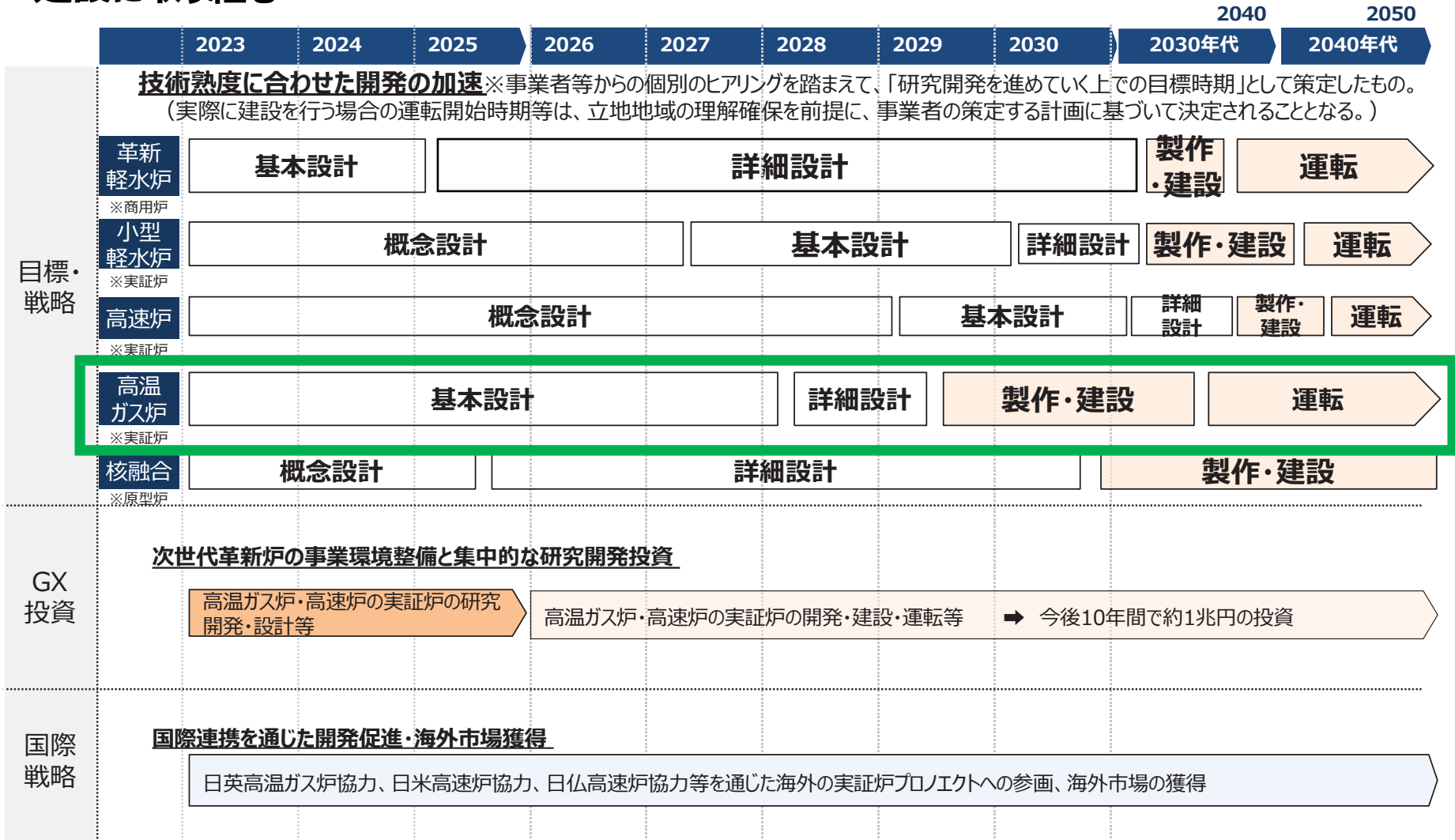


# 高温ガス炉の開発状況

令和5年6月5日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構  
高温ガス炉プロジェクト推進室

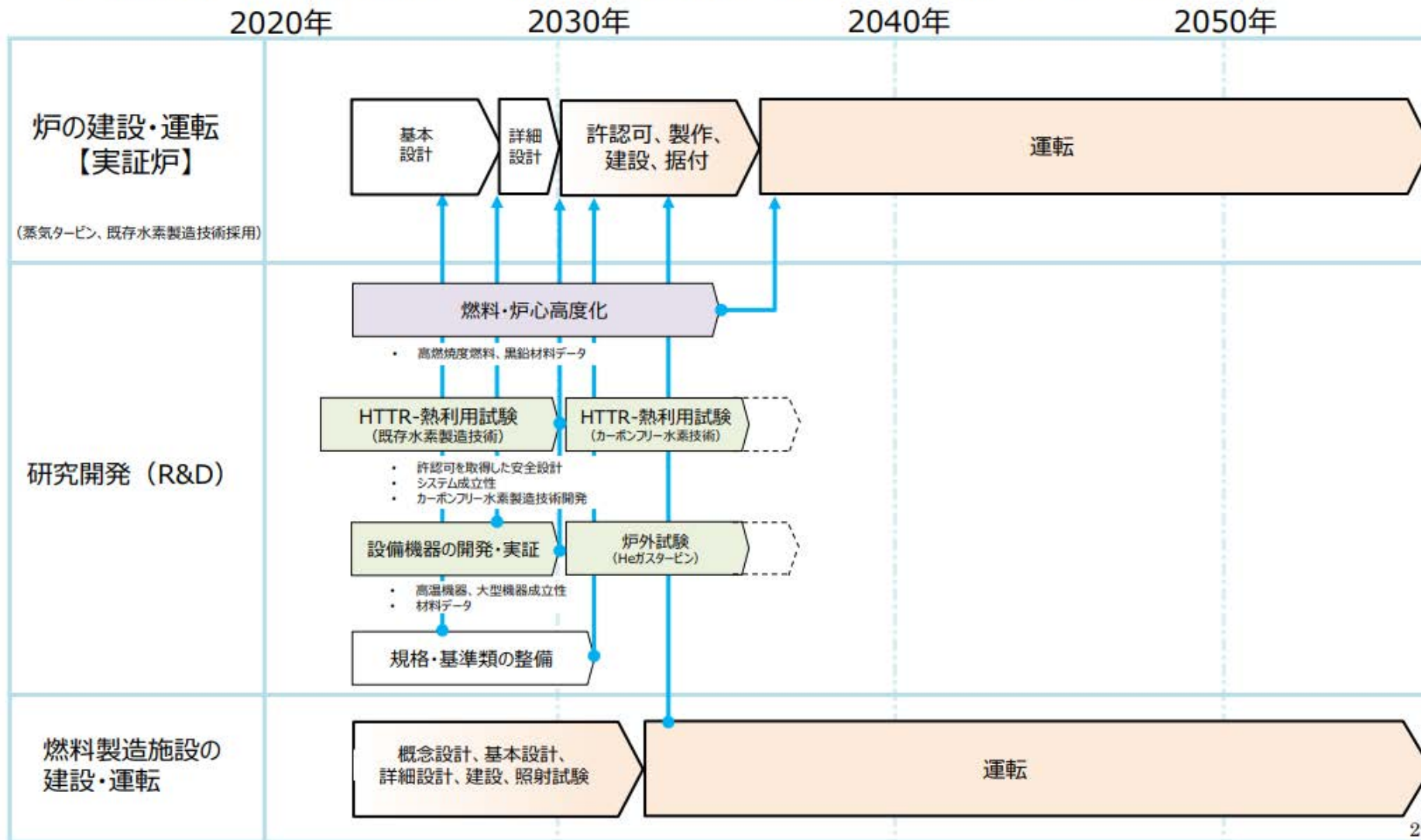
## 安全性の確保を大前提として、新たな安全メカニズムを組み込んだ次世代革新炉の開発・建設に取り組む



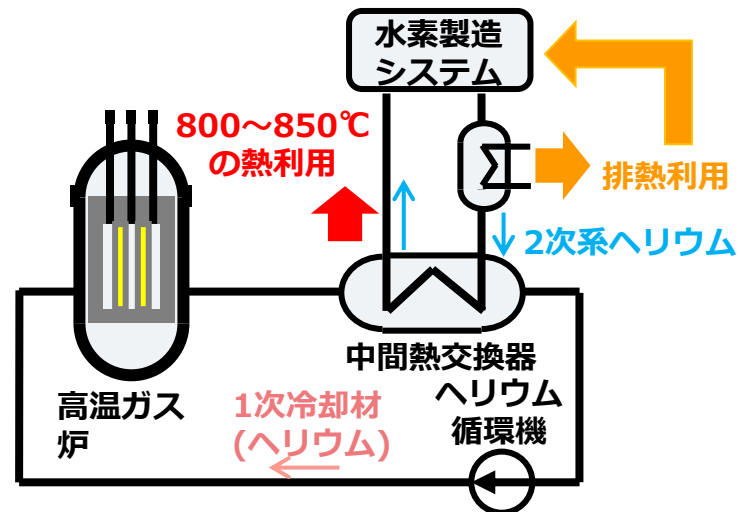
高温ガス炉実証炉開発事業 令和5年度 48億円 (令和5~7年度 431億円)

※事業者等からの個別のヒアリングを踏まえて、「研究開発を進めていく上での目標時期」として策定したもの。

(実際に建設を行う場合の運転開始時期等は、立地地域の理解確保を前提に、事業者の策定する計画に基づいて決定されることとなる。)



- 原子炉熱出力 200MW～300MW\*1
- 高温ガス炉を熱源として800℃を超える超高温を水素製造施設に供給
- 水素製造で使用しない熱は、製鉄所等の水素利用施設で利用
- 水素製造施設には、カーボンフリー水素製造法を採用し、大量かつ安価な水素を供給



実証炉の設備構成候補\*2

\*1 文科省, 次世代革新炉の開発に必要な研究開発基盤の整備に関する検討会 (第2回) 配付資料3, 令和4年10月28日.

\*2 中桐, 他, 超高温を利用した水素大量製造技術の開発その2 (3)超高温を利用した水素製造技術のフィジビリティスタディ, 日本原子力学会2023年春の大会, 2023年3月13日-15日, 東京大学.

	メタン水蒸気改質法	高温水蒸気電解法 (SOEC)	メタン熱分解法	IS法
概要				
	$\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 4\text{H}_2$	$\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + 1/2\text{O}_2$	$\text{CH}_4 \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{C}(\text{s})$	$\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + 1/2\text{O}_2$

## 1. 概要

令和5年度から開始予定の委託事業「高温ガス炉実証炉開発事業（高温ガス炉実証炉の設計に係る研究開発）」において、基本設計を実施するとともに将来的には製造・建設を担う事業者（中核企業）を広く一般から募集し、高温ガス炉実証炉の設計に係る研究開発の委託事業を開始する。

## 2. 事業内容

### (1) 高温ガス炉実証炉の基本設計

- システム設計、炉心設計、燃料設計、機器設計、電気・計装・制御設計、耐震設計、配置設計、建屋設計、安全設計、安全評価

### (2) 要素技術の開発

- 大型炉心の性能評価及び製作性実証
- 実証炉で新たに採用する機器（自然空冷式の事故時炉心冷却設備など）の性能及び製作性実証
- 設計規格、安全基準等の策定の支援

## 3. 事業実施期間

契約締結日～令和8年3月31日

## 4. 契約の要件

- (1) 契約形態：委託契約
- (2) 採択件数：1件
- (3) 予算規模：431億円（令和5年度から令和7年度までの3年間）を上限

The screenshot shows the official website for the public offer. The header includes the date 2023/03/06 10:14 and the title '高温ガス炉実証炉開発事業を担う中核企業の選定に係る公募について | 資源エネルギー庁'. The main content area is titled '高温ガス炉実証炉開発事業を担う中核企業の選定に係る公募について' and includes the date '令和5年3月1日' and the issuing authority '経済産業省 資源エネルギー庁 原子力政策課'. The main text states: '経済産業省は、2023年度から開始予定の委託事業「高温ガス炉実証炉開発事業」において、基本設計を実施するとともに将来的には製造・建設を担う事業者を、以下の要領で広く一般から募集します。' Below this, there are four numbered sections: 1. 事業内容, 2. 対象者, 3. 公募期間, and 4. 提出先、お問合せ先. The public offer period is listed as '令和5年3月1日（水）～令和5年3月31日（金）12時必着'. The contact information at the bottom is: 〒100-8931 東京都千代田区霞が関1丁目3番1号, 経済産業省 資源エネルギー庁 電力・ガス事業部 原子力政策課, 担当: 佐藤、大田, 電話: 03-3501-1991, and the URL https://www.enecho.meti.go.jp/appli/public\_offer/2022/0301\_01.html. On the right side, there is a sidebar with a '調達・お問合せ' menu containing links for '公募', '公募結果', '入札公告', '入札調査', '契約締結状況', '入札参加資格', '委託事業で取得した資産の重要調査について', '仕様書等への資料提供依頼・意見募集', '履行体制図の公表', 'iGrants (補助金申請システム)', and 'お問合せ'. At the bottom right, there is a note about Microsoft Word and Excel files and a download for the Adobe Acrobat Reader.

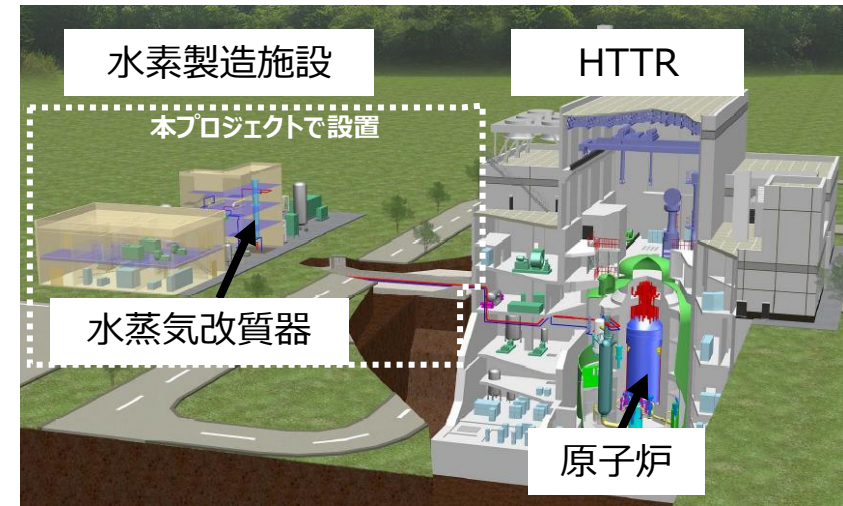


## 【目的】

「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」に示された、2030年までの大量かつ安価なカーボンフリー水素製造に必要な技術の開発に向け、脱炭素高温熱源（高温ガス炉）と水素製造施設の高い安全性を実現する接続技術を確認する

## 【内容】

- 高温熱源として、世界最高温度（950℃）を記録したHTTRを活用
- 高温ガス炉と水素製造施設の接続に係る安全設計及び安全評価技術の確立
- 先ずは、商用技術が確立されている天然ガス水蒸気改質法による水素製造施設をHTTRに接続し、高温ガス炉と水素製造施設の接続に必要な機器及びシステム設計技術を確認
- その後、カーボンフリー水素製造法による水素製造施設をHTTRに接続する

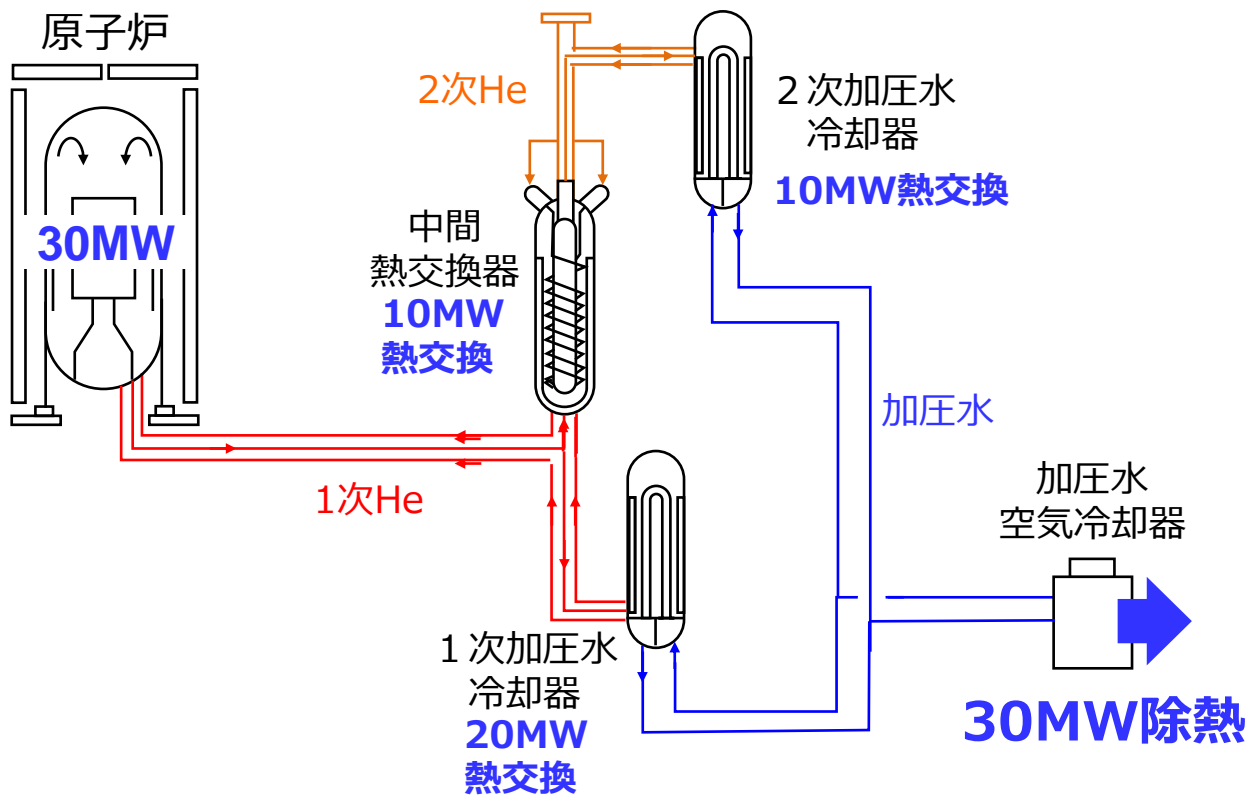


試験イメージ

## 試験スケジュール（案）

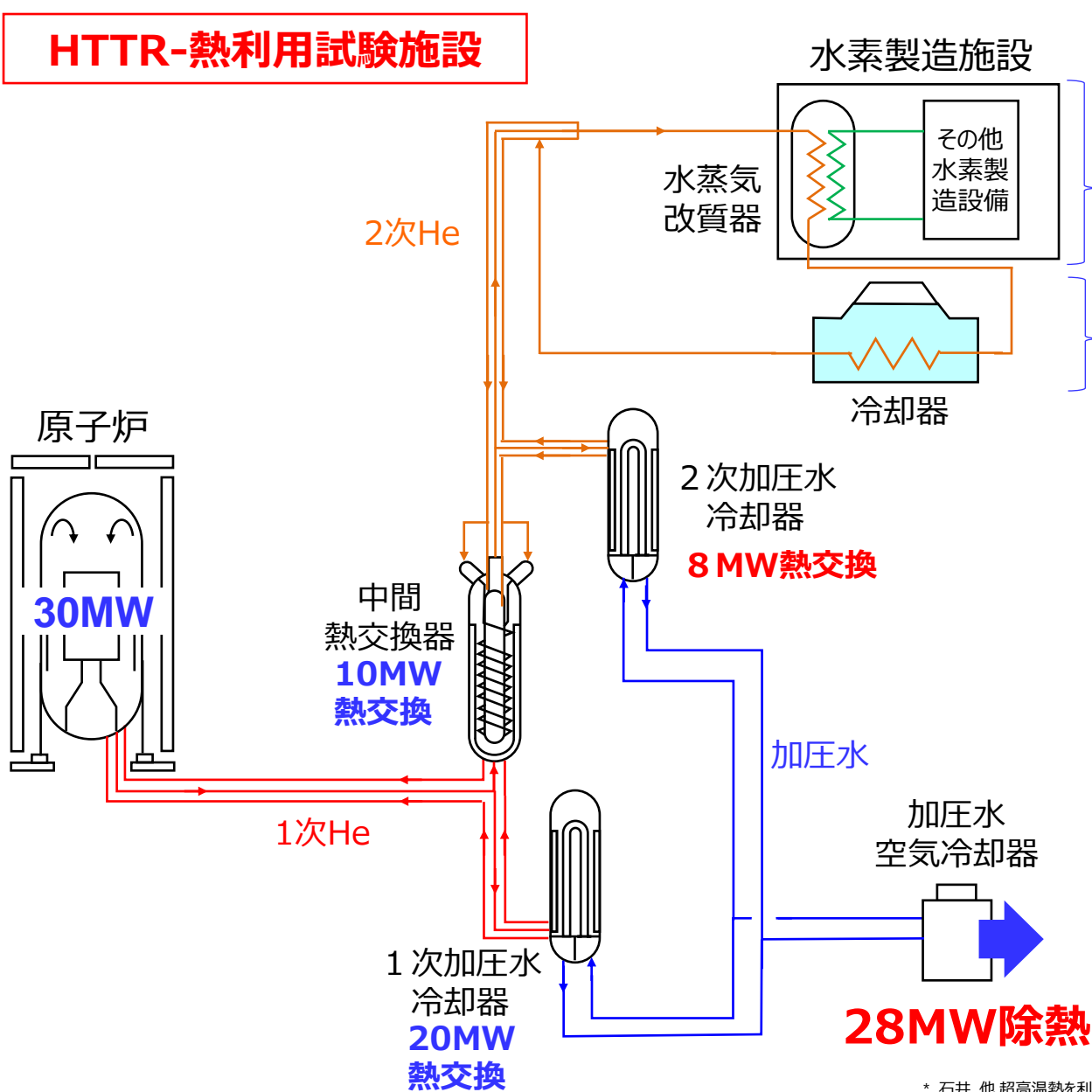
	R4 2022	R5 2023	R6 2024	R7 2025	R8 2026	R9 2027	R10 2028	R11 2029	R12 2030
HTTR- 熱利用 試験	安全設計・安全評価		申請 ▼	許認可					
	HTTR改造設計/水素製造 (天然ガス水蒸気改質法) 施設設計				HTTR改造工事/水素製造施設 の製作・据付			水素製造試験	

\* Y. Nomoto et al., Development Plan for Coupling Technology Between High Temperature Gas-cooled Reactor HTTR and Hydrogen Production Facility, Proc. ICONE30, ICONE30-1320, Kyoto, Japan, May 21-26, 2023.



原子炉で発生した熱は、中間熱交換器及び1次加圧水冷却器を経て、最終的には、加圧水空気冷却器により、大気に伝達されることによって除去される

## HTTR-熱利用試験施設



### 水素製造施設の状態と除熱量

水素製造 運転時	原子炉 単独運転時
1MW除熱 (3%程度)	0MW除熱
1MW除熱	2MW除熱

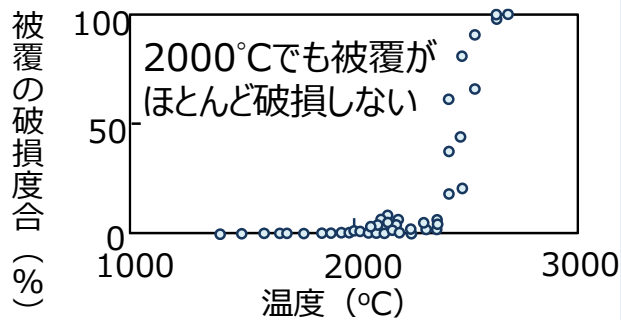
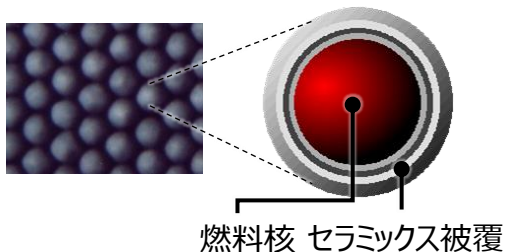
- 原子炉で発生した熱は、大部分が加圧水空気冷却器で除去され、一部が水素製造施設及び冷却器によって除去される
- 水素製造運転を実施しない原子炉の単独運転時には下流に設置する冷却器の除熱によって原子炉の通常運転が継続する

\* 石井, 他, 超高温熱を利用した水素大量製造技術の開発 その2 (2) HTTR-熱利用試験施設の2次ヘリウム冷却設備設計, 日本原子力学会2023年春の大会, 2023年3月13日-15日, 東京大学.

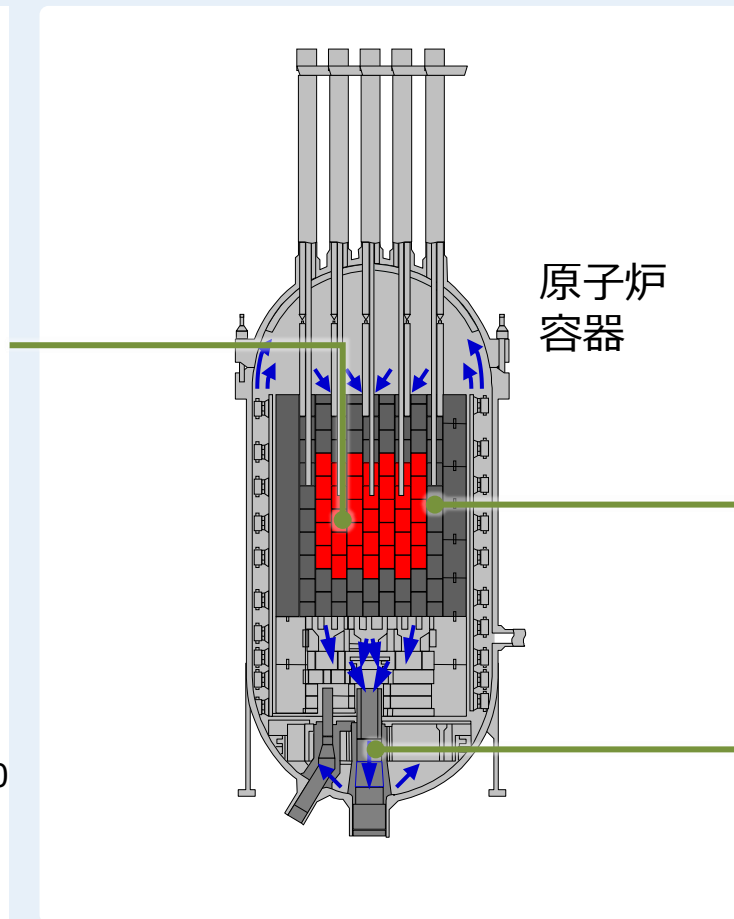


## セラミックス被覆燃料

耐熱性が高く燃料溶融しない



被覆燃料を加熱した実験結果\*



## 黒鉛減速材

大熱容量・高熱伝導であるため原子炉容器外側での放熱で燃料が冷える



## ヘリウム冷却材

化学反応、蒸発しないため水素・水蒸気爆発が発生しない

原子炉の停止機能及び冷却機能を同時に喪失した場合においても事象が進展せず、燃料が放射性物質の閉込め性能を維持したまま、原子炉は安定した状態を維持 (HTTR試験で確認)

HTTR試験データを用いて解析コードを検証

\* 林, ほか, 高温工学試験研究炉用燃料の健全性の評価と許容設計限界, JAERI-M 89-162 (1989).

低出力 (30%(9MW))

(ガス循環機停止)

高出力 (100%(30MW))

(ガス循環機停止)

低出力 (30%(9MW))

(ガス循環機 + 炉容器冷却系停止)

炉心流量喪失試験 (Run1)

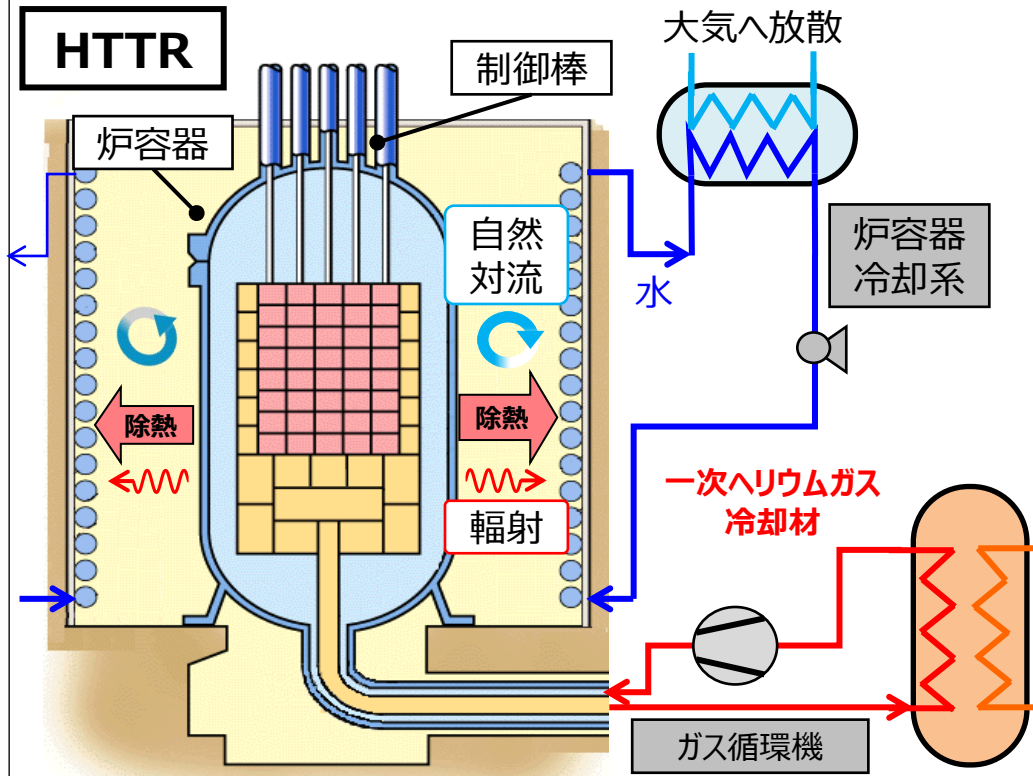
… **完了** (平成22年度)

炉心流量喪失試験 (Run2)

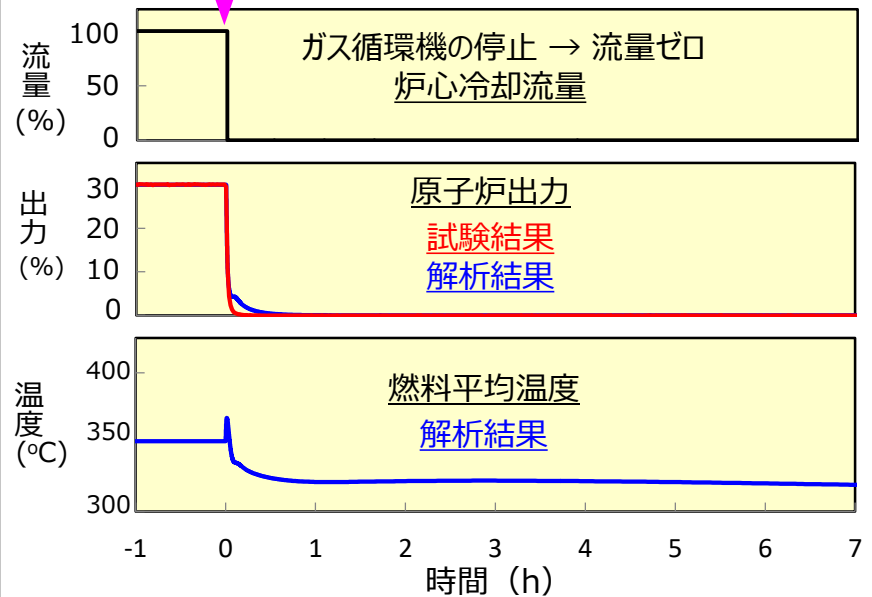
… 令和5年度以降実施予定

炉心冷却喪失試験 (Run3)

… **完了** (令和3年度)



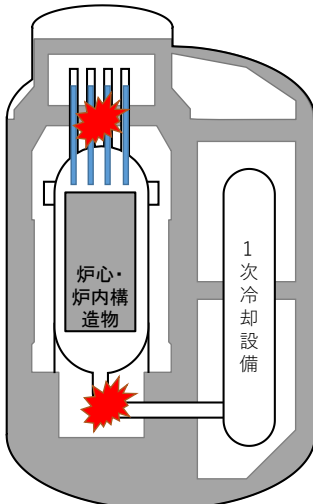
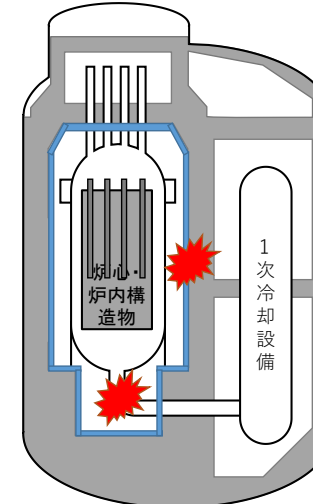
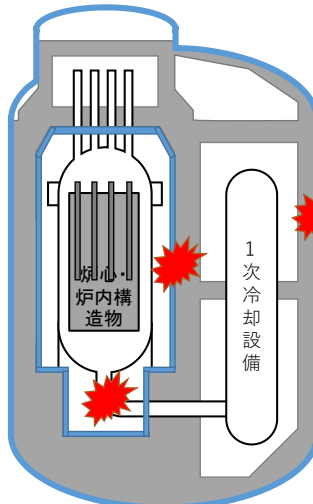
## 試験結果 (Run1)



**制御棒挿入なし、強制冷却なしの状態において、物理現象のみで、原子炉が自然に静定・冷却されることを確認**

## 試験結果 (Run3)

**全交流電源が喪失し、制御棒挿入なし、炉心冷却設備が全停止した状態において、物理現象のみで、原子炉が自然に静定・冷却されることを確認**

事象 設備・機能	1次冷却設備二重管破断 + 原子炉停止機能の喪失	1次冷却設備二重管破断 + 炉心冷却機能の喪失	1次冷却設備二重管破断 + 閉じ込め機能の喪失
想定概要			
評価結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>● スクラム失敗でも負の温度係数により出力低下</li> <li>● 自然放熱により原子炉の崩壊熱は除去</li> <li>● 多量の放射性物質放出に至る恐れなし</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 制御棒挿入により原子炉停止</li> <li>● 自然放熱により原子炉の崩壊熱は除去</li> <li>● 多量の放射性物質放出に至る恐れなし</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 制御棒挿入により原子炉停止</li> <li>● 自然放熱により原子炉の崩壊熱は除去</li> </ul>

多量の放射性物質等の放出する事故の拡大の防止におけるもっとも厳しい事故事象を想定した場合において、  
**燃料は破損せず、追加の核分裂生成物の放出はなく、炉心溶融しない**

**HTTRの新規制基準適合性審査に合格**