

高輝度短波長光源に向けた液体金属流制御とパルス電源の検討
**Study on control of liquid metal flow and consideration of pulse power supply
 for intense X-ray light source**

本間 佑奈*, 戸矢一弘, 渡部 祥史, 高橋 一匡, 佐々木 徹, 菊池 崇志, 原田 信弘

Yudai Homma*, Kazuhiro Toya, Yoshifumi Watanabe, Kazumasa Takahashi,
 Toru Sasaki, Takashi Kikuchi, Nob. Harada

長岡技術科学大学
 Nagaoka University of Technology

高輝度短波長光源の一つとしてXピンチ型プラズマ源[1]があるが、放電するたびに細線がアブレーションするため、負荷の連続的な供給が困難である。そのため、液体金属流を用いて連続的に負荷を供給できるXピンチ型プラズマ源が提案されている[2]。ピンチプラズマの形成には液体金属流をピンチできる強力な磁気圧が必要であり、電源の検討及び細い液体金属流が重要である。そこで本研究では、電源として磁気パルス圧縮電源を用い、設計した放電負荷における電源の特性評価をした。また、液体金属流の押し出しガス圧力を調整し、液体金属流の直径との依存性を評価した。磁気パルス圧縮電源は最終端での低インダクタンス化により大電流短パルスを期待できるため採用した[3]。設計した液体金属用放電負荷における電源の特性を得るため、液体金属用放電負荷の形状を模擬した負荷を使用し、液体金属流の代替として直径1 mmの銅線を用いて短絡試験を行った。その結果、設計した放電負荷における電源の特性は最大電流値15.6 kA、電流立ち上がり率22.3 A/ns、回路インダクタンス46.8 nHであった。

液体金属流の流速を上げると液体金属流のレイノルズ数(Re 数)とウェーバー数(We 数)が変化する。この2つの値はノズル径が異なる場合においても、流体挙動の変化を相似的に評価できる[4]。本研究では、 Re 数、 We 数と液体金属流の最小直径の依存性について評価し、 Re 数、 We 数の値によって液体金属流を制御することを目指した。

液体金属を供給する装置には直径122 μm のノズルを使用した。使用した液体金属は常温で液体状態のGalinstan (Ga: 68.5 %, In: 21.5 %, Sn: 10 %)を用いた。真空チャンバ一内に N_2 ガスで液体金属を押し出し定常的に供給した後、レーザーを2 μs 発光させ、液体金属流の挙動をカメラで撮影した。液体金属流の Re 数と We 数を変化させるため、液体金属を押し出す N_2 ガスを調整し液体金属流を制御した。図1に液体金属流の最小直径と Re 数、 We 数の依存性について示す。横軸は液体金属流の最小直径をノズル径で正規化した値、縦軸はノズル先端から液体金属流の最小直径までの距離をノズル径で正規化した値である。この結果、最小直径はノズル直径の0.9倍程度になることが確認できた。また、 Re 数、 We 数の上昇に伴い液体金属流の中心軸方向に発生する表面波の形状が変化し、 $Re > 3600$ 、 $We > 140$ からノズル直径の10倍程度の波長を持つ表面波を確認できた。さらに、 Re 数、 We 数の上昇に伴い液体金属流の最小直径も減少することが明らかとなった。

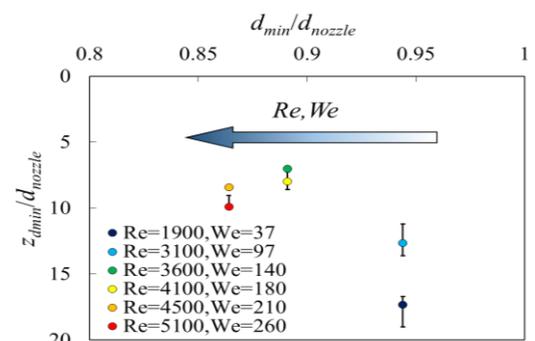


図 1 液体金属流の最小直径と Re 数、 We 数の依存性

- [1]. J. Wu *et al*, *Phys. Plasma.*, Vol. 18, No.052702 (2011)
 [2].武脇 大樹 他, 電気学会論文誌A, Vol.135, No.3 pp.155-160 (2015)
 [3].廣野 佳那子 他, 静電気学会誌, Vol.35, No.6 pp.261-266 (2011)
 [4]. C. Dumouchel *et al*, *Exp. Fluids*, Vol. 45, pp.371-422 (2008)