

高速炉の重大事故防止対策有効性評価に関する検討 (7) 運転停止中の重要事故シーケンスの選定

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

(7) Selecting the Important Accident Sequences during Reactor Shutdown

*西野 裕之¹, 栗坂 健一¹, 吉村 一夫¹, 西村 正弘¹, 深野 義隆¹

¹原子力機構

高速炉の特徴、運転後の燃料交換時期を考慮して展開したイベントツリーから燃料損傷に至る事故シーケンスを抽出するとともに燃料損傷防止対策を抽出し、防止対策の余裕時間、及び必要な設備容量等を検討し、事故シーケンスを代表する重要事故シーケンスを選定した。

キーワード：ナトリウム冷却高速炉、重大事故、事故シーケンス、燃料損傷

1. 緒言 本研究では、運転停止中のナトリウム (Na) 冷却高速炉について、重大事故防止対策有効性評価で想定すべき事象を選定するため、運転停止中に取り得る状態 (例えば、原子炉停止、燃料交換、主冷却系のメンテナンス) を考慮した事故シーケンスを抽出し、その発生頻度と対策を考慮した影響の大きさ (余裕時間、設備容量) の評価に基づき重要事故シーケンスを選定した。

2. 着目する運転停止中の事故シーケンスグループ 既往研究^[1]に基づき、反応度誤投入、原子炉容器液位確保機能喪失 (SDLORL)、崩壊熱除去機能喪失 (SDLOHS)、全交流電源喪失の 4 つを運転停止中の事故シーケンスグループに設定した。3 ループ存在する主冷却系のメンテナンス時 (A、B または C ループメンテナンス時) では、運転停止中の他の状態及び出力運転時と比べて原子炉容器液位が低く、かつ崩壊熱除去のループ数が少ない。このため、主冷却系のメンテナンス時では、SDLORL、SDLOHS に至るリスクが有意になる可能性がある。この点を踏まえ、本研究では主冷却系メンテナンス時でかつ 4 つの事故シーケンスグループの中の SDLORL、SDLOHS に着目して事故シーケンスを抽出した。

3. 重要事故シーケンスと対策 (SDLORL) 図 1 に示すガードベッセル上端より低所 (以下、低所) での単一の 1 次冷却材 Na 漏えいが設計基準事故を超えた状態になると仮定し、SDLORL に至る事故シーケンスを抽出した。燃料損傷防止対策には図 1 に示す 3 つの対策を抽出した。A、C ループメンテナンス時にはメンテナンス冷却系 (以下、メ冷) 及び出入口弁閉止が効果的な燃料損傷防止対策になる。一方、B ループメンテナンス時には、メンテナンス中の区画を一部共有するメ冷が停止することから、SDLORL を防止するための汲み上げが効果的な燃料損傷防止対策になる。汲み上げに必要な設備容量が大きい点が主たる要因で B ループメンテナンス時の A、C ループまたは RV での低所の Na 漏えいを重要事故シーケンスに選定した。

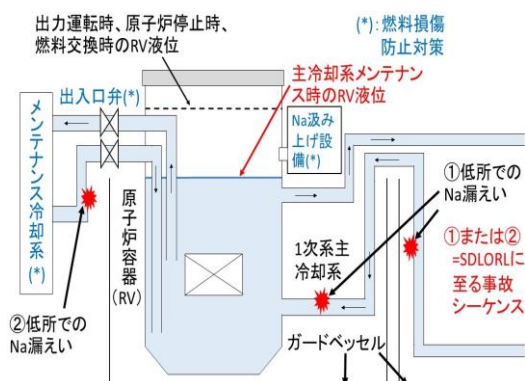


図 1 事故シーケンスと対策

4. 重要事故シーケンスと対策 (SDLOHS) 強制循環を阻害する起因事象 (以下の①～③) と緩和機能喪失 (起因事象とは異なる系統における以下の(1)～(5)の組合せ) の重畳を事故シーケンスとして抽出した。

●起因事象：①主冷却系の強制循環を阻害する過渡事象、②メ冷の強制循環失敗、③1 ループ Na 漏えい。

●緩和機能喪失：(1)強制循環機器 (ポンプ、送風機) 故障、(2)ポンプを冷却する機器の故障、(3)空気冷却器の機能喪失、(4)1 ループ Na 漏えい、及び／又は(5)メ冷の機能喪失。

SDLOHS 時の燃料損傷防止対策には(i)主冷却系の自然循環除熱を抽出した。また、B ループメンテナンス中の主冷却系 2 ループ漏えい時の対策に、(ii)ドレン待機中のメ冷の緊急 Na 充填・起動を抽出した。対策の異なる事故シーケンス間で余裕時間を比較すると有意な差はない。設備容量について必要な除熱量に有意な差は無いが、対策(ii)は除熱設備に加えて緊急 Na 充填設備が必要な点で対策(i)より大きいと判断した。発生頻度については、故障の多重度が低く静的故障より動的故障が多いほど高いと判断した。以上から、表 1 に示す重要事故シーケンスを選定した。

5. 結言 本研究により、運転停止中の高速炉の重大事故防止対策有効性評価で想定すべき重要事故シーケンスを選定できることを示した。

参考文献： [1] JAEA-Evaluation 2014-005.

表 1 SDLOHS の重要事故シーケンス

状態	重要事故シーケンス		対策
	起因事象	緩和機能喪失	
A ループメンテナンス	①	(1)&(5), or (2)&(5), or (3)&(5)	(i)
	②	2 ループ((1), or (2), or (3))	
C ループメンテナンス, A ループドレン	①	(5)	
	②	(1), or (2), or (3)	
B ループメンテナンス	①	(1), or (2), or (3)	(ii)
	③	(1), or (2), or (3)	
	③	(4)	

*Hiroyuki Nishino¹, Kenichi Kurisaka¹, Kazuo Yoshimura¹, Masahiro Nishimura¹, Yoshitaka Fukano¹

¹Japan Atomic Energy Agency