

先進ループ型ナトリウム冷却高速炉の使用済燃料プールの設計検討のためのレベル 1 PRA

Level 1 PRA for Design Works of Spent Fuel Pool in Advanced Loop-Type Sodium-Cooled Fast Reactor

* 鳴戸 健一¹, 山野 秀将², 栗坂 健一², 西野 裕之²

¹(株)NESI, ²日本原子力研究開発機構

ナトリウム冷却高速炉では、使用済燃料集合体は最終的に使用済燃料プール(SFP)へ移送され水中保管される。本研究では、先進ループ型炉において設計された SFP に対してレベル 1 PRA を実施し、燃料損傷に至る事故シーケンスの同定及び燃料損傷頻度の定量化を実施した。

キーワード：ナトリウム冷却高速炉、使用済燃料プール、レベル 1 PRA、燃料損傷頻度

1. 緒言 我が国ではナトリウム冷却高速炉の使用済燃料は、一定時間経過した後、使用済燃料プール(SFP)へ移送・保管される。2012 年以前に設計された先進ループ型炉の SFP を対象に、これまでレベル 1 確率論的リスク評価(PRA)手法を開発し、燃料損傷頻度を定量化してきた[1]。その結果を踏まえた設計検討を通じて設計改善が進められた。その改善効果を確認するため、2015 年度に設計された SFP を対象にレベル 1 PRA を実施した。本報では、燃料損傷に至る事故シーケンスの同定及び燃料損傷頻度の定量化について述べる。

2. 評価条件 SFP は、図 1 の①水プール、②冷却浄化系、③補給水設備、④淡水供給設備、⑤外部給水設備で構成され、冷却浄化系 2 系統中 1 系統による除熱で燃料の健全性が維持される。冷却浄化系による除熱運転には、SFP 及び冷却塔の液位維持のために補給水設備又は淡水供給設備が必要になる。冷却浄化系による除熱に失敗した場合は、補給水設備、淡水供給設備又は外部給水設備からの給水で燃料の健全性が維持される。2015 年度の設計では、水プールの容積が増えたことで、除熱失敗時に燃料損傷に至るまでの時間が増加した。また、淡水供給設備に加えて補給水設備が設けられたこと、淡水供給設備のサポート系が強化されたこと、外部給水設備のポンプ車に予備 2 台が配備されたことで補給水供給機能が増強された。

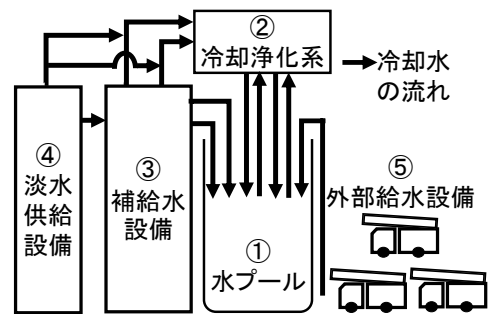


図 1 使用済燃料プール設備構成

3. 評価結果 燃料損傷頻度は 7×10^{-6} /年と評価された。最も支配的な事故シーケンスは、冷却浄化系の低所漏洩を起因として、漏洩継続を防止する逆止弁閉失敗で燃料損傷に至るもので、約 89%を占めている。既往 PRA[1]で支配的だった淡水供給設備機能喪失を起因とした燃料損傷の寄与割合は、補給水供給機能の増強によって約 82%から約 0.4%へ低減した。また、水プール容積増加によって蒸発による液位低下時間が長くなったことで、補給水供給に関わるヒューマンエラー確率を含む事故シーケンスの燃料損傷頻度が既往 PRA[1]より約 0.2 倍に低減した。さらなる燃料損傷頻度の低減対策を検討するため、重要度評価の結果に基づき漏洩継続が防止できると仮定した場合の燃料損傷頻度の低減効果を解析した。結果、燃料損傷頻度は 1/10 に低減した。以上から、今後の設計検討において、漏洩継続防止装置の設置が燃料損傷頻度の低減に有効であることがわかった。

4. 結言 SFP に対してレベル 1 PRA を実施した結果、支配的な事故シーケンス及びその燃料損傷頻度への寄与割合を明らかにし、設計改善が図られたことを定量的に把握した。また、感度解析を通じて、燃料損傷頻度を低減できる設計検討に有益な知見を得た。

参考文献

[1] 鳴戸ら, 原学会 2014 年春 N42.

* Kenichi Naruto¹, Hidemasa Yamano², Kenichi Kurisaka², Hiroyuki Nishino²

¹ NESI Inc., ² Japan Atomic Energy Agency