

## 高速炉サイクルの研究開発基盤の整備

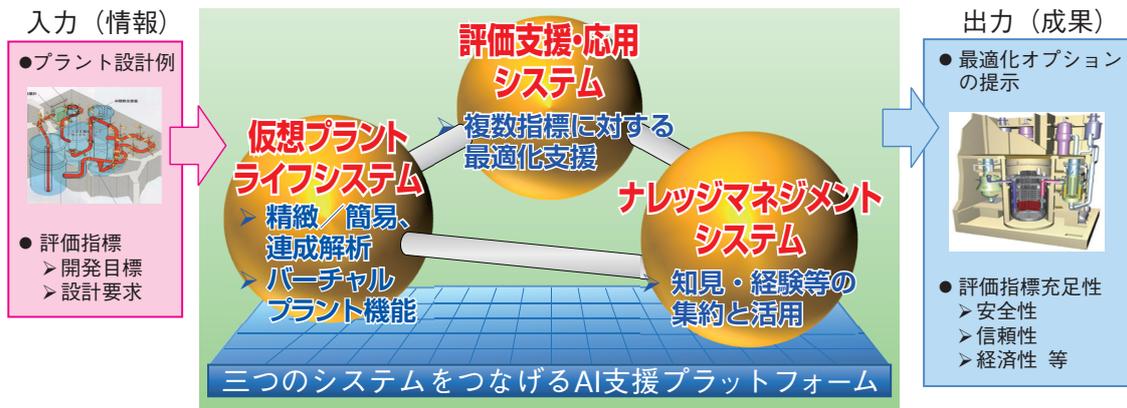


図7-1 先進的設計評価・支援手法 (AI 支援型革新炉ライフサイクル最適化手法：ARKADIA)

ARKADIA は、高速炉開発に関する三つのシステム (ナレッジマネジメントシステム、仮想プラントライフシステム及び評価支援・応用システム) を、人工知能で支援されたプラットフォームをベースに統合することで、評価指標に応じた最適化オプションを自動的に提示します。

高速炉及びこれに対応した燃料サイクル (高速炉サイクル) は、世界のエネルギー需要への対応と地球環境の保全を両立するために期待される、持続的エネルギー供給システムです。ウラン資源の大部分を有効利用することにより、千年を超える長期にわたってエネルギーを供給できる技術であり、半減期が長いマイナーアクチノイド (MA) を核変換することで、地層処分に供するガラス固化体の発熱や放射性毒性を大きく低減することができる特徴を有しています。

2018年12月に国の原子力閣僚会議にて決定された「戦略ロードマップ」において、我が国の今後10年程度における高速炉開発に係る作業が特定されました。この中で、多様化する高速炉の意義を実現するためには再処理技術を伴う必要があり、高速炉に付随するバックエンドへの対応等の必要性が示されています。さらに、原子力分野の研究開発、人材育成及びこれらを支える研究基盤に対して、国内外の先端技術を導入しながら、国際的な競争力の点においても維持・発展することとされています。そこで、原子力機構では、国の戦略ロードマップの基本方針に則り研究開発方針を策定し、高速炉・新型炉研究開発部門では、国内外の最先端の技術を取り入れた先進的設計評価・支援手法、安全性向上技術、放射性廃棄物の減容化・有害度低減や高速炉の経済性向上に向けた技術、燃料製造・再処理等の燃料サイクル技術の開発、安全基準及び規格基準の開発と標準化等に取り組んでいます。図7-1に示す先進的設計評価・支援手法は、高速炉開発に関する三つのシステム (ナレッジマネジメントシステム、仮想プラントライフシステム及び評価支援・応用システム) を、人工知能で支援されたプラットフォームをベースに統合することで、評価指標に応じた最適化オプションを自動的に提示します。

本章では、原子力機構が実施している最新の研究開発の中から、いくつかの成果について紹介いたします。「中性子で分離塔内部の吸着元素を見てみよう (トピックス7-1)」は、MAの分離に用いる「抽出クロマトグラフィ」の技術開発に関して、中性子イメージング技術においてパル

ス発生源から検出器までの中性子の飛行時間でエネルギーを求め、分離塔透過後に減少した中性子の数とそのエネルギーから元素の空間分布と種類をそれぞれ特定することにより、分離塔内部に形成される吸着帯の可視化を実現したものです。「大型高速炉の出力分布の計算精度を改善 (トピックス7-2)」では、大型炉心に対する制御棒の計算誤差に対して、制御棒と周辺燃料の中性子吸収反応率の比を核反応データに乗ずる「反応率比保存法」の主要要因である「制御棒と周辺燃料の中性子吸収反応の比」に着目してモンテカルロ法を用いて参照解を求め、さらに燃料棒と周辺燃料に体系モデルにおいて複数の燃料領域や境界条件の改良を行うことにより誤差評価の改善が図られました。「高速炉の炉心崩壊事故時の溶融物質の挙動評価を目指して (トピックス7-3)」は、制御棒とステンレス鋼の溶融挙動と生成された制御棒溶解時の移行挙動に関するモデルの改良にあたり、他の研究機関と連携することにより固相から液相にわたる広い温度領域で制御棒溶解材の密度や比熱に関する物性データを計測し、組成割合や温度による影響を明らかにしました。本成果により、溶融炉心物質の発熱量を大幅に低減する効果が期待されます。「耐照射性に優れた炉心材料の最適な合金を目指して (トピックス7-4)」は、燃料被覆管材料の長寿命評価のため、材料劣化を引き起こすスエリング (膨張) 現象を把握することを目的に、改良ステンレス鋼と同材料を対象にして、照射後のボイド欠乏帯の幅を電子顕微鏡観察することで、空格子の拡散係数と濃度の数値化に成功し、空格子の拡散係数とスエリング量の定量的な関係性を導出しました。「3価マイナーアクチノイドを回収するための抽出クロマトグラフィ分離法の改良と実証 (トピックス7-5)」は、世界的に再処理プラント等で利用実績がある溶媒抽出法を中心とした3価のMA (MA(III)) 回収プロセスの開発において、軽希土元素と重希土元素のふるまいの違いを利用した分離法を開発し、硝酸水溶液中に高純度でMA(III)を回収できることを実証しました。