

AI 支援型革新炉ライフサイクル最適化手法 ARKADIA の開発 (3) 安全性評価ツール ARKADIA-Safety の開発計画

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

(3) Development plan of safety evaluation tool, ARKADIA-Safety

*内堀 昭寛¹, 高田 孝¹, 深野 義隆¹, 山野 秀将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、シビアアクシデント事象を踏まえた安全性評価ツール ARKADIA-Safety の開発項目・期間、及び、本開発において取り組む設計最適化事例を示す。

キーワード：革新炉，ナトリウム冷却高速炉，設計最適化，安全性評価，シビアアクシデント解析

1. 緒言

原子力イノベーションにおいて民間で実施される多様な炉システムの概念検討及び概念絞り込みの支援を目的とし、シビアアクシデント (SA: Severe Accident) 事象を踏まえた安全性評価及び設計最適化を行うツール ARKADIA-Safety の開発を開始した。本開発では、安全性評価に必要な解析モジュールの構築・整備を行うとともに、具体的な設計最適化事例への適用検討を通じてツールの有効性を確認する。

2. 機能・システム構成及び開発計画

ARKADIA-Safety では、SA 統合評価解析コード SPECTRA (Severe-accident PhEnomenological computational Code for TRansient Assessment) を仮想プラントライフシステムのベースとし、SA 時の安全性評価と一体化した設計評価・最適化を行う。SPECTRA コードは、ナトリウム (Na) 漏えいにより原子炉容器液位が低下するとともに、炉外では Na 燃焼により雰囲気温度・圧力が上昇し、さらにその圧力上昇が Na 漏えい量に影響する等、炉内/炉外事象が相互に作用しながら進行する複雑な熱水力現象を一貫して評価可能である[1]。

2023 年度末までに ARKADIA-Safety を構築することを目標に、SPECTRA コードの炉内動特性モジュールと炉心損傷モジュールの構築、炉外事象である Na 燃焼、Na-コンクリート相互作用、デブリーコンクリート相互作用に関するモジュール整備を進める。これに並行し、完了時期の調整を図りつつ、統計的安全評価を含めた動的 PRA (Probabilistic Risk Assessment) 評価手法の適用を進める。さらに ARKADIA-Safety の有効性を示すための具体的な適用例として、SA 時に機械的エネルギーが発生した場合の FP (Fission Product) 漏えいや Na 燃焼を踏まえた格納容器設計の最適化を検討する。本検討では、格納容器機能損失頻度、格納容器内への核分裂生成物放出量、対策コストを設定値以下とすることを制約条件、格納容器サイズと SA 対策 (候補: 格納容器ベント、窒素注入、区画化、ライナ敷設) を感度パラメータとし、安全性要素関数と経済性要素関数の和で表す目的関数を最小化する。

3. 結言

原子力イノベーションにおける炉システム概念検討の実施期間に合わせ、2023 年度末までに ARKADIA-Safety を構築する。SA 事象を踏まえた格納容器設計の最適化を具体的な適用事例として本ツールの開発を進める。*本研究の一部は文部科学省原子力システム研究開発事業 JPMXD0220354598 の助成を受けたものです。

参考文献

[1] 内堀他, 原学会 2020 年秋の大会, 1G10.

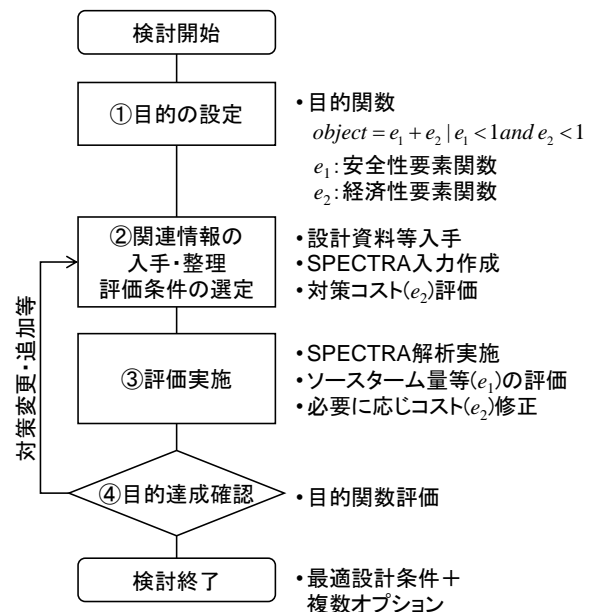


図1 ARKADIA-Safety の具体的適用例

*Akihiro Uchibori¹, Takashi Takata¹, Yoshitaka Fukano¹ and Hidemasa Yamano¹

¹Japan Atomic Energy Agency