誘導結合プラズマとの相互作用による液体金属からの液滴放出時における 液面の形状変化

Change in surface shape in ejection of droplets from liquid metal

interacting with inductively coupled plasma

北大工 〇濱名優輝, 白井直機, 佐々木浩一

Hokkaido Univ. OY. Hamana, N. Shirai, K. Sasaki

E-mail: hamana@eis.hokudai.ac.jp

【はじめに】

現在、核融合研究の分野では、液体金属をダイバ ータ材料に用いる研究が行われている。しかし、液体 金属とプラズマの相互作用により液滴が放出される 問題が存在する[1]。液体金属からの液滴放出が普遍 的な現象であると、液体ダイバータの開発にとって 大きな障害となる。一方、大気圧プラズマと水などの 液面が相互作用する場合にも液滴放出が観測されて おり[2]、そのメカニズムを解明することは気液界面 プラズマ研究において重要な課題となっている。本 研究では、誘導結合プラズマを用いることによりイ オンフラックスとイオンエネルギーを独立に制御で きる実験装置を構築した。これまで本研究では、液滴 が放出されるのに必要なプラズマパラメータを調べ たが、液滴放出時の液面形状については調べていな かった。今回は液面の形状に着目して、液滴放出のメ カニズムを理解することを目指した実験を行った。 【実験方法】

真空容器の外部に誘導結合プラズマ生成用の高周 波アンテナを設置し、ガス圧 30 mTorr、電子密度 1× 10¹⁰~1×10¹³/cm³の外部アンテナ型 ICP を生成した。 ガスはアルゴン、ヘリウム、または水素を使用した。 真空容器底部に液体状態のガリウムまたはスズを入 れた真鍮の容器を設置し、真鍮製容器を介して液体 金属にバイアス電圧を印加した。Fig.1 に真空容器内 部の試料設置の様子を示した。高周波電力を変化さ せるとプラズマ密度が変化し、液体金属に照射され るイオンフラックスを制御できる。一方、直流バイア ス電圧を変化させることにより、液体金属に照射さ れるイオンエネルギーを制御した。液体金属表面か ら 5 cm 上方の空間に波長 457 nm のシート状 cw レ ーザー光を入射し、液滴による散乱光をイメージイ ンテンシファイア付きのビデオカメラで撮影するこ とにより、液滴の存在を確認しながら実験を行った。 液体金属の表面を別のビデオカメラを用いて撮影し、 液滴放出時の液面の様子を観察した。

【実験結果及び考察】

巨視的に観察すると、稀にではあるが、Fig.1 に示 すように、液面が徐々に膨らみ、最終的に破裂したと きに液滴が飛散することが観測された。微視的に観 察した場合では、液体金属表面に小さな突起物が頻 繁に出現していることが観測された。液滴が放出さ れるにはイオンフラックス及びイオンエネルギーの 両方に関する閾値が存在した。Fig.2 はアルゴン、へ リウム及び水素プラズマと液体ガリウムを相互作用 させ、液滴が放出されるときの閾値をプロットして いる。同じイオンエネルギーで比較すると、ヘリウム 及び水素プラズマではアルゴンプラズマに比べ1桁 ほど小さいイオンフラックスで液滴が放出された。 閾値条件において、プラズマを生成してから液滴が 放出されるまでに長時間を要する場合が多く(約3 00秒)、その時間はイオンエネルギーを増加させる と大幅に短縮した。液面の形状変化の結果より、液滴 が放出されるメカニズムはガスが液体金属中に溜ま り、溜まったガスが気泡となって液面で破裂を生じ て液滴が放出されるモデル[3]が有力であり、ガス種 やイオンエネルギーによって、ガスが液体金属中に 留まる時間が変化していると考えられる。



Fig.1 Behavior of liquid surface and droplet ejection.



Fig. 2 Bias voltage and current density at the threshold condition for the initiation of the droplet ejection. The arrows indicate the area in which the droplet ejection was observed.

【参考文献】

- K. Sasaki, H. Ishigame, and S. Nishiyama, Eur. Phys. J. Appl. Phys. 71, 20807 (2015).
- [2] K. Sasaki and H. Koyama, Appl. Phys. Express 11, 036201 (2018).
- [3] Y. Shi, G. Miloshevsky, and A. Hassanein, Fusion Eng. Des. 86, 155 (2011).