

### 「汚染水処理に伴う二次廃棄物の処理・処分技術の開発」、「放射性廃棄物の処理・処分技術の開発」の進捗状況

#### 1. 計画概要

事故により発生した廃棄物は、燃料破損に由来する核分裂生成物<sup>\*1</sup>やα核種<sup>\*1</sup>が付着していることや、海水注入に起因した塩分<sup>\*2</sup>を含む等、従来の原子力発電所の運転・解体で発生する廃棄物とは異なる特徴がある。象徴的なものとして、建屋に滞留している汚染水を汲み上げて放射性核種の吸着や脱塩処理を行う過程で生じる廃吸着材等の廃棄物(以下、汚染水処理に伴う二次廃棄物という)や、水素爆発による高線量のガレキが挙げられる。

放射性廃棄物処理・処分 WT では、これらの廃棄物を安全に処理・処分するための見通しを得ることと、処理・処分するまでの期間は安定に保管管理することを目的に、発生した廃棄物の物理化学的特性、核種組成や放射能データ等の性状について幅広く分析調査をまず実施する必要があると考えて計画を立案した。なお、これらの性状調査は、廃棄物が多種多様であること、核種組成が不明な上、分析手法が確立されていない核種があること等から相当の期間と研究開発を要することが想定される。

性状調査の結果を基に、上記目的を実現するための「長期保管方策」、「廃棄体化技術」、「処分の安全性」に関する研究開発を行う。

※1:半減期の長い核種があるため、環境への影響を考慮する必要がある

※2:保管容器を腐食させる原因となる、処分場のバリア性能を悪化させる等の悪影響がある

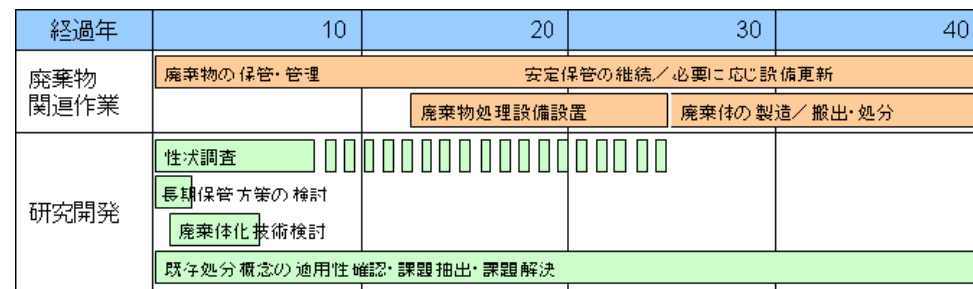
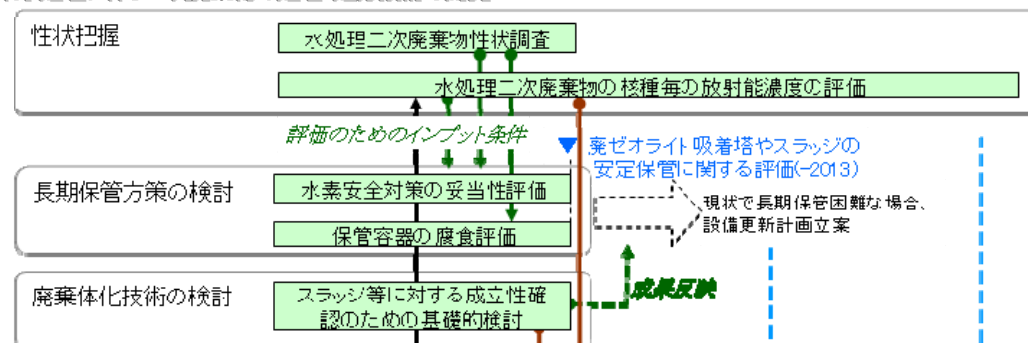


図1. 中長期ロードマップの抜粋

#### (3-1) 汚染水処理に伴う二次廃棄物の処理・処分技術の開発



#### (3-2) 放射性廃棄物の処理・処分技術の開発

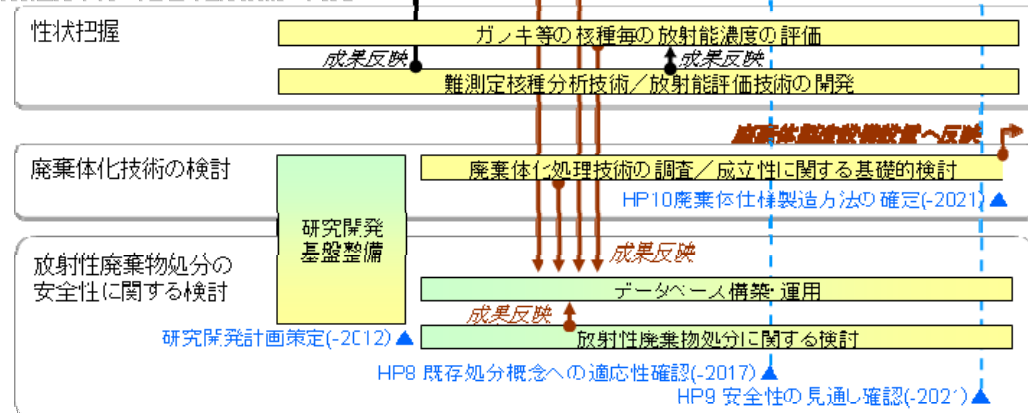


図2. 今後 10 年程度の計画の概要

処理・・・放射性廃棄物を、その性状(含まれる放射性核種、放射能レベル)に応じ、容器に詰めてセメントで固める等の加工を施した廃棄体を作ること

処分・・・廃棄体を処分場に搬出して埋設すること

#### 2. 「汚染水処理に伴う二次廃棄物の処理・処分技術の開発」の進捗状況

##### ① 性状把握

各研究開発のインプットとなる水処理二次廃棄物の性状分析を実施している。

- 水処理装置の前後から採取した処理水を分析し、二次廃棄物中の核種組成を評価している(表1)。
- 実験室規模での模擬試験及び吸着解析コード(ZAC)開発を進め、ゼオライト吸着塔内のセシウム濃度分布を推定する見通しを得た(図3)。

##### ② 長期保管方策の検討

水処理二次廃棄物は、処理・処分の実施まで 20 年程度保管することが計画されている。長期保管に係る安定性を確認するため、廃棄物からの水素発生や容器の腐食等の評価を進めている。

- ゼオライト吸着塔の水素安全対策の妥当性に関する評価を実施している。
- 廃ゼオライト及びスラッジの保管容器の腐食評価を実施している。

##### ③ 水処理二次廃棄物の廃棄体化技術の基礎的検討

長期保管方策の検討において、十分な保管性能が担保されないケースに対応し、処分を見据えた廃棄体化に係る処理技術の基礎的検討を実施している。

- 既往技術であるセメント固化等の適用性を確認するため、処理を試行し、得られた固化体について、圧縮強度等の性能の評価を進めている。

#### 3. 「放射性廃棄物の処理・処分技術の開発」の進捗状況

##### ① 性状把握

処理・処分に向けた見通しを得るため、性状把握の一環としてガレキ等の核種分析を実施する。また、核種分析に必要な分析技術の開発を実施している。

- ガレキ等の分析試料(19 サンプル)を採取し、JAEA 東海にて処分の検討をする上で重要となる難測定長半減期α、β核種を中心とする核種分析を実施する(図4)。
- <sup>93</sup>Mo等の分析が難しい核種や高線量分析試料に対応するための分析技術開発(キャピラリー電気泳動法、レーザー共鳴電離質量分析法)を進めている。

##### ② 研究開発基盤整備に関する検討

得られた成果や情報を体系的かつ継続的に整理可能なデータベースの構築を進めるとともに、研究開発計画を策定する。

- 処分に関する安全性の見通しの確認に必要な処分概念、安全評価等に関する文献情報の収集・整理を実施するとともに、データベースの検討を進めている。
- 研究開発計画策定に向け、課題の抽出、研究開発項目の検討等を実施している。

#### 4. 国際協力

研究開発の実施にあたっては、米国、フランス、ウクライナ等との2国間協力や OECD/NEA の枠組みを活用しており、今後、IAEA との協力も予定している。引き続き、国内外の叡知を結集し研究開発を進めていく。

#### 5. まとめ

事故により発生した廃棄物を安全に処理・処分するための見通しを得るため、廃棄物の「性状把握」、「長期保管方策の検討」、「廃棄体化技術の検討」、「放射性廃棄物処分の安全性に関する検討」に関する技術開発を着実に進めている。

表 1. 水処理設備に関する分析の例

No.	試料名	採取日	放射能濃度(Bq/m)				
			<sup>238</sup> U	<sup>235</sup> U	<sup>239</sup> Pu	<sup>241</sup> Am	<sup>241</sup> Pu
1	集中FW地下高濃度水(滞留水)	2011/11/1	7.4×10 <sup>3</sup>	6.3×10 <sup>4</sup>	8.3×10 <sup>3</sup>	2.9×10 <sup>3</sup>	2.5×10 <sup>4</sup>
2	セシウム吸着塔処理後水(連続)	2011/9/9	1.1×10 <sup>1</sup>	1.5×10 <sup>2</sup>	2.7×10 <sup>2</sup>	1.2×10 <sup>2</sup>	8.3×10 <sup>2</sup>
3	セシウム吸着塔処理後水(単体)	2011/11/8	7.7×10 <sup>3</sup>	7.4×10 <sup>4</sup>	2.5×10 <sup>3</sup>	2.0×10 <sup>3</sup>	2.7×10 <sup>4</sup>
4	除染設備処理後水	2011/9/9	5.3×10 <sup>1</sup>	4.4×10 <sup>1</sup>	3.1×10 <sup>2</sup>	1.2×10 <sup>1</sup>	8.5×10 <sup>2</sup>
5	第二セシウム吸着塔処理後水	2011/11/8	ND	ND	1.6×10 <sup>1</sup>	1.0×10 <sup>1</sup>	1.3×10 <sup>1</sup>
6	濃水化装置出口水	2011/11/1	ND	ND	8.1×10 <sup>-1</sup>	4.0×10 <sup>-1</sup>	ND

ND:未検出  
上記以外に検出された核種:<sup>137</sup>Cs, <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Ba, <sup>134</sup>Ba, <sup>132</sup>Te, <sup>132</sup>I, <sup>132</sup>Xe, <sup>132</sup>Sr, <sup>132</sup>Zr, <sup>132</sup>Mo, <sup>132</sup>Sn, <sup>132</sup>Te, <sup>132</sup>I, <sup>132</sup>Xe, <sup>132</sup>Sr, <sup>132</sup>Zr, <sup>132</sup>Mo, <sup>132</sup>Sn

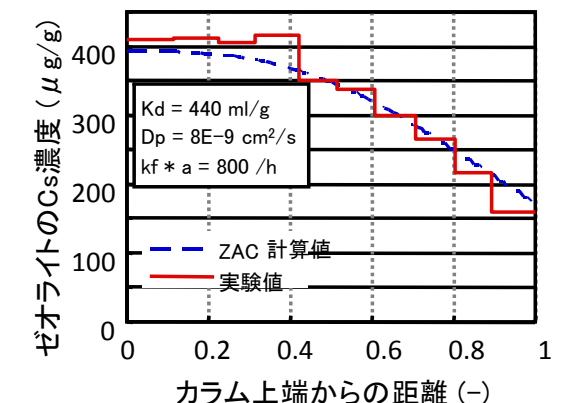


図3. セシウム吸着塔内のCs濃度分布(実験と計算の比較)



図4. 採取試料の例(コンクリート)

# 「汚染水処理に伴う二次廃棄物の処理・処分技術の開発」実績【資料3 補足資料】

## (1) 廃吸着材・スラッジ等の性状把握(その1)

### ① 廃吸着材・スラッジ等の性状把握

#### 1) 汚染水の分析

- 二次廃棄物中の核種組成を評価するため、滞留水及びその処理水(9試料)の分析を実施し、8月末までに終了した(図1、表1)。
- Sr等のFP核種が多量に存在するため、妨害核種の除去を目的に分析フローを一部変更し、分析方法の合理化・検出下限値の低減に成功した。
- 今年度の分析として、(1)放射能濃度の経時変化を評価することを目的として、採取時期の異なる滞留水2試料(2)検出限界値の低減を目的として、Cs量が少なく輸送時にサンプル量を多くすることができるRO濃縮水1試料を行う。

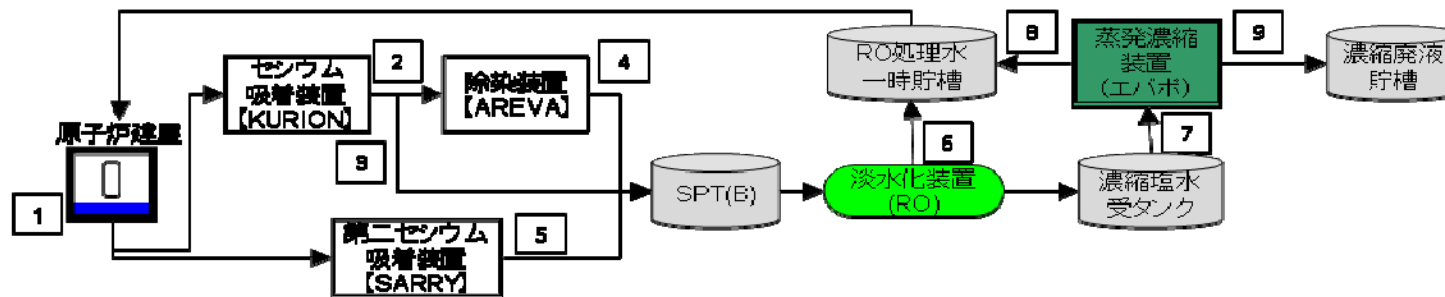


図1 水処理設備と試料の採取場所

表1 代表的な分析結果(抜粋)

No.	試料名	採取日	放射能濃度(Bq/ml)						
			<sup>60</sup> Co	<sup>137</sup> Cs	<sup>3</sup> H	<sup>63</sup> Ni	<sup>79</sup> Se	<sup>90</sup> Sr	<sup>129</sup> I
			(約5.3年)	(約30年)	(約12年)	(約1.0×10 <sup>2</sup> 年)	(約6.5×10 <sup>4</sup> 年)	(約29年)	(約1.6×10 <sup>7</sup> 年)
1	集中RW地下高汚染水(滞留水)	2011/11/1	4.9×10 <sup>0</sup>	7.4×10 <sup>5</sup>	3.3×10 <sup>3</sup>	6.3×10 <sup>-1</sup>	8.3×10 <sup>0</sup>	2.9×10 <sup>5</sup>	2.5×10 <sup>-1</sup>
2	セシウム吸着装置処理後水(連続)	2011/8/9	1.7×10 <sup>1</sup>	1.1×10 <sup>4</sup>	6.0×10 <sup>3</sup>	1.5×10 <sup>0</sup>	2.7×10 <sup>0</sup>	1.2×10 <sup>5</sup>	8.3×10 <sup>-2</sup>
3	セシウム吸着装置処理後水(単独)	2011/11/8	7.4×10 <sup>0</sup>	7.7×10 <sup>0</sup>	4.0×10 <sup>3</sup>	7.4×10 <sup>-1</sup>	2.5×10 <sup>0</sup>	2.0×10 <sup>5</sup>	2.7×10 <sup>-1</sup>
4	除染装置処理後水	2011/8/9	9.9×10 <sup>0</sup>	5.3×10 <sup>-1</sup>	6.3×10 <sup>3</sup>	4.4×10 <sup>-1</sup>	3.1×10 <sup>0</sup>	1.2×10 <sup>4</sup>	8.5×10 <sup>-2</sup>
5	第二セシウム吸着装置処理後水	2011/11/8	4.6×10 <sup>-1</sup>	<2.7×10 <sup>-1</sup>	3.3×10 <sup>3</sup>	<3.8×10 <sup>-1</sup>	1.6×10 <sup>1</sup>	1.0×10 <sup>5</sup>	1.3×10 <sup>-1</sup>
6	淡水化装置出口水	2011/11/1	<6.0×10 <sup>-2</sup>	<1.3×10 <sup>-1</sup>	3.9×10 <sup>3</sup>	<3.1×10 <sup>-1</sup>	8.1×10 <sup>-1</sup>	4.0×10 <sup>1</sup>	<2.1×10 <sup>-2</sup>
7	蒸発濃縮装置入口水	2011/11/1	1.4×10 <sup>1</sup>	6.6×10 <sup>0</sup>	6.1×10 <sup>3</sup>	1.1×10 <sup>0</sup>	3.0×10 <sup>0</sup>	2.3×10 <sup>4</sup>	1.8×10 <sup>-1</sup>
8	蒸発濃縮装置出口水	2011/11/1	<6.1×10 <sup>-2</sup>	<1.3×10 <sup>-1</sup>	5.4×10 <sup>3</sup>	<3.2×10 <sup>-1</sup>	7.8×10 <sup>-1</sup>	3.5×10 <sup>-1</sup>	<2.1×10 <sup>-2</sup>
9	蒸発濃縮装置濃縮水	2011/11/3	2.7×10 <sup>0</sup>	5.3×10 <sup>1</sup>	6.2×10 <sup>3</sup>	<3.1×10 <sup>-1</sup>	9.4×10 <sup>1</sup>	3.2×10 <sup>3</sup>	1.3×10 <sup>0</sup>

#### ■ 検出下限値未満の核種

- $\gamma$  核種: <sup>94</sup>Nb、<sup>152</sup>Eu、<sup>154</sup>Eu、
- $\beta$  核種: <sup>14</sup>C、<sup>36</sup>Cl、<sup>41</sup>Ca、<sup>59</sup>Ni、<sup>99</sup>Tc、
- $\alpha$  核種: <sup>233,234,235,236,238</sup>U、<sup>237</sup>Np、  
<sup>238,239,240,241,242</sup>Pu、  
<sup>241,242m,243</sup>Am、<sup>244,245,246</sup>Cm

※分析値には計数誤差、測定誤差を含む

# 「汚染水処理に伴う二次廃棄物の処理・処分技術の開発」実績

## (1) 廃吸着材・スラッジ等の性状把握(その2)

### 2) ゼオライトの性状調査

- 熱的特性を把握するため、種々のガス雰囲気におけるKURION社ハーシュライトの熱伝導率の測定を進めている(図2)。
- ゼオライト吸着塔内の放射能及び発熱分布を推定するための試験及び解析を進めている。吸着塔内の濃度分布推定のため、模擬試験及び吸着解析コード開発を進め、処理液分析値から塔内のセシウム濃度分布を推定する見通しを得た(図3)。

### 3) その他の廃棄物の性状調査

- 保管されているスラッジのサンプリングについて検討中。第二セシウム吸着装置及び多核種除去設備から発生する二次廃棄物の調査を進めている。

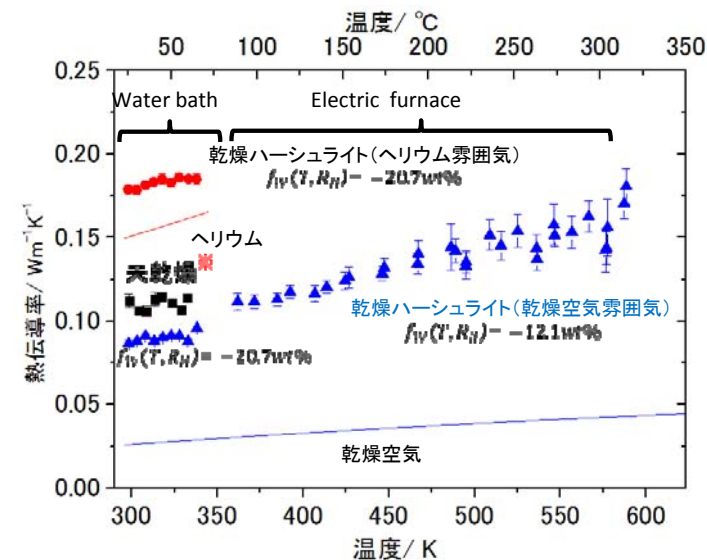


図2 ハーシュライトの熱伝導率測定結果

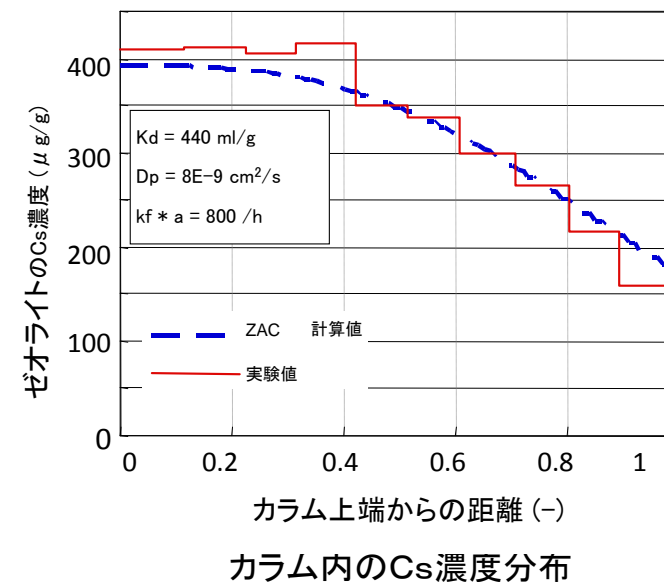
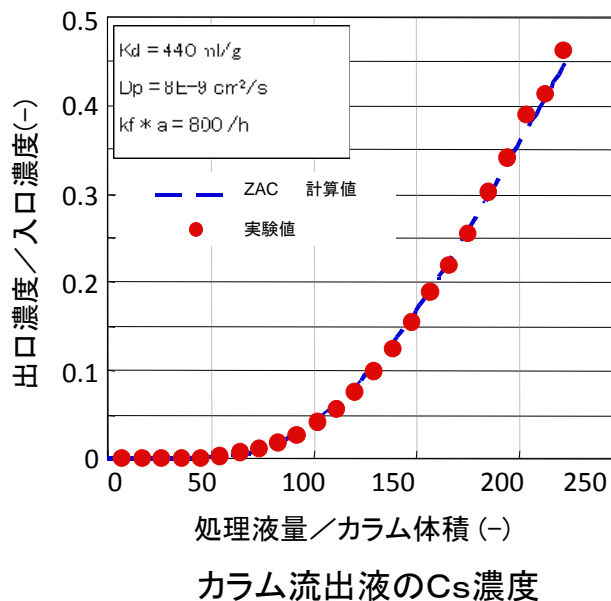
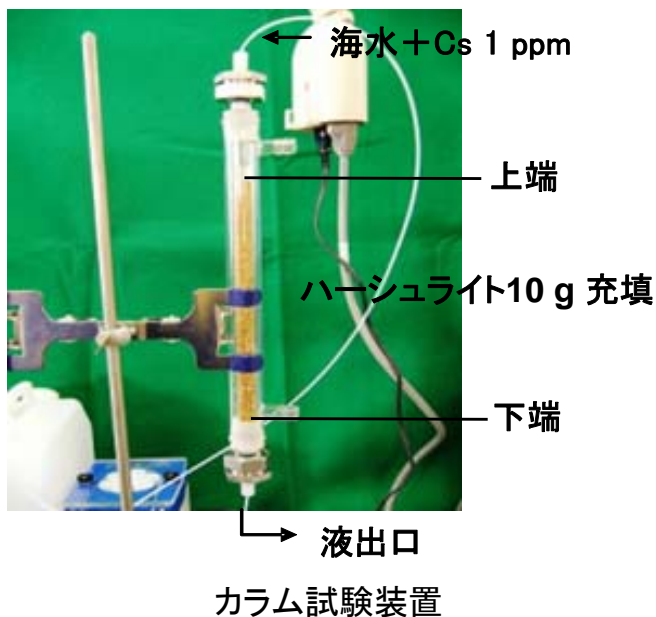


図3 セシウム吸着塔内のセシウム分布に関する模擬試験と解析の結果比較例

# 「汚染水処理に伴う二次廃棄物の処理・処分技術の開発」実績

## (2) 長期保管方策の検討・(3) 廃棄体化技術の検討

### ②長期保管方策の検討

#### 1)ゼオライト吸着塔の長期保管方策の検討

- ゼオライト吸着塔の水素発生、発熱に係わる基礎データを取得するとともに、実体系模擬試験による水素拡散解析結果の比較検証を進めている。各種ゼオライトからの水素発生量、熱物性値等の定量データ、実体系模擬試験等の結果をもとに、吸着塔内の温度分布、水素濃度分布を再評価した。また、各種ゼオライトを海水・純水中で照射した時の水素発生G値の測定を進めている。
- ゼオライト共存下での長期腐食試験に着手した。また、実機吸着塔を模擬したヘリウム混合ガスを用いた自然対流による空気置換試験装置の準備を進めている。

#### 2)スラッジの長期保管方策の検討

- 放射線、塩濃度、スラッジとの接触等の腐食因子を対象に、各種環境因子(溶存酸素、塩化物イオン濃度、スラッジ堆積の有無等)をパラメータとした電気化学試験ならびに浸漬試験を実施し、局部腐食の有無及び腐食進展速度の評価を進めている(図4)。

#### 3)第二セシウム吸着装置及び多核種除去設備の二次廃棄物の長期保管方策の検討

- 第二セシウム吸着塔及び多核種除去設備の二次廃棄物保管容器に関する情報の収集を進めている。

### ③廃棄体化技術の検討

- 平成24年度末の廃ゼオライト及びスラッジの廃棄体化技術調査の取りまとめに向け、技術調査、整理、評価を進めている。
- セメント固化等の廃棄体化基礎試験を進めている。

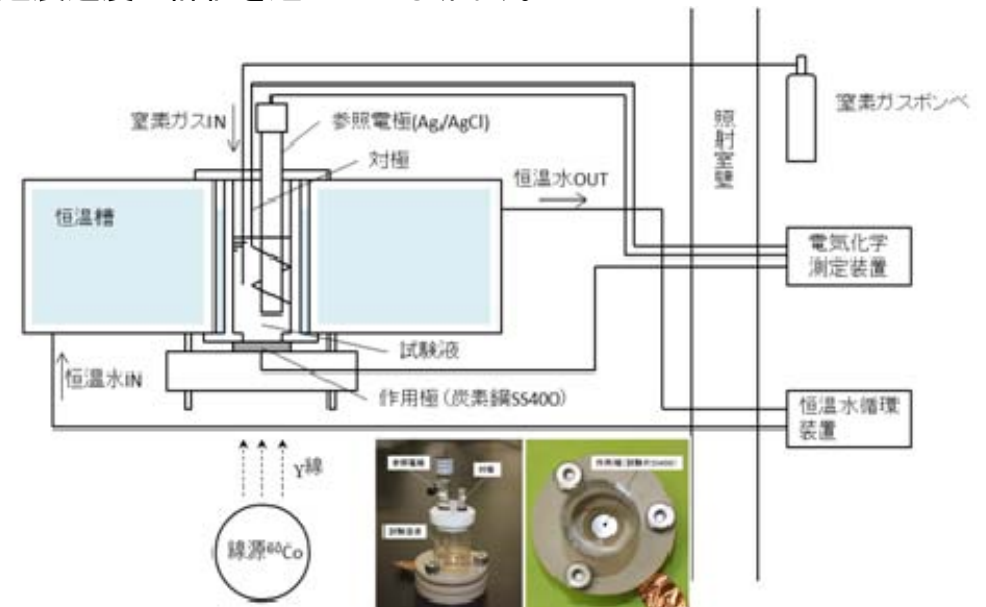


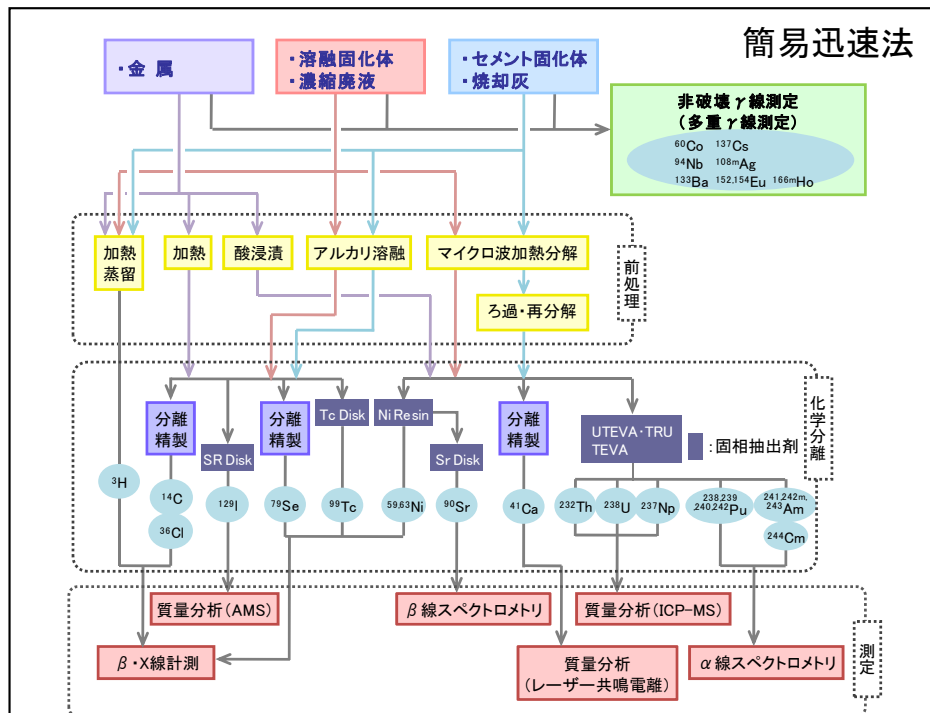
図4 スラッジ保管材料の腐食に関するγ線照射基礎試験装置

# 「放射性廃棄物の処理・処分技術の開発」実績

## (1) ガレキ等の性状調査等

### ① ガレキ等の性状調査等

- 福島第一原子力発電所から採取したガレキ・伐採木に対して、これまでに開発した分析法を適用し、事故廃棄物の核種組成を評価する。
- 本年度核種分析を行うガレキ試料及び伐採木試料のサンプリングを行った。また、次年度以降に分析を行う試料のサンプリングを進めている。
- 本年度核種分析を行う試料(ガレキ試料14サンプル、伐採木試料5サンプル)のJAEA東海への輸送の準備及び核種分析の準備を進めている。
- 輸送するガレキ試料には1F4号機使用済燃料プールから取出した未照射燃料集合体に付随してきたガレキ試料2サンプルが含まれており、廃棄物評価の観点から核種分析を行う予定。
- 今後分析を行う試料のサンプリング計画を作成した。



# 「放射性廃棄物の処理・処分技術の開発」実績

## (2) 難測定核種分析、研究開発基盤整備、計画の策定

### ②難測定核種分析技術の開発

- これまで分析経験のない<sup>93</sup>Mo及び<sup>93</sup>Zrの分析手法についての文献調査を進めている。
- 高線量廃棄物中のα線放出核種(Am、Cm等)や長半減期核種(<sup>93</sup>Mo等)に対して遠隔・自動化が可能なキャピラリー電気泳動法の開発(分離試薬の検討、分離・回収条件の検討等)及びレーザー共鳴電離質量分析法の開発(共鳴電離条件の検討、検出部高感度化等)を進めている。

### ③処理・処分にに関する研究開発基盤整備についての検討

- 処理・処分にに関する安全性の見通しの確認に必要な事項の国内外文献情報を収集・整理しつつ、これらの事項に関する課題、対応策等を検討している。
- 得られた研究開発成果や周辺情報を体系的かつ継続的に整理するために必要なデータベースを構築するための検討を行っている。

### ④処理・処分にに関する研究開発計画の策定

- 研究開発計画策定に向けた検討会を開催し、課題の抽出、研究開発項目の検討等を実施している。

### 主な実施項目

#### •国内外文献情報の収集・整理

##### 対象廃棄物

- 解体廃棄物
- 水処理二次廃棄物
- ガレキ、土壌、海底土、伐採木

##### 調査・検討項目

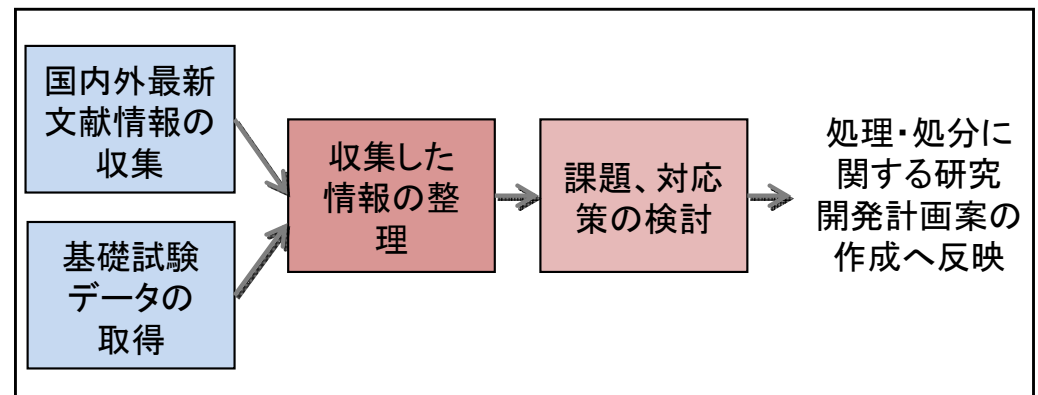
- 処理技術
- 廃棄体化技術
- 廃棄体仕様
- 処分概念
- 核種移行評価モデル
- データベース構築

#### •基礎試験データの取得

- 除染技術の適用性評価に向けた核種の浸透・収脱着のメカニズム分析(浸透深さ、偏在状況等)

#### •課題、対応策等の検討

- 収集情報、データに基づく課題の整理
- 課題解決に向けた対応策の検討



情報の収集・整理、技術的検討進め方