



プロジェクト5—①
汚染水処理に伴う二次廃棄物の処理・処分技術の開発
平成23年度成果概要

独立行政法人日本原子力研究開発機構
平成24年4月23日

(1) プロジェクトの背景、目的

福島第一原子力発電所で発生した大量の汚染水について、セシウム等の放射性核種の除去が喫緊の課題となっている。汚染水の浄化システムは、ゼオライトによるセシウム吸着、凝集沈殿及び淡水化の組み合わせで構成されているため、その処理に伴って廃ゼオライト、スラッジ及び濃縮廃液等の二次廃棄物が発生する。よって、中間貯蔵を経て廃棄体化の処分に至るまでの一連の作業を安全かつ合理的に実施するためには、二次廃棄物の性状評価、安全性評価、廃棄体化検討及び処分最適化検討等の研究開発を行うことが重要である。

- 廃ゼオライト及びスラッジ等の性状を把握する。
- これら廃棄物を長期間安定貯蔵するために必要なデータを取得し、長期間の保管方策案を提示する。
- これらの廃棄物を廃棄体化するための技術を検討する。

(2) 平成23年度における事業の目標

1. 廃ゼオライト・スラッジ等の性状把握

- 廃棄物中の放射性核種濃度の評価を目的とした、汚染水処理の各工程から処理水の核種分析の開始
- 二次廃棄物の性状にかかるデータの取得及び化学性状、含水率、熱伝導率及び熱的安定性等の評価
- セシウムの吸着試験データを収集・整理、放射エネルギーと発熱量の評価

2. 長期保管方策の検討

- 発熱量、水素ガス発生量、水素拡散等の評価
- 水素再結合触媒の性能確認
- 長期貯蔵容器検討/性能評価の準備

3. 廃棄体化技術検討

- 廃棄体化に向けた課題の整理
- 廃棄体化技術調査・検討
- 廃棄体化基礎試験(基礎試験準備)

2. 事業概要

○ 廃ゼオライト・スラッジ等の性状調査

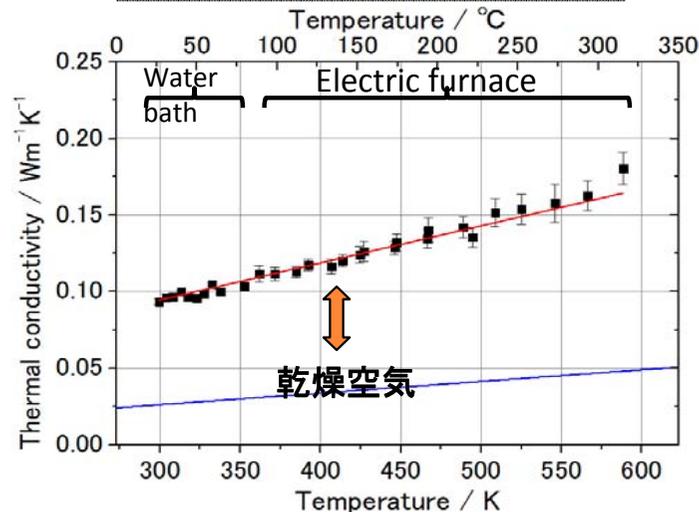
1) 核種組成分析

廃棄物中の放射性核種濃度の評価を目的として、汚染水の核種分析を開始した。今年度は、濃度の高い γ 線放出核種の分析を実施した。

2) 廃ゼオライトの性状調査:

- ・化学性状、含水率、熱伝導率及び熱的安定性の評価をKURION吸着剤について実施した。
- ・セシウムの吸着試験データを収集・整理し、放射エネルギーと発熱量の評価を実施した。

ゼオライトの熱伝導率測定



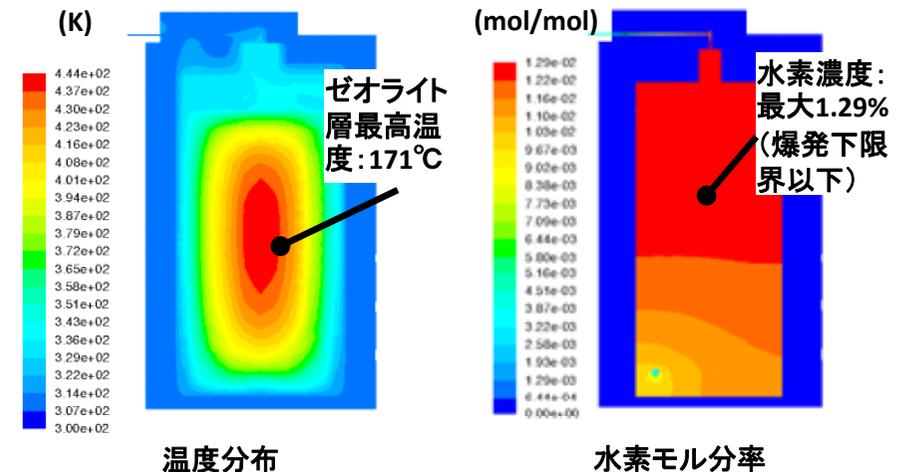
- ・伝導性は空気の数倍低い。
- ・ゼオライト粒子の隙間ガス(蒸気)の影響が重要。ガスは中心部の熱を容器壁面に伝達する作用がゼオライトよりも高い可能性あり。

○ 長期保管方策の検討

- ・水素発生試験及び評価、容器内の水素拡散解析を実施した。
- ・水素再結合触媒の性能確認試験を実施した。
- ・長期保管容器の腐食の評価に使用する試験機器等を整備した。

水素拡散解析

KURION吸着塔内で発生する水素の塔内3次元拡散解析を実施した。



- ・ゼオライト層温度は、最高171°Cで水素の自己着火温度(約560°C)以下。
- ・水出口管から空気が流入し、水入口管から水素が排出する一種のサイフォン現象によって、塔内水素濃度は1.3%以下に静定(爆発下限界4%以下)。

解析誤差に関して、実体系での実証試験による確認未着手

2. 事業概要



○廃棄体化技術検討

- ・廃棄物の性状調査結果及び処分要件・技術基準をもとに、廃棄体化に向けた課題を整理した。
- ・既存技術の廃棄体化技術に関する調査を実施した。
- ・ゼオライト等の予備的なセメント固化、ガラス固化試験を実施した。

廃棄体化に向けた課題の整理

発生廃棄物の情報、廃棄体の処分区分毎の技術基準や要件に基づき、廃棄体化技術検討における課題を整理し、廃棄体化技術選定のための検討項目及び基礎試験における実施項目をとりまとめた。

廃棄体化技術調査・検討

抽出した課題や廃棄物情報をもとに、廃ゼオライトおよびスラッジ等の廃棄体化に適用可能な技術候補を調査した。

放射性廃棄物の廃棄体化実績のあるセメント固化およびガラス固化による廃棄体化技術が有利。

ゼオライトのガラス固化予備試験



溶融前



溶融後

ゼオライトの充填率80%でかつ高減容率(0.3~0.4)でガラス固化体を作製できる可能性を示す結果が得られた。

3. 今後の計画



(1) 平成24年度以降の全体計画

必要性

福島第一原子力発電所で発生した大量の汚染水について、セシウム等の放射性核種の除去が喫緊の課題となっている。汚染水の浄化システムは、ゼオライトによるセシウム吸着、凝集沈殿及び淡水化の組み合わせで構成されているため、その処理に伴って廃ゼオライト、スラッジ及び濃縮廃液等の二次廃棄物が発生する。よって、中間貯蔵を経て廃棄体化の処分に至るまでの一連の作業を安全かつ合理的に実施するためには、二次廃棄物の性状評価、安全性評価、廃棄体化検討及び処分最適化検討等の研究開発を行うことが重要である。

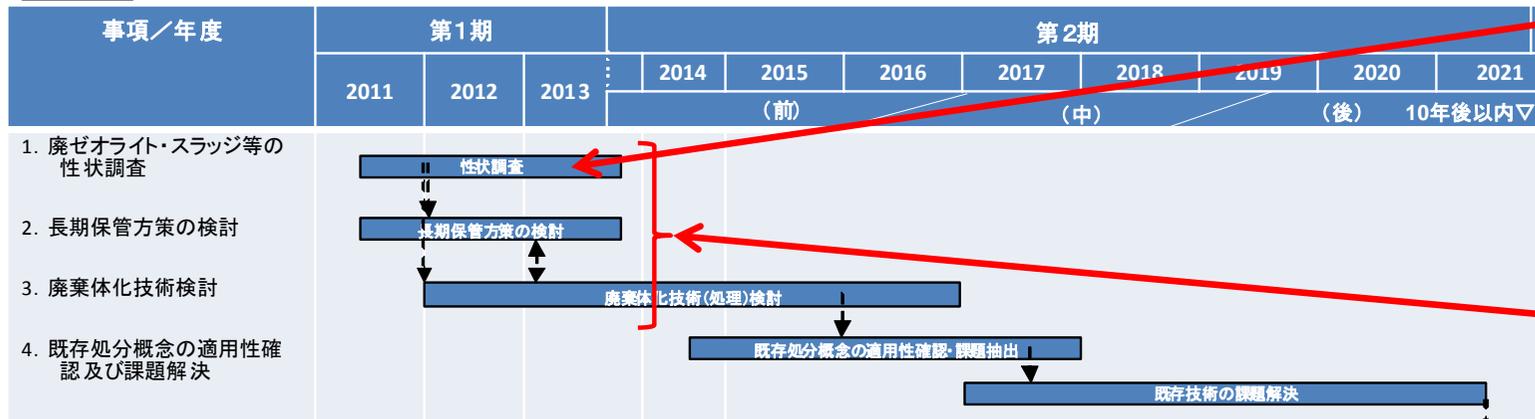
実施内容

1. 廃ゼオライト・スラッジ等の性状調査
 - ・長期保管可能な方策検討や処理・処分技術の開発に必要な処分対象物の性状を把握するため、放射能濃度分析等の調査を行う。
2. 長期保管方策の検討
 - ・汚染水処理に伴う二次廃棄物は、処理・処分技術の確立まで安定に保管する必要があるため、水素発生、発熱及び腐食等、長期保管に向けた対策を検討する。
3. 廃棄体化技術検討
 - ・既存の処理技術(廃棄体化技術)を基に、固型化等、廃棄体化に必要な技術を開発するとともに、廃棄体性能に関する調査を行う。
4. 既存処分概念の適用性及び課題解決
 - ・3. で得られた廃棄体性能に関する知見を基に、既存の処分概念の適用性を確認し、処理・処分に必要な課題の抽出及び課題の解決を行う。
 - ・既存の処分概念適用が困難な廃棄物は、(3-2)で引き続き技術開発を実施する。

候補となる技術例

要素技術	適用例
廃棄体化技術 (セメント固化)	低レベル放射性廃棄物
廃棄体化技術 (ガラス固化)	返還廃棄物
処分容器技術 (ドラム缶)	低レベル放射性廃棄物
処分容器技術	
処分概念 (浅地中トレンチ処分)	-
処分概念 (浅地中ピット処分)	低レベル放射性廃棄物 (六ヶ所埋設センター)
処分概念 (余裕深度処分)	-
処分概念 (地層処分)	-

実施工程



汚染水処理水の核種分析の実施計画及び分析手法の研究開発の計画を検討し、性状調査の実施工程を見直す。

SARRY吸着剤、蒸発濃縮装置濃縮廃液及び新たに設置される多核種除去設備の運転により生ずる廃棄物について、性状調査、長期保管方策の検討、廃棄体化技術検討の計画を検討し、実施工程を見直す。

(3-2)へ

3. 今後の計画



(2)認識している課題と対処方針

- 処理水の核種分析において、現状の分析法では測定が困難な核種が見出されている。平成24年度に分析法の開発を実施する。
- 新たな汚染水処理システム(SARRY、多核種除去設備)から二次廃棄物が発生する。これらの処理処分技術開発を今後の計画に反映させる。
- ワーキングチーム内において、汚染水処理に伴う二次廃棄物の処理・処分技術の開発に必要な情報が、十分に入手できていないとの評価がある。情報入手の仕組みを再検討し、有効な仕組みに改善する。

(3)平成24年度事業計画及び見直しの方向性

1. 廃ゼオライト・スラッジ等の性状把握

- 分析技術の開発を含め、汚染水処理の各工程から処理水の核種分析を継続する。
- 前年度に引き続き、廃ゼオライト・スラッジ等の性状把握のため試験を継続する。
- 新たな汚染水処理システムから発生する二次廃棄物の性状把握のためのデータ収集及び試験を開始する。

2. 長期保管方策の検討

- 前年度に引き続き、廃ゼオライト・スラッジ等の長期保管方策のため検討、試験を継続する。
- 新たな汚染水処理システムから発生する二次廃棄物の長期保管方策の検討のための検討及び試験を開始する。

3. 廃棄体化技術検討

- 廃前年度に引き続き、廃ゼオライト・スラッジ等の棄体化技術調査・検討を継続する。
- 廃棄体化基礎試験を開始する。
- 新たな汚染水処理システムから発生する二次廃棄物の廃棄体化のための検討を開始する。

3. 今後の計画



(4)平成24年度の実施体制

日本原子力研究開発機構

原科研・核サ研・大洗研福島技術開発特別チーム
バックエンド推進部門

東海研究開発センター

(原子力科学研究所・核燃料サイクル工学研究所)

第4研究棟



- ・廃棄物特性評価試験
- ・放射能分析

再処理技術開発センター
分析施設



- ・放射能分析

高レベル放射性物質研究施設



- ・廃棄物特性評価試験
- ・放射能分析

高崎量子応用研究所

⁶⁰Co第1照射棟



- ・γ線照射試験

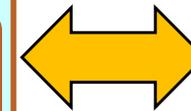
大洗研究開発センター

水素製造試験施設



- ・廃棄物からの水素発生評価
- ・水素拡散解析

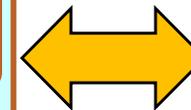
- 廃棄物処理・処分、放射能分析、流体力学、等多くの分野の研究者・技術者が連携
- 機構内の試験研究施設を用いて研究開発を実施



連携協力

東京電力(株)

- 福島第一原子力発電所で発生する廃棄物に関する各種の情報、等



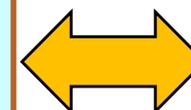
連携協力

国内関連機関

(日本原燃(株)、電力中央研究所、原子力環境整備促進・資金管理センター、等)

メーカー各社

- 技術情報・ノウハウ



情報交換

海外研究機関等

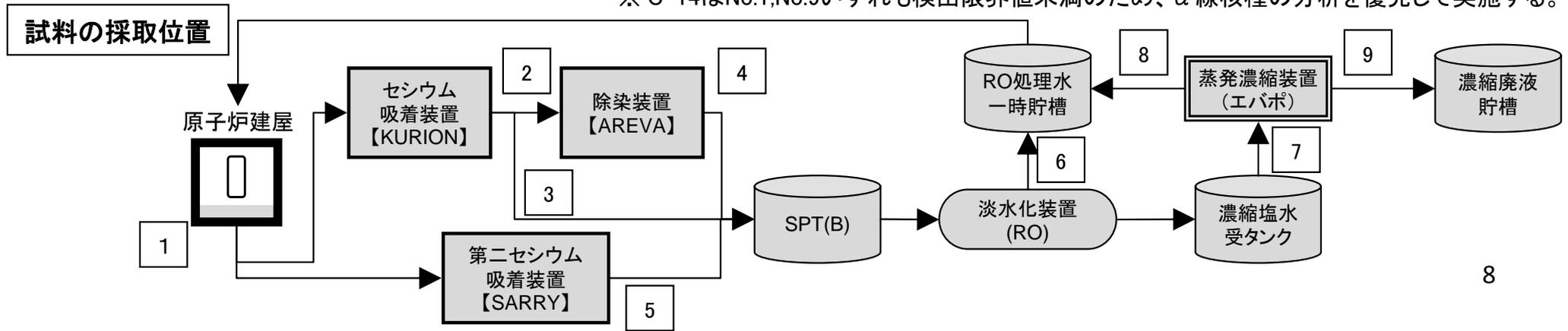
- 環境回復技術等に関する研究成果
- 処理・処分に関する技術情報

廃ゼオライト・スラッジ等の性状調査(核種分析結果)

廃棄物中の放射性核種濃度の評価を目的として、汚染水処理の各工程から処理水を採取し、採取した試料水中の核種分析を実施中。

No.	試料名	試料採取日	放射能濃度(Bq/ml)					2012年1月19日補正值	
			γ線核種 (半減期)					β線核種 (半減期)	
			Co-60 (約5年)	Cs-137 (約30年)	Nb-94 (約2×10 ⁴ 年)	Eu-152 (約14年)	Eu-154 (約9年)	H-3 (約12年)	C-14 [※] (約5730年)
1	集中RW地下高汚染水 (滞留水)	11月1日	4.9 × 10 ⁰	7.4 × 10 ⁵	<1.3 × 10 ⁻¹	<4.6 × 10 ⁻¹	<2.5 × 10 ⁻¹	3.3 × 10 ³	<2.0 × 10 ⁻¹
2	セシウム吸着装置 処理後水(連続)	8月9日	1.7 × 10 ¹	1.1 × 10 ⁴	<1.8 × 10 ⁻¹	<4.7 × 10 ⁻¹	<3.5 × 10 ⁻¹	6.0 × 10 ³	—
3	セシウム吸着装置 処理後水(単独)	11月8日	7.4 × 10 ⁰	7.7 × 10 ⁰	<1.5 × 10 ⁻¹	<3.9 × 10 ⁻¹	<2.7 × 10 ⁻¹	4.0 × 10 ³	—
4	除染装置処理後水	8月9日	9.9 × 10 ⁰	5.3 × 10 ⁻¹	<1.0 × 10 ⁻¹	<3.5 × 10 ⁻¹	<2.2 × 10 ⁻¹	6.3 × 10 ³	—
5	第二セシウム吸着装置 処理後水	11月8日	4.6 × 10 ⁻¹	<2.7 × 10 ⁻¹	<1.6 × 10 ⁻¹	<5.0 × 10 ⁻¹	<3.2 × 10 ⁻¹	3.3 × 10 ³	—
6	淡水化装置出口水	11月1日	<6.0 × 10 ⁻²	<1.3 × 10 ⁻¹	<5.6 × 10 ⁻²	<2.3 × 10 ⁻¹	<1.6 × 10 ⁻¹	3.9 × 10 ³	—
7	蒸発濃縮装置入口水	11月1日	1.4 × 10 ¹	6.6 × 10 ⁰	<1.3 × 10 ⁻¹	<3.9 × 10 ⁻¹	<2.5 × 10 ⁻¹	6.1 × 10 ³	—
8	蒸発濃縮装置出口水	11月1日	<6.1 × 10 ⁻²	<1.3 × 10 ⁻¹	<5.7 × 10 ⁻²	<2.1 × 10 ⁻¹	<1.5 × 10 ⁻¹	5.4 × 10 ³	—
9	蒸発濃縮装置濃廃水	11月3日	2.7 × 10 ⁰	5.3 × 10 ¹	<8.7 × 10 ⁻²	<4.8 × 10 ⁻¹	<2.1 × 10 ⁻¹	6.2 × 10 ³	<2.0 × 10 ⁻¹

※ C-14はNo.1, No.9いずれも検出限界値未満のため、α線核種の分析を優先して実施する。



廃ゼオライト・スラッジ等の性状調査(核種分析結果の計数誤差)

廃棄物中の放射性核種濃度の評価を目的として、汚染水処理の各工程から処理水を採取し、採取した試料水中の核種分析を実施中。

No.	試料名	試料採取日	放射能濃度 (Bq/ml)						2012年1月19日補正值	
			γ線核種 (半減期)					β線核種 (半減期)		
			Co-60 (約5年)	Cs-137 (約30年)	Nb-94 (約2×10 ⁴ 年)	Eu-152 (約14年)	Eu-154 (約9年)	H-3 (約12年)	C-14 [※] (約5730年)	
1	集中RW地下高汚染水 (滞留水)	11月1日	±0.4 × 10 ⁰	±0.01 × 10 ⁵	—	—	—	±0.003 × 10 ³	—	
2	セシウム吸着装置 処理後水(連続)	8月9日	±0.1 × 10 ¹	±0.002 × 10 ⁴	—	—	—	±0.004 × 10 ³	—	
3	セシウム吸着装置 処理後水(単独)	11月8日	±0.09 × 10 ⁰	±0.1 × 10 ⁰	—	—	—	±0.003 × 10 ³	—	
4	除染装置処理後水	8月9日	±0.09 × 10 ⁰	±0.6 × 10 ⁻¹	—	—	—	±0.004 × 10 ³	—	
5	第二セシウム吸着装置 処理後水	11月8日	±0.4 × 10 ⁻¹	—	—	—	—	±0.003 × 10 ³	—	
6	淡水化装置出口水	11月1日	—	—	—	—	—	±0.003 × 10 ³	—	
7	蒸発濃縮装置入口水	11月1日	±0.01 × 10 ¹	±0.09 × 10 ⁰	—	—	—	±0.004 × 10 ³	—	
8	蒸発濃縮装置出口水	11月1日	—	—	—	—	—	±0.004 × 10 ³	—	
9	蒸発濃縮装置濃廃水	11月3日	±0.05 × 10 ⁰	±0.02 × 10 ¹	—	—	—	±0.004 × 10 ³	—	

※ C-14はNo.1, No.9いずれも検出限界値未満のため、α線核種の分析を優先して実施する。

