

高速炉の重大事故防止対策有効性評価に関する検討 (9) 使用済燃料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
(9) Effectiveness Evaluations of Countermeasures against Severe Accidents for Spent Fuel

*森 健郎¹, 谷中 裕¹, 栗坂 健一¹, 山田 文昭¹, 西村 正弘¹, 深野 義隆¹
¹原子力機構

使用済燃料の貯蔵設備について、高速炉の設備の特徴を踏まえ、使用済燃料の著しい損傷に至るおそれのある重要事故シーケンスの選定を行い、それに対応する燃料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，使用済燃料貯蔵設備，燃料損傷

1. 緒言 炉外燃料貯蔵槽（EVST）を設けた高速炉では、使用済燃料は、EVSTにおいてナトリウム中で崩壊熱及び線源強度が十分に減衰した後、燃料池へ移送される。これらの使用済燃料を取扱う設備においても、重大事故に対する使用済燃料の著しい損傷を防止する対策の検討は重要である。本報では、EVST及び燃料池について、同設備の特徴を踏まえ、重大事故に対する燃料損傷防止対策を検討すると共に、重要事故シーケンスを選定し、燃料損傷防止対策の有効性評価を実施した。

2. 重要事故シーケンスの選定 前報を参考に、設備の特徴を踏まえ、EVSTに対する事故時の現象として、EVST内ナトリウムの「昇温」及び「液位低下」を想定した。「昇温」に至る強制循環冷却失敗の事故シーケンスには、EVSTの冷却系に設置されている電磁ポンプの機能喪失、及び同冷却系に設置されている空気冷却器送風機の機能喪失を想定した。それぞれの燃料損傷防止対策を表1に示す。電磁ポンプの機能喪失の場合、既設の空気冷却器送風機を単独で運転する対策、空気冷却器送風機の機能喪失の場合は、可搬型送風機を接続し運転する対策を講ずる。追加する設備容量が大きいの可搬型送風機を要する事故シーケンスである。余裕時間及び発生頻度は全事故シーケンスでほぼ同等と評価できる。よって、空気冷却器送風機の機能喪失を重要事故シーケンスに選定した。

「液位低下」に至る重要事故シーケンスには、EVSTへ引回されている配管や貫通部の構造を踏まえ、漏えい量が最も多くなるEVSTの配管貫通部の破損による液位低下を選定した。EVSTにおける配管貫通部は、冷却に必要な液位より下方に無いため、冷却可能液位が確保され、燃料損傷は防止される。このため、新たな損傷防止対策は必要ない。漏えいした冷却材は、EVSTの外に設けた窒素雰囲気の外容器に貯留され、安定に保持される。

燃料池では、水位低下による冷却喪失が燃料損傷の原因となるため、事故時の現象として、「水温上昇」による水位低下及び「水流出」による水位低下を想定した。前者の重要事故シーケンスには、燃料池の冷却機能及び給水機能の喪失による燃料池水の温度上昇を選定した。後者には、配管破損による燃料池水の流出による水位低下に、逆止弁の「開」固着及び給水機能の喪失を重畳したものを選定した。

3. 燃料損傷防止対策の有効性評価 EVSTについて、重要事故シーケンスとして選定した空気冷却器送風機の機能喪失における燃料損傷防止対策の有効性を評価した。本評価では、解析コードを用いて、EVST内ナトリウムのホットエリア及びコールドエリアの温度挙動を確認した。その結果、EVSTは冷却材Naの熱容量が大きく、Na温度の上昇が緩やかであり、対策を講ずるまでの時間に十分余裕を有することを明らかにした。また、検討した対策によって使用済燃料の崩壊熱を冷却できることを確認した。

燃料池の燃料損傷防止対策は、代替注水設備による給水及び配管破損に備えたサイフォンブレーカの設置である。燃料損傷に至る水位より上方に位置する、放射線遮へい機能喪失に至る水位に到達するまでの時間を評価した結果、「水温上昇」及び「水流出」による燃料池水の水位低下は、設計最大崩壊熱条件でそれぞれ1ヶ月以上となり、代替注水設備による注水には十分な猶予期間があることを明らかにした。これにより、使用済燃料を安定な状態に維持できることを確認した。

表1 EVSTの重要事故シーケンスの選定

事故シーケンス	燃料損傷防止対策	余裕時間	設備容量	発生頻度	選定結果
①電磁ポンプ機能喪失	冷却系の自然循環と送風機の独立運転	○	×	○	
②空気冷却器送風機機能喪失	冷却系の自然循環と可搬型送風機の接続・運転	○	○	○	◎

厳しい順に、○、×と評価した。

4. 結言 炉外燃料貯蔵設備及び燃料池の重大事故に対する燃料損傷防止対策を検討し、同対策により、燃料の損傷に至らないことを確認した。これらの燃料損傷防止対策が有効であることを明らかにした。

*Takero Mori¹, Hiroshi Taninaka¹, Kenichi Kurisaka¹, Fumiaki Yamada¹, Masahiro Nishimura¹ and Yoshitaka Fukano¹

¹Japan Atomic Energy Agency