

PSA 手法による経済的リスク情報の保守管理への活用

Application of the Economical Risk Information for the Maintenance Activity Using PSA Approach

友澤 孝司 ¹⁾	Takashi TOMOZAWA	Non Member
倉本 孝弘 ²⁾	Takahiro KURAMOTO	Non-Member
豊嶋 謙介 ²⁾	Kensuke TOYOSHIMA	Non-Member
片桐 康寛 ²⁾	Yasuhiro KATAGIRI	Non-Member

¹⁾ 四国電力株式会社 ²⁾ (株)原子力エンジニアリング

Abstract: This paper discusses a PSA approach to evaluate the economic risk importance of Balance Of Plant (BOP) system equipment/component with respect to loss of power production, that is the plant trip or the plant power reduction. The economic risk importance used in this study is the Megawatt-Hour loss. Knowing this relative importance of the BOP system equipment/components allow the plant to prioritize the maintenance of the equipment. This study was performed on a typical Japanese Pressurized Water Reactor (PWR), and summarizes the actual application ideas using this economical risk importance for the rotational and the un-rotational maintenance prioritization.

Keywords: PSA, Plant Trip, Power Reduction, Power Loss, Risk Importance, Maintenance Activity

1. はじめに

原子力プラントにおける確率論的安全評価 (PSA) の利用は、従来から、安全関連機器、特に蒸気供給系 (NSSS) のシステム・機器を対象に、炉心損傷頻度を評価することを主目的として行われてきた。これに対し、NSSS 以外のいわゆる Balance Of Plant (BOP) システムも評価対象に含めたプラントトリップ及び出力低下事象の発生頻度の定量的評価は、炉心損傷頻度と比較し数オーダー大きな現実的な数値算出を目的とする事、且つ通常運転で使用するシステム・機器を評価対象とする事から、実際のプラント保守活動に重要で有意義な評価となると考えられる。また、プラントトリップ及び出力低下による出力損失を経済的リスク指標とすることで、プラントの稼働率や機器の保守費用を勘案した保守計画策定時の意志決定ツールとしての使用も期待できる。

本検討においては、原子力プラントにおけるプラントトリップ頻度・出力低下頻度を評価する PSA モデルを構築し、これに基づいて算出される機器の経済的リスク情報を、プラントの実際の保守管理に活用する方法を検討した。

2. PSA 手法による経済的リスク評価

2.1 評価手法の概要

国内代表的 PWR プラントにおいて、BOP システムを対象に PSA モデルを構築し、BOP が原因となって発生するプラントトリップ・出力低下頻度を評価して、この結果から、出力損失量をインデックスとする機器単位の経済的リスク重要度を算出する。PSA 手法による経済的リスク評価手法の全体的な流れを、Fig.1 に示す。

2.2 プラントトリップ・出力低下頻度の評価手法

機能毎に分類したサポートシステム及び BOP システムをトップイベントとして定義し、それらのシステムの成功/失敗の組み合わせ

連絡先:

(株) 原子力エンジニアリング 技術部 倉本孝弘
〒550-0001 大阪市西区土佐堀 1-3-7 肥後橋シミズビル 12F
TEL: 06-6446-9361, E-mail: tkuramoto@neltd.co.jp

による各シーケンスにおいて、ツリーの終状態でプラントトリップ或いは出力低下度合を定義するイベントツリーを構築して、フォールトツリー解析により、トップイベント間の依存に応じた分岐確率を算出する。それぞれの終状態に至るシーケンス頻度であるプラントトリップ・出力低下頻度の定量化は、プラントトリップ・出力低下に至る可能性のある起因事象或いは予兆事象を選定し、その発生頻度をイベントツリーに入力する事で評価する。

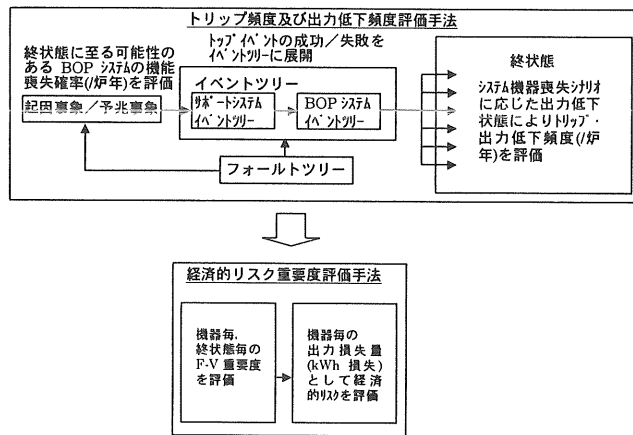


Fig.1 PSA 手法による経済的リスク評価手法の全体的な流れ

2.3 経済的リスク重要度評価手法

2.2 の評価結果に基づいて、出力損失量をインデックスとする機器毎の経済的リスク重要度を、以下の評価式で算出する。

$$\text{出力損失量/炉年} = Q \times \sum_{p(\% \text{出力})} \left\{ \frac{100-p}{100} \times f_p \times FV_{A,p} \times T_{A,p} \right\}$$

p : 終状態の出力(%)
 Q : 100%出力運転時のプラント電気出力(MW)
 $T_{A,p}$: 機器A、終状態 p における平均修理時間(hr)
 f_p : 終状態 p の頻度(1/炉年)
 $FV_{A,p}$: 機器Aの終状態 p に対する Fussell-Vesely重要度

本手法の適用により、BOP システムにおける機器の経済的リスク重要度が、機器の1年あたりの潜在的な出力損失量 (MWh) の形で定量的に表現され、各機器の経済性に与える影響度が相対的にランク付けされる事となる。

3. 経済的リスクの保守管理への活用

2で得られる経済的リスク重要度(機器の1年あたりの潜在的な出力損失量評価値)を、保守管理における意志決定への定量的情報として活用する方法としては、以下の様な事が考えられる。

3.1 定例保守要件変更への情報提供

対象 BOP 機器の経済的リスク重要度(出力損失量評価値)を、各々の機器の点検周期や保守管理重要度と比較する事により、定例保守要件(点検方法や周期等)変更の可能性を提示する事ができる。

Fig.2 に、各々の機器に対する出力損失量評価値を点検周期と比較する場合の例を示す。ここで、出力損失量評価値が大きい機器ほど点検周期が短く、出力損失量評価値が小さい機器ほど点検周期が長いというプロットプロファイルとなる事が理想的であると考え、本比較よりそれから外れる対象機器を抽出して、点検周期の増減の可能性を提示する。

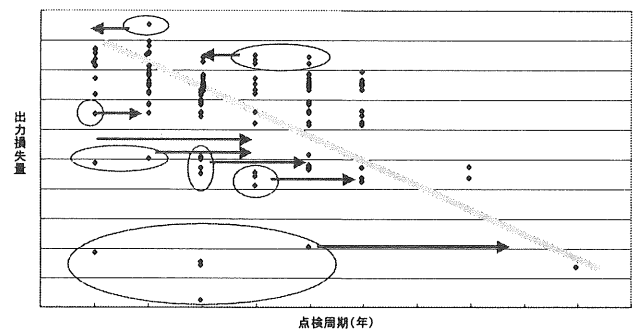


Fig.2 機器の出力損失量と点検周期の比較例

機器の点検周期等の保守要件は、本リスク評価のみで決める事のできるものではなく、他の要件との兼ね合いで最終的に決定する事になるが、本手法は、保守(点検)資源の効果的な配分に資する経済的リスクを指標とした有用な情報を提供する事ができるものと考えられる。特にリスク重要度ランキングの下位の機器に対して、点検周期緩和等を提示する事による保守コスト削減が期待できる。

3.2 非定例保守優先順位付けへの情報提供

非定例工事等において必要と考えられる保守（工事）において、各工事に掛かる費用と工事対象の機器の経済的リスク重要度（出力損失量評価値）より、下式により各工事の効果(価値)を評価する。

$$\text{工事価値 (MWh 損失/万円)} = \frac{\text{工事対象機器の潜在的出力損失量 (MWh 損失)}}{\text{工事費用 (万円)}}$$

保守（工事）の優先順位は、本リスク評価のみで決める事のできるものではなく、他の要件との兼ね合いで最終的に決定する事になるが、本手法は、保守（工事）資源の効果的な配分に資する経済的リスクを指標とした有用な情報を提供する事ができるものと考えられる。

4. おわりに

PSA 手法を用いて、国内代表的 PWR プラントにおける BOP システム・機器を対象に、プラントトリップ頻度・出力低下頻度を評価する PSA モデルを構築し、これに基づいて算出される機器の経済的リスク情報の保守管理への活用に関して、定例保守要件緩和等の意志決定への情報提供及び非定例保守優先順位付けへの情報提供の方法の検討を行った。

今後は、PSA モデルにおいて使用するデータベース（機器故障率・トラブル後復旧時間等）の整備及び精緻化の検討を行う等の評価モデル改良を行うと同時に、本手法の実際の保守管理作業への適用性を見極めていく予定である。

参考文献

- [1] Loh, et al., Proceedings of PSAM5 held on November 27 - December 1, 2000 “ A Study Balance of Plant System Component Importance With Respect to Plant Megawatt-Hour Loss”
- [2] 倉本他、日本原子力学会 2003 年春の大会 L4

