CMMC 法による複数機器間の相関を考慮した PRA に関する検討

Study on PRA considering Correlation between Multiple Safety Systems using the Continuous Markov Monte Carlo Methods

*澤田憲人 [1]，遠藤知弘 [1]，山本章夫 [1]，張承賢 [2]，藤原大資 [3]，佐藤親宏 [3]
[1]名古屋大学,[2]東京大学,[3]株式会社テプコシステムズ

近年、原子炉施設におけるユニット間の相互作用を考慮したリスク評価手法の有力な手法の一つとして、連続マルコフ過程モンテカルロ法を事故進展解析コードに組み合わせた CMMC カップリング手法の研究が進められている。本検討では、自作した簡易な事故進展解析コードに CMMC 法を適用し、使用済み燃料プールの最終ヒートシンク喪失発生時における複数の緩和系操作に相関を仮定した解析を行うことで、マルチユニット PRA に向けて CMMC 法の適用性を検証した。

キーワード：確率論的リスク評価，連続マルコフ過程モンテカルロ法，最終ヒートシンク喪失

1. 緒言　福島第一原子力発電所事故を受け、マルチユニットサイトにおける複数ユニット間の相互作用を考慮したリスク評価手法の開発への関心が高まっている。近年、研究が進められているマルチユニット PRA の有力な手法の一つとして、CMMC カップリング手法がある。CMMC カップリング手法とは、CMMC(連続マルコフ過程モンテカルロ)法を事故進展解析コードに組み合わせた手法であり、あるユニットの状態遷移確率を別のユニットの事故状態に応じた条件付き確率で表すことで、ユニット間の相互作用を取り扱うことができる。本検討では、複数の使用済み燃料プール(SFP)における最終ヒートシンク喪失を起因事象とした事故進展解析に CMMC 法を適用し、緩和系操作成功・失敗率と SFP の状態に相関を仮定した解析を行うことで、マルチユニット PRA に向けて CMMC 法の適用性を確認した。

2. 解析方法　公開情報に基づき、SFP における最終ヒートシンク喪失発生時の事故進展を簡易解析するコードを作成した。作成した解析コードを用い、2 基の SFP を対象とし、緩和系として消火系ポンプと消防車による注水を仮定した解析を行った。表 1 のように隣接する SFP の水位に応じて緩和系の成功率を下げることで、SFP 水位低下に伴う空間線量の増加によって現場作業が困難になる状況を模擬した。なお、消火系機能喪失率、消防車注水成功率は解析手法の結果確認のための仮想的な値である。

表 1　緩和系のパラメータ値

パラメータ	値[/h]
消火系ポンプの機能喪失率	0.005
SFP-1 の消防車の注水成功率 (SFP-2 水位が TAF 到達前/後)	0.005/0.0005
SFP-2 の消防車の注水成功率 (SFP-1 水位が TAF 到達前/後)	0.010/0.0001

3. 結果・今後の課題　全解析ケース(1000)の SFP 水位の平均値を図 1 に示す。SFP-1 の水位が早く低下するのは、解析初期では両 SFP で水位が TAF に到達するケースが少なく、SFP-1 の消防車注水成功率が低いためであると考えられる。また、400[h]程度で SFP-1 の水位が上昇し、1000[h]程度で SFP-2 と同程度まで回復している。これは、解析後半では両 SFP で水位が TAF に到達するケースが増え、両 SFP の消防車注水成功率の大小関係が逆転することが原因であると考えられる。このように CMMC 法により複数ユニット間の相互作用を考慮した解析が可能であるとわかった。今後の課題として、解析対象を原子炉とする解析の実施、失敗確率などが小さい場合の計算時間の削減、得られた結果の妥当な評価方法の検討が挙げられる。

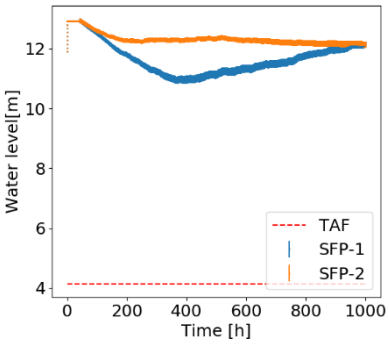

図 1　2 機の SFP の水位の平均値

*Kento SAWADA[1], Tomohiro ENDO[1], Akio YAMAMOTO[1], Sunghyon JANG[2], Daisuke Fujiwara[3], and Chikahiro Sato[3]
[1]Nagoya University, [2]The University of Tokyo, and [3]TEPCO SYSTEMS CORPORATION