

共通原因故障分析手法(案)の作成と国内事例試評価

背景

現在、米国を中心にして、原子力安全分野における「リスクインフォームド規制」が進められている。リスクインフォームド規制では、確率論的安全評価(probabilistic safety assessment, PSA)の知見を活用し、安全重要度の高い部分に安全規制活動のリソースを集中することにより、原子力発電所の経済性と安全性の両立を図ることができる。我が国でも、2003年に原子力安全委員会がリスク情報活用基本方針を決定して以来、リスク情報活用の規制枠組みの構築と、民間による関連基盤技術整備が進められている。特に電気事業をはじめとする民間側の役割として期待されているのが、原子力発電所安全運用管理のためのリスク情報活用ガイドラインの策定、PSAの技術標準の策定、およびPSAの基盤技術/データ整備である。基盤技術/データ整備の中で重要なものの中に共通原因故障(Common Cause Failure, CCF)の分析手法ならびに共通原因故障率パラメータ整備がある。共通原因故障は発電所の深層防護に影響する重要な問題であるが、我が国ではこれまでPSA用に国内の共通原因故障を分析した例がほとんどなかったため、分析手法の理解と国内実施基準の整備、および分析の実践が必要とされていた。

目的

我が国のPSAに国内共通原因故障率を反映させることを目的に、米国等で確立されている共通原因事象の分析・評価手法を調査し、PSA入力用共通原因故障の分析手順(案)を作成する。また、我が国のトラブル事例記録を用いて試評価を行いつつ我が国での実施可能性を検討し、今後の課題を抽出する。

主な成果

1. PSA用共通原因故障分析手順(案)の作成

米国の技術文書(NUREG等)を調査し、日本語版の原子力発電所PSA用共通原因故障分析手順(案)を作成した。PSAでは、共通原因故障の可能性がある機器の故障率を単独故障率と共通原因故障率の和として表現し(図1)、共通原因故障率が機器故障率の中に占める割合を表すパラメータを定義する(代表的なものにMultiple Greek Letterモデルがある。図2)。今回作成した手順は、国内故障事例の中から共通原因故障の可能性のある事象を分析し上のパラメータを決定する方法を記したものである(図3)。

2. 我が国のトラブル情報を用いた共通原因事象の分析とPSAモデルパラメータの試算

作成した分析手順(案)に基づき、日本原子力技術協会の原子力施設情報公開ライブラリーNUCIAに収録されているトラブル情報を用いて共通原因事象の分析を行い、先述のモデルパラメータ試算を行った(表1)。この過程から、我が国で構築されているトラブル情報データベースNUCIAには、共通原因故障の分析・評価を行うに足る基本的な情報が存在することが判明し、作成した手順(案)が我が国でも適用可能であることが確認できた。

3. 今後の課題の抽出

上記2.の過程から、我が国における共通原因故障分析の今後の課題を抽出した(表3)。

今後の展開

今回作成したPSA入力用共通原因故障の分析手順(案)は、現在日本原子力学会で策定中のPSA実施基準の中に反映されることになっており、今後具体的な適用の過程で、米国最新動向を反映したり、電気事業者や他機関専門家と議論を重ねて適宜改良を行っていく。また、今回の試算結果を基に国内関係機関の間での知識共有を図り、重要機器の共通原因故障分析を進めることによって国内PSAの品質向上を目指す。

主 担 当 者 原子力技術研究所 発電基盤技術領域 上席研究員 真田 高宥、主任研究員 吉田 智朗

関連報告書 「PSA入力用共通原因故障の分析手順の策定と試評価」 電力中央研究所報告, L06015 (2007年4月)

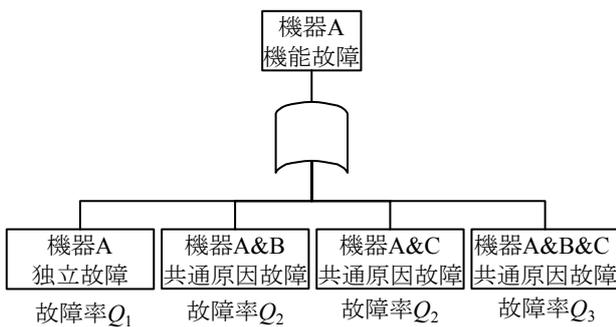
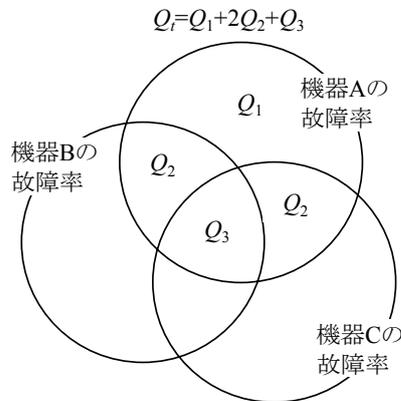


図1 共通原因故障のフォールトツリーにおける取り扱い
機器数、仕様・バウンダリ・運転保守条件・故障モード、等を確認して共通原因機器グループを決定(上図では3機A,B,C)



共通原因故障パラメータ β, γ (定義)

$$\beta = \frac{2Q_2 + Q_3}{Q_1 + 2Q_2 + Q_3}, \quad \gamma = \frac{Q_3}{2Q_2 + Q_3}$$

n_k : k 機同時故障件数 ($k=1,2,3$)を評価して次式より β, γ および故障率 $Q_1 \sim Q_3$ を計算する

$$\beta = \frac{2n_2 + 3n_3}{n_1 + 2n_2 + 3n_3}, \quad \gamma = \frac{3n_3}{2n_2 + 3n_3}$$

$$Q_1 = (1 - \beta)Q_T, \quad Q_2 = \frac{1}{2}\beta(1 - \gamma)Q_T$$

$$Q_3 = \beta\gamma Q_T$$

図2 共通原因故障の
Multi Greek Letter モデル

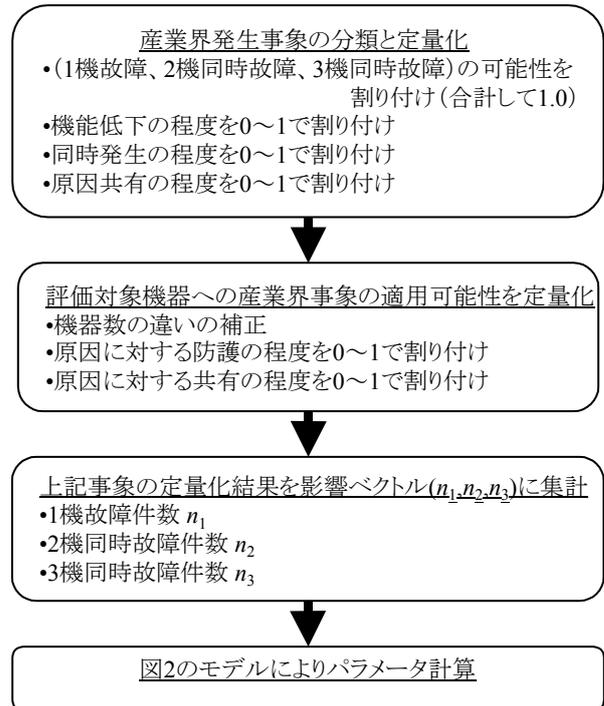


図3 共通原因故障事象の分析手順

表1 共通原因故障(CCF)のモデルパラメータの試算例
CCF グループ 2 機の場合

共通原因機器グループ	故障モード	CCFと考えられる事象の影響ベクトル		MGLモデルパラメータ
		1機故障件数 n_1	2機故障件数 n_2	β
BWR ECCS 電動弁 (2機)	シート漏洩	1.510	1.667E-5	2.208E-5
	開失敗	7.686	1.167	0.233
	閉失敗	4.776	0.167	0.065

表2 共通原因故障分析の今後の課題

- 各種機器の共通原因故障情報を発電所から収集できるような枠組みを構築することが望ましい。
- 専門家が各種機器の共通原因分析・評価の経験を蓄積し、それに基づいて一般化したガイドラインを策定する必要がある。
- 定量化過程において、専門家判断手法の構築とより客観性を考慮した数値割り付けルールが必要である。