

緒言：原子炉の継続的な安全性向上のためには、リスク評価が必要不可欠である。原子炉施設を対象としたリスク評価を行うには、設備・機器の信頼性だけではなく、システム中における人間の信頼性である人的因子の評価(HRA)が必要である。人的因子の評価にあたっては、事故進展に伴い空間線量率が高くなるなど環境条件の変化に伴う時間依存性を考慮することが望まれる。しかし、原子力施設に対してリスク評価を実施する場合、時間依存性を考慮することが困難であるイベントツリー法が主として用いられている。そこで本研究では時間依存の人的因子を考慮したリスク評価手法の開発を行った。これまでの研究成果[4]として作業状況依存の人的因子を評価する SPAR-H 法と連続マルコフ過程モンテカルロ法(CMMC)法を組み合わせることで、時間依存の人的因子を評価可能となることを報告した。しかし、福島第一(1F)事故当時の状況を想定したリスク評価で使用済燃料プール(SFP)の燃料損傷確率が約 98% となり、SFP において燃料損傷が発生しなかった事実と乖離していることから、評価した人的因子が現実に即していないことを確認した。そこで、尤もらしい人的因子を評価するようベイズ推定により SPAR-H 法の改良を行い、リスク評価を実施した。本発表では SPAR-H 法の改良、および、改良 SPAR-H 法と CMMC 法によるリスク評価について述べる。

改良方法：SPAR-H 法は行動形成因子(PSF)のレベルから乗数が決定され、それらの乗数を用いて人的過誤確率(HEP)が計算される。本研究ではファジー推論 HRA 手法を比較対象として、ベイズ推定を適用することで SPAR-H 法に設定されている乗数の改良を行った。まず、ある状況に対してファジー推論 HRA 手法により HEP を算出する。次に、ファジー推論 HRA 手法と同じ状況を想定し、摂動させた乗数を用いた SPAR-H 法により HEP を計算する。そして、両手法から算出された HEP から算出される尤度を用いて乗数の調整を行った。

評価結果：まず、SPAR-H 法の改良結果について述べる。SPAR-H 法とファジー推論 HRA 手法による HEP の比較結果(Fig.1)より、改良 SPAR-H 法でファジー推論 HRA 手法の結果を概ね再現できることを確認した。SFP において 1F 事故当時の状況を想定した場合、既存の SPAR-H 法を用いたリスク評価結果(Fig.2)では約 98%の確率で燃料損傷が発生しているが、改良 SPAR-H 法を用いたリスク評価結果(Fig.3)では約 0.3%の確率となった。1F 事故当時、いずれの使用済燃料プールにおいても燃料損傷が発生しなかった事実を考えると、改良 SPAR-H 法により現実に近い人的因子を用いたリスク評価結果となったことを確認した。

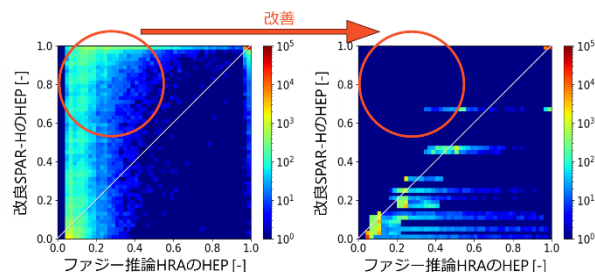


Fig.1 既存/改良 SPAR-H 法とファジー推論 HRA 手法の比較

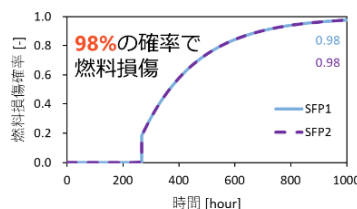


Fig.2 既存の SPAR-H 法を用いた解析

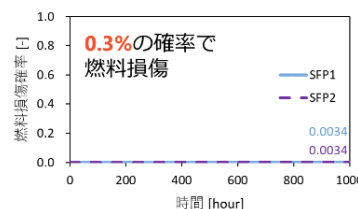


Fig.3 改良 SPAR-H 法を用いた解析

公刊論文および口頭発表

- [1] Y. Morishita, T. Endo, A. Yamamoto, *J. Nucl. Sci. Technol.*, **60**(12), pp. 1573–1585, doi: 10.1080/00223131.2023.2231464 (2023).
- [2] Y. Morishita, T. Endo, A. Yamamoto, *A workshop on HRA related issues*, Hokkaido University, Sapporo, February 21–22 (2023).
- [3] 森下裕貴, 遠藤知弘, 山本章夫, 日本原子力学会 2023 年春の年会, 2C09, 3 月 13 日–15 日 (2023).
- [4] 森下裕貴, 遠藤知弘, 山本章夫, 日本原子力学会 2023 年秋の大会 学生ポスターセッション, 44, 9 月 6 日 (2023).