

放射性廃棄物の減容化に向けた
ガラス固化技術の基盤研究事業
(使用済M O X燃料処理技術の基盤整備)
(中間評価)
評価用資料

2024年2月22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

事業名	使用済MOX燃料処理技術の基盤整備 【上位事業：放射性廃棄物の減容化に向けたガラス固化技術の基盤研究事業】				
事業期間	2021年～2031年 評価時期：中間（2023, 2026, 2029年）、終了時（2032年）				
予算額	2021年度 （執行額）	2022年度 （執行額）	2023年度 （契約額）	全期間の 執行総額*	全期間の 事業総額
	2.5億円	2.9億円	4.4億円	9.8億円	47億円
実施体制	METI → 実施者（委託）				
事業目的	<ul style="list-style-type: none"> 2020年1月以降、国内の原子力発電所から約42トン(2023年9月末時点)の使用済MOX燃料が取り出されており、今後、プルサーマル炉1基当たり年間約5トン程度が継続的に発生する見込みとなっている。使用済MOX燃料は従来の使用済ウラン燃料と比較してプルトニウム含有率が高く、硝酸溶解性が低い等、使用済MOX燃料に特有の課題を有することから、これらを再処理するための技術基盤の整備は喫緊の課題となっている。 本事業ではこれらの課題の解決に向けて、使用済MOX燃料を再処理するために必要な各種技術開発を実施し、わが国における使用済MOX燃料の再処理技術の確立に向けた基盤整備を行う。 				

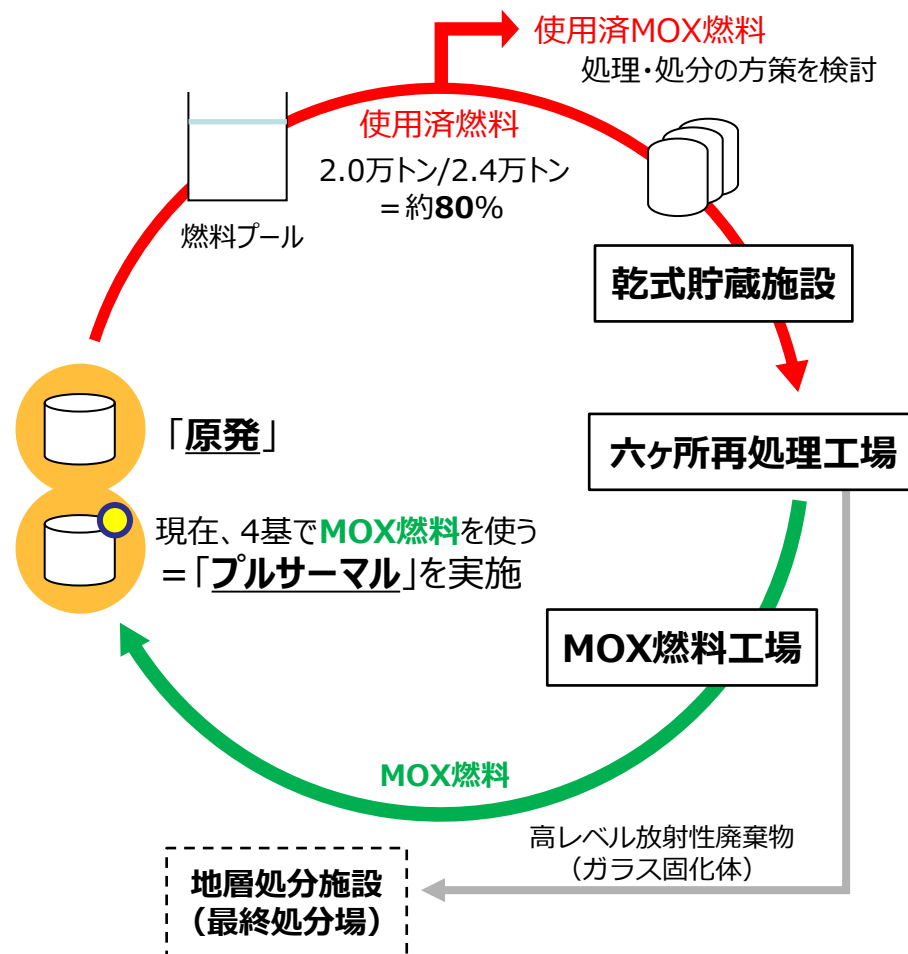
*2023年度分は執行見込額（契約額）を用いて算出

評価項目 1. 意義・アウトカム(社会実装)達成までの道筋

<第6次エネルギー基本計画（抜粋）>

● 我が国は、資源の有効利用、高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減等の観点から、使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム等を有効利用する核燃料サイクルの推進を基本の方針としている。

- 使用済燃料の中から、再処理によりウランやプルトニウムを取り出し、「MOX燃料」に加工して、もう一度発電に利用する「核燃料サイクル」には資源の有効利用、高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減といったメリット。
- 使用済燃料を再処理し、回収されたプルトニウムを含むMOX燃料を軽水炉で使用する「プルサーマル」は、関西電力の高浜発電所などの計4基で実施。
- 核燃料サイクル推進のためには、このようなMOX燃料を使う原子力発電所を増やしていく必要があり、電力11社は、2020年12月に「新たなプルサーマル計画」を策定し、「2030年度までに少なくとも12基で実施する」ことを掲げている。



<第6次エネルギー基本計画（抜粋）>

- **使用済燃料**については、既に発生したものを含め、長期にわたって安全に管理しつつ、**適切に処理・処分を進める必要があること**、**長期的なリスク低減**のため、その**減容化・有害度低減が重要**であること等を十分に考慮して対応を進める必要がある。
 - **使用済MOX燃料の処理・処分**の方策については、使用済MOX燃料の発生状況とその保管状況、再処理技術の動向、関係自治体の意向などを踏まえながら、引き続き**2030年代後半の技術確立**を目途に研究開発に取り組みつつ、検討を進める。
-
- MOX燃料を使い終わった後で発生する「使用済MOX燃料」の中にもウラン、プルトニウムが含まれており、そこから再びウラン、プルトニウムを取り出すことが可能。
 - 国内においては、茨城県東海村にあった国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（JAEA）の再処理工場で使用済MOX燃料の再処理が試験的に実施されており、海外においてもフランス、ドイツ、ロシアおよびイギリスで、使用済MOX燃料の再処理をおこなった実績がある。
 - しかしながら、国内で使用済MOX燃料の再処理実証は行われておらず、本事業により使用済MOX燃料の処理技術の基盤整備を実施することで、今後も継続的に商用原子炉から発生する使用済MOX燃料を適切に処理・処分するための道筋をつけることが重要となる。

- 2020年以降、42トン（2023年9月末時点）の使用済MOX燃料が商用原子炉より取り出されており、今後も年間5トン程度取り出される見込み。
- 2023年5月3日に当省大臣が仏国・エネルギー移行大臣と会談し、原子力分野の日仏協力に関する共同声明に署名。共同声明において、「使用済MOX燃料の再処理を見通すための研究を続ける」ことが明記された。
- 民間においては、関西電力が「国内の原子力発電所で発生した使用済MOX燃料を2020年代後半に仏国に搬出し、2030年代初頭に仏国の商業用再処理プラントで再処理することにより、知見獲得等を目指す」こととしている^[1]。
具体的には以下を目的として実施。
 - ①再処理プロセスを通じて、使用済MOX燃料の再処理実用化に向けた必要な技術的知見の獲得
 - ②国内の原子力発電所で使用しているMOX燃料が、商業用プラントで再処理可能であることの実証
- 日仏協力を進めるため、また、仏国での使用済MOX燃料再処理実証研究で得られた成果を国内での使用済MOX燃料の再処理に最大限活用することができるよう、本事業において再処理の基盤技術に係る知見を蓄積することが不可欠。

[1] 関西電力HP「使用済MOX燃料再処理実証研究に伴う 当社の使用済燃料の搬出等に係る福井県への報告について」
(https://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2023/pdf/20230612_1j.pdf)

放射性廃棄物の減容化に向けたガラス固化技術の基盤研究事業

中間評価対象事業

使用済MOX燃料処理技術の基盤整備

実施者：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

課題①：使用済MOX処理シナリオ評価

課題②：安全設計、再処理各工程・設備への影響評価

課題③：使用済MOX燃料の溶解挙動評価

課題④：不溶解残渣中のプルトニウム回収技術の開発

ガラス固化技術の基盤整備

実施者：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

ウラン分離技術の開発

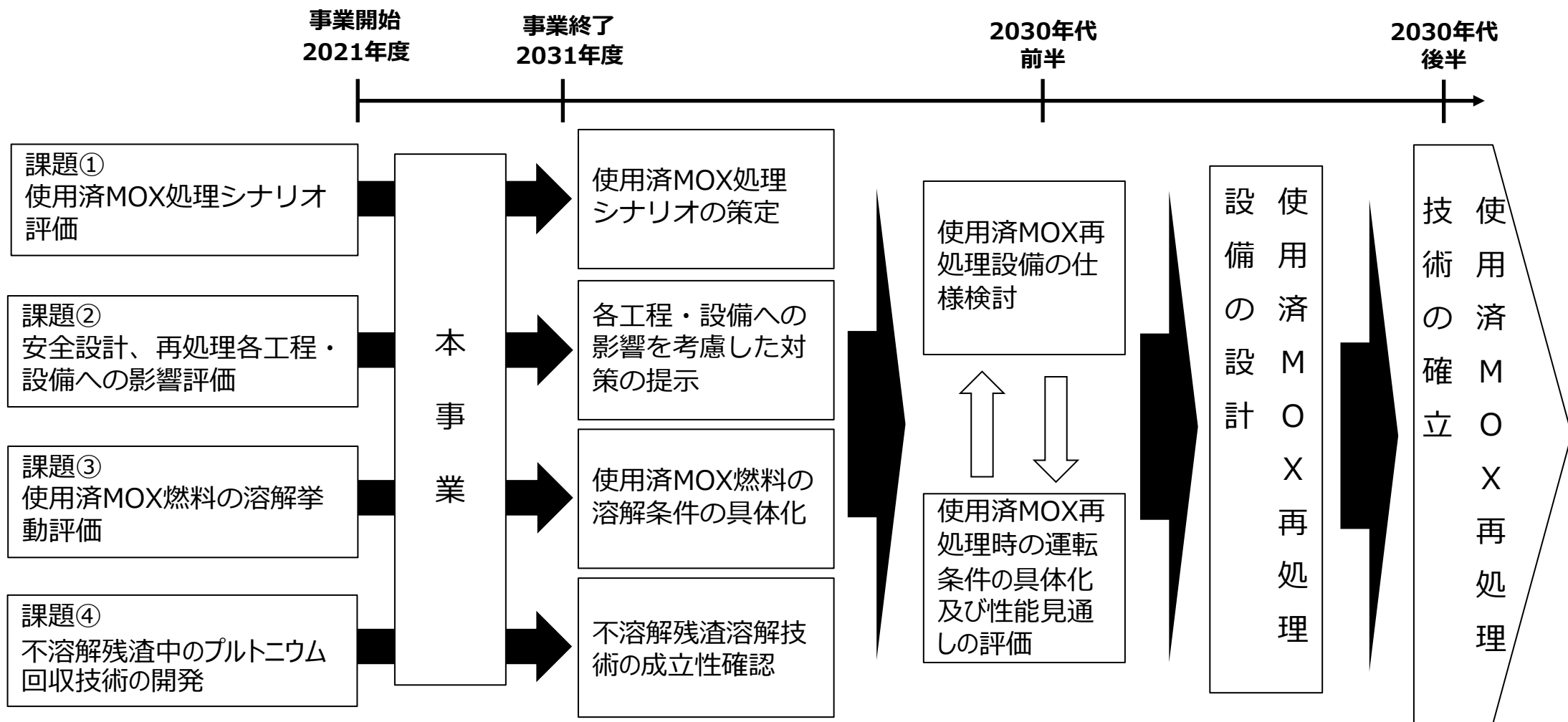
実施者：一般社団法人新金属協会

ウラン回収技術の開発

実施者：国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

1-2. アウトカム達成までの道筋（ロードマップ）

- 本事業の当初計画においては、事業期間を2021～2024年度としていたが、昨今の外的環境の変化を踏まえて計画を見直し、事業期間を2021～2031年度に変更する。



- 本事業の受託者におけるオープン・クローズ戦略は以下のとおり。なお、本事業は日本版バイ・ドール制度（産業技術力強化法第17条）に基づき、知財の帰属先は受託者となっている。
- 本事業の研究開発成果として得られた発明等については、次のとおり区分し、公開又は保護を行うことを基本方針とする。なお、知財運営委員会の承認が得られた研究開発データのうち、自主管理データについては、広範な利活用を促進するよう努める。

【研究開発成果として得られた発明等を秘匿化する領域】

- 権利化前の発明等、公表前の研究発表に係るデータとする。なお、権利化前の発明等、公表前の研究発表に係るデータ以外にあって、法人又は個人の正当な権利又は利益を害するおそれがある情報、並びに核不拡散等の国等が行う事務又は事業を害するおそれのある情報については、これを秘匿する。

【特許権等により権利化する領域】

- 本事業では、プロジェクト参加者において発明等が生じた段階で、知財合意書に基づき知財運営委員会において特許権等により権利化する領域を定義する。

【論文等により公表する領域】

- 本事業では、委託業務成果報告書により委託者に報告した研究開発成果について公表する。なお、報告前の研究成果の公表にあたっては、知財合意書第5条に基づき、知財運営委員会の事前の承認を得るか、又は事前の報告を行う。

- 使用済MOXの再処理については、各国の政策により対応が異なることから国際標準として整備することは困難であるが、本事業で整備する技術基盤により国内での使用済MOX再処理の標準整備に資する。
- また、本事業において得られた科学的な知見等は将来的な使用済MOXの再処理実用化にあたっての規制対応等に資することが想定されるため、適宜、論文投稿等により公開する。

評価項目 2. 目標及び達成見込み

アウトカム指標		アウトカム目標	達成見込み
短期目標 2030年代 前半	使用済MOX燃料の再処理方法の具体化	<ul style="list-style-type: none"> 使用済MOX燃料再処理設備の検討 使用済MOX燃料再処理運転条件の具体化 	<p>—</p> <p>(現在は予測不可能であるが、達成に向けて取組を継続する。)</p>
長期目標 2030年代 後半	使用済MOX燃料の処理方策の策定	使用済MOX燃料の再処理技術の確立	<p>—</p> <p>(現在は予測不可能であるが、達成に向けて取組を継続する。)</p>
<p>(設定理由・根拠)</p> <ul style="list-style-type: none"> 使用済MOX燃料を再処理するには、現行の使用済ウラン燃料の再処理工程と比較して追加的な対応が必要となることが想定されることから、それを考慮した設備を検討する必要がある。また、使用済ウラン燃料と化学的性状が異なる使用済MOX燃料の溶解条件を元に再処理の運転条件を具体化する。 本事業で整備した基盤技術を用いて使用済MOX燃料の再処理技術の確立することで、使用済MOX燃料の処理方策の策定を目指す。 <p>(計測方法)</p> <ul style="list-style-type: none"> 技術進捗状況について、外部有識者の確認、評価を受ける。 			

費用対効果
<ul style="list-style-type: none"> 本事業に要する国費総額は約47億円を見込んでいる。 使用済MOX燃料の再処理は核燃料サイクルを推進するにあたり解決しなければならない課題であり、原子力発電を継続的に進めていくために必須となる技術開発であることから投入予算約47億円という費用に対する効果は十分に大きいものと考えられる。

2-2-1. アウトプット目標及び達成見込み

課題①：使用済MOX処理シナリオ評価

課題②：安全設計、再処理各工程・設備への影響評価

アウトプット指標		アウトプット目標	達成見込み
中間目標 2023年 度	使用済MOX燃料の処理条件を検討し、処理シナリオの成立性に関する見通しを得る。	使用済MOX燃料処理シナリオの成立性の見通し	今年度事業において順調に進捗しており、今年度中に達成の見込み
	安全設計、再処理各工程・設備における課題の洗い出し及び対策案を検討する。	再処理各工程・設備における課題の洗い出し及び対策案の整理（せん断、溶解、ガラス固化など）	今年度事業において順調に進捗しており、今年度中に達成の見込み
最終目標 2031年 度	使用済MOX燃料処理シナリオを確立する。	MOX燃料溶解条件を踏まえた使用済MOX燃料処理シナリオの確立	研究開発計画に基づき順調に進捗しており、引き続き計画通り進めることで達成できる見込み
	安全設計、再処理各工程・設備への影響を考慮した対策を検討する。	再処理各工程・設備への影響を考慮した対策の提示	研究開発計画に基づき順調に進捗しており、引き続き計画通り進めることで達成できる見込み

(目標の設定理由・根拠)

- 本事業では、使用済MOX燃料の再処理技術の確立に向けた基盤整備を目的としているため、各段階で想定される当該基盤技術の検討状況を踏まえて目標を設定する。

(計測方法)

- 技術進捗状況について、外部有識者の確認、評価を受ける。

2-2-1. アウトプット目標及び達成見込み

課題③：使用済MOX燃料の溶解挙動評価

課題④：不溶解残渣中のプルトニウム回収技術の開発

アウトプット指標		アウトプット目標	達成見込み
中間目標 2023年 度	MOX燃料の溶解性に影響する因子をパラメータに、未照射MOX燃料を利用して硝酸溶解性を評価し、MOX燃料の溶解性に与える溶解条件の影響を評価する。	未照射MOX燃料の硝酸溶解性に与える溶解条件の影響整理	今年度事業において順調に進捗しており、今年度中に達成の見込み
	不溶解残渣に同伴するPuを溶解回収する技術を調査の上、コールド試験により性能見通しを得る。	不溶解残渣中のPuを溶解可能な候補技術の選定と性能見通し	今年度事業において順調に進捗しており、今年度中に達成の見込み
最終目標 2031年 度	未照射MOX燃料を利用した溶解試験により、溶解条件の最適化を行った上で、実環境を想定した溶解性能の検証（不溶解残渣側の評価を含む）を行う。	使用済MOX燃料溶解条件の具体化と溶解性能のとりまとめ	研究開発計画に基づき順調に進捗しており、引き続き計画通り進めることで達成できる見込み
<p>(目標の設定理由・根拠)</p> <ul style="list-style-type: none"> 本事業では、使用済MOX燃料の溶解条件案の具体化と残渣に残るPuの溶解技術の成立性を確認することが目的であることをふまえ、目標を設定した。 <p>(計測方法)</p> <ul style="list-style-type: none"> 技術進捗状況について、外部有識者の確認、評価を受ける。 			

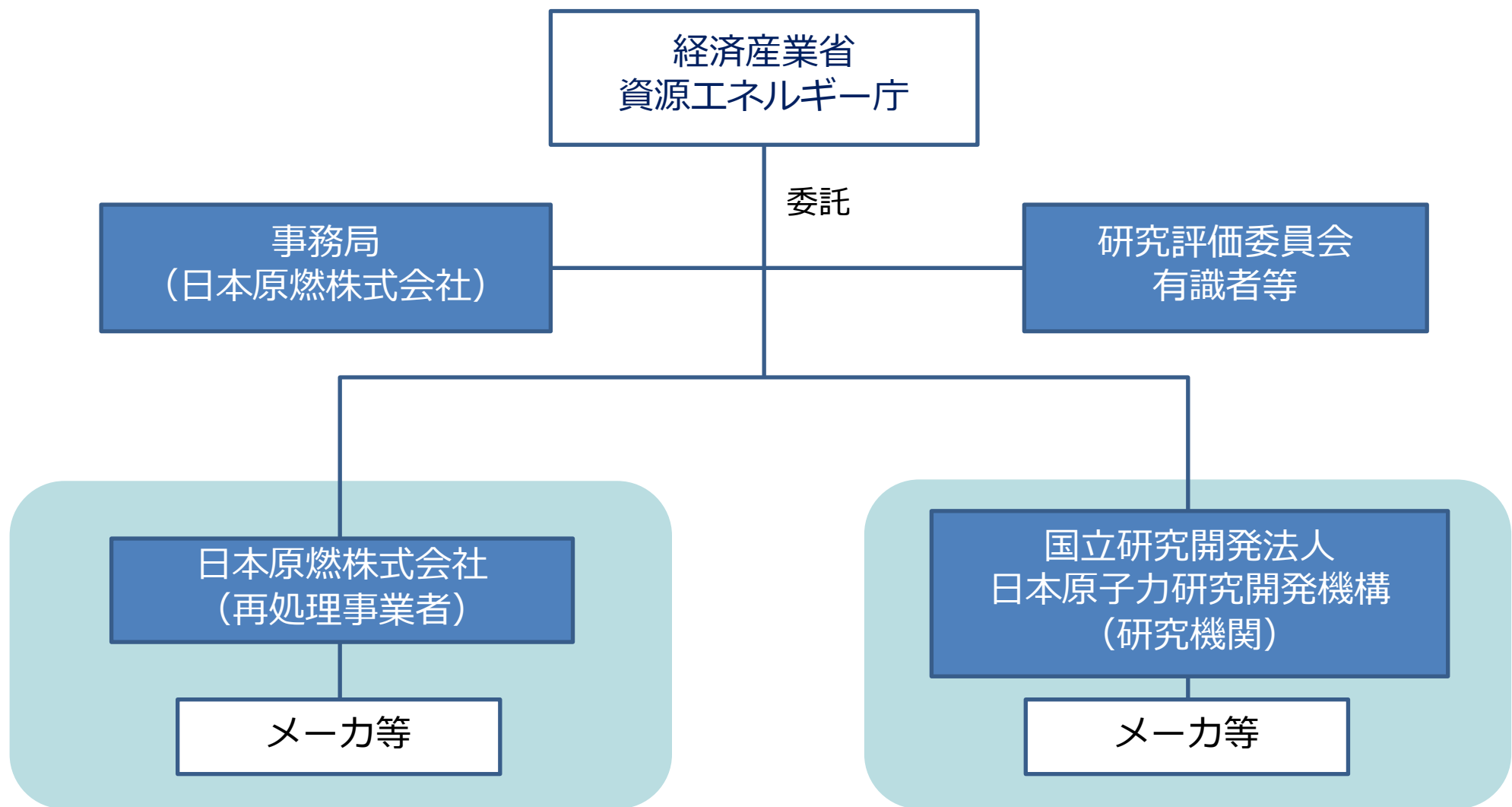
- 本事業で整備される使用済MOX燃料処理技術等は開発途中のものであり、現時点の開発成果によってもたらされる副次的成果・波及効果で評価できるものは存在していない。

2-2-3. 特許出願、論文発表等

年度	論文数	発表	国内特許出願	国外特許出願	PCT出願
2021年度	-	-	-	-	-
2022年度	-	-	-	-	-
2023年度	-	2件	-	-	-

- 本事業は2021年度に開始したものであり、徐々に発表できる成果が蓄積してきたことから今年度2件の学会発表を実施している。今後也得られた成果を適宜、外部発表に努めることとする。

評価項目 3. マネジメント



(1) 使用済燃料の処理に係るシナリオ評価
及び各工程への影響評価

(2) 使用済MOX燃料の溶解挙動評価及び
不溶解残渣中のプルトニウム回収技術の開発

■2021年度

○企画競争

【周知方法】 資源エネルギー庁ホームページ及びe-Rad（公募期間1ヶ月）

【応募資格】 日本に拠点を有していること

本事業を的確に遂行する組織、人員等を有していること

本事業を円滑に遂行するために必要な経営基盤を有し、かつ、資金等について十分な管理能力を有していること 等

【採択審査の体制】 第三者の有識者からなる審査委員4名により審査し、必要に応じヒアリング等を実施

【審査項目】 提案内容が当方の要求に合致しているか

事業の実施方法、実施スケジュールが現実的か

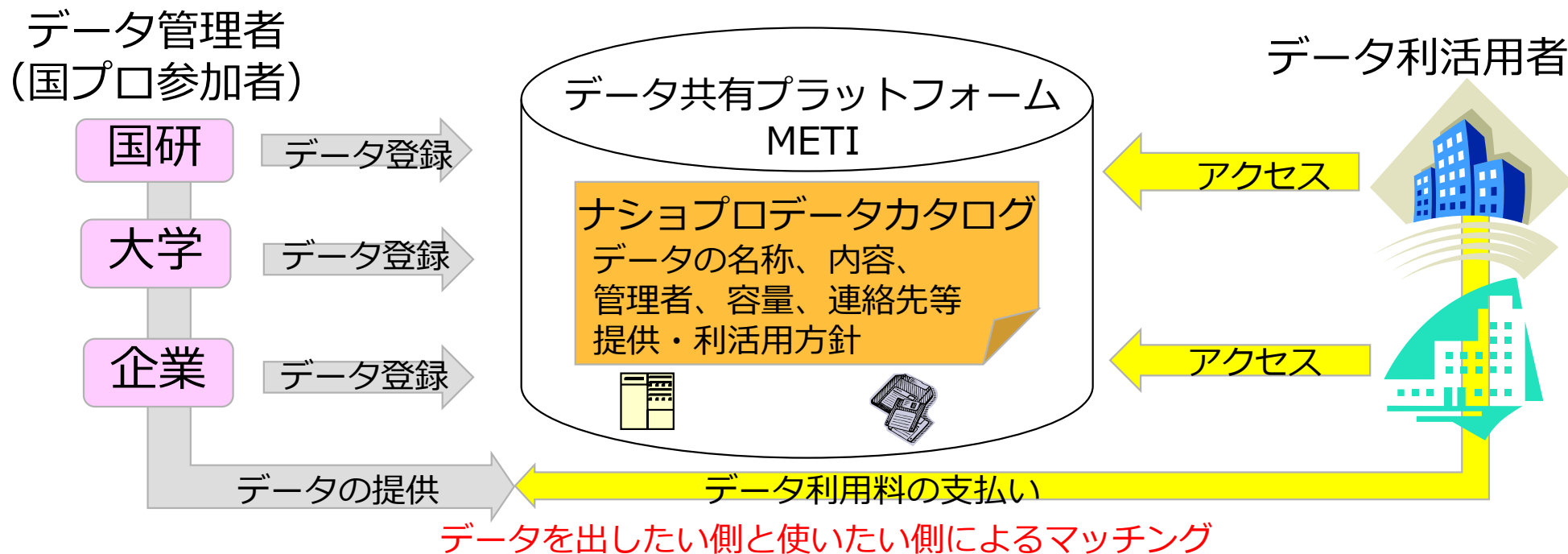
実施方法等について成果を高めるための効果的な工夫が見られるか 等

【採択通知】 事業者名、法人番号を資源エネルギー庁ホームページで公表

■2022年度～

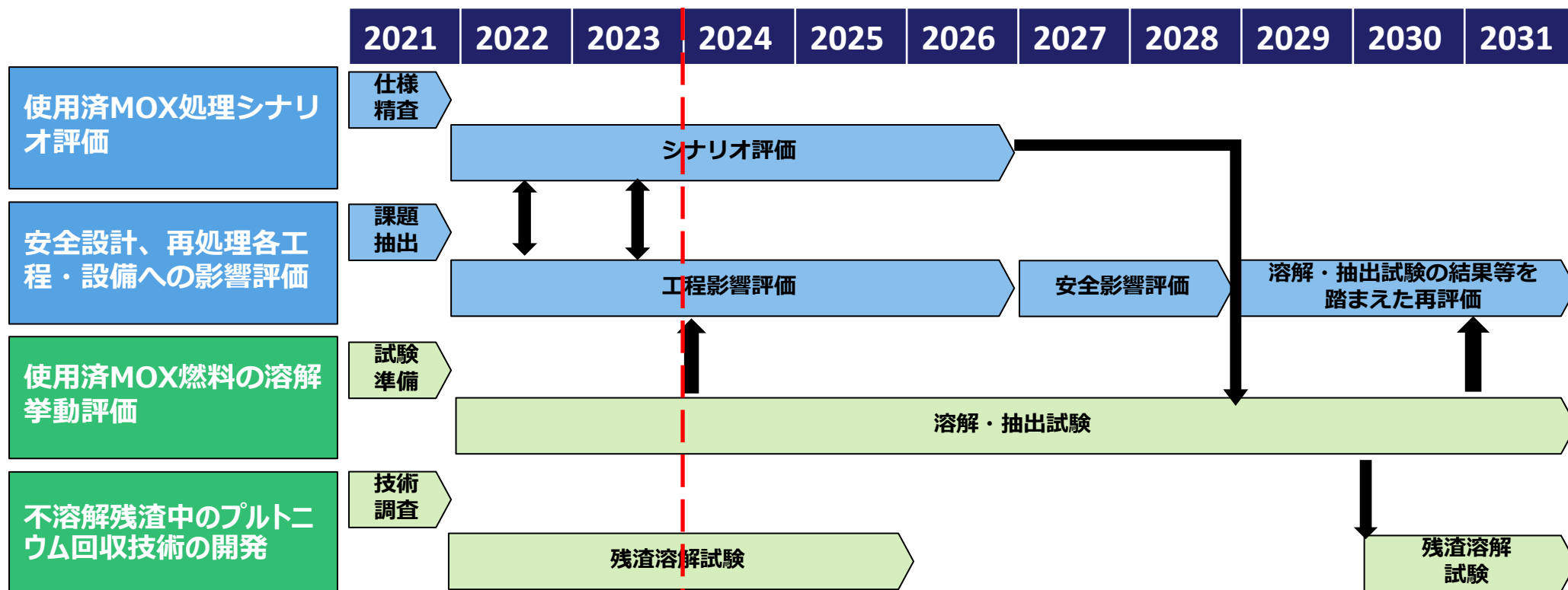
※2021年度の実施体制を引き継ぐため、新規公募は行わず、第三者委員会による継続審査を実施

- 得られた研究開発データは各事業者がそれぞれ管理する。
- 研究開発データは1-3-1に示したオープン・クローズ戦略に沿って適切に管理しており、再委託先を含む事業者間でも機密保持等の規則を取り決めている。



- 本事業は以下の理由により、委託事業として実施することが適切である。
 - ①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し、民間事業者にとっては開発リスクが高い事業である。
 - ②国が前面に立つべき課題である使用済MOX燃料の処理、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対応する必要がある。

- 当初の計画では2024年度で終了の予定としていたが、1-1-3. に示した外的環境の変化を踏まえて、より詳細な知見を得るため計画を変更する。
- シナリオ評価、工程・安全影響評価及び各試験の結果をお互いに反映。
- 研究開発計画は、外部有識者による評価委員会において、評価や助言をもらい適宜見直すこととしている。
- 現在、研究開発計画に則って順調に進捗している。今後、外部有識者の助言や外的条件の変化等を踏まえて適宜、計画を見直しつつ進めていくこととする。



	役割
プロジェクト コーディネーター	<ul style="list-style-type: none"> ● 資源エネルギー庁との事業に関する窓口を担当する。 ● 月1回程度の「事業者間会議」を開催し、契約管理・予算執行・研究開発進捗・事業遂行など全般のマネジメントを行う。 ● 月1回程度、資源エネルギー庁との「定例報告」を開催し、資源エネルギー庁に対して業務進捗状況の報告を行う。 ● 年2回程度「評価委員会」を開催し、研究計画・成果について外部有識者から評価・助言をいただく。
事務スタッフ	<ul style="list-style-type: none"> ● プロジェクトコーディネーターの補佐し、主に契約管理・予算執行・事務処理業務を統括する。
開発リーダー	<ul style="list-style-type: none"> ● 研究テーマごとの開発責任者として研究開発目標の達成に向けて、開発担当への指導を行う。 ● プロジェクトコーディネーターからの依頼に応じて、「事業者間会議」「定例報告」「評価委員会」に参加し、開発目標に向けて研究を推進する。
開発担当	<ul style="list-style-type: none"> ● 開発リーダーを補佐し、研究開発目標の達成に向けて実行する。
評価委員 (外部有識者)	<ul style="list-style-type: none"> ● プロジェクトコーディネーターが主催する「評価委員会」において、研究テーマごとの研究目標と達成度、実装化の見通しなどについて評価や助言を行う

2023年度の進捗管理スケジュール



▽ 事業者間会議

☆ 定例報告

3-3-3. 継続・中止の判断の要件・ステージゲート方式

- 本事業は年度ごとに第三者委員会による継続審査を実施。
- なお、適切なマネジメントを行う観点から、有識者による評価委員会を年に2回程度開催し、事業の進捗確認等を実施。委員による助言等はその後の事業執行に反映している。

1)日本原子力学会2023年秋の大会 (2B18)

表題：使用済MOX燃料処理技術の基盤整備研究－(1)全体概要及び未照射MOX燃料の作製

発表者：竹内 正行、野村 和則、石尾 貴宏、新津 好伸

2)日本原子力学会2023年秋の大会 (2B19)

表題：使用済MOX燃料処理技術の基盤整備研究－(2)未照射MOX燃料の硝酸溶解試験

発表者：木村 修也、粟飯原 はるか、中原 将海、矢野 公彦、北脇 慎一、佐野 雄一、竹内 正行