

ASRAM2023 特集



ASRAM (Asian Symposium on Risk Assessment and Management) 2023 が 2023 年 12 月 4～6 日に中国の香港で開催された。本シンポジウムは、2016 年に日中韓 3 か国のリスク評価の代表が覚書を交わして開始され、2017 年(横浜)、2018 年(中国廈門)、2019 年(韓国慶州)で 3 か国を一巡した。二巡目は新型コロナ禍にありながら、2020 年(バーチャル、日本主催)、2021 年(バーチャル、中国主催)、2022 年(ハイブリッド、韓国大田)と工夫しながら続けてきた。

2023 年は 4 年ぶりに完全対面開催となった。参加者数は 75 名で、過去の ASRAM に比して少なかったが、うち学生が 29 名と多かった。主催国である中国からは 38 名、韓国は 24、日本 10 名、タイ 3 名であった。欧米からの参加はなかった。論文数は 50 件で、日本からは 6 件の発表とプレナリーセッション 1 件があった。開催決定時期が今年度になったため参加者、論文数は伸びなかったが、中国における原子力開発体制(規制、運営、研究、教育)の状況、韓国におけるリスク情報活用の進捗など、最新の状況について意見交換があった。今回は優秀な学生発表の表彰があり 7 名(中国 3 名、韓国 3 名、日本 1 名)が最終日に表象された。日本からの学生参加は 1 名であったが受賞した。学生及び若い研究者、技術者の発表が多く、アジア地域の原子力開発の将来に期待を感じた。

次回の ASRAM2024 は 2024 年 10 月 7～11 日、宮城県仙台市で PSAM17 と合同開催の予定である。

I. 1 日目 : 12 月 4 日

(1) 開会挨拶(座長: Wei Wang (香港城市大学))

Chin Pan (香港城市大学)、Louis King Pui Liu (香港原子力学会名誉会長、香港城市大学)、Jiejuan Tong (ASRAM2023 委員長、清華大学) が、開会の挨拶を行った。Pan は、香港城市大学が 1994 年設立であるが 2024 世界大学ランキングで 70 位になるなどの評価を得ていることが紹介された。また、原子力において HIBIKI Takashi 教授の名前が紹介された。

続いて Louis King Pui Liu より、リスク評価・マ

ネジメントにより原子力発電のリスクが低減されていることなどの紹介があった。

Tong から論文 50 件、参加者約 80 名、うち学生が 29 名であることなどが紹介され、ASRAM2023 の開催が宣言された。

(2) プレナリーセッション 1 (座長: Jiejuan Tong (清華大学))

Way Kuo (香港高等研究所シニアフェロー、ASRAM2017@横浜でスピーチ) が、WASH1400、TMI 事故、チェルノブイリ原発事故、そして福島

第一原発事故に触れつつ原子力開発の歴史を俯瞰した。その中で、データ（情報）の持ちすぎは良くないが過去にはデータが無かったこと、1F事故ですべてのFTがダメになるとは考えられていなかったことに言及し、クリティカルなパートが何かを知ることの重要性に触れた。原子力発電所の運転にはコミュニケーションが重要であること、エンジニアが心理学なども含め全体を把握するトータルコントロールが必要であることを紹介し、原子力コミュニティはTMIや1F、チェルノブイリなどのイベントクライシスに対応した唯一のコミュニティであると強調した。レインボーエナジー（石炭、天然ガス、石油、原子力、バイオマス、水力、太陽光、風力）のCO₂、NO₂、SO₂などの排出量比較を示し、クリーンなエネルギーは水力和原子力と説明し、ポピュリズム、心理学、そして政治的影響の3つが、意思決定、政治家に影響を与えているのは不幸なことと展開した。最後に、若い世代に原子力コミュニティに貢献してほしい、これは小さなデータサイクル、将来の分析、そしてエネルギーのクリティカルエレメントからなる社会コミュニティである、原子力コミュニティは社会に貢献できると結んだ。質疑において原子力コミュニティは1F事故やチェルノブイリ事故から教訓を得たこと、それらは良い演習にもなること、opportunity cost（機会コスト）の重要性を説いた。

(3) プレナリーセッション2 (座長: Dong-San Kim (KAERI))

Yu Yu (華北電力大学) が、原子力発電所のパッシブ系の信頼性評価について発表した。

(4) テクニカルセッション1～6

TS1: 内的事象のリスクアセスメント1 (座長: Jun Zhao (FNC Tech.))

Wasin Vechgama (タイ国立エネルギー技術センター) が、ASEAN 原子力安全研究ネットワーク

(NPSR)と韓国のリスクアセスメント共同研究について発表した。

Hongchun Ding (ハルビン工業大学) が、原子炉を用いた水素製造ハイブリッドシステムの予備的PSAについて発表した。

Jaegu Lee (ハンヤン大学) が、SBO時のMelcoreシミュレーションにおける炉心材料の相互作用の影響と不確かさ解析について発表した。

Jianghong Liu (ハルビン工業大学) が、不確かさの分類によるリスク情報を活用した原子炉安全解析の予備研究について発表した。

TS2: HRA およびヒューマン/組織ファクタ1 (座長: Ming Yang (深圳大学))

Yein Seo (FNC Tech.) が、原子力発電所のPSAのHRA手法の比較について発表した。

Zecong Li (華北電力大学) が、マルチユニット原子力発電所におけるHRA手法の研究について発表した。

Wasin Vechgama (タイ国立エネルギー技術センター) が、TRIGA炉のHRA枠組みを開発するための体系的な前処理について発表した。

Yunyeong Heo (ウルサン科学技術院) が、Dynamic Importance Measureの枠組みについて発表した。

TS3: 緊急時対応、応答、レジリエンス (座長: Tao Liu (清華大学))

Ao Liu (清華大学) が、モニタリングデータに基づく緊急時のソースターム評価の研究について発表した。

Minho Hwang (キョンヒ大学) が、避難計画を最適化するための放射線緊急時エージェントベース統合シミュレーションモデルのプラットフォームについて発表した。

Pidpong Janta (タイ国立エネルギー技術センター) が、再生可能エネルギーと原子力システムのエネルギーレジリエンス評価における前提、イン

プット及びアウトプットの違いについて発表した。

Kampanart Silva (NETC) が、原子力発電所のリスクアセスメントで高影響低頻度事象を扱うためレジリエンスの概念とカタストロフィックなリスクの評価について発表した。

TS4 : 革新的 PRA 技術 (座長 : Dong-San Kim (KAERI))

Pengcheng Peng (清華大学) が、イベントツリーの組合せ計算に基づくマルチユニットイベントツリーの迅速な作成アプローチについて発表した。

Wanxin Feng (華北電力大学) が、AP1000 デュアルユニットにおける外部電源喪失の PSA について発表した。

Jae Young Yoon (KAERI) が、マルチユニット PSA における外部電源回復時間の影響の評価について発表した。

Haoyin Chen (ハルビン工業大学) が、リスク情報を活用した安全裕度計算プログラムの開発について発表した。

TS5 : HRA およびヒューマン/組織ファクタ 2 (座長 : Hong Qian (FNC Tech.))

Sun Yeong Choi (KAERI) が、中央制御室放棄シナリオに関する人的失敗事象の定量化について発表した。

Pu Chen (清華大学) が、ヒューマンパフォーマンスモデルを用いた運転員挙動の模擬について発表した。

Pidpong Janta (タイ国立エネルギー技術センター) が、深層学習研究に用いるためのタイのソーシャルメディアのパブリックコメント分類基準の信頼性の検討について発表した。

TS6 : 安全機能サバイバビリティ (座長 : Kampanart Silva (NETC))

Gyun Seob Song (韓国中央大学) が、パッシブ安全系の信頼性解析とパラメータ不確かさを伴うモデル不確かさの感度解析について発表した。

Cheng Yang (華北電力大学) が、AP1000 パッシブ格納容器冷却系のモデルの不確かさ解析について発表した。

Guanyu Liu (華北電力大学) が、パッシブ安全系のリスク評価に対する季節変動の影響について発表した。

Wenyi Wang (香港城市大学) が、サイバー-フィジカル系の運転ダイナミクスにおける脆弱性評価のためのクラスタリングベースアプローチについて発表した。

Jinghan Zhang (香港城市大学) が、サイバーセキュリティ評価に用いるアタックグラフ解析におけるダイクストラ法のアルゴリズムと CVSS の統合について発表した。

II. 2日目 : 12月5日

(1) プレナリーセッション 3 (座長 : Wei Wang (香港城市大学))

鄭 嘯宇 (JAEA) が、より合理的な RIDM のための動的 PRA の開発について発表した。PRA と RIDM の基礎と JAEA における決定論的事故評価と確率論的信頼性評価を統合した動的 PRA 手法とツールの開発状況を紹介し、事故時におけるプラントの運転状況に応じた機器信頼性評価、機械学習を活用した動的 PSA 解析の効率の向上について報告した。発表に対して会場から関心が寄せられ、多数の質問とコメントを受けた。例えば、PRA と動的 PRA を目的に応じて使い分ける方法 (回答 : リスク評価におけるグレーデッドアプローチの概念の導入)、機械学習のモデルを構築する際の訓練データについて (回答 : シビアアクシデント解析コードを用いたシミュレーションデータを利用)、動的 PRA の利点 (回答 : 事故シナリオ網羅性の向上、特定条件下の機器故障確率及び稀な事象の発生確率の推定、重大事故対策の性能評

価等に有用性がある)について質問があった。

(2) プレナリーセッション4 (座長: 山口彰 (原子力安全研究協会))

Joon-Eon Yang (KAERI) が、韓国におけるリスク情報を活用したパフォーマンスベースのアプローチ (Risk-Informed Performance-based Approach (RIPBA)) の導入方法について発表した。

韓国において RIR が進まないのは制度的障害があること、リスク情報活用の最も有効な適用はメンテナンスルールであること、安全性の利点に焦点を合わせるによりリスク情報活用が社会や規制に受け入れてもらえることを上げた。実施すべき課題として PRA 品質 (信頼性データ) に関する韓国の PRA 標準整備、問題点の抽出として伝統的なエンジニアの抵抗に打ち勝つメンテナンスルール整備、専門家の不足には PRA 教育プログラムと認証過程の整備 (これには国際的な協力が必要) などを説明した。

続いて山口 (原安協) が、日本の RIPBA を紹介した。2018 年制定で 2020 年に更新された RIDM アクションプランが近く更新版が出ることを説明した。10 月に行われた NRA と電力 CNO の意見交換会の概要を紹介した。ATENA からはリスク情報を利用して安全性を効率的に向上させるポイントとして、①プラント脆弱性に対してエイジングマネジメント、オブソレセンス、②運転・保守の課題として LCO 逸脱、OLM、③知らない知見については運転の新知見への反応を上げた。それに対し NRA は、日本がリスク情報活用をキャッチアップすべきこと、説明が充分ではないこと、提案が不明確なことを指摘した。経済的な面も含めリスク情報活用は意義があると結んだ。

(3) プレナリーセッション5 (座長: Joon-Eon Yang (KAERI))

Jiejuan Tong (清華大学) が、中国のリスク情報を活用した規制における最近の共同研究及びパイ

ロット活動について発表した。2022 年 11 月に原子力発電所を所有する電力会社 4 社 (中国核工業集团有限公司 (CNNC)、中国広核集团有限公司 (CGN)、中国電力投資集团公司 (SPIC)、中国華能集团有限公司 (CHNG)) と 10 会社、19 事業者 (運転プラント所有)、2 組織 (中国原子力学会 (CNS)、中国核能行業協会 (CNEA))、3 大学が集まった。RIR の能動的かつ通常の実施のため、基礎研究 (標準的な PRA モデル開発)、技術適用 (データベース整備)、規制枠組み (SSC の重要度分類) の 3 つのカテゴリーに取り組んでいる。

(4) テクニカルセッション7~12

TS7: リスクマネジメント及び RIDM (座長: Xiaoyan Su (上海電力大学))

Gyeong-Yeol Kim (FNC Tech.) が、韓国における APR1400 の OLM のリスクマトリックスと基準に関する研究について発表した。

村上 (東大) が、保全重要度の設定における確率論的検討について発表した。

片山 (東大) が、複数機器の劣化の相関を考慮した信頼性モデルによる保全計画の研究について発表した。

TS8: 敷地外影響分析 (座長: Hongchun Ding (ハルビン工科大学))

Sukhoon Kim (FNC Tech.) が、事故固有の敷地外影響分析のための放射性核種スクリーニングプログラムの開発戦略について発表した。

Seunghwan Kim (KAERI) が、粒度分布設定が敷地外影響解析の結果と速度に及ぼす影響について発表した。

内藤 (電中研) が、WinMACCS を用いた COMIDA2 食物連鎖モジュールパラメータの日本人の健康リスクに対する感度分析について発表した。パラメータのうち「単位面積あたりの農畜産物生産高」が重要となるが、日本における設定値の算出根拠は何か、また L3PRA の計算ができる日

本独自のモデルはあるのか、日本の原発で L3PRA がすでに実施されているか、といった活発な質疑応答があった。

Sung-yeop Kim (KAERI) が、韓国における放射線緊急時対応を反映した線量依存避難開始モデルの開発について発表した。

TS9 : 外的事象のリスク評価 1 (座長 : Seung Jun Lee (ウルサン科学技術大学))

池 (電中研) が、NRRC が整備した火災 PRA ガイドの実務性を向上するために実施した、水素火災モデリングのケーススタディについて発表した。ケーススタディでは、水素火災の発生形態カテゴリーを細分化し、各カテゴリーに応じた合理的な影響範囲 (ZOI) の評価手順や計算例を示した。

Seunghyun Jang (KAERI) が、二分決定グラフに基づく重要度指標の地震 PRA への適用について発表した。

Shuxian Ding (華北電力大学) が、内陸立地原子力発電所における砂嵐のハザード分析について発表した。

TS11 : PRA の活用と知見 (座長 : Pidpong Janta (タイ国立エネルギー技術センター))

成川 (東大) が、情報量規準に基づくベイズ更新による LOCA 時の燃料破断限界の認識論的不確かさの低減について発表した。これについて、数ある情報量規準の中で認識論的不確かさ低減の観点で最も効果的な規準やその根拠について質問があった。

Jiyong Oh (KHNP) が、APR1000 の設計と PSA を用いた設計最適化について発表した。

同じく Jiyong Oh (KHNP) が、欧州電力要件 (EUR) による APR1000 標準設計 PRA の評価と主な知見について発表した。これについて、PSA のフィードバックを受けて設計変更した事例の有無などについて質問があった。

TS12 : 外的事象のリスク評価 2 (座長 : 鄭 嘯宇 (JAEA))

Chang-Ju Lee (KINS) が、韓国における火災 PSA の技術的課題解決の展望について発表した。

Hongru Zhao (清華大学) が、原子力発電所の火災シナリオに対する火災検知・消火系の故障解析について発表した。

Yong Hui Han (FNC Tech.) が、火災計算プログラムを用いた原子力発電所の防火区画における火災シナリオのスクリーニング分析について発表した。

田坂 (電中研) が、2層ゾーンモデル BRI2-CRIEPI で火災によりケーブルが破損するまでの時間を予測する簡略化手法について発表した。

Ⅲ. 3 日目 : 12 月 6 日

(1) テクニカルセッション 14

TS13・14 : その他・信頼性の予測と故障診断 (座長 : Yu Yu (華北電力大学))

発表のキャンセルがあり 2 つのセッションを合わせて 6 つの発表が行われた。

Jin An (中国核電工程株式会社) が、原子力発電所における Gas-Liquid Linkage MSIV の信頼性解析について発表した。

Fangyu Dong (中国核電工程株式会社) が、典型的な PWR におけるコンフィギュレーションリスクマネジメント適用のためのリアルタイムリスクモデルの開発について発表した。

Yuhan Lin (深圳大学) が、深層学習ベースの残存寿命予測手法に関する研究とローコードビジュアルアプリケーションの開発について発表した。

Weihao Li (深圳大学) が、人工知能アルゴリズムに基づく機器の残存寿命予測のレビューについて発表した。

YongJoon Lee (キョンヒ大学) が、条件付き成功基準のための DICETM を使用した後処理手法の開発について発表した。

Seung Gyu Cho (ウルサン科学技術院) は、実

際の原子力発電所の傾向を考慮したデータを用いたファジー化ベースのニューラルネットワークモデルによる異常診断方策について発表した。

(2) 閉会挨拶

Tong (清華大学) が学生優秀賞 7 名を発表した。日本から片山 (東大) が、中国から Liu (清華大)、Zhang (香港城市大)、Chen (清華大) が、韓国からは Song (韓国中央大学)、Cho (ウルサン科学技術院)、Heo (ウルサン科学技術院) が受賞した。

続いて、山口 (原安協) が PSAM17 & ASRAM2024 の計画を紹介した。

最後に Yang (KAERI) から次々回の ASRAM2025 はタイで行う計画であることが発表された。