

使用済燃料貯蔵施設におけるスプレイ冷却効果に関する研究

(2) 粒子法解析コードを用いた液滴散逸挙動解析

Investigation on the cooling performance of spray in the spent fuel storage facility

(2) Simulation of spray droplet behavior using particle method code

*稲垣 健太¹, 湯浅 朋久¹, 金井 大造¹, 西村 聡¹

¹電中研

粒子法コードを用いて使用済燃料貯蔵施設(SFP; Spent Fuel Pool)における冷却水喪失事故条件下でのスプレイ液滴散逸挙動の解析を実施した。試験結果と解析結果を比較し、当該事象への粒子法コードの適用性を確認すると共に、周囲の気相(空気/蒸気)が異なる場合の液滴散逸挙動への影響を明らかにした。

キーワード: 使用済燃料貯蔵施設, スプレイ, シミュレーション

1. 緒言

SFP で重大事故が発生した場合、特に炉心からの取り出し直後の高崩壊熱条件の燃料集合体では、周囲気相の上昇流により燃料集合体内部へのスプレイ水の流入割合が低下する可能性がある。SFP における事故時のスプレイ冷却特性を決定づける周囲気相の上昇流と燃料集合体内へのスプレイ水流入割合の関係を明らかにするため、個々のスプレイ液滴の運動を物理法則に基づいてシミュレーションする手法を開発する。

2. 粒子法コードを用いたスプレイ液滴散逸挙動解析

電中研がインハウスで開発した粒子法コード[1]を用いてスプレイ液滴散逸挙動解析を行った。

2-1. 解析条件

前報[2]の試験体系を解析対象とした。各液滴を DEM (Discrete Element Method) 粒子でモデル化し、重力および周囲気相からの慣性抵抗力を考慮して運動を逐次的に評価し、燃料集合体内部への水の流入量を評価した。計算に必要となる周囲気相の流速分布には、STAR-CCM+を用いて評価した定常状態の3次元速度場を用いた。

2-2. 解析結果

スプレイ水の供給量が 6.0~20.0 L/min、空気流量が 0~12 m³/min の範囲で解析を実施した。可視化した解析結果の一部を図 1 に示す。また、無次元化した空気流量($J_G^{*1/2}$)と水の流入量($J_L^{*1/2}$)の関係を図 2 に示す。空気流量が小さい領域では水の流入量はほぼ一定だが、空気流量がある値を超えると空気流量の増加に伴って水の流入量が減少した。またこのときの傾きはスプレイ水の供給量に依らず同程度であった。これらの傾向は試験結果[2]とよく一致した。また、周囲気相が蒸気であると仮定して密度を変えて実施した計算では、空気に比べて水の流入量が大きくなる傾向が再現された。

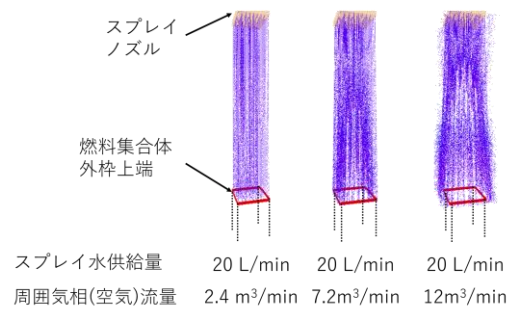


図 1 解析結果

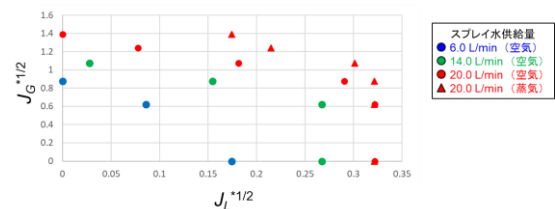


図 2 無次元化した周囲気相流量($J_G^{*1/2}$)と水流入量($J_L^{*1/2}$)の関係(解析値)

3. 結論

開発した解析手法が SFP のスプレイ水の挙動評価に適用できる見通しが得られた。

参考文献

[1] K.Inagaki, submitted to *Inter. J. of multiphase flow*. [2] 金井、他、日本原子力学会 2020 年秋の大会

*Kenta Inagaki¹, Tomohisa Yuasa¹, Taizo Kanai¹ and Satoshi Nishimura¹

¹Central Research Institute of Electric Power Industry.