文部科学省

高温ガス炉の開発に向けた文部科学省の取組について

令和５年１月１６日

文部科学省 研究開発局　原子力課長

新井　知彦

1．高温ガス炉とは

優れた安全性

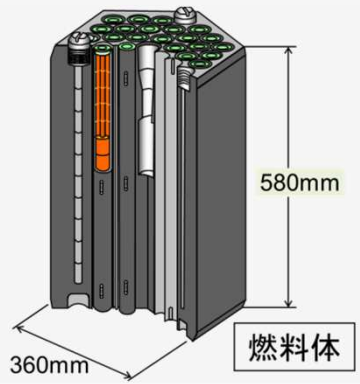
- 水を使わず化学的に安定なヘリウムで冷やすので**水素爆発しない。**
- 燃料をセラミックスで厳重（四重）に被覆するので、**メルトダウンしない。**
- 黒鉛構造材により、事故時にも急激に温度上昇せず、**一定温度以下で安定。**

セラミックス被覆燃料

1600°Cでも放射性物質を閉じ込める

黒鉛構造材

耐熱温度2500°C



ヘリウム冷却材

高温でも安定
（温度制限なし）

多様な熱利用

- 発電のみならず、950°Cの高温熱を供給可能（日本の純国産技術、世界最高記録）で、水素製造、海水淡水化等の幅広い**熱の産業利用**が可能。

水の熱分解による水素製造（ＩＳプロセス）

- 通常4,000°Cの熱が必要だが、ヨウ素(I)と硫黄(S)により、約900°Cの熱で水を熱分解、水素を生成。

我が国の高温ガス試験研究炉　HTTR

※日本と中国だけが高温ガス炉の実機を持つ。中国は実証炉を建設予定。米英等も開発に本格参入しつつあり、競争が激化。

２．高温ガス炉の政策上の位置づけ

- 「2050年カーボンニュートラルの実現に伴うグリーン成長戦略」（令和３年６月改定）、「エネルギー基本計画」（令和３年１０月閣議決定）、原子力機構の「第４期中長期目標」など、各種政策において高温ガス炉に係る研究開発はカーボンニュートラル達成の重要な手段として位置づけられており、社会的にも期待が高まっている。
- GX実行会議及び原子力関係閣僚会議（令和4年12月）において、次世代革新炉の開発・建設に取り組むことなどについて議論がなされている。

➢ **「第6次エネルギー基本計画」（令和3年10月 閣議決定）**

水素製造を含めた多様な産業利用が見込まれ、**固有の安全性を有する高温ガス炉を始め、**安全性等に優れた炉の追求など、**将来に向けた原子力利用の安全性・信頼性・効率性を抜本的に高める新技術等の開発や人材育成を進める**。

➢ **「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」（令和3年6月改定）**

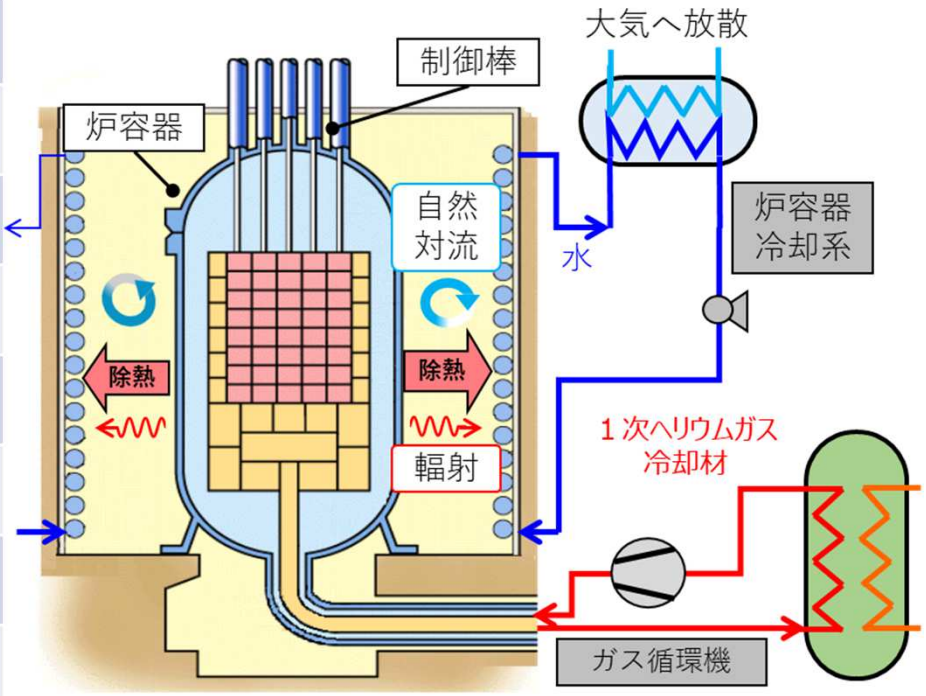
世界最高温度を記録した試験炉HTTRを活用し、安全性の国際実証に加え、**2030年までに大量かつ安価なカーボンフリー水素製造に必要な技術開発を支援していく**。（中略）**試験炉HTTRの建設・運転・再稼働を通じて**、規格基準策定の点でも海外に先行している状況を踏まえ、日本の規格基準普及に向けた他国関連機関との協力を推進する。

➢ **JAEA 第４期中長期目標（令和４年２月策定）［※令和４年４月から７年間］**

高温ガス炉技術及びこれによる熱利用技術の研究開発等を行うことにより、原子力利用の更なる多様化・高度化の可能性を追求する。具体的には、発電、水素製造等多様な産業利用が見込まれ、固有の安全性を有する高温ガス炉の実用化に資するため、令和３年７月に再稼働した高温工学試験研究炉（HTTR）について、安全の確保を最優先とした上で、「グリーン成長戦略」等の政策文書や将来的な実用化の具体像に係る検討等の国の方針を踏まえ、**高温ガス炉の安全性の確証、固有の技術の確立、並びに熱利用系の接続に関する技術の確立に資する研究開発及び国際協力を推進**する。特に、**水素製造技術については、水素製造プラントへの接続技術の実証に係る研究開発を進めるとともに、カーボンフリーな水素供給に向けては民間と協力・分担しつつ研究開発を進め、民間等への移転の道筋をつける**。

3．高温ガス炉実験炉「HTTR」の経緯

1969～1973	- 概念設計
1974～1980	- システム総合設計
1981～1984	- 基本設計
1985～1988	- 詳細設計
1989～1990	- 設置許可申請・取得
1991～1997	- 建設
1998	**- 初臨界**
2004	**- 原子炉出口温度950℃達成（世界初）**
2010	- 連続50日運転950℃達成 **- 安全性実証試験（炉心流量喪失試験：ガス循環機停止）**
2014	- 設置変更許可申請書を原子力規制庁に提出
2020	- 新規制基準に基づく設置変更許可取得
2021. 7	**- 運転再開**
2022. 1	**- 安全性実証試験（炉心冷却喪失試：ガス循環機＋炉容器冷却系停止験）**

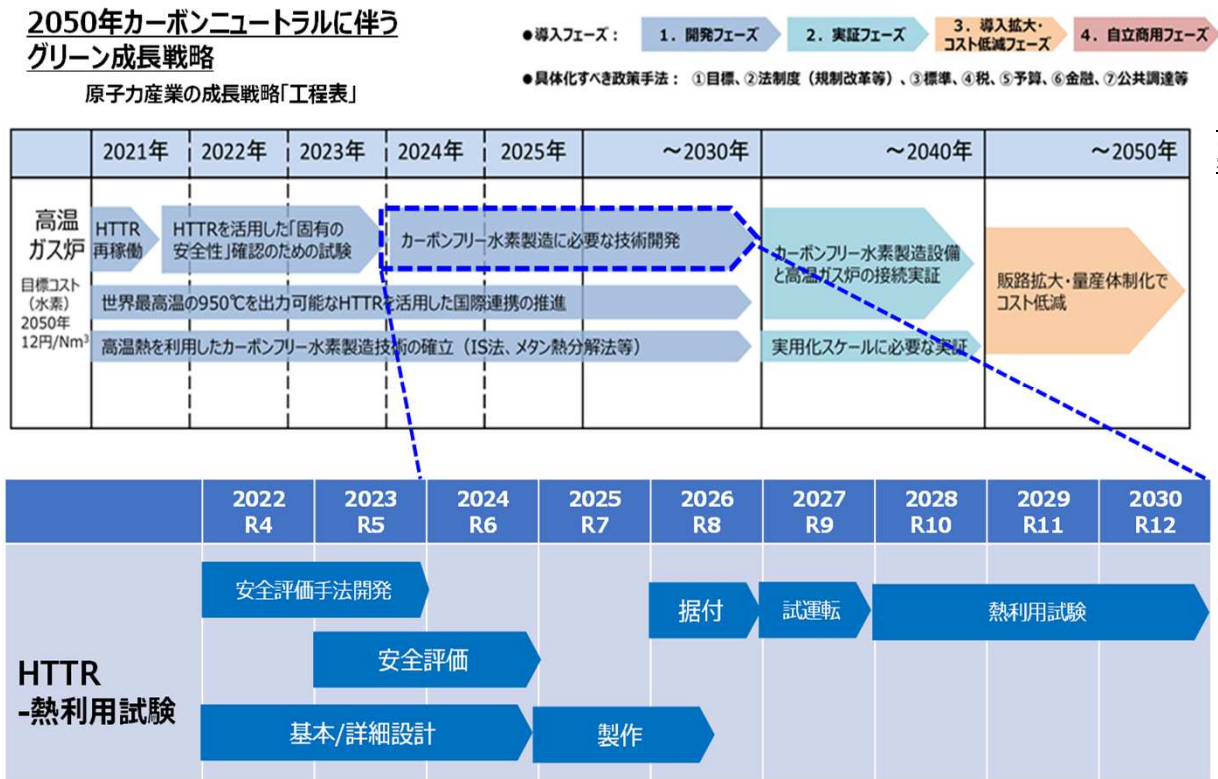


制御棒挿入なし、炉心強制冷却が停止した場合（定格出力30%）に、物理現象のみで**原子炉が自然に静定・冷却**されることを実証。

制御棒挿入なし、炉心の強制冷却も炉容器冷却系も停止し、**全ての冷却機能が喪失した場合**（定格出力30%）にも、**原子炉が自然に静定・冷却**されることを実証。

４．具体の取組内容

- グリーン成長戦略では、2030年度以降にHTTRを用いたカーボンフリー水素製造実証試験を実施することとされている。
- 令和4年度からは、資源エネルギー庁とも協力しつつ、**実証試験の準備（水素製造施設の設計、水素製造施設の接続に係る許認可取得のための安全評価技術の開発）**を進めている。
- 併せて、HTTRを活用した更なる**安全性実証試験や安全性向上研究の高度化**に向けた準備（1次系ヘリウムガス循環フィルタの製作・交換等）に取り組んでいる。



＜文科省の取組＞

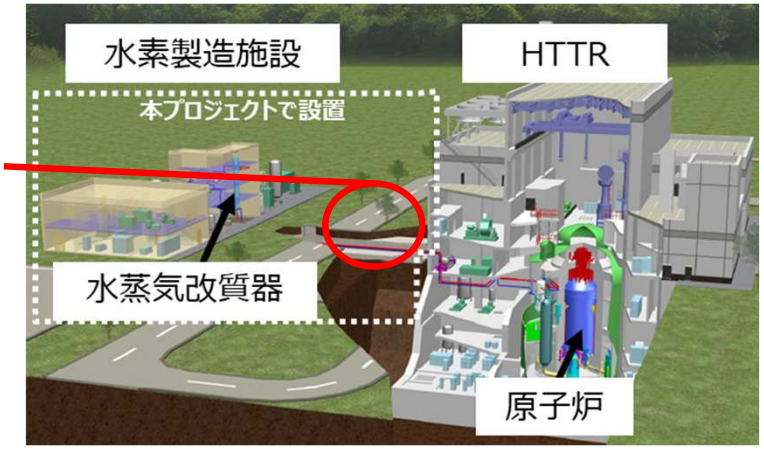
○高温ガス炉に係る研究開発の推進

令和５年度予算(案)額　18億円（令和４年度：16億円）

固有の安全性を有し、発電だけでなく水素製造などの多様な熱利用が期待できる高温ガス炉に係る研究開発を加速化（経産省とも連携）。

- **高温ガス炉の運転中に冷却機能を喪失した場合の安全性実証**
- **高温熱を利用した、カーボンフリーな革新的水素製造技術の実用化に向けた技術開発　等**

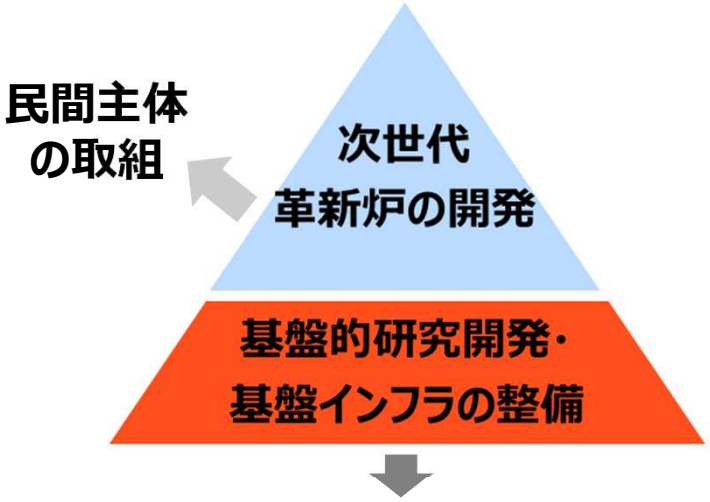
文部科学省では、水素製造施設の安全性評価技術開発を実施



水素製造試験施設イメージ

（参考）次世代革新炉 研究開発基盤検討会における検討について

- 原子力の利用については、安全確保を大前提として、2050年カーボンニュートラルの実現、エネルギー安定供給、エネルギー安全保障などの観点から期待が高まっている。
- **関係省庁においても、新たな安全メカニズムを組み込んだ次世代革新炉の開発・建設などについて検討**が進められているところ。
- 昨年10月より開始した本検討会において、原子力機構で開発実績のあるナトリウム冷却高速炉及び高温ガス炉を中心に、今後の**開発に必要な研究開発や基盤インフラの整備に関する今後の課題について議論を行い、論点整理**を行った。



国・原子力機構への期待

高温工学試験研究炉(HTTR)

高速実験炉「常陽」

検討のポイント

- 民間を主体とした次世代革新炉の今後の開発に必要な基盤的研究開発や基盤インフラの整備について、
  ①研究開発用原子炉、②燃料製造、③バックエンド対策
  などの観点から、**今後１０年以内に着手すべき事項**を議論
- 次世代革新炉に係る人材育成の課題のほか、原子力機構が大学の知の集約拠点として果たすべき役割等についても検討

高温ガス炉について、今後の技術開発課題や、実証炉開発に向けた燃料製造技術・再処理技術に関する課題を抽出し、以下のとおり整理。

- 熱利用や水素製造などの発電以外の新たな原子力の可能性を広げる取組を進めることが重要。
- 当面はHTTRを中心として、熱利用システムの実証や固有の安全性の確認を行うことが喫緊の課題。
- 海外の研究開発プログラムへの参画など国際協力により得られた知見も活用しつつ、ユーザーの掘り起こしを進めながら、大型化に伴う課題への対応を含めた技術開発の行程の具体化の検討が必要。