経済産業省

資料１

次世代革新炉の現状と今後について

令和６年10月22日

資源エネルギー庁

１．次世代革新炉を巡る関係審議会での議論

２．次世代革新炉の国際動向

３．次世代革新炉の開発・建設に向けた取組状況
（１）革新軽水炉
（２）小型軽水炉
（３）高速炉
（４）高温ガス炉
（５）核融合

前回開催以降、次世代革新炉を巡る関係審議会での議論　概要

- 中東情勢の緊迫化等を背景とする化石燃料依存のエネルギー供給のリスク、将来的なDXの進展による電力需要増大の可能性を踏まえ、**脱炭素電源投資の重要性が増している**。原子力についても、脱炭素電源として、**再稼働を着実に進める**こと、**次世代革新炉への建て替えの具体化を進める**ことが必要。

- 本年5月以降、**エネルギー基本計画の改定**に向けて、総合資源エネルギー調査会の各分科会、小委員会においても具体的な検討を開始。原子力小委員会においても、GX推進戦略の内容も踏まえ、**既設炉の最大限活用と次世代革新炉の開発・建設を具体的に進めていく**にあたって、議論が行われている。

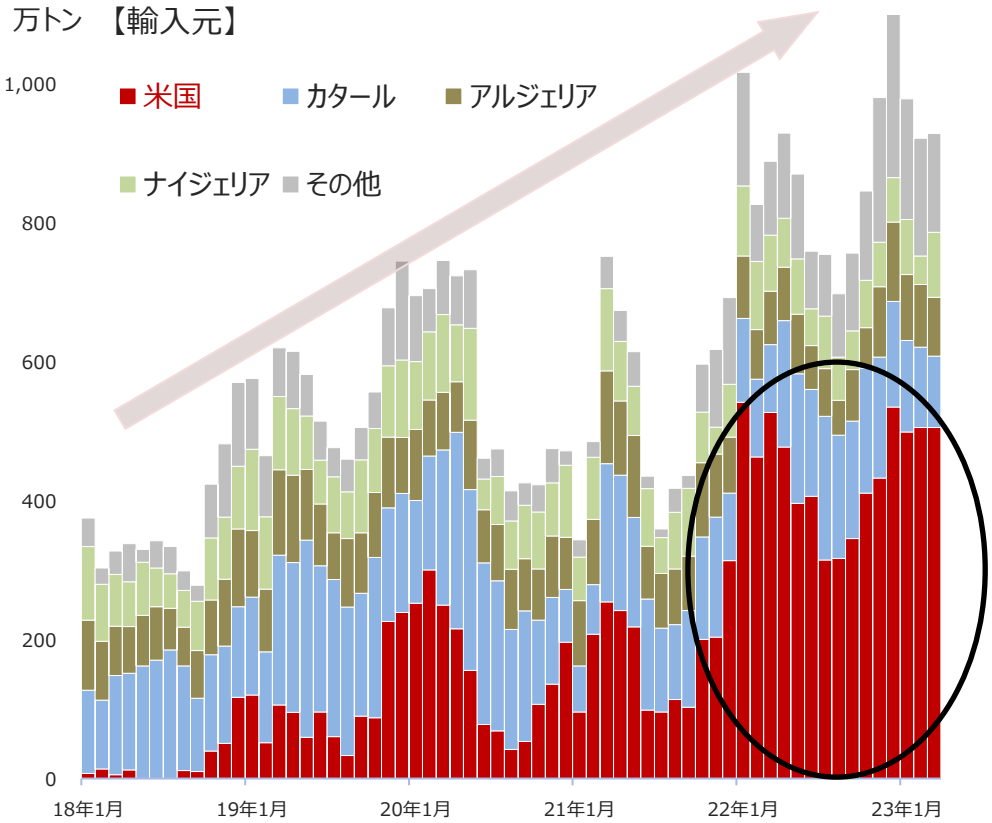
- また、次世代革新炉の1つである核融合については、 本年8月に「第7回イノベーション政策強化推進のための有識者会議『核融合戦略』」が開催され、**「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」の改訂に向けた議論が開始**されたところ。

2024.5.15 第55回
総合資源エネルギー調査会
基本政策分科会 資料１

【参考】ロシアによるウクライナ侵略に伴うエネルギー危機

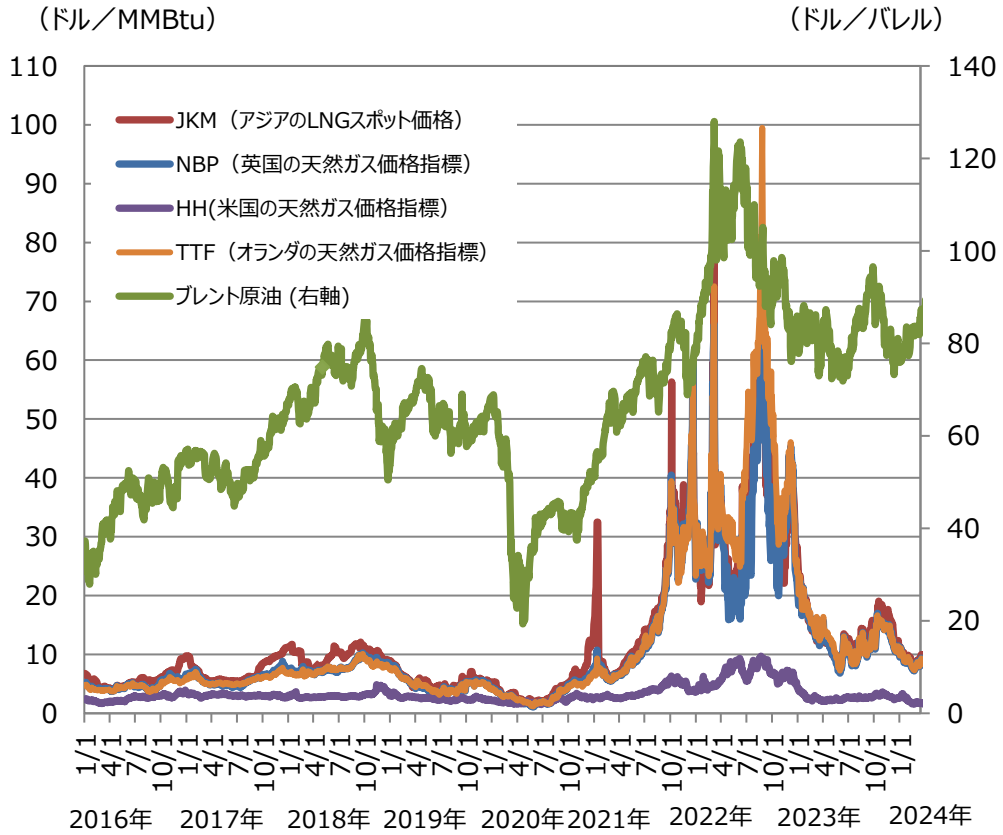
- ロシアによるウクライナ侵略以降、**世界的にLNGの需給ひっ迫・価格高騰**が発生。
- このような中、**EUはLNGの輸入量を増加させている。特に、米国からEUへの輸入量が増加**。
- **LNGのアジア価格**（JKM）は2019年頃と比較すると **2022年は平均で約6倍の歴史的高値水準。**

欧州（EU＋英国）のLNG輸入状況



米国からのLNG輸入量が増加

LNG価格の推移



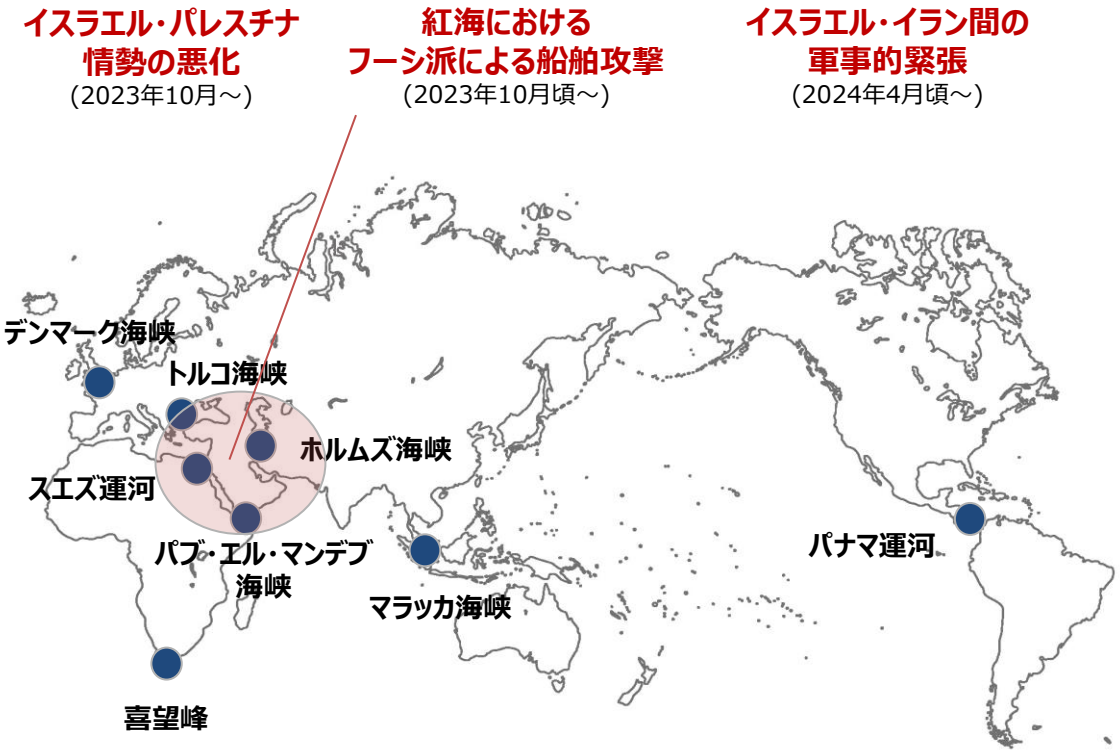
（出典）「エネルギー白書2023」から抜粋

【参考】中東情勢の緊迫化

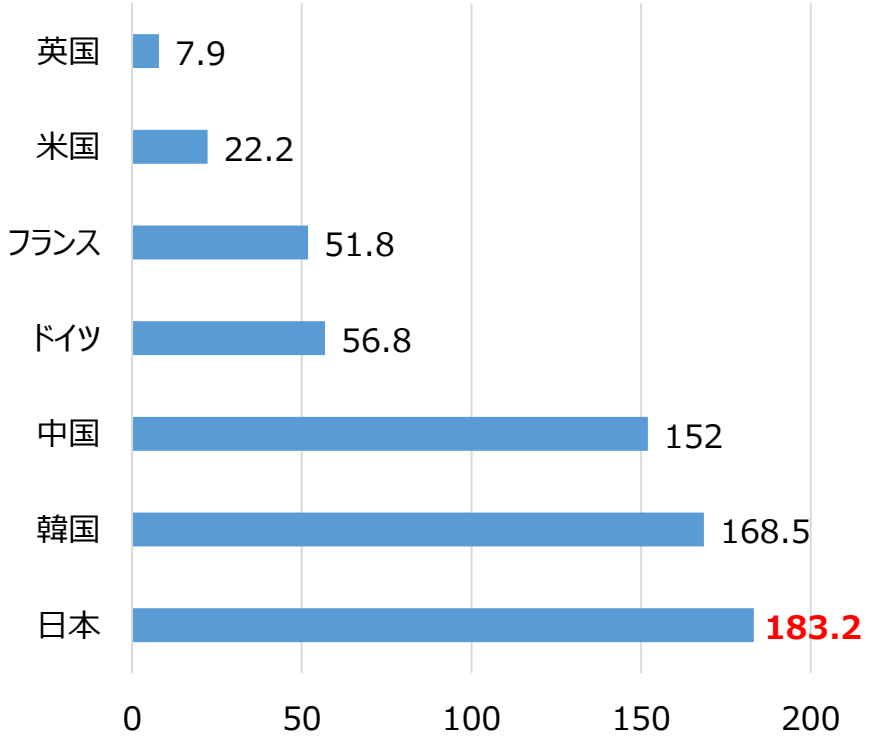
2024.5.13 第11回
GX実行会議 資料１

- イスラエル・パレスチナ情勢の悪化や、イスラエル・イラン間の軍事的緊張関係が上昇。
- 原油の約9割以上を中東からの輸入に依存する我が国にとって、チョークポイントが集結する中東地域の情勢悪化はエネルギー安全保障に直結し、我が国産業競争力に大きな影響。

中東情勢の緊迫化



チョークポイント※比率の国際比較（2021年）



（※）チョークポイント比率は、チョークポイントを通過する各国の輸入原油の数量を合計し、総輸入量に対する割合を計算したもの。一般に、チョークポイント比率が低いほど、チョークポイント通過せずに輸入できる原油が多いため、リスクが低い。

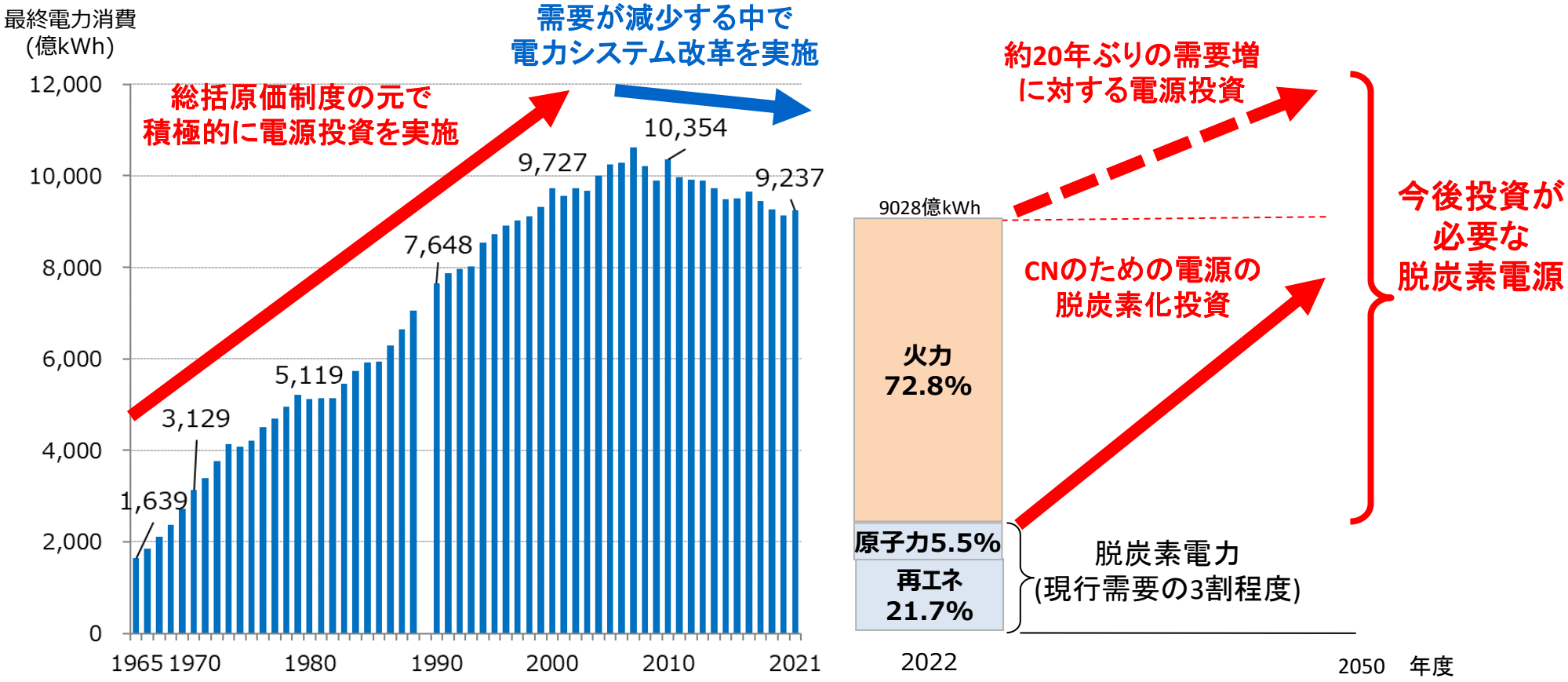
（出所）『エネルギー白書2023』を基に作成。

【参考】脱炭素電源投資の重要性

2024.5.13 第11回GX実行会議
資料１（一部時点修正）

- 半導体工場の新規立地、データセンター需要に伴い、国内の電力需要が約20年ぶりに増加していく見通し。2050CNに向けた脱炭素化とあいまって、 大規模な電源投資が必要な時代に突入。これまでの電力システム改革時には必ずしも想定されていなかった状況変化が生じている。
- 脱炭素電源の供給力を抜本的に強化しなければ、脱炭素時代における電力の安定供給の見通しは不透明に。

※電力広域的運営推進機関は、2024年度から29年度にかけて電力需要が年率0.6%程度で増加する見通しを公表（2024年1月）。



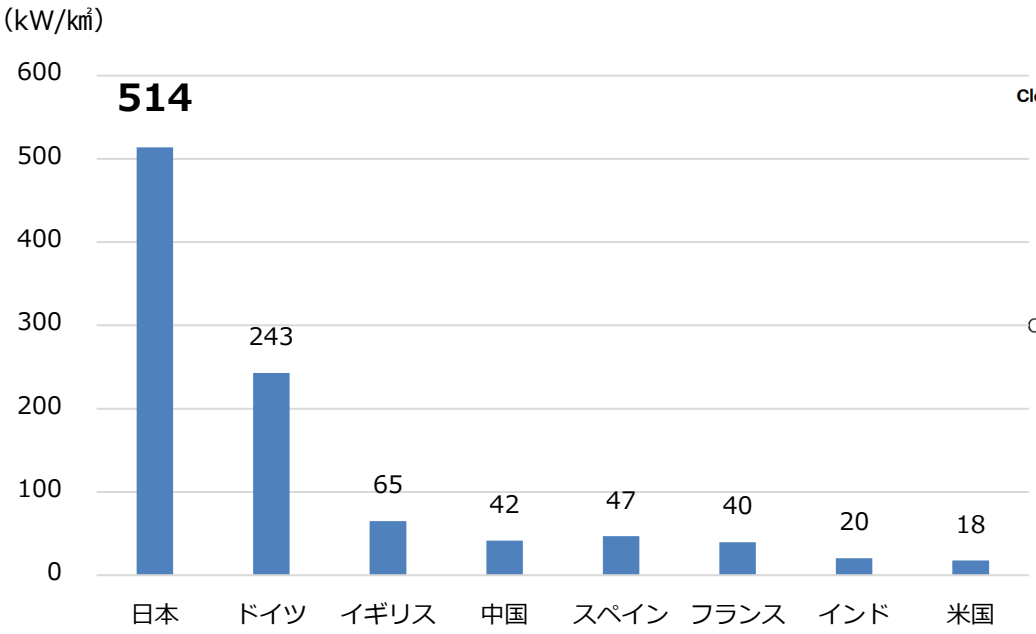
（出所）総合エネルギー統計

【参考】デジタル・インフラとしての脱炭素電力

2024.5.13 第11回
GX実行会議 資料１

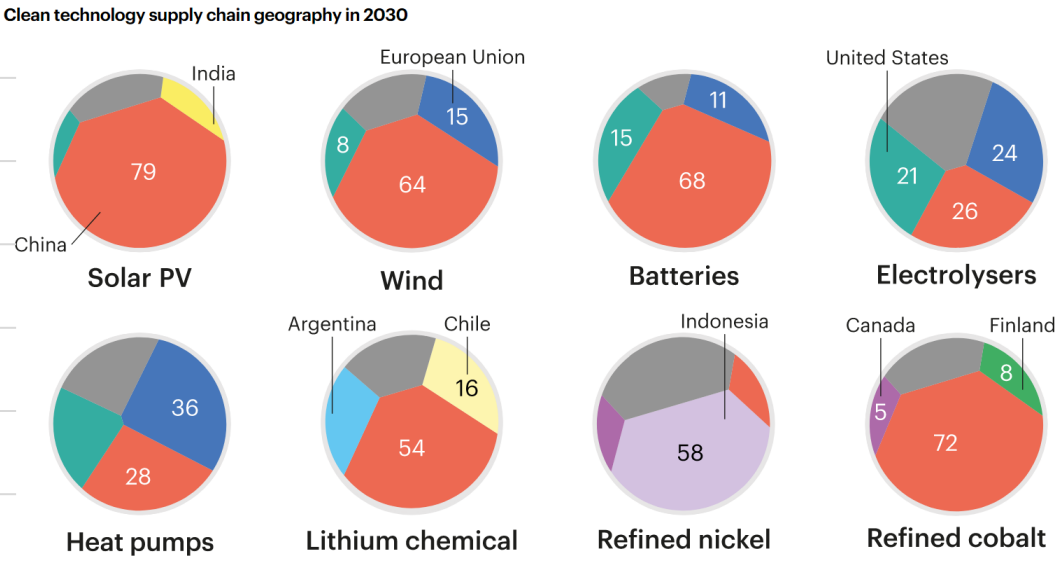
- AI・データセンターによる計算能力拡大と、その計算能力を活用した産業活動のデジタル制御など、DXの前提としても、脱炭素電力の供給拡大が不可欠。
- 再エネは、2012年以降のFIT制度による投資拡大等により、平地あたり導入量世界３位と増加。地域との共生や、関連技術の特定国への依存といった顕在化する懸念に応えつつ、更なる導入加速を進めていく必要。
  次世代型太陽電池（ペロブスカイト）や浮体式洋上風力の社会実装化など、主力電源化への取組を進める。
- 原子力は、脱炭素電源の量・価格両面から、再稼働を着実に進めることが急務。（原子力1基稼働により、約1000億円弱の燃料費削減効果（第２回GX実行会議試算））次世代革新炉への建替の具体化も必要。

【平地面積あたりの太陽光設備容量】



（出所）外務省HP（https://www.mofa.go.jp/mofaj/area/index.html）、Global Forest Resources Assessment 2020（http://www.fao.org/3/ca9825en/CA9825EN.pdf）
IEA Renewables 2022、IEAデータベース、2021年度エネルギー需給実績(確報)、FIT認定量等より作成
※平地面積は、国土面積から、Global Forest Resources Assessment 2020の森林面積を差し引いて計算したもの。

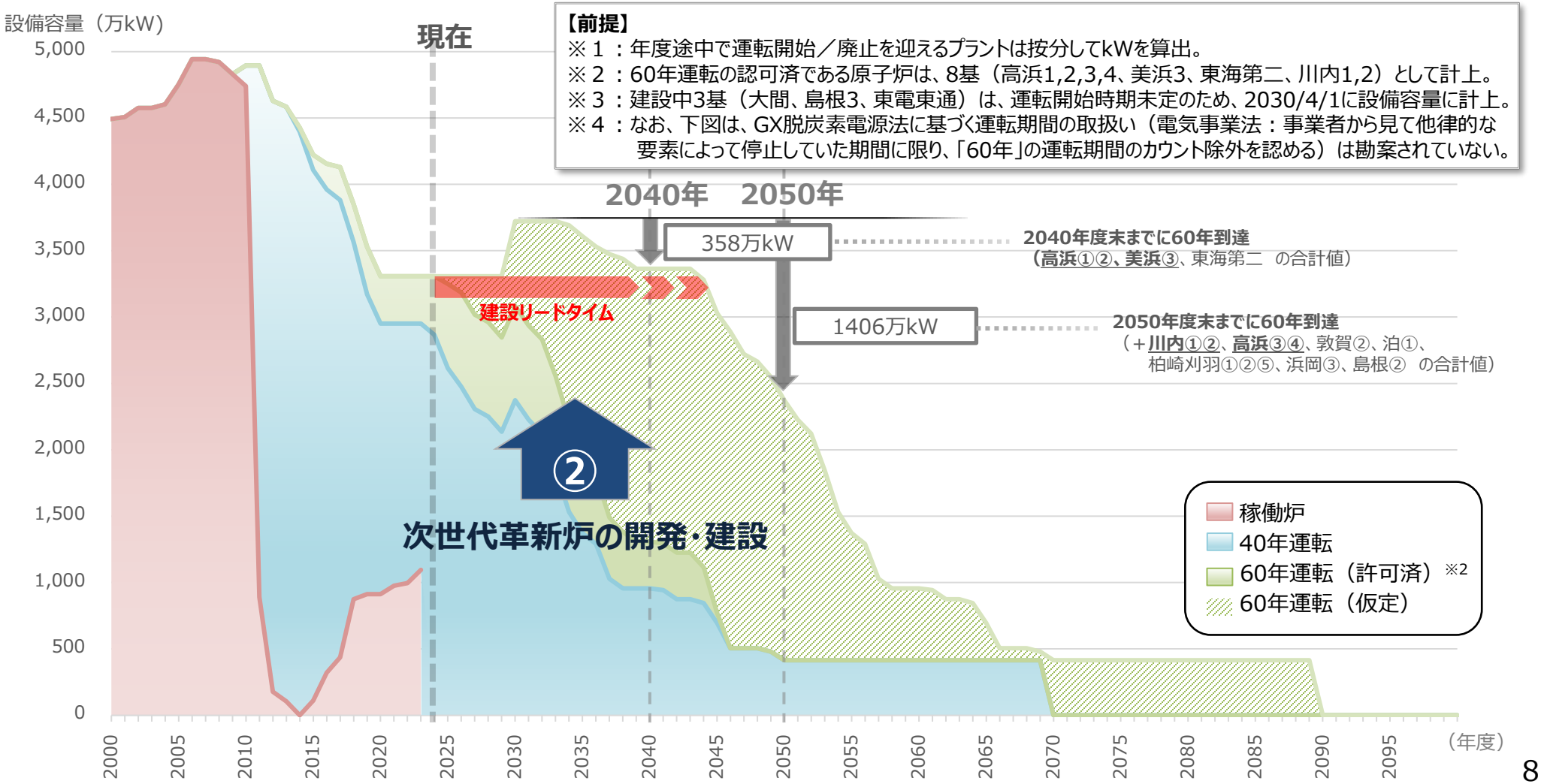
【環境関連技術の国際サプライチェーンの見通し（IEA）】



（注）数字は2030年の国別製造能力のシェア（%）。計画段階のものを含む。
（出所）IEA World Energy Outlook 2023

②次世代革新炉の開発・建設

- GX推進戦略（昨年7月閣議決定）では、「**原子力の安全性向上を目指し、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**」、「**地域の理解確保を大前提に、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**」を対象として、具体化を進めていくとされている。



【参考】電源種別の建設リードタイム（イメージ）

2024.6.25 第39回
原子力小委員会 資料１

※上記の期間は、長期脱炭素電源オークションの制度設計のため、一定程度保守的に見積もった数字であり、実際の建設リードタイムは増減する場合もある。

出所：事業者ヒアリング等により資源エネルギー庁作成

2024.6.25 第39回
原子力小委員会 資料１

【参考】次世代革新炉の種類（各事業者による開発コンセプト）

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

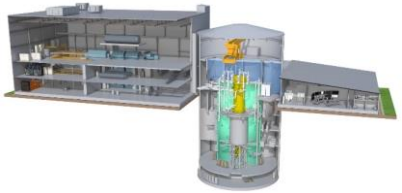
◆ 三菱重工業
（SRZ-1200）

○特長
- ✓ 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

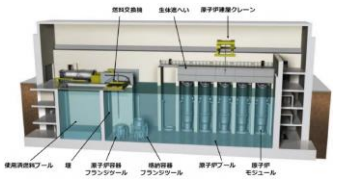
○課題
- ✓ 初期投資の負担
- ✓ 建設長期化の場合のファイナンスリスク

SMR（小型モジュール炉）

現行炉と比べて小型の軽水炉



◆ GE日立（BWRX-300）



◆ NuScale（VOYGR）

○特長
- ✓ 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

○課題
- ✓ 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

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

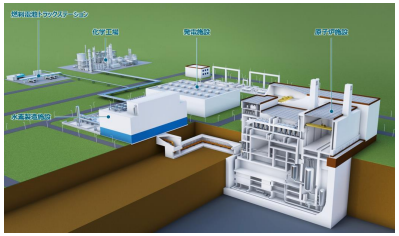
◆ 三菱重工業（実証炉）

○特長
- ✓ 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

○課題
- ✓ 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

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



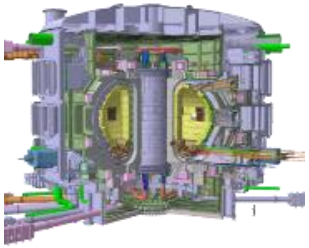
◆ 三菱重工業（実証炉）

○特長
- ✓ 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）

○課題
- ✓ 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

核融合

核分裂反応ではなく、核融合反応から熱を得る炉



◆ ITER（実験炉）

○特長
- ✓ 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

○課題
- ✓ プラズマの維持の困難性、主要機器の開発・設計（実用化には相応の時間が必要）
- ✓ エネルギー密度・経済性の向上

「第6次エネルギー基本計画」（令和3年10月22日 閣議決定）

※原子力関係部分抜粋

６．２０５０年カーボンニュートラルの実現に向けた産業・競争・イノベーション政策と一体となった戦略的な技術開発・社会実装等の推進

⑦原子力産業

原子力については、引き続き、万が一の事故のリスクを下げていくため、**過酷事故対策を含めた軽水炉の一層の安全性・信頼性・効率性の向上に資する技術の開発を進めると同時に、放射性廃棄物の有害度低減・減容化、資源の有効利用による資源循環性の向上、再生可能エネルギーとの共存、カーボンフリーな水素製造や熱利用といった多様な社会的要請に応えていく**。

現行軽水炉では、中露が政府ファイナンスをバックに市場を席巻しており、米英加を始めとした先進国では小型炉、革新炉に活路を見出し、２０３０年前後の商用化を目指して大規模政府予算を投入して研究開発を加速している。こうした海外動向も踏まえ、**海外の開発プロジェクトに高い製造能力を持つ日本企業も連携して参画する**とともに、国内においても、**水素製造を含めた多様な産業利用が見込まれ、固有の安全性を有する高温ガス炉を始め、安全性等に優れた炉の追求など、将来に向けた原子力利用の安全性・信頼性・効率性を抜本的に高める新技術等の開発や人材育成を進める**。このような取組を支えるため、人材育成や研究開発等に必要な試験研究炉の整備を含め、産学官の垣根を越えた人材・技術・産業基盤の強化を進める。その際、関係省庁が連携して、大学等と地域社会との連携、人材育成等について、先進的な取組や研究成果の横展開・議論を行い、知見・技術の社会実装等も推進する。

具体的な研究開発を進めるに当たっては小型モジュール炉や溶融塩炉を含む革新的な原子炉開発を進める米国や欧州の取組も踏まえつつ、国は長期的な開発ビジョンを掲げ、民間は創意工夫や知恵を活かしながら、多様な技術間競争と国内外の市場による選択を行うなど、戦略的柔軟性を確保して進める。また、**核融合エネルギーの実現に向け、国際協力で進められているトカマク方式のＩＴＥＲ計画や幅広いアプローチ活動については、サイトでの建設や機器の製作が進展しており、引き続き、長期的視野に立って着実に推進するとともに、技術の多様性を確保する観点から、ヘリカル方式・レーザー方式や革新的概念の研究を並行して推進する**。さらに、**放射性廃棄物の減容化・有害度低減や、安定した放射性廃棄物の最終処分に必要となる技術開発等を進める**。

こうした取組により、**２０３０年までに、民間の創意工夫や知恵を活かしながら、国際連携を活用した高速炉開発の着実な推進、小型モジュール炉技術の国際連携による実証、高温ガス炉における水素製造に係る要素技術確立等を進めるとともに、ＩＴＥＲ計画等の国際連携を通じ、核融合研究開発を着実に推進する**。

「GX実現に向けた基本方針」（令和5年2月10日 閣議決定）

※原子力関係部分抜粋

３）原子力の活用

原子力は、その活用の大前提として、国・事業者は、東京電力福島第一原子力発電所事故の反省と教訓を一時たりとも忘れることなく、「安全神話からの脱却」を不断に問い直し、規制の充足にとどまらない自主的な安全性の向上、事業者の運営・組織体制の改革、地域の実情を踏まえた自治体等の支援や避難道の整備など防災対策の不断の改善等による立地地域との共生、国民各層とのコミュニケーションの深化・充実等に、国が前面に立って取り組む。

その上で、CO2を排出せず、出力が安定的であり自律性が高いという特徴を有する原子力は、安定供給とカーボンニュートラルの実現の両立に向け、エネルギー基本計画に定められている2030年度電源構成に占める原子力比率20~22%の確実な達成に向けて、いかなる事情より安全性を優先し、原子力規制委員会による安全審査に合格し、かつ、地元の理解を得た原子炉の再稼働を進める。

エネルギー基本計画を踏まえて原子力を活用していくため、原子力の安全性向上を目指し、**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**。そして、地域の理解確保を大前提に、**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対象として、六ヶ所再処理工場の竣工等のバックエンド問題の進展も踏まえつつ具体化を進めていく**。**その他の開発・建設は、各地域における再稼働状況や理解確保等の進展等、今後の状況を踏まえて検討していく**。あわせて、安全性向上等の取組に向けた必要な事業環境整備を進めるとともに、**研究開発や人材育成、サプライチェーン維持・強化に対する支援を拡充する**。また、**同志国との国際連携を通じた研究開発推進**、強靱なサプライチェーン構築、原子力安全・核セキュリティ確保にも取り組む。

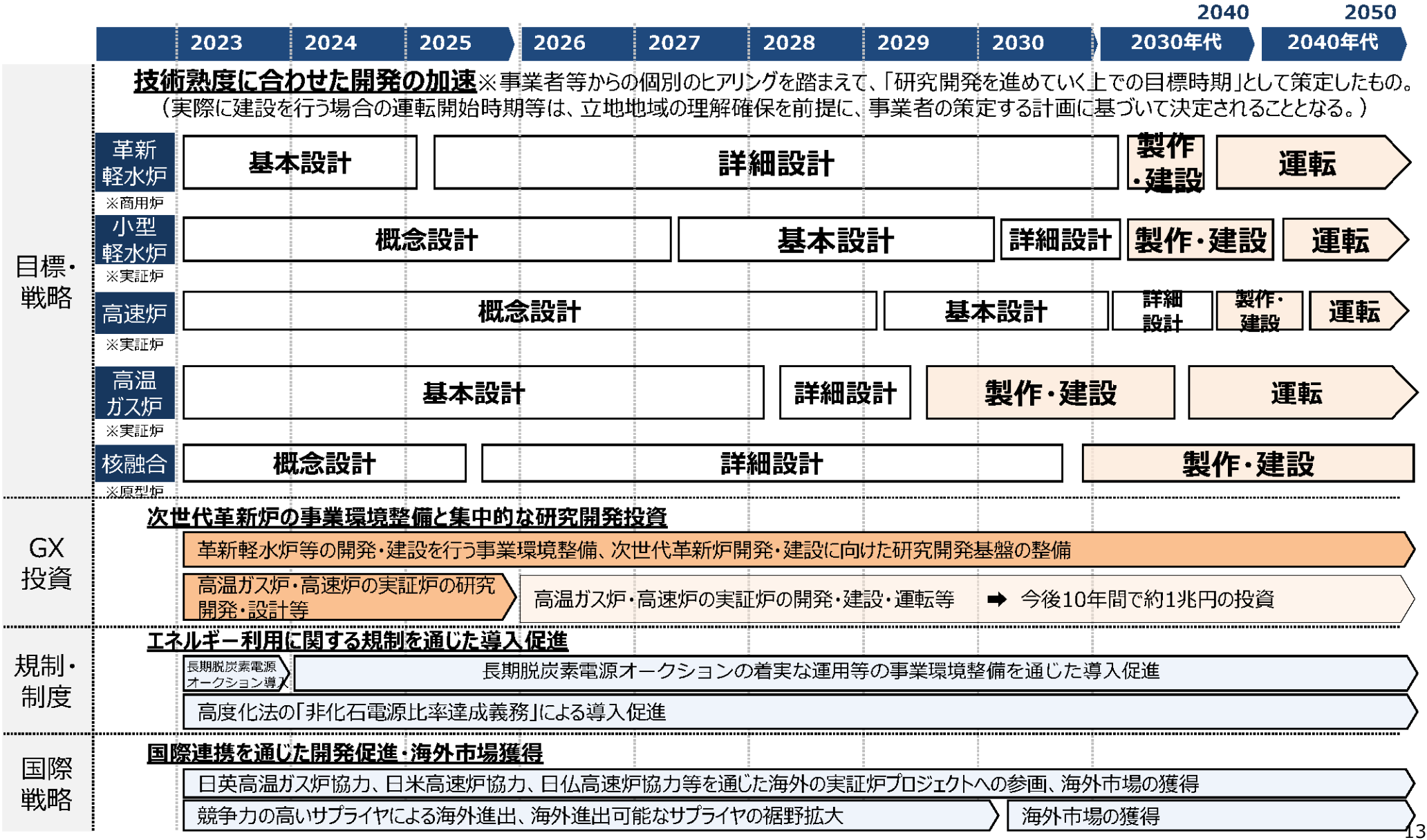
既存の原子力発電所を可能な限り活用するため、現行制度と同様に、「運転期間は40年、延長を認める期間は20年」との制限を設けた上で、原子力規制委員会による厳格な安全審査が行われることを前提に、一定の停止期間に限り、追加的な延長を認めることとする。

あわせて、六ヶ所再処理工場の竣工目標実現などの核燃料サイクル推進、廃炉の着実かつ効率的な実現に向けた知見の共有や資金確保等の仕組みの整備を進めるとともに、最終処分の実現に向けた国主導での国民理解の促進や自治体等への主体的な働き掛けを抜本強化するため、文献調査受入れ自治体等に対する国を挙げての支援体制の構築、実施主体である原子力発電環境整備機構(NUMO)の体制強化、国と関係自治体との協議の場の設置、関心地域への国からの段階的な申入れ等の具体化を進める。

【今後の道行き】　事例１６：次世代革新炉

GX実現に向けた基本方針参考資料
（令和5年2月10日）抜粋

■　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。



今後の原子力政策の方向性と行動指針の概要

令和5年4月28日
原子力関係閣僚会議決定

●「第６次エネルギー基本計画」、「原子力利用に関する基本的考え方」に則り、ＧＸ実行会議における議論等を踏まえ、**今後の原子力政策の主要な課題**、その解決に向けた**対応の方向性**、関係者による**行動の指針**を整理する。これに基づき、今後の取組を具体化する。

再稼働への総力結集

（自主的安全性の向上）

・「安全神話からの脱却」を不断に問い直す
→事業者が幅広い関係者と連携した安全マネジメント改革

（立地地域との共生）

・地域ごとの実情やニーズに即した対応の強化
→将来像共創など、地域ニーズに応じた多面的支援・横展開

・防災対策の不断の改善、自治体サポートの充実・強化
→実効的な意見交換・連携の枠組み構築と支援の強化等

(国民各層とのコミュニケーション)

・一方通行的な情報提供にとどまらない、質・量の強化・充実、継続的な振り返りと改善検討
→目的や対象の再整理、コンテンツ・ツールの多様化・改善

既設炉の最大限活用

（運転期間の取扱い）

・原子力規制委員会による安全性の確認がなければ、運転できないことは大前提

・利用政策の観点から、運転期間の在り方を整理

→地域・国民の理解確保や制度連続性等にも配慮し、現行制度と同様に期間上限は引き続き設定

→エネルギー供給の「自己決定力」確保、GX「牽引役」、安全への不断の組織改善を果たすことを確認した上で、一定の停止期間についてはカウントから除外

→理解確保や研究開発の進展、国際基準の動向等も継続評価し、必要に応じた見直し実施を明確化

（設備利用率の向上）

・安全性確保を大前提に、自己決定力やGX等に貢献

→規制当局との共通理解の醸成を図りつつ、運転サイクルの長期化、運転中保全の導入拡大等を検討

次世代革新炉の開発・建設

（開発・建設に向けた方針）

・原子力の価値実現、技術・人材維持・強化に向けて、地域理解を前提に、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建て替えを対象に、バックエンド問題の進展も踏まえつつ具体化

→その他の開発・建設は、再稼働状況や理解確保等の進展等、今後の状況を踏まえ検討

（事業環境整備のあり方）

・原子力の価値実現に向けた次世代革新炉への投資促進

→実証炉開発への政策支援
→収入安定化に資する制度措置の検討・具体化等

（研究開発態勢の整備）

・官民のリソースを結集して、実効的な開発態勢を整備

→将来見通しの明確化・共有、プロジェクトベースでの支援、「司令塔機能」の確立等

→米英仏等との戦略的な連携による自律的な次世代革新炉の研究開発の推進

→フュージョンエネルギー・イノベーション戦略の推進に向けた、関連産業の育成、研究開発の加速

（基盤インフラ整備・人材育成等）

・次世代革新炉の研究開発や、そのための人材育成の基礎を構築
→基盤的研究開発やインフラ整備に対する必要な支援の加速

・医療用ラジオアイソトープの国内製造や研究開発の推進等
→JRR-3や常陽を用いた製造
→研究炉・加速器による製造のための技術開発支援

バックエンドプロセス加速化

（核燃料サイクルの推進）

・再処理工場竣工目標の実現、プルサーマル推進や使用済燃料貯蔵能力拡大への対応を強化

→事業者と規制当局とのコミュニケーション 緊密化等、安全審査等への確実・効率的な対応

→事業者が連携した地元理解に向けた取組強化、国による支援・主体的な対応

（廃炉の円滑化）

・着実・効率的な廃炉の実現、クリアランス物利用の理解促進

→知見・ノウハウの蓄積・共有や資金の確保等を行う制度措置

→クリアランス物の理解活動強化、リサイクルビジネスとの連携

（最終処分の実現）

・事業の意義、貢献いただく地域への敬意等を社会に広く共有、国の主体的取組を抜本強化するため、政府一丸となって、かつ、政府の責任で取り組む

→関係府省庁連携の体制構築

→国主導での理解活動の推進

→NUMO・事業者の地域に根ざした理解活動の推進

→技術基盤の強化、国際連携の強化

サプライチェーンの維持・強化

（国内のサプライチェーンの維持・強化）

・企業の個別の実情に応じたハンズオンで積極的なサポート等、支援態勢を構築

→国による技能継承の支援、大学・高専との連携による現場スキルの習得推進等、戦略的な人材の確保・育成

→プラントメーカーとの連携・地方経済産業局の活用による、部品・素材の供給途絶対策、事業承継支援等へのサポート

（海外プロジェクトへの参画支援）

・技術・人材の維持に向けて、海外での市場機会の獲得を官民で支援

→海外プロジェクトへの参画を目指す官民連携チーム組成、実績・強みの対外発信等

→関係組織の連携による海外展開に向けた積極的な支援

国際的な共通課題の解決への貢献

（国際連携による研究開発促進やサプライチェーン構築等）

・主要国が共通して直面する当面の課題に貢献

→G７会合等を活用した国際協力の更なる深化

→サプライチェーンの共同構築に向けた戦略提携

→米英仏等との戦略的な連携による自律的な次世代革新炉の研究開発の推進

（原子力安全・核セキュリティの確保）

・ウクライナを始め、世界の原子力安全・核セキュリティ確保に貢献

→ウクライナに対するIAEAの取組支援、同志国との連携による原子力導入の支援等

→原子力施設の安全確保等に向けた国際社会との連携強化

１．次世代革新炉を巡る関係審議会での議論

２．次世代革新炉の国際動向

３．次世代革新炉の開発・建設に向けた取組状況
（１）革新軽水炉
（２）小型軽水炉
（３）高速炉
（４）高温ガス炉
（５）核融合

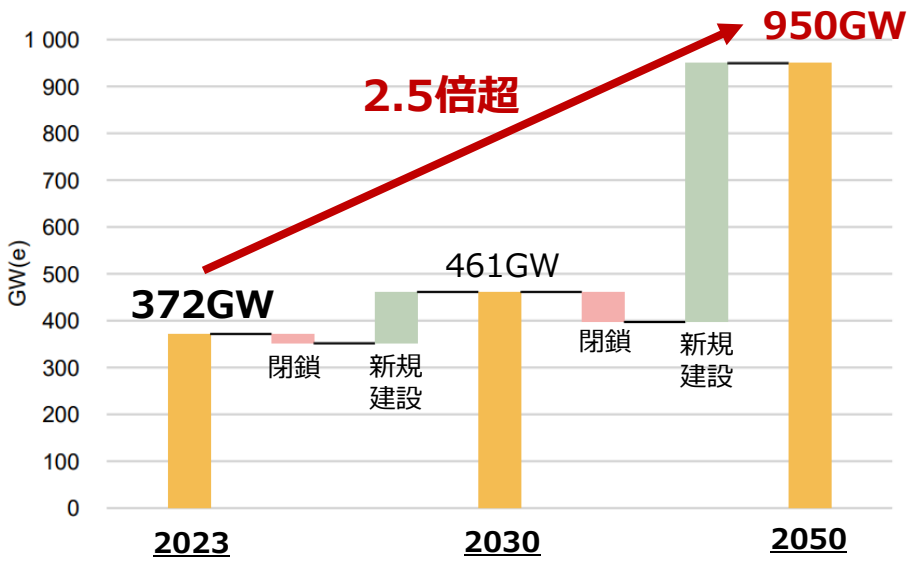
世界の原子力発電設備容量の見通し

2024.10.16 第41回
原子力小委員会 資料１

- 2024年9月、IAEA（国際原子力機関）は、世界の原子力発電設備容量の見通しを公表。高予測シナリオでは、**2050年の世界の原子力発電設備容量が、2023年末比で2.5倍超**に達すると予測。特に、**中央・東アジアにおける伸びが顕著**となっている。
- また、**SMR**（小型モジュール炉）について、高予測シナリオでは、**2050年までの原子力発電設備容量増加分の24%**を占めると推定。

世界の原子力発電設備容量の見通し（高予測シナリオ※）

※各国の気候変動対応及び原子力拡大意向を考慮



地域別の原子力発電設備容量の見通し

・高予測シナリオでは、世界の全地域に原子力発電所が建設される想定

	2023	2030		2050		
		低予測	高予測	低予測	高予測	
世界	371.6	414	461	514	950	
北米	109.5	108	110	89	228	+100GW超
中南米・カリブ	5.1	5	5	8	20	
欧州（東欧除く）	93.8	86	88	69	135	
東欧	54.5	54	60	66	112	+50GW超
アフリカ	1.9	4	6	10	24	
西アジア	4.4	9	10	17	32	
南アジア	10.5	18	23	45	88	+50GW超
中央・東アジア	91.9	130	160	207	297	+200GW超
東南アジア	-	-	-	3	11	
オセアニア	-	-	-	-	2	

（出所）IAEA「Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050（2024 edition）」を基に資源エネルギー庁作成

各国における次世代革新炉等の取組状況

米国	● 政府支援策の措置により米国の産業界による積極的な原子力導入を後押しする方針。 ● 米エネルギー省は、新型炉実証プログラム（ARDP）を開始し、高速炉（テラパワー社ほか）や高温ガス炉（X-エナジー社）、SMRのプロジェクトを含む10件を支援（2020年10月及び12月に選定済）。 ● 2024年6月、米エネルギー省はSMRの初期導入加速のため、最大9億ドルの資金を提供する方針を発表。発電事業者、開発事業者、建設業者等が関与する最大2つの初期導入チームの支援(最大8億ドル)と、サプライチェーンへの支援(最大1億ドル)を行う。
英国	● 2050年までに原子力の発電割合を最大で25%に拡大し、24GWの導入を目指す。2030年から2044年まで5年毎に3～7GWを供給する投資決定を確実に行うことを目指す。 ● 更なる大型炉プロジェクトの検討を推進するとともに、国内でのSMR導入にも取り組む。 ● 主要な工業地帯の一つであるハートルプールにおいて、2030年代初頭の高温ガス炉実証炉建設を目指す。 ● 2023年7月、新規建設を支援する政府機関 Great British Nuclear を設立。
仏国	● 原子力発電容量を増強し、2030年に発電量を現行の279TWhから360～400TWhまで拡大。 ● EPR（欧州加圧水型炉）を改良した6基のEPR2建設について2024年末に最終決定を行う。 ● 8基のEPR2追加新設（総発電容量13GW）についても検討を行い、2026年末までに決定。
カナダ	● 連邦政府は、ネットゼロ実現を目指す中で電力需要の大幅増を想定。需要を満たすエネルギー源として原子力に期待。 ● 州ごとに原子力発電所新設の計画が進展。 ➢ オンタリオ州（人口最大州）：州営オンタリオ電力がGE日立社のSMR「BWRX-300」４基のSMR建設を計画。また2023年7月、州内で30年ぶりとなる大型炉（最大480万kW分）の建設のための準備作業を開始。 ➢ サスカチュワン州：州営サスクパワー社が、2030年代半ばまでの「BWRX-300」建設を計画。 ➢ ニューブランズウィック州：2023年12月、州政府が発表した新たなエネルギー戦略において、2035年までに同州内のポイントルプロー原子力発電所内で合計60万kWのSMRを建設すると表明。
韓国	● 2023年1月、「第10次電力需給基本計画」を策定。安定的な電力需給を最重要課題として推進。 ● 2024年5月、産業通商資源部の諮問委員会が「第11次電力需給基本計画」の草案を発表。2038年までに国内で大型原子炉440万kW分（約3基相当）とSMR70万kW分（約1基相当）を建設する計画。 ● 2024年6月、政府は慶州市に3,000億ウォン（約330億円）規模を投じ、「SMR産業ハブ」を創設する計画を発表。
中国	● 中国核工業集団公司が開発したCNPシリーズ（ACP1000等）、米ウェスチングハウス社から取り入れた技術を基にしたCAPシリーズ（CAP1000等）、フランスから取り入れた技術を基にしたCPRシリーズ（ACPR1000等）等、国産軽水炉の開発を推進。2021年には、CNPシリーズとCPRシリーズの最新炉型を組み合わせて開発した国産の第三世代炉・華龍1号の初号機が運転を開始。 ● 2023年12月、山東省の華能石島湾高温ガス炉原子力発電所（実証炉）が168時間の連続運転試験を完了後、正式に本格運転を開始したと中国当局は発表。 ● 高速実証炉CFR600（0.6GWe）は、1基目が2017年に建設を開始し2023年に運開予定となっている（現在、中国当局から追加の発表なし）。2基目は2020年12月に建設を開始。2030年代に実用炉CFR1000（1000MWe）を運転開始予定。
ロシア	● 旧ソ連が開発したロシア型加圧水型原子炉VVERを国内外で建設。2024年6月現在、国外における原発建設の基数は世界最多。 ● ロスアトム国営原子力会社及びその傘下の法人が、原子力発電所の設計・建設・運転を一体的に実施。 ● 高速原型炉BN-600、高速実証炉BN-800を運転中。BN-1200の建設準備中。

（出所）各国政府公表資料等を基に、資源エネルギー庁作成

【参考】G7首脳声明（プーリア2024）における原子力の扱い

- 本年6月13～15日にイタリア・プーリアで開催されたG7首脳会合では、ネット・ゼロへの移行及びエネルギー安全保障の改善における原子力の可能性を強調し、研究開発やサプライチェーン強靱化等に向けた協力方針を確認。

【G7首脳声明】 ※原子力エネルギー関連部分抜粋

原子力の利用を選択またはその利用を支持しているＧ７諸国は、クリーン／ゼロ排出のエネルギー源としての原子力の可能性を認識し、ネット・ゼロへの移行を加速し、世界のエネルギー安全保障を改善する上でのその可能性を改めて表明する。

また、責任ある廃棄物管理を推進しつつ、原子力サプライチェーンの安全性、信頼性、強靭性を責任を持って強化するための協力的な取り組みを引き続き支援する。

我々は、科学者及びパートナー並びにＩＡＥＡと積極的に協調しながら、多核種除去設備（ＡＬＰＳ）処理水の放出を責任ある形で管理するための、安全で、透明性が高く、科学に基づいた日本のプロセスを支持する。

彼らはまた、マイクロ炉を含む革新炉や小型モジュール炉のような革新的技術の研究開発を促進し、プロジェクト資金調達手段へのアクセス拡大を可能にするために協力し、セクター間の協力を支援する。

彼らはＣＯＰ２８期間中に発表された２０５０年までに世界の原子力発電能力を３倍にするとの世界的な宣言に留意する。

我々は、部品供給元を多角化しようとする国々への支援を含め、ロシアからの民生用原子力関連製品への依存を更に低減する。

我々は、最高水準の原子力の安全性とセキュリティが、全ての国とそれぞれの国民にとって重要であることを強調する。

【参考】世界の主要金融機関14社による原子力への支持表明

- 2023年12月、日本を含む22カ国（現在は25カ国）が、COP28において、**「2050年までに、2020年比で世界全体の原子力発電容量を３倍にする」**旨の共同宣言を発表した（**原子力3倍宣言**）。
- これを受けて、2024年９月、国連総会のサイドイベントとして、**「原子力を3倍にするためのファイナンス」**（Financing the Tripling of Nuclear Energy）会合が開催された。
- 本イベントでは、**世界の主要金融機関14社**が集まり、「原子力3倍宣言」を含め、**クリーンエネルギー移行を加速させるための原子力発電の拡大に向けた取組をサポートする意思を表明した。**

原子力発電に対する支持を表明した金融機関

※14社

- アブダビ商業銀行
- アレス・マネジメント
- バンク・オブ・アメリカ
- バークレイズ
- BNPパリバ
- ブルックフィールド
- シティ
- クレディ・アグリコルCIB
- ゴールドマンサックス
- グッゲンハイム証券
- モルガン・スタンレー
- ロスチャイルド＆カンパニー
- セグラキャピタル・マネジメント
- ソシエテ・ジェネラル

金融機関の声（一部抜粋）

- 金融機関は、次第に**原子力を興味深い投資対象とみなすように**なってきている。原子力に必要な資金調達に向けて、供給者を引き付けるために十分な保護構造を導き出すことが我々金融機関の重要な役割だと考えている。（BNPパリバ）
- 長期間の建設期間、高額な建設費用を考えると、政府や輸出信用機関等を含めたステークホルダー間での**適切なリスク配分が重要**。（複数社）

１．次世代革新炉を巡る昨今の議論

２．次世代革新炉の国際動向

３．次世代革新炉の開発・建設に向けた取組状況と課題

（１）革新軽水炉

（２）小型軽水炉

（３）高速炉

（４）高温ガス炉

（５）核融合

革新軽水炉（SRZ-1200）の概要

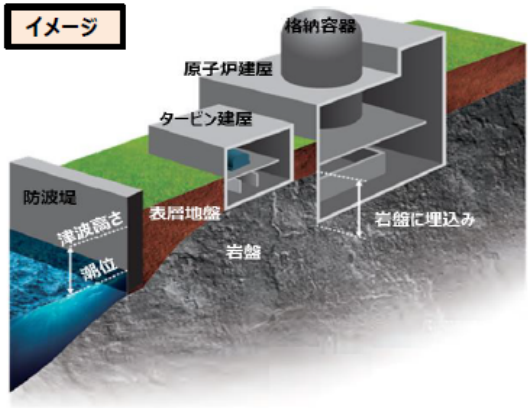
- 革新軽水炉の1つであるSRZ-1200は、**①地震・津波対策の向上**、**②多重化等による信頼性向上**、**③事故時の更なる信頼性向上**等により、高い安全性の実現を目指す。
- 経産省予算にて、**新たな要素技術の技術成熟度を高める研究開発や実証試験を支援**。

①地震・津波対策の向上

福島第一原子力発電所事故を踏まえ、国内の厳しい地震条件にも余裕をもった耐震設計や、津波影響の受けない設計の採用による、自然現象への対策の向上

(例)
① 強固な岩盤に埋め込む等で、地震時の建屋安定性を高める設計
② 想定される津波高さより高い敷地に設置することによる津波侵入防止

イメージ

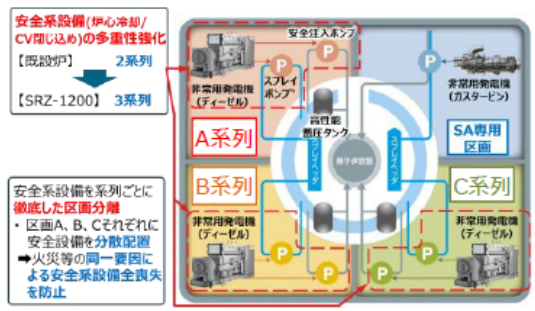


②多重化等による信頼性向上

安全系設備の多重化や区画分離の徹底、常設設備を基本とした重大事故等対応による信頼性の向上

(例)
① 安全系設備の多重化による信頼性向上
② 区画分離の徹底による火災等の同一要因による安全機能喪失の防止
③ 常設設備を基本とした重大事故等対応による信頼性向上
（既設：可搬型設備を基本）

①②のイメージ

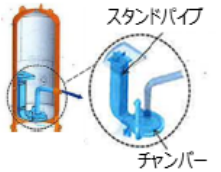


③事故時の更なる信頼性向上

重大事故等対応設備について、電源を必要としないパッシブ安全設備の導入による信頼性の向上

(例)
① 高性能蓄圧タンクの採用による、既設プラントで必要となる動的ポンプの機能の一部を集約することによる炉心冷却の信頼性向上
② 溶融炉心を薄く拡げた上で、拡がりを検知して自動的に冷却水を注水可能なコアキャッチャーを採用

①のイメージ

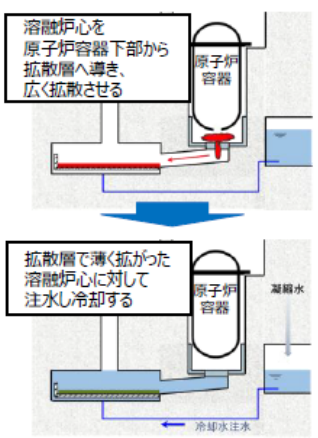


タンク内水位の低下に伴い、パッシブに炉心注水流量が大流量から小流量へ切り換わる設計

【タンク水位が高い時】
スタンドパイプ上部開口とチャンバーの2か所から取水することで大流量で炉心へ注水

【タンク水位が低下】
水位低下に伴い、取水箇所がチャンバーのみとなることで注水流量が抑制される

②のイメージ



2024.8.20 第40回 原子力小委員会
資料４ （ATENA提出資料）より抜粋

革新軽水炉に関する民間事業者の取組

- 電力・メーカー等から成る原子力エネルギー協議会（ATENA）は、**革新軽水炉の導入**に向けて同会内に**革新軽水炉WG**を設置し、**規制基準との関係性**を含め**課題検討・整理**を進めている。
- 規制委員会との意見交換において、ATENAから、本年3月には**革新軽水炉の規制基準に関する今後の意見交換の進め方イメージ**を、9月には**規制の予見性が十分でないと考える事項**を提示。規制委員会は、10月、**実務レベルの技術的意見交換会**を設置し議論を進めていく方針を了承。

原子力規制委員会-ATENA・CNO意見交換会※（2024年9月12日）

※第19回 主要原子力施設設置者（被規制者）の原子力部門の責任者との意見交換会

ATENA：規制の予見性が十分でないと考える事項（ATENA提示資料より抜粋）

【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**

【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）

【その他（現時点で直ちに開発に大きい影響を及ぼすものではないが、今後確認したい事項）】

・新技術等の適用促進に向けて技術等を事前確認する制度の活用・拡大

原子力規制委員会（2024年10月9日）

原子力規制庁：建替原子炉の設計に関する事業者との実務レベルの技術的意見交換会の設置（資料１抜粋）

３．意見交換会の設置（案）（委員会了承事項）

建替原子炉の設計について事業者と実務的に意見交換する場として、別添のとおり、「建替原子炉の設計に関する事業者との**実務レベルの技術的意見交換会**」（以下「意見交換会」という。）**を設置すること**について了承いただきたい。（後略）

４．今後の進め方

SRZ-1200 の設計及び設計の思想、事業者側が規制の予見性が十分でないと考える事項に係る具体的内容、セキュリティ上の考慮等について、事業者と意見交換を行う。年内に意見交換会を開始し、**原子力規制庁において規制上の論点等を整理し、事業者から聴取した内容とあわせて、１年程度を目処に原子力規制委員会に報告し、規制上の取扱いに係る原子力規制委員会の議論に供する**こととする。なお、意見交換の過程においても、必要があれば原子力規制委員会に進捗状況等を報告する。

１．次世代革新炉を巡る関係審議会での議論

２．次世代革新炉の国際動向

３．次世代革新炉の開発・建設に向けた取組状況と課題

（１）革新軽水炉

（２）小型軽水炉

（３）高速炉

（４）高温ガス炉

（５）核融合

「VOYGR」（米・NuScale社）の動向

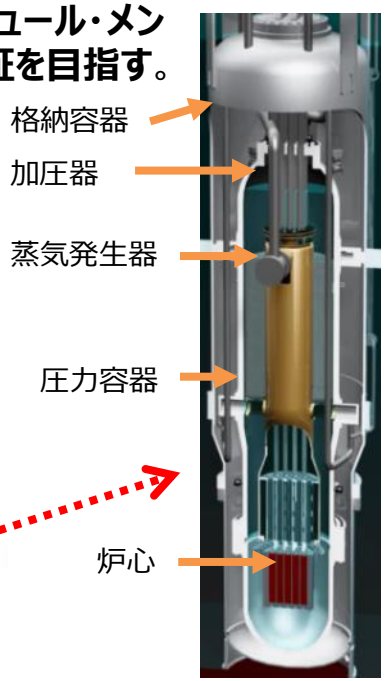
- 米NuScale社は米国エネルギー省の支援で開発を進め、初号機プロジェクト（CFPP）は中止となったが、オハイオ州とペンシルベニア州にて**2029年に米国内での運転開始を目指す**。
- 今年に入ってからの動きとして、**ルーマニア**では、これまでの事業計画段階から、建設を見据えた**基本設計段階の契約締結やプロジェクトへの融資額の決定など進捗**があった。また、**ガーナにおいて新たな建設計画が立ち上がった**。

概要

- **米NuScale社が開発**するPWR型SMR。1モジュールの出力は7.7万kW。最大12モジュールを設置可能。
- 2023年11月、2029年運転開始を予定していた**Carbon Free Power Project(CFPP)の中止発表**。他方で、同年10月、米スタンダード・パワー社が**オハイオ州とペンシルベニア州**に立地する**データセンターへの電力源**として**採用発表**。
- 経産省予算にて、**日揮・IHIが、モジュール・メンテナンス機器等の課題についての実証を目指す**。

特徴

- 蒸気発生器と圧力容器の一体化により、**小型かつシンプルな設計で安全性を向上**。
- 蒸気自然循環により、**冷却ポンプ、外部電源なしで炉心を冷却可能**。



直近の動向

（ルーマニア）

- 2021年11月の米国・ルーマニア両政府間で発表された計画に基づき、**ルーマニアのRoPower 社**（SMR建設プロジェクト会社）**によるVOYGR建設プロジェクトが進行中**。
直近での進捗は以下の通り。
  - 4月、IAEAのSEED（立地及び外部事象設計レビュー）のフォローアップ評価が実施され、**当該サイトがIAEAの安全基準に適合している**との結果が示された。
  - 7月、ルーマニアの国営原子力発電会社SNNとRoPower社は米EPC大手のFluorと**基本設計の第2段階の契約を締結**。
  - 10月、米国輸出入銀行の取締役会が本プロジェクトの準備段階に要する資金として**9800万ドルの融資の最終コミットメントを承認**。

（ガーナ）

- 8月、**ガーナ**の原子力発電公社（NPG）は米国のレグナム・テクノロジー・グループと**当該炉型（12モジュール）を建設することで合意**。NPGはレグナム社とともに、NuScaleを所有／運転する子会社を設立する計画。

「BWRX-300」（米･GE Hitachi社）の動向

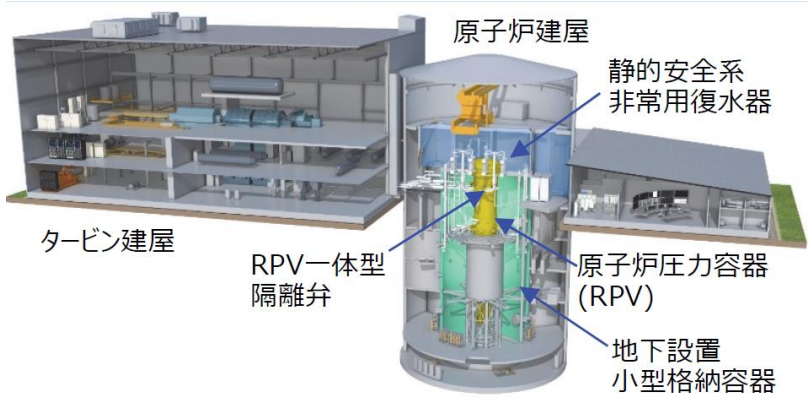
- 2021年より、カナダの電力会社OPG社による**最速2029年運転開始**を目指すプロジェクトが進められているところ。
- 今年に入ってからの動きとして、**ポーランド**では建設に向けた**環境･立地調査を開始**。また、**カナダサスカチュワン州のサスクパワー社**は、**建設候補地として2箇所を選定**する進捗があった。また、**英国のSMR支援対象の1候補として選定**された。

概要

- **米GE Hitachi社と日立GE社が共同開発**する電気出力30万kW級のBWR型SMR。
- 2021年12月、カナダの電力会社OPG社が**オンタリオ州**にて**最速2029年運転開始を目指す**プロジェクトに、当該炉型を選定。
- 経産省予算にて、**日立GEの実温・実圧で試験できる設備を活用し、要素技術の実証**に向けて研究開発を実施中。

特徴

- 自然循環の利用によりポンプを排除、受動的冷却システムにより**電源･注水設備･運転員操作なしで7日間冷却可能**。
- 圧力容器に隔離弁を直付けすることで、**冷却材喪失事故の発生確率を削減**。



直近の動向

（ポーランド）

- 2023年12月、**ポーランド環境省はOSGE社の国内6地点における合計24基のBWRX-300建設計画に対しDIPを発給**。直近の進捗は以下の通り。
  - 2月、ポーランド環境保護総局は同社に対し、環境影響評価（EIA）の報告書作成に向けて記載すべき事項を提示。同社は**建設に向けて環境･立地調査を開始**。
  - 7月、同社はEU加盟10か国とノルウェーにある17企業の協力を得て、**BWRX-300の展開に向けた作業部会の設置**を欧州SMR産業アライアンスに申請。

（カナダ）

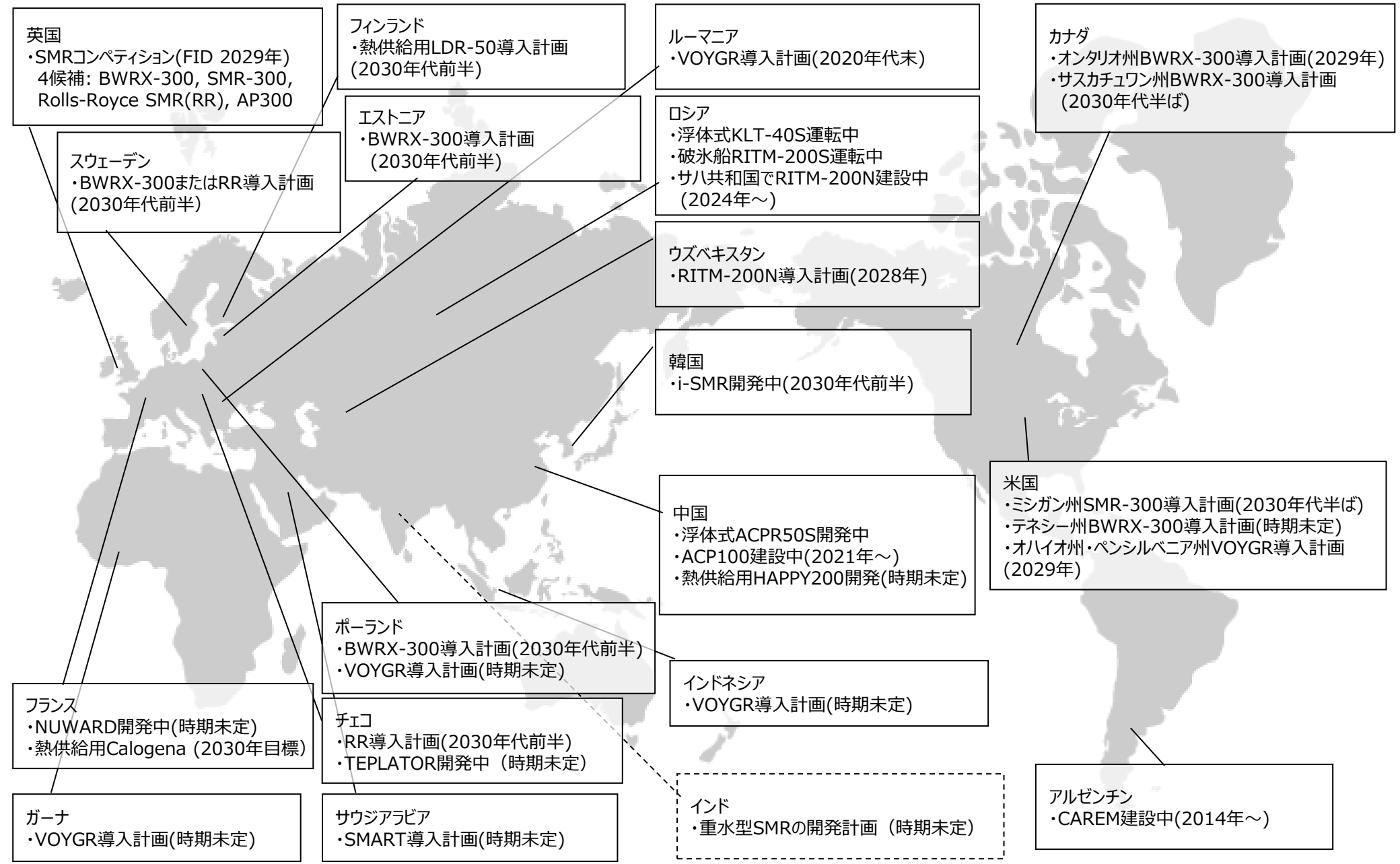
- 5月、**カナダ中西部サスカチュワン州の州営電力サスクパワー社**は、**建設候補地として、エステバン地域の2箇所を選定**。2025年初めに最終的なサイト選定を行う予定。

（イギリス）

- 9月、英国政府機関（GBN）は、**SMR支援対象選定コンペでGE日立を含む4社を選定**。今後、最終選考に入る。英政府は2029年にSMRへの最終投資決定を行い、**2030年代半ばには運転を開始**したい考え。

【参考】海外の軽水型※SMRの導入計画について

※点線内は重水型SMRの開発計画



（出所）海外ニュース等の公開情報を基に、資源エネルギー庁作成

１．次世代革新炉を巡る関係審議会での議論

２．次世代革新炉の国際動向

３．次世代革新炉の開発・建設に向けた取組状況と課題

（１）革新軽水炉

（２）小型軽水炉

（３）高速炉

（４）高温ガス炉

（５）核融合

高速炉実証炉開発事業

- 2023年3月、炉概念の仕様と将来的にはその**製造・建設を担う事業者（中核企業）の公募**を実施、7月12日の**高速炉開発会議戦略ワーキンググループ**において、炉概念として三菱FBRシステムズ株式会社が提案する『ナトリウム冷却タンク型高速炉』を、**中核企業として三菱重工業株式会社を選定**して、**GX経済移行債を活用した実証炉開発事業を9月から開始**。
- 2024年7月、炉と燃料サイクルの研究開発全体を一定のレベルまで完遂するとともに、両者を統合して基本設計に繋げていく機能（**研究開発統合機能**）を担う組織として、**高速炉サイクルプロジェクト推進室をJAEAに設立**。当該プロジェクト推進室による開発作業マネジメントの下、設計・研究開発に取り組んでいる。

＜高速炉実証炉開発の今後の作業計画＞

2023 年夏：炉概念の仕様を選定 【23/7/12選定済】

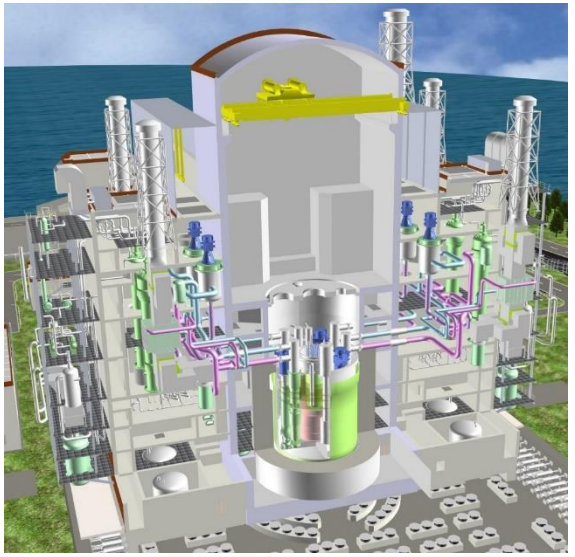
2024 年度～2028 年度：実証炉の概念設計・研究開発

2026年度頃：燃料技術の具体的な検討

2028 年度頃：実証炉の基本設計・許認可手続きへの移行判断

※戦略ロードマップ（令和4年12月23日 原子力関係閣僚会議）を基に作成

＜ナトリウム冷却タンク型高速炉（イメージ）＞

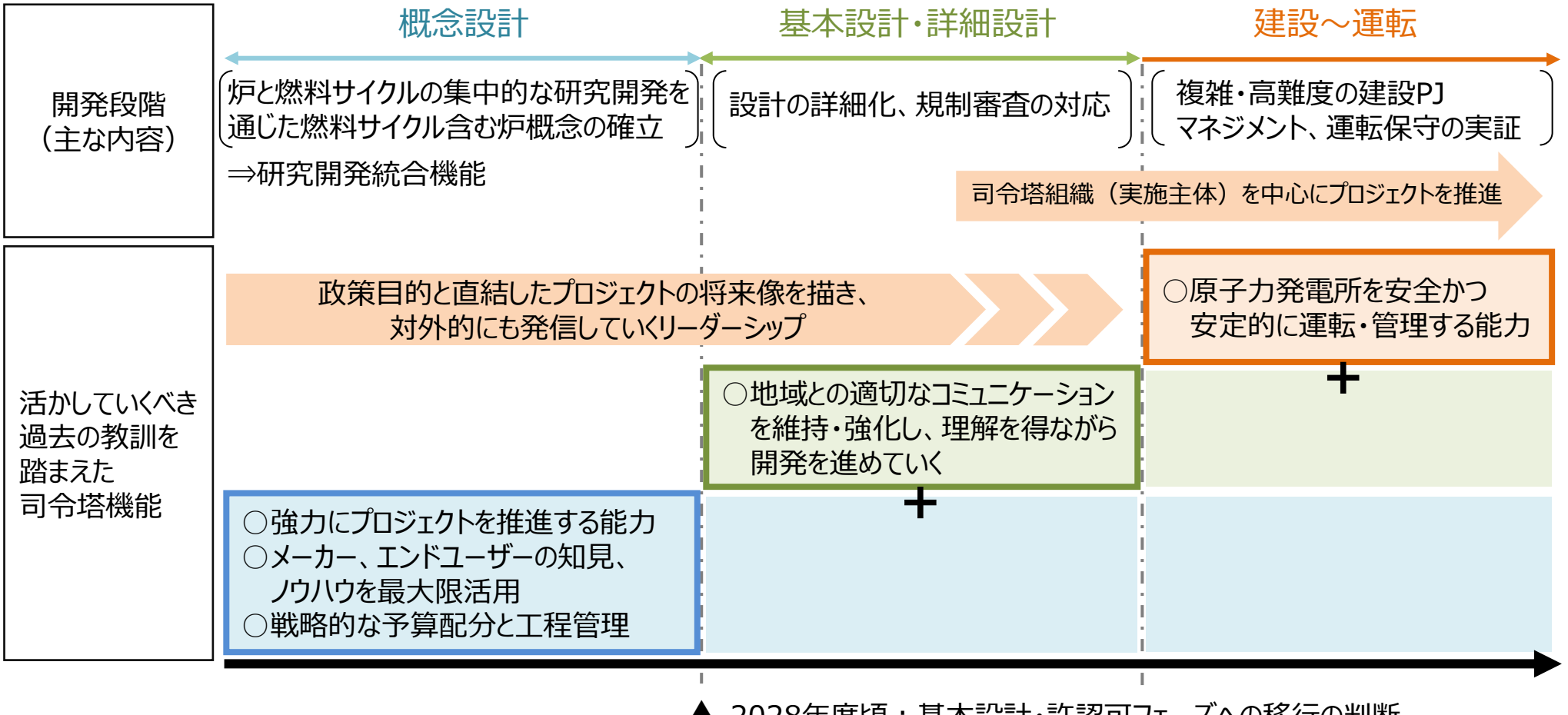


（出所）三菱重工業株式会社PRESS INFORMATION（2023.07.12）
日本政府が開発を推進する高速炉実証炉の設計、開発を担う中核企業に選定
2040年代の運転開始に向け、ナトリウム冷却高速炉の概念設計などを推進

【参考】開発段階ごとに必要となる機能（イメージ）

2024.6.19 第22回 高速炉開発会議 戦略ワーキンググループ 資料１

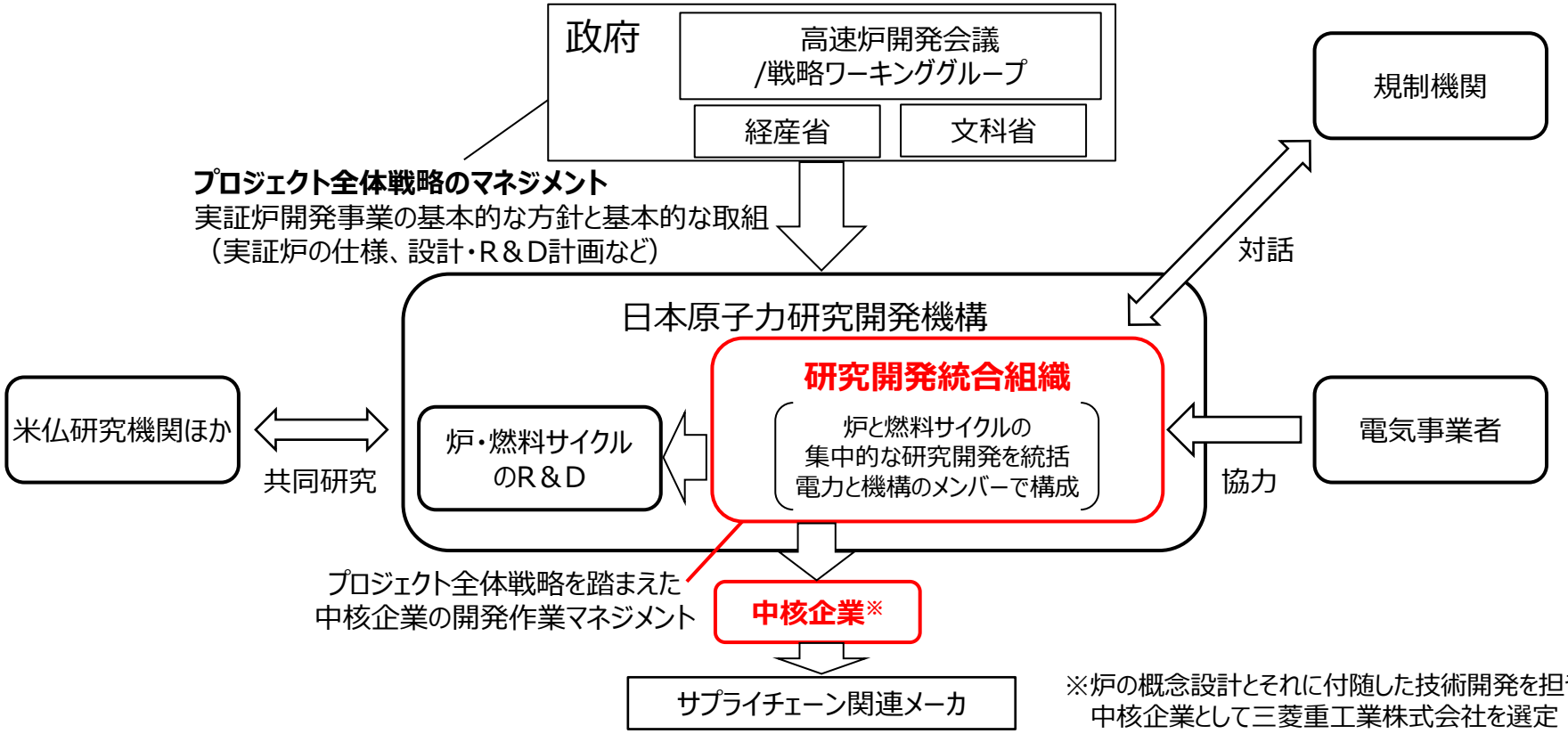
- **概念設計段階**では、**炉と燃料サイクルの研究開発全体**を一定のレベルまで完遂するとともに、**両者を統合して基本設計に繋げていく機能（研究開発統合機能）**が求められる。
- **基本設計段階以降**は、研究開発統合機能を適切に引き継ぐとともに、ステージの進展に伴って、求められる機能が追加されるため、そのための体制は改めて検討が必要。



【参考】高速炉実証炉の概念設計段階における開発体制

2024.6.19 第22回 高速炉開発会議 戦略ワーキンググループ 資料１（一部時点修正）

- 「もんじゅ」は、**主務会社を設けず、重工メーカーが横並び**でプロジェクトを請け負う「護送船団方式」で、**システム全体の設計を一貫性をもって実施する責任体制の明確化が課題**であった。
- この教訓を踏まえ、システム全体の設計を明確な責任体制の下実施するため、**中核企業１社にエンジニアリング機能を集中している**。
- その上で、**概念設計段階**では、
  - ➢**プロジェクト全体戦略のマネジメント機能**は引き続き**政府（高速炉開発会議／戦略WG）**が司令塔として担う。
  - ➢研究開発統合機能を担う**研究開発統合組織を原子力機構に設置**する。※2024年7月1日に設置済



※炉の概念設計とそれに付随した技術開発を担う中核企業として三菱重工業株式会社を選定

高速炉実証炉開発における技術的な検討の論点例

- 設計段階による実証炉の仕様（出力、炉心等）決定
  - 機器・システムの成立性確認（耐震性、製造性、燃料概念等）の項目と方法

原子炉構造：原子炉内のナトリウム温度分布が原子炉構造物に与える影響の確認

免震（水平・3次元）：JEGA免震指針の改訂や整備、認定データの取得　等

- 大型試験施設による機器・系統の技術実証
  - 実証すべき機器・系統の特定と、その実証方法

以下に示す機器の性能確認、信頼性データ取得、許認可解析コードの検証データ取得のため、大型試験施設による実証試験、データ取得

【機器の例】1次主循環ポンプ、中間熱交換器(IHX)、蒸気発生器(SG)、自然循環崩壊熱除去系(DRACS、IRACS) 等

- 燃料・材料の照射データ取得
  - 規制対応も見据えた、照射データ取得の項目と方法（MA含有燃料含む）

再稼働後の常陽を活用したMOX燃料／金属燃料の照射計画の検討

長寿命制御棒や高燃焼度化に必要なODS鋼の開発計画の検討　等

- 規格・基準の整備
  - 軽水炉との違いや規制対応も見据えた、整備すべき規格・基準の特定と、必要なデータ取得の項目と方法

実用炉も見据えたナトリウム冷却タンク型高速炉の安全設計方針、重要度分類方針など安全確保の考え方について、原子力学会に設置された「次世代ナトリウム冷却高速炉の安全設計評価方針検討会」にて検討開始。　等

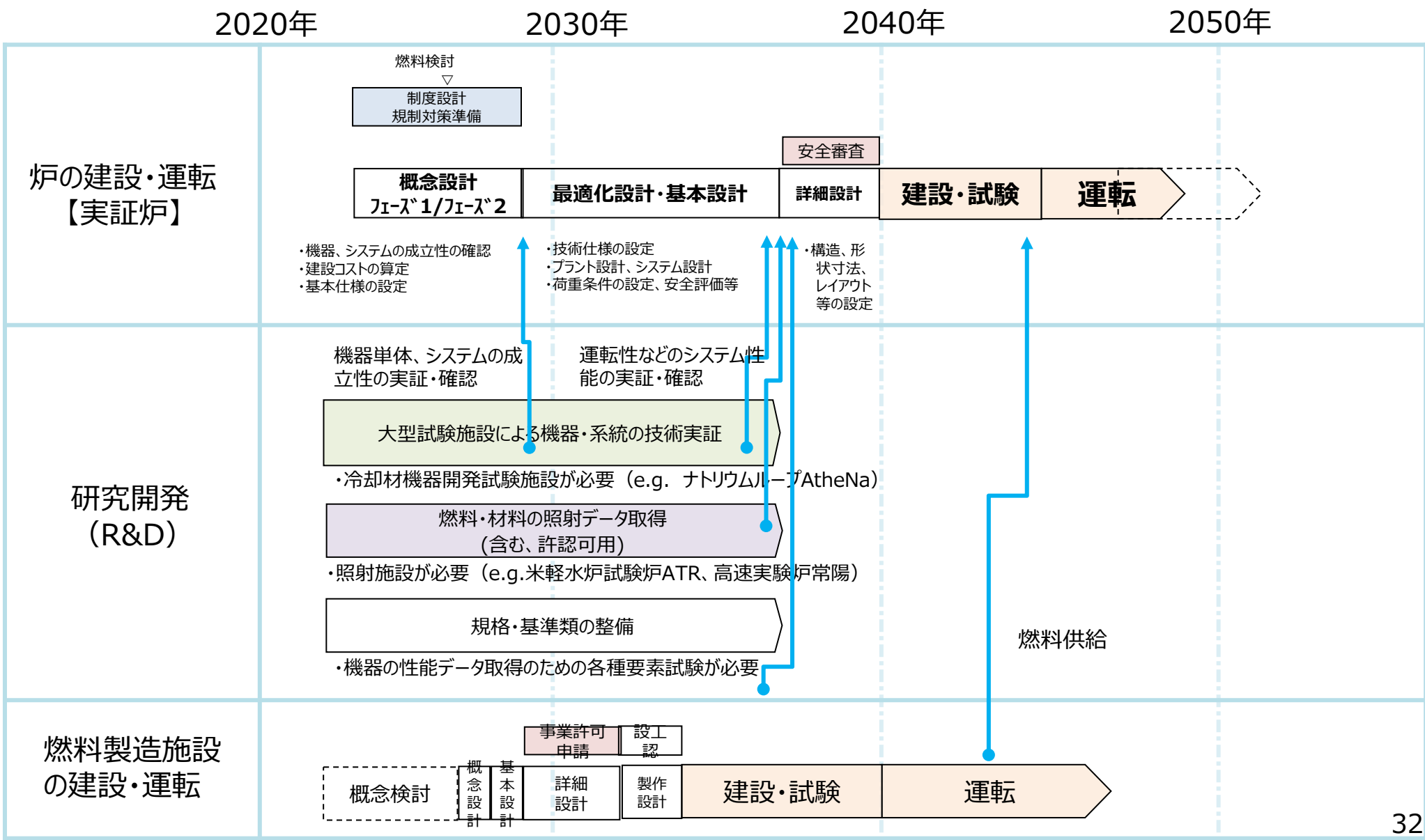
- 燃料製造・再処理施設の在り方
  - MA含有燃料を含めた、燃料製造技術の検討・開発

MAを扱うためのセル内遠隔運転・保守・補修技術、焼結・O/M調整技術
MA分離回収技術、U-Pu共抽出技術、金属燃料廃棄物処理技術　等

【参考】導入に向けた技術ロードマップ（高速炉）

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）　抜粋

※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。）



１．次世代革新炉を巡る昨今の議論

２．次世代革新炉の国際動向

３．次世代革新炉の開発・建設に向けた取組状況と課題

（１）革新軽水炉
（２）小型軽水炉
（３）高速炉
（４）高温ガス炉
（５）核融合

高温ガス炉実証炉開発事業

- 2023年3月、基本設計を実施するとともに将来的にはその製造・建設を担う事業者（中核企業）の公募を実施、第三者の有識者で構成される技術評価委員会にて審査の結果、2023年7月25日、**中核企業として三菱重工業株式会社を選定**して、**GX経済移行債を活用した実証炉開発事業を8月から開始**。
- 2024年3月、**試験炉HTTRにて出力100%の状態から急遽停止する安全性実証試験を実施**。高温ガス炉の固有の安全性を立証した。
- HTTRへの水素製造施設の接続に向けて、**2024年度中に原子炉設置変更許可申請予定**。

＜高温ガス炉実証炉 今後の開発の作業計画＞

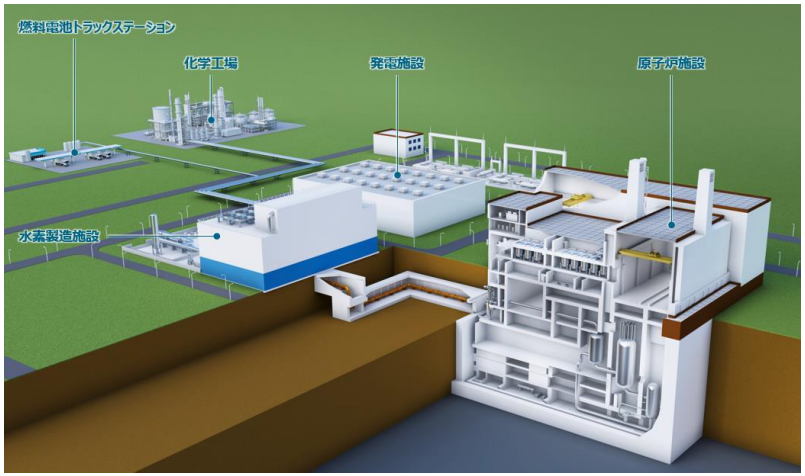
事業開始～2030 年度：実証炉の基本設計・詳細設計

2030年度～2030年代後半：許認可の取得、建設、据付

2030年代後半：運転開始

※革新炉開発の技術ロードマップ（令和4年11月2日 革新炉ワーキンググループ）を基に作成

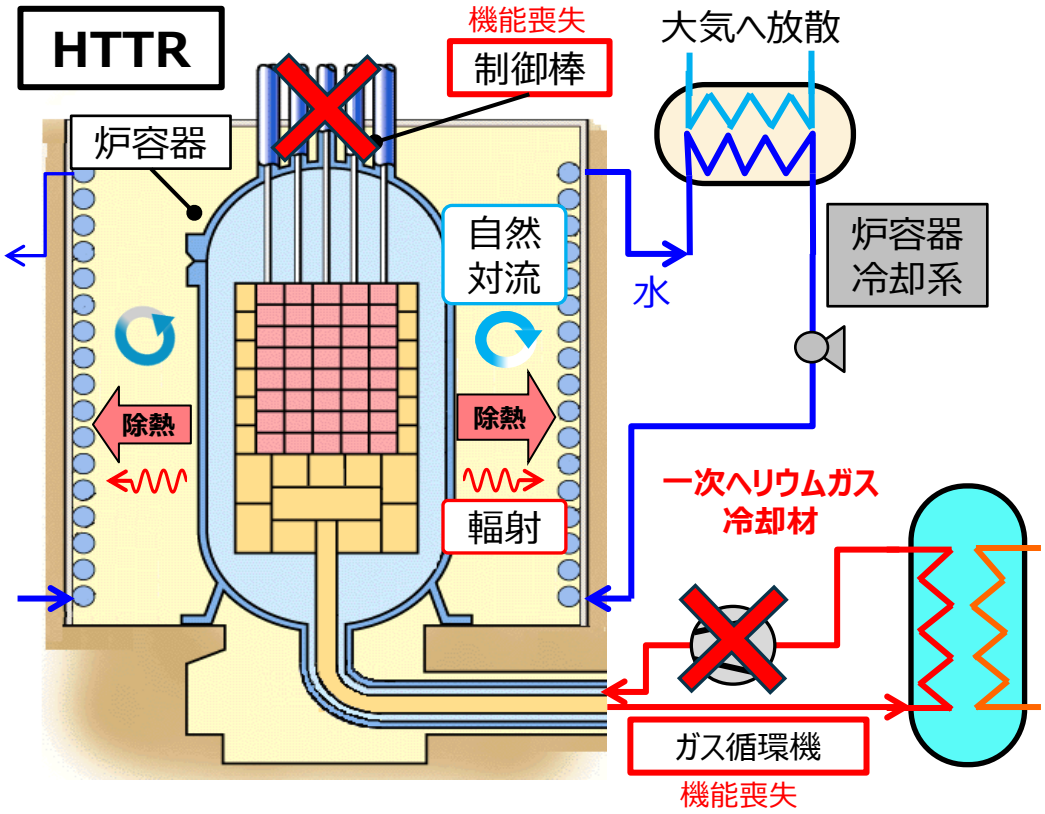
＜高温ガス炉（イメージ）＞



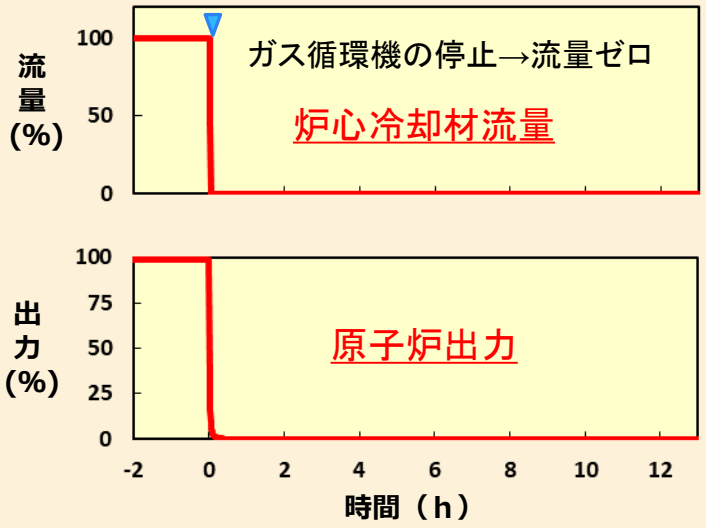
（出所）三菱重工業株式会社PRESS INFORMATION（2023.07.25）
経済産業省が推進する高温ガス炉実証炉開発の中核企業に選定
2030年代の実証炉建設に向け、研究開発・設計を積極的に推進

【参考】HTTRにおける安全性実証試験

- 原子力機構における試験炉HTTRにおいて、**本年3月27日に安全性実証試験を実施**。
- **原子炉出力100%の状態から**、**制御棒挿入なし・冷却材循環機能喪失**でも、物理現象のみで**原子炉出力が自然に低下して静定することの実証に成功**。



試験結果（Run2）



原子炉出力100%において、制御棒挿入なし、強制冷却が喪失した状態で、物理現象のみで、原子炉出力が自然に低下し、静定することを実証

高温ガス炉の優れた固有の安全性により、需要地近接立地への理解を促進

高温ガス炉実証炉開発における技術的な検討の論点例

- 設計段階による実証炉の仕様（出力、炉心等）決定
  - 機器・システムの成立性確認（耐震性、製造性等）の項目と方法

    実証炉の基本設計としてプラント全体計画と概要の明確化、系統及び設備の検討、安全設計、運転方針等の検討

- 燃料・炉心高度化
  - 高燃焼度化に向けた燃料体（被覆燃料粒子・濃縮度・黒鉛材料等）の在り方

    被覆燃料粒子の再処理に必要な前処理工程の研究開発、長期運転可能な大型炉心構成の検討、
    高燃焼度用燃料に必要な濃縮技術の研究開発　等
- 熱利用設備（水素製造含む）
  - 設備の安全性確保のための設計の在り方・規制対応上の論点整理、水素製造技術の実用化開発、システム成立性

    高温熱活用に最適なカーボンフリー水素製造法 3 候補のフィージビリティスタディと要素技術開発

    高温水蒸気電解法（SOEC）：He熱利用の加熱機構の開発と検証、大型化、効率的な熱電供給システムの検証
    メタン熱分解法：He熱利用の加熱機構の開発と検証、大型化、連続運転、水素製造効率の向上
    IS法：He熱利用による加熱機構の開発と検証、化学反応プロセスの運転制御、プロセス環境における耐食技術　他
- 設備機器の開発・実証
  - 実証すべき機器・系統の特定と、その実証方法

    以下に示す機器の性能確認、製作性確認、信頼性データ取得等のため、実証試験やデータ取得

    【機器の例】高温隔離弁、中間熱交換器、ヘリウム循環器　　等
- 規格・基準の整備
  - 軽水炉との違いや規制対応も見据えた、整備すべき規格・基準の特定と、整備に必要なデータ取得の項目と方法

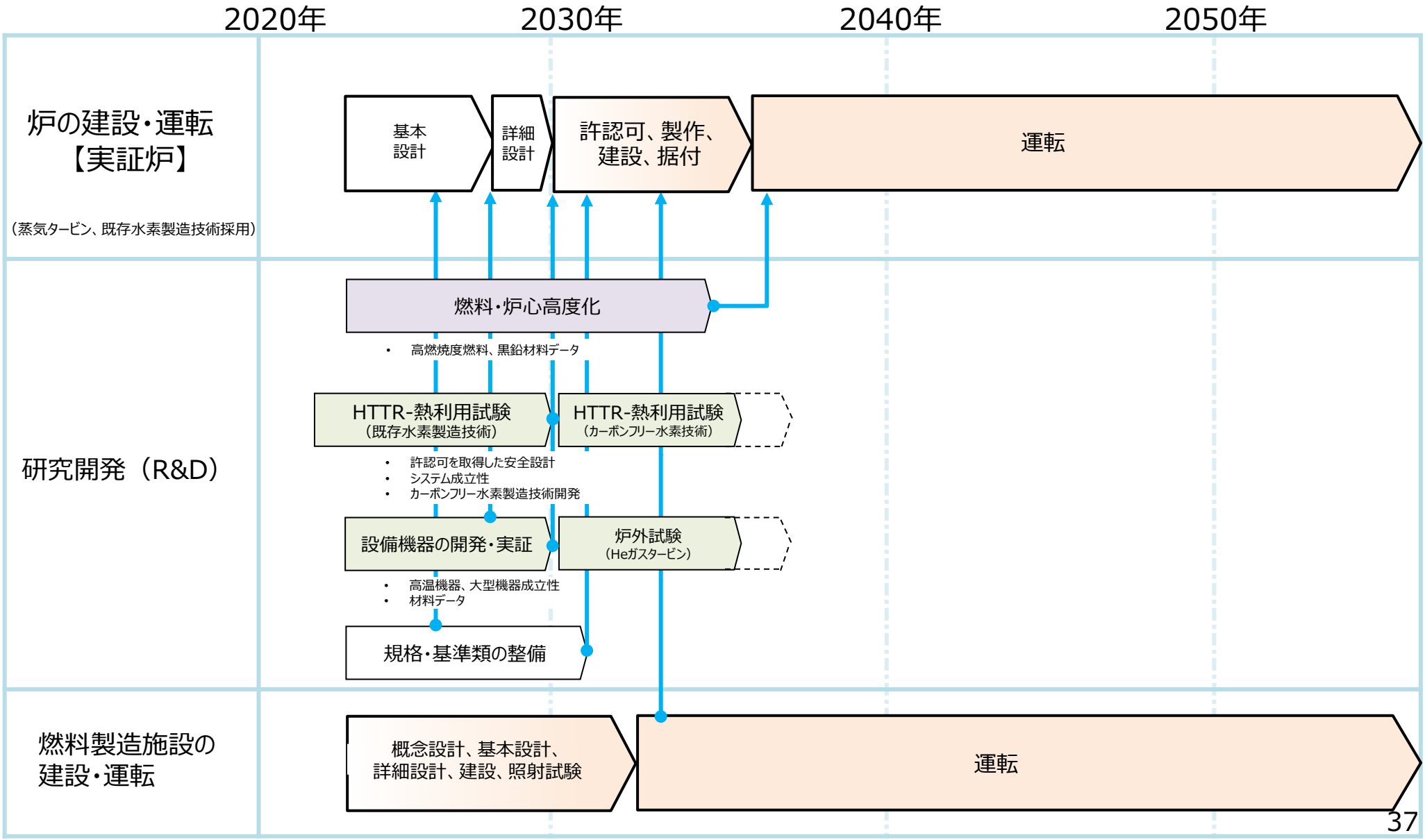
    高温ガス炉実証炉の規格・基準の整備に向け、原子力学会及び機械学会に設置の委員会で検討開始。
- 燃料製造施設の在り方
  - 燃料製造施設・HALEU用濃縮施設の概念検討、製造技術開発　　等

【参考】導入に向けた技術ロードマップ（高温ガス炉）

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）　抜粋

※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。）



１．次世代革新炉を巡る昨今の議論

２．次世代革新炉の国際動向

３．次世代革新炉の開発・建設に向けた取組状況と課題

（１）革新軽水炉

（２）小型軽水炉

（３）高速炉

（４）高温ガス炉

（５）核融合

核融合を巡る国内外の状況

- 核融合は、地球環境問題の解決に資する可能性を持つ“夢のエネルギー”として、世界7極によるITER計画を中心に据えつつ、前世紀から研究開発が進められてきた。
- 2010年代～2020年代初頭にかけて、米欧を中心に核融合による発電の実現を目指すスタートアップが勃興。数千億円単位で投資を集めるスタートアップも現れ、**民間部門による開発が活発化**。
- そうした中、2022年12月5日、**米ローレンスリバモア国立研究所（LLNL）**がレーザー型の核融合により史上初めて、出力エネルギーが入力エネルギーを上回る**“イグニッション（点火）”を達成**※。**ブレイクスルーの達成により、世界的に核融合への期待が高まった**。

  ※燃料への照射エネルギーに対するエネルギー増倍率Q＞1を達成したということ。レーザーを作り出すエネルギーを考慮すれば、商用のレーザー核融合炉ではQ=100程度が必要と言われている。
- 国内では、**2023年4月に初の国家戦略として、「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」を策定**。発電実証に向けたロードマップ・産官学の取組の更なる具体化に向け、**戦略改訂の議論が本年8月より内閣府の有識者会議において開始**されたところ。
- なお、**ITER計画**については、新型コロナウイルス感染症や、機器の不具合の修理等による日程への影響を受け、本年6月の理事会において**「ベースライン」見直しの必要性が提起**された。以下の通り、**主要なマイルストーンが後ろ倒しになる見通し**。
  - 完全な磁場生成：2033年→2036年
  - D-T核融合運転開始：2035年→2039年

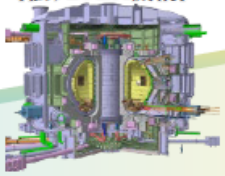
国内の取組の全体像

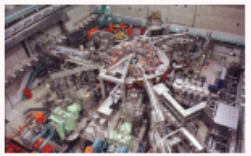
フュージョンエネルギー研究開発の全体像

◆ ITER計画等への参画を通じて科学的・技術的実現性を確認した上で、原型炉への移行を判断。
◆ 科学技術・学術審議会　核融合科学技術委員会等における議論を踏まえ、原型炉に必要な技術開発の進捗を定期的に確認しつつ、研究開発を推進。

SBIRフェーズ3基金（Small Business Innovation Research）
✓ 中小企業イノベーション創出推進基金を造成し、スタートアップなどの有する先端技術の社会実装を促進

科学的実現性	科学的・技術的実現性	技術的実証・経済的実現性	実用段階
・臨界プラズマ条件の達成	現在取り組んでいるフェーズ ・燃焼プラズマの達成・長時間燃焼の実現 ・原型炉に必要な炉工学技術の基礎の形成	次に取組を開始するフェーズ ・発電実証 ・経済性の向上	21世紀中葉までに実用化の目途
JT-60（JAEA）	JT-60SA（茨城県、QST） ITER（実験炉）（仏、ITER機構）	JA-DEMO（原型炉）	
	学術研究：GEKKO XII号、LFEX 大型レーザー装置（阪大レーザー研） LHD 大型ヘリカル装置（核融合科学研究所）	2030年代に移行判断 原型炉TFにて議論 原型炉実現に向けた体制整備 ✓ QSTを中心に企業も参画 ✓ アクションプランの推進	





未来社会像

核融合の挑戦的な研究の支援の在り方に関する検討会
✓ ムーンショット型研究開発制度を活用し、未来社会像からのバックキャストによる挑戦的な研究開発を推進

未来社会像からのバックキャストによるアプローチ

【参考】諸外国の動向

2024.8.20 第7回イノベーション政策強化推進のための有識者会議 「核融合戦略」 資料2

フュージョンエネルギーを巡る環境の変化

【諸外国の動向】

各国が国策としてフュージョンエネルギーを推進

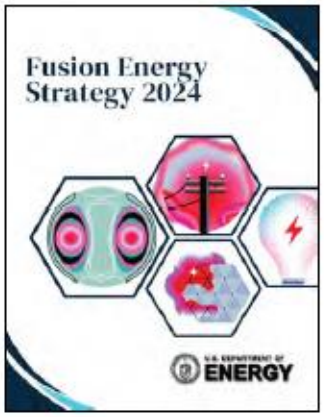
2024年6月、2022年に発表したビジョン"Bold Decadal Vision for Commercial Fusion Energy"の２周年記念イベントをホワイトハウスで開催。「フュージョンエネルギー戦略2024」を発表。

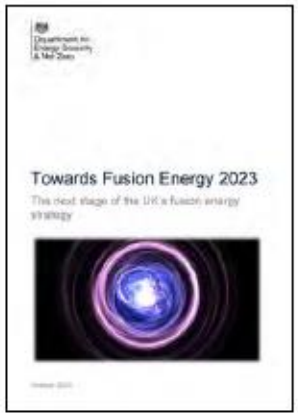
2023年10月、2021年に策定した戦略を更新"Towards Fusion energy 2023"。
2040年までに、原型炉に相当するSTEPを建設するため、実施主体 UKIFS を設立。

2023年9月、連邦教育研究大臣が新たな研究支援プログラムを開始すると発表。
2024年3月、国家戦略"Fusion 2040 - Research on the way to a fusion power plant"を策定。

核融合の要素技術を獲得するための大規模試験施設群「CRAFT」を2019年に建設開始。
ITERに先立ってDT運転を行うトカマク型核融合実験炉「BEST」を2023年に建設開始。

2024年6月、イーター機構から、計画のスケジュール・コスト等を定める基本文書「ベースライン」の更新の提案。
工程の大幅な組み換えを行うことにより、2035年の核融合運転開始の時期には影響を与えない方針。





【参考】ITER計画のベースラインの見直し

2024.8.20 第7回イノベーション政策強化推進のための有識者会議 「核融合戦略」 資料2

第34回ITER理事会について

1．概 要

日　時：令和６年６月19日(水)～20日(木)
場　所：ITER機構本部 (フランス　サン・ポール・レ・デュランス市(カダラッシュ))
出席者：ITER理事会議長、各極首席政府代表、ITER機構長　他
※日本の首席政府代表：増子 文部科学審議官
※ITER理事会は、ITER計画の最高意思決定機関。原則、年2回開催。

2．議事のポイント

（１）計画の進捗状況

- 各極及びITER機構において、**機器の製造や組立・据付が進展**
  - ✓ 技術的に最も困難な機器である**トロイダル磁場(TF)コイルの全機納入**
    ※日欧がTFコイル計19機を調達。7月1日にイーター機構で記念式典を開催。
  - ✓ 真空容器(VV)、熱遮へい板(TS)の修理が進展
  - ✓ 官民ワークショップを開催し、300人を超える産学官の関係者が参画

最後のTFコイルの納入

（２）ベースラインの更新

- ITER計画の日程・コスト等を定める**基本文書「ベースライン」の最適化に向けて、ITER機構から提案**。
  - ✓ 新型コロナ感染症や、機器の不具合の修理等による日程の影響があるものの、**工程の大幅な組み換え**※を行うことにより、**「核融合運転」の開始時期は2035年を維持**する方針。
    ※ 研究運転の早期開始を優先するため、新たにダイバーターなどの機器を初プラズマの前に据え付けることにするなど、工程の組み換えを行い、DT(重水素－三重水素)運転の開始時期は遅れる見込みであるものの、DD(重水素)運転の開始時期は2035年を維持。
  - ✓ 今後、各極が精査を行った上で、加盟７極の全会一致によって理事会で承認される必要。

⇒ 科学技術・学術審議会の下に設置されている核融合科学技術委員会において、ITER機構の提案の妥当性や、原型炉の研究開発計画への影響など、俯瞰的な議論を実施する予定。

【参考】国家戦略の改定に向けた議論が開始

2024.8.20 第7回イノベーション政策強化推進のための有識者会議 「核融合戦略」 資料2

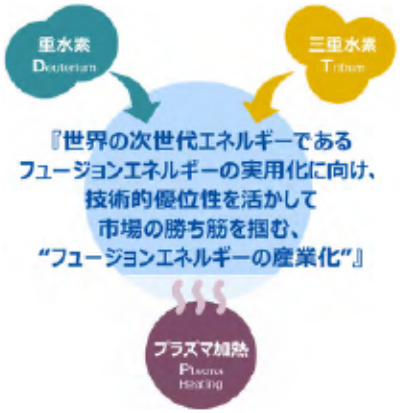
フュージョンエネルギー・イノベーション戦略の加速案
～フュージョン産業エコシステム創出ビジョン～

- ✓ 2023年４月に初の国家戦略として、「**フュージョンエネルギー・イノベーション戦略**」を策定。
- ✓ 世界各国が大規模投資を実施し、自国への技術・人材の囲い込みが強化。
- ✓ 発電実証時期を明確化するとともに、次期エネルギー基本計画への位置づけ等、**国としてのコミットメントの明確化が必要**。

ITER/BA活動の知見や新興技術を最大限活用し、**バックキャストによるロードマップを策定**するとともに、
QST等のイノベーション拠点化を推進し、**エコシステムを構築**

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

- **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、スピンオフも含めたビジネスの創出、投資の促進等)
- 科学的に合理的で国際協調した**安全確保の基本的な考え方を策定**
  (学会等とも連携し、安全確保検討TFで議論)



フュージョンテクノロジーの開発戦略
Technology

- 原型炉実現に向けた**基盤整備の加速**
  (QST等の体制強化、アカデミアや民間企業の結集)
- 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)
- ITER/BA活動を通じた**コア技術の獲得**
  (「ベースライン」の改定も見据え、知見活用)

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

- **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
- QST、NIFS、ILE等の**イノベーション拠点化 “フュージョン版シリコンバレー創成”**
  (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
- 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
- **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

多様な核融合の炉型

- **<u>米国の核融合スタートアップ企業を中心</u>**に、**<u>2030年前後での核融合実用化を掲げ、多様な炉型の開発への挑戦</u>**が発表されているが、**<u>核融合反応の連続化</u>**や、**<u>投入したエネルギー量を超えるエネルギーの回収</u>**など解決すべき課題もある。

（出所）ムーンショット型研究開発制度における新目標（フュージョンエネルギー）について（文部科学省）一部加工

核融合の技術課題

- 核融合の実現には、核反応そのものに係るプラズマ物理だけでなく、電磁気学や材料工学、炉設計工学等、**幅広い分野にまたがる技術課題の達成**が必要。
- 経済産業省では、**内閣府・文部科学省等の関係省庁**や、本年3月に設立された**（一社）フュージョンエネルギー産業協議会（J-Fusion）とも連携**しつつ、**核融合と共通性のある分野の技術開発等への支援**の検討を進めている。

＜他分野と共通性のある核融合の技術課題例＞

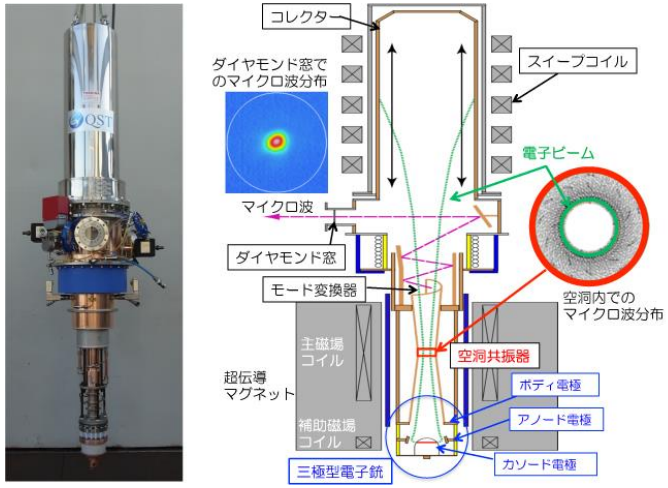
◆ジャイロトロンの開発

✓ **磁場型核融合**では、燃料プラズマを1億度程度まで加熱するため、**高出力電磁波を発信するジャイロトロン**が必要。

【他分野への応用例】

✓ ジャイロトロンは**地面の掘削等**に活用可能。

✓ NEDO事業で、高出力・連続運転ジャイロトロンの開発・深部地熱等への応用を支援。



◆ITERジャイロトロン（左）とジャイロトロン構成図（右）※1

◆高出力レーザーの開発

✓ **レーザー型核融合**により定常的に発電を行うには、**1kW程度の高出力と10Hz程度の繰り返し動作を両立するレーザー**が必要。

【他分野への応用例】

✓ 高出力・高繰り返しレーザーは、**CFRP等、一般的な切削加工が適さない部素材の加工**に適している。

✓ NEDO事業で、自動車業界・航空機分野への応用を見据えたハイパワーレーザー開発を支援。

◆激光XII号レーザー室※2

（出所）※1 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 ※2 大阪大学レーザー科学研究所

本日ご議論いただきたい内容

本WGで議論されてきた次世代革新炉の開発に係る道筋に関して、各炉型の直近の取組や課題を踏まえ、以下論点に関して検討が必要ではないか。

- ✓ 革新軽水炉は規制基準との関係性を含め課題検討・整理への取組が進み、小型軽水炉は日本メーカーが参画する海外の開発案件が着実に進展。次世代革新炉の新規建設及び海外市場の獲得のため、GX推進戦略等に則った更なる技術開発支援が重要。各炉型の開発のポートフォリオを踏襲したうえでどのような方策で加速すべきか。

- ✓ 高速炉・高温ガス炉実証事業を着実に進めていくために、研究開発や概念設計が進みつつある中で、課題の抽出や工程の精査など今後は如何なる点に留意して事業を進めていくべきか。

- ✓ 核融合について、国内スタートアップによる2030年代の発電実証（※発電に必要な最低限のスペックを備えたパイロットプラントの建設）への挑戦が掲げられている中、安定供給に資するエネルギーシステムとしての成立までの時間軸と現在地をどのように捉えるべきか。