

高速炉の重大事故防止対策有効性評価に関する検討

(6) 原子炉停止機能喪失事象を想定した炉心の著しい損傷防止対策の有効性評価

Study on Effectiveness Evaluations of Countermeasures against Severe Accidents in Fast Reactor

(6) Effectiveness Evaluations of Countermeasures against Anticipated Transient without Scram

*今泉 悠也¹, 山田 文昭¹, 西村 正弘¹, 森 健郎¹, 深野 義隆¹

¹原子力機構

高速炉の設計基準事故を超えて重大事故に至るおそれのある原子炉停止機能喪失事象について、事象の特徴を踏まえて重要事故シーケンスの選定を行い、炉心損傷防止対策の有効性を評価した。

キーワード：ナトリウム冷却高速炉、重大事故、原子炉停止機能喪失、炉心損傷防止

1. 緒言

原子炉の緊急停止が要求される異常な過渡の発生時において原子炉停止機能を喪失する事象（ATWS）のうち設計基準事故の緩和機能の喪失を想定した対策の有効性評価が重要である。本研究では、高速炉を対象に原子炉トリップ信号の一つの発信または主炉停止系の作動に失敗する種々の ATWS 事故シーケンスの中から重要なものを選定し、対策を考慮した過渡挙動解析を行い、炉心損傷防止対策の有効性を評価する。

2. 重要事故シーケンスの選定

ATWS 事象として、原子炉の定格運転中に炉心流量が喪失する LOF、制御棒が誤引抜される TOP、除熱源が喪失する LOHS 型事象を想定し、各々について、事故シーケンスの発生頻度と対策を考慮した影響の大きさの観点から、次の重要事故シーケンスを選定した。

LOF については、外部電源喪失を含む過渡事象を起因事象とし、主炉停止系トリップ遮断機開に成功するものの、主炉停止系制御棒の挿入に失敗するシーケンスを選定した。TOP については、高出力での微調整棒あるいは粗調整棒の通常速度での誤引抜を起因事象とし、原子炉トリップ第 1 信号による主炉停止系のトリップ遮断機開に失敗するシーケンスを選定した。LOHS については、2 次主冷却系 1 ループの主循環ポンプの停止を起因事象とし、原子炉トリップ第 1 信号による主炉停止系のトリップ遮断機開に失敗するシーケンスを選定した。

3. 炉心損傷防止対策の有効性評価

LOF、TOP、LOHS のシーケンスについての対策として、原子炉トリップ第 2 信号の発信及び後備炉停止系の作動による原子炉停止を考慮し、解析を行った。本事象は設計基準事故を超えた事象であり、最適評価を基本とした。2.で選定した重要事故シーケンスについて、表 1 に示す起因事象、緩和機能喪失、炉心損傷防止策を解析上想定した。反応度係数は、炉心によって異なる値の内、過渡変化時の原子炉出力が最大となる値とした。TOP における制御棒の誤引抜の反応度添加率は、保守的に微調整棒と粗調整棒の値を包絡する値とした。炉心部の最高温度評価は、ホットチャンネルにて行った。

LOF については、起因事象発生から約 0.7 秒後に 1 次主循環ポンプ回転数低による原子炉トリップ信号が発信され、冷却材の最高温度は起因事象発生から約 1.8 秒後の 640℃であり、ナトリウムの沸点を下回り、冷却材の沸騰に至らなかった。TOP については、起因事象発生から約 3.2 秒後に広域中性子束高による原子炉トリップ信号が発信され、燃料の最高温度は起因事象発生から約 3.7 秒後の 2088℃であり、燃料の融点に到達せず、燃料の熔融に至らなかった。LOHS については、起因事象発生から約 3.1 秒後に原子炉トリップ信号が発信され、冷却材の最高温度は起因事象発生から約 4.4 秒後の 623℃であり、冷却材の沸騰に至らなかった。よって、いずれのケースも炉心損傷の判断基準^{[1][2]}を下回った。

4. 結言

高速炉を対象に原子炉トリップ信号の一つの発信及び主炉停止系の作動に失敗する ATWS を想定し、後備炉停止系等の対策を考慮した過渡挙動解析を行った結果、炉心損傷を防止できることを明らかにした。

参考文献： [1] 西村他，日本原子力学会 2017 年春の年会，2M19 [2] 深野他，日本原子力学会 2017 年春の年会，2M20

*Yuya Imaizumi¹, Fumiaki Yamada¹, Masahiro Nishimura¹, Takero Mori¹, Yoshitaka Fukano¹

¹Japan Atomic Energy Agency

表 1 主要な解析条件

	LOF	TOP	LOHS
起因事象	常用母線電圧喪失	定格運転中の制御棒の誤引抜	1ループの2次主循環ポンプの停止
緩和機能喪失において発信に失敗する原子炉トリップ信号	常用母線電圧低	出力領域中性子束高	2次主循環ポンプ回転数低
炉心損傷防止対策において発信に成功する原子炉トリップ信号	1次主循環ポンプ回転数低	広域中性子束高	2次主冷却系流量低