

要 約

本検討書は、TRU 廃棄物処分の事業並びに制度化に資するため、電気事業者等と核燃料サイクル開発機構が協力し、2000 年に取りまとめた「TRU 廃棄物処分概念検討書（第 1 次 TRU レポート）」以降、両者が進めてきた研究開発の最新の成果を反映し、当該廃棄物処分の技術的成立性及び安全性の見通しについてより確かなものとするを目的に、関係機関の協力を得て取りまとめたものである。

検討書の位置付け

2000 年 3 月に原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会が示した「超ウラン核種を含む放射性廃棄物処理処分の基本的考え方について」を受けて、原子力委員会は同年 4 月に示した「超ウラン核種を含む放射性廃棄物処理処分への取り組み」の中で、関係機関においては専門部会報告書を尊重し、十分な連携の下に処分の実施に向けて積極的に取り組むことが必要であること、安全規制の基本的考え方、安全基準の策定、関係法令の整備等所要の措置が講じられることへの期待、的確で分かりやすい情報を積極的に提供していくことの必要性を示すとともに、関係者より適宜報告を受けることにより、それぞれの施策が進められている状況を把握する、と述べている。

また、原子力長計（2000 年 11 月）では、TRU 廃棄物を含む制度等の整備がなされていない放射性廃棄物処分実施に向け、発生者等の関係者が十分協議・協力し、具体的な実施計画を立案、推進していくこと、高レベル放射性廃棄物処分研究開発の成果も活用しつつ合理的な処分に向けて、その多様性も踏まえた処理及び処分に関する技術開発を推進することが重要である、と示されている。

わが国における民間再処理工場の運転開始に伴う TRU 廃棄物の本格的な発生が近い将来に開始すること、また 2005 年 10 月に予定されている核燃料サイクル開発機構（以下、「JNC」という）と日本原子力研究所との統合後の新法人「日本原子力研究開発機構」における環境保全対策においては多くの TRU 廃棄物が対象に含まれており、これらの処分の実施に向けた、実施主体、処分プロセスやサイト選定の手順の検討、安全規制や基準等の制度化を進めることは時宜を得ており、当該廃棄物の発生者である電気事業者等と JNC は、協力して具体的な当該廃棄物処分の実施に向けた計画を立案することが求められる。

このような状況のもと、電気事業者等と JNC は、TRU 廃棄物処分事業並びに制度化等の検討に資するため、最新の廃棄体情報とその見通しを踏まえて、幅広いわが国の地質環境を対象とした TRU 廃棄物地層処分概念の詳細化・合理化及び安全性の信頼性向上を図るとともに、TRU 廃棄物を対象とした浅地中処分及び余裕深度処分の安全性の見通しを示すことを目的に、電力中央研究所や原子力環境整備促進・資金管理センター等の協力を得て、最新の関連研究開発成果を集約することにより、TRU 廃棄物処分技術検討書（第 2 次 TRU レポート）を取りまとめた。

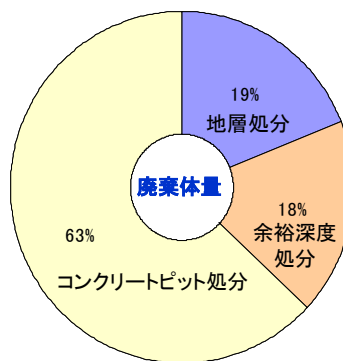
TRU廃棄物の発生と特性

【第1次 TRU レポートからの発生量の見直し】

JNC 及び日本原燃（以下、「JNFL」という）における最新の廃棄物発生量予測に基づき、TRU 廃棄物の発生量の見直しを行った。第1次 TRU レポートにおける算定では2035年までの発生量を前提としていたのに対し、第2次 TRU レポートにおいては、JNC 及び JNFL 六ヶ所の各施設の全操業期間から発生するすべての TRU 廃棄物を対象とするとともに、操業完了後の解体廃棄物及び BNGS からの返還廃棄物の物量を追加した。

廃棄体の放射性物質濃度は、 α 核種濃度で $10^5 \sim 10^{12}$ Bq/t、 $\beta \gamma$ 核種濃度で $10^6 \sim 10^{14}$ Bq/t の幅広い範囲を示した。これは現行の原子炉から発生する廃棄物を対象とした濃度上限値を参考に区分すると、地層処分、余裕深度処分、浅地中処分の各核種濃度範囲から一部クリアランスレベルに至るまで幅広く分布していることが確認された。

処分区分の内訳としては、地層処分対象は約 26,600m³、浅地中処分対象（コンクリートピット）は 88,400m³、余裕深度処分対象は約 25,200m³ と算定された（図1）。



廃棄体	発生量(千m ³)
日本原燃(操業)	51.4
日本原燃(解体)	46.2
サイクル機構(操業)	19.6
サイクル機構(解体)	10.6
返還廃棄物	12.5
合計	140.3

含有物質	総量(ton)
硝酸ナトリウム	11,000
アスファルト	5,000
有機物(JNC/ハル廃棄物)	0.5
総金属量(容器含む)	270,000

図1 各処分区分の廃棄体量と主要含有物質の算定結果

廃棄体の性状はセメント固化体、金属圧縮体等と多種多様であるが、基本的に第1次 TRU レポートで検討した廃棄体の種類と変わらない。特に地層処分対象となる特徴的な廃棄体である、I-129 の大部分を含むヨウ素フィルタの廃棄体、ハル・エンドピース及び硝酸塩を含む固化体に関しては、各々第1次 TRU レポートでの算定結果から操業期間に比例した増加を示しており、地層処分対象廃棄体のグルーピングにあたっては、同レポートと同様に4つのグループに区分する考え方を踏襲することが可能である（グループ1：ヨウ素フィルタ、グループ2：ハル・エンドピース、グループ3：硝酸塩を含む固化体、グループ4：その他の雑固体廃棄物）。

【現実的な核種放射性物質質量評価】

地層処分場設計におけるグループ2の熱的制約を考慮し、ハル・エンドピース廃棄体の発熱における主要核種Co-60の生成に寄与する燃料集合体部材中の不純物Co含有量及び炉心中性子束分布に関し、各々実測値等に基づく再評価を行うことにより過度の保守性を排除し、現実的な値を導出した。また、ハル・エンドピースには安全評価の観点からの重要核種であるC-14の多くを含んでおり、合わせて燃料集合体部材中の不純物窒素含有量を見直すことにより、同様に現実的な値を算定した。これら見直しに伴うCo-60及びC-14の生成量は、海外のハル・エンドピース廃棄体データともほぼ同程度の値であり、妥当であると考えられる。

地層処分システムの工学技術

【処分システム設計の詳細化】

わが国の幅広い地質環境を対象として、熱及び処分坑道の力学安定性に係わる詳細な評価に基づき（図 2）、代表的な複数の岩盤条件における人工バリア及び処分坑道の基本仕様を導出した（図 3）。得られた基本仕様に基づき、ニアフィールドの長期挙動として、力学挙動、人工バリア材の変形、岩盤クリープ、熱応力、ガス発生による間隙圧の変化及び緩衝材の流出についての詳細な検討評価を行い、処分坑道の主要な構成についての詳細化を図った。処分場レイアウトに関しては、安全評価との反復的な検討の連携を図り、特にグループ 3 から浸出する NO_3^- による影響が他のグループの坑道及び核種移行経路に及ばないように配慮を一層進めた概念の提示を行った（図 4）。

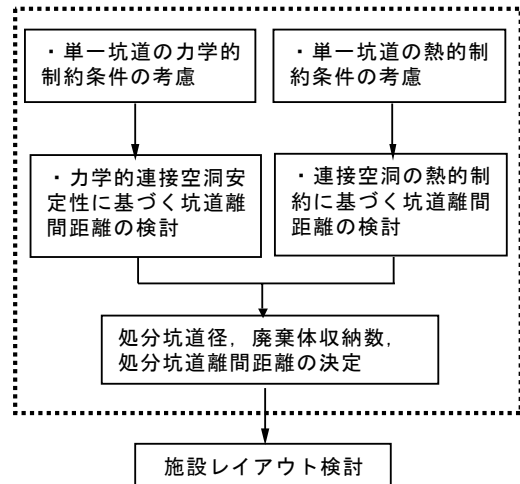


図 2 処分施設検討フロー

グループ	グループ1	グループ2	グループ3	グループ4
内容	廃銀吸着材のセメント固化体	ハル・エンドピース圧縮収納体	アスファルト固化体等の濃縮廃液固化体	焼却灰、不燃物セメント固化体等
特性	半減期が長く、地下水とともに移行しやすい核種を含む	—	硝酸塩を含む	—
方針	止水性能の高いバリア（緩衝材）を設置する	—	止水性能の高いバリア（緩衝材）は設置しない	—
物量	約500m ³	約7000m ³	約6000m ³	約13000m ³
円形処分坑道				—
楕円型処分坑道				—

図 3 人工バリア及び処分坑道の基本仕様（レファレンス概念）

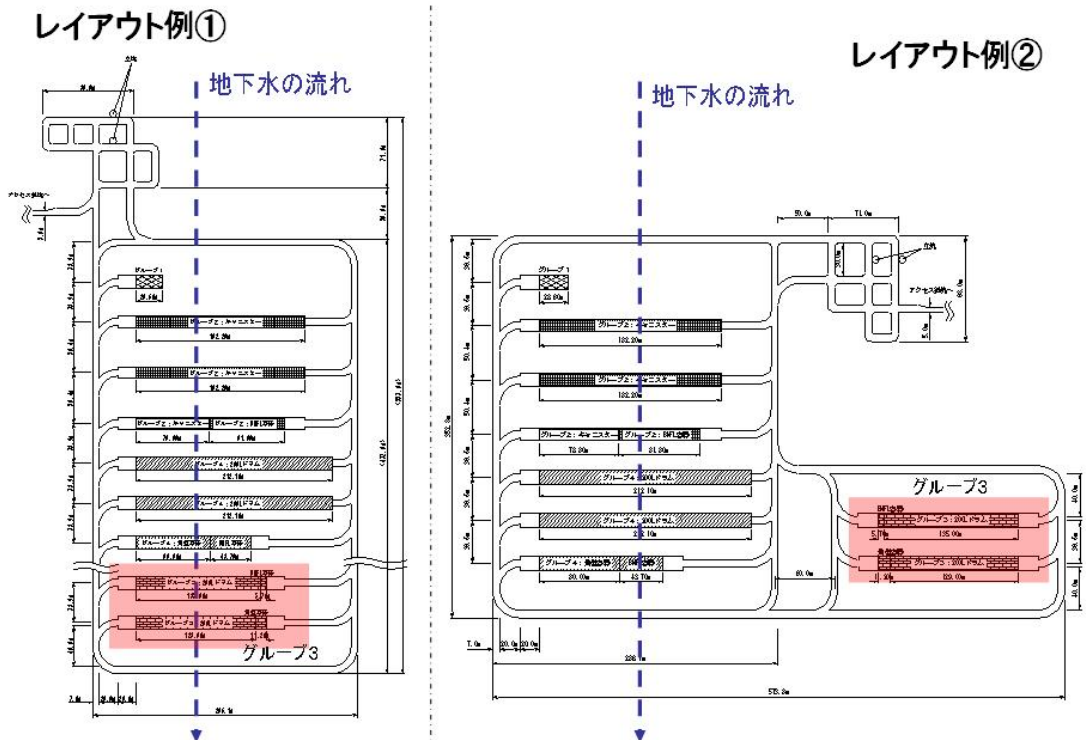


図 4 グループ 3 からの影響を避けた処分場レイアウト例

【適用技術の詳細検討】

建設、操業、閉鎖の各段階の検討を進めるとともに、最新の工学試験での検討事例等を示し、現状の技術及びその延長により処分場の工学的実現性の見通しが得られた。

地層処分システムの安全評価

【新たな安全評価体系の構築】

広範な地質環境条件や多種多様な廃棄体の存在およびバリア材料の性能や処分場近傍の環境の時間的・空間的変遷に係わる個々の現象の不確実性の影響を考慮するとともに、従来の決定論的影響解析では必ずしも十分に扱うことができないシナリオやモデル、パラメータの有する不確実性、さらにはそれらの重畳による影響を網羅的に評価するための解析手法を付加した新たな安全評価体系を構築した (図 5)。

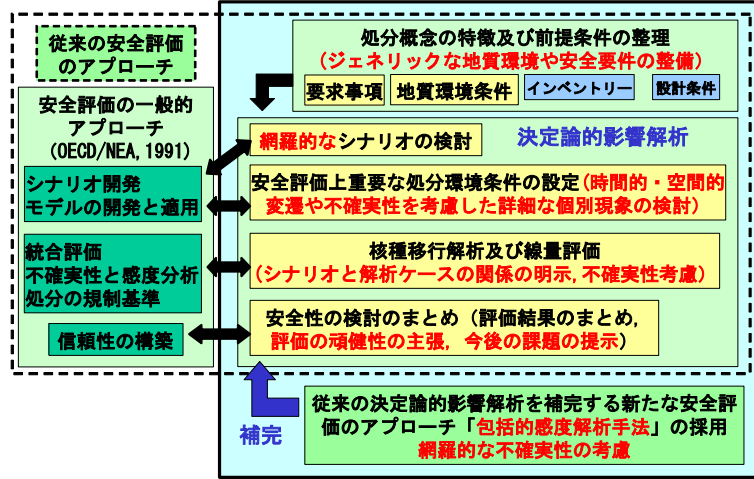


図 5 不確実性の影響の検討を考慮した新たな安全評価体系

【バリア材料の時間的・空間的変遷や不確実性を考慮した詳細な個別現象の検討】

バリア材料の性能や処分場近傍の環境に関する時間的・空間的変遷に係わる状況の把握並びに核種移行解析における条件等の設定に反映するため、TRU 廃棄物処分システム特有の各現象について、最新の知見を反映した評価を実施した。

評価した現象には、セメント系材料や緩衝材の変遷、高 pH プルームによる周辺岩盤の変質、グループ 2 坑道内の放射線場の推移、TRU 廃棄物処分に特有な硝酸塩、有機物及びガス発生の影響評価が含まれる。評価の不確実性が大きい高 pH による緩衝材の変遷については、国内外の室内試験や天然の観察事実を整理し、変遷過程についての様々なシナリオを検討し、解析評価を行い、

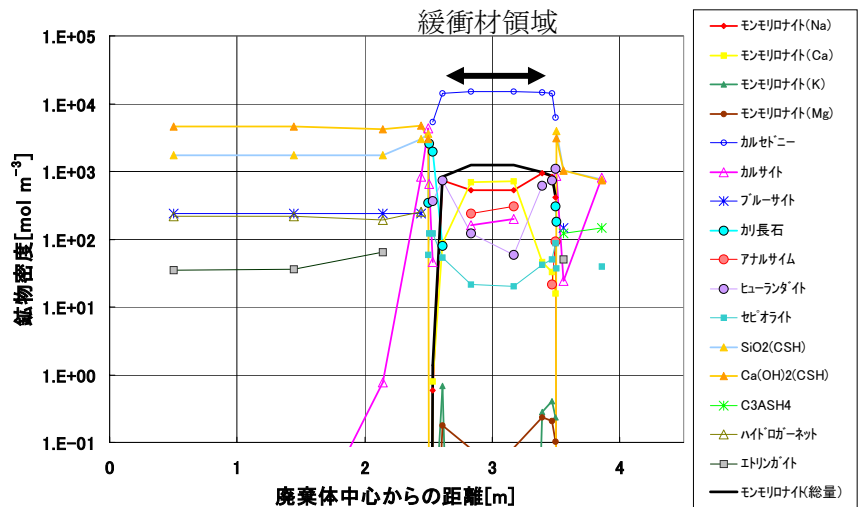


図 6 処分後 10 万年経過後の緩衝材（ベントナイト）内の鉱物変遷の評価例

レファレンスとして想定した地質環境条件において数万年以上の期間、緩衝材の特性が維持できる見通しを示した(図6)。また本来地質環境条件に強く依存するコロイド及び微生物の各影響についても、既往の知見を整理し、影響の程度を考察した。

これらの検討結果を踏まえ、核種移行・線量評価のための解析ケースを設定した。

【地下水シナリオ(レファレンスケース)の評価結果】

レファレンスケースの解析の結果、最大線量は約 $2\mu\text{Sv/y}$ となり、そのときの線量を支配する核種は第1次TRUレポートと同様にI-129で、その次に線量を支配する核種は有機形態のC-14であった(図7)。

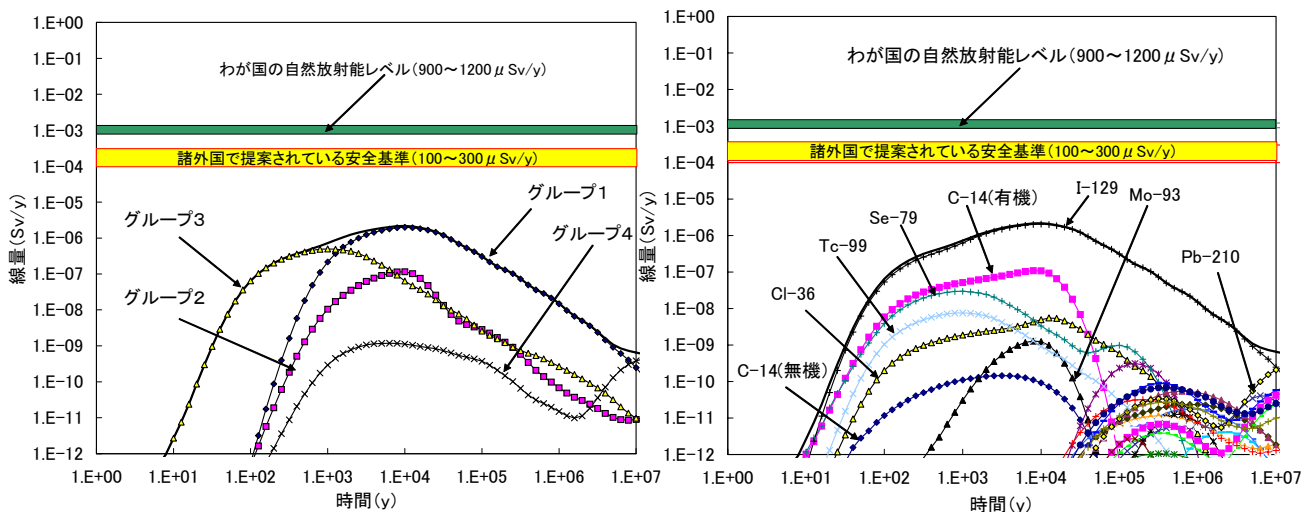


図7 レファレンスケースの解析結果(左図:グループごと,右図:核種ごと)

【地下水シナリオ(代替ケース)の評価結果】

レファレンスシナリオの不確実性を扱うサブシナリオに対する決定論的影響解析(代替ケース)を実施し、レファレンスの地質環境条件においては、代替ケースにおいて考慮したパラメータの不確実性の影響が大きいことを明らかにした。(図8)

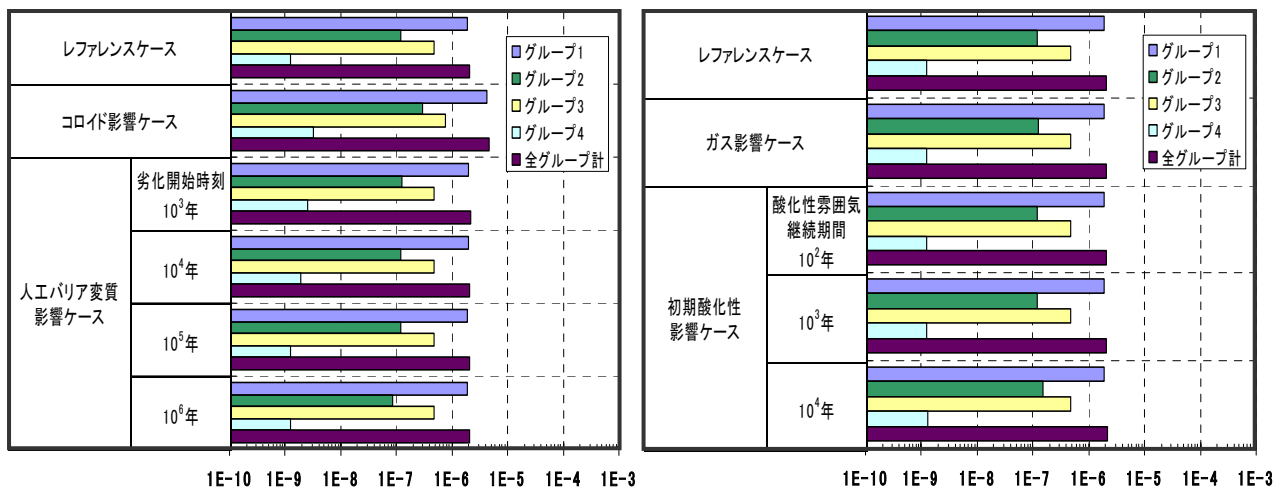


図8 各代替シナリオにおける安全評価結果

【包括的感度解析の結果】

シナリオ、モデル、パラメータの不確実性を網羅的に扱い、頑健性の高い結果を示すため、包括的感度解析を実施した。その結果、レファレンスの地質環境条件においては、現実的なパラメータ値からなる成立条件が抽出され、様々な個別現象を網羅的に考慮しても処分の安全性が確保されることを示した（図 9）。また、レファレンスの地質環境よりも水理物質移行の観点から良好とされない条件においては、代替技術として検討しているグループ 1 の廃棄体の核種保持性能を数万年程度に高度化することなどにより安全性の見通しが示しうることを明らかにした。

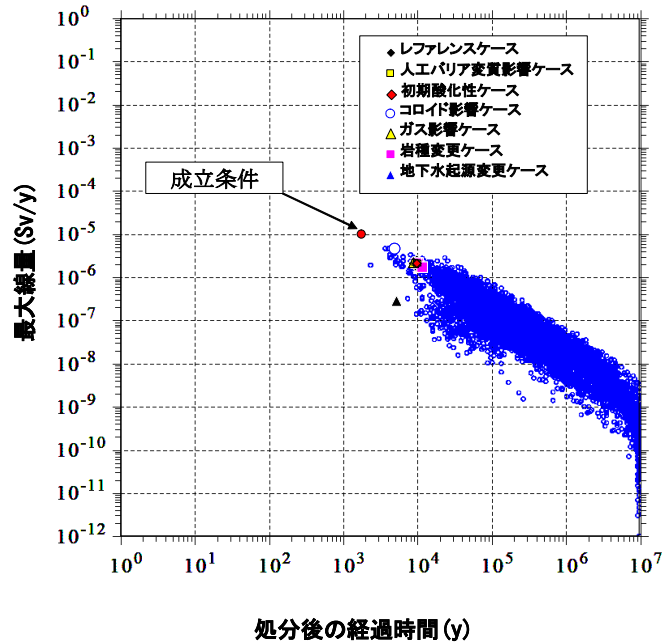


図 9 包括的感度解析の結果

【変動・接近シナリオの評価結果】

変動シナリオにおいては、多くのケースで $10 \mu\text{Sv/y}$ 程度以下である結果が得られた。相対的に早い地下水流速を仮定した気候・海水準変動シナリオやボーリングや井戸掘削・採水による新たな移行経路形成シナリオを想定したケースでは最大線量として $100 \mu\text{Sv/y}$ 程度に達する結果が示されたが、これらは稀頻度事象としてみなせることから、今後リスク論的な考えの導入により適切に評価される可能性が考えられる。

接近シナリオとして隆起・侵食に伴う影響による処分場の地表曝露及びボーリングによる偶発的な処分場貫通の影響を評価し、前者は後者よりも影響が小さいこと、後者においてはリスク換算により諸外国で用いられている安全基準の目安である $10^{-6} \sim 10^{-5} [\text{y}^{-1}]$ を下回る結果を示した。

【安全性の検討のまとめ】

TRU 廃棄物の特性を考慮した網羅的なシナリオ開発を行い、地下水シナリオの基本シナリオ、変動シナリオおよび接近シナリオを構築し、評価を実施した。

地下水シナリオの基本シナリオに評価においては、最新のデータや天然事例を参照し、バリア材料の時間的・空間的変遷や不確実性を考慮した詳細な個別現象の検討を実施した。これらの結果に基づき、核種移行・線量評価のための解析ケースを設定し、決定論的影響解析と包括的感度解析を組み合わせることにより、TRU 廃棄物の処分が頑健性の高い安全な概念であること、または、その見通しを提示した。

変動／接近シナリオに関する評価では、得られる結果が諸外国で用いられている安全基準の目安である $10^{-6} \sim 10^{-5} [\text{y}^{-1}]$ を下回ることを示した。

これらの検討・解析を通じて、より詳細で網羅的な分かりやすい安全評価を実施することができたと考える。

代替技術に関する検討

幅広い地質環境への対応並びに安全裕度の向上を図るための人工バリアの高度化技術に関して、グループ1に対する8種類の固化体並びにグループ2における2種類の高度化コンテナの研究動向を示し、それぞれ数万年以上の核種保持性能が達成できる見通しを示した。また評価の不確実性が指摘されているベントナイトのアルカリ変質や潜在的な化学的活性等への懸念の残るアスファルト/硝酸塩を含む廃棄体についての対応方策として、低アルカリ性セメントや硝酸塩分解技術について言及した。これら代替技術については、レファレンスの処分概念を対象とした今後の各評価の信頼性向上や具体的な地質環境等に応じた研究開発等と合わせて、適切に見直しを行い、適用による有効性等の検討を進めることにより、TRU廃棄物地層処分の一層の信頼性向上への寄与が期待できる。

浅地中処分システム及び余裕深度処分システムの検討評価

現行の原子炉施設から発生する廃棄物を対象とした濃度上限値を参考に、コンクリートピット処分及び余裕深度処分に区分可能と考えられる廃棄体について、第1次中間報告から第3次中間報告に示された処分概念や安全評価手法等を用い、両処分概念の安全評価を行った。

評価に用いたパラメータは、第1～3次中間報告における設定値に加え、余裕深度処分システムと地層処分システムの人工バリアの類似性や還元環境といった共通性を踏まえ、地層処分システムの安全評価において設定された分配係数や金属からの核種溶出率等も考慮し、データの幅を持った評価を行った。両処分システムとも代表的な評価ケースに対する最大線量として 10^{-4} ～ 10μ Sv/yの範囲を示し、安全性を確保できる見通しが得られた(表1及び2)。

表1 コンクリートピット処分の線量評価結果

評価シナリオ		線量 (μ Sv/y)	時間 (y)	支配核種
居住シナリオ		8.4×10^0	3.0×10^2	Sr-90, Am-241, Tc-99
建設シナリオ		2.5×10^{-2}	3.0×10^2	Cs-137, Sn-126, Sr-90
地下水移行シナリオ	基本ケース	1.0×10^{-2}	1.6×10^4	C-14
	変更ケース	6.9×10^0	5.4×10^2	C-14

表2 余裕深度処分の線量評価結果

評価経路		線量 (μ Sv/y)	時間 (y)	支配核種
河川水利用経路	基本ケース	2.3×10^{-2}	7.9×10^4	Cl-36, I-129
	変更ケース	6.7×10^0	5.0×10^3	C-14
河川岸建設経路	基本ケース	3.1×10^{-4}	1.1×10^6	Th-229, Zr-93
	変更ケース	1.6×10^{-5}	8.6×10^6	Th-229, Th-230
河川岸居住経路	基本ケース	5.0×10^{-4}	1.1×10^6	Th-229, Ra-226
	変更ケース	4.1×10^{-5}	5.4×10^3	Cl-36, C-14
河川岸農耕経路	基本ケース	6.3×10^{-2}	7.9×10^4	Cl-36
	変更ケース	5.8×10^{-2}	5.4×10^3	Cl-36, C-14

合理化に関する検討

処分システムの主要な合理化方策として、①高レベル放射性廃棄物との併置処分、②余裕深度処分対象廃棄物の α 核種濃度区分値、③海外返還廃棄物の返還方法の変更、の検討を行った。

【高レベル放射性廃棄物との併置処分の検討評価】

両処分場の間で相互に影響する可能性のある要因として抽出した熱、アルカリ成分、硝酸塩、有機物について、両処分場の離間距離をパラメータとした解析及び各要因の影響に係わる知見の整理を行い、両処分場に数100mの離間距離を設けることにより相互影響を避けられる見通しを示し、さらにレイアウトや工学的対策などにより、併置処分の技術的成立性を見通しを示した(図10)。



図10 高レベル廃棄物(HLW)/TRU 併置処分概念例

【余裕深度処分対象廃棄物の α 核種濃度区分値の検討】

α 核種濃度区分値は、リスク論的考え方を踏まえた線量から求める方法など複数の方法により試算した結果から100GBq/tが得られた。このとき余裕深度処分対象となる廃棄体量は、図1に示した同区分値を1GBq/tとした場合の約25,200m³から約39,300m³と増加し、地層処分対象の廃棄体量は約26,600m³から約12,500m³と概ね半減する結果となった。余裕深度処分対象の廃棄体に含まれる放射エネルギーは α 区分値を1GBq/tとした場合の α 核種量 2.5×10^{13} Bqから 4.8×10^{14} Bqに増加し、 β 核種量については 4.6×10^{18} Bqから 4.8×10^{18} Bqと増加は小さい結果となった。ただし、この区分値に基づく余裕深度処分における安全評価における線量への影響はわずかであることも示された。

【海外返還廃棄物の返還方法の変更】

BNGS及びCOGEMAから新たに提案されている返還方法を選択した場合、物量の減少が顕著であり、国際間輸送回数の減少や処分場での配置の柔軟性向上の点などから大幅な合理化が図られる(図11)。このとき処分における安全性への影響はほとんどないと考えられる。

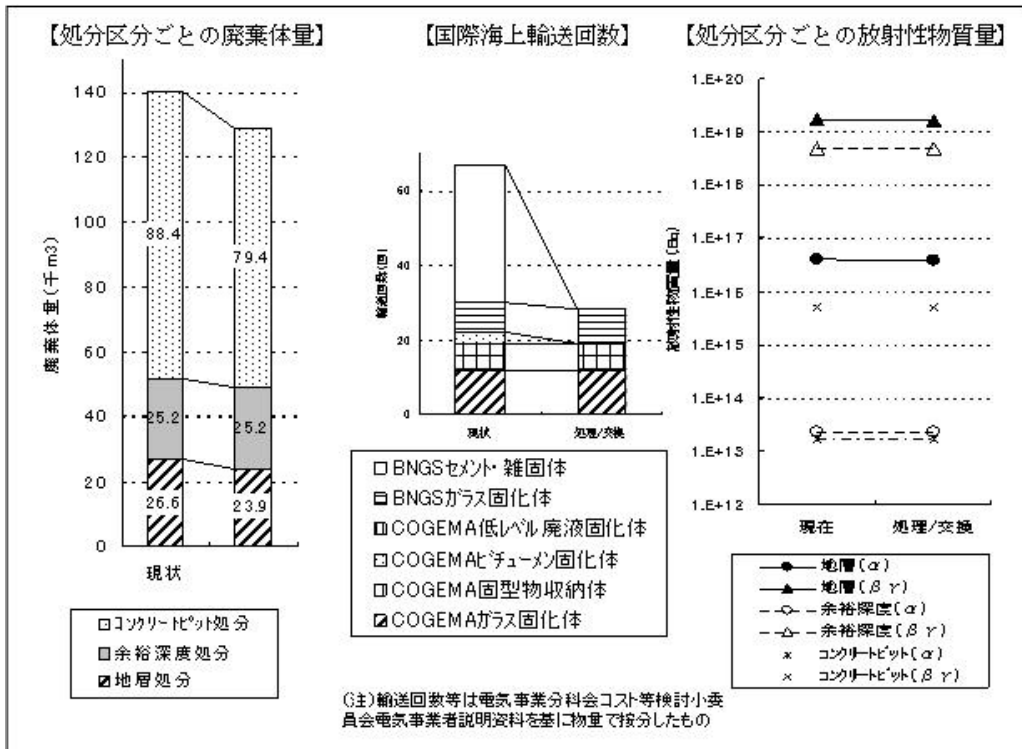


図 11 海外返還廃棄物の返還方法の変更による合理化等の効果

取りまとめにおける品質保証

第2次 TRU レポートの取りまとめにあたっては、個別の技術検討における透明性や追跡性の確保、科学的判断の根拠の明示を図るなど報告書の技術的品質を保証するため配慮を払うことはもとより、国内有識者との情報交換会（2004年6月及び2005年4月）並びにスイス Nagra とのレビュー会議（2003年12月、2004年4月及び2005年2月）を開催した。この中で、設計や安全評価に用いたデータ及びパラメータ、評価モデル等についてレビューを受けた。

これらの機会を通じて関連する国内外の研究成果等の把握を行うとともに、2005年1月に英国オックスフォードにて開催された第3回 TRU 国際ワークショップでは各国の専門家との意見交換を行うなど、国内外の最新の研究成果や技術検討の情報収集を図り、取りまとめに反映してきた。

成果の総括

第2次 TRU レポートにおいて廃棄体データベース、設計及び安全評価に係わる各評価検討の詳細化や精緻化等が図られ、合わせて合理化や代替技術に関する検討結果を含め、当該廃棄物の処分についての技術的成立性、合理化及び安全性の見通しについて信頼性を持って示すことができた、と総括できる。

なお、これら得られた成果は今後の処分事業及び安全規制、基準の検討等において技術的な基盤として反映できるものとする。

今後の処分事業実施に向けた展望

第2次 TRU レポートに示された技術的成果をもとに、当該廃棄物発生事業者としての期待も含め、わが国全体として確実かつ合理的に処分事業が進められるよう事業化の検討を行った。

地層処分については、高レベル放射性廃棄物処分との併置処分を行うことを基本とし、早急に処分事業の具体化に向けた制度整備が図られることが期待される。

浅地中処分及び余裕深度処分対象廃棄物についても、現行の処分事業や計画を踏まえ、合理的な事業の方法についての検討並びに所要の環境整備等が進められることが期待される。

処分実施に向けた制度整備及び実施計画の具体化にあたっては、わが国全体として確実かつ合理的に処分事業が進められるよう、発生者としての電気事業者等と JNC との連携や役割分担はもとより、国の指導のもと実施主体や実施プロセスの整備等を図り、関係各機関の協力も得て、国民の理解を得つつ進めていくことが肝要である。

今後の技術開発課題

第2次 TRU レポートに集約された研究開発成果を技術的拠り所として、処分実施を進めるための技術的基盤をより確かなものとするを目的に、今後の技術開発課題を以下の2つに分類し、それらの実施方法等について検討を行った。

- (1) 基盤的研究（目標：評価手法の高度化・信頼性向上、知見の拡充、及び具体的な地質環境への適用性確認）
- (2) 事業化技術（目標：事業化に向けた詳細化及び合理化）

基盤的研究開発は、今後の処分事業及び安全規制双方の基盤となる研究開発の位置づけであり、地層処分基盤研究施設（ENTRY）や放射化学研究施設（QUALITY）をはじめとする室内試験施設、国内外の地下研等を用いて研究開発を行うことが考えられる。

一方、事業化技術は処分事業に向けて実施主体が中心となって、今後の制度化ならびにサイト選定等の段階に合わせて一層の合理化や詳細化を図る事項である。

今後、第2次 TRU レポートの成果をもとに、基盤的研究開発等の進展と合わせて、合理的な処理技術の検討、選択を図るなど、TRU 廃棄物処理処分全体での最適な対策技術を確立していくことが重要である。

目 次

第1章 序論

1.1 本検討書の位置づけ	1-1
1.1.1 わが国における TRU 核種を含む放射性廃棄物処分に関する検討状況	1-1
1.1.2 本検討書の目的	1-3
1.1.3 第2次 TRU レポートの取りまとめ方針	1-4
1.2 地層処分の安全確保の考え方	1-6
1.2.1 背景	1-6
1.2.2 安全要件	1-7
1.2.3 安全基準	1-7
1.3 地質環境条件	1-10
1.3.1 地質環境条件の設定の考え方	1-10
1.3.1.1 地層処分	1-10
1.3.1.2 コンクリートピット処分及び余裕深度処分	1-10
1.3.2 地質環境条件の範囲とレファレンスケース	1-11
1.3.2.1 地層処分	1-11
1.3.2.2 コンクリートピット処分及び余裕深度処分	1-13
1.3.3 まとめ	1-13
参考文献	1-15

第2章 TRU 核種を含む放射性廃棄物の発生と特性

2.1 TRU 核種を含む放射性廃棄物の種類と管理	2-1
2.1.1 廃棄物の発生施設	2-1
2.1.2 廃棄物の種類	2-1
2.1.3 TRU 廃棄物の発生と管理の現状	2-5
2.2 廃棄体発生量の予測	2-6
2.2.1 廃棄物の処理及び廃棄体	2-6
2.2.2 廃棄体発生量	2-8
2.3 廃棄体の放射性物質濃度	2-14
2.4 廃棄体区分の検討	2-21
2.4.1 廃棄体区分の考え方	2-21
2.4.2 各処分の対象となる廃棄体の種類と量及び特性	2-23
2.5 廃棄体の特性	2-25
2.5.1 廃棄体の内容物	2-25
2.5.2 廃棄体の発熱量	2-29
2.5.3 廃棄体の特性を考慮した分類	2-30

2.5.4 地層処分対象廃棄体のグルーピング	2-32
2.5.4.1 グルーピングの考え方	2-32
2.5.4.2 地層処分対象廃棄体のグルーピング結果	2-33
2.6 まとめ	2-35
2.7 今後の課題	2-35
参考文献	2-36

第3章 地層処分の工学技術

3.1 設計の基本的考え方	3-1
3.1.1 人工バリア及び処分施設の基本構成	3-3
3.1.1.1 人工バリアの基本構成	3-3
3.1.1.2 処分施設の基本構成	3-6
3.1.2 設計条件	3-6
3.1.2.1 処分対象とする廃棄物	3-6
3.1.2.2 処分サイト及び地質環境に係る条件	3-7
3.2 人工バリア及び処分施設の設計	3-8
3.2.1 人工バリアの設計	3-8
3.2.1.1 廃棄体パッケージの設計	3-8
3.2.1.2 緩衝材の設計	3-10
3.2.1.3 充填材の設計	3-17
3.2.2 地下施設の設計	3-19
3.2.2.1 処分坑道の力学的安定性評価	3-19
3.2.2.2 地下施設のレイアウト	3-27
3.2.2.3 埋め戻し及びプラグの設計	3-44
3.3 ニアフィールドの長期力学的安定性	3-48
3.3.1 ニアフィールドの長期力学挙動	3-48
3.3.1.1 長期力学挙動の要因	3-48
3.3.1.2 長期力学挙動の評価方法	3-48
3.3.2 ニアフィールドの長期力学的安定性に及ぼす影響の評価	3-50
3.3.2.1 岩盤の長期クリープ変形	3-50
3.3.2.2 人工バリアの特性変化と緩衝材の膨潤圧による影響	3-52
3.3.2.3 廃棄体発熱による熱応力の影響	3-57
3.3.2.4 ガス発生に伴う間隙圧力上昇による影響	3-58
3.3.2.5 緩衝材の流出による影響	3-59
3.3.3 まとめ	3-60
3.3.4 今後の課題	3-61
3.4 処分施設の建設・操業・閉鎖	3-62
3.4.1 処分施設の構成	3-62

3.4.1.1 処分施設の構成（地上施設、地下施設）	3-62
3.4.1.2 TRU 廃棄物の地層処分のスケジュール	3-63
3.4.2 建設	3-64
3.4.2.1 地上施設	3-64
3.4.2.2 地下施設	3-67
3.4.3 操業	3-84
3.4.3.1 操業全般に関する検討	3-84
3.4.3.2 廃棄体の搬送及び定置に関する検討	3-91
3.4.4 閉鎖	3-104
3.4.4.1 埋め戻し材の施工	3-104
3.4.4.2 プラグの施工	3-107
3.4.4.3 グラウト	3-107
3.4.5 処分場の管理	3-108
3.5 まとめ	3-110
参考文献	3-112

第4章 地層処分の安全性の検討

4.1 地層処分の安全評価の進め方	4-1
4.1.1 安全評価体系	4-1
4.1.2 不確実性の影響の検討方法	4-4
4.2 前提条件の整理	4-6
4.2.1 要求事項	4-6
4.2.2 地質環境条件	4-6
4.2.3 インベントリー	4-6
4.2.4 設計条件	4-8
4.3 シナリオ開発	4-10
4.3.1 包括的FEPリストの作成	4-11
4.3.2 FEPの分類	4-13
4.3.3 安全評価において考慮する FEP のスクリーニング	4-15
4.3.4 シナリオの分類	4-18
4.3.5 シナリオの記述	4-19
4.3.5.1 基本シナリオ	4-19
4.3.5.2 変動シナリオ	4-20
4.3.5.3 接近シナリオ	4-21
4.3.6 安全評価上重要な処分環境条件の抽出	4-21
4.4 安全評価上重要な処分環境条件の設定	4-23
4.4.1 地下水の化学的条件	4-23
4.4.1.1 地下水のレファレンス組成	4-23

4.4.1.2	処分場構成材料との相互作用による地下水の化学的条件の変遷	4-23
4.4.2	人工バリア材の変質の影響	4-24
4.4.2.1	人工バリア性能の長期的評価の考え方	4-24
4.4.2.2	セメント系材料と緩衝材の相互作用及び長期的性能への影響	4-25
4.4.2.3	現状の知見に含まれる不確実性及び核種移行解析上の取り扱い	4-49
4.4.2.4	まとめ	4-56
4.4.2.5	今後の課題	4-56
4.4.3	処分施設周辺岩盤のアルカリ変質	4-57
4.4.3.1	周辺岩盤の種類	4-57
4.4.3.2	高 pH プルームによる周辺岩盤の化学的変質に関する知見	4-57
4.4.3.3	処分施設周辺岩盤のアルカリ変質の影響解析	4-60
4.4.3.4	まとめ	4-65
4.4.3.5	今後の課題	4-65
4.4.4	ニアフィールドの水力条件	4-66
4.4.4.1	解析の前提	4-66
4.4.4.2	水理解析のモデルとデータ	4-67
4.4.4.3	解析結果	4-72
4.4.4.4	まとめ	4-73
4.4.4.5	今後の課題	4-74
4.4.5	コロイドの影響	4-74
4.4.5.1	人工バリア領域におけるコロイドの影響	4-74
4.4.5.2	天然バリア領域におけるコロイドの影響	4-78
4.4.5.3	まとめ	4-79
4.4.5.4	今後の課題	4-80
4.4.6	有機物の影響	4-80
4.4.6.1	考慮すべき有機物	4-80
4.4.6.2	廃棄物起源の有機物の影響	4-81
4.4.6.3	セメント混和剤の影響	4-82
4.4.6.4	天然有機物の影響	4-83
4.4.6.5	まとめ	4-83
4.4.6.6	今後の課題	4-84
4.4.7	微生物の影響	4-84
4.4.7.1	TRU 廃棄物の地層処分環境における微生物活動	4-85
4.4.7.2	核種の溶解度や収着特性に与える影響	4-86
4.4.7.3	人工バリア及び天然バリアに与える影響	4-88
4.4.7.4	ガス発生に与える影響	4-89
4.4.7.5	まとめ	4-89
4.4.7.6	今後の課題	4-89

4.4.8	放射線場の影響	4-90
4.4.8.1	遮へい効果を考慮した人工バリア内の放射線場	4-90
4.4.8.2	人工バリア材の照射損傷	4-95
4.4.8.3	間隙水の放射線分解	4-96
4.4.8.4	まとめ	4-100
4.4.8.5	今後の課題	4-101
4.4.9	硝酸塩影響	4-101
4.4.9.1	硝酸塩含有廃棄物の発生と影響評価	4-101
4.4.9.2	硝酸イオンの化学的変遷	4-102
4.4.9.3	セメント系材料への硝酸塩の影響	4-102
4.4.9.4	放射性核種の溶解度及び吸着分配係数への影響	4-102
4.4.9.5	まとめ	4-104
4.4.9.6	今後の課題	4-105
4.4.10	ガス影響の定量化とガス状核種の挙動	4-105
4.4.10.1	非放射性ガスの発生・移行	4-106
4.4.10.2	放射性ガスの発生・移行	4-112
4.4.10.3	まとめ	4-116
4.4.10.4	今後の課題	4-116
4.4.11	安全評価上重要な処分環境条件の設定のまとめ	4-117
4.5	核種移行解析及び線量評価	4-121
4.5.1	解析ケースの設定	4-121
4.5.2	基本シナリオにおけるレファレンスケースの解析	4-124
4.5.2.1	解析の前提	4-124
4.5.2.2	核種移行解析データセット (RAMDA : <u>R</u> Adionuclides <u>M</u> igration <u>D</u> Ataset)	4-126
4.5.2.3	人工バリアのモデルとデータ	4-127
4.5.2.4	母岩中核種移行モデルとデータ	4-140
4.5.2.5	断層中核種移行解析モデルとデータ	4-146
4.5.2.6	生物圏のモデルとデータ	4-147
4.5.2.7	解析で用いるモデルチェーン	4-149
4.5.2.8	解析結果	4-149
4.5.2.9	まとめ	4-156
4.5.3	基本シナリオにおける代替ケースの解析	4-156
4.5.3.1	代替ケースの解析のためのモデル拡張	4-156
4.5.3.2	解析に用いるパラメータの設定	4-158
4.5.3.3	解析結果	4-165
4.5.3.4	まとめ	4-173
4.5.3.5	今後の課題	4-173
4.5.4	基本シナリオの不確実性の影響検討	4-174

4.5.4.1	包括的感度解析手法	4-175
4.5.4.2	パラメータの変動範囲の設定	4-177
4.5.4.3	解析結果	4-180
4.5.4.4	まとめ	4-188
4.5.4.5	今後の課題	4-188
4.5.5	変動シナリオの解析	4-188
4.5.5.1	天然現象影響ケース	4-188
4.5.5.2	工学的対策に関する初期欠陥影響ケース	4-197
4.5.5.3	将来の人間活動影響ケース	4-199
4.5.5.4	変動シナリオのまとめ	4-204
4.5.6	接近シナリオの解析	4-206
4.5.6.1	隆起・侵食に伴う処分施設の地表曝露	4-206
4.5.6.2	ボーリングによる偶発的な処分場貫通	4-208
4.6	安全性の検討のまとめ	4-215
4.6.1	地層処分の安全評価の進め方について	4-215
4.6.2	前提条件の整理について	4-215
4.6.3	シナリオ開発について	4-216
4.6.4	安全評価上重要な処分環境条件の設定について	4-216
4.6.5	核種移行解析及び線量評価について	4-216
4.6.5.1	解析ケースの設定について	4-216
4.6.5.2	地下水シナリオの基本シナリオに対する安全評価結果	4-216
4.6.5.3	地下水シナリオの変動シナリオに対する安全評価結果	4-217
4.6.5.4	接近シナリオに対する安全評価結果	4-218
4.6.6	安全性の検討のまとめ	4-218
	参考文献	4-220

第5章 コンクリートピット処分と余裕深度処分の処分施設設計と安全評価

5.1	コンクリートピット処分施設及び余裕深度処分施設の施設概念	5-1
5.2	コンクリートピット処分及び余裕深度処分の安全評価の進め方	5-4
5.3	コンクリートピット処分及び余裕深度処分のシナリオ検討	5-5
5.3.1	コンクリートピット処分の評価シナリオ及び評価モデル	5-5
5.3.2	コンクリートピット処分の評価パラメータ	5-5
5.3.3	余裕深度処分の評価シナリオ及び評価モデル	5-6
5.3.4	余裕深度処分の評価パラメータ	5-6
5.4	コンクリートピット処分及び余裕深度処分の安全評価	5-7
5.4.1	コンクリートピット処分の安全評価	5-7
5.4.2	余裕深度処分の安全評価	5-9
5.5	まとめ	5-12

5.6 今後の課題	5-12
参考文献	5-13

第6章 廃棄物処分合理化に関する検討

6.1 合理化に関する基本的考え方	6-1
6.2 高レベル放射性廃棄物との併置処分に関する検討	6-2
6.2.1 諸外国における併置処分の状況	6-2
6.2.2 相互影響評価	6-6
6.2.2.1 影響因子の抽出・整理	6-6
6.2.2.2 熱影響	6-7
6.2.2.3 有機物影響	6-11
6.2.2.4 硝酸塩影響	6-16
6.2.2.5 高 pH 影響	6-26
6.2.3 併置処分概念に関する検討	6-38
6.2.4 まとめ	6-39
6.2.5 今後の課題	6-39
6.3 余裕深度処分の α 核種濃度区分値による影響	6-42
6.3.1 余裕深度処分の区分値検討の必要性和設定の考え方	6-42
6.3.2 濃度上限値	6-42
6.3.3 α 核種濃度区分値	6-43
6.3.4 廃棄物の発生量	6-45
6.3.5 余裕深度処分の安全評価	6-48
6.3.6 地層処分の安全評価	6-50
6.3.7 まとめ	6-50
6.4 海外返還廃棄物の返還方法による影響	6-50
6.4.1 返還廃棄物の概要	6-50
6.4.1.1 廃棄物の概要	6-50
6.4.1.2 廃棄物の処理及び廃棄体	6-51
6.4.1.3 廃棄体発生量	6-51
6.4.1.4 廃棄体の特性	6-54
6.4.1.5 廃棄体区分	6-56
6.4.2 処分方法	6-59
6.4.3 コンクリートピット処分の安全評価	6-59
6.4.4 地層処分の安全評価	6-59
6.4.5 まとめ	6-59
6.4.6 今後の課題	6-60
参考文献	6-61

第7章 TRU 廃棄物処理処分の代替技術に関する検討

7.1 代替技術に関する基本的考え方	7-1
7.1.1 人工バリアの代替技術	7-2
7.1.1.1 ヨウ素固定化技術	7-2
7.1.1.2 C-14 の長期閉じ込め技術	7-2
7.1.2 評価の不確実性への対応のための代替技術	7-3
7.1.2.1 低アルカリ性セメント	7-3
7.1.2.2 硝酸塩分解技術	7-4
7.2 ヨウ素固定化技術	7-5
7.3 C-14 長期閉じ込め技術	7-8
7.4 低アルカリ性セメント	7-12
7.4.1 セメント原料の組成を調整した低アルカリ性セメント	7-12
7.4.2 ポゾラン材料を多量に添加した低アルカリ性セメント	7-13
7.5 硝酸塩分解技術	7-14
参考文献	7-17

第8章 まとめ

8.1 第2次 TRU レポートの成果	8-1
8.2 処分事業実施に向けた今後の展望	8-4
8.3 今後の技術開発課題	8-5

付 録

第 1 章関連

- 1A 第 2 次 TRU レポートの取りまとめ体制
- 1B IAEA の安全要件及び参照した安全要件

第 2 章関連

- 2A 使用済燃料の放射性物質濃度を与える燃焼度の影響
- 2B グループごとの放射性物質質量及び内容物の重量

第 3 章関連

- 3A 廃棄体容器の代替概念
- 3B セメント系材料の想定仕様と解析用特性値

第 4 章関連

- 4A 代替解析ケース入力データ

第 5 章関連

- 5A コンクリートピット処分の評価シナリオ及び評価モデル
- 5B コンクリートピット処分の評価パラメータ
- 5C 余裕深度処分の評価シナリオ及び評価モデル
- 5D 余裕深度処分の評価パラメータ

図リスト

図2.1.2-1	再処理の工程と放射性廃棄物の発生	2-4
図2.2.1-1	廃棄体形状（国内）	2-6
図2.2.2-1	廃棄体発生量の試算及び放射性物質濃度（濃度）の評価フロー	2-8
図2.3-1	TRU廃棄物の放射性物質濃度分布	2-16
図2.5.2-1	民間ハル・エンドピース廃棄体の発熱量の経時変化	2-29
図3.1-1	検討フロー	3-2
図3.1.1.1-1	人工バリアの基本構成	3-4
図3.1.1.2-1	TRU廃棄物処分施設の基本概念	3-6
図3.2.1.2-1	垂直流れにおける緩衝材中のペクレ数（平均地下水流速）	3-11
図3.2.1.2-2	水平流れにおける緩衝材中のペクレ数（平均地下水流速）	3-12
図3.2.1.2-3	緩衝材厚さの増加によるニアフィールドからの放出率の低減効果	3-13
図3.2.1.2-4	各種ベントナイトの有効粘土密度と透水係数の関係	3-14
図3.2.1.2-5	Ca型化ベントナイトの有効粘土密度と透水係数の関係	3-15
図3.2.1.2-6	有効粘土密度と透水係数の関係（降水系，海水系）	3-16
図3.2.2-1	地下施設のレイアウトの検討フロー	3-19
図3.2.2.1-1	解析モデル例	3-21
図3.2.2.1-2	解析ステップ	3-21
図3.2.2.1-3	局所安全係数分布	3-21
図3.2.2.1-4	支保工応力分布	3-22
図3.2.2.1-5	解析モデル例（幌型）	3-24
図3.2.2.1-6	解析ステップ	3-24
図3.2.2.1-7	最大せん断ひずみ分布	3-24
図3.2.2.1-8	解析モデル例	3-25
図3.2.2.1-9	岩盤モデルの弾性波速度構造	3-25
図3.2.2.1-10	局所安全係数分布	3-26
図3.2.2.1-11	支保工応力時刻歴	3-26
図3.2.2.2-1	鋼製構造躯体の形状（例）	3-28
図3.2.2.2-2	コンクリート製構造躯体の形状（例）	3-29
図3.2.2.2-3	解析対象断面	3-31
図3.2.2.2-4	熱解析モデルの例	3-32
図3.2.2.2-5	温度履歴の評価位置	3-33
図3.2.2.2-6	廃棄体断面定置数（例）	3-35
図3.2.2.2-7	軟岩系岩盤レファレンスケースの処分坑道断面図 （SR-C，深度500m，円形断面）	3-37

図3.2.2.2-8	軟岩系岩盤レファレンスケースのレイアウト例 (SR-C, 深度500m, 円形断面)	3-38
図3.2.2.2-9	硬岩系岩盤レファレンスケースの処分坑道断面図 (HR, 深度1,000m, 円形断面)	3-39
図3.2.2.2-10	硬岩系岩盤レファレンスケースのレイアウト例 (HR, 深度1,000m, 円形断面)	3-40
図3.2.2.2-11	硬岩系岩盤幌型坑道の処分坑道断面図 (HR, 深度1,000m, 幌型断面)	3-41
図3.2.2.2-12	硬岩系岩盤幌型坑道のレイアウト例 (HR, 深度1,000m, 幌型断面)	3-42
図3.2.2.2-13	軟岩系岩盤のグループ3を地下水流向に対して水平方向に配置した レイアウト例 (SR-C, 深度500m, 円形断面)	3-43
図3.2.2.3-1	TRU廃棄物処分施設における埋め戻し材, プラグの機能	3-44
図3.2.2.3-2	円形処分坑道における閉鎖概念	3-47
図3.2.2.3-3	幌型処分坑道における閉鎖概念	3-47
図3.2.2.3-4	アクセス坑道 (立坑) における閉鎖概念	3-47
図3.3-1	インフルエンスタグラム	3-48
図3.3-2	クリープ変形解析結果 (ケース2)	3-51
図3.3-3	天端中央における100万年後のクリープ変位	3-52
図3.3-4	解析フロー	3-53
図3.3-5	セメント系材料の変形挙動の概念	3-54
図3.3-6	ベントナイト系材料の膨潤挙動の概念	3-54
図3.3-7	モルタル, コンクリートの力学特性の変化	3-55
図3.3-8	緩衝材の除荷時の膨潤挙動	3-56
図3.3-9	緩衝材の平衡膨潤圧の変化	3-56
図3.3-10	変位コンター図	3-57
図3.3-11	熱応力解析	3-58
図3.3-12	堆積岩サイト, 廃棄体グループ2定置坑道についての周辺岩盤の局所安定性	3-59
図3.4.1.2-1	TRU廃棄物処分施設のスケジュール (案)	3-63
図3.4.2.2-1	地下施設の構成	3-67
図3.4.2.2-2	立坑断面形状	3-67
図3.4.2.2-3	斜坑断面形状	3-68
図3.4.2.2-4	主要坑道・連絡坑道断面形状	3-69
図3.4.2.2-5	軟岩系岩盤における円形処分坑道断面	3-70
図3.4.2.2-6	硬岩系岩盤における円形処分坑道/幌型処分坑道断面	3-70
図3.4.2.2-7	大断面処分坑道の掘削手順の概念図	3-71
図3.4.2.2-8	円形処分坑道における緩衝材の施工方法	3-79
図3.4.2.2-9	幌型処分坑道における緩衝材の施工方法	3-80
図3.4.2.2-10	鋼製構造躯体の構築概念図 (円形処分坑道, グループ1, 2)	3-81

図3.4.2.2-11	鉄筋コンクリート製構造躯体の構築概念図 (幌型処分坑道, グループ1, 2)	3-82
図3.4.2.2-12	鉄筋コンクリート製構造躯体の建設概念図 (幌型処分坑道, グループ3, 4)	3-82
図3.4.3.1-1	TRU廃棄物処分の基本ブロックフロー	3-85
図3.4.3.1-2	円形処分坑道における廃棄体定置, 充填材及び緩衝材施工の 作業ブロックフロー	3-86
図3.4.3.1-3	幌型処分坑道における廃棄体定置, 充填材及び緩衝材施工の 作業ブロックフロー	3-87
図3.4.3.1-4	TRU廃棄物処分施設の操業管理	3-90
図3.4.3.2-1	斜坑の形状	3-92
図3.4.3.2-2	主要坑道の形状	3-92
図3.4.3.2-3	クレーン基礎の岩盤利用	3-98
図3.4.3.2-4	地下施設設備ハンドリング設備全体図(円形処分坑道)	3-102
図3.4.3.2-5	地下施設設備ハンドリング設備全体図(幌型処分坑道)	3-103
図3.4.4.1-1	処分坑道上部埋め戻しの施工例(円形処分坑道)	3-105
図3.4.4.1-2	処分坑道上部埋め戻しの施工例(幌型処分坑道)	3-106
図4.1.1-1	安全評価体系	4-2
図4.1.2-1	包括的感度解析手法の特徴	4-4
図4.2.3-1	放射エネルギーの経時変化	4-7
図4.2.4-1	レファレンスとして設定した処分施設の断面形状	4-9
図4.3-1	シナリオ開発のフロー	4-10
図4.3.4-1	シナリオの分類	4-18
図4.3.6-1	安全評価に関わる現象等の階層構造	4-21
図4.4.2.2-1	セメントと接触する溶液組成の変遷	4-27
図4.4.2.2-2	緩衝材を設置しない処分施設の化学環境評価結果(FRHP-ひび割れあり)	4-35
図4.4.2.2-3	アルミノ珪酸塩鉱物についての鉱物変遷の概念	4-43
図4.4.2.2-4	複数の鉱物変遷シナリオ	4-43
図4.4.2.2-5	1次元解析モデル(差分メッシュの配置を合わせて示した)	4-45
図4.4.2.2-6	pH分布の時間変化	4-47
図4.4.2.2-7	間隙割合分布の時間変化	4-47
図4.4.2.2-8	計算された鉱物分布(100,000年後)	4-48
図4.4.2.3-1	安定ゼオライトが生成しないと仮定した場合の鉱物分布	4-51
図4.4.2.3-2	安定ゼオライトが生成しないと仮定した場合のpH分布の時間変化	4-52
図4.4.2.3-3	二次鉱物による間隙充填が生じないと仮定した場合 の鉱物分布(100,000年後)	4-54
図4.4.3-1	周辺岩盤のアルカリ変質解析の体系	4-61
図4.4.3-2	10,000年後の液相濃度分布(降水系地下水, 結晶質岩)	4-63

図 4.4.3-3	10,000 年後の固相体積割合分布 (降水系地下水, 結晶質岩)	4-64
図 4.4.3-4	pH の変遷 (降水系地下水, 結晶質岩)	4-64
図 4.4.3-5	pH と間隙率変化量の時間的・空間的変遷 (降水系地下水, 結晶質岩)	4-65
図 4.4.4-1	セメントペースト硬化体・モルタルの間隙率と透水係数との関係	4-69
図 4.4.4-2	掘削影響領域の地下水流量と透水係数の倍率との関係	4-71
図 4.4.4-3	水理解析の解析形状	4-71
図 4.4.4-4	セメントモルタル・緩衝材のダルシー流速と緩衝材の透水係数との関係	4-73
図 4.4.5-1	緩衝材によるコロイドのろ過効果	4-75
図 4.4.5-2	セメント間隙水及び地下水中的のコロイド重量濃度のイオン強度依存性	4-76
図 4.4.5-3	コロイド重量濃度と分配係数低下係数の関係	4-77
図 4.4.8-1	遮へい計算におけるモデル体系	4-92
図 4.4.8-2	モデル体系内での空気カーマ率分布	4-94
図 4.4.8-3	セメントモルタル (キャニスタ隣接部) での吸収線量率と吸収線量	4-96
図 4.4.8-4	緩衝材 (内側境界) での吸収線量率と吸収線量	4-96
図 4.4.8-5	キャニスタ部での酸化種の生成速度と還元種の供給速度	4-98
図 4.4.8-6	キャニスタ部での酸化種の累積生成量と還元容量	4-98
図 4.4.8-7	モルタル及び緩衝材での透過 γ 線による生成酸化種濃度	4-100
図 4.4.10.1-1	最大ガス発生量及び累積ガス発生量—結晶質岩系岩盤	4-108
図 4.4.10.1-2	年間ガス発生速度の経時変化—結晶質岩系岩盤 グループ 2 (キャニスタ) ...	4-109
図 4.4.10.1-3	ガス移行解析結果の一例—結晶質岩系岩盤 グループ 2 (キャニスタ)	4-112
図 4.4.10.2-1	$^{14}\text{CH}_4$ 発生速度—結晶質岩系岩盤 グループ 2 (キャニスタ)	4-114
図 4.4.10.2-2	$^{14}\text{CH}_4$ 発生速度—結晶質岩系岩盤 (グループ 3:200L ドラム缶)	4-115
図 4.4.10.2-3	地表面での $^{14}\text{CH}_4$ ガスの移行率 (グループ 3)	4-116
図 4.5.2-1	レファレンスケースで考慮する核種移行経路	4-125
図 4.5.2-2	人工バリア中核種移行解析モデルの 1 次元化の概念 (廃棄体グループ 2 の例)	4-129
図 4.5.2-3	天然バリア中の核種移行解析の 1 次元平行平板モデルの概念	4-141
図 4.5.2-4	モデルチェインと主要なデータの流れ	4-149
図 4.5.2-5	廃棄体グループごとの人工バリアからの核種の移行率	4-150
図 4.5.2-6	核種ごとの人工バリアからの核種の移行率	4-150
図 4.5.2-7	グループごとの母岩からの核種の移行率	4-151
図 4.5.2-8	核種ごとの母岩からの核種の移行率	4-152
図 4.5.2-9	グループごとの断層からの核種の移行率	4-153
図 4.5.2-10	核種ごとの断層からの核種の移行率	4-153
図 4.5.2-11	核種の各領域からの核種の移行率	4-154
図 4.5.2-12	線量評価結果 (グループごと)	4-155
図 4.5.2-13	線量評価結果 (核種ごと)	4-155
図 4.5.3-1	地下水シナリオの不確実性に関する解析結果	4-167

図 4.5.3-2	地下水シナリオの仮想的設定の不確実性に関する解析結果	4-168
図 4.5.3-3	地質環境変更ケースにおける解析結果	4-169
図 4.5.3-4	亀裂透水量係数の対数平均値に対する解析結果	4-170
図 4.5.3-5	動水勾配に対する解析結果	4-171
図 4.5.3-6	母岩マトリクス拡散深さに対する解析結果	4-171
図 4.5.3-7	母岩マトリクス拡散寄与面積比に対する解析結果	4-171
図 4.5.3-8	母岩マトリクスの間隙率に対する解析結果	4-172
図 4.5.3-9	断層長さに対する解析結果	4-172
図 4.5.4-1	重要度の高いパラメータの同定の事例	4-176
図 4.5.4-2	I の母岩マトリクス拡散深さと最大線量の関係	4-177
図 4.5.4-3	包括的感度解析における充填材収着分配係数の変動範囲	4-178
図 4.5.4-4	統計解析の結果及び重要度と影響度の比較	4-180
図 4.5.4-5	透水量係数の対数平均値と最大線量の関係	4-181
図 4.5.4-6	統計解析の結果及び重要度と影響度の比較	4-182
図 4.5.4-7	母岩マトリクス拡散深さと I の母岩マトリクス収着分配係数と 最大線量との関係	4-183
図 4.5.4-8	目標線量を下回る性能の例	4-183
図 4.5.4-9	目標線量を下回るための成立条件と統計解析の結果	4-185
図 4.5.4-10	核種浸出期間に着目した統計解析の結果	4-186
図 4.5.4-11	グループ 1 の核種浸出期間に対する線量の感度	4-186
図 4.5.5-1	隆起・侵食シナリオにおける地質環境の模式図	4-189
図 4.5.5-2	隆起・侵食シナリオの評価結果	4-191
図 4.5.5-3	気候・海水準シナリオにおける地質環境の模式図	4-193
図 4.5.5-4	気候・海水準シナリオ（内陸立地）の評価結果	4-196
図 4.5.5-5	気候・海水準シナリオ（沿岸立地）の評価結果	4-197
図 4.5.5-6	シーリングミスシナリオの模式図	4-197
図 4.5.5-7	シーリングミスシナリオの評価結果	4-199
図 4.5.5-8	井戸掘削シナリオの模式図	4-200
図 4.5.5-9	井戸掘削シナリオの評価結果	4-202
図 4.5.5-10	ボーリングによる移行経路形成シナリオの模式図	4-203
図 4.5.5-11	ボーリングによる移行経路形成シナリオの評価結果	4-204
図 4.5.5-12	変動シナリオの評価結果のまとめ	4-206
図 4.5.6-1	隆起・侵食による地表曝露の概念図	4-208
図 4.5.6-2	処分場の地表曝露による影響（結晶質岩，隆起・侵食速度 1mm/y）	4-208
図 4.5.6-3	深部ボーリングの偶発的な処分場貫通におけるリスク算出結果	4-214
図 5.1-1	コンクリートピット処分の処分概念図	5-2
図 5.1-2	余裕深度処分の処分概念	5-2
図 5.1-3	コンクリートピット処分の施設概念図	5-3

図5.4.1-1	コンクリートピット処分の線量評価結果	5-8
図5.4.2-1	余裕深度処分の線量評価結果（基本ケース）	5-10
図5.4.2-2	余裕深度処分の線量評価結果（変更ケース）	5-11
図6.2.1-1	スイスにおけるHLW・SFとTRU廃棄物の併置処分概念図	6-5
図6.2.2.2-1	ガラス固化体とハル・エンドピースの発熱率の経時変化	6-8
図6.2.2.2-2	熱伝導解析のモデル	6-8
図6.2.2.2-3	結晶質岩系岩盤における温度変化と離間距離	6-10
図6.2.2.2-4	堆積岩系岩盤における温度変化と離間距離	6-10
図6.2.2.3-1	セルロース及びISAの化学構造	6-11
図6.2.2.3-2	解析モデル図	6-12
図6.2.2.3-3	結晶質岩系岩盤の有機物プルーム解析結果（透水係数： 1×10^{-9} m/s）	6-14
図6.2.2.3-4	堆積岩系岩盤の有機物プルーム解析結果（透水係数： 1×10^{-9} m/s）	6-15
図6.2.2.3-5	Pu溶解度とISA濃度の関係	6-16
図6.2.2.3-6	Eu及びThの分配係数とISA濃度の関係	6-16
図6.2.2.4-1	I ⁻ の岩盤への収着分配係数の関係	6-19
図6.2.2.4-2	解析モデル図	6-19
図6.2.2.4-3	硝酸塩濃度分布の時間変化 （結晶質岩系岩盤：岩盤の透水係数 1×10^{-9} m/s）	6-20
図6.2.2.4-4	硝酸塩濃度分布の時間変化 （堆積岩系岩盤：岩盤の透水係数 1×10^{-9} m/s）	6-21
図6.2.2.4-5	変質試験前後におけるベントナイト試料のX線回折結果	6-23
図6.2.2.4-6	3mol/dm ³ の硝酸ナトリウムを含む溶液を使用した透水試験結果	6-24
図6.2.2.4-7	Cs ⁺ の岩石・鉱物への収着分配係数と液相中Na ⁺ 濃度との関係	6-25
図6.2.2.5-1	解析領域図	6-27
図6.2.2.5-2	10,000年後の液相濃度分布（降水系地下水，結晶質岩）	6-31
図6.2.2.5-3	10,000年後の固相体積割合分布（降水系地下水，結晶質岩）	6-31
図6.2.2.5-4	10,000年後の液相濃度分布（海水系地下水，結晶質岩）	6-32
図6.2.2.5-5	10,000年後の固相体積割合分布（海水系地下水，結晶質岩）	6-32
図6.2.2.5-6	pHの変遷（ 1×10^{-9} m/s，降水系地下水・結晶質岩）	6-33
図6.2.2.5-7	pHの変遷（ 1×10^{-9} m/s，海水系地下水・結晶質岩）	6-33
図6.2.2.5-8	pHの時間的，空間的分布	6-34
図6.2.2.5-9	ベントナイトの透水係数試験結果	6-35
図6.2.2.5-10	ベントナイトの拡散係数	6-35
図6.2.2.5-11	スメクタイトの溶解速度のpH依存性	6-36
図6.2.2.5-12	緩衝材中における炭素鋼の不動態化条件	6-37
図6.2.3-1	TRU廃棄物-HLW併置処分の概念図例	6-40
図6.2.3-2	TRU廃棄物-HLW併置処分の鳥瞰図	6-41
図6.3.3-1	主要廃棄物の α 核種濃度	6-45

図6.3.5-1	余裕深度処分の線量評価結果 (100GBq/t)	6-49
図6.4.5-1	返還方法の選択による合理性	6-60
図7.2-1	岩石固化体内部の観察写真	7-7
図7.2-2	長期浸漬試験でのヨウ素, ケイ素浸出量と \sqrt{t} (浸漬期間: t) の関係	7-7
図7.2-3	岩石固化体からのヨウ素放出挙動模式図	7-8
図7.3-1	コンクリート容器の C-14 の閉じ込めの考え方	7-11
図7.3-2	水浸透化学劣化連成解析結果	7-11
図7.3-3	Ti-Gr. 1 の 80°C における不働態-脱不働態遷移	7-11
図7.3-4	チタン合金の TRU 廃棄物処分環境でのすきま腐食感受性	7-11
図7.3-5	Ti 合金の SCC 進展評価試験の結果	7-11
図7.4-1	セメント原料の組成を調整した低アルカリ性セメントと, OPC との浸出液の pH の比較	7-12
図7.4-2	LAC と OPC との圧縮強度	7-13
図7.4-3	OPC と HFSC の浸出液の pH の変化	7-14
図7.4-4	OPC と HFSC の浸出液の Ca 濃度の変化	7-14
図7.5-1	硝酸塩の分解・除去方法	7-15

表リスト

表 1.1-1	専門部会報告書に示された技術開発課題	1-1
表 1.1-2	各放射性廃棄物の処分に係わる審議, 安全規制・基準等の整備状況	1-3
表 1.2-1	本検討書において考慮する安全要件等	1-9
表 1.3-1	地層処分における地質環境条件の設定	1-11
表 1.3-2	コンクリートピット処分及び余裕深度処分における地質環境条件の設定	1-14
表 2.1.2-1	操業に伴い発生する放射性廃棄物	2-3
表 2.1.2-2	施設の解体により発生する放射性廃棄物	2-3
表 2.1.3-1	TRU廃棄物の発生状況	2-5
表 2.2.1-1	想定する廃棄物処理と廃棄体容器 (施設操業)	2-7
表 2.2.1-2	想定する廃棄物処理と廃棄体容器 (施設解体)	2-7
表 2.2.2-1	発生量試算の条件	2-9
表 2.2.2-2	廃棄体推定発生量	2-10
表 2.2.2-3	廃棄体推定発生量 (民間再処理操業)	2-10
表 2.2.2-4	廃棄体推定発生量 (民間MOX操業)	2-11
表 2.2.2-5	廃棄体推定発生量 (民間再処理解体)	2-11
表 2.2.2-6	廃棄体推定発生量 (民間MOX解体)	2-11
表 2.2.2-7	廃棄体推定発生量 (JNC再処理操業)	2-12
表 2.2.2-8	廃棄体推定発生量 (JNC MOX操業)	2-12
表 2.2.2-9	廃棄体推定発生量 (JNC再処理解体)	2-13
表 2.2.2-10	廃棄体推定発生量 (JNC MOX解体)	2-13
表 2.2.2-11	廃棄体推定発生量 (返還廃棄物)	2-14
表 2.3-1	放射性物質濃度の評価条件	2-15
表 2.3-2	使用済燃料の燃焼条件	2-16
表 2.3-3	各廃棄体の放射性物質濃度 (Bq/t) (民間)	2-17
表 2.3-4	各廃棄体の放射性物質濃度 (Bq/t) (返還)	2-17
表 2.3-5	各廃棄体の放射性物質濃度 (Bq/t) (JNC)	2-18
表 2.3-6	各廃棄体の放射性物質質量 (Bq) (民間)	2-19
表 2.3-7	各廃棄体の放射性物質質量 (Bq) (返還)	2-19
表 2.3-8	各廃棄体の放射性物質質量 (Bq) (JNC)	2-20
表 2.3-9	主要核種のハル・エンドピース1本あたりの放射性物質質量比較	2-21
表 2.4.1-1	相対重要度 (D/C) の評価結果	2-22
表 2.4.1-2	廃棄体の処分区分に用いた濃度	2-22
表 2.4.2-1	処分区分ごとの廃棄体発生量	2-23
表 2.4.2-2	処分区分ごとの主要核種の放射性物質質量	2-24
表 2.5.1-1	廃棄体に含まれる硝酸塩の量	2-25

表2.5.1-2	廃棄体に含まれる有機物の量	2-26
表2.5.1-3	廃棄体に含まれる内容物の重量（民間）	2-27
表2.5.1-4	廃棄体に含まれる内容物の重量（返還）	2-27
表2.5.1-5	廃棄体に含まれる内容物の重量（JNC）	2-28
表2.5.2-1	廃棄体の発熱量	2-29
表2.5.3-1	固型化材料による分類	2-27
表2.5.3-2	廃棄体容器による分類	2-30
表2.5.3-3	内容物による分類	2-31
表2.5.3-4	発熱率による分類	2-31
表2.5.3-5	重要核種による分類	2-32
表2.5.4-1	廃棄体のグルーピング	2-33
表2.5.4-2	廃棄体のグルーピングの内訳	2-34
表3.1-1	処分システムの構築において考慮する要件	3-1
表3.1.1.1-1	各人工バリアの設計上考慮すべき機能の整理	3-5
表3.2.1.1-1	対象廃棄体及び廃棄体パッケージの概要	3-9
表3.2.1.2-1	緩衝材に求められる機能	3-10
表3.2.1.2-2	検討に用いたパラメータ設定	3-13
表3.2.1.2-3	緩衝材の仕様例	3-16
表3.2.1.3-1	充填材に求められる機能	3-17
表3.2.2.1-1	解析に用いた力学物性値	3-20
表3.2.2.1-2	解析ケース一覧	3-20
表3.2.2.1-3	解析結果のまとめ	3-22
表3.2.2.1-4	MBC解析に用いる入力パラメータ	3-23
表3.2.2.1-5	解析ケース一覧	3-23
表3.2.2.1-6	解析結果のまとめ	3-24
表3.2.2.1-7	解析ケース一覧	3-26
表3.2.2.1-8	解析結果のまとめ	3-26
表3.2.2.1-9	岩種毎の処分坑道の形状・規模	3-27
表3.2.2.2-1	構造躯体に求められる機能	3-27
表3.2.2.2-2	各構成要素の熱物性データ	3-30
表3.2.2.2-3	熱的制約条件の検討対象とするケース	3-30
表3.2.2.2-4	レファレンスケースに対する熱解析の結果	3-33
表3.2.2.2-5	連設空洞熱解析結果の例	3-34
表3.2.2.2-6	処分坑道の離間距離のまとめ	3-36
表3.2.2.3-1	埋め戻し材の施工対象部位と候補材料	3-45
表3.2.2.3-2	ベントナイト系材料の埋め戻し材仕様例	3-45
表3.2.2.3-3	水理プラグの仕様例	3-46
表3.3-1	解析評価する現象のモデル化	3-49

表3.3-2	解析ケース	3-50
表3.3-3	人工バリアのモデル化（軟岩系岩盤のグループ1）	3-53
表3.3-4	最終ステップまでの化学特性の変遷	3-53
表3.4.2.1-1	廃棄体受入・検査施設の主要機器	3-64
表3.4.2.1-2	製作工程及び構成技術	3-65
表3.4.2.1-3	製作工程及び管理項目	3-66
表3.4.2.2-1	緩衝材の施工方法の分類	3-72
表3.4.2.2-2	緩衝材の原位置における施工技術(1/4)	3-73
表3.4.2.2-3	緩衝材の原位置における施工技術(2/4)	3-74
表3.4.2.2-4	緩衝材の原位置における施工技術(3/4)	3-75
表3.4.2.2-5	緩衝材の原位置における施工技術(4/4)	3-76
表3.4.2.2-6	現場施工緩衝材の施工法と達成密度・透水係数の関係	3-78
表3.4.3.1-1	TRU廃棄物処分施設の運転管理方法の概要	3-88
表3.4.3.1-2	放射線管理の基本的考え方	3-89
表3.4.3.2-1	廃棄体取扱数量	3-91
表3.4.3.2-2	搬送対象物及び重量	3-92
表3.4.3.2-3	廃棄体搬送方式の検討例	3-93
表3.4.3.2-4	円形処分坑道における廃棄物形状	3-94
表3.4.3.2-5	処分坑道への廃棄体搬送方式・設備の検討例（円形処分坑道）	3-95
表3.4.3.2-6	廃棄体定置方式の検討例（円形処分坑道）	3-96
表3.4.3.2-7	幌型処分坑道における廃棄物形状	3-96
表3.4.3.2-8	廃棄体定置方式の検討例（幌型処分坑道）	3-97
表3.4.3.2-9	充填材施工方式の検討例	3-100
表3.4.4.1-1	埋め戻しを実施する施工位置の分類	3-104
表3.4.4.1-2	ベントナイト系材料による埋め戻し施工方法	3-104
表3.4.4.1-3	主要・連絡坑道に適用可能な埋め戻し方法	3-107
表3.4.5-1	作業段階ごとの主な情報と計測項目（高レベル放射性廃棄物処分の例）	3-109
表4.1.1-1	安全評価体系に対応した検討項目と内容	4-3
表4.2.1-1	安全評価における要求事項	4-6
表4.2.2-1	評価において使用する地質環境の情報	4-6
表4.2.3-1	安全評価上の各廃棄体グループの廃棄体の分類	4-7
表4.2.3-2	安全評価で用いる廃棄体ごとのモデルインベントリー（25年間の貯蔵後）(Bq)	4-8
表4.2.4-1	各廃棄体に対する処分施設形状の諸元	4-9
表4.3.1-1	TRU 廃棄物地層処分における包括的 FEP リスト	4-12
表4.3.2-1	FEP の分類のための包括的 FEP の集約	4-14
表4.3.3-1	安全評価から除外可能な FEP	4-16
表4.3.3-2	判断を保留した FEP に関する 2 つの議論	4-17

表 4.3.6-1	FEP の分類, 集約 FEP, シナリオ及び 「安全評価上重要な処分環境条件」の関係	4-22
表 4.4.2.2-1	検討対象とするコンクリート・モルタルの組成	4-27
表 4.4.2.2-2	Ca/Si 比の関数として表現した固溶体のモデル固相の溶解平衡定数	4-32
表 4.4.2.2-3	セメント系材料の化学モデルで考慮した初期水和物及び二次鉱物	4-33
表 4.4.2.2-4	緩衝材を設置しない処分施設の変質解析における透水性に関する設定	4-34
表 4.4.2.2-5	緩衝材を設置しない処分施設の変質解析に基づく化学環境の設定例	4-35
表 4.4.2.2-6	緩衝材の仕様(3.2.1.2 の検討に基づく)	4-40
表 4.4.2.2-7	ベントナイトの鉱物組成	4-41
表 4.4.2.2-8	ベントナイトの溶解・変質に伴い生成する可能性のある主な鉱物	4-42
表 4.4.3-1	アルカリ反応性鉱物, 反応性岩石, 及び反応性骨材	4-58
表 4.4.3-2	各バリア材料において考慮した鉱物	4-62
表 4.4.3-3	アルカリ成分影響解析に使用するパラメータ及び物性値	4-62
表 4.4.4-1	セメントモルタルに対する透水係数の設定値	4-69
表 4.4.4-2	緩衝材に対する透水係数の設定値	4-70
表 4.4.4-3	解析ケースのまとめ	4-72
表 4.4.4-4	各領域のダルシー流速及び掘削影響領域の地下水流量	4-73
表 4.4.7-1	微生物活動による影響	4-85
表 4.4.7-2	処分施設における基質と微生物活動	4-86
表 4.4.8-1	廃棄体表面での吸収線量率の比較	4-93
表 4.4.8-2	モルタル及び緩衝材での酸化種挙動評価における条件設定	4-99
表 4.4.10.1-1	ガス移行解析結果	4-111
表 4.4.10.2-1	C-14 最大放出速度と全放出 C-14 が CH ₄ とした場合の最大発生速度	4-113
表 4.4.11-1	環境条件の評価結果のまとめ	4-118
表 4.4.11-2	個別現象の評価結果のまとめ (1/2)	4-119
表 4.4.11-2	個別現象の評価結果のまとめ (2/2)	4-120
表 4.5.1-1	FEP, シナリオ, 解析ケース, 不確実性の関係	4-123
表 4.5.2-1	廃棄体グループ 2 の核種の金属中に存在する割合	4-133
表 4.5.2-2	グループ 2 の各金属からの核種の浸出期間	4-134
表 4.5.2-3	アクチノイド元素及び Tc の溶解度上昇係数 (SEF)	4-134
表 4.5.2-4	溶解度上昇 (SEF) 及び収着分配係数低減係数 (SRF) の設定値	4-134
表 4.5.2-5	設定された元素の溶解度	4-135
表 4.5.2-6	圧縮成型ベントナイトに対する核種実効拡散係数 (単位: m ² /s)	4-136
表 4.5.2-7	セメントモルタルに対する元素の収着分配係数 (単位: m ³ /kg)	4-138
表 4.5.2-8	緩衝材に対する元素の収着分配係数 (単位: m ³ /kg)	4-139
表 4.5.2-9	各領域における透水係数の設定値	4-139
表 4.5.2-10	人工バリア内の地下水ダルシー流速及び掘削影響領域の地下水流量	4-140
表 4.5.2-11	母岩に対する元素の収着分配係数 (単位: m ³ /kg)	4-145

表 4.5.2-12	レファレンスケースにおける母岩及び断層中での 核種移行解析に用いたデータ一覧	4-147
表 4.5.2-13	河川水利用シナリオに基づく各グループの線量への 換算係数((Sv/y)/(Bq/y))	4-148
表 4.5.3-1	人工バリア変質影響ケースに関する解析設定	4-159
表 4.5.3-2	高 pH による母岩ケースへの影響に関する解析設定	4-160
表 4.5.3-3	初期酸化性影響ケースに関する解析設定	4-161
表 4.5.3-4	コロイド影響に関する解析設定	4-161
表 4.5.3-5	有機物影響に関する解析設定	4-162
表 4.5.3-6	ガス影響に関する解析設定	4-163
表 4.5.3-7	岩種変更ケース	4-163
表 4.5.3-8	地下水起源変更ケース	4-164
表 4.5.3-9	天然バリアのパラメータ値の感度解析の範囲	4-165
表 4.5.4-1	包括的感度解析において使用するパラメータの 変動範囲及び固定値 (グループ 1)	4-179
表 4.5.4-2	目標とする線量を下回る条件の例	4-184
表 4.5.5-1	隆起・侵食による環境条件への影響	4-190
表 4.5.5-2	隆起・侵食シナリオにおける移行経路及び生物圏設定	4-190
表 4.5.5-3	気候・海水準変動による環境条件への影響	4-192
表 4.5.5-4	気候・海水準変動シナリオ (内陸立地) における移行経路及び生物圏設定	4-194
表 4.5.5-5	気候・海水準変動シナリオ (沿岸立地) における移行経路及び生物圏設定	4-194
表 4.5.5-6	気候・海水準変動シナリオにおける線量への換算係数	4-195
表 4.5.5-7	シーリングミスシナリオにおける移行経路及び生物圏設定	4-198
表 4.5.5-8	井戸掘削シナリオにおける移行経路及び生物圏設定	4-200
表 4.5.5-9	河川水/平野モデルと深井戸/平野モデルにおける線量への換算係数	4-201
表 4.5.5-10	ボーリングによる移行経路形成シナリオ における移行経路及び生物圏設定	4-203
表 4.5.6-1	ボーリングによる接近シナリオの評価対象	4-209
表 4.5.6-2	コア観察者及びボーリング作業者の外部被ばくの線量換算係数算出 のための遮へい計算設定根拠	4-210
表 4.5.6-3	コア観察者の被ばく線量算出のためのパラメータ設定根拠	4-211
表 4.5.6-4	ボーリング作業者の被ばく線量算出のためのパラメータ設定根拠	4-212
表 4.5.6-5	各廃棄体グループ処分坑道のリスク算出上の投影断面積	4-213
表 5.3.2-1	新たに設定した評価パラメータ	5-5
表 5.3.2-2	変更した評価パラメータ	5-5
表 5.3.4-1	変更した評価パラメータ	5-6

表5.4.1-1	コンクリートピット処分の線量評価結果	5-7
表5.4.2-1	余裕深度処分の線量評価結果	5-9
表6.2.1-1	諸外国における放射性廃棄物の処分概念	6-4
表6.2.2.2-1	人工バリア及び岩盤の熱的物性値	6-9
表6.2.2.3-1	使用パラメータ及び物性値	6-12
表6.2.2.3-2	ISA濃度と主要元素の溶解度上昇率の関係	6-16
表6.2.2.4-1	使用パラメータ及び物性値	6-19
表6.2.2.4-2	10万年間でのTRU廃棄物処分施設から上流側に離れた各地点 における硝酸塩プルームの最大到達濃度	6-22
表6.2.2.4-3	10万年間でのTRU廃棄物処分施設から地下水流向と垂直な方向 に離れた各地点における硝酸塩プルームの最大到達濃度	6-22
表6.2.2.4-4	10万年間でのTRU廃棄物処分施設から下流側に離れた各地点 における硝酸塩プルームの最大到達濃度	6-22
表6.2.2.5-1	地球化学反応に寄与すると考慮する鉱物	6-28
表6.2.2.5-2	セメントの化学組成(wt%)	6-28
表6.2.2.5-3	モデルモルタルの示方配合	6-28
表6.2.2.5-4	セメント鉱物組成(mol/l-water)	6-28
表6.2.2.5-5	各バリア材料において考慮した鉱物	6-29
表6.2.2.5-6	高pHプルーム解析に使用するパラメータ及び物性値	6-30
表6.2.2.5-7	アルカリ溶液におけるベントナイトの変質	6-36
表6.3.2-1	TRU廃棄物の濃度上限値の試算値	6-43
表6.3.4-1	処分区分毎の廃棄体発生量 (α : 100GBq/t)	6-46
表6.3.4-2	処分区分毎の廃棄体発生量の比較	6-46
表6.3.4-3	処分区分毎の放射エネルギー (Bq)	6-47
表6.3.5-1	余裕深度処分の線量評価結果 (100GBq/t)	6-48
表6.3.5-2	余裕深度処分の線量比較	6-48
表6.4.1.2-1	想定する廃棄物処理と廃棄体形状 (施設操業・解体)	6-52
表6.4.1.3-1	廃棄体推定発生量 (返還廃棄物 : 高レベル廃棄物を含む)	6-53
表6.4.1.3-2	TRU廃棄体推定発生量の比較	6-53
表6.4.1.4-1	廃棄体ごとの放射性物質濃度 (返還廃棄物) (1/2)	6-54
表6.4.1.4-1	廃棄体ごとの放射性物質濃度 (返還廃棄物) (2/2)	6-55
表6.4.1.4-1	廃棄体に含まれる硝酸塩の量 (返還廃棄物)	6-56
表6.4.1.4-2	廃棄体に含まれる有機物の量 (返還廃棄物)	6-56
表6.4.1.4-4	廃棄体の発熱率 (返還廃棄物)	6-56
表6.4.1.5-1	処分区分ごとのTRU廃棄体推定発生量 (α 核種濃度区分値 : 1GBq/t)	6-57
表6.4.1.5-2	処分区分ごとのTRU廃棄体推定発生量 (α 核種濃度区分値 : 100GBq/t)	6-57
表6.4.1.5-3	処分区分ごとの放射性物質質量比較(Bq)	6-58
表7.2-1	各固化体のヨウ素固定化方法と性能評価モデル	7-5

表 7.2-2	固化体の化学組成とヨウ素固定化構造	7-6
表 7.3-1	C-14 長期閉じ込め型パッケージの種類と特徴	7-10
表 7.3-2	金属容器の C-14 の閉じ込めの考え方	7-11
表 7.4-1	HFSC モルタルの凝結時間並びに圧縮強度	7-14
表 8.3-1	基盤的研究 (廃棄体データベース)	8-7
表 8.3-2	基盤的研究 (処分技術)	8-7
表 8.3-3	基盤的研究 (性能評価(1/2))	8-8
表 8.3-3	基盤的研究 (性能評価(2/2))	8-9
表 8.3-4	基盤的研究開発 (代替技術)	8-10
表 8.3-5	事業化技術開発 (詳細設計手法)	8-11
表 8.3-6	事業化技術開発 (施工技術等)	8-11