

「シビアアクシデント時の FP 挙動」研究専門委員会の活動実績と今後の展開  
Activity results of the research committee on fission product behaviors under severe accident and its future developments

(3) 短期/長期 FP 挙動評価の現状と課題

(1) Latest results on short and long term behaviors of FPs and its future development

\*唐澤 英年<sup>1</sup>

<sup>1</sup>JAEA

1. はじめに

これまでの4年間に10回の「ベンチマーク WG」(以下 WG2)を開催した。WG2の目的は、SA解析コードに組込まれているFP挙動モデルをPhebus FP実験ベンチマークに関する文献により理解するとともに、SA解析コードによる1F内のCs分布評価に対する技術課題を抽出し、ソースターム評価の精度向上に対する課題をまとめることである。技術課題の一つに、「Cs分布の経時変化の評価」が挙げられた。燃料デブリ取出し時の被ばく量評価に必要なCs分布は、SA解析コードにより燃料デブリを冷却させるまでの比較的短期間の解析で得られるCs分布とは異なることが考えられる。このため、燃料デブリ取出し時までの長期に渡るFP挙動の評価が必要となる。次期研究専門委員会でのWG2においては、「ソースターム評価の精度向上」のために今回得られたFP挙動モデルの課題をどのように解決するか、また、「1F廃炉作業における被ばく量評価」にはどのようなFP挙動モデルが必要か、を検討していく。

技術報告書第5章「SA解析コード」に、本WG2の活動成果をまとめた。以下に、第5章の目次に従って活動内容を紹介する。

2. SA解析コードとFP挙動モデル

SA解析コードとしてMAAP, MELCOR, SAMPSON, ASTEC, THARES-2を取り上げ、各コードで使用しているFP挙動モデルの概要を調査した。検討した主なFP挙動は、①燃料からのFP放出、②エアロゾルの生成・成長、③エアロゾルの沈着、④プールスクラビングであった。これらFP挙動のモデル概要<sup>1)</sup>を、技術報告書にまとめた。

3. ベンチマークから得られたFP挙動モデルの課題

FP挙動モデルの課題を抽出するために、Phebus-FPT1とFPT3のベンチマーク、及び1F事故解析の結果を検討した。

3-1. Phebus FPT1とFPT3のベンチマーク

FPT1のベンチマークは国際標準問題ISP-46、FPT3はSARNETプロジェクトで実施された。これら文献調査で得られたFP挙動モデルの課題を、表1に示す。なお、ヨウ素化学に関しては、今回検討できなかった。

表1 FPT1及びFPT3のベンチマークから得られたFP挙動の主な課題

#	FP挙動モデル	課題
①	FP放出	<ul style="list-style-type: none"> <li>中/低揮発性FP放出モデルの高度化 (FPT1 ; Moは過小評価でBaは過大評価)</li> <li>溶融制御材からのAg/In/CdとBの放出 (溶融プールからの蒸発は無考慮)</li> <li>被覆管からのSn放出</li> </ul>
	化学形態	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cs/Iの化学形と物理形状</li> <li>B-FP反応</li> <li>ガス状ヨウ素生成 (熱化学平衡計算では[I2]=0)</li> </ul>
②	FP蒸気	<ul style="list-style-type: none"> <li>壁への凝縮/再蒸発モデル高度化 (高温側水平管沈着物からの再蒸発の計算なし)</li> </ul>
③	エアロゾル沈着	<ul style="list-style-type: none"> <li>上部プレナムでの蒸気凝縮 (過小評価)、SG部での熱泳動 (過大評価)</li> <li>熱泳動モデルの高度化 (過小評価)、エアロゾル粒径 (過大評価)</li> </ul>

### 3-2. 1F 事故解析

OECD/NEA の 1F 事故ベンチマーク(BSAF)の概要と事故進展シナリオを紹介してもらった。BSAF の解析結果は未公開のため、SAMPSON 解析結果とモニタリングポストでの放射能測定値や CAMS データなどと比較検討を行った。また、WSPEEDI による環境へのソースターム評価や、1F 格納容器内の放射能分布を紹介いただき、それらと SAMPSON 解析結果や各地点での放射能測定値とも比較検討を行った。これら検討から得られた FP 挙動モデルの主な課題を、表 2 に示す。なお、ヨウ素化学に関しては、多くの SA コードではヨウ素化学挙動解析がオプションとなっていて、SAMPSON でも解析していない。

表 2 1F 事故のベンチマークから得られた FP 挙動の主な課題

#	FP 挙動モデル	課題
①	FP 放出	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料崩落時の燃料ペレット温度の評価、FP 放出量評価</li> <li>FP-被覆管との反応</li> <li>溶融燃料からの放出</li> </ul>
	MCCI 時の放出	<ul style="list-style-type: none"> <li>実験データの拡充と解析</li> <li>コンクリートエアロゾルと FP エアロゾルの相互作用</li> </ul>
	化学形態	<ul style="list-style-type: none"> <li>熱化学平衡が成立する温度条件</li> </ul>
②	エアロゾル生成・成長	<ul style="list-style-type: none"> <li>化学組成の評価、エアロゾル粒径の評価</li> <li>燃料デブリ取出し時の機械的放出とエアロゾルの空気酸化挙動</li> </ul>
③	エアロゾル付着	<ul style="list-style-type: none"> <li>リーク箇所特定、リークに関する知見拡充とコードへの反映</li> <li>壁付着 FP の冷却水による洗い流し、</li> <li>建屋における移行・沈着挙動 (Cs 分布の経時変化)</li> </ul>
④	プールスクラビング	<ul style="list-style-type: none"> <li>号機毎の DF の違い</li> </ul>
⑤	ヨウ素化学	<ul style="list-style-type: none"> <li>環境データとの比較のためヨウ素化学を考慮した解析が必要</li> </ul>

### 4. まとめ

この 4 年間の活動により、SA 解析コードで使用されている FP 挙動モデルに関し、Phebus 実験と 1F 事故のベンチマーク、及び 1F 事故に関する放射能の測定結果や解析結果の調査により課題をまとめた。しかし、FP 挙動モデルの高度化には、今回得られた課題の対応が必要である。このため、次期研究専門委員会の WG において、実験など何がモデル高度化に必要なかを検討していく。

また、1F 廃炉に関し Cs 分布評価が重要であるが、長期に渡る Cs 挙動の評価が必要となる。図 1 に、SA 解析コードの評価項目と目的、そして廃炉までの放射性核種の挙動と廃炉に必要な検討項目、及びそれらの関係を示す。SA 解析コードを用いた 1F 事故解析で得られる Cs 分布は、1F 廃炉に掛かる期間に比較して短期の結果である。燃料デブリ取出しまでの期間には、燃料デブリ冷却水中への FP 移行・除去や壁沈着エアロゾルの化学形などの経時変化が起こる。このため、1F 廃炉に関しては、FP だけでなくアクチノイドなども含めた放射性核種のマスバランスを評価（ここでは「廃炉解析」と呼ぶ）し、被ばく線量を低減するより合理的な作業計画の作成が必要となる。このため、次期研究専門委員会の WG において、廃炉解析に必要なモデルや実験を検討していく。

今後の課題を、表 3 に示す。これら課題の解決策を次期研究専門委員会の WG で検討していく。

表 3 WG2 の今後の課題

#	目標	今後の課題	次期での対応案
1	SA解析コードの高度化、高信頼化	(1) FP挙動モデルの適用限界の把握	・実験式を作成した実験の実験条件の範囲を調査
		(2) ヨウ素化学モデルに関する課題抽出	・Phebus-FPT試験の文献調査 ・保健物理・環境科学部会などとの交流
		(3) FP挙動モデルの高度化、高信頼化への提案	・必要な実験のリスト作成 ・RN挙動の入力条件となる熱水力評価への課題抽出 ・実験WGと上記リストのレビュー
2	廃炉計画、作業への貢献のため廃炉解析	(1) 廃炉解析に必要なモデルの抽出	・Csを含む主要RNの分布評価に必要なモデルの検討 ・モデル作成に必要な実験の抽出 ・実機調査グループとの交流
		(2) 廃炉解析の提案	・廃炉解析によるメリットの明確化 ・具体的な貢献内容の明確化

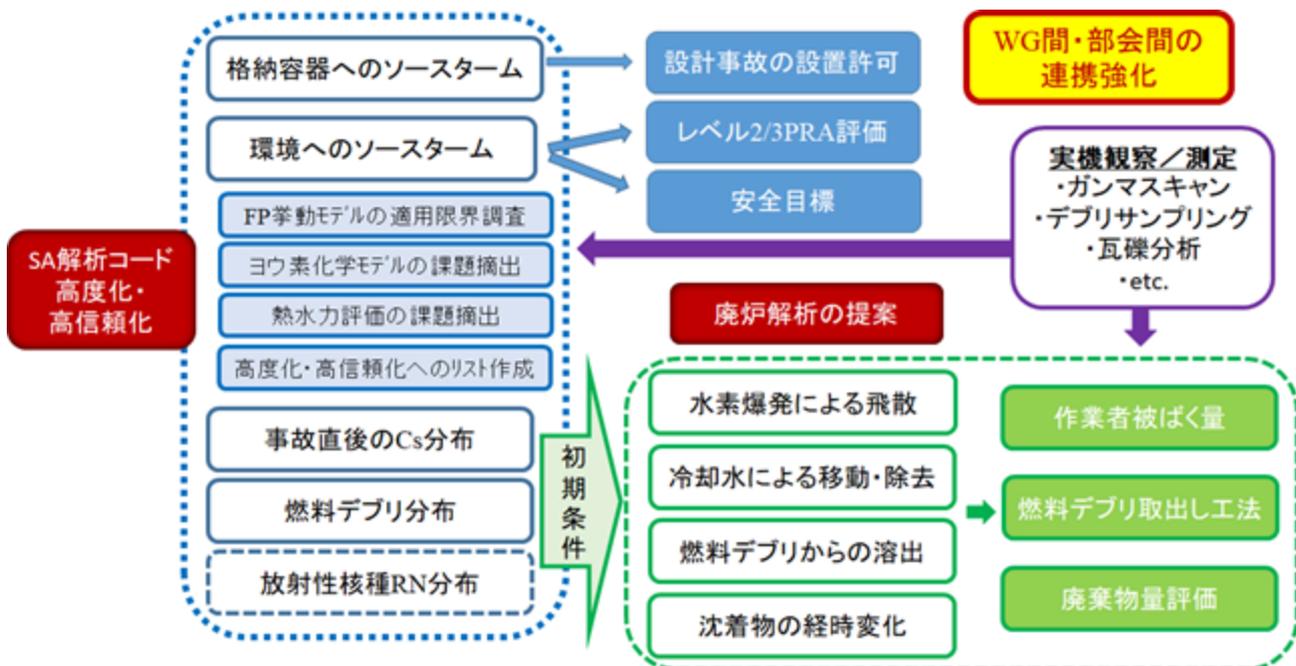


図 1 SA 解析コードと廃炉解析の概要

[参考文献]

(1) H.J. Allelein, et.al., “State-Of-The-Art Report on Nuclear Aerosols”, NEA/CSNI/R5(2009).

\*Hidetoshi Karasawa<sup>1</sup><sup>1</sup>JAEA