

事故炉廃止措置時における安全機能の信頼性評価とリスク管理に関する検討

Study on Evaluation of Safety Function Reliability and Risk Management during the Decommissioning of Accident-Damaged Nuclear Power Plant

*青木孝行¹, 杉原一洋², 諏訪秀和², 根岸孝行², 森田毅²

¹東北大学, ²原電エンジニアリング株式会社

事故を起こした原子力発電所(以下、事故炉という。)の廃止措置時においても「止める」「冷やす」「閉じ込める」の3つの安全機能は常に確保される必要がある。このため、当該安全機能の信頼性を評価し、その結果を踏まえて事故炉の廃止措置時における安全管理のあり方について報告する。

キーワード: 事故炉, 廃止措置, 安全機能, PRA, 信頼性, 原子炉冷却システム, 外部放出頻度

1. 緒言

福島第一原子力発電所のような事故炉では、燃料が溶融・破損してデブリとなって原子炉容器壁を貫通し原子炉格納容器内に落下している可能性があり、また原子炉格納容器および原子炉建屋が一部損傷し、そのバウンダリー機能が劣化している可能性がある。このような状態にあっても事故炉の廃止措置時においては、やはり「止める(再臨界を防止する)」「冷やす」「閉じ込める」の3つの安全機能を一定以上の信頼性のある状態に維持する必要がある。しかしながら、事故炉は「冷やす」機能を有する原子炉冷却システムで燃料および燃料デブリを冷却することによってその物理的形狀を維持し再臨界を防止するとともに熱的安定を確保し、放射性物質の移動・拡散を防いでいる。言い換えると、「冷やす」機能のみによって安全が確保されている状態にある。

そこで、本検討ではBWR事故炉の「冷やす」機能に着目し、廃止措置時における原子炉冷却システムの信頼性を評価し、その評価結果を踏まえて事故炉の廃止措置時における安全管理のあり方について検討する。

2. 検討

前項で述べた事故炉に対する認識に立ち、確率論的リスク評価(PRA)手法を適用してBWR事故炉の廃止措置時における原子炉冷却システムの信頼性を評価した。以下にその評価条件と評価結果を示す。

2-1. 評価対象

公開されている福島第一原子力発電所の冷却システム^[1](図1)を参考にモデル化した仮定の原子炉冷却システムを評価対象とする。

2-2. 適用手法

我国のBWRの信頼性評価に広く適用されている標準的なPRA手法を適用する。

2-3. 評価結果

評価の結果、以下のことがわかった。

- (1) 想定した原子炉冷却システムによる注水機能喪失頻度は 2.3×10^{-7} /年程度(内の事象を対象)であり、原子炉冷却システムの注水機能が喪失したことの認知に失敗する人的過誤の寄与が比較的大きいことが分かった(以下、ベースケースという。)。また、事故炉の廃止措置時における原子炉冷却システムの機能喪失はそのまま放射性物質の外部への追加放出につながるが、その追加放出頻度は通常の中の事象を評価対象としたBWR運転プラントの運転中および定期検査中の放射性物質の外部放出頻度(それぞれ 10^{-8} /炉年程度、 10^{-11} /定期検査程度)と比較して一桁程度大きい値となることが分かった。
- (2) ベースケースに対し、感度解析として原子炉冷却システムの注水機能が喪失したことの認知に失敗しない場合の解析を実施したところ、放射性物質の外部への追加放出頻度は 5.6×10^{-15} /年と大きく低下した。
- (3) 本評価では、通常運転プラントと同様、人的過誤確率の評価で用いる時間余裕を24時間と仮定しているが、廃止措置時は通常運転プラントと比較して監視対象を原子炉冷却システム等に絞り込み、認知失敗の可能性を低減できる可能性がある。いずれにしても、上記(1)(2)より、時間余裕の設定に使用した仮定条件が定量結果に与える影響は大きいことがわかった。

3. 結論

BWR事故炉は「止める(再臨界を防止する)」機能および「閉じ込める」機能が劣化しており、放射性物質の外部放出を防止又は抑制する上で「冷やす」機能に頼っている面がある。したがって、廃止措置時において「冷やす」機能を有する原子炉冷却システムの信頼性を高く維持することはリスク管理上、極めて重要であるが、そのような信頼性の高いシステムを実現するのは十分可能であると考えられる。

参考文献

- [1] 汚染水処理対策委員会(第1回)(H25年4月26日)資料
(http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/130426/130426_02d.pdf)

*Takayuki Aoki¹, Kazuhiro Sugihara², Hidekazu Suwa², Takayuki Negishi² and Takeshi Morita²

¹Tohoku University, ²Nuclear Engineering and Services Company

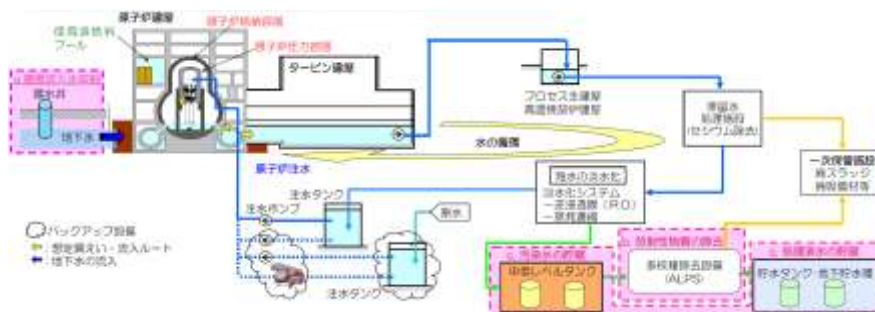


図1 福島第一原子力発電所の原子炉冷却システム