

SA 時の FP 挙動モデルの評価 (2) SA コードにおけるエアロゾル生成・成長モデルの検討

Evaluation of FP Behavior Models in SAs

(2) Evaluation of aerosol formation and growth model in SA codes

*唐澤 英年¹, 三輪 周平¹, 木野 千晶²

¹JAEA, ²エネ総研

原子炉内で FP 蒸気の過飽和分が核形成・凝集してモノマーを生成し、複数核種のモノマーが凝集して一次粒子を形成し、一次粒子の凝集によりエアロゾルが成長するモデルを SAMPSON に組込んだ。このエアロゾル生成・成長モデルの妥当性を、Phébus-FPT1 試験の一次系の解析により確認した。

キーワード：エアロゾル、SAMPSON コード、シビアアクシデント、凝縮、凝集、Phébus-FPT1 試験

1. 緒言

Phébus-FP 試験からエアロゾルは粒径 200 nm 以下の微粒子の凝集体で、エアロゾル成分の重量分布は粒径に依存しないことが報告されている[1]。このため、エアロゾルの各成分の微粒子から構成される一次粒子が炉内で形成され、一次系及び格納容器内で一次粒子同士の凝集により粒径が成長するモデルを提案した[2]。今回、このエアロゾル生成・成長モデルを SAMPSON コードに取込み、Phébus-FPT1 試験解析を行った。

2. エアロゾル生成・成長モデル

現行モデルでは、炉内で FP や制御材などの蒸気の過飽和分で 1 nm の核を形成させ、更なる FP 蒸気の凝集により粒径を成長させている。この計算を FP 毎に行い、粒径 10 nm～10 μm の範囲を 10 区画に分けて、計算した粒径により各区画に分配し、炉外での移行過程で各区画間での粒子の凝集による粒径成長を計算している。今回、FP や制御材などの過飽和蒸気による核形成・凝集により生成する粒子を一次粒子とし、その重量分布は燃料から放出される FP や制御材などの重量割合とした。一次粒子の粒径は炉内の温度分布や滞在時間に依存するが、先回の検討から 70 nm とした[2]。また、炉外では、一次粒子の凝集による粒径成長を計算した。

3. Phébus-FPT1 試験結果との比較

Phébus-FPT1 試験では、炉心、一次系、蒸気発生器、格納容器を模擬した試験体系で、実照射燃料を用い SA 条件下で実燃料を溶融させた。模擬一次系の壁温は 700°C に、模擬蒸気発生器から模擬格納容器までの壁温は 150°C に設定された。炉心で

項目	上流側C点		下流側G点	
	AMMD	σ	AMMD	σ
FPT1試験	1.94 μm	1.96	2.79 μm	1.90
現行モデル	0.038 μm	5.27	0.035 μm	3.98
新モデル	0.183 μm	2.24	0.157 μm	2.18

発生した FP や制御材の蒸気により生成したエアロゾルの粒径は、模擬蒸気発生器の上流側 C 点と下流側 G 点、及び模擬格納容器内で測定された。測定値と計算結果の比較を、表 1 に示す。粒径に関しては、対数正規分布を仮定し、密度 1,000 kg/m³ の粒子に対する空気力学的重量中央径(AMMD)と平均標準偏差 σ (-) を求めた。SAMPSON による粒径の計算値 AMMD は、現行モデルでは測定値の約 1/65、新モデルでは測定値の約 1/14 であった。現行モデルでは、1 nm の核粒子からの成長のため AMMD は過小評価となり、粒径区画内の粒子成分の重量分布は FP や制御材などの過飽和度に依存するため区画間で均一でなく σ が大きくなった。一方、新モデルでは、各区画内での粒子成分の重量分布は同じで、σ も測定値に近い対数正規分布となった。このため、新モデルの方が、粒径に依存するエアロゾルの沈着挙動の評価に適していると考えられる。

参考文献

[1] T.Haste, et al., Annals of Nuclear Energy, 61, 102(2013). [2] 唐澤、他、原子力学会 2020 年秋の大会、2F05.

*Hidetoshi Karasawau¹, Shuhei Miwai¹ and Chiaki Kino² ¹JAEA, ²IAE.