



平成 30 年度 研究開発・評価報告書

評価課題「核燃料物質の再処理に関する技術開発(ガラス固化技術)」、
「原子力施設の廃止措置及び関連する技術開発」及び
「放射性廃棄物処理処分及び関連する技術開発」(中間評価)

Assessment Report on “Development of Spent Fuel Reprocessing Technology
(Vitrification of High-level Radioactive Waste)”,

“Implementation and Technological Development of Decommissioning of Nuclear Facilities” and

“Implementation and Technological Development of Radioactive Waste Processing and Disposal”

(Interim Report)

核燃料・バックエンド研究開発部門

Sector of Nuclear Fuel, Decommissioning and Waste Management Technology Development

August 2019

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Evaluation

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<https://www.jaea.go.jp>)
より発信されています。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究連携成果展開部 研究成果管理課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方2番地4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Institutional Repository Section,
Intellectual Resources Management and R&D Collaboration Department,
Japan Atomic Energy Agency.
2-4 Shirakata, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2019

平成 30 年度 研究開発・評価報告書
評価課題「核燃料物質の再処理に関する技術開発（ガラス固化技術）」、
「原子力施設の廃止措置及び関連する技術開発」
及び「放射性廃棄物処理処分及び関連する技術開発」
(中間評価)

日本原子力研究開発機構
核燃料・バックエンド研究開発部門

(2019 年 6 月 7 日 受理)

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」という。）は、「国の研究開発評価に関する大綱的指針（平成 28 年 12 月 21 日 内閣総理大臣決定）」及び「文部科学省における研究及び開発に関する評価指針（平成 29 年 4 月 1 日 文部科学大臣最終改定）」、並びに原子力機構の「研究開発課題評価実施規程」（平成 30 年 3 月 29 日 改正）等に基づき、「核燃料物質の再処理に関する技術開発（ガラス固化技術）」、「原子力施設の廃止措置及び関連する技術開発」及び「放射性廃棄物処理処分及び関連する技術開発」に関する中間評価を研究開発・評価委員会（バックエンド対策研究開発・評価委員会）に諮問した。

これを受けて、バックエンド対策研究開発・評価委員会は、委員会にて評価方法を定め、「研究開発の進捗状況の妥当性」、「情勢変化に対応した研究開発の目的・目標・進め方など」、「効果・効用（アウトカム）の暫定的確認」の観点から中間評価を行い、妥当であると評価した。

本報告書は、研究開発・評価委員会（バックエンド対策研究開発・評価委員会）が「国の研究開発評価に関する大綱的指針」等に基づき実施した外部評価の結果を取りまとめたものである。
旧本部事務所：〒319-1112 茨城県那珂郡東海村大字村松 4-49

Assessment Report on “Development of Spent Fuel Reprocessing Technology (Vitrification of High-level Radioactive Waste)”, “Implementation and Technological Development of Decommissioning of Nuclear Facilities” and “Implementation and Technological Development of Radioactive Waste Processing and Disposal” (Interim Report)

Sector of Nuclear Fuel, Decommissioning and Waste Management Technology Development
Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received June 7, 2019)

Japan Atomic Energy Agency (hereinafter referred to as “JAEA”) consulted the “Evaluation Committee for Decommissioning and Radioactive Waste Management” (hereinafter referred to as “Committee”) to perform the interim evaluation of “Technology development related to spent fuel reprocessing (vitrification technology of high-level radioactive liquid waste)” project, “Decommissioning of nuclear facilities and associated technology development” project and “Radioactive waste treatment and disposal and associated technology development” project in accordance with the “Guideline for evaluation of government R&D activities”, the “Guideline for evaluation of R&D in Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)” and the “Operational rule for evaluation of R&D activities” by JAEA.

In response to JAEA’s request, the Committee assessed each project results in the view points of execution method, plans, outcomes and so on. As a result of review, the Committee concluded that each project is reasonable in accordance with the evaluation method having been decided by the Committee.

Keywords : Decommissioning, Radioactive Waste Management

This evaluation report presents the results of third-party evaluation conducted on the basis of “General guideline for evaluation of government R&D activities”, etc.

目次

1. 概要	1
2. バックエンド対策研究開発・評価委員会の委員構成	2
3. 審議経過	3
4. 評価方法	4
5. 評価結果（答申書）	7
付録（日本原子力研究開発機構作成資料）	23

Contents

1. Overview	1
2. Evaluation Committee for Decommissioning and Radioactive Waste Management	2
3. Status of assessment	3
4. Procedure of assessment	4
5. Results of assessment (Committee Report)	7
Appendix (documents owned by Japan Atomic Energy Agency)	23

This is a blank page.

1. 概要

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（原子力機構）は、「国の研究開発評価に関する大綱的指針（平成 28 年 12 月 21 日内閣総理大臣決定）」及び「文部科学省における研究及び開発に関する評価指針（平成 29 年 4 月 1 日文部科学大臣最終改定）」、並びに原子力機構の「研究開発課題評価実施規程」（平成 30 年 3 月 29 日改正）等に基づき、「核燃料物質の再処理に関する技術開発（ガラス固化技術）」、「原子力施設の廃止措置及び関連する技術開発」及び「放射性廃棄物処理処分及び関連する技術開発」に関する中間評価を研究開発・評価委員会（バックエンド対策研究開発・評価委員会）に諮問した。

これを受けて、バックエンド対策研究開発・評価委員会は、委員会にて評価方法を定め、原子力機構から提出された課題説明資料、補足説明資料及び本委員会における議論を踏まえ、諮問内容についての評価を実施した。委員会は計 2 回開催され、その結果、第 3 期中期計画における「核燃料物質の再処理に関する技術開発（ガラス固化技術）」、「原子力施設の廃止措置及び関連する技術開発」及び「放射性廃棄物処理処分及び関連する技術開発」については妥当であると評価した。

本報告書は、バックエンド対策研究開発・評価委員会が「国の研究開発評価に関する大綱的指針」等に基づき実施した中間評価の結果を取りまとめたものである。

2. バックエンド対策研究開発・評価委員会の委員構成

本委員会は平成 18 年 1 月 1 日に設置され、以下の 11 名の委員で構成されている。

委員長	井口 哲夫	名古屋大学大学院 工学研究科 エネルギー理工学専攻 教授
委員 (五十音順)	浅沼 徳子	東海大学 工学部 原子力工学科 准教授
	出光 一哉	九州大学大学院 工学研究院 エネルギー量子工学部門 エネルギー物質科学 教授
	稲垣 裕亮	公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター 企画部長
	大森 武	電気事業連合会 原子燃料サイクル事業推進本部長
	桐島 陽	東北大学 多元物質科学研究所 准教授
	小崎 完	北海道大学大学院 工学研究院 エネルギー環境システム部門 教授
	佐々木隆之	京都大学大学院 工学研究科 原子核工学専攻 教授
	枋山 修	公益財団法人原子力安全研究協会 技術顧問
	野口 裕史	日本原子力発電株式会社 廃止措置プロジェクト推進室 環境整備グループ グループマネージャー
	室本 純孝	日本原燃株式会社 埋設事業部 埋設計画部長

3. 審議経過

- (1) 諮問：平成 30 年 10 月 10 日

- (2) 平成 30 年度 第 1 回目委員会：平成 30 年 12 月 12 日
(バックエンド対策研究開発・評価委員会としては第 27 回)
 - 第 3 期中長期計画（平成 27 年度～33 年度）における中間評価の進め方について説明・決定
 - 「核燃料物質の再処理に関する技術開発（ガラス固化技術）」について説明・質疑応答
 - 「原子力施設の廃止措置及び関連する技術開発」について説明・質疑応答
 - 「放射性廃棄物処理処分及び関連する技術開発」について説明・質疑応答

- (3) 平成 30 年度 第 2 回目委員会：平成 31 年 2 月 13 日
(バックエンド対策研究開発・評価委員会としては第 28 回)
 - 研究開発課題に関する中間評価の審議

- (4) 評価結果の取りまとめ
上記の審議結果に基づき、委員長が評価結果を取りまとめ、全委員の合意のもと答申書を作成

- (5) 答申：平成 31 年 3 月 1 日

4. 評価方法

中間評価にあたっては、以下の評価計画について事務局より、バックエンド対策研究開発・評価委員会にて説明を行い、各委員の了承を得て進めた。

4.1 はじめに

原子力機構では、原子力施設の廃止措置及び放射性廃棄物の処理処分を計画的に遂行するとともに、関連するバックエンド対策研究開発を実施している。

バックエンド対策研究開発・評価委員会は、原子力機構が進めるバックエンド対策研究開発の評価及び助言を行うことを目的とし、原子力機構の発足とともに平成 17 年度に原子力機構の外部委員会として設置され、これまでに年度ごとの評価及び助言を行っている。

原子力機構は、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」等に基づき、平成 30 年 10 月 10 日に「核燃料物質の再処理に関する技術開発（ガラス固化技術）」、「原子力施設の廃止措置及び関連する技術開発」及び「放射性廃棄物処理処分及び関連する技術開発」に関する中間評価を本評価委員会に諮問した。バックエンド対策研究開発・評価委員会はこれを受け、平成 27～30 年度までのバックエンド対策研究開発の進捗状況やアウトカム等について中間評価を実施した。

4.2 評価対象

平成 30 年度に実施した研究開発及び事業推進に係る中間評価の対象は、

- | | |
|-----------------------------|------|
| ・核燃料物質の再処理に関する技術開発（ガラス固化技術） | 5 項目 |
| ・原子力施設の廃止措置及び関連する技術開発 | 5 項目 |
| ・放射性廃棄物処理処分及び関連する技術開発 | 3 項目 |

であり、詳細については、以下の「平成 30 年度バックエンド対策研究開発・評価委員会中間評価対象項目」に示す。

平成 30 年度 バックエンド対策研究開発・評価委員会 中間評価対象項目

核燃料物質の再処理に関する技術開発（ガラス固化技術）	東海再処理施設の廃止措置及び技術開発
	① 廃止措置に向けた準備
	② TVF における高放射性廃液のガラス固化処理に係る実施状況
	③ 高放射性固体廃棄物の遠隔取出しに係る技術開発
	④ LWTF の施設整備状況（セメント混練試験を含む）
	⑤ ガラス固化技術の高度化に係る技術開発
原子力施設の廃止措置及び関連する技術開発	原科研の廃止措置（ホットラボ、液体処理場、再処理特別研究棟、JRR-4、TRACY、TCA）の実施状況について
	「ふげん」の廃止措置
	① 原子炉周辺設備の解体、クリアランス測定及び知識マネジメントシステム
	② 炉内試料採取技術の実証及びレーザー切断技術開発
	人形峠環境技術センターの廃止措置
	① 濃縮工学施設、ウラン濃縮原型プラント、製錬転換施設の廃止措置
	② ウラン廃棄物のクリアランス測定技術
大洗研究所の廃止措置	
① 重水臨界実験装置（DCA）の廃止措置に関する実施状況について	
② JMTR 施設における廃止措置計画の準備状況	
廃止措置の推進のための検討	
放射性廃棄物処理処分及び関連する技術開発	固体廃棄物減容処理施設（OWTF）の建設
	廃棄体製作に向けた検討
	① 拠点の品質保証体制の構築に関する検討
	② 放射能濃度評価の合理化に関する検討
人形峠環境技術センターにおける環境研究及びウラン廃棄物工学研究の実施状況について	
① 人形峠環境研究	
② ウラン廃棄物工学研究	

4.3 評価項目及び評価基準

評価項目については、「研究開発の進捗状況」、「情勢変化に対応した研究開発の目的・目標・進め方など」、「効果・効用（アウトカム）」の3つの観点から評価を行った。

また、評価基準については、以下の5段階で実施した。

- S：特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる
- A：顕著な成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が認められる
- B：成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が認められ、着実な業務運営がなされている
- C：より一層の工夫、改善等が期待される
- D：抜本的な見直しを含め特段の工夫、改善等が求められる

4.4 評価作業手順

- (1) 平成30年度第1回目のバックエンド対策研究開発・評価委員会における審議
 - ① 第3期中長期計画における中間評価の進め方についての説明・決定
 - ② 以下の研究開発課題に関する平成30年度計画の実施状況及び第3期中長期計画に対する進捗状況の説明（参考資料2-1～2-3）・質疑応答
 - ・「核燃料物質の再処理に関する技術開発（ガラス固化技術）」
 - ・「原子力施設の廃止措置及び関連する技術開発」
 - ・「放射性廃棄物処理処分及び関連する技術開発」
- (2) 平成30年度第1回目の評価委員会終了後の作業
 - ・委員：評価項目に対する実施状況等についての追加質問の提出
 - ・事務局：追加質問への回答作成及び委員への送付
 - ・委員：説明資料、質疑内容、追加質問に対する回答等を踏まえ、各評価項目についての評価シート（評価結果、意見等）の提出
 - ・事務局：評価シートの取りまとめ、中間評価の「答申書（案）」の作成
- (3) 平成30年度第2回目のバックエンド対策研究開発・評価委員会における審議
 - ① 評価シート（評価結果、意見等）について説明・確認
 - ② 委員の総意を取りまとめた「答申書（案）」の審議
- (4) 評価結果のまとめ
 - ・委員長：上記の審議結果に基づき、委員会として中間評価結果を取りまとめ、原子力機構理事長に答申

5. 評価結果（答申書）

平成 31 年 3 月 1 日

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構
理事長 児玉 敏雄 殿

研究開発・評価委員会

（バックエンド対策研究開発・評価委員会）

委員長 井口 哲夫



研究開発課題の中間評価結果について（答申）

平成 30 年 10 月 10 日付貴発「30 原機（B）012」において諮問のありました下記の研究開発課題の中間評価について、その評価結果を別紙のとおり答申します。

記

研究開発課題

- ・「核燃料物質の再処理に関する技術開発（ガラス固化技術）」
- ・「原子力施設の廃止措置及び関連する技術開発」
- ・「放射性廃棄物処理処分及び関連する技術開発」

別紙：第 3 期中長期計画における研究開発課題に対する中間評価

以上

This is a blank page.

(別紙)

第 3 期中長期計画における研究開発課題に対する中間評価

平成 31 年 3 月 1 日

バックエンド対策研究開発・評価委員会

目次

1. はじめに	11
2. バックエンド対策研究開発・評価委員会委員名簿	12
3. 評価の方法	13
4. 総合中間評価結果	14

別添 1 「核燃料物質の再処理に関する技術開発（ガラス固化技術）」の中間評価結果

別添 2 「原子力施設の廃止措置及び関連する技術開発」の中間評価結果

別添 3 「放射性廃棄物処理処分及び関連する技術開発」の中間評価結果

1. はじめに

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」という。）では、原子力施設の廃止措置及び放射性廃棄物の処理処分を計画的に遂行するとともに、関連する技術開発（以下、「バックエンド対策研究開発」という。）を実施している。

バックエンド対策研究開発・評価委員会は、原子力機構が進めるバックエンド対策研究開発の評価及び助言を行うことを目的とし、原子力機構の外部委員会として設置され、これまでに年度ごとの評価及び助言を行っている。

原子力機構は、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成 28 年 12 月 21 日内閣総理大臣決定）等に基づき、平成 30 年 10 月 10 日に「核燃料物質の再処理に関する技術開発（ガラス固化技術）」、「原子力施設の廃止措置及び関連する技術開発」及び「放射性廃棄物処理処分及び関連する技術開発」に関する中間評価を本評価委員会に諮問した。

これを受けて、平成 30 年 12 月 12 日に開催した第 27 回評価委員会において、平成 27～30 年度までのバックエンド対策研究開発の進捗状況やアウトカム等について、原子力機構から説明を受けた後、平成 31 年 2 月 13 日に開催した第 28 回評価委員会において、各委員から提出された評価について討議し、本委員会の中間評価として本答申書を取り纏めた。

本評価委員会による評価や意見が、今後のバックエンド対策研究開発の更なる発展に役立てられることを切に願う。また、本評価委員会の委員各位には、多忙を極める中で、非常に熱心に評価に携わって頂いた。各位のご尽力に深甚の謝意を表す。

平成 31 年 3 月 1 日
バックエンド対策研究開発・評価委員会
委員長 井口 哲夫

2. バックエンド対策研究開発・評価委員会委員名簿

	氏 名	所 属 ・ 職 位
委員長	井口 哲夫	名古屋大学大学院 工学研究科 エネルギー理工学専攻 教授
委員	浅沼 徳子	東海大学 工学部 原子力工学科 准教授
委員	出光 一哉	九州大学大学院 工学研究院 エネルギー量子工学部門 エネルギー物質科学 教授
委員	稲垣 裕亮	公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター 企画部長
委員	大森 武	電気事業連合会 原子燃料サイクル事業推進本部長
委員	桐島 陽	東北大学 多元物質科学研究所 准教授
委員	小崎 完	北海道大学大学院 工学研究院 エネルギー環境システム部門 教授
委員	佐々木 隆之	京都大学大学院 工学研究科 原子核工学専攻 教授
委員	朽山 修	公益財団法人原子力安全研究協会 技術顧問
委員	野口 裕史	日本原子力発電株式会社 廃止措置プロジェクト推進室 環境整備グループ グループマネージャー
委員	室本 純孝	日本原燃株式会社 埋設事業部 埋設計画部長

3. 評価の方法

原子力機構における第3期中長期計画（7カ年）に係る下記の研究開発課題について、平成27～30年度の4年間を中間評価の対象期間とした。

- 「核燃料物質の再処理に関する技術開発（ガラス固化技術）」
- 「原子力施設の廃止措置及び関連する技術開発」
- 「放射性廃棄物処理処分及び関連する技術開発」

評価は、「研究開発の進捗状況」、「情勢変化に対応した研究開発の目的・目標・進め方など」、「効果・効用（アウトカム）」の3つの観点から所要の評価を行った。

評価基準は、以下の5段階で実施した。

S：特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる

A：顕著な成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が認められる

B：成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が認められ、着実な業務運営がなされている

C：より一層の工夫、改善等が期待される

D：抜本的な見直しを含め特段の工夫、改善等が求められる

評価の実施に当たっては、2回の会合を開催した。平成30年12月12日に開催した第27回評価委員会では、原子力機構から「研究開発の進捗状況」、「情勢変化に対応した研究開発の目的・目標・進め方など」、「効果・効用（アウトカム）」に関する説明を行い、委員による質疑応答を行った。本会合後、各委員から評価シートとして提出されたSABCDでの評定及び意見を集約し、平成31年2月13日に開催した第28回評価委員会において、集約した評価について討議し、本委員会の中間評価として本答申書を取り纏めた。

4. 総合中間評価結果

各研究開発課題に対する評価を行った結果、各項目を総合して「A」と判断する。
(課題全体評価結果：A11名)

(1) 「核燃料物質の再処理に関する技術開発（ガラス固化技術）」

廃棄物の処分前管理と廃止措置を並行して進めるとともに、現存する放射性廃棄物に対して早期のリスク低減が要求される東海再処理施設の廃止措置計画を平成 29 年 6 月に認可申請し、原子力規制委員会からの多くのコメントに対応した大幅な補正を経て、平成 30 年 6 月に商業規模再処理施設として国内初となる廃止措置計画の認可を取得したことは、顕著な成果と評価できる。

ガラス固化技術開発では、ガラス溶融炉内の白金族元素の堆積対策として円錐型炉底構造の開発や、ガラス原料供給停止運転の長期化と白金族元素の堆積との相関に係るノウハウを取得して日本原燃(株)が進める商用再処理事業に貢献しており高く評価できる。

また、高放射性固体廃棄物の取出しに係る遠隔操作システムは、東京電力(株)福島第一原子力発電所の廃炉をはじめとして、今後の廃止措置への波及効果の見込まれる有望な技術と評価できる。

(2) 「原子力施設の廃止措置及び関連する技術開発」

原子力機構における原子力施設の廃止措置、放射性廃棄物の処分前管理及び処分の計画並びにそれらに要する費用、計画実施のための技術開発及びマネジメント体制等の長期取組方針を示した「バックエンドロードマップ」を策定・公表したことは画期的であり、今後の廃止措置の費用の削減や工期の短縮への貢献が期待できる。

「ふげん」では原子炉施設の廃止措置への適用実績のないレーザー切断技術開発及び解体物のクリアランスに向けた測定・評価方法の認可取得という重要な成果を得ており、これらは今後の効率的な解体技術及び解体物の管理技術の確立に繋がる成果の創出が期待される。

さらに、原子力施設の廃止措置費用を試算する簡易評価コード（DECOST コード）の開発・公表の成果は、外部機関でも利用され、国内の廃止措置検討に貢献する顕著な成果と評価できる。

(3) 「放射性廃棄物処理処分及び関連する技術開発」

固体廃棄物減容処理施設（OWTF）では、高周波加熱方式により焼却と溶融を同一炉で行う世界初の焼却・溶融炉という波及効果の大きい顕著な成果が期待される技術を採用するとともに、適切な工程管理等により前倒しで平成 30 年度中に施設建設が完了し、平成 31 年度から試運転により実証する見通しを得たことは顕著な成果と評価できる。

また、ガンマ線計測技術を活用したウランで汚染された廃棄物のクリアランス測定技術の開発成果はウラン加工事業者との情報共有が進んでおり、ウラン加工事業者における活用が進むことが期待されていることから顕著な成果と考える。

本委員会としては、以下について更なる取り組みを期待するとともに、今後もフォローする。

- (1) 研究開発課題に向けた各技術開発は着実に進められている。技術開発を通して得られた知見が原子力機構内外で効果的に活用されるよう、知識マネジメントシステムの構築を進めて整理・統合を図っていくとともに、積極的に外部へ成果を公表（学会合、学会誌等）していくことを期待する。
- (2) 東海再処理施設の廃止措置では、先行する海外事例の情報や海外レビュー等を積極的に活用することで、廃止措置の更なる合理化を図ることを期待する。

なお、バックエンド対策に関する業務は、資源が制約されている中で規制対応をはじめ多くのステークホルダーとの調整・確認を取りながら進めざるを得ないという特殊性を有しているため、計画通り業務を進めること自体が顕著な成果であると考えられる。しかしながら、現状の研究開発評価の評価基準では、上記の業務実態に即した評価は難しいため、当該分野を適切に評価できる評価基準の導入が望まれる。

各研究開発課題に関する中間評価の具体的な内容について、別添 1、別添 2 及び別添 3 に示す。

「核燃料物質の再処理に関する技術開発（ガラス固化技術）」の中間評価結果

1. 「研究開発の進捗状況」について

（集計結果：評価 A11 名）

商業規模再処理施設としては国内初となる東海再処理施設の廃止措置に関して、廃棄物の処分前管理と廃止措置を並行して進めるとともに、現存する放射性廃棄物に対して可能な限り早期のリスク低減が要求される特殊な廃止措置計画を立案し、平成 29 年 6 月に認可申請し、原子力規制委員会からの多くのコメントに対応した大幅な補正を経て平成 30 年 6 月に認可取得しており、顕著な成果と評価できる。また、東海再処理施設の廃止措置プロジェクトについて、OECD/NEA の CPD プロジェクトへの登録により、廃止措置計画や実施内容の妥当性を国際的に検証できる体制が構築された意義は非常に大きく、更なる廃止措置の合理化を期待する。

ガラス固化の高度化技術開発については、溶融炉の安定運転に影響を及ぼす白金族元素の炉内への堆積対策を講じた新型溶融炉（TVF3 号）の設計を計画的に進めるとともに、 Na_2RuO_4 等がガラス原料と反応することで針状 RuO_2 結晶が生成することの確認及び炉底部形状や勾配が白金族元素の拔出性に及ぼす影響の確認という重要な成果を得ており高く評価する。これらは、日本原燃が進める再処理事業に寄与する有益な成果と認められる。

以上のことから、「A」と評価する。

2. 「情勢変化に対応した研究開発の目的・目標・進め方など」について

（集計結果：評価 A7 名、評価 B4 名）

機器トラブルによる白金族元素の堆積に伴う運転中断に対して、その際の溶融炉の運転情報から新たなノウハウを得るとともに、最適な作業工程の組み換え等による計画の見直しにより、「12.5 年計画」に影響しないよう対応しており、計画の見直しが行われ業務が適切に進められたと考える。その他の業務についても、内在するリスクレベルや経済性を考慮した上で、外部情勢及び現施設の運転状況を踏まえ、適宜、計画を見直すなど、柔軟性をもって事業を進めている。

ガラス固化技術の高度化技術開発における円錐状炉底部の溶融炉開発は、日本原燃での新型溶融炉の導入判断等に係るニーズに即した目標設定の良好例である。

以上のことから、「A」と評価する。

3. 「効果・効用（アウトカム）」について

（集計結果：評価 A10 名、評価 B1 名）

東海再処理施設の廃止措置に係る研究開発の成果が、国内初の再処理施設の廃

止措置計画の許可取得に貢献していることは顕著な成果と評価できる。

ガラス固化の高度化技術開発では、機器故障等に伴う炉底低温状態を維持した状態でのガラス原料供給停止運転の長期化と白金族元素の堆積との相関に係るノウハウを取得しており、日本原燃㈱が進める商用再処理事業に貢献していることは評価できる。

レガシー廃棄物対応として取り組む高放射性固体廃棄物の遠隔取出し技術開発は、本格的に原子力施設の廃止措置を進めていこうとする我が国にとって非常に重要であり、得られる知見は原子力機構内外で共有されるべき貴重なものである。本技術は、東京電力㈱福島第一原子力発電所の廃炉をはじめ、多くの原子力施設の廃止措置で必要とされるものであり、波及効果の見込まれる有望な技術と評価できる。

以上のことから、「A」と評価する。

研究開発課題別の集計結果は、評価 A11 名であり、上記 3 項目の評価結果を考慮し、課題別の総合評価は「A」と判断する。

なお、原子力機構が更により良い研究開発を進めるために、以下の意見を参考として取り組まれるよう期待する。

1) 「研究開発の進捗状況」 関連

(1) ガラス固化の高度化技術開発では、今後もデータ取得と日本原燃㈱との情報共有を継続するとともに、新型炉設計へのデータ反映も遅滞なく対応して頂きたい。

2) 「情勢変化に対応した研究開発の目的・目標・進め方など」 関連

(1) ガラス固化施設の運転中断による影響に対して、作業工程の組み換えにより対応したことは良好事例であり、規則改正等の規制対応も迅速かつ適切に取り組み、工程遅延のないよう努力している。今後も同様の取り組みを期待する。

(2) 技術開発は計画通りに進まないこともあるが、想定外の課題を克服する際に得られる知見・ノウハウは長期的視点に立てば極めて有用である。引き続き安全かつ革新的な技術の開発を目指して頂きたい。

3) 「効果・効用（アウトカム）」 関連

(1) これまでに得られた成果を体系的に整理し、他施設の廃止措置や東京電力㈱福島第一原子力発電所の廃炉で効率的に活用できるよう整備して頂きたい。

4) 「その他」

(1) 東海再処理施設の廃止措置では、予防保全による安全対処も重要だが過剰としない注意も必要である。また、故障に至らない事象についても記録を残すことは必要と考える。

以上

「原子力施設の廃止措置及び関連する技術開発」の中間評価結果

1. 「研究開発の進捗状況」について

(集計結果：評価 A11 名)

国内外の原子炉施設の廃止措置において、適用実績のないレーザー切断技術開発に取り組んでおり、その成果は効率的な解体技術の確立に繋がる成果の創出が期待できる。

商用軽水炉と比べて複雑な構造の「ふげん」の廃止措置について、系統内のトリチウム除去が完了するとともに、解体廃棄物マネジメント上重要なクリアランス測定の実施に繋がる「放射能濃度の測定及び評価方法」が認可を受けており、着実に廃止措置が進んでいることは高く評価できる。

また、廃止措置に伴い発生するウランで汚染された廃棄物のマネジメントに重要となるクリアランス測定技術は、今後の商用施設の廃止措置時に活用が期待される。

原子力機構内における廃止措置では、限られた予算と人員の制約下、これまでは各施設において廃止措置に関する技術開発を進めてきたため、情報・技術の共有が不十分であったが、原子力機構における原子力施設の廃止措置、放射性廃棄物の処分前管理及び処分の計画並びにそれらに要する費用、計画実施のための技術開発及びマネジメント体制等の長期取組方針を示した「バックエンドロードマップ」の策定により、これまで各施設で進められていた技術開発・情報等を共有する体制が整えられ、今後の廃止措置に関する費用の低減や工期の短縮が期待できる。

以上のことから、「A」と評価する。

2. 「情勢変化に対応した研究開発の目的・目標・進め方など」について

(集計結果：評価 A6 名、評価 B5 名)

廃止措置を各施設の計画、目標として個別に考えるだけでなく、原子力機構全体の施設中長期計画の中に位置付けて管理しており、業務の進捗や外部情勢変化に応じて定期的に計画を見直している。

原子力機構では、限られた人材と予算の中で、規制当局等からの要求・指示に対して適切に対応しつつ、計画通りに業務を進めており評価できる。

以上のことから、「A」と評価する。

3. 「効果・効用（アウトカム）」について

(集計結果：評価 A11 名)

「ふげん」のクリアランス測定・評価方法の認可取得及びクリアランス物の再利

用への取り組みに関する原子力事業者との情報共有は評価でき、その成果が後続の原子力事業者に活用されることを期待する。また、人形峠環境技術センターで実施された設備の解体撤去手順や安全対策等は、他のウラン濃縮事業者の参考として役立っており、社会的貢献が高い。

公開した廃止措置費用簡易評価（DECOST）コードは、外部機関で利用されるなど、国内外の原子力施設の廃止措置の検討などに貢献できる顕著な成果である。その適用範囲や評価精度の説明責任が生じていることを十分認識して、今後の利用拡大を図っていただきたい。

原子力施設の廃止措置は、発電炉施設のように汎用性がなく、各施設特有の技術開発が必要となるために知識共有が難しいものの、遠隔操作技術やクリアランス検認のための放射能濃度測定・評価技術は、いずれの施設の廃止措置でも重要である。各施設に適合する技術は開発されつつあるものの多くが開発途上であり、今後、東京電力（株）福島第一原子力発電所の廃炉をはじめ多くの原子力施設の廃止措置でその応用が必要とされる。本事業で整備されるこれらの技術開発成果とその共有のための知識マネジメントの開発成果は、他の原子力事業者への波及効果が見込まれる。

以上のことから、「A」と評価する。

研究開発課題別の集計結果は、評価 A11 名であり、上記 3 項目の評価結果を考慮し、課題別の総合評価は「A」と判断する。

なお、原子力機構が更により良い研究開発を進めるために、以下の意見を参考として取り組まれるよう期待する。

1) 「研究開発の進捗状況」 関連

(1) 本中長期計画期間中で改良が図られている DECOST コードは、現状版でも国内の大学が有する研究炉のコスト算出に利用されるなど認知が進んでいる。原子力機構には様々な原子力施設があり、これらに適用可能なコスト計算コードが確立できれば、商用原子力施設にも転用可能な汎用性の高いシステムとなるものと期待する。

2) 「情勢変化に対応した研究開発の目的・目標・進め方など」 関連

(1) 技術的に困難な研究課題は、必ずしも当初の計画通りに進まないこともあるため、柔軟な計画・体制で臨むことが肝要であり、ステークホルダーに理解を求めながら進めることが重要である。

(2) 「ふげん」の廃止措置において、使用済燃料の搬出期限の延長や搬出先の変更（変更先未定）により、施設内に使用済燃料が保管されたまま、変則的に廃止措置が進められている状況は、出来るだけ早く解消するよう努力すべきである。

(3) 総合的な知識マネジメントの構築にあたっては、「ふげん」で試行中の知識マネジメントシステムの構築作業と連携して進めるべきである。

3) 「効果・効用（アウトカム）」関連

(1) 「ふげん」で進めている解体モックアップ試験は廃止措置を進める上で有効と考えるが、試験では目的及び取得すべきデータを明確にし、検証していくことが必要である。

(2) 原子炉構造材からの試料採取技術は、東京電力(株)福島第一発電所のデブリ取出しへの適用を期待する。

(3) 「ふげん」の狭隘構造を考慮したレーザー切断技術は、他の高線量雰囲気下の施設解体への適用も考えられることから、今後実施する大規模モックアップ試験の成果を期待する。

4) 「その他」

(1) これまでに得られた最新成果の公表を積極的に進めており、国内の原子力分野に一定の貢献をしている。共有・転用可能な技術情報のより積極的な発信を望む。

以上

「放射性廃棄物処理処分及び関連する技術開発」の中間評価結果

1. 「研究開発の進捗状況」について

(集計結果：評価 A11 名)

ガンマ線計測技術を活用したウランで汚染された廃棄物のクリアランスを目指した実用的な測定技術の開発が着実に進んでおり、ウラン濃度の測定精度が IAEA のクリアランス推奨値 (1Bq/g) を大きく下回る値 (0.06Bq/g) を達成している。

綿密な工程調整や許認可手続きを睨んだ工程見直し等により、固体廃棄物減容処理施設 (OWTF) の建設完了時期を前倒しし、平成 30 年度内の施設完成に向け対応を進めている。

また、OWTF における高周波加熱方式により焼却と熔融を同一炉で行う世界初の焼却・熔融炉の開発は、経費削減にも繋がる顕著な成果である。また、酸性機能水によるウランで汚染された金属の湿式除染技術開発は、二次廃棄物発生量の低減が期待される。

以上のことから、「A」と評価する。

2. 「情勢変化に対応した研究開発の目的・目標・進め方など」について

(集計結果：評価 A5 名、評価 B6 名)

OWTF の設工認の取得遅れを工程見直しで乗り越え、かつ、前倒しで建設完了予定であり、適切な計画の見直しを行っている。また、OWTF では世界初の焼却・熔融炉を採用しているにもかかわらず、平成 31 年度からの試運転において実証を行う見通しまで漕ぎつけている。

その他においても着実に研究開発が進められている。

以上のことから、「B」と評価する。

3. 「効果・効用 (アウトカム)」について

(集計結果：評価 A10 名、評価 B1 名)

ウランで汚染された廃棄物のクリアランス測定技術開発においては、ドラム缶内のウラン偏在を補正する等価モデル法による評価方法を開発している。既に加工事業者の保管廃棄物中のウラン量測定法として活用が進められていることは高く評価できる。

高周波加熱方式を用いた焼却・熔融炉の開発、並びに、酸性機能水によるウランで汚染された金属の湿式除染技術は、完成すれば波及効果の大きい顕著な成果と考える。

以上のことから、「A」と評価する。

研究開発課題別の集計結果は、評価 A11 名であり、上記 3 項目の評価結果を考慮し、課題別の総合評価は「A」と判断する。

なお、原子力機構が更により良い研究開発を進めるために、以下の意見を参考として取り組まれるよう期待する。

1) 「研究開発の進捗状況」関連

(1) 酸性機能水によるウランで汚染された金属の除染技術は、メカニズム解明等の化学的な理解を深めることが望まれる。また、廃棄物中のインベントリ調査技術として進めている機械学習手法を用いた核種組成分類について、適用性や効果の評価を望む。

2) 「情勢変化に対応した研究開発の目的・目標・進め方など」関連

(1) 研究開発においては、数値目標などのマイルストーンを設定するだけでなく、想定以上の成果が得られるように、できるだけ自由でフレキシブルな研究環境を確保するよう努力して頂きたい。また、中長期的に若手人材育成は不可欠と考える。

(2) 廃棄体製作に向けた検討の中で、必要最小限の分析試料数を統計的に算出することで、放射能濃度評価の合理化を図る取り組みは非常に有益であることから、その適用についてステークホルダーとの協議・調整等を行うことを推奨する。

3) 「効果・効用（アウトカム）」関連

(1) 得られた成果の学会発表がなされており、技術の転用も行われている。今後成果を着実に積み上げ、学会合や学術誌で積極的に報告することを期待する。

以上

付録

参考資料 1	研究開発課題の中間評価について（諮問）	25
参考資料 2	課題説明資料	29
参考資料 2-1	「核燃料物質の再処理に関する技術開発（ガラス固化技術）」	29
参考資料 2-2	「原子力施設の廃止措置及び関連する技術開発」	53
参考資料 2-3	「放射性廃棄物処理処分及び関連する技術開発」	97
参考資料 3	バックエンド対策研究開発・評価委員会の提言に対する原子力機構の措置	117

This is a blank page.

参考資料 1 研究開発課題の中間評価について（諮問）

This is a blank page.



30 原機(B)012
平成30年10月10日

バックエンド対策研究開発・評価委員会
委員長 井口 哲夫 殿

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
理事長 児玉 敏雄



研究開発課題の中間評価について（諮問）

「研究開発・評価委員会の設置について」(17(達)第42号)第3条第1項に基づき、次の事項について諮問します。

記

〔諮問事項〕

- ・「核燃料物質の再処理に関する技術開発(ガラス固化技術)」に関する中間評価
- ・「原子力施設の廃止措置及び関連する技術開発」に関する中間評価
- ・「放射性廃棄物処理処分及び関連する技術開発」に関する中間評価

以上

This is a blank page.

参考資料 2 課題説明資料

参考資料 2-1 「核燃料物質の再処理に関する技術（ガラス固化技術）」

This is a blank page.



東海再処理施設の廃止措置 及び技術開発

- ① 廃止措置に向けた準備
- ② TVFにおける高放射性廃液のガラス固化処理に係る実施状況
- ③ 高放射性固体廃棄物の遠隔取出しに係る技術開発
- ④ LWTFの施設整備状況(セメント混練試験を含む)
- ⑤ ガラス固化技術の高度化に係る技術開発

平成30年12月12日

日本原子力研究開発機構
核燃料・バックエンド研究開発部門



① 廃止措置に向けた準備

①廃止措置に向けた準備

平成30年度計画に対する実施状況及び自己評価

➢ **第3期中長期計画**
東海再処理施設の廃止措置に向けた準備を進め、平成29年度上期に廃止措置計画の認可申請を行い、再処理施設の廃止措置技術体系の確立に向けた取り組みに着手する。

➢ **平成30年度計画**
東海再処理施設の廃止措置に向け、廃止措置計画に係る許認可手続を進めるとともに、工程洗浄に向けた準備等を行う。

<p>【平成30年度当初目標】</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 廃止措置に関する国内外情報の収集(継続) ② 廃止措置計画の詳細化、許認可手続 ③ 工程洗浄におけるデータ採取計画策定 ④ 系統除染の検討 ⑤ 汚染状況調査方法の検討 ⑥ 必要な技術開発項目の検討 	<p>【実施状況】</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 国内外情報の収集を実施 ② 廃止措置計画の補正を提出(6月認可) ③ 工程洗浄の具体化を実施 ④ } 許認可手続、工程洗浄運転の具体化 ⑤ } を優先し、実施時期を見直し ⑥ }
--	---

【自己評価】
平成30年6月に廃止措置計画の認可を受け、工程洗浄の具体化を進めており、年度計画を達成する見込み。

1

①廃止措置に向けた準備

廃止措置計画の検討状況(1)

許認可資料の作成を計画的に遂行

○許認可資料の作成

- ・平成29年6月30日に申請した廃止措置計画について、東海再処理施設等安全監視チーム会合や面談で受けたコメントを反映し、放出管理目標値の設定、特定廃液の明確化等の内容の具体化を行い、平成30年6月に補正を提出。平成30年6月に認可を受けた。
- ・廃止措置計画の具体化を進め、以下の事項について廃止措置計画の変更認可申請書を作成し、申請を行った。
 - 基準地震動、基準津波、設計竜巻、火山事象(平成30年11月9日申請)
 - 新規制基準を踏まえた安全性向上対策(平成30年度内申請見込み)
 - 性能維持施設、施設定期検査を受けるべき時期(平成30年度内申請見込み)
 - ガラス固化技術開発施設(TVF)保管セルの保管能力の増強(平成30年11月9日申請)
 - 低放射性廃棄物処理技術開発施設(LWTF)の改造(平成30年度内申請見込み)

2



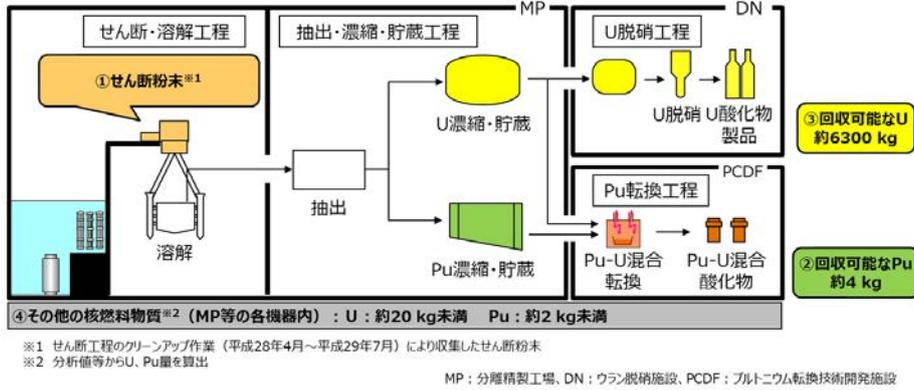
①廃止措置に向けた準備

廃止措置計画の検討状況(2)

工程洗浄の方法の具体化

○工程洗浄におけるデータ採取計画策定

- ・昨年度選定した有力な工程洗浄の方法について、リスク評価や安全対策等を含め具体化した。

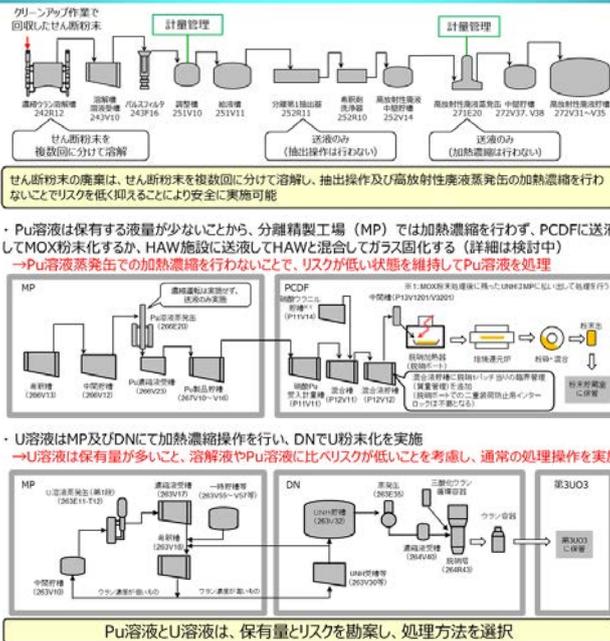


核燃料物質の残存の状況



①廃止措置に向けた準備

廃止措置計画の検討状況(3)



残存する核燃料物質の処理方法



①廃止措置に向けた準備

廃止措置計画の検討状況(4)

国内外の廃止措置に係る情報を収集

○廃止措置に関する国内外情報の収集

- ・国内外施設の廃止措置に係る公開情報等の収集を継続した。
- ・OECD/NEAのCPD(原子力施設の廃止措置に関する科学技術情報交換のための国際協力計画)の技術諮問グループ(TAG)会合へ参加し、先行して廃止措置を行っている施設の情報を収集した。
- ・廃止措置の経験等を有する国内外の有識者から東海再処理施設の廃止措置の実施状況等への助言及び提言を得るため、本年8月に新たに技術検討会議を設置した。10月には国内有識者による会合を開催し、工程洗浄の方法等について御意見を頂いた。

5



①廃止措置に向けた準備

第3期中長期計画に対する進捗状況及び自己評価

第3期中長期計画期間の全体スケジュール

H30年11月末現在

検討項目等	第3期計画						
	H27	H28	H29	H30	H31	H32	H33
(1)廃止措置に関する国内外情報の収集							収集
(2)東海再処理施設内各施設の利用計画の調査・整理		調査・整理					
(3)許認可の検討		検討					
(4)許認可資料の作成			作成	▼申請 ▼修正▼修正 認可	変更認可申請書の作成		
(5)工程洗浄におけるデータ採取計画策定				洗浄方法検討	データ採取検討		データ採取
(6)系統除染の検討						方法検討	
(7)汚染状況調査方法の検討					方法検討		調査
(8)機器解体工法の検討							工法の検討
(9)技術開発項目の検討				項目抽出			実施内容検討

【自己評価】

平成29年6月に廃止措置計画の認可申請を行い、平成30年6月に認可を受けており、計画を着実に進めている。成果を公開の報告書や廃止措置計画認可申請書として取り纏めたことにより、東海再処理施設の廃止措置計画について機構外に広く普及することができた。

6

①廃止措置に向けた準備
H27~H30年度の廃止措置計画の検討状況

東海再処理施設の廃止措置に向けた準備の遂行

【概要】
 東海再処理施設の廃止措置に向けた準備として、各施設の利用計画の調査・整理等を実施し、廃止措置計画に係る許認可手続を進める。

【実施状況】
 平成29年6月に廃止措置計画の認可申請を行い、平成30年6月に認可を受けており、計画を着実に進めている。

【成果】
 管理区域を有する約30施設の廃止措置工程を公開報告書や廃止措置計画認可申請書として取り纏めた。

【成果の波及効果】
 国内で初めて再処理施設の廃止措置計画を策定し、認可を受けた。また、報告書や認可申請書の公開等により、東海再処理施設の廃止措置計画について、機構外に広く普及することができた。

7

①廃止措置に向けた準備
H27~H30年度の廃止措置計画の検討状況

経過年数	約10年後	約20年後	約30年後	約40年後	約50年後	約60年後	約70年後
リスク低減の取組	高レベル放射性廃棄物の処理施設 (HAW・TVF)	高レベル放射性廃棄物の固化・密実化処理 [固化体保管容量増強]	除染液処理 [固化体搬出]	第1段階 第2段階 第3段階	▼管理区域解除		
	高放射性固体廃棄物の貯蔵施設 (HASWS・HWTF-1)	施設整備 [取出]	新規施設における廃棄物貯蔵 [廃棄体施設への搬出]	第1段階 第2段階 第3段階	▼管理区域解除		
	低放射性廃棄物の処理施設 (LWTF)	施設整備	廃棄物の処理	第1段階 第2段階 第3段階	▼管理区域解除		
主要施設							
核燃料物質等の保管・貯蔵施設 (MPのプール、ウラン貯蔵所、PCDFの貯蔵ホール)	使用済燃料 U製品 Pu・U混合酸化物粉末	第1段階 第2段階	▼管理区域解除				
低レベル放射性廃棄物の処理・貯蔵施設		廃棄物処理・貯蔵					

第1段階: 工程洗浄、系統除染、汚染状況の調査
 第2段階: 放射性物質により汚染された区域(管理区域)における機器の解体撤去
 第3段階: 建家の汚染除去、保安上必要な機器の撤去、管理区域解除

- ①リスクの早期低減を当面の最優先課題とし、施設の高経年化対策と新規規制基準を踏まえた安全性向上対策を重要課題として実施
- ②リスクの早期低減として、ガラス固化技術開発施設(TVF)における高放射性廃液のガラス固化、高放射性固体廃棄物貯蔵庫(HASWS)の貯蔵状態の改善、低放射性廃棄物処理技術開発施設(LWTF)における低放射性廃液のセメント固化を最優先で実施
- ③先行して使用を取りやめる主要4施設(分離精製工場、ウラン脱硝施設、プルトニウム転換技術開発施設、クリプトン回収技術開発施設)は、除染等によりリスク低減を図る
- ④施設に貯蔵する使用済燃料、回収核物質は、当面の貯蔵の安全を確保するとともに、搬出先が確保できたものから随時施設外へ搬出
- ⑤低レベル放射性廃棄物については、必要な処理を行い貯蔵の安全を確保するとともに、施設の整備を含めた廃棄体化を進め、搬出先が確保でき次第随時施設外へ搬出
- ⑥先行して廃止措置を進める主要4施設以外の施設は、廃棄物の処理フローを考慮し、HASWS、高放射性廃液貯蔵場(HAW)、TVF等の高線量系の施設から段階的に廃止に移行し、順次低線量系の低レベル放射性廃棄物を取り扱う施設の廃止を進め、全施設の管理区域解除を目指す

8



② TVFにおける高放射性廃液のガラス固化処理に係る実施状況



②TVFにおける高放射性廃液のガラス固化処理に係る実施状況

平成30年度計画に対する実施状況及び自己評価

➤ **第3期中長期計画**

目標期間内に高レベル放射性廃液の約4割の処理を目指し必要な取り組みを進め、高放射性廃液のガラス固化処理の短縮計画を確実に進める。

➤ **平成30年度計画**

ガラス固化技術開発施設(TVF)において、遠隔機器及び熔融炉等の整備作業を行う。また、ガラス固化体保管能力増強※に係る設計等を継続するとともに許認可手続を進める。

※TVFのガラス固化体の保管本数を420本から630本へ増強する。

【平成30年度当初目標】

- ① 平成31年度第1四半期の次回運転に向けて、遠隔機器及び熔融炉等の整備を終了させる。
- ② 平成31年度のガラス固化体保管能力増強工事に向けて、廃止措置計画変更認可の申請を行う。

【実施状況】

- ① 両腕型マニプレータの更新(H30.9.14)を終了した。残留ガラス除去、工程制御装置更新等を進めている。
- ② 保管能力増強に伴う安全性評価の結果をとりまとめ、平成30年11月に廃止措置計画変更認可の申請を行った。

【自己評価】

計画どおり、次回運転に向けた施設整備(遠隔機器整備、熔融炉等の整備)及び保管能力増強に係る廃止措置計画変更申請等を進めている。



②TVFにおける高放射性廃液のガラス固化処理に係る実施状況

高放射性廃液のガラス固化処理

高放射性廃液のガラス固化処理の計画的な遂行

【目的】
平成40年度までに高放射性廃液のガラス固化処理を終了する。

【方法】
(1) 遠隔機器(両腕型マニプレータ)更新、残留ガラス除去、工程制御装置等の更新を実施する。
(2) ガラス固化体保管能力増強に係る廃止措置計画変更申請を行う。

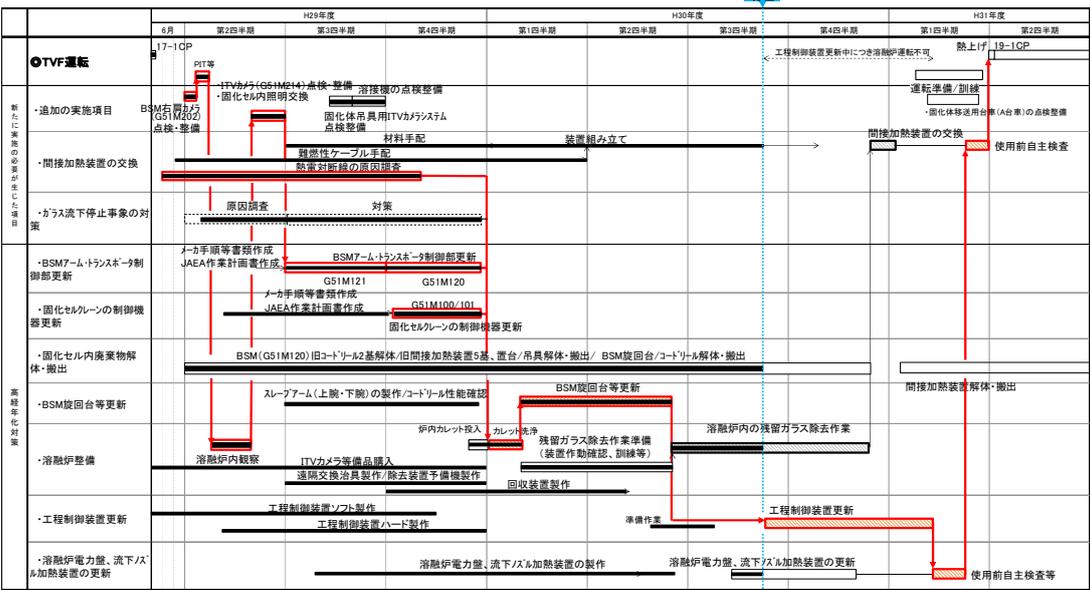
【成果】
(1) 計画に従って、次回のガラス固化処理に向け、遠隔機器及び溶融炉等の整備を進めている。
a) 遠隔機器整備
両腕型マニプレータの旋回台の更新を平成30年9月14日に終了した。
b) 溶融炉等の整備
非放射性のガラスカレットを用いた炉内洗浄作業を平成30年4月に実施し、残留ガラス除去作業を平成31年3月までの予定で実施している。
c) 工程制御装置等の更新
工程制御装置や溶融炉電力盤、流下ノズル加熱装置の更新作業を平成31年度第1四半期までの予定で実施している。
(2) 計画に従って、平成31年度のガラス固化体保管能力増強工事に向け、廃止措置計画変更認可の申請を行った。
保管能力増強に伴い、遮蔽、保管ピットの耐震性及びガラス固化体の冷却(崩壊熱除去)性能に係る安全性評価の結果をとりまとめ、新增設計画についての地元自治体の了解を得た後、平成30年11月9日に廃止措置計画変更認可の申請を行った。

10



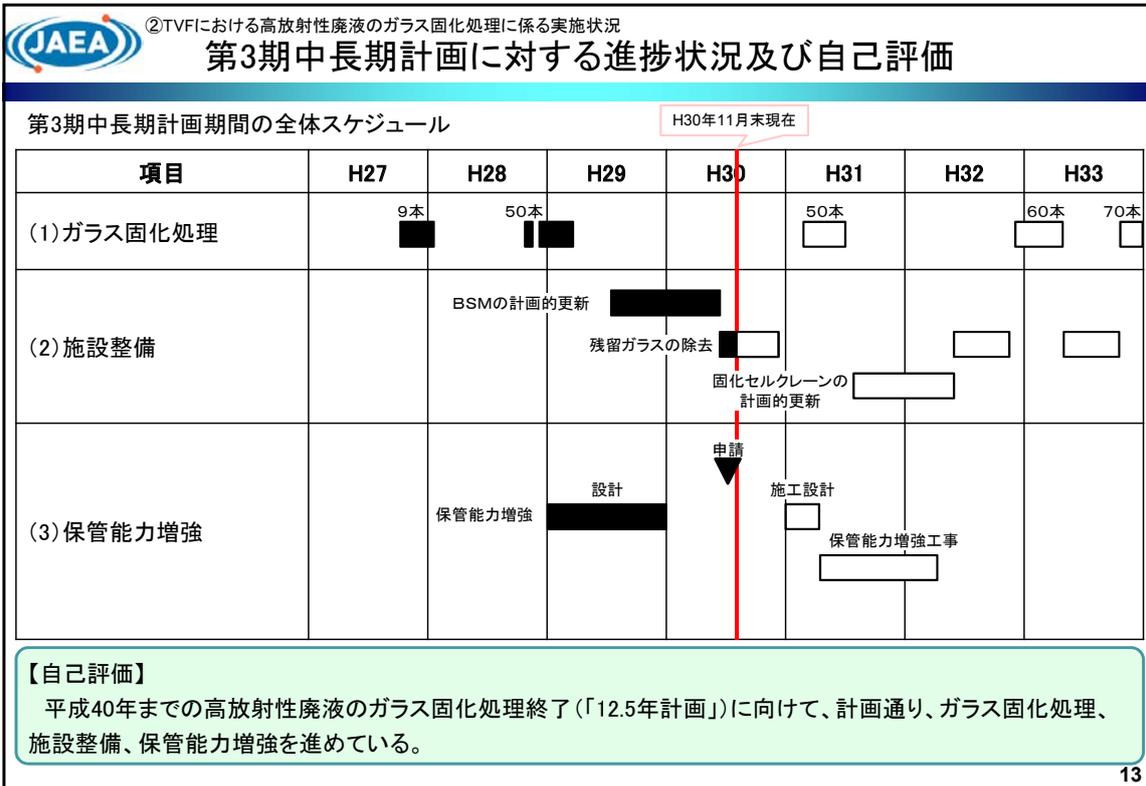
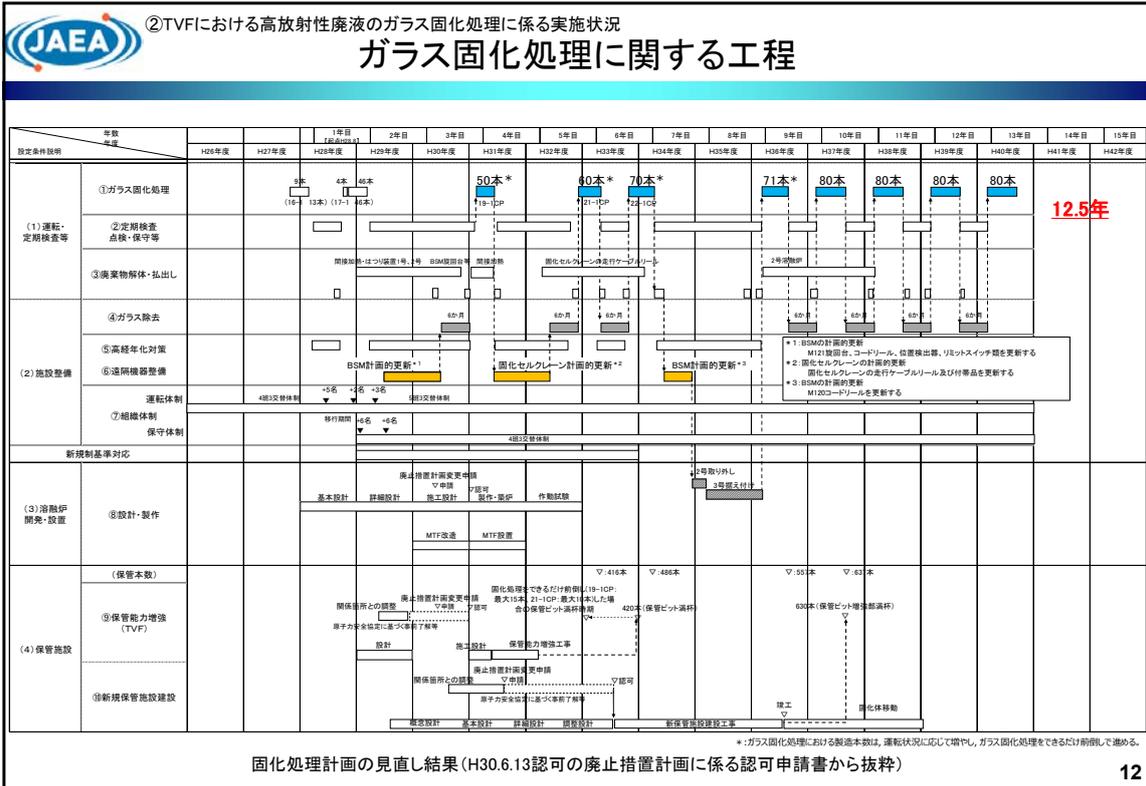
②TVFにおける高放射性廃液のガラス固化処理に係る実施状況

高放射性廃液のガラス固化処理



次回運転までのスケジュール(H30.12.6東海再処理施設等安全監視チーム会合資料より抜粋)

11



②TVFにおける高放射性廃液のガラス固化処理に係る実施状況
H27～H30年度の高放射性廃液のガラス固化処理の実施状況

高放射性廃液のガラス固化処理の計画的な遂行

【概要】

潜在的ハザードの低減のため、高放射性廃液のガラス固化処理を平成40年度までに終了させる「12.5年計画」を平成28年に策定(平成29年に見直し)し、計画に基づいてガラス固化処理を進めている。

【実施状況】

- 平成27年度に、保守・点検、教育・訓練、許認可対応、新規制基準等を踏まえた追加安全対策等を行い、約9年振りとなるガラス固化処理運転を再開し、平成29年度までに計59本のガラス固化体を製造した。
- 平成29年度に、TVFのガラス固化体保管能力を420本から630本に増強するべく、耐震、遮蔽、冷却等の安全評価を実施した。
- 平成30年度に、平成31年度の運転に向けて、遠隔機器及び溶融炉等の整備を進めている。また、保管能力増強に係る廃止措置計画変更認可の申請を行った。

【成果】

高放射性廃液の貯蔵量は中長期目標期間当初に対し約1割減少し、高放射性廃液貯蔵に伴う潜在的な危険性の低減を着実に進めた。

【成果の波及効果】

HALWのガラス固化処理を平成40年度までに終了させる計画を策定し、HALW貯蔵量を減少させたことは、HALWの早期ガラス固化処理を求める外部ニーズへ着実に対応するものである。

②TVFにおける高放射性廃液のガラス固化処理に係る実施状況
H27～H30年度の高放射性廃液のガラス固化処理の実施状況

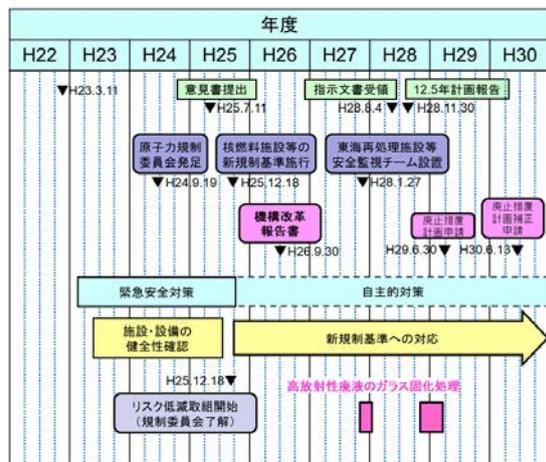
高放射性廃液のガラス固化処理の計画的な遂行

高放射性廃液のガラス固化処理に要する期間の短縮計画について

・ HALWのガラス固化処理終了までに約21年を要するという平成25年度当時の見通し(短縮目標約18年)に対し、原子力規制委員会から大幅な期間短縮の検討指示を受け、平成28年8月を起点として平成40年度までの約12.5年で終了させる「12.5年計画」を策定した。

・ 平成27年度から平成29年度までに合計100本を製造する計画に対して、59本を製造した。この実績を踏まえ、「12.5年計画」への影響等について見直し検討を実施し、平成40年度までに処理運転を終了するという12.5年の期間は変わらないことを確認した。

・ 見直した計画については、廃止措置計画申請書に「ガラス固化処理に関する工程」として反映して補正申請を行い、平成30年6月13日付で認可を受けた。





③高放射性固体廃棄物の 遠隔取出しに係る技術開発



③高放射性固体廃棄物の遠隔取出しに係る技術開発

平成30年度計画に対する実施状況及び自己評価

➤ **第3期中長期計画**

高放射性固体廃棄物については、遠隔取出しに関する技術開発を進め、適切な貯蔵管理に資する。

➤ **平成30年度計画**

高放射性固体廃棄物貯蔵庫(HASWS)について、廃棄物の貯蔵管理の改善を図るために、取出し建家及び貯蔵施設(HWTF-1)の建設及び廃棄物の遠隔取出し装置の製作に係る設計を進める。

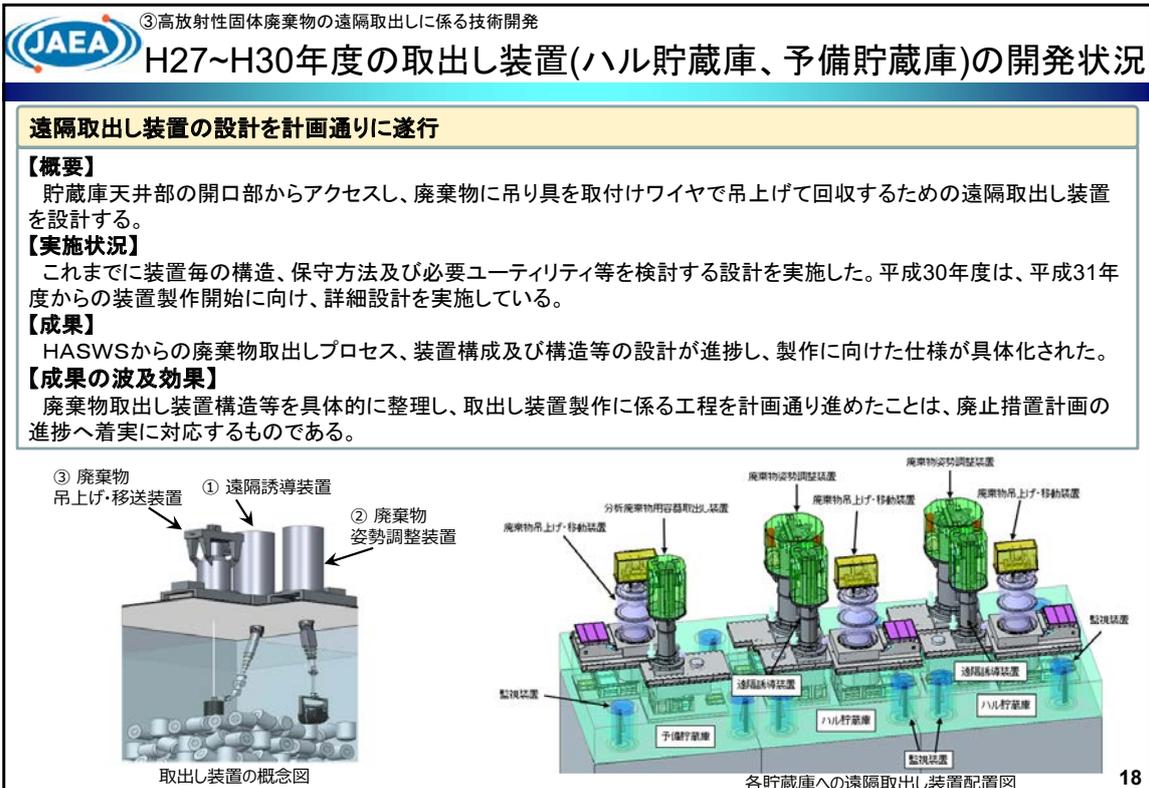
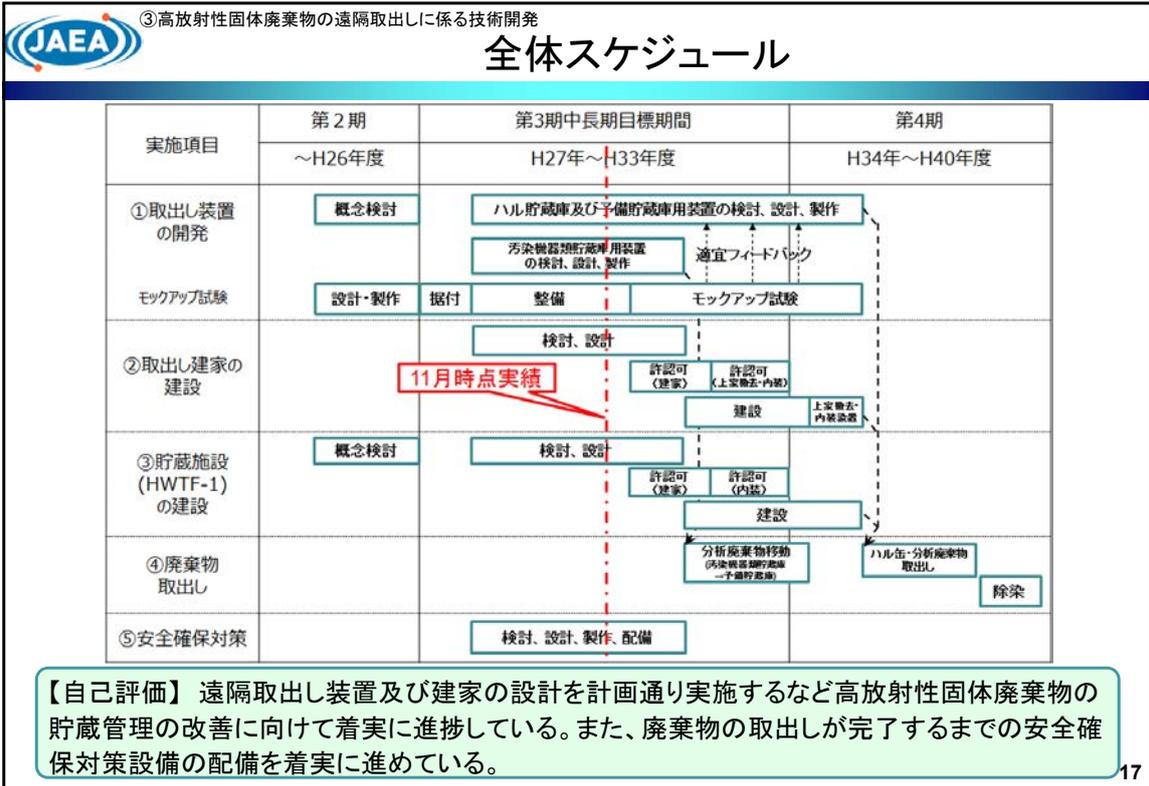
【平成30年度当初目標】

- ・HASWSから廃棄物を取出し移送する装置の製作に向け、詳細設計を進める。
- ・取出し建家及び貯蔵施設(HWTF-1)の建設に向けた基本設計を進める。
- ・モックアップ用水槽の装置据付床を製作、据付する。
- ・廃棄物の取出しが完了するまでの安全確保対策を検討し、順次実施する。

【実施状況】

- ・平成31年度から実施する装置製作に向け、平成30年度末までに詳細設計を完了する予定。
- ・平成31年度に実施する詳細設計に向け、平成30年度末までに基本設計を完了する予定。
- ・モックアップ用水槽の装置据付床の製作、据付作業を平成30年度末までに完了する予定。
- ・プール水漏えいのリスクに対する対策として平成31年度に実施する浄化装置製作に向け、平成30年度末までに装置設計を完了する予定。

【自己評価】当初計画した設計等を達成する見込み。





③高放射性固体廃棄物の遠隔取出しに係る技術開発

H27~H30年度のモックアップ設備の整備状況

モックアップ設備の整備を計画通りに遂行

【概要】

遠隔取出し装置の機能確認及び実証試験を行うモックアップ設備(モックアップ用水槽)を整備する。

【実施状況】

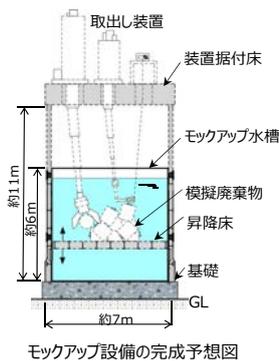
平成29年度までに、モックアップ用水槽の製作、基礎の上への据付及び溶接作業を実施した。
平成30年度は、装置据付床の製作、据付を行う。

【成果】

装置据付床の製作、据付作業を完了し、平成31年度からモックアップ設備の運用が可能となる。

【成果の波及効果】

本設備は、広範囲な大型遠隔装置のモックアップに活用できることから、同様の取出し作業を検討している関係各機関の装置開発への貢献が期待される。



モックアップ設備の完成予想図



水槽への水張状況



水槽の外側(溶接後)



水槽の内側(溶接後)



③高放射性固体廃棄物の遠隔取出しに係る技術開発

H27~H30年度の取出し建家及び貯蔵施設(HWTF-1)の検討状況

取出し建家の設計を計画通りに遂行

【概要】

既存上家、搬送設備及び貯蔵庫開口部では取出し装置の搬送、設置ができないため、取出し装置を運用できる機能を有する建家を建設する。

【実施状況】

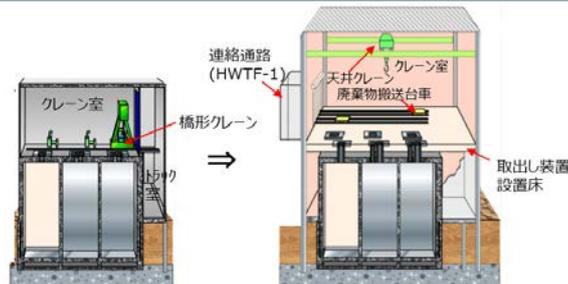
平成29年度までに取出し建屋の概念設計を実施した。平成30年度は、取出し装置の設計結果を反映した据付床の設計、プロセス設備、付帯設備(電気、換気等)の設計、既存設備との取合い設計等を行うための基本設計を実施している。

【成果】

平成30年度は、装置据付床の詳細設計、プロセス設備及び付帯設備の詳細設計、既存設備との取合い等についての設計情報及び技術的課題を得ることができる見込み。

【成果の波及効果】

取出し建家建設の建設手順、新規開口部設置方法の検討など、具体的工法・設計条件を整理し、建家建設に係る工程を計画通り進めたことは、廃止措置計画の進捗へ着実に対応するものである。



HASWS概念図(現状)

取出し建家概念図



③高放射性固体廃棄物の遠隔取出しに係る技術開発

H27~H30年度の取出し建家及び貯蔵施設(HWTF-1)の検討状況

貯蔵施設(HWTF-1)の設計を計画通りに遂行

【概要】

HASWSから取出した廃棄物及び分析所から発生する分析廃棄物用容器を再取出し可能な状態で貯蔵できる施設を建設する。

【実施状況】

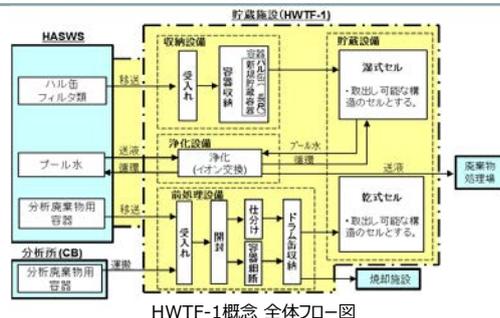
平成29年度までにHWTF-1の概念設計を実施した。平成30年度は、これまでの設計結果を基に主要プロセス設備、付帯設備の設備規模及び配置等について具体化するための基本設計を実施している。

【成果】

平成30年度は、建家規模の縮小化を検討するとともに建設スケジュールの精査を実施している。これらによりHWTF-1が有するプロセス構造、規模、建設スケジュール、コスト等の情報及び技術的課題が得られる見込み。

【成果の波及効果】

貯蔵施設(HWTF-1)のプロセス構成等を整理し、建家仕様を具体的に整理し、建家建設に係る工程を計画通り進めたことは、廃止措置計画の進捗へ着実に対応するものである。



HWTF-1概念 全体フロー図



③高放射性固体廃棄物の遠隔取出しに係る技術開発

H27~H30年度の安全確保対策の実施状況

プール水漏えいに対する対策を計画通りに遂行

【概要】

ハル貯蔵庫のライニングに腐食の発生する可能性はないと評価しているが、万一を想定し、漏えいが発生した場合の対策及びプール水が漏えいした場合の作業員の被ばく量低減等の目的でプール水浄化装置の設計を行う。

【実施状況】

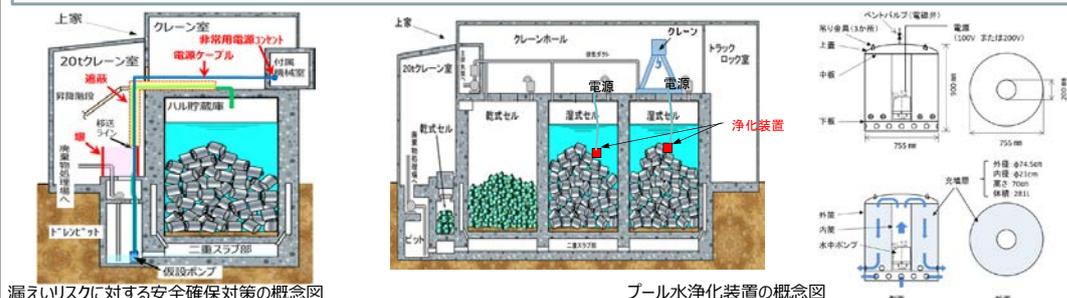
漏えい水を循環させるための仮設ポンプや仮設ホースの準備、管理区域外への流出防止堰の整備等を実施した。また、平成30年度は、プール水浄化装置の製作に向けた設計を実施している。

【成果】

仮設ポンプ及び仮設ホース等を整備したことにより、ハル貯蔵庫からプール水が漏えいした場合に、漏えい水をハル貯蔵庫へ戻し循環することが可能となった。プール水浄化装置は、有効性及び装置製作の見通しが得られ、平成32年度から浄化を開始できる見込みが得られる予定。

【成果の波及効果】

万一漏えいが生じて、周辺公衆及び環境への影響を可能な限り低減するための対策を具体化でき、更にプール水浄化装置製作の見通しが得られ、対策強化が可能となった。



漏えいリスクに対する安全確保対策の概念図

プール水浄化装置の概念図



③高放射性固体廃棄物の遠隔取出しに係る技術開発

H27~H30年度の安全確保対策の実施状況

火災のリスクに対する安全確保対策を計画通りに遂行

【概要】

収納されている分析廃棄物用容器及びその内容物(試料ビン)が自然発火する可能性はないと評価しているが、万一を想定し、火災が発生した場合の対策を図る。

【実施状況】

各貯蔵庫に対して、平成29年度までに温度監視設備及び散水設備を配備した。

【成果】

貯蔵庫内で火災が発生した場合に、異常の検知ができることにより効果的な消火対応が平成29年度より可能となった。

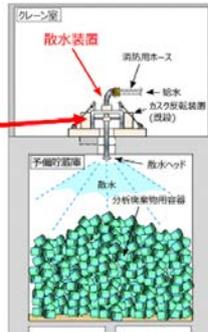
【成果の波及効果】

貯蔵庫内で異常が発生した場合に、早期検知及び効率的な消火対応を図るための対策を具体化できた。



製作した散水装置

散水ヘッド
屋外消火栓の給水圧力0.5MPaにおいて予備貯蔵庫内の廃棄物上部へ均一に散水できる能力を持つ散水ヘッドを選定。



散水時の状況



散水装置のモックアップ状況



現場への配備状況

予備貯蔵庫に配備した散水装置



④ LWTFの施設整備状況 (セメント混練試験を含む)

④LWTFの施設整備状況(セメント混練試験を含む)

平成30年度計画に対する実施状況及び自己評価

➤ **第3期中長期計画**
 低放射性廃棄物処理技術開発施設(LWTF)については、セメント固化設備及び硝酸根分解設備の施設整備を着実に進めるとともに、焼却設備の改良工事を進め、目標期間内に運転を開始する。

➤ **平成30年度計画**
 低放射性廃棄物処理技術開発施設(LWTF)については、施設のコールド試験やセメント混練試験を継続するとともに、焼却設備の改良に係る施工設計やセメント固化・硝酸根分解設備の整備に係る詳細設計を継続する。

【平成30年度当初目標】

- ①セル内遠隔機器等の試運転やメンテナンス操作を行い、機器の健全性や作業要領を確認する。
- ②廃液の組成変動を考慮したセメント混練試験を行い固化条件における長期安定性を確認する。
- ③焼却設備の改良工事を行うための施工設計に着手し、セメント固化・硝酸根分解設備の詳細設計Ⅱにおいて機器・配管・計装・電気設計等を実施する。

【実施状況】

- ①セル内遠隔機器、焼却設備の二次燃焼器等のメンテナンス操作を行い、機器の健全性と作業要領を確認した。
- ②炭酸塩模擬廃液に対して運転時に想定される塩充填率をパラメータとしたセメント混練試験を実施中。また、長期材齢(半年・1年間養生)のセメント固化体からの物性データ(一軸圧縮強度、結晶構造)を取得中。
- ③焼却設備の改良工事に係る施工設計に着手する見込み。セメント固化・硝酸根分解設備の詳細設計Ⅱにおいて、機器・配管・計装・電気設計等を実施中。

【自己評価】年度計画を達成する見込み。

24

④LWTFの施設整備状況(セメント混練試験を含む)

コールド試験の実施状況

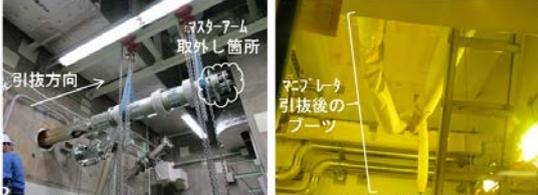
セル内遠隔機器、焼却設備等の保守操作に係る作業要領を確認

【目的】
 操作訓練を兼ねた保守操作を行い、機器の健全性と作業要領を確認する。

【方法】

- ・ セル内遠隔機器(マスタースレーブマニプレータ、パワーマニプレータ)に係る保守操作(マスタースレーブマニプレータの引き抜き・挿入設置・ブーツ交換)
- ・ 焼却設備(二次燃焼器、燃焼ガスフィルタ)のセラミックフィルタ交換に係る保守操作
- ・ セル等漏えい検知装置の作動確認試験(警報の発報確認、漏えい液の抽出・警報灯のリセット確認)

【成果】
 保守操作で使用した機器(セル内遠隔機器、クレーン、セル等漏えい検知装置等)の健全性と、関連する作業要領に問題のないことを確認した。



①マニプレータ引き抜き作業 ②ブーツ交換作業



①上蓋開口作業 ②セラミックフィルタ交換作業

図1 セル内遠隔機器ブーツ交換の保守操作状況

図2 二次燃焼器フィルタ交換の保守操作状況

25



④LWTFの施設整備状況(セメント混練試験を含む)

セメント混練試験の実施状況

炭酸塩模擬廃液(硝酸根分解後の廃液)のセメント固化体に対する長期安定性を確認

【目的】

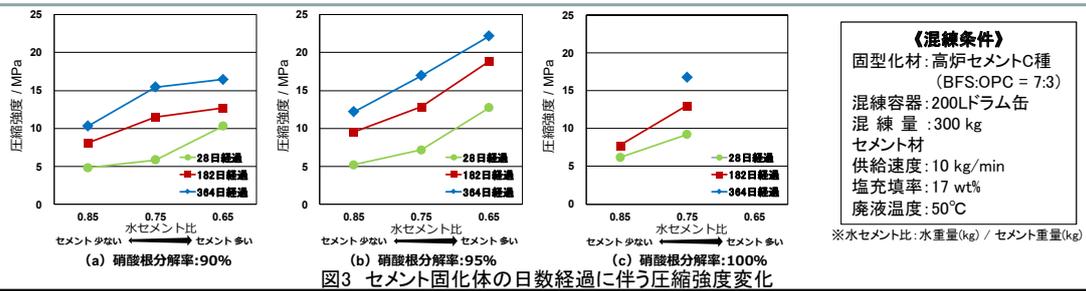
炭酸塩模擬廃液(硝酸根分解率90、95、100%相当)を用いて、運転時に想定される水セメント比と塩充填率をパラメータとして作製したセメント固化体から、長期材齢(半年・1年間養生)の物性データ(一軸圧縮強度、結晶構造)を取得し、実際の固化条件における長期安定性を確認する。

【方法】

- 炭酸塩模擬廃液を用いて、水セメント比をパラメータとして作製したセメント固化体(H29年度作製)から、長期材齢の物性データを取得する。
- また、長期材齢の物性データ測定用として、塩充填率をパラメータとしたセメント固化体を実規模セメント混練装置を用いて作製する。

【成果】

炭酸塩模擬廃液(硝酸根分解率90、95、100%相当)を用いて、運転時に想定される水セメント比を設定し作製したセメント固化体から、長期材齢の物性データを年度内に取得できる見込み。



④LWTFの施設整備状況(セメント混練試験を含む)

設備の改良と整備の実施状況

焼却設備の改良に係る施工設計に着手、セメント固化・硝酸根分解設備の整備に係る詳細設計Ⅱの実施

【目的】

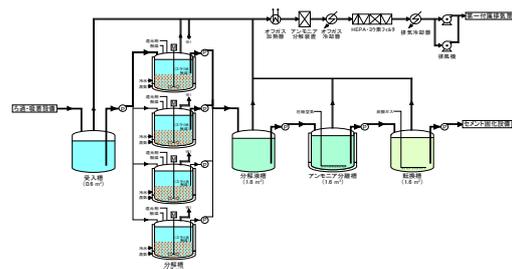
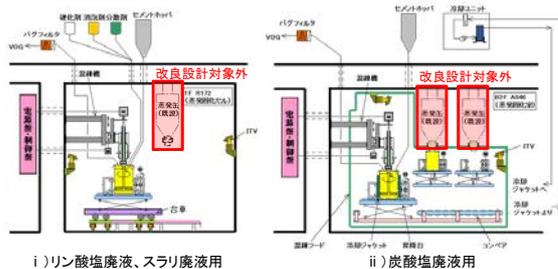
焼却設備の改良工事に係る施工設計に着手する。セメント固化・硝酸根分解設備の改造工事に係る詳細設計Ⅱにおいて機器・配管・計装・電気設計等を実施する。

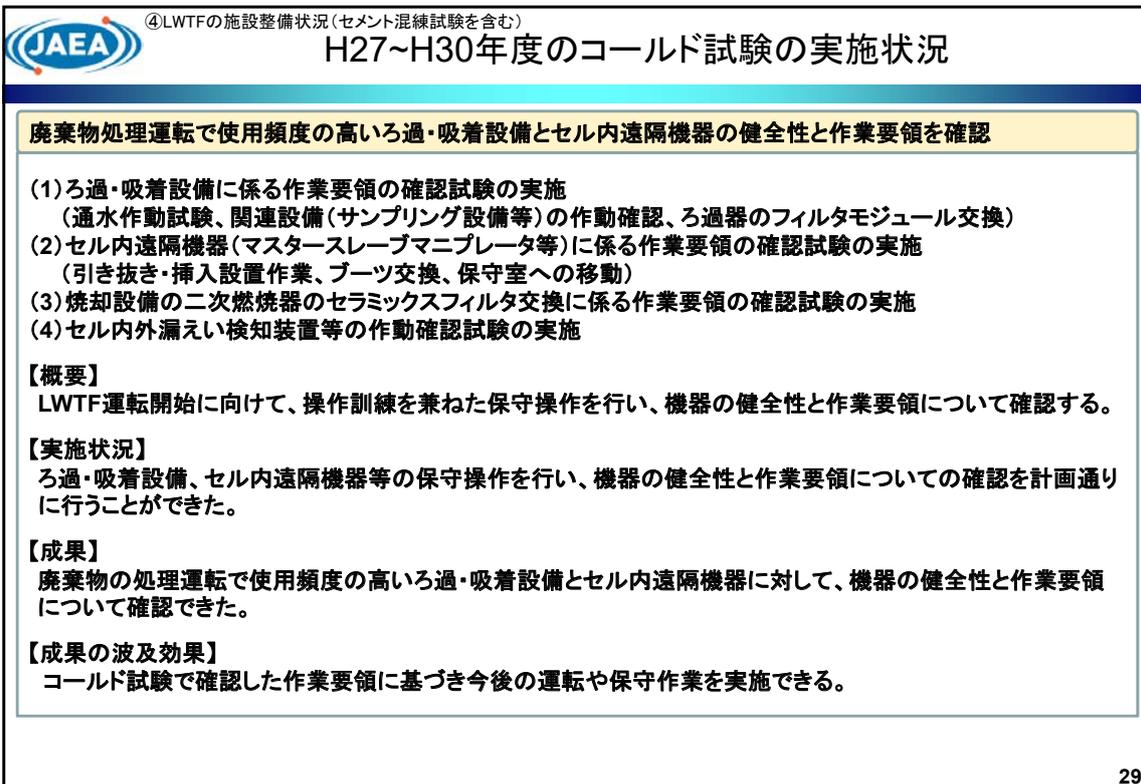
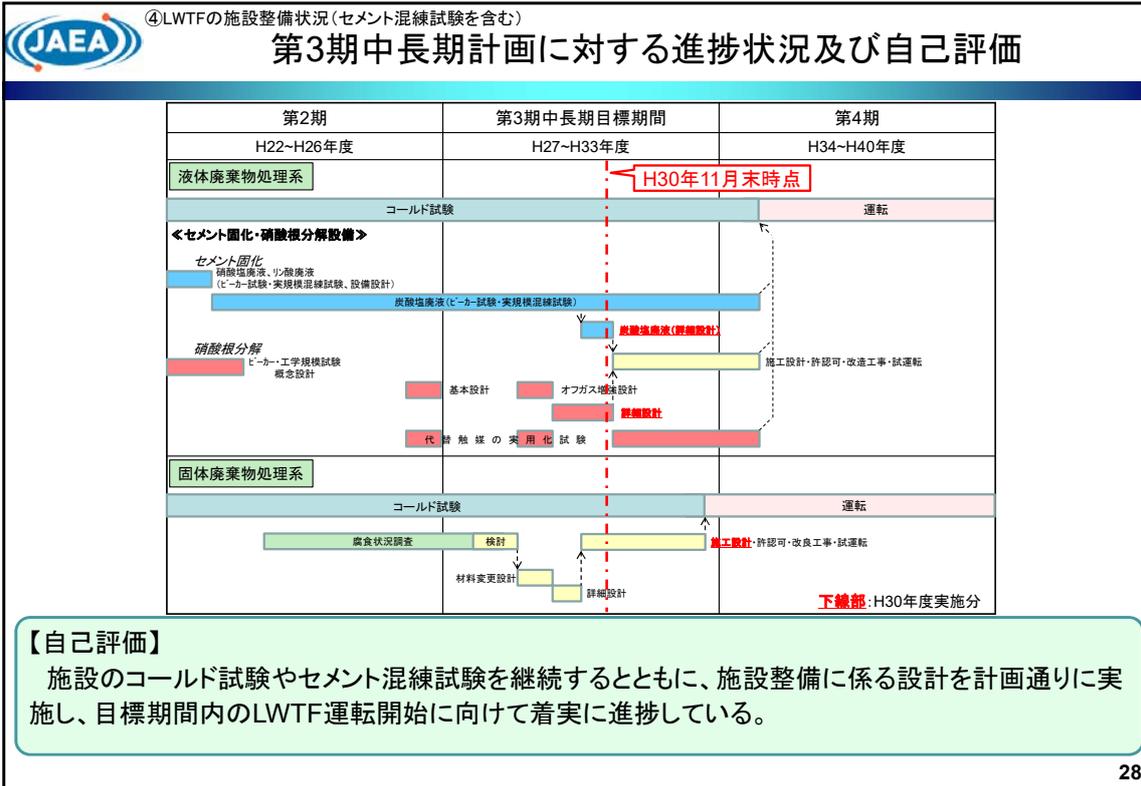
【方針】

- 焼却設備の改良工事に係る工場製作と現地工事を行うための施工設計を行う。
- セメント固化・硝酸根分解設備の詳細設計Ⅱにおいて、セメント固化設備に対して、炭酸塩廃液用セメント材の供給に係る機器・配管の設計を行う。硝酸根分解設備に対して、詳細設計Ⅰの設計成果を基に、機器・配管・計装・電気設計等を行う。

【成果】

焼却設備の改良工事に係る施工設計については、年度内に着手する見込み。セメント固化・硝酸根分解設備の整備に係る詳細設計Ⅱは実施中であり、年度内に終了する見込み。





④LWTFの施設整備状況(セメント混練試験を含む)

H27~H30年度のセメント混練試験の実施状況

**炭酸塩模擬廃液(硝酸根分解率90、95、100%相当)に対するセメント固化条件を取得
運転時に想定される水セメント比を設定して作製したセメント固化体に対する長期安定性を確認**

(1)炭酸塩模擬廃液(硝酸根分解率90、95、100%相当)に対する実規模セメント混練試験を行い、セメント固化条件(水セメント比、塩充填率)を取得
 (2)得られた固化条件に対して、運転時に想定される水セメント比と塩充填率をパラメータとした実規模セメント混練試験を実施中
 (3)実規模セメント混練試験で作製したセメント固化体(水セメント比パラメータ)に対して、長期材齢(半年・1年間養生)の物性データ(一軸圧縮強度、結晶構造)を取得中

【概要】
 炭酸塩模擬廃液(硝酸根分解率90、95、100%相当)を用いて実規模セメント混練試験を行い、運転時に想定されるセメント固化体に対する長期安定性について確認する。

【実施状況】
 炭酸塩模擬廃液(硝酸根分解率90、95、100%相当)を用いて、運転時に想定される水セメント比をパラメータとして作製したセメント固化体に対して、長期材齢の物性データを取得中。また、実規模セメント混練装置を用いて、塩充填率をパラメータとしたセメント固化体を作製中であり、今後、長期材齢の物性データを取得する。

【成果】
 炭酸塩模擬廃液(硝酸根分解率90、95、100%相当)に対するセメント固化条件を取得した。また、運転時に想定される水セメント比と塩充填率のうち、水セメント比を設定して作製したセメント固化体に対する長期安定性について確認できる見込み。

【成果の波及効果】
 炭酸塩模擬廃液に対するセメント固化条件とセメント固化体の長期安定性については、セメント固化設備の整備に係る設計と今後の運転条件に反映し、活用することができる。

30

④LWTFの施設整備状況(セメント混練試験を含む)

H27~H30年度の設備の改良と整備の実施状況

**焼却設備の改良工事に係る施工設計に着手
セメント固化・硝酸根分解設備の改造工事に係る詳細設計Ⅱを実施**

(1)焼却設備の改良工事に係る施工設計に着手する見込み
 (2)セメント固化・硝酸根分解設備の改造工事に係る詳細設計Ⅱにおいて、
 セメント固化設備に対して、炭酸塩廃液用セメント材の供給に係る機器・配管の設計を実施中
 硝酸根分解設備に対して、詳細設計Ⅰの設計成果を基に、機器・配管・計装・電気設計を実施中

【概要】
 LWTFの目標期間内の運転開始に向けて、セメント固化設備及び硝酸根分解設備の施設整備と焼却設備の改良工事を進めるために必要な設計を実施する。

【実施状況】
 焼却設備の改良工事に係る工場製作と現地工事を行うための施工設計に着手する見込み。
 セメント固化・硝酸根分解設備の改造工事に係る詳細設計Ⅱにおいて、
 セメント固化設備に対して、炭酸塩廃液用セメント材の供給に係る機器・配管の設計を実施中
 硝酸根分解設備に対して、詳細設計Ⅰの設計成果を基に、機器・配管・計装・電気設計を実施中

【成果】
 焼却設備の改良工事に係る施工設計に着手する見込み。
 セメント固化・硝酸根分解設備の改造工事に係る詳細設計Ⅱを実施中であり、年度内に終了する見込み。

【成果の波及効果】
 焼却設備の改良工事については、施工設計を基に改良工事(H31~H33年度に実施予定)を行う。
 セメント固化・硝酸根分解設備の改造工事については、詳細設計Ⅱの設計成果を基に施工設計を実施する。

31



⑤ガラス固化技術の高度化に係る技術開発



⑤ガラス固化技術の高度化に係る技術開発

平成30年度計画に対する実施状況及び自己評価

➤ 第3期中長期計画

再処理技術の高度化として、ガラス固化技術の更なる高度化を図るため、白金族元素の挙動等に係るデータ取得・評価、及びガラス固化技術開発施設(TVF)の新型溶融炉の設計・開発を進め、高レベル放射性廃液のガラス固化の早期完了に資する。

➤ 平成30年度計画

ガラス固化技術の高度化に係る技術開発として、溶融炉の安定運転に影響を及ぼす白金族元素の炉内への堆積対策を講じた新型溶融炉の施工設計を進める。

【平成30年度当初目標】

(1) 新型溶融炉の開発

平成29年度詳細設計の結果を基に、平成30年度は、TVF3号炉を構成する部材及び機器について、平成32年度※に開始する製作のために必要な設計(施工設計)として、耐震評価及び遠隔操作性検証を行う。

※当初、平成31年度に製作を開始する計画だったが、詳細設計結果を踏まえ、施工設計期間を1年から2年に変更したことにより、製作開始時期を平成32年度に変更した。

【実施状況(11月末現在)】

(1) 新型溶融炉の開発

① 耐震評価

耐震解析モデル図の作成を完了し、解析を実施中。

② 遠隔操作性検証

TVF3号炉及び周辺機器等の3次元モデルの作成を完了し、検証を実施中。

【自己評価】年度計画を達成する見込み。



⑤ガラス固化技術の高度化に係る技術開発

H27~H30年度の白金族挙動解明の実施状況

白金族元素の沈降・堆積に及ぼす炉底部形状の影響や白金族元素の生成過程を確認

(1) 白金族挙動解明

【概要】

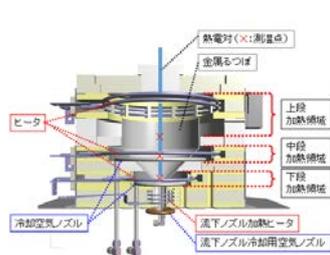
白金族元素の析出過程や炉底部形状毎の白金族抽出性評価を把握し、TVF3号炉の設計等に反映した。

【成果】

- ・ Na_2RuO_4 等がガラス原料と反応することで針状 RuO_2 結晶が生成することを確認した。
- ・炉底部形状や勾配が白金族抽出性に及ぼす影響を確認した(下図)。

【成果の波及効果】

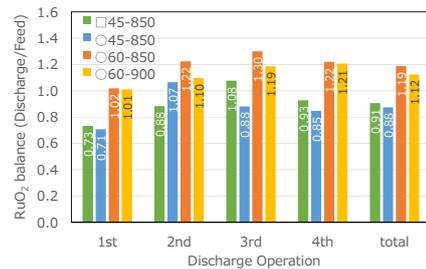
白金族元素の抽出性向上に有効な溶融炉の炉底形状等に関する基礎的知見を獲得した。日本原燃(株)で開発を進めている炉底部を円錐形状とした新型溶融炉の導入判断や白金族元素対策等の高度化技術開発への貢献が期待される。



白金族抽出性評価試験装置

ケース	形状	勾配	傾斜部温度
A	四角錐	45度	850℃
B	円錐	45度	850℃
C	円錐	60度	850℃
D	円錐	60度	900℃

試験パラメータ



白金族抽出性の比較結果

35



⑤ガラス固化技術の高度化に係る技術開発

H27~H30年度の新型溶融炉の開発の実施状況

高放射性廃液のガラス固化処理によるリスク低減に向けて、新型溶融炉の開発を着実に進展

(2) 新型溶融炉の開発

【概要】

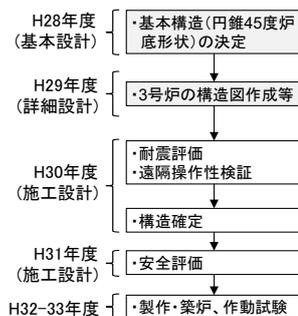
ガラス固化処理計画に従い、TVF3号炉の開発を進めた。

【成果】

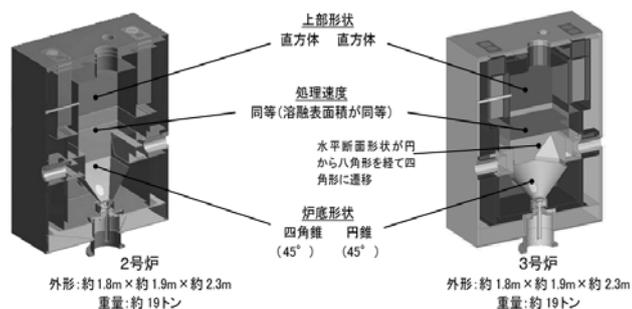
- ・溶融炉の信頼性向上を図るため、国内外の実績等を踏まえて円錐45度形状の基本構造を選定した。
- ・平成34年度末からの溶融炉更新に向けて、着実に設計を進めている。

【成果の波及効果】

高放射性廃液の早期ガラス固化処理を求める外部ニーズへの着実な対応が図られる。



3号炉の開発フロー



3号炉の基本構造(2号炉との比較)

36

This is a blank page.

参考資料 2-2 「原子力施設の廃止措置及び関連する技術開発」

This is a blank page.



原科研の廃止措置（ホットラボ、液体処理場、再処理特別研究棟、JRR-4、TRACY、TCA）の実施状況について

平成30年12月12日

日本原子力研究開発機構
原子力科学研究部門



平成30年度計画に対する実施状況及び自己評価

➤ 第3期中長期計画

原子力施設の廃止措置に関しては、(中略)廃棄物の処理から処分に至る施設・設備の整備状況を勘案するとともに、安全確保を大前提に、(中略)優先順位やホールドポイントを盛り込んだ合理的な廃止措置計画を策定し、(中略)機構改革で定められた施設を中心に確保された予算の中で最大の効果が期待されるものを優先することとする。

➤ 平成30年度計画

廃止措置に着手しているホットラボ、液体処理場、再処理特別研究棟、JRR-4及びTRACYについては、廃止措置を進める。TCAについては、廃止措置計画の認可申請に向けた準備を進める。

【平成30年度当初目標】

- ① ホットラボ、液体処理場及び再処理特別研究棟の廃止措置を継続
- ② JRR-4の廃止措置を継続
- ③ TRACYの廃止措置を継続
- ④ TCAの廃止措置計画の認可申請に向けた準備

【実施状況】

- ① ホットラボ、液体処理場及び再処理特別研究棟の廃止措置を継続
- ② JRR-4の廃止措置を継続
- ③ TRACYの廃止措置を継続
- ④ TCAの廃止措置計画の認可申請の準備

【自己評価】 年度計画を達成する見込み。



ホットラボの廃止措置を計画的に遂行

【施設概要】
 昭和36年度に建設され、我が国初の照射後試験施設として、原子炉燃料・材料の基礎物性試験などが実施された。平成15年度には本施設の機能を他施設に集約する計画のもとに運転を停止した。



ウランマグノックス用鉛セル (4基)



セル系排気設備



ホットラボの外観

【実施状況】
 平成24年度にウランマグノックス用鉛セル12基の解体を開始し、平成28年度までに8基の解体が終了した。平成30年度は、残り4基の鉛セル及びセル系排気設備の解体方法の検討を継続し、解体の準備を進めた。

【成果】
 これまでの解体実績や解体工法の検討により、鉛セル本体の解体手順を確立するとともに、平成30年度に締結した複数年契約により、計画的、且つ、効率的に廃止措置を進めることが可能となった。これらの解体手順や計画的な廃止措置の遂行については、今後、廃止措置を実施する使用施設等の鉛セルの解体に反映する。

3



液体処理場の廃止措置を計画的に遂行

【施設概要】

昭和33年度に建設され、セメント固化装置、凝集沈殿装置、中・低レベル蒸発処理装置(廃液貯槽)が設置されている。第3廃棄物処理棟等の廃棄物処理関連施設の整備の進展に伴い平成9年度に運転を終了した。



液体処理場の外観



廃液貯槽



廃液貯槽の取り外し



解体分別保管棟へ搬入

【実施状況】

平成25年度に、廃液貯槽6基のうち、1基の撤去が完了しており、平成29年度には廃液貯槽周辺から取り外した架台等の撤去を行った。平成30年度は、屋外に設置してある廃液貯槽5基のうち、1基を撤去し、処理のために解体分別保管棟へ搬送した。

【成果】

これらの実績により、廃液貯槽を現場で撤去し、解体分別保管棟へ搬入の上、効率的に解体処理する手順が確立された。この手順は、残り4基の廃液貯槽及び今後、廃止措置で発生する大型廃液貯槽の解体処理に活用する。

4



再処理特別研究棟の廃止措置を計画的に遂行

【施設概要】

昭和36年度に建設され、我が国で初めて、PUREX法により200グラムのプルトニウムの抽出に成功した施設である。平成8年度から廃止措置に着手している。



再処理特別研究棟の外観



□: 仮設廃液設備



【実施状況】

平成29年度に廃液貯槽LV-1の解体に使用した仮設排気設備の解体撤去を行い、平成30年度は、廃液貯槽LV-1の解体に使用した仮設液体設備の解体撤去を行った。これにより、周辺機器を含めた廃液貯槽LV-1の解体が全て完了した。

【成果】

廃棄貯槽LV-1を含め、廃棄貯槽の解体に際しては、解体方法、被ばく管理、汚染拡大防止等の観点から様々データを取得しており、今後、これらを解析することにより、最適な解体工法を確立する予定である。これらの成果については、今後、廃止措置で発生する高濃度に汚染した廃液貯槽の解体に反映する。

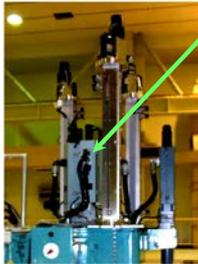
5



JRR-4の廃止措置を計画的に遂行

【施設概要】

昭和40年度に建設され、原子力船「むつ」の遮蔽実験、医療照射(BNCT)などに利用されてきた。その後、平成23年の東北地方太平洋沖地震により運転を停止していたが、「原子力機構改革計画」に基づき、廃止措置が決定した。



原子炉本体上部

制御棒動装置を撤去



JRR-4の鳥瞰図



JRR-4の外観

【実施状況】

平成29年度に廃止措置計画の認可を取得し、原子炉の機能停止措置を行い、平成30年度は、未使用燃料の搬出時期が遅れるため廃止措置計画の変更申請を行った。

【成果】

廃止措置計画の認可申請に至るまでの準備、認可取得までの規制庁対応、原子炉の機能停止措置等の現場対応については、先行事例(JRR-2等)を参考とし、JRR-4、TRACY間で情報共有を行いつつ、一連の措置を完了した。今後、廃止措置を実施する原子炉施設については、施設固有の条件等を踏まえつつ、JRR-4及びTRACYにおける許認可対応等を基本とし、廃止措置の着手に向けた準備を進める。

6



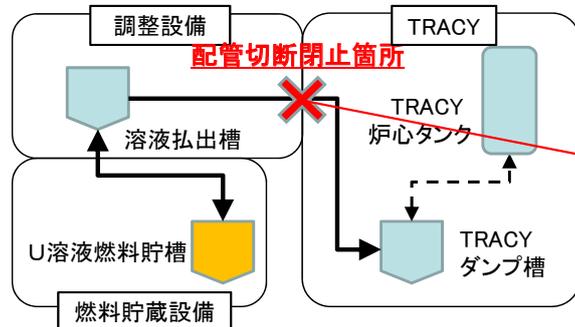
TRACYの廃止措置を計画的に遂行

【施設概要】

核燃料サイクル安全工学研究施設(NUCEF)に設置され、平成7年度から溶液燃料体系での臨界超過(臨界事故)を模擬した実験を行ってきた。平成29年度から廃止措置に着手している。



NUCEFの外観



溶液燃料移送配管を切断

【実施状況】

平成29年度に廃止措置計画の認可を取得し、平成30年度は、原子炉の機能停止措置及び系統隔離措置を行った。

【成果】

廃止措置計画の認可申請に至るまでの準備、認可取得までの規制庁対応、原子炉の機能停止措置等の現場対応については、先行事例(JRR-2等)を参考とし、JRR-4、TRACY間で情報共有を行いつつ、一連の措置を完了した。今後、廃止措置を実施する原子炉施設については、施設固有の条件等を踏まえつつ、JRR-4及びTRACYにおける許認可対応等を基本とし、廃止措置の着手に向けた準備を進める。

7



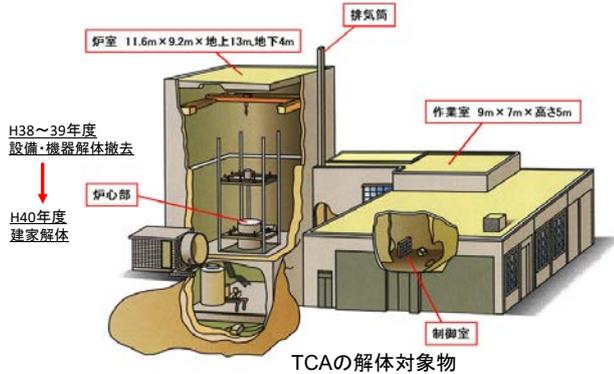
TCAの廃止措置を計画的に遂行

【施設概要】

昭和37年度の初臨界後、軽水炉の炉心核特性に関する研究及び教育訓練に利用されてきた。減速材に軽水を使用した臨界実験装置であり、主要設備として炉心タンク、給排水設備等を備えた施設。低出力炉であり、汚染は僅少である。平成22年度から運転休止中。



TCAの外観



TCAの解体対象物

【実施状況】

平成30年度は、原子炉の廃止措置計画の認可申請の準備を進めた。

【成果】

今後、廃止措置計画の認可申請を実施し、認可の取得に至れば、今後、廃止措置を実施する原子炉施設については、施設固有の条件等を踏まえつつ、JRR-4及びTRACYに加え、TCAにおける許認可対応等を基本とし、廃止措置の着手に向けた準備を進めることが可能となる。



平成30年度の実施内容(各施設)

施設名	開始時期	第3期中長期計画							第4期中長期計画							
		2015 H27	2016 H28	2017 H29	2018 H30	2019 H31	2020 H32	2021 H33	2022 H34	2023 H35	2024 H36	2025 H37	2026 H38	2027 H39	2028 H40	
1 ホットラボ (解体部)	H14															一部の施設を未照射核燃料の保管施設として利用
2 液体処理場	H22															解体、管理区域解除
3 再処理特別研究棟	H08															解体、管理区域解除
4 JRR-4				機能停止												維持管理(冷却) 解体、管理区域解除
5 TRACY					機能停止 系統隔離											維持管理(閉じ込め)
6 TCA					核燃料物質の搬出											維持管理 解体・管理区域解除 建家解体

【自己評価】

施設中長期計画に従って施設の廃止措置を計画通り着実に進めた。



H27～H30年度 原科研の廃止措置の実施状況等

【実施状況】

- ホットラボ、液体処理場及び再処理特別研究棟については、廃止措置を継続した。
- JRR-4については、廃止措置計画の認可を受け、原子炉の機能停止措置を行った。
- TRACYについては、廃止措置計画の認可を受け、原子炉機能停止措置及び系統隔離措置を行った。
- TCAについては、廃止措置計画の認可申請に向けた準備を進めた。

【成果】及び【成果の波及効果】

施設の廃止措置で得られた知見、経験は、今後の原子力施設の安全で合理的な廃止措置の推進に役立てるため、以下の国内外の会議等で、広くその成果を公表している。

- OTAG (Technical Advisory Group: OECD/NEA原子力施設廃止措置プロジェクトに関する技術情報交換会議)
- 日韓、日仏情報交換会議
- ICON-23 (23rd International Conference on Nuclear Engineering)
- 欧州研究炉国際会議 (RRFM2018)
- 日本原子力学会他



「ふげん」の廃止措置

- ① 原子炉周辺設備の解体、クリアランス測定及び知識マネジメントシステム
- ② 炉内試料採取技術の実証及びレーザー切断技術開発

平成30年12月12日

日本原子力研究開発機構
敦賀廃止措置実証部門



- ① 原子炉周辺設備の解体、クリアランス測定
及び知識マネジメントシステム

①原子炉周辺設備の解体、クリアランス測定及び知識マネジメントシステム

平成30年度計画に対する実施状況及び自己評価

➤ **第3期中長期計画**
 原子力施設の廃止措置に関しては、廃棄物の廃棄体化、処分場への廃棄体搬出等、廃棄物の処理から処分に至る施設・設備の整備状況を勘案するとともに、安全確保を大前提に、当該施設を熟知したシニア職員等の知見を活かしつつ、内在するリスクレベルや経済性を考慮し、優先順位やホールドポイントを盛り込んだ合理的な廃止措置計画を策定し、外部専門家による評価を受けた上で、これに沿って進める。

➤ **平成30年度計画**
 「ふげん」施設の廃止措置に関しては、廃止措置計画に基づき、原子炉周辺設備の解体に着手する。また、解体撤去物のクリアランス測定を開始する。

【平成30年度当初目標】

- ① 原子炉周辺設備の解体撤去に着手する。
- ② 解体撤去物のクリアランス測定を開始する。
- ③ 廃止措置技術者人材育成方策を検討する。

【実施状況】

- ① 原子炉建屋地下1階の設備解体に着手した。
- ② 原子力規制委員会からクリアランスの認可を得て、それに基づき保安規定の認可を取得及び下部規定の改訂を行い、クリアランス測定の運用を12月上旬から開始見込みである。
- ③ 知識マネジメントシステムの構築に向けて、職員からのデータ収集について、より簡便なアンケート手法を検討し、職員へアンケート調査の試行に着手した。

【自己評価】年度計画を達成する見込み。

1

①原子炉周辺設備の解体、クリアランス測定及び知識マネジメントシステム

原子炉周辺設備の解体撤去

原子炉周辺設備の解体撤去に着手

【目的】

- 廃止措置計画に基づき、平成45年度までに廃止措置を完了させるため、平成30年度は、原子炉周辺設備である原子炉建屋地下1階の設備の解体撤去を行う。

【方法】

- 原子炉建屋内で発生した解体撤去物は、原子炉建屋内またはタービン建屋に保管(L2・L3廃棄物は地下階)するため、まずは解体撤去物の搬出ルートの確保を第一に設備の解体撤去を進める。

【成果】

- 平成30年度の年度計画に基づき、平成30年9月に原子炉周辺設備の解体撤去に着手しており、年度内に原子炉建屋地下1階の空気再循環系調温ユニット及びシールリーク検出装置・セクターバルブ等の解体撤去工事や貫通口設置に伴う建屋強度評価を終了する予定である。

2

①原子炉周辺設備の解体、クリアランス測定及び知識マネジメントシステム

平成30年度 原子炉周辺設備の解体

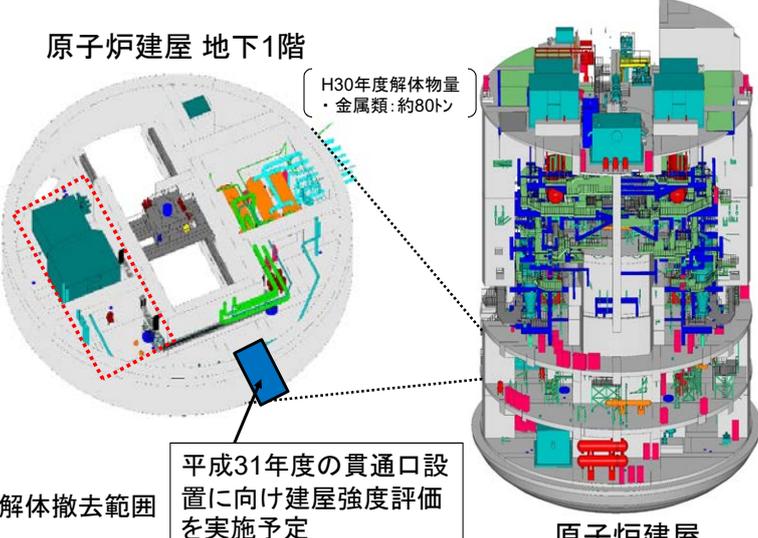
原子炉建屋からタービン建屋への物流ルート確保のため原子炉建屋地下1階の空気再循環系調温ユニット及びシールリーク検出装置・セレクトターバルブ等の解体撤去を実施



調温ユニット



シールリーク
セレクトターバルブ



原子炉建屋 地下1階

H30年度解体物量
・金属類:約80トン

平成31年度の貫通口設置に向け建屋強度評価を実施予定

原子炉建屋

 : 解体撤去範囲

3

①原子炉周辺設備の解体、クリアランス測定及び知識マネジメントシステム

クリアランス測定について

クリアランス測定・評価方法の認可を得て、運用開始

【目的】

- タービン建屋で発生した解体撤去物のクリアランスについて、原子力規制委員会からクリアランス制度の「放射性物質の放射能濃度の測定及び評価の方法」の認可を得て、クリアランス制度の運用を開始する。

【方法】

- タービン建屋内の設備の解体により発生する解体撤去物を対象に原子力規制委員会からクリアランス制度の「放射能濃度の測定及び評価方法」について認可を受け、それに基づいた保安規定、QMS文書等の変更を行い、クリアランス測定を実施する。

【成果】

- クリアランスについては、原子力規制委員会から平成30年8月31日に認可を受け、保安規定の認可及びQMS文書等の改訂手続きを行い、平成30年11月1日施行。
- クリアランス測定の運用を12月上旬から開始見込みである。

4

①原子炉周辺設備の解体、クリアランス測定及び知識マネジメントシステム

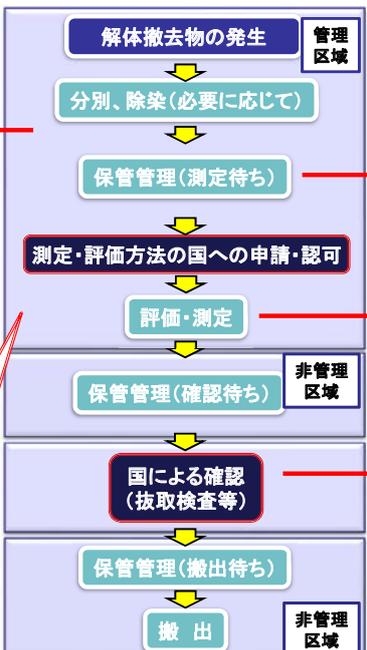
クリアランス制度の運用に向けた取り組み

自動除染装置の設置 (H26年度)
(B-復水器解体跡地)



> 除染方法: ウェットブラスト
> 処理能力: ~2トン/日
> プラスト材: ステンレス鋼(グリッド形状)

放射能濃度の測定及び評価方法
 < 主な内容 >
 1. 対象物
タービン建屋から発生する金属
約1,100トン
 2. 測定及び評価する放射性物質の種類
コバルト(Co-60),トリテウム(H-3)等の
重要10核種
 3. 測定及び評価方法
 ・ 専用の放射線測定装置により、コバルト(Co-60)の放射能濃度を評価
 ・ その他9核種はサンプル分析結果に基づいて放射能濃度を評価





(タービン建屋1階)
解体撤去物の保管管理状況
(H20年度~)



(測定)

< 運用に向けた取り組み状況 >
 H27.2.13~ : クリアランス測定・評価方法の認可申請
 H30.8.31 : 認可
 H30.9.14 : 原子炉施設保安規定変更申請
 H30.10.3 : 認可
 H30.11.1 : 原子炉施設保安規定及び下部規定施行

5

①原子炉周辺設備の解体、クリアランス測定及び知識マネジメントシステム

知識マネジメントシステム構築に向けた取り組み

簡便な情報収集方法の構築に向けた取り組み

【目的】

- プラント運転当時に詳しい職員の退職に伴い技術や知識の欠如が懸念されるが、ベテラン職員がもつ知識の獲得にはシステムティックな方法が必要である。そこで、簡便な情報収集の方法を構築する。

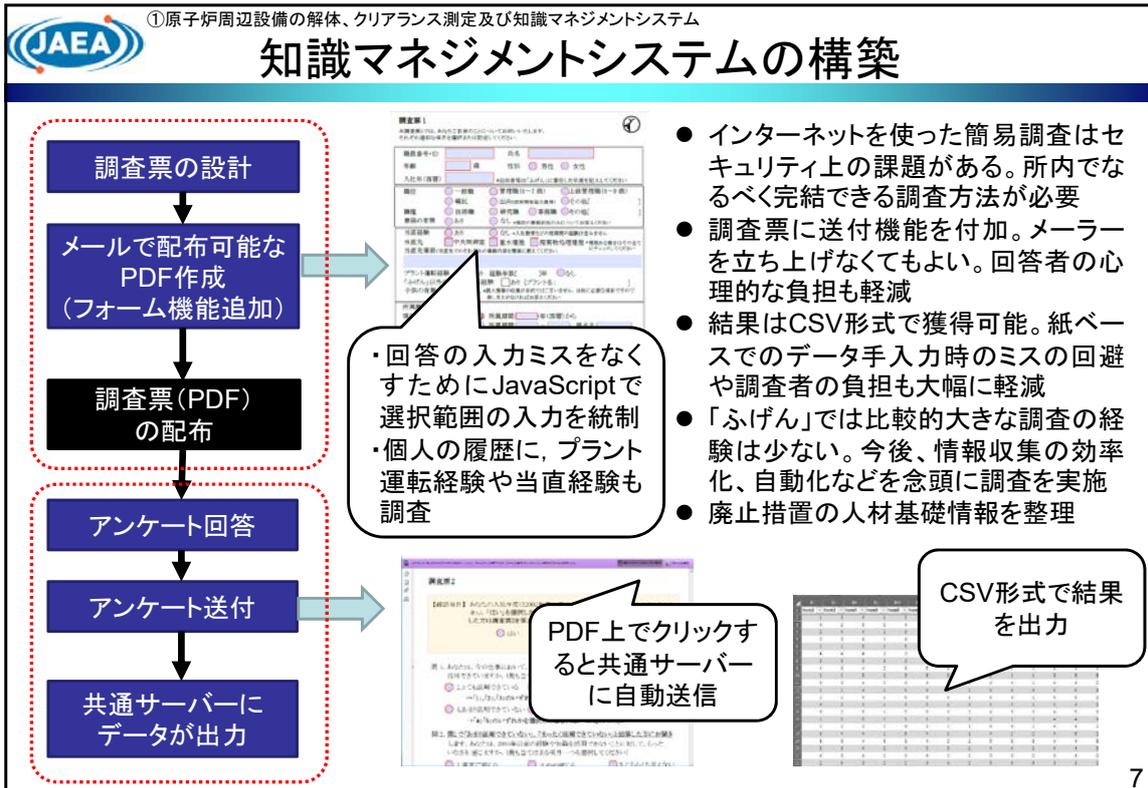
【方法】

- 知識マネジメントシステムの構築は、単なる計算機の活用そのものだけを指すのではなく、情報整理方法の検討なども重要である。先行事例等も参考に収集対象の知識を詳しく定義するとともに、職員からのデータ収集を念頭にし、より簡便に実施できるアンケート手法を構築する。

【成果】

- 職員へのアンケート調査の試行に着手した。今後、アンケートの回収後に手法の妥当性について評価を行う。

6



①原子炉周辺設備の解体、クリアランス測定及び知識マネジメントシステム

第3期中長期計画に対する進捗状況及び自己評価

第3期中長期計画期間の全体スケジュール

項目	H27	H28	H29	H30	H31	H32	H33
(1) 原子炉施設の解体撤去	重水系・ヘリウム系等の汚染の除去期間			原子炉周辺設備解体撤去期間			
	系統内のトリチウム除去完了			・R/B B1 設備解体	・R/B-T/B 貫通口設置 ・地下階、地上階設備解体	・地上階設備解体	・地上階設備解体
(2) クリアランス測定 (CL測定)	▼CL認可申請(2/13) 原子力規制庁審査対応(補正含む)			▼CL認可(8/31)			
				▼11/1 保安規定施行 CL制度の運用			
(3) 知識マネジメントシステム	プロトタイプ構築			知識の効率的な収集方法構築			

【自己評価】

- ・各項目について、廃止措置計画及び年度計画に基づき、計画通りに進捗
- ・H29年度までに系統内のトリチウム除去を完了しており、解体作業等の被ばく低減に貢献
- ・年度計画通り、CL制度の認可を得て運用を開始見込みであり、放射性廃棄物発生量低減に貢献
- ・知識マネジメントシステムのプロトタイプを構築するとともに、効率的な情報収集方法の検討に着手

8

①原子炉周辺設備の解体、クリアランス測定及び知識マネジメントシステム

H27~H30年度の原子炉施設の解体撤去状況

廃止措置計画に基づき計画的に解体撤去を遂行

【概要】

- 平成27年度から平成29年度にかけて原子炉冷却システム施設等の解体撤去を行い、平成30年度から原子炉周辺設備の解体撤去を実施する。
- 重水系・ヘリウム系等の汚染の除去期間である平成29年度までに原子炉建屋内等の機器のトリチウム除去を実施する。

【実施状況】

- 供用を終了した設備については解体撤去工事、汚染の除去工事等の施設の廃止措置作業を計画どおり実施してきている。また、平成30年からの原子炉周辺設備の解体撤去工事に着手した状況にある。
- 重水系・ヘリウム系等の汚染の除去工事として、原子炉補助建屋及び原子炉建屋の機器のトリチウム除去を完了させた。

【成果】

- 廃止措置計画に基づき、着実に設備の解体撤去を進め、解体撤去工事で得られた人工等の実績や切断データ等を取得することが出来た。
- 重水系・ヘリウム系等の汚染の除去工事を完了させ、トリチウム防護服を着用することなく作業を実施可能とした。

【成果の波及効果】

- これまでの解体撤去工事等で得られた成果は、公開報告書等に取り纏めるとともに、国内外の学会等での報告・公知を行ってきている。また、電力会社と定期的に情報交換会を開催し、成果の共有を図っている。

9

①原子炉周辺設備の解体、クリアランス測定及び知識マネジメントシステム

H27~H29年度までの解体撤去実績

平成29年度までの解体撤去範囲

■: H29年度解体撤去工事範囲※

■: H28年度までの解体撤去工事範囲

※平成29年度 解体撤去設備 (管理区域内設備)

- ・A復水器、湿分分離器
- ・主蒸気配管、給水配管、隔離冷却系配管
- ・原子炉冷却材浄化系、余熱除去系、低圧注水系及び高圧注水系配管の一部

(屋外設備)

- ・Aディーゼル発電機室換気系
- ・Aディーゼル発電機用消音器

解体撤去物の総量(平成29年12月末)

金属	コンクリート等	合計
1,061	113	1,174

(単位:トン)

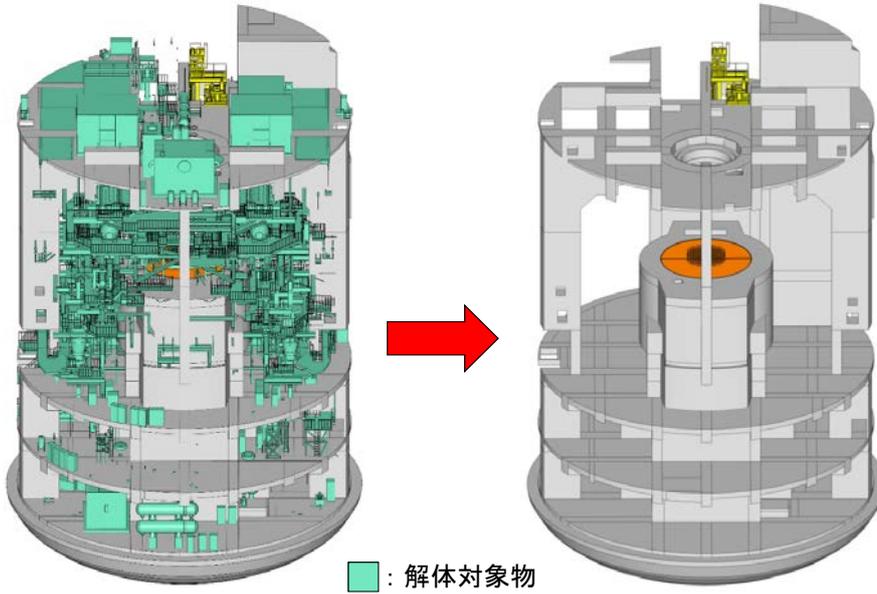
10



①原子炉周辺設備の解体、クリアランス測定及び知識マネジメントシステム

H30年度～H33年度までに実施予定の解体撤去範囲

原子炉本体解体に向けて原子炉建屋の6階から地下2階までの主要な設備を解体撤去



■ : 解体対象物

(解体前)

(解体後)

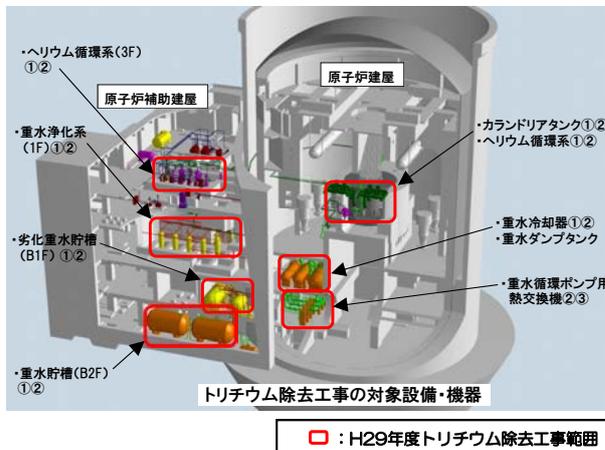


①原子炉周辺設備の解体、クリアランス測定及び知識マネジメントシステム

汚染の除去工事实施状況

重水系・ヘリウム系のトリチウム除去

重水系・ヘリウム系の解体撤去に先立ち、被ばく低減化を図る観点から、系統内の残留重水回収、トリチウム除去及び放射性腐食性生物の除去を実施



□ : H29年度トリチウム除去工事範囲

	作業概要	作業状況
①残留重水回収	弁操作によるドレンアウト後に、フランジの開放、配管の切断等により内部に残留する重水を回収	作業完了 【H26/3】
②トリチウム除去	加熱真空乾燥、常温通気乾燥、常温真空乾燥等により対象系統内のトリチウムを除去・回収	作業完了 【H30/3】
③腐食性生物の除去	物理的方法、化学的方法等により対象機器等内の放射性腐食性生物を除去	作業完了 【H23/3】

*: 重水循環ポンプ用熱交換器の腐食生成物の除去工事を実施

トリチウム除去作業の状況

- ◆ 原子炉補助建屋内の重水系・ヘリウム系機器のトリチウム除去を実施
⇒ H29年度末で終了
- ◆ 原子炉建屋内の重水系・ヘリウム系機器のトリチウム除去を実施
⇒ H29年度末で終了
⇒ カンドリアタンのトリチウム除去完了
(平成29年11月)

①原子炉周辺設備の解体、クリアランス測定及び知識マネジメントシステム

H27~H30年度のクリアランス測定実施状況

クリアランス制度の認可を得て、運用開始

【概要】

- タービン建屋で発生した解体撤去物の約1,100トンについて、原子力規制委員会からクリアランス制度の「放射性物質の放射能濃度の測定及び評価の方法」の認可を得て、クリアランス制度の運用を開始する。

【実施状況】

- 平成27年2月13日に原子力規制委員会に測定及び評価方法について認可申請し、一部補正申請を行いつつ審査対応を継続して実施してきており、平成30年8月31日に認可を受け、保安規定の認可及びQMS文書等の改訂手続きを行い、平成30年11月1日施行。
- クリアランス測定の運用を12月上旬から開始見込みである。

【成果】

- 原子力規制委員会からクリアランスの認可を得て、クリアランスの運用を12月上旬から開始する見込みである。

【成果の波及効果】

- ふげんで認可を得た「放射性物質の放射能濃度の測定及び評価の方法」等について、電力会社等と情報交換を行い、放射能濃度の測定及び評価方法に係るノウハウ等の共有を図った。

13

①原子炉周辺設備の解体、クリアランス測定及び知識マネジメントシステム

H27~H30年度の知識マネジメントシステム構築状況

プロトタイプ構築と簡便な情報収集方法の検討

【概要】

- 人材育成とともに次の世代へ技術や知識を継承できる仕組みを構築する。

【実施状況】

- 平成29年度までに知識マネジメントシステムとしてプロトタイプを構築し、平成30年度から職員からのデータ収集をより簡便に実施可能なアンケート手法を検討し、職員への調査アンケートの試行に着手した。

【成果】

- 効率的な情報収集方法を構築し、着実に知識マネジメントシステムの構築に向けて進めることが出来た。

【成果の波及効果】

- 知識マネジメントシステムの構築に向けた検討状況は、国内外の学会等で発表、公知を行い、成果普及に努めた。アンケート手法は、他拠点でも活用できるものである。

14

②炉内試料採取技術の実証及びレーザー切断技術開発

平成30年度計画に対する実施状況及び自己評価

➤ **第3期中長期計画**
 原子力施設の廃止措置に関しては、廃棄物の廃棄体化、処分場への廃棄体搬出等、廃棄物の処理から処分に至る施設・設備の整備状況を勘案するとともに、安全確保を大前提に、当該施設を熟知したシニア職員等の知見を活かしつつ、内在するリスクレベルや経済性を考慮し、優先順位やホールドポイントを盛り込んだ合理的な廃止措置計画を策定し、外部専門家による評価を受けた上で、これに沿って進める。

➤ **平成30年度計画**
 原子炉解体準備に向けて、原子炉から構造材試料を採取する技術の実証を継続する。また、レーザー切断技術について、高線量雰囲気下における炉心タンク穿孔を実証するとともに、ふくいスマートデコミッションング技術実証拠点を利用し、原子炉遠隔解体モックアップ試験に着手する。

【平成30年度当初目標】

- ① 原子炉構造材からの試料採取及びレーザー遠隔制御技術を実証する。
- ② 原子炉解体を見据えた切断モックアップ試験等を実施する。

【実施状況】

- ① 改良した遠隔試料採取装置を用いた簡易モックアップによる機能確認及び習熟訓練を実施中。簡易モックアップ終了後、炉下部に移設するとともに圧力管からの試料採取に着手する予定。
- ② 遠隔試料採取装置にレーザー切断装置を実装し、簡易モックアップにおいて試料採取時に干渉する炉心タンク構造材(模擬材)をレーザー穿孔する。この際、遠隔制御技術や位置決め技術を含めたレーザー切断技術を検証し、得られた成果や知見を次年度以降の実機適用に反映する予定。

【自己評価】年度計画を達成する見込み。

16

②炉内試料採取技術の実証及びレーザー切断技術開発

炉内試料採取技術の実証

炉内試料採取装置による簡易モックアップ及び試料採取着手

【目的】

- 原子炉解体準備に向けて、原子炉構造材からの試料採取技術について、簡易モックアップ及び実機から試料採取により実証する。

【方法】

- 平成30年度は、平成29年度に実施した簡易モックアップにより抽出された課題解決のため、試料採取装置のモーター駆動部への被水対策等の改良を行った後、簡易モックアップにより機能確認及び作業員の操作習熟を行う。また、簡易モックアップにより安全かつ確実に試料採取が出来ることを確認した後は、試料採取装置を原子炉の下部に設置し、炉下部から炉内にアクセスして圧力管等の試料採取を行う予定である。

【成果】

- 原子炉構造材から試料採取するための簡易モックアップを継続しており、装置の機能確認及び作業員の操作習熟を図ってきている。この簡易モックアップにより安全性等を確認した後、原子炉建屋に装置を移設し、原子炉構造材からの試料採取に着手することとする。

17

②炉内試料採取技術の実証及びレーザー切断技術開発

原子炉構造材からの試料採取の実証

簡易モックアップにより試料採取機能を検証

安全性や作業性等を簡易モックアップで実証後、実機試料採取に着手

(モックアップの様子)

実機試料採取

18

②炉内試料採取技術の実証及びレーザー切断技術開発

レーザー切断技術開発

気中切断技術の実証及び原子炉遠隔解体モックアップ試験着手

【目的】

- 原子炉解体へのレーザー切断技術の適用に向けて、高線量雰囲気下における炉心タンク穿孔を実証する。
- 原子炉遠隔解体モックアップ試験により水中レーザー切断技術の実証に着手する。

【方法】

- 平成29年度の簡易モックアップにより抽出された課題解決のため、穿孔装置の動作プログラム変更等の改良を行い、簡易モックアップにおいて高線量雰囲気下に適用可能な炉心タンク穿孔技術を実証する。
- ふくいスマートデコミッションング技術実証拠点を利用し、高さ約10.5m、外径Φ4.5mの水中タンクを用いて水中レーザー切断技術の実証に着手する。

【成果】

- 穿孔装置のプログラム変更により、穿孔装置の駆動が円滑になり、レーザー穿孔の確実性が向上することが期待され、簡易モックアップにおいて高線量雰囲気下に適用可能な炉心タンク穿孔技術を実証できる見通し。
- ふげん原子炉の狭隘構造を考慮した、圧力管内挿入可能且つ高出力対応の水中レーザー切断ヘッドが整備される見通し。

19

②炉内試料採取技術の実証及びレーザー切断技術開発
炉内試料採取簡易モックアップによるレーザー切断技術の実証

原子炉側部からの試料採取の際に、干渉する構造物(炉心タンク)を穿孔するために高線量雰囲気下におけるレーザー切断工法を適用

φ約9m
 約7m
 側部配管からアクセス
 炉心部線量率 30~200Sv/h
 レーザで穿孔
 レーザー切断機
 側部配管
 試料採取装置 (穿孔工具)
 簡易モックアップ
 炉心タンク模擬材
 レーザー照射
 試料採取装置 (穿孔工具)
 約30度傾斜
 試料採取簡易モックアップによる炉心タンク穿孔試験

炉心タンクが干渉内部へのアクセス孔を穿孔

穿孔仕様
 ✓直径約5,000mm、板厚25mmのタンクを外側から約160mm径で穿孔
 ✓レーザー照射方向に対して約30度傾斜したタンクの穿孔
 ✓切出しに干渉しないようドロスの付着が少なくなる条件(切断速度、ガス流量等)

事前に試料採取装置の簡易モックアップにて検証を行い、試料採取装置と連携した最適なレーザー照射条件を設定

②炉内試料採取技術の実証及びレーザー切断技術開発
スマートデコミッションング技術実証拠点を利用したレーザー切断技術の実証

原子炉解体準備に向けて、平成29年度に整備を行ったふくいスマートデコミッションング技術実証拠点を利用し、原子炉遠隔解体モックアップ試験(原子炉水中解体実証試験)に着手する計画

水中タンク (最大水深約10m、外径約4.5m)
 7軸遠隔水中マニピュレータ
 高出力レーザー切断装置等
 技術実証試験・交流棟建屋(仮称)

原子炉本体解体モックアップイメージ

ふくいスマートデコミッションング技術実証拠点

②試料採取技術の実証及びレーザー切断技術開発

第3期中長期計画に対する進捗状況及び自己評価

第3期中長期計画期間の全体スケジュール

項目	H27	H28	H29	H30	H31	H32	H33
(1) 炉内試料採取技術の実証	装置製作			簡易モックアップ			
		簡易モックアップ		装置改良	炉心下部 試料採取	炉心側部 試料採取	
(2) レーザー切断技術開発	実機二次 切断実証	実機一次 切断実証	炉心タンク穿孔	モックアップ		実機炉心タンク穿孔	
						水中切断技術実証試験	

【自己評価】

炉内試料採取技術の実証については、簡易モックアップにより抽出された課題解決や、より安全に作業が実施できるよう装置改良を進めながら年度計画通り継続的に実施してきている。また、レーザー切断技術開発については、実機配管の一次切断や二次切断にレーザーを適用して安全性等を実証し、着実に原子炉水中遠隔解体適用に向けて進めている。

22

②試料採取技術の実証及びレーザー切断技術開発

H27~H30年度の炉内試料採取技術の実証状況

炉内試料採取技術の実証

【概要】

- 「ふげん」の原子炉本体の構造材は、約25年間の運転による中性子照射により放射能レベルが比較的高いことから、余裕深度処分対象廃棄物として廃棄体化处理を行い、埋設処分場へ搬出する計画である。廃棄体化にあたっては、放射能濃度評価のために核種組成比等を設定するとともに、埋設処分場における安全審査等に向けたデータ提供を行う等、埋設処分場の要求仕様に合致させる必要がある。また、既往の安全評価に係る解析結果の検証を行い、廃棄物の処理処分計画に反映する等の観点から、実機の原子炉構造材からの試料採取に係る技術開発を進めている。

【実施状況】

- 平成27年度に炉内試料採取装置(穿孔装置含む)を製作し、簡易モックアップにより課題の抽出を行い、その都度装置の改良を図ってきた。平成30年度も継続して簡易モックアップを実施しており、安全性等を確認した後、実機からの試料採取に着手する。

【成果】

- 炉内試料採取装置を製作し、装置改良を行いつつ、安全かつ確実に炉内試料採取を実施するため、簡易モックアップにより装置の機能確認及び作業員の操作習熟訓練を行うことができた。

【成果の波及効果】

- 東京電力の福島第一の燃料デブリ取出し技術に炉内試料採取技術を反映するため、東京電力と意見交換を実施している。また、これまでの成果については、適宜、国内外の学会等で発表・公知を行い、成果普及に努めている。

23

②試料採取技術の実証及びレーザー切断技術開発

原子炉構造材からの試料採取の実証

試料採取箇所

側部挿入型

試料採取対象
 ・炉心タンク
 ・制御棒案内管
 ・防振板

下部挿入型

炉下部

試料採取対象
 ・圧力管
 ・カランドリア管

ユニット式で装置を共用

「ふげん」の炉内構造物からの試料採取装置概念

24

②試料採取技術の実証及びレーザー切断技術開発

H27~H30年度のレーザー切断技術の開発状況

気中及び水中におけるレーザー切断技術の実証

【概要】

- 原子炉本体解体切断工法として炉心領域と遮蔽領域にレーザー切断工法、遮蔽領域は更に金属ライナー付きコンクリートを切断可能なダイヤモンドワイヤーソー切断工法を選定するとともに、安全評価や最適な切断条件の抽出に係るデータ取得等を進めてきている。レーザー切断工法は国内外の廃止措置の適用実績がないことから、まずは気中雰囲気にて実機による切断実証を行い、安全性を確認した後、原子炉解体適用に向け、水中切断技術実証試験を行う。

【実施状況】

- 原子炉解体へのレーザーの適用に向けて、実機の解体にレーザーを適用し安全性等の実証を行ってきている。また、炉内試料採取の炉心タンク穿孔に向けて、穿孔装置のプログラミング改良等を図りつつ簡易モックアップにより切断実証を行う予定である。また、平成29年度に完成したふくいスマートデコミッションング技術実証拠点を利用し、実規模大での試験が可能な水中タンクにより水中切断技術実証試験を行う予定である。

【成果】

- 実機の一次、二次切断にレーザーを適用し、安全性や作業性等を確認することが出来た。また、炉心タンク穿孔にレーザーを適用することで高線量雰囲気下における切断実証を行うことが出来る。更に、狭隙部対応且つ高出力対応水中レーザー切断ヘッドを整備し、ふくいスマートデコミッションング技術実証拠点を利用することで実機解体時と同じ水深で水中切断技術実証試験を行い、水中での切断実証が出来る。

【成果の波及効果】

- 炉内試料採取と同様に東電の福島第一の事故復旧に資することが出来る。また、得られた成果は国内外の学会等で発表、公知を行い、成果普及に努めた。

25



②試料採取技術の実証及びレーザー切断技術開発

レーザー切断技術の開発状況

実機配管の一次、二次切断にレーザー切断技術を適用



原子炉冷却材浄化系の配管の二次切断にレーザーを適用



隔離冷却系熱交換器の入口配管の一次切断にレーザーを適用
(狭隘部のため、狭隘部対応のレーザー切断ヘッド駆動装置を開発)



人形峠環境技術センターの廃止措置

- ① 濃縮工学施設、ウラン濃縮原型プラント、製錬転換施設の廃止措置
- ② ウラン廃棄物のクリアランス測定技術

平成30年12月12日

日本原子力研究開発機構
核燃料・バックエンド研究開発部門



- ① 濃縮工学施設、ウラン濃縮原型プラント
製錬転換施設の廃止措置

①濃縮工学施設、ウラン濃縮原型プラント、製錬転換施設の廃止措置

平成30年度計画に対する実施状況及び自己評価

➤ **第3期中長期計画**

原子力施設の廃止措置に関しては、廃棄物の廃棄体化、処分場への廃棄体搬出等、廃棄物の処理から処分に至る施設・設備の整備状況を勘案するとともに、安全確保を大前提に、当該施設を熟知したシニア職員等の知見を活かしつつ、内在するリスクレベルや経済性を考慮し、優先順位やホールドポイントを盛り込んだ合理的な廃止措置計画を策定し、外部専門家による評価を受けた上で、これに沿って進める。実施に当たっては、機構改革で定められた施設を中心に、確保された予算の中で最大の効果が期待されるものを優先することとする。

➤ **平成30年度計画**

- ・濃縮工学施設の廃止措置
設備の解体・撤去を継続するとともにウラン廃棄物発生量の最小化のために遠心機部品のクリアランス確認を継続する。
- ・ウラン濃縮原型プラントの廃止措置
設備の解体・撤去に向け、廃止措置計画の認可申請の準備を進める。
- ・製錬転換施設の廃止措置
廃止措置を継続する。

【平成30年度当初目標】

➤ 濃縮工学施設の廃止措置(パイロットプラント遠心機処理、設備の解体撤去)

- ①パイロットプラント遠心機100台以上の処理を終了する。
- ②遠心機部品の放射能濃度測定を行い、クリアランス確認申請を1回行う。
- ③OP-1UF6操作室及びブレンディング室から撤去した大型汚染機器(10基)の解体を終了する。
- ④NRとして搬出可能な解体物(8トン以上)のNR対応を終了する。

【実施状況】

➤ 濃縮工学施設の廃止措置(パイロットプラント遠心機処理、設備の解体撤去)

- ①OP-2遠心機100台の処理を実施中であり、平成31年3月に終了予定。
- ②第6回確認申請分放射能濃度測定を平成30年12月より開始し、第6回放射能濃度確認申請を平成31年2月までに行う予定。
- ③大型汚染機器の解体、ドラム缶収納を実施中であり、平成30年12月に終了予定。
- ④NRとして搬出可能な解体物のNR対応を実施中であり、平成31年3月に終了予定。

【自己評価】 年度当初目標を達成する見込み。

1

①濃縮工学施設、ウラン濃縮原型プラント、製錬転換施設の廃止措置

平成30年度計画に対する実施状況及び自己評価

➤ **第3期中長期計画**

原子力施設の廃止措置に関しては、廃棄物の廃棄体化、処分場への廃棄体搬出等、廃棄物の処理から処分に至る施設・設備の整備状況を勘案するとともに、安全確保を大前提に、当該施設を熟知したシニア職員等の知見を活かしつつ、内在するリスクレベルや経済性を考慮し、優先順位やホールドポイントを盛り込んだ合理的な廃止措置計画を策定し、外部専門家による評価を受けた上で、これに沿って進める。実施に当たっては、機構改革で定められた施設を中心に、確保された予算の中で最大の効果が期待されるものを優先することとする。

➤ **平成30年度計画**

- ・濃縮工学施設の廃止措置
設備の解体・撤去を継続するとともにウラン廃棄物発生量の最小化のために遠心機部品のクリアランス確認を継続する。
- ・ウラン濃縮原型プラントの廃止措置
設備の解体・撤去に向け、廃止措置計画の認可申請の準備を進める。
- ・製錬転換施設の廃止措置
廃止措置を継続する。

【平成30年度当初目標】

➤ ウラン濃縮原型プラントの廃止措置

- ①廃止措置計画認可申請書を規制委員会へ申請する。

➤ 製錬転換施設の廃止措置

- ①V-923床ドレンピットの除染等処置を終了する。
- ②排気第3系統ダクト部(非管理区域)の撤去・閉止措置を終了する。

【実施状況】

➤ ウラン濃縮原型プラントの廃止措置

- ①廃止措置計画認可申請書の提出(9/28)及び認可に向けた調整を実施する。

➤ 製錬転換施設の廃止措置

- ①V-923床ドレンピットの除染等処置を終了見込み。
- ②排気第3系統ダクト部(非管理区域)の撤去・閉止措置を平成31年1月から開始し、平成31年3月に終了予定。

【自己評価】 年度当初目標を達成する見込み。

2



①濃縮工学施設、ウラン濃縮原型プラント、製錬転換施設の廃止措置

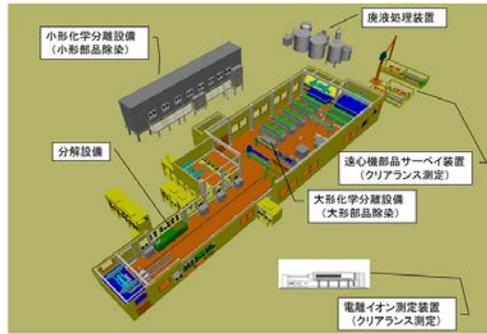
廃止措置実施状況等

【濃縮工学施設の廃止措置(パイロットプラント遠心機処理)】

- 放射性廃棄物として処理すべき量を削減して、大部分は、資源として有用金属の有効利用(リサイクル、リユース)を図る。
- 核不拡散のために遠心機部品の持つ機微技術情報を消滅して保障措置上の管理を軽減する。

平成30年度の実施状況

- ・OP-2遠心機100台の処理を、平成31年3月に終了予定。
⇒次年度以降もパイロットプラント遠心機処理を継続して実施する。(処理台数は予算措置の状況による。)
- ・クリアランス運用として、第6回確認申請分放射能濃度確認対象物の放射能濃度の測定を、平成30年12月より行い、「放射能濃度の測定及び評価の結果」について、平成31年2月までに原子力規制委員会へ確認申請する予定。
⇒次年度以降も遠心機部品の放射能濃度測定と原子力規制委員会への確認申請を継続して実施する。放射能濃度の測定については、電離イオン測定装置単独での「放射能濃度の測定及び評価の方法」を適用する。



3



①濃縮工学施設、ウラン濃縮原型プラント、製錬転換施設の廃止措置

廃止措置実施状況等

【濃縮工学施設の廃止措置(設備の解体撤去)】

- 所期の目的を終了した主要設備を解体撤去し、放射性廃棄物の保管などスペースの有効活用を行う。
- 必要設備に最小限化することで維持管理費等を軽減する。

平成30年度の実施状況

- ・OP-1UF6操作室及びプレンディング室から解体撤去した大型汚染機器(10基)の解体(細断)、ドラム缶収納を、平成30年12月に終了予定。
- ・放射性廃棄物でない廃棄物(NR)として搬出可能な解体物(8トン以上)のNRの対応を、平成31年3月に終了予定。

⇒次年度以降も撤去済み機器の解体及びドラム缶収納及び主要設備の解体撤去並びに解体収納物のNR対応を継続して実施する。



大型汚染機器(圧力放出槽)解体

4



①濃縮工学施設、ウラン濃縮原型プラント、製錬転換施設の廃止措置

廃止措置実施状況等

【ウラン濃縮原型プラントの廃止措置】

●廃止措置計画認可申請書を規制庁へ申請を行う。

平成30年度の実施状況

・平成29年度にセンター内に設置したタスクチームにて廃止措置計画認可申請書を作成した。作成後は、センターの安全審査委員会及び中央安全審査・品質保証委員会委員会で審議を経て、平成30年9月28日規制委員会へ申請した。
⇒ 今後は、廃止措置計画の認可を早期に取得するため、規制庁との対応を進める、認可取得後は、措置工程に基づき廃止措置を実施する。

【製錬転換施設の廃止措置】

●簡易管理(倉庫化)に向けた残作業を進める。

平成30年度の実施状況(1/2)

・昨年度実施した同施設内のV-701床ドレンピットと同様の床ドレンピットについては概略の汚染状況調査は昨年度終了している。昨年度に引き続き、V-923床ドレンピット内部について、汚染状況等詳細調査及び除染等の処置を実施する。
・不要薬品等の処置としては、不要薬品のうち、昨年度と同様に分析成分が確定している薬品等の廃液処理を行う。廃液処理設備で処理できない内容物の成分不明な薬品については分別し保管管理する。
・アクティブ中性子法によるウラン量測定装置(JAWAS-N)を使用したドラム缶の非破壊測定を昨年度、当初計画の全量測定を完了した。非破壊測定完了に伴いR1施設の「許可使用に関する軽微な変更に係る変更届」の許可手続きを実施し目標期限内に届け出る。



床ドレンピット
除染処置例



不要薬品例



JAWAS-N非破壊測定装置

製錬転換施設廃止措置の実施状況

5



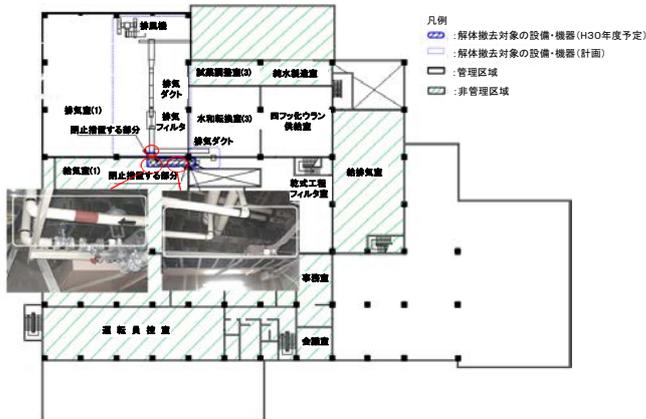
①濃縮工学施設、ウラン濃縮原型プラント、製錬転換施設の廃止措置

廃止措置実施状況等

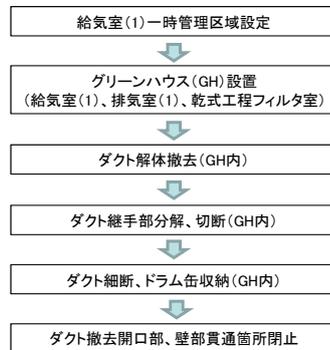
平成30年度の実施状況(2/2)

・排気第3系統ダクト部(非管理区域)の撤去・閉止措置を、平成31年3月に終了予定。

⇒ 次年度以降、管理区域に残存する排気第3系統の「排気ダクト」、「排風機」、「排気フィルタユニット」及び「アルカリスクラバ」機器等を、廃液処理設備本体等の付帯設備の解体撤去と合わせて適時解体撤去する。(許可状況により工程の変更あり。)

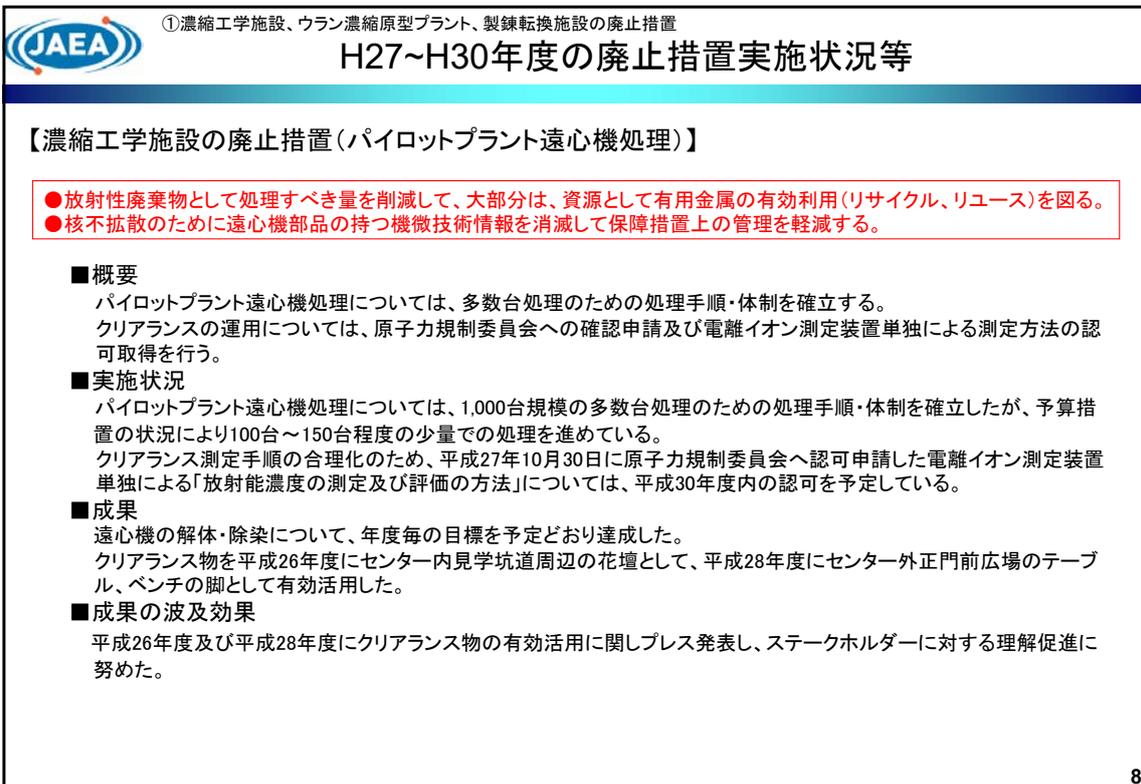
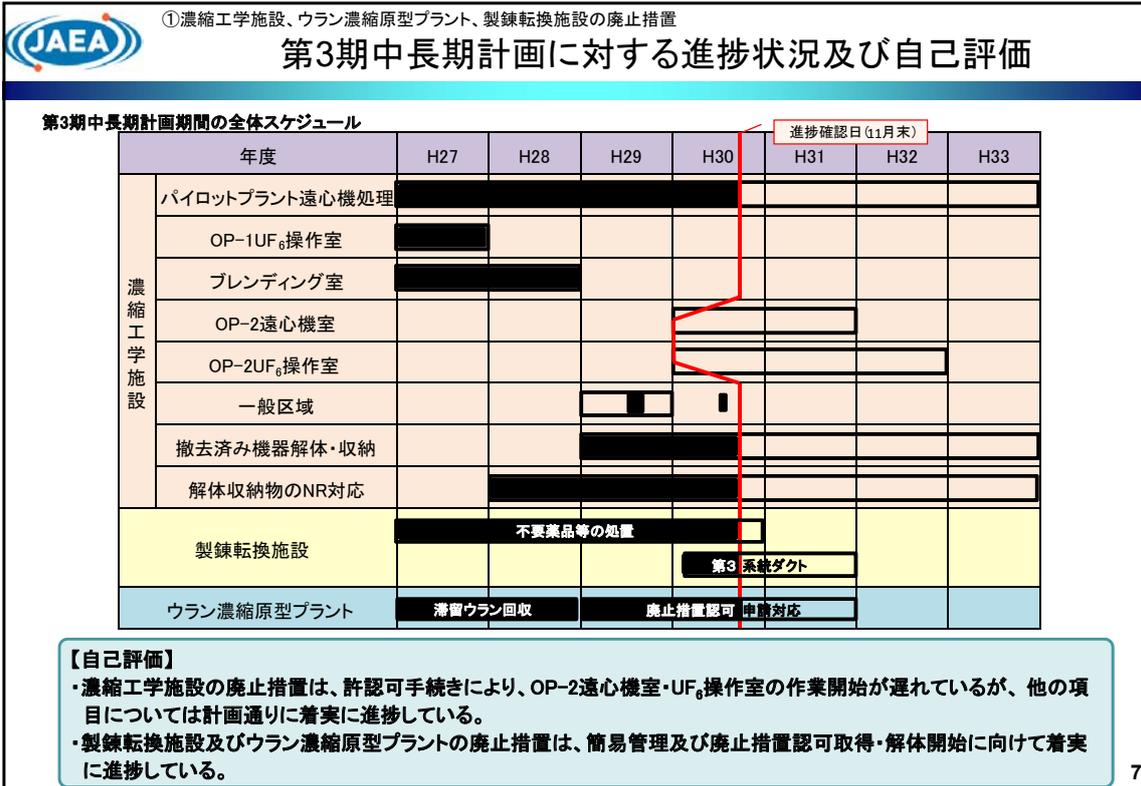


排気第3系統ダクト部撤去範囲



排気第3系統ダクト部撤去手順

6



①濃縮工学施設、ウラン濃縮原型プラント、製錬転換施設の廃止措置

H27~H30年度の廃止措置実施状況等

【濃縮工学施設の廃止措置（設備の解体撤去）】

●所期の目的を終了した主要設備を解体撤去し、放射性廃棄物の保管などスペースの有効活用を行う。
●必要設備に最小限化することで維持管理費等を軽減する。

■概要
設備の解体撤去については、所期の目的を達成した主要設備を解体撤去する。
施設を維持するために必要な設備（給排気設備、ユーティリティ設備、電気・計装設備等）に最小限化することで維持管理費等を軽減する。

■実施状況
OP-1UF₆操作室とブレンディン室の主要設備の解体撤去を開始し平成28年度までに終了した。
撤去済み機器の解体・収納は、平成29年度から開始しスケジュール通りに進捗し、平成30年度も継続している。また、解体収納物のNR対応についても平成28年度から開始しスケジュール通りに進捗している。
平成30年度から開始予定のOP-2遠心機室とOP-2 UF₆操作室については、許認可の状況から、当年度での解体撤去の開始が遅延する状況にある。

■成果
設備の解体撤去については、主要な設備の解体撤去が着実に行われており、有効活用できるスペースが一部確保できたとともに、解体物のドラム缶封入措置による放射性物質の漏洩、拡散等のリスクの低減、NR対応による放射性廃棄物の低減が図られた。

■成果の波及効果
解体工法等が他のウラン濃縮事業者の参考となることが期待されることから、解体撤去の手順、安全対策等を取りまとめた。

9

①濃縮工学施設、ウラン濃縮原型プラント、製錬転換施設の廃止措置

H27~H30年度の廃止措置実施状況等

【ウラン濃縮原型プラントの廃止措置】

●廃止措置開始に向けた準備を行う。

■概要
設備解体に向けて、廃止措置の準備を行う。

■実施状況
平成27年度より「DOP-1滞留ウラン回収」を開始し、平成28年度末に終了した。平成29年度からは、廃止措置計画の認可申請を作成し、センターの安全審査委員会及び中央安全審査・品質保証委員会委員会での審議を行った。

■成果
平成30年9月28日に「加工の事業に係る廃止措置計画認可申請書」を規制委員会へ申請した。

■成果の波及効果
他の加工施設が廃止措置に移行する場合に、申請書の作成や認可取得までの対応状況等に対して申請書記載内容や記載レベル或いは申請手続きの実務経験に基づくノウハウ等のアドバイスとして貢献することができる。

【製錬転換施設の廃止措置】

●簡易管理（倉庫化）に向けた残作業を進める。

■概要
簡易管理移行に向けて、必要な取り組み「①不要薬品の処分、②汚染固定、③給排気設備の撤去」を行う。

■実施状況
不要薬品の処分として、廃液処理・分別を行い、分別後は分析を行い、分析結果から、保管薬品あるいは核燃料物質に分別し保管した。汚染固定については、V-701及びV-923床ドレンピット内部の汚染状況等調査及び除染等の処置の事前調査後、これらの結果を元に整備計画を立案しピット内整備に反映し実施した。
給排気設備の撤去の一部として排気第3系統ダクト部の（非管理区域）の撤去・閉止措置を行う。許認可の変更申請の対応及び作業準備を進め、平成31年1月に開始し、平成31年3月に終了する予定となっている。

■成果
簡易管理に向けて、必要な取り組みを予定どおり進めることができた。

10



② ウラン廃棄物のクリアランス測定技術



② ウラン廃棄物のクリアランス

平成30年度計画に対する実施状況

▶ 【第3期中長期計画】

廃止措置・放射性廃棄物の処理処分において必要となる技術開発に関しては、東京電力福島第一原子力発電所の廃止措置等への貢献にも配慮し、施設の状況や廃棄物の特徴を勘案した廃止措置、廃棄物の性状評価、廃棄物の廃棄体化処理、廃棄確認用データ取得等に係る先駆的な技術開発に積極的に取り組み、安全かつ合理的なプロセスを構築する。

▶ 【平成30年度計画】

ウラン廃棄物に対するクリアランス測定技術の開発を継続する。

【H30年度当初目標】

- ①かさ密度が均一な単純形状および複雑形状物のクリアランス対象物に対して、製作したクリアランス測定装置及び散乱ガンマ線を用いた評価手法を用いて最適な測定、配置条件を検討し、放射能定量性能を確認する。
- ②かさ密度に偏在がある廃棄物について上記の評価手法について、放射能定量性能を評価し、最適な測定、配置条件を検討する。

【実施状況】

- ①保管廃棄物の形状、種類を調査し、分類するとともに代表的な形状について、規則的に配置するパターンを調査した。
- ②配管等の単純形状廃棄物について規則的に配置し、様々な線源位置を設定してシミュレーションを実施し、等価モデル法の適用性を確認した。

【自己評価】年度当初目標を達成する見込み。



② ウラン廃棄物のクリアランス

クリアランス測定技術の開発状況

●クリアランス測定装置及び評価法の複雑形状器材への適用範囲を確認し、放射性廃棄物発生量を低減する。

■目的

バルブやフランジ等の複雑な形状の器材のクリアランスレベル(1Bq/g)以下の高精度なウラン等の測定では、アルファ線を用いたクリアランス測定の適用が困難である。そこで、測定対象の材質及び形状的な多様性や、残留しているウラン等の状態を考慮し、ガンマ線を計測することにより、クリアランスに求められる精度で測定することができる測定装置の開発と測定手法の技術的な成立性を確認する。

○開発方針

実廃棄物の場合、廃棄物の詰込状態によっては、測定精度が十分に確保できないことも考えられる。その場合、精度を確保するために廃棄物の再分別・詰替えが必要になる等、作業の手戻りが発生し、作業効率が低下するおそれがある。

また、開発した等価モデル法がクリアランス物測定・評価法として認可を得るためには、密度分布や線源偏在があるドラム缶を測定し、必要な性能が得られることを実証する必要がある。

本開発において、等価モデル法が適用可能な廃棄物の配置・密度等の条件を検討する。



図1 製作したクリアランス測定装置

検出器台数	NaI検出器(結晶サイズ3×5×16インチ) 6台
遮へい体	材質:鉄 厚さ:10cm
検出器配置	ドラム缶上部と下部に交互に30° 間隔で配置
回転台	回転測定(10 rpm)、角度測定(15° ~ 180°)

12



② ウラン廃棄物のクリアランス

クリアランス測定技術の開発状況

■方法

実際の解体物・廃棄物調査を実施し、代表的な廃棄物形状を選定し、ドラム缶に配置したモデルを作成する。MCNPでシミュレーションを実施し、等価モデル法の適用範囲を確認する。また、評価した廃棄物モデルについて、適用可能な代表的配置について廃棄物を作製し、ガンマ線測定試験を実施し、クリアランスレベルのウラン定量性能を評価する。

■成果

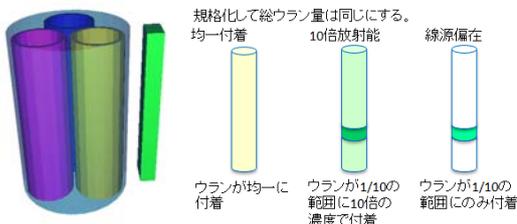


図2 単純形状物の線源パターン例

図2のように配管類について規則的に配置し、様々な線源位置を設定してMCNPコードを用いてシミュレーションを行った。シミュレーション結果を図3に示す。Xgeometryと1001 keV計数率はおよそ直線関係が得られた。

$$X_{geometry} = \frac{1}{\left\{ \ln \left(1 / \left(\frac{n_d}{n_b} \right) \right) \right\}^2}$$

Xgeometryはウランの娘核種が出す1001 keVのガンマ線(n_d)と、その散乱線(n_b)の比で表されるパラメータで、線源の遮蔽状況を表す。

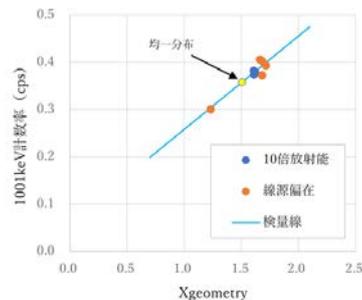


図3 単純形状物のシミュレーション結果例

13

② ウラン廃棄物のクリアランス
第3期中長期計画に対する進捗状況

第3期中長期計画期間の全体スケジュール

項目	H27	H28	H29	H30	H31	H32	H33
(1) 密度均一・単純及び複雑形状物のクリアランス測定技術		シミュレーション、 模擬廃棄物測定試験					
(2) 密度偏在・単純及び複雑形状物のクリアランス測定技術					シミュレーション、 模擬廃棄物測定試験		
(3) 実廃棄物による測定試験							実廃棄物 試験

【自己評価】

- かさ密度均一・単純形状の廃棄物において、 $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ 程度の測定対象について、60分の測定時間でドラム缶あたり、 $0.5\text{g}(0.06\text{Bq}/\text{g})$ のウランを相対誤差 $\pm 20\%$ 以内で測定可能であることを確認し、開発方針で挙げた仕様を達成した。
- 本評価方法は加工事業者の保管廃棄物中のウラン量測定に適用されている。また、得られた成果は学術誌 *Radioisotopes* や、日本原子力学会 北関東支部講演会において発表を行っている。

14

② ウラン廃棄物のクリアランス
H27～H30年度のクリアランス測定技術の開発状況

●クリアランス測定装置及び評価法の複雑形状器材への適用範囲を確認し、放射性廃棄物発生量を低減する。

■概要

バルブやフランジ等の複雑な形状の器材のクリアランスレベル($1\text{Bq}/\text{g}$)以下の高精度なウラン等の測定では、アルファ線を用いたクリアランス測定の適用が困難である。そこで、測定対象の材質及び形状的な多様性や、残留しているウラン等の状態を考慮し、ガンマ線を計測することにより、クリアランスに求められる精度で測定することができる測定装置の開発と測定手法の技術的な成立性を確認する。

■実施状況

測定単位 $100\text{kg}\sim 200\text{kg}$ に対して、線源の偏り等を補正し、かさ密度 $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ 程度の測定対象について、天然ウランでウラン量約 $0.5\text{g}\sim 4\text{g}$ (約 $0.06\text{Bq}/\text{g}\sim 0.5\text{Bq}/\text{g}$)について、クリアランス測定試験を実施した。

■成果

かさ密度均一・単純形状の廃棄物において、かさ密度 $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ 程度の測定対象について、60分の測定時間でドラム缶あたり、 $0.5\text{g}(0.06\text{Bq}/\text{g})$ のウランを相対誤差 $\pm 20\%$ 以内で測定可能であることを確認し、開発方針で挙げた仕様を達成した。

■成果の波及効果

本評価方法は加工事業者の保管廃棄物中のウラン量測定に適用されている。また、得られた成果は学術誌 *Radioisotopes* や、日本原子力学会 北関東支部講演会において発表を行っている。

15



大洗研究所の廃止措置

- ① 重水臨界実験装置(DCA)の廃止措置に関する実施状況について

平成30年12月12日

日本原子力研究開発機構
高速炉・新型炉研究開発部門



平成30年度計画に対する実施状況及び自己評価

▶【第3期中長期計画】

原子力施設の廃止措置に関しては、(中略)機構改革で定められた施設を中心に、確保された予算の中で最大の効果が期待されるものを優先する。

▶【平成30年度計画】

廃止措置中の重水臨界実験装置(DCA)については、原子炉本体等の解体撤去を継続する。

【平成30年度当初目標】

・重水ストレージタンク(A)の解体撤去を完了するとともに、重水ストレージタンク(B)の解体に着手する。

(重水ストレージタンクの仕様)

概略寸法 : φ 2,200mm × L 3,600mm
 厚さ : 12mm (胴体)、15mm (鏡板)
 重量 : 約1,400kg
 材質 : アルミニウム合金

【実施状況】

・重水ストレージタンク(A)の解体を実施中。
 ※ 重水ストレージタンク(A)の解体撤去を平成31年2月中に完了し、重水ストレージタンク(B)の解体に着手する。

(平成30年10月31日現在、タンク重量の69%(約927kg)を解体した。)

【自己評価】

重水臨界実験装置(DCA)の解体撤去を計画通り進め、平成30年度目標を達成する見込み。また、解体撤去工事(切断能力、工数等)の実績データを蓄積している。



廃止措置の実施

重水臨界実験装置(DCA)の解体撤去を計画的に遂行する

【目的】

廃止措置中の重水臨界実験装置(DCA)の原子炉本体等の解体撤去を継続する。

【内容】

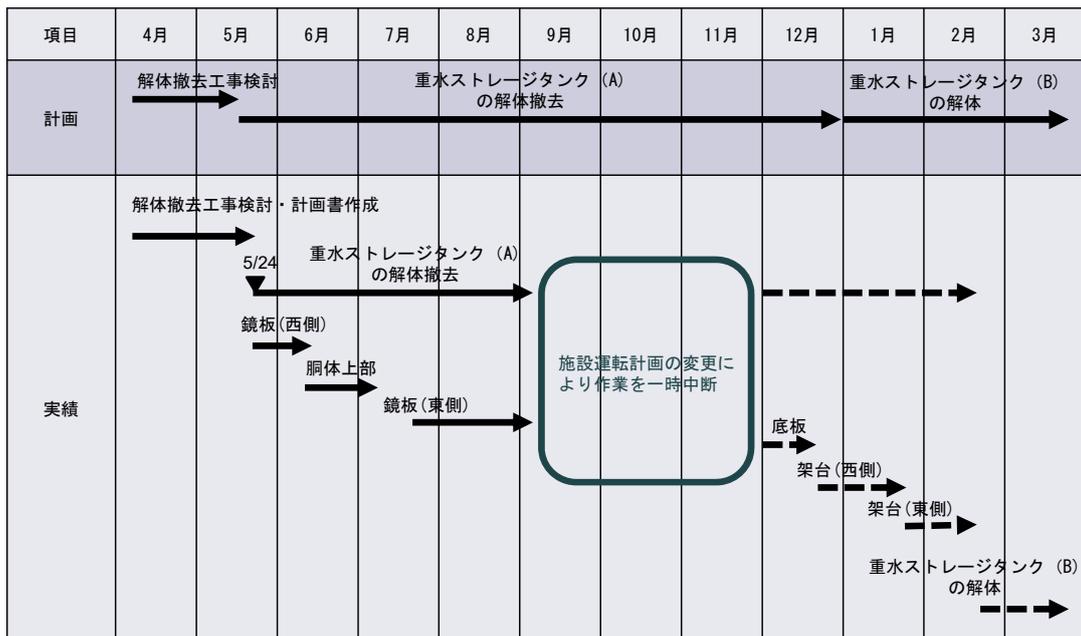
平成29年度に引き続き、2基ある重水ストレージタンクのうち、1基(重水ストレージタンク(A))の解体撤去を完了するとともに、もう1基(重水ストレージタンク(B))の解体に着手する。

【成果】

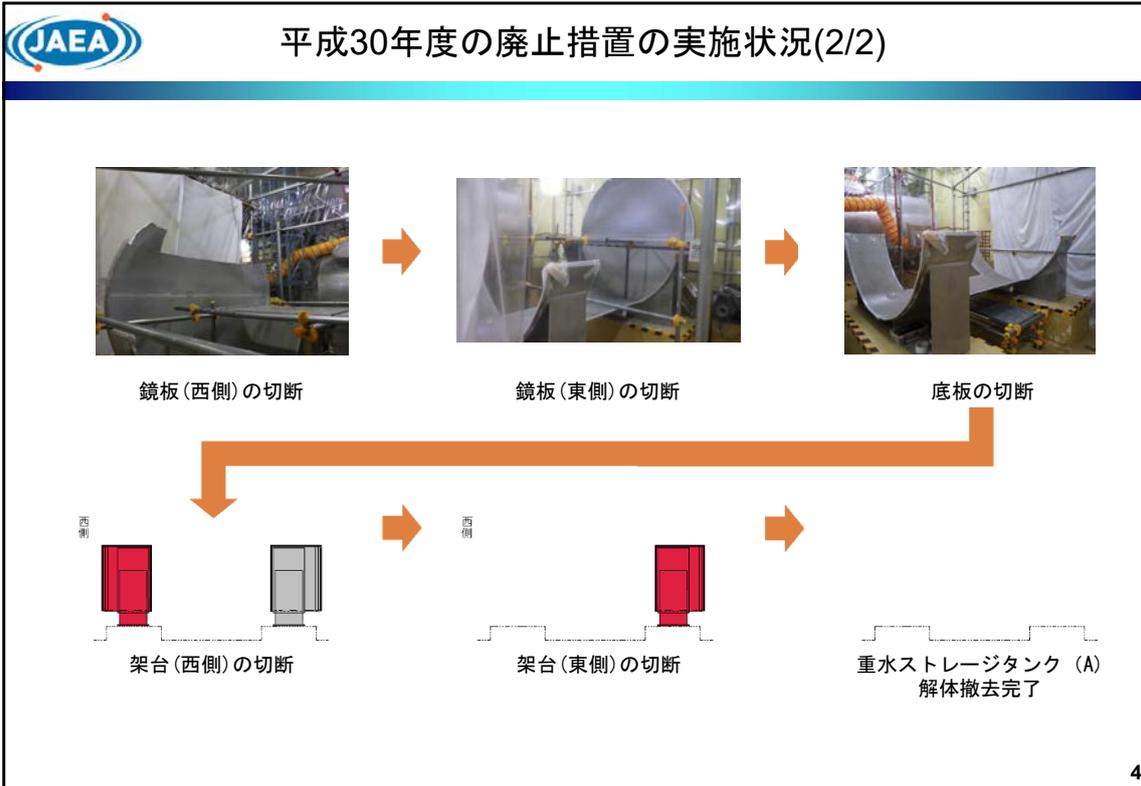
厚肉のアルミニウム材の切断データを取得し、切断工具の切断能力を評価する。



平成30年度の廃止措置の実施状況(1/2)



→ : 実績 - - -> : 今後の予定



第3期中長期計画に対する進捗状況及び自己評価

第3期中長期計画期間の全体スケジュール

項目	H27	H28	H29	H30	H31	H32	H33
(1)原子炉建屋地階(重水系室)機器の解体撤去 ・重水冷却器、重水加熱器 ・重水ストレージタンク(A) ・重水ストレージタンク(B) ・補助タンク ・接続配管(小口径配管) ・接続配管(大口径配管)	■		■	■ (H30年11月末現在)	■	■	
(2)原子炉建屋1階(炉室1階)機器の解体撤去 ・試験体容器及び架台 ・炉心タンク						■	■
(3)原子炉建屋2階(炉室2階)機器の解体撤去 ・炉心タンク上部固定架台						■	

【自己評価】
 重水臨界実験装置(DCA)の解体撤去を計画通り進め、着実に進捗している。また、平成26年度から平成31年度までの成果をJAEA-Technologyとするために、機器単位で年度ごとの解体撤去工事の実績データ(切断能力、工数等)を蓄積した。



平成27~平成30年度の廃止措置の実施状況(1/4)

重水臨界実験装置(DCA)の解体撤去を計画的に遂行する

【概要】

廃止措置中の重水臨界実験装置(DCA)の原子炉本体等の解体撤去を継続した。

【実施状況】

廃止措置中の重水臨界実験装置(DCA)の原子炉本体等の解体撤去として以下の機器の解体撤去を実施した。

- ・重水冷却器、重水加熱器 [平成27年度解体撤去完了]
- ・接続配管(小口径配管) [平成27年度解体撤去完了]
- ・接続配管(大口径配管) [平成28年度解体撤去完了]
- ・重水ストレージタンク(A) [平成29年度解体開始、平成30年度解体撤去完了予定]
- ・重水ストレージタンク(B) [平成30年度解体開始予定] ※平成31年度解体撤去完了予定

【成果】

厚肉のアルミニウム材の切断データを取得し、切断工具の切断能力を評価した。

【成果の波及効果】

平成26年度からの解体撤去工事の実績データ(切断能力、工数等)を機器単位で年度ごとに蓄積し、JAEA-Technologyとして成果をまとめる。これらの情報は、他の原子力施設の廃止措置にも活用可能である。

6



平成27~平成30年度の廃止措置の実施状況(2/4)



平成27年度廃止措置状況

平成28年度廃止措置状況

7

平成27~平成30年度の廃止措置の実施状況(3/4)

重水ストレージタンク(A)

解体前

解体中(平成30年3月末現在)

平成29年度廃止措置状況

重水ストレージタンク(A)

鏡板の切断(西側)

解体開始前(平成30年3月末撮影)

解体中(平成30年10月末現在)

平成30年度廃止措置状況

8

平成27~平成30年度の廃止措置の実施状況(4/4)

○研究開発成果の波及効果の把握・普及
 ・解体撤去工事の実績や経験・ノウハウ等を機構技術資料としてまとめる
 (平成26年度から平成31年度までの成果を蓄積し、JAEA-Technologyを発行する予定)

○将来への展開
 ・解体撤去工事の実績(解体装置の切断能力、工数、廃棄物発生量等)や経験・ノウハウ等の解体撤去工事データの蓄積

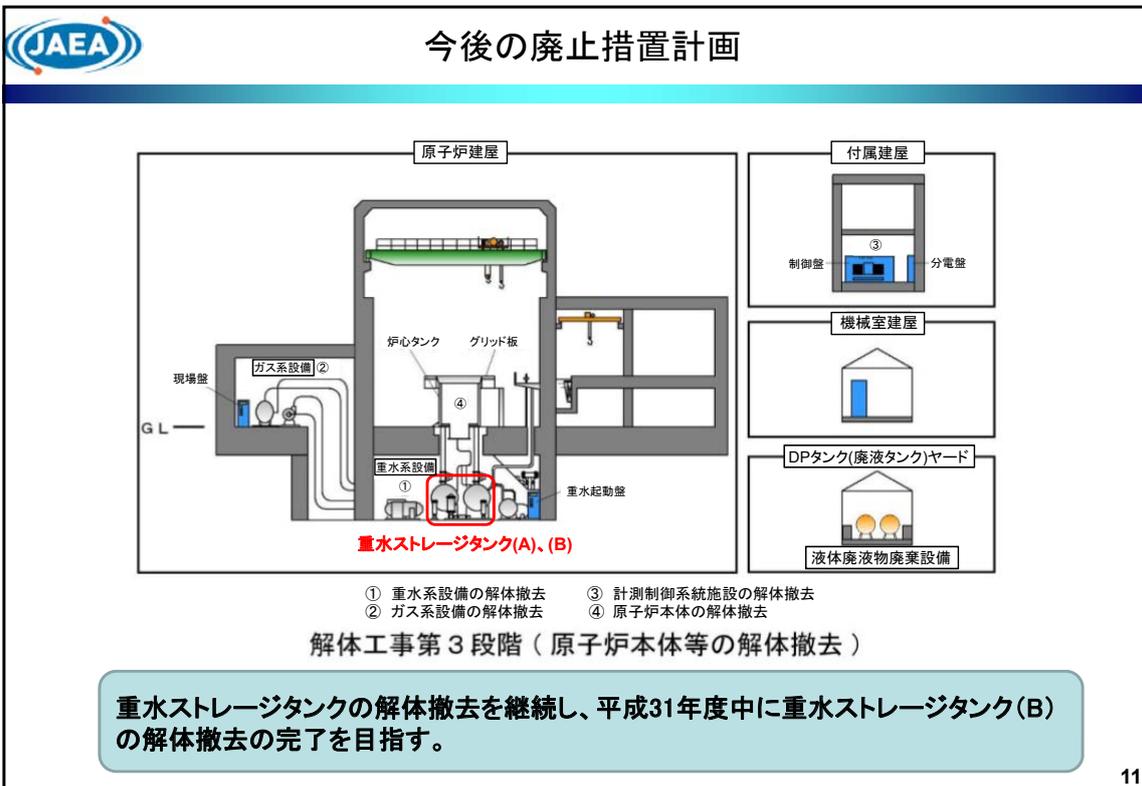
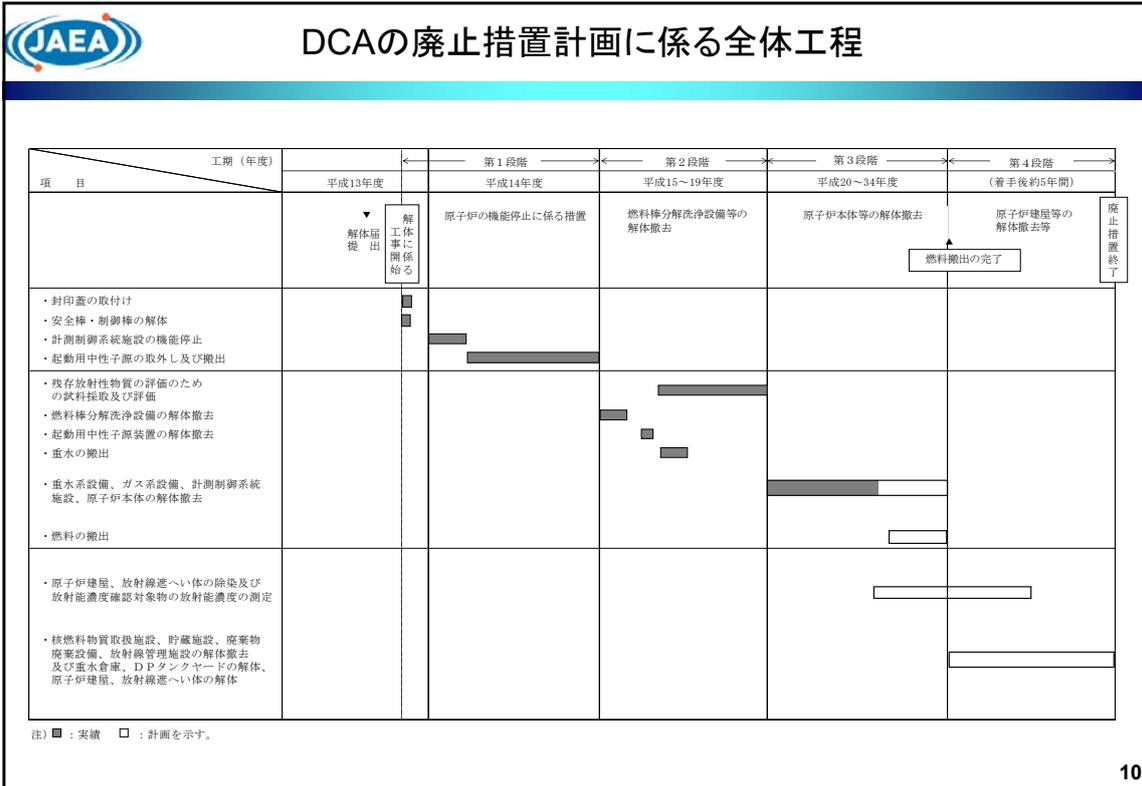
○新たな課題への反映の検討
 ・大型厚肉材の切断技術の検討及び開発

《データベースのイメージ》

データベースとして構築し、
機構内・外(福島第一原発等)の
廃止措置計画に反映

項目	ロータリーハンドソー	ロータリーハンドソー(定置式)	ジグソー	ニブラ	セイバーソー	チップソー	
外観							
切断対象	・金属類:炭素鋼、SUS、アルミニウム ・木材、樹脂等	・金属類:炭素鋼、SUS、アルミニウム ・木材、樹脂等	・金属類:炭素鋼、SUS、アルミニウム ・木材、樹脂等	・金属類:炭素鋼、SUS、アルミニウム	・金属類:炭素鋼、SUS、アルミニウム ・木材、樹脂等	・金属類:炭素鋼、SUS、アルミニウム	
性能	最大切断寸法 配管・丸棒:φ120mm 角材:幅120×高120mm	配管・丸棒:φ115mm 角材:幅100×高100mm	軟鋼板:10mm アルミ板:20mm 木材:135mm	軟鋼:3.2~8.0mm アルミ板:~10mm SUS:2.3~6.0mm	軟鋼配管:φ130mm 塩ビ配管:φ130mm 木板:120mm	配管:φ60.5mm 角材:幅60×高60mm	
解体実績	切断性能	切断物 能力:0.24 (cm ² /秒) 厚さ:0.25~3.9 cm	切断物 能力:0.24 (cm ² /秒) 厚さ:0.25~3.9 cm	切断物 能力:1.05 (cm ² /秒) 厚さ:0.4 cm	切断物 能力:2.15 (cm ² /秒) 厚さ:0.4 cm	切断物 能力:0.19 (cm ² /秒) 厚さ:0.3 cm	切断物 能力:0.27 (cm ² /秒) 厚さ:1.5 cm
	知見	・ハンディータイプで狭隙部、足場板上でも使用可能。 ・多様な形状の切断に適用でき、汎用性が高い。 ・ロータリーハンドソーを定置式スタンドに固定して使用できる。	・定置式のため、単純形状の切断対象物に対して切断効率が低い。	・ハンディータイプで狭隙部、足場板上でも使用可能。 ・切断対象物の形状は限られるが、切断方向の自由度は高い。 ・機器等の切断では、事前に鋸刃を挿入する開口を設ける必要がある。	・ハンディータイプは狭隙部、足場板上でも使用可能。 ・大型タイプは板厚10mmまで切断できるが、反力が大きい。 ・切断対象物の形状は限られるが、切断性能は優れている。	・ハンディータイプで狭隙部、足場板上でも使用可能。 ・ブレード長を変更することでロータリーハンドソーより更に狭隙部の切断が可能であるが、反力が大きい。	・ハンディータイプで狭隙部、足場板上でも使用可能。 ・切断対象物の形状は限られるが、切断性能は最も優れている。 ・鋸刃を高速回転させ切断するため、火花が発生する。

9





大洗研究所の廃止措置

② JMTR施設における廃止措置計画の準備状況

平成30年12月12日

日本原子力研究開発機構
高速炉・新型炉研究開発部門



平成30年度計画に対する実施状況及び自己評価

➤ 第3期中長期計画

原子力施設の廃止措置に関しては、(中略)廃棄物の処理から処分に至る施設・設備の整備状況を勘案するとともに、安全確保を大前提に、(中略)合理的な廃止措置計画を策定し、(中略)機構改革で定められた施設を中心に、確保された予算の中で最大の効果が期待されるものを優先することとする。

➤ 平成30年度計画

JMTR等については、廃止措置計画認可申請書の提出に向けた準備を進める。

【平成30年度計画内容】

①法改正に伴う廃止措置計画認可申請書の記載項目を整理するとともに、放射化汚染物等の評価、汚染の拡大防止対策、被ばく低減対策、事故防止対策等に係る安全対策の評価等を実施。

②廃止措置に向けた技術開発課題を抽出。

【実施状況】

①JMTR施設の廃止措置計画に係る基本工程を決定し、申請書の記載に必要な評価結果をまとめ、廃止措置計画認可申請書を完成。品証に基づいた所内審査を開始。

②技術開発課題を整理し、概念検討を開始。

【自己評価】 廃止措置計画認可申請書の提出については、年度計画を達成する見込み。技術開発に対しては、大洗研究所の全体計画に基づいた新たな検討課題についてさらなる検討が必要。



JMTR施設の廃止措置計画認可申請書

廃止措置計画認可申請書の準備を計画的に遂行

【目的】本年度末に廃止措置計画認可申請書の提出に向けて、基本計画を決定し、各種評価を実施。

【方法】

- ・ 計算コード等を用いて放射化汚染物及び二次汚染物の評価を行い、その結果に基づいて、事故防止対策等に係る安全対策の他、汚染の拡大防止対策、被ばく低減等の対策を評価。
- ・ 廃止措置の各段階における機能を維持すべき機能を選定し、現実的な廃止措置計画を立案。

【成果】廃止措置計画認可申請書を完成。

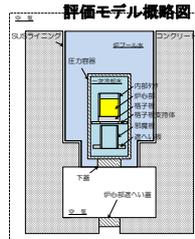
①放射化汚染物の評価

【評価モデル】

原子炉運転による中性子の到達範囲を考慮して決定。

【評価対象物】

- 炉心構造物 (制御棒、反射体、ベリリウム枠、**格子板**等)
- **圧力容器**
- **炉プールライニング**
- 炉プール壁(コンクリート)



放射化汚染物の評価結果(例)(原子炉運転停止12年経過時) (単位: Bq/t)

核種	格子板	圧力容器	炉プールライニング
⁵⁵ Fe	3.4E+13	3.5E+07	2.0E+01
⁶⁰ Co	7.4E+13	6.7E+07	3.1E+01
全核種合計	1.9E+14	1.8E+08	9.2E+03
レベル区分	L1	L3	CL

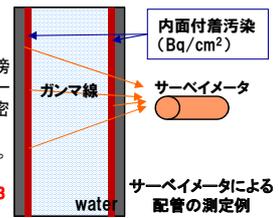
②二次汚染物の評価

【評価方法】

- ①サーベイメータによる機器近傍の線量測定結果とMCNP-5コードによる計算結果から、汚染密度を算出。
- ②スミア法により汚染密度を算出。

【評価結果】

下記機器の放射能レベル区分: L3



⁶⁰Coを代表核種とした二次汚染物の評価結果(例)

系統名(設備名)	汚染密度 (Bq/cm²)	汚染表面積 (cm²)	重量 (t)	放射能濃度 (Bq/t)
主循環系統	6.1E+03	4.2E+07	1.3E+02	2.1E+09
精製系統		1.1E+07	3.5E+01	1.9E+09
水力ピット1号	6.7E+01	6.3E+05	2.0E+00	2.2E+07
OSF-1照射設備	2.6E+02	1.1E+05	3.6E-01	7.9E+07



第3期中長期計画に対する進捗状況及び自己評価

項目	H27	H28	H29	H30	H31	H32	H33
JMTRの現状			★ 施設中長期計画(H29.4.1) ⇒ JMTR廃炉決定				
(1) 廃止措置計画認可申請書の作成	「設置変更許可申請書」提出(H27.3.27)	公布	取下げ(H29.12.5)	申請書の作成	審議★ 提出	認可対応★	認可
(2) 第1段階の計画立案及び実施項目	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一部改正する法律(改正法)			施行(H30.10.1)			
				使用済燃料の返還調整			使用済燃料の返還調整、準備、搬出★
				技術開発の課題抽出	抽出	詳細検討	R&D、設備整備、解体準備

※: 搬出は、H39(2027)年度までに4回実施予定。

H30年11月末現在

第1段階開始予定

【自己評価】

平成29年4月に施設中長期計画の公表の後、廃止措置計画認可申請書の準備を着実に進め、本年度末提出に向けて安全審査等で審議中。



H29~H30年度の廃止措置計画の実施状況/開発状況等

廃止措置計画認可申請書の準備と並行にJMTR特有の技術課題を抽出

【概要】

JMTR施設の廃止措置に向けた技術開発課題を抽出

【実施状況】

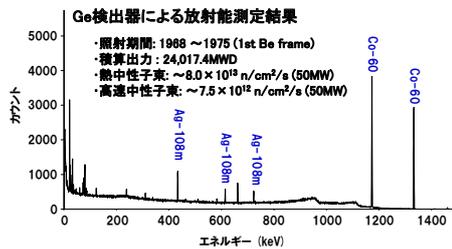
これまでの照射履歴・実績や照射試験データを整理し、下記の重要課題における技術開発項目の検討を開始。

- ① トリチウムに汚染されたもの、大型の機器(圧力容器、格子板、Be反射体、等)の解体方法
- ② 高線量の機器等の解体方法
- ③ JMTR施設内にある核燃料物質の早期払出しの対応
- ④ 廃止措置で発生した解体廃棄物の管理(核種分析、廃樹脂の処理処分、等)

【次年度以降の展開と新たな取組み】

次年度から、廃棄体の作製を考慮した処理・処分を踏まえ、上記課題解決のための詳細検討を開始。

JMTRで使用されていたベリリウム反射体の放射化分析結果



核種	項目	計算値 ^{※1} (Bq/kg)	測定値 (Bq/kg)	C/E
⁵⁵ Fe		1.67×10^6	—	—
⁵⁹ Ni		2.16×10^6	—	—
⁶⁰ Co		1.26×10^7	3.30×10^7	3.8
^{108m} Ag		1.61×10^7	1.06×10^8	15.2
¹⁰ Be		1.71×10^7	—	—
¹⁴ C		3.70×10^8	—	—
³ T ^{※2}		1.30×10^{11}	1.10×10^{11}	1.2

(※1: 計算値は簡易計算値、※2: トリチウムは電離箱による測定値)

【自己評価】核種により、計算値と実測値の比が差異 ⇒ 計算コードによる評価・分析技術の向上。4



廃止措置の推進のための検討

平成30年12月12日

日本原子力研究開発機構
核燃料・バックエンド研究開発部門



平成30年度計画に対する実施状況及び自己評価

➤ 第3期中長期計画

廃止措置・放射性廃棄物の処理処分において必要となる技術開発に関しては、東京電力福島第一原子力発電所の廃止措置等への貢献にも配慮し、施設の状況や廃棄物の特徴を勘案した廃止措置、廃棄物の性状評価、廃棄物の廃棄体化処理、廃棄確認用データ取得及び廃棄物処分に係る先駆的な技術開発に積極的に取り組み、安全かつ合理的なプロセスを構築する。

➤ 平成30年度計画

原子力施設の廃止措置、施設の運転及び廃止措置に伴って発生する廃棄物の処理処分については、効率的に実施するため、コスト低減のための検討を進める。

【平成30年度当初目標】

- ① DECOSTコードの改良計画に基づき、廃止措置費用を算出するための評価式に用いている評価係数の約半数を見直す。
- ② DECOSTコード利用マニュアルを作成し、公開するとともに、外部原子力事業者への利用説明会を開催する。
- ③ 全原子力施設の廃止措置費用の見積もる。
- ④ 知識継承の検討に着手する。

【実施状況】

- ① 改良計画に基づき、評価係数の見直しに必要な調査等を進めている。予定通り評価係数の見直しを終了する予定。
- ② DECOSTコード利用マニュアルを作成し、JOPSSにて公開。外部事業者の説明会を開催した。大学、企業合わせ約25機関の出席があった。
- ③ 177施設の廃止措置費用を見積もり、各施設に回答した。この結果は、廃止措置実施方針に記載される。
- ④ 廃止措置作業部署間の意見交換会を設置し、知識継承ニーズ調査等を実施した。国内外の実績の調査及び知識継承の進め方の概念の検討に着手した。

【自己評価】 年度計画を達成する見込み。

1



DECOSTコードの活用

全原子力施設の廃止措置費用を見積もった。機構内外の廃止措置実施方針の作成に貢献。

【目的】DECOSTコードを用いて全原子力施設の廃止措置費用を見積もり、廃止措置実施方針の作成に貢献する。また、DECOSTコードの機構外への普及を図り、外部原子力事業者の廃止措置費用の見積もりに貢献する。

【方法】

- ・ 各原子力施設からその施設の情報(管理区域面積など)及び解体によって発生する廃棄物の情報(種類、処分区分、発生予想量など)を入手し、それらをDECOSTコードに入力して施設の解体費用を見積もる。その結果を各施設に回答する。
- ・ DECOSTコード利用マニュアルを作成し、一般に公開するとともに、利用説明会を開催する。

【成果】

- ・ 既に廃止措置計画書によって費用を公開している東海再処理施設、もんじゅ、ふげん以外のすべての原子力施設(146施設)の廃止措置費用を見積もった。
- ・ この結果は廃止措置実施方針に記載されるとともに、バックエンドロードマップに記載されるバックエンド費用にも使用される。
- ・ DECOSTコード利用マニュアルを機構報告書JAEA-Testing 2018-002として8/1にJOPSSにて公開。これまでに約200件のダウンロードがあった。
- ・ マニュアルの公開に先立ち、4/24に外部事業者に説明会を開催した。大学、企業合わせ約25機関の出席があった。
- ・ すでに公開された外部事業者の原子力施設の廃止措置実施方針の費用算出の一部にDECOSTコードを使用したことが明記されている。

2



第3期中長期計画に対する進捗状況及び自己評価

第3期中長期計画期間の全体スケジュール

項目	H27	H28	H29	H30	H31	H32	H33
(1) 合理的な廃止措置計画の策定							
(2) 廃止措置エンジニアリングシステムの開発							
(3) 廃止措置の支援							

【自己評価】

- ・ 予定通り原子力機構の廃止措置の推進に貢献できている。

3



H27~H30年度の廃止措置支援の実施状況/開発状況等

合理的な廃止措置計画の策定及び廃止措置費用の見積もりによって、廃止措置の推進に貢献

【概要】

- ・ 合理的な廃止措置計画を策定し、原子力機構の施設中長期計画の策定に貢献する。
- ・ 原子力施設の廃止措置費用を見積もり、廃止措置実施方針の作成に貢献する。また、廃止措置費用評価コードを改良する。

【実施状況】

- ・ 廃止措置の確実な進捗及びコストの削減に向け、リスクの低減やモスボール化の検討を加えて合理的な廃止措置計画を策定し、予定通り終了した。
- ・ 過去に作成した原子力施設の廃止措置費用を簡易に評価するための計算コード(DECOSTコード)の見直し、改良に取り組むとともに、知識継承の方法の検討に着手した。
- ・ 各施設の廃止措置の進捗の支援として、全原子力施設の廃止措置費用の見積もりを行い、予定通り終了した。

【成果】

- ・ 施設中長期計画における廃止措置計画の策定に貢献できた。
- ・ 原子力施設の廃止措置実施方針の作成に貢献できた。

【成果の波及効果】

- ・ 廃止措置費用の見積もり結果は、廃止措置における全体コストの削減に向けた検討に資することができる。
- ・ DECOSTコードは国内の大学でも実際に利用されており、国内の原子力分野に貢献している。

【今後の展開】

- ・ DECOSTコードの改良を継続する。
- ・ 知識継承の検討を継続するとともに、技術データベースの作成等を進める。

参考資料 2-3 「放射性廃棄物処理処分及び関連する技術開発」

This is a blank page.



固体廃棄物減容処理施設(OWTF)の建設

平成30年12月12日

日本原子力研究開発機構
高速炉・新型炉研究開発部門



平成30年度計画に対する実施状況及び自己評価

- 【第3期中長期計画】
固体廃棄物減容処理施設(OWTF)については、高線量かつ超ウラン核種によって汚染された廃棄物の処理に資する実証データの取得を目指し、建設を完了する。
- 【平成30年度計画】
固体廃棄物減容処理施設(OWTF)については建設を完了する。

【平成30年度当初目標】

- ・建設工事の完了
- ・使用前検査の継続受検
- ・認可を得た設備機器の製作完成
- ・新規基準に対応した設工認の変更認可の取得
- ・完成:平成30年度完成予定

【実施状況】

- ・建家工事、機械設備(換気空調設備)、電気設備工事が完了した
- ・使用前検査を今年度2回受検(計26回受検)
- ・設備機器の製作を継続し、溶接検査を今年度17回受検(計82回受検)
- ・廃棄物管理事業の変更許可(新基準に伴う事業変更許可)を取得(平成30年8月22日)
- ・第1回～第6回設工認(その2)の変更認可を申請
- ・完成:平成31年3月完成予定

【自己評価】

施設整備費補助金の認可された計画に基づくOWTF建設工程に従い、OWTFの建設を進め、今年度完了予定であることから、計画は妥当と考える。



処理技術に係るOWTFの目的と概要

○目的

- (1) 低レベル放射性廃棄物のうち線量の高いα固体廃棄物等の焼却または溶融による減容処理
- (2) 将来の廃棄物処分に向けた廃棄物の安定化処理、処分費用低減化技術の実証、処理設備の遠隔運転・保守に係る技術及び品質保証システム確立に向けた技術の実証

○建家規模

建家構造 : 鉄筋コンクリート造(一部鉄筋造)
 大きさ : 約45.5m × 32m、高さ約20m
 延べ床面積 : 約5100m²

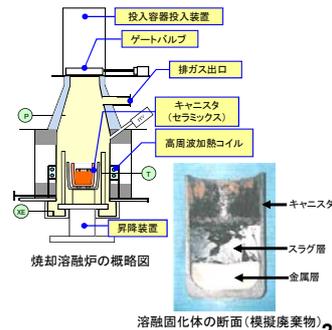


固体廃棄物減容処理施設の外観

○焼却溶融設備

<機器概略>

加熱方式: インキャン式高周波加熱式
 処理方式: 焼却時 0.1m³/日(約30kg/日)
 溶融時 1体/日(約70kg/日)
 主な特徴: 耐火物等の二次廃棄物が比較的小さい。閉じ込め性、運転制御性が良い。



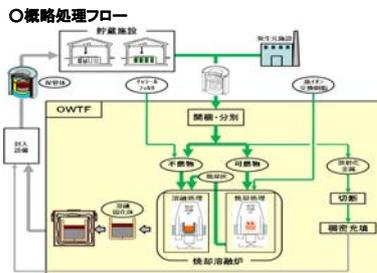
溶融固化体の断面(模擬廃棄物)

○対象廃棄物と処理能力

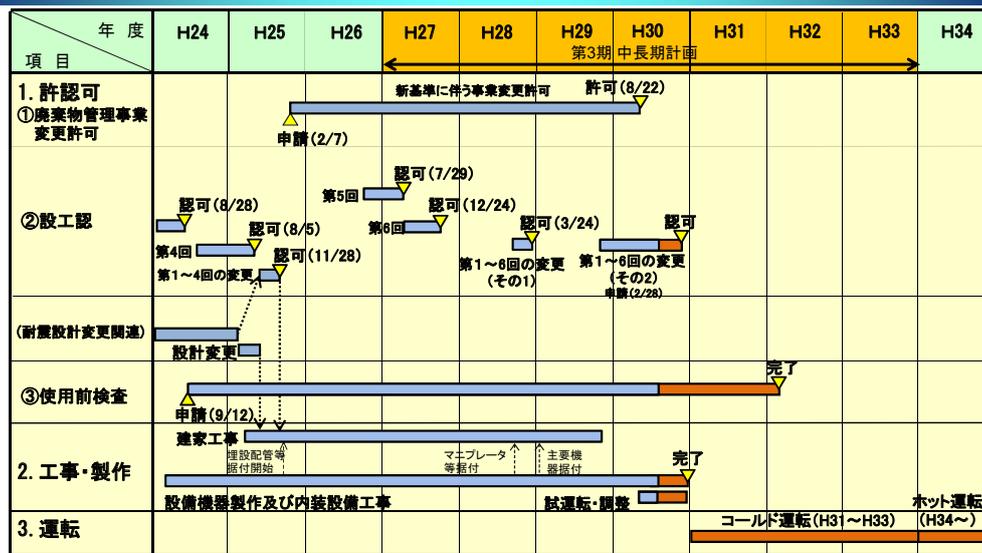
対象廃棄物	年間処理量
α固体廃棄物B (放射化金属を含む)	約10トン
廃イオン交換樹脂	約2トン
廃チャコールフィルタ	約0.3トン

○主な処理設備

- ・前処理設備(分別、線量測定等)
- ・焼却溶融設備、レーザー切断設備
- ・廃液処理設備、換気空調設備
- ・運転監視設備 等



第3期中長期計画に対する進捗状況(OWTF建設工程)



【自己評価】

施設整備費補助金の認可された計画に基づくOWTF建設工程に従い、OWTFの建設を進め、今年度完了予定であることから、計画は妥当と考える。



OWTF建設現場の状況



OWTF全景 (H30/11/1)



焼却溶融セル
B1F、1F
(H30/11/1)



排ガス処理室1F (H30/11/1)



前処理セル(分別エリア)1F (H30/11/1)

4



H27～H30年度のOWTF建設の実施状況(1)

【概要】
建家の建設と内装設備工事、建設に係る許認可手続きを継続実施

【実施状況】

①建家工事と内装設備工事：
 1. 建家工事、機械設備(換気空調設備)、電気設備工事を完了 <完了>
 2. 内装設備の主要機器の検査及び試運転・調整を継続し、今年度完了予定

②使用前検査： 建家及び設備機器について受検継続

③溶接検査： 焼却溶融設備の機器について受検継続し、今年度完了予定

	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度
使用前検査	8回	6回	5回	2回
溶接検査	-	35回	30回	17回

④設工認及び変更認可： 第5回及び第6回設工認、第1回～第6回設工認変更(その1)の認可を取得。現在、第1回～第6回設工認変更(その2)を申請し、今年度中に認可取得予定

⑤廃棄物管理事業の変更許可を取得(新基準に伴う事業変更許可) <完了>

施設整備費補助金の認可された計画に基づくOWTF建設工程に従い、OWTFの建設を進め、今年度完了できる予定である。

5



H27～H30年度のOWTF建設の実施状況(2)

【成果】

○得られている知見

【建設】(次施設への反映)

- ①建設の経験/ノウハウ
- ②新規制基準に対応した許認可
- ③事業者検査の対応/経験
- ④溶接検査の対応/経験
- ⑤使用前検査等への対応/経験



使用前検査実施状況
現地(H30/7/19)



溶接検査実施状況
現地(H30/11/11)

【成果の波及効果】

【運転】(次施設への反映)

- ①遠隔操作による分別/焼却/熔融技術
- ②遠隔操作による保守技術
現地において遠隔保守性の確認/改良



遠隔着脱用具

【外部発表】

「日本原子力学会 2016年春の年会」にて発表

焼却熔融炉遠隔着脱用具による遠隔保守試験
現地(H30/6/6)



廃棄体製作に向けた検討

- ①拠点の品質保証体制の構築に関する検討
- ②放射能濃度評価の合理化に関する検討

平成30年12月12日

日本原子力研究開発機構
核燃料・バックエンド研究開発部門



- ① 拠点の品質保証体制の構築に関する検討

① 拠点の品質保証体制の構築に関する検討

平成30年度計画に対する実施状況及び自己評価

➤ **第3期中長期計画**
 廃棄体化処理に関しては、施設の廃止措置計画、及び処分場への廃棄体搬出予定時期を勘案し、廃棄体作製に必要な品質保証体制の構築、放射能濃度の評価、施設・設備の整備等の取組を進める。

➤ **平成30年度計画**
 廃棄体製作に向けて、拠点の品質保証体制の構築に関する検討を行う。

【平成30年度当初目標】

- ・ 廃棄物処理の状況を反映し、廃棄体製作に関する品質保証マニュアル作成の優先度の高い廃棄物を見直す。
- ・ 上記で選定した優先度の高い廃棄物に関する品質保証マニュアルの作成に着手する。

【実施状況】

- ・ 優先度の高い廃棄物として、ふげんのトレンチ処分対象廃棄物及び大洗の雑固体廃棄物を選定した。
- ・ ふげんについては、廃棄物貯蔵庫からの取り出しを想定した分別作業等の品質保証マニュアルの作成に着手した。大洗については、発生施設で廃棄物を分別していくための品質保証マニュアルの整備に着手した。

【自己評価】品質保証体制の構築に繋がる廃棄体製作マニュアルの作成に着手したことにより、年度計画を達成する見込みである。

1

① 拠点の品質保証体制の構築に関する検討

廃棄体製作マニュアルの作成

廃棄体製作に関する品質保証マニュアル作成の優先度に基づき品質保証体制の構築を計画的に遂行

【目的】処分場に廃棄物を搬出できるように、廃棄体製作に関係する処理を品質保証に基づいたものとする。

【方法】

- ・ 廃棄物の処理状況を調査し、優先度の高い廃棄物を決定・抽出。
- ・ 標準的な廃棄体化フローと、各拠点の廃棄物処理フローを比較し、品質保証体制を検討。

【成果】ふげん、大洗で選定した廃棄物について品質保証体制の構築に着手した。

主な廃棄物の廃棄体製作マニュアル作成の優先度と作成予定

優先度	主な廃棄物	今後の作成予定
Gr. 0	マニュアル整備済	前処理、廃棄体化処理等の工程が追加された際に改訂を行う。
Gr. 1	最優先 (品質保証マニュアルなしで作業中)	分別、固化等の実施している作業工程については、計画を作成し、できるだけ早い時期に品質保証マニュアルを作成する。
Gr. 2	処理設備整備にあわせて作成	整備中の処理設備の操業開始までにマニュアルを作成する。
Gr. 3	当面不要 (当面廃棄物の保管を継続)	処理施設整備の状況に応じて廃棄体製作マニュアルを作成する。

【ふげん】
 貯蔵廃棄物の取り出し、分別、容器への封入の各作業について品質保証を行うためのマニュアルの整備を進めていく。

【大洗】
 廃棄物発生施設において廃棄物分別作業の品質保証を行うためのマニュアルの整備を進めていく。

2

① 拠点の品質保証体制の構築に関する検討

第3期中長期計画に対する進捗状況及び自己評価

第3期中長期計画期間の全体スケジュール

項目	H27	H28	H29	H30	H31	H32	H33
(1) 品質保証文書体系の調査、マニュアル作成が必要な廃棄物の調査		廃棄物管理に関する文書体系の調査・整理 廃棄体製作マニュアル作成の優先度の高い廃棄物の抽出					
(2) 既存マニュアルの廃棄体の技術上の基準への適合性、データ取得状況の確認				マニュアルの記載内容、データ取得状況の確認			
(3) 品質保証体制の構築					・廃棄体製作マニュアルの作成 ・優先度の見直し		

【自己評価】
 廃棄体製作マニュアルの作成による品質保証体制の構築に関して、優先度の高い廃棄物を明確にした。
 これに基づき、ふげん、大洗の対象廃棄物に関する廃棄体製作マニュアルの作成に着手することで、品質保証体制の構築が着実に進捗した。

3

① 拠点の品質保証体制の構築に関する検討

H27~H30年度の品質保証体制の構築の実施状況

廃棄体製作に関する品質保証マニュアル作成の優先度に基づき品質保証体制の構築を計画的に遂行

【概要】
 処分場に廃棄物を搬出するために必要な品質保証体制を構築に向けて、廃棄体製作マニュアルの整備を進めた。

【実施状況】

- ・廃棄物管理に関する文書を調査し、廃棄体製作マニュアルの品質保証体系上の位置付けを検討した。
- ・各拠点の廃棄物処理状況を調査し、廃棄体製作マニュアルの作成の優先度を検討した。
- ・上記で選定した優先度の高い廃棄物に関する廃棄体製作マニュアルの作成に着手した。

【成果】

- ・廃棄体製作マニュアルは、品質保証体系上の三次文書として位置付けて運用していくことが合理的との結論を得た。
- ・ふげん、大洗の対象廃棄物について廃棄体製作マニュアルの作成を優先していくことを決め、マニュアルの作成に着手した。

【成果の波及効果】

- ・廃棄体製作に関する品質保証体制の構築を進めることにより、処分場操業開始後、速やかに廃棄物を処分場へ払い出すことが可能となる。

・ふげん、大洗の廃棄体製作マニュアル作成については、平成30年度に着手した。
 ・これまでの検討結果については、下記の報告書としてとりまとめた。
 JAEA-Review 2017-017: 廃棄体技術基準等検討作業会の活動 - 平成28年度活動報告書 -
 JAEA-Review 2016-020: 廃棄体技術基準等検討作業会の活動 - 平成27年度活動報告書 -

4



② 放射能濃度評価の合理化に関する検討



② 放射能濃度評価の合理化に関する検討

平成30年度計画に対する実施状況及び自己評価

➤ **第3期中長期計画**

廃棄体化処理に関しては、施設の廃止措置計画、及び処分場への廃棄体搬出予定時期を勘案し、廃棄体作製に必要な品質保証体制の構築、放射能濃度の評価、施設・設備の整備等の取組を進める。

➤ **平成30年度計画**

廃棄体製作に向けて、放射能濃度評価の合理化に関する検討を行う。

【平成30年度当初目標】

- ① 放射能濃度評価に関する海外文献の調査
 - ・ 海外での廃棄物の放射能濃度評価の考え方をもとに、一定の核種組成を持たない廃棄物の放射能濃度評価への取り組み方に関する検討を進める。
- ② 核種・性状等の情報の利用に関する検討
 - ・ 保管廃棄物の記録類に基づいて、原子炉系廃棄物の次の対象として廃棄体製作の具体的な検討に取り組むべき非原子炉系廃棄物の発生施設の選定を進める。

【実施状況】

- ① 放射能濃度評価に関する海外文献の調査
 - ・ 米国の放射能濃度評価プロセスのマニュアル(MARSSIM・MARSAME)の考え方の調査を継続。
 - ・ MARSSIM等に基づいて今後の分析計画作成の際に必要な分析試料数を最小化する具体的な方法を検討。
- ② 核種・性状等の情報の利用に関する検討
 - ・ 廃棄物記録から一定の核種組成を持たない廃棄物の記録の抽出及び整理を実施中。

【自己評価】年度計画を達成する見込みである。

② 放射能濃度評価の合理化に関する検討

放射能濃度評価に関する海外文献の調査

必要最小限の分析試料数の計算を実施

【目的】 今後、一定の核種組成を持たない廃棄物に対する放射能濃度評価のための分析計画を作成していく際に、米国MARSSIMマニュアル等の考え方に基づいて、着目する廃棄物の放射能濃度が、ある基準値以下であることを統計的検定により示すための必要最小限の分析試料数を簡単に計算する方法を検討する。

【方法】

- 海外で使用実績のある分析計画作成ソフトウェアの利用を検討する。
- 信頼性確認のため、公開文献よりMARSSIMの考え方に基づく評価例を調査する。
評価例にソフトウェアを適用し、必要分析数を試算して、文献値を再現するかを確認する。

【成果】 2報の論文について与えられた条件に基づいて確認したところ、どちらも文献の結果を再現した。

例1: SL-1処分場(米国)
Schilk et al., Health Phys. 78, 721 (2000)

入カパラメータと計算結果

基準値 DCGL (Bq/kg)	許容誤差範囲 Δ (Bq/kg)	割った検出率の上限 α	割った検出率の下限 β	試料数 (文献)	試料数 (試算)
618	309	0.05	0.05	13	14

*帰無仮説として、土地や建物が汚染しているという状況を想定

ソフトウェアによる試算は文献値を再現
(1だけ大きくなることは、数値処理の方法による)
→ 今後、保管廃棄物への適用の検討を進める

例2: ウラン転換プラント(韓国)
Hong et al., Ann. Nucl. Energy 65, 241 (2014)

入カパラメータと計算結果(土壌)

許容誤差範囲の下限値 LBGR	Δ	α	β	試料数 (文献)	試料数 (試算)
5	5	0.05	0.05	9	10

入カパラメータと計算結果(建屋)

LBGR	Δ	α	β	試料数 (文献)	試料数 (試算)
1.05	1.04	0.05	0.05	10	10

6

② 放射能濃度評価の合理化に関する検討

第3期中長期計画に対する進捗状況及び自己評価

第3期中長期計画期間の全体スケジュール

項目	H27	H28	H29	H30	H31	H32	H33
(1) 非原子炉系廃棄物に対する合理的な放射能濃度評価のための技術・評価事例等の調査	進め方の検討・技術の調査						
		放射能濃度評価に関する海外文献の調査					
(2) 放射能濃度評価の合理化のための廃棄物情報の利用に関する検討			計量管理情報の利用に関する検討				
			核種・性状等の情報の利用に関する検討				
(3) 非原子炉系廃棄物に対する放射能濃度評価の合理化に向けた検討						合理化に向けた検討	

【自己評価】
廃棄物の既存分析データの活用と今後の分析計画の検討を行うため、今後の廃棄体製作の基礎となる、考え方の調査及び記録類に基づく放射能濃度評価の合理化に関する検討を着実に実施。

7



② 放射能濃度評価の合理化に関する検討

H27~H30年度の放射能濃度評価に関する海外文献の調査

合理的な廃棄物分析計画作成のためのプロセスの調査を実施

【概要】

非原子炉系廃棄物に対する合理的な放射能濃度評価のための技術・評価事例等の調査として、米国の合理的な調査計画作成プロセス類における考え方を調査した。

【実施状況】

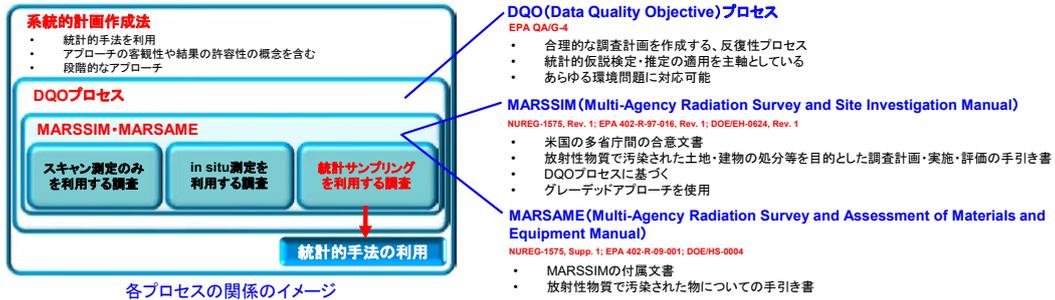
米国のDQOプロセス、MARSSIM、MARSAMEによる系統的な計画作成法を調査した。

【成果】

記録類の利用及び統計的手法の利用に基づき、分析データが少ない状況から合理的な分析計画作成していくための考え方が得られた。

【成果の波及効果】

一定の核種組成を持たない廃棄物の放射能濃度評価法の開発に向けて、分析計画作成法の構築へ貢献できる。将来的には、東電福島第一原発事故廃棄物の放射能濃度評価などへの適用も期待される。





人形峠環境技術センターにおける環境研究及び ウラン廃棄物工学研究の実施状況について

- ① 人形峠環境研究
- ② ウラン廃棄物工学研究

平成30年12月12日

日本原子力研究開発機構
核燃料・バックエンド研究開発部門



- ① 人形峠環境研究

①人形峠環境研究

平成30年度計画に対する実施状況及び自己評価

➤ **第3期中長期計画**
 廃止措置・放射性廃棄物の処理処分において必要となる技術開発に関しては、東京電力福島第一原子力発電所の廃止措置等への貢献にも配慮し、施設の状況や廃棄物の特徴を勘案した廃止措置、廃棄物の性状評価、廃棄物の廃棄体処理、廃棄確認用データ取得等に係る先駆的な技術開発に積極的に取り組み、安全かつ合理的なプロセスを構築する。

➤ **平成30年度計画**
 ウラン廃棄物の処理処分技術を確立できるよう、「ウランと環境研究プラットフォーム」における取組に基づき、安全性や合理性を考慮した環境研究及びウラン廃棄物工学研究を行う。

【平成30年度当初目標】

① 地下水の流動解析手法について、解析領域の選定手法に係る検討を行う。

【実施状況】

- 地質構造及び水理情報をデータベース化(継続)
- 広域地下水流動解析に用いるツールの整備(継続)及び定性的評価を基にした解析領域の抽出(実施中)
- 既往データを用いた課題抽出(実施中)
- モニタリング計画に係る調査項目・実施手法に係る検討(継続)

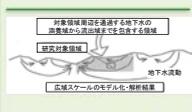
【自己評価】
 地下水の流動解析手法の検討について、年度計画を達成する見込み。

1

①人形峠環境研究

人形峠環境研究の構成

主な研究開発テーマは、地表や浅い地中でウラン等がどのように移動しているのかを知ることです。

<p>A1:ウランの分布・存在形態及び移動様式調査</p>  <p>人形峠周辺には地表付近にウラン鉱床があります。このことを活用して、ウランや重金属等が自然環境の中に、どのように分布し、どのように移動しているのかを調べ、その仕組みを解明します。</p>	<p>A2:地下水の広域流動解析手法の高度化</p>  <p>地下水は地質、断層、温泉等に影響されて流れています。このような仕組みを取り入れた解析方法を開発して、地下水の流れを正確に知ることができますようにします。</p>	<p>A3:流砂解析、物質移動解析手法の研究</p>  <p>河川では、色々な物質が、水に溶けたり、砂等の小さな粒で上流から下流に運ばれます。このような仕組みを取り入れた解析方法を開発して、物質が運ばれる仕組みを正確に知ることができますようにします。</p>	<p>A4:環境パラメータの充実</p>  <p>自然の中で物質が移動する仕組みには、風化や吸着、化学反応等も影響しています。これらを環境パラメータと言い、物質の移動を知るための重要な情報になります。</p>	<p>A5:古環境・古地形変遷のモデル化</p>  <p>数万年という時間の中では、侵食等によって地形が変化し、地下水や河川の流れも大きく変わります。このため、地形の変化は長期間の物質の移動を知るための重要な情報になります。</p>
--	---	---	---	--

成果と貢献

- ✓ 人形峠のような山間地を対象として、自然環境に存在している放射性物質(ウラン等)、有害物質(重金属等)の分布や地下水や河川によって運ばれる様子を解析するための情報を大学等に提供し、水資源管理や環境対策等の研究に貢献します。
- ✓ 中国地方の地形が、どのように変化してきたのかを知るために役立つ情報を大学等に提供し、中学生や高校生を対象とした理科(地球科学)教育等に貢献します。
- ✓ 埋設実証試験施設周辺の侵食、地下水の侵入状況や物質の移動等の研究成果を活用して、埋設実証試験施設的设计や長期安定性等の評価・検証を行います。

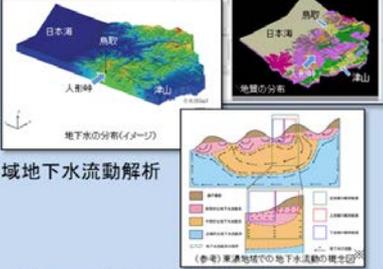
2



①人形峠環境研究

人形峠環境研究の実施

H29年度～ 先行研究として、研究に適した場所を判断するために、地下水の流れる範囲を調べています。



広域地下水流動解析

実施項目: A2(地下水の広域流動解析手法の高度化)
 地下水解析: センターを囲む広域の地下水の流れをコンピュータで解析し、詳細に調査する範囲を検討します。(H29は準備)
 解析範囲: センターを中心とした広域(日本海～津山)

※ 宮原ほか, "広域地下水流動研究実施領域における水収支観測結果と地下水流動スケールの検討", サイクル機構技術, No.16, 137-148, 2002. (図6 正馬川流域での地下水流動系と観測範囲の概念図 p.147)

H30年度～ 環境研究の共通的な情報になる、人形峠周辺の地質、地形、地盤、地下水水理、河川水理のデータを整備します。



実施項目: A2(地下水の広域流動解析手法の高度化)
 フィールド調査: 物理探査(弾性波探査法、比抵抗探査法)、ボーリング調査、地下水調査、河川水調査
 調査範囲: センター及びその近傍(詳細は、H29年度からの先行研究で決めます)

3



①人形峠環境研究

人形峠環境研究の実施

共通的な情報となる地下水の広域流動解析手法の高度化に係る検討を開始

【目的】

- ウラン廃棄物の(処理)処分を安全かつ合理的に行うためには、これらの特徴が処分に及ぼす影響に関する知見を収集可能な適切な場を活用し、情報収集と解析手法を構築し、埋設施設の設計及び管理に反映する。
- H29に検討した全体計画を受け、ウランの移動を理解する上で共通的に関係してくる地下水の広域流動解析手法の高度化に係る調査解析から実施する。

【方法】

- 水理学的な調査範囲を理解するための広域の地下水流動の解析を行い、調査対象領域の設定を行う。
- また、既往データ(湧水点位置および河川水流量)を用いたキャリブレーション解析を行う。

【成果】

- H29年度からの研究環境の整備及び予備解析を継続した。
- 水理学的な影響範囲を検討し、検証可能なデータを入手できる評価点を含む東西約25km、南北約30kmの領域を抽出した(実施中)。
- 湧水点や河川水量などの既往データを用いた解析とキャリブレーションによる課題抽出(実施中)
- 微視的なスケールでのウラン鉱物の安定性に係るシミュレーションを原子力基礎工学研究センターと、ウランの濃集に関与すると考えられる地質の堆積環境について岡山大学と連携して開始した。

4

①人形峠環境研究

第3期中長期計画に対する進捗状況及び自己評価

第3期中長期計画期間の全体スケジュール 進捗確認日(11月末)

項目	H27	H28	H29	H30	H31	H32	H33
(1)ウランの分布・存在形態及び移動様式調査			計画検討	既往研究調査			
					調査・モニタリング		
(2)地下水の広域流動解析手法の高度化			計画検討		フィールド調査		
					地下水解析		
					地下水モニタリング		
(3)流砂解析、物質移動解析手法の研究			計画検討				
					解析		
(4)環境パラメータの充実			計画検討	既往研究調査			
					解析・パラメータ整備		
(5)古環境・古地形編成のモデル化			計画検討				
					調査		

【自己評価】
H30年度から開始する研究項目について、計画通りに着手した。

5

①人形峠環境研究

H29~H30年度の人形峠環境研究の実施状況

ウラン廃棄物の処理処分の課題解決に向けた環境研究を開始

【概要】
ウラン廃棄物の処理処分を安全かつ合理的に行うことを究極の目的とし、ウラン系列核種の特徴が処分に及ぼす影響に関する知見を収集可能な適切な場を活用し、情報収集と解析手法を構築し、埋設施設の設計及び管理に反映できる研究プログラムを展開する。

【実施状況】
地表及び浅地中のウランの分布及び移動に係る研究を中心として、それと関連する地下水の流動、河川中の堆積物の移動、及び、地形・地質の変化の寄与に係る5つの研究テーマからなる研究を展開。
 A1: ウランの分布・存在形態及び移動様式調査
 A2: 地下水の広域流動解析手法の高度化
 A3: 流砂解析、物質移動解析手法の研究
 A4: 環境パラメータの充実
 A5: 古環境・古地形変遷のモデル化
 共通的に関係してくる地下水の広域流動解析手法の高度化に係る調査解析から実施。

【成果】
ウラン廃棄物の処理処分の課題解決に向けた環境研究を開始

【成果の波及効果】
計画概要及び実施状況を日本原子力学会2018年秋の大会(3件)にて報告し、ウランと環境研究の認知に努めた。

6



②ウラン廃棄物工学研究



②ウラン廃棄物工学研究

平成30年度計画に対する実施状況

➤ **【第3期中長期計画】**

廃止措置・放射性廃棄物の処理処分において必要となる技術開発に関しては、東京電力福島第一原子力発電所の廃止措置等への貢献にも配慮し、施設の状況や廃棄物の特徴を勘案した廃止措置、廃棄物の性状評価、廃棄物の廃棄体化処理、廃棄確認用データ取得等に係る先駆的な技術開発に積極的に取り組み、安全かつ合理的なプロセスを構築する。

➤ **【平成30年度計画】**

ウラン廃棄物の処理処分技術を確立できるよう、安全性や合理性を考慮した環境研究及びウラン廃棄物工学研究を行う。

【H30年度当初目標】

- (1) インベントリ調査技術
 - ・インベントリ調査結果の整理・評価
 - ・機械学習による核種組成分類の詳細化検討。
- (2) 金属・コンクリート等の除染技術
 - ・機能水除染基礎試験結果の取りまとめ
 - ・H31年度以降の日本原燃(株)との共同研究契約手続き着手。

【実施状況】

- (1) インベントリ調査技術
 - ✓ 調査結果を取りまとめ、廃棄体本数検討へ反映。
 - ✓ 機械学習検討結果のとりまとめ。
- (2) 金属・コンクリート等の除染技術
 - ✓ 試験結果等を取りまとめ、日本原子力学会 2018年秋の大会で発表(本日説明)。
 - ✓ 日本原燃(株)との共同研究契約手続き開始。

【自己評価】インベントリ調査技術の検討及び金属・コンクリート除染技術の開発共に当初予定していた内容を着実に達成する見込み。



酸性機能水による除染技術の開発(1)

機能水による除染技術の有効性を確認

【目的】

金属廃棄物の湿式除染技術は、多様な形状・材質に適用可能な方法であるが、二次廃棄物量が多くなる傾向がある。そこで、六フッ化ウラン(UF₆)を使用した施設から発生した炭素鋼を対象に、クリアランスレベル(1Bq/g)、および管理区域持出し基準(0.04Bq/cm²)以下かつ二次廃棄物量を最小とできる湿式除染技術を開発する。

【方法】

酸性機能水による模擬試料(コールドTP)および実試料(ホットTP)を使った除染基礎試験を実施するとともに、試験結果から除染効率、二次廃棄物発生量等の評価を実施した。

1. コールド試験: 酸性機能水、希釈塩酸、希釈硫酸を用いた液浸漬+超音波洗浄により、腐食層除去率、母材溶解量を評価。
2. ホット試験: ①純水+超音波洗浄→酸性機能水+超音波線洗浄、②酸性機能水浸漬+超音波洗浄の2ケースについて除染特性を評価。
3. 合理性評価: 1.、2.の試験結果を基に、廃液中の溶解元素濃度、二次廃棄物量等を評価。

【成果】

- ・ 管理区域持出し基準を満足させるには、腐食層の除去と、母材表面の溶解が必要。
- ・ 酸性機能水は、酸溶解と酸化溶解により、希釈酸よりも腐食層除去率が高く、母材溶解量が少ない。
- ・ 初期から酸性機能水を使用する方法が除染時間および二次廃棄物発生量を最小とすることができ、他の希釈酸除染と比較して総合的に優れていることを確認した。

(次ページに続く)

8



酸性機能水による除染技術の開発(2)

機能水による除染技術の有効性を確認

【成果】(続き)

■基礎試験結果

- (1) コールドTPを用いた試験で酸性機能水では酸溶解以外の溶解機構の存在を確認。
- (2) ホットTPを用いた試験で酸性機能水のみが腐食層下の母材表面に存在するウランを除去し、目標とする表面汚染密度以下とできることを確認。

→酸性機能水は図1の①領域にあり、鉄腐食層(酸化物)が安定・ウラン付着物が溶解しやすい条件であるため、母材溶解を抑えつつウランが除去しやすい。

■合理性評価結果

初期から酸性機能水除染を行う方法が除染時間が短く、除染廃液中の元素濃度も低いことから、二次廃棄物発生量を最小とすることができ、他の希釈酸除染と比較して総合的に優れていることを確認した。

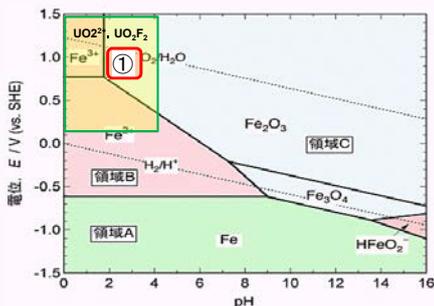


図1 鉄のプルベ線図にウランの一部を追記

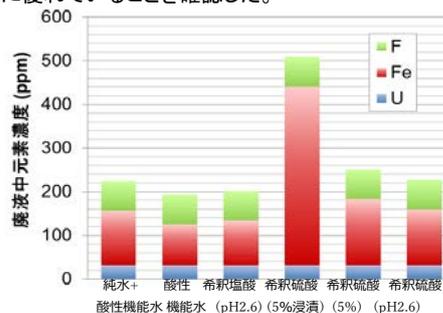


図2 除染廃液中の元素濃度比較

9

②ウラン廃棄物工学研究

第3期中長期計画に対する進捗状況

第3期中長期計画期間の全体スケジュール

項目	進捗確認日(11月末)						
	H27	H28	H29	H30	H31	H32	H33
(1) インベントリ調査技術					測定・分析(継続)		
(2) 金属・コンクリート等の除染技術					除染システム検討他		
(3) 廃棄物中の有害物質除去・固定化技術					汎用技術の適用性評価		
(4) 放射能(ウラン)測定技術					測定試験		
(5) スラッジ類からのウラン除去技術					回収試験		

【自己評価】
 インベントリ調査技術、金属・コンクリート等の除染技術、放射能(ウラン)測定技術の開発等を計画通りに達成し、ウラン廃棄物の処理処分技術の確立に向けて着実に進捗している。

10

②ウラン廃棄物工学研究

H27～H30年度の廃棄物工学研究の施実状況

酸性機能水を用いた除染技術の有用性を確認

■概要
 人形峠環境技術センターでは、保管中のウラン廃棄物や施設解体から発生するウラン廃棄物を安全に処理・処分する方法を確立し、ウラン廃棄物の発生量をできるだけ少なくして、保有する施設の廃止措置を着実に進めるため廃棄物工学研究を開始した。平成30年度は、インベントリ調査技術、金属・コンクリート等の除染技術及び放射能(ウラン)測定技術の開発を行った。

■実施状況
 これまで実施したインベントリ調査結果の整理・評価するとともに、酸性機能水を用いた除染基礎試験結果を取りまとめた。

■成果
 インベントリ調査結果を廃棄体本数検討等に反映するとともに、酸性機能水による除染が二次廃棄物量を最小とできる可能性があることを確認した。

■成果の波及効果
 酸性機能水による除染基礎試験結果を日本原子力学会2018年秋の大会で発表(3件シリーズ)した。国内の原子力施設の廃止措置が進めば、多量の放射性金属廃棄物が発生する。これらをクリアランスできれば、放射性廃棄物量の低減や資源の有効利用が可能となり、大きな経済的効果も期待できる。

11

This is a blank page.

参考資料 3 バックエンド対策研究開発・評価委員会の提言に対する原子力機構の措置

This is a blank page.

バックエンド対策研究開発・評価委員会の提言に対する機構の措置

【当該研究開発課題の評価基準】

提言	措置
<p>バックエンド対策に関する業務は、資源が制約されている中で規制対応をはじめ多くのステークホルダーとの調整・確認を取りながら進めざるを得ないという特殊性を有しているため、計画通り業務を進めること自体が顕著な成果であると考えられる。しかしながら、現状の研究開発評価の評価基準では、上記の業務実態に即した評価は難しいため、当該分野を適切に評価できる評価基準の導入が望まれる。</p>	<p>機構の研究開発課題の評価は、国や文部科学省が定める指針を踏まえて実施しており、評価基準はそれらに沿った形となっております。このため、現行の評価基準の下、本研究開発課題の性格、進め方等の特殊性に応じて評価方法を検討・提示し、適切な評価が行えるよう対応してまいります。</p>

【核燃料物質の再処理に関する技術開発（ガラス固化技術）】

提言	措置
<p>ガラス固化の高度化技術開発では、今後もデータ取得と日本原燃(株)との情報共有を継続するとともに、新型炉設計へのデータ反映も遅滞なく対応して頂きたい。</p>	<p>白金族元素の挙動解明の結果を反映した新型溶融炉は、平成 34～36 年度の更新に向けた設計を順調に進めております。今後実施する安全評価に反映すべき新知見が得られた場合は、遅滞なく当該評価に反映してまいります。また、更新後の新型溶融炉による運転データは、溶融炉底形状の改良（四角錐から円錐へ）による白金族元素の堆積防止効果を示す貴重なデータであることから、引き続き日本原燃(株)と情報共有してまいります。</p>
<p>ガラス固化施設の運転中断による影響に対して、作業工程の組み換えにより対応したことは良好事例であり、規則改正等の規制対応も迅速かつ適切に取り組み、工程遅延のないよう努力している。今後も同様の取り組みを期待する。</p>	<p>東海再処理施設の廃止措置計画には、ガラス固化処理を確実に実施するための運転及び 12.5 年計画を見据えた設備機器の計画的更新や予備品の整備に関する検討の結果を示しており、今後も本計画に従い着実にガラス固化処理を進めてまいります。また、工程管理については、12.5 年計画を着実に遂行できるよう運転準備段階も含めて計画管理を徹底してまいります。</p>
<p>技術開発は計画通りに進まないこともあるが、想定外の課題を克服する際に得られる知見・ノウハウは長期的視点に立てば極めて有用である。引き続き安全かつ革新的な技術の開発を目指して頂きたい。</p>	<p>ガラス固化処理において発生した、ガラス溶融炉内への白金族元素の堆積やガラス流下中の偏流、ガラス固化体吊具の作動不良等の多種多様な事象は、品質保証システムに基づき、原因究明、対策立案等を行い、関係者間で情報共有を図るとともに、必要に応じて運転要領書等へ反映しております。今後も、ガラス固化処理に関して想定外の課題に直面した場合は、関係者と連携しつつ同様の対応を図ってまいります。</p>

<p>これまでに得られた成果を体系的に整理し、他施設の廃止措置や東京電力㈱福島第一原子力発電所の廃炉で効率的に活用できるように整備して頂きたい。</p>	<p>東京電力㈱福島第一原子力発電所（以下「1F」という。）の廃炉作業での活用が期待されるHASWSからの廃棄物の遠隔取出し技術は、全体計画に沿った設計を進めており、平成31年度以降順次装置を製作し、モックアップ試験により実証する予定であります。これまでに得られた成果を体系的に整理するとともに、今後得られるデータを逐次反映し、他施設の廃止措置や1F廃炉作業で効率的に活用できるように整備してまいります。なお、1F廃炉作業への活用を目的に原子力損害賠償・廃炉等支援機構と実施している情報交換は、今後も継続してまいります。</p>
<p>東海再処理施設の廃止措置では、予防保全による安全対処も重要だが過剰としない注意も必要である。また、故障に至らない事象についても記録を残すことは必要と考える。</p>	<p>東海再処理施設では平成32年度に導入される新検査制度を受け、設備の保全重要度を踏まえた保全方式として保全計画整理表の整備を進めており、平成31年度から試行的に運用する予定であります。廃止措置の進捗に応じて、適宜、保全重要度及び保全方式を見直し、これを踏まえた合理的な保守を行ってまいります。また、平成29年に発生した大洗研究開発センター燃料研究棟の汚染・被ばく事故を踏まえ、異常事象に限らず作業及び巡視等で確認された気がかり事項、ヒヤリハット等の不適合に至らない事象についても記録に残すシステムの運用を開始しております。</p>

【原子力施設の廃止措置及び関連する技術開発】

提 言	措 置
<p>本中長期計画期間中で改良が図られているDECOSTコードは、現状版でも国内の大学が有する研究炉のコスト算出に利用されるなど認知が進んでいる。原子力機構には様々な原子力施設があり、これらに適用可能なコスト計算コードが確立できれば、商用原子力施設にも転用可能な汎用性の高いシステムとなるものと期待する。</p>	<p>DECOSTコードは原子力機構が保有する様々なタイプの原子力施設に適用可能であり、すでに廃止措置実施方針の作成において、いくつかの民間の研究施設のコスト算出にも利用いただいております。今後の原子力機構における廃止措置の実績を踏まえ、より汎用性の高いコードとなるよう、改良の取り組みを継続してまいります。</p>
<p>技術的に困難な研究課題は、必ずしも当初の計画通りに進まないこともあるため、柔軟な計画・体制で臨むことが肝要であり、ステークホルダーに理解を求めながら進めることが重要である。</p>	<p>廃止措置を計画的に進めるためにはステークホルダーの理解が必要不可欠であり、これまでも地元自治体や関係省庁に進捗状況を説明するとともに、課題や対策についても情報共有を図っております。今後もステークホルダーとの連絡を密にして廃止措置を計画的に進めてまいります。</p>

<p>「ふげん」の廃止措置において、使用済燃料の搬出期限の延長や搬出先の変更（変更先未定）により、施設内に使用済燃料が保管されたまま、変則的に廃止措置が進められている状況は、出来るだけ早く解消するよう努力すべきである。</p>	<p>東海再処理施設の廃止措置への移行を受け、「ふげん」の使用済燃料の搬出先については海外を視野に関係省庁等と調整し、使用済燃料の搬出計画を具体化して廃止措置計画を変更してきております。海外事業者との準備契約（IC1）を昨年10月25日に締結したところであり、本計画に沿って計画的に使用済燃料搬出を進めてまいります。</p>
<p>総合的な知識マネジメントの構築にあたっては、「ふげん」で試行中の知識マネジメントシステムの構築作業と連携して進めるべきである。</p>	<p>知識マネジメントシステムの構築に関して、「ふげん」とは数回の情報交換を行っており、当該システムのこれまでの問題点や今後の展開について情報を共有しております。今後は協力関係をより一層強化しながら「ふげん」の経験を反映し、機構全体として活用できる総合的な知識マネジメントの構築を進めてまいります。</p>
<p>「ふげん」で進めている解体モックアップ試験は廃止措置を進める上で有効と考えるが、試験では目的及び取得すべきデータを明確にし、検証していくことが必要である。</p>	<p>今後予定している遠隔制御性や位置決め監視技術も含めた原子炉解体モックアップ試験においては、安全かつ合理的に原子炉を解体する技術を確立するため、目的及び取得データ等を整理した試験計画書を策定し、予め想定した切断方法や解体手順等の検証を進めてまいります。</p>
<p>原子炉構造材からの試料採取技術は、東京電力(株)福島第一発電所のデブリ取出しへの適用を期待する。</p>	<p>原子炉構造材からの炉内試料採取技術については、東京電力(株)福島第一原子力発電所のデブリ取出しの検討に資するため、これまでも東京電力(株)と情報交換や「ふげん」でのモックアップ試験状況の現場視察を実施しております。今後、原子炉構造材からの試料採取に着手する予定であり、これらの情報も含めて東京電力(株)と継続的に情報交換を行い、成果が反映できるよう努めてまいります。</p>
<p>「ふげん」の狭隘構造を考慮したレーザー切断技術は、他の高線量雰囲気下の施設解体への適用も考えられることから、今後実施する大規模モックアップ試験の成果を期待する。</p>	<p>原子炉施設の廃止措置へのレーザー切断技術の適用は国内外を含めて実績がないことから、原子炉解体モックアップ試験で得られた成果は公開資料として取り纏めるとともに、学会発表等を通して外部への発信に努めてまいります。</p>
<p>これまでに得られた最新成果の公表を積極的に進めており、国内の原子力分野に一定の貢献をしている。共有・転用可能な技術情報のより積極的な発信を望む。</p>	<p>原子力施設の廃止措置で得られた技術成果は、他の原子力事業者における廃止措置にも活用できるよう、今後も関係者との情報共有や学会等を通じた発信に努めてまいります。</p>

【放射性廃棄物処理処分及び関連する技術開発】

提 言	措 置
<p>酸性機能水によるウランで汚染された金属の除染技術は、メカニズム解明等の化学的な理解を深めることが望まれる。また、廃棄物中のインベントリ調査技術として進めている機械学習手法を用いた核種組成分類について、適用性や効果の評価を望む。</p>	<p>酸性機能水を用いた除染技術開発は、除染メカニズムの解明等の基礎的データの取得を進め、除染性能の向上や二次廃棄物量の低減に反映してまいります。また、機械学習法を用いた核種組成分類は、その適用性や効果に関する評価を進めてまいります。</p>
<p>研究開発においては、数値目標などのマイルストーンを設定するだけでなく、想定以上の成果が得られるように、できるだけ自由でフレキシブルな研究環境を確保するよう努力して頂きたい。また、中長期的に若手人材育成は不可欠と考える。</p>	<p>若手の研究者・技術者の自由な発想及びスキルの向上を目的とした機構内の萌芽研究開発制度等を積極的に活用させるとともに、機構内外の研究者との連携強化に努めてまいります。また、廃止措置や廃棄物処理処分は長期的業務のため、若手人材の確保、技術・知識の取得、着実な技術継承を重視し、長期的な若手人材の育成に努めてまいります。</p>
<p>廃棄体製作に向けた検討の中で、必要最小限の分析試料数を統計的に算出することで、放射能濃度評価の合理化を図る取り組みは非常に有益であることから、その適用についてステークホルダーとの協議・調整等を行うことを推奨する。</p>	<p>原子力機構から発生する放射性廃棄物の合理的な処理処分方策について、原子力規制庁の公開会合にて定期的に報告・議論する予定になっております。このような会合などを利用して原子力規制庁と協議を進めるとともに、他の廃棄物発生者とも情報共有や議論をしていくよう努めてまいります。</p>
<p>得られた成果の学会発表がなされており、技術の転用も行われている。今後成果を着実に積み上げ、学会会合や学術誌で積極的に報告することを期待する。</p>	<p>原子力施設の廃止措置で得られた技術成果は、他の原子力事業者における廃止措置にも活用できるよう、今後も学会等を通じて積極的に報告するよう努めてまいります。</p>

以上

国際単位系 (SI)

表1. SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質량	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立方メートル	m ³
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波数	毎メートル	m ⁻¹
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m ²
比体積	立方メートル毎キログラム	m ³ /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m ²
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 ^(a) , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m ³
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²
屈折率 ^(b)	(数字の)	1
比透磁率 ^(b)	(数字の)	1

(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。
 (b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)	m/m
立体角	ステラジアン ^(b)	sr ^(e)	1 ^(b)	m ² /m ²
周波数	ヘルツ ^(d)	Hz		s ⁻¹
力	ニュートン	N		m kg s ⁻²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m ² kg s ⁻²
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m ² kg s ⁻³
電荷, 電気量	クーロン	C		s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻¹
静電容量	ファラド	F	C/V	m ² kg ⁻¹ s ⁴ A ²
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²
コンダクタンス	ジーメン	S	A/V	m ² kg ⁻¹ s ³ A ²
磁束	ウェーバ	Wb	Vs	m ² kg s ⁻² A ⁻¹
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²	kg s ⁻² A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m ² kg s ⁻² A ⁻²
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C		K
光照射量	ルーメン	lm	cd sr ^(e)	cd
放射線量	グレイ	Gy	J/kg	m ² s ⁻²
放射性核種の放射能 ^(f)	ベクレル ^(d)	Bq		s ⁻¹
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	m ² s ⁻²
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト ^(g)	Sv	J/kg	m ² s ⁻²
酸素活性化	カタール	kat		s ⁻¹ mol

(a) SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。
 (b) ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明示されない。
 (c) 測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。
 (d) ヘルツは周期現象についてのみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。
 (e) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。
 (f) 放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。
 (g) 単位シーベルト (PV, 2002, 70, 205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

表4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	SI基本単位による表し方
粘力のモーメント	パスカル秒	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹
表面張力	ニュートンメートル	N m	m ² kg s ⁻²
角加速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
角加減	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ =s ⁻¹
熱流密度, 放射照度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²	m m ⁻¹ s ⁻² =s ⁻²
熱容量, エントロピー	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg s ⁻³
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m ² kg s ⁻² K ⁻¹
比エネルギー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	m ² s ⁻² K ⁻¹
熱伝導率	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² s ⁻²
体積エネルギー	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹
電界の強さ	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ⁻¹ kg s ⁻²
電荷密度	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m kg s ⁻³ A ⁻¹
電表面電荷	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
誘電率	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ² s A
透磁率	ファラド毎メートル	F/m	m ³ kg ⁻¹ s ⁴ A ²
モルエネルギー	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル	J/mol	m ² kg s ⁻² mol ⁻¹
照射線量 (X線及びγ線)	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m ² kg s ⁻² K ⁻¹ mol ⁻¹
吸収線量率	ジュール毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ s A
放射線強度	グレイ毎秒	Gy/s	m ² s ⁻³
放射輝度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ⁴ m ⁻² kg s ⁻³ =m ² kg s ⁻³
酵素活性濃度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m ² sr)	m ² m ⁻² kg s ⁻³ =kg s ⁻³
	カタール毎立方メートル	kat/m ³	m ³ s ⁻¹ mol

表5. SI 接頭語

乗数	名称	記号	乗数	名称	記号
10 ²⁴	ヨタ	Y	10 ¹	デシ	d
10 ²¹	ゼタ	Z	10 ²	センチ	c
10 ¹⁸	エクサ	E	10 ³	ミリ	m
10 ¹⁵	ペタ	P	10 ⁶	マイクロ	μ
10 ¹²	テラ	T	10 ⁹	ナノ	n
10 ⁹	ギガ	G	10 ¹²	ピコ	p
10 ⁶	メガ	M	10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ³	キロ	k	10 ⁻¹⁸	アト	a
10 ²	ヘクト	h	10 ⁻²¹	ゼプト	z
10 ¹	デカ	da	10 ⁻²⁴	ヨクト	y

表6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI単位による値
分	min	1 min=60 s
時	h	1 h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	'	1'=(1/60)°=(π/10 800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648 000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, l	1 L=1 l=1 dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1 t=10 ³ kg

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI単位で表される数値
電子ボルト	eV	1 eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da
天文単位	ua	1 ua=1.495 978 706 91(6)×10 ¹¹ m

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1MPa=100 kPa=10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg=133.322Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 ⁻¹⁰ m
海里	M	1 M=1852m
バイン	b	1 b=100fm ² =(10 ¹² cm ²) ² =10 ⁻²⁸ m ²
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的關係は、 対数量の定義に依存。
ベレル	B	
デシベル	dB	

表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダイン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm ⁻² =0.1Pa s
ストークス	St	1 St=1cm ² s ⁻¹ =10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
スチルブ	sb	1 sb=1cd cm ⁻² =10 ⁴ cd m ⁻²
フォト	ph	1 ph=1cd sr cm ⁻² =10 ⁴ lx
ガリ	Gal	1 Gal=1cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²
マクスウェル	Mx	1 Mx=1 G cm ² =10 ⁻⁸ Wb
ガウス	G	1 G=1Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(a)	Oe	1 Oe _e =(10 ³ /4π)A m ⁻¹

(a) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「△」は対応関係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R=2.58×10 ⁻⁴ C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
フェルミ	f	1 フェルミ=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1 メートル系カラット=0.2 g=2×10 ⁻⁴ kg
トル	Torr	1 Torr=(101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm=101 325 Pa
カロリ	cal	1 cal=4.1858J (「15°C」カロリ), 4.1868J (「IT」カロリ), 4.184J (「熱化学」カロリ)
マイクロ	μ	1 μ=1μm=10 ⁻⁶ m

