事故炉廃止措置における閉じ込め機能の信頼性評価検討

Study on reliability evaluation of confinement function under the decommissioning of accident-damaged nuclear reactor

*青木孝行[1]，野﨑拓馬[2]，池田敦生[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

福島第一原子力発電所（以下 1F という。）のような事故炉は、廃止措置時においても「止める」「冷やす」「閉じ込める」の３つの安全機能が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廃止措置時における安全管理のあり方について検討した結果を報告する。

キーワード：事故炉、原子炉廃止措置、安全機能、閉じ込め機能、確率論的リスク評価、安全管理

1. 緒言

1F のような事故炉は、廃止措置時においても「止める（再臨界防止）」「冷やす」「閉じ込める」の３つの基本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。特に、燃料デブリ取出し時は、「閉じ込める」機能をできるだけ高度に維持し、放射性物質の外部への追加放出を防止･抑制することが重要である。そこで、我々はこれまで本機能を有する原子炉格納容器(PCV)及び原子炉建屋(R/B)の負圧維持システムに着目し、その信頼性を確率論的リスク評価(PRA)手法を適用して評価してきた。

2.検討

本検討では、これまで実施してきた評価検討[1]をさらに高度化するとともに､その結果を踏まえて安全管理のあり方について検討する。

2-1. 評価対象

公開されている PCV 及び R/B の負圧維持システム[2]を参考に図 1 に示す仮想の負圧維持システムを想定し、評価検討を行った。前回の検討では、PCV ガス管理系 2 系統と R/B ガス管理系 1 系統の合計 3 系統から成る負圧維持システムを分類せずに一括して負圧維持機能喪失のみを評価したが、今回は上記 3 系統を細分化し、それぞれに対し負圧維持機能喪失頻度を評価した（ET 終状態の細分化）。また、感度解析ケースとして、手動ダンパの逆止ダンパ化等の設備改善及びモバイル空調の配備等の多重化/多様化によるリスク低減効果についても確認した。

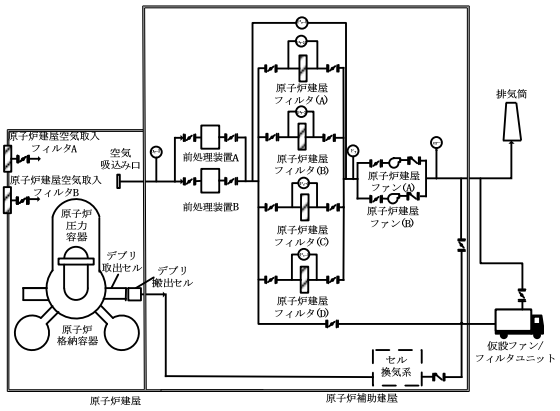

図 1 想定した負圧維持システムのうちの R/B 負圧維持システム

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

前回および今回の評価結果をまとめて図 2 に示す。

本図から分かるように、前回と今回の差として、負圧維持機能喪失頻度に 1 桁の低減があった。これは、R/B ガス管理系が単独故障で負圧維持機能が喪失する多重化されていないシステムであり、これにモバイル空調等のバックアップシステムを追加したことで、信頼性が向上したものと考えられる。

また、各系統を構成する機器及び操作の重要度評価を実施し、各ガス管理系の前処理装置入口側機器の重要度が高いことを確認した。

なお、今回の評価では、運転中の原子力発電所の故障率データを使用したが、廃止措置期間中の設備の使用条件は運転中と異なると考えられ、機器の故障率も異なることが予測される。特に、廃止措置期間中、重要度が高いフィルタ関連機器等に関しては、実績データを収集･蓄積して、より正確な安全性向上対策の検討ができるようにすることが望まれる。

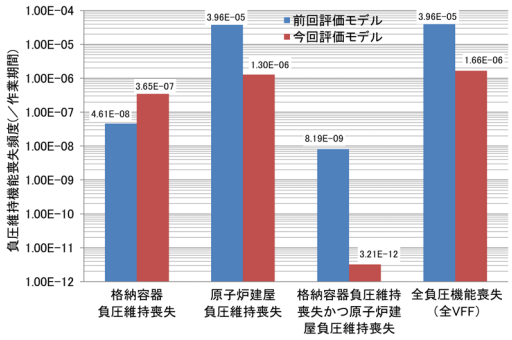

図 2 負圧維持システムの信頼性評価結果

3. 結論

事故炉の特徴の１つは、高放射線量率のため、設備に接近することが困難であり、容易に検査や修理等の保全活動を実施できないことである。このため、本稿のような評価検討を通じて信頼性の高いシステムを構築するとともに、システムの運転･監視や保全活動を容易にするための検討（機器のリスク重要度評価に基づく運転・保全や取外･取付の容易な機器設計、自動化、遠隔操作化等）も必要である。

参考文献

[1] 青木孝行，増子順也，池田敦生，根岸孝行：“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 ～閉じ込め機能の信頼性評価を踏まえて～”，日本原子力学会和文論文誌, Vol. 19, No. 2，2020.
[2] 高守謙郎，“IRID の研究開発の状況 - 安全と実現性を高める概念設計と今後の技術開発 -”，IRID シンポジウム 2018

*Takayuki Aoki[1], Takuma Nozaki[2], Atsuo Ikeda[2], Takayuki Negishi[2] and Takeshi Morita[3]
[1]Tohoku University, [2]Nuclear Engineering and Services Company