

2022年9月30日

新外交イニシアティブオンラインセミナー

高速炉で「核のゴミ」を減らす？——まやかしの高速炉開発と六ヶ所再処理工場との関係

原子力小委員会 革新炉WG

松久保 肇(NPO法人原子力資料情報室)



原子力関連審議会における 原子力小委員会と革新炉WGの位置づけ



原子力小委員会

- 設置趣旨

「エネルギー基本計画において示された原子力分野に関する方針を具体化すべく、必要な措置のあり方について検討する。」

(第1回原子力小委員会 資料3)

革新炉ワーキンググループ

- 設置趣旨

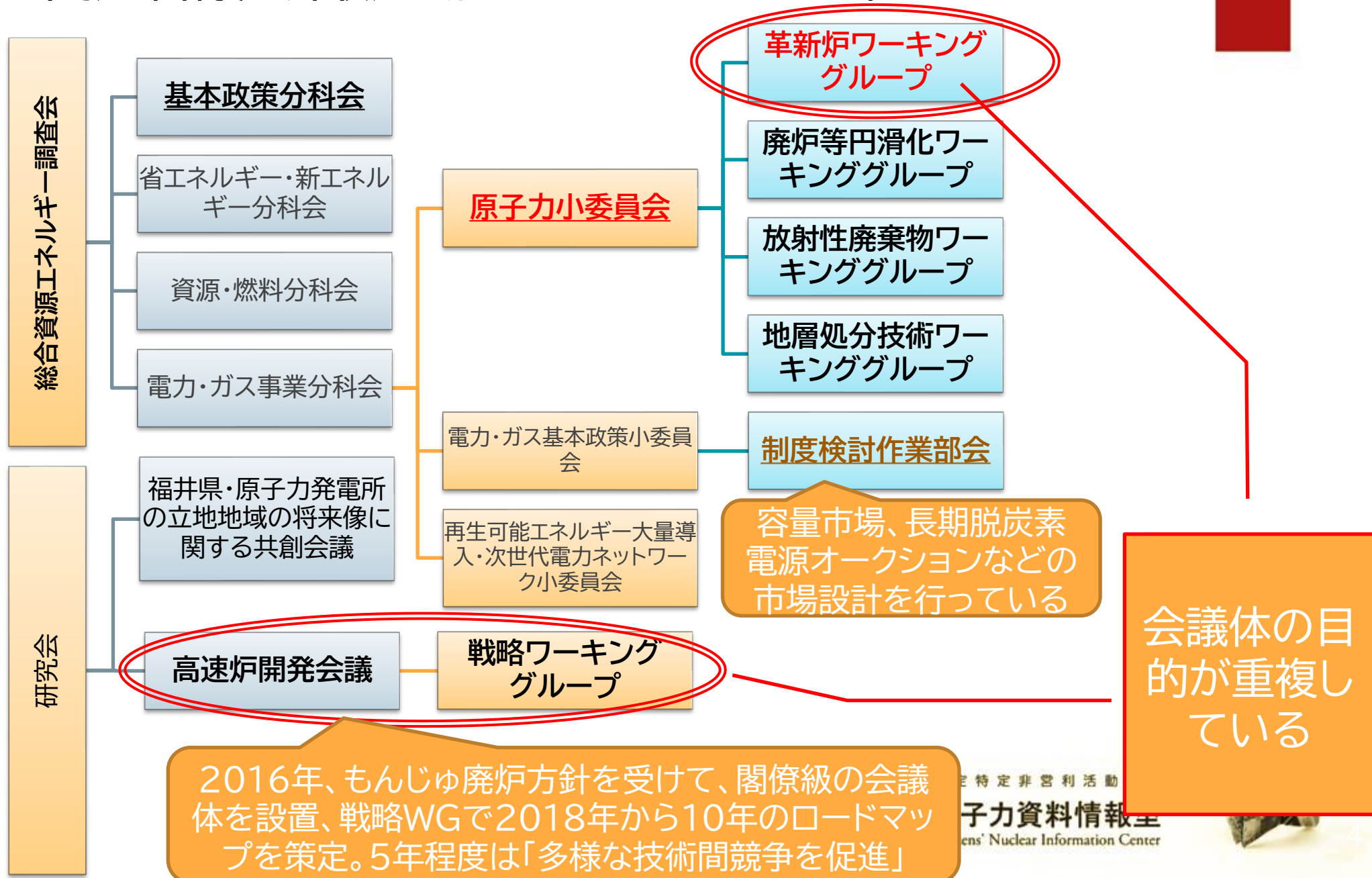
「○ 2050 年カーボンニュートラル実現に向けては、原子力を含めたあらゆる選択肢を追求することが重要。欧米では、既設炉への財政支援等に加え、革新炉についても、大規模予算支援の下、イノベーションが加速しているところ。

○ こうした海外の動向も踏まえつつ、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新たな社会デザインを提示するとともに、革新炉を含めた原子力全体のサプライチェーンの維持・強化が必要。

○ 以上を踏まえ、原子力発電の新たな社会的価値を再定義し、我が国の炉型開発に係る道筋を示すため、総合エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会の下に「革新炉ワーキンググループ」を設置する。」

(第1回革新炉ワーキンググループ 資料3)

経産省の原子力関連審議会(最近動いているもののみ)



委員構成



原子力小委員会

6

委員長	山口 彰	(公財)原子力安全研究協会 理事	
委員長代理	竹下 健二	東京工業大学 科学技術創成研究院 教授	
委員	朝野 賢司	(一財)電力中央研究所 社会経済研究所 上席研究員	電力業界のセミナー・広報に多数出演
	伊藤 聡子	フリーキャスター／事業創造大学院大学 客員教授	
	遠藤 典子	慶應義塾大学 グローバルリサーチインスティテュート 特任教授	原子力損害賠償・廃炉等支援機構 運営委員
	大橋 弘	東京大学大学院 経済学研究科 教授	
	越智 小枝	東京慈恵会医科大学 臨床検査医学講座 准教授	
	小野 透	(一社)日本経済団体連合会 資源・エネルギー対策委員会 企画部会長代行	日鉄総研常務取締役/ 日本鉄鋼連盟 特別顧問
	小林 容子	Win-Japan 理事／Win-Global Board	電力子会社、原子力規制庁を経て科学技術振興機構
	斉藤 拓巳	東京大学大学院 工学系研究科原子力専攻 准教授	
	佐藤 丙午	拓殖大学 国際学部 教授	2011～13年 原子力損害賠償支援機構に出向 少なくとも2017年まで原子力損害賠償・廃炉等支援機構参与
	杉本 達治	福井県知事	
	豊永 晋輔	弁護士／(一財)キャノングローバル戦略研究所 上席研究員	
	中島 健	京都大学 複合原子力科学研究所 所長・教授	
	又吉 由香	みずほ証券株式会社 サステナビリティ推進部 サステナビリティ戦略開発室 上級研究員	
	松久保 肇	特定非営利活動法人原子力資料情報室 事務局長	
	村上 千里	(公社)日本消費生活アドバイザー・コンサルタント・相談員協会 環境委員長	
専門委員	山下 ゆかり	(一財)日本エネルギー経済研究所 常務理事	
	新井 史朗	(一社)日本原子力産業協会 理事長	事業収入18億円中8億円は経産省の受託事業(2020年度)
	坂田 幸治	全国電力関連産業労働組合総連合 会長	
	松村 孝夫	関西電力(株) 代表執行役副社長 原子力事業本部長／電気事業連合会 原子力開発対策委員長	

革新炉ワーキンググループ

7

座長	黒崎 健	京都大学複合原子力科学研究所教授
委員	遠藤 典子	慶應義塾大学グローバルリサーチインスティテュート特任教授
	小野 透	日本経済団体連合会 資源・エネルギー対策委員会 企画部会長代行
	小伊藤 優子	日本原子力研究開発機構任期付研究員
	斉藤 拓巳	東京大学大学院工学系研究科原子力専攻 准教授
	高木 直行	東京都市大学大学院総合理工学研究科共同原子力専攻教授
	高木 利恵子	エネルギー広報企画舎代表
	永井 雄宇	電力中央研究所主任研究員
	松久保 肇	原子力資料情報室事務局長
	山口 彰	東京大学大学院工学系研究科原子力専攻 教授
専門委員	大島 宏之	日本原子力研究開発機構理事
	大野 薫	日本原子力産業協会情報・コミュニケーション部課長
	中熊 哲弘	電気事業連合会原子力部長

関電・九電・経産省などの広報を受注

東京電力出身

どんな議論をしてきたのか



日付	回次	概要
2022年2月24日	24	エネルギー基本計画に書かれた内容を深掘するため、現状の概観と今後の論点提示
2022年3月28日	25	カーボンニュートラルと原発、新型炉開発の必要性・革新炉WGの設置
2022年5月10日	26	核燃料サイクル政策と放射性廃棄物の最終処分
2022年5月30日	27	自主的安全性向上に向けた産業界の取り組み・廃止措置
2022年6月30日	28	地域との共生と国民理解の促進・廃炉等円滑化WGの設置
2022年8月9日	29	革新炉WGの中間とりまとめ報告・原子力小委の中間論点整理
2022年8月25日	30	原子力小委の中間とりまとめ案
2022年9月22日	31	GX実行会議の4指示を受けた検討の方向性について

以降、複数回開催の上、12月に基本政策分科会に報告、GX実行会議に報告か？

日付	回次	概要
2022年4月20日	1	革新炉WGの方向性、各社の革新炉開発状況
2022年5月19日	2	革新炉開発の価値、米国の新型炉開発状況
2022年7月1日	3	米国の新型炉の審査・業界の対応、国内パーツメーカーの状況
2022年7月29日	4	革新炉WG中間論点整理案
10月以降、数回開催の上、原子力小委員会に報告か？		



革新炉WG

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)



革新炉WG

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)

1. 検討の背景

- 1.1. カーボンニュートラル・エネルギー安全保障を巡る世界の潮流
- 1.2. 革新炉開発の技術ロードマップの検討

2. 革新炉によるカーボンニュートラル・エネルギー安全保障への貢献

- 2.1. 燃料やサプライチェーンの地政学リスクへの対応
- 2.2. レジリエンス・セキュリティリスクへの対応
- 2.3. 産業の空洞化リスクへの対応
- 2.4. 循環型エネルギーへの挑戦
- 2.5. 非エネルギー分野のイノベーションへの貢献

3. 各炉型の評価軸と評価

4. 革新炉開発における課題と対応策

- 4.1. 革新炉開発を巡る悪循環
 - 4.1.1. 革新炉開発に係る方向性の明瞭化
 - 4.1.2. 開発予算・施設の整備
 - 4.1.3. 革新炉開発を支える事業環境の整備
 - 4.1.4. 開発の司令塔機能の強化
 - 4.1.5. サプライチェーンの維持・強化
- 4.2. 革新炉開発を巡る悪循環を断ち切る対応の方向性
 - 4.2.1. 2050 年カーボンニュートラルに向けた革新炉開発ポートフォリオとロードマップ
 - 4.2.2. システムエンジニアリング機能を強化するプロジェクトの創出・支援
 - 4.2.3. 安全性に優れた革新炉開発推進のための規制対話の推進、ファイナンス・バックエンドを含めた事業環境の整備
 - 4.2.4. 民間のイノベーションを喚起する開発の司令塔
 - 4.2.5. 革新炉サプライヤの挑戦の支援

福島第一原子力発電所事故以降、原子力開発の方向性が不明瞭となったことから、新規建設の具体的プロジェクトが途絶し、開発や施設整備への予算に加え、規制やファイナンス等の制度による支援が不足している。

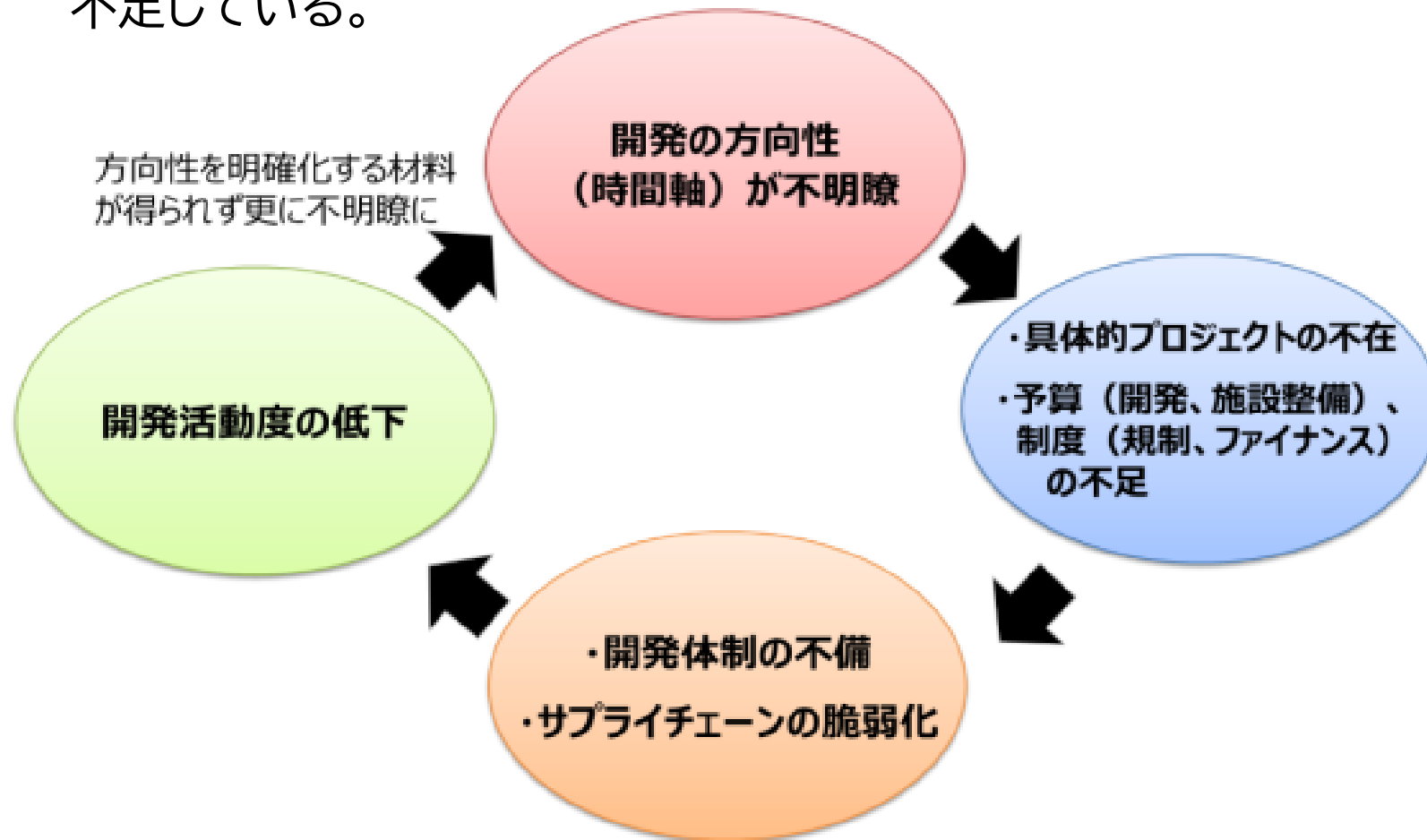


図2. 原子力開発工程の悪循環のイメージ

- ・「国内における原子炉の新規建設は当面低迷する一方で、米国、中国等の海外市場は拡大する見込み」
- ・「我が国としては、先ず 2030 年前後からの代替炉建設需要をにらみ、世界市場も視野に入れて、国、電気事業者、メーカーが一体となったナショナルプロジェクトとして、日本型次世代軽水炉開発に着手」
(2006年「原子力立国計画」)

世界では複数の新設需要が存在し、日本メーカーも英国・トルコ・フィンランドなどで複数のプロジェクトを立ち上げたが、いずれもとん挫。建設に至らなかったのは、日本企業の競争力、リスク許容度、なにより原子力自体の経済性の問題

表2. 革新炉開発のポートフォリオ

		技術 成熟度・ 時間軸	規制 対応	サプライ チェーン	市場性					非エネ分野
					経済性	水素製造	負荷追従	資源の 有効利用	廃棄物 有害度低減	
革新 軽水炉		◎ ※既存技術 を活用可	◎ ※既存規制 を活用可	◎ ※既存軽水 炉のサプライ チェーン有	◎ ※現行の軽 水炉と同水 準	△	○	△	△	○
小型 軽水炉	海外	○	○～◎	○～◎ ※日本が得意とする大型鍛造品が不要のケースも	◎ ※米国のガス火力並が目標	△	○ ※モジュールごとの制御により負荷追従可能なものも	△	△	○
	国内	○	△ ※基準の議論が必要	○～◎	?					
高速炉		○	○	◎ ※常陽、もんじゅの実績	◎ ※現行の軽水炉と同水準	○	◎ ※熔融塩の蓄熱システムを組み合わせた負荷追従可能	◎	◎ ※Pu・MA燃焼可	◎ ※医療用 ²¹ 製造可
高温ガス炉		○	○	◎ ※HTTRの実績	○⇒◎ ※コジェネで経済性向上	◎ ※高温を活用した水素製造可	◎	△ ※高燃焼度で処分場面積低減(○)	△	○ ※耐高温材料製造技術の獲得
核融合炉		× ※要素技術の開発段階	△	○ ※ITERで部分参加	?	◎	?	?	◎ ※高レベル放射性廃棄物発生せず	○ ※コイルがヒックス粒子衝突に貢献

何か評価して
いるように見
えるが、評価軸
があいまいで、
恣意的に●×
をつけている
ようにしか見え
ない。

例)
高速炉・高温ガ
ス炉規制対応:
○
高速炉経済性:
◎
軽水炉・核融合
炉以外の技術
成熟度:○
↓
ありえない

3. 各炉型の評価軸と評価

技術成熟度・時間軸

- 原子炉開発は、一般的に、実験炉(試験炉)の建設・運転を通じて実験的データを取得しつつ、実証炉や原型炉で経済性を見通しを得て、商用炉の量産段階となる。また、燃料技術開発には、試験炉や商用炉を活用した燃料照射が必要。
- ナトリウム冷却高速炉、高温ガス炉は我が国に実験炉「常陽」、原型炉「もんじゅ」、試験炉「HTTR」の経験あり。「HTTR」においても2022年度より熱利用・水素製造実証事業を開始。
- なお、米国では、コンピュータモデルも活用しながら安全裕度を十分に取って設計したフルスケールの革新炉型を、国立研究所の敷地内等に設置し、概念実証と性能実証を同時に実施することで商用化を10年程度早めるといった、新たな革新炉導入戦略も検討されている。

規制対応

- 自然に止める・冷える・閉じ込めるという機能を目指す高速炉や、炉心溶融が基本的に発生しない高温ガス炉では、「常陽」や「もんじゅ」、「HTTR」の再稼働審査の際に積み上げた知見を、将来の実証炉建設の際の規制基準策定に活用可能なことが期待される。

サプライチェーン

- 革新軽水炉は、高い国産化率を誇る既存軽水炉のサプライチェーンを活用可能。高速炉や高温ガス炉も、「常陽」や「もんじゅ」、「HTTR」の建設・運転の際のサプライチェーンを活用可能ではあるが、それらの建設から長期にわたり建設プロジェクトがなかったことから、サプライチェーンの一部に脆弱性。

導入に向けた技術ロードマップに基づく 原発の建設・運転開始スケジュール

	建設開始	運転開始
革新軽水炉	2030年代前半	2030年代半ば
小型軽水炉	2030年代半ば	2040年代前半
高速炉	2040年	2040年代半ば
高温ガス炉	2030年	2030年代半ば
核融合炉	2030年代半ば	未定

事務局談「革新軽水炉は革新性がないという意見もあるが、AP1000やEPRにはない機能があり、一線を描いていると評価」⇒ちょっとした機能追加があれば「革新的」なのか？

出力20-30万kW級の小型炉(「バカチョン原子炉」by児玉勝臣資源エネルギー庁審議官)を1990年までに導入、将来的には輸出産業に育てる(田原総一郎「生存への契約」より)

実現可能か？ニーズはあるのか？

このスケジュールを実現するための課題

17

表 5. 革新炉開発を巡る悪循環を断ち切る対応の方向性

課題	課題への対応の方向性（イメージ）
① 革新炉開発に係る方向性の明瞭化	基本方針の明確化、開発のポートフォリオとロードマップの策定 - 中長期目標を明確化（カーボンニュートラル、エネルギー安全保障） - 開発のポートフォリオを明確化・導入の時間軸のイメージを提示 - 開発マイルストーン示す技術ロードマップを策定・フォローアップ・改訂
② 開発予算・施設の整備	システムエンジニアリング機能を強化するプロジェクトの創出・支援 - 実証プロジェクトの概念・基本設計、具体的開発課題の検討を推進 - 資金の充当、SPC・ベンチャー等の活用 - 人材・技術基盤に資するインフラを明確化・計画的に整備
③ 革新炉開発を支える事業環境の整備	導入に必要な事業環境の整備 円滑な導入に向けた安全規制当局との共通理解の醸成：申請事前段階の対話等も通じて、より安全な炉の円滑な導入に向けた共通理解を醸成 投資回収期間の長期化等への対応：投資回収期間の長期化、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 バックエンド問題への対応：バックエンドの諸課題について、国が前面に立って解決に取り組むことを明確化・政策対応

だれが建てるのか問題

誰も本気のニーズを出していないため、あれもこれもと
なってコスト高になる。

巨額の研究開発費問題

原子力に国家予算を傾斜配
分することへの価値判断。
将来の原子力比率に見合っ
た投資なのか？

結局国民負担問題

⇒原子力は安価といい
ながら、コストを国民に
転嫁しようとすることの
矛盾。

このスケジュールを実現するための課題(続)

18

④ 開発の司令塔機能の強化	<u>民間のイノベーションを喚起する開発の司令塔機能</u> ・ 司令塔機能の創設と役割分担の明確化：ステークホルダーとの調整、システム全体の一貫性担保を行う司令塔機能を創設、設計統括する中核企業を設定 ・ プロマネ等に通じた民間人材の活用：民間のプロマネ人材の活用、民間企業の参画を確保しつつ、基盤整備・基礎研究を行う国研等と効率的に役割分担
⑤ サプライチェーンの維持・強化	<u>サプライチェーン各工程に即した多様な支援メニューの整備・導入</u> ・ 海外プロジェクトへの効果的な参画サポート：販路開拓へ、政府による海外プロジェクトへの参画サポート ・ 部品・素材の供給途絶対策、事業承継支援：部材の供給途絶リスクや事業承継問題への対応へ、産業大での実態把握・支援体制の構築、中小企業支援 ・ 人材育成・技術承継支援：技術基盤維持へ、デジタル技術の活用支援や、業界横断的な人材育成システムの構築支援等

だれが司令塔？問題

これまでオールジャパン形式でやってきたプロジェクトの多く失敗。
プロマネを民間登用するとして、だれがお金を出すのか。最終的にだれが責任をとるのか。

競争力問題

日揮・IHI・国際協力銀が米の小型原子炉メーカーNuScaleに出資。日揮らは商業化プロセスに関与することを企図、JBICは日本の原子力産業の国際競争力の維持及び向上に貢献することを意図

⇒NuScaleは原子炉製造を韓国Doosanに委託。国によって異なるが、カナダで建設する場合、カナダ製部品で80%のパーツを賄えるという。小型原子炉の多くは、コモディティ化を志向しており、特別な品質は求められていない場合が多い。

高速炉開発会議戦略WG



高速炉の多様な技術間競争を踏まえた 2024 年以降の 高速炉開発の在り方(9月13日付)

高速炉の多様な技術間競争を踏まえた評価結果(抜粋)

【ナトリウム冷却高速炉】

プラントの重要要素技術については技術熟度が高く(TRL6 以上が 7 割)、これまで「常陽」「もん じゅ」の設計・建設・運転・保守等で蓄積されてきた国内技術・知財の有効活用が可能である。2024 年からの概念設計開始が可能な見通し。

【軽水冷却高速炉】

炉心設計、燃料に関しては技術熟度が低い(TRL3～5)が、既設軽水炉のシステム技術を参考にできるメリットを有する。従来軽水炉と異なる安全確保対策等の課題解決の見通しが得られれば、2024 年からの概念設計開始は可能な見通し。

【熔融塩高速炉】

国内建設経験がなく、国内事業者を主とした開発体制に基づく技術熟度の評価ではなく、海外事業者の見通し等に基づく技術熟度の評価がなされている。資源エネルギー庁の研究開発事業においては基盤技術開発の位置付けで進められ、主要な基盤技術開発項目が整理されている。概念設計に至るためには、基盤技術開発を継続し、将来に繋がる人材育成が必要。

高速炉技術評価委員会委員名簿

(五十音順、敬称略)

委員長

山口 彰 公益財団法人原子力安全研究協会理事

委員

浅沼 徳子 東海大学 工学部応用化学科 准教授
 石川 顕一 東京大学 大学院工学系研究科原子力国際専攻 教授
 糸井 達哉 東京大学 大学院工学系研究科建築学専攻 准教授
 黒崎 健 京都大学 複合原子力科学研究所 教授
 堺 公明 東海大学 工学部機械工学科 教授
 竹下 健二 東京工業大学 理事副学長特別補佐(特任教授／名誉教授)

原子力小委員会委員

革新炉WG委員

オブザーバー

遠藤 量太 経済産業省資源エネルギー庁原子力政策課長
 貴田 仁郎 経済産業省資源エネルギー庁原子力立地・核燃料サイクル産業課長
 新井 知彦 文部科学省研究開発局原子力課長
 嶋崎 政一 文部科学省研究開発局研究開発戦略官(核燃料サイクル・廃止措置担当)
 劔田 裕史 電気事業連合会 高速増殖炉委員会 委員長
 中熊 哲弘 電気事業連合会 原子力部長
 大島 宏之 日本原子力研究開発機構 理事

原子力小委員会／
革新炉WG
事務局