

劣化を考慮した保全活動におけるリスク指標に関する研究

Study on risk indicator for appropriate plant maintenance considering aging effect

阪大院・工 ○真野 晃宏 高田 孝 山口 彰

Akihiro MANO Takashi TAKATA Akira YAMAGUCHI

原子力発電所では、保全活動により安全性の確保が行われており、その際保全活動を行う機器や間隔を決定する必要がある。本研究では保全活動を行うべき機器を示す最適なリスク指標として条件付き炉心損傷確率の変化量に注目し、機器の劣化を考慮した指標の提案を行い、リスク重要度等の従来から用いられている指標との比較を行った。

キーワード：確率論的リスク評価、保全、リスク重要度、条件付き炉心損傷確率の変化量

1. 緒言 原子力発電所では、保全活動により安全性の確保が行われており、その際保全活動を行う機器や間隔を決定する必要がある。保全活動を行う機器や間隔は機器ごとのリスク指標による評価によって決定されている。一般的にはリスク指標である Fussell-Vesely 重要度(FV)及びリスク増加価値(RAW)が、機器の保全における優先度決定^[1]に用いられている。保全活動においては経年による劣化が重要な要素となるが、FV と RAW によって劣化自体を評価することは不可能である。そこで本研究では、保全活動における劣化を直接評価する指標として条件付き炉心損傷確率の変化量($\Delta C C D P$)を提案し、確率論的リスク評価(PRA)を用い FV 及び RAW との比較を行った。

2. 提案するリスク指標について 安全確保活動については炉心損傷頻度の変化量($\Delta C D F$)を用いた意思決定^[2]が行われており、リスクの変化を伴うという点で保全活動と類似している。そのため、保全活動も同様に扱うことが可能であると考え、起因事象発生条件付炉心損傷頻度の変化量($\Delta C C D P$)に注目した。経年によるリスク変化を評価するために機器の劣化の程度を表す状態として、ベース状態(B)、劣化状態(D1)、保全を行わず放置しさらに劣化した状態(D2)の3つの状態を仮定した。保全活動は機器がある程度劣化した段階で行われることから劣化状態をリスク変化の基準とし、これまでの劣化の蓄積によるリスクの増加を評価すること及び保全を行わない場合の将来のリスクを評価することを考えて、本研究における $\Delta C C D P$ を式(1)の通り定義した。

$$\Delta C C D P^A \equiv \Delta C C D P^A_{D1 \rightarrow b} + \Delta C C D P^A_{D1 \rightarrow d2} \quad (1)$$

$\Delta C C D P^A_{D1 \rightarrow b}$ は全ての機器が劣化状態にある時の C C D P と、全ての機器が劣化状態にある中で機器 A だけをベース状態にあるとした時の C C D P との差であり機器のこれまでの劣化の蓄積を表す。一方、 $\Delta C C D P^A_{D1 \rightarrow d2}$ は全ての機器が劣化状態にある中で機器 A だけを保全を行わず放置した状態にあるとした時の C C D P の変化量であり保全を行わない場合の将来のリスク増加を表す。

3. PRA を用いた指標評価 レベル 1PRA のイベントツリー^[3]を構築し、 $\Delta C C D P$ 及び FV と RAW によって安全上重要である4つの機器 A、B、C、D について指標の評価を行った。機器 A と B は故障確率が一定割合で上昇し、C と D は故障確率が始めの一定期間はほとんど上昇しないが、保全を行わずある期間を過ぎると急上昇するとした。FV と RAW の劣化による変化を図1に、劣化による $\Delta C C D P$ の変化を図2に示す。図1、2中の矢印は終点に向かって劣化し機器の故障確率が高くなることを示す。FV や RAW はある時点における相対的な重要度評価であるため、機器 A、C、D は劣化によって重要度が低下しているように表され、経年化の影響が不明である(図1)。一方、図2に示すように、これまでの劣化の蓄積と保全を行わない場合の今後のリスク増加が提案した $\Delta C C D P$ では明確である。また、定義した $\Delta C C D P$ を $\Delta C D F$ に変換することで、意思決定の判断基準と比較を行うことも可能である(図2中黒実線参考)。ただし、安全上重要であっても信頼性の高い機器は FV 同様に本指標では評価できないため、FV の代わりに本指標($\Delta C C D P$) と RAW を用いた評価が有効であると考えられる。

4. 結言 保全上重要である経年劣化を明確に表現したリスク指標を提案した。また提案した指標の有効性を、レベル 1PRA を用いて定量化しその妥当性を明らかにした。

参考文献

- [1] EPRI, PSA application guide, 1995 [2] 日本原子力学会標準, AESJ-SC-RK002:2010, 2010
- [3] 日本原子力安全基盤機構, JNES/SAE07-040, 2007

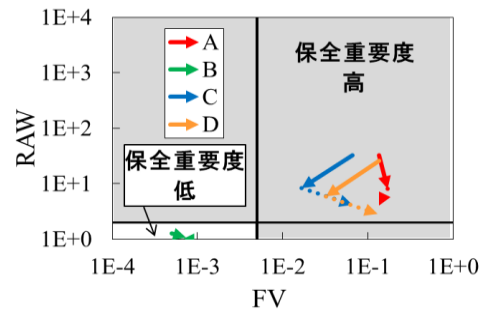


図1 FV と RAW による評価^[1]

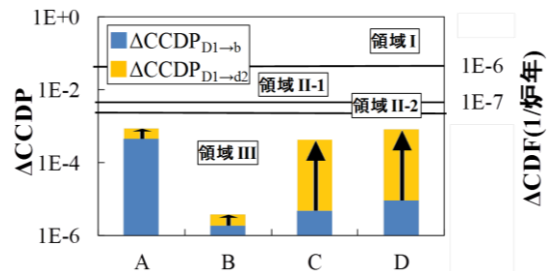


図2 $\Delta C C D P$ による評価^[2]