

RWMC

原環センター
2005年度 技術年報



財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター

ご あ い さ つ



今般、政府は、昨年閣議決定した「原子力政策大綱」の目標を実現するための具体的方策を「原子力立国計画」としてとりまとめました。このなかで、原子力発電の重要性を時代環境の変化のもとで再確認するとともに、その重要な施策の一つとして、「核燃料サイクルの着実な推進」、特に、「放射性廃棄物対策の着実な推進」が挙げられています。また、国際的にも、米、英、仏をはじめとする各国において、放射性廃棄物対策に真剣に取り組む機運が高まってきています。

当センターは、1976年に設立されて以来、産業界、学会、官界の幅広いご協力を得て、放射性廃棄物処理処分に特化した我が国唯一の中立の専門頭脳集団として、我が国が避けて通ることのできない放射性廃棄物の処理処分事業の遂行に必要な技術的、社会科学的な調査研究活動を行ってまいりました。

具体的には、低レベル放射性廃棄物の処分に係る調査研究、高レベル放射性廃棄物の処理処分技術や処分制度化の調査研究、TRU廃棄物やウラン廃棄物の処理処分に係る調査研究などを実施してまいりました。これらの実績は国際的にも高く評価され、近年、各国の調査研究機関、処理処分事業実施機関等と共同の取組みを行うケースも増加してきています。また、こうした国際的な連携を通じて築き上げられたネットワークを活用して、当センターは、放射性廃棄物に関する世界各国の政策、制度、処理処分事業の進捗状況等の情報を分析・加工して各界の利用の便に供する情報センターの役割も担っております。

こうした活動を地味ながら持続的に展開してきた当センターにとって、最近の我が国政府及び各国の積極的な姿勢は心強いものがあり、また、当センターの責務の重大さを再認識させるものであります。

以上述べた放射性廃棄物に係る調査研究業務に加えて、当センターは、2000年には最終処分積立金の、2005年には再処理等積立金のそれぞれ法律に基づく指定法人として、資金管理業務を新たに担うことになりました。

この技術年報は、当センターが2005年度に実施した調査研究の内容をご紹介するとともに、国際交流や国際会議・学会等での論文発表実績等当センターの一年間の活動状況を取りまとめたものです。本年報を通じて、当センターの活動をご理解いただくとともに、ご指導を賜れば幸いです。

財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター
理事長 井上 毅

目 次

I. 放射性廃棄物の管理処分に関する研究	4
1. 余裕深度処分	4
低レベル放射性廃棄物処分技術調査	4
放射性廃棄物管理に係る国際機関等の検討状況調査	6
2. ウラン廃棄物処分	8
ウラン廃棄物処分技術調査	8
3. 余裕深度処分等に関する研究	13
II. 放射性廃棄物の地層処分に関する調査研究	14
1. 高レベル放射性廃棄物処分	14
1-1 地質環境調査技術	14
高精度物理探査技術高度化調査（物理探査技術信頼性確認試験）	14
地質環境評価技術高度化調査	16
1-2 処分技術	18
遠隔操作技術高度化調査	18
人工バリア特性体系化調査	20
人工バリア材料照射影響調査	22
1-3 性能評価技術	24
性能評価技術高度化	24
地球化学バリア有効性確認調査	27
1-4 制度化・社会対応技術	30
モニタリング機器技術高度化調査	30
2. TRU 廃棄物処分	32
人工バリア・天然バリアガス移行挙動評価	32
人工バリア長期性能確認試験	34
ヨウ素固定化技術調査	36
放射化金属廃棄物炭素移行評価技術調査	38
廃棄体開発調査	40
TRU 廃棄物処分に関する研究	43
III. 放射性廃棄物全般に共通する調査研究	44
地下空洞型処分施設性能確認試験	44
総合情報調査	46
技術情報広報調査	48
地層処分重要基礎技術研究調査	50
高レベル放射性廃棄物処分の冊子の改訂等	52

サイクル廃棄物広報対策等	53
IV. 安全基準に関する調査研究	54
放射性廃棄物処分の安全基準等に関する調査	54
安全規制及び安全基準に係る内外の動向調査	56
返還放射性廃棄物の廃棄確認に係る海外調査	58
V. 国際交流	60
VI. 資料	62
(1) 研究成果報告書等	62
(2) 外部発表等	64
(3) 技術報告書	69
(4) 委員会一覧	70
(5) 原環センター主催の講演会等	73

1. 放射性廃棄物の管理処分に関する研究

1. 放射性廃棄物の管理処分に関する研究

1. 余裕深度処分

【低レベル放射性廃棄物処分技術調査】

◇事業の概要

TRU 廃棄物、ウラン廃棄物及び発電所廃棄物を対象として、余裕深度処分の全体システム（人工バリア、天然バリア、制度的管理）の安全性能を評価し、その信頼性や合理性を確認するため、以下の調査を実施している。

- (1) 余裕深度処分システム性能要素の同定
(平成 14 年度～平成 15 年度)
- (2) 余裕深度処分システム性能評価試算
(平成 14 年度～平成 16 年度)
- (3) 安全対策の検討
(平成 15 年度～平成 17 年度)

平成 14 年度は、余裕深度処分と類似の処分場を持つチェコ、フィンランド、ノルウェー、スウェーデンについて概要調査を実施した。またトンネル型、サイロ型の形態別に余裕深度処分システムの性能評価の基本ケースを設定し、評価試算した。

平成 15～16 年度は、フィンランド、スウェーデンにおける処分場、安全評価、安全規制についての詳細調査を行った。また人工/天然バリア条件の変動ケースの評価試算を行うとともに、安全対策の検討として、セーフティケースの枠組と開発計画の検討を行った。

平成 17 年度は、諸外国の規制体系と国際機関などにおける考え方との比較・整理を行うとともに、安全対策の検討として、これまでの性能評価試算結果に基づく処分施設の成立性評価を試みた。

なお本調査は経済産業省の委託により実施しているものである。

(報告書)平成 17 年度 管理型処分技術調査等 低レベル放射性廃棄物処分技術調査 報告書

◇平成 17 年度の成果

(1) 海外の余裕深度処分システム類似事例の調査

平成 17 年度は、安全確保の基本的な考え方を構成する要素のうち、「安全評価の時間枠」、「シナリオの設定方法」、「リスク評価」、「最適化とBAT」の4つの概念に着目し、国際機関などや諸

外国の調査を行った。また余裕深度処分システムの類似事例の最新動向として、米国、フランス、IAEA 東京会議の調査もあわせて行った。安全評価の時間枠に関するまとめを表-1 に、フィンランド、スウェーデンの安全規制の考え方を図-1、2に示す。表-1 より、時間軸に応じて安全評価の考え方が定量的なものから定性的なものへと移行していくことがわかった。また図-1、2 に、シナリオ区分と基準値との対応の解釈を示す。

表-1 安全評価の時間枠のまとめ

	数100～数1,000 または1万年まで	10万年まで	100万年まで	100万年以降
安全評価	リスク・線量の定量的解析	他の安全指標との組み合わせ	定性的評価に重み	信頼性なし
特徴	危険度が高い (線量が高い)	時間がたつにつれ、不確実性が大きい (特に生物圏や人間の行動)		

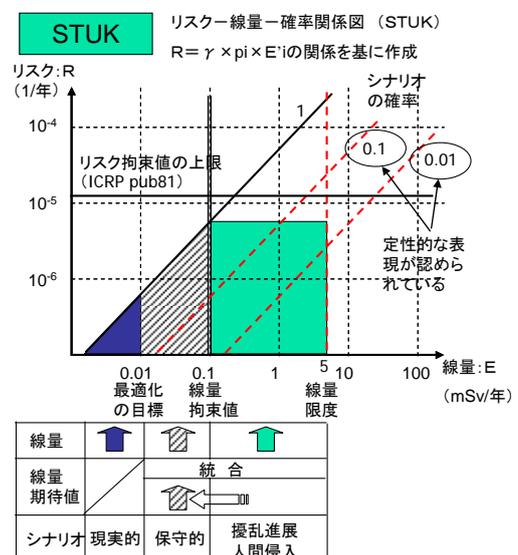


図-1 安全規制の考え方 (フィンランド)

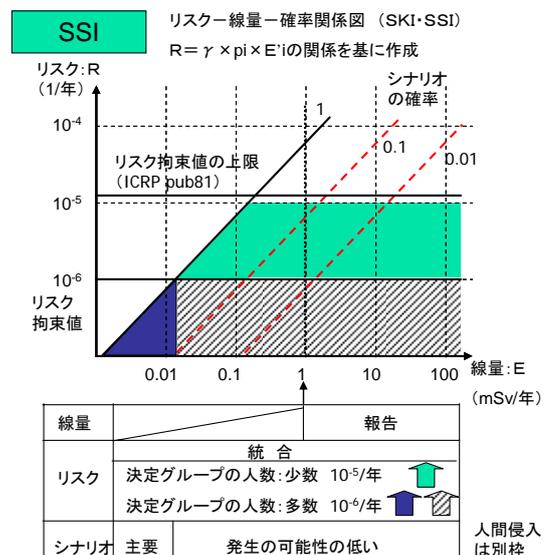


図-2 安全規制の考え方 (スウェーデン)

(2)安全対策の検討

地下水移行シナリオ、外部事象シナリオ（外乱後の地下水移行、自然過程、人為過程）を設定して余裕深度処分システムの性能評価試算を行い、それらの結果に基づいてトンネル型およびサイロ型施設の成立性評価を行った。

a. 対象廃棄物

本調査の対象廃棄物を表-2 に示す。

表-2 対象廃棄物

区分	具体的な廃棄物の例
TRU廃棄物高	α核種濃度が1GBq/tonを超える廃棄物中、I-129の濃度が高い廃棄物（燃料棒及びO-14濃度が高く発熱量も多いハル・エンドピース廃棄物を除く廃棄物（TRUレポートのグループ3、4が相当）。
TRU廃棄物低	α核種濃度が1GBq/ton以下の廃棄物中、六ヶ所1/2号申請放射性核種の平均α核種濃度(4E+6Bq/ton)の10倍を超える廃棄物。なお、I-129の含有量の多い廃棄物はα核種濃度は4E+7Bq/ton未満であるが、対象廃棄物とした。
ウラン廃棄物	「ウラン燃料加工事業者の解体廃棄物及び運転操業廃棄物の濃度分布において管理された廃棄物のうち、六ヶ所1/2号申請放射性核種の平均α核種濃度の10倍を目安に10Bq/g(1E+7Bq/ton)を超える廃棄物を対象とした。」
発電所廃棄物	「低レベル放射性廃棄物の陸地処分地の安全規則に関する基準値について、第3次中間報告(以下、「第3次中間報告」という。)において整理された廃棄物と、主に汚染起源の核種を含む廃棄物と。主に放射化金属起源の核種を含む廃棄物に分類し、対象廃棄物として設定した。」

b. 地下水移行シナリオ

今年度は、溶融等による廃棄物固定化効果4-5などの現実的な評価や、天然バリアの亀裂の影響検討等を行った。被ばく経路は、過去評価で最も被ばく線量の高い結果となった、既存浅地中処分の沢、沼経路とした。図-3に廃棄物固定化評価結果を示す。

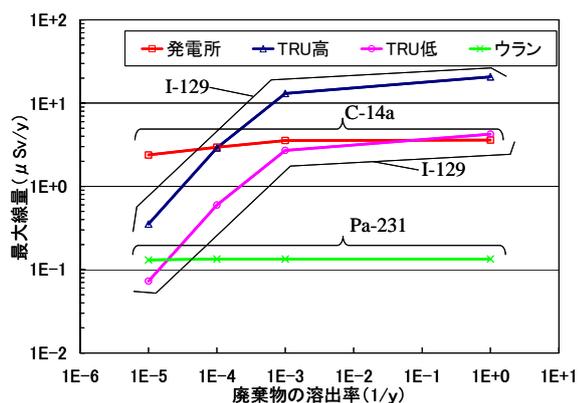


図-3 廃棄物固定化効果（トンネル型施設、沢沼合計）

c. 外部事象シナリオ

今年度は、ボーリング頻度を考慮したリスク評価等を実施した。評価結果を表-3 に示す。

表-3 ボーリング頻度を考慮したリスク評価結果（300年後）

(単位：1/y、確率係数は0.073 1/Sv (ICRP Pub60(1990))

被ばくシナリオ	発電所	TRU高	TRU低	ウラン
単純化	3.0E-09	1.2E-07	1.7E-10	2.3E-11
掘削作業	6.4E-08	9.9E-07	1.4E-09	1.9E-10
コア箱観察	2.4E-08	6.4E-08	8.9E-11	1.7E-11
泥水ピット	3.2E-08	9.9E-07	1.3E-09	1.9E-10
くず上居住	7.2E-08	8.0E-09	2.5E-11	1.5E-11

d. 余裕深度処分システムの成立性評価

過去年度を含めて平成17年度までに行った余裕深度処分システムの性能評価試算結果に基づき、施設の成立性評価を行った結果、TRU高廃棄物を除きシステムは成立すると評価された。TRU高廃棄物については、地下水移行するI-129の固定化やボーリング侵入バリア設置等の対策が必要である（表-4、5）。ただし、ここでの判断基準は本調査内において仮定したものである。

なお、サイロ型施設はトンネル型施設に比べて単位容積あたりの表面積が小さく浸入水量が小さくなることから、地下水移行シナリオでは被ばく線量が小さくなる傾向にある。

表-4 TRU高廃棄物のトンネル型施設の成立性評価

評価対象シナリオ	発生可能性/頻度	判断基準	成立性	対策	
地下水移行シナリオ	通常	現実的または最もありそう	10~20 μSv/y	×	I-129の固定化等
	可能性低	保守的または低頻度	300 μSv/y	○	-
地下水移行シナリオ(外乱前提)	地震、気候変動(海水準変動)	長期的には比較的可能性大	300 μSv/y	○	-
自然過程	隆起・侵食	超長期には可能性大	数mSv/y	○	-
人為過程	ボーリング	極めてまれ	10mSv/y	×	廃棄物発見時の停止を確実にする侵入バリアの設置等

表-5 TRU高廃棄物のサイロ型施設の成立性評価

評価対象シナリオ	発生可能性/頻度	判断基準	成立性	対策	
地下水移行シナリオ	通常	現実的または最もありそう	10~20 μSv/y	○	-
	可能性低	保守的または低頻度	300 μSv/y	○	-
地下水移行シナリオ(外乱前提)	地震、気候変動(海水準変動)	長期的には比較的可能性大	300 μSv/y	○	-
自然過程	隆起・侵食	超長期には可能性大	数mSv/y	○	-
人為過程	ボーリング	極めてまれ	10mSv/y	×	廃棄物発見時の停止を確実にする侵入バリアの設置等

1. 放射性廃棄物の管理処分に関する研究

【放射性廃棄物管理に係る国際機関等の検討状況調査】

◇事業の概要

原子力発電所の廃止措置から生ずる解体廃棄物の管理のあり方等の検討に資するべく、国内外の解体廃棄物の管理実態及び国際機関における安全要件の検討状況等について調査整理した。

なお、本調査は独立行政法人 原子力安全基盤機構の契約により実施したものである。
(報告書)平成17年度 放射性廃棄物管理に係る国際機関等の検討状況調査 報告書

◇平成17年度の成果

(1) 国内の解体廃棄物管理の実態調査

a. 東海発電所の実態調査

現在国内で解体作業を実施している東海発電所について、実施主体からの情報に基づき廃棄物管理の実態調査を行った。

解体廃棄物は明確な区分定義および厳密な分別取り扱いが組織的に実行されており、諸情報をデジタル化して一括管理を行う独自の廃棄物管理システムを導入し、これと連動して現場の廃棄物や物品に識別標示が行われている。

b. 運転中の発電所の廃棄物管理について

実態調査の補足として、運転中の発電所の固体廃棄物管理について関連法令および保安規定の内容整理を行い、運転中の廃棄物管理に関する重要管理事項の抽出整理を行ったところ、以下のとおりとなった。

- ・ 容器の単位毎に個々の情報を記録
 - ・ 廃棄物と記録の照合システム
 - ・ 記録データシステム
 - ・ 容器収納にあたっての分別管理
 - ・ 廃棄体品質を確実にするための品質保証体制
- これらは解体廃棄物管理とも共通的な重要管理事項であり、これまでの経験から十分に成熟しているものといえる。

(2) 国際動向調査

a. 海外の解体廃棄物管理の実態調査

海外における解体廃棄物管理の実態調査とし

て、SCK・CEN（ベルギー原子力研究センター、対象：BR3 炉）および ENRESA（スペイン放射性廃棄物管理会社、対象：Vandellos 1 炉）による実態調査報告をまとめた。

ベルギーBR3 炉では「管理的トレーサビリティ」「物理的トレーサビリティ」の概念が用いられ、前者は厳密なトレーサビリティを持つ廃棄物管理システムのDBで、後者は廃棄物標示で具体化されている（図-1）。

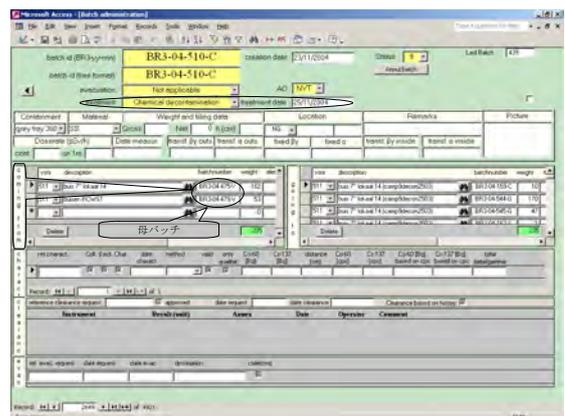


図-1 BR3 炉 廃棄物管理システム画面表示例

スペイン Vandellos 1 炉では、廃棄物管理に関して、①製造、②クリアランス確認、③非放射性物取り扱い、④放射性廃棄物取り扱い、の4部門体制を取っており、各部門の作業は物理的にも分離され、放射性・非放射性などの混在を避けている。図-2 に体制図を示す。

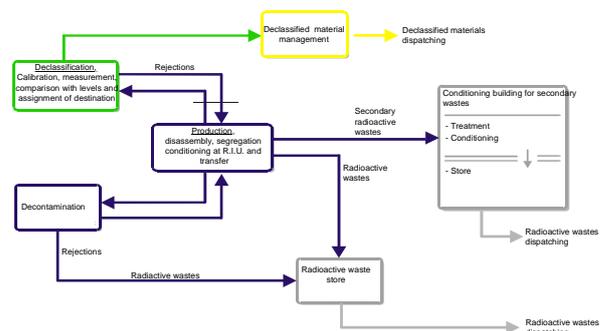


図-2 Vandellos 1 炉 廃棄物管理体制

また、どちらの国でも明文化された品質保証体制を確立している。

これらの特徴的な考え方・管理手法は、いず

れも廃棄物、再利用物の分別管理を確実かつ効果的に行うためのものである。

b. IAEA 関連基準文書等の調査

国際機関における廃棄物管理に係る動向を調査することを目的として、IAEA 関連基準文書の調査を行い、共通する特徴的かつ安全上重要と考えられる観点が抽出された（表-1）。

表-1 IAEA 関連基準文書条項の抽出 (2005. 11. 30)

内容/キーワード	該当する文書 (カッコ内は条項)
デコミッション中の廃棄物に関する特徴 (運転中とは異なる種類、大量発生 等)	WS-R-2 (6.7)、GS-G-1.2 (2.21)、WS-G-2.1 (2.20, 7.25)、WS-G-2.2 (2.14、7.22)、WS-G-2.4 (2.20, 7.19)
デコミッション中に発生する廃棄物量、種類、特性を考慮した管理を行うこと (分別)	SS-No.50-C/SG-Q の Q13 (357)、同 Q14 (328)、WS-G-2.2 (6.13、7.16)、WS-G-2.4 (7.19、7.20)、NS-G-2.7 (4.2、4.10、4.11)
特性や有害性ごとに管理すべき/危険物質の管理が必要	WS-G-2.1 (6.3、7.20)、WS-G-2.1 (7.25)、WS-G-2.2 (7.17、7.22)、WS-G-2.4 (6.3、7.19)、DS333 (1.14、5.32、5.33、6.4)、DS337 (5.39)
トレーサビリティの重要性	WS-G-2.1 (7.25)、WS-G-2.2 (7.22、7.31)、WS-G-2.4 (7.19)、NS-G-2.7 (4.22、6.10)、DS337 (5.32、5.33、6.4)、DS337 (5.39)
適切な廃棄物管理システム	SS-No.50-C/SG-Q の Q14 (304)、WS-G-2.1 (7.23)、WS-G-2.2 (2.14、7.20)、WS-G-2.4 (2.20)、NS-G-2.7 (6.10)
品質保証プログラムの重要性	WS-R-2 (7.1)、GS-G-1.2 (3.44)、WS-G-2.2 (7.31)、DS332 (4.21)

その他、IAEA 技術報告/TECDOC シリーズ、国際会議等資料、OECD/NEA 文書、欧州委員会文書の調査を行ったところ、同様な観点が散見された。

(3) 解体廃棄物管理に係る安全上重要な項目

a. 安全上重要な項目の抽出・整理

国内におけるこれまでの検討結果に関して、以下の文献の内容整理を行った。

「原子炉施設の解体に係る安全確保の基本的考え方 (原子力安全委員会 S60. 12)」

「商業用原子力発電施設の廃止措置に向けて (通産省総合エネルギー調査会 H9. 1)」

「実用発電用原子炉施設の廃止措置に係る安全確保及び安全規制の考え方について (総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会廃止措置安全小委員会 H13. 8)」

「原子炉施設の廃止措置規制のあり方について (総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会廃止措置安全小委員会 H16. 12)」

その結果、解体廃棄物管理に係る安全上重要な事項として、IAEA 関連基準文書とも共通する安全上重要な項目が抽出された。図-3 にそれら

の項目を丸数字で示すとともに、対応して実施すべき事項を整理した。

なお、品質保証プログラムについては、安全上重要な事項を確実に実施するための事項であると位置づけられる。

また、国内外の発電所では、これらの項目について実態的にほぼ実施されている (表-2)。

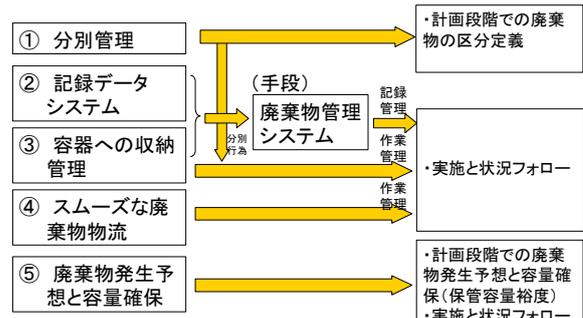


図-3 安全上重要な事項および実施段階との関連

表-2 安全上重要な事項の国内外発電所実施状況

安全上重要な事項	東海発電所	ベルギー-BR3 型	スペイン-Vandelló4 型
分別管理 (廃棄物の区分管理)、廃棄物の分別管理の方法 (mixed waste の扱い含む)	放射能レベルおよび有害物質に応じた分別管理を行っている	放射能レベルおよび有害物質に応じた分別管理を行っている ・排出先 (クリアランス、除染、処分機送等) に応じて、測定機器の都合による大きさ制限などに応じた分別管理を加えている	放射能レベルに応じた分別管理を行っている
記録データシステム (記録管理の考え方、記録内容)	廃棄物管理システム、物品管理情報読み取り装置 (発生からサイト外へ搬出されるまでのトレーサビリティを確保している)	あり (発生からサイト外へ搬出されるまでのトレーサビリティ、マスバランスを確保している)	あり (解体からサイト外発送までのサイト内での動きに関する記録をすべて保存している)
スムーズな廃棄物物流	-	-	区分の異なる廃棄物が混ざらないように組織的に物流を行っている
容器への収納管理	・鉄箱、ドラム缶、保管用容器等 ・各容器に記録データシステムと連動した標示を実施	・ドラム缶、分別容器、袋等 ・容器に記録データシステムと連動した標示を実施	・金属製輸送キャスク、ドラム缶、ビッグバッグ等 ・容器に記録データシステムと連動した標示を実施
廃棄物の発生予想と容量確保 (発生予想と容量裕度の確認)	・解体届廃棄物の発生量予想、容量裕度の確認とも実施している	・廃棄物の発生量予想あり	・廃棄物発生量の予想あり

b. 安全上重要な事項の状況確認について

安全上重要な項目に対する規制関与の方法について検討整理を行った。

事業者は自身の品質保証プログラムに則って PDCA サイクルを展開していることから、一案として、「計画段階」「実施状況」のタイミングで規制関与することが考えられる。

また、それらのチェック時期を前提とした場合における、各チェック時期での実施事項、実施要領等についても検討を行った。

1. 放射性廃棄物の管理処分に関する研究

2. ウラン廃棄物処分

【ウラン廃棄物処分技術調査】

本調査は、ウラン廃棄物の処分の合理的実現に向けて、ウラン廃棄物特有の移行パラメータ等の整備、検認技術開発および除染技術開発を行っており、それぞれ「ラドン挙動調査」、「品質保証高度化技術開発」、「除染技術開発」の3テーマにて実施している。この3テーマについて、事業の概要と17年度の成果を分けて示す。

なお本調査は経済産業省の委託により実施しているものである。

- (報告書)1)平成17年度 ウラン廃棄物処分技術調査報告書(第1分冊) ラドン挙動調査/品質保証高度化
- 2)平成17年度 ウラン廃棄物処分技術調査報告書(第2分冊) 除染技術開発試験(フッ素化除染技術開発)
- 3)平成17年度 ウラン廃棄物処分技術調査報告書(第3分冊) 除染技術開発試験(アルカリ融解/電解透析除染等技術開発)

(ラドン挙動調査)

◇事業の概要

ウラン廃棄物から発生するウランの娘核種であるラドンの土壤中における拡散係数や、埋設廃棄体からのラドンの散逸割合は、ウラン廃棄物処分の長期安全評価のための重要なパラメータである。現状においては、わが国の土壤における拡散係数や、廃棄体からのラドン散逸割合等が得られていないことから、これらのデータの取得を目的に本調査を実施するものである。

土壤中のラドン拡散係数の取得に際しては、その測定方法が確立していないため、まず測定技術を開発した上で、我が国の代表的な土壤のラドン拡散係数の測定を行う。土壤中のラドン拡散係数の測定に際しては、処分場の覆土施工まで考慮して、我が国の代表的な土壤について、ラドン被ばくに関わる長期安全性評価に使えるように実験式としてまとめる。

また廃棄体からのラドン散逸割合測定技術を開発し、ウラン燃料加工工場で発生する代表的なスラッジ廃棄物のラドン散逸割合を測定する。さらにラドンの散逸を抑える対策を検討した上で、ラドン散逸対策後の廃棄体についても散逸割合を測定して、ラドン被ばくに関わる長期安全性評価に

使えるデータとしてまとめる(図-1)。

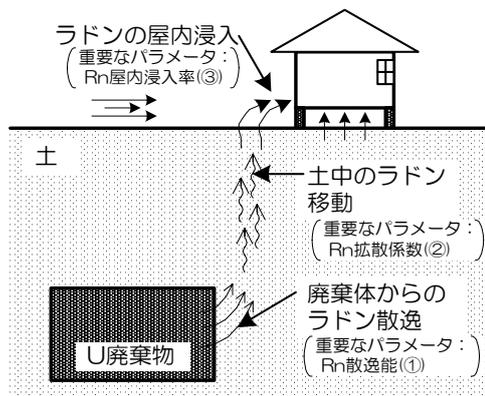


図-1 ウラン廃棄物からのラドン移行

◇平成17年度の成果

(1)ラドン拡散係数調査

a. 過渡応答法による拡散係数測定理論確立

ラドン拡散係数測定装置を改造し、ラドンのステップ入力装置(図-2)を作製し、湿度によるラドン挙動の変化、検出空間寸法によるラドン挙動の変化を解析式で評価できるようにした。予備実験として数ケースのステップ応答実験を行い、ラドンが確実にステップ応答変化していることを確認した。

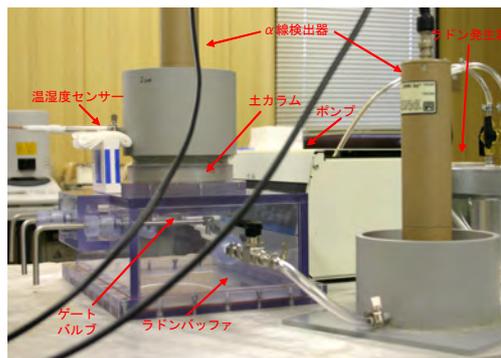


図-2 改良型ラドン拡散係数測定装置

b. 覆土クラックの自己修復機能の確認

平成17年度から、処分場覆土としてベントナイト混合土を用いた場合の覆土クラックの自己修復性及びラドン拡散挙動変化調査を目的に、覆土のクラックの深さとラドン拡散係数測定を

実施した。図-3に修復前後におけるベントナイトのラドン挙動測定結果を示す。

覆土を模擬した50mm厚のベントナイト混合土試料にクラックを模擬した切り込みを入れ、その深さとラドン拡散との関係を観測した。その結果、深さ25mm以上のクラックに対してはラドン拡散量の早い立ち上がりが観測された。

また、同試料を飽和させ、ベントナイトの膨潤によりクラックが自己修復した状態でのラドン拡散を観察した。その結果、クラック深さ25mmとほぼ同じ特性となり、目視ではクラックが閉じているようでも、ラドン拡散においてはクラックが修復しているとは言い難いことが分かった。

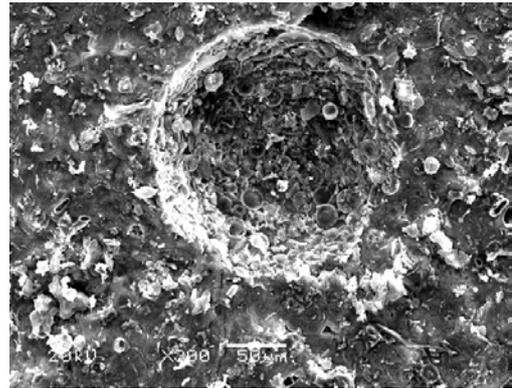


図-4 硫黄固化体(珪藻土)のSEM観察写真

(品質保証高度化技術開発)

◇事業の概要

ウラン廃棄物をクリアランスする場合において、クリアランスレベルに相当する廃棄物中のウラン核種の放射能レベルを効率的かつ精度よく測定する必要がある。本調査は、このクリアランスレベル相当のウラン濃度測定システム開発を目的として、光中性子法(図-5)によるウラン濃度測定装置を開発する。

光中性子法は、電子線型加速器(LINAC)により高エネルギーX線を測定対象に照射し、ウランの(X, n)反応で発生する遅発中性子を測定してウラン量を定量する方法である。測定可能レベルとしては、IAEAのTECDOC855で提案されている0.3Bq/g(4.5%濃縮ウラン換算で3.3ppm)をクリアランスレベル想定値(以下、クリアランスレベル)として、開発を進めるものである。

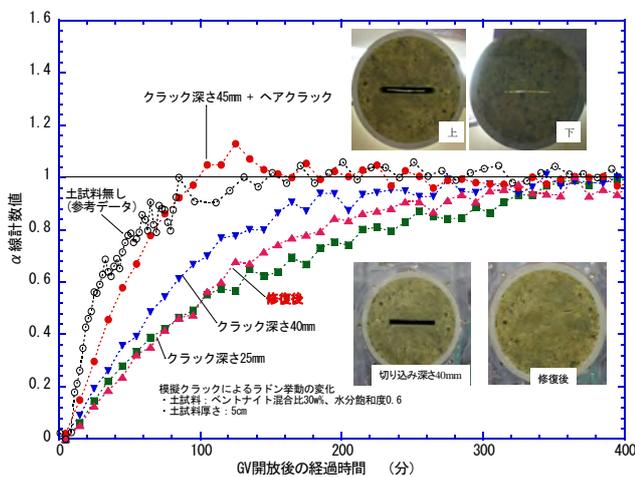


図-3 修復前後におけるラドン挙動測定結果

(2) 硫黄固化によるラドン散逸抑制試験

ラドン散逸抑制対策として安価な材料で作製できる硫黄固化体に着目し、硫黄固化した珪藻土試料のラドン散逸割合を測定した。その結果、硫黄固化前の散逸割合が0.25~0.55に対し、固化後において、塊状態での散逸割合は最大0.1程度、粉碎した状態では最大0.2程度であった。硫黄固化により約1桁程度の低減効果は得られたものの、SEM観察写真(図-4)のように、珪藻土の粒子同士がそのまま結合し、細かな孔が確認された。そのために大幅な低減効果が得られなかったと考えられる。

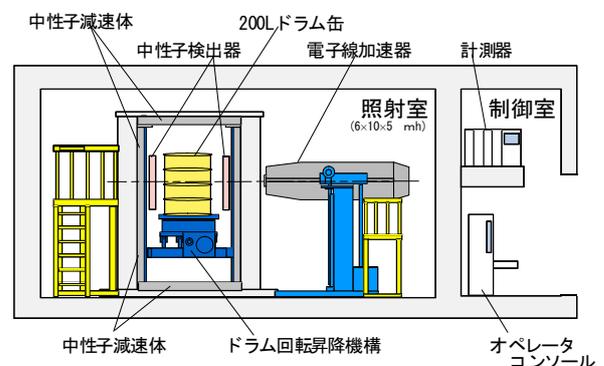


図-5 光中性子法によるウラン濃度測定装置概念

1. 放射性廃棄物の管理処分にに関する研究

◇平成 17 年度の成果

平成 17 年度は、遅発中性子の検出感度の測定値と計算値の違いの原因を検討するための X 線パルス強度モニタを用いた X 線の安定性確認測定 (図-6)、ウラン検出性能を向上させるためのバックグラウンド低減化法の確認測定、外部反射材等で発生した光中性子によるウランの核反応を考慮した計算機シミュレーション評価で濃縮度測定の可能性の検討を行った。さらに、ウラン 238 の光核反応で生成されるウラン 237 からのガンマ線を測定して濃縮度を評価する方法の検討を行った。



図-6 X線パルス強度モニタを用いた試験状況

(1) X線強度補正による解析値の精度向上

昨年度までにおける X 線照射による中性子発生量の実測値と解析値とに約 10 倍の違いがあった。この違いは照射する X 線強度の相違と考え、照射する X 線強度の実測値をもとに、解析値を補正した。その結果、線量当量率で規格化した場合、測定結果と計算結果の違いは約 2.4 倍と小さくなり計算値精度が向上した。なお、残りの差異は X 線エネルギースペクトルに起因しているであろうと推定した。

(2) バックグラウンド低減化の確認

水中でのバックグラウンド中性子測定試験を実施し、装置全体を水 50cm 程度で囲むことにより、中性子のバックグラウンドを一桁下げることができる見通しを得た。

この効果と、黒鉛外部中性子反射材による遅発中性子の検出感度向上効果を考慮した 200L ドラム廃棄物に対する光中性子測定性能を計算機シ

ミュレーションで評価し、0.03Bq/g のウラン検出下限を数分の測定 (濃縮度既知) で達成できることが分かった。(図-7)

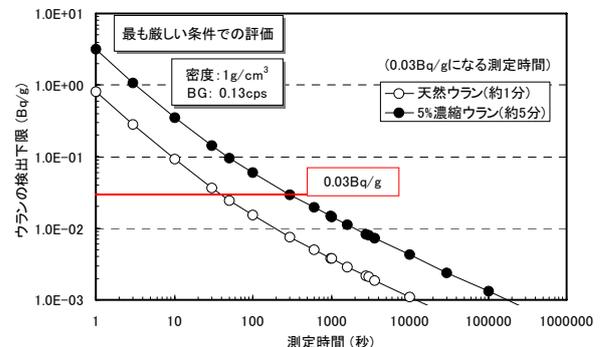


図-7 光中性子法によるウラン測定性能の試算

(3) 濃縮度測定法の可能性の確認

(光核反応後のガンマ線測定方法の検討)

ウラン 235 とウラン 237 ($^{238}\text{U}(\gamma, n)$) のガンマ線測定値 (図-8) から濃縮度を評価できるかどうか、200L ドラム廃棄物に対するシミュレーション解析結果を検討した。密度 1.0g/cm³、天然ウラン (0.71%)、ウラン濃度 0.1Bq/g の均一分布場合、ウラン 237 の生成量を考慮すると、X 線照射は 1 時間程度必要であり、ガンマ線測定時間約 21 時間で濃縮度測定誤差は ±20% という結果になった。また、ウランが局在している場合、濃縮度の計算値が大きく変動すること判り、実用的に適用は難しいことが明らかになった。

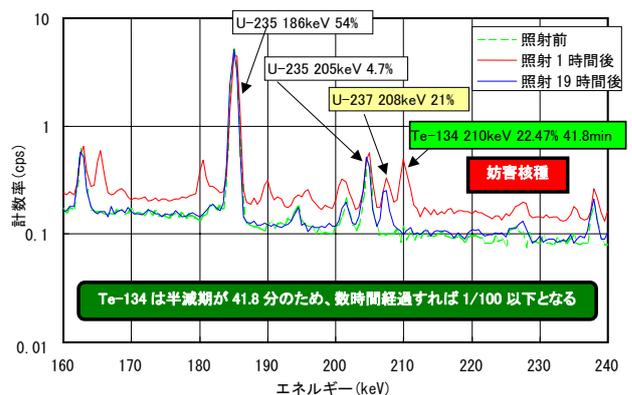


図-7 照射前後のγ線スペクトル測定例 (天然ウラン、30分照射)

(除染技術開発)

◇事業の概要

わが国におけるウラン廃棄物の処理処分の基本的考え方は、除染処理等を行うことにより、放射性核種濃度を低減し、クリアランスレベル以下になるものについては、放射性廃棄物として取り扱う必要のないものとして、処分または再利用する方針としている。現状においては、わが国におけるウラン廃棄物のクリアランスレベルが決まっていないため、IAEAのTECDOC855で提案されている0.3Bq/gをクリアランスレベル想定値として、これを達成する除染技術の開発を目的とし、研究を実施している。

これまで、フッ素化除染、有機酸等除染、アルカリ溶解/電解透析除染、鉍物化除染、超臨界炭酸ガス除染、超高压水除染について試験、検討を行ってきた。これらの除染方法のうち、クリアランスレベル以下まで除染が有望な候補としてフッ素化除染とアルカリ溶解/電解透析除染について、さらに開発していくこととした。

(1) フッ素化除染

三フッ化塩素ガス(ClF₃)をウラン廃棄物中に通すことにより、廃棄物に含まれるウランをUF₆の形で廃棄物から分離させ除染する。フッ素化除染システムの概念を図-9に示す。

これまで、代表的なウラン廃棄物であるフィルタ、鉄澱物、耐火レンガ、金属類をクリアランスレベル以下に除染することに成功した。また、実機処理を模擬したロータリーキルン式試験装置でも、鉄澱物をクリアランスレベル以下にまで除染することに成功した。

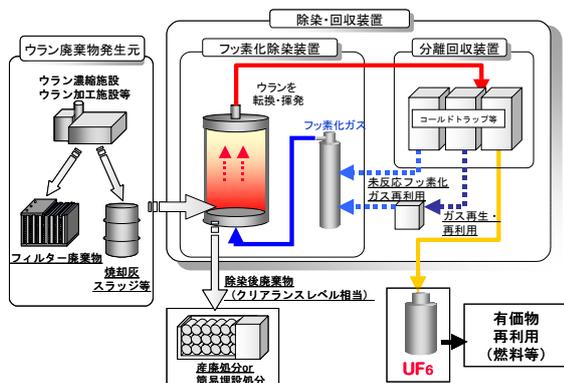


図-9 フッ素化除染システムの概念図

(2) アルカリ融解/電解透析除染

極めて除染が困難なスラッジ類、焼却灰を対象にした除染技術であり、廃棄物を全溶解した後、溶解液からウランを吸着材で吸着分離する除染法である。アルカリ融解/電解透析除染の概念図を図-10に示す。

これまでに各廃棄物を全溶解することに成功し、吸着材による溶解液からのウラン吸着(回収)試験を実施している。

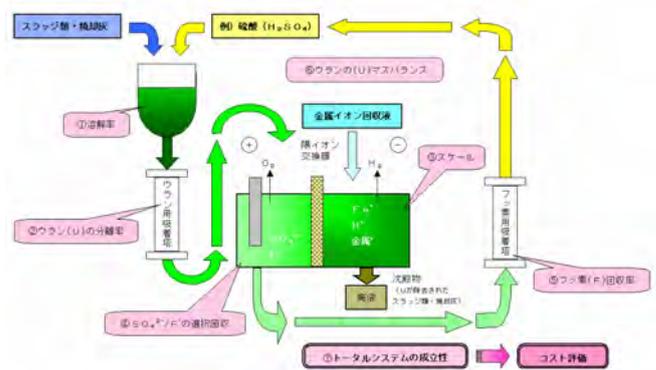


図-10 アルカリ融解/電解透析除染の概念図

◇平成17年度の成果

(1) フッ素化除染

平成16年度までに実施した試験では、未反応のClF₃を排ガス処理系へ排気していた。この未反応のClF₃を循環利用することによりClF₃の使用量を低減化するために、平成17年度は、ループ試験装置の設計および1g規模試験装置の容積低減等の改良等を行った。ループ除染試験システムの概略フローを図-11に示す。

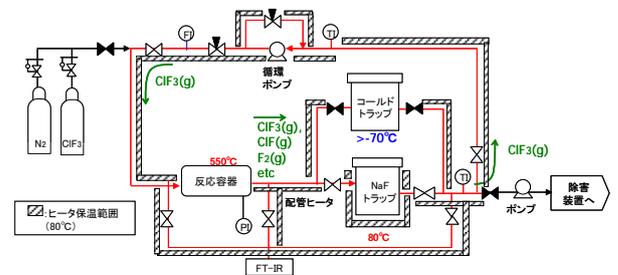


図-11 ループ除染試験システムの概略フロー

1. 放射性廃棄物の管理処分に関する研究

(2) アルカリ融解/電解透析除染

a. ウラン吸着材の開発

アルカリ融解により廃棄物を融した溶解液からウランを吸着分離するため、ウラン吸着材の開発を行っている。放射線グラフト重合法を利用した新型のアミドキシム型吸着材を開発し、親水性基を共グラフトさせた従来型の吸着材と比較して、1.5~2.0 倍の吸着材グラム当たり 8mmol のアミドキシム基を導入することができた。この新型吸着材のウラン吸着性能は、pH8、100ppb のウラン溶液中で 2 時間の接触で 98%以上のウランを吸着回収し、吸着材中のウラン濃度は従来型と比較して約 3 倍であった。しかし、次節に示すように、実廃液によるウラン飽和吸着容量は従来型と比較して半分以下であった。

b. ウラン飽和吸着容量確認試験

従来型吸着材と新型吸着材を用いて、実廃液によるカラム試験を実施した結果、従来型吸着材のウラン飽和吸着容量は新型吸着材に比べて 2 倍以上大きく、約 1.3~1.7mg/g であった(図-12)。従来型吸着材と新型吸着材はともに、ウラン以外の金属元素が多く吸着しており、事前にこれらの金属元素を粗取りすることで、更にウラン吸着容量を大きくできる可能性がある。

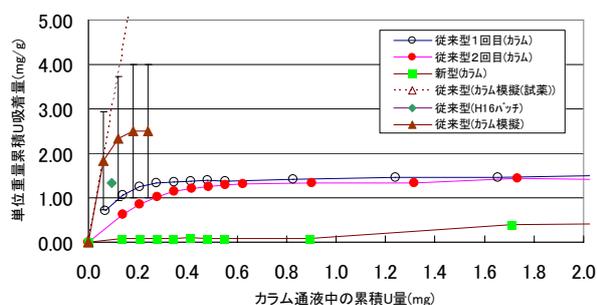


図-12 ウラン飽和吸着容量確認試験結果

c. ウラン吸着速度確認試験

通液速度 8, 3, 1ml/min の 3 ケースについてカラム試験を行った。ウラン通過率とカラム通液量の関係曲線(図-13)は、通液速度 1ml/min の条件では S 字カーブを描き、通液速度が速い 3.8ml/min の条件に比べ、より多くの廃液を処理できることがわかった。バッチ式で 4 時間攪拌しながら処理することで、ウラン飽和吸着容

量を 0.14mg/cm³ にまで増量でき、1 バッチ 4 時間を 3 バッチ繰り返すことで、廃液中のウラン濃度を 0.01ppm 以下にできることがわかった。

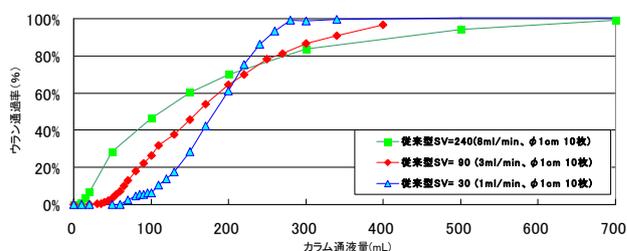


図-13 ウラン吸着速度確認試験結果(カラム試験)

d. 電解透析確認試験

電解透析により、除染後の廃液から硫酸と水酸化ナトリウムを回収し、ウラン廃棄物の溶解に再利用できることがわかった。硫酸と水酸化ナトリウムの回収率は約 80% 以上であった。なお、中和処理を行わず廃液中に金属イオンが含まれた状態で実施したため、廃液中の金属元素の約 7 割が回収液に移行した。

◇ 3 テーマ全体を通じた評価等

本技術調査では、ウラン廃棄物処分の安全評価に必要となるパラメータについても、わが国の環境に対応したデータを取得しており、これらは、処分システムの検討における基盤データとして有効に活用され得る。また、スラッジや焼却灰等一般的には除染が困難な廃棄物の高度除染が可能な技術についての基礎データを取得しており、事業化への検討の選択肢として利用が可能である。なお、品質保証技術開発として実施している測定技術開発は、ウラン廃棄物以外にも適用可能な技術であると考えられる。

3. 余裕深度処分等に関する研究

(1) 余裕深度処分対象廃棄体の製作方法に関する研究

余裕深度処分対象廃棄体に求められる可能性がある安全要件等を考慮して、対象廃棄体の製作方法について検討した。

(2) L1 廃棄物の廃棄確認方法整備に関する研究

L1 廃棄体の合理的な廃棄確認方法を確立するため、廃棄体製作方法、放射能濃度決定方法、廃棄確認方法等の要件等を検討した。

注) L1 廃棄物：余裕深度処分の対象となる廃棄物で、原子炉内で放射化された金属廃棄物等を含む。

(3) 放射性廃棄物処分に係る規格・基準策定基盤に関する調査研究

余裕深度処分の安全性確保の考え方について、海外事例との対比等により課題点を検討し、課題解決の方向性について試行検討した。

(4) 余裕深度処分の安全評価手法の標準化に関する研究（その2）

余裕深度処分の安全評価の標準的手法の整備に必要な検討として、余裕深度処分に係る人工バリア及び天然バリアの評価の考え方及び海外の事例等について検討整理した。

II. 放射性廃棄物の地層処分に関する調査研究

1. 高レベル放射性廃棄物処分

1-1 地質環境調査技術

【高精度物理探査技術高度化調査（物理探査技術信頼性確認試験）】

◇事業の概要

高レベル放射性廃棄物地層処分事業（以下、地層処分事業）において、最終処分地の選定は段階的な調査を経て行われる。地表からの概要調査の段階では、様々な技術を用いて、広域における地形、水理、地質構造、地下環境等の調査、分析、評価を行うこととなる。物理探査は、概要調査以降の段階で重要な調査技術として考えられているが、適用の方法については、これまでの資源探査や地盤探査とは異なる部分もある。本試験は、平成 12 年度から既存物理探査技術の地層処分事業への適用性を検討し、高度化開発により、より信頼性が高い情報が期待される技術として、電磁法探査、弾性波トモグラフィ、地質構造モデリング技術を選定し、技術の高度化開発を進め計測装置および解析ソフトのプロトタイプを製作した。また、これらの技術開発と並行して、地質環境調査全体を俯瞰して調査技術と技術の反映先への貢献度を示す調査システムフローを作成したほか、次世代探査技術として先進的な調査技術の地層処分事業への適用性検討を行い、リモートセンシング技術や石油資源探査分野の高度解析技術の適用性検討を実施した。

平成 16 年度から 18 年度は第 2 フェーズとしてこれまでの成果を踏まえ、高度化開発した電磁法探査技術および弾性波トモグラフィ技術のフィールドでの適用性や探査精度の確認、調査技術としての課題抽出・整理、また多様な地質環境に適用するための具体的な適用課題の抽出と解決方法について研究を進めている。

(1) 高精度物理探査技術高度化

a. 電磁法探査技術の高度化

陸域から水深 200 m 以浅の沿岸海域で海底下深度 1 km までを連続的に探査可能な計測システムを開発するとともに、縦型構造の断層等の解

析が可能な陸域 3 次元、海底 2.5 次元解析手法を確立した。

b. 弾性波トモグラフィ技術の高度化

伝播距離の長い（1km 程度を目標）高出力孔内震源のプロトタイプを製作した。また、解釈技術として、結晶質岩中での断層構造の検出を目的としたフルウェーブトモグラフィ技術および、岩盤中の透水性状の把握を可能とする音響透水トモグラフィ技術をそれぞれ確立した。

c. 地質構造モデリング技術高度化

地質構造モデルにおける不確実性を評価することを目的とした技術を開発した。

(2) 次世代技術調査

平成 13 年度、14 年度の 2 年間に於いて、石油資源探査分野の最新技術を調査し、岩石物理学による岩盤中の透水性把握に関する検討を行った。また、リモートセンシング技術の最先端技術の調査を行い、概要調査及びモニタリングに関する本技術活用方法のガイドライン案を検討した。

なお、本試験は経済産業省の委託により実施しているものである。

（報告書）平成 17 年度 高精度物理探査高度化調査（物理探査技術信頼性確認試験）報告書

◇平成 17 年度の成果

(1) 電磁法探査技術の信頼性確認試験

既存の地質調査データに基づいて、開発した 3 次元電磁法探査技術の地質構造及び断層探査に関する探査能力を確認するために、昨年度に引き続き、日本原子力研究開発機構との共同研究により、北海道幌延町で原位置確認試験を実施し、取得データの 3 次元解析を実施した。

解析結果（図-1）からは、浅部では比較的地質構造に調和的な比抵抗断面が得られたものの、深部では周辺データより推定される地質構造とはやや異なり、地下水の塩分濃度に関連すると考えられる結果が得られた。平成 18 年度には更に広域かつ深部のデータを取得し、この差異が何に起因しているのか継続調査を実施する予定である。

米国カリフォルニア州パークフィールドでは、広域の大規模断層に対する探査能力を確認するために、米国地質調査所の電磁法探査データを補完する形で 3 次元電磁法探査を実施し、サンアン

ドレアス断層を対象とした確証試験を行った。

試験結果(図-2)から、浅部の新第三系、第四系堆積盆の形状や先新第三系基盤岩(花崗岩)の形状を示唆する結果が得られた。また、主要断層付近では、縦型の比抵抗不連続が認められ、断層が地下深部まで及んでいることを推定できた。これらの試験結果から、地質構造では堆積岩よりも結晶質岩において既存の地質調査データと整合した結果が得られていることが認められた。

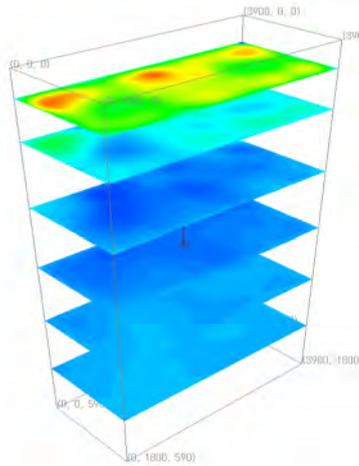


図-1 3次元電磁法解析結果(幌延)

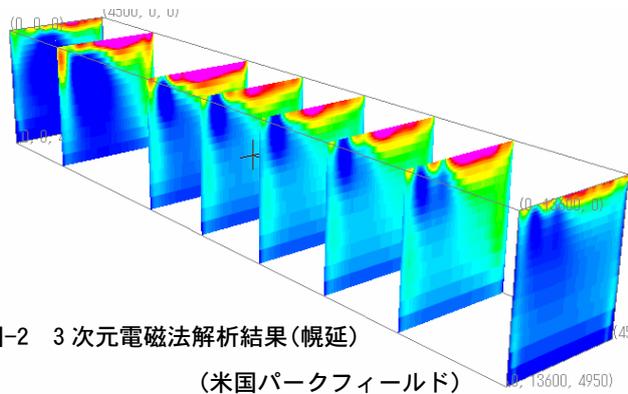


図-2 3次元電磁法解析結果(幌延)

(米国パークフィールド)

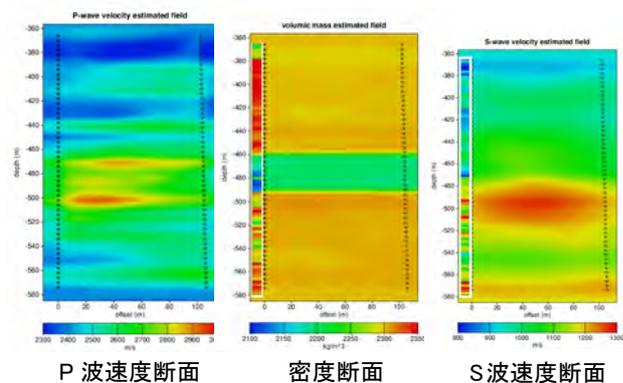
(2) 弾性波トモグラフィ技術の信頼性確証試験

海中での音響特性試験を実施し、音響出力を改良した高出力孔内震源(図-3)のプロトタイプ弾性波伝播試験を米国テキサス州デバイン試験場にて実施し、中生代の堆積岩中で最大400mの伝播能力を確認した。同試験場では、フルウェーブトモグラフィ技術の適用試験も実施し、従来技術ではP波速度分布以外の情報を取得するのが困難であるのに対して、本技術によって複数の物性値分布(P波速度、S波速度、密度)を把握することができることを確認した(図-4)。

音響透水トモグラフィ技術では、スイスのグリムゼル試験場でデータを取得し、岩盤中の透水係数分布を把握し、従来の透水試験結果をクリギング法により補間して推定した断面と比較して、詳細な構造が推定できることを確認した(図-5)。



図-3 高出力孔内震源



P波速度断面

密度断面

S波速度断面

図-4 フルウェーブトモグラフィ結果

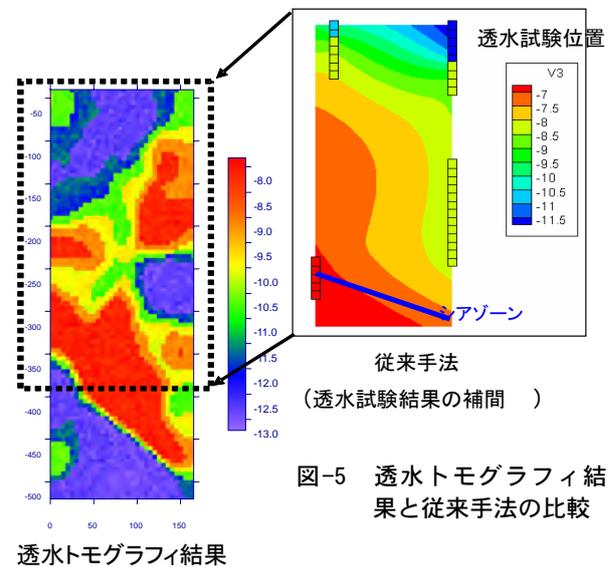


図-5 透水トモグラフィ結果と従来手法の比較

<外部発表等>

- 1) 吉村・大久保・山根(2006)：海底電磁法探査による伏在断層や地下水理情報の取得可能性について、地学雑誌
- 2) 吉村ほか(2006)：地層処分におけるフルウェーブトモグラフィ技術開発(その2)、物理探査学会春季予稿集

【地質環境評価技術高度化調査】

◇事業の概要

地質環境評価技術は、地層処分の事業化段階における処分成立性検討において安全評価技術および処分技術と並ぶ重要技術であるが、多岐にわたる調査技術あるいは調査で得られる情報と、処分成立性検討に必要な情報とを結ぶ、ジェネリックな評価プロセスはまだ提案されていない。

本調査では、わが国の多様な地質環境条件を念頭に置きつつ、現地調査から処分成立性検討に必要な情報評価までの複雑で多岐にわたる長期間の調査・評価プロセスをロードマップ化した IT ベースの調査システムフローを得ることを目的とする。これにより、地質環境調査に求められる、①情報の追跡性、②調査・評価の透明性、③合理的・効率的な調査・評価の実行、④専門家や関係者のコミュニケーション（相互理解）、⑤処分の安全性の提示などの要求に応えられることが期待される。

平成 13 年度は、「地層処分経済性向上調査/地層処分サイト評価技術確証試験」においては、まず、地点選定段階における地質環境特性評価で必要となる評価項目を

- ・ 地質環境の長期安定性評価
- ・ 性能評価
- ・ 施設設計

に分けて検討・整理し、調査・評価の考え方ならびに適用する調査手法（ボーリング調査、物理探査、トレンチ調査等）や評価技術を整理した上で、調査から解析、評価に至る地質環境評価のプロセスを調査システムフローとして体系化した(図-1)。なおここでは、日本における代表的な地質環境として、淡水域（陸域）・結晶質岩と塩・淡水域（沿岸域）・堆積岩を設定した。

平成 14 年度、15 年度は「地層処分技術調査等高精度物理探査技術高度化調査」において、淡水域（陸域）・結晶質岩における地下水流動評価を対象と

した模擬検討（既存の地質調査データを用いて調査システムフローに従って仮想的に地質環境特性評価を実施してフローの妥当性を検討すること）および国際レビューを実施し、平成 13 年度に試構築した調査システムフローの妥当性を検証した。また、塩・淡水域（沿岸域）・堆積岩における模擬検討の実施可能性について、既存情報の収集整理、及びその論点・課題の整理を行った。さらに、地質環境調査の「全体像と個別項目の相互関係の把握」を容易にし、その「追跡性」と「透明性」の確保の実現に向け、調査システムフローと関連情報を IT（情報技術）により可視化するシステムを試構築した（図-1）。

平成 16 年度からは「地質環境評価技術高度化調査」として、平成 15 年度までの調査・研究成果を踏まえて、以下を実施している。

(1) 基本的な調査システムフローの整備

塩・淡水域（沿岸域）・堆積岩を対象として試構築している調査システムフローの見直しを行い、地質環境評価シナリオを構築して実データによる模擬検討を実施し、調査システムフローの信頼性を向上させる。また、淡水域（陸域）・結晶質岩および塩・淡水域（沿岸域）・堆積岩に対する調査システムフローをベースに、日本に分布

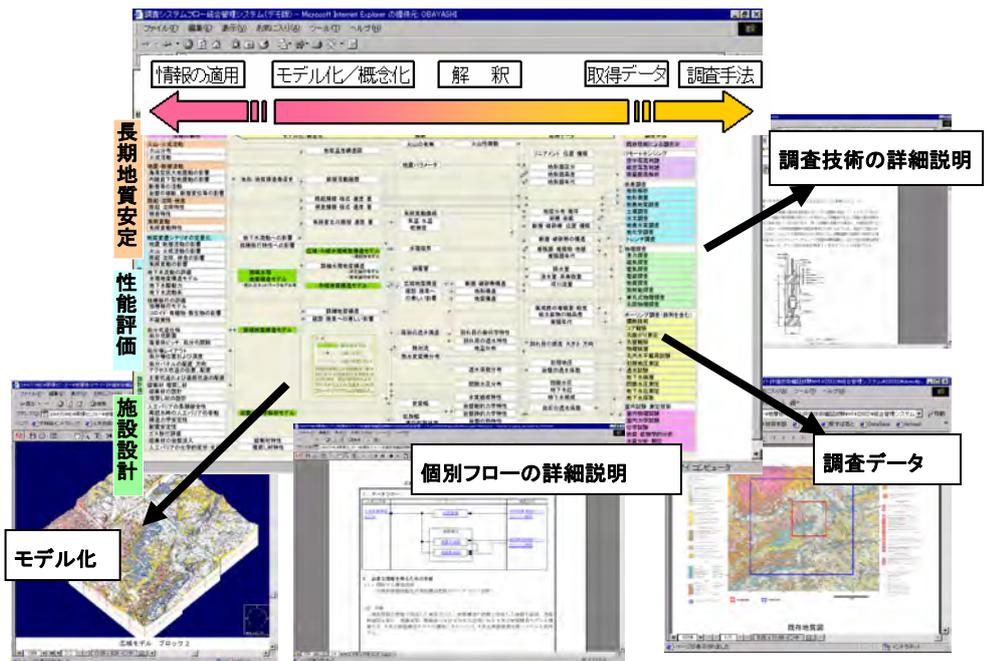


図-1 調査システムフローとその可視化システム

する多様な地質環境に対応する調査システムフローを構築、整備する。

(2) 不確実性を考慮した地質環境評価技術の構築

調査システムフローに含まれる調査・評価に対する不確実性評価技術の適用方法を整理する。模擬検討を通してその適用性を確認するとともに、不確実性を取り扱い可能な IT システムとするための方策を検討する。

(3) IT ベースシステムの構築

これまでの可視化システムをベースに、構築した調査システムフローに基づいて、地質環境評価の計画・実施を支援するとともに、地質環境評価全体（調査・評価の技術、プロセス、データ等）を俯瞰可能な説明・コミュニケーションツールとしての IT システムを試構築する。

なお本研究は経済産業省の委託により実施しているものである。

(報告書)平成 17 年度 地層処分技術調査等 地質環境評価技術高度化調査 報告書

◇平成 17 年度の成果

(1) 沿岸域での地下水環境（塩・淡水）を考慮した地下水流動評価

スウェーデンの Simpevarp サイトにおける地下水流動場の評価について、評価に伴う不確実性の観点から、SKB が採用した方法とは異なるアプローチによるモデル化手法を用いて地下水流動評価の模擬検討を実施した結果、不確実性の取り扱いとして、このような代替的手法による評価が有効であることがわかった。また、現行の調査システムフローでは、このような異なるモデル化手法によるデータの流れを表現していなかったため、両方のモデル化手法によるデータの流れを表現するためにいくつかのボックスを追記した。

また、NIREX によるセラフィールドでの地下水流動評価に関するデータを入手し、塩淡水域・堆積岩環境における地下水流動評価の調査システムフロー全体のデータの流れを確認した。その結果、地下水化学の評価に関して、現行の調査システムフローにおいて、「古水理地質学」、「鉱物の結晶化と溶解」の項目を追加することが必要であるこ

とがわかった。

(2) 堆積岩におけるニアフィールド地下水流動評価

平成 13 年度に試構築した調査システムフローには地下施設への湧水量を直接評価するフローはないが、性能評価に関連して地下水流動の評価フローがある。そこに必要な修正と項目・フローの追加をすることで今回の模擬検討の対象とする湧水量評価フローとした。このフローに沿って、地下水流動モデルの構築および立坑への湧水量に着目した数値解析を実施した結果、この新しいフローのデータの流れが妥当であることを確認した。また、数値解析の結果から、岩盤の不飽和透水特性が立坑への湧水量に与える影響が大きかったため、調査システムフローの個別フローに岩盤不飽和特性の原位置計測試験に関する記述を追加した。

(3) 堆積軟岩における地下空洞等地下施設の設計

昨年度作成したデータセットを用いて設計用岩盤物性の設定や設計条件の設定を行い、単設及び連設坑道での全応力解析を実施した。得られた坑道離間に対して、長期安定性評価解析及び熱伝導解析を実施した。この結果、施設設計に関する調査システムフローの流れに沿って上記の設計検討に必要なデータ等の情報が得られることを確認した。また、設計検討の結果得られた知見から、施設設計への影響度が高い因子を抽出し、調査システムフローの個別フローに反映した。

(4) 地質環境調査の説明ツールとしての IT ベースシステム活用の検討

IT ベースの調査システムフローを用いて、地質環境調査全体に関する模擬的な説明を試みた。また、想定した質問への回答を試みた。結果として、地質環境調査の説明に調査システムフローを用いることで、受け手の理解だけでなく、説明側の説明の組み立ても容易にすることがわかった。しかし、まだ少しシステムが煩雑であること、受け手とのインタラクティブな説明ができないことなどの課題が明らかになった。

1-2 処分技術

【遠隔操作技術高度化調査】

◇事業の概要

高レベル放射性廃棄物地層処分場の操業段階で用いられるオーバーパックの遠隔溶接・検査およびオーバーパックと緩衝材の遠隔ハンドリング・定置に関わる遠隔操作技術について、技術調査、適用性確認試験等を行い、その成立性、適用性、信頼性などを定量的に評価および表示するための幅広い技術メニューの整備を進めることを主たる目標としている。

このためまず、これらの遠隔操作が現有技術で成立可能かどうかを確認すること、および技術メニュー整備における試験対象項目や試験パラメータを的確に抽出することを目的として、実規模モックアップ設備の概念設計を実施した。また遠隔操作による人工バリア構築は、人工バリアシステムの品質確保と密接に関係することから、遠隔操作及び人工バリアの品質について、地層処分の特徴である長期安全性確保の視点からも検討した。

なお本調査で前提となる人工バリアシステムは、基本的に地層処分研究開発第2次取りまとめで提示された概念に基づくものとした。研究の第1フェーズとして、平成12年度にオーバーパックの溶接、検査技術、オーバーパックと緩衝材のハンドリング・定置を対象として、遠隔操作設備の概念設計を行い、技術開発課題を抽出した。平成13年度より抽出した技術開発課題に基づき、各技術に技術調査、適用性確認試験（基礎試験、要素試験）

を行い、現時点における最新技術の成立性、適用性、信頼性を表示する第1段階の技術メニューを整備した。また遠隔操作技術における人工バリアの品質確保の考え方及び処分場における遠隔操作技術全体を対象とした処分システム構築に関わる品質、安全の考え方についても検討を行っている。平成17年度からは、研究の第2フェーズとして、第2段階の技術メニュー整備・拡充に向けた開発を実施している。

図-1に本調査の検討範囲を示す。

なお本調査は経済産業省の委託により実施しているものである。
 (報告書)平成17年度 地層処分技術調査等 遠隔操作技術高度化調査 報告書

◇平成17年度の成果

第2フェーズの初年度となる平成17年度は、平成18年度以降の研究を効果的かつ効率的に進めるため、技術課題の抽出と試験計画の策定を実施した。具体的にはオーバーパックの溶接・検査技術について、封入部の設計、及び品質確保の視点からの技術課題を整理した。また、ハンドリング・定置技術について、操業前後の工程や長期健全性との関係を視野に入れた遠隔操業システムの成立性を示すために必要な技術課題の整理を行った。これらの成果を基に平成18年度以降の調査、試験計画を策定した。

(1)遠隔溶接・検査装置の開発

a. 封入形態の概念構築

検討の前提条件として、オーバーパックの仕様（炭素鋼単体オーバーパック、チタン複合オーバーパック、蓋構造など）、操業条件、作業条件について整理し、溶接・検査技術の検討条件として設定した。さらに、これらの条件に基づき、オーバーパックの形状と第1段階の技術メニューを活用した溶接・検査技術とを組み合わせることによって、オーバーパック構造と溶接・検査技術との整合性を図った封入形態の概念を構築した。

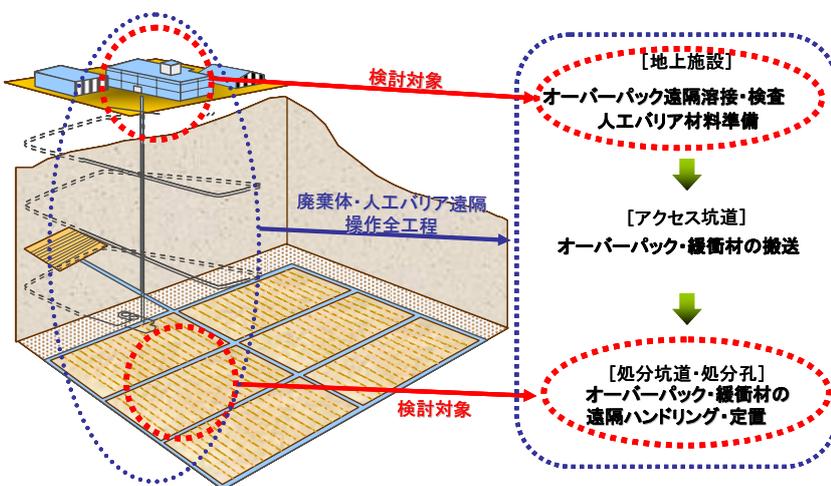


図-1 本調査の検討範囲

1. 高レベル放射性廃棄物処分（1-2 処分技術）

b. 課題抽出

構築された封入形態の各要素技術に対して、溶接技術については、溶接技術自体、検査技術との組み合わせ、遠隔操作・システム化の観点で技術開発課題を抽出した。また、検査技術についても同様に、検査性能、自然欠陥、システム化などの複数の観点で技術開発課題を抽出した。抽出した課題については、その重要度、難易度の評価とともに、各オーバーパック構造で共通する課題と、個々の技術、又はオーバーパック構造に依存する課題として整理を行い、第2フェーズで取り組むべき開発項目として整理した。図-2に炭素鋼単体オーバーパックに対する溶接技術の開発項目を示す。

c. 試験計画の策定

技術開発課題が抽出された技術については、その重要度などを評価し、要素技術の成立性に関わる課題といった優先度の高い課題について、開発方法や開発工程などについて具体的に検討し、試験計画として取りまとめた。

示すような13項目に分類した。また抽出された課題について、技術領域の観点からの分類、整理も行った。

c. 試験計画の策定

課題を有する技術に対し、その重要度、共通性（操業概念への依存性）及び適用性などについて評価することで、課題解決の優先度を明らかにした。また、優先度の高い課題については、開発方法、開発工程などについて具体的に検討し、試験計画として取りまとめた。

<外部発表等>

原子力学会英文誌(J. Nucl. Sci. Technol.) Vol. 43 No.2 (2006) Long-term Integrity of Waste Package Final Closure for HLW Geological Disposal, (III) Applicability of Electron Beam Welding to Overpack Final Closure

(2) 遠隔ハンドリング・定置装置の開発

a. 操業形態の概念構築

処分施設の概念、人工バリア構成、岩盤条件や操業条件などの操業環境、基本とする操業技術等の組み合わせによって考えられる操業概念、及びそれらの条件に適合する人工バリア仕様を条件として設定し、検討対象とする9ケースの操業形態の設定を行った。また、その操業形態を実現する各構成技術について、第1段階の技術メニューを活用することで構築した。

b. 課題抽出

構築された操業形態及び構成技術に対して、人工バリア品質確保に向けた技術的評価を建設、操業、閉鎖段階の観点から実施するとともに、操業システムとしての評価を人工バリア品質、操業安全性、多様性等の観点から実施し、合わせて技術的な課題を抽出した。さらに、抽出された課題について、定置概念と工程に基づき図-3に

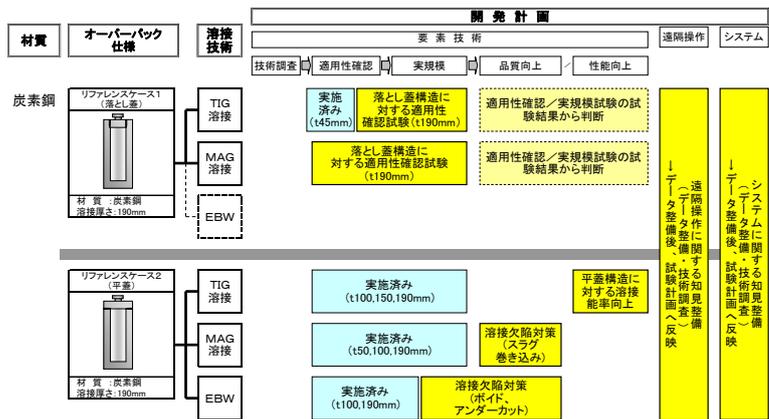


図-2 溶接技術の開発項目例（平蓋構造/落とし蓋構造）

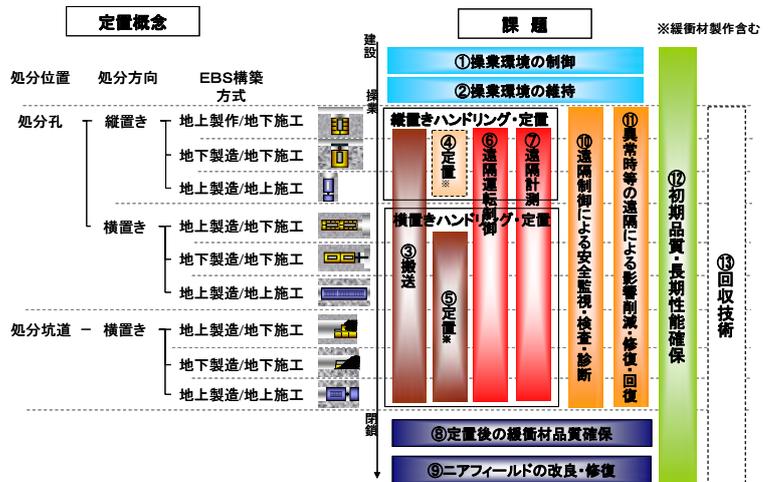


図-3 ハンドリング・定置技術の技術課題（13項目）

II. 放射性廃棄物の地層処分に関する調査研究

【人工バリア特性体系化調査】

◇事業概要

高レベル放射性廃棄物の地層処分に用いられるオーバーパックスの溶接・検査技術について、現在、施工面からの検討が「遠隔操作技術高度化調査」で行われている。これまでに同調査（平成12～16年度）においてオーバーパックスに適用可能な複数の溶接プロセスが提示されたが、これらの技術の成立性を評価するためには地層処分後の長期健全性、即ち溶接部の耐食性に関する知見が必要不可欠である。本調査は、このような背景から、オーバーパックスを模擬した溶接部の耐食性評価試験を通してその長期健全性を評価すると同時に、関連情報の収集と技術の成立性を確保するための各種手法の検討も併せて行い、オーバーパックスに適用可能な溶接技術の妥当性を提示することを目標としている。

本調査は平成16年度から開始したもので、主に溶接部を対象とした以下の調査を行うものである。

(1) 溶接及び腐食に関する情報収集・検討

オーバーパックスや溶接部の腐食挙動に関する過去の研究成果等を収集し、分析・整理する。特に、オーバーパックスに関しては過去の研究の経緯や溶接部で留意すべき問題点（例えば残留応力による応力腐食割れ等）、溶接部については特有の腐食現象に着目して調査する。オーバーパックスの溶接性や耐食性との関係が深い炭素鋼の鋼種の選定の考え方に関する検討も行う。

(2) 耐食性評価試験

「遠隔操作技術高度化調査」で製作した溶接試験片等を用いて母材と溶接部の比較・評価を目的とした腐食試験を行う。(1)での結果を基に試験計画を策定し、地層処分後を想定した条件での母材と溶接部の腐食挙動を比較し、長期間健全性を評価する。

(3) 溶接部品質検討

耐食性の評価に資するため、材料科学の視点から溶接部の性状（金属組織、成分等）を詳細に調査する。また溶接部で問題となる溶接残留応力について、その解析・評価手法と低減対策

を検討する。

なお、本調査は経済産業省の委託により実施しているものである。また、(2)は独立行政法人 日本原子力研究開発機構（旧核燃料サイクル開発機構）との共同研究として実施している。
(報告書)平成17年度 地層処分技術調査等 バリア機能総合調査－人工バリア特性体系化調査－報告書

◇平成17年度の成果

(1) 溶接及び腐食に関する情報収集・検討

オーバーパックスの製作方法を整理し、それぞれの方法に適した鋼種をリストアップし、製作性、機械的特性及び耐食性の観点からの評価・検討を行った。実際にオーバーパックスに使用するにあたっての課題や問題点も整理した。この結果を基に、過去の溶接試験等で検討してきた鋼種（SFVC1やSF340）について既往文献の調査結果を基にした評価を行ったところ、いずれもオーバーパックス材料として妥当なものであることを確認した。

(2) 耐食性評価試験

平成16年度に策定した計画に基づき、「遠隔操作技術高度化調査」で製作したTIG、EBW、MAG（計3種類）の溶接試験片を用いて、次の4項目の試験を実施した。

- ① 不動態化挙動と腐食形態調査
- ② 酸化性雰囲気での浸漬試験
- ③ 応力腐食割れ感受性調査
- ④ 還元性雰囲気での浸漬試験

その結果、試験片の腐食挙動が溶接方法及び部位（溶接金属、熱影響部、母材）によって異なる様子がしばしば認められた。

①②④の試験ではTIG及びMAGの溶接金属で不動態域での腐食の進行（図-1）や選択的な腐食を受ける傾向（図-2）が認められた。この挙動は緩衝材（ベントナイト）の有無や試験溶液の組成によらず概ね共通していた。要因分析等による検討から、TIG及びMAGの溶接金属で特徴的な腐食挙動が現れた原因の一つに溶接で使用した溶添加材（溶接ワイヤ）の影響が挙げられる。類似研究に基づく評価によると、これらの溶接金属の腐食量は現時点ではオーバーパックスの長期健全性を直ちに損なう値ではなかった。しかし溶接部の長期的な腐食挙動は明らかでないため、今後データの

充実をはかり、詳細な調査・検討を行う予定である。

③の応力腐食割れ (SCC) 感受性では炭素鋼が SCC 感受性を示す高濃度炭酸塩溶液中で低歪速度引張試験を行い、母材と溶接部に発生した SCC のき裂を比較した(図-3)。その結果、SCC の形態は材料の金属組織に強く依存し、微細な組織ほどき裂は進展し難くなる傾向が認められた。溶接影響で炭素鋼の SCC 感受性が増加する現象は認められなかった。本試験では SCC 感受性を比較するため、意図的に高濃度溶液を使用した。実際の処分環境は1桁~2桁以上低濃度の状況にあると予想される。今後、より実際の処分環境に近い条件で試験を実施し、母材と溶接部の SCC 感受性の詳細な調査・検討を行う予定である。

(3) 溶接部品質検討

「遠隔操作技術高度化調査」で製作した溶接試験片を対象に、溶接部の耐食性に影響する材料因子 (化学成分、金属組織、硬さ、結晶粒径等) についての調査を実施した。平成 16 年度に実施した TIG 及び EBW の調査に引続き、平成 17 年度は MAG の溶接試験片を調査した。その結果、TIG 及び EBW と同様に、MAG でも金属組織学的な違いや材料の化学成分の違いが母材と溶接部の間で確認されたが、現時点では明らかに耐食性に悪影響を及ぼす因子は特に認められなかった。また、TIG, EBW と比較しても、耐食性において問題となる点は特に認められなかった。

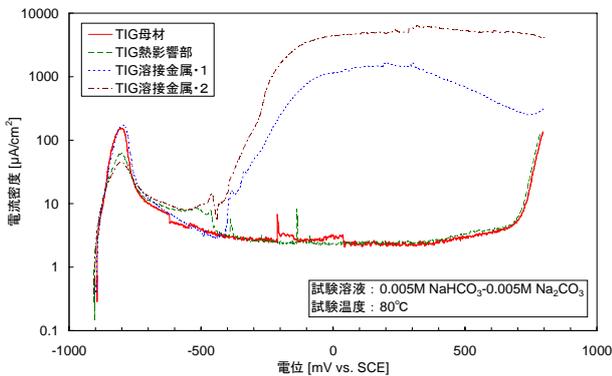


図-1 TIG 溶接試験片のアノード分極曲線

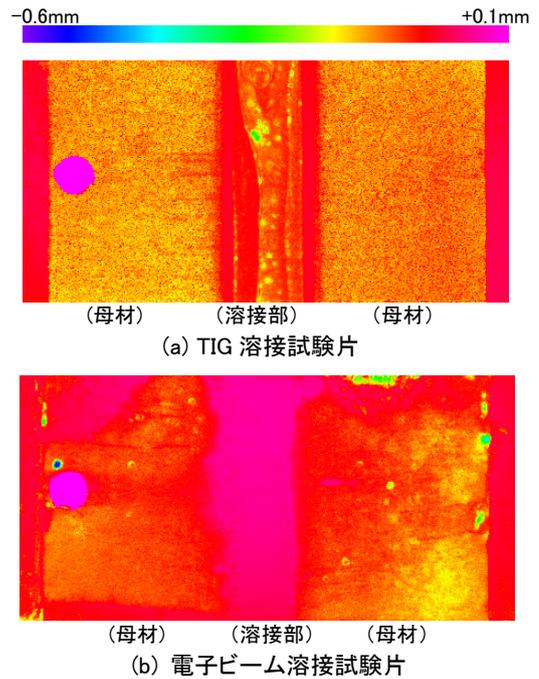


図-2 浸漬試験後試験片の表面形状 (人工海水 (空気吹き込み)、80℃、90 日、脱スケール後)

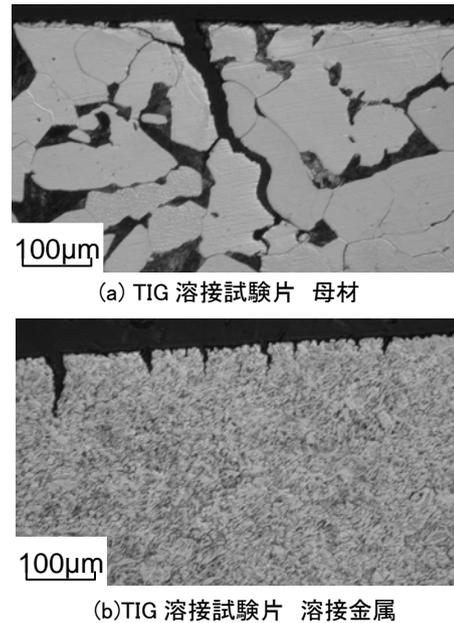


図-3 SSRT 試験後の試験片破面近傍断面写真 (1M-NaHCO₃+0.5M-Na₂CO₃ 溶液、80℃)

〈外部発表等〉

オーバーパック溶接部の耐腐食性評価に関する研究-II (日本原子力研究開発機構との共同研究報告書)

【人工バリア材料照射影響調査】

◇事業の概要

高レベル放射性廃棄物の地層処分における人工バリア材料であるガラス、炭素鋼には放射性核種の閉じ込めという長期にわたる健全性が要求されている。材料の照射影響評価、すなわち照射損傷の定量的予測は照射試験片の破壊力学的手法に基づくものが一般的であった。しかし地層処分の特徴である長期性の視点からは、照射による材料の微視的構造変化を観察して本質的な材料劣化のメカニズムを把握すること、並びに劣化の程度の予測手法を整備することが求められる。本研究は、陽電子消滅法という照射による材料の微視的構造変化である格子欠陥(照射欠陥、微小析出物)を正確に把握する測定技術を確立し、測定データを蓄積すると共に照射損傷に関する理論計算を行って計算結果を検証することで、材料の寿命予測モデル構築のための基礎を確立することを目指している。

なお本調査は経済産業省の委託により実施しているものである。

(報告書)平成 17 年度 地層処分技術調査等 人工バリア材料照射影響調査 報告書

◇平成 17 年度の成果

平成 17 年度は平成 16 年度までに整備した測定装置一同時計数ドップラーブロードニング測定装置、電子スピン共鳴装置(ESR)、微小硬度計、2次元角相関装置、低速陽電子ビーム測定装置等一、3次元アトムプローブを用いて炭素鋼等、ガラスの照射試験片について照射欠陥、照射誘起析出物の測定を進めると共に、理論計算を実施した。

(1)照射試験片の測定

a. 炭素鋼及びモデル合金

Fe-Cu モデル合金中に Mn, Ni, P を別々に添加した Fe-Cu-X 3 元系モデル合金、およびこれら全てを添加した 5 元系モデル合金を材料試験炉(JMTR)で照射し、Cu ナノ析出物形成や照射硬化に対する各元素の添加効果を調査した。特に本年度は、陽電子消滅法に加えて、局所電極型 3 次元アトムプローブを用いて、析出物の数

密度、寸法分布等をより定量的に評価した。その結果、Mn, Ni, P の添加により、Cu ナノ析出物が微細化し、数密度が高くなることを定量的に明らかにした。また、Mn 添加により、非常に大きな照射硬化が生じることが分かった。そして、Fe-Cu、Fe-Cu-Ni、Fe-Cu-P のモデル合金では、Cu ナノ析出物が主に硬化に寄与していることが明らかとなった。一方、Mn を含むモデル合金では、Cu ナノ析出物以外にも照射硬化をもたらすものが存在することが確認された。その候補であるナノボイド(空孔クラスター)や転位ループについて陽電子消滅測定および電子顕微鏡観察を用いて調査したが、Mn を含むモデル合金では、これらはほとんど存在しないことが認められた。従って、Mn 添加による照射硬化は、3D-AP や電子顕微鏡でも観察困難な超微小の析出物や転位ループなどに起因する可能性が高いものと判断された。また、モデル合金中の陽電子拡散の評価として、拡散に対する不純物原子の影響として、不純物がないときはフォノン散乱の寄与が大きく温度の平方根に反比例するのに対して、不純物が多いときは温度の平方根に比例することを明らかにした。

b. ガラス

各種モデルガラスの照射欠陥として、SiO₂ に網目形成酸化物である B₂O₃ を加えた、SiO₂-B₂O₃ 系モデルガラスを作製し、照射欠陥について調べた。B₂O₃ のモル濃度が増えるにつれて、照射欠陥の回復温度が低くなった。B₂O₃ 中の照射欠陥は室温よりもかなり低い温度から回復が始まることから、液体窒素温度照射によりわかった。照射欠陥形成に伴う構造サブナノ空隙のサイズ変化はなかった。また、SiO₂ に網目修飾酸化物である Na₂O を加えた SiO₂-Na₂O 系モデルガラスを作製し、照射欠陥について調べた。Na₂O のモル濃度が 20%から 40%に増えると照射欠陥の生成量が半分以下に減り、照射欠陥形成に伴う構造サブナノ空隙のサイズ変化は認められなかった。一方、放射性廃棄物モデルガラスの照射欠陥に関しては、室温および液体窒素温度照射でも観測できなかったことから、照射による欠陥が入りにくいと考えられ、核分裂物質の閉じ込めに対する有効性が示唆された。

(2)分子動力学シミュレーション、及び鉄中の銅ナノ埋め込み粒子とガラス中の陽電子状態の第一原理計算

分子動力学 (MD) シミュレーションからは、Fe-Cu モデル合金中の Cu 原子の拡散係数の活性化エネルギーは 2.53eV となる。これは 854°C から 902°C での実験値 2.69eV とよく一致している。また、原子空孔機構での拡散は複空孔効果や Cu 濃度依存性の影響はないことが示された。

Cu ナノ埋め込み系の陽電子、電子状態の第一原理計算法として、新たに電子運動量密度分布に関して Wannier 関数を用いる方法を開発し、実験から求まる 2次元角相関運動量分布 (2D-ACAR) の Smearing を用いてナノ埋め込み粒子の寸法を求める方法を完成させた。

(3)長期予測に対する課題

炭素鋼などの鉄鋼材料について、Cu 析出物に関する陽電子消滅、及び3次元アトムプローブ観察における低照射速度・長期照射と高照射速度・短期間照射の比較からは、加速照射では問題とならないような積算線量でもそれが長期間にわたる場合には、極低線量率下の熱時効効果を考慮しておく必要、すなわち極低線量率の長期間照射の照射影響評価の重要性が明確に示唆されている。

また冷間圧延加工に伴う Cu ナノ析出物の形成促進に対しても注意が必要である。例えば、Fe-1wt.%Cu モデル合金では、400°C で数日の熱処理を行っても Cu ナノ析出物は全く生じないが、20%冷間加工を行った後では 200°C、30 分の熱処理で約 1nm の直径の Cu ナノ析出物が生じていることから、冷間加工にともなう欠陥や転位導入によってもナノ析出物形成が促進されることに留意すべきである。

ガラスについては、放射性廃棄物模擬ガラスにおいて照射による常磁性欠陥成分は廃棄物模擬ガラスには存在しないかもしくはかなり少量であること、低速陽電子ビームによるプロトン照射損傷領域での結果などからも、電子線やプロトン照射によって導入される欠陥濃度は存在してもかなり低いものと考えられることから、ガラスにおいては照射による欠陥が入りにくいと考えられる。また、各種モデルガラスにおいて照射前後で空隙サイズに変化がみられなかったことより、放射性核種包含サイトであるガラスの構造空隙

は、核分裂物質の閉じ込めに有効であると考えられる。

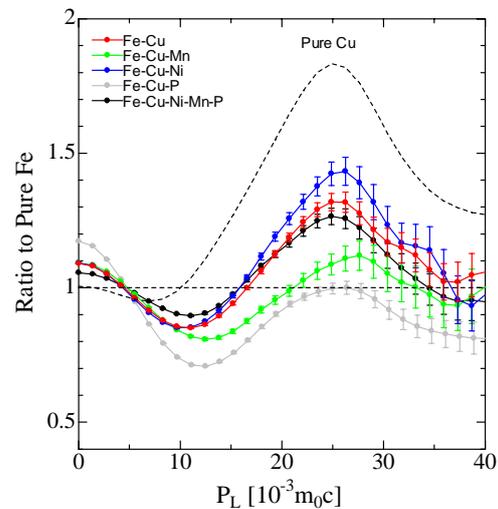


図-1 中性子照射した Fe-Cu-X モデル合金のドップラーブロードニング広がり (CDB) 比率曲線

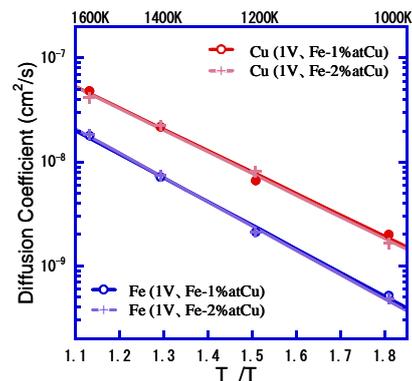


図-2 原子空孔機構による Fe 原子、Cu 原子 1 個当たりの拡散係数 (MD シミュレーションによる)

1-3 性能評価技術

【性能評価技術高度化】

◇事業の概要

地層処分における従来の性能評価では、想定される事象の複雑さや評価期間の長期性のために保守的なモデルが採用されているが、近年の国内外での処分研究の進展に伴い、より現実的なモデルが必要になると考えられる。本調査では、より現実的な性能評価を可能とする技術を開発するため、以下の3項目を実施した。

(1) 性能評価に関する基礎情報の収集及び整理・分析

海外で実施された性能評価に関する情報を収集し、性能評価の現状を体系的に整理するとともに、総合情報調査で整備しているデータベースに合わせて整備する。

(2) 現実的 performance 評価技術の開発

より合理的な性能評価を可能とする現実的 performance 評価技術を高度化するとともに理解促進技術を開発する。

(3) 天然及び人工バリアの長期安定性に関する科学的調査・研究

ナチュラルアナログ調査研究を実施し、天然及び人工バリアの長期安定性に関する確信を高めると共に安全論拠への展開を図る。

平成 14 年度は性能評価に関する課題を抽出し、重点的に研究を行うべき項目として「①処分場及び近傍の詳細評価技術の開発」、「②ガラス固化体近傍の詳細評価技術の開発」、「③性能評価の情報化技術に関わる調査検討」を選定した。

平成 15 年度及び 16 年度は、海外の性能評価報告書や、地層処分において考慮すべき現象である FEP(特質、事象、プロセス)、性能評価技術に関する情報を収集、整理するとともに、①～③について、モデル化や適用可能性等について検討した。

なお本調査は経済産業省の委託により実施しているものである。

(報告書)平成 17 年度 地層処分技術調査等 性能評価技術高度化報告書

(第 1 分冊) 性能評価に関する情報の収集及び整理

(第 2 分冊) 現実的 performance 評価技術の開発

(第 3 分冊) 多重バリア長期安全性調査

◇平成 17 年度の成果

(1) 性能評価に関する基礎情報の収集及び整理・分析

a. 性能評価に関する調査

フランス及びカナダにおける最新の性能評価報告書をデータベースに整備するとともに、諸外国で実施されている性能評価の概要(処分概念、シナリオ、データ、評価結果等)を体系的に整理、分析した。

b. 性能評価レビュー等に関する調査

性能評価報告書に対するスウェーデン及びフィンランドの規制機関が作成したレビュー報告書を基に、性能評価上の課題や問題点を整理した。また、昨年度に調査した FEP に関する項目のうち、「臨界」、「放射線分解」等に関する最新の主要文献を収集し、概要を整理した。

(2) 現実的 performance 評価技術の開発

a. 処分場及び近傍の詳細評価技術の開発

既存の安全評価に含まれる過度な保守性を排除するため、処分場及び近傍での地下水の流れや核種の移行を詳細かつ現実的に評価することが可能な解析技術を開発することを目的とし、以下の検討を実施した。

① 着目すべき現象や評価技術に関する調査・整理

日本、スウェーデン、フィンランド、スイス、米国の計 5 ヶ国について水理・物質移行に関する性能評価技術の調査を行った。その結果、ほとんどの国々では物質移行解析が 1 次元モデルを用いて行われていることが判明したため、処分場スケールの物質移行解析を行う上での開発課題として、2-3 次元の解析を行うことが挙げられた。このような解析を実現するため、代表的な 4 種類のモデル化方法(1 次元流線モデル、3 次元パーティクルトラッキング、3 次元有限要素・差分法、マルチスケールモデル)について、それぞれの特徴を検討・整理した。

② 処分場及び近傍の評価のためのマルチスケールモデルの 3 次元体系化に関する検討

マルチスケールモデルの 3 次元体系化を目的として、マルチスケールモデルの支配方程式を導いた。また、修正したプログラムを利用して、処分場スケールの物質移行計算のデ

モ計算を実施した。

現実的な処分場環境条件（地下水流動場、及び人工バリア構成）をマルチスケールモデルに取り込むために必要なコンパートメントからの核種移行確率を求めるための開発課題を検討した。また、廃棄体3体から構成される処分場の3次元モデルについて、コンパートメントモデルと移流拡散解析コードによる物質移行の比較計算を実施し開発課題を抽出した。

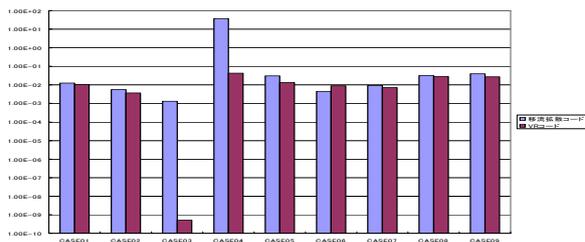


図-1 物質移行計算結果の比較

③ 処分場及び近傍を対象とした評価技術開発のための計画立案

H18年度の開発課題として以下を抽出した。

- ・ 廃棄体スケールの物質移行計算において、拡散による輸送と移行確率を計算できる機能を取り入れる。
- ・ 放射性崩壊を取り込む方法を検討して、処分場スケールの物質移行計算コードを開発する。

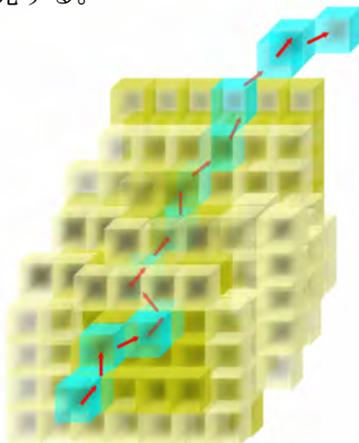


図-2 3次元処分場体系における地下水流路 (イメージ図)

b. ガラス固化体近傍の詳細評価技術の開発

ガラス固化体の変形、破壊あるいは変質等の変遷過程に関する力学-化学連成現象の数値解

析を具体化し、ガラス固化体の溶解挙動等のバリア機能に生ずる変化をシミュレーションする手法の開発を目的として以下の検討

① オーバーパック/ガラス固化体近傍での破壊・変形挙動の解析手法の調査・検討

ガラス固化体の破壊挙動として、ガラスの熱冷却時の破壊、オーバーパック変形によるガラスの破壊をFDEM法を用いて評価した。

この結果、オーバーパックの全面開口とガラスの全面接液という従来の性能評価の仮定が極めて保守的なものと推定された。

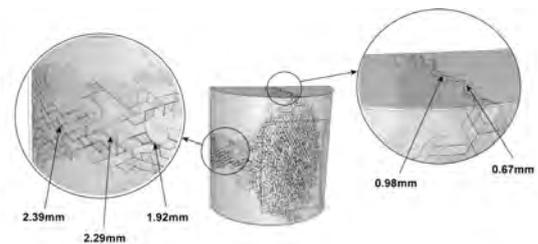


図-3 最大応力による変形・破壊時の割れ目開口幅 (ガラス固化体)

② ガラスの溶解・変質層形成に関する現象解明モデルの高度化

ガラスマトリクス構造と整合的な格子構造を表現でき、シリカやナトリウム以外の元素(ホウ素)の溶解挙動を適切に表現することが可能でありナノスケールモデルと整合性あるメゾスケールモデルを開発した。

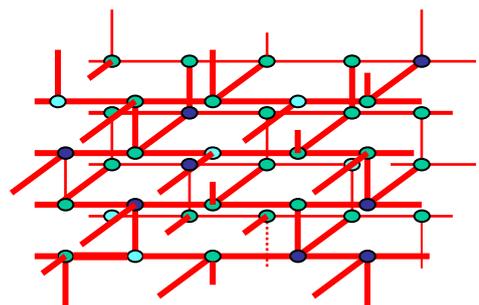


図-4 ガラスに含まれる元素の初期配置

このメゾスケールモデルは、既往のメゾスケールモデルで得られている結果及び種々の組成のホウケイ酸ガラスについて行われた浸出試験の結果を再現することが示された。

また、メゾスケールモデルを補完的に用いることにより、巨視的モデルの説明能力の向

II. 放射性廃棄物の地層処分にに関する調査研究

上が期待できることが示された。

③破壊・変形及び化学的変質に係る実証試験の可能性評価

ガラス固化体近傍の挙動理解に関する課題・不確実性をリストアップした。これらを、「潜在的な重要性」及び「試験の実現可能性」の判断指標から評価して、ガラス固化体近傍の挙動を理解し、ガラス固化体の長期性能を評価する上で、実証試験によって優先的に問題解決を図ることが有効であると考えられる課題・不確実性を抽出した。

④ガラス固化体スケールを対象とした解析技術開発のための計画立案

微視的スケール（メソスケール／ナノスケール）による新たな解析は、ガラスの溶解・変質の素過程に関する情報を提供するという視点から、巨視的スケールのモデルを補完する手法として有用であることを指摘し、それら異なるスケール間でのモデルを整合させてゆくことを今後の方向性のひとつとして示唆した。

c. 安全性を説明するための論理構造に関する理解促進技術の開発

地層処分の安全性の論理構造をわかりやすく説明することを目的とし、安全機能や保守性に着目した説明の仕方を検討する上で、安全機能のひとつであるガラス固化体の溶解挙動を例に、説明及びそのためのツール案を作成した。

(3) 天然及び人工バリアの長期安定性に関する科学的調査・研究

地層処分システムの長期安定性に対する信頼性向上を図る上で、ナチュラルアナログ及び天然現象に関する既存研究の体系的な調査及び解析を行ない、天然類似事象の科学的研究を地層処分における安全性の論拠として活用するための具体的方策等を検討した。

a. 既存のナチュラルアナログ情報の整理と分類

ナチュラルアナログに関する国内外の既存研究成果を調査し、重要な研究成果についてわが国への適用性を含めて分析・整理を行なった。

b. ナチュラルアナログ情報の適用とその限界の検討

既存のナチュラルアナログ研究のうち、重要と思われる6つのプロジェクトを選定し、その

背景、研究対象、主要な成果を専門家の意見も取り入れ科学的に分析することで、わが国への安全論拠としての適用の限界を明確にした。

c. 課題設定と課題解決に向けての方策案の検討

精密調査地区選定の段階で必要と想定される安全論拠の階層構造を出発点として、今後わが国で優先的に実施すべきナチュラルアナログのテーマと可能性のある調査地点への要件を設定した。優先的に実施すべき重要なナチュラルアナログのテーマは以下の5分野である。

- ・変動事象（例えば断層活動）の地質構造安定性への影響評価
- ・深部地下水の安定性（主として化学特性）評価
- ・沿岸域での気候等の環境変動に対する生物圏と地圏とのインターフェースへの影響評価
- ・ベントナイトとセメント系材料の相互作用評価
- ・セメント系材料の周辺岩盤への影響評価

ナチュラルアナログの事例研究として、①変動帯地質環境での断層活動等に伴う割れ目形成と長期安定性に関する研究、および②原始・古代の鉄製品の腐食と土中環境の対応性に関する研究を行った。

①では、変動帯地質環境での断層活動等に伴う割れ目形成と長期安定性に関する研究の一環として、今後の地層処分の実施段階に向けた必要性という観点も念頭に置きつつ、割れ目形成や断層運動の影響および安定性について、特に阿寺断層を例として検討した。その結果、短い割れ目の密度が断層に近づくほど増加する傾向が認められた。また、断層運動によって、何らかの化学的影響範囲が、断層岩類が分布する幅である約50m程度にまで及んでいることがわかった。

②では、鉄製品の錆化・腐食と鉄製品を包含していた土壌の諸因子との関係を明らかにすることを目的に、平成17年度は鹿児島、徳島、大阪で調査を行い、古墳時代、古代、中世にわたる時代の資料を分析した。その結果、鉄器の腐食状況と土壌の腐食性との間に明確な相関関係は見つけられなかった。これについて、実際の埋設環境としての土壌雰囲気や計測するためには、原位置計測など、出土後の酸化等の影響を排除した計測方法を適用したほうがよいことがわかった。

【地球化学バリア有効性確認調査】

◇事業の概要

放射性核種が土壌や岩石等、地質環境中を移行する際には収着／脱着、新鉱物相の形成、コロイドによる移行等、様々な現象が複雑に関与して起こる。高レベル放射性廃棄物の地層処分の安全性評価の信頼性を向上させるためにはこのような複雑な現象の理解度向上が必要である。本研究では、放射性核種で汚染されたロシアのサイトにおけるコロイドに起因する核種の移行に着目し、様々な放射性核種に関する地下水起源コロイドによる移行挙動を現地研究、室内実験研究及び理論的な研究を組み合わせ総的に検討し、コロイドによる核種移行への影響や、コロイド輸送に関わる地球化学的地質環境条件等を評価する。併せて、ロシアのサイトで取得された有機物コロイドに関するデータを評価するためにアクチノイド有機錯体の安定性についての検討を行う。このようにして地質環境中での放射性核種移行のコロイド輸送現象に関する情報を蓄積し、現象の理解度を向上させることによって、地層処分バリア性能評価の信頼性向上に資することを目的とする。

本研究においてロシアの汚染されたサイトでの放射性核種のコロイド輸送に係る研究データ等は、ISTC（国際科学技術センター）プロジェクト No.3290 “Evaluation of the Groundwater Colloidal Migration of Radionuclides from Geochemical Viewpoint” として、ロシアの研究機関（ベルナッキー地球化学・分析化学研究所：GEOKHI、鉱床地質学、岩石学、鉱物学及び地球化学研究所：IGEM）が取得するものである。

本研究の実施概要は以下のとおりである。

(1) 研究サイトの選定と当初計画の検討

放射性物質で汚染されたロシアのサイトの地質、汚染状況などのデータを収集し、研究目的に適するサイトを選定する。さらに、当該サイトでの地下水の採水・分析などの計画を検討する。

(2) 既存データの収集

ロシア国内から提供されるプロジェクトの研究目的に沿った現在利用可能なデータを収集し、汚染問題の現状（特にPA “Mayak” サイト）が把

握できるようにまとめる。また、アクチノイド真性コロイドの生成については、既に発表されているデータの他に、無機及び有機物質への放射性核種の収着に関する熱力学や反応速度に関するデータを収集し、評価する。

(3) 現地と実験室での研究

現地では、原位置での地下水の化学的性質測定、採取した地下水試料の微量ろ過と限外ろ過、天然懸濁物質の分析、ろ液中及びフィルター上の放射性核種総濃度の定量、コロイド性物質とアクチノイドの結合強さの特性研究等を行う。また、実験室では、連続抽出(Mi ller 法)によるプルトニウム水酸化物重合体の化学特性研究、Fe-オキシ水酸化物への単体プルトニウム水酸化物及び重合した水酸化物の等温収着の研究、特性のよくわかっているフミン酸と重合プルトニウム水酸化物との錯体生成平衡の研究などを行う。

(4) 理論モデルの開発

データ収集と併行して自然環境での放射性核種及びコロイド挙動の概念モデルを構築する。まず、既存のデータに基づき、コロイドによる放射性核種移行の概念的なモデルを検討する。次に、現状での理解のもと、コロイドの特徴や生成過程をコントロールしているプロセスモデルを検討する。

(5) コロイド生成データの評価

上記の研究情報に加えて、現地調査等で得られるコロイド特性に関するデータを解析し、一般化するための基礎的検討を行う。

最終的にはこれらの研究成果を総合して、コロイドによる核種移行への影響やコロイド輸送に関わる地球化学的地質環境条件等を評価し、地層処分システムの天然バリア性能評価の信頼性向上への貢献を評価する。

平成 10 年度から平成 16 年度までは、ISTC プロジェクト No.1326「アクチノイドを含有する放射性廃棄物の深地層処分のための地質学的、地球化学的条件の評価」に基づいて以下の成果を得た。

(1) 地層処分システムでは種々の元素が共存するので、共沈、酸化還元反応等によって影響を受ける可能性がある。そこで、ウランと共存するアクチ

II. 放射性廃棄物の地層処分に関する調査研究

ノイド水酸化物・酸化物の溶解度を調べた。その結果、混合価数型 U(IV)/U(VI) 及び Np(IV)/Np(V) の水酸化物の溶解度は、U(VI) あるいは Np(V) の含有量が増えるにつれて直線的に増加するが、ある程度を超えると (10~20%以上) 増加しなくなる。U(IV)-Pu(IV) 水酸化物及び U(IV)-Np(IV) 水酸化物の U と Np 溶解度の増加の要因は、各々 U(IV) と Np(IV) の部分的酸化による可能性が示された。

(2) アクチノイド核種の岩石への収着の不可逆性及び岩石自体の持つ地球化学的なバリア機能を評価することを目的として、バッチ実験で、アクチノイドの容器壁への吸着、粒径、共存イオン、脱着速度、pH の効果、炭酸濃度の効果を詳細に測定した。その結果、Am と Pu の収着・脱着速度の測定から速い成分と遅い成分の存在が明らかになった。また、コロイド成分の影響が認められないこと、岩石試料や単離鉱物へのコロイド成分が保持されないことが分かった。コロイド成分へ収着した Am と Pu が収着試験時にコロイド成分から脱着し、岩石試料と鉱物に収着することについて説明できた。収着の強さは黒雲母 > 長石 > 石英の順であることを認めた。

なお、本調査は経済産業省の委託により実施しているものである。

(報告書)平成 17 年度 地層処分技術調査等 地球化学バリア有効性確認調査 報告書

◇平成 17 年度の成果

(1) ISTC プロジェクト No. 1326 「アクチノイドを含有する放射性廃棄物の深地層処分のための地質学的、地球化学的条件の評価」で得られたデータによる核種移行予測の可能性

ISTC プロジェクト No. 1326 「アクチノイドを含有する放射性廃棄物の深地層処分のための地質学的、地球化学的条件の評価」の成果を今後の放射性核種のコロイド輸送の評価へ適用する観点からレビューを行った。

(2) 放射性核種移行の研究に適するロシアのサイトの選定

研究の目的はアクチノイドなどの放射性核種のコロイド輸送機構の解明であるので、そのためにはコロイドの分画とそのフラクションごとの

放射性核種の存在形を確認する必要がある。そのためには、低い濃度のアクチノイドの存在形が分画過程で予備濃縮なしに測定できるレベル(濃度)でなければならない。このような目的に沿うサイトとしてロシアの“Mayak”生産連合(PA “Mayak”)を選定した。このサイトではテチャ(Techa)川沿いに設置されたりザーバー(再処理工場から発生する液体放射性廃棄物を投棄した天然または人工の池)廃液系、カラチャイ湖(ロシアの基準の中レベル放射性廃液を投棄したりザーバーV-9)サイトの地下水、東ウラル放射能トレース(EURT)(PA “Mayak”から大気中への放出により生じた汚染地帯)の土壤等を含んでいる。放射化学的及び地球化学的組成に関する多量の文献データはカラチャイ湖近辺の地下水について得られる。文献データでは、ウラン、ネプツニウム及びアメリカシウムの地下水中での濃度は、それぞれ、数 mg/L、数 μ g/L 及び 0.1~100 Bq/L に達しており、アクチノイドを含む放射性核種の存在形の研究にとって問題はないことが示された。

(3) 研究サイトにおける地質学、地球化学及び放射性核種による汚染状態に関する既存データの収集

PA “Mayak”が位置している南ウラル地域の地質学的、植生学的、地球化学的特性、さらに気候学的特徴に関する以下のデータを収集した。

- 放射性気体とエアゾールの放出、固体放射性廃棄物処分場近くの土壌中における放射性核種の水平方向への移行に関するデータ
- カラチャイ湖地域の地下水系中における放射性核種移行に関するデータ
- リザーバー系に沿う表層水による放射性核種移行に関するデータ

利用可能な公表データに基づいて、カラチャイ湖近くの地下水系への放射性核種の浸透システムに関する結論を示した。カラチャイ湖水の化学組成と放射性核種の組成が提示された。カラチャイ湖の高密度汚染水が放射性核種の拡散を促進していると考え、それらの高い濃度(ベータとアルファ線の放射能はそれぞれ 2.6×10^8 Bq/L と 6.5×10^8 Bq/L に達する)は放射性核種移行のメカニズム及びコロイドによる放射性核種輸送の概念的モデルを開発する研究のための条件を持つと考えられる。

当該地域の非汚染地下水の特性データに関して収集しただけでなく、特定サイトの主な岩石及び

造岩鉱物のタイプについて考察した。最近 10 年間の汚染水の拡がりに関する地球化学的調査データが収集・解析された。地下水の地球化学的特性がカラチャイ湖からの距離によって大きく変化することが示された。塩含有量及び酸化電位が高い弱酸性の地下水移行フロントは湖の近くで形成される。汚染地下水は希釈されるにつれて、pH は増大し、鉱物含有量及び Eh は減少する。これらのデータに基づき、研究対象として 3 つの領域〔あまり希釈されていない(硝酸塩イオン 40~20 g/L)、適度に希釈されている(20~0.1 g/L)及び大きく希釈されている(硝酸塩イオン 100mg/L 未満)〕条件から地下水の採水孔井を選んだ。これらの孔井から予備的に採水し、その化学的及び放射化学的な分析を行った。

(4) 地下水の有機物質と核種との錯体安定性に関する基礎的検討

ロシアのサイトにおいて、アクチノイドのフミン酸錯体による移行挙動を調査する予定である。しかし、腐植生成物から生じるフミン酸などの組

成は、複雑で調査結果の解釈には補足的なデータが必要であると考えられる。本章では、この補足的なデータとして有機物コロイドの影響評価に不可欠な核種と有機酸(有機配位子)との安定度定数を、配位子構造及び官能基の系統性、類似性を考慮して取得するとともに、安定度定数の系統的な変化について熱力学的に解釈するための新たなモデルを用いて検討する。

本年度は、溶媒抽出法により得られた錯生成定数 β を統一的に解釈するため、官能基及び架橋鎖の各フラグメントに分解するモデルを構築した。このモデル解析により得られたパラメータ収束値を用いて、多座カルボン酸錯体の β を計算したところ、構造が類似したものはその文献値との良い一致を見たものの、配位子によっては、実験値から大きくずれる場合があった。今回のモデルをさらに広範囲な有機酸に対する錯生成定数の確認・予測に用いるために、場合によっては配位の制限やその他の相互作用についても考慮することが必要であると考えられる。

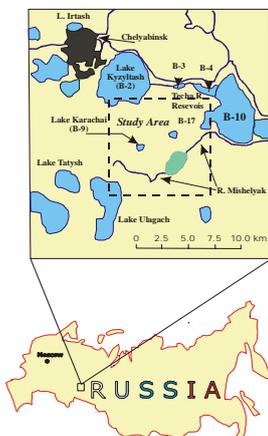
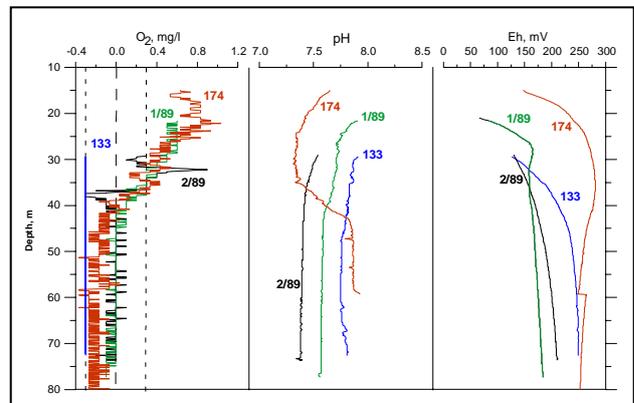


図-1 Mayak サイトの Karachai 湖の観測孔井配置図

図-2 観測孔井の地球化学的検層結果(深さと酸素濃度、pH、Eh の関係)

II. 放射性廃棄物の地層処分に関する調査研究

1-4 制度化・社会対応技術

【モニタリング機器技術高度化調査】

◇事業の概要

高レベル放射性廃棄物の地層処分は本質的に「受動的(passive)」な安全確保の概念に立ち、処分場閉鎖後の人間の管理を必要としないことが原則となっている。しかし、「安全性にかかわる社会的信頼性の醸成」の観点から、制度的管理の有効性が国際機関において明示的に認められるようになってきた。わが国においては、2000年、IAEA第38回総会において、制度的管理を含む放射性廃棄物管理の安全に関する基本原則を定めた「使用済燃料管理及び放射性廃棄物管理の安全に関する条約」に加入している。さらに、平成18年には廃棄物安全小委員会（総合資源エネルギー調査会、原子力安全・保安部会）より「放射性廃棄物の地層処分に係る安全規制制度のあり方について(案)」報告書が公開されている。このように近年、処分場開発プロセスの柔軟性、段階的アプローチの必要性が議論され、その中で制度的管理の役割が積極的に位置づけられるようになったといえる。

本研究は、地層処分における制度的管理のうち、モニタリングと記録保存について、国及び関係機関がそれらの実施方策及び計画等を検討する際の判断材料を整備することを目的に平成12年度より調査研究を行っている。

モニタリングについては、国及び関係機関等が、高レベル放射性廃棄物の地層処分事業におけるモニタリングの位置づけ、実施方策及び計画等を検討する際の判断材料を整備することを目的に、

国内外の処分計画に関連したモニタリングの実施・計画状況の調査、既存技術の調査、適用性について検討し、平成16年度に技術報告書としてまとめた。さらにモニタリングの目的と既存技術との連関を体系的に整理した技術メニューの整備を実施している。

記録保存に関連しては、地層処分における記録の長期保存の位置づけとその実施制度に向けた課題の整理、記録保存システムとそこに適用する保存のための技術の調査・研究を実施している。

なお、本研究は、経済産業省の委託により実施したものである。

(報告書)平成17年度 地層処分技術調査等 モニタリング機器技術高度化調査 報告書
 (その1) 地層処分モニタリングシステムの調査
 (その2) 地層処分記録保存システムの調査

◇平成17年度の成果

(1) 処分モニタリングシステムの検討

技術メニューの整備に関しては、モニタリングの個々のデータから処分場及びバリアシステムの挙動について、どう理解・解釈を行うか、目的分類との関連性を考慮しつつ、処分場構成要素

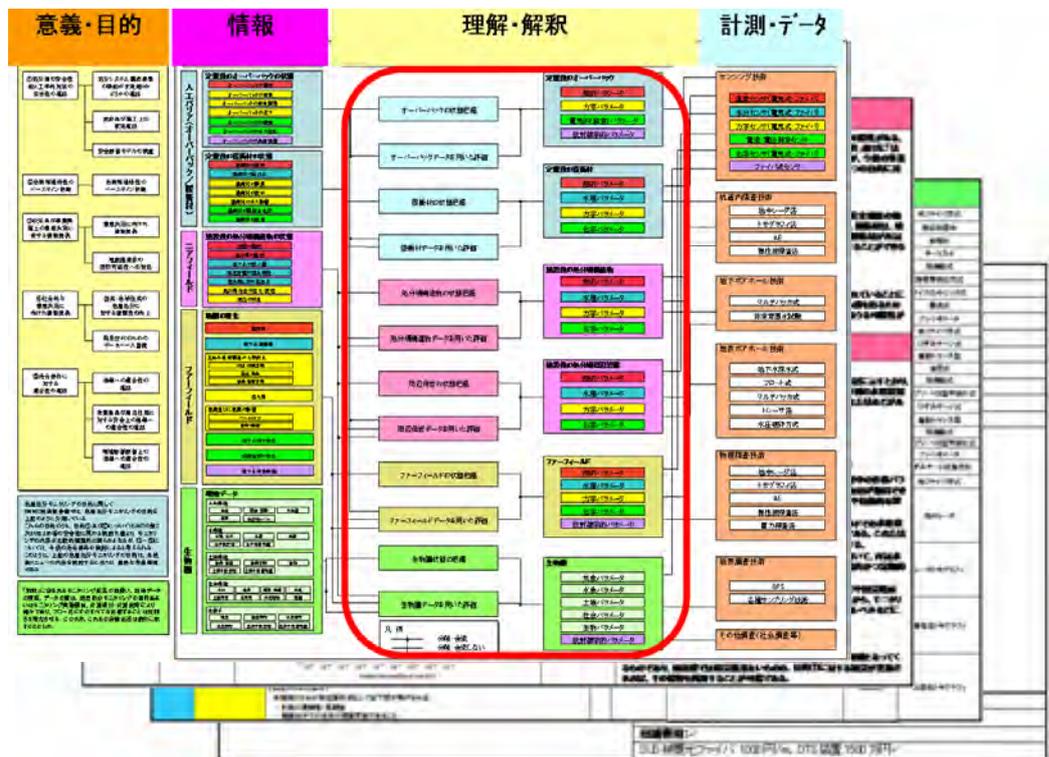


図-1 技術メニューの全体構成
 (赤の囲みが解釈の部分)

1. 高レベル放射性廃棄物処分（1-4 制度化・社会対応技術）

（人工バリア、ニアフィールド、ファーフィールド、生物圏）ごとに検討を行い、追跡性・透明性を考慮した構成内容を検討した（図-1）。この構成に基づき、これらの解釈の詳細を階層的に検索できる IT 化のための検討を実施した。今後は、個々のモニタリング情報に関するダイアグラムを整備しつつ、メニューの試活用選択肢を念頭にモニタリング目的に応じた技術の選択肢を効率的に提示できるシステムを目指す。

計測技術に関しては、長期にわたるモニタリングの信頼性とロバスト性の面からの実用化の見通し、フィールドでの適用状況についての広範な調査に基づき、FBG 方式の光ファイバセンサに着目し、室内での性能確認試験を開始した（図-2）。本技術は光ファイバの内部に複数の微小なセンサ部を有することで同時多点計測が可能である。また、計測部とデータ伝送を兼ねていることから計測対象への擾乱影響の低減も期待される。今後は、国内外の地下研究施設等におけるファイバセンサ計測システムのフェージビリティ検討を進めていく。

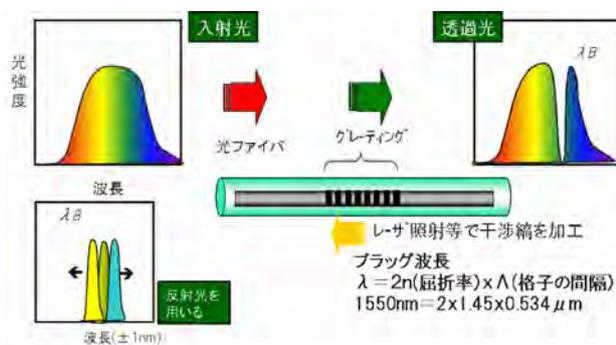


図-2 FBG 光ファイバセンサの原理
（温度や圧力等の変化による格子間隔の変化を検出）

地中無線通信技術については、地中からのモニタリング計測データを送る際に、ケーブルを設置することによるバリア機能への影響（地下水のみずみち形成）を低減出来る技術として開発を進めている。昨年度までに、スウェーデンのエスポ島地下施設において深部岩盤中での無線通信を実証し、その結果を用いて低周波電磁波伝播に関する考察を行なった。また、送信機の材質や形状等と通信効率との関係を調査し、必要な通信距離、機器の大きさ等が設定された場合における通信装置の設計を行なうための基礎的知見を整備した。今後は精密調査段階での実証等で実施される

モニタリングへの適用に向けた技術検討を行なう（図-3）。



図-3 モニタリングと地中無線通信のイメージ

(2) 地層処分記録保存システムの検討

記録保存に関する制度的検討に資する調査として、国内の公文書管理法に向けた様々な動向や文書管理の考え方や具体的なシステムに関する情報収集を行うとともに、フランス公文書館に保存された La Manche 廃棄物処分センターの記録保存実施の理由となった委員会勧告について調査等を実施した。更に、地層処分に関する記録を長期間、高い信頼性を維持した状態で保存するための記録媒体の材料、耐久性評価手法等については、従来より継続して開発を行ってきており、SiC（炭化ケイ素）へのレーザ刻印技術の、長期耐久性を定量的に評価するための試験データ取得とそれに基づく長期耐久性評価のための検討を実施し、当該技術が、長期の記録保存が可能な技術オプションの一つとなりうると判断した。今後は、これらの成果を踏まえ、制度及び技術的見地からの記録保存システム構築に資する検討を実施していく。

〈外部発表等〉

- 1) 原環センター技術報告書「地層処分にかかわるモニタリングの研究－位置付け及び技術的可能性－（平成16年9月）」、RWMC-TRJ-04003.
- 2) IAEA (2005): Feasibility study of monitoring and its technology for geological repositories, Proceedings of International Conference on the Safety of Radioactive Waste Disposal, IAEA-CN-135/61.
- 3) 日本工業「検査技術」（2005年9月） 地中無線伝送を応用したモニタリング技術

II. 放射性廃棄物の地層処分に関する調査研究

2. TRU廃棄物処分

【人工バリア・天然バリアガス移行挙動評価】

◇事業の概要

超ウラン核種を含む放射性廃棄物（以下、TRU廃棄物）の地層処分では、廃棄体容器や金属廃棄物の腐食、廃棄物に含まれる有機物の化学・微生物分解等により発生した水素・メタン等の気体（以下、ガスと総称）の蓄積により、バリアシステム性能等に影響を与えることが懸念されている。

そこで本研究では、TRU 廃棄物の地層処分概念の検討や性能評価の信頼性向上に資することを目的として、スイスのグリムゼル試験場において現実的な地質条件下に TRU 廃棄物のサイロ型処分場を模擬した試験施設を構築し、人工バリアと周辺岩盤中のガスの移行挙動に関する試験・評価を行っている。

本研究は図-1 に示す研究フローのように、原位置試験、室内試験、解析検討で構成されている。図-2 に原位置試験施設の概要を示す。施設は破碎帯（シェアゾーン）を含む花崗閃緑岩岩盤内に掘削された、高さ約 4.5m、直径約 4m の空洞内に、直径 2.5m のコンクリートサイロ（上部にガスベントを設置）とベントナイト系緩衝材（ベントナイト 20%、珪砂 80%）から成る人工バリアシステム、その上部に砂礫埋戻し材、そしてコンクリートプラグから構成されている。試験は、人工バリアシステムを水で飽和させ、コンクリートサイロ内に窒素ガスを注入し、人工バリア中を移行させる手順で実施している。表-1 に研究スケジュールを示す。平成 9 年度に試験施設の設置場所の選定と試験計画を立案し、平成 10 年度にアクセス坑道と図-2 に示すような岩盤空洞を掘削した。平成 11 年度から平成 12 年度にかけ、空洞周辺の岩盤の物理特性を調査し、人工バリアシステム建設と各種センサー設置及び上部の埋め戻しを行った。平成 13 年度にコンクリートプラグを構築し、人工バリアシステムへの加圧注水による人工的な飽和を平成 14 年度後半まで実施した。その後、平成 15 年度末にかけてガス移行試験を行い、平成 16 年度には人工バリアシステムの特性調査（解体調査）を実施し、原位置での調査を終えた。そして平成 17 年度は、原位置試験で得られたデータについて精査し、ガス移行モデルの見直しと一連の試験過程の

解析評価を実施した。

なお、本試験は経済産業省の委託により実施しているものである。

（報告書）平成 17 年度 地層処分技術調査等 TRU 廃棄物関連処分技術調査 人工バリア・天然バリアガス移行挙動評価 報告書

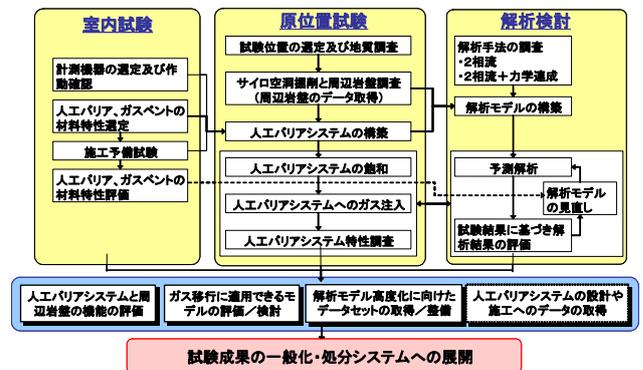


図-1 研究フロー図

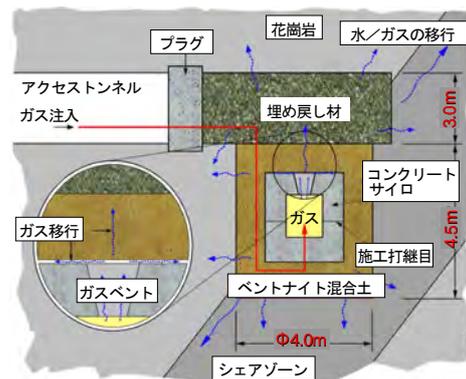


図-2 原位置試験（スイス・グリムゼル試験場）施設の概要図

表-1 研究スケジュール

実施内容	年度									
	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18
試験計画										
試験位置の選定及び地質調査										
解析検討										
試験空洞掘削と周辺岩盤の特性調査										
室内試験										
人工バリア建設										
人工飽和試験										
システム透水試験										
ガス注入試験										
人工バリアシステム特性調査										
総合評価										

◇平成 17 年度の成果

解析評価の一環として、サブタスクモデル化検討の枠組みにおいて、人工バリアシステムの構築から解体までの原位置試験を再現し得るモデルの

評価の観点から、一連の計測データを用いたモデル解析の結果についての比較検討を実施した。比較対象とする二相流解析コードは、TOUGH2、CODE_BRIGHT、GETFLOWS、MHERLIN、Rock Flow の5コードである。

モデル解析の相互比較に当たっては、人工バリアシステム解体時の各計測機器の作動確認と再校正により、取得データの偏差を修正したデータセットを基に、間隙圧力、含水量、応力挙動等について計測値と解析値との整合性についても精査を実施した。

(1) 取得データの精査

人工バリアシステム構築時等に取得した砂ベントナイト系緩衝材の特性は、解体時や別途実施している TDR カラム試験 (図-3) や室内試験による補足・追加調査のデータを参考に補正した。密度に関しては、緩衝材に混入した硝酸鉛 (第8~10層) に対する感度試験によって約 1% (約 0.1g/cm³) のオフセットが認められ、補正の結果、密度検層で大きな値となった硝酸鉛を含む層は、含まない他の層と顕著な差異がないことが確認された (図-4 参照)。

(2) モデルの比較と評価

図-5 にサイロ内部圧力と各解析結果を対比した図を示す。Rock Flow については早期での圧力上昇が解析されるとともにその後の原位置試験期間中での低い解析値を示しているが、殆どのモデルにおいて解析値は計測値と一致している。

このように、全体として、各モデルとも飽和及びガス注入段階の間隙圧力挙動、体積含水量、応力の応答について概ね良好に再現された。今回の検討を通じて、一連の原位置試験を再現し得るシ

ステム構成要素のモデル化に関して、埋戻し部から周辺岩盤に至る水やガスの移行が人工バリアシステム内の圧力に依存し、埋め戻し部頂部のガスの蓄積は埋め戻し部の圧縮性に著しい影響を及ぼすことや (TOUGH2)、解析結果と計測値との整合性を高めるために岩盤-緩衝材-サイロ間のそれぞれの境界において



図-3 TDR 円柱供試体試験

透水特性の増加を要する (TOUGH2、GETFLOWS) など、ガス移行挙動の概念モデルの構築において有意な知見を得た。同時に、異なる構成要素とその材料特性が複雑かつ広範であることや、材料特性や飽和度の変化に対するガス移行挙動の感度などに起因して、高度なモデル化、解析技術の適用と幾度かの再解析の実施を必要とした。

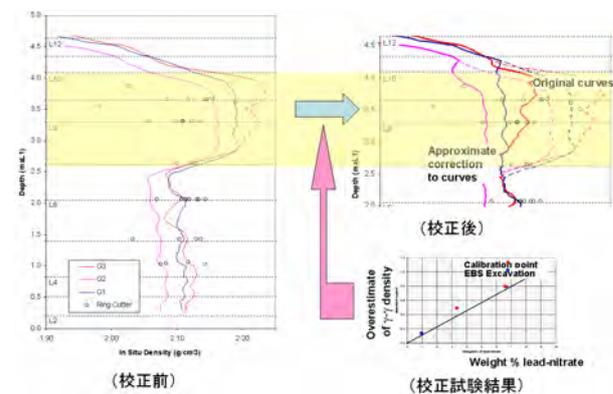


図-4 砂ベントナイト系緩衝材密度の較正例

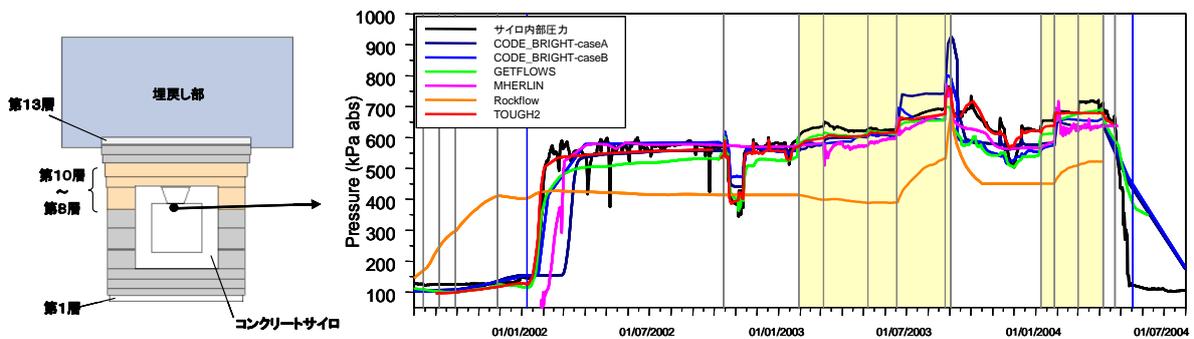


図-5 サイロ内部圧力と各解析結果対比図

【人工バリア長期性能確証試験】

◇事業の概要

TRU 廃棄物の地層処分ににおける人工バリアシステムは、セメント系材料とベントナイト系材料を併用することが考えられている。これらの材料は地下水成分及び各バリア材料からの浸出成分との作用により長期的に変質し、人工バリアの特性に影響を及ぼすことが懸念されている(図-1)。本確証試験は、TRU 廃棄物処分施設における人工バリア材料の長期変質挙動について、地球化学的反応の観点から、より現実的な長期性能評価手法を開発し、確証試験等との比較から解析手法の信頼性の向上を図ることを目的としている(図-2)。

本確証試験は平成 14 年度から検討を開始し、初年度は人工バリアの変質とそれに伴うバリア性能への影響に関する既往知見の調査と、変質シナリオの整理及びこれをベースとした予備変質解析を実施し、人工バリアの長期挙動評価に関わる課題を抽出・分類した。またこれらの課題に対して、試験による現象解明・データ取得及び解析手法の高度化の両面から、長期挙動評価の信頼性を向上させるための全体計画を策定した。

平成 15 年度からは、セメント系材料並びにベントナイト系材料の変質現象の確証試験及び両者が接触した複合系での相互影響確証試験を実施している。また、これまでの変質解析において考慮されていない事象の影響や、試験結果との比較による解析の再現性の検討及び現状の知見に基づいた処分システム全体での変質挙動評価を実施している。さらに関係者間でのコンセンサス形成を目的として、変質に伴う影響の相互関連に基づきながら、

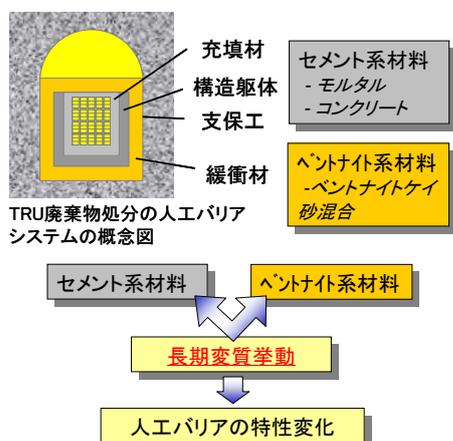


図-1 セメント系材料とベントナイト系材料の相互作用

ら、既往の知見を階層的に整備・電子情報化するとともに、変質シナリオの整理を実施した。

なお本調査は経済産業省の委託により実施しているものである。

(報告書)平成 17 年度 地層処分技術調査等 TRU 廃棄物関連技術調査 -人工バリア長期性能確証試験- 報告書

◇平成 17 年度の成果

人工バリア材料の長期変質挙動評価の信頼性向上を目的として、セメント系材料及びベントナイト系材料の変質試験及び解析的検討を実施した。

(1)セメント系材料の長期性能確証試験

水和発熱に伴うひび割れ発生の低減等、施工上の観点から使用される可能性が高いフライアッシュセメントを現実的なセメント系材料として選定し、溶解・変質挙動を把握する浸漬試験を実施した。粉碎したセメントをイオン交換水や降水系地下水に浸漬した試験では、変質解析と整合し、既存のモデルがフライアッシュセメントに対して適用できることを確認した。また海水系地下水に対しては、解析での再現性に課題が残されており、Al や Si を含む二次鉱物の詳細確認を継続することにより、多様な処分環境で適用できるモデルの開発を実施している。

ひび割れ近傍での変質挙動を確認するため、普通ポルトランドセメントを用いた通水試験を実施した。ひび割れへの通水による物質移動によって、閉塞する傾向が認められ、今後ひび割れ閉塞の条件を整理する予定である(図-3)。また、降水系地下水に浸漬していた人工構築物から、長期材令のコンクリート試料を採取し、その特性の評価を開始した。

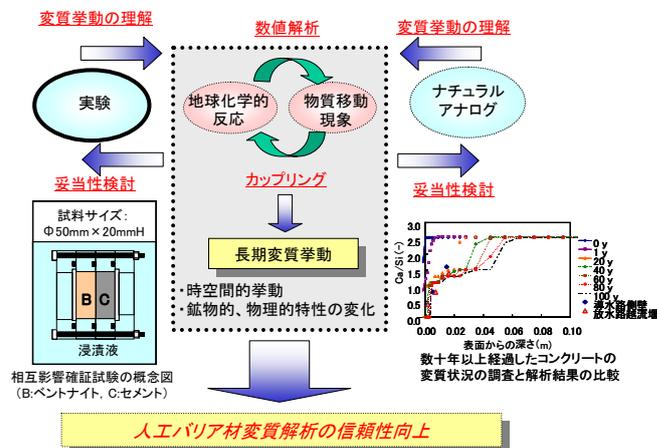


図-2 変質解析の信頼性向上のアプローチ

(2) ベントナイト系材料の長期性能確認試験

ベントナイト系材料の主要鉱物であるスメクタイトのアルカリ環境での溶解・沈殿挙動を確認する試験を実施した。これまでに知見が取得されていない比較的低い pH (11~12 程度) 条件において、促進変質試験を実施した。その結果、高濃度の Na がゼオライト化 (アナルサイム化) に関与しうることが確認され、熱力学的に予想された反応が実際に生起する可能性を示した。

またセメント環境下でベントナイト中に生成する可能性のある二次鉱物 (CSH ゲル) を精製・分析する技術として、重液分離法及び選択的な溶解法を組み合わせた手法を開発し、さらにスメクタイトの層間イオンの影響を排除することにより、定量精度を向上させた。

(3) 人工バリア相互影響確認試験

セメント系材料とベントナイト系材料とを接触させた試料を用いて浸漬試験を行い、界面近傍での変質現象の進展を確認する長期試験を実施した。本年度は海水系地下水に浸漬した試料の分析を実施し、セメント系材料ではエトリンガイトやフリーデル氏塩の生成を (図-4)、ベントナイト系材料ではセメントからの Ca の浸入を確認した。また両材料において、電子線回折からは非晶質物質の形成が認められ、CSH ないし Si のゲルの生成が示唆された。

(4) 人工バリア材の変質解析

確認試験と変質解析の比較を実施し、解析結果の妥当性の確認を実施した。現状の解析によって、固相中での元素分布や液相への浸出成分の濃度等の分析データについて、化学的な変化傾向を再現できることを確認した (図-5)。ただし、解析の方が試験よりも変質が促進された状態で再現されるケースもあり、時間的な変質領域の変遷を精度よく予測するための開発課題が示された。

(5) 人工バリアの変質シナリオの整理

人工バリア変質に関する知見を集約、体系化を継続して実施し、セメント系材料の変質に関する知見の整理、変質影響の相

互関連図やマトリクス表を詳細に作成し、またそれらの設定根拠を明確にした。また整理した結果に関しては電子情報として移行しシステム化した。

〈外部発表等〉

IAEA「放射性廃棄物処分の安全性に関する国際会議」:Contributed papers(2005/10/3~7) Study on a long-term alteration of engineered barrier materials

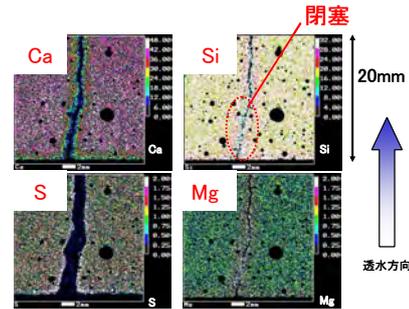


図-3 ひび割れ試料の EPMA 観察結果

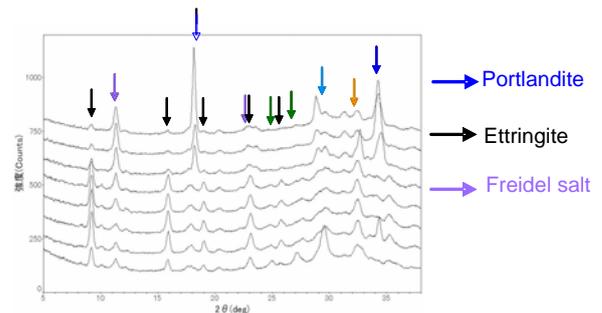


図-4 接触試料のセメント系材料部での XRD 測定結果 (海水系地下水。下方がベントナイトとの界面近傍)

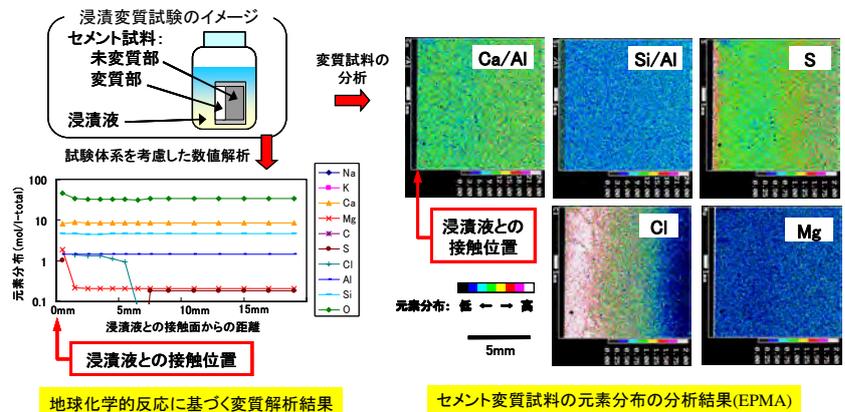


図-5 セメント試料の浸漬試験と変質解析との比較 (バルク試料、海水系地下水)

【ヨウ素固定化技術調査】

◇事業の概要

再処理施設の操業に伴い発生する廃銀吸着材に含有されるヨウ素 129（以下、I-129）は、半減期が 1,570 万年と非常に長く、また、人工バリアや岩盤等への収着性が低いため、地下水移行中での減衰は地下水流速等の地質環境条件の影響を受けやすいことから、TRU 廃棄物の地層処分の安全評価において、被ばく線量に大きな影響を及ぼす。

そこで本調査では、地層処分における被ばく線量の低減が可能であり、さらに長期性能評価において不確実性が小さく、経済性の観点からも有効なヨウ素固定化技術を開発し、我が国の幅広い地質環境条件に柔軟に対応することのできる処分技術を提言することを目標としている。

ここでは、以下に示すステップにより開発を行っている。

①固定化技術の調査ならびに開発計画の策定

我が国において開発中の各種ヨウ素固定化技術、必要な前処理技術、さらにヨウ素固化体の物性、ヨウ素の長期保持性能の評価方法に関して、開発の現状を調査、整理する。これらに基づき今後高度化すべき開発課題を抽出し、合理的な技術開発計画を策定する。

②固定化技術高度化試験

技術開発計画に基づき、模擬廃銀吸着材を用いたヨウ素固定化技術、前処理技術の開発を行い、その各固化体に対し、浸漬試験等に基づく固化体特性データの取得により長期性能評価モデル構築及び高度化を行う。

本調査では、平成 18 年度までの開発目標値を①固化体からのヨウ素放出期間 10 年以上（I-129 の最大線量を現行よりも約 1 桁低減可能（特に地質条件が悪い場合）なヨウ素放出期間に相当）、②ヨウ素固化処理プロセスにおけるヨウ素回収率 95% 以上（2 次廃棄物を低レベル放射性廃棄物以下に区分出来るヨウ素回収率）として開発を進めている。平成 12 年度には国内で実施されているヨウ素固定化技術を調査し、その結果に基づき 7 つの技術について開発計画を策定し開発を進めた。平成 16 年度にはヨウ素放出抑制能と固化処理プロセスの成立性を中心に評価を行い、5 つの技術に

絞り込みを行った。

今年度は、岩石固化技術、AgI ガラス固化技術、及びセメント固化技術については長期性能の明確化と全体固化処理プロセスの検討（実用的な固化体サイズの検討等）の開発を行い、また BPI ガラス固化技術及び合成ソーダライト化技術については固化体性能を定量的に示すには至っていないため、ヨウ素放出機構を把握するための各種試験を継続実施した。その結果、固化体の長期性能或いはヨウ素放出機構に関する知見を深めることが出来た。

なお、本調査は経済産業省の委託により実施したものである。

（報告書）平成 17 年度 地層処分技術調査等 TRU 廃棄物関連処分技術調査 ヨウ素固定化技術調査 報告書

◇平成 17 年度の成果

(1) 岩石固化技術

固定化処理技術開発では、AgA 岩石固化処理条件について調査を行い、処理圧力 175MPa、処理温度 900℃の条件で固化処理することで高い稠密性（真密度比 90%、連続した空隙の存在する可能性が低いことを Cs 圧入試験により確認）及び高い機械的特性（一軸圧縮強度 $7.5 \times 10^4 \text{N/cm}^2$ ）を有する AgA 岩石固化体の作製が可能であることを確認した。

全体処理プロセスの検討では、実用化に向けた試験及び解析の一環として、AgA 岩石固化体のスケールアップの検討試験において、従来の小型固化体サイズ（100cc）の 8 倍容量（800cc）の大型固化体を作製した（図-1）。



図-1 AgA 岩石固化体(800cc)の断面

その結果、従来と同様の固化処理条件（175MPa、900℃）で小型固化体と同様の特性（真密度比 93%、一軸圧縮強度 $12 \times 10^4 \text{N/cm}^2$ ）を有する長期

健全性に期待出来る大型固化体の作製が可能であることを確認した。

(2) AgI ガラス固化技術

固化体の長期性能評価では、AgI 層の詳細分析及び評価を実施した。2 種類の溶液(純水或いは NaCl 溶液)中での静的浸漬試験(28 日)後の固化体について走査電子顕微鏡(SEM)(図-2)-エネルギー分散 X 線分析(EDX)やオージェ電子分光分析(AES)及びラザフォード後方散乱分光分析(RBS)を用いて固化体表面に形成された AgI 層の分析を実施した。純水系での AgI 層の厚みは約 $1\mu\text{m}$ であり、Ag/I 比は約 2 と Ag が過剰であること、また P の存在割合は低いことが確認された。過剰 Ag の化学形態は Ag_2O 及び Ag と考えられる。NaCl 溶液系での AgI 層の厚みは $100\sim 500\mu\text{m}$ であり、AgI 層の上部には厚さ $100\mu\text{m}$ 程度の AgCl 層が形成されており、ガラス母材から AgI 層及び AgCl 層に Ag が移行するものと考えられる。

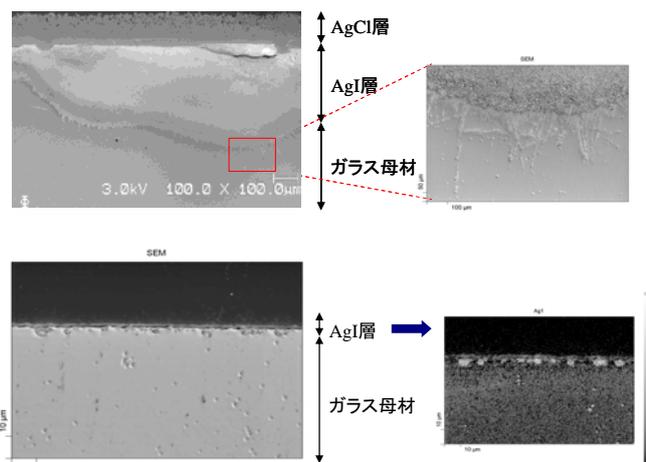


図-2 AgI ガラス固化体の表面層
(上：NaCl 水溶液系、下：純水溶液系)

(3) セメント固化技術

固化体の長期性能評価では、ヨウ素の収着機構を詳細に把握するためにイオン交換反応確認試験等を実施した。同試験では、ヨウ素イオン (I^-) 或いはヨウ素酸イオン (IO_3^-) 溶液を用いてヨウ素収着用セメントの破過曲線を取得し、ヨウ素収着用セメントに対するヨウ素収着量を評価した。ヨウ素収着量は、化学形態に依存して変化する ($\text{IO}_3^- > \text{I}^-$) ことが示され、 IO_3^- 形態では約 1.0mmol/g -セメント、 I^- 形態では約 0.01mmol/g -

セメントと評価された。また、鉱物変遷にも違いが認められた(図-3)。

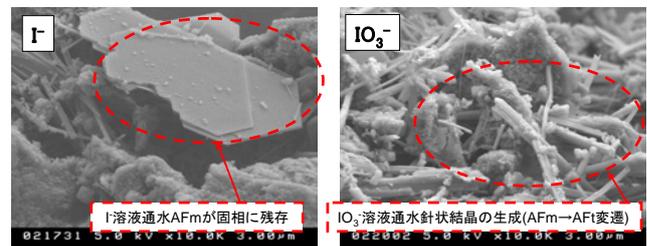


図-3 イオン交換試験後の鉱物
(左： I^- 溶液系、右： IO_3^- 溶液系)

(4) BPI ガラス固化技術

透過電子顕微鏡(TEM)観察及び STEM-EDS による元素マッピング像から BPI ガラス固化体は非晶質であり、ヨウ素及び主要元素が均一分散していることを確認した。ヨウ素放出抑制機構の把握を目的に表面層厚さと浸漬期間の関係を調査したところ、表面層厚さと浸漬期間の平方根に線形性はなく、比較的早期から表面層厚さは $40\sim 70\mu\text{m}$ 程度でほぼ一定であることを確認した。ヨウ素は表面層形成の初期段階から表面近傍に濃集することを確認した。

(5) 合成ソーダライト化技術

固化体の長期性能評価では、ソーダライトの溶解挙動を把握するために溶解挙動確認試験及び二次鉱物促進試験等を実施した。溶解挙動確認試験では、ソーダライトの溶解挙動について、想定される処分環境全般にわたり単純な溶解度モデルの適用は困難であり、Si 及び Al のアモルファス成分としての二次鉱物の生成を考慮した溶解平衡モデルを構築する必要があることを確認した。二次鉱物促進試験では、高温環境 (150°C) 下での溶解試験(28 日間)を実施し、合成ソーダライトの 2 次鉱物としてアナルサイムの生成を確認出来た。

天然に存在する塩素ソーダライトの熱力学データと上述結果を活用しヨウ素放出期間を算出したところ、環境条件により変動するが、2 万年 \sim 8 万年程度の期間を期待出来ると評価した。今後は合成(ヨウ素)ソーダライトの実測データを反映した評価を行う必要がある。

【放射化金属廃棄物炭素移行評価技術調査】

◇事業の概要

放射化金属廃棄物中（ハル・エンドピース）に含まれる C-14 は、TRU 廃棄物地層処分における被ばく評価の重要な核種となっている。これは廃棄物から放出される C-14 の化学形態が有機物であるため、天然バリアへの収着性が低く、移行の際に遅延効果が期待できないと考えられているからである。C-14 に関する研究は、これまで主として電力共通研究、原環センター自主研、国の研究の一部等で実施されてきたが、その TRU 廃棄物地層処分の方策に対する具体的な解決策（技術オプション）を提示するには至っていない。

本調査は、これまで行われてきた諸研究の成果を集約するとともに、C-14 の放射化金属廃棄物からの放出挙動、及び金属の腐食挙動との関係、放出 C-14 の化学形態、有機 C-14 の無機化、さらに収着挙動をそれぞれ明らかにする。また、以上を体系的に解明することで、被ばく評価への影響低減に対する有効で現実的な技術オプションを提示することを目標としている（図-1）。

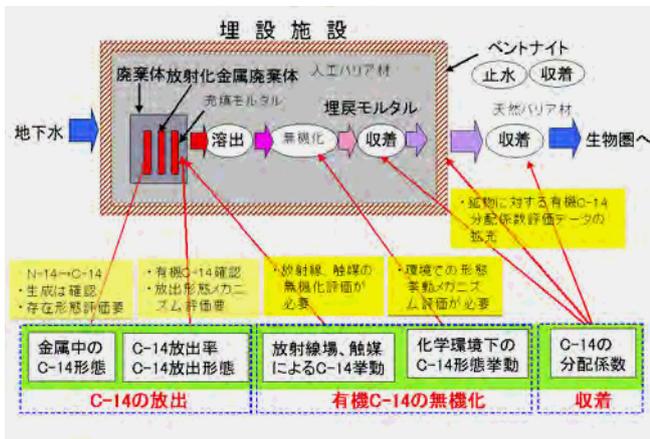


図-1 放射化金属から放出される C-14 移行挙動

さらに、TRU 廃棄物地層処分の事業化に向けて、重要核種となる C-14 について性能評価の信頼性の向上を目指し、特に長期浸出試験を実施することで、C-14 放出データの取得・整備を行い、処分後長期間におよぶ現象のより正確な把握を目指している。

なお、本調査は経済産業省の委託により実施しているものである。

(報告書)平成17年度 地層処分技術調査等 TRU 廃棄物関連処分技術調査 放射化金属廃棄物炭素移行評価技術調査 報告書

◇平成17年度の成果

(1)国内外の放射化金属廃棄物中の C-14 の挙動等に関する現状調査

C-14 の安全評価上への寄与について、C-14 インベントリやバリア材特性等の前提条件を第2次 TRU レポートと等しくした解析を行った。その結果、最大被ばく線量を基本ケースより一桁程度低下させるためには、金属母材からの放出率の一桁程度の低減が必要とされた。既往研究による放出率は短期間の浸出試験によるものであり、現実的な放出率を得るためには、より長期の浸出試験が必要となる。このため本試験においては、30ヶ月以上のデータ取得を目標とした（図-2）。また、現在瞬時放出として取り扱われている酸化皮膜についても、皮膜中の C-14 濃度や浸出挙動を把握し、浸出率を取り入れた現実的な評価が必要であると考えている。

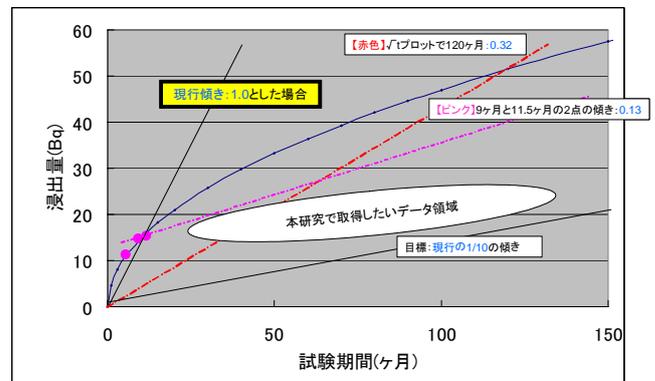


図-2 C-14 の浸出挙動

生体を構成する炭素は生物圏ではより複雑な挙動をされると考えられる。生物圏における安全評価上の取り扱いについて諸外国の事例を調査した。その結果、諸外国においても、C-14 の生物圏評価に特別な取扱いを考慮していない現状であった。しかし、生物圏モデル等の検討も必要と考えている国があることも確認された。

環境中での移行に関する知見の調査では、C-14 が低級有機炭素として放出された場合、生分解に関与する微生物影響が大きいことが分かった。最

最終分解生成物は好気条件で二酸化炭素、嫌気性ではメタンとなる。地球化学的知見からは、地球規模での炭素循環は 1 億年オーダーの地質的循環と数百年オーダーの生物的循環に大別できた。

(2)C-14 の放出挙動検討

放射化金属廃棄物からの C-14 の放出挙動検討のため、BWR 模擬ハル試料の性状調査を行った。試料断面の金相観察の結果より (図-3)、酸化皮膜の厚さは一定ではなく、クラッドの付着も確認された。

模擬ハル試料の内面皮膜を研磨により除去した後、縦軸圧縮により外面皮膜を剥離させ回収した。皮膜、ジルカロイ母材それぞれ溶解後、C-14 濃度を測定した (表-1)。C-14 濃度の既往データとの比較を図-4 に示す。PWR、BWR ともに燃焼度が高いと、模擬ハル試料中の C-14 濃度は増加する。本研究の結果は全体の傾向と類似しており、特に、国内の PWR とは燃焼度は異なるが、C-14 濃度は同程度であった。

一方、本研究で使用した酸化皮膜中の C-14 (約 4%) は、既往研究 PWR の結果の 17% に比べ低い値となった。これは、炉型及び燃焼度の相違による酸化皮膜の形成厚に起因すると推察される。一般に、PWR 被覆管の方が厚い皮膜が形成される傾向にある。

表-1 模擬ハル試料の性状調査結果

酸化皮膜厚さ μm	母材厚さ μm	重量割合 (wt%)		放射能濃度 (Bq/g)		C-14 存在割合	
		酸化皮膜	母材	酸化皮膜	母材	酸化皮膜	母材
20.1	752.4	2.2	97.8	3.3E+04	1.9E+04	0.04	0.96

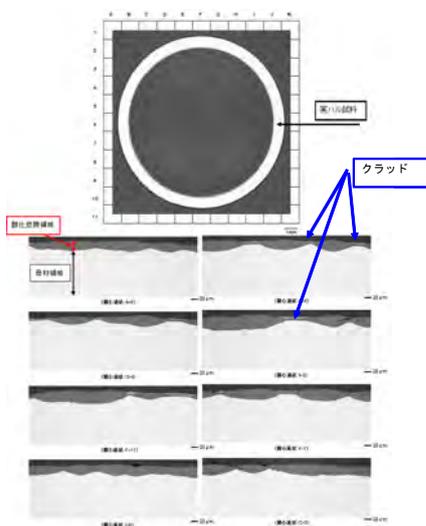


図-3 模擬ハル試料の観察

(3)C-14 の無機化検討

有機 C-14 の無機化を、実際の処分環境で影響する可能性のある因子、放射線分解、アルカリ加水分解、光触媒反応について検討した (表-2)。放射線による無機化は、直接的な反応よりも、水の放射線分解で生じる OH ラジカルによる有機化合物の分解が支配的である。今回設定した処分環境条件では、有機物の濃度が減少することが分かったが、共存物質や金属による OH ラジカルの消費など、不確実性を多く含んでいる。エタノールのアルカリ加水分解を検証したところ、気相移行は少なかったが、より低級な有機物に分解することが確認された。酸化チタンを用いた光触媒による分解反応では、触媒表面に生じた OH ラジカルやオキシドラジカルによって有機物が分解される。一般に低酸素・高 pH では光触媒反応は弱まると考えられるが、処分環境下でも無機化の効果を期待できる試験結果が得られた。

(4)C-14 の収着挙動検討

有機 C-14 の収着が期待できる鉱物を選定し、収着試験を行った (表-2)。収着メカニズムには pH の影響が大きいことが明らかになった。収着媒体に対して、有機・無機それぞれの収着分配係数が明らかになった。

表-2 C-14 の無機化及び収着挙動

因子		廃棄体内	構造躯体	緩衝材	岩盤	
環境	線量率	高	低	低	低	
	pH	高	高	低	低	
影響因子	無機化	放射線	○	×	×	×
		光触媒	○	×	×	×
		アルカリ	○	○	×	×
	収着	有機Kd	○	×	×	○*
		無機Kd	○	○	×	○*

○: 条件によって効果が期待できる。
×: 効果が期待できない。

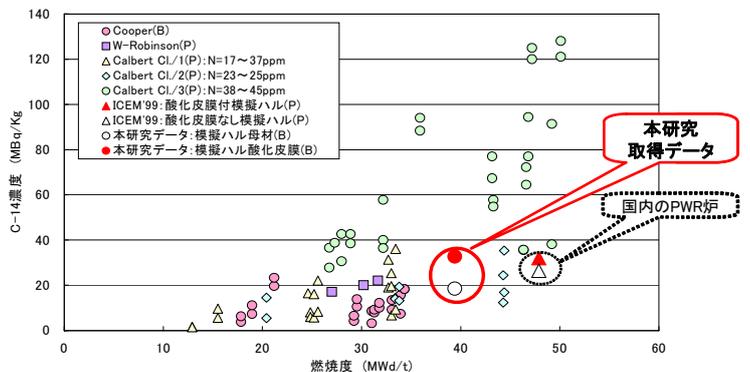


図-4 ハル中の C-14 濃度データ

【廃棄体開発調査】

◇事業の概要

再処理施設や MOX 燃料加工施設から発生する TRU 廃棄物のうち、α核種の濃度が一応の区分目安値を超え、浅地中処分以外の地下埋設処分が適切と考えられる廃棄物は、安定な地層中に処分する方針のもとに検討が行われている。本調査は TRU 廃棄物の処分用廃棄体に関して、平成 10 年度に実施された「地層処分経済性向上調査：地層処分システム開発調査－廃棄体の開発－」において、公募に応じて提案された開発テーマを審査し、選定されたテーマについて実用化に向けた開発試験を開始した。

TRU 廃棄物処分用の廃棄体について求められる要件、機能を整理し、①安全性向上の観点から長期の核種閉じ込めにより被ばく線量を低減し、処分の安全性向上を目標とする廃棄体と、②経済性向上の観点からハンドリング性、処分効率（経済性）の向上を目標とする廃棄体を開発することとし、廃棄体概念およびその開発計画を選定した。

ここで、長期の核種閉じ込めについては、性能評価上の重要核種であり、人工バリアおよび地質媒体への収着による線量の低減が望めない C-14 について、その初期濃度が約 1/1000 に減衰する 6 万年を目標とした。また地層処分システム性能の高度化、仕様の合理化、ハンドリングの効率化等を目標とする廃棄体については、TRU 廃棄物処分のオプションを用意することで、地層処分システムの性能・経済性の向上を図るものとした。

地層処分システム性能の高度化、仕様の合理化、ハンドリングの効率化等を目標とする各廃棄体については、平成 13 年度までに、落下安全性、ハン

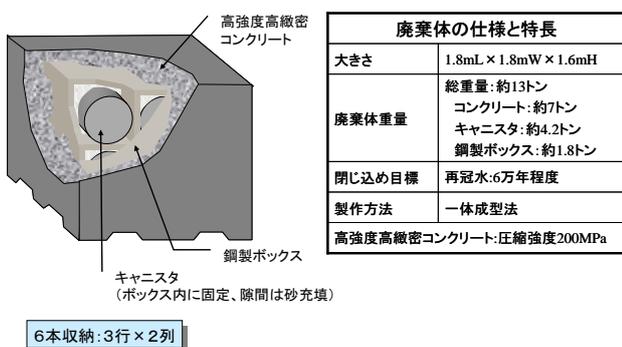


図-1 長期閉じ込め型コンクリート容器の概念図

ドリング性等を含めた基本設計を終了し、製作性に関しても 1/4 スケールモデルにより確認し、平成 16 年度をもって開発を終了した。また長期の核種閉じ込めを目標とする各廃棄体については、平成 13 年度までに基本設計に加え、その製作実現性および長期閉じ込め性の考え方の整理を実施し、平成 14 年度以降は長期閉じ込め性の確認試験についても実施してきた。平成 16 年度以降はこれら廃棄体のうち、長期閉じ込め性を目的とした容器としてコンクリート容器 (図-1)、金属容器 (図-2) 各 1 体について長期閉じ込めの信頼性を検討するとともに、その他の廃棄体についての総合評価を実施している。

なお、本調査は経済産業省の委託により実施しているものである。

(報告書)平成 17 年度 地層処分技術調査等 TRU 廃棄物関連処分技術調査 廃棄体開発調査 報告書

◇平成 17 年度の成果

平成 17 年度は、コンクリート容器の長期健全性評価のための要素試験と、金属容器の製作を想定した最適な合金種の選定のための調査を実施した。

長期閉じ込め型コンクリート容器は、高強度高緻密コンクリートを用いた一体成型により、打継ぎ欠陥部を排除する長期閉じ込め (6万年) 概念である。平成17年度は、コンクリート容器の長期閉じ込め性を担保することを目的に、長期化学劣化評価試験およびひび割れの進展・閉そく評価試験を実施した。また、製作時の品質管理の観点から、非破壊検査技術の開発に着手した。

長期化学劣化評価は、コンクリート容器における核種移行経路を、コンクリート内の空隙中の自由水と考え、6万年後までに地下水が容器表面から浸透し、廃棄物表面に達さないことを示すことを目的として、低水圧下 (10MPa) での長期浸漬試験、溶脱劣化試験、及び硫酸塩劣化試験を実施した。



図-2 長期閉じ込め型金属容器の概念図

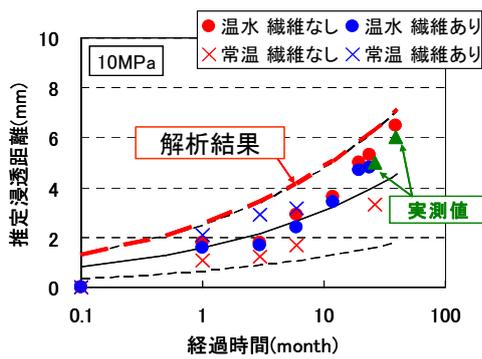


図-3 高強度高緻密コンクリートへの水浸透挙動

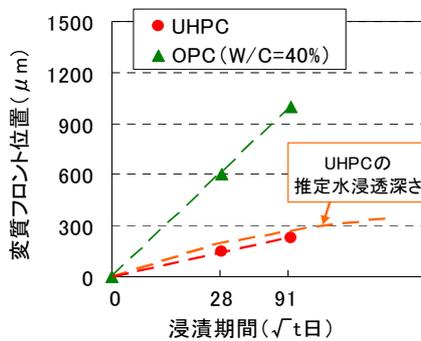


図-4 高強度高緻密コンクリート(UHPC)の溶脱深さ変化

3年間10MPaの圧力水中に浸漬した高強度高緻密コンクリートへの水の浸透距離は約5mmであった。この結果は、その間の重量増加から予測される水浸透距離約6mmと、拡散係数の変化から予測される水浸透距離約7mmを上回らないことが実測により確認された(図-3)。表面近傍でのセメント成分の溶脱挙動調査では、普通コンクリートの溶脱進行を上回ることではなく、従来のセメント系材料の化学劣化解析結果とは異なる挙動であることを示した(図-4)。また、硫酸塩によって生成するエトリンガイトの膨張による劣化は、溶脱に伴う劣化と比較してその進行が遅く、影響が小さいことが確認された。コンクリート容器の長期閉じ込め期間を、容器内側表面まで地下水が到達するまでの期間と考え、図-5のように水浸透を評価している。本年度得られた結果より、これまでに実施した水浸透・化学劣化解析による6万年間の予測結果(化学劣化深さ6cm、水浸透距離14cm)が保守的であった可能性を示唆している。

ひび割れの進展・閉そく評価試験は、容器製作

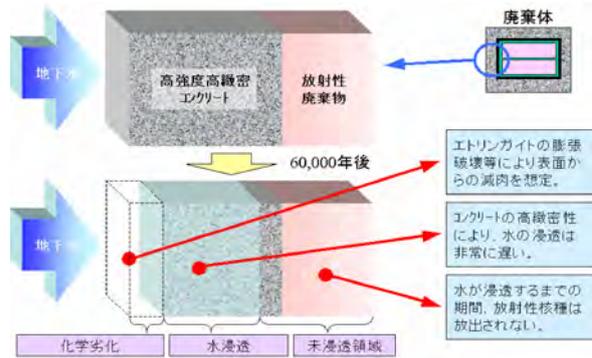


図-5 高強度高緻密コンクリートの化学劣化モデル

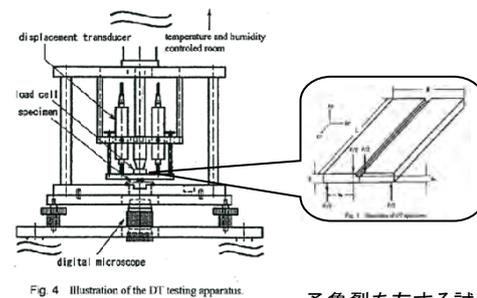


Fig. 4 Illustration of the DTI testing apparatus.

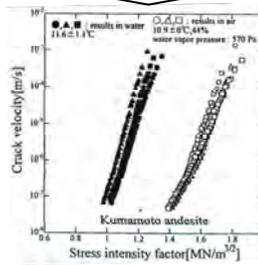


図-6 ダブルトーション法による亀裂進展試験模式図

時および定置後に容器コンクリートに微小なひび割れが発生した場合に、そのひび割れが、コンクリート容器内の残留応力及び地圧等の外圧の影響で進展し、容器の内外を貫通しないことを確認すること、及び地下水との反応により微細なひび割れの閉そくが見込めるかどうかを確認することを目的として、処分後の外部からの圧力によってコンクリート容器に生じる引っ張り応力の評価、ダブルトーション法による引っ張り強度を下回る応力下での亀裂進展評価(図-6)によるひび割れ進展評価試験、及び拡散場並びに移流場でのひび割れ試験体の透水係数変化の取得試験を実施した。

容器は処分後に受ける地圧等の外部応力によって変形し、場所によって引っ張り応力を生じる。

II. 放射性廃棄物の地層処分に関する調査研究

その引っ張り応力の大きさによっては、亀裂の発生、進展の原因となる。そのため、処分後の容器に生じる引っ張り応力を有限要素法解析によって推定した。その結果、深度500mで想定される地圧(13.6MPa)によって、容器に生じる引っ張り応力は最大約4MPaであり、高強度高緻密コンクリートの引っ張り強度を大きく下回っており、ただちに容器の破壊が起こることはないことが示された。

ひび割れ進展評価試験では、岩石の亀裂の進展速度の評価に用いられているダブルトーション法によって、高強度高緻密コンクリートの亀裂の進展挙動を測定した。その結果、図-7に示すように岩石と同様の良好な直線を得ることができ、本法の適用性を確認した。また、温度及び絶対湿度の異なる条件での試験結果から、岩石とは異なり、大気中での亀裂の進展に関しては、水蒸気圧は支配因子ではないことが示された。

ひび割れ閉そく挙動試験では、あらかじめひび割れを導入した試験体に、イオン交換水および人工海水を通水したところ、いずれの条件(流速及び液組成)でも透水係数の低下が観られた。また同様に浸漬した試験体でも透水係数の低下が見られ、地下水との接触により亀裂の閉そくを見込める可能性が示唆された。

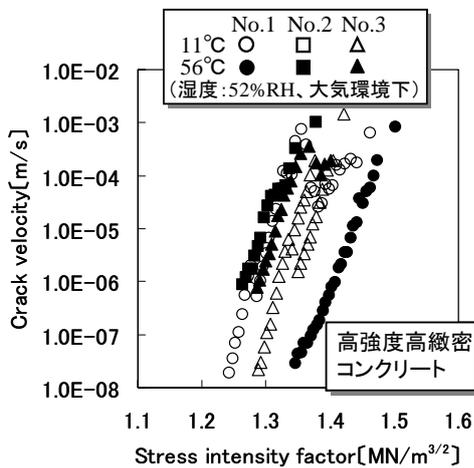


図-7 高強度高緻密コンクリートの亀裂進展試験結果

非破壊検査技術の開発は、コンクリート容器の製作時の品質管理において、ひび割れ等の欠陥(幅0.05mm以上)の検出を可能とすることを目標に、超音波法による検査技術を開発するものである。コンクリートは、セメントペーストのマトリク

スと骨材とを有する複合材料であり、高強度高緻密コンクリートではこれらに加えて補強材として用いる繊維の影響も考える必要がある。また、製作時に不可避な独立気泡も、超音波によるひび割れの検出を難しくする。

平成17年度は、超音波法によって幅0.05mmのひび割れ検出の可能性を確認する目的で、供試体でのひび割れ検出試験を実施した。マイクロX線CT法によってひび割れを確認した供試体について超音波法でのひび割れ検出試験を実施した結果、幅0.03mmのひび割れについても検出することは可能であるが、ひび割れ位置およびひび割れ面の大きさの特定には課題が残る結果となった。

金属容器に関しては、容器の製作工程および材料の入手性、経済性等を考慮した最適な合金種の選定を目的に、耐食性合金について、国内外の既存の調査・研究成果、工業的な利用状況等について調査を実施した。

これまでの調査で、チタン合金にパラジウムを0.01wt%以上加えることで、脱不働態化感受性、すき間腐食感受性、水素吸収に起因する応力腐食割れの各観点から、長期健全性を有すること、及びパラジウムの添加量を増加させても、これらの特性に影響を及ぼさないことを確認したが、より入手性、経済性の高い材料として、ASTM等に記載されたTi合金の規格材料、Ni-Cr基合金、銅などについて調査し、今後本調査の対象とすべき合金として、規格材料の中からTi-Gr17(チタンにパラジウムを0.06wt%加えた合金)を選定した(表-1)。

表-1 耐食性合金の調査結果

	耐食性能	材料入手性	加工性	溶接性	経済性
Alloy 22	×	○	△	△	○
Alloy 686	△	△	△	△	○
Alloy 59	○	○	△	○	○
Alloy MAT21	○	△	△	△	△
Ti-0.01%Pd	○	△	△	△	...
Ti-Gr. 17	○	○	△	△	△
Ti-Gr. 11	○	○	△	△	△

〈外部発表等〉

H. Owada et. al, "Development of waste package for TRU-disposal (1)-concepts and performances-", Proc., GLOBAL2005, No. 351 (2005),

【TRU 廃棄物処分に関する研究】**(1) 合理的な TRU 廃棄物処分概念の構築に関する検討**

本年度は、TRU 廃棄物処分場の管理の考え方としてモニタリングおよび回収可能性の国内外の動向に関する調査を行い、我が国におけるモニタリング、回収可能性に関する方向性について整理を行った。

モニタリングについては、低レベル放射性廃棄物処分事業並びに海外の高レベル放射性廃棄物、TRU 廃棄物処分分野における基本的考え方、指針、技術について調査、整理を行った。また、回収可能性については、海外における検討状況、規制等並びに IAEA、EU/EC により示された考え方、SKB による回収技術の検討例等を取りまとめ、TRU 廃棄物処分場へ適用した場合の考え方を整理した。

III. 放射性廃棄物全般に共通する調査研究

【地下空洞型処分施設性能確認試験】

◇事業の概要

地下空洞型処分施設は、比較的放射能レベルの高い放射性廃棄物を対象としていることや、地下50m以深の地下空洞に建設する処分施設であるため、これまでの浅地中処分施設の建設とは異なる設計や施工技術が必要とされている。地下空洞型処分施設の設計や施工技術の基礎となる試験データ等は、これまでは主に実験室での要素試験が中心であったが、現実の処分施設設計・建設に反映させるためには、原位置試験など、より現実的な試験条件下で実施する確証的な試験が必要とされてきている。

「地下空洞型処分施設性能確認試験」は、こうした確証的試験の必要性に鑑み、ベントナイト系材料やセメント系材料等の人工バリアの原位置での施工性と、その施工に伴う人工バリア性能の確認を主たる目的として行うものである。本試験の成果は、発電所廃棄物の余裕深度処分や TRU 廃棄物の余裕深度処分等の安全確保に関わる基盤技術の確立に反映される。

本試験は、地下空洞型処分施設を模擬した施設を構築し、以下の試験を実施する。

(1) 処分施設施工確認試験

実際の地下空洞環境下において実規模の施設を施工することにより、施工技術、施工手順、施工方法等の実施への適用性を確認する。

(2) 初期性能確認試験

施工された施設について、力学的安定性、核種閉じ込め性等の安全評価において要求される初期性能（要求品質）等を確認する。

(3) 施設／岩盤挙動計測試験

施工された施設の力学的安定性や地下水流動を評価するために、施設や周辺岩盤の力学・水理挙動を捉える。

図-1 に地下空洞型処分施設の概念図を示す。

初年度である平成 17 年度は試験の基本計画を策定した。18 年度にはこの基本計画をもとに、詳細計画の策定と一部の予備試験を実施した後、平

成 19 年度から平成 23 年ころまでに試験施設を建設しつつ上記試験を実施する計画である。

なお、本試験は経済産業省の委託により実施しているものである。

(報告書)平成17年度 地層処分技術調査等 TRU 廃棄物関連処分技術調査 地下空洞型処分施設性能確認試験 報告書

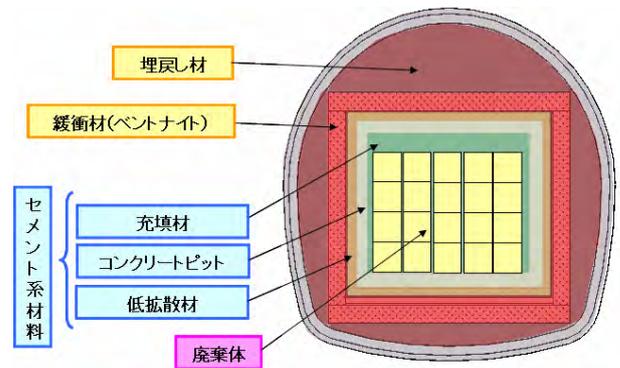


図-1 地下空洞型処分施設の概念図

◇平成 17 年度の成果

本研究の初年度となる平成 17 年度は、試験の基本計画の策定、課題の抽出、課題に関連した調査・解析を実施した。

(1) 処分施設施工確認試験の基本計画の策定

人工バリアが所定の性能を達成するための材料特性や施工方法について調査を行い、施設を構成する各部位に対して材料及び施工方法の選定、施工手順の検討、施工管理方法の検討を実施し、処分施設施工確認試験の基本計画を策定した。また、地下空洞型処分施設の全体構造について基本設計を行い、構造計算等により施設の成立性を確認した（図-2）。

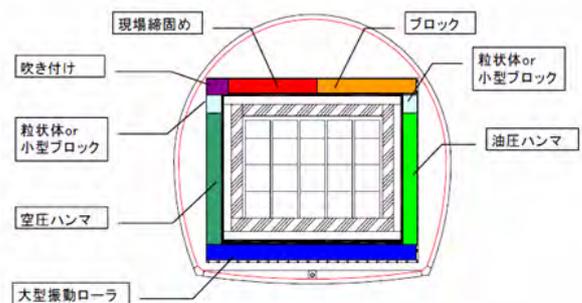


図-2 施工方法の選定（緩衝材）

材料、施工方法等の計画は、以下の点を十分考慮に入れて計画した。

- ① 発電所廃棄物の余裕深度処分計画や、TRU 廃棄物処分において検討されている情報を十分取り入れ、現実採用される可能性の高い施工材料、施工方法を選定する。
- ② その上で、今後採用の可能性のあるものに幅を広げて選定する。

こうした考え方のもとに、図-2 に示すように、幾つかの材料、工法による試験計画とした。

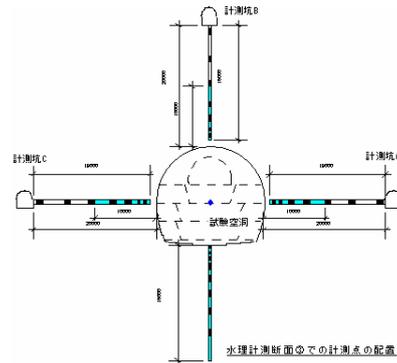


図-4 岩盤の水理挙動計測器配置

(2) 初期性能確認試験の基本計画の策定

わが国における余裕深度処分計画や、TRU 廃棄物処分の検討状況を十分踏まえた上で、各部位の初期性能確認項目を抽出し、試験方法を調査・検討した。また、初期性能の試験数量、試験位置（サンプリング位置等）、サンプリング方法、工程について検討を行い、初期性能試験の基本計画を策定した（図-3）。

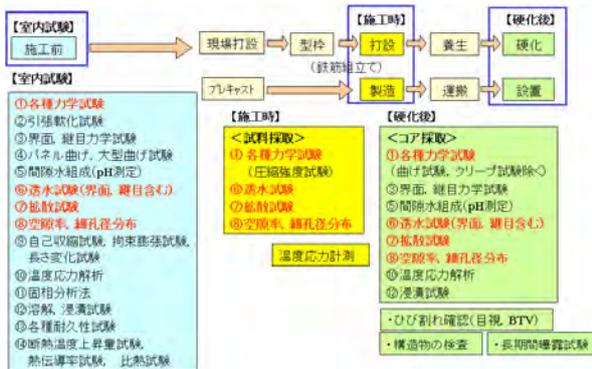


図-3 初期性能確認試験の手順（低拡散材）

(3) 施設／岩盤挙動計測試験の基本計画の策定

本試験を計画している試験場所は、既に地表から約 100m の深さに幅約 18m、高さ約 16m の地下空洞が掘削されており、この地下空洞に試験施設を構築する計画としている。

構築した試験施設の力学挙動（変形、沈下）等を把握・評価するための計測項目、計測方法の調査・検討、施設周辺の岩盤の力学挙動、地下水挙動を把握・評価するための計測項目、計測方法の調査・検討を行った。また、計測数量、配置およびセンサー設置方法、工程、データ管理方法について検討を行い、施設／岩盤挙動計測試験の基本計画を策定した（図-4）。

(4) 課題の整理・対応策の検討

試験・施工計画に関する課題を抽出し、以下に示す課題解決に必要な情報収集、予備解析を実施した。

- ・ベントナイト膨潤・施工に関する調査
- ・セメント系材料のひび割れに関する調査
- ・底部緩衝材の作業時における支持力解析
- ・試験空洞周辺の地下水流動再現解析

二次元の弾塑性解析の結果より、作業時の荷重に対して底部緩衝材は十分な支持力を有していることを確認した。また、三次元の飽和定常地下水流動解析の結果より、現状の試験空洞内の湧水量を概ね再現できることが確認できた（図-5）。

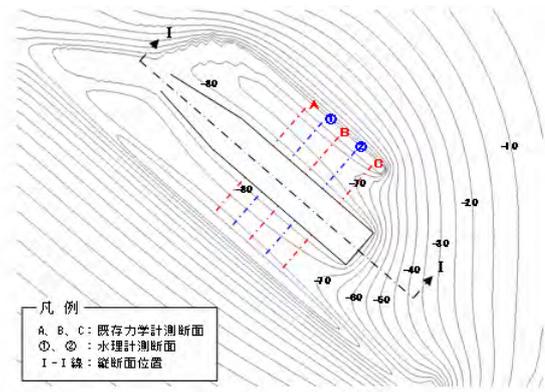


図-5 地下水流動再現解析結果

【総合情報調査】

◇事業の概要

高レベル放射性廃棄物等の処分についての国内外における研究開発の現状、海外における処分事業の実施状況及び処分技術情報、海外の処分技術評価の関連情報等の情報・データを収集し、処分技術関連情報等の総合的なデータベースとしての整備を行う。

なお、本調査は経済産業省の委託により実施しているものである。
(報告書)平成17年度 総合情報調査報告書

◇平成17年度の成果

高レベル放射性廃棄物処分に係る技術情報として、国際機関での検討状況、諸外国における処分事業の進捗、研究開発、立地選定、社会的要求事項に係る検討、処分技術評価、情報提供等の状況についての情報・データを収集し、原典、背景情報、主要文献の翻訳等から構成されるデータベースとして整備した。また、アジアでの処分の検討状況とともに、高レベル放射性廃棄物以外の放射性廃棄物処分の検討状況に関する情報を収集し、同様にデータベースとして整備した。さらに収集した処分技術関連情報・データを分析、評価することにより、今後の研究開発課題を検討するとともに、社会的要求事項に係る技術的な実現度等の検討を実施した。

(1) 処分技術関連情報・データの収集・蓄積

各国の高レベル放射性廃棄物等の情報の収集・蓄積に関しては、米国、ドイツ、フィンランド、フランス、スウェーデン、スイス、スペイン、ベルギーの主要国の処分実施主体等から、政策、処分技術、資金管理関係の情報を収集し、データベースとして整備した。また、アジア諸国に関しては、韓国、台湾、中国における放射性廃棄物処分の検討状況に係る情報を収集するとともに、処分概念、サイト選定などの技術情報を収集した。さらに、海外での環境アセスメント、環境影響評価に関する法制度、評価方法、評価内容等を調査した。

各国の研究開発に関しては、地下研究所を含め

た研究開発の動向を調査するとともに、処分場の閉鎖の実施を判断する評価・検討・確認方法に関する検討状況に関する調査を行った。

地層処分関連技術として地層処分代替技術である長寿命核種の分離・変換技術、長期貯蔵に関する最新の検討状況を調査するとともに、関連する技術情報を収集し、データ整備を行った。

また、高レベル放射性廃棄物処分の規制機関に関して、ドイツ、英国、スイス、カナダの機関の概要、組織の構成、人員構成、主な規制等の調査を実施した。高レベル放射性廃棄物処分事業の第三者評価に関しては、スイス、スウェーデン、米国、カナダ等での評価体制、評価事例を調査して、主要な評価報告書をデータベースに整備した。

海外法制度に関しては、高レベル放射性廃棄物、低レベル放射性廃棄物の処分の法令、基準・指針等をデータベースに整備しているが、低レベル放射性廃棄物処分に関しては、英国、ベルギー、米国を中心とした法律、基準、許認可申請、セーフティケース等に関する情報を実施している。

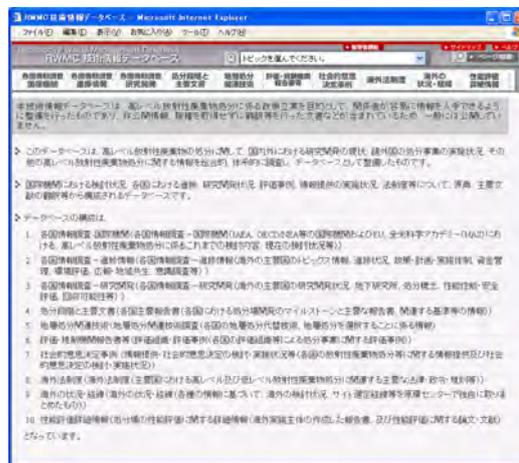


図-1 整備したデータベースの初期画面
(海外機関との情報交換協定等により限定的な利用形態を取っている)

原環センターのホームページにおいては、諸外国の高レベル放射性廃棄物処分を中心とした情報について、最新の動きを『海外情報ニュースフラッシュ』として掲載した。また、米国、フィンランド、スウェーデン、ドイツ、スイス、フランス、カナダ、英国、スペイン及びベルギーの10ヶ国については、処分の進捗、法制度、資金、研究開発等の最新の状況を取りまとめて掲載した。



図-2 ホームページでの『速報』

国際原子力機関（IAEA）が整備している放射性廃棄物データベース（NEWMDB）については、国内の放射性廃棄物管理の状況に関する情報を収集し、データの登録を行った。

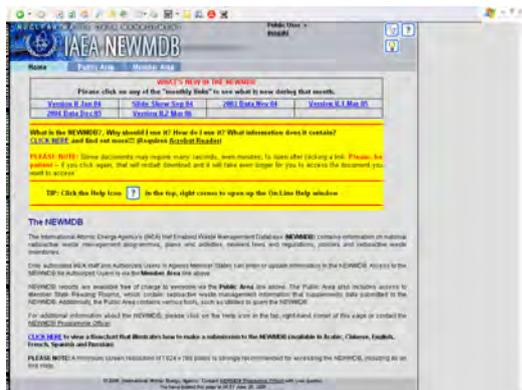


図-3 NEWMDBの初期画面
© 2006, International Atomic Energy Agency

携帯用技術情報冊子の整備としては、国内外の放射性廃棄物処分の最新の状況、主要な報告書の内容を含めた平成18年度版の「放射性廃棄物ハンドブック」を制作した。また、『諸外国における高レベル放射性廃棄物の処分について』と題する技術情報冊子に関しては、処分方針、廃棄物の特徴、処分の安全確保の取り組み、研究体制、地層処分の制度、理解促進等の情報を、オールカラーで判りやすくを旨に編集を行い、更新版を原環センターのホームページに掲載した。



図-4 放射性廃棄物ハンドブック
(賛助会員などに配布)



図-5 『諸外国における高レベル放射性廃棄物の処分について』(2006年3月)

(2) 処分技術関連情報・データの活用等に関する検討
今後国として実施すべき課題を抽出するため、評価・規制組織における研究開発内容の調査を行った。

III. 放射性廃棄物全般に共通する調査研究

【技術情報広報調査】

◇事業の概要

高レベル放射性廃棄物の地層処分事業（以下「HLW 処分事業」という。）の円滑な推進においては、地元住民や自治体等の関係者のみならず、広く国民レベルでの事業に対する理解のもとで意思決定が必要となるが、価値観などが多様化している近年の状況においては、事業推進に向けた意思決定を図ることが困難な場面が見受けられる。

このような背景のもと、本調査は、今後のHLW 処分事業の推進において透明性・客観性の高い意思決定プロセスを進める際に開催される説明会等の様々な場面において必要となる説明情報の整備や説明手法等に関する調査・検討を行い、HLW 処分事業に関する国民への理解を深めることにより、事業の円滑な推進に資することを目的し、平成15年度より17年度まで実施したものである。

なお本調査は経済産業省の委託により実施したものである。

（報告書）平成17年度 技術情報広報調査報告書

◇平成17年度の成果

本調査が扱うテーマは広範で、幅広い学術分野を網羅するものであるため、研究調査作業を大きく次の2つに分類して実施している。

- ①基礎研究の実施：放射性廃棄物地層処分事業という社会的意思決定の問題を、幅広く長期的な視点で捉え、問題の本質を解き明かすことを目的とした基礎的な研究として位置付けた研究調査。
- ②実践的研究の実施：放射性廃棄物地層処分事業が現在直面している状況を念頭に置き、事業推進に資するために早急に行う必要があるものと位置付けた研究調査。

(1) 基礎研究の実施

a. 社会科学関連研究動向調査

平成15年度から16年度にかけて、基礎的研究項目の抽出と調査計画の立案、及び円滑なHLW 処分事業の実施に直接的に資することを目的として、社会科学関連研究動向調査を実施し、平成17年度においては、以下の項目が今後の課題

としてまとめた。

- ・意思決定に必要とされる関連情報の把握・提供手段の確立
- ・国民各層の知識・価値構造を把握し、適切な対応を行うための情報収集システム及び情報分析技術の確立
- ・地域及び国レベルでの意思決定のプロセスや枠組みの確立
- ・PI（公衆参加型の意志決定の仕組み）運営プロセス情報の保存・再利用を可能とする情報管理技術の確立

b. 原子力施設等に対する知識・価値構造に関する調査

HLW 処分事業の推進にむけた意思決定の場面においては、その問題が抱える多岐にわたる専門性により、専門家と一般市民の知識や価値構造の乖離によって多くのミスコミュニケーションが起こっていることが、意思決定における問題の1つとして指摘されている。平成16年度では、これらのミスコミュニケーションの解決にむけた手法としてのメンタルモデル・アプローチの適用性を検討し、本アプローチが、特に広報資料の検討などに効果的であるとの分析結果を得た。

平成17年度では、平成16年度に作成されたドラフトモデルを基に、HLW 処分事業の専門家と他分野の専門家に対しインタビューを行い、特定項目の精緻化、不足項目の付加などを経て専門家の知識・価値構造のモデルを作成した。このモデルで示される各報提供項目についての一般市民の関心度をアンケート調査により把握するため、関心度の調査を実施した（表-1）。

その結果、双方が地層処分の安全性を重視する等の共通点がある一方で、事業の必要性や万一の場合の対応等、双方で相違するものもあることが明らかとなった。また、専門家の中でも、HLW 処分事業の専門家と他分野の専門家の間での相違も把握され、さらに、一般市民と他分野の専門家に多くの類似的な傾向を示すという興味深い結果も示唆された。

また、一般市民が重視する情報が賛否態度により異なるのかどうかを把握するため、「自身の居住地域での処分場立地の賛否」と、情報提供項目を変数として重回帰分析を行った。賛否態度によって有意な差が見られた項目を表-2に示す。一般市民の中でも反対と賛成の態度によって重視する情報に異なる傾向があることが示唆

された。

表-1 一般市民の関心の高い情報提供内容（上位10項目）

順位	情報提供内容項目
1	原子力の代替エネルギー
2	研究施設での安全性の検証
3	HLWについての研究開発
4	万一の場合への補償
5	地層処分の長期安全性の確保
6	万一の場合の迅速な対応
7	放射線安全対策
8	事故時の住民への連絡体制
9	安全管理の体制・費用の確保
10	調査・建設・操業時の安全確保

表-2 賛否態度と関心の高い情報提供項目との重回帰分析

情報提供項目	標準化係数β
安全性の評価	0.28 **
国内処分場の必要性	0.26 **
処分地選定への意見反映	0.22 **
反対の側の意見	0.20 **
輸送時の危険性	0.16 *
原子力代替エネルギー	0.15 **
HLWの放射能の減衰	0.14 *
原子力施設での実際の影響	0.12 *
万一の場合の補償	-0.15 **
今後の原子力利用見込み	-0.15 **
ナチュラルアナログ	-0.16 **

$R^2=0.206$ F値及び自由度 $=3.55^{***}(1,1029)$

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

標準化係数β：賛成<0<反対の重視傾向

また、以下が今後の課題としてまとめられた。

- ・知識・価値構造のより有効なモデルの作成と効果判定
- ・意思決定に必要とされる一般市民の意識把握
- ・市民の関心に応じた情報提供のための幅広い専門家の関与
- ・知識向上のための新たなコミュニケーション手法の確立
- ・処分場の必要性についての理解促進

(2) 実践的研究の実施

a. 効果的な説明方法の調査・検討

大学所属の有識者等に協力を得て、事業関係者等から発信される各種提供情報の有効性を検討するために、少数でのグループミーティング形式による意見交換会（模擬的な説明会）をこれまで13回実施した。意見交換会は、処分事業に対する社会的、科学的な様々な情報を、関係者

に正確かつ効率的に伝えるために、情報をどの様に説明することが有効であるかについて検討しておくことが重要との主旨のもとで開催した。また、意見交換会により得られた意見を参考に一般市民向け解説資料を作成し、一般市民参加の意見交換会を1回実施した。

その結果、表-3に示すような有識者と一般市民の意見・認識の違いが見られた。

表-3 有識者と一般市民の意見・認識の違い

有識者	一般市民
処分の安全性（処分後の長期安全性）19%	情報提供における注意点等に関するもの 20%
地層処分に用いられる技術 14%	高レベル放射性廃棄物について 18%
わが国の政策・制度 13%	処分の安全性（処分後の長期安全性）12%

数値は、全体人数に対する意見提示者数の比率

また、以下が今後の課題として挙げられた。

- ・効果的な情報提供内容及び手法の確立
 - ・情報提供の内容や手法について、対象に応じた使い分けの検討
 - ・地域住民による意思決定プロセスとしてのPI（パブリック・インボルブメント）手法等の導入の検討
 - ・第三者（専門家）の役割の明確化・活用可能性模索の必要性
- b. 地域レベルでの説明会、公聴会等の効果的な開催手法の調査・検討
- 地域レベルでの説明会、公聴会等の効果的な開催手法の調査・検討においては、国が行うべき制度整備の観点から国内外での先行的・実践的なPI手法に着目した効果的な場の提供方法の在り方についての調査を、平成16年度までに実施し、調査対象事例として抽出した約20事例に及ぶ他事業での制度整備先行事例やPI手法の適用事例について、統一情報フォーマットに基づき情報整理を行い、参照可能な事例情報となるように整備を行った。

平成17年度は、以下の項目が今後の課題としてまとめられた。

- ・PI運営におけるサポート体制の確立
- ・地域における情報の分析・解釈におけるサポート体制の確立

III. 放射性廃棄物全般に共通する調査研究

【地層処分重要基礎技術研究調査】

◇事業の概要

放射性廃棄物の地層処分を円滑に進めるためには、地層処分に必要な人工バリア・施設の設計技術や性能評価等について、処分事業の進捗に応じ、着実にその信頼性を向上していくことが重要である。本研究調査では、現在残されている課題の調査・抽出を行い、現段階から着手する必要がある基礎研究を実施することにより、処分事業の進捗に応じた信頼性の向上に資することを目的としている。

なお本研究調査は経済産業省の委託により実施しているものである。

(報告書)平成 17 年度 地層処分重要基礎技術研究調査
報告書

◇平成 17 年度の成果

本研究調査は処分事業の信頼性向上を目的として、基礎的・長期的観点から大学等で実施すべき研究テーマを抽出し、成果が期待できる大学所属研究者等に研究を委託実施するものである。

平成 17 年度は、昨年度より継続実施の 7 件に加えて、さらに新規研究テーマの抽出、研究実施者の選定を行った。その結果、下記の (8)、(9) に示す 2 件の研究が採用され、開始された。以下に、その概要を示す。

(1) プレートテクトニクス関連の研究－プレート境界近傍の地殻変動データを用いた地殻活動ポテンシャル評価手法の開発－

北海道北部地域における GPS 観測とデータの高精度解析及び地震活動・地質構造等の他項目データとの同化作業を行うことにより、当該地域の「現在」のテクトニクス場を明らかにし、「将来」の地殻活動ポテンシャル評価を行う手法を開発、その有効性・汎用性を検証する。

平成 17 年度は、GPS 観測点を 6 箇所設置して観測を開始するとともに、観測データの予備解析を実施した。さらに、観測から得られた変位場のデータを歪場に変換するための定式化とプログラミングを行い、地表で得られる地殻変動データから、地殻活動ポテンシャルを評価するスキーム

についての検討を行った。

(2) 堆積岩地域における塩淡水境界に関する研究－空間・時間スケールに応じた塩水・淡水地下水の沿岸域・沿岸海底下での挙動解明－

地下の塩水・淡水分布の変化速度に関する情報を得る上で有利な場所である熊本県八代海地域を対象として、超長期にわたる陸・海境界部での地下水挙動に関する知見を得るとともに、その挙動を解明する。

平成 17 年度は、塩素安定同位体比を用いた技術を確認するという視点から、ボーリングコア中の間隙水を用いた検討を実施し、不知火海永尾沖の調査地点において、海成粘土層と凝灰角礫岩層の境界における溶質拡散現象の評価を行った。

(3) 圧密ベントナイト中の水に関する物理的・化学的研究－核種移行挙動に及ぼすベントナイト間隙の微細構造および間隙水化学の影響－

X 線マイクロ CT 装置を用いて、水あるいは高塩濃度水を含んだベントナイト内部の空隙構造のその場観察を行うとともに、拡散実験を行って幾つかの放射性核種の見かけの拡散係数を決定し、ベントナイトの微細構造と拡散挙動との関連を調べ、そのメカニズムの解明を図る。

平成 17 年度は、引き続きベントナイト内部微細構造観察とその観察の最適条件を求めるシミュレーション計算を実施した。拡散実験では、引き続き Cl^- イオンの、濃度が異なる NaCl 溶液で膨潤したベントナイト試料中の見かけの拡散係数ならびに拡散の活性化エネルギーを決定するとともに、新たに Na^+ イオンについても同様の実験を行った。

(4) 地層処分におけるコロイド影響－天然バリア内における地下水コロイドが核種輸送に及ぼす影響のモデリング－

コロイド粒子の輸送現象に関しては、実験的研究と解析的研究が行われてきているが、まだ十分に定量的な評価を得るには至っていない。そこで、代表的な地下水コロイドが放射性核種の輸送挙動に及ぼす影響を定量的に評価するモデルの開発を行う。

平成 17 年度は、コロイド粒子がマトリクス拡散を起こすか否かを確定する研究を行った。イオンとして Sr^{2+} を、コロイド粒子としてラテックス粒子を取り上げ、それぞれの破過曲線をマイクロ

化学リアクタを用いて取得し、 Sr^{2+} ではマトリクス拡散係数の流速依存性の測定、ラテックス粒子では破過曲線の破過濃度と注入濃度の比の値から、マトリクス拡散の生起について検討した。

(5) 錯生成の挙動－天然環境における放射性核種と溶存有機物との錯生成とその溶存形態に関する基礎研究－

実際に天然水（地下水等）から分離精製した腐植物質を用いて放射性核種との錯形成実験を行うとともに、溶存有機物濃度が高く、酸化還元環境下にある天然水を採取し、微量元素を用いた溶存形態の解析を行う。

平成 17 年度は、北海道の幌延地域において錯体特性実験を行い、簡易測定法により地下水の腐植物質の特性を検討した。また、北海道の別寒辺牛湿原を流れる河川水のフィールド観測を行うとともに、室内実験等を実施した。地下水中の溶存腐植物質の特徴は地層環境等によって異なり、それが微量金属元素、アクチノイドとの錯形成を支配する要因の 1 つと考えることができる。

(6) ベントナイト中での炭素鋼の腐食挙動、形態に関する研究－平均腐食速度のモニタリングと孔食係数を決定する因子の解明－

ベントナイト中での炭素鋼の腐食形態に及ぼす環境側と材料側の因子の影響について調べ、不均一腐食が起きるメカニズムを明らかにする。また、埋設された金属材料の腐食状態（腐食速度）を地上でモニタリングできる簡便な電気化学的システムを確立する。

平成 17 年度は、電気化学インピーダンス法によるベントナイト中での炭素鋼の腐食モニタリングを行った。また、腐食の不均一化の程度を調べるため、電極を 3 ヶ月で取り出し、レーザー変位計により表面の腐食浸食分布を調べた。不均一性に及ぼす環境因子として塩化物イオン、材料側の因子として電子ビーム溶接の影響に着目した。

(7) セメント利用によるニアフィールド母岩透水性変化の評価－強アルカリ地下水の地球化学的影響評価に資する基礎技術の構築－

セメントからもたらされるアルカリ影響による母岩の透水性の動的変化を観察し、化学反応の平衡と速度、物質移動の速度との関係を明らか

かにする。従来の透水性に係る研究では、「固相表面の変化」と「浸透性に関わる空隙率の変化」との関係が系統的に整理されていないため、溶解（あるいは析出）過程を伴う流動実験、浸透率変化の予測モデルの検討を行う。

平成 17 年度は、シリカスケール粒子充填層を用いた強アルカリ水溶液の長期循環試験、回分式実験におけるカルシウムイオンの存在する場合のケイ酸の溶解挙動及び浸透性変化の予測モデルの検討を行った。

(8) 人工バリア材としてのセメント材料に関する基礎研究－不飽和領域バリア機能の検証と水和生成物の安定化に向けた研究－

セメント系材料に対する透水試験結果を基に、透水現象の支配メカニズムを解明し、不飽和領域における気相の存在を考慮した物質移行解析の枠組みを構築する。またモデル化と解析を通じて、セメント系材料の長期安定化技術に関する概念検討を行う。

平成 17 年度は、コンクリート供試体を用いてアウトプット法による透水試験を行い、減圧過程での透水量の変化及び透水停止現象と、昇圧過程での始動動水勾配の存在について検討した。また、コンクリート中の液状水の移動について、液状水を非ニュートン流体とみなすことで壁面摩擦の影響を考慮したモデルを構築し、解析を行った。

(9) 断層の水理特性に関する研究－伝達関数を利用した岩盤の水理特性の評価手法に関する研究－

弾性波、電磁波あるいは電場ポテンシャルからなる入力値を高精度に制御した周波数で媒質（地盤）に送信し、受信された信号から当該媒質の伝達関数を求め、この伝達関数より地盤の水理特性を評価する手法を開発する。

平成 17 年度は、弾性波を入力信号とした伝達関数を求める技術の構築を図るため、周波数制御した信号の受発信による岩石の伝達関数の計測、伝達関数と水理特性との相関性の確認を行い、岩石試料が周波数に対して水理特性と結びついた理論に応じた反応を示すことを示した。

Ⅲ. 放射性廃棄物全般に共通する調査研究

【高レベル放射性廃棄物処分の冊子の改訂等】

◇事業の概要

高レベル放射性廃棄物処分の理解促進を図るために、これまでに作成された高レベル放射性廃棄物処分の安全性及び諸外国の状況に関する冊子に最新情報を取り入れて改訂増刷・配布するとともに、当該冊子の情報のホームページ化を含めた「放射性廃棄物のホームページ」の改訂・拡充を行う。

なお、本業務は経済産業省の委託により実施したものである。

◇平成 17 年度の成果

(1) 冊子の改訂増刷

これまでに作成された 2 種の冊子、①「高レベル放射性廃棄物の処分の安全性について考えてみませんか」、②「諸外国における高レベル放射性廃棄物の処分について」についての増刷・配布を行った。なお、両冊子ともに増刷前の表現等のチェックを行うとともに、冊子①については最新情報の取り入れによる内容の改訂を行った（図-1、図-2）。

(2) 放射性廃棄物のホームページの改訂

既に整備・運用されている「放射性廃棄物のホームページ」について、最新情報の取り入れによる内容の改訂を行うとともに、よりわかりやすくユーザーフレンドリーなものとなるように構成を見直した。また、上記で改訂を行った冊子「高レベル放射性廃棄物の処分の安全性について考えてみませんか」をホームページ化して、同ホームページに組み入れた（図-3）。



図-2 冊子「諸外国における高レベル放射性廃棄物の処分について」

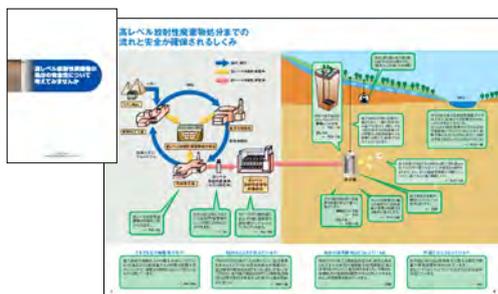


図-1 冊子「高レベル放射性廃棄物の処分の安全性について考えてみませんか」



図-3 「放射性廃棄物のホームページ」

【サイクル廃棄物広報対策等】

◇事業の概要

サイクル廃棄物の処理処分に向けた取り組み等の、放射性廃棄物の処理処分対策に主眼を置いた広報を進め、サイクル関連施設の設置の必要性に関する知識の普及や運転の円滑化に資することを目的とし、我が国でのサイクル廃棄物の現状、及び諸外国の低レベル放射性廃棄物処分の現状をまとめた広報資料の作成・配布を行う。

なお、本業務は文部科学省の委託により実施しているものである。

◇平成 17 年度の成果

標記の目的のために、次の広報資料の作成を行った。

- ①低レベル放射性廃棄物の処理処分の現状
- ②諸外国の低レベル放射性廃棄物処分の現状

上記の広報資料の作成においては、より正確な情報の提供を可能とするために、1)情報収集、2)広報資料の作成、という2段階の手順により作業を実施した。以下に、それぞれの広報資料に関する作成作業の内容及び成果物である資料内容について記す。

(1)低レベル放射性廃棄物の処理処分の現状

本資料は、核燃料サイクル廃棄物等の特徴、処理方法、保管方法、処分方法、廃棄物保管量等の放射性廃棄物に関するデータ等をまとめたものである。資料作成においては情報収集作業として、文献・公開情報等の調査や国内のサイクル関連施設への訪問調査を実施し、サイクル廃棄物の処理処分方法等に関連する情報の入手、関連施設の運転状況の確認等を行った。また、原子力以外の類似施設等についても同様の調査を実施し、理解増進等の方策の調査を行った。

(2)諸外国の低レベル放射性廃棄物処分の現状

本資料は、低レベル放射性廃棄物処分事業が既に実施されている次の8ヶ国（括弧内は本資料で紹介している処分場を示す）について、原子力の基本政策、低レベル放射性廃棄物処分の取り組み状況、法規制体系や立地地域との関係等をまとめたものである。

- ・チェコ（リチャード処分場等）
- ・フィンランド（オルキオト処分場等）
- ・フランス（オーブ処分場等）
- ・ノルウェー（ヒムダーレン処分場）
- ・スペイン（エルカブリアル処分場）
- ・スウェーデン（SFR処分場等）
- ・英国（ドリッグ処分場）
- ・米国（バーンウェル処分場等）

資料作成においては情報収集作業として、対象国についての文献・公開情報等の調査、関連施設の訪問調査等を実施し、関連情報の収集、低レベル放射性廃棄物処分施設の運転状況の確認等を行った。

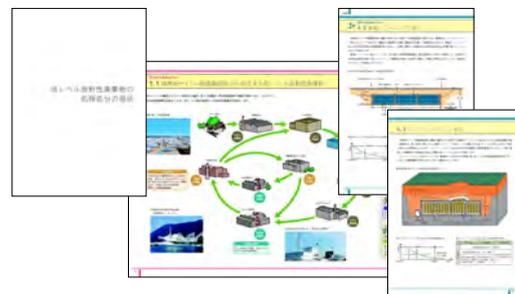


図-1 低レベル放射性廃棄物の処理処分の現状



図-2 諸外国の低レベル放射性廃棄物処分の現状

IV. 安全基準に関する調査研究

【放射性廃棄物処分の安全基準等に関する調査】

◇事業の概要

本調査は、諸外国の概要等の調査・検討を行い、国内における最新の研究開発の状況や処分事業の進捗状況を踏まえ、今後の原子力安全委員会における最終処分の安全確保のための技術的事項に係る調査審議に資することを目的に実施するものである。また比較的放射能レベルの高い低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に向けた指針・基準等の整備に関して、今後の原子力安全委員会での調査検討に資することを目的に実施するものである。

なお本調査は内閣府 原子力安全委員会の委託により実施しているものである。

(報告書)平成 17 年度 放射性廃棄物処分の安全基準等に関する調査 報告書

◇平成 17 年度の成果

(1) 高レベル放射性廃棄物地層処分の安全基準等に関する調査

諸外国の検討状況・研究状況の調査として、米国、スイス、スウェーデン及びカナダでの最近の法令、安全基準の検討状況を調査した。また、最近の安全評価の事例として、スイス、スウェーデンにおける高レベル放射性廃棄物処分の検討・研究状況を調査した。

a. 最近の法令、安全基準の検討状況の調査

米国・環境保護庁の 40 CFR Part 197「ネバダ州ユッカマウンテンのための公衆の健康及び環境放射線防護基準」については、環境保護庁 (EPA) による 40 CFR Part 197 の修正内容を整理し、10,000 年後から 100 万年後までの線量基準値である 3.5mSv/年の設定の考え方を明らかにした。

スイス・原子力法及び原子力令については、規定内容を整理し、地層処分場に関する閉鎖までのモニタリング、モニタリングの終了後の閉鎖、閉鎖後の監視、監視期間の完了後の環境監視などの規定内容を整理した。

さらに、スウェーデン・原子力発電検査機関の SKIFS2004:1「原子力施設の安全性に関する

原子力発電検査機関の規則」については、施設の安全評価を少なくとも 10 年に 1 度実施することなどの評価の考え方を整理した。

カナダ・原子力安全委員会 (CNSC) の G-320「放射性廃棄物管理の長期的な安全性に関する評価」については、放射線防護、補完的安全指標、安全評価の方法、安全評価の時間フレーム、制度的管理、評価シナリオ、人間侵入などの内容を整理した。

b. 最近の安全評価の事例による検討・研究状況の調査

諸外国での高レベル放射性廃棄物処分に関する最近の安全評価事例の調査として、スイス (Nagra) の「オパリナス・クレイプロジェクト安全報告書—使用済燃料、ガラス固化高レベル廃棄物及び長寿中レベル廃棄物に関する処分の実現可能性の実証」及びスウェーデン・SKB 社の「安全評価 SR-Can に関する中間主要報告書」を対象とした調査を行い、各国の安全基準等との対応等の観点から調査結果の整理を行った。

整理結果として、報告書の概要等を示すとともに、今後の安全基準等の検討に資する記述に関して詳細な内容を抜粋して提示した。さらに、第 9 回特定放射性廃棄物処分安全調査会 (平成 15 年 6 月) で提示された「今後の特定放射性廃棄物処分安全調査会の進め方 (案)」で示された、8 つの検討課題と対比できるように、上記 2 件の評価に関する報告書での扱いや議論の内容を検討課題毎に対比できるように一覧表形式での整理を行い、今後の安全基準等の整備に係る各種課題の検討において、それらの把握が容易なものとした。

(2) 低レベル放射性廃棄物の埋設処分の安全基準等に関する調査

地中処分を含めた低レベル放射性廃棄物の埋設処分に関して、統一的な考え方に立った安全審査指針等の策定に向け、放射性廃棄物・廃止措置専門部会低レベル放射性廃棄物埋設分科会において検討が進められている。この埋設分科会の検討に資するため、国際機関等の IAEA、OECD/NEA、ICRP 及びフィンランド、スウェーデン、米国、フランス、英国、ドイツについて検討状況・研究状況の調査を行った。

a. 国際機関等と諸外国における地中処分の検討状況の調査・整理

平成 16 年度に詳細な調査を行ったフィンランドとスウェーデンの安全規制のまとめから、「安全評価の時間枠」、「シナリオの設定方法」、「リスク評価」、「最適化と BAT」の 4 つの主要な概念を抽出し、その考え方の比較・分析を行った。さらに、それぞれの概念を形成する基盤となっている国際機関等の考え方や取組み事例について調査を行い、その内容を整理した。ここで、リスク評価の整理にあたっては、独自に考案した「リスク－線量－確率関係図」を用いている。最後に地中処分の類似事例として、米国、フランスにおける最近の検討状況についての概要調査を行った。

「安全評価の時間枠」では、「時間の経過に伴い廃棄物の危険性が低減する」という放射性廃棄物の特性と時間経過に伴う不確実性の増大という 2 つの観点で初期の段階が重要視されていることがわかった。また、安全評価の時間枠に対する考え方をオーダー（桁）単位で整理した上で、初期の段階ではリスク・線量の定量的解析を主とし、時間の経過に伴い他の安全指標と組み合わせ、徐々に定性的評価に重みをおくという考え方や、100 万年以降は安全評価の信頼性がないという考え方等を取り上げ、フィンランドとスウェーデンにおける考え方との比較・整理を行った。

「シナリオの設定方法」では、基本的に確率に基づいて区分されていることがわかった。そこで、ICRP における likely なシナリオと less-likely なシナリオの区分や人間侵入シナリオの考え方について、フィンランドやスウェーデンにおけるシナリオ区分やその考え方との比較を行った。またパラメータの不確実性を確率論的に評価する場合と決定論的に評価する場合との比較・整理を行った。

「リスク評価」の考え方は、基本的に ICRP の考え方が基盤となっていることがわかった。また、ICRP においてリスク評価手法として提示されている統合アプローチと線量／確率分解アプローチについて「リスク－線量－確率関係図」を用いて整理し、フィンランドとスウェーデンにおけるリスク評価手法や安全規制体系との比較・整理を行った。

「最適化と BAT」では、最適化の考え方が ICRP で記述されている ALARA の考え方に基づいており、また BAT の考え方は環境部門の考え方に基づいている。そこで、最適化と BAT のそれぞれについて、フィンランドとスウェーデンにおける規定の背景や適用方法等についての比較・整理を行った。

地中処分の類似事例としては、米国における商業用低レベル放射性廃棄物のうち、クラス C を超える低レベル放射性廃棄物 (GTCC LLW) とフランスにおける長寿命低中レベル放射性廃棄物を調査対象とした。両国では、これらの廃棄物に対し、現在、その処分方法を検討中であるが、浅地中処分と地層処分との間の中間的な深度に地中処分することが一つの案として計画、議論されている。そこで、廃棄物の区分や特性、処分概念についての考え方を整理するとともに、今後の見通しについて調査・整理を行った。

b. 処分形態に関する基本的安全要件等の整理

浅地中処分から地層処分を含めた横断的な基本的安全要件を俯瞰するために、まず、IAEA の安全要件から、軸となる項目を整理した。IAEA WS-R-4 は地層処分対象の安全要件であるが、その内容は浅地中処分も含めた基本的な安全要件の考え方に応用することが可能であると考えられることから、WS-R-4 の要件を軸となる項目とした。その上で、各項目に関連する、低中レベル放射性廃棄物に係わる諸外国の法令等における規定状況を整理した。これにより、地層処分の基本的安全要件の内容と浅地中処分・地中処分に係る各国の規定状況を並べることができ、個々の要件毎に、横断的に基本的安全要件を俯瞰することができる。諸外国の状況としては、スウェーデン、フィンランド、米国、英国、フランスの 5 カ国の法令等を整理した。この結果、概ね共通的ではあるものの、隔離の確保の観点等では差異のあるものもあった。

IV. 安全基準に関する調査研究

【安全規制及び安全基準に係る内外の動向調査】

◇事業の概要

本調査は、高レベル放射性廃棄物処分の安全規制の枠組み整備に資するため、海外の主要国での高レベル放射性廃棄物の地層処分における安全規制の考え方、規制の枠組み、策定された基準・指針、評価方法及びその考え方、背景情報等を調査し、調査結果に基づきシナリオの方向、評価モデル及びパラメータの設定方法などについての検討を実施するものである。

「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」

(平成 12 年)の第 20 条において、安全の確保のための規制については、別に法律で定めることとなっており、今後、安全規制の在り方を明確にした上で、法令整備等の法制度を早期に確立することが喫緊の課題である。

平成 14 年 12 月に処分の実施主体である原子力発電環境整備機構が、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を開始したところである。現状、「高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全規制の基本的考え方について(第 1 次報告)」(平成 12 年 11 月 6 日、原子力安全委員会)で示された考え方に基づけば、概要調査地区等の選定においては、安全規制当局の判断は行われず、精密調査地区の選定(平成 20 年代前半)での調査の結果に基づいた事業許可申請における安全審査が最初の判断になることが規定されている。

一方、諸外国における高レベル放射性廃棄物処分の立地選定においては、立地段階で安全規制当局の判断は行われなとする規制体系を取っている場合が見られるものの、米国においては、規制当局である原子力規制委員会(NRC)により、実施主体であるエネルギー省(DOE)のサイト特性調査活動に対するレビューの実施や、NRC と DOE との主要な技術的課題(KTI)の協議が行われ、スウェーデンでは、サイト選定を含めた研究開発・実証計画に対する規制当局である原子力発電検査機関(SKI)による審査など、安全性についての意見等が求められる場合も見られる。

本調査においては、高レベル放射性廃棄物処分に関して、①海外の安全規制制度を調査するとともに、②諸外国での新たな法令・安全基準等を調

査することにより、わが国における高レベル放射性廃棄物処分の安全規制に係る今後の法制度の整備等の参考に資することを目的としている。

なお本調査は経済産業省原子力安全・保安院の委託により実施しているものである。

(報告書)平成 17 年度 安全規制及び安全基準に係る内外の動向調査 報告書

◇平成 17 年度の成果

(1)海外での処分の安全規制に係る規制制度の調査

平成 17 年度は海外の主要国(米国、フィンランド、スウェーデン、フランス、ドイツ、スイス)を対象として、高レベル放射性廃棄物処分の立地段階での規制側のサイト選定基準の在り方、安全評価の対象期間と安全規制期間との関係、事業廃止の前後での安全規制及び事業規制の役割、処分場閉鎖後の原子力賠償の考え方、事業廃止以降の安全責任の在り方について、海外調査・国内調査により調査した。

a. 立地段階での規制側のサイト選定基準の在り方

海外の主要国における立地段階での規制機関の関与を整理した上で、規制側が整備しているサイト選定基準などを整理した。各国の規制機関とも、サイト選定への寄与に大きな差があるが、何らかの形でサイト選定基準を策定している。

b. 安全評価の対象期間と安全規制期間との関係

海外の主要国において処分場の許認可申請などで要求している安全評価の期間、安全規制を終了するまでの期間などを調査するとともに、それらの期間の整合性・正当性を確保するための安全確保・安全規制の基本的考え方を整理した。評価の期間については、ほとんどの国で 100 万年単位の超長期が想定されている一方で、安全規制が終了するまでの期間は、高々百年単位が想定されている。

c. 事業廃止の前後での安全規制及び事業規制の役割

海外の主要国における事業廃止前後での規制のおおよその流れを把握し、規制の役割などを明確にするために、回収可能性の維持及び制度

的管理に着目し、その考え方などについて整理した。回収可能性について規制機関の役割が明確になっているのは米国及びスイスであり、米国は性能確認プログラムの結果を規制機関が判断するまでの回収可能性の維持を求め、スイスは処分場が回収可能性を具備していることが許可条件及び施設の要件となっている。制度的管理についても米国及びスイスの考え方が明確であり、米国及びスイスは実施側が検討したモニタリング等の内容を規制機関が判断を行うこと、スイスは標識を規制機関が定めることとされている。

d. 処分場閉鎖後の原子力賠償の考え方

国際機関などの動向も踏まえ、海外の主要国での閉鎖後の処分場に係る原子力賠償の考え方や制度等について整理した。原子力損害賠償に関する国際条約として、「原子力の分野における第三者に対する責任に関する条約」（パリ条約）、「原子力損害の民事責任に関するウィーン条約」（ウィーン条約）、ならびにパリ条約を補足するブラッセル補足条約などがあり、平成 15 年 2 月時点で上述のパリ条約にフィンランド、スウェーデン、フランス、ドイツが加盟している。また、フィンランド、スウェーデン、スイスでは、閉鎖後の処分場に係る原子力賠償に関する規定が法律により定められている。

e. 事業廃止以降の安全責任の在り方

海外の主要国における事業廃止後の国などでの安全責任の捉え方などについて整理した。地層処分に関する制度を今後整備するフランス以外の国は、法令で明確にしている米国、フィンランド、ドイツ及びスイス、実質的に国の管理を想定しているスウェーデンも含め、全ての国が事業廃止後の管理を国が実施することとしている。

(2) 諸外国の基準・指針等での要求事項の調査

高レベル放射性廃棄物処分に関して諸外国で整備されている法令、安全基準・指針等について、最新の規定内容を調査するとともに、各々の安全基準・指針等の規定内容と規制上の位置付けを整理した。平成 17 年度は、米国での連邦規則の修正案、スウェーデンの放射線防護機関（SSI）の規則適用の指針を対象とした。

a. 米国ユッカマウンテン地層処分場に関する連邦規則の修正案

米国での連邦規則の修正案の調査結果として、次の視点による情報の整理を実施した。

- ・基準策定までの経緯
- ・裁判で争点になった基準の策定
- ・ユッカマウンテンに係る裁判の判決
- ・裁判を反映した規則の見直し

b. スウェーデンの放射線防護機関（SSI）の規則適用の指針

スウェーデンの放射線防護機関（SSI）は、高レベル放射性廃棄物等の地層処分に適用するための「使用済燃料及び原子力廃棄物の最終管理に関連した人間の健康と環境の防護に係る放射線防護機関の規則」（SSI FS1998:1）を策定しているが、2005 年 9 月 5 日付で「使用済燃料及び原子力廃棄物の最終管理に関連した人間の健康と環境の防護に係る放射線防護機関の規則（SSI FS1998:1）の適用についての指針」（SSI FS2005:5）を策定しており、本指針の内容についての情報整理を実施した。



図-1 フィンランド ONKALO（地下特性調査施設）へのアクセス坑道入口（海外訪問調査時に撮影）

【返還放射性廃棄物の廃棄確認に係る海外調査】

◇事業の概要

海外における再処理委託により発生し、我が国に受入、最終的に処分の対象となる放射性廃棄物については、その処理（放射性廃棄物の製造）における製造管理、品質管理、及び我が国における受入に際し、貯蔵及びその後の処分を安全に実施するための調査が重要である。

本調査は、海外委託再処理に伴う返還廃棄物の輸入確認手法の高度化に資するため、再処理受託国における品質管理手法、製造状況の実態及び第三者機関の監査方法の調査を行うとともに、再処理委託国における輸入確認手法の検討状況、検討内容等の把握を目的とするものである。

なお本調査は、平成 16 年度までに行われた、経済産業省原子力安全・保安院からの委託業務である「安全規制及び安全基準に係る内外の動向調査－返還廃棄物の輸入確認手法調査－」により、これまで行ってきた調査結果を基に、平成 17 年度に独立行政法人原子力安全基盤機構の契約により実施するものである。
(報告書)平成 17 年度 返還放射性廃棄物の廃棄確認に係る海外調査報告書

◇平成 17 年度の成果

(1)再処理受託国における返還廃棄物の製造に関する調査

再処理受託国の関係機関を調査し、入手した資料の分析・整理を行った。高レベル放射性廃棄物については BNGS (旧 BNFL) を対象に、特に監査過程と監査の関わりを調査し、監査行為の実態を見極めた。AREVA-NC (旧 COGEMA) については返還予定の低レベル放射性廃棄物について注目し、フィルタを付けているとされる廃棄体の実情の詳細と、国内受け入れに際して密封するとした場合どのような問題が生じるのか、技術的に密封が可能か否かについて調査した。

a. BNGS の高レベル放射性廃棄物の製造状況・品質管理

①ガラス固化体の製造

WVP 施設のガラス固化体製造プロセス及び製

造工程で使用されている機器は、AREVA-NC ラ・アーク工場で採用されているものと基本的に同じである。ガラス固化体貯蔵施設 (VPS) は、垂直な円筒管にガラス固化体を 10 本収納し、自然通風による空冷方式を採用している。

廃液は、サンプリング時に攪拌され、分析によってタンク内の廃液が均一であることを確認後、ガラス固化プロセスに供給される。

調整された廃液は、か焼炉で酸化物に転換され、ガラス原料とともに金属製の溶融炉に供給され、溶融炉からは 8 時間ごとにガラス溶融物がキャニスタへ充填される。注入されたガラス固化体はクーリングジャケット内で冷却されるが、この間の温度管理はしておらず、ステンレスビーズでビードブラスト処理後、除染を除染セルにて行い、表面汚染検査は自動スミヤ装置で行われている。

②品質管理体制

HLW プラントの品質マニュアルは、組織、責任および品質管理システムの文書化についての階層を定義している。

③監査システム

LR EMEA¹ が検査で発見した Finding²は LR EMEA と BNGS 間の月例連絡会議で報告され、BNGS に対して品質改善勧告 (QIN) を発行している。
b. AREVA-NC の低レベル放射性廃棄物の製造状況・品質管理

①固型物収納体 (CSD-C) の製造状況

ACC 施設は 2002 年 5 月より運用を開始し、雑固体廃棄物 (TW) 37 体を含む、累積 3,095 体を生産している。

②処理対象物拡張状況

現在、以下の対象物の拡張を計画中である。

- ・燃料剪断施設等から出てくる溶液+残留物)
- ・雑固体廃棄物 (Technological Waste)
- ・高燃焼度 UOX3 燃料の為の範囲拡大
- ・MOX の為の範囲拡大

③品質管理規定

高レベル放射性廃棄物と同様に、ISO9001 の認証を受けたシステムにより管理されている、品

¹ LR EMEA : ロイドレジスター欧州・中東・アフリカ (BNGS に対する第三者監査機関)

² 製造時のパラメータ又は、品質保証パラメータが所定範囲外か、範囲内で有ることを証明出来ない事例

質保証計画 (QAP)・品質管理計画 (QCP) により製造及び品質管理がされている。QAP・QCP を順守するための手順書や指示書の規定から外れた物は逸脱とされ、QAP・QCP から外れた物は Finding の対象となり、されに保証パラメータに適合していない物は不適合とされる。

例外を設定してこれに関する特定分野の見直しを行い、将来的に承認される見込みの有るものはリペアされる。(図-1 参照)

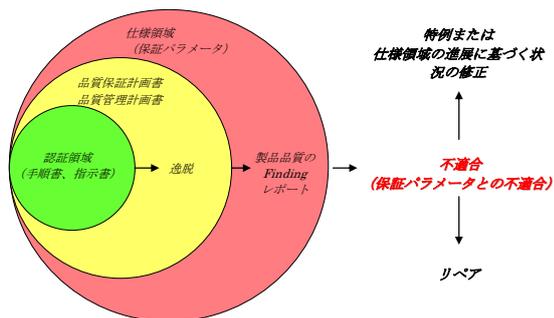


図-1 AREVA-NC における逸脱と Finding

④固型物収納体の蓋閉め

ポーラル (PORAL) フィルタは、放射線分解により発生するガスの排出、過剰圧力の防止、水素濃度による爆発リスクの防止のため、中蓋及び外蓋に設けられている。(図-2 参照)

蓋閉めは、封印時に容器内部のガス放射性分解による圧力の上昇がない場合に限り可能であり、顧客の貯蔵施設に大きな制約のある場合の要求に応じて実施される。

AREVA-NC では、有機物は分離処理し (ガスケット、Oリング、電線の被覆等の有機物はセメント固化)、水分除去は完全に出来るため、蓋締めは可能であるとしており、様々な雑固体廃棄物の乾燥試験を実施しており、また乾燥に必要な時間を評価する計算も行われている。

(2)再処理委託国における返還廃棄物の受入確認に関する調査

返還廃棄物の受入確認に関する諸項目について、再処理委託国の状況を調査するとともに、返還高レベル放射性廃棄物については、特にオランダが 2004 年から受入を行っており、その実績 (受入確認検査項目・方法等) 及び返還低レ

ベル放射性廃棄物の受入準備の状況について詳細に調査した。

a. オランダの高レベル放射性廃棄物の受入状況

EPZ³は AREVA-NC との間で 2003 年までに 310 トンの使用済燃料再処理を契約しており、ガラス固化体の返還総数は 190 本となる予定であり、合計で 7 回の受入が予定されている。

ガラス固化体の受入実績は 2004 年 9 月に第 1 回、2005 年 4 月に第 2 回のガラス固化体を HABOG⁴ に受入れた (共に、28 体入り TN28 キャスク 1 本)。BNGS に依頼している分は 2012 年から受入開始を予定 (オランダ政府承認済み) している。

b. オランダの低レベル放射性廃棄物の受入に関する検討状況

①AREVA-NC の CSD-C の仕様について

CSD-C の仕様については、COVRA と EPZ が技術検討を進めており、オランダ向けの固型物収納体には燃焼度の限られた、有機物を含まない物を依頼しており、現状では法令により蓋締めが要求されているが、将来的に放射性ダスト放出量の規制が引き上げられれば蓋締め無しでの受入れを考えている。

②CSD-C の輸入確認手法

受入検査についての検査項目、検査数はガラス固化体と同様であることが予定されている。



図-2 CSD-C の外形とポーラルフィルタ

³ EPZ: 南オランダ電力会社

⁴ HABOG: オランダ中央放射性廃棄物機関 (COVRA) の高レベル放射性廃棄物貯蔵施設

V. 国際交流

V. 国際交流

放射性廃棄物の処理処分はわが国のみならず世界各国共通の課題であり、協力して進めることが重要である。このため原環センターでは、各国の放射性廃棄物処分の実施主体や研究機関と包括的な協力協定を締結し、制度、安全規制・基準、実施状況等に関する情報交換や研究協力等を行っている。

また IAEA 等の国際機関の事業に協力するとともに、国の国際協力事業の一環としてロシアの科学者・技術者支援のプロジェクトに協力している。

(1) 情報交換・研究協力を行っている海外機関

- ・ベルギー／ベルギー原子力研究センター (SCK/CEN)
- ・中国／中国核工業集团公司地質局 (CNNC / BOG)
- ・台湾／(財)核能科技協進會 (NuSTA)
- ・フィンランド／ポシヴァ社 (Posiva Oy)
- ・フランス／放射性廃棄物管理機関 (ANDRA)
- ・ドイツ／廃棄物処分施設・建設運転会社／DBE テクノロジー社 (DBE/DBE Technology)
- ・韓国／韓国原子力研究所 (KAERI)
- ・韓国／韓国水力原子力株式会社 原子力環境技術院 (KHNP/NETEC)
- ・ロシア／ロシア科学アカデミー (RAS)
- ・スペイン／放射性廃棄物管理公社 (ENRESA)
- ・スウェーデン／スウェーデン核燃料・廃棄物管理会社／SKB インターナショナル社 (SKB/SKBIC)
- ・スイス／放射性廃棄物管理共同組合 (NAGRA)
- ・英国／NIREX 社 (NIREX)

(2) IAEA 放射性廃棄物データベース (NEWMDB) への協力

国際原子力機関 (IAEA) は、2001 年から各国の放射性廃棄物に関する情報(放射性廃棄物の管理プログラムと体制、計画と活動状況、関係する法律と規制、政策、廃棄物のインベントリ)を収集するデータベースの開発を進めている。

原環センターは IAEA の放射性廃棄物データベース (NEWMDB) 整備活動に関し、カンントリー・コーディネータである経済産業省の委託によりレポート・コーディネーターとして、我が国のデータの収集及び NEWMDB への登録実務を担当している。

(3) 国際科学技術センター (ISTC) *プロジェクトへの協力

当センターでは、これまで、ISTC プロジェクトとして超深度ボーリング・データの整理、岩盤中のガス透過性データ等整理等を実施し、熱による岩盤物理特性影響評価、超深度地震データの解析、液体放射性廃棄物の坑井への注入処分の評価、放射性廃棄物処分の天然バリアとしての岩石の物理的・化学的特性の実験的・理論的研究を実施してきた。

平成 16 年度においては、平成 15 年度に引き続いてアクチノイドを含む放射性廃棄物の地層処分のための地質・地球化学条件の評価等の研究を実施した。

* ISTC は、政府間協定に基づく国際機関で、旧ソ連の大量破壊兵器科学者の軍民転換支援による流失防止、市場経済移行支援等を目的としており、アメリカ、EU、日本等が参加している。主な事業は、研究プロジェクト資金の提供、セミナー等の開催、研究者の国際会議出席旅費の提供、研究事業等である。

(4) ITC 最終処分国際研究センターへの協力

平成 15 年 4 月 4 日、放射性廃棄物の最終処分に係る国際的な教育訓練のための機関である「ITC 地下廃棄物貯蔵・処分国際研修センター」(ITC school of Underground Waste Storage and Disposal) 協会がスイス連邦ベルン州インナートキルヘンに設立された。

(財) 原子力環境整備促進・資金管理センターは、ベルン大学 (スイス)、カタロニア工科大学 (UPC、スペイン) スイス連邦原子力施設安全本部 (HSK、スイス) 及びスイス国家放射性廃棄物管理共同組合 (NAGRA、スイス) とともに、ITC の設立メンバーとして参加した。ITC は、放射性廃棄物などの有害廃棄物の最終処分に携わる次世代の科学者、技術者、意志決定者に、最終処分

に求められる幅広い知識と技術を伝承することを目指している。

この協会はすべての機関から独立しており、ITCは産業界、規制当局、大学、政府機関すべてから研修生を受け入れることとしている。協会の会員には、ITCの趣旨に賛同する多くの法人・機関の加入を得ていくこととし、第一回総会を2003年9月に開催した。ITCには、平成17年7月末現在、14カ国57機関、そのうち日本からは18機関が加入している。

(5) IAEA CRP への協力

IAEAの調整研究プロジェクト(Co-ordination research Project:CRP)の一つであるCRP-Swelling Claysプログラムでは、途上国の支援を目的に、人工バリアの技術情報を集約する作業が進められている。このプロジェクトでは、高レベル廃棄物処分における人工バリア材料の必要機能や特徴など、技術的情報を整理するとともに、参加各国(カナダ、スウェーデン、中国、ロシア、インド、韓国、ウクライナ、チェコ、南ア、日本)の人工バリア材料候補となるベントナイトについて、基本的な情報をデータベース化する予定である。当原環センターはこのプロジェクトに参加し、日本のベントナイトに関する技術情報を反映した報告書作りに協力している。

VI. 資料

VI. 資料

(1)研究成果報告書等

(1/2)

No.	研究件名	平成 17 年度研究成果報告書	成果の外部発表等
1	低レベル放射性廃棄物処分技術調査	平成 17 年度管理型処分技術調査等 低レベル放射性廃棄物処分技術調査 報告書 (平成 18 年 3 月)	
2	放射性廃棄物管理に関する国際機関等の検討状況調査	平成 17 年度 放射性廃棄物に係る国際機関等の検討状況調査 (平成 17 年 12 月)	
2	ウラン廃棄物処分技術調査	平成 17 年度 ウラン廃棄物処分技術調査 報告書 (平成 18 年 3 月) 第 1 分冊 ラドン挙動調査/品質保証高度化 第 2 分冊 除染技術開発試験 (フッ素化除染技術開発) 第 3 分冊 除染技術開発試験 (アルカリ融解/電解透析除染等技術開発)	
3	高精度物理探査技術高度化調査 (物理探査技術信頼性確認試験)	平成 17 年度 地層処分技術調査等 高精度物理探査技術高度化調査 (物理探査技術信頼性確認試験) 報告書 (平成 18 年 3 月)	VI. 資料 (2)外部発表 No. 3, 4, 5, 13, 14, 24, 25, 26, 33 参照
4	地質環境評価技術高度化調査	平成 17 年度 地層処分技術調査等 地質環境評価技術高度化調査 報告書 (平成 18 年 3 月)	VI. 資料 (2)外部発表 No. 7, 34, 38, 50 参照
5	遠隔操作技術高度化調査	平成 17 年度 地層処分技術調査等 遠隔操作技術高度化調査 報告書 (平成 18 年 3 月) (1/3) (2/3) (3/3) 同参考資料 -遠隔ハンドリング・定置技術- (平成 18 年 3 月) (1/2) (2/2)	VI. 資料 (2)外部発表 No. 2, 6, 15, 16, 28, 32, 46, 47, 48, 59, 60, 64 参照
6	人工バリア特性体系化調査	平成 17 年度 地層処分技術調査等 バリア機能総合調査 報告書 -人工バリア特性体系化調査- (平成 18 年 3 月)	VI. 資料 (2)外部発表 No. 12 参照
		オーバーパック溶接部の耐食性評価に関する研究 -II (共同研究) (June 2006) JAEA-Reseach 2006-031 RWMC-JRJ-031	原子力環境整備促進・資金管理センター、日本原子力研究開発機構 共同研究報告書
7	人工バリア材料照射影響調査	平成 17 年度 地層処分技術調査等 人工バリア材料照射影響評価 報告書 (平成 18 年 3 月)	
8	性能評価技術高度化	平成 17 年度 地層処分技術調査等 性能評価技術高度化 報告書 (平成 18 年 3 月) (第 1 分冊) 性能評価に関する情報の収集及び整理 (第 2 分冊) 現実的性能評価技術の開発 (第 3 分冊) 多重バリア長期安全性調査	

No.	研究件名	平成17年度研究成果報告書	成果の外部発表等
9	地球化学バリア有効性確認調査	平成17年度 地層処分技術調査等 地球化学バリア有効性確認調査 報告書 (平成18年3月)	
10	モニタリング機器技術高度化調査	平成17年度 地層処分技術調査等 モニタリング機器技術高度化調査 報告書 (平成18年3月) (その1) 地層処分モニタリングシステムの調査 (その2) 地層処分記録保存システムの調査	VI. 資料 (2) 外部発表 No. 9, 35, 36 参照
11	人工バリア・天然バリアガス移行挙動評価	平成17年度 地層処分技術調査等 TRU 廃棄物関連処分技術調査 人工バリア・天然バリアガス移行挙動評価 報告書 (平成17年3月)	VI. 資料 (2) 外部発表 No. 8, 11, 51, 53 参照
12	人工バリア長期性能確認試験	平成17年度 地層処分技術調査等 TRU 廃棄物関連処分技術調査-人工バリア長期性能確認試験- 報告書 (平成17年3月)	VI. 資料 (2) 外部発表 No. 29, 39, 40, 41, 42, 62 参照
13	ヨウ素固定化技術調査	平成17年度 地層処分技術調査等 TRU 廃棄物関連処分技術調査 ヨウ素固定化技術調査 報告書 (平成18年3月)	VI. 資料 (2) 外部発表 No. 43 参照
14	放射化金属廃棄物炭素移行評価技術調査	平成17年度 地層処分技術調査等 TRU 廃棄物関連処分技術調査 放射化金属廃棄物炭素移行評価技術調査 報告書 (平成18年3月)	VI. 資料 (2) 外部発表 No. 44, 45 参照
15	地下空洞型処分施設性能確認試験	平成17年度 地層処分技術調査等 TRU 廃棄物関連処分技術調査 地下空洞型処分施設性能確認試験 報告書 (平成18年3月)	
16	廃棄体開発調査	平成17年度 地層処分技術調査等 TRU 廃棄物関連処分技術調査 廃棄体開発調査 報告書 (平成18年3月)	VI. 資料 (2) 外部発表 No. 18, 19, 20, 21, 22, 23, 49 参照
17	総合情報調査	平成17年度 総合情報調査 報告書 (平成18年3月) (第1分冊) (第2分冊) (第3分冊)	VI. 資料 (2) 外部発表 No. 37 参照
18	技術情報広報調査	平成17年度 技術情報広報調査 報告書 (平成18年3月)	
19	地層処分重要基礎技術研究調査	平成17年度 地層処分重要基礎技術研究調査 報告書 (平成18年3月)	
20	放射性廃棄物地層処分の安全基準等に関する調査	平成17年度 放射性廃棄物の安全基準等に関する調査 報告書 (平成18年3月)	
21	安全規制及び安全基準に係る内外の動向調査	平成17年度 安全規制及び安全基準に係る内外の動向調査 報告書 (平成18年3月)	
22	返還放射性廃棄物の廃棄確認に係る海外調査	平成17年度 返還放射性廃棄物の廃棄確認に係る海外調査 報告書 (平成18年2月) 同参考資料 (平成18年2月)	

VI. 資料

(2)外部発表等

(1/6)

(学会発表等)			
No.	題 目	発 表 者	発 表 先
1	Leachate Reduction by Capillary Barrier Type Over-capping	金子昌章、齊田勇三、鈴木正人、今井淳	韓国原子力学会・日本原子力学会等主催、IAEA等共催 「ICAPP'05」 (2005/5/15~19) 韓国
2	放射性廃棄物地層処分緩衝材の材料特性を考慮した動的締固め時挙動解析	田中誠、増田良一、多田浩幸、朝野英一、雨宮清、粥川幸司	(社)地盤工学会「平成17年度研究発表会」(2005/7/5~8) 函館市
3	地層処分における電磁法解析技術の開発(その5)	吉村公孝、関口高志、大久保秀一、山根一修	(社)物理探査学会「第112回学術講演会」(2005/5/9~11) 早稲田大学
4	地層処分における海底電磁法機器の製作(その4)	吉村公孝、大久保秀一、関口高志、大里和己、山根一修、中島智	(社)物理探査学会「第112回学術講演会」(2005/5/9~11) 早稲田大学
5	沿岸域の海底下における断層調査の適用事例について	大久保秀一、吉村公孝、関口高志、山根一修	(社)物理探査学会「第112回学術講演会」(2005/5/9~11) 早稲田大学
6	高レベル放射性廃棄物処分における処分孔三次元遠隔計測システムの適用性基礎試験	多田浩幸、増田良一、朝野英一、高尾肇、竹ヶ原竜大、上坂文哉、宇津野二士	(社)土木学会「平成17年度全国大会第60回年次学術講演会」(2005/9/7~9) 早稲田大学
7	海水準変動を考慮した沿岸地域の地下水流動に及ぼす地層構造の影響について	山本修一、吉村公孝、岡本修一、大久保秀一、井尻裕二	(社)土木学会「平成17年度全国大会第60回年次学術講演会」(2005/9/7~9) 早稲田大学
8	原位置環境下でのベントナイト混合土の長期材料特性 -グリムゼル岩盤実験場におけるガス移行挙動試験-	岡本修一、山本修一、藤原愛、志村友行、安藤賢一、田中達也、Stratis Vomvoris, Bill Lanyon	(社)土木学会「平成17年度全国大会第60回年次学術講演会」(2005/9/7~9) 早稲田大学
9	Long-term Record Preservation on Geological Disposal	大内仁、虎田真一郎、坪谷隆夫	アジア・オセアニア地球科学学会「2nd Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) Annual Meeting 2005」(2005/6/20~24) シンガポール
10	余裕深度処分に関する安全対策の検討	橋本学、小林立	(社)日本原子力学会バックエンド部会主催「第21回バックエンド部会夏期セミナー」(2005/7/28~29) 山形市
11	The Gas Migration Test (GMT) at the Grimsel Test Site	藤原愛、岡本修一、坪谷隆夫、安藤賢一、志村友行、S. Vomvoris, P. Marschall	国際会議「International Symposium on Engineered Barriers for High Level Radioactive Waste Disposal」ISEB 2005 (2005/9/8~10) 中国
12	電気化学的手法による炭素鋼オーバーパック溶接部の腐食挙動評価	三井裕之、大槻彰良、朝野英一、谷口直樹	(社)腐食防食協会「第52回材料と環境討論会講演」(2005/9/14~16) 北海道大学

No.	題 目	発 表 者	発 表 先
13	Estimation of permeability distribution in rock mass from acoustic wave tomography using frequency-velocity dispersion relationship	上原真一、吉村公孝、大西有三、西山哲、安藤賢一、矢野隆夫	(社)可視化情報学会「4th World Congress on Industrial Process tomography」国際会議 (2005/9/5~8)福島県会津若松市
14	沿岸海底下における断層調査への海底電磁法の適用について	吉村公孝、大久保秀山根一修	応用地質学会「平成17年度日本応用地質学会研究発表会」(2005/10/27~28)名古屋市
15	Buffer Construction Technique by means of Granular Bentonite	増田良一、朝野英一、多田浩幸、志村友行、松田武、納多勝、森拓雄、鵜山雅夫	GLOBAL2005(2005/10/9~13)つくば国際会議場
16	Remote Handling and Emplacement Technology for Waste Package and Buffer Material at HLW Repository-Feasibility Study on Transportation Techniques Employing Air-Bearing System for Pre-Assembled Package at Drift Tunnel-	岩田裕美子、吉田健、菅野毅、多田浩幸、増田良一、朝野英一	GLOBAL2005(2005/10/9~13)つくば国際会議場
18	Development of waste packages for TRU-disposal(2) -Development of Concrete Container Type Package: Package 1	伊藤貴司、小林茂樹、小川秀夫、朝野英一、大和田仁、大槻彰良	GLOBAL2005(2005/10/9~13)つくば国際会議場
19	Development of waste packages for TRU-disposal(3) -Examination of manufacturing technique of TRU waste package Made of High-Strength and Ultra Low-Permeability Concrete-	渋谷和俊、朝野英一、大和田仁、大槻彰良、川崎透、吉田拓真、松尾俊明、武井明彦	GLOBAL2005(2005/10/9~13)つくば国際会議場
20	Development of waste packages for TRU-disposal(4) -Evaluation of Confinement Performance of TRU Waste Package Made of High-Strength and Ultra Low-Permeability Concrete-	川崎透、朝野英一、大和田仁、大槻彰良、吉田拓真、松尾俊明、渋谷和俊、武井明彦	GLOBAL2005(2005/10/9~13)つくば国際会議場
21	Development of waste packages for TRU-disposal(5) Development of cylindrical metal package for TRU wastes	嶺達也、水林博、朝野英一、大和田仁、大槻彰良	GLOBAL2005(2005/10/9~13)つくば国際会議場

No.	題 目	発 表 者	発 表 先
22	Development of waste packages for TRU-disposal (6) Photocatalytic Decomposition of Radioactive Organics in Waste Packages	中西智明、加藤修、 大和田仁、大槻彰良、 朝野英一、栗本宜孝、 和田隆太郎、安永龍哉	GLOBAL2005 (2005/10/9～13) つくば国際 会議場
23	Development of waste packages for TRU-Disposal (7) -Development of the Long-Term Confinement Container (Titanium-Carbon Steel Composite Container) for TRU Waste Disposal-	神徳敬、澤周補、 菅野毅、深谷祐一、 中山元、明石正恒、 朝野英一、大槻彰良、 大和田仁、栃木義克	GLOBAL2005 (2005/10/9～13) つくば国際 会議場
24	弾性波速度の分散特性を用いた岩 盤の透水トモグラムの評価手法に 関する研究	坂下晋、吉村公孝、 菊地崇、西山哲、 大西有三、金亨穆、 安藤賢一	(社)物理探査学会「第113回(平成17年度 秋期)学術講演会」(2005/10/16～18)沖縄県
25	北海道幌延地域の既存電磁法探査デ ータに基づく3次元解析技術の試解法	大久保秀一、吉村公孝、 津久井朗太、山根一修	(社)物理探査学会「第113回(平成17年度 秋期)学術講演会」(2005/10/16～18)沖縄県
26	地層処分におけるフルウエーブト モグラフィ技術開発	李鐘河、吉村公孝、 坂下晋	(社)物理探査学会「第113回(平成17年度 秋期)学術講演会」(2005/10/16～18)沖縄県
27	高レベル放射性廃棄物処分場モニタリ ングの概要と物理探査技術への期待	竹ヶ原竜大、椋木敦、 吉村公孝、虎田真一郎	(社)物理探査学会「第113回(平成17年度 秋期)学術講演会」(2005/10/16～18)沖縄県
28	オーバーバックへのクリーニング 波の適用性(その3)	鈴木紀生、大槻彰良、 朝野英一、山口憲治	(社)日本非破壊検査協会「平成17年度秋季 講演大会」(2005/11/21～22)広島県
29	Study on long-term alteration of engineered barrier materials	久野義夫、大和田仁、 金子昌章、朝野英一	IAEA 放射性廃棄物処分の安全性に関する国 際会議(2005/10/3～7)東京
30	Verification tests for the Safety of trench disposal of VLLW (パネル展示・ビデオ映写・発表論文)	原子力環境整備促進・ 資金管理センター	IAEA「放射性廃棄物処分の安全性に関する 国際会議」(2005/10/3～7)東京
31	Leachate Reduction by Capillary Barrier Type Over-capping	金子昌章、斉田勇三、 鈴木正人、今井淳	IAEA「放射性廃棄物処分の安全性に関する 国際会議」(2005/10/3～7)東京
32	Study on Remote Operation Technology at HLW Repository) (パネル展示)	原子力環境整備促進・ 資金管理センター	IAEA「放射性廃棄物処分の安全性に関する 国際会議」(2005/10/3～7)東京
33	Development of High Resolution Electromagnetic Method for Various Environment (パネル展示・模型展示)	原子力環境整備促進・ 資金管理センター	IAEA「放射性廃棄物処分の安全性に関する 国際会議」(2005/10/3～7)東京

No.	題 目	発 表 者	発 表 先
34	Demonstration of Web-based SIFD (パソコンによるデモ)	原子力環境整備促進・ 資金管理センター	IAEA「放射性廃棄物処分の安全性に関する国際会議」(2005/10/3~7)東京
35	・ Monitoring Technology for Geological Disposal ・ Record Preservation Study on Geological Disposal (パネル展示・記録媒体展示・発表論文)	原子力環境整備促進・ 資金管理センター	IAEA「放射性廃棄物処分の安全性に関する国際会議」(2005/10/3~7)東京
36	Feasibility study of monitoring and its technology for geological repositories	虎田真一郎、杉山武、 福岡敬介、大内仁、 坪谷隆夫	IAEA「放射性廃棄物処分の安全性に関する国際会議」(2005/10/3~7)東京
37	Information Database for High-level Radioactive Waste Disposal (パソコンによるデモ)	原子力環境整備促進・ 資金管理センター	IAEA「放射性廃棄物処分の安全性に関する国際会議」(2005/10/3~7)東京
38	DEVELOPMENT OF THE WEB-BASED SITE INVESTIGATION FLOW DIAGRAM IN REPOSITORY DEVELOPMENT PROGRAM	吉村公孝、山本修一、 大内仁、坪谷隆夫、 安藤賢一	国際会議「2005 ISRSM」(2005/11/2~4)韓国
39	人工バリア長期性能確証試験 - (1)全体概要-	朝野英一、久野義夫、大 和田仁、金子昌章	日本原子力学会「2006年春の年会」 (2006/3/24~26)日本原子力研究開発機構
40	人工バリア長期性能確証試験 - (2)フライアッシュセメントの変質モデルの構築-	朝野英一、久野義夫、 大和田仁、坂本浩幸、 柴田真仁、山田憲和、 下田紗音子	日本原子力学会「2006年春の年会」 (2006/3/24~26)日本原子力研究開発機構
41	人工バリア長期性能確証試験 - (3)ひび割れへの二次鉱物析出に伴う物性変化-	朝野英一、久野義夫、 大和田仁、渡邊賢三、 横関康祐	日本原子力学会「2006年春の年会」 (2006/3/24~26)日本原子力研究開発機構
42	人工バリア長期性能確証試験 - (4)セメント系材料とベントナイト系材料の界面近傍での挙動-	朝野英一、久野義夫、 大和田仁、金子昌章、 宮本真哉、佐藤光吉	日本原子力学会「2006年春の年会」 (2006/3/24~26)日本原子力研究開発機構
43	還元雰囲気 Na ₂ S 水溶液中でのヨウ化銀 (AgI)溶解挙動	稲垣八穂広、斉藤育成、 加藤修、朝野英一、 西村務、金子昌章	日本原子力学会「2006年春の年会」 (2006/3/24~26)日本原子力研究開発機構
44	放射化金属廃棄物の C-14 の放出移行に関する研究(その1) -全体計画-	金子昌章、西村務、 朝野英一、田辺博三	日本原子力学会「2006年春の年会」 (2006/3/24~26)日本原子力研究開発機構
45	放射化金属廃棄物の C-14 の放出移行に関する研究(その2) -腐食速度評価手法の検討-	金子昌章、西村務、 朝野英一、田辺博三、 中西智明、加藤修、 建石剛	日本原子力学会「2006年春の年会」 (2006/3/24~26)日本原子力研究開発機構

No.	題 目	発 表 者	発 表 先
46	オーバーパックの遠隔溶接・検査技術の開発 (3)溶接法の適用性評価	朝野英一、大槻彰良、鴨和彦、片岡茂樹	日本原子力学会「2006年春の年会」(2006/3/24～26)日本原子力研究開発機構
47	オーバーパックの遠隔溶接・検査技術の開発 (4)非破壊検査技術の適用性評価	大槻彰良、朝野英一、山口憲治、前田一人、片岡茂樹	日本原子力学会「2006年春の年会」(2006/3/24～26)日本原子力研究開発機構
48	高レベル放射性廃棄物地層処分の遠隔ハンドリング・定置技術の開発 (1)要素技術の体系的評価	戸栗智仁、増田良一、朝野英一	日本原子力学会「2006年春の年会」(2006/3/24～26)日本原子力研究開発機構
49	The Development of Concrete Packages for Geological Disposal of B-and TRU Radioactive Waste -Collaboration Between ANDRA and RWMC-	大和田仁、朝野英一、A. Roulet、F. Pineau	WasteManagement'06(2006/2/27～3/2)米国
50	DEVELOPMENT OF A WEB-BASED SITE INVESTIGATION FLOW DIAGRAM FOR HLW REPOSITORY DEVELOPMENT	吉村公孝、山本修一、佐藤晶子、安藤賢一、大内仁、坪谷隆夫	国際会議 2006 International High-Level Radioactive Waste Management Conference(2006/4/30～5/4)米国
51	Large-Scale Gas Migration Test at Grimsel Test Site	志村友行、藤原愛、安藤賢一、山本修一、S. Vomvoris、P. Marschall、G. W. Lanyon	国際会議 2006International High-Level Radioactive Waste Management Conference(2006/4/30～5/4)米国
52	A 2-PHASE, 3-D FLOW MODELING FOR THE GAS MIGRATION TEST	森康二、多田和広、登坂博行、藤原愛、Stratis Vomvoris	国際会議 2006International High-Level Radioactive Waste Management Conference(2006/4/30～5/4)米国
53	MODELING APPROACHES FOR THE DESIGN AND ANALYSIS OF THE GAS MIGRATION TEST(GMT) AT THE GRIMSEL TEST SITE, SWITZERLAND	Rainer Senger、藤原愛、志村友行、B. Lanyon、P. Marschall、S. Vomvoris、山本修一、安藤賢一	国際会議 2006International High-Level Radioactive Waste Management Conference(2006/4/30～5/4)米国
54	原環センターにおける安全研究	田辺博三	原子力安全委員会主催「安全研究成果報告会」(2006/3/3)東京
55	(財)原子力環境整備促進・資金管理センターにおける放射性廃棄物研究	田辺博三	原子力安全委員会主催「安全研究成果報告会」(2006/3/3)東京
56	安全評価の基本的考え方等に関する調査研究－処分の安全基準等の調査	稲垣裕亮	原子力安全委員会主催「安全研究成果報告会」(2006/3/3)東京
57	ハル・エンドピース中に含まれる炭素の地質環境中での化学形態に関する研究	朝野英一、金子昌章	原子力安全委員会主催「安全研究成果報告会」(2006/3/3)東京

(論文投稿)			
No.	題 目	発 表 者	発 表 先
58	地中無線伝送を応用したモニタリング技術	大内仁、虎田真一郎	日本工業出版「検査技術」(掲載 2005 年 9 月号)
59	Long-term Integrity of Waste Package Final Closure for HLW Geological Disposal, (I) Points at Issue Concerning 1,000Years Containment Capability of Overpack-	朝野英一、有富正憲	原子力学会英文誌 (j.Nucl.Sci.Technol.) Vol.42 No.5(掲載 2005 年 5 月)
60	Long-Term Integrity of Waste Package Final Closure for HLW Geological Disposal, (II) Applicability of TIG Welding Method to Overpack Final Closure-	朝野英一、澤周補、有富正憲	原子力学会英文誌 (J.Nucl.Sci.Technol.) Vol.42 No.6(掲載 2005 年 6 月)
61	続・フランス放射性廃棄物管理機関(ANDRA)滞在記	高村 尚	日本原子力学会誌(掲載 2005 年 11 月号)
62	Study on a long-term alteration of engineered barrier materials	久野義夫、朝野英一、山田憲和	IAEA「放射性廃棄物処分の安全性に関する国際会議」:Contributed papers(2005/10/3~7)東京
63	各国の現状	原子力環境整備促進・資金管理センター	月刊エネルギー, 特集「安全な高レベル放射性廃棄物処分に向けて」(2005 年 11 月号)
64	Long-term Integrity of Waste Package Final Closure for HLW Geological Disposal, (III) Applicability of Electron Beam Welding to Overpack Final Closure	朝野英一、前田一人、有富正憲	原子力学会英文誌 (J.Nucl.Sci.Technol.) Vol.43 No.2(掲載 2006 年 2 月)

(3)技術報告書

No.	表 題	著 者	発行年月
1	高レベル放射性廃棄物地層処分に関する研究開発全体マップの整備(RWMC-TRJ-04005-1)	田辺博三、稲垣裕亮 江守稔	平成 17 年 3 月

VI. 資料

(4) 委員会一覧

(1/3)

区 分		委員会名称	委 員 (○:主査 敬称略)
1. 放射性廃棄物の管理処分に 関する調査研究	(1) 余裕深度処分	低レベル放射性廃棄物 処分技術検討委員会	○田中 知 (東京大)、 大江俊昭 (東海大) 朽山 修 (東北大)、 木村英雄 (JAEA) 大井貴夫 (JAEA)、 妹尾宗明 (RANDEC) 岩沢信夫 (新金協)、 佐々木則行 (日本原燃)
	(2) ウラン廃棄物 処理処分	ウラン廃棄物除染検討 委員会	○松本史朗 (埼玉大)、 寺井隆幸 (東京大) 板垣乙未生 (東北大)、 高島正之 (福井大) 榎田洋一 (名古屋大)、 池田泰久 (東工大) 村田雅人 (JAEA)、 平林孝圀 (RADA) 板橋隆昭 (日本原燃)、 藤永英司 (新金協)
		ウラン廃棄物処分検討 委員会	○浜田達二 (RI 協会)、 田中 知 (東京大) 中沢正治 (東京大)、 金井 豊 (産総研) 吉岡勝廣 (島根県)、 田子 格 (JAEA) 板橋隆昭 (日本原燃)
		ウラン廃棄物処分技術 総合検討委員会	○田中 知 (東京大)、 下 道國 (藤田保健衛生大) 浜田達二 (RI 協会)、 松本史朗 (埼玉大) 木村英雄 (JAEA)、 財津知久 (JAEA) 内田滋夫 (放医研) 板橋隆昭 (日本原燃) 藤永英司 (新金協)
2. 放射性廃棄物の地層処分に 関する調査研究	(1) 高レベル放射 性廃棄物処分	物理探査技術確証試験 検討委員会	○大西有三 (京都大)、 松岡俊文 (京都大) 六川修一 (東京大)、 長谷川 健 (JAEA) 内田利弘 (産総研)、 河西 基 (電中研) 鈴木義和 (東電)、 土 宏之 (NUMO)
		地質環境評価技術高度 化検討委員会	○堀井秀之 (東京大)、 大江俊昭 (東海大) 徳永朋祥 (東京大)、 福島龍朗 (JAEA) 丸井敦尚 (産総研)、 宮川公雄 (電中研) 齋藤典之 (東電)、 小池章久 (NUMO) 佐々木 泰 (日本原燃)
		遠隔操作技術高度化調 査検討委員会 (遠隔操業システム高度 化検討委員会)	○有富正憲 (東工大)、 池内建二 (大阪大) 小菅一弘 (東北大)、 石川博久 (JAEA) 河西 基 (電中研)、 北山一美 (NUMO)
		同上 (遠隔溶接・検査技術検 討委員会)	○池内建二 (大阪大)、 谷口直樹 (JAEA) 植田浩義 (NUMO)、 入江宏定 (JWSC) 大岡紀一 (JWES)、 長澤和幸 (東電)
		同上 (遠隔ハンドリング・定 置技術検討委員会)	○小菅一弘 (東北大)、 小峯秀雄 (茨城大) 藤田朝雄 (JAEA)、 新 孝一 (電中研) 齋藤典之 (東京電力)、 阪部 靖 (NUMO)
		人工バリア特性体系化 調査検討委員会	○村川英一 (大阪大)、 春名 匠 (関西大) 井上博之 (大阪府立大)

区 分	委員会名称	委 員 (○:主査 敬称略)
2. 放射性廃棄物の地層処分に 関する調査研究	(1)高レベル放射性廃棄物処分	性能評価技術開発検討委員会 ○大江俊昭 (東海大)、新堀雄一 (東北大) 石黒勝彦 (NUMO)、田中忠夫 (JAEA)
		ナチュラルアナログ検討委員会 ○鹿園直建 (慶応大)、徳永朋祥 (東京大) 新堀雄一 (東北大) 佐藤 努 (金沢大)、 石黒勝彦 (NUMO)、佐藤正知 (北海道大) 瀬尾俊弘 (JAEA)
		地球化学バリア有効性 確認調査検討委員会 ○朽山 修 (東北大)、長崎晋也 (東京大) 森山裕丈 (京都大) 鹿園直建 (慶応大) 大貫敏彦 (JAEA) 木村貴海 (JAEA) 油井三和 (JAEA) 楠瀬勤一郎 (産総研)
		地層処分モニタリング システム検討委員会 ○田中 知 (東京大)、大江俊昭 (東海大) 徳永朋祥 (東京大)、長崎晋也 (東京大) 新堀雄一 (東北大)、河西 基 (電中研) 梅木博之 (JAEA)、黒田茂樹 (関西電力) 北山一美 (NUMO)、佐々木 泰 (日本原燃)
	(2)TRU 放射性廃棄物処分	ガス移行挙動評価検討委員会 ○辻 幸和 (群馬大)、大西有三 (京都大) 登坂博行 (東京大)、西垣 誠 (岡山大) 棚井憲治 (JAEA)、丸井敦尚 (産総研) 中川加明一郎 (電中研)、神田和彦 (日本原燃)
		人工バリア長期性能確認 試験検討委員会 ○大江俊昭 (東海大)、田中 知 (東京大) 岸 利治 (東京大)、井上厚行 (千葉大) 坂井悦郎 (東工大)、佐藤 努 (金沢大) 田中忠夫 (JAEA)、本田 明 (JAEA) 加藤和之 (東電)、堀江正人 (日本原燃)
		ヨウ素固定化技術調査 委員会 ○大江俊昭 (東海大)、田中 知 (東京大) 田辺哲朗 (九州大)、加藤尚武 (工学院大) 亀井玄人 (JAEA)、武部慎一 (JAEA) 月村勝宏 (産総研)、越智英治 (日本原燃)
		放射化金属廃棄物炭素 移行評価技術調査委員 会 ○朽山 修 (東北大)、出光一哉 (九州大) 藤本慎司 (大阪大)、本田 明 (JAEA) 加藤和之 (東京電力)、佐々木規行 (日本原燃)
		地下空洞型処分施設性 能確認試験検討委員会 ○辻 幸和 (群馬大)、西垣 誠 (岡山大) 前川宏一 (東京大)、小峰秀雄 (茨城大) 坂井悦郎 (東工大)、北山一美 (NUMO) 宮本陽一 (JAEA)、竹内真司 (JAEA) 鈴木和義 (東京電力)、京谷 修 (日本原燃)
		廃棄体開発検討委員会 ○寺井隆幸 (東京大)、魚本健人 (東京大) 小澤一雅 (東京大)、名和豊春 (東北大) 馬場恒孝 (JAEA)、豊田政男 (大阪大) 篠原 正 (NIMS)、白井孝治 (電中研) 堀川義彦 (関西電力)、小林康利 (日本原燃) 越智英治 (日本原燃)

VI. 資料

(3/3)

区 分	委員会名称	委 員 (○:主査 敬称略)
3. 放射性廃棄物全般に共通する調査研究	地層処分重要基礎技術研究委員会	○朽山 修 (東北大)、 田中 知 (東京大) 大西有三 (京都大) 大江俊昭 (東海大) 北山一美 (NUMO)、 山崎晴雄 (首都大学東京)
	最終処分人材養成調査検討委員会	○朽山 修 (東北大)、 長崎晋也 (東京大) 石川博久 (JAEA)、 河西 基 (電中研) 西脇由弘 (JNES)、 北山一美 (NUMO) 岡本光雄 (日本原燃)、 藤原啓司 (電事連)

JAEA：(独)日本原子力研究開発機構

産総研：(独)産業技術総合研究所

RANDEC：(財)原子力研究バックエンド推進センター

NIMS：(独)物質・材料研究機構

RADA：(財)放射線利用振興協会

NUMO：原子力発電環境整備機構

JWES：(社)日本溶接協会

放医研：(独)放射線医学総合研究所

JNES：(独)原子力安全基盤機構

RI 協会：(社)日本アイソトープ協会

電中研：(財)電力中央研究所

新金協：(社)新金属協会

JWSC：(財)日本溶接技術センター

(5)原環センター主催の講演会等

講演会等名	開催日	場所	
<p>「スイスにおける 高レベル放射性廃棄物処分プログラム」 講師：スイス 放射性廃棄物管理共同組合（Nagra） 理事長 ハンス・イスラー 氏 科学・工学部長 ピート・ズイデマ 博士</p>	平成17年10月7日	東京 TIME24ビル タイムプラザ	
<p>「原子力環境整備促進・資金管理センター 研究発表会」 研究発表： ①「原環センターにおける放射性廃棄物処理処分に向けた調査研究の概要」 理事 宮崎 洋三 ②「低レベル放射性廃棄物の地中処分 “放射性物質の濃度が比較的高い廃棄物の処分の安全性等の検討”」 基準・規格調査研究プロジェクト CPM 山本正史 ③「第2次 TRU レポート以降の継続的な基盤技術の強化 “I-129、C-14 対策に関する研究の進捗” 処分技術調査研究プロジェクト PM 朝野英一 特別講演： 科学技術は1/8 講師（独）科学技術振興機構 社会技術研究開発センター長（東京工業大学名誉教授） 市川惇信氏</p>	平成16年11月18日	東京 石垣記念ホール	
賛助会員向 講演会等	<p>「原子力2法の概要 –再処理積立金法、クリアランス制度等について」 ①再処理積立金法について 経済産業省 資源エネルギー庁 電力・ガス事業部 企画官 吉野恭司氏 ②クリアランス制度について 経済産業省 原子力安全・保安院 放射性廃棄物規制課 課長補佐 茂木伸一氏</p>	平成17年6月6日	東京 東海大学 校友会館
	<p>「原環センターにおける H17 年度の事業計画と H16 年度事業報告」 企画部長 菅原 彰</p>	平成17年7月26日	東京 東海大学 校友会館
	<p>東海発電所廃止措置の現状 日本原子力発電株式会社 廃止措置プロジェクト推進室副室長 苅込 敏氏</p>	平成18年1月19日	東京 原環センター
	<p>放射性廃棄物対策の現状と課題 経済産業省 資源エネルギー庁 電力・ガス事業部 原子力政策課 放射性廃棄物等対策室長 吉野恭司氏</p>	平成18年1月25日	東京 原環センター
	<p>地質環境調査における調査システムフローの開発状況 （財）原子力環境整備促進・資金管理センター 事業環境調査研究プロジェクト P M 吉村公孝</p>	平成18年2月23日	東京 原環センター
	<p>①「北欧の低中レベル処分の安全基準における ALARA、BAT、リスク評価の考え方について」 基準・規格調査研究プロジェクト 関口高志 ②「平成18年度事業計画等」 企画部長 菅原 彰</p>	平成18年3月30日	東京 東海大学 校友会館

原環センター 2005年度 技術年報

2006年11月発行

財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター
〒105-0001 東京都港区虎ノ門 2-8-10 第15森ビル 4F
TEL 03-3504-1081 (代表)
FAX 03-3504-1297
URL <http://www.rwmc.or.jp/>

禁無断転載

