

緊急時対応操作手順導出手法の BWR プラントへの応用

Application to a generation technique of emergency counter operation procedures to BWR plants

*五福 明夫¹, 宋 楚夢¹

¹岡山大学

原子力プラント緊急時の運転員による対応操作を支援するために、機能モデリング手法である Multilevel Flow Modeling によるプラントモデルを基礎とした対応操作手順の生成手法を、沸騰水型原子力プラント（BWR プラント）の全電源喪失事故時に応用し、妥当な対応操作手順を導出できることを確認した。

キーワード：対応操作手順，機能モデル，沸騰水型原子力プラント，運転員支援

1. 緒言 原子力プラント緊急時の運転員による対応操作は、基本的には緊急時対応の操作手順を事前に準備し、それに基づいて実施される。しかしながら、想定外の事態も排除できないことから、プラントの状況と対応操作目的に応じて、対応操作手順を生成する手法が必要と考えられる。著者らは緊急時対応操作手順の生成手法を提案している[1, 2]。本報告では、提案手法の BWR プラントへの応用について述べる。

2. 対応操作手順導出手法とその BWR プラントへの応用

2-1. 対応操作手順導出手法 プラントの異常時や緊急時への対応操作を考える場合、プラントを構成する機器の動作原理、挙動や設備容量とともに、目的、役割といった情報が必要となる。これらの情報は一般に、機能情報と呼ばれる。著者らは機能モデルに基づいた対応操作手順生成手法[1, 2]を提案し、加圧水型原子力プラント（PWR プラント）への応用を通して、その有効性を検討してきた。本手法では、機能モデルを構成する手法として、システムの目的、機能、構造を関連づけて図形的に表現する Multilevel Flow Modeling (MFM) [3, 4]を適用している。そして、MFM の持つ 1)Many-to-many マッピング（機能とそれを実現するコンポーネントの多対多関係）および 2)因果関係表現能力を利用し、システムの設計時には考慮されていなかった機器の潜在的機能を見出し、その実施条件を考慮して、対応操作手順を生成する。

2-2. BWR プラントの MFM モデル 本研究では、Mark-1 型 BWR プラントに対して、崩壊熱除去に関連する系統や機器を対象とした MFM モデルを構築した。このモデルでは、プラントの目的を、1)崩壊熱除去、2)原子炉容器の温度と圧力の維持、3)格納容器の温度と圧力の維持とした。

2-3. BWR プラントへの応用 緊急事象として全電源喪失事故に加えて、HPCI (High Pressure Core Injection) の故障を設定した。構築した MFM モデルを基礎として、原子炉冷却を対応操作目的として対応操作を生成すると、5 つの代替対応操作手順が生成された。それらは、MUWC (Make-Up Water Condensate system) 活用の手順が 2 種類、防火システム系 (Fire Protection System) 活用の手順が 2 種類、および、原子炉圧力の減圧の手順が 1 種類であり、いずれも原子炉冷却に効果のあると考えられる手順であった。

3. 結論 MFM モデルに基づく対応操作手順の導出手法を、BWR プラントの全電源喪失事故時に応用し、妥当な対応操作手順を導出できることを確認した。

謝辞 本研究の成果の一部は、科学研究費補助金（課題番号：16H03136）により得られた。

参考文献

- [1] 五福, 他, 日本原子力学会 2016 年秋の大会予稿集, 2G08 (2016). [2] A. Gofuku, et al., J. of Nuclear Science and Technology, Vol. 54, Issue 5, pp. 578-588 (2017). [3] M. Lind, Applied Artificial Intelligence, Vol. 8, No. 2, pp. 259-283 (1994). [4] M. Lind and X. Zhang, Nuclear Engineering and Technology, Vol. 46, No. 6, pp. 753-772 (2014).

*Akio Gofuku¹, Song Mengchu¹

¹Okayama Univ.