

GXにおける次世代革新炉の動向

令和5年12月11日
資源エネルギー庁

「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。

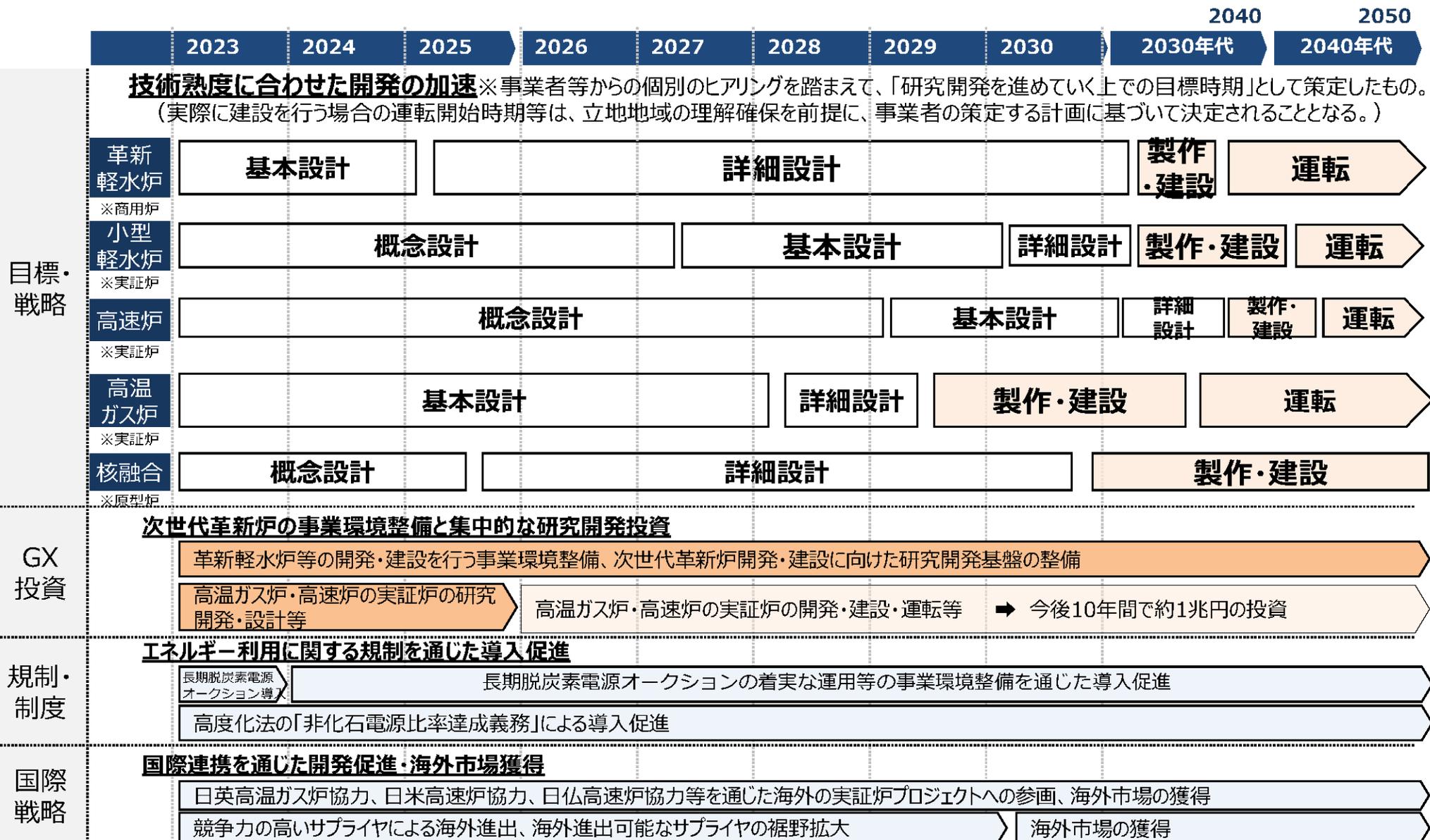
既存の原子力発電所を可能な限り活用するため、**現行制度と同様に、「運転期間は40年、延長を認める期間は20年」との制限を設けた上で、原子力規制委員会による厳格な安全審査が行われることを前提に、一定の停止期間に限り、追加的な延長を認めることとする。**

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

●「第六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理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

GX脱炭素電源法（原子力関係）の概要

成立日 令和5年5月31日
公布日 令和5年6月7日

原子力基本法

令和5年6月7日施行
（一部を除く）

- ＜基本方針＞
- ・ 安全神話に陥り、事故を防止できなかったことを真摯に反省。
 - ・ 原子力事故の発生を常に想定し、その防止に向けて最大限努力。

＜国の責務＞

- ・ 原子力発電が、①電気の安定供給の確保、②脱炭素社会の実現、③エネルギー供給の自律性向上に資するよう、必要な措置を講じる。
- ・ 安全性の確保を前提に、原子力事故の防止に万全の措置を講じ、国民からの信頼確保、立地地域の課題解決に向けた取組を推進する。

＜基本的施策＞

- ・ 原子力発電の適切な活用に向けて、安全性の確保を前提に、必要な措置を講じる。
 - 技術の維持・開発、人材の育成・確保等
 - 原子力に関する研究開発推進やこれらの成果の円滑な実用化
 - 適切な安全対策投資等を確保するための安定的な事業環境整備
 - 再処理、使用済燃料対策、廃炉の円滑かつ着実な実施
 - 最終処分円滑かつ着実な実施

＜事業者の責務＞

- ・ 安全性向上を図る態勢や防災態勢を充実強化する。
- ・ 立地地域等が行う地域振興の取組等に協力する。

＜運転期間に係る規制＞

- ・ 運転期間に係る規制は、電気の安定供給確保等のため、原子力の安定的な利用を図る観点から措置。

電気事業法

令和7年6月6日施行

- ・ 運転期間は40年とし、①安定供給確保、②GXへの貢献、③自主的安全性向上や防災対策の不断の改善について、経済産業大臣の認可を受けた場合に限り、延長を認める
- ・ 延長期間は20年を基礎として、原子力事業者が予見し難い事由（制度・運用の変更、仮処分命令等）による停止期間を考慮した期間に限定する

※原子力規制委員会による安全性確認が大前提

原子炉等規制法

令和7年6月6日施行

※経過措置：
令和5年10月1日施行

- ・ 原子力事業者に対して、
 - ①運転開始から30年を超えて運転しようとする場合、10年以内毎に、設備の劣化に関する技術的評価を行うこと
 - ②その結果に基づき長期施設管理計画を作成し、原子力規制委員会の認可を受けることを新たに法律で義務付け

再処理法

令和6年4月1日施行

- ・ 今後の廃炉の本格化に対応するため、使用済燃料再処理機構（NuRO^(※)）に
 - ①全国の廃炉の総合的調整、
 - ②研究開発や設備調達等の共同実施、
 - ③廃炉に必要な資金管理等の業務を追加
- ・ 原子力事業者に対して、NuROへの廃炉拠出金の拠出を義務付ける

(※) Nuclear Reprocessing Organization of Japanの略

次世代革新炉の種類と特徴

革新軽水炉



◆ SRZ-1200 (三菱重工業)

- 既設の軽水炉 (PWR・BWR) をベースに安全性を向上した軽水炉

<技術的特徴>

- 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) による所外影響の低減

<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

高速炉



◆ 実験炉：常陽 (JAEA)

- 高速中性子により、核分裂連鎖反応が維持される原子炉

<技術的特徴>

- 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



◆ 試験炉：HTTR (JAEA)

- 950℃の高温熱を取り出せる原子炉

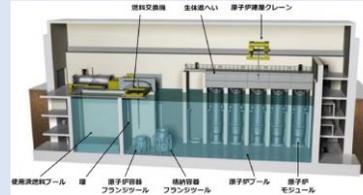
<技術的特徴>

- 高温でも安定したヘリウム冷却材 (水素爆発なし)
- 高温耐性で炉心溶融なし
- 高温の熱を利用した熱のカスケード利用が可能 (水素製造、発電など)

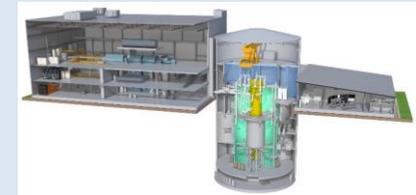
<課題>

- ・ エネルギー密度・経済性の向上
- ・ 安定した被覆燃料の再処理等の技術的課題

SMR (小型炉)



◆ VOYGR (NuScale社)



◆ BWRX-300 (日立GE)

- 電気出力が30万kW以下の原子炉

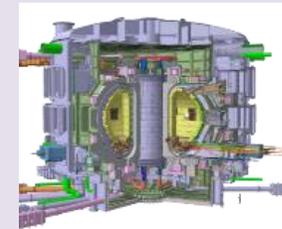
<技術的特徴>

- 炉心が小さく自然循環冷却、事故も小規模に
- 工期短縮・初期投資の抑制

<課題>

- ・ 小規模なため効率低い (規模の経済性小)
- ・ 国内外の自然条件の違い

核融合



◆ 実験炉：ITER

- 重水素と三重水素等の核融合を利用した原子炉

<技術的特徴>

- 連鎖反応が起こらず、万一の場合は反応がストップ
- 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)
- ・ エネルギー密度・経済性の向上

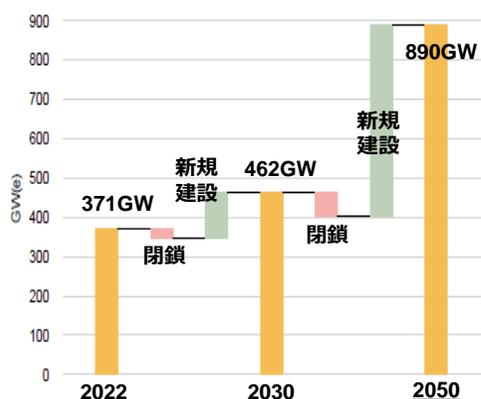
世界の原子力市場の拡大見通し

- NEI（米国原子力エネルギー協会）の分析によると、原子力の市場規模は、**2050年には最大で年間約40兆円まで拡大**。そのうち、**アジアの旺盛な需要拡大**に応える伸び（石炭からのリプレース等）が大宗を占める。
- 非従来型炉は、2050年の市場において、最大で25%を占める可能性があるとの予測。

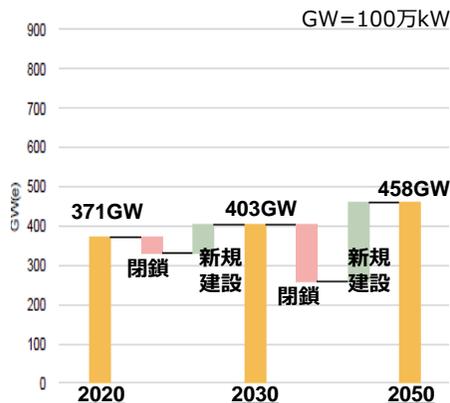
世界の原子力設備容量予測

～IAEA：国際原子力機関～

【高予測】各国で温暖化対策を拡充

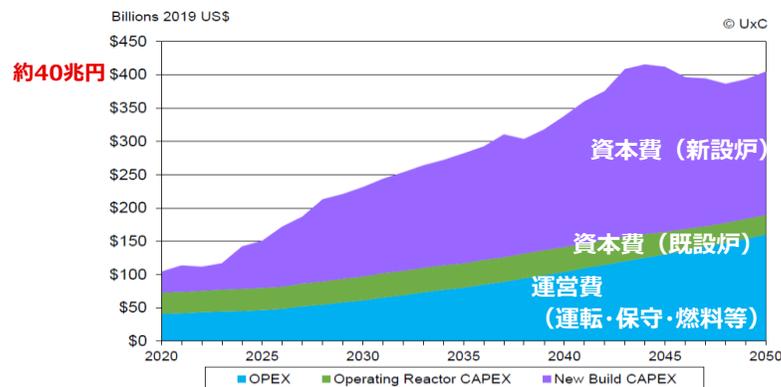


【低予測】各国で現状維持

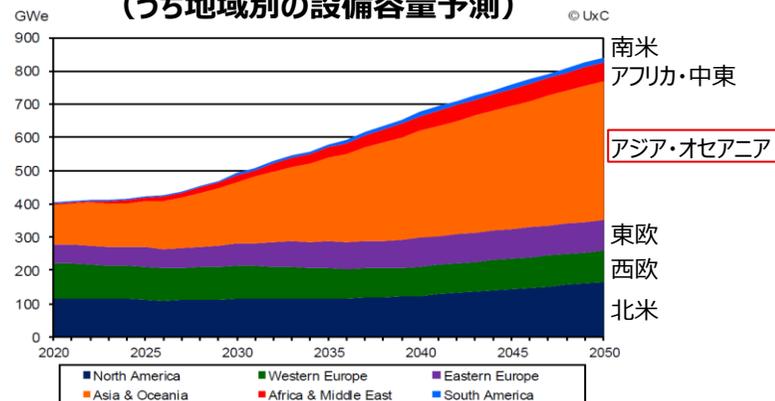


世界の原子力市場予測（IAEA「高予測」に相当）

～NEI：米国原子力エネルギー協会～



（うち地域別の設備容量予測）



非従来型炉の市場規模予測

～NEI：米国原子力エネルギー協会～

「SMR、マイクロ炉、革新炉（高温ガス炉、熔融塩炉等）が、より市場に浸透していけば、これら**非従来型の炉は、2050年の市場において、最大で25%を占める可能性**がある」

COP28における「原子力3倍宣言」

- 2023年12月2日、COP28（ドバイ）において、日本を含む22カ国が「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。
※12月3日にアルメニアも参加し、賛同国は23か国となった。
- 我が国は、第三国への革新炉の導入支援や同志国と連携したサプライチェーンの強靱化などの取組を通じて、世界全体での原子力発電容量の増加に貢献する観点から賛同。



＜共同宣言に賛同した23カ国＞

UAE、米国、フランス、日本、英国、カナダ、韓国、フィンランド、スウェーデン、ベルギー、ルーマニア、ポーランド、ブルガリア、チェコ、ウクライナ、スロベニア、スロバキア、ガーナ、カザフスタン、モロッコ、モルドバ、オランダ、アルメニア

（参考）原子力3倍宣言（抄訳）

今世紀半ば頃までに世界全体で温室効果ガス排出のネット・ゼロ／カーボン・ニュートラルを達成し、気温上昇を1.5℃に抑えることを射程に入れ、持続可能な開発目標（SDGs）第7を達成するにあたっての、原子力の重要な役割を認識し、…

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の分析によれば、平均1.5℃シナリオでは、2020年から2050年にかけて、世界の原子力発電設備容量が約3倍に増加することを認識し、…

各参加国の異なる国内事情を認識しつつ、2050年までに2020年比で世界全体の原子力発電容量を3倍にするという野心的目標に向けた協働にコミットする。（以下略）

【参考】世界の原発利用国の状況

2023年12月時点

28カ国

・米国	[93/1]	・スウェーデン	[6/0]	・メキシコ	[2/0]
・フランス	[56/1]	・チェコ	[6/0]	・ルーマニア	[2/0]
・中国	[55/22]	・パキスタン	[6/0]	・オランダ	[1/0]
・ロシア	[37/3]	・スロバキア	[5/1]	・アルメニア	[1/0]
・韓国	[25/3]	・フィンランド	[5/0]	・イラン	[1/1]
・インド	[19/8]	・ハンガリー	[4/0]	・UAE	[3/1]
・カナダ	[19/0]	・アルゼンチン	[3/1]	・ベラルーシ	[2/0]
・ウクライナ	[15/2]	・南アフリカ	[2/0]	・スロベニア	[1/0]
・英国	[9/2]	・ブラジル	[2/1]	・日本	
		・ブルガリア	[2/0]		

凡例：[**運転中の基数** / **建設中の基数**]
 「運転中の基数」= IAEAにより "In Operation"と紹介されている基数
 「建設中の基数」= IAEAにより "Under Construction"と紹介されている基数

将来的に利用

16カ国

・インドネシア		・トルコ	[4]
・ウズベキスタン		・ナイジェリア	
・エジプト	[3]	・バングラディシュ	[2]
・カザフスタン		・フィリピン	
・ガーナ		・ポーランド	
・サウジアラビア		・イタリア	
・シリア		・モロッコ	
・リトアニア		・ヨルダン	

凡例：[**建設中の基数**]
 「建設中の基数」= IAEAにより
 "Under Construction"と紹介されている基数

現在、原発を利用

4カ国・地域

・スペイン	[7]	(2020年政府発表 / 2035年閉鎖)
・ベルギー	[5]	(2003年法制化 / 2036年閉鎖)
・スイス	[4]	(2017年法制化 / -)
・台湾	[2]	(2019年政府発表 / -) (脱原発決定年 / 脱原発予定年)

凡例：[**運転中の基数**]
 「運転中の基数」= IAEAにより "In Operation"と紹介されている基数

現在、原発を利用せず

4カ国

・ドイツ	(2002年法制化 / 2023年閉鎖)
・オーストリア	(1978年法制化)
・オーストラリア	(1998年法制化)
・マレーシア	(2018年首相発言)

出所：IAEA Power Reactor Information System
 ホームページ等
 (注) 主な国・地域を記載

将来的に非利用

先進国での支援例

- 米・英は、相次いで原子力への大規模な支援策を発表。① 安全性を高めた大型軽水炉の支援等、② 革新炉の研究開発支援の二本立てであり、後者は具体的な実証・実装プロジェクトに紐付けられている。仏・韓も具体的な原子力支援を表明。国営企業が、新規建設で産業基盤を維持しつつ、将来に向けた革新炉開発も推進。



◆既設支援

- 経済的困難な状況にある既設炉への財政支援 (2022年4月):
\$60億(約6,000億円)
- 既設炉の販売電力量に応じ税控除

大型軽水炉
支援

◆研究開発

- 革新炉実証プログラム (ARDP) (2020年5月):
\$32億(約3,200億円) / 6年
実証炉2基に対する資金支援
 - TerraPower社 (高速炉): 約2000億円
 - X-energy社 (高温ガス炉): 約1200億円
- SMRの技術開発支援・財政支援
 - NuScale社:
R&D \$5.3億(約530億円)
運営主体支援 \$13.55億(約1355億円)/10年間

非従来型炉
研究開発
支援



◆新設支援

- 国内新規建設を支援する資金調達モデル(RABモデル)関連法が成立 (2022年3月)
- 大型原子力発電所の新規建設推進:
 - サイズウェルC建設への直接投資 £6.79億(約1,018億円)等

◆研究開発

- 「革新原子力ファンド」設立 (2020年12月):
£3.85億(約577億円)
 - SMR開発: £2.15億(約322億円)
 - AMR実証炉開発 (高温ガス炉) £1.70億(約255億円)
- 「未来の原子力実現基金」設立 (2022年5月):
£1.2億(約180億円)



◆新設支援

- 2020年9月「France Relance」にて原子力産業の支援策を発表。
 - 人材支援
€約1.1億(約143億円)
 - 中小企業支援 (ファンド創設)
総額€2億(約260億円)
- マクロン大統領は、2022年2月に「6基のEPR2の新設に着手し、更に8基の新設に向けた検討を開始」と宣言。

◆研究開発

- SMRを含むプロジェクトに €10億(約1,300億円) (2021年10月)
- マクロン大統領は、「2030年までに、革新的な小型原子炉をフランスに導入する」と発言。



◆海外新設支援

- 輸出推進のため「原子力輸出諮問委員会」を2021年に設置。
- 中小企業の資機材輸出のためのポータルサイトを立ち上げ。
- 国内建設 (3基建設中)
 - 政府および政府系金融機関が電力公社に50パーセント超の株式を保有し、下支え。

◆研究開発

- SMRを含むプロジェクトに 2兆7000億W (約2700億円) / (2022年から5年間)
- ※詳細な内訳は不明。

幅広い産業における原子力利用の拡大

- 近年、データセンター等の電力需要増を見込んだ海外IT企業による原子力活用や、炭素集約度の高い産業における積極的な原子力活用に向けた動きが報じられている。

IT産業における原子力活用の動き

米 : Microsoft社

- 2023年6月、米コンステレーション・エナジー社（原子力発電事業者）と、データセンター向けに原子力由来の電力を供給する契約を締結。

米 : OpenAI社

- 2023年7月、ChatGPTを開発したOpenAI社のアルトマンCEOは、米オクロ社（2015年から同氏が会長を務める革新炉開発ベンチャー）がニューヨーク証券取引所への上場を行う方針を発表。

- 上場で得られた資金は、液体金属を用いたマイクロ高速炉「Aurora」の開発に充てられ、データセンターや産業施設等を将来顧客として見込んでいる。また、同社は、NETFLIX社、Apple社、Google社等との提携を発表している。



オクロ社が開発する
マイクロ高速炉「Aurora」

スウェーデン : Bahnhof（バーンホフ）社

- Bahnhof社は、ストックホルムにあるデータセンターにSMRを設置する考えを表明。
- スウェーデンメディアのSVT Nyheterは、スウェーデンのデータセンターは現在、年間3TWhの電力を消費しているが、2、3年内にはこの需要が倍増すると推計している。

製造業における原子力活用の動き

加 : Cenovus Energy社（石油・天然ガス総合企業）

- 多量の温室効果ガスを排出するオイルサンド回収事業へのSMRの適用可能性について複数年にわたる調査を実施。アルバータ州政府は2023年9月、同事業に対し700万加ドル（約7億7,000万円）を助成すると発表した。



セノバス社の幹部およびアルバータ州政府の
関係閣僚ら ©Government of Alberta

米 : Nucor社（鉄鋼メーカー）

- 2023年5月、米NuScale社製のSMR「VOYGER」をベースロード電源として、製鋼所にクリーンな電力を供給する計画を進めるため、同社との協力深化に向けた覚書を締結。

米 : Dow社（化学メーカー）

- 熱電供給可能な米X-energy社製SMR「Xe-100」4基を備えた発電所の建築を目指すDow社は、2023年5月、テキサス州シードリフト市を建設予定地に選定。



「Xe-100」発電所の完成予想図

【参考】NuScale社によるSMR関連の動向

- 2023年11月8日、NuScale社は、米国SMR初号機プロジェクトとして、2029年に運転開始を予定していた、Carbon Free Power Project (CFPP) の中止を発表。中止の理由は、プロジェクト継続の判断基準として設定していた売電先の確保目標に届かなかったため。
- 他方で、2023年10月には、米スタンダード・パワー社の新案件が発表。これにより、CFPP向けの知見は、これらのプロジェクトに活用される見込み。

Carbon Free Power Project (CFPP)

2015年にユタ州公営共同電力事業体 (UAMPS)によって立ち上げられ、NuScale社が開発するSMRの米国初号機プロジェクトとして、アイダホ国立研究所内で**2029年運転開始を予定していたものの、2023年11月に中止発表。**



NuScale SMR 概念図

※イラストはNuScale社HP (<http://www.nuscalepower.com>) から引用

その他のNuScale社案件

<米国>

2023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バニア州に立地するデータセンターへの電力源として、NuScale社のSMR技術の採用を発表。約2 GW = 24基の電力供給を想定し、**2029年に初号機の運転開始を目指す。**

<ルーマニア>

国営原子力発電事業社傘下のローパワー社は、ルーマニア・ドイチエシュティの石炭火力発電所の跡地に、**合計6基のNuScale社のSMRを建設し、2029年の運転開始を予定** (21年11月発表)。

革新炉型毎のグローバル市場獲得ポテンシャル

- 革新軽水炉では、海外市場で一定の競争力を有するサプライヤが国内に存在。
- その他炉型についても、相手国のサプライチェーンの弱みを補完する形で初号機プロジェクトに参画し、実績を積むことで、将来市場を獲得できる可能性。

	対象国	市場規模※	機器・部材例	備考
EPR	英、仏、東欧等 (18基～)	250億円~/基	大型鍛造品、ポンプ 蒸気発生器、バルブ等	■ 仏英において、大型の革新軽水炉（EPR、EPR2）の建設の動き。 <u>日本勢による受注確度が高い機器・部材もあり、仏国内の生産能力次第では更なる市場拡大が見込める可能性。</u>
AP1000	欧州等 (数基～)	250億円~/基	タービン、格納容器 大型鍛造品、ポンプ、バルブ等	■ WECはポーランド等の欧州で受注活動展開中。 <u>米ボーグルで日本企業の供給実績あり、欧州でも市場獲得の可能性。</u>
高温ガス炉	英、ポーランド (各1基)	400億円~/基	制御棒駆動装置、バルブ、 大型鍛造品、燃料交換機、 炉内構造物・黒鉛材等	■ 英国実証炉やポーランド研究炉について、HTTRで実績をもつJAEAと連携中。 <u>本国調達目標が低く（英国は本国調達率50%を目標）、主要な構成機器・部材で受注の可能性。</u>
高速炉 Natrium	米 (1基)	200億円~/基	燃料交換機、制御棒計装 原子炉容器、バルブ等	■ <u>JAEA/もんじゅの経験を活かし、米テラパワー社と開発協力。</u> 原子炉容器・炉内構造物・ナトリウム冷却システム機器等について、受注の可能性。
VOYGR (NuScale)	米、ルーマニア等 (2基～)	100億円~/基	格納容器、伝熱管 バルブ、溶接材等	■ 先行する北米・東欧案件への機器供給を通じ、グローバル市場獲得を目指す。 <u>現地企業と連携した原子力機器供給モデルの構築を通じた市場獲得の可能性。</u>
BWRX-300	カナダ、米、欧州等 (9基～)	100億円~/基	原子炉容器部材 制御棒駆動機構 バルブ、炉内構造物等	■ <u>日立GEは実プロジェクトへの主要機器・部材供給を目標に対応中。</u> 北米に加え、欧州で候補炉型に選定され、機器・部材供給市場拡大の可能性。
SMR160+	米、欧州等 (数基～)	60億円~/基	鍛造材、バルブ 計装制御システム等	■ 閉鎖済みパリセイド原発を再稼働させ、その敷地内にSMRを建設する計画。 ■ <u>三菱電機は計装制御システムを2016年から共同開発中。</u>

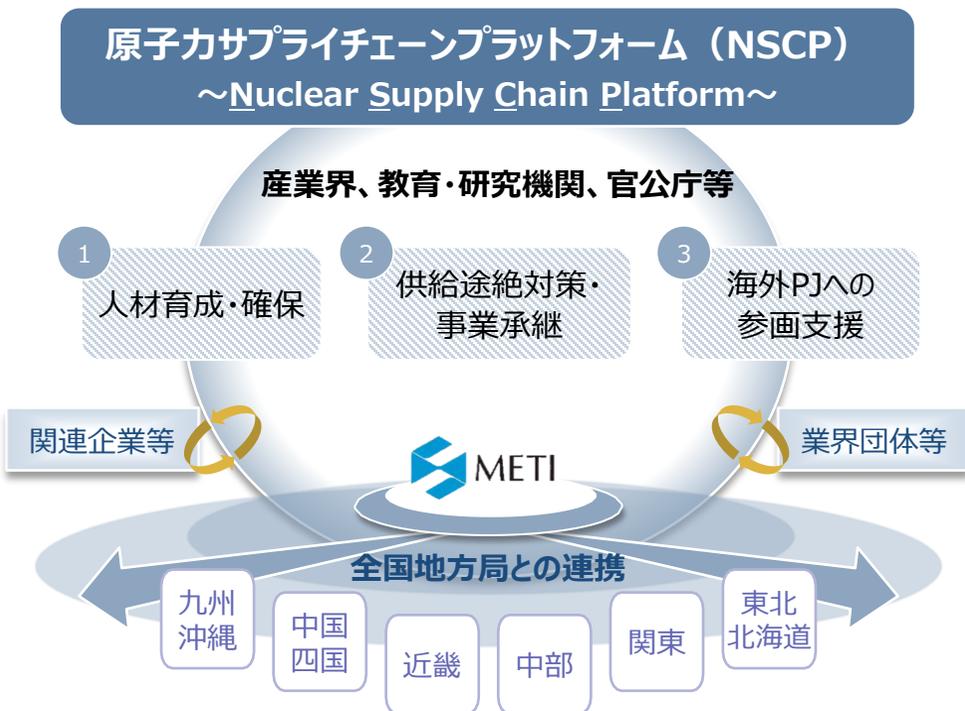
(出所) ヒアリング、各種資料等

※ ヒアリングで国内サプライヤによる市場獲得の可能性があると評価された機器・部材の想定販売額を積み上げたもの。

サプライチェーンの維持・強化に向けた取組

- 人材育成・確保支援、部品・素材の供給途絶対策、事業承継支援など、地方経済産業局等と連携し、サプライチェーン全般に対する支援態勢を構築。
- 次世代革新炉の開発・建設が進む場合にも、サプライヤが実際に製品調達・ものづくり等の機会を得るまでには相当程度の期間を要することも踏まえ、関連企業の技術・人材の維持に向け、海外市場機会の獲得を官民で支援していく。

サプライチェーン強化の枠組み



支援策の概要

① 戦略的な原子力人材の育成・確保

- 産学官の人材育成体制を拡充し、大学・高専と連携したものづくり現場のスキル習得を進め、原子力サプライヤの講座への参加を支援

② 部品・素材の供給途絶対策、事業承継

- 地方局との連携も通じ、政府が提供する補助金・税制・金融等の経営支援ツールの活用を促進

③ 海外PJへの参画支援

- 国内サプライヤの実績や技術的な強みを発信する機会・ツールを積極的に企画・開発し、日本企業による海外展開を支援

--- 革新サプライヤチャレンジ ---

海外ベンダーへの発信・輸出金融・規格取得支援等を通じ、海外PJへの参画を後押し

炉型毎のチームを「革新サプライヤコンソーシアム」認定



【参考】原子力関連分野における民間事業者の支出額（一部）

- 原子力事業者により、新規制基準に対応するための安全対策費用を含め、年間 2 兆円程度の支出が行われ、うち百億円程度が研究開発費として支出されている。

(年度)	電気事業者※の原子力関係支出高（億円）	
	(合計)	うち、研究開発費（推計値）
2010	21,420	137
2011	18,101	75.5
2012	14,986	82.4
2013	15,083	75.7
2014	17,021	107
2015	18,901	117
2016	18,695	108
2017	18,891	99.0
2018	21,188	81.7
2019	20,155	83.3
2020	21,034	106
2021	17,646	135
2022	18,392	121

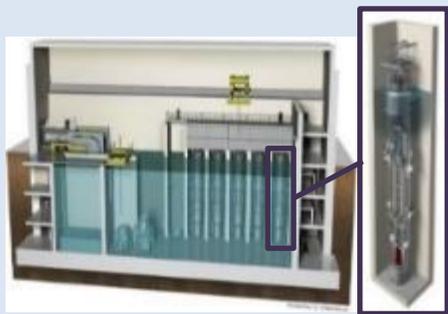
※ 原子力発電所を有する発電事業者

国際連携プロジェクトにおける貢献

- 国内の高い製造・研究開発基盤を生かして米英仏等の革新炉プロジェクトに参画し、欧米諸国の原子力産業基盤維持と世界の脱炭素に貢献。

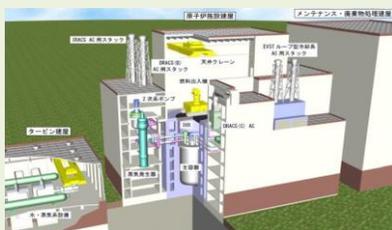
小型軽水炉(SMR)

- 小型、受動安全 (約300℃)
- モジュール生産、工期短縮
- ⇒固有の安全性、低資本費



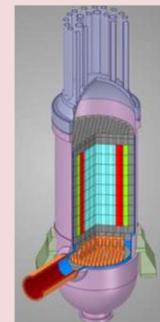
高速炉

- 高速中性子を利用した、ナトリウム冷却炉 (約550℃)
- ⇒固有の安全性、資源の有効利用、放射性廃棄物の減容化・有害度低減



高温ガス炉

- 化学的に安定したヘリウム冷却材・多重被覆燃料を使用した高温の原子炉 (約950℃)
- ⇒熱利用・水素製造、固有の安全性



アメリカ
SMR協力



米・仏
高速炉R&D協力



イギリス
高温ガス炉



国際連携



実験炉：常陽



試験設備：AtheNa



試験炉：HTTR

JAEA施設

中露における革新炉開発の動き

- 中国・ロシアは、革新炉においても、米英仏に先駆けて、開発・実証を推進中。

中国

<高速炉>

- ロシア技術の輸入により実験炉(CEFR)を運転中。
- 2017年、実証炉(CFR600)建設を開始。2023年稼働予定。
- 2030年代に商用炉(CFR1000/1200)導入予定。



CEFR外観

<高温ガス炉>

- 2000年、実験炉(HTR-10) が運転開始。
- 2021年、実証炉(HTR-PM)が初臨界。2023年12月6日、168時間の連続運転試験をクリアし、正式に商業運転を開始。



HTR-PM外観

<SMR>

- 2021年、国産PWR型SMR「玲龍1号」の実証炉を着工。2026年運転開始予定。

ロシア

<高速炉>

- 旧ソ連時代から豊富な運転経験を有する。
- 1980年、原型炉(BN-600)運転開始。
- 2015年、実証炉(BN-800)運転開始。
- 2035年頃に商用炉(BN-1200)導入予定。

<SMR>

- 2020年、世界で初めて浮体式洋上SMRであるアカデミック・ロモノソフの商業運転を開始。
- 2021年、極東サハ自治共和国内に商用陸上SMRの建設許可を発給。2028年までの完工を目指す。



BN-800外観



アカデミック・ロモノソフ外観

高速炉による廃棄物・資源問題解決への貢献

- 核燃料サイクルは、①高レベル放射性廃棄物の減容化、②有害度低減、③資源の有効利用等の観点から、引き続き推進することが重要。
- **高速炉**では、高レベル放射性廃棄物の潜在的有害度が自然界並に低減する期間が**10万年から300年に**。長期的には資源の有効利用も可能であり、エネルギーセキュリティの確保にも貢献。**核燃料サイクルの効果をより高める可能性**。

高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減

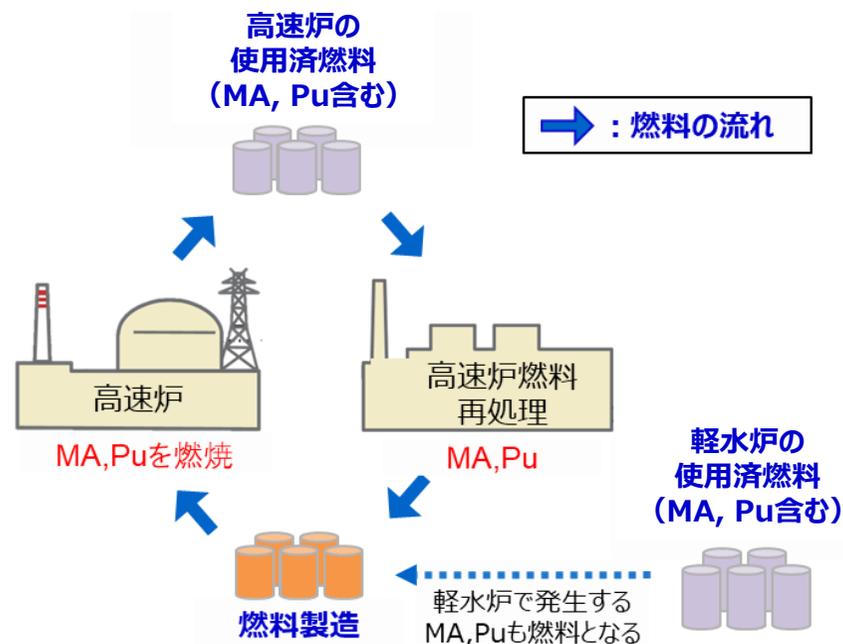
高速炉サイクル

- マイナーアクチノイド（MA）燃焼等でナトリウム冷却高速炉が米加で脚光を浴びる。



資源の有効利用

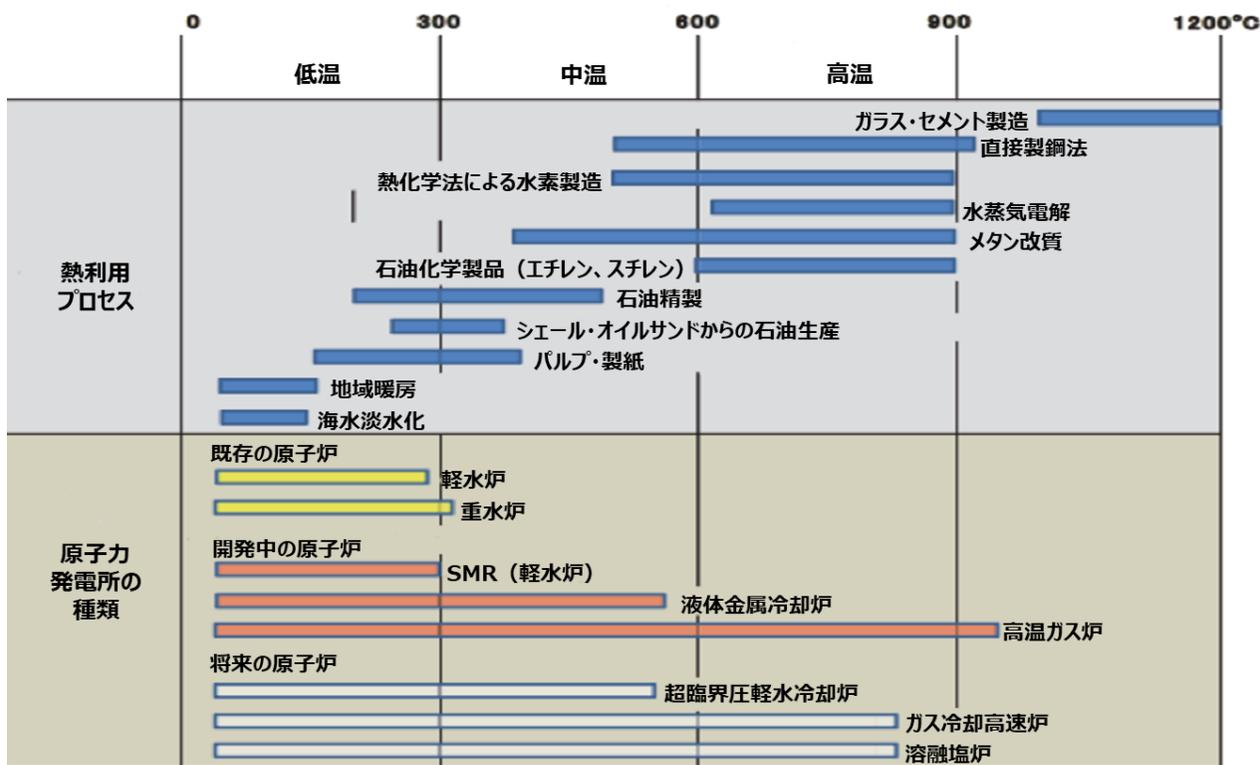
- 使用済燃料の再処理を経て製造した燃料を、軽水炉（プルサーマル）や高速炉で利用することで、資源を有効利用。



高温ガス炉による水素社会への貢献

- 将来的な水素社会において、鉄鋼・化学等における原料、輸送機器や発電における燃料としては、大規模かつ経済的な水素の安定供給が必要。
- 高温ガス炉では950℃の高温熱が取り出せることから、水素製造や発電など熱のカスケード利用が可能。

熱利用プロセスと各炉型の温度範囲



(出所) IAEA Nuclear Energy Series, Opportunities for Cogeneration with Nuclear Energy

水素社会での高温ガス炉活用のイメージ



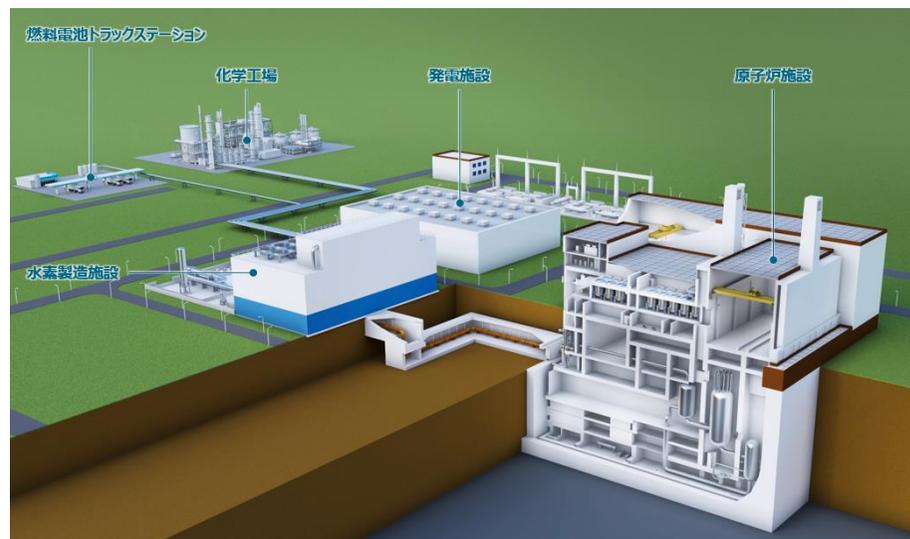
高速炉・高温ガス炉の実証炉開発

- 「GX経済移行債」による投資促進策として、高速炉・高温ガス炉の実証炉開発に関する予算を、今年度から3か年でそれぞれ460億円、431億円措置し、研究開発を加速していく。
- 高速炉については、7月12日、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た。
- 高温ガス炉については、7月25日、中核企業として三菱重工業株式会社を選定した。

<高速炉（イメージ）>



<高温ガス炉（イメージ）>



<高速炉実証炉 今後の開発の作業計画> 令和5年度 76億円

2023年7月：炉概念の仕様を選定【選定済】
2024年度～2028年度：実証炉の概念設計・研究開発
2028年頃：実証炉の基本設計・許認可手続きへの移行判断

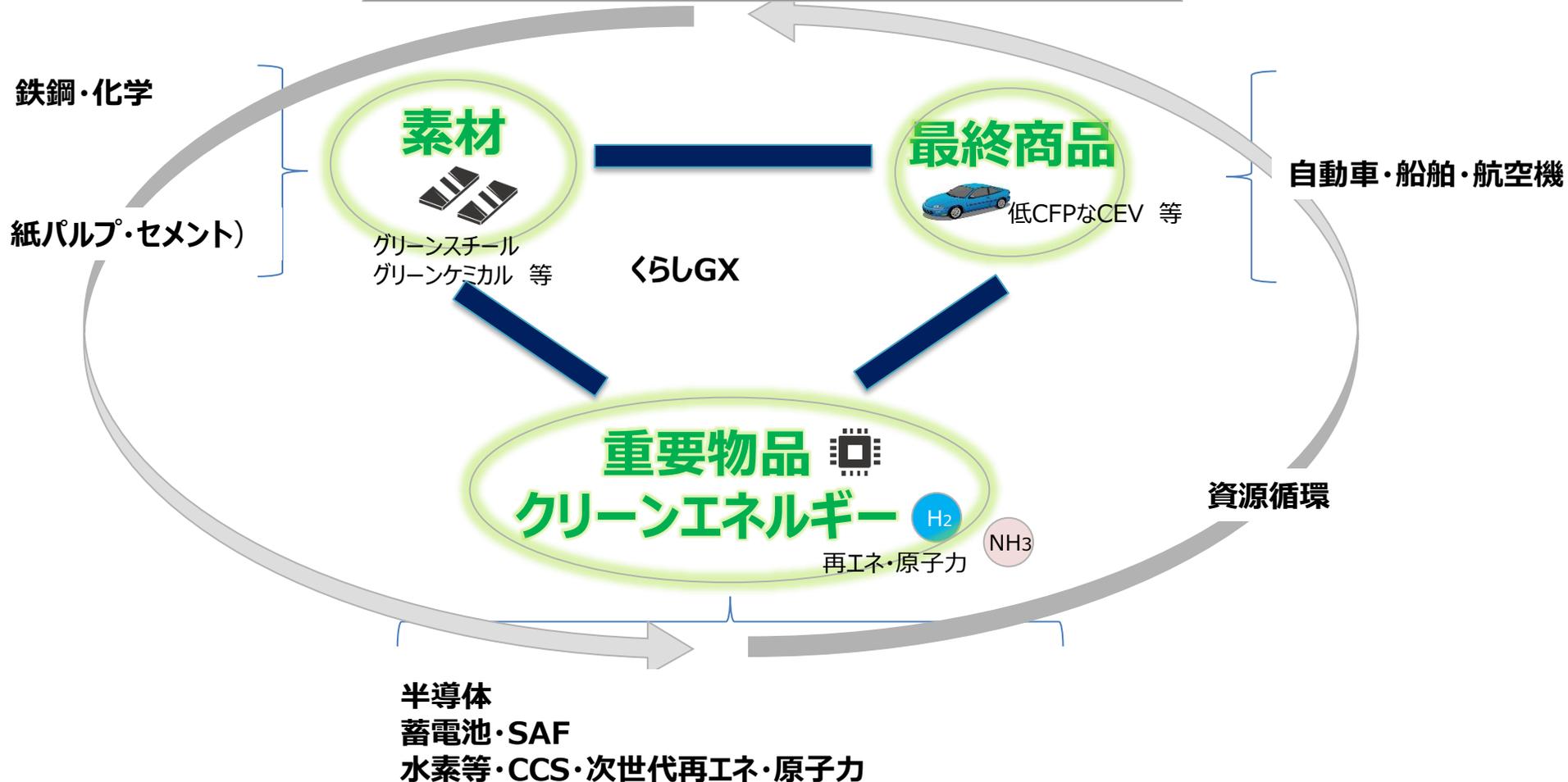
<高温ガス炉実証炉 今後の開発の作業計画> 令和5年度 48億円

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

分野別投資戦略の対象

- GX基本方針（GX推進戦略として令和5年7月閣議決定）の参考資料として、国が長期・複数年度にわたるコミットメントを示すと同時に、規制・制度的措置の見通しを示すべく、22分野において「**道行き**」を提示。
- 今般、当該「道行き」について、大括り化等を行った上で、重点分野ごとに本WGで議論を行い「**分野別投資戦略**」としてブラッシュアップ。官も民も一歩前に出て、**国内にGX市場を確立し、サプライチェーンをGX型に革新する。**

分野別投資戦略と、GX型サプライチェーンの関係



- **GX経済移行債による支援**は、GX実現に向けて、「**国による投資促進策の基本原則**」(P6) など、従来の支援策とは異なる考え方、枠組みに基づき、実施するもの。
- 具体的には、GX投資を官民協調で実現していくための、「**大胆な先行投資支援**」として、GXリーグへの参画等、**支援対象企業にはGXに関する相応のコミットを求めるとともに、効果的にGX投資を実現していく観点から、規制・制度的措置と一体的に講じていく。**(※GXリーグは、カーボンニュートラルへの移行に向けた挑戦を果敢に行い、国際ビジネスで勝てる企業群が、GXを牽引する枠組み。我が国のCO2排出量の4割以上を占める企業群が参画。野心的な削減目標達成に向けた排出量取引の実施、サプライチェーン全体での排出削減に向けたルールメイキング、目標・取組状況の情報開示等を通じて、我が国全体のGXを加速。)
- こうしたコミットは、**支援策により自ら排出削減と成長を目指す主体のみならず、需要家の購入支援や、機器導入支援等の支援策において対象となる機器等の製造事業者においても、当該製品のライフサイクルを通じた環境性能の向上や、サプライチェーンでの排出削減、安定的な供給体制確保を通じた国内の人的・物的投資拡大(良質な雇用の拡大等) など、我が国全体でのGX推進に向け相応のコミットを求めていく。**
- また、脱炭素への着実な移行(トランジション)を進めるための、「**トランジション・ボンド**」として、**資本市場から資金を調達するもの**であることから、用途となる事業においては、排出削減効果等について着実に補足するとともに、「**トランジション・ファイナンスに関する分野別の技術ロードマップ**」等、**我が国のクライメート・トランジション戦略と整合的な取組である**ことを前提とする。

【投資促進策の適用を求める事業者が提出する先行投資計画のイメージ】

※各分野別投資戦略や、具体的な事業の制度設計において具体化

排出削減の観点

- ◆ 自社の削減、サプライチェーンでの削減のコミット (GXリーグへの参画等)
- ◆ 先行投資計画による削減量、削減の効率性 (事業規模÷削減量)

産業競争力強化

- ◆ 自社成長性のコミット (営業利益やEBITDAなどの財務指標の改善目標の開示) 等
- ◆ 国内GXサプライチェーン構築のコミット
- ◆ グリーン市場創造のコミット (調達/供給) 等

+

各分野
共通

「投資促進策」の基本原則

【基本条件】

- I. 資金調達手法を含め、**企業が経営革新にコミットすることを大前提として**、技術の革新性や事業の性質等により、**民間企業のみでは投資判断が真に困難な事業を対象とすること**
- II. **産業競争力強化・経済成長及び排出削減のいずれの実現にも貢献するものであり**、その市場規模・削減規模の大きさや、GX達成に不可欠な国内供給の必要性等を総合的に勘案して優先順位を付け、**当該優先順位の高いものから支援すること**
- III. 企業投資・需要側の行動を変えていく仕組みにつながる**規制・制度面の措置と一体的に講ずること**
- IV. **国内の人的・物的投資拡大につながるもの***を対象とし、海外に閉じる設備投資など国内排出削減に効かない事業や、クレジットなど目標達成にしか効果が無い事業は、**支援対象外とすること**

※資源循環や、内需のみの市場など、国内経済での価値の循環を促す投資も含む

【類型】

産業競争力強化・経済成長

A **技術革新性**または**事業革新性**があり、外需獲得や内需拡大を見据えた成長投資

or

B 高度な技術で、**化石原燃料・エネルギーの削減**と**収益性向上**（**統合・再編やマークアップ等**）の双方に資する成長投資

or

C **全国規模**の市場が想定される**主要物品の導入初期の国内需要対策**（供給側の投資も伴うもの）

排出削減

① 技術革新を通じて、将来の**国内の削減**に貢献する**研究開発投資**

or

② 技術的に削減効果が高く、**直接的に国内の排出削減**に資する**設備投資等**

or

③ **全国規模で需要**があり、高い削減効果が長期に及ぶ**主要物品の導入初期の国内需要対策**



原子力（次世代革新炉）の分野別投資戦略（暫定版）

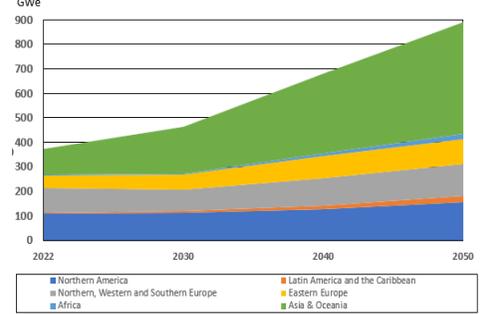
①

1

分析

- ◆ 原子力は、**運転時にCO2を排出しないことに加え、ライフサイクルCO2排出量でも、水力・地熱に次いで低い水準。**燃料投入量に対するエネルギー出力が圧倒的に大きく、電源の脱炭素化と電力の安定供給の両立を進める上で、**安全最優先で原子力を活用。**
- ◆ 国際機関IAEAの分析によると2050年にかけて世界の設備容量は拡大する見通し。**市場規模は2050年には最大で年間約40兆円まで拡大、非従来型炉には2030年代に運転開始を目指すものもあり、2050年では市場の最大25%になるとの予測もある。**欧米でも、国内で大規模支援を実施しつつ、国際協力を推進。中露は先行して革新炉の開発を推進。
※NEI「Global Nuclear Market Assessment Based on IPCC Global Warming of 1.5°C Report」では、SMR、マイクロ炉、革新炉（高温ガス炉、熔融塩炉等）を非従来型炉と定義。
- ◆ 次世代革新炉のうち**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意義**がある。自然に止める・冷える・閉じ込める機能を目指すナトリウム冷却高速炉は、**実機経験を我が国が豊富に持ち、優れた安全性を持つ。**
- ◆ 次世代革新炉のうち**高温ガス炉は、炉心溶融が基本的に発生しない固有の安全性を有する。**世界最高温度950℃を記録した試験炉「HTTR」の技術を活用することで、**水素製造と発電の両立を実施することも可能であり、効率的な水素製造の可能性もある。**
- ◆ 原子力産業基盤は次世代革新炉の開発・建設にも不可欠。国内原子力サプライヤによる海外サプライチェーンの弱みを補完する形での海外プロジェクト参画などにより、国内産業基盤の維持・強化が必要。

<IAEAによる設備容量予測(高予測)>



(出所) IAEA「Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050 (2023 edition)」より資源エネルギー庁作成

<方向性>

- ① 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**
- ② 次世代革新炉の開発・建設などへの投資を可能とする**事業環境整備**

今後10年程度の目標

国内排出削減： -
官民投資額： 1兆円～

2

GX

先行投資

- ① 高速炉や高温ガス炉の実証炉開発
- ② 次世代革新炉の開発・建設に向けた技術開発、サプライチェーン構築（国際連携も活用）

<投資促進策> ※GXリーグと連動

- ◆ 高速炉や高温ガス炉の実証炉の開発・設計等
- ◆ 国内の原子力サプライチェーンや原子力人材などの基盤強化支援

規制・制度

- 長期脱炭素電源オークション等の事業環境整備を通じた脱炭素投資促進
- 高度化法の「非化石電源比率達成義務」

先行投資計画のイメージ（原子力（次世代革新炉））

分野別投資戦略

先行投資計画

※政府は計画を踏まえ、専門家の意見も踏まえ、採択の要否、優先順位付けを実施
※採択事業者は、計画の進捗について、毎年経営層へのフォローアップを受ける

排出削減の観点

- ◆ 自社の削減、サプライチェーンでの削減のコミット（GXリーグへの参画等）
- ◆ 先行投資計画による削減量、削減の効率性（事業規模÷削減量）

+

産業競争力強化

- ◆ 自社成長性のコミット（営業利益やEBITDAなどの財務指標の改善目標の開示）等
- ◆ 国内GXサプライチェーン構築のコミット
- ◆ グリーン市場創造のコミット（調達/供給）等

その他項目

- ◆ 国内の原子力産業基盤（技術・人材・サプライチェーン）を維持・強化するための取組が見込まれること

原子力（次世代革新炉）の分野別投資戦略（暫定版）②

第5回GX実現に向けた
専門家WG 資料1
(令和5年12月7日)

