

BWR 燃料サブチャンネルにおけるスペーサを通過する液滴流動の可視観察

Visual observation of droplet dynamics passing through a spacer in BWR fuel subchannels

*大川 理一郎¹, 古谷 正裕¹, 新井 崇洋¹, 滝口 広樹¹, 飯山 継正¹

¹電力中央研究所

BWR 燃料集合体スペーサの除熱メカニズムの解明を目的として、三次元造形によりサブチャンネル及びスペーサを模擬した流路を用い、スペーサを通過した液滴を光学計測して流動径や速度場を定量評価した。

キーワード：スペーサ、液滴冷却、沸騰遷移、BWR 燃料サブチャンネル、シャドウイメージング

1. 緒言 BWR 燃料の除熱性能を悪化させる液膜ドライアウト現象の改善策の1つとして、飛散した液滴を燃料棒表面に付着させる効果を高めたスペーサが開発されている。この効果についてスペーサの形状や構造に応じた高い分解能の実験データベースを蓄積し、適切にモデル化して解析による予測精度の向上を図ることが重要である。本研究は、スペーサの下流域における液滴の燃料棒表面への付着効果に着目し、そのメカニズムの解明を目的とする。

2. 試験体系 試験装置のテスト部を Fig.1 に示す。4本の燃料棒に囲まれたセンターサブチャンネルと、2本の燃料棒及びチャンネル壁に囲まれたサイドサブチャンネルを模擬した構造の樹脂製の鉛直上向き流路である。底部から空気流を供給すると共に、液滴を鉛直上方に射出するノズルが各サブチャンネルに1箇所ずつ設置されている。ノズルは内径 0.3mm の細管に先端が尖状の直径 0.25mm の針金（共に SUS 製）が挿入された構造で、形状の整った液滴が射出される。液滴は空気流に随伴して流れ、中央部に配置される模擬スペーサを通過する。液滴の計測はシャドウイメージングによる粒子追跡法を用いる。スペーサ通過後の下流側にアクリル壁の可視化領域を設け、光学計測の支障を防ぐため光を反射しない材質で造形した模擬燃料棒の隙間から、スペーサ上端 5mm の高さを撮影位置とする。ダブルパルス YAG レーザーを作用流体に照射し、テスト部の反対側に配置した高感度カメラで液滴の陰影を捉えて流動径を計測すると共に、微小時間差での連続撮影の差分により変位を計測する。模擬スペーサは Fig.2 に示すような丸セル型を適用する。肉厚は 0.5mm、燃料棒との間隙は 1.2mm、高さは 30mm である。

3. 試験方法及び結果 本試験は大気圧(1気圧)・常温(20℃)のもとで実施し、空気流は平均流速として 10 m/s を維持するように設定した。また、液滴の変位計測の時間差は 2.5 μs とした。液滴の可視化計測結果の例を Fig.3 に示す。液滴径と同時に、変位計測に基づき液滴の速度ベクトルがデータとして取得される。液滴径は概ね 10~400 μm の分布で計測され、実機で想定される液滴流の径分布を網羅していることが確認された。また液滴挙動については、スペーサ設置の有無により異なる速度場が形成され、その傾向は液滴径の影響を受けることが観察された。

4. 結論 BWR 燃料集合体のサブチャンネルを模擬してスペーサ通過後の液滴挙動を直接観察できる試験体系を開発し、流動径や速度場を定量計測した。今後は計測データを分析し、液滴挙動に及ぼすスペーサの効果を明確化していく。

謝辞 本研究は、原子力規制庁委託事業「平成29年度原子力施設等防災対策等委託費（スペーサ影響評価試験）」の一部として実施したものである。

*Riichiro Okawa¹, Masahiro Furuya¹, Takahiro Arai¹, Hiroki Takiguchi¹, Tsugumasa Iiyama¹

¹Central Research Institute of Electric Power Industry

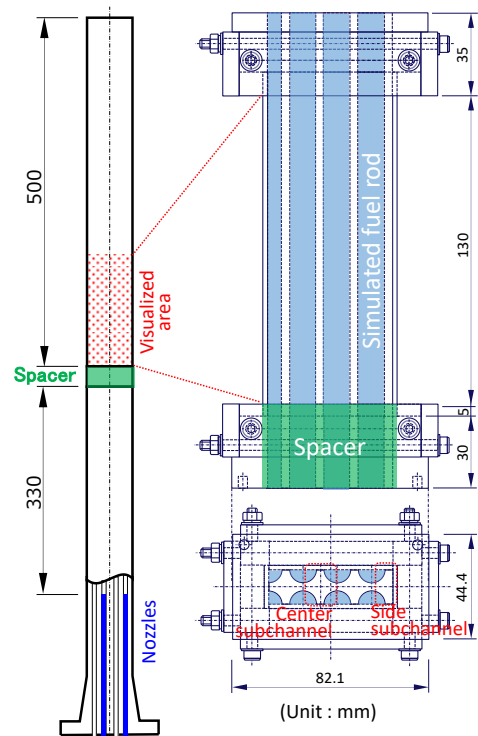


Fig.1 Test section

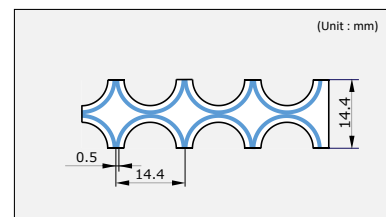


Fig.2 Simulated spacer (ferrule type)

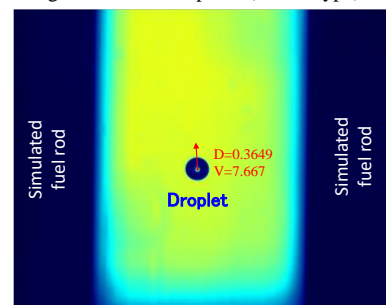


Fig.3 Droplet snapshot