高速炉の除熱機能喪失防止に関する検討
(1) 除熱機能喪失の確実な防止に向けたアプローチ

Study on Prevention of Loss of Heat Removal Function for Fast Reactor
(1) Approach toward Robust Preventive Function against Loss of Heat Removal

*栗坂 健一[1]，西野 裕之[1]，素都 益武[1]
[1]原子力機構

ナトリウム冷却高速炉において除熱機能喪失に至る恐れのある設計基準事故対策の失敗を対象に独立で多段の安全確保策を提案し，同安全確保策を考慮した場合の決定論的な有効性評価及び除熱機能喪失の頻度低減効果の確率論的検討により除熱機能喪失を確実に防止する見通しを得た。

キーワード：高速炉，除熱機能喪失，確率論的リスク評価，崩壊熱除去，原子炉容器液位

１．緒言　ナトリウム(Na)冷却高速炉において除熱機能喪失に至る恐れのある設計基準事故対策の失敗は，原子炉停止後の崩壊熱除去における主冷却系を介した強制循環の機能喪失と原子炉容器(RV)液位が緊急時液位(EsL)を下回ることによる主冷却系循環流路の途絶に至る RV 液位確保機能喪失に大別される[1]。本研究では，決定論及び確率論を統合した図 1 に示すアプローチを採り，性能及び信頼性の評価を通じて安全確保策を提案又は改良し，除熱機能喪失の確実な防止を目指す。

２．想定すべき除熱機能喪失の抽出　既発表[1]における評価の頑健性を確認するため，強制循環及び自然循環の両者に必要な崩壊熱除去経路維持の使命時間を RV からの放散熱等に基づいて求め，得られた使命時間を考慮して図 1 の(1)を実施した。その結果，動的故障に起因する強制循環機能喪失と 2 箇所での 1 次冷却材漏えいにより EsL 未満となる RV 液位低下が抽出された。

３．安全確保策の提案(図 1 の(2))　除熱機能喪失を確実に防止するためには，Na 冷却高速炉の安全特性を活かしつつ，深層防護における第 4 層に厚みを持たせることが肝要である。上述の強制循環機能を喪失した場合には冷却材 Na の特性を活かした自然循環による崩壊熱除去が可能である。また，低圧系の Na 冷却高速炉には 1 次冷却材漏えい時に減圧沸騰による冷却材の喪失が無く，RV 液位が低下した場合には液位確保策の追加により必要な RV 液位を確保できる。これを踏まえると，「①強制循環機能喪失時における自然循環」及び「②1 次冷却材漏えいによる除熱経路喪失の恐れのある RV 液位低下時における RV への冷却材補給，破損孔と RV の隔離等の RV 液位確保」が主冷却系を介した除熱機能の確保策として考えられる。さらに，上記①の失敗時には RV 液位が EsL 以上であり，２箇所での 1 次冷却材漏えいに上記②の失敗を重畳した場合でも RV 液位は EsL 未満へ低下するが，炉心は露出しない。また，炉心損傷に至るまでに時間がある。以上を踏まえると，「③原子炉を冷やす崩壊熱除去の代替手段」を①及び②とは独立な策として整備することが効果的である。

４．安全確保策の有効性評価(図 1 の(3))　後続の発表で詳述する。

５．安全確保策の信頼性評価　提案した安全確保策の信頼性を確認するため，上記①～③を対象に図 1 の(4)を実施し，安全確保策の導入による除熱機能喪失の頻度低減効果を把握した。

６．結言　独立で多段の安全確保策と決定論的な有効性評価及び確率論的な信頼性評価を合せたアプローチにより除熱機能喪失を確実に防止する見通しを得た。

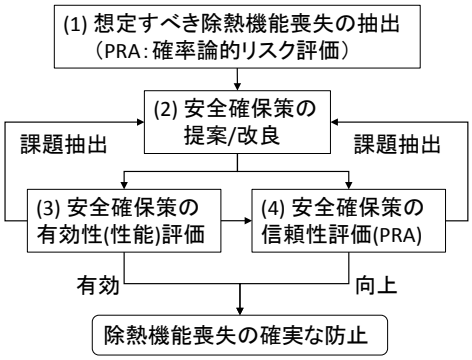

図１ アプローチの概念

参考文献 [1] 栗坂ほか，日本原子力学会「2013 年秋の大会」，H03.

* Kenichi KURISAKA [1], Hiroyuki NISHINO [1] and Masutake SOTSU [1]　[1]JAEA