

## 液相プラズマ科学の研究課題と応用への展望

(プラズマエレクトロニクス分科会)

京都大学 江利口 浩二

近年、液相、気相及びその境界でのプラズマ応用が、さらに活発になっている。しかしながら、新材料創製などへの技術的応用は加速的に進展しているが、そのような場におけるプラズマの生成・反応メカニズムの科学的理解は未だ十分でない。そこで今回、プラズマエレクトロニクス分科会では、液相を中心とする反応場でのプラズマ生成過程、気相の発生、また、気相・液相界面の反応、生成種の振る舞いなどの原理・研究課題について議論するとともに、液相プラズマの応用技術についてその展望を議論する機会を提供することを目的として、本シンポジウムを開催した。各応用分野で活躍されている先生方に、液相プラズマの基礎（様々なプラズマ源に関する生成過程、反応過程など）、気相・液相界面を反応場とする種々のプラズマ源による材料合成、加工・改質など、幅広い分野への様々な液相プラズマの応用例を講演いただき、その課題などを参加者とともに概観・共有した。参加者はおおよそ150名程度であった。

液相プラズマ科学のニーズ（今回の企画の趣旨）についての江利口からのイントロダクトリートークに続き、7名の講演者から、基礎から応用について最前線での研究内容について興味深い話題が示された。

まず、京都大学の橋邦英先生から、種々の液相プラズマ反応場の構成についての説明が示された後、十分に解明されていない液相プラズマの科学的理解には、制御された系（単純化された系）での実験、モデリングが重要である、との話があった。また、一例として、メッシュ構造を用いたプラズマ発生例とその機構について示された後、実はそこには未だ理解できていない部分が多く、プラズマ発生機構の解明・理解が今後重要である、との話があった。続いて、東北大学の畠山力三先生から、正負完全電離状態のイオン液体を用いたプラズマ反応場の取り組みを中心に、シース構造の重要性、電荷移動の機構解明が、今後の重要な研究テーマであるとの話があった。会場からはシース構造について質問があり、液相プラズマ科学の基礎に対する興味の深さが伺えた。続いて、名古屋大学の石島達夫先生からは、電極を必要としないスロットアンテナを、通常のプロセス装置とは違って鉛直方向にアンテナ面を配置した構成での実験例が示された。液中でのバブルの発生とバブルの運動、プラズマの形成については、

会場からの質問と同様、当該装置の構成がもたらす、それらの物理（プラズマ発生、成長過程など）は興味深いものであった。その後、休憩を挟み、液相プラズマの応用例についての講演が続いた。名古屋大学の高井治先生からは、ソリューションプラズマという先駆的コンセプトのもとで研究を推進されてきた多くのテーマの中で、ソリューションプラズマの場における金ナノ粒子合成についての話があった。また、液相での反応粒子数の多さの利点を活かしたソリューションプラズマの多くの応用例を概観いただいた。続いて、東京大学の寺嶋和夫先生からは、超臨界状態+プラズマという切り口で、新しい材料創製についての話があった。超臨界状態でのプラズマによる反応を利用すれば、カーボンナノワイヤが半ば自己整合的にある方向に成長する機構の例が示された。会場からは、同様のナノ構造をつくるのが簡単ではなく、その理由を尋ねる質問もあり、液相プラズマプロセスの科学的理解の必要性が議論された。続いて、熊本大学の秋山秀典先生からは、水中でのパルスパワーによるプラズマ放電メカニズムについての話の後、引き続き、液相プラズマプロセスの応用例の1つとして、“アオコ”の処理（湖沼浄化）の説明があった。さらに実際に利用されている本処理装置の変遷（小型化）についての話があった。消費電力についての質問もあったが、システムが太陽電池を用いている点からも、外部電力供給は不要である、という点を強調されていた。最後に、愛媛大学の野村信福先生からは、ダイヤモンド生成から発展した先生自身のプラズマの研究経歴を元にユーモアを交え、環境を考慮しながらのプラズマとの取り組みが示された。また、トルエンを例に、液相プラズマを利用した反応例が示された。会場からは、CO<sub>2</sub>削減の可能性や水素の取り出し、などについての質問もあった。

今回のシンポジウムの狙いは、できるだけ多くの研究者にプラズマに親んでもらう（興味を持ってもらう）ことも1つの目的とした。例えば、最後にお話しいただいた愛媛大学の野村信福先生は、日本応用物理学会以外の分野でも大変活躍されており、本シンポジウムに参加・講演いただいた。プラズマが幅広い分野で活躍していることも再認識できた。また、プラズマ分野外の筆者の知人からは、“プラズマがこんな分野にも積極的に応用されているとは知らなかった。面白かった。”という評価をもらうこともできた。

しかしながら一方で、プラズマに携わってきた研究者にとっては、現状、液相プラズマの理解が未だ不十分であること、多くの応用例があるが何故そのような現象が起きるのか？についてはわかっていないこと、など、多くの未解決の課題が再認識された場であったと思われる。多くの研究者が、

(1) 液相プラズマの応用例を概観でき、

(2) 未だ液相プラズマの科学的理解が十分でないことを再認識でき、

そして

(3) 何がわかっていて何がわかっていないのか？何が問題点なのか？など研究開発課題を整理でき、

さらに、結果として、本シンポジウムが課題解決への方向付けの場となる機会となったのであれば、企画者の一人として幸いである。