

外部ハザードに対する崩壊熱除去機能のマージン評価手法の研究開発 (6) 動特性解析とマルコフ連鎖モンテカルロ法のカップリングによる 積雪に対する事象シーケンス評価

Research and Development of Margin Assessment Methodology of Decay Heat Removal Function
against External Hazards

(6) Event Sequence Assessment Based on Plant Dynamics Analysis coupled with Continuous Markov
Chain Monte Carlo Method against Snow

阪大院・工

○ 高田 孝
Takashi Takata

東 恵美子
Emiko Azuma

動特性解析コードに連続マルコフ連鎖モンテカルロ(CMMC)法をカップリングすることで、事象シーケンスを網羅的に評価する手法を開発し、ナトリウム冷却高速炉を対象とした積雪に対するプラントシステムの評価を行った結果について報告する。

キーワード: ナトリウム冷却高速炉, 外部ハザード, 連続マルコフ連鎖モンテカルロ, プラント動特性

1. 緒言 外部ハザードに対する原子力施設の安全性の向上及び炉心損傷までのマージン(安全裕度)評価では、事象シーケンスを網羅的に定量化する必要がある。本研究では前報[1]で検討したCMMC法とプラント動特性解析手法のカップリングをSuper-COPDコード[2]に適用し、ナトリウム冷却高速炉プラントにおける積雪に伴う除熱源喪失事象への影響を評価した。

2. CMMC法における状態遷移確率モデル マージン評価ではアクシデントマネジメント(AM)対策も含まれるため、様々な確率モデルが必要となる。本研究では、確率モデルとしてデマンド型、故障率型、状態確率の表形式入力(テーブル型)の3種類を考慮した。またサブモードとして、外部からの制約としての条件付きモード、現状の状態に無関係な強制モード、一つの乱数で同時に状態遷移を評価する共通モードを組み込んだ。

3. 積雪に対する事象シーケンス評価 降雪速度を10cm/hrとし、2mの積雪時における空気冷却器機能喪失状態確率を0.95として故障率を設定した。またAM策として8hr毎の除雪を想定し、除雪失敗確率を0.5とした。解析は積雪に起因した外部電源喪失+非常用電源喪失を時刻0hrと仮定し、自然循環除熱で24hrまでの評価を行った。サンプルは100~1000ケースである。図1に炉上部プレナムでの冷却材温度分布の一例を、図2に最高温度の累積分布を示す。図1に示すように、積雪による除熱源喪失発生時刻や除雪による機能回復はサンプルにより異なるが、概ね2回目の除雪時刻後(16hr)に最高温度が見られている。また最高温度の分布は、実線で示す累積正規分布で概ね近似可能であった。例えば、冷却材バウンダリ機能喪失温度を650°Cとすると、事象発生から24hr経過時における機能喪失確率は、それぞれ 9.0×10^{-5} (除雪有), 6.6×10^{-3} (除雪無、いずれも図2の近似曲線より算出)となり、時間進展を考慮した事象シーケンス評価を確率論的に取り扱える見通しを得た。

4. 結言 平成24年度の検討結果をもとに、Super-COPDコードにCMMC法をカップリングした事象シーケンス評価手法を開発した。また開発した手法を用い、ナトリウム冷却高速炉を対象とした積雪ハザード時における事象シーケンス評価を実施し、網羅的に評価した結果を統計処理することで確率論的に時間進展を考慮した事象シーケンス評価が可能な見通しを得た。*本報告は、特別会計に関する法律(エネルギー対策特別会計)に基づく文部科学省からの受託事業として、原子力機構が実施した平成25年度「外部ハザードに対する崩壊熱除去機能のマージン評価手法の研究開発」の成果である。

参考文献 [1] 高田孝, 原学会 2013 秋の大会, G47, 2013. [2] JAEA-Evaluation 2011-004 (2012).

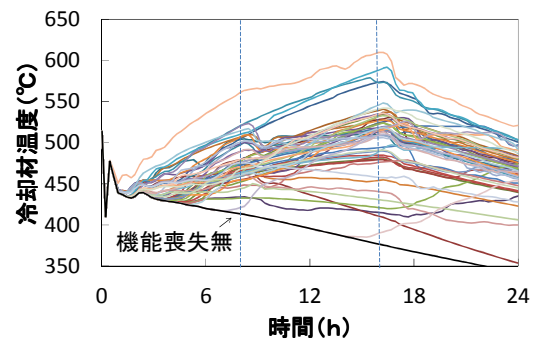


図1 炉上部プレナム温度履歴(除雪有)

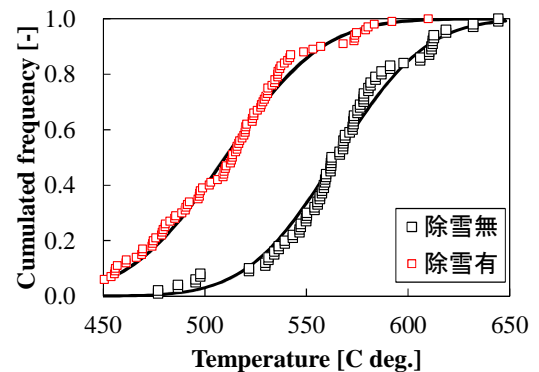


図2 最高温度累積分布