



研究開発活動アピール

プラズマ物理科学：文明社会の基幹

Plasma Physical Science: Key for Modern Civilization

伊藤早苗^{1,2)}, 白谷正治^{3,4)}, 藤澤彰英^{1,2)}, 稲垣 滋^{1,2)}

ITO H Sanae-I.^{1,2)}, SHIRATANI Masaharu^{3,4)}, FUJISAWA Akihito^{1,2)} and INAGAKI Shigeru^{1,2)}

¹⁾九州大学極限プラズマ研究連携センター, ²⁾九州大学応用力学研究所,

³⁾九州大学プラズマナノ界面工学センター, ⁴⁾九州大学大学院システム情報科学研究院

(原稿受付: 2014年6月23日)

今年度, 2014(平成26)年4月1日より, 九州大学では極限プラズマ研究連携センターとプラズマナノ界面工学センターの二つのセンターが学内共同教育研究施設として設置されました。この二つは, 九州大学独自の先導的学術研究拠点として(前者は2009年10月より, 後者は2010年4月より)実現したもので, 九州大学の主幹教授制度に伴うセンターでした。このたび, 主幹教授の活動よりさらに広く, 全九州大学に根付いた研究組織となり, 今後研究を進めてまいります。

極限プラズマ研究連携センターでは, プラズマ乱流研究の体系的推進並びに非平衡科学との研究体系を形成しプラズマ非線形科学の解明を進め国際的最先端研究中枢を確立し人材育成に寄与することを目的とします。我が国の多くのプラズマの基礎科学者と力をあわせ, 「非平衡極限プラズマ全国共同連携研究ネットワーク」[1,2]を実現しより広く学術の展開を図ります。従来行ってきた双方向国際教育や欧州物理学会における伊藤賞の授与などにより, 九州大学が国際キャリアパスの中核機関となることに寄与します。

プラズマナノ界面工学センターでは, プラズマとナノ界面の相互作用に関する基礎と応用に関する体系的な研究を推進し, 国際的中核研究拠点を確立し世界をリードする人材を育成することを目標としています。プラズマ応用に関する研究は, ULSI, 薄膜太陽電池への応用のみならず, 高度な表面処理, バイオ, 医療等への新しい応用へと展開されています。このような研究の流れを先導する新分野の開拓を積極的に進め, 国際共同研究を実施します。産学連携も積極的に進め, 日本の産業の活性化に寄与します。

プラズマ物理とプラズマ応用の2研究センターが同時に設置された意義は大きく, 特にプラズマの基礎および応用研究について物理科学を統合して進める機運を高めるものだと考えます。核融合研究は, 未来の文明社会を支えるものですが, 既に今現在, 文明社会はプラズマの基礎学理と応用なくしてあり得ないものになっています。現代文明の特徴は, 自然界の流転の法則の理解にあります。プラズマ

乱流や構造形成の研究から, 乱流によって形あるものが作られ消えていく機構が理解されつつあります[3]。宇宙天体の観測結果は, プラズマのダイナミクスの理解を通じ, 学問へと昇華しています。また, 現代のひとと社会の活動は, 情報, エネルギー, 農業, 環境, 健康, などなどあらゆる側面でプラズマに依存して実現しています。こうした事実を端的に示すために, 「非平衡極限プラズマ全国共同連携研究ネットワーク」活動の中でプラズマが支える文明社会の図を作りましたのでそれを図1に掲げます。日々の生活とそこで身の回りにあるものが, プラズマによって実現していることを示しています。また, プラズマの基本法則の理解が, 具体的応用を加速していることも示しています。

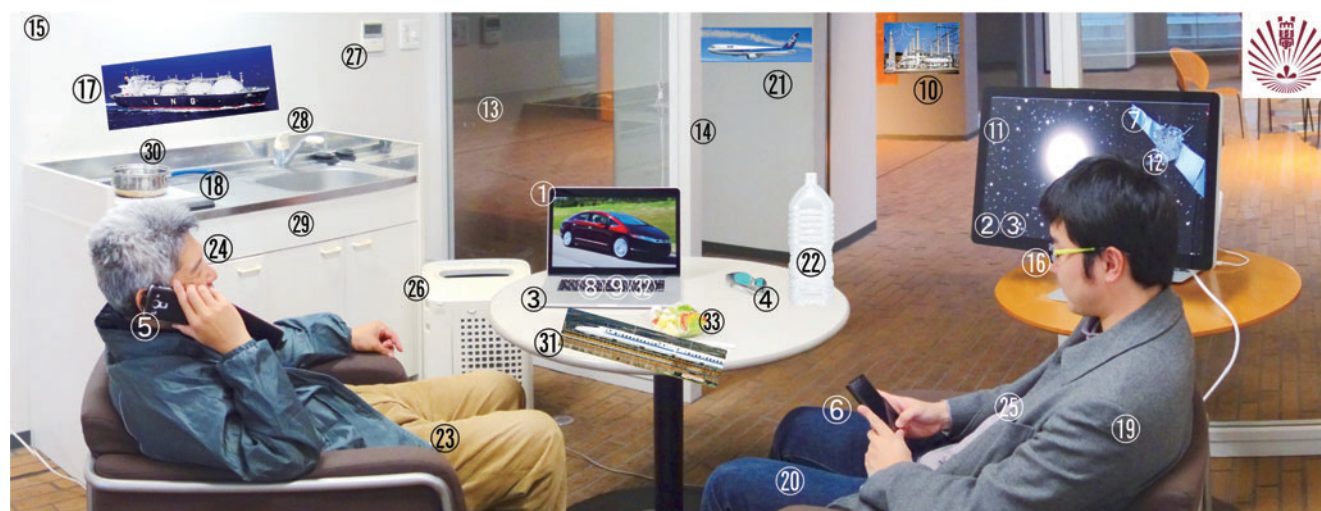
図1では, いくつかの典型的な例を示しています。情報通信は, ULSI (ultra large scale integrated circuit), プラズマTVや種々の電子部品等, プラズマの応用があって可能となっています。また, 未来のデバイスも, 例えばウェアラブルデバイスのように有機物質系で作られるものがプラズマで加工されるのは必然と言えます。その他の新規物質系デバイスも同様です。エネルギーは, 究極にはプラズマを用いた制御核融合によって支えられるでしょうが, 現在既に, 太陽光パネル, 燃料電池, 光源, 大電流の遮断制御等でプラズマが活躍しています。宇宙の諸過程がプラズマの学理によって明らかにされることは周知の事実です。プラズマエンジンは宇宙研究・開発にはなくてはならないものでしょう。日常的なものも広くプラズマによって実現しています。加工というくくりで, 身の回りの衣服, 窓, 食器, 等から高性能エンジン迄, プラズマ処理が行われていることを示します。PETボトルが日々使われていますが, PETのような素材は, 気密性が要求される容器に使うには空気を通しやすく, 内面処理が必要です。現在主流になっているのはプラズマを用いたDLC (diamond-like carbon) 膜を生成する方法で, 十分な気密性が生まれ水の容器として広く使われています。医療にも応用が爆発的に広がっています。ここでは, 人工関節や, コンタクトレンズ,

ステント等をあげていますが、レビューや最近の国際会議の議論等も参考にしてください[4, 5]。世界規模の課題である環境対策（除菌、浄水、滅菌、花粉処理……）でもプラズマの利用が目立っています。更に、マイクロ波プラズマ燃焼や、マイクロ波非平衡還元等の技術により、大規模な活用が生まれるでしょう[6]。農業にもプラズマの活用が進んでいます。この写真は室内の一シーンなので、農業応用の例はこの図の中では限られていますが、より俯瞰的な紹介も行われています[7]。

強調したいことは、ここにあげられたプラズマの活用は、プラズマ物理の基礎学理と応用研究が結びついたことで一段と発展したということです。例えば、ULSIの生産では、大半径のようプラズマの生成が重要な課題でしたが、ヘリコン波をはじめ、駆動RFとプラズマの結合の解明と制御が鍵を握っていました[8]。また、プラズマ医療に使われる大気圧プラズマのジェットでは、局在した弾丸状のプラズマ構造が移動していることが判明し[9]、励起・拡散・ドリフト等の非線形結合で構造が決まっていることは、磁場閉じ込めプラズマの界面形成等と連想のなりたつ問題であることが理解されてきています。この他多数の例を超えて、今後も最先端のプラズマ物理の基礎学理と応用研究の協働が重要になると考えられます。揺動の起源の解明と制御は、格好のテーマとなると考えられます。現代の

高度な科学技術がさまざまな分野の関与によって成立しているなかで（例えば半導体技術は、プラズマ物理学と情報学に至る科学技術の総合として成立していますが）、プラズマがそれぞれの場で多種の学問と協働する普遍性をもっていることもまた、強調すべき事柄と思います。プラズマにかかわる科学は、図の説明から伺えるように人文科学から生命科学迄および多彩な科学として展開するでしょう。

現代のそして未来の文明社会は、プラズマの学理と応用なくしてあり得ないことは、本学会諸姉諸兄の日頃お考えのことと思います。そのことを社会に理解してもらうためには、個々の応用（例えば、ULSI、薄膜トランジスタ……）を丹念に説明するだけでなく、総て俯瞰するような説明も重要と思います。俯瞰的な説明の第一歩として図を作成しました。学会員の皆様に活用していただき、プラズマの意味を広く理解いただくとともに、自らの研究の動機付けにもしていただきたいと思います。なお、この図をご使用になる場合は、本図を作成した稲垣（inagaki@riam.kyushu-u.ac.jp）迄ご連絡ください。更に、この図は、読者の皆様から「これも入れるべきだ」というサジェスチョンをいただくきっかけになると思っています。より充実することによって、プラズマ物理学の重要性が社会によりよく理解いただけると幸いです。ご意見をいただきながら、順次改



情報通信

- ①コンピュータのCPU製造
- ②プラズマTV
- ③液晶ディスプレイCVD加工
- ④ウェアラブルデバイス
- ⑤長距離無線通信
- ⑥電子部品

エネルギー・光

- ⑦太陽光パネル生成
- ⑧プラズマ生成燃料電池
- ⑨HIDヘッドランプ
- ⑩高圧遮断

宇宙

- ⑪宇宙天気予報
- ⑫人工衛星のイオンエンジン

加工

- ⑬窓ガラス加工
- ⑭窓枠のプラズマ溶接
- ⑮壁面静電塗装
- ⑯眼鏡のコーティング
- ⑰排気弁のプラズマ溶射コーティング
- ⑱IH製品の耐熱処理
- ⑲繊維製品のプラズマ処理
- ⑳プラズマレーザーで裁断した布
- ㉑プラズマコーティングしたジェットタービンブレード
- ㉒PETボトルの擬ダイヤモンド成膜

医療

- ㉓プラズマイオン注入した人工関節
- ㉔コンタクトレンズ加工
- ㉕プラズマ表面処理した心臓血管ステント

環境問題

- ㉖空気清浄機
- ㉗エアコンの除菌機能
- ㉘プラズマオゾン浄水器
- ㉙水回りの滅菌加工
- ㉚食器のポリマーコート
- ㉛プラズマアクチュエータによる騒音低減の試み
- ㉜マイクロ波プラズマ燃焼システム

農業応用

- ㉝プラズマ農業プラント

図1 文明社会と生活を支えるプラズマ。

訂してまいりたいと思います。

九州大学の極限プラズマ研究連携センターとプラズマナノ界面工学センターの発足はプラズマの基礎および応用研究について物理学を統合して進める機運を高めるものだと考えます。プラズマ物理の視点を共有する研究動向を駆動するという意味から、プラズマ物理学という論点で本稿では動向を論じています。既に大阪大学でも、大阪大学未来戦略機構に光量子科学研究部門ができ、レーザーでできる非平衡プラズマと光科学や広範囲の物理学を統合して新領域を生み出す活動が始まっています[10]。プラズマに係る物理学を統合して進めることによって、プラズマのもつ価値とプラズマ研究の意義を学界や社会に明確に訴えていくことができると 생각합니다。私どもの両センターの活動を支えてくださった皆様のご援助に感謝するとともに、今後とも両センターにお力をいただきますようお願い申し上げます。我が国の多くのプラズマの基礎科学者との協働のもと、「非平衡極限プラズマ全国共同連携研究ネットワーク」が実現しますよう、ご協力ご支援をお願い申し上げます。

謝 辞

この図の作製にあたっては、「非平衡極限プラズマ全国共同連携研究ネットワーク」活動の中で、伊藤公孝、上杉喜彦、大野哲靖、金子俊郎、兒玉了祐、田中和夫、畠山力三、浜口智志、米田仁紀、の諸氏の監修を受けましたこと、小林達哉博士（現核融合科学研究所）の協力を得たことを御礼申し上げます。本研究は、科学研究費（21224014, 21110005, 23244113, 23360414, 23246112）、応用力学研究所共同研究、浅田榮一研究奨励金の援助を受けました。

参 考 文 献

- [1] 伊藤早苗ほか：「非平衡極限プラズマ全国共同連携ネットワーク研究計画」が拓くプラズマ物理 プラズマ・核融合学会誌 87, 371 (2011).
- [2] 藤澤彰英：プラズマ・核融合学会誌「非平衡極限プラズマネットワーク構想」プラズマ・核融合学会誌 90, 177 (2014).
- [3] 伊藤早苗：プラズマ・核融合学会誌 86, 334 (2010).
- [4] 第5回プラズマ医療国際会議 (ICPM5) (2014, 奈良)
- [5] See also: R. Hatakeyama and T. Kaneko, Plasma Fusion Res. 6, 1106011 (2011).
- [6] 伊藤早苗, 佐藤元泰：プロジェクトレビュー「プラズマ乱流と RF 非平衡場の科学」プラズマ・核融合学会誌 85, 634 (2009).
- [7] プラズマ・核融合学会第30回年会（於東京工業大学, 2013年）シンポジウム「プラズマ農業応用」.
- [8] M.A. Lieberman and A.J. Lichtenberg, Principles of Plasma Discharges and Material Processing (John Wiley, 2005).
- [9] K. Kitano and S. Hamaguchi: Proc. 24th Symposium on Plasma Processing (SPP-24) (Osaka, Japan, 2007), p. 217.
- [10] <http://www.photon.osaka-u.ac.jp/>