

軽水炉のシビアアクシデント下の海水・ホウ酸注入時の影響に関する試験 (5)バンドル流路内における塩析出挙動の解析手法検討

Experiments on influences of injecting seawater and boric acid under severe accident conditions

(5) Method for precipitation behavior prediction in rod bundle assemblies

*秋葉 美幸, 堀田 亮年

原子力規制庁長官官房技術基盤グループ

軽水炉の重大事故等対策で代替水源の海水注入が長期化すると、崩壊熱により、炉心や下部プレナム等、圧力容器の各所に析出物が形成され、除熱性能を劣化させる可能性がある。前報までの模擬燃料バンドルで得られた析出挙動を基に、実機予測評価につなげるためのバンドル内析出挙動の予測手法を検討した。

キーワード：海水注入、塩析出、X線CT撮影、3次元評価、沸騰

1. はじめに PWR 及び BWR の重大事故対策では、海水を代替水源として位置付けている。海水注入が長期化すると、炉内での崩壊熱による蒸発によって塩分濃度が上昇し、炉心、下部プレナム等、圧力容器の各所に析出物が形成され、これらが局所的に集積し、流路狭隘部を閉塞して除熱性能を劣化させる可能性がある。そのため、前報までの短尺燃料バンドル試験を基に、実機における析出挙動を解析する手法の構築を行っている。本報告では、試験で得られた析出塩の X 線 CT 画像解析から、予測手法の検討を行った結果を報告する。

2. 試験結果の詳細分析 バンドル内流路をセンター、周囲、サイド及びコーナの4領域に分け、それぞれの析出挙動を検討した。代表的な試験ケースについて、軸方向位置による析出画素数（析出量）の変化を4領域毎に比較した結果を図1(a)～(c)に示す。これらの図は全て熱流束 3 kW/m^2 である。(a)はコラプスト液位（以下、液位と略す）が発熱部上端、塩分濃度が50%相当まで加熱した状態、(b)は液位が発熱部上端、塩分濃度60%相当まで加熱した状態の結果である。また、(c)は液位が発熱部上端-100mm、塩分濃度60%相当の結果である。バンドル内の、センター、周囲、サイド、コーナの順で析出量が多い。これは、バンドル中央部はボイドが集まるのが要因である。なお、析出物は加熱面である模擬燃料棒から成長し、非加熱面であるチャンネルボックスでは少ない。(a)及び(b)より、加熱時間が長くなり、塩分濃度が高くなるに従い、析出量は多くなっている。また、(b)では液位より低い位置、(c)では液位より高い位置でも析出が多くなっている。これは、スラグあるいはチェーン流では、液面の上下振動が発生し、設定液位の上下範囲において模擬燃料棒表面に液膜が形成されるためと考えられる。加熱面では、この液膜が蒸発し、濡れ乾きを繰り返し析出する。従って、析出はボイド率と液面の上下振動範囲に依存すると考えられる。

3. 予測手法の検討 上記のような分析から析出挙動の解析手法を以下のように検討した。

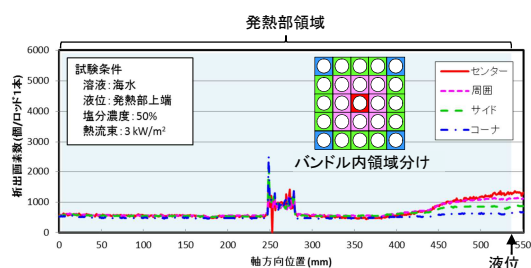
①二相流動計算でボイド率分布と塩分濃度を算出。双方の閾値により析出判定。②塩の過飽和分を、表面集積過程の成長速度係数^[1]を用いて析出させる。③析出による流路形状の変更。

①～③を繰り返し、析出量と流路形状を更新する。その際、燃料棒の表面温度も算出する。なお、液面の振動振幅等は試験結果からフィッティングする。

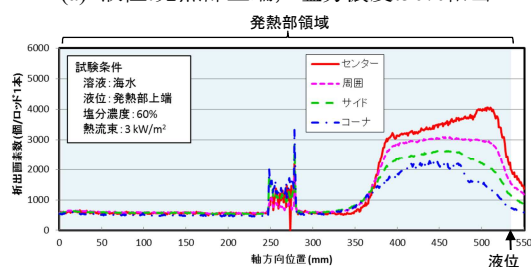
今後、試験データを用い解析手法ツールを完成させる。

参考文献 [1] 松岡ら, 結晶成長, 日本海水学会誌, 第45巻 第6号, 1991.

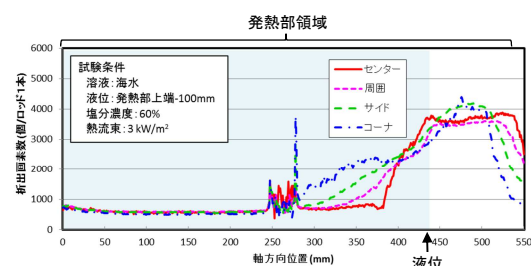
*Miyuki Akiba, Akitoshi Hotta
S/NRA/R



(a) 液位:発熱部上端, 塩分濃度:50%相当



(b) 液位:発熱部上端, 塩分濃度:60%相当



(c) 液位:発熱部上端-100mm, 塩分濃度:60%相当

図1 析出量の変化