超音速蒸気インジェクター作動原理に関わる流動構造

Flow structure related to operating mechanism of supersonic steam injector

*鎌田 裕貴[1]，古山 栄太[1]，金子 暁子[1]，阿部 豊[1]
[1]筑波大学

蒸気インジェクター（SI）の作動原理を明らかにするため内部流動構造の把握を試み、ハイスピードカメラによる可視化やデータの処理を実施し、ディフューザ内部での流動形態について考察した。

キーワード：蒸気インジェクター，気液二相流，直接接触凝縮，原子炉安全システム

1. 緒言

蒸気インジェクター（SI）は水と蒸気の直接接触凝縮により駆動力を得る噴流ポンプである。無電源でも駆動することから原子力発電所における安全システムとしての運用が期待される。しかしながら、その作動条件や昇圧メカニズムは解明されていない。本研究では SI 内部における噴流の挙動を調べるため可視化実験及び画像処理を行った。

2. 実験・結果

SI テスト部において流動の可視化を行った。図 1 にディフューザ部の可視化の様子を示す。背後から光源を当てて撮影をしており輝度の低く影になっているところは気泡もしくは液滴が光を遮るため暗く見えていると推測される。したがって暗く見えている領域は気液が混合している状態と推測される[1]。また、図 1 に示すようにディフューザ流路の途中で流動挙動が急激に変化する境界を確認した。これは本実験形態におけるあらゆる条件での作動時において共通して存在している。この流動境界の上下の流れの流動形態を確認するためにそれぞれの動画について画像処理を行い、流速を見積もった。境界下流については圧力波と考えられる明るさの伝播が存在するため図 2 に示すように粒状の影について追跡し、境界上流については界面がはっきりしないため図 3 に示すように輝度の時間変化量について追跡し垂直方向速度を算出した。この結果、境界下流では約 5~15 m/s、境界上流では約 30~40 m/s と異なり、この急激な流速の変化が圧力へ変換に寄与していると考えられる。さらに流入蒸気が全量凝縮したと仮定して、入口水及び入口蒸気の質量流量から断面積ごとの見かけ流速を算出した。これを画像処理による流速と比較すると図 4 に示すように境界下流における流速とおおよそ一致した。これにより境界下流の流れは蒸気の凝縮が完了している状態であり、一方上流側は蒸気が残存している状態で流動境界位置にて急凝縮が起きているものと考えられる。

3. 結言

SI 作動時のディフューザ部における流動挙動は途中で大きく変化する境界が存在し、その位置において圧力の変換及び蒸気の急凝縮が起きていると考えられる。

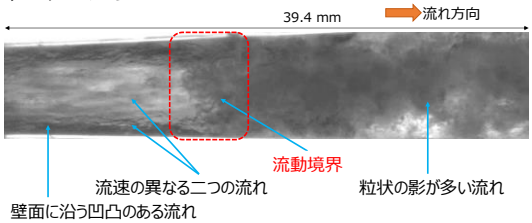

図 1 ディフューザ部内での流動挙動の急激に変化する境界

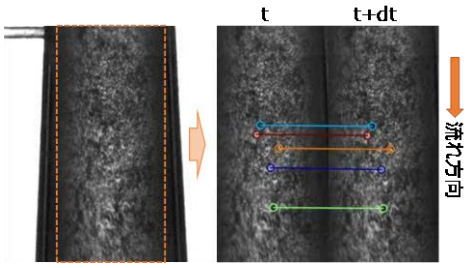

図 2 特徴点検出による ディフューザ下流の流速算出

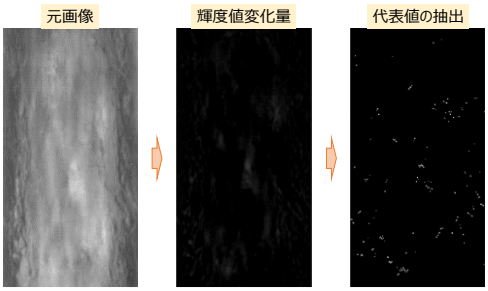

図 3 輝度値変化勾配による ディフューザ上流の流速算出

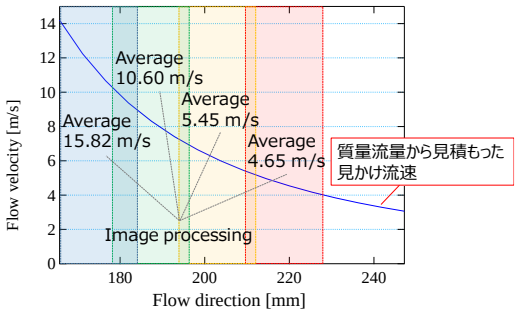

図 4 質量流量から算出した見かけ流速

参考文献

[1] Abe, Y. et al (2014), "Study on the characteristics of the supersonic steam injector", Nuclear Engineering and Design, 268, 191-202.

*Yuki Kamata[1], Eita Koyama[1], Akiko Kaneko[1]and Yutaka Abe[1]

[1]University of Tsukuba