
高速炉・高温ガス炉 実証炉プロジェクトの進捗状況

令和6年10月22日

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

高速炉実証炉プロジェクト

<設計段階における実証炉の仕様具体化：開発体制とプラント概念>

- 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）。
 - ✓ 国内の基準地震動への対応、第4世代原子力システム国際フォーラムの安全設計要件について、概念設計を行う過程で考慮
 - ✓ 小型炉・大型炉にも展開可能な設計とし、大型炉は軽水炉に競合できる建設コストを見通す。
 - ✓ 国際協力を活用した開発の効率化を取り入れる。
- 高速炉実証炉の概念設計を立ち上げ、以下の項目を勘案した上で60万kWe級が概念設計を進めるに当たり、適当な候補であると検討した。
 - ✓ 40／60万kWeでは技術的実現性の観点で有意な差異はないこと
 - ✓ 経済性やPu*、MA**の利用・燃焼の観点から、100万kWe級の大型炉に向けて技術実証を可能とすること
- 機器・システムの成立性確認の項目と方法としてR&D項目の妥当性／十分性を確認した。
 - ✓ 機構に加えて、中核企業中心で実施する開発項目の整理（原子炉構造、冷却系、免震システム、等）

* Pu：プルトニウム、** MA：マイナーアクチノイド



高速炉実証炉の主な仕様（参考）

項目	仕様
出力	60万kWe級（熱出力150万kW）
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＋SASS（自己作動型炉停止機構）
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

***：酸化物／金属燃料炉心の選択が及ぼすプラントシステムへの影響は軽微

<大型試験施設による機器・システムの技術実証に向けて>

- 大型ナトリウム試験施設の整備を進めるとともに、実証炉の機器・システムに係る実証計画を整理し、必要な施設整備計画をまとめた。
 - ✓ 大型ナトリウム試験施設(AtheNa)の加熱器を整備
 - ✓ 概念設計期間中の機器実証試験として蒸気発生器試験を抽出
 - ✓ 基本設計期間中の実証試験項目を整理し施設整備計画に反映
- 既存の工学規模ナトリウム施設についても実証炉における機器開発のため整備を開始した。
 - ✓ PLANDTL：熱流動試験実施（2022年度：日仏共同試験、2023～24年度：実証炉関連試験）
 - ✓ SWAT-3：ナトリウム水反応試験施設の整備に着手



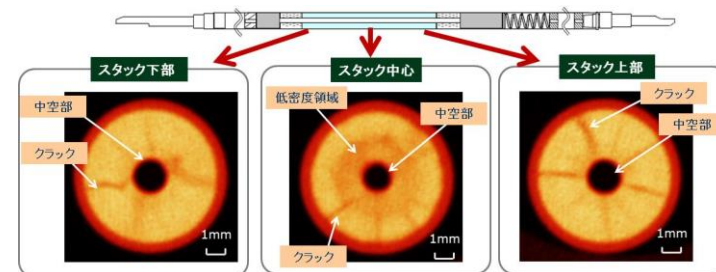
AtheNaのナトリウム加熱器本体整備



AtheNaのLPG系整備

<燃料・材料の照射データ取得に向けて>

- 規制対応も見据え、照射データ取得の項目及び計画を具体化した。
 - ✓ 実証炉初装荷燃料、実用炉燃料に向けた高燃焼度燃料、MA含有燃料の照射計画を検討
 - ✓ 長寿命制御棒、ODS鋼被覆管（高燃焼度燃料のための被覆管）の開発計画を策定
 - ✓ MOX燃料と金属燃料の比較に向けて、日米の金属燃料協力を立ち上げ、米国の金属燃料の照射データを入手

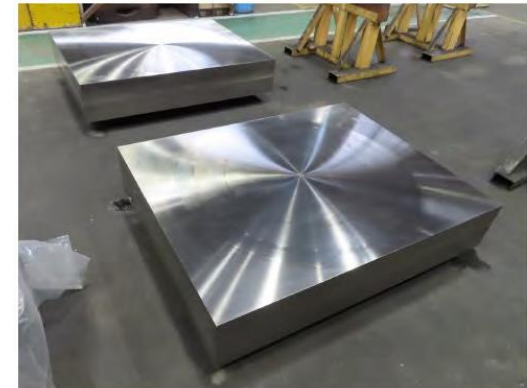


太径中空MOX燃料の
照射後試験（常陽照射）の例

* MOX燃料：ウラン・プルトニウム混合酸化物燃料

＜規格・基準の整備に向けて＞

- 軽水炉との違いや規制対応も見据えた、整備すべき規格・基準の特定と、必要なデータ取得の項目と方法を確認した。
- ✓ 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」が設置され、高速炉実証炉の安全規制上必要となる、重要度分類、安全評価方針等を検討
- ✓ 必要な規格基準の項目を整理し、機構中心で実施するR&D項目の対応を確認（シビアアクシデント評価技術、材料開発、熱流動関連の解析コード開発、等）



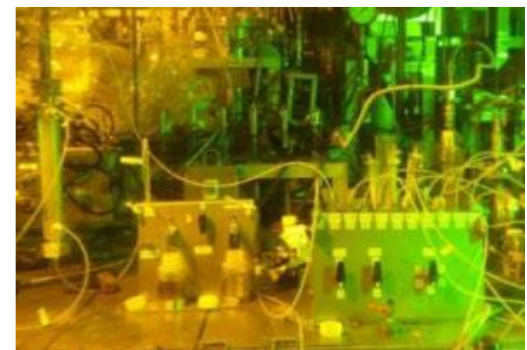
高温高強度材の商用ヒート（316FR）による性能確認

＜燃料製造／再処理施設の在り方：燃料サイクル技術の選択に向けて＞

- MOX燃料サイクル、金属燃料サイクルの比較評価を2026年度を目途に行うこととし、比較評価に向けた計画の具体化を進めている。
- ✓ 燃料製造／再処理の実証施設及び実用施設の検討（経済性、安全性等評価）、実用化開発計画の策定
- ✓ 技術的実現性の見通し評価のための重要技術に対するR&D抽出（MAを扱うためのセル内遠隔運転・保守・補修技術、焼結・O/M*調整技術（量産技術）、MA分離回収技術、U-Pu共抽出技術、金属燃料廃棄物処理技術、等）
- ✓ 日米の金属燃料協力を立ち上げ、米国の金属燃料の開発知見を日本の金属燃料サイクル技術の実証及び商用化に用いるための枠組みを確立



遠隔保守向けペレット成型設備のモジュール交換モックアップ試験



ホットセル内のMA分離試験装置

* O/M : U, Pu等金属に対する酸素モル比

◆ 日米／日仏協力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する（赤字：今後構築する部分、青字：構築済み）。

日本型タンク型炉に対するサブシステム／機器協力、金属燃料シビアアクシデント共同開発の可能性を検討

新しい日仏協力

- 仏の運転経験（原型炉／実用炉）を活かした設計協力による開発リスクの低減
- 実証炉開発のためのR&Dに選択／集中

テラパワとMOU改定（2023年10月署名）

- Sodiumに対する協力から大型化した商用炉協用に拡大して協力の可能性を模索

米国との金属燃料CRADA協力（2024年1月署名）

- 2026年度頃の燃料技術検討に資する
- 金属燃料／サイクル技術の技術導入

米国とのシビアアクシデント試験協力（署名済み）

- 金属燃料の溶融時の挙動を把握

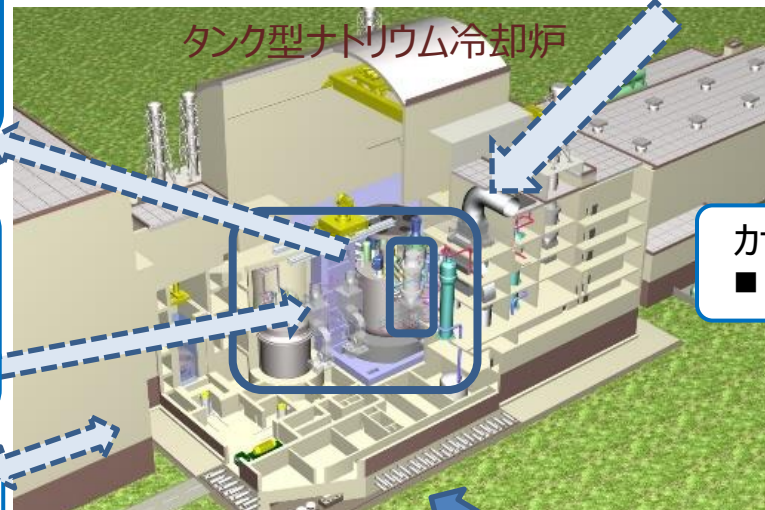
日米R&D協力（CNWG協力（2013年～））

- 金属燃料、乾式再処理の共同開発*
- 評価手法開発、材料開発、等

*：金属燃料向け乾式再処理の協力は2018年～

日仏R&D協力（2020～2024年）

- MOX燃料開発（共同照射、シビアアクシデント試験）
- 評価手法開発（シビアアクシデント、熱流動、燃料挙動、化学反応等）
- 材料開発、等



カザフスタンとの炉内試験協力

- シビアアクシデント試験

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
- 実証炉建設に向けた予算確保
- 技術ロードマップの具体化（2050年カーボンニュートラルを見据えた市場性）
- 民間投資を呼び込む施策
- サプライチェーンの維持・強化
- 高速炉安全規制の予見性
- 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

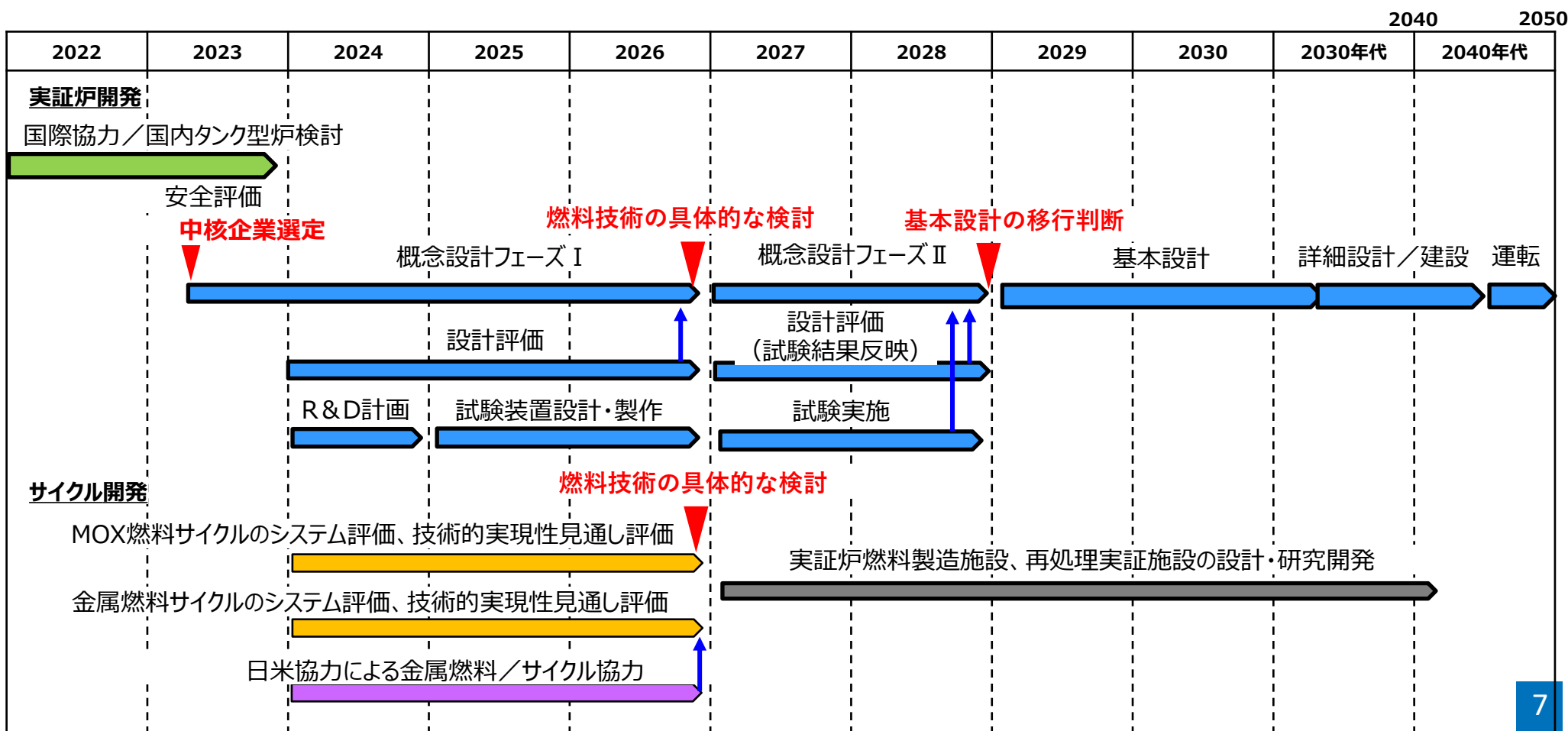
- 中性子照射場及び照射後試験施設
- 燃料製造及び再処理に係る施設
- ナトリウム試験施設（AtheNa、安全性試験施設等）

人材 技術

人材技術伝承

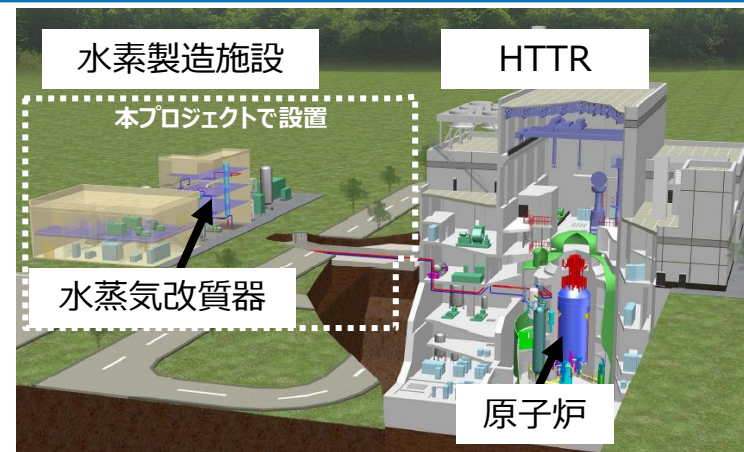
- 原子力人材の確保、育成、原子力コア技術の維持

- 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。



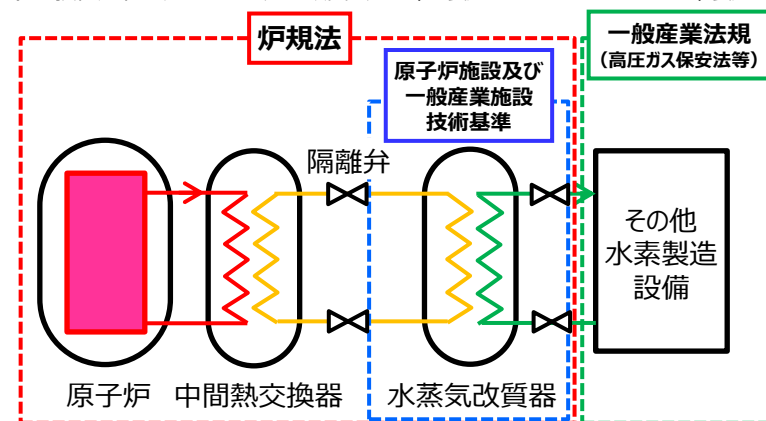
高温ガス炉実証炉プロジェクト

- 国内実証炉に活かすため、HTTRの熱を直接利用した水素製造実証試験（HTTR-熱利用試験）を開始（2022～）
 - ✓ 水素製造施設の基本設計、HTTRの改造設計等
 - ✓ 高温隔離弁等の機器開発
- 申請のための適用法規を行政相談により決定（2024.6）。2024年度中に原子炉設置変更許可申請及び機器の要素技術開発を完了予定
 - ✓ 適用法規に係る規制庁との行政相談（2023.10.31～2024.6.20、7回）
 - ✓ 経産省高圧ガス保安室との行政相談（2023.10.2、11.8、2回）
 - ✓ 茨城県との行政相談（2023.6.27、11.29、2回）
- 高温ガス炉実証炉の規格・基準の整備に向け、原子力学会及び機械学会に委員会を設立
 - ✓ 原子力学会専門委員会（2023.5.30～、6回）
 - ✓ 機械学会タスク（2023.6.13～、6回）



HTTR-熱利用試験イメージ

（まず技術が確立済のメタン水蒸気改質法で水素を製造、その後カーボンフリー水素製造を計画）



HTTR-熱利用試験施設の適用法規

	R4 2022	R5 2023	R6 2024	R7 2025	R8 2026	R9 2027	R10 2028	R11 2029	R12 2030
HTTR-熱利用試験	安全設計・安全評価		申請 ▼	許認可					
	HTTR改造設計/水素製造 (天然ガス水蒸気改質法) 施設設計				HTTR改造工事/水素製造施設の 製作・据付			水素製造試験	

- 英国政府は、革新炉として高温ガス炉を選択し2030年代初頭に高温ガス炉実証炉の運転開始を目指す「高温ガス炉実証炉プログラム」及び「高温ガス炉燃料開発プログラム」を開始（2022.9）。NNLとJAEAのチームは基本設計（Phase B）及び燃料製造技術開発（Step 1）採択機関に選ばれた
- 国内実証炉の開発成果を活用し、高温ガス炉の熱を用いた炭酸ガス削減技術や経済性の見通しを英国より得、国内高温ガス炉実証炉に活かす。
- 日本（原子燃料工業（NFI）及びJAEA）の高温ガス炉燃料設計、製造技術を活用して英国と共同開発を実施、燃料製造技術の高度化を図る。
- JAEAとNNLは以下を締結
 - ✓ 包括的な高温ガス炉技術に係る協力覚書（2023.9.6）
 - ✓ 英国高温ガス炉実証炉プログラム（Phase B）に係る実施覚書（2023.9.6）
 - ✓ 英国高温ガス炉燃料開発プログラム（Step 1）に係る実施覚書（2024.4.22）
 - ✓ ライセンス契約（実証炉設計 2024.2.20、燃料 2024.4.22）



英国高温ガス炉実証炉 建設候補地

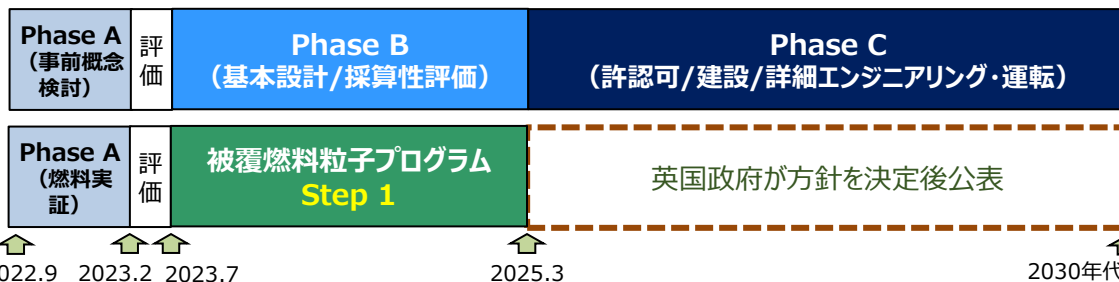
（イングランド北東部タラム州ハートルプール。ティーズ川の河口の北岸に位置し、英国原子力規制室（ONR）の認可が得られたサイトのひとつ）

EDF-Energy パンフレットより



HTTR燃料製造設備

（エネ庁委託事業「高温ガス炉実証炉開発事業において燃料製造技術維持・向上に向けて燃料製造設備を整備」）

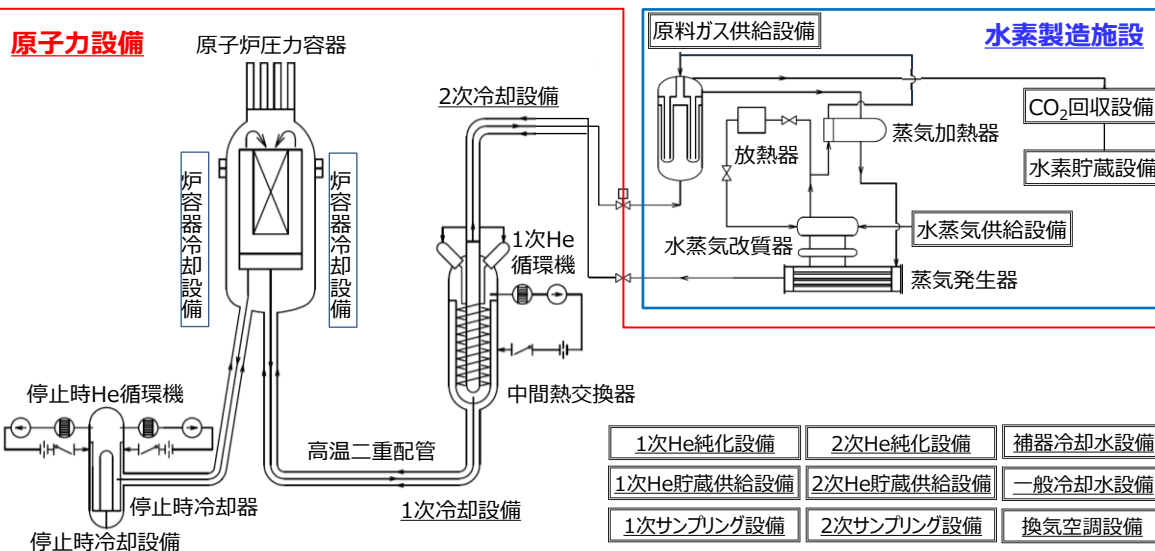


英国高温ガス炉プログラムスケジュール（上段：実証炉、下段：燃料）

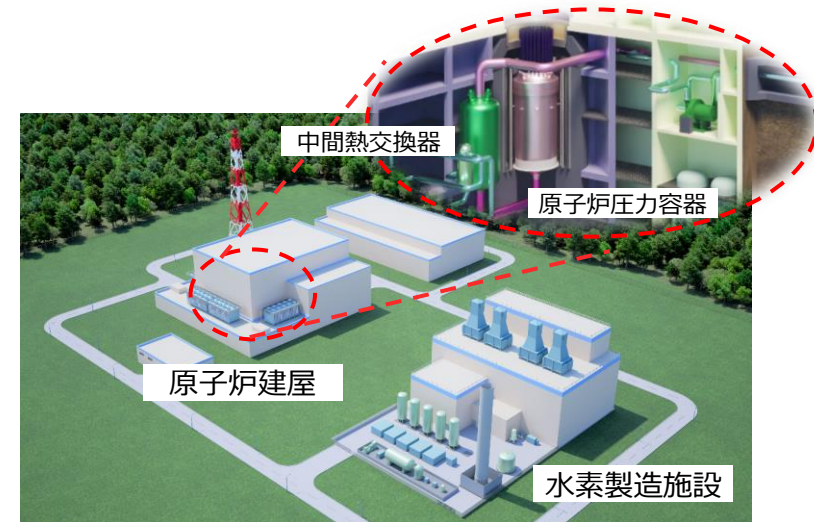
- 2023年7月に高温ガス炉実証炉開発の中核企業に三菱重工業が選定され、2030年代後半の実証炉運開を目標として開発に着手
- 昨年度、実証炉のプラントコンセプト（1次案）を設定し、基本仕様をまとめ、炉心・系統・機器設計等を開始
- 主要系統図や実証炉イメージを構築
- 実証炉に必要となる開発項目・開発計画を策定
- 今後、設計を進めると共に、計画に基づき研究開発を実施

主要な開発項目と開発計画

項目	内容	~2024	2025	2026	2027~	
炉心 関連	温度・流配コードの検証	評価モデル/既存データ整備		試験計画/供試体製作/実証試験		
	黒鉛材料のデータ取得	製作検討/準備		製作/測定/評価		
ヘリウム 循環機	構造コンセプト/要素試験	構造コンセプト検討・設計		要素試験		
	検証機による技術確認	構造具体化/各種解析		検証機確認試験		
長時間 高温 材料試験	不純物による腐食影響検証	腐食試験条件検討/試験準備		腐食試験		
	長時間クリープ 破断強度の取得	試験計画/準備		クリープ 破断試験		
HX 関連	高温材厚肉管の曲げ加工/ 溶接施工方法検証	試験計画		材料手配/管曲加工法検証		
		管曲げ・管束組立製作試験				
水素 接続	高温隔離弁の検討	構造検討と検討項目の抽出		検証試験計画/準備		検証試験



高温ガス炉実証炉主要系統図（案）



高温ガス炉実証炉イメージ

（技術が確立済のメタン水蒸気改質法で水素を製造、その後カーボンフリー水素製造を計画）

政策

事業予見性確保

- 性能に応じたスケラブルな緊急時区域の設定、許認可審査の予見性確保
- 実証炉建設の予算確保
- 産業分野のカーボンニュートラル化に向けた高温ガス炉活用の明確化

社会

実施体制の確立

- 社会的受容性獲得・事業モデル構築
：ステークホルダーとの対話、先行する英国実証炉プロジェクト活用

技術

原子炉技術の確立

- 炉心：大型環状炉心の性能及び製作技術実証
- 設備：大型中間熱交換器やヘリウム循環機の性能及び製作技術実証、
自然循環式炉容器冷却設備やコンファインメントの性能及び製作技術実証
- 燃料：高燃焼度用燃料の確立、再処理技術開発
- 安全基準：高温ガス炉の特長を考慮した規制基準策定
- 構造規格：HTTR用内規不足事項の規格策定、新規材料及び設計寿命
長寿命化に向けたデータ取得

熱利用技術の確立

- 接続：水素製造施設の適用法規決定、接続設備機器（高温隔離弁等）の開発
- 水素製造：カーボンフリー水素製造技術のシステムレベルでの技術実証

- 2030年代の高温ガス炉実証炉運転開始の実現に向けて、2030年までにHTTR－熱利用試験を完遂し、高温ガス炉と水素製造施設の安全な接続技術を確認する
- 脱炭素高温熱源である高温ガス炉を活用した大量、かつ、安定したカーボンフリー水素製造により、製鉄や化学等の産業部門のカーボンニュートラル化を実現する

