

次世代再処理ガラス固化技術基盤研究事業
(プロジェクト)
技術評価結果報告書 (中間評価)

平成28年12月

産業構造審議会産業技術環境分科会

研究開発・イノベーション小委員会評価ワーキンググループ

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成24年12月6日、内閣総理大臣決定）等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省技術評価指針」（平成26年4月改正）を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

経済産業省において実施している「次世代再処理ガラス固化技術基盤研究事業（プロジェクト）」は、原子力発電所や再処理施設等の操業・廃止措置に伴い発生する放射性廃棄物に対応したガラス固化技術の開発を行うため、平成26年度より実施しているものである。

今般、省外の有識者からなる次世代再処理ガラス固化技術基盤研究事業中間評価検討会（座長：朽山 修 公益財団法人原子力安全研究協会 技術顧問）における検討の結果とりまとめられた、「次世代再処理ガラス固化技術基盤研究事業（プロジェクト）技術評価結果報告書（中間評価）」の原案について、産業構造審議会産業技術環境分科会研究開発・イノベーション小委員会評価ワーキンググループ（座長：小林 直人 早稲田大学研究戦略センター 副所長・研究院副研究院長 教授）において、審議し、了承された。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

平成28年12月

産業構造審議会産業技術環境分科会

研究開発・イノベーション小委員会評価ワーキンググループ

産業構造審議会産業技術環境分科会

研究開発・イノベーション小委員会 評価ワーキンググループ

委員名簿

座長	小林 直人	早稲田大学研究戦略センター副所長・研究院副研究 院長 教授
	大島 まり	東京大学大学院情報学環教授 東京大学生産技術研究所教授
	亀井 信一	株式会社三菱総合研究所政策・経済研究センター長
	齊藤 栄子	三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 政策研究事業本部主任研究員
	高橋 真木子	金沢工業大学大学院イノベーションマネジメント 研究科教授
	津川 若子	東京農工大学大学院工学研究院准教授
	西尾 好司	株式会社富士通総研経済研究所上席主任研究員
	浜田 恵美子	元・名古屋工業大学大学院教授
	森 俊介	東京理科大学理工学部経営工学科教授

(敬称略、座長除き五十音順)

次世代再処理ガラス固化技術基盤研究事業

中間評価検討会

委員名簿

座長	朽山 修	公益財団法人原子力安全研究協会 技術顧問
	浅沼 徳子	東海大学工学部原子力工学科 准教授
	杉山 一弥	一般社団法人原子力産業協会 事務局長
	関 哲朗	文教大学情報学部情報社会学科 教授
	出口 朗	原子力発電環境整備機構 技術部長

(敬称略、座長除き五十音順)

次世代再処理ガラス固化技術基盤研究事業

技術評価に係る省内関係者

【中間評価時】

(平成28年度)

資源エネルギー庁 電力・ガス事業部 原子力立地・核燃料サイクル産業課長
覚道 崇文 (事業担当課長)

大臣官房参事官 (イノベーション推進担当)
産業技術環境局 研究開発課 技術評価室長 竹上 嗣郎

【事前評価時】(事業初年度予算要求時)

資源エネルギー庁 電力・ガス事業部 原子力立地・核燃料サイクル産業課長
小澤 典明 (事業担当課長)

産業技術環境局 産業技術政策課 技術評価室長 飯村 亜紀子

次世代再処理ガラス固化技術基盤研究事業

中間評価の審議経過

【中間評価】

- ◆産業構造審議会産業技術環境分科会研究開発・イノベーション小委員会評価ワーキンググループ（平成28年12月21日）

- ◆「次世代再処理ガラス固化技術基盤研究事業」評価検討会
 - 第1回評価検討会（平成28年11月1日）
 - ・事業の概要について
 - ・評価の進め方について

 - 第2回評価検討会（平成28年11月25日）
 - ・技術評価結果報告書（中間評価）について

【事前評価】

- ◆産業構造審議会産業技術環境分科会研究開発・評価小委員会評価ワーキンググループ（平成25年9月30日）
 - ・事前評価報告書について

目 次

はじめに

産業構造審議会産業技術環境分科会研究開発・イノベーション小委員会評価ワーキンググループ

委員名簿

次世代再処理ガラス固化技術基盤研究事業 中間評価検討会 委員名簿

次世代再処理ガラス固化技術基盤研究事業 技術評価に係る省内関係者

次世代再処理ガラス固化技術基盤研究事業 中間評価の審議経過

目次

ページ

I. 次世代再処理ガラス固化技術基盤研究事業（プロジェクト）の概要

A. ガラス固化技術の基盤整備	I-A-1
1. 事業アウトカム	I-A-2
2. 研究開発内容及び事業アウトプット	I-A-3
3. 当省（国）が実施することの必要性	I-A-10
4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ	I-A-10
5. 研究開発の実施・マネジメント体制等	I-A-12
6. 費用対効果	I-A-13
B. 低レベル放射性廃棄物の除染方法の検討	I-B-1
1. 事業アウトカム	I-B-2
2. 研究開発内容及び事業アウトプット	I-B-3
3. 当省（国）が実施することの必要性	I-B-8
4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ	I-B-8
5. 研究開発の実施・マネジメント体制等	I-B-9
6. 費用対効果	I-B-9

II. 外部有識者（評価検討会等）の評価

A. ガラス固化技術の基盤整備	
1. 事業アウトカムの妥当性	II-A-1
2. 研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性	II-A-2
3. 当省（国）が実施することの必要性の妥当性	II-A-3
4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性	II-A-4
5. 研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性	II-A-5
6. 費用対効果の妥当性	II-A-6
7. 総合評価	II-A-7
8. 今後の研究開発の方向等に関する提言	II-A-9
B. 低レベル放射性廃棄物の除染方法の検討	
1. 事業アウトカムの妥当性	II-B-1

2. 研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性	II-B-2
3. 当省（国）が実施することの必要性の妥当性	II-B-3
4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性	II-B-3
5. 研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性	II-B-4
6. 費用対効果の妥当性	II-B-5
7. 総合評価	II-B-6
8. 今後の研究開発の方向等に関する提言	II-B-7

III. 評点法による評点結果

A. ガラス固化技術の基盤整備	III-A-1
B. 低レベル放射性廃棄物の除染方法の検討	III-B-1

IV. 産業構造審議会評価ワーキンググループの所見及び同所見を踏まえた改善点等

IV-1

I. 次世代再処理ガラス固化技術基盤研究事業
(プロジェクト) 概要

次世代再処理ガラス固化技術基盤研究事業（ガラス固化技術の基盤整備）
技術評価結果報告書（中間評価）

プロジェクト名	次世代再処理ガラス固化技術基盤研究事業（ガラス固化技術の基盤整備）
行政事業レビューとの関係	平成 28 年度行政事業レビューシート 0414
上位施策名	エネルギー基本計画
担当課室	電力・ガス事業部 原子力立地・核燃料サイクル産業課

プロジェクトの目的・概要

平成 26 年 4 月に閣議決定された「エネルギー基本計画」にて、放射性廃棄物の処分については、原子力事業者が処分に向けた取り組みを進める事を基本としつつ、処分の円滑な実現に向け、国として必要な研究開発を推進すること、高レベル放射性廃棄物の問題の解決に向け、国が前面に立って取り組む必要があることが明記されている。

我が国では、使用済燃料を再処理した際に生じる高レベル放射性廃液については、日本原燃の六ヶ所再処理工場においてガラス固化技術が実用化されている一方、原子力発電所等の操業・廃止時の除染等により発生する低レベル放射性廃液等のガラス固化技術については、高レベル放射性廃液と異なり、組成が多種多様であり技術的に容易では無いことから、国内における研究開発は手付かずの状況である。他方、韓国では廃棄物を粉体状で保管する事が禁止されており焼却に代わる減容化が必要であるため、仏国では再処理施設等の廃止措置時に発生する廃棄物を安定的に保管するため、米国では軍用施設で発生した廃棄物を安定した状態で処理・処分するため、既にガラス固化処理が実用化されている。今後、我が国では原子力発電所等の操業・廃止時の除染等により発生する低レベル放射性廃棄物等についても、安定化に優れ、かつ減容化も可能なガラス固化技術について検討しておくことは重要である。また、高レベル放射性廃液のガラス固化技術についても、更なる廃棄物の減容化を可能とするガラス組成及び熔融炉の運転制御技術の開発の実施により、最終処分という国が前面に立つべき課題の解決に資することとなる。

予算額等（委託）

（単位：百万円）

開始年度	終了年度	中間評価時期	終了時評価時期	事業実施主体
平成 26 年度	平成 30 年度	平成 28 年度	平成 31 年度	株式会社 IHI 日本原燃株式会社 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 一般財団法人電力中央研究所
H26FY 執行額	H27FY 執行額	H28FY 執行額	総執行額	総予算額
669	676	(予算額) 670	1,346	3,452

※総予算額は平成 26 年度及び平成 27 年度執行額と平成 28 年度から平成 30 年度予算額の合計

A. ガラス固化技術の基盤整備

1. 事業アウトカム

事業アウトカム指標		
<p>低レベル放射性廃棄物の成分に適したガラス組成の開発及びそれに対応する信頼性の高いガラス溶融炉の運転制御技術の基礎試験等を実施することにより、低レベル放射性廃棄物の安定化に優れ、かつ減容化も可能なガラス固化技術の基盤を整備する。</p> <p>また、それら基盤整備で得られた知見を反映し、国内で実用化されている高レベル放射性廃液のガラス固化の高度化についても検討することにより、多くの廃棄物（現状の廃棄物充填率の2～3割向上を目指す）を安定的に取り込むことができるガラス固化技術の基盤を整備する。</p> <p>これら基盤の整備により、今後の実証・実用化の道筋をたてる。</p>		
指標目標値		
<p>事業開始時 (平成26年度)</p>	<p>計画：</p> <p>①ガラス固化技術に係る様々な関係者の協力の下で実施し、外部有識者による研究開発計画等の評価、助言を得ることができる体制を構築する。</p>	<p>実績：目標達成度 100%</p> <p>①研究機関、再処理事業者、溶融炉メーカー等のガラス固化に係る関係者が参加する体制を組むとともに、有識者、ガラス産業界等から構成される研究評価委員会（3回/年）を設置し、評価、助言を得ながら事業を進める仕組みを構築した。</p>
<p>中間評価時 (平成27年度末)</p>	<p>計画：</p> <p>①高充填化が可能なガラス組成を探索できるデータベースの基本設計を行う。</p> <p>②文献調査等により、評価項目、管理基準の設定、評価方法を検討する。</p> <p>③低レベル放射性廃棄物の性状を明らかにし、ガラス化が可能な廃棄物を選定する。</p> <p>④高レベル放射性廃液の充填率を2～3割向上できるガラス固化技術を開発する。</p>	<p>実績：目標達成度 100%</p> <p>①既存のデータベースと連携可能なデータ構造、仕様を決定しプログラミングに着手した。</p> <p>②実用化に必要な評価項目、基準値を設定した。</p> <p>③ガラス固化が適用されていない低レベル放射性廃棄物に対してガラス化できる組成候補を選定した。</p> <p>④高レベル放射性廃液を模擬した廃液を用い廃棄物充填率を3割以上向上できる候補組成を選定した。</p>
<p>終了時評価時 (平成30年度)</p>	<p>計画：</p> <p>①放射性廃棄物について、ガラス固化体中への充填率や品質等の観点から有望なガラス組成を選定・開発できるプラットフォームを構築する。</p>	<p>実績：－</p>

	<p>②放射性廃棄物の高充填が可能な組成、溶融炉方式および運転制御方法を選定する。</p> <p>③低レベル放射性廃棄物ガラス固化体については、処分時の管理基準を提案する。</p>	
<p>目標最終年度</p>	<p>計画：</p> <p>低レベル放射性廃棄物の溶融ガラス化技術の技術的な知見が詳細に整備されることで、原子力発電所等の操業・廃止時に発生する低レベル放射性廃棄物の処理方法の一つとして評価することが可能となる。その知見に基づき低レベル放射性廃棄物の合理的な処理、処分方法についての議論が進展する。</p> <p>ガラス固化技術の基盤が整備されることにより、高レベル放射性廃液のガラス固化技術が向上し、廃棄物充填率を2～3割増加させることで、六ヶ所再処理工場にて発生するガラス固化体については約8000本～12000本の低減が期待でき、最終処分場面積の縮減も期待できることから、それらに係るコスト低減、立地選択肢の拡大等が期待できる。</p>	

2. 研究開発内容及び事業アウトプット

(1) 研究開発内容

廃止措置等で発生する対象とする低レベル放射性廃棄物の性状を明らかにし、溶融ガラス化が可能で廃棄物成分を安定的により多く取り込むことができるガラス組成を開発する。また、含有させる廃棄物を増加させると成分の一部が結晶として析出し、ガラス固化体の安定性が低下する等の問題が生じるため、成分の析出を防止する溶融炉運転技術（温度管理、攪拌等）を開発する。低レベル放射性廃棄物等のガラス固化技術の研究で得られた成果を踏まえつつ、高レベル放射性廃液のガラス固化技術についても、さらなる廃棄物の充填率向上（2～3割向上）を可能とするガラス組成及び溶融炉の運転制御技術を開発する。なお、将来発生する廃棄物について、最適なガラス固化条件を短期間で効率的に探索するため、上記の結果（組成探索・運転制御）を踏まえたガラス固化技術に係るデータベースを構築する。

(2) 事業アウトプット

<p>事業アウトプット指標</p>
<p>多種多様な低レベル放射性廃棄物の組成に対応可能なガラス材料の検討に必要な情報を整理するため、原子力発電所や再処理施設等の操業・廃止時の除染等により発生する低レベル放射性廃棄物の組成を調査する。</p> <p>多くの高レベル放射性廃液を安定的に処理できるガラス溶融技術の検討を行うため、国内外の文献等を調査し、有用なガラス組成について把握する。</p> <p>諸外国で研究・実用化が行われているガラス固化技術の実態について調査する。</p> <p>上記調査の結果等を踏まえ、ガラス組成及び廃棄物組成の関係性等、ガラス固化技術に係るデー</p>

データベースを作成する。		
指標目標値（計画及び実績）		
事業開始時 （平成26年度）	<p>計画：</p> <p>最終目標（平成30年度末時点）</p> <p>①低レベル放射性廃棄物をガラス化できる組成を把握し、ガラス溶融方式の選定、運転方法を確立する。</p> <p>②ガラス固化に係る過去の知見および本事業で得た成果を反映したデータベースを作成する。</p> <p>③高レベル放射性廃液の充填率を2～3割向上できるガラス固化技術を開発する。</p>	実績：－
中間評価時 （平成27年度末）	<p>計画：</p> <p>中間目標（平成27年度末時点）</p> <p>①ガラス固化が可能な低レベル放射性廃棄物を選定する。</p> <p>②国内外のガラス溶融炉の調査を行い、ガラス固化に適した溶融炉を選定する。</p> <p>③低レベル放射性廃棄物の実用化に必要な評価項目を設定する。</p> <p>④データベースへ登録する項目の整理、基本設計を行う。</p> <p>⑤小規模の試験にて高レベル放射性廃液の充填率を2～3割向上できるガラスマトリックスを開発する。</p> <p>⑥文献等を調査し、廃棄物充填率を向上できる運転制御技術についてガラス溶融炉を用いた試験を行い適用性を確認する。</p>	<p>実績：目標達成度100%</p> <p>①ガラス固化が可能な低レベル放射性廃棄物6種類の非放射性の組成模擬物に対してガラス化できる候補組成を選定した。</p> <p>②上記廃棄物のガラス固化に適したガラス溶融炉を2種類（CCIM, プラズマ）選定した。</p> <p>③ガラス固化体の製造、処分の観点から特性評価項目を20件設定した。</p> <p>④既存のデータベース（INTERGLAD, FactSage）と連携可能なデータ構造、仕様の設計を行い、プログラミングに着手した。</p> <p>⑤高レベル放射性廃液を模擬した非放射性溶液で廃棄物充填率を3割向上できる組成を4種類開発した。</p> <p>⑥文献調査の結果、廃棄物充填率の向上を見込める運転制御技術を4件選定し、そのうち1件についてガラス溶融炉を用いた試験を行い適用性を確認した。</p>
終了時評価時 （平成30年度）	<p>計画：</p> <p>事業開始時と同じ</p>	実績：－

<共通指標実績>

論文数	論文の被引用度数	特許等件数 (出願を含む)	特許権の実施件数	ライセンス 供与数	国際標準への寄与	プロトタイプ の作成
2	0	0	0	0	0	1

(3) 各個別要素技術開発の目標、成果、目標の達成度

2-1 ガラス組成の把握に向けた調査

表2-1 個別要素技術の成果、目標の達成度

要素技術	目標・指標（中間評価）	成果	達成度
対象廃棄物の検討	①原子力発電所の操業・廃止時の除染等により発生する低レベル放射性廃棄物の組成・特性等を把握する。	①原子力発電所、再処理施設において発生する低レベル放射性廃棄物の種類、性状等を調査により把握した。さらに、本事業で対象とする6種類の廃棄物を選定すると共に、ガラス組成の検討（試験計画）に反映した。 【対象廃棄物】 a. イオン交換樹脂 b. 低レベル放射性濃縮廃液（高硝酸ナトリウム廃液） c. 低レベル放射性濃縮廃液（リン酸廃液） d. 焼却灰 e. HEPA フィルタ f. イオン交換樹脂の溶離液	達成
マトリックス評価方法の検討	①低レベル放射性廃棄物及び高レベル放射性廃液に対するガラス組成の検討における評価項目を設定する。	①文献調査により、評価項目を以下のとおり設定した。 低レベル：20項目 高レベル：25項目	達成
データベースの作成・管理	①ガラスマトリックスの組成・物性の検索機能、物性予測機能等を有するマトリックスデータベースの基本設計を行う。	①マトリックスデータベースの基本設計を実施し、データの出力方式、データ構造、出力画面等の仕様の設計を行い、プログラミングに着手した。	達成
溶融除染技術の調査	①再処理施設の廃止措置等で発生する金属廃棄物への溶融除染の適用性を確認する。	①金属の溶融除染係数は10000以上である事を明らかにし、再処理施設等の廃止措置で発生する金属廃棄物に対して、溶融除染が適用可能で	達成

		ある事を確認した。	
--	--	-----------	--

2-2 ガラス組成の把握に向けた試験（低レベル放射性廃棄物の溶融ガラス化の開発）

表2-2 個別要素技術の成果、目標の達成度

要素技術	目標・指標（中間評価）	成果	達成度
廃棄物組成に応じたガラス組成の開発	<p>①多くの低レベル放射性廃棄物を安定的に取り込むことができるガラス組成を基礎試験により選定し、ガラス固化体の基本特性を取得する。</p> <p>②硫黄が高濃度で含まれる放射性廃液に対して、ガラス化可能な組成を明らかにする。</p>	<p>①ガラス化する低レベル放射性廃棄物を5種類選定し、粘度、短期浸出率のデータを取得し、いずれにおいても良好な結果を得た。</p> <p>a. イオン交換樹脂：充填率約35wt%</p> <p>b. 低レベル放射性濃縮廃液：充填率約30wt%</p> <p>c. 焼却灰：充填率約75wt%</p> <p>d. スラッジ混合物：充填率約21wt%</p> <p>e. HEPA フィルタ：充填率約25wt%</p> <p>②ガラスセラミックスを用いガラス化できる見通しを得た。</p> <p>SO₃ 充填率：約15wt%</p>	達成
溶融除染スラグに対する溶融ガラス化の検討	<p>①溶融除染で発生したスラグに対して、溶融ガラス化による安定化が可能なことを確認する。</p>	<p>①廃棄物充填率60wt%程度でガラス化が可能であることを確認した。</p>	達成
吸着ガラスの開発	<p>①ガラス自体を吸着材として用いる多孔質ガラスの組成、製造方法を明らかにすると共に、溶融ガラス化の適用性を確認する。</p>	<p>①コバルト等を吸着分離可能な多孔質ガラスの組成、製造条件を確認した。</p>	達成

2-3 ガラス組成の把握に向けた試験（高レベル放射性廃液ガラス固化の高度化）

表 2-3 個別要素技術の成果、目標の達成度

要素技術	目標・指標（中間評価）	成果	達成度
ホウケイ酸ガラスの改良	<p>①現行のホウケイ酸ガラスを改良することにより、廃棄物充填率 20wt%（Na 除く）以上が可能な組成を開発する。</p> <p>a. 改良ホウケイ酸ガラス b. バナジウム添加ガラス c. リン添加ガラス</p>	<p>a. $\text{SiO}_2/\text{B}_2\text{O}_3=1.75$ (mol 比) かつ Al_2O_3 濃度を 2 倍に増加させた組成において、廃棄物充填率 26wt% を達成。Mo 溶解度も向上し、耐水性は良好な結果を得た。</p> <p>b. バナジウムを添加しアルカリ比を 0.22~0.27 (mol/mol) にすることで、廃棄物充填率 26wt% を達成。Mo 溶解度も向上する見通しを得た。</p> <p>c. P_2O_5 の添加により、廃棄物充填率 26wt% を達成。MoO_3 溶解度も向上することを確認した。</p>	達成
代替ガラスの調査	<p>①現行のホウケイ酸ガラスでは処理が困難な廃棄物について、安定的にガラス固化できる新しい組成を検討する。</p>	<p>a. 鉄リン酸ガラス ・鉄リン酸ガラスマトリックスで、高レベル放射性廃液の模擬物をガラス固化できることを確認した。ただし、現在の組成範囲では、Zr 等のリン酸塩結晶が析出することを確認した。</p> <p>・浸出速度は低く、耐水性は良好であることを確認した。</p> <p>b. ガラスセラミックス化 ・非水溶性の CaMoO_4 結晶相を充填率 15-18wt% (MoO_3 相当) で分散できることを確認した。</p>	達成
吸着ガラスの開発	<p>①ガラス固化技術を応用した新しい概念を検討する。</p>	<p>①抽出材を含浸させた SiO_2 担体による抽出クロマトグラフィ法を選定し、模擬廃棄物成分を吸着させた吸着材を用い、熔融ガラス化できることを確認した。</p>	達成

2-4 ガラス溶融炉の運転制御にかかる調査・試験

表2-4 個別要素技術の成果、目標の達成度

要素技術	目標・指標（中間評価）	成果	達成度
国内外のガラス溶融炉の事例調査	①国内外で実用化されているガラス溶融炉について調査し、本事業で対象とするにふさわしい技術を選定する。	①対象とした低レベル放射性廃棄物6項目に対し有用性の高い溶融方式を2項目選定した。 【溶融方式】 a. コールドクルーシブル処理 b. プラズマ溶融処理 ②高レベル放射性廃液処理用のガラス溶融炉は、情報の入手性および溶融炉の規模の観点から、本事業ではジュール加熱方式を選定した。	達成
国内外のガラス溶融炉の運転制御等の事例調査	①国内外のガラス溶融炉にて開発・実用化されている運転技術や開発動向を把握し、調査結果を本事業の運転制御試験に反映するため、適用可能な技術を選定する。	①国内外で開発・実用化され、原子力施設に利用されているガラス溶融炉を調査し、17件の有効性のある技術を確認した。そのうち、高充填を見込める4件の運転技術を選定した。 a. ガスバブリング b. 還元剤の添加 c. ガスバブリング+添加物の添加 d. 攪拌器+ガスバブリング	達成
低レベル放射性廃棄物溶融ガラス化の開発	①選定した溶融方式において、溶融ガラス化をできる事を確認する。	①基礎試験にて溶融ガラス化できる見通しを得たイオン交換樹脂に対し、プラズマ溶融炉にて溶融ガラス化試験を実施し、ガラス化できる見込みを得た。ただし、原料の供給方法については改善の余地がある。	達成
高レベル放射性廃液ガラス固化の高度化	①廃棄物充填率の向上に伴い発生する運転課題の抽出と対策方法を検討する。 a. 処理能力の向上 b. イエローフェーズ成分の溶解性の向上 c. 白金族元素の沈降抑制 d. 原料の供給形態の影響	a. 溶融ガラス中にてバブリングを実施することにより、処理能力（ガラス固化体製造速度）が33%向上することを確認した。（廃棄物充填率：14wt%時） b. 原料ガラスを8 μ m程度に小径化することで、仮焼層上部において炉内雰囲気遮蔽され、酸化を抑制	達成

	評価・ガラス化反応の解明	<p>することにより、イエローフェーズ形成を抑制できることを確認した。</p> <p>c. 白金族元素沈降現象を数値解析モデルにより再現した。</p> <p>d. ガラス原料サイズの減少により、ガラス中の白金族元素粒子が分散される傾向が確認された。</p>	
--	--------------	--	--

2-5 研究開発成果：学会発表状況

学会発表は日本原子力学会 2015 年春の年会、第 56 回ガラスおよびフォトニクス材料討論会等において、本事業の PR および成果について発表を行い、当事業について関心がもたれている。また、論文投稿を 2 件行い、当事業の PR を行なっている。

表 2-5 学会発表状況

平成 26 年度		平成 27 年度	
学会発表数	論文数	学会発表数	論文数
7 件	1 件	40 件	1 件

1) 学会発表内容

①日本原子力学会 2015 年春の年会

日時：2015 年 3 月 21 日

会場：茨城大学日立キャンパス

発表テーマ：次世代再処理ガラス固化技術基盤研究事業

- (1) 基盤研究事業の全体計画について
- (2) 低レベル廃棄物に対する溶融ガラス化の検討
- (3) コンビナトリアル手法による高充填減容固化用ガラスマトリックス組成の探索
- (4) 仮焼層における白金族の結晶生成挙動
- (5) 溶融ガラスにおける白金族の沈降挙動

②第 56 回ガラスおよびフォトニクス材料討論会

日時：2015 年 11 月 12 日

会場：愛知県産業労働センター ウィンクあいち

発表テーマ：放射性廃棄物の高充填減容固化のための簡素化組成模擬ガラスの耐水性評価

－ホウ素とナトリウムの含有量の影響－

他 41 件

2) 論文投稿内容

①電気硝子工業会「電気ガラス」

他1件

3. 当省(国)が実施することの必要性

本事業で対象とする原子力発電所等の操業・廃止から発生する廃棄物は、事業者に処分責任があるものの、多種多様の廃棄物に適したガラス組成の選定とそれに対応する信頼性の高い固化技術を開発するため、技術的難度を有するとともに多額の開発費用と長期の開発期間を要する。このため、民間事業者にとっては開発リスクが高い事業であり国の主導で行う必要がある。

低レベル放射性廃棄物のガラス固化技術は、将来当該技術を使用する原子力事業者が多数にわたるとともに、今後の原子力発電所等の原子力施設の廃炉措置の円滑化にも資するものである。また、高レベル放射性廃液のガラス固化技術については、最終処分という国が前面に立つべき課題の解決に資するものである。

ガラス固化技術は困難性を伴う研究課題であり、各国ではその取組を国の研究機関がプロジェクトとして実施しており、我が国においても国が前面に立つことにより、放射性廃棄物の処理、最終処分問題に対して、事業者、研究機関、大学、企業等国内外の英知を結集したオールジャパン体制での対応が可能となる。

平成26年4月に閣議決定された「エネルギー基本計画」においても、放射性廃棄物の処分については、原子力事業者が処分に向けた取り組みを進めることを基本としつつ、処分の円滑な実現に向け、国として必要な研究開発を推進すること、高レベル放射性廃棄物の問題の解決に向け、国が前面に立って取り組む必要があることが明記されている。

4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

(1) 平成26年度の成果

①低レベル放射性廃棄物のガラス固化技術の調査のため、国外においては、既にガラス固化を実施している研究機関および民間事業者へのヒアリング、国内においては、原子力発電所および再処理事業者からヒアリングを行い、ガラス固化に資する廃棄物を整理し、本事業にて対象とする廃棄物を選定した。また、文献調査を行い、高充填化が見込める廃棄物組成および運転制御方法を選定し、一部の廃棄物組成については、 SiO_2 、 Na_2O 、 B_2O_3 、 Al_2O_3 の添加量に着目し熔融ガラス化の適用性試験を行った。

②現在、日本原子力研究開発機構が保有しているガラス組成および特性データとの連携を図る既存のデータベースや計算ソフトウェアを調査し、a. 熱力学平衡計算ソフト FactSage、b. 国際ガラスデータベース INTERGLAD、c. 統合型熱力学計算システム Thermo-Calc を抽出し利用方法および必要となる機能について整理した。

③ガラスマトリックスの調査において、開発シーケンスおよび評価項目を設定した。評価のフローとしては、熔融ガラス化の有効性を確認できる基本特性を評価する一次サーベイ、ガラス熔融炉の選定およびプロセス検討に必要な特性を評価する二次サーベイを行い、実用化に向けたガラス組成を設定する事とした。

④高レベル放射性廃液の高充填化については、現在、再処理工場にて使用している原料ガラスを一部改良し、ガラス化試験を行なった。具体的には、B/Si 比、バナジウム添加量、リン添加量に着目

したガラスマトリックスにてるつぼ規模での試験を行ない、廃棄物充填率を5割上昇させた組成で、一部耐水性が劣るガラスがあったものの、高充填ガラスを作製できる見通しを得た。

(2) 平成 27 年度の成果

①低レベル放射性廃棄物 6 種類の組成模擬物に対してガラス化できる候補組成を選定し溶融ガラス化試験を実施した。具体的には、イオン交換樹脂、焼却灰、アルミニウム類、ホウ酸系濃縮廃液 (2 種類)、有害物を含有する廃棄物にて溶融ガラス化が可能な見込みを得た。

また、上記廃棄物のガラス固化に適したガラス溶融技術を 2 種類選定した。具体的には、コールドクルーシブル処理技術、プラズマ溶融処理技術である。

②低レベル放射性廃棄物処分場へ埋設処分する際に想定される処分要件、評価項目・基準を設定した。具体的には、機械強度、ガラス密度、高温粘度等、ガラス固化体の製造、処分の観点から特性評価項目を 20 件設定し、平成 28 年度に実施する 1 次サーベイの基準値とした。

③データベースに要求される機能を抽出し、基本設計として登録する情報の構造的な整理、出力用グラフのイメージの検討、画面設計を行なった。また、既存のデータベースである INTERGLAD と連携可能なデータ形式に変換し、データエクスポートできるようデータ変換プログラミングに着手した。

④平成 26 年度の成果から、廃棄物充填率を 5 割程度向上できる組成の目処がついたため、平成 27 年度は耐水性の改善に着目し、ガラス組成の探索を行なった。具体的には、 B_2O_3 量を低下させ Al_2O_3 量を増加させる事により、 MoO_3 の溶解度を維持しつつ耐水性を向上させることが可能である事を確認した。

(3) 平成 28 年度から平成 30 年度の目標

平成 28 年度末までにデータベースの骨格の作成作業を終了する。また、高充填化が可能なガラス組成について、設定した基準による 1 次サーベイを実施し実用化の見通しがあるガラス組成を選定する。また、選定したガラス溶融炉の運転制御に必要な物性取得を行い、その結果を受けてガラス溶融炉にてガラス化試験を実施し、必要に応じ組成開発へフィードバックを行う。低レベル放射性廃棄物のガラス固化体については、サーベイ項目および評価結果を反映した処分基準を提案し、処分方法の議論の進展に寄与する。

(4) 事業終了後のアウトカム達成まで

本事業にて構築したプラットフォームを活用し、各事業者および各研究機関と連携し実用化に向けた基礎研究、スケールアップ試験等を行う。また、低レベル放射性廃棄物ガラス固化体については、廃棄物に応じた処理・処分基準を設定し評価基準の策定に寄与する。なお、実証試験により得た成果については、データベースで管理しノウハウ等を蓄積しながら事業アウトカムを達成する。

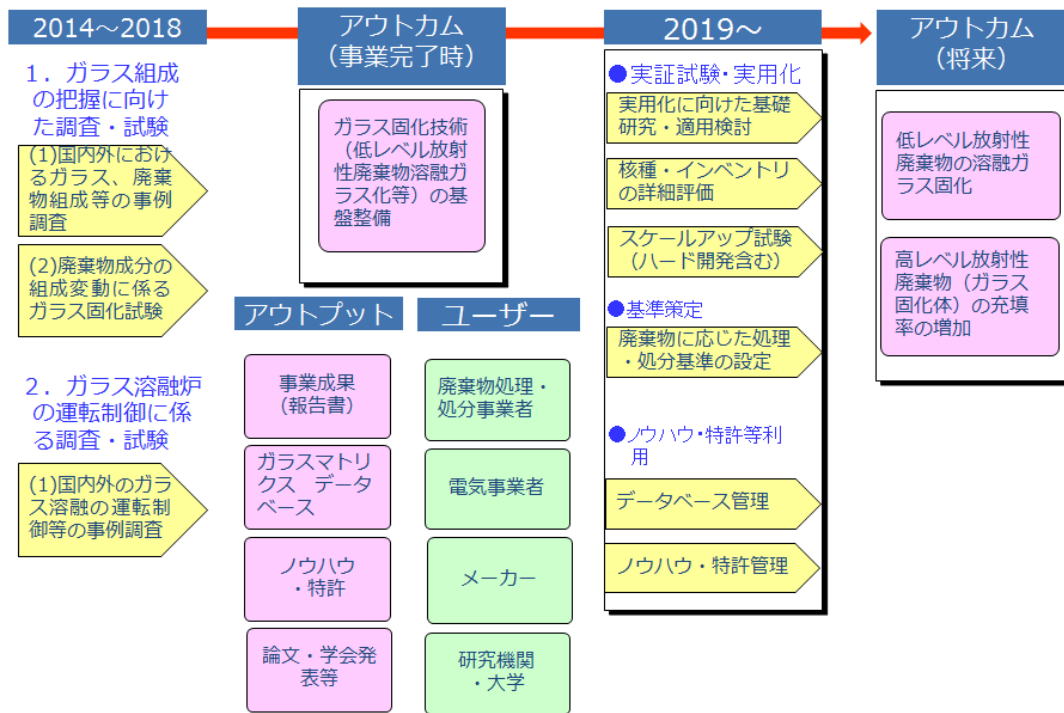


図4 アウトカム達成に向けたロードマップ

5. 研究開発の実施・マネジメント体制等

事業の実施に当っては、着実かつ有意義な研究成果を得るため、ガラス固化技術に精通している4社体制で共同受託し、ガラス産業、鉄鋼、原子力等を専門とする研究機関および企業の協力のもと開発を実施している。また、外部から評価、助言を得るため有識者による研究評価委員会を3回/年開催し、当該委員会等での議論を事業に反映できる柔軟な実施体制を構築している。なお、事業の着実な推進のため、受託4社での月例会議（1回/月）を実施し、各研究の課題、フォローアップ等を行っている。開発に当っては、幅広い分野において大学との連携によりガラス固化の基盤的技術の高度化を実施している。

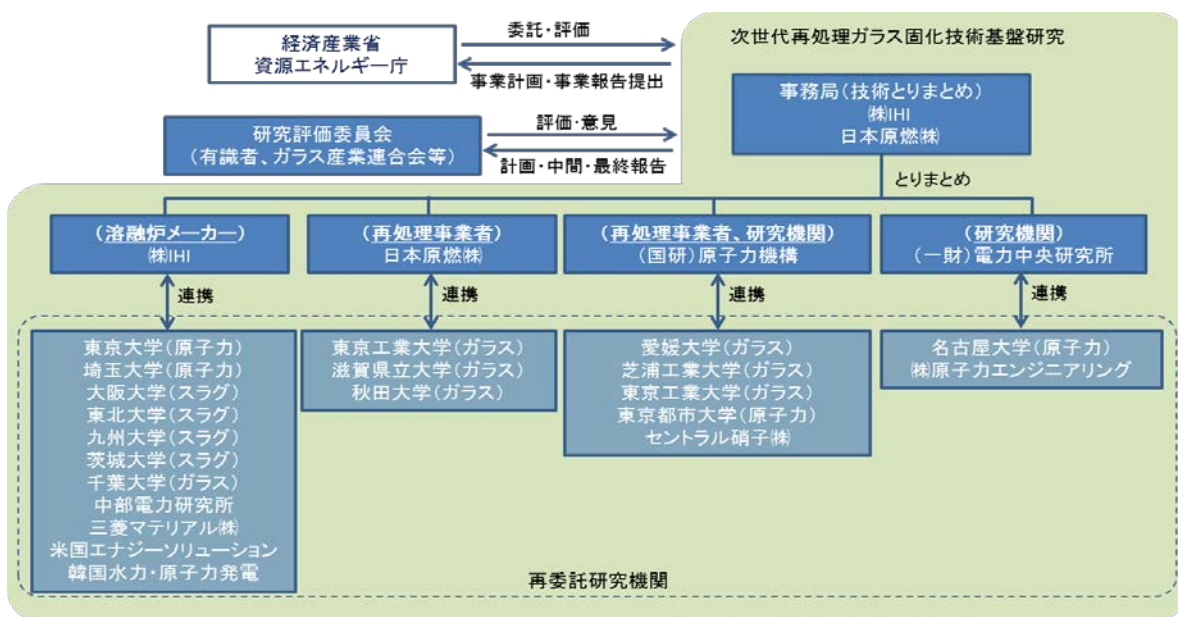


図5 事業の実施・マネジメント体制

6. 費用対効果

低レベル放射性廃棄物のガラス固化技術が確立された場合、既存の技術で処理が困難な廃棄物の処理が可能となる。具体的には、廃樹脂、濃縮廃液、焼却灰等が対象となり、一例として、低レベル放射性濃縮廃液をガラス固化した場合について、セメント固化に対しガラス固化体の発生量が1/4に低減した場合、輸送費・処分費用等が約133億円の低減（TRU廃棄物の処分施設の操業期間全体としての削減効果）が見込まれる。

また、高レベル放射性廃液のガラス固化技術の向上により、現状の廃棄物充填率を3割向上できた場合、ガラス固化体処分時の貯蔵費用・輸送費用として約2790億円の低減（処理施設40年操業期間としての削減効果）が見込まれる。

**次世代再処理ガラス固化技術基盤研究事業（低レベル放射性廃棄物の除染方法の検討）
技術評価結果報告書（中間評価）**

プロジェクト名	次世代再処理ガラス固化技術基盤研究事業（低レベル放射性廃棄物の除染方法の検討）
行政事業レビューとの関係	平成 28 年度行政事業レビューシート 0414
上位施策名	エネルギー基本計画
担当課室	電力・ガス事業部 原子力立地・核燃料サイクル産業課

プロジェクトの目的・概要

低レベル放射性廃棄物中のウラン等の除染に伴い発生する廃液等のガラス固化への課題を整理し、ガラス固化の前処理としてのウラン等の除染技術及び除染結果を精密に測定する技術の開発を目的とする。

具体的には、ウラン等と共に不純物が取り込まれた母材がガラス固化に与える影響について検討し、ガラス固化の課題を整理する。また、ガラス固化の前処理として、除染時の母材の混入量を極力抑え、かつ除染のための薬品等の二次廃棄物の発生を最小化するウラン除染技術を開発するとともに、除染の効果を確認するため、母材からのウラン等の除染結果を精密に測定する技術を開発する。

<上位施策の中での本プロジェクトの位置付け>

本技術開発は、「廃炉等に伴って生じる放射性廃棄物の処分については、低レベル放射性廃棄物も含め、発生者責任の原則の下、原子力事業者等が処分に向けた取組を進めることを基本としつつ、処分の円滑な実現に向け、国として必要な研究開発を推進するなど、安全確保のための取組を促進する。」としたエネルギー基本計画に基づくものである。なお、再利用可能な金属のクリアランスを進めることで、循環型社会構築を図ることに繋がる。

予算額等（委託）

（単位：百万円）

開始年度	終了年度	中間評価時期	終了時評価時期	事業実施主体
平成 26 年度	平成 29 年度	平成 28 年度	平成 29 年度	・ 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 ・ 原子燃料工業株式会社
H26FY 執行額	H27FY 執行額	H28FY 執行額	総執行額	総予算額
60	104	(予算額) 155	(H26～27FY) 164	397

* 執行額の欄には、直近 3 年間の執行額を記載すること。

B. 低レベル放射性廃棄物の除染方法の検討

1. 事業アウトカム

事業アウトカム指標	
<p>1. 除染技術開発</p> <p>○低レベル放射性廃棄物中のウラン等の除去試験等</p> <p>【金属からのウラン等の除染技術】 / 【除染廃液からの不純物分離技術】</p> <p>ガラス固化の前処理として、母材の混入量を極力抑え、薬品等の二次廃棄物の発生を最小化する低レベル放射性廃棄物からのウランの除染・分離技術を開発する。</p>	
<p>2. 計測技術開発</p> <p>○クリアランスレベルのウラン等の測定技術に係る試験等</p> <p>【除染済み母材の残留ウラン測定技術】</p> <p>確実にクリアランスするため、母材からのウラン等の除染結果を精密に測定する技術を開発する。</p> <p>除染技術開発及び計測技術開発により、2050年までに発生するウラン廃棄物のうち、約半数を占める金属のクリアランスが可能であり、以下の効果が見込まれる。</p> <ul style="list-style-type: none">・クリアランスの促進・ウラン廃棄物の物量低減・放射性廃棄物処分場の必要面積の縮減・最終処分場の逼迫時期の延命・新たな評価手法による検認技術の運用	
<p>※事業の実施にあたっては、将来にも亘る実効性のある研究成果を得るために、国内のウラン燃料加工施設やウラン濃縮施設等から発生する低レベル放射性廃棄物の現状を十分に踏まえる。</p>	
指標目標値	
<p>計画：（事業終了時：平成 29 年度）</p> <p>【金属からのウラン等の除染技術】</p> <p>金属の低レベル放射性廃棄物中のウラン等の除染技術として、金属表面に残留しているウラン等を選択的に除去し、母材の混入を極力避けることが可能な酸浸漬法及び表面に残留するウラン等を効率的に切削することが可能なブラスト法の技術的実証。</p> <p>【除染廃液からの不純物分離技術】</p> <p>除染廃液からの母材及びウランの分離・回収技術、並びに除染剤の再利用に適用可能な分離・回収技術の実証。</p>	<p>実績：（平成 27 年度末までの実績）</p> <p>【金属からのウラン等の除染技術】</p> <p>文献調査により、有機酸浸漬法及びウエットブラスト法を有効な除染候補として絞り込むとともに、予備的な除染試験を行い、二次廃棄物の特徴を含めた基礎データが得られた。（計画どおり）</p> <p>【除染廃液からの不純物分離技術】</p> <p>文献調査、小規模試験により、酸浸漬の廃液は化学的分離、ウエットブラスト法の廃液は物理分離が有力な候補となりうることが示された。</p>

<p>【除染済み母材の残留ウラン測定技術】</p> <p>・測定対象の材質及び形状的な多様性や、除染後にわずかに残留しているウラン等の分布状態、母材の発錆等の表面状態を考慮し、クリアランスに求められる精度で、α線による測定(日本原子力研究開発機構の例では約 30 分)と同程度の実用的な時間で測定することができるγ線による測定評価手法の確立。</p>	<p>(計画どおり)</p> <p>【除染済み母材の残留ウラン測定技術】</p> <p>試験及びシミュレーションにより、γ線測定手法に影響する酸浸漬法による除染後の母材表面のU-238とPa-234mの残留状況に関わるデータを取得し、γ線によるウランの定量法の成立性を確認した。(計画どおり)</p> <p>シミュレーションと模擬的な試験により、線源の空間的な偏りとガンマ線遮へい状況が測定対象物の放射能の評価結果へ与える影響についてデータを取得した。これにより、クリアランス計測への散乱ガンマ線等価モデル法適用の妥当性を確認し、技術実証のための測定装置の概念設計を行った。(計画どおり)</p>
--	---

2. 研究開発内容及び事業アウトプット

(1) 研究開発内容

1. 除染技術開発

○低レベル放射性廃棄物中のウラン等の除去試験等

【金属からのウラン等の除染技術】 / **【除染廃液からの不純物分離技術】**

国内外で取組まれている低レベル放射性廃棄物からのウラン等の除去技術を調査し、物理的・化学的な除染・分離、その適用範囲、その際に発生する二次的な廃棄物の発生量、固化ガラスの安定性への影響に係る技術の特徴を整理する。

2. 計測技術開発

○クリアランスレベルのウラン等の測定技術に係る試験等

【除染済み母材の残留ウラン測定技術】

国内で多量に発生している複雑形状の金属廃棄物の特徴を踏まえ、ウラン等の除去後の母材に残留したクリアランスレベルのウラン等の検出が可能となる高感度な γ 線測定手法を開発する。

(2) 事業アウトプット

<p>事業アウトプット指標</p>
<p>1. 除染技術開発</p> <p>○低レベル放射性廃棄物中のウラン等の除去試験等</p> <p>【金属からのウラン等の除染技術】 / 【除染廃液からの不純物分離技術】</p>

国内外で取組まれている低レベル放射性廃棄物からのウラン等の除去技術を調査し、物理的・化学的な除染・分離、その適用範囲、その際に発生する二次的な廃棄物の発生量、固化ガラスの安定性への影響に係る技術の特徴を整理する。

2. 計測技術開発

○クリアランスレベルのウラン等の測定技術に係る試験等

【除染済み母材の残留ウラン測定技術】

国内で多量に発生している複雑形状の金属廃棄物の特徴を踏まえ、ウラン等の除去後の母材に残留したクリアランスレベルのウラン等の検出が可能となる高感度なγ線測定手法を開発する。

指標目標値（計画及び実績）

<p>事業開始時（26年度）</p>	<p>計画：</p> <p>【金属からのウラン等の除染技術】 文献等により、最適な除染方法の選定及び除染で発生する二次廃棄物の特徴を調査する。 選定した除染方法による予備的な除染試験を行い、基礎データを得る。</p> <p>【除染廃液からの不純物分離技術】 文献等により、除染廃液からの母材及びウランの分離、除染材の再利用に適用可能な不純物分離技術を調査する。</p> <p>【除染済み母材の残留ウラン測定技術】 γ線測定手法への除染方法の影響評価試験を行い、γ線によるウランの定量法の成立性を検証</p>	<p>実績：</p> <p>【金属からのウラン等の除染技術】 文献調査により、有機酸浸漬法及びウェットブラスト法を有効な除染候補として絞り込むとともに、予備的な除染試験を行い、二次廃棄物の特徴を含めた基礎データが得られた。（計画どおり）</p> <p>【除染廃液からの不純物分離技術】 文献調査により、酸浸漬の廃液は化学的分離、ウェットブラスト法の廃液は物理分離が有力な候補となりうることを確認した。（計画どおり）</p> <p>【除染済み母材の残留ウラン測定技術】 試験及びシミュレーションにより、γ線測定手法に影響する酸浸漬法による除染後の母材</p>
--------------------	--	--

	<p>する。</p> <p>クリアランス対象物の形状やウラン等の付着状態の違いによる遮蔽効果等を考慮したモデルを検討する。</p>	<p>表面のU-238とPa-234mの残留状況に関わるデータを取得し、γ線によるウランの定量法の成立性を確認した。(計画どおり)</p> <p>シミュレーションにより、線源の空間的な偏りとγ線遮へい状況が測定対象物の放射能の評価結果へ与える影響についてモデル化してデータを取得した。(計画どおり)</p>
<p>中間評価時 (27年度)</p>	<p>計画：</p> <p>【金属からのウラン等の除染技術】 酸浸漬法及びウエットブラスト法による除染試験を行い、最適条件を見出す。</p> <p>【除染廃液からの不純物分離技術】 ウエットブラスト法の模擬廃液を用いた小規模なサイクロン分離機による分離試験を行い、基礎データを得る。</p> <p>【除染済み母材の残留ウラン測定技術】 γ線測定手法への除染方法の影響評価試験を行い、解析結果をデータベース化する検討を行う。 線源の空間的な偏りとγ線遮へい状況が、測定対象物の放射能の評価結果へ与える影響につい</p>	<p>実績：</p> <p>【金属からのウラン等の除染技術】 除染試験により、酸浸漬法の最適条件及びウエットブラスト法の最適条件に関するデータを取得した。この条件を実用化における除染条件とすることとした。(計画どおり)</p> <p>【除染廃液からの不純物分離技術】 ブラスト研磨材と金属表面の研削屑の分離に係る基礎データを取得し、不純物分離に係る技術的見通しを得た。(計画どおり)</p> <p>【除染済み母材の残留ウラン測定技術】 酸浸漬法によるウラン化合物、トリウム化合物の溶解度のシミュレーションによる放射平衡状態に関するデータを取得し、データベース化を検討した。(計画どおり) シミュレーション及び模擬コ</p>

	<p>て、シミュレーション及び模擬コンテナ等を用いた測定試験を実施し、散乱γ線等価モデル法の適用の妥当性を検証する。</p> <p>ウラン燃料加工施設等におけるクリアランス測定装置設置場所の調査、複数位置測定を模擬した装置によるγ線の効率的な測定を実現するための検出器配置を調査する試験等を実施し、クリアランス測定装置の仕様を決定する。</p>	<p>ンテナ等を用いた測定試験により、各種データを取得した。これにより、散乱γ線等価モデル法適用の妥当性を確認した。</p> <p>(計画どおり)</p> <p>各施設でのバックグラウンド測定データを解析し遮へい体の厚さを設定した。また、既存のドラム缶測定装置の測定データから検出器の台数を設定した。これらの結果をもとに、クリアランス測定装置の仕様を決定し、概念設計を終了した。(計画どおり)</p>
<p>終了時評価時 (29 年度)</p>	<p>計画：</p> <p>【金属からのウラン等の除染技術】</p> <p>平成 27 年度までの技術開発により、枢要技術としての除染技術に関する開発目標は達成されたことから、平成 29 年度に計画している統合システムにおいて、実廃棄物サイズの試料に対する除染効率等を確認し、実規模での技術的成立性を評価する。</p> <p>【除染廃液からの不純物分離技術】</p> <p>平成 27 年度に技術的見通しが得られたサイクロン分離機による分離について、実用的な廃液量を処理可能な実規模スケールでの試験を実施し、実規模での技術的成立性を評価する。</p> <p>【除染済み母材の残留ウラン測</p>	<p>—</p>

	<p>定技術】</p> <p>計測に影響を与えるウラン化合物、トリウム化合物の放射平衡状態を評価し、データベースを構築し、放射平衡の判断機能をクリアランス測定装置に導入する。</p> <p>ドラム缶型容器のクリアランス測定装置を製作し、性能を評価する。極端な偏在を持つ試料の実測及びシミュレーションを実施し、その結果をもとに装置の測定精度を高める。また、U-235量の定量が可能になるように「散乱γ線等価モデル法」を拡張する。最終的には、実用的な測定時間で、クリアランスレベル（1Bq/g 以下）の残留ウランの測定に求められる高精度のクリアランス測定装置を開発、実証する。</p>	
--	---	--

< 共通指標実績 >

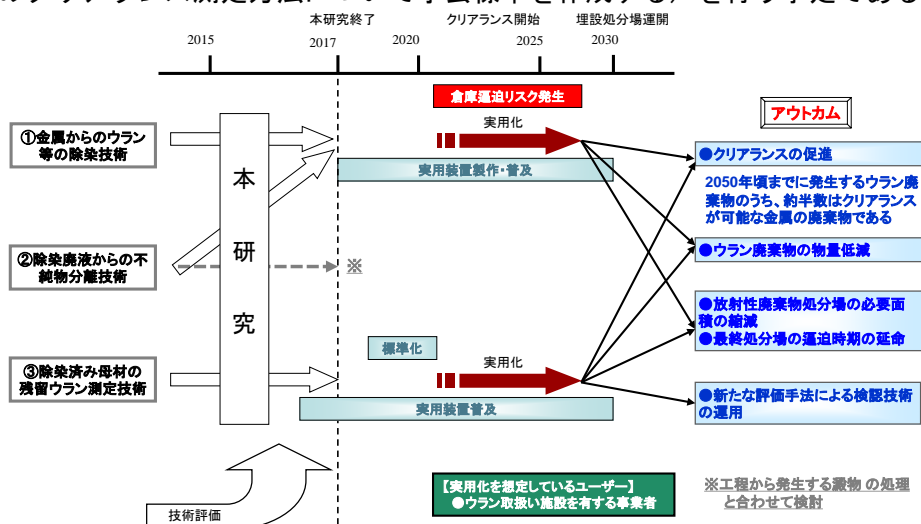
論文数	論文の被引用度数	特許等件数 (出願を含む)	特許権の実施件数	ライセンス 供与数	国際標準への寄与	プロトタイプ の作成
0	0	1	0	0	国内の主要事業者が一体となって取り組むことで、クリアランスの除染方法及び測定方法について、成果の標準化（学会標準）が促進	<ul style="list-style-type: none"> ・ 除染及び分離に係る統合システムの製作（平成29年度製作） ・ クリアランス測定装置の製作（平成27年度は概念設計まで。平成28年度製作）

3. 当省(国)が実施することの必要性

- ① 放射性廃棄物の排出者である核燃料サイクル事業者は、廃棄物の安全、安心な処理処分を行うための技術的及び社会的な共通の課題を有している。これらの課題解決には技術的難度を有するとともに多額の開発費用と長期の開発期間を要するため民間事業者にとって開発リスクが高いと言えることから国が主導で行う必要がある。
- ② 国内の主要事業者が一体となって取り組むことで、クリアランスの除染方法及び測定方法について、成果の標準化（例：複雑金属のクリアランス測定方法について学会標準を作成する）が促進され、さらに国内の事業者は本事業の成果を導入しやすくなる。
- ③ 国の関与によって産学官連携が強まり、開発過程の知見を共有できるため、上記の標準化が進めやすくなるとともに、規制側も多様な手法への対応の負担を軽減できる。
- ④ クリアランス及び放射性廃棄物の処理処分は、国が推進する核燃料サイクルの一部であり、その課題のクリアには国の強い関与が不可欠である。
- ⑤ 平成 26 年 4 月閣議決定された「エネルギー基本計画」においても、放射性廃棄物の処分については、原子力事業者等が処分に向けた取組を進めることを基本としつつ、処分の円滑な実現に向け、国として必要な研究開発を推進することが明記されている。

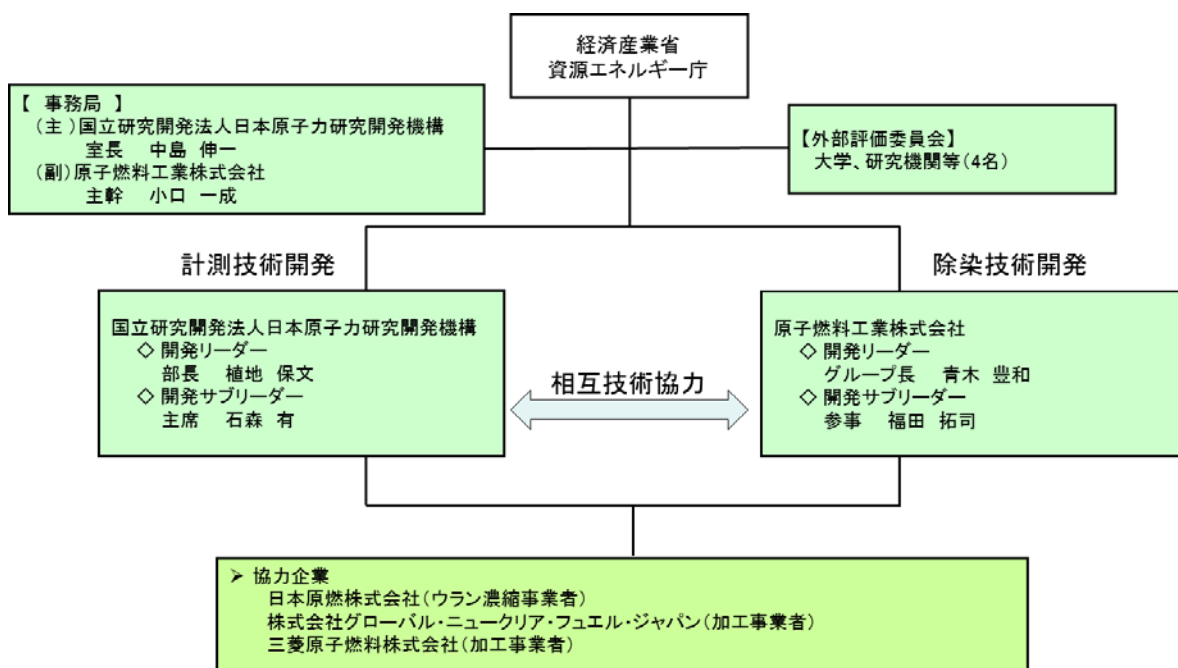
4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

- 平成 29 年度までに、金属からのウラン等の除染技術開発では、金属表面に残留しているウラン等を選択的に除去し、母材の混入を極力避けることが可能な酸浸漬法、及び表面に残留するウラン等を効率的に切削することが可能なブラスト法の技術的実証を行う。除染廃液からの不純物分離技術では、除染廃液からの母材及びウランの分離・回収技術、並びに除染剤の再利用に適用可能な分離・回収技術を実証する。除染済み母材の残留ウラン測定技術では、測定対象の材質及び形状的な多様性や、除染後にわずかに残留しているウラン等の分布状態、母材の発錆等の表面状態を考慮し、クリアランスに求められる精度で、 α 線による測定(日本原子力研究開発機構の例では約 30 分)と同程度の実用的な時間で測定することができる γ 線による測定評価手法を確立する。
- 本事業終了後は、平成 32 年頃までにクリアランス測定方法について、成果の標準化（例：複雑金属のクリアランス測定方法について学会標準を作成する）を行う予定である。



5. 研究開発の実施・マネジメント体制等

- 事業の実施に当たっては、着実かつ有意義な研究成果を得るため、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構と原子燃料工業株式会社の 2 社体制で除染技術開発と計測技術開発を行うとともに、国内のウラン取扱い事業者の協力を得ながら、ウラン燃料加工施設やウラン濃縮施設等から発生する低レベル放射性廃棄物の現状を十分に踏まえ事業を進める。
また、外部から評価、助言を得るため有識者による外部評価委員会を開催（2 回／年）し、当該委員会等での議論を事業に反映できる柔軟な実施体制を構築している。
なお、事業の着実な推進のため、受託 2 社での調整会議を定期で開催（6 回／年）し、各研究の課題、フォローアップ等を行っている。



6. 費用対効果

- 投入する予定の国費総額は約 4 億円（4 年間）である。
- 本事業により以下のアウトプットが得られる見込みである。
 - ・ 除染・分離及び測定に係る装置設計に関する技術情報
 - ・ 装置の有効性や評価手法の妥当性に関する技術情報
- 国内のウラン取扱い事業者は、本技術情報を共有する。その結果、国内事業者はクリアランスの実施（アウトカム）に向けて、開発や標準化に必要な費用の重複を回避することができ、規制側も多様な手法への対応を軽減できるため十分な費用対効果が得られる。
- 2050 年頃までに加工メーカー及び原子力機構等から発生するウラン廃棄物のうち、複雑形状を含む金属の約半数の 3 万トン（15 万本／200L ドラム缶）に対して本除染・計測技術を取り入れた場合、金属の埋設処分費用約 300 億円の削減が見込める。

現行、ウラン廃棄物の処分制度が確立していないため、コストの算出にあたっては、第二種廃棄物埋設事業における処分単価 * 1 を参考にした。

* 1：文部科学省 原子力科学技術委員会 研究施設等廃棄物作業部会（第 9 回）

資料 1「埋設処分業務の実施に関する計画」に基づく業務の実施状況について

【トレンチ処分単価：186 千円／本】

トレンチ処分する費用単価を 20 万円/本と仮定すると、約 300 億円の処分費用の削減が見込める。

Ⅱ. 外部有識者（評価検討会等）の評価

A. ガラス固化技術の基盤整備

1. 事業アウトカムの妥当性

放射性廃棄物の処分のため、安定化、減容化に優れたガラス固化技術の基盤を整備することは極めて重要であり、安定化による安全性の向上、環境の防護、また、減容化によるコスト削減、土地確保上の柔軟性の向上といった効果が期待でき、事業アウトカムとして妥当と判断できる。

一方、放射性廃棄物を固化処理することの第一義の目的は安定化であることから、低レベル放射性廃棄物については、安全性向上という点をより明確にして最優先に取り組むとともに、目標設定においては、減容化についてだけでなく、安定化についても目標設定を行うことで、本事業の重要性、事業アウトカムをより一層アピールできると考える。

高レベル放射性廃液については、処理、貯蔵、輸送、処分という過程全体で見たときに最も合理的な充填率とする必要があることから、固化体の管理や処分場の設計等に充填率がどの程度影響するのか把握しておく必要がある。

【肯定的所見】

- ・(A委員) 放射性廃棄物の処分前管理の目的は、廃棄物をバルク（塊状）の安定な固体として放射性核種を不動化し、処分に適した形態にすることである。一方、放射性廃棄物のうちにはその不動化と固化が旧来の技術では困難あるいは不適切なものが種々存在しており、適切な固化法としてのガラス固化技術の開発は、エネルギー資源の選択と環境の防護の問題の解決にとって喫緊の課題である。対象を高レベル放射性廃棄物、低レベル放射性廃棄物とし、アウトカムを、減容化、安定化に優れたこれらのガラス固化（前者についてはガラス固化、後者については溶融ガラス化）技術の基盤を整備するとしていることは妥当である。
- ・(B委員) 放射能レベルによる廃棄物の分類がなされていない現状、低レベル放射性廃棄物の処理・処分のためのガラス固化技術の基盤整備は極めて重要である。多種多様な組成の中から溶融ガラス化に適した廃棄物を選択し、減容化と安定化を目指すのは合理的である。
- ・(C委員) 本プロジェクトで目指すガラス固化技術の高度化は、我が国の今後の原子力政策の如何に関わらず重要な役割を果たすものである。固化された廃棄物の安定化と減容化に関する独自の研究を進めることは、様々な特徴を持つ放射性廃棄物の安全、確実な廃棄方法を追求することは、国民の利に適うことと考えられる。
- ・(D委員) この基盤事業を進めることは、次世代再処理の技術基盤を整備、貯蓄していく意味で大いに価値があると考ええる。特に六ヶ所のガラス固化における不具合で、長期を要したことからこれらの基盤技術を実機に適用できるレベルまで徹底した技術開発を進めるべきである。
一方、低レベルの放射性廃液のガラス固化技術の目標が減容に重きが置かれているように思われるので、安全性の向上のようなフレーズを目立つように記載してほしい。
- ・(E委員) 低レベル放射性廃棄物のガラス固化は、減容によるコスト削減とともに処分の安全性の向上も期待されることから、本事業は非常に重要である。
高レベル放射性廃棄物のガラス固化技術の高度化についても、減容化により、土地確保上の柔軟性が向上することが期待される。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・(A委員) 放射性廃棄物の固化の本来の目的は、廃棄物を処分に適した形にすることであり、最大

の効果は放射性核種の不動化である。廃棄物の管理においては、廃棄物とすべきものを可能な限り低減することが求められるが、廃棄物とすべきものがある程度定められた後の減容は、不動化に優先して求められる第一義の目的ではない。ガラス固化では、旧来のセメント固化やアスファルト固化よりも、費用はより大きくなるが、旧来法では十分得られない核種の不動化が得られることが第一の効果であり、減容化によるコスト低減はその次の問題とすべきである。また、高レベル放射性廃棄物のガラス固化における高充填については、貯蔵、輸送、処分において最適の充填率があり、充填率の向上を他に優先した達成目標とすべきではない。

- ・(B委員) 高レベル放射性廃液の充填率の増加が必ずしも処分に際して有利にならない可能性もある。固化体の管理や処分場の設計にどの程度充填率が影響するか把握しておく必要がある。
- ・(C委員) 困難かつ見通しの得られにくい研究開発プロジェクトであっても、プロフィットとベネフィットを意識した明確な目的、目標を計画段階で設定することは、プロジェクトの成功を得るために重要である。このような視点で本プロジェクトの事業アウトカム指標を見ると、必ずしもこれらが明確に設定されていることを確認できなかった。「安定化」の具体的な目標値とその結果の事業者と国民にとってのプロフィットとベネフィットの関係を明確化することが、本プロジェクトの価値の認識を高め、また、アウトプットの妥当性の説明力と必要に応じた変更管理の確実な実施を保証するものと考えられる。
- ・(E委員) 量的な目標だけでなく、安全性に係る目標を設定することで、より研究開発の重要性、アウトカムのアピールが可能になると考えられる。

2. 研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性

研究開発内容、事業アウトプット指標及び目標値は、明確かつ妥当である。中間評価時の目標が達成されており、大変順調に成果が得られている。低レベル放射性廃棄物については、種々の廃棄物の物理・化学性状（組成）に対して、候補となるガラス原料組成やガラス溶融炉形式の選定等、計画通り進められている。高レベル放射性廃液についても、充填率向上のためのガラス原料組成やガラス溶融炉運転技術について検討が進められており、充填率向上に伴う処分への影響にも配慮し、発熱特性・浸出特性についても検討がなされている。また、これらの成果について国内外の学会等で多数の発表を行っており、高く評価できる。

一方、低レベル放射性廃棄物について、ガラス固化対象廃棄物の選定においては低レベル放射性廃棄物全体を視野に検討を実施したこと等、研究開発内容をより分かりやすく説明するとともに、安全性に係る数値目標の設定等により事業アウトプット指標及び目標値をさらに明確に示すことで、達成状況等が一層分かりやすくなると考えられる。また、廃棄物単体でのガラス固化だけではなく、処分の安全性確保上影響の大きい核種を含む廃棄物も混合してガラス固化する等、トータルとして安全性を大きく向上させるといった観点も考慮に入れるとよい。

【肯定的所見】

- ・(A委員) 事業アウトプットは、種々の放射性廃棄物が安定に固化できることであり、この目標のために、種々の廃棄物の物理・化学性状（組成）に対して、これをどのような組成にすれば安定なガラス固化体とできるかを把握し、これを実現するガラス固化技術（溶融炉）を選択し、製品としてのガラス固化体の安定性を確認する方法を開発する必要がある。これを達成するために、廃棄物性状の調査、ガラス固化組成についての知見の調査、固化技術の調査が実施され、固化体

組成の選択、溶融法の選択、固化体の特性評価項目の設定、ガラス固化に関する知識管理ツールとしてのデータベース開発、高レベル放射性廃棄物における廃棄物充填率向上のためのガラス組成の選択とガラス溶融炉の運転制御技術の開発に関して中間評価時の目標が設定され、いずれについても十分達成され成果が具体化されている。

関連する論文発表、特許出願、国際標準の形成、プロトタイプ作成等については、事業の性格上、成果が論文、特許、国際標準等の形になりにくいものであるが、内容については国内外の学会等において議論されており、国際的にも成果が共有されていくものであると理解する。

- ・(B委員) 目的にかなったガラス組成の開発と溶融炉の運転制御技術の検討を軸として、研究開発の各要素が適切に構成されている。
- ・(C委員) 概ね期待される成果が得られており、肯定的に評価できる。研究開発成果の公開では、短期間に多数の発表を行っており、研究内容の必要性、正当性を広く知らしめるために貢献しているものと思われる。
- ・(D委員) 概ね妥当と思われるが、安全確保の数値目標を示せないか。
- ・(E委員) 低レベル放射性廃棄物に対しても、高レベル放射性廃棄物に対しても、候補材料や溶融炉形式の選定を計画通り進め、定量的な目標をクリアできていることは高く評価できる。また、高レベル放射性廃棄物に対するガラス固化技術の高度化では、処分への影響にも配慮し、発熱特性・浸出特性を従来のガラス固化体と同程度において検討がなされていることも評価できる。

【問題あり・改善とする所見】

- ・(B委員) 平成27年度まで(わずか2か年)の事業に対する中間報告を受け、大変順調に成果を取得していることが理解できた。しかし、5か年の計画の中で現状どのステージに到達しているのかが分かりにくく、残りの期間で取り組むべき挑戦的な目標がやや見えにくい。
- ・(C委員) ガラス固化の可能性についての検証が進んでいることが認められる。一方で、減容化の可能性のある組成の廃棄物を示すことは、放射性廃棄物処理全体からみたら必要条件を示しているだけで、十分条件について網羅的に検証できたか否かについては不明ではないだろうか。また、技術選択に関しては、達成指標として理解の得られやすい減容率と長期貯蔵時の安定性、安全性についても十分に言及、説明することが期待される。
- ・(E委員) 低レベル放射性廃棄物のガラス固化技術の検討に当たっては、廃棄物単体でのガラス固化だけでなく、処分の安全性確保上影響の大きい核種を含む廃棄物も混合したガラス固化など、トータルとして安全性を大きく向上させるといった観点も考慮にいった研究になれば、より望ましい。

3. 当省(国)が実施することの必要性

本研究開発は、放射性廃棄物の安全な処分を実現し、核燃料サイクル政策の安全性・信頼性向上に大きく貢献するものであるが、高い技術的および社会的難度があり、多額の研究開発費および長期にわたる研究開発期間を要し、民間企業のみでは実施することは非常に困難であるため、国が積極的に関与し、産学官の連携を進め、研究開発を行う必要がある。

【肯定的所見】

- ・(A委員) 放射性廃棄物の処理処分は、その費用・便益(環境リスク)が製品の経済取引における

価格に直接反映されない性質（外部経済性）を持つため、廃棄物低減化と環境防護のため、安全な管理は廃棄物発生者の責任とされている。しかし、それでも廃棄物の処理処分は活動の後になされることになるため、発生の原因となる製品・サービスの価格に環境リスク対策の費用を組み込むことは、経済競争している社会では容易ではない。その上、放射性廃棄物の安全な処理処分の実現のためには、高い技術的および社会的難度があり、民間企業には、この問題の解決のために、多額の研究開発費や長期にわたる研究開発等の資源や費用を十分に投下することはできない。すでに発生しているあるいは今後発生する高レベルおよび低レベル放射性廃棄物の処理処分（廃棄物のリスクに対する環境安全の確保）は、社会における原子力発電の今後の受容いかににかかわらず、今後廃炉等が進行するのに伴いますます重要な問題となるもので、この問題の解決には、国が積極的に関与して、産学官の連携を進め研究開発を行うことが必要である。

- ・（B委員）放射能や半減期などの物理的要因や放射性物質の環境への影響等を鑑みると、放射能レベルの高い低レベル放射性廃棄物も処分を念頭に検討を進める必要があり、国の主導で研究開発を進めるべきである。最終処分の実現まで技術的知見や人材の維持継続に長期的な取り組みが必要である。
- ・（C委員）電力事業等の観点からは廃棄物の処理、管理は事業者の責に帰することは事実である。一方で、原子力の利用は国民の生活を守り、豊かにするために必要な最重要なエネルギー政策の一つであり、その適切な推進の一方で廃棄物の処理、管理についても、国民の安全、安心の視点から国が期限を守りながら主導的に行うべきである。本プロジェクトによる研究開発は、一事業者の力、事業としての興味の範囲を超えて、基礎資料の作成、データベースの構築、技術の開発が進められており、国、特に経済産業省が主体的役割を果たすべき事案であると考えられる。
- ・（D委員）多額の研究開発費が、必要であること、多岐に亘り高い技術レベルが要求されることから、国の関与による関係者の協力は必要であり、基盤技術の向上させるためには重要なプロジェクト。
- ・（E委員）当該技術は開発リスクが高く、また、国がかかげる核燃料サイクル政策の安全性・信頼性向上に大きく貢献するものであり、国が実施することは極めて妥当である。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・なし

4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性

事業実施期間である5年間でガラス固化技術の基盤整備を行い、事業終了後は実用化に向けた更なる取り組みを行うことが明確に示されており、事業アウトカム達成のためのロードマップとして妥当と考えられる。

一方、事業終了後の主たる取り組みではあるが、現時点で特許等の将来に向けた独自性や競争力の主張に繋がる取り組みが明確化されていない。また、今後の研究の進展によっては、さらに、実用化研究に先立ち基盤技術の整備を継続する必要があることにも留意が必要と考えられ、その際はロードマップの改定が必要である。

【肯定的所見】

- ・（A委員）本事業の目標は、高レベル放射性廃棄物および低レベル放射性廃棄物の安定なガラス固

化の実現である。事業の性格上、本成果を、知財管理、国際標準化、安全性基準等の対象とすることはできないのでこれらをロードマップのアウトカム達成点とすることはできないが、技術開発の達成点として、その実現を目指して達成すべき具体的な技術的目標が適切に設定されており、結果として最終的な目標が達成されるようなロードマップが示されている。

- ・(B委員) 本事業は基盤整備に該当し、事業完了後は実用化に向けた更なる取り組みが必要となることが明確に示されており、ロードマップとして妥当であると判断する。
- ・(C委員) ロードマップは適切に設定されている。
- ・(D委員) 5年間のロードマップについては概ね妥当であると判断される。
- ・(E委員) これまで順調に研究は進捗していると考えられ、それらを踏まえたロードマップになっていることから妥当であると考えられる。

【問題点・改善とする所見】

- ・(C委員) 今後の2019年以降の主たる取り組みではあるが、現時点で特許等の将来に向けた独自性や競争力の主張に繋がる取り組みが明確化されていないように感じられる。
- ・(E委員) 今後の研究の進展によっては、さらに、実用化研究に先立ち基盤技術の整備を継続する必要があることにも留意が必要と考えられ、その際はロードマップの改定が必要である。

5. 研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性

日本におけるトップレベルの技術力と知見を持つメンバー、産学官の連携、第三者による外部評価等、研究開発実施のために適切な体制を取っており、妥当と判断できる。

なお、当初計画通りに進まない事態も予想されるため、予算配分の見直しを行う等、柔軟に対応をしていくこと、また、明確にベネフィットの定義を行い、これの達成を目標に組み込むことを期待する。

【肯定的所見】

- ・(A委員) ガラス固化技術の開発のためには、高い技術力と知見を持つ産学官の連携が必要である。本事業は、日本におけるトップレベルの技術力と知見を持つメンバーによる研究開発の実施・マネジメント体制により進められており、外部評価も適切になされている。
- ・(B委員) 高レベル放射性廃液のガラス固化に関する技術的経験を有する事業者を筆頭に、多くの大学や関連機関との体制が組み立てられており、連携及び管理体制が適切に整えられていると判断する。
- ・(C委員) 研究開発の実施体制は、国が主導して行うにふさわしい体制が整えられている。
- ・(D委員) 研究開発計画や研究開発の実施体制は、妥当であると判断される。
- ・(E委員) これまでの経験を適切に生かし、新たな技術を開発する上では、適切な体制で研究が進められていると考えられる。

研究成果を積極的に公開している姿勢は、研究資金の性格上重要であり、評価できる。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・(B委員) 知財の取扱についての検討がなされているとは思いますが、評価用資料の中で該当する記載は見当たらない。
- ・(C委員) 国民の納める税金を投入していること、また、本プロジェクトの高度な必要性を鑑みる

と、プロジェクトの失敗は想定できないことも理解できる。一方で、環境の変化や理論・技術の限界など、プロジェクトには当初計画の通りに進まない事態も当然発生する。適切な結果を出すためにも変更管理の活用が望まれる。また、本プロジェクトの成果は国民の利益に適うものとなっているが、さらに明確にベネフィットの定義を行い、これの達成を目標に組み込むことが国主導のプロジェクトには期待されるように考えられる。

- ・(E委員) 資金の配分が適切かどうかは一概に判断できないが、今後の研究の展開の中では、項目ごとに当初予定の進捗と差異(順調な項目と遅れのある項目)が生じることが予想される。その際には、これまでの予算配分にこだわりすぎず適切に配分を見直すなどの柔軟性が必要になるかもしれない。

6. 費用対効果の妥当性

放射性廃棄物の減容化による効果として、大幅なコストの削減が期待できることから、費用対効果は十分にあると考えられる。

なお、本研究開発により得られる一番の効果である、環境と安全の確保、安全性の向上といったものは、費用(金額)として示すのが非常に困難なものであることから、減容化によるコスト削減という指標のみで、費用対効果の妥当性を評価すべきではない。

また、中間評価の時点で試算に含めることができなかった点を今後把握していくことで、より現実的な効果を明らかにすることを期待する。

【肯定的所見】

- ・(A委員) 放射性廃棄物の処分前管理の目的は、廃棄物をバルク(塊状)の安定な固体として放射性核種を不動化し、処分に適した形態にすることである。一方、放射性廃棄物のうちにはその不動化と固化が旧来の技術では困難あるいは不適切なものが種々存在しており、適切な固化法としてのガラス固化技術の開発は、PPP(汚染者負担原則)を課されている事業者に限る問題ではなく、国のエネルギー資源の選択と環境の防護の問題の解決にとって喫緊の課題である。減容化、安定化に優れたこれらのガラス固化技術の基盤を整備するための国の費用の投下は意義深いもので、これによりこの実現のために十分な力を備えた形の産学官連携が図られており、目標に向けて着実に成果が得られている。
- ・(B委員) 現状把握できる条件で適切にコスト試算がなされており、ある条件下での費用対効果が期待できる。中間評価の時点で試算に含めることができなかった点を今後把握していくことで、より現実的な効果を明らかにできるものと期待する。
- ・(C委員) 現時点では目標達成以降に期待される効果の予測に過ぎないが、大変良好であるように見込みが示されており、その達成と放射性廃棄物の減容化、高度な安全・安心の確保が実現されることを期待したい。
- ・(D委員) 概ね妥当。
- ・(E委員) 処分も含めれば相当のコストダウンが期待され、費用対効果は十分あると考えられる。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・(A委員) 放射性廃棄物の固化の本来の目的は、廃棄物を処分に適した形にすることであり、最大の効果は放射性核種の不動化である。その意味で、得られる効果は環境と安全の確保であるので、

費用（金額）として示すのが非常に困難なものである。ガラス固化では、旧来のセメント固化やアスファルト固化よりも、費用はより大きくなるが、旧来法では十分得られない核種の不動化が得られることが第一の効果であり、減容化によるコスト低減はその次の問題とすべきである。減容による費用削減を費用対効果の中心的議論とすべきではない。

- ・（E委員）安全性の向上なども評価に入れることでより費用対効果の妥当性が高まるものと考えられる。

7. 総合評価

放射性廃棄物は、原子力施設の操業により既に発生しているものであり、また今後の廃止措置に伴って更なる発生が避けられないものであり、これらの安全かつ合理的な処分は大変重要であり、継続的に取り組むべき喫緊の課題である。本技術開発は、ガラス固化という安定性に優れた固化技術により、従来固化処理が懸念されていた廃棄物に対してその解決を目指すものであり、さらには減容化により合理的な処分にも資するものである。国の関与のもと、産学官が連携してこれを行うことで、早期に実用化を図り、当該課題の解決が期待できる。

なお、高レベル放射性廃液については、充填率の増加により固化体の発熱量が増加する等、管理や処分も含めて全体の最適化を図る必要があり、これを考慮した目標を定める必要がある。また、ベネフィットを整理して示すことで、広く国民の理解が得られるものとする。

【肯定的所見】

- ・（A委員）放射性廃棄物は高レベル、低レベルいずれについてもすでに発生しており、今後も廃炉等からのものを含め発生を避けられないもので、安全な処分のための前段階（処分前管理）として安定なバルク固体とすることは特に重要な技術的段階である。高レベル放射性廃棄物についてはガラス固化技術が採用されてきたが、その処分前管理が事業者の責任とされている低レベル放射性廃棄物については、安価で安易なセメント固化が発電所からのL2廃棄物に適用されているが、L1廃棄物の一部についてはセメント固化が適用できるかどうか懸念されている。また東京電力福島第一発電所の事故によっても性状、レベルの異なる放射性廃棄物（と判断されるもの）が発生しており、安定な固化法の開発が必要とされている。本事業はその喫緊の課題の解決を目指すもので、事業の性格上、国の関与のもとに産学官が連携してこれを行うことは極めて意義深いものと評価する。
- ・（B委員）低レベル放射性廃棄物にガラス固化技術のうち熔融ガラス化を適用し、最終処分を念頭に廃棄体の安定化及び減容を目指すことは極めて重要である。また、熔融炉の運転制御技術にも注力することは、過去の経験からも必要不可欠な開発要素であると判断する。多くの機関が関与し強力な体制が組まれており、成果の出るペースも早いものと思われる。膨大な情報を適切に管理しつつ、実用化へ向けた技術的知見を蓄積してほしい。本事業を踏まえ、日本のガラス固化技術が世界的にも認められるものとなるよう期待する。
- ・（C委員）本研究開発には、国策として実施すべき重要な課題が含まれている。その実施体制についても、国内の多くの力を結集する形で進められており、適切である。成果の見込みにも、強い期待を寄せることができる。
- ・（D委員）特に改善すべき点は見つからないが、本事業が終了したあとの実機への適用も含めたグラウンドデザインを示せないか。

- ・(E委員)放射性廃棄物の安全かつ合理的な処分は最重要でかつ継続的に取り組むべき課題である。当該研究はその中の重要な位置を占めるものと考えられ、また、着実に成果を上げつつあり、高く評価できる。今後も計画通り進捗させる必要がある。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・(A委員)本事業では低レベル放射性廃棄物については、対象を特に発電所廃棄物のうちのイオン交換樹脂、濃縮廃液、焼却灰等に限定してその熔融ガラス化について検討がなされている。一方、放射性廃棄物のうちには、事故廃棄物に特徴づけられるようにさらに様々な物理・化学性状を持つ対象物があり、それらを制限された環境（高放射線下）で安定な固体とすることが求められている。得られた検討（調査を含む）の結果を、それらへの適用の実現性が評価できるように、さらに整理した形で示すべきである。
- ・(B委員)高レベル放射性廃液については、充填率の増加により固化体の発熱量も増加することが予想される。必ずしも管理や処分において有利とはならない可能性があるため、充填率の増加が及ぼす影響を十分に把握したうえで目標を定める必要がある。
- ・(C委員)本研究開発の成果は、広く国民の安全、安心に繋がるものであると考えられる。成果の直接の享受者は事業者であるが、その結果は国民の安定した生活に直結するものである。この観点からのベネフィットを整理し、広く国民の理解を得るように努めて頂きたい。

【評点を付けるに当たり、考慮した（重要視した）点】

- ・(A委員)アウトカムの議論で減容化の経済効果が示されているが、本事業の本来の目的は、アウトプットで示されているように廃棄物の安定固化技術の開発であり、アウトカムは安定固化のできない様々な廃棄物が安定に固化されて処分が適切に実現できるようになることである。廃棄物の処理処分における費用便益分析は、競争社会における製品開発のように単純な経済効果としては議論できない。この点について報告に少し混乱があるが、このことは事業の重要性、事業内容、アウトプット設定に影響を与えていないと評価した。
- ・(B委員)事業アウトカムに対して当事業がロードマップのどの段階に位置し、アウトカムを達成するために計画された研究開発の内容と現時点での具体的成果について着目した。
- ・(C委員)国が主導的に実施する研究開発プロジェクトとして、その成果管理と成果に至るまでのマネジメントが適切であるか否か。
- ・(D委員)
 - 国が実施することの必要性
 - 研究開発内容が明確か、実施体制が十分か
 - ロードマップが的確に作成されているか、漏れはないか
 - 六ヶ所のガラス固化の不具合経験は生かされているか等の点を重視
- ・(E委員)当該研究がコストダウンだけでなく、核燃料サイクル技術の信頼性・安全性向上に寄与するかどうかという点。

8. 今後の研究開発の方向等に関する提言

本研究開発による波及効果として、福島第一発電所事故によって発生した廃棄物への適用が考えられる。福島第一発電所事故によって低レベル放射性廃棄物とみなされる様々な汚染物質が大量に発生しており、今後その適切な固化と減容が大きな課題となる。本事業の成果は、これに対する解決の糸口を与えるものとしても大いに期待できるものであり、成果のとりまとめに当たっては、当該問題に対する提言も含めて整理することを期待する。

様々な物理・化学性状を持つ低レベル放射性廃棄物に対応するためには、ガラス固化条件（組成だけでなく炉の運転制御も含む）として、負の影響を与える要素も明らかにし整理すること。

成功の評価の主張が、本研究開発プロジェクトの結果が生み出すプロフィットに終始せず、原子力関連の事業、国の施策に対してどのような貢献が成されたのか、国民に対してどのようなベネフィットを提供することに繋がる成果を示せたのかといったようなことを適切に示せるように事業を進めるべき。

【各委員の提言】

- ・（A委員）低レベル放射性廃棄物に関しては、特に発電所の運転・解体からの廃棄物を対象にガラス固化が検討されている。日本では今後、福島第一発電所事故に伴って水処理二次廃棄物や汚染がれき等低レベル放射性廃棄物とされるであろう汚染物質が大量に発生しており、今後その適切な固化（不動化）が検討されなければならない、不動化と減容が大きな課題となる。これらに対しては、対象廃棄物の組成や固化（溶融）技術など、従来のものとは異なる制約も存在するが、本事業の成果はそれらの問題に対する解決の糸口を与えるものとしても大いに期待される。成果のとりまとめに当たっては、ぜひそうした問題に対する提言も含めて整理していただければ幸いである。
- ・（B委員）低レベル放射性廃棄物のうち、ガラス固化可能な廃棄物として、20種類ほどの候補から6種を選定したとの報告であった。選定により排除された廃棄物について、その理由や選定条件（基準）などもまとめておく方が良いのではないかと考える。中間評価用資料では、可能性のある廃棄物と有効性がまとめられており、選定されなかった廃棄物についての具体的な記載はなかったが、ガラス固化条件（組成だけでなく炉の運転制御も含む）に負の影響を与える要素を明らかにしておくことも重要と考える。

福島第一原子力発電所から発生する事故廃棄物も処分を視野に入れた安定化が必要となる。焼却灰や廃樹脂、スラッジなど本事業の成果が適用できる可能性は十分にあると考える。アウトカム実現時期を早めに設定し、実用化へ向けた開発のスピードアップを期待する。
- ・（C委員）成功の評価の主張が、本研究開発プロジェクトの結果が生み出すプロフィットに終始せず、原子力関連の事業、国の施策に対してどのような貢献がなされたのか、国民に対してどのようなベネフィットを提供することに繋がる成果を示せたのかといったようなことを適切に示せるように事業を進めて頂きたい。
- ・（D委員）特に改善すべき点は見つからないが、実機への適用も視野に入れたシステム設計はできないだろうか。
- ・（E委員）当該研究の個別の要素技術では、今後、当初予定どおりに進捗しない場合もでてくる可能性があるものと考えられる。その際には、予算配分等の見直しを柔軟に行うことが、安全かつ合理的な処理・処分の実現という最終的な目標を達成する上では必要になることも考えられる。

また、場合によっては、事業化段階に入る前に、さらに基盤研究を継続する必要性が生じることも考えられ、最終年度に向けてはしっかり到達度を見極める必要がある。

<上記提言に係る担当課室の対処方針>

本研究開発では、原子力発電所や再処理施設等の操業・廃止措置に伴って発生する様々な低レベル放射性廃棄物に対して、安定性に優れ、かつ減容性の高いガラス原料組成の設定手法を確立することとしている。本研究開発でガラス固化試験未実施の運転・解体廃棄物、更には、福島第一発電所事故に伴うスラッジ等の水処理二次廃棄物といった事故廃棄物についてもガラス固化を検討する際に、当該手法は有効であると考え。成果のとりまとめにおいては、そのような提言も含めて整理する。

本事業では、低レベル放射性廃棄物のうちガラス固化処理の対象として、従来の固化方法では処理が困難な廃棄物や従来の固化方法よりも大幅な減容化が見込まれる廃棄物を選定しており、その廃棄物の種類（組成、特性等）毎に適したガラス固化条件の検討を行っている。従って、ガラス固化に適さない廃棄物やガラス固化条件等の負の影響を与える要素及びその根拠についても把握できるため、これらを整理した上で示していく。

本事業は、核燃料サイクル政策の意義の一つである、放射性廃棄物の安定化、減容化等を目指した処理技術の開発を行うものであり、そうした成果が国民生活の安全・安心の確保にも留意しつつ効果的に示していけるよう事業を進めていく。

B. 低レベル放射性廃棄物の除染方法の検討

1. 事業アウトカムの妥当性

加工メーカー等から発生するウラン廃棄物はクリアランス可能な物量が非常に大きく、それらに対する除染技術が開発されれば、排出される廃棄物の減容化により埋設処分費用の大幅な削減が見込めるとともに、処分すべき対象物の固化も技術的に容易となる。この技術を国が主体となり開発することにより、国全体としても適切な規制の下で、廃棄物発生量の低減と廃棄物の適切な処分が行えるようになる。

一方、除染手法の対象はウラン廃棄物に限らず多数存在することから、本調査の結果を熟考し、実規模試験に加えて実廃棄物を用いた試験等による除染技術の実用化を目指した取り組みが必要であり、それにより抽出された課題とその対策を検討することも必要。また、事業アウトカムの定量的な目標の設定、成果の独自性等に関する計画が必ずしも明確となっていない。

【肯定的所見】

- ・(A委員) 汚染レベルの極めて低い大量の廃棄物は、汚染物質の除染により、大部分の物質材料をクリアランスして、放射性廃棄物として処分する物質・材料を低減化することが極めて重要である。しかしながら、社会における放射性物質に対する忌避感情と、膨大な物量の低レベル汚染物質に対するクリアランス技術の開発に対する資源の投下が適切になされないこと、必要となる資金が経済取引（原子力発電の利用や放射線応用の価格）において適切に反映されにくいこと等により、クリアランス技術の開発と制度の社会的適用は、その実践が遅れているのが現状である。特に、加工メーカーおよび原子力機構等から発生するウラン廃棄物は、この特徴の著しい廃棄物で、クリアランス可能な物量は非常に大きく、それらに対する除染技術が開発されれば、埋設処分費用の大幅な削減が見込めるとともに、処分すべき対象物の固化も技術的に容易となる。この技術を国の機関が開発することにより、国内技術者はクリアランスの実施が容易となり、国全体としても適切な規制の下で、廃棄物発生量の低減と残る廃棄物の適切な処分が行えるようになる。
- ・(B委員) ウラン廃棄物は半減期による減衰が期待できない分、除染による廃棄物量の減容と安定化が重要となる。単にクリアランスを達成できる除染法を開発するのではなく、最終的な廃棄物をガラス固化体として検討を進めることは大変合理的である。また α 放射体の測定はウラン廃棄物の除染において必要不可欠な要素であるため、精度の高い測定・評価手法が確立されれば当事業の果たす役割は大きい。
- ・(C委員) 本研究開発プロジェクトで目指す低レベル放射性廃棄物の除染技術の開発は、別に行われているガラス固化技術の開発の結果を下支えし、放射性廃棄物の減容化に大きく貢献するものである。放射性廃棄物の量そのものを減少させる本研究開発プロジェクトの取り組みは、国民の利に適うことと考えられる。
- ・(D委員) 概ね妥当と思われが、海外における既存技術や技術開発の実情がわかれば示してほしい。
- ・(E委員) 放射性廃棄物の処分は放射能レベルによらず多くの困難を伴うことから、再利用可能なものは極力埋設処分しないで済む方策を探るべきであり、当該研究の目的であるウランが付着した廃棄物を除染しクリアランス以下を目指すことは合理的である。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・(B委員) 除染手法（酸浸漬法やブラスト法）についての研究事例は、ウラン廃棄物に限らず多数

存在すると思われる。調査結果を熟考し、実規模試験に加えて実廃棄物を用いた試験なども計画し、除染技術の実用化を目指した具体的な進展を期待する。そして洗い出された課題とその対策を検討することも重要な要素と考える。

- ・(C委員) 定量的な目標の設定、成果の独自性や競争力の獲得に関する計画が必ずしも明確ではない。

2. 研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性

除染技術と計測技術について、十分な調査に基づき必要な研究開発要素として構成されている。実用化を目指したより具体的なアウトプットを得ることで、ウラン廃棄物の減量や処理処分がさらに現実的となることを期待する。

一方、ガラス固化の前処理という観点での除染技術の位置付けがやや不明確であり、除染とガラス固化の連続性を考慮し、より具体的な比較検討を行うことで除染技術が選定されるべき。また、本事業の成果は国内のウランクリアランスに関する技術基準または標準として共有されていくべきである。

【肯定的所見】

- ・(A委員) 本研究開発では、Reduce, Reuse, Recycle すべき材料のクリアランスレベル以下への除染とその確認、および、除染により濃縮された処分すべき廃棄物の物量の低減と安定な固化が目標となる。事業のアウトカムとしては、金属からのウランの除去技術、除染廃液等からの不純物分離技術（廃棄物の発生量低減）およびクリアランスレベルのウラン等の測定技術の確立が設定されており、妥当である。
- ・(B委員) 除染技術と計測技術について十分な調査に基づき、必要な研究開発要素として構成されている。実用化を目指したより具体的なアウトプットを得ることで、ウラン廃棄物の減量および処理処分がさらに現実的となることを期待する。
- ・(C委員) 概ね期待される成果が得られており、肯定的に評価できる。研究開発成果の公開の数は多くないが、特許 1 件、学会標準への寄与があることから、確実な実績を挙げていることは理解できる。
- ・(D委員) 研究開発内容は、妥当である。
目標値については定量性を持たせられないか。
- ・(E委員) 酸浸漬、ブラストのそれぞれの除染技術に対し、クリアランスレベルの候補手法が確認できており、現状順調に研究は進捗していると判断できる。不純物の除去技術ならびに測定技術についても概ね計画通りに進捗しているものと考えられる。

【問題あり・改善とする所見】

- ・(A委員) 研究開発内容についてはプロトタイプの作成等が実施されている。関連する論文発表、特許出願、国際標準の形成等については、事業の性格上特に成果が示されていないのは現時点ではやむを得ないが、本事業の成果は国内のウランクリアランスに関する技術基準または標準として共有されていくものと考えられる。
- ・(B委員) 「ガラス固化の前処理」という観点で、除染技術（特に化学除染）の目標がやや不明確な印象を受ける。除染とガラス固化の連続性を考慮し、より具体的な比較検討を行うことで除染

技術が選定されるものと考える。

- ・(C委員) 除染による放射性廃棄物の減容化の可能性についての検証が進んでいることが認められる。現時点で行われている想定や模擬試験結果の妥当性や十分性の検証、実証等による有効性の確認を期待したい。

3. 当省(国)が実施することの必要性

原子力の利用は国民の生活を守り、豊かにするために必要な最重要なエネルギー政策の一つであり、その適切な推進の一方で廃棄物の処理、管理についても、国民の安全、安心の視点から国が期限を守りながら主導的に行うべき公共的性格の強い事業である。本プロジェクトによる研究開発は、一事業者の力、事業としての興味の範囲を超えて、基礎資料の作成、技術の開発が進められており、国、特に経済産業省が積極的に関与してその解決に取り組むべき課題である。

【肯定的所見】

- ・(A委員) 汚染レベルの極めて低い大量の放射性汚染物質については、クリアランスに関する技術開発課題の解決とクリアランスレベルの社会的実施が、環境防護の観点から重要となるが、問題の性格上、個々の事業者のPPP(汚染者負担の原則)に従う廃棄物発生者の責任として、その技術開発や制度の社会的実施に必要な資源を上流の経済取引(電気料金)に反映して徴収することは難しく、その仕組みによって解決できる問題ではない。その意味では放射性廃棄物発生の原因となった活動(エネルギー資源の確保)も放射性廃棄物の処理処分(環境の防護)も、極めて公共的性格の強い事業であり、国(関係省庁)が積極的に関与して、その解決に取り組むべき課題である。
- ・(B委員) ウラン廃棄物は半減期の観点から半永久的な管理が必要となるため、処分も念頭に長期的な取り組みが必要である。安定化処理の方法としてガラス固化を前提に、除染技術と測定技術を開発することは重要であり、このような廃棄物対策は国の主導の下で行われるべきである。
- ・(C委員) 電力事業等の観点からは廃棄物の処理、管理は事業者の責に帰することは事実である。一方で、原子力の利用は国民の生活を守り、豊かにするために必要な最重要なエネルギー政策の一つであり、その適切な推進の一方で廃棄物の処理、管理についても、国民の安全、安心の視点から国が期限を守りながら主導的に行うべきである。本プロジェクトによる研究開発は、一事業者の力、事業としての興味の範囲を超えて、基礎資料の作成、技術の開発が進められており、国、特に経済産業省が主体的役割を果たすべき事案であると考えられる。
- ・(D委員) 誰も手をつけてきてない分野だけに、国の関与による異分野連携関与は、大変重要。
- ・(E委員) 当該技術は開発リスクが高く、また、国がかかげる核燃料サイクル政策に大きく貢献するものであり、国が実施することは極めて妥当である。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・なし

4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性

事業により得られた成果が実用化することで、ウラン廃棄物の物量が減少し、クリアランスが促

進することが明らかである。また、測定技術や検認方法が確立すれば標準化も期待できる。

一方、除染廃液はガラス固化することが当事業の位置付けであることから、事業終了後に必要となる開発要素についてロードマップに加えても良いのではないか。また、ロードマップには事業の独自性や競争力の主張に繋がる取り組みが明確化されていない。

【肯定的所見】

- ・(A委員) 本事業の目的は、ウランを含む低レベル放射性廃棄物のクリアランスの実現であり、対象とする廃棄物からのウランの除染技術の開発、除染後の汚染レベルの確認(検認)のための測定技術の開発、除染により回収された放射性フラクシオンの物量低減と固化がアウトカムである。これまで複雑な形状をした対象物について、ウエットブラスト法による除染と散乱ガンマ線等価モデル法による計測技術が開発され目標が達成されている。
- ・(B委員) 事業により得られた成果が実用化することで、ウラン廃棄物の物量が減少し、クリアランスが促進することが明らかである。また、測定技術や検認方法が確立すれば標準化も期待できる。
- ・(C委員) ロードマップは適切に設定されている。
- ・(D委員) 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップは、概ね妥当である。
今回の研究のスコープにはないかもしれないが、除染技術と測定技術を組み合わせた実機装置の提案に期待したい。
- ・(E委員) 貯蔵施設のひっ迫に先立ち、技術の事業化あるいは標準化も考慮して当該研究に着手したことはたいへん重要であり、今後も計画通り研究が進展することを期待する。

【問題点・改善とする所見】

- ・(B委員) 除染廃液はガラス固化することが当事業の前提である。事業終了後に必要となる開発要素をロードマップに加えても良いのではないか。
- ・(C委員) 独自性や競争力の主張に繋がる取り組みが明確化されていないように感じられる。

5. 研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性

研究開発の実施には、計測技術開発については国の中核的原子力研究開発機関が中心となり、除染技術開発には民間の技術力を備えた事業者が当たっており、これに核燃料を取り扱う民間の事業者が協力しており、日本における最も適切な体制であり、研究開発及び成果の活用に対する実効性が期待できる。

一方、環境の変化や理論・技術の限界など、プロジェクトには当初計画の通りには進まない事態も想定されるため、適切な結果を出すために変更管理の活用が望まれる。また、本プロジェクトの成果は国民の利益に適うものとなっているが、さらに明確にベネフィットの定義を行い、これの達成を目標に組み込むことが国主導のプロジェクトには必要である。

【肯定的所見】

- ・(A委員) 研究開発の実施には、計測技術開発については国の中核的原子力研究開発機関が中心となり、除染技術開発には民間の技術力を備えた事業者が当たっており、これに核燃料を取り扱う民間の事業者が協力しており、日本における最も適切な体制であると評価できる。
- ・(B委員) 国内のウラン廃棄物に関わる事業者が協力しており、研究開発及び成果の活用に対する

実効性が期待できる。

- ・(C委員) 研究開発の実施体制は、国が主導して行うにふさわしい体制が整えられている。
- ・(D委員) 研究開発の実施・マネジメント体制については、研究開発計画、研究開発実施者の適格性の観点から概ね妥当である。
- ・(E委員) 各機関の経験を適切に生かし、新たな技術を開発する上では、適切な体制で研究が進められていると考えられる。

研究成果を特許出願につなげていることは、研究資金の性格上重要であり、評価できる。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・(B委員) 評価用資料の中では知的財産の戦略やルールについての記載は見当たらないが、各社の協力関係の中で十分検討されているものと推察する。
- ・(C委員) 国民の納める税金を投入していること、また、本プロジェクトの高度な必要性を鑑みると、プロジェクトの失敗は想定できないことも理解できる。一方で、環境の変化や理論・技術の限界など、プロジェクトには当初計画の通りに進まない事態も当然発生する。適切な結果を出すためにも変更管理の活用が望まれる。また、本プロジェクトの成果は国民の利益に適うものとなっているが、さらに明確にベネフィットの定義を行い、これの達成を目標に組み込むことが国主導のプロジェクトには期待されるように考えられる。

6. 費用対効果の妥当性

ウラン廃棄物に占める金属の割合を見ても、当事業のアウトプットとアウトカムが実現すれば、廃棄物量は低減し、それに伴う負担も軽減され経済的にも有利であることは理解できることから、本事業の成果を実用化につなげることが重要である。また、現時点では目標達成以降に期待される効果の予測に過ぎないが、その達成と放射性廃棄物の減容化、高度な安全・安心の確保が実現されることを期待したい。

一方、これまで十分な検討が進んでいないウラン廃棄物を対象にしており、この処理・再利用に方向性を与えることが期待されることから、それらも費用対効果の一部として考えても良いのではないか。

【肯定的所見】

- ・(A委員) 本事業により、アウトプットとして、ウラン廃棄物に関する除染・分離及び測定に係る装置設計に関する技術情報および装置の有効性や評価手法の妥当性に関する技術情報が得られ、それによりウランクリアランスの技術開発と標準化がなされ、国内のウラン取り扱い事業者は、アウトカムとして適切なウランクリアランスの実施が可能となる。このプロセスで多くの費用の低減が達成されるとともに、発生する廃棄物の低減と残る減容された廃棄物の安全な処分が実現される。
- ・(B委員) ウラン廃棄物に占める金属の割合を見ても、当事業のアウトプットとアウトカムが実現すれば、廃棄物量は低減し、それに伴う負担も軽減され経済的にも有利であることは理解できる。本事業の成果を実用化につなげることが重要である。
- ・(C委員) 現時点では目標達成以降に期待される効果の予測に過ぎないが、大変良好であるように見込みが示されており、その達成と放射性廃棄物の減容化、高度な安全・安心の確保が実現され

ることを期待したい。

- ・(D委員) 内容が限定された除染と測定だけに、概ね妥当である。
- ・(E委員) そのまま処分した場合に比較すれば大きなコストダウンが期待され、費用対効果は十分あるものと考えられる。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・(E委員) これまで十分な検討が進んでいないウラン廃棄物を対象にしており、この処理・再利用に方向性を与えることが期待され、それらも効果の一部としてもかまわないと考える。

7. 総合評価

低レベル放射性廃棄物の処理処分についてはPPP（汚染者負担の原則）に従い事業者が解決すべきものとして、その責任の所在がこれまで曖昧にされてきたが、放射性廃棄物の処理処分はPPPの原則に従って、それにかかる費用を経済取引の中に内部化できる問題ではない。その意味で、本課題に国が積極的に関与して解決を目指すことは非常に意義深いことであり、担当事業者は、その技術的課題の克服に着実に取り組んでいる。また、ウラン廃棄物の処理に対する検討は、核燃料サイクル政策を維持する上で非常に重要な研究課題であり、当該研究は着実に成果を上げつつあり高く評価できる。今後も計画通り進捗させる必要がある。

一方、除染後の廃棄物・廃液をガラス固化することをもう少し意識して、総合的に比較検討及び評価できるよう研究開発を進める必要がある。また、本研究開発の成果は、広く国民の安全、安心に繋がるものであると考えられ、成果の直接の享受者は事業者であるが、その結果は国民の安定した生活に直結するものである。この観点からのベネフィットを整理し、広く国民の理解を得るよう努めるべき。

【肯定的所見】

- ・(A委員) ウランを含む廃棄物のクリアランスと処分は、長く問題とされながらも未だにその解決の道が不分明で、解決のために国の積極的関与の望まれる課題である。低レベル放射性廃棄物の処理処分についてはPPP（汚染者負担の原則）に従い事業者が解決すべきものとして、その責任の所在がこれまであいまいなままにされてきたが、放射性廃棄物の処理処分は、PPPの原則に従ってそれにかかる費用を経済取引の中に内部化できる問題ではない。その意味で、このような課題に国が積極的に関与して解決を目指すことは非常に意義深いことであり、担当事業者は、その技術的課題の克服に着実に取り組んでいる。
- ・(B委員) ウラン廃棄物の課題を抱える事業者は限定的であり、処理処分に向けた独自の取り組みにも限界があると推察する。国の主導の下で各事業者が協力し、課題解決のための研究開発に取り組むことは極めて重要である。当事業で除染技術と測定技術を確立し、ウラン廃棄物が低減でき、処理処分に向けた実効性の高い技術として整備されることを期待する。
- ・(C委員) 本研究開発には、国策として実施すべき重要な課題が含まれている。その実施体制についても、国内の多くの力を結集する形で進められており、適切である。成果の見込みにも、強い期待を寄せることができる。
- ・(D委員) 今まで手をつけられず、実施箇所も多岐にわたっていたことから、国が関与して実機やシステム化に向けた研究は重要である。

- ・(E委員) ウラン廃棄物の処理に対する検討は、核燃料サイクル政策を維持する上で非常に重要な研究課題であり、当該研究は着実に成果を上げつつあり高く評価できる。今後も計画通り進捗させる必要がある。

【問題あり・要改善とする所見】

- ・(B委員) 除染後の廃棄物・廃液をガラス固化することをもう少し意識して、総合的に比較検討及び評価できるよう研究開発を進める必要がある。
- ・(C委員) 本研究開発の成果は、広く国民の安全、安心に繋がるものであると考えられる。成果の直接の享受者は事業者であるが、その結果は国民の安定した生活に直結するものである。この観点からのベネフィットを整理し、広く国民の理解を得るように努めて頂きたい。

【評点を付けるに当たり、考慮した(重要視した)点】

- ・(A委員) 対象とする廃棄物はすでに発生しているウランで汚染された種々の廃棄物である。これらに対してクリアランスを実現するには、多様な複雑形状の材料の表面近傍に分布する核種の除染が求められ、かつ除染達成の確認のためには、複雑形状の材料の表面に分布する汚染に対して極めて低い検出感度の測定が求められる。除染も測定も平面的な表面であればごく容易に行える問題であるが、幾何形状が複雑になるとその達成は極度に困難となる。本事業ではこの特有の問題の解決に向けて、具体的にすでに発生している廃棄物のクリアランスが実現できるよう配慮がなされているかどうかに着目した。
- ・(B委員) 事業が何を目指して実施されているか、またその目標に対して実際に行われている研究開発の内容と現状得られている成果を把握し、今後の進め方も含めた進捗状況に着目した。
- ・(C委員) 国が主導的に実施する研究開発プロジェクトとして、その成果管理と成果に至るまでのマネジメントが適切であるか否か。
- ・(D委員)
 - 国が実施することの必要性があるか
 - この研究分野のこれまでの知見はどうか、研究的要素はあるか
 - ロードマップが的確に作成されているか、漏れはないか
- ・(E委員) 当該研究がコストダウンだけでなく、核燃料サイクル技術の信頼性・安全性向上に寄与するかどうかという点。

8. 今後の研究開発の方向等に関する提言

当事業はガラス固化の前処理という位置付けでウラン廃棄物の除染技術等を開発するものであり、酸浸漬による化学除染で発生する除染廃液の方がガラス固化に向いている。また、ブラスト法では研磨材とウラン化合物が完全に分離できなければ、ガラス固化処理への影響を検討する必要がある。このように除染処理技術について、ガラス固化を考慮した比較検討をすることにより事業の到達点がより明確になる。また、成功の評価の主張が、本研究開発プロジェクトの結果が生み出すプロフィットに終始せず、原子力関連の事業、国の施策に対してどのような貢献が成されたのか、国民に対してどのようなベネフィットを提供することに繋がる成果を示せたのかといったよう

なことを適切に示せるように事業を進めるべき。

【各委員の提言】

- ・(A委員) 対象廃棄物はいくらか限定されてはいるものの、成果は、ぜひウランクリアランスの技術基準のとりまとめにまで進めていただきたい。
- ・(B委員) 当事業は「ガラス固化の前処理」という前提でウラン廃棄物の除染技術等を開発するものである。酸浸漬による化学除染に対して二次廃棄物の発生を懸念しているが、除染廃液をガラス固化することを考慮すると、化学除染はむしろ好都合のように思う。この場合、酸の種類や溶出する母材の成分がガラス固化の際に影響するか否かを検討する必要がある。また、ブラスト法では研磨材とウラン化合物(UO₂を想定)が完全に分離できなければ、ガラス固化処理への研磨材の混入の影響を検討する必要がある。ガラス固化体へ研磨材を混入させない場合は、ウラン化合物が混ざった研磨材が二次廃棄物として発生する。除染処理技術について、ガラス固化を考慮した比較検討がなされると、事業の到達点がより明確になると思われる。
- ・(C委員) 成功の評価の主張が、本研究開発プロジェクトの結果が生み出すプロフィットに終始せず、原子力関連の事業、国の施策に対してどのような貢献がなされたのか、国民に対してどのようなベネフィットを提供することに繋がる成果を示せたのかといったようなことを適切に示せるように事業を進めて頂きたい。
- ・(D委員) 国外における同様な取り組みについて知りたい。
 実用化した場合の概算コストについても評価に入れてほしい。
- ・(E委員) 実際の廃棄物はいろいろな形状があり、それらに対しても開発した測定技術が十分な信頼性を持っていることを示すことは、今後、実用化・標準化する上で重要と考えられる。その点を十分考慮した研究を期待する。

<上記提言に係る担当課室の対処方針>

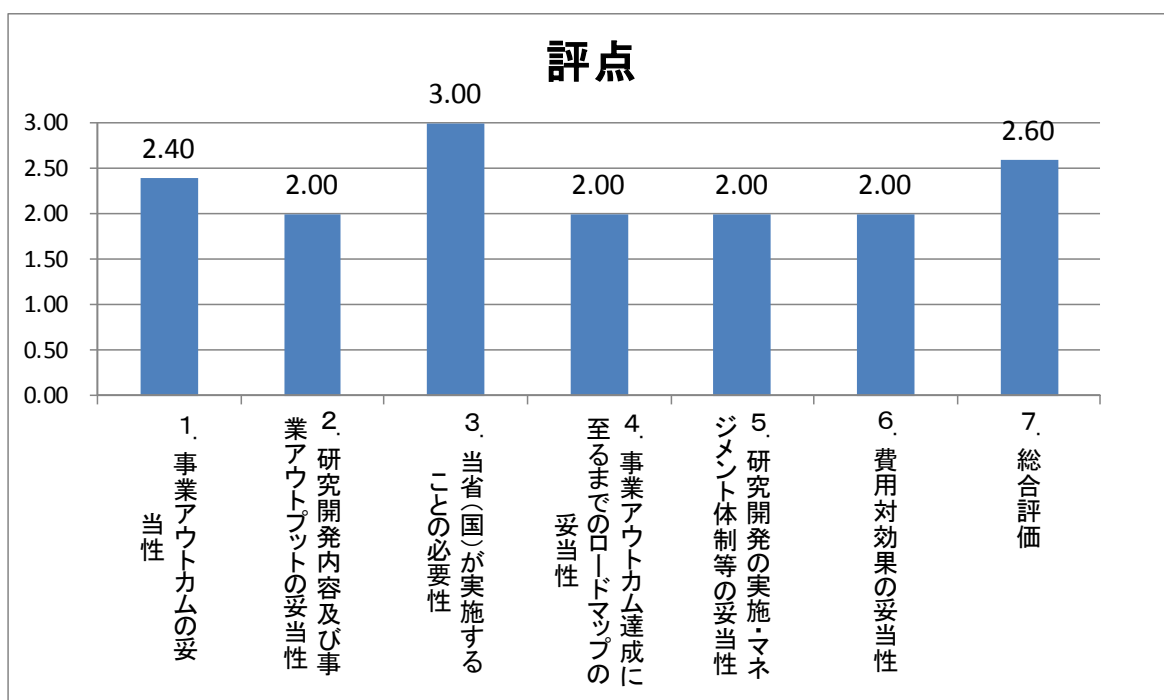
廃液や不純物に含まれる成分がガラス固化に与える影響の評価は、化学除染については平成26年度に、また物理除染については平成27年度にそれぞれ実施している。平成28年度以降は、物理除染と化学除染とを適切に比較できるよう、それぞれの最適除染条件(平成26年度及び平成27年度に設定したもの)下で除染を実施したときのガラス固化への影響を評価し、化学除染と物理除染との比較を行う。なお、物理除染については、使用済みの研磨材の影響についても検討を行う。

本事業は、核燃料サイクル政策の意義の一つである、放射性廃棄物の安定化、減容化等を目指した処理技術の開発を行うものであり、そうした成果が国民生活の安全・安心の確保にも留意しつつ効果的に示していけるよう事業を進めていく。

Ⅲ. 評点法による評価結果

A. ガラス固化技術の基盤整備

	評点	A委員	B委員	C委員	D委員	E委員
1. 事業アウトカムの妥当性	2.40	2	3	2	3	2
2. 研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性	2.00	2	2	2	2	2
3. 当省(国)が実施することの必要性	3.00	3	3	3	3	3
4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性	2.00	2	2	2	2	2
5. 研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性	2.00	3	2	1	2	2
6. 費用対効果の妥当性	2.00	2	1	3	1	3
7. 総合評価	2.60	3	2	3	2	3



【評価項目の判定基準】

評価項目 1. ～ 6.

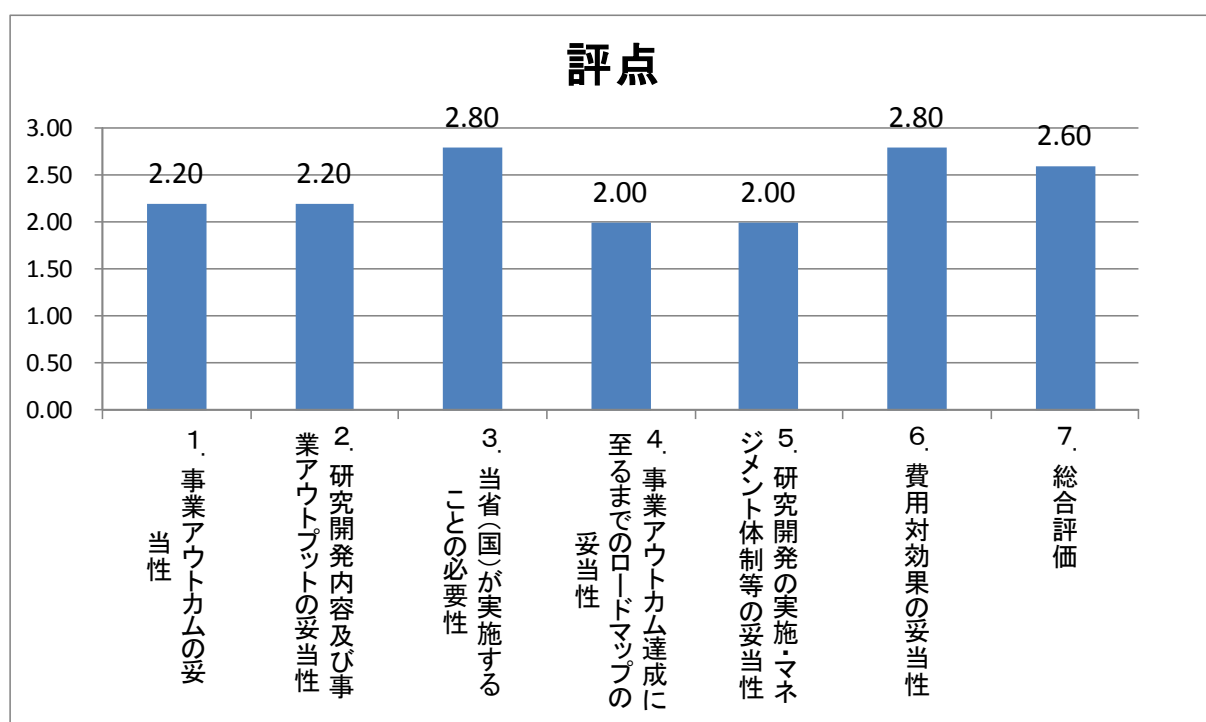
- 3点：極めて妥当
- 2点：妥当
- 1点：概ね妥当
- 0点：妥当でない

評価項目 7. 総合評価
(中間評価の場合)

- 3点：事業は優れており、より積極的に推進すべきである。
- 2点：事業は良好であり、継続すべきである。
- 1点：事業は継続して良いが、大幅に見直す必要がある。
- 0点：事業を中止することが望ましい。

B. 低レベル放射性廃棄物の除染方法の検討

	評点	A委員	B委員	C委員	D委員	E委員
1. 事業アウトカムの妥当性	2.20	3	3	2	1	2
2. 研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性	2.20	3	2	2	2	2
3. 当省(国)が実施することの必要性	2.80	3	2	3	3	3
4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性	2.00	3	2	2	1	2
5. 研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性	2.00	3	2	1	2	2
6. 費用対効果の妥当性	2.80	3	3	3	2	3
7. 総合評価	2.60	3	2	3	2	3



【評価項目の判定基準】

評価項目 1. ～ 6.

3点：極めて妥当

2点：妥当

1点：概ね妥当

0点：妥当でない

評価項目 7. 総合評価

(中間評価の場合)

3点：事業は優れており、より積極的に推進すべきである。

2点：事業は良好であり、継続すべきである。

1点：事業は継続して良いが、大幅に見直す必要がある。

0点：事業を中止することが望ましい。

IV. 評価ワーキンググループの所見及び同所見を踏まえた
改善点等

IV. 評価ワーキンググループの所見及び同所見を踏まえた改善点等

評価ワーキンググループの所見【中間評価】

<研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性>

- ・減容化とともに安全性を確保する技術の着実な進展を図ること。

<事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性>

- ・多くの大学・機関が関係しているため、実証に向けた体制・仕組みづくりを早めに検討すること。

<研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性>

- ・ノウハウや特許等の知財を確保し、将来の国際的なビジネス展開を視野に入れて、国際的な優位性を図ること。

- ・福島の高レベル放射性廃棄物への適用の可能性を検討すること。

所見を踏まえた改善点（対処方針）等【中間評価】

<研究開発内容及び事業アウトプットの妥当性>

- ・本事業においては、計画当初より安全性を確保するための試験・評価についても実施することとしており、本事業が国民の安全・安心に繋がるよう、引き続き着実な技術の進展を図っていきます。

<事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性>

- ・事業終了後の実証段階に向けた体制・仕組みづくりについては、今後の事業の進捗を踏まえるとともに、関係事業者との調整を行いながら検討を進めていきます。

<研究開発の実施・マネジメント体制等の妥当性>

- ・本事業においては、これまでも海外の技術・動向を注視しながら実施してきており、引き続きこの取組みを継続するとともに、国際的なビジネス展開が見込まれる技術的な成果が得られる場合には、積極的に知的財産権の確保・ノウハウ管理を図っていきます。

- ・福島の事故により発生した高レベル放射性廃棄物へのガラス固化技術の適用の検討については、本事業の範囲外ですが、事業成果の波及効果という観点で、今後、本事業の成果が他分野にも活用できるよう事業成果をまとめていきます。

評価ワーキンググループの所見【事前評価】

（アウトカムに至るまでの戦略、実用化に向けた取組）

本プロジェクトの位置づけは、原子力政策全体のロードマップに左右されるところであるが、本プロジェクトで開発した技術の導入計画と高レベル放射性廃棄物の処理計画との整合性を図りつつ、ガラス組成等の基礎的な研究開発から段階的、計画的にプロジェクトを進めることが必要。

また、幅広く人材を求め、原子力分野以外の者が保有する技術を有効に活用することが必要。

所見を踏まえた改善点（対処方針）等【事前評価】

（アウトカムに至るまでの戦略、実用化に向けた取組）

原子力発電に係る高レベル放射性廃棄物の処理については、今後、原子力政策全体のロードマップが明らかになる段階で、より具体的な検討が進むものと想定される。その方向性とも整合性を図りつ

つ、低レベル放射性廃液等のガラス固化技術の基盤の確立に向け、ガラス組成等の基礎的な研究開発から段階的、計画的にプロジェクトを進めることは極めて重要と認識。

このため、外部有識者による研究評価委員会を設置し、事業の進捗を踏まえた計画及び体制の柔軟な見直し等を含め、適時、研究開発計画等を評価し、助言を得ることとしている。

また、本プロジェクトは、幅広い分野の研究機関、再処理事業者、ガラスメーカー、熔融炉メーカー等のガラス固化に係る様々な関係者の協力の下で対応することとしている。