

資料 8

原子力イノベーションの取組みについて

2021年4月14日
三菱重工業株式会社

- 原子力は**カーボンフリー**かつ**大規模・安定電源**であり、**エネルギーセキュリティ上の観点**も含め**重要なベースロード電源**。**2050年カーボンニュートラルの達成に向け、将来に亘って原子力の活用は必須**
- 原子力技術の継続的な利用に向け、**短・中・長期に亘る開発計画を策定し展開中**
 - **【短期】既設プラント（PWR、BWR）の再稼働/特重※¹設置の推進、燃料サイクルの確立、更に次世代軽水炉により発電分野のCO₂排出を大幅削減**
 - **【中期】多様化する社会ニーズに応じて小型炉、高温ガス炉、高速炉、マイクロ炉を開発・実用化**
 - **【長期】恒久的な“夢のエネルギー源”である核融合炉の実用化へ挑戦**

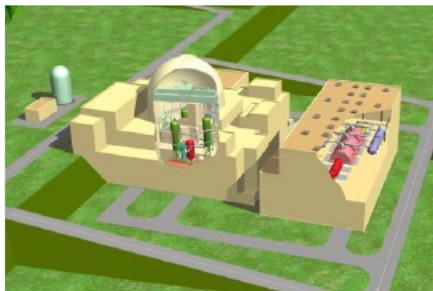


※¹ 特定重大事故等対処施設（特重）：プラントとは完全に独立し、航空機衝突やテロ等の際に安全に運転停止できる大規模施設

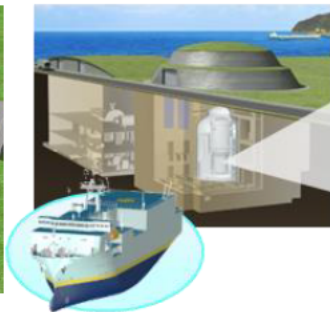
※² ITER計画：核融合炉実験炉実現に向け7極(日、EU、米、露、中、韓、印)政府により進められている大型国際プロジェクト

原子力はカーボンニュートラル実現への切り札であり、**将来のエネルギー安定供給（セキュリティ、技術自給率）の観点から不可欠**との認識の下、**早期市場投入を目指し、革新的な次世代軽水炉開発を推進**。さらに、その先の将来を見据えて**4つの革新炉（将来炉）を開発中**

- **小型軽水炉**は、小規模グリッド向け**発電炉に加えて**、災害時・離島向けの**モバイル電源などに適用する船舶搭載炉**にも展開
- **高温ガス炉**は、**大量かつ安定的な水素供給**が求められる**水素還元製鉄等の産業界の脱炭素化に貢献**すべく、**鉄鋼業界とも連携**して開発
- **高速炉**は、国家プロジェクトや日仏協力で進めてきた**成熟度の高いナトリウム冷却高速炉技術**を**ベース**に、21世紀半ばの高速炉運転開始に向けて開発
- **マイクロ炉**は、**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**として開発



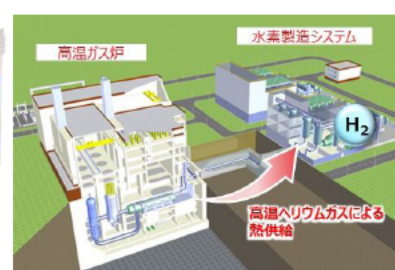
【次世代軽水炉】



【小型軽水炉】



【高温ガス炉】



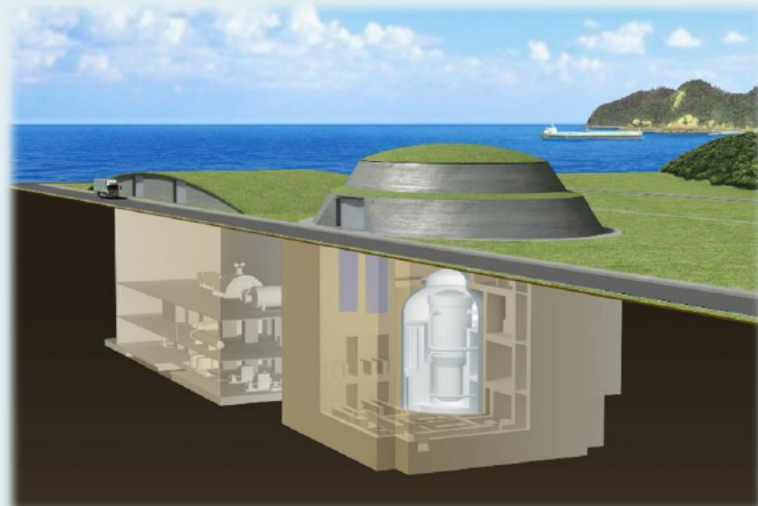
【高速炉】



【マイクロ炉】

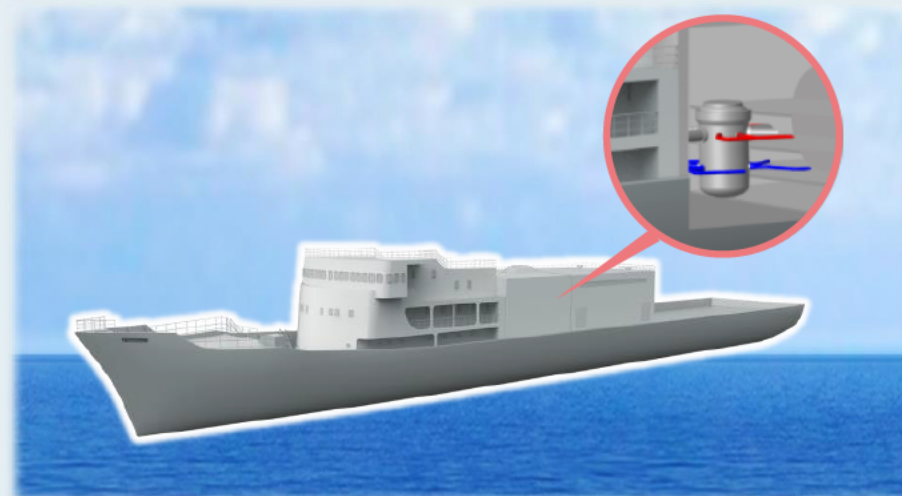
- 大規模グリッドが整備された地域等では、出力規模が大きい中・大型炉の方が発電コスト面で優位となるが、**イニシャルコストが安い分散型電源として小型炉が注目**されている
- これに対応した**小規模グリッド向け発電炉**や、離島向けモバイル電源や災害時非常用電源などに適用する**船舶搭載炉への展開**を見据えて、**自社（国産）技術による小型軽水炉開発を推進中**

発電用小型軽水炉
(～30万kW)



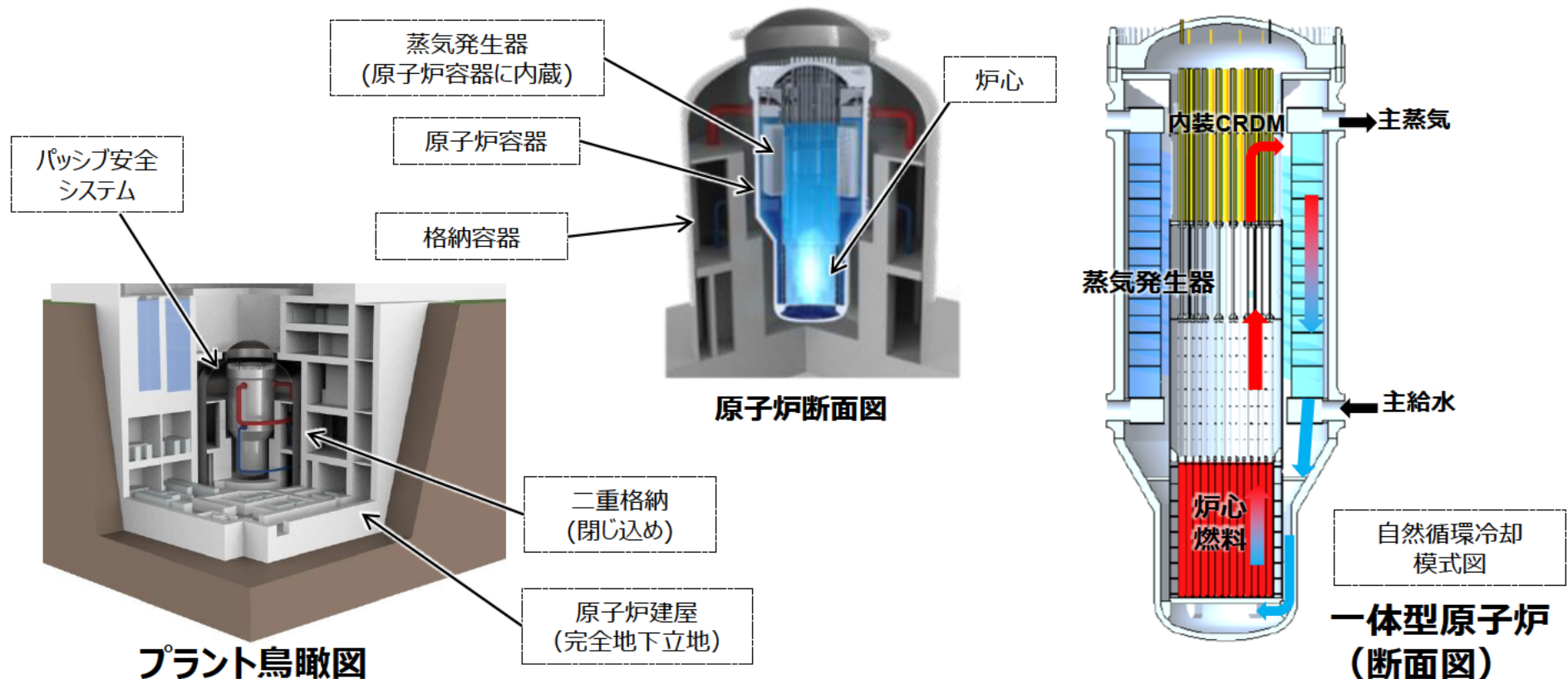
- 原子炉内自然循環による炉心冷却
- 外部電源を必要としない静的安全システム
- 完全地下立地による災害/テロ耐性強化
- 二重格納等を採用した安全・安心の追及

船舶搭載用小型軽水炉
(～3万kW)



- モバイル利用を実現する更にコンパクトな原子炉
- メンテナンスを最少化する長寿命炉心
- 海上運用を想定した揺動/傾斜対策

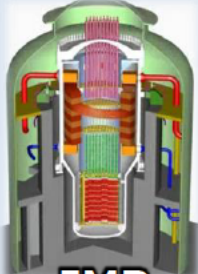
- **自然循環冷却**によって冷却材ポンプを不要とし、原子炉容器内に蒸気発生器等を内蔵する**一体型原子炉**を採用して主冷却材配管を削除することにより、**冷却材喪失等の事故発生を原理的に排除**
- 事故時に動的機器を使用しない**パッシブ安全システム**の採用により、**安全性を向上**
- 原子炉建屋を**完全地下立地**とすることによる**航空機衝突等への耐性強化**や、**二重格納**の採用によって**放射性物質の閉じ込め機能を強化**し、**安全・安心を徹底追及**



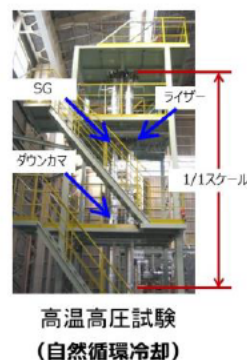
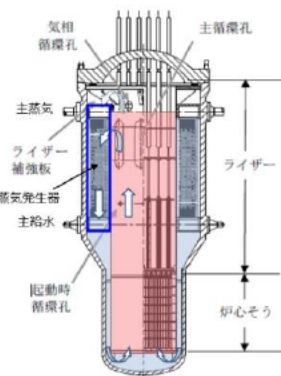
小型軽水炉の開発（3/3）～開発実績～

- 国内PWR24基の設計・建設・保守を通じて培った**三菱PWR技術**をベースに、**2000年代から一体型モジュラー炉（IMR※1）の開発**を行い、自然循環冷却試験、安全システム検証試験等によって**開発に必要な要素技術を実証**

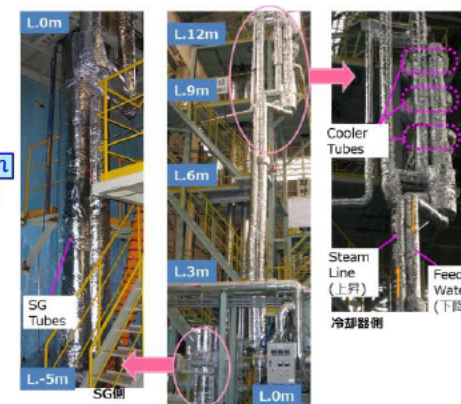
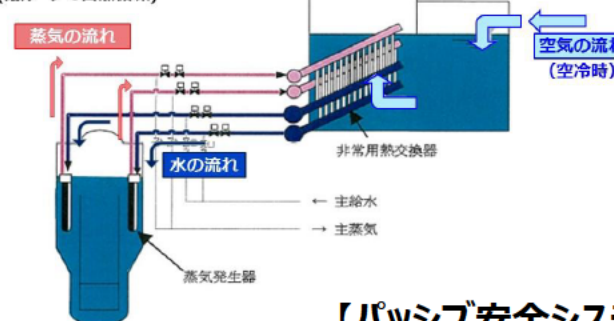
※1 IMR: **I**ntegrated **M**odular **W**ater **R**eactor
- これらの開発経験・知見に基づき、**多目的利用を実現する小型軽水炉を展開**

	～1990	2001～2011	2019～	2040～
国産小型軽水炉 技術開発の 実績と展開	「むつ」の 開発/運転  原子力船むつ	一体型モジュラー炉（IMR）の 開発/概念設計 (国プロ/電共研※2)  IMR ※2 経済産業省公募事業、 日本原子力発電殿委託等	多目的利用を実現する 小型軽水炉開発  発電用小型軽水炉	実用化への展開  船舶搭載用小型軽水炉

要素技術試験の実施例



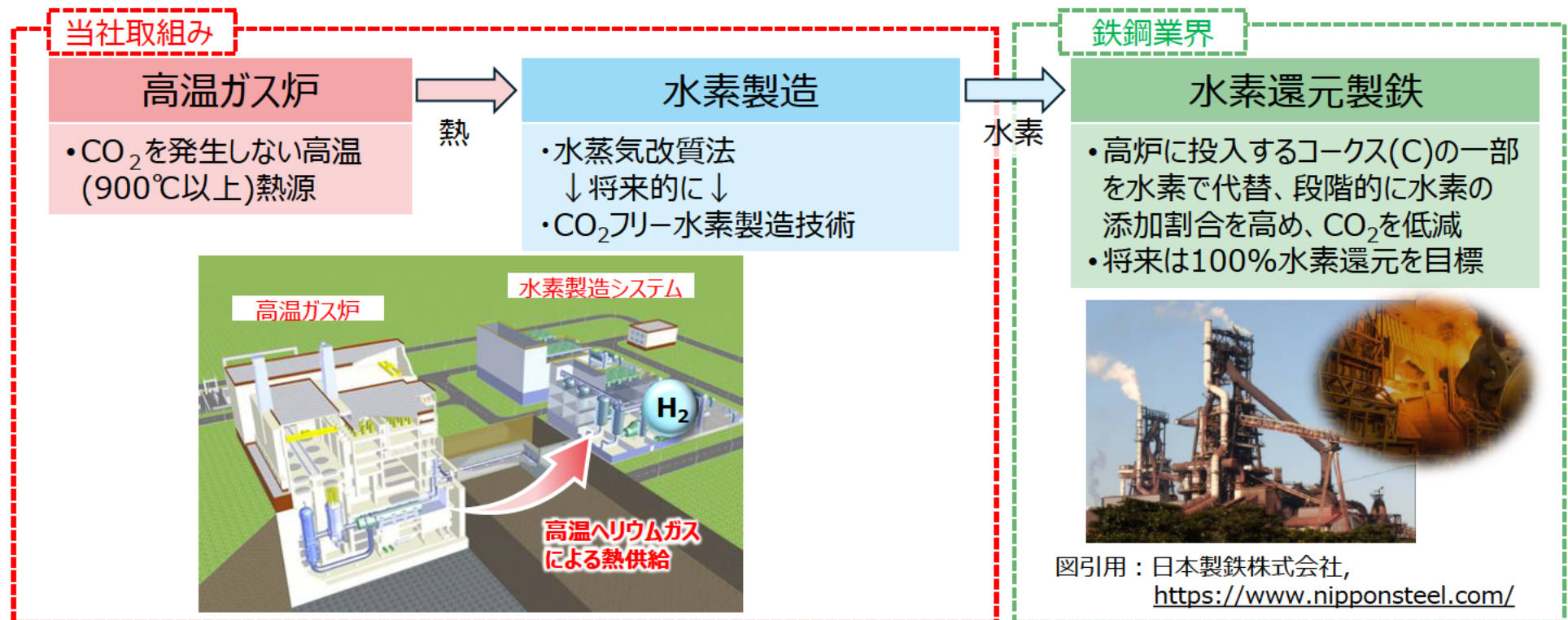
自立型直接除熱の構成図
(閉ループで自然循環)



【原子炉自然循環冷却試験】

【パッシブ安全システム検証試験】

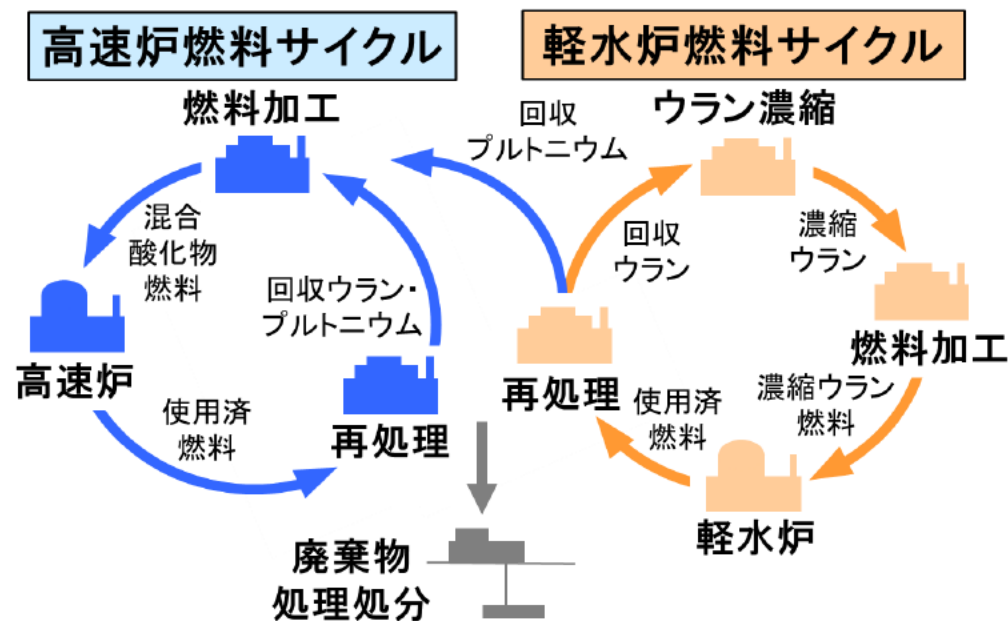
- 高温ガス炉は、**超高温（900℃以上）の核熱利用※1を特徴**とし、原子力エネルギーを**高温熱源として利用可能**。また、万一の事故により冷却材を失った場合でも、炉心の熱が原子炉外表面から自然に放熱・除去され、**炉心溶融を起こさない優れた安全性（固有の安全性）**を有する
※1：日本の高温ガス炉技術は、**世界最高の950℃を達成**しており、**他国に比べて優位な技術を保有**
- 当社は水素製造に必要な熱源を供給する高温ガス炉を開発、**大量かつ安定的な水素製造を実現し、鉄鋼業界※2をはじめとした産業界の脱炭素化に貢献**
※2：鉄鋼業界では、水素還元製鉄への転換を目指した取組みが進められており、その実現には大量の水素が必要



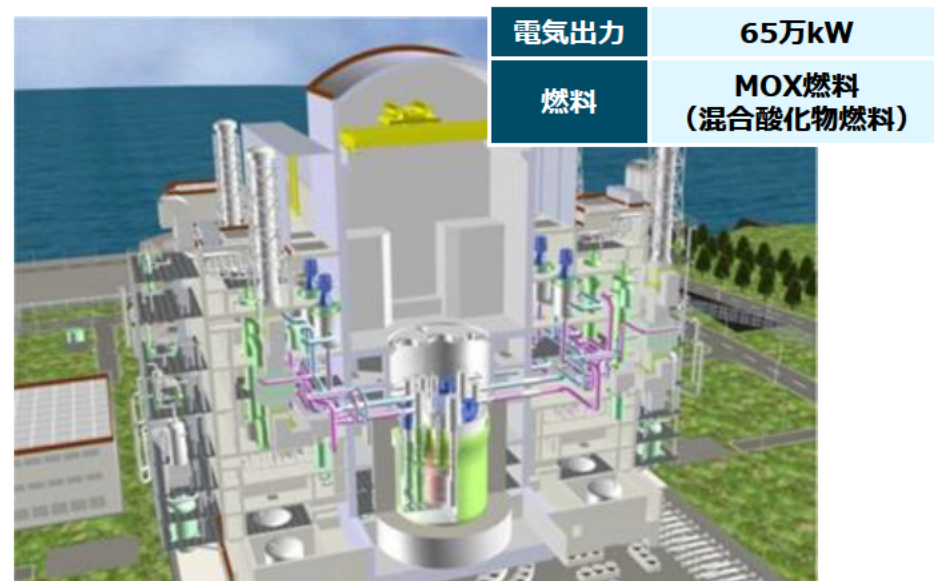
- 国は、核燃料サイクル政策の下、**資源有効利用、高レベル放射性廃棄物の減容化、有害度の低減**の観点から引き続き、**高速炉開発を推進**していく方針
- 当社は、1970年代から実験炉“常陽”、原型炉“もんじゅ”開発、建設等の国家プロジェクトに参画。2007年に**国の高速炉開発の中核企業に選定**されて以降、最も実績がある**MOX燃料※1ナトリウム冷却高速炉**を念頭に高速炉開発を推進
- **日仏国際協力にも参画**し、ここで得た知見をベースに、厳しい地震条件などを考慮した国内にも適用可能な**日本独自のプラント概念を開発中**

※1 MOX（混合酸化物；Mixed Oxide）燃料：使用済燃料の再処理から得られるプルトニウムとウランを混合した燃料

高速炉開発の意義



高速炉プラント概念（例）



(経済産業省からの受託事業である“高速炉の国際協力等に関する技術開発”の成果を含みます)

- 将来の高速炉ニーズの多様化の観点から、**国産技術に基づいて、柔軟にスケールアップが可能な小型ナトリウム冷却高速炉概念の開発**に着手
- 高速炉の安全性・信頼性を高める**革新技術**として、**燃焼性を抑制するナノ流体ナトリウム**や**金属粒子燃料**などを適用
- **有望な技術はこれまで検討してきた日本独自のプラント概念にも反映し、高速炉開発ロードマップ（2018年2月閣議決定）で掲げられた今世紀半ばの現実的なスケールの高速炉運転開始の実現に向けて高速炉開発を推進**

これまでの高速炉技術開発

2019～

2024～

東日本大震災

高速炉開発ロードマップ

プラント概念の絞り込み

(国家プロジェクト)

常陽/もんじゅ建設

実証炉研究

実用化研究

中核企業選定

MOX燃料ナトリウム冷却高速炉

21世紀半ばに向けた現実的なスケールの高速炉概念

概念設計

技術・知見の活用

(日仏協力)

ASTRID※1

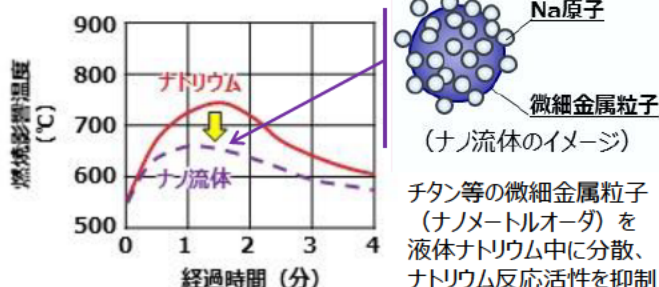
新たな日仏協力

革新技術による高速炉開発

(検討例)

※1 ASTRID：仏国ナトリウム冷却高速炉実証炉計画

ナノ流体ナトリウムによる燃焼度抑制（イメージ）



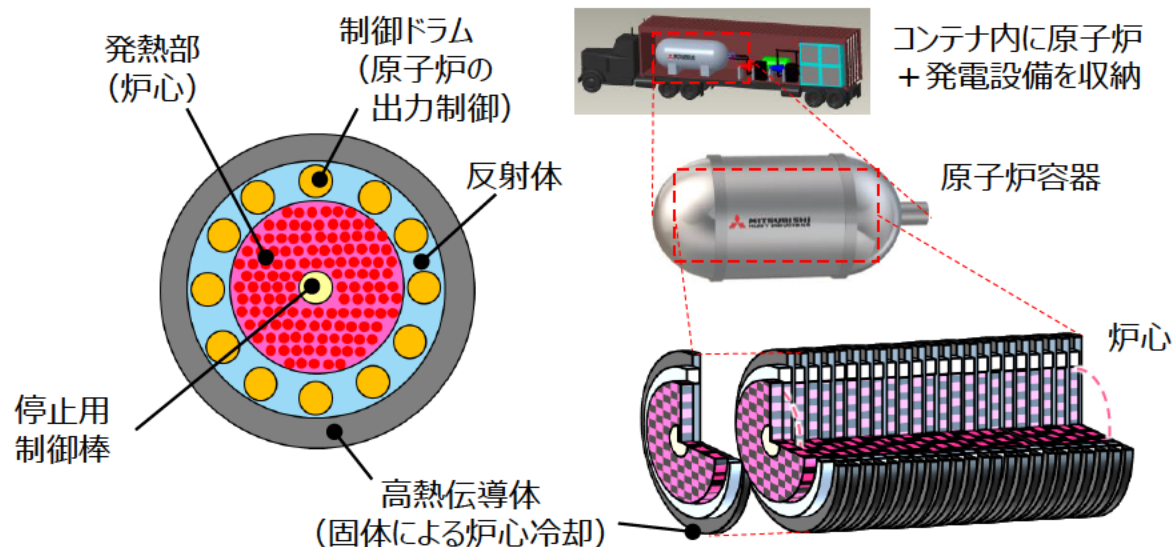
小型ナトリウム冷却高速炉
主要目

電気出力	20万kW
燃料	金属粒子燃料

20万kWをベースに、40万、60万、
～100万kWまでスケールアップ可能

- エネルギーセキュリティ（備蓄）、離島・僻地・災害地用電源、宇宙開発など**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）**
- 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※1を用いた**全固体原子炉（環境へのリーク、事故原因を排除）**

※1 黒鉛系材料



MOVE THE WORLD FORWARD

**MITSUBISHI
HEAVY
INDUSTRIES
GROUP**