

PRA入力用共通原因故障国内データ分析と信頼性パラメータの推定（電気・計装品編）

キーワード：確率論的リスク評価, 共通原因故障, インパクトベクトル, α ファクタモデル, MGLモデル 報告書番号：L12004

背景

確率論的リスク評価（PRA）は、原子力発電所のような巨大システムに発生し得る事故シーケンス（故障進展の組み合わせ）を体系的に分析することができ、システムの安全性向上を図るのに有効な手法である。現在、原子力規制委員会において発電用軽水炉の新安全基準と制度整備が進められ、設計基準を超える事象、シビアアクシデント防護策の有効性評価方法としてPRAの実施が基本的要求事項に挙げられている。国内原子力発電所の評価の有効性を高めるためには発電所の運転経験に係わるデータを反映することが重要であり、当所では特に事故シーケンスに大きな影響を持つ共通原因故障（common cause failures, CCFs）について、共通原因故障を分析・抽出する工学的判断手法とPRA用定量化モデルパラメータの推定手法の確立、および国内故障事例への適用性の検討を進めている。これまでに当所でその適用性も含めて確立した分析、評価手法を使い、国内発電所機械品については、その信頼性パラメータを推定している[1]が、電気・計装品の信頼性パラメータの推定が課題となっていた。

目的

当所で確立した分析・推定手法を使い、国内発電所の電気・計装品について故障データを分析し、共通原因故障信頼性パラメータを推定する。

主な成果

- 国内原子力発電所の電源系・計測制御系を構成する電気・計装品について、故障モードを定義し、原子力安全推進協会のNUCIA情報から故障動作の事象例を抽出した。定義した故障モードの例を表1に示す。
- NUCIAの故障情報について共通原因故障分析を実施し、国内PRA用に電気・計装品の共通原因故障の割合を表すCCFパラメータを推定した（表2）。

今後の課題

- 国内原子力発電所の機械品および電気・計装品について、パラメータの不確かさ評価と冗長システムの信頼性評価を実施する。
- NUCIAを活用し、これまでに策定した分析手法、評価ガイド、分析・評価結果を取り込んだ国内CCFデータベースを構築する。

表1 故障モードの定義の例（遮断器）

機器名：遮断器		
対象機器名	故障モード	定義（補足）
◆高圧用配電盤 （メタルクラッドスイッチギア（M/C）） ①真空遮断器（VCB） ②磁気遮断器（MBB） ◆低圧用配電盤 （パワーセンタ（P/C）） ①低圧気中遮断器（ACB） ◆モータコントロールセンタ（MCC）、他 ①配線用遮断器（MCCB、NFB） ②漏洩遮断器（ELCB）	作動失敗	➤ 開（または閉）要求時に開（または閉）状態とならない故障 （遮断器を構成する機械，電気部品（*1）の損傷あるいは不具合が原因で，開（または閉）状態とならない（または開（または閉）状態となる）故障 （*1）：リンク機構，投入バネ蓄勢用電動機，引き外し装置，ブッシング，配線等）
	誤開	➤ 開要求がないにもかかわらず閉状態から開状態となる故障 （遮断器を構成する機械，電気部品（*1）または制御，保護回路の機械，電気部品（*2）の損傷あるいは不具合が原因で，閉状態から開状態となる故障 （*2）：制御回路継電器，保護継電器，計器用変圧器，変流器等）

表2 国内電気・計装品 CCF パラメータ推定値の例

電気・計装品	国内推定値(NUCIA)				米国 NRC 入力値(CCFDB) (参考)			
	故障モード	インパクトベクトル (故障件数: n_k)		CCF パラメータ (α_2)	故障モード	インパクトベクトル (故障件数: n_k)		CCF パラメータ (α_2)
		n_1	n_2			n_1	n_2	
480V 遮断器	作動失敗 + 誤開	25.008	2.001	7.41E-02	FO	1.931	0.031	1.56E-02
6.9KV 遮断機					FC	6.355	0.025	3.92E-03
					FO	2.883	0.043	1.45E-02
充電器					機能喪失	4.000	0.250	5.88E-02
	LF	130.695	1.904	1.44E-02				
蓄電池	機能喪失	0.327	1.0E-05	3.06E-05	NO	21.500	0.0	0.0

【記号の説明】

n_1 : 単独故障事象の件数（単独故障の「可能性」を含むため小数点が付いている）

n_2 : 2台共通原因故障事象の件数（共通原因故障の「可能性」を含むため小数点が付いている）

α_2 : 当該機器全体の故障事象のうちの2台共通原因故障事象の割合を表す α ファクタモデルパラメータ

FO : Fail to Open FC : Fail to Close NO : No Output LF : Loss of Function

* : "Common-Cause Failure Data Base" , <http://nrcoe.inl.gov/results/CCF/ParamEst2009/ccfparamest.htm>, April 2011.

研究担当者	吉田 智朗（原子力技術研究所 原子炉システム安全領域）
問い合わせ先	電力中央研究所 原子力技術研究所 研究管理担当スタッフ Tel. 03-3480-2111(代) E-mail : ntrl-rr-ml@criepi.denken.or.jp

報告書の本冊(PDF版)は電中研ホームページ <http://criepi.denken.or.jp/> よりダウンロード可能です。

〔非売品・無断転載を禁じる〕 ©2013 CRIEPI 平成25年6月発行