

原子炉構造レジリエンスを向上させる破損の拡大抑制技術の開発

(22) レジリエンス向上効果可視化手法の適用性評価

Development of Failure Mitigation Technologies for Improving Resilience of Nuclear Structures

(22) Applicability evaluation of resilience improvement effect visualization

*出町 和之¹、阿部 哲¹、陳 実¹、栗坂 健一²

¹ 東京大学、² 日本原子力研究開発機構

プラントに破損拡大抑制技術を導入したことによる設計基準外事象発生時のレジリエンス向上効果を定量化するためには、レジリエンスの可視化手法が不可欠である。東京大学で開発したレジリエンス指標は、事故時マネジメント(AM)による安全機能回復を、機器・構造物破損確率と時間経過とを考慮に入れて可視化する手法である。破壊拡大抑制がもたらす時間的余裕は、従来では対象外とされていた AM 策の実施を可能にすることで安全性能回復に寄与する等、レジリエンス向上の効果が期待される。本研究では、この効果を可視化する手法として、連続マルコフ連鎖モンテカルロ法(CMMC)^[1]を取り入れたレジリエンス指標を開発した。今回はその解析対象を拡大し、本手法の適用性を評価する。

キーワード: レジリエンス指標、破損拡大抑制技術、連続マルコフ連鎖モンテカルロ法(CMMC)

1. はじめに

原子力分野におけるレジリエンスの重要な代表例が、設計想定を超える事態に対する原子力プラントの対応能力である。破損拡大抑制技術とは破壊現象の積極的な制御のことであり、これを原子炉構造に導入することで、安全上重要な機器構造物の事故時の機能低下を抑制できるとともに回復能力も高まりレジリエンス性の向上が期待できる。この効果を定量評価するために、CMMC を用いてレジリエンス指標を動的化し、プラントの状態を時々刻々反映した場合の安全・時間の裕度を評価できるようにした。高速炉もんじゅにおける除熱失敗系事象(LOHRS)を起因事象とする原子炉容器配管ノズル部の超高温高圧時によるクリープ破損部からの冷却材ナトリウム漏洩と高温による冷却材ナトリウムの沸騰の2つを原因とする冷却材ナトリウム液位低下を例題とした解析では、破損拡大抑制効果があることによる時間裕度および安全裕度の増加を可視化することができた。

2. 対象事故シーケンスの拡張

令和4年度はさらに事故シーケンスを拡張した場合のレジリエンス性能向上の評価と本手法の適用性の評価を行う。起因事象は高速炉もんじゅにおける除熱失敗系事象(LOHRS)とし、冷却材ナトリウム液位低下の原因として超高温による原子炉容器破損を追加して解析を行う。また、追加的 AM 策としてラプチャディスクによる原子炉容器内圧力解放を取り入れた。

3. 結言

令和4年度に CMMC を取り入れて動的に改良したレジリエンス指標を用い、対象とするシーケンスを拡張した場合についても、破損拡大抑制技術に導入による設計基準外事象発生時のレジリエンス向上効果を示した。

参考文献

- [1] S. Jang and A. Yamaguchi, "Dynamic scenario quantification for level 2 PRA of sodium-cooled fast reactor based on continuous Markov chain and Monte Carlo method coupled with meta-model of thermal-hydraulic analysis" J. Nucl. Sci. Tech., Vol. 55, Issue 8, pp. 850-858 (2018)

*Kazuyuki Demachi¹, Satoshi Abe¹, Shi Chen¹, Kennichi Kurisaka²

¹The University of Tokyo, ¹Japan Atomic Energy Agency