

2025年3月13日(木)

企画セッション | 委員会セッション：ダイバーシティ推進委員会[原子力人材育成ネットワーク共催]

2025年3月13日(木) 13:00 ~ 14:30 会場A(Zoomルーム1)

[2A_PL] 男子学生の声も聞いてみよう —学生・社会人公開座談会—

座長:吉橋 幸子(名大)

[2A_PL01]

ダイバーシティ&インクルージョン推進のためのアクションプラン

*小林 容子¹ (1. アドバンスソフト)

[2A_PL02]

原子力関連学科・専攻の学生動向ならびに原子力関連企業・機関の採用状況の調査結果について

*藤原 尊徳¹ (1. 原産協会)

[2A_PL03]

学生・教員・社会人公開座談会

大谷 雄哉¹、塚田 東城²、山下 芳輝³ (1. 京大、2. 立命館アジア太平洋大、3. 名大)

企画セッション | 部会・連絡会セッション：放射線工学部会

2025年3月13日(木) 13:00 ~ 14:30 会場B(Zoomルーム2)

[2B_PL] 線源位置同定のための、ロボティクスと放射線検出器

座長:富田 英生(名大)

[2B_PL01]

放射線源推定のためのロボティクス

*田村 雄介¹ (1. 東北大)

[2B_PL02]

福島第一原子力発電所における放射能汚染可視化技術の実証

*佐藤 優樹¹ (1. JAEA)

[2B_PL03]

福島環境放射線計測における無人機活用の現状と原子力防災への適用

*真田 幸尚¹ (1. JAEA)

企画セッション | 部会・連絡会セッション：炉物理部会

2025年3月13日(木) 13:00 ~ 14:30 会場(Zoomルーム3)

[2C_PL] 炉物理部会の役割検討WG活動報告

座長:小玉 泰寛(原燃工)

[2C_PL01]

炉物理部会の現状分析

*須山 賢也¹ (1. JAEA)

[2C_PL02]

炉物理部会の「ありたい姿」、担うべき役割、アクションプラン

*牛尾 直史¹ (1. 原燃工)

[2C_PL03]

総合討論

講演者全員

企画セッション | 部会・連絡会セッション：新型炉部会

2025年3月13日(木) 13:00 ~ 14:30 会場(Zoomルーム4)

[2D_PL] 次世代ナトリウム冷却高速炉（実証炉）の安全設計方針

座長:堺 公明(東海大)

[2D_PL01]

高速炉開発の役割

*安藤 将人¹ (1. JAEA)

[2D_PL02]

次世代高速炉の安全方針類の作成アプローチ

*守田 幸路¹ (1. 九大)

[2D_PL03]

次世代高速炉の安全設計の考え方

*久保 重信¹ (1. JAEA)

[2D_PL04]

次世代高速炉の主要な安全設計

*日暮 浩一¹ (1. MFBR)

企画セッション | 部会・連絡会セッション：原子力安全部会

2025年3月13日(木) 13:00 ~ 14:30 F会場(Zoomルーム6)

[2F_PL] 次世代の研究動向と継続的な安全研究展開のあり方

座長:山本 章夫(名大)

[2F_PL01]

リスク情報を活用した合理的な意思決定に向けたPRA手法の高度化に関する研究

*成川 隆文¹ (1. 東大)

[2F_PL02]

安全研究のフロンティア拡大を目指して

*山路 哲史¹ (1. 早稲田大)

[2F_PL03]

原子力規制庁における自然事象に関する安全研究の取り組み

*山下 啓¹、*内田 淳一¹ (1. 規制庁)

企画セッション | 総合講演・報告：「福島第一原子力発電所廃炉に係る核分裂生成物挙動」研究専門委員会

2025年3月13日(木) 13:00 ~ 14:30 G会場(Zoomルーム7)

[2G_PL] 福島第一原子力発電所廃炉作業効率化とソースターム予測技術向上に向けた核分裂生成物挙動に関する技術課題の検討

座長:高木 純一(東芝ESS)

[2G_PL01]

本委員会の目的と活動方針

*勝村 庸介¹ (1. 東大名誉)

[2G_PL02]

WG1 「FPの量・物質収支と化学形態」

*和田 陽一¹ (1. 日立)

[2G_PL03]

WG2 「サンプリングの目的とデータ活用」

*宮原 直哉¹ (1. MHI)

[2G_PL04]

WG3 「環境への移行経路の特定」

*唐澤 英年¹ (1. 八戸工大)

[2G_PL05]

成果のまとめと今後の課題

*三輪 周平¹ (1. JAEA)

[2G_PL06]

総合討論

講演者全員

企画セッション | 部会・連絡会セッション：バックエンド部会

2025年3月13日(木) 13:00 ~ 14:30 会場(Zoomルーム8)

[2H_PL] 原子力発電所から発生する金属廃棄物の再利用

座長:森下 喜嗣(TAS)

[2H_PL01]

クリアランス金属の再利用に係る取組みについて

*上山 裕¹ (1. 電事連)

[2H_PL02]

嶺南Eコースト計画における原子力リサイクルビジネスについて

*前田 耕作¹ (1. 福井県)

[2H_PL03]

福島第一原子力発電所における金属がれき等の減容及び再利用について

*高木 昌和¹ (1. 東電HD)

[2H_PL04]

パネルディスカッション

講演者全員、松田 貴光¹、奈良 篤人²、井口 哲夫³ (1. 福井県、2. 経産省、3. 名大)

企画セッション | 部会・連絡会セッション：海外情報連絡会

2025年3月13日(木) 13:00 ~ 14:30 会場(Zoomルーム9)

[2I_PL] 米国新政権の原子力政策について

座長:木藤 和明(日立GE)

[2I_PL01]

米国新政権の原子力政策について

*中塚 亨¹ (1. JAEA)

企画セッション | 委員会セッション：ダイバーシティ推進委員会[原子力人材育成ネットワーク共催]

📅 2025年3月13日(木) 13:00 ~ 14:30 📍 A会場(Zoomルーム1)

[2A_PL] 男子学生の声も聞いてみよう —学生・社会人公開座談会—

座長:吉橋 幸子(名大)

[2A_PL01]

ダイバーシティ&インクルージョン推進のためのアクションプラン

*小林 容子¹ (1. アドバンスソフト)

[2A_PL02]

原子力関連学科・専攻の学生動向ならびに原子力関連企業・機関の採用状況の調査結果について

*藤原 尊徳¹ (1. 原産協会)

[2A_PL03]

学生・教員・社会人公開座談会

大谷 雄哉¹、塚田 東城²、山下 芳輝³ (1. 京大、2. 立命館アジア太平洋大、3. 名大)

ダイバーシティ推進委員会セッション [原子力人材育成ネットワーク共催]

男子学生の声も聞いてみよう ～学生・社会人公開座談会～

Let's hear from male students - Open roundtable discussion with students and professionals

(1) ダイバーシティ&インクルージョン推進のためのアクションプラン

～2年目の活動と成果～

(1) Action Plan for Promoting Diversity and Inclusion
-Achievements and Contributions in the Second Year-

*小林 容子

アドバンスソフト

1. アクションプランについて

日本原子力学会では、2023年1月に、「ダイバーシティ&インクルージョン推進のためのアクションプラン」¹⁾を策定しました。このアクションプランは、ダイバーシティ推進委員会が中心となり、当時の会長や理事会と十分な議論を重ねて策定したもので、ポジティブアクションと基盤整備活動から構成されています。ポジティブアクションに関しては、日本原子力学会の特徴に合わせて、数値目標の設定と、組織ごとの目標設定を組み合わせています。組織ごとの目標設定には、目標シートを使用して、目標と実績、自己評価を記入していただいています。ダイバーシティ&インクルージョン(D&I)推進の見える化を図るため、これらの記述はダイバーシティ推進委員会のHPで公開²⁾しています。

2. 2年目の活動と成果

アクションプランは、現在、2年目の活動を終了したところです。

女性理事と女性代議員の比率向上に関しては、予定通り進んでおり、2026年までの数値目標達成を目指しています。常置委員会等の女性・若手委員の比率向上に関しては、各委員会の実情に合わせて、目標の設定・達成を目指していますが、女性委員の比率が40%を超えた委員会が3つありました。少しずつですが、D&Iの意識も向上してきているのではないかと思います。最初の2年間は、「ダイバーシティ」の方に重きを置いていましたが、今後は、「インクルージョン」の方にも意識を向けていきたいと考えています。女性・若手委員が増えることにより、委員会内の議論が活発化される等、組織の活性化につながることを期待します。

課題もあります。年会・大会時の女性座長の登用に関しては、まだまだ低い比率にあり、今後の対策が必要です。

昨年11月には、ダイバーシティ推進委員会のInstagramを開設し、研究者・技術者の仕事や日常の様子を発信しています。原子力・放射線分野へ興味をもってもらうための一助となるよう、フォロワーを増やしていく予定です。

1) <http://www.aesj.or.jp/~gender/action.html>2) <http://www.aesj.or.jp/~gender/actionplan/2023.html>

*Yoko Kobayashi

AdvanceSoft

ダイバーシティ推進委員会セッション [原子力人材育成ネットワーク共催]

男子学生の声も聞いてみよう ～学生・社会人公開座談会～

Let's hear from male students - Open roundtable discussion with students and professionals

**(2) 原子力関連学科・専攻の学生動向
ならびに原子力関連企業・機関の採用状況の調査結果について**

(2) The Research Findings on Student Trends in Nuclear-Related Departments, Majors,
and The Recruitment Status of Nuclear-Related Institutions and Companies

*藤原 尊徳

日本原子力産業協会

原子力人材育成ネットワークでは、2015年より「原子力関連学科・専攻の学生動向調査と原子力関連企業・機関の採用状況の調査」として、2007年以降の学生の原子力関連学科・専攻への入学状況、在籍状況、就職状況のデータを収集している。学生の動向は“原子力”に対する若い世代の意識がどのように変化しているかを示す客観的なデータとして有用であり、また今後の原子力人材育成の進め方について総合的な検討を行っていく上で重要なデータであることから、企業の採用動向のデータと合わせて経年変化を追っていくことで原子力人材の需給トレンドを伺うことができるものと考えている。

本報告では、2023年度の「原子力関連学科・専攻の学生動向ならびに原子力関連企業・機関の採用状況の調査」の結果を報告し、近年の人材需給トレンドを紹介する。

原子力関連学科・専攻の学生動向について、原子力関連の研究室に在籍している学部4年生は約480名、修士1年生は約370名、博士1年生は約40名となっており、学部4年、修士1年、博士1年を合計して800~1000人前後で推移している。学部卒業生の原子力関連企業への就職率は2018年度以降減少傾向にあったが、2023年度は約10%と微増している。

原子力関連企業・機関における採用状況について、電気事業者では採用人数に大きな変化は見られないが、原子力関連主要メーカーではここ数年減少傾向にある一方、機械、電気系学生の採用数が増加傾向にある。

1) https://www.jaif.or.jp/cms_admin/wp-content/uploads/2024/06/2023_gakusei_saiyou_report.pdf

*Takanori Fujiwara

JAIF

企画セッション | 委員会セッション：ダイバーシティ推進委員会[原子力人材育成ネットワーク共催]

📅 2025年3月13日(木) 13:00 ~ 14:30 🏠 A会場(Zoomルーム1)

[2A_PL] 男子学生の声も聞いてみよう ―学生・社会人公開座談会―

座長:吉橋 幸子(名大)

[2A_PL03] 学生・教員・社会人公開座談会

大谷 雄哉¹、塚田 東城²、山下 芳輝³ (1. 京大、2. 立命館アジア太平洋大、3. 名大)

昨年度の「女子学生の声を聞いてみよう～学生・社会人公開座談会～」に続いて、今年度は男子学生の声を聞きます。男子から見た原子力専攻に女子学生が増えない理由、「原子力」を学ぶことへの想い、「原子力」の仕事に関わることへの想いを聞き取ります。まず初めに委員会で推進しているダイバーシティ&インクルージョン推進のためのアクションプラン2年目の成果を紹介し、続いて本企画セッションの共催である原子力人材育成ネットワークが実施する学生動向調査結果の紹介、そして最後に、学生との意見交換会を実施します。原子力の未来を一緒に考える時間を皆様と共有できることを楽しみにしています。

企画セッション | 部会・連絡会セッション：放射線工学部会

2025年3月13日(木) 13:00 ~ 14:30 B会場(Zoomルーム2)

[2B_PL] 線源位置同定のための、ロボティクスと放射線検出器

座長:富田 英生(名大)

[2B_PL01]

放射線源推定のためのロボティクス

*田村 雄介¹ (1. 東北大)

[2B_PL02]

福島第一原子力発電所における放射能汚染可視化技術の実証

*佐藤 優樹¹ (1. JAEA)

[2B_PL03]

福島環境放射線計測における無人機活用の現状と原子力防災への適用

*眞田 幸尚¹ (1. JAEA)

放射線工学部会セッション

線源位置同定のための、ロボティクスと放射線検出器
Robotics and detection systems for locating the radiation sources

放射線源推定のためのロボティクス

Robotics for Estimation of Radiation Sources

*田村 雄介¹¹東北大学

1. はじめに

事故後の原子力施設等においては、放射線源の位置を同定し、除染や遮蔽など適切な処置を施す必要がある。このような作業における作業員の被曝リスクを低減するためには、適切な移動機能を有したロボットに放射線検出器を搭載し、無人で環境中を移動して放射線源の位置を同定することが求められる。通常これらのタスクを遂行するロボットとしては遠隔操作ロボットが用いられるが、作業の効率や作業者の負担軽減等を考えるとロボットが自律的に移動して放射線計測を行い、線源の位置を同定することが望ましい。

本発表では、放射線源推定においてロボティクスがどのような貢献ができるかについて、著者らのこれまでの取り組みを中心に紹介する。

2. SLAM による環境地図構築とロボットの自己位置推定に基づく線源分布推定

放射線源の位置推定にあたっては、複数箇所計測された放射線データをもとに、適切な画像再構成技術を用いるのが一般的である。精度良く位置推定を行うためには、放射線検出器が搭載されたロボットの位置姿勢を適切に推定することが必要である。ロボットが環境地図を有している場合は、ロボットに搭載されたLiDARやカメラ等のセンサ情報と地図情報をもとに、地図上でのロボットの位置姿勢を推定する。一方、事故後の原子力施設のように、未知環境の場合は、ロボットが位置姿勢を推定するための地図も同時に構築する必要がある。ロボットの自己位置推定と地図構築を同時に行う問題を SLAM と言い、近年では Robot Operation System (ROS) の普及に伴い、これを実現するソフトウェアが容易に利用可能となっている。著者らのグループでは、LiDAR による SLAM 技術とコンプトンカメラによる計測を融合し、MLEM によって放射線源の位置を推定する手法を提案した^[1]。また、LiDAR による環境形状の計測結果を利用し、推定精度の向上と計算時間の短縮を図る手法^[2]や、壁による遮蔽の影響を推定した線源推定の方法を提案している^[3]。

3. 移動ロボットによる自律的な線源探査

自律移動ロボットによって未知の放射線源の位置を同定するためには、ロボットが適切に観測を行うことが重要である。放射線源の位置についての事前知識がない状況で、自律移動ロボットによって放射線源の位置を推定するために、著者らのグループでは、a) 1台のロボットによる自律的な観測点生成、b) 複数台のロボットによる連携探査、の大きく2つのアプローチで取り組んでいる。a)については、全方向コンプトンカメラを搭載した1台の移動ロボットが、観測結果をもとに次の観測点を決定する手法を提案している^[4]。また、b)については、比較的簡易な放射線検出器を搭載した複数台のロボットによって未知環境全域を探査し、その結果に基づいて線源位置を推定する手法を提案している^[5]。

参考文献

[1] D. Kim *et al.*, Proc. 2017 IEEE/SICE SII, 444-449, (2017).

[2] 岸本 他, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2019, 2A1-B10, (2019).

[3] B. Nguyen *et al.*, Proc. 2024 IEEE/SICE SII, 122-128, (2024).

[4] T. Kishimoto *et al.*, Applied Sciences, **11**, 10, 47, (2021).

[5] 陳 他, 第25回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2402-2404 (2024).

*Yusuke Tamura¹

¹Tohoku Univ.

放射線工学部会セッション

線源位置同定のための、ロボティクスと放射線検出器
Robotics and detection systems for locating the radiation sources

(2) 福島第一原子力発電所における放射能汚染可視化技術の実証

(2) Technical Demonstration of Visualization of Radioactive Contamination at
Fukushima Daiichi Nuclear Power Station*佐藤 優樹¹¹原子力機構

1. はじめに

福島第一原子力発電所（1F）の廃止措置において、放射能汚染（主として放射性セシウム）の分布を迅速かつ簡便に把握することは、作業員の被ばく低減や作業計画の立案、デブリ取り出しのためのアクセスルート確保のために必須である。そこで著者は、作業現場の線量率や放射能汚染の分布を3次元マップ上に可視化する統合型放射線イメージングシステム iRIS（アイリス：integrated Radiation Imaging System）を開発するとともに、1F 現場において実証試験を継続している。本発表では、iRIS を構成する要素技術および 1F における実証試験結果を紹介する。

2. 方法

1F 作業現場において線量率や放射能汚染の分布を3次元的に可視化するために、線量率情報を取得するサーベイメータ、放射能汚染の2次元画像を描画するコンプトンカメラ（ γ 線イメージャの一種）、及びレーザーキャナ等の SLAM（自己位置推定と環境地図作成の同時実行）機器を統合したシステムを開発した。当該システムは SLAM により GPS 情報を利用し難しい原子炉建屋内のような屋内環境において、移動中におけるシステムの自己位置推定を可能とするとともに、作業現場の3次元モデルデータを取得することが可能である。取得した3次元モデルデータ上に、線量率情報や放射能汚染分布のイメージデータを投影することにより、これらを可視化した作業現場の3次元マップを描画することができる。

3. これまでの試験結果

これまでに、原子炉建屋内を含む 1F サイト内における複数のエリアにおいて、iRIS を用いて線量率情報や放射能汚染分布の可視化試験を実施してきた。例えば 1 号機原子炉建屋内部における実証試験では、iRIS とメカナムホイールロボットを組み合わせたシステムを用いて、作業員の進入や長時間滞在が極めて難しい高線量率エリアの調査を実施した。当該試験ではコンプトンカメラ設置位置が最大で 210 mSv/h の高線量率環境において、放射性ホットスポットの3次元的な位置特定に成功した。加えて、別途、サーベイメータを用いて取得した線量率データと比較することにより、ホットスポットの周囲において線量率が急上昇しており、当該ホットスポットが線量率上昇の原因となっていることも確認できた。同様に 3 号機起動用変圧器周辺に面的に分布した放射能汚染についても可視化を実施し、線量率上昇の原因が土やコンクリートの地面に沈着した汚染であることを示唆する結果も得ている。

4. 結論

上述した放射線情報の3次元イメージング技術を用いて、今後、未だ調査が実施されていないエリアに本技術を導入し、放射能汚染調査を通して廃止措置に貢献したいと考えている。

*Yuki Sato¹¹JAEA

放射線工学部会セッション

線源位置同定のための、ロボティクスと放射線検出器
Robotics and detection systems for locating the radiation sources

(3) 福島環境放射線計測における無人機活用の現状と原子力防災への適用

(3) The Current State of Utilizing UAVs for Environmental Radiation Monitoring in Fukushima and Their Application to Nuclear Emergency Preparedness

*眞田 幸尚¹, 佐々木 美雪¹¹原子力機構福島

1. はじめに

現在、1F 周辺に残された帰還困難区域において、2020 年代に住民の帰還できる環境を整えるため特定帰還居住区域が設定され様々な政策が検討されている。本区域は、空間線量率が比較的高いだけでなく、阿武隈山地の山間部・森林区域が多いため、平野部と比べて十分な放射線モニタリングが実施されていない。一方、1F 事故以来様々な UAV と放射線検出器の組み合わせが提案されてきた。特に農薬散布で利用されてきた YAMAHA 発動機社製の無人ヘリコプターとγ線スペクトル測定器を用いたシステムは、比較的フライト時間が長いことから 1F 周辺の広範囲な放射線モニタリングに活用されてきた。本発表では、無人機開発・運用経験を生かし、残された環境の課題及び将来の原子力防災のため開発されている新技術について紹介する。

2. 環境放射線計測における新技術

2-1. 非 GPS 環境での自動測定技術と 4 足歩行ロボット

上記で述べたように森林内の放射線モニタリングを効率的に取得することは様々な政策上の意思決定を行う上で大きな課題となっている。森林内では GPS の信号を捉えることが難しく、自動で位置情報と放射線情報を記録することが難しい。そこで、JAEA では、安価な SLAM 機能をもつデブスカメラとサーベイメータを組み合わせた自動線量率記録装置を開発した。その検出器を信頼性の高い 4 足歩行ロボット (SPOT: Boston dynamics 社) に搭載し、太陽光パネル下や森林内などの非 GPS 環境におけるモニタリングに利用している。

2-2. 小型放射線測定装置とドローン

2024 年に発生した能登半島地震により志賀原発周辺に設置されているモニタリングポストデータが確認できないという事象が発生した。その対策として原子力規制庁は、無人機の活用を検討している。JAEA は、安価なドローン (M30: DJI 社) と軽量 (<300g) の放射線検出器を組み合わせ LTE 通信で 10 分ごとに 10 時間空間線量率データを送信できるドローン型モニタリングポストを開発した。本検出器からのデータは、web ベースのソフトウェアで地図上にポストの位置と空間線量率のトレンドを表示でき、web にアクセスできる環境にあればだれでも情報を確認することが可能である。

2-3. 放射性プルーム計測装置と VTOL 型無人飛行機

JAEA では、2019 年より原子力規制庁の事業の一環として、万が一の原子力施設事故に備えて長時間飛行 (>20 時間) が可能な無人飛行機の放射線モニタリングへの適用研究を進めてきた。この無人航空機 (Penguin C: Edge Autonomy 社) は離陸にカタパルト、着陸にパラシュートを利用し、運用場所を選ばない利点がある一方、パラシュート開傘後は風の影響を受けやすく、運用条件に制限があった。そこで、来年度以降、同社製の後継機である Penguin C VTOL の現場適用を目指し準備に入っている。本機体は離発着用の回転翼を有し、一定の高度に達した後は固定翼として飛行可能であり、カタログ上 10 時間以上のフライト可能である。検出器は、前段の事業で開発した事故直後の放射線プルームを計測するシステムの搭載を予定している。本検出器は機体表面計測用のβ線検出器及び機体内部に搭載したγ線検出器によりプルームの有無の計測を可能としてしており、ドローンと同様に web ベースのシステムでのリアルタイムの情報共有が可能である。

*Yukihisa Sanada¹ and Miyuki Sasaki¹¹JAEA Fukushima

企画セッション | 部会・連絡会セッション：炉物理部会

2025年3月13日(木) 13:00 ~ 14:30 C会場(Zoomルーム3)

[2C_PL] 炉物理部会の役割検討WG活動報告

座長:小玉 泰寛(原燃工)

[2C_PL01]

炉物理部会の現状分析

*須山 賢也¹ (1. JAEA)

[2C_PL02]

炉物理部会の「ありたい姿」、担うべき役割、アクションプラン

*牛尾 直史¹ (1. 原燃工)

[2C_PL03]

総合討論

講演者全員

炉物理部会セッション

炉物理部会の役割検討 WG 活動報告

Report on the activities of the Working Group on the Role of the Reactor Physics Division

*須山 賢也¹, *牛尾 直史², 和田 怜志³

¹原子力機構, ²原子燃料工業, ³東芝エネルギーシステムズ

1. 序論

2024年4月より新しい運営委員体制の下で炉物理部会の活動を開始した。炉物理部会は、1968年に部会報「炉物理の研究」を発刊した歴史と伝統を有する部会である。炉物理部会は、毎年「炉物理の研究」の発刊だけでなく「夏期セミナー」を開催してこの研究分野の関係者の情報交換の場として機能するだけでなく、国際会議で発表する学生に対する旅費の補助など、次世代を担う若手研究者・技術者の育成を見据えた地道な活動を行ってきた。しかしながら、炉物理分野の成熟だけでなく学会や部会活動に対する所属機関の考え方の変化の影響も受け、活動内容が現在の原子力の研究開発のニーズにマッチしているのかという意見が聞かれるようになってきていた。発足から半世紀を経た今、炉物理部会のあり方そのものを考えるべき時が来たとも思われたため、その対応を新しい運営委員体制の最初の活動として実施することとした。

2. WG の設置、活動、個別インタビュー

部会長、副部会長、庶務幹事の3名で議論した結果、部会全体の総意として今後の活動方針を検討すべきという結論に至り、2024年9月に仙台で開催された炉物理部会全体会合において、上記の問題意識のもとに「炉物理部会の役割検討ワーキンググループ」の設置を提案して活動を開始した。所属機関のバランスも考慮してWG委員候補者を部会長、副部会長、庶務幹事で決め、個々に依頼をしてWG委員に就任してもらうこととした。そして第1回会合を2024年10月30日にハイブリッド形式で開催して活動を開始した。その後第2回会合(12月4日、オンライン)、第3回(12月24日、オンライン)、第4回(1月28日、オンライン)、第5回会合(オンライン)と会合を重ね、WG委員の意見集約とWGとしての提言の取り纏めを実施している。

本WGにおいて議論を進める中で、多くの参加者を得る特別なワークショップを開いたとしても、限られた時間で多くの意見を聞くことは難しいと考えられた。そこで本WGでは上記の会合に加えて、WGメンバーが様々な部会員等を訪問するなどしてインタビューを行い、炉物理部会員の生の声や他部会からみた炉物理部会の印象を聞くこととした。インタビューは2025年1月30日現在で合計38人に対して行っている。

3. コメント、意見の概要と評価

全体として、多くの部会員は炉物理部会の価値を認めていることがわかった。『原子力学会の中でもっとも歴史と伝統のある部会であり、大きな権威がある』という発言をする部会員がおり、また、炉物理部会が学生や若手研究者・技術者の育成に果たしてきた役割が大きいという意見も多くあった。しかし、「現状のリソースを考えると今の活動で十分」という意見がある一方で、今の炉物理部会に満足しているかということ、そういう意見も比較的少なく、現在の部会活動に対して誰もが小なり大なりなんらかの不満を抱え、改善が出来るのではないかという気持ちを持っていることも明確であった。

インタビューの結果を読んでいくと、一部の部会員の考える“理想の炉物理像”と、多くの部会員が“実際に炉物理に期待したいこと”に乖離が生じているのではないかと考えさせられるコメントが複数みられた。このWG設置の動機の一つが、部会活動が一部の部会員、しかも大学教員の一部にかたよっているのではないかという危惧にあったのだが、得られたコメント『今の炉物理のセッションを見ていても自分達に必要なことが議論されていない、昔はもっとメーカーも注目する発表があったのに…』が、現在の炉物理という学問分野と炉物理部会の置かれている状態を表していると考えられる。言い換えれば、既存の活動に対しては誰も

がその実施を否定はしていないものの、自分達がそれについて行く必要性はあまり感じられず、自分達で新しいリクエストを炉物理部会に出す機会も動機もない、という部会内のコミュニケーションが希薄な状況にあることが分かった。この状況の解消、それが出来なくてもその緩和が、炉物理部会の今後の活動においては一つのキーワードになるのではないかと考える。

炉物理部会の今後の活動をどうすれば良いかを考えるにあたり、“どのような炉物理部会の活動が有益だったか、そして何を強化して欲しいのか”という質問に対して大きな支持を得たものは、やはり炉物理夏期セミナーの開催と「炉物理の研究」の出版であった。

- 炉物理夏期セミナーについては非常に手間がかかる割には組織として評価されない、昔のセミナーに比べて資料が薄くなった、数年ごとに同じテーマが取り上げられてマンネリ化している、といったコメントも寄せられていたが、炉物理夏期セミナー自体は、非常に多くの部会員から支持を得ていることが確認された。特に学生や若手研究者・技術者の情報交流や所属機関を越えた関係構築の場、炉物理をリードしている立場の人と知り合いになれる機会としての価値の大きさは誰もが認めていた。
- 「炉物理の研究」の出版について廃止も含めてネガティブな意見も見られた。しかし、部会報に注目しているという人もいることは事実であり、興味深い記事に対する注目度は高い。そこで、炉物理部会を運営する上で「炉物理の研究」の出版が有効活用される工夫を講じる必要がある。

炉物理ロードマップの作成は現在の炉物理部会の大きな活動の一つとなっているため、それに関するコメントもあった。作成していることは評価されるものの改訂時まで議論されることが無く、その存在の意義を問う声が多く挙げられた。部会として整備したものである以上、部会がロードマップに挙げられた項目を選択して取り組む、もしくはそのための研究委員会を立ち上げるべき、といった期待も寄せられた。この件に関して本 WG で議論し、研究開発の主体はあくまでも各機関や個人であり、部会の役割は議論をする場の提供であるとの結論に至った。そこで、炉物理部会は炉物理ロードマップの各テーマに誰が取り組んでいてその進捗を把握し、その情報を部会員に発信するのがよいと考える。

これらの実働を伴う活動は手間の掛かる作業ではあるが、やはり部会員からは部会活動に誰かが汗をかくことに対する期待がある。部会活動に対して民間企業は後ろ向きではないかという危惧があったが、業績評価上きちんと評価しているというところもあった。これらを総合すれば、やはり部会の活動に対して貢献をした個人や団体に対して炉物理部会として明確に謝意を示すこと、つまり、実働に対するインセンティブの付与、部会として各所属組織に対する積極的な協力要請、が求められる。

これに関連するが、部会運営の透明性の向上を含む部会運営の活性化の必要性も指摘された。年に2回の部会全体会合では多くの部会員の意見を吸い上げることは出来ないのではないかと、運営委員の後任を選ぶときには現職者が属人的に後任者を探しているのが現状であるが、運営委員を引き受けやすくするだけでなく、運営委員の年齢や所属組織のバランスを考えて、運営小委員会自身をもっと積極的に選考プロセスに関与すべきである、という意見が印象的であった。このように、これまでの部会運営のあり方についての意見を持っている部会員がいることも確認された。

部会員によってさまざまな考えを持ってはいるが、炉物理関係者の交流の場が必要であるという意見に変わりはない。炉物理関係のもっと深い情報交換を行いたいと願っている。炉物理部会の存在意義に、海外の同様の学会・部会（例えば ANS Reactor Physics Division）との連絡窓口として継続すべきであるという意見があった。国際機関での活動状況を報告する場が無いために炉物理部会でそれを実施することはできないのかという提案もあり、炉物理部会がそういった交流の拠点となることが期待されるということにも気付かされた。また、新型炉部会や計算科学技術部会が立ち上がっている今、炉物理部会だけで実施可能なことは少ないという指摘もあった。夏期セミナーや企画セッションの合同開催などを通して、他部会との連携・交流をより活発化させていくことも検討する必要がある。SNS の活用 (X のアカウントや Slack¹ のグループの作成)

¹ “Slack” は、Salesforce 社 (米国) の国際商標です。

はどうかという意見もあった。30年前は部会のメーリングリストを作ることが一つの課題だったが、新しいコミュニケーションツールを使って情報交換を促進することも重要であろう。

4. 炉物理部会の今後の活動の方向性

得られたコメントをもとに検討した結果、炉物理部会が目指すべき方向性は以下のようにまとめられる。

原子力技術の根幹をなす炉物理分野の活性化のために、

- ① 部会員や産官学が相互コミュニケーションできる場を提供し、部会員の人的交流・人脈形成に貢献することで、
- ② 若手技術者育成に必要となる教育機会を提供するとともに、若手技術者をエンカレッジして成長を促すことに貢献する。
- ③ このために、他部会との交流機会を積極的に創出する。

そして、実施可能性も勘案して以下のような複数の候補を検討した。

1. 教育の場としての活動：これまでも学生の国際会議参加費の助成を若手の育成のためにおこなってきたが、大学だけではなく、民間企業や国研の若手研究者・技術者も助成対象とする。また、国際会議参加報告を「炉物理の研究」に投稿するだけでなく、発表の場を設けて部会員で聴講し議論する機会を提供する。普段指導をうけている教員以外からのコメントは研究遂行能力の涵養や本人のモチベーション醸成に大いに役立つはずである。
2. 他部会との協力：炉物理部会単独での活動にこだわらず新型炉やマルチフィジックス分野での研究の活性化や、その中で炉物理分野の役割・課題の模索の観点で他部会と関係する分野での活動も視野に入れる。そのため他部会と共同で行う活動、例えば、原子力学会での口頭発表プログラムの共同作成、企画セッションの合同開催、特定テーマに関するワークショップ開催といった、ネットワークの拡大に資する活動を検討し、具体化する。
3. 炉物理夏期セミナーの活用：部会のメインイベントとしての炉物理夏期セミナーの充実化を図る。実施主体の負担を増やすこと無く、参加者にとって参加した意義が感じられる内容とする。そのため、他部会や原子力以外の分野の講師を呼ぶといった、炉物理の枠にとらわれない内容も含めて検討をする。また、炉物理教育用教材としての活用を想定して、夏期セミナーのテキスト・講義資料の内容の充実を検討する。
4. 「炉物理の研究」の活用：「炉物理の研究」を定期的に出版しているにもかかわらず、その活用は限られている。核データ部会では「核データニュース」が年に3回出版され、定例報告からその時々の特ピックスまで多くの記事が投稿され、あとで見返せば当時の関係者が何を考えて何に取り組んでいたのかがよく分かる。査読付きの雑誌ではないので成果になりにくいのだが、それ故に自由な研究だけにとどまらないアイデアを投稿できるというメリットもあるはずである。「炉物理の研究」の内容に対して編集小委員のリードのもと部会として積極的に関与する。
5. 情報交換の場としての機能強化：産業界からの活動への参加が殆ど無くなったことが指摘されている。商業的利益の追求が求められる機関の部会委員に学術的な活動への関与や情報の提供を求めることは難しいであろう。しかしながら、国外における産業界の動き、国別の活動状況、国際機関の活動状況の報告、広く参加者を集める国際ベンチマークへの参加といったことは、広く共有することは出来そうである。また、新しいコミュニケーションツールやSNSの活用なども検討する。こういったことは、他部会との協力や上記の「炉物理の研究」出版の強化とも連携を取ることが出来る。
6. 部会の権威の維持と拡大：本部会は我が国唯一の原子炉物理学に関する研究者・技術者集団であり、その権威は大きい。我が国を代表して諸外国の炉物理関係者と対話出来る唯一の団体である。炉物

理部会賞の価値を高めることはもちろん、部会の活動に貢献した個人や団体に対する学術的な進歩以外の貢献についても表彰するといったことで、誰もが望んでいたけども出来なかったことについて光を当て、炉物理部会として感謝を示すことで、部会活動の価値を高める（部会活動への貢献への意義を感じる）という流れを作る。

これらの具体化においては運営小委員会の決定だけで実施可能なものもあれば、部会全体の合意を経て進めるべきものもある。また、実現までに要する時間が短いものもあれば、長期に取り組みが必須となるものも含まれる。従って各項目の具体化にはさらなる検討が必要であるが、本活動を通して吸い上げられた意見のうち、以下の3つに対してはすみやかに開始する。

1. 部会賞表彰細則を改定し、部会賞に若手講演賞を新設することで若手研究者・技術者をエンカレッジする。
2. 既存インフラである ML の活用指針を示し、部会員の活用を促す。
3. 運営小委員会を3か月に1度程度開催することで、部会運営委員のコミュニケーション強化を行い、部会運営における議事を部会員と広く共有することで、部会運営を身近なものとする。

SNS の活用や部会貢献者への表彰、部会員全体や若手研究者・技術者のみが集まる場の構築については、2025年秋の大会までに案を取りまとめるように検討を進める。

本企画セッションにおいて、上記に示された方向性やそれに基づく具体的な実施項目について共通認識を図り、順次着手していくことで、炉物理部会の活動が着実に活発化したことを多くの部会員が認識していくことが大切ではないかと考えている。

5. 結論

多くの部会員の協力によって炉物理部会の新しい活動の方向性が見えてきた。特別なことではないが、孤立した環境での研究開発の遂行は困難であり、その困難を克服するための「場」を提供するのが部会のような学術団体の存在価値であるということを再認識することとなった。歴史と伝統があり成熟した分野である炉物理においてこのような活動が開始されたというのは、炉物理に関わってきた方々の炉物理に対する愛情の賜である。それが確認出来ただけでも、本 WG の活動には価値があった。

今後の部会活動については、前述の取り組みをスタートしつつも、それに固定化するのではなく状況の変化に従い柔軟に対応していく方針である。状況の変化から取りやめるものや新たに開始するものについては、随時部会 ML 等のコミュニケーション手段を用いて積極的に広報していく。部会員や関係者には炉物理部会に対する意見を積極的に運営小委員会に挙げていただきたい。

* Kenya Suyama¹, Tadashi Ushio², and Satoshi Wada³

¹Japan Atomic Energy Agency, ²Nuclear Fuel Industries Ltd., and ³Toshiba Energy Systems and Solutions Corp.

炉物理部会セッション

炉物理部会の役割検討 WG 活動報告

Report on the activities of the Working Group on the Role of the Reactor Physics Division

*須山 賢也¹, *牛尾 直史², 和田 怜志³

¹原子力機構, ²原子燃料工業, ³東芝エネルギーシステムズ

1. 序論

2024年4月より新しい運営委員体制の下で炉物理部会の活動を開始した。炉物理部会は、1968年に部会報「炉物理の研究」を発刊した歴史と伝統を有する部会である。炉物理部会は、毎年「炉物理の研究」の発刊だけでなく「夏期セミナー」を開催してこの研究分野の関係者の情報交換の場として機能するだけでなく、国際会議で発表する学生に対する旅費の補助など、次世代を担う若手研究者・技術者の育成を見据えた地道な活動を行ってきた。しかしながら、炉物理分野の成熟だけでなく学会や部会活動に対する所属機関の考え方の変化の影響も受け、活動内容が現在の原子力の研究開発のニーズにマッチしているのかという意見が聞かれるようになってきていた。発足から半世紀を経た今、炉物理部会のあり方そのものを考えるべき時が来たとも思われたため、その対応を新しい運営委員体制の最初の活動として実施することとした。

2. WG の設置、活動、個別インタビュー

部会長、副部会長、庶務幹事の3名で議論した結果、部会全体の総意として今後の活動方針を検討すべきという結論に至り、2024年9月に仙台で開催された炉物理部会全体会合において、上記の問題意識のもとに「炉物理部会の役割検討ワーキンググループ」の設置を提案して活動を開始した。所属機関のバランスも考慮してWG委員候補者を部会長、副部会長、庶務幹事で決め、個々に依頼をしてWG委員に就任してもらうこととした。そして第1回会合を2024年10月30日にハイブリッド形式で開催して活動を開始した。その後第2回会合(12月4日、オンライン)、第3回(12月24日、オンライン)、第4回(1月28日、オンライン)、第5回会合(オンライン)と会合を重ね、WG委員の意見集約とWGとしての提言の取り纏めを実施している。

本WGにおいて議論を進める中で、多くの参加者を得る特別なワークショップを開いたとしても、限られた時間で多くの意見を聞くことは難しいと考えられた。そこで本WGでは上記の会合に加えて、WGメンバーが様々な部会員等を訪問するなどしてインタビューを行い、炉物理部会員の生の声や他部会からみた炉物理部会の印象を聞くこととした。インタビューは2025年1月30日現在で合計38人に対して行っている。

3. コメント、意見の概要と評価

全体として、多くの部会員は炉物理部会の価値を認めていることがわかった。『原子力学会の中でもっとも歴史と伝統のある部会であり、大きな権威がある』という発言をする部会員がおり、また、炉物理部会が学生や若手研究者・技術者の育成に果たしてきた役割が大きいという意見も多くあった。しかし、「現状のリソースを考えると今の活動で十分」という意見がある一方で、今の炉物理部会に満足しているかということ、そういう意見も比較的少なく、現在の部会活動に対して誰もが小なり大なりなんらかの不満を抱え、改善が出来るのではないかとこの気持ちを持っていることも明確であった。

インタビューの結果を読んでいくと、一部の部会員の考える“理想の炉物理像”と、多くの部会員が“実際に炉物理に期待したいこと”に乖離が生じているのではないかと考えさせられるコメントが複数みられた。このWG設置の動機の一つが、部会活動が一部の部会員、しかも大学教員の一部にかたよっているのではないかとこの危惧にあったのだが、得られたコメント『今の炉物理のセッションを見ていても自分達に必要なことが議論されていない、昔はもっとメーカーも注目する発表があったのに…』が、現在の炉物理という学問分野と炉物理部会の置かれている状態を表していると考えられる。言い換えれば、既存の活動に対しては誰も

がその実施を否定はしていないものの、自分達がそれについて行く必要性はあまり感じられず、自分達で新しいリクエストを炉物理部会に出す機会も動機もない、という部会内のコミュニケーションが希薄な状況にあることが分かった。この状況の解消、それが出来なくてもその緩和が、炉物理部会の今後の活動においては一つのキーワードになるのではないかと考える。

炉物理部会の今後の活動をどうすれば良いかを考えるにあたり、“どのような炉物理部会の活動が有益だったか、そして何を強化して欲しいのか”という質問に対して大きな支持を得たものは、やはり炉物理夏期セミナーの開催と「炉物理の研究」の出版であった。

- 炉物理夏期セミナーについては非常に手間がかかる割には組織として評価されない、昔のセミナーに比べて資料が薄くなった、数年ごとに同じテーマが取り上げられてマンネリ化している、といったコメントも寄せられていたが、炉物理夏期セミナー自体は、非常に多くの部会員から支持を得ていることが確認された。特に学生や若手研究者・技術者の情報交流や所属機関を越えた関係構築の場、炉物理をリードしている立場の人と知り合いになれる機会としての価値の大きさは誰もが認めていた。
- 「炉物理の研究」の出版について廃止も含めてネガティブな意見も見られた。しかし、部会報に注目しているという人もいることは事実であり、興味深い記事に対する注目度は高い。そこで、炉物理部会を運営する上で「炉物理の研究」の出版が有効活用される工夫を講じる必要がある。

炉物理ロードマップの作成は現在の炉物理部会の大きな活動の一つとなっているため、それに関するコメントもあった。作成していることは評価されるものの改訂時まで議論されることが無く、その存在の意義を問う声が多く挙げられた。部会として整備したものである以上、部会がロードマップに挙げられた項目を選択して取り組む、もしくはそのための研究委員会を立ち上げるべき、といった期待も寄せられた。この件に関して本 WG で議論し、研究開発の主体はあくまでも各機関や個人であり、部会の役割は議論をする場の提供であるとの結論に至った。そこで、炉物理部会は炉物理ロードマップの各テーマに誰が取り組んでいてその進捗を把握し、その情報を部会員に発信するのがよいと考える。

これらの実働を伴う活動は手間の掛かる作業ではあるが、やはり部会員からは部会活動に誰かが汗をかくことに対する期待がある。部会活動に対して民間企業は後ろ向きではないかという危惧があったが、業績評価上きちんと評価しているというところもあった。これらを総合すれば、やはり部会の活動に対して貢献をした個人や団体に対して炉物理部会として明確に謝意を示すこと、つまり、実働に対するインセンティブの付与、部会として各所属組織に対する積極的な協力要請、が求められる。

これに関連するが、部会運営の透明性の向上を含む部会運営の活性化の必要性も指摘された。年に2回の部会全体会合では多くの部会員の意見を吸い上げることは出来ないのではないかと、運営委員の後任を選ぶときには現職者が属人的に後任者を探しているのが現状であるが、運営委員を引き受けやすくするだけでなく、運営委員の年齢や所属組織のバランスを考えて、運営小委員会自身をもっと積極的に選考プロセスに関与すべきである、という意見が印象的であった。このように、これまでの部会運営のあり方についての意見を持っている部会員がいることも確認された。

部会員によってさまざまな考えを持ってはいるが、炉物理関係者の交流の場が必要であるという意見に変わりはない。炉物理関係のもっと深い情報交換を行いたいと願っている。炉物理部会の存在意義に、海外の同様の学会・部会（例えば ANS Reactor Physics Division）との連絡窓口として継続すべきであるという意見があった。国際機関での活動状況を報告する場が無いために炉物理部会でそれを実施することはできないのかという提案もあり、炉物理部会がそういった交流の拠点となることが期待されるということにも気付かされた。また、新型炉部会や計算科学技術部会が立ち上がっている今、炉物理部会だけで実施可能なことは少ないという指摘もあった。夏期セミナーや企画セッションの合同開催などを通して、他部会との連携・交流をより活発化させていくことも検討する必要がある。SNS の活用 (X のアカウントや Slack¹ のグループの作成)

¹ “Slack” は、Salesforce 社 (米国) の国際商標です。

はどうかという意見もあった。30年前は部会のメーリングリストを作ることが一つの課題だったが、新しいコミュニケーションツールを使って情報交換を促進することも重要であろう。

4. 炉物理部会の今後の活動の方向性

得られたコメントをもとに検討した結果、炉物理部会が目指すべき方向性は以下のようにまとめられる。

原子力技術の根幹をなす炉物理分野の活性化のために、

- ① 部会員や産官学が相互コミュニケーションできる場を提供し、部会員の人的交流・人脈形成に貢献することで、
- ② 若手技術者育成に必要となる教育機会を提供するとともに、若手技術者をエンカレッジして成長を促すことに貢献する。
- ③ このために、他部会との交流機会を積極的に創出する。

そして、実施可能性も勘案して以下のような複数の候補を検討した。

1. 教育の場としての活動：これまでも学生の国際会議参加費の助成を若手の育成のためにおこなってきたが、大学だけではなく、民間企業や国研の若手研究者・技術者も助成対象とする。また、国際会議参加報告を「炉物理の研究」に投稿するだけでなく、発表の場を設けて部会員で聴講し議論する機会を提供する。普段指導をうけている教員以外からのコメントは研究遂行能力の涵養や本人のモチベーション醸成に大いに役立つはずである。
2. 他部会との協力：炉物理部会単独での活動にこだわらず新型炉やマルチフィジックス分野での研究の活性化や、その中で炉物理分野の役割・課題の模索の観点で他部会と関係する分野での活動も視野に入れる。そのため他部会と共同で行う活動、例えば、原子力学会での口頭発表プログラムの共同作成、企画セッションの合同開催、特定テーマに関するワークショップ開催といった、ネットワークの拡大に資する活動を検討し、具体化する。
3. 炉物理夏期セミナーの活用：部会のメインイベントとしての炉物理夏期セミナーの充実化を図る。実施主体の負担を増やすこと無く、参加者にとって参加した意義が感じられる内容とする。そのため、他部会や原子力以外の分野の講師を呼ぶといった、炉物理の枠にとらわれない内容も含めて検討をする。また、炉物理教育用教材としての活用を想定して、夏期セミナーのテキスト・講義資料の内容の充実を検討する。
4. 「炉物理の研究」の活用：「炉物理の研究」を定期的に出版しているにもかかわらず、その活用は限られている。核データ部会では「核データニュース」が年に3回出版され、定例報告からその時々の特ピックスまで多くの記事が投稿され、あとで見返せば当時の関係者が何を考えて何に取り組んでいたのかがよく分かる。査読付きの雑誌ではないので成果になりにくいのだが、それ故に自由な研究だけにとどまらないアイデアを投稿できるというメリットもあるはずである。「炉物理の研究」の内容に対して編集小委員のリードのもと部会として積極的に関与する。
5. 情報交換の場としての機能強化：産業界からの活動への参加が殆ど無くなったことが指摘されている。商業的利益の追求が求められる機関の部会委員に学術的な活動への関与や情報の提供を求めることは難しいであろう。しかしながら、国外における産業界の動き、国別の活動状況、国際機関の活動状況の報告、広く参加者を集める国際ベンチマークへの参加といったことは、広く共有することは出来そうである。また、新しいコミュニケーションツールやSNSの活用なども検討する。こういったことは、他部会との協力や上記の「炉物理の研究」出版の強化とも連携を取ることが出来る。
6. 部会の権威の維持と拡大：本部会は我が国唯一の原子炉物理学に関する研究者・技術者集団であり、その権威は大きい。我が国を代表して諸外国の炉物理関係者と対話出来る唯一の団体である。炉物

理部会賞の価値を高めることはもちろん、部会の活動に貢献した個人や団体に対する学術的な進歩以外の貢献についても表彰するといったことで、誰もが望んでいたけども出来なかったことについて光を当て、炉物理部会として感謝を示すことで、部会活動の価値を高める（部会活動への貢献への意義を感じる）という流れを作る。

これらの具体化においては運営小委員会の決定だけで実施可能なものもあれば、部会全体の合意を経て進めるべきものもある。また、実現までに要する時間が短いものもあれば、長期に取り組みが必須となるものも含まれる。従って各項目の具体化にはさらなる検討が必要であるが、本活動を通して吸い上げられた意見のうち、以下の3つに対してはすみやかに開始する。

1. 部会賞表彰細則を改定し、部会賞に若手講演賞を新設することで若手研究者・技術者をエンカレッジする。
2. 既存インフラである ML の活用指針を示し、部会員の活用を促す。
3. 運営小委員会を3か月に1度程度開催することで、部会運営委員のコミュニケーション強化を行い、部会運営における議事を部会員と広く共有することで、部会運営を身近なものとする。

SNS の活用や部会貢献者への表彰、部会員全体や若手研究者・技術者のみが集まる場の構築については、2025年秋の大会までに案を取りまとめるように検討を進める。

本企画セッションにおいて、上記に示された方向性やそれに基づく具体的な実施項目について共通認識を図り、順次着手していくことで、炉物理部会の活動が着実に活発化したことを多くの部会員が認識していくことが大切ではないかと考えている。

5. 結論

多くの部会員の協力によって炉物理部会の新しい活動の方向性が見えてきた。特別なことではないが、孤立した環境での研究開発の遂行は困難であり、その困難を克服するための「場」を提供するのが部会のような学術団体の存在価値であるということを再認識することとなった。歴史と伝統があり成熟した分野である炉物理においてこのような活動が開始されたというのは、炉物理に関わってきた方々の炉物理に対する愛情の賜である。それが確認出来ただけでも、本 WG の活動には価値があった。

今後の部会活動については、前述の取り組みをスタートしつつも、それに固定化するのではなく状況の変化に従い柔軟に対応していく方針である。状況の変化から取りやめるものや新たに開始するものについては、随時部会 ML 等のコミュニケーション手段を用いて積極的に広報していく。部会員や関係者には炉物理部会に対する意見を積極的に運営小委員会に挙げていただきたい。

* Kenya Suyama¹, Tadashi Ushio², and Satoshi Wada³

¹Japan Atomic Energy Agency, ²Nuclear Fuel Industries Ltd., and ³Toshiba Energy Systems and Solutions Corp.

企画セッション | 部会・連絡会セッション：炉物理部会

📅 2025年3月13日(木) 13:00 ~ 14:30 📍 C会場(Zoomルーム3)

[2C_PL] 炉物理部会の役割検討WG活動報告

座長:小玉 泰寛(原燃工)

[2C_PL03] 総合討論

講演者全員

「炉物理という学問・技術」に係るあるべき姿や Vision, Mission については、炉物理ロードマップ 2017(RM2017)にて策定されており、炉物理部会の基本方針と位置付けられている。

一方で、炉物理部会設立当初と現在とでは部会を取り巻く状況は大きく変化しており、炉物理部会は何をすべきか、炉物理部会の存在意義は何かをあらためて考える時期にある。

「炉物理部会はどういう姿でありたいか」「そのためにはどういう機能を担うべきか」を、原点に立ち戻って議論する活動を行う炉物理部会の役割検討WGを設立し、本セッションではWGの活動結果を報告する。

企画セッション | 部会・連絡会セッション：新型炉部会

2025年3月13日(木) 13:00 ~ 14:30 Z会場(Zoomルーム4)

[2D_PL] 次世代ナトリウム冷却高速炉（実証炉）の安全設計方針

座長: 堺 公明(東海大)

[2D_PL01]

高速炉開発の役割

*安藤 将人¹ (1. JAEA)

[2D_PL02]

次世代高速炉の安全方針類の作成アプローチ

*守田 幸路¹ (1. 九大)

[2D_PL03]

次世代高速炉の安全設計の考え方

*久保 重信¹ (1. JAEA)

[2D_PL04]

次世代高速炉の主要な安全設計

*日暮 浩一¹ (1. MFBR)

新型炉部会セッション

次世代ナトリウム冷却高速炉（実証炉）の安全設計方針

Safety design approach for next-generation sodium-cooled fast reactors (demonstration reactor)

(1) 高速炉開発の役割

(1) Role of fast reactor development

安藤 将人

日本原子力研究開発機構

高速中性子により核分裂反応を維持する高速炉は、核燃料サイクルと組み合わせることにより、高レベル放射性廃棄物の減容化や有害度の低減、資源の有効利用を可能とする技術である。今後の高速炉の開発の進め方を示す「戦略ロードマップ」では、高速炉の今後の開発の作業計画が提示され、現在、高速炉実証炉の概念設計と必要な研究開発が進められている。本稿では、高速炉の開発目標、開発の経緯と今後の計画、安全設計方針の必要性について、その概要を紹介する。

1. 高速炉の開発目標

我が国では、高レベル放射性廃棄物の減容化、有害度の低減、資源の有効活用といった観点から、核燃料サイクルの推進を基本方針としており、高速炉はこうした効果を更に高める技術として位置づけられている。これを実現するため、2022年12月に改訂された「戦略ロードマップ」^[1]では、以下の項目を高速炉の開発目標としている。

- ① 安全性・信頼性：福島第一原子力発電所事故（1F事故）の教訓を踏まえ、高い安全性を追求すること。少なくとも、新規基準に基づく安全基準を満足する軽水炉及びその核燃料サイクルのシステムと同等以上の安全性を達成すること。炉システムについては、今後の国際設計基準等で次世代炉に期待されるより高い安全性・信頼性を実現する設計上の工夫（受動安全等）を施すこと。施設の運転・保守・補修性を確保すること。
- ② 経済性：市場ニーズに応じた経済性を有すること。基幹電源として利用するプラントは、他の基幹電源と競合し得る経済性を有すること。小型電源や多目的用途に利用する場合には、市場ニーズに応じた経済性を有すること。なお、上記の経済性は1F事故を踏まえた安全性の強化、並びに事故リスク対応費及び政策経費を踏まえた上で実現すること。
- ③ 環境負荷低減性：高レベル放射性廃棄物量減容・潜在的有害度低減のため、マイナーアクチノイド（MA）を分離・回収し、燃料として利用できるようにすること。炉、燃料製造、再処理施設の建設・運転・廃止措置を通じて発生する放射性廃棄物量（高レベル放射性廃棄物を含む）を、軽水炉及びその核燃料サイクルシステムを参照して、合理的に実現可能な限り低減すること。ライフサイクルでの環境影響が他電源と比して少ないこと。
- ④ 資源有効利用性：軽水炉及び軽水炉のプルスーマル利用から高速炉へ円滑に移行できること。エネルギー需給や資源の不確かさへの対処を始め、社会のニーズに合った増殖比に柔軟に対応可能であること。資源有効利用の観点から、核燃料サイクル内でウラン及びプルトニウムの十分な回収による資源循環を図ることができること。
- ⑤ 核拡散抵抗性：核拡散抵抗性と核物質防護を担保できる高速炉サイクルとすること。
- ⑥ 柔軟性・その他市場性：エネルギー供給システム全体の中で、再生可能エネルギーとの共存等を視野に、原子炉出力規模の選択肢や負荷追従能力等、必要な柔軟性に適切に対応できること。

2. 高速炉の開発の経緯と今後の計画

これまで我が国では、実験炉「常陽」、原型炉「もんじゅ」の設計、建設、運転、それらに燃料を供給するための燃料製造技術開発、再処理技術開発を通じて、高速炉の開発が進められてきた。高速炉の社会実装に向けての次なるステップでは、高速炉の安全性・信頼性、経済性といった開発目標を達成するために必要な

技術を、高速炉実証炉の建設・運転を通じて実証することが必要となる。

「もんじゅ」以降の高速炉開発については、1980年代から電力会社を主体とした電力実証炉の開発、1999年7月から核燃料サイクル機構（当時）と電力会社による「FBRサイクルの実用化戦略調査研究（FS）」を経て、2006年から「高速増殖炉サイクルの実用化研究開発（FaCT）」が実施された。しかし、2011年3月の1F事故以降、原子力発電からの撤退も含めた政策議論に波及しFaCTプロジェクトは凍結されることとなった。

2016年12月、原子力関係閣僚会議が開かれ、「高速炉開発の方針」が策定された。そこでは高速炉開発の意義は何ら変わっていない事を確認し、その上で、これまで官民に蓄積されてきた高速炉技術は次の実証炉を建設できるレベルに到達していること、それらの経験知が散逸しないよう、国際協力を活用して高速炉開発を進めていく方針が提示された。

これを受けて、今後の高速炉の開発の進め方を示す、「戦略ロードマップ」が2018年12月に同会議で了承され、「21世紀半ば頃に現実的なスケールの高速炉が運転を開始」し、「21世紀後半のいずれかの時期に実用化される」との大まかな開発工程が提示された。その後、2022年12月に「戦略ロードマップ」が改訂され、今後の開発の作業計画として、高速炉技術の2050年カーボンニュートラルに向けた貢献を見通し、研究開発を効率的に実施していくためには、2030年頃までを目途に概念を固め、2050年までに高速炉実証炉が運転開始されていることが望ましいとした上で、2023年度に「2024年度以降の概念設計の対象となる炉概念の仕様と中核企業の選定」、2024年度～2028年度頃に「高速炉実証炉の概念設計・必要な研究開発」、2028年度頃に「炉の概念設計の結果と制度整備の状況等を踏まえたステップ3（基本設計や許認可手続き等）への移行の判断」というマイルストーンが提示された。併せて、炉と核燃料サイクルの整合をとった研究開発のプロジェクトマネジメントの重要性が確認された。

このマイルストーンに基づき、2023年7月、高速炉実証炉の概念設計対象となる炉概念としてナトリウム冷却タンク型炉、中核企業に三菱重工株式会社を選定して、脱炭素成長型経済構造移行債を活用した国の高速炉実証炉開発事業が同年9月から開始された。また、2024年7月には、炉と燃料サイクルの集中的な研究開発を統括する組織として、日本原子力研究開発機構（JAEA）と電力会社等のメンバーから構成される「高速炉サイクルプロジェクト推進室」がJAEA内に設置された。

今後は、2026年度頃までに、燃料技術の具体的な検討（炉心燃料だけでなく、燃料製造、使用済み燃料の再処理等の核燃料サイクルの方式選定を含む）を行う予定である。次いで、2028年度末までに、概念設計をとりまとめ、開発目標への適合性と技術的成立性の確認とともに、事業環境整備の状況等を勘案して、基本設計や許認可手続き等に進むかどうかの判断を行う予定である。

3. 高速炉開発における安全設計方針の必要性

高速炉実証炉を含む次世代ナトリウム冷却高速炉（以降「次世代高速炉」と称する）は、高速中性子により核分裂を維持する炉心であること、冷却材として液体ナトリウムを採用する等のことから、軽水炉とは異なる安全上の特徴を有している。また、「常陽」「もんじゅ」の建設、運転の経験を通じて得られた知見を基に、更なる安全性の向上を図るための新技術を取り入れた設計となっている。

このため今後、次世代高速炉の概念設計を進めていくに当たっては、その前提となる、安全確保の考え方と、それを実現するための安全設計方針を明確にしていくことが必要である。また、高速炉を実用化するためには、規制の予見性を高めていくことが重要である。「次世代ナトリウム冷却高速炉の安全設計評価方針検討会」で策定された、「次世代ナトリウム冷却高速炉の安全設計方針」を基に、高速炉の安全規制の整備に向けた検討が深まることが期待される。

Masato Ando

Japan Atomic Energy Agency

[1] 戦略ロードマップ、2022年12月、原子力関係閣僚会議

https://www.enecho.meti.go.jp/appli/public_offer/2022/data/0314_01_04.pdf

新型炉部会セッション

次世代ナトリウム冷却高速炉（実証炉）の安全設計方針

Safety design approach for next-generation sodium-cooled fast reactors (demonstration reactor)

(2)次世代高速炉の安全方針類の作成アプローチ

(2) Approach to develop safety principles for next generation fast reactors

*守田 幸路¹, 山野 秀将²¹九州大学, ²JAEA

1. はじめに

高速炉開発については、2022年12月22日に「戦略ロードマップ」が改定され、ナトリウム冷却タンク型高速炉が今後開発を進める対象として選定され、2024～2028年度に高速炉実証炉の概念設計・研究開発、2028年度に基本設計・許認可手続きへの移行判断を行うという計画が定められた。高速炉実証炉を含む次世代ナトリウム冷却高速炉（以降「次世代高速炉」と称する）は、現在の軽水炉や「もんじゅ」に比べて、受動安全性を高めるとともに、外部ハザードや重大事故に対して新たな安全メカニズムを組み込んでいる。そのため、次世代高速炉開発のため、その安全上及び設計上の特徴を考慮した安全方針類を策定する必要がある。そこで、2023年9月に「次世代ナトリウム冷却高速炉の安全設計評価方針検討会」を高速炉開発の専門家が集結する新型炉部会に設置した。本報では、同検討会で定める安全方針類（安全設計方針、重要度分類方針、安全評価方針、安全性判断基準）の作成アプローチを紹介する。

2. 安全方針類の作成アプローチ

現行の研究開発段階炉用設置許可基準規則および解釈は「もんじゅ」「ふげん」を対象としており、次世代高速炉向け規則はない状況である。それを踏まえて次世代高速炉の安全設計方針を検討する必要がある。重要度分類について、既設軽水炉では「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」を参考にした電気協会指針 JEAG4612-2021「安全機能、重大事故等に対処する機能を有する電気・機械装置の重要度分類指針」が作成されている。これを参考にし、次世代高速炉の特徴を踏まえて重要度分類方針を作成する必要がある。安全評価について、既設軽水炉では「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」及び「実用発電用原子炉に係る炉心損傷防止対策及び格納容器破損防止対策の有効性評価に関する審査ガイド」が作成されている。高速炉については「高速増殖炉の安全性の評価の考え方」も参考にしつつ、次世代高速炉の特徴を考慮して安全評価方針を検討する必要がある。安全評価に当たっては、安全性の判断基準が必要だが、最新知見を反映して判断基準を作成する必要がある。

本検討会では、これら4つの安全方針を作成する予定であり、順次、ドラフトを検討会で議論していき、2026年までに報告書としてまとめる計画である。まず、2024年度には安全設計方針を作成する計画であり、その検討に当たっては以下の点を考慮して、次世代高速炉の安全確保の考え方と規制対応に向けての論点と考え方を提示していく。

- ・ 現行の規制規則（実用発電炉規則、研究開発段階炉規則、試験炉規則）
- ・ 既設軽水炉の安全確保の考え方（安全審査）
- ・ 革新軽水炉の安全確保の考え方（「次期軽水炉の技術要件検討WG」の検討内容）
- ・ 既設高速炉の安全確保の考え方（「もんじゅ」「常陽」の安全審査）
- ・ 国際的な動向（第4世代原子炉フォーラム(GIF)の安全設計クライテリア(SDC)等、IAEA、他）
- ・ 高速炉実証炉の設計の特徴

3. まとめ

安全方針類の作成アプローチを示すとともに、安全設計方針の検討方法を示した。

本報告は、経済産業省からの受託事業である「令和5年度高速炉実証炉開発事業」JPMT007143の一環として実施した成果を含む。

*Koji Morita¹, Hidemasa Yamano²

¹ Kyushu University, ² JA EA

新型炉部会セッション

次世代ナトリウム冷却高速炉（実証炉）の安全設計方針

Safety design approach for next-generation sodium-cooled fast reactors (demonstration reactor)

(3) 次世代高速炉の安全設計の考え方

(3) Basic principles of safety design for next-generation fast reactors

久保 重信

日本原子力研究開発機構

高速炉実証炉を含む次世代ナトリウム冷却高速炉（以下「次世代高速炉」と称する。）は、軽水炉と異なる安全上の特徴を有していることに加えて、受動的炉停止機構等の新たな安全メカニズムが取り入れられていることから、安全確保の考え方と、それを実現するための安全設計方針を明確にしていく必要がある。これに資するため、「次世代ナトリウム冷却高速炉の安全設計評価方針検討会」では、「次世代ナトリウム冷却高速炉の安全設計方針」を策定した。本報では、その概要を紹介する。

1. 高速炉の特徴に応じた安全設計の考え方

高速炉は、放射性廃棄物の減容・有害度低減、資源の有効利用を可能とするため、炉心は高速中性子を主体とする臨界体系であり、液体金属ナトリウムを冷却材としている。このため、冷却材の温度上昇や沸騰に伴う反応度変化は大型炉心では正となりうるが、冷却材の沸点が高く冷却系の加圧が不要等の軽水炉とは異なる特徴を有する。また、ナトリウムは化学的に活性であり、通常運転時には空気、水との接触を防止するとともに、事故時には、ナトリウム燃焼等の影響が炉心の安全に影響しないように対策を施す必要がある。

これらの特徴に応じた安全設計対策は、「常陽」、「もんじゅ」の設計・建設・運転の経験を通じて技術の習熟が図られてきており、次世代高速炉においては、この経験を土台として、新技術を取り入れて安全向上を目指す。「もんじゅ」では、高速炉の運転実績が僅少であることに鑑み、当初申請から設計基準を超える事象の評価が行われたが、新規基準において規制要件とされた重大事故等の対策や、強化された外部事象対策については、原設計においては十分考慮されているわけではなかった。次世代高速炉では、重大事故等対策を含めて、必要な対策を、あらかじめ設計に取り入れることで、同様な機能を持つ設備の重複等をなくした合理的な設計を追求することとしている。

また、プラント全体の安全性を向上させるために、実績のある能動的な安全設備に受動的な安全機能を組み合わせる。能動的な安全設備は多様性や多重性を有するように設計することから、さらなる安全向上を目指す上では、動力供給、制御等のサポート系に依存することなく、自然に動作する受動的なシステムを組み合わせることが、原子炉施設全体を複雑化させることなく安全性を向上させるためには有効である。具体的には、原子炉停止機能を強化するために、能動的な原子炉停止系に受動的な炉停止機構を組みこむとともに、多重性・多様性を有する崩壊熱除去設備に自然循環による除熱機能を組み込む。これらの設計においては、能動的機能が失われた場合にも受動的機能が作用するように設計する。

格納性については、燃料被覆管、原子炉冷却材バウンダリ及びカバーガスバウンダリ、原子炉格納バウンダリで放射性物質放出に対する多重障壁を形成することは、軽水炉と同様であるが、重大事故時に損傷炉心を原子炉容器内で保持することとし、原子炉容器が格納機能の一部を担う格納概念とする。これは、低圧でありかつ優れた冷却特性を持つナトリウム炉の特性に応じた方策である。また高速炉炉心では、冷却材の沸騰や溶融した燃料の集中化を仮定すると、厳しい再臨界に至りうるが、冷却材ボイド反応度の抑制や溶融燃料の炉心外への排出機構を導入することで、再臨界による過大なエネルギー発生を防止する（再臨界回避方策）。

2. 深層防護の考え方

深層防護の定義と目的、実装の考え方は、次期軽水炉^[1]と同様であり、i) 原子力安全の目的を達成するため

に貢献できる複数の防護の目的を設定、ii) 防護レベルの目的を達成するため、各防護レベルを突破されないための防止策と、防護レベルを突破された時の緩和策を設定、iii) 異なった防護レベル間の防止策・緩和策は、「広義の独立性」を有するように設定することとしている。ここで「広義の独立性」とは、「深層防護レベルが突破されるのを防止する手段の有効性が独立であること」と考えられる。これは、必ずしも深層防護のレベル毎に異なる設備を設けることではなく、前段の深層防護レベルが突破されるような過酷なプラント状態や外部事象等を想定しても、当該安全機能が維持できるように、設備の機能拡張（受動的機能の組み込み、設備容量や運転温度に余裕を持たせることなど）や事故管理方策を適用することを含むものである。

深層防護に係る具体的な対応としては、次世代高速炉の特徴に応じて事象選定し、各レベルの目標を達成できるように設計対策し、その有効性を評価するが、防護レベル 4b（シビアアクシデントの影響を緩和するための設計基準を超える状態の制御）については、防護レベル 4a（炉心損傷を防止するための設計基準事故を超える状態の制御）の措置が機能しない場合において、評価対象とする事故シーケンスの進展によって格納機能に対して負荷を与える状態を想定し、その影響を緩和する対策を講じる。これには、炉停止失敗系シーケンスに対する対策と除熱失敗系シーケンスに対する対策が含まれる。前者に対しては、再臨界回避方策と損傷炉心を原子炉容器内で保持するコアキャッチャー等の対策によって原子炉容器内事象終息を図る。後者については、冷却材の大きな熱容量により事象進展は緩慢で時間的余裕が大きいことを考慮して多様な除熱手段を備えることで、炉心損傷の進展を緩和する。いずれの場合にも、原子炉容器内でナトリウムに浸漬された状態で損傷炉心を保持するとともに原子炉格納容器でガス状及び揮発性放射性物質の放散を抑制する。このように、事故シーケンスごとに防護レベル 4b の対策を施すのは、炉停止失敗系と除熱失敗系で事故シーケンスの進展が大幅に異なるため、炉心損傷時のプラント状態が大きく相違するためである。

3. ハザード対策の考え方

原子炉施設安全の脅威となりうる地震、津波等の自然現象と外部人為事象（故意によるものを除く）、原子炉施設内で発生しうる火災や溢水等の内部と外部のハザードに対して安全機能が確保できるように対策する。

高速炉では、高温での過渡的な温度変化を含めた熱荷重に対して寿命中の健全性を確保するためには、原子炉容器等のナトリウムを内包する機器や配管を薄肉構造とすることが有利な反面、耐震性を確保するためにはある程度の板厚を確保する必要もあるため、これらの相反する要求を満足できるバランスのとれた設計が求められる。次世代高速炉では、原子炉建屋に免震技術を適用することで原子炉容器とガードベッセルを含む冷却系機器の地震に対する裕度を確保することとしている。

高速炉では、主冷却系からのナトリウム漏れは炉心冷却に直接的に影響を与えるため、低圧系であることを活かしてナトリウム漏れ時にも炉心冷却が確保できるように設計する。漏れしたナトリウムの燃焼は安全施設の脅威となりうるハザードとして考慮する。同じくナトリウムの化学反応対策として、蒸気発生器（ナトリウムと水蒸気との熱交換器）における伝熱管漏れに伴うナトリウム-水反応が炉心の脅威とならないように、2次ナトリウム冷却系を設置する。さらに、水漏れを生じたループの原子炉冷却材バウンダリの健全性に有意な影響を与えないように、ナトリウム-水反応の発生を検出し、影響を緩和するための対策を講じる。

高速炉では、大気放熱の崩壊熱除去設備を用いることから、大気との熱交換を行う機器設備について飛来物や火山灰降下等から防護することや、異常低温に対するナトリウムの凍結防止等が重要である。

故意による大型航空機衝突、テロ等の意図的な人為事象を想定しても機能する冷却設備を高速炉の特徴を考慮して原子炉施設本体に組み込む。このような機能を有する原子炉施設本体に組み込まれた冷却設備が大型航空機衝突、テロ等を想定しても機能喪失しないように、原子炉建屋の頑健性、区画分離、機器・設備の配置等の対策を施す。また、空気冷却器の空気流出入口については、分散配置するとともに隔離距離をとる。本報告は、経済産業省からの受託事業である「令和5年度高速炉実証炉開発事業」JPMT007143の一環として実施した成果を含む。

Shigenobu Kubo

Japan Atomic Energy Agency

[1] 次期軽水炉の技術要件と実現のための取り組み、「次期軽水炉の技術要件検討」ワーキンググループ（フェーズ 2）報告書、2024年3月、原子力発電部会「次期軽水炉の技術要件検討」ワーキンググループ（フェーズ 2）

新型炉部会セッション

次世代ナトリウム冷却高速炉（実証炉）の安全設計方針

Safety design approach for next-generation sodium-cooled fast reactors (demonstration reactor)

(4) 次世代高速炉の主要な安全設計

(4) Principal safety design for next-generation fast reactors

*日暮 浩一¹, 島川 佳郎¹, 谷 明洋¹, 小坂 進矢¹, 佐藤 大輔¹, 久保田 龍三朗¹¹三菱FBRシステムズ(株)

1. はじめに

2024～2028年度にかけて高速炉実証炉の概念設計を行う計画である。高速炉実証炉の主な仕様を表1に、主要機器の配置を示す鳥観図を図1に示す。高速炉実証炉を含む次世代高速炉では、前稿(3)次世代高速炉の安全設計の考え方に基いて、安全設計の具体化を図っており、ここではその概要を紹介する。2章では主要な安全機能（止める、冷やす、閉じ込める）に係る設備の設計方針を、3章ではハザード対策のうち、高速炉に特有なナトリウム-水反応対策を、4章では現状の安全設計方針と現状の研究開発段階炉規則とのギャップについて概説する。

2. 主要な設備の安全設計

2-1. 原子炉停止設備

運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故対策（深層防護レベル2及び3対策）として、急速炉停止機能を有する独立した2系統の能動的な原子炉停止系（主炉停止系及び後備炉停止系）を設け、原子炉停止系の安全機能に高い信頼性を持たせる設計とする。

また、重大事故等の炉心損傷防止対策（深層防護レベル4a対策）として、能動的な安全設備に受動的な安全機能を組み合わせる観点から、受動的炉停止機構（自己作動型炉停止機構（SASS））を設置する。SASSは、後備炉停止系制御棒の切離れ部に、温度上昇により保持力が大きく低下するキュリー一点式温度感知合金を設置したものであり、仮に安全保護系信号による能動的炉停止に失敗した場合でも、炉心出口温度の上昇により温度感知合金の温度が所定の値まで上昇すると後備炉停止系制御棒が受動的に落下し、大規模な炉心損傷を防止するものである（図2参照）。

2-2. 炉心冷却（崩壊熱除去）設備

運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故に対処する崩壊熱除去系（深層防護レベル2及び3対策）として、自然循環式の浸漬型直接炉心冷却系（浸漬型DRACS）1系統、及び、自然循環式の2次系共用型炉心冷却系（IRACS）4系統を採用し、崩壊熱を最終的な熱の逃し場である大気へ輸送できる設計とする。

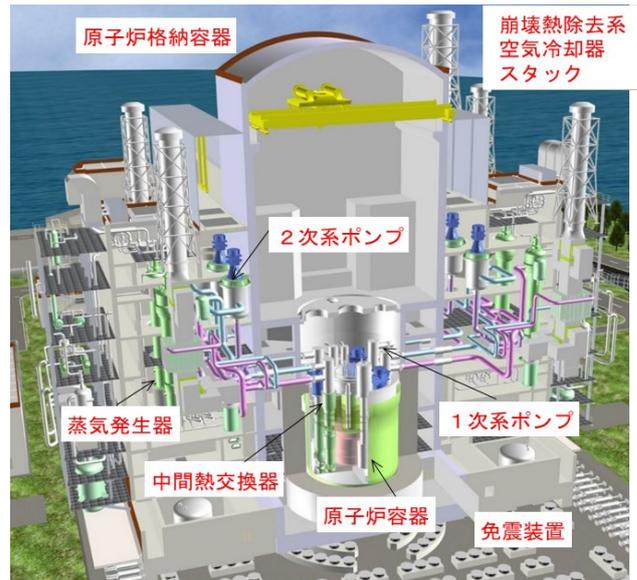


図1 高速炉実証炉の鳥観図

表1 高速炉実証炉の主な仕様

項目	仕様
出力	60万kWe級（150万kWt）
炉心出口ナトリウム温度	550℃
炉心	酸化物燃料炉心または金属燃料炉心
原子炉停止系	独立2系統 （後備炉停止系に受動的炉停止機能を設置）
主冷却系	中間熱交換器数及び2次系ループ数：4
崩壊熱除去系	自然循環式：5系統 強制循環式：1系統
原子炉建屋	3次元免震建屋または水平免震建屋

ないように2次系を設けるとともに、従属的なナトリウム漏えいを防止できるように、ナトリウム-水反応の影響を抑制できる設計とし、ナトリウム-水反応に伴う反応生成物による影響（圧力上昇、水素ガスの蓄積、水素以外の反応生成物の影響等）が、炉心の安全性や周辺環境に影響を及ぼさない設計とする。

具体的には、ナトリウム-水反応対策設備として、水リーク規模に応じた多様な水リーク検出設備(ナトリウム中水素計、カバーガス圧力計、圧力開放板破裂検出系)を設け、これらによって水リークを検知し、水側の隔離及びブロー、2次ポンプトリップといった事象終息のためのシーケンスを自動作動させる。また、蒸気発生器カバーガス圧力開放系によって、水素ガスを燃焼処理し、大気放出することで、系統内の圧力上昇を抑制する（図5参照）。

また、ナトリウム-水反応が重大事故シーケンスの起因事象とならないように、ナトリウム-水反応対策設備の裕度を確保するため、ナトリウム-水反応の影響緩和方策の故障を想定しても、多重性又は多様性及び独立性の確保により対応可能な設計とする。

4. 研究開発段階炉規則とのギャップ

高速炉実証炉の設計は「研究開発段階発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成25年6月19日制定）に準拠しつつも、ナトリウム冷却炉の特徴を考慮した合理的で効果的な安全設計対策を指向しており、現状の設置許可基準規則とは必ずしも合致しない部分がある。研開炉設置許可基準規則とのギャップのうち、特徴的なものを以下に例示する。

- ・第51条：原子炉格納容器下部の熔融炉心を冷却するための設備
- ・第52条：水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための設備

規則では、炉心の著しい損傷が発生した場合において原子炉格納容器の破損を防止するため、熔融し、原子炉格納容器の下部に落下した炉心を冷却するために必要な設備を要求している（第51条）。また、炉心の著しい損傷が発生した場合において原子炉格納容器の水素爆発による破損を防止する必要がある場合の設備を要求している（第52条）。高速炉実証炉では想定される炉停止失敗系の重大事故に対して、炉心の著しい損傷が発生する場合でも損傷炉心を原子炉容器内で長期的に安定冷却・保持することで、原子炉容器の破損を防止し、原子炉格納容器と燃料の直接接触が生じない設計（原子炉容器内事象終息）とするため、上記条項に記された設備を不要としている。高速炉実証炉では、損傷炉心の格納機能を原子炉容器が担う設計思想であり、設計成立性を試験データや解析評価等に基づいて示すこととしている。

5. まとめ

高速炉実証炉の安全設計として、安全機能（止める、冷やす、閉じ込める）に係る主要設備とハザード対策のうち、ナトリウム冷却炉に特徴的なナトリウム-水反応対策について紹介した。安全機能に係る主要設備の特徴としては、「能動的な原子炉停止系に加え、受動的炉停止機構の設置」「自然循環冷却を活用した崩壊熱除去設備の設置」「原子炉容器内事象終息を指向した炉心損傷対策設備の設置」があげられる。ナトリウム-水反応対策としては、炉心に直接影響を及ぼさないようにするとともに、重大事故シーケンスの起因事象とならないように、裕度を確保した対策設備とする。また、高速炉実証炉の設計は現状の設置許可基準規則とは必ずしも合致しない部分があり、特徴的なギャップについて例示した。

本報告は、経済産業省からの受託事業である「令和5年度高速炉実証炉開発事業」JPMT007143の一環として実施した成果を含む。

*Koichi Higurashi¹, Yoshio Shimakawa¹, Akihiro Tani¹, Shinya Kosaka¹, Daisuke Sato¹ and Ryuzaburo Kubota¹

¹Mitsubishi FBR Systems, Inc.

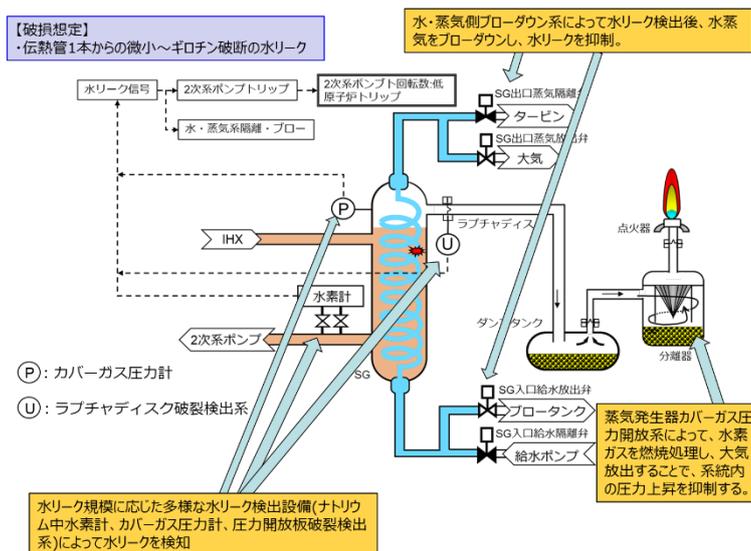


図5 ナトリウム-水反応対策設備（設計基準）

企画セッション | 部会・連絡会セッション：原子力安全部会

2025年3月13日(木) 13:00 ~ 14:30 F会場(Zoomルーム6)

[2F_PL] 次世代の研究動向と継続的な安全研究展開のあり方

座長:山本 章夫(名大)

[2F_PL01]

リスク情報を活用した合理的な意思決定に向けたPRA手法の高度化に関する研究

*成川 隆文¹ (1. 東大)

[2F_PL02]

安全研究のフロンティア拡大を目指して

*山路 哲史¹ (1. 早稲田大)

[2F_PL03]

原子力規制庁における自然事象に関する安全研究の取り組み

*山下 啓¹、*内田 淳一¹ (1. 規制庁)

原子力安全部会セッション

次世代の研究動向と継続的な安全研究展開のあり方

The next generation's trend and continuous evolution of the safety research

*成川 隆文¹, *山路 哲史², *山下 啓³, *内田 淳一³¹東大, ²早稲田大, ³規制庁

1. はじめに

2011年3月の東京電力福島第一原子力発電所（1F）事故以降、我が国では新規制基準が策定され、それを満たした既設炉の再稼働が着実に進んできた。その間、1F事故の直接的な要因やその背後にあった要因の分析も進み、それらから得られた教訓は原子力に係る全ての関係者間で広く認識共有され、例えば日本原子力学会事故調提言フォローワーキンググループにより、提言とフォローアップがまとめられている（2021年3月）。また、「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」が軽水炉安全技術・人材ロードマップ高度活用研究専門委員会によりまとめられている（平成29年3月改訂）。

一方で、1F事故直後から我が国の安全研究の抜本的な見直しに取り組んできた世代からポスト1F世代への知見や文化の継承が喫緊の課題となってきた。また、学会自らの改革、継続的な安全性の向上、国際的なリーダーシップの発揮等、未だに十分ではないことも指摘されている。以上のような1F事故を経た我が国の安全研究の見直しとその間の国内外の原子力エネルギー利用を巡る状況変化等も踏まえて、今後の我が国と世界の継続的な原子力安全研究展開を確かなものとするための現在地の検証と、今後の対話を見据えて、ポスト1F世代の講演者より次世代の研究動向と今後の安全研究のあり方についての考えを紹介頂き、今後の継続的な安全研究展開のあり方を総合討論する。

2. 各講演者の講演概要

2-1. リスク情報を活用した合理的な意思決定に向けた PRA 手法の高度化に関する研究（東大・成川 隆文）
(Advancing PRA Methodology for More Rational Risk-informed Decision Making)

原子力発電施設のような大規模複雑システムのリスクマネジメントに係る意思決定には、不確かさを明示的に扱える確率論的リスク評価（Probabilistic Risk Assessment: PRA）から得られるリスク情報の活用が有効である。この意思決定を一層合理的なものにするために、報告者は(1) PRA の現実性の向上、(2) PRA の信頼性の向上、(3) リスク情報の多様化、の3つの観点から、PRA の高度化に取り組んでいる。本報告では、(1) PRA の現実性の向上に関する大学での取り組みの例として、「不確かさを考慮した炉心損傷判定基準の最適評価法の開発に関する研究」を中心に紹介する。

今後の安全研究のあり方については、1F事故の教訓を踏まえ、不確かさへの備えと規範的リスク分析の重要性を指摘する。不確かな状況における安全に係る意思決定の学理を構築し、安全の論理の欠けを発見するためのリスク情報の活用に加え、規範の視点からリスク評価を分析することで、安全確保活動の深さ（≒リスクの抑制水準）と広さ（≒抑制するリスクの種類・範囲）の妥当性を継続的に検証していくことの重要性を述べる。

2-2. 安全研究のフロンティア拡大を目指して（早稲田大・山路 哲史）

(Some Attempts to Bring Forward the Frontiers of Safety Research)

2025年現在、日本の原子力発電を見渡すと、フロントエンド側だけでも歴史上最も課題が多様化しており（1F 廃炉、第2・3世代炉の運転（延長）～廃止処置、第3+世代炉の新設、過酷事故対策、事故耐性燃料、5%超濃縮の HALEU 燃料、小型モジュラー炉及び第4世代炉の開発～実証等）、その結果、原子力安全の課題も多様化していると考えられる。一方、日本原子力学会の学会員数は1999年頃にピーク（正会員7000人強）に達した後は緩やかに減少している（2023年度事業報告によれば正会員5569人）。今後の継続的な安全研究展開のためには、従来の取り組みの一層の強化に加え新たな安全研究者を呼び込むような安全研究のフロン

ティアの拡大が必要と考えられる。

安全研究のフロンティア拡大には「知識の集約や普及・向上」が有用と考えられる。例えば、福島第一原子力発電所廃炉検討委員会には2024年度に新たに「1F事故探求分科会」が設置され、「1Fでの事故進展の理解を事象の知見集約のプラットフォームとして解析コードの高度化にも資する整理」を念頭に重要度ランクテーブル（PIRT）の議論が始まっている。また、廃炉・汚染水・処理水対策事業費補助金（燃料デブリの性状把握のための分析・推定技術の開発）事業、原子力機構、東電HD、早稲田大学等による一連の協働により、従来の原子力学会の細分化された学術分野にとらわれず、幅広い視野を持つ多様な研究者・技術者がそれぞれの専門性の観点や多様な見地から1Fの現状を把握し、最新の知見を広く共有し、新たなイノベーションを促すプラットフォームの役割を担うことが期待される1Fデジタルツイン（debrisEye）が開発されている。PIRT、解析コード、デジタル・ツイン等を活用することで、個々の研究の境界や新たな研究のフロンティアを広げ、継続的な安全研究の展開が期待できる。

2-3. 原子力規制庁における自然事象に関する安全研究の取り組み（規制庁・山下 啓、内田 淳一）

(Initiatives for Safety Research on Natural Events at the Nuclear Regulation Authority)

原子力規制庁技術基盤グループの4つの研究部門（システム安全、シビアアクシデント、放射線・廃棄物、地震・津波）では、17の分野の安全研究を実施している。地震・津波研究部門はその一つである、人為的にコントロールできない外部事象（地震、津波等の自然事象）や、それらの影響を受ける建屋、機器等の原子力施設の構造健全性に関する安全研究を実施している。そのうち自然事象に関する安全研究はさらに地震動、地質、津波、火山の4つの分野に分けられ、平成23年東北地方太平洋沖地震、平成28年熊本地震、令和6年能登半島地震等から得られた知見を踏まえた研究を実施・計画している。

同セッションにおいて、地震・津波研究部門の安全研究や発表者にとっての研究への動機付け等を紹介することで、活発な総合討論に向けた参考情報の一助となれば幸いである。

*Takafumi Narukawa¹, *Akifumi Yamaji², *Kei Yamashita³, *Junichi Uchida³

¹UTokyo, ²Waseda Univ., ³NRA

原子力安全部会セッション

次世代の研究動向と継続的な安全研究展開のあり方

The next generation's trend and continuous evolution of the safety research

*成川 隆文¹, *山路 哲史², *山下 啓³, *内田 淳一³¹東大, ²早稲田大, ³規制庁

1. はじめに

2011年3月の東京電力福島第一原子力発電所（1F）事故以降、我が国では新規制基準が策定され、それを満たした既設炉の再稼働が着実に進んできた。その間、1F事故の直接的な要因やその背後にあった要因の分析も進み、それらから得られた教訓は原子力に係る全ての関係者間で広く認識共有され、例えば日本原子力学会事故調提言フォローワーキンググループにより、提言とフォローアップがまとめられている（2021年3月）。また、「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」が軽水炉安全技術・人材ロードマップ高度活用研究専門委員会によりまとめられている（平成29年3月改訂）。

一方で、1F事故直後から我が国の安全研究の抜本的な見直しに取り組んできた世代からポスト1F世代への知見や文化の継承が喫緊の課題となってきた。また、学会自らの改革、継続的な安全性の向上、国際的なリーダーシップの発揮等、未だに十分ではないことも指摘されている。以上のような1F事故を経た我が国の安全研究の見直しとその間の国内外の原子力エネルギー利用を巡る状況変化等も踏まえて、今後の我が国と世界の継続的な原子力安全研究展開を確かなものとするための現在地の検証と、今後の対話を見据えて、ポスト1F世代の講演者より次世代の研究動向と今後の安全研究のあり方についての考えを紹介頂き、今後の継続的な安全研究展開のあり方を総合討論する。

2. 各講演者の講演概要

2-1. リスク情報を活用した合理的な意思決定に向けた PRA 手法の高度化に関する研究（東大・成川 隆文）
(Advancing PRA Methodology for More Rational Risk-informed Decision Making)

原子力発電施設のような大規模複雑システムのリスクマネジメントに係る意思決定には、不確かさを明示的に扱える確率論的リスク評価（Probabilistic Risk Assessment: PRA）から得られるリスク情報の活用が有効である。この意思決定を一層合理的なものにするために、報告者は(1) PRA の現実性の向上、(2) PRA の信頼性の向上、(3) リスク情報の多様化、の3つの観点から、PRA の高度化に取り組んでいる。本報告では、(1) PRA の現実性の向上に関する大学での取り組みの例として、「不確かさを考慮した炉心損傷判定基準の最適評価法の開発に関する研究」を中心に紹介する。

今後の安全研究のあり方については、1F事故の教訓を踏まえ、不確かさへの備えと規範的リスク分析の重要性を指摘する。不確かな状況における安全に係る意思決定の学理を構築し、安全の論理の欠けを発見するためのリスク情報の活用に加え、規範の視点からリスク評価を分析することで、安全確保活動の深さ（≒リスクの抑制水準）と広さ（≒抑制するリスクの種類・範囲）の妥当性を継続的に検証していくことの重要性を述べる。

2-2. 安全研究のフロンティア拡大を目指して（早稲田大・山路 哲史）

(Some Attempts to Bring Forward the Frontiers of Safety Research)

2025年現在、日本の原子力発電を見渡すと、フロントエンド側だけでも歴史上最も課題が多様化しており（1F廃炉、第2・3世代炉の運転（延長）～廃止処置、第3+世代炉の新設、過酷事故対策、事故耐性燃料、5%超濃縮のHALEU燃料、小型モジュラー炉及び第4世代炉の開発～実証等）、その結果、原子力安全の課題も多様化していると考えられる。一方、日本原子力学会の学会員数は1999年頃にピーク（正会員7000人強）に達した後は緩やかに減少している（2023年度事業報告によれば正会員5569人）。今後の継続的な安全研究展開のためには、従来の取り組みの一層の強化に加え新たな安全研究者を呼び込むような安全研究のフロン

ティアの拡大が必要と考えられる。

安全研究のフロンティア拡大には「知識の集約や普及・向上」が有用と考えられる。例えば、福島第一原子力発電所廃炉検討委員会には2024年度に新たに「1F事故探求分科会」が設置され、「1Fでの事故進展の理解を事故事象の知見集約のプラットフォームとして解析コードの高度化にも資する整理」を念頭に重要度ランクテーブル（PIRT）の議論が始まっている。また、廃炉・汚染水・処理水対策事業費補助金（燃料デブリの性状把握のための分析・推定技術の開発）事業、原子力機構、東電HD、早稲田大学等による一連の協働により、従来の原子力学会の細分化された学術分野にとらわれず、幅広い視野を持つ多様な研究者・技術者がそれぞれの専門性の観点や多様な見地から1Fの現状を把握し、最新の知見を広く共有し、新たなイノベーションを促すプラットフォームの役割を担うことが期待される1Fデジタルツイン（debrisEye）が開発されている。PIRT、解析コード、デジタル・ツイン等を活用することで、個々の研究の境界や新たな研究のフロンティアを広げ、継続的な安全研究の展開が期待できる。

2-3. 原子力規制庁における自然事象に関する安全研究の取り組み（規制庁・山下 啓、内田 淳一）

（Initiatives for Safety Research on Natural Events at the Nuclear Regulation Authority）

原子力規制庁技術基盤グループの4つの研究部門（システム安全、シビアアクシデント、放射線・廃棄物、地震・津波）では、17の分野の安全研究を実施している。地震・津波研究部門はその一つである、人為的にコントロールできない外部事象（地震、津波等の自然事象）や、それらの影響を受ける建屋、機器等の原子力施設の構造健全性に関する安全研究を実施している。そのうち自然事象に関する安全研究はさらに地震動、地質、津波、火山の4つの分野に分けられ、平成23年東北地方太平洋沖地震、平成28年熊本地震、令和6年能登半島地震等から得られた知見を踏まえた研究を実施・計画している。

同セッションにおいて、地震・津波研究部門の安全研究や発表者にとっての研究への動機付け等を紹介することで、活発な総合討論に向けた参考情報の一助となれば幸いである。

*Takafumi Narukawa¹, *Akifumi Yamaji², *Kei Yamashita³, *Junichi Uchida³

¹UTokyo, ²Waseda Univ., ³NRA

原子力安全部会セッション

次世代の研究動向と継続的な安全研究展開のあり方

The next generation's trend and continuous evolution of the safety research

*成川 隆文¹, *山路 哲史², *山下 啓³, *内田 淳一³¹東大, ²早稲田大, ³規制庁

1. はじめに

2011年3月の東京電力福島第一原子力発電所（1F）事故以降、我が国では新規制基準が策定され、それを満たした既設炉の再稼働が着実に進んできた。その間、1F事故の直接的な要因やその背後にあった要因の分析も進み、それらから得られた教訓は原子力に係る全ての関係者間で広く認識共有され、例えば日本原子力学会事故調提言フォローワーキンググループにより、提言とフォローアップがまとめられている（2021年3月）。また、「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」が軽水炉安全技術・人材ロードマップ高度活用研究専門委員会によりまとめられている（平成29年3月改訂）。

一方で、1F事故直後から我が国の安全研究の抜本的な見直しに取り組んできた世代からポスト1F世代への知見や文化の継承が喫緊の課題となってきた。また、学会自らの改革、継続的な安全性の向上、国際的なリーダーシップの発揮等、未だに十分ではないことも指摘されている。以上のような1F事故を経た我が国の安全研究の見直しとその間の国内外の原子力エネルギー利用を巡る状況変化等も踏まえて、今後の我が国と世界の継続的な原子力安全研究展開を確かなものとするための現在地の検証と、今後の対話を見据えて、ポスト1F世代の講演者より次世代の研究動向と今後の安全研究のあり方についての考えを紹介頂き、今後の継続的な安全研究展開のあり方を総合討論する。

2. 各講演者の講演概要

2-1. リスク情報を活用した合理的な意思決定に向けた PRA 手法の高度化に関する研究（東大・成川 隆文）
(Advancing PRA Methodology for More Rational Risk-informed Decision Making)

原子力発電施設のような大規模複雑システムのリスクマネジメントに係る意思決定には、不確かさを明示的に扱える確率論的リスク評価（Probabilistic Risk Assessment: PRA）から得られるリスク情報の活用が有効である。この意思決定を一層合理的なものにするために、報告者は(1) PRA の現実性の向上、(2) PRA の信頼性の向上、(3) リスク情報の多様化、の3つの観点から、PRA の高度化に取り組んでいる。本報告では、(1) PRA の現実性の向上に関する大学での取り組みの例として、「不確かさを考慮した炉心損傷判定基準の最適評価法の開発に関する研究」を中心に紹介する。

今後の安全研究のあり方については、1F事故の教訓を踏まえ、不確かさへの備えと規範的リスク分析の重要性を指摘する。不確かな状況における安全に係る意思決定の学理を構築し、安全の論理の欠けを発見するためのリスク情報の活用に加え、規範の視点からリスク評価を分析することで、安全確保活動の深さ（≒リスクの抑制水準）と広さ（≒抑制するリスクの種類・範囲）の妥当性を継続的に検証していくことの重要性を述べる。

2-2. 安全研究のフロンティア拡大を目指して（早稲田大・山路 哲史）

(Some Attempts to Bring Forward the Frontiers of Safety Research)

2025年現在、日本の原子力発電を見渡すと、フロントエンド側だけでも歴史上最も課題が多様化しており（1F廃炉、第2・3世代炉の運転（延長）～廃止処置、第3+世代炉の新設、過酷事故対策、事故耐性燃料、5%超濃縮のHALEU燃料、小型モジュラー炉及び第4世代炉の開発～実証等）、その結果、原子力安全の課題も多様化していると考えられる。一方、日本原子力学会の学会員数は1999年頃にピーク（正会員7000人強）に達した後は緩やかに減少している（2023年度事業報告によれば正会員5569人）。今後の継続的な安全研究展開のためには、従来の取り組みの一層の強化に加え新たな安全研究者を呼び込むような安全研究のフロン

ティアの拡大が必要と考えられる。

安全研究のフロンティア拡大には「知識の集約や普及・向上」が有用と考えられる。例えば、福島第一原子力発電所廃炉検討委員会には2024年度に新たに「1F事故探求分科会」が設置され、「1Fでの事故進展の理解を事故事象の知見集約のプラットフォームとして解析コードの高度化にも資する整理」を念頭に重要度ランクテーブル（PIRT）の議論が始まっている。また、廃炉・汚染水・処理水対策事業費補助金（燃料デブリの性状把握のための分析・推定技術の開発）事業、原子力機構、東電HD、早稲田大学等による一連の協働により、従来の原子力学会の細分化された学術分野にとらわれず、幅広い視野を持つ多様な研究者・技術者がそれぞれの専門性の観点や多様な見地から1Fの現状を把握し、最新の知見を広く共有し、新たなイノベーションを促すプラットフォームの役割を担うことが期待される1Fデジタルツイン（debrisEye）が開発されている。PIRT、解析コード、デジタル・ツイン等を活用することで、個々の研究の境界や新たな研究のフロンティアを広げ、継続的な安全研究の展開が期待できる。

2-3. 原子力規制庁における自然事象に関する安全研究の取り組み（規制庁・山下 啓、内田 淳一）

（Initiatives for Safety Research on Natural Events at the Nuclear Regulation Authority）

原子力規制庁技術基盤グループの4つの研究部門（システム安全、シビアアクシデント、放射線・廃棄物、地震・津波）では、17の分野の安全研究を実施している。地震・津波研究部門はその一つである、人為的にコントロールできない外部事象（地震、津波等の自然事象）や、それらの影響を受ける建屋、機器等の原子力施設の構造健全性に関する安全研究を実施している。そのうち自然事象に関する安全研究はさらに地震動、地質、津波、火山の4つの分野に分けられ、平成23年東北地方太平洋沖地震、平成28年熊本地震、令和6年能登半島地震等から得られた知見を踏まえた研究を実施・計画している。

同セッションにおいて、地震・津波研究部門の安全研究や発表者にとっての研究への動機付け等を紹介することで、活発な総合討論に向けた参考情報の一助となれば幸いである。

*Takafumi Narukawa¹, *Akifumi Yamaji², *Kei Yamashita³, *Junichi Uchida³

¹UTokyo, ²Waseda Univ., ³NRA

企画セッション | 総合講演・報告：「福島第一原子力発電所廃炉に係る核分裂生成物挙動」研究専門委員会

📅 2025年3月13日(木) 13:00 ~ 14:30 🏠 G会場(Zoomルーム7)

[2G_PL] 福島第一原子力発電所廃炉作業効率化とソースターム予測技術向上に向けた核分裂生成物挙動に関する技術課題の検討

座長:高木 純一(東芝ESS)

[2G_PL01]

本委員会の目的と活動方針

*勝村 庸介¹ (1. 東大名誉)

[2G_PL02]

WG1 「FPの量・物質収支と化学形態」

*和田 陽一¹ (1. 日立)

[2G_PL03]

WG2 「サンプリングの目的とデータ活用」

*宮原 直哉¹ (1. MHI)

[2G_PL04]

WG3 「環境への移行経路の特定」

*唐澤 英年¹ (1. 八戸工大)

[2G_PL05]

成果のまとめと今後の課題

*三輪 周平¹ (1. JAEA)

[2G_PL06]

総合討論

講演者全員

総合講演・報告「福島第一原子力発電所廃炉に係る核分裂生成物挙動」研究専門委員会

福島第一原子力発電所廃炉作業効率化とソースターム予測技術向上に向けた核分裂生成物挙動に関する技術課題の検討

Activity results for technical issues related to FP behaviors to contribute to effective decommissioning works and improve source-term predicting accuracy

(1) 本委員会の目的と活動方針

(1) Purposes and policies of the committee activity

勝村 庸介 (主査)

東大名誉教授

1. 本研究専門委員会の目的

「福島第一原子力発電所(1F)廃炉に係る核分裂生成物(FP)挙動」研究専門委員会（本研究専門委員会）は2021年度に設置され、以下の2つの目的のもとに1F廃炉並びに軽水炉の安全性向上の取り組みに資するための調査・検討を進めてきた[1]。

- ① 1F 事故事象の把握と廃炉作業への貢献。
- ② ソースターム予測技術の向上への貢献。

2. 本研究専門委員会の活動方針

2021年からの2年間は、担当幹事を中心とした4つの「拡大幹事会」を設置して今後検討すべき技術課題の調査を行い、本研究専門委員会の全体会議で技術課題に関する議論と課題の特定を行った[2]。この検討結果を受けて、期間延長後の2023年度からの2年間では選定された技術課題に応じた3つのワーキンググループ(WG)を設置して、委員内外の専門家による講演を基に、各技術課題の解決に向けての調査・検討を進めてきた[3]。4年間の活動の成果は技術報告書としてまとめ、2025年度に発行予定である（図1、図2）。

(1) WG1：FPの量・物質収支と化学形態

事故により放出されたFPの量・分布、すなわちマスバランスについて検討するとともに、そのために必要なFPの化学形態や、物理・化学的挙動について知見を整理する。

(2) WG2：サンプリングの目的とデータ活用

1F実機データサンプリング（分析）への期待（ニーズ）について議論を行い、サンプリングの目的を設定するとともに、現状や計画を基に、ニーズとの乖離やその差を埋めるための方策等について議論する。また、点データからマクロな状態を推定する方法や不確かさについて議論を進める。

(3) WG3：環境への移行経路

実機データ（環境放出量、シールドプラグ付着量）と現状の事故進展シナリオから得られる推定値を比較し、事故進展シナリオを見直し、実測値から得られる事故シナリオ案を提案する。スクラビングモデルやリークモデルの検討を行い、フィルターベントシステムの汚染対策案を提案する。

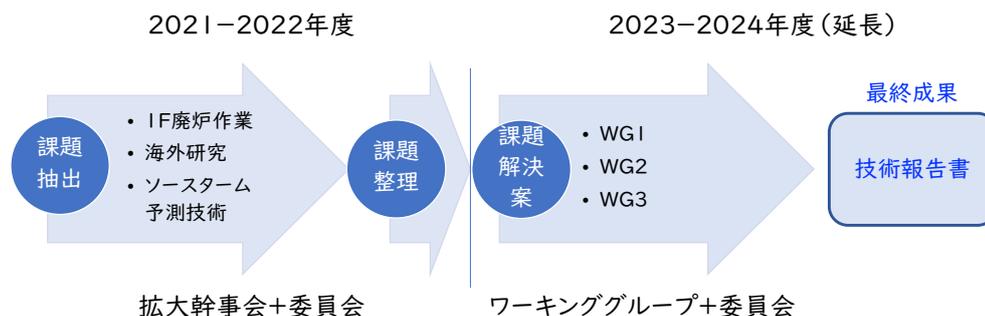


図1 本研究専門委員会の進め方



図2 WGにおいて検討する課題

3. 本研究専門委員会での議論

本研究専門委員会の全体会議では、拡大幹事会やWGで議論している技術課題の中で共通性の高い項目あるいは重要な項目について議論してきた。これまでの検討内容は解説記事として適宜報告している[1-3]。表1に4年間の全体会議での講演題目を記す。2つの目的に貢献するために、1Fに関する研究・開発および関連事業の状況、並びに規制の動向に対してFP挙動の観点での検討を行ってきた。また、現象面ではSA解析コードと実機のふるまいの比較からCsの再移行の可能性の指摘と評価の重要性を挙げた。こうした現象の理解に不可欠なCsの物理・化学的知見の現状やCsを中心とする建屋内での放射性核種分布の評価についても議論した。各WGでの検討と合わせて技術報告書として成果をまとめる所存である。

表1 本研究専門委員会の全体会議での講演一覧

回	講演題目	講演者名
1	2021年度 廃炉・汚染水対策事業について	NDF 中野 純一 様
2	福島第一原子力発電所PCV内部調査関連サンプル等の分析結果と考察 —2019年度測定結果を中心に—	東京電力 平井 睦 様
3	1F 廃炉に係る基礎・基盤研究の全体マップ	JAEA 田川 明広 様
4	熱水力ロードマップとその利用について	JAEA 中村 秀夫 様
5	講演なし。前半2年間のまとめとして検討すべき技術課題を議論	
6		
7	SA解析コードSAMPSONを用いた1F炉内RN分布評価の現状と課題 1Fサイト線量の増加と各号機の事故進展について	エネ総研 木野 千晶 様 元JAEA 佐藤 一憲 様
8	いまさら聞けないセシウム含有粒子のハナシ シビアアクシデントにおいて炉内で想定されるセシウムの化学	JAEA 佐藤 志彦 様 JAEA 三輪 周平 様
9	福島第一原子力発電所の分析戦略と燃料デブリ性状把握の技術開発の現状	NDF 中野 純一 様
10	1F 建屋内放射性核種分布に関し得られる情報の整理と課題	JAEA 唐澤 英年 様
11	原子力発電所の新規性基準への適合と安全対策	東京科学大 奈良林 直 様

[参考文献]

- [1] 「福島第一原子力発電所廃炉に係る核分裂生成物挙動」 研究専門委員会, 日本原子力学会誌, 2023:65(1);59-60.
- [2] 「福島第一原子力発電所廃炉に係る核分裂生成物挙動」 研究専門委員会, 日本原子力学会誌, 2023:65(11);38-43.
- [3] 「福島第一原子力発電所廃炉に係る核分裂生成物挙動」 研究専門委員会, 日本原子力学会誌, 2025:67(2);60-64.

*Yosuke Katsumura

Prof. Emer. UTokyo

総合講演・報告「福島第一原子力発電所廃炉に係る核分裂生成物挙動」研究専門委員会

福島第一原子力発電所廃炉作業効率化とソースターム予測技術向上に向けた核分裂生成物挙動に関する技術課題の検討

Activity results for technical issues related to FP behaviors to contribute to effective decommissioning works and improve source-term predicting accuracy

(2) WG1 「FP の量・物質収支と化学形態」

(2) WG1 "FP inventory, mass balance, and chemical forms"

和田 陽一 (幹事)

日立

1. はじめに

本研究専門委員会では4年間の活動の中で、前半の2年間は拡大幹事会の活動を中心に今後取り組むべきものとして3つの技術課題を決定した[1]。それを受けて後半2年間では技術課題毎のワーキンググループ(WG)を中心として検討を進めてきた。WG1では、3つの技術課題の内、「核分裂生成物(FP)の量・物質収支と化学形態」について、主にFPのマスバランス評価、存在量、化学形態、放射性廃棄物分析データ、FP移行時の物理化学プロセスについて、専門家の講演に対し議論を行う形式で活動してきた。以下に後半2年間の活動状況について記す。

2. WG1の活動で得られた知見

WG1においては事故により放出されたFPの量・分布、すなわちマスバランスについて検討し、そのために必要なFPの化学形態や、物理・化学的挙動について議論してきた。これにより、将来的に事故進展シナリオの蓋然性が高まり福島第一原子力発電所(1F)事故事象の把握とソースターム(ST)予測技術の向上が図られ、軽水炉の安全性向上が期待される。また、長期的な影響シナリオの検討での予測精度が向上し、事故時のST評価結果を初期条件としたFPの長期挙動解析、リスク評価、廃炉作業時の被ばく低減、廃棄物の合理的処理・処分へとつながり1F廃炉への貢献が実現する。

WG1および当研究専門委員会の全体委員会でFPの物理・化学的挙動の知見に関する議論を行ってきた(表1[2])。特にCsは事故時・廃炉作業時の被ばく原因や放射性廃棄物の主線源となることから精力的な研究が進められている。1F事故後、燃料からの放出挙動やコンクリートやエポキシといった表面への吸着挙動[3]、構造材料表面とCsOHの反応[4]の研究が行われている他、反応速度、熱力学及び要素モデルに関するデータベース"ECUME"がまとめられた[5]。また、1F事故で放出された核種について現在までの廃棄物分析

表1 WG1でのこれまでの講演および全体委員会の関連する講演一覧[2]

区分	回	講演題目	講演者名
WG	1	1F 廃棄物のキャラクタリゼーションに関する進捗	JAEA 駒 義和 様
	2	1FにおけるCsを中心としたマスバランスの推算	JAEA 内田 俊介 様
	3	Cs等のFP核種の移行挙動に関する基礎実験	東京都市大 佐藤 勇 様
	4	福島第一事故廃棄物の解析的インベントリ推算方法の開発 廃炉リスク評価分科会での活動とFP情報に関する期待	電中研 杉山 大輔 様 大阪大 竹田 敏 様
	5	燃料デブリ分析のための超微量分析技術の開発	東北大 出光 一哉 様
	6	セシウム/酸化皮膜/微量元素の相互作用と 構造材表面の酸化物と水酸化セシウムの低温反応	東京大 村上 健太 様
	7	Csの化学挙動-CsI-H ₂ O系実験結果と化学反応解析例	JAEA 唐澤 英年 様
全体	7	SA解析コードSAMPSONを用いた1F炉内RN分布評価の 現状と課題	エネ総研 木野 千晶 様
	8	シリアクティブにおいて炉内で想定されるセシウムの化学	JAEA 三輪 周平 様
	10	1F建屋内放射性核種分布に関し得られる情報の整理と課題 -デブリ/FPマスバランスの現状と課題	JAEA 唐澤 英年 様

データ FRAnDLi がデータベース化されている[6]。分析データに基づいて各核種挙動がグループ化され、Cs を基準としたグループ毎の輸送比が得られている。FP の炉内保有量（インベントリ）が種々の廃棄物に分配されると想定しベイズ統計に基づき廃棄物の核種組成を推算する解析モデルも開発されている[7]。今後デブリ取り出しが進むにつれて重要となってくるデブリ成分の物理・化学的挙動やデブリ分析技術に関する研究開発・人材育成も進められている[8]。

1F 事故時を起点とするシビアアクシデント（SA）解析コードを用いた FP 分布の解析と格納容器(PCV)雰囲気モニタ（CAMS）や汚染水の放射能計測データからの FP 分布の推定とを組合わせた評価によって、PCV 内の Cs 分布が評価されている[9]。しかし、本研究専門委員会の 1F 廃炉作業への貢献を考えたとき、デブリ取り出し時の被ばくや放射性物質放出のリスク評価には、作業時点での FP 量と分布、放出率等の情報が必要であり、上述の評価技術等の更なる精緻化が期待されている。現状のマスバランス評価に関しては、文献 9 の他、全体委員会での講演[10]、東京電力ホールディングス(株)殿報告書[11]、経済開発協力機構/原子力機関の報告書[12]等があるが、事故中の FP 挙動には不明点が残され SA 解析コードによる Cs の PCV 内分布について評価機関毎の違いが未だ大きく、放出された FP 量や線量実測値を必ずしも説明できていない。更なる改良には最良推定のための Cs 等 FP 挙動に関する最新知見を SA 解析コードに反映するとともに、事故進展シナリオや放出経路を見直していくことが必要である。現状においては、ECUME などの知見を反映することによって、例えば従来の SA 解析コードでは説明できなかったガス状ヨウ素の生成が定性的に説明できるようになってきている[13]。

3. まとめ

マスバランス評価および FP の物理・化学的挙動に関し Cs を中心とする FP 挙動のデータの蓄積が進んでいる。しかし、評価の精緻化を含む技術課題の解決には以下の項目の更なる検討が必要と考える。

- ① 核種のインベントリの評価精度の向上
- ② 核種の材料表面との反応、吸脱着、堆積、気相への放出、水相への移行に関する物理・化学的挙動
- ③ 知識の基盤となる核種分析データの拡充
- ④ デブリ分析技術の開発（物理・化学的特性の把握）と人材育成
- ⑤ FP 挙動の最良推定としての SA 解析コードの精度向上及び中長期的 FP 挙動の解析技術

[参考文献]

- [1] 「福島第一原子力発電所廃炉に係る核分裂生成物挙動」研究専門委員会。日本原子力学会誌。2023;65(11);38-43.
- [2] 2023 年度開催報告。 https://www.aesj.net/sp_committee/com_fissionproduct.
- [3] Maeda K. et al. J Nucl Sci Technol, 2014;51(7-8);1006-1023.
- [4] Ngarayana IW. et al. J Nucl Sci and Technol. DOI: 10.1080/00223131.2022.2029608.
- [5] 日本原子力研究開発機構。JAEA-Data/Code 2019-017. <https://doi.org/10.11484/jaea-data-code-2019-017>.
- [6] 福島第一原子力発電所事故廃棄物に関する分析データ集。 <https://frandli-db.jaea.go.jp/FRAnDLi/>
- [7] Sugiyama D et al. J Nucl Sci and Technol, 2021;58(4); 493-506.
- [8] 燃料デブリ分析のための超微量分析技術の開発(委託研究)-令和 4 年度 英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業。JAEA-Review 2023-025, DOI:10.11484/jaea-review-2023-025.
- [9] 「シビアアクシデント時の核分裂生成物挙動」研究専門委員会、「シビアアクシデント時の核分裂生成物挙動」,日本原子力学会, ISBN 978-4-89047-179-9, 2021.
- [10] 手塚他. 原子力学会 2021 年春の年会. 1A04 ; 木野他. 同 1A05 ; 木野, 手塚. 同 2021 年秋の大会. 2J05.
- [11] 東京電力ホールディングス(株). https://www.tepco.co.jp/decommission/information/accident_unconfirmed/pdf/20210719.pdf
- [12] OECD NEA. NEA No. 7525, 2021. https://www.oecd-nea.org/upload/docs/application/pdf/2021-09/7525_bsaf.pdf
- [13] 唐澤他,日本原子力学会 2023 年春の年会 1C10 ; 同 2023 年秋の大会 2O08 ; 同 2024 年秋の大会 2E07.

Yoichi Wada

Hitachi

総合講演・報告「福島第一原子力発電所廃炉に係る核分裂生成物挙動」研究専門委員会

福島第一原子力発電所廃炉作業効率化とソースターム予測技術向上に向けた核分裂生成物挙動に関する技術課題の検討

Activity results for technical issues related to FP behaviors to contribute to effective decommissioning works and improve source-term predicting accuracy

(3) WG2「サンプリングの目的とデータ活用」

(3) WG2"Purpose of sampling and utilization of obtained data"

宮原 直哉 (幹事)

MHI

1. はじめに

ワーキンググループ2 (WG2) では、前半の2年間で今後取り組むべきものとして決定した技術課題[1]のうち、「サンプリングの目的とデータ活用」について検討した。以下に活動成果について記す。

2. WG2の活動成果

WG2では、福島第一原子力発電所(1F)におけるFP挙動・分布の解明の一助とすることを目的として、1F実機データサンプリングの目的やデータの活用方法について検討した。WG2の活動は、主に「サンプリングの目的」、「サンプリングの現状/計画」、「データの活用における課題」に係る委員等専門家からの講演に対し、議論を行う形式で実施してきた。WG2でこれまでに議論を行ってきた講演一覧を表1に示す。

表1 これまでにWG2で報告された講演一覧

回次	講演題目	講演者
1	燃料デブリの分析に係る準備状況について	JAEA 小山真一氏
2	安全システムの開発(ダスト飛散率データ取得)	CRIEPI 中村勤也氏
3	試験的・小規模取出しでの燃料デブリサンプルの分析の進め方・品質確認について	JAEA 倉田正輝氏
4	東京電力福島第一原子力発電所 原子炉建屋等スミヤ試料の分析	JAEA 丸山結氏
	燃料デブリ取り出しに資するクリギング手法の適用研究	JAEA 芝知宙氏
5	福島第一事故廃棄物の解析的インベントリ推算方法の開発 - ベイズ統計の適用について -	CRIEPI 杉山大輔氏
6	1Fデブリ取り出しに向けて - TMI-2で内部調査/デブリ分析データがどのように利用されたのか -	NDF 倉田正輝氏
7	Cs含有微粒子の起源及び原子力安全への提言	新潟大 日高昭秀氏
	Fundamental study on cesium trapping in siliceous thermal insulator material: a perspective on the formation of Cs-bearing particle	JAEA Rizaal氏

前報(日本原子力学会2024年春の年会)[2]では、活動状況報告として、燃料デブリの取出し・分析に向けた準備状況(第1回WG2)、サンプリングデータ(燃料デブリ性状)の適用先として想定されるダスト飛散率データ整備の取り組み(第2回WG2)およびサンプリングデータの活用における品質確保の重要性(第3回WG2)等について報告した。

第4回WG2では、既存のサンプリング事例として、原子炉建屋(RB)床面・壁面および1/2号機SGTS配管サンプルの分析結果[3]について議論した。Csの化学形態Mo/Cs元素量比がRB高層階ほど大きく、号機によって異なること等から、FP挙動と事故シナリオを関連付けて議論する必要性を確認した。

第4回および第5回WG2では、サンプリングデータの内外挿に適用する統計的手法である「クリギング」および「ベイズ統計」について議論した。講演では、それぞれ燃料デブリの計量管理、廃棄物のインベントリ推算に適用した事例について紹介され[4,5]、今後取得される燃料デブリの局所的なサンプリングデータから広範囲なデータを推定するための手法として適用可能であることを確認した。

第6回WG2では、スリーマイルアイランド原子力発電所2号機(TMI-2)における内部調査/デブリ分析データの活用事例[6]を確認した。TMI-2における燃料デブリ取り出しでは、燃料集合体を入れた収納容器を上部から吊り上げる方式が採用され、燃料デブリ取り出しの事前調査または初期段階において、小型カメラによる上層部の観察、コアデブリサンプリング等が実施された。そこで得られたサンプルの組成分析や実サンプル試験に基づき、ウランとの相対比による炉心物質・FP分布の類型化、自然発火が無いことの確認等が実施された。サンプリングにより得られた知見は、炉内状況推定図の精緻化や、次段階での内部調査や燃料デブリ取り出し方法の検討において参照された。

第7回WG2では、Cs含有微粒子サンプルについて、その生成過程[7-8]が1F事故シナリオの解明において重要であることを確認するとともに、既設軽水炉の安全性向上にも役立つ可能性について議論した。

これらの成果は、1F実機サンプリングデータを活用したFP挙動・分布の解明に繋がるものであり、1F燃料デブリ取出しに向けたリスク評価、廃炉作業時の被ばく低減等に資することが期待できる。

3. まとめ

1F事故後13年目となる2024年11月、2号機から初めてとなる燃料デブリサンプルが取り出され、現在、その分析が行われている[9]。しかしながら、これは燃料デブリ全体の極一部であり、取り出しの対象となる広範囲な燃料デブリの性状を把握するためには量的に十分とは言えない。今後も、サンプリングによるデータの蓄積を継続するとともに、それを燃料デブリ取り出しにおいて有効に活用するための方法を継続的に検討する必要がある。

本WGでは、この地道なサンプリング・分析の取り組みの中で、得られた知見がどのように活かせるのかについて議論してきたものであり、今後、その内容を技術報告書にまとめる所存である。本WGで得られた成果が1FにおけるFP挙動・分布の解明に向けた取り組みのきっかけとなり、Step by stepによる燃料デブリ取り出しをより実効的なものとするに繋がることに期待したい。

[参考文献]

- [1] 「福島第一原子力発電所廃炉に係る核分裂生成物挙動」研究専門委員会、日本原子力学会誌、2023:65(11);36-43.
- [2] 宮原直哉、1F廃炉作業への貢献とソースターム予測技術向上におけるFP挙動に関する技術課題に対する取り組み (3) WG2「サンプリングの目的とデータ活用」、日本原子力学会2024年春の年会(3E_PL03).
- [3] 例えば、東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会、第44回会合資料3-1.
- [4] 芝ら、燃料デブリの計量管理のためのクリギング手法の適用研究、日本原子力学会2019年春の年会(3M02).
- [5] D. Sugiyama, et al., “Stochastic estimation of radionuclide composition in wastes generated at Fukushima Daiichi nuclear power station using Bayesian inference”, J. Nucl. Sci. Technol., 58(4), 2021.
- [6] 例えば、USNRC, “Three Mile Island Accident of 1979 Knowledge Management Digest”, NUREG/KM-0001, Supplement 1, 2 and 3, 2020.
- [7] A. Hidaka, “Origin of Cs-bearing silicate glass microparticles observed during Fukushima accident and recommendations on nuclear safety”, J. Radioanalytical and Nucl. Chem., 332(6), 2023.
- [8] 例えば、M. Rizaal, et al., “Investigation of high-temperature chemical interaction of calcium silicate insulation and cesium hydroxide”, J. Nucl. Sci. Technol., 57(9), 2020.
- [9] 例えば、廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合、第133回事務局会議資料3-3.

Naoya Miyahara

MHI

総合講演・報告「福島第一原子力発電所廃炉に係る核分裂生成物挙動」研究専門委員会

福島第一原子力発電所廃炉作業効率化とソースターム予測技術向上に向けた核分裂生成物挙動に関する技術課題の検討

Activity results for technical issues related to FP behaviors to contribute to effective decommissioning works and improve source-term predicting accuracy

(4) WG3 「環境への移行経路の決定」

(4) WG3 "Identification of transfer path to the environment"

唐澤 英年 (幹事)

八戸工大

1. はじめに

ワーキンググループ 3(WG3)では、前半の2年間で今後取り組むべきものとして決定した技術課題の内、「環境への移行経路の決定」について検討を進めてきた[1]。以下に活動内容について記す。

2. WG3 の活動内容

WG3 では、これまでのシビアアクシデント(SA)解析による環境へのソースターム(ST)評価で考慮されていなかったシールドプラグ隙間部での Cs 蓄積などの新事象に係る事故進展シナリオを検討するため、主に①FP のリーク箇所・タイミングの特定、②シールドプラグ隙間部における Cs 蓄積メカニズム、③FP 放出モデル、に対する専門家からの講演、及び原子力規制委員会「福島第一原子力発電所(1F)における事故の分析に係る検討会」(以下「事故分析検討会」と略す)での関連資料[2]の紹介に対して議論を行う形式で活動してきた。これら活動を通して、1F 事象の把握に基づく事故進展シナリオの見直しにより ST 予測技術の向上が図られ、軽水炉の安全性向上が期待される。

WG3 で行われたこれまでの講演の一覧を表1に示す。#1~#5 の講演の概要は2024年春の年会で報告した[3]。#1の講演1では、1F サイト内外のモニタリングポストでの測定値と気流計算に基づき WSPEEDI で逆推定した Cs/I の放射能放出タイミングの予測結果について紹介いただいた[4]。#2の講演2では、1F サイト周辺の最終土壌沈着分布と気流計算に基づき仮想放出回帰推定法により逆推定した ^{129m}Te の放出時間帯と、炉内熱水力事象との関係について紹介いただいた[5]。#3の講演3では、SA 解析コード MELCOR 解析を行った事故進展シナリオにより 1F 敷地内外の放射能測定結果を説明できるとのことであった。#4の講演4では、WSPEEDI で予測していない3/11の19時頃と3/12の2時頃の Te 放出の経路について検討しているとのことであった。これら講演から、上記①の FP 放出のタイミングの特定がほぼできた。また、#5の講演5では、電気配線貫通部低圧モジュールからのリークは、ハウジング/電気配線と樹脂との熱膨張率の相違で説明できるとしている。

表1 WG3 でのこれまでの講演一覧[2]

回	講演#	講演題目	講演者名
1	1	大気拡散解析による ST 推定の現状と課題	JAEA 永井晴康委員
	2	土壌汚染マップと大気拡散計算から逆推定した福島事故初期の ^{129m}Te , I, Cs の ST への提言	新潟大 日高昭秀委員
2	3	MELCOR コードによる解析と環境放出 FP 測定値に基づく 1F1-1~3 号機事故の分析	CRIEPI 氷見正司委員
	4	1 号機事故初期における ^{129m}Te リーク箇所、放出タイミングの検討 (速報)	新潟大 日高昭秀委員
3	5	BWR 原子炉格納容器貫通部の漏洩試験	IEST 岡田英俊委員
4	6	原子炉格納容器貫通部の破損形態	IEST 岡田英俊委員
	7	Advance/BAROC によるシールドプラグからの FP エアロゾル漏洩解析を行うための機能追加と事例解析	アドバンスソフト 高橋淳郎委員

講演 5 に関連し、電気配線貫通部低圧モジュールのリークパスでのエアロゾルの除去効率(DF)を調査した。リークパスでのエアロゾルの DF は、実験結果から低電圧モジュールの場合約 740、フランジガasketの場合約 14 となり、PCV 雰囲気ガス中に存在する放射性エアロゾルは、リークパスから放出されると DF として少なくとも 10~100 程度と評価された[6]。講演 6 では、原子炉格納容器(PCV)貫通部に関し、USNRC が実施した通常用エアロックの漏洩試験の概要が紹介された[7]。設計条件下の 8 試験と設計外条件(加圧・加熱)下の試験が行われたが、設計条件下では計測可能な漏洩は見られなかった。しかし、設計外条件の 1.03MPa、427°C でガasketは破損し、弾性が喪失し加圧・加温前の状態には戻らなかった。

上記②のシールドプラグ隙間部の Cs 蓄積の主因は、PCV トップフランジのリークと考えられている。これまでの SA 解析では貫通部からのリークは熱水力解析では考慮していたが、FP のリーク量は少ないことから安全裕度として SA 解析の対象になっていなかった。事故分析検討会では、シールドプラグ隙間部での Cs 蓄積量を測定結果に基づき 1 号機 ; 0.1~0.2PBq、2 号機 ; 20~40PBq、3 号機 ; 30PBq と推定している[8]。講演 7 では、この Cs 蓄積現象を再現するために、Advance/BAROC コードに流路入口出口の差圧により流路面積が変化する機能を組み込み、原子炉建屋上部を模擬した体系での事例解析が紹介された[9]。シールドプラグを 2 層にした事例解析により、定性的に妥当な動作確認ができたとのことである。隙間への Cs 沈着挙動の解析が期待される。

上記③の FP 放出モデルの検討では、BWR のソースターム評価に重要なスクラビングモデルの現状について調査した。現行の安全評価では実験結果に基づく実験相関式が使われている[10]。また、最近では、プールスクラビングモデル改良のため、小規模個別効果試験による現象の可視化、大規模総合効果試験による減圧沸騰試験、及び中規模総合試験による DF の温度依存性等のメカニズムの解明が行われている[11]。大規模総合効果試験結果によると、減圧時の DF は定圧時とほぼ同等であるとの結果を得ている。

3. まとめ

1F 事故以前に用いられていた SA 時の事故進展シナリオは、1F 事故で観察された PCV から原子炉建屋への FP リーク挙動やシールドプラグ隙間部への Cs 蓄積などの事象検討から以下の見直しが必要である。

- ① PCV トップフランジからの FP リークモデル作成
- ② シールドプラグ隙間部への Cs 汚染機構の解明、特に、Cs 汚染源の特定
- ③ PCV から建屋への FP リークモデル作成
- ④ スクラビングモデルの機構論化

[参考文献]

- [1] 「福島第一原子力発電所廃炉に係る核分裂生成物挙動」研究専門委員会, 日本原子力学会誌, 2023:65(11);38-43.
- [2] 東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会 | 原子力規制委員会.
- [3] 唐澤英年、1F 廃炉作業への貢献とソースターム予測技術向上における FP 挙動に関する技術課題に対する取り組み (3) WG3 「環境への移行経路」、日本原子力学会 2024 年春の年会(3E_PL0).
- [4] H.Terada, et al., Environmental Radioactivity, 231-106104(2020), <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2019.106104>.
- [5] A.Hidaka, et al., J. Nucl. Sci. Tech., 60, Issue 7(2023), <https://doi.org/10.1080/00223131.2022.2142311>.
- [6] 渡辺他、日本原子力学会和文論文誌、8 巻 4 号, p332~343(2009).
- [7] J.T.Julien, et al., Nucl. Eng. Des. 125, pp.23-40(1991).
- [8] 東京電力福島第一原子力発電所事故の調査・分析に係る中間取りまとめ(2023 年版)、000425218.pdf.
- [9] 高橋他、原子力学会 2024 春の年会、3D10(2024).
- [10] I.kaneko, et al., 22nd DOE/NRA Nuclear Air Cleaning and Treatment Conference, p453(1992).
- [11] 秋葉他、日本原子力学会和文論文誌、19 巻 1 号(2020)、粒子状放射性物質のプールスクラビングに関する実験的研究.

総合講演・報告「福島第一原子力発電所廃炉に係る核分裂生成物挙動」研究専門委員会

福島第一原子力発電所廃炉作業効率化とソースターム予測技術向上に向けた核分裂生成物挙動に関する技術課題の検討

Activity results for technical issues related to FP behaviors to contribute to effective decommissioning works and improve source-term predicting accuracy

(5) 成果のまとめと今後の課題

(5) Summary of the committee activity and future development

三輪 周平 (幹事)

JAEA

1. はじめに

各 WG での課題を整理し、1F 廃炉作業への貢献、環境へのソースターム評価精度の向上に向けた核分裂生成物 (FP) 挙動に係る今後の課題を取りまとめた。

2. 各 WG における成果

WG1 では[1]、マスバランス評価と FP の物理・化学的挙動を検討し、特にセシウム (Cs) の挙動に関する知見が拡充された。今後、評価精度の向上に向けて、核種のインベントリの精度向上や物理・化学的挙動の詳細な把握、核種の分析データの拡充、デブリ分析技術の開発と人材育成が重要となる。また、FP 挙動を解析するためのシビアアクシデント (SA) 解析コードの精度向上と、中長期的な解析技術の発展が求められる。

WG2 では[2]、原子炉建屋などのサンプル分析や Cs 含有微粒子の分析からの FP 挙動と事故シナリオの関連性や、サンプリングデータの統計手法 (クリギングやベイズ統計) を用いた局所データから広範囲を推定する方法に関する知見が拡充された。また、TMI-2 の事例を参考に、炉内状況の推定や調査の事例が整理された。これらの取り組みは、燃料デブリ取り出しの実効性向上や、FP 挙動・分布の解明に繋がると期待される。

WG3 では[3]、1F 事故前に用いられていた SA 時の事故進展シナリオについて、1F 敷地内外の放射能測定値や FP のリーク挙動、セシウムの蓄積状況を基に見直しが必要であることを明らかにした。具体的には、格納容器トップフランジや建屋への FP リークモデルの作成、シールドプラグ隙間部へのセシウム汚染機構の解明、スクラッピングモデルの高度化が課題として挙げられた。これらの取り組みは、事故進展シナリオの精度向上と他の原子炉型の安全性向上への応用に繋がると期待される。

3. 今後の課題

以上の課題について、その反映先として 1F 廃炉作業とソースターム評価精度向上の観点で表 1 に示す項目で整理を行う予定であり、技術報告書として成果を取りまとめる。

1F 廃炉作業への貢献に関しては、FP の分布状況や燃料デブリの性状、サンプリング・分析の課題を整理し、廃炉作業効率向上に向けた提案を行う。まず、現状の FP 分布に関して、建屋内への FP リークやシールドプラグ間の汚染量評価、Debris Wiki で得られる線量分布の推定図を整理する。また、汚染水処理や廃棄物インベントリの評価を通じて、FP の分布とその化学形態 (特にセシウム化学) について得られている知見を整理する。次に、燃料デブリの分布に関して、燃料デブリの量や内部に含まれる FP の量を推定するとともに、燃料デブリ取り出し時の安全性における課題を検討する。サンプリングと分析に関しては、現状のサンプリング状況を整理し、得られているデータの活用方法を検討する。また、適切なサンプリング先の選定や今後の課題についても議論を行い、具体的な方向性を示す。最後に、これらを整理し、廃炉作業効率向上に向けた提案として作業の効率化を図るための提言を行う。

環境中への放射性物質の放出 (ソースターム) の評価精度向上に関しては、現状の事故進展シナリオや FP

の移行挙動、新たな知見の反映について整理し、学会未解明事項への対応やソースターム予測技術の向上への課題を提案する。現状の事故進展シナリオとしては、国際ベンチマーク解析における各国の事故シナリオを整理する。観測値から推定される事故進展シナリオに関しては、環境測定値をまとめ、大気拡散解析や土壌汚染マップを用いた逆推定を通じて、ソースタームの推定結果を検討する。また、SA 解析コード MELCOR による解析結果と環境中の放射性物質測定値に基づく事故進展の分析を行い、比較を通じて事故進展シナリオを更新する。現状評価されていない FP の移行挙動としては、建屋へのリークやシールドプラグ間のセシウム汚染、セシウム含有微粒子の生成等が考えられ、移行挙動に関する新たな課題として提案する。これには、BWR 原子炉格納容器貫通部の漏洩試験や過温破損・漏洩、さらには FCVS（フィルターベントシステム）に関する知見も含める。学会で未解明とされている事項については、「重要であり今後も継続した検討が必要と考えられるもの」として分類された課題と今回の調査・検討で得られた知見等をもとに、それらへの対応策を検討する。これらを踏まえ、ソースターム予測技術の向上に向けた課題を整理することで、1F 廃炉作業にも貢献可能な知見や課題を取りまとめる。

表 1 技術報告書の項目案

I	1F 廃炉作業への貢献
	1 現状の FP 分布
	2 燃料デブリの分布
	3 放射性廃棄物
	4 サンプルング・分析データの活用
	5 廃炉作業効率向上への提案
II	環境へのソースターム評価精度の向上
	1 現状の事故進展シナリオ
	2 観測値からの推定される事故進展シナリオ
	3 現状評価されていない FP 移行挙動
	4 事故進展シナリオの見直し
	5 学会未解明事項との対応
	6 ソースターム予測技術の向上への課題

[参考文献]

- [1] 和田陽一, 福島第一原子力発電所廃炉作業効率化とソースターム予測技術向上に向けた核分裂生成物挙動に関する技術課題の検討 (2) WG1「FP の量・物質収支と化学形態」, 日本原子力学会 2025 年春の年会.
- [2] 宮原直哉, 福島第一原子力発電所廃炉作業効率化とソースターム予測技術向上に向けた核分裂生成物挙動に関する技術課題の検討 (3) WG2「サンプルングの目的とデータ活用」, 日本原子力学会 2025 年春の年会.
- [3] 唐澤英年, 福島第一原子力発電所廃炉作業効率化とソースターム予測技術向上に向けた核分裂生成物挙動に関する技術課題の検討 (4) WG3「環境への移行経路の決定」, 日本原子力学会 2025 年春の年会.

Shuhei Miwa

JAEA

企画セッション | 総合講演・報告：「福島第一原子力発電所廃炉に係る核分裂生成物挙動」研究専門委員会

📅 2025年3月13日(木) 13:00 ~ 14:30 📍 G会場(Zoomルーム7)

[2G_PL] 福島第一原子力発電所廃炉作業効率化とソースターム予測技術向上に向けた核分裂生成物挙動に関する技術課題の検討

座長:高木 純一(東芝ESS)

[2G_PL06] 総合討論

講演者全員

本研究専門委員会は、FP挙動の解明を通じて1F廃炉作業への貢献と原子炉安全の一層の向上に繋げることを目標として多くの部会の参加の下で延長を含め4年間の活動を行ってきました。最初の2年間に抽出した今後本委員会で取り組むべき3つの技術課題に対し、後半2年間では各技術課題に対応したワーキンググループを設けて課題解決への道筋を議論してきました。本企画セッションでは、これまでの本委員会およびワーキンググループの議論について報告します。ご意見を期待しています。

企画セッション | 部会・連絡会セッション：バックエンド部会

2025年3月13日(木) 13:00 ~ 14:30 H会場(Zoomルーム8)

[2H_PL] 原子力発電所から発生する金属廃棄物の再利用

座長:森下 喜嗣(TAS)

[2H_PL01]

クリアランス金属の再利用に係る取組みについて

*上山 裕¹ (1. 電事連)

[2H_PL02]

嶺南Eコースト計画における原子力リサイクルビジネスについて

*前田 耕作¹ (1. 福井県)

[2H_PL03]

福島第一原子力発電所における金属がれき等の減容及び再利用について

*高木 昌和¹ (1. 東電HD)

[2H_PL04]

パネルディスカッション

講演者全員、松田 貴光¹、奈良 篤人²、井口 哲夫³ (1. 福井県、2. 経産省、3. 名大)

バックエンド部会セッション

原子力発電所から発生する金属廃棄物の再利用

Recycle and Reuse of Metal Waste Generated from Nuclear Power Plants

(1) クリアランス金属の再利用に係る取組みについて

(1) The recycling of scrap metal from nuclear facilities

*上山 裕¹¹電気事業連合会

1. 緒言

国内の原子力施設から廃止措置作業等で発生する金属製の解体撤去物のうち、クリアランス制度を適用し、“放射性廃棄物として扱う必要のないもの”として原子力規制委員会の確認を受けたもの（以下、「クリアランス金属」という。）は、熔融加工等により新たな製品の原材料として再利用することが可能である。しかしながら、実際はその再利用の方法には制限があり、一般の金属スクラップのように発生と同時に引渡しができず、その多くが原子力施設内保管されている状況である。今後廃止措置作業が本格化した場合、このクリアランス金属の保管量が増加し、当該作業の進行に影響を及ぼすことが懸念されている。こうした状況を回避するために、原子力事業者はクリアランス金属の再利用に関して様々な取組みを実施している。

2. これまでの取組み

2025年2月現在、原子力規制委員会の確認を受けたクリアランス金属の物量は約3,700トンで、このうち再利用しているものは約400トンである。クリアランス金属の再利用は、発生元である原子力事業者（以下、「発生者」という。）がその業界内で率先して実施していくことを基本としており、それらの所在は全て追跡管理し、一般市場に流れないように運用している。例えばベンチや側溝用の蓋等は、全国の原子力発電所やそのPR館等に設置あるいは展示されているが、全てそれらの所在を発生者が把握している。また、近年では、クリアランス制度の社会定着を促進するため、業界外の施設においても、事前に合意を得た上でクリアランス金属を加工した製品を設置する取組みも活発に進めている。例えば、福井県内のサイクリングロード沿いの公共施設にクリアランス金属を原料に加工したサイクルスタンドを設置^[1]し、一般国民にも見える形での再利用の方法も徐々に拡大している。なお、業界外の施設に設置した製品についても、発生者が追跡管理を実施している。クリアランス金属を加工する業者も徐々に増えており、製作できる製品の幅も拡大してきている。

3. 今後の取組み

再利用の実績は着実に蓄積されており、クリアランス金属を取扱う加工業者も増えてきたことで、製作できる品目の幅も拡大している。しかし、いずれも用途が限られた鋳造品であるため、例えば建材のような、より汎用性が高く需要の多い製品の再利用の実現が求められている。こういった状況を踏まえて、2024年度には大容量の電気炉における連続鋳造により建材半製品（ブルーム）の製作を実施した^[2]。今後は、この成果を基に最終製品である建材の加工を行い、より広範囲での再利用を志向する。また、これらの再利用実績も踏まえながら、広く理解活動を進め、制度の社会定着を目指していく。

参考文献

- [1] 経済産業省 令和4年度「低レベル放射性廃棄物の処分に関する技術開発事業（原子力発電所等金属廃棄物利用技術確証試験）」報告書（2023年3月）
- [2] 経済産業省 令和5年度「低レベル放射性廃棄物の処分に関する技術開発事業（原子力発電所等金属廃棄物利用技術確証試験）」報告書（2024年10月）

*Yutaka Ueyama¹

¹The Federation of Electric Power Companies of Japan

バックエンド部会セッション

原子力発電所から発生する金属廃棄物の再利用

Recycle and Reuse of Metal Waste Generated from Nuclear Power Plants

(2) 嶺南 E コースト計画における原子カリサイクルビジネスについて

(2) Nuclear Recycling Business in the Reinan E-Coast Plan

*前田 耕作¹¹ 福井県**1. 概要**

福井県では、原子力発電所立地地域である嶺南地域の振興のため「嶺南 E コースト計画」を策定し、この計画の下、廃炉に伴い発生する放射性廃棄物のうちクリアランスとして処理できるものの集中処理を行うプロジェクトを進めている。また、この実現に向け、地元企業や地域住民に対する理解促進活動を実施している。

2-1. 嶺南 E コースト計画について

福井県の嶺南地域は、1970 年（昭和 45 年）に日本初の商業用軽水炉として敦賀発電所 1 号機が稼働して以降 15 基の原子炉が立地し、関西地域への電力供給など国のエネルギー政策に大きく貢献してきた。しかし、2011 年（平成 23 年）の福島第一原子力発電所事故以降、原子力発電所では運転停止や廃炉が相次ぎ、立地地域では、現状を踏まえて新たな将来像を描いていくことが求められている。

このため、エネルギー（Energy）をキーワードに、新たに整備される試験研究炉の利活用や廃止措置への対応を含む原子力関連の施策を充実させ、原子力と同様に CO2 フリーの再生可能エネルギーの利活用等も取り込みながら、地域経済の活性化（Economy）や環境にやさしいまちづくり（Ecology）の実現に向け「嶺南 E コースト計画」を策定した。

2-2. 原子カリサイクルビジネスについて

県内の原子力発電所 15 基のうち 7 基が廃炉となる中、本県では、廃炉を地域振興、産業育成のチャンスと捉え、放射能レベルが低いクリアランス物に着目して、事業化の検討を進めてきた。

原子カリサイクルビジネスでは、複数の原子力発電所からクリアランス推定物を収集し、溶融処理を行ったのちにクリアランス確認を行う集中処理事業の検討を進めている。溶融後のクリアランス確認は国内初の取組みであるため、福井県、資源エネルギー庁、原子力規制庁との間で意見交換を行う公開の場を令和 5 年 7 月から実施したところであり、県では事業実現に向けた規制面での見通しは得られたと考えている。

2-3. 地元企業の参入促進活動、地域住民向けの理解促進活動について

令和 4 年度から、原子カリサイクルビジネスの実現に向けて、地元企業向けの参入促進活動および地域住民向けの理解促進活動を行ってきた。また、福井県は全国で初めて、県内全市町にクリアランス製品の設置を行っている。

*Kosaku Maeda¹

¹Fukui prefecture

バックエンド部会セッション

原子力発電所から発生する金属廃棄物の再利用

Recycle and Reuse of metal waste generated from nuclear power plants

(3) 福島第一原子力発電所における金属がれき等の減容及び再利用について

(3) Volume reduction and Reuse of metal rubbles at Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant

*高木 昌和¹¹東京電力HD

1. はじめに

福島第一原子力発電所では、廃炉に向けた主な課題として汚染水対策・ALPS 処理水対策、使用済み燃料プール内の燃料の取り出し、燃料デブリの取り出し、廃棄物対策を挙げて取り組んでおり、取り組みの状況と工程を廃炉中長期実行プラン[1]にて提示している。このうち、廃棄物対策では、当面 10 年程度に発生すると想定される固体廃棄物について、「東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の固体廃棄物の保管管理計画」を 2016 年 3 月に策定し、2024 年 12 月に最新版を公表している[2]。本稿は、福島第一原子力発電所の廃止措置の廃棄物対策における、熔融設備の位置付けと概要、および今後の見通しを紹介する。

2. 福島第一原子力発電所の固体廃棄物の保管管理と計画中的熔融設備

震災・事故直後、津波や水素爆発の影響から、1～4 号機周りに大量のがれきが散乱した。また、廃炉作業に必要な炉注水設備や水処理設備等の建設エリアを確保するため森林を伐採したことで、汚染土壌・伐採木が発生した。がれき・汚染土壌・伐採木は、現在約 50 万 m³ (2024 年 12 月末現在) [2]となっており、構内に点在する屋外の一時的保管エリアに保管している。

福島第一原子力発電所では廃棄物対策として、減容のための焼却・切断・破碎設備を整備し、運用を開始しており、固体廃棄物貯蔵庫の増設も進めている。また、廃棄物量発生量低減のための構内使用足場材の再使用などの対策も進めている。更に、コンクリートがれきは粉碎し構内において路盤材等に再利用しており、金属がれきは減容するための熔融設備の設置を検討している。熔融後の金属は再利用することも計画している[1]。

がれき・汚染土壌・伐採木は、現状の保管量と当面の 10 年程度での発生を合わせて約 69 万 m³[2]となると見込んでおり、約 29 万 m³ に減容して固体廃棄物貯蔵庫に保管する計画である。特に原廃棄物として約 20 万 m³ を占める金属がれきは、検討中の熔融設備にて熔融することで減容されるとともに Cs/Sr が除去され、3/4 程度は再利用可能と見込んでいる。

検討中の熔融設備は、鉄スクラップから鋼材を製造している普通鋼電炉工場で運用されているアーク熔融方式を採用し、数十万 m³ を処理することを想定して、処理量は 120ton/日 (30ton バッチ、4 回/日処理) としている。設備の設置は、2029 年度～2031 年度頃を目指している。熔融による除染効果については鉄スクラップに微量に含まれる Sr の挙動を測定確認するなどして、2000 程度の除染係数を見込めると考えており、引き続き調査を進めている。なお、同様の方式・規模の原子力発電所の金属廃棄物のリサイクル設備をフランスの EDF が計画中である[3]。

3. まとめ

福島第一原子力発電所の廃炉作業を円滑に進めるには、廃棄物の減容と再利用とを組み込んだ廃棄物管理の確立が必要であり、その一環としての金属廃棄物の熔融設備の実現に取り組んでいく。

参考文献

[1] 廃炉中長期実行プラン 2024, 東京電力ホールディングス株式会社, 2024 年 3 月 28 日

[2] 福島第一原子力発電所 固体廃棄物の保管管理計画～2024 年度改訂について～, 東京電力ホールディングス株式会社, 2024 年 12 月 2 日

[3] Fessenheim Technocentre: Seven Key Questions to Understand the Very Low-Level Radioactive Metals Recycling Project, <https://sfeninenglish.org/fessenheim-technocentre-seven-key-questions-to-understand-the-very-low-level-radioactive-metals-recycling-project/>, Sfen in English, October 18, 2024, 2025 年 2 月 4 日にリンク先表示可を確認

*Masakazu Takaki¹, ¹TEPCO HD

企画セッション | 部会・連絡会セッション：バックエンド部会

2025年3月13日(木) 13:00 ~ 14:30 H会場(Zoomルーム8)

[2H_PL] 原子力発電所から発生する金属廃棄物の再利用

座長:森下 喜嗣(TAS)

[2H_PL04] パネルディスカッション講演者全員、松田 貴光¹、奈良 篤人²、井口 哲夫³ (1. 福井県、2. 経産省、3. 名大)

原子力施設の廃止措置円滑化や資源の有効活用の観点から、放射能濃度が極めて低い金属廃棄物を再利用していくことが重要である。これまで事業者が限定的に再利用を進めてきたが、社会の理解を得て建材等の工業製品へ利用規模を拡大し、資源リサイクルの仕組みに定着させていくことが重要である。

本企画セッションでは、金属廃棄物の再利用に関する事業者の取り組みや、熔融処理を取り入れることで効率的に再利用しようとする福井県の取り組みを紹介した後、これらの技術的及び政策的課題等について資源エネルギー庁や学識経験者を交えて意見交換を行い、参加者の理解促進の一助とする。

企画セッション | 部会・連絡会セッション：海外情報連絡会

2025年3月13日(木) 13:00 ~ 14:30 | 会場(Zoomルーム9)

[2I_PL] 米国新政権の原子力政策について

座長:木藤 和明(日立GE)

[2I_PL01]

米国新政権の原子力政策について

*中塚 亨¹ (1. JAEA)

海外情報連絡会セッション

米国新政権の原子力政策について

Nuclear energy policy of the new US administration

(1) 米国新政権の原子力政策について

(1) Nuclear energy policy of the new US administration

*中塚 亨¹¹原子力機構

1. はじめに

2025年1月20日にトランプ氏が2期目となる第47代米国大統領に就任した。就任当日に出された約50件の大統領行動の中には、世界のエネルギー（原子力を含む）のリーダーとしての地位の確立に向けた取組み等が盛り込まれた。エネルギーや閣僚人事に関連したいくつかの大統領令の内容から今後の原子力政策への影響を考える。

2. 政権の初動

大統領行動（大統領令（EOs）、覚書、宣言、その他の声明など）の中からエネルギーに関連するものをいくつか紹介する。

2-1. 米国エネルギーの解放

大統領令「米国エネルギーの解放」¹⁾は、米国の手頃で信頼性の高いエネルギーと天然資源を解放することは国益となり、米国の繁栄が回復する。また、米国の経済と軍事の安全保障が再構築され、強さを通じて平和がもたらされるとしている。

以下の行動を指示している。

- 連邦政府機関に対し、「国内のエネルギー資源の開発に潜在的に負担をかける」措置の即時見直しを指示。特に石油、天然ガス、石炭、水力発電、バイオ燃料、重要な鉱物、および原子力エネルギー資源を挙げている。
- 特定の大統領令および規制措置の廃止と修正。
- 効率的な許可によるエネルギー優位性の実現。
- 環境分析における正確性の優先。
- 「グリーン・ニューディール」の終了。
- 米国の国家安全保障の保護。
- 米国の鉱物資源優位性の回復。

グリーン・ニューディールの中には、2022年インフレ低減法（Inflation Reduction Act of 2022、IRA）²⁾またはインフラ投資・雇用法（Infrastructure Investment and Jobs Act、IIJA）³⁾を通じて計上された資金の支出を一時停止することも記載されている。IRAに含まれる原子力に対する税額控除はこの対象とならないが、2つの法律により支出される原子力支援のための以下のプログラムは影響を受ける可能性がある。

- 民生用原子力クレジット・プログラム
- 先進的原子炉実証プロジェクト
- 第三+世代小型モジュール炉（SMR）プログラム
- 高アッセイ低濃縮ウラン（HALEU）製造
- 濃縮ウラン調達

2-2. 国家エネルギー緊急事態の宣言

大統領令「国家エネルギー緊急事態の宣言」⁴⁾は、米国のエネルギーの生産、輸送、精製、発電の不足が国

の経済、国家安全保障、外交政策にとって異常かつ特別な脅威であるとし、国家エネルギー緊急事態を宣言することで対処することを目的としている。「米国は国内で未実現のエネルギー資源を活用し、国際同盟国やパートナーに信頼性が高く、多様で、手頃なエネルギー供給を販売する潜在力を持っている。これにより、現在の経済で忘れ去られた米国人の雇用と経済的繁栄が創出され、米国の貿易収支が改善され、敵対的な外国勢力との競争に米国が勝利し、同盟国やパートナーとの関係が強化され、国際平和と安全が支援される。」と記されている

以下の行動を指示している。

- 緊急時の承認。
- エネルギー・インフラの提供の迅速化。
- 陸軍工兵隊が管理する水質浄化法(CWA)およびその他の法令に基づく緊急規制および全国的な許可。
- 絶滅危惧種法 (ESA) 緊急協議規則。
- 絶滅危惧種法委員会の招集。
- 協調的なインフラ支援。

この中で、「エネルギー」または「エネルギー資源」という用語は、原油、天然ガス、リース凝縮液、天然ガス液、石油精製製品、ウラン、石炭、バイオ燃料、地熱、流水の運動、および重要鉱物を意味する。」と定義されている。原子力もエネルギー資源として強化される可能性もあるが、化石エネルギーとどのような比重になっていくか、今後の推移をみる必要がある。

2-3. 国際環境協定において米国を第一に

大統領令「国際環境協定において米国を第一に」⁵⁾は、自らの政権の政策は「米国経済に損害を与えたり、その成長を妨げる可能性のある国際協定の策定や交渉において、米国および米国国民の利益を最優先することである。」とし、米国連大使は、気候変動に関する国際連合枠組条約の下でのパリ協定からの米国の離脱を正式に書面で通知する文書を国連事務総長に速やかに提出することを目的としている。

以下の行動を指示している。

- 国連気候変動枠組条約 (UNFCCC) に基づくパリ協定からの米国の即時離脱を文書で通告するよう、米国国連大使に指示。さらに、UNFCCC の下で締結された資金面を含む関連合意、協定等からの離脱を国連に文書で通告するよう指示。
- 米国国際気候資金計画の即時廃止、撤回。主要機関の長（エネルギー長官を含む）に対し、大統領令から 30 日以内に、国際気候資金計画を推進するために実施された政策の撤回または破棄するための行動の詳細を報告するよう指示。

2023 年のアラブ首長国連邦ドバイで開催された第 28 回 UNFCCC 締約国会議 (COP28) において、米国を含む 22 か国が 2050 年までに原子力エネルギー容量を 3 倍に増やす宣言⁶⁾を発表し、原子力拡大の世界的な規模が高まった。米国がこの協定から離脱すると、今後、気候変動対策として国際的に原子力を打ち出していく流れにおいて米国のプレゼンスの低下が予想される。

2-4. 米国第一の通商政策

大統領覚書「米国第一の通商政策」⁷⁾は、米国投資と生産性を促進し、米国の産業および技術上の優位性を高め、経済と国家の安全保障を守り、米国の労働者、製造業者、農家、牧場主、起業家、企業に利益をもたらす、強力で活力のある通商政策を確立するための戦略を概説している。

以下の要素が示されている。

- 不公平で不均衡な貿易への対処。
- 貿易赤字の調査。
- 外部歳入庁 (ERS) の設立。

- 不公正貿易慣行の見直し
- 貿易協定の評価。
- 米国・メキシコ・カナダ協定（USMCA）の見直しに向けて、公開協議プロセスを開始。
- 中華人民共和国との経済および貿易関係。
- 通商代表部に米国と中国との間の経済貿易協定を再検討、必要に応じた関税等の措置の勧告を指示。

米国は、大型軽水炉の建設、運転や、SMR の開発において、国際的な原子力サプライチェーンを活用している。当該国に対する大きな関税が課された場合、原子炉構成要素のコストを上昇させ、既存炉の発電コストや新型炉の開発コストが上昇する可能性がある。

2-5. 人工知能における米国のリーダーシップへの障壁を取り除く

大統領令「人工知能における米国のリーダーシップへの障壁を取り除く」⁸⁾は、米国の人工知能（AI）革新の障壁となっている既存の特定の AI 政策および指令を撤回し、米国が人工知能における世界的リーダーシップを維持するためにとる行動を示している。

以下の行動を指示している。

- AI アクションプランの策定
- 大統領令、関連政策の撤回

今後、AI やデータセンターのための電力需要の急増が予想されており、脱炭素目標に基づきこれに対応するために原子力エネルギー（SMR 等）を志向する企業が増えている。本大統領令は、AI 用途としての原子力の導入機会を促進する可能性がある。一方で、新規に SMR を導入し、運転開始するまでには長い期間が必要であり、当面は国家エネルギー緊急事態のもとで導入が促進されるであろう化石エネルギーにより需要を満たすものと見込まれる。

2-6. 人事

大統領行動「トランプ大統領が内閣および閣僚レベルの任命を発表」⁹⁾において、エネルギー長官には、石油サービス会社「リバティ・エナジー」の創業者兼最高経営責任者（CEO）であり、SMR スタートアップ企業である Oklo の役員も務めた、クリストファー・ライト氏が指名され、米国議会上院の承認プロセスへ送られ、2月3日に承認された。昨年11月に指名が発表された後、1月15日には議会上院の公聴会に臨んでいるが、ここで氏は「原子力や LNG を含むエネルギー生産の拡大」を主張しており、基本的には原子力推進の立場と見られる。

大統領行動「上院に送られた指名」⁹⁾において、エネルギー省副長官にジェームス・ダンリー氏が指名され、上院に送られた。ダンリー氏は第1期トランプ政権時に連邦エネルギー規制委員会（FERC）において、顧問弁護士、委員、後に委員長を務めた。

大統領行動「トランプ大統領が委員長と委員長代行を任命」¹⁰⁾において、米国原子力規制委員会（NRC）院長に現委員のディビッド・ライト氏が任命された。D. ライト氏は、2018年から委員を務めている。氏は、以前から規制の簡素化と明確化を求めている。リスク情報に基づく技術包括的な先進的原子炉の規制枠組みである 10 CFR Part 53 の簡素化を求めており、2つの枠組みを含めるという当初の計画に対して、一部を不承認とし、合理化を求めた。

また、FERC 委員長に現委員のマーク・クリスティ氏が任命された。

3. 今後の見通し

原子力エネルギーは米国において超党派の支持が得られている数少ない分野であるが、原子力をクリーンエネルギーと明確に位置付けて各種の支援策を打ち出した前バイデン政権と比較し、トランプ政権では低コストで安定供給が可能なエネルギーとしての位置づけで推進していくものと思われる。従来の環境規制の緩

和が進められ、原子力エネルギーの研究開発、導入がどのように推移していくのか、今後の政策の具体的進展を見据える必要がある。

参考

- 1) [Presidential Actions, Unleashing American Energy, Executive Order, January 20, 2025, Whitehouse.gov](#)
 - 2) [H.R.5376 - Inflation Reduction Act of 2022, 117th Congress \(2021-2022\), Congress.gov](#)
 - 3) [H.R.3684 - Infrastructure Investment and Jobs Act, 117th Congress \(2021-2022\), Congress.gov](#)
 - 4) [Presidential Actions, Declaring A National Energy Emergency, Executive Order, January 20, 2025, Whitehouse.gov](#)
 - 5) [Presidential Actions, Putting America First in International Environmental Agreements, Executive Order, January 20, 2025, Whitehouse.gov](#)
 - 6) [Declaration to Triple Nuclear Energy, December 1, 2023](#)
 - 7) [Presidential Actions, America First Trade Policy, January 20, 2025, Whitehouse.gov](#)
 - 8) [Presidential Actions, Removing Barriers to American Leadership in Artificial Intelligence, Executive Order, January 23, 2025, Whitehouse.gov](#)
 - 9) [Presidential Actions, President Trump Announces Cabinet and Cabinet-Level Appointments, January 20, 2025, Whitehouse.gov](#)
 - 10) [Presidential Actions, Nominations Transmitted to the Senate, January 22, 2025, Whitehouse.gov](#)
 - 11) [Presidential Actions, President Trump Designates Chairmen and Acting Chairmen, January 20, 2025, Whitehouse.gov](#)
-

*Toru Nakatsuka¹

¹Japan Atomic Energy Agency