

## 紫外線照射によって分極した微粒子による微粒子プラズマの生成

## Generation of dusty plasma with polarized dust particles under ultra violet irradiation

# 三沢 達也 [1]; 大津 康徳 [1]; 藤田 寛治 [1]  
# Tatsuya Misawa[1]; Yasunori Ohtsu[1]; Hiroharu Fujita[1]

[1] 佐賀大・理工・電気電子  
[1] Electrical and Electronic Eng., Saga Univ.

<http://www.ee.saga-u.ac.jp/plasma/index.html>

宇宙空間において、太陽からの強力な紫外線や荷電粒子が人工衛星などに照射されることによって、照射表面が正に帯電することが知られている。人工衛星の表面は、宇宙プラズマや紫外線が照射されることによって帯電する。一般的にプラズマ中の物体は、イオンや電子の入射によって負に帯電するが、太陽からの強力な紫外線が照射される場合には照射表面からの光電子放出が顕著になるため、正に帯電することも可能となる。この時、衛星が絶縁体で覆われている場合には紫外線の照射面と非照射面での正味の電流量（イオン電流、電子電流、光電子放出による電流の和）が違ってくるため、照射面と非照射面の間で衛星表面に電荷の分布が生じて、衛星周辺のポテンシャル分布も導体とは大きく異なると考えられる。地上での実験でも、一般にプラズマ中の微粒子は負に帯電するが、紫外線照射環境下においては、絶縁性微粒子は紫外線が入射する面の一部が正に、反対面が負になるような帯電の表面分布を持つと予想され、帯電微粒子を電気双極子として取り扱うことが可能になると考えられる。微粒子を電気双極子とする実験的取り扱い、分極性の物質の構造形成や挙動を明らかにする上で非常に重要であると考えられ、微粒子を電気双極子として取り扱うことにより、新しい静的現象や動的挙動の観測が期待される。本研究では紫外線を絶縁微粒子に照射することによって、微粒子表面の電荷分布を誘起して帯電微粒子を分極させ、非等方的な結合状態にある帯電微粒子群のダイナミクスを解明する。直径 300mm、高さ 400mm のステンレス製真空容器の中心部に直径 180mm の 1 ターンの内部リングアンテナを設置し、マッチングボックスを通して周波数 13.56MHz の RF 電力を印加することで、プラズマを生成する。RF 電力 20W、Ar ガス圧  $3.8 \times 10^{-2}$  Torr の時、典型的なプラズマパラメータは電子密度  $10^{13} - 10^{14} \text{ m}^{-3}$ 、電子温度 3 - 4 eV 程度である。帯電微粒子をプラズマ中で閉じ込めるため、内部リングアンテナの同軸上に閉じ込め電極を設置し、微粒子を静電的に捕捉した。閉じ込め電極は帯電微粒子を鉛直方向に浮遊するための円盤電極と水平方向に閉じ込めるためのリング電極（それぞれ直径 90mm）から構成されており、それぞれ独立に負バイアスを印加することが可能である。絶縁性微粒子はアクリル製の粒径  $10 \mu\text{m}$  のもので、円盤電極の上方に設置した微粒子供給器から落下させて供給した。落下した微粒子はプラズマ中で帯電し、閉じ込め電極周辺のイオンシースによって静電的に捕捉される。捕捉した微粒子の観測は、水平方向から入射した He-Ne レーザーによる散乱光を CCD カメラで撮影することで行った。紫外線照射実験では、重水素ランプと紫外線発光ダイオードを用いて紫外光を照射した。微粒子雲の下面及び側面から紫外線を入射し、微粒子の構造や挙動の変化を観測する。重水素ランプを捕捉電極（捕捉微粒子）に対して紫外光を水平方向から入射し、微粒子の挙動の変化について観測を行った。また紫外線 LED を用いる場合には、微粒子の捕捉位置の真下から紫外線が照射されるように紫外線 LED を円板電極に埋め込んで設置し、微粒子からの距離が数 mm 程度から照射した。Ar プラズマを生成した後、負バイアスした閉じ込め電極上方から微粒子を投入すると、プラズマ中で負に帯電した微粒子は閉じ込め電極周辺のイオンシース電界によって浮遊し、鉛直方向に規則的な配列を持つ微粒子雲が捕捉された。微粒子雲は、全体の形状としては下部が丸く、上部が伸びた形状をしており、微粒子雲の下部では微粒子が鉛直方向に規則的に配列し、水平方向には比較的自由に移動する内部構造が観測された。微粒子が水平方向に運動あるいは振動する際には、鉛直方向につながる微粒子列全体がほぼ同時に動くことから、鉛直方向の微粒子は強結合状態にあり、また微粒子の鉛直方向のクーロン結合は水平方向に比べて大きいと考えられる。プラズマ中で捕捉した微粒子に重水素ランプを用いて紫外線を横方向から入射し、紫外線入射による微粒子群の挙動の変化を観測したが、顕著な変化は観測されなかった。原因としては、紫外線のパワー（光量）が不十分、光源から微粒子までの距離が遠く光量が少ないなどの原因が考えられる。これまでの研究で、30W の直流放電重水素ランプや紫外線 LED を用いた実験を行ってきたが、紫外線の強度不足などの原因から光電子放出による微粒子の挙動の変化は見られなかった。そこで、より放射強度の強い 150W の重水素紫外線ランプを用い、紫外線による微粒子プラズマの変化について実験を行った。講演では紫外線照射に伴う微粒子プラズマの構造、挙動の変化について報告する。