

## 令和7年第5回原子力委員会定例会議

令和7年第5回原子力委員会  
資料第2号

# 次世代革新炉開発の取組みについて

2025年2月4日

三菱重工業株式会社 原子力セグメント

- 1. 三菱重工の原子力事業概要**
- 2. 革新軽水炉“SRZ-1200<sup>®</sup>”開発の取組み**
- 3. 将来炉開発の取組み**
- 4. 海外分野の取組み**
- 5. まとめ**

# 1. 三菱重工の原子力事業概要

- 当社は、国内軽水炉の安全・安定運転だけでなく、革新軽水炉開発/海外機器供給/燃料サイクル/将来炉開発等ほぼ全ての領域で事業展開

## <国内軽水炉プラント>



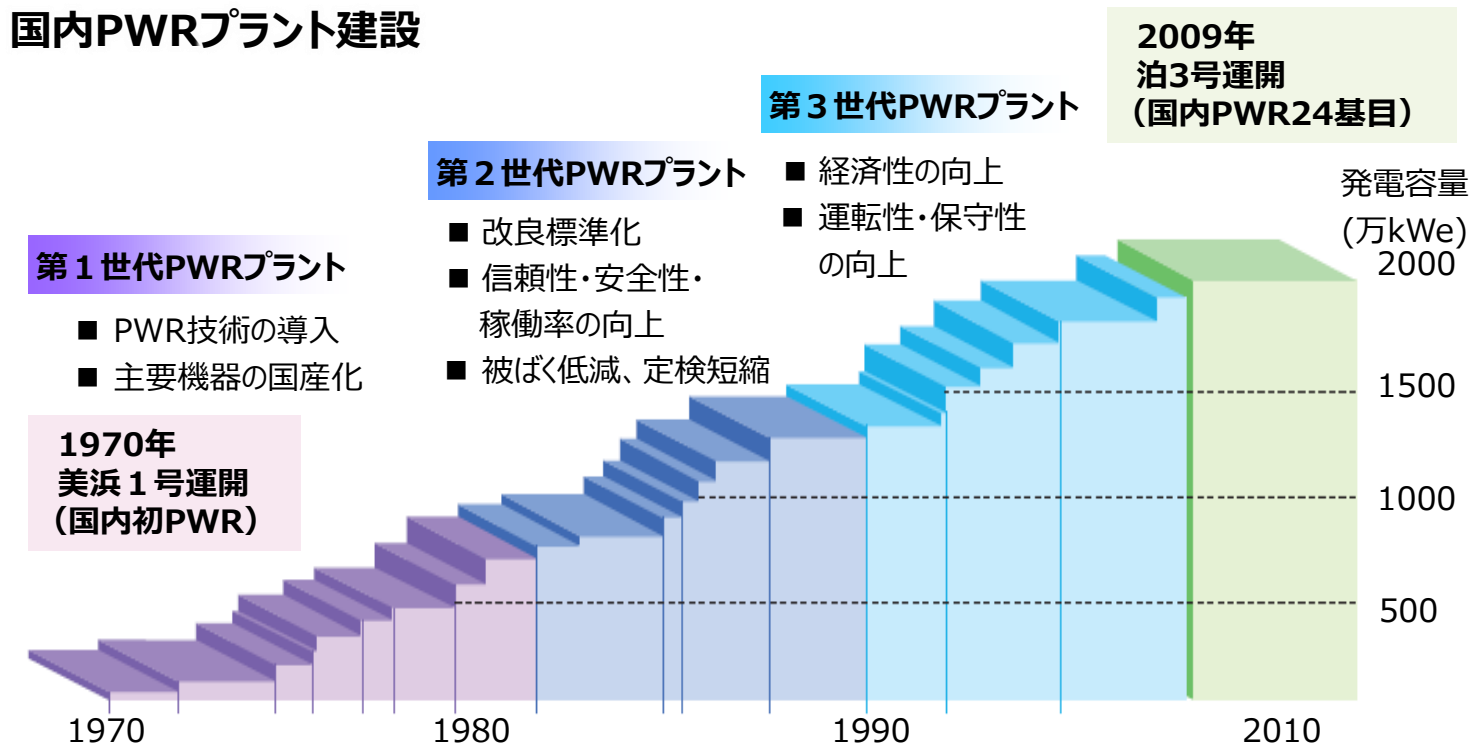
軽水炉	PWR AS	再稼働/特重/定検・保守、プラント運用高度化、燃料他
	BWR	BWR再稼働/特重工事、保守
	海外	仏国向け等を中心にコンポーネント輸出
	革新軽水炉	新設向けSRZ-1200(中型炉)開発
廃止措置		軽水炉廃止、福島廃炉(デブリ取り出し他)
燃料サイクル	RRP/J-MOX	RRP/J-MOX建設工事、竣工後保守
	キャスク	使用済燃料の輸送・貯蔵用キャスクの製造
将来炉	高速炉	中核企業として高速炉開発推進
	高温ガス炉	水素製造の熱源向けに開発推進
	小型軽水炉	分散型/小規模グリッド向け電源として開発
	核融合	国際プロジェクト(ITER)に参画し開発推進
新分野		原子力技術の展開(液体水素昇圧ポンプ、防爆ロボット他)

## <革新軽水炉SRZ-1200>



- 1970年の関西電力美浜1号運開以来、**国内加圧水型原子炉（PWR）全24基の建設に携わり**、原子力プラントの**弛まぬ安全性・信頼性向上**に取り組んできた

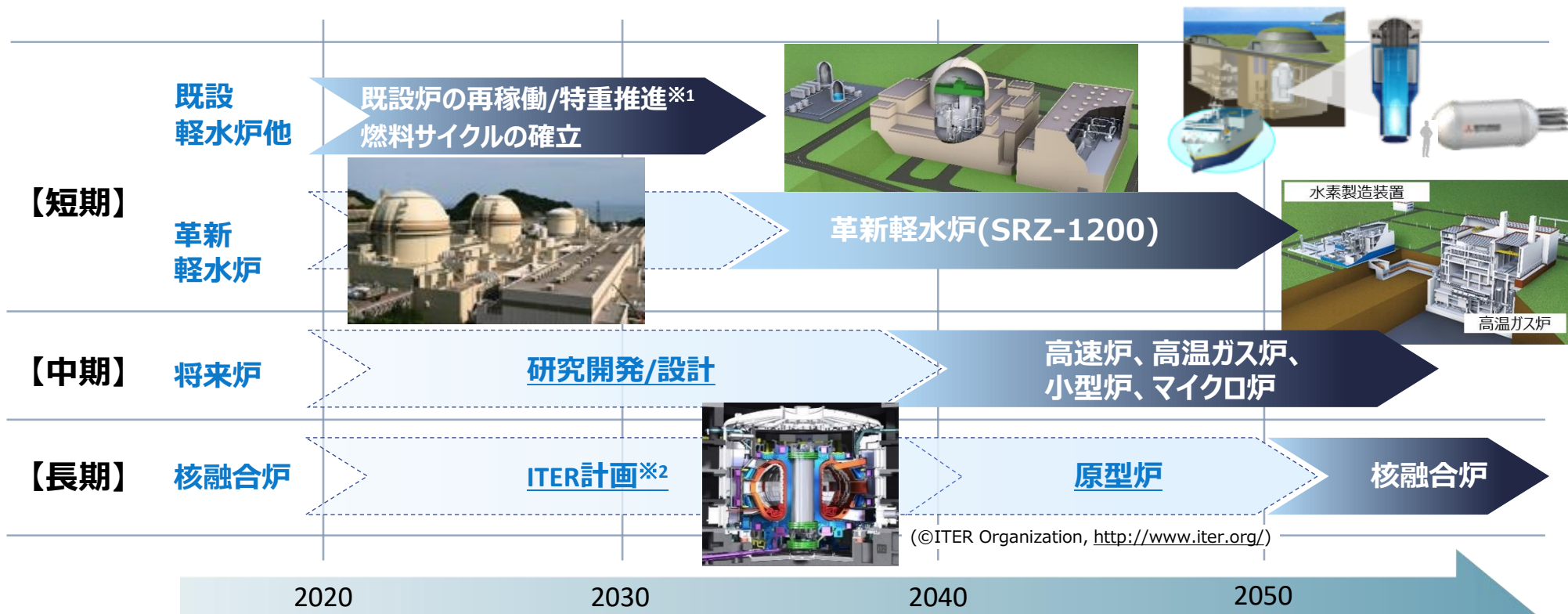
## 国内PWRプラント建設



[出典:日本原子力発電（株）HP]

# カーボンニュートラルに向けた原子力事業の取組み（全体像）

- 既設プラントの再稼働/安全・安定運転、燃料サイクル確立に向け、事業者を最大限支援
- 世界最高水準の安全性を実現する革新軽水炉“SRZ-1200”の早期実用化を目指す
- 将来の多様化する社会ニーズに応じて、高速炉、高温ガス炉、小型炉等の開発を進めるとともに、“夢のエネルギー源”である核融合炉にも挑戦



※1 特定重大事故等対処施設：プラントとは完全に独立し、航空機衝突やテロ等の際に安全に運転停止できる大規模施設  
※2 ITER計画：核融合炉実験炉実現に向け7極(日,EU,米,露,中,韓,印)政府により進められている大型国際PJ

## 2. 革新軽水炉“SRZ-1200<sup>®</sup>”開発の取組み

- 新設ならではの安全対策と革新技術を採用した世界最高水準の安全性を実現する革新軽水炉“SRZ-1200”の開発を推進

## 革新軽水炉 “SRZ-1200”



- プルーブンな技術をベースに、新設ならではの安全対策と革新技術導入により大幅に安全性を向上
- 現行の規制基準に適合し、既に実用化段階
- 万一の事故時にも放射能影響を発電所内に留める

# SRZ-1200

## 超安全・安心

地震／津波／テロに高い耐性を持ち、放射性物質を閉じ込め、影響を発電所内に限定

## 地球に優しく

CO<sub>2</sub>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込めています。

- 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 (CO<sub>2</sub> 排出ゼロ) で社会に貢献する**究極型** (**Z**)

# “SRZ-1200”の特徴：全体概要

- 地震・津波その他自然災害への対応、大規模航空機衝突・テロ対策、電源不要の受動的安全システム、シビアアクシデント対策等の世界最高水準の安全対策
- 再生可能エネルギーとの共存等の社会ニーズを踏まえたプラント機能向上

## 冷却・閉じ込め機能強化

炉心・格納容器冷却システム等の多重性・多様性を強化

## セキュリティ高度化

最先端技術を適用したサイバーセキュリティ

## 大型航空機衝突対策

航空機衝突に耐えうる格納容器の強靱化

## 耐震性向上

建屋頑健化、低重心化等

## パッシブ安全設備の導入

電源を必要としないパッシブ安全設備も用いて炉心冷却、溶融炉心対策

\*

## 溶融炉心対策

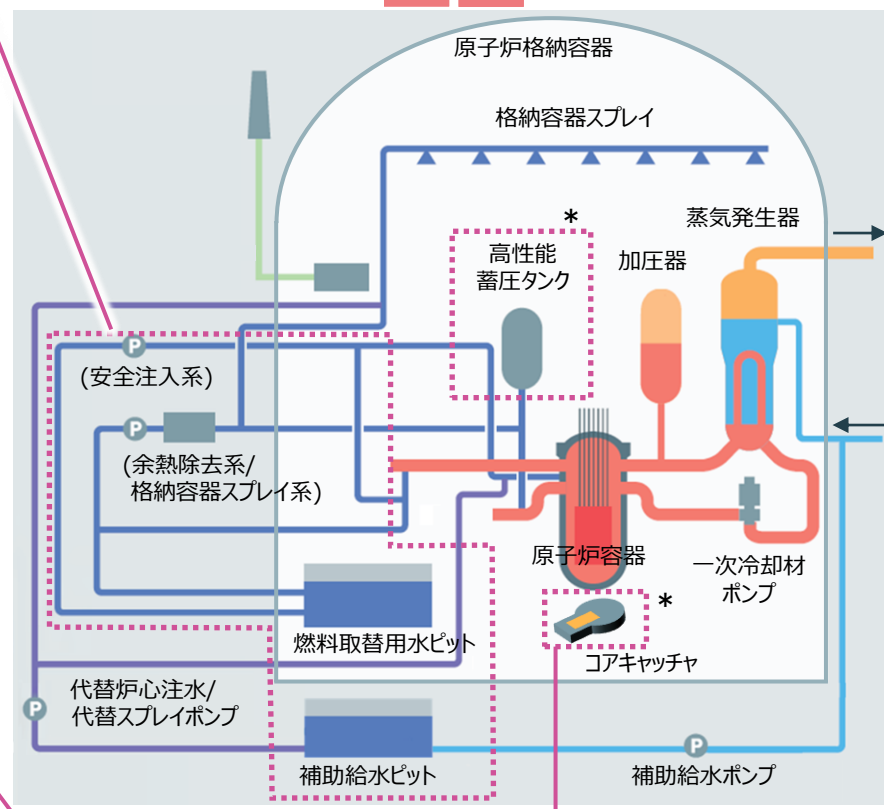
万一の炉心溶融時にもデブリを専用設備（コアキャッチャ）に捕捉し、最終障壁である格納容器外への放出を防止

## 津波、その他自然災害への耐性

津波・竜巻・台風・火山等の自然災害への耐性を強化

## 再生可能エネルギーとの共存

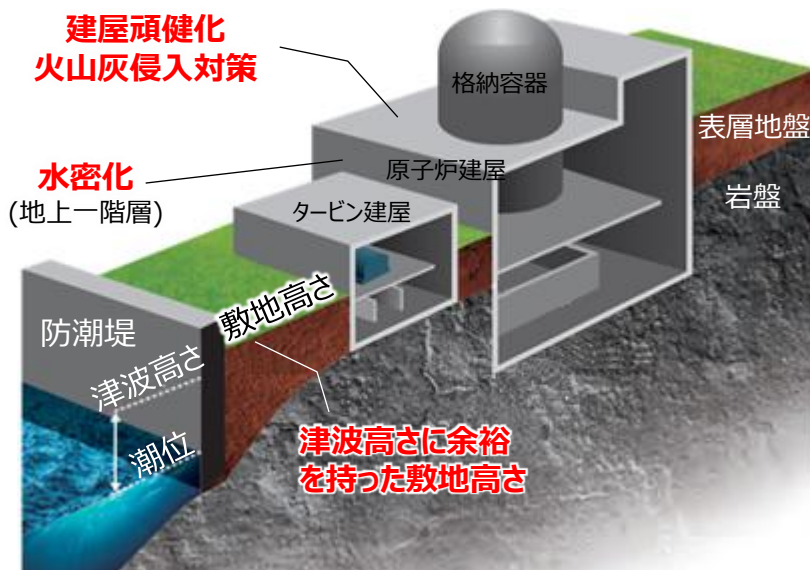
出力調整機能（周波数制御、負荷追従）の強化



- 新設ならではの対策によって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

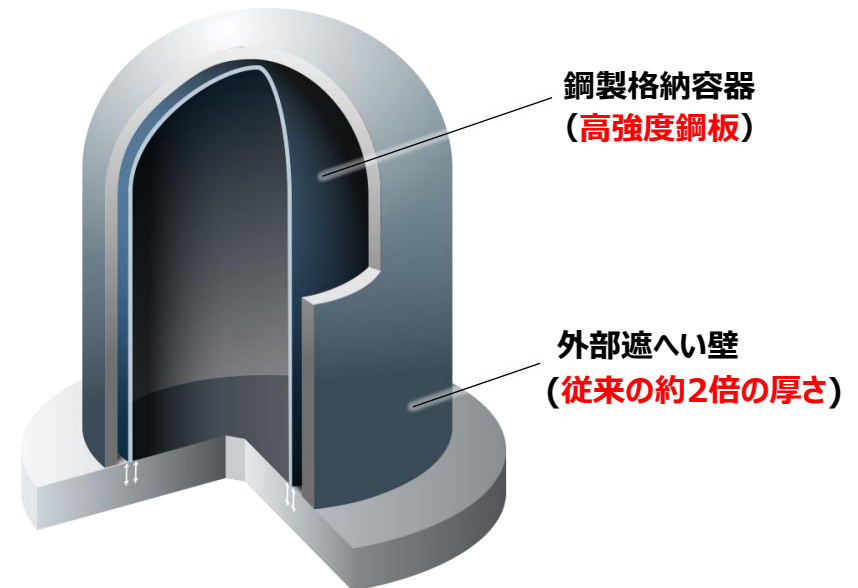
## 地震・津波等の自然災害への耐性強化

- 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）**、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：安全性を追求した設備構成

- 国内の新規制基準へ適合(\*)した新しい安全設計の採用、**多重性・多様性強化**等により、**世界最高水準の安全性、信頼性を実現**

※ シビアアクシデント対策設備、大型航空機衝突/テロ対策設備(特定重大事故等対処施設)の設置等

## 冷却・閉じ込め機能強化

## パッシブ安全設備の導入

## パッシブ安全設備の導入 (パッシブ・アクティブ設備のベストミックス)

安全系設備(炉心冷却/  
CV閉じ込め)の**多重性強化**

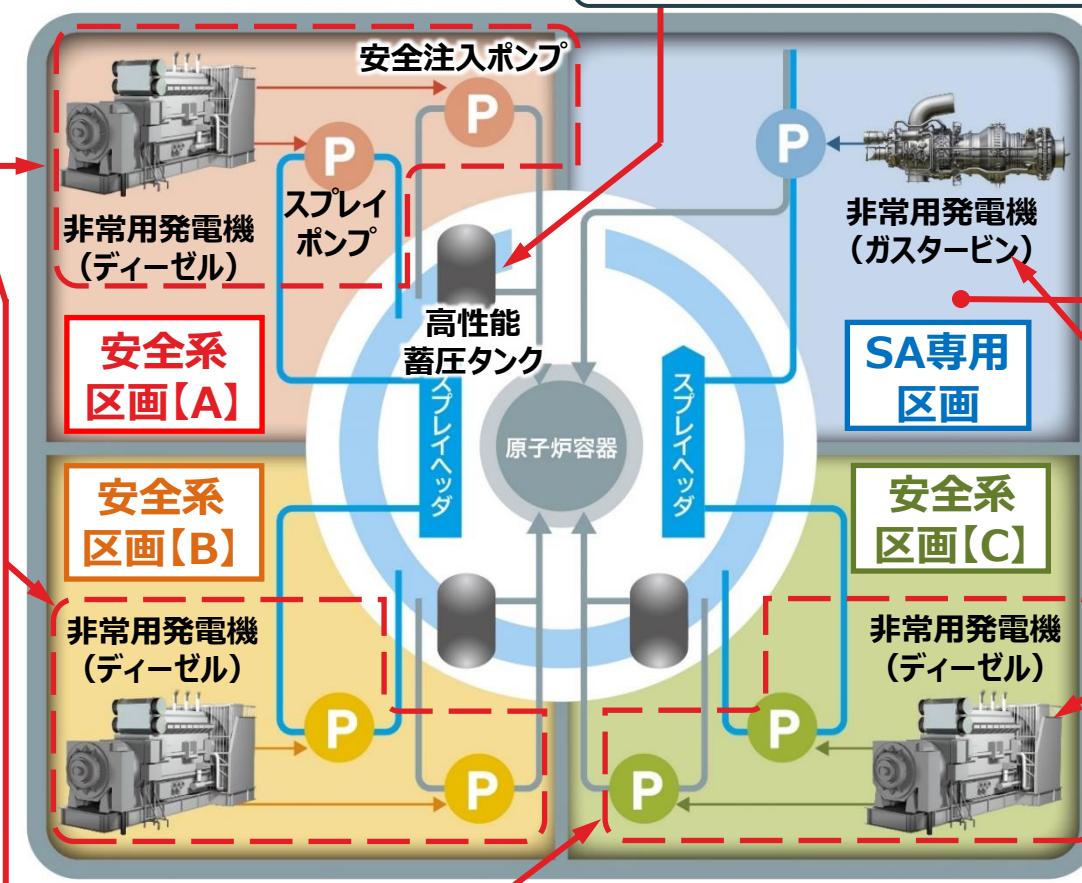
【既設】2系列



【SRZ】3系列

安全系設備を系列ごとに**徹底した区画分離**

- ・ 区画A、B、Cそれぞれに安全設備を**分散配置**
- ➔ 火災等の**同一要因による安全系設備全喪失を防止**



シビアアクシデント  
(SA)専用区画を  
新設

安全系設備の  
**多様性強化**  
(電源多様化等)

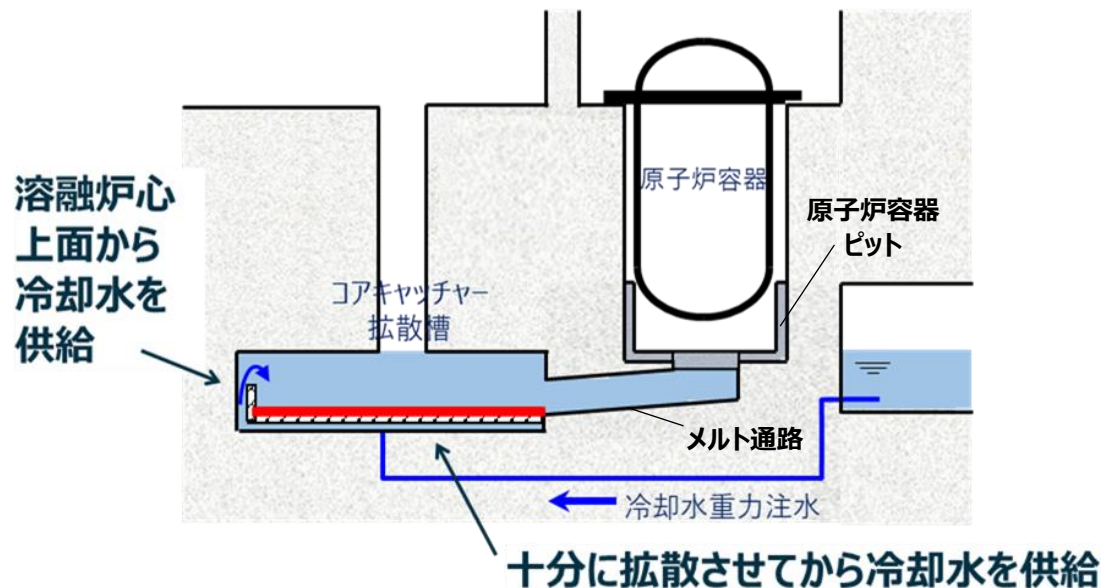
- 万一の炉心溶融時でも原子炉容器から落下する溶融炉心を下部にある専用ピットで受止め、専用の拡散槽内へ薄く拡げ、外部水源からの注水により**溶融炉心を格納容器内で保持・冷却**

## 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



溶融炉心を格納容器内で確実に冷却・保持



- 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）を通じて拡散槽内に十分に拡散
- ④ 外部水源からの注水により、溶融炉心を冷却

■ 脱炭素化に向けて再生可能エネルギーが拡大していく中、**ベースロード電源としての役割に加え、出力調整・系統安定化の役割にも対応できるよう出力調整機能を強化**

## 再生可能エネルギーとの共存（出力調整機能の強化）

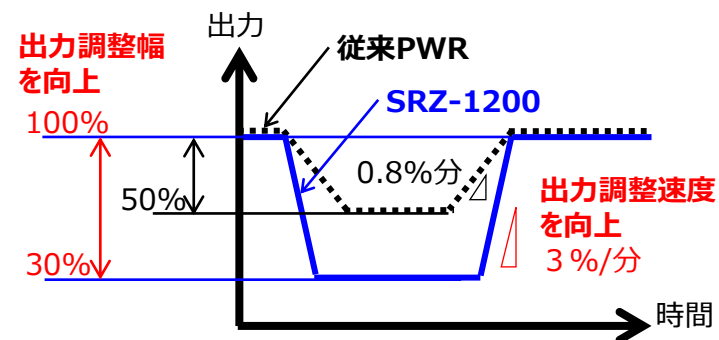
- 現状、再エネの出力変動は主に火力で調整
- 将来、再エネの更なる拡大と火力の休廃止の増加（老朽化や脱炭素）に伴い調整力不足の懸念あり
- 再エネの日間出力変動（**一日単位で出力変化**）に対応する**負荷追従性能**、出力不安定性（**秒～分単位の出力変化**）に対応する**周波数制御機能を強化**

	再エネ	火力	原子力
現状	変動電源	ベースロード + 調整電源	ベースロード
将来	変動電源 (発電電力量増大)	調整電源 (発電電力量減少)	ベースロード + 調整電源 (発電電力量維持・増大)

### 負荷追従性能

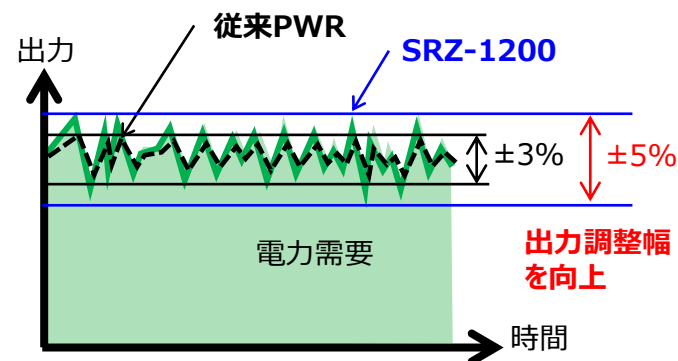
※従来PWR性能との比較

- 出力調整速度：約4倍向上\*
- 出力調整幅：約1.4倍向上\*








### 周波数制御性能

- 出力調整幅：約1.5倍向上\*



# “SRZ-1200”開発の動向

- **PWR4電力（北海道電力、関西電力、四国電力、九州電力）と共同でSRZ-1200の標準プラント開発を進めており、基本設計は概ね完了。**許認可向け各種実証試験が順調に進捗中
- **規制予見性向上に向けたNRAとの新設規制に関する意見交換を24年12月に開始**

FY	'20	'25	'30
標準プラント 〔4電力 共同研究〕			許認可向け プラント設備仕様検討 
実証試験 〔経産省事業〕			許認可向けデータ 取得・拡充のため の実規模試験等
個別プラント	立地等の固有条件を考慮した個別プラント設計 		
規制対応	▼24年12月:NRA協議を開始 		

# “SRZ-1200”開発：技術実証の取組み状況（例）

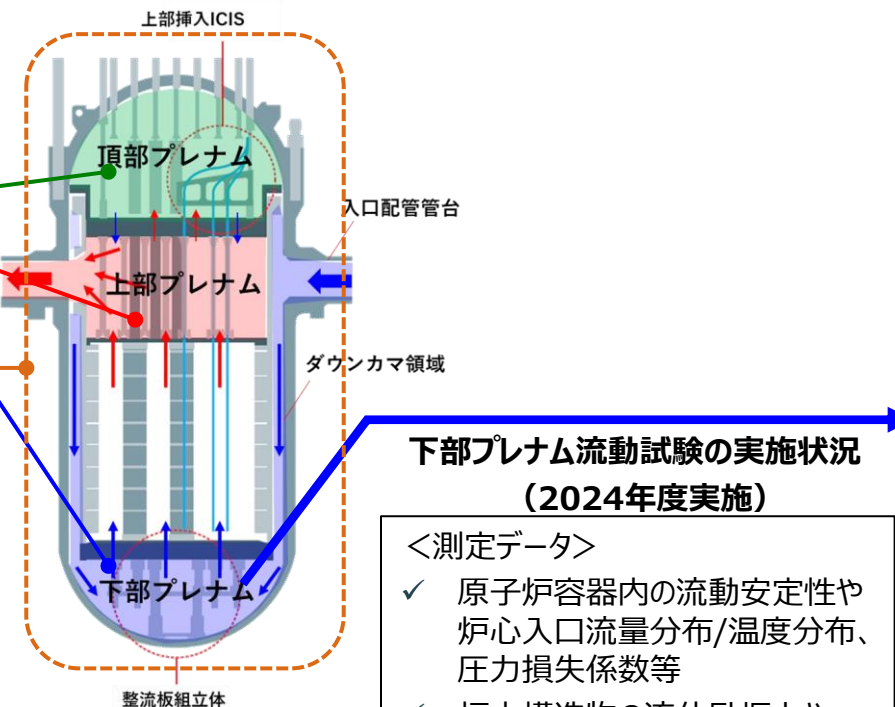
- 許認可向けデータ取得・拡充のため、新規構造を採用した原子炉の安全性や炉内構造物等の健全性の検証を実施中

## 実証試験の例（炉内流動試験の検証）

- ◆ SRZ-1200では**上部挿入方式の炉内核計装**を採用し冷却材漏洩リスクを低減。また、**原子炉容器下部プレナムの減容化**により事故時の炉心冷却性能を向上
- ◆ 設計改良を採用した流動試験を行い、**設置許可審査に必要なデータの取得・評価**を実施

### 流動試験項目

- 頂部プレナム流動試験
- 上部プレナム流動試験
- 下部プレナム流動試験
- 総合流動試験



### 下部プレナム流動試験の実施状況 (2024年度実施)

#### <測定データ>

- ✓ 原子炉容器内の流動安定性や炉心入口流量分布/温度分布、圧力損失係数等
- ✓ 炉内構造物の流体励振力や振動特性



下部流動試験のスケールモックアップ  
(左図の青色領域が対象)

本開発は経済産業省 原子力の安全性向上に資する技術開発事業 JPMT003830 の助成を受けたものです。

# NRAとの新設規制に関する意見交換

- 新規規制基準は、福島第一事故を受けて既設炉の再稼働向けに制定。**革新軽水炉は、既設炉と異なる設計/技術の一部採用**していることから、**規制の予見性が十分でない事項も存在**
- **SRZ-1200の設計を題材に新設炉規制の論点を整理し、規制予見性の向上**を図るべく、ATENA、事業者(PWR/BWR)、メーカーと**NRAとの実務レベルの意見交換を1年程度かけて実施**

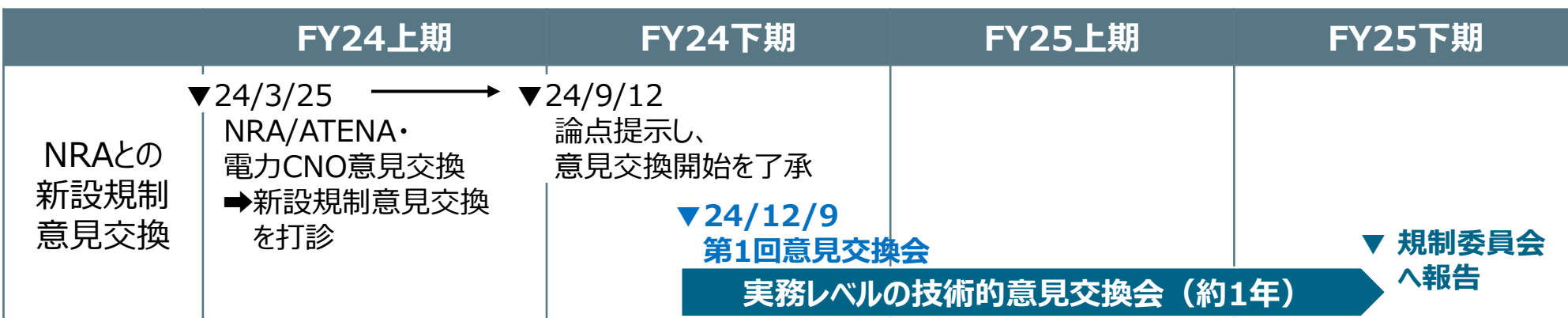
## ○ 規制の予見性が十分でないと考える事項

【論点①】 **常設設備を基本**とした重大事故等対応

【論点②】 **特重施設の在り方**

・**重大事故等対処設備（4b;格納容器破損防止）と特重施設の機能統合**  
 （本日は、特重情報の観点で公開可能な内容をご説明）

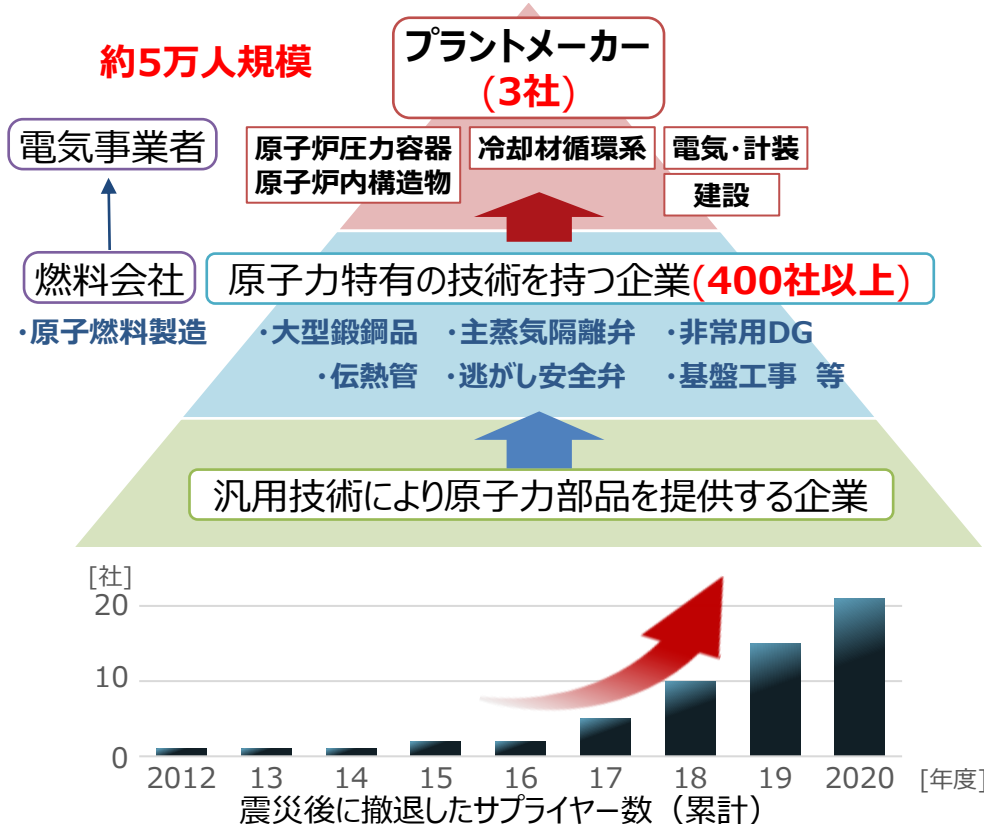
【論点③】 溶融炉心冷却対策への新技術導入（**ドライ型コアキャッチャ**の導入）



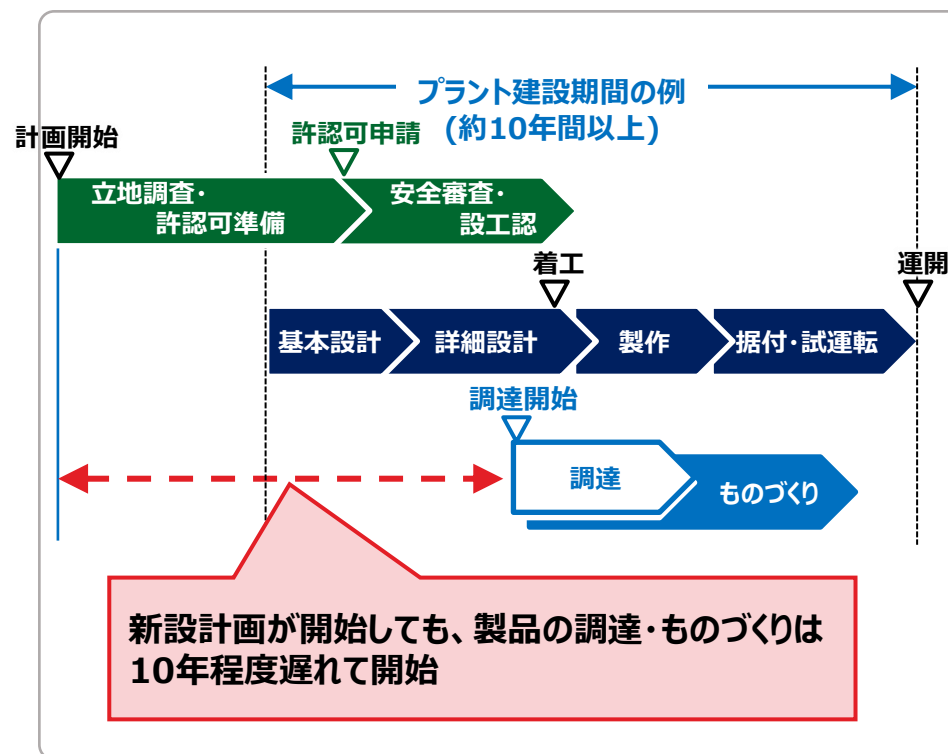
# 原子力技術を支えるサプライチェーン

- 原子力プラントを支える**高度な技術が国内企業に集積\***しており、**既設炉の安全・安定運転のためにも産業基盤(技術・人材・サプライチェーン)の維持が重要** ※国内PWRプラント機器の国産割合は9割以上
- 原子力は裾野も広く高い技術を有する分野で、**長期に亘り培ってきた国産の技術・品質は重要な財産**
- 震災以降はサプライヤーの事業撤退もあり、当社では内製化や代替サプライヤーの対策を講じているが、**サプライチェーン維持・強化のためにも早期の新設機会が必要**

## 原子力発電のサプライチェーン\*



## 原子力プラントの建設工程の例



- 新規プラント建設の空白期間が長期化していることに伴い、日本の高度な原子力技術・製品を支えるメーカ・サプライヤにおいても、**製造基盤維持や技術伝承・人材育成等が課題**として顕在化
- 2020年度以降、**経産省『原子力産業基盤強化事業』の支援**を受けて、**製造中止品の代替機器開発や革新軽水炉建設に向けた新製品・新材料開発などサプライヤと連携した技術開発**を実施中

## 経産省「原子力産業基盤強化事業」の取組み事例

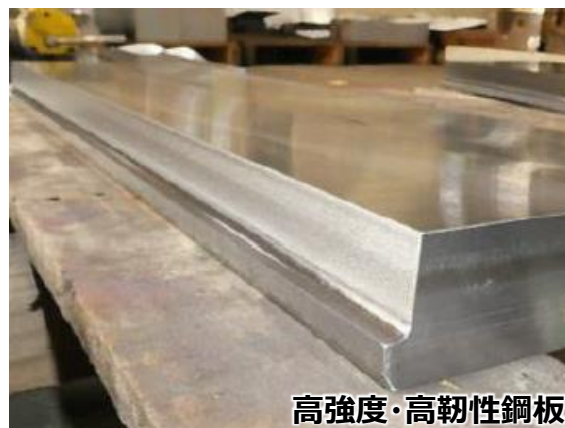
### 耐環境型伝送器

- 製造休止品の代替機の開発
- 耐環境性計器としての機能・性能検証
- 量産化検討 等



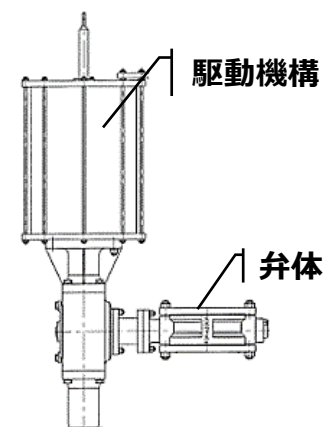
### 格納容器用高強度・高靱性鋼板

- 革新軽水炉に適用する高強度・高靱性鋼板の試作/試験
- 溶接方法の検討 等



### 受動的開放機構を有する新型弁

- 革新軽水炉に適用する受動的拘束開放弁の開発・試作
- 基本機能検証試験
- 加振試験・解析評価 等



## 3. 将来炉開発の取組み

■ 当社は**革新軽水炉SRZ-1200に加え、多様な社会的ニーズに応える将来炉（高速炉、高温ガス炉、小型軽水炉、マイクロ炉）**の開発も推進中

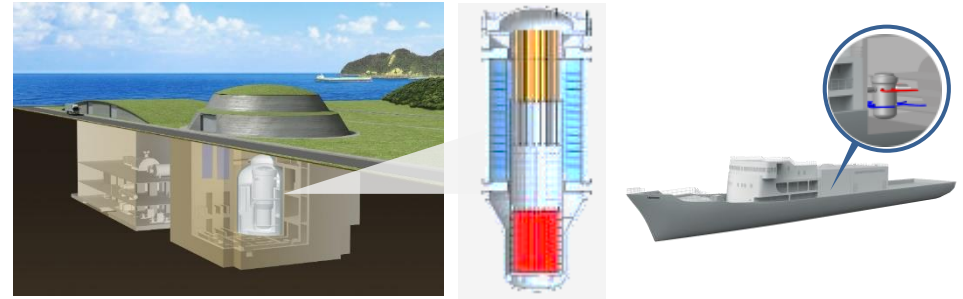
## 革新軽水炉SRZ-1200

- ✓ 既存グリッド向発電(電気出力:~120万kW)
- ✓ 2030年代の実用化を目標に、高い経済性に加え、革新技術を採用した世界最高水準の安全性を実現



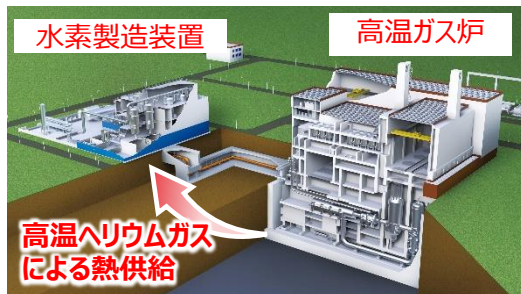
## 小型軽水炉

- ✓ 分散型、小規模グリッド向発電（電気出力:30万kW）
- ✓ 安全系のフルパッシブ化、主機一体型炉他の採用
- ✓ 船舶搭載炉も視野に開発を推進



## 高温ガス炉

- ✓ 超高温（900℃以上）の核熱利用により大量かつ安定的な水素製造を実現
- ✓ 鉄鋼業界など産業界の脱炭素化に貢献



## 高速炉

- ✓ 核燃料サイクルの実現により、資源の有効活用、高レベル放射性廃棄物の減容化、有害度の低減が可能



※1

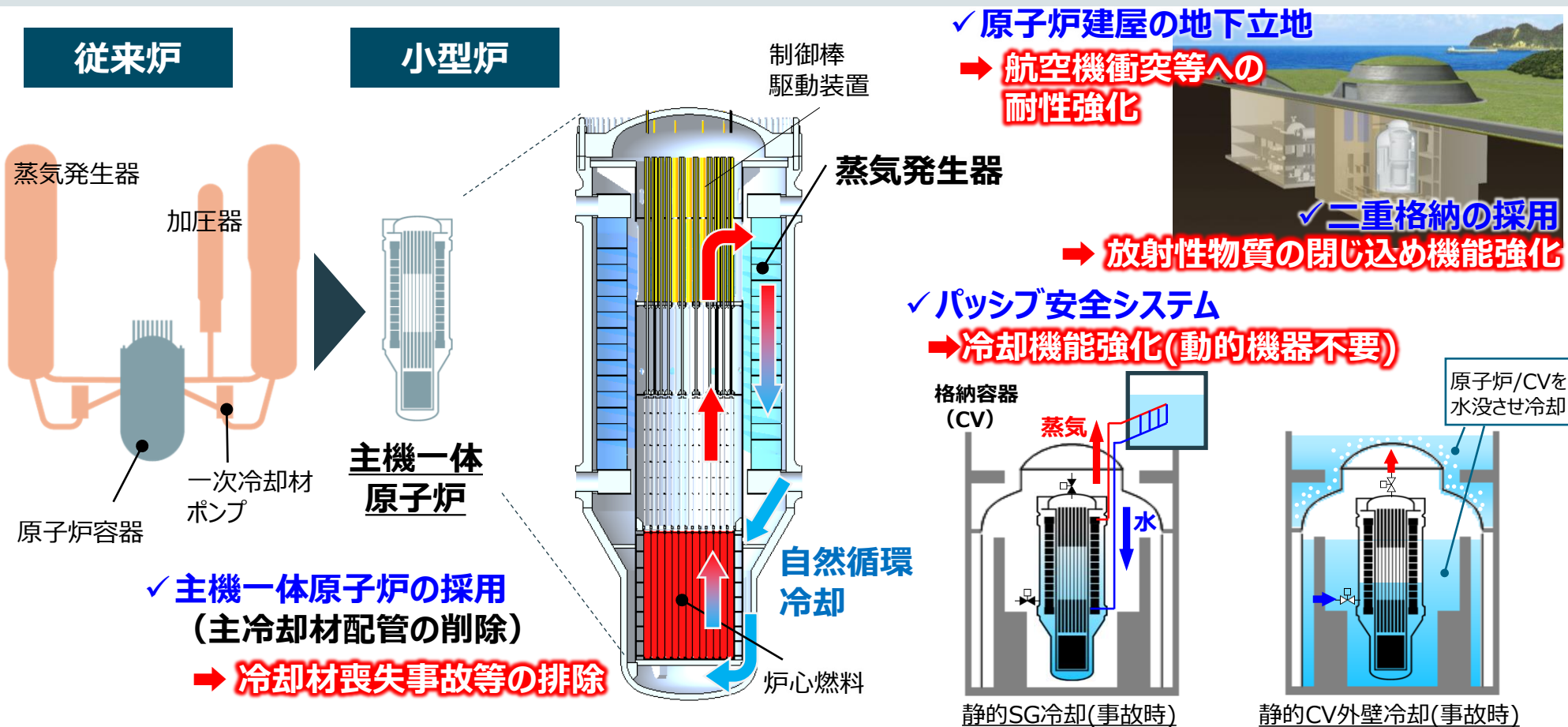
## マイクロ炉

- ✓ 離島・僻地・災害地用電源など多目的利用を可能とするポータブル原子炉
- ✓ 三菱独自設計の全固体原子炉



# 小型軽水炉の開発

- **自然循環冷却**によって冷却材ポンプを不要とし、原子炉容器内に蒸気発生器等を内蔵する**一体型原子炉**を採用して主冷却材配管を削除することにより、**冷却材喪失等の事故発生を原理的に排除**
- 事故時に動的機器を使用しない**パッシブ安全システム**の採用により、**安全性を向上**
- 原子炉建屋を**地下立地**とすることによる**航空機衝突等への耐性強化**や、**二重格納**の採用によって**放射性物質の閉じ込め機能を強化**し、**安全・安心を徹底追及**



✓ **主機一体原子炉の採用**  
(主冷却材配管の削除)  
→ **冷却材喪失事故等の排除**

✓ **原子炉建屋の地下立地**

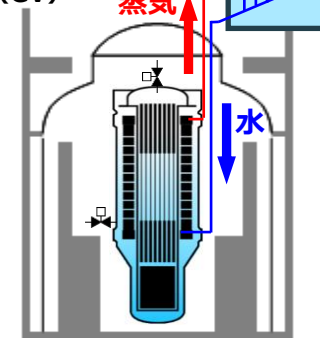
→ **航空機衝突等への耐性強化**

→ **放射性物質の閉じ込め機能強化**

✓ **パッシブ安全システム**

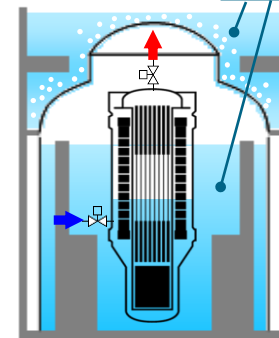
→ **冷却機能強化(動的機器不要)**

格納容器 (CV)



静的SG冷却(事故時)

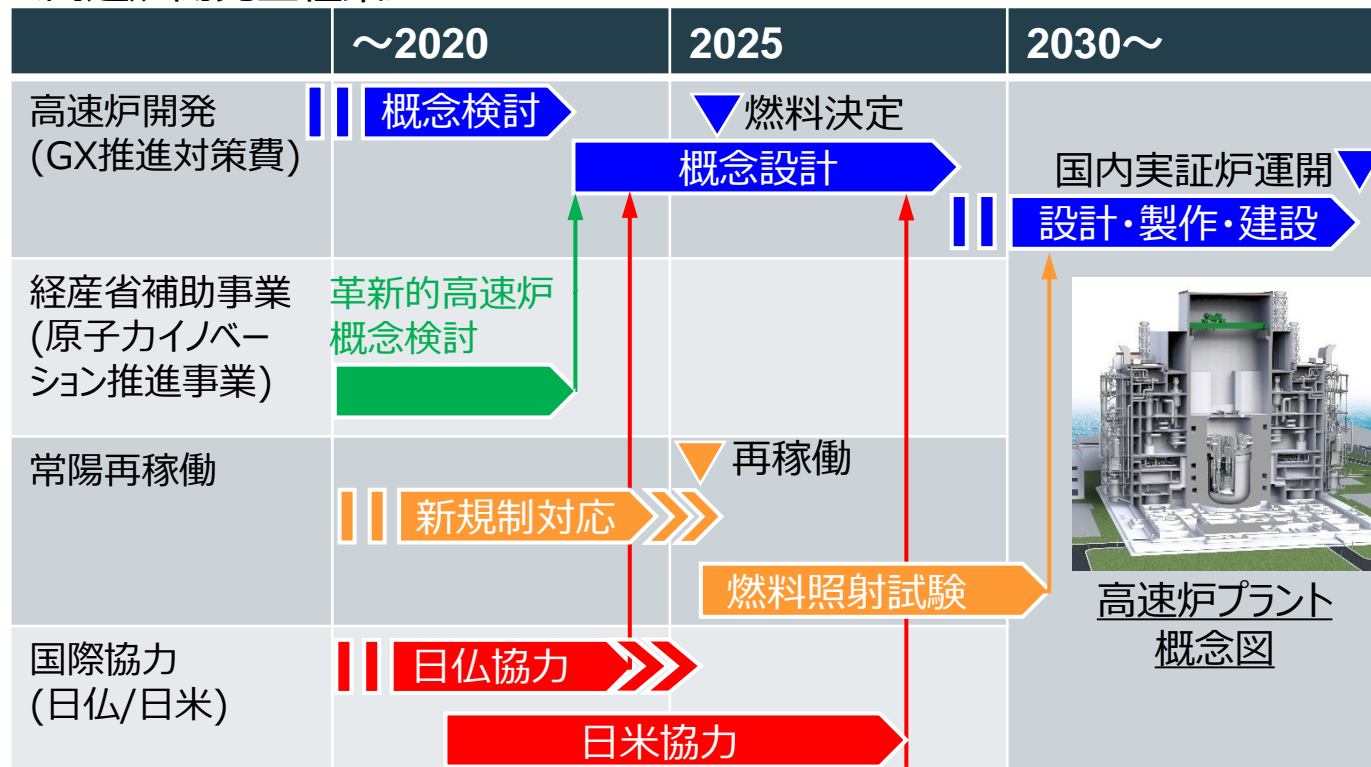
原子炉/CVを水没させ冷却



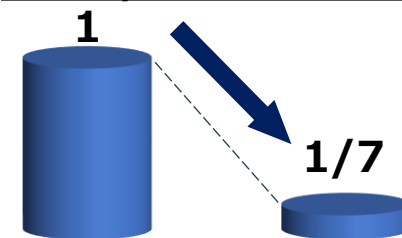
静的CV外壁冷却(事故時)

- 高速炉を加えた燃料サイクルの確立により資源の有効活用が可能。さらに、高速炉利用により **高レベル放射性廃棄物の減容化/有害度低減が可能**
- 当社は、**実証炉開発を担う中核企業に選定され**、2040年代の国内実証炉実現に向け、**高速炉開発を主導**
- また、**常陽**（実証炉向け燃料照射試験を実施予定）の**再稼働に向けてJAEAを全面的に支援**すると共に、**日仏/日米国際協力等の国際協力にも積極的に取組む**

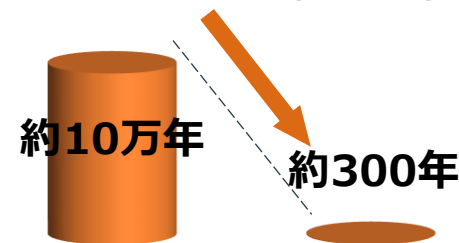
## <高速炉開発工程案>



### 高レベル放射性廃棄物の減容化/有害度低減効果



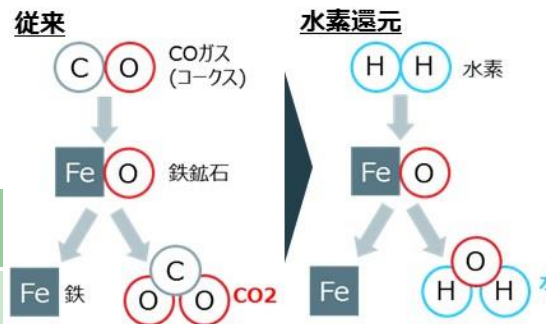
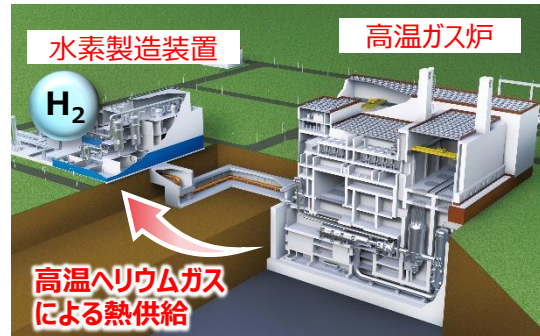
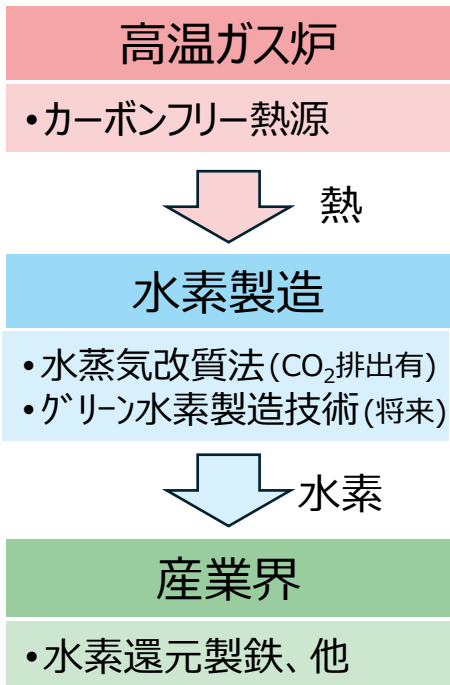
直接処分 高速炉利用  
減容化の効果(体積比)



直接処分 高速炉利用  
有害度低減(\*)の効果

- **超高温(900℃以上)の核熱利用を特徴とする高温ガス炉**を、カーボンフリー高温熱源として利用することで**大規模かつ安定的な水素製造が実現可能**
- 当社は、経産省補助事業で**高温ガス炉概念検討**、工ネ庁委託事業にて**JAEA高温工学試験研究炉(HTRR)を用いた水素製造技術実証/CO<sub>2</sub>フリー水素製造技術の技術調査**を推進中
- 今般、**高温ガス炉実証炉開発事業('23年度~)における中核企業に選定**。'23~25年度の委託事業を経産省より受託し、国内実証炉の開発・設計を中核企業として着実に推進していく

## 高温ガス炉の水素製造利用



## 高温ガス炉 開発ロードマップ<sup>o</sup>(GX推進対策費)

	2020~	2025~	2030~	2040~
①高温ガス炉実証炉	開発・設計・許認可		製作・工事	運転
②HTRR	設計/許認可/工事/実証		CO <sub>2</sub> フリー水素製造法の適用	
③CO <sub>2</sub> フリー技術開発	技術調査・開発(F/S)		技術実証	
水素製造技術実証	水蒸気改質法		CO <sub>2</sub> フリー水素製造法の適用	

経産省補助事業<sup>※2</sup> (概念検討)

- エネルギーセキュリティ（備蓄）、離島・僻地・災害地用電源など**多目的利用を可能とするポータブル原子炉（コンテナ内に収納可能）**を開発中
- 燃料交換が不要で長期間の遠隔・自動運転、メンテナンスフリーを実現
- 高熱伝導体（黒鉛系材料）を用いた**全固体原子炉（環境へのリーク、事故原因を排除）**



三菱マイクロ炉のイメージ図

## 【マイクロ炉の主要仕様】

炉心サイズ	直径1m以下、長さ2m以下
冷却方式	1次系：高熱伝導材による熱伝導 2次系：CO <sub>2</sub> ガス冷却
燃料	HALEU燃料※
熱出力/電気出力	1MWt~/0.3MWe~
継続運転可能期間	10年以上
設計寿命	25年

※ 濃縮度5wt%超~20wt%未満のウラン燃料



離島



僻地・極地



災害地

## 4. 海外分野の取組み

- 仏・米はじめ各国に**豊富な納入実績**あり、引き続き既設プラント向け**取替機器商談を推進**
- 欧州で新設建設が具体化しており、EDFとの協調関係を活かし**主機・ポンプ等の機器供給に注力**

## <機器輸出実績/製作中>

機器名	納入済	製作中
原子炉容器	4	
原子炉容器上蓋	22	
蒸気発生器	31	9*
加圧器	1	
各種ポンプ	41	20
一次冷却材管	29	25
タービン	12	

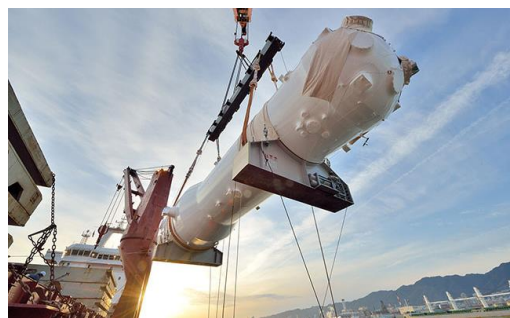
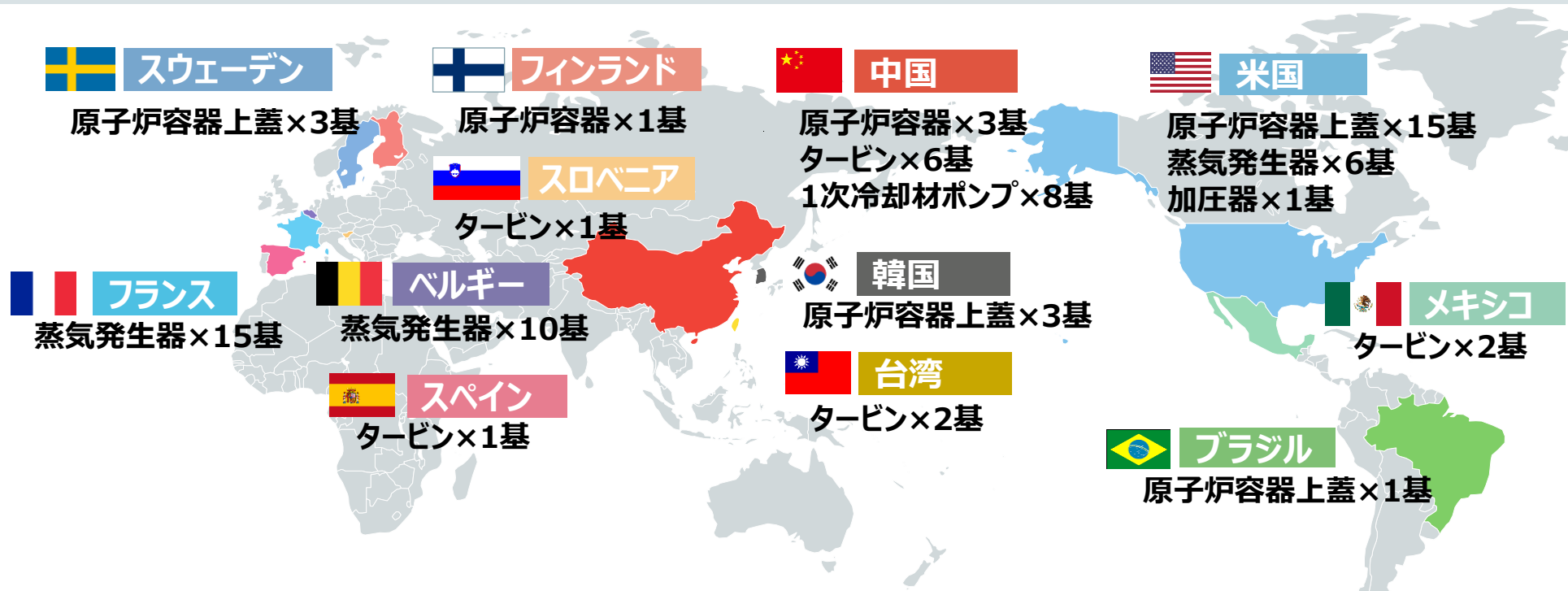


\* '24/1 EDF向け3基製作完了

主要案件	'20~	'25~	'30~
既設向け ・欧州	蒸気発生器取替(9基)	蒸気発生器取替他	
	一次冷却材管取替(54基)		
・他	ポンプ保全	ポンプ保全	
	各種ポンプ	各種ポンプ	
新設プラント ・英国		各種ポンプ	
		蒸気発生器、原子炉容器、 各種ポンプ他	
・EPR新設 (欧州,印)			
・他	各種ポンプ		

➡ : 既受注案件  
➡ : 今後具体化見込み

■ 当社がビジネスパートナー（サプライヤ）とともに培ってきた国産技術・品質は、世界各国で高く評価され、原子力特有の大型・主要機器を中心に多数納入実績あり



## 5. まとめ

- 原子力は確立したカーボンフリーかつ大規模・安定電源であり、安全性の確保を大前提に将来に亘って原子力の活用が必須と認識
- 日本の原子力サプライチェーンは、世界トップレベルの技術・品質を有する貴重な財産。裾野も広く、原子力は技術自給率維持の点からも重要な電源
- 当社は原子力の活用に向け、メーカーとして既設プラント(PWR/BWR)の再稼働・特重設置、再稼働後の安全安定運転の実現/継続的な安全性向上に努めるとともに、燃料サイクルの確立に取り組む
- その上で、世界最高水準の安全性を実現する革新軽水炉“SRZ-1200”の開発・実用化に注力し、カーボンニュートラルとエネルギー安定供給の実現に貢献していく
- 更に、多様化する社会ニーズに対応する将来炉(高速炉、高温ガス炉、小型炉、マイクロ炉)、及び夢のエネルギー源である核融合炉の開発を推進していく

