



我が国の高速炉開発環境 戦略ロードマップと原子カイノベーション



「高速炉開発の方針」:原子力関係閣僚会議（2016年12月）

1. 今後の我が国の高速炉開発の目標

- 世界最高レベルの**技術基盤の維持・発展**を図る。
- **高い安全性と経済性を同時に達成**する高速炉を開発し将来的に実用化を図る
- もって、**国際標準化に向けたリーダーシップを最大限に発揮**すること、実現のため、開発目標等の具体化を図っていく。

2. 高速炉開発4原則

	項目	内容
1	国内資産の活用	技術的知見、技術的・人的基盤、インフラ
2	世界最先端の知見吸収	GIFをはじめとした多国間協力及び二国間協力 ⇒ 国際標準化の促進
3	コスト効率性の追求	コスト効率的な開発の推進、国際協力の積極活用、開発ステージ等に応じた適切な開発手段・手法
4	責任体制の確立	役割の明確化、ガバナンス体制の確立、的確な安全管理、国の主導的役割

3. 戦略ロードマップの策定

- 実務レベルの「戦略ワーキンググループ」設置を設置
- 今後10年程度の開発作業を特定する「ロードマップ」を2018年目途に策定

戦略ロードマップの概要

* 高速炉開発の意義

- 資源の有効利用、高レベル放射性廃棄物の減容化、潜在的有害度低減の3点の意義は、時代背景等により、**プライオリティが変化**。プルトニウムマネジメントなど、**高速炉の意義が多様化**。

* 長期的な開発のスケジュール

- 高速炉の**本格利用が期待されるタイミングは21世紀後半のいずれかのタイミング**となる可能性。
- 将来の不確実性に関するリスク、また、新しい技術の発展・成熟には実用化から一定の時間が必要である点や、再生可能エネルギー等の他の技術の進展・普及等の要因も考慮する必要があることにも留意が必要
- 技術や経験の段階的な蓄積・発展の必要性を勘案しつつ例えば **21世紀半ば頃の適切なタイミングにおいて、現実的なスケールの高速炉が運転開始**されることが期待される。

* 開発方針

- これまで培った技術・人材を最大限活用しながら、多様な高速炉技術の可能性を追求。
- 当面 **5年間程度は、柔軟性の観点からも多様な技術開発を推進**していく。
- その後、技術を絞り込み重点化した上で、工程を具体化していく。

* 開発体制

- 全ての**開発当事者が果たすべき責任を自覚し、それぞれの役割を明確化**することが極めて重要。

原子力技術・人材の維持強化(イノベーションの創出)

- 安全性・経済性・機動性に優れた炉の追求に向けて、技術開発に対する支援を強化。
(NEXIPプロジェクト: Nuclear Energy × Innovation Promotion)

革新的な原子力技術開発

■高速炉

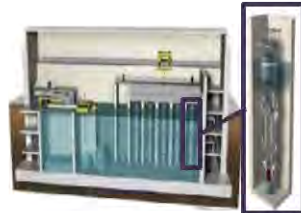
- ・戦略ロードマップに基づき多様な高速炉技術の競争を促進。



高速炉

■革新炉

- ・社会課題に対応する革新的な原子力技術開発を支援。
(2019年度予算 6.5億円)



小型軽水炉



高温ガス炉

研究機関の連携・民間活用の促進

- 日本原子力研究開発機構(JAEA)を活用し、民間の取組を活性化
 - ・データ、知財等の知見の共有・提供
 - ・試験研究施設の供用等



常陽: 高速実験炉

国際協力・企業連携

フランス



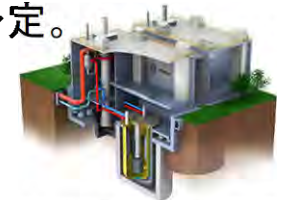
- ・ナトリウム冷却高速炉の開発
- ・その他の多様な概念の検討
- ・シミュレーションや実験等のR&D

米国



- ・GAIN イニシアチブにより、革新的な原子力技術の開発を促進
- ・この支援を受けて、小型軽水炉が2026年に商業運転を見込む。

- ・国内技術維持のため、新たに高速炉の多目的試験研究炉(VTR)を建設予定。



さらに人材育成や規制との対話に向けた取組を有機的に連携し、原子力イノベーションを促進していくことが必要。 32

高速炉開発の意義とその選択肢

2019年

今後10年程度の開発作業

21世紀半ば頃

21世紀後半

戦略ロードマップ

ブレークスルー

現実的なスケールの高速炉の
運転開始

本格的利用

技術イノベーション

社会のニーズ

選択肢

民間、
大学



原子力機構

- 炉心安全
 - ✓ 炉心溶融排除
 - ✓ 受動的炉停止
 - ✓ 容器内事故収束
- 燃料サイクル
 - ✓ Puの柔軟な利用
- 経済性・環境
 - ✓ 開発コスト削減
 - ✓ AIの活用
 - ✓ 建設等コスト削減
 - ✓ 変動再エネとの協調
- 保全
 - ✓ 信頼性設計
 - ✓ IoTの活用

様々な
選択肢に
対応

大型基幹電源

Uの有効活用による長期安定なベースロード電源
(エネルギーセキュリティ)
MAの燃焼、閉じ込め

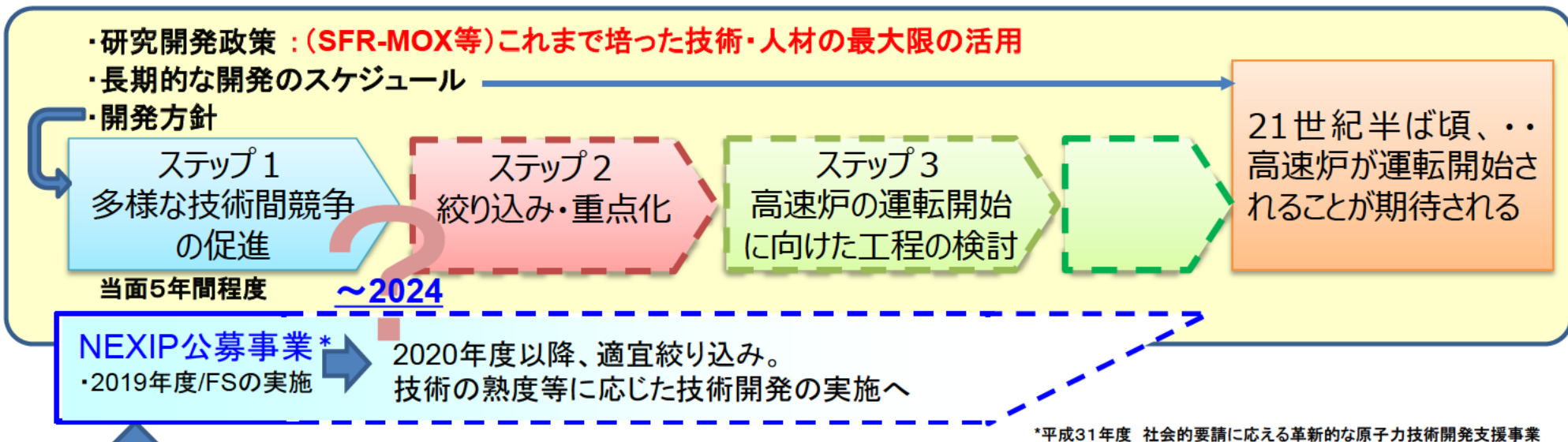
Pu専焼炉

LWRサイクル長期利用
Puバランスの確保
廃棄物減容(TRU)

小型炉など

SMARTグリッド
再生可能エネルギー
との連携(電源網の信頼性アップ)

戦略ロードマップ



※当面は、NEXIP公募事業への貢献を通じて高速炉の実用化を目指す。

JAEAの研究開発：「高速炉開発の方針」の“目標”や“開発4原則”に沿って推進。

- ◆ 世界最高レベルの技術基盤の維持・発展を図る
 - 先進的設計評価・支援手法（ARKADIA:後述）による設計プロセスの革新（設計作業期間の短縮、開発コスト低減）
- ◆ 高い安全性と経済性の同時達成
 - リスク情報を活用した規格基準と合理的な保全計画策定、ナノ流体等の革新的技術による安全性の格段の向上
- ◆ 国際標準化に向けたリーダーシップを最大限に発揮
 - 多国間協力等を活用した規格基準類や安全要求、技術の国際標準化の推進



原子力機構における新型炉開発の方向性

多様な炉概念の開発支援

- 液体金属炉、熔融塩炉、水冷却炉など
- 段階的なARKADIAの汎用化・要素技術
 - ✓ 汎用性をもったバーチャルプラント解析技術を主体にAI支援ナレッジデータ利用技術、設計支援技術: 炉心特性、熱流動、構造など
- 共通基盤技術の提供
 - ✓ 高温構造設計技術・規格基準、高温材料データ、腐食特性評価データ
 - ✓ 高温構造機器の製作・運転・保守技術、
 - ✓ 燃料製造、核燃料・放射性物質取扱い技術

重要技術

- 将来性ある技術の発展に寄与
 - 機構との共同技術開発
 - 機構の施設による試験受託

早期のHTGR実用化

- 早期実用化・技術実証
 - ✓ 海外での蒸気プラントの実証。
 - ✓ IAEAなど安全設計基準の国際標準化をリード。
- 次期技術開発
 - ✓ 水素製造
 - ✓ 熱利用施設接続技術
- HTTRを用いて熱利用接続技術を実証

段階的なSFRの実用化

- 安全・経済性向上技術開発
 - ✓ 革新技術、規格基準の開発と国際標準化
 - ✓ ARKADIAによる設計革新
- 常陽とPu-3を再稼働させ、Pu管理技術の実証
- メーカー設計製造技術の保持
 - ✓ 例: 機構の発電施設として小型SFRの建設

将来エネルギーを担うSFRとHTGRを組合せた革新システム

- HTGR燃料をSFR燃料サイクルで供給、原子力を持続利用。
 - ➡ 水素・熱利用を含む脱炭素化社会と信頼性あるグリッドの1000年の安定的な実現。

技術基盤の着実な整備で開発を支える

- ARKADIA: Digitalizationのトップランナーを目指し、ライフサイクルを俯瞰した設計の革新へ。
 - ✓ デジタル化技術の重要項目として、液体金属炉の技術知見をナレッジベース化、技術継承と人材育成を同時達成
- 燃料サイクル技術の発展
 - ✓ Pu管理を軸に軽水炉サイクルとの共通な燃料製造、再処理技術を開発
- JAEAが強みをもつ研究炉、照射試験、液体金属、安全性、水素製造など研究開発施設の整備・高度化

AI支援型革新炉ライフサイクル最適化手法

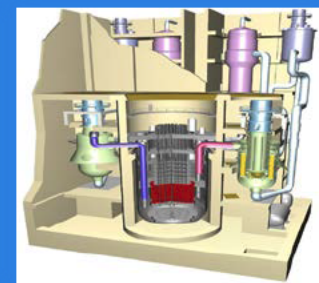
ARKADIA

~ *Advanced Reactor Knowledge- and AI-aided Design Integration Approach through the whole plant lifecycle* ~

- 競争力のある3E+S適合プラント像の提示
- 開発期間短縮・コスト削減
- 技術散逸防止・伝承・発展、人材育成

OUTPUT

- 最適化オプションの提示

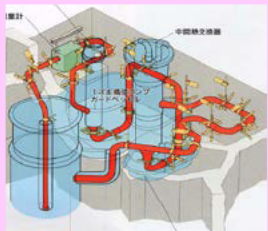


- 評価指標充足性

- 安全性
- 信頼性
- 経済性
- ...

INPUT

- プラント設計例



- 評価指標

- 開発目標
- 設計要求

ナレッジベースシステム

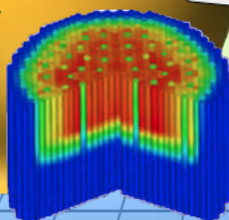
- 知見・経験等の集約と活用



解析システム

- 精緻／簡易、連成解析
- ヴァーチャルプラント機能

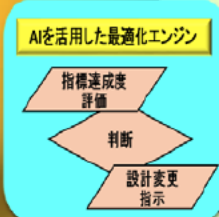
- 1) プラント動特性
- 2) CFD
- 3) 構造応答
- 4) 核特性 etc.



評価システム

- 複数指標に対する設計最適化支援

- 1) 安全性評価
- 2) 構造健全性評価
- 3) 保守・保全性評価
- 4) 経済性評価 etc.



3つのシステムをつなげるAI支援プラットフォーム