

RWmc

原環センター
2008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

当センターは、1976年の設立以来、産業界、学協会、官界などの幅広いご支援を得て、我が国唯一の中立的調査研究機関として、低レベルから高レベルに至る放射性廃棄物の処理処分に係る調査研究活動を行ってまいりました。

最近、高レベル放射性廃棄物やTRU廃棄物を対象とした地層処分や発電所等廃棄物を対象とした余裕深度処分に係る工学的な技術の調査研究に力を注いでおります。また、海外の研究機関、処分事業実施機関等との国際的なネットワークで収集した放射性廃棄物に関する各国の政策、制度、事業の進捗状況、研究開発動向等の膨大な情報を分析・加工し、我が国各界の利用の便に供する情報センターの役割も担っております。

このように当センターは、時代が求める様々な課題に対し、先駆けとして取り組み着実に成果を上げてきました。

現在、地層処分に対する国民の理解促進が、地層処分事業推進上の大きな課題となっております。このような課題については、2008年度に国からの受託事業として、国民全般の地層処分への理解を深めるための実規模・実物の人工バリアやその長期挙動等を実感・体験できる設備の整備を行う、「地層処分実規模設備整備事業」に着手いたしました。

この技術年報は、当センターが2008年度に実施した調査研究等の内容をご紹介しますとともに、国際交流や国際会議・学会等での発表実績など当センターの一年間の活動状況を取りまとめたものです。本年報を通じて、当センターの活動をご理解いただくとともに、ご指導を賜れば幸いです。



財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター
理事長 井上 毅

目 次

I. 放射性廃棄物の管理処分に関する調査研究.....	4
1. 地下空洞型処分施設性能確証試験.....	4
2. その他の管理処分に関する調査研究.....	8
II. 放射性廃棄物の地層処分に関する調査研究.....	9
1. 処分システム工学要素技術高度化開発.....	9
1-1 遠隔操作技術高度化開発.....	9
1-2 人工バリア品質評価技術の開発.....	11
1-3 モニタリング技術の開発.....	13
2. 人工バリア長期性能評価技術開発.....	15
2-1 人工バリアの長期挙動の評価	15
2-2 ガス移行挙動の評価	17
3. ヨウ素・炭素処理・処分技術高度化開発.....	19
3-1 ヨウ素固定化処理技術開発.....	19
3-2 放射化金属廃棄物中の C-14 の放出挙動評価	21
3-3 C-14 の長期閉じ込め技術の高度化	23
4. 沿岸域塩淡境界・断層評価技術高度化開発.....	25
5. 沿岸域における物理探査技術に関する既存情報の収集・分析・整理	27
6. 量子化学的手法を用いたニアフィールド現象の評価手法技術の整備.....	29
7. ビュール地下研究所における無線モニタリング技術確証.....	31
8. その他の地層処分に関する研究.....	33
III. 放射性廃棄物全般に共通する調査研究.....	34
1. 放射性廃棄物海外総合情報調査.....	34
2. 放射性廃棄物重要基礎技術研究調査.....	36
2-1 地層処分に関する最新基礎情報の収集及び整理	36
2-2 放射性廃棄物に関する基礎技術研究調査	37
2-3 地球化学バリア有効性確証調査.....	40
2-4 多重バリアの長期安定性に関する基礎情報の収集及び整備	44
3. 低レベル放射性廃棄物処分状況等調査.....	46
4. 放射性廃棄物処分の安全指針等に関する調査.....	48
5. 返還放射性廃棄物の廃棄確認と品質保証に係る海外調査.....	49
6. 第二種特定放射性廃棄物処分に係る諸外国状況の調査.....	50
7. 中国産ベントナイト利用基礎調査.....	51
8. その他の放射性廃棄物全般に共通する調査研究.....	52
IV. 放射性廃棄物処分への理解促進.....	53

1. 地層処分実規模設備整備事業.....	53
2. 放射性廃棄物関連パンフレット等の作成.....	55
3. 放射性廃棄物に関するワークショップの開催.....	56
V. 国際交流.....	58
VI. 資料.....	60
(1) 講演会・セミナー等.....	60
(2) 外部発表等.....	62
(3) 技術報告書.....	70
(4) ホームページへの海外最新情報の掲載.....	71
(5) 委員会一覧.....	74

I. 放射性廃棄物の管理処分に関する調査研究

I. 放射性廃棄物の管理処分に関する調査研究

1. 地下空洞型処分施設性能確認試験

◇事業の概要

地下空洞型処分施設は、放射能レベルが比較的高い低レベル放射性廃棄物を対象としていることや、地下 50 m～100m 程度の地下空洞に建設する処分施設であるため、これまでの浅地中処分施設の建設とは異なる設計や施工技術が必要とされている。地下空洞型処分施設の設計や施工技術の基礎となる試験データ等は、これまでは主に試験室規模での要素試験が中心であったが、現実の処分施設設計・建設に反映させるためには、より現実的な試験条件下で実施する実証的な試験が必要とされている。

「地下空洞型処分施設性能確認試験」は、こうした確証的試験の必要性に鑑み、ベントナイト材料やセメント系材料等の人工バリアの原位置での施工性と、その施工に伴う人工バリアの品質の確認を主たる目的として行うものである。本試験の成果は、地下空洞型処分施設の建設に関わる基盤技術の確立に反映される。

本試験は、地下約 100 m に掘削された横約 18 m、縦約 16 m の地下空洞において、実規模の地下空洞型処分施設を模擬した施設を構築し、以下の試験を実施する。

(1) 処分施設施工確認試験

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

(2) 初期性能確認試験

施工された施設について、力学的安定性、核種閉じ込め性等の初期性能を確認する。

(3) 施設／岩盤挙動計測

施工された施設の力学挙動や試験位置周辺の地下水挙動等を計測する。

本事業は、平成 17 年度より開始し、初年度は試験の基本計画を策定した。平成 18 年度は、試験の詳細計画の策定を行うとともに、セメント系材料の予備試験の実施、海外の地下研究施設の調査、岩盤挙動計測のための一部の計測器の設置を行った。詳細試験計画に基づき、平成 19 年度から試験空洞内において実規模施工試験を本格的に開始し、

底部・側部埋戻し材施工確認試験、底部緩衝材施工確認試験の一部を開始した。平成 20 年度は、底部緩衝材施工確認試験の残り 9 層の施工を実施し、引き続き底部低拡散材、底部・奥部・側部コンクリートピットの施工試験を実施した。同時に、これらの施工に伴う計測設備の設置とその観測、セメント系材料・ベントナイト材料特性に係るデータを取得した。

図-1 に地下空洞型処分施設の概念図を示す。また、試験施設の主な仕様等を表-1 に示す。

なお、本事業は経済産業省の委託により実施したものである。

(報告書)平成 20 年度 管理型処分技術調査等委託費 地下空洞型処分施設性能確認試験 報告書

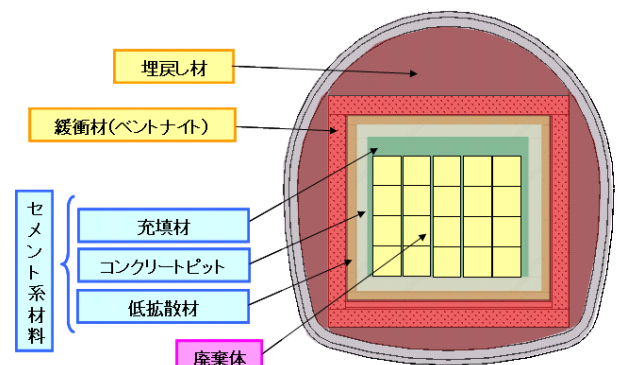


図-1 地下空洞型処分施設の概念図

表-1 試験施設の主な仕様等

主な部位		主な仕様、目標性能
緩衝材		材料：ベントナイト(クニゲル GX) 厚さ：1m 透水係数： 5×10^{-13} m/s
低拡散材		材料：セメント系材料 厚さ：0.6m 拡散係数： 1×10^{-12} m ² /s
コンクリートピット		材料：鉄筋コンクリート 厚さ：底部 0.8 m、側部・上部 0.7 m
充填材		材料：セメント系材料
埋戻し材	側部・底部	材料：鉄筋コンクリート
	上部	材料：土質系材料、セメント系材料

◇平成 20 年度の成果

(1) ベントナイト含水比調整

底部緩衝材施工確認試験において使用するため、ベントナイト(クニゲル GX)の含水比調整

を行った。調整には、実績があるパン型強制混合造粒ミキサ（ペレガイア）にて含水比の管理目標値を $21 \pm 2\%$ として調整を行った。1 回目の調整では $21 \pm 2\%$ に調整できなかったものが約 15% 発生した。2 回目の調整において、管理目標値の含水比より高い場合は未調整ベントナイトを添加・混合する方法で、低い場合は水添加・練混ぜを行う方法で再調整した結果、全て管理目標値の範囲内に収めることが出来た。

(2) 底部緩衝材施工確認試験

本年度は昨年度に引き続き全 10 層のうちの残り 9 層(目標厚さ 900mm)を施工した。含水比 $21 \pm 2\%$ の範囲内に調整したベントナイト（クニゲル GX）を大型振動ローラ(19t 及び 11t)により締固める方法で施工した。なお、側部等の大型振動ローラでの施工が困難な箇所は小型振動ローラ(1.5t)、タンパによる締固め施工を実施した。

施工手順として、ベントナイト敷均しー無振動転圧ー振動転圧とし、施工中のベントナイト密度の日常管理指標として、敷均し量と転圧後のベントナイト厚さから管理することを基本とし、コアサンプリングによって所要密度の確認を実施した。

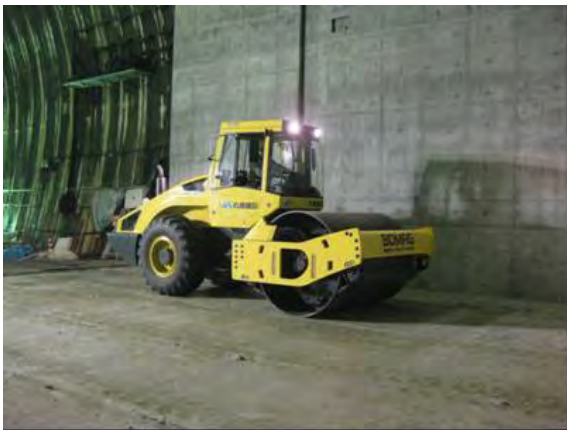


図-2 11t 大型振動ローラによる振動転圧状況

その結果、19t 大型振動ローラによる施工では、敷均し後、無振動 4 往復、振動 1~2 往復で所要の密度となり、11t 大型振動ローラでは、無振動 4 往復、振動 4 往復で目標性能である平均乾燥密度 1.6 Mg/m^3 に施工できることを確認した。ここで、振動 1 往復とは往路を振動転圧し、復路では無振動転圧することを示す。

また、施工した緩衝材のコアサンプルの透水係

数を測定し、約 $1 \times 10^{-13} \text{ m/s}$ の性能が得られ、緩衝材の目標性能である $5 \times 10^{-13} \text{ m/s}$ を満足することが確認された。

図-3 に 11t 大型振動ローラによる転圧回数と乾燥密度の関係を、図-4 にレベル測量に基づく各施工段階での平面的な乾燥密度の分布を示す。

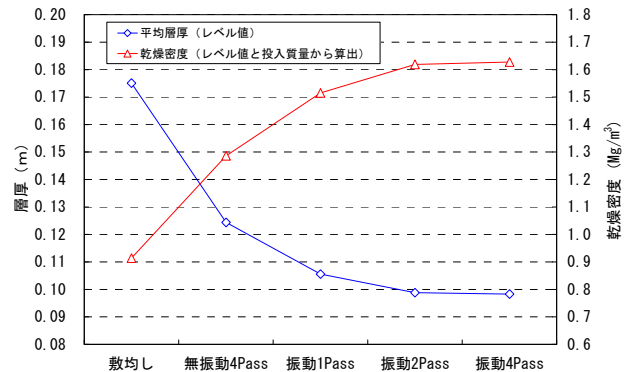


図-3 11t 大型振動ローラによる転圧回数と乾燥密度 (10 層目)

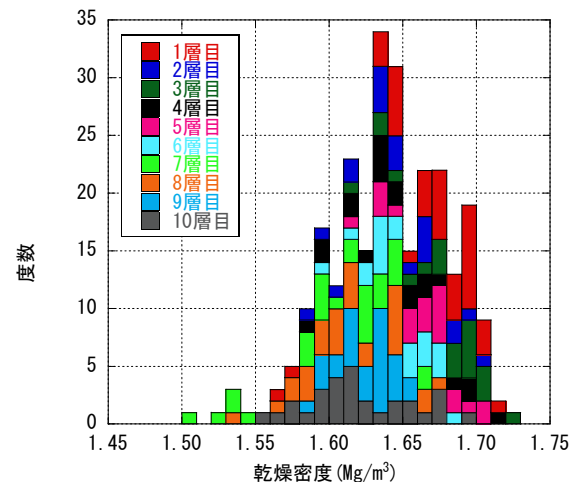


図-4 レベル測量による各施工段階毎の乾燥密度の分布

(3) 底部低拡散材施工確認試験

低拡散材の拡散係数として $1 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ を目標性能とした。この目標性能を満足させ、長期に信頼できる性能とするため、材料配合には以下の点が重要となる。

- ①低拡散性能とするため、緻密な空隙構造となること。
- ②水和熱や収縮によるひび割れが発生しにくいこと。
- ③施工の不確実性の低減のため、極力人手を介在させない自己充填性を有すること。
- ④長期の信頼性向上のため、化学的安定性を確

I. 放射性廃棄物の管理処分にに関する調査研究

保できること。

これらの要求を満足させるため、低熱ポルトランドセメントにフライアッシュおよび石灰石微粉末を混入したモルタル（高流動型）を基本に、室内及び実機で試験を行った上で適切な材料配合を表-2 のように決定した。この配合の材料により底部低拡散材の打設を行った結果、打込箇所を順次移動し、パイププレートにより先行部のモルタルと打重ねるモルタルの一体化を図りながら打設する方法により、広い範囲に打設可能であることがわかった。施工状況を図-5 に示す。硬化後の底部低拡散材のひび割れ観察において、表面の一部にひび割れが見られたものの、局所的な締固め不足によるもので、施工上対処可能なものであった。



図-5 底部低拡散材モルタル打設状況

(4) 底部・奥部・側部コンクリートピット施工確認試験

低熱ポルトランドセメントにフライアッシュおよび石灰石微粉末を混入した高流動型コンクリートを使用し、昨年度実施した底部・側部埋戻し材施工確認試験で課題とされていたフレッシュ性状のばらつきや粘性の高さについて材料配

合での対策を検討した。表-3 に決定した材料配合を示す。

底部の打設において、本配合の高流動コンクリートは標準的な流動勾配であることを確認したが、供給量と平面的な打設範囲等の条件を考慮して、筒先を固定する方法とせず、筒先を順次移動し、層毎に打設する方法を採用した結果、良好な施工性が確認された。施工状況を図-6 に示す。

硬化後の底部コンクリートピットのひび割れ観察において、表面の一部にひび割れが見られたものの、坑内換気による急激な乾燥や狭隘部の仕上がり不足によるもので、施工上対処可能なものであった。奥部・側部の壁面においては、目視において観察されるようなひび割れは無かった。

また、温度応力によるひび割れ予測解析においては、解析精度の向上のため、現実を再現できる材料の物性データ等のパラメータの一部を変更してコンクリートピットのひび割れ予測解析を



図-6 底部コンクリートピット打設状況

表-2 低拡散材の配合条件（高流動モルタル）

スランプ フロー (cm)	空気量 (%)	W/B (%)	W/P (%)	細骨 材率 s/a (%)	使用材料及び単位量 (kg/m ³)							
					水 W	粉体 P				細骨 材 S	粗骨 材 G	混和剤 P× (%)
						結合材 B			LS ⁴			
						LPC ¹	FA ²	LEX ³				
65	2.5	45.0	28.1	—	230	338	153	20	307	1119	—	0.65
1：LPC は低熱ポルトランドセメント 2：FA はフライアッシュ 3：LEX は膨張材 4：LS は石灰石微粉末												

1 : LPC は低熱ポルトランドセメント 2 : FA はフライアッシュ 3 : LEX は膨張材 4 : LS は石灰石微粉末

表-3 コンクリートピットの配合（高流動コンクリート）

スランプ フロー (cm)	空気量 (%)	W/B (%)	W/P (%)	細骨 材率 s/a (%)	使用材料及び単位量 (kg/m ³)							
					水 W	粉体 P			細骨 材 S	粗骨 材 G	混和剤 P× (%)	
						結合材 B						LS ⁴
						LPC ¹	FA ²	LEX ³				
65	2.5	45.0	26.4	51.6	160	229	107	20	249	820	780	0.80
1 : LPC は低熱ポルトランドセメント 2 : FA はフライアッシュ 3 : LEX は膨張材 4 : LS は石灰石微粉末												

1 : LPC は低熱ポルトランドセメント 2 : FA はフライアッシュ 3 : LEX は膨張材 4 : LS は石灰石微粉末

実施した。この解析結果において、深部におよぶひび割れの発生はなく、表面において多少のひび割れが発生する結果となった。これに対し、現実のコンクリートピットのひび割れ観察において温度ひび割れが発生していないことから、解析結果はやや保守的な結果を与えており、更なるひび割れ予測精度の向上に向けたパラメータ取得、解析手法の改良等が必要であることが示唆された。施工状況を図-7 に示す。



図-7 底部・奥部・側部コンクリートピット施工状況

(5) 施設／岩盤挙動計測

本年度施工した底部緩衝材、底部低拡散材および底部・側部コンクリートピットの挙動を計測するための計測器（温度計、ひずみ計、鉄筋計、無応力計、有効応力計等）を設置した。計測データを集中監視する既設計測システムに本年度設置した挙動計測器の信号を受信するための増設を行い、昨年度までに施設と岩盤に設置した計測器を含め連続計測データを取得した。また、昨年に引き続き、低周波電磁波を利用した地中無線データ通信技術の適用性を確認する目的で、底部緩衝材中に送信機を設置した。その結果、設計どおりの信号強度が得られ、温度計及び間隙水圧のデータを取得することができた。

(6) セメント系材料特性試験

本調査より得られた成果として、空隙率と実効拡散係数の関係を図-8 に示す。本年度は、昨年度までに試験が定常に達していない可能性のある供試体に対する拡散試験を継続し、データの精度向上を図った。その結果、実効拡散係数が $3 \times 10^{-13} \text{ m}^2/\text{s}$ 程度の値となり、目標である $1 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ 以下を満足する緻密な材料であ

ることを確認した。

また、空隙率が大きい試料ほど時間経過による実効拡散係数の低下が顕著であり、試験終了時に空隙径分布測定を行った結果、試験開始時と終了時で空隙率はほとんど変わらないが、空隙径分布において空隙径の細密化が進んでいることがわかった。このことより、空隙構造の変化が実効拡散係数を低下させる要因と考えられ、拡散係数の把握には空隙径分布の把握が必要であることが確認された。

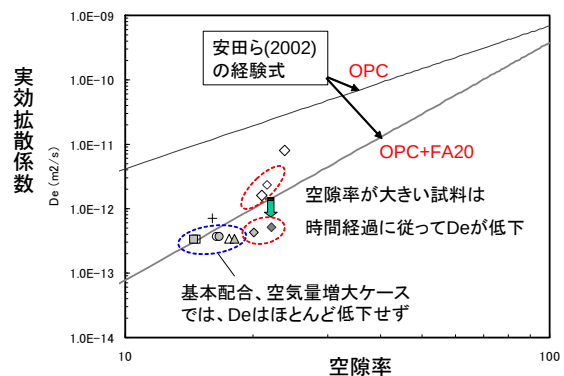


図-8 実効拡散係数の空隙率依存性

(7) ベントナイト材料特性試験

不飽和状態での強度特性および変形特性の知見を得るために、ベントナイト（クニゲル GX およびベントナイト砂礫混合土）の一軸圧縮試験および三軸圧縮試験を実施した。一軸圧縮試験による変形係数は乾燥密度と線形近似の関係を示すことがわかった。

緩衝材における合理的な水分挙動計測手法を確立することを目的として、本年度は、FDR-V 法（複素誘電率法）による水分量の計測を行い、その適用性を確認した。供試体は、含水比を調整したクニゲル GX を用いた。既往の知見による他の測定方法による計測結果と比較し、水分測定方法の評価を行った。その結果、既往の計測方法と比較して、FDR-V 法による体積含水率の計測値は、設定値との差が最も小さくなった。

このことより、FDR-V 法が最も精度よく水分量計測が行える計測機器である可能性を示すことができた。

また、ベントナイト（クニゲル GX）の実効拡散係数を測定した結果、乾燥密度が 1.5 Mg/m^3 と 1.6 Mg/m^3 の実効拡散係数に差はなく、約 $1.2 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ の値が得られた。

1. 放射性廃棄物の管理処分に関する調査研究

2. その他の管理処分に関する研究

(1) 余裕深度処分廃棄体製作の実証に関する研究

余裕深度処分対象廃棄体の製作に係る廃棄体パラメータ設定の実証的検討等を行った。

(2) L1 廃棄体の標準的な放射能濃度評価及び廃棄確認方法に関する調査

L1 廃棄体の合理的な廃棄確認のための廃棄体製作方法に関し、各廃棄体製作ステップでの記録すべき項目イメージの整理を実施した。

注) L1 廃棄体：余裕深度処分の対象となる発電用原子炉内で放射化された金属廃棄物等の廃棄体

(3) 余裕深度処分埋設施設における標準的な施設確認方法

余裕深度処分埋設施設における標準的な施設確認方法検討の前提となる基本安全機能とその担保方法を検討し、必要な要件を抽出した。

(4) L2/L3 廃棄体等の標準的な製作方法及び検査方法に係る民間規格整備に関する調査

L3 廃棄体等の標準的な製作方法及び検査方法について民間規格制定に必要な検討を行い、技術要素・技術的要件を抽出した。

注) L2/L3：浅地中ピット処分（L2）及び／又は浅地中トレンチ処分（L3）を意味し、廃棄体等又は埋設施設を形容する用語として用いている。

(5) L2/L3 埋設施設の標準的な施設確認方法に係る民間規格整備に関する調査

L2/L3 埋設施設における標準的な施設確認方法検討の前提となる基本安全機能とその担保方法を検討し、必要な要件を抽出した。

(6) 放射性廃棄物処理処分等に対する海外の規制文書及び基準類に関する調査

放射性廃棄物処理処分等に係る技術基準、民間規格文書等の調査を行い、廃棄物の管理段階等に基づく整理を行った。

(7) ウラン廃棄物の処分方策に係る研究

ウラン廃棄物処分の合理化及び現実的なウラン廃棄物処分場の設定・評価等の検討を行った。

II. 放射性廃棄物の地層処分に関する調査研究

1. 処分システム工学要素技術高度化開発

本開発は、高レベル放射性廃棄物の地層処分に係る工学技術として、処分場操業の遠隔操作技術、人工バリアの品質等の評価技術及び処分システムの状況等をモニタリングする技術を高度化し、これら工学技術の信頼性や成立性等の向上に資する技術基盤を確立することを目的としている。

1-1 遠隔操作技術高度化開発

◇事業の概要

本事業では、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・検査ならびにオーバーパックと緩衝材の遠隔搬送・定置に関わる遠隔操作技術について、その成立性、適用性、信頼性などを定量的に評価、表示し、地質環境条件及び様々な処分概念への対応や品質に係る情報等も明記した、幅広い技術メニューの整備を主たる目標としている。

そのため、遠隔操業設備の概念設計に基づき、必要とされる要素技術とその試験パラメータを抽出、各要素技術に関する適用性確認試験を実施する。試験結果を人工バリア品質（地層処分の特徴である長期健全性の確保）と遠隔操業システム化の視点から体系的に評価、検討することで、多様な技術オプションを整備する。なお、本開発における人工バリアは、地層処分研究開発第2次取りまとめで提示された概念に基づくものである。

第1フェーズとして、平成12年度にオーバーパックの溶接・検査、オーバーパックと緩衝材の搬送・定置を対象とした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。続いて平成13年度より、抽出した技術開発課題に基づき、各技術の適用性確認試験等を行い、各要素技術の成立性、適用性、信頼性を表示する第1段階の技術メニューを整備した。また、人工バリア品質確保の考え方ならびに処分場における遠隔操作技術を対象とした遠隔操業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。

第2フェーズとしては、人工バリアの設計、品質、及び遠隔操業システムの成立性確認や高度化

の視点を新たに加え、幅広い技術の成立性、適用性、信頼性等を定量的に比較、評価し、それらを取りまとめる第2段階の技術メニューの整備に着手した。平成17年度には第1フェーズの成果を基に、改めて技術課題抽出と開発計画を検討し、平成18年度からは開発計画に基づいた各要素技術の調査、適用性確認試験等を開始している。図-1に本事業の検討範囲を示す。

なお、本事業は経済産業省の委託により実施したものである。

（報告書）平成20年度地層処分技術調査等委託費 高レベル放射性廃棄物処分関連 処分システム工学要素技術高度化開発報告書（第1分冊）－遠隔操作技術高度化開発－

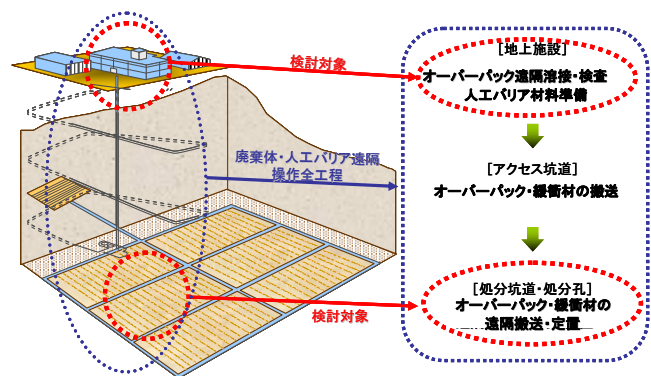


図-1 本事業の検討範囲

◇平成20年度の成果

(1) 遠隔溶接・検査技術の開発

遠隔溶接技術の開発については、オーバーパックの溶接構造ならびに材料（母材、溶加材）組成を考慮した溶接技術開発の必要性に基づき、開発を継続した。溶接構造を考慮した溶接技術の開発については、実規模落とし蓋構造を想定した溶接開先（最大深さ190mm、円周状溶接線）を設けた炭素鋼供試体に対して、2電極高能率TIG溶接装置を用いた適用性確認試験を実施した。その結果、開先構造の改良（焼きばめ・突起付き開先形状の採用）と溶接施工法の改良（図-2：予熱200℃・溶着金属厚さの最適化）によって、仮付け無しでの初層以降の連続溶接を可能とする溶接条件を得た。本年度までの成果により、リファレンスケース（落とし蓋構造、平蓋構造）について、最大溶接深さ190mmを達成するためのTIG、MAG溶接施工条件を整備することができた。

材料組成を考慮した溶接技術の開発について

II. 放射性廃棄物の地層処分にに関する調査研究

は、過去の溶接試験結果、炭素鋼一般の溶接技術に関する文献調査、整理を行うと共に、溶接金属組成と強度・じん性の相関に関わる試験、溶接金属組成と低温割れ感受性の相関に関わる試験を実施し、炭素当量をベースとした相関データ(図-2)を取得、母材・溶材組成選定の指針を得た。今後、1-2で取得する溶接金属組成と耐食性の相関データも踏まえ、整備する必要がある。

遠隔検査技術の開発については、各超音波探傷法(Creeping wave 法、TOFD 法、Phased array 法、Phased array-TOFD 法)について、自然欠陥付与試験体(190mm 厚)に対する適用性確認試験を実施し、探傷性能を確認した。今後、破壊試験を実施し、本年度の試験結果と比較・検証することで、各探傷法の自然欠陥に対する特性を把握する必要がある。また、オーバーパック設計や封入部の品質評価の観点から、各探傷法を組み合わせた非破壊検査システムの概念を構築した。

さらに、溶接姿勢や溶接時間等に注目して、落とし蓋構造とTIG、MAG、電子ビーム溶接(EBW)の各溶接法を選定、上記にて構築した非破壊検査システムの概念と組み合わせることで、溶接から検査までを一貫して対応しうる遠隔溶接・検査システムの例を提示した。

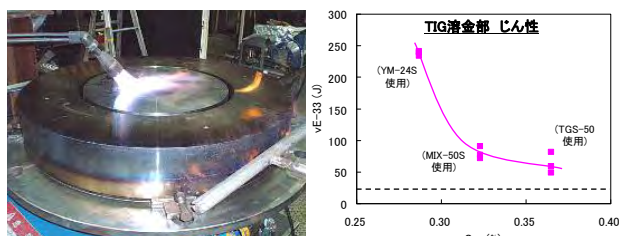


図-2 オーバーパック溶接の予熱状況及び強度・じん性データ例

(2) 遠隔搬送・定置技術の開発

遠隔搬送・定置技術の開発に関しては、抽出した技術課題に基づき、幅広い技術の検討を実施している。

操業環境維持制御の検討では、操業の要素技術を開発する上で必要となる前提条件を整理する目的で、既設坑道の不陸環境について調査し、地質条件や建設方式の違いによる不陸環境の違いを整理した。また、海底トンネルや炭坑などの換気システムや排水システムを文献調査し、処分場におけるシステム設計の考え方を取りまとめた。

PEM (Pre-fabricated EBS Module) 施工に関する検討では、リング状緩衝材を用いた PEM 組立技術に対して、実寸の PEM 容器を用いた組立試験を

実施し、その成立性を確認した。また、搬送技術の検討として、エアパレットとエアジャッキを併用する搬送方式に対してエアジャッキの適用性を確認するための試験を実施し、PEM の支持性やエアジャッキの抜き取り性を確認した(図-3)。

緩衝材の品質確保に関する検討では、ニアフィールド修復技術としてのベントナイトグラウト技術の適用性を、岩盤亀裂を模擬した平行平板型の装置を用いた浸透試験で把握した。また、微小亀裂への適用性が高いと考えられる動的グラウト工法の適用性について実験を行い、粘性が高いベントナイトグラウトに対して動的加振が効果的であることを確認した。

施工品質管理技術に関する検討では、施工管理指標の一つである緩衝材密度に着目し、異なる施工法に対する様々な密度計測手法の適用性の観点から計測実験を行い、適用性を一覧表として取りまとめた。

品質評価に関する検討では、遠隔操業システム成立性の評価体系の構築と成立性評価に用いるための技術メニューの考え方について検討し、第2フェーズの技術メニュー構築に向けた課題等を整理した。

遠隔制御技術の検討では、様々な技術で構成される遠隔制御技術のなかで、汎用的かつ基本的な技術である通信技術について、処分場を模擬した地下空洞において電波伝搬実験を行って適用性を評価した結果、地下空洞においても地上と同等以上の通信状態が得られる可能性が確認できた。

この他に、「回収技術に関する技術分析」、「緩衝材の遮へい効果に関する計算」、「ベントナイトの長期挙動に関するデータ取得や解析検討」なども実施し、得られた知見を技術メニュー整備に向けて整理した。

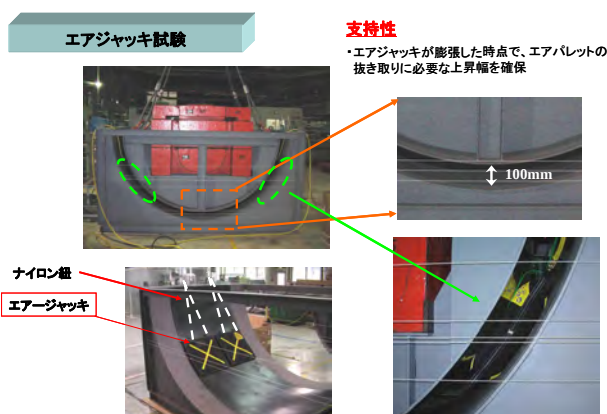


図-3 エアジャッキ試験の実施状況

1-2 人工バリア品質評価技術の開発

◇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の溶接・検査技術について、施工面からの検討が平成 12～17 年度の経産省委託事業「遠隔操作技術高度化調査」で行われている。これまでの同調査においてオーバーパックに適用可能な複数の溶接プロセスが提示されたが、これらの技術の成立性を評価するためには地層処分後の長期健全性、即ち溶接部の耐食性に関する知見が必要不可欠であるとされた。このような背景から、オーバーパックを模擬した溶接部の耐食性評価試験を通してその長期健全性を評価すると同時に、溶接部の材料性状や溶接残留応力が健全性に与える影響を調査し、オーバーパックに適用可能な溶接技術の妥当性を提示することを目標としている。

本事業は平成 16 年度から開始したもので、主にオーバーパックの溶接部を対象とした品質評価を行うものであったが、平成 20 年度からは緩衝材の設計や品質管理、搬送・定置技術、長期性能予測等に資するために、新たに緩衝材の品質評価に関する検討も開始した。

(1) オーバーパック溶接部の品質評価技術

「遠隔操作技術高度化調査」で製作した溶接試験片等を用いて母材と溶接部の比較・評価を目的とした腐食試験を行う。処分場閉鎖後の地質環境を想定した条件での母材と溶接部の腐食挙動を比較し、長期健全性を評価する。長期健全性に影響を及ぼす腐食挙動に対し、その原因を調査し対策を検討する。

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

(2) 緩衝材品質評価技術

緩衝材の設計や品質管理、搬送・定置技術、長期性能予測等に資するために、施工品質（密度差、隙間等）が再冠水時の現象（膨潤挙動等）に及ぼす影響等を試験により明らかにし、再冠水時に緩衝材に発生する現象を考慮した施工品質の評価を実施する。

なお、本事業は経済産業省の委託により実施したものである。また、(1)は日本原子力研究開発機構との共同研究として実施した。

（報告書）平成 20 年度 地層処分技術調査等委託費 高レベル放射性廃棄物処分関連 処分システム工学要素技術高度化開発 報告書（第 2 分冊）－人工バリア品質評価技術の開発－

◇平成 20 年度の成果

(1) オーバーパック溶接部の品質評価技術

平成 16 年度に策定した計画に基づき、「遠隔操作技術高度化調査」で製作した TIG、MAG、EBW（計 3 種類）の溶接試験片を用いた下記①～④の試験、残留応力評価及び代替材料のチタンの耐食性評価試験を実施した。

① 酸化性雰囲気での全面腐食、局部腐食試験

EBW の場合は母材と比較して溶接部に顕著な腐食は見られない。人工淡水中での TIG と MAG の浸漬試験で、溶接金属の一部で選択腐食が認められたが、極値統計解析により平均減肉量から推算した最大腐食深さは、従来のオーバーパック寿命評価で用いられた酸化性雰囲気における腐食深さの上限を著しく超えるものではなかった。また選択腐食の要因として考えられている、化学組成や熱サイクル条件が、耐食性に及ぼす影響を大まかに評価することが出来た。局部腐食試験では、すき間部近傍から局部腐食の発生が認められ溶接金属が相対的に腐食する傾向を示した。しかし浸漬時間の経過とともに孔食係数が小さくなり、見かけ上全面腐食に近い腐食挙動を示す。

② 緩衝材中での応力腐食割れ(SCC)感受性調査

圧縮バントナイト+1.5M 炭酸塩水溶液中では、電位条件によって溶接方法(TIG、EBW)によらず母材及び溶接部に SCC が発生した。しかし、溶接部と比較して母材の SCC 感受性が高く、溶接の影響で SCC 感受性が増加する傾向は認められなかった。また緩衝材中では溶液単独条件よりも SCC 感受性が低下した(図-1)。これは溶液中と緩衝材中の不働態化挙動の違いに起因していると考えられる。

II. 放射性廃棄物の地層処分にに関する調査研究

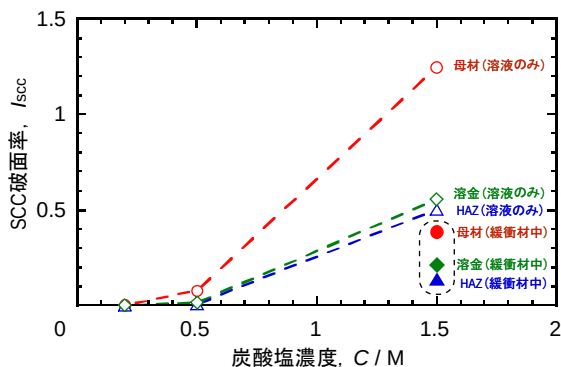


図-1 炭酸塩濃度と最大 SCC 破面率 $1/scc$ の関係
(TIG 溶接試験片、80℃、 $v=1\mu m/min$)

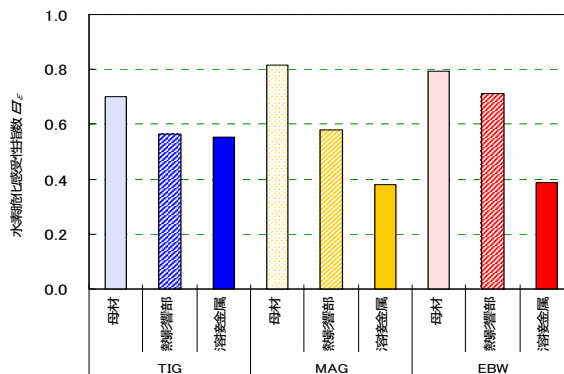


図-2 水素脆化感受性指数 E/ϵ の比較

③ 還元性雰囲気浸漬試験及び水素吸収挙動

浸漬 3 年後の試験片の腐食状況を調査した結果、全面腐食の進行を確認した。TIG 及び MAG の溶接金属では軽微な減肉が認められたが、浸漬 1 年後の結果と比較しても選択腐食が加速的に進展する可能性は低いと考えられる。浸漬 3 年経過した試験片の水素分析の結果、水素脆化に与える拡散性水素量は浸漬 1 年後と比較しても明確な増加は認められず、遅れ破壊を生じる濃度には達していないことが確認された。

④ 水素脆化感受性調査

材料の機械特性に及ぼす水素の影響を調査するため、材料中に高濃度の水素を侵入させて低ひずみ速度引張試験 (SSRT) を行った。水素侵入による破断ひずみ量の減少率を水素脆化感受性指数 (E/ϵ) として評価した。その結果母材が最も破断ひずみ量の減少が大きく、母材 > 熱影響部 > 溶接金属の順で水素の影響が大きくなる傾向が認められた (図-2)。水素チャージした試験体の破面は脆性破壊を示す擬へき開破面が支配的であった。また TIG 材においては破断の起点部にブローホールが認められ、溶接欠陥が水素脆化に大きく関与していることが示唆された。

⑤ 残留応力に関わる検討

平成 16 年度の試験計画に基づき、残留応力解析手法の高精度化、高速化について検討した。平成 19 年度の解析コード ABAQUS による解析結果と平成 13 年度実験結果との乖離について、異なる解析コード (JWRIAN) を用いて検証した。その結果、実験結果の処理手法 (実測値から残留応力値を同定する方法) を最適化することにより、実験結

果が ABAQUS 解析結果に整合することが判明し、ABAQUS を用いた残留応力解析手法の信頼性を確認することができた。また、JWRIAN による残留応力解析手法をも確立することができた。

さらに、上記の残留応力解析手法を用いて、平成 13 年度実験結果を対象に、PWHT (溶接後熱処理) による残留応力低減効果を解析した。今後は同手法を活用して、より具体的な熱処理条件を開発する必要がある。

⑥ 代替材料 (チタン) の浸漬試験

オーバーパックの代替材料として検討されているチタンについて、純 Ti (Gr. 2)、Ti-Pd 合金 (Gr. 7) の溶接試験体を用いて、炭素鋼と同様に溶接部の耐食性試験を実施した。平成 20 年度は溶接部の腐食速度や、最も注意すべき破損形態である水素脆化の生起可能性を評価するため、アンプルを用いた低酸素雰囲気での長期浸漬試験を開始した。

(2) 緩衝材品質評価技術

本検討では、まず、緩衝材の施工品質 (隙間の有無・位置、密度分布の程度・方向、及び初期透水性) によって影響を受ける現象を、FEP (Feature, Event and Process) 等を活用し抽出した。そして、緩衝材の施工品質が再冠水時に発生する現象に及ぼす影響を定量的に評価するための試験計画を立案した。試験計画については、小規模試験から土槽試験、工学規模試験へ順次スケールアップすることを基本とし、小規模試験結果等に基づき順次パラメータを絞り込んでいくこととしている。

1-3 モニタリング技術の開発

◇事業の概要

本事業では、高レベル放射性廃棄物の地層処分を対象に処分システムの状況等にかかわるモニタリングシステムに関する研究と、閉鎖後の制度的管理の一環である記録保存に関する研究を実施している。このうちモニタリングシステムについては、サイト調査前から最終閉鎖後の各段階を対象にモニタリングの意義や目的について整理した上で、適用可能性のある測定方法を調査し、技術メニュー（データベース）として整備している。地層処分でのモニタリングは、処分事業実施者、安全規制機関、地方自治体等がそれぞれの役割や目的に応じて実施することが考えられているので、この技術メニューでは各機関の計画するモニタリングに柔軟に資することが出来るよう 5W1H の視点で分類・整理している。モニタリングについては、平成 12 年度から平成 18 年度までの第 1 フェーズに引き続き、平成 19 年度より第 2 フェーズに着手している。平成 16 年度には位置付け及び技術的可能性に係る技術報告書¹⁾を取りまとめた。

一方、記録保存については、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、記録保存システムに適用する技術の調査研究を継続的に実施しており、平成 14 年度には位置付けと方策に係る技術報告書を取りまとめ、平成 20 年度にはその改訂版²⁾を発刊している。

なお、本事業は、経済産業省の委託により実施したものである。

(報告書)平成 20 年度 地層処分技術調査等委託費 高レベル放射性廃棄物処分関連 処分システム工学要素技術高度化開発 報告書(第3分冊)ーモニタリング技術の開発ー

◇平成 20 年度の成果

(1)地層処分モニタリングの目的等の整理

モニタリングの目的等の整理においてはこれまでに設定した目的を対象に、計測方法の定量下限等を考慮し、具体的な候補計測パラメータの検討を行っている。本年度は設定したモニタリングの目的の一つである「処分場の安全評価の妥当性の確認」に着目した検討を実施し、計測可能なパラメータを抽出した。今後は、現在検討が進められている IAEA・EU 等でのモニタリングの目的や候補計測パラメ

ータに関する検討成果も考慮すると共に、技術的な観点での実現可能性を踏まえたモニタリング計画に資するように、検討を進めていく必要がある。

(2)中核的なモニタリング技術の調査研究

本研究では技術メニューの整備に並行して技術的に有望であり、地層処分へ適用性が高く、共通性が高い等重要と考えられるモニタリングの新技术等を活用し、基礎試験や解析により当該技術の適用性調査を実施している。本年度は地中無線伝送技術、光ファイバセンサ技術、及びパッシブ無線センサ技術の調査研究を継続実施した。

地中無線伝送技術は、ケーブルの敷設が不要なためバリア機能を損なうことなくデータを取得できると共に、作業性・経済性に優れている。本技術については、地層処分プロジェクトにおける適用可能性に関する検討として、これまでに受信・送信に関する検討、及び岩盤等における低周波電磁波伝播特性に関する検討を進めてきた(図-1)。本年度は、伝播特性に関する検討の一環として低周波電磁波の伝播解析技術の高度化を行った。具体的には、地下空洞における地下施設並びに周辺地盤のモデル化及び 3 次元低周波電磁波伝播解析等の調査研究を行い、鋼材を多く使用したコンクリート構造物におけるモデル化手法(配筋状況を考慮した損失媒質のモデル化)の整備等を実施した。今後は本技術の信頼性向上に向け小型化等を行い、国内外の地下研究施設での適用実績を増やしていくことが重要となる。

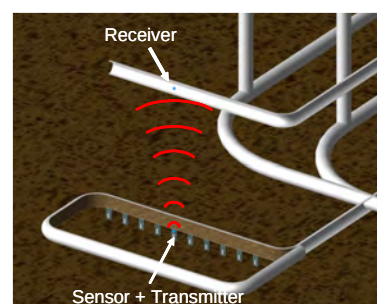


図-1 坑道間における地中無線伝送技術適用概念

光ファイバセンサ技術については、空間分解能が高く、電気式センサと比較し、防爆・耐ノイズ・耐腐食性に優れ、定期的な較正が不要であり、かつケーブルの敷設量を低減できるセンサとして、FBG 式光ファイバセンサに着目し、圧力・温度の多点計測への適用性調査を実施している。これま

II. 放射性廃棄物の地層処分にに関する調査研究

でに、1本の光ファイバで3点の波長シフトの違いを認識することにより3点の温度の計測が可能であることを確認している。本年度は①単式の土圧計（温度補償付き）を用いてベントナイトの膨潤圧を計測し、長期間継続して圧力、温度を計測できることと、②多点計測に向けて2連の土圧計を製作し、圧力を2点計測可能であることを確認した。今後は、実際の適用において重要となる敷設方法の検討も併せて行い、地層処分における工学規模や実規模等での緩衝材中の挙動のモニタリングへ展開していくことが望まれる。

外部から動力を供給することが可能なためバッテリーが不要なパッシブ無線センサ技術については、先ずベントナイト中での通信試験を行い、市販品のUHF帯RFIDでは、通信可能な距離が10cm程度であることを確認すると共に、ベントナイトの特性（比誘電率等）を考慮し、センサのカスタマイズが必要であることを確認した。今後の課題としては、パッシブ無線センサ技術の長所（ケーブルレス、小型で安価等）を考慮した上で、その適用性を検討していくことが挙げられる。

(3) モニタリング技術メニューの開発

モニタリングの定義・目的とその進捗度については、国によって異なっており、例えば、フィンランドでは地質環境調査を中心としたモニタリングが現在進められており、フランスでは処分場の可逆性の管理や操業安全の観点で検討が行われている。日本では地層処分におけるモニタリング計画がまだ整備されていないのが現状である。

そのため、本研究では地層処分モニタリングにかかわる様々な技術情報を体系的に整理し、今後のモニタリング計画策定に柔軟に対応できるようにするため、地層処分モニタリング技術メニューの整備を実施している。技術メニューではサイト調査時の地質環境等のベースラインの把握から始まり、処分場閉鎖前の工学的対策の妥当性の確認、及び閉鎖後の制度的管理の期間のモニタリングに至るまで全ての処分事業段階を対象としている。また、様々な目的に応じ、時期、場所、対象（パラメータ）及び方法（計測機器）等多岐にわたる情報を収録するため、現在、センターでは公開可能なウェブシステムの構築を進めている。IT化においては使い易さを考慮し、Windowsのエクスペローラに類似した形式のツリー表示

を用いている。

技術メニューは、これら専門家やステークホルダー間のコミュニケーションツールとしての役割も期待している。今後は公開に向けての専門家レビュー等を進め、将来的には各機関がこの技術メニューを利用して、透明性の高いモニタリング計画策定の議論を行うことを期待している。

(4) 記録保存技術の調査・分析

記録保存技術は、制度的管理の一つとして近年社会的信頼性向上の観点からその必要性が議論されている。本年度は、国及び関連機関等が高レベル放射性廃棄物地層処分に対する社会的信頼性の向上につながる記録保存計画を策定する際の判断材料の提供を目的に、国内外の動向等を踏まえ、地層処分にかかわる記録保存の方策及び記録保存システムの検討を実施した。具体的には、定義したリレーシステムと永続システムに関し、それぞれ考慮すべき事項及びその検討状況を取りまとめた。今後の課題としては、地層処分だけでなく原子力関連アーカイブの開発等原子力全体としての取り組みやわが国における公文書管理の検討状況も視野に入れ、概念・技術及び制度の国内外の動向を継続的に調査し、記録保存技術に基づいた記録保存システムの具体例を整理していくことが挙げられる。

(5) モニタリングシステムの今後の展開

従来のモニタリングと異なり、地層処分モニタリングは対象とする期間が長い上、閉鎖措置にかかわる判断に資することが求められている³⁾。そのため、今後の検討においては、閉鎖措置時の判断の観点から、サイト調査前から最終閉鎖後のモニタリング計画に資するように技術メニューを整備していくことが望まれる。

- 1) 原環センター技術報告書「地層処分にかかわるモニタリングの研究－位置付け及び技術的可能性－」, RWMC-TRJ-04003(2004)
- 2) 原環センター技術報告書「地層処分にかかわる記録保存の研究－位置付け・方策・技術的可能性－」, RWMC-TRJ-08001(2009)
- 3) 総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会廃棄物安全小委員会, 高レベル放射性廃棄物等の地層処分に係る安全規制について (2008)

2. 人工バリア長期性能評価技術開発

2-1 人工バリアの長期挙動の評価

◇事業の概要

主に再処理工場や MOX 燃料加工工場から発生する TRU 廃棄物の地層処分ににおける人工バリアシステムにおいては、セメント系材料とベントナイト系材料が併用される。これらの材料は、地下水や各バリア材料からの浸出成分との作用により長期的に変質し、人工バリアの特性に変化をもたらす懸念がある。本事業では、人工バリア材の長期挙動とバリア性能評価に係わる技術的信頼性の向上及び技術基盤の確立を目的に、セメント系材料の変質や、セメントーベントナイト相互作用によるベントナイト系材料変質に関し、環境条件やセメント系材料種の多様性を考慮してデータ取得を実施する。また、地球化学的反応と物質移動を連成させた解析手法により人工バリア材の変質現象を予測し、その結果と実験結果を比較することによりその解析手法の妥当性を検討する。

本事業では、平成 19 年度より次項について実施している。

- ①セメント系材料の長期変質挙動の確証試験
- ②セメントーベントナイト相互影響の確証試験
- ③人工バリア性能評価解析の高度化

平成 20 年度は、セメント系材料の変質挙動の確証試験について、種々の混合セメントの長期変質試験を実施するとともに、長期材齢を経たセメント系材料の変質挙動の既存の変質評価モデルで予測可能であるか検討した。また、セメント系材料の変質に伴う物質移動、力学特性変化を表すモデルの検討を行った。セメントーベントナイト相互影響の確証試験については、セメントとベントナイトを接触させた試料の長期変質試験を実施し、生成する二次鉱物に関して評価した。また、ベントナイトの主要鉱物であるモンモリロナイトについて、圧縮を受けた場合の溶解速度を測定した。この他、ベントナイト系材料の変質に伴う力学特性、物質移動の変化を表すモデルの検討を行った。人工バリア性能評価解析の高度化については、セメント系材料の長期変質挙動及びセメントーベントナイト相互影響のそれぞれの確証試験により得られた人工バリア材の変質に関するデータと、解析により予測される結果とを比較し、解析条件の

妥当性を検討した。また、ベントナイト系材料の変質を、化学・力学・物質移動を連成させて解く解析手法を検討した。

なお、本事業は経済産業省の委託により実施したものである。

(報告書)平成 20 年度 地層処分技術調査等委託費 TRU 廃棄物処分技術 人工バリア長期性能評価技術開発 報告書 (第 1 分冊) 人工バリアの長期挙動の評価

◇平成 20 年度の成果

(1)セメント系材料の長期変質挙動の確証試験

セメント系材料は、環境条件を考慮してセメント種が選定されることが考えられる。このため、セメント系材料の物質移動をセメント種に依らず普遍的に表すモデル構築を目的として、普通ポルトランドセメント (OPC)、フライアッシュ混合セメント (FAC) 及び高炉スラグ混合セメント (BFSC) の反射電子像を測定し、輝度の違いから相分離を行い、自己相関関数を用いて硬化体および空隙構造をモデル化し (図-1)、その硬化体・空隙モデルを用いて、空隙と C-S-H の相が物質移動に関与することを仮定し、ランダムウォーク法を適用して物質移動を評価した。物質移動モデルにより評価したセメント系材料の拡散係数は、既往の実験結果と概ね相関関係が得られた (図-2)。力学挙動の変化を表すモデル化として、有限要素法により上記硬化体・空隙モデルの線形解析を行い圧縮強度を推定し、実測した圧縮強度と比較した。その結果、OPC に関しては良好な相関関係が得られたが、FAC 及び BFSC に関しては推定値と実測値にばらつきがあり、取得したデータの信頼性を含めさらに検討を進める必要がある。

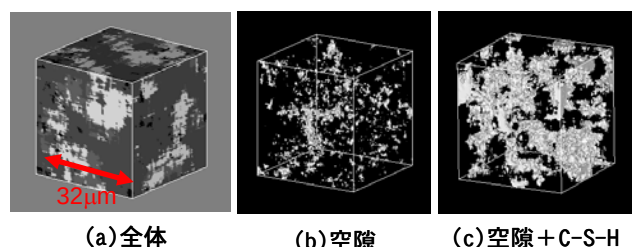


図-1 セメント系材料の硬化体・空隙モデルの一例

II. 放射性廃棄物の地層処分にに関する調査研究

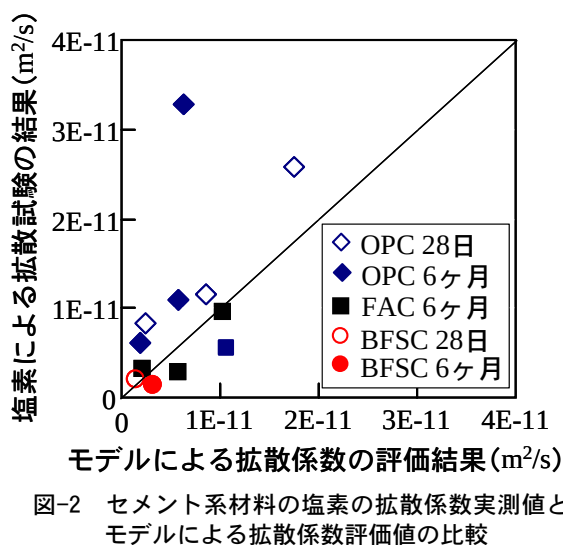


図-2 セメント系材料の塩素の拡散係数実測値とモデルによる拡散係数評価値の比較

(2) セメントーベントナイト相互影響の確証試験

放射光を利用した XAFS 分析により、セメント影響によるベントナイトの変質のマーカーとして Ca に注目し、セメントーベントナイト接触試料の界面近傍の変質を評価した。得られた XANES スペクトルを（図-3）、種々の Ca 化合物の標準試料及び Ca 化ベントナイトのスペクトルとパターンフィットさせた結果、界面近傍のベントナイト側の Ca は C-S-H と Ca 化ベントナイトで説明でき（表-1）、C-S-H が生成していることを確認できた。

また、圧縮系でのモンモリロナイトの溶解速度を位相シフト干渉計及びカラム試験法を利用して測定した。その結果、これまでのところ Sato-Cama の式¹⁾による予測と比較して速い溶解速度が測定されたが、両測定においては、測定に供する以前にモンモリロナイト粒子が歪みの影響を受けたことによって速い溶解レジームが長期間継続している可能性もあるため、さらに長期間に及ぶ測定を実施する必要がある。以上に加え、ベントナイトの変質に伴う力学・物質移動特性の変化を表すモデル構築を目的として、モンモリロナイトの応力歪みに関するデータ（完全飽和線、膨潤曲線）を取得するとともに、Kozeny-Carman 則の適用性の検討も実施した。

(3) 人工バリア性能評価解析の高度化

海水系地下水に 90 年間接触していたセメント系材料の変質の進展について解析し、同試料の分

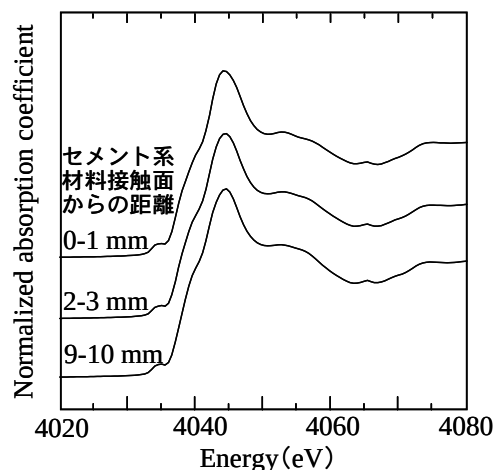


図-3 セメントーベントナイト接触試料をイオン交換水中で浸漬させて変質させた試料のベントナイト側の XANES スペクトル

表-1 XANES スペクトルのパターンフィットの結果

測定箇所	0-1 mm	2-3 mm	9-10 mm
Ca化合物			
C-S-H (Ca/Si=0.6)		40%	
C-S-H (Ca/Si=0.83)	57%		
C-S-H (Ca/Si=1.0)			7%
C-S-H (Ca/Si=1.4)	10%	15%	33%
Ca化ベントナイト	33%	45%	60%

析結果と比較した結果、フリーデル氏塩の生成に関する再現性が乏しく、Al を含有するセメント鉱物の設定について Al 量や Al の溶解挙動について検討が必要であることの知見を得た。また、セメント系材料の溶解により高アルカリ性環境に変化した際のベントナイトの変質に関して、OPC とクニゲル V1 の接触試料の浸漬試験における変質の進展を解析した結果、鉱物の変質挙動は概ね再現できたものの、解析では変質範囲を 4 倍程度広く評価しており、材料間の空隙の閉鎖すなわち沈澱生成による物質供給の抑制を考慮した解析体系の検討が必要であることの知見を得た。さらに、ベントナイトの変質に伴う力学・物質移動特性の変化を表すモデルとして、土／水連成有限要素解析プログラム DACSAR をベースにモンモリロナイトの応力ひずみ関係について解くプログラムを開発するとともに、Kozeny-Carman 式の導入を検討した。

1) Sato et al., Proceedings of the International Workshop on Bentonite-Cement Interaction in Repository Environments, Tokyo, Japan(2004), NUMO-TR-04-05(2004).

2-2 ガス移行挙動の評価

◇事業の概要

本研究は、第2次 TRU レポート¹⁾等で提示されたガス移行挙動評価に関する課題を踏まえ、TRU 廃棄物処分施設内で発生する可能性があるガスを対象とし、その移行に伴う多重バリアシステムの性能評価手法の不確実性低減を目指すものである。さらに、より現実的なガス移行挙動評価手法の構築に向けた検討を実施し、TRU 廃棄物処分に係る人工バリアの長期性能評価の信頼性向上等に寄与することを目的とする。

実施工程としては、地層処分事業の精密調査地区選定スケジュールを念頭におき、ガス移行特性データ・挙動評価結果の提供による貢献を目指し、平成 19～23 年(5 年)を第1フェーズの研究開発期間として設定した。

平成 20 年度は、第1フェーズでの成果獲得を目指し、特に「ベントナイト系材料中のガス移行特性の把握」に重点をおき、①ガス移行に関する材料特性データの取得に向けた室内試験の着手、②モデル化・解析手法の高度化に向けた解析の実施、及び③ガス移行挙動評価手法の構築に向けたシナリオの整備を進めた。なお、本事業は METI の委託により実施したものである

(報告書)平成 20 年度 地層処分技術調査等委託費
TRU 廃棄物関連処分技術 人工バリア長期性能評価
技術開発(第2分冊)ーガス移行挙動の評価ー

◇平成 20 年度の成果

(1)ガス移行に関する材料特性データの取得

平成 19 年度に策定された試験計画に基づき、下記の基礎的データ拡充試験及び工学規模材料特性試験を実施した。

・基礎的データ拡充試験

今後の本格的な試験への貢献を目指し、試験手順や効率に関する確認と評価のため、一連の試験に関する実施設計を行った。さらに試験の第1段階として、飽和挙動の評価と確認のため、必要な試験設備の整備を行い、飽和試験を実施した(図-1)。110 日間にわたる長期の飽和試験では、試験装置の順調な稼働を確認し、特に流体供給系(シリンジポンプ)は、定圧モードでの微量流量(0.001mL/min)の長時間にわたる自動

運転制御が可能であることを確認し、同時に 2 つの試験容器で飽和試験を行える改良案を示すと共に、試験体の全応力及び間隙圧を除いた計測システムについても、特に問題なくデータ収集・記録が実施可能であることを確認した。



図-1 飽和試験装置外観

また、力学と連成するガス移行挙動のモデル化・評価を目指し、ベントナイトの物性パラメータ取得試験として、応力変化による膨潤・圧縮挙動試験及び飽和度の変化による同試験を実施し、不飽和ベントナイト(乾燥密度 1.0Mg/m³)の圧縮指数・膨潤指数に係わるデータを取得した。

・工学規模材料特性試験

寸法効果試験として、一連のカラム試験に関する実施設計を行い、試験設備の整備と本試験に対応する容器作成、機器構成や試験手順の確認を目的とした予備試験を実施した。

その結果、飽和過程、ガス移行過程において試験装置は順調に稼働し、適切な計測が行えることを確認した。また、乾燥密度 1.36 Mg/m³の緩衝材では、初期飽和度の変化が膨潤圧に及ぼす影響が殆ど無いことが確認され、飽和促進のための初期飽和度 90%の供試体作製は十分可能であり、今後の本試験の方法として有効であることが確認できた。

(2)モデル化・解析手法の高度化

高密度ベントナイトの完全飽和状態を対象とした多数の試料を用いた既存の室内透気試験系¹⁾のモデル化と再現解析を行い、GETFLOWS の適用性確認と基本パラメータの同定を行った。その結果、完全飽和状態からのガス圧入試験においては、GETFLOWS によって試験結果を再現可能であることが分かった(図-2)。また、CODE_BRIGHT でも破過現象を除く試験結果を定性的に再現可能であることが分かった。

再冠水と廃棄体発熱を考慮した熱-水連成解析

によるケーススタディでは、人工バリア内部の温度分布の変化が再冠水及びガス移行挙動へ与える影響を評価した。非等温流体系を前提とした場合、高圧環境下では、間隙水の粘性低下によって再冠水時間が早まり、また体積膨張によって施設内圧力を上昇させる等の等温流体系と異なる特徴的な傾向が確認された。

Figure 10 is a contour plot showing the water saturation distribution in a reservoir at Time (days)=801.59. The plot displays a color gradient from blue (low saturation) to red (high saturation). A black box labeled "発熱体" (Heat Source) is positioned at the top center. The x-axis ranges from -3 to 0, and the y-axis ranges from 0 to -0.8. A color bar at the bottom indicates water saturation values from 0.54 to 0.98.

(3) ガス移行挙動評価手法の構築

ベントナイトと接する境界条件の把握、時系列的に変遷するベントナイト特性を総合的に評価する必要があることが分かった。

これらの調査・整理結果を踏まえ、掘削影響領域・人工バリア構成要素と想定される現象を時系列に沿って取り纏めた状態変遷表を作成した。この表をもとに、安全機能から導かれる人工バリアへの要件を考慮しつつ、5つの媒体からなる統合FEPを構築した。

また、ガス移行挙動と核種移行挙動に関する考察から連関図を作成し、複雑な系での挙動を単純化する一方で、統合 FEP の時系列変遷を考慮しつつ、蓋然性の高い 3 つのシナリオを時系列で結んだ基本シナリオと変動シナリオを構築した。なお、基本シナリオは時系列に沿って変動していく特徴があり、従来のパラメータ変化だけでなく、人工バリア全体のモデル構成も変化させる必要があることが分かった。これらの検討結果を踏まえ、図-4 に示すとおり、平成 19 年度に作成されたシナリオ整理シート³⁾を改訂した。

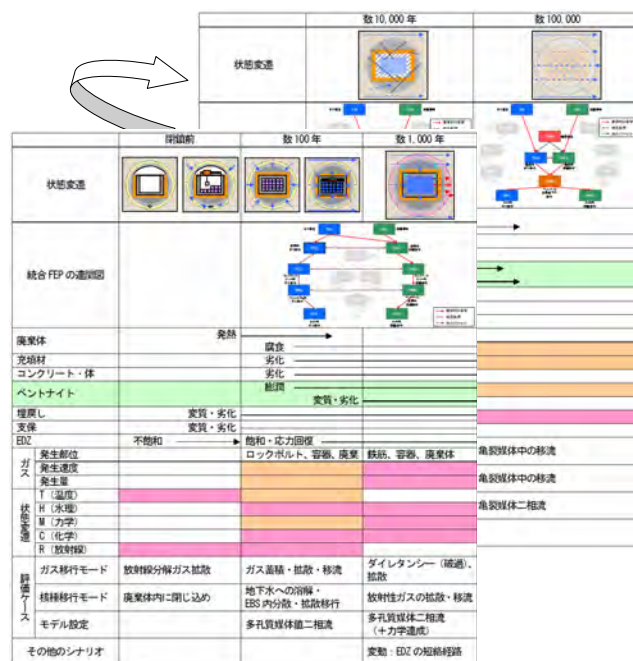


図-4 シナリオ整理シート(平成20年度改訂版)

- 1) Horseman S.T., et al.: Gas migration in clay barriers, Engineering Geology, 54 139-149 (1999)
- 2) TRU 廃棄物処分技術検討書 ー第2次 TRU 廃棄物処分研究開発取りまとめー2005年9月, 電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構
- 3) 平成19年度 地層処分技術調査等委託費 TRU 廃棄物関連処分技術 人工バリア長期性能評価 技術開発(第2分冊)ーガス移行挙動の評価ー

3. ヨウ素・炭素処理・処分技術高度化開発

本開発は、TRU 廃棄物の地層処分に係る安全評価における重要核種であるヨウ素 129 及び炭素 14 を対象として、これらによる被ばく線量を低減することにより幅広い地質環境に対して処分の安全性が成立する代替技術の開発を目的としている。

3-1 ヨウ素固定化処理技術開発

◇事業の概要

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

そこで本事業では、地層処分に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、わが国の幅広い地質環境条件に柔軟に対応することのできる処分技術を提言することを目標としている。

本技術開発では、固化処理技術の開発目標値を①固化体からのヨウ素放出期間 10 年以上（特に地質条件が悪い場合でも I-129 の最大線量を現行よりも約 1 桁低減可能なヨウ素放出期間に相当）、②ヨウ素固定化処理プロセスにおけるヨウ素回収率 95 % 以上（2 次廃棄物を低レベル放射性廃棄物以下に区分出来るヨウ素回収率）、として開発を進めている。平成 12 年度に実施した国内のヨウ素固定化技術の調査結果に基づき 7 技術について開発計画を策定し、開発が進められた。平成 16 年度にはヨウ素放出抑制能と処理プロセスの成立性を中心に評価を行い、5 技術に絞り込んだ。平成 18 年度はこれまで検討を行った各固化体のヨウ素放出期間及び固化処理プロセスの成立性について、より詳細な検討が行われた。平成 19 年度には、目標とした 10 万年のヨウ素放出を見込める環境条件を提示することができた岩石固化体、BPI ガラス固化体、セメント固化体の 3 技術について、ヨウ素回収率を 95 % 以上とできる目処が得られたことから、これらの 3 技術への絞り込みが行われ、長期的なヨウ素保持性能の信頼性向上を目的とした開

発を継続するとともに、固化処理プロセスに関するデータ取得の試験計画を策定した。

なお、本事業は経済産業省の委託により実施したものである。

（報告書）平成 20 年度 地層処分技術調査等委託費 TRU 廃棄物処分技術 ヨウ素・炭素処理・処分技術高度化開発 報告書（第 1 分冊）－ヨウ素固定化処理技術開発－

◇平成 20 年度の成果

(1) 岩石固化技術

固化体の長期浸漬試験を平成 19 年度より継続実施した（結果の例を図-1 に示す）。固化体からのヨウ素浸出に関して、熱間等方圧加圧（HIP）処理条件や pH 等の影響を確認し、還元剤種類による影響以外は長期的に顕著な差異はないと想定された。また、ヨウ素放出の速度定数は浸漬後 200 日程度で 1 桁程度低下する浸出挙動を示す傾向が見られた。

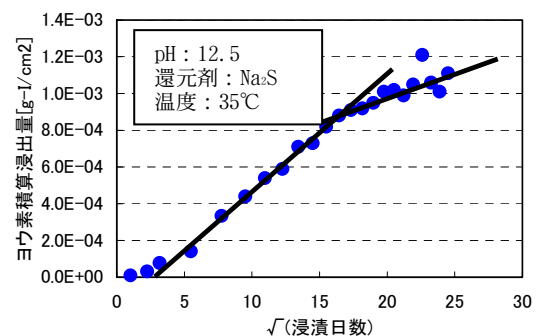


図-1 長期浸漬試験結果（一例）

還元雰囲気における AgI 単独での溶解挙動を検討した結果、FeCl₂水溶液中では AgI 溶解は温度上昇とともに速くなり、溶解反応は時間の平方根則に従って進行する傾向が見られた。ただし、高温の実験では溶液の酸化還元電位（Eh）が上昇し、溶解速度データの信頼性は低いと考えられた。

さらに、還元雰囲気における固化体のマトリクスであるコランダム（ Al_2O_3 ）の溶解挙動を検討したところ、水入れ替え試験ではマトリクス溶解速度の低下と平衡濃度の低下が認められ、二次鉱物の生成によるマトリクス溶解への影響と考えられた。

以上の検討等をもとに、固化体からのヨウ素放出の素過程に関しては、マトリクス溶解が律速過程であると考えられた。

II. 放射性廃棄物の地層処分にに関する調査研究

(2)BPI ガラス固化技術

固化体の物性評価及び構造解析を目的とし、BPI ガラス及び類似組成のガラスサンプルについてX線回折等の分析を実施し、主要元素の配位数、原子間距離、短周期構造等の情報を取得し、その結果は既往研究と整合的であることを確認した。

Na₂SO₄水溶液での浸漬試験等の結果より、ヨウ素の溶出機構は溶液性状によって異なり、可溶性元素であるホウ素と同様の速度で溶出する場合と、ヨウ素が遅く溶出する場合とに大別されることが確認された。また、NaCl 溶液に浸漬した固相表面の分析結果では、BPI と類似したものは見られず、ヨウ素の濃集も認められなかった。

浸漬試験で取得したヨウ素とホウ素の規格化浸出率の関係を図-2 に示す。ヨウ素の放出は模擬緩衝材間隙水や NaCl 溶液は調和的、Ca(OH)₂ 溶液や Na₂SO₄ 溶液では非調和的であった。

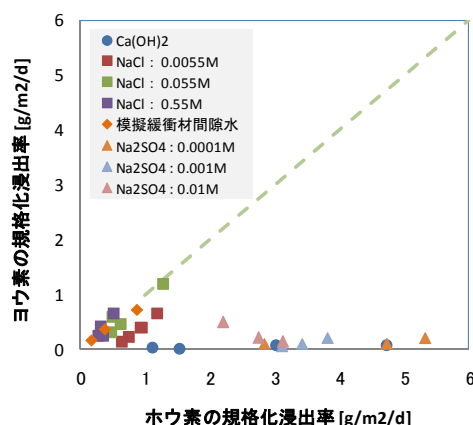


図-2 各溶液条件におけるホウ素・ヨウ素の規格化浸出率

固化体の長期浸漬試験を平成 19 年度より継続して実施し、得られたデータは既往の結果と整合的であることを確認した。

(3)セメント固化技術

セメント固化体でヨウ素を保持していると考えられるヨウ素酸型のエトリンガイト (AFt) の合成結果より、ヨウ素酸の陰イオン配位部への取り込み量には上限があることが示唆された。

これまで取得した試験結果を用いてモデルの高度化を行い、セメント固化体に想定される鉱物メンバーの溶解挙動から、セメント固化体の溶解モデルを設定し、浸漬試験で得られた液相中の元素濃度を概略予測可能であることを確認した。また、セメント固化体ブロックについて化学・拡散

連成計算を実施し、拡散により溶解が律速されるため内部の変質は遅延する結果が得られ、現モデル（瞬時平衡を仮定）は保守的だと考えられた。

固化体の長期浸漬試験を平成 19 年度より継続して実施している。図-3 にセメント平衡水に浸漬したブロック体の X 線回折図を示す。セメント平衡水に浸漬した場合、表層においてもモノサルフェート (AFm) 系鉱物の特有のピークが確認できる。一方、イオン交換水に浸漬した場合、表層には AFm 系鉱物のピークが確認できないことから、表層の AFm 系鉱物が溶解していることが示唆され、イオン交換水とセメント平衡水では固相鉱物組成が変わることが示された。

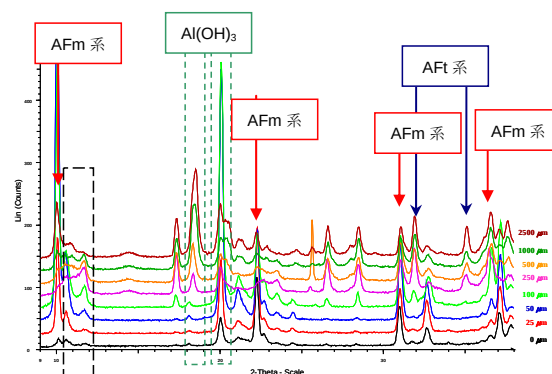


図-3 セメント平衡水に浸漬したブロック体 X 線回折図（浸漬期間：7.5 ヶ月）

(4)プロセスの整備

ヨウ素固定化処理施設設計の概念検討に反映するためにプロセスデータの取得を開始した。岩石固化技術においては、加熱処理時にヨウ素が脱離する可能性があるため、その対処方法の検討が必要であることが判明した。また、40L の大型固化体が作製できることを確認した。BPI ガラス固化技術では、ヨウ素脱離の基本条件を試験により確認した。また、0.5L のガラス固化体を製作できることを確認した。セメント固化技術では、酸化処理試験設備を製作し、プロセスデータを取得できる環境を整備した。図-4 に作製した 0.5L サイズの BPI ガラス固化体の外観写真を示す。

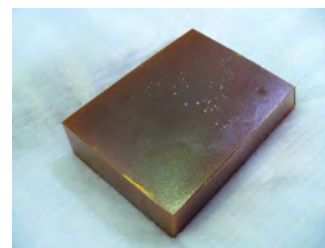


図-4 0.5L サイズの BPI ガラス固化体の外観写真

3-2 放射化金属廃棄物中のC-14の放出挙動評価

◇事業の概要

放射化金属廃棄物（ハル・エンドピース）中に含まれるC-14は、TRU廃棄物地層処分における被ばく評価上の重要核種となっている¹⁾。これはC-14の半減期が約5,730年と比較的長く、廃棄物中のインベントリが比較的多いこと、さらに廃棄物から放出されるC-14が有機物と想定されていることから、天然バリアへの収着性が低く、移行の際に遅延効果が期待できないからである。C-14に関する研究は、これまで主として電力共通研究、原環センター自主研究、国の研究の一部で実施されてきたが、現状の知見は限られたものであるため、安全評価において、過度に保守性が確保されている可能性があり、現実的・合理的な取扱いが望まれている。

本事業は、放射化金属廃棄物中のC-14インベントリの合理的設定及びC-14放出挙動の解明に注力し、C-14の化学形態及び収着挙動、有機C-14の無機化等、環境中の移行挙動を明らかにすると共に、生物圏の知見と合わせて、C-14の挙動を総合的に評価することを目的としている（図-1）。

特に、C-14の浸出率は、これまで短期的なC-14の浸出試験結果から外挿されているため、過度に保守的に評価されている可能性がある。本事業では、照射済み被覆管を用いた長期浸出試験を実施

し、C-14放出データの取得・整備を行うことで、現象を正確に把握・理解し、より現実的なC-14挙動評価に資することを目指している。さらに、C-14は金属腐食に伴い放出されると設定されていることから¹⁾、処分環境における腐食挙動について検討を加える。平成19年度までに、照射済みBWR被覆管のC-14濃度を実測するとともに、同試料を用いたC-14浸出試験を行っている。また、ジルカロイの腐食試験においては試料の前処理方法の標準化を確立させた。

なお、本事業は経済産業省の委託により実施したものである。

（報告書）平成20年度地層処分技術調査等委託費 TRU廃棄物処分技術 ヨウ素・炭素処理・処分技術高度化開発 報告書（第3分冊）－放射化金属廃棄物中のC-14の放出挙動評価－

◇平成20年度の成果

(1)C-14のインベントリの合理的設定方法の検討

放射化金属中のC-14インベントリを合理的に設定するには、実際に原子炉にて使用された照射済み被覆管の測定を行い、現実的なデータを取得するとともに、解析（放射化計算）との整合性を確認する必要がある。

照射済みBWR被覆管中のC-14濃度測定に対して平成19年度はORIGENによる放射化計算を実施した。その結果、計算値/測定値は約1.5～4.0であった。本年度はより詳細に解析するため、MCNP

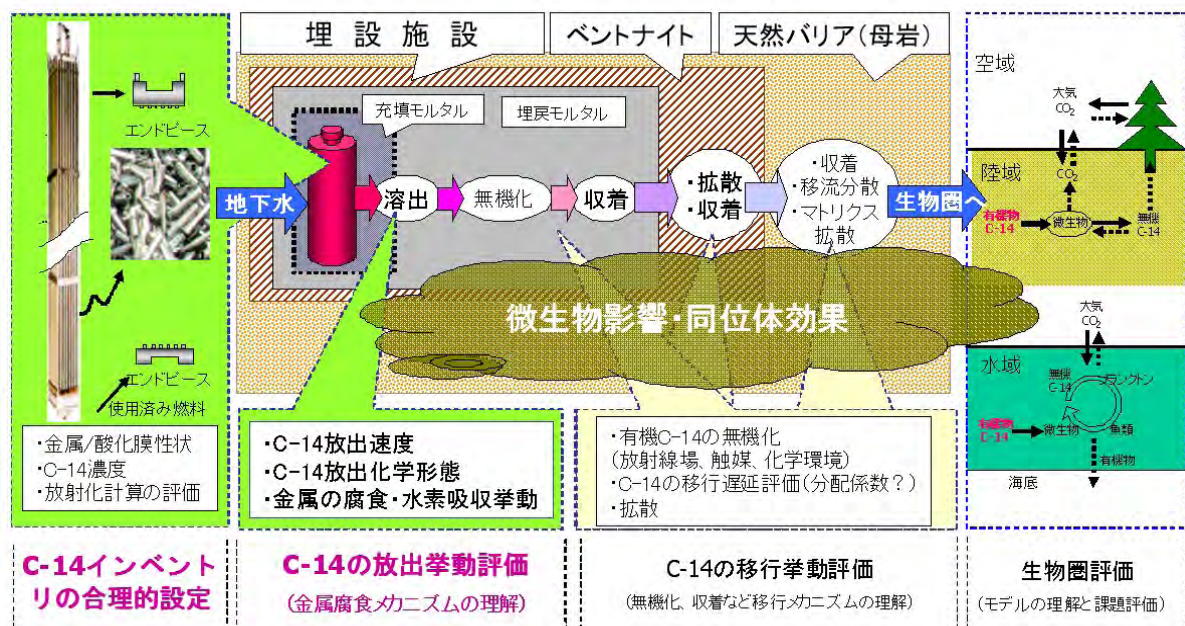


図-1 放射化金属から放出されるC-14の移行挙動の総合的な評価方法の検討

II. 放射性廃棄物の地層処分にに関する調査研究

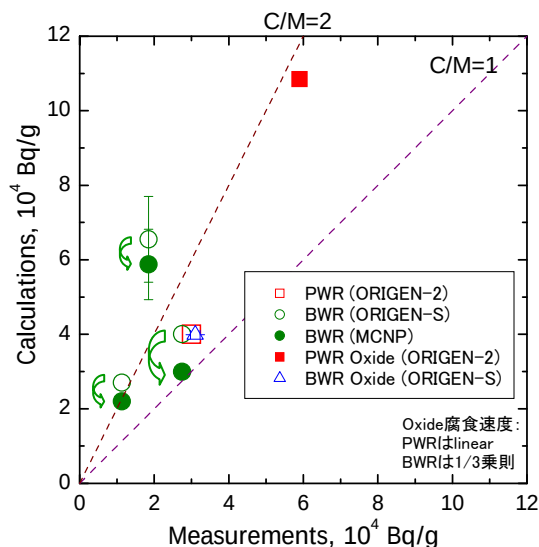
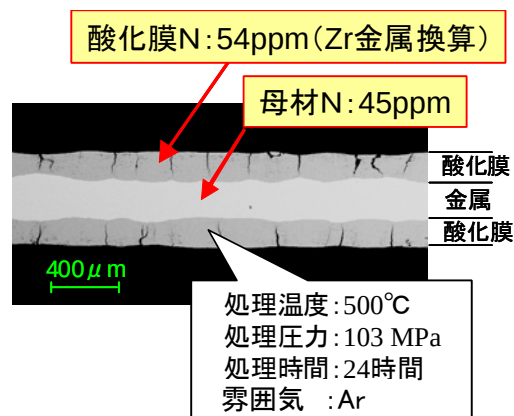


図-2 MCNP コードによる照射済み被覆管中の C-14 濃度の実測値と計算値の比

コード（モンテカルロ法による中性子輸送計算）により C-14 生成量を評価した（図-2）。その結果、従来の ORIGEN 計算に比べ、計算精度の向上が図られた。

また、被覆管外表面の酸化膜中の C-14 濃度については、金属母材より 2 倍以上の高濃度であることがこれまでに分かっている。酸化膜中の C-14 生成起源として、金属母材中の微量元素である窒素が、腐食反応中に酸化膜に取り込まれることが要因のひとつとして考えられることから、オートクレーブにより強制的に酸化膜を生成させ、窒素濃度を測定した。その結果（図-3）、金属母材中と同程度以上の窒素が酸化膜中に検出された。

図-3 ジルカロイ酸化膜中の窒素濃度の測定結果



(2) 放射化金属からの C-14 浸出挙動

放射化金属からの長期的な C-14 放出挙動を評

価するため、平成 19 年度より、10 年程度の密閉性を担保できる容器中にて、照射済み BWR 被覆管を用いた浸漬試験を開始した。本年度はそのうち初期（浸漬開始から 6 ヶ月）の C-14 放出データの取得を行ったが、浸出率は非常に小さいことが分かった。

(3) 金属の腐食・水素発生挙動

平成 19 年度よりジルカロイとステンレス鋼について長期的浸漬試験を実施し、腐食速度に関するデータを継続して取得している。ジルカロイに関する腐食速度の経時変化を図-4、ステンレス鋼に関する腐食速度の経時変化を図-5 に示す。ジルカロイ、ステンレス鋼ともに腐食速度は経時的に減少する傾向にあり、温度依存性も認められた。また、ジルカロイの腐食速度は NaOH 系溶液と Ca(OH)₂ 系溶液では顕著な差は認められなかった。

今後は継続して腐食挙動データを取得するとともに、金属腐食と C-14 放出に相関が認められるかを確認することが必要である。

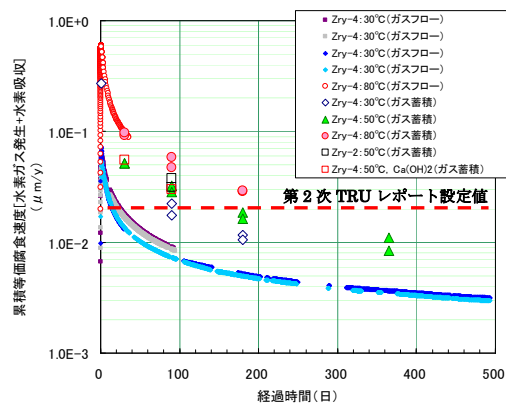


図-4 ジルカロイの腐食速度

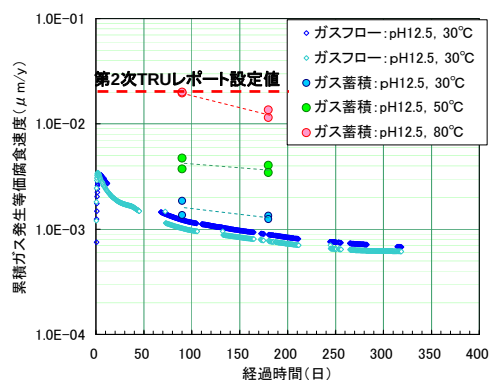


図-5 ステンレス鋼の腐食速度

1) TRU 廃棄物処分技術検討書—第 2 次 TRU 廃棄物処分研究開発取りまとめ— 2005 年 9 月, 電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構

3-3 C-14 の長期閉じこめ技術の高度化

◇事業の概要

放射化金属廃棄物（ハル・エンドピース）中に含まれる C-14 は、TRU 廃棄物地層処分における被ばく評価上の重要核種となっている。本事業は TRU 廃棄物の処分用廃棄体に関して、平成 10 年度「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、公募に応じた提案を審査し、①長期間核種閉じ込めにより被ばく線量を低減し、処分の安全性向上を目標とする廃棄体容器、②ハンドリング性、処分効率等の向上を目標とする廃棄体容器を開発することとし、概念とその開発計画を選定した。これらのうち、②については、平成 16 年度に開発を終了し、その後、①について、C-14 の影響を低減するための代替技術として、長期閉じこめ型容器の開発を実施している。

核種の閉じ込め期間は、性能評価上の重要核種で、人工バリアや地質媒体への収着による線量低減が望めない C-14 について、初期濃度が約 1/1000 に減衰する 6 万年間を目標とした。平成 13 年度までに基本設計に加え、その製作実現性及び長期閉じ込め性の考え方の整理を行い、平成 14 年度以降は長期閉じ込め性の確認試験を実施した。平成 16 年度にはコンクリート容器（図-1）、金属容器（図-2）各 1 体について長期閉じ込めの信頼性を検討した。平成 17 年度以降は長期閉じ込め性担保のために、コンクリート容器について処分環境下でのひび割れ発生、進展及び閉塞等を含む長期挙動の評価に重点をおいた開発を実施し、金属容器については、溶接・加工影響部等や欠陥の影響を含めた長期評価に重点をおいて開発を実施した。

なお、本事業は経済産業省の委託により実施したものである。

（報告書）平成 20 年度 地層処分技術調査等委託費 TRU 廃棄物処分技術 ヨウ素・炭素処理・処分技術高度化開発 報告書（第 2 分冊）-C-14 の長期閉じこめ技術の高度化-

◇平成 20 年度の成果

（1）長期閉じ込め型コンクリート容器

平成 20 年度は、長期閉じ込め性を担保することを目的とした化学的安定性評価試験、ひび割れ挙動評価試験、及び製作時の品質管理の観点から

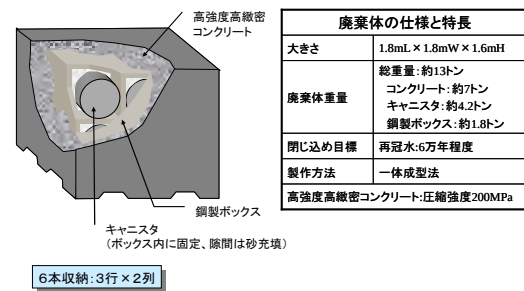


図-1 長期閉じ込め型コンクリート容器の概念図



図-2 長期閉じ込め型金属容器の概念図

非破壊検査技術の開発を実施した。

コンクリート容器に関して、長期的にひび割れが発生しないことを説明するのは難しく、6 万年後までの核種の閉じ込め可能性を提示するには、水の浸透挙動とひび割れ挙動を評価する必要がある。コンクリート内部への水の浸透挙動については、低水圧法による水浸透試験、硬化体内部に存在する空気層の影響確認試験等を実施し、これら挙動を示す水浸透・化学劣化評価モデルを構築して 6 万年間の水浸透距離、Ca の溶脱深さを予測するのが有効であると考えられる。

低水圧法による水浸透挙動試験では、処分環境を想定し、1MPa、10MPa の水圧下で水浸透深さを取得した。測定値は、解析結果より小さく、解析手法の保守性が確認された。ただし、繊維補強材を用いた試験体の水浸透深さは、解析結果を下回っているが、繊維とマトリクスの界面沿いでの水浸透の懸念があることから、今後、繊維補強材の水浸透挙動への影響について検討する必要がある。

次に、硬化体内部に存在する空気層の影響確認試験では、空気層により水の浸透挙動が影響を受ける可能性があるため、試験を実施し、その影響やモデルへの反映の必要性について検討した。図-3 に示すように空気移動性を確保した開放系と、等方圧をかけ、空気が外部へ移動できない閉

II. 放射性廃棄物の地層処分にに関する調査研究

鎖系での結果（図-4）を比較したところ、空気層の量や作用水圧に関わらず開放系の試料のほうが水浸透量が多かった。閉鎖系では内部に閉じこめられた空気層の空気圧上昇、水蒸気による内部相対湿度の増加に伴う毛管力の差が低減すること等により、水の浸透が抑制された可能性が示唆された。今後、水浸透挙動を評価するには、解析において、空気層内の圧力や相対湿度の変化を考慮することが必要である。

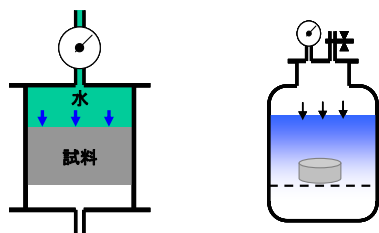


図-3 試験概要（左：開放系、右：閉鎖系）

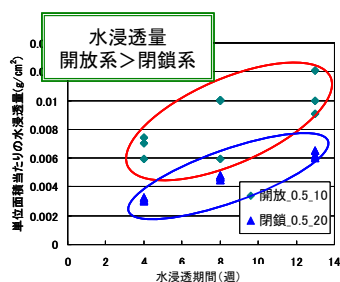


図-4 試験結果の一例

これら各種試験を通じて得られたデータ・知見を基に、非ダルシー性を考慮した水浸透解析を実施した。解析には細孔壁面と水との間のせん断抵抗を考慮したコードを使用し、小さな空隙に対し限界動水勾配を設定して、初動動水勾配を有する非ダルシー挙動を水浸透解析に反映させている。それにより6万年間の水浸透距離を算出した結果、10mmという結果が得られた。また、変質現象の最も厳しくなる環境として暴露後に飽和状態になることを仮定した6万年の化学劣化解析から、Caの溶脱深さは130mmと予測された。

非破壊検査技術の開発では、容器製作時の品質管理において、ひび割れ等の欠陥（幅0.05mm以上）の検出、サイジング（ひび割れの長さ測定）を目標に、超音波法による検査技術の開発を行っている。コンクリートは、セメントペーストと骨材との複合材料で、現在使用を検討している高強度高緻密コンクリートでは、更に補強材として用いる短繊維の影響も考慮する必要がある。また、硬化体内

の独立気泡も、ひび割れの検出を困難にする。平成18年度の超音波法での要素試験結果を受け、平成19年度は、高強度コンクリート（仏ANDRA製）のひび割れ検出、サイジング性に関する試験を実施したが、ひび割れの検出は可能であるものの、サイジングに必要な欠陥端部の反射波（端部エコー）が内部反射波と重なり、サイジングは不可能であった。そこで、平成20年度は、高強度コンクリートに比べ、ノイズの原因が少ないと考えられる高強度高緻密コンクリートで試験した結果、固定斜角・端部エコー法及びTOFD法（Time Of Flight Diffraction法）において、ひび割れの検出、サイジングの可能性が確認できた。今後は、ひび割れ幅やひび割れ角度等、ひび割れの形状等に対する適用性を確認していく必要がある。

(2) 長期閉じ込め型金属容器

金属容器に使用するTi合金の母材や加工・溶接影響部の不動態健全性、水素に起因する応力腐食割れ感受性の長期腐食挙動評価を実施し、処分環境や材料加工に関わる影響について確認した。

不動態健全性については、コンクリート透過水環境下での長期定電位試験を80℃及び25℃で開始した。還元性環境の影響を確認するために保持電位は0V以下に設定した。80℃においては、不動態保持電流がカソード電流を呈したために保持電位を見直して試験を再開した。さらに、材料の加工影響を確認するため、短期定電位試験を10%冷間加工及び600℃熱時効について実施した。それぞれの結果は、平成19年度までの母材での結果に類似しており、不動態健全性に対する加工の影響はないものと考えられる。

水素に起因する応力腐食割れ感受性評価については、材料の加工影響を確認するため、10%冷間加工について0.05Am⁻²の長期定電流試験を開始した。試験開始から2000時間経過までの電位は母材での試験結果に比べて低く、ばらつきが確認されている。また、Ti合金試験片を降水系、海水系模擬地下水に長期間浸漬・静置する自然浸漬試験については浸漬0.5年の試験体について開封、分析を行った。浸漬0.5年の段階では、加工の有無について顕著な差異は認められなかった。

今後、実機製作工程を想定した加工影響を中心に試験を継続・実施し、長期健全性予測モデルの高度化を行う必要がある。

4. 沿岸域塩淡水境界・断層評価技術高度化開発

◇事業の概要

経済産業省の公募委託事業「沿岸域塩淡水境界・断層評価技術高度化開発」が平成19年度から行われている。当センターは、平成20年度の本事業を担当した。

海岸線付近の陸地から浅海域までを含む沿岸域の地質環境については、内陸地域に比べて調査の実績が少なく、海水の影響や塩淡水境界の存在やその位置の変遷等といった特有の事象を考慮する必要があるなど、研究開発の余地が大きい。さらに、海域、特に陸域から浅海域に連続する範囲を対象とした地質環境調査技術にはまだ多くの検討課題が残されている。

本事業では上記のような背景をもとに、北海道天塩郡幌延町沿岸域をモデルサイトとし、塩淡水境界面や沿岸域に存在する断層系に着目し、各地質環境調査技術の適用性確認や高度化開発を行った。

(報告書)平成20年度 地層処分技術調査等委託費 地層処分共通技術調査 沿岸域塩淡水境界・断層評価技術高度化開発 報告書

◇平成20年度の成果

(1) ボーリング掘削

沿岸域(海岸線から300m程度内陸側の敷地内、図-1)においてボーリング孔2孔をそれぞれ深度158mまで掘削した。深度100m程度までは砂を主体とする沖積層で、特に78mから100m程度までは砂礫層が分布、深度100m以深はシルト(粒径がやや大きい泥)を主体とする更別層(または恵北層)がそれぞれ分布する結果が得られた。

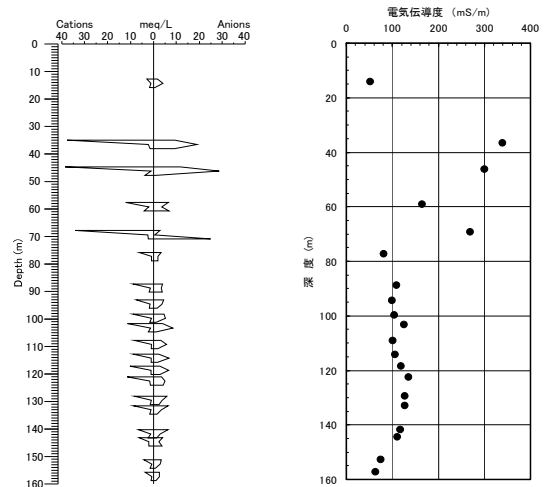


図-1 ボーリング孔掘削地点の外観

(2) 孔内調査

ボーリング孔を使った孔内調査(物理検層と水理試験)と、ボーリングコアの間隙水を使った水

質分析を行い、地層の透水係数、地下水の溶存イオンや電気伝導度分布等を把握した。(図-2)。



(1)ヘキサダイアグラム (2)電気伝導度の結果
図-2 コア間隙水の水質分析結果

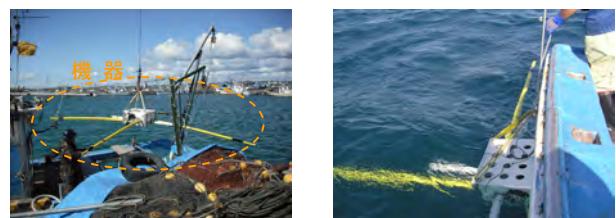
(3) トモグラフィ試験

本件では、弾性波透水トモグラフィと比抵抗トモグラフィを実施した。弾性波透水トモグラフィは、弾性波速度構造から地盤の透水係数分布へ変換する技術であり、2孔間で行った。比抵抗トモグラフィでは、1本のボーリング孔と地表で囲まれた区間を対象とし、比抵抗構造を取得した。

(4) 陸域・海域での電磁法探査・解析

本件では、陸域26kmと海域10kmにおいて電磁法による探査・解析を行い、陸域から海域にかけて連続する測線で沿岸域の比抵抗構造を取得した。

海域での探査では、海域用の機器(図-3(1))を海中に投入し(図-3(2))、海底に沈め、電磁場を計測した。なお、図-3(1)に示す海底用の機器は、当センターが平成18年度までの事業¹⁾において開発・試作した機器をベースとしたものである。



(1)海底用の機器 (2)機器の投下作業状況
図-3 海域での電磁法探査の実施状況

(5) 地下水流動解析

本件では、幌延町沿岸域で存在の可能性がある

II. 放射性廃棄物の地層処分にに関する調査研究

ものの従来の地下水流動解析モデルに反映されていない地質構造等（背斜構造、海域の断層、透水異方性）に着目し、それらをモデル化することによる地下水流動・塩分濃度分布への影響を示すための感度解析を行った（図-4）。その結果、背斜構造の影響で塩淡水境界が陸側に移動すること、高透水性の海域断層は塩水の侵入経路となりうることなど、着目した地質構造等はいずれも地下水流動や塩分濃度分布に対する影響が大きく、相乗的な影響を及ぼすことが判明した。

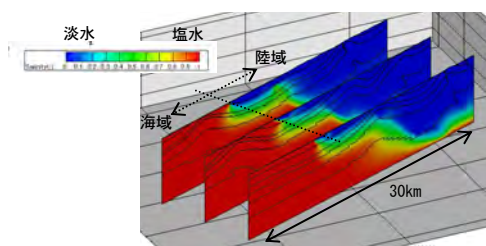


図-4 3次元地下水流動解析の結果（塩分濃度分布）

(6) 3次元地質構造・水理地質構造モデルの構築

本件では、既存文献ならびに前記陸域・海域での電磁法探査により得られた比抵抗構造を解釈し、ボーリング孔掘削地点を含む海域から陸域までを対象に3次元地質構造・水理地質構造モデルを構築した。

(7) 岩石物理学的解釈手法の検討

本件では、前記電磁法探査・解析により得られた比抵抗構造から、理論式等を使って地下水の塩分濃度分布へ換算することを試みた。これにより、ボーリング孔を使用した調査では難しい「広域で何千mという深部まで」の地下水の塩分濃度分布を取得できる可能性がある見通しが示された。

(8) データベースの開発

北海道北部（日本海側）地域を対象地域とし、地質・地質構造、断層、深部岩盤、地下水等の特性データについて、Google Earth²⁾をベースマップとして、地図情報とリンクしたメタデータ（データに関連する情報）の表示機能を有するデータベースを開発した。

(9) 評価

平成20年度に得られた地下水の塩分濃度に関する主な結果を比較すると（図-5）、水質分析で

得られた電気伝導度が比較的高い地下水が存在する区間（深度35m～70m）と、比抵抗トモグラフィで得られた低比抵抗域（高電気伝導度域）の深度と、岩石物理学的手法で得られた地下水の塩分濃度が高い区間（高電気伝導度区間）は調和的であり、各調査手法の適用性は高い。断層については、陸域・海域での2次元電磁法探査・解析で得られた比抵抗構造と、構築した3次元地質構造モデルを比較すると（図-6）、比抵抗構造では、背斜構造を示唆する比抵抗分布は明瞭に確認することができるが、各断層の存在を示唆するような比抵抗の不連続分布を確認することはできず、今後さらなる検討や高度化開発が必要であると考えられる。

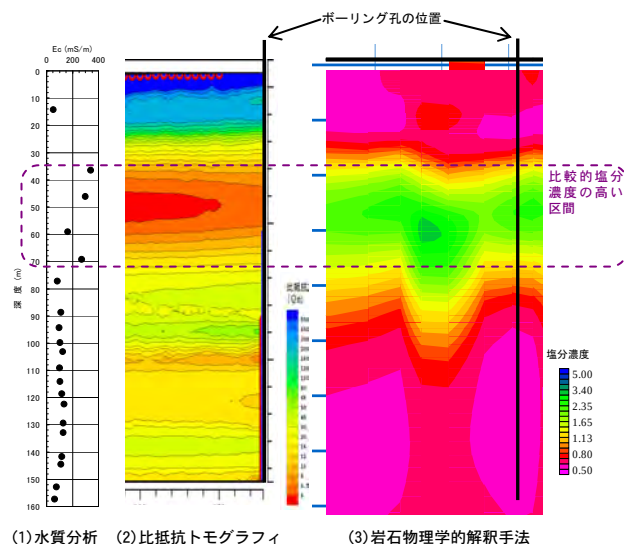


図-5 塩分濃度に関する結果の比較

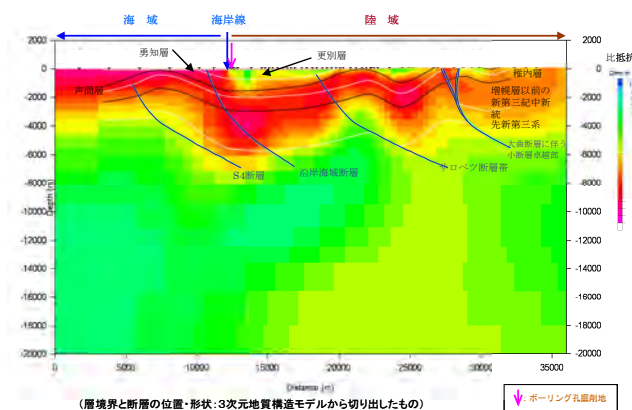


図-6 比抵抗構造と地質構造モデルの比較

- 1) 原環センター：平成18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19年3月
- 2) Google Earth Web ページ：<http://earth.google.co.jp/>

5. 沿岸域における物理探査技術に関する 既存情報の収集・分析・整理

◇事業の概要

高レベル放射性廃棄物地層処分事業では、精密調査地区選定段階から、地上からの地質環境調査が実施される。このうち地下深部の地質環境を調査する技術として物理探査が適用されることが考えられるため、原環センターは経済産業省の委託事業で物理探査技術の高度化開発を行ってきた¹⁾。高度化開発では、適用できる技術に限られ、適用事例も少ない沿岸域、特に浅海域を対象とした物理探査の調査・解析技術に着目して、海底に敷設して探査する電磁法探査技術開発を行っており、当該技術の関連情報収集、機器開発から原位位置での実証試験を通じて、沿岸域の地質環境調査・評価技術のノウハウや判断根拠等が蓄積されている。

沿岸域における物理探査技術に関する既存情報の収集・分析・整理業務では、これまで原環センターが蓄積してきた沿岸域の物理探査技術に関するノウハウや判断根拠を基にして、日本原子力研究開発機構（以下 JAEA）が開発した計画立案、調査実施を支援するシステム²⁾に反映することを目的として、JAEA が構築した知識の収集・分析・整理の方法に基づき、分析・整理し、タスクフローの構築、知識の整理とルールベース化を行った。

なお、本業務は、平成 20 年度資源エネルギー庁事業「地質環境総合評価技術高度化開発」を受託した JAEA からの委託「平成 20 年度沿岸域における物理探査技術に関する既存情報の収集・分析・整理」として行ったものである。

（報告書）平成 20 年度 沿岸域における物理探査技術に関する既存情報の収集・分析・整理 成果報告書

◇平成 20 年度の成果

(1) ノウハウ等の情報源

沿岸域での物理探査技術に関するノウハウ等の情報源（以下、既存情報と称す）は、当センターが平成 12 年度から 18 年度までに実施した高度化開発のうち、平成 15 年度および 16 年度に実施したアメリカのモンレー湾の海域での物理探査による調査・解析とした^{3), 4)}。

既存情報は、実海域で高度化開発技術により実施した海底電磁法による調査・解析であり、海底電磁法用の装置の動作確認およびその装置を使用した手法による断層検知能力の評価等を目的として実施したものである^{3), 4)}。

(2) 既存情報の分析・整理

既存情報の分析・整理は、JAEA が構築した知識の収集・分析・整理の方法に基づき行った。具体的には、地質環境調査から地層処分の成立性など評価へと至る一連の情報の流れを、品質管理、ノウハウに係る情報や様々な判断根拠といった背景情報とともに、次のような点に留意しながら詳細な分析・整理を行った²⁾。

- ・ 調査の進展に伴う情報の詳細化や空間的なスケールの変化
- ・ 不確実性及び品質の取扱いと意思決定の過程
- ・ 次段階の調査評価へのフィードバック

また、既存情報で得られなかったノウハウ等については、物理探査学会（2008）⁵⁾等を中心とした情報収集や、物理探査の計画等実際に従事している者へのヒアリングにより補足した。

(3) ノウハウ等の分類・整理

既存情報の分析・整理結果に基づき、ノウハウ等の分類・整理を行った。この際、3 項目（タスク、サブタスク、ステージ）に既存情報の分析・整理結果を分類した。ここで、タスクとは 3 つの時期（物理探査計画時、物理探査実施時と解析作業実施時）のことである。また、サブタスクは、各タスクにおいて実施する項目・内容であり、ステージは、各タスクにおいて実施する詳細な項目・内容のことである。ここでは上記 3 項目の実施時期での技術的な判断根拠等を分類・整理することができている。

(4) タスクフローの作成

ノウハウ等の分類・整理の結果をもとに、タスクフローを作成した。タスクフローは、各タスク、サブタスクとステージの流れを示しており、タスク、サブタスクやステージと、それらに関連する知識から構成されている。この際、関連する知識の流れについては、あるタスクやステージでは、それまでのタスクやステージで得られた知識を

II. 放射性廃棄物の地層処分にに関する調査研究

すべて引き継ぐものと定義した。ここでは、前述の3項目に関連して、判断根拠となる情報を系統的に構築することで判断に至る情報の流れを示すことができている。

(5) タスク知識・ドメイン知識の整理およびルールベースのとりまとめ

タスクフローをもとに、各サブタスクとステージにおける知識をタスク知識とドメイン知識に分類・整理した（表-1、2）。ここで、タスク知識とは、個別の専門分野に依らずある程度一般化可能なタスクのそれぞれに関する目的やゴール、処理の内容、制約条件、先行あるいは後続する他のタスクとの関連性についての知識、ドメイン知識は専門分野に固有の対象に関する教科書などに記載されている、当該タスクあるいは関連するほかのタスクにおいて定義される知識である²⁾。

さらに、サブタスクまたはステージの遂行に関する意志決定のうち、「if（前件部）、then（後件部）」の形式で表現可能なものについては、この形式でルールベースとしてとりまとめた（表-3）。その結果、全33ステージ中4つのステージにおいて、ルールベースとしてとりまとめた。このように判断根拠に関する情報をルールベースにとりまとめることで、計画・調査・解析段階における技術的判断に資することができる。

表-1 タスク知識の整理表の例

ステージ名	海底での受信データの取得
目的	海底で受信データを取得するため。
先行する関連タスクやステージからの知識の提供	・測定使用機材 ・許認可証明書
後続する関連タスクやステージへの知識の提供	海底での受信データ
必要となるリソース	・海底用受信器の取り扱い説明書 ・海底用受信器の使用経験 ・電子機器の知識・使用経験 ・チェックリスト ・海底用受信器の稼働時間 ・調査船およびその付帯設備の使用経験 ・ROVの使用経験 ・ダイバー自身の海底作業の経験 ・波形とその観察用ソフトウェアに関する知識 ・測定タイムテーブル ・探査計画書
成果の目標	測定仕様機材と許認可証明書を考慮し、海底用受信器の取り扱い説明書に基づき、海底での受信データを取得すること。

表-2 ドメイン知識の整理表の例

ステージ名	海底での受信データの取得
教科書等に記載されている一般的な知識	・海底受信器 ・電子機器 ・調査船 ・ROV ・ダイバー ・波形 ・波形観察用ソフトウェア
関連する他のタスクにおいて定義されている知識	
当該タスクにおいて定義すべき知識	受信データ：電場・磁場データのこと。 測定タイムテーブル：海底用受信器の投入状況（時刻、測点）、回収時刻、取得データ名を記入した表のこと。 チェックリスト：測定間隔やデータ名等のロガーの設定を確認する表のこと。

表-3 ルールベースのとりまとめ表の例

ステージ名	判 断	If（前件部）	Then（後件部）
海底での受信データの取得	（判断A） 仕様を満たすデータの判断	仕様を満たすデータが得られた場合	測定データの保存・整理を行う
		仕様を満たすデータが得られなかった場合	判断Bへ
	（判断B） 品質低下原因の判断 (1)	品質低下の原因が受信器にある場合	受信器の交換や調整などを行い、受信器の投入（サブステージ）に戻る
		品質低下の原因が受信器ではない場合	判断Cへ
	（判断C） 品質低下原因の判断 (2)	品質低下の原因が船舶の通行など一次的なものにある場合	受信器の投入（サブステージ）に戻る
		品質低下の原因が一次的なものではない場合	測定位置を変更し、受信器の投入（サブステージ）に戻る

- 例えば、原環センター：平成18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19年3月
- 日本原子力研究開発機構：地質環境総合評価技術高度化開発一次世代型サイト特性調査情報統合システムの開発一、平成19年度成果報告書、JAEA-Research 2008-085、part I
- 原環センター：平成15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 報告書（第1分冊） 物理探査技術高度化開発一、平成16年3月
- 原環センター：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
- 物理探査学会：新版 物理探査適用の手引き 土木物理探査マニュアル2008

6. 量子化学的手法を用いたニアフィールド現象の評価手法技術の整備

◇事業の概要

地層処分システムのニアフィールドの長期性能に関する潜在的課題を明らかにし、これに対処することにより、セーフティケースの信頼性向上を図るために、時空間スケールに基づき構造化された問題分析モデル体系の開発が資源エネルギー庁事業「先進的地層処分概念・性能評価技術高度化開発」において平成19年度から実施されている。

問題分析モデル体系ではマクロスケールからナノスケールという幅広い空間スケールを対象とするが、ナノスケールモデルについては研究例が極めて限定的であった。これは、ニアフィールド現象を考える上では化学反応が重要になることに対して、広く普及している経験的な分子シミュレーション法では化学反応を本質的に取り扱えないためである。しかし、近年の計算機能力の向上により、化学反応を評価できる非経験分子軌道法等の量子化学的手法の実用性が向上し、第一線の化学研究において量子化学計算が不可欠な手法となっていることから、その性能評価への適用を検討することは有用と考えられる。

本事業では上記の経緯を踏まえ、ニアフィールド現象を対象とした量子化学的手法の適用性検討やツールの整備を、課題の検討や先行的な例題の解析などを通じて行うことを目的として以下の内容を実施する。

- (1) 量子化学計算手法の特徴の整理
- (2) 量子化学計算手法が適用可能な性能評価上の課題の分析
- (3) 量子化学計算手法を用いた例題の解析

なお、本事業は平成20年度資源エネルギー庁事業「先進的地層処分概念・性能評価技術高度化開発」を受託した日本原子力研究開発機構からの委託として、日本原子力研究開発機構との検討を積み重ねつつ実施したものである。

◇平成20年度の成果

- (1) 量子化学計算手法の特徴の整理

ナノスケールの計算物理的な手法は、多数の原子・分子から構成される系を対象とする分子シミュレーション法と、原子を構成する電子の構造まで対象とする量子化学計算手法とに大別される。

量子化学計算手法は、対象や電子系の取扱い及びパラメータの取扱いによって図-1に示すようにさらに細かく分類される。例えば、対象に関しては、孤立系を取り扱う分子軌道法(MO法)と、周期的境界条件を前提としたバンド計算法がある。また、パラメータの取扱いについては、第一原理的、半経験的、経験的に分類される。現状、量子化学計算は経験的パラメータに(ほとんど)よらない第一原理的手法が主流である。一方、経験的手法は計算自体が軽く、系を大きくしてもコストがかからないというメリットがある。

また、国内外で公開されている量子化学計算手法等による既往事例の文献調査を実施した。

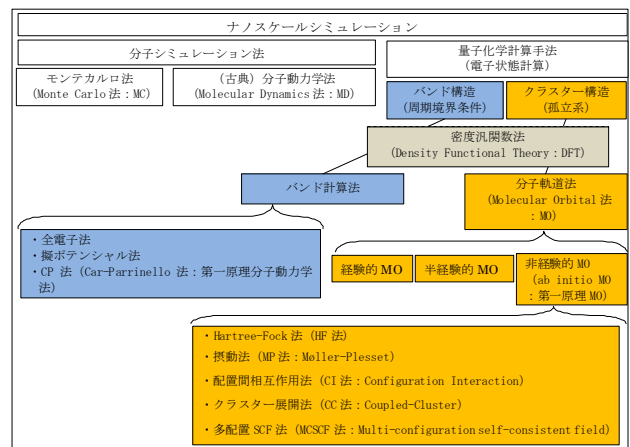


図-1 量子化学計算手法の分類

- (2) 量子化学計算手法が適用可能な性能評価上の課題の分析

量子化学計算手法のようなナノスケールモデルの性能評価への適用に関する検討を効果的・効率的に実施するために、性能評価の専門家と量子化学計算の専門家から構成される量子化学計算ワーキンググループを設置し、性能評価のニーズ・期待と量子化学計算で技術的に可能なアプローチについて検討を重ね、最終的に6つの量子化学計算の課題とアプローチ案をまとめた。

①核種のスペシエーション

クラスター計算(分子軌道法)により、アクチニド(Npを優先して)のヒドロキシ錯体、炭酸錯体、ヒドロキシ炭酸錯体の構造を決定する。また、アクチニド元素同士に限らず、遷移金属

II. 放射性廃棄物の地層処分にに関する調査研究

という広い意味で、他の元素との類似性等も考慮し、スペシエーションの推定における化学アナログの利用の妥当性を第一原理 M0 法による構造安定化計算に基づき理論的に評価する。

②溶解度

平衡定数や溶解度など濃度に関するパラメータを直接量子化学計算で扱うことは困難であるため、古典 MD 計算によるエンタルピーの評価からの溶解度の評価手法を検討する。

③ベントナイトへの収着

スメクタイトエッジの吸着核種の水和構造や安定性について、二次元周期境界条件（バンド計算法）もしくはクラスター条件（第一原理 M0 法）による電子状態計算により、スメクタイトエッジにおける水存在下での核種の吸着構造を計算する。

④ベントナイトのアルカリ溶解

強アルカリ性（pH=12 程度）、高 Ca 濃度下でのスメクタイトの溶解反応について、官能基の脱プロトン化及び／もしくは OH⁻の付加を行ったクラスター条件（第一原理 M0 法）による電子状態計算もしくは二次元周期境界条件（バンド計算法）により、溶解の素過程を探る。

⑤ベントナイトの鉄共存の影響

スメクタイトの鉄共存下の変質過程について、鉄との電子の授受によるスメクタイト溶解が量子化学的に起こりうるのかを、二次元周期境界条件（バンド計算法）による電子状態計算で確認する。

⑥ガラス

ボロシリケート結晶を対象に、バルクおよび表面構造の電子状態計算を行ない、原子間ポテンシャルを評価する。次に、古典 MD 計算により、ホウケイ酸ガラスの分子構造が再現できる計算モデルを検討する。さらに古典 MD 計算で得られた分子構造から切り出したクラスターについて、第一原理 M0 法による構造安定化計算を実施する。

(3) 量子化学計算手法を用いた例題の解析

(2) で示した課題への対応を具体的な解析に展開していくためには、その基盤として、試解析等を通じて、モデル・計算手法、原理や概念などの量子化学計算手法の特徴についての理解を深め適用の見通しを得ておくことが有効と考えられ

る。ここでは、量子化学計算手法の適用が比較的容易と考えられる(2)で挙げた④と⑥の課題と関係する以下の解析を試行的に実施した。

a) ベントナイトのアルカリ溶解

モンモリロナイトが強アルカリ性・高Ca濃度の条件下にさらされた時の構造変化に関して、クラスターモデルを用いて、OH⁻の攻撃パターンを変えた第一原理M0法による構造最適化計算のケーススタディを行った。その結果、アルカリの条件に応じた原子間の結合の状態を求めることで、アルカリ条件下で溶解しやすい場所が特定できることを示した。これにより、量子化学的計算手法により、モンモリロナイトの溶解の素過程を示し、理論的にどの溶解速度式で表現されている現象が生じるのかの評価に利用できる見通しを得た。

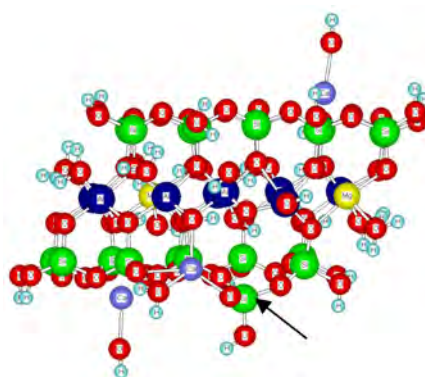


図-2 強アルカリ・高Ca濃度条件下におけるモンモリロナイト中規模クラスターモデルの最適化構造（矢印が溶解しやすい場所）

b) ガラスの分子構造のモデル化

溶解挙動の鍵となる物性や表面反応を量子化学計算手法で評価するためのホウケイ酸ガラスの分子構造の構築を目的として、「電子状態計算による原子間ポテンシャルの評価」と「古典MD計算の繰り返しによる結合状態やモデルポテンシャル関数の評価」とを組み合わせたアプローチを構築し適用した。古典MD計算結果のガラスネットワーク構造の統計科学的な解析により、架橋酸素数と酸素の配位環境を評価した結果、NaO量に対するB原子の配位数の変化とネットワーク構成リングの分布の違いを把握できた。これにより、電子状態計算と実験とを合わせて、最適なガラス構造の構築に必要なデータを得ることができるとの見通しを得た。

7. ビュール地下研究所における無線モニタリング技術確証

◇事業の概要

本事業では、地層処分のバリア機能を損なうことなくモニタリングを行うために、無線モニタリング技術の実証を目的に原位置試験などを実施している。以下、事業の概要を示す。

今後わが国の地下研究所等では、核種封じ込め機能が期待される人工バリアの性能実証試験が実施されようとしている。この試験において、従来方式を用いてバリア内部の情報を得ようとする、センサとデータ記録装置を接続する伝送ケーブルが人工バリアを貫通することとなり、バリア機能を損なう可能性が生じる。このような背景から、地中無線データ伝送技術（以下、当技術）については、本研究の基盤となる経済産業省委託事業「モニタリング機器の開発」の中で、モニタリングの中核技術の一つとして、平成 13 年度から地層処分事業への応用に向けた高度化調査を実施している。当技術は、人工バリアのバリア機能を損なうことなく情報取得が可能な技術であるため、モニタリングの中核技術の中で、最も期待度が高い。

当技術に関する課題の一つには、岩盤を伝播媒体とした場合の伝送可能距離が挙げられていた。この点に関しては、これまでの検討により、“送受信コイルアンテナの仕様と伝送可能距離の関係”を明らかにしており、原環センターでは、短距離伝送から長距離伝送（最大 500 m）まで、伝送ニーズに応じたアンテナ設計並びに試験機構築が可能な技術レベルに達している。

フランスでは長寿命核種を含む放射性廃棄物の処分に関して、「可逆性」の必要性が示されているため、フランスにおける放射性廃棄物処分の事業実施主体である ANDRA では、可逆性を考慮した地層処分の研究開発を進めている。ANDRA は地層処分におけるモニタリングに関する研究の中で、バリア内を貫通する通信ケーブルを用いることなく廃棄体近傍のモニタリングデータを無線で伝送できる手法（無線モニタリング）の実証を検討してきた。

そこで、原環センターと ANDRA は、平成 18 年 3 月 30 日に無線モニタリングに係る個別協定

(Specific agreement on wireless monitoring) を締結し、両機関でそれぞれの目標を掲げ、効率的な研究開発を実施している。

本研究では、ANDRA が所有する Meuse/Haute-Marne URL（以下、ビュール地下研究所）に無線モニタリングを適用することを目的に実施しており、これまでに下記に示す 5 の Work Package を立案し、実施している。なお、本研究は ANDRA からの委託に基づき実施しているものである。

- WP1：ビュール地下研究所での電磁ノイズ調査・予備通信試験
- WP2：プロトタイプ送信機設計・製作・性能確認
- WP3：ビュール地下研究所内でのボアホールへのプロトタイプ設置及び性能確認試験
- WP4：WP 3 後、継続モニタリング
- WP5：坑道間通信（WP 3 と同時）

まず、WP1 では、電磁ノイズの調査並びに通信確認試験を実施し、以下の 3 点を確認している。

- ①原位置の電磁ノイズレベル
- ②母岩が通信に及ぼす影響
- ③鋼製支保材が介在する坑道内及び坑道間における「送受信機の配置」と「受信電磁界強度」の関係

また、これらの結果をもとに、WP2 ではプロトタイプ送信装置及び受信装置一式を設計・製作した上で、その通信性能が設計どおりであることを確認している。

WP3 では、プロトタイプ送信装置をビュール地下研究所の GL-490 m の地下施設内に設けられた内径約 35cm、深さ約 10 m の垂直ボアホールの底部付近に設置した。送信装置には温度計、土圧計等の 5 つのセンサを接続した。全体システム図を図-1 に示す。センサのデータは、無線通信により坑道内に設置した受信装置に伝送され、立坑内に敷設された光ファイバを介して地上施設に送られる。日本からは、インターネット回線を通じて送信装置にアクセスすることができ、データの回収や、送信装置の通信モード（高頻度モードから消費電力を抑えた長期運用段階の低頻度モードまで 5 段階）の変更を遠隔で行うことが可能である。

送信装置の設置時には、WP5 として地下施設内の種々の地点に受信機を配置し通信を実施することにより送信装置が設計どおりの性能を満足していることを確認した。更に、送信装置から送られ

II. 放射性廃棄物の地層処分にに関する調査研究

た磁界の強度を測定することにより、データの搬送波である低周波電磁波の地下施設内における伝播挙動を把握した。

WP1 では、緩衝材及び現地の母岩が低周波電磁波の伝播に与える影響が、ほとんどないことを明らかにした。一方で、低周波電磁波は、地下施設内に使用されている鋼製支保工や鋼管等の鋼材の影響を強く受け、複雑な伝播挙動を示すことも確認されている。そこで、WP3 及び 5 の検討では、これまで原位置で得られてきた通信試験結果をモデルやインプットデータに反映した 3 次元電磁波伝播解析も実施し、鋼材等に起因する複雑な低周波電磁波の伝播挙動を数値解析的に検討し、その再現性を確認している。

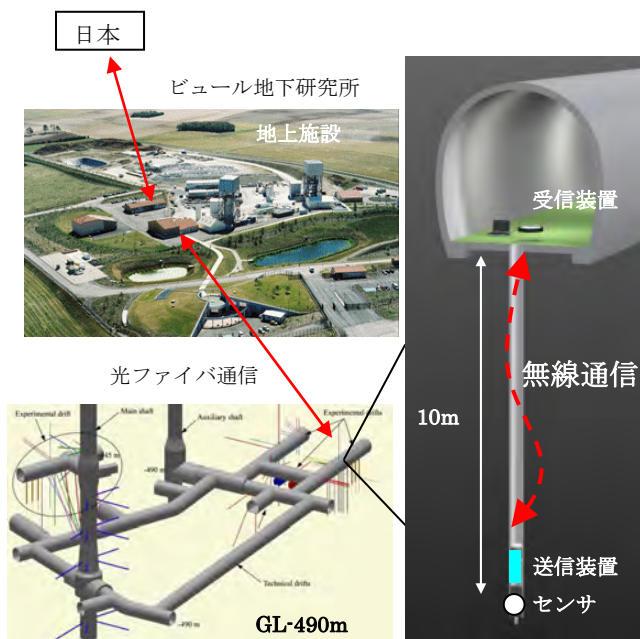


図-1 無線モニタリングシステムの概要

◇平成 20 年度の成果

(1) WP4 (継続モニタリング)

図-1 に示す送信装置には無線通信の信頼性を検証するため、有線通信用のケーブルも接続している。本研究 (WP4) では、WP3 でのモニタリングを継続し、無線通信によるデータ値と有線通信によるデータ値とが一致していることを 1 年以上にわたり確認している。

(2) 今後の展開

今後は、ANDRA での処分概念などを考慮し、ビュール地下研究所で計画されている実規模実証処分セル用の送信装置 (図-2) を設計・製作し、適用すると共に、無線装置の耐熱性や耐放射線性等の基礎研究も行う予定である。

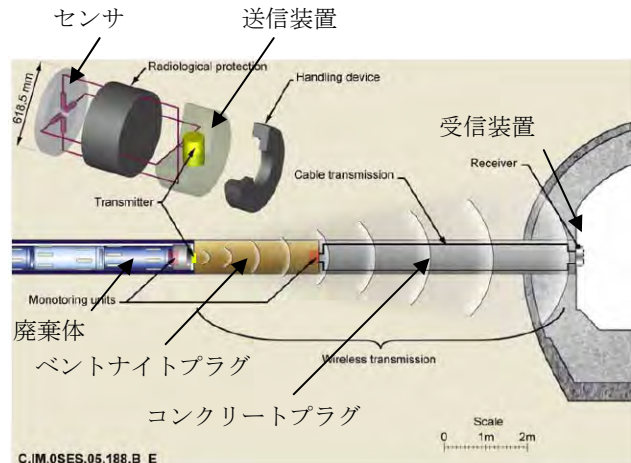


図-2 実規模実証試験イメージ¹⁾

原環センターでは、今後、「モニタリング機器の開発」の中核技術としての無線モニタリングの研究開発を効率的に実施していくため、本研究のように国内外における実際のフィールドでの適用を多く実施していきたいと考えている。

1) ANDRA: Dossier 2005, Les recherches de l'Andra sur le stockage géologique des déchets radioactifs à haute activité et à vie longue (2005)

8. その他の地層処分に関する研究

(1) 合理的な T R U 廃棄物処分概念の構築に関する研究

高レベル放射性廃棄物との併置処分を念頭においた処分概念と処分技術の構築を目的として、代替技術であるヨウ素固定化と炭素 14 の長期閉じ込め型パッケージを導入した際の処分コストへの影響を提示するとともに、それらを導入した場合の処分概念について検討した。

(2) 処分場におけるセメント利用技術に関する調査検討

地層処分場の建設でセメント系材料の使用が想定される部材等について、長期特性の面からの要求特性やセメントの種類ごとの長期挙動に関する情報を取りまとめるとともに、処分場設計時の配合設定、材料設計等のために不足している情報及び今後の開発課題を抽出した。

(10) 地下施設における岩盤の諸特性調査・評価手法に関する調査

間隙水の地球化学に与える微生物の影響評価について、国際地下圏微生物シンポジウム (ISSM) に参加し、情報を収集した。また、新第三紀の堆積岩について岩盤のゆるみ・安定性解析に対して間隙弾性論の適用に関する検討を実施した。

(11) 地質環境調査技術動向調査

学会等との意見交換により大学、研究機関及び民間企業の地質環境調査技術の最新技術動向を調査した。また、中国核工業集团公司地質局 (CNNC/BOG) と地質環境調査から得られるデータ等の SIFD (調査システムフロー) を使った管理手法について情報交換を行った。

(12) ヨウ素 129・炭素 14 の移行パラメータに関する基礎調査

ヨウ素 129 や炭素 14 の地質環境や生物圏における移行パラメータに関する基礎的な調査を行うため、原子力学会や土木学会等のセミナーに参加するとともに、関係機関との情報交換を実施することで、最新の情報・知見を収集した。

Ⅲ．放射性廃棄物全般に共通する調査研究

1．放射性廃棄物海外総合情報調査

◇事業の概要

高レベル放射性廃棄物等の地層処分を中心として、それらに係る海外における政策、処分事業の実施状況及び処分技術情報、研究開発の現状、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とともに、これらの情報等をホームページ、技術情報冊子、講演会等を通じて外部に向けて発信し、関係者間での情報共有と知識普及、幅広い国民各層への理解促進を図る。

なお、本事業は経済産業省の委託により実施したものである。

(報告書)平成20年度 放射性廃棄物共通技術調査等委託費
放射性廃棄物海外総合情報調査

◇平成20年度の成果

(1) 海外情報の収集・分析と総合的なデータベースの整備

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、主要国である米国、フィンランド、スウェーデン、フランス、ドイツ、スイス、スペイン、ベルギーの処分実施主体等から、法制度の整備状況、立地活動や許認可申請・発給の状況、処分技術情報、情報提供・広報、社会的意思決定方策、地域振興策、資金管理関係等の情報を収集した。また、アジア諸国に関しては、韓国、中国、台湾における放射性廃棄物処分の関連情報として、法制度の整備状況とともに、処分概念、サイト選定等の技術情報、資金確保関連情報等を収集した。

以上の調査に加えて、海外主要国における放射性廃棄物処分の関連法規制の詳細、事業進捗に大きな動きのあった米国ユッカマウンテンの許認可手続きやフランスの地域共生策に関する取組の詳細、更に地層処分代替技術（長寿命核種の分離・変換技術、長期貯蔵等）に関する最新の検討状況を調査した。

また、国際機関の動向情報の調査として、経済協力開発機構／原子力機関（OECD／NEA）、国際原子力機関（IAEA）、欧州連合（EU）等を対象とした最新動向の調査を行うとともに、OECD／NEAの

放射性廃棄物管理委員会（RWMC）の下に設置されるビューロー会議、IAEAの国際放射性廃棄物技術委員会（WATEC）には、専門家を派遣して最新の検討情報等の把握を行った。

以上の調査により得られた情報に加え、関連する法規制文書や関連報告書等をデータベースとして整備するとともに（図-1）、利用者の操作性向上等を目的とするデータベース管理システムの改良や機能拡充を実施した。

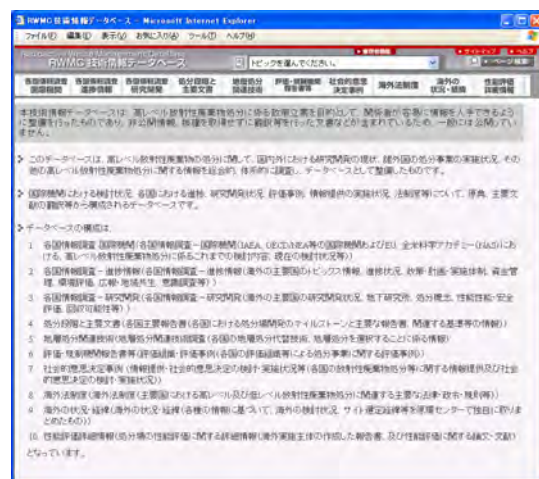


図-1 整備したデータベースの初期画面
(海外機関との情報交換協定等により限定的な利用形態を取っている)

(2) 調査情報の整理・発信・普及

上記(1)でデータベースとして整備した各種情報等を活用して、国の政策立案に必要な情報の取りまとめを行うとともに、一般への周知、関係者間での情報共有、知識普及を目的とした、ホームページ、技術情報冊子、講演会等を通じた外部への情報発信を行った。

原環センターのホームページ (<http://www2.rwmc.or.jp/overseas/>) においては、諸外国の高レベル放射性廃棄物処分を中心とした情報について、最新の動きを『海外情報ニュースフラッシュ』として掲載した（図-2）。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。

技術情報冊子の整備として、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21年度版の「放射性廃棄物ハンドブッ

ク」を制作した（図-3）。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（図-4）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、更新版を出版するとともに原環センターのホームページに掲載した。さらに、『諸外国における放射性廃棄物関連の施設・サイトについて』と題する技術情報冊子（図-5）に関しては、フィンランド、米国、スウェーデン、ドイツ、フランス及びスイスの放射性廃棄物管理の概要をまとめた上で、放射性廃棄物管理関連施設の地図とともに、各施設の概要・アクセス方法をまとめて、原環センターのホームページに掲載した。

講演会については、原子力発電環境整備機構（NUMO）の協力も得て、表-1 に示す海外要人による講演会を開催し、各国の放射性廃棄物の取組状況等の最新情報を紹介した。

表-1 平成 20 年度の講演会開催実績

開催日	講演者
10 月 24 日	米国：サンディア国立研究所（SNL） Andrew Orrell 氏、Peter Swift 氏
11 月 14 日	英国：原子力廃止措置機関（NDA） John Mathieson 氏、Malcolm Barents 氏、 John Inkester 氏、Steve Barlow 氏



図-2 原環センターホームページでの『海外情報ニュースフラッシュ』

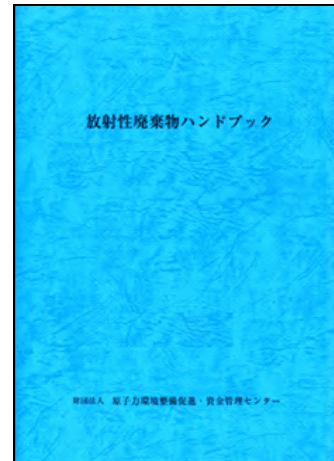


図-3 平成 21 年度版『放射性廃棄物ハンドブック』（2009 年 3 月）



図-4 『諸外国における高レベル放射性廃棄物の処分について』（2009 年 2 月）



図-5 『諸外国における放射性廃棄物関連の施設・サイトについて』（2009 年 3 月）

2-2 放射性廃棄物に関する基礎技術研究調査

◇事業の概要

本研究調査は、放射性廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画¹⁾に沿いながら、我が国の放射性廃棄物地層処分の推進に向けて、大学等による基礎的な研究を実施するものである。

具体的には、平成 18 年度及び平成 19 年度に選定した研究テーマを継続して実施するほか、当該研究を年度毎に進捗状況、成果について有識者によるレビューを行い、研究成果の情報共有、関連分野での活用が図られるよう学会等の場を通じて情報発信を行うものである。

なお、本事業は経済産業省の委託により実施しているものである。

(報告書)平成 20 年度 放射性廃棄物共通技術調査等 放射性廃棄物重要基礎技術研究調査 報告書(第 2 分冊) 放射性廃棄物に関する基礎技術調査研究

◇平成 20 年度の成果

平成 18 年度及び平成 19 年度より継続の(1)～(9)に示す 9 件の研究を実施した。また研究成果の情報発信等としてワークショップが 1 件開催され、研究者による学会報告、論文投稿等は 40 件近くに上っている。以下に、各研究の概要を示す。

(1)地下水水質への影響評価に関する基礎研究－地下水流動経路としての割れ目からの各種情報とその評価に関する基礎研究－(研究者：埼玉大学 長田昌彦)

岩盤に内在する割れ目から得られる幾何学的な情報と化学的な情報を取得整理して、地形の隆起侵食や海水面変動等の境界条件の変化によって、主に地下水流動や地下水水質に影響を与えやすいと考えられる高流量を流すような割れ目の構造とその特徴を明らかにする。

平成 20 年度(最終年度)までの 3 年間の研究成果として、割れ目の成因推定のための表面粗さ計測により、4 つのパラメータを算出して、それらの特徴と傾向を比較することでそれぞれの相関を得た。これらの指標をうまく用いることによって、引張やせん断等の破壊モードや、更にはせん断変位量との関係等を導ける可能性を示した。

また境界条件の変化に相当する塩水から淡水への移行に伴う割れ目近傍での水－岩石反応の検討として、花崗岩及びモルタルのタブレット試料を用いた試料表面と水質変化の測定試験を行い、海水中の岩石の変質に及ぼす塩分濃度の影響を明らかにした。そして離水サンゴ周辺の割れ目の物理的・化学的性質の調査により、割れ目近傍での硬化が生じた原因について検討し、離水サンゴそのものと割れ目充填物の年代は異なり、常に充填物の方が新しい年代を示すことが分かった。

(2)緩衝材の局所変形帯形成に関する基礎研究－周辺岩盤形成に伴う緩衝材の局所変形帯形成に関する基礎研究－(研究者：名城大学 小高猛司)

急激な地殻変動や周辺岩盤の長期的なクリープ破壊に起因した、緩衝材中に形成される局所変形帯について、その発生メカニズムならびに内部構造等の諸性質を明らかにする。さらに、局所変形帯が緩衝材性能に及ぼす影響について検討を行う。

平成 20 年度(最終年度)までの 3 年間の研究成果として、一面せん断試験及び透水試験により、再冠水の途上にある不飽和圧縮ベントナイトは、飽和供試体に比べて大きなせん断強度を有する反面、大きな亀裂を伴い脆性的な破壊挙動を示すことが分かった。しかし、その亀裂に水が侵入しても比較的短時間で修復される可能性も確かめられた。一方、圧縮ベントナイトは飽和してしまえば、せん断強度は低下するものの、大きな変位を与えても低密度領域等は発生せずに、緩衝材としての大きな性能低下を引き起こさない可能性が高いことも示された。

また一面せん断試験のシミュレーションを実施し、今後処分場を実際に設計する上で非常に重要かつ有益なツールとなるが、その際には抜本的に数値解析手法の再構築をすすめる必要があることを提言した。

(3)ガラス固化体の長期性能に及ぼすオーバーパック腐食生成物の影響に関する定量的評価(研究者：九州大学 稲垣八穂広)

地層処分におけるガラス固化体の性能に影響を及ぼす環境特性のうち、固化体に隣接しその影響が大きいと予想されるオーバーパック腐食生

III. 放射性廃棄物全般に共通する調査研究

成物との相互作用について、現象の基礎科学的理解に基づいた定量的かつ体系的な評価を行う。

平成 20 年度は、オーバーパック腐食生成物として想定される鉄鉱物試料（マグネタイト (Fe_3O_4)、ゲータイト ($\alpha\text{-FeOOH}$)）について、還元雰囲気でのシリカ収着実験を行い、シリカ収着のシリカ濃度依存性、pH 依存性、及び酸化還元雰囲気依存性を評価した。その結果、還元雰囲気におけるシリカ収着挙動は、これまでに報告されている酸化雰囲気及び不活性ガス雰囲気での収着挙動と概ね同様の傾向を示すものの、その絶対値及び pH 依存性に有為な差が認められた。

また、ガラス固化体の溶解／変質実験を還元雰囲気において実施するための、高温（100℃ 迄）での還元雰囲気の維持手法についての準備／確認を行った。

(4) 処分環境における炭素鋼の水素吸収挙動に関する研究（研究者：大阪府立大学 井上博之）

溶接線近傍部の材料（溶接熱影響部;HAZ）や溶接金属は、焼きなまされた母材と比較し、一般に水素脆化に対する感受性が高い。本研究では、炭素鋼製オーバーパック溶接部の水素脆化感受性評価に対する基礎データを得ることを目的とし、実オーバーパック溶接部を模擬した試験体から採取された試験片を用いて、その水素吸収特性並びに模擬埋設環境での水素溶解量を測定する。

平成 20 年度は、電気化学透過法を用いて炭素鋼試験片の水素吸収特性を評価する試験槽を作成するとともに、実オーバーパックの熱影響部に相当する硬度を持つ試験片を作成した。同試験片を用いて予備測定を行い、作成した試験槽ならびに適用する解析方法により、水素吸収特性が正当に測定できることを検証した。

また実オーバーパック溶接部を模擬した試験体から試験片を採取し、採取した試験片の水素拡散係数並びに模擬処分環境中での自然状態における水素含有量を測定した。模擬処分環境中における自然状態での水素含有量は、ティグ溶接 (TIG, Tungsten Inert Gas welding) と電子ビーム溶接 (EBW, Electron Beam Welding) の溶接金属部の結果を比較すると、前者の方が後者と比較し約 3 割高いとの結果が得られた。

(5) 放射性核種収着現象の分子生物学的及び地球化学的研究（研究者：静岡大学 木村浩之）

放射性核種を収着した微生物からタンパク質等の生体分子を分離・抽出・分析する手法を確立するとともに、核種環境を対象に、微生物の分類群、生死、活性についての知見を集積する。また、微生物及び生体分子へのランタノイドの収着における結合サイトを X 線吸収微細構造 (XAFS) 法により解析し、その化学的特徴を明らかにし、分配モデルを構築する。

平成 20 年度は、ウランの化学的作用及び放射線の影響を受けた微生物からの生体分子の抽出・分離法の確立として、ウランに曝露した微生物試料に発現した生体分子、ここではタンパク質を抽出し、2 次元電気泳動法により分離回収することに成功した。さらに、ウランの化学的な作用及び放射線作用により発現するタンパク質が異なることも明らかにした。

また希土類元素パターンによるアクチノイド (Ⅲ) の地層中での挙動に対するバクテリアの影響の評価により、バクテリア細胞表面の希土類元素 (REE) の吸着サイトとして、リン酸のサイトが安定であることが明確に示された。さらにリン酸サイトが REE で飽和した場合、次に安定なサイトとしてカルボキシル基が REE を吸着することが分かった。

そしてロシア・マヤク地区（位置は 2-3 章「地球化学バリア有効性確認調査」の「PA “Mayak” サイト」を参照）の非汚染地区より採水された地下水試料について、16S リボゾーム RNA 遺伝子を対象とする詳細な遺伝子解析を行うことにより、採取された地下水中の細菌群集組成を明らかにした。

(6) 地震波トモグラフィーによる地殻構造推定技術の高度化（研究者：東北大学 趙大鵬）

火山体下のマグマ溜りや内陸地震断層等の地殻構造異常体をより高い精度で推定するために、地震波トモグラフィー解析技術を高度化する。特に地殻と上部マントル内の反射波や変換波等の後続地震波データを用いた日本列島下の地殻トモグラフィーの解析法を検討する。

平成 20 年度は、地震波トモグラフィーと波線追跡の計算法の検討として、自然地震からの直達 P 波と地殻反射波 PmP 波を同時に用いる場合の地

震波トモグラフィーの計算アルゴリズムの開発と改善を行った。

また地殻反射波を用いた東北日本の地殻構造の推定として、地殻内地震のモホ面で反射した PmP 波を地震の波形記録から多く収集し、岩手火山等の活火山下のマグマ溜まりを明瞭にイメージできた。

そして西南日本における地殻反射波の検出として、60 個の地殻地震の波形記録から大量の P 波と PmP 波の走時データを集めた。

(7) 地下水流路構造の不均質性の評価と流動モデルの構築（研究者：東北大学 平野伸夫）

各種岩石（花崗岩、堆積岩）のき裂に関して流路構造の不均質性の定量的な評価を、異なる寸法のラボスケールサンプルについて実施し、フィールドスケールへのアップスケール手法を検討する。加えて、岩石き裂の不均質流路構造を DFN（Discrete Fracture Network）モデリング手法に組み込むことによりフィールドスケール地下水流動モデルを提案し、FWS（Flow Wetted Surface）の理解につなげる。

平成 20 年度は、大型透水試験装置を用いた大面積花崗岩き裂の透水試験及びき裂表面形状の各種パラメータ測定により、これまでの小面積き裂の透水試験と異なる、き裂寸法依存を示唆するような結果が得られた。さらに透水シミュレーションに必要なき裂間隙構造の基本となるき裂表面形状について、この形状から得られる幾何情報は岩種によって異なっている可能性があることが分かった。

また従来の二次元単一き裂内流体流動シミュレーションから三次元複数き裂内流体流動シミュレーションへの拡張を行ったが、その結果、平行平板き裂の場合とは全く違うシミュレーション結果が得られる場合があることが分かった。

(8) 鉄-ベントナイト相互作用のナチュラルアナログ研究（研究者：金沢大学 福士圭介）

地質現象として認められる還元環境での低温含鉄溶液によるベントナイト変質の産状を観察・分析し、変質年代や熱履歴を評価することにより、天然での長期にわたる鉄-ベントナイト相互作用を明らかにする。

平成 20 年度は、宮城県川崎鉱山における鉄に

より変質したベントナイトの詳細な岩石学的・鉱物学的分析と変質の化学的環境の推定を行い、緑色脈は熱水溶液から直接沈殿して生成したこと、その周辺部はベントナイトが熱水作用の影響を受け変質をこうむったことが認められた。

またベントナイトの変質年代と温度決定の試みにより、ベントナイトの変質温度は 100℃以下であったことが示唆された。

そして青森県黒石鉱山の現地調査と、鉄により変質したベントナイトの予察的岩石学的・鉱物学的分析により、変質体は緑色を呈し網状にベントナイト層に存在していることが確認され、緑色変質部であっても粘土鉱物種はスメクタイトのまま変化していないことが見出された。一方緑色部に認められるスメクタイトの化学組成は Fe と K が未変質のものと比較して増加する傾向が認められた。この化学組成の変化の傾向は川崎鉱山で認められたものと同様であった。

なお 11 月 18 日～19 日の日程で、鉄-ベントナイト相互作用に関する国際ワークショップを開催し、シミュレーションや実験研究を行っている研究者（海外から 4 名、国内から 3 名）を招聘して、ディスカッションを行った。

(9) 放射性廃棄物処分事業の社会的側面の基礎研究（研究者：東京大学 堀井秀之）

処分事業に対する国民・社会の理解促進と信頼性向上に向け、社会的側面に係る研究の効率的な進展を図ることを目的とする。平成 20 年度は、社会的側面に係る研究課題の体系化、及び、スイスのヴェレンベルグ低・中レベル放射性廃棄物処分地選定プロセスを対象として、当該プロセスの政治過程分析を行った。

すなわち、処分事業の社会的受容性が高まり、事業が円滑に実施されるために、どのような社会的仕組みが必要かという観点から、社会的側面に係わる研究課題の体系化を行った。

またスイスのヴェレンベルグにおける低・中レベル放射性廃棄物処分地選定プロセスの政治過程分析を行い、各アクターの行動モデルを構築し、州投票否決に至った要因を明らかにした。

- 1) 資源エネルギー庁・日本原子力研究開発機構他（2006）：「高レベル放射性廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画」、「TRU 廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体基本計画」

2-3 地球化学バリア有効性確認調査

◇事業の概要

地層処分システムにおける天然バリア中の放射性核種の移行速度は、核種の岩盤への収着を考慮すると地下水流速より大幅に小さくなり、放射性核種の大半は地層中で固定・崩壊し、生物圏への大きな影響はないと考えられている。一方、放射性核種が地下水中のコロイド物質に収着し地下水によって輸送される現象や放射性核種自体がコロイドとなり地下水中を移行する現象（コロイドによる放射性核種の移行）も確認されている。このようなコロイドによる放射性核種の移行の場合、岩盤への収着による遅延効果が少なくなる可能性が指摘されている。本研究では、ロシアの放射性物質で汚染されたサイトにおけるコロイドによる放射性核種移行データやそれを評価するための室内実験に基づき、このサイトでの放射性核種のコロイドによる移行の概念モデル検討等により、コロイドによる放射性核種の移行現象の理解度を深めることによって、地層処分システムの天然バリア性能評価の信頼性向上に資することを目的としている。

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

本研究の現地調査サイトは、図-1 に示すロシアの Mayak 生産連合（PA “Mayak”）、チェリアビンスク州の再処理プラントで発生した高濃度の硝酸塩を含む放射性液体廃棄物を投棄したカラチャイ（Karachay）湖周辺である。

(1) 既存データの収集

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

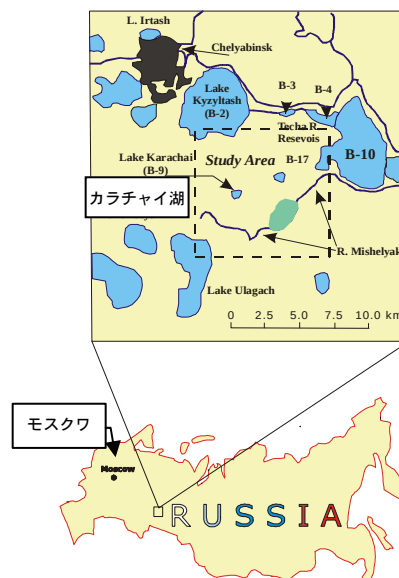


図-1 PA “Mayak” サイトのカラチャイ湖 (B-9) 周辺の地下水観測孔配置図

(2) 現地調査と実験研究

現地では、原位置での地下水の化学的性質測定（地球化学検層）、採取した地下水からろ過で分離したコロイド物質の化学分析、放射性核種濃度分析、コロイド物質と放射性核種の結合状態の特性研究等を行った。実験室では、現地調査のデータを補完するため、実地下水から分離したコロイド物質のミクロ観察、これとアクチノイドの結合状態、Pu 水酸化ポリマー（真性 Pu コロイド）の化学特性研究、岩石への収着挙動研究などを行った。

(3)理論モデルの開発

データ収集と併行して自然環境での放射性核種及びコロイド挙動の概念モデルを構築した。

(4)コロイド生成データの評価

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

なお、本事業は経済産業省の委託により実施したものである。

(報告書) 平成 20 年度 放射性廃棄物共通技術調査等 放射性廃棄物重要基礎技術研究調査 報告書(第 3 分冊) 地球化学バリア有効性確認調査

◇平成 20 年度の成果

(1)現地調査

カラチャイ湖周辺の放射性汚染地下水(汚染地下水)プルームは、風化地層帯水層中を、主に南方向に拡散している。帯水層の透水性は深さにより、不均質であり、硝酸ナトリウムなどが高濃度であるため、密度が大きい汚染地下水は、重力で沈降し、層状に水平移動している。

1)汚染地下水プルームの地質学・地球化学的研究

地球化学検層による汚染地下水の特性と地質環境の関係が図-2 に示す汚染地下水プルームの南半分の範囲に設置されている観測孔井において検討された。

- ・ 汚染地下水プルームの垂直区間中に、主要パラメータの急激な増加が見られる比較的短い区間が特定された。これらの区間は、凝灰岩質岩層の内部にあり、汚染物質の移行を制御する断層帯の境界を示すものと推定される。
- ・ 汚染地下水流の方向及び幅の大部分は、北西-南東走向の Myshelyak 広域断層の内部構成要素である狭区間大傾斜の割れ目及び断層帯の組み合わせによって制御されている。
- ・ 1993～1994 年から 2007 年の期間に検討対象の観測孔井の地球化学検層の結果、物理化学パラメータに著しい変化(電導率の増加、硝酸イオン及びナトリウムイオン濃度の増加、酸化還元電位の上昇、pH 値の低下)が起きていた。この期間に、汚染地下水は 0.4～0.5 km ほど南東方向に伝播した。

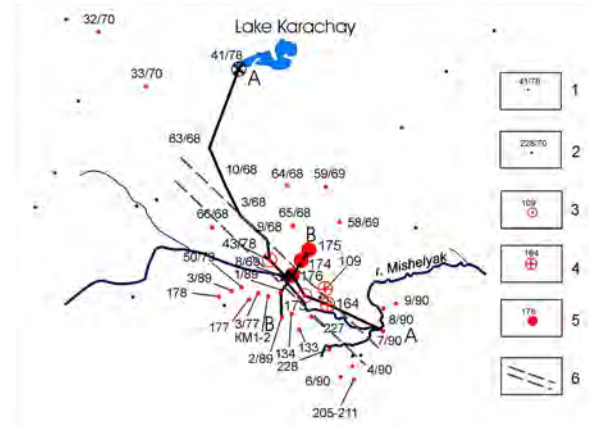


図-2 カラチャイ湖周辺の放射性硝酸ナトリウム地下水プルームの南側部分における観測孔井の所在地

1-地下水地球化学検層を用いた調査が行われていない観測孔井; 2-5-HGL が実施された観測孔井; 2-1993～1998 年; 3-1993～1998 年、2004 年、2007 年; 4-1993～1998 年、2007 年; 5-1993～1998 年、2006 年、2007 年、2008 年; 6-Myshelyak 断層帯

A-A 汚染プルームの拡散方向、B-B 汚染プルームの拡散に垂直な方向

2)コロイド特性の調査

汚染地下水が移動する深さの区間は観測孔井の地球化学検層で明らかにされてきた。本年度は、図-3 に示す汚染プルーム域に完全に入った 5 本の観測孔井(80m)の地下水試料から得られたコロイド物質の特性を選択的浸出法で調査した。昨年度までの結果と合わせて以下の結論が得られた(図-4)。

- ・ Fe、Mn、Si、Pu、Am、Cm のような元素はフィルターによって実質的に保持される。しかし、U と Np はろ液中に検出される。フィルター上の Pu、Am、及び Cm の量は Fe の量と相関性があった。
- ・ 選択的浸出により、Np はイオン交換フラクションに完全に洗いだされ、他の元素より弱くコロイド物質に結合しているということが明らかになった。
- ・ Pu は非晶質酸化物の中に多く、Am はイオン交換フラクションと有機物質の中に多い。
- ・ Pu と Am の移動性は天然の Th と Eu より大きい。底部帯水層に沿った水平移行では、汚染地下水が天然水で希釈されるに従い、Pu と超プルトニウム元素のコロイド物質との結合力は減少してくる。その結果、コロイドの質的な構成が変化する。希釈の間に、鉄水酸化物

III. 放射性廃棄物全般に共通する調査研究

の相対的な量は減少し、粘土鉱物の量は増加する。

- 表層への汚染地下水の垂直-水平移行では、希釈されている間に、コロイド物質とアクチノイドの結合力は増加する。このことは表層面近くの水域でフミン酸の濃度が増加するためとして説明できる。

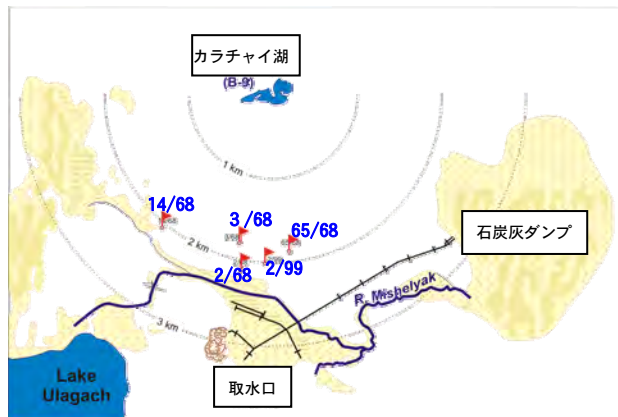


図-3 2008 年度に地下水中のコロイド特性調査を行った観測孔井(2/68, 3/68, 2/99, 65/68, 14/68 孔)

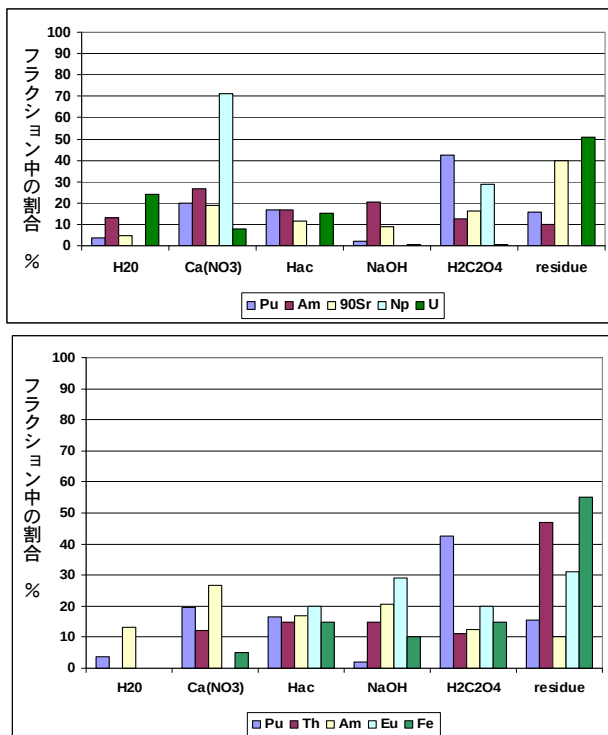


図-4 選択的浸出法によるコロイド物質と放射性核種・化学成分の結合度 (3/68 孔)

浸出液と化学形—H2O:水溶性、Ca(NO3):イオン交換性、Hac:炭酸塩、NaOH:有機物、H2C2O4:非晶質酸化物、residue:不溶解残渣

3) 現地調査 (変質した母岩の鉱物学・地球化学的分析)

傾斜の大きな断層帯と風化地殻断面の露頭を対象に、「上部」連続層火山岩の浅成変質の特性が調査された。浅成環境に由来する粘土鉱物の中では、緑泥石、緑泥石-ス멕タイトの混合生成層、水酸化鉄（及び水酸化マンガンの可能性もある。）、加水雲母（イライト）及び沸石が支配的であることが分かった。この鉱物構成はフェミック火山岩の変質に特有のものであり、地下水が上部連続層の岩石中を移行する過程で、コロイド粒子の主要な発生源となる可能性があることが分かった。

(2) 実験研究

1) 溶液中でのポリマーPu の存在形態の安定性

地下水や地表天然水によるプルトニウム移行の形態を実験に基づいて評価する方法の基礎として、ポリマーPu 水酸化物 (Pu 真性コロイド) の存在形態の安定性を検討した。

- pH8 付近では、 10^{-5} から 10^{-8} M のポリマーPu (IV)は不均化反応を起こさないで安定なポリマー形で存在する。Pu (V)は、不均化反応を起こして Pu (IV)と Pu (VI)の結合したポリマー構造を形成するため存在しない。
- 同じ条件でもポリマー形の Pu (IV)がないところではPu (VI)はゆっくり加水分解して溶液中で特有のポリマー形を作る。
- 濃度 10^{-5} M から 10^{-8} M の Pu (III)は pH 8 付近でPu (IV)に酸化され、その過程の中でコロイド性の Pu (IV)形に変移していく。

2) 様々な分子量のポリマーPu 水酸化物の岩石への静的収着挙動

PA” Mayak” 地域で典型的な岩への、模擬地下水中のポリマーPu 水酸化物の収着挙動の研究が行われた。粒子サイズが 220 nm を上回るポリマーPu 水酸化物は、20 日間で 99%まで岩石に収着されることが示された。0.05M OEDPA 溶液(0.1M HNO₃)と 0.1M Tamm 溶液という強力な錯化材を用いても、脱離した Pu は収着された Pu の 40%に達せず、ポリマーPu 水酸化物は岩石と強く結合することが分かった。

(3) 放射性核種のコロイド促進移行の理論モデル

母岩への地下水放射性コロイドの収着に関する理論モデルが確率論に基づいて開発された。このモデルの利点は、放射性コロイドの収着が、既に収着していた非放射性粒子との部分的な置換として取り扱えることである。このモデルは一連のKolmogorov-Feller の式の解析的な解に基づいており、この解はあるタイプの放射性粒子に占有された母岩の収着可能なサイトの部分を、収着サイトに放射性プルームが接近する時間の関数として表している。

(4) カラチャイ湖周辺の放射性核種移行の概念モデル

カラチャイ湖周辺での放射性核種移行挙動を現在得られている情報から推定すると、汚染水の天然水の希釈により生成する鉄水酸化物など擬似コロイド粒子への収着や共沈の形態でのプルトリウムと超プルトリウム元素の移行が主な機構であると考えられる。

(5) ISTC プロジェクト No. 3290 データの評価

ISTC プロジェクト No. 3290 でこれまで数多くのフィールド調査データが蓄積され、現象の確認が進んだが、現象の解釈には至っていない。例えば、地下水中の Pu 溶存濃度に水平距離依存性が無く、ほぼ一定であることは、プルトリウムのコロイド移行だけでは解釈できないと考えられる。これには、有機物とアクチノイドイオン濃度との相関の孔径依存性に関するフィールド調査データが重要であると考えられる。

我が国の地層処分の安全評価への適用性については、本研究で水酸化鉄コロイドなどとプルトリウムなどの結合特性のデータ、有機物で表面が被覆された無機コロイドの安定特性などのデータが蓄積されており、現象の理解や実験研究での課題整理に貢献できると考えられる。

(6) コロイド生成データの評価

地層処分安全評価において 4 価アクチノイドイオンの地下水移行に影響を及ぼすと考えられる有機酸、とりわけ地下水中に普遍的に存在するフミン酸との相互作用について、熱力学的な観点から理解するための基礎的検討を進めた。

Pu 及び Th 水酸化物の見かけの溶解度は、有機

カルボン酸の添加により増加し、その変化量はカルボン酸との錯生成定数及び溶解度積によって解釈できることが分かった。これまで得られた知見は、概ねトリウムで見られる傾向と一致しており、コロイド生成の寄与が重要な 4 価アクチノイド金属錯体の見かけの溶解度は、信頼性の高い熱力学データを用いて系統的に理解することが十分可能であることを表している。なお、一部の Pu 実験では、静置期間が短い影響で定常状態に達していない可能性があり、引き続き溶解度測定を行う必要がある。

フミン酸錯体の見かけの安定性を予測するための熱力学平衡モデルが開発された。このモデルは錯生成定数を官能基の種類・量及び骨格構造の違いに基づき整理した半経験式で記述したもので、地下水中のあらゆる核種濃度、pH、イオン強度下での予測が可能である。これまでに 3 価 Eu に対してその有効性を示してきたフラグメントモデルを、4 価 Th に適用することができた。

Ⅲ．放射性廃棄物全般に共通する調査研究

2-4 多重バリアの長期安定性に関する基礎情報の収集及び整備

◇事業の概要

本研究調査は、多重バリアシステムを基本とする地層処分において、将来生じることが予測される現象と類似した天然現象（ナチュラアナログ）を見出し、その理解やもたらされた結果を、わが国における地層処分事業の段階に応じた一般国民との合意形成をはかる上で、その安全性を説明する論拠の一つとして活用できる情報を整備することを目的としている。

そのため、処分場の長期安全性を示す際の課題の解決に向けて、人工バリアの長期健全性等の原位置における調査研究の具体的計画を策定した上で順次実施するとともに、既往調査研究成果から得られる処分場の長期安全性の論拠として活用できる情報をデータベースとして取りまとめる。

なお、本事業は経済産業省の委託により実施しているものである。

(報告書)平成 20 年度 放射性廃棄物共通技術調査等 放射性廃棄物重要基礎技術研究調査 報告書(第 4 分冊) 多重バリアの長期安定性に関する基礎情報の収集及び整理

◇平成 20 年度の成果

(1) 高アルカリ地下水の影響によるベントナイトの長期健全性に関するナチュラアナログ調査・研究

処分場の支保工やグラウト及び TRU 廃棄物ではセメントが使用されることが想定されるため、緩衝材(ベントナイト)とセメントの長期の相互作用は長期の性能評価において重要な課題であり、ナチュラアナログの重点課題と位置づけられている。

高アルカリ湧水(pH 11 以上)が複数確認され、またこれらを供給するオフィオライトを基盤とするベントナイト鉱床の存在も確認された、フィリピンのルソン島北西部のマンガタレム(Mangatarem)地域(図-1)のセイル鉱山(Saile Mine)およびその周辺の対象地域とした予察調査を実施した。これまでの調査結果から、対象地域では、図-2 に示すように古第三紀・始新世から漸新世に形成されたザンバレス(Zambales)オフィオライト複合岩体の上にベントナイトの胚胎

層となるアクシテロ(Aksitero)層群(後期漸新世に形成)が堆積しており、主要な断層系は北東-南西(NE-SW)系である。また、地球化学的な特性から、地下水流動系はベントナイト上部の地表水系とベントナイト下部の地下水系に明確に分離できること、オフィオライトを通過してきた高アルカリ地下水は、ベントナイト層下部を移動していることが推定されている。



図-1 Mangatarem 地域の位置

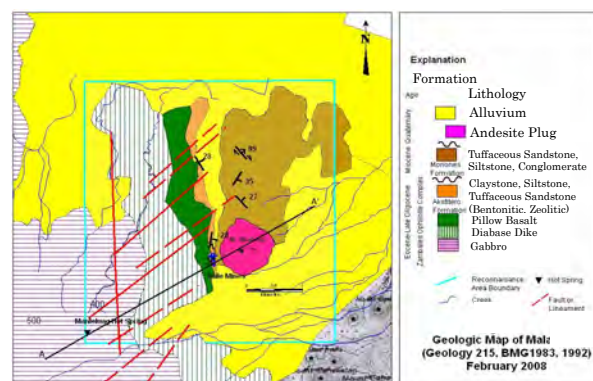


図-2 Saile Mine 周辺地域の地質・地質構造
(オレンジ色がベントナイト胚胎層)

本年度の予察調査では、オフィオライト基盤岩とベントナイト層との接触を確認するためにトレンチ調査を実施した。3ヶ所のトレンチ全てにおいて接触が確認されたが、そのうち接触部が明瞭であり風化の影響を受けていないトレンチ 1 を重点的に調査した。

トレンチ 1 の枕状溶岩と接触している上部の Aksitero 層は Ca-スメクタイトを主とするベントナイトであり(図-3)、エチレングリコール処理後の分析から膨潤性を保持した状態で存在している。一方、枕状溶岩の接触部近傍ではゼオライト(Ca-モルデナイト、クリノプチロライト)が確認でき、ベントナイトの変質鉱物が形成されている可能性を示唆している。

トレンチ 1 はおよそ東西(EW)系の断層系に位置しており、その断層充填物を観察した結果

(図-3 底部の穴がコアリングの痕)、縁辺部に蛇紋岩、中心部に方解石が確認された(図-4)。これは過去に高アルカリ地下水が断裂系沿いに上昇し上部のベントナイト層と接触していたことを示す痕跡である。また、枕状溶岩中には変質鉱物としてスメクタイトとゼオライトと脈状の方解石が確認できる。これらの事実から、この地域の地下水組成は図-5の模式柱状図に示すように、高アルカリ地下水が枕状溶岩中の亀裂を移動し、その過程で方解石や蛇紋石が生成されたものと考えられる。

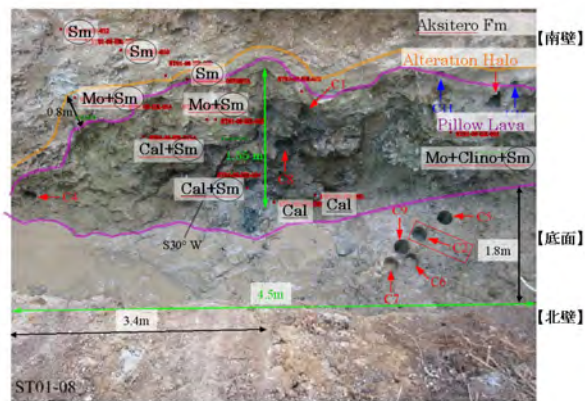


図-3 トレンチ1の断面写真と鉱物組み合わせ
(Sm:スメクタイト、Mo:モルデナイト、Clino:クリノプチロライト、Cal:方解石)

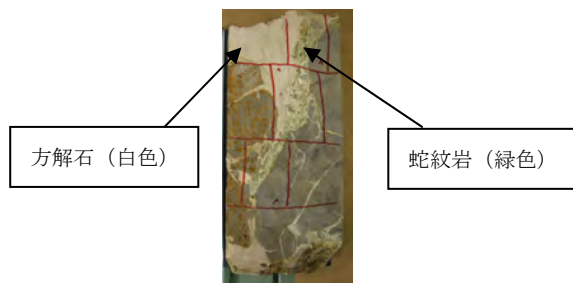


図-4 トレンチ1底面の断層充填物

Mangatarem 地域周辺の高アルカリ地下水は、高アルカリ性のCa-OHの水質タイプである。また、同位体分析の結果から高アルカリ地下水は降雨水起源であり、これは Zambales オフィオライト複合岩体と降雨水による蛇紋岩化作用によって生成されたことを裏付ける。また、フィリピン国内の他の地域に分布するオフィオライトからの湧水(地下水)の主要化学組成については、特にNaイオンやCaイオンとpHの相関が認められる。

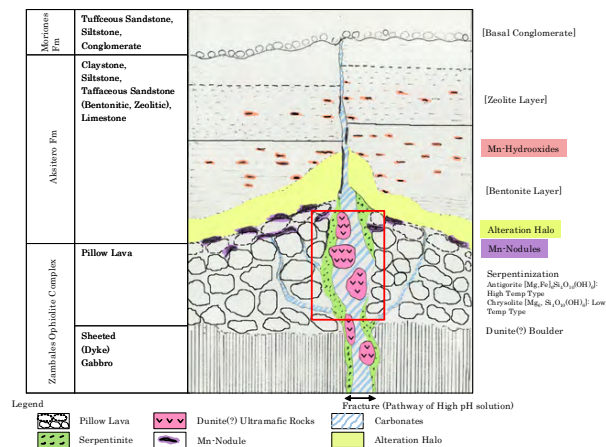


図-5 Saile Mine 周辺地域の模式柱状図

この地域の高アルカリ地下水はセメント浸出液との類似性を示し、特にpHとCaイオン濃度が高いことが特徴である。

今回の調査により、高アルカリ地下水によるベントナイトの長期健全性への影響についての調査・研究に資するような、高アルカリ地下水の過去の通路の証拠が、オフィオライト基盤岩とベントナイト層とのコンタクト(トレンチ1)に見出すことができた。また、これまでの調査結果から、この地域では現在も高アルカリ地下水とベントナイト層が接触している可能性が高いと考えられることから、さらなる調査により、高アルカリ地下水が湧出し、ベントナイト層に直接接する地点が新たに見出されることが期待される。

(2) ナチュラルアナログ(NA)情報データベースの整備

ナチュラルアナログデータベースを広く普及させることを目的として、平成19年度の本事業で開発したナチュラルアナログ情報データベースシステムの改良を実施した。また、ネットワーク構築に関する環境調査について検討するとともに、システムや内容について確認するためにパーソナル・コンピュータ上で活用できるようにするためのCD-ROMを準備した。

既存のナチュラルアナログ情報をベースに、わが国の地層処分へのエビデンスとその解釈の適用を科学的な限界を考慮し、ナチュラルアナログ成果から得られるメッセージについて検討した。

3. 低レベル放射性廃棄物処分状況等調査

◇事業の概要

研究施設等廃棄物の処分に関して、国民・立地地域住民への理解増進を図るための国の政策検討に資するため、諸外国における低レベル放射性廃棄物処分に係る「理解増進活動」及び「地域共生方策」の先行事例等について、公開文献の調査並びに処分事業関係者（政府、事業実施主体等）へのヒアリング等の現地調査を行う。

なお、本事業は文部科学省の委託により実施したものである。

（報告書）平成20年度 低レベル放射性廃棄物処分状況等調査

◇平成20年度の成果

ベルギー、ドイツ、韓国の3か国を対象として、文献による調査、対象国における処分事業の関係者（政府、事業実施主体等）へのヒアリング調査等の現地調査を行い、調査結果の整理、取りまとめを行った。

①理解促進活動に関する調査

- ・実施時期（立地活動等処分事業の進捗との関係、実施時期の設定理由、課題、効果等）
- ・具体的な活動内容（方法、実施主体、対象、媒体、説明内容等）
- ・費用（実際に要する金額、費用負担の主体・分担等）

②地域共生方策に関する調査

- ・実施時期（立地活動等処分事業の進捗との関係、実施時期の設定理由、課題、効果等）
- ・具体的な方策（具体的な事業内容及びその背景、費用、費用負担の主体・分担等）

(1) ベルギー

①理解促進活動に関する調査

1999年～2006年の低中レベル放射性廃棄物処分場のサイト選定活動時期を中心に、事業主体であるベルギー放射性廃棄物・濃縮核分裂性物質管理機関（ONDRAF/NIRAS）及び候補サイトの地域パートナーシップ（地元の政治・経済面の有力者等で組織）が実施した理解促進活動を整理した。

②地域共生方策に関する調査

処分サイトとなったデッセル市及び隣接市の

モル市が処分場の受入条件として地域振興を求めたことから、事業主体と地域パートナーシップとの協働により地域振興事業が検討されている。そこで、事業主体の資金により今後実施される地域振興事業として、地域振興基金（7,000万ユーロ程度と試算）の設立、コミュニケーションセンターの設置、各種インフラ整備、土地利用計画の見直し及び雇用創出等への効果を整理した。

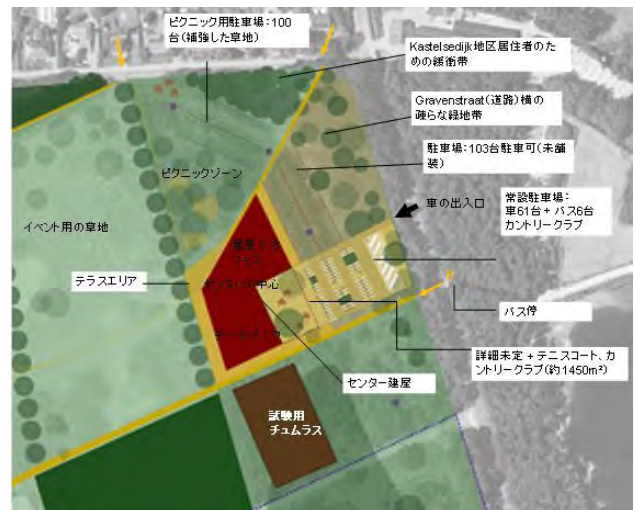


図-1 コミュニケーションセンターの施設計画
（ベルギー、デッセル自治体）

(2) ドイツ

①理解促進活動に関する調査

2002年5月に非発熱性放射性廃棄物（主に我が国における低レベル放射性廃棄物）の処分場として建設・操業・閉鎖が許可されたコンラッド処分場事業での理解促進活動について、実施主体の連邦放射線防護庁（BfS）、建設・操業を担当するドイツ廃棄物処分施設建設・運転会社（DBE社）、及び電力会社における取り組みを整理した。

②地域共生方策に関する調査

処分場を受け入れた地元地域への地域共生方策は制度化されていないが、現在、地元地域への補償金の支払い及び補償金を支払うための基金の設立が、連邦政府及び電力会社において検討されている。そこで、基金の規模、連邦政府と電力会社の負担割合等の検討状況について整理した。また、DBE社における地元企業への建設・操業に関する業務発注や、地元住民の雇用確保の側面における地元地域への貢献についても整理した。



図-2 コンラッド処分場事業の広報施設 Info Konradの様子（ドイツ、ザルツギッター市）

(3) 韓国

①理解促進活動に関する調査

2005年11月の住民投票による低中レベル放射性廃棄物処分場サイトの決定に至るまでの、韓国政府、慶州市等による活動を整理した。また、処分サイトとして決定された慶州（キョンジュ）市において現在建設が進められている月城原子力管理センター（低中レベル放射性廃棄物処分場）での活動を整理した。

②地域共生方策に関する調査

処分場サイトの地元地域を支援するための特別法が制定されており、具体的には、3,000億ウォンの特別支援金の支給、原子力発電事業者本社の移転、廃棄物ドラム缶の搬入手数料として年間85億ウォンの支援、誘致地域支援委員会の設置等が規定されている。慶州市の申請に基づいて、上記委員会により誘致地域支援計画が策定されており、3兆4,350億ウォンの短期的な7事業、1兆192億ウォンの長期的な事業として確定されており、その使途、経済波及効果等を整理した。



図-3 サイト選定時に使用された広報資料（韓国）



図-4 月城原子力管理センターの現場事務所内に設置されている臨時展示物（韓国、慶州市）

4. 放射性廃棄物処分の安全指針等に関する調査

◇事業の概要

本調査は、諸外国の高レベル放射性廃棄物等処分の安全規制に関する事項について、「精密調査地区選定に係る環境要件」に関する事項に関して検討に必要な諸外国の情報・事例等の調査を行うとともに、「安全審査基本指針」の検討に資するために中長期的な検討が必要となる課題に関する諸外国の検討状況の調査を行い、これらを体系的に整理する。また、低レベル放射性廃棄物の埋設処分に係る指針・基準等の整備に関して、諸外国の規制行政庁、研究機関、国際機関等における規制、研究、検討状況の調査を行う。

なお、本事業は内閣府原子力安全委員会事務局の委託により実施したものである。

(報告書)平成 20 年度 放射性廃棄物処分の安全指針等に関する調査 報告書

◇平成 20 年度の成果

(1) 高レベル放射性廃棄物等処分に係る国際的な規制動向調査

a. 精密調査地区選定に係る環境要件等に関する調査

我が国の精密調査地区の選定の際に実施されるボーリング調査等の地上からの調査を中心とした調査に関して、諸外国でのボーリング調査等の地上からの調査に基づくサイト選定基準の内容を調査するとともに、ボーリング調査等により得られた結果をサイト選定基準に照らし評価した事例を調査した。相当する調査が実施されているフランス、スウェーデン、フィンランドのほか、サイト選定基準が整備されつつあるスイス、英国を調査対象とした。

b. 第 1 次報告の見直しに係る調査

今後、策定が見込まれる安全審査基本指針の検討に資するため、中長期的に検討が必要となる課題に関して、特定放射性廃棄物処分安全調査会での審議内容に合わせて、国際機関、諸外国の法令等での最新の検討状況の調査を行い、調査結果の整理、取りまとめを行った。

c. 諸外国の地層処分等に係る安全基準等に関する調査

地層処分の実施に向けて新たな段階に入る準備を進めているフィンランド、英国、ドイツ等を対象に、平成 20 年度に改訂・検討が行われている法令、安全基準等の調査・分析を行った。

d. 諸外国の地層処分等に係る安全審査指針に関する調査

地層処分や余裕深度処分に係る長期評価において重要と考えられる課題について、国際機関、フィンランド、フランス等での検討状況と内容を整理するとともに、法令等に基づいて実施された安全評価・性能評価及び規制機関による審査等の事例を調査した。

e. 諸外国の不確実性の評価に関する調査

地層処分や余裕深度処分における長期の評価に係る不確実性について評価を行っている事例として、スウェーデンの SR-Can 安全評価、米国のトータルシステム性能評価における不確実性の取り扱いを調査し、分析した。

f. 諸外国等における最適化及び利用可能な最善の技術 (BAT) に関する調査

放射性廃棄物処分における標記の概念の適用に関する国際機関等や諸外国における検討状況を調査した。また、スウェーデンの安全評価 SR-Can の規制機関レビューでの BAT に関連する言及内容、英国の環境規制機関が取りまとめている BAT 評価ガイドの内容を調査した。

g. 諸外国の放射性廃棄物処分の安全性を確保するための第三者機関等に関する調査

「特定放射性廃棄物処分に係る安全規制の許認可手続と原子力安全委員会等の関与のあり方について (中間報告)」(平成 19 年 5 月)において指定された事項のうち、フランス及び米国、スウェーデンを対象に、各国の第三者機関の概要や活動状況等について調査した。

(2) 低レベル放射性廃棄物処分に係る国際的な規制動向調査

国際原子力機関 (IAEA) において取りまとめが進められている安全要件 DS354「放射性廃棄物の処分」の内容を調査するとともに、「低レベル放射性廃棄物埋設に関する安全規制の基本的考え方 (中間報告)」と対比して内容を整理した。また、諸外国での低レベル放射性廃棄物処分に係る最新の検討状況、事業・規制動向に関して調査した。

5. 返還放射性廃棄物の廃棄確認と品質保証に係る海外調査

◇事業の概要

海外における再処理委託により発生し、我が国に受入れ、最終的に処分の対象となる放射性廃棄物（以下、「返還放射性廃棄物」という。）については、その受入れ、貯蔵及びその後の処分を安全に実施するため、返還放射性廃棄物に対する製造管理、品質管理等の調査が重要である。

本調査は、海外委託再処理に伴って発生する返還放射性廃棄物に係る輸入確認手法の適正化に資するため、再処理受託国における品質管理に係る規制当局の係わりと電気事業者が委託している第三者機関の再処理事業者の監査方法の詳細な調査を行うとともに、再処理委託国における輸入確認時検査項目や検査手法に係る規制当局の考え方・検討状況、検討内容等を把握することを目的とするものである。

なお、本事業は独立行政法人原子力安全基盤機構（JNES）からの委託により平成 19～20 年度にかけて実施したものである。

（報告書）平成 19 年度 返還放射性廃棄物の廃棄確認と品質保証に係る海外調査報告書（2）

◇平成 20 年度の成果

英国の再処理事業者であるセラフィールド・リミテッドから返還されるガラス固化体の蓋溶接及び製造品質管理に関する調査及び返還残滓搬出施設（REF）に関する状況を現地調査するとともに、英国の原子力規制に関する調査を実施した。

（1）英国セラフィールド社の残滓搬出施設（REF）に関する調査

高レベル放射性廃棄物ガラス固化体の搬出時の検査等の実施が予定されている返還残滓搬出施設（REF）について、検査装置の種類、性能及び設置状況、並びに本施設に関するセラフィールド・リミテッドの品質管理と第三者機関であるロイドレジスター（LR）が実施を予定している監査の内容を調査した。具体的には、ガラス固化体に係る、①閉じ込め性検査、②外観検査、③表面汚染検査について、利用される個々の検査機器とそれらの検査・測定条件等を把握する

とともに、LR が実施を予定している残滓搬出施設に対する監査の内容を確認した（監査プログラム（ドラフト版）やチェックリストの内容確認等）。

（2）ガラス固化体の蓋溶接と製造品質管理に関する調査

英国セラフィールド・リミテッドにて製造・保管されている高レベル放射性廃棄物ガラス固化体の蓋溶接について、溶接施工方法の確認試験及び、セラフィールド社が実施している製造品質管理の状況を現地調査した。また、ガラス固化体の製造管理項目について、セラフィールド・リミテッドが実施している製造管理の状況と第三者機関であるロイドレジスター（LR）の監査状況を調査した。具体的にはガラス固化体の製造管理に関わる、①か焼炉及び溶融炉の運転管理、②ガラス固化体容器の蓋溶接の作業管理、③ガラス固化体の汚染及び貯蔵管理、④ガラス固化体容器等の調達品の管理、⑤搬出時の検査、について運用されている手順書や監査内容を確認した（手順書の内容、準拠基準、LR による監査プログラム等の把握）。

（3）英国の原子力規制に関する調査

高レベル放射性廃棄物ガラス固化体の製造及び貯蔵に対する英国の規制当局である原子力施設検査官室（NII）の規制状況に関する動向を調査し、ガラス固化体の製造管理に関わる、NII による監査の重要項目（放射性廃棄物管理全般に対する一般的な重要監査項目）や残滓搬出施設（REF）に対する監査実績等の情報を入手した。

III. 放射性廃棄物全般に共通する調査研究

6. 第二種特定放射性廃棄物処分に係る諸外国状況の調査

◇事業の概要

本事業では、第二種特定放射性廃棄物処分に相当する廃棄物（以後、第二種相当廃棄物）処分に係る諸外国状況を、我が国の制度・法規制、並びに技術的事項との比較の観点から調査した。

なお、本事業は原子力発電環境整備機構の委託により実施したものである。

（報告書）第二種特定放射性廃棄物処分に係る諸外国状況の調査

◇平成 20 年度の成果

本調査では、第二種相当廃棄物の処分に取り組む国として、米国、ドイツ、フランス、スイス、英国及びベルギーを調査対象国とし、主として各国の法令や、処分事業の実施主体等の報告書から情報収集を行った。制度、法規制に関する調査として、改正最終処分法や改正された核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律等の我が国の関連法令や諸制度との比較の観点から調査を実施し、対象国における第二種相当廃棄物に関する処分政策、実施体制、資金確保制度、それらに関する法制度を整理した。また、技術的事項に関する調査として、TRU 廃棄物処分技術検討書との比較の観点から調査を実施し、対象国における第二種相当廃棄物に関する処理・処分技術、処分場概念、サイト環境条件、性能評価の内容等を図-1～図-4 のようにまとめた。

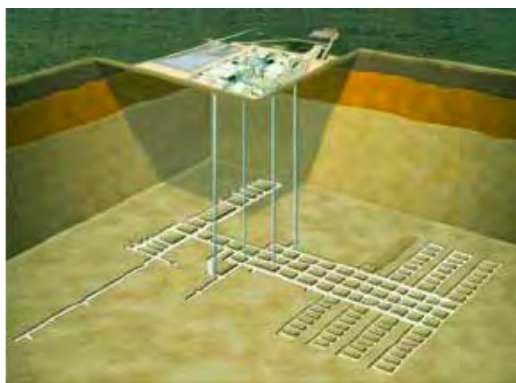
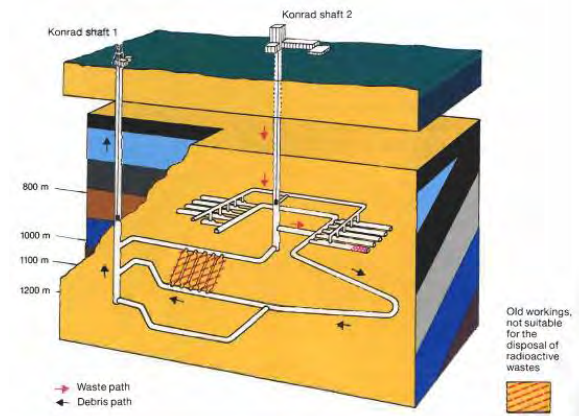
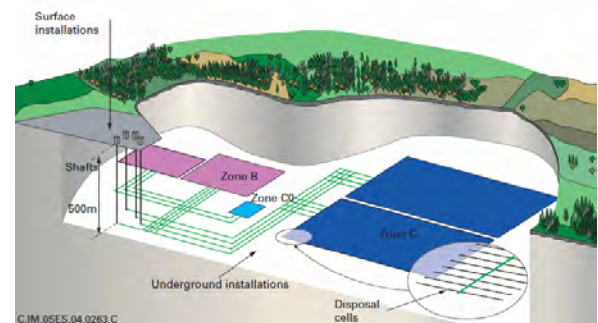


図-1 米国・WIPP の処分場の俯瞰図



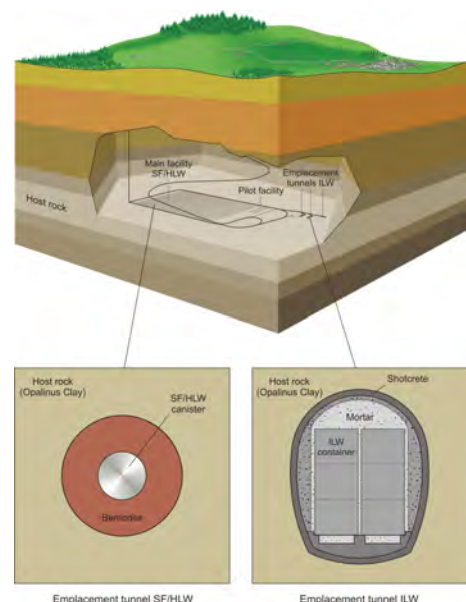
連邦放射線防護庁（BfS）提供

図-2 ドイツ・コンラッド処分場の地下構造



©放射性廃棄物管理機関（ANDRA）

図-3 フランスにおける粘土層での高レベル放射性廃棄物（C 廃棄物）と長寿命中レベル放射性廃棄物（B 廃棄物）の同一処分場における併置処分の概念



放射性廃棄物管理共同組合（NAGRA）提供

図-4 スイスにおける高レベル放射性廃棄物及び長寿命中レベル放射性廃棄物処分場のレイアウト

7. 中国産ベントナイト利用基礎調査

◇事業の概要

原環センターでは、平成 18 年度から特別賛助会員の参加を得て、中国産ベントナイトの放射性廃棄物分野への利用可能性について調査を行ってきた。この活動では、当センターが永年協力関係にある中国核工業集团公司地質局、同公司北京地質研究院の協力を得て、ベントナイトに関する日中ワークショップを日本及び中国で開催する共に、中国側の案内により、中国のベントナイト鉱床及びベントナイト加工工場の視察調査を行ってきた。

◇平成 20 年度の成果

平成 20 年度は、西安での日中韓 3 国のベントナイトに関するワークショップへの参加及び陝西省洋県の鉱床（未開発）、遼寧省建平の工場の現地調査を行った。

中国の主なベントナイト産地、鉱床と当研究でのこれまでの訪問調査位置を図-1に示す。

表-1 に主な中国産ベントナイトの物性を、ワイオミング産の MX-80、日本産のクニゲル V1 と比較して示した。

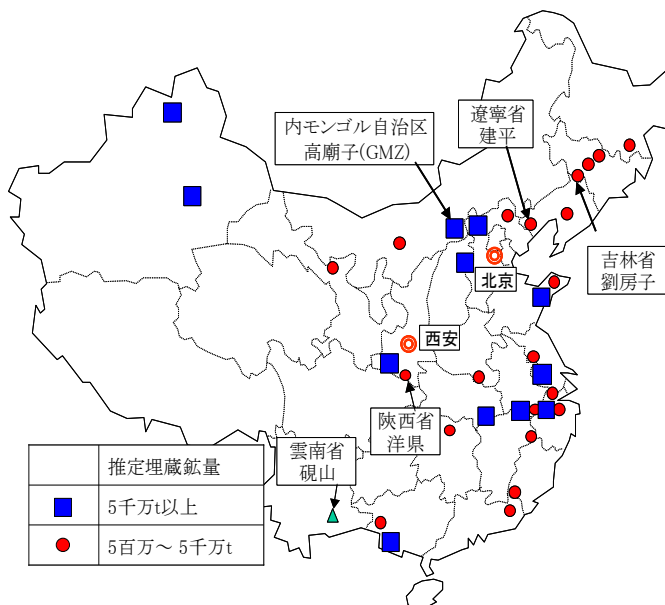


図-1 中国のベントナイト鉱床と現地調査位置図

製品名称または 鉱山名	高廟子 GMZ-1	劉房子	建平	MX-80	クニゲ ル V1
産出国	中国	中国	中国	米国	日本
産地	内モンゴ ル自治区	吉林省	遼寧省	ワイオミ ング	山形県
タイプ	Na 型	Na 型	Ca 型を 改質	Na 型	Na 型
膨潤力 (ml/2g)	18	16	25	33	18
pH	8.7～9.9	9.7	10.2	10.05	9-10.5
MB 吸着量(mmol/100g)	102	68	112	110	82
CEC (meq/100g)	77.3	70.5	80.3	84.0	68.0
交換性 Na イオン量 (meq/100g)	43.4	39.0	62.5	48.0	60.0
交換性 K イオン量 (meq/100g)	2.5	1.4	2.2	1.6	3.1
交換性 Mg イオン量 (meq/100g)	12.3	7.7	13.2	13.3	4.1
交換性 Ca イオン量 (meq/100g)	29.1	22.5	64.0	19.8	56.1



写真-1 建平鉍山（遼寧省）

中国ベントナイトの約 90%が Ca ベントナイトであり、Na ベントナイトは吉林省、新疆ウイグル自治区など少ない。内モンゴル自治区高廟子では、地表付近は Ca ベントナイトで、Na 型は地下に分布している。

吉林省四平では坑道方式で地下から Na 型が採掘されている。遼寧省建平では、地表からオープンカットで Ca 型が採掘され工場で Na 型に改質されている。

8. その他の放射性廃棄物全般に共通する調査研究

(1) TRU 廃棄物廃棄体技術基準の検討及び適合性評価に関する研究

発電所廃棄物や高レベル放射性廃棄物における廃棄体技術基準の検討結果を踏まえ、TRU 廃棄物の各処分方法（浅地中処分、余裕深度処分及び地層処分）に関する安全確保の考え方について検討した。

(2) 放射性廃棄物処理処分に関する国内外動向等調査

海外機関との協力協定等に基づく情報交換、東アジア放射性廃棄物管理フォーラム（EAFORM）東京会議の開催、欧州原子力共同体（EURATOM）プロジェクト OBRA（放射性廃棄物管理の長期ガバナンスに向けた欧州オブザーベトリ）ワークショップへの参加、IAEA 中深度処分ワークショップへの参加等による最新情報の収集等を行った。

(3) ベントナイト緩衝材の飽和過程挙動、メカニズムに関する基礎調査

ベントナイト緩衝材の飽和過程における浸潤・膨潤挙動とそのメカニズムの実験によるアプローチ、熱力学的評価等の最新情報を、国内の研究機関、大学等の専門家を通じて収集した。

IV. 放射性廃棄物処分への理解促進

1. 地層処分実規模設備整備事業

◇事業の概要

総合資源エネルギー調査会電気事業分科会原子力部会放射性廃棄物小委員会の報告書中間取りまとめ「～最終処分事業を推進するための取組の強化策について～」(平成19年11月1日)において、『国は、深地層の研究施設等を活用して、国民が最終処分事業の概念や安全性を体感できるような設備を整備し、国民全般や最終処分事業に関心を示した地域の関係住民に対する広報に用いれば、理解を促進することができる。このような観点も盛り込んだ形で研究開発を進めるべきである。』としている。

これらを背景として本事業では、国民全般の高レベル放射性廃棄物地層処分への理解を深めることを目的に、実規模・実物を基本として(実際の放射性廃棄物は使用しない)、地層処分概念とその工学的な実現性や長期挙動までを実感・体感・理解できる地上設備と深地層研究施設等における地下設備の整備を行うものである。

本事業は平成20年度から開始したもので、以下の項目を実施した。

- ①全体計画の立案(一部製作を含む)
- ②地上での設備と試験の検討(設備建屋の設計と設備の概念設計、一部詳細設計)
- ③地下での設備と試験の検討(概念設計)

本事業は経済産業省の委託により、日本原子力研究開発機構との共同研究として、実施したものである。

(報告書)平成20年度核燃料サイクル関係推進調整等委託費(地層処分実規模設備整備事業)報告書

◇平成20年度の成果

(1)全体計画の立案

全体計画の立案では、海外の事例の調査を行い、それを参考に、展示方法、試験方法、試験設備等についての検討を行い、最終的に全体計画として地上と地下のそれぞれにおける設備と試験を整備する対象を絞り込んだ。

海外事例の調査では、試験設備の全体計画の立案に資するため、DBE(ドイツ)、ANDRA(フランス)、SKB(スウェーデン)等、海外機関での試験

設備の整備状況等の事例調査を行った。各国ごとに、PR館等での展示状況、試験設備の実績やその内容、及び、人工バリアの長期挙動試験設備等の整備状況を調査した。

設備の建屋については、展示する技術を対象に、地層処分の事業段階に留意した上で「実証」を位置づけるとともに、設備の建屋の要件を検討した。具体的には、研究活動をそのまま見て頂くことで、研究の真摯さ・誠実さを伝える設備の建屋について検討した。また、現段階までの進捗を提示し、トレース可能とすることで透明性を確保するとともに、設備と試験の陳腐化の防止に向けて検討した。また、隣接する原子力機構の「ゆめ地創館」との役割分担を明確にし、相互に補完することで全体としての訴求効果をあげるとともに、後続する地下での設備と試験への展開を検討した。設備の建屋の配置を図-1に示す。また、設備の建屋内部のイメージを図-2に示す。

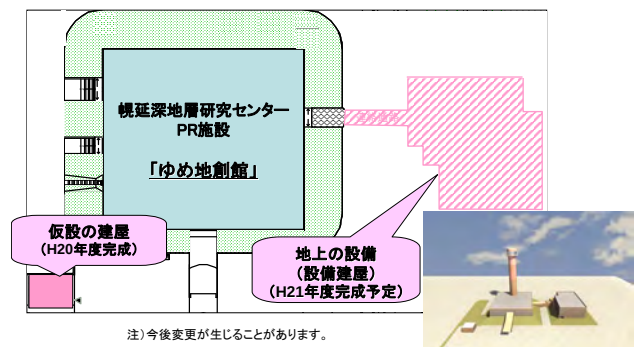


図-1 設備の建屋の配置図

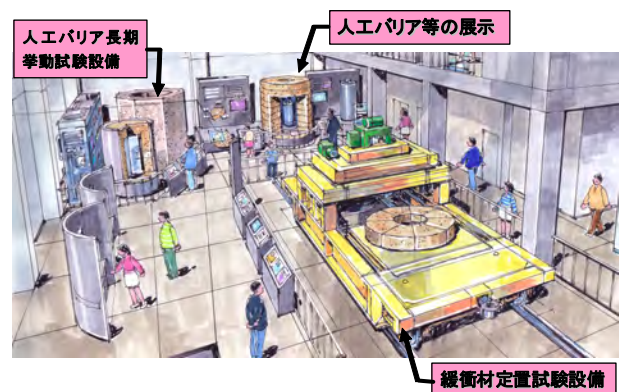


図-2 設備の建屋内部のイメージ

人工バリアについては、処分概念に基づく人工バリアシステムの実規模・実物の展示物の製作を行った。ガラス固化体(模擬体)、キャニスター、

IV. 放射性廃棄物処分への理解促進

オーバーバック、緩衝材のバリア構成を理解出来るように組み合わせた。

定置試験や人工バリア長期挙動試験については、縦置き方式等の所定の処分概念に基づく人工バリアシステムを対象に、緩衝材定置試験設備の詳細設計を行い、その一部を製作した（図-3）。

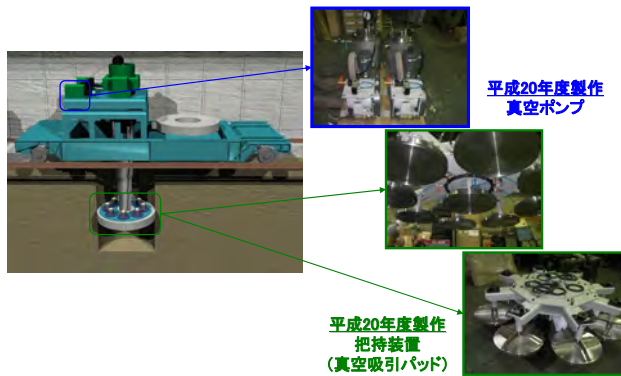


図-3 製作した緩衝材定置装置

本事業の実施スケジュールを表-1 のように設定した。

表-1 スケジュール

項目	年度					
	H20	H21	H22	H23	H24	H25
全体計画	全体計画策定					
地上の設備	仮設の建屋	設計・製作	仮設	移設		
建屋および装置の整備	設計・製作		運用(試験を含む)			
地下の設備	設計		準備	設計・製作・運用(試験を含む)		

(2) 地上での試験と設備

設備の建屋の設計、人工バリアの概念設計及び定置試験や人工バリア長期挙動試験の概念設計を幅広く行った。

設備の建屋の設計としては、建屋の詳細設計を行い、建築確認申請書類を作成し提出した。また、仮設の建屋の詳細設計を行い、図-4に示すように、仮設建屋の建設を行い、図-5に示すように、人工バリアの展示を行った。

仮設の建屋の公開に先立ち、仮設の建屋の公開を一般の人に知らせるために図-6に示すチラシを作成した。また、展示する人工バリアの説明パネルを製作すると共に、展示施設で放映することを目的として図-7に示すようにオーバーバックと緩衝材の製作工程の映像を製作した。

図-4 仮設の建屋



図-5 人工バリアの展示状況

図-6 仮設の建屋のチラシ



図-7 オーバーバック製作映像

(3) 地下での設備と試験

実証坑道の調査、及び定置試験や人工バリア長期挙動試験の概念設計を行った。

(4) 事業の評価

平成 20 年度に開始した事業であるが、仮設の建屋を建設し、実規模・実物のオーバーバックと緩衝材を製作・展示することにより実物を体感して地層処分に対する理解を深めるという目的に対し、一部ではあるが成果が得られ始めている。

2. 放射性廃棄物関連パンフレット等の作成

◇事業の概要

平成 19 年 11 月に総合資源エネルギー調査会電気事業分科会原子力部会放射性廃棄物小委員会の中間取りまとめとして、処分事業の推進のための取組の強化策が取りまとめられた。この中で、処分事業を進めるために国民全般への広聴・広報の拡充、国による文献調査の実施の申し入れ、地域振興構想の提示等が指摘され、国民の理解を得ることが喫緊の課題となっている。また平成 20 年 9 月に地域振興構想研究会の提言がとりまとめられ、高レベル放射性廃棄物等の処分事業を推進するため、長期間にわたり処分事業と地域とが共生により発展する姿を提示することが求められている。

こうした背景を基に、処分事業が行われる地域だけではなく、周辺市町村等に及ぶ地域振興の絵姿を分かりやすく解説・提示するパンフレットの作成を行った。

本事業は経済産業省の委託により実施したものである。

◇平成 20 年度の成果

(1)パンフレットの作成

地域振興構想研究会の報告書を踏まえた地域振興パンフレット（パンフレット名：「地域の創造と地層処分」；図-1）を作成し、都道府県、市町村、関連機関等へ配布した。

パンフレットは、相互理解促進の観点から、分かりやすく、読みやすい構成とし、報告書の内容のみならず、我が国のエネルギー供給構造、原子力の利用、核燃料サイクルの概要、放射性廃棄物地層処分の概要、電源三法交付金の概要及び諸外国の事例等を盛り込み地層処分全般への理解と具体的な地域振興に資する構成とした（図-2）。

(2)事業の評価

地域振興パンフレットについてアンケートを実施し、事業の評価分析を行った。

その結果、地域振興パンフレットの目的として、一般住民への「見やすさ、分かりやすさ」に重点を置いたパンフレットを作成したことについては、アンケート結果でも「肯定」の意見が多く、目的はほぼ達成しているものと思われる（図-3）。



図-1 地域振興パンフレット「地域の創造と地層処分」の表紙と導入部（地層処分の概要等）



図-2 地域振興パンフレット「地域の創造と地層処分」の本文（地域振興の絵姿）

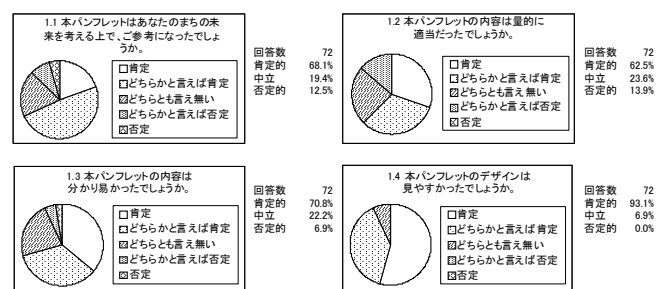


図-3 アンケートによる地域振興パンフレットの評価結果

3. 放射性廃棄物に関するワークショップの開催

◇事業の概要

放射性廃棄物の処分事業について、国民の目線にあった相互理解促進の取組みを行うため、地域に根ざしてエネルギー・原子力等に関する相互理解促進活動を実施している NPO 等団体と連携して、高レベル放射性廃棄物の処分に関するワークショップを開催する。

なお、本事業は経済産業省の委託により平成 19 年度より実施したものである。

(報告書)平成 20 年度 放射性廃棄物に関するワークショップの開催 報告書

◇平成 20 年度の成果

(1)ワークショップの開催

全国及び地域で活動している NPO 等の団体と連携して、住民参加型の地域ワークショップを、10 地域（さいたま市、仙台市、津市、鹿児島市、松江市、福井市、京都市、静岡市、水戸市、横浜市）で開催した。ワークショップには、当該地域の自治体、企業、大学、NPO 等に所属する多様なメンバーが参加し、一部の方が議論の進行・調整を行うファシリテーターを担当した（図-1）。

ワークショップは午前・午後の 2 部構成とし、第 1 部では環境・エネルギー問題等及び放射性廃棄物に関する講演・講義を行い、第 2 部では参加者を複数のグループに分けて放射性廃棄物に関するグループ討論を行った（図-2）。討論では参加者全員から幅広い意見を述べて頂き、全ての意見を集約してグループ毎に共有化した。討論の後、その結果をグループ毎に発表し、地域全体で総括した。

ワークショップを通じた放射性廃棄物に関する理解・意識の変化を把握するために、開催前・後に参加者全員へのアンケートを実施した。

(2)フォローアップ事業

平成 19 年度にワークショップを開催した 5 地域での継続した理解促進活動として、地域ファシリテーターが主体となって検討した企画に基づくフォローアップ事業を開催した。

- ・ 札幌市：「原子力政策に市民の意見を活か

す」をテーマにしたワークショップを開催

- ・ 福島市：学識経験者による専門的な講演を組み込んだワークショップの開催
- ・ 名古屋市：地層処分に関する情報提供のあり方に関する意見交換会を開催
- ・ 福岡市：霧箱実験及び学識経験者による講演を組み込んだワークショップの開催
- ・ 宇和島市（松山市）：愛媛県内で理解の輪を広げるために、宇和島市においてワークショップを開催

(3)地域間の交流事業の実施

10 地域でのワークショップの開催後に、各地域のファシリテーターを対象とした交流事業を独立行政法人日本原子力研究開発機構東濃地科学センター（岐阜県瑞浪市）において開催した。

交流事業では、地下研究施設の見学、放射性廃棄物に関する講義・講演及びファシリテーターによるワークショップを行った。ワークショップでは、ファシリテーターによる意見交換、各地域で理解促進活動を継続・展開していくための企画検討を行った（図-3）。

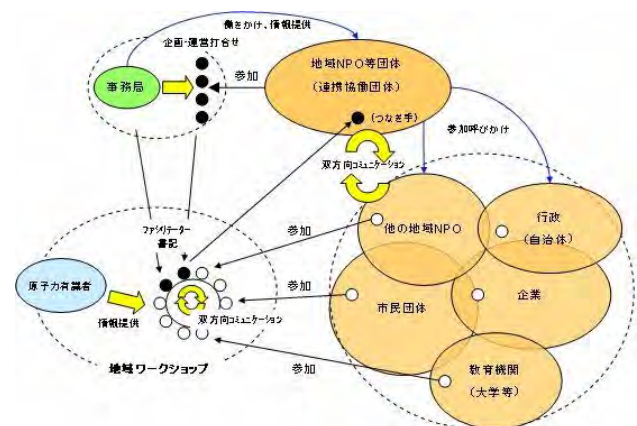


図-1 ワークショップの開催概要



図-2 ワークショップの開催風景



図-3 地域間の交流事業での意見共有化の一例

(4)事業の広報

ワークショップの開催を広く周知し、地域住民の積極的な参加を得るために、開催案内チラシを作成し、開催地域のNPO、企業、大学、新聞社等に配布した。この活動を通じて、ワークショップの開催に関する記事が新聞・雑誌等に掲載された。

また、ワークショップ及び交流事業の開催結果を周知するために、経済産業省「放射性廃棄物のホームページ」上に放射性廃棄物ワークショップのホームページを作成した（図-4）。

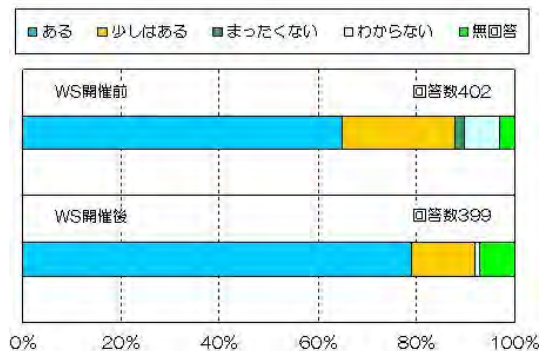


図-4 放射性廃棄物ワークショップのホームページ
(<http://www.enecho.meti.go.jp/rw/ene/index.html>)

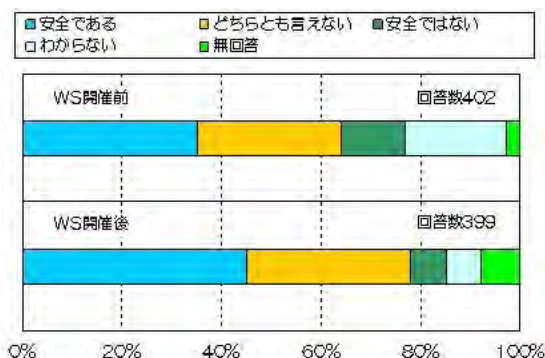
(5) 事業の評価

ワークショップの開催前後及び交流事業の際に実施したアンケート結果をもとに、ワークショップによる理解促進の効果を検証した（図-5）。その結果、ワークショップが放射性廃棄物の処分事業の必要性や安全性等に関する理解向上に寄与していることを確認した。

なお、ワークショップに参加した地域ファシリテーターがワークショップ以外の相互理解促進活動にも参加し、この課題に関して積極的に自らの考えを発信する、あるいは自主的な取り組み（環境フェアでのパネル展示）を行う等の動きがあり、少しずつではあるがワークショップの開催が各地の草の根の相互理解活動に繋がりつつあることが確認できた。



Q 自分の生活と関係があると思いますか？
(上段：開催前、下段：開催後)



Q 地層処分することの安全性についてどのように感じていますか？（上段：開催前、下段：開催後）

図-5 事業の評価結果の一例
(放射性廃棄物への意識に関するアンケート結果)

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、海外の放射性廃棄物処分の研究機関、処分事業実施機関等と包括的な協力協定を締結し、この国際的なネットワークを活用し、放射性廃棄物に関する各国の政策、制度、事業の進捗状況、研究開発動向等に関する情報の収集・交換、研究協力等を行っている。

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

(1) 情報交換・研究協力を行っている海外機関

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

2008 年度には、フランス ANDRA とのモニタリング無線通信技術に関する共同研究、コンクリート容器に関する共同研究及び同機関への技術者の派遣を継続して実施した。また、スイス NAGRA、フィンランド Posiva 社、英国 NDA、韓国 KHNP、中国 CNNC BOG との人工バリア長期変遷、ハル廃棄物からの炭素 14、ガス挙動、ベントナイト、調査システムフロー等に関する技術情報交換等を行った。

(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) IAEA WATEC への協力

IAEA の原子力エネルギー局廃棄物技術課が所管しているバックエンド分野 (放射性廃棄物管理、原子力施設廃止措置) の国際協力活動に関して、戦略、実施、技術、方法について IAEA の活動や方向性に対するアドバイスをを行うとともに、現状、経験、最近の開発や取り組みに関する情報交換フォーラムの役割を担っている放射性廃棄物国際技術委員会 (The International Radioactive Waste Technology Committee: WATEC) に委員として参加し、提言などを行っている。

(4) 国際科学技術センター (ISTC) *プロジェクトへの協力

原環センターは、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、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てきた。平成 17 年度より、ロシアのカラチャイ湖周辺での放射性核種のコロイドによる移行挙動の研究を行っている。

* 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。

(5)最終処分国際研修センターへの協力

「最終処分国際研修センター」(ITC school of Underground Waste Storage and Disposal 以下 ITC) は、スイス連邦に本拠を持つ放射性廃棄物の最終処分に係る国際的な教育訓練機関である。原環センターは、平成 15 年 4 月に、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) 及びスイス放射性廃棄物管理組合(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、すべての機関から独立しており、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、産業界、処分実施主体、規制機関、大学、政府機関などすべてから研修生を受け入れることとしている。

当センターは、設立以来、ITC 理事会メンバーとして研修コースの企画など ITC の運営に協力している。ITC 会員は、平成 21 年 7 月現在、16 カ国 61 機関、そのうち日本からは 19 機関が加入している。

VI. 資料

VI. 資料

(1) 講演会・セミナー等

(経済産業省委託事業「放射性廃棄物海外総合情報調査」により実施した講演会)

講 演 会 名 等	開 催 日	場 所
「米国ユッカマウンテンにおける高レベル放射性廃棄物処分プロジェクトの最新状況と安全評価」 アンドリュー・オレル氏 (サンディア国立研究所 原子力センター長) ピーター・スウィフト氏 (サンディア国立研究所 主席研究員)	平成 20 年 10 月 24 日	東京ミッドタウン カンファレンス ルーム 7
「英国における放射性廃棄物管理の現状」 ジョン・マセソン氏 (英国原子力廃止措置機関(NDA) 国際関係部長) マルカム・バレンツ氏 (NDA サイトプログラムマネージャー) ジョン・インケスター氏 (NDA エンジニアリング部長) スティーブ・バーロー氏 (NDA アセスメント部長)	平成 20 年 11 月 14 日	東海大学校友会館

(原環センター主催の講演会・セミナー等)

講演会名等		開催日	場所
平成20年度 原環センター研究発表会 報告： 「原環センターにおけるTRU廃棄物処分研究」 田辺博三（技術総括室） 「人工バリアの長期挙動研究の成果と課題」 大和田仁（処分技術調査研究プロジェクト） 特別講演： 「地層処分のためのコミュニケーション技術：“ブリッジマン”への道」 鎌田浩毅氏（京都大学大学院人間・環境学研究科 教授）		平成20年11月21日	石垣記念ホール
講演会・セミナー等	第1回講演会「原子力施設の廃止措置に関する国際基準の検討状況等について」 山本正史（基準・規格調査研究プロジェクト）	平成20年5月30日	原環センター
	第2回講演会「粘土と岩石の微視特性と巨視挙動」 市川康明氏（名古屋大学大学院 環境学研究科 都市環境学専攻 准教授）	平成20年6月27日	原環センター
	第3回講演会「原環センター事業概況、研究成果等の報告会」 1. 平成19年度事業の概要について 藤原愛(企画部) 2. 調査研究について (1)全体概要 田辺博三（技術総括室） (2)調査研究の紹介 ①海外における地層処分の動向について 稲垣裕亮（技術情報調査プロジェクト） ②ヨウ素固化体の開発について 大和田仁（処分技術調査研究プロジェクト）	平成20年7月29日	虎ノ門パストラル
	第4回講演会「長期安全確保に向けた技術開発の方向性」 北山一美氏（東京工業大学 客員教授）	平成20年9月12日	原環センター
	第5回講演会「地震環境への変動地形学的アプローチ」 中田高氏（広島工業大学 環境学部 教授）	平成20年10月10日	原環センター
	原環センターセミナー「放射性廃棄物最終処分の安全評価における化学の基礎」 枋山修氏（財団法人原子力安全研究協会 処分システム安全研究所 所長） 鹿園直建氏（慶應大学 理工学部 応用化学科 教授）	平成20年11月27日	財団法人 深田地質研究所
	第6回講演会「放射性廃棄物処分施設におけるセメント系材料の超長期性能評価の現状」 辻幸和氏（群馬大学大学院 工学研究科 社会環境デザイン工学専攻 教授）	平成20年12月11日	原環センター
	第7回講演会「中国産ベントナイト利用基礎調査の概要」 寺田賢二（L1チーム） 関根一郎氏（戸田建設） 伊藤雅和氏（クニミネ工業） 雨宮清氏（間組）	平成21年3月24日	東海大学校友会館

(2)外部発表等

(1/7)

(学会発表等)			
No.	題 目	発 表 者	発 表 先
1	地下空洞型処分施設性能確証試験における底部・側部埋戻し材施工確認試験に関する検討（その１） －施工確認試験の概要－	窪田茂、石橋勝彦、 寺田賢二、根木政広 他	土木学会「平成 20 年度全国大会第 63 回年次学術講演会」、2008/9/10～12 (東北大学川内北キャンパス)
2	地下空洞型処分施設性能確証試験における底部・側部埋戻し材施工確認試験に関する検討（その２） －低熱ポルトランドセメントとフライアッシュ、石灰岩微粉末を使用したコンクリートの諸性能－	武地真一、窪田茂、 石橋勝彦、寺田賢二 他	土木学会「平成 20 年度全国大会第 63 回年次学術講演会」、2008/9/10～12 (東北大学川内北キャンパス)
3	地下空洞型処分施設性能確証試験における底部・側部埋戻し材施工確認試験に関する検討（その３） －多量に石灰岩微粉末を混入したコンクリートのブリーディングと施工性能に関する考察－	取違剛、窪田茂、 石橋勝彦、寺田賢二 他	土木学会「平成 20 年度全国大会第 63 回年次学術講演会」、2008/9/10～12 (東北大学川内北キャンパス)
4	地下空洞型処分施設性能確証試験における底部・側部埋戻し材施工確認試験に関する検討（その４） －コンクリートのひび割れ予測評価に関する考察－	鈴木康正、窪田茂、 石橋勝彦、寺田賢二、 根木政広他	土木学会「平成 20 年度全国大会第 63 回年次学術講演会」、2008/9/10～12 (東北大学川内北キャンパス)
5	地中無線モニタリング技術の適用性検討	青木和弘、須山泰宏、 新保弘、高村尚 他	土木学会「平成 20 年度全国大会第 63 回年次学術講演会」、2008/9/10～12 (東北大学川内北キャンパス)
6	海外産ベントナイトの特徴と放射性廃棄物処分への適用可能性調査	関根一郎、伊藤雅和、 山本卓也、雨宮清、 佐藤泰、寺田賢二	土木学会「平成 20 年度全国大会第 63 回年次学術講演会」、2008/9/10～12 (東北大学川内北キャンパス)
7	Study of subcritical crack growth and long-term strength for rock and cementitious material for radioactive waste disposal	大和田仁、奈良禎太 他	1st Southern Hemisphere International Rock Mechanics Symposium, 2008/6/29～7/2

(2/7)

(学会発表等)			
No.	題 目	発 表 者	発 表 先
8	A SUGGESTION TO DEVELOP SUSTAINABLE HUMAN RESOURCES FOR RADIOACTIVE WASTE DISPOSAL PROGRAM IN JAPAN	藤原愛、坪谷隆夫	欧州原子力学会 “NEStet 2008”, 2008/5/4～8
9	弾性波速度の分散特性を用いた岩盤の透水トモグラムの評価手法に関する研究－結晶質岩中の水理場構築事例－	吉村公孝、坂下晋、西山哲、大西有三他	物理探査学会「平成 20 年度春季学術講演会」、2008/5/13～15（早稲田大学国際会議場）
10	地層処分における電磁法解析技術の開発（その 8）－地下水塩分濃度分布の検討－	岡崎幸司、吉村公孝他	物理探査学会「平成 20 年度春季学術講演会」、2008/5/13～15（早稲田大学国際会議場）
11	Full-scale demonstration of EBS construction technology, (I)Block, pellet and in-situ compaction method	戸栗智仁他	EU/ESDRED International conference, 2008/6/16～18（チェコ工科大学）
12	Full-scale demonstration of EBS construction technology、(II)Design, manufacturing and transportation of pre-fabricated EBS Module(PEM).	朝野英一他	EU/ESDRED International conference, 2008/6/16～18（チェコ工科大学）
13	The Potential in the Philippines for Studying Natural Analogues of the Interaction of Low-alkali Cement Leachates and Bentonite Barriers in a Radioactive Waste Repository	山川稔	4th Japan-Korea Workshop on RadWaste（日韓ワークショップ）、2008/5/27～28（ホテル箱根パウエル）
14	Assessment of dissolution of vitrified waste by the coupling analysis model based on Monte Carlo method	藤井直樹	4th Japan-Korea Workshop on RadWaste（日韓ワークショップ）、2008/5/27～28（ホテル箱根パウエル）
15	人工バリアの長期挙動の評価 (1)全体概要	黒澤進、中西博、大和田仁	日本原子力学会「2008 年秋の大会」、2008/9/4～6（高知工科大学）
16	人工バリアの長期挙動の評価 (2)経年コンクリートを用いた変質データの取得	中西博、大和田仁他	日本原子力学会「2008 年秋の大会」、2008/9/4～6（高知工科大学）

(学会発表等)			
No.	題 目	発 表 者	発 表 先
17	人工バリアの長期挙動の評価 (3)セメント・ベントナイト相互作用により生成した二次鉱物の同定と定量	黒澤進、大和田仁他	日本原子力学会「2008 年秋の大会」、 2008/9/4～6（高知工科大学）
18	人工バリアの長期挙動の評価 (4)干渉計を用いた圧縮スメクタイトの溶解速度測定	黒澤進、大和田仁他	日本原子力学会「2008 年秋の大会」、 2008/9/4～6（高知工科大学）
19	フライアッシュセメント系材料に対するトリチウム水の実行拡散係数の測定(2)	根木政広、寺田賢二、松村勝秀、加藤博康他	日本原子力学会「2008 年秋の大会」、 2008/9/4～6（高知工科大学）
20	沿岸域の地質構造調査に向けた海底電磁法技術の高度化開発 その1：高度化開発の概要	吉村公孝、岡崎幸司、大里和己、大澤健二	日本原子力学会「2008 年秋の大会」、 2008/9/4～6（高知工科大学）
21	工学規模 S/B 供試体の長期飽和挙動に関する解析的検討	林秀郎、朝野英一、志村友行他	日本原子力学会「2008 年秋の大会」、 2008/9/4～6（高知工科大学）
22	TRU地層処分システムのガス移行挙動評価に関する予察解析と課題検討	朝野英一、志村友行他	日本原子力学会「2008 年秋の大会」、 2008/9/4～6（高知工科大学）
23	「余裕深度処分対象となる放射化金属廃棄物の材料と乾燥試験結果」の概要	大塚久雄他	日本原子力学会「バックエンド部会」 第24回バックエンド夏期セミナー、 2008/7/31～8/1（仙台エクセルホテル東急）
24	Development of A Wireless Transmission Monitoring (ANDRA との無線モニタリング技術共同開発)	須山泰宏他	日本原子力学会「バックエンド部会」第 24回バックエンド夏期セミナー、2008/ 7/31～8/1（仙台エクセルホテル東急）
25	ヨウ素固定化技術開発(9)－岩石固化体の処理条件と物性の相関－	山口賢治、桜木智史、大和田仁他	日本原子力学会「2008 年秋の年会」、 2008/9/4～6（高知工科大学）
26	放射廃棄物処分における知識マネジメント－IAEA 文書とりまとめ作業からの紹介	田辺博三	日本原子力学会「バックエンド部会」 第24回バックエンド夏期セミナー、 2008/7/31～8/1（仙台エクセルホテル東急）
27	人工バリア変質の信頼性向上に関する検討－不確実性とその提言に関する検討－	黒澤進、大和田仁他	日本原子力学会「バックエンド部会」 第24回バックエンド夏期セミナー、 2008/7/31～8/1（仙台エクセルホテル東急）

(4/7)

(学会発表等)			
No.	題 目	発 表 者	発 表 先
28	Current Status of Demonstration Test of Cavern Type Disposal Facility	大沼和弘、秋山吉宏、根木政広、松村勝秀、寺田賢二、坪谷隆夫	2008 East Asia Forum on Radwaste Conference in Tokyo, 2008/10/20～21 (虎ノ門パストラル)
29	横置き定置方式における緩衝材周辺隙間へのベントナイトペレットの充てん方法に関する研究	中島均他	土木学会「平成20年度全国大会第63回年次学術講演会」、2008/9/10～12(東北大学川内北キャンパス)
30	Corrosion Behavior of the Weld Zone of Carbon Steel Overpack for HLW Geological Disposal (HLW 地層処分用炭素鋼オーバーパック溶接部の腐食挙動)	横山裕他	MRS2008 fall meeting “Symposium Q: Scientific Basis for Nuclear Waste Management XXXII”, 2008/12/1～6
31	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長期健全性評価とその課題ーオーバーパック溶接部の中性子照射脆化の可能性	朝野英一他	東京工業大学原子炉工学研究所講演会「第2回革新的バックエンド研究会」、2008/12/4
32	XAFS studies for evaluation of the barrier system in the geological disposal for radioactive waste	黒澤進、大和田仁他	化学技術振興機構(JST)「微小部・微量X線分析法」に関する国際強化支援シンポジウム、2009/2/12～14(大阪市立大学)
33	フランスのHLW処分の経緯、計画の枠組み(管理研究法、管理計画法)について	田辺博三	日本原子力学会「再処理・リサイクル部会セミナー」、2009/1/27(東京大学山上会館)
34	専門家から見た分離変換／回収可能性オプションとその効果	和田隆太郎	日本原子力学会「再処理・リサイクル部会セミナー」、2009/1/27(東京大学山上会館)
35	The Effect of Calcium Silicate Hydrate Precipitates at the Interface between Cementitious and Bentonite Material on the Long-term Performance of Engineered Barrier System in the TRU Waste Disposal Facility	黒澤進、大和田仁他	Materials Research Society(MRS), The 33rd International Symposium “Scientific Basis for Nuclear Waste Management”, 2009/5/24～29 (Saint Petersburg, ロシア)
36	地下空洞型処分施設性能確証試験の実施状況について	秋山吉宏、大沼和弘、松村勝秀、寺田賢二	土木学会地下空間利用委員会「第14回地下空洞シンポジウム」、2009/1/23

(学会発表等)			
No.	題 目	発 表 者	発 表 先
37	Behavior of polymeric plutonium(IV) in simulated groundwater solutions.	T. I. Trofimov, B. F. Myasoedov, A. Fujiwara, O. Tochiyama 他	the International Conferences “Plutonium Futures-the Science 2008”, 2008/7/7-11(Dijon, フランス)
38	Solubility of Pu、 Np and U dioxides in simulated groundwater solutions under various conditions.	T. I. Trofimov, B. F. Myasoedov, A. Fujiwara, O. Tochiyama 他	the International Conferences “Plutonium Futures-the Science 2008”, 2008/7/7-11(Dijon, フランス)
39	Partitioning of plutonium colloidal forms collected from contaminated groundwater by methods of successive selective leaching.	A. P. Novikov, B. F. Myasoedov, K. Fujiwara, A. Fujiwara 他	the international Conferences “Plutonium Futures-the Science 2008”, 2008/7/7-11(Dijon, フランス)
40	放射化金属廃棄物のC-14の放出移行に関する研究－(5)研究概要－	桜木智史、山口憲治、田辺博三	日本原子力学会「2009 年春の大会」、2009/3/23～25（東京工業大学）
41	放射化金属廃棄物のC-14の放出移行に関する研究－(6)照射済み被覆管およびステンレス鋼からのC-14 浸出挙動－	山下雄生、桜木智史、山口憲治、田辺博三他	日本原子力学会「2009 年春の大会」、2009/3/23～25（東京工業大学）
42	放射化金属配意器物のC-14の放出移行に関する研究－(7)高アルカリおよび低酸素条件下におけるステンレス鋼の腐食速度の評価－	西村努、桜木智史、山口憲治、田辺博三他	日本原子力学会「2009 年春の大会」、2009/3/23～25（東京工業大学）
43	ヨウ素固定化技術開発－(10)セメント固化体中でのヨウ素存在状態に関する検討－	山口憲治、桜木智史、大和田仁他	日本原子力学会「2009 年春の大会」、2009/3/23～25（東京工業大学）
44	沿岸域の地層構造調査に向けた海底電磁法技術の高度化開発 その2：装置開発と検証	吉村公孝、岡崎幸司 他	日本原子力学会「2009 年春の大会」、2009/3/23～25（東京工業大学）
45	Buffer Construction Methodology in Demonstration Test for Cavern type disposal facility	秋山吉宏、中島貴弘、松村勝秀、寺田賢二、坪谷隆夫他	Waste Management Symposia, Waste Management Conference 2009, 2009/2/28～3/5
46	放射性廃棄物地層処分における人工バリアのCaの状態分析－人工バリア中のセメントとベントナイトの相互作用－	黒澤進、大和田仁他	高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所・放射光科学研究施設主催「第26回PFシンポジウム」、2009/3/24～25（つくば国際会議場）

(6/7)

(学会発表等)			
No.	題 目	発 表 者	発 表 先
47	Measuring Temperature, pressure, and pH by Optical-Fiber Sensor (光ファイバセンサを用いた、温度、圧力、pH測定)	秋宗淑雄、 和田隆太郎、 青木和弘他	The Asian-Pacific Network of Centers for Research in Smart Structure Technology, 2008/6/24～25
48	放射性廃棄物地層処分事業と地盤工学的課題	寺田賢二	第43回地盤工学研究発表会「続21世紀を創る地盤工学セッション～地層処分における地盤工学～」、2008/7/9 (広島国際会議場)
49	地下空洞型処分施設性能確認試験の試験計画と進捗	寺田賢二	日本原子力学会バックエンド部会「第24回バックエンド夏期セミナー」、2008/7/31～8/1 (仙台エクセルホテル東急)
50	Numerical Analysis on the Long-Term Performance of Engineered Barrier System of TRU Waste Repository	黒澤進、大和田仁他	2008 the 2nd conference of East Asia Forum on radwaste management, 2008/10/20～23 (虎ノ門パストラル)
51	Manufacturing of high-durability TRU waste package made of High-Strength and Ultra Low-Permeability concrete	中西博、大和田仁他	2008 the 2nd conference of East Asia Forum on radwaste management, 2008/10/20～23 (虎ノ門パストラル)
52	Immobilization of Iodine-129 using AgI vitrification technique for the TRU waste disposal in Japan	桜木智史、山口憲治、那須裕二、朝野英一	2008 the 2nd conference of East Asia Forum on radwaste management, 2008/10/20～23 (虎ノ門パストラル)
53	Theoretical Basis for Measuring Small Radon Diffusion Coefficients for a Radium-Bearing Porous Material Generated by Precipitation of Iron (III) Hydroxide	佐々木朋三、軍司康義、飯田孝夫	Journal of Nuclear Science and Technology, Vol. 45, No. 7 (2008)

(学会発表等)			
No.	題 目	発 表 者	発 表 先
54	Decontamination of Sludgelike Uranium-Bearing Wastes: Decontamination Feasibility Judgment Using Radon Emanation Coefficients and Development of Decontamination Methods	佐々木朋三、 今村光孝他	Journal of Nuclear Science and Technology, Vol. 45, No. 5 (2008)
55	物理探査による塩分濃度推定手法の検討	岡崎幸司、吉村公孝、 坂下晋他	日本地球惑星科学連合「2008 年大会」、 2008/5/25～30
56	弾性波速度分散現象を用いた透水場構築手法について	吉村公孝、 安藤賢一、西山哲、 大西有三	日本地球惑星科学連合「2008 年大会」、 2008/5/25～30

(論文投稿等)			
No.	題 目	著 者	投 稿 先
1	地下環境における高強度高緻密コンクリートの水浸透挙動に関する検討	渋谷和俊、 大和田仁他	コンクリート工学年次大会 2008 2008/7/9～11
2	日本の表層土を用いたラドン拡散係数の測定」	軍司康義、 佐々木朋三他	日本原子力学会和文論文誌 Vol. 7, No. 3 (2008)
3	Long-Term Integrity of Waste Package Final Closure for HLW Geological Disposal (V)applicability of MAG Welding Method to Overpack Final Closure	朝野英一、伊藤貴司	原子力学会英文誌"Journal of NUCLEAR SCIENCE and TECHNOLOGY 2008/8"
4	Aqueous Dissolution of Silver Iodine and Associated Iodine Release Under Reducing Conditions with FeCl ₂ Solution	朝野英一、 稲垣八穂広他	Journal of NUCLEARE SCIENCE and TECHNOLOGY Vol. 45, No. 9 2008/11
5	高レベル放射性廃棄物処分事業の概要調査段階に向けた物理探査技術高度化開発の概要	吉村公孝	物理探査学会「創立60周年記念事業シンポジウム」 2008/10/21～23 (タワーホール船橋)
6	岩石と高強度高緻密コンクリートにおけるサブクリティカルき裂進展と長期強度	奈良禎太、 大和田仁他	日本材料学会会誌「材料」 Vol. 58 2009/5
7	Formation of polymeric structures by hydroxides of Pu(IV) in aqueous solutions.	Yu. M. Kulyako, B. F. Myasoedov, A. Fujiwara, O. Tochiyama 他	the Russian journal Radiokhimiya in 2009
8	Sorption of polymeric Pu(IV) on host rock typical for the Mayak area.	S. A. Perevalov, B. F. Myasoedov, A. Fujiwara, O. Tochiyama 他	the Russian journal Radiokhimiya in 2009
9	Disproportionate of polymeric Pu(IV) in neutral solution.	Yu. M. Kulyako, B. F. Myasoedov, A. Fujiwara, O. Tochiyama 他	the Russian journal Radiokhimiya in 2009
10	Behavior of polymeric Pu(IV) in simulated ground water.	T. I. Trofimov, B. F. Myasoedov, A. Fujiwara, O. Tochiyama 他	the Russian journal Radiokhimiya in 2009

VI. 資料

(論文投稿等)			
No.	題 目	著 者	投 稿 先
1	放射性廃棄物地層処分における人工バリアのCaの状態分析－人工バリア中のセメントとベントナイトの相互作用－	黒澤進、大和田仁他	文部科学省「先端研究施設共用イノベーション創出事業」の「つくば4機関連携ワークショップ:イノベーションつくば2008」ポスターセッション 2008/12/1（つくば国際会議場）
2	デコミッショニングに関するIAEAの安全基準文書について	山本正史	原安協だより第223号
3	地層処分事業等の国際的な動向	稲垣裕亮	「原子力年鑑2009」（監修：日本原子力産業協会、発行：日刊工業新聞社）
4	放射性廃棄物処分の着実な進展に向けて	田辺博三	「原子力年鑑2009」（監修：日本原子力産業協会、発行：日刊工業新聞社）
5	欧州での”放射性廃棄物管理のガバナンス研究”の動向 社会の中で地層処分事業が長期に持続するために	佐原聡、坪谷隆夫	日本原子力学会誌 Vol. 51, No. 5 (2009)

(3) 技術報告書

No.	表 題	著 者	発 行 年 月 日
1	地層処分にかかわる記録保存の研究－位置付け・方策・技術的可能性－	杉山和稔、高尾肇、 杉山武、青木和弘、 大内仁、坪谷隆夫	平成21年3月

(4) ホームページへの海外最新情報の掲載

	掲載日	タイトル
1	4月1日	英国の原子力廃止措置機関（NDA）がドリッグ処分場の管理契約を締結
2	4月3日	（追記）英国の原子力廃止措置機関（NDA）が戦略報告書を公表－政府が戦略報告書ドラフトを承認－
3	4月7日	英国で保健安全委員会（HSC）と保健安全執行部（HSE）が統合
4	4月8日	カナダの核燃料廃棄物管理機関（NWMO）が2007年度の年報を公表
6	4月10日	（追記）米国で2009会計年度の予算要求
7	4月10日	スイスで連邦評議会が特別計画「地層処分場」を承認
8	4月17日	（追記）韓国産業資源部が「放射性廃棄物管理法」の法案を立法予告
9	4月18日	ベルギーで ONDRAF/NIRAS が短寿命・低レベル放射性廃棄物処分場の建設準備として地質調査を開始
10	4月18日	スウェーデンで SKB 社の安全評価 SR-Can 報告書に対する SKI と SSI による評価報告書が公表される
11	4月22日	フランスで放射性廃棄物管理機関（ANDRA）が技術センターの建設を開始
12	4月23日	（追記）ベルギーで ONDRAF/NIRAS が短寿命・低レベル放射性廃棄物処分場の建設準備として地質調査を開始
13	4月30日	ポシヴァ社が使用済燃料処分容量の拡大の原則決定申請－オルキルト原子力発電所4号機の導入計画への対応－
14	5月7日	（追記）英国政府が放射性廃棄物管理委員会（CoRWM）を再構成
15	5月7日	米国の廃棄物パッケージに関する一様腐食試験の結果についての脆弱性－サンディア国立研究所による評価で判明－
16	5月9日	フランスで「放射性物質及び放射性廃棄物管理国家計画」（PNGMDR）デクレが公布－地層処分場の建設許可申請は2014年末までに－
17	5月21日	ポシヴァ社が最終処分場の拡大に関する環境影響評価（EIA）計画書を提出
18	5月21日	ドイツで連邦放射線防護庁（BfS）がコンラッド処分場に関する情報提供施設を開設
19	5月21日	米国のユッカマウンテンに関する DOE の許認可申請を巡る動向－申請は6月前半に実施される見通し－
20	5月21日	英国で環境規制機関（EA）が放射性廃棄物の許可要件に関するガイダンスの公衆協議を開始
21	5月22日	（追記）米国 米国でユッカマウンテン処分場のキャニスタ・システムの性能要件の最終版を公表
22	5月23日	スウェーデンにおける使用済燃料の最終処分に関する世論調査結果（2008年4月実施）を SKB 社が公表
23	5月26日	カナダの核燃料廃棄物管理機関（NWMO）が今後5年間にに関する実施計画案への意見募集を実施
24	6月4日	米国で DOE がユッカマウンテン処分場の許認可申請書を NRC に提出
25	6月11日	欧州連合（EU）における高官レベルグループの検討状況－EU 全体での放射性廃棄物管理等の取り組みの強化へ－
26	6月11日	フランスで長寿命低レベル放射性廃棄物処分場のサイト選定を開始－2008年6月中に処分場の公募を開始、設置許可申請は2013年までに－
27	6月13日	英国政府が放射性廃棄物管理に関する白書を公表－地層処分場選定プロセスに関心を示す自治体の募集を開始－
28	6月17日	米国で DOE がユッカマウンテン処分場の許認可申請書を NRC に提出
29	6月18日	フランスの原子力安全機関（ASN）、長寿命低レベル放射性廃棄物処分場のサイト調査等に向けた安全に関する一般方針を策定
30	6月20日	（追記）米国で DOE が許認可支援ネットワーク（LSN）への書類登録証明

VI. 資料

31	6月23日	米国でユッカマウンテン処分場の安全性説明書を公表－許認可申請書における処分システム概要と性能評価結果－
32	6月25日	(追記) フランスで長寿命低レベル放射性廃棄物処分場のサイト選定を開始－2008年6月中旬に処分場の公募を開始、設置許可申請は2013年までに－
33	7月2日	スウェーデンでSKIとSSIが合併し「放射線安全機関」(SSM)が発足
34	7月3日	(追記) 米国でDOEがユッカマウンテン関連法案を連邦議会に再提案
35	7月9日	ドイツで放射性廃棄物管理に関する「廃棄物管理委員会」(ESK)が発足
36	7月22日	英国の原子力廃止措置機関(NDA)が地層処分場に関する費用見積りを公表
37	7月22日	米国の連邦議会下院でユッカマウンテン処分場に関するヒアリングを開催－建設認可申請書提出後の対応について関係者が証言－
38	8月6日	米国でDOEがユッカマウンテンプロジェクトの費用見通しを改定－トータル・システム・ライフサイクル・コスト(TSLCC)分析報告書及び拠出金妥当性報告書の改定版公表－
39	7月24日	(追記) 英国政府が放射性廃棄物管理に関する白書を公表－地層処分場選定プロセスに関心を示す自治体の募集を開始－
40	8月8日	(追記) カナダの核燃料廃棄物管理機関(NWMO)が今後5年間に関する実施計画案への意見募集を実施
41	8月13日	米国における2009会計年度歳出法案の審議状況
42	8月19日	韓国教育科学技術部(MEST)が中低レベル放射性廃棄物処分場の建設・操業許可を発給
43	8月20日	カナダの核燃料廃棄物管理機関(NWMO)が処分場サイト選定手続き策定に向け意見募集を開始へ
44	8月27日	フィンランドの雇用経済省、最終処分場の拡大に関するポシヴァ社の環境影響評価(EIA)計画書への見解書を公表
45	9月9日	米国でNRCがDOEによるユッカマウンテン処分場の許認可申請書を受理
46	9月24日	英国で原子力廃止措置機関(NDA)が放射性廃棄物処分に関するワークショップを開催
47	9月24日	(追記) カナダの核燃料廃棄物管理機関(NWMO)が処分場サイト選定手続き策定に向け意見募集を開始へ
48	9月29日	(追記) 米国における2010会計年度歳出法案の審議状況
49	10月1日	米国で環境保護庁(EPA)がユッカマウンテン放射線防護基準の連邦規則最終版を公表－1万年から100万年までの放射線防護基準は1ミリシーベルト－
50	10月3日	台湾行政院経済部が低レベル放射性廃棄物最終処分場の潜在的候補サイト3カ所を公告
51	10月10日	(追記) 米国でDOEがユッカマウンテン処分場の許認可申請書をNRCに提出
52	10月16日	(追記) 米国で環境保護庁(EPA)がユッカマウンテン放射線防護基準の連邦規則最終版を公表－1万年から100万年までの放射線防護基準は1ミリシーベルト－
53	10月23日	(追記) 米国でNRCがDOEによるユッカマウンテン処分場の許認可申請書を受理
54	10月27日	英国における高レベル放射性廃棄物等の地層処分場選定の動き－カンブリア州の一部自治体に関心表明－
55	11月4日	米国でDOEがユッカマウンテンプロジェクトの管理・操業契約者を選定－URS社グループの米国処分場サービス(USA-RS)社が主契約者に－
56	11月5日	ポシヴァ社が最終処分場の拡大に関する環境影響評価(EIA)報告書を提出
57	11月11日	スイスで地層処分場のサイト選定が始まる－地層処分場の候補サイト地域を公表－
58	11月14日	米国で廃棄物輸送のための鉄道敷設及び操業に関する公聴会を開催－DOEの申請に対する許認可手続きで輸送監督当局が決定－
59	11月21日	(追記) スイスで地層処分場のサイト選定が始まる－地層処分場の候補サイト地域を公表－
60	11月28日	米国で原子力規制委員会(NRC)がユッカマウンテン処分規則の最終規則案を策定

61	12月11日	米国でDOEが第二処分場の必要性及び中間貯蔵に関する報告書を公表
62	12月11日	英国における高レベル放射性廃棄物等の地層処分場選定の動き(2)ーカンブリア州が関心表明を決定ー
63	12月22日	(追記) 米国でDOEが第二処分場の必要性及び中間貯蔵に関する報告書を公表
64	12月24日	(追記) 英国における高レベル放射性廃棄物等の地層処分場選定の動き(2)ーカンブリア州が関心表明を決定ー
65	12月24日	(追記) ポシヴァ社が使用済燃料処分容量の拡大の原則決定申請ーオルキルト原子力発電所4号機の導入計画への対応ー
66	2009年 1月13日	(追記) 英国で原子力廃止措置機関(NDA)が放射性廃棄物処分に関するワークショップを開催
67	1月19日	米国でユッカマウンテン処分場プロジェクトの新スケジュールを公表
68	1月21日	米国でDOEが全米輸送計画を公表し、コメントを募集
69	1月22日	韓国で新しい放射性廃棄物管理事業の実施主体の設立ー韓国放射性廃棄物管理公団(KRMC)の発足ー
5	1月27日	(追記) カナダで中低レベル放射性廃棄物の地層処分場の環境評価方法が決定ー評価パネルによる評価を実施ー
70	2月3日	英国における高レベル放射性廃棄物等の地層処分場選定の動き(3)ーアラデル市が関心表明を決定ー
71	2月18日	(追記) 米国で原子力規制委員会(NRC)がユッカマウンテン処分規則の最終規則を承認
72	3月11日	(追記) 英国で環境規制機関(EA)が放射性廃棄物の許可要件に関するガイダンスの公衆協議を開始
73	3月11日	(追記) 米国における2009会計年度歳出法案の審議状況
74	3月13日	フィンランドの雇用経済省、最終処分場の拡大に関するポシヴァ社の環境影響評価(EIA)報告書への見解書を公表
75	3月13日	米国で処分関連予算を大幅に削減する2010年度予算方針を公表ー高レベル放射性廃棄物処分の新たな戦略検討の意向も表明ー
76	3月16日	(追記) 米国で原子力規制委員会(NRC)がユッカマウンテン処分規則の最終規則を承認
77	3月24日	(追記) 米国で処分関連予算を大幅に削減する2010年度予算方針を公表ー高レベル放射性廃棄物処分の新たな戦略検討の意向も表明ー
78	3月27日	ポシヴァ社が使用済燃料処分容量の拡大の原則決定申請ーロヴィーサ原子力発電所3号機の導入計画への対応ー
79	3月27日	米国でDOEが廃棄物隔離パイロットプラント(WIPP)に係る適合性再認定申請書を提出

VI. 資料

(5)委員会一覧

分野区分	研究件名	委員会名称	検討事項
1. 放射性廃棄物の管理処分に関する調査研究	地下空洞型処分施設性能確証試験	地下空洞型処分施設性能確証試験検討委員会	原位置での確証試験の詳細計画及び試験結果に関する検討
2. 放射性廃棄物の地層処分に関する調査研究	処分システム工学要素技術高度化開発	遠隔操業システム高度化検討委員会	遠隔操作技術開発に関する全般的検討
		遠隔溶接・検査技術検討委員会	遠隔溶接・検査技術の開発に関する検討
		遠隔搬送・定置技術検討委員会	遠隔搬送・定置技術の開発に関する検討
		オーバーパック溶接部の品質評価技術検討委員会	オーバーパック溶接部の耐食性と溶接残留応力解析手法高度化に関する検討
		緩衝材品質評価技術検討委員会	緩衝材の定置後飽和に至るまでの膨潤挙動に関する検討
		地層処分モニタリングシステム検討委員会	地層処分モニタリングへの適用性の視点に立った技術メニューの整備及び技術調査に関する検討
	人工バリア長期性能評価技術開発	人工バリア長期挙動検討委員会	人工バリアの長期性能の評価手法を確認するための技術的事項に関する検討
		ガス移行挙動評価検討委員会	人工バリアシステム及び周辺岩盤でのガス移行挙動を評価するための技術的事項に関する検討
	ヨウ素・炭素処理・処分技術開発	炭素 14 放出挙動検討委員会	放射化金属廃棄物から放出される C-14 の放出移行挙動を確認するための試験手法及び評価に関する検討
		廃棄体開発検討委員会	TRU 廃棄物の処分における、C-14 の長期閉じ込めのための廃棄体開発に関する検討
		ヨウ素固定化処理技術開発委員会	ヨウ素固定化に関する固定化技術、固化体のヨウ素放出抑制能等に関する検討
	沿岸域塩淡水境界・断層評価技術高度化開発	沿岸域塩淡水境界・断層評価技術高度化評価委員会	沿岸域における塩淡水境界・断層の評価技術の高度化に関する検討
3. 放射性廃棄物全般に共通する調査研究	放射性廃棄物重要基礎技術研究調査	地層処分重要基礎技術研究委員会	研究計画のレビュー及び年度成果の評価
		ナチュラルアナログ検討委員会	ナチュラルアナログ事例の安全論拠としての使用に当たり、適用の限界、課題及び解決方策等に関する検討

		地球化学バリア有効性 確証調査検討委員会	地層処分におけるコロイドによる放射性核種移行への地球化学的影響に関する検討
4. 放射性廃棄物最終処分への理解促進	地層処分実規模設備整備事業	地層処分実規模設備整備事業検討委員会	地層処分実規模設備整備事業の計画、実施内容等に関する検討
	放射性廃棄物関連パンフレット等の作成	地域振興パンフレット検討会	地域振興パンフレットの製作における、内容等に関する検討

原環センター 2008年度 技術年報

2009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
〒104-0052 東京都中央区月島一丁目15番7号
パシフィックマークス月島8階

TEL 03-3534-4511 (代表)

FAX 03-3534-4567

URL <http://www.rwmc.or.jp/>

本誌の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、
企画部にお問い合わせください。

原子力環境整備促進・資金管理センター 組織

