

量子理工学部門 プラズマ理工学分野
プラズマ環境プロセス研究室

1. 研究室概要

スタッフ	教授：佐々木浩一、 准教授：白井直機、 助教：西山修輔、 秘書：藤田日菜子	専門分野：プラズマ応用工学、レーザーアブレーション 専門分野：プラズマ応用工学、パルスパワー工学 専門分野：プラズマ計測、数値電磁界解析
所属学生	D2：1名，D1：1名，M2：4名，M1：5名，UG：4名	
担当科目	大学院：光エレクトロニクス特論，プラズマ生成工学特論 学部：電気電子回路，制御電気工学演習，プラズマ物理，機械知能工学入門，応用数学I メカトロニクス実習，コンピュータ演習	

2. 研究室の目標

プラズマを応用した材料プロセッシング技術は我が国の物づくりの基盤です。例えば、現在のエレクトロニクス（大規模集積回路や液晶ディスプレイパネルなど）のほとんどはプラズマプロセッシングで製造されています。プラズマを用いた微細加工技術は、加工寸法精度が原子数個分という、まさに究極と呼ぶべき技術にまで発展しました。プラズマが無ければパソコンも携帯電話もタブレット端末も作ることができません。また、プラズマを使えば、原子をブロックにみたくて、ブロックで構造物を組み立てるようにして、高い機能を持つ新奇なナノ材料を作り出すことも可能と考えられています。一方で、最近では、環境・エネルギー・医療・農業の分野でも、プラズマは夢のある新しい技術として注目されるようになりました。例えば、プラズマを照射すると、癌細胞を死滅させたり植物の成長を速められたりすることが示されています。このように、プラズマは、今後の我が国を支える高付加価値の新産業創成において重要な役割を果たすと考えられます。

当研究室は、「プラズマに関係することなら何でもやる」というポリシーの元、「面白い研究」、「近未来に産業に貢献する研究」、「それらの発展のために大学が果たすべき基礎研究」のバランスを取りながら、以下に述べるようなテーマに関する研究を行っています。既存の知識に精通していることよりも新しい発見・発明をできる人材が今後の社会で必要になるとの信念の元、大学院生はもちろん卒業研究の学生にも最先端の研究テーマを担当させています。卒業研究生が歴史に名を残す成果を挙げることもあります。むしろその結果より、研究の過程で得た経験値がその後のエンジニア人生の糧となるように指導し、研究成果と人材育成の両面から社会に貢献したいと考えています。対外発表にも力を入れており、修士課程の学生は、春・秋に開催される応用物理学会で原則発表し、博士課程の学生は年1回以上海外での学会発表を行っています。最近では学会表彰を受ける学生も増えてきました。

3. 研究紹介

3.1 レーザー応用プラズマ計測

プラズマは魅力的に光りますが、外からプラズマを眺めているだけではプラズマの内部を知ることはできません。プラズマプロセッシングが始まった30年くらい前は、プラズマの内部が全然わからなくても、とにかくプラズマに材料を浸し、しばらくおいてから取り出して調べれば、研究ができていました。しかし、原子数個分という究極の加工精度が求められるようになった現在では、プラズマの内部状態を科学的に理解し、それにもとづいてプラズマを適切に制御しなければならなくなりました。ところが、プラズマの内部がどうなっているのかを調べることは簡単なことではありません。

当研究室では、プラズマにレーザー光を打ち込み、プラズマの内部状態を調べる方法を開発しています。プラズマ中に存在する原子・分子・電子・微粒子などはレーザー光を吸収したり散乱したりします。また、プラズマ中に存在する原子や分子とは異なるエネルギー準位構造を持ちます。これらを調べれば、他の方法では知ることのできないプラズマ内部の様々な量を知ることができます。他の研究者が測定できない量を測定できることは、科学の競争において圧倒的な有利であり、そのおかげで当研究室は世界に名が知られた研究グループになっています。実験は分光学（原子分子物理学）の実験に似ていますが、その成果が産業に直結する点が面白いところです。図1はレーザー応用プラズマ計測の一例で、レーザー光脱離によりプラズマ中の負イオンを計測する実験の様子です。

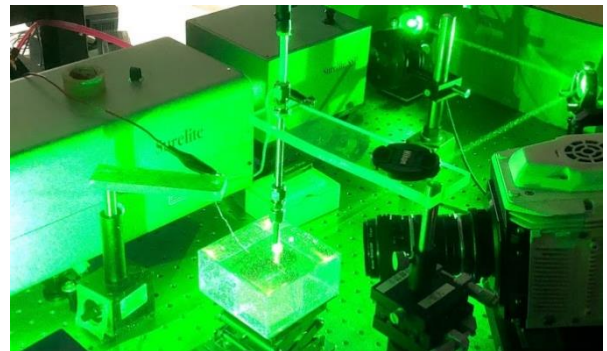


図1. レーザー光脱離による負イオン計測の実験

3.2 プラズマナノテクノロジー

プラズマはガスや材料を一旦原子分子に分解し組み立て直す技術です。プラズマの中で原子分子を組み立てるとナノ粒子ができますが、プラズマ中のナノ粒子は負に帯電し、プラズマ中にトラップされる性質があります。ピンセットのよ

うなもので機械的に保持することができないナノサイズの材料を空中に浮かせて保持することができるということで、これはプラズマのみが持つ面白い性質です。このような性質を巧みに利用し、様々なナノ材料を作り出すのがプラズマナノテクノロジーです。

3. 3 プラズマ環境工学

地球環境を健全に維持するための技術が今後の重要分野になることには疑いの余地がありません。プラズマは環境工学においても重要な役割を果たしており、電気集塵機、空気清浄機、水質浄化装置などはその一例です。当研究室は、環境工学に関係したプラズマ技術の研究にも力を入れており、研究室で制作した DLC 膜は燃料電池に応用されるものです。また、 $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ という新しい薄膜太陽電池材料をプラズマを用いて成膜する研究や、プラズマを使って難燃性の燃料を燃焼させる研究を行っています。バイオエタノールは水分を含むために燃焼させることが難しく、水分を除去するために余分なエネルギーが消費されています。プラズマを使えば水（燃焼に負の作用）を OH（燃焼に正の作用）に変換し、難燃性燃料を燃焼しやすい燃料に変えることができます。一方、企業との共同研究では、今後の省エネルギー社会構築の鍵となる SiC パワートランジスタをプラズマを使って製造する技術を研究しています。このような研究を通じ、地球温暖化の防止に貢献する成果を挙げていきます。

3. 4 大気圧プラズマジェット

従来、プラズマ生成する環境は真空が中心でしたが、大気圧でプラズマを生成する技術が進展し、植物や生体にプラズマを照射することが可能になりました。当研究室でも、プラズマの照射によりジャガイモの萌芽を防止できることを見だし、北海道農業への貢献を目指した取り組みを行っています。図 2 は窒素ガスを利用したプラズマジェットです。酸素をわずかに添加すると様々な色で美しく光ります。緑色の発光は酸素原子と窒素分子からなるエキシマの発光で、オーロラに見られる緑色と似た光です。また微細な希ガス流を用いることでプラズマを流路に沿って生成することが可能で図 3 のようにガスを交差させてプラズマジェットを生成することも可能です。最近になってこのプラズマの下流部に効率的に OH ラジカル等の活性種を輸送できることがわかってきました。

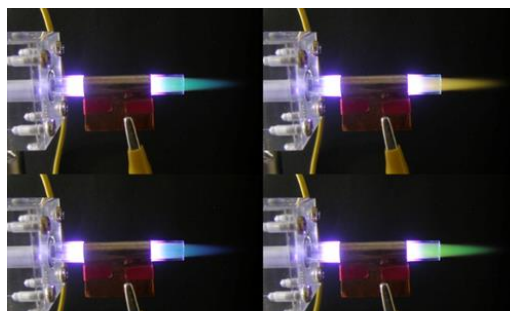


図 2. 窒素ガスによるプラズマジェット

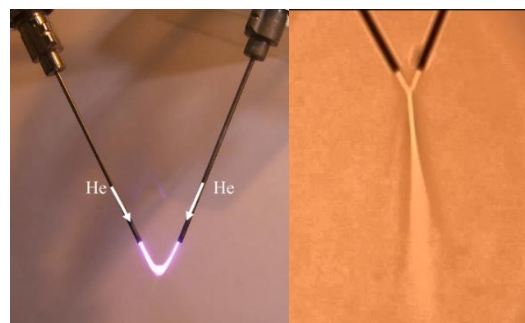


図 3. 交差ガス流を用いたプラズマジェットとシュリーレン像

3. 5 プラズマ・液体相互作用

大気圧でプラズマを生成する技術の進展により、プラズマと液体の相互作用に関する研究が世界中で勃興しており、プラズマ・液体相互作用の応用にあたる研究として、プラズマ医療、プラズマ農業、プラズマ誘起溶液化学（材料プロセス、環境応用技術）が急速に発展しています。このような魅力的で新しいプラズマ応用技術を科学として発展させるためには、プラズマと液体が接する界面で生じる現象を明らかにすることが喫緊の課題であると考え、プラズマ・液体相互作用に関する様々な研究に多大の研究室パワーを投入しています。その一例として、液体を電極とした大気圧直流グロー放電の研究を進め（図 4）、界面での物理現象の解明や金属ナノ粒子の合成など、様々な応用の基盤となる成果を挙げています。



図 4. 水面に形成される大気圧グロー放電と発光の自己組織化

3. 6 核融合プラズマ関連研究

核融合は、人類の存続を脅かす基本的な問題の一つであるエネルギー問題を根本的に解決する夢のある技術です。核融合プラズマは 1 億度に迫る超高温のプラズマで、ビッグサイエンスとして主に大学以外の研究機関で研究されていますが、核融合プラズマのある領域には産業応用プラズマに似た低温の部分があります。当研究室では、核融合分野からの要請に応じ、産業応用プラズマ研究と核融合プラズマ研究とを橋渡しする研究を、核融合科学研究所との共同研究として推進しています。特に、核融合分野の研究者が比較的不得手とするレーザーを応用した分光学的プラズマ計測技術を核融合プラズマ研究に導入するための役割を果たしています。

4. 主な研究設備

ICP プラズマ発生装置、マグネトロンスパッタリング装置、ECR プラズマ発生装置、ヘリコン波プラズマ発生装置、表面波プラズマ発生装置、大気圧プラズマジェット装置、気液界面大気圧プラズマ発生装置、高圧高温液相レーザーアブレーション装置、液体窒素中レーザーアブレーション装置、ソノプラズマ発生装置、プラズマ支援燃焼実験装置、波長可変光パラメトリック発振器、色素レーザー装置 2 台、YAG レーザー装置 7 台、波長可変半導体レーザー装置多数、DPSS 青色および緑色レーザー装置、可視分光器数台、真空紫外分光器 2 台、イメージンテンシファイア付き CCD カメラ 5 台、高速度カメラ、カラー高速度カメラ、ネットワークアナライザ、フーリエ変換赤外吸収分光装置、四重極質量分析器 3 台

問合せ先：佐々木 浩一 E-mail:sasaki@qe.eng.hokudai.ac.jp, Tel. 011-706-6654, Fax. 011-706-6655