



HTTRの運転再開に向けた 取組と今後の展望

～2050年カーボンニュートラルへ貢献できる
高温ガス炉の研究開発～

令和3年11月18日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
高速炉・新型炉研究開発部門 大洗研究所
高温ガス炉研究開発センター
高温工学試験研究炉部 HTTR技術課

技術員 長住 達

1. 高温ガス炉の概要とHTTRの役割
2. 固有の安全性を考慮した新たな安全設計方針の構築
3. HTTR運転再開とそれに向けた取組
4. 高温ガス炉の実用化に向けた今後の展望

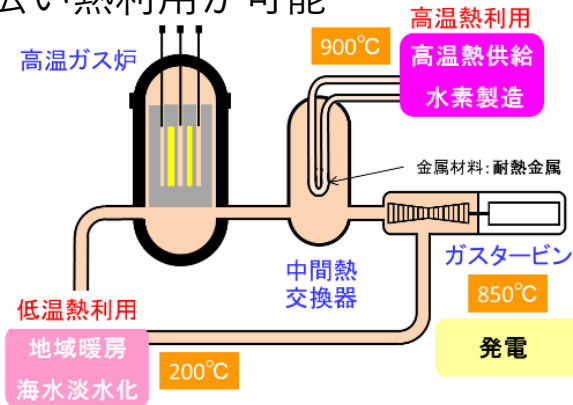
高温ガス炉の概要

多様な熱利用と優れた安全性によりカーボンニュートラルに貢献できる革新的な原子炉

米国、英国、ポーランド、カナダ、中国等で国家プロジェクトとして研究開発を推進

多様な熱利用

- 900°Cの高温熱を供給可能で、水素製造、発電、海水淡水化等の幅広い熱利用が可能

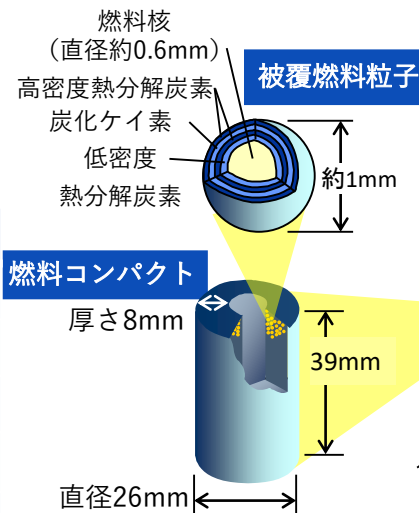


優れた安全性

- 優れた固有の安全性により、**炉心溶融が起こらない設計が可能**

セラミックス被覆燃料

1600°Cでも放射性物質を閉じ込め

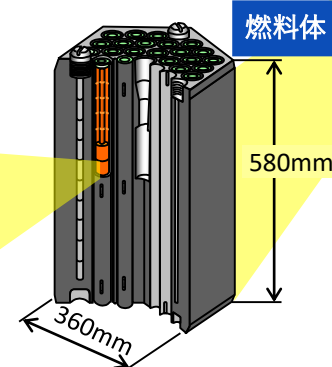


ヘリウム冷却材

高温でも安定

黒鉛構造材

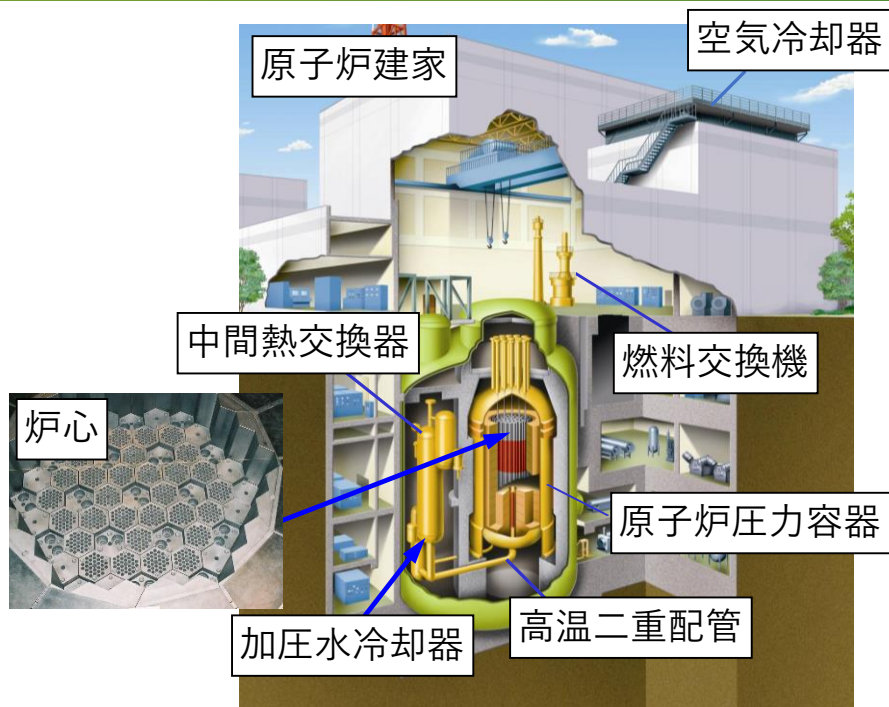
耐熱温度2500°C



軽水炉との違い

項目	高温ガス炉	軽水炉
原子炉出口温度	850°C~950°C	約300°C
発電効率	~50%	~35%
原子炉冷却材	ヘリウムガス	軽水
減速材	黒鉛	軽水
燃料型式	セラミック製被覆燃料粒子	金属製被覆管 (ジルカロイ)

HTTR（高温工学試験研究炉）の概要と役割



原子炉熱出力	30MW
原子炉出口温度	850～950°C
1次冷却材	ヘリウム
減速材	黒鉛
初臨界	1998年
950°C達成（世界最高）	2004年
安全性実証試験	2010年
連続50日950°C運転	

2021年7月30日 運転再開

HTTRの役割

- ① 運転・試験データの蓄積により高温ガス炉の技術基盤を確立
- ② 安全性実証試験等により実用高温ガス炉の安全設計方針構築に寄与
- ③ カーボンニュートラルへ貢献する高温ガス炉を用いた水素製造技術を開発

1. 高温ガス炉の概要とHTTRの役割
2. 固有の安全性を考慮した新たな安全設計方針
の構築
3. HTTR運転再開とそれに向けた取組
4. 高温ガス炉の実用化に向けた今後の展望

固有の安全性を考慮した新たな安全設計方針の構築 (1/2)

課題

- HTTRは、高温ガス炉の固有の安全性は考慮されず、軽水炉に準じた安全設計方針に基づき建設。実用化に向けて、高温ガス炉の固有の安全を考慮した、新たな安全設計方針の構築が必要。

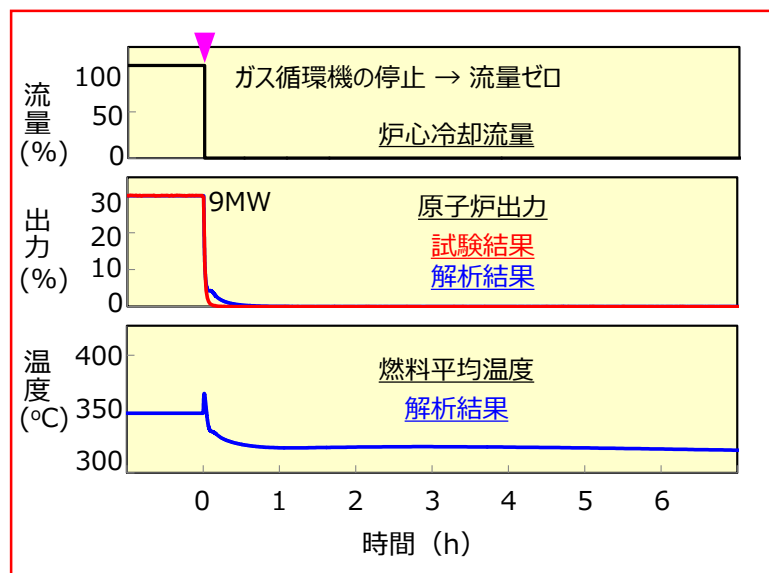
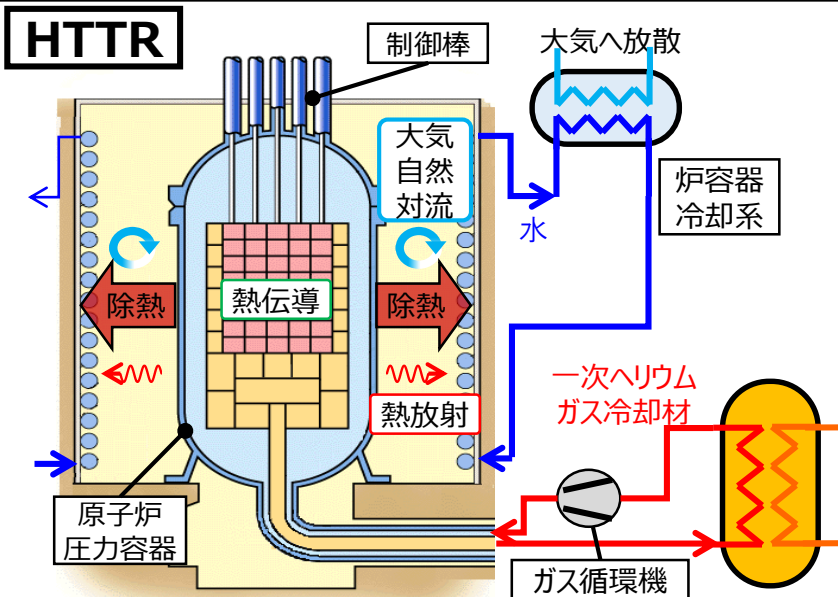
安全性実証試験により固有の安全性を実証

試験条件

- ガス循環機を停止し、冷却材流量をゼロ（原子炉冷却機能喪失）
- 原子炉の停止操作（制御棒挿入操作）をしない（原子炉停止機能喪失）

試験結果

- 制御棒の挿入なしに自然に原子炉出力が低下・安定する（固有の炉停止特性）
- 残留熱は熱伝導、輻射により圧力容器から放熱され、炉心は自然冷却される



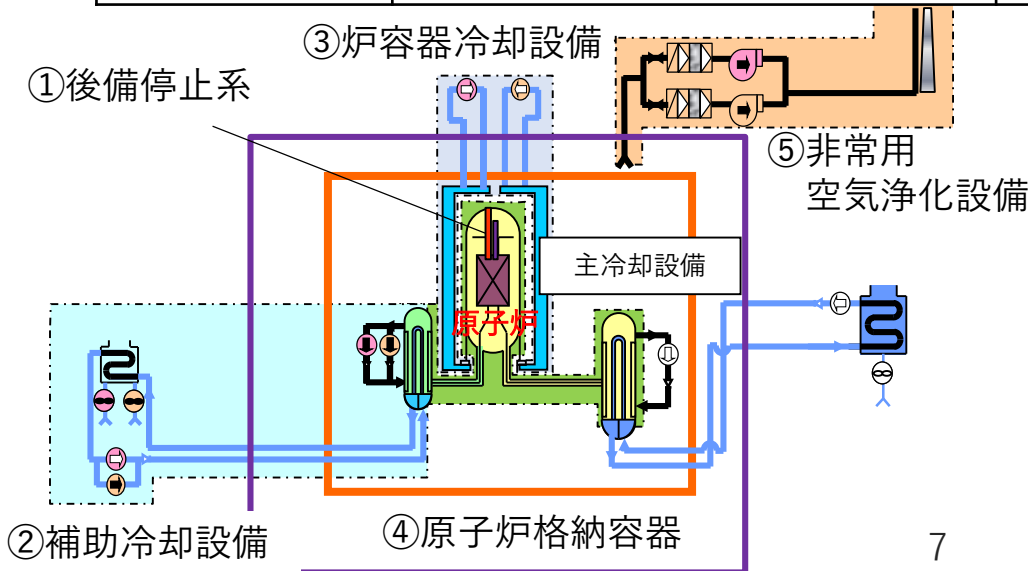
固有の安全性を考慮した新たな安全設計方針の構築 (2/2)

成果

- 安全性実証試験の結果を基に、新たに高温ガス炉の固有の安全性を考慮した安全設計方針を構築し、原子炉設置変更許可を取得
- 設計要求が緩和され、軽水炉では必須な動的機器の電源確保対策などの大規模な補強工事が不要

安全機能	HTTR建設時の安全設計方針	HTTRの新たな安全設計方針
止める	主：制御棒系* 副：後備停止系*	主：制御棒系* 副： 固有の炉停止特性 、①後備停止系*
冷やす	補助冷却設備* 炉容器冷却設備*	炉心からの自然放熱 ②補助冷却設備*、③炉容器冷却設備*
閉じ込める	原子炉格納容器* 非常用空気浄化設備*	被覆燃料粒子による閉じ込め ④原子炉格納容器*、⑤非常用空気浄化設備*

*安全設備



**①～⑤の重要度を最適化
(クラス1⇒クラス2)**

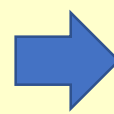
1. 高温ガス炉の概要とHTTRの役割
2. 固有の安全性を考慮した新たな安全設計方針の構築
3. HTTR運転再開とそれに向けた取組
4. 高温ガス炉の実用化に向けた今後の展望

HTTR運転再開に向けた取り組み

運転再開に向けた活動

「運転再開課題検討タスクフォース」を部内に設置

- ・ 長期停止の影響の検討
- ・ 運転再開の障害となりうる事項（経年劣化）の抽出
- ・ 運転中に確認すべき事項の抽出



核熱を伴わない運転等を通して機器の健全性を確認



出力上昇の各段階で確認

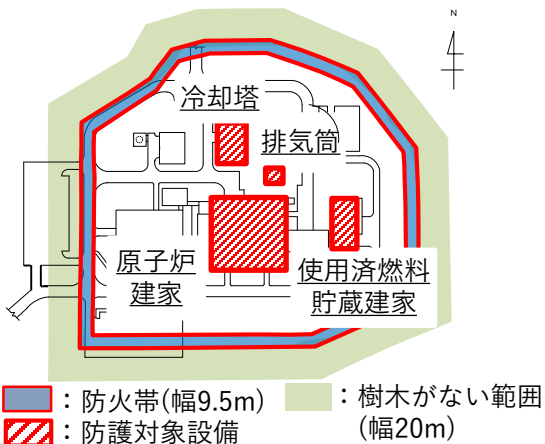
安全対策工事

外部火災対策

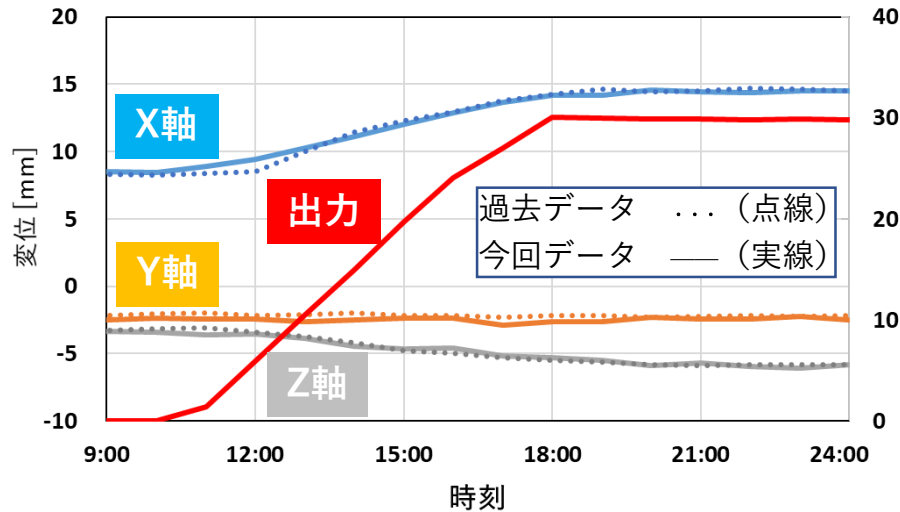
- ・ 外部からの火災がHTTRへ延焼しないようHTTR施設を囲うように防火帯を新設

内部火災対策

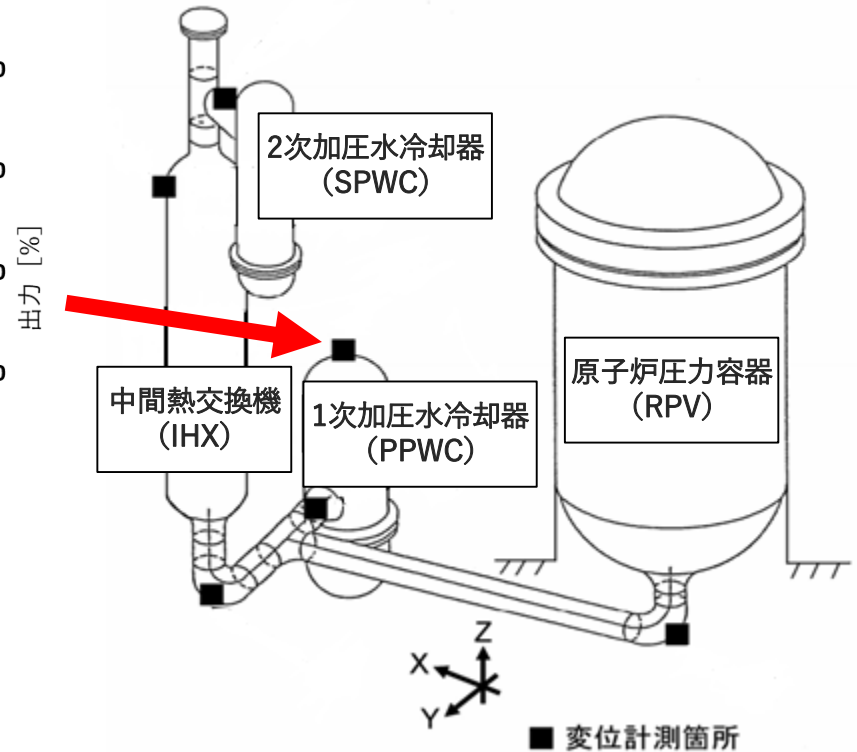
- ・ ケーブルを火災から防護するため、耐火・遮熱性を有する障壁材を施工



HTTRの運転再開



1次加圧水冷却器の熱変位 (出力0%→30%)



成果

- 2021年7月30日に運転再開
- 過去の運転データと比較検証し、長期運転停止による影響がないことを段階的に確認しながら、安全かつ安定した運転を実現
- 高温ガス炉の技術基盤の確立に向けた技術情報の蓄積を再開

1. 高温ガス炉の概要とHTTRの役割
2. 固有の安全性を考慮した新たな安全設計方針
の構築
3. HTTR運転再開とそれに向けた取組
4. 高温ガス炉の実用化に向けた今後の展望

グリーン成長戦略におけるHTTRの位置づけ

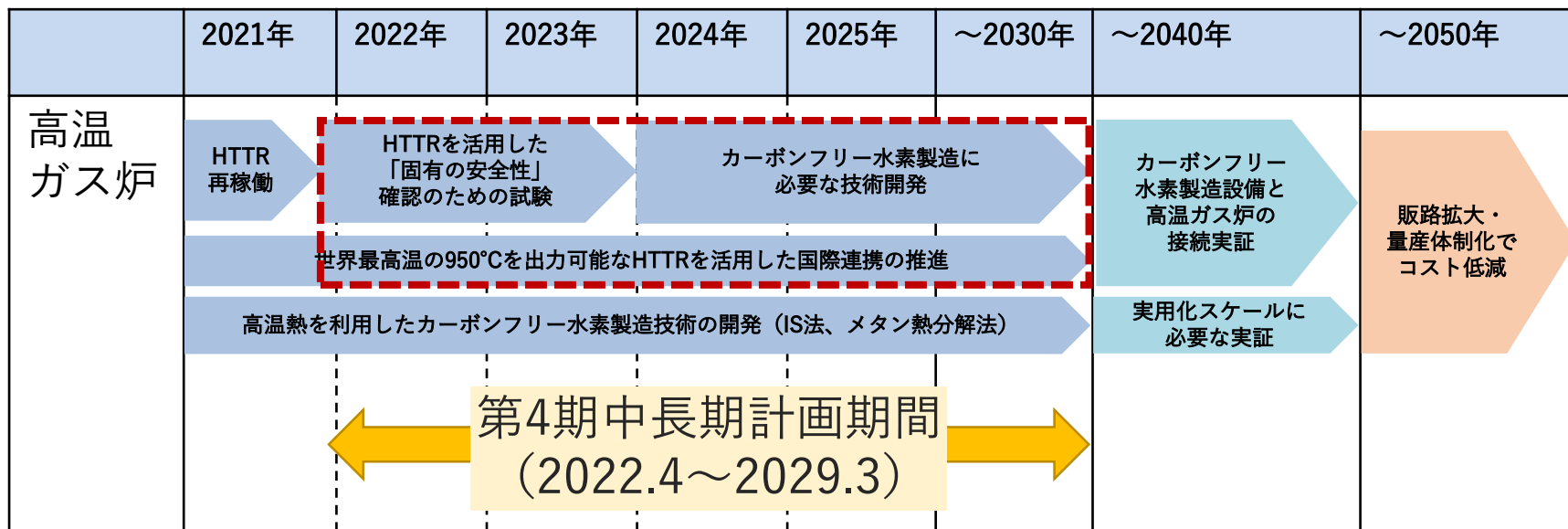
原子力産業の成長戦略「工程表」

2050カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略
(2021.6.18より引用)

1. 開発フェーズ

2. 実証フェーズ

3. 導入拡大・コスト
低減フェーズ



・ HTTRを活用した「固有の安全性」確認のための試験、国際連携の推進
⇒ OECD/NEAの国際共同試験である安全性実証試験により、
高温ガス炉の安全性を実証

・ カーボンフリー水素製造に必要な技術開発
⇒ HTTRに水素製造設備を接続し、核熱による水素製造を実証

安全性実証試験

概要

OECD/NEAの国際共同試験



- 全交流動力電源喪失を模擬
- 制御棒による停止操作なし
- 全冷却機能(ガス循環機+炉容器冷却系)停止

→ 原子炉が安全な状態に保たれることを確認

期待される成果

- 高温ガス炉の固有の安全性を実機で証明
- 実用高温ガス炉開発に必要なデータを取得

試験計画

低出力 (30%(9MW)) 炉心流量喪失試験 (Run1)

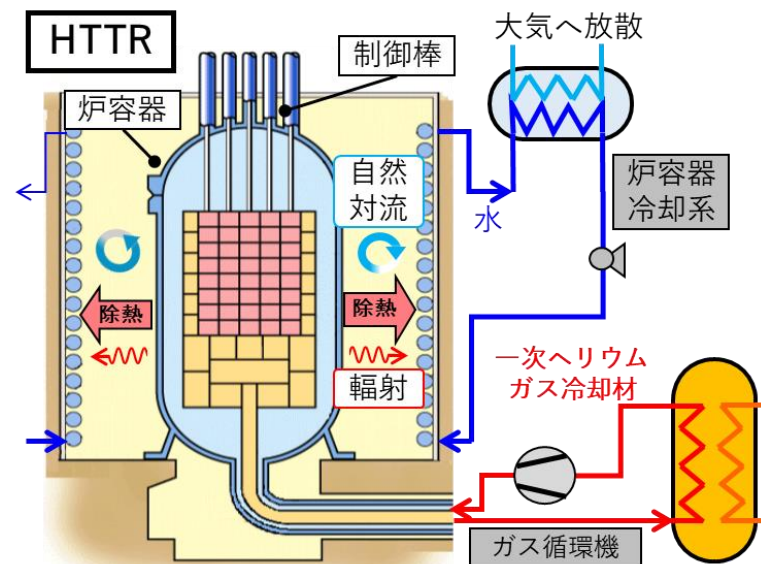
(ガス循環機停止+制御棒挿入なし) ・ ・ 完了 (2010年度)

高出力 (100%(30MW)) 炉心流量喪失試験 (Run2)

(ガス循環機停止+制御棒挿入なし)

低出力 (30%(9MW)) 炉心冷却喪失試験 (Run3)

(ガス循環機停止+制御棒挿入なし+炉容器冷却系停止)



HTTR水素製造設備接続

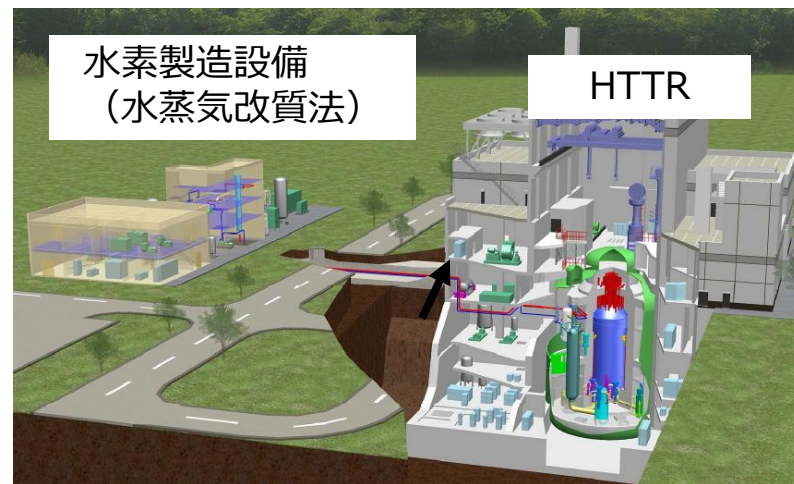
目的

グリーン成長戦略に基づき、2030年までにカーボンフリー水素製造に必要な技術を開発

- 水素製造設備を接続するための安全設計方針を確立
- 水素製造試験により、安定的な水素製造性能、プラントの制御特性を確認

期待される成果

- 高温ガス炉を用いた長期間の安定した水素製造を実証し、接続技術を確立



水素製造設備の概要

FY	2022 R4	2023 R5	2024 R6	2025 R7	2026 R8	2027 R9	2028 R10	2029 R11	2030 R12
設計・建設・運転	HTTR改造設計				改造	試運転	水素製造試験		
	水素製造施設設計			製作	据付				
安全評価 許認可対応 試験計画	安全評価手法開発		試験計画 評価手法開発						
	安全評価			試験計画検討					

開発スケジュール



カーボンニュートラルに貢献する 高温ガス炉の技術開発を推進

- ◆ HTTRの運転により、高温ガス炉の固有の安全性を実証する試験を実施し、技術基盤を確立
- ◆ 国際連携を通じて、日本の高温ガス炉技術を実証
- ◆ HTTRに水素製造設備を接続し、核熱による水素製造を実証