

# 人間信頼性解析の定性分析ガイドの開発と 手法高度化の検討

## Development of Guide for Qualitative Analysis in the Human Reliability Analysis (HRA) and Improvement of the HRA Method

電力中央研究所 原子力リスク研究センター	古田 泰	Tai FURUTA	会員
電力中央研究所 原子力リスク研究センター	桐本 順広	Yukihiro KIRIMOTO	非会員
電力中央研究所 原子力リスク研究センター	野々瀬 晃平	Kohei NONOSE	非会員
電力中央研究所 原子力リスク研究センター	弘津 祐子	Yuko HIROTSU	非会員
電力中央研究所 原子力リスク研究センター	佐相 邦英	Kunihide SASOU	非会員

### 概要

近年、原子力発電所の確率論的リスク評価(PRA)の評価技術の向上に伴い、人的過誤によるリスクへの影響も重要なものとなっている。このため、人間信頼性解析(HRA)をもちいて、人的過誤事象を体系的に分析し現実的な評価とすることが課題となっている。これらに対応したHRAの定性分析における実施手順及び、具体的な評価適用事例を示したNRRCのHRA定性分析ガイドについて概説する。

**Keywords:** 確率論的リスク評価 (PRA)、人間信頼性解析 (HRA)、定性分析、人的過誤

## 1. 人間信頼性解析 (HRA) 手法の高度化

原子力発電所の安全性向上のために、従来の保守的アプローチによる決定論的安全評価に加えて、残余のリスク(リスク対応後に残るリスク)に対して確率論的リスク評価(PRA: probabilistic risk assessment)を活用し、最新の知見を「安全性向上評価」に反映することが求められている。このPRAの高度化の一環として各評価手法の改良やデータの精緻化が進められている。この中でも人的過誤事象(HFE: human failure event: 運転員や作業員などがあるタスクを遂行する場面において、そのタスクの目的を達成できない/タスクに失敗するという事象)の一部は、事故の発生に対して重大な影響があることがPRAの重要度評価からも分かっており、このHFEをPRAモデルに組み込むための人的過誤確率(HEP:

human error probability)を現実に適合したものとするための人間信頼性解析(HRA: human reliability analysis)の高度化が求められている。近年のHRA手法の比較研究<sup>1)</sup>によると、事故シナリオの理解のための定性分析を体系化して実施することの重要性が指摘されている。

さらに、我が国では地震・津波等の外部事象PRAや炉心損傷後のレベル2PRAにおける可搬型設備の操作などに適用可能なHRA手法の検討も課題となっている。

電中研NRRCは、これらの課題に対して、2018年度にHRAの定性分析に必要な情報を「叙事知」として体系的に整理し収集する手法を開発し、“叙事知に重点を置いた人間信頼性解析(HRA)ガイド”<sup>2)</sup>としてまとめ、発行した。また、2020年度には、シナリオの文脈の理解に関する要件及び、詳細な定性分析を優先的に行うべきリスク上重要なタスクを選定する方法を追記し、適用事例も充実させた“叙事知に重点を置いた人間信頼性解析(HRA)の定性分析ガイド”<sup>3)</sup>を発行した。

## 2. 叙事知に重点を置いたHRAの定性分析

### 2.1 HRAの実施手順と定性分析での叙事知

HRAガイドにおけるHRA実施手順を図1に示す。

まず、人的過誤の発生が起これうる現実的な事故シナリオとその前提条件に対する理解とシナリオ成功条件などの定義、起因事象の発生などに対する認知/診断や対応操作に関するタスクや失敗時の過誤回復対応などの情報の整理を行う。

PRA重要度や定性的判断により詳細分析が必要な重要HFEを特定して(2.2参照)、それらのHFEでは現場での聞き取りや現場確認、訓練観察を行って、実際の事故発生時に考えられる認知や行動に影響する要素やストレス等を現実的な人間行動の分析の結果として整理する。この際に解析者による判断のばらつきを低減し、現実に対応した人間行動を把握するため、HRAガイドでは体系的に収集するこれらの情報を「叙事知」と呼び、以下の3つで定義している。

- ①「タスク構造情報」：タスクを構成するサブタスク（「認知/診断タスク」「実行タスク」）とその関係性及び、サブタスクの過誤回復に関するプラント条件を整理
- ②「時間進展情報」：発生した起因事象に対するタスクを完了させなければならない制限時間、個々のサブタスクの所要時間等の時間に係るプラント条件を整理
- ③「行動形成因子 (PSF: performance shaping factors) 情報」：個々のサブタスク遂行時に、運転員/作業員に影響を及ぼす要因に関する情報を集約

「HEP 定量化」では、選択した定量化手法（認知・診断失敗にCBDT手法、実行失敗にTHERP手法等）に基づき叙事知の情報を入力データとして用いて各タスクのHEPを推定し、過誤回復や依存性、ストレスなどの影響を加えることで当該HFEの統合HEPを算出する。

### 2.2 詳細/簡易定性分析対象タスクの選定方法

定性分析は聞き取りや現場確認を通じ詳細に行うことが重要であるが、実施にはマンパワーが必要である。そこで、PRAで用いる炉心損傷頻度 (CDF: core damage frequency) 等に対する重要度指標等を用いてHFEのリスク影響の度合いを評価し、定性分析を詳細に行うべきHFEとPRA/HRA解析者のみで簡易に行っても良いHFEとを選定する判断基準を新たにHRAガイドにおいて整備した。

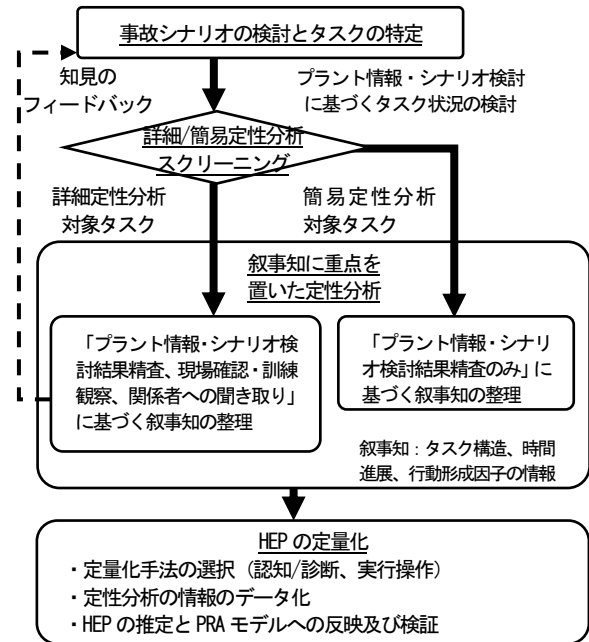


図1 HRAの実施手順

## 3. HRAガイドの適用事例

実際のプラントでのHRAの実用的な参考例として、定性分析結果とそれをHEP定量化に具体的に反映した評価事例を付録として2例添付した。

### ○付録1 フィード&ブリード操作 (PWR)

中央制御室での手順書に基づいたタスクを対象に、叙事知の収集・集約結果と定量化への具体的な反映方法を収録した。

### ○付録2 津波襲来前の建屋退避時の水密扉開放

津波時に建屋への海水の流入を引き起こす要因として影響の大きいHFEであるが、手順書に沿った行動ではなく、運用と状況に応じた行動である。このため定量化手法が無く、滞在確率や行動エラー等を組み合わせた新たな手法を開発し、定性分析結果も含め、例を示した。

## 参考文献

- [1] US Nuclear Regulatory Committee (NRC), NUREG-2127, "The International HRA Empirical Study: Lessons Learned from Comparing HRA Methods Predictions to HAMMLAB Simulator Data". August 2014.
- [2] 桐本順広, 他. 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] 桐本順広, 他. 叙事知に重点を置いた人間信頼性解析 (HRA) の定性分析ガイド(2020年度版). 電力中央研究所報告 (O20003). 2021.