

「第4世代ナトリウム冷却高速炉の安全設計ガイドライン」研究専門委員会報告
Research Committee Report on Safety Design Guidelines for Generation-IV Sodium-cooled Fast
Reactor

(3) 系統別 SDG の構築

(3) Development of SDG on Structures, Systems and Components

*久保 重信¹

¹ 日本原子力研究開発機構

1. はじめに

系統別 SDG では、安全アプローチ SDG^[1]において求められる対策を系統別に展開した要件、及び、SDC において要求されているが安全アプローチ SDG の範疇外であるものについて記載している。前者としては、「反応度特性」に関わる対策として ATWS 対策設備や「崩壊熱除去」に関わる対策として、液位確保、崩壊熱除去系の多様化などがある。後者としては、高温・高照射環境下の燃料・材料、ハザード対策（ナトリウム火災、ナトリウム-水反応）、格納系への荷重要素などがある。系統別 SDG では、SFR 設計において最も高い安全性を確保するために、設計プロセスで SDC を活用する SFR 開発者を支援するためのガイドを提供することが最も重要な観点である。そのため系統別 SDG は、SFR SDC 及び安全アプローチ SDG に準拠する設計とするための推奨事項及び手引きを提示しており、第4世代 SFR システムに一般的に適用できるものであり、記載された事項は、個々の設計の特徴に応じて、具体的に適切に考慮されることが期待されている。SDG では、「～すべき (should)」という表記により推奨事項が提示されている。また系統別 SDG に記載された対策を導入するか、あるいは同等の代替策を講じることが推奨されている。

2. 系統別 SDG 案

系統別 SDG では、基本的安全機能である「止める・冷やす・閉じ込める」ための系統機器を構成する炉心系・冷却材系・格納系の3分野に対して、第4世代 SFR において特徴的な要件をまとめる。それぞれの系統において、軽水炉と比較した SFR の特徴的事項を抽出し、系統別 SDG において要件化を進める14項目を選定した。安全アプローチ SDG では、原子炉停止機構（能動的機構、受動的機構を含む）、シビアアクシデントにおける過大なエネルギーの発生防止、原子炉容器内液位確保と炉心冷却性、崩壊熱除去での自然循環活用と信頼性確保が求められており、これらが選定される。内部ハザード対策としては、SFR 特有のナトリウム漏えい燃焼対策とナトリウム-水反応対策が選定される。地震等の外部ハザード対策は各項目で個別に反映される。GIF の SFR 関連プロジェクトにおいて開発がすすむ事項（例：MA 含有燃料、パワーコンバージョンシステムなど）に関連して、高温環境下での燃料設計及び冷却材系機器設計が選定される。GIF では、「系統別 SDG」14項目について、各国の設計対策を提示し、共通項を本文で示すとともに、各国で異なる設計概念を取りうる事項については Appendix に本文の一部としてまとめている。概念図を含めた個別事例は Annex に参考資料としてまとめている。

系統別 SDG の内容は、次のとおりである。第1章「はじめに」は、「背景及び目的」を、系統別 SDG の「範囲と構成」と共に示す。第2章「炉心系ガイドライン」は、炉心燃料の健全性確保として「燃料要素及び燃料集合体」と反応度制御として「能動的原子炉停止系」と「設計拡張状態での原子炉停止」に関する系統要件を示す。第3章「冷却材系ガイドライン」は、まず原子炉冷却材系として、「機器設計」、「原子炉カバーガスとそのバウンダリ」、「原子炉冷却材の液位確保」、「ナトリウムの化学反応の防止と緩和」、「ナトリウム漏えい・燃焼に関する対策」、及び「ナトリウム-水反応対策」に関する系統要件を示す。さらに崩壊熱除去系として、「基本機能」、「設計基準事故時の崩壊熱除去」及び「DEC 時の崩壊熱除去」に関する系統要件を提示し、「自然循環の適用」と「試験・検査の考慮」の観点から崩壊熱除去系全体に関連する要件が示される。第4章「格納系ガイドライン」は、「格納系及びそれらの安全機能」、「格納系の全般的設計

基準」及び「事故状態に対する格納系の設計」に関する系統要件を示す。また格納系全体に関連する「試験及び検査」要件も提示する。SFR に特徴的な系統である 2 次冷却材系が有する事故状態時の格納機能に関連する要件も含まれる。

3. 終わりに

委員会において議論された系統別 SDG の要件は、GIF という国際的な場において日本案として提示されており、これにより国際的な議論を先導することが可能となっている。系統別 SDG は各国概念を考慮した素案の準備が整った段階にあり、今後 1 年程度をかけて GIF での承認、その後は国際レビューへと進んでゆく状況にある。

本報告は、経済産業省からの受託事業である「平成 27 年度高速炉等技術開発」「平成 28 年度高速炉国際協力等技術開発」「平成 29 年度高速炉の国際協力等に関する技術開発」の成果を含む。

参考文献

[1] GIF SDC-TF/2016/01 (2016).

*Shigenobu Kubo¹

¹ Japan Atomic Energy Agency