

RWMC

原環センター
2004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



原環センター2004年度技術年報の発行に当たり、一言ご挨拶申し上げます。

原子力発電は、わが国においてエネルギー供給の中核であり、これを揺るぎないものにしていくためには原子燃料サイクルの確立、中でも放射性廃棄物の円滑な処理処分の推進が大きな鍵となっています。わが国では、昭和60年の日本原燃産業(株)（現 日本原燃(株)）の発足、平成12年の原子力発電環境整備機構の設立と実施体制・枠組みの整備が進み、本年5月には原子炉等規制法の改正により放射性廃棄物として扱う必要のないクリアランスの制度が導入されることとなり、さらに、使用済燃料再処理準備金制度を導入するための「原子力発電における使用済燃料の再処理等のための積立金の積立て及び管理に関する法律」が制定されております。こうした実施体制・枠組み整備が進む中で当センターは平成12年に最終処分積立金の管理・運用を行う機関として指定され実施体制の一翼を担っておりましたが、さらに使用済燃料再処理等積立金の資金管理法人として指定も受けることとなり、なお一層の重責を担うべく適切な運営に心がける所存であります。

一方、当センターは昭和51年に設立されて以来、民間・学界・官界の方々のご協力を得て、放射性廃棄物処理処分の専門調査研究機関として活動してまいりました。具体的には、低レベル放射性廃棄物の試験的海洋処分に向けた調査研究、低レベル放射性廃棄物の均質固化体や雑固体の陸地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の制度化等の調査研究、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。

この技術年報では、当センターが平成16年度に実施した調査研究の内容をご紹介しますとともに、国際交流や国際会議・学会での論文発表実績等当センターの活動状況をご紹介します。

当センターとしては、今後とも、放射性廃棄物の処理処分に係る「調査研究業務」と「最終処分積立金および再処理等積立金の資金管理業務」を事業運営の二本の柱として、放射性廃棄物全般にわたる専門的な第三者機関としての役割を果たしてまいらなければならないと考えております。是非ご一読いただき、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 板倉 治成

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
2. ウラン廃棄物処分	6
ウラン廃棄物処分技術調査	6
3. 余裕深度処分等に関する研究	11
II. 放射性廃棄物の地層処分に関する調査研究	12
1. 高レベル放射性廃棄物処分	12
1-1 地質環境調査技術	12
物理探査技術信頼性確証試験（高精度物理探査技術高度化調査）	12
地質環境評価技術高度化調査	14
1-2 処分技術	16
遠隔操作技術高度化調査	16
人工バリア特性体系化調査	18
人工バリア材料照射影響調査	20
性能評価技術高度化	22
地球化学バリア有効性確証調査	24
1-3 制度化・社会対応技術	26
モニタリング機器技術高度化調査	26
多重バリア長期安定性事例調査	28
2. TRU 廃棄物処分	30
人工バリア・天然バリアガス移行挙動評価	30
人工バリア長期性能確証試験	32
ヨウ素固定化技術調査	34
放射化金属廃棄物炭素移行評価技術調査	36
廃棄体開発調査	38
TRU 廃棄物処分に関する研究	41
III. 放射性廃棄物全般に共通する調査研究	42
総合情報調査	42
技術情報広報調査	44
地層処分重要基礎技術研究調査	46
IV. 安全基準に関する調査研究	48
放射性廃棄物地層処分の安全基準等に関する調査	48
安全規制及び安全基準に係る内外の動向調査	50

V. 国際交流	52
VI. 資料	54
(1) 研究成果報告書等	54
(2) 外部発表等	56
(3) 技術報告書	61
(4) 委員会一覧	62
(5) 原環センター主催の講演会等	63

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施設を保有している、チェコ、フィンランド、ノルウェー、スウェーデン 4 カ国を調査対象国とし、それぞれの処分施設について、処分の工学施設の概念、処分深度、処分の性能評価（評価基準、評価シナリオ、人工バリアおよび天然バリア性能に係るパラメータ）、処分場閉鎖後の管理の考え方等の調査を実施した。またトンネル型及びサイロ型の処分施設形態別に、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、試算・評価した。

平成 15～16 年度はフィンランド、スウェーデンについて調査を継続するとともに、人工バリア／天然バリアの条件を変動させた性能評価試算を実施した。また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を検討した。

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。(VI. 資料(1)研究成果報告書等 No.1 参照)

◇平成 16 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 16 年度はフィンランド、スウェーデンの 2 ケ国、3 処分場（Olkiluoto 処分場、Loviisa 処分場、SFR-1）を対象として、規制当局に対しては、規制の基本的な考え方や評価期間、拘束値などの基準制定の根拠を、また実施主体に対して

は、規制の解釈の方法や、評価期間、シナリオなどの設定根拠を中心にヒアリング調査を実施した（表-1）。調査整理した事項のうち、フィンランド、スウェーデンにおける安全確保のための基準値の考え方を図-1、2 に示す。

表-1 調査項目

安全確保の基本的な考え方	評価方法、ALARAの原則と最適化などに対する基本的な考え方
安全基準・指針などの規定内容とその考え方、および、実施された安全評価	安全指標・基準値と安全評価での計算値
	評価期間
	シナリオの設定方法
	人間侵入の取り扱い
	閉鎖後管理の考え方とその取り扱い
	パラメータなどの不確実性の取り扱い
	その他

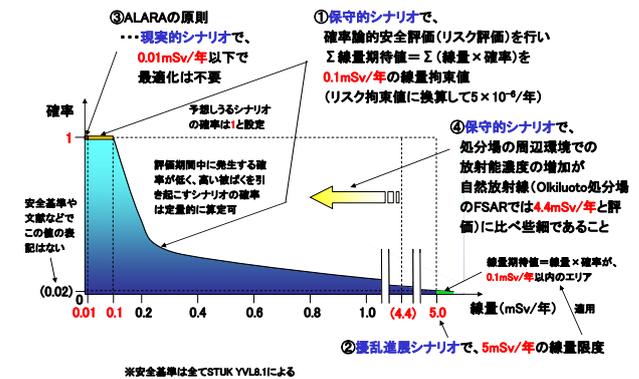


図-1 安全確保のための基準値（フィンランド）

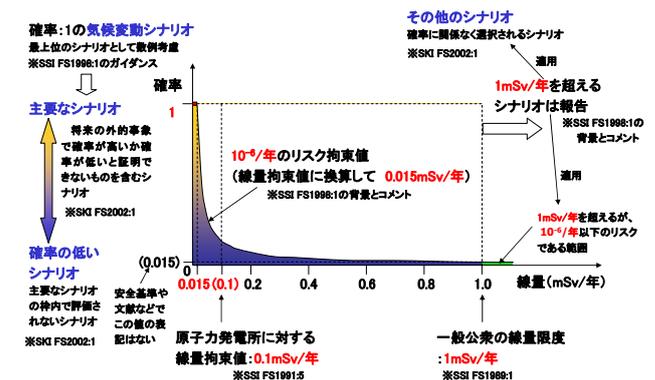


図-2 安全確保のための基準値（スウェーデン）

(2) 余裕深度処分システム性能評価試算

ここでは余裕深度対象廃棄物（TRU 廃棄物、ウラン廃棄物及び発電所廃棄物）を対象に、余

余裕深度処分で考慮すべきシナリオ（地下水移行、外部事象、人間活動）を設定/評価した。

a. 対象廃棄物

対象廃棄物の区分等を表-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の濃度が高い繊維吸着材及びC-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）。	・低レベル濃縮廃液固化体（アスファルト及びセメント固化体） ・可・融・不溶性廃棄物のセメント固化体 ・解体廃棄物 等
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号中間放射能処理量の平均α核種濃度(4E+8Bq/ton)の1/2号中間放射能処理量の平均α核種濃度の10倍を自覚に10Bq/g(1E+7Bq/ton)を超える廃棄物を対象とした。	・低レベル濃縮廃液固化体（アスファルト及びセメント固化体） ・可・融・不溶性廃棄物のセメント固化体 ・解体廃棄物 等
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機廃棄物の濃度分布」において整理された廃棄物のうち、六ヶ所1/2号中間放射能処理量の平均α核種濃度の10倍を自覚に10Bq/g(1E+7Bq/ton)を超える廃棄物を対象とした。	・スラッジ類 ・焼却灰 ・フィルタ類 ・雑固体 等
発電所廃棄物	「低レベル放射性廃棄物の陸地処分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を、主に汚染設備の核種を含む廃棄物と、主に放射化金属処理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。	・放射化金属（伊内構造物） ・使用済樹脂 等

b. 地下水移行シナリオ

被ばく経路は、第3次中間報告の被ばく経路に、既存の浅地中処分の地下水移行シナリオの被ばく経路（沢、沼経路）を加えたものを設定した。また、評価パラメータについては平成15年度までの設定に加え、線量低減方策を考慮したケース（図-3の凡例参照）を検討した。評価結果の例として、図-3にTRU廃棄物高の地下水移行シナリオに関する被ばく線量を示す。

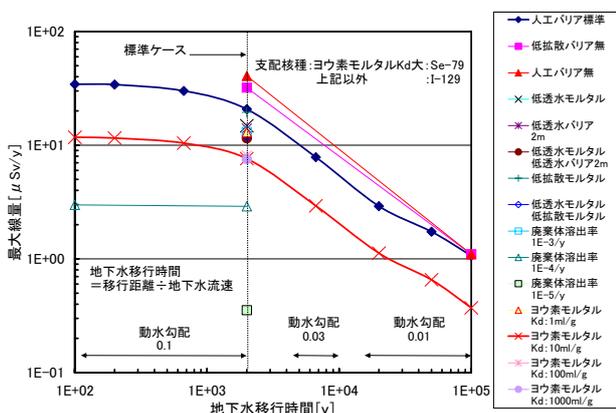


図-3 地下水移行シナリオに関する被ばく線量 (TRU 廃棄物高)

c. 外部事象

平成16年度は外部事象のうち、隆起・侵食に伴う廃棄物露呈シナリオを選定し、被ばく線量評価を実施した。評価結果を図-4に示す。なお参考として高レベル廃棄物及び六ヶ所浅地中対

象廃棄物に関する同様の評価結果を併記した。

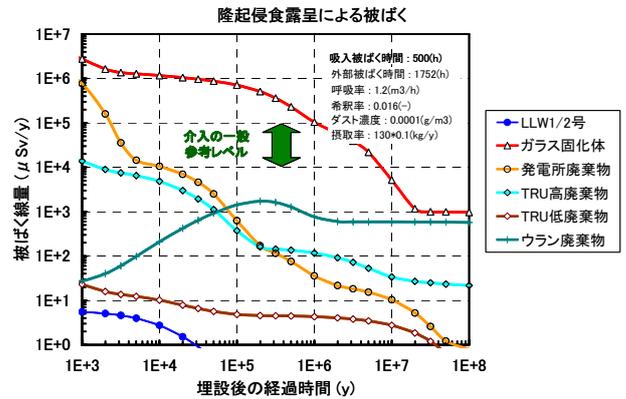


図-4 隆起侵食露呈シナリオに関する被ばく線量

d. 人為過程

平成16年度は外部事象のうち、ボーリングシナリオ（ボーリング作業、コア観察、掘削くず処分地での被ばく）を選定し、被ばく線量評価を実施した。評価結果を図-5に示す。

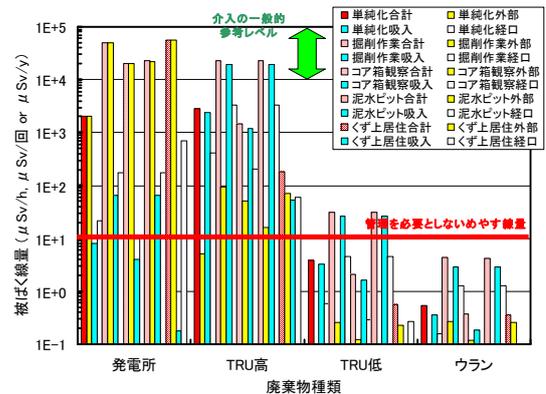


図-5 ボーリングシナリオに関する被ばく線量

(3)安全対策の検討

上記の性能評価試算結果を基に、各廃棄物の特徴を考慮した安全対策の検討を実施し中間的にとりまとめた。その結果、本調査で対象としている廃棄物は、全てのシナリオに対して、現在の安全規制における「管理を必要としないめやす線量」である10μSv/yを適用すると成立が困難となる可能性が示唆され、原子力安全委員会報告で述べられている、「シナリオの発生の可能性を考慮したリスク論的考え方の導入」等の対策を検討しておくことの重要性が確認された。

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】

本調査はラドン挙動調査、品質保証高度化技術開発、および除染技術開発の3テーマについて実施しており、この3テーマのそれぞれについて、事業の概要と16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するものである。(VI. 資料(1)研究成果報告書等 No.2 参照)

(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、埋設された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、これらのデータを得ること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、安全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、安全評価に使えるデータとしてまとめる(図-1)。

◇平成16年度の成果

平成16年度においては、ラドン散逸対策及び拡散係数の測定を実施した。散逸対策としてウラン廃棄物の溶融固化を採用し、この溶融固化の有効性を示すため、ウラン廃棄物の内、珪藻土と鉄澱物を対象として溶融固化を試み、ラドン散逸割合測定実験を行った。散逸対策を実施しない場合、散逸割合の最大値は珪藻土が0.55、鉄澱物がほぼ1であるのに対して、溶融固化した場合、珪藻土の散逸割合は0.001となり、溶融固化による対策効果が確認できた。珪藻土は主成分がケイ素であるため容易に固化することができた(図-2)。しかし、鉄澱物は溶融固化することができなかった。

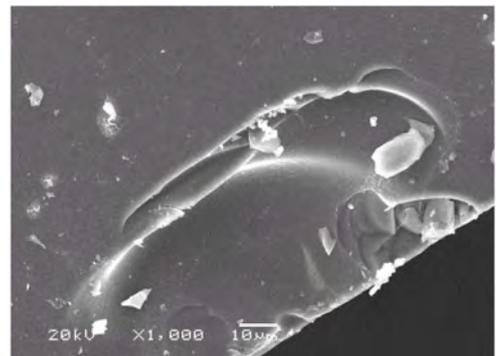


図-2 珪藻土溶融固化体

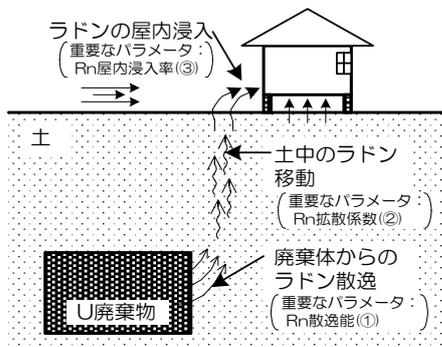


図-1 ウラン廃棄物からのラドン移行

ラドン拡散係数の試験においては、処分場の覆土施工を考慮して、関東ロームを圧縮した土試料を用い、ラドン拡散係数を測定した。

この測定で得られたラドン拡散係数と米国のロジャーズ等が開発した拡散係数実験式との比較を示す(図-3)。

この結果、水分飽和度0.95での両者の差異が大きい、他の水分飽和度では、比較的良い一致を示した。これにより、ロジャーズ等の式が覆土施工した日本の土壤にも適用できることを

確認した。

なお、わが国においては地震が多発するので、土壌の亀裂やゆるみ等に対する対策が重要な課題である。

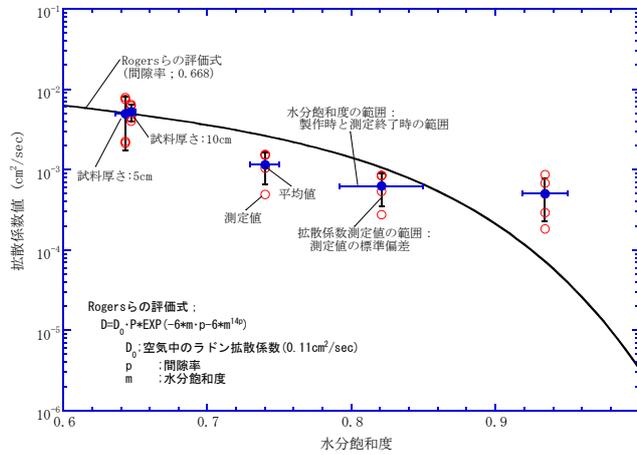


図-3 施工土のラドン拡散係数測定

(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極低レベル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-4、図-5)及びパッシブγ法によるウラン濃度測定装置を開発する。

光中性子法では、熔融金属体やドラム缶単位でのウラン濃度測定、パッシブγ法ではスラッジ等の均一廃棄物を対象としたウラン濃度測定システム開発を行う。さらに放射線測定に手間のかかる金属小片等を熔融した熔融金属体中のウラン濃度分布を測定して、代表試料測定によるクリアランス検認方法開発等のための基礎データを取得する。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称する)として、開発を進めるものである。



図-4 光中性子法によるウラン濃度測定装置

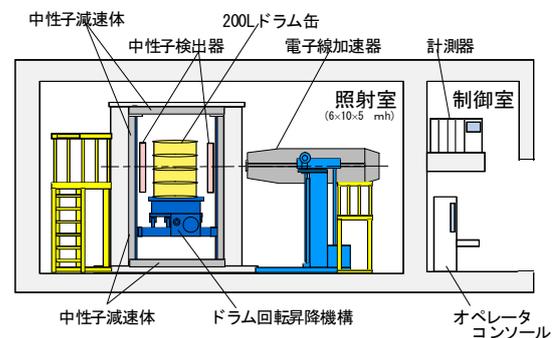


図-5 光中性子法によるウラン濃度測定装置概念

◇平成16年度の成果

光中性子法では、電子線加速器による高エネルギーX線の照射環境下において、中性子を効率よく検出するためのHe-3検出器を用いた測定装置を製作し、高エネルギーX線を模擬試料に照射する試験を実施した。

平成16年度は、検出感度の空間位置依存測定試験、カドミウム(Cd)板を用いた検出感度確認試験、ウラン濃縮度測定試験、熔融体測定試験、200Lドラム廃棄物に対するパッシブガンマ法と光中性子法の測定性能評価を行った。

(1) 検出感度の空間位置依存測定試験

試験結果を基に、計算機シミュレーションモデルの改良を行った。その結果、X線の空間分布以外に、X線のスペクトル変動等に起因した誤差要因が有ることが分かり、これを補正するための補正係数0.1を導くことができた。平成15年度に測定したウランを含むリン酸肥料試料の試験結果と、上記の改良計算機シミュレーション

1. 放射性廃棄物の管理処分に関する研究

モンテカルロモデルによる計算結果を比較した結果、約20%の誤差でウラン濃度を計算できることが分かった。

(2) 検出感度確認試験

ウラン試料にX線を照射した場合、X線によるU-238の光核反応による遅発中性子の他、中性子反射材から発生した熱中性子によりU-235の核分裂反応で生じた中性子と、体系外で散乱した低いエネルギーの中性子(低速中性子)も同時に発生していることが分かった。主にウラン試料からの中性子だけを計測するために、中性子検出器を取り囲んでいる減速材の外側にCd板を巻いて試験を実施した。Cd板付中性子検出器を用いることで、低速中性子の影響を効率良く除去できるために、ウラン廃棄物測定に有効な遅発中性子の積算時間を長くすることができ、遅発中性子の検出感度を約1.6倍にすることができた。(図-6)

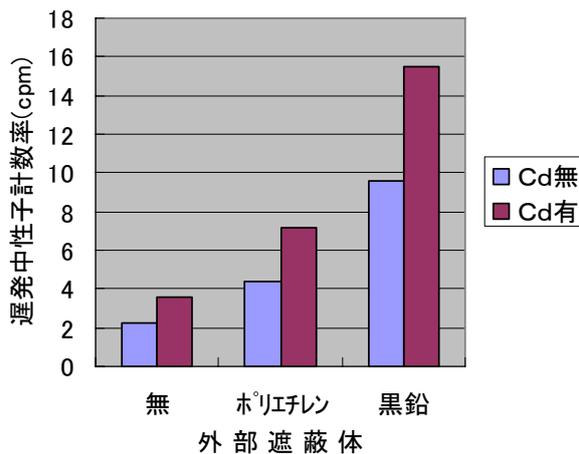


図-6 Cd有無による検出感度比較

(3) ウラン濃縮度測定試験

光核反応で発生する遅発中性子は、主にU-238から発生する。一方、通常の熱中性子による核分裂で発生する遅発中性子はU-235に起因している。従って、2種類の測定体系(外部中性子遮へい板(黒鉛)の有無)での中性子強度の違いからウラン濃縮度測定の可能性検討を行った。

試験試料は濃縮度89.85%の高濃縮ウランと、2種類の重量の天然ウランとを組み合わせることで、15.90%と5.65%との2種類の濃縮度を設定した(図-7)。この2種類の濃度の測定結果か

ら濃縮度に比例して中性子計数率が高くなる結果が得られた。また、外部中性子遮へい板(黒鉛)の有無により、前述の計数率が変化することが分かった。以上2つの現象から、濃縮度を評価できる可能性が確認された。

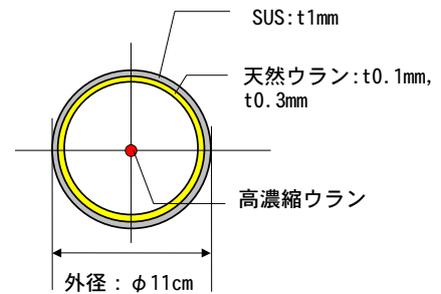


図-7 ウラン濃縮度測定試料

(除染技術開発)

◇事業の概要

原子力発電所で使用するウラン燃料は、ウラン鉱石の製錬、転換、濃縮、再転換、成形加工の各工程を経て製造されている。これらの各工程を担う施設の運転や解体に伴って廃棄物が発生する。この廃棄物は、ウランが付着したもの(フィルタ、金属類、レンガ等)や、廃棄物中にウランが取り込まれたもの(スラッジ類、焼却灰)などであり、半減期が長く(例えばウラン238は約45億年)時間の経過による放射性物質の低減が期待できないこと、ウラン核種の崩壊により生じた子孫核種が生成し、累積するなどの特徴を有している。

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(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称する)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、鉱物化除染、超臨界炭酸ガス除染、超高圧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(CF₃)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。

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。

フッ素化除染システムの概念を図-8に示す。

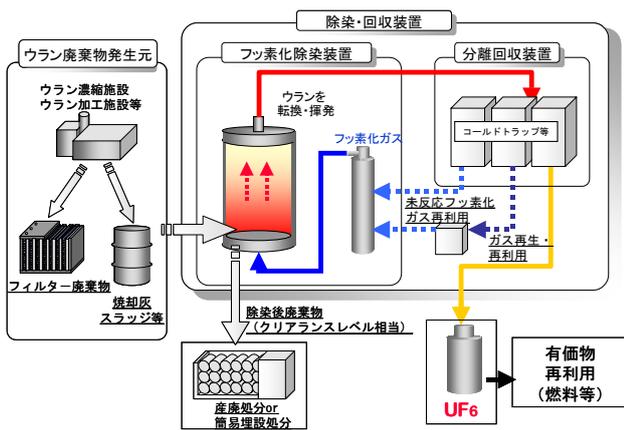


図-8 フッ素化除染システムの概念図

(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。これまでに各廃棄物を全溶解することに成功した。アルカリ融解/電解透析除染の概念図を図-9に示す。

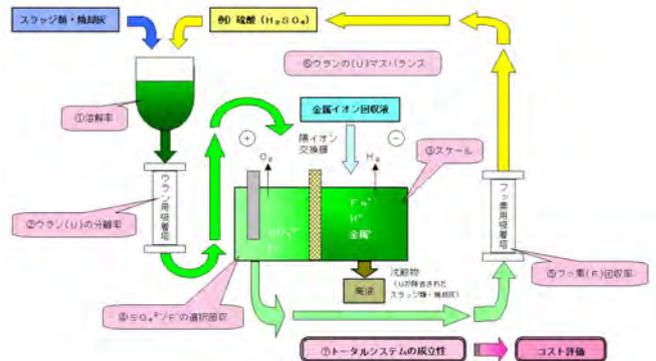


図-9 アルカリ融解/電解透析除染の概念図

◇平成16年度の成果

(1) フッ素化除染

除染が困難で、かつ発生量の多い鉄澱物を試料としてロータリーキルン式反応容器に入れて除染試験を行った。除染時間と除染温度をパラメータとして反応速度定数を調査した。反応温度ごとに除染時間と残渣中ウラン濃度との関係を図-10に示す。除染温度550℃、除染時間120分以上で処理することにより、クリアランスレベル相当の除染性能が得られた。

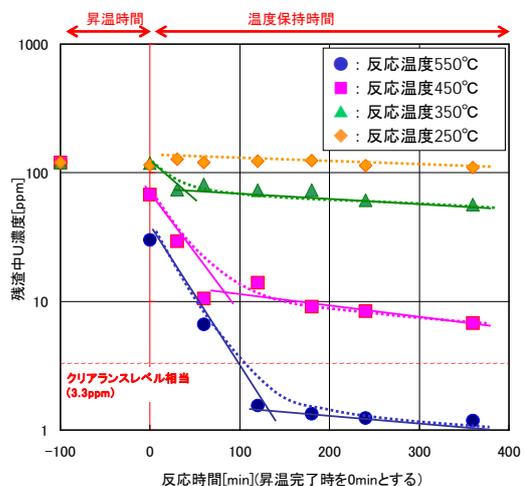


図-10 フッ素化除染結果(処理温度、反応時間依存性)

1. 放射性廃棄物の管理処分に関する研究

初期反応では残渣中ウラン濃度変化の傾きが大きい、時間の経過にともない濃度変化が小さくなっている。短時間側の傾きが急な部分は、 ClF_3 に接触し易い部分にあるUと ClF_3 の反応を表しており、Uと ClF_3 の反応が律速であると考えられる。長時間側の傾きが緩やかな部分は、 ClF_3 に接触しづらい部分にあるUと ClF_3 の反応を表しており、廃棄物内の ClF_3 の拡散のような現象が律速になっていると考えられる。

この結果から試験パラメータと除染性能の関係を除染性能評価式としてまとめ、除染試験条件を評価式に入力することにより実機設計の基礎データを得ることができた。

(2) アルカリ融解/電解透析除染

スラッジ廃棄物を硫酸及び水酸化ナトリウムで交互に溶解を行って全溶解する。この過程で発生する酸及びアルカリ溶解液中のウランを吸着材を用いて分離する。平成16年度は2種類の吸着材（リン酸型、アミドキシム型）のウラン

吸着バッチ試験を行い、pHによるウランの吸着率、分配係数の変化を測定した。測定結果を表-1に示す。

表-1の◎と○はウランの分配係数が高いことを示している。この表から酸又はアルカリ廃液を問わず、pHを3~4に調整すればアミドキシム型吸着材だけでウランを吸着でき、pHを一元化できることが分かった。各スラッジごとに溶解した液を混合した廃液でも、pH3,4で 10^3 ml/g レベルの分配係数を確保できるので、1種類の廃液として処理が可能であり、システムを簡略できることが分かった。擬似鉍物化試料においても、pH3,4において分配係数が 10^4 ml/g レベルと高いので、単体廃棄物を別々に溶解しなくても、一度にまとめて擬似鉍物化し、溶解することでシステムを簡略にできることが分かった。

今後、システムの構築や工学的な検討を実施する。

表-1 アルカリ融解による除染結果（分配係数のpH依存性）

廃液種類		U吸着材種類	pH1	pH2	pH3	pH4	pH5	pH6	pH7	pH8	pH9	pH10	pH11	pH12
鉄殿物 十る過助 剤	酸廃液	リン酸型	x	x	△	沈殿発生が確認された領域								
		アミドキシム型			○									
	アルカリ 廃液	リン酸型												
		アミドキシム型			○	◎	○	○						○
焼却灰	酸廃液	リン酸型	△	x	△	沈殿発生が確認された領域								
		アミドキシム型			○									
	アルカリ 廃液	リン酸型												
		アミドキシム型			○	◎								○
アルミ殿 物	酸廃液	リン酸型	x		◎	◎	○							
		アミドキシム型			○	◎								
	アルカリ 廃液	リン酸型												
		アミドキシム型			○	○	○						○	○
中和殿 物	酸廃液	リン酸型	△		○	◎								
		アミドキシム型			◎	◎								
	アルカリ 廃液	リン酸型												
		アミドキシム型			△	○	○	○					○	○
4種混合 廃液	酸廃液	リン酸型	△	△	△	沈殿発生が確認された領域								
		アミドキシム型			○									
	アルカリ 廃液	リン酸型												
		アミドキシム型			○	○							○	○
擬似鉍 物化試 料廃液	酸廃液	リン酸型			△	○								
		アミドキシム型			○	○								
	アルカリ 廃液	リン酸型												
		アミドキシム型			◎	◎							○	○

分配係数(ml/g)
 ◎: 10^4 オーダー
 ○: 10^3 オーダー
 △: 10^2 オーダー
 x: 10^1 オーダー以下
 沈殿発生が確認された領域

3. 余裕深度処分等に関する研究

(1) 余裕深度処分の技術基準等に関する研究

余裕深度処分対象廃棄物及び余裕深度処分施設に求められる普遍的な安全要件の在り方について検討した。

(2) L1 廃棄物の合理的処理処分に関する研究

L1 廃棄物^{*}を合理的に埋設するため、具体的な運用に当たっての法規制体系と、それに基づく事業形態を検討した。

※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) 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、廃棄確認方法等の民間規格化のための要件等を検討した。

(4) ウラン廃棄物のクリアランス及び処分方策に関する研究

燃料加工施設等から発生するウラン廃棄物を安全かつ合理的に処分するため、ウラン廃棄物の特徴を踏まえたクリアランスレベルの検討、及び想定した処分概念に対する処分の適用性についての検討を行った。

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

【物理探査技術信頼性確認試験（高精度物理探査技術高度化調査）】

◇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。そこで平成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、平成15年度までに技術の高度化開発を進め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実フィールドへの適用性や探査精度の確認、プロトタイプから調査技術に成熟するための技術的課題の抽出・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ることとした。なお15年度まで本課題で検討してきた調査システムフローは、地質環境評価技術高度化調査として分離独立し、別途課題検討を行っている。以下に高度化開発を実施した技術概要を示す。

(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200m以浅の沿岸海域で海底下深度1kmまでを連続的に探査可能な計測システムの開発
- ・縦型構造の断層等の解析が可能な陸域3次元、海底2.5次元解析手法の確立
- (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)高出力孔内震源の開発・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解析技術の確立
 - ・広域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の確立
- (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開発

(2) 次世代技術調査

平成13年度、14年度の2年間において、次世代技術調査では下記に示す検討を実施した。

- ・物理探査技術の現状調査、資源開発技術分野の最先端技術の調査及び地層処分関係で適用された物理探査技術調査
- ・リモートセンシング技術の地質環境調査への適用性調査

(3) 調査システムフロー

平成14年度から、調査システムフローに関して、下記項目の検討を実施した。

- ・処分地選定に必要な情報と、既存の調査技術、その調査結果との相関性の分析・解釈も含めた形で整理する調査システムフローの構築
- ・パソコン上での調査システムフローの使用環境を整備するためのIT（情報通信技術）化

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。(VI. 資料(1)研究成果報告書等 No.3 参照)

◇平成16年度の成果

(1) 電磁法探査技術の信頼性確認試験

昨年度に引き続き米国モンテレー湾で、沿岸域の断層を対象とする探査技術を高度化するため開発したスタンドアロン型受信機とケーブル型受信機のプロトタイプによる確認試験を実施した。また、わが国の沿岸での調査環境を想定して、航行船舶の支障となる水上敷設ブイを用いない探査機器の海底敷設試験及び、ROV（水中ロボット）を

1. 高レベル放射性廃棄物処分 (1-1 地質環境調査技術)

利用した機器回収試験を実施した (写真-1~3)。計測データは、昨年度開発した海底 2.5 次元解析ソフトウェアを用いて解析し、海底下に存在する断層構造を解明した。陸域の電磁法探査技術では、核燃料サイクル開発機構 (現日本原子力研究開発機構。以下、サイクル機構という) との共同研究により、北海道幌延町で取得された既存電磁法データを陸上 3 次元解析ソフトウェアを用いて地質構造解析 (図-1) を実施した。



写真-1 ROV



写真-2 ROVによる機器回収

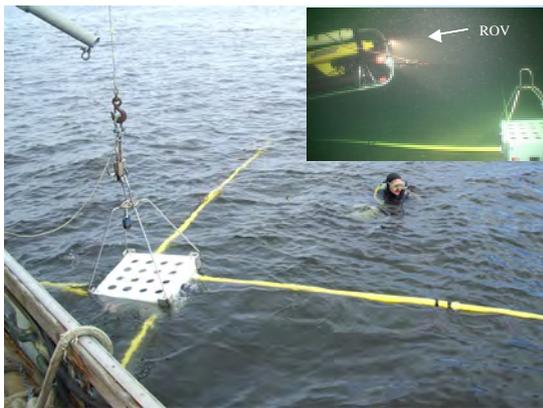


写真-3 モンテレー湾での電磁法確認試験

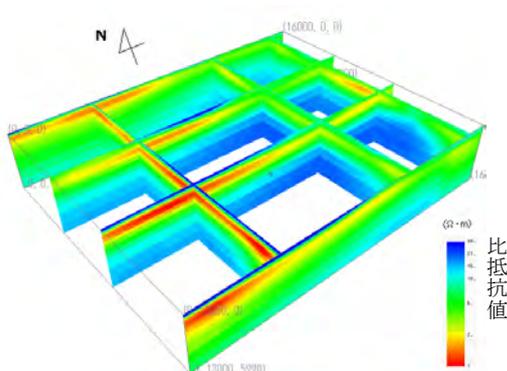


図-1 幌延における3次元電磁法解析結果

孔内震源のプロトタイプ of 伝播性能を向上させるために、共鳴体内部に窒素ガスを注入する圧力補償ユニットを追加して、サイクル機構が施工した幌延のボーリング孔内で動作試験を実施した (図-2)。音響透水トモグラフィでは、スイスのグリムゼルテストサイトで採取した岩石試料を測定して、岩盤の透水性と弾性波速度分散現象の相関性を確認するとともに、原位置透水試験を実施して、弾性波トモグラフィと組み合わせた解析により岩盤中の透水係数分布を推定できる手法 (図-3) を開発した。また広域の弾性波トモグラフィ確認試験に備えて、米国デバイン試験場に計測用のボーリング孔を施工し、孔内試験及び弾性波伝播計測を実施した。



図-2 孔内震源と圧力補償ユニットの動作試験

(2) 弾性波トモグラフィ技術の信頼性確認試験
平成 15 年度に技術課題として抽出した高出力

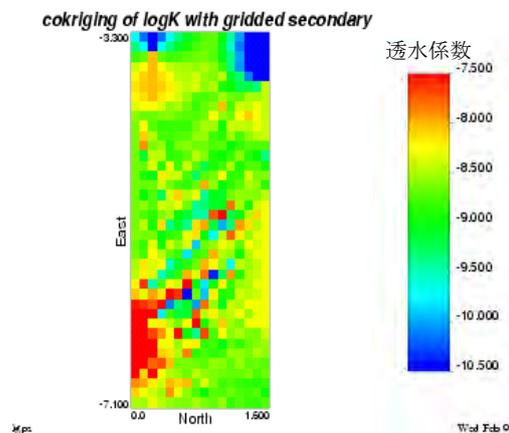


図-3 弾性波トモグラフィとコクリッキング法の組み合わせによる透水場構築

【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、これまでの調査・研究成果を踏まえて、以下を実施することとしている。

(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地質環境評価システムを検討する。

(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。（VI. 資料(1)研究成果報告書等 No.4 参照）

◇平成16年度の成果

(1) 塩・淡水域（沿岸域）・堆積岩系における調査上の重要因子の分析・評価

塩・淡水域（沿岸域）・堆積岩を対象とした場合の地質環境評価上の課題解決に向けた調査上の重要因子の抽出、分析・評価を行った。また、調査技術に関する最新の知見を調査し、その合理的な適用方法と組み合わせ方法を検討し、調査システムフローの見直し・再構築を実施した。

1. 高レベル放射性廃棄物処分 (1-1 地質環境調査技術)

(2) 地層・地質構造、海水準変動が地下水流動に及ぼす影響評価

調査システムフローにおける調査の重要性・優先度を検討するために、地層・地質構造、海水準変動等が地下水流動に及ぼす影響を解析的アプローチ（密度流を考慮した地下水流動解析）により評価した（図-2）。その結果、特に低透水層の存在など地層の不均質性が核種の移行経路やトラベルタイムに大きな影響を及ぼすこと、従って、その特性調査が重要であることなどを示した。

(3) 塩・淡水域（沿岸域）・堆積岩系を対象とした模擬検討に向けた事前検討

塩・淡水域（沿岸域）・堆積岩系における地質環境評価上の重要課題を整理した上で、下記に関する模擬検討シナリオとデータセットを作成した。

- ・ 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（SKB オスカーシャムの調査を対象）
- ・ 堆積岩におけるニアフィールド地下水流動評価（JAEA 幌延の調査を対象）
- ・ 堆積軟岩における地下空洞等地下施設の設計（JAEA 幌延の調査を対象）

平成 17 年度はこれらの模擬検討を実施し、調査システムフローの妥当性を検証する。

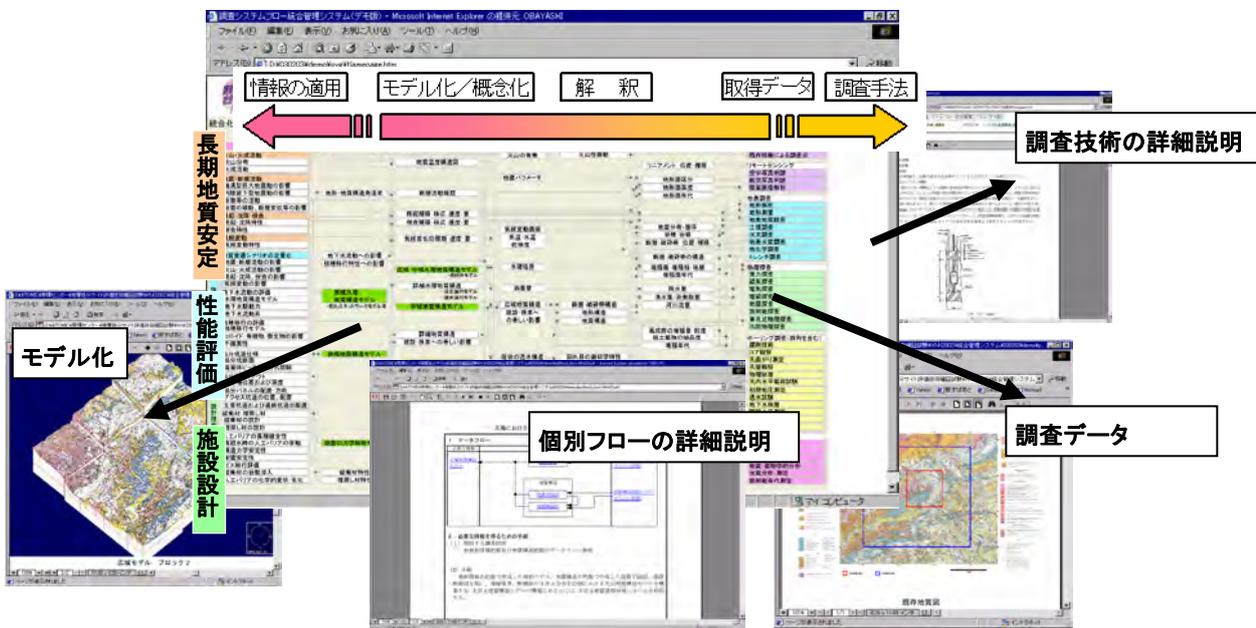


図-1 調査システムフローとその可視化システム

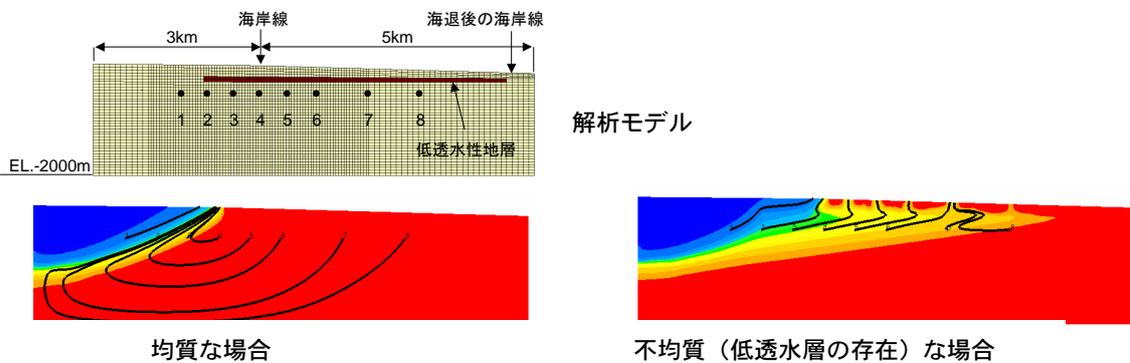


図-2 地層の不均質性が塩分濃度分布と移行経路に及ぼす影響（海進期（現在）における比較）

II. 放射性廃棄物の地層処分に関する調査研究

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、基礎試験、要素試験等を行い、その成立性、適用性、適用条件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する。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する。

なお本調査で前提となる人工バリアシステムは、基本的に第二次取りまとめで提示された概念に基づくものとした。

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、各技術について基礎試験、

要素試験を行い、現時点における最新技術の適用性、適用範囲、適用条件を表示する技術メニューを整備した。また溶接・検査、ハンドリング・定置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。

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。(VI. 資料(1)研究成果報告書等 No.5 参照)

◇平成16年度の成果

(1)遠隔溶接・検査装置の開発

代表的なアーク溶接であるMAG溶接(Metal Active Gas溶接)について、オーバーパックの全肉厚溶接を前提とし、開先深さ最大190mmを目標として施工試験を行った。付帯作業の検討として、CCDカメラを用いた遠隔監視法で良好な画像が得られることを確認するとともに、溶接中のスパッタ付着状況から、溶接トーチの清掃頻度を確認した。また、板厚190mmの試験体により溶接施工条件を把握するとともに、継手性能試験により溶接品質を確認した。

複合オーバーパックへの適用技術として、レーザービーム溶接について、板厚7mmのチタン材に対する施工試験を行った。平板試験体を用いた試験で、ブローホールの発生を低減できる溶接施工条件とともに、始末端部処理条件の適正条件を確認し、それらの溶接条件に基づき、蓋溶接施工試験を行った。

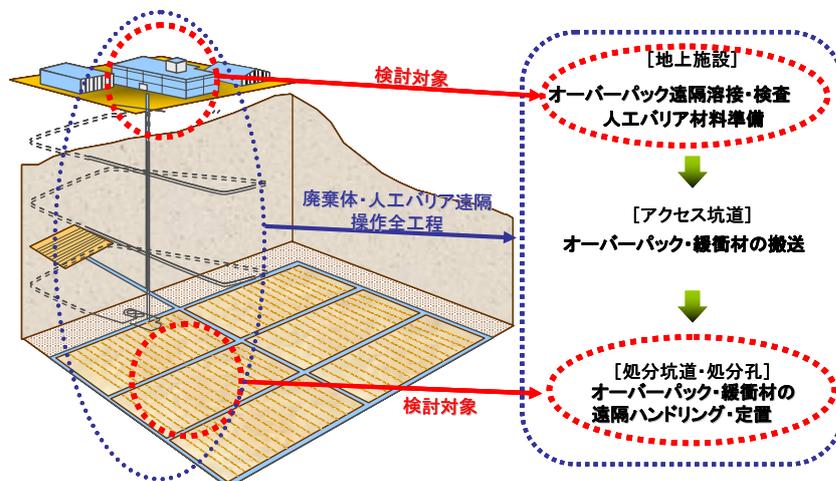


図-1 本調査の検討範囲

非破壊検査技術として、超音波探傷法のうち、表層部の欠陥検出に優れるクリーピングウェーブ法について、溶接余盛表面(MAG 溶接 (炭素鋼) 及びレーザービーム溶接 (チタン))の検査精度の確認試験を行った。レーザービーム溶接試験体については、開先部の形状による影響から、探傷方向の違いによって検出結果に違いがあることが分かった。また検出性に優れている二振動子法について、きず定量化の可能性を予備試験で検討し、きず長さ、およびきず高さに対する評価方法を確認した。

また表層部の検出性、定量性に優れる交流電磁場測定法 (ACFM 法) を用いてチタン材、及び溶接試験体 (レーザービーム溶接) に対する検査精度の確認試験を行った。ACFM 法では、開先形状による影響はないことを確認したが、炭素鋼と比較して、チタン材に対する検出性は若干劣っていることが分かった。

さらに各溶接・検査技術について、これまでの要素試験の成果を中心に、現状での各技術の適用性、適用範囲、適用条件を表示する技術メニューを整備した。

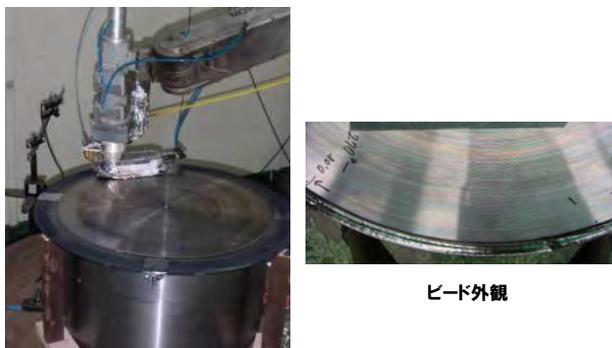


図-2 レーザビーム溶接 蓋溶接施工試験実施状況

(2) 遠隔ハンドリング・定置装置の開発

圧縮ブロックを定置するブロック型緩衝材方式については、前年度までの研究成果を反映し、定置の作業性と品質向上の観点から、より具体化した横置き定置システム の概念を提示した。また処分孔及び処分坑道の状況確認に適用する計測技術について、既存技術の調査を行い、有望な計測技術について、地下処分場で想定される条件への適用性を基礎試験により確認した。

緩衝材を原位置で締固める緩衝材の原位置締固め方式については、原位置締固めの衝撃影響

に関する解析的検討より、岩盤の健全性と締固め可能性の2つの観点から本方式の成立範囲を示した。締固め機構に関して、緩衝材を静的に締固めた際の緩衝材の体積圧縮特性の解析モデルを構築した。また振動方式による締固めについて基礎試験で締固め特性に関するデータの取得を行い、取得データを基に振動系締固め機械の設計検討を行った。

ペレット状のベントナイトを充填するベントナイトペレット方式については、振動による高密度化試験と空隙閉塞時間測定試験、縦置き方式及び横置き方式に関する施工模擬試験を実施した。この試験結果から、振動を加えることにより、ベントナイトペレットの充填密度の増大が可能であること、縦置き方式については適切な注水量、注水圧の設定により充填後の上面から注水が可能であることを確認した。また横置き方式についてはスクリーコンベア搬送による充填特性を把握した。

プレアセンブル方式については、エアベアリングシステムのうち上敷材に関する適用性試験を行い、その結果から適切な上敷き材を設置することで、曲面用エアパレットの適用性が拡大すること明らかにした。また処分パッケージの両側面にエアジャッキを配置して把持する方式の適用に向け、基礎試験からエアジャッキの処分パッケージ把持への適用への見通しを得た。

さらに各方式の遠隔定置システムについて、これまでの成果を基に、地上施設、アクセス施設および地下施設を通じた一連の製作・搬送・定置システム (全体システム) を例示し、現状での実現性を提示した。また各個別技術については技術メニューとして整備した。

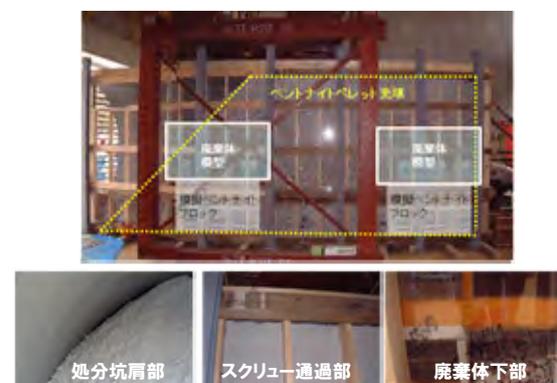


図-3 ペレット方式施工模擬試験充填状況

【人工バリア特性体系化調査】

◇事業の概要

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・検査技術に関する検討が「遠隔操作技術高度化調査（平成12～16年度）」で現在進められている。これらの溶接技術の成立性、適用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。本調査では溶接部の腐食に関する情報収集及びオーバーパックスを模擬した溶接部の耐食性評価試験によって溶接部の長期健全性評価のための知見を整備すると同時に、オーバーパックスの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、溶接部の特性について以下の調査・分析を行うものである。

(1) 溶接部の腐食に関する情報収集・整備

オーバーパックス及び溶接部の腐食挙動に関する過去の研究成果を収集・分析し、溶接部の耐食性に関する知見を整理する。特に、オーバーパックスに関しては過去の研究の経緯、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）についても調査・整理する。

(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を用いて母材と溶接部の腐食挙動の比較・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、母材と溶接部の耐食性の比較や地層処分後の状態を想定した長期間の腐食挙動を調査する。

(3) 溶接部品質検討

耐食性も含めた溶接技術の妥当性を評価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）を調査してデータを整備する。また、溶接部に特有の事象である溶接残留応力の解析・評価と低減対策についても検討する。さらに、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。

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(1)及び(2)については核燃料サイクル開発機構（(現)日本原子力研究開発機構。以下、サイクル機構という）と共同研究

を行っている。(VI. 資料(1)研究成果報告書等 No.6 参照)

◇平成16年度の成果

(1) 溶接部の腐食に関する情報収集・整備

既往文献の調査結果を基に溶接部の特性（特に耐食性）についての知見を整理した。溶接部における腐食問題を次の2つに分類し、それぞれについて考え方をまとめた。

① 固有の耐食性の問題

② 巨視的不均一性の問題

また、溶接部の腐食挙動に影響を及ぼす因子について、金属組織、化学成分、硬さ、結晶粒径等の観点で過去の研究成果を分類・整理した。オーバーパックスの腐食挙動については、サイクル機構の「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性（第2次取りまとめ）」で提示された炭素鋼オーバーパックスの腐食シナリオ、およびその後の研究等で得られた知見を整理し、溶接部の影響を考慮する必要がある項目を抽出した(図-1)。この結果を基に、次の4つの試験計画を策定した。

① 不動態化挙動と腐食形態

② 酸化性雰囲気での全面腐食、孔食、すき間腐食進展挙動

③ 応力腐食割れ感受性、

④ 還元性雰囲気における全面腐食進展挙動、水素脆化感受性

(2) 耐食性評価試験

(1)で策定した計画のうち、「①不動態化挙動と腐食形態」に関して、「遠隔操作技術高度化調査」で製作したTIG¹⁾とEBW²⁾の2種類の溶接試験片を用いた腐食試験を実施した。金属組織等の性状が異なる母材と溶接部（熱影響部、溶接金属）の腐食挙動を電気化学的手法で調査した結果、EBWでは母材と溶接部で大きな違いは認められなかった(図-2、-3)。一方、TIGでは一部の条件で母材と溶接部の腐食挙動が異なり、溶接方法による違いが若干認められた。

1) TIG：ティグ溶接(tungstein inert gas welding)

2) EBW：電子ビーム溶接(electron beam welding)

(3) 溶接部品質検討

a. 溶接部の性状のデータ整備

1. 高レベル放射性廃棄物処分 (1-2 処分技術)

(1)で整備した溶接部の耐食性に影響する因子(化学成分、金属組織、硬さ、結晶粒径等)について調べるため(2)で使用した溶接試験片の材料調査を実施した。母材と溶接部で比較した結果、金属組織学的な違いや材料の化学成分の違いが確認されたが、現時点では、明らかに耐食性に悪影響を及ぼす因子はTIG、EBWとも特に認められなかった。

b. オーバーパックの溶接部の残留応力

溶接部の残留応力の実測値および数値解析値に関する過去のデータ等を整理・比較した。この結果と既往文献の知見を合わせて残留応力解析方法の現状を整理し、課題として挙げられた次の項目について問題の解決に必要な対策と計画をまとめた。

- ① 入熱効率、熱源のモデル化の検証
- ② 解析手法、材料物性値の妥当性の検証

- ③ 相変態の有無の確認
- ④ 2次元軸対称モデルの妥当性確認(3次元モデルによる検証)
- ⑤ モックアップの残留応力分布のばらつき確認

また、応力腐食割対策となる残留応力の低減方法に関する知見を整理し、炭素鋼オーバーパックを対象とした場合に有力な候補となる手法について技術的妥当性を確認するための試験計画を策定した。

c. オーバーパックに適した鋼種の情報収集

機械的特性、製作性(素材の加工、溶接等)、耐食性等、オーバーパックと関係する炭素鋼の性質、および過去のオーバーパック関連の試験で使用された炭素鋼の種類と選定理由に関する情報を整理した。鋼種選定の考え方を今後まとめる上で必要なデータが得られた。

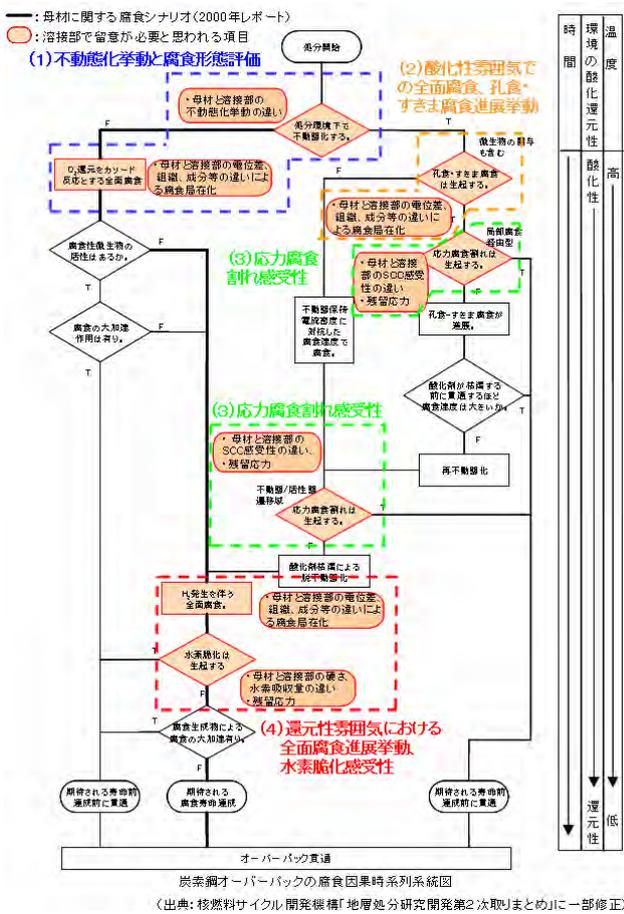


図-1 炭素鋼オーバーパックの腐食シナリオと溶接部で留意する必要がある項目

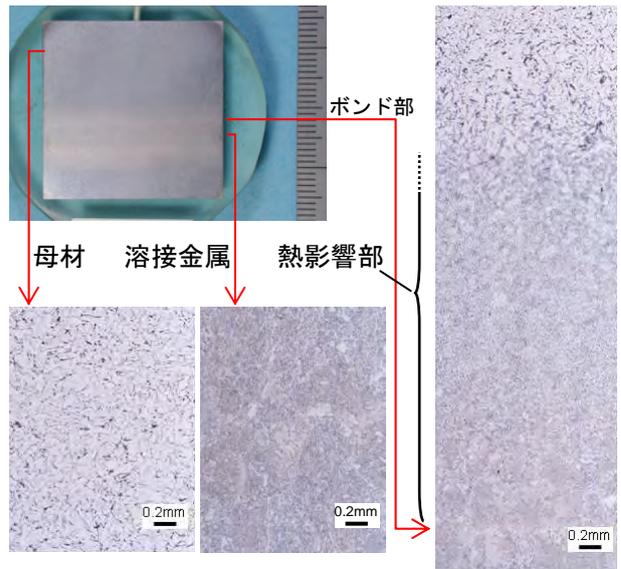


図-2 母材および溶接部の金属組織 (EBW)

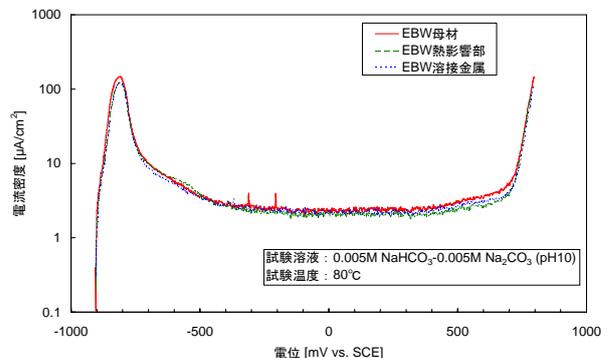


図-3 母材および溶接部のアノード分極曲線 (EBW)

【人工バリア材料照射影響調査】

◇事業の概要

従来、材料の放射線照射影響は破壊力学的手法に基づいていた。例えば、軽水炉圧力容器鋼の照射損傷（照射脆化）に関しては、我が国では原子力発電が始まって約30年経過し、軽水炉の寿命延長（高経年化）が検討されている。このためには圧力容器鋼の脆化を絶えず予測・監視し、健全性を保つ必要があり、主として破壊力学的手法に基づいて内外の関連のデータベースを基にした予測、評価が行われている。しかしながら、従来の知見を超える長期の健全性を評価し、確保するためには、運転中の圧力容器鋼内部の微視的構造変化（照射欠陥や照射下微小析出物形成など）の正確な理解が不可欠であることが指摘されている。

一方、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、より長期の安全性確保が要求されている。このことから、従来技術に基づく照射損傷の定量的な予測（長期の外挿）はさらに困難になってくる。そこで本調査では、従来の破壊力学的手法に依らず、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。（VI. 資料(1)研究成果報告書等 No. 7 参照）

◇平成16年度の成果

平成16年度は平成15年度に引き続き、平成14年度までに整備した測定装置—同時計数ドップラー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—を用いて炭素鋼等、及び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. 炭素鋼等

Fe-Cu モデル合金中に熱時効による析出極初期過程で形成する超微小 Cu ナノ析出物を対象として、照射誘起析出で重要になる直径サブ nm～数 nm 程度の析出物寸法を、陽電子消滅 2 光子 2 次元角相関法によって非破壊的に評価する手法を確立すると共に、照射誘起析出で重要になる直径サブ nm～数 nm 程度の析出物の数密度を、陽電子消滅時間-運動量相関法によって非破壊的に調べる手法を確立し、陽電子の消滅相手元素の陽電子消滅時間発展を明らかにして陽電子の捕獲率を求めた（図-1）。また、Fe-Cu モデル合金に第3元素として Ni、Mn、P を別々に添加した3元素モデル合金を、材料試験炉（JMTR）で照射し、空孔-Cu 集合体や Cu ナノ析出物形成に対する第3元素の効果を陽電子消滅と3次元アトムプローブを用いて調べた。いずれの試料でも、空孔型欠陥を含む Cu ナノ析出物が形成した。また Ni、Mn は Cu ナノ析出物に偏析すること、Cu ナノ析出物の寸法を減少させ数密度を増加させることを示した。さらに C-Mn 鋼の照射脆化について、JMTR で加速照射（1週間）した試料と実機発電炉で低照射速度で照射（約20年間）した試料を比較し、脆化機構を陽電子消滅と3次元アトムプローブで調べた。低照射速度の場合、 10^{17} n/cm²程度の低照射量から超微小 Cu ナノ析出物が生成し、脆化の主な原因となることを明らかにした。

b. ガラス

以下に示すように、各種モデルガラスについて2成分系、3成分系での構造空隙寸法の変化を検討した。

SiO₂に、SiO₂以外の網目形成酸化物である B₂O₃を加えた SiO₂-B₂O₃系では、B₂O₃を加えても空隙寸法はほとんど変化しないが、GeO₂を加えた SiO₂-GeO₂系の空隙寸法は 100%SiO₂から 100%GeO₂へモル濃度に比例して緩やかに減少することを確認した。

SiO₂に、網目修飾酸化物であるアルカリ金属酸化物、アルカリ土類酸化物を加えた、SiO₂-R₂O（R=Li、Na、K）系、SiO₂-Na₂O-R'O（R'=CaO、BaO）系、及び SiO₂を主とする網目修飾酸化物との組合せの比較として作製した B₂O₃-Na₂O 系の組合せにおいては、網目修飾酸化物が導入されると急激に空隙寸法が減少することが分かった（図-2）。

また SiO_2 に、中間酸化物である Al_2O_3 、 ZnO 、 ZrO_2 を加えた、 SiO_2 - Na_2O - Al_2O_3 系、 SiO_2 - Na_2O - ZnO 系、 SiO_2 - Na_2O - ZrO_2 系では、 Al_2O_3 を加えても空隙平均寸法はほとんど変化しないが、 ZnO を 5% 以上加えると、空隙平均寸法が減少していくことが確認され、中間酸化物が網目形成にある程度参加した後は修飾酸化物として働いたためと考えられた。

(2) 分子動力学シミュレーションと微小析出物の機械特性に与える影響について

分子動力学シミュレーションの結果と Cu ナノ析出物の寸法を制御した引っ張り試験の結果を比較した。200~300K においては温度の低下に対して降伏応力の増加傾向があり、計算結果との一致が見られた。分子動力学シミュレーションでは転位のカッティング機構に従って計算を実施しており、実験結果もカッティング機構による可能性が高いことを示唆した。Cu ナノ析出物を含む試験片では、液体窒素温度付近で析出物の寄与による降伏応力増加が小さくなることが明らかになった。これは、低温ではパイエルス・ポテンシャルの著しい増加により、析出物による降伏応力の増加が相対的に小さくなるためと考えられた。Cu ナノ析出物による降伏応力の増加を正確に求めるには、①バックグラウンドが大きくなるため、測定精度を向上させる、②双晶変形の抑制、③降伏応力の結晶方位依存性やホールペッチの効果、④基準となる純鉄の降伏応力の測定値のばらつきの抑制、などの改善が必要であると考えられた。

(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は低照射速度・長期照射 (20 年、 4×10^{-4} dpa) と JMTR の高照射速度・短期照射 (7 日、 3×10^{-3} dpa) の比較をそのままオーバパック鉄鋼材料 (1000 年、 5×10^{-6} dpa) での照射影響評価に適用できるとは限らないが、長期間約 200°C 程度の照射を受けると、非照射では起こりえないような照射誘起あるいは照射促進拡散によってナノ析出物が形成される可能性があることが示された。

またガラスの構造空隙は、(Glass) Network Former、(Glass) Network Modifier、Intermediate のモル濃度によって系統的に変化すること、特に単結合強度の考え方でその変化が理解できるものと考えた。また現在考えられている高レベル放射

性廃棄物モデルガラスでは Glass Former のモル濃度が低く、陽電子が存在するような構造空隙が含まれていないことも明らかとなった。このことは反跳娘核種が安定に存在できる構造空隙があまり無いことを意味しており、長期間のガラス構造安定性の観点からの考察が必要であると考えられた。

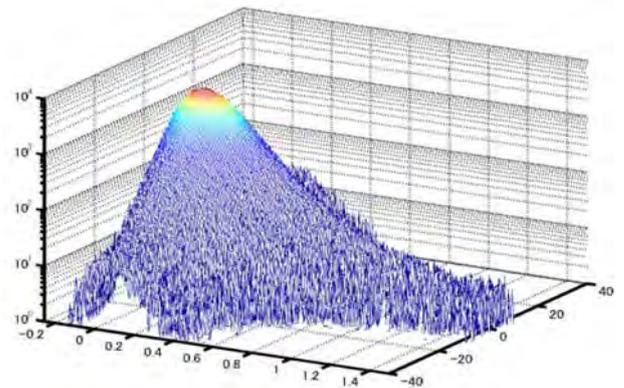


図-1 陽電子消滅時間-運動量相関法による純鉄の陽電子消滅における運動量の2次元スペクト

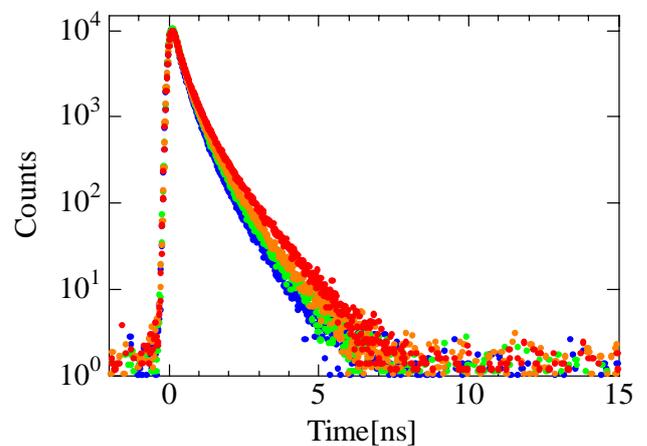


図-2 SiO_2 - Na_2O - BaO 系の陽電子寿命スペクトル

【性能評価技術高度化】

◇事業の概要

地層処分に於ける従來の性能評価では、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(性能評価技術の高度化)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性能評価技術の開発を行うため、関連情報の収集・分析及び評価技術の開発を行う。

(1)性能評価に關する基礎情報の収集及び整理・分析

ここでは国内外で従來行われてきた性能評価に關する情報を収集し、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(図-1)する。

(2)現実的な性能評価技術の開発

性能評価に於ける課題を明らかにし、より合理的な性能評価を可能とする現実的な性能評価技術の開発を行う。

平成14年度は第2次とりまとめで行われている安全評価に於ける課題を基に、現時点に於ける性能評価に關する課題を抽出し、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關する調査検討」を選定した。

平成15年度は海外の性能評価報告書や、FEP、性能評価技術に關する情報を収集、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。(VI. 資料(1)研究成果報告書等 No.8 参照)

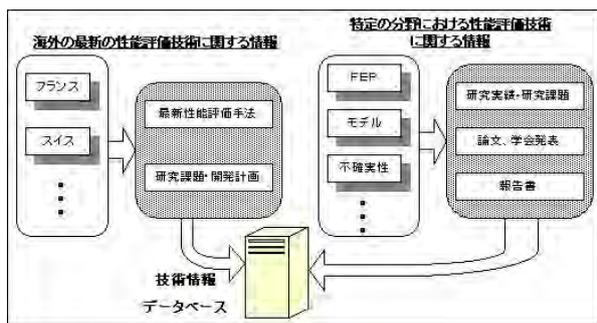


図-1 性能評価に關する基礎情報の収集及び整理・分析

◇平成16年度の成果

(1)性能評価に關する基礎情報の収集及び整理・分析

a. 性能評価に關する調査

米国及びスイスに於ける地層処分の性能評価報告書を基に、わが国に於ける性能評価研究との比較など体系的に整理、分析を行った。またスウェーデンでの性能評価に關する最新情報を収集し、米国、スイスの報告書とともにデータベースに整備した。

b. FEPに關する調査

わが国の安全評価研究に於いて除外されたFEPのうち、昨年度に実施した「将来の人間活動」「隕石の落下」「臨界」「放射線分解/放射線損傷」に、新たに「工学的対策に關する初期欠陥」と「処分施設中での核種移行」を加えた6つについて、国内外の主要な文献を対象に情報収集し、調査票として概要を整理するとともに、データベースに整備した。

c. 現実的な性能評価技術に關する調査

スイス、ドイツ、スウェーデン及びベルギーの実施主体等から、性能評価に於けるモデル、データ等の不確実性の取扱いに關する情報を収集・整理し、データベースに整備した。

(2)現実的な性能評価技術の開発

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 処分場スケールで発生する事象の検討

処分場スケールで発生する事象あるいは複数廃棄体の相互影響によって発生する事象を検討・整理した。検討整理した処分場スケールの発生事象のうち、水理に關する事象の検討を行った。地下水流動方向の変化、プラグの止水性、及び支保工の劣化を選択し、これらの事象が発生したときに、掘削影響領域の通過流量及び下流側の掘削影響領域への移行割合に与える影響を、地下水流動解析を行って定量的に評価検討した。

② 性能評価ツールに取り込むモデルの検討

複数廃棄体モデルによる地下水流動解析、

及び物質移行解析を実施して、H15 評価モデルで採用した解析モデルの妥当性の確認を行い、問題点を抽出した。さらに、処分場スケールにおいて発生すると想定される事象の主要なものについて感度解析を実施して、重要なパラメータとその影響度について基本的な検討を実施した。

また今後開発する解析モデルの基本検討を行い、マルチスケールモデルの概念 (図-2) をコンパートメントモデルに取り入れる必要があるという結論を得た。

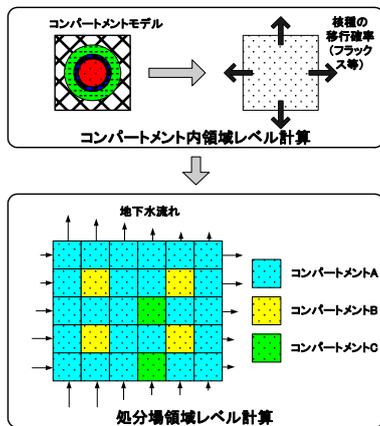


図-2 マルチスケールモデルの概要

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を実施した。

①人工バリアシステムにおけるガラス溶解挙動の検討

人工バリア体系において想定しうる種々の溶存ケイ酸消費現象をモデル化したガラス溶解溶存ケイ酸挙動に関する解析を実施し、ガラス固化体近傍での溶存ケイ酸濃度が比較的長期にわたって飽和濃度未満となりうることを示された。しかしながら、既往の観察事実から判断すれば、初期のガラスの溶解によってひとたび変質層が形成されてしまうと、変質層の保護膜的な効果によって、ガラス溶解に対する溶存ケイ酸濃度の影響は緩和されること、換言すれば、化学親和力によるガラス

溶解が抑制されることが示唆されており、変質層における拡散律速等の物質移行過程を詳細に評価する必要があることが指摘された。

②ガラス固化体の破壊挙動を考慮した核種移行の検討

平成 15 年度の調査結果を踏まえ、変質層成長に対する微視的スケールのモデル (Devreux & Barboux, 2001) を基礎として、

- ゲル層による保護効果を考慮したシリカ溶解 (加水分解) 反応速度
- 拡散層及びゲル層を通じた水の拡散に律速されたガラスの水和反応速度

を考慮したガラス溶解モデルを開発し、例題の解析を行った (図-3)。結果は火山ガラスの長期溶解速度とオーダーとして整合的であった。また、既往の FDEM 解析結果に基づきガラス破壊の自己相似性を示した上で、微小破片の寄与も含めた総表面積を推定した。この結果を S/V 比として反映したガラス溶解解析を行い、S/V 比増大による溶解抑制初期に限られることを示した。ただし、絶対値としてのガラス溶解速度はいずれにしても極めて小さかった。

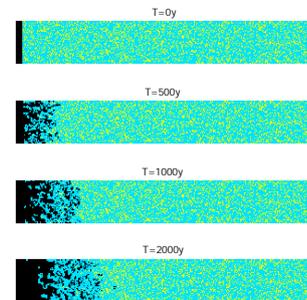


図-3 微視的スケールにおけるガラス溶解現象のシミュレーション例

c. 性能評価の情報化技術に関わる調査検討

地層処分システムの性能評価に関して、各分野の専門家等が正確な技術情報を共有化することを目的として、地層処分システムの全体構成の概要に関する可視化、ガラス固化体からの放射線量の分布、オーバーパックによる核種閉じ込め期間中での放射能の減衰、人工バリア中での核種移行に関する 4 項目について可視化コンテンツの作成を行った。

【地球化学バリア有効性確認調査】

◇事業の概要

高レベル放射性廃棄物地層処分システムのバリア性能は、放射性核種の地下水に対する溶解度や岩石への収着性のような地球化学的反応に影響される。Pu, Npなどのアクチノイドは溶解度が小さく岩盤中での収着性が大きいと評価されているが、その潜在的毒性は長期にわたる。地層処分システムのバリア性能に係わる信頼性の向上や安全裕度の確認を行うために以下のような研究を実施している。

- ①アクチノイドの長期の挙動評価の信頼性を向上させるために、ウラン鉱山の岩石（鉱石）や火山ガラス中のウランが長期間移行しない地球化学的な地質環境条件を評価する。
- ②地下水中のアクチノイドの濃度は、共沈等の効果により下がることが期待される。これを確認するために、ウラン共存時のアクチノイド水酸化物・酸化物のデータを取得し、ウランがアクチノイド(Pu, Npなど)の溶解度に及ぼす効果を評価する。
- ③各種条件下で収着実験を行い、岩石にアクチノイドが地球化学的な反応で保持される条件を評価する。

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。(VI. 資料(1)研究成果報告書等 No. 9 参照)

◇平成 16 年度の成果

- (1)ウラン鉱山の岩石（鉱石）や火山ガラス中のウランが長期間移行しない地球化学的な地質環境条件の評価

ロシアのストレツォフスコエ(Streltsovskoe)ウラン鉱床地帯での各種火山岩（鉱石）及び火山ガラス中のウランの挙動について、平成 14 年度までに調査を実施した。この鉱床の鉱石は、1.7～1.4 億年前の火山活動で形成されたカルデラ中に 1.35 億年前に U を含む熱水が貫入して、形成されたピッチブレンドを主とする初生鉱石とその後の熱水貫入により生成された二次鉱石からなる。母岩は、玄武岩、石英安山岩などである。

岩石（鉱石）中の U の移行挙動調査の結果、岩石（鉱石）中の初生ウランの大部分は、移行していないと推定された。鉱石（ピッチブレンド）形成後に貫入した熱水的作用によっても、U の主たる移行は、数十 m 以内と推定された。平成 15 年度は、これらのウランの移行を定量化することを目指して、ピッチブレンドに、熱水が作用してコフィン石（珪酸ウラン鉱物）様の鉱物に変質する過程の調査を行った。

平成 16 年度はこの調査データを用いて、熱水的作用によるウランの移行の定量化を行った。熱水的作用によってウラン濃度の高い部分からウランが浸出され、濃度の低い部分で沈殿していた。熱水的作用でピッチブレンドの約 4 分の 1 がコフィン石に置き換えられていたが、鉱体の外に浸出されたウランは全体の 1 % 以下と算定された。このように熱水が還元性である場合は、浸出されたウランが再沈殿し、鉱体の外へは移行しないと考えられる。

- (2)ウランがアクチノイド(Pu, Np など)の溶解度に及ぼす効果の評価

平成 14 年度までに、U(IV)-Pu(IV)水酸化物、U(IV)-Np(IV)水酸化物、U(IV)-Am(III)水酸化物などの溶解度を測定した。U(IV)-Pu(IV)水酸化物の模擬地下水中の Pu 溶解度は、pH(7～11)にかかわらず、検出限界 1×10^{-11} M(mol/L)以下となった。Pu 水酸化物単体の場合では、 10^{-9} M のオーダーであったので、U の共存が溶解度を大幅に低下させていた。U(IV)-Np(IV)水酸化物の Np 溶解度は、pH(7～11)にかかわらず、約 2×10^{-7} M であった。Np 水酸化物単体の場合は、 10^{-8} M のオーダーであったので、U の共存によって溶解度が増加した。一方、U はいずれの系でも溶解度が増加した。人工海水中でも混合水酸化物の Np 溶解度は、 3×10^{-7} M で模擬地下水中と同様であった。これらの混合水酸化物系の溶解度は以下のようにアクチノイド間の酸化還元反応に影響されるものと仮定し、その確認のためのデータの取得を行ってきた。

- 酸化還元による U(IV)の U(VI)への酸化、Pu(IV)の Pu(III)、Np(IV)の Np(III)への還元による溶解度の増減
- Np(IV)の偶発的な Np(V)への酸化による溶解度の増加

- Pu(IV)水酸化物の重合 (ポリマー化) による溶解度の減少

以上の仮定に基づき、平成 15 年度には混合価数型 U(IV)-U(VI)、Np(IV)-Np(V)水酸化物の U と Np 溶解度の測定と Pu(III)水酸化物の溶解度測定を行った。Pu(III)水酸化物の溶解度は 10^{-9} M 程度で低溶解度の原因でないことが分かった。

平成 16 年度は、混合価数型 U(IV)-U(VI)、Np(IV)-Np(V)水酸化物の溶解度を継続して測定した。併せて、Pu(OH)₄の重合 (ポリマー化) が溶解度に与える影響を検討した。

U(IV)-U(VI)水酸化物の溶解度は、大気中で酸化してU(IV)含有量を 95%とした水酸化物でも溶解度は、 3.8×10^{-4} M となり U(VI)が 20%のものと同程度であった。この傾向は、模擬地下水と 0.1MNaClO₄溶液中でも同じであった。すなわち、混合価数型 U(IV)-U(VI)水酸化物の溶解度は U(VI)含有量が 16%を越えると増加しないことが分かった。また、Np(IV)-Np(V)水酸化物の Np(IV)は大気中では酸化されず、Np(V)含有量が多い水酸化物を調製できなかった。そこで、Np(IV)水酸化物と Np(V)水酸化物を別々に調製し、所定の割合で混合して溶解度を測定した。Np(V)含有量 8%以上で Np の溶解度は 10^{-6} M 程度であった。これは、Np(IV)水酸化物より 3 桁程度大きく、Np(V)水酸化物より 2 桁程度小さい特異な値を示していた。以上のデータから U(IV)-Pu(IV)水酸化物と U(IV)-Np(IV)水酸化物の U と Np 溶解度の増加は、U(IV)と Np(IV)の部分的な酸化による可能性を示すことができた。

様々な方法で Pu(OH)₄を調整し、この重合 (ポリマー化) が溶解度に与える影響を調べた。水酸化物中のポリマー形 Pu(IV)は、時間経過とともに増加し、いずれの試料でも 4 ヶ月経過後には、90%がポリマー化していた。溶液中のほとんどのポリマー形 Pu は 100kDa を越えるサイズを持つことが分かった。100kDa~10kDa のものは 4%、3kDa のものは 0.2%であった。しかし、経時変化した Pu(OH)₄も溶解度は 10^{-9} M オーダーであったので、U 共存系での極めて小さい溶解度はポリマー化のためではないと推定される。

- (3)岩石にアクチノイドが地球化学的な反応で保持される条件の評価

平成 14 年度までに、模擬地下水-花崗岩質岩 (花崗岩、石英閃緑岩、花崗閃緑岩など) 系での Am と Pu の収着実験を行った。その中で、模擬地下水中では、Pu は負の炭酸塩錯体で、Am は水酸化物または炭酸錯体の形で存在していると推定された。しかし、花崗岩質岩への収着試験では、地球化学的な反応が起こっていること、コロイド状の放射性核種が、収着挙動に影響を与えている可能性があることが明らかとなった。

平成 15 年度からは、花崗閃緑岩へのアクチノイド元素 (Am と Pu) の収着におけるコロイド成分の影響を評価するための実験を行った。岩石から生成する擬似コロイド成分を含む模擬地下水溶液と孔径 1nm のフィルターによる限外ろ過でコロイド成分を除いた模擬地下水溶液を用い比較収着試験を行った。

平成 16 年度は、平成 15 年度に引き続き、Am と Pu の花崗閃緑岩への収着試験と花崗閃緑岩の単離鉱物 (黒雲母、長石及び石英) への収着試験を行うとともに、オートラジオグラフィにより収着のメカニズムを検討した。

花崗閃緑岩試料と単離鉱物への Am と Pu の収着では、コロイド成分の影響は認められなかった。これは、岩石試料や鉱物へコロイド成分が保持されないこと及び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したことを示していると考えられる。

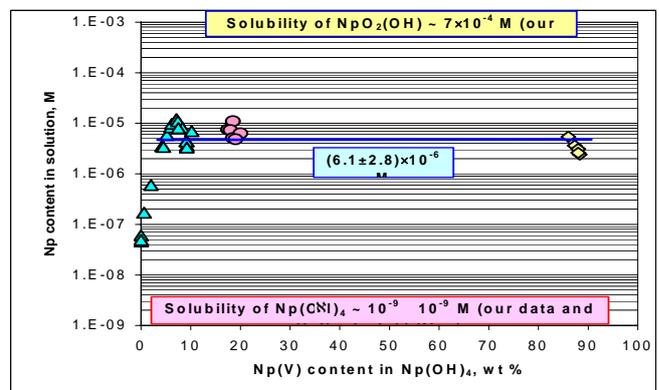


図-1 Np(IV)-Np(V)水酸化物の模擬地下水 (SGW) 溶液への溶解度の Np(V)混合量への依存性

II. 放射性廃棄物の地層処分にに関する調査研究

1-3 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、その長期安全性確保のために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。また近年、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てきた。

本調査で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、その位置づけと目的を整理した上、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、既存技術の調査をもとに、適用性について検討している。

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ているものである。(VI. 資料(1)研究成果報告書等 No. 10 参照)

◇平成 16 年度の成果

(1) 処分モニタリングシステムの検討

モニタリングの実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、これまでモニタリングの位置づけ・意義について、委員会等で議論するとともに、国内外の情報をもとにわが国の処分の考え方等も考慮しつつ整理し、技術報告書にまとめた¹⁾。

モニタリングの目的については以下のように分類している。

- ・ 処分場の安全性能と工学的対策の妥当性の確認

- ・ 法令要件に対する適合性の確認
- ・ 政策及び事業実施上の意思決定に資する情報提供
- ・ 地質環境特性のベースライン把握
- ・ 社会的な意思決定に向けた情報提供

さらに地層処分モニタリングシステムの技術的要件を検討整理し、将来、国、実施主体又は関係機関がモニタリング実施計画を具体化する際に適切に技術を選択できるような「技術メニュー」の整備方策を検討した。上記の分類に対して、どのようなモニタリングの適用が考えられるか(いつ、どこで、誰が、何を、どのように)を技術メニューから選択できるよう、検索性を考慮した情報化をはかる予定である。また計測技術、地中無線通信技術に関するモニタリング関連技術の調査研究を平成 16 年度も継続した。

これら技術メニューの具体化に向けての、技術調査、既存類似事例の調査及び技術開発との関連は、図-1 に示すように、調査や既存事例から課題を明確にしつつ効果的に行うものとしている。

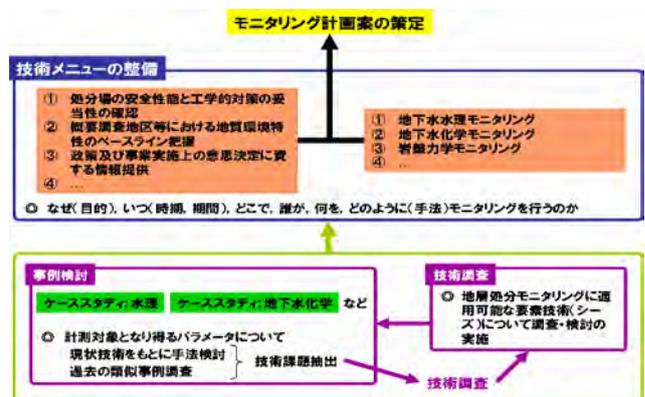


図-1 モニタリング技術メニュー整備に向けた技術調査、事例検討の実施フロー

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(人工バリア、ニアフィールド、ファーフィールド、生物圏)ごとに順次検討を行っている。一例として図-2 に示すような論理ダイアグラムに展開して解釈の流れを整理している。今後は、これらのダイアグラムを網羅的に整備しつつ、これらの解釈の詳細を階層的に検索できる IT 化を通じて、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化を目指す。

1. 高レベル放射性廃棄物処分 (1-3 制度化・社会対応技術)

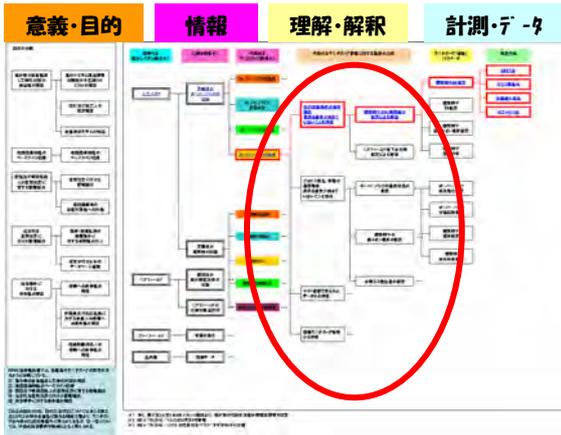


図-2 技術メニューのダイアグラム構成例
(赤の囲みが理解・解釈の部分)

計測技術に関しては、地下環境への適用も考慮して、国内外で注目されつつある光ファイバーを利用したセンサ技術について、長期にわたるモニタリングの信頼性と保守性の面からの実用化の見通し、並びにフィールドでの適用状況について広範な調査を行った。これらの結果を技術メニュー整備に反映するとともに、今後は、モニタリング技術としての適用に向けた具体的な開発検討を進めていくこととしている。

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地上に送る際に、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。

平成 15 年度までスウェーデンのエスポ島地下施設において行った通信試験の結果(通信距離約 100m)を、電磁波の伝搬理論にもとづいた解析と比較し考察を行った。平成 16 年度は 3 次元電磁界解析手法を低周波電磁波の伝搬解析に用いる目的で開発し、その評価手法を用いて、地下の各種媒体の電磁気特性が地中無線特性に与える影響を定量的に評価した。今後の具体的な検討目標としては、①長距離通信を目指した機器技術検討、②中継機を利用した地中無線通信技術の概念検討(図-3 参照)を進める。

(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、特に諸外国のアーカイブ法の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管理状況につ

いても調査・分析を実施した。さら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、加工方法、その耐久性評価手法に関する検討では、従来より継続して開発を行ってきた SiC (炭化ケイ素) の保存媒体について、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た。

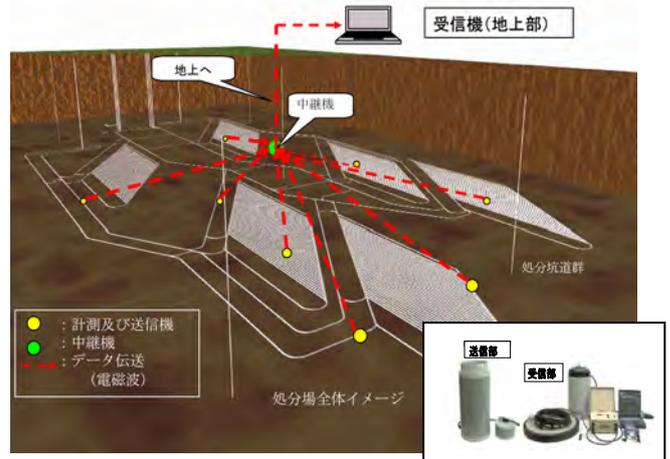


図-3 モニタリングと地中無線通信のイメージ²⁾

(3) 海水中の極低濃度プルトニウムの計測技術開発に関する検討

平成 14 年度からの三カ年技術開発計画に基づき、平成 14 年度(放射線医学総合研究所が実施)では Pu-236 の高効率生成法の検討を行い、平成 15 年度は、高純度 Pu-236 の標準試料生成を実施し、更に海水標準試料より U と Pu の分離 (Pu 分離効率 1 万倍) に成功した。本年度は、Pu 同位体混合試料に含まれる Pu-238 量を 0.01% まで削減し、高純度 Pu-236 を得る手法を開発した。また、海水標準試料中の U 濃度を 1000 万分の 1 まで低減する技術を開発した。これらの成果を踏まえ、海水中の Pu 同位体計測における U の妨害を排除し、かつ Pu 同位体間の干渉を低減させる高純度分離技術に見通しをつけることができた。

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一位置付け及び技術的可能性一(平成 16 年 9 月)」, RWMC-TRJ-04003.

2) 原環センタートピックス, 2004.12 NO.72

II. 放射性廃棄物の地層処分に関する調査研究

【多重バリア長期安定性事例調査】

◇事業の概要

わが国では、これまで地層処分を説明する資料が数多く作成され、学術的な会議から一般市民への説明会を含め様々な機会に報告・説明されてきた。それらの資料には、地層処分が国際的に合意された概念であるとともに、国内でこれまで行われてきた研究成果とそれを踏まえた安全評価により、地層処分がわが国でも成立する方策であると説明されている。地層処分は多重のバリアシステムによって長期にわたって安全を確保するという概念に基づいていることから、そのバリアシステムの長期安定性が一つの技術要件となっている。

このような地層処分の信頼性を国民一般に説明するのに利用することができる有効なツールの一つとして、「ナチュラル・アナログ」がある。ナチュラル・アナログとは、地層処分では考慮すべき長期間の評価を行うため、自然界に存在する類似現象と比較して研究する、地層処分に関する研究の一分野である。加えて、ナチュラル・アナログには、地層処分を構成する要素と現象についての理解を、自然界に過去から存在する類似した「もの」により行えるということから、関係者の理解と合意形成を図っていく上で一定の役割を果たしうると考えられている。

そこで、情報を発信する側と情報を受け取る側の地層処分に対する認識の共有化に役立つと考えられるナチュラル・アナログについて、広報活動へ活用するという観点から、平成12年度から下記の調査を行っている。

- ① ナチュラル・アナログ研究事例調査
- ② 広報へのナチュラル・アナログ適用性の検討
- ③ 広報素材としての情報整備

平成12年度は、これまでのナチュラル・アナログ研究について、その歴史的経緯を明らかとするとともに、世界のナチュラル・アナログ研究事例とその研究成果を用いた広報事例を整理した。

平成13年度は、ナチュラル・アナログ事例調査に加え、考古学分野等、更に対象範囲を広げて有効と考えられる事例の追加を行うとともに、オクロ（ガボン）、シガーレイク（カナダ）、ポッソス・デ・カルダス（ブ

ラジル）の代表的ナチュラル・アナログ事例について、科学的背景を含めたより詳細な調査を行った。また、各国での地層処分の広報において、どのような事例が活用されているかを整理した。その結果、地層処分システムとの類似性が高いと考えられるオクロとシガーレイクが多く活用されていることが明らかとなった。

平成14年度は、世界的に著名な「オクロ天然原子炉」について天然原子炉成立に関する科学的背景を詳細に調査するとともに、国内の事例では、我が国の地層の長期安定性に関する事例研究として、「(活)断層の影響」に関する知見・情報の収集と「考古学的事例」についての調査を開始した。また、広報への適用性検討として、諸外国の実施主体等を対象に、ナチュラル・アナログ研究事例の活用実績を調査し、わが国での適用に関する留意点を整理した。さらに、これまでのナチュラル・アナログ事例調査や適用性検討に基づいて、広報素材としてのパンフレット素案を作成した。

平成15年度は、海外事例として、前年度に引き続きオクロ天然原子炉のナチュラル・アナログ研究事例から、特に核種の移動に関する記述を中心に調査・分析し、地層処分における核種移行の観点から類似性を検討した。国内事例としては「(活)断層の影響」と「考古学的事例」に関する調査を継続実施するとともに、我が国の化石塩水の分布や流動性についての文献調査を新たに行った。

また広報への適用性検討として、ごみ処理施設等の建設時の社会的合意形成の研究事例を調査・分析し、合意形成・理解促進のためにナチュラル・アナログ研究事例がどのような役割を果たせるかについて検討した。さらに広報素材としての情報整備の一環として、昨年度作成したパンフレット素案をベースに専門家等のレビューにより配布版パンフレットを完成させた。また、オクロ天然原子炉のナチュラル・アナログ研究の詳細調査に基づき、オクロ天然原子炉の科学的読み物（ドラフト案）を作成し、広報素材の充実を図った。

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。（VI. 資料(1)研究成果報告書等 No.11 参照）

◇平成16年度の成果

世界的に著名なポッソス・デ・カルダス（ブラジル）のナチュラル・アナログ研究の詳細調査、わが国の地層の長期安定性に関するナチュラル・アナログ事例の

1. 高レベル放射性廃棄物処分 (1-3 制度化・社会対応技術)

調査を実施した。また、これまでに検討した研究事例に関する情報を基に広報素材 (パンフレット、読み物) を作成した。

(1) ナチュラル・アナログ研究事例調査

a. 海外代表事例の詳細調査

ポソス・デ・カルダス (ブラジル) における研究事例の情報を収集し、核種移行について分類・分析し、地層処分における核種移行の観点からの類似性について評価した。その結果、ウランをはじめとする放射性核種がその地に存在し、かつ地下水によって移行した現象が観察されたこと、また、酸化還元境界においてウランの析出が確認されるなど、核種の移行特性が明瞭に観察されること等が重要事項として整理された。また、この調査結果を踏まえて、代表核種としてウランを取り上げ、酸化還元境界をキーワードとしたポソス・デ・カルダスの科学的読み物としての基本シナリオを構築した。

b. わが国の地層の長期安定性に関する事例調査

昨年度に引き続き、地層の長期安定性に関する下記①、②の事例について調査を実施した。

①考古学的事例に関する調査

3年間で10遺跡からの24の鉄器試料と土壌を分析することができ、腐食量、埋蔵期間、土壌の腐食性 (西独ガス水道協会の方法) との関係を整理した。

データ数は十分とは言えないが、埋蔵期間 400 年～2000 年の試料において腐食量は最大で 6mm であること、また、埋蔵環境が酸化雰囲気の場合、鍍はマグネタイト層およびゲーサイトと土壌成分の複合酸化物からなる層の 2 層構造であり、一方、埋蔵環境が還元雰囲気の場合には鍍はマグネタイト単層であるとの特徴的な傾向が得られた。

②断層の影響に関する調査

中部日本の主たる活断層の 1 つである阿寺断層の調査資料に基づき、断層運動に伴う割れ目形成機構や、水理学的、地球化学的あるいは力学的影響および範囲を分析・考察した。断層運動に伴う周辺岩盤への影響範囲に関しては既往のプロセスゾーンの考え方と調和的な結果を得た。また、影響範囲の評価法として割れ目密度解析が有効であることなどが明らかとなった。

(2) 広報素材としての情報整備

身近な素材による信頼性向上を図るべく、国内のナチュラル・アナログ事例を集めたパンフレットを有識者のレビューを踏まえつつ完成させた。また、昨年度作成したオクロ天然原子炉に関する読み物 (案) に対し、文章表現、構成、デザイン (表紙・体裁等) 等を見直し、科学的書籍として完成させた。

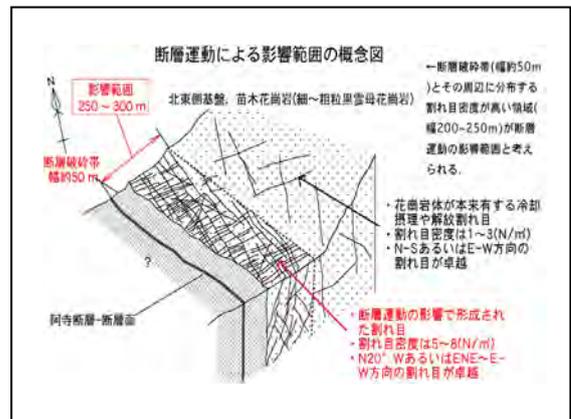


図-1 阿寺断層周辺の割れ目形成と断層運動による影響範囲の概念図

図-2 広報素材としての検討例

上: 国内ナチュラル・アナログ事例に基づくパンフレット

下: オクロ天然原子炉の研究事例に基づく科学書籍

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、バリアシステムの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を試験・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念を示す。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 4.5 m、直径約 4 m 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）とベントナイト系充填材（20%ベントナイト 80%珪砂）からな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 に試験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 年度にかけて、空洞周辺の岩盤の水理的な特性を調査し、人工バリアシステムの建設と各種のセンサーの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。(VI. 資料(1)研究成果報告書等 No. 12 参照)

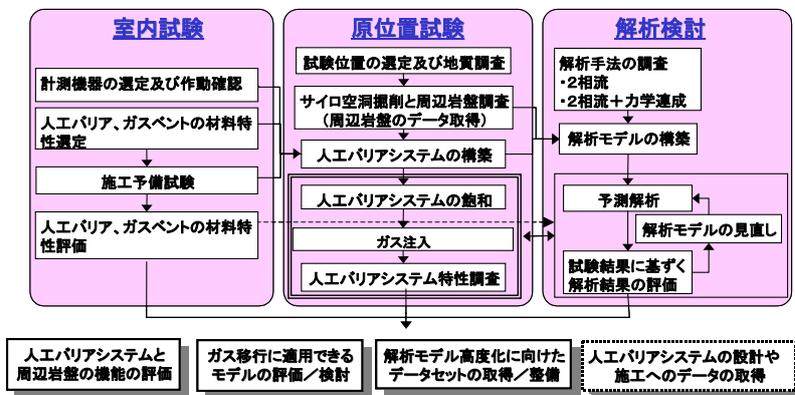


図-1 人工バリア・天然バリアガス移行挙動評価研究フロー

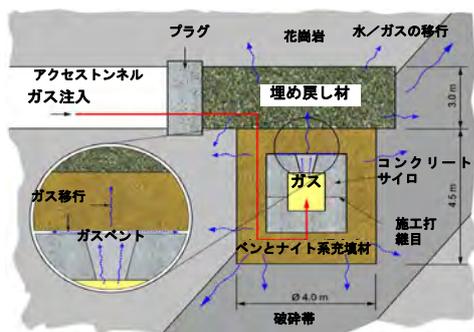


図-2 ガス移行挙動試験施設の概要図

表-1 試験スケジュール

年度 (平成)	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
試験計画の策定										
試験位置の選定及び地質調査										
試験空洞掘削と周辺岩盤調査										
人工バリアシステムの構築										
人工バリアシステムの飽和試験										
人工バリアシステムへのガス注入試験										
人工バリアシステム特性調査										
室内試験										
解析モデルの構築, 解析検討等										
試験の総括										

◇平成16年度の成果

(1)ベントナイト系充填材の材料特性

人工バリアシステムの特性調査は、ガス注入試験終了後、施設の解体も兼ね平成16年6月～11月にかけて実施した。ベントナイト系充填材の施工完了から約3年、人工飽和の完了から約1年8ヶ月が経過している。

ベントナイト系充填材の密度は、砂置換法、リングカッター法（金属リングを用いた試料採取）、採取コアによる測定と、RI法及び物理検層により調査した。図-3にリングカッター法での結果を示す。上層部（12層, 11層）が上部の埋戻し材（砂・碎石）の撤去に伴う荷重の除去及び埋戻し材中の含有水に起因し、他の層に比べ密度は低く、含水率は高くなる傾向を生じているが、それ以深では大略一定の値を示している。なおこの傾向は他の測定方法でも同様であった。また施工時の密度と比較した例を図-4に示す。砂置換法での平均値で、施工時に 1.75g/cm^3 であった乾燥密度が、解体時には 1.98g/cm^3 と高くなっている。この要因の詳細に関しては現在検討中であるが、上層部の転圧施工による締固め度の増加、飽和時に生じる高い有効応力が締固め度におよぼす影響等が予測される。

原位置で透水係数を測定した結果を図-5に示す。透水係数は $10^{-10}\sim 10^{-11}(\text{m/s})$ オーダーと十分に小さい値であった。より詳細に結果を見ると、可視化トレーサ（硝酸鉛）を1%混合した第8-10層が、混合していない他層より大き目の値となっている。これは塩類のベントナイトの膨潤性能への影響を示唆するものと考えられる。

その他、取得データに関しては埋設計器による計測データも含め、総合的な検討を加えながら精査を実施中である。

(2)ガス移行に関する解析検討

平成16年度も計測データ（間隙水圧など）に基づいた既存の2相流解析コードによるガス移行検討を進め、これまでと同様に発生応力に応じ透過係数を増大させ、見掛け上流路を拡幅するモデルを組み込むことでガスの移行挙動を再現できることを確認した（図-6, 7）。これまでの解析成果ならびに取得データを踏まえ、来年度より、飽和過程からガス注入試験完了までの一連の状況をシミュレーションする予定である。

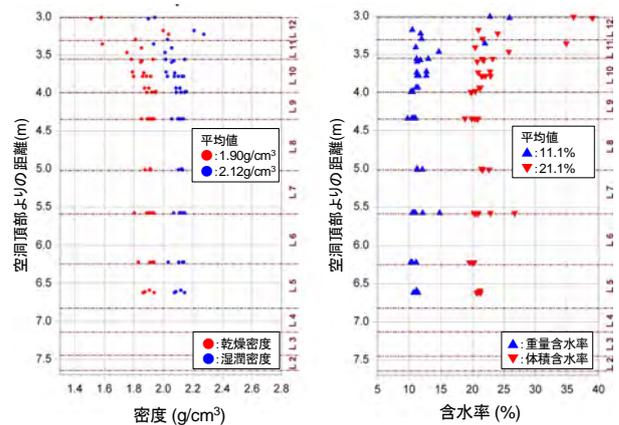


図-3 密度および含水率の分布測定結果（RC法）

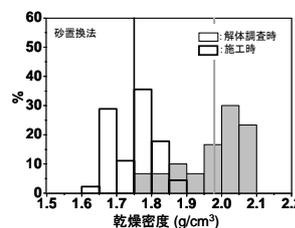


図-4 密度データの分析

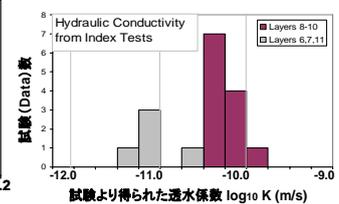


図-5 密度データの分析

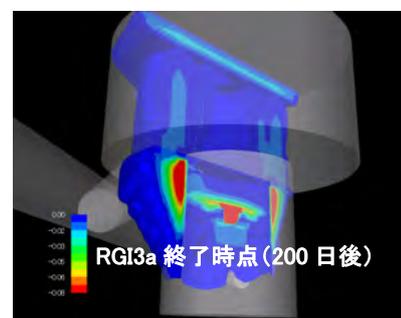


図-6 ガス移行試験中の水飽和率予測例（流路拡幅考慮）

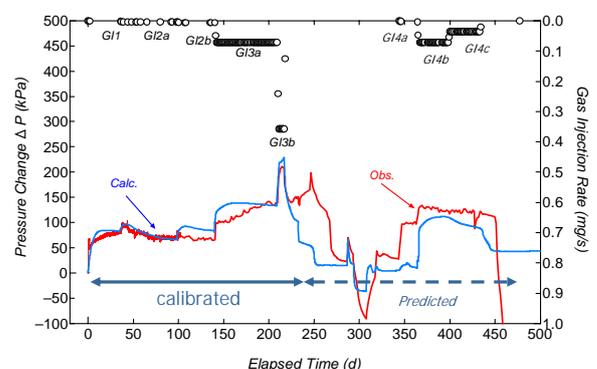


図-7 RG14の事後予測解析結果

【人工バリア長期性能確証試験】

◇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。これらの人工バリア材料は、地下水の成分及び各バリア材料から浸出する成分との相互作用により長期的に変質し、バリア性能に影響を及ぼすことが懸念されている。

本調査は TRU 廃棄物処分施設におけるセメント系およびベントナイト系の人工バリア材料の処分場閉鎖後の長期挙動について、地球化学的変化の観点から評価する手法を開発し、確証試験等との比較から解析手法の信頼性向上を図る。また人工バリア材料の劣化挙動に関して、時空間的変遷に対応したより現実的な長期性能の評価を試み、人工バリアシステムの合理化に資することを目的としている（図-1）。

本調査は平成 14 年度から開始し、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、調査結果に基づく変質シナリオの整理、既往の知見をベースとした予備変質解析を感度解析的に実施し、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関して、解析及び試験によるデータ取得の両面から長期挙動評価の信頼性を向上させるための調査検討の全体計画を策定した。

平成 15 及び 16 年度は、セメント系材料及びベントナイト系材料単独系での変質現象の確認試験、両者が接触した複合系での人工バリア相互影響確

証試験、これまでの変質解析評価において考慮されていない事象の影響検討や、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た。また人工バリア変質に関する関係者間でのコンセンサス形成を目的として、既往の知見を電子情報化と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。（VI. 資料(1)研究成果報告書等 No. 13 参照）

◇平成 16 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

現実的なセメント系材料として、フライアッシュセメントの変質モデルを構築するための浸漬溶解試験を実施した。粉碎したセメントをイオン交換水、降水系模擬地下水及び海水系模擬地下水の 3 種類の試験溶液に浸漬した。試験結果と溶解変質解析との比較により、イオン交換水及び降水系模擬地下水を想定した系では、フライアッシュセメントは普通ポルトランドセメントと同様に扱うことが可能であることを確認した。一方、海水系地下水によるセメント変質については、両者の結果に相違が認められ、これまでのモデルでの再現性確認が課題とされた。鉱物の組み合わせ等の解析条件を詳細に検討する必要性が指摘された。

セメント系材料の長期性能評価において無視することができないひび割れの影響に関して、ひび割れ近傍における変質挙動を確認するため

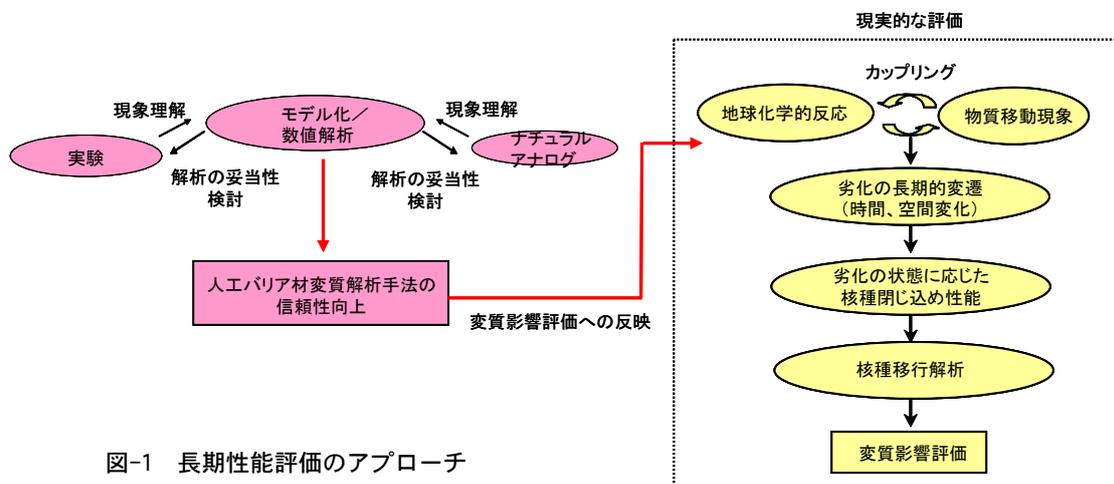


図-1 長期性能評価のアプローチ

の浸漬及び通水試験を実施した。浸漬試験では海水系模擬地下水を用いた場合に、ひび割れが閉塞することを確認した（図-2）。また通水試験では海水系模擬地下水だけでなくイオン交換水を用いた場合でも経時的に通水量が減少し、閉塞する傾向が認められた。閉塞のメカニズム解明やモデル化はさらに検討する必要がある。

(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モンモリロナイトについて、アルカリ環境下での溶解・沈殿挙動を把握するとともに、現状の変質解析モデルの妥当性を検討するために、モンモリロナイトの溶解への随伴鉱物の影響を確認する試験等を実施した。随伴鉱物としてカルセドニが共存した場合は、モンモリロナイト自体の溶解が抑制される傾向が確認された。

またセメント環境下での変質により、ベントナイト中に生成する可能性が指摘されている二次鉱物（CSHゲル）を精製・定量分析する技術として、プロモホルム-メタノール混液を用いた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た。

(3) 人工バリア相互影響確認試験

人工バリアシステムの変質解析の信頼性向上を目的として、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観察する長期試験を実施した。一部試料の界面近傍での物質移動を分析した結果、セメント系材料からはCaの溶脱（ポルトランドイト）が促進されるとともに、炭酸塩（カルサイト）の生成が認められ（図-3）、またベントナイト中のシリカ成分（石英、カルセドニ等）の溶脱が促進されることを確認した。ベントナイト中の高カルシウム成分はカルサイト等の炭酸塩及びCSHゲル等である可能性が示されたが、さらに長期的な経時変化を継続して確認する予定である。

(4) 人工バリア材の変質解析

処分環境における人工バリア材の長期的変質挙動を検討するために、現状の地球化学モデルに組み込まれていない事象についての影響評価を継続するとともに、現状の知見に基づき種々の条件でのシステム全体での長期間にわたる変質挙動の評価を行った。人工バリア材料における変質が発現する時間スケールを検討し（図-

- 4)、性能評価パラメータの経時変化を整理した。
(5) 人工バリアの変質シナリオの整理

変質シナリオに関するコンセンサス形成を目的として、人工バリア変質に関する知見を集約し、体系化（電子情報化）を実施した。セメント系材料とベントナイト系材料の変質に関する相互関連図やマトリクス表を詳細化し、設定根拠を明確にした。また調査整理した結果をもとに変質シナリオの具現化を行った。



図-2 ひび割れを有するセメント系試料の閉塞状況（海水系模擬地下水に浸漬後の状況）

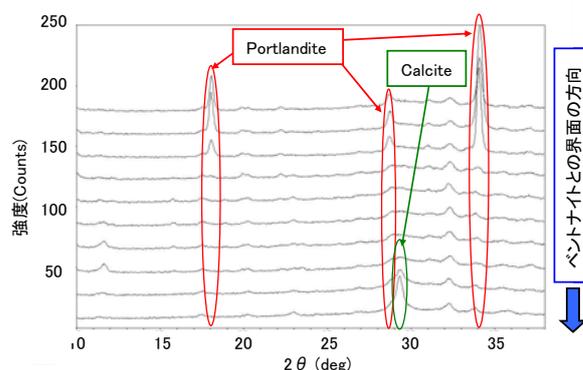


図-3 イオン交換水浸漬後の接触試料におけるセメント系材料部でのXRD測定結果（下側が界面近傍）

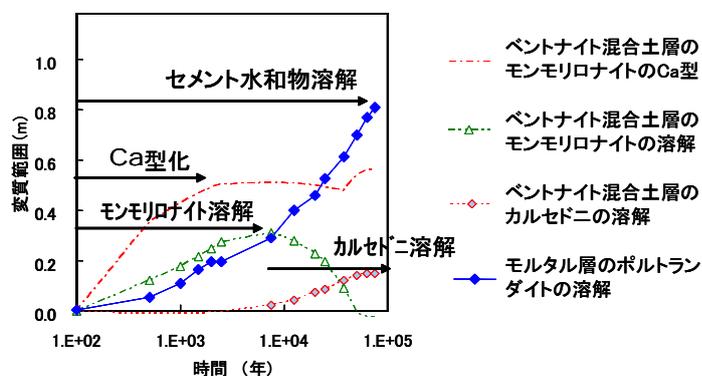


図-4 バリア材料の変質が発現する時間スケール

【ヨウ素固定化技術調査】

◇事業の概要

再処理施設の操業等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 万年と長く、また人工バリアや岩盤等への収着性が低いため、その移行は地下水理の影響を受けやすく、被ばく線量に大きな影響を及ぼす¹⁾。

本調査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、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の提言を目標として、以下の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

わが国において開発中の各種ヨウ素固定化技術、前処理技術、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

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、各固化体に対し、固化体物性データの取得等により長期性能評価モデルの高度化を行う。固定化はヨウ素が長半減期であるため、閉じ込めによる減衰に期待するものではなく、ヨウ素が長期にわたり徐々に放出されるコントロールリリースを目指しており、そのための放出評価モデルを構築し、信頼性向上のための開発を行う。また連続処理プロセス等の検討を行い、TRU 廃棄物処理処分における安全性、経済性の観点から技術評価を行う。

本調査では、TRU 廃棄物処分概念検討書¹⁾において想定されている廃銀吸着材の汎用セメントによる固定化以外のヨウ素固定化技術の調査を行い、固定化技術、前処理技術、ならびに固化体の長期性能の検討状況を調査した。さらに開発課題とその解決手法を整理し、岩石固化技術、AgI ガラス固化技術、BPI ガラス固化技術、アパタイト固化技術、セメント固化技術、難溶性鉍物化技術（合成ソーダライト化技術、合成鉛アパタイト化技術）

の 7 種類のヨウ素固定化技術に対する開発計画を策定した。この開発計画に基づき、前処理技術、固定化技術について、固化体組成及び温度、圧力、時間等の固定化処理条件の最適化を行い、すべての固定化技術について実験室規模での固化体の製作を行った。

さらに製作した固化体について、ヨウ素保持に関する長期性能を評価するために、固化体からのヨウ素放出挙動の解明および固化体の長期安定性に関する試験・検討するための開発課題についてまとめ、試験を開始した。

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。(VI. 資料(1)研究成果報告書等 No. 14 参照)

◇平成 16 年度の成果

(1)岩石固化技術

各種還元剤($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_6$ 、電解鉄、添加なし)存在環境下で岩石固化体(ヨウ素吸着材:銀シリカゲル)の浸漬試験を 650 日間実施し、浸漬試験後の固化体内部への溶液の浸入深さはいずれの環境下でも $10\mu\text{m}$ 以下と微小であり、溶液と固化体の接触領域においても固化体の顕著な変質は認められなかった。一軸圧縮強度も 100MPa 以上と浸漬試験前と比較して顕著な低下は認められなかった。

図-1 に溶液との接触領域における TEM 観察写真を示す。

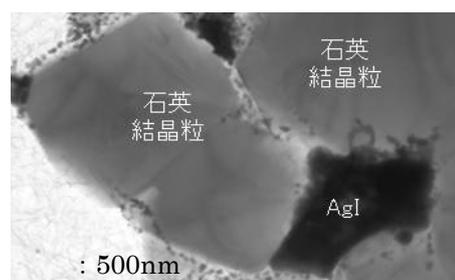


図-1 岩石固化体の溶液との接触領域(浸漬 650 日後)

これらの結果から岩石固化体のヨウ素保持性能は様々な環境下において長期的に維持可能であると考えられた。

また固化体からのヨウ素放出挙動の把握では、硫黄系還元剤(Na_2S 水溶液)存在環境下でのヨウ化銀(AgI)溶解試験を実施し、 HS^- により AgI の溶解反応は進行するが、時間の経過とともに溶解が

抑制されており、溶解抑制機構が機能していることを確認した。

(2) AgI ガラス固化技術

周辺環境による固化体表面層への影響を評価するために人工バリア共存影響評価を実施し、ペントナイトやモルタルが固化体に接触した場合でも AgI 表面層が形成されることを確認した。表-1 に表面層の化学組成分析結果を示す。従って、様々な処分環境に対して、構築した浸出モデルの適用が可能であると考えられる。

表-1 AgI ガラスの表面層化学組成(浸漬期間 365 日)

浸漬液種類	共存バリア材	ガラス表面性状		P浸出率(364日時点) (g/cm ² /d)	*かつこ内は 表面層厚さ
		表面層*	析出物層		
降水系地下水	なし	AgI (10 μm)	—	6 × 10 ⁻⁶	表面層 薄い
	ペントナイト	AgI (10 μm)	—	7 × 10 ⁻⁶	
	モルタル	AgI (300 μm)	リン酸Ca 化合物	2 × 10 ⁻⁵	
海水系地下水	なし	AgI (200 μm)	AgCl	2 × 10 ⁻⁵	表面層 厚い
	ペントナイト	AgI (300 μm)	AgCl	1 × 10 ⁻⁵	
	モルタル	AgI (1mm)	AgCl	2 × 10 ⁻⁵	

(3) BPI ガラス固化技術

固化体からのヨウ素放出挙動の把握では、固化体の浸出挙動に及ぼす pH、溶液温度、溶液組成、及び比表面積の依存性に関する試験を実施した。これらの試験の実施により、固化体と溶液との界面に表面層が形成されること、ヨウ素は表面層に濃集することを確認した。また、pH9、11 では pH12.5 の場合と比較してホウ素の浸出量は約 1/3 倍であり、BPI ガラス固化体は弱アルカリ (pH8~11) 領域でヨウ素保持性能を発揮することを確認した。

(4) アパタイト固化技術

固化体からのヨウ素放出挙動の把握では、ヨウ素含有アパタイト固化体の浸漬試験を実施し、従来の固化処理条件(50MPa, ゼオライト 15wt%充填)で作製した固化体からのヨウ素浸出量はアパタイトの溶解に伴い放出されるヨウ素放出量よりも約 2 桁高い値であった。このため、アパタイトの焼結割合の向上を目的に固化処理条件を見直した(90MPa, ゼオライト 5wt%充填)ところ、固化体は緻密化され、ヨウ素放出量は理論値に近い値となり改善が見られた。今後、アパタイト固化体のヨウ素保持性能向上のために検討すべき課

題の抽出・整理を予定である。

(5) セメント固化技術

水和物長期安定性評価試験、分配係数適用性評価試験、およびヨウ素安定性評価試験を実施した。これらの試験により、AFm から AFt への変遷挙動に関するデータを蓄積するとともに変遷挙動に関する計算評価に見通しを得た。図-2 にイオン交換水を用いたセメント系材料の変質加速試験(液交換 3 回)による鉱物組成変化を示す。AFm/AFt 比率は接触回数の増加に伴う減少比率を定量的に把握した。

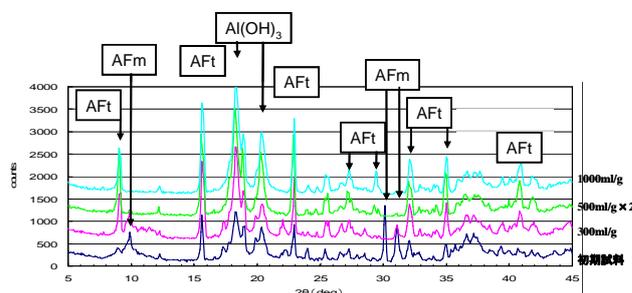


図-2 液交換試験によるセメント系材料の組成変化

(6) 難溶性鉱物化技術

- ・合成ソーダライト

固化体からのヨウ素放出挙動試験において、天然および合成ソーダライトの溶解試験を実施し、pH、溶液温度、共存イオンの影響を評価した。その結果、天然および合成ソーダライトの環境影響は類似しており、ソーダライトの構成元素成分が高濃度で液相に存在することにより他の元素の溶解が抑制される、ソーダライトの溶解度積の適用が可能と考えられる現象を確認した。

- ・合成鉛アパタイト

各種溶液(0~1M-NaCl 溶液)中での合成鉛アパタイトの溶解試験を実施したところ、塩化物イオンと合成鉛アパタイトの I⁻基とのイオン交換反応は確認されなかった。ヨウ素放出挙動の把握のために、合成鉛アパタイトに関する基礎物性の整備が必要である。

1) 核燃料サイクル開発機構・電気事業連合会、TRU 廃棄物処分概念検討書、JNC TY1400 2000-001, TRU TR-2000-01 (2000)

【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に含まれるC-14はTRU廃棄物地層処分および余裕深度処分において天然バリアへの収着性が低いことから、被ばく評価における主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ことに起因している。C-14に関する研究はこれまで主として電力共通研究、原環センター自社研、国の研究の一部等で実施されてきたが、そのTRU廃棄物地層処分方策に対する具体的な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し、C-14の放射化金属廃棄物からの放出挙動、化学形態挙動（有機C-14の無機化）、および収着に関して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解決策（技術オプション）を提示する。また、TRU廃棄物地層処分及び余裕深度処分の事業化に向けて、処分システム性能上の支配核種となるC-14について性能評価の信頼性の向上を目指し、データの取得整備、現象のより正確な把握を行う。

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。（VI. 資料(1)研究成果報告書等 No.15 参照）

◇平成16年度の成果

(1) 研究計画立案

平成16年度は調査対象とする放射化金属廃棄物として、TRU廃棄物地層処分のハル・エンドピース（使用済燃料被覆管）廃棄物と余裕深度処分の炉内構造物等（放射化ステンレス鋼）とし、その前提条件を整理した。

研究計画立案としては、図-1に示すC-14の放射化金属廃棄物からの放出挙動、無機化、および収着に関する既往の研究について調査し、課題点を整理した。

安全評価におけるC-14の取り扱いの観点から、C-14の移行挙動を把握することによる安全評価への影響度合いについて整理し、検討項目を下記位置づけに分類した。

「C-14の放出挙動」：長期的なデータ取得
メカニズムの理解

「C-14の無機化」：メカニズムの理解

「C-14の収着」：メカニズムの理解

さらに生物圏での炭素循環モデルの調査及び整理を行い、安全評価への反映する場合の課題点を抽出した。

(2) C-14の放出挙動検討

放射化金属廃棄物からのC-14の放出挙動検討としては、低酸素下での金属腐食試験手法の

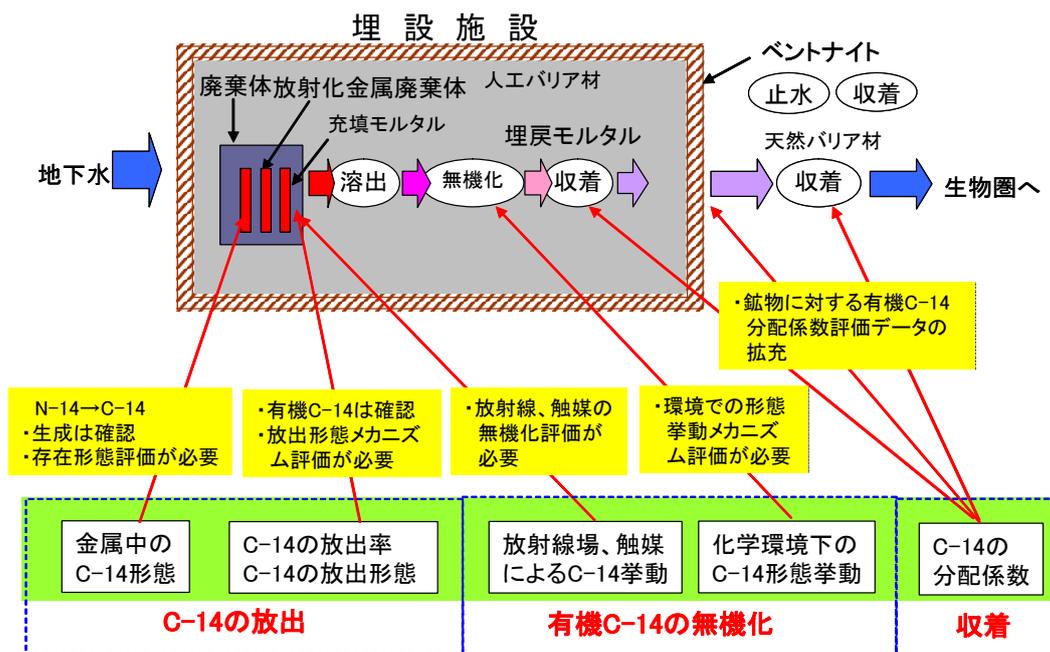


図-1 放射化金属廃棄物から放出されるC-14移行挙動の概要

妥当性の検討と放出する炭素の化学形態を測定する手法について検討した。金属腐食試験手法としては、低酸素雰囲気下での腐食速度の測定に実績のある水素ガス発生量測定法と分極抵抗法を対象として実施した。

水素ガス発生量測定は、JIS で定められている重量法との比較により、腐食速度評価の手法としての妥当性を検討した。図-2の低酸素雰囲気グローブボックス内で溶液と試験材をアンプル(ガス蓄積型腐食試験)に密封して実施した。

既往研究の脱錆処理による腐食量への影響を考慮すると、重量法より求めたアンプル試験材の腐食量の構成要素はそれぞれ図-3のように見積もられた。1E-3 μm オーダで両法の腐食速度は整合することが確認できた。

分極抵抗法については、雰囲気ガス(3%H₂-N₂ガス、高純度 Ar ガス)による腐食速度の影響について検討し、ステンレス鋼については雰囲気ガスによる腐食速度の影響がないことが確認できた。



図-2 グローブボックスとアンプル試験材

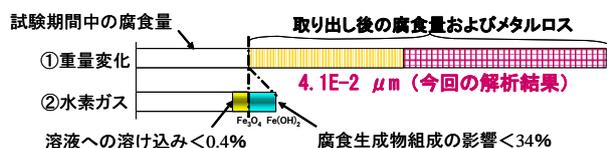


図-3 水素ガス発生量測定法と重量法

C-14の放出機構の検討では、低酸素雰囲気下でのZr、ZrC及びステンレス鋼から放出する炭素の液相、気相の化学形態を測定した。試験に用いた装置の概要を図-4に示す。

気相では、微量であるがメタン、エチレン、プロピレンが検出され、ZrCのみエタン、アセ

チレンが検出された。液相で検出された濃度比率では、ZrCは酢酸が高く、SUS及びZrはホルムアルデヒドが高い結果となった。

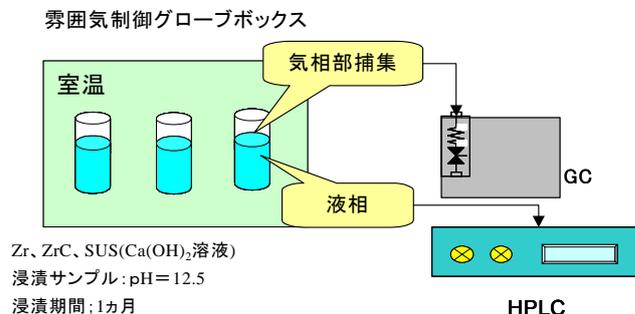


図-4 炭素形態測定試験の概要

(3) C-14の無機化検討

有機C-14の無機化は、放射線の水の分解で生じるOHラジカルによる有機化合物の分解、アルカリ環境下での有機化合物への影響、触媒(酸化チタン)による有機C-14の分解について、既往研究の成果を調査整理した。またその調査結果からメカニズムを理解するための試験課題と試験パラメータを抽出した。

(4) C-14の収着挙動検討

C-14の収着に関する既往知見を調査し、有機炭素の化学形態の違いによる収着機構について整理した。(表-1)

また、有機C-14の分配係数に関するデータベース化を試作した。しかし報告データが少ないため、核種、固相、液相について体系的な収着データの整備を図り、データの信頼性の向上が必要であることがわかった。

表-1 収着機構及び収着対象となる有機化合物

	材料	特徴	収着機構	収着有機物例
有機物質	活性炭	表面積が大きく細孔径が微細 非極性分子を吸着 表面酸化物の状態により極性分子の吸着も可能	物理吸着 (ファンデルワールス力) 化学吸着	アルデヒド
	陰イオン交換樹脂	イオン交換基は一〜三級アミン、 四級アンモニウム	イオン結合	アルデヒド 有機酸
	吸着樹脂	イオン交換基はなく、疎水相互作用、 水素結合等で吸着	疎水相互作用 水素結合	有機酸
無機物質	ゼオライト系	分子サイズの細孔による分子ふるい作用 ケージ内静電場により極性分子、 分極性分子を選択的に吸着	静電相互作用 イオン結合	アルコール 酢酸(気相)
	シリカ系	シラノール基の作用により極性分子を 選択的に吸着	共有結合 水素結合	アルコール
	粘土鉱物 (層状バナジウム リン酸塩)	層間に分子を取込む 極性物質に対する選択性が強い 一級アルコールを認識する化合物 として注目	イオン結合 静電相互作用 配位結合 (EtOHのOがVに配位)	アルコール

【廃棄体開発調査】

◇事業概要

再処理施設や MOX 燃料加工施設から発生する超ウラン核種を含む放射性廃棄物（以下 TRU 廃棄物）のうち、 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を行うことで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、図-1 に示す 5 つの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、金属容器各 1 体（図-1 廃棄体(2)および廃棄体(5)）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。（VI. 資料(1)研究成果報告書等 No. 16 参照）

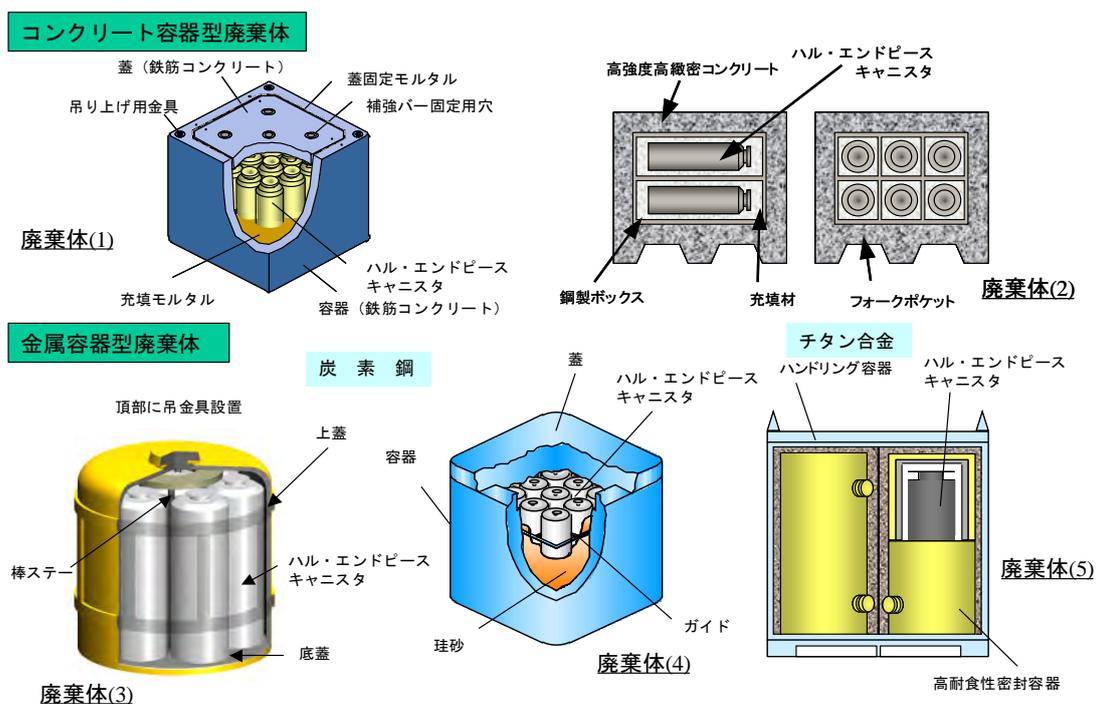


図-1 各廃棄体の概念図

◇平成 16 年度の成果

廃棄体(2)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16年度は硬化促進連続打設法によって作成した、ひび割れおよび内継ぎ目のない容器に関して、製作後の収縮挙動を評価し、製作後6ヶ月間で収縮が安定し、その後のひび割れ発生の可能性が低くなることを確認した(図-2)。また硬化時のひび割れ発生予測手法である硬化時温度応力評価解析のための、硬化促進剤添加時のセメント硬化時の発熱挙動データを取得し、このデータを用いてひび割れ予測を行い、硬化促進連続打設法でのコンクリート容器の製作について検討し、その可能性を示した。

高強度高緻密コンクリートの長期閉じ込め期間を、廃棄体内部の廃棄物容器表面まで地下水が到達するまでの期間と考えて、図-3のように水浸透及び化学劣化による減肉を評価するため、水浸透挙動ならびに化学劣化挙動を継続して検討した。水浸透挙動評価試験では、試験期間(24ヶ月)を通じて水圧10MPaの水中に浸漬しても水浸透が認められないことを確認した。また化学劣化評価試験では、試験期間(24ヶ月)において、エトリングタイトの生成に伴う破壊が起こらないことを確認した。その結果これまでに行った地下水へのコンクリート成分の溶脱および化学劣化による減肉による水浸透の加速を加味した、水浸透・化学劣化解析による評価結果(6万年間での化学劣化による減肉は約4cm、廃棄体表面からの水浸透距離は14cm、図-4)が保守的なものであることが確認できた。

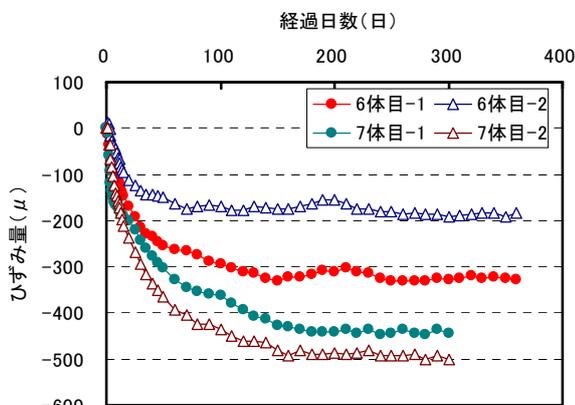


図-2 一体成形容器の製作後の収縮挙動

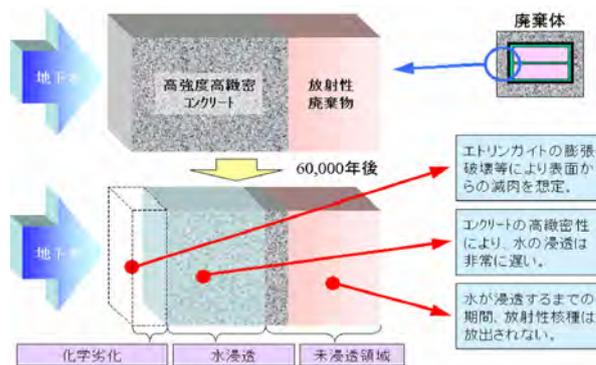


図-3 高強度高緻密コンクリートの化学劣化モデル

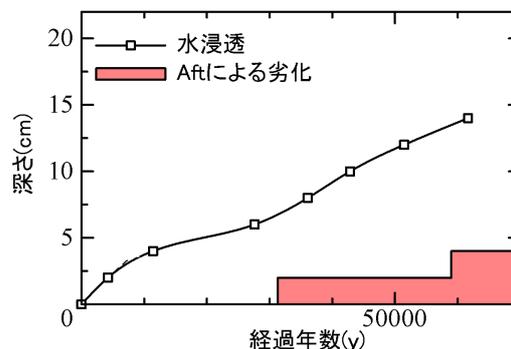


図-4 水浸透・化学劣化解析の結果

表-1 チタン合金の長期閉じ込め性に必要な要件

脱不動態化	酸化性	不動態であること	Passivity
すきま腐食	酸化性	すきま腐食感受性がない	$E_{SP} < E_{R,CREV}$
水素に起因する SCC	還元性	寿命期間中問題ない	Ti-H-IT Model

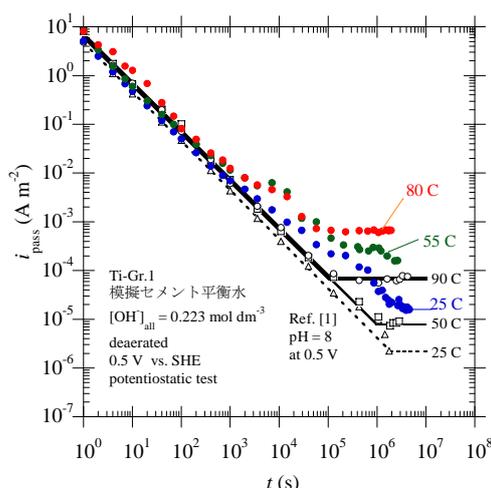


図-5 pH=8 および高アルカリ環境での各温度でのチタン合金の不動態保持電流密度

[1] Y. Fukaya, M. Akashi: CORROSION/2003, Paper No. 03680 (2003).

II. 放射性廃棄物の地層処分に関する調査研究

廃棄体(2)の高強度高緻密コンクリートの肉厚は20cmと設定しており、6万年間の閉じ込めが可能であることが示された。

廃棄体(5)はハンドリング容器と密封容器で機能分担しており、このうち密封容器は、耐食層(チタン)と強度層(炭素鋼)とで部材別に機能を分担するチタン-炭素鋼複合容器を採用した概念である。

平成16年度は長期健全性の担保のための要素試験を継続して行うとともに、TRU処分環境での温度、および高アルカリ環境の影響についても①6万年間80℃に保たれる仮定 ②1000年間は80℃とし、以後は1000年後の温度が維持される仮定、③詳細熱解析に基づく温度履歴を仮定 のそれぞれに基づいて検討した。

長期健全性を担保するには、表-1に示すように、脱不動態化感受性、すきま腐食感受性、水素吸収に起因する応力腐食割れ(以下SCCとする)のおおのについて安全性を示す必要がある。脱不動態化については処分環境での感受性がないことを確認し、またセメント系材料に起因する高アルカリ性環境での不動態保持電流密度は、図-5に示すよ

うに中性領域でのそれと比較して高いが、処分場内の温度変化を保守的に仮定した前記②の想定においても、6万年間の腐食深さは4.1mmであり、容器の閉じ込め性を保てることを確認した。また、すきま腐食については、図-6に示すとおり、高アルカリ環境では中性環境よりも起こりにくいことを確認した。

水素吸収に起因するSCCに関しては、水素吸収特性試験の結果(図-7)をもとに、拡散支配モデルおよび応力腐食割れ進展モデルを用いて、水素化物層および亀裂の進展をモデル化し、上記①~③の仮定のもとに解析評価を行った。その結果、もっとも保守的と考えられる①の仮定においても、極低電流密度において6万年間で成長する水素化物層の厚さは35 μ m、SCCによる亀裂深さは17 μ mであり、十分に健全性を保てることが分かった(図-8)。TRU処分環境を現実的に仮定した③の条件に基づいた検討(図-9)により、Ti合金の長期健全性により、6万年間の閉じ込めが有効であることを確認した。

その他の廃棄体に関しては、これまでの成果をとりまとめ、基本設計に反映した。

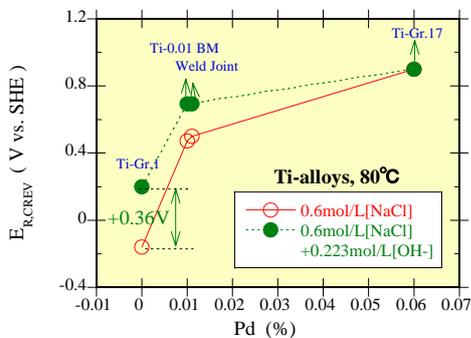


図-6 チタン合金の高アルカリ環境でのすきま腐食感受性



図-7 チタン合金の水素吸収特性試験結果

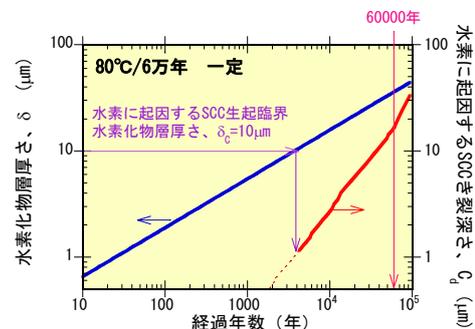


図-8 水素化物層および亀裂進展解析結果

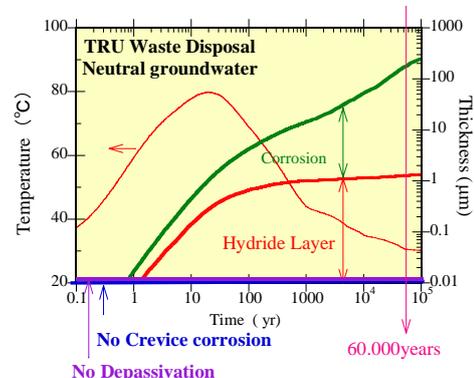


図-9 TRU 処分環境における Ti 合金の長期健全性

【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**

TRU 廃棄物の地層処分について、我が国の幅広い地質環境条件下において合理的な処分が可能であること及び高レベル放射性廃棄物との併置処分の技術的信頼性向上を図ることを目的に、多様な地質環境条件下における処分坑道の形状・規模に関する検討並びに海外の併置処分に関する情報調査・分析を実施した。

III. 放射性廃棄物全般に共通する調査研究

【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。(VI. 資料(1)研究成果報告書等 No. 17 参照)

◇平成 16 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。また各国での資金確保制度の運用状況、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、社会的要求事項に係る技術的な実現度等の検討を実施するとともに、データベースの活用方法について検討した。

(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。また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事業の評価に関して、フランスの国家評価委員会 (CNE) 米国の放射性廃棄物技術審査委員会 (NWTRB) 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、カナダ、スペインを中心とした体系的な法制度の調査を実施している。

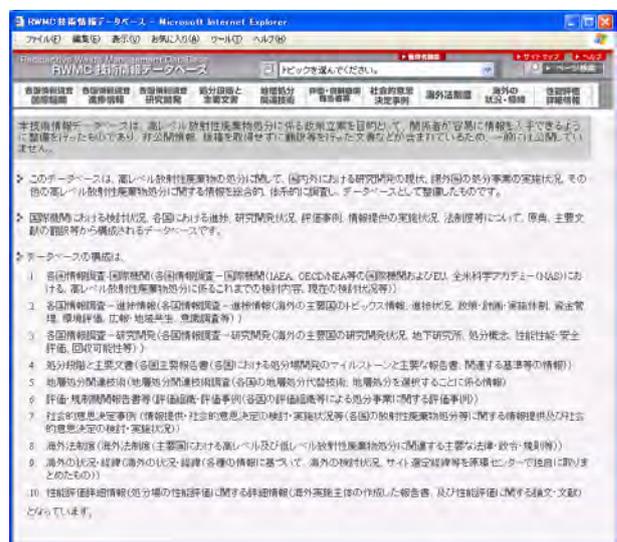


図-1 整備したデータベースの初期画面
(海外機関との情報交換協定等により限定的な利用形態を取っている)

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『速報』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。

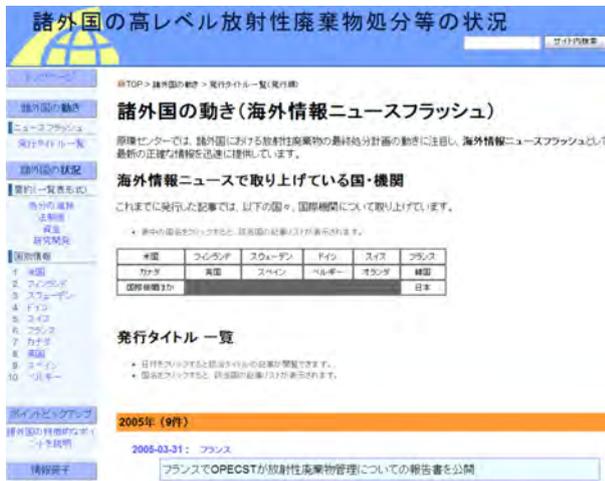


図-2 ホームページでの『速報』

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を収集し、データの登録を行った。

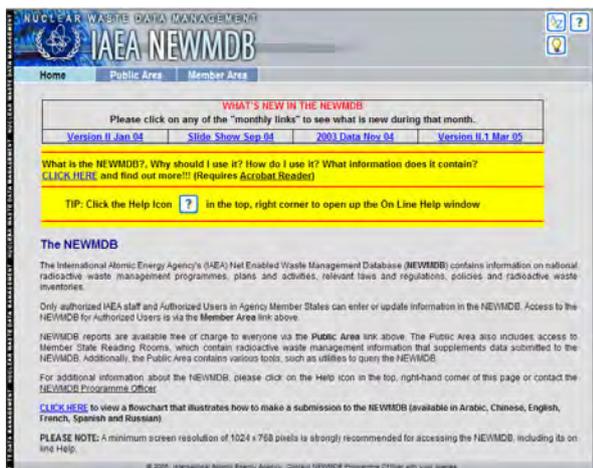


図-3 NEWMDBの初期画面
© 2005, International Atomic Energy Agency

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17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』（2004年10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。

【技術情報広報調査】

◇事業の概要

高レベル放射性廃棄物地層処分事業の円滑な推進を図るためには、住民、地元自治体等の関係者の事業や計画に対する理解を得たうえでの意思決定が必要条件となる。価値観が多様化している近年の状況では、事業推進に向けた意思決定を図ることが困難な場面が近年の事業（ダムや道路整備事業など）において見受けられる。このような背景のもと、今後の処分事業の推進においては、透明な情報公開のもと、客観性の高い意思決定プロセスを構築することが強く望まれる。

本調査は平成 15 年度より実施しているものであり、処分事業への適用を念頭において、情報伝達、認知、計画決定等の意思決定プロセスに必要な様々な影響因子（プロセス）を抽出し、それぞれの課題についての調査を実施することにより、処分事業に即した意思決定プロセスの構築方法の検討を行い、これらが当該事業の円滑な推進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の委託により実施しているものである。（VI. 資料(1)研究成果報告書等 No. 18 参照）

◇平成 16 年度の成果

本事業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事業推進に資するために早急に行う必要があると想定される作業の実施：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

事業の初年度である平成 15 年度には、基礎研究調査テーマの抽出を目的として、国内の社会科学関連分野での有識者との意見交換や国内外の

先行的な研究開発動向の調査を行い、「メンタルモデル・アプローチ（価値構造化理論）」を抽出した。メンタルモデル・アプローチとは、専門家と一般市民とのミスコミュニケーションの原因として、両者の価値構造の違いに着目したもので、両者の知識・価値構造のモデル化を行い比較することで、ミスコミュニケーションの原因を抽出し、改善すべき点を見出すアプローチである。

平成 16 年度の調査は平成 15 年度に引き続き、国内の社会科学関連分野での有識者との意見交換や国内外の研究開発動向調査による課題抽出を行うとともに、メンタルモデル・アプローチの地層処分事業への具体的な適用性の検討（地層処分事業に関する専門家と一般市民それぞれの知識・価値構造モデルの作成可能性の検討）として、次の調査・検討を実施した。

- ①メンタルモデル・アプローチの適用性検討：同アプローチの先行研究の調査を行い、地層処分事業への適用性の検討を行うとともに、事業関係者等（専門家）により発信されている各種情報をもとに専門家モデル案の検討を行った。
- ②一般市民モデル作成に向けた予備調査の実施：今後のモデル作成のための大規模調査（アンケート調査等）の予備調査として、地域レベルでの一般市民を対象としたインタビュー調査を実施した。

メンタルモデル・アプローチの適用性検討の結果、専門家と一般市民の知識・価値構造の乖離を視覚的に明示する本アプローチが、特に広報資料の検討などに効果的であり、また一般市民モデル作成に向けた予備調査結果から次のような分析結果を得た。

- ・一般市民については、それぞれが持つ知識情報をベースとした科学的根拠にもとづく判断ではなく、むしろリスクイメージにもとづいて判断している可能性が示唆された。
- ・一般市民の判断には専門家などの発言が重要な影響を与えており信頼も高い。したがって、地層処分事業の情報解釈等についても信頼ある専門家などの説明や情報提供が重要であることが示唆された。このような専門家像としては、地層処分事業に関わる分野とそれ以外の他分野の専門家が想定されるが、この両者にも意識・価値構造の乖離が予想される。

これらの調査・検討結果を踏まえ、メンタルモデル・アプローチの概念に基づき、以下の3つの知識・価値構造のモデル化による、双方の比較検討が効果的であると考えられた。

表-1 意見交換等による収集情報

モデル作成対象	作成モデル	
	イメージ構造	知識・価値構造
一般市民	●	
専門家①：処分事業の関連分野	●	●
専門家②：処分事業の非関連分野		●
備考	HLW 処分事業を含む広範なリスクイメージ	HLW 処分事業に関する、知識・価値構造

注) 一般市民と専門家①のイメージ構造モデルの比較、専門家①と専門家②の知識・価値構造の比較により、それぞれの間に存在する乖離を明確化する。

(2) 事業推進に資するために、早急に行う必要があると想定される作業の実施

標記目的に資する作業として、本年度は平成15年度に引き続き次の作業を実施した。

- ①効果的な説明方法の調査・検討
- ②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

効果的な説明方法の調査・検討では、大学所属の有識者等に協力を頂き、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）を複数回実施した。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、これらの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、これまで、図-1 に示す多様な専門性を有する63名の

有識者に参加頂いた。意見交換会により得られた意見情報を集約し、次の視点で整理した。

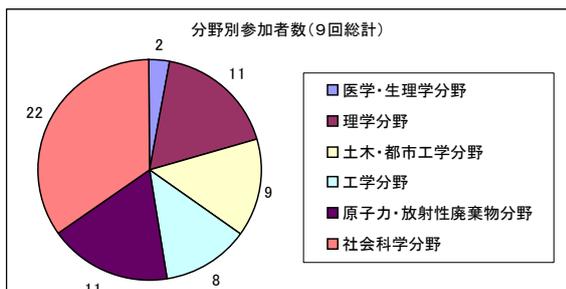


図-1 意見交換会参加者の専門性(9回総計)

- ①提供情報内容に関する意見(改善等の直接的な提言を含む)
- ②情報提示ロジックや提示方法、説明方法などへの総合的な意見、提言
- ③今後の社会対応等に関する提言(課題提起含む)
- ④その他の意見や感想など

これらの情報は、今後の高レベル放射性廃棄物処分事業に関する説明資料の見直しや説明方法の改善などに直接的に資するものであり、更に、今後の社会対応等に関する取り組みの在り方の検討などにも有用な情報となる(意見集約整理結果の一例として、③の視点での整理結果を表-2に示す)。

表-2 今後の社会対応等に関する意見集約結果例

収集意見の集約結果
地域住民による意思決定プロセスとしての、PI手法等の導入検討の必要性
国の存続・体制を含めた将来世代への責任のあり方の明確化
処分問題の存在や公募情報の幅広い情報認知や問題喚起のためのPRの必要性
シナリオや、データ信頼性確保のための体制やシステム構築の必要性
情報提供・説明における目的・目標(どこまで、何を伝えるか)の明確化、それに伴う内容の再考
第三者(専門家)の役割の明確化・活用可能性模索の必要性
リスク・ベネフィット(インセンティブ)把握や、地域共生(振興策)の具体的情報の拡充(振興策提示に関する国の積極的関与)の必要性
信頼感の醸成が重要
検討自治体サポート体制の模索

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¹⁾(パブリック・インボルブメント)に着目した効果的な場の提供方法の在り方について、平成15年度に引き続き、より詳細な情報調査を実施した。調査対象事例として抽出した約20事例におよ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。

1)PI手法：公衆参加型の意志決定の仕組み

【地層処分重要基礎技術研究調査】

◇事業の概要

高レベル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。

例えば、有機物の影響、圧縮ベントナイト中の物質移行やベントナイト変質メカニズムなどの現象に対しては、現段階では一定の仮定による保守的な評価を行っているが、現段階から基礎研究に着手してこれらに関する基礎的知見を収集し、将来の定量的な議論に資することが望まれる。

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。(VI. 資料(1)研究成果報告書等 No. 19 参照)

◇平成 16 年度の成果

本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。

昨年度までの継続研究(平成 13~15 年度)の終了に伴い、平成 16 年度は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、平成 16 年度より、新たに 7 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および地震活動・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、そこから「将来」の地殻活動ポテンシャル評価を行う

手法を開発するとともに、その有効性・汎用性を検証する。

平成 16 年度は、GPS による地殻変動データ取得のための準備作業(GPS 観測点を新規設置するための机上による観測点選定および現地視察)を展開した。さらに実際の観測に用いる GPS 受信装置の選定・動作確認を行うとともに、調査対象地域である北海道北部の地球物理・地形・地質データの収集および解析を行った。

(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 16 年度は多深度間隙水圧連続計測システムの設置とボーリング掘削、そこから得られたコア中の間隙水を用いた塩素安定同位体比、塩素イオン濃度、酸素・水素安定同位体比分析、海域に設置可能な多深度間隙水圧計測システムの試作と設置、データ取得の開始、得られたデータの処理手法の構築を行った。

(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 -

近年著しく性能が向上した 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 16 年度は、3 次元モンテカルロシミュレーション計算コードである EGS4 を用いた X 線透過率計算によって、X 線マイクロ CT 観察の最適条件を求める手法を検討した。また、計算結果から決定した観察条件で乾燥状態のベントナイト試料を観察したところ、明瞭な画像を得ることができた。拡散実験では、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した。

(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。特に、コロイド粒子がある大きさを有することによってフィルトレーション効果を受け、固相に束縛されるという現象についての正確なモデル化は行われていない。そこで、代表的な地下水コロイドが長期的な放射線の毒性を支配する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 16 年度は代表的な地下水コロイドと核種の相互作用、核種と固相の相互作用、コロイドと固相の相互作用について、バッチ実験や滴定実験、レーザー分光実験などを行い、組み合わせた系に応じてそれぞれに適切な吸着平衡・吸着（脱着）速度に関するモデルを適用し、平衡論および速度論に関するデータを取得した。

(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 -

天然環境における放射性核種と腐植物質との錯形成機構ならびに錯形成する部位を特定し、放射性核種が移行する際に作用する溶存腐植物質の影響を明らかにする。また腐植物質の特性と錯体特性との関係を分子サイズの観点より整理して定量化し、腐植物質の特性を考慮した溶存形態を解析して移行動態解明のための基礎的な知見を蓄積する。さらに還元環境下における溶存形態等の基礎データを淡水および塩水条件下の天然水を対象に取得し、室内実験データの妥当性を検討する。

平成 16 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。その結果、サイズ排除クロマトグラフィーでは腐植物質とナフチオン酸ナトリウムを分子サイズにより分離して測定することができた。また、北海道の別寒辺牛湿原を流れる河川水について鉄の溶存形態を分子サイズ分布の観点より検討した。

(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、特に炭素鋼表面での腐食速度の不均一分布に注目して調べ、不均一腐食が起きる機構を明らかにする。また腐食反応の進行に伴い埋設環境での酸素が消費され、その結果、炭素鋼の腐食速度が確実に減少することを実際の埋設環境において計測し確認する。さらに腐食モニタリングのための電気化学的システムを提案し、炭素鋼を埋設したままで、その腐食速度を精度良く計測できるシステムを実験室レベルで確立する。

平成 16 年度は異なる粒経のアルミナ粒子中に埋没した炭素鋼の腐食挙動を交流インピーダンス法によりモニタリングし、炭素鋼が活性状態にあるか不動態化しているかについて、インピーダンス特性を評価することで判断できることを示した。pH12 の環境では、アルミナ粒子のサイズに関係なく炭素鋼は不動態化し、pH9 の環境では、10 μ m 程度の粒経のときだけ炭素鋼は不動態化し、その他の粒経では炭素鋼は活性態となった。

(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にする。なお、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 16 年度は主として非晶質シリカ充填層を用いた溶解および浸透率の挙動を観察し、モデルを用いた解析計算と比較することによりその妥当性を評価した。また、回分式実験との比較から、充填層内における非晶質シリカの挙動は回分式実験とは異なり、充填粒子内部において拡散律速となること等が示された。

IV. 安全基準に関する調査研究

【放射性廃棄物地層処分の安全基準等に関する調査】

◇事業の概要

本調査は高レベル放射性廃棄物の地層処分の安全確保に関する考え方や安全基準等について、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。(VI. 資料(1)研究成果報告書等 No. 20 参照)

◇平成 16 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

高レベル放射性廃棄物の地層処分に関して、国際原子力機関 (IAEA)、経済協力開発機構/原子力機関 (OECD/NEA)、欧州連合 (EU) などの国際機関等で実施されている最近の検討状況について調査するとともに、本文書に対する考え方をまとめた。

a. IAEA での最近の検討状況及び文書

IAEA での最近の検討状況を概観するとともに、最近出版された文書として、IAEA 安全基準シリーズ DS154「安全要件：放射性廃棄物の地層処分」、IAEA-TECDOC-1222「放射性廃棄物の管理及び処分のための廃棄物インベントリ記録維持システム (WIRKS)」の概要を取りまとめた。

DS154 は、今後の地層処分を考える上で重要な位置付けになるものと想定されるため、DS154 が正式に出版された際には、内容を吟味しつつ、適切な検討を行うことが必要と考え

えられた。

また、IAEA-TECDOC-1222 については、詳細な検討は各国に委ねられているものの、ここで示された指針などに従って、我が国としての具体的な方法・内容などを検討し、早急に、記録維持システムを確立することが重要と考えられた。

- b. OECD/NEA での最近の検討状況および文書
OECD/NEA から最近出版された「地層処分場の閉鎖後セーフティケース 特徴と目的」(以下、「セーフティケース冊子報告書」という。)の概要を取りまとめた。またステークホルダーの信頼に関するフォーラム (FSC) に関しては、「放射性廃棄物管理に関する社会的な要件の学習及び適応/ステークホルダーの信頼に関するフォーラムで得られた重要な成果及び経験」、「放射性廃棄物管理における規制者の進化し続ける役割とイメージ/NEA ステークホルダー信頼性フォーラムで得られた教訓」の概要をまとめた。

セーフティケース冊子報告書については、国際的な検討の状況が示されているが、各々の国の状況に則したセーフティケースの在り方を検討する必要があると考えられた。

また、FSC の報告書については、放射性廃棄物管理に係る地域での関係者が参加して開催されるワークショップにより、多くの知見・意見等を収集し、研究報告書として取りまとめられており、種々の立場からの教訓が得られるため、非常に重要な資料と考えられた。

c. EU での最近の検討状況及び文書

EU・欧州委員会 (EC) で最近出版された文書として、「深地処分場における長寿命放射性廃棄物の回収可能性に関する協調行動」(以下、「回収可能性協調行動報告書」という。), 「放射性廃棄物の地層処分に向けた段階的アプローチにおけるモニタリングの役割に関するテーマ別ネットワーク」(以下、「モニタリング役割報告書」という。)の概要をまとめた。

回収可能性協調行動報告書については、各国での取り組みを参照しつつ、わが国の考え方を明確にする必要があると考えられた。

また、モニタリング役割報告書については、処分の段階的な実施、廃棄物の回収可能性と

も非常に密接に関係することから、国際的な検討状況に加え、各国での取り組みを参照しつつ、わが国の考え方を明確にする必要があるものと考えられた。

(2) 低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分の安全基準等に関する調査

対象廃棄物の種類、処分施設形態、処分深度等の要素において、わが国の余裕深度処分概念に類似する処分方策の事例及び検討状況について調査・整理した。また国内でこれまでに実施されている、あるいは今後計画されている余裕深度処分に関する研究開発等の状況を、文献等により調査した。

a. 海外諸国、国際機関等での類似処分概念の検討状況の調査・整理

海外における余裕深度処分と類似の処分概念を計画・実施している国およびその処分施設を、IAEAによる低中レベル放射性廃棄物処分場の分類でMC (Mined Cavity) に分類されている処分施設が相当するものとして、該当する処分場の中から6処分場(4ヶ国)を調査対象として概要調査を実施した。

具体的には、フィンランド(Loviisa 処分場、Olkiluoto 処分場)、スウェーデン(SFR 処分場)、ノルウェー(Hindalen 処分場)およびチェコ(Richard II 処分場、Bratrstvi 処分場)の処分場を対象に、処分場の建設・操業の状況、立地と処分深度、工学施設概念、対象廃棄物および廃棄体の受け入れ規準の各項目について調査・整理した。

また上記処分場を有する各国の安全基準値と安全評価シナリオの概要について調査・整理した。

さらにフィンランドとスウェーデンに特化して、詳細に調査・整理した。安全基準値に関して、フィンランドでは、フィンランド放射線・原子力安全センター(STUK)の指針によってリスク基準が定められ、線量の期待値に対する線量拘束値として0.1mSv/年、線量限度として5mSv/年が規定されている。一方、スウェーデンでは、SFR-1の操業が開始された時点で廃棄物処分のための安全基準値が定

められていなかったが、スウェーデン放射線防護機関(SSI)の規制によってリスク基準が定められ、リスク拘束値として 10^{-6} /年が規定されており、1mSv/年を超える結果については別途規制機関へ報告することとなっている。

フィンランドとスウェーデンに関しては、安全基準値の他に、組織体制と法体系、安全評価の最新動向、規制文書、安全確保の基本的な考え方、安全指標・基準値、評価期間、シナリオの設定、閉鎖後管理、パラメータなどの不確実性等の項目について調査・整理した。

b. 余裕深度処分に関する国内の研究実施状況調査

国内での余裕深度処分に関するこれまでの検討状況についての歴史的経緯を概略的に調査・整理した。

また事業化計画の動向について、原子力安全委員会での説明やその他の講演等から現状を調査・整理した。

その他機関の取り組み活動としては、(社)日本原子力学会における講演や標準委員会における検討があげられ、これら活動の概要について調査・整理した。標準委員会における検討については、原子燃料サイクル専門部会の下に「余裕深度処分対象廃棄体」と「余裕深度処分安全評価」の2つの分科会が設置され、検討活動が実施されている。余裕深度処分対象廃棄体分科会では、余裕深度処分対象廃棄体の要求性能、処分容器の規格、廃棄体の製作方法について標準として規定することを検討している。余裕深度処分安全評価分科会では、余裕深度処分のための安全評価手法を規定することを検討している。平成16年度は、両分科会とも検討が開始されたばかりであるが、今後の検討の動向には注目していく必要がある。

さらに余裕深度処分が対象として追加されることにより、今後議論されていくと考えられる現行の安全審査の基本的考え方について、論点等について整理した。

【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、海外での検討状況等を調査する放射性廃棄物地層処分基準整備調査と、海外委託再処理に伴う返還廃棄物に係る輸入確認手法の確立に資するため、海外委託再処理受託国や再処理委託国における現状等を調査する返還廃棄物の輸入確認手法調査の2つの調査に分けられる。それぞれの調査の概要を以下に記す。

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。(VI. 資料(1)研究成果報告書等 No. 21 参照)

(1) 放射性廃棄物地層処分基準整備調査

「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(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い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。

(2) 返還廃棄物の輸入確認手法調査

わが国では使用済燃料の再処理の一部を英国およびフランスに委託しており、これに伴って発生する放射性廃棄物は、原則としてわが国に返還されることとなっている。これらの返還廃棄物は、わが国の法規制が適用されない海外で製造されることから、わが国へ受入及び貯蔵(事業所外廃棄)する際に、事業者はこれを主務大臣(この場合は、経済産業大臣)に申請し、国の確認を受けることになっている(原子炉等規制法第58条の2、外廃棄規則第3条、第4条)。返還廃棄物のうち、フランスからは既に高レベル放射性廃棄物であるガラス固化体の返還が一部実施されている。

今後は英国 BNFL からもガラス固化体が返還される他、フランス、イギリスから低レベル放射性廃棄物についてもいずれ返還される予定である。特に、低レベル放射性廃棄物については、その仕様が多種多様であり、輸入確認の方法が煩雑になることが予想される。これらの新たに返還される放射性廃棄物に対する輸入確認手法は、今後順次検討されていく予定である。

本調査では既に返還が開始されている COGEMA ガラス固化体については、フランスにおける我が国の規制機関職員による調査を含む輸入確認の在り方について、現状を踏まえてより良い方法を検討するため、他の再処理委託国における確認手法等を調査する。一方、今後返還の開始が予定されている放射性廃棄物については、COGEMA ガラス固化体の第1回受入において生じた類の問題の発生を防止しその仕様の確認が適切に行えるような輸入確認手法を確立するため、再処理受託国における返還廃棄物の製造管理、品質管理等に関する情報や、他の再処理委託国における確認手法等に関する情報を収集することを目的とする。

◇平成 16 年度の成果

(1) 放射性廃棄物地層処分基準整備調査

平成 16 年度は海外の主要国を対象として、高レベル放射性廃棄物処分のサイト選定段階での規制機関の関与、建設許認可申請時とその後に行われるデータの取り扱い、操業段階での安全レビューの考え方、閉鎖段階への移行判断の考え方等の規制の在り方について、海外調査・国内調査により調査した。また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。

a. 海外での処分の安全規制に係る規制制度の調査

高レベル放射性廃棄物処分の計画が進められている主要な諸外国について、処分の各段階での規制機関の関与、建設許認可申請時とその後に行われるデータの取り扱い、操業段階での安全評価のレビューの考え方、閉鎖段階への移行判断の考え方の調査を実施した。

b. 諸外国での新たな法令・安全基準等の調査

諸外国における高レベル放射性廃棄物処分に関して、新たに整備された法令、安全基準・指針等として、スイスでの新原子力法、新原子力令の内容を調査した。

スイスでは従来の原子力法に放射性廃棄物に関する規定がなかったが、2005 年に発効した新原子力法は、放射性廃棄物に特化した規定があり、全編にわたって放射性廃棄物に係る安全規制、資金確保が規定されている。

一方、新原子力令では、地層処分施設の構成要素を主施設、パイロット施設及び試験施設とするなど、放射性廃棄物処分概念専門家グループ（EKRA）が提唱した「監視付長期地層処分」概念が明示的に反映されている。

(2) 返還廃棄物の輸入確認手法調査

我が国における返還廃棄物の輸入確認手法についての基礎的な資料を整備するため、再処理

受託国、再処理委託国の関係機関に対する海外調査を行い、返還廃棄物の受入実績及び確認手法等の最新情報を調査した。

再処理受託国においては、返還廃棄物（高レベル、低レベル）の製造方法、製造管理等の品質管理に関する事項を調査し、再処理委託国においては、高レベル返還廃棄物の受入実績及び低レベル返還廃棄物の輸入確認手法に関する事項を調査した。

a. 返還廃棄物製造に係る品質管理等の調査・分析

(i) 返還高レベル放射性廃棄物の製造管理及び品質管理

英国における放射性廃棄物の規制体制を整理するとともに、返還ガラス固化体の製造状況、ガラス固化施設の品質管理体制、第三者機関による監査の状況等をまとめた。

(ii) 返還低レベル放射性廃棄物の製造管理及び品質管理

英国における返還低レベル放射性廃棄物の製造方法、品質管理、監査等の状況を整理した。

b. 返還廃棄物の輸入確認に係る調査・分析

再処理委託国（ベルギー）における放射性廃棄物の規制体制及び輸入確認手法の基本的な考え方、輸入確認の手順、受入の現状について関係機関を通じて調査し、これを整理した。

c. 我が国の返還廃棄物輸入確認手法の在り方の検討

返還高レベル放射性廃棄物の輸入確認手法の在り方に関して、諸外国における返還廃棄物の輸入確認手法や燃料体検査や溶接品の検査、国内発電所廃棄物の類似事例を参考に、より良い返還廃棄物の輸入確認手法の在り方を検討した。

また返還低レベル放射性廃棄物の輸入確認手法の在り方に関して、COGEMA から返還される予定の低レベル放射性廃棄物（固型物収納体）について、輸送、貯蔵及び処分の観点から安全性評価に重要な情報の項目について検討した。

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制度、安全規制・基準、実施状況等に関する情報交換協定を締結して情報交換を行っている。

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 (BOG/CNNC)

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／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／国家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、現在、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ター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

No.	研究件名	平成16年度研究成果報告書	外部発表等
1	低レベル放射性廃棄物処分技術調査	平成16年度 低レベル放射性廃棄物処分技術調査報告書 (平成17年3月)	
2	ウラン廃棄物処分技術調査	平成16年度 ウラン廃棄物処分技術調査 報告書 (平成17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)	VI. 資料 (2)外部発表 No. 64 参照
3	物理探査技術信頼性確認試験(高精度物理探査技術高度化調査)	平成16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17年3月)	VI. 資料 (2)外部発表 No. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 40, 41, 42, 45, 57, 58, 59, 60 参照
4	地質環境評価技術高度化調査	平成16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3月)	
5	遠隔操作技術高度化調査	平成16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3月)	VI. 資料 (2)外部発表 No. 3, 4, 5, 22, 23, 35, 43, 49, 62 参照
6	人工バリア特性体系化調査	平成16年度 地層処分技術調査等 人工バリア特性体系化調査 報告書 (平成17年3月)	
7	人工バリア材料照射影響調査	平成16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3月)	
8	性能評価技術高度化	平成16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17年3月) (第1分冊) (第2分冊)	
9	地球化学バリア有効性確認調査	平成16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3月)	
10	モニタリング機器技術高度化調査	平成16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17年3月) (その1) 地層処分モニタリング技術情報調査のメニュー化 (その2) 地層処分記録保存システムの調査 (その3) 海水中の極低レベルプルトニウムの計測技術開発に関する検討	VI. 資料 (2)外部発表 No. 17 参照
11	多重バリア長期安定性事例調査	平成16年度 核燃料サイクル関係推進調整等 多重バリア長期安定性事例調査 報告書 (平成17年3月)	VI. 資料 (2)外部発表 No. 8, 39 参照
12	人工バリア・天然バリアガス移行挙動評価	平成16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. 9, 33, 50, 51, 52 参照

No.	研究件名	研究成果報告書	外部発表等
13	人工バリア長期性能確認試験	平成16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. 1, 48 参照
14	ヨウ素固定化技術調査	平成16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3月)	VI. 資料 (2)外部発表 No. 24, 61 参照
15	放射化金属廃棄物炭素移行評 価技術調査	平成16年度 地層処分技術調査等 TRU廃棄物関連 処分技術調査 報告書 (平成17年3月)	
16	廃棄体開発調査	平成16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3月)	VI. 資料 (2)外部発表 No. 2, 25, 26, 27, 53, 54, 63 参照
17	総合情報調査	平成16年度 総合情報調査 報告書 (平成17年 3月)	
18	技術情報広報調査	平成16年度 技術情報広報調査 報告書 (平成 17年3月)	
19	地層処分重要基礎技術研究調 査	平成16年度 地層処分重要基礎技術研究調査 報 告書 (平成17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16年度 放射性廃棄物地層処分の安全基準等 に関する調査 報告書 (平成17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16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3月)	

VI. 資料

(2) 外部発表等

(学会発表等)			
No.	題 目	発 表 者	発 表 先
1	Long-Term Performance Assessment for Engineered Barriers -Study on barrier materials alteration-	朝野英一、大和田仁、加藤博康	International Workshop on Bentonite -Cement Interaction in Repository Environments-(NUMO/POSIVA) (2004年4月14-16日)東京
2	鉄筋コンクリートを用いたTRU廃棄物処分廃棄体の開発(5) -高透気性充填モルタルの開発-	大和田仁、伊藤貴司、大川賢紀、近藤誠、松原龍一、小川秀夫	土木学会「平成16年度全国大会第59回年次学術講演会」(2004年9月8-10日)名古屋
3	高温多湿環境におけるベントナイトブロックの状態変化に関する検討(その2)	増田良一、多田浩幸、竹ヶ原竜大、高尾肇、上坂文哉、宇津野二士	土木学会「平成16年度全国大会第59回年次学術講演会」(2004年9月8-10日)名古屋
4	ベントナイト緩衝材ブロックの摩擦特性に対する模型実験的検討	多田浩幸、増田良一、竹ヶ原竜大、高尾肇、上坂文哉、宇津野二士	土木学会「平成16年度全国大会第59回年次学術講演会」(2004年9月8-10日)名古屋
5	緩衝材原位置締固め工法における加速度減衰特性の検討	増田良一、西村毅、雨宮清	土木学会「平成16年度全国大会第59回年次学術講演会」(2004年9月8-10日)名古屋
6	中空円筒形RC構造物の水密性評価(その1) -加圧注水実験による平均透水性評価-	藤原愛、三浦律彦、小西一寛、辻幸和	土木学会「平成16年度全国大会第59回年次学術講演会」(2004年9月8-10日)名古屋
7	中空円筒形RC構造物の水密性評価(その2) -採取コアの透水試験による複合透水性評価-	藤原愛、三浦律彦、小西一寛、辻幸和	土木学会「平成16年度全国大会第59回年次学術講演会」(2004年9月8-10日)名古屋
8	ナチュラル・アナログとしての化石塩水に関する情報整備	山本修一、大久保秀一、桑原徹、正本美佳、高橋利宏	土木学会「平成16年度全国大会第59回年次学術講演会」(2004年9月8-10日)名古屋
9	ガス移行挙動評価のための原位置ガス注入試験	岡本修一、山本修一、藤原愛、安藤賢一、志村友行、田中達也	土木学会「平成16年度全国大会第59回年次学術講演会」(2004年9月8-10日)名古屋
10	塩淡域・堆積岩環境を対象とした調査システムフロー構築において考慮すべき事項について	吉村公孝、山本修一、石橋勝彦、中野靖、安藤賢一、田中達也、井尻裕二、松村淳、吉村実義	土木学会「平成16年度全国大会第59回年次学術講演会」(2004年9月8-10日)名古屋
11	地層処分における電磁法解析技術の開発(その3)	吉村公孝、大久保秀一、林俊夫、山根一彦	物理探査学会「第110回学術講演会」(2004年5月25-27日)東京
12	地層処分における海底電磁法機器の製作(その2)	吉村公孝、大久保秀一、林俊夫、中田晴弥、大里和己、山根一彦、中嶋智	物理探査学会「第110回学術講演会」(2004年5月25-27日)東京
13	地質環境調査支援ツールの概念モデルへの適用性検討	大久保秀一、吉村公孝、須山泰宏、安藤賢一、吉村実義、堀尾淳	物理探査学会「第110回学術講演会」(2004年5月25-27日)東京

No.	題 目	発 表 者	発 表 先
14	地中無線通信技術の放射性廃棄物地層処分モニタリングへの適用性検討 (その2)	吉村公孝、虎田真一郎、竹ヶ原竜大、笠嶋善憲、奥津一夫、新保弘	物理探査学会「第110回学術講演会」(2004年5月25-27日)東京
15	弾性波速度の周波数依存特性を利用した岩盤透水場の試構築と花崗岩を対象とした適用性検討	吉村公孝、大久保秀一、安藤賢一、金亨穆、西山哲、大谷俊輔、菊地崇	物理探査学会「第110回学術講演会」(2004年5月25-27日)東京
16	日本における放射性廃棄物処分を巡る現状	坪谷隆夫、岡野憲太	「第19回KAIF/KNS年次大会」(2004年4月26~27日)韓国 Seoul
17	Expected Roles of Chemical Sensors on Monitoring Geological Repository for High-level Radioactive Waste	朝野英一、虎田真一郎、大内仁、坪谷隆夫、竹ヶ原竜大	電気化学会「第10回化学センサ国際会議」(2004年7月)筑波
18	TRU廃棄物処分における硝酸塩の影響(1) - 試験計画と処分場の化学環境評価 -	加藤博康、村瀬拓也、塚本政樹、藤田智成、杉山大輔、高瀬敏郎、稲継成文	日本原子力学会「2004年秋の大会」(2004年9月15-17日)京都
19	TRU廃棄物処分における硝酸塩の影響(2) - セメント系材料の変質への影響 -	金子昌章、加藤博康、三倉道孝、立山伸治、村瀬拓也、塚本政樹、稲継成文	日本原子力学会「2004年秋の大会」(2004年9月15-17日)京都
20	TRU廃棄物処分における硝酸塩の影響(3) - ベントナイト系材料及び岩盤の変質への影響 -	加藤博康、中澤俊之、村瀬拓也、塚本政樹、稲継成文	日本原子力学会「2004年秋の大会」(2004年9月15-17日)京都
21	TRU廃棄物処分における硝酸塩の影響(4) - セメント系材料及び岩の分配係数への影響 -	金子昌章、加藤博康、三倉通孝、立山伸治、村瀬拓也、塚本政樹、稲継成文	日本原子力学会「2004年秋の大会」(2004年9月15-17日)京都
22	高レベル放射性廃棄物地層処分における人工バリア材料のハンドリング・定置に関わる遠隔操作技術の開発 - 曲面用エアベアリングの製作および適用可能範囲の検討 -	朝野英一、増田良一、吉田健、岩田裕美子	日本機械学会「第9回動力・エネルギー技術シンポジウム」(2004年6月22-23日)東京
23	高レベル放射性廃棄物処分作業時における安全・品質保証の考え方	朝野英一、増田良一、河村秀紀、長谷川宏、Ian G. McKinley	日本機械学会「第9回動力・エネルギー技術シンポジウム」(2004年6月22-23日)東京
24	還元雰囲気FeCl ₂ 水溶液中でのヨウ化銀 (AgI) 溶解挙動	朝野英一、加藤修、西村務、新開篤、稲垣八穂広、	日本原子力学会「2004年秋の大会」(2004年9月15-17日)京都
25	TRU廃棄物廃棄体の開発 (6) 高強度高緻密コンクリートを用いた一体成型法による製作技術の検討	朝野英一、大和田仁、大槻彰良、渋谷和俊、武井明彦、吉田拓真、松尾俊明、川寄透	日本原子力学会「2004年秋の大会」(2004年9月15-17日)京都
26	TRU廃棄物廃棄体の開発 (7) 高強度高緻密コンクリートの水浸透挙動評価手法の検討	朝野英一、大和田仁、大槻彰良、川寄透、吉田拓真、松尾俊明、渋谷和俊、武井明彦	日本原子力学会「2004年秋の大会」(2004年9月15-17日)京都

VI. 資料

No.	題 目	発 表 者	発 表 先
27	TRU廃棄物廃棄体の開発（8） チタン合金の長期健全性評価	朝野英一、大和田仁、 大槻彰良、澤周輔、 深谷祐一、中山元、 明石正恒、	日本原子力学会「2004年秋の大会」（2004年9月15-17日）京都
28	極低レベル雑固体廃棄物処分安全性対策試験 （1）－全体実施概要－	斎田勇三、山本正幸、 今井淳、佐伯悌	日本原子力学会「2004年秋の大会」（2004年9月15-17日）京都
29	極低レベル雑固体廃棄物処分安全性対策試験 （2）－降雨覆土浸透水量測定試験－	斎田勇三、山下亮、 今井淳、鈴木正人	日本原子力学会「2004年秋の大会」（2004年9月15-17日）京都
30	極低レベル雑固体廃棄物処分安全性対策試験 （3）－キャピラリーバリ型覆土の性能実証試験－	斎田勇三、山下亮、 鈴木正人、今井淳	日本原子力学会「2004年秋の大会」（2004年9月15-17日）京都
31	極低レベル雑固体廃棄物処分安全性対策試験 （4）－実規模実証試験の水分移動測定とトレーサ移行分析結果－	斎田勇三、金子昌章、 佐伯悌、久野義夫、 山本正幸、	日本原子力学会「2004年秋の大会」（2004年9月15-17日）京都
32	極低レベル雑固体廃棄物処分安全性対策試験 （5）－実規模実証試験の水分移動・トレーサ移行評価－	斎田勇三、金子昌章、 黒沢満、山本正幸、	日本原子力学会「2004年秋の大会」（2004年9月15-17日）京都
33	人工バリアシステムの原位置ガス移行挙動試験 における2相流モデリングの適用性に関する一考察	岡本修一、藤原愛、 森康二、多田和広、 登坂博行	土木学会「第34回岩盤力学に関するシンポジウム」（2005年1月6-7日）東京
34	降雨覆土浸透水量測定試験	斎田勇三、今井淳、 鈴木正人、山口陽久	廃棄物学会「第15回廃棄物学会研究発表会」（2004年11月17-19日）高松
35	オーバーバック、緩衝材の遠隔ハンドリング・ 定置技術の開発	多田浩幸	日本原子力学会 バックエンド部会「第20回バックエンド夏期セミナー」（2004年7月29-30日）姫路
36	余裕深度処分施設に関する技術要件について	橋本 学	日本原子力学会 バックエンド部会「第20回バックエンド夏期セミナー」（2004年7月29-30日）姫路
37	Nurture of human resources for geological repository program	藤原愛、坪谷隆夫	IAEA International Conference on Nuclear Knowledge Management: Strategies, Information Management and Human Resources Development (2004年9月7-10日) フランス サクレ
38	Robust Record Preservation system on Geological Repository	大内仁	IAEA International Conference on Nuclear Knowledge Management: Strategies, Information Management and Human Resources Development (2004年9月7-10日) フランス サクレ

No.	題 目	発 表 者	発 表 先
39	ナチュラル・アナログ的見地による我が国の化石塩水の特徴	吉村公孝、山本修一、 桑原徹、正本美佳、 横井悟、高橋利宏	日本応用地質学会「平成16年度 研究発表会」(2004年10月28-29 日)新潟
40	地層処分における電磁法解析技術の開発(その 4)	吉村公孝、大久保秀一、 林俊夫、山根一修、	物理探査学会「第111回学術講演 会」(2004年9月21-22日)盛岡
41	地層処分における海底電磁法機器の製作(その 3)	大久保秀一、吉村公孝、 林俊夫、中田晴弥、 大里和己、山根一修、 中嶋智	物理探査学会「第111回学術講演 会」(2004年9月21-22日)盛岡
42	弾性波の長距離伝搬を目指した高出力孔内震源 開発(その3)	吉村公孝、大久保秀一、 林俊夫、榊原淳一	物理探査学会「第111回学術講演 会」(2004年9月21-22日)盛岡
43	オーバーパックへのクリーニング波の適用性 (その2)	朝野英一、大槻彰良、 渡瀬保夫、山口憲治	日本非破壊検査協会「平成16年 度秋季講演大会」(2004年11月 16-17日)大阪
44	Long-term performance assessment for engineered barrier -Evaluation of barrier materials alteration-	寺田賢二	IAEA調整研究プロジェクト(CRP)主催 Technical Committee(2004年10 月11-15日)中国 FUZHAO
45	A case study of permeability analysis using frequency dependent acoustic wave velocity and applying in-situ data	吉村公孝、安藤賢一、 Kim Hyung-Mok、 西山哲、上原真一、 大西有三	ISRM International Symposium -The 6th International Workshop on the Application of Geophysics to Rock Engineering-(2004年11月30-12 月2日)京都
46	多様な地質条件におけるTRU廃棄物処分坑道 の安定性	増田良一、多田浩幸、 稲継成文、金谷賢生、 中野靖、森聡	日本原子力学会「2005年春の大 会」(2005年3月29-31日)平塚
47	Generation of actinide colloids and their sorption on rocks-A study on colloids in an ISTC(International Science and Tecnology Center) project	藤原愛	原研/JNC主催「NUCEF2005 国際 シンポジウム」(2004年2月9-10 日)東海
48	Development of Analytical Technique of Alter ration Minerals Formed in bentonite by the Reaction with Hyper-alkaline Soluton	久野義夫、朝野英一、 金子昌章、大和田仁、 坂本浩幸、柴田真仁	ANDRA主催 Clays in Natural and Engineered barriers for Radioactive Waste Confinement TOURS 2005(2005年3月14-18日) フランス TOURS
49	Thermal conductivity improvement of bentonite buffer material	朝野英一、増田良一、 多田浩幸、森拓雄、 中岡健一、小峰秀雄	ANDRA主催 Clays in Natural and Engineered barriers for Radioactive Waste Confinement TOURS 2005(2005年3月14-18日) フランス TOURS
50	The in-situ Gas Migration Test(GMT)at the Grimzel Test Site:Gas Injection and System Hydrau	岡本修一、山本修一、 藤原愛、安藤賢一、 志村友行、S.Vomvoris、 P.marschall、 G.W.Lanyon	ANDRA主催 Clays in Natural and Engineered barriers for Radioactive Waste Confinement TOURS 2005(2005年3月14-18日) フランス TOURS
51	Gas flow mechanism in an engineered barrier system	藤原愛、 Georg Klubertanz、 Jean Croise、 Michel de Combarieu、 Stratis Vomvoris	ANDRA主催 Clays in Natural and Engineered barriers for Radioactive Waste Confinement TOURS 2005(2005年3月14-18日) フランス TOURS

VI. 資料

No.	題 目	発 表 者	発 表 先
52	A Discussion of the Applicability of Water/Air Two-phase Flow Modeling to In-situ Gas Migration Behavior in Engineered Barrier System	岡本修一、藤原愛、森康二、多田和広、登坂博行、	ANDRA主催 Clays in Natural and Engineered barriers for Radioactive Waste Confinement TOURS 2005(2005年3月14-18日) フランス TOURS
53	Hydrogen-Induced Stress Corrosion Crack Initiation and Propagation in Titanium Alloys in Deep Underground Environments	大和田仁、朝野英一、河原憲一、中山元、深谷祐一、明石正恒、澤周輔、阿波野俊彦、平野孝、菅野毅、	EuroCorrosion 2004 Proceedings(2004年9月12-16日) フランス ニース
54	TRU廃棄物処分環境下におけるTi合金製廃棄体容器の長期閉じ込め性能評価	大和田仁、大槻彰良、朝野英一、中山元、深谷祐一、明石正恒、澤周輔、菅野毅	腐食防食協会「第51回材料と環境討論会」(2004年9月8-10日) 名古屋

(論文投稿)			
No.	論 文	著 者	投 稿 先
55	長期加圧注水実験による中空円筒形RC構造物の水密評価	藤原愛、三浦律彦、小西一寛、辻幸和	土木学会「土木学会論文集」No. 788/VI-67(2005年5月)
56	採取コアの透水試験による中空円筒形RC構造物の透水評価	藤原愛、三浦律彦、小西一寛、辻幸和	土木学会「土木学会論文集」No. 788/VI-67(2005年5月)
57	浅海域での電磁法調査の問題点と対策試案	吉村公孝、山根一彦、Steven Costable、Arnold Orange	物理探査学会「物理探査」Vol. 57.No. 4 (2004年8月)
58	地質環境調査における信頼性向上の検討	吉村公孝、安藤賢一	物理探査学会「物理探査」Vol. 57.No. 4 (2004年8月)
59	リモートセンシング解析技術の地質環境への適用性検討	吉村公孝、林俊夫、筒井健、宮崎早苗	物理探査学会「物理探査」Vol. 57.No. 4 (2004年8月)
60	Uncertainty assesment of geolgical modelling using Evidential Support Logic	大久保秀一、吉村公孝、戸井田克、須山泰宏、Andrew Bowden、Richard Metcalfe	物理探査学会「物理探査」Vol. 57.No. 4 (2004年8月)
61	ヨウ素酸イオンを吸着させたエトリンガイド及びヨウ素酸型合成エトリンガイドからのヨウ素酸離脱	金子昌章、岡本賢一郎、長崎晋也、田中知、春口佳子	原子力学会 バックエンド部会「原子力バックエンド研究」Vol. 11.No. 1 (2004年10月)
62	原位置締固め工法によるベントナイト系緩衝材施工技術の実証的検討	増田良一、朝野英一、雨宮清、茂呂吉司、小菅一弘、小峯秀雄	土木学会「土木学会論文集」No. 777/VI-65(2004年12月)
63	Hydrogen-Induced Stress Corrosion Crack Initiation and Propagation in Titanium Alloys in Deep Underground Environments	久野義夫、朝野英一、金子昌章 大和田仁、坂本浩幸、柴田真仁	EuroCorrosion 2004 Proceedings(2004年9月)
64	Demonstration of a Method to Suppress Radon Emanation from Uranium-bearing Wastes	佐々木朋三、軍司康義、奥田武	Journal of Nuclear Science and Technology Vol. 41, No. 8(2004年8月1日)
65	余裕深度処分に関する技術要件について 報告書	原子力環境整備促進・資金管理センター	国立国会図書館 寄贈(2004年3月31日)

(3) 技術報告書

No.	表 題	著 者	発行年月
1	地層処分人材養成の基本的考え方 (RWMC-RRJ-04001)	藤原愛、坪谷隆夫	平成16年5月
2	金属廃棄物中の放射化物（炭素14）の挙動等に関する 国内外の情報調査（RWMC-TRJ-04002-1）	金子昌章、朝野英一、 金子悟、田辺博三	平成16年7月
3	金属廃棄物中の放射化物（炭素14）の挙動等に関する 国内外の情報調査（別添資料） (RWMC-TRJ-04002-2)	金子昌章、朝野英一、 金子悟、田辺博三	平成16年7月
4	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－ (RWMC-TRJ-04003)	竹ヶ原竜大、虎田真一郎、 朝野英一、大内仁、 坪谷隆夫	平成16年9月

VI. 資料

(4) 委員会一覧

区 分	名 称
1. 放射性廃棄物の管理処分に関する調査研究	低レベル放射性廃棄物処分技術検討委員会
	ウラン廃棄物処分検討委員会
	ウラン廃棄物除染検討委員会
	余裕深度処分の技術基準等検討委員会
2. 放射性廃棄物の地層処分に関する調査研究	地球化学バリア有効性確認調査検討委員会
	物理探査技術確認試験検討委員会
	地質環境評価技術高度化検討委員会
	遠隔操作技術高度化調査検討委員会
	" 遠隔溶接・検査技術検討部会
	" 遠隔ハンドリング・定置技術検討部会
	地層処分モニタリングシステム検討委員会
	ガス移行挙動評価検討委員会
	ヨウ素固定化技術調査委員会
	廃棄体開発検討委員会
	" コンクリート容器検討部会
	" 金属容器検討部会
	人工バリア長期性能確認試験検討委員会
	人工バリア特性体系化調査検討委員会
放射化金属廃棄物炭素移行評価技術検討委員会	
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
	性能評価技術開発検討委員会
	高レベル放射性廃棄物処分技術開発委員会
	" 地質環境評価WG
	" 処分技術WG
	" 性能評価WG

(5) 原環センター主催の講演会等

講演会等名	開催日	場所	
フランスにおける高レベル放射性廃棄物処分計画 講演会 講師：フランス ANDRA (放射性廃棄物管理機関) 国際協力部部長 ベルナルド・フォーシェー(Bernald FAUCHER)氏	平成16年10月6日	東京 六本木アカデミーフォーラム	
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： 「放射性廃棄物の最終処分に関する調査研究の概要」 「高レベル放射性廃棄物処分に係るサイト調査・許認可の動向」 「極低レベル放射性廃棄物処分の安全性実証試験の成果」 特別講演： 「アーカイブ ～未来へのメッセージ～」 講師：国際資料研究所 代表 小川千代子氏	平成16年11月18日	東京 石垣記念ホール	
賛助会員向け講演会等	戦略的環境アセスメントの考え方と動向 講演会 講師：東京工業大学大学院 総合理工学研究科教授 原科幸彦氏	平成16年6月24日	東京 原環センター
	HLW処分事業の推進における社会的意志決定に関する講演会 講師：ロシア科学アカデミー シュミット地球物理学研究所 地球物理センター 副所長 Mr. Viadislav N. Morozov氏 ロシア連邦 Promtechnology 研究所 副所長 Mr. Eugene N. Kamnev氏	平成16年7月16日	東京 原環センター
	放射性廃棄物処分政策について講演会 講師：経済産業省 資源エネルギー庁 放射性廃棄物対策室長 山近英彦氏	平成16年9月29日	東京 霞山会館
	ドイツにおける放射性廃棄物の現状 講演会 講師：ドイツ DBEテクノロジー社 国際協力部長 ビュールン博士	平成16年12月15日	東京 原環センター
	「ロシアにおける放射性廃棄物の処置に関する問題」 「ロシアの高レベル放射性廃棄物 (HLW) 及び使用済み核燃料 (SNF) の地下処分の問題」 講師：ロシア科学アカデミー会員 ボリスF. ミャソエドフ氏 ロシア科学アカデミー 地球化学研究所 教授 ヴァジリー I. ベリチキン氏	平成17年3月25日	東京 東海大学 校友会館

原環センター 2004年度 技術年報

2005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

原子力環境整備促進・資金管理センター

低レベル
放射性廃棄物の
調査研究

高レベル
放射性廃棄物・
TRU (超ウラン元素)
廃棄物の調査研究

資金管理業務

情報蓄積・提供
及び成果等の普及

理事会

Board of Directors

理事長

President

専務理事
常務理事
理事

Vice President
Senior Executive Director
Executive Director

評議員会

Advisory Committee

評議員

Advisors

監事

Auditors

積立金運用
委員会

Fund Management
Advisory committee

総務部

General Affairs
Division

企画部

Planning
Division

技術総括室
Project
Coordination
office

基準・規格
調査研究
プロジェクト

Safety
Requirement
Research
Project

処分技術
調査研究
プロジェクト

EBS
Technology
Research
Project

事業環境
調査研究
プロジェクト

Advanced
Waste Systems
Research
Project

技術情報調査
プロジェクト

Waste
Information
Research
Project

資金管理
業務部

Fund
Administration
Division