

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に関わる検討
(6) 系統別安全設計ガイドラインの要点

Studies on the Safety Design Guidelines of Generation-IV Sodium-cooled Fast Reactors

(6) Focal Points of Safety Design Guideline for Structures, Systems and Components

*岡野 靖¹, 久保 重信¹, 中井 良大¹

¹ 日本原子力研究開発機構

第 4 世代原子炉システムに係る国際フォーラム (GIF) の下、ナトリウム冷却高速炉 (SFR) の安全設計クライテリア (SDC) の策定を受け、SDC の設計要件実現のための推奨事項をまとめる安全設計ガイドライン (SDG) の構築が進められている。これまでの次世代 SFR 開発で蓄積された技術を、SDC 構築と同様、積極的に SDG へ反映することを狙いに重要な項目の選定・検討を進めており、本シリーズ発表にてその概要説明を行う。

キーワード：第 4 世代原子炉システム, ナトリウム冷却高速炉, 安全設計ガイドライン, 系統機器

- 1. 緒言** SDC¹を実際の安全設計で実現するための設計推奨事項を示すための「安全アプローチ SDG」の内容骨子が合意され、さらに系統別に展開した「系統別 SDG」の構築が進められている。JAEA は、GIF や IAEA に、次世代 SFR を対象としたこれまでの技術開発を踏まえた提案²を行い、国際的な議論を主導している³。
- 2. 系統別 SDG の概要** 系統別 SDG は「炉心系」「冷却材系」「格納系」からなり、その内容は安全アプローチ SDG で策定された「反応度特性」に関わる対策（例：ATWS 対策設備）と「崩壊熱除去」に関わる対策（例：液位確保、崩壊熱除去系の多様化）と、SDC で要求されている事項だが安全アプローチ SDG の範疇外である事項（例：高温・高照射環境下の燃料・材料、ハザード対策 (Na 火災、Na-水反応)、格納系への荷重要素）となる。安全アプローチ SDG と SDC のうち、次世代 SFR での革新技术を参考に、国内外で設計が異なる事項や軽水炉との差が顕著な事項に集中して構築を行う。詳細度は IAEA NS-G シリーズを参考とする。
- 3. 重要項目選定の基本的考え方** 系統別安全設計ガイドラインの重要 14 項目と次世代 SFR での革新技术⁴との対応を図にまとめる。安全アプローチ SDG から、受動的炉停止機構、過大なエネルギー発生防止、液位確保、崩壊熱除去での自然循環活用と多様性が選定される。内部ハザードでは Na 漏えい燃焼対策と Na-水反応対策を選定する。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。高い信頼性が求められ、独立 2 系統からなる能動的原子炉停止機構も選定する。経済性等への影響が大きい事項 (例：燃料燃焼度、炉心出口温度) として、高温環境下での燃料設計、炉心冷却性及び冷却材系機器設計を選定する。
- 4. 結論** 系統別 SDG の位置付けと重要項目選定の考え方を示した。

本報告は、経済産業省からの受託事業である「高速炉等技術開発」の成果を含む。

参考文献

国会 2014 秋の大会, I15~I17 等, [3] IAEA-GIF SFR Safety Workshops (2013~15), [4] JAEA- Evaluation 2011-003.

*Yasushi Okano¹, Shigenobu Kubo¹, Ryodai Nakai¹

¹Japan Atomic Energy Agency.

系統別安全設計ガイドラインの重要14項目 (その内、安全アプローチSDGと特に関連深い5項目)			次世代SFRにおける革新技术
炉心系 ガイド	炉心燃料の健全性確保	① 高温・高内圧・高照射環境に耐える燃料設計	(1) 高燃焼度燃料
		② 炉心冷却性を確保するための炉心設計	(2) 安全性向上技術
	反応度制御	③ 能動的炉停止	(3) コンパクト化原子炉構造
		④ 受動的炉停止または固有反応度フィードバックを活用した炉停止	(4) 大口径配管を用いた2ループシステム
		⑤ 炉心損傷時の過大なエネルギーの発生防止と原子炉容器内保持冷却	(5) ポンプ組込型中間熱交換器
冷却材系 ガイド	機器の構造健全性確保	⑥ 高温・低圧条件に耐える機器設計	(6) 直管2重伝熱管蒸気発生器
	1次冷却材系に関する事項	⑦ カバーガスとそのバウンダリ	(7) 自然循環除熱式崩壊熱除去システム
	ナトリウムの化学反応対策	⑧ 液位確保対策	(8) 簡素化燃料取扱システム
	崩壊熱除去に関する事項	⑨ ナトリウム漏えい燃焼対策	(9) SC造格納容器
	格納バウンダリに関する事項	⑩ ナトリウム-水反応対策	(10) 高速炉用免震システム
		⑪ 自然循環の活用	
		⑫ 信頼性確保(多様性・多重性)	
格納系 ガイド	格納バウンダリに関する事項	⑬ 中間冷却材系の格納機能	
	格納系の設計	⑭ 格納バウンダリの形成と荷重	

図 系統別安全設計ガイドラインの重要 14 項目と次世代 SFR での革新技术