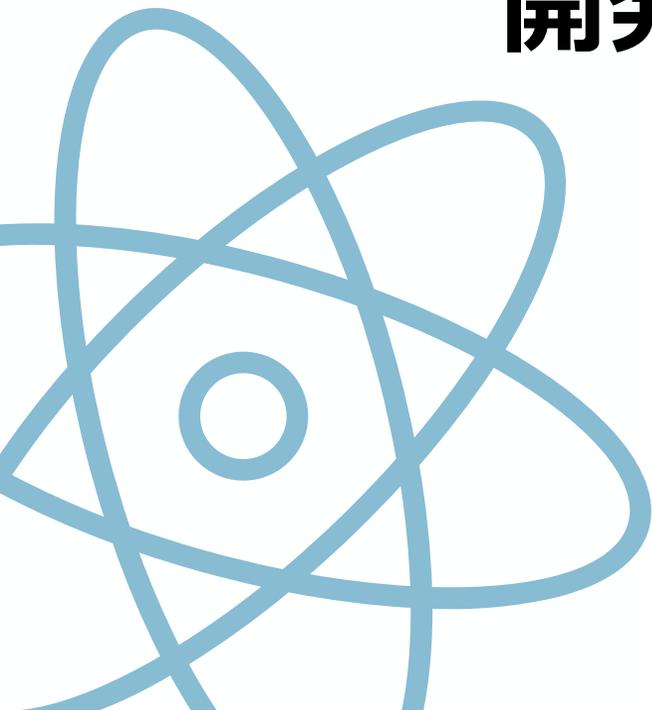


次世代革新炉

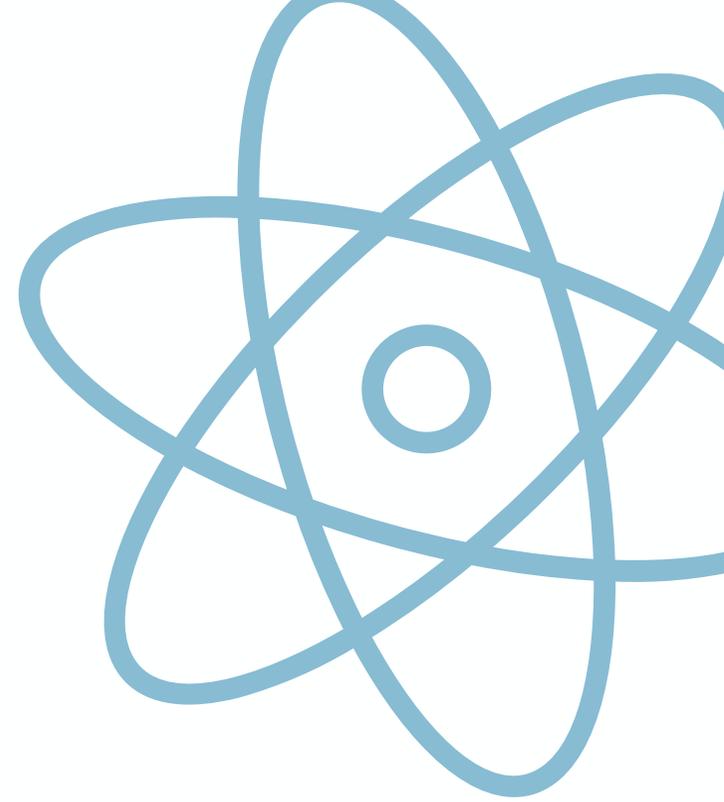
開発ロードマップ^o 抜粋版



総合資源エネルギー調査会原子力小委員会
革新炉ワーキンググループ

これまでの経緯

- 2050年カーボンニュートラル実現に向けた欧米での原子力イノベーションの加速、カーボンニュートラル・エネルギー安全保障を巡る環境変化も踏まえ、原子力イノベーションを通じて、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した上で、国内の炉型開発に係る課題を整理しつつ、その戦略を議論すべく、2022年3月に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され、議論が重ねられた。
- そして、第6回革新炉ワーキンググループ（2022年11月2日）にて、次世代革新炉の各炉型（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）の研究開発を進めていく上での目標時期を示した革新炉開発の技術ロードマップを策定した。
- 技術ロードマップ策定後、第45回原子力小委員会（2025年6月24日）において、高速炉・高温ガス炉実証炉開発事業の開始、海外での小型軽水炉の開発の進展、第7次エネルギー基本計画の策定など、様々な進展があったことを踏まえた形で、次世代革新炉の開発の道筋を具体化することが求められた。
- これを踏まえ、技術や開発の進展、実装に向けた課題なども考慮し、次世代革新炉の開発の道筋の具体化に向けた検討を行うべく、第9回革新炉ワーキンググループ（2025年10月3日）から4回に渡って議論を行った。



2. 革新炉開発ロードマップ

① 革新軽水炉

【第7次エネルギー基本計画 抜粋】

V. 2040年に向けた政策の方向性

革新軽水炉については、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し、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。

①革新軽水炉

革新軽水炉の特徴

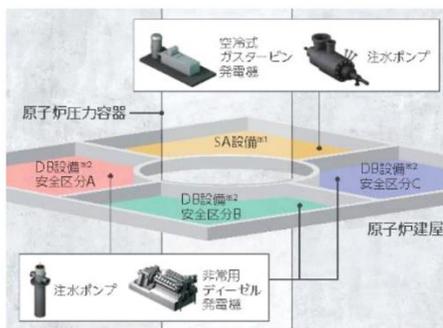
<定義> 既設の原子炉（PWR及びBWR）の設計をベースに、1F事故の教訓を踏まえ強化した安全対策を設計段階から組み込み、より高い安全性を追求した軽水炉

<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こむことで、**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)

- ✓ 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2系列から3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。

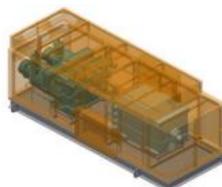


*1 重大事故等対処設備
*2 設計基準事故対処設備

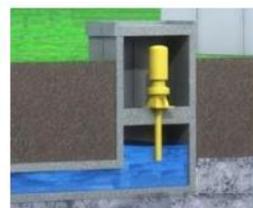
出典：次世代軽水炉の技術要件と実現のための取り組み「次期軽水炉の技術要件検討」ワーキンググループ（BWRブランチ）報告書（2026.01.23）より引用

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)



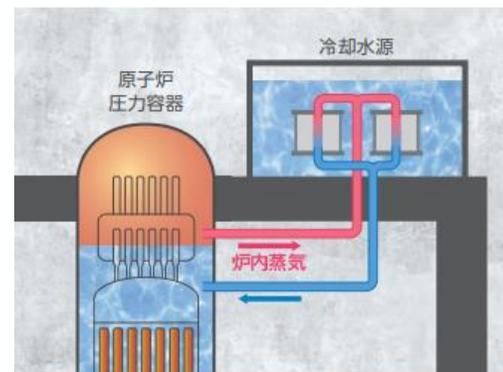
別置き海水ポンプ

(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：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

①革新軽水炉

革新軽水炉：社会実装に向けた現状と課題

- 革新軽水炉については、2022年の技術ロードマップ策定以降、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。
- したがって今後は具体的な建替プロジェクトの創出が鍵となる。電気事業者の意思決定、立地自治体等の理解等の条件が整った上で、許認可等の行政手続きを経て、建設、革新軽水炉の社会実装という流れ。

【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。投資決定を後押しするため「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・強化はどれも投資決定に当たり重視される点であり、技術面だけでなく、これらの事項について官民協力して取組を進めることが必要。
- 設置許可申請前は現行の技術的意見交換と必要に応じた追加的な取組を通じて、設置許可申請後は規制当局による設置許可審査の過程において、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。また、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進めるべき。
- 今後は、発電所の詳細設計や規制対応など、実際の建替プロジェクトに備えるため、実証試験等により更なるデータを収集していくことが必要。
- 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。

①革新軽水炉

革新軽水炉：社会実装にむけた開発ロードマップ

2025年

2030年

2040年

建設前
準備段階

☆①投資決定

☆②立地調査
許認可準備

環境影響評価

原子力規制
許認可プロセス

規制当局との
意見交換

設置許可等

設計・建設・運転

☆③基本設計・☆④詳細設計

機器製作、
土木・建設工事

運転

研究開発

☆⑤実証試験

☆⑥中長期の研究開発テーマ

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。

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（今後の対応）

【今後の対応の方向性】

● 「原子力の見通し・将来像」の提示

⇒政府は、仮定を置いた上で、一定の定量的な原子力の見通し・将来像を示すべく、精力的に議論を進める。（現在、原子力小委員会にて検討を実施中）

● 事業環境整備、立地自治体の理解

⇒政府は、電気の安定供給と脱炭素化を実現していくため、国による資金調達負担への支援手段の検討や、長期脱炭素電源オークションの活用・改善に取り組んできたところ。今後も必要に応じた検討を進める。（現在、次世代電力・ガス事業基盤構築小委員会制度検討作業部会で検討を実施中）

⇒革新軽水炉への建て替えに関し、立地自治体等関係者の理解と協力を得るよう、政府も前面に立って取り組む。

● 規制当局との対話

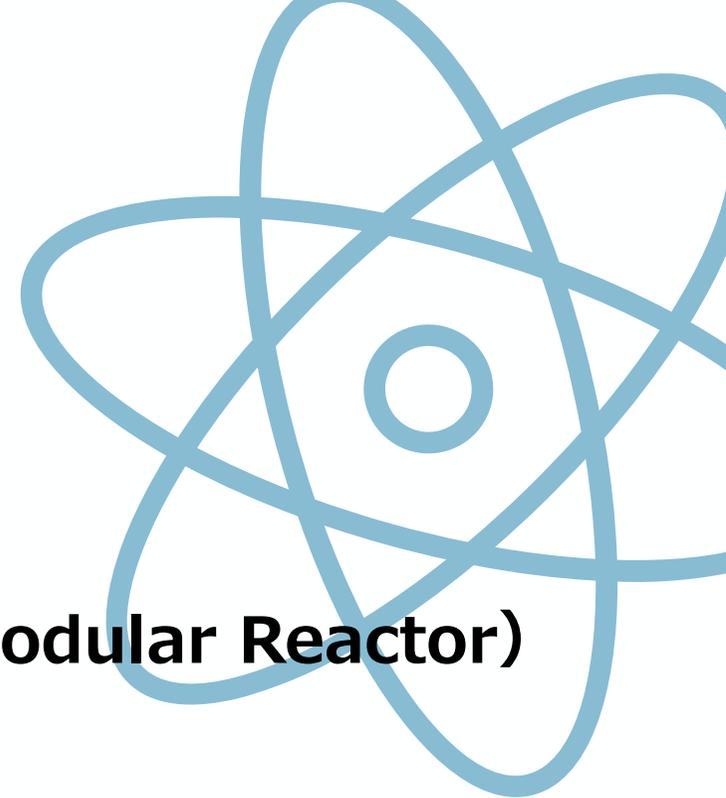
⇒事業者は規制当局との技術的意見交換での整理を踏まえ、追加的な取組の必要性などを検討し、最終的に設置許可申請の準備を進める。政府は実証データ取得等を支援し、規制対応などに活用、革新軽水炉の実用化に繋げる。

● 研究開発支援の絞り込み

⇒政府は、事故耐性燃料など、中長期的に採用されることが期待される更なる技術革新テーマについて、ターゲットを明確にした上で継続的に支援。

2. 革新炉開発ロードマップ

② 小型軽水炉 (SMR: Small Modular Reactor)



【第7次エネルギー基本計画 抜粋】

VI. カーボンニュートラル実現に向けたイノベーション

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している。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>

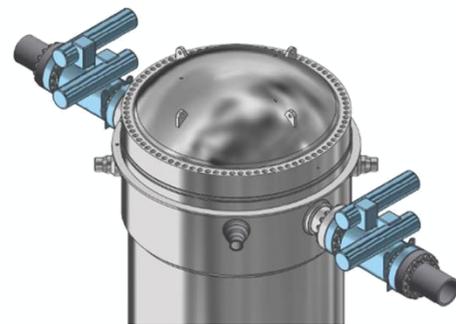
- 炉心や出力が小さいため、自然循環による冷却システム等、安全性の高い設計が実現可能
- システム全体を小型化・簡素化・モジュール化することで、建設期間、初期投資を抑制可能
- 大型軽水炉と比較し、発電コストが相対的に高くなる可能性
- 海外でプロジェクトが進んでいる一方、日本国内では安全規制が未整備

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)

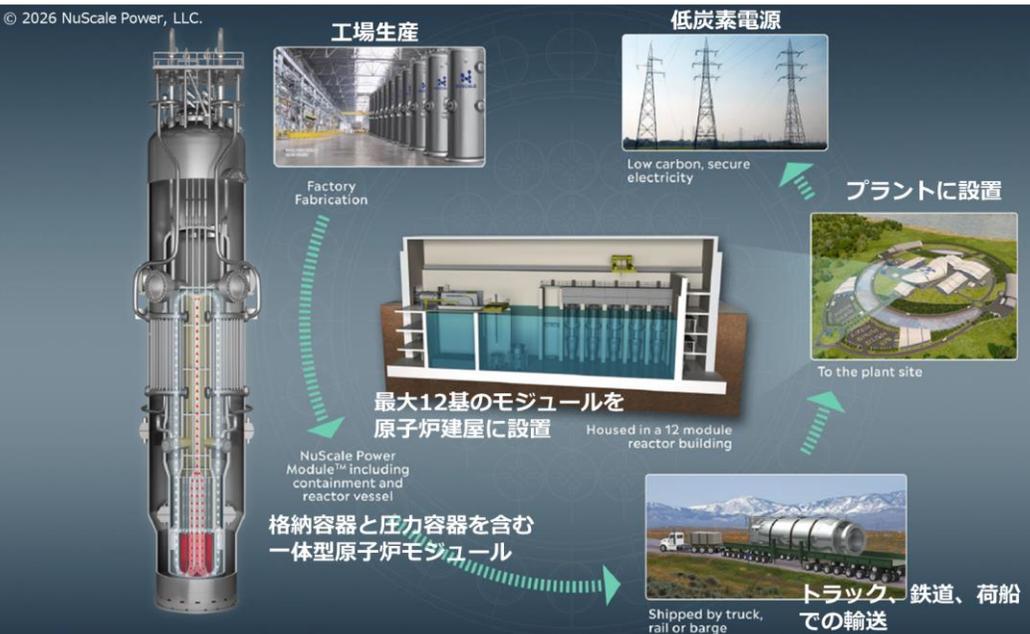
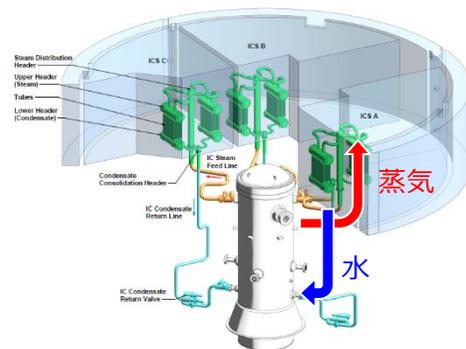
安全システムの例 (BWRX-300)

- ・ 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



②小型軽水炉（SMR）

小型軽水炉：社会実装に向けた状況と課題

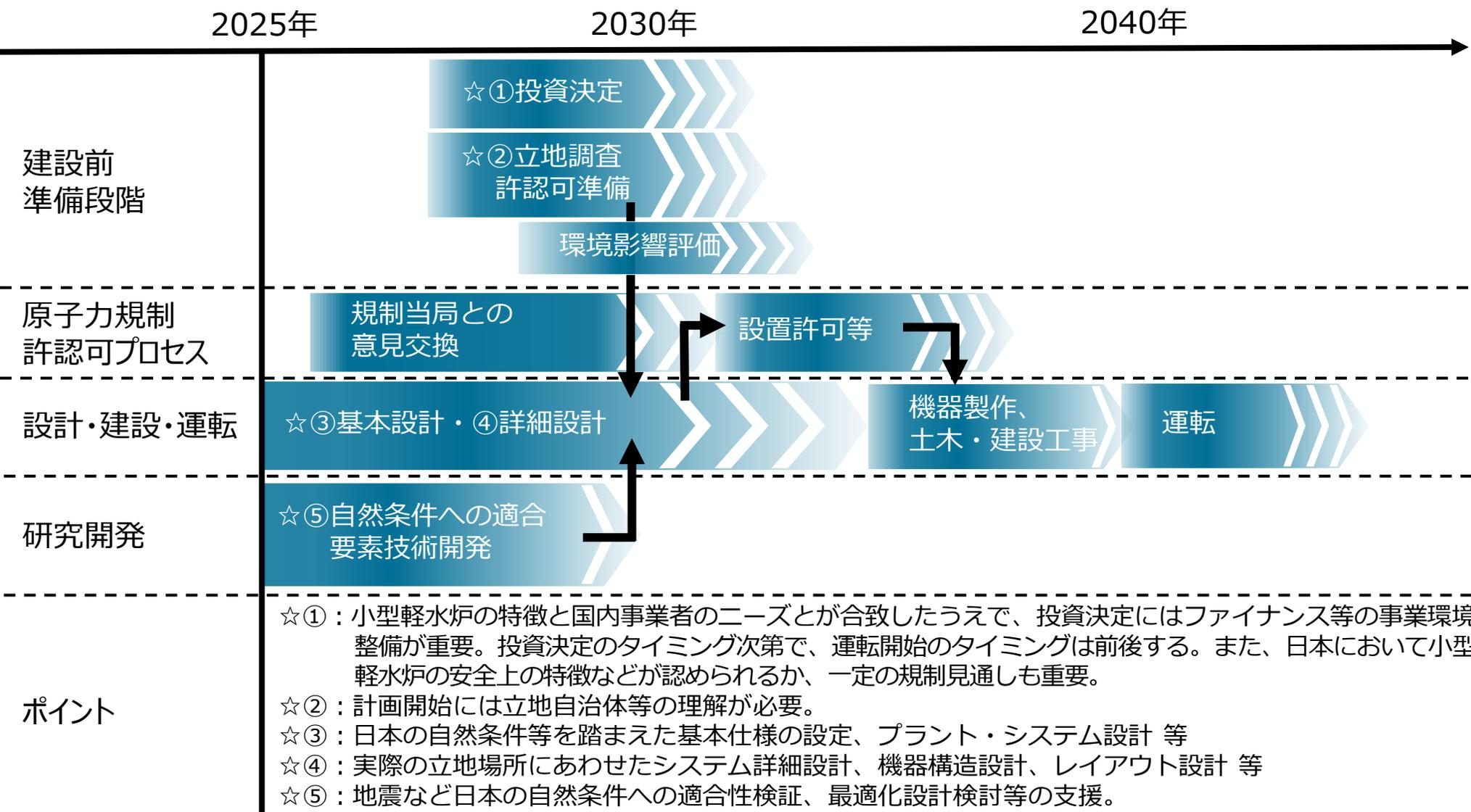
- 小型軽水炉については、海外では、電気事業者のニーズを踏まえ、規制当局の許認可を得たうえで、民間事業者において具体的なプロジェクトが進んでいる状況であり、基本的に技術面では社会実装の段階。
- 今後は、国内産業基盤やサプライチェーンの維持・強化に資するよう、海外プロジェクトに参画する日本企業の取組を支援するとともに、国内事業者のニーズや小型軽水炉の特徴（初期投資軽減等）を踏まえながら、国内プロジェクトの創出に向けた取組を進めていく。

【課題】

- 小型軽水炉導入への期待や導入時期など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の意義も踏まえながら必要な支援を進めるべき。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・強化はどれも投資決定に当たり重視される点であり、技術面だけでなく、これらの事項について官民協力して進める必要。
- 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のために、規制当局との技術的な意見交換に向けた検討を進める必要。
- 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。

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



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。

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（今後の対応）

【今後の対応の方向性】

- 「原子力の見通し・将来像」の提示

⇒政府は、仮定を置いた上で、一定の定量的な原子力の見通し・将来像を示すべく、精力的に議論を進める。（現在、原子力小委員会にて検討を実施中）

- 事業環境整備、立地自治体の理解

⇒政府は、電気の安定供給と脱炭素化を実現していくため、国による資金調達負担への支援手段の検討や、長期脱炭素電源オークションの活用・改善に取り組んできたところ。今後も必要に応じた検討を進める。（現在、次世代電力・ガス事業基盤構築小委員会制度検討作業部会で検討を実施中）

⇒小型軽水炉への建て替えに関し、立地自治体等関係者の理解と協力を得るよう、政府も前面に立って取り組む。

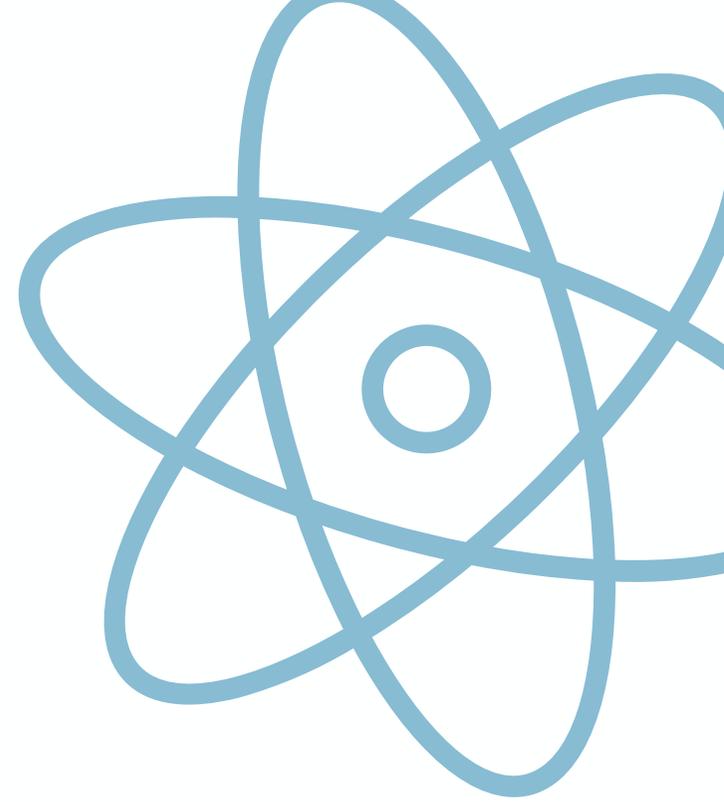
- 日本特有の自然条件への適合性、小型軽水炉特有の新技术に関する規制基準の整備

⇒事業者は、地震・津波など日本特有の自然条件への適合性について検討を深め、必要に応じて設計変更・要素技術開発等を実施。また、小型軽水炉の規制基準の整備に向けて、規制当局との意見交換に向けた検討を進める。

- 研究開発支援

⇒政府は、事業者の小型軽水炉特有の要素技術開発や日本への設計適合性検討の取組を支援。

※サプライチェーン、人材、国民理解については、本資料の「3. 共通事項」で整理。



2. 革新炉開発ロードマップ

③ 高速炉

【第7次エネルギー基本計画 抜粋】

VI. カーボンニュートラル実現に向けたイノベーション

高速炉については、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である。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。高速増殖原型炉もんじゅについては、安全の確保を最優先に、着実かつ計画的な廃止措置に責任を持って取組を進めるとともに、国は地元の協力を得ながら、福井県敦賀エリアを原子力・エネルギーの中核的研究開発拠点として整備していく。もんじゅの取組及び高速実験炉常陽の運転から得られる知見・技術については、実証炉を含む将来の高速炉研究開発において最大限有効に活用する。

③高速炉 高速炉の特徴

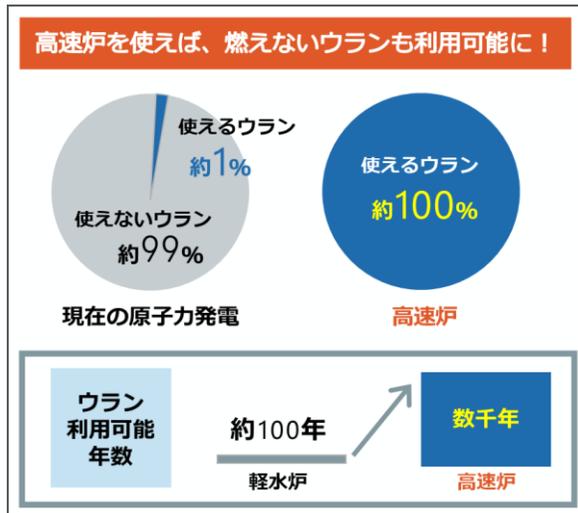
<定義> 高速中性子により、核分裂連鎖反応が維持される原子炉

<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

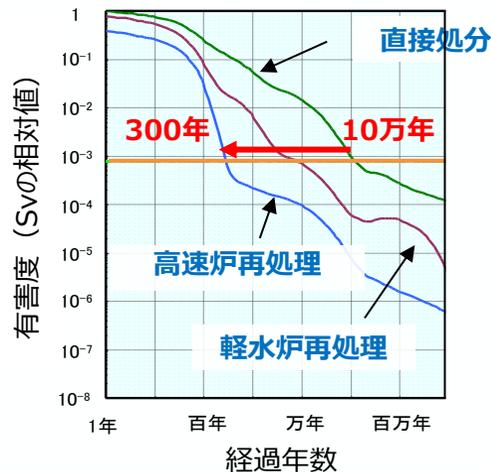
燃えないウランを燃える燃料（Pu）に変換することで数千年の利用が可能



※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。

放射性廃棄物の減容

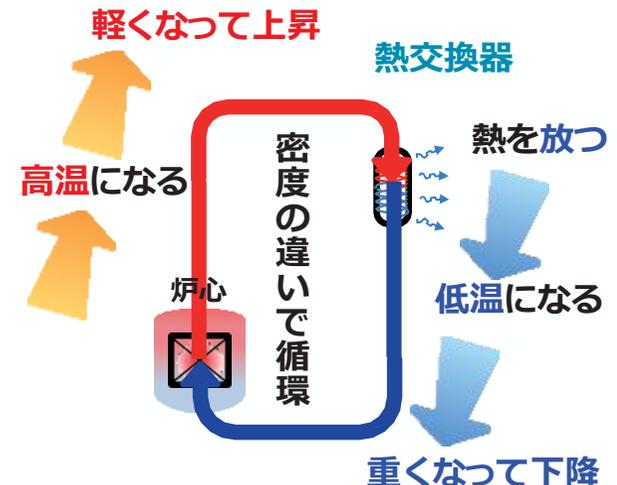
廃棄物中のマイナーアクチニドを分離し、高速炉で燃焼させることで、減容化、潜在的有害度を低減（10万年⇒300年）



— 1年間の軽水炉運転に必要な天然ウランの有害度に相当

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



ナトリウムの自然循環

③高速炉

高速炉：実証炉実現に向けた状況と課題

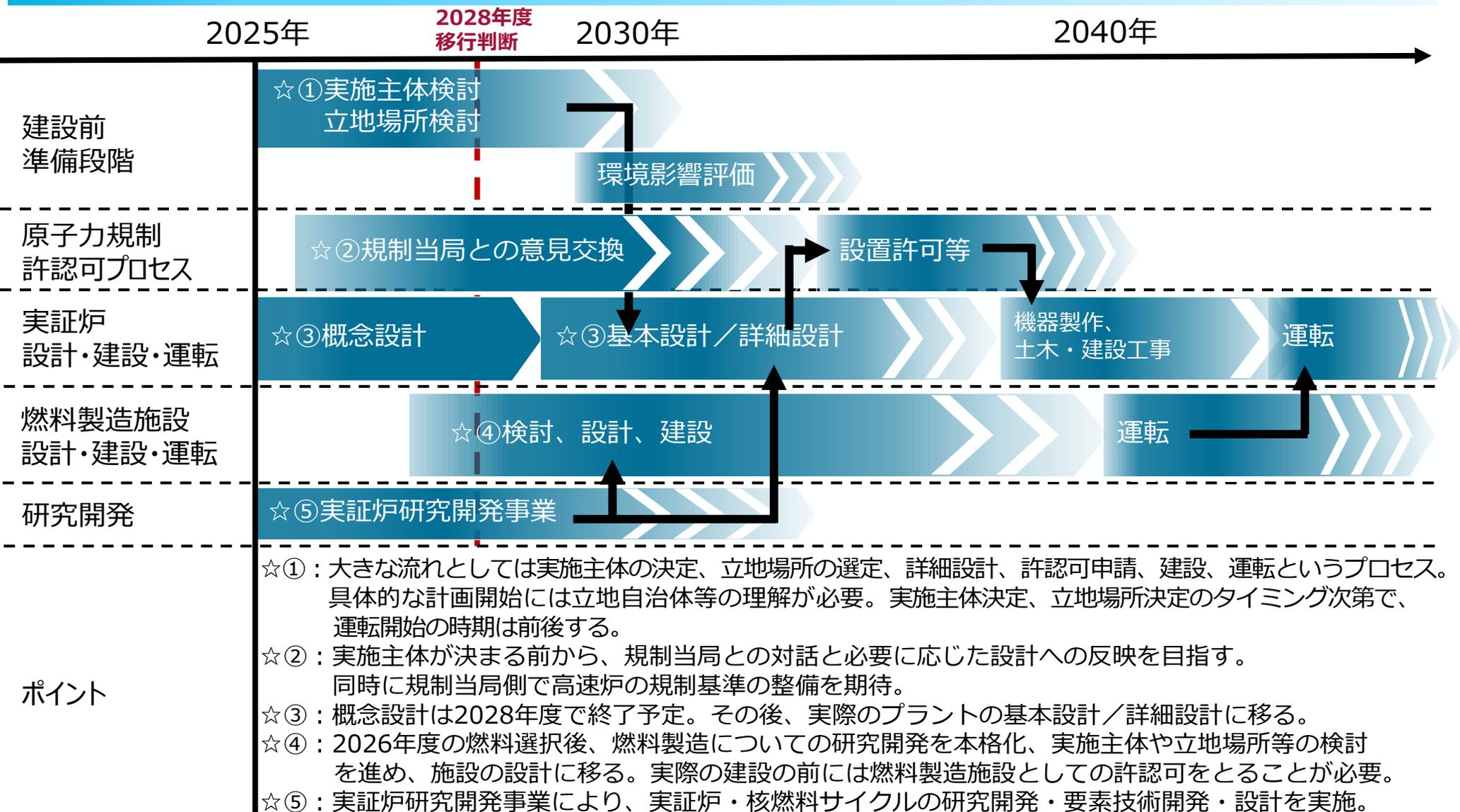
- 高速炉については、三菱重工を中核企業に、JAEAを研究開発統合組織としてプロジェクトを推進。実証炉開発事業として、炉の概念設計、要素技術開発や燃料の研究開発等を着実に実施。
- 今後は、2026年度の「燃料選択（酸化物燃料/金属燃料）」、2028年度の「基本設計への移行判断」というマイルストーンに向け、研究開発・検討を進めていく。

【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。併せて将来の原子力人材の育成、原子力コア技術の維持も必要。核燃料サイクルの技術や、常陽・もんじゅでの経験を有しているJAEAの人的リソースや基盤インフラ整備が重要。
- 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。

③高速炉

高速炉：実証炉実現に向けた開発ロードマップ



※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（今後の対応）

【今後の対応の方向性】

●2028年度の「基本設計への移行判断」

⇒2028年度の「基本設計への移行判断」の際には、基本設計移行の判断事項として、技術成熟度だけでなく中長期的な原子力政策やエネルギー政策の観点、システム全体の経済性見込みなど様々な観点から評価を行うべく、マイルストーンの検討・決定を含む準備を進める。

⇒移行判断のタイミングまでに、将来の民間への技術移転や官民での開発資金の確保の在り方、高速炉特有のサプライチェーン維持や人材育成など、中長期の方向性についても検討を行う。

●規制の予見性向上、高速炉に関する規制基準の整備

⇒JAEAは高速炉の規制基準の整備に向けて必要なデータ収集等を実施する。また、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への協力を継続。将来的な高速炉の規制基準の整備に向けた技術的な意見交換などの対話を目指す。

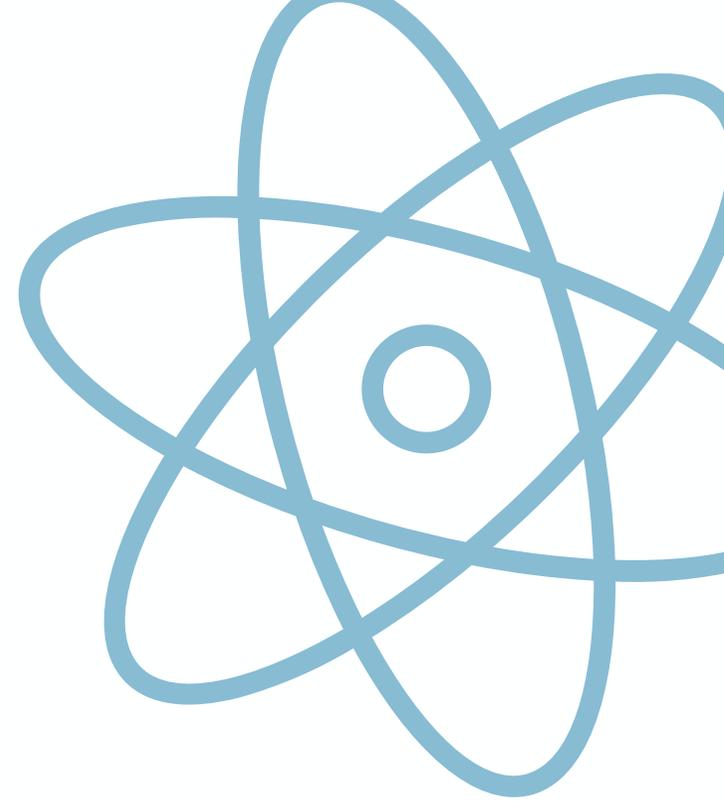
●実証炉・燃料製造施設の実施主体の検討

⇒基本設計の移行判断を念頭に、実際に実証炉を設置・運営する主体となる実施主体の検討を進める。実施主体の検討・決定を経て、立地場所決定に繋げていく。燃料製造施設についても2026年度の燃料選択後、同様の流れ。立地自治体等関係者の理解と協力が得られるよう、政府も前面に立って取り組む。

●高速炉プロジェクトについての広報

⇒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、幅広い層を対象とした広報を実施する。

※サプライチェーン、人材、国民理解については、本資料の「3. 共通事項」でも整理。



2. 革新炉開発ロードマップ

④ 高温ガス炉

【エネルギー基本計画 抜粋】

Ⅵ. カーボンニュートラル実現に向けたイノベーション

高温ガス炉については、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℃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している。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

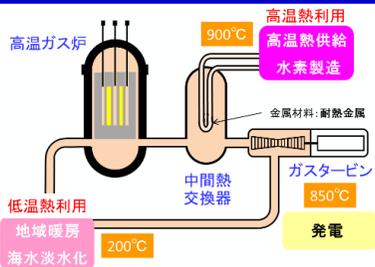
<定義> 減速材に黒鉛、冷却材にヘリウムガスを用いて、**900℃近くの熱を利用**できる原子炉

<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、地域暖房等)

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。

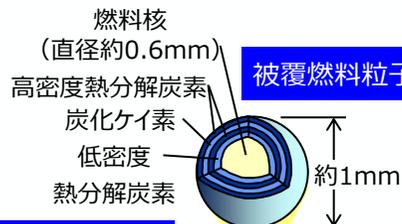


優れた安全性

- 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



燃料コンパクト

厚さ8mm

39mm

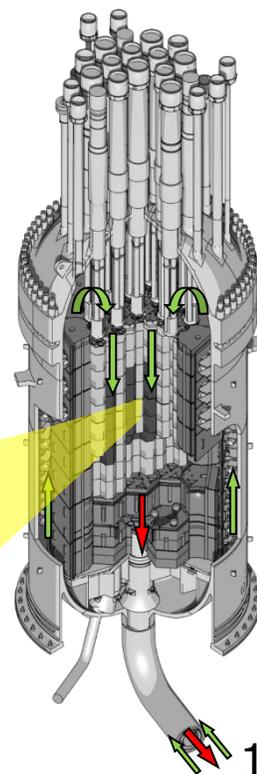
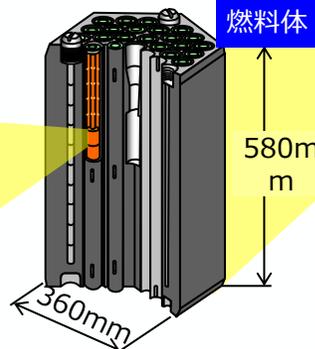
直径26mm

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℃



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

④高温ガス炉

高温ガス炉：実証炉実現に向けた状況と課題

- 高温ガス炉については、三菱重工を中核企業に選定し、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。
- 高温ガス炉のサプライチェーン、人材育成、コア技術の維持も必要。HTTRを所持しているJAEAの人的リソースや基盤インフラ整備が重要。

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

建設前
準備段階

☆①
実施主体検討
立地場所検討

原子力規制
許認可プロセス

☆②HTTR
水素製造許認可

☆②規制当局との
意見交換

実証炉
設置許可等

実証炉
設計・建設・運転

☆③
概念設計

☆③
基本設計／詳細設計

機器製作、
土木・建設工事

運転

燃料製造施設
設計・建設・運転

☆④実証炉燃料製造の検討

燃料製造

研究開発

☆⑤実証炉研究開発事業

☆⑤
HTTRでの水素製造試験

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での水素製造にかかる許認可対応。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、実証炉水素製造に成果を反映。

※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。

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（今後の対応）

【今後の対応の方向性】

●マイルストーンの設定

⇒実証炉の概念設計が終わり、次の段階への移行判断に必要なコスト評価等が進展する2029年度にマイルストーンを設定。マイルストーンの検討・決定の準備を進める。

研究開発の進捗、実証炉の運転・建設を行う実施主体、立地場所の検討、燃料供給、核燃料サイクル、水素製造のコスト評価、サプライチェーン、人材、将来の民間への技術移転や官民の開発資金の確保の在り方、エネルギー政策などの主要な論点について、考え得る方向性を確認、決定。

⇒特に、実際に実証炉等を建設・運営する主体となる実施主体については早期に検討を進め、実施主体と立地場所の決定に繋げる。立地自治体等関係者の理解と協力が得られるよう、政府も前面に立って取り組む。

●高温ガス炉の多様な活用法の検討

⇒将来の水素社会を見据えた高温ガス炉における水素製造コスト試算の精緻化を進める。同時に、化学工業における熱利用など水素製造以外の活用法の検討を進め、関心を持つユーザーの裾野を広げる。

●規制対応（水素製造試験、実証炉に向けた規制）

⇒HTTRでの水素製造試験の実施に向けた許認可対応を着実に進め、2028年頃には試験を開始する。高温ガス炉実証炉の安全確保の在り方を検討するとともに、将来的な高温ガス炉の規制基準の整備に向けた技術的な意見交換などの対話を目指す。

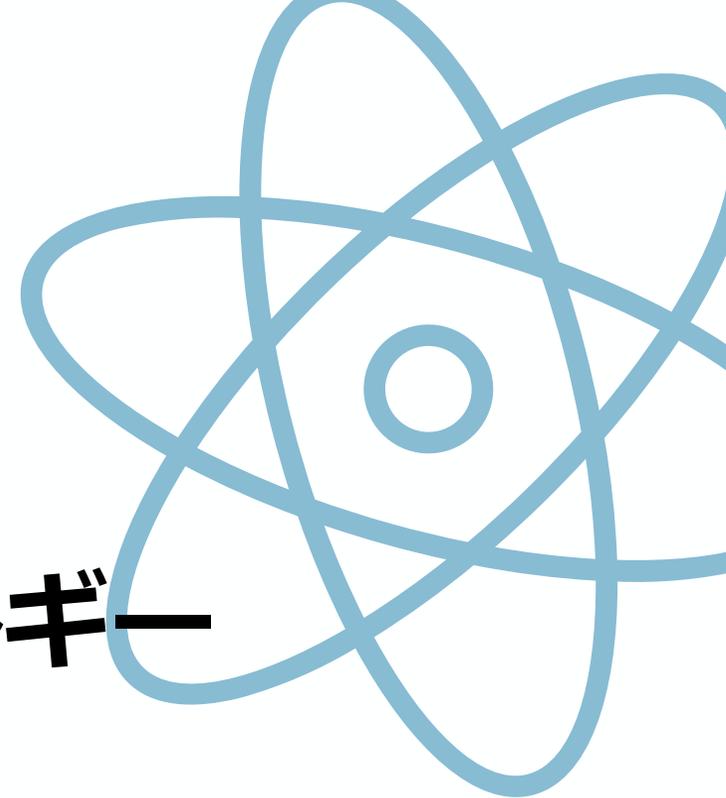
●高温ガス炉プロジェクトについての広報

⇒2029年度のマイルストーンなど、大きな動きがあるタイミングで、幅広い層を対象とした広報を実施する。

※サプライチェーン、人材、国民理解については、本資料の「3. 共通事項」でも整理。

2. 革新炉開発ロードマップ

⑤ フュージョンエネルギー



【エネルギー基本計画 抜粋】

VI. カーボンニュートラル実現に向けたイノベーション

フュージョンエネルギーについては、「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。

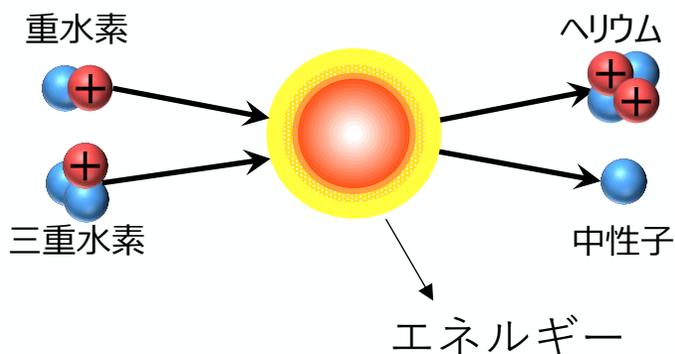
⑤フュージョンエネルギー フュージョンエネルギーの特徴

<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。

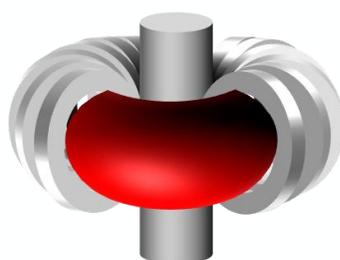
<特徴の一例>

- 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

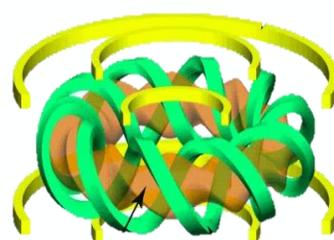


主な炉型



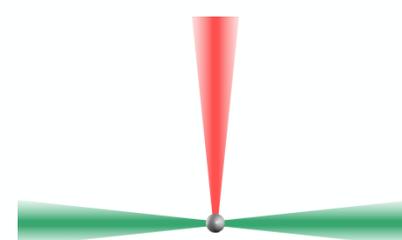
トカマク型

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

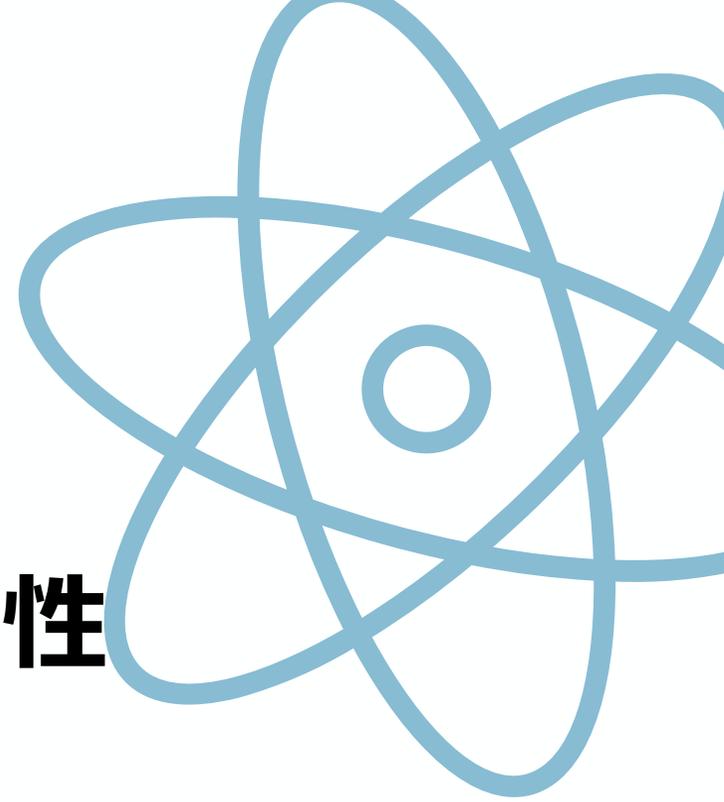
ねじれたコイルによる磁場を用いてプラズマを閉じ込める



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

3. 共通課題と対応の方向性



共通課題

【共通課題：サプライチェーン】

- メーカーの撤退などでサプライチェーンが弱体化している部分があり、サプライヤの声などを踏まえた対策を講じることが重要。対策の一つとして原子力利用の全体像を描き、そのリアリティを示すことも重要（以下の共通課題（人材、国民理解）にも共通）。

【共通課題：人材】

- 人材の維持・育成は10年、20年先の長期を見据えて地道に対応することが必要。原子力以外の分野の専門性を有する人材の確保も欠かせない。

【共通課題：国民理解】

- 原子力の利活用を進めるに当たって、一つ一つの機会を信頼構築のよい機会と捉えて、国民の理解を得ることが重要。安全性や経済性だけでなく、規制も含めた関係者全体の姿や役割、エネルギー政策はじめ政策全体との整合性の明確化も有意義。

【共通課題：研究開発の在り方】

- 原子力をイノベティブな次世代産業へと発展させるため、AIや情報産業など異なる技術・産業との新結合を通じて、次世代革新炉をコアの一つとしてどのように育成していくかといった視点も必要。また、フュージョンエネルギーについては、基礎的な研究開発段階から実用化を目指すに当たっての技術開発の在り方を考える視点も必要。
- 原子力の研究開発を支えるJAEAの抱える課題（施設老朽化、人材不足）への手厚い対応も不可欠。

【共通課題：今後の見直しの在り方】

- 人材やサプライチェーンの維持・強化が共通課題である中、次世代革新炉の全炉型を相当の規模で同時に開発し続けることには限界がある。人材やサプライチェーンの状況、技術成熟度、社会実装や実証炉の実現に向けた課題への対応の進捗、そしてエネルギー政策の観点などを踏まえ、次世代革新炉の開発ロードマップを適時、見直すべきではないか。

共通課題の対応の方向性

【今後の対応の方向性】

● サプライチェーン

⇒ 技能や事業の承継、新技術の活用（例：3Dプリンター、AI）、海外プロジェクトへの参画支援、原子力サプライチェーンプラットフォーム（NSCP）での情報交換など、炉型ごとの段階や具体的な課題に応じた対策を官民で引き続き講じていく。

● 人材

⇒ 産学官の関係者が一同に会する「原子力人材育成・強化に係る協議会」において取りまとめた、今後の原子力人材育成の方向性を踏まえ、産官学連携で原子力人材の育成・確保に取り組んでいく。

● 国民理解

⇒ 国民各層とのコミュニケーションの充実に向けて、各種メディアを通じた広報活動を引き続き展開。

● 研究開発の在り方

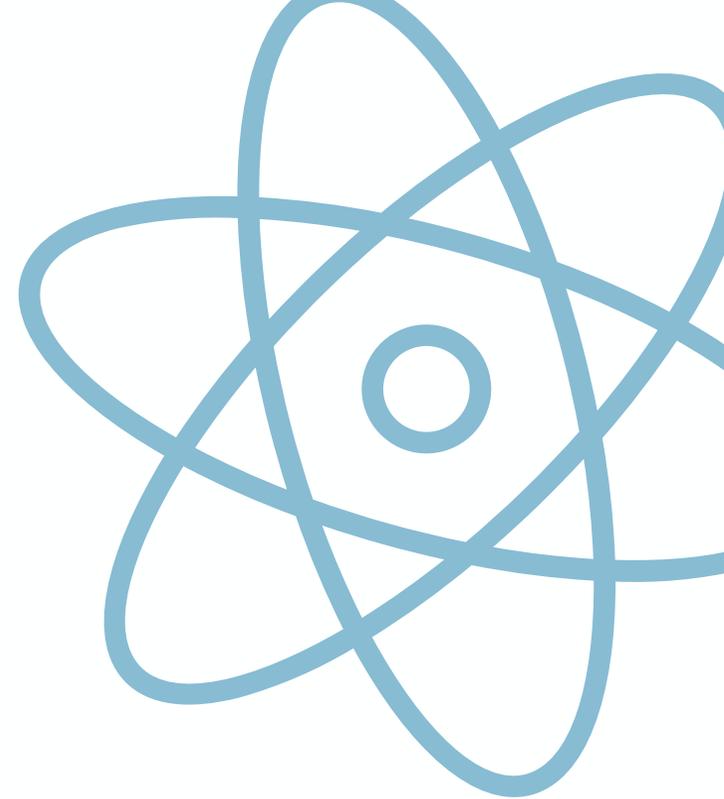
⇒ 次世代革新炉を次世代の原子力産業のコアとして育成する視点、フュージョンエネルギーについては、基礎的な研究開発段階から実用化を目指すに当たっての技術開発の在り方を考える視点を考慮する。

⇒ 原子力の研究開発を支えるJAEAの抱える課題（施設老朽化、人材不足）への予算措置などの対応を関係省庁で講じていく。

● 今後の見直しの在り方

⇒ 人材やサプライチェーンの状況、技術成熟度、社会実装や実証炉の実現に向けた課題への対応の進捗、そしてエネルギー政策で重視する観点などを踏まえ、次世代革新炉の開発ロードマップを適時、見直していく。

4. まとめ



まとめ

- 第9回革新炉ワーキンググループから始まり、第12回革新炉ワーキンググループに至るまでの議論の集大成として、技術的側面のみならず社会実装に向けた課題も考慮した次世代革新炉の開発ロードマップをとりまとめた。
- 今回とりまとめた課題には更なる検討が必要なものも存在し、継続的にメンテナンス・具体化を図っていく必要がある。