

[3B_PL03]

マルチユニットPRA手法の 研究開発動向について

リスク部会企画セッション
「最近のPRA手法の研究・開発動向」
平成30年3月28日

一般財団法人電力中央研究所
○三浦 弘道, 猪股 亮, 神田 憲一, 吉田 智朗

MUPRA研究の背景 ①

- 背景

- 国内外ともに、多くの原子力発電所では、複数ユニットを有するものの、ほとんどの安全評価では単一のユニットに限定した評価しか実施されていない。
- 2011年の福島第一原子力発電所事故(1F事故)の経験から、発電所としての安全性(サイト大でのリスク)、や複数ユニット同時発災時における事象緩和や安全性への影響、他ユニットから放出された放射線源による安全性への影響に対する関心が高まっている。
- マルチユニットPRA(MUPRA)の実施例は限定的であり、コンセンサスのとれた評価手法がない。

現在、国際的にも、多くの機関でマルチユニットPRA手法の開発及び実施に取り組んでいる。

MUPRA研究の背景 ②
- 国内外におけるマルチユニットサイトの現状 -

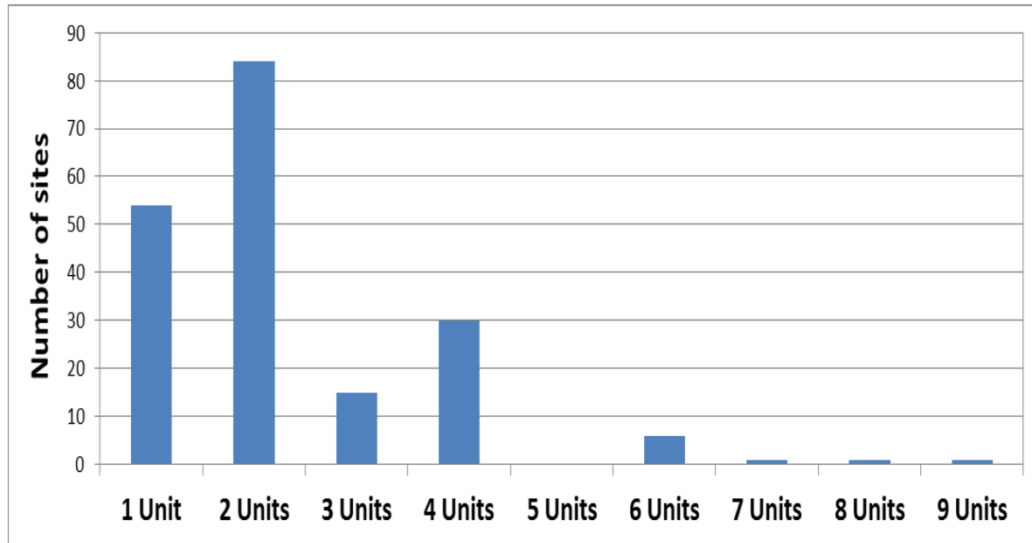


図1 サイト内のユニット数の分布(国内外)
PRIS database, 2017より

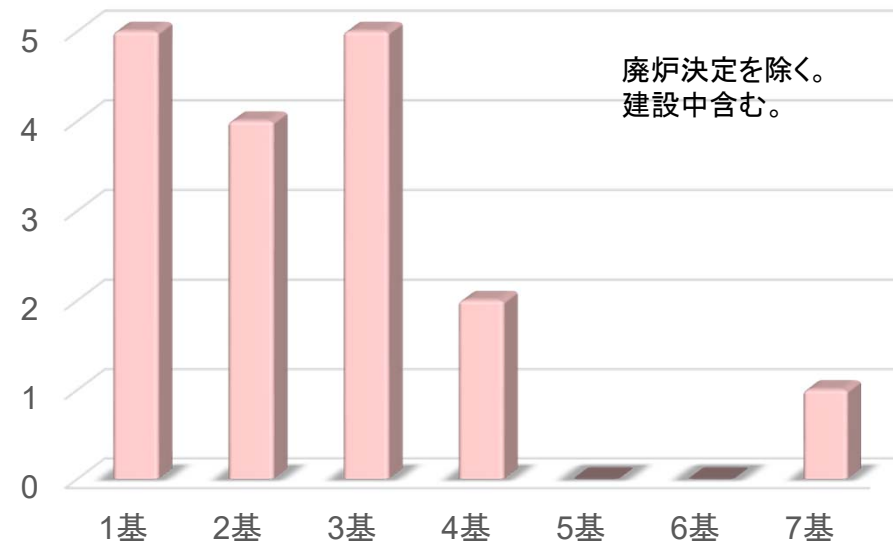


図2 サイト内のユニット数の分布(国内)
<http://www.genanshin.jp/>を元に作成
 (2018年3月23日現在)

MUPRA研究の背景・目的 ③

- 福島第一原子力発電所事故でのマルチユニット影響 -

• 1F事故での複数ユニット同時発災の影響の例

政府事故調・国会事故調*から、複数ユニット同時発災の影響を抽出

➤ 人員の不足

- 福島第一NPPにおいて、同時多発事故への原子炉主任技術者及び運転員当直員の不足が指摘されている。

➤ 対処プラントの優先付け・対応手段の制約

- 福島第二NPPにおいて、より深刻なユニットの対応に水源（純水タンク）を優先的に使用するため、対応手段に制約を受けた。

➤ 他ユニットへの傾注・注意の欠如

- 当初、最も厳しいと判断された2号機のRCICに注意が引き付けられたために、1号機における重大な状況の変化が十分に共有されなかった。

➤ 復旧作業への影響

- 復旧作業中の原子炉建屋の爆発による設備の損傷や要員の負傷、サイト内での放射性物質放出に伴い、現場作業で困難を極めた。

* 政府事故調: 東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会 最終報告
国会事故調: 東京電力福島原子力発電所 事故調査委員会 報告書

MUPRA研究に関わる国際的な動向 ①

- 米国

- 1983年 Seabrook発電所での2号機建設に伴うレベル3PRA
 - 2ユニット 出力運転時
 - 内的・外的(火災、洪水、地震)
- 2010年 米国原子力規制委員会(NRC)は、商用NPPでの統合サイトレベル3PSAプロジェクトを実施
 - 実施項目の一つに、MUPSAを含む。
 - 統合サイトレベル3PSA研究は、研究目的で実施されており、特定のリスク情報アプリケーションを支持するものではない。
- 小型モジュール型原子炉(SMR)に係るMUPSA研究
 - 小型炉は現在設計段階にあり、許認可取得に向けたプロジェクトが動いている。

MUPRA研究に関わる国際的な動向 ②

• カナダ

- 1987年 Darlington原子力発電所でのCANDU炉を対象に実施
 - 詳細な内的レベル1MUPRA

- 2005年 カナダ原子力安全委員会(CNSC)がMUPSAを推進するための規制基準(S294)を発行
 - 2008年から2014年にかけて、MUPSAへのアップデートが図られた。

- 近年、審査の場で「サイト大リスク(whole-site risk)」が議論の対象となっている。
 - CANDU炉オーナーグループでは、サイト大PSAに関する概念レベルのレポート(COG13-9034)を発行(2014年)
 - CSNC主催のサイト大PSAに関するWSの実施(2014年)
 - 2017年末までにPickering NPPのサイト大リスク評価を実施(予定)

MUPRA研究に関わる国際的な動向 ③

• フランス

- フランス放射線防護原子力安全研究所 (IRSN) は2000年初めに、フランス電力 (EDF) にMUPSAの開発を推奨
- 900MWe級PWRプラントの第4回定期安全レビューの枠組みで、MUPSAの開発をすることを決定
 - 2基のユニットに対し評価を実施

• 韓国

- 2012年から2017年に、韓国原子力研究所 (KAERI) は、MUPSAの研究プロジェクトを実施
 - 評価手法及びソフトウェアツールを作成
- 規制当局と事業者によるMUPSAプロジェクトが最近立ち上げられた。

IAEAにおけるMUPSAプロジェクトの概要 ①

• 背景

- 2012年-2015年、IAEAでは、複数ハザード、複数ユニットの安全性評価に関する枠組みと方法論を開発を目的とした活動を開始
 - MUPSAのための技術的アプローチ(SR-8.4)
 - 単一及び複数ユニットPRAのため外部ハザードの考察(SR-8.5)
- 上記プロジェクトでは、MUPSAにかかわるハイレベルなガイダンスを提供したが、プラクティカルなガイダンスとはなっていなかった。
- 2016年12月 加盟国の要請を受け、EESS/EBPのフェーズ2の枠組みの中で、新たにMUPSAプロジェクトを開始

• MUPSAプロジェクトの目的

- SR-8.5を補完するレベル1MUPSAの詳細な評価技術の確立と実践的なPSAモデリングガイダンスを作成する。

IAEAにおけるMUPSAプロジェクトの概要 ②

• スケジュールと実施概要 ①

- フェーズ1(2017年): 実践的なMUPSAモデルリングガイダンス、MUPSAの実施方法を提供する文書の作成

[開発する手法のねらい]

- ✓ 将来的にレベル2・3に繋げるためのレベル1PSA手法の確立
- ✓ 様々な炉型、運転モード、ハザードへの適用
- ✓ マルチユニットリスクへの支配的な寄与因子の特定、妥当な定量結果の提供
- ✓ 実用性

[文書の概要]

- ✓ MUPSAの評価手順(単一ユニットPSAモデルからの拡張)
- ✓ モデルの適切な小規模化、起因事象やシナリオ等のスクリーニングの考え方
- ✓ 事故シーケンスのモデル化方法
- ✓ 地震MUPSAにおける起因事象の同定方法
- ✓ MUPSAにおけるHRAの考え方
- ✓ ユニット間CCFの選定、モデル化方法

IAEAにおけるMUPSAプロジェクトの概要 ③

- スケジュールと実施概要 ②
 - フェーズ2(2018年)フェーズ1で作成した評価手法に従ったケーススタディの実施
 - 実際の発電所構成に準じた評価を実施し、提案された方法論の適用性に関するフィードバックを得る。
 - 4基のVVER(スロバキア)、出力運転時
 - ケーススタディの対象事象:
 - » 蒸気配管破断
 - » 外部原電喪失
 - » 最終ヒートシンク喪失
 - » ケーブルトンネル火災
 - » 地震誘因LOCA
 - » 地震誘因SBO
 - フェーズ3(2019年): ケーススタディの教訓に基づく評価手法の改善、ケーススタディと改善された方法論の文書化

NRRCにおけるMUPRA研究の紹介 ①

- 背景

- MUPRAにかかわる国際的な関心・動向から、電力中央研究所においても国内プラントに適用可能なMUPRA評価技術の確立に向けた調査研究を、2016年度より開始

- 目的

- 国内の実機プラントに適用可能なMUPRA手法の開発を行う。
 - まずは、MU相互作用を適切に取り扱った2ユニットを対象としたレベル1MUPRA手法の技術開発に注力し、MUPRAの経験・知見の蓄積を図る。

[開発する手法のねらい]

- ✓ 実業務での適用性
- ✓ マルチユニット相互作用の適切な取り扱い
- ✓ SUPRAのモデルとの一貫性の確保
- ✓ 適切なリスクプロファイル把握のための、種々のリスク指標の算出

NRRCにおけるMUPRA研究の紹介 ②

- NRRCにおけるMUPRA研究の進捗
 - 技術的課題の抽出(～2017年度)
 - MUPRAにおける事故シーケンスのモデル化と計算コスト
 - ユニット間CCFの取り扱い
 - MUPRAにおけるHRA
 - MUPRAにおけるモデル簡略化方針
 - 内的事象レベル1MUPRA手法を提案(～2017年度)
 - 実機を対象としたケーススタディを実施中(～2019年度)
 - 提案する評価手法の適用性を確認し、評価手順の改善点の抽出とMUPRAの経験を蓄積することを目的として、ケーススタディを実施する。
 - 2基のABWR
 - 出力運転時内的事象レベル1
 - 起因事象:外部電源喪失事象

ご清聴ありがとうございました。