

プラズマを学び科学・技術の最先端に挑戦する

A Challenge to Most-advanced Science and Technology with Studying Plasmas

石井 彰三 (東工大)

Shozo Ishii (Tokyo Institute of Technology)

E-mail: ishii.s.aa@m.titech.ac.jp

プラズマはものの見方と考え方を広げる

本講演は研究活動を退いた者からの、プラズマにかかわる第一線の研究者へ送るエールとして、お聞きいただきたい。さて、科学と技術が多様化した時代に、まず何を基本として学べばよいのか苦慮せざるを得ない。それに対する一つの解答は、プラズマ物理学を基本としてプラズマに関する知見を持つことであるとする。その根拠は、プラズマでは古典物理学の内容すべてが組み合わされていること、昨今の科学・技術における多くの議論が原子・分子のレベルで進められるようになってきていること、などである。さらに極論すると、情報・通信の産業が情報科学・工学の貢献に負っているように、ものにかかわる産業と技術はプラズマ科学・工学の知見が大きく貢献していると言ってよい。遺伝子をはじめとする生命分野から、核融合を含むエネルギー分野ならびに宇宙までの内容を理解し、かつ新しい課題に挑戦できる力を、プラズマの研究に携わっている人たちは身につけているという自信を持つべきである。

プラズマの知見と最先端の科学と技術への取組み

キーワード「非線形」「非定常」「界面」は研究の宝庫を示す、と言われている。これらに関連したプラズマの研究でも、数多くの成果が発表されている。ここでは、研究の宝庫三つだけでなく、新たに「微細化」を加えたい。電子工学では、半導体から始まり量子効果も加わった微細化技術の進展により、コンピューターやレーザーをはじめとして、光エレクトロニクスやナノエレクトロニクス分野のように大きく開花した。プラズマでは、電子とイオンが熱運動をし、電界と磁界で制御されるだけでなく、自らも新たに電磁界を生成する複雑な系が構成されている。このことからプラズマにおいては、研究の宝庫四つのうち、特に「微細化」とする方向に、最先端の科学・技術として大きく発展する可能性を指摘したい。

プラズマの微細化：マイクロプラズマ

マイクロプラズマの研究が始められてから、約 10 年の歴史しかないが、プラズマが持つ従来の概念を変えている。その典型的な寸法は $100 \sim 1000 \mu\text{m}$ で、従来のプラズマより約3桁も小さい。寸法を3桁減少させたことで、質的な変化が生まれている。大気圧中で生成できることから、真空排気した放電容器が不要であるので、実験室以外のどこでも容易にプラズマを発生できる。また、マイクロプラズマは、気体、液体、固体さらには超臨界まで、物質のあらゆる状態と相性が良い。たとえば、内径約 $200 \mu\text{m}$ の微小なノズル電極から希ガスを流出させ、対向する電極との間に直流電圧を加えると、コロナ放電からグロー放電への進展が観測できる。この同一な電極構造で、コロナ、グロー、アークそれぞれの放電も実現できている。液体中の放電や液体を電極とした放電もマイクロプラズマが実現できる形態である。マイクロプラズマは体積に比較してプラズマの表面積の割合が大きいので、プラズマ界面現象が顕著となる。この特徴を利用して、医療、物質の創製、プラズマ化学、表面処理等の様々な応用への取り組みが進んでいる。