

高速炉の除熱機能喪失防止に関する検討

(2) 自然循環冷却の有効性

Study on Prevention of Loss of Heat Removal Function for Fast Reactor

(2) Effectiveness of Natural Circulation Cooling

*山田文昭¹, 森 健郎¹

¹原子力機構

ナトリウム冷却高速炉の設計基準事故を超える除熱機能喪失の一つである主冷却系の強制循環機能喪失時に想定される多様な冷却材循環流路形態について、プラント動特性解析から自然循環による炉心冷却が有効である見通しを得た。

キーワード：高速炉，除熱機能喪失，崩壊熱除去，自然循環，プラント動特性解析

1. 緒言 高速炉の設計基準事故を超える除熱機能喪失の事故シーケンスとして，原子炉停止後の崩壊熱除去において主冷却系強制循環機能喪失に至る，「崩壊熱除去機能喪失(PLOHS)」及び「全交流動力電源喪失(SBO)」が挙げられる[1]。設計基準事故時，原子炉停止後，蒸気発生器側から空気冷却器(AC)に主冷却系ナトリウム(Na)の流路を切替え，ポンプポニーモータ運転により Na を強制循環させることで，崩壊熱は炉心から最終除熱源である AC に熱輸送され，AC から大気へ放散される。AC は送風機を起動しベーン・ダンパの開度を制御しながら，強制通風で除熱する。仮に PLOHS や SBO に至った場合でも，AC の Na 流路及び空気流路を確保する(自然循環移行)ことにより自然循環による崩壊熱除去が行えるが，事故シーケンスに応じて Na 流路の形態が異なり炉心冷却性に影響する可能性がある。そこで本研究では，PLOHS 及び SBO の事故シーケンスについて，Na 流路の形態を整理し，各々の条件でプラント動特性解析により Na 自然循環による炉心冷却の有効性を検討した。

2. 自然循環冷却 PLOHS 及び SBO の主な事故シーケンスは，図 1 に描いた主循環ポンプポニーモータ及び AC 送風機の機能喪失，AC 出口止め弁「開失敗」による Na 流路の確保失敗，及び Na 漏えいによる Na 流路の喪失の組合せであり，Na 流路の形態は事故シーケンスに応じて異なる。これに対し自然循環冷却に向けた対策として，SBO 信号或いは中央制御室から遠隔操作，これに失敗した場合には現場手動操作により，AC 出口止め弁或いはバイパス弁を開くことで Na 流路を確保し，AC 出口 Na 温度制御系を起動させ，AC ベーン・ダンパにより空気流路の開度を制御することが必要である。以上より，自然循環冷却の主なプラント状態は，冷却ループ数，自然循環移行方法，Na 流路，及び空気流路に整理できる(表 1)。

3. 有効性 原子炉及び主冷却系は強制循環が停止しても Na 及び構造物の熱容量が大きく炉心及び原子炉冷却材バウンダリの Na 温度の上昇は緩慢であり，仮に運転員の現場での手動操作により自然循環へ移行した場合でも過度に温度上昇することはない。また AC 出口止め弁「開」に失敗してもバイパス弁「全開」による Na 流路確保による自然循環が成立し，炉心の著しい損傷に至らない。

4. 結言 自然循環冷却は PLOHS 及び SBO の冷却材循環流路形態において有効である見通しを得た。

参考文献[1]山田，新規制に対応した高速炉のSA対策-(3)炉心・使用済燃料体損傷防止対策の有効性評価-，2014春原学会，N60.

*Fumiaki YAMADA¹ and Takero MORI¹ ¹JAEA.

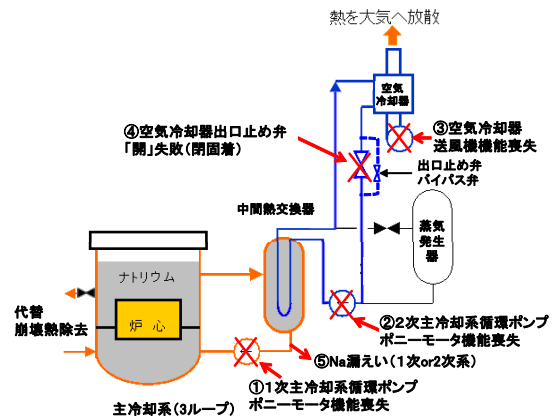


図 1. 崩壊熱除去系と主な機能喪失

表 1. 強制循環除熱機能喪失時の AC 冷却材循環流路形態

主冷却系強制循環除熱機能喪失 の主な事故シーケンス	空気冷却器の冷却材循環流路形態		
	冷却 ループ数	自然循環 移行方法	Na流路 空気流路
PLOHS	①～③失敗のいずれか(3ループ)	3	出口止め弁「開」
	④空気冷却器出口止め弁「開」失敗(3ループ)	3	バイパス弁「中開」
	⑤運転中Na漏えい(1ループ)&①～③失敗のいずれか(2ループ)	2	出口止め弁「開」
	⑤運転中Na漏えい(1ループ)&⑤停止後Na漏えい(1ループ)&①～③失敗のいずれか(1ループ)	1	出口止め弁「開」
	⑤運転中Na漏えい(1ループ)&⑤停止後Na漏えい(1ループ)&①～③失敗のいずれか(1ループ)	1	出口止め弁「開」
SBO (①～③同時停止(3ループ))	3	自動(or中央制御室or現場)	出口止め弁「開」