

Fri. Sep 13, 2024

Planning Lecture | Technical division and Network : Subcommittee on Particle Accelerator and Beam Science

 Fri. Sep 13, 2024 1:00 PM - 2:30 PM JST | Fri. Sep 13, 2024 4:00 AM - 5:30 AM UTC  Room A(Recture RoomsA 1F A101)**[3A_PL] Current status of the plan of new research reactor at Monju site**

Chair:Masahiro Hino(Kyoto Univ.)

[3A_PL01]

Progress on basic design of the new research reactor

*Masaji Arai¹ (1. JAEA)

[3A_PL02]

A perspective on neutron instruments for the new research reactor

*Nobuhiro Sato¹ (1. Kyoto Univ.)

[3A_PL03]

Construction of cooperation system with the locals for utilization of new research reactor

*Masayoshi Uno¹ (1. Univ. of Fukui)

[3A_PL04]

Discussion

All Presenters

Planning Lecture | Technical division and Network : Health Physics and Environment Science subcommittee

📅 Fri. Sep 13, 2024 1:00 PM - 2:30 PM JST | Fri. Sep 13, 2024 4:00 AM - 5:30 AM UTC 🏢 Room C (Recture RoomsA 1F A105)

[3C_PL] Forests of Fukushima -Current status, issues and research progress-

Chair: Shigekazu Hirao (Fukushima Univ.)

[3C_PL01]

Distribution and risks of radioactive caesium in forests

*Kazuki Iijima¹ (1. JAEA)

[3C_PL02]

Agriculture, Forestry and Fisheries of Fukushima Prefecture -Current status, issues and future from the nuclear disaster

*Kenichi Ogino¹ (1. Agriculture and Forestry Planning Division of Fukushima Prefectural Government)

[3C_PL03]

Research on Forest Radioactivity at the Fukushima Prefectural Forestry Research Center

*Hideki Ogawa¹ (1. FPFRC)

[3C_PL04]

The impacts of wildfires on radionuclides redistribution in the radioactivity contaminated areas

*Yasunori Igarashi¹ (1. Univ. of Tsukuba)

[3C_PL05]

Discussion

Planning Lecture | Technical division and Network : Nuclear Safety Division

📅 Fri. Sep 13, 2024 1:00 PM - 2:30 PM JST | Fri. Sep 13, 2024 4:00 AM - 5:30 AM UTC 🏢 Room E (Recture RoomsA 2F A200)

[3E_PL] Safety of Nuclear Power Plants against Earthquakes and Tsunamis -Implementation of the Lessons Learned from The 2024 Noto Peninsula Earthquake-

Chair: Akio Yamamoto (Nagoya Univ.)

[3E_PL01]

Situation at Sika Nuclear Power Station

*Toshihiro Aida¹ (1. RIKUDEN)

[3E_PL02]

Noto Peninsula Earthquake in Light of Recent Standardization Activities

*Tatsuya Itoi¹ (1. UTokyo)

[3E_PL03]

Discussion

Planning Lecture | Technical division and Network : Operation and Power Division

📅 Fri. Sep 13, 2024 1:00 PM - 2:30 PM JST | Fri. Sep 13, 2024 4:00 AM - 5:30 AM UTC 🏛️ Room I(Recture RoomsB 1F B103)

[3I_PL] Global Energy Situation and Japan's Nuclear Power Policy

Chair:Takashi Takata(UTokyo)

[3I_PL01]

The Energy Crisis and the Return to Nuclear Power in the World

*Yuji Kuroda¹ (1. JEPIC)

[3I_PL02]

Initiatives to Utilize Nuclear Power Toward Achieving GX

*Katsuyuki Tada¹ (1. METI)

Planning Lecture | Board and Committee : Ethics Committee

📅 Fri. Sep 13, 2024 1:00 PM - 2:30 PM JST | Fri. Sep 13, 2024 4:00 AM - 5:30 AM UTC 🏛️ Room J(Recture RoomsB 1F B104)

[3J_PL] Practices and Issues of Ethical Behavior Aimed at Further Improving Safety

Chair:Masaru Fukuie(TOSHIBA ESS)

[3J_PL01]

The appeal points of AESJ Code of Ethics and the Status of its Revision Review

*Masanobu Kamiya¹ (1. JAPC)

[3J_PL02]

The Unavoidable 'Safety Myth'

Nonetheless, Necessary Actions to Prevent Accidents

*Tomoki Ohashi¹ (1. MGWU)

Planning Lecture | Board and Committee : Decommissioning Review Committee

📅 Fri. Sep 13, 2024 1:00 PM - 2:30 PM JST | Fri. Sep 13, 2024 4:00 AM - 5:30 AM UTC 🏛️ Room K(Recture RoomsB 2F B200)

[3K_PL] Development of robot technology that contributes to the decommissioning of the 1F NPS

Chair:Takashi Yoshimi(Shibaura Inst. of Tech.)

[3K_PL01]

PCV internal investigation of Unit 1 by drone

*Takuya Miura¹ (1. TEPCO HD)

[3K_PL02]

Robotics development of IRID for the decommissioning of the Fukushima Daiichi NPS

*Naoaki Okuzumi¹ (1. IRID)

[3K_PL03]

Development of Robotics for Harsh Environments in 1F Decommissioning Utilizing DX at the JAEA Naraha Center for Remote Control Technology Development(NARREC)

*Akihiro Tagawa¹ (1. JAEA)

[3K_PL04]

Creative Robot Contest for Decommissioning

*Shigekazu Suzuki¹ (1. NIT Fukushima College)

Planning Lecture | Over view Report : Investigation Committee on Agora on Nuclear Energy, Subcommittee for Examining and Proposing the Role of Research Reactors, etc.

📅 Fri. Sep 13, 2024 1:00 PM - 2:30 PM JST | Fri. Sep 13, 2024 4:00 AM - 5:30 AM UTC 🏢 Room M(Recture RoomsB 2F B202)

[3M_PL] Graded Approach for Research Reactors

Chair:Sin-ya Hohara(Kindai Univ.)

[3M_PL01]

Activity introduction of the Subcommittee for examining and proposing the role of research reactors, etc.

*Sin-ya Hohara¹ (1. Kindai Univ.)

[3M_PL02]

Current status of Regulatory Compliance for Research Reactors

*Hiroki Sono¹ (1. JAEA)

[3M_PL03]

Current status of Graded Approach Regulations for Research Reactors

*Takumi Koyamada¹ (1. NRA)

[3M_PL04]

Issues related to Graded Approaches for Research Reactors Regulations

*Taisuke Yonomoto¹ (1. JAEA)

[3M_PL05]

General Discussion

Planning Lecture | Technical division and Network : Subcommittee on Particle Accelerator and Beam Science

📅 Fri. Sep 13, 2024 1:00 PM - 2:30 PM JST | Fri. Sep 13, 2024 4:00 AM - 5:30 AM UTC 🏢 Room A(Recture RoomsA 1F A101)

[3A_PL] Current status of the plan of new research reactor at Monju site

Chair:Masahiro Hino(Kyoto Univ.)

[3A_PL01]

Progress on basic design of the new research reactor

*Masaji Arai¹ (1. JAEA)

[3A_PL02]

A perspective on neutron instruments for the new research reactor

*Nobuhiro Sato¹ (1. Kyoto Univ.)

[3A_PL03]

Construction of cooperation system with the locals for utilization of new research reactor

*Masayoshi Uno¹ (1. Univ. of Fukui)

[3A_PL04]

Discussion

All Presenters

加速器・ビーム科学部会セッション

「もんじゅ」サイトに設置する新たな試験研究炉計画の現状
Current status of the plan of new research reactor at Monju site

(1) 新試験研究炉の詳細設計 I の進捗状況

(1) Progress on basic design of the new research reactor

*新居 昌至

日本原子力研究開発機構

1. はじめに

福井県敦賀市にある「もんじゅ」サイト内に新たに設置が計画されている試験研究炉（以下、「新試験研究炉」とする）は、文部科学省の委託事業「もんじゅサイトに設置する新たな試験研究炉の概念設計及び運営の在り方検討」として令和 2 年度から日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」とする）、京都大学、福井大学が中核的機関となり概念設計を開始し、令和 4 年度末からは原子炉設置許可申請を目指した詳細な設計（以下、「詳細設計 I」とする）の段階に入った。

令和 4 年 12 月に原子力機構が詳細設計段階以降の原子炉設置の実施主体に選定されたことを受け、令和 5 年度から原子力機構が国からの補助を受けた事業として、これまで協力して概念設計を進めてきた京都大学及び福井大学と令和 5 年 5 月に協力協定を相互に締結^[1]することで連携をさらに強化し、新試験研究炉設置に関わる詳細設計 I を着実に進めている。

ここでは、原子力機構が中心として実施してきた炉心構成を中心とした概念設計の結果及び現在の詳細設計 I の進捗状況について報告する。

2. 概念設計の結果

2-1. 炉心構成の概念

中性子ビーム利用を主目的とする新試験研究炉では、できるだけ高い熱中性子束を達成することが望まれる。また、運転持続可能日数は、試験研究炉の稼働率に直結するため、できるだけ長期間、燃料交換無しに運転を持続できることが望まれる。これらの設計目標については、原子力機構で稼働中の JRR-3 (熱出力 20MW) の性能を参考に設定し、JRR-3 の半分の出力 10MW で JRR-3 と同等程度の熱中性子束を得ることを目指した。燃料要素は研究炉で一般的な低濃縮ウランシリサイド板状燃料とし、設計目標を満たす炉心として、図 1 に示す ce20 炉心（燃料要素 20 体、運転持続可能日数 416 日、平均燃焼度 55%）と呼ぶ 5x5 の燃料要素配置から中心と四隅の 5 体分を照射孔とした炉心構成を最適とした。

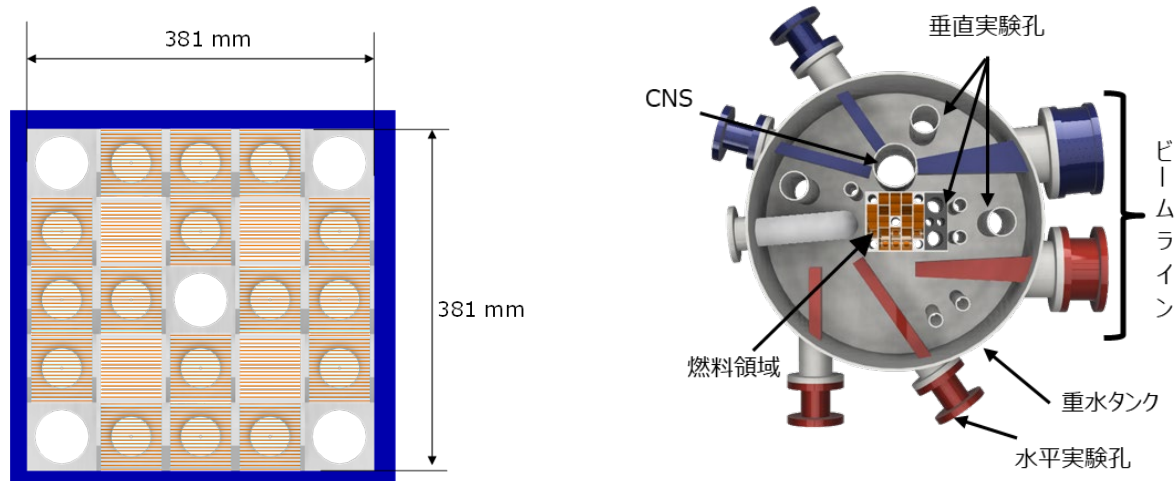


図 1 ce20 炉心及び炉心構造物のイメージ

また、新試験研究炉には多岐にわたる研究成果やイノベーション創発への貢献が期待されている。そこで ce20 の炉心構成を念頭に、求められる利用の検討方針として、①高い性能を持つ冷中性子源（CNS）、②学術研究及び産業利用における多様なニーズに応えるビーム利用、③使い勝手の良い照射設備の 3 つを軸に検討を行った。燃料領域の周辺には、中性子小角散乱装置、中性子イメージング、中性子回折装置、中性子反射率計などのビーム実験装置群に効果的に中性子を提供するための水平実験孔を配置した。特に、世界と伍する中性子ビーム炉を実現するためには最新の知見に基づいた高性能 CNS の整備が不可欠であり、予備的検討の結果、減速材として液体重水素が優れていることを確認した。照射設備に関しては、最低限設置すべき照射実験装置として中性子放射化分析装置を挙げ、それに必要な照射設備として、気送照射設備及び水力照射設備を挙げた。

2-2. 施設レイアウトイメージ

新試験研究炉施設レイアウトのイメージを図 2 に示す。縦 60 m、横 120 m 四方面程度の敷地には、原子炉本体施設、ビームホール、照射後処理施設、原子炉管理棟などをコンパクトに配置することになる。炉心を格納する原子炉建家とその周辺のホットセルなどが設置される施設は、十分な耐震性を有した重厚な造りとなり、原子炉建家に隣接するビームホールは、多種多様な実験装置を多数設置できる十分なスペースを確保する。

また、新試験研究炉は中性子を活用したさまざまな基礎的な研究をはじめ、革新的な研究開発、医薬品の開発、原子力の安全性研究といった研究開発だけでなく、地域産業との連携や共生、原子力の教育などへの貢献が期待されることから、核セキュリティ上の安全性を十分に確保した上で、多くの研究者、学生、企業の方々が利用できるよう、実験設備には比較的容易にアクセスできる工夫が必要となる。

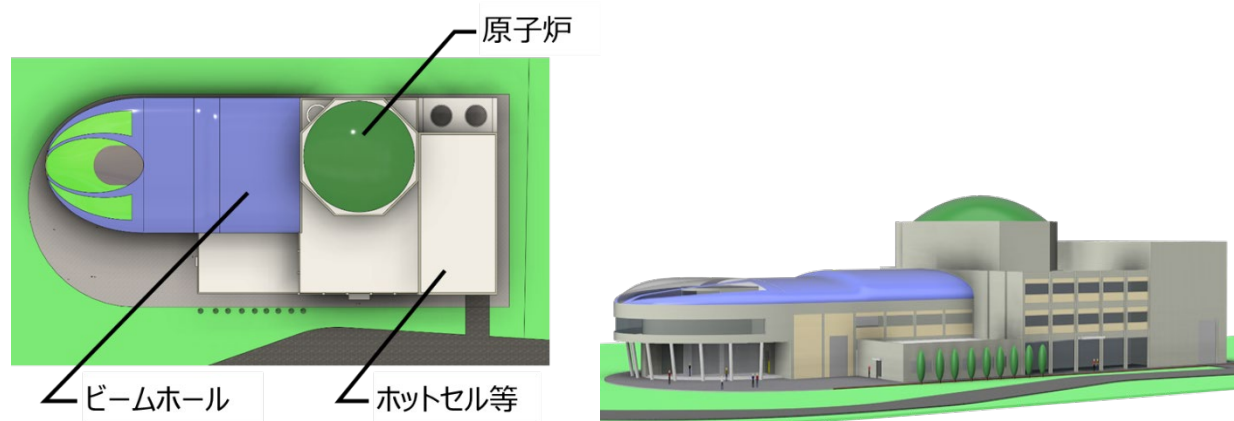


図 2 新試験研究炉施設レイアウトのイメージ

3. 詳細設計 I の進捗

3-1. 原子炉設置許可申請に向けた詳細設計 I

新試験研究炉の詳細設計は、図 3 に示すとおり、原子炉設置許可の申請に関わる「詳細設計 I」と設計及び工事の計画の認可の申請に関わる「詳細設計 II」の 2 つのフェーズに分割して進める。詳細設計 I は、機器・設備の主要仕様や基本設計、使用済燃料の処分の方法、気象・地盤・地震や社会環境、平常時被ばく、事故・トラブル時の影響評価など多岐に亘り、安全規制に適合する原子炉の設計方針を記載した原子炉設置許可申請書の作成が主たる作業となる。

また、新試験研究炉の高い信頼性と安全性を確保するにあたり、設計から製作、据付まで一貫して行う業務に関する枠組となる契約を、三菱重工業株式会社と令和 5 年 11 月に締結^[2]した。現在は、系統ごとに主要な設備・機器を抽出し、設計上の要求事項を具体的に取りまとめ、要求事項に対する基本設計方針の策定を進めている。

3-2. 建設候補地の検討状況

新試験研究炉の建設候補地として、「もんじゅ」サイト内の3地点が抽出されている。令和2年度から候補地の地質調査を開始し、現在は地質調査の結果及び外部有識者の技術的検討を踏まえて、候補地を一つに絞り込むための選定作業を進めている。選定にあたっては、地盤の安定性を最優先に、原子炉設置までの必要な期間、安全対策コスト及び利便性を加味して総合的に判断する。

建設候補地の選定結果については、原子炉設置許可申請の見込み時期と合わせて、本年中に公表する。

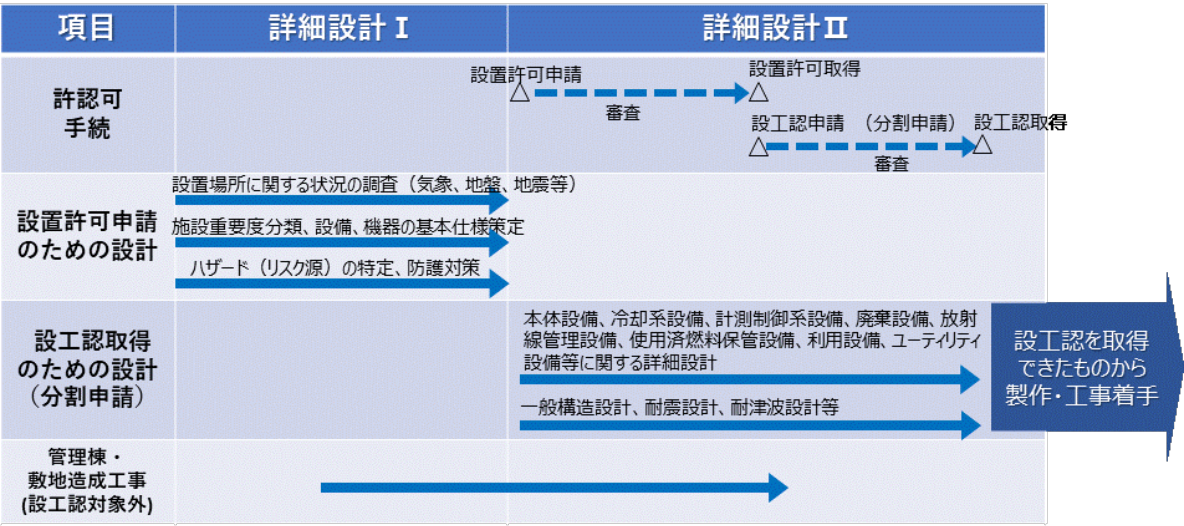


図 3 詳細設計検討スケジュール

[1] <https://www.jaea.go.jp/04/nrr/jp/news/20230508/index.html>

[2] <https://www.jaea.go.jp/02/press2023/p23112901/>

*Masaji Arai

Japan Atomic Energy Agency

加速器・ビーム科学部会セッション

「もんじゅ」サイトに設置する新たな試験研究炉計画の現状
Current status of the plan of new research reactor at the Monju site

(2) 新試験研究炉利用の実験装置検討

(2) A perspective on neutron instruments for the new research reactor

*佐藤 信浩

京都大学

1. はじめに

「もんじゅ」サイト新試験研究炉（以下、「新試験研究炉」とする）の概念設計および詳細設計において、京都大学は「施設に対するニーズ整理および幅広い利用運営の検討」を担当し、主に新試験研究炉に設置すべき実験装置と効率的な利用運営体制のあり方に関する議論を行っている。その中において、優先して設置すべき実験装置の提案や実験装置整備に向けた体制の構築、さらには、学術研究や産業利用の発展と人材育成や地元振興への貢献等につながる実験装置検討の進め方について検討を重ねてきた。本発表では、これまでの実験装置検討の概要と今後の活動の展開について報告する。

2. 実験装置検討における基本指針

新試験研究炉は、熱出力 10MW の中出力炉としての性能を最大限に発揮するために、中性子ビーム利用を主目的としつつ中性子照射利用を含めた多目的利用を視野に入れ、広汎な分野の研究に利用可能な施設の実現を目指している。持続可能性が期待できる幅広い利用運営体制の構築と、汎用性と先端性のバランスが取れた多様な実験装置群の設置により、学術研究、産業振興、人材育成、地域貢献に資する有用性の高い研究拠点を形成することが重要な目標である。新試験研究炉の稼働開始に至るまでの間、中性子利用に関連する学術・技術を継承・発展させつつ、世界と伍する実験装置の設置や運用に必要な人材を確保するために、関連コミュニティとの密接な連携を図り、新試験研究炉利用開始時の科学技術の進展や社会情勢の変化を見据えた活動を並行して進めている。

3. 優先設置実験装置

国内の中性子ビーム炉である JRR-3 においては約 30 台の実験装置が稼働しているが、新試験研究炉においては、関連学術コミュニティへのヒアリング等を通じて、汎用性や利用ニーズの観点から重要度の高い 5 つの装置（中性子小角散乱、中性子イメージング、中性子粉末回折、中性子反射率、中性子放射化分析）を優先設置装置として定め、端緒としてこれらの検討を着実に進めることとした。また優先装置以外にもコミュニティからの要望があり、原子炉本体の設計に密接に関連する装置（研究用 RI 製造、陽電子ビーム、材料照射、生物照射、三軸分光、素粒子原子核物理）についても装置に要求される仕様に関して調査を進めている。

4. タスクフォースによる実験装置検討

新試験研究炉に設置する実験装置は、原子炉運転開始時において最先端の利用が期待されるものであり、学術研究や産業利用の発展を踏まえつつ人材育成と地元振興への貢献も考慮する必要がある。このため長期にわたって装置開発・設置・利用のプロセスに主体的に取り組むプロジェクトチームを実験装置ごとに編成する必要がある。そこで関連分野の専門家に協力を仰ぎ、前項で述べた各実験装置に関する検討を実施するタスクフォース（TF）を編成した（図 1）。TF の活動は、全体計画を立案し基本仕様を策定する Phase 1 と、装置の詳細設計を行い装置の建設設置を進める Phase 2 の 2 段階で実施し（図 2）、令和 6 年度より Phase 1 の活動を開始した。Phase 1 においては、国内外施設の現状調査や課題抽出を行うとともに新試験研究炉における特徴づけや広汎な利用の促進策等を検討した上で、10-20 年後を見据えた装置の基本仕様策定を目指す。

5. 既存施設を利用した研究開発と将来の展開

2 の基本指針で述べたように、新試験研究炉の利用開始時点で、利用価値の高い有用な施設を実現するためには、当該分野の学術や産業の隆盛を見極めつつ関連コミュニティとの発展を図ることが肝要である。そこで、TF の活動においては、KUR や JRR-3 等の既存の中性子施設を利用した先端実験装置のプロトタイプ開発や解析の高度化などを進め、既存技術の継承や新たな利用分野の開拓を行うとともに、新試験研究炉への活用に向けて適宜フィードバックを図る(図2)。これらの活動を通じて中性子利用に携わる人材を育成し、学術研究の発展や産業利用の支援、装置の効率的な運用に携わる高度な人材を確保することも重要な課題である。新試験研究炉建設という貴重な機会を通じて社会に貢献する中性子利用を目指し、長期にわたって成果を生み出す利用価値の高い装置群を実現するために、大学・国研等の学術コミュニティや産業界、地域社会等、多方面からの意見や要望を募り協力・支援を仰ぎ、All Japan 体制での持続的なプロジェクトとして計画を推進する。

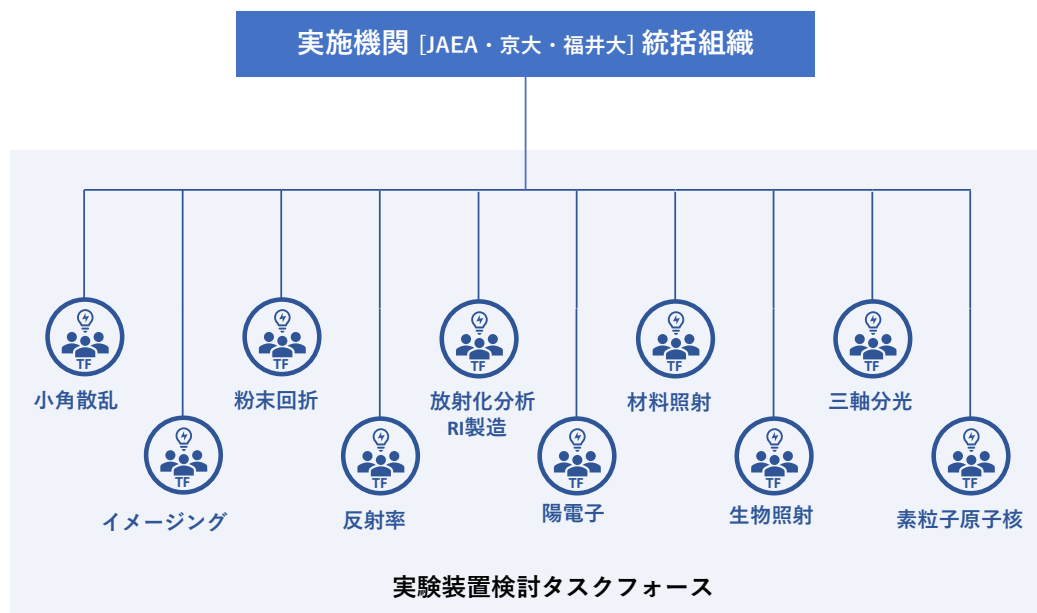


図1 実験装置ごとに編成するタスクフォース

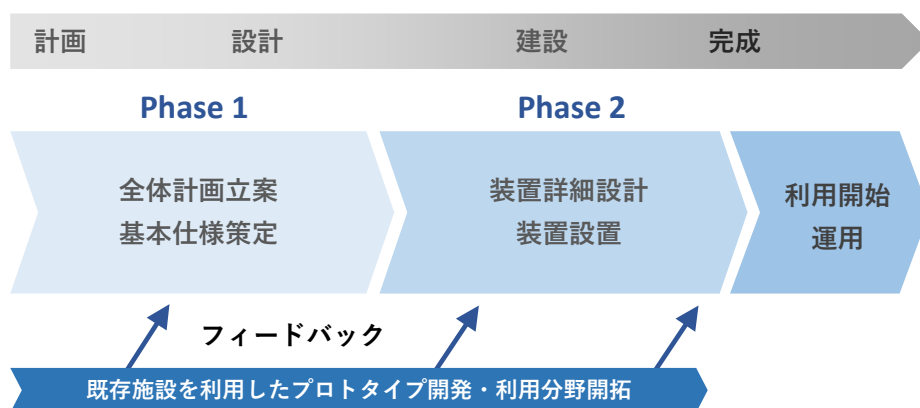


図2 タスクフォースによる実験装置の検討と既存施設における開発

*Nobuhiro Sato¹

¹Kyoto Univ.

加速器・ビーム科学部会セッション

「もんじゅ」サイトに設置する新たな試験研究炉計画の現状
Current status of the plan of new research reactor at the Monju site

(3) 新試験研究炉利用に向けた地元関係機関との連携構築

(3) Construction of cooperation system with the locals for utilization of new research reactor

*宇埜正美

福井大学

1. 令和5年3月から始まった詳細設計

令和5年3月まで続いた文科省の委託事業である本試験研究炉の概念設計では、JAEAが中心となり炉の設計・設置・運転および地質調査を行うワーキンググループ1（WG1）、京都大学が中心となり幅広い利用・運用について検討するWG2および福井大が中心となり地元関係機関との連携を構築していくための活動を行うWG3に分かれて活動を行ってきた。令和5年3月から新たに始まったJAEAを代表とし京都大学および福井大学が加わった共同研究である詳細設計では、本日のここまでの報告にあるように引き続きJAEAが中心となり詳細設計の検討および京都大学が中心となり新試験研究炉に設置する実験装置の検討が行われている。一方、これまでの福井大学が担当してきた地元との連携構築についてはそれ以外の地元関連の施策と合わせて地域関連施策検討WGで議論していくこととなった。

2. 地域関連施策検討WG

地域関連施策検討WGは、利用促進法人の役割等についての検討やトライアルユースの実施に向けた準備を行うサブワーキンググループ1（SG1）、複合利用拠点の設備等について検討するSG2、中性子利用を専門とする人材の育成に向けたロードマップ等について検討するSG3にわかれて議論している。いずれのSGもJAEA、京都大学および福井大学のメンバーが中心となって構成されている。概念設計の段階から福井大学が中心となって行ってきた地元企業への情報発信と技術相談はSG1の活動として、福井大学における中性子利用に関するカリキュラムの構築はSG3の活動として議論されている。

3. 福井大学の活動

3-1. 地元企業への情報発信と技術相談

福井大学の産学連携本部を中心にJAEAおよび福井県庁とも連携して、地元企業の集まるFUNTECフォーラム^[1]や繊維マテリアル研究センター発表会などで新試験研究炉の紹介をするほか、福井県の委託を受けた原子力安全研究協会による講習会などを福井大学にて開催した。さらには福井大学およびJAEAのこれまでの産学連携経験をもとに個別の企業に対して地元勧誘活動を行い、中性子利用に関して前向きな企業もあったが、企業内の中性子利用専門家の育成の要望など課題も出された。

3-2. 中性子利用カリキュラムの構築

今後、地元における中性子の利用は福井大学の教員の研究や地元企業との共同研究を通じて発展すると考えられるので、そのためのカリキュラムの構築には、まずは多くの福井大学教員が中性子を利用する研究を行っていくことが必要である。そのため学内の部局間を超えた研究組織である研究ファームを利用して、中性子利用研究を促進する研究支援を開始した。現在までに繊維先端工学講座他、物理工学講座および原子力安全工学講座に所属する3つの研究グループが支援を受けており、これらの教員の研究とその研究に必要な学問や中性子の利用方法等を紹介するセミナーを行っている。さらに令和6年度よりJAEAに所属する中性子利用の専門家を特命教授として招聘し、これらの教員に対する技術的な相談や既存の試験研究炉のトライアルユースに向けたサポートを行っている。これらの活動で得た福井大学教員の中性子利用に関する情報をもとに、まず次年度にオンデマンドの授業教材を作成する予定である。

[1] <https://hisac.u-fukui.ac.jp/kyouryokukai/information/1788/>

*Masayoshi Uno

¹Univ. of Fukui

📅 Fri. Sep 13, 2024 1:00 PM - 2:30 PM JST | Fri. Sep 13, 2024 4:00 AM - 5:30 AM UTC 🏢 Room A(Recture RoomsA 1F A101)

[3A_PL] Current status of the plan of new research reactor at Monju site

Chair:Masahiro Hino(Kyoto Univ.)

[3A_PL04] Discussion

All Presenters

福井県敦賀市「もんじゅ」サイトに設置する新たな試験研究炉計画が進んでいます。本計画は、令和4年12月から日本原子力研究開発機構(以下 原子力機構)が実施主体として、京都大学及び福井大と協力して推進しており、原子力機構は三菱重工業(株)と「新試験研究炉の設置業務に係る基本契約」を締結し、令和6年中に設置許可申請時期を含む設置計画を策定します。京都大学は、中性子ビーム利用を主目的とした熱出力10MWの新試験研究炉に設置する実験装置検討を、福井大学は、地元との連携構築強化に向けて活動をしています。これらの機関から現状と今後の進め方について報告し、議論をする予定です。

Planning Lecture | Technical division and Network : Health Physics and Environment Science subcommittee

📅 Fri. Sep 13, 2024 1:00 PM - 2:30 PM JST | Fri. Sep 13, 2024 4:00 AM - 5:30 AM UTC 🏢 Room C(Recture RoomsA 1F A105)

[3C_PL] Forests of Fukushima -Current status, issues and research progress-

Chair:Shigekazu Hirao(Fukushima Univ.)

[3C_PL01]

Distribution and risks of radioactive caesium in forests

*Kazuki Iijima¹ (1. JAEA)

[3C_PL02]

Agriculture, Forestry and Fisheries of Fukushima Prefecture -Current status, issues and future from the nuclear disaster

*Kenichi Ogino¹ (1. Agriculture and Forestry Planning Division of Fukushima Prefectural Government)

[3C_PL03]

Research on Forest Radioactivity at the Fukushima Prefectural Forestry Research Center

*Hideki Ogawa¹ (1. FPFRC)

[3C_PL04]

The impacts of wildfires on radionuclides redistribution in the radioactivity contaminated areas

*Yasunori Igarashi¹ (1. Univ. of Tsukuba)

[3C_PL05]

Discussion

保健物理・環境科学部会セッション

福島森林の現状と課題および研究の進展

Forests of Fukushima -Current status, issues and research progress-

(1) 森林における放射性セシウムの分布とリスク

(1) Distribution and risks of radioactive caesium in forests

*飯島 和毅¹¹原子力機構

1. はじめに

1F 事故により放出され、陸域に沈着した放射性セシウムのうち、約 70%は森林に沈着した。住居、農地、道路などの生活圏は除染対象であるが、生活圏になっていない森林は、基本的に除染されていない。そのため、特に生活圏近くに森林が多く存在する里山においては、森林に残存する放射性セシウムの影響やリスクを正しく認識することが重要である。本件では、その影響やリスクを把握する基礎となる森林における放射性セシウムの分布の現状を概括する。

2. 森林の放射性セシウムの現状

2-1. 森林の放射性セシウムの分布と挙動

事故から 13 年が経過した現状では、森林に沈着した放射性セシウムの 90%以上は、樹冠から地表面に移動している。また、地表面に存在する放射性セシウムの 90%以上は、地表面から 10 cm までの深さにとどまっており、深さ方向への移行は極めて遅い。健全な森林の地表面から流出する放射性セシウムは、1 年間に沈着量の 0.1%程度と極めて少なく、台風などの大雨時でもほとんど変化はない。森林火災などで下草やリター層が焼失した斜面では流出割合は多くなるが、せいぜい年間 3%程度で、1 年後には下草の繁茂やリターの堆積のため、元の流出割合に回復する。つまり、森林に沈着した放射性セシウムは、流出や地下深部への移行はほとんど起こらず、長期にわたり森林地表面にとどまると考えられる。

2-2. 森林での放射性セシウムの挙動が引き起こす生態系への移行

樹木については、1 年間に吸収される放射性セシウムの量は、地表面に存在する量の 0.1%程度と見積もられている。しかし、森林表土に放射性セシウムが長期にわたり留まることで、樹木中の放射性セシウム濃度の減少は、今後も緩やかであると考えられる。山菜・キノコは、種類によって濃度が高い状況が続いているが、その濃度の減少も緩やかであると推測される。

森林からの放射性セシウムの流出が少ないため、森林を水源とする河川水系を流れる放射性セシウム濃度は、数年程度の半減期で時間とともに低下している。特に、生態系に移行しやすいと考えられる溶存態の放射性セシウム濃度は、最も濃度が高い河川でも 0.1 Bq/L 程度と極めて低く、飲料水や灌がい用水として十分利用できるレベルである。しかし、溪流魚については、100 Bq/kg を超える個体が捕獲され、森林表土やそこに生息する昆虫などの寄与が懸念されている。

2-3. 森林に残存する放射性セシウムの影響・リスク

林業の場として森林をとらえた場合、残存する放射性セシウムの最も重要な影響は、森林内で施業する際の外部被ばくである。また、林産物や里山生活のモチベーションとなる森の恵みを収穫する場としてとらえた場合、林産物中の濃度が基準値を超えることで、出荷できなくなることが、大きな影響である。この影響は、森林に近くに生息する溪流魚についても同様である。さらに、森林に沈着した放射性セシウムが除染されず、系外への流出が極めて少ない状況では、森林に残存する放射性セシウム自体が潜在的なリスク源である。これらのリスクを認識し、将来の森林の管理に対する課題を設定していくことが望まれる。

*Kazuki Iijima¹¹Japan Atomic Energy Agency

保健物理・環境科学部会セッション

福島県の森林の現状と課題および研究の進展

Forests of Fukushima -Current status, issues and research progress-

(2) 原発事故から 13 年 福島県の農林水産業の課題と今後

(2) Agriculture, Forestry and Fisheries of Fukushima Prefecture

- Current status, issues and future from the nuclear disaster

*荻野 憲一¹,¹ 福島県農林企画課

1. 原発事故による農林水産業に関する被災状況

原発事故により避難指示が出された 12 市町村においては区域内の農地に立ち入ることができなくなり、17,298ha で営農が休止した。

また、原発事故で広がった放射性物質の影響で、避難区域以外の地域においても、米の作付け制限や、野菜や果実、きのこなどについても、放射性物質の検査により基準値を超過した場合は出荷制限が行われた。

2. 復旧・復興の取組

2-1. 農地等の除染、吸収抑制対策

放射性物質を除去するため、農地の表土の削り取り、表層に集積している放射性セシウムを下層に埋却する反転耕、樹皮の洗浄等を行ったほか、放射性物質の吸収抑制対策として、稲わらのすきこみや土の状況に応じた塩化カリ肥料などの追加施用を実施した。

また、農業用ため池の底にたまった放射性物質の除去のため、ポンプ浚渫により除染を実施し、令和 5 年度末までに約 87% のため池で対策工事が完了している。

2-2. 県産農林水産物の安全・安心に向けた取組

県産農林水産物は、出荷前に国のガイドラインに基づき県が放射性物質検査を実施し、安全性を確認している。基準値を超過した品目は市町村単位で出荷が制限され、流通しない仕組みとしている。

2-3. 営農再開に向けた取組

避難指示が解除された地域での営農再開は徐々に進んでおり、避難指示が出された 12 市町村の営農再開面積は令和 5 年度末で約 49.7%。避難指示の解除時期は地域によって大きく異なり、解除されて間もない地域は営農再開の初期段階であることから、今後も切れ目のない支援が必要である。

2-4. 森林・林業の復旧・復興に向けた取組

原発事故の影響により、森林整備や素材生産等の林業生産活動は大きく落ち込んだが、震災から 13 年が経過し徐々に回復傾向にある。

現在は、森林整備とその実施に必要な放射性物質対策をはじめ。原木林や特用林産物の産地再生、木材製品生産拠点施設の整備、人材育成に向けた取組を実施している。

3. 残された課題と今後の展望

避難指示が出された 12 市町村の営農再開や産地再生はもとより、農業産出額の向上のため生産力及びブランド力の回復・強化が必要である。

また、森林では除染がされていないため未だに空間線量が高い場所が残されていることから、森林環境モニタリング調査、間伐等の森林整備とそれに必要な放射性物質対策、住民が安心して利用できる里山の環境づくり等の継続が必要である。

*Kenichi OGINO¹¹Agriculture and Forestry Planning Division of Fukushima Prefecture Government

福島森林の現状と課題および研究の進展

Forests of Fukushima -Current status, issues and research progress-

(3) 福島県林業研究センターにおける森林放射能研究について

(3) Research on Forest Radioactivity at the Fukushima Prefectural Forestry Research Center

*小川 秀樹¹¹福島県林業研究センター

福島県林業研究センターでは原発事故以降、放射性セシウム（以下 Cs）による森林の汚染によって生じた林業現場の課題に対応するため、各種の研究を進めてきた。本発表では、これまでの研究の取り組みについて報告を行う。

事故当初、木材生産に利用されるスギについては、高濃度の樹皮の取扱いが課題となった（図－1）。肥料（暫定許容値 400 Bq/kg）への樹皮の利用が進まず、製材所に大量の樹皮が滞留したことから、閉鎖式燃焼炉を利用して樹皮を減量化するシステムの開発を、大学との共同で進めた。また、樹皮濃度が高いスギを伐採前に森林内で把握するために、GM 管式サーベイメータを利用して樹皮 Cs 濃度を簡易的に推定する手法を開発した。

きのこ栽培用の原木として利用されてきたコナラには、50 Bq/kg という厳しい指標値が設けられたことで、福島県内の多くの地域で原木生産が出来なくなった（図－2）。そのため、Cs が付着した樹皮の表面を、研磨剤を吹きかけて剥ぎ取る装置を大学とともに開発し、本装置は実際に現場で利用されることとなった。さらに、コナラによる土壌からの Cs の吸い上げを抑制するために、水稻等で実績のあるカリウム施肥を利用した Cs 吸収抑制手法の検討を進めた。これまで、ポットを利用したコナラ苗木では吸収抑制効果を確認した。現在は、きのこ原木として利用できる大きさのコナラに対して施用して、その効果を検証している。

今後は、コナラや山菜等における効果的な Cs 吸収抑制手法の検討をさらに進めるとともに、空間線量率が高い場所を含む森林の管理や利活用に関する研究を進める予定である。



図－1 事故当初、製材所に滞留した樹皮



図－2 きのこ原木に利用するコナラ林

*Hideki Ogawa¹¹Fukushima Prefectural Forestry Research Center

福島森林の現状と課題および研究の進展

Forests of Fukushima -Current status, issues and research progress-

(4) 放射能汚染地域における森林火災と放射性物質の再拡散

(4) The impacts of wildfires on radionuclides redistribution in the radioactivity contaminated areas

*五十嵐 康記¹¹筑波大学

2020年4月にチェルノブイリで発生した森林火災(2020年 ChEZ 火災)は、数週間でチェルノブイリ立入禁止区域(ChEZ)の約20%を焼失する過去最大のものとなった。森林火災を起源とした¹³⁷Csが、ウクライナ・キエフだけでなく、ヨーロッパ各地で観測され、メディアなどで大々的に報道された。放射能汚染地域における森林火災は、大きな社会的影響を及ぼす可能性がある。森林火災により直接的に大気に放出される¹³⁷Csの大気拡散や、鎮火後から水文過程による¹³⁷Csの再拡散の把握は、汚染地域の管理者だけでなく、一般市民への情報提供のためにも重要と考えられる。本発表では、環境研究総合推進費により実施された「原発事故地域における森林火災後の放射性物質・再拡散予測システムの開発」の成果を紹介する。プロジェクトでは、現地観測と衛星観測を用いて森林火災の発生面積と焼損度を迅速に推定し、大気拡散モデルと水文モデルを用いて火災後の放射性物質の拡散を予測するための統合解析AIを開発した。1996年4月から2020年4月までの期間(過去20年)で合計33件の森林火災が発生し、500m解像度の衛星観測(MODIS)を超える火災は、2015年と2020年の2件だけであった。MODIS観測を入力として延焼範囲を教師データとして用いない森林火災域判定AIを開発した。地上観測による延焼範囲を真値として、延焼範囲の検出精度を幾つかの尺度を用いて森林火災域判定AIの精度を評価し、NASAやESAのプロダクトと同等以上の検出精度が達成することができた。開発されたアルゴリズムの日本における適用性も検証し、30m解像度解像度の衛星観測(LANDSAT)データを用いる事で、高解像度森林火災検出の可能性が示された。2020年のChEZ火災によって大気中に放出された¹³⁷Csの大気拡散を大気輸送モデルで計算した。火災により放出された¹³⁷Csは数時間以内にキエフに到達し、大気中の濃度は、数十から数百 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ と、キエフのバックグラウンドレベルよりも約1桁高いことが示された。地表水循環モデルによるシミュレーションでは、火災が発生した2020年に観測された高い⁹⁰Sr濃度が森林火災の影響である可能性が示された。

*Yasunori Igarashi¹¹University of Tsukuba.

📅 Fri. Sep 13, 2024 1:00 PM - 2:30 PM JST | Fri. Sep 13, 2024 4:00 AM - 5:30 AM UTC 🏢 Room C (Recture RoomsA 1F A105)

[3C_PL] Forests of Fukushima -Current status, issues and research progress-

Chair: Shigekazu Hirao (Fukushima Univ.)

[3C_PL05] Discussion

東日本大震災による福島第一原子力発電所の事故で設定された帰還困難区域内において、特定復興再生拠点区域については全ての区域で避難指示が解除された。今後は、特定期間居住区域の設定によって除染が進められ、住民の帰還・居住地域が拡大することになる。しかし、陸域に沈着した放射性セシウムの約70%は森林に沈着しており、生活圏になっていない森林は基本的に除染されていない。本企画セッションでは、森林における放射性セシウムの分布の現状、福島県の取り組み、関連する研究の進展を紹介するとともに、森林に残存する放射性セシウムの影響やリスクについての認識を共有する。総合討論において保健物理・環境科学分野で必要な取り組みなど今後の方向性について意見交換する。

Planning Lecture | Technical division and Network : Nuclear Safety Division

📅 Fri. Sep 13, 2024 1:00 PM - 2:30 PM JST | Fri. Sep 13, 2024 4:00 AM - 5:30 AM UTC 🏛️ Room E(Recture RoomsA 2F A200)

[3E_PL] Safety of Nuclear Power Plants against Earthquakes and Tsunamis -Implementation of the Lessons Learned from The 2024 Noto Peninsula Earthquake-

Chair:Akio Yamamoto(Nagoya Univ.)

[3E_PL01]

Situation at Sika Nuclear Power Station

*Toshihiro Aida¹ (1. RIKUDEN)

[3E_PL02]

Noto Peninsula Earthquake in Light of Recent Standardization Activities

*Tatsuya Itoi¹ (1. UTokyo)

[3E_PL03]

Discussion

原子力安全部会セッション

地震・津波に対する原子力発電所の安全性～能登半島地震の教訓の具体化～
Safety of Nuclear Power Plants against Earthquakes and Tsunamis - Implementation of the Lessons
Learned from The 2024 Noto Peninsula Earthquake

(1) 志賀原子力発電所の状況

(1) Situation at Sika Nuclear Power Station

*四十田 俊裕¹, 坂口 英之¹, 辰尾 光一¹, 徳田 将人¹¹北陸電力株式会社

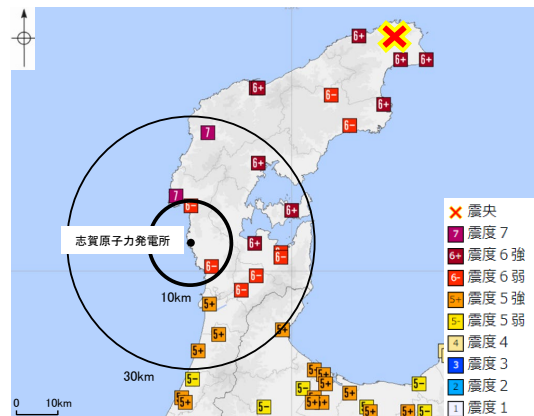
1. はじめに

2024年1月1日16時10分に石川県能登地方の深さ16kmでM7.6の地震が発生。この地震により石川県輪島市や志賀町で最大震度7を観測したほか、能登地方の広い範囲で震度6強や6弱の揺れを観測。

その後も多数の余震が連続的に観測されており、北陸エリアの死者・負傷者は1,551名、家屋倒壊（全壊・半壊・一部破損）106,076棟と能登地域を中心に各地で甚大な被害が発生した。

[7月1日現在、政府公表値]

ここでは、能登半島地震による北陸電力（株）志賀原子力発電所における影響について紹介する。



能登半島各地の震度（気象庁HP資料に加筆）

2. 志賀原子力発電所への影響について

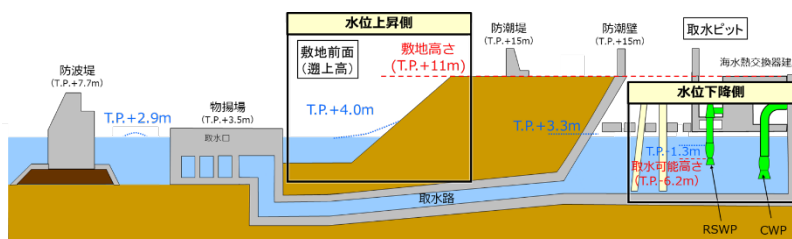
2-1. 志賀原子力発電所で観測された地震、津波

2-1-1. 地震

1号機 原子炉建屋地下2階にて、震度5強、地震加速度399.3galが観測された。

2-1-2. 津波

敷地前面の遡上高の解析値はT.P. +4mであり、敷地高さT.P. +11mを下回るとともに、取水ピット内の観測値はT.P. -1.3mであり、取水可能高さT.P. -6.2mを上回り、今回の津波に対して施設の安全性は確保されている。



今回の津波高さと敷地高さ、取水可能高さとの比較

2-2. 発電所設備への影響

1、2号機とも停止中で、外部電源や必要な監視設備、冷却設備および非常用電源等の機能を確保しており、原子炉施設の安全確保に問題はなかった。敷地内のモニタリングポストの数値に変化はなく、外部への放射能の影響もなかった。

発生した事象の詳細を以下に示す。

2-2-1. 変圧器

1号機起動変圧器のNo.4放熱器上部配管接続部が損傷し絶縁油が漏えいした。漏えいした絶縁油（雨水等含め約4,200ℓ）は回収済。また、放圧板動作およびコンサバータ内のゴム袋の損傷を確認した。



1号機 起動変圧器の損傷

2号機主変圧器のNo. 11 冷却器上部配管接続部等が損傷し絶縁油が漏えいした。漏えいした絶縁油（雨水等含め約 24,600 ㍓）は回収済。放圧板が動作したことから詳細点検により、変圧器内部に放電跡および損傷が確認されている。

また、1、2号機とも破断面観察および構造解析を実施し、損傷原因を共振によるものと推定。

なお、1号機主変圧器、所内変圧器、2号機励磁電源変圧器の放圧板および放圧弁の動作が確認されたが、正常動作であり問題はない。



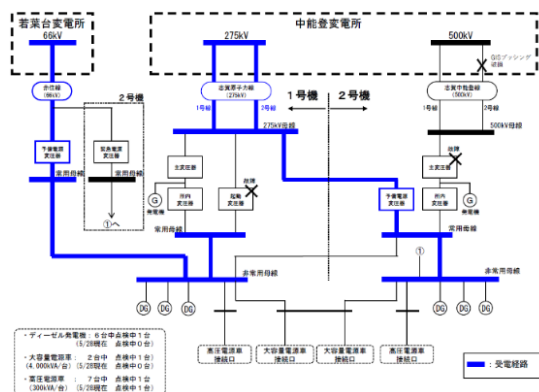
2号機 主変圧器の損傷

2-2-2. 外部電源関連

2号機主変圧器の故障および中能登変電所のガス絶縁開閉装置（GIS）の一部損傷により、外部電源5回線のうち志賀中能登線 500kV 2回線が使用不可となったものの、3回線が使用可能で、安全確保に問題はない。

2-2-3. 絶縁油流出関連

2号機主変圧器の噴霧消火設備の作動により飛散し、その後の降雨で側溝等を通じ1月7日に前面海域に流れた絶縁油（推定約 0.1 ㍓）について処理・回収済。その後、1月10日に再び前面海域に絶縁油（推定約 6 ㍓）が流出したことを受け、側溝の油吸着マットの設置方法の改善等を実施。その後、油が飛散した防油堤外の砕石部、側溝および道路（舗装部）を油流出源と特定し、砕石の除去、洗浄を実施。



2-2-4. 非常用ディーゼル発電機の停止

1月16日に発生した志賀町震度5弱の地震後の保安確認措置として1号機高圧炉心スプレィディーゼル発電機の試運転を実施したところ、自動停止した。

原因調査の結果、設備の故障ではないことを確認し、試運転を実施のうえで待機状態とした。

2-2-5. タービン・発電機関連

停止中の2号機低圧タービンにおいて「伸び差大」警報が発生。これまでに低圧タービンおよび高圧タービンの動翼と静翼との接触痕や、発電機回転検出器の損傷等を確認した。

2-2-6. 使用済燃料貯蔵プール関連

1号機、2号機使用済燃料貯蔵プール水が波打ち現象（スロッシング）により床面に飛散（1号機：約 95 ㍓、2号機：約 326 ㍓）。飛散水はふき取り済。

2号機使用済燃料貯蔵プール内に保管してあった原子炉冷却材再循環ポンプの検査装置の一部がプール底部に落下していることを確認。落下物は回収済。

2-2-7. 冷却水・補給水関連

1号機タービン補機冷却水系サージタンク、純水タンクの水位低下が確認されたものの、いずれも原因を特定し弁の閉止により水位低下は停止。1号機タービン補機冷却水系は、漏えい箇所を補修済で、純水タンクの漏えい箇所の補修は2024年度中に実施予定。

2-2-8. 1号機制御棒駆動機構ハウジング支持部品の脱落

発電設備全般に対する耐震健全性点検（3月1日～27日実施）にて1号機制御棒駆動機構ハウジングが落下した場合に支持する部品の脱落を確認。脱落した部品は回収、取付け済。

2-2-9. 敷地地盤の変状

敷地内において、盛土・埋戻土の範囲及び舗装部に変状（沈下、舗装の亀裂）が確認されている。これらの変状は、掘削調査により、表層のみに発生したもので深部の岩盤に連続しないことを確認しており、地震に伴う盛土・埋戻土の揺すり込み沈下や地震力を受けた舗装の変形が原因と考えられる。

重要施設は十分な支持性能を有する岩盤に直接支持されていることから、発電所施設の機能に影響をあたえるものではない。

2-2-10. 上水道の断水

地震の影響により、志賀町で断水が発生したため、トイレ、洗面の使用制限を行うとともに、バイオトイレを活用した。トイレ用水としては雑用水を活用し、中央制御室のトイレについては、中央制御室近傍の消火栓からトイレ用水を確保した。

また、発電所で使用する生活用水や上水を志賀町の浄水場と富山県高岡市の浄水場で確保する調整を行い、1月12日から発電所員が直接出向いて水を確保し、各建物の給水タンクに補給を行って必要な水を確保していた。

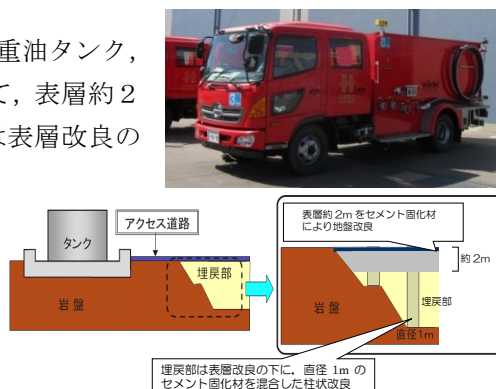
3. 過去の大規模地震の教訓が活かされた事例

3-1. 能登半島地震(2007年3月25日)の教訓

- ・各建屋運転階の水銀灯について、軸の接続部が回転することで振動や揺れが緩和できる可動式タイプの器具に取り替えたことにより、今回の地震における水銀灯の落下を防止した。
- ・能登半島地震後に、陸域については、地震の震源域において地表地質踏査を実施するとともに、航空レーザ計測を実施し、広域的な地殻変動量の解析を行った。海域についても、当社の地質・地質構造調査に基づく各種データを提供するなど、各種研究機関で実施する調査研究と連携した。これらの調査検討により得られた知見について、その後の耐震安全評価における基準地震動 S_s の策定等に適切に反映した。

3-2. 新潟県中越沖地震(2007年7月16日)の教訓

- ・化学消防車を導入するとともに、化学消防車が消火対象物（重油タンク、軽油タンク、変圧器）へアクセスする道路（埋設部）について、表層約2mをセメント固化材により地盤改良するとともに、埋設部は表層改良の下に、直径1mのセメント固化材を混合した柱状改良を実施した。
- ・能登半島地震、中越沖地震を踏まえ、相対的に裕度の比較的小さい配管類、電路類の耐震性裕度向上工事（耐震補強材の追加等）を実施した。



3-3. 東日本大震災(2011年3月11日)の教訓

- ・免震構造の緊急時対策棟を使用することで、今回の地震における要員の円滑な活動を支えた。
- ・全ての送電線を各号機の非常用母線に接続するため、1号機には500kV送電線（志賀中能登線）から、2号機には66kV送電線（赤住線）から接続できるよう電路を新設しており、今回の地震時の外部電源の確保に活用できた。
- ・バックアップ電源として、非常用ディーゼル発電機に加えて、大容量電源車（4,000kVA/台）を2台（1台点検中）、高圧電源車（300kVA/台）を7台（1台点検中）確保していた。非常用ディーゼル発電機の燃料は3台定格運転で7日間分を確保し、実負荷なら1台運転で1号は約24日間、2号は約42日間運転継続可能であった。
- ・使用済燃料貯蔵プールに注水可能な消防車を10台配備（中越沖地震の教訓として配備したものを含む）し、注水時の水源として耐震性の高い大容量淡水貯水槽を設置し、約1万 m^3 の淡水を確保していた。
- ・休日・夜間中に万一発電所で事故が発生しても速やかに対処できるよう、原子力防災組織の初動対応要員39名のうち23名、連絡当番者3名の要員が発電所に24時間常駐する体制を整備しており、今回の地震発生時には運転当直員及び初動対応要員合わせて44名が発電所で活動し、4時間後には89名の体制で対応した。



・対外対応（国，プレス対応等）を行う原子力部としては、2021 年 12 月頃から石川県珠洲市付近で群発地震が続いていたことから、地震時の初動対応の強化のため、2022 年 7 月以降、原子力部の休日の連絡当番者（待機当番）を 1 名から 2 名に増員しており、今回、最寄りの拠点に分散して参集し、4 時間後には 45 名の体制で対応した。

4. 新規制基準適合性審査（敷地地盤）への影響

4-1. 敷地内断層の確認結果

敷地内断層については、今回の地震に伴い活動した痕跡(上載地層の変位変形など)がないことを確認済。

敷地内で生じた沈下・亀裂(79 箇所)は、埋戻土等の沈下が原因で敷地内断層によるものでないことを確認済。よって、敷地内断層の活動性評価については、審査会合での結論（活断層ではない）に影響はない。

4-2. 敷地地盤の変動量の確認結果

敷地地盤における鉛直方向の変動量は「平均 0.04m の沈降」(水平方向の変動量は「西南西方向に平均 0.12 m」)であり、震源域周辺での大きな隆起（輪島で約 4 m 隆起）に比べ、小さい。

原子炉建屋を挟んだ変動に伴う傾斜は 1/100,000 以下であり、審査ガイドの基準（1/2,000）を下回ることから、敷地地盤の変動による影響はない。

4-3. 耐震健全性確認結果

4-3-1. 敷地地盤の地震観測記録の分析

基準地震動は、表層地盤のない地表面での地震動として策定している。そのため、今回観測した岩盤中の地震動は、解析により表層地盤の影響を取り除いたうえで、新規制基準で申請中の基準地震動と比較した。

比較の結果、表層地盤の影響を取り除いた地震動(はざとり波)は、新規制基準で申請中の基準地震動 $S_s - 1 \sim 7$ の包絡形を下回ることを確認した。

4-3-2. 原子炉建屋

今回の地震に対する原子炉建屋の耐震健全性の確認は、原子炉建屋の地下 2 階に設置された地震計の観測記録を用いて、主要な耐震要素である耐震壁に発生した力（層せん断力）と許容値を比較することで行った。

その結果、各階の耐震壁に発生した層せん断力が許容値を下回っていることから、原子炉建屋の耐震健全性が確保されていることを確認した。

4-3-3. タービン建屋、海水熱交換器建屋等

タービン建屋、海水熱交換器建屋の耐震健全性を確認した結果、各階の耐震壁に発生した層せん断力は許容値を下回っていることから、タービン建屋、海水熱交換器建屋の耐震健全性が確保されていることを確認した。

また、屋外施設（排気筒、土木構造物）の耐震健全性を確認した結果、各部材の発生応力は許容値を下回っていることから、屋外施設（排気筒、土木構造物）は耐震健全性が確保されていることを確認した。

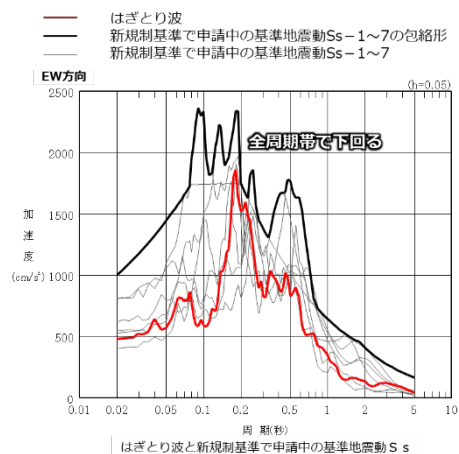
4-3-4. 原子炉建屋内主要設備

1 号機および 2 号機原子炉建屋内の各階に設置された地震計の観測記録を用いて、原子炉建屋内の主要設備について、加わった力や作用した加速度を算出し、構造強度評価および動的機能維持評価を実施した。

その結果、各設備に加わった力や作用した加速度が全て許容値以下であることから、原子炉建屋内主要設備の耐震健全性が確保されていることを確認した。

4-3-5. 海水熱交換器建屋内主要設備等

海水熱交換器建屋内の主要設備等について構造強度評価及び動的機能維持評価を実施した結果、各設備に加わった力（応力）や作用した加速度は全て許容値以下であることから、設備の耐震健全性が確保されていることを確認した。



5. おわりに

2024 年 1 月に発生した能登半島地震により、志賀原子力発電所は、外部電源や必要な監視設備、冷却設備および非常用電源等の機能は確保されており、原子炉施設の安全確保に問題はなかった。

地震後の設備点検は、概ね全て終了し、復旧完了あるいは応急処置済みであるが、一部復旧に時間を有する設備については、今後、計画的に復旧していく。

また、原子炉建屋、タービン建屋、海水熱交換器建屋、屋外施設（排気筒、土木構造物）と各建屋内主要設備の耐震健全性確認を行った結果、いずれも耐震健全性が確保されていることを確認した。

今回の地震の「震源断層」や「地震や津波の発生メカニズム」について、大学・研究機関が各種の調査・研究を進めている。当社としても、これらの調査・研究の動向を把握しつつ、志賀原子力発電所の断層、津波、地震動等の評価に必要な項目について追加調査を実施しているところである。これらの調査・研究から得られる新たな知見を的確に評価に反映し、安全性の向上に努めていく。

*Toshihiro Aida¹ and Hideyuki Sakaguchi¹ and Koichi Tatsuo¹ and Masato Tokuda¹

¹Hokuriku Electric Power Company

原子力安全部会セッション

地震・津波に対する原子力発電所の安全性～能登半島地震の教訓の具体化～
Safety of Nuclear Power Plants against Earthquakes and Tsunamis - Implementation of the Lessons
Learned from The 2024 Noto Peninsula Earthquake

(2) 学協会における最近の活動からみた能登半島地震

(2) Noto Peninsula Earthquake in Light of Recent Standardization Activities

*糸井 達哉¹¹ 東京大学

1. はじめに

福島第一原子力発電所事故の直接的な教訓を踏まえて策定された現行の原子力安全規制では、事故前と比較して高い堅牢性を要求され、加えて、重大事故等対処施設や特定重大事故等対処施設などの追加設備も新たに要求されるようになった。しかし、外部ハザード、特に規模が大きく発生頻度が稀な自然ハザードには、発生時の規模、発生頻度、性状の予測に大きな不確かさがあるため、許認可時に想定した範囲を超える事象が発生する可能性（特に、設備設計の想定を超える事象が発生する可能性）は小さくなったにしても残っており、適切な備えが必要である。また、研究開発による新たな知見の積み重ねや安全対策の見直しは、今後とも継続して行うことが必要である¹⁾。学術的な知見の蓄積はそのための不可欠な基盤である。

本稿では、2024 年能登半島地震の経験を踏まえて、外部ハザードに対する学術的知見の体系化という観点で最近の学協会における標準化に関わる活動などを整理する。また、整理した結果について議論することで、今後の課題を議論する。なお、このような議論では、志賀原子力発電所とその周辺地域の地震時の挙動がどうだったのかという観点での議論に限定せず、原子力発電所が立地しうるサイトやその近傍においてどのようなことが起こりうるのかという観点でより幅広い検討を行うことが、将来的な原子力安全の確保という観点では必須と考えられる。本稿もそのような立場から議論を行う。

2. 近年の学協会における取り組み

2-1. 日本地震工学会と本会標準委員会の協働

日本地震工学会では、本会標準委員会、土木学会原子力土木委員会との協力のもと、原子力安全のための耐津波工学の体系化に関する調査委員会(2012～2015 年)を設置し、福島第一原子力発電所事故の直接な原因となった津波について、工学的的方法論の体系化、個別技術とシステム評価技術の的確な融合、工学の責任の明確化などを目的に議論を行い、活動成果を報告書「原子力安全のための耐津波工学—地震・津波防御の総合技術体系を目指して—」²⁾として取り纏めた。報告書では、事故の主要な原因のひとつとして、原子力安全に関し、学術分野における分野横断的視野の欠如していたことを共通の認識とし、地震工学・津波工学・原子力安全工学の分野の横断的討議が不可欠であることを、技術ガバナンスという観点からとりまとめたことにその特徴がある。

上記の成果を踏まえる形で、日本地震工学会と本会標準委員会が協働し、「原子力発電所の地震安全の基本原則に関わる研究委員会」(2016 年～2019 年)が設置された。そこでは、津波に限らない地震安全に関わる基本原則を明確にし、共有化した上で、原子力発電所の安全確保の実践に関する検討が行われた。その中で次の点を具体的な設計の方法も含めて報告書としてとりまとめた。

- ・ 地震安全に関する性能を満足させるために、設備集合、組織、マネジメント及び人的要因（発電所敷地外における事故時の備えも含む）に対し、バランスや多様性も含めた適切な余裕を考慮しなければならない
- ・ 社会に安定した電力を供給することが原子力発電所の社会的役割である。原子力発電所が社会で受け入れられるためには、地震に対してそれを供用期間中に継続的に果たすこと（「供用性」）が重要であり、そのような観点でのリスク情報を活用した性能規定型の設計・評価の方法論を構築することが必要である

- ・ 地震による揺れに加えて、余震、津波、斜面崩壊や地盤の変位・変形等が随伴して生じる（随伴性）ことを考慮する必要がある
- ・ また、地震事象の評価には極めて大きな不確かさが介在すること（不確かさ）、地震による影響は極めて広範囲となること（広域性）、多くの設備、構築物などに共通して作用すること（共通原因）を前提とする必要がある

2-2.原子力安全部会

原子力安全部会では、今回の企画セッションを含め、継続的に外部ハザードに対する原子力安全の現状と課題を議論している。2021年には、これまでの議論を踏まえて、経過報告書を取りまとめた¹⁾。その中で、① 外部ハザード（自然ハザード、人為ハザードなど）に特有の大きな不確かさを踏まえたリスクマネジメントの在り方（プラント設備の頑健化や設備の増強という対策を大きく上回った場合の備えも含む）、② 新知見などの継続的な検討と迅速に対応する体制の確立、③ PRA などのリスク評価手法を活用した外部ハザードに対する安全対策の向上の3項目について、今後検討を進めるべき課題として挙げた。原子力安全の立場から、外部ハザードを、他分野の検討項目として境界条件（入力条件）とせず、主体的に検討するこのような活動は、今後も継続的に行うことが望まれる。

2-3. 本会標準委員会

標準委員会では、安全検討会傘下の外的事象分科会とリスク活用分科会において、地震、津波、強風、低温、高潮等の外部ハザードに対する原子力安全の基本的な考え方を議論し、その実行にかかる課題と対応として必要な規格・標準の制改定、対策の高度化、研究・技術開発事項の抽出につながる事項をまとめ⁴⁾、またリスク情報の活用に関する基本的な考え方をとりまとめた⁵⁾。

また、外部ハザードに関わる標準についても整備を進めている。外部ハザードに関わるリスク評価の入口的な標準である「外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準」（技術レポートでの提言⁴⁾を受けて改定中）⁶⁾では、外部ハザードをその複合（combined hazard）を含めて原子力安全にかかわる外部ハザードを網羅的に抽出し、リスクの特徴を踏まえて、グレーデッドアプローチの観点から PRA を含めた適切なリスク評価手法を選定するための標準である。安全性向上評価届出制度では、外部ハザードに対する網羅的評価は、現状決定論的な観点からの評価が主であるが、リスクに基づく評価への拡張も含め実務での活用が期待される。

原子力発電所の安全を確保するために重要なハザードについては、確率論的リスク評価（PRA）を行うことになる。標準委員会では、確率論的地震リスク評価（地震 PRA）⁷⁾、確率論的津波リスク評価（津波 PRA）⁸⁾、確率論的断層変位リスク評価（断層変位 PRA）⁹⁾に関する実施基準が策定されている。PRA による複数の事象の重畳に関するリスクの把握では、まず、それぞれの事象に起因するリスクを単独で評価し、そのリスクの大きさ又は重要な事故シナリオを分析し把握することが求められる。その上で、分析結果に基づき重畳に関するリスクを評価することで、効果的にリスクを評価するということが基本的な考え方である。

但し、地震 PRA 標準¹⁰⁾では、津波、地殻変動、断層変位、地震起因の火災・溢水などの揺れと同時に発生しうる事象の重畳や、巨大地震後の余震発生を考慮した事故シナリオの分析について、箇条 5 で要求している。なお、2024 年に改定される地震 PRA 実施基準（印刷中）では、地殻変動（現状はハザード評価のみ）や地震起因の火災・溢水の PRA に関する規定も追加される予定である*。地殻変動（隆起・沈降・傾斜：地震動加速度波形を 2 回積分して得られる変位）と断層変位（断層面に沿って生じる両側の地盤のずれ（食いちがい））はどちらも震源断層の滑りにより生じるものであるが、原子力発電所への影響は異なるものである（図 1）。一般に、両者はそれぞれ別々の現象としてモデル化され評価される^{例えば10)}。原子力学会標準では、地殻変動は地震 PRA 実施標準、断層変位は断層変位 PRA 標準で取り扱われている。地殻変動については、わが国では主に震源断層の滑りにより生じるものが原子力発電所の安全評価の対象となり、現状は耐震設計の一部

* 安全性向上評価届出などで、これらの現象が地震 PRA の中で陽に扱われている例はない（一部ストレステスト的に取り扱われている事例はある）と考えられる。

として決定論的に取り扱われている（JEAC4629-2021 の箇条 6.2）[†]。一方、断層変位については、わが国では将来活動する可能性がある断層等の直上に重要構造物を設置することが認められていないため、立地の適否の評価にとどまっており、原子力発電所の安全性を直接検証した事例は極めて少ない。なお、断層 PRA 標準⁹⁾においては震源断層の延長ではない副断層（図 1 参照、破碎帯などが該当）におけるずれが主な検討対象となる[‡]。なお、2024 年の能登半島地震では、能登半島北西部を中心に最大 4m 程度の隆起が観測されている。また、加えて主断層ではない場所において、地表変状がいくつか観測されている。これらの地表変状が断層変位に該当するかについては今後の議論が待たれる。

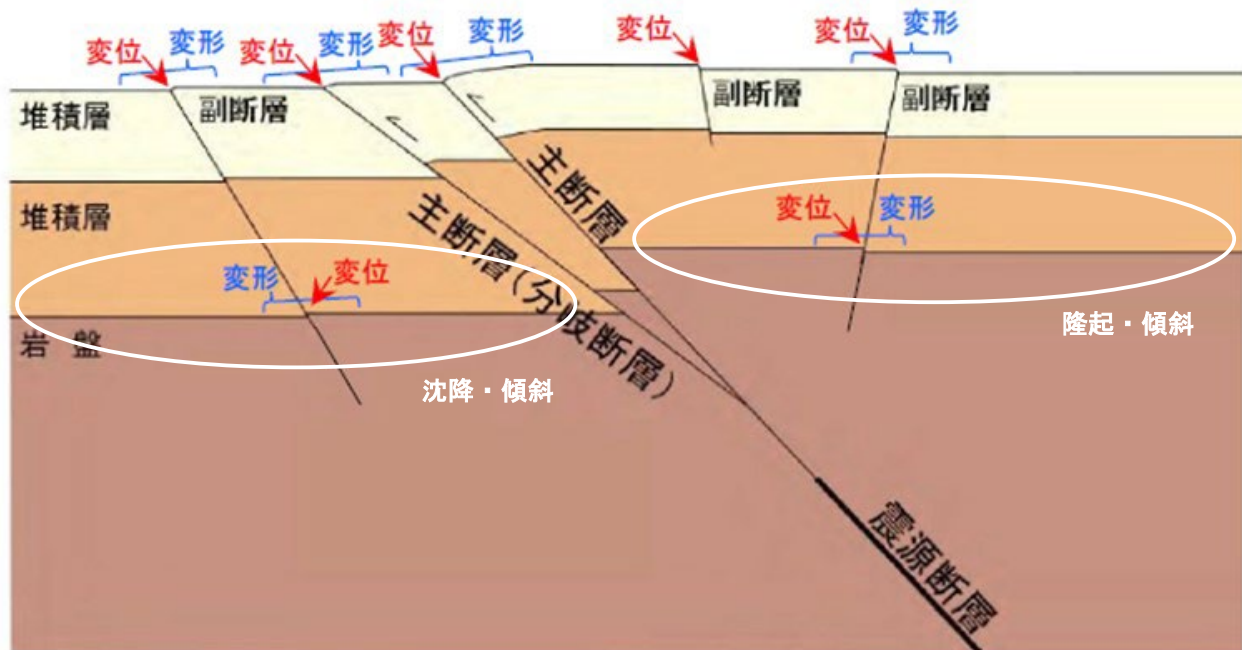


図 1 断層変位と地殻変動の違い（模式図）

地震・津波・断層変位 PRA などにおいては、不確実さ（認識論的不確実さ）の取り扱いについて、その要求事項や評価手順に関する世界的な標準化（例えば SSHAC プロセス）が進んでいる[§]。上記の PRA 標準においては、評価結果の妥当性を確保するため、このような考え方を積極的に取り込む方向で議論が進められている。また、レベル 2PRA 実施基準¹¹⁾についても、地震・津波を発端する事故リスクを評価対象とする形で改定されている。

以上、学会標準における地震に関わる事象のリスク評価手法の検討状況をとりまとめた。2011 年以降様々な取り組みが行われた結果、能登半島地震で見られた現象の多くは、何らかの形で、標準で取り扱われている現状にあると考えられた。一方で、標準としての要求事項、推奨事項の記載が適切かについては、今後の改定作業において継続的に議論を進める必要がある。また、実務においてもこれらの標準が活用され、外部ハザードに対する安全性向上が中心的な課題として進められることを期待したい。

2-4. 本会「安全対策高度化技術検討」特別専門委員会

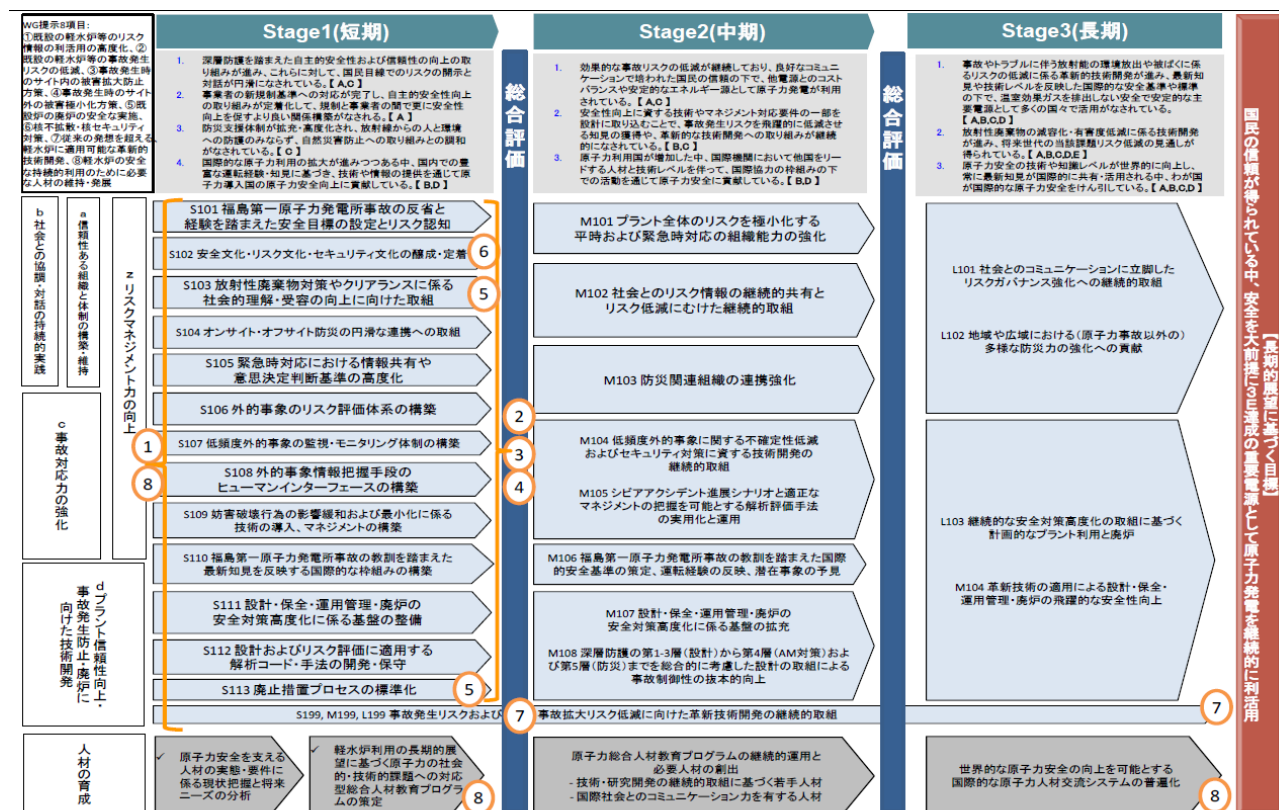
福島第一原子力発電所事故の反省を踏まえ、資源エネルギー庁の委託により、官界、産業界、学術界、学協会の関係者間の役割が明確化された原子力安全技術・人材に関するロードマップが作成された^{12),13)}。原子力発電所の安全性向上を、立地地域や広域における多様な防災力の強化と両輪で進めることがその中の重要

[†] 米国では確率論的地殻変動ハザード評価に関する標準¹¹⁾が出版されている。

[‡] 他の土木分野では主断層による断層変位が主な検討対象になることから、副断層に関わる研究開発は原子力分野を中心に行う必要がある。

[§] 外部ハザードのリスク評価では、不確実さを減らすことが目的ではなく、不確実さを適切に捉えることが重要である。

課題のひとつとされ、そのために必要な研究開発課題などが整理された（図2）。能登半島地震の経験を踏まえ、改めてその重要性が再認識されたとみることでもある。原子力発電所そのものの安全性向上と比べると取り組みの進捗が必ずしも十分でない部分もあるかと考えられ、現状の課題を整理したうえで、今後の取り組みを行うことが望まれる。



(注)①～⑧は、自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループにより提示された8つの課題別区分に対応。

図2 軽水炉安全技術・人材ロードマップ俯瞰図¹³⁾

3. 考察

学協会における福島第一原子力発電所事故の教訓（直接的な教訓だけでなく間接的な教訓を含む）を踏まえた様々な取り組みによって、2024年能登半島地震で見られた事象の多くは、標準などにおいて、今後さらなる検討が必要と考えられる部分が残るものの、考慮されている状態であったと言える。ただし、責任関係が明確でない課題（周辺分野や境界領域）については、取り組みの進捗が十分でないものも見られ、今後検討を進める必要がある。また、事故の記憶が風化する中でこのような活動を継続できるかも課題である。また、2024年能登半島地震についても、志賀原子力発電所とその周辺地域の地震時の挙動がどうだったのかという観点での議論に限定せず、原子力発電所が立地しうるサイトやその近傍においてどのようなことが起こりうるのかという観点でより議論することが、将来的な原子力安全の確保という観点では必須と考えられるという点を再度強調したい。

参考文献

- 1) 日本原子力学会 原子力安全部会 外的事象に対する安全確保の高度化WG：外的事象に対する原子力発電所の安全対策に関する経過報告、<http://www.aesj.or.jp/~safety/report.html>, 2021.
- 2) 日本地震工学会原子力安全のための耐津波工学の体系化に関する調査委員会：報告書「原子力安全のための耐津波工学—地震・津波防御の総合技術体系を目指して—」, 2015.
- 3) 日本原子力学会標準委員会・日本地震工学会原子力発電所の地震安全の基本原則に関わる研究委員会：原子力発電所の地震安全の原則～地震安全の基本的な考え方とその実践による継続的安全性向上～

(AESJ-SC-TR016 : 2019, 2019.

- 4) 日本原子力学会：外的事象に対する原子力安全の基本的考え方:2021 (AESJ-SC-TR018 : 2021)
 - 5) 日本原子力学会：リスク評価の理解のために：2020 (AESJ-SC-TR011: 2020)
 - 6) 日本原子力学会：外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準：2014 (AESJ-SC-RK008 : 2014)
 - 7) 日本原子力学会：原子力発電所に対する地震を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準：2015 (AESJ-SC-P006:2015)
 - 8) 日本原子力学会：原子力発電所に対する津波を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準：2016 (AESJ-SC- RK004:2016)
 - 9) 日本原子力学会：原子力発電所に対する断層変位を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準：2021 (AESJ-SC-RK009:2021)
 - 10) American Nuclear Society: Criteria For Assessing Tectonic Surface Fault Rupture And Deformation At Nuclear Facilities, ANSI/ANS-2.30-2015
 - 11) 日本原子力学会：原子力発電所の出力運転状態を対象とした確率論的リスク評価に関する実施基準（レベル 2 PRA 編）：2022 (AESJ-SC-RK012 : 2022)
 - 12) https://www.aesj.net/sp_committee/com_koudoka（参照：2024-07-05）
 - 13) https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/jishuteki_anzensei/index.html（参照：2024-07-05）
-

*Tatsuya Itoi¹

¹Univ. of Tokyo

Planning Lecture | Technical division and Network : Nuclear Safety Division

📅 Fri. Sep 13, 2024 1:00 PM - 2:30 PM JST | Fri. Sep 13, 2024 4:00 AM - 5:30 AM UTC 🏢 Room E (Recture RoomsA 2F A200)

[3E_PL] Safety of Nuclear Power Plants against Earthquakes and Tsunamis -Implementation of the Lessons Learned from The 2024 Noto Peninsula Earthquake-

Chair: Akio Yamamoto (Nagoya Univ.)

[3E_PL03] Discussion

原子力安全部会の企画セッションも、理事会セッションに引き続き、2024年能登半島地震を取り上げます。理事会セッションが本件を包括的に議論するのに対し、原子力安全部会は個別の技術領域に横串を刺すことを意識しながら、特に原子力安全に係る議論を深めます。具体的には、志賀原子力発電所で実際に何があったのか、既存の安全対策の安全余裕、地震リスク評価における想定等に見直すべきことはあるか、等を議論します。

Planning Lecture | Technical division and Network : Operation and Power Division

📅 Fri. Sep 13, 2024 1:00 PM - 2:30 PM JST | Fri. Sep 13, 2024 4:00 AM - 5:30 AM UTC 🏛️ Room I (Recture RoomsB 1F B103)

[3I_PL] Global Energy Situation and Japan's Nuclear Power Policy

Chair: Takashi Takata (UTokyo)

[3I_PL01]

The Energy Crisis and the Return to Nuclear Power in the World

*Yuji Kuroda¹ (1. JEPIC)

[3I_PL02]

Initiatives to Utilize Nuclear Power Toward Achieving GX

*Katsuyuki Tada¹ (1. METI)

原子力発電部会セッション

世界のエネルギー情勢と日本の原子力政策
Global Energy Situation and Japan's Nuclear Power Policy

世界におけるエネルギー危機と原子力回帰の動き

The Energy Crisis and the Return to Nuclear Power in the World

*黒田 雄二¹¹（一社）海外電力調査会

1. はじめに

- 2022年2月に始まるロシアによるウクライナへの侵攻（以下、ウクライナ侵攻）は世界に大きな影響。
- エネルギー分野においては、ロシアは世界有数の化石燃料保有国であるとともに、原子力分野でも世界の強国。このため、ロシアにエネルギーを依存する西側諸国は、その脱却に懸命。
- 一方、気候変動への対応が求められる中、世界的なエネルギー危機は、エネルギー安全保障の重要性を喚起し、各国における原子力への期待が上昇し、「原子力回帰」の動きが鮮明に。
- 本講演では世界における、ウクライナ侵攻によるエネルギー危機の状況とそれへの対応、およびこれを受けた「原子力回帰」の現状について説明。

2. ロシアによるエネルギー危機

2-1. エネルギー強国 ロシア

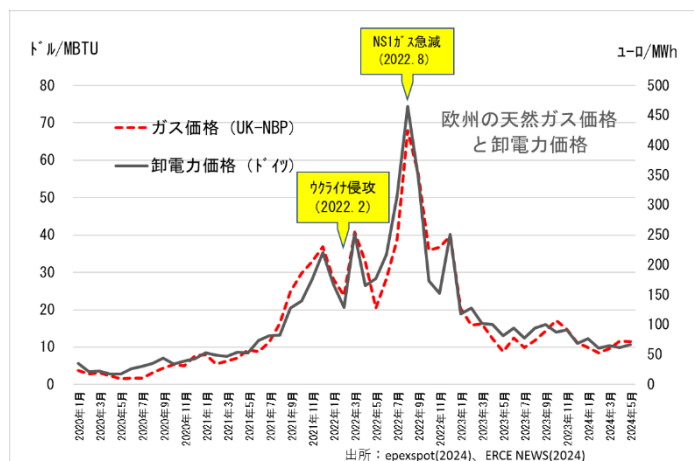
- ロシアは世界有数の化石燃料資源国。石油、天然ガス、石炭を豊富に保有し、生産量も多い。
- このため、ウクライナ侵攻後に実施された西側諸国の経済制裁より、世界のエネルギー情勢は大きく変化し、欧州を中心とした「エネルギー危機」が世界を覆う。

天然ガスの流れ(2021→2023年)

Gm3 (10億m3)		輸入国								
		欧州		中国		日本		合計		
		2021	2023	2021	2023	2021	2023	2021	2023	
輸 出 国	ロシア	184	69	14	32	9	8	241	138	11%
	米国	31	76	12	4	10	8	179	204	17%
	ルウー等	137	237	1	0	0	0	140	240	20%
	中東	23	27	16	25	17	8	130	176	14%
	合計	477	510	163	159	101	90	1,221	1,226	
		39%	42%	13%	13%	8%	7%	出所:EI(2024)		

2-2. 欧州等への影響とその対応

- 欧州の天然ガス価格は、一時 70 ドル/MBTU とエネルギー危機前（2020 年頃）の 20 倍以上にもなり、これに連動して卸電力価格も約 450 ユーロ/MWh まで上昇。
- 欧州（EU27 カ国）はエネルギーの多くをロシアに依存するため、この脱却に向けて 2022 年 5 月、「REPowerEU Plan」を策定。省エネ推進、エネルギー効率の向上、エネルギー調達の多様化、再生可能エネルギー（再エネ）の導入促進などを実施。
- その結果、石炭の輸入はゼロに、また石油も着実に減少。ただし、天然ガスのパイプラインによる輸入はかなり減ったものの下げ止まり状態。また LNG ではほとんど変化がない。
- 以上の対策により 2024 年 5 月現在、天然ガス価格、卸電力価格とも、ピーク時の数分の 1 まで下がったが、エネルギー危機前に比べるとまだ高いレベル。



3. 原子力情勢の変化

*Yuji Kuroda¹¹Japan Electric Power Information Center, Inc.

3-1. 原子力強国ロシア

- 一方、ロシアは原子力の分野でも世界一の強国。
- 原子炉の輸出(海外での建設)や原子燃料の輸出において大きな競争力。
- 世界シェアが、ウラン供給で15%(3位)、転換で38%(1位)、濃縮で36%(1位)、成型加工で17%(3位)
- 先進的原子炉等の開発においても世界の先頭を走る。

世界の第3世代炉建設状況(2023年末現在)

供給国	炉型名	運転中		建設中		計画中	
		計	(輸出)	計	(輸出)	計	(輸出)
米国	AP1000	5	4 中4	1		7	7 中2、ホ-3、ブル2
フランス	EPR	3	3 中2、フイ1	3	2 英2、	6	4 英2、イ2
	EPR2	0		0		6	
韓国	APR1400	6	3 U3	4	1 U1	2	
ロシア	VVER 1200	6	2 ベラ2	13	13 ハン2、トM4、中4、イシ3	7	5 ハン2、ウズ2、イシ1
	VVER-TOI	0		2		4	
中国	CAP1000	0		6		12	
	CAP1400	0		2		0	
	華龍1号	5	ハキ2	11		12	2 ハキ1、ブル1

<注> 中：中国、ウ：ウクライナ、ホ：ポーランド、ブル：ブルガリア、英：英国、イ：インド、フイ：フィンランド、U：7777 首長国連邦、ベラ：ベラルーシ、ハン：ハンガリー、トM：トルコ、イシ：エジプト、ハ：ハンガリー、ウズ：ウズベキスタン、ハキ：パキスタン、ブル：ブルガリア、イシ：エジプト、出所：原産協会(2024)より筆者作成

3-2. ロシア依存からの脱却

- 欧州では、運転中のロシア型原子炉が19基と多く、原子燃料の依存度も高いため、原子力分野での早期の脱却は難しく、少しずつ対応しているところ。
- 原子炉の輸入では、フィンランドが建設契約を破棄したが、ハンガリーは新設計画を続行。
- 欧州はこの対策として、燃料分野でのウラン転換、濃縮における製造能力の拡大を図るとともに、ロシア型燃料の成型加工を西側メーカーに移行することを目指す。
- 米国も、ウラン供給、濃縮においてロシアに依存。特に小型モジュール炉(SMR)開発に必要な20%までの濃縮ウラン(HALEU)がロシアしか商業的に生産できないことに大きな危機感。
- このため、米国は2024年5月「ロシア産ウラン輸入禁止法」を制定し、原子力分野におけるロシア依存からの脱却を急いでいる。

米国原子力におけるロシア依存(2021年)

		単位	米国合計	ロシア依存度(CIS含)	
燃料	ウラン(U308)	1000ポンド	46,736	6,314 (22.871)	14% (49%)
	濃縮	tSWU	14,217	3,953	28%

出所：EIA(2022)

4. 原子力、今後の展望

4-1. 国際機関の展望

- 国際エネルギー機関(IEA)は2023年のWorld Energy Outlook(WEO)において3つのシナリオを示し、「エネルギー危機」は緩和されたが依然不安定とし、クリーンエネルギーへの転換の加速を指摘。
- 化石燃料の総需要が、2030年までにピークを迎え、減少に向かうと予測。
- 今世紀半ばに向けて、太陽光発電、風力発電、電気自動車、蓄電池、水電解装置などが普及。
- NZE(2050年ネットゼロ)シナリオでは、2050年の原子力発電設備は現在の2倍以上(約900GW)に。
- 2023年12月のUAEドバイにおけるCOP28では、公式文書として初めて、「化石燃料からの移行」と気候変動対策の一つとして「原子力」が明記される。

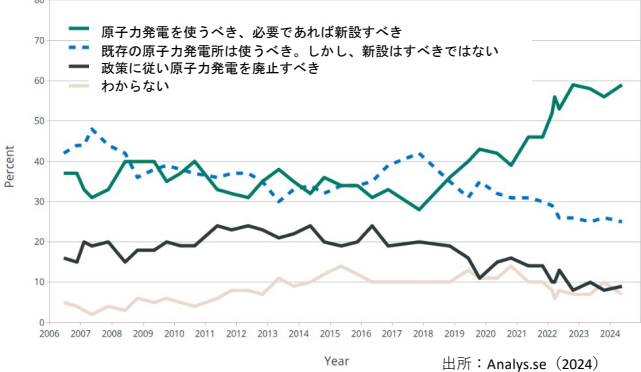
4-2. 原子力への回帰

- 世界の主要国(米、加、英、仏等)は原子力の推進強化。脱原子力国(独、ベルギー、伊等)、未導入国(ポーランド、豪等)は、原子力を再評価する動き。
- 世界各国の世論調査において、ウクライナ侵攻以降、いずれの国も原子力への支持が上昇し、2年経過した現在でも同傾向が続く。

4-3. 既設炉の活用

- IEAは既設原子炉の長期運転を推奨。

スウェーデンにおける原子力支持の推移



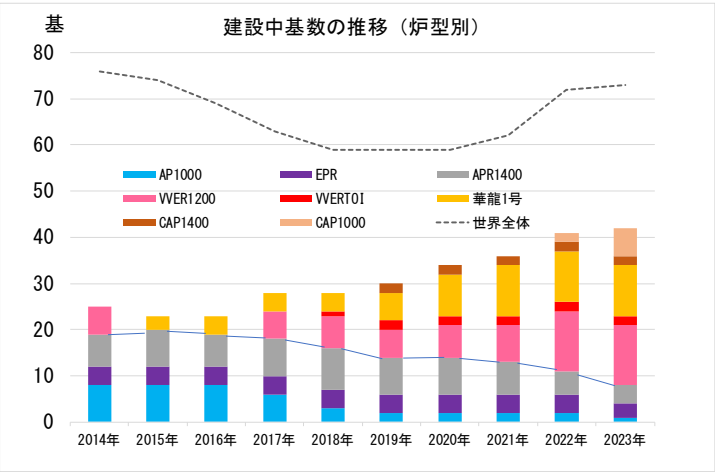
- 米国では現在、30 基以上の原子炉が、80 年運転に向けた許認可を完了か手続き中。

4-4. 新規建設に向けて

- 世界では、第3 世代（大型）炉の新規建設数が増加中。ただし、ロシア、中国などの新興国と西側の先進国の建設数の乖離（原子力の二極化）が拡大。
- 中国の新規建設認可数は最近、10 基/年と極めてハイペース。
- 西側の英国、フランスでも大型炉新設計画が着実に進展するも、遅れ傾向。
- また、スウェーデン、オランダ、チェコ、ポーランドなどでの大型炉新設計画が進んでいる。
- さらに、米国、英国、カナダ等における、小型モジュール炉（SMR）の開発も進展。
- ただし、ロシア、中国も SMR を開発しており、運転開始時期では先進国に先行。

5. まとめ

- ロシアは化石燃料資源を豊富に保有し、原子力分野も含めて、世界有数のエネルギー強国。
- このため、2022 年 2 月からのロシアによるウクライナ侵攻は、世界のエネルギー情勢に大きな影響。
- ロシアに化石燃料資源を依存する欧州等はこの脱却に向け、取り組みを開始。また原子力分野においても、関係国はこの脱却に向けた対応を開始。
- エネルギー危機により、世界各国はエネルギー安全保障の優先度を上げ、再エネを支える将来の重要な電源として原子力発電に期待。このため、多くの国で原子力回帰の動きが見られる。
- 日本は、原子炉再稼働、運転期間延長を確実に果たし、新規建設に向かうことが重要。



出所 原産協会（2024）より筆者作成

世界で先行する革新炉プロジェクト（2024年1月現在）

	推進者 (代表)	原子炉名	サイト	建設スケジュール(2019～)					
				20	25	30	35	40	45
米国	UAMPS	VOYGR	アイダホ州INL		(○)	(◎)		●	)* 2023.11
	オクロ	Aurora	アイダホ州INL	○	(◎)	■			* 2022.1.NRC申請却下
	テラパワー	Natrium	ワイオミング州		○			●	
	XEナジー、タウ	Xe100	ワシントン州、テキサス州			◎		●	
	ケイロス・パワー	Hermes	テネシー州		○	◎		●	
英国	ロールスロイス	R&R-SMR	未定		○	◎		●	
カナダ	OPG、BP	BWRX-300	オンタリオ州(4基)		○	◎		●	
	SKP		サスカチュワン州(～4基)						■
	NBP	ARC-100	ニューブランズウィック州		○	◎		●	
		SSR-W							■
	OPG	MMR	オンタリオ州	○		◎		●	
ロシア	BP	eVinci	未定					●	
	ロスアトム	KLT-40S	チュクチ自治管区	●					
		RITM-200S	チュクチ自治管区					●	
		RITM-200N	サハ共和国			◎		●	
中国	華能集団	HTR-PM	山東省威海市		●				
	CNNC	ACP100	海南省昌江	◎		■			
	CGN	ACPR50S	(渤海沿岸)		(○)	■			

出所：各種情報より、JEPIC作成

以上

原子力発電部会セッション

世界のエネルギー情勢と日本の原子力政策
Global Energy Situation and Japan's Nuclear Power Policy

GX 実現に向けた原子力活用の取り組み

Initiatives to Utilize Nuclear Power Toward Achieving GX

*多田 克行¹¹資源エネルギー庁 原子力基盤室

1. エネルギーを巡る情勢について

- ① 国際情勢変化に伴うエネルギー危機の顕在化
- ② 原子力を巡る国際的な動向
- ③ 今後の国内の電力需要の見通し
 - 東日本エリアの状況
- ④ GX2040 の動向

2. 原子力政策を巡る動向

- ① 日本の原子力発電の現状
 - これまでの再稼働の推移
- ② 国内における原子力政策の動向

3. 原子力活用に向けた環境整備

- ① GX 推進戦略
- ② 既設炉の最大限の活用
 - 既設炉を対象とする事業環境整備の検討
 - 原子炉の運転期間の延長制度
 - 設備利用率向上に向けた取組
 - 原子力事業者による再稼働に向けた取組
- ③ 次世代革新炉の開発・建設
 - 次世代革新炉の開発・建設に向けた産業基盤の維持・強化
 - 次世代革新炉の開発・建設に向けた投資環境
- ④ 今後の論点・課題（まとめ）
 - 原子力の活用に向けた環境整備

Katsuyuki Tada¹¹ Agency for Natural Resources and Energy Office for Nuclear Safety Improvement

Planning Lecture | Board and Committee : Ethics Committee

📅 Fri. Sep 13, 2024 1:00 PM - 2:30 PM JST | Fri. Sep 13, 2024 4:00 AM - 5:30 AM UTC 🏛️ Room J(Recture RoomsB 1F B104)

[3]_PL] Practices and Issues of Ethical Behavior Aimed at Further Improving Safety

Chair:Masaru Fukuie(TOSHIBA ESS)

[3]_PL01]

The appeal points of AESJ Code of Ethics and the Status of its Revision Review

*Masanobu Kamiya¹ (1. JAPC)

[3]_PL02]

The Unavoidable 'Safety Myth'

Nonetheless, Necessary Actions to Prevent Accidents

*Tomoki Ohashi¹ (1. MGWU)

倫理委員会セッション

さらなる安全性向上をめざした倫理的行動の実践と課題
Practices and Issues of Ethical Behavior Aimed at Further Improving Safety

(1) 原子力学会倫理規程の訴求点と改定作業の状況について

(1) The appeal points of AESJ Code of Ethics and the Status of its Revision Review

*神谷 昌伸¹¹ 日本原電

1. 倫理委員会の活動

一般社団法人日本原子力学会（以下「本会」）倫理規程は、倫理規定制定委員会^[1]での検討を経て、2001年に制定され、本会倫理委員会（以下「委員会」）は、倫理規程制定の目的と精神をフォローアップする組織として、2001年11月に本会の常置委員会として設置された。

委員会の任務は、倫理委員会規程（細則類番号1302）第2条で定められており、(1)本会の制定した倫理規程（前文、憲章、行動の手引）の改定案の作成等、倫理規程に関する事項、(2)倫理問題の事例集や教材の発行、(3)研究会等の実施、(4)原子力関連の倫理に関連する事項の現状調査、(5)倫理問題に関する意見の表明、(6)その他必要な事項、の6点が挙げられている。

また、委員会発足時から承継している委員の責務は、倫理委員会運営細則（細則類番号1302-00-02）第3条に、(1)倫理規程制定の基本精神に基づき、規範は時代とともに変化するものであることを忘れず、常に社会環境の変化も考慮した規程を維持するとともに、その遵守状況を見守っていくこと、(2)会員が、原子力界はもとより、昨今の技術と社会との狭間において生じている事柄を、常に自らの問題として捉えられること、(3)会員が、原子力に携わる者、あるいは技術者として、誇りと高い倫理感を持つ必要性を強く認識すること、(4)自己の確立に向け、会員一人ひとりの倫理的判断力と行動力を高めるためのサポートをすること、の4点が掲げられている。

倫理規程は、これまでに7回の改定がなされており、改定の経緯や、倫理問題に関する委員会による意見表明等は、委員会HP^{[2][3]}に掲載している（表1）。

2. 倫理規程制定20年企画

近年の活動として、倫理規程の制定と委員会の設置から20年が経過した節目を捉え、二つの企画を行った。

一つは、日本原子力学会誌（アトモス）において、「倫理規程制定20年を迎えて」と題した連載企画を実施し、本会内外の識者からの寄稿をいただいた（2021年12月号～2022年11月号）^[4]。

もう一つは、「倫理は原子力の安全に寄与できるか」と題した20周年記念シンポジウムを開催し（2022年9月10日、オンライン開催）、原子力施設の立地自治体、原子力安全や科学技術社会学、産業界、未来を担う若手会員から識者をお招きして、あらためて学会や学会員等にとっての倫理を考える機会とし、より高い安全に寄与する行動の実践に向けて議論を行った（討論テーマ1：信頼につながる行動、2：私たちの意識と行動、3：倫理規程制定・改定の精神を次代に繋ぐための行動）^[5]。

*Masanobu Kamiya¹¹The Japan Atomic Power Co.

表1 日本原子力学会倫理規程制定・改定の経緯

年	倫理規程の制定・改定，見解等の公表	社会に大きな影響を与えた原子力関係の事故等
1995		旧動燃：もんじゅ2次系Na漏洩事故・ビデオ隠し
1997		旧動燃：アスファルト固化処理施設火災爆発事故
1998		旧原電工事：使用済燃料輸送容器データ改ざん発覚
1999	倫理規定制定委員会第1回会合	BNFL：MOX燃料製造データ改ざん発覚 JCO：臨界事故
2001	倫理規程制定，倫理委員会発足	
2002	委員会による提言（点検データ改ざん問題）	東電：自主点検記録改ざん等
2003	倫理規程改定（1回目）	
2004		関電：美浜発電所3号機2次系配管破断事故
2005	委員会による見解（2次系配管破損事故） 倫理規程改定（2回目）	
2007	委員会による提言（発電設備に係る不正・不適切事例問題） 倫理規程改定（3回目）	各社：発電設備のデータ改ざん等の不適切事案公表 北陸電：志賀原子力発電所制御棒引き抜け事故発覚 東電：中越沖地震による柏崎刈羽原子力発電所の被災
2009	倫理規程改定（4回目）	
2010		中国電：島根原子力発電所点検不備問題公表
2011	委員会による見解（保守管理ならびに定期事業者検査に係わる問題）	東電：福島第一原子力発電所事故
2014	倫理規程改定（5回目）	
2018	倫理規程改定（6回目）	
2019		関電：金品授受問題発覚
2020	委員会による見解（金品授受問題）	
2021	倫理規程改定（7回目）	東電：IDカード不正使用問題および核物質防護機能の一部喪失事案の発覚
2022	委員会による見解（核物質防護設備の機能の一部喪失事案）	
2023		2月「GX実現に向けた基本方針～今後10年を見据えたロードマップ～」が閣議決定（「再生可能エネルギー，原子力などエネルギー安全保障に寄与し，脱炭素効果の高い電源を最大限活用する」「原子力の利用に当たっては，事故への反省と教訓を一時も忘れず，安全神話に陥ることなく安全性を最優先とすることが大前提」等）

3. 本会倫理規程の特徴

著者は，本会2021年秋の大会の倫理委員会セッションで，倫理規程制定・改定の変遷等を踏まえて，倫理規程の主な特徴として，「積極的な倫理」と「組織文化の醸成」があることを考察した^[6]（表2）。

倫理規程は前文，7つの憲章，各憲章に関連した計41の行動の手引からなっているが，上記の二つの特徴は，倫理規程全体を支える重要な訴求点と言え，次の倫理規程改定の検討においても適切に継承していくものと考えている。

表2 日本原子力学会倫理規程の主な特徴

<u>積極的な倫理（ポジティブな倫理、積極的倫理）</u>
○「やってよいこと」を訴求する倫理 「やってはならない」に類する文言は、2001年制定時で3箇所、2021年改定でも3箇所と非常に少ない。（本会倫理規程と同程度の文字数の倫理規程を公表している他の学会では、「やってはならない」に類する文言が17箇所という例あり） ○「チャレンジ」「チャレンジ精神」という文言を2003年改定から使用。 現行規程（2021年）前文 …もって常に現状に慢心せず、広く学ぶ姿勢と俯瞰的な視野を持ち、チャレンジ精神と不断の努力をもって、より高い安全性を追求し、豊かで安心できる社会の実現に向けて、積極的に行動する。… 行動の手引 1-2 不断の努力と可能性へのチャレンジ 会員は、研究、開発、利用、教育等における諸課題の解決のために不断の努力を払うとともに、常に更なる向上を目指し、俯瞰的な視野を持って、新たな可能性にチャレンジする。 ○東京電力福島第一原子力発電所事故（以下「1F事故」）後の2014年改定の検討の際に議論がなされ、原子力の負の側面にもしっかりと向き合うことと同時に、本会の活動の目的である「公衆の安全をすべてに優先させて、原子力および放射線の平和利用に関する学術および技術の進歩をはかり、その成果の活用と普及を進め、もって環境の保全と社会の発展に寄与すること」に立ち返って考えるならば、原子力学会の会員の倫理観は、「〇〇してはならない」にとどまらず、「〇〇をしよう」といった前向きな、積極的なものを含めることが必要と考えるべきであることが確認されている。 http://www.aesj.or.jp/ethics/02_/02_05_/
<u>よりよい安全、よりよい倫理的行動のための組織文化</u>
○2001年制定時から、安全のための組織のあり方や体制整備の重要性について訴求している。2005年改定で「組織の文化」という用語を初めて使用し、理由として「倫理に関わる問題を自由に話し合えるかどうかは、「風土」とか「雰囲気」といった「組織の文化」の醸成がまず必要」とされている。 ○2005年改定の検討以降、より広い視野で考え、行動できるようにとの観点から、「安全文化」という用語では意味合いが狭まってしまう可能性があると考え、また、協力会社まで含めた幅広い関係者を念頭においた場合により分かりやすい言葉とすることがよいと考えたことから、「組織文化」という用語としている。IAEAでも、近年、「安全に寄与する組織文化」という使い方をしている。 ○1F事故後の2014年改定では、憲章7として「組織文化の醸成」を独立して掲げ、その重要性を強く訴求し、関連する行動の手引を整理している。 ○また、2014年改定では、憲章7にぶら下がる行動の手引の半数に「組織の運営に責任を有する会員」との主語が盛り込まれており、1F事故を踏まえた当時の検討の思いが込められている。 ○2018年改定では行動の手引1-3で「リーダーシップの発揮」が謳われ、「組織文化の醸成」と表裏の関係での訴求が整えられている。

4. 倫理規程改定に向けた検討

委員会においては、次回倫理規程改定に向けた検討を2023年6月から本格化させている。検討において、具体的な論点を設定しているものではないが、以下の点に留意して議論を進めている。

- ・近年の原子力発電所の再稼働の進展やGXにおいて今後も原子力発電を継続的に活用していく流れの中で、これまでの倫理規程制改定で訴求してきたことを再確認し、また、今般の状況を踏まえてより明確に訴求すべき点の検討（例：安全・安心に対する戒め、社会からの信頼、専門家の誇り、多様な価値の尊重、組織文化の観点等）
- ・過去の改定検討の経緯を踏まえて、引き続き特出ししておくべき箇所には留意（2014年の1F事故後の改定内容等）
- ・会員や会員が属する組織の構成員が、自分事として考えることのできる文言への適正化

今後、委員会で成案を得て、本会理事会での議論や会員を中心とした幅広い意見募集を経て、2025年度には改定する計画で検討を進めていく。

注釈および参考文献

- [1] 倫理規定策定委員会の呼称は「倫理規定」で、制定段階で「倫理規程」とされた。
- [2] <http://www.aesj.or.jp/ethics/>
- [3] 倫理委員会、日本原子力学会倫理規程の改定 2021 年改定の概要、日本原子力学会誌, Vol.63, No.9, 2021.
- [4] 中島健, 倫理規程は必要ですか, 日本原子力学会誌, Vol.63, No.12, 2021.
上坂充, 倫理を見つめなおして, 日本原子力学会誌, Vol.64, No.1, 2022.
関村直人, 継続的な安全性向上を担う標準と倫理, 日本原子力学会誌, Vol.64, No.2, 2022.
山本章夫, 水は水, どこまでも水, 完全に自由, 日本原子力学会誌, Vol.64, No.3, 2022.
土田昭司, 将来世代に対する倫理, 日本原子力学会誌, Vol.64, No.4, 2022.
杉原桂太, 公衆優先原則の始まりを確かめる, 日本原子力学会誌, Vol.64, No.5, 2022.
山下俊一, 倫理規程の遵守と「いろは歌」の精神, 日本原子力学会誌, Vol.64, No.6, 2022.
大森聡, 企業倫理の醸成に向けた不断の取り組みについて, 日本原子力学会誌, Vol.64, No.7, 2022.
更田豊志, 事故への反省と倫理的行動, 日本原子力学会誌, Vol.64, No.8, 2022.
川合康太, 学会の倫理規程を若手はどう活用すべきか, 日本原子力学会誌, Vol.64, No.9, 2022.
川村慎一, 為すべきことをよりよく成し遂げるために, 日本原子力学会誌, Vol.64, No.10, 2022.
大場恭子, 弱きも強きも認め, 補い支え合い創る未来, 日本原子力学会誌, Vol.64, No.11, 2022.
- [5] http://www.aesj.or.jp/ethics/03_/03_02_/
倫理委員会, 倫理は原子力の安全に寄与できるか～倫理規程制定 20 年シンポジウムの概要～, 日本原子力学会誌, Vol.65, No.1, 2023.
- [6] 神谷昌伸, 倫理規程改定の概要, 日本原子力学会 2021 年秋の大会予稿集, 1J_PL01, 2021.

倫理委員会セッション

さらなる安全性向上をめざした倫理的行動の実践と課題

Practices and Issues of Ethical Behavior Aimed at Further Improving Safety

(2) "安全神話"は必ず生まれる－それでも事故を起こさないために必要なこと

(2) The Unavoidable 'Safety Myth' – Nonetheless, Necessary Actions to Prevent Accidents

*大橋 智樹¹¹宮城学院女子大学

1. “安全神話”について

原子力発電の専門家と話をすると、福島事故の前から“安全神話”なぞなかったと言う人が少なくない。しかし、原子力緊急事態宣言が発表されたあの日の 19:03 の時点で全号機全電源超長時間喪失が起こることを想定できた専門家はほぼいなかったのは事実であるし、次の日の 15:36 の前まで水素爆発で原子炉建屋があれほどまでに破壊されることを想定できた専門家がいなかったのもまた事実である。私自身、「地震が起こったら家族をサイトに連れていきたい」という発言を何度も聞いたことがある。これらの事実は、発電所の安全性に対してある種絶対的な自信をもっていた専門家が多かったことを示すと言えよう。それらを「実際に事故が起こった事実」を知った専門家以外の人が、「その事故を多くの専門家が予見し得なかった事実」について、その原因を“安全神話”と呼びたくなるのはごく自然であり、「非専門家にはそう思う人がいる」ことをまずは受け入れることが必要であろう。

2. 1F 事故 13 年の現状

事故から 13 年半が経過した。この間、原子力規制委員会・原子力規制庁が創設され、新規制基準が施行された。すべての原子力発電所は、同基準の要求をクリアしないと運転が許可されないこととなった。地震・津波はもちろん、竜巻、噴火などを加えた自然災害への対策、そして、テロや航空機の衝突などの自然災害以外への対策も盛り込まれ、特重施設の整備などに加えて、万一の際に対処に関わる関係者の教育・訓練も幅広く求められるようになった。福島事故を契機に長期停止を余儀なくされた発電所は、再稼働の前に膨大な「コンクリートと人」への投資をしてきたのである。「超想定外事象の想定内化」とでも呼ぶべきこの間の取り組みは、関係者に一定の心理的な変化をもたらすことになった。

3. 新規制基準対応が生む新たな“安全神話”

原子力防災訓練を考えてみたい。自治体と連携した住民避難がある訓練で必須なのが炉心溶融シナリオである。訓練では、最大級の自然災害を生じさせ、あれを壊しこれを壊しそれに時間をかけなぜか連絡が取れなくなり…普通ではない事象をあれやこれや積み重ねてやっと炉心溶融というシナリオを作成する。この訓練を繰り返すと人はどうなるか。「そこまでやらないと事故は起こらない」と“学習”させられるのである。

水源も電源も多重化されて整備された。アクセスルートもいくつも確保され、アクセスルート啓開のための手段も万全。頑健な緊急時対策所が設けられ、かつ、多重化された。サイト外からのバックアップ体制も整えられた。そしてそれらすべてについて何度も訓練を重ねた。そして、ここまであり得ないほどの異常事態が重ならないと事故は起こらないと思い始める。13 年前への回帰である。

つまり、皮肉なことに、新規制基準に対応してきた過程で、新たな“安全神話的な状態”が生まれているのだ。ただこれは、人間が安定を好む生き物である以上、構造的に防ぎ得ない自然の帰結なのである。“安全神話”は何度でもよみがえるのだ。まずは、構造的に“安全神話”が必ず生まれることをすべての関係者が自覚することが肝要である。そして、それを前提として、それでも事故を起こさないために必要な「人間の心理にブレーキをかけるための施策」をどうにかして生み出すことが求められているのだと思う。

*Tomoki Ohashi¹¹Miyagi Gakuin Women's University

Planning Lecture | Board and Committee : Decommissioning Review Committee

📅 Fri. Sep 13, 2024 1:00 PM - 2:30 PM JST | Fri. Sep 13, 2024 4:00 AM - 5:30 AM UTC 🏢 Room K(Recture RoomsB 2F B200)

[3K_PL] Development of robot technology that contributes to the decommissioning of the 1F NPS

Chair: Takashi Yoshimi (Shibaura Inst. of Tech.)

[3K_PL01]

PCV internal investigation of Unit 1 by drone

*Takuya Miura¹ (1. TEPCO HD)

[3K_PL02]

Robotics development of IRID for the decommissioning of the Fukushima Daiichi NPS

*Naoaki Okuzumi¹ (1. IRID)

[3K_PL03]

Development of Robotics for Harsh Environments in 1F Decommissioning Utilizing DX at the JAEA Naraha Center for Remote Control Technology Development (NARREC)

*Akihiro Tagawa¹ (1. JAEA)

[3K_PL04]

Creative Robot Contest for Decommissioning

*Shigekazu Suzuki¹ (1. NIT Fukushima College)

福島第一原子力発電所廃炉検討委員会セッション

1F 廃炉に貢献するロボット技術開発

Development of robot technology that contributes to the decommissioning of the 1F NPS

(1) ドローンを活用した 1 号機 PCV 内部調査について

(1) PCV internal investigation of Unit 1 by drone

*三浦 拓也¹, 中島 悟¹, 熊川 喜之¹, 新沢 昌一¹, 溝上 伸也¹¹東京電力ホールディングス株式会社

1. 緒言

福島第一原子力発電所の廃炉作業において、燃料デブリの取り出しは重要なステップであり、取り出し工法の検討においては、原子炉格納容器内の状況を得ることが重要な課題とされている。

1 号機原子炉格納容器（以下、PCV）内部調査については、燃料デブリの状態を把握するため、主に地下階の調査は実施済みである。一方、燃料デブリの取り出しに向けては、地下階の情報だけでなく、PCV 全体の状況も把握する必要がある。

そこで本調査では、小型ドローンおよび無線を中継するヘビ型ロボットを用いて、PCV 1 階エリアを主とした調査を実施し、ペDESTAL 外の 1 階エリアおよびペDESTAL 内部の映像取得を実施した。

2. 調査方法

調査装置については、図 1,2 に表す小型のドローンおよびヘビ型ロボットを用いた。

PCV 内部が狭隘かつ暗所であるため、小型であり、かつ機動性、撮影能力の高い調査装置として、小型ドローンを採用している。また、小型ドローンの無線通信範囲を補うために無線中継器を搭載したヘビ型のロボットを投入した。1 号機原子炉建屋 1 階の所員用エアロック（X-2 ペネ）にシールボックスを取り付け、両機を PCV 内に投入することで、PCV 内の隔離状態を維持した調査を可能とした。



図 1 小型ドローン

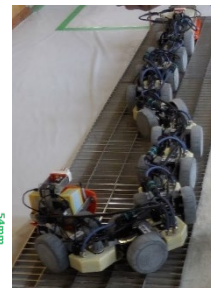


図 2 ヘビ型ロボット

3. 調査結果

PCV 内にある CRD（制御棒駆動機構）交換用の開口部をペDESTAL の内外から捉えた状況について、調査結果の一例を図 3 および図 4 に示す。図 3 によって、ペDESTAL 外の CRD 交換用開口部前に落下物が存在するものの、ペDESTAL 壁に大きな損傷はなく、既設の構造物についても経年劣化による変色はあるが、概ねの形は保っていることが確認できる。一方で、ペDESTAL 内から撮影した図 4 によると、脱落した CRD や関連機器が CRD 交換用レール上に落下していることなどが推定できる。

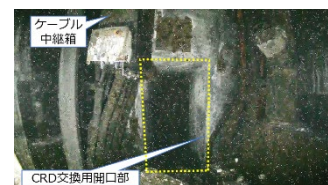


図 3 ペDESTAL 外の状況

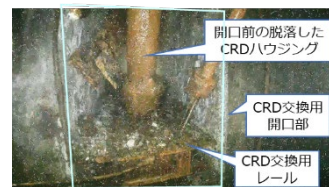


図 4 ペDESTAL 内の状況

以上により、小型ドローンおよびヘビ型ロボットを用いて、PCV 内の有意な状況を取得できることが分かった。また、本調査によって、小型ドローンの飛行がダスト飛散に与える影響は軽微であることやカメラの放射線ノイズの影響など、今後の調査に向けた新たな知見を得ることができた。

4. 結言

本調査によって、PCV 内の状況を取得するために、小型ドローンが有効な手段の一つであることが明らかとなった。また、本調査によって得られた情報は、今後の内部調査および廃炉作業における重要な知見となり、燃料デブリ取り出し工法の確立化に資することが期待できる。

*Takuya Miura¹, Satoru Nakashima¹, Nobuyuki Kumakawa¹, Shoichi Shinzawa¹ and Shinya Mizokami¹

¹Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc.

福島第一原子力発電所廃炉検討委員会セッション

1F 廃炉に貢献するロボット技術開発

Development of robot technology that contributes to the decommissioning of the 1F NPS

(2) IRID における 1F 廃炉のためのロボット技術開発

(2) Robotics development of IRID for the decommissioning of the Fukushima Daiichi NPS

*奥住 直明¹¹技術研究組合 国際廃炉研究開発機構

1. 緒言

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構(IRID)は、2013 年 8 月の設立以来、廃炉技術の基盤強化を視野に、当面の緊急課題である福島第一原子力発電所廃炉作業に必要な研究開発に取り組んできた。IRID における研究開発概況については今まで福島第一原子力発電所廃炉検討委員会企画セッションや発電部会企画セッションなどで報告させていただいてきたが、今回 IRID の研究開発の中からロボット技術にかかわるものについて、今までの成果をまとめて報告する

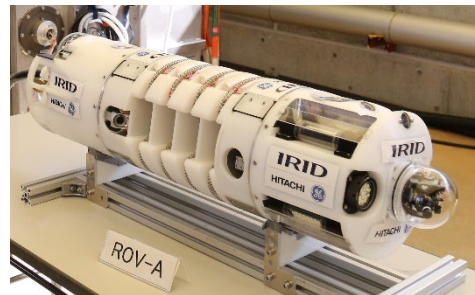
2. 作業用ロボット



燃料デブリを取り出すにあたって原子炉建屋内 1 階フロア及び上部階において各種作業が計画・実施されている。各種作業を円滑に遂行するためには放射線量をできるだけ低減し作業環境を改善することが必要である。このため原子炉建屋内で利用できる除染ロボットの設計・製作を行い、実証試験による性能確認並びに実証試験結果を踏まえた装置改良、遠隔制御システムを開発した。

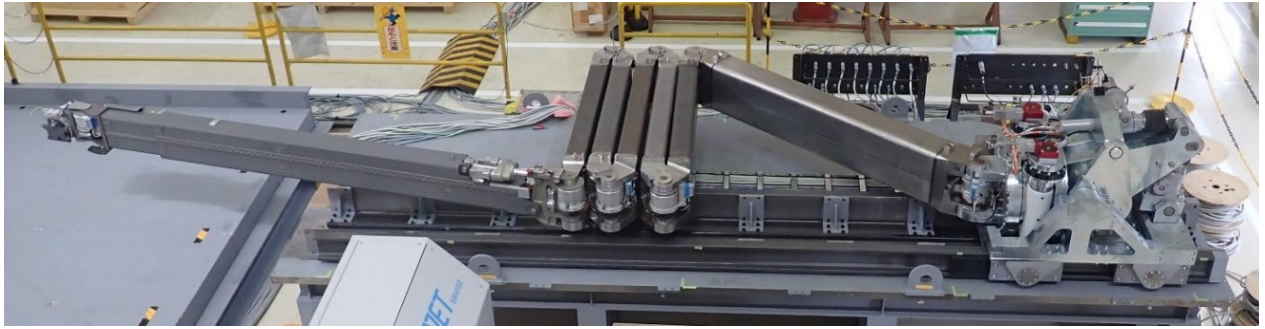
3. 調査用ロボット

福島第一原子力発電所では事故により PCV が損傷したが、PCV 内外の損傷状況を調査するため、トラス室内調査用ロボット、PCV 内部調査用ロボットなど様々なロボットを開発して現場に投入してきた。また計画段階ではあるが、RPV 内部調査用ロボットについてもその要素技術などの開発を行った。さらに現在行われている 2 号機の燃料デブリ試験的取り出しに用いるアーム型アクセス装置の開発を行っている。



4. 燃料デブリ取り出し用ロボット

燃料デブリ取り出し用ロボットについては、「段階的に規模を拡大した取り出し」「取り出し規模の更なる拡大」においては使用するロボットのコンセプトなどを検討してきた。また PCV 内部の干渉物撤去に使用するロボットや、将来の RPV 上部からアクセスする「上アクセス工法」について、構造物単位で一括搬出し、原子炉建屋から離れた場所に新設する建屋にて細断して容器へ収納する「構造物一括撤去・搬出」技術や、構造物は RPV に近い位置で分割し容器に収納し搬出する「構造物大分割」技術などを検討している。



5. 結言

今後も関係各機関と緊密に連携し、安全かつ着実な技術開発を行っていく所存である。

*Naoaki Okuzumi¹

¹International Research Institute for Nuclear Decommissioning

福島第一原子力発電所廃炉検討委員会セッション

1F 廃炉に貢献するロボット技術開発

Development of robot technology that contributes to the decommissioning of the 1F NPS

(3) JAEA 櫛葉遠隔技術開発センターにおける DX を活用した 1F 廃炉等の

過酷環境ロボット開発環境の整備 (NARREC)

(3) Development of Robotics for Harsh Environments in 1F Decommissioning Utilizing DX at the JAEA Naraha Center for Remote Control Technology Development(NARREC)

*田川 明広¹¹ 日本原子力研究開発機構

1. はじめに

日本原子力研究開発機構（JAEA）では、2011 年 3 月 11 日に発生した、東日本大震災による原子力災害の対応を震災当日から福島入りして活動を実施してきた。

2011 年当時、福島第一原子力発電所（1F）から 20km 圏内は、警戒区域に設定された（図 1）。将来的に、高線量環境下である 1F 内部での各種作業は、遠隔装置を活用することが想定されることから、人が容易に立ち入ることができる 20km 境界外に遠隔技術の実規模モックアップや試験等が実施できる櫛葉遠隔技術開発センター（NARREC）を設置することとなった。2015 年 10 月に開所した（図 2）。

図 2 開所式での安倍総理大臣（当時）のご挨拶²⁾

技術研究組合国際廃炉研究開発機構（IRID）の発足当初（2013 年 8 月）からの組合員でもあった JAEA は、IRID が実施する 1F 廃炉の大型装置開発のためのモックアップ試験等を中心に利用されてきた。

2. NARREC の紹介

NARREC には、主に研究管理棟にあるヴァーチャルリアリティ（VR）施設と試験棟にあるモックアップ施設があり、モックアップには水中ロボット用の水槽、傾斜等を変更できる階段、モーションキャプチャなどの機能が備けられている。（図 3）

施設使用には利用料金が設定されており、1F 廃炉関連、イノベーションコースト構想関連、中小企業の利用等はリーズナブルな料金設定で利用することができる。また、上記に関わらず、一般利用することも可能である。

図 1 警戒区域等の設定¹⁾

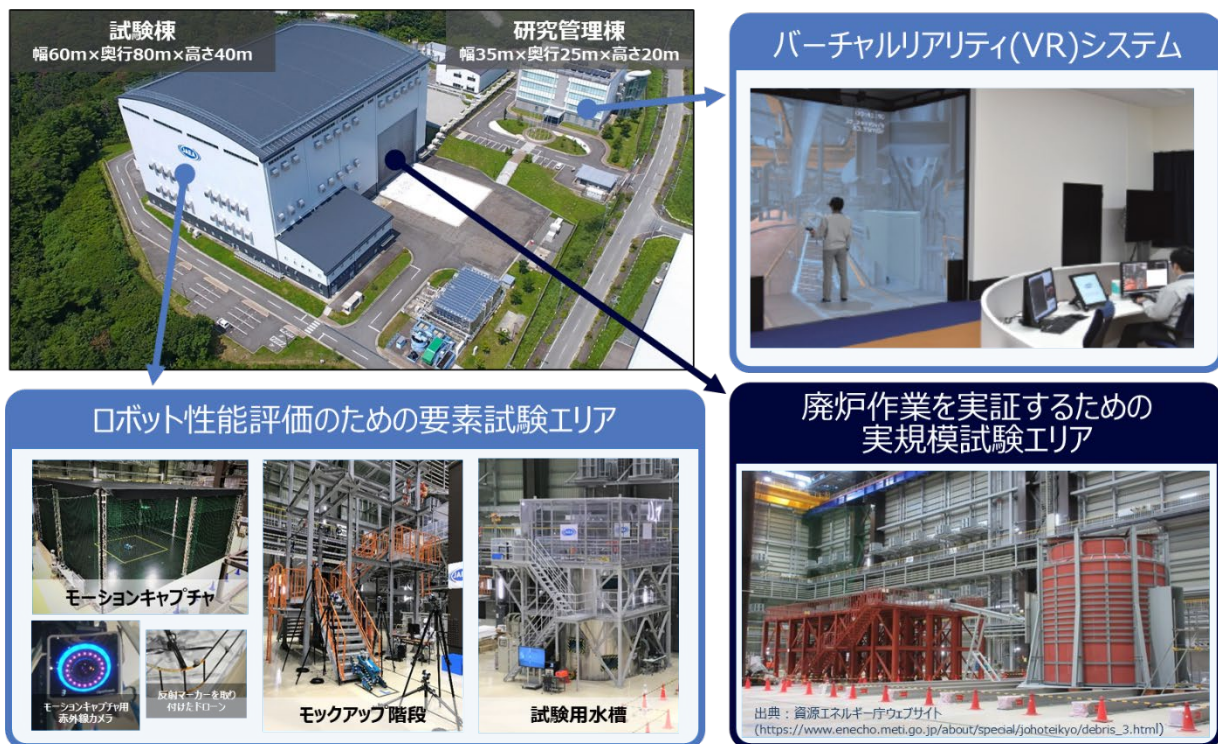


図3 NARRECの主な設備等

3. 施設を活用した研究開発の例

1F 廃炉関連での利用例として、燃料デブリ試験的取出しモックアップ試験、PCV 内部調査の実証試験等の実規模試験として活用されている（図4）。

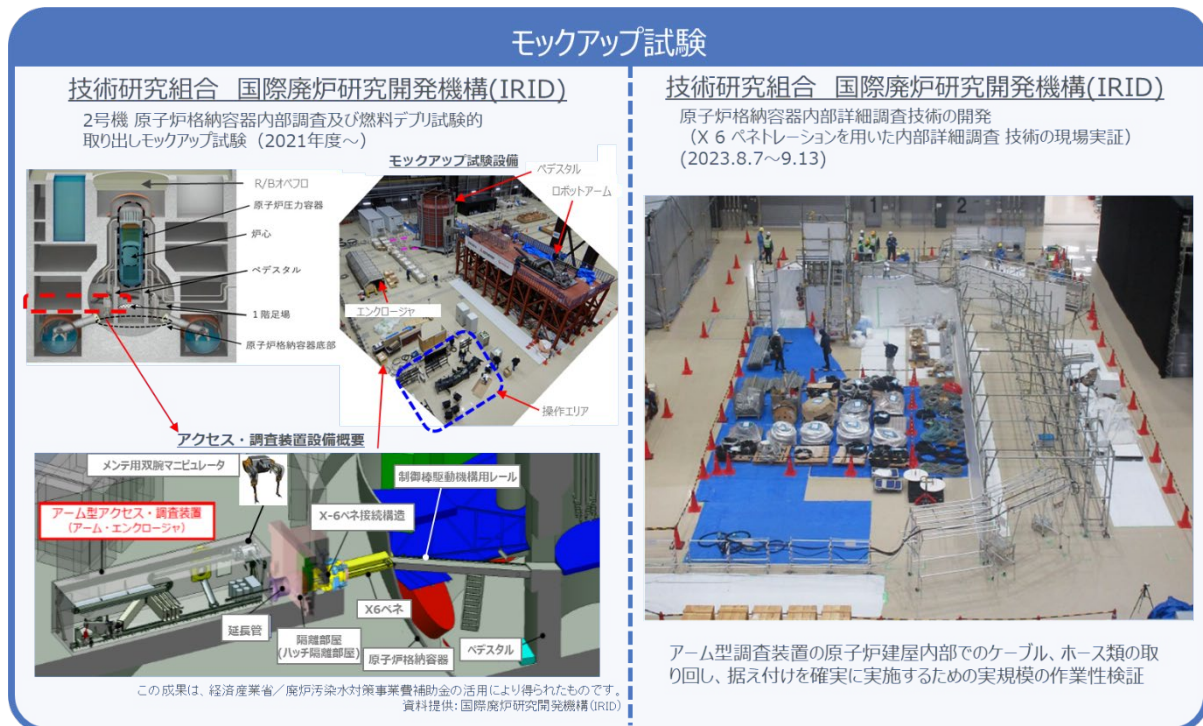
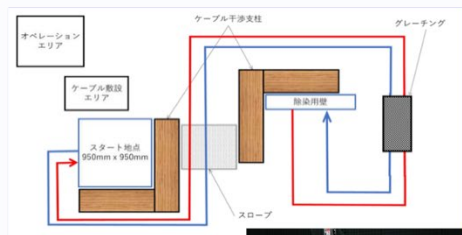


図4 1F 廃炉関連の利用

また、人材育成として、「廃炉創造ロボコン」（図5）も毎年開催され、昨年までに8回開催され、何人もの卒業生がJAEAや東京電力等の1F 廃炉関連企業に就職している。

第8回廃炉創造ロボコン (14校・17チーム参加, 2023.12.23)

文部科学省の「英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」で開始され、
現在継続して「廃炉研究等推進事業費補助金」(CLADS補助金)に基づき実施



【競技内容】

1F内における高線量エリアの壁の遠隔高所除染を想定。壁は非磁性体とし、移動経路にはスロープ、障害物(グレーディング)を設置。

今年度は新たに復路を追加

【競技時間】

10分

【課題クリア】

4チーム

【受賞校】

文部科学大臣賞
福島県知事賞
高専機構理事長賞
原子力機構理事長賞
イノベ機構理事長賞

小山高専 (3年連続)
熊本高専
舞鶴高専
一関高専
大阪公立大高専



【競技(除染)状況】

図5 第8回廃炉創造ロボコンの概要

4. DX 利活用環境の整備

NARREC の最大の特徴は、実規模モックアップのスグ傍らに VR 施設を有することで DX 環境が整えられている。しかも、1F から 20km と近い距離にある。JAEA では、用途に応じ、デジタルデータを活用しながら、実際の装置開発が効果的に進む取り組みを行っている。その例を以下に記す。

○デジタル：線源逆推定による 3 次元的汚染分布の把握 (図 6)

1F 内部は全方位で汚染されているため、作業員被ばく低減の観点から汚染状況を表面汚染計などによるサーベイで確認することが困難である。そこで、空間線量率を計測し LASSO 法による逆推定手法により逆問題を解くことで空間線量率を 3 次元表面汚染密度に変換する。これにより、汚染分布が把握でき、効果的な除染や遮へい計画による被ばく低減策を計ることができる。(廃炉・汚染水対策事業費補助金(原子炉建屋内の環境改善のための技術の開発)業務)



図1 システム全体像及びその動作イメージ

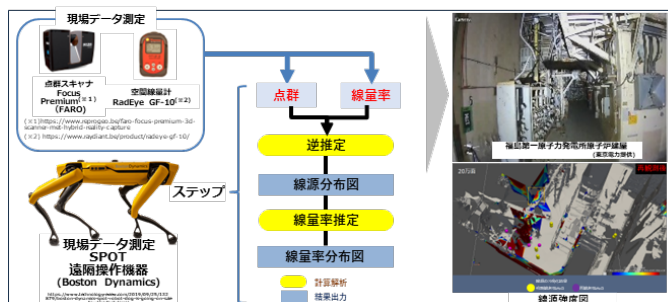


図6 線源逆推定システム

○リアル：性能試験法によるロボット性能評価

ロボットやドローンによる調査を実施したいが、どのロボットを利用すればよいか、どんな評価を実施すれば活用できると判断できるか、1F 内部状況が不透明であるためわからない。そこで、複数異なるロボットであっても性能を比較検討できるようにするために、いくつかの標準的に走行や飛行ができるコースをモックアップに準備し、モーションキャプチャ等と組み合わせて利用できる環境を整えている。これらのコースは、レスキューロボットなどの過酷環境で活躍できるロボットを意識しており、コースの仕様⁴⁾や試験方法はホームページで公開し、ホームセンターで購入できる素材で自作できるようにもなっている。⁴⁾

5. 地元利用

NARREC は、一般企業への施設貸出も行っている（図7）。この他にも水中ドローンの操作トレーニングや新人潜水士トレーニング等、様々な活用がされている。今後、NARREC を利用した、地元や異分野の活用も模索したい。



図7 地元企業によるロボット性能試験

6. まとめ

NARREC では、1F 廃炉への貢献のみならず、福島復興や新産業創出等の多様な利用を目指して今後も積極的な活用を模索する。原子力学会の方からの気軽な問合せをお待ちしています。

7. 参考文献

- 1) 環境省 WEB サイト <https://www.env.go.jp/chemi/rhm/h28kisoshiryo/h28qa-09-22.html>
- 2) JAEA WEB サイト <https://fukushima.jaea.go.jp/info/20151022.html>
- 3) 廃炉・汚染水・処理水対策事業事務局 WEB サイト
https://dccc-program.jp/wp-content/uploads/20240126_JAEA.pdf
- 4) NARREC WEB サイト https://naraha.jaea.go.jp/rd/standard_test_methods.html

*Akihiro Tagawa¹¹Japan Atomic Energy Agency

福島第一原子力発電所廃炉検討委員会セッション

1F 廃炉に貢献するロボット技術開発

Development of robot technology that contributes to the decommissioning of the 1F NPS

(4) 廃炉創造ロボコン

(4) Creative Robot Contest for Decommissioning

*鈴木 茂和¹¹福島高専

1. 目的

東京電力福島第一原子力発電所の廃止措置については、「東京電力福島第一原子力発電所 1～4 号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」に基づいて、現在様々な取組が進められてきている。また、中長期ロードマップでは、「中長期の視点での人材育成及び大学・研究機関との連携」が強調されている。さらに 2051 年までの完了を目指している作業であるため、安心して安全な作業を続けていくためには若い世代からの教育と人材育成が重要である。

そこで、福島第一原子力発電所廃炉に関する興味を高め、さらに柔軟な発想力による新しい技術を生み出すことを目的として、技術者育成の専門的な教育を受けている高等専門学校の学生を対象に福島第一原子力発電所廃炉を課題としたロボットコンテストを 2016 年から実施しており、その成果について報告する。

2. 競技課題

2016 年第 1 回から 2024 年第 9 回大会の課題概略を表 1 に示す。毎年全国から 16 チーム程度が参加して実施しており、第 3 回大会からはマレーシア工科大学も参加している。

表 1 廃炉創造ロボコンの課題

第 1～2 回	原子炉建屋の調査	モックアップ階段か標準ステップフィールドのどちらかを 選択して調査を行う
第 3～5 回	燃料デブリ取り出し	実スケールのペDESTALモックアップを使って、ペDESTAL 下部に置かれた燃料デブリを回収する
第 6～8 回	高所除染	ケーブル干渉支柱、スロープ、グレーチングが置かれた経路 を通り高さ約 1.7～2.7m の高所を遠隔除染する
第 9 回	原子炉格納容器内部調査	X-1 ペネもしくは小口径配管から PCV 内部にアクセスし底 部に存在する対象物を回収して戻ってくる

上記の課題は全て、操縦者はロボットを直接見ることはできず、ロボットに搭載されたカメラの映像をモニター上で確認しながら遠隔で操作を行う。競技時間は 10 分である。競技の審査は福島第一原子力発電所廃炉に関わっている専門家、工学教育の専門家がそれぞれの視点で評価を行い、最も優れたロボットを製作したチームには文部科学大臣賞を与えている。

3. 主な成果

学生が作製したロボットや技術が廃炉作業の現場に適用された例は無いが、福島第一原子力発電所での使用を目標とした協賛企業との共同研究が 2021～2023 年にそれぞれ 1 校、2024 年からは 3 校で実施していることから、今後の現場適用と高専との共同研究が増えることを期待している。また、廃炉創造ロボコンに参加した学生の中から東京電力や日本原子力研究開発機構等へ就職しており現場での活躍も期待している。

4. まとめ

廃炉創造ロボコンを通して、学生の福島第一原子力発電所廃炉への興味関心を高めることができた。今後も継続して人材育成を進めるとともに遠隔技術の発展に貢献していきたいと考えている。

謝辞 本ロボコンは、文部科学省の英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業の成果を受けて実施している。

*Shigekazu Suzuki¹¹National Institute of Technology, Fukushima College

Planning Lecture | Over view Report : Investigation Committee on Agora on Nuclear Energy, Subcommittee for Examining and Proposing the Role of Research Reactors, etc.

📅 Fri. Sep 13, 2024 1:00 PM - 2:30 PM JST | Fri. Sep 13, 2024 4:00 AM - 5:30 AM UTC 🏛️ Room M(Recture RoomsB 2F B202)

[3M_PL] Graded Approach for Research Reactors

Chair:Sin-ya Hohara(Kindai Univ.)

[3M_PL01]

Activity introduction of the Subcommittee for examining and proposing the role of research reactors, etc.

*Sin-ya Hohara¹ (1. Kindai Univ.)

[3M_PL02]

Current status of Regulatory Compliance for Research Reactors

*Hiroki Sono¹ (1. JAEA)

[3M_PL03]

Current status of Graded Approach Regulations for Research Reactors

*Takumi Koyamada¹ (1. NRA)

[3M_PL04]

Issues related to Graded Approaches for Research Reactors Regulations

*Taisuke Yonomoto¹ (1. JAEA)

[3M_PL05]

General Discussion

「原子力アゴラ」調査専門委員会 研究炉等の役割検討・提言分科会

研究炉とグレーデッドアプローチ

Graded Approach for Research Reactors

*芳原 新也¹, 曾野 浩樹², 小山田巧³, 与能本泰介²¹近畿大学, ²日本原子力研究開発機構, ³原子力規制庁

1. 趣旨

研究炉等原子力施設のリスクは、熱出力や放射性物質内蔵量等から、実用発電用原子炉と比較して小さいと知られる一方、研究炉等に対する規制実態を把握している原子力専門家は多くない。リスクが異なる原子力施設の安全性を合理的に確認するために、「規制の厳密さが、そのリスクに釣り合うこと」を求める、グレーデッドアプローチ（Graded Approach : GA）の考え方が、国内外の規制機関によって重要視されている。本企画セッションでは、研究炉等に対する規制の実情を確認しながら、GAの視点から論点を整理し議論を深める。

2. 分科会における現状認識と現段階での論点

研究炉等の設置者（被規制側）として、新規制基準適合性審査等を経験したものの多くは、自らの施設の安全性と比べて、規制要求が過大であると感じる場合が多くあるということが、本分科会においても紹介されている。ただし、そのような意見については、意見の根拠となる客観情報が参照可能な文書の形で取りまとめがなされていない場合がほとんどである。また、審査会合での議論は公開されているものの、概ねその量は膨大であり、審査に参加していないものが、その全体を把握し、規制に要する費用と得られる便益の関係から判断される合理性を議論することは非常に難しいところがある。

他方、規制側にとっては、被規制側から審査に対する意見がほとんど明示されないことに加えて、現状の審査では、すべての審査結果について被規制側が合意し、自ら申請書を補正し、必要な処置を講じていることから、被規制側が合理性の問題を感じていたとしても、それに気付かなくて当然とも言える。その結果、現状の規制に関して、規制側から強い問題意識が発生し難いことが推察される。

このような状況を踏まえ、本分科会では、審査内容の詳細が十分把握されない場合でも、科学的合理性の検討において重要な「規制から得られる安全上の便益」と「費用」に関する客観的な議論が比較的容易な論点に、まず着目することにした。この観点から、新規制基準適合性審査でも行われた「安全機能がすべて喪失した場合の公衆被ばく実効線量の評価」において 5mSv を超えないと判断された施設の審査を当面の対象とした^[1,2,3]。このような施設には、近畿大学の極低出力原子炉、京都大学等の臨界実験装置、日本原子力研究開発機構の NSRR 等の試験研究用原子炉が該当する。本分科会では、このような施設の審査に関して、5mSv 以下である施設の規制上及び安全上の意味合い、それを踏まえたバックフィット等の規制要求の合理性、さらには、旧原子力安全委員会の審査指針も含む現行規制基準の問題等を論点とし、課題の抽出や解決の方向性等を検討している。

3. 各講演の概要

3-1. 研究炉等の役割検討・提言分科会の活動紹介（芳原）

原子力アゴラ調査専門委員会 研究炉等の役割検討・提言分科会の目的及びこれまでの活動^[4]について紹介をし、現在進めている調査報告の概説を行う。また、IAEA 用語集における定義や行政法における比例原則等の関連する事項を紹介しながら、研究炉等施設に対する GA の取扱いについて概説する。

3-2. 研究炉等施設の規制の現状（曾野）

新規制基準に係る研究炉等施設の設置変更許可・設計及び工事の計画の認可に係る審査における実例を紹介し、被規制側の視点から GA の観点で改善の余地があると思われる点を整理する。

3-3. 研究炉等施設に対するグレーデッドアプローチの現状（小山田）

研究炉等施設におけるグレーデッドアプローチについて、規制側の視点から紹介する。

3-4. 研究炉等施設に対するグレーデッドアプローチに係る課題（与能本）

研究炉等施設に対する規制の課題を、旧原子力安全委員会が決定した安全審査指針の問題も含め、分析する。

3-5. 総合討論

上記の講演内容について、規制側及び被規制側の両視点から検討・議論し、今後解決すべき論点を整理していく。

文献

- [1] 原子力規制庁、使用施設等の新規制基準における「安全上重要な施設」の選定の考え方について、平成 27 年 8 月 19 日
- [2] 原子力規制庁、試験研究用等原子炉施設への新規制基準の審査を踏まえたグレーデッドアプローチ対応について、平成 28 年 6 月 15 日
- [3] 原子力規制庁、耐震 S クラスを有する試験研究炉に係る火山及び竜巻に対する重要度に応じた性能要求の考え方について、平成 29 年 7 月 12 日
- [4] 日本原子力学会、「原子力アゴラ」特別専門委員会研究炉等の役割検討・提言分科会、わが国における研究炉等の役割について中間報告書、平成 28 年 3 月

*Sin-ya Hohara¹, Hiroki Sono², Takumi Koyamada³, Taisuke Yonomoto²

¹ Kindai Univ., ² Japan Atomic Energy Agency (JAEA), ³ Nuclear Regulation Agency

「原子力アゴラ」調査専門委員会 研究炉等の役割検討・提言分科会

研究炉とグレーデッドアプローチ

Graded Approach for Research Reactors

*芳原 新也¹, 曾野 浩樹², 小山田巧³, 与能本泰介²¹近畿大学, ²日本原子力研究開発機構, ³原子力規制庁

1. 趣旨

研究炉等原子力施設のリスクは、熱出力や放射性物質内蔵量等から、実用発電用原子炉と比較して小さいと知られる一方、研究炉等に対する規制実態を把握している原子力専門家は多くない。リスクが異なる原子力施設の安全性を合理的に確認するために、「規制の厳密さが、そのリスクに釣り合うこと」を求める、グレーデッドアプローチ（Graded Approach : GA）の考え方が、国内外の規制機関によって重要視されている。本企画セッションでは、研究炉等に対する規制の実情を確認しながら、GAの視点から論点を整理し議論を深める。

2. 分科会における現状認識と現段階での論点

研究炉等の設置者（被規制側）として、新規制基準適合性審査等を経験したものの多くは、自らの施設の安全性と比べて、規制要求が過大であると感じる場合が多くあるということが、本分科会においても紹介されている。ただし、そのような意見については、意見の根拠となる客観情報が参照可能な文書の形で取りまとめがなされていない場合がほとんどである。また、審査会合での議論は公開されているものの、概ねその量は膨大であり、審査に参加していないものが、その全体を把握し、規制に要する費用と得られる便益の関係から判断される合理性を議論することは非常に難しいところがある。

他方、規制側にとっては、被規制側から審査に対する意見がほとんど明示されないことに加えて、現状の審査では、すべての審査結果について被規制側が合意し、自ら申請書を補正し、必要な処置を講じていることから、被規制側が合理性の問題を感じていたとしても、それに気付かなくて当然とも言える。その結果、現状の規制に関して、規制側から強い問題意識が発生し難いことが推察される。

このような状況を踏まえ、本分科会では、審査内容の詳細が十分把握されない場合でも、科学的合理性の検討において重要な「規制から得られる安全上の便益」と「費用」に関する客観的な議論が比較的容易な論点に、まず着目することにした。この観点から、新規制基準適合性審査でも行われた「安全機能がすべて喪失した場合の公衆被ばく実効線量の評価」において 5mSv を超えないと判断された施設の審査を当面の対象とした^[1,2,3]。このような施設には、近畿大学の極低出力原子炉、京都大学等の臨界実験装置、日本原子力研究開発機構の NSRR 等の試験研究用原子炉が該当する。本分科会では、このような施設の審査に関して、5mSv 以下である施設の規制上及び安全上の意味合い、それを踏まえたバックフィット等の規制要求の合理性、さらには、旧原子力安全委員会の審査指針も含む現行規制基準の問題等を論点とし、課題の抽出や解決の方向性等を検討している。

3. 各講演の概要

3-1. 研究炉等の役割検討・提言分科会の活動紹介（芳原）

原子力アゴラ調査専門委員会 研究炉等の役割検討・提言分科会の目的及びこれまでの活動^[4]について紹介をし、現在進めている調査報告の概説を行う。また、IAEA 用語集における定義や行政法における比例原則等の関連する事項を紹介しながら、研究炉等施設に対する GA の取扱いについて概説する。

3-2. 研究炉等施設の規制の現状（曾野）

新規制基準に係る研究炉等施設の設置変更許可・設計及び工事の計画の認可に係る審査における実例を紹介し、被規制側の視点から GA の観点で改善の余地があると思われる点を整理する。

3-3. 研究炉等施設に対するグレーデッドアプローチの現状（小山田）

研究炉等施設におけるグレーデッドアプローチについて、規制側の視点から紹介する。

3-4. 研究炉等施設に対するグレーデッドアプローチに係る課題（与能本）

研究炉等施設に対する規制の課題を、旧原子力安全委員会が決定した安全審査指針の問題も含め、分析する。

3-5. 総合討論

上記の講演内容について、規制側及び被規制側の両視点から検討・議論し、今後解決すべき論点を整理していく。

文献

- [1] 原子力規制庁、使用施設等の新規制基準における「安全上重要な施設」の選定の考え方について、平成 27 年 8 月 19 日
- [2] 原子力規制庁、試験研究用等原子炉施設への新規制基準の審査を踏まえたグレーデッドアプローチ対応について、平成 28 年 6 月 15 日
- [3] 原子力規制庁、耐震 S クラスを有する試験研究炉に係る火山及び竜巻に対する重要度に応じた性能要求の考え方について、平成 29 年 7 月 12 日
- [4] 日本原子力学会、「原子力アゴラ」特別専門委員会研究炉等の役割検討・提言分科会、わが国における研究炉等の役割について中間報告書、平成 28 年 3 月

*Sin-ya Hohara¹, Hiroki Sono², Takumi Koyamada³, Taisuke Yonomoto²

¹ Kindai Univ., ² Japan Atomic Energy Agency (JAEA), ³ Nuclear Regulation Agency

「原子力アゴラ」調査専門委員会 研究炉等の役割検討・提言分科会

研究炉とグレーデッドアプローチ

Graded Approach for Research Reactors

*芳原 新也¹, 曾野 浩樹², 小山田巧³, 与能本泰介²¹近畿大学, ²日本原子力研究開発機構, ³原子力規制庁

1. 趣旨

研究炉等原子力施設のリスクは、熱出力や放射性物質内蔵量等から、実用発電用原子炉と比較して小さいと知られる一方、研究炉等に対する規制実態を把握している原子力専門家は多くない。リスクが異なる原子力施設の安全性を合理的に確認するために、「規制の厳密さが、そのリスクに釣り合うこと」を求める、グレーデッドアプローチ（Graded Approach : GA）の考え方が、国内外の規制機関によって重要視されている。本企画セッションでは、研究炉等に対する規制の実情を確認しながら、GAの視点から論点を整理し議論を深める。

2. 分科会における現状認識と現段階での論点

研究炉等の設置者（被規制側）として、新規制基準適合性審査等を経験したものの多くは、自らの施設の安全性と比べて、規制要求が過大であると感じる場合が多くあるということが、本分科会においても紹介されている。ただし、そのような意見については、意見の根拠となる客観情報が参照可能な文書の形で取りまとめがなされていない場合がほとんどである。また、審査会合での議論は公開されているものの、概ねその量は膨大であり、審査に参加していないものが、その全体を把握し、規制に要する費用と得られる便益の関係から判断される合理性を議論することは非常に難しいところがある。

他方、規制側にとっては、被規制側から審査に対する意見がほとんど明示されないことに加えて、現状の審査では、すべての審査結果について被規制側が合意し、自ら申請書を補正し、必要な処置を講じていることから、被規制側が合理性の問題を感じていたとしても、それに気付かなくて当然とも言える。その結果、現状の規制に関して、規制側から強い問題意識が発生し難いことが推察される。

このような状況を踏まえ、本分科会では、審査内容の詳細が十分把握されない場合でも、科学的合理性の検討において重要な「規制から得られる安全上の便益」と「費用」に関する客観的な議論が比較的容易な論点に、まず着目することにした。この観点から、新規制基準適合性審査でも行われた「安全機能がすべて喪失した場合の公衆被ばく実効線量の評価」において 5mSv を超えないと判断された施設の審査を当面の対象とした^[1,2,3]。このような施設には、近畿大学の極低出力原子炉、京都大学等の臨界実験装置、日本原子力研究開発機構の NSRR 等の試験研究用原子炉が該当する。本分科会では、このような施設の審査に関して、5mSv 以下である施設の規制上及び安全上の意味合い、それを踏まえたバックフィット等の規制要求の合理性、さらには、旧原子力安全委員会の審査指針も含む現行規制基準の問題等を論点とし、課題の抽出や解決の方向性等を検討している。

3. 各講演の概要

3-1. 研究炉等の役割検討・提言分科会の活動紹介（芳原）

原子力アゴラ調査専門委員会 研究炉等の役割検討・提言分科会の目的及びこれまでの活動^[4]について紹介をし、現在進めている調査報告の概説を行う。また、IAEA 用語集における定義や行政法における比例原則等の関連する事項を紹介しながら、研究炉等施設に対する GA の取扱いについて概説する。

3-2. 研究炉等施設の規制の現状（曾野）

新規制基準に係る研究炉等施設の設置変更許可・設計及び工事の計画の認可に係る審査における実例を紹介し、被規制側の視点から GA の観点で改善の余地があると思われる点を整理する。

3-3. 研究炉等施設に対するグレーデッドアプローチの現状（小山田）

研究炉等施設におけるグレーデッドアプローチについて、規制側の視点から紹介する。

3-4. 研究炉等施設に対するグレーデッドアプローチに係る課題（与能本）

研究炉等施設に対する規制の課題を、旧原子力安全委員会が決定した安全審査指針の問題も含め、分析する。

3-5. 総合討論

上記の講演内容について、規制側及び被規制側の両視点から検討・議論し、今後解決すべき論点を整理していく。

文献

- [1] 原子力規制庁、使用施設等の新規制基準における「安全上重要な施設」の選定の考え方について、平成 27 年 8 月 19 日
- [2] 原子力規制庁、試験研究用等原子炉施設への新規制基準の審査を踏まえたグレーデッドアプローチ対応について、平成 28 年 6 月 15 日
- [3] 原子力規制庁、耐震 S クラスを有する試験研究炉に係る火山及び竜巻に対する重要度に応じた性能要求の考え方について、平成 29 年 7 月 12 日
- [4] 日本原子力学会、「原子力アゴラ」特別専門委員会研究炉等の役割検討・提言分科会、わが国における研究炉等の役割について中間報告書、平成 28 年 3 月

*Sin-ya Hohara¹, Hiroki Sono², Takumi Koyamada³, Taisuke Yonomoto²

¹ Kindai Univ., ² Japan Atomic Energy Agency (JAEA), ³ Nuclear Regulation Agency

「原子力アゴラ」調査専門委員会 研究炉等の役割検討・提言分科会

研究炉とグレーデッドアプローチ

Graded Approach for Research Reactors

*芳原 新也¹, 曾野 浩樹², 小山田巧³, 与能本泰介²¹近畿大学, ²日本原子力研究開発機構, ³原子力規制庁

1. 趣旨

研究炉等原子力施設のリスクは、熱出力や放射性物質内蔵量等から、実用発電用原子炉と比較して小さいと知られる一方、研究炉等に対する規制実態を把握している原子力専門家は多くない。リスクが異なる原子力施設の安全性を合理的に確認するために、「規制の厳密さが、そのリスクに釣り合うこと」を求める、グレーデッドアプローチ（Graded Approach : GA）の考え方が、国内外の規制機関によって重要視されている。本企画セッションでは、研究炉等に対する規制の実情を確認しながら、GAの視点から論点を整理し議論を深める。

2. 分科会における現状認識と現段階での論点

研究炉等の設置者（被規制側）として、新規制基準適合性審査等を経験したものの多くは、自らの施設の安全性と比べて、規制要求が過大であると感じる場合が多くあるということが、本分科会においても紹介されている。ただし、そのような意見については、意見の根拠となる客観情報が参照可能な文書の形で取りまとめがなされていない場合がほとんどである。また、審査会合での議論は公開されているものの、概ねその量は膨大であり、審査に参加していないものが、その全体を把握し、規制に要する費用と得られる便益の関係から判断される合理性を議論することは非常に難しいところがある。

他方、規制側にとっては、被規制側から審査に対する意見がほとんど明示されないことに加えて、現状の審査では、すべての審査結果について被規制側が合意し、自ら申請書を補正し、必要な処置を講じていることから、被規制側が合理性の問題を感じていたとしても、それに気付かなくて当然とも言える。その結果、現状の規制に関して、規制側から強い問題意識が発生し難いことが推察される。

このような状況を踏まえ、本分科会では、審査内容の詳細が十分把握されない場合でも、科学的合理性の検討において重要な「規制から得られる安全上の便益」と「費用」に関する客観的な議論が比較的容易な論点に、まず着目することにした。この観点から、新規制基準適合性審査でも行われた「安全機能がすべて喪失した場合の公衆被ばく実効線量の評価」において 5mSv を超えないと判断された施設の審査を当面の対象とした^[1,2,3]。このような施設には、近畿大学の極低出力原子炉、京都大学等の臨界実験装置、日本原子力研究開発機構の NSRR 等の試験研究用原子炉が該当する。本分科会では、このような施設の審査に関して、5mSv 以下である施設の規制上及び安全上の意味合い、それを踏まえたバックフィット等の規制要求の合理性、さらには、旧原子力安全委員会の審査指針も含む現行規制基準の問題等を論点とし、課題の抽出や解決の方向性等を検討している。

3. 各講演の概要

3-1. 研究炉等の役割検討・提言分科会の活動紹介（芳原）

原子力アゴラ調査専門委員会 研究炉等の役割検討・提言分科会の目的及びこれまでの活動^[4]について紹介をし、現在進めている調査報告の概説を行う。また、IAEA 用語集における定義や行政法における比例原則等の関連する事項を紹介しながら、研究炉等施設に対する GA の取扱いについて概説する。

3-2. 研究炉等施設の規制の現状（曾野）

新規制基準に係る研究炉等施設の設置変更許可・設計及び工事の計画の認可に係る審査における実例を紹介し、被規制側の視点から GA の観点で改善の余地があると思われる点を整理する。

3-3. 研究炉等施設に対するグレーデッドアプローチの現状（小山田）

研究炉等施設におけるグレーデッドアプローチについて、規制側の視点から紹介する。

3-4. 研究炉等施設に対するグレーデッドアプローチに係る課題（与能本）

研究炉等施設に対する規制の課題を、旧原子力安全委員会が決定した安全審査指針の問題も含め、分析する。

3-5. 総合討論

上記の講演内容について、規制側及び被規制側の両視点から検討・議論し、今後解決すべき論点を整理していく。

文献

- [1] 原子力規制庁、使用施設等の新規制基準における「安全上重要な施設」の選定の考え方について、平成 27 年 8 月 19 日
- [2] 原子力規制庁、試験研究用等原子炉施設への新規制基準の審査を踏まえたグレーデッドアプローチ対応について、平成 28 年 6 月 15 日
- [3] 原子力規制庁、耐震 S クラスを有する試験研究炉に係る火山及び竜巻に対する重要度に応じた性能要求の考え方について、平成 29 年 7 月 12 日
- [4] 日本原子力学会、「原子力アゴラ」特別専門委員会研究炉等の役割検討・提言分科会、わが国における研究炉等の役割について中間報告書、平成 28 年 3 月

*Sin-ya Hohara¹, Hiroki Sono², Takumi Koyamada³, Taisuke Yonomoto²

¹ Kindai Univ., ² Japan Atomic Energy Agency (JAEA), ³ Nuclear Regulation Agency

Planning Lecture | Over view Report : Investigation Committee on Agora on Nuclear Energy, Subcommittee for Examining and Proposing the Role of Research Reactors, etc.

📅 Fri. Sep 13, 2024 1:00 PM - 2:30 PM JST | Fri. Sep 13, 2024 4:00 AM - 5:30 AM UTC 🏛️ Room M(Recture RoomsB 2F B202)

[3M_PL] Graded Approach for Research Reactors

Chair:Sin-ya Hohara(Kindai Univ.)

[3M_PL05] General Discussion

Many nuclear experts know small risks of research reactors in comparison with those of commercial power reactors, and are, typically, not familiar with the current state of Japanese regulations. To ensure effective regulatory control of different facilities, it is necessary to apply a graded approach in a way that the degree of implementation of regulatory requirements corresponds to the associated radiation risk. In this session, we will review the current Japanese regulations in view of the graded approach to identify issues required for effective and efficient regulations.
