

北陸原子力懇談会
(2026年5月13日収録)

次世代革新炉とは？

～そのポテンシャルと今後の見通し～

東京都市大学
大学院総合理工学研究科 共同原子力専攻
理工学部 原子力安全工学科

高木 直行



講師

東京都市大学 大学院総合理工学研究科 共同原子力専攻 /
理工学部 原子力安全工学科 教授



たかき なおゆき

高木 直行 氏

原子力安全工学科教授。専門は原子炉物理学。東京工業大（現・東京科学大）で原子核工学を専攻し、1992年に博士。東京電力で高速炉などの新型炉開発に携わった後、東海大教授を経て、2012年から現職。経済産業省革新炉ワーキンググループ委員。訳書に「衰退するアメリカ 原子力のジレンマに直面して」（日刊工業新聞社）、「放射線と現代生活」（ERC出版）、「高速スペクトル原子炉」（ERC出版）。

1992年4月 東京電力入社

柏崎刈羽原子力発電所 発電課
原子力研究所 新型炉研究室
原子力研究所リサイクルGr

1999年2月 日本原子力発電・高速炉開発部 安全・炉心Gr 出向

1999年7月 核燃料サイクル開発機構（大洗）炉心燃料Gr 出向

2004年4月 東京工業大学・原子炉工学研究所 特任准教授 兼務（4年間）

2004年7月 核物質管理センター 開発部 出向

2006年7月 本店 原子力技術品質安全部 将来構想Gr

2007年4月 本店 原子力設備管理部 原子炉安全技術Gr

2008年4月 東海大学 工学部 エネルギー工学科 准教授

2010年4月 東海大学 工学部 原子力工学科 教授

2012年4月 東京都市大学 工学部 原子力安全工学科/大学院共同原子力専攻 教授



もくじ

1. 第7次エネ基における「次世代革新炉」の位置付け

2. 日本における革新炉の研究開発状況と課題

➤ 5つの炉型の種類や特徴等

①革新軽水炉

②小型軽水炉(SMR: Small Modular Reactors)

③高速炉

④高温ガス炉

⑤核融合炉

➤ 事業者の取り組み状況と主な研究開発課題

➤ 革新炉開発のロードマップ(革新炉WGでの検討状況)



3. 世界動向と今後の原子力

➤ 開発状況、課題、発電外応用など

エネルギーを取り巻く状況

- 各国は2050年カーボンニュートラル実現を志向
- ロシアのウクライナ侵攻(2022年2月)、米のイラン侵攻(2026年2月)により、エネルギー安全保障を巡る環境が変化
- 2022年7月、岸田政権は原発再稼働推進を指示するとともにGX実行会議を発足
- わが国では、再エネとの共存、水素社会への貢献といった、原子力の新たな社会的価値を再定義(←第7次エネルギー基本計画, 2025年2月)
- そうした中、欧米中は原子力イノベーションを加速
- 2022年3月からは、国内の原子炉開発戦略を議論すべく、原子力小委員会の下に「革新炉ワーキンググループ」が設置

2030年の
温室効果ガス
削減目標

ジョンソン首相
|| ロイター



米国
2005年比
50~52%減



バイデン
大統領
|| AP

英国
1990年比68%減
新たに35年までに
90年比で78%減の
目標発表



フォンデアライエン
欧州委員長
|| ロイター

EU
90年比55%減

菅義偉首相



日本
13年度比46%減
(日本の削減目標
は30年度)



習近平
国家主席
|| AP

中国
国内総生産当たり
05年比65%以上減

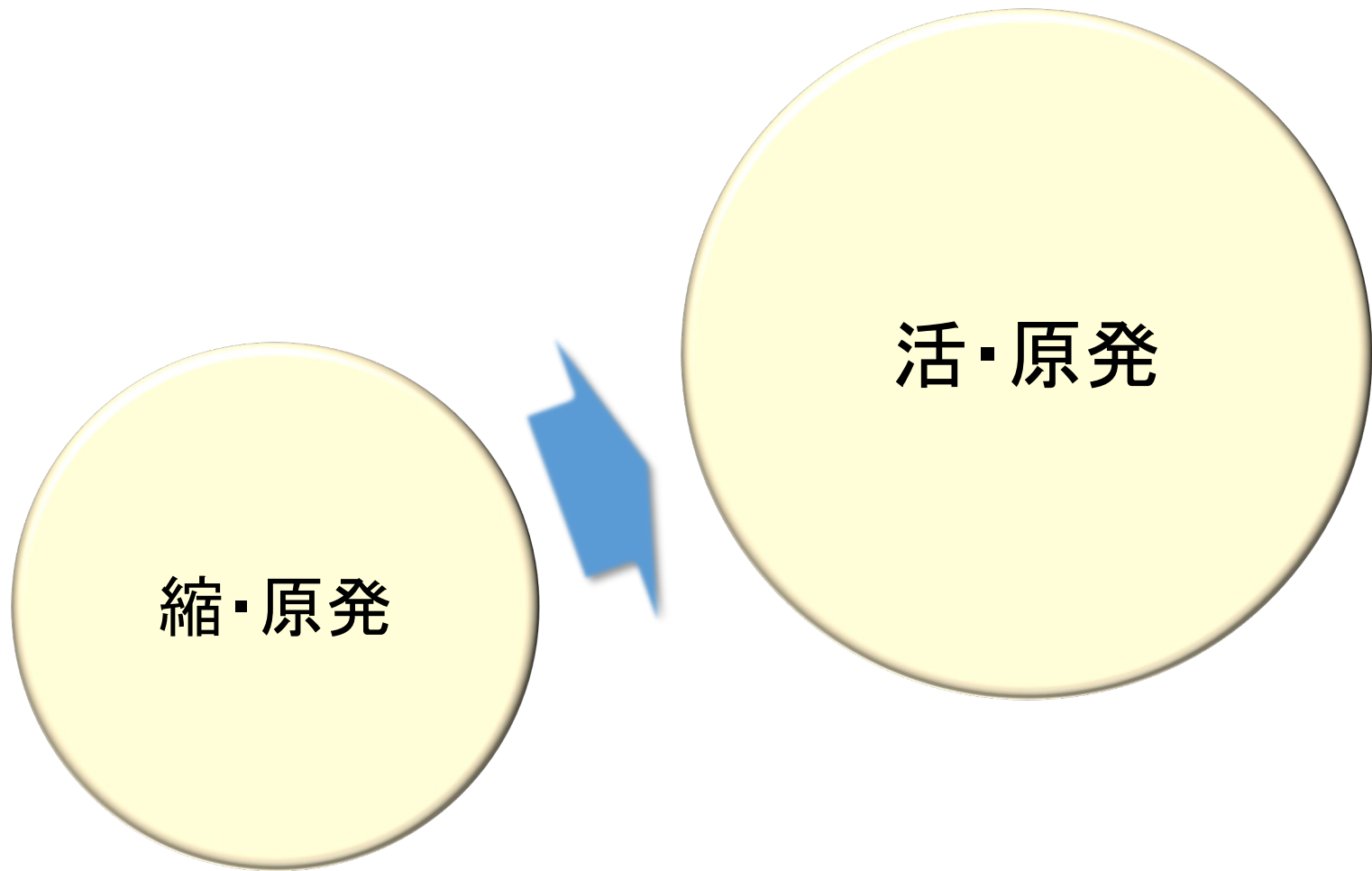
焦点: 気候変動サミット 温室ガス削減、せめぎ合い 先進国前進でも「不足」 | 毎日新聞 (mainichi.jp)



「GX実現に向けた基本方針」 (令和5年2月10日 閣議決定)

原子力の活用

- 規制の充足にとどまらない自主的な安全性の向上に取り組む。
- 2030年度原子力比率20~22%の確実な達成に向けて原子炉の**再稼働**を進める。
- 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。
- 廃炉を決定した原発の敷地内での次世代革新炉への**建て替え**を進めていく。
- 「運転期間は40年、**延長を認める期間は20年**」を認めることとする。



[「縮・原発」から「活・原子力」に転換、経済同友会が提言 新增設も:朝日新聞デジタル \(asahi.com\)](#)

青田秀樹2023年12月20日 20時00分

第7次エネルギー基本計画の策定

- 2025年2月、第7次エネルギー基本計画が策定
- 「再生可能エネルギー、原子力などエネルギー安全保障に寄与し、**脱炭素効果の高い電源の最大限活用**」という方向性が提示
- 同時に、次世代革新炉の**各炉型の開発の方向性**が示された
- 第7次エネ基の策定を受け、原子力小委員会において原子力政策の具体化に向けた検討が進められているところ

第7次エネルギー基本計画(抜粋1)

- 我が国は、国際情勢の緊迫化によるエネルギー安全保障上の要請の高まりに直面
- DXやGXの進展による電力需要増加が見込まれる中で、「再生可能エネルギー、原子力などエネルギー安全保障に寄与し、脱炭素効果の高い電源の最大限活用」という方向性を提示
- エネルギー危機にも耐えうる強靱なエネルギー需給構造への転換を実現するべく、
 - 徹底した省エネルギー、製造業の燃料転換などを進めるとともに、
 - 再生可能エネルギー、原子力などエネルギー安全保障に寄与し、脱炭素効果の高い電源を最大限活用

第7次エネルギー基本計画(抜粋2)

- **原子力**は、優れた安定供給性、技術自給率を有し、他電源と遜色ないコスト水準で変動も少なく、また、一定出力で安定的に発電可能等の**特長**を有する
- こうした特性は**データセンターや半導体工場等の新たな需要ニーズ**にも**合致**することも踏まえ、国民からの信頼確保に努め、安全性の確保を大前提に、必要な規模を持続的に活用していく
- 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・設置については、地域の産業や雇用の維持・発展に寄与し、地域の理解が得られるものに限って、廃炉を決定した原子力発電所を有する事業者の原子力発電所のサイト内での次世代革新炉への**建て替え**を進めていく

第7次エネルギー基本計画(抜粋3)

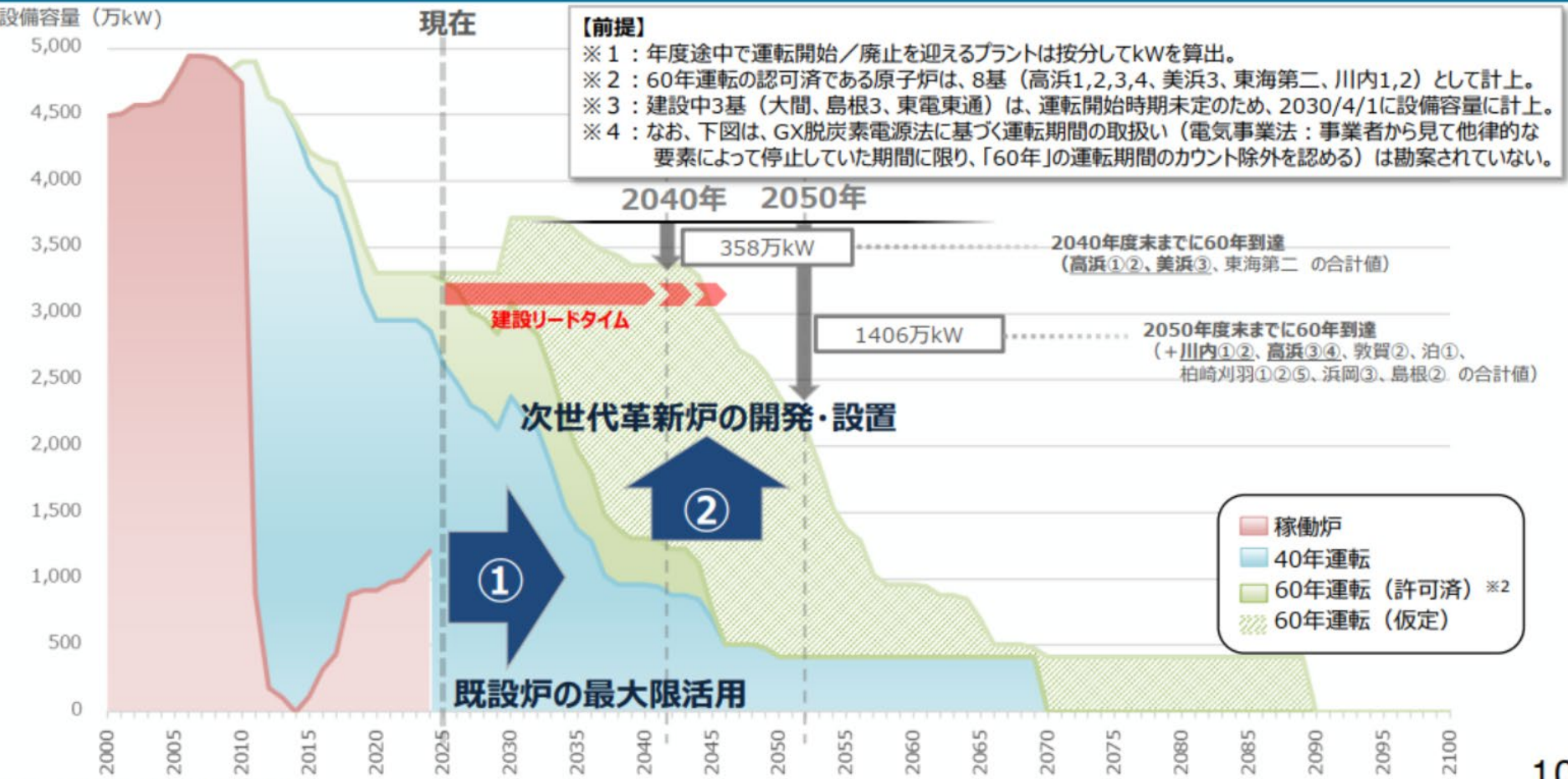
- 次世代革新炉(革新軽水炉・小型軽水炉・高速炉・高温ガス炉・フュージョンエネルギー)の研究開発等を進めるとともに、サプライチェーン・人材の維持・強化に取り組む。

<p>革新軽水炉 現行炉のメカニズム・出力規模をベースに安全性を高めた炉</p>  <p>◆三菱重工業 (SRZ-1200)</p> <p>○特長</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 技術熟度が高く、規制プロセスを含め高い予見性あり ✓ 受動安全システムや外部事象対策(半地下化)により更なる安全性向上 ✓ シビアアクシデント対策(コアキャッチャー、ガス捕集等)による発電所外の影響低減 <p>○課題</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 初期投資の負担 ✓ 建設長期化の場合のファイナンスリスク 	<p>SMR (小型モジュール炉) 現行炉と比べて小型の軽水炉</p>  <p>◆GE日立 (BWRX-300)</p>  <p>◆NuScale (VOYGR)</p> <p>○特長</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 炉心が小さく自然循環冷却 ✓ 事故も小規模になる可能性 ✓ 工期短縮・初期投資の抑制 <p>○課題</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 小規模なため効率が低い(規模の経済性が小さい) ✓ 安全規制等の整備が必要 	
<p>高速炉 冷却材にナトリウムを使用し、高速中性子を用いる炉</p>  <p>◆三菱重工業 (実証炉)</p> <p>○特長</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 金属ナトリウムの自然対流による自然冷却・閉じ込め ✓ 放射性廃棄物の減容・有害度低減 ✓ 資源の有効利用 <p>○課題</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ナトリウムの安定制御等の技術的課題 ✓ 免震技術・燃料製造技術等の技術的課題 	<p>高温ガス炉 冷却材にヘリウムガスを使用し、高温の熱を得る炉</p>  <p>◆三菱重工業 (実証炉)</p> <p>○特長</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 高温で安定なヘリウム冷却材(水素爆発なし) ✓ 高温耐性で炉心溶融なし ✓ 950℃の熱利用が可能(水素製造等に活用) <p>○課題</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ エネルギー密度・経済性の向上 ✓ 安定な被覆燃料の再処理等の技術的課題 	<p>核融合 核分裂反応ではなく、核融合反応から熱を得る炉</p>  <p>◆ITER (実験炉)</p> <p>○特長</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 連鎖反応が起こらず、万一の場合は反応がストップ ✓ 放射性廃棄物が非常に少ない <p>○課題</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ プラズマの維持の困難性、主要機器の開発・設計(実用化には対応の時間が必要) ✓ エネルギー密度・経済性の向上

117

既設炉の最大限活用と次世代革新炉の開発・設置

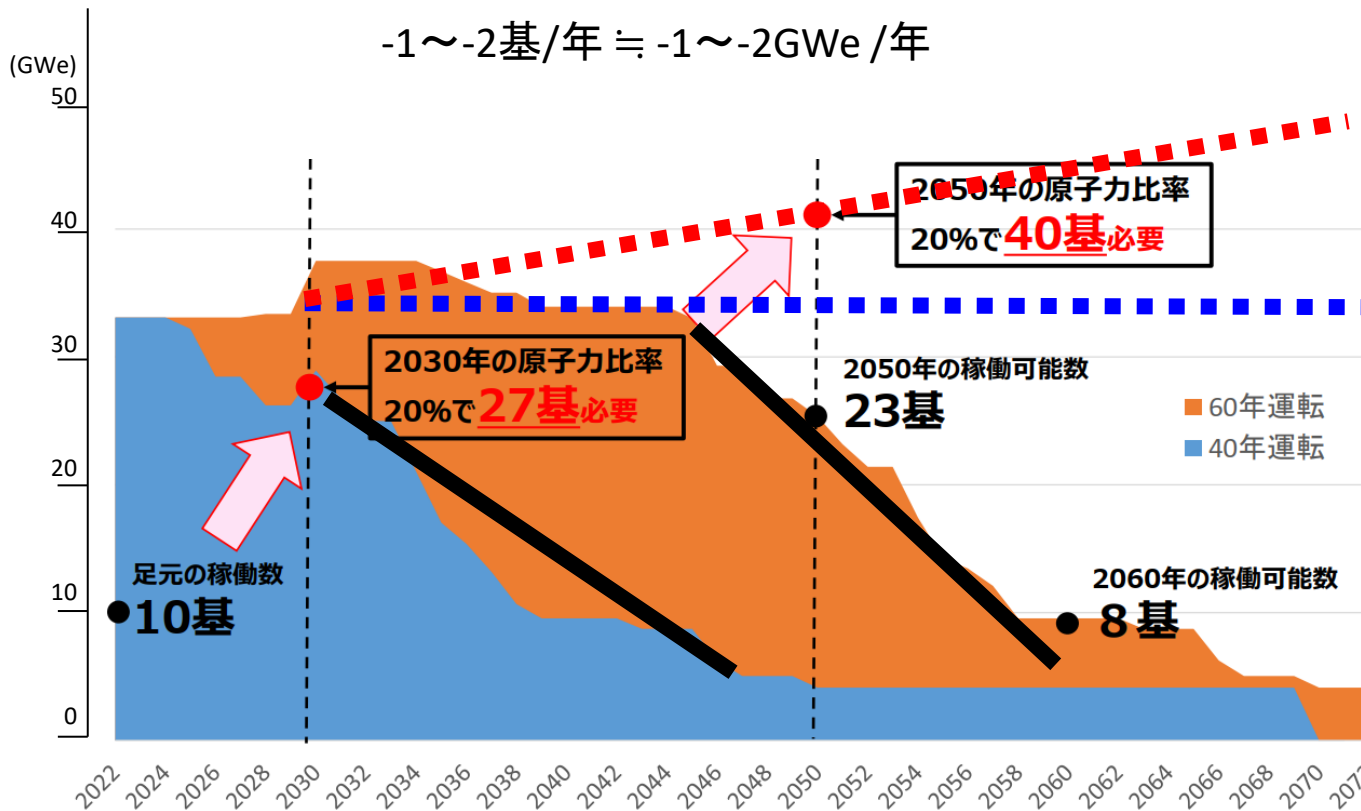
●2040年エネルギーミックスにおける原子力の比率である2割程度の実現に向けては、**安全性を大前提に原子力発電所の再稼働を進めつつ、設備利用率の向上や、次世代革新炉の開発・設置**など、様々な取組を進めていく必要がある。



出典：2025.6.24 第45回原子力小委員会

CN達成に必要な設備増強速度

- 設備容量減少速度:

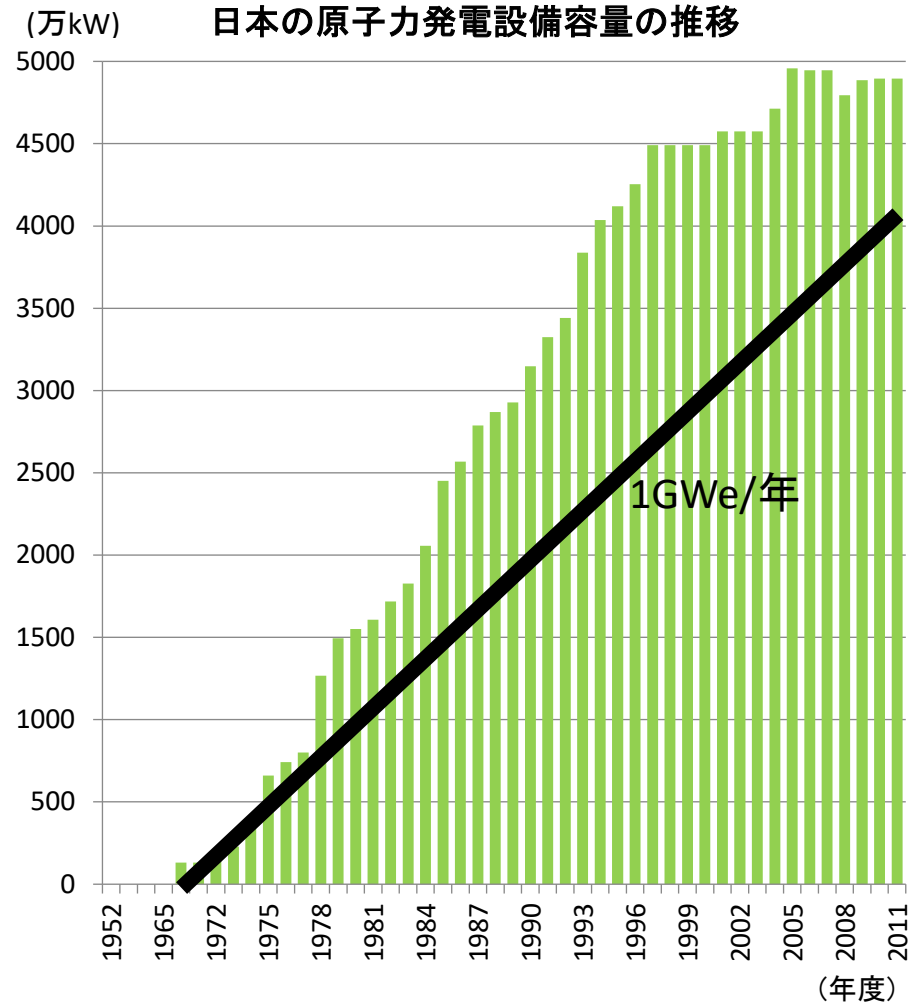


2050年CN達成には
更なる増設が必要

維持だけでも
+1~+2GWe /年

革新炉導入でCN達成は可能？

- 日本では1970年に始まった軽水炉導入以降、約40年で50GWeの設備を建設した実績あり
- 新規建設が途絶えて久しい日本においてこのスピードで建設導入するには、綻び始めた原子力サプライチェーンの維持・補強が課題
- 2030年に46%減、2050年に正味ゼロとするCN目標に対しては、出力の小さいSMRよりも、技術が確立し実績豊富、かつ新規規制基準に対応し震災以前に比べ飛躍的に安全性を改善した大型軽水炉の導入が現実的とみるのが自然



もくじ

1. 第7次エネ基における「次世代革新炉」の位置付け

2. 日本における革新炉の研究開発状況と課題

➤ 5つの炉型の種類や特徴等

①革新軽水炉

②小型軽水炉(SMR: Small Modular Reactors)

③高速炉

④高温ガス炉

⑤核融合炉

➤ 事業者の取り組み状況と主な研究開発課題

➤ 革新炉開発のロードマップ(革新炉WGでの検討状況)



3. 世界動向と今後の原子力

➤ 開発状況、課題、発電外応用など

革新炉WGで整理された5炉型とその特徴

表 2. 革新炉開発のポートフォリオ

	技術成熟度・時間軸	規制対応	サプライチェーン	市場性					非エネ分野
				経済性	水素製造	負荷追従	資源の有効利用	廃棄物有害度低減	
革新軽水炉	◎ ※既存技術を活用可	◎ ※既存規制を活用可	◎ ※既存軽水炉のサプライチェーン有	◎ ※現行の軽水炉と同水準	△	○	△	△	○
小型軽水炉	海外	○	○~◎ ※日本が得意とする大型鍛造品が不要のケースも	◎ ※米国のガス火力並が目標	△	○ ※モジュールごとの制御により負荷追従可能なものも	△	△	○
	国内	○	△ ※基準の議論が必要	○~◎	?				
高速炉	○	○	◎ ※常陽もんじゅの実績	◎ ※現行の軽水炉と同水準	○	◎ ※熔融塩の蓄熱システムを組み合わせた負荷追従可能	◎	◎ ※Pu・MA燃焼可	◎ ※医療用 ²¹ P製造可
高温ガス炉	○	○	◎ ※HTTRの実績	○⇒◎ ※コジェネで経済性向上	◎ ※高温を活用した水素製造可	◎	△	△ ※高燃焼度で処分場面積低減(○)	○ ※耐高温材料製造技術の獲得
核融合炉	× ※要素技術の開発段階	△	○ ※ITERで部分参加	?	◎	?	?	◎ ※高レベル放射性廃棄物発生せず	○ ※コイルがヒックス粒子発生に貢献

第4回革新炉WG(20220729)【資料3】カーボンニュートラルやエネルギー安全保障の実現に向けた革新炉開発の技術ロードマップ(骨子案)

革新炉WGで整理された5炉型とその特徴

	原理・特徴	技術的成熟度・課題
革新軽水炉	<ul style="list-style-type: none">• 現行軽水炉をベース• 1F事故を教訓に除熱性、静的安全性、放射能閉込性等、安全性を向上	<ul style="list-style-type: none">• 技術成熟度:高• 建設費:高
小型軽水炉 (SMR)	<ul style="list-style-type: none">• 基本原理は軽水炉• 小型化で冷却を容易化、内包放射能、初期投資を低減• 機器をモジュール化(工場製造+現場組立)	<ul style="list-style-type: none">• 炉概念によっては開発要素有あり• 発電コスト:高• 日本では敷地効率に難
高速炉	<ul style="list-style-type: none">• 高速中性子+Pu燃料を用いることで燃料を増殖• U資源利用効率を従来炉の100倍近くに向上• 長半減期廃棄物を燃焼・短寿命化	<ul style="list-style-type: none">• 実験炉・原型炉建設済み• 高速炉燃料サイクル
高温ガス炉	<ul style="list-style-type: none">• 冷却材Heガスの出口温度1000°C→水素製造• 放射能閉じ込め性能に優れた被覆粒子燃料• 炉内に大量の黒鉛があり温度変化が緩慢	<ul style="list-style-type: none">• 大型化(大出力化)に制限あり• 燃料は再処理に不適• U資源利用効率:低
核融合炉	<ul style="list-style-type: none">• 磁場や慣性力で高温高密度のプラズマを閉じ込め→核融合反応(D-T反応)• 反応生成物に放射性物質なし(放射化物あり)	<ul style="list-style-type: none">• 国際熱核融合実験炉建設中• 商業炉成立は未知数

革新軽水炉 2040年に向けた政策の方向性

- 設計段階から新たな安全メカニズムを組み込むことにより、**事故の発生リスクを抑制**
- 万が一の事故があった場合にも**放射性物質の放出を回避・抑制**するための機能を強化したより安全なものとなるよう実用化開発を進める
- 規制予見性を高める意味で、**ATENAと規制当局との間で実務レベルの技術的意見交換**会が設置されるなど、事業者による導入を見据えた動きが進展している
- 事業者は、引き続き、更なる安全性向上を目的として革新軽水炉に組み込まれる新たな**安全メカニズム等と規制基準との関係性の整理**に向けて、**規制当局と積極的な意見交換**等を行い、共通理解の醸成を図る
- また、新しい安全対策に係る技術開発を促進し、実用化を加速する

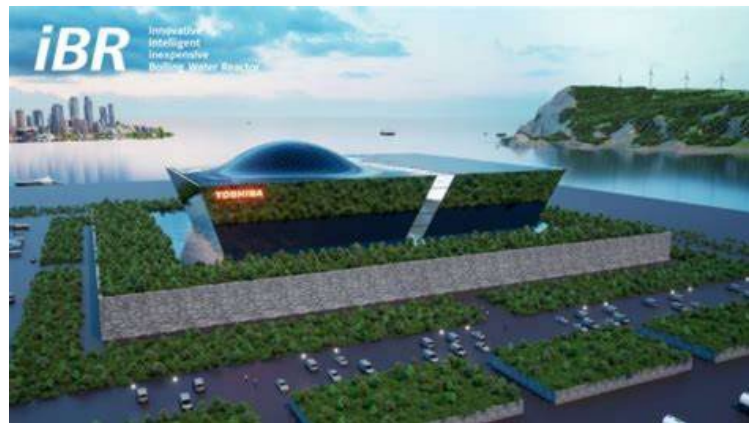
「革新的軽水炉」の特徴と設計例

- 安全設備の多重性/多様性/独立性強化
- 受動的安全系＋即効性ある動的安全系の調和
- 耐震性の強化
- 自然災害、航空機衝突、テロへの耐性強化
- 溶融炉心を捕捉・冷却するコアキャッチャー導入
- 放射性物質放出防止設備導入→緊急避難/長期移住の不要化

日立 HI-ABWR



三菱 SRZ-1200



東芝 iBR

①革新軽水炉

革新軽水炉の特徴

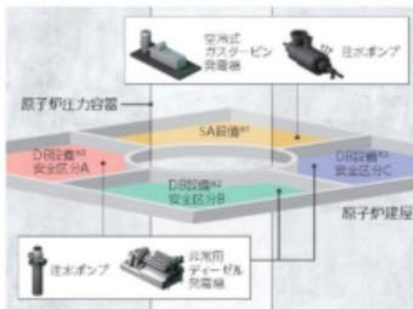
＜定義＞ 既設の原子炉（PWR及びBWR）の設計をベースに、1F事故の教訓を踏まえ強化した安全対策を設計段階から組み込み、より高い安全性を追求した軽水炉

＜特徴の一例＞

- 非常時の冷却ポンプや電源等の**安全設備の多重化と同時損傷リスクの回避**
- 可搬型の非常用設備を、設計段階から原子炉に組み込むことで、**非常時の注水・電源の信頼性を向上**
- 非常時に電源なし・人的操作なしで**自動的に炉心冷却する機能の強化**
- さらに、万が一炉心損傷等の**重大事故が発生した場合の影響を抑制するシステムも強化**
(フィルタベント、コアキャッチャー)

安全設備の多重化と同時損傷リスクの回避 (例：iBR・HI-ABWR)

- ✓ 緊急時に炉心を冷やすための注水ポンプや電源などの安全設備を3系列から4系列に増強。
- ✓ さらに、それらが火災等により同時損傷しないよう、系統ごとに区画を分けて配置。



*1 重大事故等対応設備
*2 設計基準事故対応設備

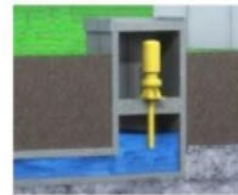
出典：次世代軽水炉の技術要件と実現のための取り組み「次期軽水炉の技術要件検討」ワーキンググループ（BWRプランチ）報告書（2026.01.23）より引用

非常時の注水・電源の信頼性向上 (例：SRZ-1200)

- ✓ 原子炉への接続などの作業が必要な、送水車や電源車等の可搬型設備に代えて、設計段階から原子炉建屋の中に非常用注水ポンプや電源を組み込むことで、緊急時の注水・電源の作動の信頼性などを向上。



常設代替非常用電源
(ガスタービン発電機)



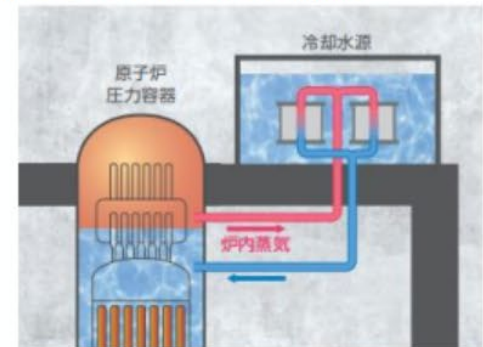
別置き海水ポンプ

(常用海水ポンプとは別の場所に設置)

出典：2025.10.3 第9回革新炉ワーキンググループ 資料より引用

非常時に自動的に炉心冷却する機能強化 (例：iBR・HI-ABWR)

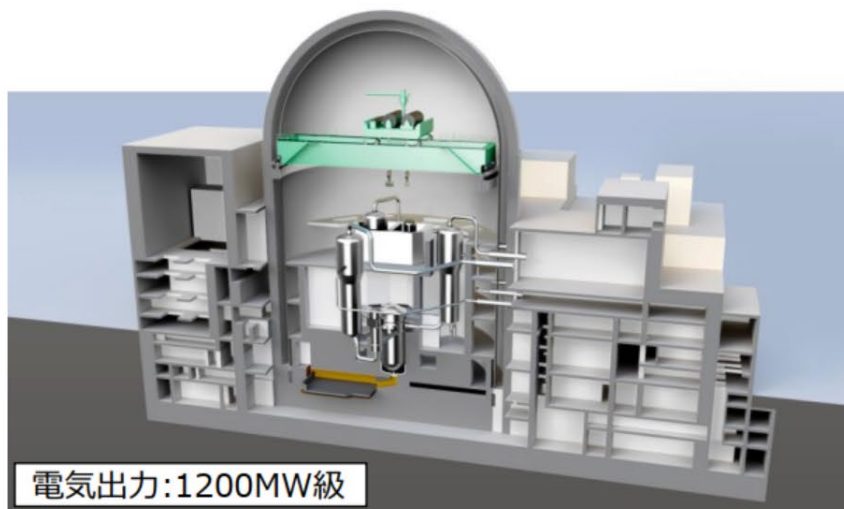
- ✓ 緊急時にも、高さ位置の差などの自然原理を利用し、電源なし・人的作業なしで、自動的に、より長い時間、炉心を冷却。



出典：日立ウェブサイト（HI-ABWRパンフレット）より引用

- 革新軽水炉SRZ-1200は、**設計段階から組み込んだ安全対策と革新技術の採用により、世界最高水準の安全性を実現**

革新軽水炉 “SRZ-1200”



- 設計段階から組み込んだ安全対策と革新技術導入により大幅に安全性を向上。さらに、高い経済性も確保
- 現行の規制基準に適合し、既に実用化段階

SRZ-1200

超安全

多種多様な安全設備の導入に加え、地震／津波などの自然災害に対する高い耐性

地球に優しく

CO₂を出さず、柔軟な出力調整で再生可能エネルギーと共存

大規模な電気を安定供給

国際情勢、天候に左右されない準国産エネルギー

名称のSRZにはそれぞれ以下の意味を含めています。

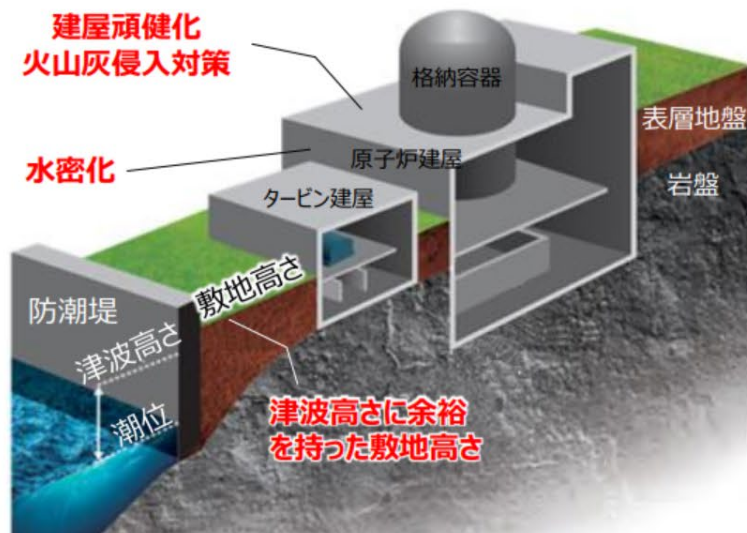
- S** : **S**upreme **S**afety (超安全)、**S**ustainability (持続可能性)
- R** : **R**esilient (しなやかで強靱な) light water **R**eactor (軽水炉)
- Z** : **Z**ero Carbon (CO₂ 排出ゼロ) で社会に貢献する**究極型 (Z)**

“SRZ-1200”の特徴：外部ハザードへの対策強化

- 地震・津波等の自然災害への耐性や大型航空機衝突対策を強化
- 原子炉建屋の頑健化等による耐震性向上、完全ドライサイト設計による津波耐性強化

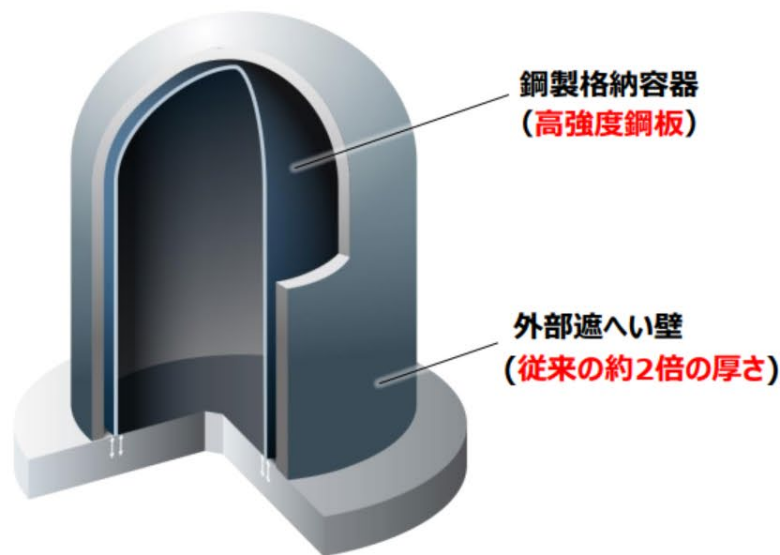
地震・津波等の自然災害への耐性強化

- 耐震性向上：**原子炉建屋を頑健化、低重心化**
- 津波耐性強化：**完全ドライサイト設計（敷地レベルの嵩上げ等）**、建屋水密化
- 台風、竜巻、火山灰侵入防止その他自然災害への耐性も強化



大型航空機衝突対策

- 外部遮へい壁と鋼製格納容器の**2重構造**を採用
 - 外部遮へい壁：航空機衝突に耐えうる強靱性
 - 鋼製格納容器：高強度鋼板採用による耐圧・耐漏洩機能

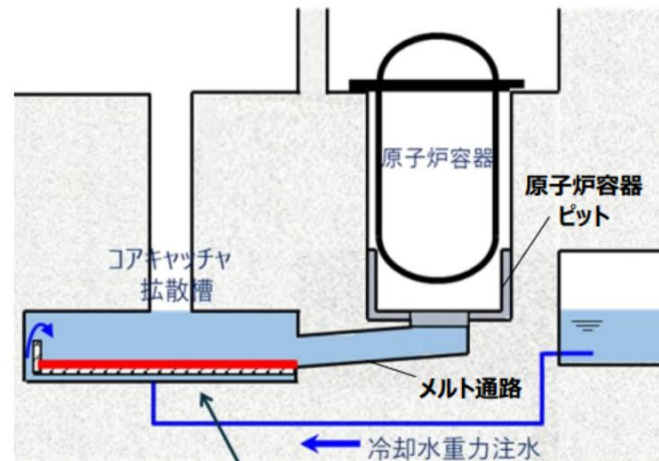
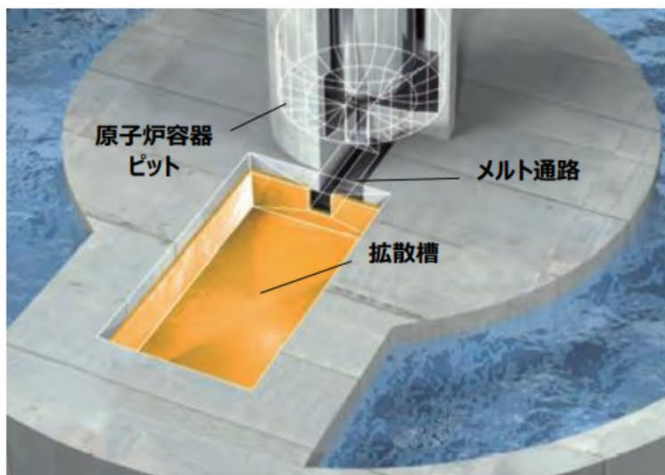


“SRZ-1200”の特徴：溶融炉心対策（コアキャッチャ）

- 万一の炉心溶融時でも原子炉容器から落下する溶融炉心を下部にある専用ピットで受止め、専用の拡散槽内へ薄く拡げ、外部水源からの注水により**溶融炉心を格納容器内で保持・冷却**

溶融炉心対策

世界最新技術であるコアキャッチャの採用



十分に拡散させてから冷却水を供給

- ① 原子炉容器から落下した溶融炉心を原子炉容器ピット内で一定時間保持
- ② 溶融炉心をピット内で犠牲材コンクリートと混合し、流れやすい状態に変化
- ③ 溶融炉心をメルト通路（耐熱レンガ構造）を通じて拡散槽内に十分に拡散
- ④ 外部水源から拡散槽への注水により、溶融炉心を冷却

溶融炉心を格納容器内で確実に冷却・保持

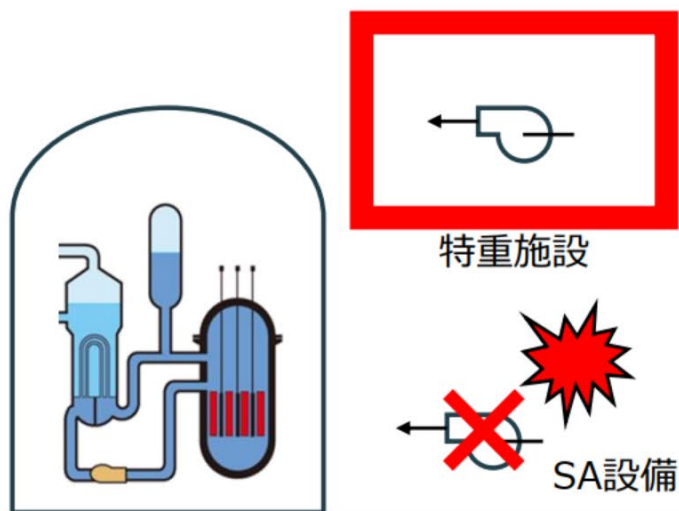
【補足】論点Ⅱ：SA設備と特重施設の機能統合

- 既設炉では、航空機衝突等によりSA設備を含めた事故対処設備が同時損傷することを防ぐため、原子炉建屋から離隔もしくは頑健化した**専用施設（特重施設）**を設置
- SRZ-1200では、設計段階から航空機衝突その他テロ対策を講じるために、**頑健化もしくは隔離した区画を予め設置**。当該区画に同一機能を有するSA設備と特重施設を統合した**SA/特重兼用設備**を設置することで機能統合

SA設備と特重施設の機能統合イメージ（頑健化の例）

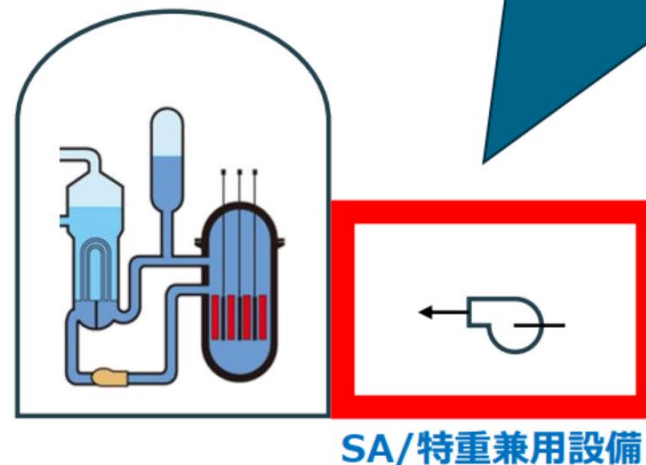
<既設炉>

航空機衝突時、SA設備等は機能喪失することを想定し、頑健化された特重施設を別に設置



<SRZ-1200>

設計段階から頑健化した区画にSA/特重兼用設備を設置することで、航空機衝突時にも安全機能維持



①革新軽水炉

(参考) 革新軽水炉の例：HI-ABWRの概要

HITACHI

GE VERNOVA

福島第一事故の教訓を設計段階から反映し、英国・欧州規制の要求を満たした
UK ABWRにあらたな安全メカニズムを組み込んだ大型革新軽水炉

革新技術による世界最高水準の安全性

Walk Away Safe

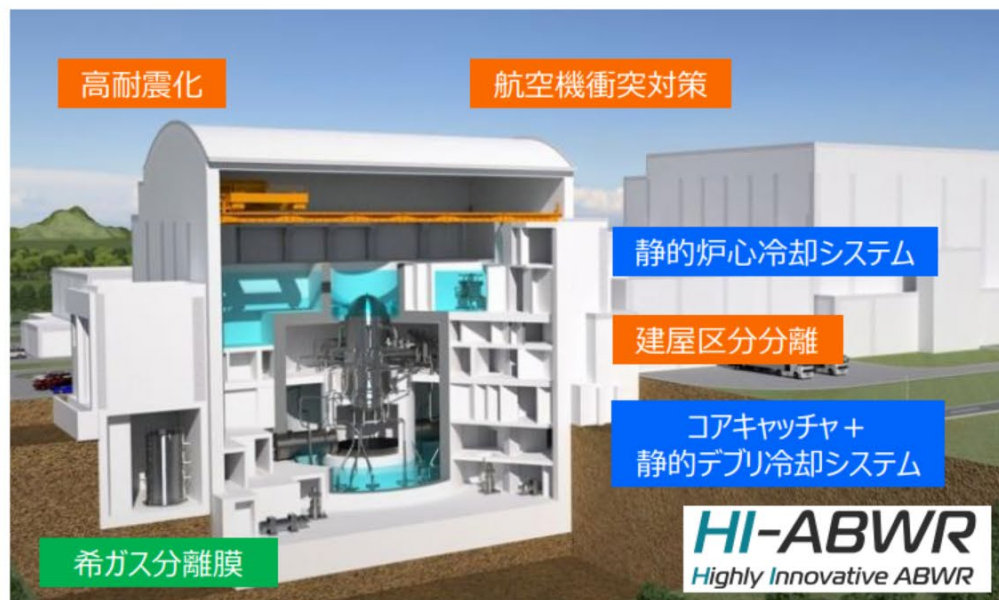
運転員の操作や外部電源が不要な静的安全システム

放射性物質放出の抑制

新たな放射性物質除去フィルタにより、万一の重大事故時における放射性物質放出を大幅低減
ベント時の敷地境界における線量を1/100に抑える

テロ・ハザードへの耐性強化

地震／津波などの自然災害、航空機衝突も含むテロに対し防護する建屋構造



© Hitachi GE Vernova Nuclear Energy, Ltd. 2025. All rights reserved

①革新軽水炉

(参考) 革新軽水炉の例：HI-ABWRの技術開発



希ガス分離膜の開発状況

目的

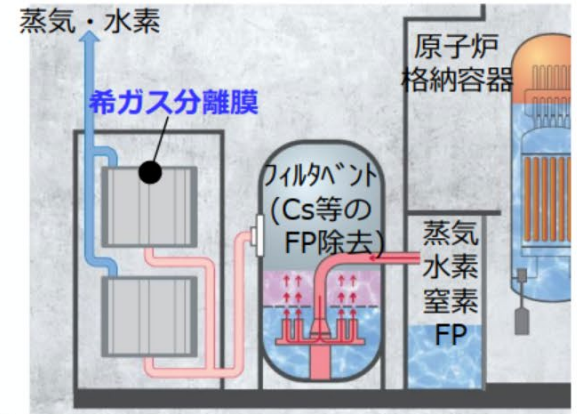
- 過酷事故時に住民避難や作業員退避に至ることを抑制、また、より早期にベントし水素を排出することにより水素燃焼リスクを低減する。

動作原理

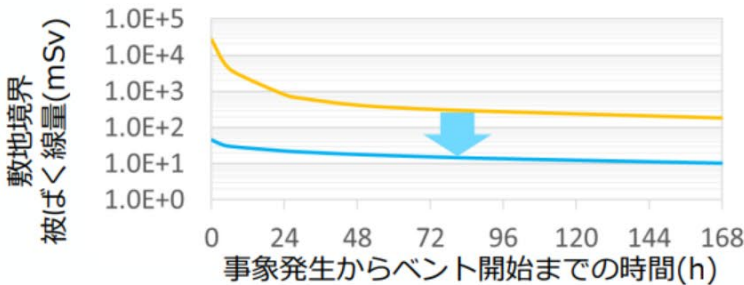
- 以下2つの材料を候補として開発中
 - ✓ 緻密膜：極性による膜への吸着、溶解、拡散のし易さにより、透過するガスを分離する
 - ✓ 分子ふるい膜：孔径を制御して製作した膜を用いて、分子サイズにより、透過するガスを分離する

開発状況

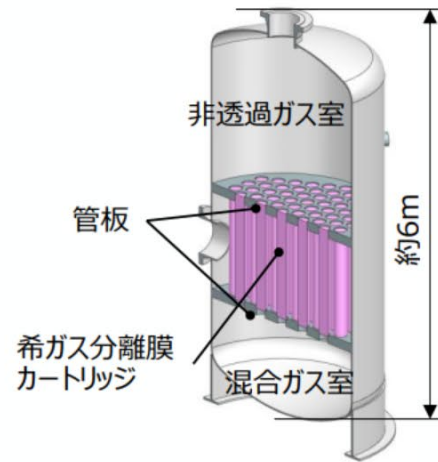
- 以下の検討・試験を実施中。
 - ✓ システム概念検討、基礎試験等・・・済※1
 - ✓ 実証試験、構成機器開発・・・実施中※2
- 2027年度に開発完了予定。



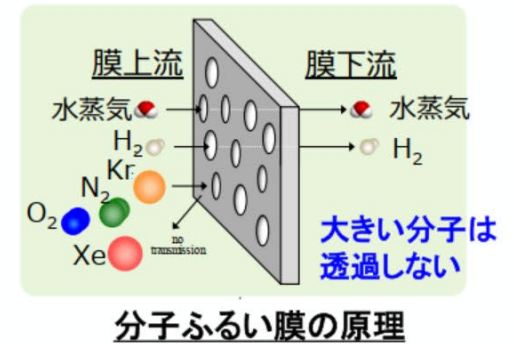
放射性物質閉じ込めシステムの構成例



線量低減効果 (DF=100達成、100m排気塔等導入の場合)



希ガス分離膜容器設計例



分子ふるい膜の原理

※1：補助事業「過酷事故時の被ばくを低減し水素・水蒸気を処理する希ガスフィルタシステムの開発」

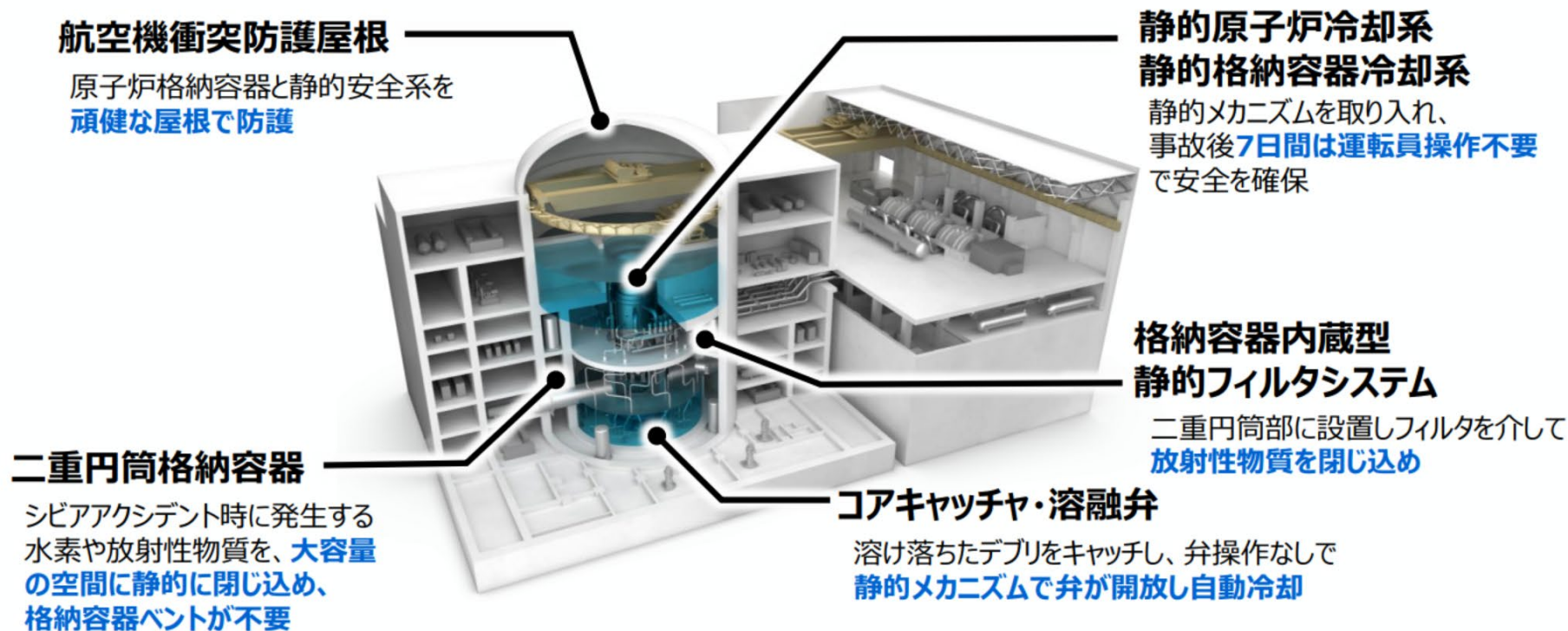
※2：補助事業「革新沸騰水型軽水炉の技術開発」

①革新軽水炉

(参考) 革新軽水炉の例：iBRの概要

TOSHIBA

実績あるABWRをベースに事故対策設備を追加し、更なる安全性向上を達成



革新軽水炉：社会実装に向けた現状と課題

現状

- 政府支援を活用しつつ、民間事業者において実用化に向けた技術開発が進捗
- 基本的に技術面では社会実装の段階

課題

- 実際の建替プロジェクトに進むにはユーザーたる電気事業者の投資決定が必要
- そのためには、投資決定を後押しする「原子力の見通し・将来像」を政府が示すことが重要
- また、立地自治体等の理解、事業環境整備、サプライチェーン、人材の維持・強化も
- 規制当局との対話を精力的に実施し、技術的な観点で規制対応を進めるべき
- 環境影響評価等の行政的手続きについて、タイムラインを意識し、早期に進むよう準備を
- 政府の各種技術開発支援について、将来を見据えたテーマや炉型、製造基盤の維持に資するもの等に重点化していくべき
- エネルギー全般や原子力についての広報活動等を進め、国民から理解を得ること、立地地域との信頼を醸成することに取り組むべき

小型軽水炉 (SMR: Small Modular Reactor)

第7次エネルギー基本計画に記載された方針：

- 小型軽水炉は、小出力を活かした自然循環により、冷却ポンプ、外部電源なしで炉心冷却を可能とするシステムを目指している
- 米国やカナダ始め国外では、データセンター等を始めとする電力多消費設備への脱炭素・安定電源としてのニーズが高まっており、2030年より前の実用化に向けた日本企業も参画するプロジェクトも進行中
- また、軽水炉以外の小型炉を含め様々な新たな炉型の開発もスタートアップにより進められている
- 我が国における将来ニーズを念頭に置いた選択肢確保の観点から、我が国の産業基盤の維持・強化にも資するよう、日本の技術を活かした日本企業の海外プロジェクトへの参画や研究開発を支援する

②小型軽水炉 (SMR) 小型軽水炉の特徴

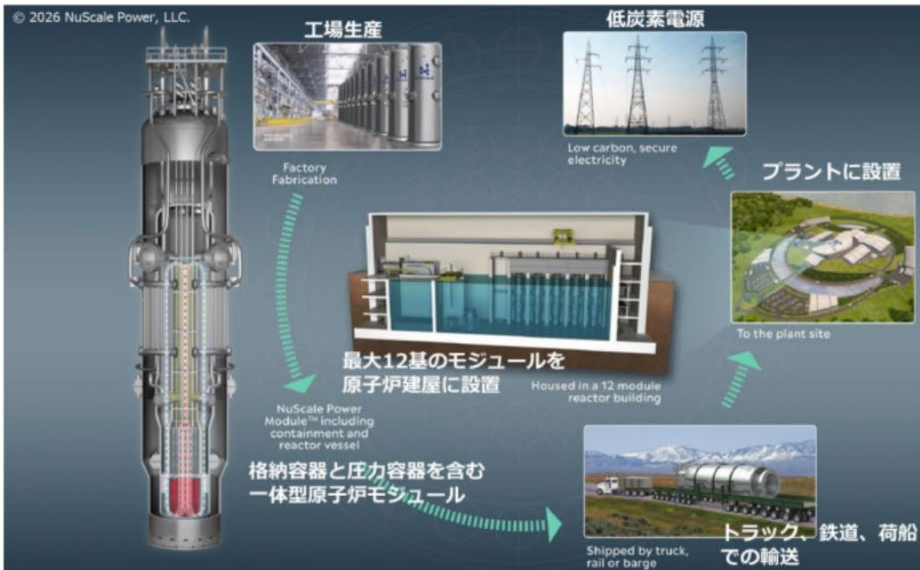
<定義> 電気出力が概ね30万kW以下の軽水炉。モジュール工法が採用される設計も存在。

<特徴の一例>

- 炉心や出力が小さいため、自然循環による冷却システム等、安全性の高い設計が実現可能
- システム全体を小型化・簡素化・モジュール化することで、建設期間、初期投資を抑制可能
- 大型軽水炉と比較し、発電コストが相対的に高くなる可能性
- 海外でプロジェクトが進んでいる一方、日本国内では安全規制が未整備

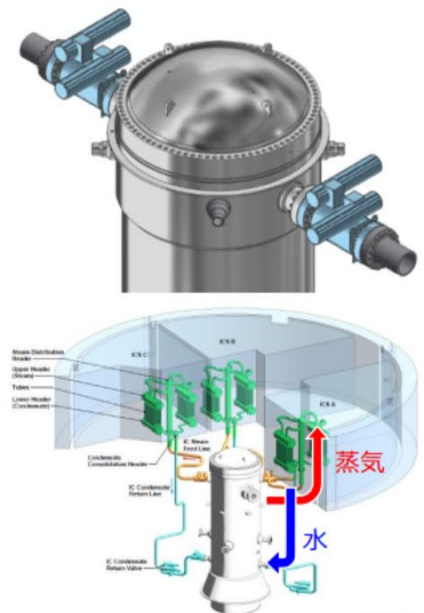
安全システムの例 (NuScale SMR)

- 自然循環による原子炉冷却 (動的機器の排除)
- 原子炉プールによる事故時長期冷却 (外部注水、人的操作不要)



安全システムの例 (BWRX-300)

- 隔離弁一体型原子炉
 - ✓ 原子炉圧力容器に隔離弁を直付けすることで、大規模な冷却材流出事故の要因となる配管を削除、冷却材喪失事故の発生確率と影響を大幅に低減
- 自然循環による崩壊熱除去システム
 - ✓ 炉心から発生した蒸気は自然に上昇、原子炉より高所に設置した冷却水プール中の熱交換器に流れ込み凝縮、液化され、原子炉に戻る一連の流れが外部動力なしに成立する (自然循環)
 - ✓ 革新的な隔離弁一体型原子炉との組み合わせにより、高い安全性を維持しつつ、システムを大幅に簡素化



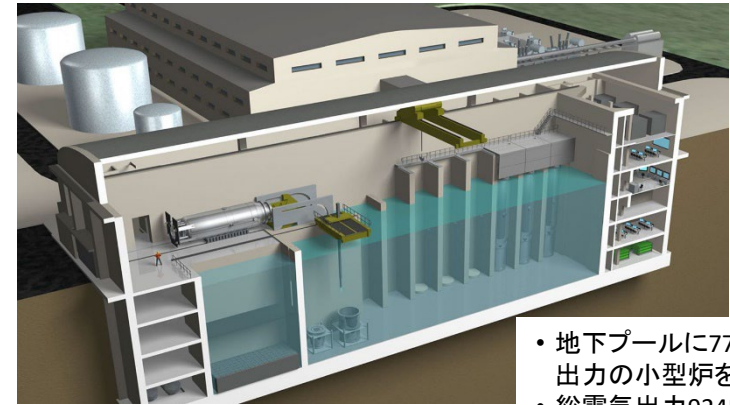
出典：2025.10.3 第9回革新炉ワーキンググループ 資料より引用

SMR(Small Modular Reactor)の代表概念 Nuscale

ニュースケール・パワー
米オレゴン州ポートランド

特徴:

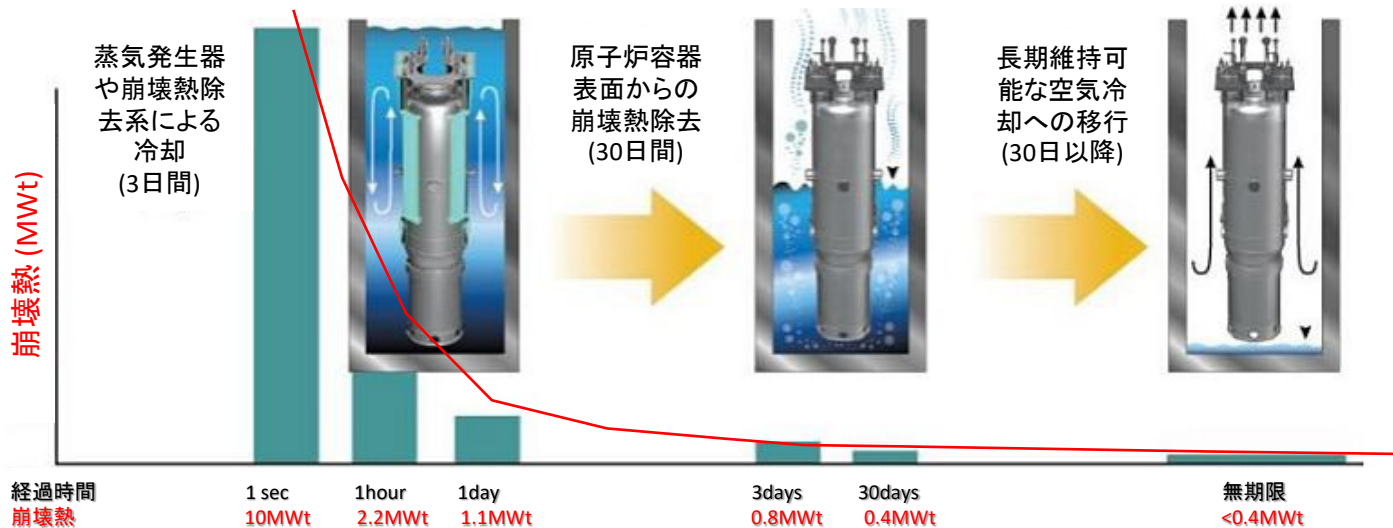
- 原子炉+蒸気発生器一体型
- 運転時: 自然循環冷却(冷却ポンプ無し)
- 事故時: プール水による自然循環、外部電源不要、外部注水不要、プール水蒸発後は空気冷却



- 地下プールに77MWe出力の小型炉を12基
- 総電気出力924MWe



ポンプ不要・外部電源不要・外部注水不要



②小型軽水炉 (SMR)

(参考) 小型軽水炉の例 : BWRX-300の概要①

HITACHI

GE VERNOVA

高い安全性と経済性の両立を目指した設計

- 第10世代BWR – 自然循環炉
- 世界最高水準の安全性
- 実証済み技術の採用
(米国NRC認可済みのESBWRベース)
- Design-to-Cost
- 初期資本費 (建設コスト) の大幅低減
- 負荷追従性能
- モジュール工法による高い建設性
- 米国、カナダ、英国、ポーランドにて許認可プロセス進行中
- 早ければ2030年に運転開始予定

NRC: Nuclear Regulatory Commission, ESBWR: Economic Simplified Boiling Water Reactor



© Hitachi GE Vernova Nuclear Energy, Ltd. 2025. All rights reserved

②小型軽水炉 (SMR)

(参考) 小型軽水炉の例 : BWRX-300の概要②



優れた安全性・経済性・建設性・柔軟性

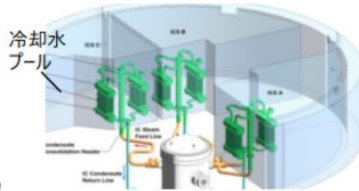
革新的安全システム

冷却材喪失事故 (LOCA) を抑制

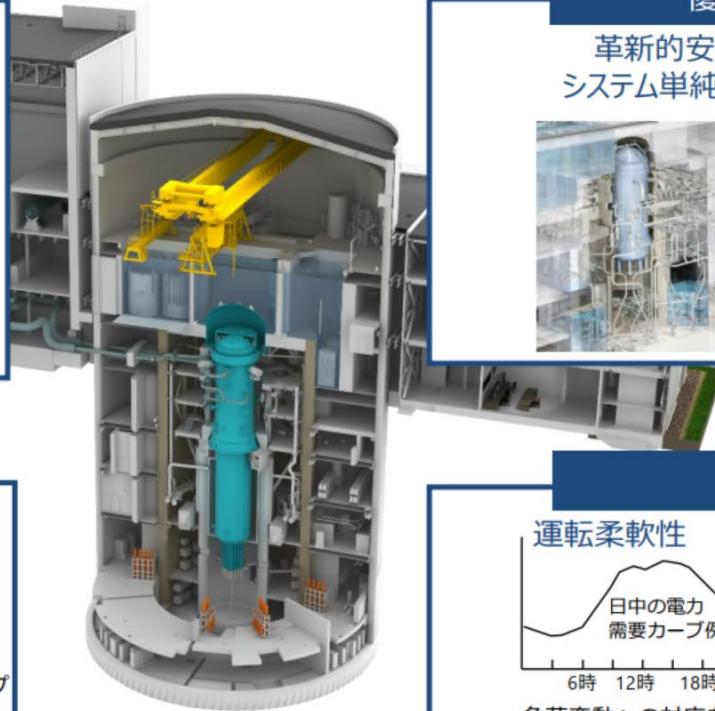


一体型原子炉隔離弁

交流電源・人的操作なしで7日間冷却可能



自然循環力による崩壊熱除去システム



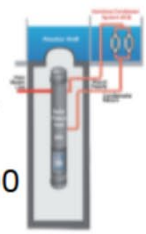
優れた経済性

革新的安全システム導入によるシステム単純化 → 物量大幅低減



ABWR

BWRX-300



短く確実な建設

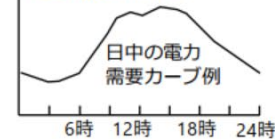
国内で実績あるモジュール工法の採用



ABWRの高圧ドレンポンプ配管・弁室モジュール

柔軟性

運転柔軟性



日中の電力需要カーブ例
6時 12時 18時 24時
負荷変動への対応を可能とする出力制御

立地柔軟性



事故影響低減によるEPZ縮小*
→ 社会的受容性向上

*北米の例, EPZ: Emergency Planning Zone

小型軽水炉：社会実装に向けた現状と課題

現状

- 海外では、電気事業者のニーズを踏まえ、規制当局の許認可を得たうえで、民間事業者において具体的なプロジェクトが進んでいる状況であり、基本的に技術面では社会実装の段階
- 今後は、国内産業基盤やサプライチェーンの維持・強化に資するよう、海外プロジェクトに参画する日本企業の取組を支援するとともに、国内事業者のニーズや小型軽水炉の特徴(初期投資軽減等)を踏まえながら、国内プロジェクトの創出に向けた取組を進めていく

課題

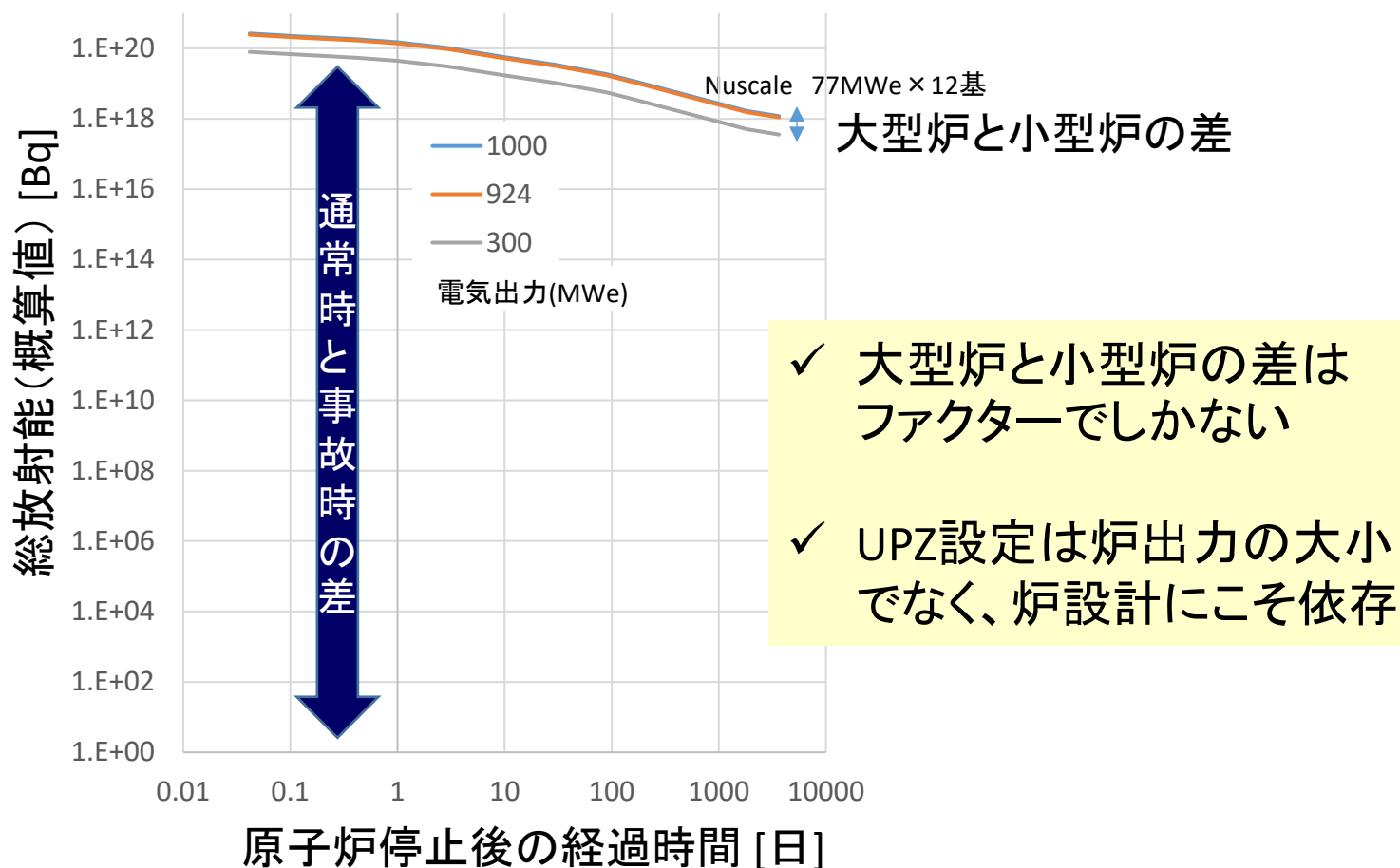
- 国内事業者のニーズを把握した上で、初期投資軽減や多様な用途等の特徴、将来のオプションという意義も踏まえながら必要な支援を進めるべき
- 海外でプロジェクトが進む小型軽水炉を日本に設置する場合、地震・津波など日本特有の自然条件への適合性は非常に重要な観点であり、設計変更の要否などの検討が必要
- また事業者が導入を検討するに当たって、資源活用効率性、敷地効率性、バックエンドについても留意が必要
- 小型軽水炉特有の新技术に対する規制基準の整備

SMRの懸念：敷地効率と必要基数

- SMRを日本へ導入するにあたっての別の懸念事項として、敷地制約がある
- 今回の新エネ基では、廃炉原発とは別の敷地でのリプレース(建て替え)も認めたと、各電力会社が持つサイト数を今後拡大していくことは難しく、各電力会社は現在所有する敷地の範囲で建設を行うこととなる
- この際、出力の小さいSMRの敷地効率(面積当たりの発電量)が悪ければ、大型炉を選択せざるを得ない
- BWRX-300の専有面積は0.05km²とされており、出力当たりの必要面積(km²/MWe)は、東京電力柏崎刈羽原発5～6号機の3基と比べ、粗い概算では数倍から十数倍程度劣る
- 何を選択するかは、敷地形状や地盤特性も踏まえた上での電力会社ごとの判断
- 2050年CN達成に必要となる毎年約2000MWeという建設ペースを、SMRのみで達成することをあえて想定すると、300MWeのBWRX-300ならば年に6基、77MWeのVOYGR(NuScale)では年に25ユニットに
- 量産効果を発揮するには好ましい大きな数値であるが、現実に可能かどうかは現段階で予見しがたい

SMRの懸念：小さいから安全？

SMRでは緊急時計画区域(UPZ)の縮小可能？



高速炉

第7次エネルギー基本計画に記載された方針：

- 高速炉は、高レベル放射性廃棄物の**減容化・有害度低減**や**資源の有効利用**等に資する核燃料サイクルの効果をより高めることが期待されるとともに、**空冷での安定冷却**など、安全性が高い設計が可能
- **実証炉開発**については、JAEA、原子力事業者及び中核企業の技術者が集結する研究開発統合組織の統括の下、同志国の米国や仏国との国際連携での技術的知見も活用しつつ、炉と燃料サイクル全体の集中的な研究開発に取り組む
- 並行して、基本設計段階以降を見据えた**事業運営体制の構築**や**安全設計方針の在り方**など、中長期を見据えた課題への対応を産学官で進めていく

③高速炉

高速炉の特徴

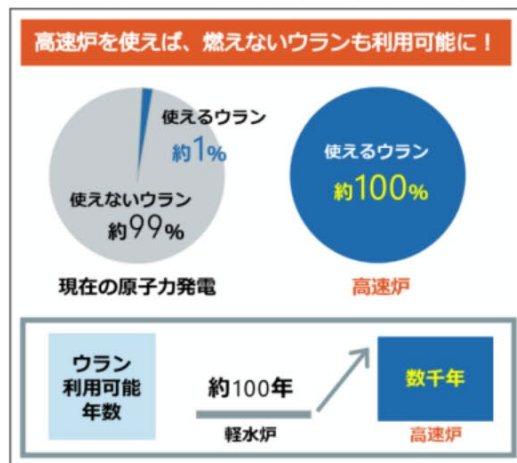
<定義> **高速中性子**により、核分裂連鎖反応が維持される原子炉

<特徴の一例>

- 燃料を増殖させる設計と核燃料サイクルを実現することで**ウラン利用率とエネルギー自給率の向上**
- 放射性廃棄物の減容化と潜在的有害度の低減**
- 次世代炉に求められる**高い安全性の実現**（例：自然循環による受動的冷却機能等の設計が可能）
- 成熟した**軽水炉技術と異なる技術体系**（化学的に活性な金属ナトリウム利用等）

ウラン利用率向上

燃えないウランを燃える燃料（Pu）に変換することで数千年の利用が可能

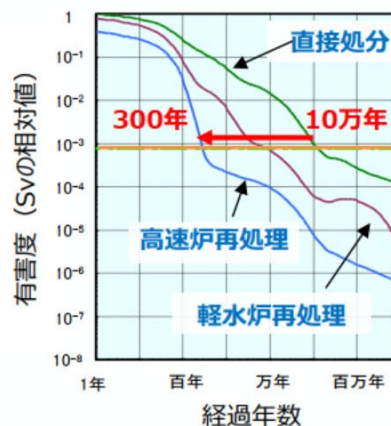


※現在開発を進めているMA利用を含む高速炉サイクルが理論的に実現した場合に期待される効果を示す。

出典：日本原子力研究開発機構ウェブサイトより引用
https://www.jaea.go.jp/jaea-houkoku19/panel/pdf/p1-2.pdf

放射性廃棄物の減容化

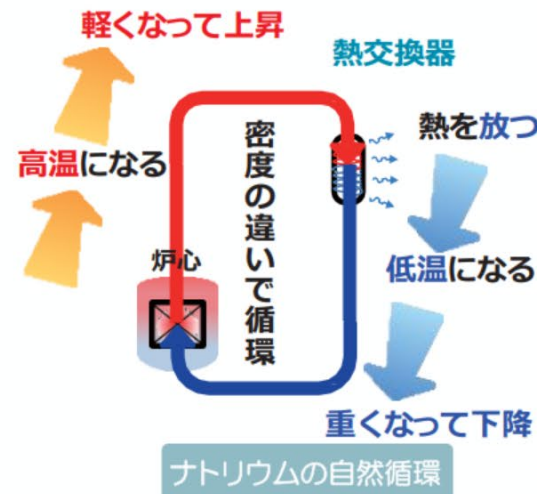
廃棄物中のマイナーアクチニドを分離し、高速炉で燃焼させることで、減容化、潜在的有害度を低減（10万年⇒300年）



出典：2022.7.1 第3回革新炉ワーキンググループ

高い安全性の実現

炉心の熱（崩壊熱）を、自然循環力を利用して、電源がなくとも受動的に冷却できる設計が可能



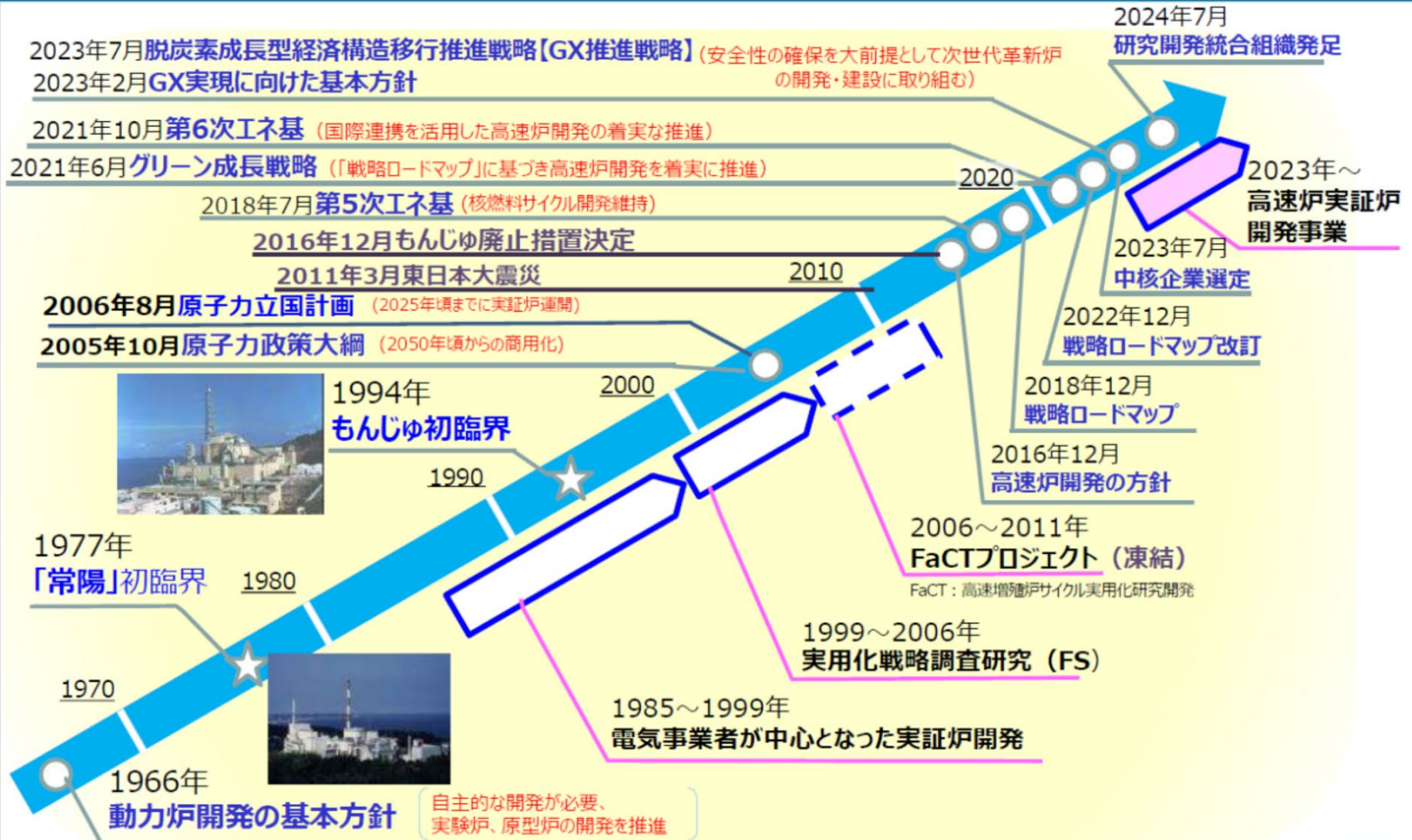
出典：日本原子力研究開発機構ウェブサイトより引用
https://www.jaea.go.jp/o-arai/research/research_04.html

③ 高速炉

これまでの高速炉サイクル開発の経緯



● 実験炉「常陽」、原型炉「もんじゅ」を経て、**足下では高速炉実証炉の開発事業を実施。**



出典：2025.4.1 令和7年第11回原子力委員会

③高速炉

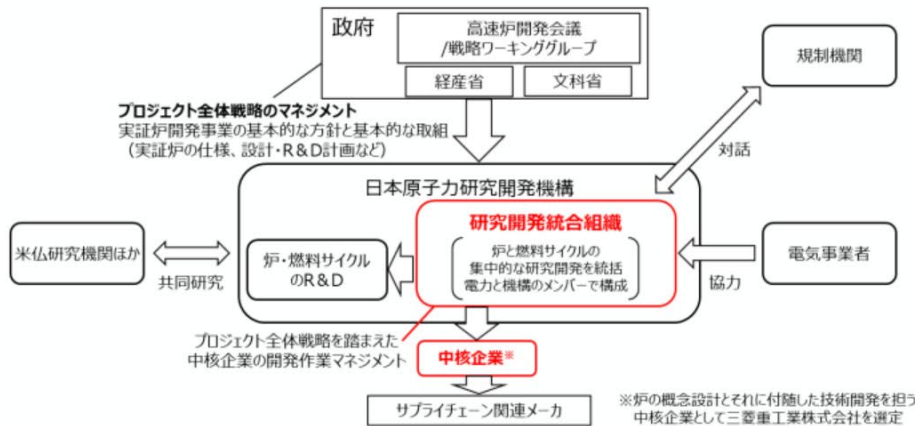
高速炉実証炉開発事業

●経済性等も含めた実用化の見通しを得るため、GX経済移行債を活用した実証炉開発事業を2023年9月から実施。2028年度には基本設計への移行判断予定（マイルストーン）。

事業の概要

■ 実施者：

日本原子力研究開発機構（研究開発統合組織）、
三菱重工業株式会社（中核企業）



■ 令和8年度予算額：572億円

（国庫債務負担行為含め総額 687億円）

※これまでの予算措置及び国庫債務負担行為額：
2,401億円（2023～28年度）

主な取組内容

※研究開発全体像は後述

■ 国際連携

- ✓ 2026年度頃の燃料技術検討に向けた、**日米**の金属燃料に関する技術協力
- ✓ **日仏**の実証炉に関するR&D、設計レビュー協力

■ 規制との共通理解の醸成

- ✓ 新たな安全メカニズムを組み込んだ高速炉の**安全確保の在り方**を原子力学会にて議論
- ✓ JAEAが**原子力規制庁が実施する安全研究の参考情報とするための情報収集に協力**（テーマの例）
 - ・ シビアアクシデント対策設備と設計評価技術
 - ・ 自然循環を活用した崩壊熱除去設備と設計評価技術

今後のスケジュール

2024年度～2028年度：実証炉の概念設計・研究開発

2026年度頃：燃料技術の具体的な検討

2028年度頃：基本設計・許認可手続きへの移行判断

③高速炉

高速炉実証炉開発における研究開発の全体像

- 高速炉の**新たな安全メカニズムに係る先端技術**（空冷での安定冷却、免震技術等）の開発
- 原型炉から実証炉へのスケールアップに伴い大型化する**主要設備の製作技術の実証**や**材料試験等**を実施

原子炉設計・免震

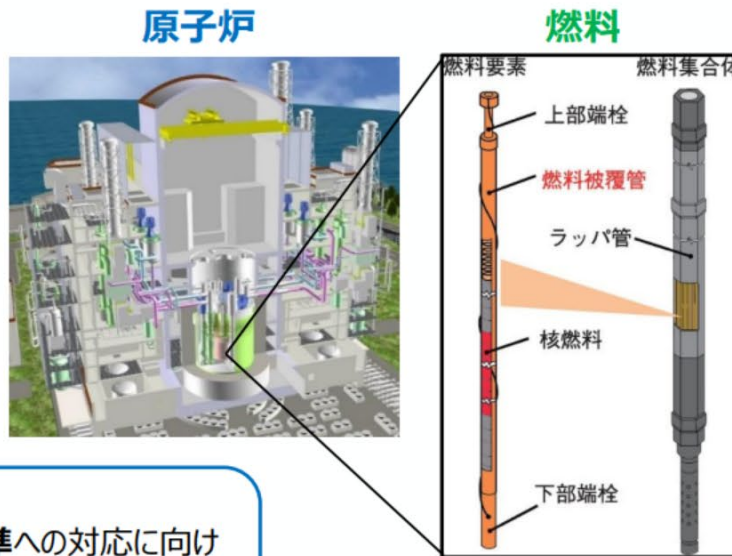
- タンク型※炉原子炉容器の**設計成立性確認** ※もんじゅはループ型
- 高速炉特有の**免震システム**の開発

燃料の研究開発・製造・サプライチェーン

- 2026年度の燃料技術検討に向けた、**MOX燃料・金属燃料の性能等評価**
- **放射性廃棄物の減容化・有害度低減**に向けたMA含有燃料製造・燃焼技術
- 高速炉特有の**被覆管等のサプライチェーン構築**

冷却系・ナトリウム技術

- **大型化・高性能化**した主要機器（ポンプ、熱交換器）の実証
- **ナトリウムと水の化学反応**に関する評価
- 不透明のナトリウム内で**炉内構造物等の状況を目視可能にするセンサ**開発



照射／照射後試験技術

- **実証炉燃料の照射**
- 高速炉の効果を更に高めるため、**高燃焼度化、MA含有燃料の照射**



常陽・照射後試験施設

安全性向上・安全性評価技術

- **新規基準、国際的安全基準**への対応に向けたデータ取得や評価技術の開発
- **動力を必要としない安全システム**（受動的炉停止、自然循環崩壊熱除去）の開発
- 事故時の**炉心損傷の影響緩和**を考慮した設計

高速炉再処理

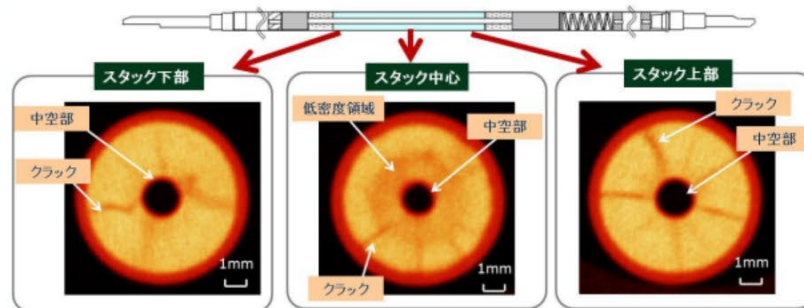
- **Pu富化度の高い燃料の再処理、臨界管理**（湿式／乾式）
- **MA分離・回収技術**（放射性廃棄物の減容化・有害度低減）

③ 高速炉

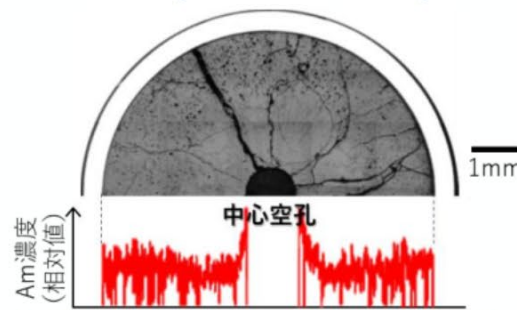
実用炉向け燃料開発（常陽での燃料照射試験）



- 「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、マイナーアクチニド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



「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



出典：2025.12.11 第10回革新炉ワーキンググループ 資料一部改変

③高速炉

核燃料サイクル施設の設計作業の状況



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

高速炉：社会実装に向けた現状と課題

現状

- 三菱重工業を中核企業に、日本原子力研究開発機構(JAEA)を研究開発統合組織としてプロジェクトを推進。実証炉開発事業として、炉の概念設計、要素技術開発や燃料の研究開発等を着実に実施中
- 今後は、2026年度の「燃料選択(酸化物燃料/金属燃料)」、2028年度の「基本設計への移行判断」というマイルストーンに向け、研究開発・検討を進めていく

課題

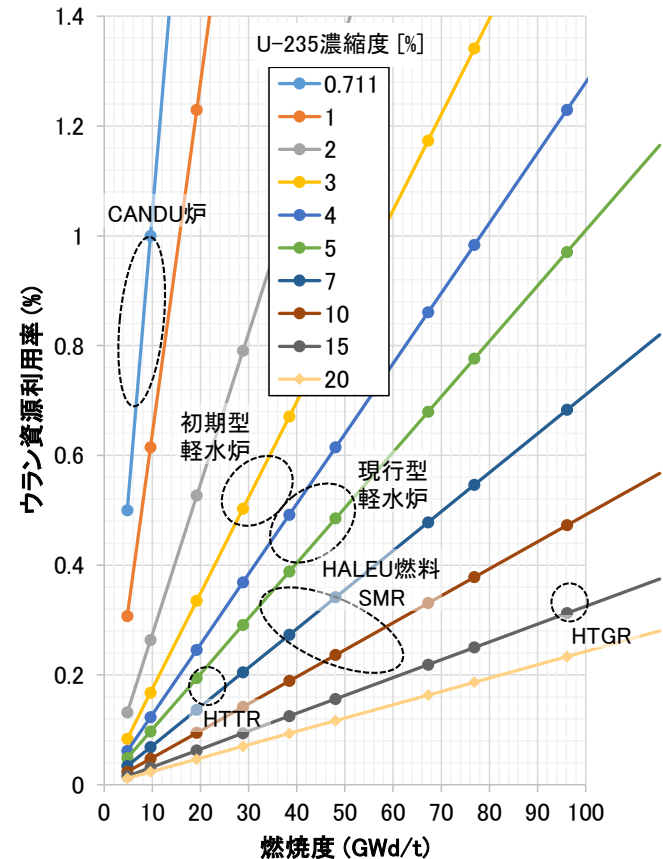
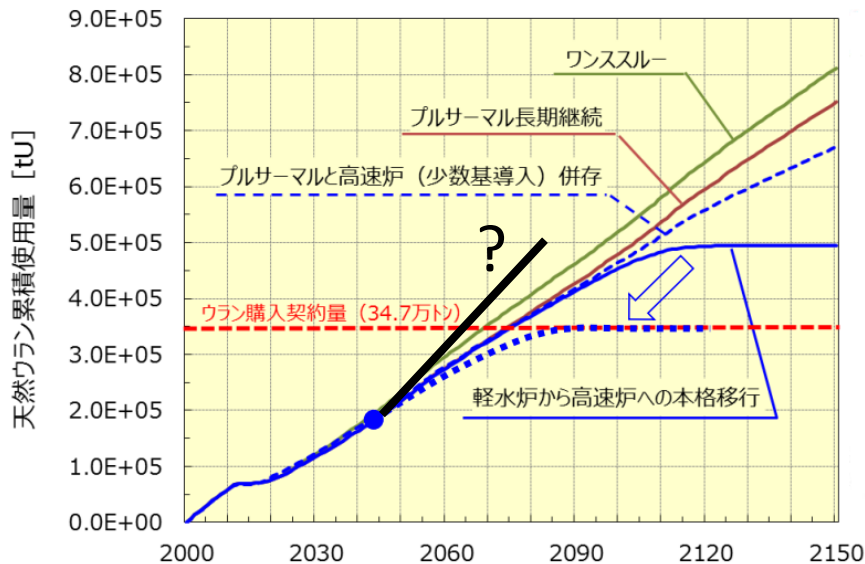
- 2028年度の「基本設計への移行判断」の際には、炉の技術的な観点だけでなく、中長期的な原子力政策・エネルギー政策の観点、システム全体としての経済性などの観点から、総合的に判断すべき
- 高速炉については機器製造に長期の空白期間があったことで、技術・供給網が脆弱化しており、重要部材の製造能力維持への対策が必要
- 高速炉の特性を最大限引き出すには安全上の特徴を勘案した適切な規制基準が必要。設計の手戻りを減らし、新たな高速炉技術に関する規制の予見性を高めていくために、規制当局との技術的な意見交換などの対話を目指す必要。
- 基本設計への移行判断を念頭に、実際に実証炉等を運営する実施主体を固めた上で、立地場所選定等のプロセスに進んでいくことが必要。実施主体の在り方について早急に検討を進めるべき
- 高速炉プロジェクトについての国民の認知度が低い。2026年度の燃料選択や2028年度の移行判断のタイミングなど、大きな動きがあるタイミングで、国民に広く知ってもらえる取り組みが必要

高速炉の懸念

- 実施主体(電力)の本気度はいかほどか
 - もんじゅ事故、電力自由化、最優先の軽水炉再稼働、1G事故対応、再エネ普及などにより、30数年前に比べて、高速炉熱は高くない
- 酸化物？金属？
 - 過去の動燃、核サ機構は酸化物燃料・湿式再処理技術を開発。金属燃料採用(2026年度判断)となるとサイクル技術・第2再処理工場、処分技術は？

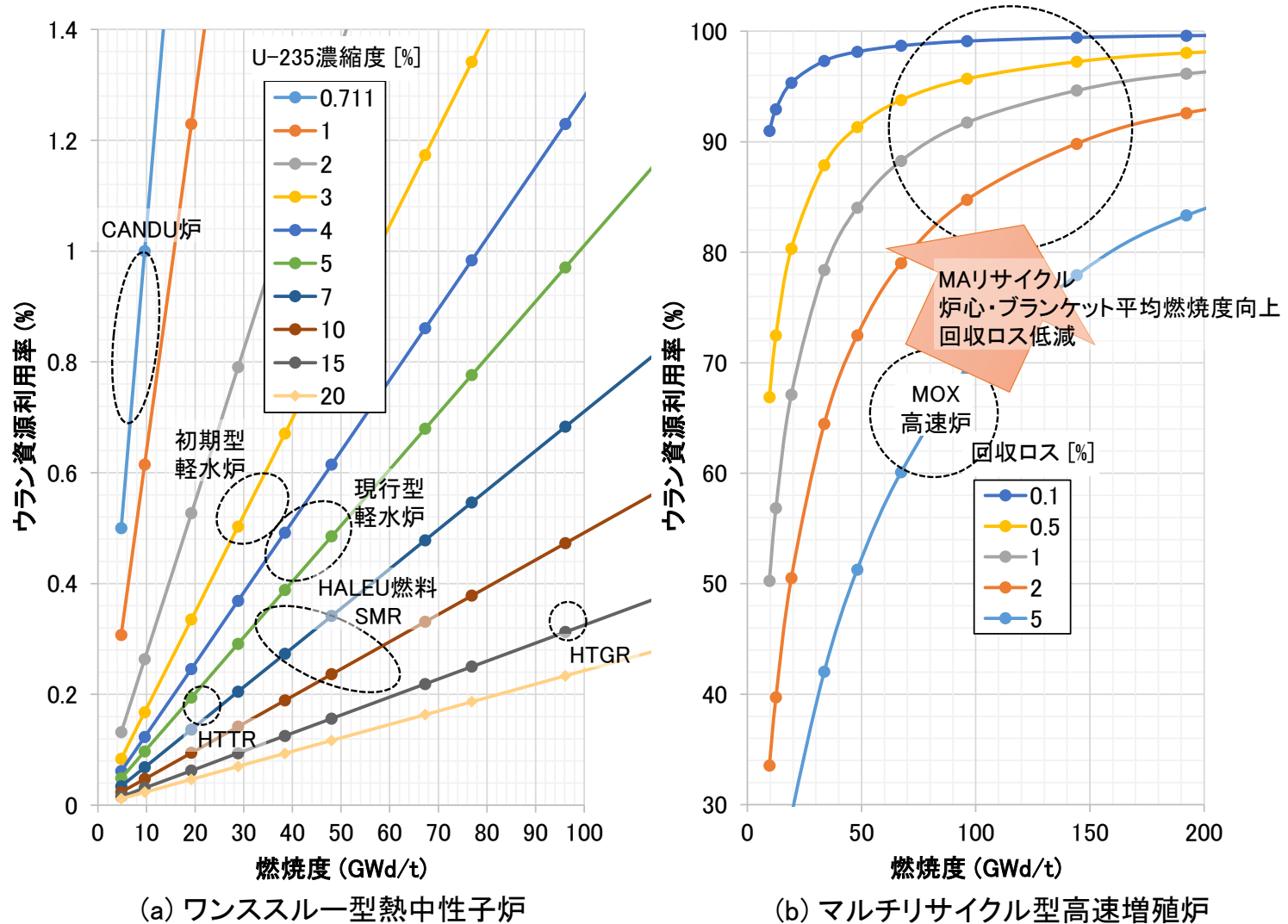
資源有効利用性

- 最重要事項: CN電源で長期安定供給
- 「革新炉」様々あれど、
 - SMRやガス炉は資源消費を早める
 - 高速炉導入時期にも影響

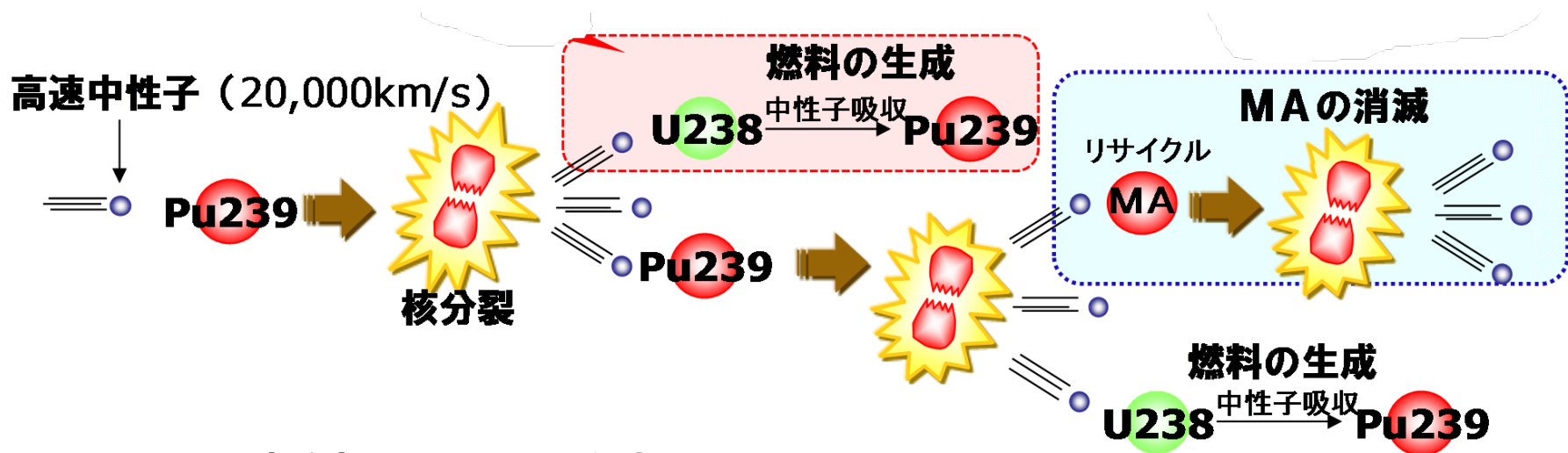


(a) ワンスルー型熱中性子炉

種々炉型のウラン資源利用率



高速炉+リサイクルが可能とする 中性子の新たな使命



連鎖反応の維持

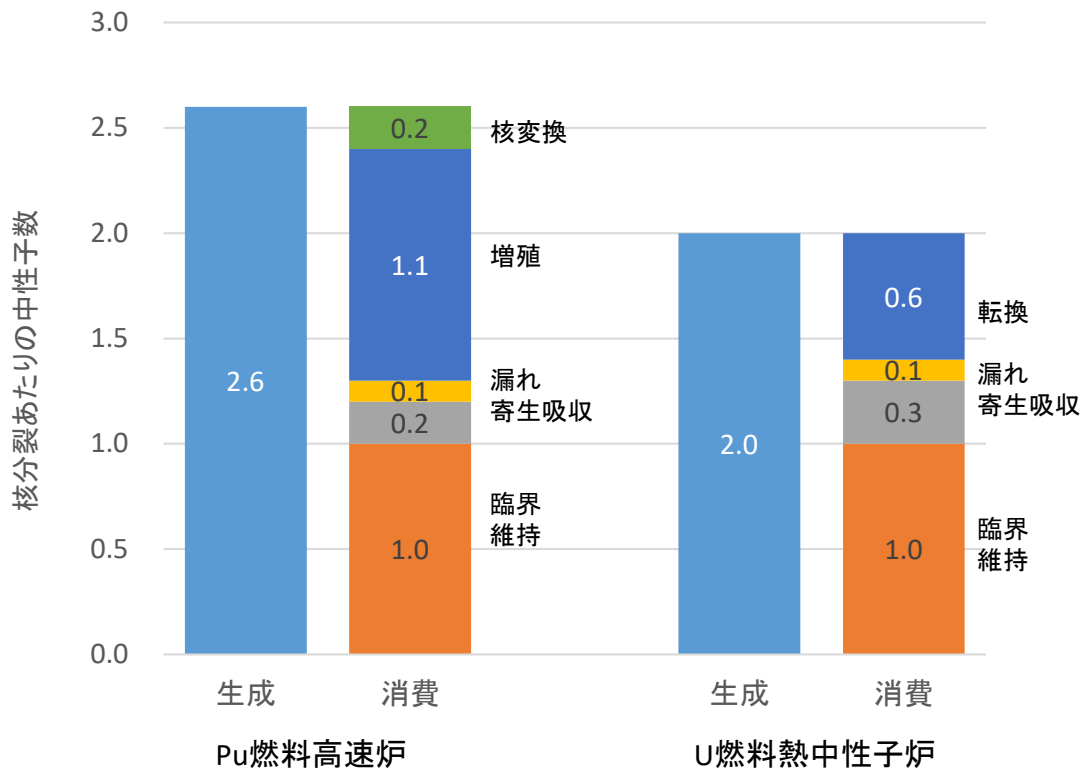
+

燃料増殖

+

長寿命廃棄物の核変換

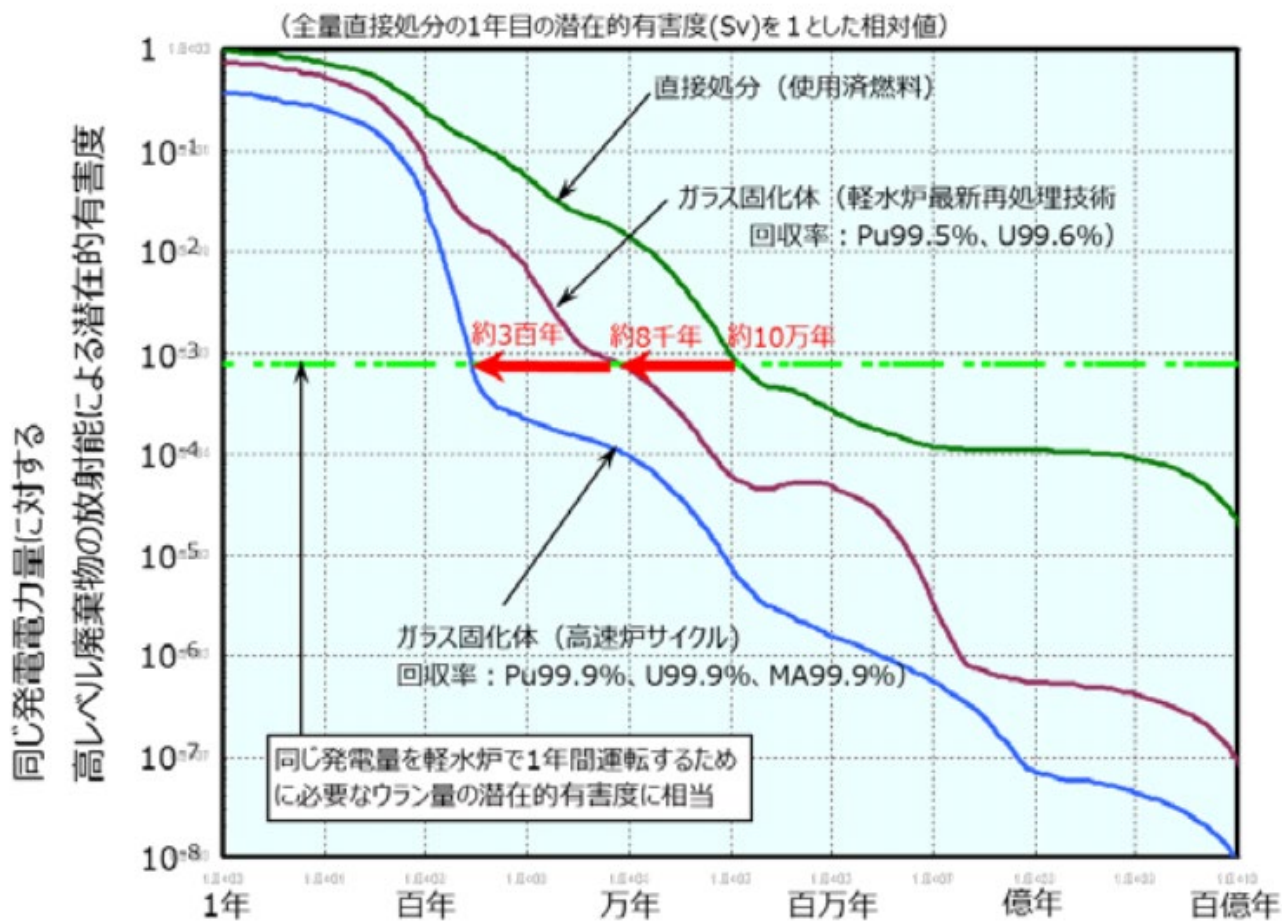
持続性と環境負荷軽減の両立には？



- 長寿命核の短寿命化・安定化には中性子を消費するため、十分な中性子が必要
- 熱中性子炉単独でもMAやLLFPの核変換は可能だが、天然ウラン消費を早めることに

燃料と廃棄物への手当には高速炉が必須

環境負荷低減性



JAEA 次世代高速炉サイクル研究開発センター 提供

高温ガス炉

第7次エネルギー基本計画に記載された方針：

- 高温熱を活かした準国産の**カーボンフリーの水素や熱の供給**により、製鉄や化学などの素材産業の脱炭素化への貢献が期待される
- 高温工学試験研究炉HTTRでは、カーボンフリーの水素製造に活用し得る950°Cの高温熱の生成を世界で初めて達成するとともに、2024年3月には、**原子炉出力100%の運転中に原子炉を冷却できない状況を引き起こしても、自然に原子炉出力が低下し、安定な状態を維持することを確認する実証試験にも世界で初めて成功**
- これまで積み上げられてきた高温ガス炉の研究開発の成果を基礎として、HTTRを活用した水素製造試験に向けた更なる挑戦を行うとともに、同志国の**英国との国際連携も活用**し、産業界との幅広い連携により、実証炉開発を産学官で進めていく

④高温ガス炉 高温ガス炉の特徴

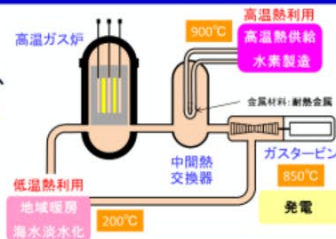
<定義> 減速材に黒鉛、冷却材にヘリウムガスを用いて、**900℃近くの熱を利用**できる原子炉

<特徴の一例>

- 固有の安全性（炉心溶融、多量の放射性物質の放出なし）
- 高温で安定なヘリウム冷却材を利用（水素爆発しない）
- 高温の熱を利用し多目的の利用が可能（水素製造、発電、高温蒸気等）

多様な熱利用

- 950℃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。



軽水炉との違い

項目	高温ガス炉	軽水炉
電気出力（熱出力）	～30万kW（中小型） ～600MW	100万kW以上（大型が主流） 3000MW以上
原子炉出口温度	850℃～950℃	約300℃
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）
用途	熱利用（水素製造、高温蒸気、海水淡水化、地域暖房）、発電	発電

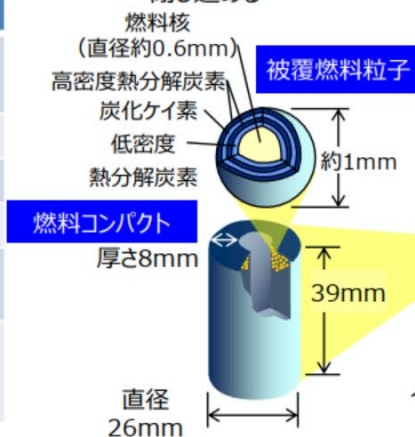
出典：2020.4.14 令和2年第11回原子力委員会 資料一部改変

優れた安全性

- 頑丈で耐熱性に優れた被覆燃料、大熱容量・高熱伝導度の黒鉛で構成される構造材といった特長により、配管破損や電源喪失等により炉心の冷却が失われる事故が起きた場合でも、炉心溶融や多量の放射性物質放出が起きない設計が可能

セラミックス被覆燃料

1600℃でも放射性物質を閉じ込める

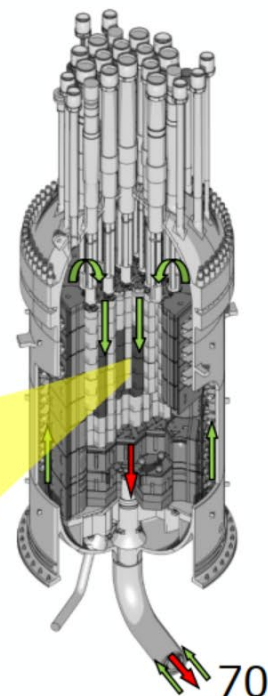
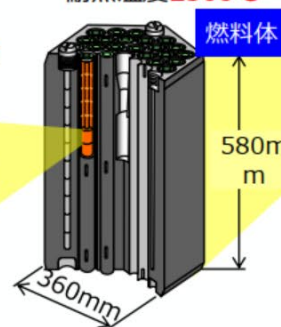


ヘリウム冷却材

高温でも安定（温度制限なし）

黒鉛構造材

耐熱温度2500℃



70

④ 高温ガス炉

これまでの高温ガス炉開発の経緯



- 日本原子力研究開発機構（JAEA）の高温ガス研究炉（高温工学試験研究炉：HTTR）は、出口温度950度の達成（世界初）や、高温ガス炉の固有安全性の確認など、世界トップレベルの成果を出してきた。

HTTR（高温工学試験研究炉）

HTTRの設置目的

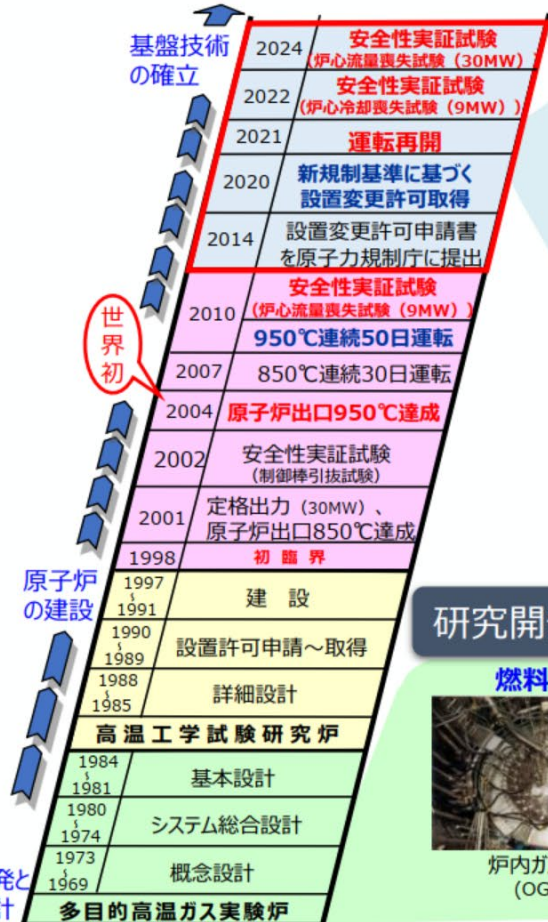
- 高温ガス炉原子炉技術の確立
- 熱利用技術の確立



HTTRの仕様

- 原子炉出力 …………… 30MW
- 冷却材 …………… ヘリウムガス
- 原子炉入口/出口冷却材温度 …………… 395/850, 950℃
- 炉心構造材 …………… 黒鉛
- 燃料 …………… 二酸化ウラン
- ウラン濃縮度 …………… 3~10% (平均6%)

研究開発と概念設計



HTTRは2021年7月に運転を再開し、同年9月に新規制基準に係る適合性確認の対応を完了

高温ガス炉はシビアアクシデントフリーのポテンシャルを有すると原子力規制委員会に認められた

- 炉心溶融が起こらない
- 事故時においても住民の退避不要*

* 防護設計の基準をはるかに超える自然現象やテロ行為による原子炉施設の閉じ込め機能を大きく破損させる事象は除く

研究開発

燃料・材料



炉内ガスループ (OGL-1)

炉物理



高温ガス炉臨界実験装置 (VHTRC)

熱流動



大型構造機器実証試験ループ (HENDEL)

出典：2025.12.11 第10回革新炉ワーキンググループ

原子炉建家

空気冷却器

燃料交換機

中間熱交換器

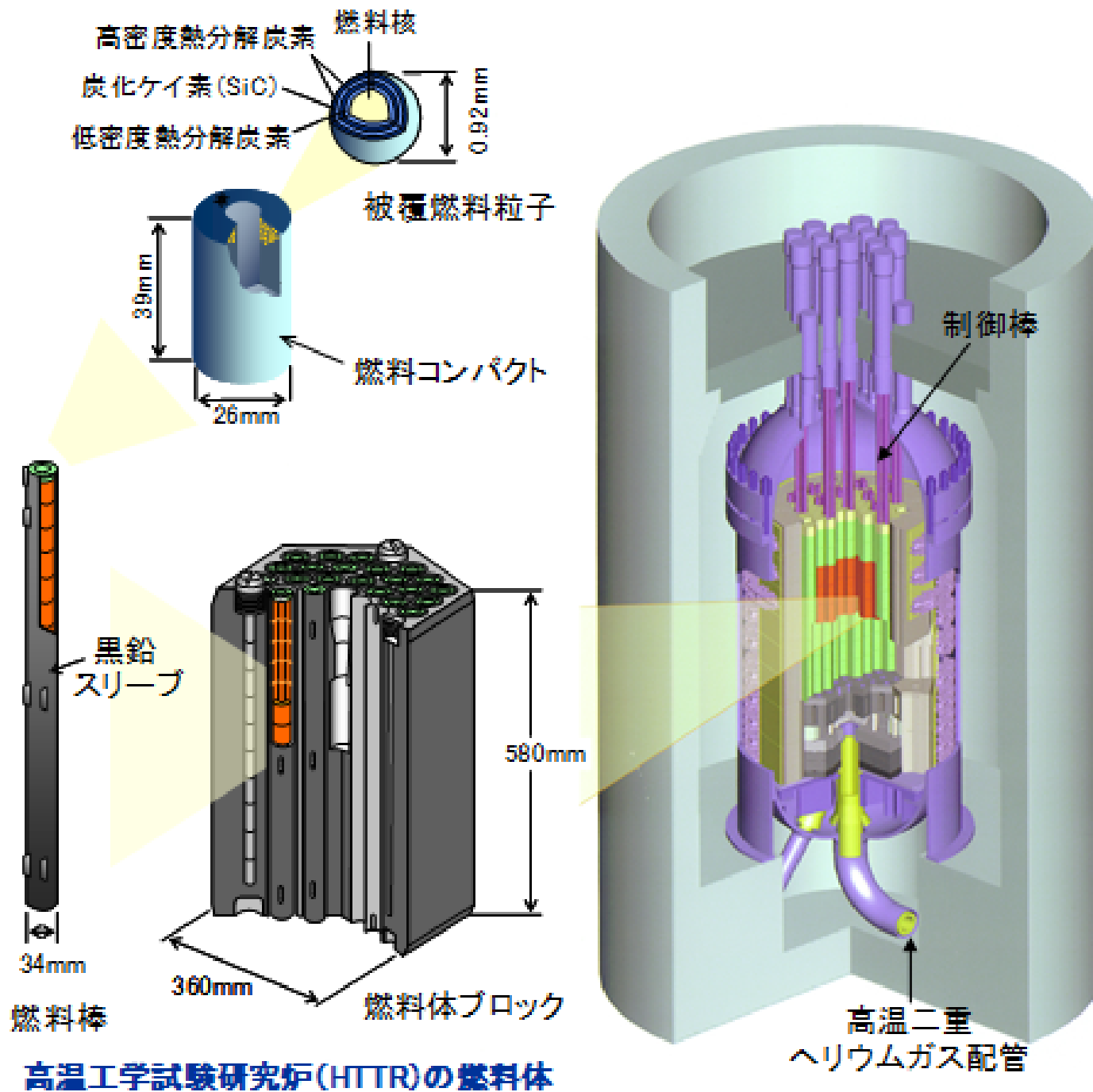
原子炉压力容器

加圧水冷却器

高温二重配管

高温工学試験研究炉(HTR)の概要

- 原子炉出力：30MW
- 冷却材：ヘリウムガス
- 原子炉入口／出口冷却材温度：395／850, 950℃
- 1次冷却材圧力：4MPa
- 炉心構造材：黒鉛
- 炉心有効高さ／等価直径：2.9m／2.3m
- 出力密度：2.5MW/m³
- 燃料：二酸化ウラン・被覆粒子／黒鉛分散型
- 燃料体形式：ピン・イン・ブロック型
- 原子炉压力容器：2・1/4Cr-1Mo鋼

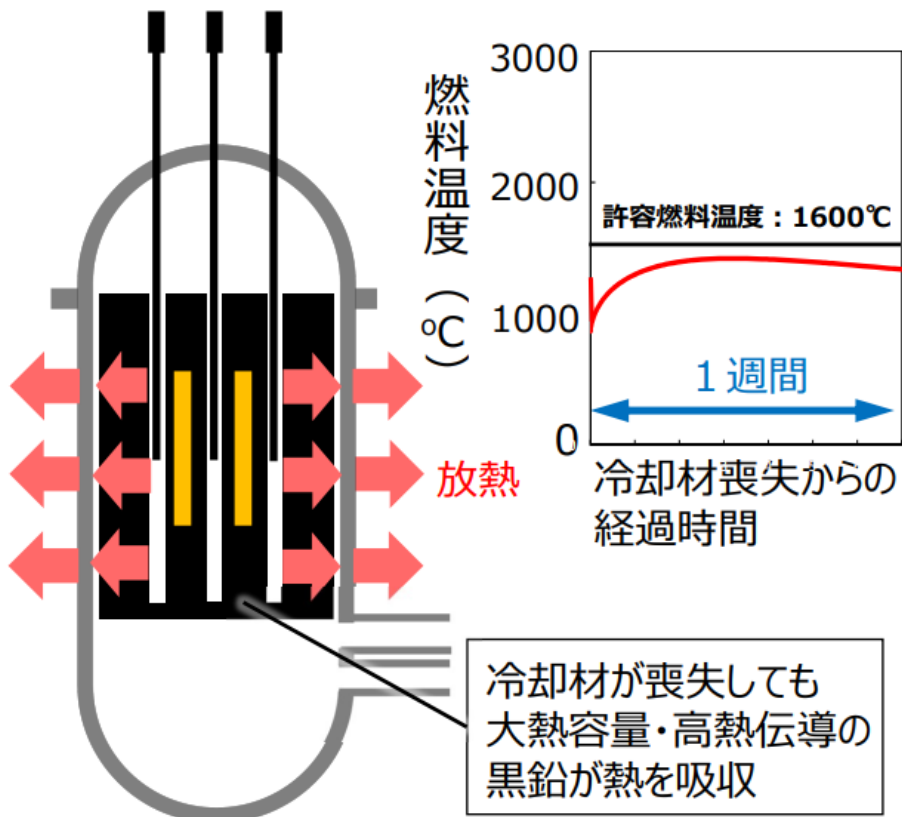


高温工学試験研究炉 (HTTR) の燃料体

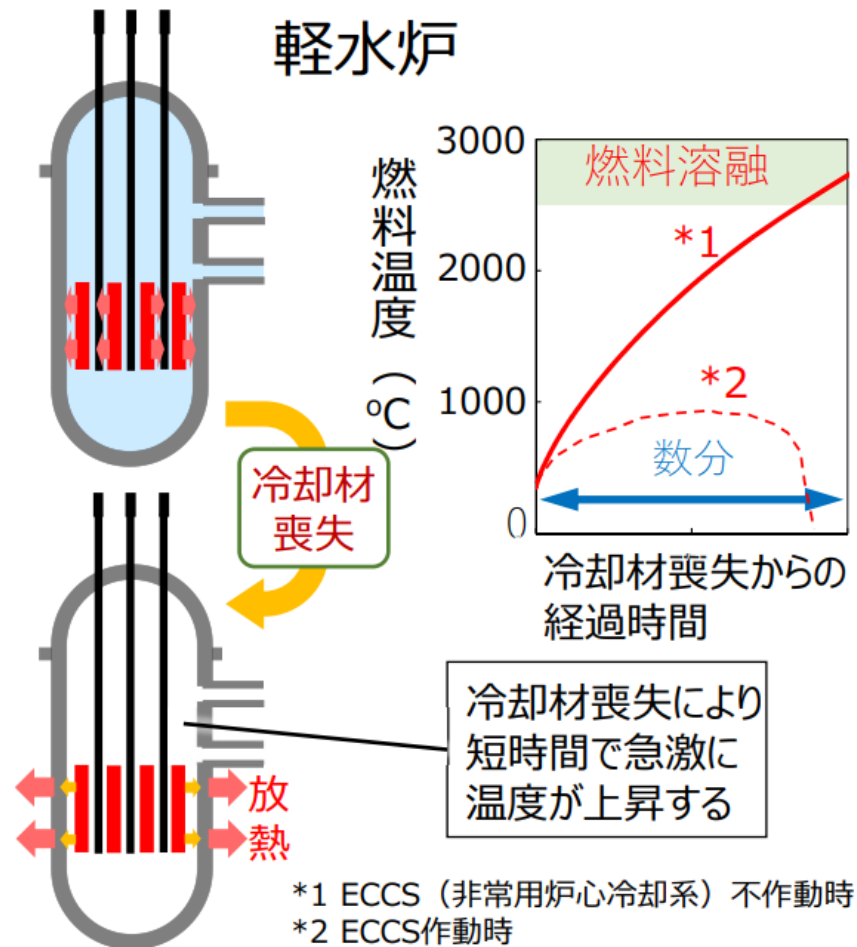
高温ガス炉の安全性

黒鉛（減速材）により事故時の温度変化が緩慢

高温ガス炉



軽水炉



事故後（短時間）の対応の必要がない

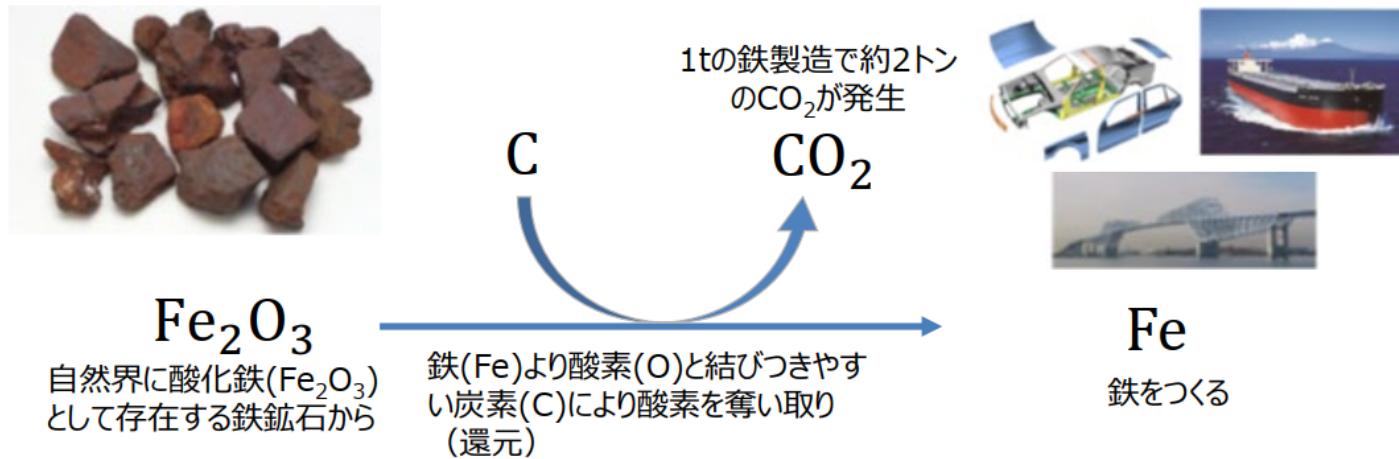
ガス炉の炉物理

- 黒鉛は水に比べて、中性子を減速するために20～30倍もの体積が必要 → そもそも臨界にするためにたくさんの炭素が必要
- 黒鉛の比熱は水の約 1/5～1/6しかないが、体積大故、黒鉛の熱容量大に
- すなわち、臨界にしようとする、結果として、大型化し出力密度は小さく熱容量の大きい(熱過渡が緩慢な)炉心に
- 結果として「溶融しない炉心」に
- 出力密度は2.5W/ccと軽水炉の1/30程度。軽水炉でも出力密度を1/30にすれば・・・(経済性は成立しないが安全な炉に)

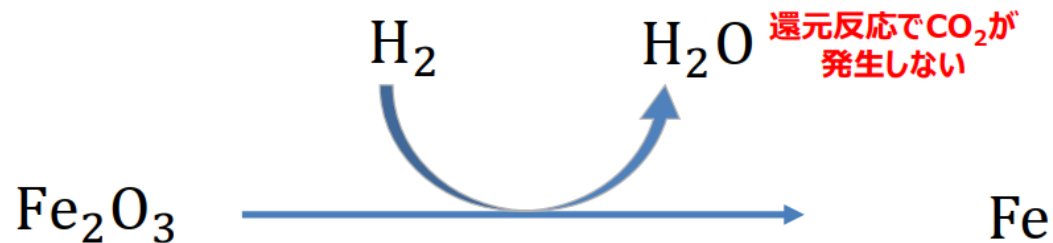
ガス炉の課題

- 実施主体未定
- 高濃縮燃料 → ウラン資源利用率低(燃焼度高くても)
- ワンスルー前提 → 資源持続性無し(軽水炉よりも悪い)
- 高速炉ではU, Pu, MAの全重元素リサイクル目指し、ガス炉は直接処分？日本の再処理政策との整合性は？
- 安価なグリーン水素製造手段となるか？

コークス(石炭)を用いない水素還元製鉄



➡ 炭素ではなく、**水素**で鉄鉱石を還元する製法が「**水素還元製鉄**」

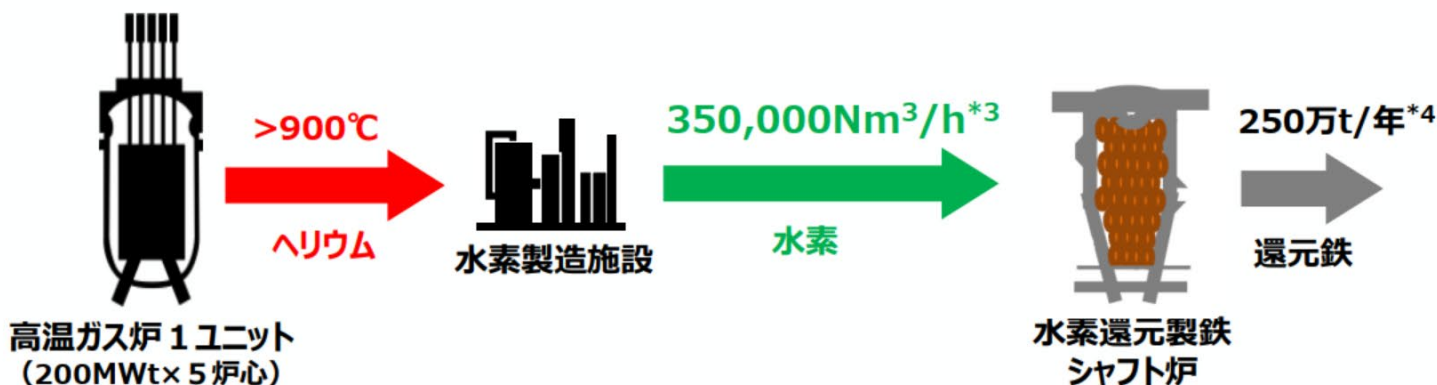


④ 高温ガス炉

高温ガス炉の水素供給ポテンシャル



- 高温ガス炉は、24時間、365日連続運転する製鉄所が必要とする膨大な水素量を安定的に供給可能
- 実証炉と同規模の高温ガス炉 1 ユニット（5 炉心）^{*1}で、商用規模の水素還元製鉄シャフト炉 1 基に必用な水素を供給可能^{*2}
- 同量を太陽光発電で供給するには、広大な敷地面積が必要（高温ガス炉の約1000倍以上¹⁾）



*1: 中国、米国等で、複数の炉心で 1 ユニートを構成する高温ガス炉プラントを開発中。中国は詳細設計完了済²⁾

*2: 還元鉄 1 トン当たり必要な水素量を1,000 Nm³/hと仮定³⁾

*3: 高温ガス炉実証炉（天然水蒸気改質法）の水素製造量（70,000 Nm³/h・1 炉心）を参考に設定

*4: スウェーデンStegra社が製作中の商用規模シャフト炉の還元鉄製造量⁴⁾と同じと仮定

1) 大西ら、三菱重工業の高温ガス炉開発の取り組み、日本保全学会 第19回学術講演会C-1-1-4

2) D. Yujie, Progress of HTR-PM Demonstration Power Plant Project, 17th INPRO Dialogue Forum, 2-5/7/2019, Ulsan, Republic of Korea, <https://nucleus.iaea.org/sites/INPRO/df17/IV.7-YujieDONG.pdf> (Accessed on January 13, 2026)

3) 日本鉄鋼連盟, https://www.jisf.or.jp/news/topics/documents/zerocarbon_steel_JISF.pdf (Accessed on January 13, 2026)

4) IEEJ, https://ieej.or.jp/2025/06/ono_20250627/?doing_wp_cron=1768311547.5844690799713134765625 (Accessed on January 13, 2026)

原子力(高温ガス炉)水素による製鉄

日本全体:

- 現在の鉄鋼生産量: 7500万ton/年
- 水素還元製鉄に必要な水素量: 750億Nm³

JAEA:

将来の600MWtの高温ガス炉で、
2.6億Nm³/年の水素製造を行う
概念検討の段階

高炉1基あたりでは、

- 鉄鋼生産量: 400万ton/年
- 必要な水素量: 40億Nm³

600MWt高温ガス炉:

- 水素製造能力: 約10億Nm³/基
- 高炉1基分に必要なガス炉基数: **4基**
- 日本全体に必要なガス炉基数: **約75基**

- 2050年政府目標: 2000億Nm³ → 必要な600MWtガス炉: **200基**

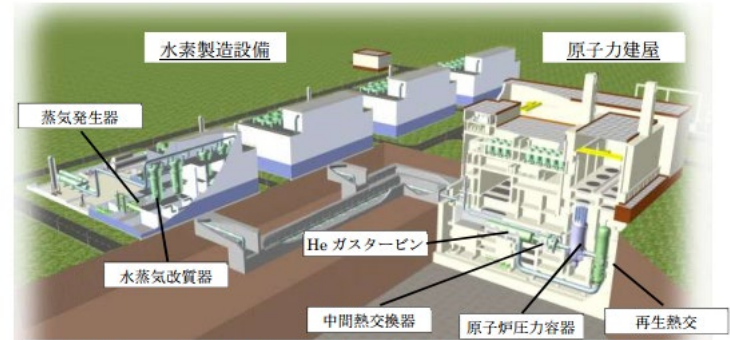


図2 高温ガス炉コージェネプラントの鳥観図

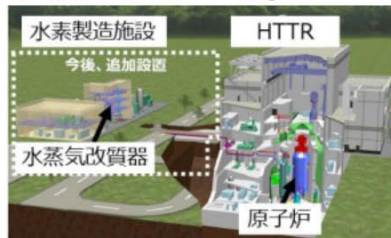
④高温ガス炉

高温ガス炉実証炉開発事業

- HTTRを通じて技術的成立性を確認してきた高温ガス炉について、HTTRを活用した水素製造に挑戦するとともに、水素製造コストの経済性等も含めた実用化の見通しを得るため、GX経済移行債を活用した実証炉開発事業を2023年8月から実施。

事業の概要

- 実施者：
日本原子力研究開発機構（HTTR水素製造試験）、
三菱重工業株式会社（中核企業）
- 令和8年度予算額：628億円
（国庫債務負担行為を含め総額 114億円）
※これまでの予算措置及び国庫債務負担行為額：
2,084億円（2023～28年度）
- 主な実証炉の仕様
 - ✓ 出力：20万kWt級
 - ✓ 出口温度：約900℃
 - ✓ 水素製造法：水蒸気改質法もしくはカーボンフリー水素製造法（熱SOEC法、メタン熱分解法、IS法）



【実証炉イメージ】 【HTTRへの水素製造施設接続イメージ】

主な取組内容

※研究開発は次ページ

- 国際連携
 - ✓ 英国の実証炉プログラムにおける、日英連携による炉と燃料の研究開発等
- 規制との共通理解の醸成
 - ✓ HTTRでの水素製造試験に向け、2025年3月、JAEAは原子力規制委員会に原子炉設置変更許可を申請。水素製造時の高温ガス炉への影響や炉規法で扱う範囲を審査中
 - ✓ 固有の安全性を踏まえた安全確保の在り方を原子力学会にて議論

今後のスケジュール

2023年度～2030年度：実証炉の設計・研究開発

2028年度：HTTRを活用した水素製造試験開始

高温ガス炉：社会実装に向けた現状と課題

現状

- 高温ガス炉については、三菱重工業を中核企業に選定し、日本原子力研究開発機構(JAEA)は高温ガス炉PJ推進室を中心にプロジェクトを推進。規制対応、技術開発などHTTRでの水素製造実証の準備を進めるとともに、実証炉の概念設計、要素技術開発等を着実に実施。
- 今後は、2027年度から始まる実証炉の基本設計、2028年度頃のHTTRによる水素製造試験などに向け、研究開発・検討を進めていく。

課題

- 実証炉を実現するためには、研究開発を進めるだけでなく、実証炉の運転・建設を行う**実施主体**、立地場所の決定、燃料供給、**核燃料サイクル**、**水素製造のコスト評価**、官民での開発資金の確保の在り方などの論点についての検討を深め、具体化していくことが必要。これらの論点についてマイルストーンを設けてプロジェクトを進めるべき。
- X-energy × Dowのような事例を参考に、水素製造以外の高温ガス炉のニーズを探求しつつ、将来的には幅広い活用が可能となるよう、高温ガス炉の利用法、ユーザーを検討すべき。また、将来の水素社会の実用化像を意識しながら、**水素製造コストの見積もりを精緻化**していくべき。
- 高温ガス炉の固有の安全性等の特徴を最大限引き出すには適切な規制基準が必要。**HTTRでの水素製造に向け、規制当局の審査への対応**を進めるとともに、実証炉の設計の手戻りを減らし、新たな高温ガス炉技術に関する規制の予見性を高めていくために、高温ガス炉実証炉の特性を踏まえた安全確保の在り方の検討と規制当局との技術的な意見交換などの対話を目指す必要。

フュージョンエネルギー

第7次エネルギー基本計画に記載された方針：

- 「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」を踏まえ、早期実現と産業化を目指し、国際熱核融合実験炉ITER、トカマク型超伝導プラズマ実験装置JT-60SA等で培った技術や人材を最大限活用し、**技術成熟度を高める**べく、スタートアップを含めた**官民の研究開発力を強化**する。
- 世界に先駆けた発電実証を目指し、原型炉開発と並行し、トカマク型、ヘリカル型、レーザー型等多様な方式の挑戦を促すとともに、**科学的に合理的で国際協調した安全確保**の検討に取り組む。

「核融合」でなく「フュージョン」？

- いつからか「核融合」に代わり「フュージョン」という表現をよく見かける様に
- 遡ると、2002年6月に開かれた核融合エネルギー連合講演会にて、山東昭子・参議院議員(当時。元科学技術庁長官)が「核」のネガティブイメージを指摘し、新名称を促した
- その後、23年6月の総合科学技術・イノベーション会議後の記者会見にて、高市早苗・経済安全保障担当大臣(当時)が「フュージョンエネルギー」の表現を用いると表明。以後、省庁や経済・産業界、メディアで使用
- 類似の話: 医療検査で用いるMRI(磁気共鳴画像)
 - 元々はその原理である核磁気共鳴(Nuclear Magnetic Resonance)の頭文字をとってNMR撮像法と表現されていたが、患者への受容性を慮(おもんぱか)る海外の営利団体により、「核」(Nuclear)の文字が削られた。
 - 一般向けには「核」という語が放射能や原爆と結びつきやすく、誤解や不安を招くため、医療界やメーカーがMRIという表現を採用し、定着してきた経緯がある。

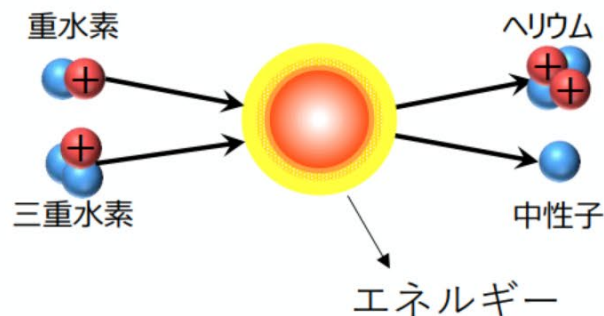
⑤ フュージョンエネルギー フュージョンエネルギーの特徴

＜定義＞ 軽い原子核同士が融合して別の原子核に変わる際に放出されるエネルギー
太陽や星を輝かせるエネルギーと同じ原理

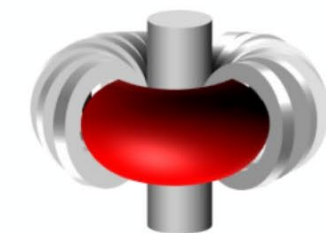
＜特徴の一例＞

- カーボンニュートラル：発電の過程において二酸化炭素を発生しない
- 豊富な燃料：燃料は海水中に豊富に存在し、ほぼ無尽蔵に生成可能な上に、少量の燃料から膨大なエネルギーを発生させることが可能
- 安全性：燃料の供給や電源を停止することにより反応が停止
- 環境保全性：発生する放射性廃棄物は低レベルのみ

フュージョンの原理

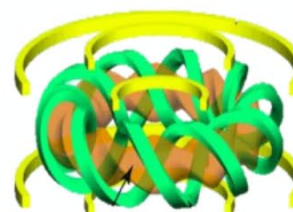


主な炉型



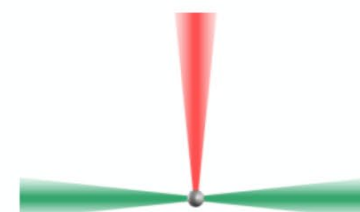
トカマク型

複数のコイルによる磁場やプラズマ自体に電流を流すことでプラズマを閉じ込める



ヘリカル型

ねじれたコイルによる磁場を用いてプラズマを閉じ込める

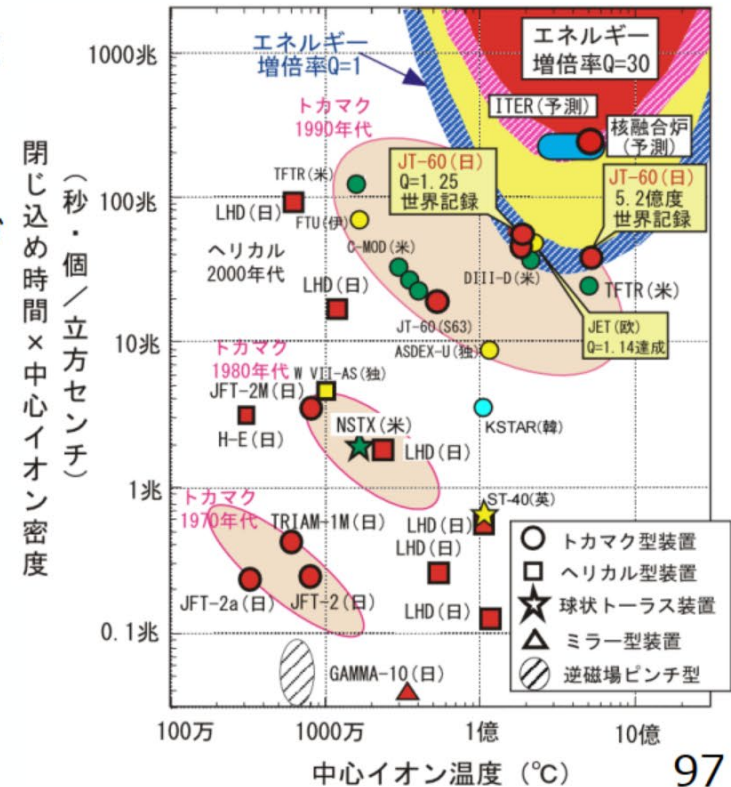


レーザー型

レーザーによる爆縮で瞬間的にプラズマを閉じ込める

⑤ フュージョンエネルギー フュージョンエネルギーの研究開発の歴史

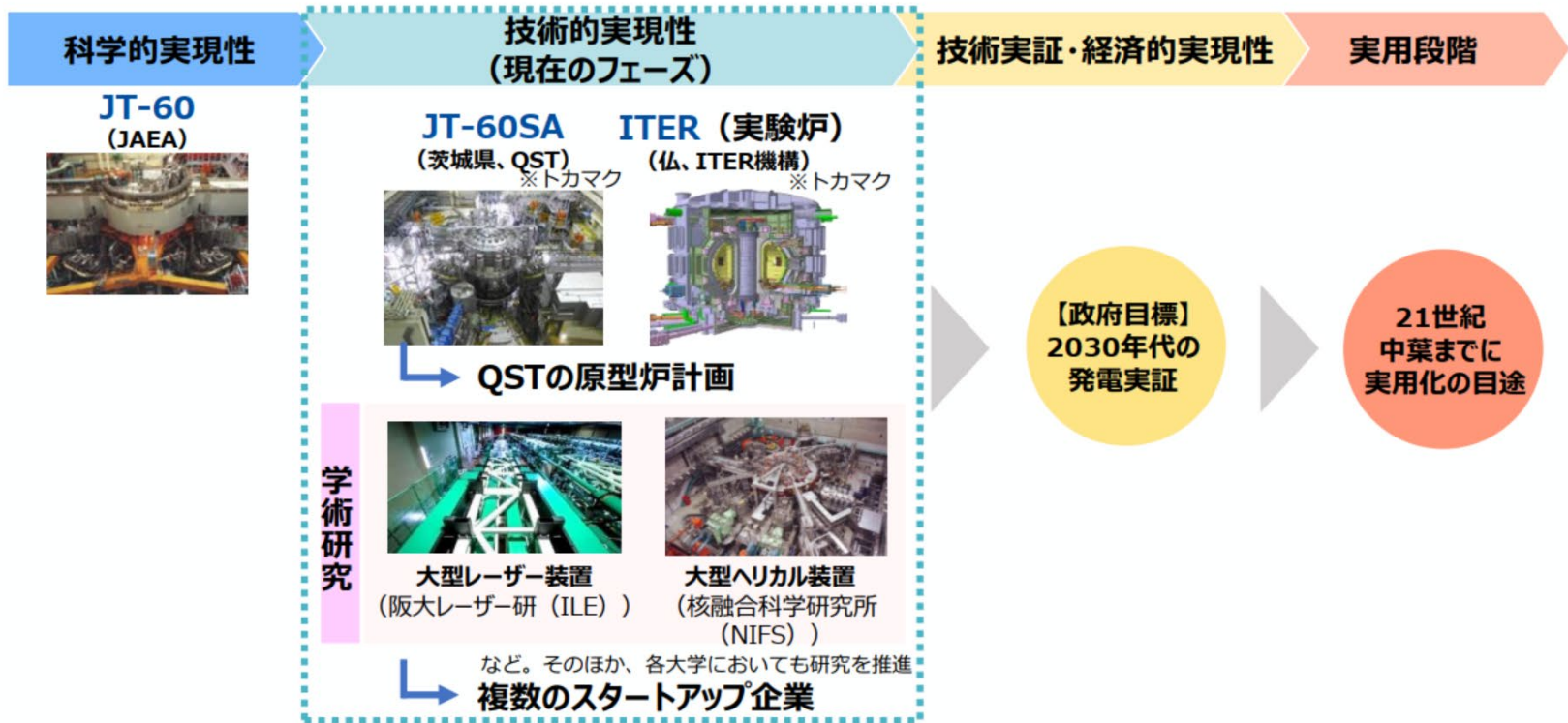
- 1960年代、旧ソ連が開発したトカマク型装置（T-3）において、高いプラズマ性能が報告されたことを発端とし、各国でトカマク型を中心とした核融合の研究開発が進展。
- 日本のJT-60（JAERI Tokamak 60）、欧州のJET（Joint European Torus）、そして米国のTFTR（Tokamak Fusion Test Reactor）において多くの成果が報告され、これらは世界三大トカマク装置と呼称されるまでに至った。
- 2007年、三大トカマク装置後の計画として、日欧米露中韓印の7極でITER計画を開始。現在、フランスにおいて建設中。2035年に運転開始予定。
- 並行して、2007年に、ITERでは実験が難しいチャレンジングな高性能プラズマを実証するJT-60SA計画を日欧共同プロジェクトで開始。2023年10月に初プラズマを達成。
（茨城県那珂市）
- これらの国家プロジェクトが進展する中、2020年頃から、米国を中心に、フュージョン発電を目指す民間企業が出現。日本でも複数社が活動を開始。
- 各国で多くの取組が進められているが、現時点でフュージョンエネルギーによる発電を実現した例はない。



⑤ フュージョンエネルギー

我が国のフュージョンエネルギー実現に向けた取組

- 我が国は、これまで、実績のあるトカマク型による実用化をめざし、QSTが中心となって、ITER計画・BA活動に参画して研究開発を進めてきており、多くの技術的知見が得られてきている。また、我が国企業がITERの主要コンポーネントを製造するなど、サプライチェーンが構築されつつあり、我が国のフュージョンエネルギー関連技術は、世界トップレベルにあると言える。
- また、大学等において、ヘリカル式、レーザー式などについても研究を進めてきた。近年では、大学等で開発された技術をベースにスタートアップが複数設立され、フュージョンエネルギーの実現に向けて研究開発を進めている。
- 政府としては、世界に先駆けて2030年代の発電実証を実現するという高い目標を掲げ、さらに強力に研究開発等の取組を進めているところ。



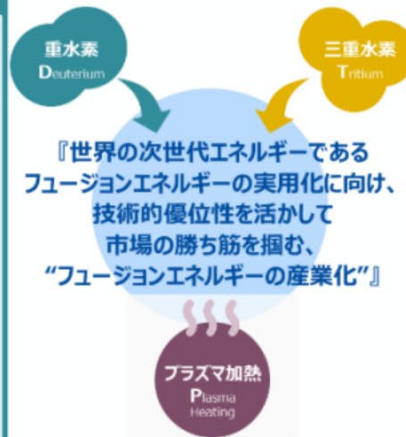
⑤ フュージョンエネルギー

フュージョンエネルギー・イノベーション戦略(概要) ※令和7年6月4日改定

ITER計画/BA活動の知見や新興技術を最大限活用し、世界に先駆けた2030年代の発電実証を目指し、バックキャストによるロードマップを今後策定するとともに、QST等のイノベーション拠点化を推進し、フュージョン産業エコシステムを構築

(1)フュージョンインダストリーの育成戦略 Developing the Fusion industry

- ①産業協議会(J-Fusion)との連携
(国際標準化、サプライチェーンの構築、知財対応、ビジネスの創出、投資の促進等)
- ②科学的に合理的で国際協調した安全確保
(当面は、RI法の対象として位置づけ。新たな知見や技術の進展に応じて、アジャイルな規制を適用。G7やIAEA等との連携など、国際協調の場も活用)
- ③社会実装の促進に向けたTFの設置
(現状の技術成熟度の評価に加え、実施主体の在り方やサイト選定の進め方等について検討)



(2)フュージョンテクノロジーの開発戦略 Technology

- ①原型炉実現に向けた基盤整備の加速
(工学設計や実規模技術開発等、原型炉開発を見据えた研究開発の加速。ITERサイズの原型炉の検証)
- ②スタートアップを含めた官民の研究開発力強化
(NEDO、JST、QST等の資金供給機能の強化の検討。技術成熟度の高まりやマイルストーンの達成状況に応じ、トカマク、ヘリカル、レーザー等多様な方式の挑戦を促進)
- ③ITER計画/BA活動を通じたコア技術の獲得
(日本人職員数の増加や調達への積極的な参画促進。様々な知見を着実に獲得し、その果実を国内に還元)

(3)フュージョンエネルギー・イノベーション戦略の推進体制等 Promotion

- ①内閣府が政府の司令塔となり、関係省庁と一丸となって推進
(世界に先駆けた2030年代の発電実証の達成に向けて、必要な官民の取組を含めた工程表の作成)
- ②QST、NIFS、ILE等のイノベーション拠点化
(産学官の研究力強化及び地方創生の観点から、スタートアップや原型炉開発に必要となる大規模施設・設備群の整備・供用)
※QST:量子科学技術研究開発機構、NIFS:核融合科学研究所、ILE:大阪大学レーザー科学研究所 ※(2)①②と連動
- ③大学間連携・国際連携による体系的な人材育成システムの構築と育成目標の設定
(核融合科学研究所(NIFS)が中核となり、教育プログラムを実施。ITERをはじめ、海外の研究機関・大学等に人材を派遣)
- ④リスクコミュニケーションによる国民理解の醸成等の環境整備
(J-Fusionや関連学会等とも連携し、社会的受容性を高めながら、関係者が協調して活動を推進)

⑤ フュージョンエネルギー ITER（国際熱核融合実験炉）計画について

■ 目的

核融合実験炉ITERを建設・運転し、フュージョンエネルギーの科学的・技術的実現可能性を確立する。

■ 参画極：日本、欧、米、露、中、韓、印

■ 経緯

1985年 米ソ首脳会談が発端
1988年～2001年 設計活動（日欧米ソ）
2001年～2006年 政府間協議
2007年 ITER協定発効、ITER機構設立

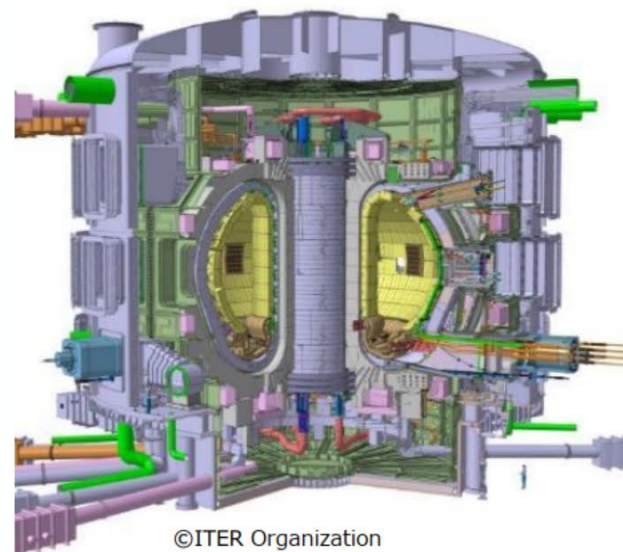
■ 建設地：仏、サン・ポール・レ・デュランス市（カダラッシュ）

■ 現状及び今後の計画スケジュール

2020年から組立を開始。現在、真空容器・TFコイル（D型のコイル）4/9セクタの設置まで完了。
日本の部材も多く活用されている。
研究運転開始：2034年

■ 特徴

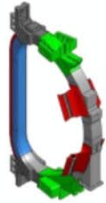
- ✓ トカマク方式
- ✓ 発電はしない実験炉
- ✓ 日本のJT-60の成果も活用



⑤ フュージョンエネルギー

(参考) ITER計画を通じて、我が国にフュージョンエネルギーのサプライチェーンが構築されつつある

トロイダル磁場(TF)コイル



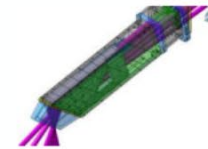
極低温-269℃でも十分な強度を持つ窒素含有鍛造ステンレス材の最高強度部は日本製鋼所のみ製造可能。

日本分担

TFコイル導体	33導体 (25%)
TF構造物	19機分 (全数)
TFコイル巻線・一体化	9機分 (47%)

- 三菱重工業
- 三菱電機
- 東芝エネルギーシステムズ
- 日鉄エンジニアリング
- JASTEC
- 日立金属ネオマテリアル

プラズマ計測装置 (一部)



日本分担

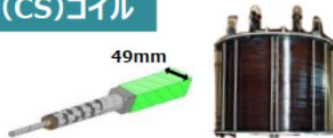
電子温度・密度計測、中性子計測など
5つの計測装置 (約15%)

- 東芝
- 三菱重工業
- トヤマ
- 岡崎製作所
- 清原光学

中心ソレノイド(CS)コイル

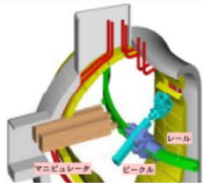
日本分担

CSコイル導体
(全数)



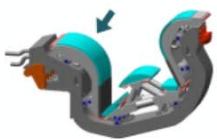
- 日鉄エンジニアリング
- 日立金属ネオマテリアル
- JASTEC
- 古河電気工業

ブランケット遠隔保守機器

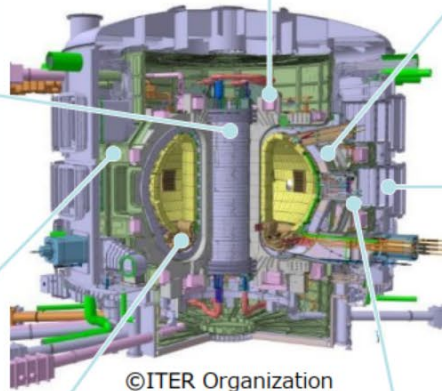


- 東芝
- エーテック
- スギノマシン
- 愛知産業

ダイバータ外側ターゲット



- 金属技研
- アライドマテリアル
- 大和合金・三芳合金工業
- 三菱重工業



高周波(EC)加熱装置

日本分担

ジャイロトロン8基 (全体の1/3)
水平ランチャー (ポートプラグを含む)

- キャノン電子管デバイス
- 東京電子



中性粒子入射加熱装置



日本分担

1MV電源高電圧部	3機 (全数)
高圧プッシング 加速器	3機 (全数) 1機 (33%)

- 日立製作所
- 京セラ

トリチウムプラント



日本分担

トリチウム
除去系

- 日揮

※国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構の資料を文部科学省にて改変

フュージョンバブル？

- 昨今の産業界や政府の動きから、「核融合はまもなく実現される」との感覚を持っている人も少なくないのではないか
- 環境・エネルギー問題を解決する次世代のクリーンエネルギー源としての期待感が今の動きを後押ししている
- だが近年、商業化につながる大きな技術的革新が特にあった訳ではない
- この過熱ぶりは技術の実体とかけ離れており、バブルの様相を呈している。冷静に捉えなければ、将来のエネルギー戦略を見誤る可能性もある

遅延するITER計画、加速する民主導開発

- ITER計画は、機器調達の遅れなどから24年に大幅な計画見直しが行われ、水素での「初プラズマ」という節目は廃止し、試験運転を2034年、D-T運転を2039年へと、当初計画より数年～10年規模で後ろ倒しに
- 数ある核融合の技術の中で、世界の英知と資金を最も多く集めて推進されてきたITER計画が大幅遅延する現状を横目に、各国が新たに核融合戦略を策定したり、民主導の開発が加速している状況
- ITERが遅れているのにベンチャーその先に行く？
- 2030年代発電を謳うベンチャーもあるが、発電実証の言葉の定義は不明瞭

核融合（フュージョン）

最近の動向：

- フュージョンエネルギー発電実証推進事業として、国庫債務負担行為含め総額 600億円（※令和7年度補正予算額200億円）
- 日本成長戦略会議に内閣府特命担当大臣（科学技術政策）をWG長とするフュージョンエネルギーWGが2025年に発足。官民投資や社会実装に向けたロードマップ検討、予算支援措置、産業サプライチェーンの予見性確保を検討

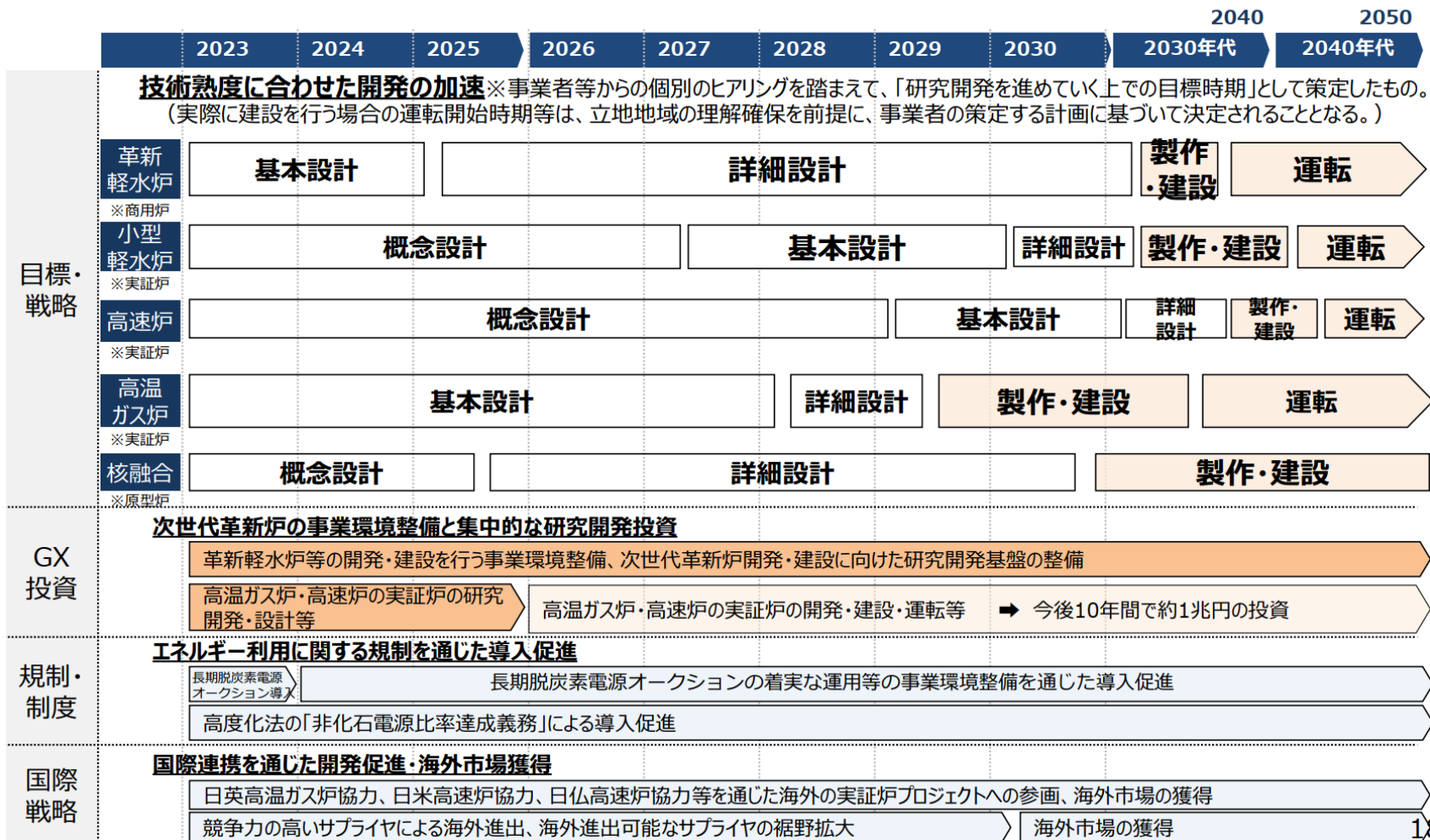
核融合動向に対する私見：

- 商業化につながる大きな技術的革新は見当たらないものの、「投資が加熱」の印象
- 今の動きを生み出したのは、海外核融合ベンチャーによる要素技術のビジネス化、各国のフュージョン戦略策定、高市総理の積極姿勢などによるシナジー効果。さらにその根底には1F事故も関係（Fission=危険&廃棄物、に対し、fusion=クリーン&夢）
- これは、1F事故後にみられた「トリウム溶融塩炉ベンチャー乱立」の動きと重なる
- 2030年代発電を謳うベンチャーもあるが、それには「短時間発電のデモ」の意味合いも含まれていることに注意
- 世界の英知と予算を集め進めているITERプロジェクトの計画は研究運転開始が2034年へと大きく後倒しとなっている一方で、ベンチャーがその先に行く？
- 今が「フュージョンバブル時代」と後世に評価されないためには？

次世代革新炉開発の進め方

出典： 内閣府GX実行会議 GX実現に向けた基本方針〈閣議決定(令和5年2月10日)〉

- 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。



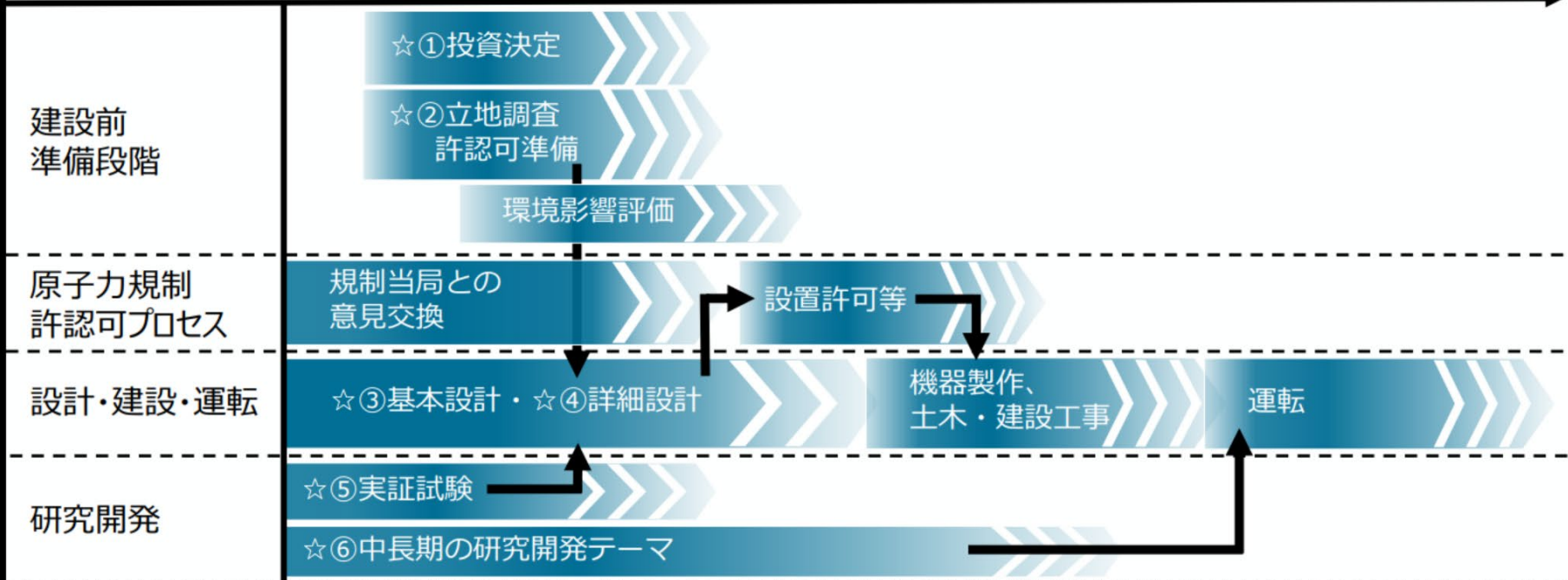
①革新軽水炉

革新軽水炉：社会実装に向けた開発ロードマップ

2025年

2030年

2040年



ポイント

- ☆①：投資決定にはファイナンスの仕組みなど事業環境整備が重要。投資決定のタイミング次第で運転開始の時期は前後する。
- ☆②：計画開始には立地自治体等の理解が必要。
- ☆③：基本仕様の設定、プラント・システム設計等 ※基本設計が2段階（標準、サイト固有）のケースもある
- ☆④：実際の立地場所に合わせたシステム詳細設計、機器構造設計、レイアウト設計等
- ☆⑤：実証試験では、炉内流動試験など、許認可のために必要な実証データを取得。
- ☆⑥：事故耐性燃料など、中長期に採用されることを見越した研究開発の実施。

※事業者等からのヒアリング等を踏まえて、仮に事業者による投資決定が行われた場合のロードマップを仮定、各矢印の期間はある程度の幅を持つ。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、事業者の策定する具体的な計画に基づいて決定される。黒矢印はプロセスフロー間の前後・影響関係の表現するものであり、その位置が実時間のタイミングを示すものではない。

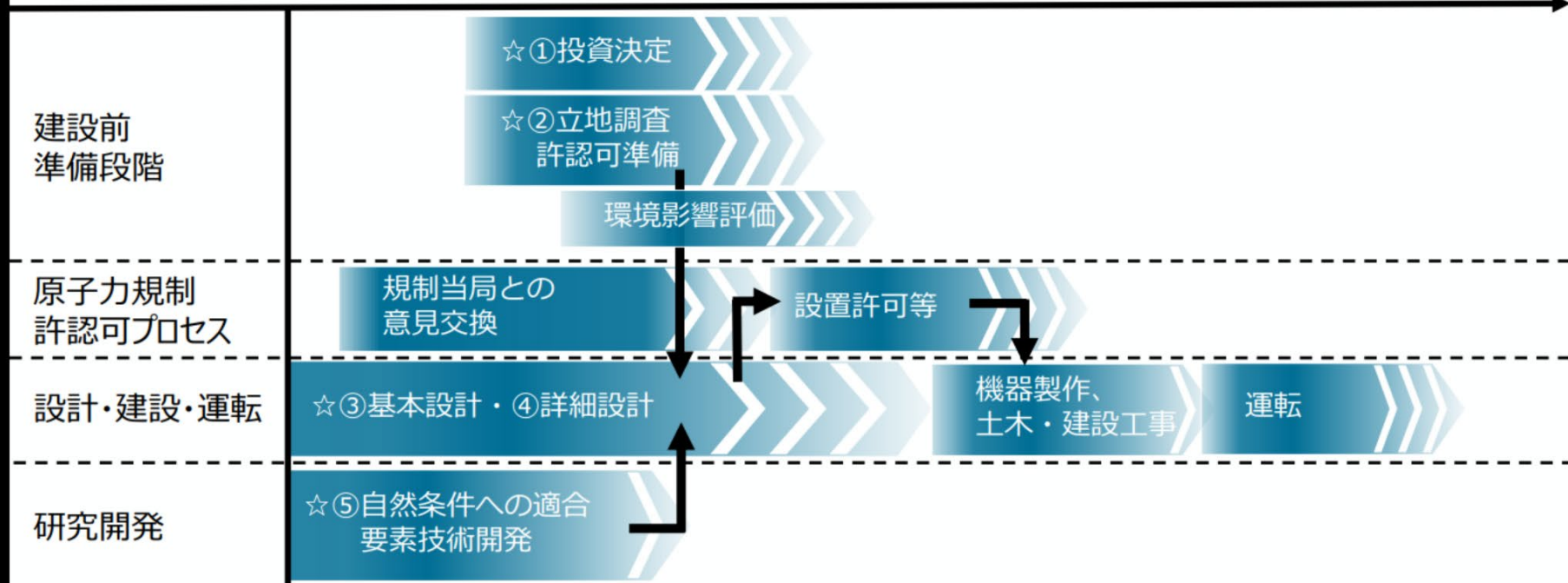
②小型軽水炉 (SMR)

小型軽水炉：社会実装に向けた開発ロードマップ

2025年

2030年

2040年



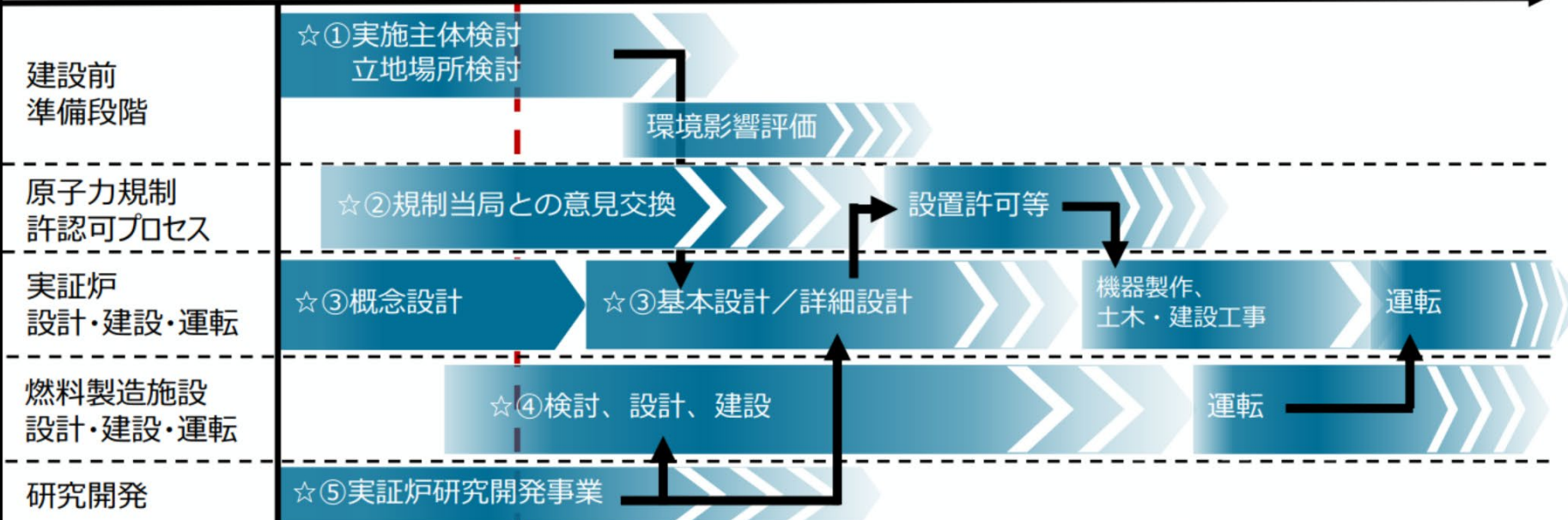
ポイント

- ☆①：小型軽水炉の特徴と国内事業者のニーズとが合致したうえで、投資決定にはファイナンス等の事業環境整備が重要。投資決定のタイミング次第で、運転開始のタイミングは前後する。また、日本において小型軽水炉の安全上の特徴などが認められるか、一定の規制見通しも重要。
- ☆②：計画開始には立地自治体等の理解が必要。
- ☆③：日本の自然条件等を踏まえた基本仕様の設定、プラント・システム設計 等
- ☆④：実際の立地場所にあわせたシステム詳細設計、機器構造設計、レイアウト設計 等
- ☆⑤：地震など日本の自然条件への適合性検証、最適化設計検討等の支援。

※事業者等からのヒアリング等を踏まえて、仮に事業者による投資決定が行われた場合のロードマップを仮定、各矢印の期間はある程度の幅を持つ。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、事業者の策定する具体的な計画に基づいて決定される。黒矢印はプロセスフロー間の前後・影響関係の表現するものであり、その位置が実時間のタイミングを示すものではない。

③ 高速炉

高速炉：実証炉実現に向けた開発ロードマップ



ポイント

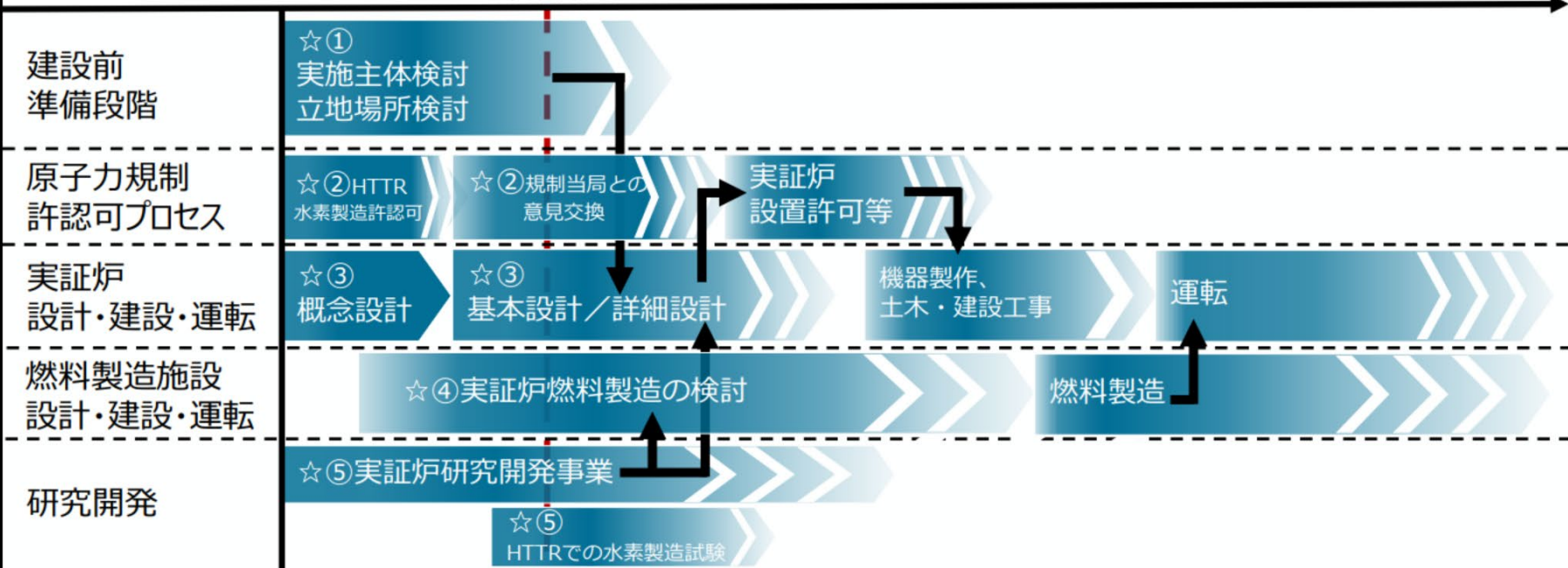
- ☆①：大きな流れとしては実施主体の決定、立地場所の選定、詳細設計、許認可申請、建設、運転というプロセス。具体的な計画開始には立地自治体等の理解が必要。実施主体決定、立地場所決定のタイミング次第で、運転開始の時期は前後する。
- ☆②：実施主体が決まる前から、規制当局との対話と必要に応じた設計への反映を目指す。同時に規制当局側で高速炉の規制基準の整備を期待。
- ☆③：概念設計は2028年度で終了予定。その後、実際のプラントの基本設計／詳細設計に移る。
- ☆④：2026年度の燃料選択後、燃料製造についての研究開発を本格化、実施主体や立地場所等の検討を進め、施設の設計に移る。実際の建設の前には燃料製造施設としての許認可をとることが必要。
- ☆⑤：実証炉研究開発事業により、実証炉・核燃料サイクルに係る設計・要素技術開発を実施。

※事業者等からのヒアリング等を踏まえて、仮に事業者による投資決定が行われた場合のロードマップを仮定、各矢印の期間はある程度の幅を持つ。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、事業者の策定する具体的な計画に基づいて決定される。黒矢印はプロセスフロー間の前後・影響関係の表現するものであり、その位置が実時間のタイミングを示すものではない。

④高温ガス炉

高温ガス炉：実証炉実現に向けた開発ロードマップ

2025年 2029年度
マイルストーン 2030年 2040年



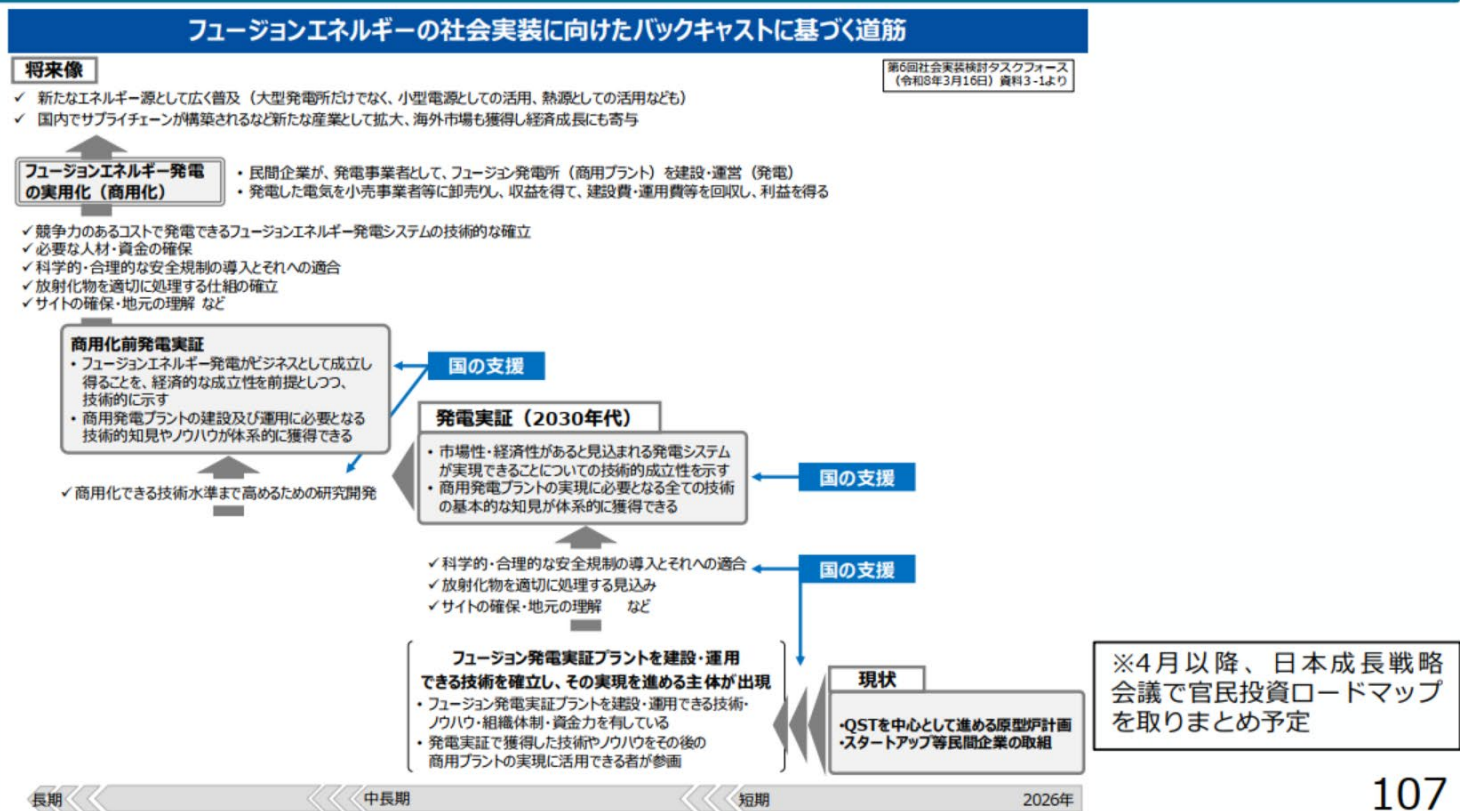
ポイント

- ☆①：実証炉の設計を進めるためには、実施主体決定、立地場所決定が前提。また、具体的な計画開始には立地自治体等の理解が必要。実施主体決定、立地場所決定のタイミング次第で、運転開始の時期は前後する。
- ☆②：まずは現在進んでいるHTTRでの水素製造に係る許認可対応。その後、固有の安全性を踏まえた安全確保の在り方の検討、規制当局との対話と必要に応じた設計への反映を目指す。
- ☆③：概念設計は2026年度で終了予定。その後、実証炉の基本設計／詳細設計に移る。
- ☆④：実証炉向け燃料製造については、国内製造・海外調達など、具体的な検討を進める。
- ☆⑤：実証炉研究開発事業により、実証炉の設計、要素技術開発、核燃料サイクル技術開発等を実施。また、2028年度頃からHTTRにおける水素製造試験を開始し、実証炉開発に成果を反映。

※事業者等からのヒアリング等を踏まえて、仮に事業者による投資決定が行われた場合のロードマップを仮定、各矢印の期間はある程度の幅を持つ。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、事業者の策定する具体的な計画に基づいて決定される。黒矢印はプロセスフロー間の前後・影響関係の表現するものであり、その位置が実時間のタイミングを示すものではない。

⑤ フュージョンエネルギー フュージョンエネルギーのロードマップ

- 2025年6月の国家戦略の改定を踏まえ、内閣府の核融合戦略有識者会議の下に設置された「フュージョンエネルギーの社会実装に向けた基本的な考え方検討タスクフォース」において、「フュージョンエネルギーの社会実装に向けたバックキャストに基づく道筋」が提示された。
- **フュージョンエネルギーについては、技術的に未成熟な部分を乗り越え、世界に先駆けた2030年代の発電実証を目指して、官民の取組を進めていく方針。**



もくじ

1. 第7次エネ基における「次世代革新炉」の位置付け

2. 日本における革新炉の研究開発状況と課題

➤ 5つの炉型の種類や特徴等

①革新軽水炉

②小型軽水炉(SMR: Small Modular Reactors)

③高速炉

④高温ガス炉

⑤核融合炉

➤ 事業者の取り組み状況と主な研究開発課題

➤ 革新炉開発のロードマップ(革新炉WGでの検討状況)



3. 世界動向と今後の原子力

➤ 開発状況、課題、発電外応用など

国際動向

- 国外では、スイスやスウェーデンなど過去に原子炉の新設禁止等を決定した国や、未導入国を含め、世界各国で、**原子力の活用に向けた動き**がみられる
- ASEAN地域においても同様の動きが見られ、例えばマレーシアでは、2025年7月に**第13次マレーシア計画**を公表し、原子力利用を選択肢として検討すると表明。現在、導入に向けたFSを実施中。また、**インドネシアやフィリピンなど複数国でSMRの導入を検討**している。
- 米国では、2025年5月23日、トランプ大統領が規制プロセスの改革、試験炉の早期稼働などを通じ、革新炉の社会実装を後押しする旨の原子力に関する**大統領令を4本公表**した。
- また、**日米共同首脳声明**では原子力分野における協力の重要性を表明、英米間では新規原子力発電所の建設の迅速化を目指す新たなMOUを締結、英米企業間での商業契約が複数締結された。

各国における原子力の動向例

- 過去に原子炉の新設禁止等を決定した国や、未導入国を含め、**世界各国で、原子力の活用に向けた動き**が見られる。



スウェーデン

- 2022年、政府が、原子炉の新設禁止の方針を撤回。
- **2025年8月、政府が、原子炉の新設に対する公的支援に係る法律を施行。**
- 同月、国営電力パッテンフォル社が、SMRの導入計画を発表。



スイス

- **2025年8月、政府が、原子炉の新設禁止を撤廃する方針を提示。**



カナダ

- **2025年5月、オンタリオ州政府が、GEベルバ日立製のSMR初号機プロジェクトに対して、ダーリントンにおける建設開始を承認。**
- 今後、初号機（2030年の運開目標）に3基を追加した合計4基のBWRX-300の建設を予定。



英国

- 2025年6月、政府が、同国初のSMR建設の優先交渉者として、ロールスロイスSMR社を選定。



インドネシア

- 2025年3月、政府が、国家電力開発計画を公表。2032年に原子炉の初号機を導入する目標。



米国

- 2025年5月、政府が、原子力に関する大統領令を公表。「2030年までに大型炉10基を建設中にする」旨などを記載。
- 同年7月、ウェスチングハウス幹部が、2030年までに大型炉10基を建設開始にする」方針を表明。



ベルギー

- 2003年、国内7基の原子炉を2025年までに閉鎖する法律を施行。
- **2025年5月、連邦議会下院が原子炉の新設を認める議案を可決。**



マレーシア

- 2025年7月、国会審議に際して、政府として原子力利用を選択肢として検討すると表明。別途発表された文書で、**2031年**までに運転開始を予定と記載。



フィリピン

- 2024年6月、国家エネルギー計画（PEP2023-2050）を公表。**2032年**に、少なくとも120万kWの原子力の導入、**2050年**までに段階的に480万kWまでの増加を目指す。

ASEAN地域での原子力導入に関する検討状況

- 【導入予定】 …政府の公式なエネルギー計画において原子力の導入を公表済み。
【検討中】 …政府の公式なエネルギー計画にはまだ盛り込まれていないものの、原子力利用の方針を表明済み。
【導入予定なし】 …上記以外。

ベトナム【導入予定】

- 2025年4月、商工省が、改正第8次国家電力開発基本計画（PDP8）を公表。
- その中で、**2030年～2035年に、大型炉（100万kW級を想定）**の初号機運開及び400万kW～640万kWの原子力発電所の運開と、**2050年までに追加で800万kW**の発電容量の増加を目指す旨を公表。

ラオス【導入予定なし】

タイ【検討中】

- 2024年7月、首相を議長とする国家エネルギー政策委員会が、電源開発計画（PDP2024）の原案を公表。
- その中で、**2037年までに、30万kW級の小型モジュール炉（SMR）2基**の運開を目指している。

カンボジア【導入予定なし】

シンガポール【検討中】

- 2025年2月、首相が、原子力発電の導入可能性の研究及び原子力分野の体系的な能力構築に向けて、更なる措置を講じる旨を表明。
- SMR**を検討中。

ブルネイ【導入予定なし】

フィリピン【導入予定】

- 2024年6月、エネルギー省が、国家エネルギー計画（PEP2023-2050）を公表。
- その中で、**2032年に、少なくとも120万kWの原子力の導入、2050年までに段階的に480万kW**までの増加を目指す旨公表。
- SMR**や、**未稼働既設炉（62.1万kW、Bataan発電所）**の稼働を検討中。

マレーシア【導入予定】

- 2025年7月31日、第13次マレーシア計画（13MP）に関する国会審議に際して、首相より、政府として原子力利用を選択肢として検討すると表明。表明とは別途発表された文書の中で、**2031年までに運転開始を予定と記載。**
- 足下では、**SMR**を検討中。

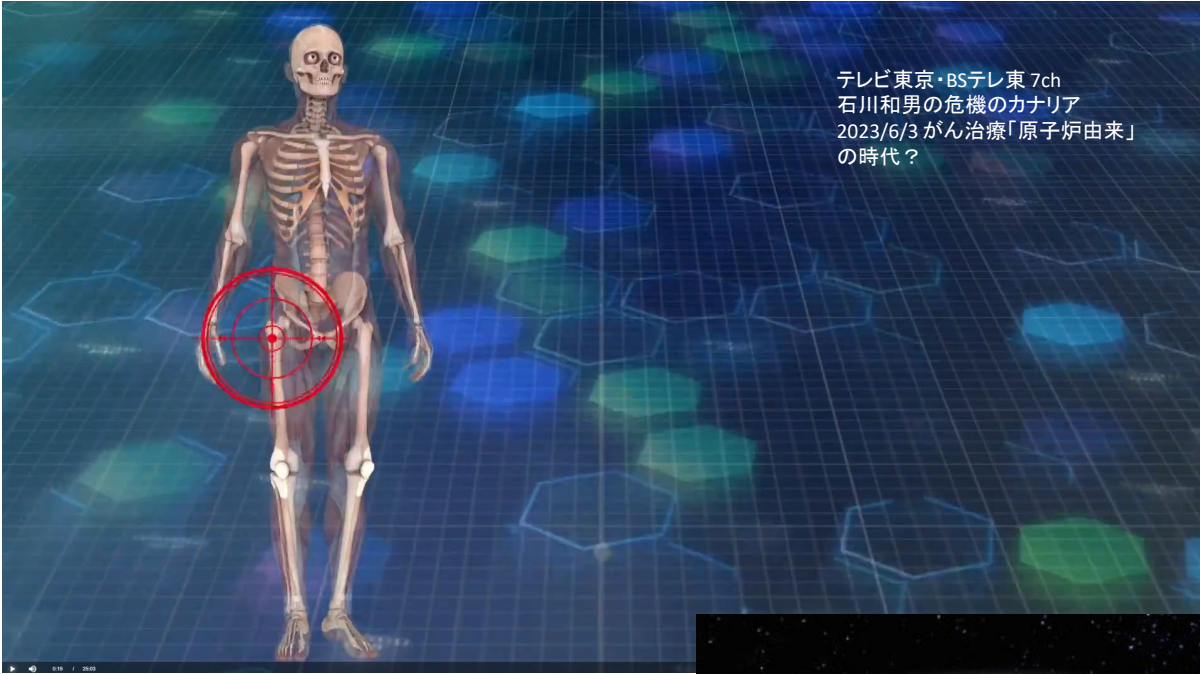
インドネシア【導入予定】

- 2025年3月、エネルギー・鉱物資源省が、国家電力開発計画（RUKN）を公表。
- その中で、**2032年に原子力発電所の初号機運開、2060年までに原子力の発電量を全体の約15%まで増加させることを目指す旨公表。**
- SMR**を検討中。

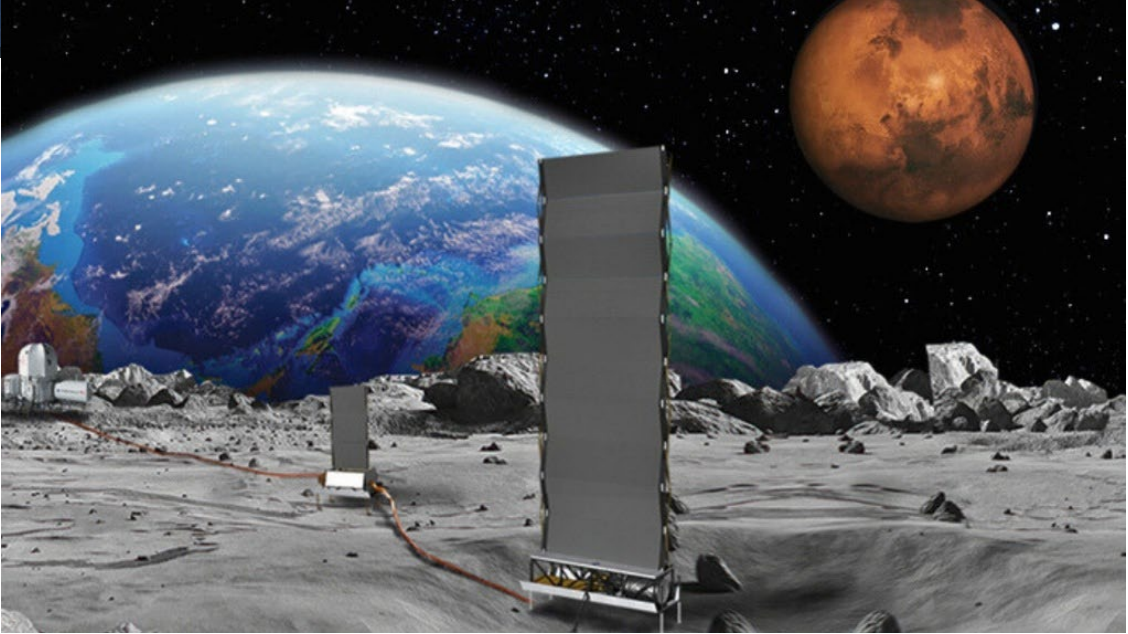
オーストラリア【導入予定なし】

（1998年、原子力施設の建設・運転を禁止する旨を法制化）

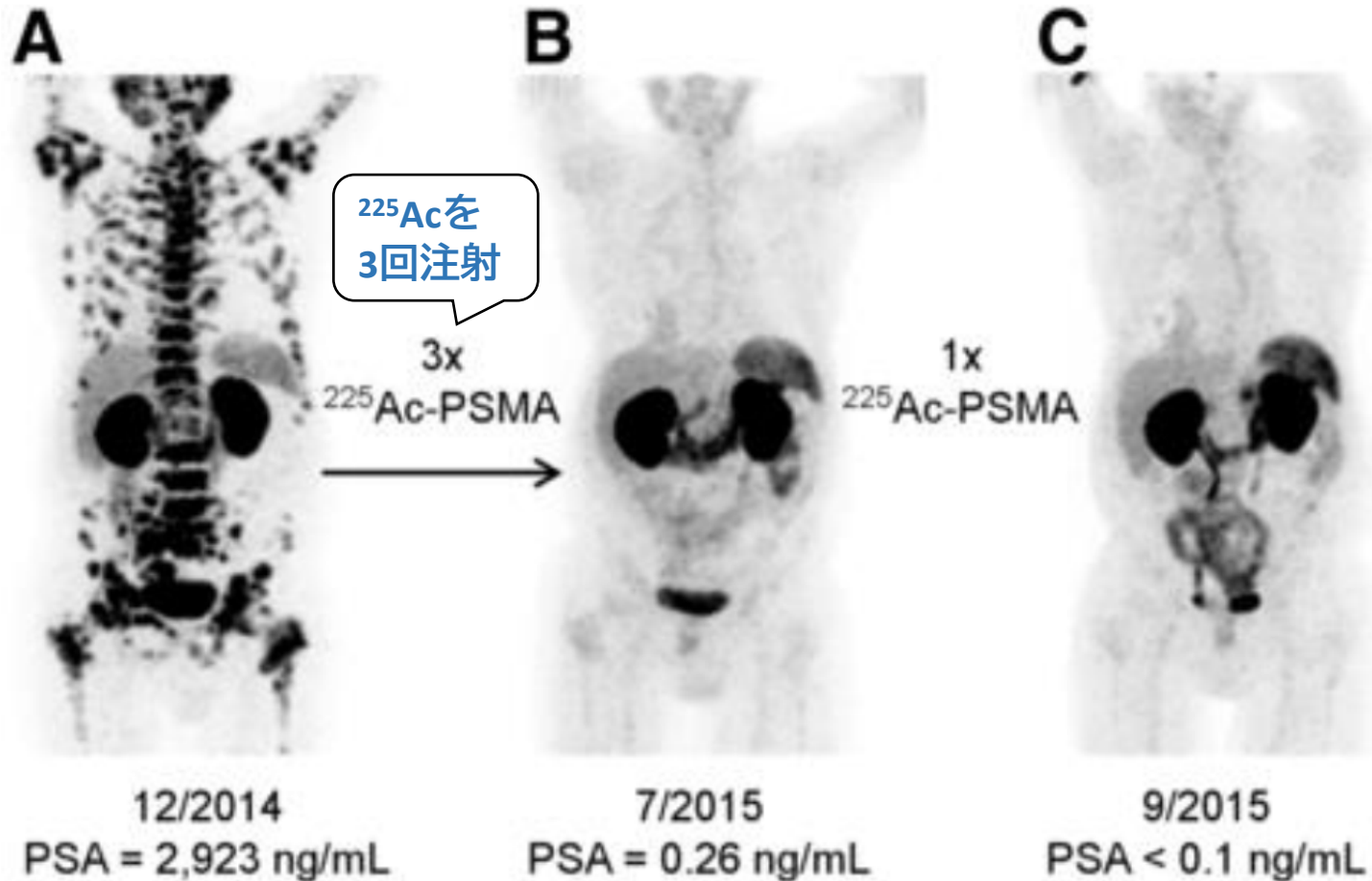
テレビ東京・BSテレ東 7ch
石川和男の危機のカナリア
2023/6/3 がん治療「原子炉由来」
の時代？



原子力の医学/宇宙応用

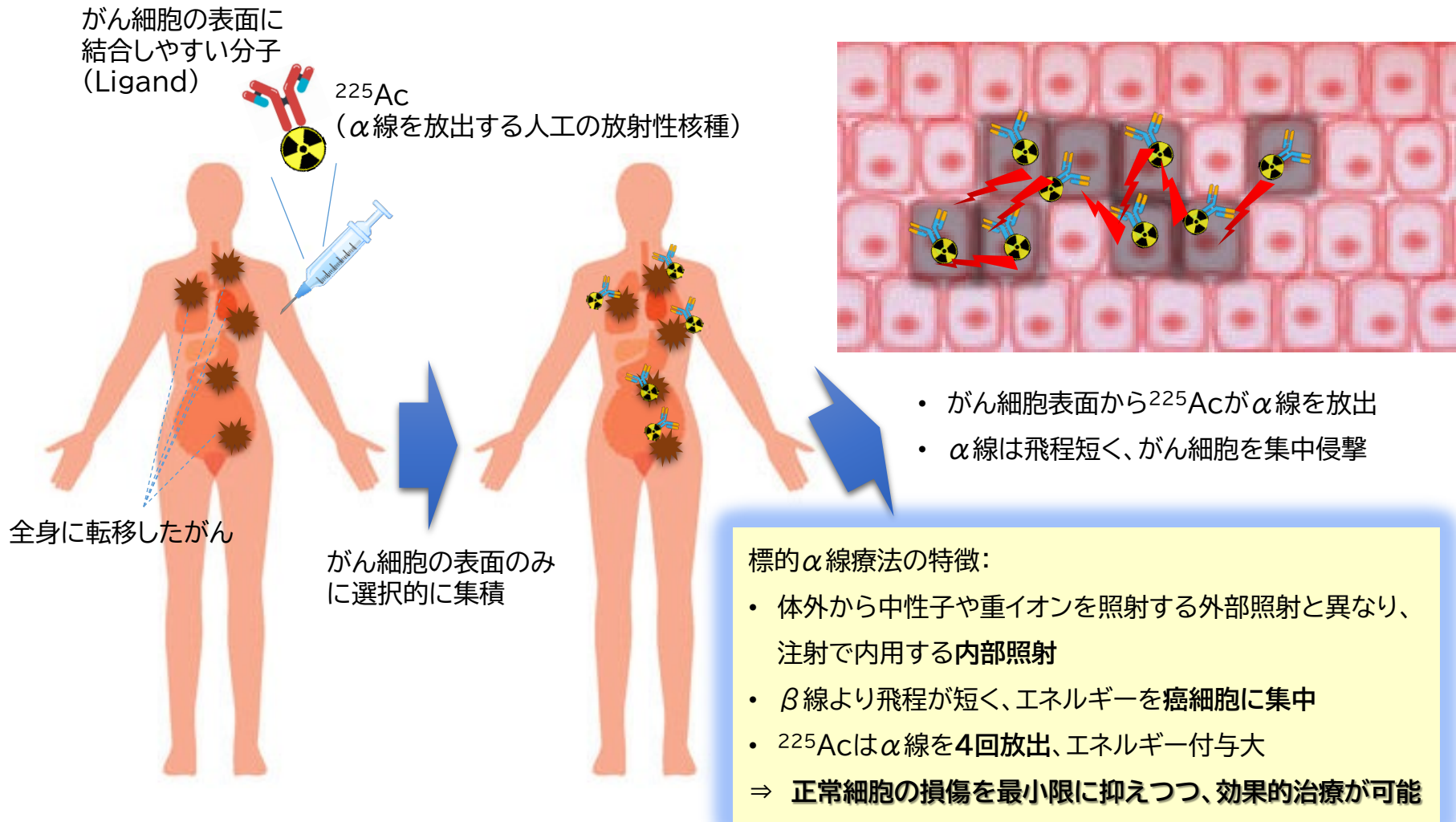


標的 α 線治療による 全身へ転移したがんの消失例



標的 α 線療法

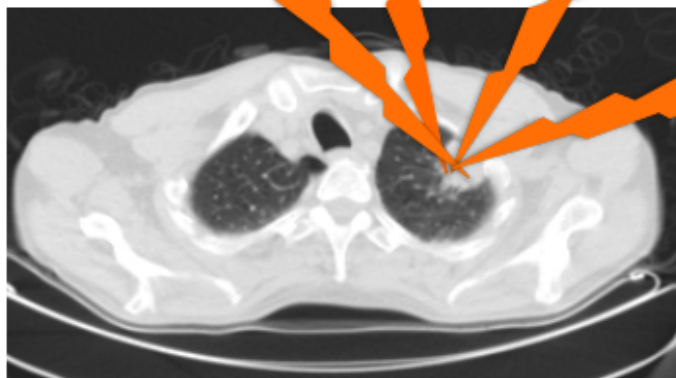
Targeted Alpha Therapy (TAT)



重粒子線治療との違い

従来の重粒子線治療：
重粒子線加速器による体外からの照射

局所がんにも有効



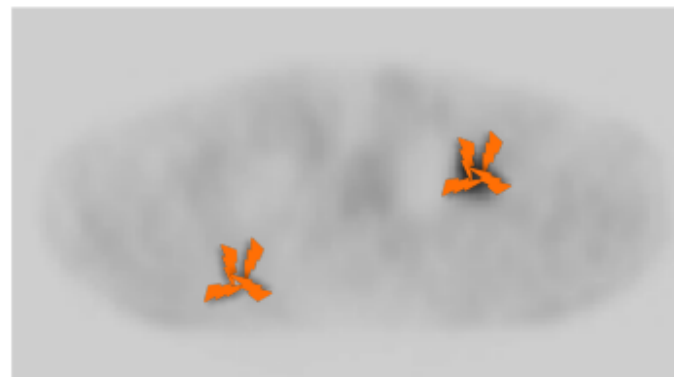
患者さんが移動



患者さんは加速器施設で加療

アルファ線核医学治療：
 α 線放出核種を投与し体内から照射

転移性病変にも有効



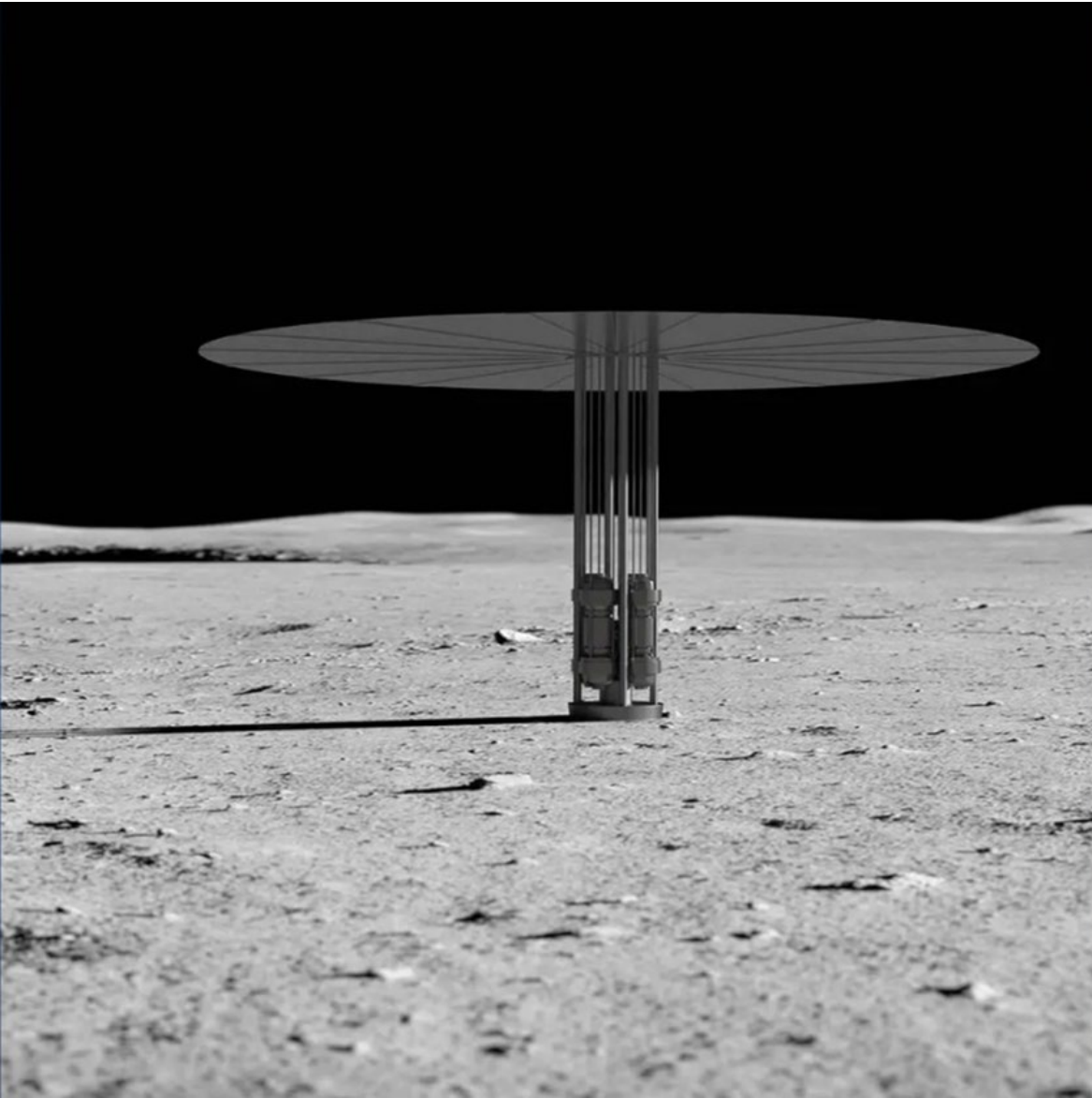
核種を各病院に輸送



患者さんは病院で加療



月面用原子炉



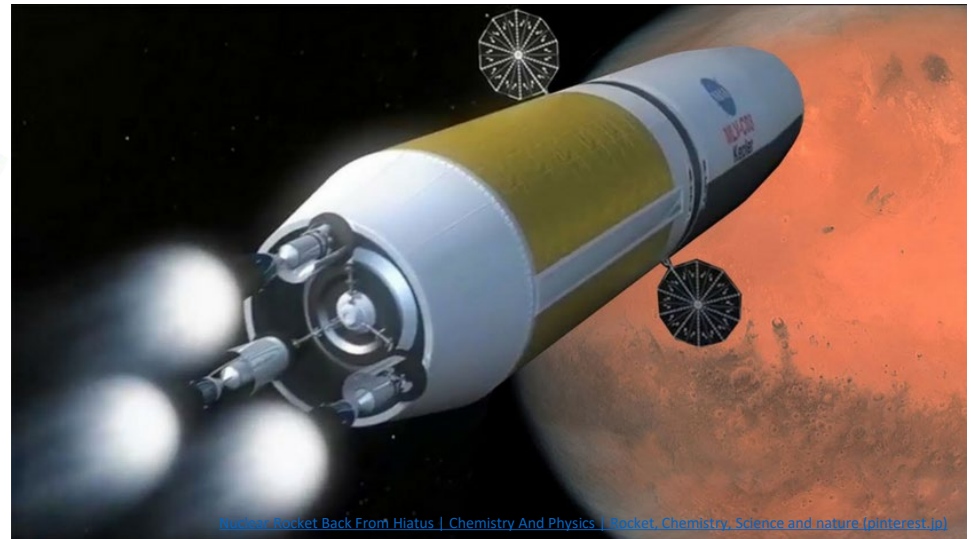
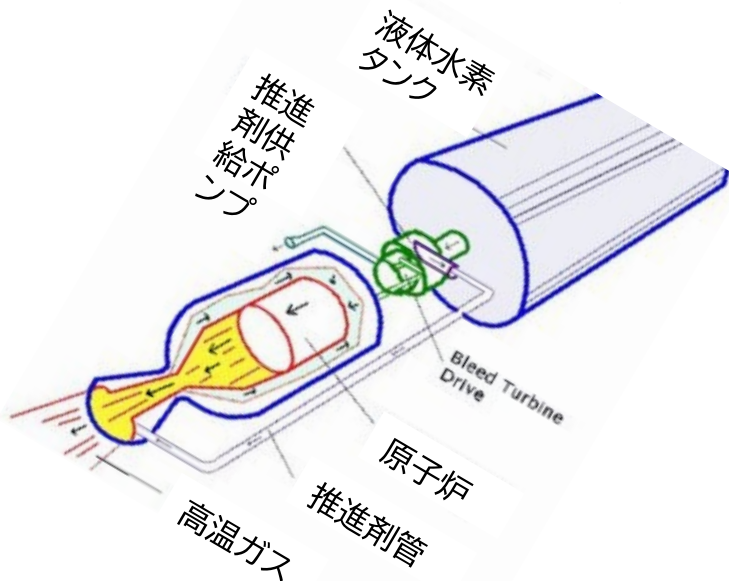
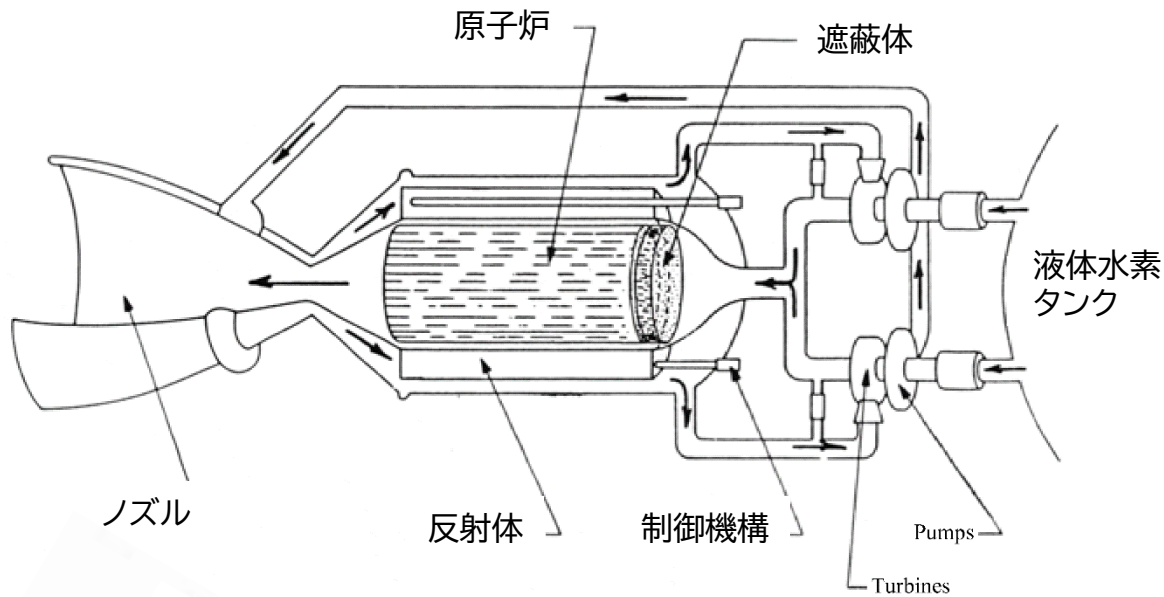
最新の米アルテミス計画

- 2028年：宇宙空間(軌道上)での原子炉による発電(1kWe~20kWe)
- 2030年：月面での原子炉による発電(~100kWe)

日本の動向

- 宇宙戦略基金(予算：10年で1兆円)
- 2025年に「半永久電源(原子力電池)開発」が採択(予算：4年間で15億円)
- 2026年 スタートアップ会社「Astra NuPower」発足

原子カロケットの原理





ご清聴ありがとうございました