

液体金属ダイバータ開発に向けた
液体金属の磁場中流動の観測
**Observation of liquid metal flow in magnetic field
for development of liquid metal divertor**

平賀涼輔¹⁾、AL SALAMI Jabir¹⁾、次木匠¹⁾、花田和明²⁾、胡長洪²⁾
HIRAKA Ryosuke, AL SALAMI Jabir, TSUGIKI Takumi, HANADA Kazuaki,
HU Changhong
¹⁾九大総理工、²⁾ 九大応力研
¹⁾IGSES, Kyushu Univ, ²⁾ RIAM, Kyushu Univ

1. 研究背景

液体金属ダイバータは原型炉向けの先進技術として研究が進められている。プラズマ対向材料として液体金属を使用し、その流動性によって熱処理能力が向上することを期待したダイバータで、国際核融合実験炉（ITER）で採用されるタングステンをシールドプラズマ対向材としたダイバータの運用限界を超える熱負荷での使用が期待される。液体金属は磁場が存在すると磁力線に直交する方向に電磁流体力学的な力（MHD drag）を受けるため、強磁場配位環境下での流動方向の制限が懸念されている。流動制限は液体金属ダイバータの熱処理機能に影響を与えるため、詳細把握する必要がある。

本研究では液体金属ダイバータ設計開発のための磁場中の液体金属流動特性理解を目的とし、常温で液体である低融点合金ガリンスタン（GaInSn、Ga:67.5%, In:24.5%, Sn:12.5%）と電磁石を使用した流動観測基礎実験^[1]と数値計算による基礎実験の再現・検証^[2]を行っている。これまでの基礎実験において、開水路流れであるガリンスタン流に磁場を印加することで、流動の両端で流れが隆起し下流部に向かうごとに隆起が中心に集まり交差する特徴的な変化が見られた。この隆起について、発生の要因とみられる磁場との関連性から検討する。

2. 磁場分布の計測

実験と計算の比較をするために磁場分布の計測を実施した。計算では3次元分布が必要で、実測では3次元分布を計測することは困難であるため、最も磁場が強くなる鉄芯中央部を磁場に垂直方向での1次元分布の計測を実施した。計測には直交座標系における3方向の磁場強度の同時計測が可能な3軸テスラメーター（8030,

F. W. BELL）を使用した。計測結果は鉄芯が切り込まれている場所の近傍を除いて有限要素法で計測した結果と一致した。この結果、必要な3次元磁場分布を有限要素法を用いた計算で与えることが妥当であると確認された。

3. 流動の交差位置のシミュレーションとの比較検討

基礎実験ではガリンスタン流に印加する磁場の増加に伴い、隆起の交差位置が下流側に移動していく様子が確認された。流動シミュレーションで検証を行ったところ、印加磁場の増大に伴い、交差位置が上流側に移動していく実験とは反対の傾向が確認された。このような差異が生じた要因として、ガリンスタン表面が酸化したことによる表面張力の増加の関与が示唆されるため、より厳密な隆起観測には酸化を防止した実験環境が必要となることが分かった。

4. まとめ

磁場印加によりガリンスタン流に生じた隆起について検討するため、基礎実験の実測磁場と計算を比較して一部を除いて一致していることを確認した。隆起の交差位置の磁場依存性が実験と流動シミュレーションで反対となった。流動シミュレーションでは表面張力の影響が大きいことが分かったので今後実験で確認する予定である。

参考文献

- [1] 次木匠, “磁場中での液体金属の開水路流れ,” 九州大学総合理工学府 *Master thesis*, 2019.
- [2] J. Al-salami, “Proposal for a Liquid Metal MHD Experiment for CFD Code Validation,” pp. 1–8, 2020.