
高速炉実証炉の開発状況

2025年12月11日

国立研究開発法人 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

- 改訂された高速炉開発の「戦略ロードマップ」では、今後の開発の作業計画として、以下を設定した（2022年12月）。
 - 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
- 高速炉実証炉の概念設計対象となる炉概念仕様と中核企業の選定を行い、「ナトリウム冷却タンク型高速炉」を高速炉実証炉の概念設計対象として選定し、中核企業として三菱重工業株式会社を選定した（2023年7月）。
- 概念設計段階における体制を提示し（2024年6月戦略WG）、原子力機構に高速炉サイクルプロジェクト推進室を設置した（2024年7月1日）。
- 実証炉の概念設計については、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（2024年12月戦略WG）。

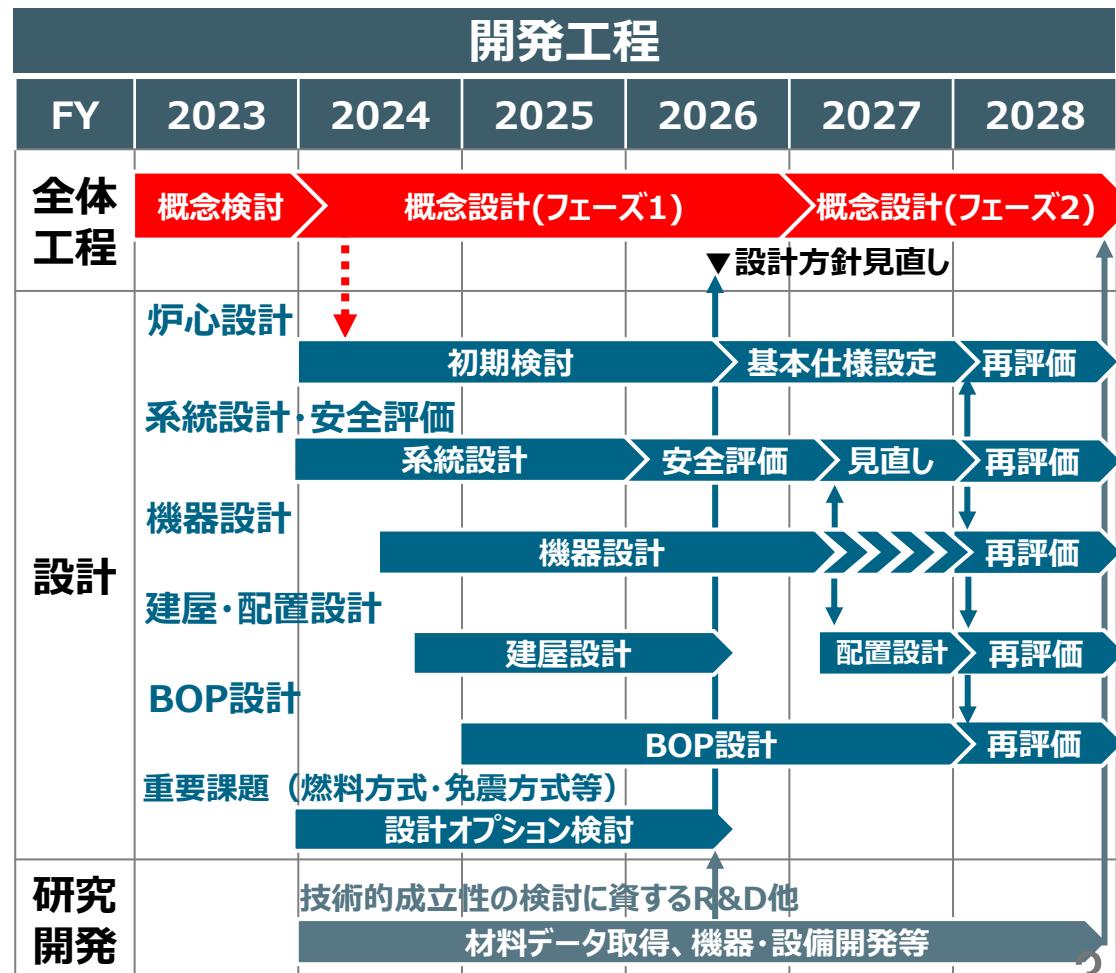
高速炉実証炉の開発状況（1/2）

- 2040年代の実証炉運転を目指し、大型炉・小型炉への展開が可能な中型（600MWe級）ナトリウム冷却タンク型炉を対象として、設計・R&Dを推進中
- 実証炉の概念設計としての基本仕様をまとめ、炉心・系統・機器設計等を推進すると共に、燃料方式、免震方式等の検討を進め、2026年度に採用する設計オプションを選定予定

実証炉プラントの基本仕様



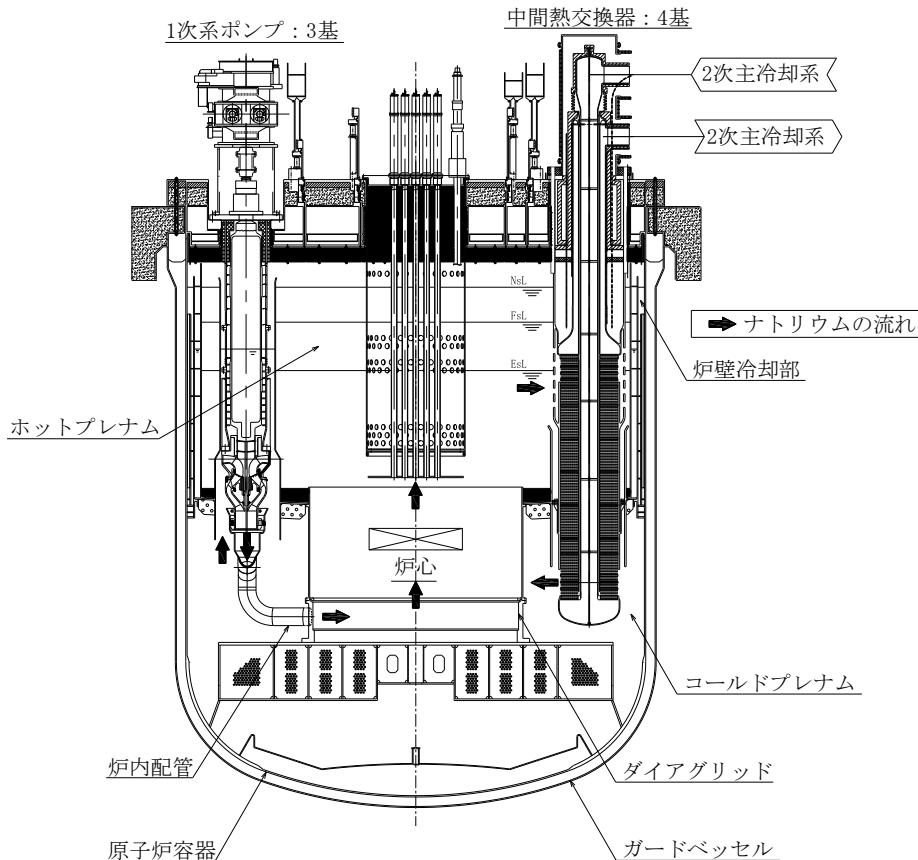
項目	仕様
炉型	ナトリウム冷却タンク型高速炉
電気出力	600MWe級
燃料方式	酸化物燃料または金属燃料
炉心出口温度	550°C
原子炉建屋	3次元免震建屋 または水平免震建屋



高速炉実証炉の開発状況（2/2）

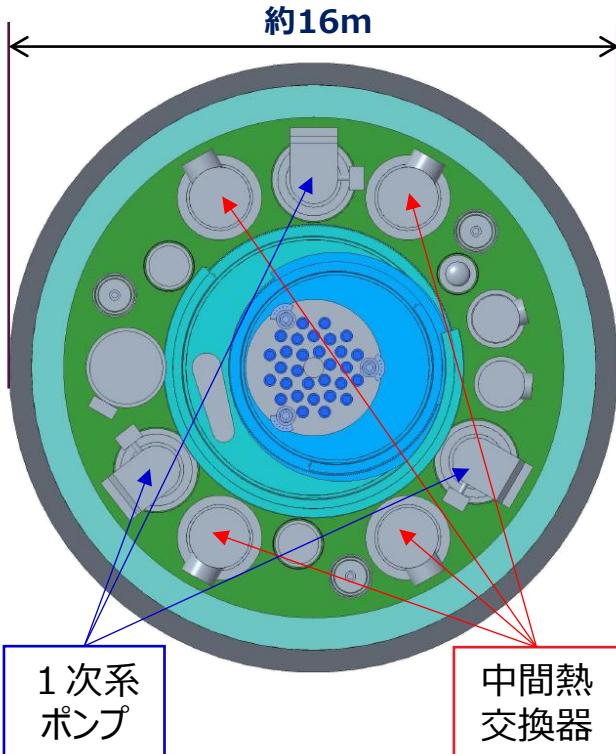
- 系統設計では、1次主冷却系の系統仕様（中間熱交換器4基、1次系ポンプ3基構成）を設定し、概略系統図等の整備を完了。引き続き、2次系を対象に設計推進中
- 機器設計では、原子炉容器・中間熱交換器等の主要機器について、日仏協力を通じて獲得したタンク型炉の知見を活用した機器概念を構築し、構造健全性・製作性等の成立性を検討中

1次主冷却系 概略系統図

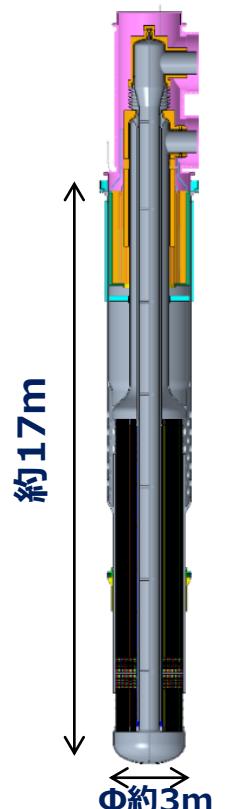


主要機器の設計例

原子炉容器（上面図）

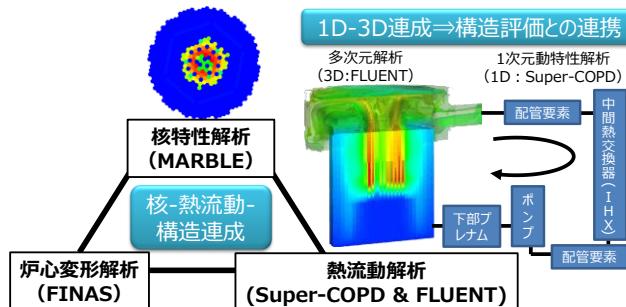


中間熱交換器



高速炉関連R&Dの概要

○安全性+経済性：核・熱・構造の課題解決

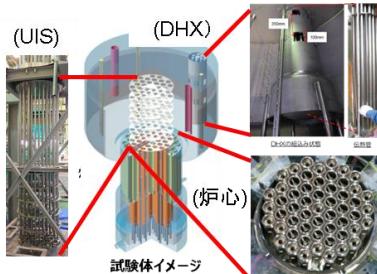


設計・建設知見の反映



もんじゅ知識ベース
ポータルサイト

高品質の実験検証



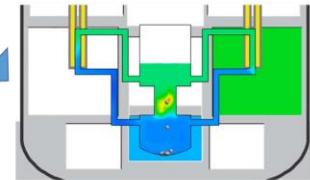
ナトリウム試験

○シビアアクシデント評価：炉心損傷、物質移行



・評価精度向上
(融体熱物性)

- ・モデル拡張(炉心損傷、熱水力)
- ・ユーザー利便性向上



統合安全性評価シミュレーション基盤システム

研究基盤の社会実装



- ・他炉型への適用拡張 (PRISM型炉)



ナトリウム燃焼
評価

○実用炉向け燃料開発



炉心材料の許認可・照射データ

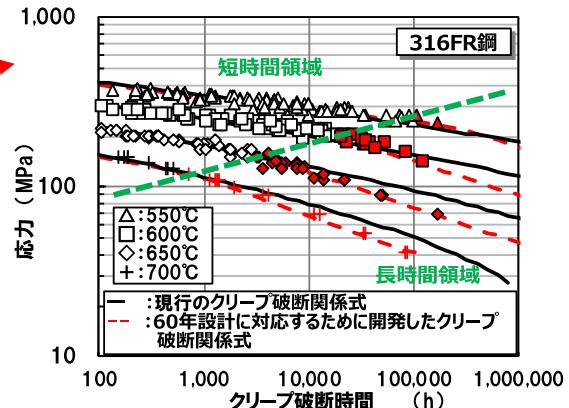
○機器の性能・信頼性実証、 設計評価手法の総合検証



冷却系機器開発試験施設 (AtheNa)

○構造・材料の規格・基準、維持規格

- 60年設計



○安全設計基準

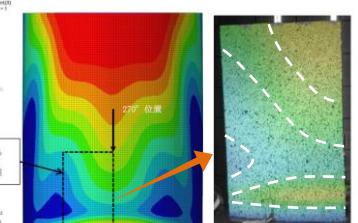
基本的安全原則及び第4世代システムに共通の安全目標

SFRシステムの安全要求の調和を達成するためにGIF安全アプローチを反映した基準

SFRシステムの安全要求を調和させるためにGIF安全アプローチを反映した基準

炉心、冷却系、その他の構築物、系統、機器に対する国内規制

- 大口径容器の座屈評価手法



変形量の解析と試験(右) 比較

- タンク型炉の採用に伴う原子炉構造の大型化、安全性向上や設備の信頼性向上、サプライチェーン再構築等の観点から約100項目のR&D項目を抽出
- 策定したR&D計画に従い、機器・設備開発や材料データ取得等を進めており、順調に進捗中

主なR&D項目例

大型化	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 大型原子炉構造の耐震評価手法の構築 ➤ 長尺1次系ポンプの開発 ➤ 免震装置の開発
-----	---

安全性向上	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 受動的炉停止系（SASS）の開発
-------	--

信頼性向上	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 316FR鋼 材料強度試験 ➤ 熱交換器・伝熱管支持部 摩耗量確認試験 ➤ 原子炉容器・蒸気発生器伝熱管の検査装置開発 ➤ 水素計の開発 ➤ 燃料交換機・駆動部の耐久性試験
-------	--

サプライ チェーン 再構築	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 316FR鋼（鍛鋼品、伝熱管、板材）の試作試験 ➤ ナトリウム環境向け圧力計の開発
------------------	--

R&D実施状況の例

316FR鋼材料強度試験



3次元免震システムの開発



316FR鋼伝熱管試作試験

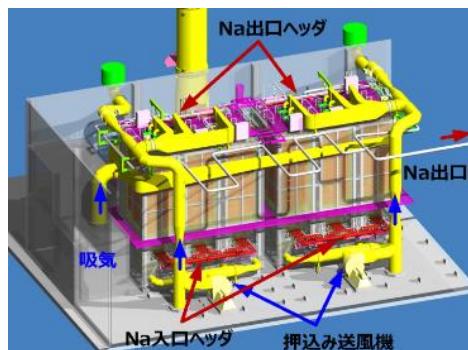


大型ナトリウム試験施設（AtheNa）の整備

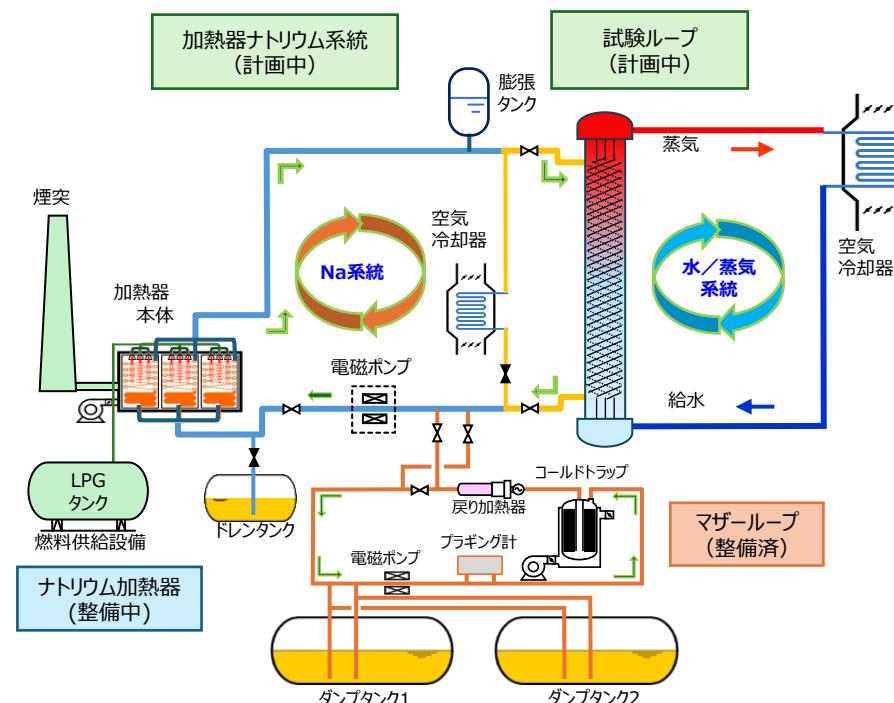
- 冷却系機器開発試験施設（AtheNa）は、高速炉実証炉の機器の技術実証等に関し、LPガスの燃焼により原子炉における発熱を模擬し、冷却材であるナトリウムを用いた試験研究を実施する施設である。
- 高速炉実証炉に採用予定のヘリカルコイル型蒸気発生器の性能を確認するための伝熱流動試験を計画しており、現在、施設の整備と試験体の設計を推進中



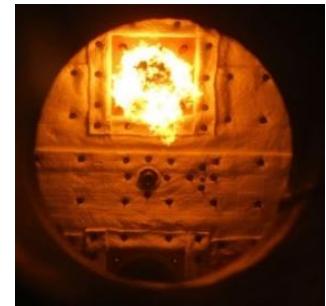
建屋：幅約130m、奥行き約60m、高さ約55m



ナトリウム加熱器鳥瞰図



AtheNa完成予想系統図



加熱器内主バーナ着火の様子

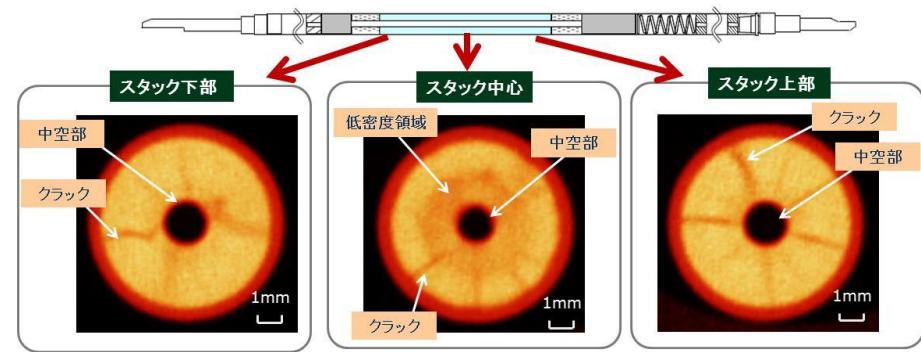


ナトリウム加熱器本体

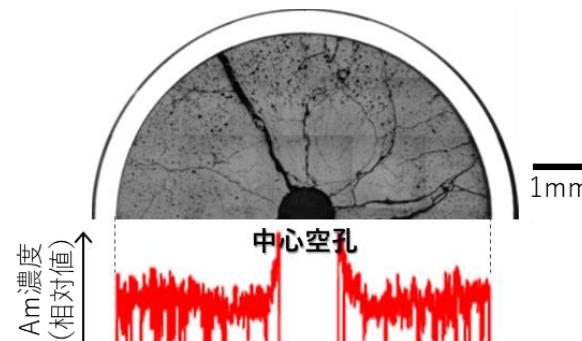
実用炉向け燃料開発（常陽での燃料照射試験）

- 「常陽」および実証炉において燃料照射を実施することにより、高燃焼度、MA*含有燃料を段階的に実証していく必要あり
- 「常陽」の2026年度中の再稼働を目指し、再稼働対応工事を進めると共に、再稼働後に実施予定の燃料照射試験に向けた試験準備を推進中

* MA : マイナーアクチニド



「常陽」における太径中空燃料の
照射挙動データ(照射後のX線CT)の取得例



「常陽」におけるMA含有MOX燃料の
照射挙動データ(Amの再分布挙動)の取得例

高速炉実証炉概念設計の今後の進め方

- 高速炉実証炉プラントの概念設計については、2026年頃に燃料技術の具体的検討（酸化物燃料/金属燃料）を進めていく
- 概念設計フェーズ1（2024～26年度）では、実証炉初期概念、設計方針・条件を暫定し、一巡の設計検討で成立性の見通しを得る
- 概念設計フェーズ2（2027～28年度）では、設計推進・評価検討により、基本設計の仕様・条件及び研究開発計画を確定し、2028年度の実証炉の基本設計・許認可フェーズの開始判断に資する設計情報として、開発目標適合性、許認可適合性を示す計画

燃料サイクル施設の設計状況

- 燃料技術の具体的検討にあたり、MOX燃料及び金属燃料サイクル施設の性能について比較評価するために、燃料サイクル施設の概念検討を2024年度から実施中
- 施設の概念検討はMOX燃料及び金属燃料とともに、高速炉実証炉及び実用炉用のサイクル施設として、燃料製造施設及び再処理施設の概念を検討し、経済性、施設の設計成立性、廃棄物発生量等のプラントレベルの各種性能を評価する予定

概念検討の進捗状況

- MOX燃料サイクル施設は、実証炉用高除染MOX燃料製造施設の検討を完了し、MA含有MOX燃料製造施設（実証炉・実用炉）及び実証炉用再処理施設の検討を実施中
- 金属燃料サイクル施設は実証炉用の燃料製造、再処理施設を先行して検討し、その結果をふまえつつ、実用炉用金属燃料製造施設及び再処理施設の検討を実施中

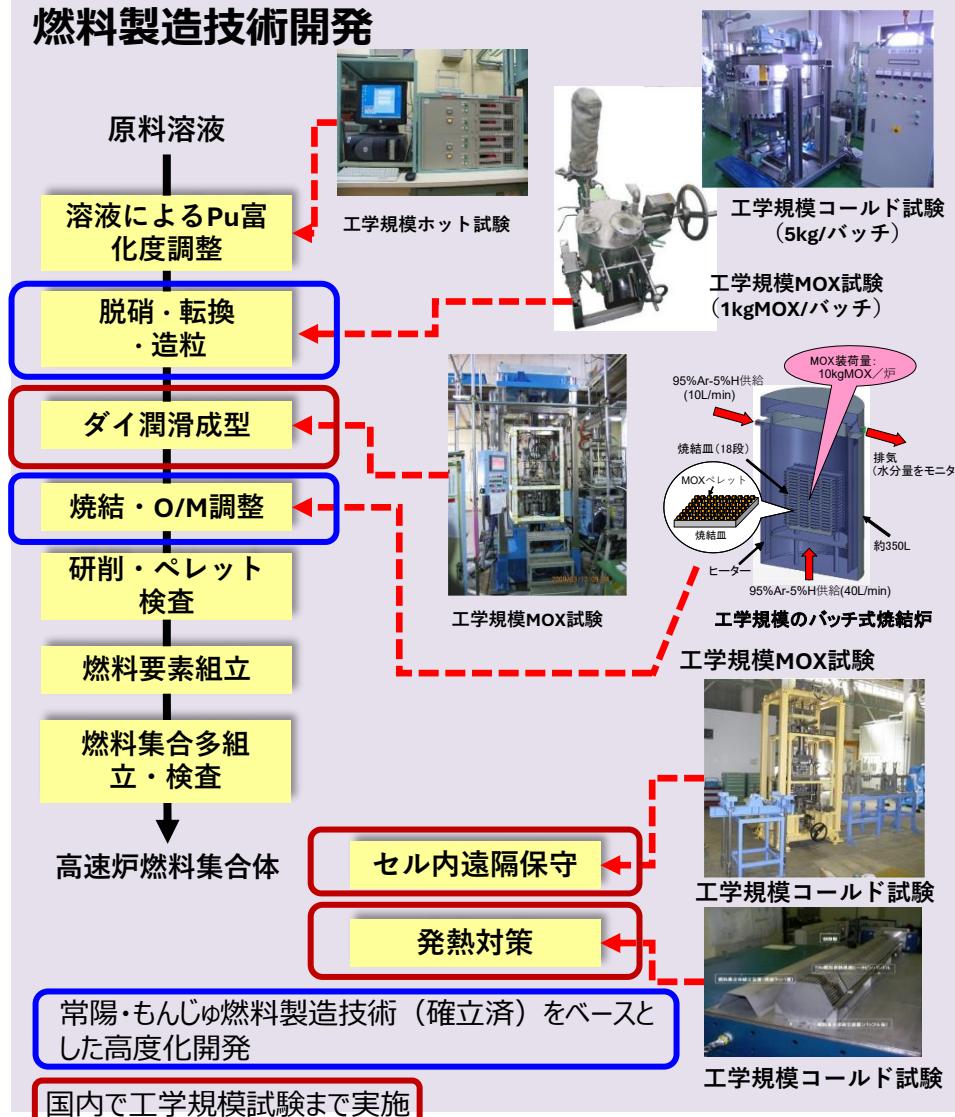


金属燃料用乾式再処理建屋鳥観図

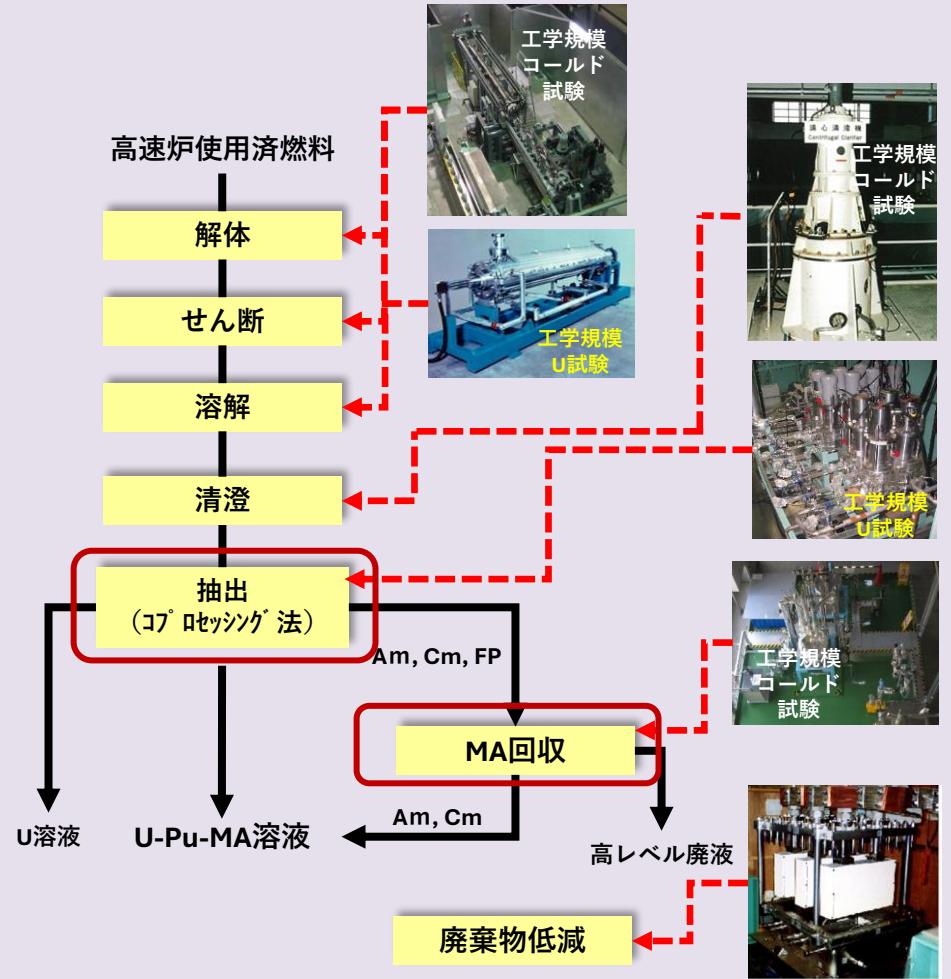
MOX燃料サイクル技術の開発状況

現状は燃料技術の具体的検討にあたり、適用技術の実用見通しを得るために必要な技術開発に限定して実施している

燃料製造技術開発



再処理技術開発



金属燃料サイクル技術の開発状況

燃料技術の具体的検討にあたり、適用技術の実用見通しを得るために必要な技術開発に限定して実施している

金属燃料製造技術開発

軽水炉使用済燃料の温式再処理製品

MOX粉

U金属
Zr金属

使用済金属燃料の乾式再処理製品
U-TRU合金 U金属



T. Ogata & T. Tsukada, Global 2007, Boise, Idaho, USA, Sep. 9-13, 2007.

プレス成型

ペレット焼結

電解還元

陰極処理

U-Pu合金

射出鋳造

スラグ処理・検査

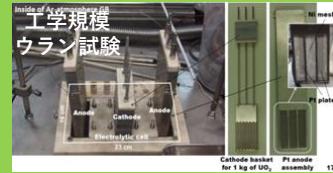
燃料ピン組立

Naボンディング

燃料ピン検査

燃料集合体組立

金属燃料集合体



電解還元装置

開発中の技術

国内で工学規模試験まで実施

国内で工学規模試験実績がなく、米国に試験実施例あり

乾式再処理技術開発

高速炉使用済金属
燃料集合体

解体・ピンせん断

ボンドNa蒸留

電解精製

せん断燃料ピン

U+貴金属FP
+被覆管+塩

Cd-U-Pu-M

塩 + U-TRU-FP

陽極処理

貴金属FP+被覆管

金属廃棄物処理

工学規模
ホット試験

金属廃棄物
固化体製造



電解精製装置

陰極処理(塩蒸留)

陰極処理(Cd蒸留)

塩 + U-TRU

塩 + FP

還元抽出

ゼオライトカラム

ゼオライト

塩 + FP

セラミック廃棄物
固化体製造



陰極処理・Cd蒸留装置



ゼオライトカラム



セラミック廃棄物
固化体製造

燃料サイクル分野の今後の進め方

- 燃料サイクル分野については、当面、2026年頃に予定している燃料技術の具体的検討（MOX or 金属）に向けて、判断上の評価軸を念頭に、MOX燃料サイクル及び金属燃料サイクル技術の性能比較に必要な情報の提示を行うべく、技術評価を進めている。
- 燃料判断後では、採用された燃料技術を対象に、2026年度までの開発内容に加えて、技術の実用化に向けて必要となる開発全体を加速し、燃料製造施設に関しては、速やかに2027年度から施設の概念設計に着手する計画である。

MOX燃料サイクル技術の開発項目

2026年度までの開発項目	2027年度以降の開発項目
燃料製造技術開発	<p>①中空ペレット内径検査技術開発 – 初期炉心</p> <p>②焼結・O/M技術調整開発 – 高度化炉心（MA）</p> <p>③セル内遠隔保守技術 – 高度化炉心（MA）</p>
	<p>①<u>継続</u>（中空ペレットの量産技術開発を追加）：初期炉心/高度化炉心（MA）</p> <p>②<u>継続</u></p> <p>③<u>継続</u></p> <p>④脱硝・転換・造粒技術 – 高度化炉心（MA）</p> <p>⑤保障措置技術 – 高度化炉心（MA）</p>
再処理技術開発	<p>①U-Pu-Np共抽出技術</p> <p>②MA分離回収技術</p>
	<p>①<u>継続</u></p> <p>②<u>継続</u></p> <p>③集合体解体技術</p> <p>④燃料溶解技術</p> <p>⑤清澄システム技術</p> <p>⑥濃縮缶の大型化技術</p>

- 金属燃料については米国の実験炉EBR-II、燃料サイクル施設FCFの運転経験により技術的な見通しについて判断している部分もあるが、本技術を国内で採用する場合には機器のモックアップを作成し、成立性等を国内であらためて確認する必要がある。

金属燃料サイクル技術の開発項目

2026年度までの開発項目	2027年度以降の開発項目
燃料製造技術開発	
①電解還元技術	①継続 ②射出鋳造技術 ③スラグ処理・検査技術 ④Naボンディング技術
再処理技術開発	
①廃棄物処理技術（ゼオライトカラムを中心を開発）	①継続（金属廃棄物固化、還元抽出、ゼオライトカラム、セラミック廃棄物固化他を含めて拡大） ②解体・ピンせん断・ボンドNa蒸留技術 ③電解精製技術 ④陰極処理技術

- 日米／日仏協力等を活用することにより高速炉実証炉の開発を合理的に行う体制を構築した。

日米協力：金属燃料を中心とした協力

■ テラパワー社とのMOU改定

- 大型商用炉
- 常陽照射
- 金属燃料許認可

■ 金属燃料等に関する共同研究

米国の金属燃料、サイクル技術の導入

■ シビアアクシデント試験協力

金属燃料の溶融燃料の試験の実施

■ R&D協力（CNWG協力）

金属燃料、乾式再処理*

評価手法開発、材料開発、等

* : 乾式再処理の協力は2018年～

日仏協力：タンク型炉およびMOX燃料についての協力

■ R&D取決め

MOX燃料およびタンク型炉に関連したR&Dの協力

■ 設計取決め

仏の過去の設計経験等を生かした協力



日カザフ協力

■ 試験用原子炉IGRにおけるシビアアクシデント試験

政策**プロジェクトマネジメント上の課題**

- 司令塔組織の展開
- 导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**技術的課題**

- 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

 主体、規制について次頁以降説明 本資料前半で対応例を説明

実施主体について（これまでの議論）

- 高速炉概念の選定と併せて、原子力機構の研究開発力と電気事業者のプロジェクトマネジメント能力を結集した開発の司令塔組織の機能、規模、組織形態等を特定することを検討する。（**2022年12月戦略ロードマップ（原子力関係閣僚会議）**）
- 概念設計段階では、
 - 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）が司令塔として担う。
 - 研究開発統合機能を担う研究開発統合組織を原子力機構に設置する。
（2024年6月戦略WG）
- 高速炉サイクルプロジェクト推進室を原子力機構に設置（**2024年7月1日**）
- 実用化の見通しが明確になるステップ3以降は、この開発の司令塔組織は事業運営体制に機能を引き継いでゆく。（**2022年12月戦略ロードマップ（原子力関係閣僚会議）**）
- サイクル技術は、研究開発のために大量のプルトニウムを扱い、ホット試験が必要となる等、民間が主体的に開発を進めるにはハードルが大きいことから、当面は、軽水炉サイクルとの共通技術を含めて、原子力機構がステークホルダーとの連携を図りつつ開発の中心的役割を果たす必要がある。（**2022年12月戦略ロードマップ（原子力関係閣僚会議）**）

高速炉安全規制の予見性について

- 2028年頃の実証炉の基本設計・許認可手続きへの移行判断に向けて、規制の予見性を高めていくことが重要。
- 2013年6月12日の原子力規制委員会にて、研究開発段階発電用原子炉の関係規則は安全審査を行うまでに改めて検討し基準を見直す方針が示されている。
- 日本原子力学会新型炉部会「次世代ナトリウム冷却高速炉の安全設計評価方針検討会」において、軽水炉とは異なる安全上の特徴を踏まえた「次世代ナトリウム冷却高速炉の安全設計方針」を策定している（2025年2月に公開）。
- 2025年10月27日 原子力機構は、高速炉実証炉に関する研究開発のマネジメントを担うことから、原子力規制庁と以下の内容について面談による対話を開始した。
 - 原子力学会「次世代Na冷却高速炉の安全設計評価方針検討会」にて審議された次世代高速炉における深層防護の考え方、原子炉停止設備及び崩壊熱除去設備の安全設計、原子炉格納機能の考え方の整理状況等について説明した。
 - 加えて、酸化物燃料炉心及び金属燃料炉心の採択手順、実証炉に導入予定の免震技術、溶融燃料排出管、貫通型崩壊熱除去系等の検討状況について意見交換した。
 - 今後も、高速炉実証炉に関する技術情報について、継続的に意見交換を行うことで合意した。
- 革新軽水炉に関し、原子力学会の「次期軽水炉の技術要件WG」（フェーズ1：2014.12～2017.3、フェーズ2：2018.6～2020.5）での検討^{*1}を経た上で、原子力規制委員会と事業者が規制基準に関する意見交換を開始（2024.12.9）^{*2}。1年程度の意見交換を想定^{*3}

*1 http://www.aesj.or.jp/~hatsuden/katsudou/04_jikiroWG/jikiroWG_index.html (アクセス日 2025.11.25)

*2 https://www.da.nra.go.jp/search?ftxt=1&fuse=1&f.gi=M003_189 (アクセス日 2025.11.25)

*3 https://www.aec.go.jp/kaigi/teirei/2025/siryo05/2_haifu.pdf (アクセス日 2025.11.25)