

流れるプラズマと物体との相互作用の観測とその特性 Characteristic of Interaction with Flowing Plasma and Structure

山家清之, 近藤翔麻, 舛田聖也, 阿部聖矢, 安中裕大
Kiyoyuki YAMBE, Shoma KONDO, Seiya MASUDA, Seiya ABE, Yuta ANNAKA

新潟大学
Niigata University

流体としての流れるプラズマの運動は電磁流体力学の式によって記述され、真空容器中におけるプラズマでは衝突による影響は少ないものと仮定して、理想状態に近似して考えるのが一般的である。しかしながら、真空容器中のガス圧を数百Pa程度に高めていくと、衝突による影響を無視することができなくなり、理想状態とは大きく異なってくる。例えば、図1に示すような太さの異なる石英管とアクリル管をつなぎ合わせた真空容器中にプラズマを発生させると、印加する電圧の周波数によってプラズマの発光が大きく変化することが観測される。プラズマは細い石英管部分で発生するためパッシェンの法則によらず、低いガス圧から高いガス圧まで、広い範囲でプラズマ生成が可能となる。また、細い石英管部で発生したプラズマは、ガスの流れによって太いアクリル管へ流れて行く。印加電圧の周波数を変えると入力電力も変化するが、このプラズマ発光の変化は極めて狭い周波数範囲で発生している。図1において、(a) 40.3 kHzから徐々に周波数を上げていくと(b) 50.2 kHzで突然発光が強くなり、そして細い石英管内におけるプラズマは電極近傍に集中する。この周波数変化による入力電力の変化は数%程度で有り、入力電力の増加によるプラズマ生成量の増加による発光の増強では無い、プラズマの状態変化による発光の増強となると考えられる。そこで本研究では、真空容器内にプラズマを発生させ、高いガス圧における現象を観測し、その現象発生要因の明らかにすることを目的とする。

実験装置は、真空容器となる石英管、アクリル管、シリコンチューブから構成され、ロータリーポンプにより3 Pa程度まで排気される。プラズマ発生に用いるヘリウムガスはマスフローメータに接続したシリコンチューブを通して真空容器内に流れ、ガス圧は5 Pa ~ 5 kPaに制御され、数百Pa以上であれば、流れるプラズ

マによるプラズマジェットも観測できる。アクリル管から近い石英管部分に銅板電極を巻き付け、高周波高電圧(ハイデン研究所社製PHF2-KH)を印加してプラズマを発生させる。印加電圧は9 kVとして、周波数を1 kHz ~ 100 kHzの範囲で変化させることが可能である。また、電圧パルス幅は約400 μ sとなる。電圧は高電圧プローブによって測定し、電流は電流プローブを用いて測定される。

プラズマ発光強度のガス圧依存性において、低いガス圧となる20 Paでは100 kHz前後で発光が強くなり、76 kHz前後で発光の強さが元に戻る。高いガス圧の2 kPaでは16 kHz前後で発光が強くなり、10 kHz前後で発光の強さが元にもどる。したがって、プラズマ発光の周波数に対する変化はヒステリシスな特性を持つことが確認できる。そしてガス圧の増加と共に、変化を示す周波数は減少する。一方、プラズマの発光が弱い状態において、プラズマ電流はガス圧が増加すると増加するが、プラズマの発光が強くなると特定のガス圧で電流が最小となる傾向を示す。したがって、プラズマ発光の変化の前後においてプラズマの状態変化が発生していることが考えられる。

さらに流れるプラズマを物体へ照射すると、図1(c)のようにプラズマの流れはローレンツ力によって変化することが観測される。

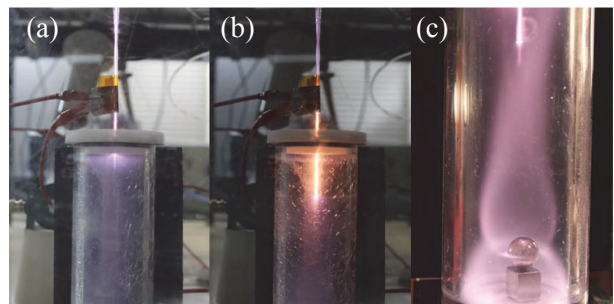


図1 周波数に対するプラズマ発光の変化と物体への照射時の様子

(a) 40.3 kHz (b) 50.2 kHz (c) 物体への照射