

## 原子力分野のPSAにおけるシステム信頼性解析方法の動向

Current Status of System Reliability Analysis Methodologies  
in PSAs for Nuclear Power Plants

松岡 猛

平成6年10月

電子情報通信学会第5回安全確保研究会予稿集

原子力分野におけるPSA（確率論的安全評価）においては従来からイベント・ツリー、フォールト・ツリーが解析の中心的な位置を占めている。しかし、PSAの成熟にともない、より進んだ解析手法が要求されてきており、種々の新しい解析手法が提案されている。本稿では、1992年に米国ビバリーヒルズで開催されたPSAM（確率論的安全評価と安全管理に関する国際会議）及び1994年サンディエゴで開かれたPSAM-IIにおける発表論文を中心として調査した、これらの新しい信頼性解析手法についての概要報告である。特に、最近広く使用されているDYLAMについてはその特徴をやや詳しく述べてある。

動的なシステムの信頼性解析手法としては、船舶技術研究所で開発を進めているGO-FLOW手法をはじめダイナミック・イベントツリー、ダイグラフ・マトリックス解析、DYLAM、ディスクリート・イベント・シミュレーション、ダイナミック・ゴールツリー、IDDA（Integrated Dynamic Decision Analysis）、連続イベント・ツリーが見られた。

DYLAM (Dynamic Logical Analytical Methodology) とは、計算機シミュレーションによるプラントの決定論的モデルと機器信頼度の確率モデルを結合した解析手法である。時間経過に伴うシステムの動的な信頼性解析が実施でき、頂上条件として複数の設定が可能である。

解析対象として、加圧水型原子炉補助給水系（AFWS）を取り上げて、具体的に解析を進めながら解析手法の特徴を説明してある。まず、FMEAにより考慮すべき機器の故障モードを調べ上げる。次に、機器の各状態における流量を与える式を求めるとともに、各状態の発生確率値を推定して割当てる。系統の各分岐点での連続の式、ポンプの駆動力、弁・配管における圧力損失の式、水源タンクの水位を支配する式を与え、システム全体の挙動を記述する。

次の段階としては、計算プログラムを用い初期状態から始めて $\Delta t$ の時間ステップ毎に順次系の状態を計算していく、頂上条件に適合するか調べていく。これはフォールト・ツリー解析における頂上事象発生確率を求める事に相当している。

DYLAMにおいては運転員操作によるシステム動作への介入を考慮することや、フェーズドミッショントリニティ問題の解析も容易に実施できる。ただし、DYLAMは解析対象毎に特有のモデル化・解析手法が必要となり、解析対象が異なると他の解析例を参考とする事ができない。

〈原子力技術部〉

## 1～30keV X線に対するICRU球内線量当量評価

Estimation of Dose Equivalent in ICRU sphere  
for 1-30keV X rays

成山展照、田中俊一、平山英夫、伴秀一、

中島宏、波戸芳仁、中根佳弘

平成5年3月

日本原子力学会

1993年春の年会要旨集

従来、光子に対する線量換算係数は10keV以上のエネルギーに対して求められてきたが、放射光施設のような強力なX線線源の普及および実効線量における皮膚線量の考慮などから、より低エネルギーなX線に対してもその正確な評価が求められつつある。そこで本研究では30keV X線に対する線量測定結果を用いて計算コードの精度をまず確認し、その後、1～30keV X線に対するICRU球内の線量当量計算を行った。

まず、ベンチマーク実験は高エネ研の放射光実験施設(PF)を利用した。1辺30cmの立方体ファントムに直径5mmの30keV単一X線ビームを入射させ、LiF、Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>(Cu)TLDを用いて線量を測定した。測定点はビーム軸から0、1、3、5cm離れた点である。ファントムの材質は低エネルギー領域において軟組織等価な組成をもち、解析には直線偏光の散乱を組み込んだEGS4モンテカルロコードを用いた。ビーム軸に対する方位角によって線量が異なる偏光の影響も含めて計算は実験結果を精度よく再現し、低エネルギーX線に対する同コードの適用性を確認した。

ICRU球内における線量計算は、主軸上深さ10mm、0.07mmにおける線量当量を求めた。その結果、10keV以上の計算値は文献値と誤差内で一致し、また0.07mmにおける単位フルーエンス当たりの線量は低エネルギーになるほど増大するが、3keV以下になると逆に減少することがわかった。