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
（18）異常降雨時における CMMC 法を用いたプラント状態の定量化

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

(18) Numerical Quantification of Plant State based on CMMC Method under Strong Rainfall Hazard

*高田　孝[1]

[1]日本原子力研究開発機構

連続マルコフ過程モンテカルロ法（CMMC 法）を用いたプラント状態の事象シーケンス評価手法の適用として、異状降雨事象への適用を行った。解析では、雨水の浸入による各部屋の水位の時間進展を計算するモジュールを CMMC 法に追加することで、時間依存事象シーケンスの評価を実施した。

キーワード：ナトリウム冷却高速炉、動特性解析、CMMC 法、外部ハザード

1. 緒言　本研究ではこれまでに開発した連続マルコフ過程モンテカルロ法(CMMC 法)を用いた事象シーケンス評価手法[1]に、降雨による浸水に伴う屋内各部屋の水位変化を評価するモデルを追加し、ナトリウム冷却高速炉を対象とした異常降雨における事象シーケンス評価を行った。

2. 水位変化評価モデル　区画 i における積算水量 W_i [kg]について、以下の保存則を用いた。

$$\frac{\partial W_i}{\partial t} = \rho A_i \frac{\partial h_i}{\partial t} = G_{src\,i} - \sum_j G_{overflow,ij} - \sum_k G_{leak,ik} - \sum_m G_{drain,im} \qquad (1)$$

本研究では、屋外からの浸水(G_{src})、部屋間の水位差（止水板による落差も考慮）に伴う輸送（$G_{overflow}$）、止水板あるいは水密扉の損傷に伴う輸送（G_{leak}）ならびにドレインラインあるいは簡易ポンプ等を用いた排水（G_{drain}）を考慮した（(1)式右辺）。またρは水密度、A は床面積である。(1)式により各時刻での部屋水位(h_i)を評価し、水位を独立変数とした機能喪失確率をモンテカルロサンプリングすることで、該当する機器の機能喪失を判定し、動特性コードに反映させプラント状態の変化を評価する。

3. 異常降雨時におけるプラント状態の定量化　別途実施した異常降雨イベントツリー評価[2]より、建屋屋上で 1.0m 以上の水位で内部電気室に浸水が発生し、非常用ディーゼル発電機(DG)の機能が喪失し始めると仮定した。図 1 に機能喪失確率を示す。解析では時刻 0s で異常降雨（降水量 126mm/hr）に伴う炉心緊急停止、ポニーモータ運転による強制対流条件での崩壊熱除去運転を仮定し、建屋内部への浸水に伴う非常用 DG 機能停止、自然循環崩壊熱除去運転への移行を評価した。炉心出口冷却材温度の解析結果を図 2 に示す。図に示すように事象開始後約 8hr 以降で自然循環除熱運転への移行が見られ、自然循環が十分に発達するまでの過程で約 50℃の温度上昇が見られるが、いずれも 450℃以下であり、異常降雨に対するプラント耐性はきわめて高いことが明らかとなった。

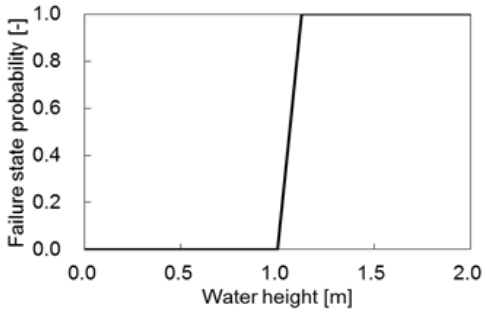

図 1 非常用 DG 機能喪失確率

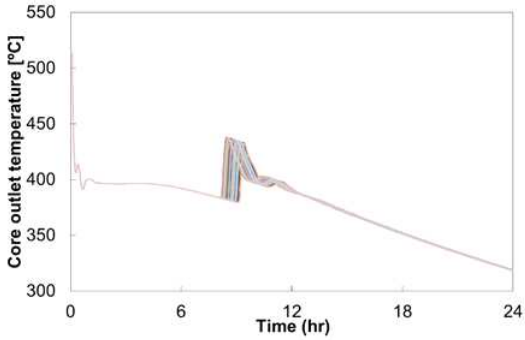

図 2 冷却材温度変化(50 サンプル)

4. 結言　CMMC 法に異常降雨事象評価のためのモデル改良を実施し、異常降雨時におけるプラント状態を評価した結果、本手法の妥当性を確認するとともに、プラント耐性が極めて高いことを明らかにした。

参考文献 [1] 高田他, 原学会 2015 秋の大会, E51, 2015.
[2] 西野他, 原学会 2015 秋の大会, E50, 2015.

*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 27 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。

*Takashi Takata[1]

[1]Japan Atomic Energy Agency