

ASRAM2022 特集



ASRAM (Asian Symposium on Risk Assessment and Management) 2022 が 2022 年 11 月 30 日から 12 月 2 日にかけて韓国大田で開催された。リスク評価及びリスクマネジメントに関するアジアシンポジウムは、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活動が開始され、ASRAM2017(横浜)、ASRAM2018(中国廈門)、ASRAM2019(韓国慶州)で3か国を一巡した。二巡目に入り、新型コロナ禍で2020年(日本主催)、2021年(中国主催)はバーチャルで開催したため、今回は3年ぶりの対面開催となった。但し、中国は新型コロナによる移動制限が厳しく、欧米等からの参加者を含め、対面参加が難しい場合はオンライン参加も併用された。

オンラインも含めた参加者数 125 名は、新型コロナ前の ASRAM2019 とほぼ同規模だった。日本、韓国、中国の他、米国、イタリア、タイ、ブラジル及び IAEA から参加があった。論文数は 58 件で、日本からは 14 件の発表があった。対面会議で多くの研究者と交流することができ、バーチャル会議では得られない実体験の感覚が得られた。今回は学生セッションを設けず、学生の優秀な発表の表彰もなかったことは残念だったが、研究者と同じ場で発表に臨む学生達の真摯な姿は印象的だった。

ASRAM2023 は 2023 年 11 月 8~10 日、京都で開催予定であることが提示された¹。

I. 1 日目 : 11 月 30 日

(1) オープニングセレモニー

Joon-Eon Yang (KAERI) が、日韓 PSA ワークショップ初回(1992年)開催から30年目にあたり、これまでの歩みと日中韓の協力に貢献された方々の思い出を振り返った。Jaejoo Ha (Daedeok Nuclear Forum、KNS 学会長、元 KAERI) が、30年の祝辞を述べるとともに、エネルギーセキュリティおよびカーボンニュートラルの視点で原子力の重要性が高まっていること、韓国では規制当局がリスク情報活用に消極的であるが、今後、活用が進むことを望むと述べた。山口(原安協)は、日韓 PSA ワークショップの頃から貢献してきた日

本の研究者のコメントを伝えた。

(2) プレナリーセッション I

韓国および米国の研究者がキーノートスピーチを行った。Gyunyoung Heo (Kyung Hee 大学) は、統合安全評価プラットフォームを用いた事故対応について発表した。また、Curtis Smith (INL) は、原子力安全規制にかかわる研究開発について発表した。

(3) 特別セッション I : 革新技術

Jinkyun Park (KAERI) が、深層学習技術を PSA に活用する枠組みの検討について発表した。白井

¹ シンポジウムでは京都開催と提示されたが、現在のところ ASRAM2023 は中国での開催(時期は同じ)で議論、調整されている。

(NRRC)が、RIDMプロセスの導入に向けたNRRCの取り組みを紹介した。Ronald L. Boring (INL)が、HUNTERを用いたダイナミックHRAについて発表した。Guocai Chen (CNNP)が、HPR1000所有者の視点からRIDMの革新的な技術の必要性について発表した。

(4) 招待講演 I

Shahen Poghosyan (IAEA)が、革新炉のPSAおよびRIDMに関するIAEAの取り組みを紹介した。IAEAは、PSAに関する様々な図書を発行している(レベル1 (SSG-3)、レベル2 (SSG-4)、マルチュユニット (SR No. 110)、NWCR/SMR (SR No. 123)、IRIDM (TECDOC-1909)、レベル1品質 (TECDOC-1804)、地震 (TECDOC-1937)、リスク統合 (TECDOC-1983)等)。SSGをベースにして、これまでに79件のPSAのレビューを実施した。このようなレビューの大部分は、SMR、HTGR等、様々な革新炉のPSAにも拡張可能である。但し、リスクマトリクス、データソース、格納容器、所外影響の考え方などは新たにガイダンスが必要であり、SSG (DG537)、SR (SMRのPSA/DSA)の検討を進めている。また、セキュリティの分野にPSAを活用するための技術レポートの検討も行っている。

(5) テクニカルセッション1~6

TS1: リスクアセスメント1 (座長: 白井 (CRIEPI))

Zhegang Ma (INL)が、米国のPRAパラメータの2020年更新版の概要と内部/外部ハザードPRAモデルへの影響について発表した。内田 (CRIEPI)が、モデルプラントの内部溢水PRAの教訓について発表した。Wasin Vechgama (KAERI)が、OPR-1000の早期格納容器破損によるCs-137放出の不確かさ解析について発表した。Hongru Zhao (清華大学)が、火災時のケーブルの熱応答予測モデルについて発表した。

TS2: PRA/PSA 革新技術1 (座長: 高田 (東京大学))

Carroll Trull (Engineering Planning and Management, Inc.)が、PRAにおける機器故障の要因となる部屋内温度上昇の過渡変化への適用について発表した。Ji Suk Kim (Chung-Ang 大学)が、人間の失敗を定量化するためのフォールトツリーモデル化手法について発表した。松丸 (東京都市大学)が、フォールトツリーを援用した地震時リスクやその対策の最適化に関する研究について発表した。

TS3: HRA およびヒューマン/組織ファクタ1 (座長: Yochan Kim (KAERI))

Yochan Kim (KAERI)が、様々なヒューマンエラーにおける人間信頼性回帰モデルの比較について発表した。Wooseok Jo (Ulsan National Institute of Science and Technology)が、起動・停止運転におけるHRAに基づくBayesian Belief Networkについて発表した。Sun Yeong Choi (KAERI)が、韓国の原子力発電所の全出力運転時の火災PSAに対する火災HRAについて発表した。Jianqiao Liu (Hunan Institute of Technology)が、Performance Shaping Factorsにおける依存性を解析するためのEFA-BBNの枠組みについて発表した。

TS4: リスクアセスメント2 (座長: Dongwon Lee (KINS))

Beom-Jin Kim (KAERI)が、確率論的洪水ハザード評価について発表した。Jae-Wook Jung (KAERI)が、地震フラジリティ評価に高振動数特性を考慮した原子力発電所構築物の床応答評価について発表した。大鳥 (東京都市大学)が、Incremental Dynamic Analysis Method for Simplifying Seismic Risk Assessment of Isolation System Considering Ultimate Behaviorについて発表した。中野 (MHI)が、マルチュユニットPRAと地震リスク評価について発表した。

TS5: PRA/PSA 革新技術 2 (座長: 成川 (東京大学))

Dohun Kwon (Kyung Hee 大学) が、IDPSA の活用について発表した。Junyong Bae (Ulsan National Institute of Science and Technology) が、深層学習を用いたシミュレーションアルゴリズムのハイパーパラメータの感受性に関する研究について発表した。成川 (東京大学) が、LOCA 条件下での高燃焼度改良型燃料被覆管の破断限界の不確かさを定量化するための階層ベイズモデルについて発表した。Haoyin Chen (Harbin 工科大) が、DET とシミュレーションソフトウェアの自動カップリング解析手法について発表した。

TS6: HRA およびヒューマン/組織ファクタ 2 (座長: Jinkyun Park (KAERI))

Sun-Min Shin (KAERI) が、マルチユニット HRA の STAMP/STPA を用いたタスク解析について発表した。Sunghyon Jang (北海道大学) が、マルチユニットの依存性を考慮したヒューマンエラー確率に対するスキルとマニュアルの影響について発表した。Jeeyea Ahn (Ulsan National Institute of Science and Technology) が、間接的な安全指標として困難さの度合いを用いる検討について発表した。Yochan Kim (KAERI) が、時間をファクタとして人間信頼性を計算するソフトウェアについて発表した。

II. 2日目: 12月1日

(1) プレナリーセッション II

日本および中国の研究者がキーノートスピーチを行った。高田 (東京大学) は、意思決定に活用できる数値的アプローチについて発表した。また、Yu Gong (中国 Nuclear and Radiation Safety Center) は、PSA のレビューおよび活用の進展について発表した。中国では、IAEA の図書に倣って規制図書を整備しており、PSA は安全解析報告書の 19 章に記載する。設計段階から PSA を活用し、建設段階では規制検査でリスク情報を活用している。

即ち、6つのコーナーストーンを定め、それに沿って検査を行い、検査指摘事項は SDP で重要度判定を行う。今後は 14 期五か年計画に基づき、LWR 以外の炉型に展開する。

(2) 特別セッション II: PSA 標準

Meejeong Hwang (KAERI)、桐本 (電中研)、Wei Deng (China Nuclear Power Engineering Co. Ltd.) および Dennis Henneke (GE-Hitachi) が、各々、韓国、日本、中国および米国の PRA 標準の策定状況について発表した。

(3) 招待講演 II

Hyun Gook Kang (米国レンセラー工科大学) が、条件付確率の定量化としてのダイナミックリスク評価について発表した。

(4) テクニカルセッション 7~10

TS7: リスクアセスメント 3 (座長: Seungwoo Lee (KINS))

Gungsu Cho (KHNP) が、APR 1400 原子力発電所における重要な機器のオンラインメンテナンスについて発表した。韓国が建設し支援している UAE のバラカ発電所では、米国式の運用を行っている。韓国では 2007 年に保守規則を策定し、オンラインメンテナンスの検討を実施していたが、2011 年の震災対応で検討が停滞した。2022 年に検討を再開し、EDG の AOT 延長による ICCDP の評価、タブレットを用いたリアルタイム保全監視システムやデジタル手順書の開発などを進めている。Gyun Seob Song (Chung-Ang 大学) が、高温の配管系統のカスケード破損の評価について発表した。梁田 (東京都市大学) が、構築物の破損を考慮した使用済燃料プールの耐震 PRA 手法について発表した。Pu Chen (清華大学) が、革新炉で用いる FOAK 機器の信頼性データの取得方法について発表した。中国では高温ガス炉 (HTR-PM) の開発・建設を進めているが、機器の故障率を評するうえで十分なデータ

は存在しない。このため、一般的な機器故障率データを用いて評価を行うための方法論を検討している。

TS8：緊急時対応、応答、レジリエンス1（座長：牟田（東京都市大学））

Seunghwan Kim (KAERI) が、所外影響解析に対するブルームセグメンテーションの影響について発表した。畠中（東京都市大学）が、深層防御レベル5の状況における住民避難のリスクを評価するための人の行動の評価手法について発表した。福江（東京都市大学）が、原子力災害に対する緊急時対策の最適化を支援するリスク評価手法について発表した。

TS9：リスクマネジメントおよびRIDM（座長：Dohyoung Kim (KINS)）

Ho-Gon Lim (KAERI) が、格納容器ライナープレートに腐食にRIDMを適用するパイロットスタディについて発表した。格納容器ライナープレートについては、1997年～2009年に米国、スウェーデン、南アフリカで腐食が報告され、2016年に韓国でも腐食が発生した。このため、韓国の全発電所で停止時に点検を実施した。格納容器ライナープレートは、アルカリコンクリート環境で不動態酸化膜が形成され腐食が発生・進展しにくいと考えられていたが、異物、湿度、ギャップなどの条件でマクロセル加速ピitting腐食が発生し、コンクリートの張力の作用で進展した。格納容器健全性に影響があり得るため、点検、解析を継続していることが報告された。Eujeong Choi (KAERI) が、多目的アルゴリズムおよびPSAを用いた地震-津波キャパシティの最適化について発表した。Wensheng Gao (WH) が、AP1000の静的炉心冷却系(PXS)の10年目の試験を最適化するためリスク情報を活用したアプローチについて発表した。Ueliton C. Leonidio (Centro Federal de

Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca) が、知財管理のリスクについて発表した。

TS10：緊急時対応、応答、レジリエンス2（座長：Kilyoo Kim (KAERI)）

Gibeom Kim (Kyung Hee 大学) が、エージェントベースモデリングを用いた放射線緊急事態対策の有効性評価について発表した。Kilyoo Kim (KAERI) が、F-C 曲線を使用したマルチモジュールSMRの緊急時計画区域 (EPZ) の確立について発表した。Ao Liu (清華大学) が、緊急時の意思決定システムに対するシナジー効果の適用について発表した。

Ⅲ. 3日目：12月2日

(1) テクニカルセッション11～12

TS11：標準およびリスクコミュニケーション（座長：Meejeong Hwang (KAERI)）

成宮 (JANSI) が、日本のレベル2 PRA 標準の地震事象への拡張について発表した。会場から、ASMEのPRA標準はWhat to doを記載しているが、日本の標準はHow to doを記載するのかといった質問があった。中村 (CRIEPI) が、日本のレベル2 PRA 標準を地震事象に拡張する際の要件について発表した。会場から、地震による格納容器フラジリティ曲線は地震により変化するか、全スコープに影響するかという質問があった。Washin Vechgama (KAERI) が、タイにおける原子力に対する公衆の認識を理解するための分類モデルを開発するためのデータの事前処理について発表した。SNSの情報から公衆の感情を分析するため機械学習により分類を行ったところ、タイ語と英語のアルゴリズムの違いにより分類精度が50%程度にとどまった。このため、機械学習の前に処理を加え、また、深層学習を取り入れることにより、分類精度が70%まで向上した。Rodolfo Christo (Católica de Petrópolis 大学) が、航空機の保守作業に関するリスクマネジメントについて発表した。

TS12 : PRA/PSA 革新技術 3 (座長 : Hyeonmin Kim (KAERI))

Francesco Di Maio (ミラノ工科大学) が、人工知能、メタモデリング、適応シミュレーションによる高度な原子力安全解析について発表した。Chenyang Lai (ミラノ工科大学) が、原子力発電所の調整弁の故障を検出するための物理学に基づくリカレントニューラルネットワークについて発表した。Ibrahim Ahmed (ミラノ工科大学) が、原子力発電所の熱交換器をリアルタイムで監視するためのグレーボックスデジタルツインアプローチについて発表した。Bingsen Wang (ミラノ工科大学) が、原子力発電所のマルチモーダルセンサの異常を検出するための LSTM を用いた転移学習について発表した。

(2) クロージングセレモニー

KAERI の Yang らが総評を述べ、山口先生が ASRAM2023 の計画を紹介した。

(3) テクニカルツアー

KHNP 中央研究所にバスで移動し、概要説明の後、AP-1400 主制御室シミュレータを見学した。制御盤のデジタル化だけでなく、手順書をデジタル化したことが大きな変化だったという説明があった。また、ビッグデータ、AI、デジタルツインなどの最新技術を用いた設備予兆診断システム (PROMETHEUS) の概念と開発状況の説明を聞いた。

