

2024年2月29日

原子力学会水化学部会 2024年部会報特別寄稿

「核分裂生成物挙動」研究専門委員会の歩み

東芝エネルギーシステムズ・高木純一

1. はじめに

2011年3月11日の東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所事故により、我が国ではこれまでに経験したことのない炉心溶融とそれに伴う多量の核分裂生成物（Fission Product, FP）の放出という現実と向き合うこととなった。発電用軽水炉導入の初期こそ、燃料破損に伴うFP挙動への対応の経験が蓄積されたものの、1990年代後半以降、ソースターム関連の研究は衰退し、放射性核分裂生成物関連の技術を支えてきた研究者、技術者の多くが第一線を離れ、技術的な空洞化が顕著となっていた。

以下では、FP挙動の理解と対応を深めるための研究専門委員会設立の経緯を振り返ると共に、これまでの活動状況、今後の取り組みについて述べる。

2. 「FP挙動」研究専門委員会準備会の創設（2015年～2017年）

かかる現状を踏まえ、2015年に水化学部会を中心に、「FP挙動」研究専門委員会準備会（委員長・勝村東大名誉教授）を組織し、ベテランから若手研究者、技術者までが集結して、仏国で実施された過酷事故（シビアアクシデント）時のFP挙動の大規模模擬試験に関する国際プロジェクト（Phebus FPプロジェクト）の公開文献の読み合わせを行い、技術伝承の機会を持つこととした。

この活動成果は2017年に、今後の技術伝承の基となる技術報告書「Phébus FP プロジェクトにおける核分裂生成物挙動のまとめ –福島プラント廃炉計画及びシビアアクシデント解析への適用–」¹⁾として出版した。この報告書は、Phebus FPプロジェクトの成果のまとめを中心に、FPの基礎から、FP研究の簡単な歴史、通常の運転時におけるFPの挙動を加え、最後に実験からの知見と実機で遭遇した現象とのギャップまで、幅広くまとめたものである。

3. 「シビアアクシデント時の核分裂生成物挙動」研究専門委員会の発足 (2017年～2021年)

その後、原子力学会「福島第一原子力発電所事故に関する調査委員会」において、ソースタームの評価に従来の評価ベースでは説明できない事象が散見され、新たな研究が必須という指摘がなされ、上述の技術的な空洞化が顕著となっているとの認識にも応える形で、準備会に引き続き、2017年によいよ「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（主査・勝村東大名誉教授）が発足した。

同研究専門委員会では3つのWGを設け、①FP関連の基礎実験の在り方、②シビアアクシデント解析コードのベンチマーク、そして、③実機データに基づく技術課題の抽出、についての議論を進めた。

その後、同研究専門委員会は、2019年度から2年間の延長期間に入り、これまでと同様に、FP挙動に関する情報の共有化、福島第一原子力発電所のFP関連データの収集、評価を行い、共通技術基盤上に新たな技術者集団を構築することを目指した。特に、下記(1)、(2)の活動を通して、40年超の長期にわたる技術継承に資する活動の基礎固めに注力した。

(1)福島第一原子力発電所事故で見られた過酷事故時のFP挙動をサーベイし、FP挙動評価の視点から、従来技術で予測された現象と予測できなかった現象とを区分し、新たな技術課題を整理する。

(2)議論の結果を原子力学会誌ATOMOΣの解説記事としてまとめると共に、上記(1)にFP挙動に係る新しい技術課題を加えて、技術報告書（応用編）としてまとめ、現場での実務者、若手技術者との協働をも通して、FP挙動に関する技術継承に資する。

活動は2年間の延長を含めて4年にわたり、その締めくくりとして、2021年春の年会で企画セッション「シビアアクシデント時の核分裂生成物挙動」研究専門委員会の活動報告－4年間の活動実績と今後の展開」において、これまでの活動状況を総括し、今後の残された技術課題、新たに顕在化した課題について議論し、これらを次期研究専門委員会で引き続き議論することとした。

2021年には技術報告書「シビアアクシデント時の核分裂生成物挙動」²⁾をまとめた。この技術報告書は、2017年の技術報告書の応用編ともいうべき位置づけで、内容は大きく3つの編、すなわち、基礎編、応用編、そして、将来課題編に分かれている。

第Ⅰ編「基礎編」では、FPおよび燃料デブリの基礎特性、FPの現象把握、挙動評価、福島第一原子力発電所事故より顕在化した研究ニーズ・課題、FP挙動把握のための共通技術、およびシビアアクシデント解析コードについてまとめた。

第Ⅱ編「応用編」では、廃炉作業を念頭に、実機でのFP、燃料デブリ把握の現状、FP除去法、汚染水処理の実状、環境汚染の実状、そして廃炉のリスク評価をまとめた。

第Ⅲ編「今後の課題」では、議論の過程で新たに顕在化した課題や、議論が十分ではなく今後に残された課題をまとめた。

4. 「福島第一原子力発電所廃炉に係る核分裂生成物挙動」研究専門委員会への発展 (2021年～2025年)

2021年に「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（主査・勝村東大名誉教授）が発足し、前身の「シビアアクシデント時の核分裂生成物挙動」研究専門委員会の4年間の活動成果を引き継ぎ、新たに2年間の活動を開始した。

前研究専門委員会では、福島第一原子力発電所事故で見られたFP挙動をサーベイし、従来技術で予測された現象と予測できなかった現象とを区分し、新たな技術課題を整理した。具体的には、3つのWGを設け、①FP挙動実験、②FP挙動評価、および、③実機データ評価・課題抽出に関する検討を行った。この成果は技術継承を目的として、技術報告書としてまとめられた。

しかし、一連の成果は事故時のFP挙動を理解し、福島第一原子力発電所におけるFP挙動の現状を把握するためには有益であるが、格納容器内のFP分布の把握、廃炉作業の進展に伴うFPの移行及びその廃炉作業への影響など、将来にわたるFP挙動を予測するにはまだ十分とは言い難い。そのため、本研究専門委員会では、あらためて、①福島第一原子力発電所事故事象の把握と廃炉作業への貢献（事故後）、②ソースターム予測技術の向上（事故中）の2つの目標を掲げ活動を行うこととした。

この目標達成のための活動方針を以下とした。

(1) 4つの拡大幹事会を設け、①実機情報（東電HD・IRID関連）、②研究開発情報（JAEA/CLADS関連）、③ロードマップ・海外研究、④ソースターム予測技術の4分野で調査活動を進める。

(2) 調査活動の結果、FP挙動のさらなる解明のための課題を抽出し、ワーキンググループを構成して課題解決策の検討を行う。

(3) 企画セッションを開催し、議論の結果を原子力学会誌ATOMOの解説記事としてまとめると共に、活動成果を技術報告書としてまとめ、FP挙動に関する技術継承に資する。

2021～2022年度の2年間では4つの拡大幹事会で調査活動を行い、その結果、3点の課題を抽出し、全体委員会にて報告し意見聴取を行った。これらの結果は、原子力学会2023年春の年会企画セッションにて報告し、聴衆からも広く意見を求めた。

5. おわりに

「福島第一原子力発電所廃炉に係る核分裂生成物挙動」研究専門委員会は2023年に2年間の活動延長を申請し受理されたため、これらの成果を踏まえ、2023年度以降、3つのWGにて課題解決のための対応策を検討している。次年度（2024年度）は最終年度を迎えるため、2025年3月の技術報告書発行に向け精力的に活動する予定である。広く部会員、学会員のご協力を仰ぎたい。

福島第一原子力発電所の廃炉作業は国内外の英知を広く結集して推進することが必須である。また、ソースターム予測技術の精度向上は今後の原子力安全文化のさらなる醸成にとって欠かすことのできない課題である。これらの両輪を支える基盤技術としてのFP挙動の理解並びに実態の解明は、一段とその重要性を増している。一人でも多くの若手技術者がこの使命にチャレンジして行かれることを心より祈念する。

<参考文献>

- 1) 日本原子力学会「水化学」部会「核分裂生成物挙動」研究専門委員会準備会編、「Phébus FP プロジェクトにおける核分裂生成物挙動のまとめ ―福島プラント廃炉計画及びシビアアクシデント解析への適用―」（2017年5月）
- 2) 日本原子力学会「シビアアクシデント時の核分裂生成物挙動」研究専門委員会編、「シビアアクシデント時の核分裂生成物挙動」（2021年5月）

(2024年2月29日記)