

福島第一原子力発電所における燃料デブリ取り出し作業向け監視システム設計： 作業現場で計測する物理量の提案

Design of a Monitoring System for Fuel Debris Retrieval Operations at the Fukushima Daiichi
Nuclear Power Station: Proposal of Physical Quantities to be Measured on Worksite

*杉浦 鉄宰¹, 浅間 一¹, 安 琪¹, 山下 淳¹

¹ 東京大学

福島第一原子力発電所（1F）における溶融した燃料（デブリ）の取り出しを対象に、Objective Tree（OT）と Failure mode and effect analysis（FMEA）を組み合わせたリスク分析を行い、デブリ取り出し時の機能劣化メカニズムとその原因を抽出し、作業現場で計測する物理量を監視システム設計の要求仕様として提案する。

キーワード： 福島第一原子力発電所，廃炉，リスク分析，Objective tree，Failure mode and effect analysis

1. 緒言 1F の遠隔操作によるデブリ取り出しでは、原子炉格納容器（PCV）内での安全状態維持機能（安全機能）と取り出し作業機能（作業機能）の維持が求められる。よって各機能に影響を与えるメカニズム発生 の認知性を高めるため、監視システム設計の要求仕様として作業現場で計測する物理量（計測物理量）の提案は重要だが十分になされていない。一方、機械設計における要求仕様の策定方法として、Fault tree analysis（FTA）と FMEA を組み合わせたリスク分析手法がある。しかしデブリの取り出しは操業実績が無く、メカニズム発生 の頻度データが必要な FTA の活用は難しい。そこで本研究では定性的なリスク分析を前提に、OT と FMEA を組み合わせた機能劣化メカニズムの発生原因を認知する計測物理量の決定方法を検討する。本方法を 気中取り出し工法へ適用し、監視システム設計の要求仕様となる計測物理量を新たに提案する。

2. リスク分析手法 リスク分析手順を図 1 に示す。OT は、FMEA が導出した機器劣化メカニズムの発生原因 に基づき計測物理量を決定する。この計測物理量は監視システム設計の要求仕様となる。FMEA は決定し た計測物理量を踏まえて、燃料デブリ取り出し作業において達成されるべき目的に対する機能劣化メカニズ ムの致命度を分析する。この分析結果は、要求仕様の実現優先度を設計者が判断する指標となる。

3. 計測物理量の検討結果 開発中の気中取り出し工法 [1]の通常の運用状態に対して計測物理量を検討した。作業機能は「自機と構造物の距離[m]、デブリ加工範囲[m]」 など空間認知要求が多くを占めた。安全機能（気相閉じ込め）は「デブリ加工時に発生するアブレシブとダストの配 管内流入量 [kg/m³]」など設備系統内へ流入する異物の 認知要求が多くを占めた。また異物の発生元となる 「アブレシブ使用量 [kg/day]」や、機能劣化の直接原因 を認知する「系統内ガス流量 [L/s]」も挙げられた。

4. 結言 監視システム設計の要求仕様として通常の 運用状態での計測物理量を提案した。

謝辞 本研究は、経済産業省「廃炉・汚染水対策事業」とし て参考文献[1]の開発を担った IRID および東芝エネルギーシ ステムズ（株）関係者の助言を賜った。深く感謝申し上げる。

参考文献 [1] IRID, 原子炉格納容器内の連続的な監視システムの開発（2022 年度最終報告），
<https://irid.or.jp/wp-content/uploads/2023/06/2022011renzokukanshi202306F.pdf>

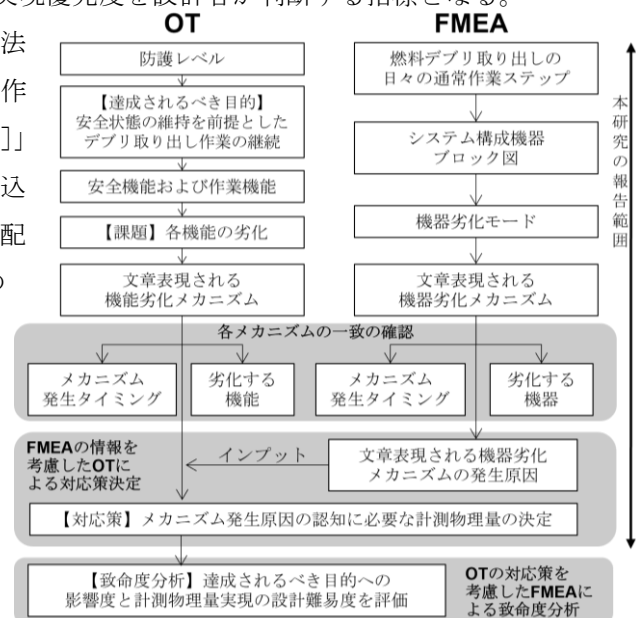


図 1 OT と FMEA を組み合わせたリスク分析手順

*Tessai Sugiura¹, Hajime Asama¹, Qi An¹ and Atsushi Yamashita¹

¹The University of Tokyo