
日本の高速炉開発の取組みについて

令和7年4月1日

(国)日本原子力研究開発機構
高速炉サイクルプロジェクト推進室

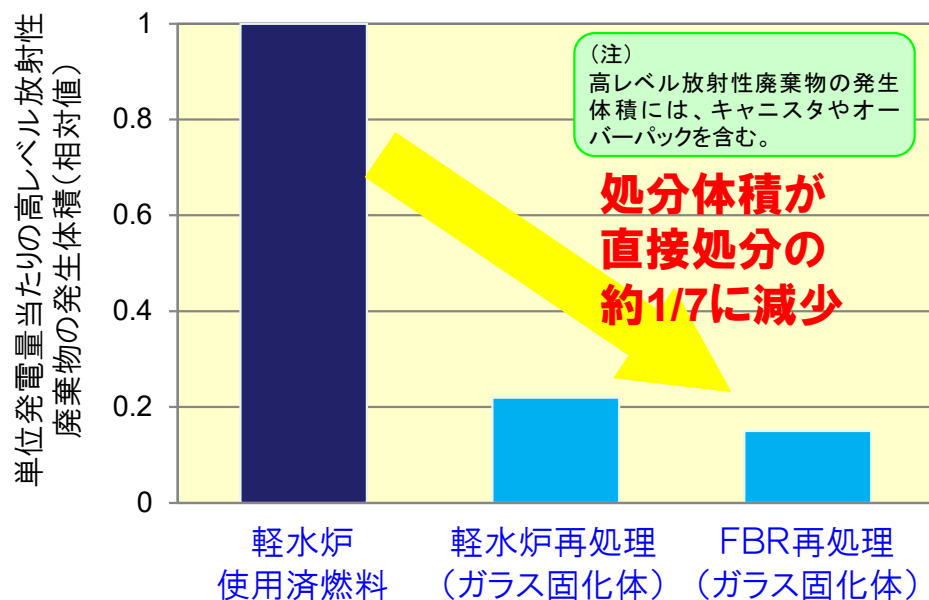
- 1. 高速炉開発の意義**
- 2. 高速炉開発の経緯**
- 3. 高速炉実証炉の開発**
- 4. 今後への展望**

1. 高速炉開発の意義

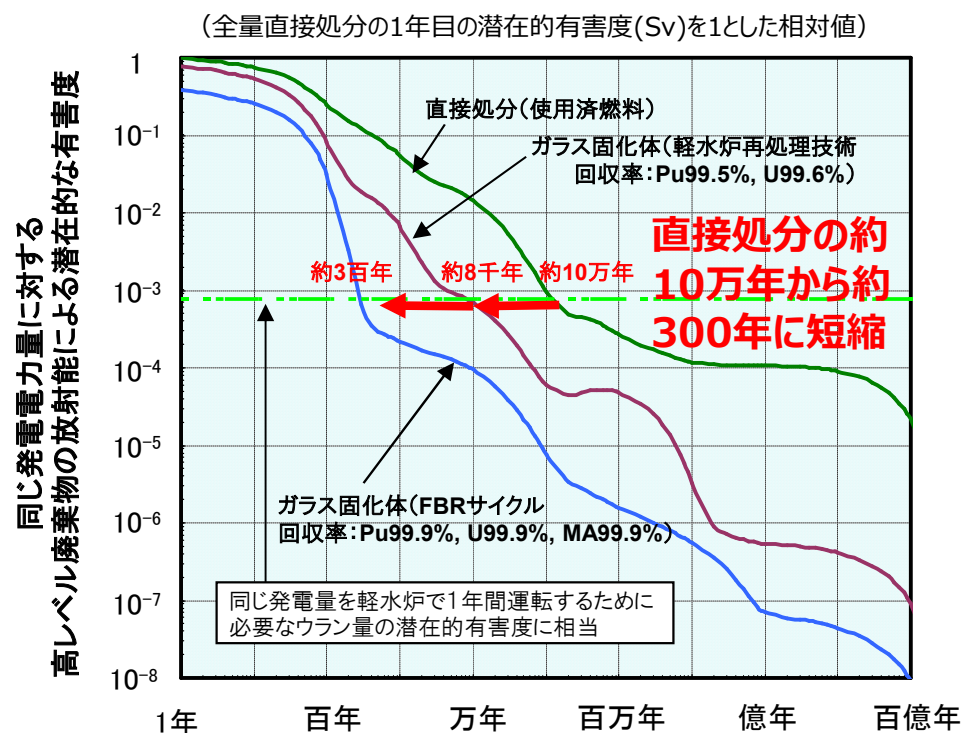
高速炉開発の意義（１）放射性廃棄物の減容と潜在的有害度の低減

- 再処理により使用済燃料からウラン/プルトニウム(U/Pu)を分離・回収した後、ガラス固化体にすることで高レベル廃棄物を減容できる。
- 更にマイナーアクチノイド(MA)を分離・回収することでガラス固化体の発熱量を低減し、最終処分場の敷地面積を大幅に減少させることができる。
- MAを高レベル廃棄物から分離することで潜在的有害度※を低減し、放射能の影響時間を大幅に短縮し、将来世代へのリスクを低減できる。

※ 放射線源としての潜在的有害度を相対的に表したものであり、地層処分による閉じ込め効果は考慮していない。



高レベル放射性廃棄物の発生量の低減効果



高レベル廃棄物の潜在的有害度の低減効果

高速炉開発の意義（２）ウラン利用率とエネルギー自給率の向上

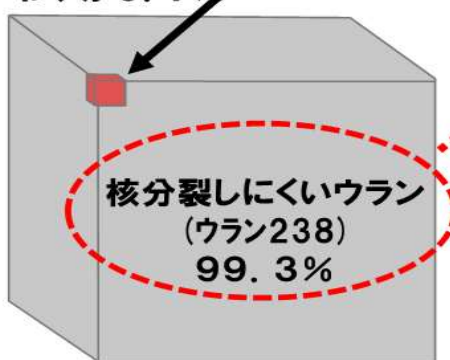
- 天然ウランに0.7%含まれるU235を3~5%に濃縮して利用する軽水炉と比較して、同ウランの99.3%を占めるU238をPuに変換して利用する高速炉サイクルは、ウラン資源の利用率を約100倍に拡大できる。
- これにより、軽水炉利用で130年以上※とされるウラン資源量は、今後原子力発電規模が世界的に拡大しても高速炉利用により数千年以上となる。
- 国内でのPu生産が、ウランの海外調達を不要とし、「持続性のある原子力利用を実現」できる。

※ ウラン価格が280ドル/kg以下の既知資源（発見資源）約800万トン进行想定したもの。ウラン資源には、既知資源とほぼ同量の未発見資源が存在すると考えられており、既知資源が消費されてもウラン資源は枯渇しないため「以上」と記載されている。

出典：OECD・NEA, IAEA「Uranium 2022 Resources, Production and Demand」

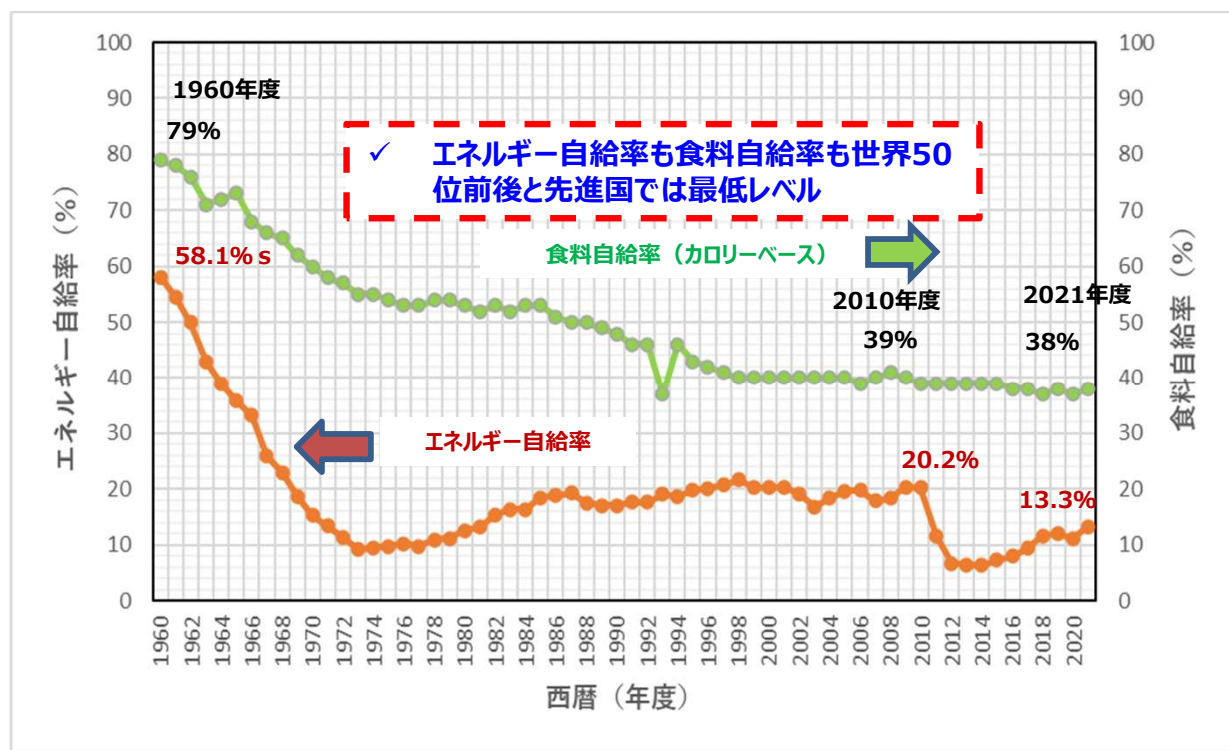
ウランとは？

核分裂するウラン（ウラン235）
わずか0.7%



✓ 高速炉は、ウラン238に中性子を吸収させてPu239生産しつつ、プルトニウム239を核分裂させて、エネルギーを取り出す。

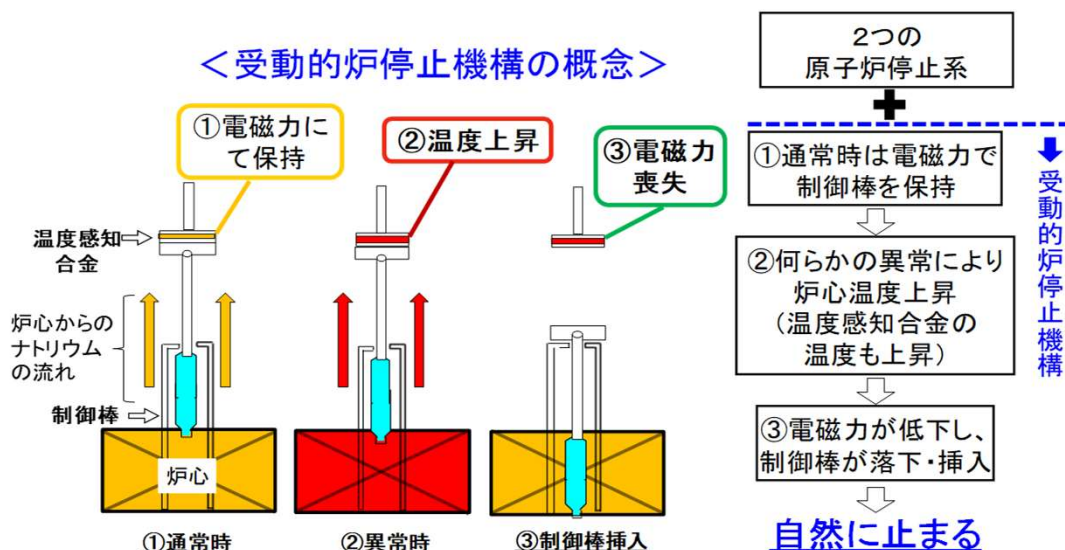
ウラン238を核分裂するプルトニウムに変換する。



高速炉開発の意義（3）次世代炉に求められる高い安全性の実現

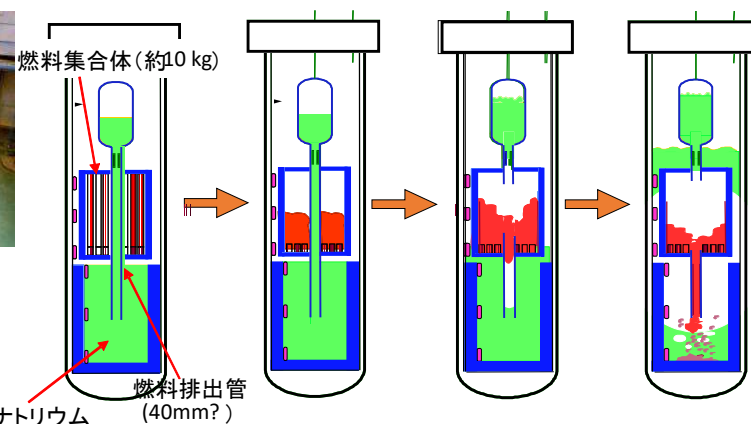
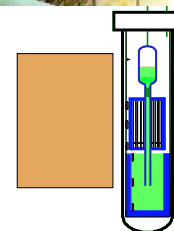
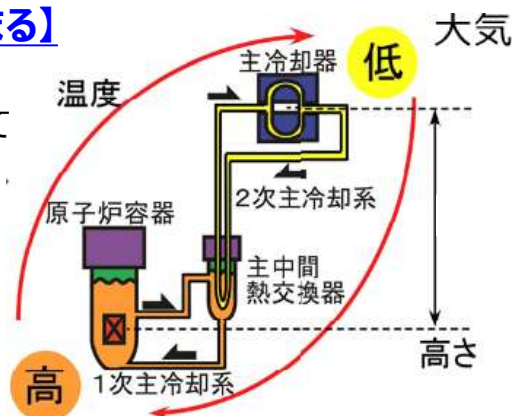
- 冷却材の特徴(高沸点、優れた熱特性)などから、自然に「止まる」「冷える」など高い安全性を確保できる。
- 「炉心損傷を確実に防止する受動的な安全設備(炉停止と炉心冷却)」と、「仮想的な炉心損傷時に厳しい再臨界を回避し、その影響を原子炉容器内で確実に終息させる設計対策」を実装することで、高い安全性を有する高速炉を実現（実証炉プロジェクト推進中）
- 高速炉の安全上の特徴を勘案し、高い安全性の確保を規定した安全設計方針や設計ガイドの策定・国際標準化をGIFやIAEAの場で我が国主導で実施

＜受動的炉停止機構の概念＞



【受動的炉停止：自然に止まる】

炉心冷却材の温度が上昇すれば制御棒が、自然に自重挿入されて原子炉を安全に停止する機構



【炉容器内終息：原子炉容器内で冷却保持される】

溶融した炉心燃料は、集合体内の燃料排出管から自然に炉心外に流出し、再臨界を回避できる構造の有効性を実証した試験：カザフスタンNNCでのEAGLE試験

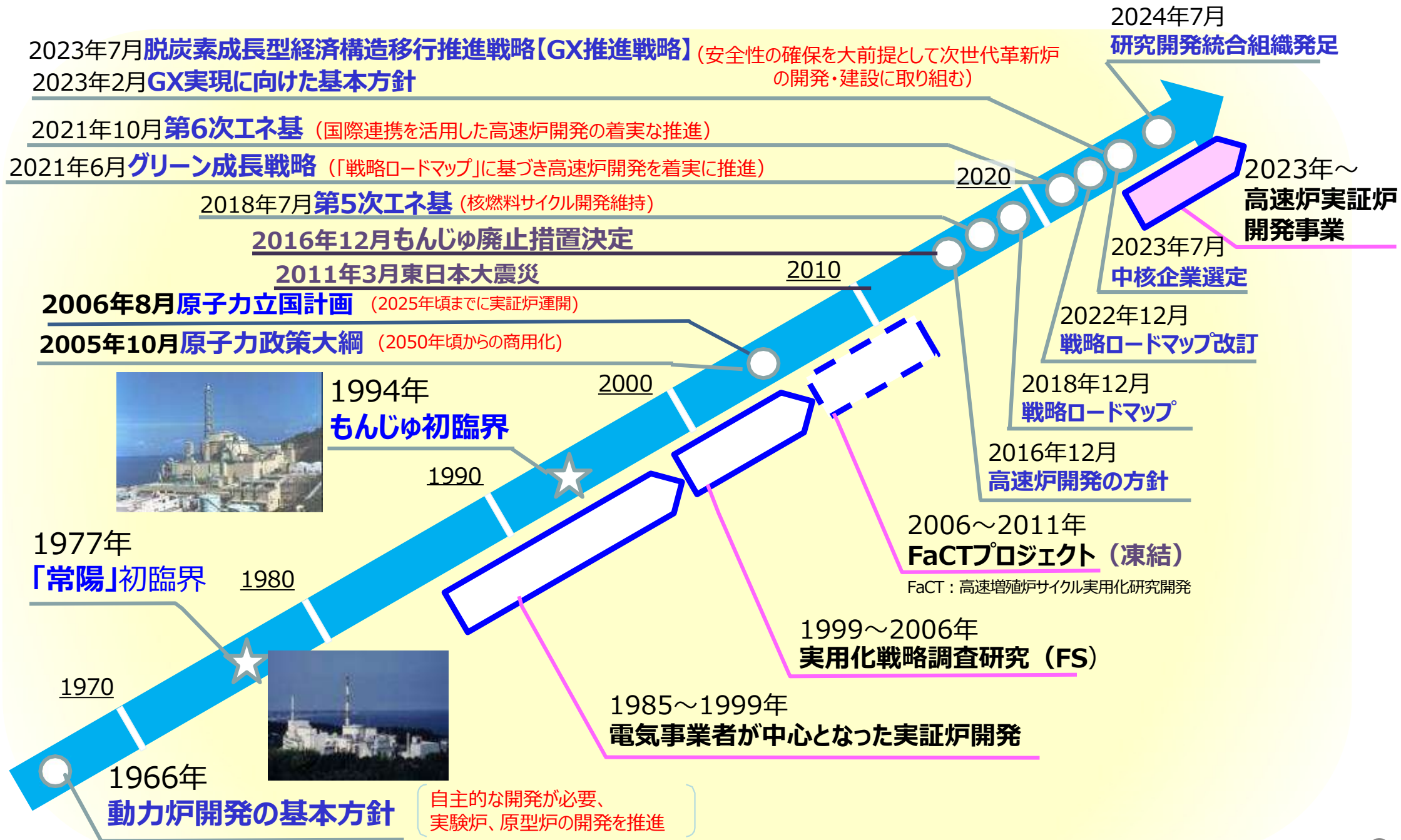
空気冷却器を高所に設置し、冷却材の温度差に伴う密度差だけで自然に冷却材は循環する

【受動的な炉心冷却：自然に冷える】

炉心燃料の崩壊熱を、空気冷却器からの放熱による自然循環力を利用して安定に冷却できる設計

2. 高速炉開発の経緯

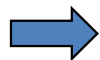
これまでの高速炉サイクル開発の経緯



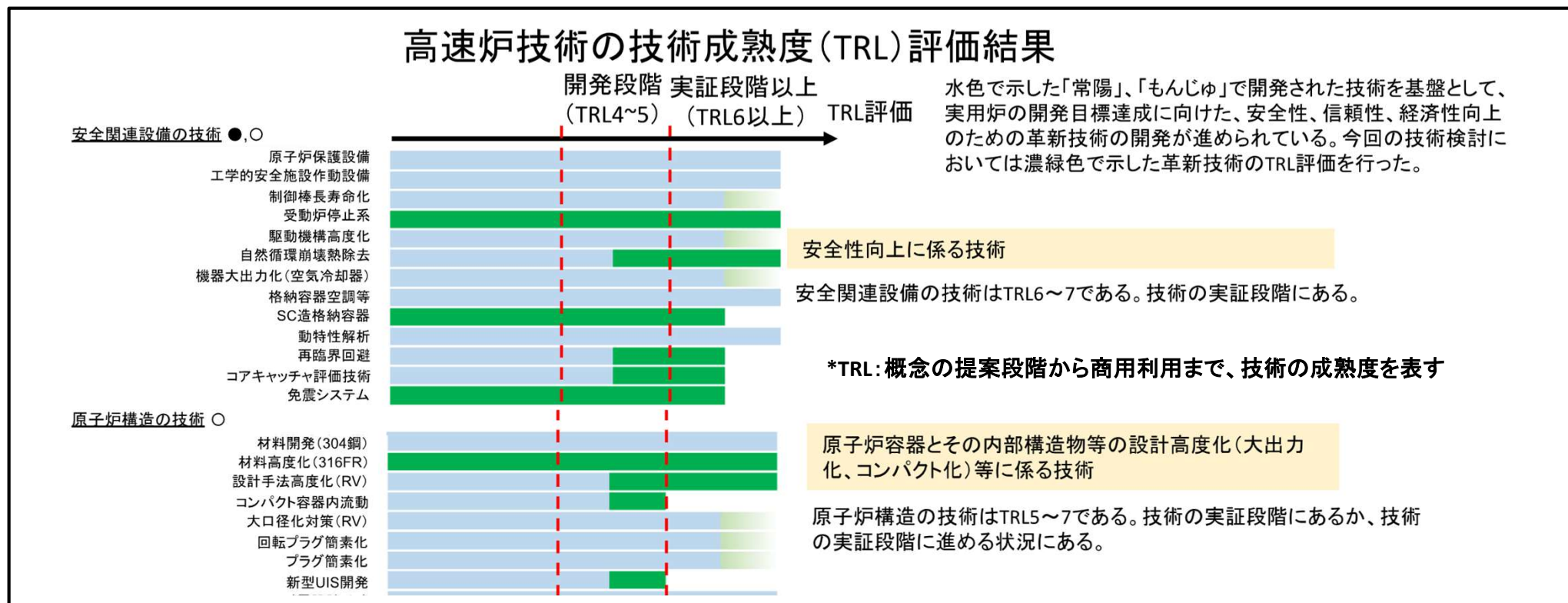
これまでの成果：枢要技術の蓄積

□ ナトリウム冷却高速炉及び燃料サイクル技術

第10回戦略ワーキング
(2018年6月)



ナトリウム冷却高速炉は**技術の実証段階にあるか、
実証段階に進める状況**と評価



- **安全性向上技術**：受動的炉停止、自然循環崩壊熱除去、再臨界回避と炉内事故終息はそれぞれ**実証段階以上**と評価
- **燃料製造及び再処理技術**も評価。酸化物燃料では、高除染燃料の燃料製造は実証段階にあるが、MA回収技術及びMA含有燃料の製造技術は技術の開発段階と評価

2022年12月の「戦略ロードマップ」改訂の主なポイント

第10回 原子力関係閣僚会議（令和4年12月23日）資料 1 - 1 より

<高速炉技術の評価>

- 技術の成熟度、市場性、国際連携等の観点から、複数の高速炉技術を評価。
- その結果、常陽・もんじゅ等を経て民間企業による研究開発が進展し、国際的にも導入が進んでいるナトリウム冷却高速炉が、今後開発を進めるに当たって最有望と評価。

※軽水冷却やトリウム溶融塩冷却は、「燃料技術の実現性、基礎的な研究の継続が引き続き必要」と評価。

<今後の開発の作業計画>

2023 年夏：炉概念の仕様を選定

2024 年度～2028 年度：実証炉の概念設計・研究開発

2026 年頃：燃料技術の具体的な検討

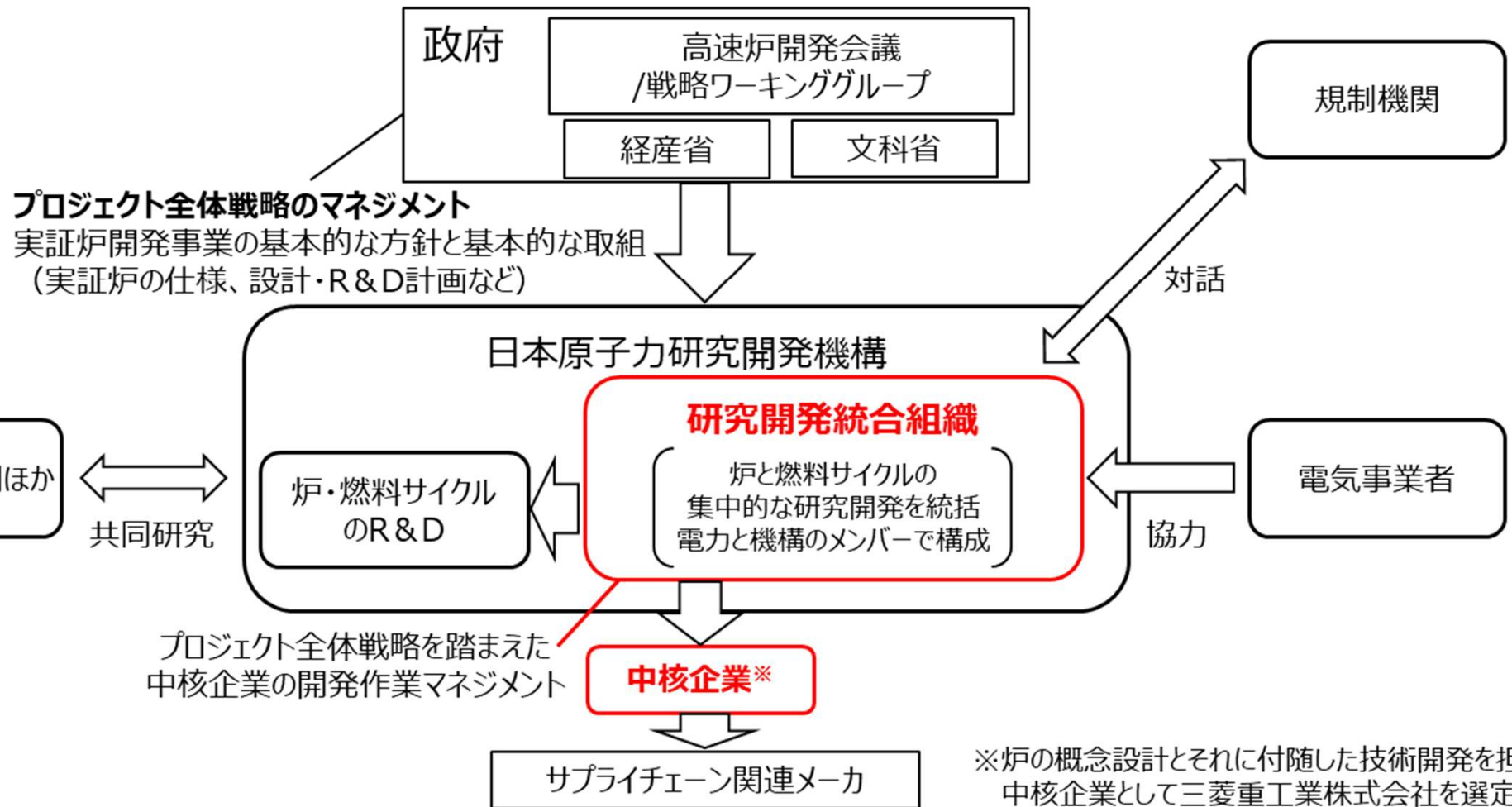
2028 年頃：実証炉の基本設計・許認可手続きへの移行判断

3. 高速炉実証炉の開発

- 開発体制
- 対象とする炉概念
- 2024～2028年度の検討・R&Dの計画
(炉、燃料サイクル)

概念設計段階における開発体制

- 戦略ロードマップ（2022年12月原子力関係閣僚会議決定）に基づき、経済産業省において公募が行われ、中核企業として三菱重工業株式会社が選定された。
- 2023年度には、資源エネルギー庁からの複数年の委託事業として、高速炉実証炉開発事業が開始している。
- プロジェクト全体戦略のマネジメント機能は引き続き政府（高速炉開発会議／戦略WG）が司令塔として担い、研究開発統合機能を担う組織を原子力機構に設置した。（高速炉サイクルプロジェクト推進室、2024年7月）



高速炉実証炉の概念設計と関連技術開発への着手

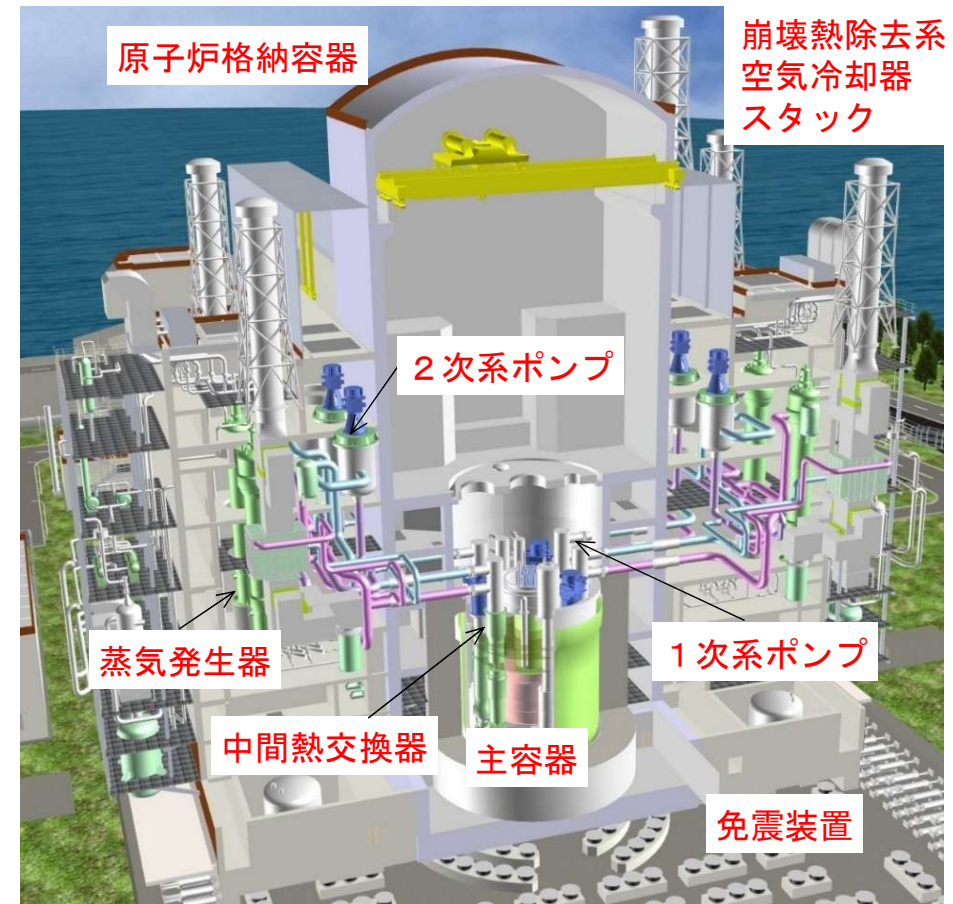
- 高速炉実証炉の概念設計を開始するにあたり、実証炉の主要仕様、実証炉技術と燃料サイクル技術の開発について、技術的な検討を実施。
- 実施する設計とR&Dの具体的ステップや、マイルストーンで求められる成果の整理に向けて、以下の事項について技術的な検討を行った。
 - ① 高速炉の実用化に必要な技術を実証するための高速炉実証炉の主要仕様
 - ② 高速炉実証炉の概念設計で実施すべき炉システムのR&D計画
 - ③ 燃料技術の具体的な検討に向けた燃料サイクルのR&D計画

高速炉実証炉の概要

- 実証炉の概念設計の出力については、実用化へのスケールアップでの技術的連続性を確保でき、大型炉・小型炉にも展開可能な60万kWe級とする。
- 国内の既往プロジェクトの技術蓄積に加え、海外の運転経験を反映可能なタンク型炉を対象とすることにより合理的な開発を行う。
- 東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓や国際的な安全設計基準の考え方を取り入れ、安全性を向上する。

主な仕様（参考）

項目	仕様
出力	60万kWe級（150万kWt）
炉心出口ナトリウム温度	550℃
炉心	酸化物燃料炉心または金属燃料炉心*
原子炉停止系	独立2系統 （後備炉停止系に受動的炉停止機能を設置）
主冷却系	中間熱交換器数及び2次系ループ数：4
崩壊熱除去系	自然循環式：5系統、強制循環式：1系統
原子炉建屋	3次元免震建屋または水平免震建屋



提案概念鳥瞰図

高速炉開発の「戦略ロードマップ」（2022年12月23日）に基づく実証炉の概念設計の対象となる炉概念の仕様と中核企業の選定に係る提案公募

*：酸化物／金属燃料炉心でもプラントシステムへの影響は限定的なため（炉心出口温度の違いとそれによる熱交換器伝熱面積増加等）プラント側のR&Dは共通。炉心燃料、シビアアクシデント対策は酸化物／金属燃料炉心でそれぞれ並行して実施。

概念設計期間の工程の考え方

<フェーズ1>（～2026年度）

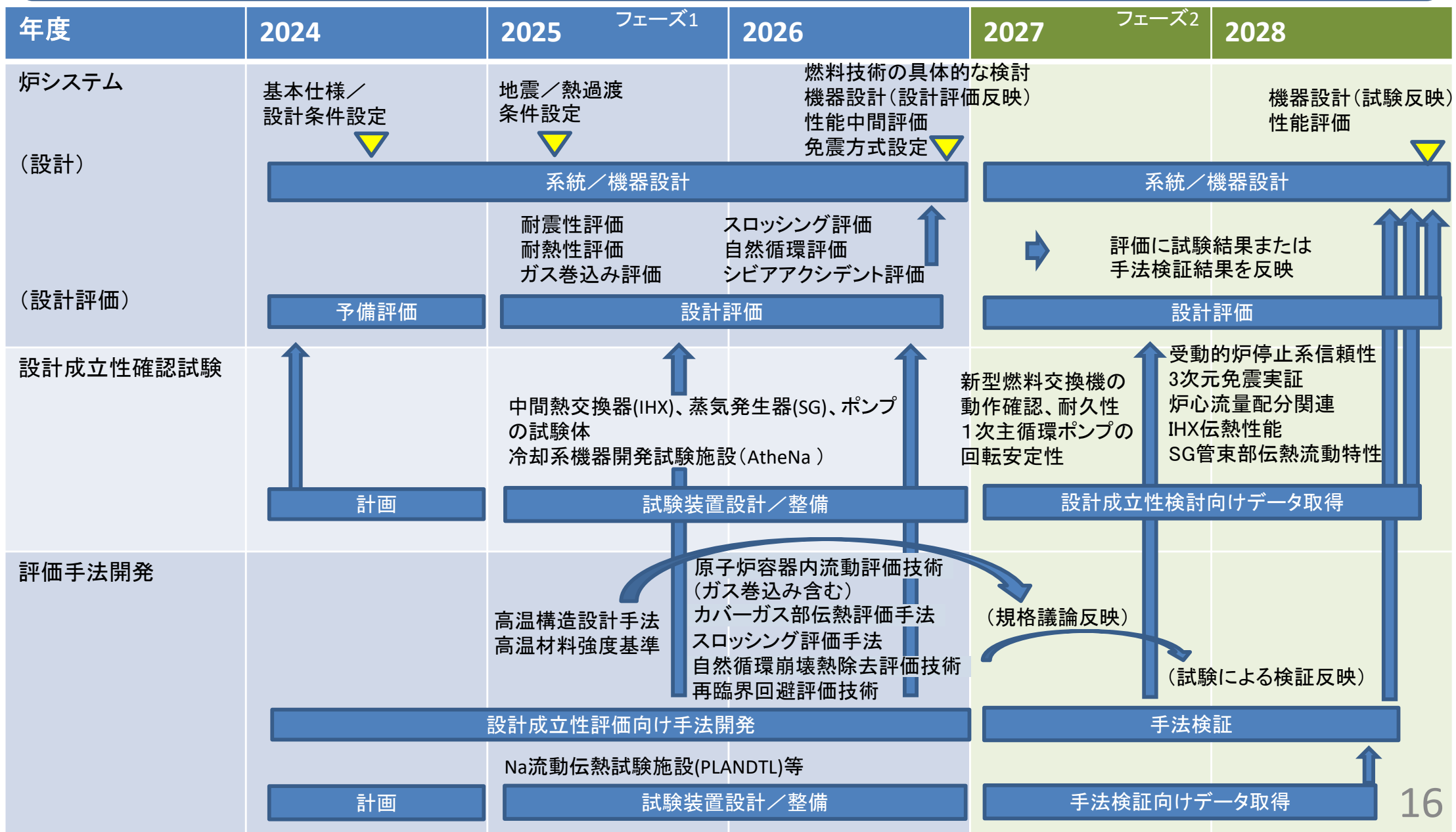
- 炉システムについて、設計のための評価手法の整備を進めつつ、現状の手法を用いて設計成立性を確認するための評価を行う。また、工学規模の試験による主要機器の設計成立性確認に向けて、試験計画詳細化、試験装置の設計／整備を行う。
- 炉心設計仕様等を暫定して概念設計・研究開発を実施し、性能中間評価を行う。
- 燃料サイクルについて、MOX燃料炉心・金属燃料炉心を対象に、燃料技術の具体的な検討を行う。燃料サイクル技術については、実用システム、実証施設の検討および開発課題解決の見通しを評価し、次フェーズの概念設計に必要な情報を整理する。

<フェーズ2>（2027～2028年度）

- 炉システムについて、フェーズ1の技術的成果を反映して設計の見直しを行う。設計評価手法の検証を進めるとともに、主要機器の設計成立性に係る工学規模の試験に着手し、データを取得していく。
- そのうえで、これら検証された手法や設計成立性に係る試験データを見直された設計に反映、妥当性を確認する。最後に、安全性、経済性等の開発目標への適合性見通しを確認する（性能評価）。
- 燃料サイクルについて、燃料製造実証施設等の概念設計に着手する。

主要な成果の予定（炉システム（炉心燃料以外））

- 2028年度頃を想定している、実証炉の基本設計・許認可フェーズの開始への移行判断に向けて、炉システムの設計、設計成立性確認試験、評価手法開発を進めていく。



MOX燃料サイクル技術

<燃料製造>

- 酸化物燃料の製造についてはPu-1、Pu-2、Pu-3で実績があり、これら成果の一部はJNFL-MOX燃料加工工場に反映されている。
- 高速炉燃料製造技術の高度化による経済性向上、MA含有燃料の取扱い等のための遠隔保守技術開発が必要になる。

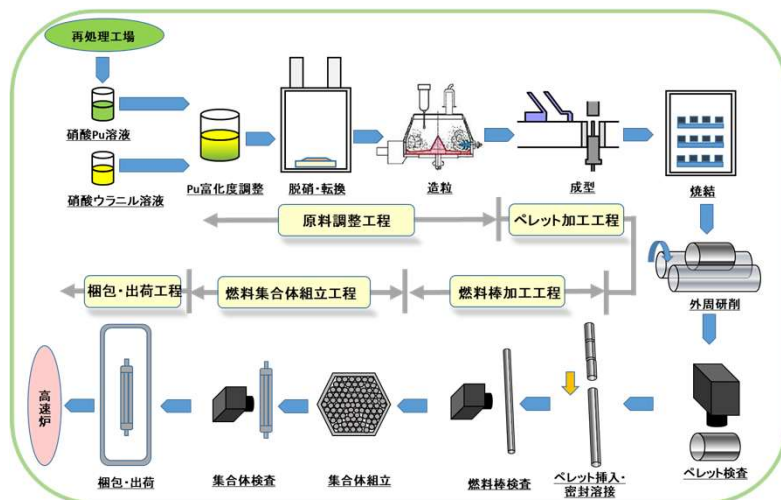
<再処理>

- TRPにおいて1140トンの再処理実績があり、一部の技術はJNFLの六ヶ所再処理工場に反映されている。
- 高速炉用MOX燃料の再処理に必要なプロセス開発に加え、MA分離回収技術等の技術開発が必要になる。

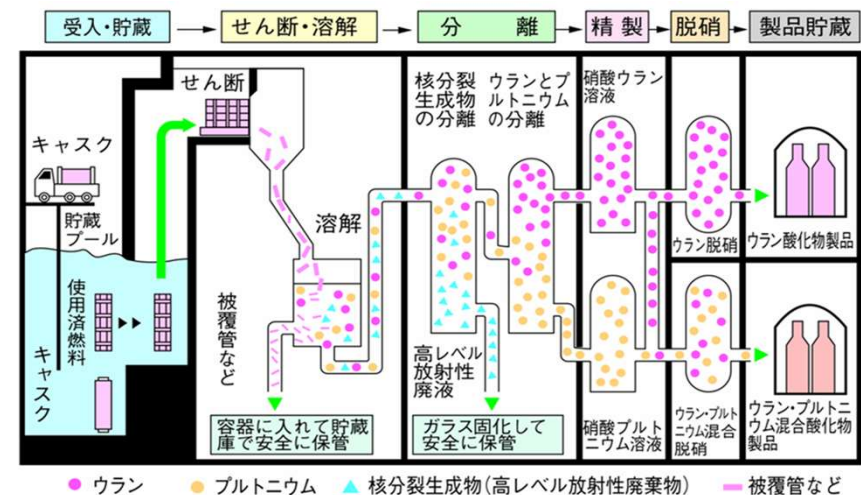


2026年度までの評価内容

- 安全性、経済性を含め、実用システムの性能を評価する。
- 軽水炉ウラン燃料の再処理をベースとして追加開発になる部分の技術的な見通しを評価する。
- 必要な実証炉燃料製造施設等を検討し、許認可に向け必要になる実証試験の計画を明確にする。



MOX燃料製造（ペレット法）



MOX再処理（湿式）

金属燃料サイクル技術

<燃料製造>

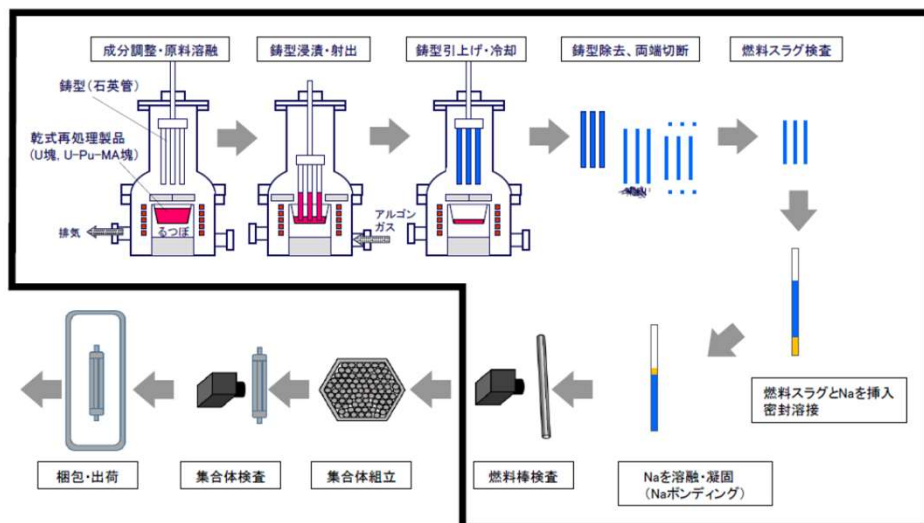
- 米国で高速実験炉EBR-IIの燃料製造の実績がある。
- ウランについては国内で工学規模まで試験を実施している（プルトニウムは未実施）。

<再処理>

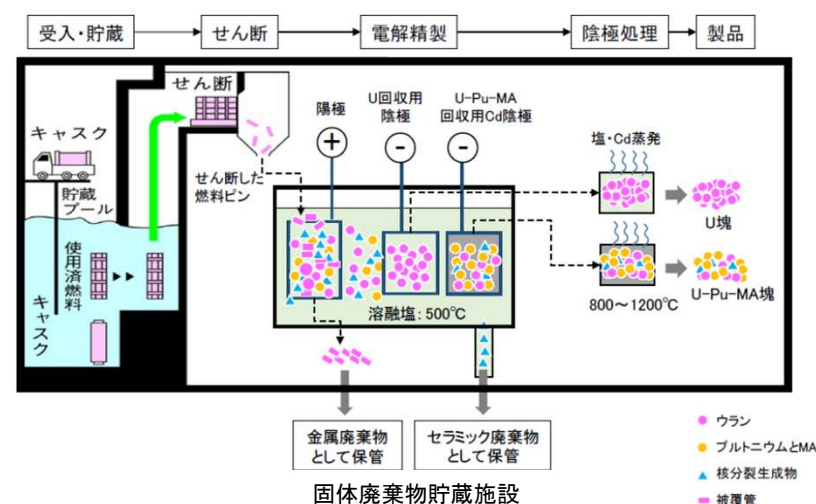
- 米国で高速実験炉EBR-IIの使用済燃料の再処理実績がある。
- ウランについては国内で工学規模まで試験を実施している（プルトニウムは未実施）。
- 廃棄物処理については米国でも実績がなく開発が必要になる。

2026年度までの評価内容

- 安全性、経済性を含め、実用システムの性能を評価する。
- 燃料製造、再処理について米国技術を導入可能であるか否かを日米共研により技術的観点から確認する。
- 技術的な見通しを廃棄物処理技術を含む国内R&Dに加え、米国データにより評価する。
- 必要な実証炉燃料製造施設等を検討し、許認可に向け必要になる実証試験の計画を明確にする。軽水炉サイクルとの共存性を考慮し、軽水炉燃料への乾式再処理適用性も評価する。



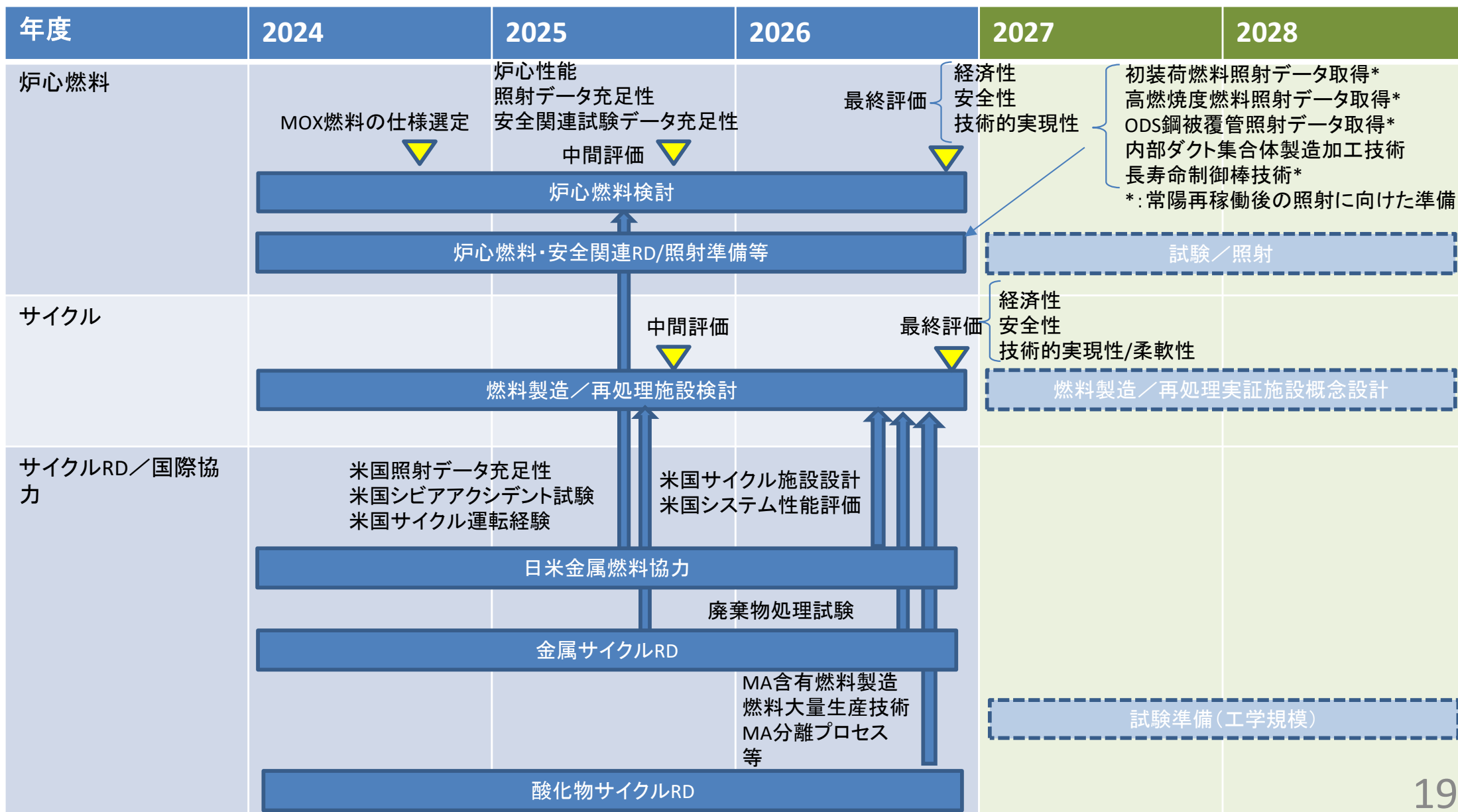
金属燃料製造（射出鑄造）



金属再処理（電解精製）

主要な成果の予定（燃料サイクル）

- 燃料技術については、2026年度頃を目途に研究開発成果・国際協力を通じて得た知見を踏まえ、MOX燃料と金属燃料それぞれの燃料技術の具体的な検討を進めていく。



4. 今後への展望

高速炉の社会実装に向けた課題

プロジェクトマネジメント上の課題

政策

- 司令塔組織の展開
- 導入ロードマップの具体化
- 民間投資を呼び込む施策
- 高速炉安全規制の予見性
- 実証炉建設に向けた予算確保
- サプライチェーンの維持・強化
- サイクル実施主体の明確化／体制強化

技術的課題

技術

- 炉心安全、炉心・燃料（酸化物と金属）の技術検討と実用化への成熟
- 燃料・材料の中性子照射データ取得
- 規制要件に適合する免震・耐震技術の技術実証
- 大型試験施設による原子炉の構成機器・系統の技術実証
- 燃料サイクル技術の確立（燃料製造、再処理、廃棄物、MAの取扱い）
- 民間規格や規制組織における高速炉向け規制・基準の整備

基盤インフラ整備

- 中性子照射場及び照射後試験施設
- 燃料製造及び再処理に係る施設
- ナトリウム試験施設（AtheNa、安全性試験施設等）

人材 技術

人材技術伝承

- 原子力人材の確保、育成、原子力コア技術の維持

まとめ及び今後の展望

- 2040年代の高速炉実証炉運転開始の実現に向けて、2028年度頃を目途に、基本設計・許認可フェーズへの移行の判断に必要な概念設計・研究開発を進めていく。
- 燃料製造施設、再処理施設も含めた全体システムを検討した上で、2026年度頃を目途に燃料技術の具体的な検討を行う。

