

4. プラント特性評価 Gr.

4-1 保安規定における許容待機除外時間の妥当性評価 素都 益武 (プラント特性評価 Gr.)

要旨

一般に、原子力発電プラントにおける重要な設備・系統は、多重性を有しており、単一の系統が停止した場合、それが常用系設備ならば通常運転系統の多重性低下、安全系設備あるいはそのサポート設備ならば事故時の安全機能の低下に直接または間接的に関連している。

「もんじゅ」の保安規定では、この様なプラント状態を運転上の制限 (LCO) の逸脱と定義し、必要な措置が定められている。LCO の逸脱が定められている設備は単一の系統が機能喪失した場合の運転継続状態または待機状態からの除外が直接運転を阻害することにはならない。従って、必要な措置には、その完了時間が定められており、その時間内は原子炉の運転継続が許容されている。

この完了時間の増大が炉心損傷のリスクをどの程度変動させ得るのか、確率論的安全評価 (PSA) の手法に基づいて評価し、現状の保安規定に定める完了時間は妥当であることを明らかにした。

1. 研究目的

「もんじゅ」において整備されている保安規定で定める運転上の制限及びこれを満足していない場合に要求される措置の完了時間について、PSA の観点から妥当性を評価するため、モデル化されているシステムを対象に、保安規定に定める 1 系統が機能喪失した場合について算出し、完了時間すなわち許容待機除外時間 (AOT) の妥当性について考察する。

2. 評価方法

本研究[1]では炉心損傷頻度 (CDF) を指標とする。先行例として米国 NRC による AOT の変更に係るガイドライン R.G.1.177[1]に示される手法を適用して評価する。対象とする設備の 1 系統の機能喪失による CDF の増大を ΔCDF とすると、以下の(1)式にて算出できる。

$$\Delta CDF = R(p_i=1) - R_0 \quad (1)$$

ここで、

$R(p_i=1)$: 1 系統の機能喪失確率を 1 とした条件付き CDF

R_0 : 基準となる CDF

この ΔCDF を基に、完了時間を AOT (単位: 時間) と見なすと、条件付き炉心損傷確率増分 (ICCDP) は、以下の(2)式にて求められる。

$$ICCDP = \Delta CDF \times AOT / 8760 \quad (2)$$

R.G.1.177 に示されるリスク許容基準では ICCDP $< 5 \times 10^{-7}$ としており、これと先に得られた結果とから、完了時間の妥当性を評価した。

3. 評価結果

図1に対象とする設備ごとに算出した Δ CDFを示す。

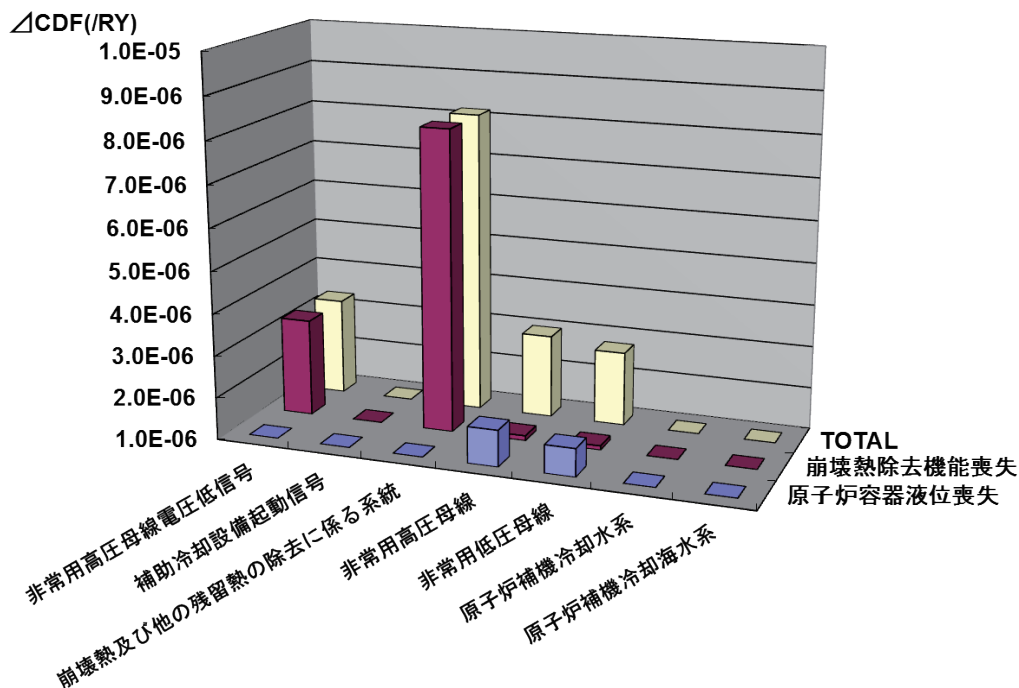


図1 対象設備毎の Δ CDF

影響が最も大きい「1 系統の崩壊熱及び他の残留熱の除去に係る系統の機能喪失」は、「崩壊熱除去機能喪失」の発生確率を有意に増大させる。これは「崩壊熱除去機能喪失」の構成要因である「補助冷却設備 1 ループ以上の強制循環除熱失敗」, 「中央制御室または現場手動操作による 1 ループ以上の自然循環除熱失敗」, 及び「全交流電源喪失信号による 1 ループ以上の自然循環除熱失敗」の確率が増大するからである。

2 番目に影響が大きい「1 系統の非常用高圧母線電圧低信号」の発信に失敗すると, 全交流電源喪失信号を発信できない。これは全交流電源喪失信号の発信条件は全ての「非常用母線電圧低信号発信」が必要であることによる。

3 番目に影響が大きい「1 系統の所内非常用高圧母線の機能喪失」は, 「原子炉容器液位喪失」及び「崩壊熱除去機能喪失」の発生確率を有意に増大させる。これは, 「メンテナンス冷却系緊急起動による崩壊熱除去」, あるいは「1 次ナトリウムオーバーフロー系汲み上げ電磁ポンプのサポート系等の機能」を喪失するからである。

これらの Δ CDFに基づき, $ICCDP < 5 \times 10^{-7}$ を満たす AOT 及び保安規定に定められている完了時間を図2に示す。

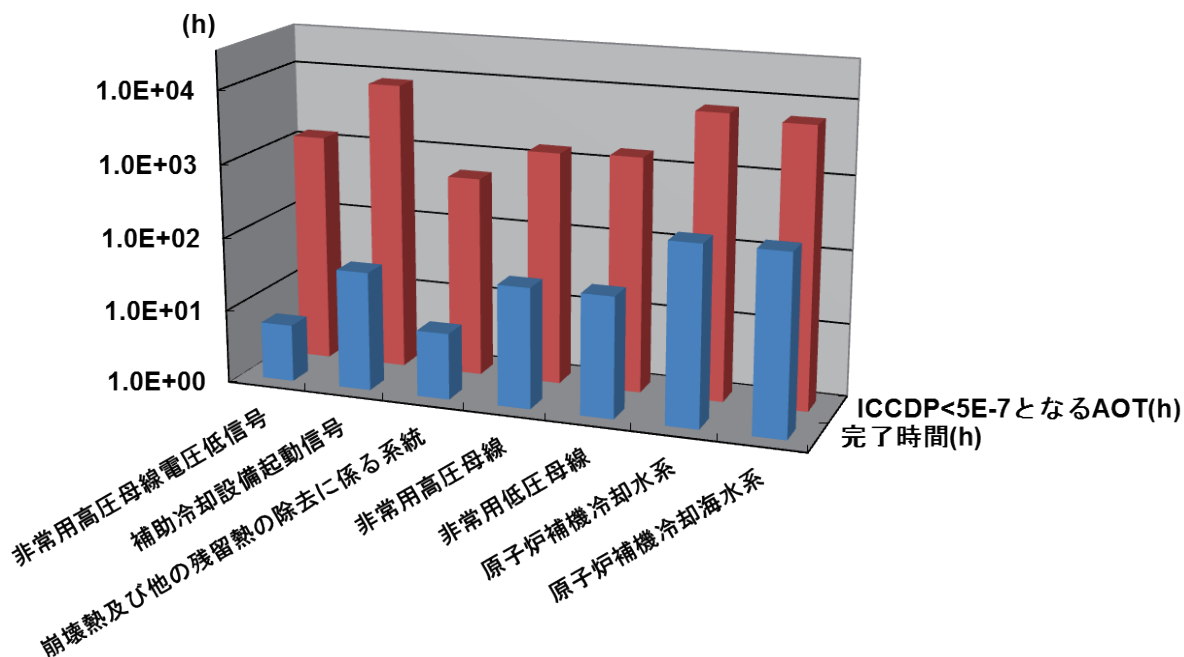


図2 対象設備毎の完了時間と許容できる AOT

許容できる AOT に対し、保安規定に定める完了時間はいずれも短く、完了時間の設定は妥当であると言える。また、図1に示す影響の大きい設備に対し、許容できる AOT は相対的に短くなっており、保安規定の完了時間もこの傾向と一致している。これは既往の完了時間の設定の際になされた工学的判断において個々の設備に対する相対的な重要性を適切に考慮した結果と考えられる。

4. まとめ

保安規定で LCO 逸脱時の措置が定められている設備を対象に PSA でモデル化されているシステムの 1 系統の機能喪失を解析し、その完了時間を NRC の R.G 1.177 のリスク許容基準を用いて定量的に評価を行った。その結果、保安規定で定める完了時間は妥当であるとの結論を得た。

本稿に関する投稿論文

- [0] M. Sotsu and K. Kurisaka, "Evaluation of MONJU Core Damage Risk with Change of AOT Using Probabilistic Method", Journal of Power and Energy System, 2010

参考文献

- [1] US Nuclear Regulatory Commission, "An Approach for Plant-Specific, Risk-Informed Decision making : Technical Specifications", RG1.177, 2002