

日本原子力学会
原子力安全部会 原子力安全部会セミナー

革新炉ワーキンググループにおける議論と 学会に期待すること

黒崎 健

京都大学・複合原子力科学研究所・教授

2022年10月29日
東京大学本郷キャンパス

0. 目次

1. 革新炉ワーキンググループでの議論の概要
2. 革新炉開発の課題と対応策（中間とりまとめ（骨子案）からの紹介）
3. まとめにかえて、学会に期待すること等

1. 革新炉ワーキンググループでの議論の概要

1.1. 革新炉開発の状況

- 米・英・カナダ：国を挙げての革新炉開発（特にSMR）
 - 2020年代後半からの初号機運開（BWRX-300など）
- 仏：新型軽水炉（EPR）の革新炉（EPR2）の建設
 - 2050年までに最大14基のEPR2建設を検討
- 中・露：新型軽水炉、革新炉で世界を席卷、西側諸国に先行
- 日本：欧米・中露に後れをとりつつも、挽回すべく活動中
 - 経産省と文科省のNEXIPプロジェクト
 - **経産省の革新炉ワーキンググループ**（審議会・研究会→総合資源エネルギー調査会→電力・ガス事業分科会→原子力小委員会→革新炉ワーキンググループ）

1. 革新炉ワーキンググループでの議論の概要

1.2. 革新炉ワーキンググループでの議論 #1（第1回、2022年4月20日）

- 議論の内容
 - 革新炉開発の背景と価値
 - 我が国における革新炉開発の取り組み
- 当日プレゼン内容
 - エネルギーを巡る社会動向を踏まえた革新炉開発の価値（事務局）
 - 国内の新型炉技術開発の現状と社会ニーズへの対応（JAEA）
 - 三菱革新炉開発の取り組み（三菱重工業）
 - 日立の新型炉開発の取り組みについて（日立製作所）
 - 東芝エネルギーシステムズの革新炉への取り組み（東芝エネルギーシステムズ）

1. 革新炉ワーキンググループでの議論の概要

1.2. 革新炉ワーキンググループでの議論 #2 (第2回、2022年5月19日)

- 議論の内容
 - 革新炉開発の背景と価値 (つづき)
 - 核燃料サイクルと原子力利用シナリオ
 - 米国の革新炉開発の状況
- 当日プレゼン内容
 - エネルギーを巡る社会動向を踏まえた革新炉開発の価値 (事務局)
 - TerraPower社の高速炉開発について (TerraPower社)
 - 核燃料サイクルシミュレータNMB4.0を用いた原子力利用シナリオの定量解析 (東工大竹下教授)
 - NuScale社のSMR開発について (NuScale社)

1. 革新炉ワーキンググループでの議論の概要

1.2. 革新炉ワーキンググループでの議論 #3 (第3回、2022年7月1日)

- 議論の内容
 - 革新炉開発の課題 (規制、サプライチェーン、先行する米国の状況)
- 当日プレゼン内容
 - エネルギーを巡る社会動向を踏まえた革新炉開発の課題 (事務局)
 - 革新炉今後の見通し (NRC: 米国規制委員会)
 - 革新的な原子力技術 (NEI: 米国原子力エネルギー協会)
 - サプライチェーンの課題と海外展開「アンケート調査と実務者聴取」 (日本原子力産業協会)
 - 当社における原子力関連の取組みについて (助川電気工業)
 - 原子力バルブ事業の現状と課題 (東亜バルブ)

1. 革新炉ワーキンググループでの議論の概要

1.2. 革新炉ワーキンググループでの議論 #4 (第4回、2022年7月29日)

- 議論の内容
 - これまでの議論の整理と中間とりまとめ(骨子案)の確認
- 当日プレゼン内容
 - 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)(事務局)
 - 革新炉ワーキンググループにおける議論概要(事務局)
 - 第四回革新炉ワーキンググループへの意見書(松久保委員、席上配布)

1. 革新炉ワーキンググループでの議論の概要

1.3. 中間とりまとめ(骨子案)以降の出来事 #1 (2022年10月24日時点)

- 2022年7月29日
第17回高速炉開発会議 戦略ワーキンググループ
- 2022年8月9日、第29回原子力小委で報告
- 2022年8月24日、第2回GX実行会議

第二回GX実行会議での岸田首相発言

「次世代革新炉の開発建設など、今後の政治判断を必要とする項目が示されました。年末に具体的な結論を出せるよう、与党や専門家の意見を踏まえ検討を加速して下さい。」

1. 革新炉ワーキンググループでの議論の概要

1.3. 中間とりまとめ（骨子案）以降の出来事 #2（2022年10月24日時点）

- 2022年9月13日、第18回 高速炉開発会議 戦略ワーキンググループ
→ 「戦略ロードマップ」改訂の方向性（案）の提示
- 2022年10月17日
文部科学省次世代革新炉の開発に必要な研究開発基盤の整備に関する検討会（第1回）
→ 次世代革新炉開発に関する研究項目の検討に着手
- 2022年10月24日、第5回革新炉WG
- 以降、第6回革新炉WGまでは日程確定済み

1. 革新炉ワーキンググループでの議論の概要

1.2. 革新炉ワーキンググループでの議論 #5（第5回、2022年10月24日）

- 議論の内容
 - 革新軽水炉の一例の紹介
 - 深掘りしたほうがよいと考えられる四つの議論（①事業環境整備、②開発体制・司令塔組織、③サプライチェーン・人材の維持強化、④研究基盤整備）の提案
 - ①事業環境整備、②開発体制・司令塔組織、についての議論
- 当日プレゼン内容
 - 三菱革新軽水炉開発の取組み（三菱重工業）
 - 革新炉開発に関する検討の深掘りについて（事務局）

0. 目次

1. 革新炉ワーキンググループでの議論の概要
2. 革新炉開発の課題と対応策（中間とりまとめ（骨子案）からの紹介）
3. まとめにかえて、学会に期待すること等

2. 革新炉開発の課題と対応策（中間とりまとめ（骨子案）からの紹介）

2.1. 革新炉開発工程における負のスパイラルとそれを断ち切るための対応策 #1

- ① 研究開発の方向性が不明瞭
- ② 具体的プロジェクトの不在
- ③ 開発体制の不備
- ④ 開発活動度の低下

図 開発工程における負のスパイラル

出典：第3回革新炉WG、資料3「エネルギーを巡る社会動向を踏まえた革新炉開発の課題」、2022年7月1日

2. 革新炉開発の課題と対応策 (中間とりまとめ (骨子案) からの紹介)

2.1. 革新炉開発工程における負のスパイラルとそれを断ち切るための対応策 #2

- ① 研究開発の方向性が不明瞭
→ 時間軸含めて方向性を明確化
- ② 具体的プロジェクトの不在
→ 予算と制度の整備
- ③ 開発体制の不備
→ 司令塔機能の強化
→ サプライチェーンの維持・強化
- ④ 開発活動度の低下

図 開発工程における負のスパイラル

出典：第3回革新炉WG、資料3「エネルギーを巡る社会動向を踏まえた革新炉開発の課題」、2022年7月1日

2. 革新炉開発の課題と対応策 (中間とりまとめ (骨子案) からの紹介)

2.2. 革新炉開発の方向性の明確化 #1

炉型

- 革新軽水炉
- 小型軽水炉
- 高速炉
- 高温ガス炉
- 核融合炉

評価軸

- 技術成熟度・時間軸
- 規制対応
- サプライチェーン
- 市場性
- 非エネ分野への貢献

出典：第4回革新炉WG、資料3「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)」、2022年7月29日

2. 革新炉開発の課題と対応策 (中間とりまとめ (骨子案) からの紹介)

2.2. 革新炉開発の方向性の明確化 #2

図 導入に向けた技術ロードマップ
(革新軽水炉)

出典：第4回革新炉WG、資料3「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)」、2022年7月29日

2. 革新炉開発の課題と対応策 (中間とりまとめ (骨子案) からの紹介)

2.2. 革新炉開発の方向性の明確化 #3

図 導入に向けた技術ロードマップ
(小型軽水炉)

出典：第4回革新炉WG、資料3「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)」、2022年7月29日

2. 革新炉開発の課題と対応策 (中間とりまとめ (骨子案) からの紹介)

2.2. 革新炉開発の方向性の明確化 #4

図 導入に向けた技術ロードマップ
(高速炉)

出典：第4回革新炉WG、資料3「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)」、2022年7月29日

2. 革新炉開発の課題と対応策 (中間とりまとめ (骨子案) からの紹介)

2.2. 革新炉開発の方向性の明確化 #5

図 導入に向けた技術ロードマップ
(高温ガス炉)

出典：第4回革新炉WG、資料3「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)」、2022年7月29日

2. 革新炉開発の課題と対応策 (中間とりまとめ (骨子案) からの紹介)

2.2. 革新炉開発の方向性の明確化 #6

図 導入に向けた技術ロードマップ
(核融合炉)

出典：第4回革新炉WG、資料3「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)」、2022年7月29日

2. 革新炉開発の課題と対応策 (中間とりまとめ (骨子案) からの紹介)

2.3. 予算と制度の整備 #1

- 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と支援
 - 実証プロジェクトの概念設計・基本設計や具体的な開発課題の検討の推進
 - 資金の充当、SPC (Special Purpose Company) やベンチャーの活用
 - 必要となるインフラの明確化と計画的な整備

出典：第4回革新炉WG、資料3「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)」、2022年7月29日

2. 革新炉開発の課題と対応策（中間とりまとめ（骨子案）からの紹介）

2.3. 予算と制度の整備 #2

- 事業環境の整備
 - 規制
 - ✓ 米国の先進的な取り組み（申請前審査活動、リスク情報を活用した審査、安全上重要なものに注力等）
 - 投資
 - ✓ 投資回収期間の長期化、費用回収のボラティリティ（価格変動性）増大への対応検討
 - バックエンド
 - ✓ 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

出典：第4回革新炉WG、資料3「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）」、2022年7月29日

2. 革新炉開発の課題と対応策（中間とりまとめ（骨子案）からの紹介）

2.4. 司令塔機能の強化 #1

- 護送船団方式からの脱却 = プロジェクトのマネジメント機能の強化
- 米欧の司令塔機能
 - 米国：2021年、DOE国研内に国立原子炉イノベーションセンター（NRIC）を設置、国研が有する高度な試験設備を民間企業が活用できる仕組みづくりも実施
 - カナダ：2014年、国立研究所を民営化し、カナダ原子力研究所（CNL）を設立。連邦政府が研究施設を所有し、民間が運営する官有民営（GOCO）モデルを導入。
 - 英国：2022年のうちに、新しい政府機関として「Great British Nuclear」を立ち上げ、新設プロジェクトの投資準備や建設期間中の支援等の環境整備を行う。

出典：第4回革新炉WG、資料3「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）」、2022年7月29日

2. 革新炉開発の課題と対応策（中間とりまとめ（骨子案）からの紹介）

2.4. 司令塔機能の強化 #2

図 今後の開発体制（司令塔機能強化）の一例

出典：第3回革新炉WG、資料3「エネルギーを巡る社会動向を踏まえた革新炉開発の課題」、2022年7月1日

2. 革新炉開発の課題と対応策（中間とりまとめ（骨子案）からの紹介）

2.5. サプライチェーンの維持・強化 #1

- 海外プロジェクトへの効果的な参画サポート
 - 販路開拓に向けて、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
 - 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
 - デジタル技術の活用支援、業界横断的な人材育成システムの構築支援

出典：第4回革新炉WG、資料3「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）」、2022年7月29日

2. 革新炉開発の課題と対応策 (中間とりまとめ (骨子案) からの紹介)

2.5. サプライチェーンの維持・強化 #2

図 原子力サプライチェーン強化
に向けた課題と対策

出典：第4回革新炉WG、資料3「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)」、2022年7月29日

2. 革新炉開発の課題と対応策 (中間とりまとめ (骨子案) からの紹介)

2.5. サプライチェーンの維持・強化 #3

図 海外プロジェクトへの効果的な参画を促す仕組み (革新サプライヤチャレンジ)

出典：第4回革新炉WG、資料3「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)」、2022年7月29日

0. 目次

1. 革新炉ワーキンググループでの議論の概要
2. 革新炉開発の課題と対応策（中間とりまとめ（骨子案）からの紹介）
3. まとめにかえて、学会に期待すること等

3. まとめにかえて、学会に期待すること等

3.1. 革新炉開発に際して議論が必要だと感じる点 #1

- 事業環境整備
 - 規制対応
 - ✓ 米国では先進的な規制の取り組み（申請前審査活動、リスク情報を活用した審査、安全上重要なものに注力等）がなされている。
 - 投資回収期間の長期化・変動に対する対応
 - ✓ 短期的には初期費用が大きく事業者の参入障壁が高い、中長期的には運転コストは低廉であるものの収入の予見可能性が低い、とった事業に対して、どのような環境を整備するのか？
 - 諸外国の事例を参考にするとともに、国ごとにそれぞれ事情はある。日本に事情に合った形とはこういったものなのか？

3. まとめにかえて、学会に期待すること等

3.1. 革新炉開発に際して議論が必要だと感じる点 #2

- 開発体制・司令塔組織と事業主体
 - 国と産業界、それぞれどのようにかわるのか？（JAEA、メーカー、電力会社・・・）
 - 司令塔機能とは具体的にどのような姿になるのか？ どういった姿であればよいのか？
 - 炉型ごとに異なる点、共通する点はあるだろう。
- ニーズの明確化
 - 米国では小型石炭火力の代替としてのSMRの需要ありといわれている、日本では？
 - 高速炉がいきるニーズは？ 資源の有効利用・有害度低減、核燃料サイクルとの関係は？
 - 革新炉といってもその種類は豊富、どこかで取捨選択が必要か？（ニーズが拠り所になる？）

3. まとめにかえて、学会に期待すること等

3.1. 革新炉開発に際して議論が必要だと感じる点 #3

- 経済性と市場性
 - SMRの場合、大型炉と比べると初期投資は抑えられるといわれているが、まだまだ不透明
 - 日本の場合、電力会社がどこまで関与できるか？（前述の開発体制の話とも連動）
 - 既存炉の運転延長との関係は？
 - 他の発電方式と競争できるのか？（コストの問題）
 - 発電以外のところ、他産業と競争できるのか？
- 人材の確保、技術の伝承
 - 原子炉を自国で一から作ることができるという強みがくずれかけている
 - 人材育成・技術伝承・サプライチェーン維持強化等、具体的にどうやってすすめていくのか？

3. まとめにかえて、学会に期待すること等

3.1. 革新炉開発に際して議論が必要だと感じる点 #4

- 核燃料に関する課題（←講演者の専門分野）
 - 多くのSMRではHALEU（High-Assay Low Enriched Uranium、濃縮度が5～20%の低濃縮ウラン）が用いられるが、これを定常供給できるのか？（これまではロシア頼み。ウクライナ情勢以降もはやロシアは頼れない。最初は少量を何とか調達、炉をつくって需要を確保、のようなストーリーは成り立つのか？）
 - 一部再処理（は可能であるが）適さない燃料もある。全量再処理が前提の日本でどのように考えるのか？
 - 金属燃料開発をどこが担うのか？これまでは電中研、これからは？

3. まとめにかえて、学会に期待すること等

3.3. 日本原子力学会に期待すること #1

- 日本原子力学会の特徴
 - 原子力に関する専門家集団
 - 多彩な分野、国際連携、中立的立場
 - アカデミックなお墨付き
 - 技術論のみならず、倫理や標準活動も活発

3. まとめにかえて、学会に期待すること等

3.3. 日本原子力学会に期待すること #2

- 革新炉ワーキンググループでの議論をうけてのフォローアップ
 - 新しい原子炉に関する技術的な検討
 - 標準化、規格基準制定に向けての検討
 - 革新炉開発に際しての課題（技術・社会）の抽出・整理等
- 中立的・アカデミックな場の提供
 - 多様な背景（産・官・学、推進・規制）を持つ人が集まる場、議論できる場、情報が集まる場
 - 他の学協会との連携窓口（異分野の取り込み、融合）
 - 海外との連携窓口
 - 人材育成の場、情報の蓄積・発信の場

ご清聴ありがとうございました。

ご連絡は、下記まで↓

kurosaki.ken.6n@kyoto-u.ac.jp