

液体リチウムの流動と磁場の相互作用に関するシミュレーション

Study on fluid dynamics of liquid metal breeder under magnetic field

*岩間悠樹¹, 鍵仲将¹, 帆足英二¹, 沖田隆文¹, 山岡信夫¹, 堀池寛², 横峯健彦³, 室賀健夫⁴

¹大阪大学, ²福井工業大学, ³京都大学, ⁴核融合科学研究所

ヘリカル型核融合炉における液体金属ブランケットの安全性や冷却能力を評価するためには強磁場下での液体金属の電磁流体的な特性を把握することが重要である。ここでは、まず電磁流体シミュレーションモデルの妥当性を検証するために、過去の研究でその精度が確認されている液体金属リチウムのノズル内流動に関する電磁流体シミュレーションを実施した。

キーワード: 液体金属ブランケット、LES、電磁流体シミュレーション

1. 緒言

現在、ヘリカル型核融合炉において検討されているリチウム鉛を用いた液体金属ブランケットは、プラズマ第一壁の冷却性能および増殖燃料の回収の観点から、その技術の早期確立が望まれている。核融合炉内は強い磁場環境下に置かれるため、液体金属の強磁場下での伝熱流動特性は、液体金属ブランケットの性能を決める要因の一つである。一方、これまで大阪大学では、IFMIF/EVEDAの枠組の中で、大型の液体金属リチウム循環装置を用いてその流動特性を評価してきた[1]。そこで本研究では、その知見を活かし、液体金属リチウムの電磁流体的な特性を把握することで、液体金属ブランケット開発に資することを目的とする。ここでは、まずシミュレーション評価モデルの妥当性を検証するために、過去の研究でその精度が確認されている液体金属リチウムのノズル内流動[2]に関する電磁流体シミュレーションを実施した。

2. シミュレーションモデル

Fig.1 に計算モデルを示す。大阪大学液体金属 Li 循環装置に設置されている二段縮流ノズルを対象とし、計算負荷低減のため上部のみを模擬して底面は対称境界としている。ノズル出口からは 20mm 先の噴流部までを模擬しているが、自由界面計算はせずに界面部分をスリップ壁としている。幅は 5mm とした。総メッシュ数は約 300 万、CFD ツールには ANSYS FLUENT 16.0 を用いた。乱流モデルは LES を使い、一様外部磁場を z 方向に与え、誘導電流の計算には FLUENT の電磁流体解析モジュールを用いた。

3. 結果・考察

Fig.2 にノズル内部の渦構造の磁場の有無による比較を示す。渦は速度勾配テンソルの第 2 不変量 (Q 値) の等値面で可視化している。ノズル内部境界層内に発生した渦が磁場により抑制されることを確認した。

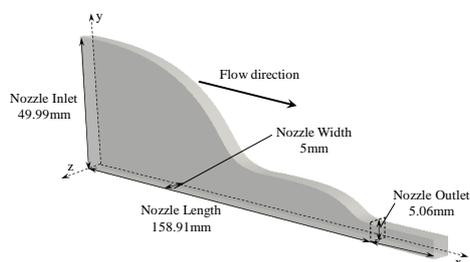


Fig.1 Simulation Model

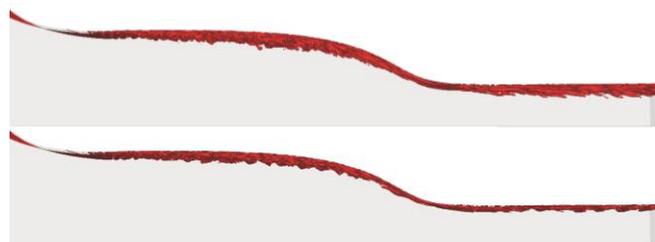


Fig.2 Vortex structure near wall inner nozzle

参考文献

[1] T.Okita et al., Fusion Eng. Des., 98-99, p.2050, 2015.

[2] E.Hoashi et al., Proc. ICONE-19, Osaka, 2011.¹

*Yuki Iwama¹, Masaru Kaginaka¹, Eiji Hoashi¹, Takafumi Okita¹, Nobuo Yamaoka¹, Hiroshi Horiike², Takehiko Yokomine³, Takeo Muroga⁴