

湾曲流路を流れる高速 Li 噴流の内部流動構造に関する研究

Study on inner flow structure of high-speed lithium jet flowing along in concave channel

*葉狩 大地¹, 沖田 隆文¹, 帆足 英二¹

¹大阪大学

核融合中性子源における Li 噴流内部の流動構造を把握するために、ELTL 体系の LES シミュレーションを行った。計算結果から内部流動構造が自由表面変動に与える影響を評価した。

キーワード：核融合中性子源，Li 噴流，湾曲流路，渦構造，自由表面変動

1. 緒言

核融合中性子源として、現在日本では先進核融合中性子源(A-FNS)の開発が進められている。A-FNS では厚さ 25mm で縦型湾曲流路を流れる Li 噴流に重陽子ビームを照射、14MeV の中性子場を形成する。Li 噴流は重陽子ビームによる熱負荷の除熱のため安定な流動が求められ、これまで実規模 Li 循環装置(ELTL)を用いてその安定性については実証されてきた[1]。一方、既に ELTL は解体されたが、実機における Li 噴流の監視方法の実証のためには Li での実験検証が望まれる。しかし、現存する Li ループは水平直線流路で 10mm 膜厚を持つ阪大 Li ループのみであり、これを今後の実機開発に活用していくためには膜厚の違いや湾曲流路で起きる特有の乱流構造の影響を解明する必要がある。そこで ELTL 体系の LES シミュレーションを行い、実験と比較するとともに Li 噴流の内部流動が表面変動へ与える影響を評価した結果について報告する。

2. 計算モデル

計算体系は ELTL の二段縮流ノズル及び湾曲流路部を模擬、流路幅方向は 10mm として周期境界条件を与えた。乱流モデルは LES(Large Eddy Simulation)でサブグリッドモデルには WALE を用いた。2000 万超のメッシュ数で非定常二相流解析を実施するため OpenFOAM を阪大スパコン SQUID 上で走らせることで 1000 並列を超える大規模並列計算を実現した。

3. 結果と考察

図 1 に実験と計算における流れ方向の平均膜厚分布の比較を示す。誤差は 1%以内であり本計算の妥当性が確認された。

図 2 に $t=0.6$ 秒における流路底からの渦の最大距離を示す。速度勾配テンソルの第二不変量が 10000 以上の部分を渦とみなし、壁面からの最大距離を縦軸にしている。湾曲流路ではゲルトラー渦の発生が予見されており、それが表面変動にどのように寄与するかが解明されてなかったが、渦は壁面から 5mm 以内に留まっており、噴流厚さ 25mm に対して十分な距離があることから表面変動に直接的な影響を与えることは考えにくい。またビーム照射領域では流路底から 4mm に重陽子ビームの発熱ピークがあるが、ここでは壁乱流による乱流熱拡散による効率的な除熱が期待できる。

参考文献

[1] T. Kanemura, *et al.*, Fusion Engineering and Design, Vol. 98-99, Oct, 2015, pp.1991-1998

*Daichi Hagari¹, Takafumi Okita¹ and Eiji Hoashi¹

¹Osaka Univ.

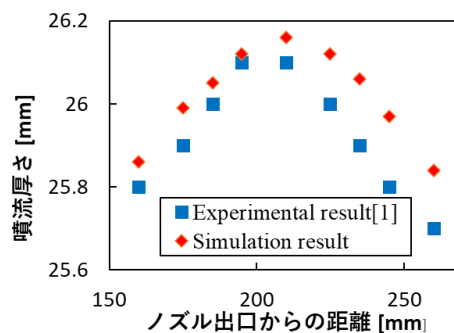


図 1 流れ方向の膜厚分

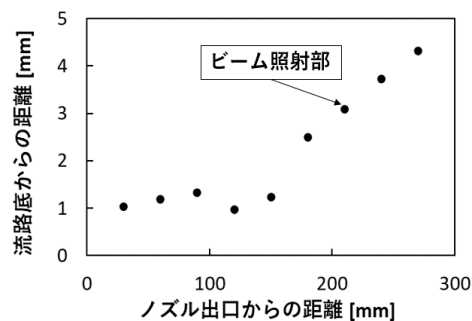


図 2 渦の流路底部からの最大距離