

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 (8) 冷却材系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

(8) Focal Points of Safety Design Guideline for Reactor Coolant System

*佐藤 大輔¹, 中田 崇平¹, 久保 重信²

¹三菱 FBR システムズ, ²日本原子力研究開発機構

安全設計ガイドライン(SDG)へ反映すべき重要な項目の内、冷却材系に関連する「⑥高温・低圧条件に耐える機器設計」、「⑦カバーガスとそのバウンダリ」、「⑧液位確保対策」、「⑨ナトリウム漏えい燃焼抑制対策」、「⑩ナトリウム-水反应对策」、「⑪自然循環の活用」、「⑫信頼性確保(多様性・多重性)」、「⑬中間冷却材系の格納機能」の概要を、対応する次世代 SFR の設計概念を踏まえて説明する。

キーワード: 1次冷却材系、2次冷却材系、崩壊熱除去系、カバーガス系、隔離機能

1. 緒言 第4世代 SFR を対象とした系統別の安全設計ガイドライン(SDG)構築に係り、軽水炉との違いや我が国の次世代 SFR の設計概念の特徴を踏まえ抽出した14項目の要点について、SDGとして記載すべき内容の検討を行っている。ここでは、冷却材系に関係する8項目(「(6)系統別安全設計ガイドラインの要点」の項目⑥, ⑦, ⑧, ⑨, ⑩, ⑪, ⑫, ⑬を参照)について、SDGの構築に資するための検討を行った。

2. 軽水炉と SFR の相違点 冷却材系の8項目の要点を対象に、軽水炉(PWR)とSFRの設計上の相違点を整理した。例えば、項目⑦及び⑬に関しては、SFRはナトリウムの自由液面における化学反応を防止するためのカバーガス系やナトリウム-水反応による炉心への影響を回避するための中間冷却材系を有しており、これらが放射性物質をシステム内に維持する格納機能を有していることなどを挙げた。また、項目⑨及び⑩に関しては、SFRは冷却材がナトリウムであることからナトリウムの化学反応に対する対策が必要であることなどを挙げた。

3. 次世代 SFR の設計概念を踏まえた SDG 安全階層上の上位要件(安全設計クライテリア(SDC)^[1]など)の要求事項を基に、軽水炉との相違点も踏まえ、冷却材系SDGの記載を体系的に検討した。項目⑦を例にSDGの記載案を表に示す。項目⑦の推奨要件として、カバーガスの圧力を監視、制御するとともに圧力逃がし機構を設置することで過圧防止を図ること、FPガスの拡散防止が可能なように適切な隔離機能を備えることなどを挙げた。また、項目⑬については、隔離弁の適用除外の要件を検討するに当たり、格納容器内で閉じた系を形成しており、熱交換器伝熱管などのバウンダリ損傷時にも液封効果^(注)等の設計対策によって、放射性物質の漏えいの許容限度に十分抑制される特長を反映した。(注)2次冷却材系圧力を1次冷却材系圧力よりも高めに維持し、1次/2次バウンダリ境界の損傷時にも放射性物質の放出を抑制させる効果

4. 結論 系統別SDGの内、冷却材系SDGの内容を検討し整理した。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」の一環として実施した成果を含む。

参考文献

[1] 本会 2011 年秋 N55 N56 N57, 2012 年秋 M41 M42 M43

*Daisuke Sato¹, Shuhei Nakata¹, Shigenobu Kubo²

¹MITSUBISHI FBR SYSTEMS., ²Japan Atomic Energy Agency.

表 項目⑦「カバーガスとそのバウンダリ」の記載

安全階層上の上位要件

- ✓ 原子炉冷却材バウンダリは放射性物質の放出に対して障壁となるように、また、原子炉カバーガスバウンダリによって閉じられるように設計すること(SDC)
- ✓ 過度な圧力負荷から原子炉冷却材バウンダリを防護するために、圧力逃がし装置が確実に作動するように対策が講じること(SDC)

系統別SDG(項目⑦)

- **基本的機能**
 - ナトリウム自由液面上の不活性雰囲気維持
 - 隔離弁による原子炉カバーガスバウンダリの形成
 - 原子炉冷却材バウンダリとともにFP放出に対する閉じた系を形成
- **過圧防止**
 - カバーガス圧力の制御、監視
 - 圧力逃がし機構(安全弁、逃がし弁)の設置
- **隔離機能**
 - 多重化された隔離弁の設置
 - 隔離弁閉止の応答時間及び速度の設定
- **ガス巻き込み防止**
 - 液面流速の抑制、局所渦の発生防止
 - 地震によるスロッシングを考慮
- **試験・検査性**
 - 連続漏えい監視によるカバーガスバウンダリの健全性確認