

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)

評価用資料

平成28年11月1日

経済産業省事業推進課名
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

研究開発実施機関名
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

**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	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

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、ウラン等と共にはぎ取ら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年～27年) 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。

I. 研究開発課題（プロジェクト）概要

1. 事業アウトカム（【中間評価項目1】）

事業アウトカム指標	
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】	
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。	
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】	
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。	
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。	
<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	
※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。	
指標目標値	
計画： 【金属からのウラン等の除染技術】 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。 【除染廃液からの不純物分離技術】 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。	実績：（H27年度末までの実績） 【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） 【除染廃液からの不純物分離技術】 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。（計画どおり）

<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>【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 (【中間評価項目2】)

(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）

事業開始時（26年度）

計画：

【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。

【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。

【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する。

実績：

【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）

【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を確認した。（計画どおり）

【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表面のU-238とPa-234mの残留

	<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>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</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。</p>

	<p>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>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</p>	<p>—</p>

	<p>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>（該当のない項目は、セル↓は削除して構わない。）

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（H29 年度製作） ・ クリアランス測定装置の製作（H27 年度は概念設計まで。H28 年度製作）

3. 当省(国)が実施することの必要性（【中間評価項目3】）

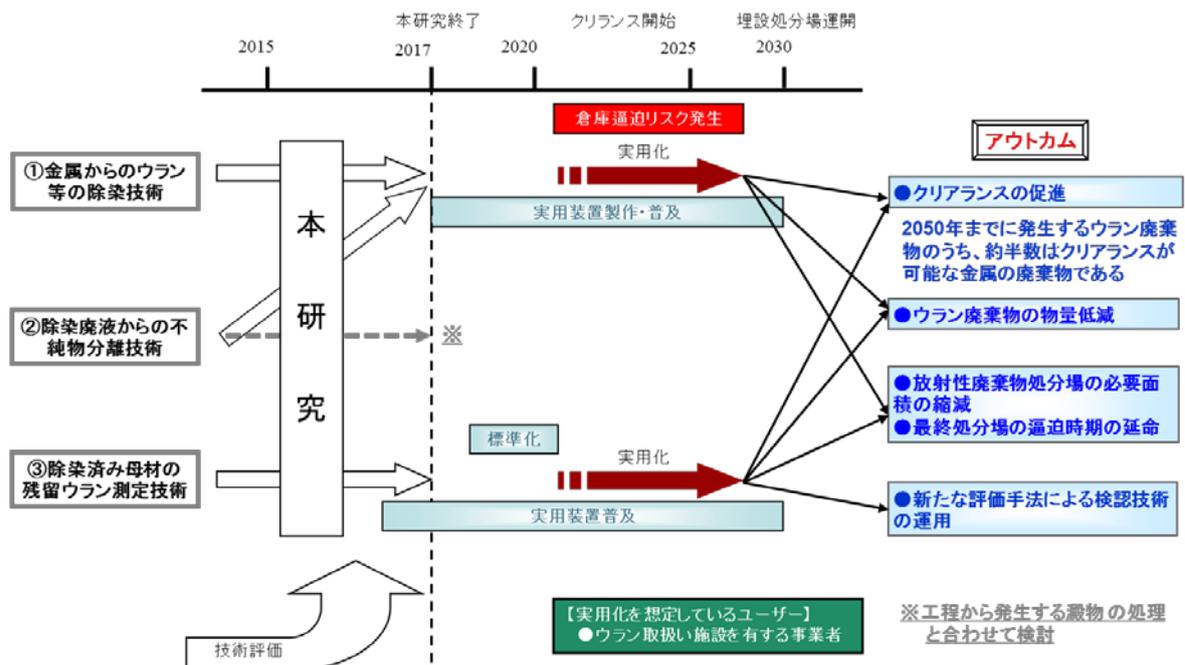
- ① 放射性廃棄物の排出者である核燃料サイクル事業者は、廃棄物の安全、安心な処理処分を行うための技術的及び社会的な共通の課題を有している。これらの課題解決には技術的難度を有するとともに多額の開発費用と長期の開発期間を要するため民間事業者にとって開発リスクが高

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 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（【中間評価項目 4】）

- 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。



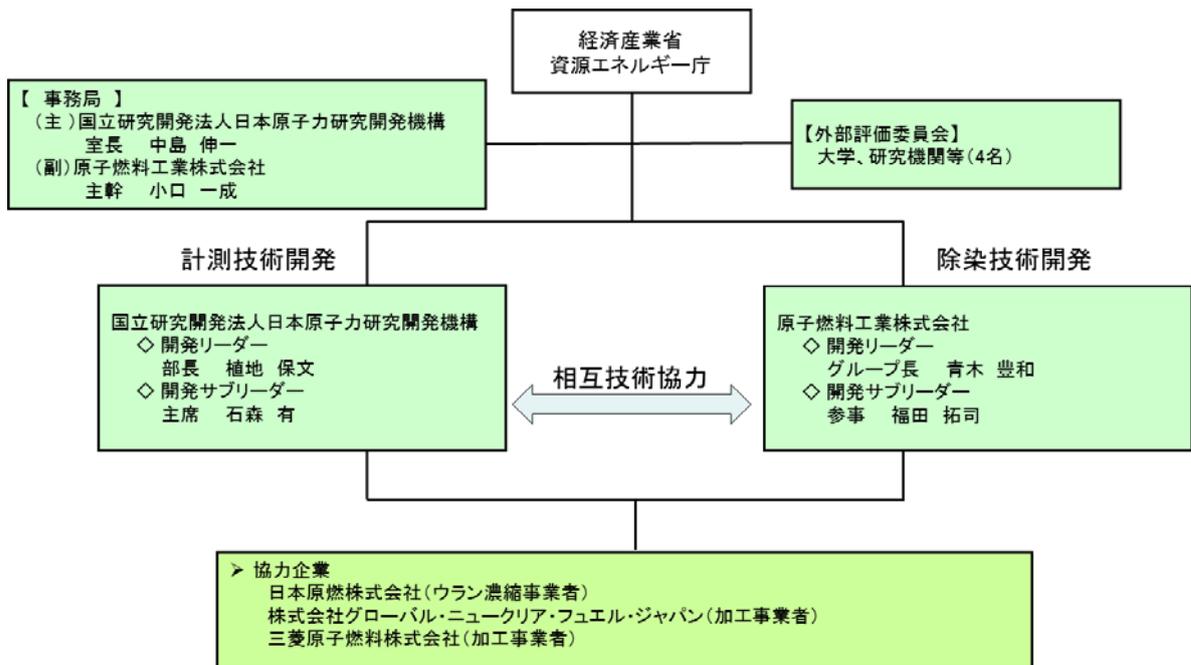
5. 研究開発の実施・マネジメント体制等（【中間評価項目 5】）

- 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（【中間評価項目 6】）

- 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。