

小特集

微小重力環境を利用したプラズマプロセスへの誘い

Invitation to Plasma Processings under Micro-Gravity Environment

1. はじめに

三重野 哲

静岡大学理学部

(原稿受付: 2006年12月12日)

自然界における重力は弱い力と呼ばれているが、力の遮へいができないため、宇宙構造においては非常に重要な力である。太陽のような恒星では、質量が巨大なために、中心部の高温高圧力条件が維持され、水素の核融合反応が安定に起きている。一方、地上では巨大な重力を利用することは困難であり、プラズマ閉じ込めには電磁力などの他の力を利用しなければならない。通常の実験室プラズマにおいては、プラズマ温度、衝突頻度および密度均一性から、重力、浮力および熱対流の効果をそれほど考慮しなくてもよかった。

しかし、昨今のプラズマを利用した新材料合成、大気圧プラズマやマイクロプラズマ実験においては、しばしばガス圧力が10 kPa以上であったり、プラズマ源(熱源)が局所的である。その場合、粒子間の衝突周波数が大きく、高温部の浮力が大きく、熱対流の影響が重要となる。このような不均一多衝突系のプラズマでは、重力効果を無視することができない。今回、地上ではつねに存在する重力を抑え、微小重力環境を作った場合、この不均一多衝突プラズマを用いたプラズマプロセッシングがどのように修正されるかを紹介する。また、どのような利点が期待されるかを紹介する。そして、将来の宇宙微小重力利用研究について議論する。

第2章では、微粒子プラズマの微小重力実験の現状を紹介する。重力によって安定化したクーロン結晶は、微小重

力条件で、別の3次元安定構造をとることができる。ドイツ、ロシア、日本のグループが人工衛星などを用いて、その科学的研究を行っている。第3章では、多体系の物理化学現象における揺らぎが、微小重力状態では時間成長し、重要な役割を果たすことを紹介する。気相化学反応において、微小重力効果が現れている。第4章では、微小重力を用いた無容器プロセスについて紹介する。著者は、溶液からの固体材料合成(合金、多元半導体、ガラスなど)の専門家である。しかし、プラズマCVD法においても、比重の異なる原料の混合や壁での不純物混入防止などの場合に、この無容器プロセスの重要性が強調される。そして、微小重力無容器プロセスの発展性を知ることができる。第5章では、ナノチューブなどの炭素クラスターをアーク合成する時の重力の役割を紹介する。そして、冷却合成過程の制御において、微小重力の効果が述べられている。第7章では、宇宙活動と関連し、無重力環境で金属を溶接する時の重力効果が実験的に明解に紹介されている。溶接、溶解などの技術においても重力の影響は大きい。最後の第7章では、微小重力環境を利用した実験を行いたい場合のガイドが述べられている。宇宙空間での実験は非常に高価であるが、短時間の微小重力の機会は多くあり、各研究者のアイデアを実現する手段として、広範な利用が期待される。

これらの研究において、財団法人宇宙フォーラム、JAXAなどからの支援の機会もあることを文末に添えておく。