

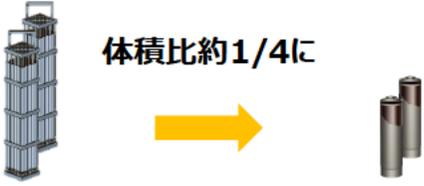
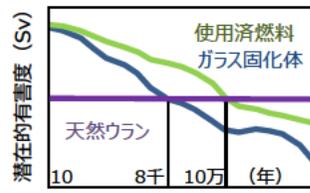
核燃料サイクルの確立に向けた取組

令和3年3月22日
資源エネルギー庁

核燃料サイクル政策について

- 半世紀以上にわたり原子力発電を利用してきた結果、全国には約1.9万トンの使用済燃料が存在。将来世代に負担を先送りしないよう、使用済燃料問題の解決に向けた取組の総合的な推進が必要。
- 核燃料サイクルは、①**高レベル放射性廃棄物の減容化**、②**有害度低減**、③**資源の有効利用**等の観点から、今後も原子力発電を安定的に利用する上で、関係自治体や国際社会の理解を得ながら、引き続き推進することが重要。現在、実用段階に入りつつあり、早期確立を目指し、取組を進める。
- また、高レベル放射性廃棄物についても、国が前面に立って最終処分に向けた取組を進めることが重要。
- その上で、核燃料サイクルの諸課題は、中長期的な対応を要するため、戦略的柔軟性を持たせながら対応を進める。

核燃料サイクルのメリット

	軽水炉サイクル (当面の姿)	高速炉サイクル (将来的に目指す姿)
①減容化	 ■再処理：最大800トン/年 原発40基/年 相当のSFを再処理	体積比約1/4に 
②有害度低減	 潜在的有害度 (Sv) vs 年 (年) 使用済燃料 ガラス固化体 天然ウラン 10 8千 10万 (年)	毒性が自然界並に低減する期間 【Bq】100万年 → 数万～10万年 【Sv】 10万年 → 8千年
③資源有効利用	 ■MOX：最大130 tHM/年	新たに1～2割の燃料 800トンのSFから100トン程度のMOX燃料 (プルサーマル12基/年 相当)

課題の解決に向けた対応の方向性

課題

対応の方向性

再処理 ・ MOX

- 安全確保を最優先とした竣工



- 審査対応・安全対策工事等に関する日本原燃による取組強化
- 日本原燃に対する電力大の人的支援等の強化

使用済燃料 対策

- 更なる貯蔵容量の拡大
- 地元理解・国民理解の確保
- 使用済MOX燃料再処理の早期実用化



- 貯蔵容量拡大や理解確保に向けた個社の最大限の取組強化、電力大の連携・協力の具体化
- 国が前面に立った主体的な対応
(地元理解・国民理解に向けた最大限の努力、工程管理等のための官民連携の枠組みづくり等)
- 実用段階における使用済MOX燃料再処理技術の研究開発加速

プルトニウム バランスの確保

- プルサーマルの加速
- 海外Pu保有量の削減



- 再稼働・プルサーマルに向けた事業者の取組強化
- 地元理解に向けた官民の取組強化
- 国内外のPu保有量削減に向けた事業者連携の具体化

六ヶ所再処理工場・MOX燃料工場の竣工に向けた取組

- 使用済燃料を再処理し、MOX燃料として再利用する核燃料サイクルを進める上で、六ヶ所再処理工場とMOX燃料工場は中核となる施設。昨年、両工場が事業変更許可を取得したことは、核燃料サイクル政策において大きな前進。
- 現在、業界をあげて、審査体制の支援や技術力の維持・向上等に関する取組が進展。今後、両工場の竣工・操業に向けて、こうした取組を一層強化していくことが重要。

六ヶ所再処理工場の経緯

1993年4月 着工
1999年12月 使用済燃料搬入開始
2006年3月 アクティブ試験開始 →ガラス溶融炉の試験停止
2013年5月 ガラス固化試験完了
2014年1月 新規制基準への適合申請
2020年7月 事業変更許可
2020年12月 初回設工認申請
→安全対策工事や使用前事業者検査を経て竣工

2022年度上期 竣工目標



使用済燃料の最大処理能力：800トン/年

MOX燃料工場の経緯

2010年10月 着工
2014年1月 新規制基準への適合申請
2020年10月 審査書案の了承
2020年11月 パブコメ終了
2020年12月 事業変更許可
初回設工認申請
→安全対策工事や使用前事業者検査を経て竣工

2024年度上期 竣工目標



最大加工能力：130トン-HM（ヘビーマタル*）/年

* MOX中のPuとUの金属成分の重量を表す単位

使用済燃料対策の加速に向けた取組

- 使用済燃料の貯蔵能力の拡大は、対応の柔軟性を高め、中長期的なエネルギー安全保障に資するものとして、これまで中間貯蔵施設、乾式貯蔵施設等の建設・活用が進められてきたところ。
- 業界大の計画に基づき、各社の取組は進展しつつあるが、その状況は一様ではなく、達成は道半ば。
- 国として、業界と連携しつつ、貯蔵能力拡大に向けてより主体的に取組み、官民の対応を加速していく。

使用済燃料対策推進計画（2018年11月 電気事業連合会）（概要）

2020年頃に+4,000トン程度、2030年頃に+2,000トン程度、計6,000トン程度拡大

※乾式貯蔵施設

再処理施設に搬出することを前提として、使用済燃料を一時的に保管する施設。

【取組例①】 各社の乾式貯蔵施設の設置に向けた取組

■ 現在、**約4600トン相当の容量拡大**に向けた取組が進展。

- 伊方 + 500トン（2020年9月許可）
- RFS + 3000トン（2020年11月許可）
- 玄海 + 440トン（2021年 3月 審査書案了承）
- 浜岡 + 400トン（審査中）
- 東海第二 + 70トン（今後検査予定） ※180トン既設 等

【取組例②】 業界全体の連携・協力に向けた取組

- むつ中間貯蔵施設について、2020年12月、電事連が地元理解を大前提として共同利用の検討に着手したいとの考えを表明。

➔ **国としても、業界全体として使用済燃料対策の補完性・柔軟性を高め、核燃料サイクルを進める上で大きな意義があるものとして主体的に取り組む。**

■ 早期に使用済燃料対策推進協議会を開催。**現在の計画を改定し、官民の取組強化策を決定。**

- 使用済燃料対策推進協議会における**幹事会の枠組み**を活用し、事業者の**進捗を定期的に管理**。
- 国としても、地域の課題に寄り添いながら、**地元理解の確保等に主体的に取り組む**。

プルトニウムバランスの確保に向けた取組

- 核燃料サイクルを進める上では、「我が国におけるプルトニウム利用の基本的な考え方」を踏まえ、プルトニウム保有量の削減に取り組むとともに、プルトニウムバランスを確保することが必要。
- こうした方針を踏まえ、今後、
 - ① 新たなプルサーマル計画・プルトニウム利用計画に基づき、国内外のプルトニウム消費を加速するとともに、
 - ② 再処理等拠出金法の枠組みに基づき、経産大臣がプルトニウムの回収と利用をバランスさせることで、プルトニウムバランスの確保に向けた取組を進める。

我が国におけるプルトニウム利用の基本的な考え方 (2018.7.31 原子力委員会) (概要)

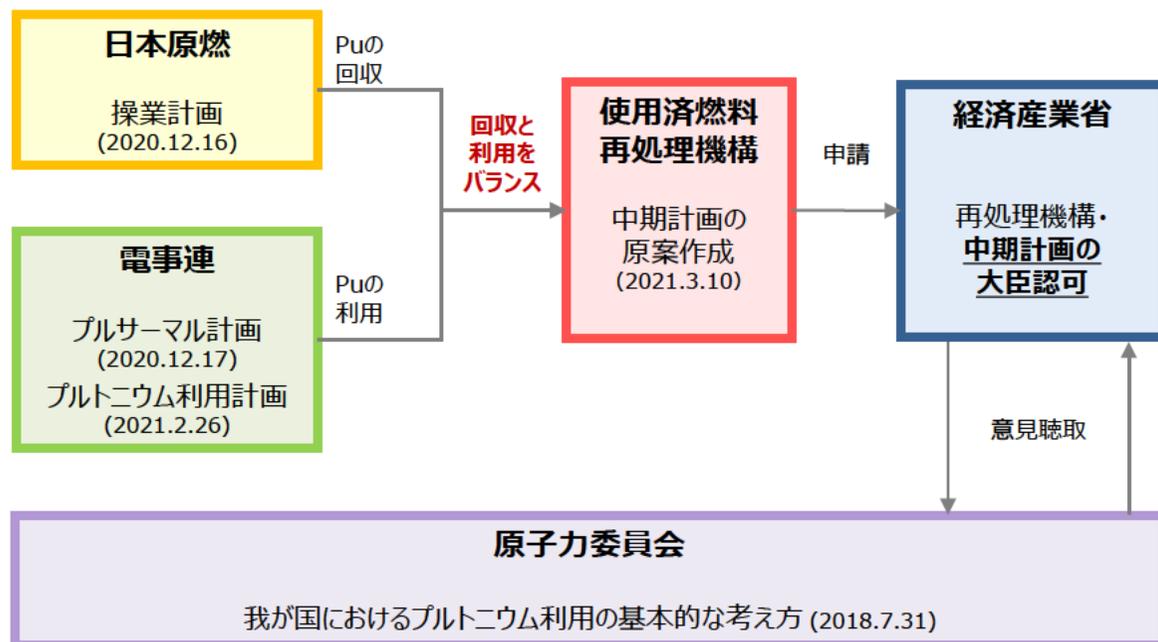
- プルトニウム保有量を減少させる
- プルトニウム保有量は現在の水準を超えることはない
- 再処理等の計画は、プルサーマルの着実な実施に必要な量だけ再処理が実施されるよう認可を行う

プルサーマル計画

(2020.12.17 電気事業連合会) (概要)

- 地元のご理解を前提に、稼働する全ての原子炉を対象に一基でも多くプルサーマルが導入できるよう検討
- 2030年度までに、少なくとも12基の原子炉でプルサーマル
- 事業者間の連携・協力等により、国内外のプルトニウム利用の促進・保有量の削減を進める

再処理等拠出金法の枠組みに基づくプルトニウムの管理



使用済MOX燃料の再処理技術の実用化に向けた取組

- 今後、プルサーマルを拡大していく中、使用済MOX燃料の再処理技術について、早期に実用化の目途を立てることが必要。
- こうした状況を踏まえ、官民で連携し、研究開発を加速することが重要。
- 2030年代後半を目途に、実用段階における使用済MOX燃料の再処理技術の確立を目指す。

処理・処分に係る課題やこれまでの取組

- 2020年1月以降、国内のプルサーマル炉から約20トンの使用済MOX燃料が取り出されている。
- 使用済MOX燃料には、ガラスに溶けにくい物質や、半減期の長い物質※1が多く含まれ、処理・処分には、これらの物質への対応が課題。
- 課題の解決に向けて、これまで、ガラス固化技術の高度化や半減期の長い物質の影響除去等の研究開発を実施。

研究開発の加速

- 来年度以降、使用済MOX燃料の再処理技術の実用化に向けて、技術開発の範囲を再処理プロセス全体へ拡大。

以下の実用化に向けて、研究開発を加速。

- ① 使用済MOX燃料と使用済燃料を混合再処理する技術
- ② 廃液から半減期の長い物質を分離する技術※2

(参考) 国内外における使用済MOX燃料の再処理実績

フランス 	日本 
時期 : 1992年、1998年、 2004～2008年	時期 : 1986年～2007年
実施者 : オラノ社	実施者 : JAEA
場所 : ラ・アーク再処理工場	場所 : 東海再処理工場
実績 : 約70トン	実績 : 約30トン

(参考) 予算事業

【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委託費】

2020年度 : 7億円 → 2021年度 : 10億円 (予算案額)

- 混合再処理時における再処理プロセスの安全評価・シミュレーション
- 模擬試薬を用いた基礎試験 等

※1 アメリシウムやケリウムなどのマイナーアクチノイド (MA) と呼ばれる物質

※2 分離した物質は、例えば、将来的に高速炉で燃料として利用可能

(参考) 海外における核燃料サイクルの取組状況



フランス

- 運転中の原発は56基（シェア約70%）。
- 使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウムはプルサーマルで利用中。
※プルサーマル24基
- 将来的な高速炉実用化に向けて、高速炉開発を継続中。
- その間、使用済燃料貯蔵量等の抑制のため、2040年頃に軽水炉でのマルチサイクルを目指す方針。
- 現在、軽水炉でのマルチサイクルに向けて、使用済燃料の再処理や新たな燃料開発について研究開発中。



ロシア

- 運転中の原発は38基（シェア約20%）、うち高速炉2基。
- 使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウムは高速炉で利用中。
- 2022年頃、高速炉（実証炉、BN-800）において全燃料にMOX燃料を装荷して運転予定。
- 高速炉実用化までの間、軽水炉でのマルチサイクルを目指す方針。現在、軽水炉でのマルチサイクルに向けて、新たな燃料開発を実施中、2020年代半ばの商業利用を計画。



中国

- 運転中の原発は50基（シェア約5%）。
- 使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウムは高速炉で利用する方針。
- フランス・Orano社の協力の下、商用再処理施設を建設予定。2030年頃の竣工を目指す方針（年間最大800トン再処理予定）。
- 現在、高速炉（実証炉、CFR600）を建設中。2023年に運転開始予定。



アメリカ

- 運転中の原発は94基（シェア約20%）。
- 使用済燃料は直接処分する方針。
- 2048年までの最終処分実現に向けて、処分場のサイト選定・調査等を進める方針。
- 一方、候補地のユッカマウンテンは、オバマ政権時代の計画中止の方針により、現在は安全審査が中断中。
- 将来の技術的な選択肢を追求する観点から、高速炉を含む様々な革新炉の開発・実証を推進。

【参考】その他、核燃料サイクルの方針を示している国（例）



インド

使用済燃料を直接処分する方針を示している国（例）



スウェーデン



フィンランド



カナダ



韓国

「戦略ロードマップ」に基づく高速炉開発の推進

- **高レベル放射性廃棄物の減容化、有害度低減、資源の有効利用**といった核燃料サイクルの効果を高める高速炉開発を推進。
- 2016年12月、「『もんじゅ』の取り扱いに関する政府方針」とともに、高速炉開発の目標や原則を定めた「**高速炉開発の方針**」を決定。本方針に基づき、2018年12月、研究開発政策の在り方やプレーヤーの役割を定めた「**戦略ロードマップ**」を策定し、ロードマップに基づく高速炉開発を推進中。

「戦略ロードマップ」（2018年12月21日 原子力関係閣僚会議決定）

<スケジュール>

- “**高速炉の本格的利用**が期待されるタイミングは**21世紀後半のいずれかのタイミング**”
- “**例えば21世紀半ば**の適切なタイミングにおいて、技術成熟度、ファイナンス、運転経験等の観点から**現実的なスケールの高速炉が運転開始**されることが期待”

<開発の進め方>

【ステップ1：競争の促進】

“**当面5年間程度**は、これまで培った技術・人材を最大限活用し、民間によるイノベーションの活用による**多様な技術間競争を促進**する。”

【ステップ2：2024年以降に採用する可能性のある技術の絞り込み・重点化】

【ステップ3：今後の開発課題及び工程についての検討】

イノベーションによる技術間競争と基盤整備の取組

- 2019年度より、補助事業において民間企業による多様なイノベーションを推進
 - ✓ 高速炉を含む12のフェジビリティスタディを支援中
 - ✓ 今年度末に技術評価を実施し、継続案件を精査

- JAEAにおいて、イノベーションの基盤を整備

✓ 常陽（実験炉）



多様な材料への照射が可能

✓ 革新炉の規格基準策定

国際原子力機関（IAEA）
第4世代原子力システムに関する国際フォーラム（GIF）
経済協力開発機構/原子力機関（OECD/NEA）

規格基準の提案

フィードバック

JAEA

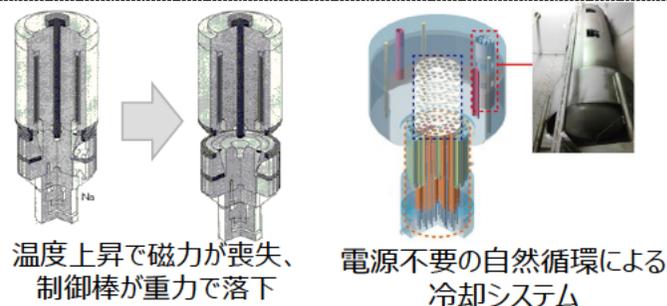
高速炉の国際協力について

- 「戦略ロードマップ」に基づき、国際協力を活用して効率的に高速炉開発を推進。

「今後の開発に当たっては、フランスや米国等との二国間及び多国間でのネットワークを活用した国際協力によって、研究基盤や規制に関する知見等を共有しつつ、実用化のための技術基盤の確立とイノベーションの促進に、国内外一体となって取り組んでいく。」

【日仏協力】

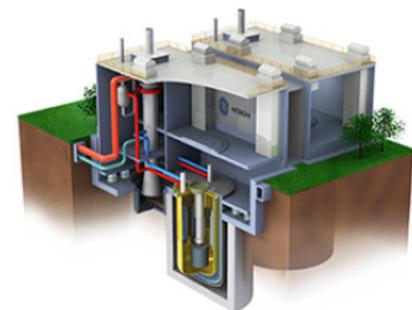
- 2014年～2019年 高速実証炉（ASTRID）協力
- 2020年～2024年 新たな一般取決に基づき、安全性向上、経済性向上に関わる技術開発を実施中
 - ✓ 試験・シミュレーションを共同/分担で実施



<共同開発中の安全性向上技術>

【日米協力】

- 米国は、ナトリウム冷却高速炉を含む様々な革新炉の実証を推進すると同時に、持続可能性や資源有効活用等を目指す革新炉のための燃料サイクルを2030年までに評価する予定。
 - ✓ 高速炉の試験炉であるVTR（多目的試験炉）を開発中
 - ✓ 革新炉実証プログラム（ARDP: Advanced Reactor Demonstration Program）でTerra Power社のナトリウム冷却高速炉（Natrium炉）に対して今後7年以内の運転開始を目指した支援を実施。
- 2019年6月に日米でVTR開発に関するMOCを締結。本協力を通じて最新知見の獲得・設計経験の蓄積を目指す。
- 日米民生用原子力研究開発ワーキンググループ（CNWG）のもと、金属燃料開発でも協力中。



<多目的高速試験炉(VTR)>