

地層処分技術開発ニーズの整理

～精密調査地区選定に向けて～

2010年6月
原子力発電環境整備機構

2010年6月

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記へお問い合わせください。

〒108-0014 東京都港区芝4丁目1番地23号 三田NNビル2階

原子力発電環境整備機構 技術部

電話 03-6371-4004 (技術部) FAX 03-6371-4102

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:

Science and Technology Department

Nuclear Waste Management Organization of Japan

Mita NN Bldg, 1-23, Shiba 4-chome, Minato-ku, Tokyo 108-0014 Japan

Phone +81-3-6371-4004 Fax +81-3-6371-4102

©原子力発電環境整備機構

(Nuclear Waste Management Organization of Japan) 2010

地層処分技術開発ニーズの整理

～精密調査地区選定に向けて～

2010年6月
原子力発電環境整備機構

「地層処分技術開発ニーズの整理 ～精密調査地区選定に向けて～」

目次

1.	はじめに	1
1.1	背景	1
1.2	本報告書の目的と構成	3
2.	地層処分技術開発ニーズの策定方針	6
2.1	ニーズ策定のための方針	6
2.2	精密調査地区選定時基本アクションの体系的整理	8
2.3	地層処分における技術開発ニーズの導出	10
3.	地層処分技術開発ニーズの紹介	12
3.1	様式1：精密調査地区の選定をサポートする技術等	12
3.2	様式2：設計・評価に必要な情報に係わる達成目標レベル，開発課題等の整理	28
3.3	様式3：サポートする技術に係わる達成目標レベル，開発課題等	32
3.4	特に重要な技術開発の設定理由	52
3.4.1	地質環境調査評価技術	52
3.4.2	工学技術（HLW）	53
3.4.3	性能評価技術	54
3.4.4	TRU 廃棄物処分技術	55
4.	おわりに	57

図目次

図 1-1	研究開発機関と緊密に連携した地層処分技術開発の取組み	3
図 1-2	サイト選定プロセスにおける精密調査地区選定の位置づけ	4
図 2-1	精密調査地区選定に係る業務の流れ	6
図 2-2	ニーズ策定に係わる基本フロー	7
図 2-3	精密調査地区選定に係る選定時基本アクション等概略関連図	9
図 2-4	原環機構ニーズの体系および基盤研究開発全体計画との関係	11

表目次

表 2-1	国の基盤研究開発と原環機構の技術開発の役割分担の考え方	8
表 2-2	選定時基本アクションの概要	10
表 3-1	様式1（1/15）：精密調査地区の選定をサポートする技術等（地質環境の長期安定性）	13
表 3-2	様式1（2/15）：精密調査地区の選定をサポートする技術等（人工バリアの設計；HLW）（1/3）	14

表 3-3	様式 1 (3 / 15) : 精密調査地区の選定をサポートする技術等 (人工バリアの設計 ; HLW) (2 / 3)	15
表 3-4	様式 1 (4 / 15) : 精密調査地区の選定をサポートする技術等 (人工バリアの設計 ; HLW) (3 / 3)	16
表 3-5	様式 1 (5 / 15) : 精密調査地区の選定をサポートする技術等 (地下施設設計, 建設・操業・閉鎖, 操業安全) (1 / 2)	17
表 3-6	様式 1 (6 / 15) : 精密調査地区の選定をサポートする技術等 (地下施設設計, 建設・操業・閉鎖, 操業安全) (2 / 2)	18
表 3-7	様式 1 (7 / 15) : 精密調査地区の選定をサポートする技術等 (地上施設, 建設・操業)	19
表 3-8	様式 1 (8 / 15) : 精密調査地区の選定をサポートする技術等 (閉鎖後安全性の評価) (1 / 4)	20
表 3-9	様式 1 (9 / 15) : 精密調査地区の選定をサポートする技術等 (閉鎖後安全性の評価) (2 / 4)	21
表 3-10	様式 1 (10 / 15) : 精密調査地区の選定をサポートする技術等 (閉鎖後安全性の評価) (3 / 4)	22
表 3-11	様式 1 (11 / 15) : 精密調査地区の選定をサポートする技術等 (閉鎖後安全性の評価) (4 / 4)	23
表 3-12	様式 1 (12 / 15) : 精密調査地区の選定をサポートする技術等 (人工バリアの設計 ; TRU) (1 / 4)	24
表 3-13	様式 1 (13 / 15) : 精密調査地区の選定をサポートする技術等 (人工バリアの設計 ; TRU) (2 / 4)	25
表 3-14	様式 1 (14 / 15) : 精密調査地区の選定をサポートする技術等 (人工バリアの設計 ; TRU) (3 / 4)	26
表 3-15	様式 1 (15 / 15) : 精密調査地区の選定をサポートする技術等 (人工バリアの設計 ; TRU) (4 / 4)	27
表 3-16	様式 2 : 設計・評価に必要な情報に係わる達成目標レベル, 開発課題等の整理 (1 / 3)	29
表 3-17	様式 2 : 設計・評価に必要な情報に係わる達成目標レベル, 開発課題等の整理 (2 / 3)	30
表 3-18	様式 2 : 設計・評価に必要な情報に係わる達成目標レベル, 開発課題等の整理 (3 / 3)	31
表 3-19	様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (地質環境の長期安定性) (1 / 2)	33
表 3-20	様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (地質環境の長期安定性) (2 / 2)	34
表 3-21	様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (人工バリア (HLW)) (1 / 3)	35
表 3-22	様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (人工バリア (HLW)) (2 / 3)	36
表 3-23	様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (人工バリア (HLW)) (3 / 3)	37

表 3-24	様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (地下施設 (共通)) (1 / 2)	38
表 3-25	様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (地下施設 (共通)) (2 / 2)	39
表 3-26	様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (地上施設 (共通))	40
表 3-27	様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (閉鎖後安全性の評価) (1 / 4)	41
表 3-28	様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (閉鎖後安全性の評価) (2 / 4)	42
表 3-29	様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (閉鎖後安全性の評価) (3 / 4)	43
表 3-30	様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (閉鎖後安全性の評価) (4 / 4)	44
表 3-31	様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (TRU 廃棄物処分) (1 / 7)	45
表 3-32	様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (TRU 廃棄物処分) (2 / 7)	46
表 3-33	様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (TRU 廃棄物処分) (3 / 7)	47
表 3-34	様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (TRU 廃棄物処分) (4 / 7)	48
表 3-35	様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (TRU 廃棄物処分) (5 / 7)	49
表 3-36	様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (TRU 廃棄物処分) (6 / 7)	50
表 3-37	様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (TRU 廃棄物処分) (7 / 7)	51

1. はじめに

1.1 背景

地層処分技術の確立に向けた研究開発は、1970年代半ばより開始され、1999年には「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性―地層処分研究開発第2次取りまとめ―（以下、「第2次取りまとめ」という）」（核燃料サイクル開発機構、1999）と題する重要なレポートが公表されるに至った（当時は核燃料サイクル開発機構（以下、「サイクル機構」という）、現在は日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」という））。このレポートは、わが国における高レベル放射性廃棄物の地層処分について、サイトを特定しないジェネリックな観点から技術的な成立性と信頼性を提示したものであり、原子力委員会によって、「第2次取りまとめには、我が国における地層処分の技術的信頼性が示されるとともに、処分予定地の選定と安全基準の策定に資する技術的拠り所となることが示されていると評価する。このことから、第2次取りまとめは地層処分の事業化に向けての技術的拠り所となる」との評価が示された（原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会、2000）。また、同レポートにおいて、地層処分場を閉鎖した後の長期安全性を確保するためには、①地層処分にとって適切な地質環境を選定すること、②選定された地質環境に対して人工バリアや処分施設を適切に設計・施工すること、③構築された地層処分システムの安全性を評価すること、の3つの方策が重要であることが示された。

わが国において高レベル放射性廃棄物の地層処分が技術的に成立することが示されたことを受けて、2000年に「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」（以下、「特魔法」という）が制定され、同法に基づき地層処分の事業主体として原子力発電環境整備機構（以下、「原環機構」という）が設立された。

2007年の特魔法改正に伴い、TRU廃棄物¹の一部も地層処分の対象とされ、原環機構の事業に加えられた。原環機構の業務は、地層処分を事業として安全に行うことであり、その最初の取り組みは、国民の理解を得て、適切な処分施設の建設地を選定することである。この選定については、特魔法により、3段階の選定過程（①概要調査地区選定、②精密調査地区選定、③最終処分施設建設地選定）を経て行うこととされている。

2002年、原環機構は地層処分に明らかに適さない地域を含まないように概要調査地区を選定する上で考慮する事項と評価の考え方等を明示し（原子力発電環境整備機構、2002）、全国から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たが、まだ応募に基づく調査は開始されていない。また、2007年11月に公表された「放射性廃棄物小委員会報告書 中間とりまとめ」（総合資源エネルギー調査会原子力部会廃棄物小委員会、2007）を

¹ 再処理工場やMOX燃料工場の操業および解体に伴って発生する低レベル放射性廃棄物。ウランより原子番号が大きい放射性核種（TRU核種：Trans-uranic nuclides）を含む廃棄物であることからTRU廃棄物と呼ばれる。このうち、TRU核種などを一定量以上含むものなどが地層処分の対象となるが、原環機構はこれを「地層処分低レベル放射性廃棄物」と呼ぶこととしている。

受け、国が市町村に対して文献調査の実施を申し入れる方式も併用されることとなった。

原環機構が設立されて以降の地層処分技術開発は、原子力長期計画や、原子力政策大綱において、「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、経済性および効率性の向上など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着実に進めるべきである」と述べられている（原子力委員会、2000；原子力委員会、2005）。この役割分担に沿って、原環機構は、安全に事業を進めるための技術の開発や、処分事業を進めていく上で必要となる経済性や効率性の向上を目指した技術の開発を実施している。一方、国および研究開発機関が、地層処分に関する研究開発を計画的、かつ効率的に実施するための調整を継続的に行うことを目的として、2005年に資源エネルギー庁が地層処分基盤研究開発調整会議²（以下、「調整会議」という）を設置した。調整会議では、国の基盤研究開発を対象とした全体計画を策定し（資源エネルギー庁・日本原子力研究開発機構、2006a, b, 2009a, b）、各研究開発機関は技術基盤の継続的な強化を目指して研究開発を進めている（図 1-1 参照）。原環機構は、調整会議の設置時からオブザーバーとして運営会議、統合ワーキンググループ、各分野ワーキンググループに参加し、処分事業の計画や、原環機構の技術開発ニーズを個別に提示し、それらは、2006年に取りまとめられた全体計画（資源エネルギー庁・日本原子力研究開発機構、2006a, b）にも反映された。

また、原子力委員会政策評価部会の提言（原子力委員会、2008）において、原環機構は研究開発機関等において行われている基盤研究開発の実施内容に反映されるべき技術的要求事項を明確に示すなどにより、研究開発機関等との連携・協力においてリーダーシップを発揮できるよう、技術開発の企画・推進・評価能力を一層充実していくことが求められた。それを受け、原環機構は2009年より調整会議の構成機関となり、研究開発機関との連携がより一層強化された。原環機構と研究開発機関との連携・協力により進められてきた技術開発により、サイト選定の最初の段階である概要調査地区選定段階（文献調査段階）に必要な技術が整備された。現在は、サイト選定の2段階目である精密調査地区選定段階（概要調査段階）のための技術開発を着実に進めており、この段階で必要な技術を確実に達成できるように原環機構のニーズを整理して公表することとした。

² 資源エネルギー庁が設置した地層処分基盤研究開発調整会議には、原子力機構、(財)電力中央研究所（以下、「電中研」という）、(財)原子力環境整備促進・資金管理センター（以下、「原環センター」という）、(独)産業技術総合研究所（以下、「産総研」という）、(独)放射線医学総合研究所（以下、「放医研」という）が参加している（2009年度現在）。

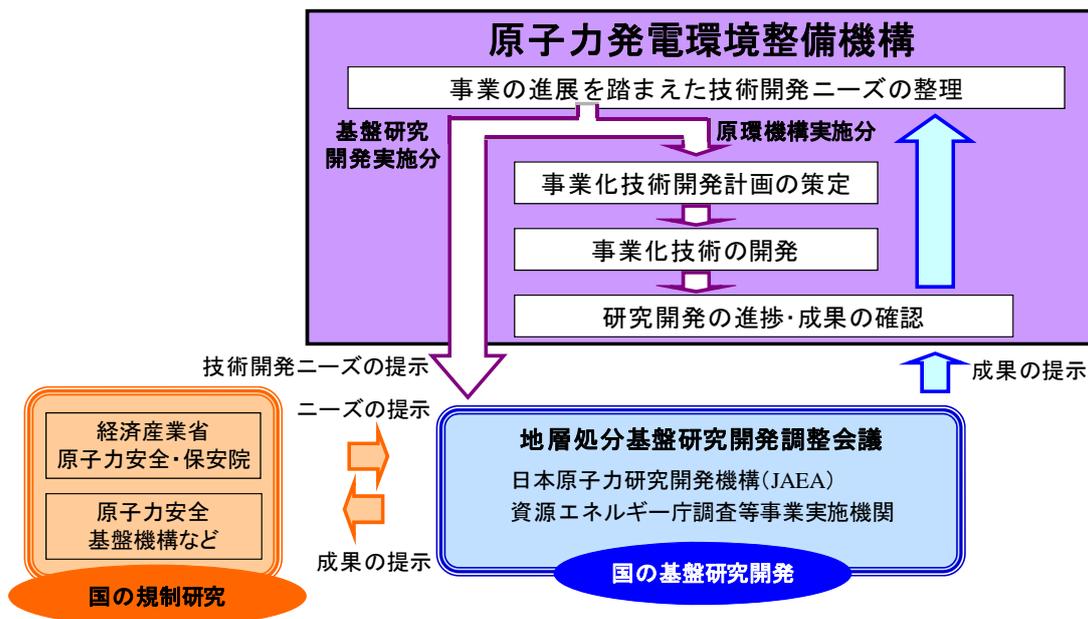


図 1-1 研究開発機関と緊密に連携した地層処分技術開発の取組み

1.2 本報告書の目的と構成

地層処分事業は、前述した3つのサイト選定段階、処分場の建設、操業、閉鎖を経て事業廃止に至る段階に分けられる。サイト選定で20年程度、処分場の建設と操業を併せて60年程度、処分場の閉鎖で10年程度が見込まれ、事業全体では100年に及ぶ長期プロジェクトとなる。このため、あらかじめ事業全体を俯瞰し、各段階での目標とそれを達成するための長期・短期的な取り組みを明確にし、必要な技術開発を計画的かつ段階的に進めていくことが重要となる。そこで、地層処分の事業者である原環機構が、技術開発ニーズをあらためて体系的に整理して公表することで、国が実施する基礎研究開発、原環機構が実施する事業化技術開発が計画的かつ的確に実施されることは極めて有効である。

本報告書では、概要調査地区選定に必要な技術の基盤は完了していることから、精密調査地区選定時に必要な技術開発の優先度を高く位置づけ、必要な技術を確実に事業で使えるように、達成目標レベルを設定し、目標レベルと現状技術レベルの分析に基づき技術開発へのニーズを体系的に整理している。精密調査地区選定段階における安全確保に係わる目標として、原環機構は、以下の3項目を挙げている（原子力発電環境整備機構，2010）。

- ① 自然現象の著しい影響の回避
- ② 長期安全性確保の見通し
- ③ 事業期間中の安全性確保の見通し

これらの安全確保に係わる目標を達成するための主要な実施事項として、「精密調査地区選定上の考慮事項への適合性確認」および「レファレンス処分場概念の構築」などを挙

げている。このため、精密調査地区選定時までには、地質環境を適切に調査・評価できる技術が整備されていることに加え、その時点までの調査結果等に基づき、安全性と実現性
の見通しがある処分場概念を提示できることが極めて重要である。

図 1-2 に示すように、概要調査結果に基づき安全性確保の見通しを得て、関係者の合意も得た上で精密調査地区の選定を行い、次のサイト選定段階である精密調査の段階へと移行する。精密調査の段階では、地上からの調査と地下調査施設を用いての調査を合わせて概ね 15 年程度の時間をかけて入念な調査を行う。したがって、精密調査の段階における時間的にも経済的にも大きな投資を考慮すると、精密調査地区選定時までにその地点における地質環境の長期的な安定性と地層処分場の技術的成立性について、原環機構が自信を持って判断できることが極めて重要である。なお、現状は地点を特定できないことから、わが国の幅広い地質環境を考慮しつつ、精密調査地区選定に必要なジェネリックな技術に着目して技術開発を進めている。

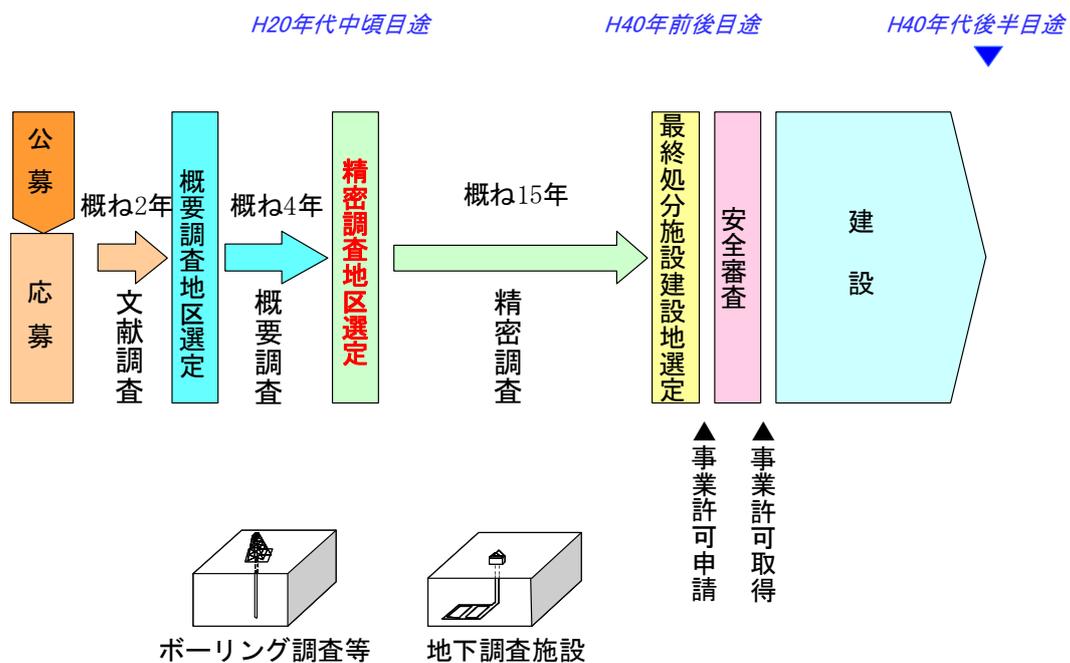


図 1-2 サイト選定プロセスにおける精密調査地区選定の位置づけ

本書は本章を含めて四つの章から構成されている。

第2章では、精密調査地区選定に向けた地層処分技術開発ニーズの策定方針を説明し、現時点で技術開発の焦点を当てている精密調査地区選定のための基本アクションを体系的に整理して示すとともに、原環機構のニーズを導出する考え方・手順を示す。

第3章では、原環機構からの技術開発ニーズを示し、開発課題の体系的分類、優先度、役割分担等について示すとともに、特に重要な技術開発ニーズについては、設定の理由を示す。

第4章では、「おわりに」として今後の技術開発ニーズの整理に対する考え方などを示す。

2. 地層処分技術開発ニーズの策定方針

2.1 ニーズ策定のための方針

概要調査の段階では、「精密調査地区の選定」がその段階における事業目標であり、原環機構は、「精密調査地区選定段階における安全確保に係わる目標」として、「自然現象の著しい影響の回避」、「長期安全性確保の見通し」、「事業期間中の安全性確保の見通し」を設定し、これらの目標を達成するための主要な実施事項として、「精密調査地区選定上の考慮事項への適合性の確認」および「レファレンス処分場概念の構築」などを設定した（原環機構，2010）。概要調査の段階における業務の流れを図 2-1 に示す。

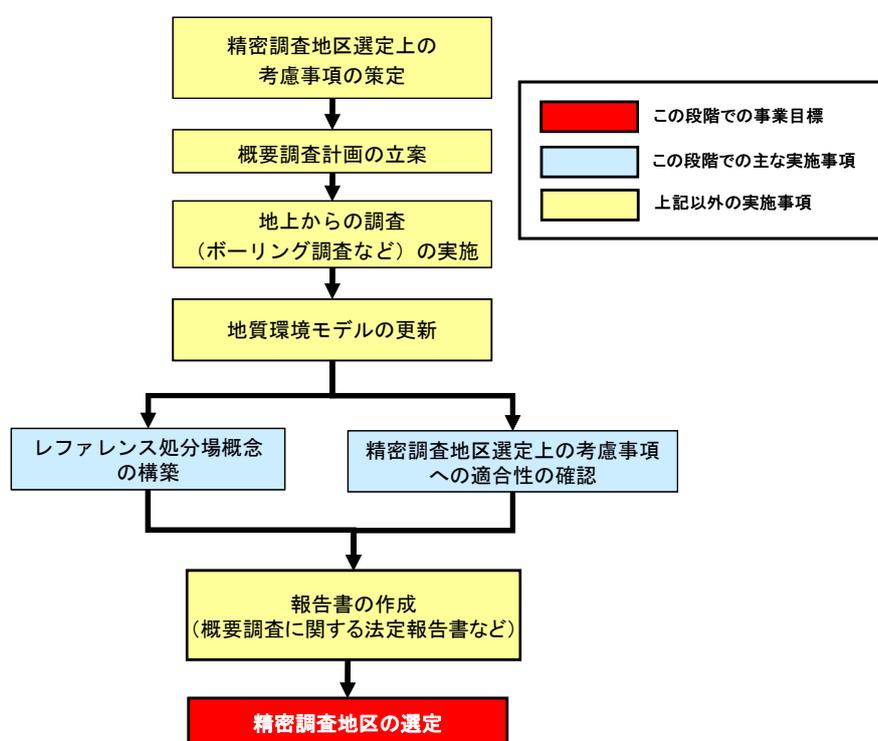


図 2-1 精密調査地区選定に係る業務の流れ（原子力発電環境整備機構，2010）

精密調査地区選定段階における技術開発ニーズの導出に当たっては、この段階での安全確保の目標を達成するための主要な実施事項と3つの安全確保策（①適切なサイト選定と確認，②処分場の設計・施工などの適切な工学的対策，③地層処分システムの長期安全性の評価）との関連付けを行い、それぞれの実施事項に必要な情報や技術を明確化した。そして、この段階までに達成しておくべき技術の目標レベルを明確にして、基盤研究開発機関へのヒアリングなどに基づいて現状の技術レベルを明らかにし、達成目標と現状技術の差を分析して開発課題を設定した。策定したニーズを基盤研究開発と事業実施のための技術開発に分類し、基盤研究開発分野については研究開発機関に対して基盤研究開発へのニ

ーズとして提示し、事業実施のための技術開発については原環機構が目標レベルの達成を目指して計画的に技術開発を進めている。図 2-2 に、ニーズ策定の基本フローを示す。また、開発課題の役割分担の設定においては、国の基盤研究開発と実施主体である原環機構との技術開発の視点の違いについては、表 2-1 に示すように役割分担の考え方を整理している。なお、表 2-1 中に図示しているように、国の基盤研究開発と原環機構の中間付近に位置する課題の分担は、必ずしも明確ではない。

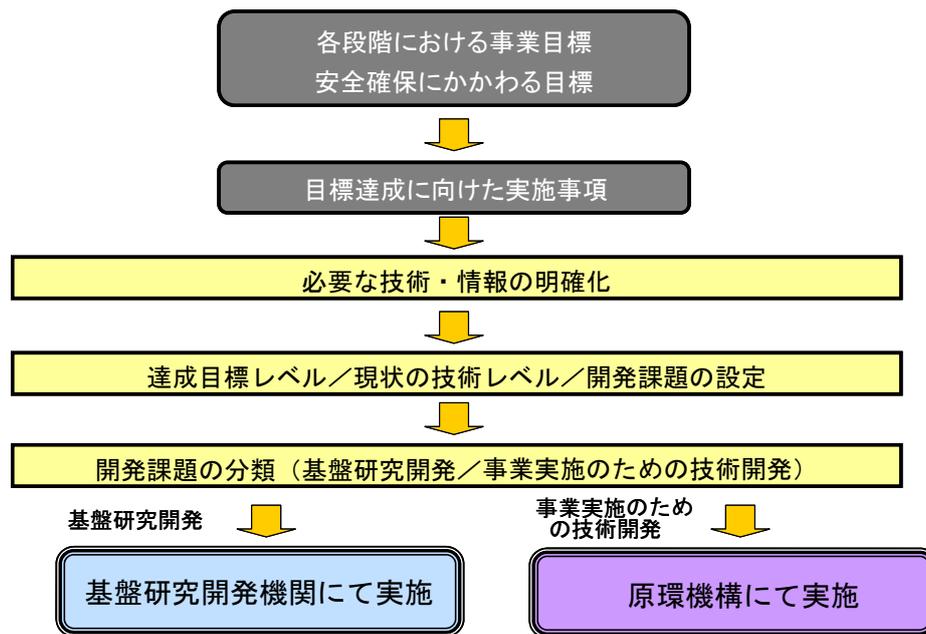


図 2-2 ニーズ策定に係わる基本フロー（原子力発電環境整備機構，2010）

【原環機構の技術開発の考え方】

- 実施主体としての段階的アプローチの構築（技術選択、品質保証等の考え方）
- 既存の技術（国の基盤研究開発の成果等）の体系化による実施の観点で合理性のある調査・評価手法の構築
 - 初期段階（文献調査等）で直接活用する方法論・ツールの体系化
 - 次段階（概要調査等）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

【国の基盤研究開発の考え方】

- 客観性のある科学技術的基盤情報の体系的提示
- 深地層の研究施設での一連の技術の適用性検討／実際の地質環境への適用を伴う技術開発
- 長期的な視点に立った新技術開発

表 2-1 国の基盤研究開発と原環機構の技術開発の役割分担の考え方

(資源エネルギー庁・日本原子力研究開発機構, 2006a, b, 2009a, b) に一部加筆

	国の基盤研究開発	原環機構の技術開発
原子力政策大綱（平成17年10月）より	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	最終処分事業の安全な実施, 合理性および経済性の向上等を目的とする技術開発
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	<div style="text-align: center;"> <p>視点の例 ※視点の重要度や双方のバランスは、事業の進展など時間とともに変化</p> <p>国の視点 ← → 実施主体の視点 (NUMO)</p> <p>セオレティカル (現象理解) プラクティカル (実用・応用)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 現象理解を通じた精緻なモデル・評価手法 - サイエンスアカデミーでの合意形成 (例: 天然現象, 核種移行現象のメカニズムモデル) - 事業許可申請等で必要な評価ツールの整備 - 簡略・保守性・ロバスト性等の実用面に力点 (例: 設計コード, 核種移行評価コード) <p>ジェネリック (幅広い地質環境) サイト・スペシフィック (特定の地質環境)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 幅広い条件に対応可能なデータベース, 技術オプション - データ取得や調査・評価手法の一般的方法論 (例: 核種移行データベース, オーバーバック腐食試験) - サイト環境での手法の最適化・技術選択 - サイト環境・地下施設でのデータ取得, 技術実証 (例: 設計・安全評価のデータセット整備) <p>新技術/高度化 既存技術/合理化</p> <ul style="list-style-type: none"> - 個別の要素技術の高度化・実証 - 長期的視点での新材料開発 (例: 地質調査技術, 遠隔溶接・定置技術, セメント開発) - 個別技術の組合せ・体系化による方法論の構築 - 既存の技術の合理性・経済性の観点での改良 (例: 概要調査手法, 操業システム体系の構築) </div>	

2.2 精密調査地区選定時基本アクションの体系的整理

精密調査地区選定段階における安全確保にかかわる目標を達成するために実施すべき主要な事項として、「精密調査地区選定上の考慮事項への適合性確認」と「レファレンス処分場概念の構築」があり、これらを3つの安全確保策、①適切なサイト選定と確認、②処分場の設計施工などの適切な工学的対策、③地層処分システムの長期安全性の評価と対応づけて、この段階における選定時基本アクションを体系的に整理する。選定時基本アクションとは、精密調査地区選定時における意思決定または次段階の準備として実施する基本的な行為である。

具体的には、「精密調査地区選定上の考慮事項への適合性確認」と安全確保策との対応は、「①適切なサイト選定と確認」の観点から、火成活動、断層活動、隆起・侵食に対する長期評価を行い、自然現象の著しい影響を回避できることを示すことが必要であると考え、「長期安定性評価」というカテゴリーの中で選定時基本アクションを導出した。その上で、「②処分場の設計施工などの適切な工学的対策」、「③地層処分システムの長期安全性の評価」の観点から、地質環境が地層処分システムの成立性に有意な影響を及ぼさないことを

示すことが必要であると考え。

「レファレンス処分場概念の構築」と安全確保策との対応は、「②処分場の設計施工などの適切な工学的対策」の観点から、人工バリア概念設計、地下施設概念設計、地上施設・構外輸送システム概念設計、建設・操業・閉鎖システム概念設計を行い、工学的成立性を提示できることが必要であると考え、「工学的成立性提示」というカテゴリーの中で選定時基本アクションを導出した。また、「③地層処分システムの長期安全性の評価」の観点から、閉鎖後安全性評価を行い、長期安全性確保の見通しを示せることに加え、建設・操業時安全性評価を行い、事業段階での安全性確保の見通しを示せることが必要であると考え、「安全性評価」というカテゴリーの中で選定時基本アクションを導出した。

また、「工学的成立性提示」および「安全性評価」という選定時基本アクションを実行するために必要な入力情報としては、調査に基づき地質環境の特性を適切に表現した地質環境モデル、隆起・侵食、熱・熱水、断層活動等に係る地質環境の長期的な変動、および廃棄体特性が挙げられる。これらの必要な入力情報を取得するために、概要調査段階では①地質長期安定性調査、および②地質環境特性調査を実施する。

以上を整理して、この段階における調査項目、入力情報、選定時基本アクションを体系的に整理したものを図 2-3 に示す。同図に示した選定時基本アクションを必要なレベルで実施することにより、精密調査地区選定を確実に実施できると考える。また、選定時基本アクションの概要を表 2-2 に示す。

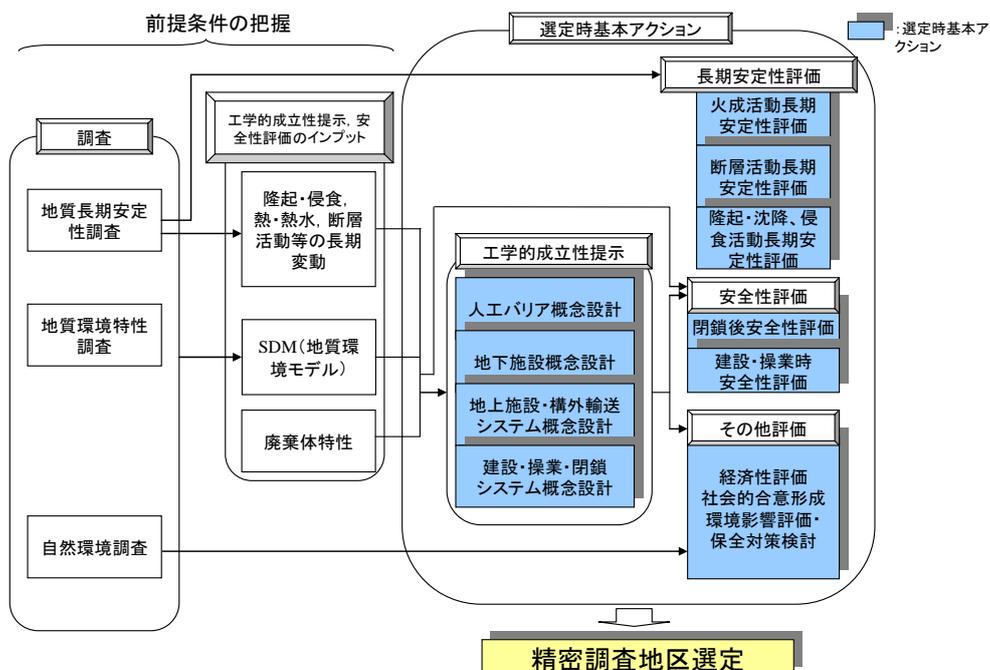


図 2-3 精密調査地区選定に係る選定時基本アクション等概略関連図

表 2-2 選定時基本アクションの概要

精密調査地区選定時基本アクション名称		概要
レファレンス 処分場概念の 工学的成立性 の提示 (工学的成立 性提示)	人工バリアの概念設計	サイトの環境に適した、所定の安全機能を有する人工バリアの概念設計を実施する。
	地下施設の概念設計	地表からの調査結果に基づいて、候補岩体と処分深度を設定し、地下施設のレイアウト（パネル配置、アクセス坑道の配置、HLW・TRU 廃棄物の併置等）、および地下坑道の概念設計を実施する。
	地上施設・構外輸送システムの概念設計	主要施設（廃棄体受入・検査施設、オーバーパック溶接封入施設等）、付帯施設（排水処理施設等）について概念設計を実施する。また、輸送システム（港湾、アクセス道路）の概念設計を実施する。
	建設・操業・閉鎖システムの概念設計	地上・地下施設、人工バリアの仕様に基づいて、建設・操業・閉鎖システムの概念設計を実施する。なお、本概念設計には、自然災害（地震、津波、台風、落雷等）、火災、爆発、転倒、落下、落盤、放射線防護（放射線管理区域、ラドンによる被ばく）等に対する地上施設・地下施設の建設・操業・閉鎖時の安全対策の概念設計を含む。
レファレンス 処分場概念の 安全性の提示 (安全性評価)	閉鎖後安全性の評価	長期において想定される地質環境やニアフィールド環境の変化を踏まえ、線量評価等により、閉鎖後の安全性が長期に確保されることを確認する。
	建設・操業時安全性の評価	線量評価等により、建設・操業時についての安全性が確保されることを確認する。
地質環境の長期 安定性評価 (長期安定性 評価)	火成活動の長期安定性評価	将来にわたって、地層処分施設がマグマの貫入・噴出による直接的な破壊を受けないことを確認する。
	断層活動の長期安定性評価	将来にわたって、地層処分施設が断層の活動により直接的な破壊を受けないことを確認する。
	隆起・侵食の長期安定性評価	将来にわたって、地層処分施設が地表に露出しないことを確認する。
その他	環境影響評価・保全対策検討	環境影響評価・保全対策実施により、事業に伴う環境への著しい影響が避けられることを確認する。
	社会的合意形成に係る事項の検討	必要とされる場合に備え、マーカー設置、記録の保存が実施可能であることを確認する。
	経済性評価	拠出金相当額で処分ができることを確認する。

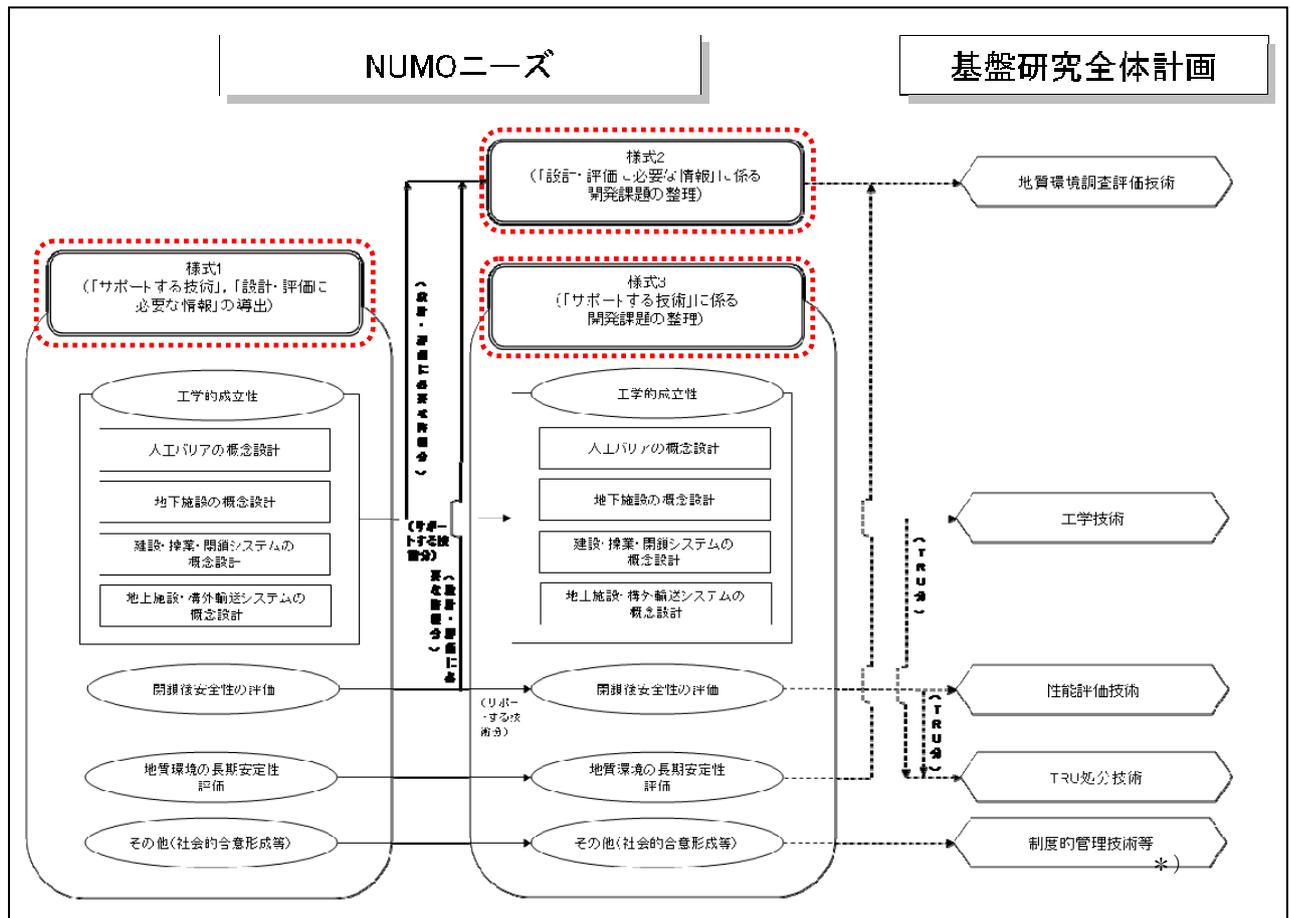
2.3 地層処分における技術開発ニーズの導出

原環機構のニーズを導出するに当たり、ニーズ整理の分野を、①工学的成立性、②閉鎖後安全性の評価、③地質環境の長期安定性評価、④その他に分類し、様式1として整理した。その中で、個別の実施項目毎に、設計・評価に必要な情報は何か、実施項目をサポートする技術は何かを明確にした。

様式1から導出された設計・評価に必要な情報の個々の項目については、達成目標レベルを明確にし、現状技術レベルとの比較分析に基づき、様式2として開発課題を整理した。

様式1から導出されたサポートする技術の個々の項目については、達成目標レベルを明確にし、現状技術レベルとの比較分析に基づき、様式3として開発課題を整理した。様式3の構造は、様式1で整理した分野別の項目と対応づけている。

様式1, 2, 3で示す原環機構のニーズと基盤研究開発全体計画との対応を図 2-4 に示す。



*): 制度的管理技術等は、社会合意形成に係る重要な技術であるが、本報告書では対象外とする。

図 2-4 原環機構ニーズの体系および基盤研究開発全体計画との関係

3. 地層処分技術開発ニーズの紹介

3.1 様式 1：精密調査地区の選定をサポートする技術等

精密調査地区選定時の選定時基本アクションを大・中・小・細目に区分し、個々の細目に対して要件を抽出し、要件を達成するための個別のアクション、個別アクションを実施するために必要なサイト情報及びサポートする技術を一覧表にして示した。

選定時基本アクションの最上位にくる大項目としては、「自然現象の著しい影響の回避」、
「精密調査地区選定のための確認」を挙げた。また、大項目に対する中項目として、前者
に対しては「地質環境の長期安定性評価」を挙げ、後者に対しては「レファレンス処分場
概念の工学的成立性の提示」及び「レファレンス処分場概念の安全性の提示」を挙げた。

なお、選定時基本アクションおよび個別アクションは、高レベル放射性廃棄物と TRU
廃棄物に共通のものであるが、いずれかに特化した内容の場合には、その旨が分かるよう
に示した。

様式 1 の表は、大別して次の 6 つのカテゴリーに分類した。

- ①地質環境の長期安定性
- ②人工バリアの設計 (HLW)
- ③地下施設設計，建設・操業・閉鎖，操業安全
- ④地上施設，建設・操業
- ⑤閉鎖後安全性の評価
- ⑥人工バリアの設計 (TRU)

様式 1 として整理した表を、表 3-1～表 3-15 に示す。

表 3-1 様式 1 (1 / 1 5) : 精密調査地区の選定をサポートする技術等 (地質環境の長期安定性)

*[H L W] 高レベル放射性廃棄物に特化した内容, [T R U] T R U廃棄物に特化した内容, 特に記述がない限りは共通

選定時基本アクション				要件		個別アクション	サポートする技術
大項目	中項目	小項目	細目	大項目	小項目		
自然現象の著しい影響の回避	地質環境の長期安定性評価	火成活動の長期安定性評価		・将来にわたって、地層処分施設（地下施設）がマグマの貫入・噴出による直接的な破壊を受けないこと		火山活動の長期評価 ・新規火山（新たなマグマ供給系）が発生する場所、規模、時期、可能性等 ・既存火山（既存のマグマ供給系）からマグマが移動・到達する範囲、規模、時期、可能性等	1. 従来手法の組合わせによる一連の火成活動評価 ①広域の過去～第四紀の火山の時空間的な活動特性の評価 ②広域の火山活動に関連する地殻～マントル内構造と地殻変動の評価 ③第四紀火山の活動特性と形成発達史の評価 ④火山体の地下構造とマグマ移動性の評価 2. 従来手法を補足するための評価 ・確率論的な評価
		断層活動の長期安定性評価		・将来にわたって、地層処分施設が断層の活動による直接的な破壊を受けないこと		断層活動の長期評価 ・活断層等の分布・性状、活動性、および将来の発生場所、規模、時期、可能性等	1. 従来手法による活断層評価 ・活断層帯、活褶曲・活撓曲帯、伏在活断層等の分布、活動性の評価 2. 従来手法を補足するための評価 ・変動地形が明瞭でない活断層、伏在断層等の分布、活動性の評価 ・活動間隔の長い活断層の評価（地質断層の再活動性の評価）、活断層の分岐・伸展等の評価 ・確率論的な評価
		隆起・侵食の長期安定性評価		・将来にわたって、地層処分施設が地表に露出しないこと		隆起・侵食の長期評価 ・将来の隆起・沈降量、侵食量とそれらの分布	1. 従来手法による隆起・侵食量の評価 2. 従来手法を補足するための評価 ・段丘が分布しない地域の評価 ・気候・海水準変動を考慮した評価 ・地形変化を考慮した評価
	地質環境の超長期評価	火成活動、断層活動、隆起・侵食の超長期評価		・安全評価側のニーズに対応できること		・10 万年を超える将来を対象とした評価に対する考え方の根拠の整備	・決定論的な評価 ・確率論的な評価

表 3-2 様式 1 (2 / 1 5) : 精密調査地区の選定をサポートする技術等 (人工バリアの設計 ; HLW) (1 / 3)

*[HLW] 高レベル放射性廃棄物に特化した内容, [TRU] TRU廃棄物に特化した内容, 特に記述がない限りは共通

選定時基本アクション				要件		個別アクション	設計・評価に必要な情報	サポートする技術	
大項目	中項目	小項目	細目	大項目	小項目				
精密調査地区選定のための確認	レファレンス処分場概念の工学的成立性の提示	人工バリアの概念設計 [HLW]	オーバーパックの概念設計	・候補サイトに適合した処分場概念を構築できること	・候補サイトの環境条件に適合したオーバーパックの仕様設定に必要な設計手法が構築されていること	・設計手法の構築	・岩盤力学特性 ・岩盤水理特性 ・地温勾配 ・地化学特性	・オーバーパック設計手法 ・ニアフィールド環境影響評価技術	
				・放射性核種の物理的な閉じ込め (所定期間, ガラス固化体と地下水の接触を避けること)	・母材が耐食性を有すること	・腐食挙動評価が容易であることが望ましい	・オーバーパック材料の選定	・地化学特性	・腐食挙動評価技術
					・オーバーパックの破壊を避けること	・溶接部が耐食性を有すること	・腐食代および放射線遮蔽厚みの設定	・地化学特性	・腐食挙動評価技術 ・腐食挙動に対する放射線影響評価技術
							・母材の耐食性の評価	・地化学特性	・腐食挙動評価技術
					・ガラス固化体の発熱により材料特性が著しく変化しないこと	・熱膨張に伴うガラス固化体の破壊を避けること	・外荷重に対する設計 (耐圧代等の設定)	・岩盤力学特性	・オーバーパック力学挙動評価技術
							・耐食性を有する溶接技術の選定	・地化学特性	・遠隔溶接封入・検査技術
					・他の人工バリアの安全機能に著しい影響を与えないこと	・製作用・施工に支障がないこと	・溶接部の耐食性の評価		・腐食挙動評価技術
				・オーバーパック材料の選定			・オーバーパック内空間の設計	・オーバーパック設計手法	
				・遠隔による溶接封入作業に支障がないこと	・オーバーパックの地上および地下での搬送・定置に支障がないこと	・経済性, 製作性, 材料の調達性を考慮してオーバーパックが合理的に製作できること	・オーバーパック材料の選定	・オーバーパック製作技術	
						・母材の製作方法の選定	・溶接技術の選定	・オーバーパック製作技術	
・遠隔による溶接封入作業に支障がないこと	・溶接技術の選定	・遠隔溶接封入・検査技術							
・オーバーパックの重量, 形状およびハンドリング方法を考慮した把持部の設計	・オーバーパック設計手法								

表 3-3 様式 1 (3 / 1 5) : 精密調査地区の選定をサポートする技術等 (人工バリアの設計 ; HLW) (2 / 3)

*[HLW] 高レベル放射性廃棄物に特化した内容, [TRU] TRU廃棄物に特化した内容, 特に記述がない限りは共通

選定時基本アクション				要件		個別アクション	設計・評価に必要な情報	サポートする技術
大項目	中項目	小項目	細目	大項目	小項目			
精密調査地区選定のための確認	レファレンス処分場概念の工学的成立性の提示	人工バリアの概念設計 [HLW]	緩衝材の概念設計	・候補サイトに適合した処分場概念を構築できること	・候補サイトの環境条件に適合した緩衝材の仕様設定に必要な設計手法が構築されていること	・設計手法の構築	・岩盤力学特性 ・岩盤水理特性 ・地温勾配 ・地化学特性	・緩衝材設計手法 ・緩衝材基本特性評価技術
				・放射性核種の移行を抑制すること	・緩衝材内での地下水の移動を抑制すること	・処分環境において核種移行が拡散支配となるように材料を設計する	・地化学特性 ・岩盤水理特性	・緩衝材設計手法 ・緩衝材基本特性評価技術
					・施工時の隙間の地下水の移動を抑制すること	・施工時の隙間が核種移行上拡散支配となるように材料を設計する	・地化学特性 ・岩盤水理特性	・緩衝材設計手法 ・緩衝材基本特性評価技術
					・コロイドの透過を抑制すること	・コロイドが透過しないように材料を設計する	・地化学特性	・緩衝材設計手法 ・緩衝材基本特性評価技術 ・コロイド移行特性評価
				・オーバーパックを機械的な破壊から保護すること	・膨潤圧・圧密反力によるオーバーパックの破壊が起こらないこと	・膨潤圧・圧密反力がオーバーパックを破壊しないように設計する	・岩盤力学特性 ・地化学特性	・緩衝材設計手法 ・緩衝材基本特性評価技術
					・岩盤の変形によるオーバーパックの破壊が起こらないこと	・岩盤変形を緩衝できるように材料と寸法を設計する	・岩盤力学特性 ・地化学特性	・緩衝材設計手法 ・緩衝材基本特性評価技術
				・周囲の岩盤を破壊しないこと	・膨潤圧・圧密反力により岩盤の破壊・亀裂の開口が起こらないこと	・膨潤圧・圧密反力が岩盤の最小主応力を十分に下回るように設計する	・岩盤力学特性 ・地化学特性	・緩衝材設計手法 ・緩衝材基本特性評価技術
				・製作・施工に支障がないこと	・所定の緩衝材が経済性や施工性等を考慮して合理的に製作できること	・緩衝材製作方法の設定		・遠隔搬送・定置技術 ・緩衝材基本特性評価技術
					・廃棄体・緩衝材の搬送・定置に支障がないこと	・緩衝材の材質および形状を考慮した搬送定置方法の設定	・岩盤水理特性 ・地化学特性	・遠隔搬送・定置技術
					・材料が安定的に確保可能であること	・ベントナイト材料の確保		

表 3-4 様式 1 (4 / 15) : 精密調査地区の選定をサポートする技術等 (人工バリアの設計 ; HLW) (3 / 3)

*[HLW] 高レベル放射性廃棄物に特化した内容, [TRU] TRU廃棄物に特化した内容, 特に記述がない限りは共通

選定時基本アクション				要件		個別アクション	設計・評価に必要な情報	サポートする技術
大項目	中項目	小項目	細目	大項目	小項目			
精密調査地区選定のための確認	レファレンス処分場概念の工学的成立性の提示	人工バリアの概念設計 [HLW]	処分システムの長期挙動の理解	・所定の機能を長期間維持すること	・緩衝材の基本材料が処分環境において長期的に著しい変化を起こさないこと	・緩衝材仕様に対する緩衝材の長期挙動, ガス移行挙動等の影響の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・岩盤力学特性 ・岩盤水理特性 ・地温勾配 ・地化学特性 ・岩盤透気特性 ・亀裂情報 	<ul style="list-style-type: none"> ・ニアフィールド現象の総合的な理解・評価に関する技術 ・熱-水-応力-化学連成現象評価技術 ・高温環境下における緩衝材の長期挙動・特性の理解・評価に関する技術 ・オーバーパック-緩衝材の相互作用の理解・評価に関する技術 ・セメント-ベントナイト相互作用の理解・評価に関する技術 ・オーバーパック沈下・腐食膨張挙動の理解・評価に関する技術 ・偏膨潤・不均一膨潤等の理解・評価に関する技術 ・岩盤変形に伴う人工バリア領域の変形挙動評価技術 ・緩衝材の流出・侵入挙動の理解・評価に関する技術 ・ガス移行挙動の理解・評価に関する技術

表 3-5 様式 1 (5 / 1 5) : 精密調査地区の選定をサポートする技術等 (地下施設設計, 建設・操業・閉鎖, 操業安全) (1 / 2)

*[HLW] 高レベル放射性廃棄物に特化した内容, [TRU] TRU廃棄物に特化した内容, 特に記述がない限りは共通

選定時基本アクション				要件		個別アクション	設計・評価に必要な情報	サポートする技術
大項目	中項目	小項目	細目	大項目	小項目			
精密調査地区選定のための確認	レファレンス処分場概念の工学的成立性の提示	地下施設の概念設計	性能評価の観点からの検討			・性能評価による処分場位置・深度の適切性の確認	・地下水流動特性 (狭域) ・地球化学特性	・性能評価技術
			空洞安定性の観点からの検討	・坑道の空洞安定性に支障がないこと	・建設・操業期間中を通して坑道が安定的に維持されること	・各坑道の概念設計および空洞安定性の評価	・岩盤力学特性	・坑道設計 ・掘削時・操業時空洞安定性評価技術
			熱設計の観点からの検討	・人工バリアに対して熱的な影響や化学的な影響を与えないこと	・[HLW] 緩衝材の温度が著しく高温にならないこと ・[TRU] 充填材の温度が著しく高温にならないこと	・処分坑道の離間距離・廃棄体ピッチの設定 ・処分坑道の離間距離・発熱性廃棄体定置数の設定	・岩盤力学特性 ・岩盤熱特性	・熱解析・連成解析技術
			併置処分の観点からの検討	・HLW と TRU 廃棄物処分場の双方において, 著しい相互影響がないこと (双方の処分場性能に及ぼす影響が小さいこと)	・処分場間で熱, 有機物, 硝酸ナトリウム, 高アルカリ性ブルーム等により, 相互に処分場の安全性に著しい影響がないこと ・処分場の建設・操業および閉鎖後の期間において HLW/TRU 廃棄物処分場近傍あるいは広域での地下水流動状況や応力場に対して著しい影響を与えないこと	・最適な離間距離, 最適な配置等工学的対策のオプション・または組み合わせの技術的可能性の明確化 ・精密調査地区候補区域の地質環境条件, 地質構造条件下で各影響範囲の時間的・空間的挙動を評価し, 影響回避に必要な離間距離のクライテリアの明確化 ・離間距離を合理的に評価するために必要な科学的知見の蓄積 ・離間距離確保が困難な場合を想定し, 工学的対策 (プラグ, 断層破砕帯による処分パネル分断) の効果の把握 ・影響を緩和するための適切なパネル配置設計および操業工程の明確化	・熱特性 ・岩盤水理特性 (透水係数等) ・地形 (動水勾配) ・物質移動特性 (収着・拡散) ・岩盤物理特性 (密度, 有効間隙率) ・岩盤亀裂断層分布特性 ・岩盤水理特性 (透水係数等) ・地形 (動水勾配) ・物質移動特性 (収着・拡散) ・岩盤物理特性 (密度, 有効間隙率) ・岩盤亀裂断層分布特性	・硝酸塩等の相互作用評価技術

表 3-6 様式 1 (6 / 1 5) : 精密調査地区の選定をサポートする技術等 (地下施設設計, 建設・操業・閉鎖, 操業安全) (2 / 2)

*[H L W] 高レベル放射性廃棄物に特化した内容, [T R U] T R U 廃棄物に特化した内容, 特に記述がない限りは共通

選定時基本アクション				要件		個別アクション	設計・評価に必要な情報	サポートする技術
大項目	中項目	小項目	細目	大項目	小項目			
精密調査地区選定のための確認	レファレンス処分場概念の工学的成立性の提示	建設・操業・閉鎖システムの概念設計	地下施設建設の観点からの確認	・地下施設建設に係る工法について, 技術の実現性が得られていること		・地下施設建設に係る工法計画の実現性の確認		<ul style="list-style-type: none"> 掘削工法計画・評価技術 支保工法計画・評価技術 ズリ出し等の計画・評価技術 湧水対処等の計画・評価技術 換気・排水・冷房等計画・評価技術
				・地下施設建設に係る工法が閉鎖後安全性に著しい影響を与えないこと		・グラウト・支保工等が閉鎖後安全性に著しい影響を与えないことの確認		
			操業の観点からの検討	・地下施設の建設作業と廃棄体・廃棄体パッケージ・人工バリアの搬送定置作業が相互に支障を与えないこと		・廃棄体・廃棄体パッケージ・人工バリアの搬送・定置に係る工法計画の実現性の確認		<ul style="list-style-type: none"> 遠隔搬送・定置技術 定置作業計画・評価計画 搬送作業物流計画・評価技術 人工バリア搬送・定置技術
				・建設時・操業時の作業環境が維持されていること		・換気・排水・冷房等計画・評価		・換気・排水・冷房等計画・評価技術
			操業安全の観点からの検討	・放射線防護対策が取れること		・放射線防護計画・対策の策定		・放射線管理計画・評価技術
						・廃棄体・廃棄体パッケージ落下時の評価		・廃棄体落下事故等の評価技術
						・ラドン影響評価		・ラドン影響評価技術
			閉鎖・埋め戻しの観点からの検討	・地下設備の耐震性が確保されること		・地下設備の耐震設計方針検討		・地下設備の耐震設計・評価技術
				・火災, 爆発や避難に対処できること		・左記観点でのレイアウト検討		<ul style="list-style-type: none"> 地下坑道内の火災・爆発の評価技術 避難経路検討技術
			閉鎖・埋め戻しの観点からの検討	・埋め戻された坑道・ボアホール・排水システム等が主要な核種移行経路とならないこと		・プラグ・埋め戻し材の設計・施工計画評価		<ul style="list-style-type: none"> プラグ・埋め戻しの水理特性評価技術 プラグ・埋め戻しの施工計画評価技術
・閉鎖前まで廃棄体パッケージが再取り出し・回収可能であること		・廃棄体パッケージの再取り出し・回収可能性の提示			・閉鎖前の再取り出し・回収技術			

表 3-7 様式 1 (7 / 1 5) : 精密調査地区の選定をサポートする技術等 (地上施設, 建設・操業)

*[HLW] 高レベル放射性廃棄物に特化した内容, [TRU] TRU廃棄物に特化した内容, 特に記述がない限りは共通

選定時基本アクション			要件		個別アクション	設計・評価に必要な情報	サポートする技術	
大項目	中項目	小項目	細目	大項目				小項目
精密調査地区選定のための確認	レファレンス処分場概念の工学的成立性の提示	地上施設・構外輸送システムの概念設計	施設収容性の検討	・概要調査地区内に地上施設の建設に必要な敷地が確保できる見通しが得られること		・建屋の概念設計 ・坑口の概念設計 ・土捨て場の概念設計 ・敷地造成設計	・地形・土地利用状況	・建屋設計技術 ・坑口設計技術 ・土捨て場設計技術
				・敷地境界の線量基準を満足すること		・敷地境界線量評価		・敷地境界線量評価技術
			重要施設の耐震性の観点からの検討	・重要施設 (ガラス固化体および TRU 廃棄体受け入れ・検査・封入施設) が耐震基準を満たせるレイアウトであること		・ [HLW] ガラス固化体受入検査・封入施設の基礎構造設計と敷地内レイアウトの検討 ・ [TRU] TRU 廃棄体受入・廃棄体パッケージ化施設の基礎構造設計と敷地内レイアウトの検討	・基盤岩分布 ・地震動特性	・基礎構造設計技術 ・建屋・機器耐震性評価技術
			建設・操業の観点からの検討	・工学的な観点から当該候補地が処分場の建設に支障がないことを示したうえで, 精密調査段階において, 地上施設 (およびインフラ施設) の位置, 広がり等が大幅に変更しない程度のレイアウトで成立できることを確認できること		・施設の計画 ・建設の計画 ・操業の計画	・地形・土地利用状況	・施設計画・設計技術 ・施設建設計画技術 ・操業計画技術
						・操業安全対策の計画		・操業安全対策技術
			操業安全の観点からの検討					
			港湾の位置, 仕様の検討			・港湾の概略位置, 概念設計	・海象情報 ・地形・土地利用状況	・平面形状計画・設計技術 ・防波堤設計技術 ・物揚場・護岸設計技術 ・物揚場施設計画・設計技術
			専用道路・専用排水路の検討			・専用道路・専用排水路の概略位置, 概念設計	・地形・土地利用状況 河川水量等の情報	・ルート計画・評価技術 ・道路構造 (舗装, トンネル等) 計画・設計技術 ・排水計画, 排水路設計技術

表 3-8 様式 1 (8 / 1 5) : 精密調査地区の選定をサポートする技術等 (閉鎖後安全性の評価) (1 / 4)

*[HLW] 高レベル放射性廃棄物に特化した内容, [TRU] TRU廃棄物に特化した内容, 特に記述がない限りは共通

選定時基本アクション				要件		個別アクション	設計・評価に必要な情報	サポートする技術			
大項目	中項目	小項目	細目	大項目	小項目						
精密調査地区選定のための確認	レファレンス処分場概念の安全性の提示	閉鎖後安全性の評価	安全評価の基本的考え方			・サイトの特徴や多重バリアの概念に基づき, システムの安全機能を整理し, 安全評価の方針, 戦略, アプローチ方法 (決定論/確率論) を設定		・安全評価戦略構築技術			
			廃棄体特性の把握			・[HLW] ガラス固化体特性の把握		・ガラス固化体特性評価技術			
			シナリオの構築	・地質環境の特徴や処分システムの長期的変遷を考慮したシナリオを構築できること	・[TRU] TRU 廃棄物特性の把握			・シナリオ評価技術		・シナリオ評価技術 (FEP による分析技術)	
								・シナリオ構築技術		・シナリオ構築技術 (シナリオの作成・分類)	
			システムの状態の理解			・地質環境の長期的変遷の評価			・システムの状態の理解 (ガラス固化体)		・地質環境の長期的変遷の評価
						・システムの状態の理解 (オーパーバック)			・システムの状態の理解 (緩衝材)		・システムの状態の評価 (ガラス固化体)
						・システムの状態の理解 (人工バリア周辺母岩)			・システムの状態の理解 (フェーフィールド)	・岩盤力学特性 ・地下水流動特性 ・地化学特性 ・地質構造 (断層分布含む)	・システムの状態評価 (オーパーバック) ・オーパーバック長期性能評価技術
						・システムの状態の理解 (支保・プラグ・グラウト)			・システムの状態の理解 (個別現象 : 微生物, ガス, コロイド, 等)		・システムの状態評価 (緩衝材)
						・システムの状態の理解 (支保・プラグ・グラウト)					・システムの状態評価 (人工バリア周辺母岩)
						・システムの状態の理解 (支保・プラグ・グラウト)					・システムの状態の評価 (支保・プラグ・グラウト)
・システムの状態の理解 (フェーフィールド)								・システムの状態評価 (フェーフィールド)			
・システムの状態の理解 (個別現象 : 微生物, ガス, コロイド, 等)								・システムの状態評価 (個別現象 : 微生物, ガス, コロイド, 等)			

表 3-9 様式 1 (9/15): 精密調査地区の選定をサポートする技術等 (閉鎖後安全性の評価) (2/4)

*[HLW] 高レベル放射性廃棄物に特化した内容, [TRU] TRU廃棄物に特化した内容, 特に記述がない限りは共通

選定時基本アクション				要件		個別アクション	設計・評価に必要な情報	サポートする技術
大項目	中項目	小項目	細目	大項目	小項目			
精密調査地区選定のための確認	レファレンス処分場概念の安全性の提示	閉鎖後安全性の評価	システムの状態の理解	・地質環境の特徴や処分システムの長期的変遷を考慮したシナリオを構築できること		・生物圏システムの記述, 被ばくグループの設定		・生物圏システムの記述, 被ばくグループの設定技術
						・[TRU] システムの状態の理解 (TRU 廃棄体)		・システムの状態の理解と関連モデルの開発 (TRU 廃棄体)
						・[TRU] システムの状態の理解 (核種の浸出挙動, 移行挙動)		・システムの状態の理解 (核種の浸出挙動, 移行挙動)
						・[TRU] システムの状態の理解 (微生物, コロイド)		・システムの状態の理解 (微生物, コロイド)
						・[TRU] システムの状態の理解 (有機物, 硝酸塩)		・システムの状態の理解 (有機物, 硝酸塩)
						・[TRU] システムの状態の理解 (ガス)		・システムの状態の理解 (ガス)
						・[TRU] システムの状態の理解 (放射線)		・システムの状態の理解 (放射線)
						・[TRU] システムの状態の理解 (セメント充填材等 TRU 人工バリア)		・システムの状態の理解 (セメント充填材等 TRU 人工バリア)
						・[TRU] システムの状態の理解 (併置処分)		・システムの状態の理解 (併置処分)
			・[TRU] FEP による分析		・FEP による分析技術			
			・[TRU] シナリオの分類		・シナリオの分類技術			
			性能評価モデルやコードの整備	・現象を適切に表すことのできるモデル, コードが整備されること		・ガラスの溶解に関するモデルの整備	・地化学特性 ・地温分布	・モデル開発技術 (ガラスの溶解)
						・緩衝材中の核種移行に関するモデルの整備	・地化学特性 ・地温分布	・モデル開発技術 (緩衝材中の核種移行)
						・人工バリア周辺母岩中の核種移行に関するモデル (含, 水理モデル) の整備		・モデル開発技術 (掘削影響領域中の核種移行 (含, 水理モデル))
						・母岩中の核種移行に関するモデル (含, 水理モデル) の整備	・地化学特性 ・地温分布	・モデル開発技術 (母岩中の核種移行 (含, 水理モデル))
						・生物圏モデル (含, GBI ; Geosphere-biosphere interface) の整備	・生物圏データ	・モデル開発技術 (生物圏モデル (含, GBI))

表 3-10 様式 1 (10/15) : 精密調査地区の選定をサポートする技術等 (閉鎖後安全性の評価) (3/4)

*[HLW] 高レベル放射性廃棄物に特化した内容, [TRU] TRU廃棄物に特化した内容, 特に記述がない限りは共通

選定時基本アクション				要件		個別アクション	設計・評価に必要な情報	サポートする技術
大項目	中項目	小項目	細目	大項目	小項目			
精密調査地区選定のための確認	レファレンス処分場概念の安全性の提示	閉鎖後安全性の評価	性能評価モデルやコードの整備	・現象を適切に表すことのできるモデル, コードが整備されること		・モデルの統合化, コードの整備		・モデルの統合化, コードの整備
						・モデル開発技術 (併置処分での核種移行)		・モデル開発技術 (併置処分での核種移行)
						・[TRU] TRU 廃棄体パッケージからの核種溶出モデルの整備		・TRU 廃棄体パッケージからの核種溶出モデルの整備
						・[TRU] TRU 廃棄物処分に係る個別現象モデルの整備		・TRU 廃棄物処分に係る個別現象モデルの整備
						・[TRU] セメント充填材等 TRU 人工バリアの核種移行遅延モデルの整備		・セメント充填材等 TRU 人工バリアの核種移行遅延モデルの整備
						・[TRU] 生物圏モデルの整備		・生物圏モデルの整備
						・[TRU] 併置処分での核種移行モデルの開発		・併置処分での核種移行モデル開発技術
						・[TRU] モデルの統合化, コードの整備		・モデルの統合化, コードの整備
			性能評価データの整備とパラメータの設定	・精密調査地区選定時までの知見に基づいて場の特徴や不確実性を考慮し, 設定すること		・ガラス固化体の浸出挙動に関する性能評価データの整備		・ガラスの溶解/ガラスからの核種の溶出に関する性能評価データの整備
						・緩衝材の性能評価データの整備		・緩衝材の性能評価データの整備
						・人工バリア周辺母岩に関する性能評価データの整備		・人工バリア周辺母岩に関する性能評価データの整備
						・天然バリアの性能評価データの整備		・天然バリアの性能評価データ測定技術
						・生物圏評価データの整備		・生物圏評価データの整備
						・[TRU] セメント充填材等の人工バリアの性能評価データの整備		・TRU 廃棄物処分施設のセメント充填材等人工バリアの性能評価データの整備
・[TRU] 併置処分評価データの整備		・併置処分評価データの整備						
・シナリオ毎のデータセットの作成		・シナリオ毎のデータセットの作成						

表 3-11 様式 1 (1 1 / 1 5) : 精密調査地区の選定をサポートする技術等 (閉鎖後安全性の評価) (4 / 4)

*[HLW] 高レベル放射性廃棄物に特化した内容, [TRU] TRU廃棄物に特化した内容, 特に記述がない限りは共通

選定時基本アクション				要件		個別アクション	設計・評価に必要な情報	サポートする技術
大項目	中項目	小項目	細目	大項目	小項目			
精密調査地区選定のための確認	レファレンス処分場概念の安全性の提示	閉鎖後安全性の評価	安全評価による適合性の確認	・安全評価の自主基準を満足すること		・安全評価		・安全評価に関連する技術
							・分野間の連携	
				・不確実性評価			・不確実性評価技術	
				・[TRU] 併置処分の安全評価			・併置処分の安全評価に関連する技術	
		システムの安全性にかかわる多様な証拠・論拠の整備				・ナチュラルアナログ等による処分システムの安全性の論証		・ナチュラルアナログ等による処分システムの安全性の論証
						・補完的な安全指標による安全性の論証		・補完的な安全指標による安全性の論証

表 3-12 様式 1 (1 2 / 1 5) : 精密調査地区の選定をサポートする技術等 (人工バリアの設計 ; TRU) (1 / 4)

*[HLW] 高レベル放射性廃棄物に特化した内容, [TRU] TRU廃棄物に特化した内容, 特に記述がない限りは共通

選定時基本アクション				要件		個別アクション	設計・評価に必要な情報	サポートする技術
大項目	中項目	小項目	細目	大項目	小項目			
精密調査地区選定のための確認	レファレンス処分場概念の工学的成立性の提示	人工バリアの概念設計 [TRU] 概要, 達成レベルの考え方は, HLWと同様	廃棄体特性の把握	・TRU 廃棄物処分場の設計, 操業の検討, 性能評価の実施が可能となる情報であること	・廃棄体発生量, 放射性物質・化学物質濃度, 固化材仕様, およびそれらの導出方法や算定条件が明らかであること ・合理的な廃棄体パッケージ化, 廃棄体グルーピング, 処分坑道設計, 離間距離設定, が可能となる情報であること	・設計・性能評価に必要な諸情報を適時に収集		・廃棄体情報の管理技術
			廃棄体パッケージ (充填材, 廃棄体パッケージ容器) の概念設計 (廃棄体パッケージを用いる場合。充填材は廃棄体パッケージ内に設置するが, 下記坑道内充填材とも共通課題の場合もある)	・廃棄体の positioning の効率化等, 操業中のハンドリング性を向上させること ・廃棄体 (廃棄物と固化材) を含めた廃棄体パッケージとして, 核種の閉じ込め性を有し, 放射性核種の飛散・漏洩を制限し, 操業中の安全を確保できること ・処分場の閉鎖後安全性の観点から, ソースタームの (低減または) 現実的評価による保守性排除が望ましい	・発熱廃棄体の放熱を可能とすること			・第 2 次 TRU レポート提案のレファレンス廃棄体パッケージ仕様の詳細化・操作性の確認 ・同代替廃棄体パッケージ仕様の詳細化・操作性の確認 ・代替の廃棄体材料・概念の適用可能性を候補区域条件での性能評価結果を踏まえた上で確認

※TRU 廃棄物処分技術検討書 (電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構, 2005) は, 以下「第 2 次 TRU レポート」という

表 3-13 様式 1 (1 3 / 1 5) : 精密調査地区の選定をサポートする技術等 (人工バリアの設計 ; TRU) (2 / 4)

*[HLW] 高レベル放射性廃棄物に特化した内容, [TRU] TRU廃棄物に特化した内容, 特に記述がない限りは共通

選定時基本アクション				要件		個別アクション	設計・評価に必要な情報	サポートする技術					
大項目	中項目	小項目	細目	大項目	小項目								
精密調査地区選定のための確認	レファレンス処分場概念の工学的成立性の提示	人工バリアの概念設計 [TRU] 概要, 達成レベルの考え方は, HLWと同様	充填材の概念設計	<ul style="list-style-type: none"> 地下水移動の抑制, 放射性核種の溶出抑制・物理的閉じ込め・収着移行遅延, 廃棄体・構造躯体の支持, 処分坑道の力学的安定, 長期安定性, 伝熱性, ガス透過性・自己修復性に関して効果があること 	<ul style="list-style-type: none"> 地質環境条件が好ましくない場合 (透水量係数, 地下水流速が大きい場合) に第2次 TRU レポート提案の各廃棄体グループ中重要核種の影響をできるだけ低減できること (他バリア要素との組み合わせも考慮) 	<ul style="list-style-type: none"> 設計上は考慮せずに, 設定仕様により各要件に対する効果を確認 	<ul style="list-style-type: none"> 熱特性 	<ul style="list-style-type: none"> 設計・施工技術 人工バリア長期特性評価技術 (セメント変質反応) セメント固化既存技術 (ヨウ素) 核種吸着評価技術 コロイド発生・移行評価技術 ガス発生・移行評価技術 熱影響評価技術 ニアフィールド長期特性評価技術 (岩変質反応) 					
				<ul style="list-style-type: none"> 廃棄体パッケージ内, 廃棄体パッケージと構造躯体間の隙間を埋め一体化し, 放射性核種の飛散等による作業中の万一の汚染拡大の防止すること 					<ul style="list-style-type: none"> 硬化後短期間, 所定の強度を有すること 	<ul style="list-style-type: none"> 充填材の配合設計 	<ul style="list-style-type: none"> 実規模施工確認試験 配合比データ 施工技術 		
				<ul style="list-style-type: none"> 廃棄体の耐埋設荷重を補完すること 								<ul style="list-style-type: none"> 人工バリア長期特性評価技術 (セメント-ベントナイト反応) 	
				<ul style="list-style-type: none"> 打設時の流動性および分離抵抗性を有すること 									<ul style="list-style-type: none"> 設計・施工技術 (廃棄体定置・充填材) 熱影響評価技術 (セメント系材料) 人工バリア長期特性評価技術 (バリアと見なす場合)
				<ul style="list-style-type: none"> セメント材料, 混和材中含有成分の処分システムへの影響について考慮できること 									
			<ul style="list-style-type: none"> 構造躯体の概念設計 	<ul style="list-style-type: none"> セメント系材料の場合は核種収着性等のバリア効果を期待できること 	<ul style="list-style-type: none"> 廃棄体定置・充填材施工の検討にもとづく設計 	<ul style="list-style-type: none"> 作用荷重 							
				<ul style="list-style-type: none"> 廃棄体定置および充填材施工が効率的に実施できること。必要空間を確保すること 			<ul style="list-style-type: none"> 作用荷重の適切な評価 	<ul style="list-style-type: none"> 施工技術 					
				<ul style="list-style-type: none"> 作業時の作業荷重に対する力学安定性を確保すること 									
				<ul style="list-style-type: none"> 合理的・効率的に構築できること 					<ul style="list-style-type: none"> サイト条件に基づいた具体的概念設計 				

表 3-14 様式 1 (1 4 / 1 5) : 精密調査地区の選定をサポートする技術等 (人工バリアの設計 ; TRU) (3 / 4)

*[HLW] 高レベル放射性廃棄物に特化した内容, [TRU] TRU廃棄物に特化した内容, 特に記述がない限りは共通

選定時基本アクション				要件		個別アクション	設計・評価に必要な情報	サポートする技術			
大項目	中項目	小項目	細目	大項目	小項目						
精密調査地区選定のための確認	レファレンス処分場概念の工学的成立性の提示	人工バリアの概念設計 [TRU] 概要, 達成レベルの考え方は, HLWと同様	緩衝材の概念設計	・放射性核種の移行を抑制すること	・処分施設内を通過する地下水流量を抑制すること	【人工バリアの設計 ; HLW を参照】		<ul style="list-style-type: none"> 設計・施工技術 (緩衝材) 緩衝材設置技術 人工バリア長期特性評価技術 			
					<ul style="list-style-type: none"> 地質環境条件が好ましくない (地下水流速が大きい) 場合に第 2 次 TRU レポート提案の廃棄体グループ 1/グループ 3 中のヨウ素 129 の被ばくを低減できること (他バリア要素との組み合わせも考慮) 				<ul style="list-style-type: none"> 廃棄体, 人工バリアの材料・概念の安全機能が発揮されることの確認 代替の廃棄体, 人工バリア材料・概念の適用可能性の確認 	<ul style="list-style-type: none"> 岩盤水理特性 (透水係数等) 動水勾配 (地形) 	<ul style="list-style-type: none"> 人工バリア長期特性評価技術 セメント固化既存技術 (ヨウ素) 核種吸着評価技術 コロイド発生・移行評価技術 (HLW 共通) ガス発生・移行評価技術 代替固化技術 (ヨウ素) 低拡散モルタルバリア層の適用技術
					<ul style="list-style-type: none"> 地質環境条件が好ましくない (地下水流速が大きい) 場合に第 2 次 TRU レポート提案の廃棄体グループ 2 中の炭素 14 の被ばくを低減できること (他バリア要素との組み合わせも考慮) 						<ul style="list-style-type: none"> 人工バリア長期特性評価技術 放射性炭素の長期封じ込め技術 核種吸着評価技術 コロイド発生・移行評価技術 (HLW 共通) ガス発生・移行評価技術 廃棄体外人工バリア代替技術 (低拡散モルタルバリア層の適用技術)

表 3-15 様式 1 (15 / 15) : 精密調査地区の選定をサポートする技術等 (人工バリアの設計 ; TRU) (4 / 4)

*[HLW] 高レベル放射性廃棄物に特化した内容, [TRU] TRU廃棄物に特化した内容, 特に記述がない限りは共通

選定時基本アクション				要件		個別アクション	設計・評価に必要な情報	サポートする技術
大項目	中項目	小項目	細目	大項目	小項目			
精密調査地区選定のための確認	レファレンス処分場概念の工学的成立性の提示	人工バリアの概念設計 [TRU] 概要, 達成レベルの考え方は, HLWと同様	緩衝材の概念設計	・所定の機能・仕様を長期間維持すること	・構造躯体・廃棄体を所定の位置に保持し, 長期的に緩衝材の特性に著しい影響を及ぼすような有意な沈下が発生しないこと	・緩衝材仕様と長期力学性能の関係の把握		・設計・施工技術 (緩衝材) ・長期特性評価技術 (力学解析技術)
					・セメント系材料との相互作用や廃棄体・セメントの発熱を考慮した場合でも, 長期的に所定の性能が保たれること	・緩衝材仕様とセメント系材料との相互影響の把握 ・岩盤水理特性 (透水係数等)	・地化学特性 ・熱特性	・設計・施工技術 (緩衝材) ・長期特性評価技術 (地球化学反応 (セメントーベントナイト反応) 解析技術) ・緩衝材仕様とセメント系材料との相互影響 ・熱影響評価技術
					・廃棄体から発生するガス圧力により健全性が損なわれないこと	・ガス透過性・移行挙動の把握	・岩盤水理特性 (透水係数等) ・動水勾配 (地形)	・ガス発生・移行評価技術
				・合理的・効率的に構築できること	・種々の施工方法と性能の関係の把握		・緩衝材 positioning 技術 (施工技術)	
			埋戻し材の概念設計	・坑道を閉鎖し, 地下水浸入量を抑制できること (HLWと同様) ・核種移行の支配経路となりうる部位は, 低透水性, 自己シール性を有すること	・人間侵入を防止できること	・種々のベントナイト系材料の施工性, 長期安全性の明確化	・岩盤水理特性 (透水係数等) ・動水勾配 (地形)	・設計・施工技術 (埋戻し材) ・ニアフィールド長期特性評価技術 (セメントー岩反応)
			支保工の概念設計	・各種坑道施工時・作業時の空洞安定性を確保し, 安全を確保すること (HLWと同様)	・人工バリアに影響しないこと	・サイト条件を考慮して支保の必要性, 具体的工法の明確化	・岩盤変形特性 ・岩盤強度特性 ・岩盤水理特性 (透水係数等) ・動水勾配 (地形)	・ニアフィールド長期特性評価技術 (セメントー岩反応)
			新たな人工バリアオプションの概念設計	・精密調査地区候補区域の地質環境条件, 地質構造条件で, 所定の安全機能を有すること		・第2次 TRU レポートで検討されていない人工バリア概念の代替概念としての可能性の明確化	・岩盤水理特性 (透水係数等) ・動水勾配 (地形) ・物質移動特性 (収着・拡散) ・岩盤物理特性 (密度, 有効間隙率)	・廃棄体外人工バリア代替技術 (すべての廃棄体グループに緩衝材を設置する技術) ・廃棄体外人工バリア代替技術 (低拡散モルタルバリア層の適用技術)

3.2 様式2：設計・評価に必要な情報に係わる達成目標レベル、開発課題等の整理

様式1で示した個別アクションを実施するために設計・評価に必要な情報（地質環境特性調査結果等）に関して、「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」（資源エネルギー庁・日本原子力研究開発機構，2006a）における研究開発全体マップ詳細版の分類と細目，そして「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年度とりまとめ－」（日本原子力研究開発機構，2005）における地質環境特性に関する調査研究の個別目標と課題などを参考に，大項目と中項目を設定し，それぞれの情報を対応づけた。また，これらの情報には安全性評価と工学的成立性の両方に必要なものもあり，双方での重複した記述を避けるためにより比重の高い方に統合することとし，「主なインプット先」の欄でそのことを確認できるようにした。

次に，設計・評価に必要な情報の精度等に関する目標達成レベルを設定し，現状のレベルの分析を踏まえて導かれる開発課題を整理した。さらに，開発課題を解決するゴールの時期を踏まえて課題の優先度を以下に示す3種類に分類した。次節で示す様式3における開発課題の優先度も同様の考え方に基づいて設定している。

- I：事業推進にとって極めて重要度が高く，最優先で取り組むべきもの
- II：事業推進にとって重要度が高く，優先的に取り組むべきもの
- III：事業推進にとって重要であり，実施可能な範囲内において実施が望ましいもの

また，「達成目標レベル／現状レベル／開発課題の整理」においては，「高レベル放射性廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画」（資源エネルギー庁・日本原子力研究開発機構，2006a）との関連を示すため，研究開発要素（分野・分類・細目）や実施機関などを記載している。

参考（様式2，3における関係機関および関係する報告書の略称一覧）

原子力発電環境整備機構	NUMO	わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性－地層処分研究開発第2次取りまとめ（核燃料サイクル開発機構，1999）	第2次取りまとめ
資源エネルギー庁	ANRE		
原子力安全・保安院	NISA	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（日本原子力研究開発機構，2005）	平成17年取りまとめ
日本原子力研究開発機構	JAEA		
原子力環境整備促進・資金管理センター	RWMC	TRU 廃棄物処分概念検討書（電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構，2000）	第1次 TRU レポート
電力中央研究所	CRIEPI	TRU 廃棄物処分技術検討書（電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構，2005）	第2次 TRU レポート
産業技術総合研究所	AIST		
放射線医学総合研究所	NIRS		
日本原燃株式会社	JNFL		

表 3-18 様式 2 : 設計・評価に必要な情報に係わる達成目標レベル, 開発課題等の整理 (3 / 3)

青文字: 特に重要な技術開発課題, 斜文字: 本技術開発ニーズ検討において導出された技術開発課題のうち、「地層処分基盤研究開発に関する全体計画」において明記されていないもの

設計・評価に必要な情報 (調査結果等)				主なインプット先		達成目標レベル/現状レベル/開発課題の整理			開発課題の優先度			課題解決必要時期		開発課題の分類	分類の理由	左記開発課題を「基盤研究開発全体計画」に対応させる場合の、同計画内の件名			
区分	大項目	中項目	小項目	安全性評価	工学的成立性	達成目標レベル	現状レベル	開発課題	I	II	III	概要調査実施前	精密調査地区選定時						
工学的成立性	熱特性	熱特性	地温、地温勾配 熱伝導率、熱線膨張率、比熱	○	○	・レファレンス処分場概念の工学的成立性を提示可能な熱特性を取得可能であること	・マグマに関する調査・評価手法を用いることで地熱や深部流体の影響が顕著な範囲を避けることは概ね可能である ・熱特性に係わるパラメータは取得可能 ・熱水移動についてはさまざまなモデルが提案されているが、定説とされているものはない 【基盤(HLW): V-3、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)】	(「地形、地質・地質構造の特性の長期変動」に記載)	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		その他	深部流体	○	○	・レファレンス処分場概念の安全性評価が可能な熱特性を取得可能であること (ガラス溶解等の性能評価に必要な熱特性(地温等)を取得可能であること)													
	地震動特性	地盤特性	地盤密度 地盤速度構造 Q値		○	・レファレンス処分場概念の成立性を提示するために必要な設計用基準地震動の策定が可能であり、かつその妥当性評価が可能であること	・地上施設については、現行の原子力発電所の耐震に係わる調査手法、評価手法で概ね対応可能 ・地下施設については、地下特有の震動特性は解明されていない部分がある ・耐震重要度区分等耐震設計方針が未確定 ・微小地震観測結果(集水域、空白域)の取り扱いについては定説が得られていない 【NUMO: 地層処分施設に対する地震動評価手法に関する検討(継続中)】	・地下深部施設の耐震評価体系(重要度分類等)および手法の整備 ・深部地下の震動特性解明のための観測データ取得(3次元アレイ観測、微小地震観測等) ・原子力発電所耐震バックチェックや地震調査推進本部の調査から得られる知見の整理と地層処分施設への反映		○			○	NUMO	耐震設計方針の確立は実施主体の業務である 地下深部の3次元的地震動特性の把握は基盤的な研究開発と考えられる 地震動に関する最新知見の整理と反映は実施主体の業務と考えられる				
		活断層、地震活動	活断層、過去の地震記録、微小地震記録		○										NUMO				
	その他工学的特性 (サイト選定)	火山活動特性 (地上)	溶岩流 火砕流 降下火山灰		○	・建設・操業中における火成活動の影響を評価可能であり、レファレンス処分場概念(地上施設)の成立性を提示可能であること	・原子力発電所に関して議論されており、その成果を用いて評価することが可能となる見込み	・新たな検討課題はない(情報収集を継続)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		工学的特性全般			○	・レファレンス処分場概念の工学的成立性を脅かすような特性を確認可能であり、地層処分サイトとして不適切な地域を排除可能であること	・概要調査段階(地表からの調査(地質調査、物理探査、ボーリング調査等))の結果に基づいて、体系的に坑道建設性を事前に評価する手法は確立されていない 【NUMO: 概要調査における地質環境特性(岩盤、地下水)の調査技術、評価手法の高度化を実施(～2007)】	・地表からの調査結果による坑道設置深度付近での岩盤評価法および掘工事への遭遇可能性に関する体系的な評価法の確立			○	○		NUMO	体系的な評価手法の確立については実施主体の業務と考えられる				
		膨張性地山関連	膨張性地山分布と性状 構成岩の物理・力学特性		○		・膨張性地山となる岩盤の岩種、膨張性鉱物含有量、岩盤強度変形特性が確認されており、事例を参考に可能性を評価できる	・新たな重要技術課題はない	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		山はね関連	山はねの分布と性状 構成岩の強度変形特性 地圧特性		○		・山はねを引き起こす岩盤の土かぶり、岩盤強度変形特性が確認されており、事例を参考に可能性を評価できる	・新たな重要技術課題はない	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		高圧大量湧水および有香ガス湧出関連	湧水量データ ガスデータ		○		・高圧大量湧水や有毒ガス湧出については、地質構造やボーリング調査による調査(水圧、湧水量、ガス圧)により可能性を評価できる	・新たな重要技術課題はない	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		泥火山(異常間隙水圧)関連	泥火山の分布、規模、活動性 間隙水圧 間隙水、ガスの特性		○		・泥火山が発生する地質構造に限られており、特徴的な地形や、物理探査(電気伝導率、地震波速度)等から、事例を参考に可能性を評価できる	・新たな重要技術課題はない	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
マスマーブメント関連 (大規模地すべり等)	マスマーブメントの分布・性状		○		・マスマーブメントが発生する地域は、火山体周辺と四万十帯泥質堆積岩地域にはほぼ限定されており、地形や地質構造を調査することによりその可能性を評価することは可能 ・一般的な調査方法がまとめられている。「土砂災害調査マニュアル(2008)」等	・新たな重要技術課題はない	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
総合的な調査技術	総合的な調査技術 (品質管理/品質保証)	調査技術		-	-	・各種調査手法を組み合わせることで、様々な地点において工学的成立性の判断および安全性評価が可能な概要調査技術、精密調査技術が確立されていること	【概要調査技術】 ・沿岸域での調査を含む総合的な概要調査技術の実証が行われている ・ボーリング孔を用いた原位置試験により取得できるパラメータは比較的少ない 【基盤(HLW): S-1、総合的な調査評価技術、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(ORIEPI)】 【NUMO・ORIEPI共研: 横須賀地区における概要調査実証(実施中)】 【精密調査技術】 【基盤(HLW): S-1、総合的な調査評価技術、超深地層研究計画(瑞浪)、幌延深地層研究計画、深層ボーリング調査技術(JAEA)】 【基盤(HLW): 制度的管理技術等、モニタリング技術(地中無線技術、耐久性のあるセンサー技術等)(ANRE)】 【基盤(HLW): S-1、総合的な調査評価技術、地質環境評価技術高度化(ANRE)】	・沿岸域における調査技術(各種試験を含む)の経験・実績の積み上げ(沿岸域プロジェクトで実施中) ・沿岸域における調査技術(各種試験を含む)に関する情報分析と体系化(A)、そこから派生する技術開発(B) ・ボーリング孔を活用して原位置で物性を取得可能な手法の開発(コア試験と物理検層の組み合わせにより原位置試験を補完する手法等) ・分野間の連携(地質環境調査から設計・性能評価に至る連携業務の実証)		○		○	○	○	○	○	○	○	○
		品質保証		-	-	・品質保証体制が確立され、各種調査・評価結果の説明性・透明性・追跡性等が確保可能であること	・調査段階における品質保証体系の構築			○		○		○	○	○	○	○	
		SDM(Site Descriptive Model)技術	地質・構造モデル 岩盤物性モデル 地下水流動モデル 地化学モデル	-	-	・レファレンス処分場概念の安全性評価、工学的成立性提示が可能な地質構造モデルを作成可能であること	・基本的な技術は構築されている ・SDMは分野毎、調査段階毎に複数の概念モデルが提案されるが、必ずしも整合したものとはなっていない可能性が高い 【NUMO・DOE共研: 統計学的手法に基づく地下水流動評価手法の検討(～2007)】	・各種調査結果の生データをSDMへ入力するための方法論の確立および手法の開発 ・異なる分野の地質環境情報を解釈・統合するGeoSynthesisに関する方法論の整備		○		○		○	○	○	○	○	
自然環境評価	自然環境調査	大気質、河川、湖沼 海域、地下水、植物、動物	-	-	・継続的に調査・モニタリングを実施することにより、現状レベルの調査評価手法で環境影響評価を実施可能	・新たな重要技術課題はない		-	-	-	-	-	-	-	-	-			

3.3 様式3：サポートする技術に係わる達成目標レベル，開発課題等

様式1で示したそれぞれのサポートする技術毎に，達成目標レベルを設定し，現状レベルの分析を踏まえて導かれる開発課題を整理した。

さらに，開発課題を解決するゴールの時期を踏まえて課題の優先度を設定し，課題の役割分担として，事業化に向けた原環機構実施分と基盤研究とに分類した。

表 3-19 様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (地質環境の長期安定性) (1 / 2)

青文字: 特に重要な技術開発課題, 斜文字: 本技術開発ニーズ検討において導出された技術開発課題のうち, 「地層処分基盤研究開発に関する全体計画」において明記されていないもの

小項目	サポートする技術			達成目標レベル/現状レベル/開発課題の整理			開発課題の優先度			開発課題解決必要時期		開発課題の分類	分類の理由	
				達成目標レベル	現状レベル	開発課題	I	II	III	概要調査実施前	精密調査地区選定時			
火成活動の長期安定性評価	従来手法の組み合わせによる一連の火成活動評価	①広域の過去～第四紀の火山の時空間的な活動特性の評価	地表踏査, 岩石記載, 年代測定, 化学分析	・必要なデータを取得・解析し概略的な評価ができること	・個々の技術はほぼ十分なレベルにある 【NUMO: 精密調査地区選定のための調査・評価手法の高度化・体系化】	・特になし	-	-	-	-	-	-	-	
		②広域の火山活動に関連する地殻～マントル内構造と地殻変動の評価	地震波速度解析, 電磁探査(MT法), 微小地震観測	・必要なデータを取得・解析し概略的な評価ができること	・個々の技術はほぼ十分なレベルにあるが, 信頼性向上・効率化に関する課題はある 【国: 防災分野の地震波速度解析(トモグラフィ)】 【基盤(HLW): (A)-(3)-②, 地下深部のマグマ・高温流体等の調査技術(JAEA)】 【NUMO: 精密調査地区選定のための調査・評価手法の高度化・体系化】	・特になし	-	-	-	-	-	-	-	
		③第四紀火山の活動特性と形成発達史の評価	空中写真判読, レーザ画像解析, 地表踏査, 岩石記載, 年代測定, 化学分析	・対象とする火山に関するデータを取得・解析し精度の高い評価ができること	・個々の技術はほぼ十分なレベルにあるが, 古い火山ほど分布が限られ調査・評価が難しい ・複数のテフラを用いた第三紀/第四紀境界付近の火山の評価手法が検討されている 【NUMO: 精密調査地区選定のための調査・評価手法の高度化・体系化】 【基盤(HLW): (A)-(3)-②, 第四紀の火山・地熱活動等の調査技術(JAEA)】	・後期鮮新世～前期更新世の火山に対する調査・評価方法の高度化	-	○	-	○	-	○	基盤研究	調査・評価方法の高度化は基盤的な研究である
		④火山体の地下構造とマグマ移動性の評価	地震波速度解析, 電磁探査(MT法), 微小地震観測, 地殻変動測定(GPS, 合成開口レーダー, 傾斜・歪計など), 地下水・温泉ガス等の地球化学	・対象とする火山に関するデータを取得・解析し精度の高い評価ができること	・個々の技術はほぼ十分なレベルにあるが, 信頼性向上・効率化に関する課題はある 【国: 防災分野の地震波速度構造解析(地震波トモグラフィ, レーザ干渉解析)】 【基盤(HLW): (A)-(3)-②, 地下深部のマグマ・高温流体等の調査技術(JAEA)】 【NUMO: 精密調査地区選定のための調査・評価手法の高度化・体系化】	・個々の調査手法の改良と適用事例の拡充	-	○	-	○	-	○	基盤研究	調査手法の改良と適用事例の拡充は基盤的な研究である
	従来手法を補足するための評価	確率論的な評価		・将来数万年間の火山の発生確率を求めることができること	・JAEAやNUMOで検討されているが, 信頼性向上・効率化に関する課題はある 【基盤(HLW): (A)-(3)-②, 火山活動等の長期予測モデルの開発(JAEA)】 【NUMO: テクトニクスに関する評価手法の検討(国際テクトニクス会議)】	・確率論的評価の使い方の検討(A)と手法の高度化(データが十分な場合の統計評価, データが不十分な場合の補完方法等)(B)	-	○	-	○	-	○	NUMO(A), 基盤研究(B)	使い方の検討(A)については実施主体の業務であるが, 評価手法の高度化(B)は基盤的な研究である
断層活動の長期安定性評価	従来手法による活断層評価	活断層帯, 活褶曲・活拗曲帯, 伏在断層等の分布, 活動性の評価	空中写真判読, 地形・地質調査, 年代測定, ボーリング調査, トレンチ調査, 物理探査(放射法地震探査, 音波探査など)	・活断層の分布と過去十数万年間あるいはそれ以前の活動性を推定できること	・基本的には十分なレベルにあるが, 信頼性向上・効率化に関する課題はある ・鳥取県西部地震等の明瞭な地表変位を伴わない活断層に対する調査・評価手法が検討されている 【国, 自治体: 防災分野の活断層調査(沿岸域含む)】 【NUMO: 精密調査地区選定のための調査・評価手法の体系化】 【基盤(HLW): (A)-(3)-①, 地下の活断層に関する調査技術(JAEA)】 【NUMO: 活褶曲・活拗曲・活断層帯の影響範囲の評価手法構築】	・隆起特性と合わせた過去十数万年間の断層活動履歴に関する体系的な調査・評価手法の高度化 ・海上ボーリング等による沿岸域の活断層調査・評価技術の適用事例の拡充(A)および体系化(B) ・活構造検出技術の高度化(空中写真判読支援システムの開発等) ・物理探査結果(イメージ)の統一的な解釈方法の整備	-	○	-	○	○	○	基盤研究 基盤研究(A), NUMO(B) 基盤研究 基盤研究	調査・評価手法の高度化は基盤的な研究である 技術の適用事例の拡充(A)は基盤的な研究であるが, 体系化(B)は実施主体の業務である 技術の高度化は基盤的な研究である 解釈方法の整備は基盤的な研究である
		従来手法を補足するための評価	変動地形が明瞭でない活断層, 伏在断層等の分布, 活動性の評価		・分布範囲と過去十数万年間あるいはそれ以前の活動特性を推定できること	・鳥取県西部地震等の明瞭な地表変位を伴わない活断層に対する調査・評価手法が検討されている 【基盤(HLW): (A)-(3)-①低活動性の活断層に関する調査技術(水素, 希ガスをを用いた地球化学的調査手法)(JAEA)】	・適用事例の拡充(A)および手法の体系化(B)	-	○	-	○	-	○	基盤研究(A), NUMO(B)

表 3-20 様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (地質環境の長期安定性) (2 / 2)

青文字: 特に重要な技術開発課題, 斜文字: 本技術開発ニーズ検討において導出された技術開発課題のうち, 「地層処分基盤研究開発に関する全体計画」において明記されていないもの

小項目	サポートする技術			達成目標レベル/現状レベル/開発課題の整理			開発課題の優先度			開発課題解決必要時期		開発課題の分類	分類の理由
				達成目標レベル	現状レベル	開発課題	I	II	III	概要調査実施前	精密調査地区選定時		
断層活動の長期安定性評価	従来手法を補足するための評価	活動間隔の長い活断層の評価(地質断層の再活動性の評価), 活断層の分岐・伸展等の評価	・対象とする断層の活動性を評価できること	・活動性評価については地化学と断層岩の調査を組合せた手法や若い(第四紀)断層岩の年代測定手法が検討されている ・地質断層の再活動性については, 第2次取りまとめおよび平成17年取りまとめで, 活断層帯延長部に対する検討や後背山地の隆起速度を考慮した検討の必要性が指摘されている 【基盤(HLW):(A)-(3)-①, 低活動性の活断層に関する調査技術(水素, 希ガスをを用いた地球化学的調査手法)(JAEA)】 【NUMO: 断層活動年代の測定手法に関する検討】 【基盤(HLW):(A)-(3)-②, 第四紀の火山・地熱活動等の調査】	・適用事例の拡充(A)および手法の体系化(B) ・若い年代(第四紀)の測定手法の実用化 ・地質断層の再活動性に関する考え方, 調査・評価の対象・方法等に関する検討	○	○	○	○	○	基盤研究(A), NUMO(B) 基盤研究 基盤研究	適用事例の拡充(A)は基盤的な研究であるが, 体系化(B)は実施主体の業務である測定手法の実用化は基盤的な研究である 地質断層の再活動性に関する検討は基盤的な研究である	
		確率論的な評価	・将来数万年間の断層による変位の発生確率を求めることができること	・発生頻度と規模については地震防災分野で検討されている ・分布・位置についてはNUMO等で検討されているが, 信頼性向上・効率化に関する課題がある 【NUMO: 統計学的な断層発生確率の評価】 【NUMO: テクトニクスに関する評価手法の検討(国際テクトニクス会議)】	・確率論的評価の使い方の検討(A)と手法の高度化(データが十分な場合の統計評価, データが不十分な場合の補充方法等)(B)		○		○	NUMO(A), 基盤研究(B)	使い方の検討(A)については実施主体の業務であるが, 評価手法の高度化(B)は基盤的な研究である		
隆起・侵食の長期安定性評価	従来手法による隆起・侵食量の評価	空中写真判読, 地表踏査, 地層年代調査, 段丘対比・編年調査, ボーリング調査, トレンチ調査, 物理探査など	・過去十数万年間あるいはそれ以前からの隆起・沈降量, 侵食量を推定できること	・個々の技術は十分なレベルにあるが, 体系的な調査・評価の実績は少ない 【基盤(HLW):(A)-(3)-③, 隆起・沈降量等に関する調査技術(JAEA)】 【NUMO: 精密調査地区選定のための調査・評価手法の高度化・体系化】	・現地調査の積み重ねによる信頼性向上 ・断層活動と組合わせた体系的な調査・評価手法の適用事例の拡充と高度化	○	○	○	○	基盤研究 基盤研究	現地調査による手法の信頼性向上は基盤的な研究である 手法の適用事例の拡充と高度化は基盤的な研究である		
		従来手法を補足するための評価	段丘が分布しない地域の評価	・過去十数万年間あるいはそれ以前からの侵食量を間接的あるいは直接的に推定できること	・旧河道の堆積物の年代と高度分布から隆起量を推定する手法を開発中 ・岩石・鉱物の化学組成・結晶構造, 有機物組成等の温度・時間指標を用いた間接的手法を開発中 ・埋没谷, 宇宙線曝露起源の同位体や閉鎖温度の低い鉱物を用いた年代測定による直接的評価手法を開発中 【基盤(HLW):(A)-(3)-③, 侵食速度に関する調査技術(JAEA)】 【NUMO: 精密調査地区選定のための調査・評価手法の高度化】	・岩石・鉱物の化学組成・結晶構造, 有機物組成等の温度・時間指標を用いた間接的手法, および埋没谷, 宇宙線曝露起源の同位体や閉鎖温度の低い鉱物を用いた年代測定による直接的評価手法の実用化 ・複数の調査手法を組み合わせた体系的な評価手法の高度化 ・地形形成条件に応じた調査・評価手法の検討	○	○	○	○	基盤研究 基盤研究 基盤研究	要素技術の開発は基盤的な研究である 評価手法の高度化は基盤的な研究である 地形形成条件に応じた調査・評価手法の検討は基盤的な研究である	
	気候・海水準変動を考慮した評価	・過去十数万年間あるいはそれ以前からの気候・海水準変動を推定できること	・汎地球規模の変動幅は推定することができる ・東濃・梶延地域での事例検討が行われている 【基盤(HLW):(A)-(3)-③, 気候・海水準変動に関する調査技術(JAEA)】	・気候・海水準変動の調査・評価技術の高度化	○			○		基盤研究	調査・評価手法の高度化は基盤的な研究である		
	地形変化を考慮した評価	・過去十数万年間あるいはそれ以前からの地形変化を推定できること	・現地調査に基づく方法とモデルに基づく方法が検討されているが, 信頼性向上・効率化に関する課題はある 【基盤(HLW):(A)-(3)-③, 三次元地形変化モデルの開発(JAEA)】	・複数の調査手法を組み合わせた体系的な評価手法の高度化 ・地形形成条件に応じた調査・評価手法の高度化 ・地形変化モデルの高度化	○	○	○	○	○	基盤研究 基盤研究 基盤研究	評価手法の高度化は基盤的な研究である 調査・評価手法の高度化は基盤的な研究である 調査・評価手法の高度化は基盤的な研究である		
地質環境の超長期評価	決定論的評価	・安全評価で求められた場合に不確実性を含めて評価できること	・プレート運動の継続性を含め, 評価の可能性に関して専門家の合意は得られていない	・天然事象の10万年を超える超長期評価の考え方に関する検討(サイト選定に必要な要件ではないが, 安全評価に関する最近の動向を踏まえ, 超長期評価の可能性や不確実性に関する科学的な立場からの検討が必要)	○				○	NUMO(基盤研究)	評価の考え方に関する検討は実施主体の業務である(検討結果により必要に応じて基盤研究を実施する)		
	確率論的評価	・安全評価で求められた場合に不確実性を含めて評価できること	・NUMOで検討されているが, 信頼性向上・効率化に関する課題はある 【NUMO: テクトニクスに関する評価手法の検討(国際テクトニクス会議)】	・確率論的評価の使い方の検討(A)と手法の高度化(データが十分な場合の統計評価, データが不十分な場合の補充方法等)(B)		○		○		NUMO(A), 基盤研究(B)	使い方の検討(A)については実施主体の業務であるが, 評価手法の高度化(B)は基盤的な研究である		

表 3-21 様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (人工バリア (HLW)) (1 / 3)

青文字 : 特に重要な技術開発課題, 斜文字 : 本技術開発ニーズ検討において導出された技術開発課題のうち, 「地層処分基盤研究開発に関する全体計画」において明記されていないもの

小項目	細目	サポートする技術	達成目標レベル/現状レベル/開発課題の整理			開発課題の優先度			課題解決必要時期		開発課題の分類	分類の理由
			達成目標レベル	現状レベル	開発課題	I	II	III	概要調査実施前	精密調査地区選定時		
人工バリアの概念設計 [HLW]	オーバーバックの概念設計	オーバーバック設計手法	[炭素鋼] ・多様な地質環境に適した汎用化された設計手法に基づいて, 事業化に向けてサイトに特有な特性を考慮した設計手法を整備すること [銅, チタン] ・第2次取りまとめで示されている設計手法に基づいて, 最新の腐食挙動理解等の成果を取り入れて設計ができること	[炭素鋼, 銅, チタン] ・多様な地質環境に適するように汎用化された設計手法が構築され, 幌延URLの地質環境を例として設計フローの適用性が示された。ただし, 事業化の観点からの設計手法の整備が必要 【基盤(HLW):(B)-(2)-①-a), データベース化と評価手法の体系化(JAEA)】	[炭素鋼] ・事業化に向けた設計手法の高度化 [銅, チタン] (第2次取りまとめに記載の設計手法で対応予定)		○			○	NUMO	すでに実用化レベルに達しており, 事業者の視点を取り入れた設計手法の検討段階にある
	ニアフィールド環境影響評価技術		[炭素鋼, 銅] ・概念設計および性能評価に必要なニアフィールドの化学環境, 熱環境について, 基本的なプロセスに関する知見が収集され, 不確実性を考慮して, 環境の変遷が予測されていること [チタン] ・ニアフィールド環境のうちチタンの腐食挙動に影響を与える因子が把握されていること	[炭素鋼] ・腐食挙動に影響を与える因子として, 石膏の沈殿, 硫酸塩の濃縮挙動が起こることが知られている。また, 不飽和状態では, 現象の解明, 連成解析による予測などが試みられている。現状では, 腐食挙動への影響は顕著ではないことが分かっている [銅] ・石膏の沈殿, 硫酸の濃縮挙動が起こることが知られている。ただし, 銅の腐食挙動への影響評価が必要 [チタン] ・隙間腐食挙動に対する塩濃度, 温度等の影響が把握されている 【基盤(HLW):(B)-(2)-①-a), 塩水環境下処分技術調査(ANRE)】	[炭素鋼, 銅, チタン] ・オーバーバック表面への塩濃縮現象(硫酸根, 炭酸根), 不飽和状態のニアフィールド環境の腐食挙動への影響評価技術の高度化		○		○	基盤研究	現象理解やモデルの構築が主であり, 基盤的な研究テーマと考えられる	
	腐食挙動評価技術		[炭素鋼] ・腐食挙動が全面腐食挙動となる条件を把握し, ニアフィールド環境(温度, 外荷重, 化学条件等)において, 応力腐食割れ等が生じないことが保守性をもって示されること ・サイト地質環境下での腐食速度を, 腐食データベース等を用いて評価し, 腐食代を設定できること [銅] ・サイト地質環境下での腐食挙動が予測できるように, 複合的な環境因子(酸素濃度, 硫酸塩, 炭酸濃度, pH等)への腐食速度の依存性等について現象が解明されていること ・サイト地質環境下での腐食速度を試験データに基づいて評価できるようにデータが収集されていること [チタン] ・不動態化, 水素脆化等の腐食挙動の現象理解が進み, オーバーバック材料のオプションとしての実現性が示されていること	[炭素鋼] ・降水系, 海水系モデル地下水を用いて, 炭素鋼の腐食挙動について, 多くの知見が得られている ・腐食速度の評価についても基本的なデータはすでに取得されている ・腐食試験データの拡充により, 腐食速度の再評価が実施され, 従来の評価値が5倍程度高く, 保守的であることや, 鉄器の考古学的なナチュラルアナログ研究からも鉄が長期的に耐食性を有することが示されている ・環境因子(100℃超環境, 放射線影響(下記), 微生物影響)に関する影響の評価手法, 長期試験による腐食挙動に関する理解の検証が必要 [銅] ・還元環境下であれば硫化物濃度に依存した腐食速度の評価が行われている。ただし, 酸化環境下の複合的な環境因子(酸素濃度, 硫酸塩, 炭酸濃度, pH等)を腐食挙動の現象理解については, 継続的な研究が必要 [チタン] ・不動態化や水素脆化について研究事例がある。ただし, 継続的な現象理解の実施が必要 【基盤(HLW):(B)-(2)-①-a), 腐食寿命評価手法の構築(JAEA)】 【基盤(HLW):(B)-(2)-①-a), オーバーバック表面100℃超での腐食挙動に関わる検討(JAEA)】 【基盤(HLW):(B)-(2)-①-a), ナチュラルアナログ事例研究の集約(JAEA, ANRE)】 【基盤(HLW):(B)-(2)-①-a), 腐食データおよび評価手法に関する体系化(JAEA, ANRE)】	[炭素鋼] ・サイト環境における腐食挙動の評価手法の高度化 ・高温環境での腐食挙動の把握 腐食挙動の評価手法の体系化 ・不飽和状態における腐食挙動の現象理解の高度化 ・ オーバーバックの現実的な性能評価に向けた, 腐食速度の再設定, 腐食生成物の安全機能への寄与の評価などに関連する現象理解の高度化およびデータ拡充 [銅] ・不飽和状態における複合的な環境因子(硫酸塩, 炭酸濃度, pH等)を考慮した腐食挙動の現象理解の高度化 [チタン] ・不動態化, 水素脆化の塩濃度への依存性等の腐食挙動の現象理解研究と腐食挙動の評価手法の体系化	○				○	基盤研究	現象理解やモデルの構築が主であり, 基盤的な研究テーマと考えられる
	腐食挙動に対する放射線影響評価技術		[炭素鋼, 銅, チタン] ・放射線影響の評価方法について再考し, 放射線厚みの再評価を実施できること	[炭素鋼] ・第2次取りまとめでは, 放射線分解によって生じた酸化性化学種の供給速度が炭素鋼の不動態保持電流密度(腐食速度換算: 約0.1 μm/y)を十分下回るよう, 遮蔽厚さが設定されている 現在, 放射線による腐食への影響について実験的な検討が進められているが, 緩衝材中では照射による影響は認められておらず, 今後, 設計要件の見直し, 評価手法の検討が必要 [銅, チタン] ・銅については炭素鋼と同様, 緩衝材によって影響が緩和されるという報告がある。チタンについては照射による顕著な影響は観察されていないが, 340Gy/hで水素吸収がやや促進される兆候を示す結果がある。より低線量率での影響についてはデータがない 【基盤(HLW):(B)-(2)-①-a), バリアシステム放射線影響評価(JAEA, ANRE)】	[炭素鋼, 銅, チタン] ・ オーバーバック腐食挙動に対する放射線影響の評価手法の高度化	○				○	基盤研究	現象理解やモデルの構築が主であり, 基盤的な研究テーマと考えられる

表 3-22 様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (人工バリア (HLW)) (2 / 3)

青文字 : 特に重要な技術開発課題, 斜文字 : 本技術開発ニーズ検討において導出された技術開発課題のうち, 「地層処分基盤研究開発に関する全体計画」において明記されていないもの

小項目	細目	サポートする技術	達成目標レベル/現状レベル/開発課題の整理			開発課題の優先度			課題解決必要時期		開発課題の分類	分類の理由
			達成目標レベル	現状レベル	開発課題	I	II	III	概要調査実施前	精密調査地区選定時		
人工バリアの概念設計 [HLW]	オーバーバックの概念設計	オーバーバック力学挙動評価技術	[炭素鋼, 銅, チタン] ・サイト環境において外荷重(静水圧・膨潤圧・圧密反力等)に対して十分な強度を有し, 変形によりオーバーバックの密閉性が損なわれないことを示せること ・照射脆化挙動が, オーバーバックの構造強度に対して支障がないこと	[炭素鋼, 銅, チタン] ・外荷重に対する設計の考え方については, 第2次取りまとめで示されており, 基本的な技術開発は終了している。ただし, 地震荷重などへの考え方について, 整備したのち, 外荷重に対する設計手法を高度化する必要がある ・中性子フラックスに基づいた評価では影響がないことが確認されている。ただし, 長期間・低線量での照射影響については, 最新の知見に基づいた評価により影響がないことの確認が必要	[炭素鋼, 銅, チタン] ・外荷重に対する設計手法の高度化(緩衝材膨潤圧, 圧密反力, 岩盤変形等) ・長期間・低線量での照射影響評価の高度化		○			○	基盤研究	長期間・低線量での照射影響評価については, 現象理解が主であり, 基盤的な研究テーマと考えられる
		遠隔溶接封入・検査技術	[炭素鋼] ・遠隔溶接により, 所定の品質の溶接が達成できることが実証的に示されていること ・レファレンス溶接技術の選定に向け, 溶接に必要な技術と溶接部品質の評価法について十分な知見が得られていること [銅, チタン] ・溶接封入が技術的に可能であることが示されていること	[炭素鋼] ・各種の溶接法の適用性が実規模試験により品質, 蓋構造との関係を含めてデータの拡充が進められ, 溶接部の長期健全性の考え方について知見が蓄積されている。ただし, 継続的な技術開発を進め, 遠隔システムとしての完成度を高めることが必要 [銅, チタン] ・溶接技術が海外等で実証的に開発されている 【基盤(HLW):(B)-(2)-①-a), 遠隔操作技術高度化調査(ANRE)】	[炭素鋼] ・溶接技術, および非破壊検査技術の遠隔システムとしての高度化 [銅, チタン] ・溶接技術高度化		○			○	基盤研究	現象理解やモデルの構築が主であり, 基盤的な研究テーマと考えられる
		溶接部腐食挙動評価技術	[炭素鋼, 銅, チタン] ・サイト環境において溶接部の腐食挙動がオーバーバックの安全機能に著しい影響を与えないこと, あるいは適切な対策が具体的に示されていること	[炭素鋼] ・溶接部の腐食挙動について試験データの拡充が進められ, 母材との比較により腐食形態毎に溶接部の特徴に関する知見が蓄積されている。ただし, 継続的な検討により溶接部の耐食性のデータを拡充することが必要 [銅] ・海外で評価事例があるが, 試験データに限られている [チタン] ・溶接部の水素脆化に関する実験的な研究に着手 【基盤(HLW):(B)-(2)-①-a), 溶接部耐食性評価(JAEA)】	【炭素鋼】 ・溶接部の耐食性評価技術の高度化 ・溶接部の腐食速度低減対策の技術の高度化 [銅] ・溶接方法の選定も含めた, 腐食挙動の現象理解の高度化 [チタン] ・溶接部腐食挙動の現象理解の高度化	○				○	基盤研究	現象理解やモデルの構築が主であり, 基盤的な研究テーマと考えられる
		オーバーバック製作技術	[炭素鋼, 銅, チタン] ・オーバーバックの製作が可能なることの見通しを得ること	[炭素鋼, 銅, チタン] ・鍛造による材料製作・成型加工は, 既存技術で問題ないことを確認済み ・オーバーバック製作における, 中実鍛造材と中空鍛造材との合理性・経済性等の比較検討が必要	[炭素鋼] ・既存技術により対応 [銅, チタン] ・複合オーバーバックの製作技術の高度化		○			○	NUMO	すでに実用化レベルに達しており, 調達性などの事業者の視点を取り入れた検討段階にある
	緩衝材の概念設計	緩衝材設計手法	・多様な地質環境に適するように汎化された設計手法に基づいて, 事業化に向けてサイトに特有な特性を考慮した設計手法を整備すること	・多様な地質環境に適するように汎化された設計手法が構築され, URLの地質環境を例として設計フローの適用性が示されている。ただし, 事業化に向けた設計手法の最適化が必要	・事業化に向けた設計手法の開発		○			○	NUMO	すでに実用化レベルに達しており, 事業者の視点を取り入れた設計手法の検討段階にある
		緩衝材基本特性評価技術	・複数の代表的なベントナイト材料について緩衝材としての基本特性データに基づいて, 具体的なサイト環境において十分な要求性能が発揮されることを示せること	クニゲルVIを代表例として, 透水係数や膨潤圧等といったデータが降水系~海水系地下水条件に対して求められデータベース化されている ・研究機関において, 透水試験, 膨潤圧試験および熱特性試験について, データ取得手法の標準化に関する検討が進められている ・海外産ベントナイトについては, 海外において知見が蓄積されつつある ・ただし, 粒状ベントナイト, 海外産ベントナイトなどの試料での特性データの取得, あるいは既往データベースの適用性検討, 力学特性データの拡充等が必要 【基盤(HLW):(B)-(2)-①-b), 基本特性データベースの構築(JAEA)】	・緩衝材の材料仕様選定のための国内外ベントナイト系緩衝材の以下の基本特性データの蓄積 ○粒状ベントナイト, 海外産ベントナイトなどの試料での特性データの取得あるいは既往データベースの適用性検討 ○圧縮ベントナイトを用いた降水~海水系地下水条件における力学特性データの拡充 ○自己シール性の設計基準に関わるデータの拡充 ○緩衝材の圧密特性データの拡充 ○圧縮ベントナイトを用いたセメント影響を考慮した基本特性データの取得		○		○	基盤研究	現象理解やモデルの構築が主であり, 基盤的な研究テーマと考えられる	
		コロイド移行特性評価技術	・緩衝材仕様に対してコロイド移行特性が評価され, 核種移行評価上, コロイド移行特性が主要なプロセスとならないことが確認されていること	・第2次取りまとめのレファレンスケース仕様に対して金コロイドを用いて, コロイドが濾過されることが試験的に確認されている。ただし, 緩衝材仕様を変更する場合には, 確認が必要。また, 評価方法についても高度化が必要	・コロイド移行特性評価技術の高度化		○			○	基盤研究	現象理解やモデルの構築が主であり, 基盤的な研究テーマと考えられる
		遠隔搬送・定置技術										

< 地下施設(共通) - 建設・操業・閉鎖システムの概念設計 - 操業の観点からの検討' 参照 >

表 3-23 様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (人工バリア (HLW)) (3 / 3)

青文字 : 特に重要な技術開発課題, 斜文字 : 本技術開発ニーズ検討において導出された技術開発課題のうち, 「地層処分基盤研究開発に関する全体計画」において明記されていないもの

小項目	細目	サポートする技術	達成目標レベル/現状レベル/開発課題の整理			開発課題の優先度			課題解決必要時期		開発課題の分類	分類の理由
			達成目標レベル	現状レベル	開発課題	I	II	III	概要調査実施前	精密調査地区選定時		
人工バリアの概念設計 [HLW]	処分システムの長期挙動の理解	ニアフィールド現象の総合的な理解・評価に関する技術	・人工バリアの各構成要素および要素間の長期挙動を設計・性能評価に反映させることを目的として, ニアフィールド環境の長期的な変遷と評価に関するシナリオが, 人工バリア全体として相互に矛盾がないこと	・人工バリアの各構成要素毎に保守性を考慮したパラメータ設定が進められている ・総合的なシステムとしての整合性については, 更なる議論が必要	・ニアフィールド環境の長期的な変遷と評価に関するシナリオ, モデルの構築		○			○	NUMO	シナリオの考え方の検討は, 事業者としての安全確保の考え方に相当
		熱-水-応力-化学連成現象評価技術	・概念設計および性能評価に必要なニアフィールドの化学環境, 熱環境について, 基本的なプロセスに関する実験データや連成モデルの知見が収集され, 不確実性を考慮して, 再冠水挙動が予測できること	・熱-水連成解析により再冠水挙動と温度の変遷, および塩濃縮現象の予測への適用性の確認が実施されている 【基盤(HLW):(B)-(3)-⑤, 連成解析コードの開発・検証(JAEA)】	・過渡期のニアフィールド現象の評価に向けた, 再冠水挙動や塩濃縮現象等の連成現象に関する現象理解, コードの高度化およびデータ拡充	○				○	基盤研究	現象理解やモデルの構築が主であり, 基盤的な研究テーマと考えられる
		高温環境下における緩衝材の長期挙動・特性の理解・評価に関する技術	・ニアフィールド領域の温度分布の時間的変遷に基づいて, 緩衝材がさらされる環境を明らかにし, 鉱物学的な観点から, 高温環境下における緩衝材内での反応プロセスを明らかにし, 緩衝材の安全機能に支障がないことが確認できること	・イライタ化やクロライト化などによる膨潤性や吸着性の低下が懸念されていたが, 第2次取りまとめで, K供給量, 最高到達温度, 発熱期間の関係から安全機能に支障がないことが示されている ・100度を超える環境でのベントナイトの安定性について試験検証が進められている ・温度履歴を有するベントナイトについては, 膨潤性が低下する可能性が示されているが, さらなる現象の理解が必要	・高温環境における緩衝材機能の変化に関する現象理解の高度化					○	基盤研究	現象理解やモデルの構築が主であり, 基盤的な研究テーマと考えられる
	処分システムの長期挙動の理解	オーバーバック-緩衝材の相互作用の理解・評価に関する技術	[炭素鋼] ・オーバーバックの腐食に伴う, 鉄の供給量や移行が拡散律則であること, 温度分布と発熱期間などを考慮して, 緩衝材がさらされる環境をあきらかにし, 鉄-ベントナイトの相互作用の反応プロセスを評価し, 緩衝材の安全機能に支障がないことが確認できること [銅・チタン] ・相互作用に関する現象が把握され, 緩衝材の安全機能に支障がないことが確認できること	・鉄-ベントナイト相互作用について, 物質移行-化学連成解析により長期間の緩衝材の材料学的な変化を予測するシミュレーションが開発されつつある ・室内試験やナチュラルアナログ研究を通して, 現象の理解などが深められつつある 【基盤(HLW):(B)-(3)-②-b, 緩衝材の長期変質挙動】	・オーバーバック-緩衝材界面の温度・化学環境の現実的な設定に基づいた, 相互作用影響の評価手法の高度化	○				○	基盤研究	現象理解やモデルの構築が主であり, 基盤的な研究テーマと考えられる
		セメント-ベントナイト相互作用の理解・評価に関する技術	<' TRU廃棄物処分人工バリア長期特性評価技術(セメント-ベントナイト反応)' 参照>	・セメント-ベントナイト相互作用影響の評価手法の高度化	-				-	-	-	-
		オーバーバック沈下・腐食膨張挙動の理解・評価に関する技術	・物理的緩衝性を示すために, 岩盤変形に対する緩衝材の変形挙動や腐食膨張による変形挙動を解析し, オーバーバックの破壊が起こらないことを示せること。また, 緩衝材の圧密によるオーバーバックの長期沈下量を見積もり, 緩衝材の要求機能に著しい影響がないこと	・二次圧密の加速挙動に係るデータ取得や海水系地下水条件下でのパラメータ設定についての考え方の整理を通じて, 評価手法が提示されている ・岩盤クリープを考慮した評価手法として, 岩盤と緩衝材の三次連成解析手法が提示される 【基盤(HLW):(B)-(3)-②-a, 緩衝材の長期力学的変形挙動】	・長期圧密挙動の理解とその予測モデルの精緻化 ・腐食膨張に関する現象理解と予測モデルの高度化					○	基盤研究	現象理解やモデルの構築が主であり, 基盤的な研究テーマと考えられる
	偏膨潤・不均一膨潤等の理解・評価に関する技術	・偏膨潤や不均一膨潤について実測データを整備し, 安全機能や性能評価に支障がないことを確認できること	・施工時の隙間充填などについて要素試験により知見が取得されている ・定置の品質管理と合わせて議論が始められている	・偏膨潤・不均一膨潤に関する品質保証方法の検討 ・模型試験による偏膨潤・不均一膨潤の現象把握					○	基盤研究	現象理解やモデルの構築が主であり, 基盤的な研究テーマと考えられる	
	岩盤変形に伴う人工バリア領域の変形挙動評価技術	・岩盤変形に伴う人工バリアが変形する場合の緩衝材・オーバーバックの力学的挙動解析により, オーバーバックの破壊等が起こらないことが示されること	・亀裂のズレを想定した模型試験およびシミュレーション解析により, 緩衝材が岩盤変形に対して塑性変形し, また, 緩衝材内でオーバーバックが回転することにより変形を解消し, オーバーバックの破壊が起こらないことが確認されている	・模型試験による挙動評価および解析パラメータ, データの拡充 ・実規模スケールへの評価技術の高度化					○	基盤研究	現象理解やモデルの構築が主であり, 基盤的な研究テーマと考えられる	
	緩衝材の流出・侵入挙動の理解・評価に関する技術	・サイトの岩盤の亀裂の分布状況を考慮して, 岩盤亀裂中への緩衝材の侵入・浸食挙動を把握し, 緩衝材の安全機能に著しい影響がないことを確認できること	・亀裂を模擬した室内試験により, 緩衝材の流出, 侵入挙動を観測し, 亀裂開口幅と侵入量等に関するデータの拡充, およびシミュレーション解析の適用性確認が行われている	・模型試験による挙動評価および解析パラメータ, データの拡充 ・性能評価に向けた疑似コロイド形成条件の整理 ・実規模スケールへの評価技術の高度化					○	基盤研究	現象理解やモデルの構築が主であり, 基盤的な研究テーマと考えられる	
	ガス移行挙動の理解・評価に関する技術	・炭素鋼オーバーバック, PEM容器の腐食により発生するガスの移行挙動を解析し, 安全機能や性能評価に支障がないことを確認できる	・改良型TOUGH2やGAMBITモデルを用いたシミュレーション解析の適用性が確認された	・岩盤およびベントナイトを対象としたデータの拡充とモデルの改良・高度化					○	基盤研究	現象理解やモデルの構築が主であり, 基盤的な研究テーマと考えられる	

表 3-24 様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (地下施設 (共通)) (1 / 2)

青文字 : 特に重要な技術開発課題, 斜文字 : 本技術開発ニーズ検討において導出された技術開発課題のうち, 「地層処分基盤研究開発に関する全体計画」において明記されていないもの

小項目	細目	サポートする技術	達成目標レベル/現状レベル/開発課題の整理			開発課題の優先度			課題解決必要時期		開発課題の分類	分類の理由	
			達成目標レベル	現状レベル	開発課題	I	II	III	概要調査実施前	精密調査地区選定時			
地下施設の概念設計	性能評価の観点からの検討	性能評価技術	・候補位置の性能(設置した場合の最終線量予想)が工学的な観点から当該候補地が処分場の建設に支障がないことを示したうえで, 精密調査段階において, 地下施設(および地下の調査施設)の位置, 深度, 広がり, 対象地層, (坑道断面)等が大幅に変更しない程度で提供できること	<'閉鎖後安全性の評価'参照>									
	空洞安定性の観点からの検討	坑道設計, 掘削時・操業時空洞安定性評価技術	・深度, 坑道方向, 坑道間孔間距離, 断面形状, 支保仕様が工学的な観点から当該候補地が処分場の建設に支障がないことを示したうえで, 精密調査段階において, 地下施設(および地下の調査施設)の位置, 深度, 広がり, 対象地層, (坑道断面)等が大幅に変更しない程度で提供できること	・空洞安定性, 耐震性に関する設計技術など必要な技術は実用化されている。ただし, 地下深部における適用性の検討が必要である 【基盤(HLW):(B)-(2)-③-a), 設計手法(幌延URL)(JAEA)】 【基盤(HLW):(B)-(3)-②-a), 緩衝材の長期力学的変形挙動(JAEA)】 【基盤(HLW):(B)-(3)-④), 岩盤の長期力学的変形挙動(JAEA)】	・URLを用いた地下深部に対する既往設計技術(空洞安定性, 支保, 止水など)の適用性の確認		○			○	基盤研究	URLの活用が妥当と考えられるため	
	熱設計の観点からの検討	熱解析・連成解析技術	・深度, 坑道間孔間距離, 断面形状が, 工学的な観点から当該候補地が処分場の建設に支障がないことを示したうえで, 精密調査段階において, 地下施設(および地下の調査施設)の位置, 深度, 広がり, 対象地層, (坑道断面)等が大幅に変更しない程度で提供できること	・熱解析に関する基本的な技術は実用化されている	・熱解析技術に関しては技術開発課題はない								
	併置処分の観点からの検討	セメント系充填材への熱影響評価技術 硝酸塩等の相互作用評価技術			<'TRU廃棄物処分-地下施設の設計'参照>								
建設・操業・閉鎖システムの概念設計	地下施設建設の観点からの確認	掘削工法計画・評価技術	・上記で設定したレイアウトが問題なく建設できることを見通せること	・必要な技術は実用化されているが, 地下深部における適用性の確認が必要 ・人工バリアへの影響が少ない建設材料の施工性の確認が必要	・地下深部における技術適用性の確認 ・人工バリアへの影響が少ない建設材料の施工性の確認(B)		○			○	基盤研究	(A)URLの活用が妥当と考えられるため (B)試験場所が必要であり, また, 要素技術の適用性検討であるため, 基盤的な研究であると考える	
		支保工法計画・評価技術	・精密調査段階地下実証施設における実証試験計画が立案できること										
		ズリ出し等の計画・評価技術	【基盤(HLW):(B)-(2)-③-a), 施工技術の適用性検討(幌延URL)(JAEA)】										
		湧水対処等の計画・評価技術	【基盤(HLW):(B)-(2)-②-b), 施工性(低アルカリ性セメント)(JAEA)】										
	換気・排水・冷房等計画・評価技術												
操業の観点からの検討	定置作業計画・評価技術	・当該サイト環境条件および上記で設定したレイアウトで問題なく操業できることを見通せること ・精密調査段階地下実証施設における実証試験計画が立案できること	・必要な技術は実用化されているが, 地下深部における適用性の確認が必要。 ・人工バリアに悪影響を与えない操業環境(温度, 湿度等)およびその対策が不明確	・人工バリアに悪影響を与えない操業環境(温度, 湿度等)およびその対策の検討			○			○	NUMO	設計業務であり, 実施主体が実施すべきと考えられる	
	搬送作業物流計画・評価技術	【基盤(HLW):(B)-(2)-③-b), 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)】 【基盤(HLW):(B)-(2)-③-b), 遠隔搬送定置技術(ANRE)】								○			
	人工バリア搬送・定置技術	・当該サイト環境条件および上記で設定したレイアウトで問題なく操業できることを見通せること ・精密調査段階地下実証施設における実証試験計画が立案できること	・海外では実規模スケールでのブロック定置方式, ペレット定置方式の施工性が実証的に示されている。搬送・定置に関する要素技術の適用性について実証的な検討が必要 ・既存の人工バリア仕様に基づいたPEMの仕様を示され, 製作できることが実証的に示されている。ただし, 設計合理化を含めた設計要件の整理などの, PEM設計手法の高度化が必要なほか, 搬送定置システムの高度化が必要である 【基盤(HLW):(B)-(2)-③-b), 遠隔操作技術高度化調査(ANRE)】	・PEMの設計手法の高度化に関する検討(安全機能等の検討)(A) ・人工バリア搬送・定置(PEM, ブロック, ペレット方式)に関する要素技術の開発(B)						○	NUMO(A) 基盤研究(B)	(A)PEMの概念設計や搬送システムの設計は実施主体の業務である (B)要素技術の開発および実証は, 基盤的な研究開発と考えられる	

表 3-25 様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (地下施設 (共通)) (2 / 2)

青文字: 特に重要な技術開発課題, 斜文字: 本技術開発ニーズ検討において導出された技術開発課題のうち, 「地層処分基盤研究開発に関する全体計画」において明記されていないもの

小項目	細目	サポートする技術	達成目標レベル/現状レベル/開発課題の整理			開発課題の優先度			課題解決必要時期		開発課題の分類	分類の理由
			達成目標レベル	現状レベル	開発課題	I	II	III	概要調査実施前	精密調査地区選定時		
	作業安全の観点からの検討	放射線管理計画・評価技術	・当該サイト環境条件および上記で設定したレイアウトで作業安全上問題ないことを見通せること	・岩盤空洞における空調管理等の検討が必要	・岩盤空洞における空調管理等の検討		○			○	NUMO	設計業務であり, 実施主体が実施すべきと考えられる
		廃棄体落下事故等の評価技術	・精密調査段階地下実証施設における実証試験計画が立案できること	・地下における事故評価体系(全体構想)・手法の整備が必要 ・落下による廃棄体パッケージ破損等に関するデータ取得が必要	・地下における事故評価体系(全体構想)・手法の整備 ・落下による廃棄体パッケージ破損等に関するデータ取得		○			○	NUMO	事故評価体系の検討は, 実施主体の業務である
		ラドン影響評価技術		・岩盤からの放出率のデータが必要	・岩盤からの放出率のデータ収集		○			○	基盤研究	データ取得は, 基盤的な研究であると考えられる
		地下設備の耐震設計・評価技術		・地下深部における耐震評価体系(重要度分類等)・手法の整備が必要	・地下深部における耐震評価体系(重要度分類等)・手法の整備		○			○	NUMO	評価体系の考え方の整備は実施主体の業務である
		地下坑道内の火災, 爆発の評価技術, 避難経路検討技術		・落盤, 湧水等については設計, 建設計画等で対処できる ・火災, 爆発や避難の観点からのレイアウト検討が必要	・火災, 爆発や避難の観点からのレイアウト検討のための方法論の開発				○	○	NUMO	落盤, 湧水の対策は, 設計や建設計画で対応するものであり, 実施主体の業務である
建設・作業・閉鎖システムの概念設計	閉鎖・埋め戻しの観点からの検討	プラグ・埋め戻しの水理特性評価技術	・上記で設定したレイアウトで問題なく閉鎖・埋め戻しできることを見通せること ・精密調査段階地下実証施設における実証試験計画が立案できること	・基本的考え方, 手法は整備されていると考えられる。ただし, 継続的な埋め戻し材, 止水プラグ設計のための材料の基本特性評価が必要 【基盤(HLW):(B)-(2)-(2)-a, 閉鎖要件の提示(JAEA)】 【基盤(HLW):(B)-(2)-(2)-a, 埋め戻し材および止水プラグの基盤情報の整理(JAEA, ANRE)】 【基盤(HLW):(B)-(2)-(2)-a, 原位置実規模試験計画の立案(JAEA)】 【基盤(HLW):(B)-(2)-(2)-a, 長孔に対する止水性確保に関わる既存情報の整備(JAEA)】 【基盤(HLW):(B)-(2)-(3)-b, 遠隔操作技術高度化調査(ANRE)】	・埋め戻し材, 止水プラグ設計のための基本特性評価		○			○	基盤研究	データ取得は, 基盤的な研究であると考えられる
		プラグ・埋め戻しの施工計画評価技術		・基本的考え方, 手法は整備されていると考えられる。サイト(岩盤特性)の特定後の検討に必要な技術の整備が必要	・サイトの地質環境特性に適したプラグ・埋め戻しの施工計画評価技術の開発		○			○	NUMO	施工計画は実施主体の業務
		閉鎖前の再取り出し・回収技術	・閉鎖前段階までの再取り出し, 回収の手順が示され要素技術の実現性が示されていること	・定置後の廃棄体パッケージの再取り出しに関する実証的な試験が海外URL等で実施されており, 基本的な技術の実現性について確認されている	・既往技術で原理的に対応が可能であり, 精密調査地区選定時における技術開発課題はない		-			-	-	-

表 3-26 様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (地上施設 (共通))

青文字: 特に重要な技術開発課題, 斜文字: 本技術開発ニーズ検討において導出された技術開発課題のうち, 「地層処分基盤研究開発に関する全体計画」において明記されていないもの

小項目	細目	サポートする技術	達成目標レベル/現状レベル/開発課題の整理			開発課題の優先度			課題解決必要時期		開発課題の分類	分類の理由	
			達成目標レベル	現状レベル	開発課題	I	II	III	概要調査 実施前	精密調査 地区選定 時			
地上施設・構外輸送システム の概念設計	施設収容性の検討	建屋設計技術	・候補位置・広がりに関して, 工学的な観点から当該候補地が処分場の建設に支障がないことを示したうえで, 精密調査段階において, 地上施設(およびインフラ施設)の位置, 広がり等が大幅に変更しない程度で, レイアウトで成立することを確認できること	・必要な技術は実用化されている ・様々な岩盤掘削ズリの埋め戻し材への利用可能性の検討が手薄であり, 必要な土捨て場広さが検討しにくい	・左記の岩盤掘削ズリの埋め戻し材への利用可能性の検討		○			○	基盤研究	データ取得が主であることから, 基盤的な研究であると考えられる	
		坑口設計技術											
		土捨て場設計技術											
		敷地境界線量評価技術											
		敷地造成(切土, 盛土, 埋立)設計技術											
	重要施設の耐震性の観点からの検討	基礎構造設計技術	・工学的な観点から当該候補地が処分場の建設に支障がないことを示したうえで, 精密調査段階において, 地上施設(およびインフラ施設)の位置, 広がり等が大幅に変更しない程度で, レイアウトで成立することを確認できること	・必要な技術は実用化されている	・新たな技術開発課題はないと考えられる								
		建屋・機器耐震性評価技術											
	建設・操業の観点からの検討	施設計画・設計技術							-				
		施設建設計画技術											
		操業計画技術											
	操業安全の観点からの検討	操業安全対策技術											
	港湾の位置, 仕様の検討	平面形状計画・設計技術	・工学的な観点から当該候補地が処分場の建設に支障がないことを示したうえで, 精密調査段階において, 地上施設(およびインフラ施設)の位置, 広がり等が大幅に変更しない程度で, レイアウトで成立することを確認できること	・必要な技術は実用化されている	・新たな技術開発課題はないと考えられる								
		防波堤設計技術											
		物揚場・護岸設計技術											
		物揚施設計画・設計技術											
	専用道路・専用排水路の検討	ルート計画・評価技術	・工学的な観点から当該候補地が処分場の建設に支障がないことを示したうえで, 精密調査段階において, 地上施設(およびインフラ施設)の位置, 広がり等が大幅に変更しない程度で, レイアウトで成立することを確認できること	・必要な技術は実用化されている	・新たな技術開発課題はないと考えられる								
道路構造(舗装, トンネル等)計画・設計技術													
排水計画, 排水路設計技術													

表 3-27 様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (閉鎖後安全性の評価) (1 / 4)

青文字: 特に重要な技術開発課題, 斜文字: 本技術開発ニーズ検討において導出された技術開発課題のうち, 「地層処分基盤研究開発に関する全体計画」において明記されていないもの

小項目	細目	サポートする技術	達成目標レベル/現状レベル/開発課題の整理			開発課題の優先度			課題解決必要時期		開発課題の分類	分類の理由
			達成目標レベル	現状レベル	開発課題	I	II	III	概要調査実施前	精密調査地区選定時		
閉鎖後安全性の評価	安全評価の基本的考え方[共通]	安全評価戦略構築技術	・安全規制からの要件等を踏まえた安全評価の方法論を提示できること ・不確実性への対応が示されていること ・国際的な考え方と整合していること	・HLWに対する安全規制側からの具体的な基準は整備されていないが, 余裕深度処分(LLW)ではシナリオ区分に応じた線量目安値が提示されている ・LLWの動向を鑑み, 時間フレーム, 線量基準, リスクの考え方について整理しておく必要がある ・サイト調査, 処分場設計とのリンケージを考慮した段階的な安全評価のフレームを検討している	・安全規制の具体化に伴う安全評価手法の見直し ・時間フレーム, 線量基準, リスクの考え方/それを支持する基盤情報の整備 ・セーフティーケースの考え方, 内容, 提示方法の具体化		○		○	NUMO	実施主体の業務である	
							○		○	NUMO・基盤研究	考え方の検討はNUMO, 基盤情報の整備は基盤研究	
							○		○	NUMO	実施主体の業務である	
廃棄体特性の把握 [HLW]	ガラス固化体特性評価技術	・処分場概念の構築に必要なガラス固化体特性情報が, 適切な品質管理体系の基で, 整備されていること	・第2次取りまとめで設定されたモデルガラス固化体の(インベントリを中心とした)特性やJAEAの標準ガラスを中心とした固化体の特性が整理されているが, 固化体特性のばらつきや品質保証体系の整備などについては, さらなる検討が必要 ・イエローフェーズを含む固化体の安全評価への影響について検討されたが(原子力学会), その他の固化体の特性も含めて, さらなる検討が必要	・ ガラス固化体の品質管理体系の整備(含, 再処理などの上流プロセス) ・ ガラス固化体特性のばらつき(含, イエローフェーズ)の把握 ・ 上記固化体の処分システムへの影響に関する検討	○			○	電力・JAEA・NUMO・JNFL	発生者責任の課題である		
					○		○	電力・JAEA・NUMO・JNFL	発生者責任の課題である			
					○		○	NUMO・基盤研究	設計や操業等への影響については実施主体, プロセス理解に関する検討は基盤的な研究である			
廃棄体特性の把握 [TRU]	廃棄体特性評価技術	<' TRU廃棄物処分' 参照>	<' TRU廃棄物処分' 参照>	<' TRU廃棄物処分' 参照>								
シナリオの構築[共通]	シナリオ評価技術(FEPによる分析技術)(共通)	・考慮すべきプロセスの網羅性, 十分性などについて確認できること	・FEPの相関関係の整理に関する処理を効率的に進めるための手法とツールを開発しているが, 具体的なシナリオの導出までを含めて体系化されていない	・FEPによる分析手法とシナリオへの展開までの具体化 ・FEPリスト, FEPカタログの整備・更新(サイトスペシフィック)		○		○	基盤研究	FEP分析に関する検討は基盤研究の業務		
	シナリオ構築技術(シナリオの作成・分類)	・安全規制から示されるシナリオの枠組みに即したシナリオを構築できること(例えば, 蓋然性の高いシナリオ構築など)	・専門家の合意形成やわかりやすさに配慮したストーリーボードによるシナリオ構築手法が検討されているが, 事業の実務で利用するためには, さらなる検討が必要である ・天然現象の発生や影響に関する知見をより現実的に性能評価に取り込むための手法が検討されているが, 具体的なサイトへの適用性については十分確認されていない	・トップダウンとボトムアップのアプローチを組み合わせたシナリオ構築手法の整備 ・ 蓋然性に基づく地質環境の長期的変遷を考慮したシナリオ構築技術の整備		○		○	NUMO	シナリオ評価の全体フレームに関する検討は実施主体の業務である		
システムの状態の理解[HLW]	地質環境の長期的変遷の評価	・安全評価の時間軸に沿って, 評価で対象とする領域の地質環境の長期的変遷が評価されていること	【地質環境の理解】 <' 地質環境の長期安定性' 参照> 【長期的変遷】 <' 地質環境の長期安定性' 参照>	【地質環境の理解】 <' 地質環境の長期安定性' 参照> 【長期的変遷】 <' 地質環境の長期安定性' 参照>						-	-	
	システムの状態評価(ガラス固化体)	(同上)	【長期的変遷】 ・一般的な地層処分環境を考慮したガラスの溶解・変質と核種の溶出挙動に関する実験的アプローチや, ミクロスケールでのガラスの溶解・変質挙動に関する解析アプローチが検討されているが, 現実的な処分環境での長期的変遷については, さらなる検討が必要	【長期的変遷】 ・ ガラス固化体の長期的変遷と核種の溶出に関する現象理解の充実(例えば, オーバーバック/腐食生成物, 緩衝材, セメント材料等の影響を実体系で考慮)		○		○	基盤研究	R&D的な検討が主であり, 基盤的な研究であると考えられる		
	システムの状態評価(オーバーバック)	(同上)	【オーバーバックの特性の理解】 <' 人工バリア(HLW)' 参照> 【長期的変遷】 <' 人工バリア(HLW)' 参照>	【オーバーバックの特性の理解】 <' 人工バリア(HLW)' 参照> 【長期的変遷】 <' 人工バリア(HLW)' 参照>						-	-	
	システムの状態評価(緩衝材)	(同上)	【緩衝材の特性の理解】 <' 人工バリア(HLW)' 参照> 【長期的変遷】 <' 人工バリア(HLW)' 参照>	【緩衝材の特性の理解】 <' 人工バリア(HLW)' 参照> 【長期的変遷】 <' 人工バリア(HLW)' 参照>						-	-	
	システムの状態評価(人工バリア周辺母岩)	(同上)	【掘削影響領域周辺母岩の理解】 <' 地質環境の長期安定性' 参照> 【長期的変遷】 <' 地質環境の長期安定性' 参照>	【掘削影響領域周辺母岩の理解】 <' 地質環境の長期安定性' 参照> 【長期的変遷】 <' 地質環境の長期安定性' 参照> <' TRU廃棄物処分-ニアフィールド長期特性評価技術(セメント-岩反応)' 参照>						-	-	
	システムの状態評価(支保・プラグ・グラウト)	(同上)	【支保・プラグ・グラウトの特性の理解】 <' 地下施設(共通)' 参照> 【長期的変遷】 <' 地下施設(共通)' 参照>	【支保・プラグ・グラウトの特性の理解】 <' 地下施設(共通)' 参照> 【長期的変遷】 <' 地下施設(共通)' 参照> ・支保・プラグ・グラウトの長期的変遷評価のための技術の整備		○		○	基盤研究	R&D的な検討が主であり, 基盤的な研究であると考えられる		

表 3-29 様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (閉鎖後安全性の評価) (3 / 4)

青文字: 特に重要な技術開発課題, 斜文字: 本技術開発ニーズ検討において導出された技術開発課題のうち, 「地層処分基盤研究開発に関する全体計画」において明記されていないもの

小項目	細目	サポートする技術	達成目標レベル/現状レベル/開発課題の整理			開発課題の優先度			課題解決必要時期		開発課題の分類	分類の理由		
			達成目標レベル	現状レベル	開発課題	I	II	III	概要調査 実施前	精密調査 地区選定 時				
閉鎖後安全性の評価	性能評価モデルやコードの整備[HLW]	モデル開発技術(生物圏モデル(含, GBI))	(同上)	・地表近傍での水理・物質移行プロセスの取り込みやGBI設定手法について検討されているが, モデルの検証や, 長期的変遷への対応についてはさらなる検討が必要である	・現実的な移行プロセスを考慮した生物圏評価モデルの整備と検証 ・ 地質環境の長期的変遷を考慮した生物圏モデルの開発(含, GBIの取り扱い)	○	○		○	○	基盤研究 基盤研究	R&D的な検討が主であり, 基盤的な研究であると考えられる		
		モデルの統合化, コードの整備	・必要なプロセスモデルが整備され, 全体性能評価で用いるモデル(システムモデル)へ統合化されていること	・モデルやコードに関する技術情報を体系的に管理するためのシステムを開発している	・評価モデル体系(階層, モデルチェーン)の構築とシステムモデルへの統合化		○			○	NUMO	実際のサイト環境条件に応じた検討が必要であり, 実施主体の業務である		
	性能評価モデルやコードの整備[TRU]	TRU廃棄体パッケージからの核種溶出モデルの整備	<' TRU廃棄物処分' 参照>	<' TRU廃棄物処分' 参照>	<' TRU廃棄物処分' 参照>									
		TRU廃棄物処分に係る個別現象モデルの整備	<' TRU廃棄物処分' 参照>	<' TRU廃棄物処分' 参照>	<' TRU廃棄物処分' 参照>									
		TRU廃棄物処分施設のセメント充填材など人工バリアの核種移行遅延モデルの整備	<' TRU廃棄物処分' 参照>	<' TRU廃棄物処分' 参照>	<' TRU廃棄物処分' 参照>									
		生物圏モデルの整備	<' TRU廃棄物処分' 参照>	<' TRU廃棄物処分' 参照>	<' TRU廃棄物処分' 参照>									
		併置処分での核種移行モデル開発技術	<' TRU廃棄物処分' 参照>	<' TRU廃棄物処分' 参照>	<' TRU廃棄物処分' 参照>									
モデルの統合化, コードの整備	<' TRU廃棄物処分' 参照>	<' TRU廃棄物処分' 参照>	<' TRU廃棄物処分' 参照>											
性能評価データの整備とパラメータの設定[HLW]	ガラスの溶解/ガラスからの核種の溶出に関する性能評価データの整備	・サイトの特性や処分環境, さらに長期的な変遷を考慮したデータが整備されていること ・データ取得方法/処理方法の標準化などにより品質が確保されていること ・不確実性を評価していること ・データが欠損している場合には, 類似データで補完し, その妥当性が科学的な知見で保証されていること	・(国内外の文献に基づく)ガラス溶解に関するデータベースが整備されているが, 処分環境に即したデータの整備, 標準化, 不確実性評価などについてはさらなる検討が必要である	・ガラスの溶解/ガラスからの核種の溶出に関する性能評価データの拡充 ・ イエローフェーズを含むガラス固化体等の性能評価データの整備 ・データ取得の標準化 ・ 地質環境条件や長期的変遷を考慮した性能評価データ設定の標準化と検証(データベースの使い方など)	○	○		○	○	○	○	基盤研究 基盤研究 基盤研究 基盤研究	R&D的な検討が主であり, 基盤的な研究であると考えられる	
	緩衝材の性能評価データの整備	(同上)	・現象理解やデータの信頼性向上を目指したデータ取得・評価方法の検討とともに収着・拡散のデータベース(SDB: Sorption Data Base, DDB: Diffusion Data Base), 熱力学的データベース(TDB: Thermodynamic Data Base)の整備が進められている。ただし, 高アルカリ環境の影響や塩水環境での核種移行データの拡充やデータ取得法の標準化などについてさらなる検討が必要である	・緩衝材の性能評価データの拡充 - TDB, SDB, DDBの拡充 - 処分環境に即した条件下(高アルカリ, Feリッチ, 塩水など)での性能評価データの拡充 ・データ取得の標準化 ・ 地質環境条件や長期的変遷を考慮した性能評価データ設定の標準化と検証(データベースおよび実測データの使い方)	○	○		○	○	○	○	基盤研究 基盤研究 基盤研究	R&D的な検討が主であり, 基盤的な研究であると考えられる	
	人工バリア周辺母岩の性能評価データの整備	(同上)		・掘削影響領域周辺母岩中に関する性能評価データの拡充(モデル開発参照) ・データ取得の標準化 ・ 地質環境条件や長期的変遷を考慮した性能評価データ設定の標準化と検証(データベースおよび実測データの使い方, 地下研等での方法論の検証など)	○	○		○	○	○	○	○	基盤研究 基盤研究 基盤研究	R&D的な検討が主であり, 基盤的な研究であると考えられる
	天然バリアの性能評価データの整備	(同上)	・現象理解やデータの信頼性向上を目指したデータ取得・評価方法の検討とともに収着・拡散のデータベース(SDB, DDB)の整備が進められている。ただし, 高アルカリ環境の影響や塩水環境での核種移行データの拡充やデータ取得法の標準化などについてさらなる検討が必要である。	・天然バリアの性能評価データの拡充 - SDB, DDBの拡充 - 処分環境に即した条件下(高アルカリ, 塩水など)での性能評価データの拡充 ・データ取得の標準化 ・ 地質環境条件や長期的変遷を考慮した性能評価データ設定の標準化と検証(データベースおよび実測データの使い方, 地下研等での方法論の検証など)		○			○	○	○	○	基盤研究 基盤研究 基盤研究	R&D的な検討が主であり, 基盤的な研究であると考えられる

表 3-30 様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (閉鎖後安全性の評価) (4 / 4)

青文字: 特に重要な技術開発課題, 斜文字: 本技術開発ニーズ検討において導出された技術開発課題のうち, 「地層処分基盤研究開発に関する全体計画」において明記されていないもの

小項目	細目	サポートする技術	達成目標レベル/現状レベル/開発課題の整理			開発課題の優先度			課題解決必要時期		開発課題の分類	分類の理由		
			達成目標レベル	現状レベル	開発課題	I	II	III	概要調査 実施前	精密調査 地区選定 時				
閉鎖後安全性の評価	性能評価データの整備とパラメータの設定[HLW]	生物圏評価データの整備	(同上)	・感度解析によりパラメータの重要度分類が行われている ・移行パラメータのデータの拡充が進められている ・ただし, データの拡充やデータ取得法の標準化などについてはさらなる検討が必要である	・生物圏評価データの拡充 ・データ取得の標準化 ・ 地質環境条件や長期的変遷を考慮した性能評価データ設定の標準化と検証(データベースおよび実測データの使い方, 地下研等での方法論の検証など)	○	○ ○			○ ○ ○	基盤研究 基盤研究 基盤研究	R&D的な検討が主であり, 基盤的な研究であると考えられる		
	性能評価データの整備とパラメータの設定[TRU]	セメント充填材などの人工バリアの性能評価データの整備(セメント系材料への収着データ設定技術)	<' TRU廃棄物処分' 参照>	<' TRU廃棄物処分' 参照>	<' TRU廃棄物処分' 参照>									
		併置処分評価データの整備	<' TRU廃棄物処分' 参照>	<' TRU廃棄物処分' 参照>	<' TRU廃棄物処分' 参照>									
	性能評価データの整備とパラメータの設定[共通]	シナリオ毎のデータセットの作成	・安全規制から示されるシナリオの枠組みに即して, データセットが作成されていること	・第2次取りまとめでは, 保守的評価の観点からデータが設定された。今後は, シナリオの枠組みに即したデータ設定技術の開発が必要である	・ 安全規制から示されるシナリオの枠組みに即したデータ設定技術の開発(例えば, 最尤値の設定手法の開発など)	○					○	基盤研究	R&D的な検討が主であり, 基盤的な研究であると考えられる	
	安全評価による適合性の確認[共通]	安全評価	・サイトの特徴を考慮して, 地層処分システムの安全性を, さまざまな不確実性を考慮して評価すること。 ・評価に関わる情報が適切に品質管理されていること	・技術情報を体系的に管理するためのシステムを開発している	・安全評価の解析技術の整備 ・適切な品質管理体系の整備		○ ○				○ ○	NUMO NUMO	実施主体の業務である	
		分野間の連携	・段階的に行われる調査に応じて, サイト調査, 設計, 安全評価を有機的に連携させ, 安全な処分場概念を構築すること	・サイト調査と安全評価の連携について試行されている	・ サイト調査と安全評価の連携に関する体系化 - 地質環境モデルの情報(含, 移行経路情報・水理特性などの長期的変遷)の安全評価への取り込みに関する技術の整備 - サイト調査により安全評価の不確実性を効率的に低減させるための技術の整備 ・ 設計と安全評価の連携に関する体系化 - 安全評価の観点からの設計オプションの絞り込みに必要な評価技術の整備(定置方式の違い, レイアウトの違いなど) - 閉鎖前の安全性と閉鎖後の安全性のバランスを図るための評価技術の整備 ・ 地下研等を活用した上記連携の実証	○ ○ ○				○ ○	NUMO NUMO	安全な処分場概念の構築に向けた分野間の連携の具体化は実施主体の業務である 安全な処分場概念の構築に向けた分野間の連携の具体化は実施主体の業務である		
		不確実性評価	(同上)	・パラメータの不確実性を定量化するための技術開発を行っているが, シナリオ, モデルの不確実性も含めた不確実性管理技術の整備が必要である	・シナリオ, モデルの不確実性管理技術の整備 ・データの不確実性が安全評価へ与える影響を定量的に評価するための解析技術の整備(確率論的アプローチの適用など)		○ ○				○ ○	基盤研究 基盤研究	R&D的な検討が主であり, 基盤的な研究であると考えられる	
		併置処分の安全評価[TRU]	<' TRU廃棄物処分' 参照>	<' TRU廃棄物処分' 参照>	<' TRU廃棄物処分' 参照>		-				-	-	-	-
		システムの安全性にかかわる多様な証拠・論拠の整備[共通]	ナチュラルアナログ等による処分システムの安全性の論証	・上記安全評価以外の定量的・定性的評価により, 多面的に処分システムの安全性が示されていること	・重要なプロセスに関する事例検討(鉄の腐食, ベントナイトのアルカリ変質, 鉄/ベントナイト反応) ・国内外のナチュラルアナログ研究事例の分析検討, 使い方と使用限界の整理	・ナチュラルアナログ研究事例やその使用方法などに関する検討の継続		○				○	基盤研究	R&D的な検討が主であり, 基盤的な研究であると考えられる
	補完的な安全指標による安全性の論証	(同上)	・第2次取りまとめの安全評価に基づく天然放射性核種フラックスとの比較評価などが行われている	・補完的な安全指標による評価技術の整備(天然放射性核種フラックス, ウラン鉱床の毒性との比較など)		○				○	基盤研究	R&D的な検討が主であり, 基盤的な研究であると考えられる		

表 3-31 様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (TRU 廃棄物処分) (1/7)

青文字: 特に重要な技術開発課題, 斜文字: 本技術開発ニーズ検討において導出された技術開発課題のうち, 「地層処分基盤研究開発に関する全体計画」において明記されていないもの

小項目	細目	サポートする技術	達成目標レベル/現状レベル/開発課題の整理			開発課題の優先度			課題解決必要時期		開発課題の分類	分類の理由
			達成目標レベル	現状レベル	開発課題	I	II	III	概要調査実施前	精密調査地区選定時		
人工バリアの概念設計 [TRU]	廃棄体特性の把握	廃棄体情報の管理技術	・人工バリア, 処分場の設計および性能評価に余裕を持って対応できるように, 必要な項目が抽出され, 品質が確保された状態で常に最新のデータに更新されていること	・第2次TRUレポート以降の情報の整理・とりまとめを実施中 【基盤(TRU):(1)-①, ②, ③】 ・TRU廃棄物の地層処分の事業者はNUMOである。廃棄体情報については, NUMOは発生者や基盤研究の成果を受けて, 廃棄体に関する情報の整理管理を行う。処分に影響を及ぼす因子の網羅性の確認や現在示されていない重要度等に関する知見については, 基本的には発生者あるいは, 基盤研究の成果に基づくものとする。これらの知見は必ずしも十分に整備されていないのが実情である ・廃棄体情報に常に最新のものに保つシステムについては現在構築中である(廃棄体情報作業会, 電共研の作業会議体)	・処分に影響を与える廃棄体特性(因子)の網羅性の確認とその影響度・重要度の分類	○				○	発生者 基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる
					・廃棄体の検証方法の開発	○				○	発生者 基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる
					・廃棄体情報の提示	○				○	発生者 基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる
					・廃棄体作成および廃棄体の管理に係る品質保証方法の検討	○				○	発生者 基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる
					・廃棄体情報に係る品質保証方法の検討 (HLWのインベントリ算出方法との整合性確認を含む)	○				○	NUMO	実用化・運用管理に係る課題で実施主体の業務である
	各部位の設計 ○廃棄体パッケージの概念設計 ○充填材の概念設計 ○構造躯体の概念設計 ○緩衝材の概念設計 ○埋め戻し材の概念設計	固化体間の空隙の充填技術	・充填材によりTRU廃棄体を固定化できること。また, 第2次TRUレポートのレファレンス地質環境条件, 地質構造条件レベルで, レファレンスの廃棄体, 人工バリアおよび天然バリアの安全機能と合わせて処分の安全性が確保できること	・発電所運転廃棄物の実績をもとに第1次TRUレポート, 第2次TRUレポートで採用 ・具体的なセメント種類が未定のため普通ポルトランドセメント(OPC)を想定して安全評価により成立性確認 ・但し, 周辺環境への影響が小さいセメント材料の開発が望まれる ・高透気性モルタルについては基礎的な開発が平成16年度までに実施された 【基盤(TRU):(3)-②-a, b)】	・処分環境への影響(高アルカリ性, ガス影響など)が小さい充填材料(セメント種類)の特性把握(選定手法の検討)	○		○		○	発生者 基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる
					・処分環境への影響(高アルカリ性, ガス影響など)が小さい充填材料(セメント種類)の選定	○			○	発生者 基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	
					・セメント成分, 添加剤の影響評価方法の高度化(固形化材にも共通する課題)	○			○	発生者 基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	
					・各固化体の長期性能把握のためのモデルとパラメータ整備	○			○	発生者 基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	
					・工学的規模固化体の製作性・性能確認	○			○	発生者 基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	
代替固化技術(ヨウ素)	・精密調査地区候補地の地質環境条件, 地質構造条件で, 長期性能評価が可能となるパラメータ, 実規模固化体製造の可能性が明らかであり, 代替法の選択により安全な処分の見通しが得られること	・第2次TRUレポートに代替固化オプションの基礎的な考え方がまとめられている ・実現見通しの高い3種類の代替固化法を継続開発中だが基礎研究段階。小規模固化体の成立性と性能評価パラメータ, 評価モデルが得られている ・但し, 代替法の性能確認と実規模試験が必要 【基盤(TRU):(5)-①】	・各固化体の長期性能把握のためのモデルとパラメータ整備	○				○	発生者 基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる		
			・工学的規模固化体の製作性・性能確認	○				○	発生者 基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる		
			・実規模大固化体製造に向けた研究開発	○				○	発生者 基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる		
放射性炭素の長期封じ込め技術	・炭素14の放射壊変により, 処分時の炭素14による被ばく影響を小さくできること	・第2次TRUレポートに種々の代替廃棄体パッケージ案提示 ・廃棄体パッケージの高度化(コンクリート製容器および金属製容器)により, 10半減期以上の封じ込め性能を有する技術を開発中 ・但し, 代替法の性能確認と実規模試験が必要 【基盤(TRU):(5)-②】	・高度化廃棄体パッケージの性能担保	○				○	発生者 基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる		
			・実規模の高度化廃棄体パッケージの製作性の確認	○				○	NUMO	実用化・運用管理に係る課題と考える		
廃棄体パッケージ技術	・精密調査地区候補地の地質環境条件, 地質構造条件に適した処分坑道での操作が可能であり, 人工バリアおよび天然バリアの安全機能と合わせて処分の安全性が確保できること	・第2次TRUレポートでは第1次TRUレポート時点の廃棄体パッケージ概念を基本として設計・性能評価が行われた ・但し, レファレンスとして提案された廃棄体パッケージの詳細な仕様検討が必要 ・代替案が提示されているが, 実現に向けた詳細な検討が必要	・受入, 検査, 操作(搬送, 定置)性, 操作時安全性の確認	○		○			○	NUMO	実用化・運用管理に係る課題と考える	
			・代替案(高度化廃棄体パッケージ)についての上記の確認	○				○	NUMO	実用化・運用管理に係る課題と考える		
			・オプションの絞り込みのための設計・性能評価への影響の把握	○				○	NUMO	実用化・運用管理に係る課題と考える		
ソースタームの詳細評価・低減技術	・影響が大きい放射性核種, 化学物質について, 固化体からの溶出挙動を極力現実的に評価すること。または, ソースタームの影響を精度よく評価すること(場合によりソースターム低減により影響を小さくすること) ・特に施設設計に影響する金属廃棄物中のコバルト60等発熱に寄与する放射性核種の生成量および安全性に影響する非吸着性の重要核種の生成量を設計・評価に大きく影響しない程度に精度よく見積もること	・処分環境ではアスファルトは分解しにくいという知見があるが, 第2次TRUレポートではアスファルト固化体中のヨウ素129, 硝酸ナトリウムを瞬時溶解で評価。アスファルトの分解生成物の影響は考慮していない。なお, アスファルト固化体中のヨウ素129は廃銀吸着材中ヨウ素129について影響が大きい ・金属廃棄物中微量元素はミルシートデータから算出して評価 ・被ばくへの影響が大きいハル表面酸化皮膜中の炭素14量と瞬時溶解モデルは第1次TRUレポート時の評価を踏襲 ・引き続きデータ取得, 過度な保守性の排除, 評価の高度化の観点からの検討が必要 【基盤(TRU):(3)-①-a, b)】 【基盤(TRU):(3)-④】 【基盤(TRU):(5)-④, ⑤】	・アスファルト固化体中および今後予定されているセメント固化体に含まれる硝酸ナトリウムのニアフィールドへの影響低減策(ヨウ素129の吸着に影響する硝酸イオンの還元反応の機構解明と影響評価)	○					○	発生者 基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	
			・ソースターム低減策(硝酸ナトリウムの分解等)	○					○	発生者 基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	
			・影響評価の精度向上(アスファルト固化体からのヨウ素129や硝酸ナトリウムの浸出速度の考慮, 3次元解析による分散効果の精度向上)	○					○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	
			・緩衝材の再冠水挙動の研究に基づく, 現実的な廃棄体からの核種漏洩時期の評価	○					○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	
			・燃料や構造部材等に含まれる不純物起源の放射化生成物インベントリの現実的評価と不確実性の把握および関連データの取得	○					○	発生者 基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	

表 3-32 様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (TRU 廃棄物処分) (2 / 7)

青文字 : 特に重要な技術開発課題, 斜文字 : 本技術開発ニーズ検討において導出された技術開発課題のうち, 「地層処分基盤研究開発に関する全体計画」において明記されていないもの

小項目	細目	サポートする技術	達成目標レベル/現状レベル/開発課題の整理			開発課題の優先度			課題解決必要時期		開発課題の分類	分類の理由
			達成目標レベル	現状レベル	開発課題	I	II	III	概要調査 実施前	精密調査 地区選定 時		
人工バリアの概念設計 [TRU]	各部位の設計 ○廃棄体パッケージの概念設計 ○充填材の概念設計 ○構造躯体の概念設計 ○緩衝材の概念設計 ○埋め戻し材の概念設計	人工バリア長期特性評価技術(セメント変質反応)	・高アルカリ環境下でのセメント系バリア材, ベントナイト系バリア材, および岩盤の長期変質挙動から人工バリアシステムとニアフィールドの長期特性を把握すること	・OPC水和物の海水系地下水通水変質実験, 低アルカリ性セメント(HFSC)水和物の降水系地下水(イオン交換水), 海水系地下水バッチ式および通水式変質実験, 地球化学計算コード解析によるセメント水和物の長期変質過程の解明・モデル化(JAEA) ・現実的評価を目的とした, 解析のモデル・データの信頼性向上が必要 【基盤(TRU):(2)-①-a)】	・現象に即した現実的評価の裏づけとなる科学的知見の拡充		○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる
					・多様な条件, 材料に対する各種データ拡充		○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる
					・第2次TRUレポートのレファレンスセメント材料使用に伴う影響評価の精度向上と代替セメント材料の適用可能性の確認		○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる
	人工バリア長期特性評価技術(セメント-ベントナイト反応)	・高アルカリ環境下でのセメント系バリア材, ベントナイト系バリア材, および岩盤の長期変質挙動から人工バリアシステムとニアフィールドの長期特性を把握すること	・ベントナイトの高アルカリ性地下水通水式およびバッチ式変質実験, 化学反応・物質移動モデル開発, モデル検討のための粘土鉱物のアルカリ変質のナチュラリアナログ(米国, Searles Lakeの堆積物)の調査・解析(JAEA) ・現実的評価を目的とした, 解析のモデル・データの信頼性向上が必要 【基盤(TRU):(2)-①-b)】 【基盤(TRU):(3)-③-a), c)】	・セメント-ベントナイト反応のナチュラリアナログによる傍証的知見の蓄積		○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	
				・現象に即した現実的評価の裏づけとなる科学的知見の拡充		○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	
				・多様な条件, 材料に対する各種データ拡充		○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	
	ニアフィールド長期特性評価技術(セメント-岩反応)	・グリムゼルサイト岩石試料のバッチ式および通水式高アルカリ性地下水変質実験, 同サイトでの国際共同研究によるセメント等に起因する亀裂性結晶質岩変質挙動のモデル化(JAEA) ・現実的評価を目的とした, 解析のモデル・データの信頼性向上が必要 【基盤(TRU):(3)-③-b), c)】	・現実的評価を目的とした, 解析のモデル・データの信頼性向上		○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる		
			・現象に即した現実的評価の裏づけとなる科学的知見の拡充		○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる		
			・多様な条件, 材料に対する各種データ拡充		○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる		
	ニアフィールド長期特性評価技術(力学解析技術)	・第2次TRUレポートでは, 人工バリア長期力学挙動モデルを開発し, 大空洞安定性, 緩衝材膨潤性を合わせて長期的な力学安定性を評価 ・解析モデルの信頼性向上と, 大深度での適用性確認が必要 【基盤(TRU):(2)-②)(HLW成果を活用)】	・モデルの高度化と検証		○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる		
			・地下深部での岩盤クリープデータの取得		○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる		
			・核種吸着評価は従来の吸着分配モデルを用い, 廃銀吸着材のヨウ素に対しては濃度依存性を考慮 ・現実的評価を目的とした, 解析のモデル・データの信頼性向上が必要 【基盤(TRU):(3)-①-c)】	・低濃度のヨウ素の吸着挙動(濃度依存性)の現実的評価(ソースタームの詳細評価・低減技術も関連)		○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	
	核種吸着評価技術	・核種吸着評価は従来の吸着分配モデルを用い, 廃銀吸着材のヨウ素に対しては濃度依存性を考慮 ・現実的評価を目的とした, 解析のモデル・データの信頼性向上が必要 【基盤(TRU):(3)-①-c)】	・核種吸着評価(モデル, データベースとともに性能評価と共通課題)		○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる		
			・コロイド安定性モデルによりOPCではセメントコロイド発生の懸念がないが, 低アルカリ性セメントの場合は課題となる ・現実的評価を目的とした, 解析のモデル・データの信頼性向上が必要 【基盤(TRU):(3)-①-d)】	・天然バリアコロイド, およびコロイド移行はHLWと共通		○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	
コロイド発生・移行評価技術	・コロイド安定性モデルによりOPCではセメントコロイド発生の懸念がないが, 低アルカリ性セメントの場合は課題となる ・現実的評価を目的とした, 解析のモデル・データの信頼性向上が必要 【基盤(TRU):(3)-①-d)】	・ニアフィールド領域の化学環境におけるセメントコロイド, ベントナイトコロイドの発生・安定性評価		○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる			

表 3-33 様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (TRU 廃棄物処分) (3 / 7)

青文字 : 特に重要な技術開発課題, 斜文字 : 本技術開発ニーズ検討において導出された技術開発課題のうち, 「地層処分基盤研究開発に関する全体計画」において明記されていないもの

小項目	細目	サポートする技術	達成目標レベル/現状レベル/開発課題の整理			開発課題の優先度			課題解決必要時期		開発課題の分類	分類の理由	
			達成目標レベル	現状レベル	開発課題	I	II	III	概要調査実施前	精密調査地区選定時			
人工バリアの概念設計 [TRU]	各部位の設計 ○廃棄体パッケージの概念設計 ○充填材の概念設計 ○構造躯体の概念設計 ○緩衝材の概念設計 ○埋め戻し材の概念設計	熱影響評価技術	・精密調査地区候補地の地質環境条件, 地質構造条件で, 坑道間離間距離, 断面形状がセメント系充填材, 緩衝材の許容上限温度を満たして設計できること	・セメント系充填材はOPCの主要鉱物である非晶質C-S-Hの構造変化(トバモライト生成)が起こらないとされる80°Cを許容上限温度として設計。但し, トバモライト生成による核種収着性への影響が小さいという知見もある	・各材料のより高い許容上限温度の提示が望ましく, 試験データ等による技術的裏づけ		○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	
				・発電所廃棄物の余裕深度処分施設ではセメント系材料の許容条件温度を65°Cと異なる値を採用している	・セメント系材料では, 先行事例の許容上限温度の考え方の整理や詳細評価による, 温度設定の説明性向上		○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	
				・第2次TRUレポートの処分施設概念ではベントナイト緩衝材がセメント系充填材の外側に設置される案であり, セメント系充填材の温度が80°C以下であれば, 緩衝材の許容上限温度(例えば100°C)を超えることが無い 【基盤(TRU):(3)-②-a)】	・ベントナイト系材料では, 緩衝材許容上限温度を決めるイライト化反応モデルの精度向上(HLWと共通)		○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	
	ガス発生・移行評価技術	・精密調査地区候補地の地質環境条件, 地質構造条件で, 人工バリアの健全性および安全性が廃棄体等からの発生ガスにより力学的, および核種移行の観点からの影響を受けないこと	・第2次TRUレポートでは第1次TRUレポートでの評価を踏襲したガス発生・移行評価を実施	・セメント系材料, ベントナイト系材料からの発生ガスの放出挙動評価の高度化(ガス発生・移行量, 移行経路の特定)		○				○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	
			・処分システムの健全性およびガス移行に伴う核種放出促進の影響を評価 ・ガス状の放射性核種の移行を評価 ・現実的評価を目的とした, 解析のモデル・データの信頼性向上が必要 【基盤(TRU):(3)-⑤】										
	各部位の設計・施工技術 (セメント系材料の配合比)	・精密調査地区候補地の地質環境条件, 地質構造条件に見合った各部位の最適な概念設計・施工が可能であること	・第2次TRUレポートにある程度具体的な設計と想定される代表的な施工方法が記載されている	・大きな技術課題はないが, 具体的なサイト環境条件(降水系, 塩水系地下水)で実際に使用する材料に対する知見整備と選定の考え方が重要と考えられる				○			○	NUMO	実用化・運用管理に係る課題と考える
			・必要な技術は実用化されている 【基盤(TRU):(2)-③-a), b), c)】 【基盤(TRU):(5)-③】										
	各部位の設計・施工技術 (各部位施工方法)	・精密調査地区候補地の地質環境条件, 地質構造条件に見合った各部位の最適な概念設計・施工が可能であること	・第2次TRUレポートにある程度具体的な設計と想定される代表的な施工方法が記載されている	・大きな技術課題はないが, 実際に使用する材料に対する知見整備と選定の考え方, 各設計・施工方法が実際に実規模で適用可能かどうかの確認が重要と考えられる				○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる
・大深度における適用性を十分に確認することが必要 【基盤(TRU)(2)-③-a), b), c)】 【基盤(TRU)(5)-③】													
各部位の設計・施工技術 (力学解析技術)	・精密調査地区候補地の地質環境条件, 地質構造条件に見合った各部位の最適な概念設計・施工が可能であること	・第2次TRUレポートにある程度具体的な設計と想定される代表的な施工方法が記載されている	・力学解析技術が実際に大深度で適用可能かどうかの確認が重要と考えられる。引き続き「URLを用いた適用性の確認の充実」が重要と考えられる <'地下施設(共通)-地下施設の概念設計-空洞安定性の観点からの検討'参照>				○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	
		・廃棄体・構造躯体, 緩衝材の力学的安定性を考慮した設計・施工方法について, 大深度における適用性を十分に確認することが必要 【基盤(TRU)(2)-③-a), b), c)】 【基盤(TRU)(5)-③】											
各部位の設計・施工技術 (実規模施工確認試験)	・精密調査地区候補地の地質環境条件, 地質構造条件に見合った各部位の最適な概念設計・施工が可能であること	・第2次TRUレポートにある程度具体的な設計と想定される代表的な施工方法が記載されている	・設計・施工技術が実規模および大深度で適用可能かどうかの確認が重要と考えられる。引き続き「URLを用いた適用性の確認の充実」が重要と考えられる <'地下施設(共通)-地下施設の概念設計-空洞安定性の観点からの検討'参照>				○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	
		・実規模施工確認および大深度における適用性を十分に確認することが必要 【基盤(TRU):(2)-③-a), b), c)】 【基盤(TRU):(5)-③】											
廃棄体・廃棄体パッケージ以外の人工バリア代替案の検討の提示 (廃棄体グループ3への緩衝材設置技術, 低拡散モルタルバリア層の適用技術など)	・精密調査地区候補地の地質環境条件, 地質構造条件により, 第2次TRUレポートのレファレンス概念が成立しがたい場合, オプションを提示できる程度に技術を確立する	・透水量係数が大きいケースについて, 代替固化体等を想定したソースターム溶出低減, すべての廃棄体グループに緩衝材を設置する効果などについて, 概略評価結果が示されている(原子力学会, 電共研成果)	・新たなアイデアに基づく代替案提案も含めた人工バリア代替オプションの採用可能レベルまでの技術の向上				○			○	基盤研究(材料の検討などの基盤的技術) NUMO(概念レベルの検討)	基盤的な研究開発と考えられる 実用化技術開発	
		・代替固化体等の性能を仮定した概略評価がおこなわれており, 現実的評価およびそれに必要な技術基盤が必要											

表 3-34 様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (TRU 廃棄物処分) (4 / 7)

青文字: 特に重要な技術開発課題, 斜文字: 本技術開発ニーズ検討において導出された技術開発課題のうち, 「地層処分基盤研究開発に関する全体計画」において明記されていないもの

小項目	細目	サポートする技術	達成目標レベル/現状レベル/開発課題の整理			開発課題の優先度			課題解決必要時期		開発課題の分類	分類の理由
			達成目標レベル	現状レベル	開発課題	I	II	III	概要調査実施前	精密調査地区選定時		
地下施設の設計	人工バリアへの熱影響・化学影響の観点からの検討 (TRU 処分坑道の設計)	セメント系充填材への熱影響評価技術	<' TRU廃棄物処分-人工バリアの概念設計 [TRU]-各部位の設計-熱影響評価技術' 参照 >	<' TRU廃棄物処分-人工バリアの概念設計 [TRU]-各部位の設計-熱影響評価技術' 参照 >	<' TRU廃棄物処分-人工バリアの概念設計 [TRU]-各部位の設計-熱影響評価技術' 参照 >	-	-	-	-	-	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる
	併置処分の観点からの検討	硝酸塩等の相互作用評価技術 <' TRU廃棄物処分-人工バリアの概念設計 [TRU]-各部位の設計-ソースタームの詳細評価・低減技術' も関連 >	・精密調査地区候補区域の地質環境条件, 地質構造条件に適した併置処分 (および TRU 廃棄物単独処分) の最適な配置設計ができること	・第2次 TRU レポートでは HLW 処分場からの熱, および TRU 廃棄物処分場からの硝酸塩, 有機物, 高アルカリフルームに対して, 相互影響がないように離間距離を設定 (300m) ・離間距離を決定する硝酸塩影響について保守的評価が行われており, 現実的評価が必要。他影響についても現実的評価が必要	・サイト選定の裕度の観点からは, 相互影響の程度を現実的・定量的に把握し, 離間距離短縮の可能性を明らかにすること, それに必要な現象研究が課題となる	-	○	-	○	基盤研究 (硝酸塩に関わる現象研究) NUMO (相互影響を考慮した設計と評価に関わる技術)	基盤的な研究開発と考えられる 実用化・運用管理に係る課題と考える	
				【基盤 (TRU): (4)-①, ②】 ・第2次 TRU レポートの単独施設では廃棄体グループ3の影響が他の廃棄体グループ処分坑道に及ばないように配置 ・保守的評価が行われており, 現実的評価が必要	・硝酸ナトリウムの影響評価の精度向上 (硝酸イオンの還元反応の明確化による影響低減, 三次元解析による分散効果の明確化, アスファルトからの浸出速度の考慮, 硝酸ナトリウムの分解技術, 硝酸イオンの酸化作用による HLW 処分場性能への影響評価)	-	○	-	○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	
地上施設の設計	建設の観点からの検討 操業の観点からの検討 (TRU 廃棄体受入・検査施設)	基礎構造設計技術	<' 地上施設 (共通)-地上施設・構外輸送システムの概念設計-重要施設の耐震性の観点からの検討-基礎構造設計技術' 参照 > ・精密調査地区候補区域の地上面積, 地下施設レイアウト, 操業に適した TRU 廃棄物受入施設で, 放射線被ばくに問題が無い環境での受入廃棄体の検査の見通しが得られる程度	・第2次 TRU レポートでは地上施設における諸作業の基本フローに加え, 施設規模と必要となる廃棄体取り扱い機器についてのみ記載 ・耐震の観点からの施設設計が必要	・新たな技術開発課題はないと考えられる	-	-	-	-	-	-	-
		建屋・機器耐震性評価技術		・第2次 TRU レポートでは放射線管理区域設定の考え方, 汚染の可能性, 放射線管理の基本的考え方を記載 ・耐震の観点からの施設健全性評価が必要	・新たな技術開発課題はないと考えられる	-	-	-	-	-	-	-
建設・操業・閉鎖システムの概念設計	操業の観点からの検討	定置作業計画・評価計画 (廃棄体 (廃棄体パッケージ), 充填材, 緩衝材, 埋戻し材) 搬送作業物流計画・評価技術	<' 地下施設 (共通)-建設・操業・閉鎖システムの概念設計-操業の観点からの検討' の当該細目の欄参照 > ・精密調査地区候補区域の地質環境条件, 地質構造条件に適した現実的なオプション, または組み合わせの中から選択が可能となること	・第2次 TRU レポートで廃棄体搬送方式, 搬送設備検討例, および輻照型処分坑道ではクレーン, 円形処分坑道ではフォークリフトを用いた定置技術概念を提示 ・第2次 TRU レポートで輻照型処分坑道の構造躯体設置, 廃棄体位置に合わせた定置方法, 原位置施工方法を提示 ・第2次 TRU レポートで充填材施工方式と設備の検討例を提示 ・第2次 TRU レポートでベントナイト系材料, セメント系材料の埋戻し施工方法を提示 ・主に机上検討の検討例であり, 大深度における適用性の確認が必要	<' 地下施設 (共通)-建設・操業・閉鎖システムの概念設計-操業の観点からの検討' の当該細目の欄参照 > 【遠隔操作技術は HLW を参考】 ・必要な技術は実用化されているが, 地下深部における適用性の確認が必要	-	○	-	○	NUMO	実用化・運用管理に係る課題と考える	
				【基盤 (TRU): (2)-(4)-a), b), c)】	・人工バリアに悪影響を与えない操業環境 (温度, 湿度等) およびその対策が必要	-	○	-	○	NUMO	実用化・運用管理に係る課題と考える	
	併置処分場建設時の放射線防護対策 (操業時安全性)	地下水流動評価技術 核種移行評価技術	・精密調査地区候補区域の併置レイアウトで, TRU 処分場閉鎖後の HLW 処分場建設・操業時の放射線安全性の確認できること	・両技術が閉鎖後安全性評価のみに適用されているが, 併置処分場建設時の安全性評価が必要	・既存技術で対応可能と考えられる	-	-	-	-	-	-	-
		閉鎖前の再取り出し・回収技術	<' 地下施設 (共通)-建設・操業・閉鎖システムの概念設計-閉鎖・埋戻しの観点からの検討' の当該細目の欄参照 > ・閉鎖前段階までの再取り出し, 回収の手順が示され要素技術の実現性が示されていること	・定置後の廃棄体パッケージの再取り出しに関してはフランス, スイスなどで検討されている。定置後, 充填後, 埋戻し後の段階毎に, およびバリア材料毎に既存技術をもとに適切な技術を選定する必要がある	・既往技術で原理的に対応が可能であり, 精密調査地区選定時における技術開発課題はない (実証は必要)	-	-	-	-	-	-	-
閉鎖後安全性の評価	システムの状態の理解	システムの状態の理解と関連モデルの開発 (TRU 廃棄体)	・TRU 廃棄体性状の長期変化の評価が可能となる程度の情報の獲得, 透明性・追跡性が確保されていること	・第2次 TRU レポート取りまとめ時点の TRU 廃棄物情報から含有放射性核種と内容物を設定し, 当時の科学的知見をもとに種々の核種・内容物の長期溶出挙動を評価	・TRU 廃棄体に関する現象理解と現象モデルの高度化	-	○	-	○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	

表 3-35 様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (TRU 廃棄物処分) (5 / 7)

青文字 : 特に重要な技術開発課題, 斜文字 : 本技術開発ニーズ検討において導出された技術開発課題のうち, 「地層処分基盤研究開発に関する全体計画」において明記されていないもの

小項目	細目	サポートする技術	達成目標レベル/現状レベル/開発課題の整理			開発課題の優先度			課題解決必要時期		開発課題の分類	分類の理由		
			達成目標レベル	現状レベル	開発課題	I	II	III	概要調査実施前	精密調査地区選定時				
閉鎖後安全性の評価	システムの状態の理解	システムの状態の理解(個別現象:核種の溶出挙動, 移行挙動)	・精密調査地区選定時の最新の知見を取りまとめ, 処分施設の性能評価の論拠に反映できること	<' TRU廃棄物処分-人工バリアの概念設計 [TRU]-各部位の設計-ソースタームの詳細評価-低減技術' 参照>	・処分システム条件(材料の選定や地質環境条件, セメント系バリア内での減衰剤の化学変化など)に基づく現象理解とモデル化の高度化への活用	-	-	-	-	-	-			
		システムの状態の理解(個別現象:微生物, コロイド)		・微生物に関するデータ取得(予定)(JAEA, ANRE) ・第2次TRUレポートで, OPC条件ではコロイドが不安定であるが, 低アルカリ性セメントでは考慮が必要であることが示された ・TRU廃棄物処分に特有な微生物によるアスファルト固化体中の硝酸イオン還元の可能性(アスファルトの分解, 環境の酸化)は引き続き検討必要 【基盤(TRU):(3)-①-d)】	・微生物影響把握 ・コロイド影響把握 ・微生物による硝酸塩還元		○			○	○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	
		システムの状態の理解(個別現象:有機物, 硝酸塩)		・ポリカルボン酸系減衰剤による元素溶解度への影響, およびセメント硬化体からの溶出を検討中(JAEA) ・ある種の硝酸塩還元菌による硝酸イオン還元作用が小さいことが示された ・硝酸塩影響時核種移行パラメータ, 硝酸イオン化学的変遷評価用データ取得とモデル検討, 硝酸塩によるアスファルト固化体の膨潤圧データ取得(予定)(JAEA, ANRE) ・処分場性能に影響する硝酸イオンの化学的挙動については引き続き検討が必要 【基盤(TRU):(3)-④】	・有機物影響把握 ・硝酸塩還元菌影響(上欄参照) ・硝酸塩影響パラメータ取得 ・硝酸塩化学的挙動把握		○			○	○	○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる
		システムの状態の理解(個別現象:ガス)		<' TRU廃棄物処分-人工バリアの概念設計 [TRU]-各部位の設計-ガス発生・移行評価技術' 参照>		-	-	-	-	-	-	-	-	
		システムの状態の理解(個別現象:放射線)		・第2次TRUレポートでは, 緩衝材間隙水の放射線分解を評価 ・放射線影響は放射線源以外はHLWの検討と共通		-	-	-	-	-	-	-	-	
		システムの状態の理解(セメント充填材などTRU人工バリア)		<' TRU廃棄物処分-人工バリアの概念設計 [TRU]-各部位の設計-人工バリア長期特性評価技術(セメント変質反応)(セメント-ベントナイト反応)' など参照>		-	-	-	-	-	-	-	-	
		システムの状態の理解(併置処分)		・処分場間の相互作用として熱, 高アルカリブリューム, 硝酸塩影響, 有機物影響について, それぞれの状態の理解に基づいて評価されている <' TRU廃棄物処分-閉鎖後安全の評価[TRU]-システム状態の理解' 参照>		-	-	-	-	-	-	-	-	
		FEPによる分析		・第2次TRUレポート取りまとめ時に重要なFEPとFEP辞書を整備 ・第2次TRUレポート以降のFEPおよび個別現象に係るモデルの整理が必要 【基盤(TRU):(3)-⑥-a)】	・最新の科学的知見を考慮したFEPの高度化		○				○	基盤研究(FEP整備)	基盤的な研究開発と考えられる	
		シナリオの分類		・精密調査地区選定時の最新の知見を取りまとめ, 起こりうるシナリオを漏れなく記述し, 処分システムの安全性に対する影響の観点や信頼性の向上の観点から, シナリオの類似性を検討するとともにその重要度を可能な限り定量的に提示できること	・第2次TRUレポート取りまとめ時に評価シナリオを設定 ・第2次TRUレポート以降のシナリオに関する情報の整理が必要 【基盤(TRU):(3)-⑥-a), b), d)】	・FEP分析に基づく重要現象のシナリオへの取り込み ・影響度に応じたシナリオの重要度の提示と類型化		○			○	基盤研究(シナリオの設定)	基盤的な研究開発と考えられる	
								○			○	NUMO(シナリオの重要度分類)	実用化・運用管理に係る課題と考える	

表 3-36 様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (TRU 廃棄物処分) (6 / 7)

青文字 : 特に重要な技術開発課題, 斜文字 : 本技術開発ニーズ検討において導出された技術開発課題のうち, 「地層処分基盤研究開発に関する全体計画」において明記されていないもの

小項目	細目	サポートする技術	達成目標レベル/現状レベル/開発課題の整理			開発課題の優先度			課題解決必要時期		開発課題の分類	分類の理由
			達成目標レベル	現状レベル	開発課題	I	II	III	概要調査実施前	精密調査地区選定時		
閉鎖後安全性の評価	性能評価モデルやコードの整備	モデルの統合化, コードの整備 (信頼性の高い評価結果を得るための核種移行, 性能評価コード, 感度解析コードの高度化(二次元, 三次元化))	・人工バリアおよび天然バリアの多様な時間変化・空間変化(不均一性)を考慮し, 処分環境の状態変化をより現実的に組み込み, 評価に必要な放射性核種を対象として, より現実的に処分の安全性を提示できること。そのため, 関連するパラメータの感度を合理的に解析し, パラメータの影響特性を把握するとともに, 評価対象サイトの処分の安全性の裕度を定量的に提示できること	・現実的なシステム性能評価ツール整備を目的とした処分施設からの核種移行モデルの二次元化(予定)(JAEA) ・性能評価コードは多くの場合一次元モデルであり, 次元の高度化が必要 【基盤(TRU):(3)-(6)-b, d)】	・二次元, 三次元性能評価モデルへの現象モデルの組み込み		○			○	基盤研究(コード開発・改良)	基盤的な研究開発と考えられる
					・二次元, 三次元の感度解析手法の開発(評価の妥当性, 網羅性の提示を目的とした効率的解析の実現の観点からの技術開発)		○			○	基盤研究(効率的解析技術の開発)	基盤的な研究開発と考えられる
	TRU廃棄体パッケージからの核種溶出モデルの整備	・溶出挙動を現実的に再現できること	・第2次TRUレポートでは既存の研究成果をもとに評価 ・詳細仕様(充填材最適化を含む)を検討した廃棄体パッケージからの核種等溶出挙動の現実的評価が必要 【基盤(TRU):(3)-(1)-a, b)】 【基盤(TRU):(5)-(1), ②)】	・廃棄体からの核種溶出モデルの高度化(容器の閉じ込め性能の評価を含む) <'TRU廃棄物処分-人工バリアの概念設計 [TRU]-各部位の設計-ソースタームの詳細評価・低減技術'に関連>		○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	
	TRU廃棄物処分に係わる個別現象モデルの整備	・TRU廃棄物処分に係わる個別現象を現実的に再現できること	・第2次TRUレポートでは既存の研究成果をもとに評価 ・保守的評価がおこなわれており, 現実的評価が必要 ・システムの状態の理解の進展に伴うモデル開発が必要 【基盤(TRU):(3)-(6)-b)】	・各個別現象モデルの高度化		○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	
	TRU廃棄物処分施設のセメント充填材など人工バリアの核種移行遅延モデルの整備	・核種移行挙動を現実的に再現できること	・第2次TRUレポートでは既存の研究成果をもとに保守的なモデルで評価(坑道内核種移行モデル, 廃棄体領域の瞬時収着分配平衡仮定, 緩衝材への収着の無視, など) ・保守的評価がおこなわれており, 現実的評価が必要 ・システムの状態の理解の進展に伴うモデル開発が必要 【基盤(TRU):(3)-(6)】	・セメント系バリア材の物理バリア機能の明確化と物理バリアパラメータ取得		○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	
				・線量に大きな影響を持つ核種についての現象の理解を踏まえた核種移行モデルの開発		○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	
	生物圏モデルの整備	・特に被ばくの重要核種に関して, 尤もらしい生物圏モデルを選択できること	・第2次TRUレポート以降, 我が国の特性を反映した生物圏評価データベースの整備が行われている ・現実的な線量評価に向けて, 地圏における重要核種の物理・化学的挙動に則した生物圏データ(放射性ヨウ素, 放射性炭素など)の整備が必要 【基盤(TRU):(3)-(6)-c)】	・放射性炭素などの揮発性元素の生物圏での移行挙動モデル(大気吸収)の検討・整備		○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	
・表層での核種の希釈・分散を考慮したより現実的な生物圏被ばく評価の実施(HLWと共通)					○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる		
	併置処分での核種移行モデル開発技術	・併置処分場性能評価のための核種移行挙動を現実的に再現できること	・併置処分の核種移行は実施されていない ・現状はHLW, TRUとも一次元モデルによる評価が行われている ・保守的評価が行われており, 現実的評価が必要 ・システムの状態の理解の進展に伴うモデル開発が必要 【基盤(TRU):(3)-(6)】	<'TRU廃棄物処分-地下施設の設計-併置処分の観点からの検討-硝酸塩等の相互作用評価技術'および'TRU廃棄物処分-閉鎖後安全性の評価-性能評価モデルやコードの整備-モデルの統合化, コードの整備-モデルの統合化, コードの整備(信頼性の高い評価結果を得るための核種移行, 性能評価コード, 感度解析コードの高度化(二次元, 三次元化))'参照>	-	-	-	-	-	-	-	

表 3-37 様式 3 : サポートする技術に係わる達成目標レベル, 開発課題等 (TRU 廃棄物処分) (7/7)

青文字 : 特に重要な技術開発課題, 斜文字 : 本技術開発ニーズ検討において導出された技術開発課題のうち, 「地層処分基盤研究開発に関する全体計画」において明記されていないもの

小項目	細目	サポートする技術	達成目標レベル/現状レベル/開発課題の整理			開発課題の優先度			課題解決必要時期		開発課題の分類	分類の理由
			達成目標レベル	現状レベル	開発課題	I	II	III	概要調査実施前	精密調査地区選定時		
閉鎖後安全性の評価	性能評価データの整備とパラメータの設定	セメント充填材などの人工バリアの性能評価データの整備(セメント系材料への収着データ設定技術)	・サイトの特性に応じたデータが整備され, データの不確実性が評価されていること ・データ取得方法/処理方法の標準化などにより品質が確保されていること	・既存知見を網羅したJAEAデータベースを使用 ・セメント環境でのアクチノイド元素の溶解度データ, 海水系地下水でのZr, Mo, Euの溶解度データ, セメント系材料中のClの拡散係数等取得とデータベース化(JAEA) ・TDB(Thermodynamic Data Base), SDB(Sorption Data Base), DDB(Diffusion Data Base)のアップデートと公開を検討中(JAEA)。国研で拡散係数, 透水係数を整備中(ANRE) ・種々の特色を有する材料について, 変質状況を考慮したデータ蓄積が必要	・低収着性核種の分配係数(セメント), 変質セメントに対する分配係数や生物圏データなど, 被ばく影響に大きく寄与するデータの拡充		○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる
				【基盤(TRU):(3)-①-c】 <'TRU廃棄物処分-閉鎖後安全性の評価-システムの状態の理解-システムの状態の理解と関連モデルの開発'参照>	・地質環境条件, シナリオ, 人工バリア材料変質状態に応じた時間依存データの取得		○		○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	
					・現実的評価のための具体的な核種移行データ設定の方法論の確立		○		○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる	
		併置処分評価データの整備	・サイトの特性に応じたデータが整備され, データの不確実性が評価されていること ・データ取得方法/処理方法の標準化などにより品質が確保されていること	・第2次TRUレポート取りまとめ時点での知見と評価データによる併置処分の相互影響評価が行われ, 核種移行評価は実施されていない ・現状はHLW, TRUとも一次元モデルによる評価が行われている ・化学反応に係わるデータは保守的な観点から設定されており, 現実的評価のためのデータ取得が必要	・現実的評価に必要な化学反応に係わるデータ取得 <'TRU廃棄物処分-地下施設の設計-併置処分の観点からの検討-硝酸塩等の相互作用評価技術'および'TRU廃棄物処分-人工バリアの概念設計[TRU]-各部位の設計-ソースタームの詳細評価-低減技術'参照>		○			○	基盤研究	基盤的な研究開発と考えられる
	併置処分の安全評価	・サイトの特性に応じたデータが整備され, データの不確実性が評価されていること ・データ取得方法/処理方法の標準化などにより品質が確保されていること	・第2次TRUレポートでは核種移行は実施されていない ・現状はHLW, TRUとも一次元モデルによる評価が行われている ・相互影響評価が及ぶ場合を想定した安全評価が必要	・種々のレイアウトを想定した併置処分の安全評価技術の整備 <'TRU廃棄物処分-閉鎖後安全性の評価-性能評価モデルやコードの整備-モデルの統合化, コードの整備-モデルの統合化, コードの整備(信頼性の高い評価結果を得るための核種移行, 性能評価コード, 感度解析コードの高度化(2次元, 3次元化))'参照>	-	-	-	-	-	-	-	-
	安全評価による適合性の確認(含, 不確実性評価等)		・要求事項への適合性の判断基準が整備されていること。また, 適合性評価の手順が整備されていること	・安全性を主張するための適合性評価の考えは導入されていない	・安全性を提示するための要件, 適合基準, 適合評価の方法論の整備		○			○	NUMO	実用化・運用管理に係る課題と考える

3.4 特に重要な技術開発の設定理由

様式2および様式3において、特に重要な開発課題を青文字で示した。ここでは、分野毎に設定した特に重要な技術開発課題の設定理由を示す。

3.4.1 地質環境調査評価技術

(1) 天然事象の超長期評価の考え方および方法論に関する検討

高レベル放射性廃棄物処分における安全性の評価期間は、「低レベル放射性廃棄物埋設に関する安全規制の基本的考え方（中間報告）（原子力安全委員会，2007）」を参考にする。と、一般公衆に対する評価線量が最大となる時期までを検討する必要があると考えられる。一方、日本における火成活動，断層活動，隆起・侵食などの天然事象を十分な信頼性をもって評価できるのは10万年程度までとされており，それを超える期間の評価に対する専門家の統一的な見解は得られていない。適切なサイト選定においては，最新の知見に基づき，10万年を超える超長期の評価の基本的な考え方や方法論についても検討を行い，専門家との議論を通して認識を共有しておくことは重要であると考えられる。以上を踏まえ，国内外の最新の知見に基づき超長期評価に係る考え方，問題点や課題，およびその解決策について検討する必要がある。

(2) 将来10万年程度の長期的な地質環境の変化を評価可能な手法の確立および体系化・実用化

将来の地層処分施設の性能評価を十分な精度で実施するためには，隆起・侵食を含めた地形・地質構造や水理特性などの地質環境の長期変動を予測する必要がある。地質環境の変動の要因は，隆起・侵食，気候・海水準変動・断層変位等であるが，すべての要因を考慮した体系的な予測手法は確立されていない。そこで，地質環境の長期変動を予測評価可能な解析手法について高度化を図るとともに，評価手法の体系化・実用化を図る必要がある。

(3) 沿岸及び海域における深部地質調査技術（既開発技術）の適用性確認及び実証

周囲を海に囲まれている日本において，沿岸域は地層処分のサイトとして有望なオプションの一つである。廃棄体や資機材の輸送の容易性等からも沿岸域は有利であるものの，地質環境の調査では，内陸と比べ高度な調査技術を要求される。既存の調査・評価技術により，内陸と同様の調査・評価が可能であると判断されるものの，以下のような課題がある。

- ・ 海域における既存のボーリング調査は主に資源探査を目的としており，地化学特性を含めた詳細な岩盤特性を直接確認している事例は極端に少ない

- ・ 現在沿岸域を対象とした基盤研究開発を実施しているものの海域におけるボーリング調査技術の実施を通じた調査評価技術の体系化は図られていない

そこで、沿岸および海域での深部地質環境に係わる物理探査、ボーリング調査等の適用性および評価手法について、主として国内他機関の実績により確認するとともに、実際に沿岸～海域において実証試験を行うことが必要である。

3.4.2 工学技術（HLW）

(1) 人工バリアの長期挙動・相互作用に関する知見の整備に関する技術開発

長期的な安全性の提示において、長期挙動理解だけではなく、定置後から所期性能が発現するまでの過渡期の人工バリア、ニアフィールド環境の理解とその説明が求められるようになると考えられ、今後、人工バリア材料の挙動理解の重要性が増す。そこで、従来の材料挙動に関する理解をより深めると共に、検討が不足している場合には、以下に示す新たな技術開発が必要と考えられる。

- ・ オーバーパックの現実的な性能評価に向けた、腐食速度の再設定、腐食生成物の安全機能への寄与の評価などに関連する現象理解の高度化およびデータ拡充
- ・ 過渡期のニアフィールド現象の評価に向けた、再冠水挙動や塩濃縮現象等の連成現象に関する現象理解、コードの高度化およびデータ拡充
- ・ オーバーパック－緩衝材界面の温度・化学環境の現実的な設定に基づいた、相互作用影響の評価手法の高度化
- ・ セメント－ベントナイト相互作用影響の評価手法の高度化

(2) 人工バリアの製作・搬送定置の工学的実現性の向上に関する技術開発課題

原環機構は、所定の安全機能を有するように処分場環境において人工バリアを施工する必要があるが、これまでは概念的な検討が主であった。今後は、より工学的実現性を意識した技術開発とその実証が重要になると考えられる。具体的には、以下に示す技術開発が必要である。

- ・ PEM の設計手法の高度化に関する検討
- ・ 人工バリア搬送・定置（PEM、ブロック、ペレット方式）に関する要素技術の開発

(3) 第2次取りまとめからの懸案事項等に関する技術開発

第2次取りまとめにおいて、技術的開発課題として示されているテーマおよび、その後の理解の進展により新たな検討が必要と考えられる課題については、実施の必要がある。具体的には、以下に示す技術開発が必要である。

- ・ オーバーパック腐食挙動に対する放射線影響の評価手法の高度化
- ・ 溶接部の耐食性評価技術の高度化
- ・ 溶接部の腐食速度低減対策の技術の高度化

3.4.3 性能評価技術

(1) 蓋然性の高いシナリオ評価に関する技術開発

安全規制の動向やバリア機能の現実的な性能の把握などの観点から、以下に示す蓋然性の高いシナリオの構築やデータ設定技術の整備が必要であると考えられる。

- ・ 蓋然性に基づくシナリオ構築技術の整備
- ・ 安全規制から示されるシナリオの枠組みに即したデータ設定技術の開発（例えば、最尤値の設定手法の開発など）

(2) 地質環境の長期的変遷を考慮した性能評価に関する技術開発

安全規制の動向やバリア機能の現実的な性能の把握などの観点から、隆起・侵食などの地質環境の長期的な変遷を考慮した以下に示す性能評価技術を整備しておく必要がある。

- ・ 蓋然性に基づく地質環境の長期的変遷を考慮したシナリオ構築技術の整備
- ・ 地質環境の多様性や地質環境の長期的変遷を考慮したファーフールドの特性評価技術の整備（例えば、海水準変動を考慮した水理特性など）
- ・ 地質環境の多様性や長期的変遷を考慮した地表付近の地質環境特性（例えば、風化帯の特性）評価技術の整備
- ・ 地表環境の長期的変遷を考慮した生物圏システム、被ばくグループの評価技術の開発
- ・ 地質環境の長期的変遷を考慮した水理・核種移行モデルの整備
- ・ 地表環境の長期的変遷を考慮した生物圏モデルの開発（含、GBIの取り扱い）
- ・ 地質環境条件や長期的変遷を考慮した性能評価データ設定の標準化と検証（データベース及び実測データの使い方、地下研究施設での方法論の検証など）

(3) 分野間の連携に関する技術開発

段階的に増える地質環境情報に応じて安全な処分場概念を構築するためには、サイト調査、設計、性能評価が有機的に連携し、効率的に不確実性を低減させ、安全に関する信頼性を高めていく必要がある。そのためには、以下に示すサイト調査、設計、性能評価の連携に関する方法論の整備や手順の具体化が必要である。

- ・ サイト調査と安全評価の連携に関する体系化

- ▶ 地質環境モデルの情報（含、移行経路情報・水理特性などの長期的変遷）の安全評価への取り込みに関する技術の整備
- ▶ サイト調査により安全評価の不確実性を効率的に低減させるための技術の整備
- ・設計と安全評価の連携に関する体系化
 - ▶ 安全評価の観点からの設計オプションの絞り込みに必要な評価技術の整備（定置方式の違い、レイアウトの違いなど）
 - ▶ 閉鎖前の安全性と閉鎖後の安全性のバランスを図るための評価技術の整備
- ・地下研究施設を活用した上記連携の実証

(4) ガラス固化体特性評価技術に関する技術開発課題

日本原燃株式会社（以下、「日本原燃」という）の再処理施設において段階的な試験を通じて操業の見通しが得られ、再処理事業や処分事業も含め包括的にガラス固化体の品質管理体系を構築する時期にある。また、アクティブ試験においてイエローフェーズを含むガラス固化体が発生したことに伴い、処分事業に対する影響を以下の観点から定量的に把握しておく必要がある。

- ・ ガラス固化体の品質管理体系の整備（含、再処理などの上流プロセス）
- ・ ガラス固化体特性のばらつき（含、イエローフェーズ）の把握
- ・ 上記固化体の処分システムへの影響に関する検討
- ・ ガラス固化体の長期的変遷と核種の溶出に関する現象理解の充実
- ・ イエローフェーズを含むガラス固化体等の溶解および核種の溶出メカニズムの把握およびモデル開発
- ・ イエローフェーズを含むガラス固化体等の性能評価データの整備

3.4.4 TRU 廃棄物処分技術

(1) 廃棄体特性の把握に関する技術開発

TRU 廃棄物の処分の安全性の提示において、多種多様な廃棄体の特性、インベントリ等を把握し、適切に管理することの重要性が増すと考えられる。現在、原環機構は廃棄体情報作業会（原子力機構、日本原燃、電気事業連合会、原環機構）を立ち上げ、必要な情報の抽出・整理を開始したところである。また、電力共通研究で先行して廃棄体技術基準の検討（電気事業連合会、日本原燃、原環センター、原環機構）を実施している。基盤研究においてこれらを重要な課題として位置づけることにより、これらの検討の整合性や日本原燃と原子力機構の情報の共有化、整合性を確保しやすくなると考えられる。

- ・ 処分に影響を与える廃棄物特性（因子）の網羅性の確認とその影響度・重要度の

分類

- ・ 廃棄体の検認方法の開発
- ・ 廃棄物情報の提示
- ・ 廃棄体作成及び廃棄体の管理に係る品質保証方法の検討
- ・ 廃棄体情報に係る品質保証方法の検討
- ・ 最新の廃棄体情報の整理，取りまとめ，更新，維持

(2) 代替固化技術（ヨウ素），放射性炭素の長期封じ込め技術に関する技術開発課題

TRU 廃棄物の安全な処分に関する頑健性を向上させるため，以下に示す技術開発が特に重要な課題である。

- ・ 各固化体の長期性能把握のためのモデルとパラメータ整備
- ・ 工学的規模固化体の製作性・性能確認
- ・ 実規模大固化体製造に向けた技術開発
- ・ 高度化廃棄体パッケージの性能担保
- ・ 実規模の高度化廃棄体パッケージの製作性の確認

(3) ソースタームの詳細評価・低減技術（「システムの状態の理解（個別現象：有機物，硝酸塩）」を含む）に関する技術開発

多種・多様な物質を内包する TRU 廃棄物の処分の安全性とその信頼性を向上させるため，廃棄体からの核種及び物質の溶出メカニズムの解明，さらには，それらが処分環境に与える影響を把握することは，TRU 固有の重要課題である。具体的な課題を以下に示す。

- ・ アスファルト固化体中および今後予定されているセメント固化体に含まれる硝酸ナトリウムのニアフィールドへの影響低減策
- ・ ソースターム低減策
- ・ 影響評価の精度向上
- ・ 緩衝材の再冠水挙動の研究に基づく，現実的な廃棄体からの核種漏洩時期の評価
- ・ 燃料や構造部材等に含まれる不純物起源の放射化生成物インベントリの現実的評価と不確実性の把握および関連データの取得

(4) 新たなアイデアに基づく代替案提案も含めた人工バリア代替オプションの採用可能レベルまでの技術の向上

多様な処分環境への適用性を向上させるため，廃棄体の閉じ込め性能の付与やそれに関連するバリア構成の変更などを含む新規オプションの創出と実現可能性の向上の観点から，新たにニーズとして導出した。

4. おわりに

これまでの技術開発の取り組みは、精密調査地区選定に必要な技術が必要な時期までに確実に達成できることを目標とし、必要な技術の達成目標レベルを設定し、現状の技術レベルを分析した上で、開発課題の抽出・整理を行った。開発課題の役割分担については、これまでの原子力政策大綱等での役割分担の基本的考え方を踏まえ、原環機構としての案を示した。今後、調整会議において議論し、関係者で認識を共有するとともに、基盤研究開発全体計画へ反映されることが望まれる。

また、応募があったサイトの地質環境条件に応じてサイトスペシフィックな視点からの技術開発が必要になることも予想される。技術の進展や社会情勢等の変化を踏まえ、今後も必要に応じて地層処分技術開発ニーズの適宜見直しを行っていく。

謝辞

本報告書の取りまとめにあたり、地層処分基盤研究開発調整会議の地質環境、工学技術、性能評価、TRUの各分野ワーキンググループのメンバーである経済産業省資源エネルギー庁放射性廃棄物等対策室、独立行政法人 日本原子力研究開発機構、公益財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター、財団法人 電力中央研究所、独立行政法人 産業技術総合研究所、独立行政法人 放射線医学総合研究所には、現状の技術開発レベルや技術開発課題の記述に関して情報提供やコメントをいただいた。取りまとめに協力いただいた方々に、この場を借りて謝意を表す。

参考文献

- 核燃料サイクル開発機構 (1999) : わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第2次取りまとめ—, 1999年11月.
- 原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会 (2000) : 我が国における高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術的信頼性の評価, 2000年10月.
- 原子力発電環境整備機構 (2002) : 概要調査地区選定上の考慮事項, 高レベル放射性廃棄物の最終処分施設の設置可能性を調査する区域の公募関係資料3, 2002年12月.
- 総合資源エネルギー調査会原子力部会廃棄物小委員会 (2007) : 放射性廃棄物小委員会報告書 中間とりまとめ, 2007年11月.
- 原子力委員会 (2000) : 原子力の研究, 開発及び利用に関する長期計画, 2000年11月.
- 原子力委員会 (2005) : 原子力政策大綱, 2005年10月.
- 資源エネルギー庁・日本原子力研究開発機構 (2006a) : 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・日本原子力研究開発機構 (2006b) : 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, 2006年12月.
- 資源エネルギー庁・日本原子力研究開発機構 (2009a) : 高レベル放射性廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画, 2009年7月.
- 資源エネルギー庁・日本原子力研究開発機構 (2009b) : 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, 2009年7月.
- 原子力委員会政策評価部会 (2008) : 原子力政策大綱に示している放射性廃棄物の処理・処分に関する取組の基本的考え方に関する評価について, 2008年9月.
- 原子力発電環境整備機構 (2010) : 安全確保構想 2009～安全な地層処分の実現のために～, 2010年3月.
- 電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構 (2005) : TRU 廃棄物処分技術検討書, 2005年9月.
- 日本原子力研究開発機構 (2005) : 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—, 2005年9月.
- 電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構 (2000) : TRU 廃棄物処分概念検討書, 2000年3月.
- 原子力安全委員会 (2007) : 低レベル放射性廃棄物埋設に関する安全規制の基本的考え方(中間報告), 2007年7月.