

## ソリューションプラズマのすすめ

名古屋大学名誉教授・  
エコトピア科学研究所前所長

高井 治

Osamu Takai  
Professor Emeritus,  
Former Director of EcoTopia Science Institute,  
Nagoya University



プラズマは、中性の原子・分子の気体の一部あるいは全部が電離し、プラスの正イオンとマイナスの電子とに別れ、全体として電氣的に中性な、各種粒子の集団である。宇宙の99%以上がプラズマからなると言われる、太陽はプラズマからできている。プラズマにはいろいろな状態があり、天然のオーロラ、雷、ろうそくの炎から人工の蛍光灯、ネオンサイン、プラズマディスプレイ、プラズマボールまであげられる。プラズマは人工的には電気を利用して形成され、プラズマと電気とはきってもきれない関係にある。

このプラズマを材料開発に用いる『プラズマ材料科学』は、戦後復興期から現在に至るまで、溶接、溶解、薄膜作製、表面改質、エッチングなどの技術を通し、日本の基幹産業を一貫して支えてきた。その実用化してきた技術は、主として真空および大気圧下の気相中で生成したプラズマを利用している。また、固相である金属中の自由電子と金属正イオンの状態はプラズマとみなせ、固相中のプラズマと言える。このプラズマは表面プラズモン共鳴と呼ばれる現象を示し、表面分析、表面加工、医療などへの応用が進んでいる。

これに対し、液相中で生成するプラズマには注目が集まっていなかった。古くから、放電加工、水中溶接、放電電解、放電浸炭、液体絶縁などの技術において、液中の放電現象を扱ってきた。ところが、その物理・化学的な基礎についてはほとんど研究がなされていなかった。最近、液中で生成するプラズマ(『ソリューションプラズマ』と呼ぶ)を、21世紀のコア技術として研究を進めていく動向が世界的に起きようとしている。ここでソリューションプラズマとあえて名付けたのは、溶質と溶媒の組み合わせにより、さまざまなプラズマを生じさせることができ、溶液(ソリューション)の重要性を強調するためである。

ソリューションプラズマは液相中で発生させたプラズマであるが、プラズマとして従来のアーク放電、ストリーマ放電、コロナ放電ではなく、主としてグロー

放電を用いている。このため、冷たい液中に冷たいプラズマを作ることができる。

ソリューションプラズマに注目する理由として、液相中のプラズマが気相中のプラズマとは異なった物理および化学を有していることがあげられる。例えば、このプラズマは超臨界状態を含む溶媒に取り囲まれた空間にて発生し、「高エネルギー状態」を溶媒に閉じ込めるといって『閉鎖系の物理』を実現している。反応化学の面からは、プラズマと溶液間のやりとり、またパルス放電による振動現象のため、さらにプラズマ中とプラズマを囲む溶液との大きな温度差から『新しい反応場』を実現させることができる。溶液化学、電気化学、プラズマ化学にまたがるユニークな反応場に基づく化学の誕生となり、高速反応、新合成・分解反応、非平衡物質合成などが行える。また真空容器、真空ポンプは不要で、大気圧下のプロセスとなる。このようなソリューションプラズマの物理および化学は、プラズマ分野において未踏領域として存在している。今世紀を支える新しいプラズマ材料技術としてソリューションプラズマを利用するには、その基礎科学を解明し、高度に制御する技術開発が必要である。

ソリューションプラズマを用いたプロセッシングは、材料、化学、バイオ、電気電子、機械など多くの分野で期待される。このプラズマを用いた化学プロセスでは、従来の大規模な化学プラントとは異なり、小型の化学プラントの実現により、付加価値の高い材料合成をエネルギー効率よく行うことも可能になる。ソリューションプラズマを利用した応用研究については、さまざまな領域で期待できる。例えば、ナノ粒子などの新物質創製、表面改質、超高速加工、水処理、滅菌、廃棄物処理、希少金属回収、新機能溶液、生物培養などがあげられる。

ソリューションプラズマを名古屋発の新しいプラズマとして皆様と一緒に育てていきたい。