

ナトリウム冷却高速炉における燃料集合体仮想的入口瞬時完全閉塞事象の評価

Evaluation on hypothetical total instantaneous flow blockage at the inlet of fuel subassembly in a sodium-cooled fast reactor

*深野 義隆¹

¹原子力機構

本研究では、ナトリウム冷却高速炉（SFR）において、シビアアクシデント（SA）に至る可能性のある事象としてその開発当初から歴史的に研究されて来た炉心局所事故のうち、最も厳しい結果となる燃料集合体仮想的入口瞬時完全閉塞（TIB）事象について、原型炉を対象とした評価を行った。なお、原型炉では設計対応によって TIB は実質的に排除されているが、本評価によって原型炉プラントの安全裕度を確認することとした。その結果、万一 TIB 事象が発生したとしても、炉心の損傷は限定的であり、安全に炉停止されること、また、その結果の影響は SFR の代表的な SA である炉心流量喪失時原子炉停止機能喪失事象に十分包絡されることを明らかにした。

キーワード：ナトリウム冷却高速炉，シビアアクシデント，SAS4A コード，集合体入口瞬時完全閉塞事象

1. 緒言

ナトリウム冷却高速炉（SFR）は、軽水炉と比較して燃料ピンが稠密に配置され、炉心の出力密度が高いことから、炉心の局所異常からシビアアクシデントに至る可能性について国内外で研究が行われてきた。本研究ではこの炉心局所事故のうち、最も厳しい結果となる燃料集合体仮想的入口瞬時完全閉塞（TIB）事象について、原型炉を対象とし、非常に保守的な想定に基づいた評価を行った。

2. 評価手法

本研究では既往研究[1]と同様、炉心損傷起因過程解析コード SAS4A を用い、TIB 燃料集合体のラップ管溶融開始と同時に隣接 7 集合体の冷却材が瞬時にボイド化するという非常に保守的な想定に基づき評価した。また、本研究では、既往研究では考慮していなかった出力制御系の影響を考慮するため、Super-COPD コード[2]にモデル化されている原型炉の出力制御系モデルを SAS4A コードに移植した。なお、TIB が発生した場合、損傷拡大過程で複数の原子炉トリップ信号が期待されるが、本研究では、保守的に出力領域中性子束高及び遅発中性子法破損燃料検出のみを考慮した。

3. 評価結果及び考察

本研究では、初期 TIB 発生燃料集合体の影響を把握するため、初装荷炉心から高燃平衡炉心末期までの内側・外側炉心及び径方向ブランケット集合体について、各々出力及び冷却材ボイド反応度が最大・最小の燃料集合体で TIB が発生する解析ケースを設定した。図 1 に各解析ケースにおける原子炉停止までの損傷の広がりを示す。炉心流量喪失時原子炉停止機能喪失（ULOF）事象では、ほぼ全炉心的に損傷するのに対して、TIB 事象が発生しても、最大でも 36 集合体程度の損傷で安全に炉停止されることがわかった。なお、本研究では、出力制御系の影響を考慮したが、損傷の拡大速度等に若干の影響が見られるものの、炉停止までに損傷する集合体数は同等となることを確認した。

4. 結言

SFR の原型炉を対象とした TIB 事象の評価を行った結果、原子炉停止に至るまでの炉心の損傷は限定的であり、また、その結果の影響は ULOF 事象に十分包絡されることを明らかにした。

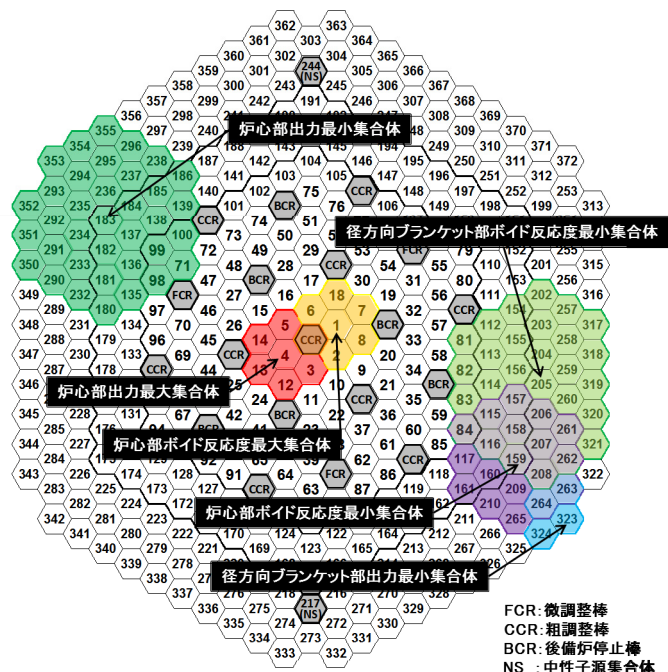


図1 保守的想定に基づく炉停止までの損傷範囲

参考文献

[1] Y. Fukano, Annals of Nuclear Energy, Vol. 77, pp. 376-392 (2015) [2] F. Yamada, Y. Fukano, H. Nishi and M. Konomura, Nucl. Technol., vol.188, pp292-321 (2014)

*Yoshitaka Fukano¹

¹Japan Atomic Energy Agency