, II, III T-3の技術を応用
		[T-4] 移行率		1) 物質移動解析・評価技術/性能評価との協働作業(JAEA): 結晶質岩を対象とした地質環境の調査・解析から物質移動解析までの一連の技術の構築 2) 物質移行解析(CRIEPI): 亀裂のネットワークを考慮した解析や亀裂を等価多孔媒体で近似した解析	1) 物質移動解析・評価技術/性能評価との協働作業(JAEA): 堆積岩を対象とした地質環境の調査・解析から物質移動解析までの一連の技術の構築	左記 I, II, III T-4の技術を応用
	実施主体・規制研究機関の計画					
岩盤の熱・力学特性	[R-1] 岩盤の応力状態	1) 岩盤力学試験(既存技術): 水圧破壊法(2次元面内)	1) 三次元応力場の推定手法(JAEA) 調査対象領域内の限られた初期応力データと地質構造データより、三次元応力場を解析的に推定する手法	1) 岩盤の真方向性を考慮した応力測定手法(CRIEPI): 堆積岩などで岩に異方向性がある場合にも応力解放法により精度よく地圧を測定解析できる技術 2) 岩盤力学特性評価技術(JAEA): 観延地域に分布する岩盤・岩石に対する室内物性試験、孔内載荷試験、初期応力測定技術 3) 掘削影響領域評価のための原位量AE測定に関する基礎的検討(JAEA):	左記 I, II, III R-1の技術を応用	
	[R-2] 岩盤の物性(強度、熱特性など)	1) 岩盤力学・物性試験(既存技術): 岩芯を用いた物性試験、孔内試験	1) 岩盤力学・物性試験(既存技術): 岩芯を用いた物性試験、孔内試験	1) 岩盤力学特性評価技術(JAEA): III-R-1 2) 参照 2) 掘削影響領域評価技術(JAEA・京大共研) 観延の堆積岩を対象としたAE特性を利用した掘削影響領域の岩盤特性の原位量測定技術	左記 I, II, III R-2の技術を応用	
	[R-3] 温度勾配分布	<I-H-4の技術/情報を活用>	<II-H-4の技術/情報を活用>	<III-H-4の技術/情報を活用>	<IV-H-4の技術/情報を活用>	
	実施主体・規制研究機関の計画					
		1) 概要調査における地質環境特性(岩盤、地下水)の調査技術、評価手法の高度化(実施主体)				

研究課題 / 分類	調査評価項目	多様な地質環境を対象とした調査評価技術 【アドレス記号:II】	特定の地質環境を対象とした調査評価技術		
			結晶質岩【アドレス記号:III】	堆積岩【アドレス記号:III】	沿岸域【アドレス記号:IV】
地質環境の長期安定性調査評価技術	地震・断層活動	[F-1]活断層および活褶曲の分布	1) 地質環境の長期安定性に関する研究/将来の活断層および活褶曲の分布に関する調査技術(JAEA): 活断層の過去の移動・伸長・変形帯の発達過程を把握するための調査技術、活断層および活褶曲の分布を推定するため、剪断応力のシミュレーション等の結果を踏まえた既存調査手法(空中写真判読、DEM解析、地形地質調査)の改良および適用と、地震、重力の地球物理学的データおよび測地学的データの解析技術などを組み合わせた総合的な調査の適用事例の例示 2) 原子力発電所立地に関する活断層調査、評価手法(CRIEPI): リモートセンシング、空中写真、地表踏査および物理探査により活断層の地表や地下における位置を特定する技術		
		[F-2]低活動性の活断層			
		[F-3]断層活動による影響範囲			
	実施主体・規制研究機関の計画	1) 断層活動年代の測定手法に関する検討(実施主体) 2) テクニクスに関する評価手法の構築(実施主体) 3) 地質現象の長期変動に関する研究(規制研究機関) 4) 概要調査安全要件の検討(規制研究機関) 5) 地質データベースの構築(規制研究機関)			
火山・熱水活動	[V-1]火山の分布/新生	1) 地質環境の長期安定性に関する研究/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や単成火山群の周辺地域における新たな火山の形成可能性を評価するために、空間統計的手法を用いた確率モデル等 2) 地質環境の長期安定性に関する研究/地下深部のマグマ・高温流体等の調査技術(JAEA): 地震波トモグラフィ等の地球物理学的手法に加えて希ガス同位体等を指標とした地球化学的手法を組み合わせた体系的な調査技術			
		[V-2]火山の影響範囲			1) 地質環境の長期安定性に関する研究/第四紀の火山・地熱活動等の調査技術(JAEA): テフラ降灰層等の認定による第四紀の火山噴出物の同定技術、熱年代学的手法により古地温の変遷や熱対流系等を推定する技術 2) 地質環境の長期安定性に関する研究/熱水活動等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評価するための解析手法と、熱源周辺の地下水環境の変化を予測するシミュレーション技術 3) 地質環境の長期安定性の実証に関する研究(CRIEPI): 既存の火山分布(火山、岩脈、噴出物)を調査することにより火山の時空分布を明らかにし、火山の活動影響を予測する技術
		[V-3]構造運動から生じる深部流体の分布/新生			1) 地質環境の長期安定性に関する研究/構造運動から生じる熱水活動に関する基礎研究(JAEA): 非火山地帯の熱水活動の分布、流体の性状等に関する情報を収集するとともに、その起源について地質、地球物理、地球化学データから総合的に検討する手法
	実施主体・規制研究機関の計画	1) テクニクスに関する評価手法の構築(実施主体) 2) 地質現象の長期変動に関する研究(規制研究機関) 3) 概要調査安全要件の検討(規制研究機関) 4) 地質データベースの構築(規制研究機関)			
隆起・侵食・気候・海水準変動	[U-1]隆起・侵食量評価	1) 地質環境の長期安定性に関する研究/隆起・沈降量等に関する調査技術(JAEA): 段丘面や第四紀堆積物を用いて隆起量を推定するための調査手法、測地学的手法や地質学的手法により地殻水平縮量を推定する調査手法 2) 地質環境の長期安定性に関する研究/侵食速度に関する調査技術(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調査手法 3) 地質環境の長期安定性の実証に関する研究(CRIEPI): 段丘面の高精度な対比による隆起量評価、火山の特性変化に着目した火山影響予測手法			
		[U-2]気候・海水準変動の評価			1) 地質環境の長期安定性に関する研究/隆起・沈降量等に関する調査技術(JAEA): I-U-1) 参照・珪藻分析や花粉分析および堆積相解析等を組み合わせて古環境を復元する調査手法 2) 地質環境の長期安定性に関する研究/侵食速度に関する調査技術(JAEA): I-U-1) 2) 参照・段丘面や第四紀堆積物を用いて古海岸線の変遷を復元する調査手法
		[U-3]地形変化に伴う地下水流動場の評価			1) 地質環境の長期安定性に関する研究/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を予測するために、従順化モデル等による三次元のシミュレーション技術地下水環境への影響を評価するためのモデル化・解析技術
	実施主体・規制研究機関の計画	1) 地質現象の長期変動に関する研究(規制研究機関) 2) 概要調査安全要件の検討(規制研究機関) 3) 地質データベースの構築(規制研究機関)			

研究課題 / 分類	調査評価項目	多様な地質環境を対象とした調査評価技術 【アドレス記号:II】	特定の地質環境を対象とした調査評価技術		
			結晶質岩【アドレス記号:III】	堆積岩【アドレス記号:III】	沿岸域【アドレス記号:IV】
深地層における工学技術	[M-1]地下施設的设计・施工計画の構築技術	1) 地下深部における地震動評価手法に関する調査検討(実施主体)	1) 超深地層研究所計画/空潤安定性・支保安定性評価,耐震設計,設計・施工計画へのフィードバック技術(JAEA): 有限要素法による空潤および支保の安定性解析結果と岩盤変位や覆工応力計測結果との比較に基づき設計の妥当性評価,地震動計測結果に基づき立坑の耐震性評価の妥当性評価,計測結果と設計の妥当性評価を以て深の施工計画に反映するフィードバック手法	1) 概深地層研究所計画 (JAEA): 概深の堆積岩へのURL建設を通じた,設計・施工計画,建設技術,施工対策技術,安全確保技術	
	[M-2]地下施設の建設技術		1) 超深地層研究所計画/瑞浪超深地層研究所の建設(JAEA): 立坑掘削に適用した建設技術の評価,施工情報や設備・機械の品質データの管理手法 立坑掘削への制御発破工法	1) 概深地層研究所計画 (JAEA): III-M-1) 参照 2) 長期クリープ挙動に関する研究(CRIEPI): 処分環境下(高温,高圧,地下水)における堆積性軟岩のクリープ特性の長期挙動の予測技術 3) 坑壁周辺の物理,化学的劣化現象の調査法に関する研究(CRIEPI): 堆積性軟岩坑道周辺の物理,化学的風化,劣化現象の調査,評価手法の技術開発	
	[M-3]施工対策技術		1) 超深地層研究所計画/突発湧水,山はね等に対する施工対策技術(JAEA): 前方探査技術を含むグラウト技術(材料・注入方法・効果確認方法) 山はねの発生を検知する技術(AE等)	1) 概深地層研究所計画 (JAEA): III-M-1) 参照	
	[M-4]安全を確保する技術		1) 超深地層研究所計画/通気網解析,安全対策(JAEA): 設計時に実施した通気網解析による換気計画や火災対策の実施および坑内環境計測(風量・温湿度・気圧等)との対比による解析結果の妥当性評価技術入坑管理・環境管理・火災管理・通信管理のシステムを統合した坑内管理システム	1) 概深地層研究所計画 (JAEA): III-M-1) 参照	
	[M-5]周辺環境への影響把握/評価技術		1) 超深地層研究所計画/立坑掘削が表層部の環境へ与える影響評価技術(JAEA): 河川流量計測,井戸の水位計測,河川の水质・底質調査,騒音・振動調査の実施および立坑掘削の影響の評価技術	1) 概深地層研究所計画 (JAEA): 研究所用地造成及び地上施設建設に伴う周辺環境への影響評価技術 地下施設建設に伴う周辺環境への影響評価技術	
実施主体・規制研究機関の計画					

<凡例>
 青字: 国の基礎研究開発(JAEA研究開発+資源エネルギー庁調査等事業[ANRE])における研究課題でH18以降も継続実施する課題(なお,ANRE事業実施機関はフェーズ1の実績)
 黒字: 国の基礎研究開発(JAEA研究開発+資源エネルギー庁調査等事業[ANRE])における研究課題でH12からH17の間で終了した課題,および適用可能な既存技術
 赤字: 各機関の国の基礎研究以外の枠組みで研究開発が進められている課題

