

CMMC 法を利用した時間依存性を持つ人的因子を考慮したリスク評価の検討

Study on Risk Assessment Considering Time-Dependent Human Factors using the CMMC Method

*森下 裕貴¹, 山本 章夫¹, 遠藤 知弘¹

¹名古屋大学

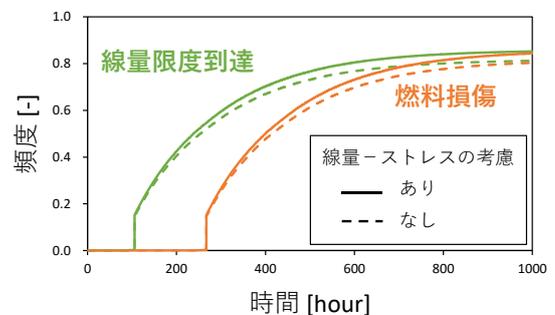
過酷事故に対するリスク評価を行うためには、様々な対応手順に対して、空間線量などその場の状況に応じた人的過誤確率を用いる必要がある。本検討では、時間依存性を容易に考慮することが可能である CMMC 法を用いて人的因子を考慮したリスク評価を行った。その結果、行動形成因子の一つであるストレスを詳細に扱うことができることを確認した。

キーワード：人的過誤事象，CMMC 法，人的因子，行動形成因子

1. 緒言 イベントツリーを用いたリスク評価手法は、時間依存性をもつ人的因子を考慮することが困難である。しかし、過酷事故を想定した詳細なリスク評価のためには、作業環境の変化などに起因する時間依存性をもつ人的因子を取り扱う必要がある。そこで本研究では、機器における起動や故障確率の時間依存性を容易に考慮することが可能である CMMC 法と行動形成因子(Performance Shaping Factor, PSF)のレベルから人的過誤確率を算出することが可能である SPAR-H (Standardized Plant Analysis Risk-Human Reliability Analysis)を組み合わせた手法について検討した。そして、使用済燃料プールを模擬した体系において、時間依存性を持つ人的因子を考慮した燃料損傷頻度のリスク評価を試行した。

2. 手法 CMMC 法では、タイムステップごとに機器の故障確率や起動確率と乱数を比較し、得られた機器の故障や起動状態を考慮して次ステップでの原子炉の温度や水位などのパラメータを計算する。これにより多岐にわたるシナリオを用意できる。また SPAR-H では、時間の余裕度やストレス度などを与えることで人的過誤確率を算出することができる。本検討では CMMC 法から得られる空間線量率と SPAR-H に含まれる PSF の一つであるストレスを関係づけることで、時間依存性のある人的過誤確率を求めた。

3. 適用結果 ヒートシンク喪失→消火系ポンプによる注水→故障→消防車による注水の事故シナリオを想定した。消火系ポンプが故障したあと、消防車による注水が実施されなければ燃料損傷に至る。本検討では、消防車の起動確率を(1-人的過誤確率)とすることで、人的因子をモデル化した。また、消防車の起動に成功するまで何度も起動を試みると考えられることから、起動失敗から次の起動の試みの間にクールタイムを設けて解析を実施



図：単一の使用済燃料プールの解析結果

した。ただし、消防車の起動の試みは作業者の積算被ばく線量が 100 mSv 未満の時とした。クールタイムを 10 分としたときの単一の使用済燃料プールにおける解析結果を図に示す。ここで、消火系ポンプの故障率、消防車の起動確率は検証のための仮想的な値を与えた。消火系ポンプの故障率は 0.005 [1/hr]とした。また、デマンドあたりの消防車の起動失敗確率は空間線量率によるストレス度の変化を考慮しない場合には 0.9993 [-]、考慮する場合にはストレス度に応じて 0.9993~0.9999 [-]の範囲で変化させた。

図から、空間線量率によるストレス度の変化を考慮することで、線量限度到達頻度と燃料損傷頻度が上昇することが見て取れる。このことから、CMMC 法から得られる空間線量率を考慮することによって、時間依存性を持つ人的因子を考慮した燃料損傷頻度のリスク評価が可能であることを確認できた。

*Yuki Morishita¹, Akio Yamamoto¹ and Tomohiro Endo¹

¹Nagoya Univ.