



巻頭言

年頭所感

—プラズマ科学とプラズマ応用—

プラズマ・核融合学会副会長 京都大学 斧 高一

新年あけましておめでとうございます。今年も皆さまにおかれましてよりよい年となりますことをお祈り申し上げます。

さて、プラズマの研究は19世紀後半から20世紀初めにかけて、放電現象への興味とその光源や整流器などへの工学的応用から始まりましたが、プラズマが科学技術の分野に本格的に登場して大きな研究開発投資がなされたのは、1950年代に始まった核融合開発と宇宙開発でしょう。トランジスタの発見／発明をきっかけとした半導体デバイス発展の始まりもこの頃ですので、科学技術全体が、“人類の生活を快適で便利にする”との大きな期待と信頼のもと、発展を始めた時期にあたります。

核融合プラズマに関しては皆さまよくご存じのことですのでここで申し述べる必要はないかと思えます。宇宙開発当初におけるプラズマ研究の最重要課題は、宇宙機の地球再突入における諸問題（空力加熱、ブラックアウト／通信途絶）と宇宙航行における帯電現象の理解と対策でしたが、あわせて、磁気圏・宇宙空間プラズマ、太陽などの研究も大きく進展し今日に至っています。再突入は今日でも重要課題ですが、1960年代初めの有人宇宙飛行に引き続き同年代終わりに月着陸と地球帰還に成功し、現在では国際宇宙ステーションが運用されるとともに種々の地球・太陽系探査衛星が人類生存圏の情報を日々送ってきています。またプラズマを用いた電気推進も実用化され、地球周回軌道の多くの衛星が搭載し、先般の小惑星探査衛星にも主エンジンとして使われました。

一方これらと対照的な分野が、1960年代後半に始まった半導体集積回路デバイス作製のためのプラズマを用いた薄膜形成・表面改質や微細加工技術、いわゆるプラズマプロセス技術の開発ではないでしょうか。民間主導ですが、核融合・宇宙と同じあるいはそれ以上に精力的な研究開発が進められ、プラズマは今日の高度情報社会の基盤を支えている、といっても過言ではありません。その間、プラズマ応用技術は、種々の送変電機器や放電機器の高度・高信頼化に貢献してきたのみならず、プラズマディスプレイや自動車エンジンの燃焼制御モニタなど、私たちの身近なところでも新しい機器や手法を生み出し、さらに最近ではプラズマのバイオ・医療応用やプラズマによる流体制御（プラズマアクチュエータ）なども議論されています。

このようなここ数十年のプラズマ科学をはじめとした科学技術の発展は、人類のかつてない成長と繁栄の時期と一致しますが、あわせて地球の環境汚染と天然資源の枯渇も進みました。昨年（2012年）3月に発表された『OECD 環境アウトック2050』は、「より実効性の高い方策を講じなければ、より破壊的な環境汚染と天然資源の枯渇に至る可能性がある」と警鐘を鳴らしています[1]。科学技術の分野でも昨今、“低炭素”、“グリーン”のキーワードをよく目にしますが、科学技術への期待や要求の重点も、これまでの“人類の生活を快適で便利にする”から“人類の地球での生存を持続可能にする”に移り、より革新的で環境にやさしい技術創成が求められています。



昨年9月に京都で開催しました本学会主催の高校生シンポジウム「安心安全の近未来社会とプラズマ科学」では、大学教員によるプラズマ科学の講演として、核融合、宇宙、プラズマ応用をとりあげ、核融合発電、宇宙太陽発電、宇宙天気予報、半導体プロセスに関する研究開発の現状と今後の展望について、高校生や一般の方々にもわかりやすく説明いただき好評でした[2]。それぞれ、化石燃料によらないエネルギー安定供給、太陽フレアや磁気嵐の監視と影響の予知、低消費電力デバイスや高効率エネルギー変換デバイスの創成・発展を通して、いずれも、“人類生存を持続可能にする”ことに大きく寄与する科学技術です。実現に向けて解決を必要とする課題や、研究開発に要する時間スケールと費用規模にそれぞれ違いがありますが、2050年頃の実現可能なグリーン社会の実現をめざしてプラズマ科学に対する期待は大きい、といえるでしょう。しかし、数十年前の1950

～1960年代と異なり、少なくとも、経済の長期停滞と科学技術不信が顕著になった今日の先進国と呼ばれる国々においては、持続可能社会に必要な将来技術としての長期的視点と、様々な関連技術のスピンオフによるイノベーション創出という短期的視点の両面から、科学技術の研究開発状況や成果、ならびに今後の展望について、社会への発信・説明がますます必要になります。

プラズマ科学において、短期的視点からのイノベーション創出は、プラズマ応用が担うものかもしれませんが、核融合、宇宙においても、関連する様々なシーズが多くあるのではないのでしょうか。イノベーションには新鮮で柔軟な発想と、自らの信念に基づく進取の気性が不可欠であるとともに、また異分野との交流・連携・融合も重要かつ有効な手段の一つでしょう。プラズマ応用では、多くの場合、プラズマと接触する異種の相界面での相互作用（プラズマ・表面相互作用）が重要な役割を担います。核融合、宇宙、プラズマ応用の各分野が対象とするプラズマのパラメータは大きく異なりますが、プラズマと接する固体や液体の表面近傍においては、プラズマの状態も似通って類似の現象が現れます。例えば、プラズマプロセスにおけるスパッタリング・エッチングや付着・堆積は、核融合炉壁材料の損傷、宇宙機イオンエンジンの加速グリッド損耗、地球低周回軌道における宇宙機材料の腐食・侵食、太陽風による惑星大気や表面の変化、などでも議論されます。また、プラズマプロセスにおける微細構造の局所電荷蓄積とノッチングは、静止軌道上における宇宙機の局所帯電・絶縁破壊とほぼ同じ機構にもとづきます。核融合分野で話題のヘリウムプラズマ照射による金属表面のナノ構造形成は興味深い現象ですが、他分野における希ガスプラズマと接する表面でも生じているのかもしれませんが、いずれにしましても、このようなプラズマと表面がかかわるテーマは、プラズマ科学の各分野の交流（相互理解）・連携（協力）に適し、その融合の中からプラズマ科学のイノベーション（新しいプラズマ応用）創出も期待される、と考えますが如何でしょうか。

“プラズマ”ということばに反応された一般社会の方々は、1990年代まで医療関係の方々だけで、1990年代後半から2000年代にかけてプラズマディスプレイの実用化にともない、プラズマ科学の“プラズマ”は一般の多くの方々が知るところとなりました。さて、2050年頃の社会において、“プラズマ”はどのような位置づけにあるのでしょうか。プラズマ科学のコミュニティが一層発展し、“プラズマ”が、科学技術分野だけでなく一般社会においても、今日以上に存在感を増していることを大いに期待いたします。

参考文献

- [1] <http://www.oecd-tokyo.org/theme/envi/2012/20120315envoutlook2050.html>
- [2] 本会記事 高校生シンポジウム報告：プラズマ・核融合学会誌 89, 72 (2013).