

AI 支援型革新炉ライフサイクル最適化手法 ARKADIA の開発

(2) 設計最適化支援ツール ARKADIA-Design の開発計画

Development of Advanced Reactor Knowledge- and AI-aided Design Integration Approach through the whole plant lifecycle, ARKADIA

(2) Development plan of design optimization support tool, ARKADIA-Design

* 田中 正暁¹, 大木 繁夫¹, 宮崎 真之¹, 高屋 茂¹, 横山 賢治¹, 安藤 勝訓¹

¹JAEA

高速炉を含む革新炉のライフサイクル自動最適化を行い、開発効率の飛躍的向上を実現する手法となる ARKADIA の開発を開始した。本報では、設計最適化プロセスを支援するツール ARKADIA-Design について、これを構成する炉心、原子炉構造及び保全の各分野の開発計画及びこれまでの成果の概要を報告する。

キーワード：設計最適化，数値解析，連成解析システム，炉心設計，炉構造設計，保全最適化

1. 緒言 ARKADIA の一部として、設計基準事象までの範囲を対象とし、概念設計段階までを中心に、炉心及び炉構造分野での設計検討、並びに保守・保全計画立案における最適化を支援するツール「ARKADIA-Design」の開発計画について概説する。図 1 に全体構成を示す。プラント挙動を解析する VLS、プラント特性を評価する EAS、必要な知識ベースを提供する KMS で構成し、各モジュールを「インターフェース (Python スクリプト)」で結合^[1]する。

2. 開発計画 目的に応じて詳細度の異なる解析モデルを組み合わせるマルチレベルシミュレーション (MLS) 技術^[2] (MEXT からの受託事業 (H28~R1 年度) の一部として整備) を基本として、2023 年度末までに、必要な解析・評価モジュール群の整備と、それらの連成手法を確立し、主要課題に対する一連の評価を可能とすることを旨とする。また、高精度化及び最適化プロセスの効率化のため AI 関連技術を適用する。

2-1. 炉心分野 炉心燃料仕様を最適化するプロセスを構築するため、核特性解析、燃料挙動解析、炉心・集合体変形解析の各モジュール整備と、これら連成による反応度フィードバックを考慮した炉心挙動予測を行い、AI 関連技術等の導入による炉心挙動評価の精緻化と炉心設計プロセスの効率化・合理化を図る。

2-2. 炉構造分野 (熱流動、構造) 炉構造の構造解析、伝熱流動解析等を組み合わせ、機器・構造設計の最適化支援を可能とする機能整備を行う。伝熱流動解析では、プラント動特性解析と多次元解析との連成による MLS を基本とし、構造健全性評価では、高速炉の主要な荷重である熱過渡荷重条件設定、規格基準等をベースとした簡易評価及び設計成立性判定を行う詳細評価モジュールを構築する。

2-3. 保全分野 多様な原子力プラントの特徴を最大限考慮した保全計画の策定が可能なスキームの開発を行う。保全の実現性は設計と深く関係し、設計段階で保全計画を考慮することで、ライフサイクルを見通した設計最適化が可能になる。これまでに、システム化規格に基づく液体金属炉の供用期間中検査要求の検討事例^[3]を参考に、スキームの基礎概念をまとめた^[4]。

3. 結言 各分野での設計最適化支援を可能とする機能整備を進めている。今後、高速炉を対象とした例題検討を通して、各分野での個別課題の整備と、分野統合によるプラント全体を包括する評価の実現に向けた整備を進める。

参考文献 [1] 堂田, 他, 第 24 回計算工学講演会, E-10-03 (2019). [2] 堂田, 他, 2020 年原学会秋の大会, 1G09 (2020). [3] Takaya, S. et al., ASME J. PVT, 142, PVT-19-1071 (2020). [4] Yada, H. et al., ICONE2020-16735 (2020).

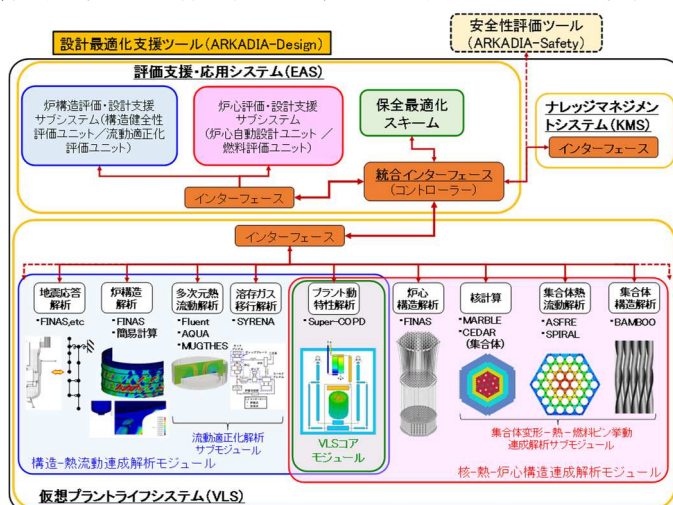


図 1 ARKADIA-Design の全体構成

*Masaaki Tanaka¹, Shigeo Ohki¹, Masashi Miyazaki¹, Shigeru Takaya¹, Kenji Yokoyama¹, and Masanori Ando¹

¹Japan Atomic Energy Agency