

1. 研究領域名：プラズマを用いたマイクロ反応場の創成とその応用

2. 研究期間：平成15年度～平成19年度

3. 領域代表者：橘 邦英（京都大学・大学院工学研究科・教授）

#### 4. 領域代表者からの報告

##### (1) 研究領域の目的及び意義

従来のプラズマ科学技術の主流である「低圧力領域で大容量の均一なプラズマ」という方向を転換し、「必要な場所に必要な大きさで必要な特性をもったプラズマ」という発想で以下の3つの観点から新しいプラズマ科学技術の展開を目指してきた。すなわち、ミリメートルからマイクロメートルのマイクロな空間領域において、①プラズマを如何に安定かつ高効率に生成するか、②微小空間プラズマにどのような新しい物性を見出すか、③それを応用した技術にどのような新展開を創出していくか、について計画研究と公募研究を有機的に組み合わせて系統的に追求し、実証していくことを目的としてきた。空間的スケールの微小化にともなって表面の影響が大きく現れ、プラズマ粒子の滞在時間も短くなるため、非平衡性の割合が増える。また、最適動作圧力も大気圧を含む高い領域に移行するため、低電離度でもプラズマ密度は従来の低圧プラズマに比して格段に高くなる。一方で、プラズマは一般的な性質として、反応性、発光性、導電・誘電性をもっているが、さらに、マイクロプラズマでは単一の用法のみならず、その1～3次元的な配列や集積化によって集積的な用法の選択も可能になる。このように、従来のプラズマの性質を時空間領域における微小性や用法の選択性と巧妙に組み合わせることによって新規な特性を引き出し、新分野としてのマイクロプラズマの科学や応用技術を確立していくことを目標として、総合的なプロジェクト研究を進めてきた。

##### (2) 研究成果の概要

マイクロプラズマの生成と制御（つくる）、診断とシミュレーション（みる）、新規応用技術の開拓（つかう）という3つの研究班の構成と相互連携によって、総合的なプロジェクト研究を推進してきたが、主要な成果をそれぞれの視点で分類して要約する。つくる班では、マイクロプラズマの高効率生成に関わる小型電源や伝送系の開発を進め、各種プラズマジェットのシステムに応用した。また、気体-液体、気体-固体の混合されたヘテロ媒質中での放電プラズマの生成法の開発も行った。中でも、電極表面で液体が形成するテイラーコーンを利用したマイクロ放電や、電解質中での電気分解で生成した H<sub>2</sub> または O<sub>2</sub> のマイクロバブルの低電圧放電は新しい技法として特筆される。みる班では、次世代露光技術の中核となる EUV 光源用のマイクロ Z ピンチプラズマにおいて、レーザートムソン散乱法による電子密度や温度の時空間分解測定に初めて成功した。また、マイクロプラズマの二次元的配列を用いて、ミリ～サブミリ波領域でのプラズマフォトリック結晶やメタマテリアル等の新規な電磁媒質としての特性を検証した。つかう班では、微小空間での非平衡性に低温や高圧、高密度媒質などのエキゾチックな条件も付加して、各種物質のナノ粒子合成、高速の薄膜堆積やエッチングプロセス等の技術開発を推進した。また、微量化学分析、バイオセンサーデバイス、滅菌・殺菌や医療、宇宙推進技術などへのマイクロプラズマジェットの新規応用を展開した。

#### 5. 審査部会における所見

##### A （研究領域の設定目的に照らして、十分な成果があった）

本研究領域は、プラズマ科学技術分野でもユニークな「マイクロプラズマ」を提案し、広範な応用が期待される多くの成果を得ている。基礎的な現象を豊富に確認しており、学術的基盤構築のための基礎は確立された。多数の研究者の連携も行われ、マイクロプラズマという新たな領域を拓くという目的は十分に達成された。フォトリック結晶等の新規な現象を踏まえて、マイクロプラズマならではの応用や現象も視野に入ってきている。さらに、成果の公表を論文・シンポジウム、国際会議、ニュースレター等で盛んに行われている。マイクロプラズマが世界レベルで認定されるようになり、NEDO での研究開発につながっている産学連携も進んでいることから、新しい分野創成に成功したと評価する。ただし、学術的にはマイクロプラズマによる様々な新しい現象の観測にとどまっており、今後、得られた知見の学術的な体系化を期待する。