

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

2006年12月

資源エネルギー庁

（独）日本原子力研究開発機構

【資源エネルギー庁調査等事業実施機関】

（財）原子力環境整備促進・資金管理センター

（財）電力中央研究所

（財）産業創造研究所

（独）産業技術総合研究所

（独）放射線医学総合研究所

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	iii
------------	-----

【第 I 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	I-1
1.1 地層処分計画のこれまでの経緯・状況	I-1
1.2 研究開発を取り巻く最近の状況	I-2
1.3 国際的な動向	I-3
2. 国の基盤研究開発の位置付け・役割・全体目標	I-5
2.1 地層処分に係る研究開発の特徴	I-5
2.2 国の基盤研究開発の役割と全体目標	I-5
2.3 処分事業と安全規制のニーズ/研究開発との関係	I-7
3. 基盤研究開発の枠組みと基本的進め方	I-11
3.1 基盤研究開発の分野・課題の構造	I-11
3.2 基盤研究開発の実施体制と研究開発ツール	I-12
3.3 基盤研究開発の段階的進め方～柔軟性と具体性の確保～	I-13
3.4 当面5年程度(フェーズ2)の重点課題の考え方	I-15
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～	I-16
3.1 基盤研究開発の連携方策	I-16
3.2 成果の体系化と効果的反映の方策	I-17
5. 基盤研究開発のマネジメント	I-18
5.1 地層処分基盤研究開発調整会議の機能・体制	I-18
5.2 基盤研究開発のマネジメントスキーム	I-19
5.3 計画・成果のレビューと情報発信の方策～基盤研究開発の信頼性～	I-20
5.4 基盤研究開発の工程	I-21

【第Ⅱ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	Ⅱ-1-1
2. 研究開発全体マップの作成	Ⅱ-2-1
2.1 研究開発全体マップの構造	Ⅱ-2-1
2.2 研究開発全体マップ概括版	Ⅱ-2-1
＜研究開発全体マップ概括版＞	Ⅱ-2-4
3. 地質環境調査評価技術分野の研究開発計画	Ⅱ-3-1
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-	Ⅱ-3-1
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-	Ⅱ-3-4
＜研究開発全体マップ詳細版【地質環境調査評価技術】＞	Ⅱ-3-9
4. 処分場の工学技術分野の研究開発計画	Ⅱ-4-1
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-	Ⅱ-4-1
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-	Ⅱ-4-3
＜研究開発全体マップ詳細版【処分場の工学技術】＞	Ⅱ-4-9
5. 性能評価技術分野の研究開発計画	Ⅱ-5-1
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-	Ⅱ-5-1
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-	Ⅱ-5-4
＜研究開発全体マップ詳細版【性能評価技術】＞	Ⅱ-5-10
6. 分野をまたがる取り組み	Ⅱ-6-1
6.1 制度的管理技術等の課題と進め方	Ⅱ-6-1
6.2 研究開発分野間の連携	Ⅱ-6-2
＜研究開発全体マップ詳細版【制度的管理技術等】＞	Ⅱ-6-4

【添付資料 大学等有識者によるレビュー結果～ご意見と対応等～】

【全体基本戦略】について	添付-1
【地質環境調査評価技術分野】について	添付-3
【処分場の工学技術分野】について	添付-5
【性能評価技術分野】について	添付-6

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確立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(基盤研究開発)*1)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、処分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、資源エネルギー庁やJAEA等の基盤研究開発の関係機関を中心として、大学等有識者の協力を得ながら、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の下図に示すような「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。

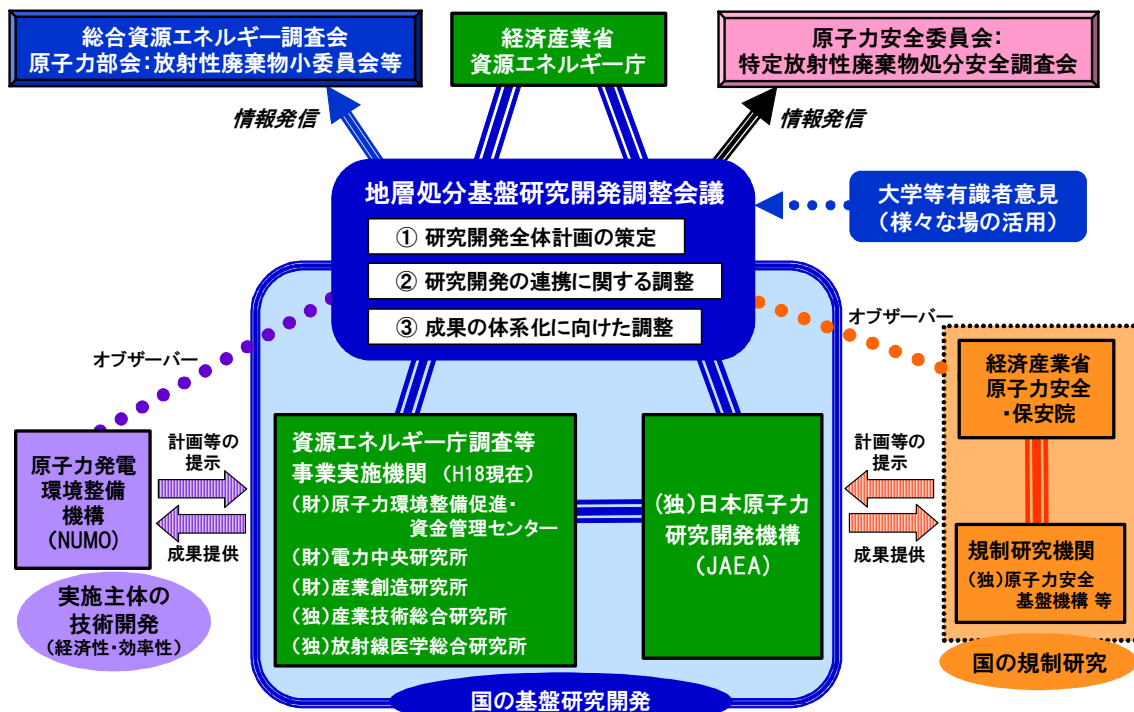


図 地層処分基盤研究開発調整会議の仕組み

*1) 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規制機関の規制関連研究とは区別される。

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。

ここに取りまとめる「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」は、上記のような状況の下で、調整会議におけるこれまでの検討活動の成果として、今後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Ⅰ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Ⅱ部】を提示するものである。なお、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、本全体計画は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するものである。調整会議においては、再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）の地層処分に関する研究開発に係る検討も進めているところであるが、本全体計画では「高レベル放射性廃棄物」に限定し、TRU廃棄物の地層処分に関する研究開発計画は別途取りまとめる^{*2)}。

本全体計画は、表紙並びに上図に示し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処分実施主体NUMO、原子力安全・保安院及び原子力安全基盤機構、電気事業者（電気事業連合会、東京電力、関西電力）、日本原燃の各位の協力を得て策定したものである。

今般の調整会議での検討活動は、上述した通り、平成16年度に策定した「研究開発全体マップ」をベースとしており、その際に頂いた大学等有識者からのご意見を踏まえつつ進めてきた。本全体計画の策定にあたっては、そのドラフト段階で大学等有識者によるレビューを実施し、平成16年度の大学等有識者のご意見への対応状況を確認頂くとともに、更に、今後の研究開発に向けた課題等について提言を頂いた。これらのレビュー結果については、頂いたご意見と今後の対応方針等とあわせて、本全体計画の【添付資料】に取りまとめた。

^{*2)} 資源エネルギー庁・日本原子力研究開発機構他(2006):「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 I 部 全体基本戦略

た。平成14年12月には、NUMOが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。現在まで、具体的な応募には至っていないものの、文献調査や概要調査の実施に向けた準備が進められ、平成17年10月に閣議決定(改定)された最終処分計画においても、従来通りのスケジュールを維持することが確認されている。

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規制支援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¹⁻²⁾。

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、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¹⁻³⁾がなされ、それを受け、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具体化されたところである¹⁻⁴⁾。

1.2 研究開発を取り巻く最近の状況

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、国の関係研究機関等において基盤研究開発が着実に進められてきた。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、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

¹⁻²⁾ 例えば、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」。

¹⁻³⁾ 原子力委員会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—」。

¹⁻⁴⁾ 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」。

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、処分事業や安全規制の面でもそれぞれ上記 1.1 節に示したような進展をみるなか、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。原子力政策大綱や総合科学技術会議等においても、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、資源エネルギー庁とJAEAをはじめとする国の基盤研究開発の実施機関を中心に、NUMOや規制関連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。

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)」^{I-5)}の策定、また、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^{I-6)}、フランスにおける Dossier2005^{I-7)}の公開、さらには処分場立地に係る具体的な進展として、2001年にフィンランドにてオルキルオト、2002年に米国にてユッカマウンテンが処分地として決定するといった、様々な面での進展があった。

その反面、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一定の合意形成がなされ、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が活発に行われている状況がある。このような状況に具体的に対応するため、OECD/NEA や IAEA 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なりつつある。ここで、セーフティケースは、

^{I-5)} IAEA and OECD/NEA(2006): Safety Requirements: Geological Disposal of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. WS-R-4.

^{I-6)} 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).

^{I-7)} 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.

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^{I-8)}。このような「段階的アプローチ (Stepwise Approach)」や「セーフティケース (Safety Case)」の考え方は、処分事業や安全規制の今後の具体化においてはもちろんのこと、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。

^{I-8)} OECD/NEA(2004):Post-closure Safety Case for Geological Repositories.

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ることによって長期の安全を確保するものであり、人間の生活環境から離れた深地層中に大きな人工的なシステムを構築すること、数万年以上にも及ぶ極めて長い時間スケールの評価を行う必要があること、が特徴である。そのため、上記特徴に伴って生じる空間的・時間的な不確実性に細心の注意を払いつつ、データとモデルに基づく計算によって予測評価するアプローチをとることから、様々な分野にわたる科学技術基盤を整備し、それらを総合的・体系的に組み上げていくプロセスが不可欠となる。

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100年を超える長期に及ぶことも特徴であり、それ故に、処分事業や研究開発の進展に応じて段階的に知見の集約とそれに基づく意思決定を図っていく、段階的アプローチが重要となる。各段階での知見に基づく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、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こと、また、上記の地層処分の特徴である統合的評価のアプローチを考えれば、セーフティケースの構築は極めて重要な役割を有することとなる。

このような長期にわたる処分事業、安全規制を段階的な意思決定を経つつ進めて行く上では、このような地層処分の特徴を念頭におきつつ、常に最新の知見に基づくセーフティケース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重要となる。

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、長期的な安全確保に一層の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乏しく、それ故に、国の基盤研究開発への取組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信頼性・成立性を提示することにより、将来の技術的・社会的な不確実性を低減させ、もって国民理解、事業・規制の円滑化につなぐことができる。

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、処分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。国の基盤研究開発が処分実施主体や規制機関とは別途の体制で、独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、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。

このような国の基盤研究開発の役割と目標を構造的に捉えれば、図 I -2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に向けて、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観点から、以下の3つを目指した取り組みが重要となる。

①科学的知見の拡充

地層処分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

②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

③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

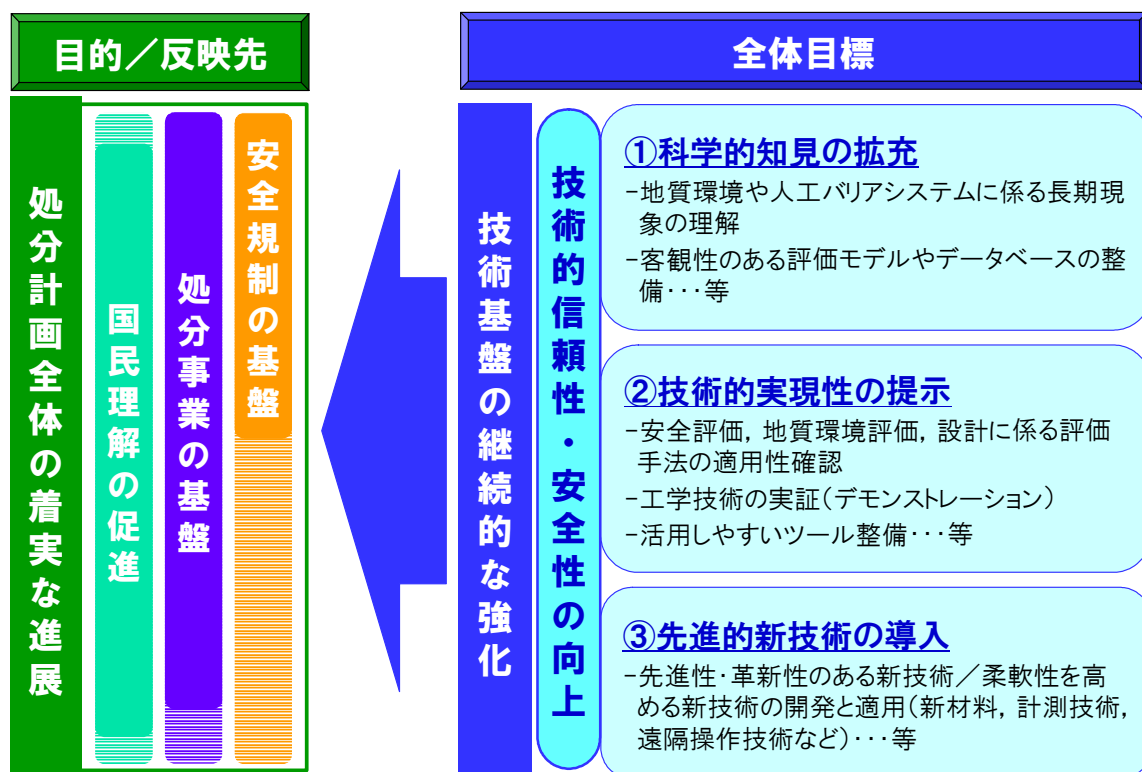


図 I -2 国の基盤研究開発の全体目標の設定

【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、処分事業や安全規制主体のニーズ、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踏まえれば、それぞれの活動と研究開発の視点から、図 I-3 のように整理することができる。図 I-3 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、処分事業実施主体と安全規制関連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処分事業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。

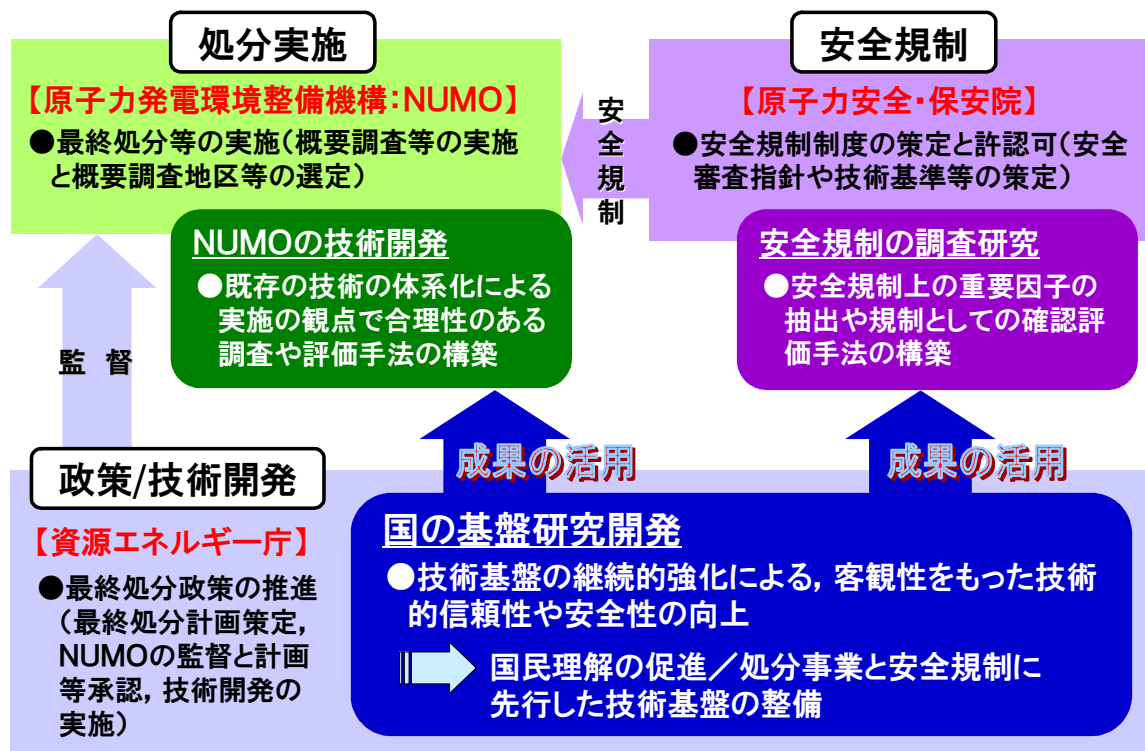


図 I-3 わが国の処分実施体制と基盤研究開発の位置付け

【処分事業の展開とニーズ】

NUMOの処分事業は、①概要調査地区の選定、②精密調査地区の選定、③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なり、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。

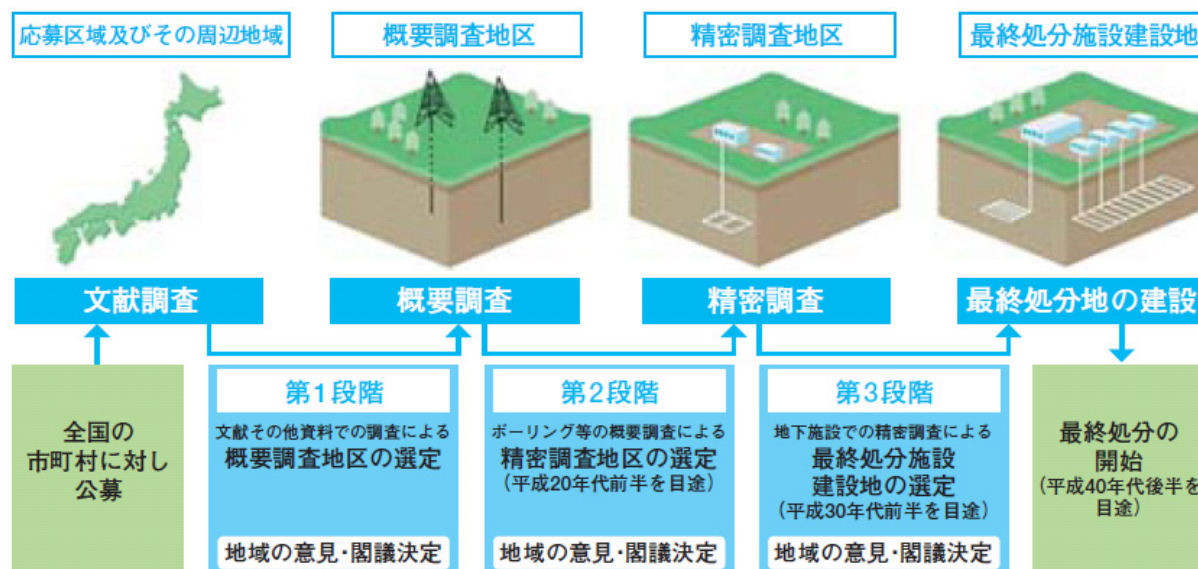


図 I-4 処分事業の段階的処分地選定プロセス

このような中で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、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 I-5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
 - 現段階(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)で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

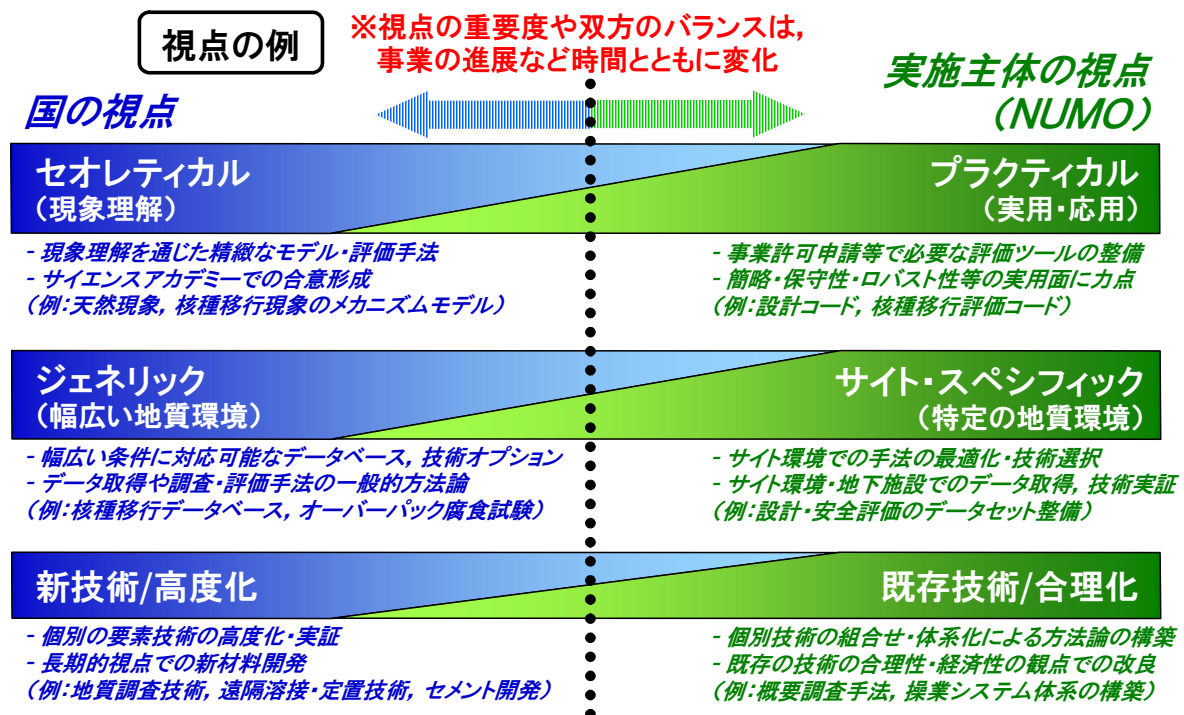


図 I-5 国の基盤研究開発と処分実施主体の技術開発の視点の違い(例示)

【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、当面、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、一方、原子力安全・保安院では、安全規制制度の法制化や調査ガイドラインの策定が計画されている(脚注 I-2 参照)。

このような展開の中で、規制機関自らで進める規制研究の考え方、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。

【規制研究の考え方】

- 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
 - 規制研究の新たな展開；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

【国の基盤研究開発への期待】

- 規制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
- ※原子力安全委員会においては「重点安全研究計画」として安全研究ニーズが提示されている

以上に基づけば、国の基盤研究開発、処分事業実施主体及び安全規制関連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。

	NUMO技術開発 ●既存技術の体系化 ●合理的な評価手法	基盤研究開発 ●技術的信頼性・実現性 ●科学的な理解	安全規制研究 ●安全規制上の重要因子 ●確認評価手法
地質環境	●文献調査・評価技術の体系的な方法論の整備 ●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*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	●地下水モデルの検証 ●長期安定性データベースの信頼性確認 （主に事例研究を中心）
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*等での適用性確認）	●施工技術や長期性能の品質保証（技術基準）の考え方の検討 （人工バリア変質試験等）
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*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）	●確率論的安全評価手法の検討 ●人間侵入など希頻度ハイレスクな事象の評価手法 ●核種移行データベースの信頼性確認（重要データ取得）

図 I-6 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
（*URL；深地層の研究施設）

3. 基盤研究開発の枠組みと基本的進め方

3.1 基盤研究開発の分野・課題の構造

地層処分の安全性確保の基本的アプローチは、①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)、②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、③構築された地層処分システムの安全性が安全評価によって確認される、というものである。このようなアプローチを信頼性を高めつつ現実的な技術基盤として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、従来より、図 I-7 に示すように、上記の基本アプローチの流れに沿って、「(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おり、このような構造は、引き続き基盤研究開発の基本として考えることができる。

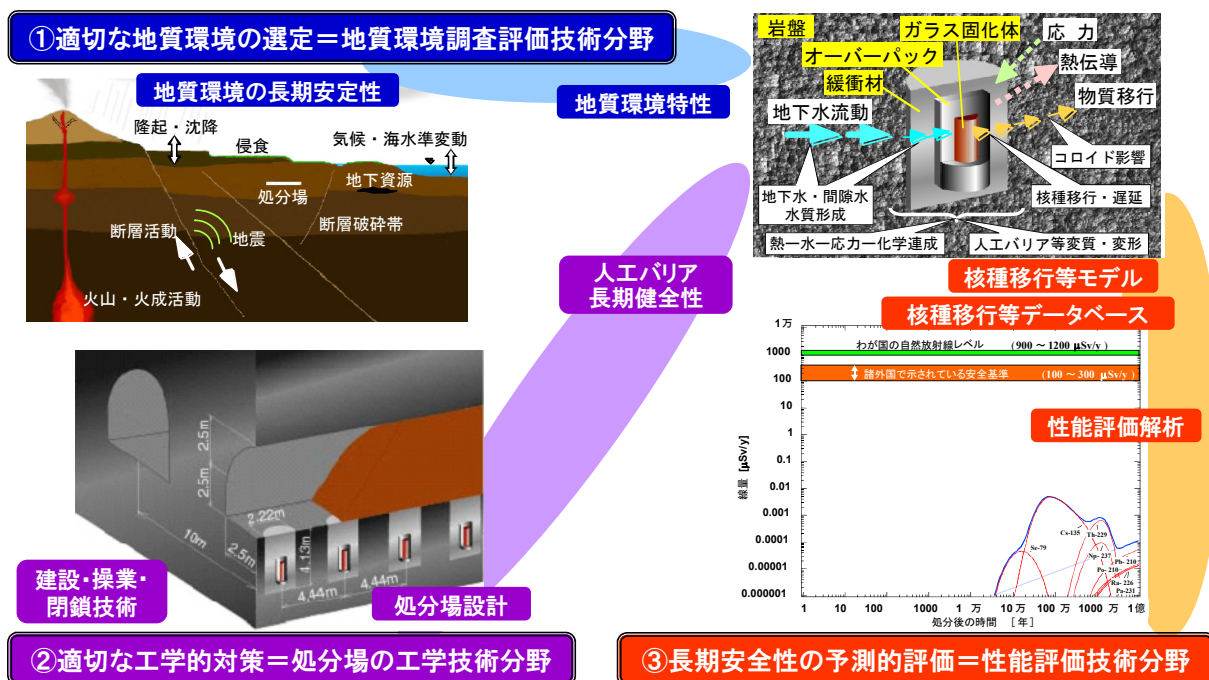


図 I-7 地層処分の研究開発における分野構造と課題例

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、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つつ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の課題として生じるモニタリングや記録の保存等に関しては、上記の3分野とは別途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 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は上述した通り、平成17年10月に独立行政法人として発足し、平成21年度までの第一期の中期目標／中期計画において、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、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I-8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。

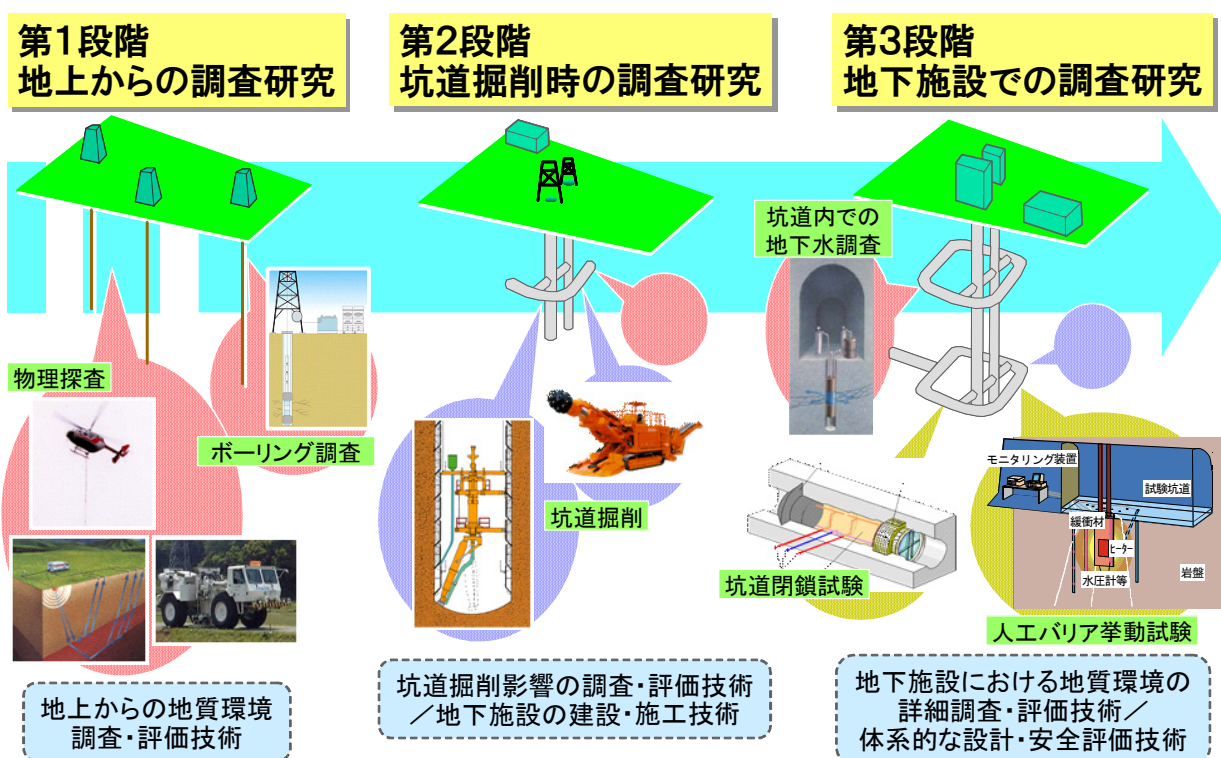


図 I-8 深地層の研究施設計画の段階的な進め方

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等の地質環境調査技術の高度化開発、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といった、周辺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 基盤研究開発の段階的進め方～柔軟性と具体性の確保～

基盤研究開発の役割や全体目標を踏まえれば、国民理解に資すべき課題・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、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、段階的に注意深く意思決定がなされつつサイト選定や処分概念が具体化さ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が可能な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計画として提示することも重要である。上記2つの視点、①事業と規制の双方の段階的な展開に応じて「柔軟性」をもった対応、②現時点での研究開発の合理性や効率性に配慮して「具体性」をもった課題や計画を、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、当面する5年程度のマイルストーンを念頭に、具体的な目標や計画を策定し、また、節目毎に成果の体系化と反映、課題と方向性を提示するとともに、柔軟性を発揮すべくタイムリーに見直すことが重要である。

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。

☆フェーズ1(平成17年度頃まで)【※既に終了】

【反映先等】

処分事業の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22年度頃まで)

【反映先等】

平成20年代前半が目途とされる精密調査地区選定期間を念頭に、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 30 年代後半が目途とされ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

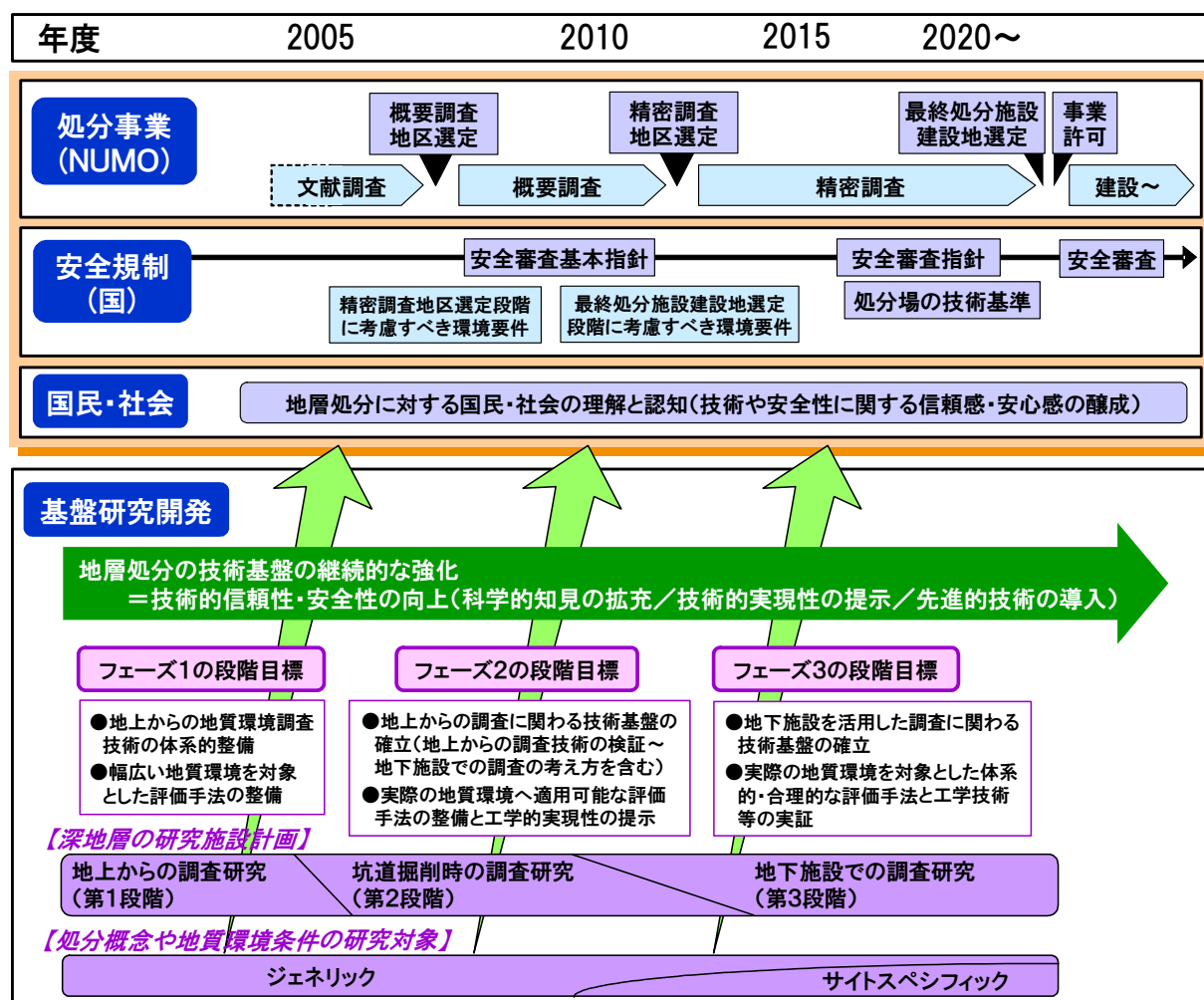


図 I -9 処分事業や安全規制の展開に応じた基盤研究開発の段階と目標設定

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、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、概要調査を経ての精密調査地区の選定が平成20年代前半になされ、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の展開にあわせて、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。事業と規制のいずれにおいても、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、基盤研究開発の成果を整備し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 I-10 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的かつ実用的な観点も含めて整備していく取り組みが重要となる。

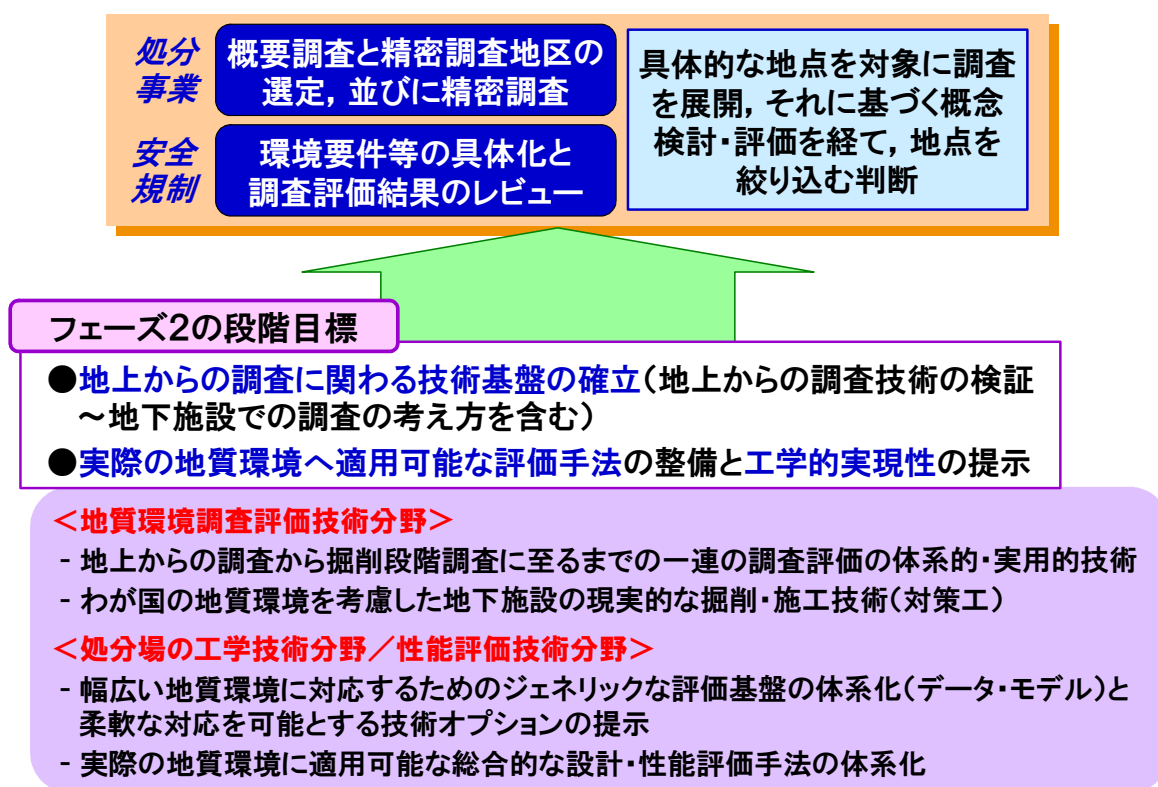


図 I-10 当面5年程度のフェーズ2における段階目標と重点課題

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 基盤研究開発の連携方策

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の研究開発の特徴、また、事業段階の研究開発としての体系化の重要性に鑑みれば、研究開発分野や課題間、及び関係研究機関間での連携の一層の強化が重要なものとなる。今後は、3.2 節に示した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、体系化の視点で連携を図るべきテーマ、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連携の取り組みを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を活用することは、研究資源の有効利用に留まらず、図 I-11 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を有するものとなる。

以上のような体系化の促進や研究資源の有効活用など、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、当該地層処分研究開発の領域で、従来より重要な手段となっている国際協力の効果的活用、また、科学的基礎研究領域を担う大学等との効果的連携も含めて検討していくことが重要である。

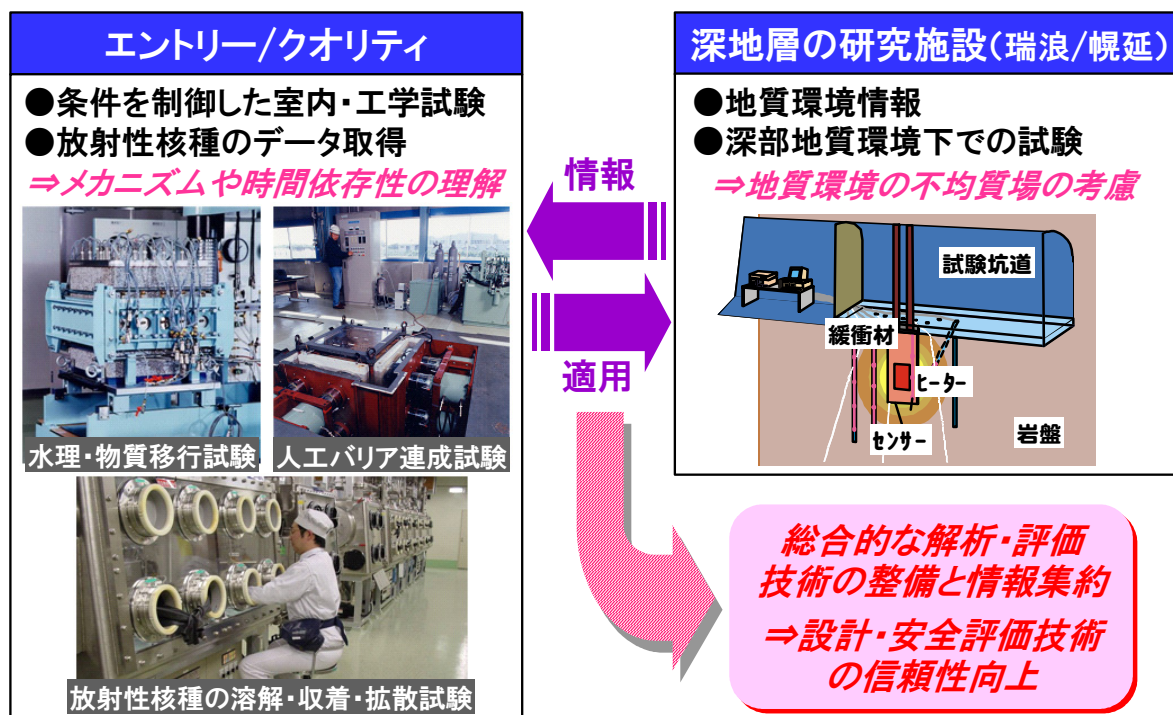


図 I-11 JAEAの深地層の研究施設等を活用した連携のイメージ

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、処分事業が実際のフィールド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踏まえれば、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、調査技術や工学技術など具体的な技術としての体系化など、体系化の視点をもった研究開発の展開が益々重要となる。

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を活用するなど、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としての体系化、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取り組みを展開していく。このような取り組みを積み上げ、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に向けた取り組みは、今後の基盤研究開発においては定常的に考慮されるべきものであり、研究フェーズの節目においては、基盤研究開発全体の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の取り組みは、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。なお、基盤研究開発の柔軟性の考え方に基づき、研究フェーズの節目における成果の体系化と反映を基本としつつも、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、柔軟に対応していく必要がある。

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。JAEAにおいては中期計画に基づき、知識ベース構築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基盤技術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技術並びに人材の継承の観点からも重要である。

5. 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

平成17年7月に設置した地層処分基盤研究開発調整会議（以下、調整会議）を、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 I-12 に示す通り、処分事業と安全規制のニーズを反映しながら、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ものである。

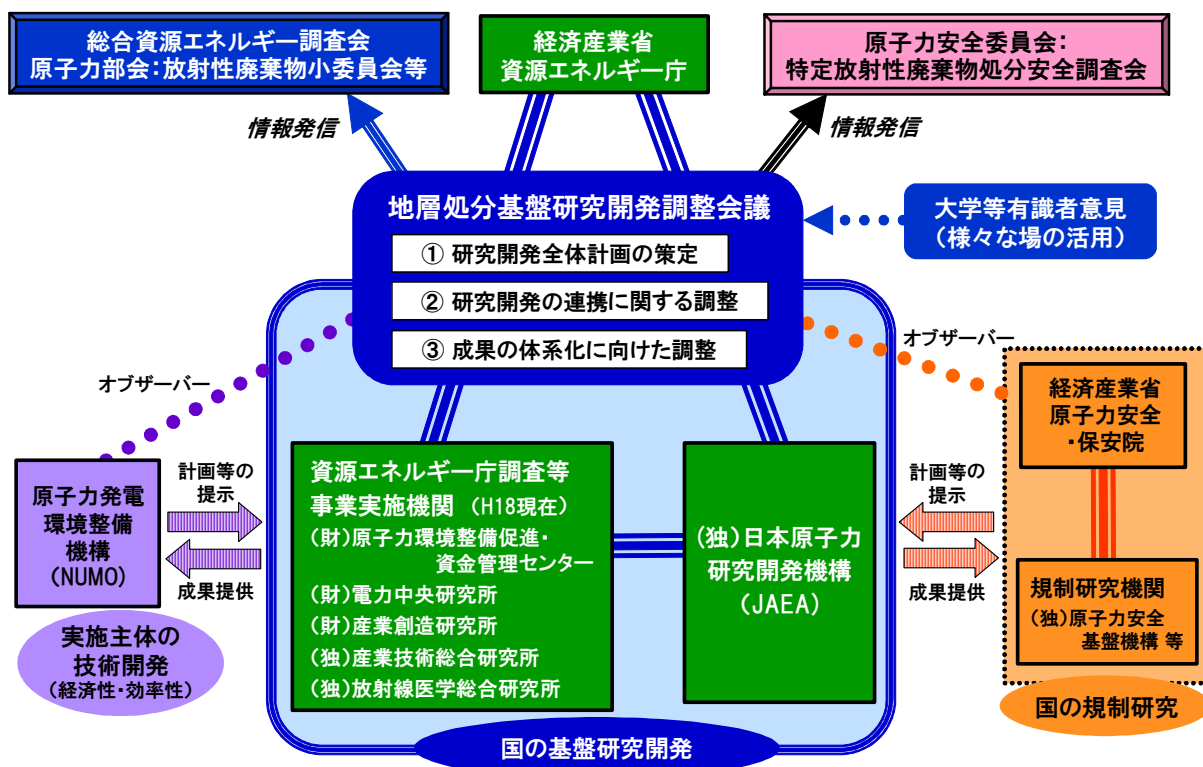


図 I-12 地層処分基盤研究開発調整会議の仕組み

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、及び資源エネルギー庁調査等事業の実施機関によって構成し、さらに、NUMOや規制関連機関等が参加することによって、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、展開していく計画である。

この調整会議では、主たる機能として以下のような3つを担うものとする。

①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基盤研究開発の全体計画の策定

②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す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

③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降、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、活動を展開してきている。

5.2 基盤研究開発のマネジメントスキーム

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を効率的に展開していく観点から、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つつ、当面する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①～③の機能を、図 I -13 に示すようなPDCAサイクルとして実践していく。

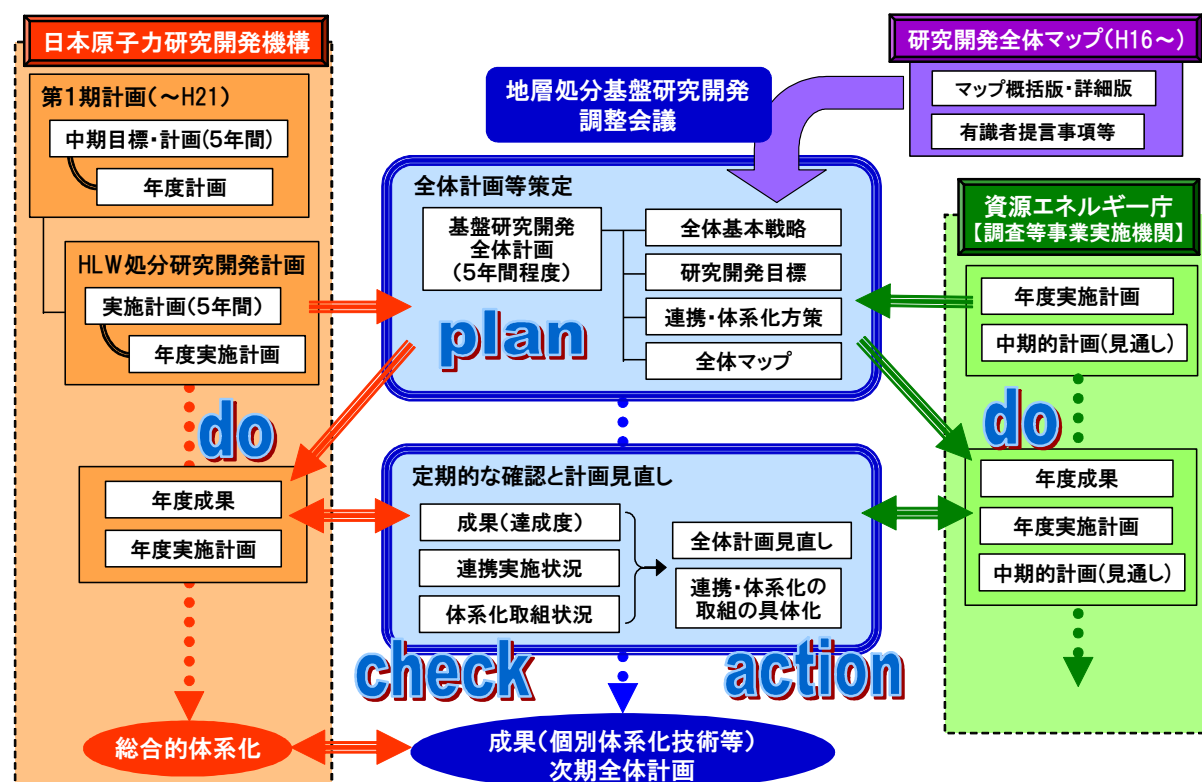


図 I-13 地層処分基盤研究開発調整会議を中心とした研究開発マネジメントスキーム

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。

①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、基盤研究開発の中核的機関としての深地層の研究施設計画を含むJAEAの計画を踏まえ、概ね5年間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、当面する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(①概括版＝中長期戦略, ②詳細版＝当面5年の計画)」を活用する(全体マップについては【第Ⅱ部】にて詳述)。

②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。

③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組状況や方向性の確認・調整。

④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①～④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～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、基盤研究開発の計画や成果情報を広く国民各層に発信し、国民・社会とのコミュニケーションを通じて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、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。

- 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、大学等有識者による意見を取り入れるとともに、幅広い関係機関や大学等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、基盤研究開発の全体計画・成果やマネジメント等の適切性に関して報告・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定期的に報告)。
- 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つつ、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。

- 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)

○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】

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」とされており、これ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(図 I-14)。

○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、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、基盤研究開発調整会議を通じてニーズとして吸収する。

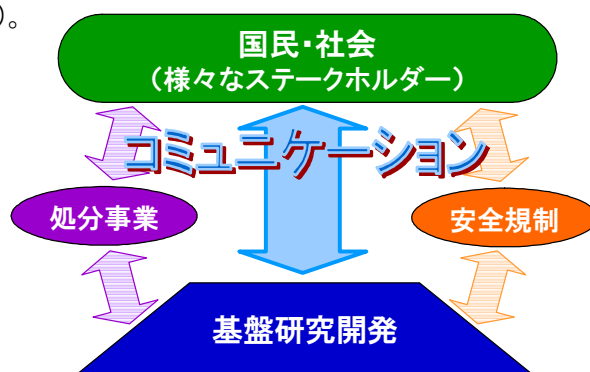


図 I-14 国民・社会とのコミュニケーションとニーズの把握

5.4 基盤研究開発の工程

基盤研究開発の当面5年間のフェーズ2における進め方として、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、図 I-15のようなスケジュールで展開していき、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1四半期(4-6月)	第2四半期(7-9月)	第3四半期(10-12月)	第4四半期(1-3月)
平成17年度 (FY2005)	★ 全体マップ の策定	★ 調整会議 の設置	★ 全体計画の策定 - 全体基本戦略, 分野戦略, 全体マップH18版の策定 - 事業と規制のニーズ, 連携・体系化の方針など	
平成18年度 (FY2006)		★ 全体計画(ドラフト) ★ 国の委員会報告 (全体基本戦略) ★ H19予算	★ 計画としての連携・体系化方策の具体化 (個別連携・体系化方策を中心に) ★ 大学等有識者レビュー (全体計画)	★ 全体計画の公表 ★ 全体計画&フェーズ1 成果報告会
平成19年度 (FY2007)	★ 全体基本戦略に 係る課題検討 (レビュー, 人材育成, 国民・社会対応方策等)	★ 全体計画見直し (連携・体系化方策) ★ H20予算	★ 分野間/HLW-TRUの連携・体系化方策の具体化 ★ 大学等有識者レビュー (連携・体系化方策～フェーズ2中間成果)	★ 国の委員会 レビュー
平成20年度 (FY2008)	★ 中間報告書の公表 ★ フェーズ2中間報告会	★ 全体計画 見直し ★ H21予算	★ 成果としての体系化の具体化 ★ 学会レビュー&国の委員会レビュー	
平成21年度 (FY2009) ～平成22年度 (FY2010)頃		★ 全体計画見直し ★ H22～予算	★ フェーズ2成果取りまとめ&次期フェーズ計画 ★ フェーズ2成果報告会 ★ フェーズ2最終報告書の公表	★ フェーズ3 全体計画公表

図 I-15 基盤研究開発のフェーズ2における調整・情報発信・レビュー等の工程(予定)

第Ⅱ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

全体計画第Ⅱ部では、第Ⅰ部で述べた国の基盤研究開発の全体目標や基本的進め方等の全体基本戦略に基づいて検討を行ったフェーズ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Ⅰ部において、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17年10月に閣議決定された「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年代前半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30年代後半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、詳細なものとされていくことになる^{Ⅱ-1)}。(第Ⅰ部2.3節参照)

一方、安全規制の取り組み・展開については、原子力安全委員会及び原子力安全・保安院として、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。現在、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、当面、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、一方、原子力安全・保安院では、安全規制制度の法制化や調査ガイドラインの策定が計画されている^{Ⅱ-2)}。(第Ⅰ部2.3節参照)

このような処分事業および安全規制のスケジュールを念頭に、第Ⅰ部3.3節において設定された今後の5年程度を節目とす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22年度頃まで)

概要調査やその結果を用いる処分場の設計・性能評価への実効的な反映を図るとともに、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の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

Ⅱ-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.
(http://www.numo.or.jp/siryou/jigyoku-k/jigyoku_2005.html).

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.
(http://www.numo.or.jp/siryou/jigyoku-k/jigyoku_2006.html).

Ⅱ-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(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」.

フェーズ3（平成 22 年度頃～平成 20 年代後半頃まで）

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・性能評価への実効的な反映，安全審査に関連した指針や技術基盤等の策定に資するために，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

フェーズ2の研究開発計画の展開にあたっては，第Ⅰ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」の策定時の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機関における研究に関する最新の状況を考慮するなど，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

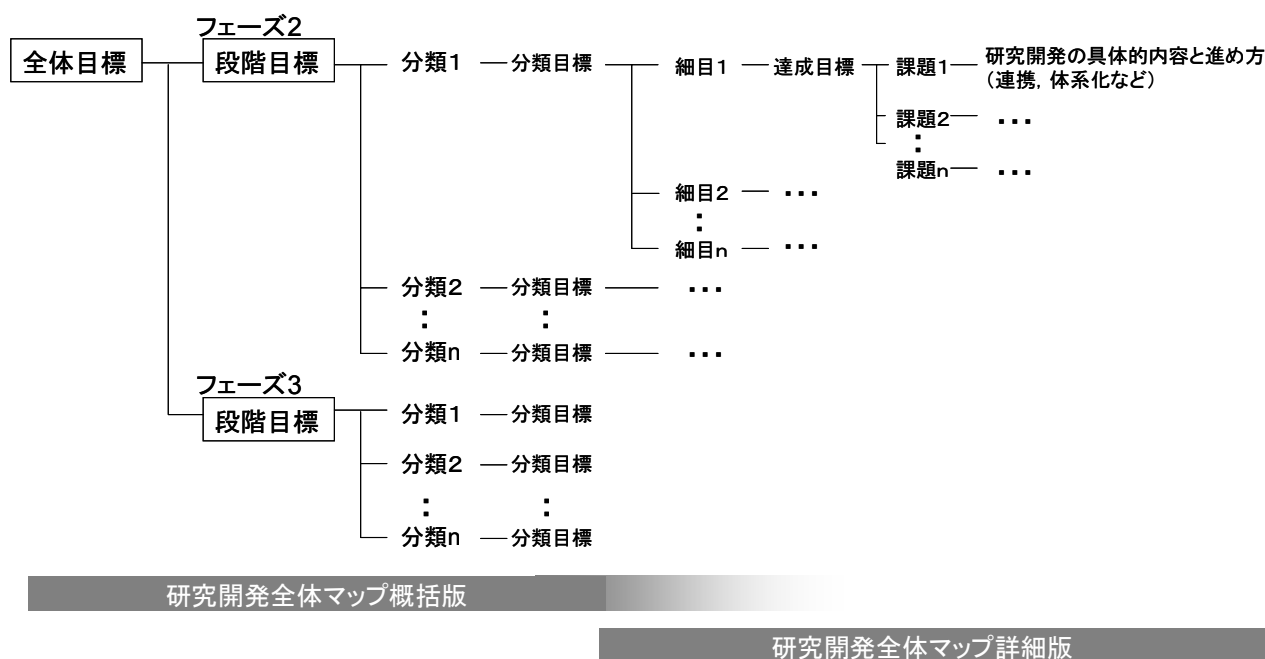
「地質環境調査評価技術」，「処分場の工学技術」，「性能評価技術」の各分野で，研究開発要素を「分類」，「細目」の2つのレベルで設定しながら，以下のような共通的手順を踏んで検討を行うことにより，研究開発計画の内容を全体マップの形式で表現するうえで，分野間の偏りや過不足が生じないように配慮した。

- ① 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）。
- ② 次に「分類目標」を達成するために，処分事業および安全規制の進展に伴う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）。
- ③ 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）。

④ ①から③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、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Ⅱ-1-1 になる。研究開発全体マップは、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5年間のフェーズ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Ⅱ-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。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。

なお、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②)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およ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①および③)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Ⅱ-1-1 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

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Ⅰ部の全体基本戦略を踏まえて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およ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Ⅱ-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および安全規制のスケジュールとともに、図Ⅱ-1-1で示したように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、処分場の工学技術およ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。

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Ⅱ-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Ⅱ-2-2参照)。具体的には、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基盤研究開発に対するニーズを勘案し、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ている。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、研究開発成果の体系化の具体化と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。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Ⅰ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」を図Ⅱ-2-3に示す。これは、第Ⅰ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、それを踏まえた基盤研究開発の全体目標や段階的進め方(図Ⅰ-9)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で作成したものである。

分野毎により具体的に設定した分類目標は、第Ⅰ部で設定された段階目標を達成するよう設定している。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から、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。

- 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およ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およ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(処分場の工学技術およ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Ⅱ部の3章以降、具体的には、「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」において記述する。

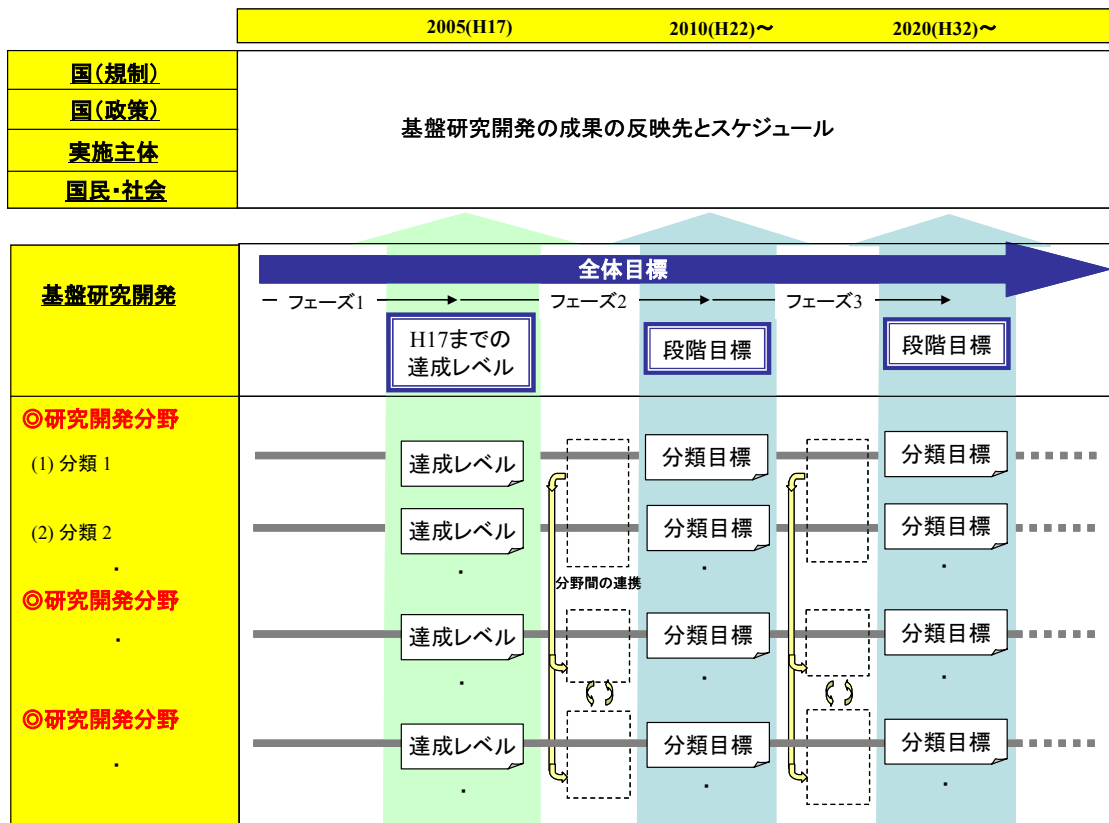


図 II -2-1 研究開発全体マップ概括版の構造

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22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 ・連携テーマ(既存, 新規) ・TRU廃棄物分野との関連	

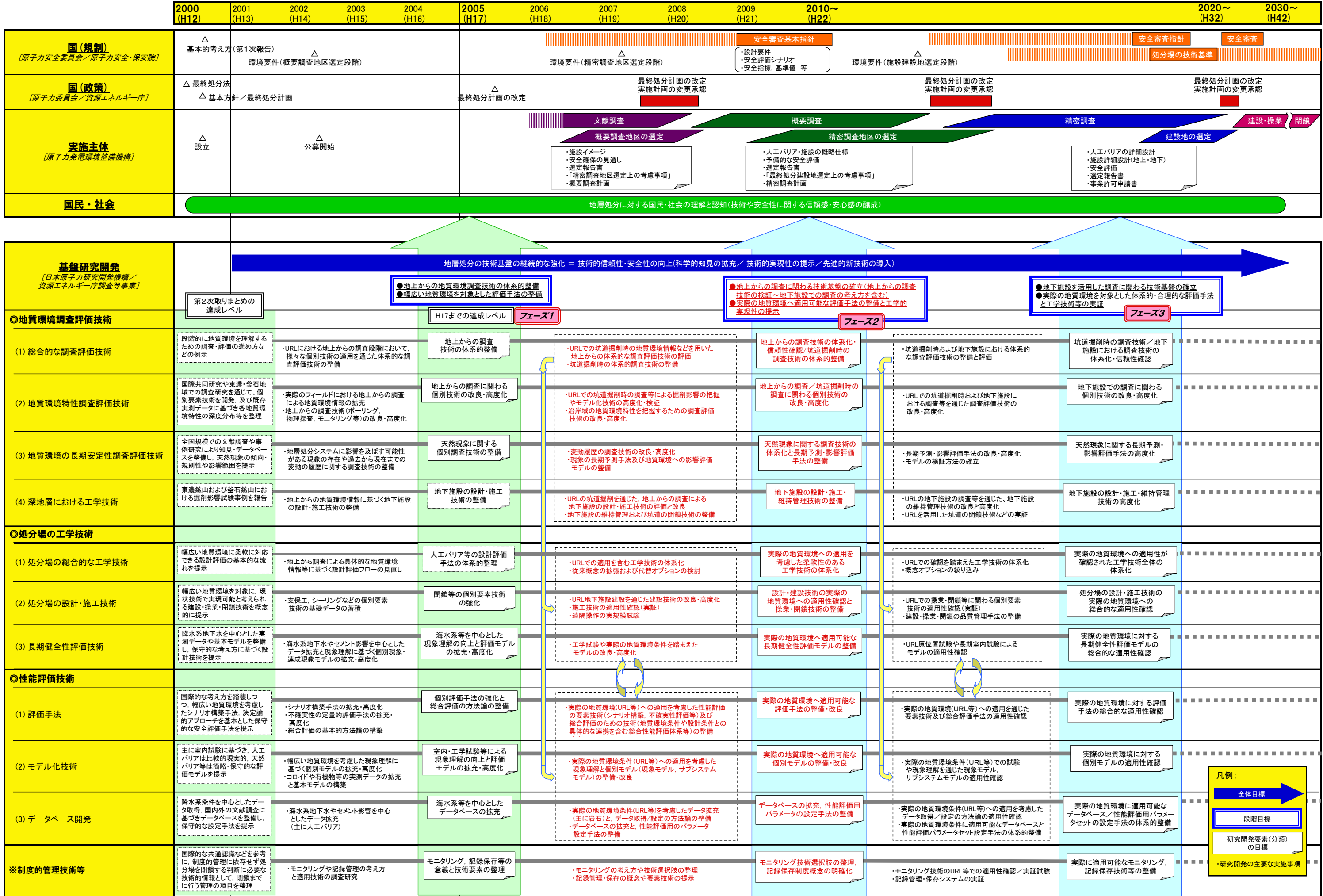
図 II -2-2 研究開発全体マップ詳細版の構造

<研究開発全体マップ概括版>

(図Ⅱ-2-3)

図Ⅱ-2-3 【研究開発全体マップ概括版】高レベル放射性廃棄物地層処分に関する基盤研究開発の全体マップ(平成18年度版)
— 処分事業・安全規制の段階的な進展に応じた国の基盤研究開発の体系的・中長期的な展開; 全体目標/段階目標と研究開発分野・分類毎の目標 —

全体マップ概括版



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となる地質環境情報を取得するための調査機器や調査手法、あるいは得られたデータを用いて地質環境特性の空間的な分布や長期的な変化を推定しモデル化するための解析・評価手法などを対象としている。

実際の処分場やその候補サイトにおける地質環境の調査や評価を如何に行うか、また、その結果を規制としてどのように確認・評価するかについては、それぞれ NUMO や規制機関において、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および性能評価の根拠となる地質環境情報を取得するためには、どのような調査評価技術が必要か？
- 地質環境の調査評価に必要となる個々の技術は、目的に応じた適切なレベルで整備されているか？（重要な技術に欠落や支障はないか？）
- それらの技術を組み合わせることによって、目標に応じた段階的な調査が実現できるか？（実用性を裏付ける実績や根拠はあるか？）

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、分類および分類毎のフェーズ2とそれ以降の目標を設定し（表Ⅱ-3-1）、概括版（図Ⅱ-2-3）に示した（3.1 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に、分類をさらに詳細化した細目（表Ⅱ-3-2）およ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（表Ⅱ-3-3）を作成した。詳細版の作成に至るまでの検討の内容については、NUMO や規制研究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 3.2 節に記載する。

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Ⅰ部で示した通り、「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年代前半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、研究開発全体マップ概括版(図Ⅱ-2-3)に示したように、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」などが見込まれている。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踏まえ、研究開発全体マップ概括版(図Ⅱ-2-3)には、地質環境調査評価技術に関する段階目標として、フェーズ2では「地上からの調査に関わる技術基盤の確立」を、フェーズ3では「地下施設を活用した調査に関わる技術基盤の確立」を掲げている。さらに、フェーズ2以降の研究開発計画を具体化するにあたり、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たうえで、フェーズ2およびフェーズ3の分類目標を設定した。

表Ⅱ-3-1 にフェーズ2以降の研究開発に対して新たに設定した分類と分類目標を示す。分類の設定では、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」および「深地層における工学技術」の4分類の構成とした。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共通認識に基づく。

表Ⅱ-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

分類と分類目標の設定に際し、フェーズ1における研究の進展等を踏まえつつ、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。その主な点を以下に示す。

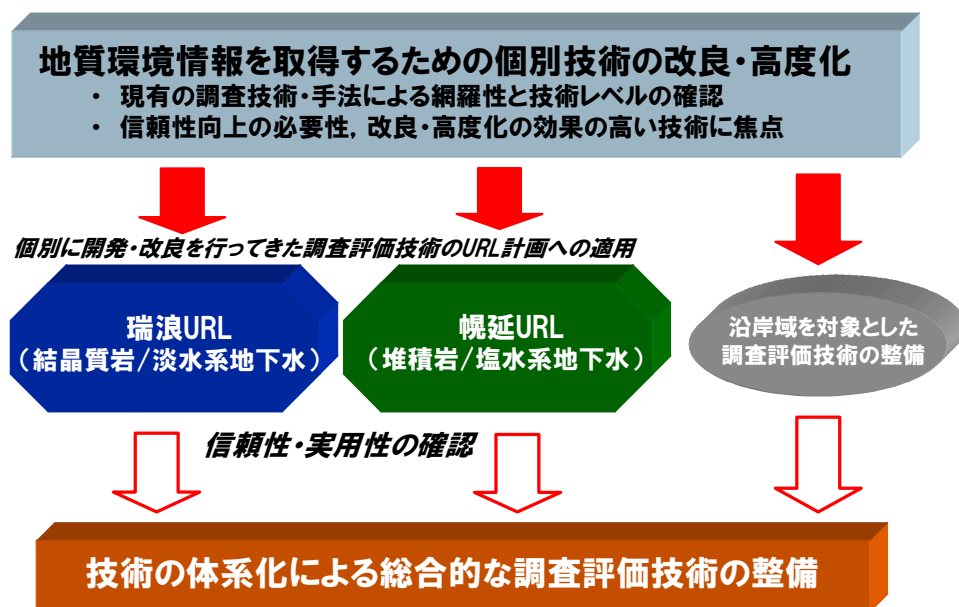
1) 総合的な調査評価技術

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(図Ⅱ-3-1 参照)。

深地層の研究施設においては、フェーズ2の期間中に中間的深度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、最終深度を目指した坑道掘削を伴う調査研究および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。

以上を踏まえ、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Ⅱ-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)としての開発要素が残されている。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(海岸線付近の陸地から浅海域までを含む)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水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詳細レビューを行い、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。

以上を踏まえ、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、従来の安定な地質環境を選定するという視点に加え、地層処分システムの性能の観点から与えられた場の安定性や長期的な変化を評価するという視点から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。なお、今後は安全規制の具体化に向けた議論が進展していくと考えられるため、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。

以上を踏まえ、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の期間中に中間的深度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、最終深度を目指した坑道掘削を伴う調査研究および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は、深地層の研究施設計画における坑道掘削時の調査研究に基づく「地下施設の設計・施工・維持管理技術の整備」をフェーズ 2 の分類目標とし、フェーズ3では、地下施設における調査研究の成果も含めた「地下施設の設計・施工・維持管理技術の高度化」を分類目標とした。

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-

3.1 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、表Ⅱ-3-2 に示すように、分類ごとに研究開発対象を詳細化して細目を設定した。

「総合的な調査評価技術」においては、細目として「①多様な地質環境を対象とした調査評価技術」と「②特定の地質環境を対象とした調査評価技術」(結晶質岩、堆積岩、沿岸域)を設定した。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」および「堆積岩」に、3.1 2)の議論を踏まえて、「沿岸域」を加えた構成とした。

「地質環境特性調査評価技術」については、フェーズ1における「地質環境特性」の構成を参照して、5つの細目を設定した。なお、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た。

「地質環境の長期安定性評価技術」では、フェーズ1における細目の一つであった「火山・火成活動」に関連する研究開発として、非火山地域における地温異常や熱水作用などが重要な研究対象であることを踏まえ、それを明示する意味で細目名を「火山・熱水活動」とした。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」とした。

「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」を細目とした。

表Ⅱ-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	①総合的な調査・評価	(1)総合的な調査評価技術	①多様な地質環境を対象とした調査評価技術
			②特定の地質環境を対象とした調査評価技術 ○結晶質岩, ○堆積岩, ○沿岸域
	②地質・地質構造	(2)地質環境特性調査評価技術	①地質・地質構造
	③地下水流動特性		②地下水流動特性
	④地球化学特性		③地球化学特性
	⑤岩盤の応力・熱特性		④物質移動特性
	⑥物質移動特性		⑤岩盤の熱・力学特性
	⑦地質環境調査技術高度化		
(1)地質環境の長期安定性	①地震・断層活動	(3)地質環境の長期安定性調査評価技術	①地震・断層活動
	②火山・火成活動		②火山・熱水活動
	③隆起・侵食		③隆起・侵食／気候・海水準変動
	④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技術	①結晶質岩
			②堆積岩

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Ⅱ-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。本マトリックス表については、表Ⅱ-3-3の全体マップ詳細版の末尾に、表Ⅱ-3-4として添付した。

その上で、細目ごとにフェーズ1における研究開発の成果や達成度を確認しつつ、フェーズ2における達成目標およ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、表Ⅱ-3-3の研究開発全体マップ詳細版に整理した。表Ⅱ-3-3の備考欄には、課題ごとに関連するNUMOや規制研究機関の研究開発計画を記した。また、資源エネルギー庁調査等事業(以下、ANRE事業)と日本原子力研究開発機構(以下、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検討し、あわせて備考欄に示した。

以下、全体マップ詳細版の作成にあたって背景となった主な議論の結果を、分類ごとに整理する。

1) 総合的な調査評価技術

表Ⅱ-3-2に示した「②特定の地質環境を対象とした調査評価技術」のうち「結晶質岩」と「堆積岩」については、2つの深地層の研究施設計画における大きな目標に位置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、深地層の研究施設計画を着実に進めることが重要であり、関係機関による連携・協力の強化に向け、深地層の研究施設の活用に関する調整の場を設けることも検討していく。

一方、「沿岸域」については、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)で述べる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、現象の理解およ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との結論に至った。

- 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、塩淡水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「②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。

なお、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「①多様な地質環境を対象とした調査評価技術」と「②特定の地質環境を対象と

した調査評価技術」としてそれぞれ異なった視点で進められている。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。今後、双方を高度化していく過程で、役割や反映先などを含めて開発の方向性を検討していく必要がある。

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、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・高度化を図るべき課題が残されている。これらについては、従来より複数の ANRE 事業として研究開発が進められてきたが、今後は、前項 1) の総合的な調査評価技術ともあわせて、ANRE 事業間での連携や JAEA の研究開発も含めた全体の体系化を進めていく必要がある。

3) 地質環境の長期安定性調査評価技術

地質環境の長期安定性調査評価技術については、「第2次取りまとめ」を踏襲して課題設定された天然現象を対象に、調査手法の整備を主眼とした事例研究が進められてきたが、フェーズ2の研究開発においては、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、「③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」を新たに課題設定した。地質環境の長期安定性は処分地選定の基本的な要件であり、その評価は主に地上からの調査によってなされるため、国の基盤研究開発としても、早期に実用化できる見通しをもって、調査技術の開発を進める必要がある。

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。今後は、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。また、国の基盤研究開発として、研究資源の確保など継続的な研究開発を維持していくための環境整備にも留意が必要である。

4) 深地層における工学技術

深地層における工学技術については、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、およ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。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・高度化を着実に進めていくことが重要である。

以上に述べた 1) から 4) までの研究開発を効率的に進めていくためには、細目内の各課題、細目、

分類,あるいは分野間といった様々なレベルでの連携が必要である。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。フェーズ2においては、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を進める。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集約していくことが重要である。以下に主要な連携の例を示す。

○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,塩淡水境界面形状把握調査および地下水年代測定技術の連携〔ANRE 事業間の連携〕
- 超深地層研究所計画における地質環境情報を活用した調査システムフローの適用性確認〔ANRE 事業と JAEA の研究開発(瑞浪)〕
- 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)〕

○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〕

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を進めていく必要がある。

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

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

○天然現象影響評価技術〔地質環境調査評価技術(地質環境の長期安定性調査評価技術/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〕

＜研究開発全体マップ詳細版【地質環境調査評価技術】＞

（表Ⅱ-3-3）

＜表Ⅱ-3-4 現状の取り組み課題と対象地質関係との関連整理＞

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】

フェーズ1における資源エネルギー庁調査等事業実施機関*

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）

産業創造研究所（IRI）

産業技術総合研究所（AIST）

放射線医学総合研究所（NIRS）

* 平成 19 年度以降の資源エネルギー庁調査等事業の実施機関は今後決定される。

表Ⅱ-3-3 研究開発全体マップ詳細版【地質環境調査評価技術】(平成18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
				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22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	(1)総合的な調査評価技術	①多様な地質環境を対象とした調査評価技術	●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	【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	●地質環境評価技術高度化調査【ANRE/RWMC】 我が国の多様な地質環境を対象に、既往研究成果などの情報調査結果を基に地上からの調査段階における地質環境の調査から評価に至る地質環境調査・評価のフローを構築する。 この結果、内陸／結晶質岩、沿岸／堆積岩を対象とした調査システムフローを作成し、既存データによる模擬検討により、その有効性、信頼性を確認できた。 ・複雑な調査システムフローを効率的かつ透明性をもって幅広く利用可能とするためのITベースのシステムを構築した。	【達成目標/地上からの調査段階】 ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究を通じて、地上からの調査段階で構築した地質環境モデルの妥当性を評価する。 ●上記の結果を踏まえつつ、地上からの調査段階で整備した地質環境の調査・評価技術の有効性を評価し、体系化した方法論として成果を取りまとめる。 ●2つのURLにおける研究成果や既往情報を活用しつつ、沿岸域に特有の現象や条件に注目して、地上からの調査段階で地質環境特性を調査・評価するための体系的な方法論を提示する。 ●幌延URLへの適用を通じて、従来技術では掘削および調査が困難な断層破砕帯などを対象としたコントロールボーリングおよび調査技術を開発し、堆積岩を対象とした一連のボーリング調査手法を提示する。	●地質環境評価技術高度化調査【ANRE】 我が国の多様な地質環境を対象に、既往の研究成果などの情報調査結果を基に、地質環境の調査から評価のフローを構築して地上／坑道からの調査段階における調査体系を整理する。フェーズ2での主要な具体的課題は以下のとおり。 ・沿岸域重要課題に対応した地質環境調査技術の体系的整理(例えば、沿岸、島嶼に対応できる調査システムフローの構築) ・坑道を利用した調査段階の調査システムフローの構築 ・地質環境調査技術の適用性に関する検討/2つのURLにおける地質環境情報を活用した調査システムフローの適用性確認(ANRE/JAEAの連携) ・設計・性能評価の模擬検討に基づく有効性、信頼性の確認 ・国内外の最新技術、知見の調査による情報の拡充とフローの更新 ・知識・事例のデータベース化 ・地質環境調査のマネジメントや説明に利用できるコンピュータツールの開発	【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、必要なデータ等を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 【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
		②特定の地質環境を対象とした調査評価技術		●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。 ●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。 ●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。	●超深地層研究所計画(略称:瑞浪URL)【JAEA】 瑞浪URL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層処分にとって重要な地質環境特性を段階的に調査・評価するための方法論を提示する。 ・調査研究の個別目標、課題の具体的な明示、空間スケールの設定、調査から評価に至る一連のループを繰り返すアプローチなどの適用を通じて、最適化した調査・解析の道すじについて地上からの調査を異なる空間スケール毎に調査量の異なる複数の段階に区分し各段階ごとに統合化データフローとして例示した。 ・調査結果に基づき地上からの調査段階において、岩盤の不均質性(不連続構造の三次元的な分布など)の調査、データの解釈とモデル化、モデルの妥当性評価(不確実性の伝播の評価含)などで構成される一連の具体的な体系を提示しつつ、その過程で得られたノウハウを明示した。 ・地質環境情報に含まれる不確実性を定量化し、それを低減するための手法および本手法を用いた地質構造と水理地質構造のモデル化技術を例示した。 ・地上からの調査段階におけるボーリング調査の経験に基づき、花崗岩を対象とした調査の考え方、具体的な進め方などに関する知見、判断の根拠および個々の調査技術の有効性などを整理し明示した。	●超深地層研究所計画(略称:瑞浪URL)【JAEA】 瑞浪URLにおける坑道掘削時の地質環境情報を基に、地上からの調査段階で提示した地質環境特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論の妥当性を評価し、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。 ・坑道掘削時の調査研究で得られる地質環境情報(坑道壁面観察、湧水量観測、水圧、水質変化の観測結果など)を用いて、地上からの調査研究段階における地下深部の地質環境の予測結果(地質環境モデルなど)を段階的に評価する。 ・上記の結果に基づき設計や安全評価を見据えた坑道掘削時以降の具体的な調査項目とその重要度に関する判断の根拠などを提示する。 ・上記の調査研究を通じて、データおよび地質環境モデルなどの地質環境情報に含まれる不確実性を段階的に評価し、調査研究を通じて不確実性を低減させる手法を例示する。 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環境を段階的に調査・評価するための体系的な方法論を提示する。	●超深地層研究所計画(略称:瑞浪URL)【JAEA】 瑞浪URLにおける坑道掘削時の地質環境情報を基に、地上からの調査段階で提示した地質環境特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論の妥当性を評価し、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。 ・坑道掘削時の調査研究で得られる地質環境情報(坑道壁面観察、湧水量観測、水圧、水質変化の観測結果など)を用いて、地上からの調査研究段階における地下深部の地質環境の予測結果(地質環境モデルなど)を段階的に評価する。 ・上記の調査研究を通じて、データおよび地質環境モデルなどの地質環境情報に含まれる不確実性を段階的に評価し、調査研究を通じて不確実性を低減させる手法を例示する。 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環境を段階的に調査・評価するための体系的な方法論を提示する。	【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 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。 【規制機関の計画】 上記Cに同じ。 【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) 【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]
	結晶質岩	●幌延深地層研究計画(略称:幌延URL)【JAEA】 幌延URL周辺に分布する堆積岩を対象に、地上からの調査段階の調査研究を通じて、地層処分にとって重要な地質環境特性を段階的に調査・評価するための方法論を提示する。 ・調査研究の個別目標、課題の具体的な明示、研究所設置地区の選定などの段階的な手順、調査から評価に至る一連のアプローチなどの適用を通じて、地上からの調査段階の調査・解析の道すじを統合化データフローとして例示した。 ・上記の重要な地質環境特性の設定に基づき、各モデル間の整合性を検討するために、地下水水質分布と地下水流動場を対比して評価した解析例を提示した。また、地下施設建設時の周辺岩盤中の地下水水質分布と地下水流動場の変化を予測した。 ・地質環境モデルの不確実性評価と個々の重要パラメータの不確実性評価の組み合わせによる、地上からの地質環境調査から安全評価に至る一つの不確実性評価体系の例示した。 ・地上からの調査段階におけるボーリング調査の経験に基づき、堆積岩を対象とした調査の考え方、具体的な進め方などに関する知見、判断の根拠および個々の調査技術の有効性などを整理し明示した。		●幌延深地層研究計画(略称:幌延URL)【JAEA】 幌延URLにおける坑道掘削時の地質環境情報を基に、地上からの調査段階で提示した地質環境特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論の妥当性を評価し、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。 ・坑道掘削時の調査研究で得られる地質環境情報(坑道壁面観察、湧水量観測、水圧、水質変化の観測結果など)を用いて、地上からの調査研究段階における地下深部の地質環境の予測結果(地質環境モデルなど)を段階的に評価する。 ・上記の結果に基づき設計や安全評価を見据えた坑道掘削時以降の具体的な調査項目とその重要度に関する判断の根拠などを提示する。 ・上記の調査研究を通じて、データおよび地質環境モデルなどの地質環境情報に含まれる不確実性を段階的に評価し、調査研究を通じて不確実性を低減させる手法を例示する。 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環境を段階的に調査・評価するための体系的な方法論を提示する。	●幌延深地層研究計画(略称:幌延URL)【JAEA】 幌延URLにおける坑道掘削時の地質環境情報を基に、地上からの調査段階で提示した地質環境特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論の妥当性を評価し、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。 ・坑道掘削時の調査研究で得られる地質環境情報(坑道壁面観察、湧水量観測、水圧、水質変化の観測結果など)を用いて、地上からの調査研究段階における地下深部の地質環境の予測結果(地質環境モデルなど)を段階的に評価する。 ・上記の結果に基づき設計や安全評価を見据えた坑道掘削時以降の具体的な調査項目とその重要度に関する判断の根拠などを提示する。 ・上記の調査研究を通じて、データおよび地質環境モデルなどの地質環境情報に含まれる不確実性を段階的に評価し、調査研究を通じて不確実性を低減させる手法を例示する。	【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 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。 【規制機関の計画】 上記Cに同じ。 【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) ●幌延URLにおけるボーリング技術の適用性確認(ANRE/JAEA幌延) 【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]		
		堆積岩		●ボーリング技術高度化調査【ANRE(CRIEPI)】 地上からの調査段階において、様々な地質、地形制約条件下で効率的なボーリング調査を進めるために、堆積岩を対象にボーリングのコントロール掘削技術と概要調査の各段階で把握することが重要と考えられる水理、地化学、力学などの地質環境特性を効率的に調査・評価する技術を開発する。 ・幌延URLにおいて孔長700m、深度450m級の掘削を実施することにより、掘削システムの堆積性軟岩への適用性について実証した。併せてLWDや透水、採水試験などの測定技術の適用性について確認し、総合的な掘削、調査システムを構築した。一部の測定技術、モニタリング技術に関しては、基本設計とプロトタイプの製作を完了した。	●ボーリング技術高度化調査【ANRE】 地上からの調査段階において、様々な地質、地形制約条件下で効率的なボーリング調査を進めるために、堆積岩を対象にボーリングのコントロール掘削技術と概要調査の各段階で把握するための体系的な方法論を開発する。 ・フェーズ1の成果を踏まえ、現場適用を通じて総合的なボーリング掘削、調査、モニタリングシステムを構築する。フェーズ2では特に掘削が困難と予想される断層破砕帯を対象とした技術開発を実施する。具体的には、幌延地域に分布する大曲断層を対象として、孔長800m、深度500m級のコントロール掘削および調査を実施し、指定地点の地質環境特性を把握しつつ、そのデータ品質を繰り返し評価していくことにより、構築した掘削、調査、モニタリングシステムの妥当性を確認する。 ・地下水年代測定技術との連携により、上記のボーリング調査の岩芯を利用して地下水の年代測定を実施し、地下水流動の予測結果との比較検討による地質環境情報の信頼性向上に関わる技術を提示する。また、ボーリング孔内での物理検層、流体検層などで取得した情報を踏まえ、地質環境を総合的に理解するための方法論を整備する。	●ボーリング技術高度化調査【ANRE】 地上からの調査段階において、様々な地質、地形制約条件下で効率的なボーリング調査を進めるために、堆積岩を対象にボーリングのコントロール掘削技術と概要調査の各段階で把握するための体系的な方法論を開発する。 ・フェーズ2の前半では、既存技術や知見およびURLでの体系的な方法論を参考に、一連の調査・評価の体系を検討しつつ、個々の調査評価技術の高度化、適用性確認を進める。後半においては、適用性確認の結果などを踏まえ体系化した方法論として取りまとめる。 ・沿岸域に関しては経験的な知識が少なく、フィールドを活用した調査研究による技術の高度化、知見の蓄積が重要であるため、陸域から海上まで包含した調査研究のフィールド確保に向けて、既にURLでの研究が進められている幌延町やその他の可能性のある地域を対象に検討を進める。	【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 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。 【規制機関の計画】 上記Cに同じ。 【細目・分類間の連携(新規)】 ●沿岸域を対象とした地質環境の調査評価技術に関する研究協力(ANRE/JAEA幌延)	
	沿岸域			●沿岸域を対象とした調査・評価技術の体系化/沿岸域に関わる研究開発要素の研究成果の統合(新規項目)【ANRE/JAEA幌延】 2つのURLにおける研究成果や既往情報を活用しつつ、沿岸域に特有の現象や条件に注目した調査技術の高度化を進め、地上からの調査段階で地質環境特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論を整備する。 ・フェーズ2の前半では、既存技術や知見およびURLでの体系的な方法論を参考に、一連の調査・評価の体系を検討しつつ、個々の調査評価技術の高度化、適用性確認を進める。後半においては、適用性確認の結果などを踏まえ体系化した方法論として取りまとめる。 ・沿岸域に関しては経験的な知識が少なく、フィールドを活用した調査研究による技術の高度化、知見の蓄積が重要であるため、陸域から海上まで包含した調査研究のフィールド確保に向けて、既にURLでの研究が進められている幌延町やその他の可能性のある地域を対象に検討を進める。				

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22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			
(A)地質環境調査評価技術	(2)地質環境特性調査評価技術	①地質・地質構造	●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	【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。 ●断層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。 ●陸域から海域において大規模な断層および断裂系の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。	●超深地層研究所計画(瑞浪URL)【JAEA】 瑞浪URL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・地質構造を段階的(空間スケールおよび調査ステップ毎)に把握するための一連の調査手法を例示する。 調査研究を通じて地上からの調査段階において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データの取得方法、分析方法およびモデル化手法の例示、および地質・地質構造特性の把握に関する留意点を提示し、実例に基づき一連の方法論として取りまとめた。 ・一連の地上からの調査(既存情報調査、リモートセンシング調査、地上物理探査、浅層/深層ボーリング調査、孔間トモグラフィ探査など)を通じて、地表下における岩相・層序、割れ目帯などの岩盤中の不均質性とその分布や地質学的性状を把握する調査・解析技術を整備するとともに、それらの有効性を評価し、調査結果に含まれる不確実性を低減するために最適な調査手法の組み合わせに関する知見を提示した。 ・地上からの調査によって取得された地質・地質構造の分布を3次元的に表現・可視化するモデル化技術を整備するとともに、調査対象の理解度(不確実性)を定量的に評価可能なベイズ法を用いた解析技術を開発した。 ・ボーリング調査により得られる岩芯を用いて鉱物学的・地球化学的手法により水みちとして機能している構造(割れ目)を評価するために、その特徴に関する情報を整理しとりまとめた。	【達成目標/地上からの調査段階】 ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究を通じて、地上からの調査段階で構築した地質構造モデルの妥当性を評価する。 ●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。 ●沿岸域を対象に、既存情報による知見を活用しつつ、物理探査技術などを駆使して陸域から海域に伏在する断層や大規模な断裂系を把握する調査手法を提示する。 ●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。 ●ボーリング調査などにより把握した断層などの不連続構造、破砕帯(割れ目帯)などの水みち構造の空間的な分布を精度良く推定し地質構造をモデル化するために、トモグラフィ技術を高度化する。	●超深地層研究所計画(瑞浪URL)【JAEA】 瑞浪URLにおける坑道掘削時の地質環境情報を基に、地上からの調査段階で提示した地質・地質構造を段階的に調査・評価するための一連の調査手法の妥当性を評価し、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。 ・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。 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。 ・坑道(施設)スケールで着目すべき岩盤中の不均質性や不連続構造を対象に、それらの三次元的な分布/地質学的性状の調査・解析(モデル化)を行ない、調査量と理解度(不確実性)との関連性を明示するとともに、繰り返しアプローチに基づく体系的な調査・解析(モデル化)手法を例示する。 ・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)を実験の経験に基づき例示する。 ・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。	【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、簡条書き項目を除く)。 ●概要調査技術・評価手法の開発・実証 前記Bに同じ(ただし、簡条書き項目を除く)。 【規制機関の計画】 前記Cに同じ。 【細目間・分類間の連携(新規)】 ●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)
			●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)結果を補充する方法として、断層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、地層中の断層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をESL法により可視化できるようにした。	●幌延深地層研究計画(幌延URL)【JAEA】 幌延URL周辺に分布する堆積岩を対象に、地上からの調査段階の研究を通じて岩盤中の不均質性や不連続構造の3次元分布など地質・地質構造を段階的(空間スケールおよび調査ステップ毎)に把握するための一連の調査手法を例示する。 幌延地域を対象とした地上からの調査(深層ボーリング調査、地上物理探査(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)地表地質調査)を通じて、それぞれの調査技術の適用性を確認した。 ・上記の調査により得られたデータを基に、地質・地質構造の不均質性や不連続構造(地層の堆積構造、褶曲、断層、割れ目帯)やその特性の3次元分布を推定するためのデータ解釈・分析方法を例示し、その結果として地質構造モデルを明示した。また、上記の作業を通じ、地質・地質構造特性の把握に関する留意点について整理した。 ・地盤統計学的手法を用い、幌延地域で実施した地上物理探査およびボーリング孔における物理検層結果を統合して、地質環境の各種物性分布を不確実性の幅も含め客観的・定量的に評価する手法を例示した。 ・幌延の地層中に存在するメタンガスや二酸化炭素に着目し、それらを精度良く測定可能なセンサーの開発と適用性確認を行うことにより、本手法が地上～地下深部まで連続する大規模不連続構造を捉える調査技術として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構造を調査・評価できる体系的な方法論を提示する。 ●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。	●幌延深地層研究計画(幌延URL)【JAEA】 幌延URLにおける坑道掘削時の地質環境情報を基に、地上からの調査段階で提示した地質・地質構造を段階的に調査・評価するための一連の調査手法の妥当性を評価し、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。 ・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。 ・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。 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。 ・坑道(施設)スケールで着目すべき岩盤中の不均質性や不連続構造を対象に、それらの三次元的な分布/地質学的性状の調査・解析(モデル化)を行ない、調査量と理解度(不確実性)との関連性を明示しつつ体系的な調査・解析(モデル化)手法を例示する。 ・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)を実験の経験に基づき例示する。	【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、簡条書き項目を除く)。 ●概要調査技術・評価手法の開発・実証 前記Bに同じ(ただし、簡条書き項目を除く)。 【規制機関の計画】 前記Cに同じ。 【細目内(課題間)の連携(既存)】 ●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)	
			●高精度物理探査技術高度化調査【ANRE(RWMC)】 沿岸域における物理探査技術の信頼性向上のために、結晶質岩中の地質構造、伏在断層等の分布を精度良く推定できるように地震波探査(特に音波探査)結果の補完技術として、電磁探査の解析技術を高度化する。また、ボーリング孔を利用した地上からの調査結果において、不連続構造の空間分布に起因する不確実性を低減するために、孔井間の伏在断層、破砕帯および水理特性を推定するための物理情報を取得する弾性波トモグラフィ技術を高度化する。さらに、地質構造モデルに含まれる不確実性と調査結果の評価に含まれる曖昧さを定量的に表示する技術を開発する。 ・電磁探査の高度化については、波浪の影響下において、断層活動により派生した低比抵抗部と健岩部の分離および地形の起伏や沿岸域の海水の影響を補正する技術を開発した。 ・弾性波トモグラフィの高度化においては、周波数／伝播速度分散と水理試験との組み合わせにより、孔間距離数100m程度までの岩盤中の空間的な透水係数分布などを推定できる見通しを得た。 ・地質構造モデルに含まれる不確実性を定量的に表示する技術においては、スイス北部において地上から実施された地質環境の調査結果を例に、解釈に含まれる確からしさをESL手法により可視化できることを確認した。	●高精度物理探査技術高度化調査【ANRE(RWMC)】 沿岸域における物理探査技術の信頼性向上のために、結晶質岩中の地質構造、伏在断層等の分布を精度良く推定できるように地震波探査(特に音波探査)結果の補完技術として、電磁探査の解析技術を高度化する。また、ボーリング孔を利用した地上からの調査結果において、不連続構造の空間分布に起因する不確実性を低減するために、孔井間の伏在断層、破砕帯および水理特性を推定するための物理情報を取得する弾性波トモグラフィ技術を高度化する。さらに、地質構造モデルに含まれる不確実性と調査結果の評価に含まれる曖昧さを定量的に表示する技術を開発する。 ・電磁探査の高度化については、波浪の影響下において、断層活動により派生した低比抵抗部と健岩部の分離および地形の起伏や沿岸域の海水の影響を補正する技術を開発した。 ・弾性波トモグラフィの高度化においては、周波数／伝播速度分散と水理試験との組み合わせにより、孔間距離数100m程度までの岩盤中の空間的な透水係数分布などを推定できる見通しを得た。 ・地質構造モデルに含まれる不確実性を定量的に表示する技術においては、スイス北部において地上から実施された地質環境の調査結果を例に、解釈に含まれる確からしさをESL手法により可視化できることを確認した。	●高精度物理探査技術高度化調査【ANRE】 陸域から沿岸域までの適用を念頭に、段階的な事業の進め方を見据え柔軟に対応できる物理探査技術を構築する。 ・地表からの調査段階における沿岸域での調査を見据え、断層などの大規模な地質構造や塩淡水境界の分布を把握する技術として、地震波や電磁波を用いた物理探査技術を高度化し、実際のフィールドでの適用(例えば幌延URL)を通じて有効性を確認する。 ・ボーリング孔を利用した地上からの調査結果において、不連続構造の空間分布などに起因する不確実性を低減するために、孔井間の伏在断層、破砕帯の把握、および水理特性の空間分布推定に向けた物理情報の取得を目的に、トモグラフィ解析技術の高度化を図る。この検討においては、フィールドでの適用(例えば瑞浪URL)を通じて有効性を評価しつつボーリング調査結果などを踏まえ、地質構造の空間分布の推定に向けたデータの総合的な解釈技術を提示する。	●高精度物理探査技術高度化調査【ANRE】 陸域から沿岸域までの適用を念頭に、段階的な事業の進め方を見据え柔軟に対応できる物理探査技術を構築する。 ・地表からの調査段階における沿岸域での調査を見据え、断層などの大規模な地質構造や塩淡水境界の分布を把握する技術として、地震波や電磁波を用いた物理探査技術を高度化し、実際のフィールドでの適用(例えば幌延URL)を通じて有効性を確認する。 ・ボーリング孔を利用した地上からの調査結果において、不連続構造の空間分布などに起因する不確実性を低減するために、孔井間の伏在断層、破砕帯の把握、および水理特性の空間分布推定に向けた物理情報の取得を目的に、トモグラフィ解析技術の高度化を図る。この検討においては、フィールドでの適用(例えば瑞浪URL)を通じて有効性を評価しつつボーリング調査結果などを踏まえ、地質構造の空間分布の推定に向けたデータの総合的な解釈技術を提示する。	【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、簡条書き項目を除く)。 ●概要調査技術・評価手法の開発・実証 前記Bに同じ(ただし、簡条書き項目を除く)。 【規制機関の計画】 前記Cに同じ。 【細目内(課題間)の連携(既存)】 ●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) 【細目内(課題間)の連携(新規)】 ●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)	
						●沿岸域断層評価手法の開発に関する研究調査【ANRE(AIST)】 地質調査の実施が困難な沿岸浅海部に伏在する断層と大規模断裂系の解明のため、既存文献を収集・分析し、重要な情報や知見を整理してファイル化する。加えて、陸域から海域のデータを接合する手法を提示する。 ・陸域から海域における大規模な断層および断裂系の分布形態を把握するために、全国の沿岸域を対象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し、データの統合と断層抽出における問題点を整理した。	●沿岸域断層評価手法の開発に関する研究調査【ANRE】 既存の地質調査情報を統合し、物理探査等(反射法、電磁法)の調査手法を高度化することによって、沿岸域の海底に伏在する断層、大規模断裂系等を推定する手法を構築する。 ・全国の沿岸域周辺の既存調査の概要に関する情報をデータベース化して公開する。また、陸域及び海域の調査情報を統合し沿岸部の海底に伏在する断層、大規模断裂系等を推定する手法を開発する。 ・沿岸域周辺を対象とする物理探査技術(地震探査、電磁探査等)について調査・解析手法の要素技術開発を行い、フィールドでの適用性確認(例えば、幌延URL)などを踏まえ実用可能な手法として提示する。	【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、簡条書き項目を除く)。 ●概要調査技術・評価手法の開発・実証 前記Bに同じ(ただし、簡条書き項目を除く)。 【規制機関の計画】 前記Cに同じ。 【細目内(課題間)の連携(新規/検討中)】 ●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)

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22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	
(A)地質環境調査評価技術	(2)地質環境特性調査評価技術	②地下水流動特性	●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/地上からの調査段階	●超深地層研究所計画(端流URL)【JAEA】	【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、簡条書き項目を除く)。 ●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。
			●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。	●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究を通じて、地上からの調査段階で構築した水理地質構造モデルの妥当性を評価する。	●2つのURLにおける坑道掘削時の地質環境情報(断層・割れ目帯などの分布、透水係数、水圧分布などの水理特性、地下水の地球化学特性)を基に、地上からの調査段階で提示した水理特性を把握する技術、水理地質構造をモデル化し解析する技術、不確実性の評価技術などで構成される一連の調査手法の妥当性を評価し、研究成果として取りまとめのフェーズ2での主要な具体的課題は以下のとおり。	
			●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。	●上記の結果を踏まえつつ、地上からの調査段階で整備した水理特性の調査、水理地質構造のモデル化、地下水流動解析手法および不確実性の評価技術の有効性を確認し、一連の方法論として成果を取りまとめる。	坑道掘削時の調査研究で得られる地質環境情報(坑内湧水量、ボーリング孔での水理試験結果、水圧観測結果など)を用いて、地上からの調査研究段階における地下深部の地質環境の予測結果(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。	
			●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。	●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、および海底の地下水湧出点の分布を把握する手法のフィールドへの適用を通じて、それぞれの有効性を確認する。加えて、沿岸域における地下水流動や水質変化に関する知見や情報を整備する。	坑道周辺に分布する断層や割れ目(帯)など岩盤の水理学的不均質性に関わる主な影響因子に注目し、それらの特性を効果的に把握するための調査技術を整備する。	
			●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。	●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。	調査結果を基に坑道周辺岩盤の水理学的不均質性を適切に記述するための水理地質構造のモデル化手法および地下水流動解析手法を整備する。	
			●【達成レベル】 ●端流と幌延の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で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。 ●フィールド試験を通じて、塩淡水境界面の移動を観測することにより塩淡水界面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界面の形成機構の調査方法を確立した。 ●海底から湧出地下水を探索するために、α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。 ●堆積岩での淡塩混合と地温勾配による密度変化の連成、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。	●超深地層研究所計画(端流URL)【JAEA】 端流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く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。 ・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。 ・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、流量の検層技術の組み合わせによる、目的に応じた水みち検出技術、高から低透水性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。 ・地下水流動解析に基づき広領域から小領域の各スケールごとの水理地質構造モデルの構築方法、地下水流動解析の進め方と手法、および地下水流動解析結果の妥当性の確認方法を提示するとともに、境界条件設定に係るスケール間の情報の受け渡し方法を提示した。また、小領域のスケール(ブロックスケール)の検討の一環として、透水性割れ目分布に起因した水理学的不均質を評価するためのモデル化技術を整備した ・複数孔に設置した水圧モニタリング装置で観測される、ボーリング掘削にともなう水圧応答や地震時の水圧応答の分布および地質学的な情報などを基に、孔間に分布する透水性の断層などの位置を推定する手法の有効性を例示した。 ・異なる複数の水圧計測システムの現場適用を通じて、それぞれのシステムの適用性を確認した。また、得られた観測データから大気圧変動や潮汐変動などのノイズを除去する技術やANN(Artificial Neural Network)モデルによる解析技術を用いることによりボーリング掘削などの人為的な変動が適切に抽出可能であることを示した。 ●幌延深地層研究計画(幌延URL)【JAEA】 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く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。 ・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。 ・透水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。 ・低透水性岩盤中の実流速・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。 ・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。 ・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。 ・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胚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。	●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。 ・坑道周辺の水理特性に関わる情報に基づき、水理地質構造モデルの更新を行う。この際、稚内層や声間層に分布する割れ目帯に注目し、多孔質および亀裂性媒体の双方のモデル化の考え方を組み合わせた水理学的不均質性のモデル化・解析技術を提示する。 ・幌延地域における、積雪地帯、牧草地と森林部が混在する環境を考慮した地下水涵養量や涵養域・流出域の推定手法の確立と表層部分の地下水流動特性把握に向け、表層水理調査を継続する。これらの調査結果は、上記水理特性に関するモデル化・解析における地表部での境界条件として反映する。 坑道掘削時の段階的な地質環境の調査、解析およびその評価による知見を基に、地上からの調査研究段階において実施した一連の調査研究の流れを見直すとともに、坑道掘削時の調査研究段階において地下水流動特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論を提示する。フェーズ2での主要な具体的課題は以下のとおり。 ・溶存ガスが存在する塩水環境下において、坑道掘削時にその周辺に分布する断層や割れ目(帯)などに注目しつつ、それら特性を効果的に把握するための調査技術を整備する。 ・水理学的不均質性を適切に記述するために、多孔質および亀裂性媒体の双方のモデル化の考え方を組み合わせた水理地質構造のモデル化手法および地下水流動解析手法を整備する。 ・坑道内での水理調査・観測技術(特に、データの取得方法や品質管理)や調査プログラムを整備するとともに、制約(例えばグラウトの影響など)を受けた場合の調査手法の最適化や想定すべき事象の考え方(失敗例を含む)を実際の経験に基づき例示する。	
			●塩淡水境界面形状把握調査(ANRE/AIST)】 沿岸域における特徴的な現象で、かつ地下水流動に大きく影響を与えていると考えられる塩淡水境界面の分布とそれに沿った地下水流動を地上から調査評価する手法を整備する。併せて、塩淡水境界周辺の地質環境特性(塩淡水境界面の形状、地下水流動、水質など)に関する知見を蓄積する。フェーズ2での主要な具体的課題は以下のとおり。 ・沿岸域に確保したフィールドにおいて淡水側の地下水位を人工的に変動させ、塩淡水境界面の移動を観測することにより塩淡水界面を形成する要因を明確にすることができた。 ・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・地質図などにもとづく調査を組み合わせで精度よく広域塩淡水界面が推定できる手法を例示した。	●塩淡水境界面形状把握調査(ANRE)】 沿岸域における特徴的な現象で、かつ地下水流動に大きく影響を与えていると考えられる塩淡水境界面の分布とそれに沿った地下水流動を地上から調査評価する手法を整備する。併せて、塩淡水境界周辺の地質環境特性(塩淡水境界面の形状、地下水流動、水質など)に関する知見を蓄積する。フェーズ2での主要な具体的課題は以下のとおり。 ・様々な沿岸域でのフィールド調査・観測を通じて塩淡水境界面の分布と形成機構を明らかにし、長期間にわたる塩淡水境界面の変動予測法を開発する。フェーズ1までに構築した沿岸域の地下水調査手法を用いフィールド調査・観測を実施し、加えて地質形成過程を考慮に入れた広域地下水流動特性について検討していく。このような検討のためには、沿岸部にあって地下水流動や水質形成などにに関する情報が蓄積された環境が望ましいことから、URLでの研究が進みつつある幌延町を一つの候補として実施に向けて検討する。 ・地下深部での塩淡水界面に沿った地下水流動や、緩慢な地下水流動場の性状などに関する情報や知見の整備を進める。加えて、地下水年代、水質形成機構(水-岩石反応を含む)などの現象解明の基礎情報として深部岩盤情報や深部地下水水質情報の整備にあたる。	【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、簡条書き項目を除く)。 ●概要調査技術・評価手法の開発・実証 前記Dに同じ 【規制機関の計画】 前記Cに同じ。	
			●海底地下水湧出探索技術高度化調査(ANRE(GRIEPI)】 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。 ・湧出地下水を探索するα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。	●海底地下水湧出探索技術高度化調査(ANRE)】 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。第2フェーズでの主要な具体的課題は以下のとおり。 ・海底地下水湧出が想定される箇所において、フェーズ1で開発した機器の適用性を確認し、開発範囲外の既存調査手法を加えて海底地下水湧出探索の全体調査フローなどにより方法論を提示する。このフローには陸域水理調査から湧水可能性を検討する手段も加える。 ・必要に応じて、提示した調査フローに基づき実際に海底地下水湧出探索を行い、その有効性を検証する。	【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、簡条書き項目を除く)。 ●概要調査技術・評価手法の開発・実証 前記Dに同じ 【規制機関の計画】 前記Cに同じ。	
			●塩水環境下処分技術調査(ANRE(IRU)】 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。 ・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連成させ、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。 ・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、断層などによる大局的な不均質性などの影響要因を抽出した。 ・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、その現象の発生と傾向を確認した。 ・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)。	●塩水環境下処分技術調査(ANRE)】 塩水環境における地下水流動とそれに伴う水質変化などを総合的に評価するために、フェーズ2においては以下に示す調査研究を実施する。 ・既存情報およびこれまでにフィールドで取得したデータを用いて、フェーズ1で改良した解析コード(Dtransu-2D・ELの改良版)により長期間にわたる地下水流動評価手法の汎用性について検討する。加えて、幌延URLでの地質環境情報(例えば、水理地質構造モデル、地下水の地球化学特性、地下水年代値など)などを活用した総合的な検討を通じて地下水賦存状況の長期予測のための評価手法を提示する。 ・フェーズ1で改良した解析コードを公開し、広く利用できるように整備する。 ・非ダルシー要因の発現を確認するための透水試験について、様々な堆積岩試料を用いて実験・評価し、試験手法や影響要因に関する知見などを提示する。	【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、簡条書き項目を除く)。 ●概要調査技術・評価手法の開発・実証 前記Dに同じ 【規制機関の計画】 前記Cに同じ。	

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22年度頃まで】			
			達成目標と達成レベル	達成目標	課題の設定、進め方			
(A)地質環境調査評価技術	(2)地質環境特性調査評価技術	③地球化学特性	●東濃・釜石地域の実測データをもとに、降水起源の地下水の水質形成プロセスや、酸化還元状態など、わが国の一般的な地下水の地球化学特性を整理	【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、段階的に地球化学特性を把握し、地球化学モデルを構築するための体系的な方法論を提示する。 ●ボーリング孔などを利用して、岩盤中の地下水の地球化学特性および地下水年代を精度良く把握するための採水・分析技術を構築する。 ●幅広い時間スケールにわたる地下水年代を把握するために、種々の同位体などを適用した測定技術を整備する 【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、地上からの調査において段階的に岩盤および地下水の地球化学特性の不均質な分布を把握するための調査技術とデータの解釈、モデル化を含めた方法論を例示した。 ●Cl-36とHe-4による年代測定技術とそれらの年代測定に必要な周辺技術を開発し、百万年程度の地下水年代を評価できる年代測定法を整備した。	●超深地層研究所計画(瑞浪URL)【JAEA】 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、岩盤中の地球化学特性を精度良く把握し、その不均質な分布などをモデル化する一連の調査手法を例示する。 ・調査研究を通じて、地上からの調査段階において岩石および地下水の不均質な地球化学特性の分布を把握するためのデータの取得方法、分析方法およびモデル化手法、地球化学特性の把握に関する留意点などを明示し、実例に基づき一連の方法論として取りまとめた。また、これらの調査研究の結果として瑞浪URL周辺深部に分布する淡水／塩水系地下水の混合シミュレーションなどによる水質分布モデルを例示した。 ・ボーリング調査において、データの品質保証に必要な調査項目を整理し、効率的に地下水の地球化学特性を理解するための採水プログラムを提示した。また、地下施設の建設による影響などの地球化学パラメータの変動幅を観測する手法を提示した。 ●幌延深地層研究計画(幌延URL)【JAEA】 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、岩盤中の地球化学特性を精度良く把握し、その不均質な分布などをモデル化する一連の調査手法を例示する。 ・調査研究を通じて、地上からの調査段階において岩石および地下水の不均質な地球化学特性の分布を把握するためのデータの取得方法、分析方法およびモデル化手法、地球化学特性の把握に関する留意点などを明示し、実例に基づき一連の方法論として取りまとめた。また、これらの調査研究の結果として幌延URL周辺深部に分布する塩水系地下水の水質分布モデルを例示した。 ・低透水性の堆積岩に対して、通常の地下水の地球化学パラメータの取得方法(原位置での採水・長期モニタリングシステムによる採水)の適用性を検討するとともに、岩石コアからの地下水抽出・分析を試行しその適用性についてを評価した。 ・ボーリング孔内で地下水の物理化学パラメータ測定(pH、Eh測定)が可能な試験装置の適用試験を深度1000mのボーリング孔にて実施し、同調査技術の有効性を確認した。 ・幌延に分布する堆積岩および地下水中の微生物の同定とその活動様式に関する概念を提示した。 ・深部地下水中へ溶存したメタンガスを原位置環境下で測定可能とするために、メタンガスセンサーを開発した。	【達成目標/地上からの調査段階】 ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究を通じて、地上からの調査段階で構築した地球化学モデルの妥当性を評価する。 ●上記の結果を踏まえつつ、地上からの調査段階で整備した地球化学特性の調査・評価技術の有効性を評価し、一連の方法論として成果を取りまとめる。 ●総合的に地下水年代を評価する方法の確立、および地下水流動との整合的な解釈を含めた技術構築のために、地下水流動、水質形成機構、地下水年代などを組み合わせた多面的なアプローチによる方法論を例示する(内陸および沿岸ともに)。 【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、段階的に地球化学特性を理解し、モデル化・解析、さらには不確実性の評価に至る一連の方法論を提示する。 ●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。	●超深地層研究所計画(瑞浪URL)【JAEA】 瑞浪URLにおける坑道掘削時の地質環境情報を基に、地上からの調査段階で提示した地球化学特性を段階的に調査・評価するための一連の調査手法の妥当性を評価し、研究成果として取りまとめる。フェーズ2での主要な具体的課題は以下のとおり。 ・坑道掘削時の調査研究で得られる地質環境情報(坑道内への湧水調査結果、坑道内のボーリング調査での採水調査、地上から掘削したボーリング孔での水質の連続観測などの結果)を用いて、地上からの調査研究段階における地下深部の地質環境の予測結果(地球化学モデルなど)を段階的に評価する。 ・坑道掘削時の調査研究を通じて、坑道周辺領域に分布する地下水の地球化学特性とその変化を把握し、短期的および長期的な地球化学特性の変化を支配する要因および変化の程度を把握するための調査およびモデル化手法を開発する。 ・坑道内での採水調査技術(特に、データの取得方法や品質管理)や調査プログラムを整備するとともに、制約(例えばグラウトの影響など)を受けた場合における調査手法の最適化や想定すべき事象の考え方(失敗事例を含む)を実際の経験に基づき例示する。 ・坑道掘削時の段階的な地質環境の調査、解析およびその評価による知見を基に、地上からの調査研究段階において実施した一連の調査研究の流れを見直すとともに、坑道掘削時の調査研究段階において地球化学特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論を提示する。フェーズ2での主要な具体的課題は以下のとおり。 ・坑道掘削時の調査研究を通じて、坑道周辺領域に分布する地下水の地球化学特性とその変化を把握し、短期的および長期的な地球化学特性の変化を支配する要因および変化の程度を把握するための調査およびモデル化手法を開発する。 ・坑道内での採水調査技術(特に、データの取得方法や品質管理)や調査プログラムを整備するとともに、制約(例えばグラウトの影響など)を受けた場合における調査手法の最適化や想定すべき事象の考え方(失敗事例を含む)を実際の経験に基づき例示する。 ・坑道から掘削するボーリング孔において、原位置環境下で物理化学パラメータ(pH、Eh)の測定ができる試験装置の適用性確認を行い、同調査技術の有効性を提示する。 ・深部地下水中へ溶存したメタンガスを原位置環境下で測定できるセンサーの適用性を評価する。	【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 上記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Bに同じ(ただし、箇条書き項目を除く)。 【規制機関の計画】 上記Cに同じ。 【細目内(課題間)の連携(新規)】 ●地下水年代測定技術の瑞浪URLサイトでの適用性確認など(ANRE/JAEA東濃)
			●塩水環境下処分技術調査(ANRE(IRI)) 特定の研究情報が蓄積されている地域を例に、地質、地史を考慮した上で水質形成機構を考察し、化石塩水が地下で滞留していることを示し得る評価手法を例示する。 ・反応に起因する水質分布が地質年代の旧新と整合しており、地下水が長期的に滞留している傾向を明示した。 ・微生物による酸素消費量の評価手法として、微生物活動を規制する有機物含有量を評価する手法(バイオアッセイ)の有効性を提示した(終了)。	●塩水環境下処分技術調査(ANRE)【JAEA】 塩水環境下において、地下水流動、水質形成機構、地下水年代などを組み合わせた多面的なアプローチによる方法論の例示に向けて、幌延URLサイトの地質環境情報(地質構造モデル、水理地質構造モデル、地球化学モデル、地下水年代値など)を用いてフェーズ1までに整備した評価手法の適用性を確認する。 ・水質分析結果および地史などを考慮した地球化学モデルを構築し、地下水の長期安定性や滞留環境を評価する手法を整備する。 ・地下水の地球化学特性の評価に必要な調査項目及び調査方法について整理し、提示する。	●塩水環境下処分技術調査(ANRE)【JAEA】 塩水環境下において、地下水流動、水質形成機構、地下水年代などを組み合わせた多面的なアプローチによる方法論の例示に向けて、幌延URLサイトの地質環境情報(地質構造モデル、水理地質構造モデル、地球化学モデル、地下水年代値など)を用いてフェーズ1までに整備した評価手法の適用性を確認する。 ・水質分析結果および地史などを考慮した地球化学モデルを構築し、地下水の長期安定性や滞留環境を評価する手法を整備する。 ・地下水の地球化学特性の評価に必要な調査項目及び調査方法について整理し、提示する。	【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 前記Bに同じ(ただし、箇条書き項目を除く)。 【規制機関の計画】 前記Cに同じ。 【細目内(課題間)の連携(既存)】 ●幌延URLでの地質環境情報を用いた地下水賦存状況の長期予測のための評価手法の検討(ANRE/JAEA幌延) 【細目内(課題間)の連携(新規/検討中)】 ●塩淡境界面形状把握調査および塩水環境下処分技術調査における幌延URLの地質環境情報・試料の利用、幌延URLのフィールドの活用(ANRE/JAEA幌延)		
			●地下水年代測定技術調査(ANRE(GRIEPI)) 既存の地下水年代測定法について調査し、長期の地下水年代を評価するために必要な採水技術、分析技術などの技術開発を行い、百万年程度の地下水年代を評価できる方法を開発する。 ・Cl-36とHe-4による年代測定技術とそれらの年代測定に必要な周辺技術の開発を実施した。採水技術として、圧縮抽水技術、同位体交換技術、Cl-36による年代測定技術として、加減器質量分析器による測定技術、前処理技術、原位置生成量評価技術、He-4による年代測定技術として、ヘリウムフラックス評価技術、生成量評価技術を開発し、百万年程度の地下水年代を評価できる年代測定法を整備した。 ・この年代測定法を地下水流動が単純なオーストラリア大鑽井盆地に適用し、百万年程度の地下水年代が評価できることを確認した。	●地下水年代測定技術調査(ANRE)【JAEA】 既存の地下水年代測定法について調査し、長期の地下水年代を評価するために必要な採水技術、分析技術などの技術開発を行い、百万年程度の地下水年代を評価できる方法を開発する。 ・総合的に地下水年代を評価する方法を確立するために、①地下水年代測定方法、②希ガス、安定同位体や水質などを利用した地下水調査方法、③地下水流動解析結果との比較・検討を行う。これらの結果を踏まえて、地下水の混合率や流動経路などを考慮して地下水年代を評価するための評価方法を整備する。整備した評価方法を瑞浪や幌延URLサイトに適用し、地下水年代測定技術の適用性を評価する。 ・地下水年代測定技術の適用性確認においては、ボーリング技術高度化調査、JAEAの幌延、瑞浪URLにおける調査研究、塩淡境界面形状把握調査と連携して研究を進める。 地下深部の酸化還元環境を把握するために、地下微生物の培養や活性測定、並びに遺伝子を用いた微生物種の網羅的解析などを開発項目に、生物指標を用いた調査評価技術の実現可能性について検討する。	●地下水年代測定技術調査(ANRE)【JAEA】 既存の地下水年代測定法について調査し、長期の地下水年代を評価するために必要な採水技術、分析技術などの技術開発を行い、百万年程度の地下水年代を評価できる方法を開発する。 ・総合的に地下水年代を評価する方法を確立するために、①地下水年代測定方法、②希ガス、安定同位体や水質などを利用した地下水調査方法、③地下水流動解析結果との比較・検討を行う。これらの結果を踏まえて、地下水の混合率や流動経路などを考慮して地下水年代を評価するための評価方法を整備する。整備した評価方法を瑞浪や幌延URLサイトに適用し、地下水年代測定技術の適用性を評価する。 ・地下水年代測定技術の適用性確認においては、ボーリング技術高度化調査、JAEAの幌延、瑞浪URLにおける調査研究、塩淡境界面形状把握調査と連携して研究を進める。 地下深部の酸化還元環境を把握するために、地下微生物の培養や活性測定、並びに遺伝子を用いた微生物種の網羅的解析などを開発項目に、生物指標を用いた調査評価技術の実現可能性について検討する。	【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 前記Bに同じ(ただし、箇条書き項目を除く)。 【規制機関の計画】 前記Cに同じ。 【細目内(課題間)の連携(既存)】 ●幌延URLでの地質環境情報を用いた地下水年代および水質形成機構などに関する検討(ANRE/JAEA幌延) 【細目内(課題間)の連携(新規/検討中)】 ●ボーリング技術高度化調査、塩淡境界面形状把握調査、地下水年代測定技術調査の連携(ANRE内における課題間の連携) ●地下水年代測定技術の瑞浪URLサイトでの適用性確認(ANRE/JAEA瑞浪)		

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22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		
(A)地質環境調査評価技術	(2)地質環境特性調査評価技術	④物質移動特性	●文献情報や東濃・釜石地域の実測データを基に堆積岩及び結晶質岩の各々について主要な物質移動プロセスと場の特性を整理 【達成目標】 ●地上からの調査において、岩盤中の物質移動特性を評価するための技術の整備 ●ナチュラルアナログなどを利用した物質移動現象に関する知見、情報の整備 【達成レベル】 ●ボーリングコアなどを用いて、室内試験により岩石マトリクスおよび不連続構造を対象とした物質移動特性に関する情報を拡充した。 ●地上からの調査段階の地質環境情報を用いて、地質環境の調査・解析から物質移動解析に至る一連の方法論を例示した。 ●結晶質岩のボーリングコアを用いて岩石中の割れ目の3次元構造と水の浸透挙動可視化手法などを整備した。 ●東濃ウラン鉱床の形成と進化を解析し、解析結果と現在の鉱床の状態との比較により、物質移動に影響を及ぼす主要因子の抽出結果を提示した。	●超深地層研究所計画(瑞浪URL)／ナチュラルアナログ研究【JAEA】 瑞浪URLの地上からの調査段階で採取した岩石サンプルなどを用いて、物質移動特性に関する情報を蓄積する。また、東濃ウラン鉱床を利用したナチュラルアナログ研究により、岩盤中の物質移動、保持機能に関わる知見を蓄積する。さらに、瑞浪URLの地上から調査段階の地質環境情報を活用して、調査から物質移動解析に至る一連の方法論を例示する(性能評価との連携) ・岩石サンプルなどを用いた室内での収着・拡散試験を実施し、収着・拡散係数やマトリクス拡散深さなどの情報を蓄積し、物質移動概念モデルを提示した。併せて、地下水中のコロイド/有機物を介した物質移動特性を評価するために、それに必要な原位置の情報(特に堆積岩部)を拡充した。 ・東濃地域の地史に基づき、東濃ウラン鉱床の形成と進化を解析し、解析結果と現在の鉱床の状態との比較により、物質移動に影響を及ぼす主要因子の抽出結果を提示した。 ・地上からの調査段階の地質環境情報を用いて、物質移行解析を実施し地質環境の調査・解析から物質移動解析に至る一連の方法論を例示するとともに、その過程で得られた知見を提示した(性能評価との連携)。 ●幌延深地層研究計画(幌延URL)【JAEA】 幌延URLおよびその周辺地域に分布する堆積岩を対象に、岩石マトリクスおよび不連続構造の物質移動特性に関する情報を蓄積しつつ、データの取得方法などを整備する。また、幌延URLの地上から調査段階の地質環境情報を活用して、調査から物質移動解析に至る一連の方法論を例示する(性能評価との連携)。 ・室内試験により、岩石マトリクス及び不連続構造の物質移動特性に関するデータ取得しつつ、試験方法を例示した。地上からの調査段階での調査結果に基づき堆積岩の物質移動概念モデルを提示した。 ・幌延URLにおける地上からの調査段階の地質環境情報を用いて、地質環境の調査・解析から物質移動解析に至る一連の方法論を例示するとともに、その過程で得られた知見を提示した(性能評価との連携)。 ●核磁気共鳴非破壊測定技術調査【ANRE(IRR)】 ボーリングコアを用いて、結晶質岩中の割れ目の3次元構造と水の浸透挙動可視化手法、及び微小間隙空間での水の緩和現象を利用した透水係数測定法の適用性を確認する。 上記の課題について検討を完了し、以下に記す成果および知見を得た。 ・岩石中磁性鉱物による画像歪みを低減可能な測定方法及び測定条件を確立 ・MRI法とX線CT法の併用は岩石コア内部構造の非破壊可視化に有効なことを確認 ・微小空間中の水の核磁気共鳴信号の緩和時間測定から1E-9〜1E-5 cm/s 透水係数を加圧処理もなく、数分間で測定できる簡便法を確立 今後は圧縮ベントナイトや岩石の拡散収着現象解明の測定手法の一つとして利用を展開	【達成目標】 ●坑道掘削時の調査段階における調査や試験により物質移動特性に関わる情報や知見を蓄積するとともに、地上から調査段階で構築した物質移行概念モデルを更新し信頼性を高めていく。 ●坑道を利用した調査段階で特に必要となるトレーサー試験などの技術を構築する。 ●坑道掘削時の調査段階における地質環境情報を用いて、地質環境の調査・解析から物質移動解析に至る一連の方法論の検討を進め、技術の高度化、方法論の整備を図る。	●超深地層研究所計画(瑞浪URL)／ナチュラルアナログ研究【JAEA】 瑞浪URLでの調査研究を通じて、花崗岩中の物質移動特性に関する情報を蓄積する。また、ナチュラルアナログ研究により、岩盤中の物質移動、保持機能に関わる知見を蓄積する。さらに、瑞浪URLで取得した地質環境情報を活用して、調査から物質移動解析に至る一連の方法論を例示する(性能評価との連携)。 ・フェーズ1に引き続き室内試験による岩石マトリクスおよび不連続構造を対象とした物質移動特性の調査・評価を実施しデータを蓄積するとともに、その技術を構築する。加えて、物質移動現象の実例などの情報の蓄積と整理を継続し、核種移行評価などの妥当性評価に活用する。 ・地下水中のコロイド/有機物を介した物質移動特性を評価するために、その検討に必要な原位置の情報(特に花崗岩部)を拡充する。 ・瑞浪URLの坑道からボーリング孔を掘削し、割れ目のネットワーク構造などを考慮したトレーサー試験を実施するとともに、割れ目の内部構造を考慮したモデル化を試み、マトリクス拡散寄与面積、割れ目各部の拡散係数などの物質移動特性を評価する。この一連の検討を通じて、原位置トレーサー試験技術を構築する。 ・瑞浪URLにおける地上および坑道掘削時の調査段階の地質環境情報を用いて、物質移行解析を繰り返し試み、地質環境の調査・解析から物質移動解析に至る一連の方法論を例示しつつ、その過程で得られた知見を提示する(性能評価との連携)。 ●幌延深地層研究計画(幌延URL)【JAEA】 幌延URLおよびその周辺地域に分布する堆積岩を対象に、岩石マトリクスおよび不連続構造の物質移動特性に関する情報を蓄積しつつ、データの取得方法などを整備する。また、幌延URLで取得した地質環境情報を活用して、調査から物質移動解析に至る一連の方法論を例示する(性能評価との連携)。 ・幌延URLの坑道掘削時の調査・試験を通じて物質移動特性(特に割れ目帯に注目)に関する情報を蓄積し、その情報を基に、地上からの調査段階で構築した物質移動概念モデルの妥当性を評価するとともにモデルを更新する。 ・物質移動経路として堆積岩中の粒子間の空隙と割れ目(多孔質+亀裂性媒体)に注目し、それらの不確実性を考慮した物質移動解析を試行しつつ、その結果を踏まえて坑道において実施するトレーサ試験手法を提示する。 ・幌延URLにおける地上および坑道からの調査段階の地質環境情報を用いて、地質環境の調査・解析から物質移動解析に至る一連の方法論を例示するとともに、その過程で得られた知見を提示する(性能評価との連携)。	【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、簡条書き項目を除く)。 ●概要調査技術・評価手法の開発・実証 前記Bに同じ(ただし、簡条書き項目を除く)。 【規制機関の計画】 前記Cに同じ。 【細目内(課題間)の連携(新規)】 ●岩盤中物質移行特性原位置評価技術高度化調査におけるトレーサー試験技術の瑞浪URLサイトでの適用性確認(ANRE/JAEA東濃)
						●幌延深地層研究計画(幌延URL)【JAEA】 幌延URLおよびその周辺地域に分布する堆積岩を対象に、岩石マトリクスおよび不連続構造の物質移動特性に関する情報を蓄積しつつ、データの取得方法などを整備する。また、幌延URLで取得した地質環境情報を活用して、調査から物質移動解析に至る一連の方法論を例示する(性能評価との連携)。 ・坑道掘削時の調査・試験を通じて物質移動特性(特に割れ目帯に注目)に関する情報を蓄積し、その情報を基に、地上からの調査段階で構築した物質移動概念モデルの妥当性を評価するとともにモデルを更新する。 ・物質移動経路として堆積岩中の粒子間の空隙と割れ目(多孔質+亀裂性媒体)に注目し、それらの不確実性を考慮した物質移動解析を試行しつつ、その結果を踏まえて坑道において実施するトレーサ試験手法を提示する。 ・幌延URLにおける地上および坑道からの調査段階の地質環境情報を用いて、地質環境の調査・解析から物質移動解析に至る一連の方法論を例示するとともに、その過程で得られた知見を提示する(性能評価との連携)。	【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、簡条書き項目を除く)。 ●概要調査技術・評価手法の開発・実証 前記Bに同じ(ただし、簡条書き項目を除く)。 【規制機関の計画】 前記Cに同じ。
						●岩盤中物質移行特性原位置評価技術高度化調査【ANRE】 地下施設での調査に向けて、岩盤中での特に割れ目を介した溶質移行特性を数m規模で高精度に調査・評価する技術(原位置トレーサ試験技術を中心として)を開発・高度化し、原位置において実証する。 ・収着性トレーサを用いた原位置トレーサ試験に関する経験的な知識を蓄積しつつ、その試験・評価手法を確立していく。 ・割れ目系の岩盤に関する水理特性調査手法や岩石サンプルを用いた室内での水理・物質移行特性試験法との連携を図りつつ、JAEAとの共同研究において瑞浪URLなどでの適用試験などを進めていく。	【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、簡条書き項目を除く)。 ●概要調査技術・評価手法の開発・実証 前記Bに同じ(ただし、簡条書き項目を除く)。 【規制機関の計画】 前記Cに同じ。
		⑤岩盤の熱・力学特性	●文献情報などに基づき、熱及び力学に関する主要な物性データを岩種毎に整理 【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、段階的に岩盤力学特性を概括的に理解し、場をモデル化する体系的な方法論を提示する。 【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、地上からの調査において段階的に岩盤の力学的物性や三次元応力分布を把握するための調査・評価技術を開発した。さらに、得られた地質環境情報をもとに、岩盤力学モデルを構築し地下施設建設に伴う掘削影響の予測手法などを例示した。	●超深地層研究所計画(瑞浪URL)【JAEA】 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において、段階的に岩盤力学特性を概括的に理解し、モデル化する体系化した方法論を例示する。 ・地上からの調査段階のボーリング調査などにより、岩盤力学物性や応力分布に関するデータを取得し、データの解釈を通じて岩盤力学モデルを構築し、種々の解析手法を通じて三次元応力場を推定する一連の手法を提示した(広い領域の岩盤応力を解析的に推定する手法の開発)。また、構築した岩盤力学モデルに基づく地下施設建設に伴う掘削影響の予測手法を例示した。 ・新第三紀堆積岩および結晶質岩を対象とした岩盤の初期応力測定に関する文献調査などによるデータ収集及び新たに開発された装置の適用性を評価した。	【達成目標/地上からの調査段階】 ●2つのURLにおける坑道掘削時の調査研究を通じて、地上からの調査段階で構築した岩盤力学モデルの妥当性を評価する。 ●上記の結果を踏まえつつ、地上からの調査段階で整備した岩盤力学特性の調査・評価技術の有効性を評価し、一連の方法論として成果を取りまとめる。 【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岩盤の力学物性や三次元応力が把握でき、これに基づき掘削影響領域が評価できる体系的な方法論を提示する。 ●幌延深地層研究計画(幌延URL)【JAEA】 幌延URLにおける坑道掘削時の地質環境情報(岩石・岩盤物性、初期応力および岩盤変位など)を基に、地上からの調査段階で提示した堆積軟岩の岩盤力学特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論の妥当性を評価し、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。 ・坑道掘削時の岩盤力学調査(岩石・岩盤物性、初期応力など)や地質構造調査の結果に基づき三次元応力場の推定手法の適用性を評価する。 ・初期応力測定に関するデータの拡充及び新たに開発された装置の適用性評価を通じて信頼性を向上させる。 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岩盤力学特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論を提示する。加えて、測定事例の少ない堆積軟岩を対象とした地圧測定データを拡充する。	【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、簡条書き項目を除く)。 ●概要調査技術・評価手法の開発・実証 前記Bに同じ(ただし、簡条書き項目を除く)。 【規制機関の計画】 前記Cに同じ。	
			●幌延深地層研究計画(幌延URL)【JAEA】 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、段階的に岩盤力学特性を概括的に理解し、モデル化する体系化した方法論を例示する。 ・既往の岩盤・岩石物性(室内物性試験、孔内載荷試験)、初期応力測定技術(水圧破砕法)の適用性を評価するとともに、岩相変化に乏しい岩盤を対象とした力学モデルの構築手法を例示した。また、構築した岩盤力学モデルに基づく地下施設建設に伴う掘削影響の予測手法を例示した。 ・空洞周辺岩盤中の掘削影響領域を非破壊で把握する手法として、結晶質岩においてその有効性が確認されている原位置AE測定を、堆積岩を対象に適用するための基礎的検討を実施し、見通しを得た。	●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。	・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岩盤力学特性を段階的に調査・評価するための体系的な方法論を提示する。加えて、測定事例の少ない堆積軟岩を対象とした地圧測定データを拡充する。	【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、簡条書き項目を除く)。 ●概要調査技術・評価手法の開発・実証 前記Bに同じ(ただし、簡条書き項目を除く)。 【規制機関の計画】 前記Cに同じ。	

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22年度頃まで】 課題の設定、進め方	達成目標	達成目標	
(A)地質環境調査評価技術	(3)地質環境の長期安定性調査評価技術	①地震・断層活動	●過去数十万年にわたり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	●地下の活断層に関する調査技術【JAEA】 ・明確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。	●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特定でき、その過去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。 ●活動性の低い活断層の疑いがある断層を特定し、その活動性を調査・評価できる手法を提示する。	●地下の活断層に関する調査技術【JAEA】 フェーズ1の成果を踏まえ、フェーズ2では、活断層の分布に関する調査技術と、低活動性の断層に関する調査技術を重点課題として調査研究を進める。以下に具体的な進め方を示す。 <活断層の分布に関する調査技術> ・活断層の移動、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提示する。 ・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例示する。 <低活動性の活断層に関する調査技術> 活動性の低い活断層の疑いがある断層の活動性を明らかに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提示する。 ・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提示する。 ・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、簡条書き項目を除く))。 ●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)
		②火山・熱水活動(非火山地帯の熱水活動に関連するものも含む)	●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	●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等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。	●地上からの調査段階において、具体的な地域を対象として、第四紀火山・熱水活動の履歴や地下深部のマグマ・高温岩体などの存在を確認するための体系的な調査技術を提示する。 ●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。	●地下深部のマグマ・高温岩体等の調査技術【JAEA】 既存の地球物理学的手法や地球化学的手法の適用性確認を通じて体系的な調査技術を構築する。 ・地震の後続波を利用した高精度地震波トモグラフィ解析手法の開発および希ガス同位体のフラックスによる調査技術の開発を行うとともに、地質、地球物理、地球化学的手法を組合せた体系的な調査技術を確立する。 ●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等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。 ・多量屈折率地質解析法(RIPL法)を鮮新世〜更新世前期の火山に適用し、編年の有効性を確認する。 ・(U-Th)/He年代測定システムおよび地質試料の年代較正法を確立するとともに、比較的低温領域(〜200℃)の熱履歴解析手法を構築する。 ●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)に関する基盤研究【JAEA】 ・日本列島スケールでの当該現象の分布やその特徴(胚胎構造、温度、化学組成等)に関する情報を収集しデータベース化する。 ・非火山性の熱水活動のメカニズムを地質、地球物理、地球化学的データにより総合的に評価する手法を検討する。 ・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、簡条書き項目を除く))。 ●概要調査技術・評価手法の開発・実証(※E) 上記Eに同じ(ただし、簡条書き項目を除く) 【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)
		③隆起・浸食/気候・海水準変動	●日本列島の大部分では、隆起・浸食量は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(浸食速度マップ等)などの知見を提示、また日本列島規模での隆起・浸食量を概括的に把握し提示 ●過去数十万年間の氷期には、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氷期〜間氷期サイクルが存在することを提示	●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浸食速度を見積ることができ、隆起・浸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提示する。 ●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提示する。 【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浸食速度の違いなどを把握するための調査技術を提示した。 ●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提示した。	●浸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浸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剥量から浸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】 浸食や堆積による地形変化、および沿岸地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、浸食・堆積域、浸食・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浸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・浸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統合を行う。 ・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。	●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・浸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浸食速度を推定する技術を整備する。 ・フェーズ1の成果を踏まえ、地形、地質、測地学的データを組み合わせ、幌延地域を対象に隆起・沈降・浸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】 浸食や堆積による地形変化、および沿岸地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、浸食・堆積域、浸食・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、浸食・堆積域や浸食・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。 ・将来の地形変化が地下水の水質や流動などへ与える影響を評価するための長期変動シミュレーション技術を整備する ●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・浸食／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、簡条書き項目を除く))。 ●概要調査技術・評価手法の開発・実証(※E) 上記Eに同じ(ただし、簡条書き項目を除く) 【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
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22年度頃まで】		備考	
			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	①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	●超深地層研究所計画(瑞浪URL)〔JAEA〕 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。 ・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・掘削後の作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じて現状技術の適用性を確認した。 ・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。 ・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。 ・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。	●2つのURLの建設を通じて、具体的に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。 ・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。	●超深地層研究所計画(瑞浪URL)〔JAEA〕 瑞浪URLの建設を通じて、大深度での地下施設の設計・施工計画構築技術の妥当性や、建設技術、施工対策技術及び安全確保技術の適用性を段階的に評価し、結晶質岩／淡水系地下水環境における体系化した深地層の工学技術として提示する。 ・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。	【実施主体の計画】 ●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定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 【分野間の連携(既存)】 ●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〕	
		②堆積岩	●幌延深地層研究計画(幌延URL)〔JAEA〕 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。 ・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。 ・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。	●幌延深地層研究計画(幌延URL)〔JAEA〕 幌延URLの建設を通じて、設計・施工計画構築技術の妥当性や、建設技術、施工対策技術及び安全確保技術の適用性を評価し、堆積岩／塩水系地下水環境における体系化した深地層の工学技術として提示する。 ・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。	●幌延深地層研究計画(幌延URL)〔JAEA〕 幌延URLの建設を通じて、設計・施工計画構築技術の妥当性や、建設技術、施工対策技術及び安全確保技術の適用性を評価し、堆積岩／塩水系地下水環境における体系化した深地層の工学技術として提示する。 ・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。	【実施主体の計画】 ●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。 【分野間の連携(既存)】 ●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〕		

表Ⅱ-3-4 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

		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】		特定の地質環境を対象とした調査評価技術		
研究課題 ／分類	調査評価項目		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】	
【S-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/RWMO): 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) 幌延深地層研究計画 (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): 堆積岩を対象にした地質、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技術に関する研究(規制研究機関)				
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(RWMO)]: 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間調査技術の高度化 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(RWMO)]: 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表調査技術の高度化 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): 反射法地震波探査、マルチオフセットVSP探査、電気探査、孔間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) 地表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て、幌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 (RWMO)]: 孔井間の地質構造に関してはⅠ-G-1 1) 参照 地表調査の場合はⅠ-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(RWMO)]: 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表調査技術の確立 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／音響一透ストモグラフィ技術・周波数コントロール可能な高出力孔内震源の高度化[ANRE(RWMO)]: 亀裂系を含む孔井間の岩盤透水性状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Ⅰ-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): 調査データに基づく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ンガス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・大規模断裂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(RWMO)]: 陸域の地下水性状はⅠ-G-1 2) 参照 浅海域の地下水性状はⅣ-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(RWMO)] （孔井間調査ではⅠ-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): 反射法地震波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(RWMO)]: 孔井間の透水性分布はⅠ-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間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): 溶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・岡山大共研）: ボーリング孔内の任意深度のバックー閉鎖区間において自然状態の地下水の流向、流速を測定する技術 3) 塩水環境下処分技術調査【ANRE(IR0)】 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検出技術 (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表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): 溶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検出技術 (JAEA): 塩水環境下におけるフロウメーター検層、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】ポテンシャル分布（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測、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、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): ボーリング孔内をバックーにより閉鎖し、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): 幌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	（左記Ⅰ.Ⅱ.Ⅲ.H-3の技術を応用）
		【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ー(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査する技術 2) 物理探査、採水調査(既存技術): 比抵抗探査、電磁探査、採水調査 etc	1) 物理探査、採水調査(既存技術): 比抵抗探査、電磁探査、採水調査 etc	1) 塩水環境下処分技術調査【ANRE(IR0)】: 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/幌延と連携)	1) 塩淡水境界面形状把握調査[ANRE(AIST)]: 塩淡水境界面の三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(IR0)]: 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探索する技術 2) 地下水年代測定技術[ANRE(CRIEPI)]: 地下水に溶存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): 幌延地域の特徴(積雪地帯、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)]: 広域な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遡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等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(IR0)】: Ⅲ-H-5 1) 参照 2) 地下水流動解析結果評価技術 (JAEA): 幌延URL及びその周辺地域を対象として実施した地下水流動解析結果に基づく移行経路情報（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(IR0)】: 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)					

表Ⅱ-3-4 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

		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】		特定の地質環境を対象とした調査評価技術		
研究課題 ／分類		調査評価項目		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】
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 等): II-H-3 2) 参照	1) 揚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揚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置測定技術(JAEA): 原位置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) 揚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置測定技術(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): 幌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 等): II-H-3 2) 参照	1) 揚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) 難透水岩石サンプルからの間隙水抽出(CRIEPI): 難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): 揚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置での測定技術	(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化学モデルに基づく地球化学的な解析による地下水滞留状況の評価手法 2) 難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、難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】岩盤の収着・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(収着性トレーサを用いた原位置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) バリアシステム核種移行評価高度化調査[ANRE(IRI)]: 岩石コアにおける収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ー試験技術(JAEA): 原位置の水理学的境界条件(水頭、流量)を適切に制御し、空隙率、岩盤の収着・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ー試験技術	1) 物質移動特性評価技術(JAEA): 多孔質・低透水岩石のマトリックス/亀裂部分を対象としたトレーサー試験技術 2) バ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): 幌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バ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度定数などを求めるための原位置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): 水圧破砕法(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) 岩盤の異方性を考慮した応力測定手法(CRIEPI): 堆積岩などで岩に異方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): 幌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置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) 幌延の堆積軟岩を対象としたAE特性を利用した掘削影響領域の岩盤特性の原位置測定技術	(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)			

表Ⅱ-3-4 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

		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】	特定の地質環境を対象とした調査評価技術		
研究課題 ／分類	調査評価項目		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】
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、断層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提示			
		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			
		1) 地質環境の長期安定性に関する研究/低活動性の活断層に関する調査技術(JAEA): 低活動性の活断層の疑いがある断層の活動性を明らかにするための地球化学的調査などを活用した調査技術			
		2) 原子力発電所立地に関する活断層調査、評価手法(CRIEPI): 分布位置が明らかになった活断層の地質、地形学的な特徴(地形調査、トレンチ調査、断層内物質調査などの調査結果)から活動性を評価する技術			
		1) 地質環境の長期安定性に関する研究/断層活動の影響評価モデルの開発(JAEA): 周辺岩盤への力学的・水理学的な影響範囲のモデルに関する調査事例の提示 プレート境界地震に伴う水理学的な影響のモデルに関する調査事例の提示			
		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) テクト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、空間統計学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			
		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): テフラ降灰層率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(火口、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			
		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盤研究(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) テクト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	隆起・侵食	【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短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			
	気候・海水準変動	【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 1) 参照+注簿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			
	隆起・侵食	【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)			

表Ⅱ-3-4 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

		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】	特定の地質環境を対象とした調査評価技術		
研究課題 ／分類	調査評価項目		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】
深地層における工学技術	【M-1】地下施設の設計・施工計画の構築技術		1) 超深地層研究所計画/空洞安定性・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洞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く設計の妥当性評価, 地震動計測結果に基づく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深の施工計画に反映するフィードバック手法	1) 桃延深地層研究計画 (JAEA): 桃延の堆積岩への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 立坑掘削への制御破壊工法	1) 桃延深地層研究計画 (JAEA): III-M-1 1) 参照 2) 長期クリープ挙動に関する研究(GRIEPD): 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(GRIEPD): 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) 桃延深地層研究計画 (JAEA): III-M-1 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時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) 桃延深地層研究計画 (JAEA): III-M-1 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, 河川の水質・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) 桃延深地層研究計画 (JAEA): 研究所在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	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)			
＜凡例＞ 青字: 国の基盤研究開発(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: 国の基盤研究開発(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: 各機関の国の基盤研究以外の枠組みで研究開発が進められている課題					

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処分場閉鎖後の長期挙動の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。

1 章に示したように、フェーズ2(平成 22 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、およ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、分類および分類ごとのフェーズ2とそれ以降の具体的な目標を設定し(表Ⅱ-4-1)、概括版(図Ⅱ-2-3)に示した(4.1 節に解説)。次に、さら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(表Ⅱ-4-2)およ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(表Ⅱ-4-4)を作成した。詳細版の作成に至るまでの検討の内容については、NUMO と規制研究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 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-

1 章に示したとおり、処分場の工学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。これは、フェーズ2の終了時まで、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こと、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Ⅱ-4-1 に、フェーズ 2 以降の研究開発に対して新たに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。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(H16 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「実際にものがつくれること」と、「そのふるまいを評価するモデルの検証・確証」といった視点が重要となる。

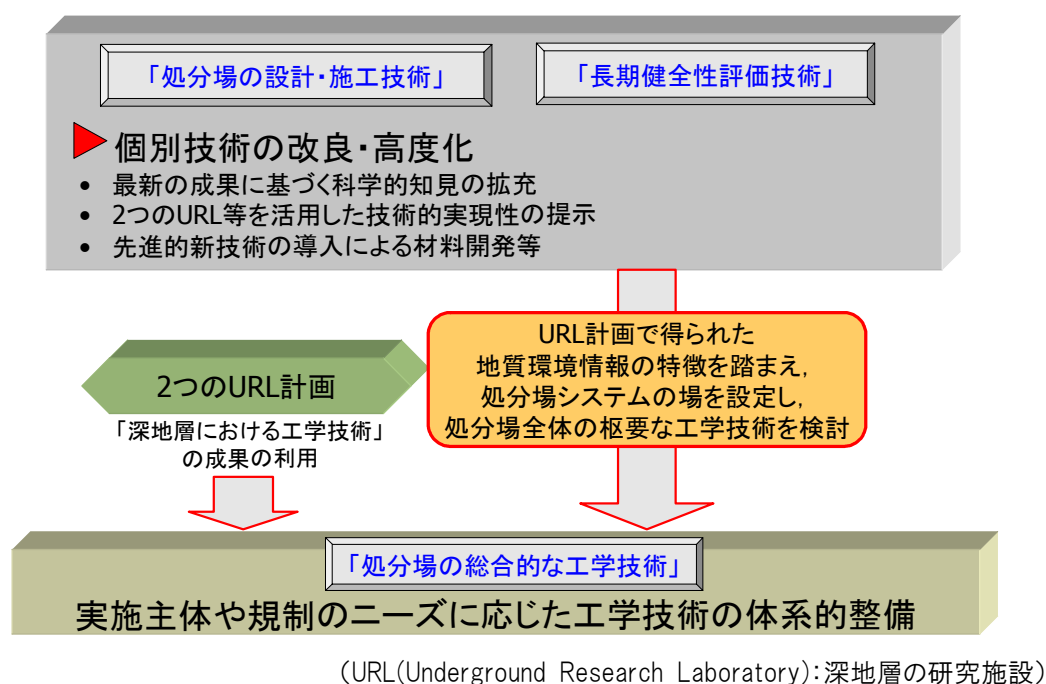
もう一つの分類「(1)処分場の総合的な工学技術」は、フェーズ 2 から新たに掲げた分類である。これは、とくに研究開発全体マップ(H16 年度版)への大学等有識者によるコメントも念頭に、個別に進めているテーマの連携の強化やそれらを体系化していくための方策を具体化することを意図したものである。

これにより、上記(1)、(2)で得られる研究開発の成果の2つの異なる特徴を有する技術基盤を、NUMOや安全規制のニーズに応じて柔軟に統合していく。

表Ⅱ-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

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を図Ⅱ-4-1に示すとともに、以下、分類ごとに分類目標を示す。



図Ⅱ-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、フェーズ2の計画から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である。1. に示したフェーズ2とフェーズ3の段階目標を基に、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併せて行う。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適し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。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、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においては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適切に活用し操業や閉鎖などに関わる重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。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、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た実際の地質環境条件に基づき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。

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、分類ごとの細目を表Ⅱ-4-2 のとおり設定するとともに、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と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(表Ⅱ-4-4)に集約している。

細目については、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(H16 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の設定にあたっては、第Ⅰ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(地層処分の技術基盤の継続的な強化による技術的信頼性・安全性の向上:科学的知見の拡充, 技術的実現性の提示, 先進的新技术の導入)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確認を行った。

以下、分類ごとに設定した細目について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からの変更や、各細目について設定した達成目標や研究開発の課題について述べる。

表Ⅱ-4-2 細目の設定(処分場の工学技術)

フェーズ1

フェーズ2以降

分類	細目	
(1) 工学技術	①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
	②支保・グラウト・シーリング	
	③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	①ガラス固化体	
	②緩衝材	a) 緩衝材の長期力学的変形挙動 b) 緩衝材の長期変質挙動 c) 緩衝材流出・侵入挙動
	③セメント・コンクリート	
	④岩盤	
	⑤熱・水・応力・化学連成評価技術	
	⑥ガス移行挙動	

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

(URI：深地層の研究施設)

(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新たに設けたものである。なお、研究開発全体マップ(H16 年度版)で設定されたフェーズ1の構造では、分類「工学技術」の細目のうち「①人工バリア (オーバーバック/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、これを本分類に吸収している。

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、現時点では具体的なサイトが特定されていないことを考慮に入れる必要がある。このことから、工学技術の研究開発においては国が行うべき基盤研究開発として適用できる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、可能性のある代替の工学技術オプションの構築に必

要な共通技術基盤の検討に特に注力する。細目「①深地層の研究施設における適用性確認」については、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図る。また、細目「②工学技術オプション」については、全体目標の一つである「先進的新技术の導入」も視野に入れている。以下に、細目ごとの達成目標を示す。

①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中間深度までの掘削段階において得られる地質環境情報をもとにした、フェーズ1の設計・評価手法やデータベースの適用性確認に基づく見直しと、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

②工学技術オプション

- 国内外の動向を踏まえ、先進的新技术の導入も考慮し、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「①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」を新たな細目「処分場の総合的な工学技術」に含め、「オーバーパック」と「緩衝材」を細目としている。

細目「②支保・グラウト・シーリング」については、研究開発全体マップ(H16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、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」の3つの下部細目を設定することとした。細目「③建設・操業・閉鎖等の工学技術」についても、研究開発全体マップ(H16年度版)で設定されたフェーズ1の構造では、「操業・閉鎖」を一つの下部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、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^{Ⅱ-3)}に必要となる「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。

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っては、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、処分場の設計や建設技術については、深地層の研究施設等を利用した適用性確認を、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なく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「②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Ⅰ部で示した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。以下に、細目ごとの主な達成目標を示す。

①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

^{Ⅱ-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。

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

②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

③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および留意点の提示
- 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) 長期健全性評価技術

新たな細目として「⑦人工バリアせん断応答挙動」を加えた。これは，研究開発全体マップ(H16 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「①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，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。

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，これまで確立し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た。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。以下に，細目ごとの主な達成目標を示す。

①ガラス固化体(新たな課題設定を行っていない)

②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

③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)

④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

⑤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

⑥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

⑦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

表Ⅱ-4-4 の全体マップ詳細版に集約した各細目ごとのフェーズ2の達成目標, 課題, および各課題に対する研究開発の進め方に関して, それらの設定に向けた検討の要点を, 1章に示した留意点への対応という観点で整理して以下に示す。

ii) 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

分類目標, 細目の達成目標およ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っては, 表Ⅱ-4-3 に示す NUMO や規制研究機関の計画との整合性に配慮した。

表Ⅱ-4-3 NUMO と規制研究機関の当面の計画

NUMO の計画: H17 事業年度計画(原子力発電環境整備機構, 2005)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。」
規制研究機関の計画 ・現時点では, 特になし。

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、日本原子力研究開発機構(以下、JAEA)と資源エネルギー庁調査委託事業(以下、ANRE 事業)が行うそれぞれの研究開発の課題については、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。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、熱-水-応力-化学連成挙動などについては、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」および「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。

＜研究開発全体マップ詳細版【処分場の工学技術】＞

（表Ⅱ-4-4）

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】

フェーズ1における資源エネルギー庁調査等事業実施機関*

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）

産業創造研究所（IRI）

産業技術総合研究所（AIST）

放射線医学総合研究所（NIRS）

*平成19年度以降の資源エネルギー庁調査等事業の実施機関は今後決定される。

- II-4-10 -

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		フェーズ2：当面5年程度の計画【平成22年度頃まで】		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22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	①人工バリア 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、マグネタ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関しても定量的な評価を行った。 また、化石塩水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。 ・マグネタイトによる腐食加速に關する知見の整理と、マグネタ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。 【ANRE(IRI)】(塩水環境下処分技術調査) ・化石塩水環境を考慮したI. Br共存下での腐食形態、腐食速度を評価し、全面腐食での既存評価値を上回らないことを確認し、本課題への取り組みをほぼ終了した。 ・オーバーバック表面への塩析出・付着条件下を模擬した系における腐食形態・腐食速度に關する試験手法を提示するとともにデータの整備を行い、これまでの結果、既存評価値を上回らない見通しを提示した。今後、健全性評価のために塩析出による腐食局在化データの拡充が必要である。 【ANRE(IRI)】(バリアシステム放射線影響評価) ・オーバーバック腐食に及ぼす放射線影響(水の放射線分解生成物の寄与)に關する試験手法を提示するとともにデータの整備を行い、線量率の増加に伴い腐食速度が増加することが確認されたが、同時にベントナイト共存条件でその増加が抑制される現象が確認された。今後、照射－ベントナイト系での腐食挙動のモデル化が長期挙動評価のために必要である。	●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、炭素鋼の腐食に対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、ベントナイト/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。		
				●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ろ(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、実験データに基づく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行い、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置試験方法の具体化に反映させる。			
						●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わる研究、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。		
						●照射損傷 長期の照射損傷挙動に対して、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おい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、原子拡散、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。		
					(b)代替オーバーバック	(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く評価を行い、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)－① 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年間では水素脆化により破損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対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)－① 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らず、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対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。
						●溶接部耐食性評価 【ANRE】(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、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らず、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対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。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らず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、塩水水質やベ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。			

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22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	
(B)工学技術	(2)処分場の設計・施工技術	①人工バリア(オーバーバック/緩衝材)	a)オーバーバック		(b)-②【代替オーバーバック】(編) ●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。還元性雰囲気中で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)-② 代替オーバーバック(編) ●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らず、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。
							●環境因子による腐食影響評価【JAEA】 ・フェーズ1では、銅に関して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が、さまざまな地質環境に対応した局部腐食生起条件などの実験データは十分ではない。そのため、フェーズ2では、より幅広い環境条件に対する実験データを整備するために、局部腐食生起条件の把握および還元性雰囲気における硫酸塩／硫化物による腐食への影響評価を行い、銅の適用可能な環境条件を明確化する。 【ANRE】(塩水環境下処分技術調査) ・フェーズ1では、銅について化石塩水環境を想定したデータ整備を実施したが、オーバーバック表面への塩析出を想定した耐食性についての知見は材料選定及び設計の具体化などに資する評価手法やデータベース作成をする上で十分ではない。このため、フェーズ2では、緩衝材内における塩濃縮、析出環境下における腐食挙動のデータを拡充し、銅の耐食性に及ぼす塩濃縮、析出影響を明確化する。また、同事象に関し、具体的地質環境(横延)を対象とした地下水条件における室内実験データ取得を行う。 【ANRE】(バリアシステム放射線影響評価) ・フェーズ1では、銅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らず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、銅について淡水、塩水水質やベ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。	
					(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わ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わる検討【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広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。	【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た。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廃棄物処分で整合的な説明が必要である。	
				オーバーバックの製作・施工に関する検討として、溶接技術、検査技術の開発と共に、溶接部の品質の定量化を課題として指摘している。	(d) 製作、施工技術の観点からの長期健全性評価 【ANRE(RWMO)】(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)法とクリーピングウェーブ法、及び交流磁場(ACFM)法の異なる3種類の手法を組み合わせて最低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。	(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、その品質評価手法、及び関連するデータの調査、検討を行い、評価手法案を例示する。	【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。

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22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		
(B)工学技術	(2)処分場の設計・施工技術	①人工バリア(オーバールック/緩衝材)	b)緩衝材	【達成目標】 海水系での設計が降水系と同等に行え、基本特性の標準的測定手法が提示され、概念設計が行えるレベル	【(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した緩衝材の基本特性データを整備し、それらに基づく評価手法を提示するとともに、これら最新の知見を基にデータベースの更新を行う。また、複数の緩衝材製作・施工方法(ブロック定置方式、ペレット充填など)に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。	【(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、これまでクニゲルV1を候補材料の一つとして、特性間の関係式を整備してきたが、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を評価し得る指標の検討を行う。	【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わ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。	
			【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隙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。	【(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(IRU)】(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定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。	【(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定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データを実験的に拡充する。これにより、緩衝材の膨潤・透水性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。			
			【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。	【(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。	【(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。			
				【(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る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。	【(d) 測定手法の標準化【JAEA】】 ・フェーズ1同様に、これまで基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わる基盤情報を体系化し、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。			
		②支保・グラウト・シーリング	全体	【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、閉鎖性能が重要データ(例えば、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			【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の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。	
			a)シーリング	【達成レベル】 (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 処分場の閉鎖性能に影響を与える要因を分析するために、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。	【(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【JAEA】】 閉鎖要素の止水性能、EDZや支保工の水理特性などの閉鎖性能に影響を与える因子について現在の知見を整理し、母岩以外の核種の支配的な移行の可能性として「連絡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か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。	【(a)閉鎖要件の提示】 設計手法の信頼性向上に資するため、フェーズ1の成果を考慮した解析評価を行い、閉鎖シナリオの見直しを行うとともに、様々な地質環境下における閉鎖設計全体の基本的な考え方と閉鎖要素の役割の明確化を行う。	【(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。それらの成果を用いて、様々な地質環境下における止水プラグ及び埋め戻し材を含めた閉鎖設計全体の基本的な考え方と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。	【実施主体の技術開発計画】(原研機構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。
					【(b)埋め戻し材および止水プラグの基盤情報の整備【JAEA】】 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。	【(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。	【(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面に関する事例調査を行う。	【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。
					【(b)埋め戻し材および止水プラグの基盤情報の整備【JAEA】】 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。	【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に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と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条件下など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(可溶性物質含有量等)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、ケイ砂混合率当)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。		

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22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		
(B)工学技術	(2)処分場の設計・施工技術	②支保・グラウト・シーリング	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た。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わる施工性・性能の確認を行ってきており、フェーズ2では、この結晶質岩系における試験結果を取りまとめ公表する。また、堆積岩特有の地質特性を対象とした長期安定性、EDZの拡がり等に関わる知見及び諸外国の堆積岩地下研究施設における閉鎖性能の考え方の整備・蓄積を行うとともに、それらの成果を考慮して、幌延の原位置試験計画を立案する。	
					(d)長孔に対する止水性確保に関わる既存情報の整備 処分場の安全性に関わる信頼性向上の観点から、1,000m相当の長孔に対する止水性確保に関わる国内外の既存情報を整備する。	(d)長孔に対する止水性確保に関わる既存情報の整備【JAEA】 ・試験孔は調査段階から1,000m相当の長孔が複数配置されることが考えられ、処分場の安全性に関わる信頼性向上の観点からも適切に処置する必要がある。これまでに処分分野において、このような1,000m相当の長孔の閉鎖実績は無いため、長孔に対する止水性確保に関わる国内外の既存情報を処分以外の分野も含め整備する。		
		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がボゾ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】 低アルカリ性を目指してOPCの一部をシリカフ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)の一部をボゾラン材料であるシリカフ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、シリカフュームが微粉末なため加水後に流動性が低下、フライアッシュが石灰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】 ・ペースト粉体の浸漬試験では、HFSC226を65℃で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にすることを想定した。	セメント系材料は溶出しやすいことから、これまでHLWI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実験を行い、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実験を行い、ボゾラン材料を用いた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およびシリカヒ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				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22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	
(B)工学技術	(2)処分場の設計・施工技術	③建設・操業・閉鎖等の工学技術	全体	【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				【実施主体の技術開発計画】(原研機構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
		a)建設技術	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技術、製作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の評価技術に基づき、深度・レイアウト・支保・グラウト等の設計例を提示)	【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 【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提示するとともに設計上の留意点を抽出した。	(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。 ●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	(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。	(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×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。 (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。 (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、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。 (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。 (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、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、①ピラー荷重の評価、②ピラー強度の評価、③安全率の設定方法の3点である。	
		b)操業技術	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	【達成目標】 (b)施工技術 処分孔削孔技術として、大口径掘削機械にて掘削が可能であることを提示した。	(b)施工技術 ●基盤技術の整備、体系化 【ANRE(RWMO)】(遠隔操作技術高度化調査) ・ハンドリング・定置技術に影響を及ぼす処分孔掘削技術を対象とした大口径掘削機械の調査および削孔設備の設計を行い、ロータリー掘削機械をベースとした、硬岩、軟岩の各岩種向けのジャッキ推進式ロータリー掘削機械を提示した。	(b)施工技術 精密調査などの事業段階を考慮して、国内URLの中間深度までの建設事例を対象として、実際の地質環境に対する具体的な建設技術の適用事例を提示し、施工技術選定時の留意点の抽出を行う。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施工技術を定量的に提示する。	(b)施工技術 処分施設は、従来の土木技術を用いて建設されるものの、長期的な安全性能や遠隔操作による定置技術からの品質要求を満たさなければならない特殊な構造物である。よって、フェーズ2では、実施主体の開発計画との評価の整合性を図りつつ、サイティングへの柔軟性を考慮して、URL等の地質環境などにおける適用性、効率性(工程やコスト)に加え、安全性能や操業技術からの品質要求の観点から、施工技術の選択肢を整理するとともに、選定時に考慮すべき品質や留意点を抽出する。 ●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孔掘削技術や、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の実現性を提示する。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。 ●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。	
			【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 【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。	【ANRE(RWMO)】(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、フェイズドアレイ法、フェイズドアレイ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。	堆積岩系岩盤において操業技術の適用性を確認する。また、多様な環境条件に対する操業技術の選定や合理化に向けて、操業技術の適用条件等を定量的に評価、提示する。	●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。 ●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じて、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、能率等)を定量的に評価し、その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。 ・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、操業条件の多様性も考慮し、適用性確認試験(基礎試験、要素試験)や実規模試験等の実施により、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。	【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「人工バリア特性体系化調査」) ・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。 【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。 【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る。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。	

研究開発要素				各研究開発要素の研究開発目標と課題						
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22年度頃まで】		備考		
分野	分類	細 目		達成目標と達成レベル	課題の設定、進め方、成果	達成目標	課題の設定、進め方			
(B)工学技術	(2)処分場の設計・施工技術	③建設・操業・閉鎖等の工学技術	c)閉鎖技術	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。	【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 【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。	【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た。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。	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。 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。	【JAEA】 ・フェーズ2では、閉鎖に関わる埋め戻し材、プラグなどの施工技術について実際の地質環境における適用性を確認するために、上記「シーリング(c)」で抽出された幌延の地質環境条件において確認すべき閉鎖性能項目を考慮した施工技術に関する知見を整備し、これらに基づいた原位置実規模試験計画を立案する。 ●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閉鎖技術(定置後の緩衝材品質確保に関する技術やプラグ回りの湧水抑制効果)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閉鎖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の実現性を提示する。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。		
			d)品質管理	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。	【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 【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盤情報として整備した。 ・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。	【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、これらの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。	・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。	●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ともに、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。 ●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関わ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。	【情報交換:検討中】 ・JAEA/ANRE:実規模試験、原位置試験で確認すべき品質管理項目の整理 ・ANREでは、人工バリアの遠隔ハンドリング・定置技術等の建設・操業技術について検討を実施しており、JAEAで実施する建設・施工段階における品質管理計画を検討するためには、ANREとの連携による情報交換が必要である。また、人工バリアの定置精度に関わる原位置試験計画の作成においても、ANREの定置技術などに関する知見が必要である。 【連携】 ・ANRE/JAEA:幌延等URLにおける原位置実証試験への適用を図る。	

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
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22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	
(B)工学技術	(3)長期健全性評価技術	②緩衝材	a)緩衝材の長期力学的変形挙動	・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、緩衝材の粘性の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。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。	【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 【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。	【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て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。 ・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を設定した。	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じて、評価手法を提示する。また岩盤クリープを考慮した評価手法として、岩盤と緩衝材の3次元連成解析手法を提示する。	
			b)緩衝材の長期変質挙動	・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。	【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 【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。	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。高アルカリ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。 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。	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、高アルカリ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。 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。 なお、高アルカリ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。	
				(a)塩水環境下処分技術調査 ・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。	(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) ・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、モンモリロナイトの擬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と判断できた。 なお、本研究により得られた知見は、Mg ²⁺ とFe ²⁺ 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。			
		(b)緩衝材とオーバーバック材料との相互作用評価 ・室内試験の実施により、鉱物学的変質の生起条件、変質二次鉱物に関する情報を得た。	(b)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。 ・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。		(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ー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。 【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。	【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。		

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22年度頃まで】						
				達成目標と達成レベル		達成目標		課題の設定、進め方				
分野 (B)工学技術	分類 (3)長期健全性評価技術	②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。 【JAEA】 ・セメント由来のアルカリ性条件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関数として定式化 ・上記検討に基づき各種不確実性(境界条件、鉱物変遷、2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検証 【JAEA】 ・ナチュラルアナログ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2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/廃棄体等由来の化学物質を含む多様性影響に関する知見の拡充 【ANRE】 ・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検証 ・二次鉱物の分離・分析手法の高度化による変質挙動の検証/変質反応の可逆性等の現象生起の確認 【CRIEPI】 ・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 【JAEA】 ・上記の化学反応・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での活量補正手法の反映 ・セメンテーション挙動の評価 【ANRE】 ・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						
				(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。	(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。				
			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				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22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	②緩衝材	c)緩衝材の流出・侵入挙動	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を一部把握した。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、本事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度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を確認する。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。		
				緩衝材の浸食現象に関しては、模擬亀裂中に侵入したベントナイトに対し、流水場を与え、侵入形状の変化を観察することにより、定性的に浸食が発生する臨界流速値を提示した。	(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【JAEA】 ・幅広い地質環境条件、緩衝材の仕様、亀裂の開口幅を考慮し、降水系地下水条件におけるデータの拡充、ならびに海水系地下水条件における新たな侵入現象データの取得を行い、亀裂侵入速さの指標である比例係数データを整理した。これにより、緩衝材の有効粘土密度や亀裂開口幅が大きくなるほど、ベントナイトの亀裂への侵入が速くなることを把握した。また、ベントナイトの亀裂中への侵入は、水質のイオン強度が大きくなるほど、抑制される傾向を把握した。また、時間変化に伴うベントナイトの密度分布を把握するため、実測による密度分布測定やX線CTスキャナを用いた非破壊検査技術を活用し、侵入密度分布データを新たに取得し、モデルの適用性評価に反映した。 ・侵入現象のモデル化では、侵入密度分布データの取得、ならびにベントナイトの物性データの見直しを踏まえ、侵入現象モデルによる実験結果のシミュレーションを行い、モデルの適用性確認を行った。その結果、侵入密度分布の時間変化を数値解析により良好再現でき、モデルの評価精度の向上と適用性を確認した。これにより、平行平板の簡易な実験系でのモデルの適用性の確認をほぼ終了した。	(a)侵入現象 より現実的な地質環境（例えば、実際の岩盤亀裂の特徴など）を考慮したデータ整備を行い、現状の評価手法の適用性確認を踏まえ、緩衝材の密度低下に関する評価例を提示する。	(a)侵入現象【JAEA】 ・降水系地下水条件を対象した実際の岩盤（例えば、レプリカなどを含む）を用いた侵入速さのデータを取得し、亀裂の粗度、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、侵入速さ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まる固相拡散係数と、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する必要がある。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次取りまとめ時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。	
		③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見失うことで対処。	①OPC水和物とリファレンス地下水の化学反応による変質モデルへの、主たる廃棄体溶出成分の影響及び変質に伴う物質輸送パラメータ変化の反映。 ●OPC水和物と降水系地下水の化学反応による変質モデルに、主たる廃棄体溶出成分の変質への影響及び変質に伴う物質輸送パラメータの変化を反映し、化学反応と物質移行を連成させた評価手法を整備して評価を実施。 【JAEA】 ・OPC水和物の化学的変質に伴う物質移動特性を整理・定式化及び評価 ・OPC水和物及びセメント変質に伴う2次鉱物の選定と熱力学データ収集 【電共研】 ・OPC水和物の化学的変質に伴う物質移動特性に関するデータを取得 ・OPC水和物への硝酸塩による化学的変質（液・固相分析）及びOPC水和物の収着特性への影響確認 【ANRE/RWMC】 ・OPC水和物に対する種々の地下水及び廃棄体由来の化学成分、熱等の環境因子の影響に関する知見を整理 ・OPC水和物等と降水系模擬地下水との反応に関するモデル検証データ取得/海水系地下水データの取得に着手 【CRIEPI】 ・セメント水和物主成分であるC-S-Hゲルの溶解・沈殿モデルの開発	地下水組成及びセメント系材料の多様性を考慮したセメント系材料の化学・物質移動モデルの構築とそれに伴うデータベース整備	【TRU処分研究】 【JAEA】【ANRE】 ●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。 評価に必要な熱力学データベース(TDB)や反応速度データの整備や高イオン強度下・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 【CRIEPI】 ●機関毎のセメント系材料の開発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	<分類共通> 【役割分担】JAEA+ANRE、CRIEPI 【方向性・留意事項】 ●多様な環境条件及び多様な処分場仕様（材料選定）への対応は、サイト選定の要件となりうることから、精密調査地区の選定までに目処をつけておく必要がある。 ●ジェネリックな現象理解の観点では引き続き基盤的研究として実施 ●今後の方向性（ひび割れ評価や現実的セメント材料の考慮等）や役割分担（実施主体の合理化検討と国の基盤的研究）の整理が必要 【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、CRIEPI等の各機関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）。また、先行事業（余裕深度処分）との知見の整合の観点から、JNFLとの意見交換や情報交換を実施していく。 一HLWとの関係・連携 ●岩盤及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。 一余裕深度処分との関係・連携 ●余裕深度処分においても、セメント系材料の変質、及びそれを起点とする各バリア材の変質に関する知見の共通の課題であることから、相互に意見交換や情報交換を実施していく。		

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22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			
分野	分類	細 目	課題の設定、進め方、成果		課題の設定、進め方			
(B)工学技術	(3)長期健全性評価技術	③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)	【力学】 ・変質に伴う力学影響については仮想的なパラメータスタディーにより影響を概略評価。 ・力学影響による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。	②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。	【TRU処分研究】 ●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。 【JAEA】 ・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 ・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 ・OPC水和物の化学的変質に伴うセメント系材料の力学的変化及びそれに伴う物質移動特性変化を評価 【電共研】 ・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 【関連する成果】 【CRIEPI】 ・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			
				ひび割れ等の局所欠陥の生じ及び修復過程のモデル化並びに物質輸送過程の変化の把握	【TRU処分研究】 【ANRE】 ●セメント系材料のひび割れ等の局所欠陥の長期的挙動を調査し、自己修復性やセメント系材料の止水性の長期評価に反映する。これらの評価を行うことにより現実的なセメント系材料の物質移動抑制機能を安全評価に反映することで、処分施設の合理性・安全裕度の向上を図る。 ・ひび割れの長期的挙動を調査し、ひび割れ近傍での溶脱や閉塞が生じる条件の確認およびひび割れ閉そくのモデル化 ・ひび割れ形成、開口・閉そくに伴う物質輸送特性(透水性・拡散性)の変化に関するデータの取得 ・上記検討による知見や工学スケールでの検証に基づく変質モデルの高度化。			
		④岩盤	(a)岩盤の長期力学的変形挙動 ・予測手法の提示 日本の岩盤における力学的地質情報を、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。 【達成目標】 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 【達成レベル】 (a)岩盤の長期力学的変形挙動 ●予測手法の高度化 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縦置き式処分孔周辺岩盤の長期力学挙動予測手法を提示した。 ●設計への反映 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。	【達成目標】 (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】 ・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。 ・コンプライアンス可変型構成方程式を用い、初期地圧の異方性を考慮した、縦置き式処分孔周辺岩盤の長期力学挙動予測手法を提示した。 ・岩盤の長期変形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の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ということを示した。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。 ●設計への反映【JAEA】 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。 ・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。	(a)岩盤の長期力学的変形挙動 ●予測手法の高度化 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。 ●設計への反映 幌延の地質環境を対象として、ニアフィールドの安全性能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。	(a)岩盤の長期力学挙動 ●予測手法の高度化【JAEA】 ●予測手法の高度化 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の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。 ・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。 ・フェーズ1で岩盤の長期挙動に大きく影響を及ぼす連成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。	【実施主体の技術開発計画】(原環境機構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	
		(b)岩盤の長期変質挙動	(b)岩盤の長期変質挙動	(b)岩盤の長期変質挙動 ・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	(b)岩盤の長期変質挙動【JAEA/ANRE】 ・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。 ・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。			
		(TRU一次レポート) ・既往の研究を整理し、セメント系材料からの高pHブルーームの影響として、岩石の溶出、施設近傍でのカルサイトの析出、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。	(TRU処分研究) ●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。	(TRU処分研究) ●セメント由来の高pHブルーームの天然バリア中における時間的・空間的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。 【電共研】 ・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 ・既往の知見に基づく2次鉱物の整理 ・岩石変質に対する硝酸塩影響の評価 ・1次元の化学反応-物質移動連成モデルの構築/評価 【JAEA】 ・熱力学データベースの整備	(TRU処分研究) ●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	(TRU処分研究) 【JAEA】 ●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。 ・岩との反応機構に関する試験等を実施し、鉱物変遷及び化学反応過程に関する知見の拡充を実施 ・岩-アルカリ反応に関する天然事例調査 ・岩盤や地下水組成の類型化(廃棄体由来の化学物質影響を含む) ・岩-アルカリ反応による岩盤の変質過程の包括的シナリオの構築 ●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。 ・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。 ・透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。 ・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 ・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 ・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		

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22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																					
(B)工学技術	(3)長期健全性評価技術	⑤熱-水-応力-化学達成評価技術	・熱-水-応力達成挙動解析モデル・コード(THAMES)を作成し、解析に必要なとなる物性値を取得するとともに、金石原位置試験による検証解析や第2次取りまとめの処分場レイアウトに対する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。	【達成目標】 基本的な達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	【達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達成モデルの作成を行うとともに、熱-水-応力達成解析コード(THAMES)に、地球化学解析コード(PHREEQC)と移流分散解析コード(Otransu3D-EL)の連携によるプロトタイプ・コードを開発した。また、室内達成試験設備(Couple)を用いて達成挙動に関わ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)などに対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。	化学現象から他の現象への達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達成解析モデルの検証を行う。また、達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て、結果や解析手法を提示するとともに、変動シナリオ(熱水の影響など)に対する適用性を確認する。さらに、室内試験(オーバーバック腐食と緩衝材中の塩析出を複合模擬した系での達成試験)や工学規模試験などを実施し、実験データに基づく達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。	【a)達成解析コードの開発・検証【JAEA】】 ・フェーズ1では、熱-水-応力-化学達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達成は十分ではなく、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達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-化学達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-化学達成挙動解析を実施して、適用事例の拡充を図る。さらに、変動シナリオ(熱水の影響など)に対する適用性の確認として、解析評価に必要なとなるパラメータや物性値を整理することにより、その可能性を評価する。 ・本検討において、塩濃縮に関わる熱-水-応力-化学達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。 【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。 【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-化学達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-化学達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-化学達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-化学達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)																				
			熱-水-応力-化学達成現象確認のための計測技術に係る基盤情報を整備した。	【b)熱-水-応力-化学達成現象確認のための計測技術に関わる検討【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-化学達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。 【ANRE(RWMO)】 ・人工バリアの性能確認モニタリング技術に係わ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。	幌延における原位置試験に適用する熱-水-応力-化学達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。	【d)熱-水-応力-化学達成現象の計測技術に関わる検討【JAEA】】 ・フェーズ1では、熱-水-応力-化学達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に資する。 【ANRE】 ・熱-水-応力-化学達成現象を計測するセンサ技術(例えば同時多点計測が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達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。																					
		⑥ガス移行挙動	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で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。	【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	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、代表的な力学達成ガス移行モデルの一つとして提示する。	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下を対象とした基礎的なデータの拡充や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。																					
				【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、海水系地下水条件で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。	【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。	【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。また、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。																					
				【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-応力達成)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。	【b)ガス移行評価手法の信頼性向上【JAEA】】 ・フェーズ1では、改良型TOUGH2によるシミュレーション解析を行い、実験結果との比較検討を進めてきたが形状因子などのパラメータ設定に対する課題等が挙げられた。また、GAMBITモデルについては、フェーズ1においてJAEAへ導入し計算環境の整備にとどまっている。そのため、フェーズ2では、当面GAMBITモデルを中心として、実験結果との比較検討を通してモデルの改良等を進め、その信頼性向上を図り、代表的な評価手法の一つとして整備する。また、評価手法の検証を目的として、幌延でのガス移行原位置試験を想定した予備解析を行い、モデルの検証計画を立案するとともに、原位置試験のHLWとTRUの研究分担																						
						<table><tr><td></td><td>HLW</td><td>TRU</td></tr><tr><td>(1)透気特性データの整備</td><td></td><td></td></tr><tr><td>1)岩盤</td><td>○</td><td>○</td></tr><tr><td>2)コンクリート</td><td>○</td><td>○</td></tr><tr><td>3)緩衝材</td><td>○</td><td>○</td></tr><tr><td>(2)東方性に係るデータの取得</td><td>○</td><td>○</td></tr><tr><td>(3)モデル開発</td><td>◎</td><td>○</td></tr></table>		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)東方性に係るデータの取得	○	○	(3)モデル開発	◎	○
	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)東方性に係るデータの取得	○	○																									
(3)モデル開発	◎	○																									

	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22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	⑥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) ●非放射性ガスを対象としたガス移行挙動に関して、適用性が高いと考えられる手法による移行解析結果を例示し、モデルと解析上の比較を実施。 【JAEA】 ・ガス発生量の評価結果及び原位置試験の知見を反映した二相流モデル(TOUGH2)によるガス移行解析の実施 ・解析に基づく間隙圧力変動の評価による人工バリア健全性の確認(緩衝材破壊、掘削影響領域の力学的破壊) 【ANRE/RWMC】 ・原位置試験データに基づき、各種二相流解析コードの比較検討を実施し、原位置試験結果を基にコードの有効性について、TOUGH2を中心として整理 ●ガス状放射性各種を対象として、ガス発生量評価結果に基づいたガスの以降解析を実施、評価結果を例示 【JAEA】 ・ガス状核種(14CH4)に関して、堆積岩系岩盤を対象にガス移行解析を実施し、核種の地表への到達可能性について評価 ・ガス状核種の移行評価結果より、生物圏に到達する線量評価を実施、地下水移行による線量に比較して十分小さいことを確認 ●ガス内圧による緩衝材からの排水速度及び排水量を設定し、核種移行解析を実施	(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検証	(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 【ANRE】 ・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 【ANRE】 ・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) ・亀裂性母岩中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 【-】 ●ガス発生に対するニアフィールドの力学的安定性評価手法の構築 ・ガス移行影響評価による処分施設内の応力場の評価 ・処分施設内の応力場の影響を考慮したガス移行評価の検討 ●処分コンセプトに対応したガス移行概念及び評価モデルの構築と評価手法の提示、及び原位置試験データに基づく手法の検証の検討		
		⑦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の)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。	【JAEA】 ・断層ずれ速度と変位を設定した模型実験を行い、周辺岩盤やオーバーバックに及ぼされる応力の実測データを取得した。 ・様々な断層規模について評価可能な解析手法の構築を目的として、Trescaモデルと修正Cam-clayの2つの緩衝材の構成モデルを用いて模型実験のシミュレーション解析を行い、実験結果の再現性の高いモデルとして修正Cam-clayモデルを選定した。	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。	

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、およ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。

1章に示した処分事業や安全規制の展開を念頭におけば、フェーズ2(平成 22 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、およ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、モデルおよびデータベース、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、分類および分類ごとのフェーズ2とそれ以降の具体的な目標を設定し(表Ⅱ-5-1)、概括版(図Ⅱ-2-3)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(表Ⅱ-5-2)およ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(表Ⅱ-5-4)を作成した。詳細版の作成に至るまでの検討の内容については、NUMO と規制研究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 5.2 節に記載する。

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-

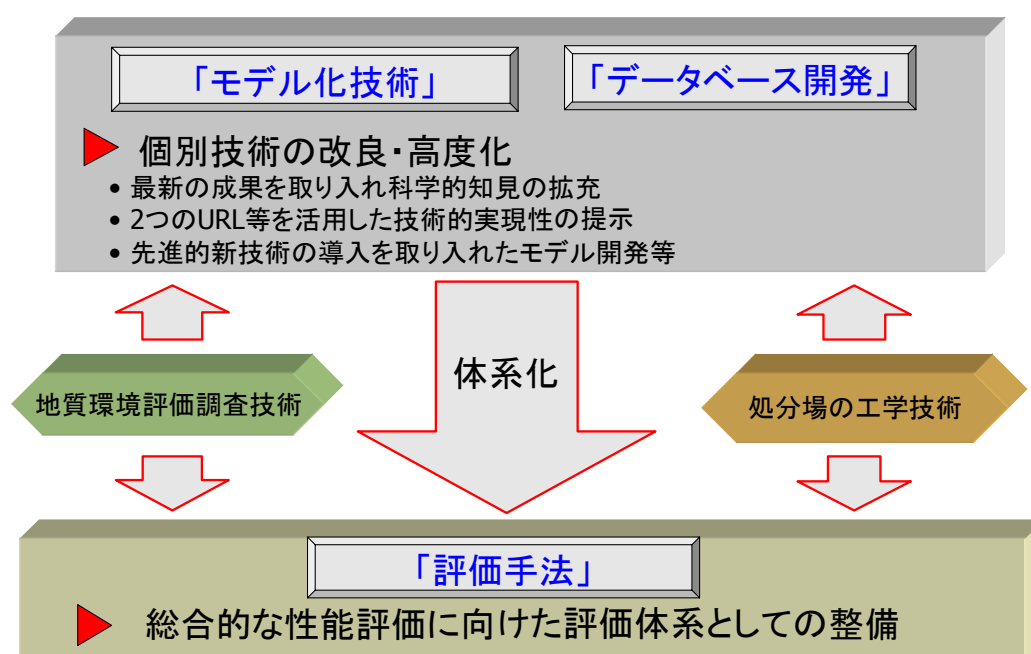
1章に示した通り、性能評価技術に関わる段階目標として、フェーズ2では「実際の地質環境へ適用可能な評価手法の整備と工学的実現性の提示」を、フェーズ3では「実際の地質環境を対象とした体系的・合理的な評価手法と工学技術等の実証」を掲げている。フェーズ2においては、最新の科学的知見を適切に取り込むとともに、深地層の研究施設等の活用を図りながら、ある地質環境条件が与えられた場合に適切に対応できる性能評価技術として整備・改良を行う、またフェーズ3では、それら技術基盤の適用性を実際の地質環境への適用を通じてさらに確かなものとしていく。

表Ⅱ-5-1 に、設定した分類と分類目標を示す。設定にあたっては、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で用いた性能評価技術分野での3つの分類(評価手法、モデル化技術、データベース開発)を出発点として、現状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、後述するようにフェーズ2とフェーズ3で行うべき研究開発を検討・整理した。この検討を踏まえ、フェーズ2およびフェーズ3を対象とする場合も、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、5.2 節で述べる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。

表Ⅱ-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を図Ⅱ-5-1に示すとともに、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Ⅱ-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。フェーズ1までの成果およびフェーズ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

具体的には、フェーズ2では、シナリオ解析、不確実性評価およ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、実現性の提示や先進的新技术の導入の観点から、実際の地質環境(深地層の研究施設等)への適用を考慮した整備・改良を進める。先進的新技术としては、複合的な現象を考慮した解析技術などを対象とする。さらに、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についても、実際の地質環境(深地層の研究施設等)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、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、評価体系の総合的な適用性を確認する。

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現象理解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。フェーズ1までの成果およびフェーズ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

具体的には、フェーズ2では、対象とする個別現象や放射性元素の優先度を勘案しつつ、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)とともに、性能評価で用いるサブシステムモデルを含めた階層的な整備を進める。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していく。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、実際の地質環境(深地層の研究施設等)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、実際の地質環境を対象とし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。

3) データベース開発

本分類では、熱力学データ、分配係数およ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および収着、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。フェーズ1までの成果およびフェーズ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

具体的には、フェーズ2では、対象とする個別現象や放射性元素の優先度を勘案しつつ、科学的知見の拡充や技術の実現性の観点から、信頼性および十分性の向上のため、継続的なデータの取得(実際の地質環境(深地層の研究施設等)の条件等を含む)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データ取得・整備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手順・手法の整備を進める。

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・手法を体系的に整備するとともに、その適用性を実際の地質環境を対象として確認する。

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-

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、分類ごとに細目を表Ⅱ-5-2のとおり設定するとともに、各細目の達成目標およびその目標の達成のために取り組む具体的な課題を設定し、あわせて各課題の進め方を表Ⅱ-5-4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)。なお、フェーズ2での細目および課題の設定においては、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)

表Ⅱ-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	①シナリオ解析技術		①シナリオ解析技術
	②変動・接近シナリオ		②不確実性評価技術
	③不確実性評価技術		③総合的な性能評価技術
	④総合的な性能評価技術		
(2)モデル化技術	①ガラス固化体からの核種溶出		①人工バリア中の核種移行
	②人工バリア中の核種移行		a)地下水化学／間隙水化学
			b)ガラス固化体からの核種溶出
			c)緩衝材中の核種移行
	③岩盤中の核種移行		②天然バリア中の核種移行
	a)水理・物質移行		a)岩盤中の核種移行
	b)収着・拡散現象		b)コロイド・有機物・微生物
	c)コロイド・有機物・微生物		③生物圏での核種移行／被ばく
(3)データベース 開発	④生物圏での移行／被ばく		
	①放射性元素の熱力学データベースの整備		①放射性元素の熱力学データベースの整備
	②収着・拡散データベースの整備		②収着・拡散データベースの整備
			③処分場システムデータベースの整備

以下に、設定した細目とその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の構造からの変更点を分類ごとに示すとともに、各細目における達成目標、課題、および各課題の進め方の設定において重視した点を示す。

また、これらの設定においては、研究開発全体マップ(平成16年度版)への大学等有識者コメントを反映した。コメントの重要なポイントは1.で示された留意点(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)にほぼ集約されていることから、上記設定に関わる検討を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、上記設定に関わる

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

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およ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Ⅱ-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、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た。

各細目における達成目標、課題およ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、実際の地質環境(深地層の研究施設等)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(表Ⅱ-5-4 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)。

2) モデル化技術

細目を、性能評価の対象領域の区分である人工バリア、天然バリアおよび生物圏に応じて整理することとし、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)でのフェーズ1の細目を一部変更した(表Ⅱ-5-2)。具体的には、まず「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」という細目を設定した。「人工バリア中の核種移行」の細目は、さらに、人工バリア領域での現象である「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」に細分化した。なお、「岩盤中の核種移行」は、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、細分化は行っていない。

各細目における達成目標、課題およ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、実際の地質環境(深地層の研究施設等)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おいたものとした(表Ⅱ-5-4 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)。

3) データベース開発

細目としては、研究開発全体マップ(平成16年度版)でのフェーズ1の項目と同じく、「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」を設定するとともに、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て、「処分場システムデータベースの整備」を追加した(表Ⅱ-5-2)。

各細目における達成目標、課題およ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おいたものとした(表Ⅱ-5-4 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)。

表Ⅱ-5-4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、および各課題の進め方を、1章に示した留意点への対応の観点から以下に整理しておく。

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

分類目標、細目の達成目標およ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っては、性能評価ワーキンググループでの検討において示されたNUMOや規制研究機関の計画(表Ⅱ-5-3)との整合性に注意した。

表Ⅱ-5-3 NUMOの計画および規制研究機関の当面の計画

NUMOの計画 ・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
規制研究機関の計画 ・地質・気候関連事象の安全評価上の取り扱いに関する調査研究 ・規制研究機関共有のFEPデータベースの構築 ・放射性核種の地下水による移行に関するパラメータ(人工バリア、天然バリア、生物圏)のデータ整備 ・確率論的手法による安全評価モデル／コードの整備 ・整備したデータ及び確率論的安全評価コードによる地層処分の時空間的なパラメータ不確かさの影響解析 ・人間侵入シナリオ評価のためのデータ及び評価モデル・コードの整備 ・広域地下水流動解析／評価手法に関する研究

細目ごとの達成目標、課題、および各課題の進め方に関わる検討は、これら計画に共通する以下の点への対応に配慮しつつ進めた。

- 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の重視
- ニアフィールド挙動の把握に関わる研究開発に重点
- 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の強化

実際の地質環境条件等への適用に関わる検討の重視については、段階目標にも明記されており、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の重視、およ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は、関係する内容を細目および課題として具体的に設定した。なお、NUMOと規制研究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の検討を行った。表Ⅱ-5-4中の「備考」の欄に、各細目に関係するNUMOと規制研究機関の研究開発計画を記載した。

ii) 研究開発の効率的推進の具体化と促進

細目内の連携、細目間／分類間の連携、およ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(表Ⅱ-5-4 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の活用について、実施中のもののみならず今後の可能性についても検討し、それら共同研究の項目を、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(表Ⅱ-5-4 中の「備考」の欄参照)。

○細目内の連携

類似の課題を整理しつつ、資源エネルギー庁調査等事業(以下、ANRE 事業)を担当する機関と日本原子力研究開発機構(以下、JAEA)の特徴を活かした役割分担を行うとともに、共同研究の活用について検討した。

- 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主に JAEA が担当し、多様なスケールに応じた評価技術、処分場スケールを対象とした解析技術、地球化学情報の体系化、理解促進技術などの検討については ANRE 事業と JAEA が共同研究を活用しながら実施する。

- ガラス固化体からの核種溶出:

ガラス溶解および核種溶出の現実的評価ツールの開発は主に ANRE 事業、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 が担当する。

- 微生物:

微生物特性のデータ取得は主に ANRE 事業、影響評価は主に JAEA が担当する。

- 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 事業が担当する。

- 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 事業が担当する。

- 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 事業が担当する。

○細目間／分類間の連携

細目間や分類間での成果等の共有や活用について検討した。

- 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」および「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ととした。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、成果の共有や活用が見えにくいことが問題点として挙げられた。このことを踏まえ、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、この考え方に沿った課題設定およ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の内容について明示した。

○分野間の連携

地質環境調査評価技術および処分場の工学技術の分野における成果の共有と活用、およ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した。これは、1章で示した留意点のうち、「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もあり、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およ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、およ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）。

iii) 研究開発成果の体系化の具体化と促進

個々の細目や課題に対し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（表Ⅱ-5-4中の「フェーズ2：課題の設定、進め方」の欄参照）。体系化については、以下に示すような対象の違い（総合的な性能評価のための評価手法、個別現象の評価手法、パラメータ設定手順・手法）および個々の技術分野（例えば、シナリオ解析、不確実性評価）を包括できるように体系化の方向性を具体化した。

○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
- 総合的な性能評価の実施に含まれる一連の作業（対象と範囲の異なる体系化の成果の有機的な組み合わせ）を行うための全体的な評価体系

○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
- 天然バリア中での核種移行現象の評価手法
- 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

＜研究開発全体マップ詳細版【性能評価技術】＞

（表Ⅱ-5-4）

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】

フェーズ1における資源エネルギー庁調査等事業実施機関*

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）

産業創造研究所（IRI）

産業技術総合研究所（AIST）

放射線医学総合研究所（NIRS）

*平成19年度以降の資源エネルギー庁調査等事業の実施機関は今後決定される。

表Ⅱ-5-4 研究開発全体マップ詳細版【性能評価技術】(平成18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22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	(1)評価手法	①シナリオ解析技術	【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。①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 ②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。 【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構築。●天然現象を発端とする変動・接近シナリオの構築および評価について、過度な保守性を排し、より現実的な評価を行うために、天然現象の発生や影響に関する知見をより効果的に取り込む手順と手法を構築。	●FEP情報の処理手法の構築【JAEA】 ・ <i>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。</i> ・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。●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】・ <i>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。</i> ・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手法として、系統的な作業手順を整理するとともに、天然事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。	シナリオ解析技術について、FEP情報や事例研究成果から安全評価用のシナリオの構築と評価までを行う一連の作業を体系化するための技術の整備・改良を図る。これを通じてシナリオの不確実性への対応を適切に行うことを可能とする。	●基本シナリオを対象としたFEP情報に基づくシナリオの構築・評価技術の整備【JAEA】 フェーズ1では、 <i>FEP情報の処理に関する基本的な手法を構築した。</i> フェーズ2では、 <i>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。</i> ・シナリオ抽出プロセスの理解の促進を図るため、フェーズ1で構築した基本的な手法をベースに、相関関係のマトリクス形式での整理と階層構造化を用いたシナリオ抽出手法の詳細化と体系的な整備を行う。・スクリーニングに関しては、安全評価で必要となるシナリオの相対的な重要度の評価について、FEP情報に基づく定性的なスクリーニング、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。	【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 【規制研究機関の計画】 ・地質・気候関連事象の安全評価上の取り扱いに関する調査研究・規制支援研究機関共有のFEPデータベースの構築・人間侵入シナリオ評価のためのデータ及び評価モデル・コードの整備 【連携(検討中)】 ●シナリオに関する説明技術の開発(仮称)【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事業では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)。そこで、JAEAによる重要なシナリオの抽出手順に含まれる内容をこの技術開発の対象に加え、シナリオに関する理解促進を図ることが可能なアプローチの検討を実施する。ANRE/JAEAの既存の共同研究「性能評価技術高度化研究」(「総合的な性能評価技術」の細目参照)を拡張する形で検討していく。
		②不確実性評価技術	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。	【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。 【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、「①シナリオ解析技術」において検討＞	●パラメータの分布設定技術の開発・整備【JAEA】 ・ <i>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。</i> ・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題として取り上げ、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。●パラメータの不確実性の影響評価技術の開発・整備【JAEA】・ <i>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。</i> ・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、クラスタ分析、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。●モデルの不確実性評価のための代替モデルの開発【JAEA】・ <i>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。</i> ・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。	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。	●不確実性の要因の分類に応じた不確実性の定量化技術の整備【JAEA】 ・ <i>不確実性の定量化について、フェーズ1では、パラメータの不確実性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。</i> フェーズ2では、 <i>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。</i> ・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、それぞれの要因の分布設定への取り込み手順や手法および留意点を整備する。・上記の情報・知見を、不確実性の定量化や低減に反映させる。

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22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	
(C) 性能評価技術	(1) 評価手法	③総合的な性能評価技術	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	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わる全体モデルチェーンの設定等の作業を、柔軟性や信頼性を確保しつつ一貫して行うための評価体系を例示する。	●総合的な性能評価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いたる評価作業について具体例を示した。フェーズ2では、総合的な性能評価を行うための評価体系を例示するために以下の検討を実施する。 ・第2次取りまとめでの評価体系およびフェーズ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いた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、核種移行解析に関わる全体モデルチェーンの例示を含めて、総合的な性能評価の実施に含まれる作業を一貫して行うための評価体系を例示する。あわせて、地質環境調査評価技術分野や工学技術分野との連携を進める中で、性能評価における現実性と保守性のバランスを検討し明らかにしていく。 ・この中では、評価体系の柔軟性の確保のために、ある地質環境条件が設定された場合や調査研究の進展に伴い利用可能な情報が変遷することに応じて評価の内容やモデルチェーンなどを変更できるようにする。また、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)。 ・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。	【実施主体の計画】 前記Aに同じ 【規制研究機関の計画】 ・確率論的手法による安全評価モデル／コードの整備 ・整備したデータ及び確率論的安全評価コードによる地層処分の時空間的なパラメータ不確かさの影響解析 【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。
			【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 【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。 ●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。	●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いたる一連の評価について以下の検討を実施した。 ・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。この検討を通じて、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)。 ●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ため、これらの情報の管理について以下の検討を実施した。 ・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。	●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いたる評価作業について具体例を示した。フェーズ2では、総合的な性能評価を行うための評価体系を例示するために以下の検討を実施する。 ・第2次取りまとめでの評価体系およびフェーズ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いた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、核種移行解析に関わる全体モデルチェーンの例示を含めて、総合的な性能評価の実施に含まれる作業を一貫して行うための評価体系を例示する。あわせて、地質環境調査評価技術分野や工学技術分野との連携を進める中で、性能評価における現実性と保守性のバランスを検討し明らかにしていく。 ・この中では、評価体系の柔軟性の確保のために、ある地質環境条件が設定された場合や調査研究の進展に伴い利用可能な情報が変遷することに応じて評価の内容やモデルチェーンなどを変更できるようにする。また、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)。 ・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。	
			●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(RWMO)/JAEA】 多様なスケールを対象とした整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。 ・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。	●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。 ・それぞれのスケールに求められる解析の詳細度や保守的な簡略化等の意味と目的を明確にしつつ、モデル概念や数学モデルの構築、利用可能な知識や数学的な手法の限界、データの利用可能性について総合的に検討を行い、多様なスケールにわたる核種移行解析を整合的かつ柔軟に行うことができる階層的な評価モデル体系として開発・整備する。 ・特に処分場スケールについては、ニアフィールドでの核種移行に関わる現象の複合的な取り扱い、処分システム要素の空間的な配置の考慮とそれと関係する現象の現実的な取り扱い、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。		
			●地球化学情報の統合化の検討【ANRE(RWMO)/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。 ・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。	●地球化学情報の統合化技術の開発・整備【ANRE/JAEA】 フェーズ1では、地球化学モデリングに関する既存情報と課題を整理した。フェーズ2では、地球化学情報の統合化に関する実用的な技術について以下の検討を実施する。 ・調査の各段階やスケールに応じた地球化学特性について、空間分布や長期的変遷の評価を行うための技術(地下水化学実測値の解釈の手順や手法、実測値の地質環境条件との関係の解釈の手順や手法、地球化学モデリングに関する実用的な解析技術、解析コード、データベースなど)を、核種移行評価における役割および原位置測定の実測値の信頼性と関係づけながら検討するとともに、実用的な解析技術としての開発と体系的な整備を行う。		
			●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(RWMO)/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。 ・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。 ・地層処分における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。	●安全性の論理構造を説明するための理解促進ツールの開発・整備【ANRE/JAEA】 フェーズ1では、安全性の論理構造についての説明技術を一部の安全機能を例題として試行した。フェーズ2では、安全評価全体を対象とした理解促進技術の開発のために以下の検討を実施する。 ・安全機能や保守性の事例を拡大しつつ、その有機的な組み合わせも対象として、安全性の論理構造を安全評価全体を対象にしてわかりやすく説明できる技術と説明マテリアルを開発し、それらを体系的に整備する。		
			●多重バリア長期安定性事例調査【ANRE(RWMO)】 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。 ・海外でのオウロ、シガーレイク、およびボッソス・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。	●地層処分システムの長期安定性に対するナチュラルアナログ事例の活用に関する検討【ANRE】 フェーズ1では、個々のバリア材料あるいは現象のみならず処分環境で生じる複合的な現象も対象として、既存の事例研究の有効性、信頼性および適用範囲などについての検討を継続する。 ・上記を踏まえて、ナチュラルアナログ研究に求められる課題を整理するとともに、既存の事例研究の活用方策や新規の事例研究計画を提示する。 ・事例研究を実施し、成果を長期安定性の論拠として活用しやすい形で提示する。		

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22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	①人工バリア中の核種移行	a)地下水化学／間隙水化学	地下水化学に関しては、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。	【達成目標】 地下水化学や人工バリア間隙水化学についてのモデルの実測データに基づく信頼性向上 【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。 ●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。	●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、原位置測定へのデータは限られ、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。 ・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、補正方法として、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。 ・また、「総合的な性能評価技術」で取りまとめ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、物質移行解析の基点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。 ●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、間隙水水質に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。 ・圧縮ベントナイト間隙水(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。 ・天然ベントナイト鉱床における間隙水の空間分布に関するデータを取得。	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。 また、間隙水については、条件を変えた系でのデータの取得などによるモデルの適用性検討を行い、間隙水水質形成モデルの構築に関わる一連の技術の体系化を行う。	●地下水水質形成モデルの適用性検討【JAEA】 フェーズ1における地下水の実測データの信頼性評価と補正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。 ・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における掘削に伴う地下水水質の変化を推定する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。 ・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。 ・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。	【実施主体の計画】 前記Aに同じ 【規制研究機関の計画】 ・放射性核種の地下水による移行に関するパラメータ(人工バリア、天然バリア、生物圏)のデータ整備
		b)ガラス固化体からの核種溶出	溶存ケイ酸濃度が飽和に達した条件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バ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。	【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。 【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。 ●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。 ●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。	●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。 ・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以下のスメク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。 ・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。 ・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次とりまとめでの設定の妥当性を確認した。 ・ナチュラル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方輝石・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。 ●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(RWMO)/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。 ・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。 ・ガラス固化体の溶解に影響を与える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、オーバーバ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、埋設後のオーバーバ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。 ・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。 ●バリアシステム放射線影響評価【ANRE(IR0)】 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。 ・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。	ガラス溶解と核種溶出に関するより現実的な評価のために、ガラス溶解と緩衝材の相互作用やオーバーバック腐食膨張の影響などの理解、評価手法やツールの高度化、およびそれらの体系化を行う。	●現実的なガラス溶解挙動と核種溶出挙動の理解【JAEA】 フェーズ1では模擬ガラスを用いてアルカリ環境での浸出挙動から知見を得た。フェーズ2では、ガラス溶解挙動と核種溶出挙動をより現実的に把握するために実ガラス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。 ・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次とりまとめでの長期溶解速度設定の妥当性の確認を行う。 ・緩衝材との相互作用を考慮するためのベントナイト中への模擬ガラス埋め込み試験を実施し、ガラスの長期溶解、核種溶出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。 ・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。 ●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。 ・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。 ・ガラス溶解・変質層形成と緩衝材との相互作用も考慮し、核種の溶出と移行挙動に関するモデルの開発を行う。 ・上記モデルを実用的なツールとして体系的に整備するとともに、他のスケールのモデルとの整合等の総合的な検討を踏まえて、「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。	【実施主体の計画】 前記Aに同じ 【規制研究機関の計画】 ・放射性核種の地下水による移行に関するパラメータ(人工バリア、天然バリア、生物圏)のデータ整備 【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。	

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22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	
(C)性能評価技術	(2)モデル化技術	①人工バリア中の核種移行	●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	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。 ・収着については、還元条件、炭酸共存系におけるアクチニド(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。 ・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、ミクロな観点から、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、データ取得に基づく理解と整合することを確認した。 ●溶解度制限固相の検討【JAEA】 第2次と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。 ・第2次とりまとめ時点では、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-CO ₃)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。 ・アクチニド元素である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。	●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。 ・収着については、不確実性を含む分配係数の設定ができるようにする。このとき、熱力学的収着モデルの適用を含めて、化学的条件や溶存イオンの形態等に依存した緩衝材中での収着プロセスを考慮する。また、このための現象理解に必要なデータ取得およびモデルの整備・改良と体系化を行う。 ・拡散については、不確実性を含む実効拡散係数の設定ができるようにする。このとき、モデルの適用を含めて、化学的条件や溶存イオンの形態等に依存した緩衝材中での拡散プロセス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。 ・収着と拡散の複合的な挙動に関しては、バッチ式収着試験で得られる分配係数と拡散試験から導出される分配係数の関係に関する考察などからより詳細な現象理解を行い、パラメータ設定に反映可能な知見として整備する。 ・本件で得られたデータおよびモデルは、「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。 ・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。 ●溶解度制限固相の設定手法の構築【JAEA】 フェーズ1ではRaの炭酸系についての固溶体モデルを提示した。フェーズ2では、溶解度制限固相の設定手法の拡充のために以下の検討を実施する。 ・フェーズ1で提示したRaの炭酸系の固溶体モデル(Ra(Ba)-Ca-CO ₃)に対して、人工バリア内で想定されるCa以外の共存元素(Baなど)の影響を考慮可能な固溶体モデルを構築する。 ・固溶体を含む溶解度制限固相の設定手法の整備を行うとともに、溶解度の不確実性の要因のひとつとなる溶解度制限固相の不確実性を最新の知見に基づき提示する。	【実施主体の計画】 前記Aに同じ 【規制研究機関の計画】 ・放射性核種の地下水による移行に関するパラメータ(人工バリア、天然バリア、生物圏)のデータ整備 【連携(実施中)】 ●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。 ・「緩衝材中の核種移行」の細目に關しては、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となる系統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。 ・「岩盤中の核種移行」の細目に關しては、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となる系統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。 ・「収着・拡散データベースの整備」の細目に關しては、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系統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。
		②緩衝材中の核種移行	●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。 ・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。 ・ただし、高温塩水による長期な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。	●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。 ・塩水、淡水下でのFe腐食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。 ・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。 ・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。		
		③緩衝材中の核種移行	●バリアシステム放射線影響評価【ANRE(IRI)】 地下水の放射線分解の核種移行環境への影響について、以下の検討を実施した。 ・放射線化学的な試験により水の放射線分解生成物の生成・分解に関するデータ取得を実施。 ・純水条件に比較して処分地下水環境では水の放射線分解はラジカル種と地下水溶存化学種とが優先的に反応することにより分子状の放射線分解生成物の蓄積が促進される傾向があることが照射試験と解析により確認された。一方で、酸性化環境を支配する可能性のある放射線分解生成物である過酸化水素は緩衝材中において分解消費されることが確認された。	●バリアシステム放射線影響評価【ANRE】 フェーズ1での放射線化学的な試験手法による地下水の放射線分解特性(分解生成物の生成・分解)に関するデータ取得を踏まえて、フェーズ2では、放射線分解生成物が核種移行に関わる化学環境に与える影響について、以下の検討を実施する。 ・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。 ・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。		

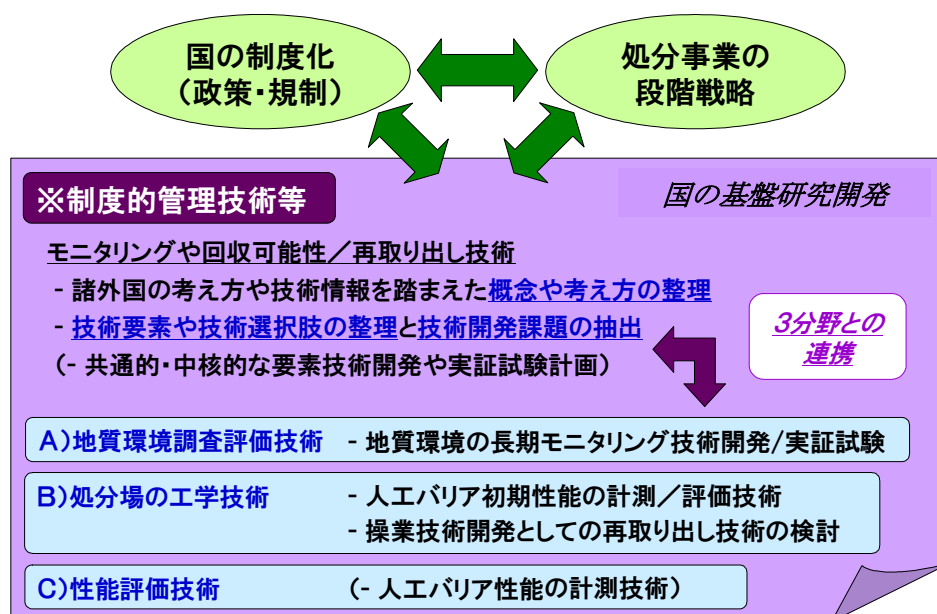
研究開発要素			第2次取りまとめまでの達成レベル	各研究開発要素の研究開発目標と課題		備考	
分野	分類	細目	フェーズ1：第2次取りまとめ以降5年程度の成果【平成17年度頃まで】		フェーズ2：当面5年程度の計画【平成22年度頃まで】		
			達成目標と達成レベル	課題の設定、進め方、成果	達成目標	課題の設定、進め方	
(C)性能評価技術	(2)モデル化技術	②天然バリア中の核種移行	a)岩盤中の核種移行	●水理・物質移行 結晶質岩、堆積岩とも、室内試験や原位置試験等から得られたデータに基づく三次元亀裂ネットワークモデルや連続体モデル等の詳細評価において保守性及び近似性を確認した一次元平行平板の重ね合わせモデルを用いてバリア性能を評価 ●核種収着・拡散 室内実験や文献調査等に基づき、マトリックス拡散深さ、収着分配係数、拡散係数を保守的に設定し、亀裂内及びマトリクス部での移行遅延挙動を評価	●岩盤中の水理・物質移行特性の把握【JAEA】 天然バリアにおける核種移行評価上重要な水理・物質移行現象に影響を及ぼす要因に着目した室内試験やそれに基づくモデル化手法、および実際の地質環境条件に基づく評価手法に関して、以下の検討を実施した。 ・核種移行評価における水理・物質移行現象の概念モデルおよびパラメータの設定に活用するための水理・物質移行現象に影響を及ぼす要因に着目した検討のうち、結晶質岩については、岩石試料中の単一亀裂や亀裂交差部において、亀裂の開口幅分布の測定による不均質特性等の把握とその影響を評価する手法を提示した。堆積岩については、亀裂を含む岩石試料の透水係数や拡散係数の測定等による堆積岩中の亀裂が水理・物質移行現象に与える影響の定量的な把握を行った。 ・実際の地質環境条件に基づき処分場周辺スケールの地下水流動を詳細に評価し、核種移行評価に必要な移行経路等を抽出するための評価手法に関する検討として、調査データの量に応じた領域ごとの地下水流動の評価が可能な入れ子式モデル化手法等を開発した。また、概要調査での取得が想定されるデータとして、瑞浪・幌延での地上からの調査研究段階の実際のデータを用いて、入れ子式モデル化手法等の適用例を示した。さらに、「総合的な性能評価技術」で取りまとめた地質環境の調査・解析から物質移行解析に至る一連の方法論の検討の一環として、瑞浪・幌延で構築された地下水流動モデルに基づき核種移行評価に必要な地下水の移行経路や移行時間等を評価する手法を例示した。 ●岩盤中での核種の収着と拡散に関するモデル開発【JAEA】 岩盤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地下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。 ・収着については、実際の地質環境として幌延地域の堆積岩を対象とした収着試験を実施し、Csに対して、イライトが支配的な収着鉱物であるとするイオン交換モデルの適用性検討を実施し、実験結果の傾向性を説明することは出来たが、より精度良く分配係数を推定するためにはモデルの改良が必要であることが示された。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。 ・拡散については、岩石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取得し、イオン強度の影響のメカニズムの検討を行った。 ・拡散試験から得られるCsの分配係数と粉砕試料によるバッチ式試験から得られるKdの比較検討を砂岩に対して行い、比表面積補正によりほぼ一致する結果を得た。この結果は、拡散試験よりもデータの充実しているバッチ収着試験データを用いて適切に母岩基質部の分配係数を設定する手法の検討に反映される。 ・花崗岩基質部への拡散深さを調べるための室内試験により、溶質が20 cm以上拡散侵入する可能性を示した。	水理・物質移行現象については、それに影響を及ぼす要因をより大きなスケールで把握するための試験の実施とその影響の評価手法の検討、および処分場周辺を対象とした水理・物質移行評価のための一連の技術の整備・体系化を図る。 また、岩盤中での核種の収着と拡散については、環境条件や岩石の状態に応じたプロセスの理解を進めるとともに、分配係数や拡散係数の設定に適用可能なモデル化技術を整備する。 ●岩盤中の水理・物質移行評価手法の整備【JAEA】 フェーズ1では、比較的小さなスケールの岩石試料等を用いた室内試験による水理・物質移行現象に影響を及ぼす要因の把握とその影響の評価手法を提示した。フェーズ2では、水理・物質移行現象に影響を及ぼす要因のより大きなスケールでの把握を進めるとともに、地質環境の特徴や調査の進展に応じた水理・物質移行評価を行うことができる技術の整備のために、以下の検討を実施する。 ・水理・物質移行現象に影響を及ぼす要因(現象、特性)については、室内試験とサイト調査との間のスケールの違いを補完する知見を得るために、たとえば従来のコア試料を対象にした室内試験をより大きなブロック試料に適用するなどして、個々の要因に関してより大きなスケールを含めた理解を深めるとともに、データの拡充・整備ならびに評価手法の改良・整備を行う。その際、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、瑞浪・幌延での掘削を伴う調査研究段階等で得られる調査データ等を活用する。 ・水理・物質移行評価については、上記の個々の要因に関する理解の程度、地質環境の特徴、調査の進展に応じた地下水流動に関わる理解の程度、および対象とするスケールの大きさ等に対して柔軟に対応できるように、処分場周辺を対象とした水理・物質移行評価に必要な一連の技術の整備・改良とともに、それらの体系化を図る。これについては、瑞浪・幌延での地および立坑や坑道からの調査で得られる地質環境データを用いた評価の試行、およびフェーズ1での地上からの調査研究段階のデータのみを用いた評価結果との比較・検討を通じて実用性の向上を図る。また、上記検討を通じて、地質環境データの解釈から地下水の移行経路特性の評価に至る過程等に付随する不確実性を整理・分析する。 ●岩盤中での核種の収着と拡散に関するモデルの整備・改良【JAEA】 フェーズ1では、主として、現象理解を進めるための個別研究を進めてきた。フェーズ2では、環境条件や岩石の状態に応じた岩盤中での分配係数や拡散係数の設定に適用可能なモデル化技術を整備するために、以下の作業を実施する。 ・収着については、不確実性を含む分配係数の設定ができるようにする。このとき、熱力学的収着モデルの適用を含めて、環境条件や溶存イオンの形態あるいは岩石の状態等に依存した岩盤中での収着プロセスを考慮する。また、このための現象理解に必要なデータ取得およびモデルの整備・改良と体系化を行う。 ・拡散については、不確実性を含む実効拡散係数の設定ができるようにする。このとき、モデルの適用を含めて、環境条件や溶存イオンの形態あるいは岩石の状態等に依存した岩盤中での拡散プロセス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とモデルおよび整備・改良と体系化を行う。 ・収着と拡散の複合的な挙動に関しては、バッチ式収着試験で得られる分配係数と拡散試験から導出される分配係数の関係に関する考察などからより詳細な現象理解を行い、パラメータ設定に反映可能な知見として整備する。 ・本件で得られたデータおよび整備・改良するモデルは、「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。 ・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「岩盤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。 ●岩盤中の収着拡散過程の現象論的検討【ANRE】 フェーズ1での岩盤中の収着と拡散に関するJAEAの検討を踏まえ、収着拡散メカニズムに関する理解をさらに進めるとともに、上記課題「岩盤中での核種の収着と拡散に関するモデルの整備・改良【JAEA】」に知見を提供するために、以下の検討を実施する。 ・収着場の構造が保有される岩石コア(マトリクス拡散領域)を用いた収着拡散試験により、岩石の構成鉱物、間隙空間サイズ、地下水移行経路等の様々な要因あるいは試験手法による収着拡散メカニズムの違いを現象論的に検討する。また、複数の試験方法で得られた収着拡散データを比較し、試験手法の違いの影響を整理する。 ・岩石の変質や亀裂充填物共存が収着拡散メカニズムに及ぼす影響について、未攪乱岩、変質層や亀裂充填物を伴う不均一岩石などを用いた収着拡散試験により知見を整備する。 ・上記で得られる詳細な収着拡散メカニズムに関する知見に基づき現象モデルの整備・改良を図る。またこの成果を、「岩盤中での核種の収着と拡散に関するモデルの整備・改良【JAEA】」での検討に反映する。	【実施主体の計画】 前記Aに同じ 【規制研究機関の計画】 ・広域地下水流動解析／評価手法に関する研究 ・放射性核種の地下水による移行に関するパラメータ(人工バリア、天然バリア、生物圏)のデータ整備 【連携(実施中)】 ●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。 ・「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系統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。 ・「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系統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。 ・「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系統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。 【連携(検討中)】 ●不均質性を考慮した天然バリア中の水理・核種移行評価技術の整備(仮称)【ANRE/JAEA】 既存のANRE/JAEA共同研究「性能評価技術高度化研究」を拡張し、サイト調査による情報の質と量、スケール区分と数値計算能力の関係の整理結果を踏まえ、段階的な地質環境調査で得られる情報を活用して、地質環境の不均質性、不確実性を適切に取り扱いつつ、安全性の見通しを得るための天然バリア中の水理・核種移行評価技術の整備を行う。

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
			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22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	(2)モデル化技術	②天然バリア中の核種移行 b)コロイド・有機物・微生物	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。	●【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。 ●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。 ●【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と核種の相互作用に関するデータを取得。 ●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。	●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・有機物と核種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。 ・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・可逆収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の分配係数及び収着速度データを取得するとともに、収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。 ●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。 ・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)のプロトタイプの開発を行った。 ・微生物の核種収着について、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。	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。	●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。 ・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(IV)とベントナイトコロイドの相互作用及びその可逆性に関するデータ取得、有機物-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収着やフィルター効果について、これらの現象理解とモデル化を進め、必要に応じCOLFRAC-MRLコードの改良を進める。このコードを用いて、スイス・グリムゼル試験場における原位置でのコロイド・核種移行挙動評価試験結果の解析を行い、その適用性を確認する。また、このコード及び上記取得データやモデルを用いて、核種移行に及ぼすコロイド及び有機物影響の感度解析を実施し、これらの影響が顕在化する可能性のある環境条件を詳細に把握する。これらの結果及び相互作用に関する現象理解を踏まえて、コロイド及び有機物の核種移行への影響を整理し、それら影響の性能評価での取り扱いを具体化する。 ●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。 ・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。 ●地球化学バリア有効性確認調査【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。 ・ロシアの放射性物質で汚染されたサイトの地下50～100mの地質環境中で、地下水中のコロイド粒子の特性・性状、コロイドへの放射性核種(Puなど)の収着形態などのデータを収集する。これらを評価することによって、コロイドによる核種移行挙動に関する理解を進める。また、現地データの実験室での再現実験による核種移行に寄与するコロイド粒子の特性・性状、コロイドへの核種の収着形態などの確認を行う。 ・上記の現地データと実験データに基づき、コロイドによる核種移行についての数学モデルを検討する。 ・現地データと実験データの比較、モデルの検討、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。		
			【実施主体の計画】 前記Aに同じ 【規制研究機関の計画】 ・放射性核種の地下水による移行に関するパラメータ(人工バリア、天然バリア、生物圏)のデータ整備 【連携(実施中)】 ●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わ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。 【連携(検討中)】 ●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(仮称)【ANRE/JAEA】 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、ANREの地球化学バリア有効性確認調査と連携し、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。 ●収着分配係数に及ぼす微生物影響の評価技術の確立(仮称) 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収着分配係数(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、今後具体的な進め方等を検討する。						

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Ⅰ部に述べたように、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なりつつあり、このような考え方は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捉える必要がある。そのような観点から、処分計画の段階的アプローチあるいは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基盤研究開発において重要な課題となる。これらの課題については、図Ⅱ-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の強さを考慮して、これらは、従来からの3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、研究開発全体マップにおいても3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Ⅱ-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

図Ⅱ-2-3の研究開発全体マップ概括版に示すように、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。フェーズ3においては、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。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Ⅱ-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分野の技術開発と関連性をもって効果的に進めることが重要である。制度的管理技術等のフェーズ2の計画等を研究開発全体マップ詳細版として表Ⅱ-6-1に示す。

6.2 研究開発分野間の連携

本計画では、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行なわれ、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。

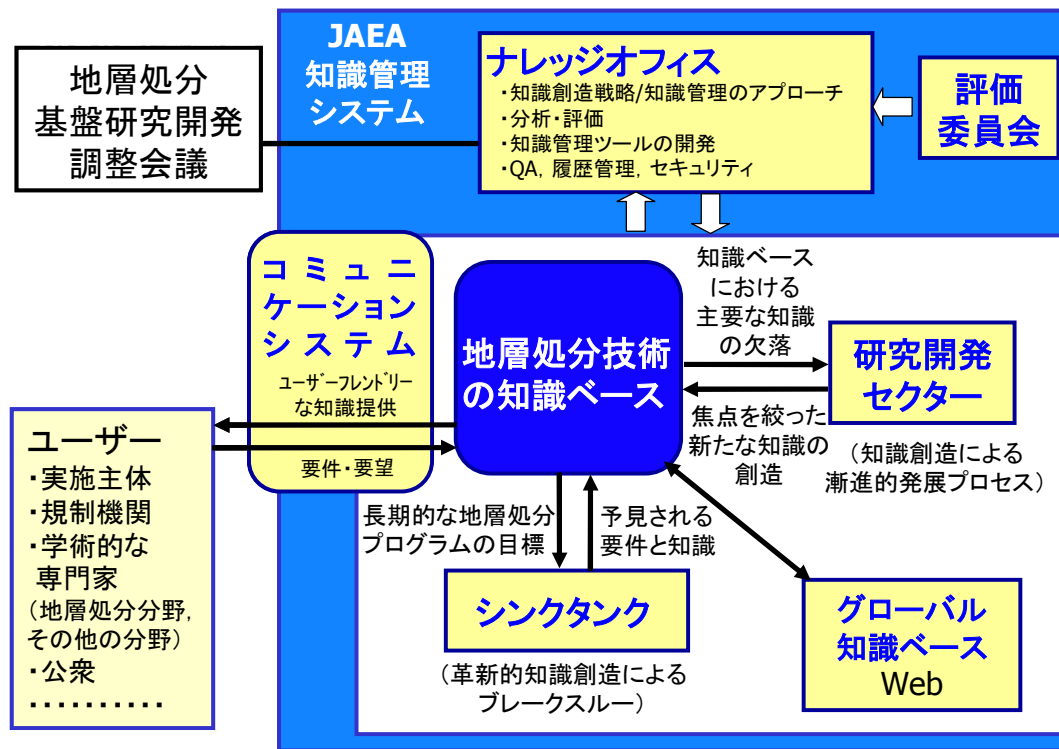
深地層の研究施設計画を活用した設計・施工技術の適用性確認などの課題においては、地質環境調査評価技術と処分場の工学技術の分野間の連携が進められる。また、処分場の工学技術分野において想定された設計条件などを考慮しながら、性能評価技術分野において評価手法の体系化が行われるとともに、品質管理、緩衝材流出・侵入挙動、岩盤の長期健全性については処分場の工学技術と性能評価技術の分野間で相互に情報を受け渡ししながら研究開発を進める。

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、全分野の共通の課題として研究開発の連携を進める。

なお、TRU 廃棄物処分に関わる研究開発との共通の課題についても、効果的・効率的な連携を図る。

これらの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Ⅰ部 4.2 節で述べたように、日本原子力研究開発機構（以下、JAEA）が構築を進め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。JAEA が開発を進めているセーフティケースを視軸として構造化された知識ベースに取り込むことにより、国の基盤研究開発全体の成果を、社会共通の技術的資源として活用・更新・維持することが可能となる（図Ⅱ-6-2）。



図Ⅱ-6-2 知識管理システムの概念Ⅱ-4)

Ⅱ-4) 梅木博之ほか(2006):「地層処分技術に関する知識管理システムの基本概念」, JAEA-Research 2006-078.

＜研究開発全体マップ詳細版【制度的管理技術等】＞

（表Ⅱ-6-1）

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】

フェーズ1における資源エネルギー庁調査等事業実施機関*

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)

産業創造研究所(IRI)

産業技術総合研究所(AIST)

放射線医学総合研究所(NIRS)

*平成19年度以降の資源エネルギー庁調査等事業の実施機関は今後決定される。

表Ⅱ-6-1 研究開発全体マップ詳細版【制度的管理技術等】(平成18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】		フェーズ2：当面5年程度の計画【平成22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 の 管 理 技 術 等	—	—	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	■モニタリング技術 段階的に地層処分を進展させるために有効と考えられる制度的管理方策として、地層処分システムとの両立性を念頭に置いたモニタリングの意義、目的を明確とし、センサー、機器システムの調査研究をもとに技術的可能性について提示できるレベル	【ANRE/RWMC】 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) 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 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 ①地中無線通信技術 ・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 ②耐久性のあるセンサー技術に関する調査検討の実施	■モニタリング技術 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	【ANRE】 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 1-1 モニタリングの意義・位置づけとデータ・情報の分類・理解を明確にした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 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 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 2-1 地中無線通信技術 ・長距離通信機器の開発及びフィールド試験 2-2 耐久性のあるセンサー技術 ①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 ②その他の安定型センサー技術の調査、検証、課題の抽出 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 例)長寿命電源、計測システム構成要素の小型化	【実施主体】 (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 【規制機関】 (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 【連携、体系化の進め方】 ◎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。 ●モニタリング技術メニューを利用したモニタリングシステム構築に資する検討 ●(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 ●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 【TRU廃棄物との関係・連携】 ◎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。
						■記録保存 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	【ANRE/RWMC】 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 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 2-1 保存媒体として炭化ケイ素への文字刻印技術 ・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	■記録保存 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

添付資料

大学等有識者によるレビュー結果～ご意見と対応等～

【全体基本戦略】について(1/2)

	全体計画第Ⅰ部 (全体基本戦略) の目次構成	頂いたご意見	対応等 (報告書への反映、今後の検討方針)
全体基本戦略	全体	基盤研究開発の全体計画や成果の取りまとめにあたっては、地層処分の安全戦略、処分システムの構成と概念、各システム要素の機能と重要度といった全体像の整理、その構造に沿った課題や成果の展開など、取りまとめる報告書の活用目的(対象とする読者)も念頭に、体系的にわかりやすく示していくことが重要である。	今回の全体計画は、国の基盤研究開発の全体像を俯瞰することを念頭に、全体マップとして研究開発の目標や課題を設定し、当該分野の専門家や関係者間で共有化を図るものである。一方で、今後の成果の体系化に向けては、幅広い分野・課題の構造をわかりやすく示す方策について、セーフティケースとの関連付けも含めて検討していく。更に情報発信については、各層への理解促進も念頭に、その方策を今後検討していく。
	2. 国の基盤研究開発の位置付け・役割・全体目標	全体の目標設定から、個別テーマの目標設定への展開に際しては、最終的な事業への反映等の視点で何がアウトプットなのか(例えば、安全評価データセット、セーフティケース論拠、技術的オプション等)について、整理されるとわかりやすい。	分野戦略や詳細マップの策定に際しては、基盤研究開発の全体目標で設定した、「①科学的知見の拡充」、「②技術の実現性の提示」、「③先進的新技術の導入」を、事業・規制への反映も念頭におき具体化しつつ、個別課題毎のテーマ設定を行っている。今後の調整会議の活動の中で、事業と規制のニーズとの関連性や反映方策を更に具体化しつつ進めていくことが重要と認識している。
		わが国において「セーフティケース」という用語の使い方に対するコンセンサスが不十分な面もあり、本報告書内での定義を明示するとともに、今後そのコンセンサスを確立していく必要がある。	セーフティケースに関する説明として、ここでは国際的なコンセンサスであるOECD/NEALレポートの記述を引用・追記した。今後セーフティケースとも関連づけつつ成果を体系化していく際には(例えば、JAEAの知識ベース)、研究開発の視点から、その定義や解釈についてもコンセンサスを図っていくことが重要と考えている。
	3. 基盤研究開発の枠組みと基本的進め方	研究開発計画の特徴としている「柔軟性」については、曖昧さと理解されないよう留意が必要である。また、今後フェーズ2で複数の処分候補地が出てきた場合など、フェーズの途中でどのように柔軟に計画を見直していくかも重要である。	全体計画の【第Ⅰ部】全体基本戦略に示したように、「柔軟性」と「具体性」を両立しつつ、研究開発の展開を図っていく戦略としている。中長期的な展開への柔軟性を念頭に、当面5年のフェーズ2の計画を具体的に設定しているが、調整会議の継続的な活動のなかで、事業等に大きな進捗が生じた場合には、適宜計画を見直しつつ展開していく計画である。
		処分事業の段階的な進展を念頭におけば、精密調査の開始時期に焦点をあてたフェーズ2の重点課題として、「地上からの一連の調査評価技術」だけではなく、「地下施設での調査評価技術」を対象にした取り組みも拡充する必要があると考えられる。	フェーズ2の目標設定において、処分事業の反映先としては概要調査とそれに基づく精密調査地区の選定、さらには精密調査の前半で想定される地上からの詳細調査を想定している。そのため、詳細レベルまでの地上からの一連の調査評価技術の体系化を全体目標として設定している。一方で、地下施設での調査評価技術についても、フェーズ3での実証試験を念頭におきつつ、フェーズ2においても重要な要素技術や方法論の開発、並びに一部技術の適用試験を実施する計画である。

【全体基本戦略】について(2/2)

	全体計画第Ⅰ部 (全体基本戦略) の目次構成	頂いたご意見	対応等 (報告書への反映、今後の検討方針)
全体基本戦略	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～	研究開発成果の体系化・統合化を進めるにあたっては、処分システムに係る膨大な知識、並びにフェーズの進展に伴う検討項目の細分化を含めた知識の増加等も考慮し、項目や知識間での関連性や連携をうまく表現する方策を、セーフティケースの構造等も念頭に検討することが必要である。	成果の体系化に関する取り組みは、今回の調整会議や全体計画の最大のポイントである。今後、セーフティケースの概念と関連付けて構造化する知識ベースの取り組み、処分事業や安全規制への効果的反映などを念頭におきつつ、基盤研究開発全体としての成果の体系化の具体化を進めていく。
		長期にわたる地層処分計画の技術基盤の継続的な強化を図る上では、長期的な視点にたった人材育成が重要であり、基礎的テーマへの大学研究者の参画の促進、大学等若手研究者の発掘・支援の制度、研究者が参画しやすい環境の整備などを検討する必要がある。	人材育成については、現在も、大学の若手研究者の参画を得て実施する重要基礎事業や、個別研究事業における大学の参加協力などの取り組みを進めている。今後の調整会議の課題として、大学との連携はもちろん、研究機関間での連携も含めて、人材育成の一層の強化を図るための方策を具体化していく計画である。
	5. 研究開発のマネジメント	国の基盤研究開発の全体目標として示した「国民理解の促進を図りつつ、処分事業と安全規制の基盤を整備する」ためには、国民・社会とのコミュニケーションのあり方を工夫することが重要であり、別途体制を構築して検討を行う必要がある。	国民・社会とのコミュニケーションについては、全体計画にも課題としては記載しているものの、方策の具体化は調整会議の今後の重要な課題と認識しており、コミュニケーションの方法論の先行事例や有識者意見等を踏まえつつ、具体化検討を進めていく。
		調整会議の仕組みを通じて、NUMO等のニーズが適切に反映させているか、またNUMOのニーズが適切かについても十分なチェックが重要であり、学会等の協力も含めた第三者のレビュー体制の強化が必要。また、レビューの結果や反映状況などのプロセスについても透明性を高める方策が重要である。	本全体計画の策定にあたっては、調整会議の枠組みを通じて、NUMO等のニーズや大学等有識者の意見を反映しつつ進めてきた。同時に、全体計画の中で、国の委員会等での確認や学会等を活用したより詳細な技術レビューも検討していく計画としている。そのような活動の中で、より効果的で透明性のあるレビューを検討していくことが重要と認識している。
		全体計画や成果の取りまとめにあたっては、英語版の報告書を作成し、国際機関のレビューを受けることが重要と考えられる。	個別の技術開発成果について国際的なレビューを積極的に活用するほか、全体計画や全体成果の取りまとめについても、今後概要版を英語で作成・発信するとともに、国際レビューを受けることなどを検討していく。

【地質環境調査評価技術分野】について(1/2)

研究開発要素ID			頂いたご意見	対応等 (報告書への反映、今後の検討方針)
分野	分類	細目		
(A) 地質環境調査評価技術	地質環境調査評価技術分野の全体方針・戦略		分類目標では必ずしも明確ではないが、他の分野や分類・課題間での関連性及び次のフェーズへの展開にも十分配慮して進めていくことが重要である。	今後、地質環境調査評価技術に関する各分類・課題や分野間の連携課題に取り組んでいく中で、調査の進展に応じて得られてくる実際の地質環境データを用いて、処分システムの設計や性能評価に関する検討を段階的に進めていくための考え方や方法論を具体化していく。
			調査段階がジェネリックからサイトスペシフィックに進展していく中で、長期安定性をどう評価するかについて、安全評価との関係にも留意して、検討する必要がある。特に長期安定性の評価においては、地上からの調査技術が重要と考えられる。	「地質環境の長期安定性調査評価技術」に係わる報告書の記述を見直す(地上からの調査の重要性を明示)とともに、今後、長期安定性に関するタスクフォースを立ち上げ、性能評価分野とも連携しながら、具体的な進め方を検討していく。
			沿岸域については、ジェネリックな検討だけでなく、もう少しスペシフィックな取り組みが必要である。	今後、沿岸域についても、フィールドでの調査を主体とした研究開発を進めるとともに、沿岸域タスクフォースを通じて、実際の地質環境を対象とした現象の把握と技術の体系化に向けた検討を行う。
			長期安定性の傍証となるような情報(鉱床や化石海水の存在など)にも注目すべきである。	東濃のウラン鉱床を活用したナチュラルアナログ研究など、今後も情報の整備を継続する。
			対象となる地質環境として、わが国に広く分布する付加体なども視野に入れて、実際の候補サイト(調査地域)となり得る複雑な地質環境に対応できるような技術の整備が必要である。	付加体などの現実の地質環境の複雑さや多用途性に留意して、技術の網羅性・適用性などを確認しながら、国の基盤研究開発として取り組むべき課題の見直しと具体化を図っていく。
			長期安定性については、サイト調査の早い段階での評価が求められるため、個別課題ごとに、調査すべき対象項目や範囲、評価の目標などを設定できるようにしておくことが重要である。	長期安定性に関するタスクフォースを立ち上げ、性能評価分野とも連携しながら、評価目標、評価の方法論の具体化を図っていく。
			天然バリアの多様性に対して、どのような研究スキームでどこまで把握するのかといった個別課題ごとの目標を明確にして取り組む必要がある。例えば、岩盤物性や地下水流動、長期安定性などの観点から地域をランク付けするための方法論の整備や、地層処分の時間スケールに応じた年代測定手法の確立などが有効な目標ではないかと考えられる。	今後の研究開発を進める中で、各分類・課題に関する情報や知見を共有しつつ、現状の技術レベルを確認しながら、適宜、個別課題ごとの目標の見直しと具体化を図っていく。
			地質環境調査評価技術全体の体系化は重要な課題であるので、安全評価やサイト調査への反映の観点から、タスクフォースなどにより継続的に議論し、研究開発の目標や戦略を整理していく必要がある。その際、不確実性の取扱いや長期安定性の目標・課題の明確化に留意してほしい。	今後の研究開発を進めながら、地質環境調査評価技術WG及びタスクフォースでの議論を通じて、国の基盤研究開発としての目標・課題の具体化、明確化を図り、分野間での連携作業も視野に入れて具体的な対応を図っていく。その際、事業側と規制側のニーズを確認するとともに、付加体などを含む現実の地質環境の複雑さにも留意しつつ、現状の技術レベルに照らして取り組むべき課題やその優先度を確認する。

【地質環境調査評価技術分野】について(2/2)

研究開発要素ID			頂いたご意見	対応等 (報告書への反映、今後の検討方針)
分野	分類	細目		
(A)地質環境調査評価技術	(1)総合的な調査評価技術		掘削工事が地質環境にどのような影響を与えるかなど、幅広い知識と柔軟な視点で、結果の評価やレビューを行い、次につなげていく必要がある。	全体目標に基づき、結晶質岩、堆積岩、沿岸域といった対象ごとに、各課題間の整合性や全体的な達成度を確認しながら、段階的に調査研究を進めていく。特に沿岸域については、タスクフォースなどを通じて、研究計画の立案から実施、評価に至るプロセスの体系化を目指す。
			技術の体系化や調査フローの整備においては、付加体などを含む現実の複雑な地質環境を考慮して、これらにどう対処するのかといった考え方を整理しておくことが重要である。	結晶質岩、堆積岩、沿岸域を対象として技術の体系化や調査フローの整備などを進めながら、一方で、付加体などの現実の地質環境の複雑さや多用性にも留意して、技術の網羅性・適用性を確認し、国の基盤研究開発として取り組むべき課題の見直しと具体化を図っていく。
	(2)地質環境特性調査評価技術		一連の方法論として体系化するだけでなく、調査のニーズに応じて柔軟に対応できるといった視点での技術の整備も重要である。	画一的な調査の方法論を構築するのではなく、様々な条件に応じて柔軟に対応できるような技術基盤体系の整備を目指す。
			岩盤のマクロな水理特性(有効間隙率など)を評価する手法として、大規模なトレーサー試験が有効ではないかと考えられる。	今後の研究開発において、トレーサー試験技術に関する課題として検討する。
			沿岸域における調査評価技術については、現状における問題点や重要課題を整理し、国の基盤研究開発における優先度と達成目標などを明確にしていく必要がある。必ずしも、塩淡水境界の把握だけが重要ではない。	今後、個別課題ごとの進捗を踏まえつつ、沿岸域タスクフォースの中で包括的な議論を行い、調査の方法論と地層処分の観点から重要となる課題や優先度を確認しながら、沿岸域に関する研究開発全体を進めていく。
	(3)地質環境の長期安定性調査評価技術		地下での調査で発見された断層の活動性を評価する技術など、活断層の調査評価技術については、さらなる高度化が期待される。なお、課題名にある「地下の活断層」はわかり難く、誤解を招きかねない表現なので改めるべきである。	長期安定性に関するタスクフォースを立ち上げ、地震・断層活動を含む各天然現象に関して、基盤研究開発として取り組むべき課題を明確化する。なお、「地下の活断層」という表現は改める。
			特定サイトの長期安定性を評価する観点から、安全評価との関係や国民の理解にも留意しつつ、具体的な目標を設定して技術の適用性を確認していく必要がある。	長期安定性に関するタスクフォースや性能評価分野との連携作業を通じて、特定サイトを対象とした具体的な評価の方法論を見通しながら、国の基盤研究開発としての課題や達成目標を明確化していく。
	(4)深地層における工学技術		地質環境への影響の評価や対策の検討、及びサイト調査や性能評価との連携を強化する必要がある。	地下施設の建設を進めながら、情報の共有化とともに、工学技術分野や性能評価分野との連携を強化し、基盤研究開発としての課題や達成目標を明確化していく。

【処分場の工学技術分野】について(1/1)

研究開発要素ID			頂いたご意見	対応等 (報告書への反映、今後の検討方針)
分野	分類	細目		
(B) 処分場の工学技術	処分場の工学技術分野の全体方針・戦略		工学技術分野における技術基準を検討する際には、性能評価分野との連携を通じて、検討範囲を絞り込む必要があると考えられる。	システム性能の評価結果に基づくフィードバックやクライテリアの検討については、性能評価分野及び工学技術分野の長期健全性評価における課題として、連携という形で具体的に記載済みである。
	(1) 処分場の総合的な工学技術		処分概念の各オプションの成立性を検討する上で、評価フロー、評価項目及び判定条件などを整備するとともに、設計要件の変更に伴う各要素への影響について検討する必要があると考えられる。	技術オプションについては、可能性のあるオプション全体を視野に捉えたうえで、その成立性に鍵となる課題を抽出し、それに焦点をあてていくこととして、今後検討する予定である。 また温度条件の変更に伴うオーバーパックへの影響については記載済みであるが、その他については必要に応じて、今後検討する予定である。
	(2) 処分場の設計・施工技術			
	① 人工バリア (オーバーパック/緩衝材)		オーバーパックの耐食性評価は、長期健全性評価技術の中でも検討する必要があると考えられる。	オーバーパックの耐食性評価は、時間の経過に伴うシステムの変遷を考慮に入れており、長期健全性評価そのものにも該当するが、1000年といった定量的な設計目標を具体的に設定していることから、処分場の設計の項で扱うものとしている。
			人工バリアに対する微生物影響は第2次取りまとめにおいて影響が少ないとされているが、影響が生じないための条件について検討する必要があると考えられる。	微生物が活性化しない条件は実験的に確認しているため、当該条件を備考欄に記述する。
			処分概念の各オプションの適用可能性を検討する上で、各研究計画の目標との整合性を明確にする必要があると考えられる。	技術オプションについては、その成立性に鍵となる課題を抽出し、それに焦点をあてることとしており、研究の実施においては目標を明確にする予定である。
	② 支保・グラウト・シーリング		グラウト、プラグなどの各要素について、建設・操業中の短期間に求められる性能と、長期的に求められる性能を分けて検討する必要がある。	グラウトの長期性能は期待していないが、グラウトによる長期的な岩盤への影響については記載する。その他の点については、今後成果を取りまとめるうえで検討する予定である。
	③ 建設・操業・閉鎖等の工学技術		品質管理については、処分設備の何の品質管理をするのが不明確である。また、オーバーパックや緩衝材、コンクリートの品質管理なら、この項目よりも、長期健全性評価技術の項目の方が合っていると考えられる。	品質管理の目的は、処分場の建設、操業、閉鎖といった一連の行為が処分システム全体の長期性能に有意な影響を与えないようにすることであり、そのため現在の位置にて記載している。
			品質管理のフェーズ2の記述に関して、地下研との連携以外は実施内容が不鮮明であり、もう少し具体性を示して欲しい。	品質管理の具体的な内容が分かるように、マップの記載を修正する。
	(3) 長期健全性評価技術		コードについては、各コード特性などを整理し、扱える所／扱えない所、何処までを考慮して連成を扱うか等を体系的に整理する必要がある。またデータ、モデルについても、対象範囲、特徴を整理し、整備を分担する機関を明確にする必要がある。	今後、成果を取りまとめるにあたり、各コードの特徴や取り扱う範囲などを整理する予定である。

【性能評価技術分野】について(1/4)

研究開発要素ID		頂いたご意見	対応等 (報告書への反映, 今後の検討方針)
分野	分類細目		
(C) 性能評価技術	性能評価技術分野の全体方針・戦略	現状、熱力学データと収着分配係数のデータベースに限定されすぎているとの印象。処分に関わる様々な情報がデータベースとして整理する必要がある。	データベースとしてガラス溶解データベースなども含まれることを明示するように「データベース開発」の部分の構造を整理する。また、情報統合の全体像については、6章に説明を追記する。
		工学技術とのリンクの視点が欠けているとの印象(オーバパック腐食や岩盤クリープの安全性能に与える影響の評価、処分概念に対して人工バリア概念をフレキシブルにした評価)。	性能評価に現実性をどの程度取り入れるかの問題であり、これは性能評価と処分技術の連携の中で明確にすべきと考えており、今後、研究開発を進めながら検討していくことが必要である。したがって、その旨を詳細版の「総合的な性能評価技術」の部分に追記する。
		JAEAで推進しているもの以外に課題として基礎的な要素のものがかなりある。これらの重要な課題が、実施している機関の役割分担として、基礎的あるいは応用的という表面的な仕分けで消滅してしまうことに深い危惧を覚える。あくまでも、課題重視で計画を練るべきである。	調整会議での議論の目的は、課題重視で計画を練ることであり、その意味では十分な検討が行われたと考えている。
		評価方法に沿ったデータ取得が必要であり、単に連携の強化というだけでは不十分と考えられる。整合性のある計画の立案が重要である。	評価方法とデータ取得の整合性は調整会議での議論のテーマとなっており、その点については十分議論し、そのような枠組みで計画が作られている。
		研究成果の妥当性や追跡性の確保の評価のためには、研究開発の進捗や成果を適宜公表し、レビューや他機関での利用の仕組みを考える必要がある。	成果は積極的に公開するものとし、具体的には、報告会の開催や報告書の公開などさまざまな手段で対応することを考えている。また継続的に、より効果的な仕組みを検討していく。
	(1) 評価手法		
	① シナリオ解析技術	シナリオ検討の透明性を確保するためには、ツールの開発だけではなく、FEP情報、ツールおよび検討過程のプロセスを適宜開示し、レビューや他機関での利用の仕組みを考える必要がある。	FEP情報、解析ツールおよび検討過程のプロセスを適宜開示することはスコープに入っており、今後もより効果的な仕組みの検討を継続することとしている。
	② 不確実性評価技術	不確実性低減に向けた具体的な方法、目標が不明確である。	不確実性の低減の目標については、その必要性和実現性に留意する必要がある、どの程度とすべきかは不確実性の性質に依存すると考えられる。今後、さまざまな不確実性の検討を進めながら、低減の度合いを具体化していく。

【性能評価技術分野】について(2/4)

研究開発要素ID			頂いたご意見	対応等 (報告書への反映、今後の検討方針)
分野	分類	細目		
(C) 性能評価技術	(1) 評価手法			
	② 不確実性評価技術		意思決定において、不確実性をどのように扱うかという政策的な視点からの研究が必要と考えられる。	意思決定プロセスに関する検討は、現在の研究計画の中には含まれていない。ただし、今後事業が進むにつれて具体的な意思決定の内容が明らかにされていくものと考えられ、それに応じて研究計画を柔軟に見直していく。
			不確実性に関する作業をどのように体系化するかの具体化が必要と考えられる。	不確実性に係わる個別の作業を行うための技術の高度化を図りつつ、それらを一貫した方法論としてまとめることにより体系化することを詳細版に記載しており、今後一層の具体化を図っていく。
			データ不確実性については、見直しをつける段階にある。また、モデルやシナリオの不確実性を議論する、タイプⅡの不確実性の評価には進展がないように見える。	タイプⅡの不確実性については知識の深化で対応するものとし、その意味から、現象の理解を進めるための「モデル化技術」「データベース開発」の課題と連携しつつ対応することを詳細版に記載している。
	③ 総合的な性能評価技術		分野間の連携の方法を明確化する必要があると考えられる(例えば、地上調査で得られたデータで性能評価上どこまで示せるのか、または性能評価上どのようなデータが最低限必要なのか)。	調査技術に基づく情報と性能評価との関係に関しては、最低限度のレベルが存在しているわけではなく、データが不十分な場合でもあっても、保守性で対応することが可能である。 分野間の連携の方法については、個々のテーマおよび課題に付随して具体的に記載しており(例えば地質環境の調査との関係)、「総合的な性能評価技術」では、そのような個々の知見を総合的に取り扱うことで連携を図ることを意図している。
			複数の機関の開発事項の統合あるいは相互連携をどうするのか、具体性が見えない。ゴールをどこにおくか(どの程度の複雑さを認めるか)のような議論も行う必要があると考えられる。	調整会議での議論による機関間の相互調整、または共同研究を通じた連携を通じて、成果を「総合的な性能評価技術」において取りまとめる予定である。
	(2) モデル化技術			
	① 人工バリア中の核種移行		個々の研究での取り組みについて、その前提条件(想定されうる現象や条件を除外する場合の理由やロジックなど)を明確にする必要がある。	今後、「シナリオ解析技術」における検討の具体化、さらにはより詳細なレベルでの調整会議の検討や外部有識者レビューを行う中で、現計画での考え方の妥当性の確認や計画見直しの必要性の検討などを行うこととしており、その旨を記載に反映する。
			ガラス、ベントナイト、オーバーパック、コンクリート等が同時に存在している状態での相互影響が核種移行に与える影響についても検討が必要と考えられる。	今後、「シナリオ解析技術」における検討の具体化、さらにはより詳細なレベルでの調整会議の検討や外部有識者レビューを行う中で、現計画での考え方の妥当性の確認や計画見直しの必要性の検討などを行うこととしており、その旨を記載に反映する。
			地下水水質形成モデル構築の目標や体系化が、具体的に何を指しているのかを明確にする必要がある。	水質形成モデルについては、地下水や間隙水の組成の推定を行うための一手法として適用するための研究と一連の技術の体系化を行うものであることを詳細版に記載している。

【性能評価技術分野】について(3/4)

研究開発要素ID			頂いたご意見	対応等 (報告書への反映、今後の検討方針)
分野	分類	細目		
(C) 性能評価技術	(2) モデル化技術	① 人工バリア中の核種移行	ガラス固化体からの核種溶出については、現在までの成果をよく整理し、日本としてやっておくべき新しい着眼点がないかどうかを検討する必要があると考えられる。	すでにガラス溶解に関わる最新のモデル化技術についての研究は行われており、次のステップでは、こうした新たなモデル化の手法が性能評価全体の中でどのように位置づけられるかを明確にした上で、さらにこれを進めるかどうかを検討することが重要と考えている。
			ガラスの割れに関する各機関の個別成果は、最終的にどこ、どのモデルに組み込むかを明確にする必要がある。	ガラス固化体からの核種溶出に係わる評価手法として集約した上で、人工バリア中核種移行モデル、総合的な性能評価技術に順次反映していくとの流れで進めていく。
			放射線影響について、人工バリアシステム中で重要と位置付けているのか、どのような影響に着眼するか、短期間の試験結果から影響なしと結論できるか、等について整理する必要があると考えられる。	放射線影響については、フェーズ1の成果を公表するとともに、より詳細レベルでのレビューも受けながら、体系的な視点での整理や新たな課題への対応も含めて、今後の研究計画に反映していく。
			緩衝材中核種移行の課題設定が分配係数に固執しすぎていないか。また、おなじくりに中にある放射線影響とのカップリングもされていない。もう少し現実的・実証的な視点に立って計画を立てることが期待される。	緩衝材中核種移行については、フェーズ1の成果を公表するとともに、より詳細レベルでのレビューも受けながら、体系的な視点での整理や新たな課題への対応も含めて、今後の研究計画に反映していく。
		② 天然バリア中の核種移行	岩盤中の核種移行について、ロバスト性をどこまで持たせるのか、またそれと詳細評価とをどのように妥協させるのかについて検討する必要があると考えられる。	今後の検討の中でさらに具体化し明確にする予定である。
			岩盤中の核種移行において、モデルの検証という項目を立てる必要があると考えられる。	モデル開発の一部として検証は含まれている。
			地表から数百m程度まで酸化している場合があるので、岩盤中の核種移行において、これらを考慮する必要がある。	地質環境調査との連携を図りつつ、今後の検討の中でさらに具体化し明確にする予定である。
			微生物をどこまでモデル化するのを明確にする必要がある(COLRAC-MRLとMINTの統合の必要性、1次元の妥当性、操業時に残された微生物による影響など)。	微生物については、現時点では核種移行に対する影響の知見が十分でなく、理解を深めている段階にあると考えられる。今後、知見を蓄積しつつ、少しずつモデル化を進める予定である。
		③ 生物圏核種移行／被ばく	生物圏を様式化して捉えるといった基本的な考え方の方針とともに、どこまで精密化するかを明示する必要がある(例えば地形変化シミュレーションとどう連携するのか)。	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する。ここでは、様々なサイトの条件や将来の変動についての典型的な類例に基づきモデル化の検討を行うこととしている。地形変化シミュレーションとの連携も、こうした検討の一環と考えている。 このような基本的な考え方を詳細版に追記する。

【性能評価技術分野】について(4/4)

研究開発要素ID			頂いたご意見	対応等 (報告書への反映, 今後の検討方針)
分野	分類	細目		
(C) 性能 評価 技術	(3)	データベース開 発	長期を対象とした溶解度の評価においては、溶解度制限固相の速度論的な検討が必要である。	速度論的な研究をどのように進めるかについては、今後さらに検討する予定である。
			データベースのデータ個々の信頼性の向上に加えて、データの使い方の情報提供も重要であると考えられる(例えば、許認可に際してのデータの取扱い)。	フェーズ2では、データの整備のみならず、設定手順・手法の構築をポイントとしていることを詳細版に記載している。