

我が国における人間信頼性解析の改善状況

Improvement of Human Reliability Analysis in Japan

電力中央研究所	武田 大介	Daisuke TAKEDA	非会員
電力中央研究所	桐本 順広	Yukihiko KIRIMOTO	非会員
電力中央研究所	野々瀬 晃平	Kohei NONOSE	非会員
電力中央研究所	弘津 祐子	Yuko HIROTSU	非会員
電力中央研究所	佐相 邦英	Kunihide SASOU	非会員
電力中央研究所	岡本 拓男	Takuo OKAMOTO	会員

In Japan, after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident due to the Great East Japan Earthquake, in addition to risk assessment by traditional conservative approaches, Probabilistic Risk Assessment (PRA) has been used to deal with residual risk caused by extremely rare events. As the evaluation techniques for risk such as external hazards and building/component fragility have been improved, the influence of Human Failure Event (HFE) on overall risk has relatively increased, thus the importance of Human Reliability Analysis (HRA) is increasing. For improving HRA in Japan, Nuclear Risk Research Center (NRRC) has compiled qualitative analysis methods to collect plant-specific and scenario-specific conditions that affect human performance as “narratives,” reflecting the latest research trend, and developed models for analysis on extreme conditions. This paper introduces the concept of qualitative analysis with emphasis on narratives and evaluation examples of tasks under extreme conditions.

Keywords: Human Reliability Analysis (HRA), Extreme Condition, Narrative, Human Error Probability (HEP), Human Failure Event (HFE)

1. はじめに

日本では、福島第一原子力発電事故以降、伝統的な保守的アプローチによる決定論的リスク評価に加えて、確率論的リスク評価 (PRA : Probabilistic Risk Assessment) の技術向上が進んでいる。PRA では外部ハザード、設備のフラジリティ等の評価手法の改良が進む中で、全体的なリスクへの人的過誤事象の影響が相対的に大きくなってきており、人間信頼性解析 (HRA : Human Reliability Analysis) の重要性が高まっている。本稿では、日本における HRA の改善に係る電力中央研究所 NRRC (Nuclear Risk Research Center) の取り組みを紹介する。

2. HRA の改善における NRRC の取り組み

PRA 技術向上の一環として、HRA には地震や津波等への対応として行われる過酷状況下でのタスク (過酷状況下タスク) の人的過誤確率 (HEP : Human Error Probability) の評価が求められている。一方、HRA の実施に当たっては、定性分析の充実により人間のタスクが行われる状況

を具体的に把握することの重要性が指摘されている[1]。

このような状況の中、NRRC は我が国における HRA の改善に寄与するため、タスクを行う人間に影響するプラント固有、シナリオ固有の状況を「叙事知 (Narrative)」として収集・集約する定性分析方法を開発するとともに、今まで蓄積してきた過酷状況下タスクの HRA を行うための分析モデルや分析ノウハウを HRA ガイドとして取りまとめた[2]。次節より、NRRC が開発した「叙事知に重点を置いた HRA の定性分析」の考え方、及び過酷状況下タスクの評価例について概要を紹介する。

2.1 叙事知に重点を置いた HRA の定性分析

認知/診断 (プラントの状態把握、実施すべきことの決定等) を含む、人間が実施するタスクは種々の行動形成因子 (PSF : Performance Shaping Factors) の影響を受ける。例えば、心理的ストレス (過負荷、退屈等) や外的環境 (温度、明度等) により人間のパフォーマンスは低下する。事故発生時には、異常な「プラント条件」(設備故障、利用不能な機器、その他異常な設定や運転環境)

下で、運転員／作業員は「PSF」の影響を受けながら事故対応することから、ヒューマンエラーが発生することもある[3]。この「プラント条件」と「PSF」を、プラント固有、シナリオ固有のものとして把握することが、「叙事知に重点を置いた定性分析」である。分析に当たっては、HRA対象タスクを熟知した訓練担当者／運転員／作業員等をメンバーに加えることができれば、PRA専門家、HRA実務担当者等では知りえない運用の実態を含む現場での実情をHRAに反映しやすくなる。

2.2 過酷状況下タスクの評価例1:「可搬式の緩和設備活用作業」評価の概要

可搬式の緩和設備活用作業の全体像を図1に示す。本作業では、緊急時対策本部からの指示を受け、現場で大量送水車の準備、ホースの敷設等を実行することを想定している。これまでのHRAでは、対象が内的事象対応であったため、中央制御室内で1つの当直チームが主体となって、兆候の知覚、状況把握、対応の決定といった「認知／診断タスク」、及び、その決定に基づいた操作である“実行タスク”を実施することを前提としていることが多かった。一方、本作業では、“認知／診断タスク”の実施主体は緊急時対策本部、“実行タスク”の実施主体は現場要員であり、1つの指示をきっかけとして複数の場所で“実行タスク”が並行して実施されたりする。実施主体や実施場所が違えば、評価しなければならないPSF等、叙事知が異なる。このような、複数主体あるいは複数場所で実施するような複雑なタスクについては、タスクを複数の要素タスク（可搬型注水意思決定、大量送水車準備、ホース敷設等）に分割したうえで、それぞれの要素タスクに関して「叙事知に重点を置いた定性分析」（それに引き続く定量評価）を行う。

2.3 過酷状況下タスクの評価例2:「建屋避難時の水密扉誤開放」評価の概要

建屋避難時の水密扉誤開放のイメージを図2に示す。建屋の水密扉が開放された状態では、大津波発生時に建屋内に水が流入し、中の機器が損傷する可能性があるため、PRA上評価が必要となる。本稿では、定格運転中に津波発生時に建屋内にいる作業員等が避難をする際に扉を閉め損なう（閉失敗する）ことを想定する。

避難については、方針（屋外への退避か、建屋内上層階への避難か、といった避難場所に関する情報等）のみが示されることが一般的であり、HRAで必要となる手順

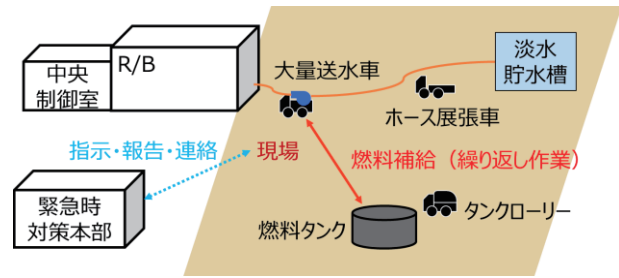


図1 可搬式の緩和設備活用作業の全体像

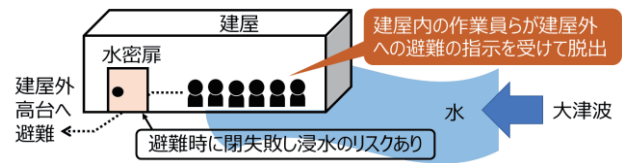


図2 建屋避難時の水密扉誤開放のイメージ

書等が整備されていない。そこで、評価対象扉の閉失敗までが生じるまでのプロセスを、①定格運転中に地震発生時に「建屋内に滞在」している作業チーム（一緒に行動する集団）が、②「避難放送の聞き取りに成功」し、③「建屋外避難を選択」し、④避難経路として「評価対象扉を選択」し、⑤避難時に「評価対象扉を閉失敗」（まったく閉め忘れる、締め方が不十分）する、と具体的にモデル化し、①～⑤の評価に必要な叙事知を収集しつつ、それぞれの確率を算出し、乗算して評価する。

3. おわりに

NRRCでは、日本独自の特徴を反映した新しいHRA手法やデータベースの検討等も行っており、引き続き日本のHRAの改善に寄与していく。なお、NRRCが取りまとめたガイドは、今後も事業者の意見や評価事例の追加により得られるノウハウ等を反映し、順次更新していく。

参考文献

- [1] US Nuclear Regulatory Committee (NRC), “The International HRA Empirical Study: Lessons Learned from Comparing HRA Methods Predictions to HAMMLAB Simulator Data”, NUREG-2127, 2014.
- [2] 桐本順広、野々瀬晃平、弘津祐子、佐相邦英、“叙事知に重点を置いた人間信頼性解析（HRA）ガイド（2018年度版）”、電力中央研究所報告、O18011、2019.
- [3] USNRC, “Technical Basis and Implementation Guidelines for A Technique for Human Event Analysis (ATHEANA)”, NUREG-1624, 2000.