

「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

－ 3年間の活動実績と今後の展開 －

Latest activities of the Research Committee on Fission Product Behaviors under Severe Accident

(1) 実機での FP 挙動に関わる状況把握の現状

(1) Latest status of understanding of FP behavior in the 1F plant

* 高木 純一¹¹東芝エネルギーシステムズ(株)

1. はじめに

WG3（技術課題抽出 WG）の活動を中心に、WG3 で議論された実機での FP 関連実測データを整理し、これまでに報告された 1F での FP 挙動に関わる状況把握の現状をまとめる。さらに廃炉作業に係わる FP 関連の技術課題の整理と今後の対応について言及する。

2. WG3 における活動概要

2-1. WG3 でのこれまでの報告概要（中間成果）

WG3 では、プラントデータを用いて FP のマスバランスを定量的に評価し、廃炉に係る FP の所在箇所とその量を可能な限り定量化して作業計画に反映させることを目的とする。このため、WG1 からは評価のための情報提供を受け、実機評価に不可欠な事象解明のための実験を提案する。また、WG2 からはモデル解析による実機での FP 挙動に関する現象再現の情報を入手し、下流側からの Backward 評価を通して、モデルによる解析結果の妥当性及び精度の確認に貢献する。この両輪を適切に回すために、より多くの現場の情報を入手して分析・評価することが必要になる。

これまでの活動では、1F プラントの実機データとして、汚染水処理実績（第 1 回）、格納容器内線量率調査状況（第 2 回、図 1）、1 号機原子炉建屋環境改善の取組み（第 5 回）、2 号機原子炉建屋オペフロの放射線等調査結果（第 6 回、図 2）の報告があった。また、放射性廃棄物に関わる評価結果として、廃棄物処理・処分技術の開発に係る放射化学分析データ（第 3 回）、汚染物に関する放射性核種分析と由来の推定（第 7 回）が報告された。さらに、実機放射能挙動の解析コードの観点からの推定評価に関して、汚染水の現状とその評価手法、（第 5 回）、再注水時の H₂/FP 放出促進（第 6 回）、短/中/長期 FP 挙動解析手法（第 7 回）が報告された。これらの成果はいずれも実機の知見に基づく観察結果ないし分析・評価結果であり、1F 事故に基づく課題抽出のためには不可欠な情報である。講演題目の一覧を表 1 に示す。

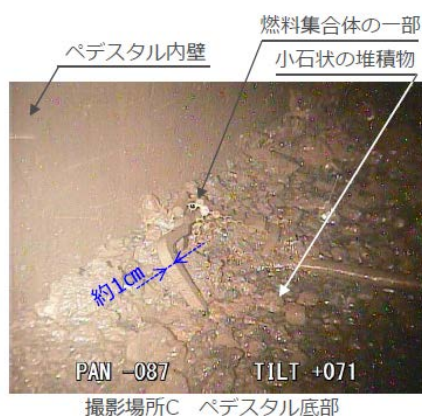
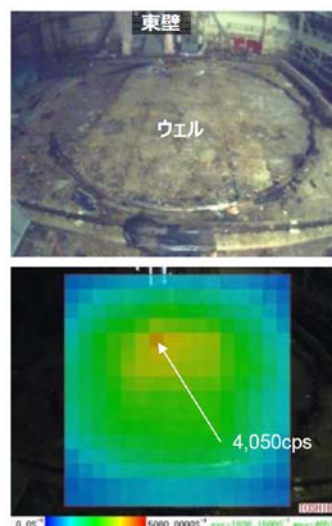
図 1 2 号機原子炉格納容器内部調査実施結果¹⁾図 2 2 号機原子炉建屋オペフローウェル周辺の主要線源分布²⁾

表 1 WG3 にて報告された講演題目一覧

回	年	月日	分類	講演題目	所属
1	2018年	11月17日	解析評価	Phebus-FPT3 実験結果の概要と福島第一原発事故中のFP挙動との対比	研究機関
			実機データ	福島第一原子力発電所における汚染水処理の実績	メーカー
2	2018年	2月19日	実機データ	福島第一原子力発電所格納容器内調査 線量率調査状況	I R I D
			解析評価	原子炉過酷事故における放射性核分裂生成物挙動の評価- Backward 評価の例-	研究機関
3	2018年	7月31日	廃棄物データ	廃棄物処理・処分技術の開発に係る放射化学分析データ	研究機関
4	2018年	11月15日	リスク評価	燃料デブリ取り出しに係る定量的リスク評価手法の開発ー現状と課題	N D F
			性状	核分裂生成物の基礎性状について	研究機関
5	2019年	3月12日	実機データ	福島第一・1号機原子炉建屋環境改善の取組み	メーカー
			解析評価	汚染水の現状とその評価手法	研究機関
6	2019年	7月17日	実機データ	2号機原子炉建屋オペフロの放射線等調査結果について	電力
			解析評価	1F事故注水停止後再注水時の水素およびFP放出促進について	研究機関
7	2019年	11月12日	廃棄物データ	福島第一事故汚染物に関する放射性核種分析と由来の推定	メーカー
			解析評価	短/中/長期FP挙動解析手法	研究機関

2-2. 1F の放射能データの現状

上述の実機データについては、事故から 9 年が経過した現在でも十分な情報が得られている訳ではない。タービン建屋を経て多核種除去装置に導かれている汚染滞留水のデータは、比較的採取が容易であり、そのデータ点数も多いと言える。しかしながら、これらのデータはソースタームの観点からは下流側のデータであり、発生源からの FP 挙動を推定評価するためには十分な情報とは言えない。一方、格納容器内の調査は漸く進展を見せてきたが、高い放射線量のためにアクセスが極めて困難であり、現時点はまだカメラによる目視の段階であり、放射能データの採取はこれからのチャレンジとなる。従って、核種の分布や化学形態の情報については未だ皆無に近い状況である。

また、建屋から放出された放射能による汚染廃棄物のデータは、金属・コンクリート等様々な形態があるが、その由来は個々に異なっており、ソースタームとの関連を系統的に調査することは困難を伴う。これらのデータは環境影響の評価や処分シナリオの構築に資するものとして重要な意味を持つと言える。

このような状況で、核種移行挙動の解析ツールを用いて、Backward 評価の視点からソースタームを推定していく試みがすでに始められており、将来的なベンチマークを見据えつつ、当面は限られた情報から核種の発生、移行、付着、離脱挙動を推定評価する努力を続けていくことが強く求められている。

2-3. 廃炉作業に係わる FP 関連の技術課題の整理

このような現状を踏まえ、本研究専門委員会が 1F 廃炉推進にどのように貢献して行けるかを考える時、WG3 の活動は極めて重要である。WG1 と WG2 との橋渡しを行いながら、解析精度向上とともに、何よりも 1F 廃炉作業の効率的遂行と作業従事者の被ばく低減のための提言を果たして行きたい。

克服すべき技術課題を整理すると以下のようになると考えられる。

①調査に伴う汚染データの取得

PCV 内部調査、オペフロ調査に伴い、今後、多種多様な汚染データ（バルク、付着）や線量率データの取得が図られていく。それらの情報に迅速にアクセスし、分析する体制を整えることが重要である。調査が優先することは当然であるが並行して効率的・合理的なデータ取得の検討が必要である。

②FP 核種の化学形態の同定

通常の元素分析、核種分析に加え、FP 挙動の詳細を把握するためには化学形態の特定が必須である。これまで、ヨウ素やセシウムに関して代表的な化学形態しか考慮されていなかったが、1F 事故の知見から、従来想定していなかったシリコン等を含んだ化学形態の存在が指摘されている。

③燃料デブリ取り出し（少量サンプリング～小規模な取り出し）への要求事項の提言

デブリ随伴 FP（燃料デブリ中の FP）と付着 FP（PCV 内の構造材等への付着 FP）の両面から FP 挙動を総合的に評価する必要があるが、そのためには今後のデブリ取り出しにおいて、サンプリング項目、分析項目を明確にして要求事項をきちんと提言していく必要がある。

2-4. WG3 の廃炉作業への寄与目標と役割

本報告の最後では研究専門委員会の廃炉への寄与と役割を総括するが、ここでは、WG3 が担う廃炉作業へ

の寄与目標と役割について述べる。

まず、事故後 FP の分布、存在形態の把握に関して、実測値の収集とそれに基づく FP 分布、化学形態の把握が必要である。廃炉作業推進の観点では FP の除去性の把握が必要であり、そのためには除染手法とその効果確認法の提案が必要となる。さらに、蓄積 FP の影響評価としては被ばく線量評価手法の提案、汚染水処理法の有効性評価が必要であり、最終的に総合的なリスク評価への提言が求められて行くと考えられる。

このように WG3 では、常に実機データに基づく議論の構築と、そこから得られる廃炉作業推進への寄与目標と役割を常に意識し、WG1、WG2 との共同作業を進めて行くこととする。

3. おわりに

今後の制約の多い廃炉推進作業の中で、作業遂行と被ばく低減を達成するためには、FP 核種のデータ取得が極めて重要となる。全体最適を図りつつ、コンセンサスを得た上で、有用な情報取得を行い、FP 挙動評価を解析、実測の両面から推進していく体制を整えたい。

参考文献：

- 1) 東京電力 HD、「福島第一原子力発電所 2 号機原子炉格納容器内部調査実施結果」（2018 年 2 月）
<http://irid.or.jp/wp-content/uploads/2018/02/20180201.pdf>
- 2) 東京電力 HD、「2 号機原子炉建屋オペフロの放射線等調査結果について～残置物移動・片付後～」、
特定原子力施設監視・評価検討会（第 71 回）、（2019 年 5 月）<https://www.nsr.go.jp/data/000270450.pdf>

*Junichi Takagi¹

¹Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation