

AI 支援型革新炉ライフサイクル最適化手法 ARKADIA の開発

(10) ARKADIA-Safety における安全設計最適化のための手法整備

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

(10) Development of Safety Design Optimization Methods in ARKADIA-Safety

*岡野 靖¹, 内堀 昭寛¹, 青柳 光裕¹, 曾根原 正晃¹, 石田 真也¹, 曾我部 丞司¹, 高田 孝²
¹原子力機構, ²東大

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可能とする手法となる ARKADIA の開発を進めている。本報では、安全性評価ツール ARKADIA-Safety の整備として、内部ハザード（ナトリウム燃焼）に対する安全設計を例題として、格納容器の容積および安全対策を安全性・経済性の観点から最適化するための評価プロセスの構築について報告する。

キーワード：革新炉，ナトリウム冷却高速炉，安全性評価，内部ハザード，設計最適化

1. 緒言

原子力イノベーションにおいて民間等で実施される多様な炉システムの概念検討に対する支援を目的とし、シビアアクシデントや内部/外部ハザードの事象進展シナリオを踏まえた安全性評価を可能とするツール ARKADIA-Safety^[1]を開発している。ARKADIA-Safety のベースである統合評価解析コード SPECTRA^[2]を用いた安全設計最適化の例題として、内部ハザードであるナトリウム漏えい燃焼に対する格納容器および安全対策を対象とした最適化プロセスについて検討を行った。

2. 安全設計最適化手法の概要

ARKADIA-Safety では、深層防護レベル 1-4 でバランスの取れた総合対策を提示可能とするため、リスク情報に基づく多様なシナリオ評価機能を備えることを目指している。例えばナトリウム冷却高速炉（SFR）を対象とした場合、DBA・DEC・内部/外部ハザードに対してロバストで合理的な安全設計・対策を提案することとなる。リスク評価に基づくプラントライフサイクル最適化機能と目的関数上の最適点探索機能が必要となることを踏まえ、安全設計は、1）目的設定、2）関連情報入手、3）評価条件設定、4）解析評価、5）最適解検索へと進み、目的達成の有無に応じた 6）条件変更の後に 3）へ戻ることの繰り返して、目的条件を満たす新設計領域に至るプロセスをとることとなる。

3. ナトリウム燃焼に対する最適化プロセス例

格納容器を対象とした安全設計プロセス例を図 1 に示す。格納容器は安全性・経済性への影響が大きい一方、低压システムの SFR では格納容器に対する支配的なチャレンジ要因が存在しない。このため格納容器最適化を目的とした場合、対象となる事象・系統機器が多く、旧来設計・コストデータ等の関連情報とともに、代替リスク目標（例：最高内圧など）を設定した後、炉内・炉外一貫解析^[3]による現実的な裕度評価、設計概念に応じた起因想定、代替を含むナトリウム燃焼対策やその組合せにより、設計を確定させる。

4. 結言

ナトリウム燃焼に関連した格納容器設計及び安全対策を例題に安全設計の最適化プロセスを構築した。今後 DBA/DEC を含めたプロセス構築を図る。

参考文献 [1]岡野他, No.134, IAEA TIC (2022), [2]内堀他, No.21, FR22 (2022), [3]内堀他, No.100, IAEA EVT2004020 (2022).

*Yasushi Okano¹, Akihiro Uchibori¹, Mitsuhiro Aoyagi¹, Masateru Sonohara¹, Shinya Ishida¹, Joji Sogabe¹, Takashi Takata²:

¹Japan Atomic Energy Agency, ²The University of Tokyo.

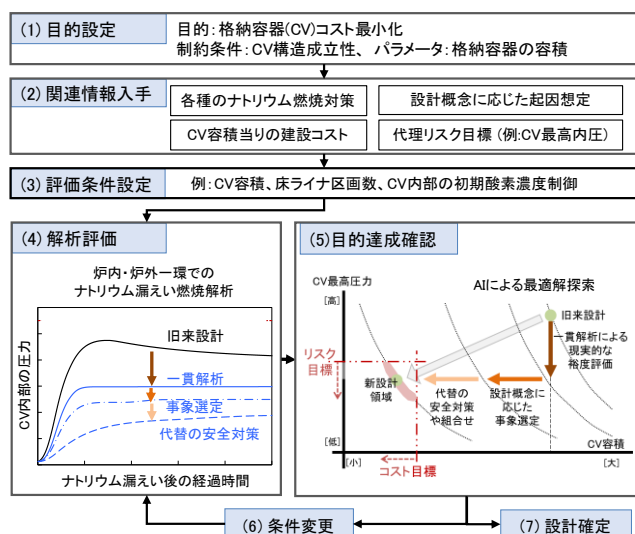


図 1 ナトリウム燃焼に対する格納容器の最適化プロセス