

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) 概要

平成28年11月1日

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
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

目次

1. 事業の概要
2. 事業アウトカム
3. 事業アウトプット
4. 当省(国)が実施することの必要性
5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ
6. 研究開発の実施・マネジメント体制等
7. 費用対効果

1. 事業の概要

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。

実施期間

平成26年度～平成29年度(4年間)

実施形態

国からの直執行(次世代再処理ガラス固化技術基盤研究事業)

1. 事業の概要

予算総額

総額4.0億円

		平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度
【除染技術開発(NFI実施分)】		0.33	0.24	0.25	0.36
※ 除染と分離の予算内訳を()で示す	除染	(0.25)	(0.15)	(-)	(-)
	分離	(0.08)	(0.09)	(0.25)	(0.36)
【計測技術開発(JAEA実施分)】		0.28	0.80	1.30	0.42
合計		0.60	1.03	1.55	0.79

実施者

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（計測技術開発）

原子燃料工業株式会社（除染技術開発）

プロジェクト リーダー

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
人形峠環境技術センター環境保全技術開発部長 植地保文

原子燃料工業株式会社
燃料技術部 グループ長 青木豊和

1.1 目的

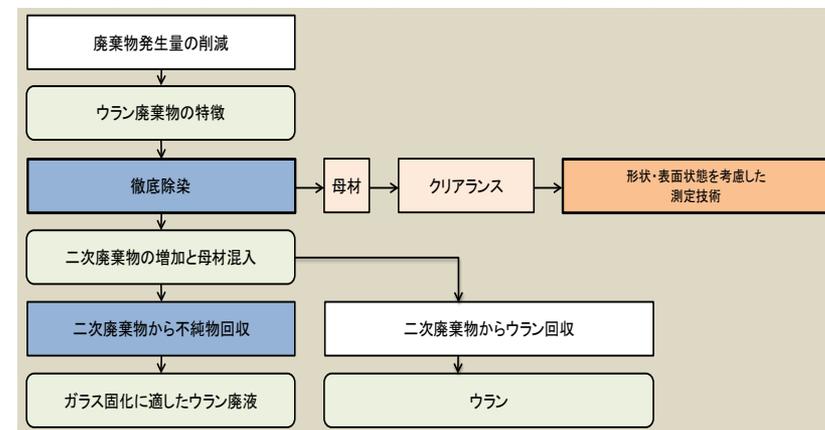
- ・原子力発電所や再処理施設等の操業・廃止時の除染等により発生する低レベル放射性廃液等のガラス固化処理については、諸外国では実用化が進んでいる。我が国としても、低レベル放射性廃液等をより安定に、高含有率でガラス固化する技術の可能性を検討しておくことが重要である。
- ・特に、ウランを取り扱う施設の操業・廃止時に発生する低レベル放射性廃棄物等については、ウランの放射能減衰が期待できないことから、金属等の母材から完全にウランを除去することが重要となる。除染廃液にはウラン等と共にはぎ取られた母材が過剰に含まれることとなり、廃液のガラス固化体の量が不必要に増大するとともに、その安定性にも懸念が生じる。
- ・このため、除染の際に母材の混入量を極力抑え、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。
- ・こうした低レベル放射性廃棄物中のウラン等の処理技術の向上により、ガラス固化体の発生量を減少させることが可能であり、ひいては処分場の面積を縮減でき、将来世代への負担を軽減することが期待される。
- ・本事業では、ウラン等を含む低レベル放射性廃棄物の処理技術について、国内外の文献等の調査、それらを踏まえたウラン等の除染技術の検討、ウラン等を除去した母材に残留しているウラン等の測定技術の開発等を行い、ガラス固化の前処理技術としての基盤を整備する。

＜政策的位置付け＞

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。

1. 2 技術開発の概要(1/2)

- ・ウランを取り扱う施設では、ウラン酸化物、もしくはウランフッ化物の粉体が表面に一様に付着した金属の低レベル放射性廃棄物が多量に発生する。この中で、少量ではあるものの、金属表面の付着物、金属表面の腐食層、機械による浸食層等にウラン化合物が取り込まれている器材が存在する。
- ・ウランは半減期が極めて長く、放射能の減衰が期待できないという特徴があるため、ウラン等を含む金属の低レベル放射性廃棄物の発生量を削減するためには、除染等によりウラン等を母材から除去し、クリアランス後に母材を再利用することが有効な手段の一つとなる。
- ・このため、母材に付着したウラン等を確実にクリアランスレベル(1Bq/g)以下まで除染できることが求められる他、除染性能と合わせて、除染過程で生じる二次廃棄物の発生量及び廃液組成についてもガラス固化への適応性の観点から考慮することが重要となる。
- ・また、プラント機器や設備の更新等により発生した除染及び測定対象となる器材には、平板や大口径の円筒等の単純形状の物ばかりではなく、バルブやフランジ等の複雑な形状をしている物も存在する。
- ・さらに、材質的な特徴としては、プラント機器や配管等の炭素鋼の他、遠心機等の部品であるアルミニウムやステンレス、ウラン燃料の被覆管のジルコニウム合金等の特殊鋼等がある。
- ・以上のことから、器材の形状・材質や表面状態等の特徴を考慮することが重要となる。



ウラン等を含む金属の低レベル放射性廃棄物の処理技術の一般的な考え方

1. 2 技術開発の概要(2/2)

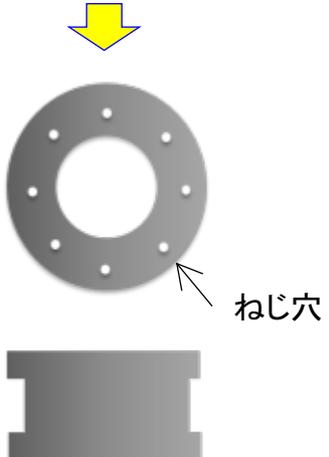
ウランが付着している金属廃棄物の一例



遠心機部品等



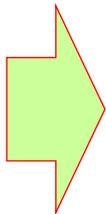
プラント機器・配管等



遠心機部品のイメージ



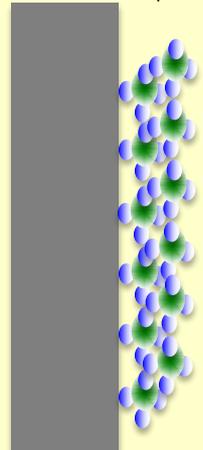
ウラン燃料の被覆管



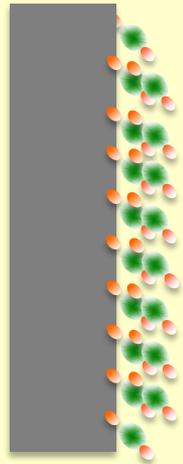
金属表面のウランの付着状態

一般的な表面汚染のイメージ

フッ化物(UF₄等)

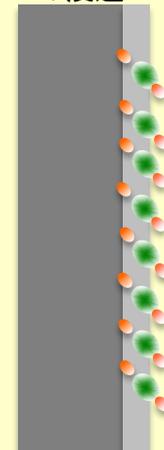


酸化物(UO₂)

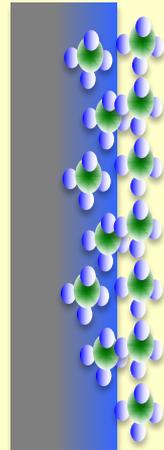


特異な表面汚染のイメージ

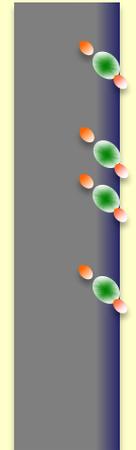
表面付着物への浸透



腐食層への浸透



機械浸食層への浸透



1. 3 課題設定(1/2)

・除染及び測定対象の特徴等を考慮し、以下に示した3点の技術課題を設定して、これらの課題を解決するために必要となる調査・検討等を行う。

(1) 低レベル放射性廃棄物中のウラン等の除去試験等(除染技術開発)

【課題1: 金属からのウラン等の除染技術】

- ・ウラン等を選択的に溶解し、母材の混入を極力避けることが可能な酸浸漬法及びウラン等を効率的に切削することが可能なブラスト法に関する調査・検討等を行う。
- ・また、金属表面のウラン等の付着状態を考慮し、器材の発生場所や保管環境等を踏まえ、金属表面のウラン等による汚染状態を再現した上で、除染技術の適用性を評価する。

【課題2: 除染廃液からの不純物分離技術】

- ・課題1の除染技術についての調査・検討等の結果を踏まえ、除染廃液からの母材及びウラン等の分離・回収技術、並びに除染剤の再利用に適用可能な分離・回収技術について、調査・検討等を行う。
- ・なお、分離・回収技術の開発では、母材、ウラン、除染剤等の回収、再利用により、二次廃棄物の発生量を削減することを考慮する。

(2) 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(計測技術開発)

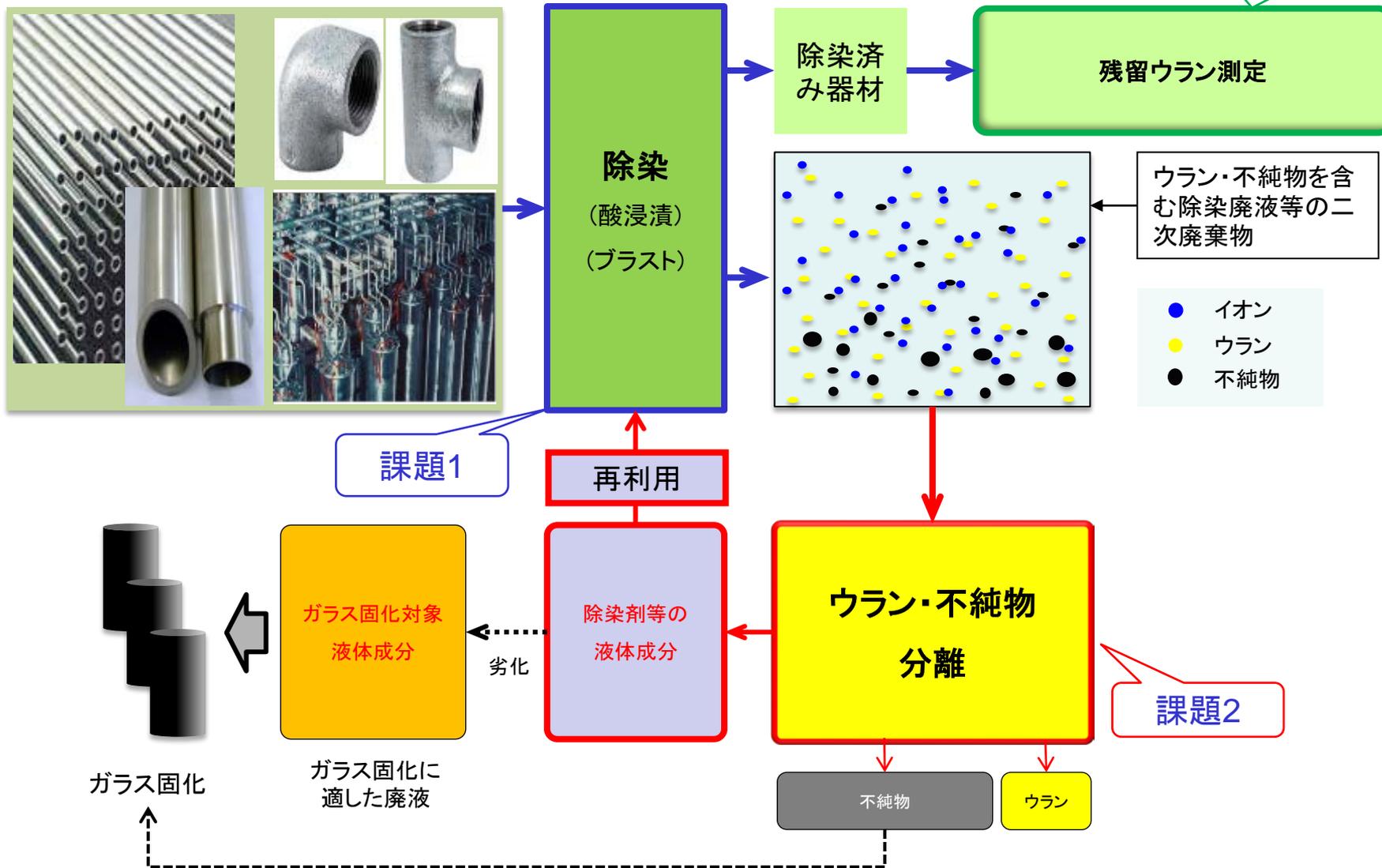
【課題3: 除染済み母材の残留ウラン測定技術】

- ・バルブやフランジ等の複雑な形状の器材に対する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、 α 線が遮蔽されるため、これまでに実用化されている α 線を用いたクリアランス測定の適用が困難と考えられる。
- ・このため、クリアランス対象物全体の約半分を占めている複雑形状の器材の高精度な測定ができなければ、金属の低レベル放射性廃棄物のリサイクルは限定的なものとなる可能性がある。
- ・そこで、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 線による測定手法の技術的な成立性について調査・検討を行う。

1. 3 課題設定(2/2)

技術的な課題の位置づけと、除染フローの関係

課題3



2. 事業アウトカム

事業アウトカム指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
<p>(1)低レベル放射性廃棄物中のウラン等の除去試験等(除染技術開発) 【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ウランの除染・分離技術を開発する。</p> <p>(2)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(計測技術開発) 【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。</p> <p>除染技術開発及び計測技術開発により、2050年頃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>	<p>【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。</p> <p>【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。</p> <p>【除染済み母材の残留ウラン測定技術】 ・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>(平成27年度までの結果)</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】 ・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) ・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γ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>	<p>—</p>

2.1 技術開発フロー(1/2)

(1) 低レベル放射性廃棄物中のウラン等の除去試験等

課題1(金属からのウラン等の除染技術)

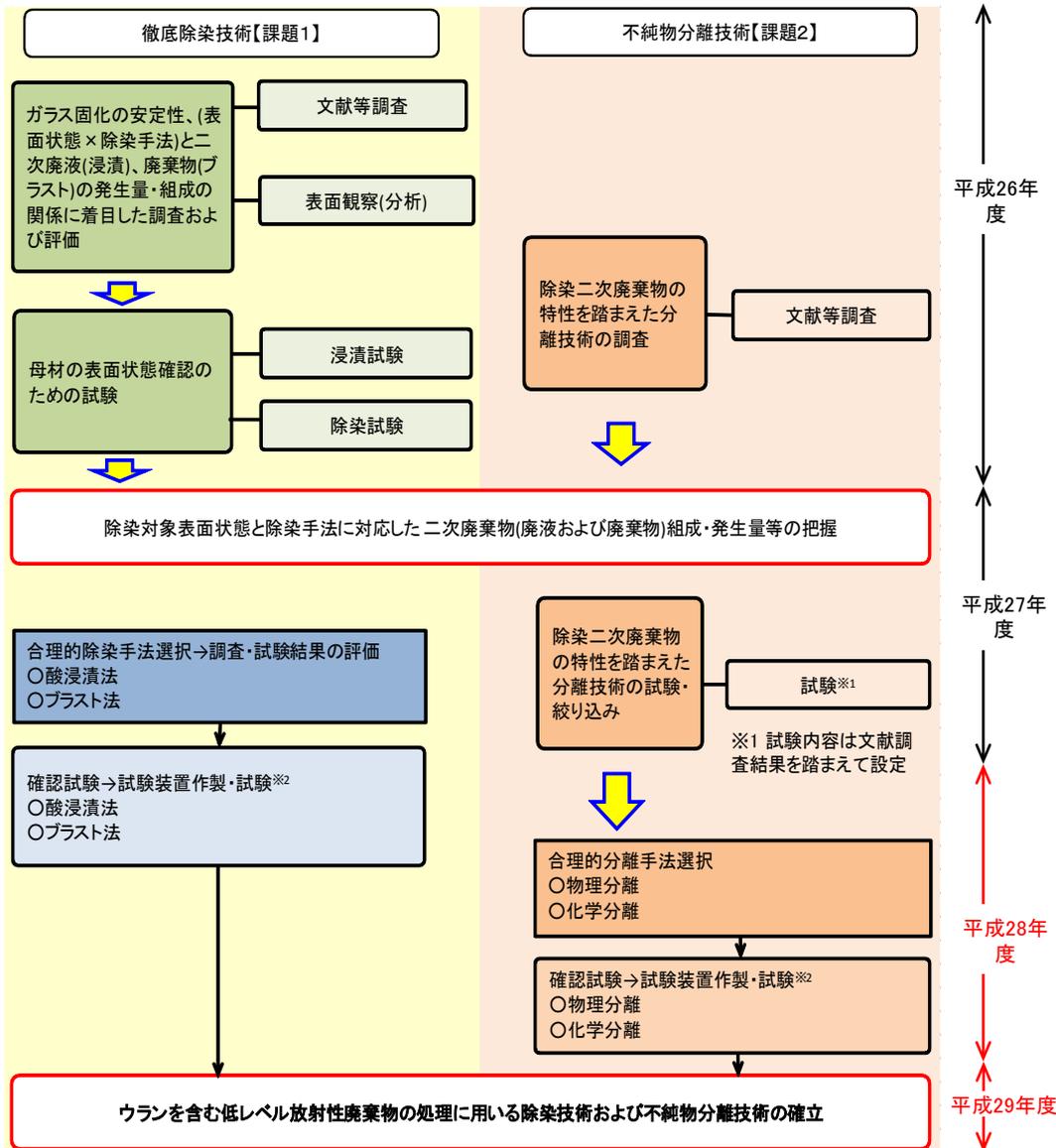
- ・文献調査として、廃止措置や除染技術の分野における論文や技術レポート等から情報収集を行い、体系的に整理する。
- ・さらに試験として、金属表面の付着物の付着状態等を再現した試験片を作製し、酸浸漬法及びブラスト法による除染技術の性能を把握する。
- ・上記の調査・試験で得られた知見を踏まえ、酸浸漬及びブラスト除染における最適除染条件を設定して、金属の表面状態に応じた適切な除染方法の技術的成立性を評価する。

課題2(除染廃液等からの不純物分離技術)

- ・母材及びウラン等の分離・回収技術、並びに除染剤の再利用に適用可能な不純物分離技術に関して、文献・レポート等を調査し、体系的に整理する。
- ・文献調査により絞り込んだ方法に対し、想定される二次廃棄物に対して最適な分離法を選択する。
- ・選定した分離法に対する小規模な確認試験を行い、分離効果を評価する。
- ・平成28年度は物理分離によるブラスト廃液の分離について、実規模スケールの分離試験を行い、分離効果を評価します。また、化学分離については、導入要否の検討を行う。

【除染技術及び分離技術の統合システムの確立】

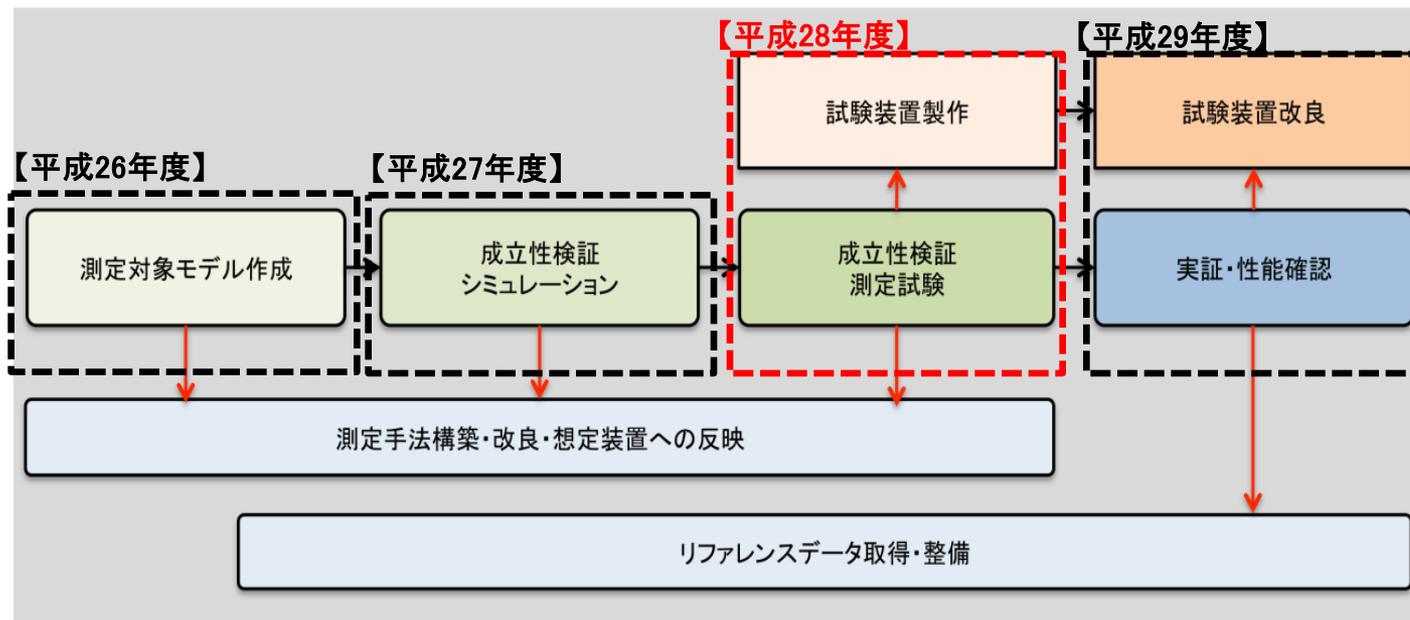
- ・平成29年度は、課題1,2に有効な手法として選択された技術を用いて、除染から分離までを合理的に行う統合システムを製作し、本事業で開発した除染・分離技術の成立性を確認するとともに、除染の事業によって生じる二次廃棄物(機器も含む)の総量を評価する。



※2 確認試験方法については別途検討

(2) 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
 課題3(除染済み母材の残留ウラン測定技術)

- ・酸浸漬法及びブラスト法で除染済みの複雑形状の器材や、発錆した器材を対象とした γ 線測定手法による残留ウラン測定技術では、除染手法の違いによるU-238とPa-234mの平衡状態、器材の複雑形状や発錆等の表面状態の違いによる γ 線の遮蔽効果を考慮する必要がある。
- ・そこで、 γ 線計測装置による測定結果について、測定対象となる除染済みの母材の特徴を踏まえたタイプ別に作成したモデルを用いてシミュレーション解析を行い、 γ 線測定手法の技術的成立性を検証する。
- ・また、 γ 線測定手法の技術的成立性を確認する段階で得られる知見を参考とし、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 γ 線測定装置の設計・製作を行い、酸浸漬法及びブラスト法による除染済み母材の残留ウラン測定技術の実証に向けた γ 線測定手法の性能を確認する。



クリアランス測定技術の実証に向けた γ 線測定手法の技術開発フロー図

3. 事業アウトプット

(1/3)

事業アウトプット指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
<p>(1)低レベル放射性廃棄物中のウラン等の除去試験等(除染技術開発)</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> <ul style="list-style-type: none"> 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。 <p>(2)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(計測技術開発)</p> <p>【除染済み母材の残留ウラン測定技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> 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。 	<p>(事業開始時:平成26年度)</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>【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)</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、ウエットブラスト法の廃液は物理的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> <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>達成</p>

3. 事業アウトプット

(2/3)

事業アウトプット指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
<p>(1)低レベル放射性廃棄物中のウラン等の除去試験等(除染技術開発)</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> <ul style="list-style-type: none"> 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。 <p>(2)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(計測技術開発)</p> <p>【除染済み母材の残留ウラン測定技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> 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。 	<p>(中間評価時:平成27年度)</p> <p>【金属からのウラン等の除染技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> 酸浸漬法及びウェ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>【除染廃液からの不純物分離技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> ウェットブラスト法の模擬溶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>【除染済み母材の残留ウラン測定技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> 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。 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>【金属からのウラン等の除染技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> 除染試験により、酸浸漬法の最適条件及びウェ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>【除染廃液からの不純物分離技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> 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>【除染済み母材の残留ウラン測定技術】</p> <ul style="list-style-type: none"> 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。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。(計画どおり) 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>達成</p>

3. 事業アウトプット

(3/3)

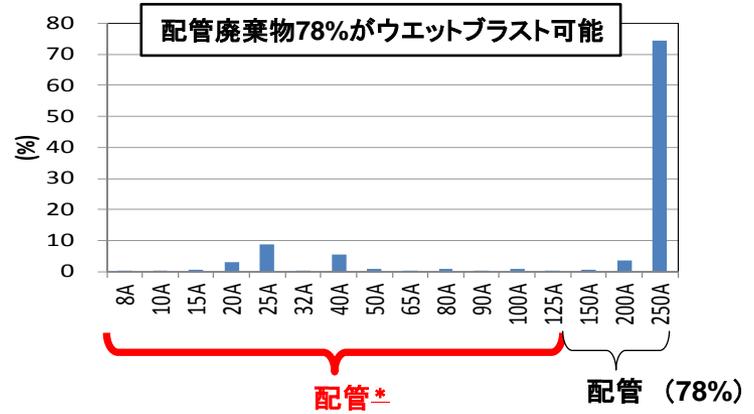
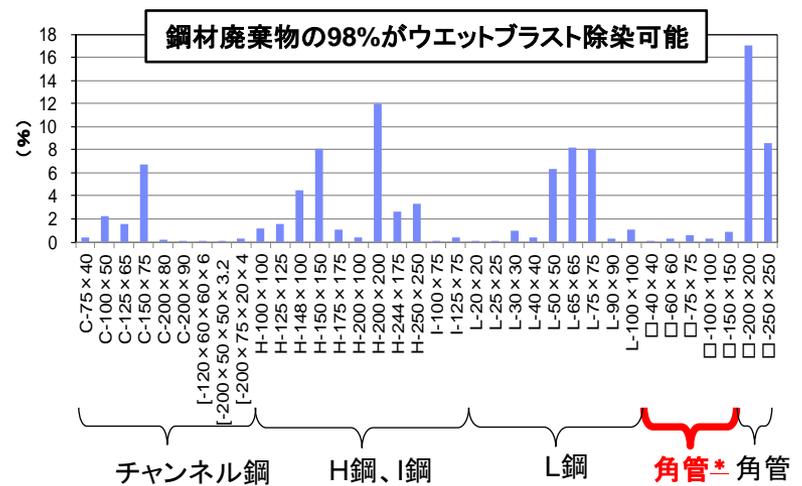
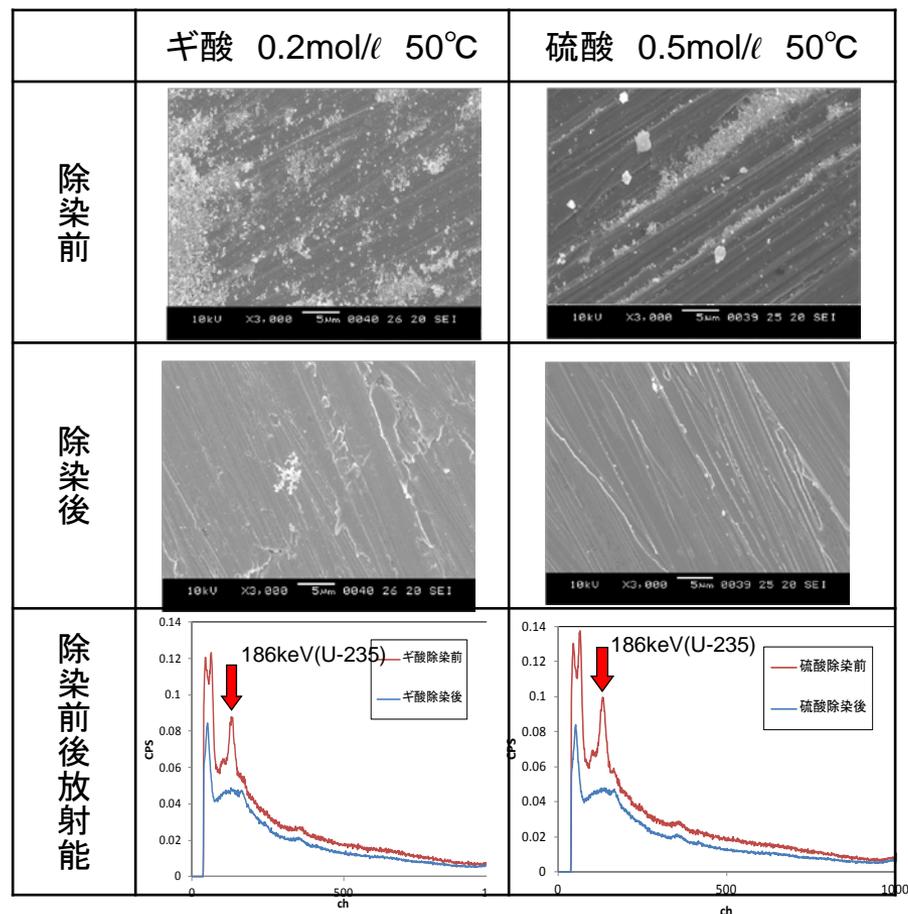
事業アウトプット指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値(計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
<p>(1)低レベル放射性廃棄物中のウラン等の除去試験等(除染技術開発) 【金属からのウラン等の除染技術】 【除染廃液からの不純物分離技術】 ・国内外で取組まれている低レベル放射性廃棄物からのウラン等の除去技術を調査し、物理的・化学的な除染・分離、その適用範囲、その際に発生する二次的な廃棄物の発生量、固化ガラスの安定性への影響に係る技術の特徴を整理する。</p> <p>(2)クリアランスレベルのウラン等の測定技術に係る試験等(計測技術開発) 【除染済み母材の残留ウラン測定技術】 ・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。</p>	<p>(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】 ・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】 ・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】 ・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。 ・ドラム缶型容器の測定装置を製作し、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>	-	-

3. 1 除染技術開発結果の概要

※ ウラン等の除染技術 (1/2)

除染試験により、酸浸漬法及びウェットブラスト法の実用化における最適除染条件を設定した。

- 酸浸漬法: 温度、濃度等について、ギ酸、硫酸による最適条件を設定。SEMによる表面観察及び放射能測定により、クリアランスレベルの除染を確認した。
- ウェットブラスト法: 二次廃棄物発生量と除染レベルの観点から、母材の剥離量に着目し最適条件を設定(ブラスト圧0.2MPa、角度45°)。事業者がクリアランス予定の金属廃棄物のうち、鋼材の98%(配管では78%)が確実に除染可能であることを確認した。



SEM観察、放射能測定の結果、除染後ウランの付着はほとんどないことを確認した。

*: そのままの形状では、ウェットブラスト処理が適用できない管類

3. 1 除染技術開発結果の概要

※ 不純物分離技術

(2/2)

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。

- ウェットブラスト除染廃液中からウラン、その他の不純物を除去し、研磨材を繰り返し利用するため、湿式サイクロンを用いた遠心力分離による分離試験を実施した。
- 水、研磨材、ジルカロイ研削屑、摩耗した研磨材が混合懸濁した廃液の模擬溶液を調製し、粒度分布を測定(図1)。図2に示す試験体系で模擬溶液を連続的に分離し、上側(小粒径側②)と下側(大粒径側③)の出口流体の粒度分布を測定した(図3)。
- 遠心力分離によって、小粒径側②には研磨材が含まれていないことを確認した。
- 一方、大粒径側③には研削屑が一部残留したが、分離パラメータの調整により研削屑の混入が抑制できる見込みである。

なお、ガラス固化は、安定性と減容性が期待できる選択肢であり、ガラス固化体に影響を及ぼす不純物(Fe、Cr、Ni等)について要求スペックを参照することにより影響を評価したところ、実用的な処理能力で金属廃棄物を除染した際にもガラス固化体に与える影響は十分低いと考えられた。

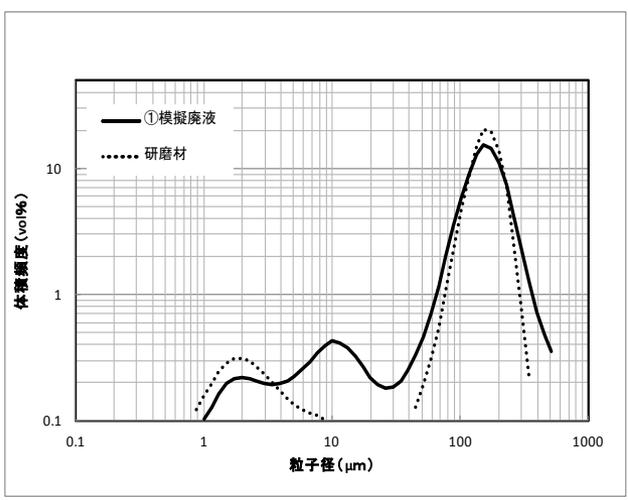


図1 模擬廃液の粒径分布M

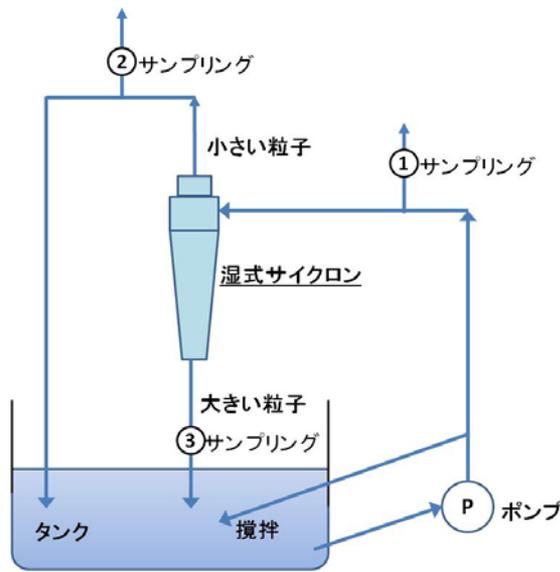


図2 遠心分離小規模試験体系

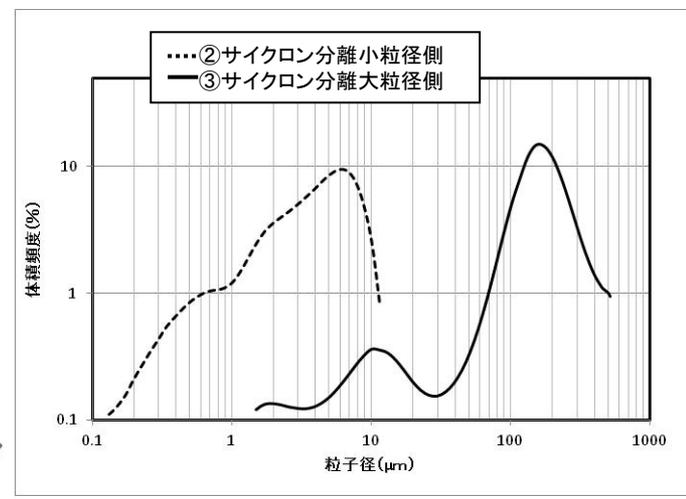


図3 サイクロン出口流体の粒径分布比較

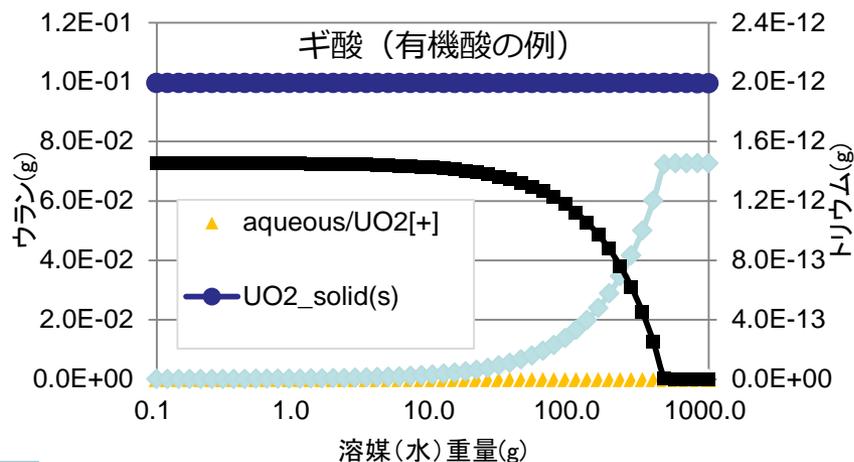
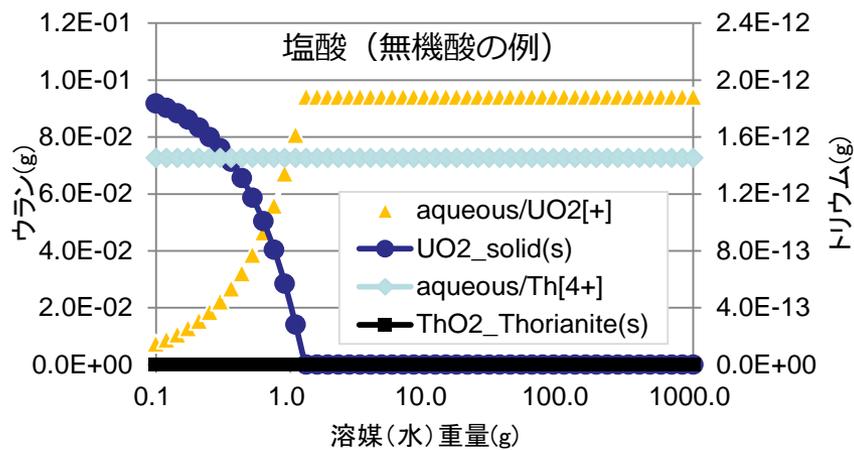
3. 2 計測技術開発結果の概要

(1/2)

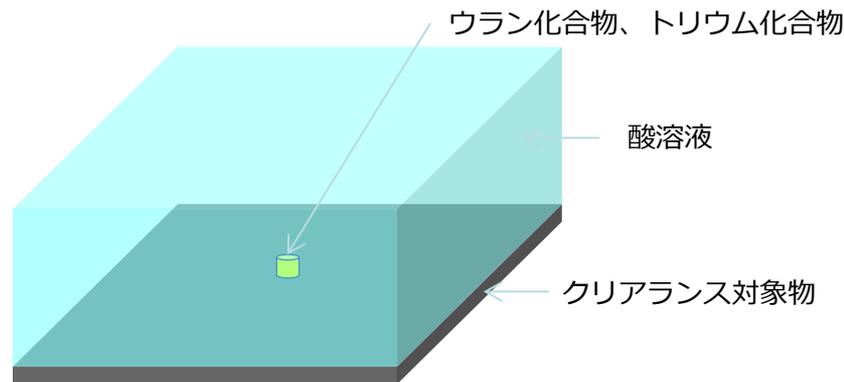
酸浸漬法によるウラン化合物、トリウム化合物の溶解度のシミュレーションによる放射平衡状態に関するデータを取得し、データベース化を検討した。

※ γ 線によるウランの定量では、存在比が最も大きいU-238を対象として、U-238の子孫核種であるプロトアクチニウム(Pa-234m)の γ 線を測定するが、除染方法によっては、母材表面のU-238とPa-234mの残留割合が異なるため、ウランの定量に影響する。

- 酸浸漬法による除染後の母材表面のU-238とPa-234mの残留状況を、無機酸と有機酸に対する溶解度を用いて検討した。(例えば、狭隘部では、溶解に寄与する酸溶液の体積は小さくなると考えられる。)
- 酸溶液の溶媒量を変えて、ウラン化合物とトリウム化合物の溶解度を計算した。



	計算結果	
	UO ₂	ThO ₂
塩酸 (HCl)	溶液重量1~2g程度で溶解	溶解
硫酸 (H ₂ SO ₄)	溶液重量1~2g程度で溶解	不溶 (Th(SO ₄) ₂ で沈殿)
硝酸 (HNO ₃)	溶液重量1~2g程度で溶解	溶解
ギ酸 (HCOOH)	不溶	溶液重量500g程度で溶解
酢酸 (CH ₃ COOH)	不溶	不溶



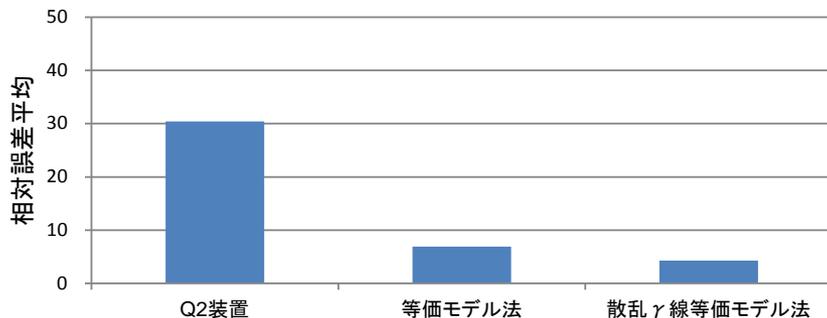
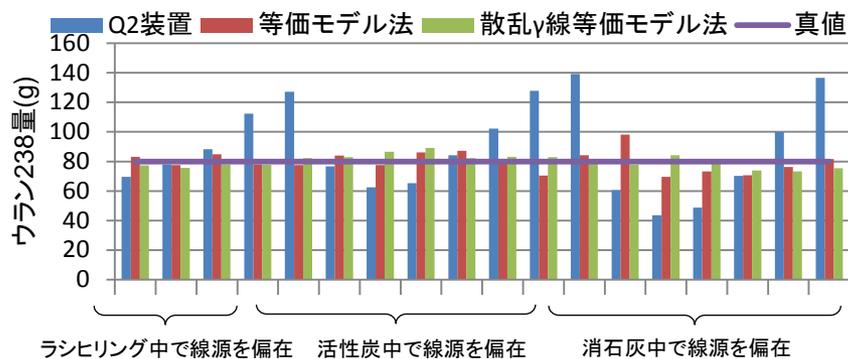
3. 2 計測技術開発結果の概要

(2/2)

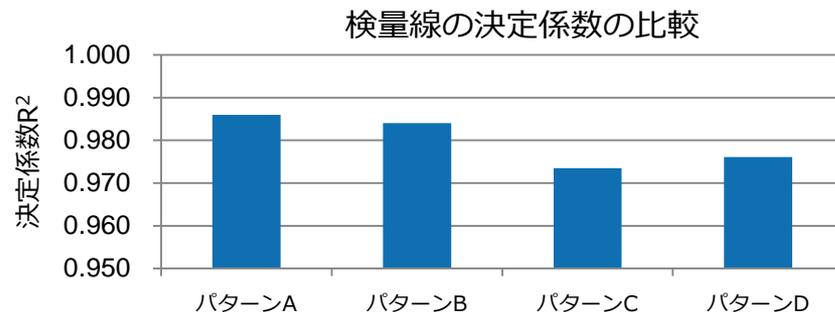
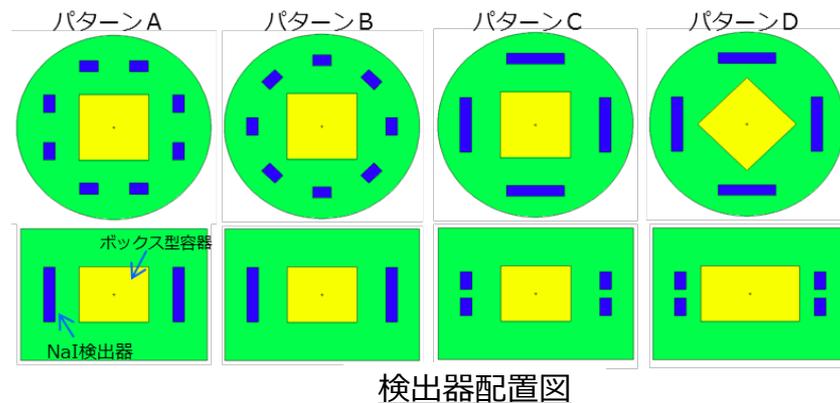
シミュレーション及び模擬コンテナ等を用いた測定試験により、散乱 γ 線等価モデル法適用の妥当性を確認した。各施設でのバックグラウンド測定データや既存のドラム缶測定装置の測定データから遮へい体の厚さ、検出器の台数等を設定した。これらの結果をもとに、クリアランス測定装置の仕様を決定し、概念設計を終了した。

- 散乱 γ 線等価モデル法適用の確認では、等価モデル法を拡張し、散乱 γ 線を含む2つのエネルギー範囲の γ 線計数率を用いて、線源位置の偏り等を評価した。線源の偏り等を補正して放射能の定量を行った。(クリアランス測定対象物は、766keV、1001keVのピークが小さいため、散乱 γ 線を使用できるように改良)
- 加工メーカーの解体物量等や環境調査結果等を踏まえ、遮へい体の厚さや検出器の配置、形状、台数を検討し、かさ密度1.0g/cm³程度の測定対象について、放射能濃度0.1Bq/g (NU)の測定を30～60分以内で実現する測定装置を、クリアランス測定対象物の多様な収納形状等にも対応しながら概念設計した。

実測データによる検討例



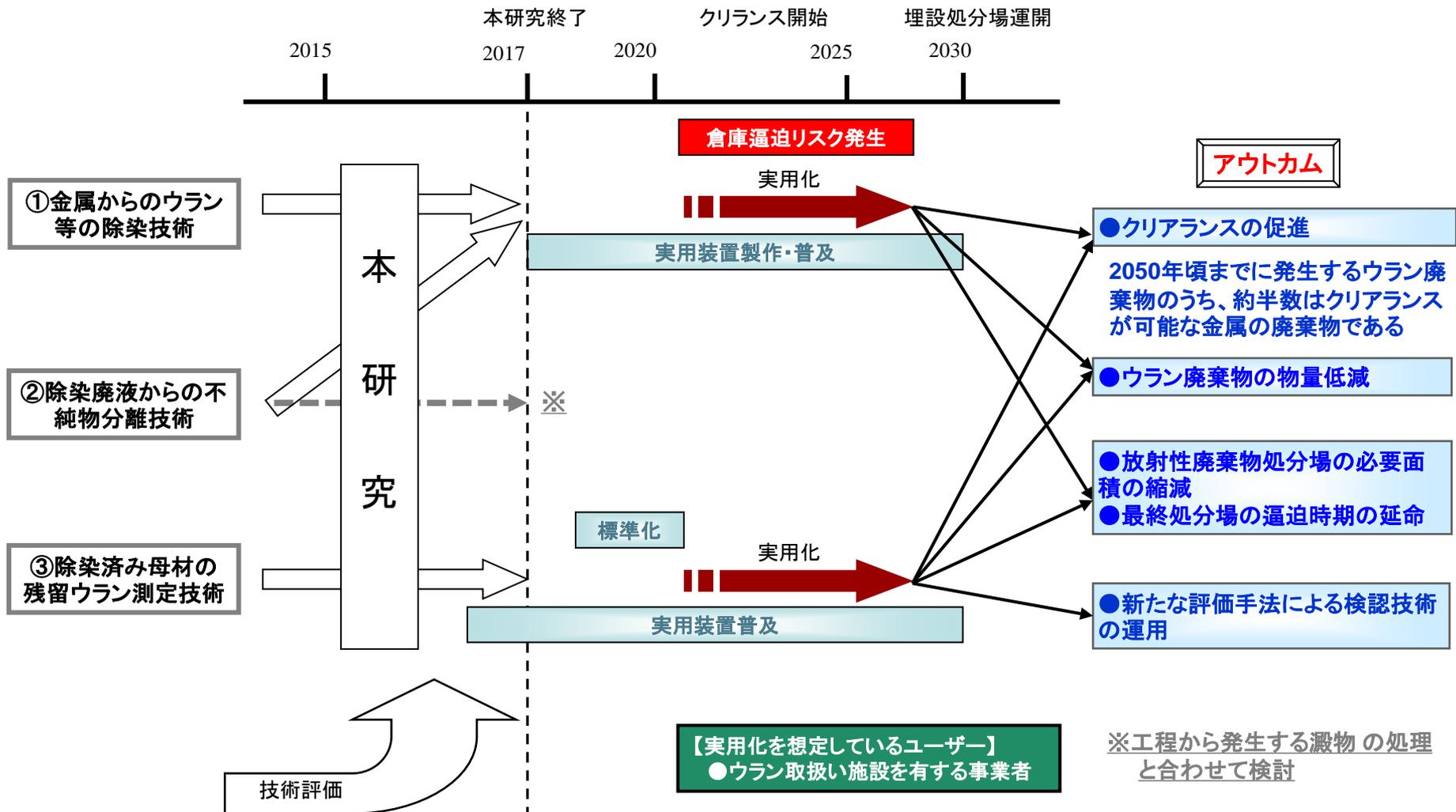
シミュレーションによる検討例



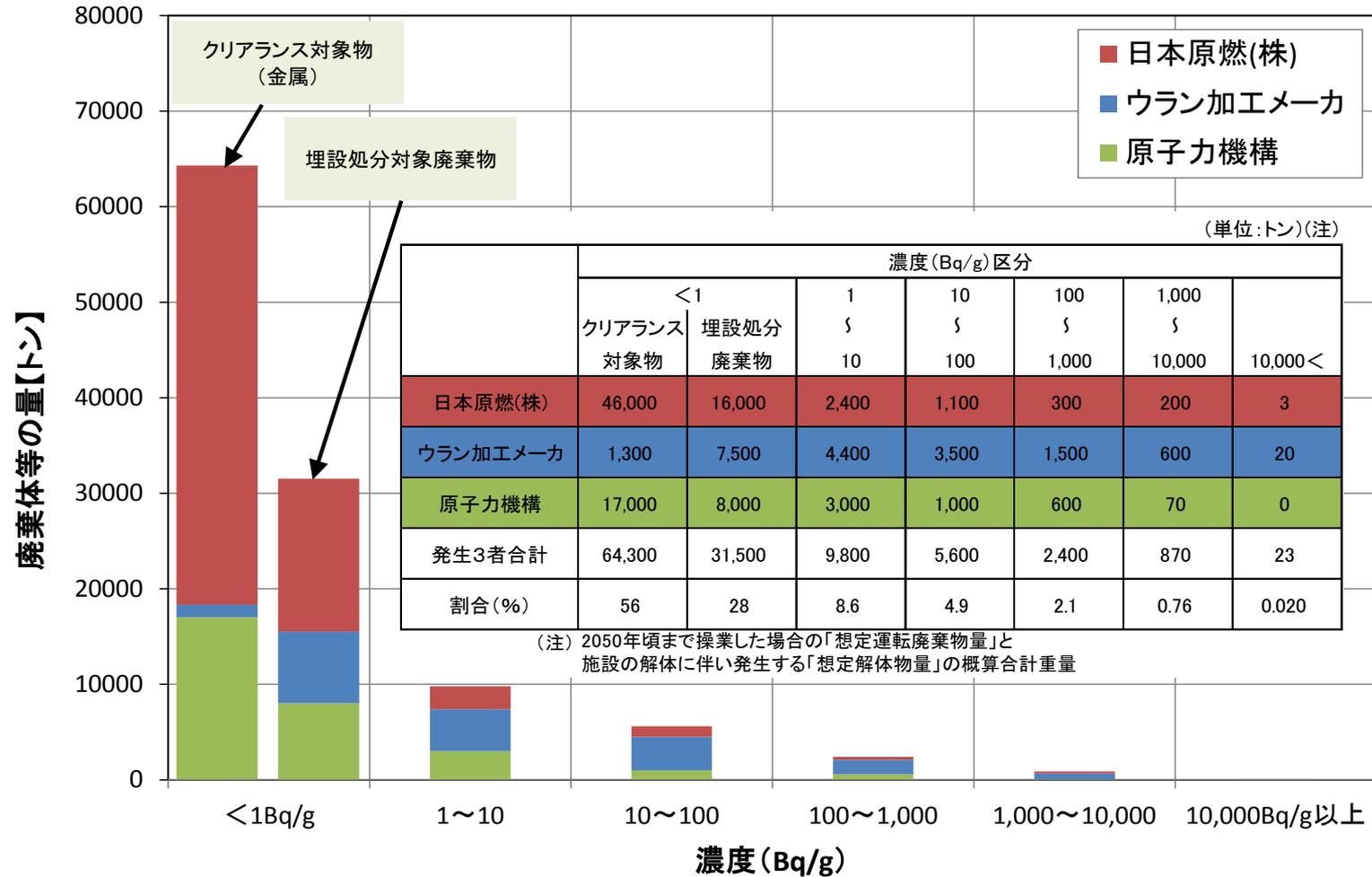
4. 当省(国)が実施することの必要性

- 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。

5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ



5.1 廃棄物等の発生量



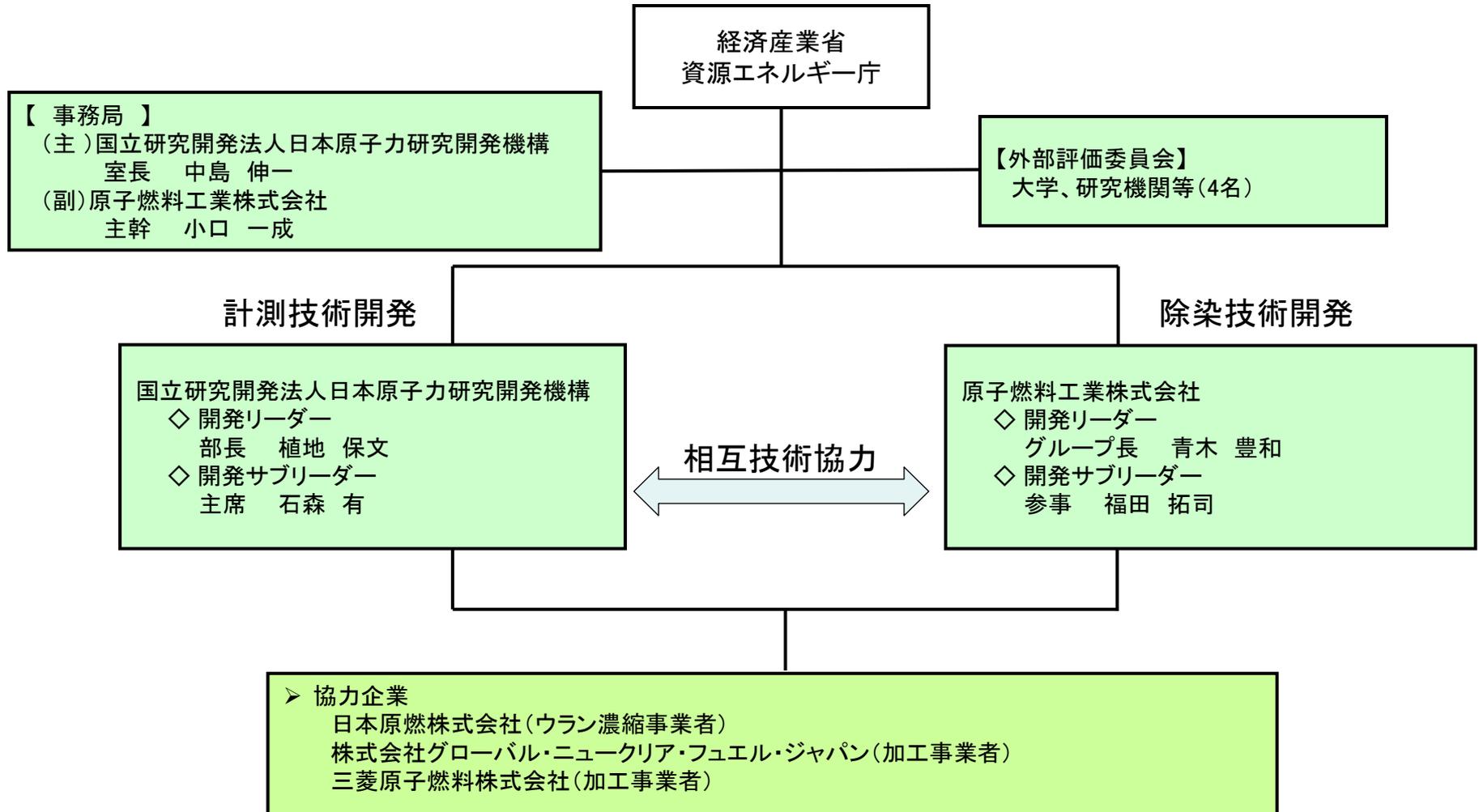
2050年頃までの廃棄物等の発生量

※出典元：一般社団法人日本原子力学会「東京電力福島第一原子力発電所事故以降の低レベル放射性廃棄物処理処分の在り方」特別専門委員会「低レベル放射性廃棄物処分におけるウランの扱いについて－浅地中トレンチ処分に係る規制への提言－平成26年度報告書」

6. 研究開発の実施・マネジメント体制等

【業務実施体制、役割分担】

- ・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社体制で除染技術と計測技術を開発する。
- ・また、研究協力機関として事業に密接に関連するウラン濃縮・加工事業者の協力を得る。



7. 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

○国内のウラン取り扱い事業者は、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。