

革新炉開発に関する検討の深掘りについて

令和4年10月24日

資源エネルギー庁

- 1. 御議論の前提（第4回WG(7/29)以降の動向等）**
2. 事業環境整備の検討状況
3. 開発体制の在り方
4. 関連施策等の検討状況

1-1. GX実行会議での議論①

グローバル

日本

現状

- ロシアによるウクライナ侵略に起因する「石油・ガス市場攪乱」
- エネルギーをめぐる世界の「断層的変動」
⇒ 構造的かつ周期的に起こり得る「安保直結型エネルギー危機」の時代へ



- エネルギー政策の遅滞

⇒電力自由化の下での事業環境整備、再エネ大量導入のための系統整備、原子力発電所再稼働 などの遅れ



対応

- まず、「足元の危機」を「施策の総動員」で克服
- 並行して、「不安定化する化石エネルギーへの過度の依存が安保・経済両面での国家リスクに直結」「2050年CN、2030年▲46%目標達成にもGXは不可欠」との認識の下で、GXを前倒し・加速化
- 「GXの前倒し・加速化」(第3回以降で議論)
 - ①産業転換 ⇒成長志向型カーボンプライシング と 支援・規制一体での早期導入
 - ②グローバル戦略 ⇒アジア大での「トランジション投資 (GX移行投資)」の拡大 など
- 「エネルギー政策の遅滞」解消のために政治決断が求められる事項
 - ①再エネ ⇒送電インフラ投資の前倒し、地元理解のための規律強化
 - ②原子力 ⇒再稼働への関係者の総力の結集、安全第一での運転期間延長、次世代革新炉の開発・建設の検討、再処理・廃炉・最終処分のプロセス加速化

→ 総理より「年末に具体的な結論を出せるよう、与党や専門家の意見も踏まえ、検討を加速」との指示

など

1-1. GX実行会議での議論②

～2023春

～2024春

2030年

2050年

(今冬まで)

【既に再稼働済】10基 (西日本)

- 工事短縮努力、定検スケジュール調整等
→ **最大9基**の稼働確保

①再稼働加速 (緊急対策)

(2030年20～22%実現)

※官民それぞれの対応加速へ、**本年秋にも対応とりまとめ**

(来夏・来冬～)

【設置許可済】7基 (東日本含む) ※工事進捗等に差あり

- 安全工事の円滑実施、着実な再稼働 (高浜1・2、女川2、島根2)
- 地元の理解確保に向けた取組 (柏崎刈羽、東海第二)
 - － 国が前面に立った対応、運営体制の改革 等

(20年代半ば～)

【設置許可審査】申請済10基、未申請9基

- 的確な審査対応に向けた相互コミュニケーションの改善
- 理解確保に向けた国の取組・事業環境の整備 等

②2050CN実現・安定供給 (政策再構築)

※本年末までに具体論とりまとめ

【再稼働の先の展開を見据えた構造的な課題】

- 選択肢の確保：次世代革新炉の開発・建設、運転期間の延長のあり方 等
- 予見性の確保：バックエンドでの国の取組、事業環境整備 等

1-2. 原子力小委員会 中間論点整理

将来を見据えた研究開発態勢の再構築

- 各国は、世界の原子力伸張を見据え、自国のエネルギー安全保障強化やグローバル市場の獲得に向けて、革新炉開発の支援にリソースを投下。
 - その際、研究開発を進める段階から、具体的な実証・実装プロジェクトを選定して、国による予算措置と民間による受け皿・態勢づくりとを連携させ、知見・ノウハウの蓄積を効果的に進めている。
- 我が国においても、官民のリソースを結集できる態勢を作ることが急務。過去の国内での研究開発における教訓も踏まえつつ、①ステークホルダーが共有できる将来見通しの確立、②具体的プロジェクトに沿った実効的な研究開発態勢の構築を進めていく必要があるのではないか。

①ステークホルダーが共有できる将来見通しの確立

- ー革新炉の開発・利用に向けた、技術ポートフォリオ・導入工程の明確化・共有
 - 炉型の導入順序、炉型ごとの実証・実装のタイムスケジュールの策定・提示 → 選択と集中
- ー革新技術の実装の円滑化と安全向上に向けた、規制当局との共通理解の醸成・改善への協働
- ーマイルストーンの設定と定期的な評価・検証、PDCAサイクルの実施
- ー核燃料サイクルや最終処分に関する長期的な整合性の確保に向けた官民での研究・検討の推進

1-2. 原子力小委員会 中間論点整理

将来を見据えた研究開発態勢の再構築 (つづき)

② 具体的プロジェクトに沿った実効的な研究開発態勢の構築

- ー過去の失敗事例の検証と、その教訓を活かした実施体制の構築、プロジェクト関与主体の明確化
- ー欧米に互する、プロジェクトベースでの支援態勢の強化、インフラ・人材基盤の整備
- ー革新炉開発における自律性を確保した戦略的な国際協力関係の構築
- ー海外事例等も参考にした研究開発プロジェクトのマネジメント機能の強化
 - 司令塔機能の創設、産業界を統括する中核企業の設定
 - 民間人材の活用推進と流動性の確保
 - プロジェクトマネジメント人材の登用・育成、能力発揮に向けた環境整備の検討 等

1-2. 原子力小委員会 中間論点整理

産業界の能動的な取組に向けた予見性の向上

- ・ 多くの企業等が、「中長期的な事業の予見性」を持ってないまま、将来を見据えた設備投資や人材投資に踏み切れない状況が続き、将来の選択肢としての原子力は危機に瀕しているのではないか。
- 産業界が将来への一步を踏み出す上で、政策に求めているのは「**中長期の事業モデルの描出**」に**資する政策支援**。そのニーズに即し、前向きな判断を促すべく、
- ① **ステークホルダーが共有できる将来見通しの確立**（上述）を前提に、
 - ② **発電事業の運営や、**
 - ③ **バックエンド事業に関する不確実性の払拭に向けた環境整備**を進め、**原子力事業における予見性の向上**を実現すべきではないか。

①ステークホルダーが共有できる将来見通しの確立【再掲】

②発電事業の運営に関する不確実性の払拭に向けた環境整備

ー市場・規制など制度の最適化に向けた、官民でのコミュニケーション強化と改善の推進

ー事業者による原子力資産の活用継続・形成の判断を可能とするための事業環境の整備

- 革新炉も含めた投資に関する回収期間の長期化・ボラティリティ増大等への対応
- 市場制度と原子力発電の整合性の検討（原子力発電の価値の適正な評価等）
- 規制当局との共通理解醸成・改善への協働等

1-2. 原子力小委員会 中間論点整理

原子力ものづくり基盤の強化と戦略的な市場獲得

- 世界で原子力利用が伸張する中、各国は、研究開発への戦略的支援、国内市場での事業環境整備の双方を進めながら、内外一体の市場獲得による産業の維持・強化を進めつつある。
 - 高い技術基盤を持っていた我が国はこうした動きから取り残され、国内のものづくり機会の減少、従来の護送船団方式による海外プロジェクトの不調等に伴い、その優位性を失いつつあるのではないか。
- 原子力産業を一括りにするのではなく、国内のサプライチェーンの各セグメントの課題に即した形で、①将来につながるサプライチェーンと人材・技術の維持・強化、②海外市場の獲得に向けた官民一体でのサポートを進めていく必要があるのではないか。

① 将来につながるサプライチェーンと人材・技術の維持・強化

- ーセグメント毎の経営課題に即したきめ細やかな政策支援の展開
 - 部品・素材の供給途絶対策
 - 中小・小規模事業者等の事業承継支援
- ープラント運転やものづくりの現場を支える人材育成と技術の次世代への継承
 - 産業大の連携による現場人材の育成支援
 - デジタル技術活用による技術継承支援等

1-2. 原子力小委員会 中間論点整理

原子力ものづくり基盤の強化と戦略的な市場獲得（つづき）

②競争力の維持・海外市場の獲得に向けた官民一体でのサポート

ー革新炉サプライヤによるチャレンジ等に対する政府主体での積極的な支援、産業大でのサポートの
抜本拡充

- プロジェクト参画を目指すコンソーシアム組成・政府間交渉による海外展開支援
- 海外ビジネス適合への支援（海外規格取得への支援等）

1-3. 原子力小委員会での主なご意見（研究開発態勢）

<安全性向上に向けて>

- 次世代革新炉は、これまでの原子炉と比べて安全性がどのように高まっているのか、立地も含めて国民全体に分かりやすく示すべき。また、革新炉を建設するにあたっては、長期の開発・建設を支える人材・技術の確保や、電力自由化の中で十分に安全性を担保する形で投資が行われるかということについても考えるべき。
- 福島の方々の思いにしっかり向き合いつつ、エネルギー危機に直面する我が国の経済、中小を含む企業が抱える課題に迅速に対応していくことが行政に求められる。

1-3. 原子力小委員会での主なご意見（研究開発態勢）

<ステークホルダーが共有できる将来見通しの確立>

- 原子力発電所を持続的に活用していくためには、新增設・リプレースが欠かせない。**長期的視点に立った明確な方針を示すべき**。事業者が新規建設を決定するため、また、サプライチェーン企業が人材を確保・育成し、必要な投資をするためにも、**国の明確な政策と長期的予見性が必要**。
- エネルギー安全保障の観点から様々な技術オプションを国内に確保することは非常に重要であり、その中で、**原子力の果たす役割や望ましい在り方を明確にして、ロードマップとして示していくことが重要**。
- ロシア、中国が軽水炉、次世代炉についても力をつけているという発表があった。技術力の向上、コスト低下につながると思われる一方、中長期の事業に特定国の技術がロックインされると、エネルギー安全保障が特定国に握られるということになり、国際的な政治情勢にも影響を与えていく。**我が国が価値観を共有する国々との間でどのように自国の原子力政策を位置づけるか、その上で規制の在り方がどうあるべきか**という視点が弱いのではないかな。
- **新增設に向けた予見性の確保について、今後の政策の方向性を改めて検討していくことに賛成**。その際、事実関係を出発点にすべきではないか。2017年以降、世界で着工された31基中27基の原子炉がロシア製か中国製。自由化された電力市場の下では市場の再設計や資金確保の枠組みの設定をしなければ、なかなか新設が進まない。原子力の市場統合に該当するとも言えるかもしれない。この点、英国が参考になるのではないかな。英国が3月に公表したエネルギー安全保障戦略の中で原子力新設にコミットする政府機関としてGreat British Nuclear Vehicleを設立したり、資金投資の枠組みを確保したりと、予見性確保に向けた政府の役割の在り方を明示している。

1-3. 原子力小委員会での主なご意見（事業環境整備）

<国民理解の確保>

- 昨今の急激な社会情勢の変化に対応できるよう、政策の柔軟性・安定性といった観点から政策のマネジメントをどうしていくかを示すべき。また、**社会全体のコスト負担の在り方、責任の所在など、社会が適切に判断できるような情報発信を心がけていくべき。**
- GXは経済・社会の変革を伴い、産業構造の転換や国民負担の発生が必要であると思われるが、そうした**具体的な影響もセットで情報提供が必要**。社会とのコミュニケーションにおいては、唐突な決定になるのではなく、多様な視点から長期的戦略について議論し、その結果を戦略に反映していくことが重要。

1-3. 原子力小委員会での主なご意見（原子力産業基盤）

＜態勢整備・事業環境整備＞

- 炉型等の技術的開発においては、段階的な更新ではなく、リニアな更新ができるよう技術的・人的リソースの確保に努めるべき。
- 次世代革新炉の開発について、炉本体の開発のみならず、必要な燃料の製造、使用済燃料の再処理、将来の廃棄物の対応を含めたサイクル全体の在り方を検討し、次世代革新炉の導入により受ける影響、将来のエネルギー供給に与える影響も視点に入れて検討すべき。また、これらの推進のためには、原子力人材の育成が非常に重要であり、原子力の魅力を発信して、若い人材の取り入れを進めていくべき。
- 原子力の最大限活用にあたっては、安全性向上投資、新設投資といった重い初期投資を自由化された電力市場の下でも民間企業である原子力発電事業者が回収可能となるよう、事業予見性が担保できるような環境整備が不可欠。英国における事業環境整備の事例も踏まえて、今後の検討を進めるべき。
- 次世代炉について、商用化のない開発というのは資金面においてナンセンス。本来、再稼働、次世代炉開発、新増設、バックエンドを分けて考えることは、原子力産業の存亡を考えればナンセンス。全てはつながっていて、やるかやらないかに尽きると思う。その意味でも総理指示は大きい。ただ、電力自由化の下で、どの事業者が新増設に意欲を示すことができるのか。本来イニシャル投資が大きくランニングコストの小さい原子力事業は自由化の環境に適さない。やれと国が言うのであれば、事業環境を整備するのが国の仕事だと思う。
- 事業環境整備には時間を要する課題も多く、速やかな検討開始が必要。

1-4. 今後検討すべき対応の方向性 (次世代革新炉)

● 安全性向上の不断の追求

- 次世代革新炉の開発・建設における検討の大前提として、東京電力福島第一原子力発電所事故の最大の教訓である「安全神話からの脱却」を確かなものとするため、様々なリスクに備えた多重的な安全機構等の新たなメカニズムを検討していくべきではないか。

● 将来に向けた予見可能性の確保

- 将来のエネルギー供給の選択肢確保に向けて、人材・技術、サプライチェーンを維持していく上での時間的な猶予が無くなりつつあることを踏まえ、この段階で、次世代革新炉の開発・建設についての政策の方向性を改めて検討していくべきではないか。
- 次世代革新炉の開発・建設を検討していく場合、政府や産業界など、関係者が取り組んでいくべき内容や、その実施時期の見通しについて、具体化を検討していくべきではないか。

1-4. 今後検討すべき対応の方向性（次世代革新炉）

● 立地地域をはじめとする国民理解の確保

- 今後、次世代革新炉の開発・建設のプロジェクトを具体化していくに当たっては、**立地地域の理解を得て進めていく**ことが大前提。そのため、事業者・国には、まず何よりも、組織マネジメントの向上や、新たな安全メカニズムの取り込み等、**安全性の確保に向けた成果をソフト・ハードの両面で実現していくことが求められる**のではないかと。
- その上で、プロジェクトの具体化に向けては、**広範なステークホルダーに対する理解確保の取組のさらなる強化**が必要ではないかと。

● 開発・建設に向けた態勢整備

- 革新炉WG中間骨子案では、「研究開発を行っていく上での目標時期」としての技術ロードマップを示したところ。次世代革新炉の開発・建設を検討していくに当たっては、**改めて本ロードマップがその趣旨に照らして妥当なものであるかを再確認していく必要**があるのではないかと。
- その際、実験・実証段階にある小型軽水炉・高速炉・高温ガス炉については、**過去の開発の教訓を踏まえたもの**となっているか、検討をしていく必要があるのではないかと。
- 現在、技術的成熟度が高い**革新軽水炉**については、メーカー・原子力事業者が建設を行っていくための**事業環境整備**を進めていくべきではないかと。

1-5. さらなる議論の深掘りに向けて

- GX実行会議における総理指示に基づき、原子力小委員会において、革新炉WGにおいて示された技術ロードマップが、次世代革新炉の開発・建設を検討していくに当たって妥当なものであるか再確認を行う必要があるとの議論がなされた。
- これを受け、研究開発にとどまらず、建設までを検討の対象に入れた場合に求められる下記の論点についてさらに御議論を深めていただきたい。

① 事業環境整備

研究開発にとどまらず、建設までを視野に入れた場合に比較的技術熟度の高い革新軽水炉等の革新炉への投資がなされるためには、どのような事業環境整備を行う必要があるか

② 開発体制・司令塔組織

研究開発から建設までの一貫したプロジェクトを指揮命令する司令塔組織と開発体制はどのような機能や役割が求められるか（特にまだ商用化されていない高速炉や高温ガス炉等）

③ サプライチェーン・人材の維持・強化

研究開発にとどまらず、建設を視野に入れた場合のサプライチェーン・人材基盤の維持強化に向けてどのような取り組みが必要か

④ 研究基盤整備

実際のプロジェクトを進めていく際（特にまだ商用化されていない高速炉や高温ガス炉等）にどのような研究基盤によって民間事業者を支えていくべきか

1. 原子力小委員会での意見
- 2. 事業環境整備の検討状況**
3. 開発体制の在り方
4. 関連施策等の検討状況

2-0. これまでの議論（導入に必要な事業環境の整備）

- 革新炉の導入に際しては、世界各国においても、新規制（既存炉との技術的な差異）に伴う安全審査の長期化、固定費の大きさや市場価格の変動等に伴う投資回収期間の長期化・変動といった課題に直面し、ビジネスとしての予見性低下が問題に。
- エネルギー密度が高い原子力が有する中期的な収支相償性・経済効率性を具現化するためには、こうした面をフォローするための制度面・政策面での対応も必要。
- また、個別の事業者では解決が難しいバックエンドの共通課題等の解決も必要となる。
- 海外の事例等も参考に、革新炉のポテンシャルを発揮するための制度・政策面でのサポートの検討や、事業者自らの新たな取組を進めていくべきではないか。

【円滑な導入に向けた安全規制当局との共通理解の醸成】

- 海外事例等を参考に、設置許可申請の事前段階を含めた規制当局との対話等を通じて共通理解を醸成し、予見性を確保しつつ、より安全な炉の開発を進めていくことが必要ではないか。
- そのため、産業界は、規制審査のプロセスや技術的な論点のあり方について、規制当局に双方向の対話を働きかけ、能動的・積極的な提案を行っていくべきではないか。

2-0. これまでの議論（導入に必要な事業環境の整備）

【投資回収期間の長期化等への対応】

- CN実現に資する脱炭素電源の確保、化石資源に依存しない経済安全保障の確立、短期の需給調整にも資する低廉で安定したベースロード電源の確保という観点から、原子力電源の特性・意義を、同様の他電源とともに整理するべきではないか。
- その上で、投資回収期間の長さ、電力自由化に伴う費用回収のボラティリティ増大といった課題への制度的な対応策を検討すべきではないか。

【バックエンド問題への対応】

- 使用済燃料の再処理や高レベル放射性廃棄物の最終処分、通常炉の廃止措置や低レベル放射性廃棄物の処理処分等、一事業者が単独で対応するよりも国全体で対応すべきバックエンドの課題が、原子力事業全体の予見性を低下させており、革新炉の導入についてもハードルとなっているのではないか。
- こうした問題について、今後とも継続して、国が前面に立って解決に取り組んでいくことを明確化するとともに、廃止措置等の具体的な課題について、事業者の取組をサポートしていくためのさらなる踏み込みが必要ではないか。

2-1. 事業環境整備の必要性

- 原子力発電所を建設・運転していくにあたっては、下記のようなコスト構造に対応した事業環境整備がなされる必要がある。
 - ①短期的には、初期費用が大きく、事業者の参入障壁が高い
 - ②中長期的には、運転コストは低廉である一方で、収入の予見可能性が低い
- 諸外国においては、例えば下記の対応が行われている。
 - ①欧米諸国における革新炉実証プロジェクトに対する大規模な財政支援【後掲】
 - ②英国における収入を保証する制度（RABモデル【後掲】）
- 今後、日本において次世代革新炉の開発・建設を進めていくためには、こうした事例も参考にしつつ、事業環境整備の在り方を検討していく必要があるのではないかと。

2-2. 米英：具体的なプロジェクトに紐付けた大規模支援

- 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。



米国



英国

◆既設支援

- 経済的困難な状況にある既設炉への
財政支援(クレジット付与)
\$60億(約6,000億円) / 5年間
- 既設炉の販売電力量に応じ税控除
(法案未成立)

大型軽水炉
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)関連法案を提出
- 大型原子力発電所の新規建設支援
最大 £ 17億(約2,500億円)

◆研究開発

- 革新炉実証プログラム(ARDP)
\$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：\$5.3億(約530億円) (R&D)
\$13.55億(約1355億円) / 10年間
(運営主体支援)

非従来型炉
研究開発
支援

◆研究開発

- 「革新原子力ファンド」を設立(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」を設立
(2021年10月)
£ 1.2億(約180億円)

2-2. 仏韓：米英同様、プロジェクトベースでの支援を具体化

- 仏韓も具体的な原子力支援を表明。
- 仏韓では国営企業が、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。



仏国



韓国

大型軽水炉支援

- ◆ **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。

非従来型炉
研究開発支援

- ◆ **研究開発**
SMRを含むプロジェクトに **€1B (約1,300億円)**
- ◆ 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立ち上げ
- ◆ **国内建設**（4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)** / 5年間
- ※詳細な内訳は不明。

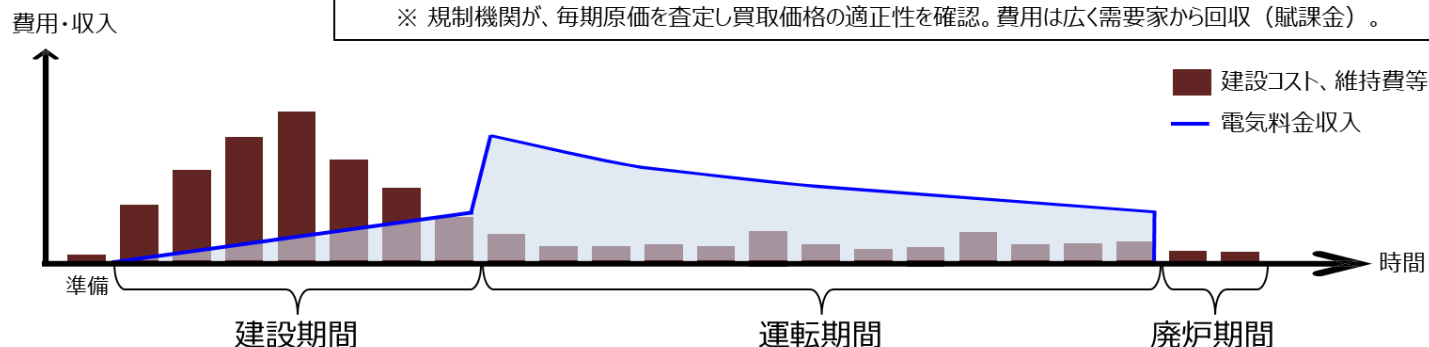
2-3. 新設を巡る大型初期投資対策（英国RABモデル）

- RABモデルは、**規制当局が認可した投資を、規制料金を通じて回収**する仕組み。投資家のリスクに上限を定め、プロジェクト遂行困難時には、国が資金提供、又はプロジェクトを中止し補償金を支払う。建設期間においても投資回収が可能。（e.g. 英国下水道、空港ターミナル建設PJで実績あり）
- **中国が政府ファイナンスをバックに英国内建設における資本参加し、更には純国産技術で英国に原発を建設**しようとしているところ、**事業環境を整備し、英国内資本の参加を促すもの。**

英国RABモデル

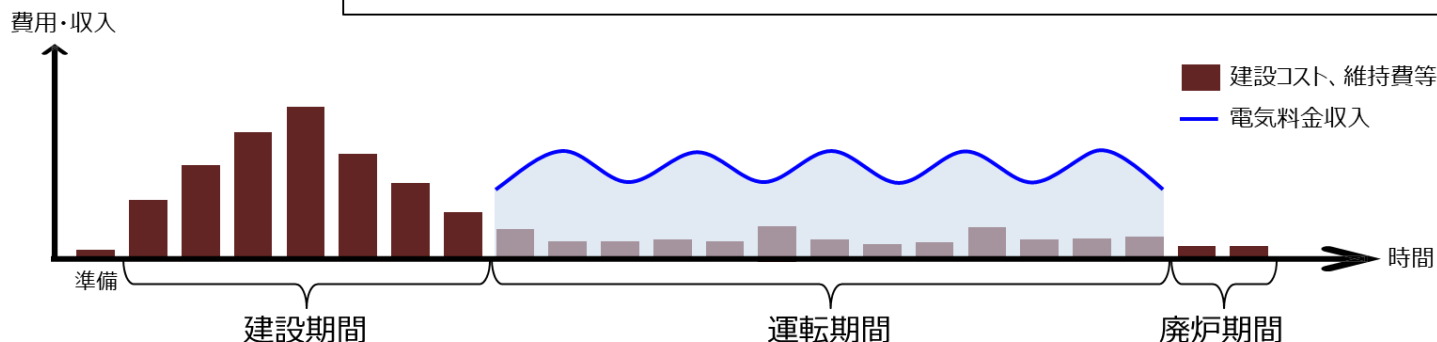
- 建設期間中から料金回収が可能であり、資金調達も容易。
- 売電価格は総括原価で設定され※、投資回収が確実であり、予見可能性が高い。

※ 規制機関が、每期原価を査定し買取価格の適正性を確認。費用は広く需要家から回収（賦課金）。



日本

- 運転開始後、初めて収入が発生。建設期間中は収入がなく、資金調達コストが高い。
- 売電価格は市場動向に左右され、投資回収の保証はなく、予見可能性が低い。



【参考】投資予見性を高める事業環境整備

- **カーボンニュートラル実現と安定供給の両立に資する新規投資について、複数年間の容量収入を確保することで、初期投資に対し、長期的な収入の予見可能性を付与する制度を検討中。**

第6次エネルギー基本計画（抜粋）

5. 2050年を見据えた2030年に向けた政策対応

(1.1) エネルギーシステム改革の更なる推進

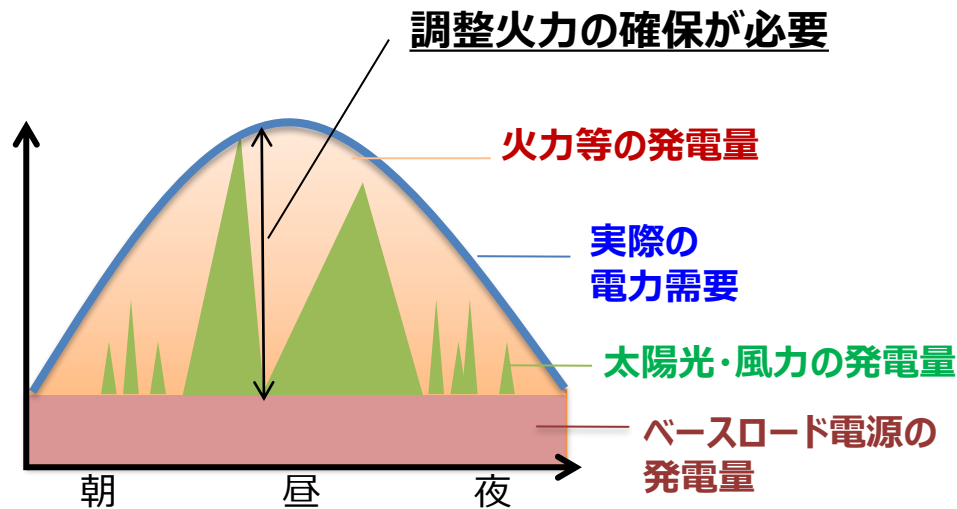
① 脱炭素化の中での安定供給の実現に向けた電力システムの構築に向けた取組

電源への新設投資が停滞する中、当面は、供給力や調整力を火力発電で賄う必要があるものの、将来的には、水素・アンモニア・CCUS/カーボンリサイクル・蓄電池といった脱炭素電源等により、供給力や調整力を確保する必要があり、電源のリードタイムも踏まえると、足下から新設投資を促していくことが重要である。そのため、2050年カーボンニュートラル実現と安定供給の両立に資する新規投資について、**複数年間の容量収入を確保することで、初期投資に対し、長期的な収入の予見可能性を付与する方法について、詳細の検討を加速化していく。**

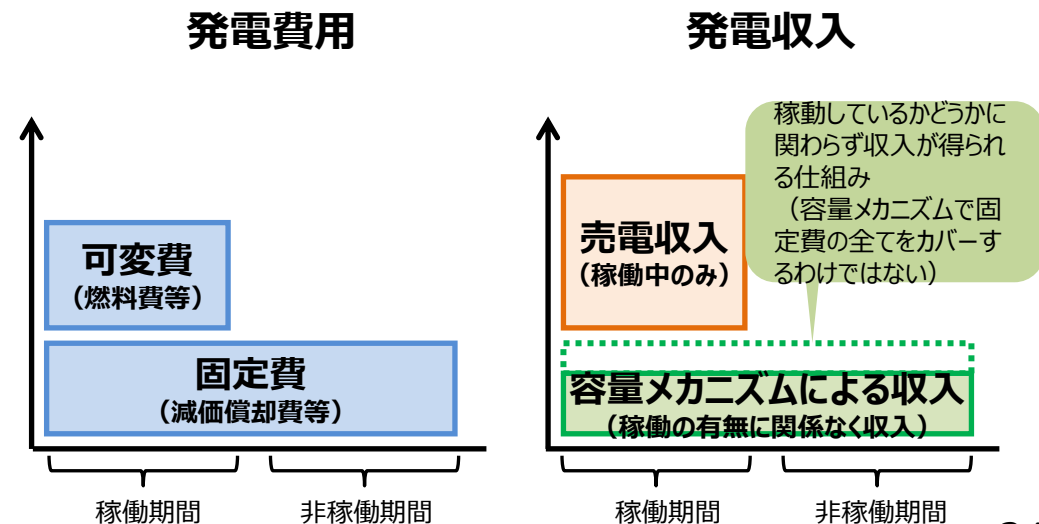
【参考】容量市場

- 電力システム改革による卸電力取引の拡大にともない、電源の投資回収の予見性が低下。
- さらに、エネルギーミックスの達成に向け、太陽光・風力発電といった自然変動電源の導入のためにも、調整電源の必要性が高まっている。他方、調整力となる火力発電は再エネ拡大による稼働率低下が想定される。
- こうした中においても、事前に確保した容量（kW価値）に対して、稼働していない期間（kWh=0の期間）でも一定の支払いを行う仕組みである容量市場を導入することで、電源投資に関して、一定の投資回収の予見性を確保し、より効率的に中長期的に必要な供給力・調整力を確保することで、電気料金の安定化を図る。

電力需要と発電量のイメージ



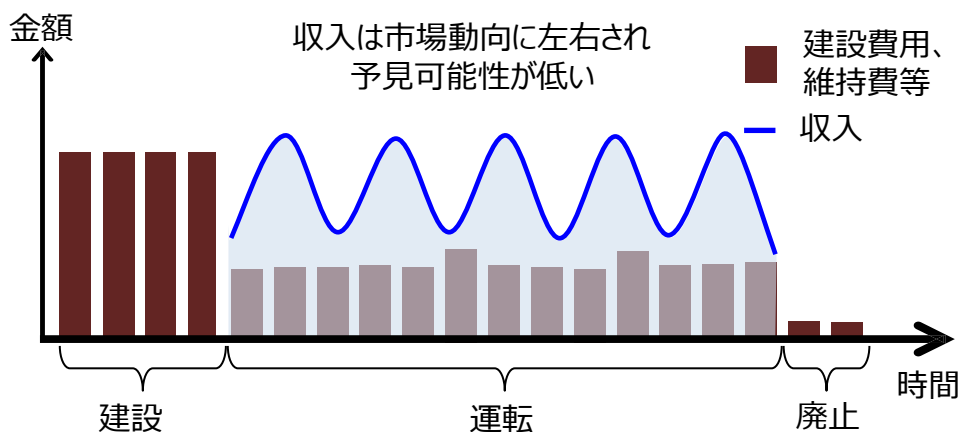
容量メカニズムによる投資費用回収イメージ



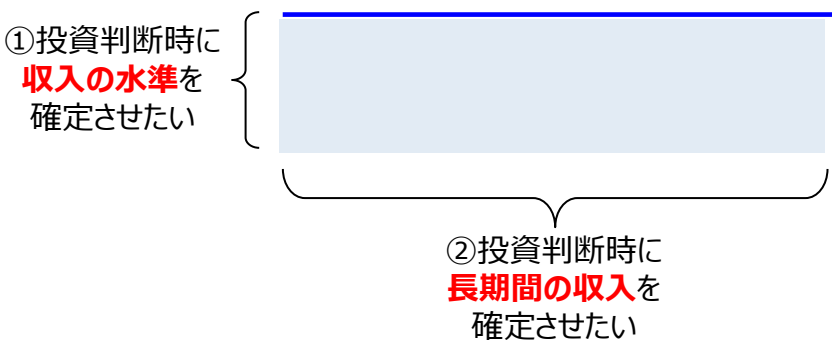
【参考】長期脱炭素電源オークションの概要

- 近年、既存電源の退出・新規投資の停滞により供給力が低下し、電力需給のひっ迫や卸市場価格の高騰が発生。
- このため、脱炭素電源への新規投資を促進するべく、**脱炭素電源への新規投資を対象とした入札制度（名称「長期脱炭素電源オークション」）を、2023年度の導入を目処として、検討中。**
- 具体的には、脱炭素電源を対象に電源種混合の入札を実施し、落札電源には、**固定費水準の容量収入を原則20年間得られる**こととすることで、巨額の初期投資の回収に対し、長期的な収入の予見可能性を付与する。

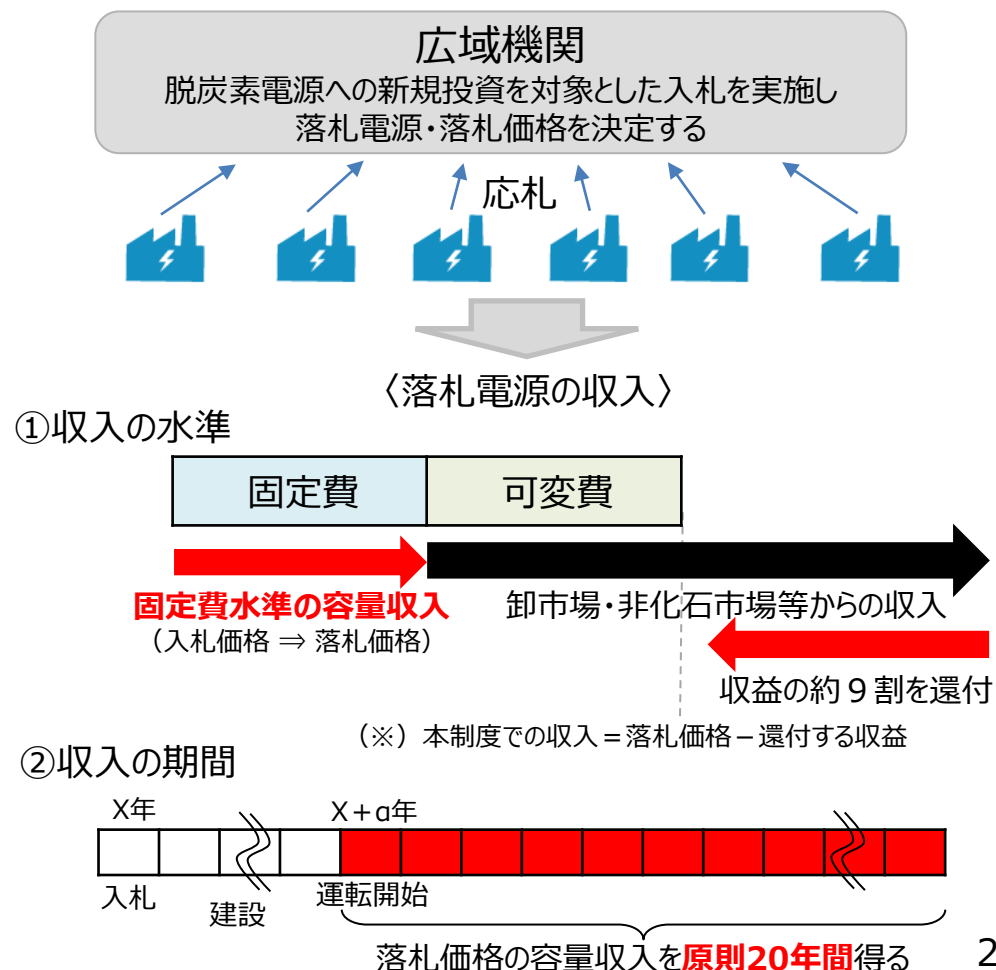
〈電源投資の課題〉



〈投資判断に必要な要素〉



〈新制度のイメージ〉



1. 原子力小委員会での意見
2. 事業環境整備の検討状況
- 3. 開発体制の在り方**
4. 関連施策等の検討状況

3-0. これまでの議論（開発プロジェクトマネジメントの強化）

- 過去の研究開発における「護送船団方式」から脱却すると同時に、導入後も見越してプロジェクトベースの開発を進めていくにあたり、開発プロジェクトのマネジメントの強化を進めていくことが必須。

【司令塔機能の創設と役割分担の明確化】

- これらの達成へ、ステークホルダーと能動的に調整を行いつつ、システム全体を一貫性をもって管理する、研究開発プロジェクトの「ヘソ」となる機能（司令塔）を創設することが必要ではないか。
- あわせて、システム設計や発注を統括する中核企業を設定し、プロジェクトへの産業界の参画を効果的に確保することとしてはどうか。
- 国研（JAEA）は、司令塔機能の設置・運営や、民間企業への技術支援に主体的に関与しつつ、独自の機能としては、開発に必要な基盤インフラの整備、（プロジェクトベースの取組と対比した）熟度の比較的低い研究や人材育成・基準規格等の基盤整備に注力する等、関係者の役割分担を明確化してはどうか。

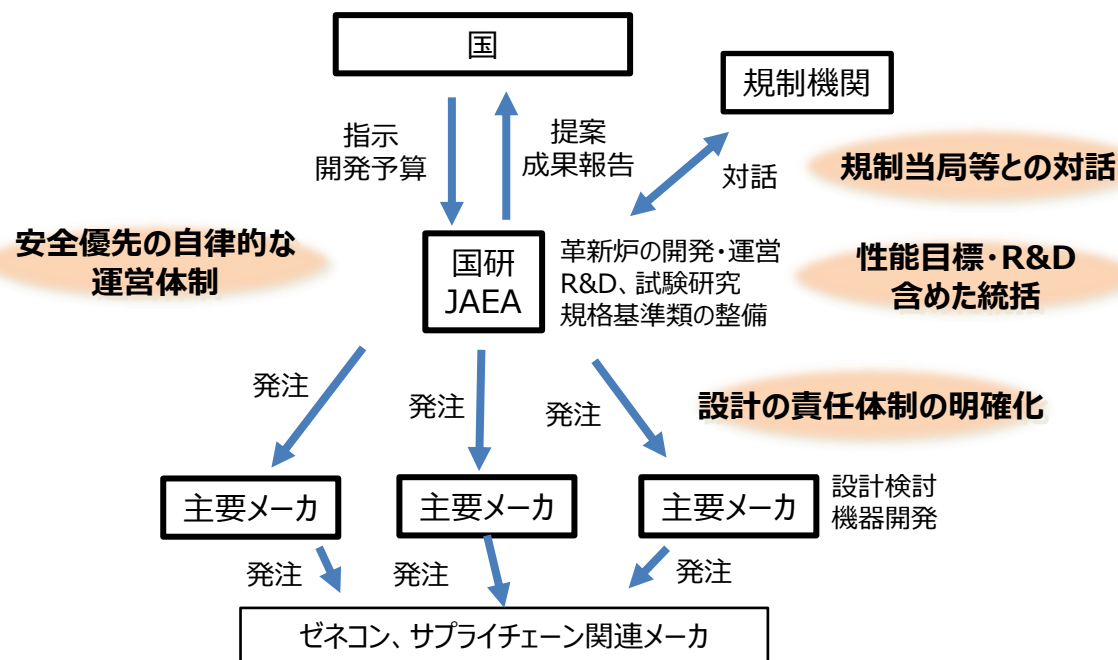
【プロマネ等に通じた民間人材の活用】

- 海外では、開発プロジェクト自体に、プロマネの知見を有する民間企業の人材・ノウハウを取り込むべく、様々な官民連携の手法を工夫。
- 我が国においても、司令塔機能に、ユーザー／オペレーターとしての知見を有する電力会社等、民間企業のプロマネ人材・知見を取り込むことが必須。具体的なチーム組成に向けて、官民協働の枠組みを作っていくべきではないか。

【参考】革新炉開発の体制の不備（日本）

- 過去の国研を中心とした開発においては、「護送船団方式」が取られており、**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。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、高速炉実用化研究開発及び経済産業省の高速炉委託事業において、**エンジニアリング機能を集積する中核メーカーの設定**が行われた。
- 他方、設計に限らず、**R&Dの進捗を含め開発の全体を統括し、技術的側面以外にも社会的側面**についても**適切にリソース配分を実施しながら効率的に開発を推進するプロジェクトマネジメントの機能強化**も必要。

過去の開発体制の課題



(例：もんじゅの開発体制)

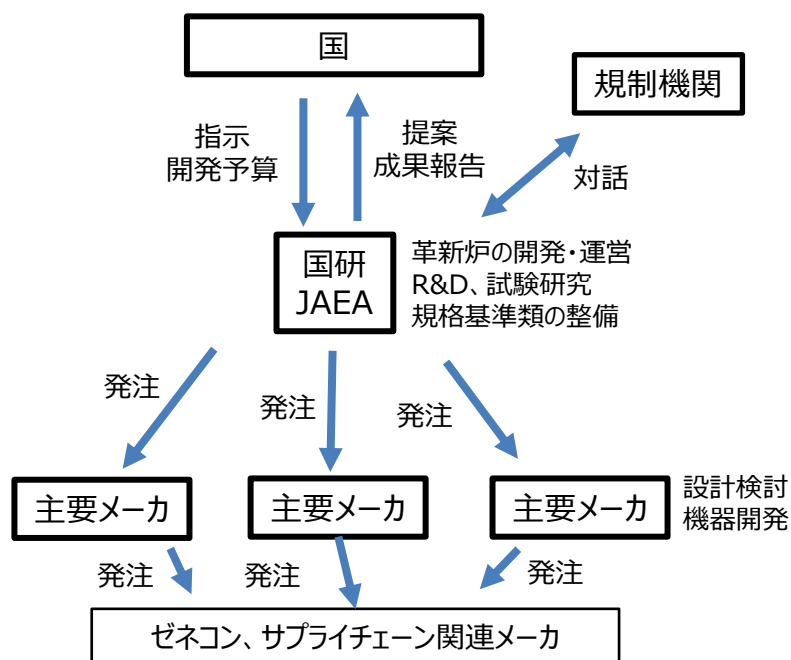
過去の開発体制からの教訓

プロジェクトマネジメント機能の強化

- 技術的側面：
 - システム全体の設計の統括
 - 経済効率的な開発を目指しつつ、性能目標の達成度・R&Dの進捗含め開発の全体を統括
- 社会的側面：
 - 安全優先の自律的な運営体制の構築
 - 規制との対話の強化
 - 情報発信・情報公開の徹底
 - 地元との共生の重視

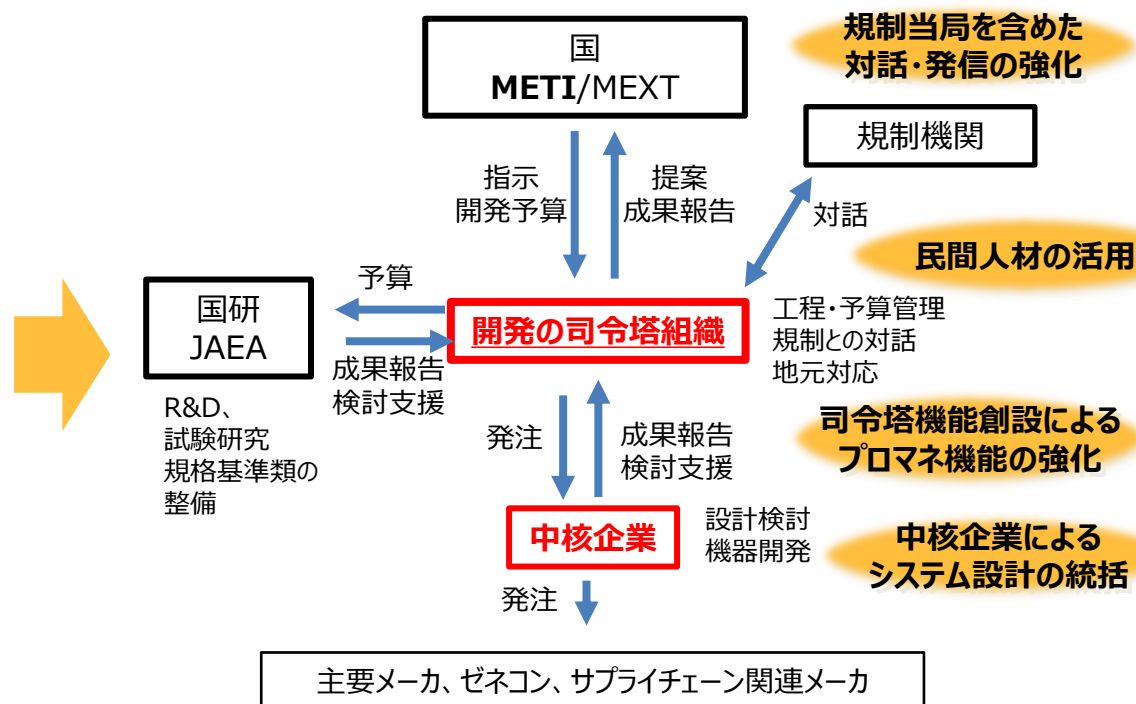
【参考】民間のイノベーションを喚起する開発態勢の整備

従来の開発体制（例：もんじゅ）



今後の開発体制の方向性（案）

<新たな開発体制の例>



- ✓ 司令塔組織創設によるプロマネ機能の強化
- ✓ プロマネ等に通じた民間人材の活用
- ✓ 中核企業によるシステム設計の統括
- ✓ 規制当局を含めた対話・発信の強化

【参考】これまでの開発の歴史（ふげん・もんじゅ）

- 新型転換炉原型炉「ふげん」は、1978年に初臨界し、2008年廃止措置計画認可。
- 高速増殖原型炉「もんじゅ」は、1994年に初臨界し、2018年廃止措置計画認可。

新型転換炉原型炉ふげん



電気出力：16.5万kW
 (熱出力55.7万kW)
 軽水冷却（重水減速）
 MOX燃料炉心

<「ふげん」のあゆみ>

- 1970/12 建設工事開始
- 1978/3 初臨界
- 1978/7 初送電
- 1979/3～ 本格運転開始
- 総発電電力量:約219億kWh
- 総発電時間:約13万7千hr
- 2003/3 運転終了
- 2008/2 廃止措置計画認可**
- 2012/3 廃止措置計画変更
- 2015/2 クリアランス測定・
評価方法認可申請
- 2018/4 原子炉設置変更許可
- 2018/5 廃止措置計画変更認可
- 2018/8 クリアランス測定・
評価方法認可
(県内初)
- 2018/10 使用済み燃料搬出に
向けた準備契約締結

高速増殖原型炉もんじゅ



電気出力：28.0万kW
 (熱出力：71.4万kW)
 ナトリウム冷却
 MOX燃料炉心

<「もんじゅ」のあゆみ>

- 1985 /10 建設工事開始
- 1994 /4 初臨界
- 1995 /8 初送電
- /10 40%出力到達
- 総発電電力量:約1億232.5kWh
- 総発電時間:約883hr
- /12 Na漏えい事故
- 2010 /5 性能試験を再開
- /7 炉心確認試験完了
- /8 炉内中継装置落下
- 2012/12、2013/5 保安措置命令
- 2016/12 「もんじゅ」の取扱いに関する
政府方針決定（廃炉決定）
- 2017/6 「もんじゅ」の廃止措置
に関する基本計画策定
- 2017/12 廃止措置計画認可申請
- 2018/3 廃止措置計画認可**
- (2018/4 廃止措置に移行)
- 2018/8 燃料体取出し作業開始

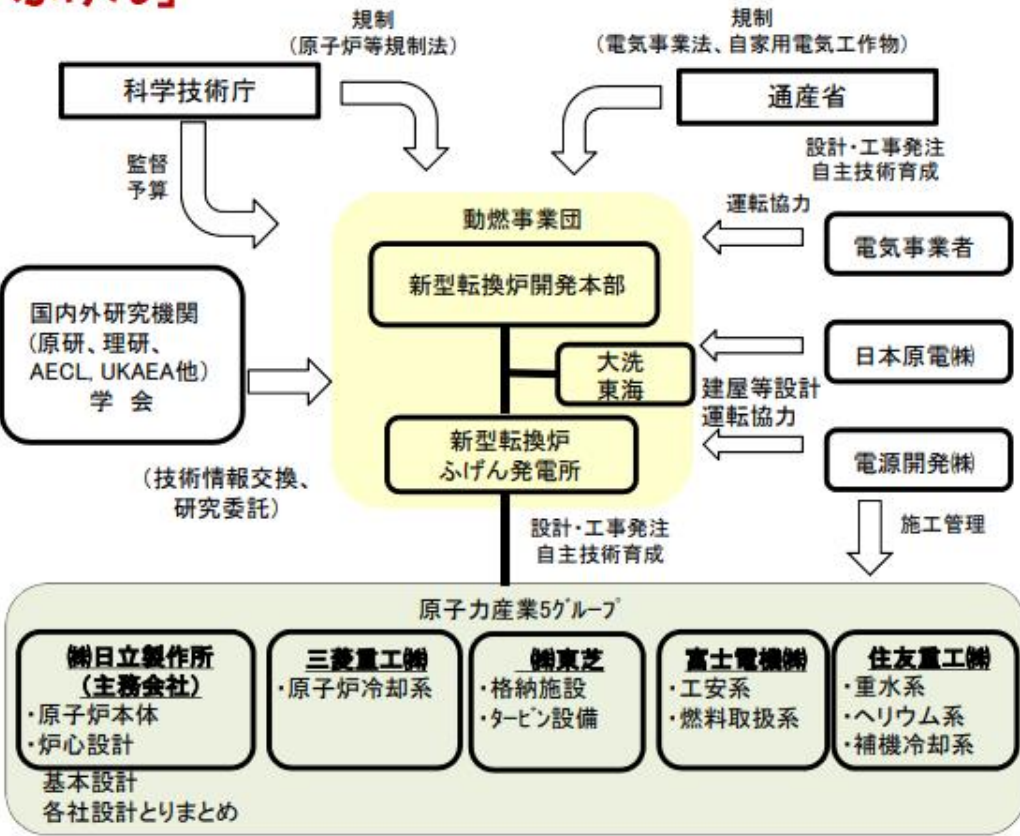
【参考】過去の開発体制（ふげん・もんじゅ）

● 「ふげん」は、日立製作所が主務会社となり、事業者を統括していたのに対し、「もんじゅ」は、主務会社を設けず、事業者が横並びでプロジェクトを請け負っていた。

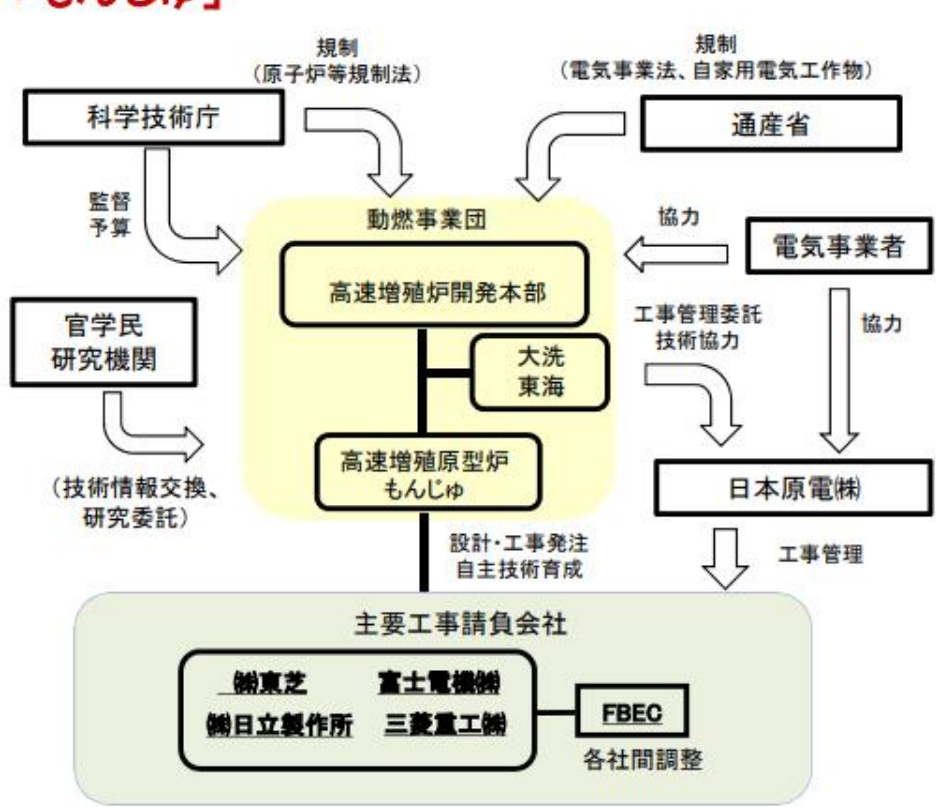
設計・建設、運転当初の開発体制の比較

第4回「もんじゅ」の在り方に関する検討会
(平成28年3月4日) 資料1より抜粋

「ふげん」



「もんじゅ」



3-3. 過去の開発における反省①

- 「ふげん」や「もんじゅ」、新型転換炉「ATR」を中心に、過去の開発における反省について、当時開発・運営に携わった関係者よりヒアリング。

ヒアリングでの主なご意見

<プロジェクトマネジメント>

- 動燃（当時）の本社が担っていた全体の方針を定める司令塔機能が徐々に縮小され、すべて現場に集約されることとなった。この結果、現場は地元対応、規制対応に忙殺され、保守管理の体制が弱くなってしまった。
- プロジェクトを推進する立場と実際の現場を監督する立場との間の牽制関係の元で工程を検討することができなくなった。現場とは別に政策やプロジェクトをしっかり立てる、強い意志を持ったプロジェクトリーダーが必要。
- 電力会社と連携して将来の展望を十分に立てることができなかった。これによって長期的な見通しを描くことが困難となった。メーカーだけでなく電力会社も応分に取り込んだ体制が必要であり、実用化段階を踏まえての電力会社の関わり方、技術移転のやり方の検討そのものが重要。
- まず国でしっかりとした組織・体制をつくるべき。フランスのCEAが参考になると思う【参考：後頁】
- FaCTプロジェクトの時、五社協で具体的な実証炉の進め方を協議した。一旦持ち帰って、ではなく、責任者が一同に会してその場で物事を決める方法も有効。
- 実用段階でなく、開発段階炉であることを踏まえての運営が十分でなかった。

3-3. 過去の開発における反省②

- 「ふげん」や「もんじゅ」、新型転換炉「ATR」を中心に、過去の開発における反省について、当時開発・運営に携わった関係者よりヒアリング。

ヒアリングでの主なご意見

<予算>

- 政府予算が単年度予算であるが故に、突発的な計画変更をする際の自由度が小さく、機動的な対応が難しいことがあった。そのため、予算不足に起因する不適切な設備維持管理に伴う不具合が発生。

<地元>

- しっかりとした将来展望を語り続けることができなかったことによって地元の信頼を継続的かつ十分に得ることができなかった。

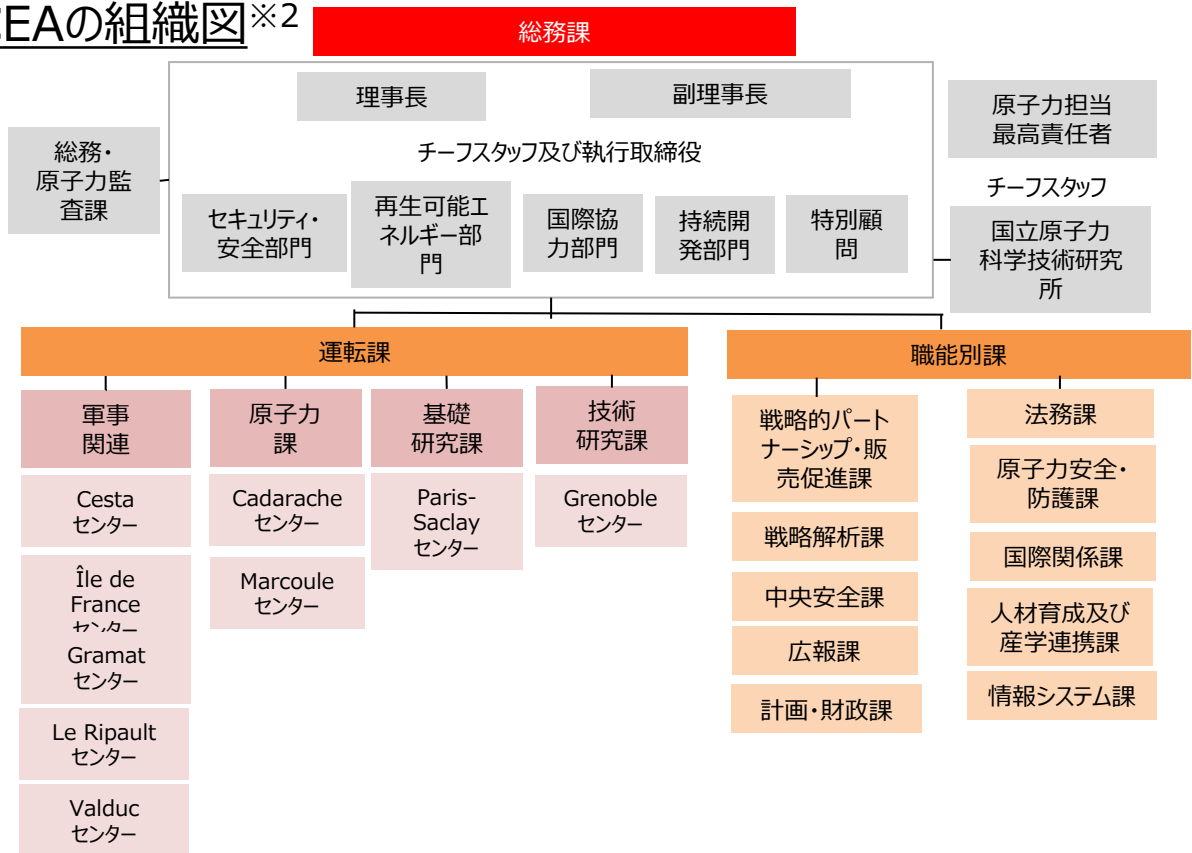
【参考】フランスCEA（旧原子力庁、現原子力・代替エネルギー庁）の体制

- 仏国では、CEA（旧原子力庁、現原子力・代替エネルギー庁）が軍事用と民生用の両方のプログラムを実施。行政機関と研究開発機関の機能を合わせ持ち、政策の方向性と連動した研究開発を実施。
- 国内10カ所に研究センターを持ち、基礎研究から軍事に至るまで一連の分野を統括。

CEA（旧原子力庁、現原子力・代替エネルギー庁）

- 1945年に原子力の研究開発を推進するための行政機関として設立。
- 設立当初から軍事用と民生用の両方のプログラムを進めてきた。
- **2000年にCEAの体制は、4部門（国防、原子力、技術利用、基礎研究）に分割再編成。**
- 2010年には、エネルギー資源の多様化を視野に入れて、旧原子力庁から現原子力・代替エネルギー庁に改編。
- 予算は、政府からの支出と関連会社やEUからの支出によって賄われている。
- 職員数は約21,000人、年間予算は約56億ユーロ※1
- パリの本部の他、SaclayサイトやCadaracheサイト等国内10ヶ所に研究センターがあり、様々な試験研究炉やその他の研究施設を有している。

● CEAの組織図※2



※1 : CEA, <https://www.cea.fr/english/Pages/cea/the-cea-a-key-player-in-technological-research.aspx>

※2 : CEA, 2017 Annual Report, <https://www.cea.fr/english/Documents/corporate-publications/cea-annual-report2017.pdf>

3 - 4. 過去の開発における教訓や海外事例から見えてくる課題

- ✓ 技術的な要素のみならず、プロジェクト全体のマネジメント機能と現場の統括機能が同一であったが故に、将来の方向性を検討する司令塔機能が薄弱になっていたのではないか。
- ✓ 司令塔機能が薄弱になっていたことにも起因して、政策的意義や将来見通しを十分に説明できず、立地自治体からの信頼感を十分に醸成できなかったのではないか。
- ✓ 政府予算の自由度が小さいが故に、突発的な計画変更やトラブル等に機動的に対応できなかったのではないか。また、単年度予算であることに起因して、長期的な展望に基づく戦略的な資源配分を行うことができていなかったのではないか。

3 – 5. 革新炉開発体制を検討するにあたっての要件①（イメージ）

- 強力なリーダーシップによって、開発、設計から建設、安定的な運転に至るまでの一連の工程を指揮・命令できるマネジメント体制
 - － 政策目的と直結したプロジェクトの将来像を描き、対外的にも発信していくリーダーシップ
 - － 開発、建設から安定的な運転に至るまで、現場とは独立し、強かにプロジェクト推進する能力
 - － メーカー、実用化された際のエンドユーザーの知見、ノウハウを最大限活用できる協力体制
 - － 原子力発電所を安全かつ安定的に運転・管理する能力

3 – 5. 革新炉開発体制を検討するにあたっての要件②（イメージ）

- 長期間に渡る予算措置とそれを適切に管理・配分を行う機能

- 過度な予算制約によることなく、必要に応じた戦略的で大胆な予算配分
- 単年度主義に陥らない長期間の予算措置と工程管理能力

- 立地地域との適切なコミュニケーションの下での協力体制

- プロジェクトリーダーの下、立地地域の理解を得ながら開発を進めていく体制

1. 原子力小委員会での意見
2. 事業環境整備の検討状況
3. 開発体制の在り方
4. **関連施策等の検討状況**

4-1. 基盤インフラの整備に向けて

- 次世代革新炉の開発に向けては、研究炉や燃料製造施設等の基盤インフラが不可欠。
- 今後、必要な研究開発項目および課題について議論を行う検討会を文部科学省にて立ち上げ。

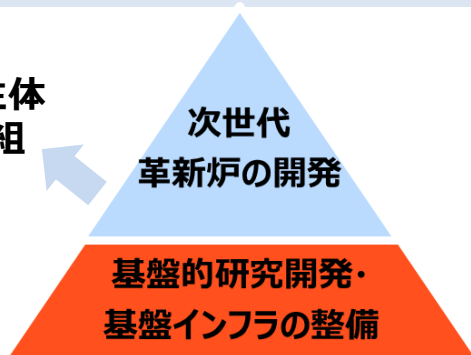
次世代革新炉 研究開発基盤検討会の開催について



第1回次世代革新炉 研究開発基盤検討会
(令和4年10月17日) 資料 1-3

- 原子力の利用については、安全確保を大前提として、2050年カーボンニュートラルの実現、エネルギー安定供給、エネルギー安全保障などの観点から期待が高まっている。
- グリーントランスフォーメーション実行会議（令和4年8月24日）での岸田総理の指示を踏まえて、関係省庁において、**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・建設などについて検討が進められているところ**。
- 今後の検討に向けて、本検討会において、**次世代革新炉の開発に必要な研究開発や基盤インフラの整備に関する今後の課題について論点の整理**を行う。

民間主体
の取組



国・原子力機構への期待



高温工学試験研究炉(HTTR)



高速実験炉「常陽」

検討のポイント

- 民間を主体とした次世代革新炉の今後の開発に必要な基盤的研究開発や基盤インフラの整備について、
①研究開発用原子炉、②燃料製造、③バックエンド対策などの観点から、**今後10年以内に着手すべき事項**を議論
- 次世代革新炉に係る**人材育成の課題**のほか、**原子力機構が大学の知の集約拠点として果たすべき役割等**についても検討

検討スケジュール（見込み）

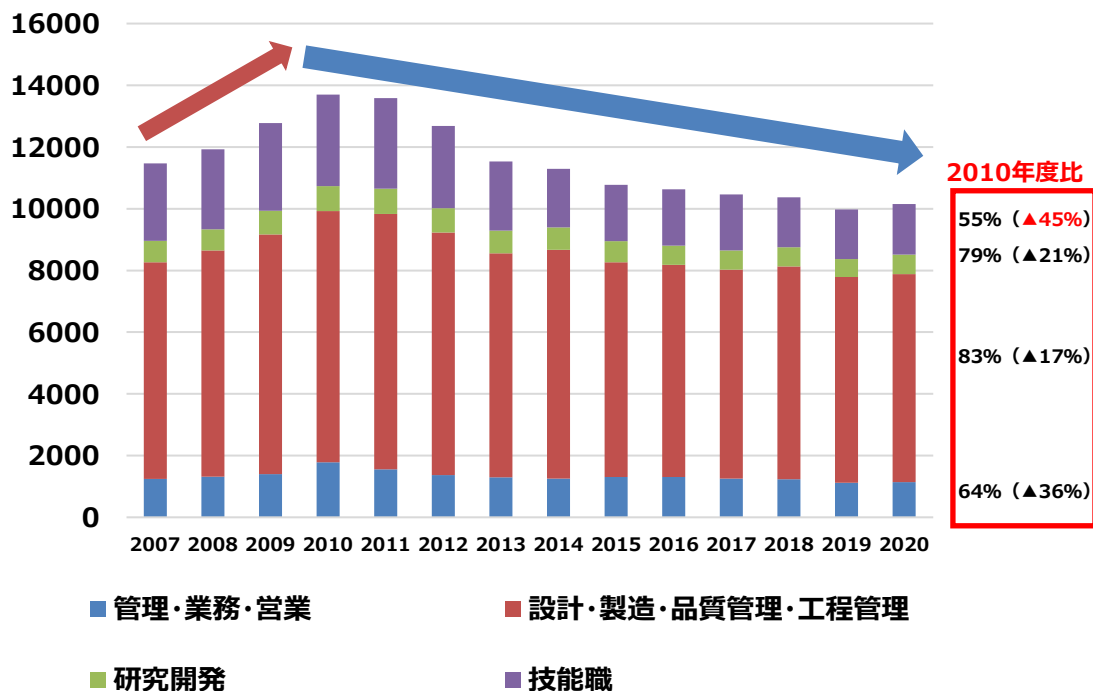
- 年内に4, 5回程度開催し、**論点を整理**
(第1回会合：10月17日)
- 検討結果については関係審議会等に報告

4-2. 人材育成の取組について

- 原子力発電所の建設の空白期間の長期化により、技術・人材・サプライチェーンの一部が脆弱化。
- 原子力産業基盤の維持・強化のため、産学官における取組の具体化を検討。

産業界における原子力人材の減少

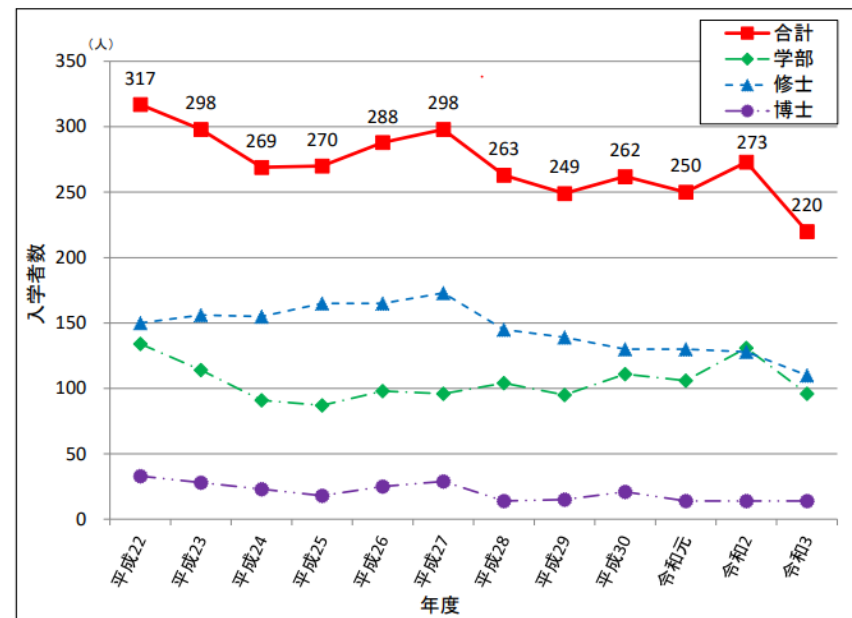
メーカー14社の各部門の原子力従事者



(出典) 日本電機工業会資料より作成

大学における原子力人材の減少

原子力関係学科等における入学者数の推移



(出典) 文科省「学校基本調査」を基に作成

4-3. 高速炉戦略ワーキンググループでの議論

- 高速炉戦略WGにて、戦略ロードマップに基づき、2024年以降の高速炉開発の在り方を検討。
- 外部有識者の技術評価を踏まえた、戦略ロードマップの改訂案を議論。

戦略ロードマップ改訂案の主なポイント

(開発を優先すべき冷却材)

- 技術の成熟度と必要な研究開発、実用化された際の市場性、具体的な開発体制構築と国際的な連携体制、実用化する際の規制対応等の観点から、ナトリウム冷却高速炉が今後開発を進める概念として最有望と評価。
- 軽水冷却高速炉や熔融塩高速炉は、それぞれ燃料技術の実現性や基礎・基盤的な研究の継続が引き続き必要と評価。

(今後の開発の作業計画)

2023 年夏：2024 年以降の概念設計の対象となる炉概念の仕様を選定

2024 年度～2028 年度：実証炉の概念設計・必要な研究開発

2026 年頃：採用する燃料技術の具体化

2028 年頃：炉の概念設計の結果と制度整備の状況等に基づき、実証炉の基本設計・許認可の開始への移行判断

4-4. 経産省研究開発支援の取組①

- カーボンニュートラル実現の1つの選択肢として、**浮体式原子力発電**の検討が進む。
- 産業競争力懇談会(COCON)の推進テーマの1つとして、**産学有志により取組を推進**。

産業競争力懇談会 (COCON)での検討

浮体式原子力発電の主な特徴

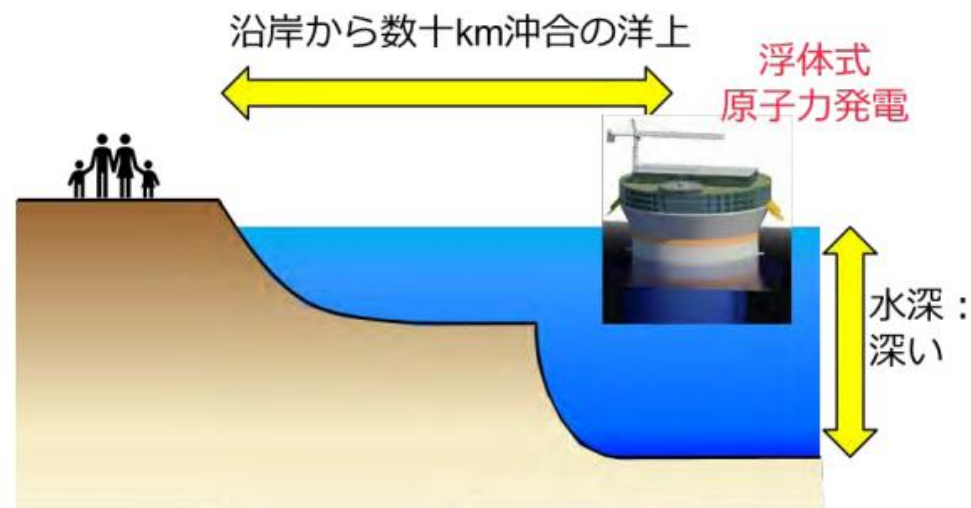
- 津波の影響が小さい
- 周辺に人が居住していないため、避難不要
- 崩壊熱除去のために、周囲の大量の海水を動力無しに利用できる

今後の開発課題

- 洋上の揺動場での保守・点検の実現性
- 長期運用を考慮した浮体構造物の設計・位置保持技術
- 揺動の原子炉への影響評価
- 効率的な燃料交換、プールでの水面揺動対策

※産業競争力懇談会 (COCON)

: 産業界の有志により、日本の産業競争力強化のため、政策提言を取りまとめ、その実現を図る活動を行う。



4-4. 経産省研究開発支援の取組②

- 「戦略ロードマップ」に基づき、多様な技術間競争を促進中。
 - 「まず当面5年間程度は、これまで培った技術・人材を最大限活用し、民間によるイノベーションの活用による多様な技術間競争を促進する。」
- NEXIP補助事業のもと、令和元年度から**多様な炉型の研究開発**を支援。

小型ナトリウム冷却金属燃料高速炉(MCR-200)

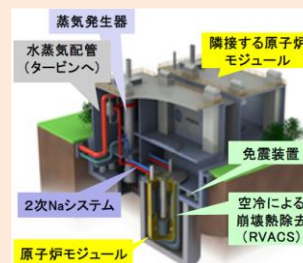
三菱重工業株式会社、三菱FBRシステムズ株式会社



- 二次系ループをモジュール型に増やして出力増が可能な小型ナトリウム冷却高速炉
- 金属燃料を粒子型とすることで、受動停止による安全性向上、ナノ粒子をナトリウム冷却材に混ぜることで、ナトリウムの化学的活性の抑制を目指す。
- 国産技術で高い技術成熟度。

小型ナトリウム冷却金属燃料高速炉(PRISM)

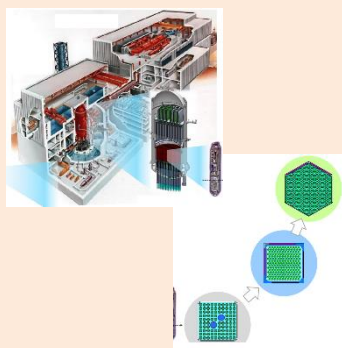
日立GEニュークリア・エナジー株式会社 (日立GE)



- 日立GEのパートナー・米GE Hitachi社開発のナトリウム冷却・金属燃料小型モジュール高速炉。
- 金属燃料による固有安全性、静的機器による受動安全、モジュール工法による工期削減等が特徴。
- 設計概念は米国のVTR、Natrium炉にも採用。

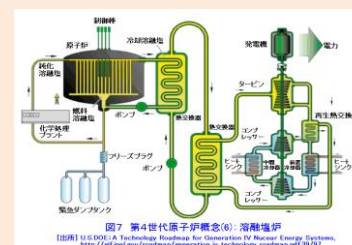
軽水冷却高速炉

日立GEニュークリア・エナジー株式会社



- MOX燃料棒を稠密に配した四角格子燃料を既設BWR・ABWRに装荷し、BWRでプルトニウムを集中的に経済効率よく燃焼することを可能とする提案。
- 現行再処理・MOX燃料技術を活用可能。

熔融塩炉



- 沸点が高く低圧で作動可能な熔融塩の液体燃料を循環させ、発電等に用いる炉型。米、加、仏等で次世代の技術として開発。

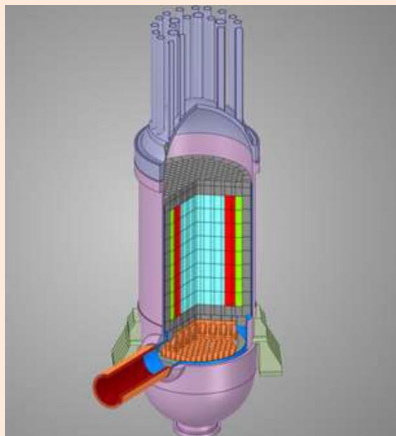
4-4. 経産省研究開発支援の取組③

- 水素製造、蓄熱のアイデアで柔軟性を有する高温ガス炉 2 炉型を支援。

高温ガス炉コージェネプラント (水素製造・発電)

三菱重工業株式会社

- 高温ガス炉の900℃超の熱を活用し、発電と大量・安定の水素製造が可能なコージェネプラント。
- 水素の大量安定供給で製鉄等プラント等の脱炭素に貢献可能。
- HTTR設計・製作・建設、実用炉検討を通じた経験。



蓄熱型高温ガス炉

東芝エネルギーシステムズ株式会社、富士電機株式会社

- 熱出力600MWt/ユニットで、4ユニット合わせて電気出力約100万kWを達成する高温ガス炉。
- 発電用を念頭とし、溶融塩蓄熱システム併設により負荷追従が可能。
- 高温水蒸気電解との接続による水素製造オプション
- HTTR建設主要企業としての経験。



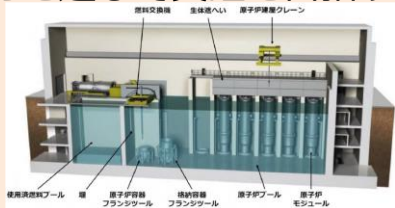
4-4. 経産省研究開発支援の取組④

- 2020年代末の運転開始を目指す海外の実証プロジェクトと連携した取組を支援し、日本企業がプロジェクトの主要プレーヤーとして参画し、SMRの安全性の実証に貢献することを目指す。
- 日本企業独自の取組による、多様なニーズを見据えた小型モジュール炉等の開発も支援。

NuScale SMR

日揮グローバル株式会社、
株式会社IHI

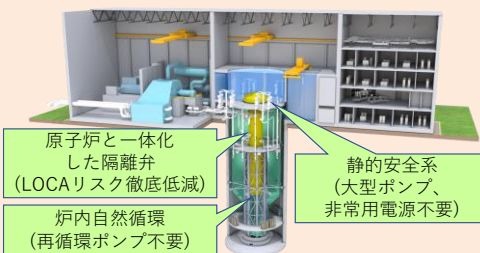
- PWRタイプのSMR。複数のモジュールをプール内に設置し、炉心冷却が可能。
- 1モジュールの出力は7.7万kWで、最大12個のモジュールを設置可能(最大92万kW)。
- 2029年に米国で実証炉運開を目指すNuScale社に、2021年、日揮・IHIが出資を発表。2022年、JBICも出資を発表。
- モジュール・メンテナンス機器等の課題についてについて日米協力を通じて実証を目指す。



BWRX-300

日立GEニュークリア・エナジー株式会社(日立GE)

- 出力30万kWのBWRタイプのSMR。圧力容器と一体化した隔離弁を採用した原子炉とすることで、配管破断による冷却材喪失事故を排除する設計。NRCが事前審査中。
- 米GE Hitachi社と日立GE社が共同開発し、北米での実証を目指す。
- 日立GEの実温・実圧で試験できる設備を活用し、要素技術を実証を予定。



多目的利用小型PWR

三菱重工業株式会社

- PWRタイプのSMR。炉容器に蒸気発生器を内蔵することで冷却材喪失事故の排除、炉心冷却にポンプ等の動的機器を使わない受動安全性等が特徴。
- 独自IPで、出力30万kWの発電用炉と、革新的な窒化物燃料を使う出力3万kWの船舶搭載炉を開発。



マイクロリアクター

- 災害時の非常用電源、遠隔地などで多目的に利用できる出力0.05万kWのマイクロリアクターも開発。

