

プラズマエレクトロニクス分科会会報 No. 61

2014年(平成26年)12月発行

松隈、川崎、岡田、赤松

目次

巻頭言 プラズマエレクトロニクス	産業技術総合研 究所福島再生可 能エネルギー研究所	近藤 道雄	1
寄稿 研究職に就くために	九州大学	白谷 正治	3
研究室紹介 (その 56)	兵庫県立大学	藤原 関夫 古賀 麻由子 東 欣吾	4
研究紹介 (その 10)	東京大学	加賀 真城 神原 淳	10
海外の研究事情 (その 38)	東京エレクトロニ クス 山梨	岩下 伸也	12
学生のためのページすぐに役立つプラズマエレクトロニクス プラズマの振舞い - 思考実験と Q&A -	中部大学	菅井 秀郎	18
国際会議報告 The 14th international Conference on Plasma Surface Engineering (PSE2014)	大阪大学 長崎大学	節原 裕一 藤山 寛	25
67th Gaseous Electronics Conference	名古屋大学	豊田 浩孝	28
American Vacuum Society 61st International Symposium & Exhibition	大阪大学	浜口 智志	29

国内会議報告

第 8 回 プラズマエレクトロニクスインキュベーションホール	産業総合研究所 九州	本村 大成	30
第 18 回プラズマ新領域研究会 「プラズマが拓く新学術領域と今後の展開」	名城大学	伊藤 昌文	31
第 19 回プラズマ新領域研究会 「重相構造プラズマの基礎と応用技術の展開」	金沢大学	田中 康規	33
第 25 回プラズマエレクトロニクス講習会	日立ハイ テクノロジーズ	伊澤 勝	35
PLASMA CONFERENCE 2014/ 第 32 回プラズマプロセッシング研究会	三菱電機	和田 昇	36
2014 年第 75 回応用物理学会秋季学術講演会 第 13 回分科内招待講演	東京エレクトロン 山梨	伝宝 一樹	38
2014 年第 75 回応用物理学会秋季学術講演会 海外研究者招待講演および English Session	首都大学東京	栢久保 文嘉	39
2014 年第 75 回応用物理学会秋季学術講演会 分科会シンポジウム 「コンピュータによるプラズマシミュレーションの実際」	京都工芸繊維 大学	高橋 和生	41
行事案内			
7th International Symposium on Advanced Plasma Science and Its Applications for Nitrides and Nanomaterials / 8th International Conference on Plasma-Nano Technology and Science (ISPlasma2015/IC-PLANTS2015)	名古屋大学	齋藤 永宏	42
2015 年第 62 回応用物理学会春季学術講演会	首都大学東京	栢久保 文嘉	44

プラズマエレクトロニクス分科会企画

第 9 回反応性プラズマ国際会議/第 68 回気体電子会議合同会議 /第 33 回プラズマプロセッシング研究会	名古屋大学	豊田 浩孝	47
9th International Conference on Reactive Plasmas (ICRP-9) / 68th Gaseous Electronics Conference (68th GEC) / 33rd Symposium on Plasma Processing (SPP-33)			

掲示板

平成 26 年度プラズマエレクトロニクス分科会幹事名簿			48
平成 26 年度分科会幹事役割分担			50
平成 26 年度分科会関連の各種世話人・委員			51
平成 26 年度中期活動報告			
平成 26 年度第 2 回幹事会議事録			53
プラズマエレクトロニクス関連会議日程			55
広告掲載企業一覧			58
編集後記			59

プラズマエレクトロニクス

産総研 福島再生可能エネルギー研究所 近藤道雄

東日本大震災以降、再生可能エネルギーに対する追い風が強まったが、最近では逆風が同時に吹いているような混乱した状況が目につくようになった。これは固定価格買取制度（FIT）という劇薬がもたらした太陽光発電の急速な普及の副作用である。大きな流れとして再生可能エネルギーが世界的に普及拡大していくことに変わりはないだろうが、再生可能エネルギーの多くは広い意味の補助金（FITや導入補助など様々な形態はあるが）に依存しているので、政策によって大きな影響を受ける。その典型例はヨーロッパであり、補助金がほぼゼロになった今では市場は急速に冷え込んだ。日本では今太陽電池市場は活況を呈しているが先行きはやや不透明である。

このような不確実性の大きい市場は産業界から見るときわめてリスクであり、それによって日本企業のニーズもまた変わっていくと予想される。特に初期投資の大きい装置依存型産業は敬遠されるようになり、むしろ、汎用部品は購買で調達し、システムで差別化し利益を追求するというビジネスモデルが主流になりつつある。経済的にはそれが自然な流れだろうし、産業の成熟度と共にシステム技術に重心移動するというのも理解可能である。これには製造業における中国をはじめとするアジア諸国の台頭がそれを後押ししている。

しかしながら、かつて製造産業、プロセス産業、装置産業で日本の企業が世界を席卷した時代を振り返ってみると今の状況はややさびしいと言わざるを得ない。逆に、いま中国に目を転じるとその活況度は昔の日本を髣髴とさせるものがある。日本は衰退したのだろうか、それとも成熟したので

あろうか？筆者が思うに、日本は今その岐路に立たされているのではないか。

プラズマを用いた製造装置、加工装置は半導体、バイオテクノロジー、太陽電池、液晶ディスプレイと多様な産業に用いられている。これらの産業では製品だけでなく装置も日本の企業が大きなシェアを占めてきたが、今や日本では例えば中小液晶パネルなど付加価値の高い製品へ主軸を移しつつある。

このような状況の中でアカデミアの果たす役割は悩ましい。どんなに素晴らしい技術があっても日本ではそれを使ってくれる企業がどんどん減っているのである。たとえどこの国であろうとその技術が使われて世の中の役に立てばそれでよいという考え方もある。むしろそちらの方が正しいのかもしれない。グローバリゼーションは技術の価値観を変えてしまったかもしれない。

しかし、GaNのノーベル賞は言うに及ばず、ハイブリッド自動車、IGZO、CMOS撮像センサー、最近ではペロブスカイト太陽電池など日本オリジナルな技術はまだ健在である。

材料やデバイスの多くの技術をプラズマ技術が支えている。プラズマ技術には核融合プラズマの基礎研究から派生してきた技術も多くある。技術の裾野の広さと、それを多様な応用に活かす技術は日本の強みである。プラズマ技術ですべてはカバーできない。一つの重要なツールとして統合化された技術を作り上げることがこれからの産業で必要とされると考えられる。そういう意味でプラズマという一つの技術を広く横展開し、さまざまな異業種と融合していくことがこれからの発展の

カギとなるであろうし、それが成熟した日本の技術力の目指すべき姿ではないだろうか。

研究職に就くために

九州大学 白谷 正治

本稿では研究者のキャリア形成に関する最近の動向について紹介する。大学や国立研究所で研究職を得るためには、採用の現状について知ることが重要です。ここでは、その概略を紹介する。

研究職の公募情報は web で簡単に入手できる。国内では JREC-IN Portal , 海外では AcademicJobsOnline がある。すぐに応募しない場合でも、早めに見ておくと良い。若い人は海外でも活躍して欲しい。日本人の Post Doc はどの国でも採用され易い。日本人の准教授、教授等への採用は、ヨーロッパでは難しく、これに比べて米国、カナダでは易しい。

国内の場合での採用の概要を以下に述べる。もちろん詳細は公募毎に異なる。公募では 20-100 人程度の応募があり、書類選考で 3-6 人が面接に進むことになるが、職を得ることが出来るのは 1 名のみである。海外や国内在住の外国人からの応募も見かける。公募の内容にもよるが、かなり多様な分野の研究者が同じ公募に応募することが多いため、異分野間での競争となる。すなわち、プラズマで 1 番の業績でも採用されるとは限らない。異分野も含めた全ての応募者と比較して優れている必要がある。採用年齢の目安は、助教・准教授・教授で 27-33・30-40・40-50 才程度である。これらより高齢の場合は、採用がかなり厳しくなる。大学への就職・昇任には論文数が多いことが必要条件となっている。論文数(Proc.は含まない)は助教・准教授・教授で 20, 50 編, 100 編が目安であり、第一著者の論文数も多いことが望ましい。良い論文をじっくり書くことは重要であるが、同

時に論文を多産することも求められている。論文数と優れた論文数には正の相関がある。共同研究で共著の論文を書くと、研究に広がりも出て、論文数も増える。H-index が 20 を超えると教授レベルである。研究資金の獲得実績は、准教授、教授で重視される。業績が優れていても応募書類でのアピールが不十分な応募者も見かける。事情に詳しい先生に応募書類を見てもらうことを強く勧める。

面接に呼ばれた場合、ヒアリングと質疑に対する準備を十分行うべきである。事情に詳しい先生に面接の練習につきあってもらおうと良い。面接では非専門家に分かりやすく、これまでの研究成果と今後の研究計画を伝える必要がある。世界の中での自分の研究の位置づけとオリジナリティを明確に述べる。つぎに、今後の研究計画で研究の重要性と社会への波及効果を示す。面接では、人柄と研究の将来性を主として見ている。誠実で真面目なことが評価される場合もあれば、元気で態度が大きいことが選ばれる場合もある。

以上、些末なことを述べてきたが、本当に大切なのは重要な課題を研究することです。重要な課題は簡単には解決しない。解決のためには根気が重要である。フラクタルで有名なマンデルブロは、論文も書かずにポストドクとして研究室を転々とし、その間にフラクタルの研究を行った。

プラズマに何かを足すことにより新展開が実現する。足すものとしては、材料、イメージング、ビッグデータなどが考えられる。あなたはプラズマに何を足しますか？

研究室紹介

兵庫県立大学大学院工学研究科 電気系工学専攻 電力・エネルギー工学部門 電力応用研究グループ

藤原 関夫、古賀 麻由子、東 欣吾

1. はじめに

現在の兵庫県立大学は県立の姫路工業大学、神戸商科大学、看護大学の3大学が2004年に一つに統合されて兵庫県立大学が設立されました。認知度を上げるのは想像以上に大変で、地元姫路でも年配の人には姫路工業大学の方が現在でも通じます。さて、電力応用研究グループは電子情報電気工学科の電力・エネルギー工学部門に属する4研究グループの一つです。余談ながら、現在の電子情報電気工学科は平成27年度から名前が電気電子情報工学科に改名されます。大震災後の電力不足を経験して電気の基幹産業としての重要性が広く認知された結果、「電気」が最初に冠せられたと内心思っています。

さて、電力応用研究グループは信原貞男教授、八束充保教授、と続く研究グループである。八束名誉教授は兵庫県立大学産学連携・研究推進機構のシニアコーディネーターとして現在も活躍しておられるが、八束先生の時代に最も大きく発展し、多くのドクター（橋本好幸、赤松浩、西村芳実、尾ノ井正裕、岡好浩）を育てられた。

核融合等の研究から派生したパルスパワー技術である数100kV、数10kAのジャイアントパルス発生装置(HARIMA 1,2)では数名の博士が誕生した。また、高繰り返し高電圧パルスを利用したパルスプラズマベースのイオン注入堆積による成膜(PBIID)の方向にも新天地を見いだされ、DLCの研究開発にも貢献され、博士も誕生した。人との繋がりを大切にされ、研究成果に伴ってJOCなど多くの研究資金も獲得された。

このようなときに藤原は助教授として研究グループに加わった。八束先生の希望は、新しい分野を切り開いてさらに相乗効果を期待する、ものであったかと思う。新しい分野を切り開くことは小生にとっては想像以上に難しく、八束先生の期待に応えられそうにないことは不徳の致すところである。

研究グループは藤原関夫、古賀麻由子、東 欣吾の3名である。現在の学生は4年生6名、大学院生5名（前期課程）が在籍している。古賀先生は工学部でたった2人の女性教員の1人にて、研究以外でも多忙である。さて、電力応用というグループ名そのものが融通無碍にて、電気に関係があれば研究は何でも良い、と広義に解釈している。そのため、先生方の研究テーマの方向はなかなか統一されていない。グループの研究活動を以下に述べる。



2. 最近の主な研究内容

(1) PBII&D 法に関する研究

プラズマイオン注入 (PBII) 法はプラズマに浸漬させた基材に負極性の高電圧パルスを印加し、プラズマに含有されるイオンを基材に注入する方法です。この手法は 1980 年代に提案されたもので従来のイオン注入法に比べて複雑な形状物にイオン注入できるという特徴があります。当研究室ではまず熱陰極放電により窒素プラズマをもちいて、PBII の物理的機構の掌握するための研究を行いつつ、アルミ合金やステンレス合金などに窒素注入する研究を行いました。その結果、耐高温酸化性をもつ窒化アルミ層の形成[1]やステンレス鋼の低温窒化[2]が実現できることを示しました。

PBII では基材周辺にプラズマを均一に生成できれば理論的には均一なイオン注入ができます。そこで、栗田製作所と産業技術総合研究所によって提案された RF-HV 重畳型 PBI 装置[3]を開発に参加し、その諸特性を解明に乗り出しました。RF-HV 重畳型 PBII 装置では図 1 のようにパルス RF 電源と負極性高電圧 (HV) パルス電源を整合回路で結合し、基材に電力を供給します。RF パルスと HV パルスを同時に印加することも可能ですが実際には交互に印加するよう調整しています。

重畳型 PBII の基本特性が明らかになってきた頃から、動作ガスとしてアセチレンやトルエンを使用しはじめました。これらのガスは基材表面にカーボン膜を析出させるため、PBII 装置に導入すると基材表面にダイヤモンドライクカーボン (DLC) 薄膜を形成することができます。このように析出を伴った PBII 法は PBII&D 法と呼ばれています。PBII&D 法は PBII の特徴がそのまま引き継がれるため、立体形状物に対してほぼ均一な厚さの DLC 薄膜を形成できます[4]。

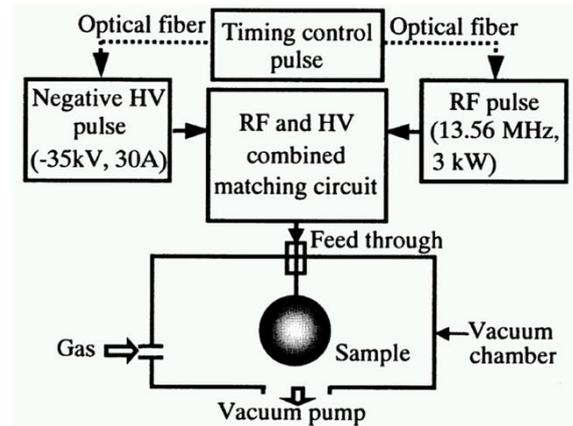


図 1 RF-HV 重畳型プラズマイオン注入成膜装置の基本構成[3]

DLC 薄膜は内部応力が高いため通常の成膜法では μm 級の厚みまで成膜することは困難です。しかし、PBII&D 法では、負極性高電圧パルスの印加電圧を制御することにより内部応力を低減することが可能[5]です。また、カーボンイオンが表面酸化層を超えて注入されるため DLC 成膜が難しいアルミ合金に対してもコーティングすることが可能です。このような特徴を勘案して成膜条件を吟味した結果、アルミ合金に膜厚 $400 \mu\text{m}$ の DLC 膜を作製することができました[6]。今後は後述の HPPS 放電と組み合わせてマシナブルセラミックス上への金属薄膜形成や金属含有 DLC 薄膜に関する研究を計画しています。(東)

(2) 慣性核融合実験用先進ターゲットの開発

エネルギー問題を解決する新エネルギーの 1 つ

として核融合が挙げられます。慣性核融合方式の1つである高速点火方式では、球状燃料容器に円錐状部品（コーン）を取り付けたターゲットを用います。燃料容器にナノ秒パルスレーザーを照射して圧縮し（爆縮）、最大圧縮に至った瞬間にコーンを介してピコ秒パルスレーザーを照射することで核融合反応を起こすというものです。古賀は平成23年まで大阪大学レーザーエネルギー学研究中心でこの高速点火実験の研究に従事していました[7-9]。現在は効率の良い加熱を実現するための先進ターゲットの開発を行っています。

・DLC コーンの開発

高速点火核融合では加熱を担う高速電子の振る舞いが極めて重要です。近年、実験で計測された高速電子の伝搬方向がシミュレーションでの予想以上に広がっていることが明らかとなり、加熱効率低下の原因として問題となっています。これは追加熱レーザーをガイドするための金コーンがプラズマ化し、高速電子を散乱させるためだと考えられています。そこで、金より原子番号が低く、電子の少ない低Z材料をコーン材料に用いて高速電子の散乱を低減するアイデアが提案されました。

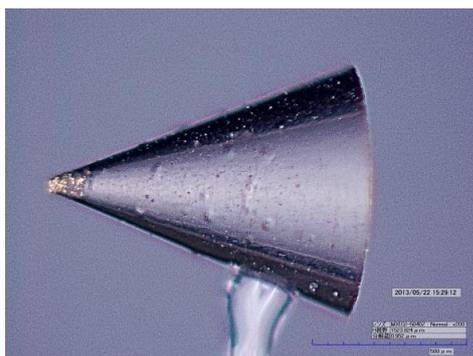


図2 ダイヤモンドライクカーボンコーン

DLCは低Zでありながら強度も有しており、コーン材料として最適と考えられますが、コーンを形成するほどの厚膜の生成はほとんど行われておりません。また、ひとくちにDLCといっても水素の含有量、結晶度（SP3/SP2結合の比率）とい

ったパラメータが変わると、当然ターゲットとしての性質も変わってくると考えられます。本研究ではDLCの組成制御技術を開発し、レーザー照射実験の要求を満たす高精度DLCターゲットを製作することを目指しています。図2は前述のPBIID装置を使用して製作されたDLCコーンの写真です。

・アルミニウムコーンチップの開発

最近の研究において、爆縮により生じたプラズマがコーンに向かって動く現象が見出されました。このコアの動きによりコーンの先端が破壊されるという問題が危惧されています。コーンの先端が破壊されると、レーザーのエネルギーを効果的に燃料へ伝達することができず、核融合反応効率が減少することになるためです。また、シミュレーション研究において、コーンの先端を延長し先鋭化することで抵抗性自発磁場により高速電子ビームをガイドできるとの予測もあります。これらを踏まえて、本研究ではコーンの先鋭化、低Z化の有用性を確認するため、レーザーCVD法により従来型金コーンの先端に取り付けるアルミニウムチップの開発を行っています。図3に目標とするコーンチップの形状を示します。レーザーを用いた予備実験において図4に示すようにアルミニウムの塊を析出させることに成功しました。現在析出条件の検討を行っています。（古賀）

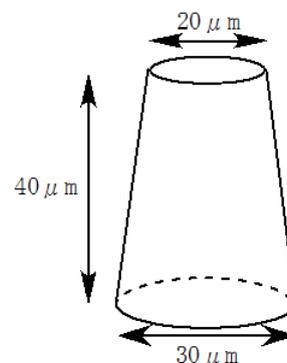


図3 アルミニウムコーンチップの目標形状

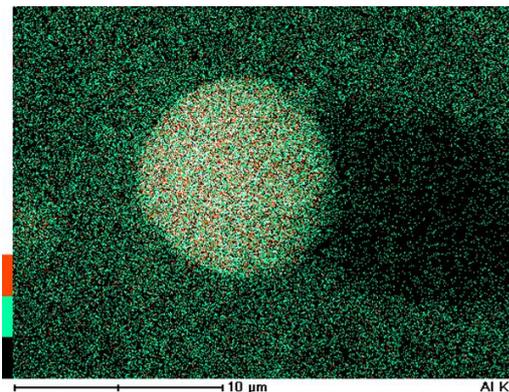


図4 析出物のEDX

(エネルギー分散型X線分光法)画像
アルミニウムの成分が白く表示されている

(3) 大電力パルススパッタ(HPPS)成膜

大電力パルススパッタ法はスパッタ源に負極性の高電圧パルスを印加して電離度の高い金属プラズマを生成するものです。一般的なDC放電に比べて負の方向に大きな電圧を加えるため放電電流が大きくなります。このとき放電電流は直流放電から推定される電流電圧特性を大きく上回ります[10]。このことからHPPS放電は直流放電をスケールアップしたものではないことがわかります。HPPS放電では kW/cm^2 級の電力がプラズマを通過するためHPプラズマは高密度化し、かつ、プラズマ自身が広範囲に広がります。プラズマとスパッタ粒子の接触の頻度が高くなり、その結果、プラズマは金属イオンが非常に多く含まれた状態になります。このような特徴からHPPS放電を用いた成膜は緻密で密着性の高い薄膜が形成されるものと期待されています。

大電力パルススパッタ法は1999年に報告された大電力パルスマグネトロンスパッタ成膜に関する論文を起源としていますが、その後、ペニングスパッタ放電、ホローカソードスパッタ放電、誘導結合プラズマ支援スパッタ放電などに拡張され現在に至っています[11]。これらのうち当研究室

ではHPPSマグネトロン放電[11]とHPPSペニング放電[12-13]を用いた金属プラズマの生成技術とそれを成膜技術の開発に取り組んでいます。ここではHPPSペニング放電プラズマについて紹介します。

HPPSペニング放電装置[12]は図5のような構造をしています。HPPSペニング放電プラズマは約10mmの距離をおいて対向したスパッタターゲット陰極の間で発生させます。ターゲットの背面にあるヒートシンクにはネオジム磁石が埋め込まれ、磁束はターゲットをほぼ垂直に横切ります。プラズマとターゲットの間にあるシース領域ではイオンがターゲットに向かって加速され、ターゲット物質をスパッタするとともに二次電子を放出させます。二次電子は磁束に捕捉され、かつ、陰極間を往復運動するため、陰極ギャップにある中性粒子の電離が促進され、時間とともにプラズマ密度が増大し、拡散によって、プラズマは陰極ギャップから流れ出します。陰極ギャップにあるプラズマの発光を分光するとチタンイオンからの発光スペクトルが強く観測されます[13]。この傾向は陰極ギャップから外の空間でも同じで金属イオンリッチなプラズマがスパッタ源から放出されることがわかっています。

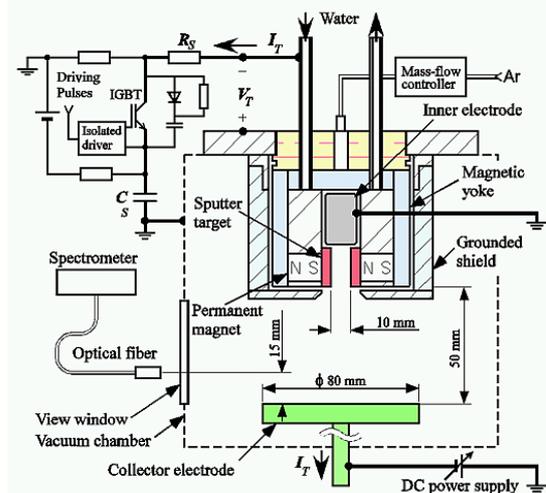


図5 HPPSペニング放電装置の概略[19]

研究開始当初は薄膜形成も比較的簡単に行えると予想していましたが実際には低ガス圧力下では放電が困難になってしまうことがわかりました。試行錯誤の末、磁気回路の中央にある空間に接地電極を挿入すると低圧力動作が可能になることを見いだしました。チタンターゲットを用いた場合、約 10 nm/min の成膜速度が得られています[12]。現在ハーフインチウェハ向けの HPPS ペニング放電装置 (図 6) の開発を進めています。今後は SiC-MOSFET による高速スイッチング電源開発を含めた反応性スパッタリングのための研究開発を行う予定です。(東)

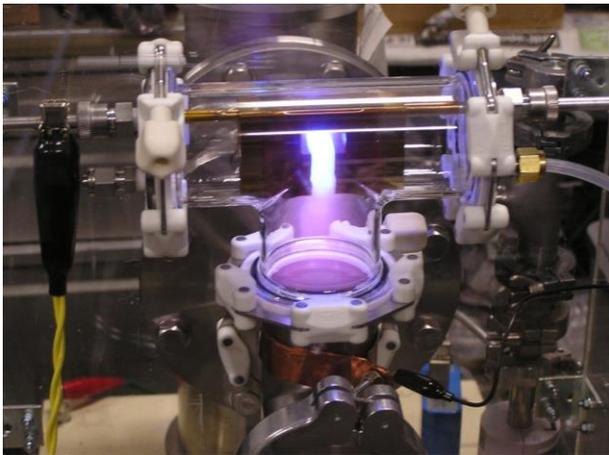


図 6 ハーフインチウェハ向けの HPPS ペニング放電装置[12] ターゲット電極を覆う静電シールドを取り外した状態での放電写真

(4) パルスウォータージェット

この研究を始めるきっかけは、プラズマに関係していた。次世代半導体露光用の極端紫外線発生研究に端を発する。真空中で高速落下中の熔融金属スズ液滴にパルスレーザーを照射し、スズプラズマからの 13.5nm の極端紫外線発光を利用する研究である。プロジェクト研究の中で、だれも手を上げなかった熔融金属スズ液滴発生を、ニンジン(研究費)をぶら下げられて食いついてしまっ

た。研究費の少ない地方大学の寂しいところである。5年かかった。日本で初めて金属液滴の発生に成功し、阪大に持ち込んで極端紫外線発生にも成功した[14-16]。国内初めて、世界でも2番目(米社が最初)であった。成功裏に終わったプロジェクト終宴と共に研究費も続かなくなった。

そこで、開発したオリジナル技術の活路を探し始めた。研究開発の前に立ちほだかるといわれる「魔の川」「死の谷」「ダーウィンの海」の最初の関門「魔の川：アイデア・基礎研究から実用化を目指した研究までの間の壁」である。用途探しが難問であり、現在も継続している。研究目標を絞り、定めることが如何に大変か、身をもって知ることになる。他分野の研究者と話していると、時々ヒントになることもあり、現在の表面加工の研究につながっている。さて、研究内容である。

ガラス等の研磨では、砥石と研磨材の組み合わせによって表面研磨が行われている。平面や単純な形状の研磨に特に優れているが、他方、薄板ガラスの切断面の研磨、ドリル穴の内面研磨など、従来では容易でない形状の研磨に対して、流体による研磨が適用できる可能性がある。流体使った加工では、ウォータージェットが切断等に使われている。これを表面研磨加工に使う研究過程で、ウォータージェットの問題も明らかになってきた。

すなわち、ウォータージェットで(切断ではなく)表面加工をする場合の課題として；

- (1) ジェット直下の加工ができない。
- (2) 加工表面の凹凸の影響を受け、結果として凸凹した加工面(切断面も含めて)になる。

具体的に述べると、(2)に関しては、「加工面で発生する音波がジェットの上流に伝わり、流れを乱す」ために、流れは加工面の影響を強く受けるとされている。

本研究では、ジェットをパルス化したパルスジェットによる微細研磨の研究を実施している。上

記課題に対して、(1) 空気を巻き込んだ加工であるためにジェット直下の表面加工ができる可能性大、(2) パルス化によって音波伝播が途切れるために加工面の凹凸形状の影響を受けることなく加工できる可能性大。

問題は、パルスジェット加工装置ばかりでなく、高速ウォータージェットのパルス化技術そのものが国内外を通して市販されていないことでした。本研究室では、姫路方式と名付けたオリジナルな発生方式を独自開発した。ノズル直径100 μm （液滴直径約200 μm ）、外部圧力3MPa、流速75m/s一定の条件で液滴発生周波数を89kHz~250kHzの広い範囲で設定でき、制御性の高さとう用性が示された。パルスジェットのバックライトストロボ写真、および加工実施例を図7、8に示します。（藤原）

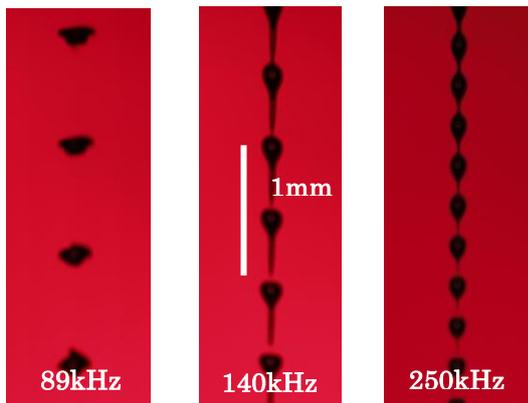


図7 パルスジェットのストロボ写真例

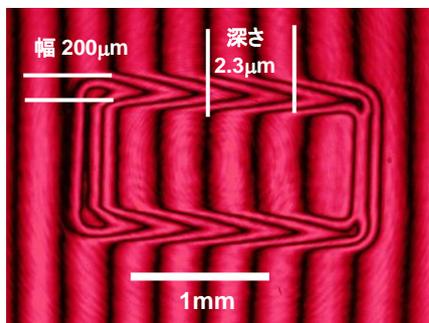


図8 1mmx2mm のガラス研磨加工例

3. おわりに

電力応用研究グループは多彩な研究を行っている。将来、3人の相乗効果で新たな分野で独創的な研究を、が夢である。

参考文献

- [1] Y. Hara, T. Yamanishi, K. Azuma, H. Uchida, E. Fujiwara and M. Yatsuzuka: Surf. Coat. Technol. 169–170 (2003) 359.
- [2] 廣崎健人, 多田祐樹, 東欣吾, 八束充保; 電学論A, 123 (2003) 574.
- [3] Y. Nishimura, A. Chayahara, Y. Horino and M. Yatsuzuka: Surf. Coat. Technol. 156 (2002) 50.
- [4] Y. Nishimura, R. Ohkawa, H. Oka, H. Akamatsu, K. Azuma and M. Yatsuzuka: Nucl. Instr. Methods Phys. Res. Sec. B 206 (2003) 696.
- [5] Y. Oka, M. Kirinuki, Y. Nishimura, K. Azuma, E. Fujiwara and M. Yatsuzuka: Surf. Coat. Technol. 186 (2004) 141.
- [6] Y. Oka, M. Yatsuzuka, M. Nishijima, K. Hiraga: Diam. Relat. Mater. 17 (2008) 405.
- [7] M. Koga, T. Fujiwara, T. Sakaiya, M. Lee, K. Shigemori et al., Rev Sci Instrum., 79 (2008) 10E909.
- [8] M. Koga, Y. Arikawa, H. Azechi, Y. Fujimoto, S. Fujioka et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 653 (2011) pp. 84-88.
- [9] M. Koga, Y. Ishii, K. Shigemori, H. Shiraga and H. Azechi, Plasma Phys. Control. Fusion 56 (2014) 045004.
- [10] 東欣吾: 月刊トライボロジー 320 (2014) 42.
- [11] K. Azuma, Y. Inoue: J. Phys. Conf. Ser. 518 (2014) 012005.
- [12] K. Azuma, T. Higuchi, Y. Inoue: J. Physics: Conf. Ser. 441 (2013) 012043.
- [13] K. Azuma, R. Mieda, K. Yukimura, H. Tamagaki, T. Okimoto: Surf. Coat. Technol. 206 (2011) 938
- [14] E. Fujiwara, H. Sugishita, H. Nishimura Jpn.J.Appl. Phys. 47 (2008) 1800-1802.
- [15] 藤原関夫, 電気学会誌 128(2008) 676-677.
- [16] 藤原関夫, レーザー研究 36(2008) 731-735

研究紹介

PS-PVD 法による次世代 Li 二次電池用 Si-Cu 系ナノ複合負極材料創製

東京大学 加賀真城、神原淳

はじめに

Li 二次電池はその電池容量の高さから様々なデバイスに応用されているが、電気自動車始め移動体車載電源やスマートグリッド応用に向けては更なる電池密度の向上が求められる。負極材料に注目すれば、現行材料であるグラファイトに対して（理論容量 372 mAh/g）10 倍近い高密度化が期待できる Si（同 4200 mAh/g）の利用が検討されているが、当該材料の高容量の起源である Si-Li 合金化の過程で 400%近い体積変化を伴うために、複数回の充放電反応で材料自体が破壊、導電性パスを失い、電池として機能しなくなる問題が指摘されてきた。この対策として、Si 材料の組織構造化が有効であることが判明してきており、例えば、Si 粒子の 150nm 以下のナノサイズ化による耐破壊強化 [1]、ポーラス構造化による Si 膨張緩衝効果[2]、導電性第 2 元素の Si コーティング[3]などが効果的であると報告されている。但し、Nature での指摘される通り[4]、何れのナノ構造化の手法

も高価或いは長時間プロセスであることから、実用に資するナノプロセスが求められてきた。その背景の下、我々はプラズマスプレー物理蒸着法 (PS-PVD)を利用して数ドル/kg程度の冶金級粉末原料から数 100g/h の処理速度でナノ粒子を製造し、負極材料としての特性改善にも十分期待できることを見出した[5]。更に、当該プロセスの急速凝縮過程を利用すれば、高い処理速度を維持しつつ、導電性粒子を Si ナノ粒子に直接担持したナノ粒子の高次構造化も可能であると考えた。そこで本稿では、Cu を第 2 元素として選択した Si-Cu 系複合負極材料創製に関して紹介する。

プラズマスプレー法

図 1 に本実験で用いた PS-PVD 法の概念図を示す（装置並びに条件の詳細は文献[5]を参照されたい）。基本原理は、熱プラズマによる高速ナノ粒子製造であり、原料粉末の瞬間的な蒸発と急速凝縮による核生成・ナノ粒子成長である。但し、本プロセスの特長は、DC-RF ハイブリッドプラズマの利用により効果的にプラズマ内の最高温度部に直接 Si 原料粉末が投入できることから高スループットでのナノ粒子製造が期待できる点と、第 2 元素を Si ナノ粒子の核生成・成長後の粒子表面に直接不均質核生成を促す条件に設定することでナノ粒子複合化を進める点とできる。特に後者では、導電性はあるものの電池不活性な元素の場合には、Si の高容量維持のために Si-M 合金化を抑制する条件への設定に注意を要するが、元素 M と Si 融体間の界面エネルギー並びに合金相の結晶構造次第でエピタキシャル担持などナノ粒子を高次に複合構造変調しうる点は大きな特徴といえる[6]。

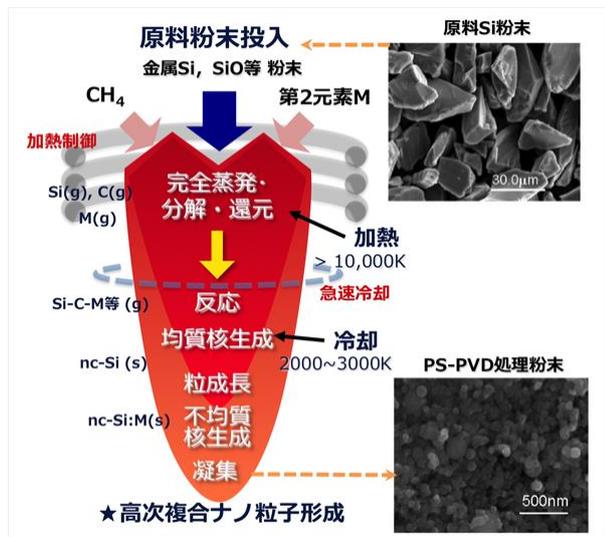


図 1 プラズマスプレー物理蒸着法の概念図

複合ナノ粒子構造及び電池特性

本 PS-PVD 実験条件において、ナノ粒子の形状の影響を加味した Si 及び Cu の均質・不均質核生成並びに粒子成長過程を計算した結果[6], 始めにプラズマフレーム下部に設置する水冷式粒子捕集管内の 2180K 程度で Si が均質核生成し、ガス流に乗りながら 25nm 程度まで成長した時点で相当する 1500K 近傍で Cu が Si 粒子上に不均質核生成する共凝縮過程が予測された。実際、PS-PVD により作製した Si-Cu 系負極複合材料粒子の電子顕微鏡写真を図 2 に示す通り、全体として数ミクロン径まで凝集した粒子であるが(a), 30nm 程度の Si 粒子が 1 次粒子として構成する複合粒子であること(b), 特に HAADF 像で明るいコントラストで頭れる Cu を含む粒子が Si のナノ粒子表面に直接担持して、粉末全体に分散する様子が確認された。

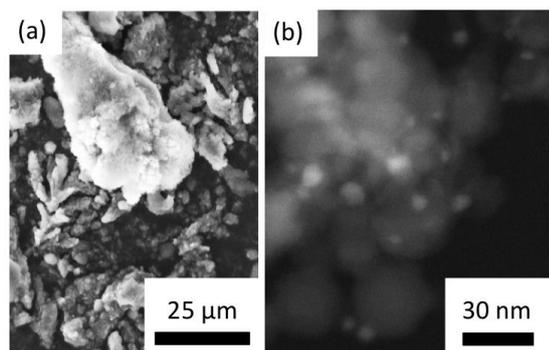


図 2 PS-PVD による Si-Cu 粒子の (a)SEM, (b)STEM-HAADF 像

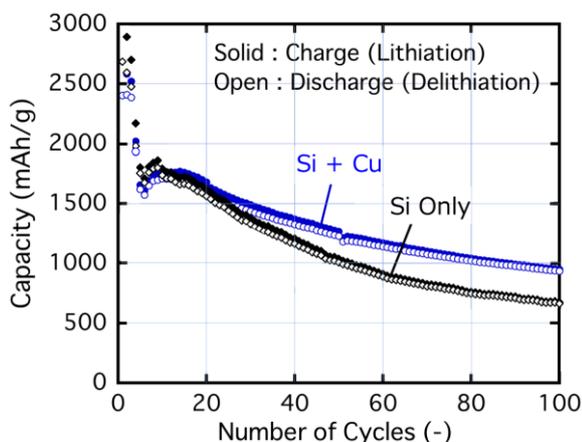


図 3 PS-PVD による Si 及び Si-Cu 複合粒子を負極材とした電池容量サイクル特性

ナノ粒子 Si 間に導電性 Cu のネットワークが付与された構造であることから、特に電池サイクル特性の改善効果が期待される。図 3 には、PS-PVD による Si-Cu 複合構造粒子を負極材として利用した電池容量のサイクル回数依存性を、無添加 PS-PVD 処理 Si ナノ粒子の容量と比較し示した。実際、Si-Cu 複合粒子は電池反応不活性な Cu 添加による重量損がありながらも全負極重量比電池容量で Si と同程度の容量を示し、特にサイクル回数が増えるほど、Si のみの粒子より高い容量を維持する特性を呈示しており、上述の複合構造より期待される特性改善の効果が明確に確認された。

終わりに

産業基盤技術と言えるプラズマスプレー法の共凝縮過程に注目すれば、リチウムイオン電池の特性向上に効果的な複合構造ナノ粒子を、高スループット且つ一貫プロセスで創製しうる、当該技術の高いポテンシャルを紹介した。本プロセスの特徴となる非平衡性に注目すれば Si ナノ粒子自体の構造変調も期待され、更なる特性向上にも繋がる可能性も秘めており、本プラズマが電池産業を牽引する技術となることを期待したい。

謝辞

本研究は最先端・次世代研究開発プログラムの支援を受けました。また本稿で紹介した成果の一部を応用物理学会にて発表し講演奨励賞を頂きました。この場をお借りして、関係の先生方、諸先輩方に感謝を申し上げます。

参考文献

- [1] X.H. Liu, et al., ACS Nano 6 (2012) 1522.
- [2] A. Magasinski et al., Nature Mater., 9 (2010) 353.
- [3] H. Chen, et al., J. Power Sources 196 (2011) 6657.
- [4] C. Martin, Nature Nanotechnol. 9 (2014) 327.
- [5] M. Kambara et al. J. Appl. Phys. 115 (2014) 143302.
- [6] Narengerile et al., JPS Conf. Proc. 1 (2014) 015057.
- [7] M. Kambara et al., Eazozoku Kenkyu, 29 (2014) 93

ドイツ・Ruhr University Bochum 滞在記 微粒子プラズマの研究

東京エレクトロン山梨 岩下 伸也

はじめに

筆者は 2010 年 4 月～2013 年 10 月の期間、ポスドクとしてドイツの Ruhr University Bochum にて微粒子プラズマの研究を行った。本稿ではその時の経験と研究内容を少し紹介したい。

ドイツ渡航の経緯

筆者は博士後期課程時に九州大学・白谷正治教授の研究室で、容量結合プラズマ (Capacitively Coupled Plasma, 以下 CCP) 中での微粒子(サイズ数 nm～数 μm の粒子)の輸送制御法の開発に取り組んでいた。微粒子の輸送制御とは、言い換えると微粒子に働く力の制御である。プラズマ中の微粒子には、静電気力、イオン抗力、ガス粘性力、熱泳動力、重力等の様々な力が働き、これらの力を制御することで微粒子の輸送制御を実現する。筆者が取り組んでいた微粒子輸送制御では静電気力とイオン抗力が支配的であり、この 2 つの力を精度良く制御することが大きな課題であった。学位取得を間近に控え、微粒子に働く静電気力とイオン抗力を制御するための良い手法はないか情報収集していた頃、Ruhr University Bochum・Prof. Uwe Czarnetzki の研究グループが、2 周波の RF 信号を用いて CCP のシース電圧を高精度に制御できる電氣的非対称効果 (Electrical Asymmetry Effect, 以下 EAE) という手法を報告していた(Heil B G et al *J. Phys D: Appl. Phys.* **41** (2008) 165202, Schulze J et al *J. Phys. D: Appl. Phys.* **42** (2009) 092005)。筆者は微粒子に働く静電気力・イオン抗力の制御にこの EAE が有効であると考え、ポスドクとして EAE

による CCP 中の微粒子輸送制御の研究を行いたいと Prof. Czarnetzki に打診したところ、快く受け入れて頂いた。Prof. Czarnetzki はプラズマ計測技術の分野を中心に数多くの業績を上げられている教授で、プラズマ物理の国際会議で毎年招待講演をされている。また、EAE に関する研究でもその功績が認められ、2010 年に European Physical Society より Plasma Physics Innovation Prize を受賞されている。ちなみに Ruhr University Bochum には、Prof. Czarnetzki の研究グループ以外にも数多くのプラズマ物理の研究グループが在籍しており、ドイツ国内では University of Greifswald、Max Planck Institute と並んでプラズマ物理分野の一大研究拠点である。そのため大学内でのワークショップが定期的開催され、共同研究も活発に行われている。このような経緯で Prof. Czarnetzki の研究室でポスドクとして研究することが決まり、2010 年 4 月よりドイツへと渡航した。

研究内容

Prof. Czarnetzki の研究グループに参加して取り組んだ主な研究項目は、下記の 2 点である。

1. 負イオンプラズマ中での EAE の有効性の検証
2. EAE を用いたプラズマ中でのダスト輸送制御法の開発

Prof. Czarnetzki の研究グループに参加した直後は微粒子プラズマに使用できる実験装置が無かった

ため、文献の調査や学内外の他の研究グループの訪問等、装置構成を決めるための情報収集から開始した。また、微粒子を用いた研究に取り組む前の準備段階として、1の負イオンプラズマを用いた実験を行った。プラズマ中に微粒子が存在する場合、サイズにより電荷量は異なるが、微粒子は通常負に帯電する。そこで負イオンを微粒子と見立てることで、微粒子プラズマへのEAEの有効性検証の予備実験を行う、というのが1の実験の背景である。

EAEでは次に示すような2周波を合成したRF信号をCCPの電極に印加する： $\phi(t) = \phi_0 \{\cos(2\pi ft + \theta) + \cos(4\pi ft)\}$ 。ここで、 $\phi(t)$ 、 ϕ_0 、 f 、 θ は、それぞれ2周波のRF信号を合成した印加電圧、各周波数の印加電圧、周波数、2周波間の位相を示す。CCPで2周波を用いる場合、通常は2つの電極の両方に信号を印加するが、EAEでは片方の電極に2周波を合成した電圧を印加する。EAEでシース電圧を制御する上で最も重要なパラメータは2周波間の位相 θ である。この θ を調整することで、電極間の面積比に依らずにCCPの自己バイアス電圧をほぼ線形的に制御することが可能である(Heil B G et al *J. Phys D: Appl. Phys.* **41** (2008) 165202, Schulze J et al *J. Phys. D: Appl. Phys.* **42** (2009) 092005)。EAEを負イオンプラズマに適用した結果を図1に示す(Schüngel E et al *J. Phys. D: Appl. Phys.* **44** (2011) 285205)。実験で用いたガス種、圧力、および周波数はそれぞれ酸素、10-100Paおよび13.56 + 27.12 MHzである。負イオンが存在するので、電子密度分布はArのような正イオンプラズマと大きく異なる(Schüngel E et al *J. Phys. D: Appl. Phys.* **44** (2011) 285205)が、2周波間の位相 θ を調整することでポテンシャル空間分布および自己バイアス電圧を制御できており、EAEを用いたCCP中の微粒子輸送制御が期待できる、という結果が得られた。

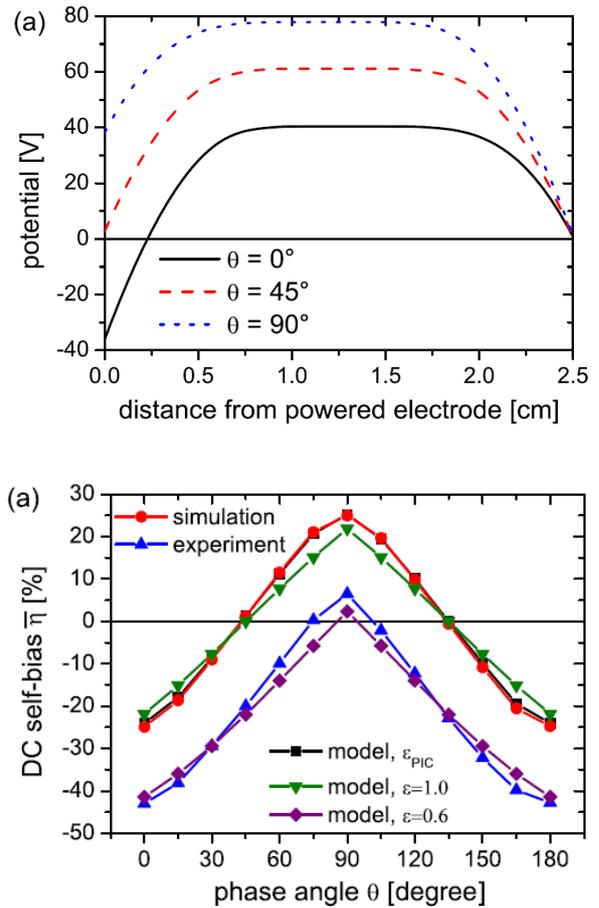


図 1. 上図: Particle-in-cell(PIC)シミュレーションで得られた酸素プラズマ中の時間平均ポテンシャル空間分布の θ 依存性. 下図: 実験と PIC シミュレーションで得られた酸素プラズマ中の自己バイアス電圧の θ 依存性 Schüngel E et al *J. Phys. D: Appl. Phys.* **44** (2011) 285205).

上記で得られた結果を踏まえ、微粒子プラズマにEAEを適用した。図2に実験装置図を示す。直径1.5 μm のSiO₂粒子を用いてArプラズマ中での微粒子輸送制御を試みた。微粒子はディスペンサーを用いて上部電極の中央部からプラズマ中に導入した。また、微粒子を観察領域に滞在させるために下部電極上にAlリングを設置している。微粒子のモニタリングには2次元レーザー散乱光測定

法を用いた。

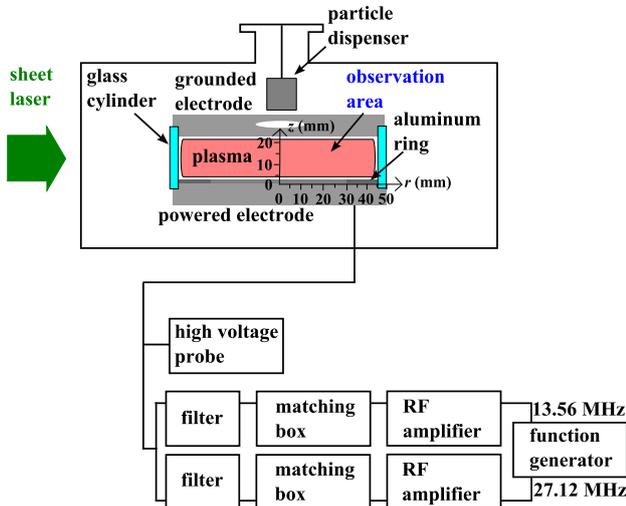


図 2. EAE による CCP 中微粒子輸送制御に用いた実験装置図(Iwashita S et al *J. Phys. D: Appl. Phys.* **46** (2013) 245202).

プラズマ中に導入された微粒子は、電極方向に働くイオン抗力とプラズマ方向に働く静電気が釣り合う下部電極付近のプラズマ-シース領域に留まる。EAE を用いた微粒子輸送制御を試みるにあたって、位相を連続的にかつ低速で $\theta=0^\circ \rightarrow 90^\circ$ と変化させる方法(Adiabatic phase change)と $1\mu\text{s}$ 以内で $\theta=90^\circ \rightarrow 0^\circ$ と瞬間的に変化させる方法(Abrupt phase change)の 2 種類の方法を用いた。位相を $\theta=0^\circ \rightarrow 90^\circ$ と連続的に変化させた場合、下部電極付近での時間平均のシース幅は狭くなり、シース電圧は小さくなる(Schulze J et al *Plasma Sources Sci. Technol.* **19** (2010) 045028)。微粒子はこの位相変化中に下部電極付近のプラズマ-シース領域に留まり、シース幅の縮小に伴い下部電極方向に移動する。また、ここで得られた微粒子分布は電界分布によるフィッティングで示すことが可能である(図 3)。この微粒子分布と電界分布の組み合わせ

によって、微粒子が滞在するプラズマ-シース領域のイオン密度を見積もる、いわゆる“微粒子プローブ”が実現できる(Iwashita S et al *J. Phys. D: Appl. Phys.* **46** (2013) 245202)。

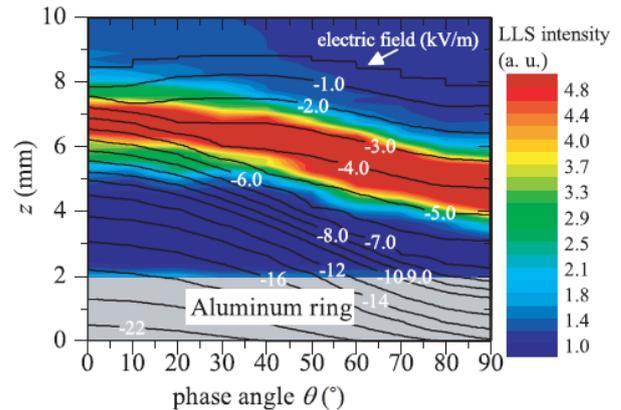


図 3. 位相を $\theta=0^\circ \rightarrow 90^\circ$ と連続的に変化させた場合の微粒子によるレーザー散乱光分布と分析モデルから見積もった電界分布(Iwashita S et al *J. Phys. D: Appl. Phys.* **46** (2013) 245202)。

一方、位相を $1\mu\text{s}$ 以内で $\theta=90^\circ \rightarrow 0^\circ$ と瞬間的に変化させた場合、位相変化直後に微粒子はプラズマ方向へと押し出され、数百 ms 後に大部分の微粒子は下部電極付近のプラズマ-シース領域へと戻されるが、一部は上部電極付近のプラズマ-シース領域へと輸送される(図 4)。このシース間の微粒子輸送のモデルを図 5 に示す。図中の曲線は微粒子に働く力から見積もったポテンシャル分布である。上下のポテンシャル井戸は上部/下部電極付近のプラズマ-シース領域に対応し、ポテンシャル分布の非対称性は重力に起因している。位相を変化させる前($\theta=90^\circ$)は、微粒子は下部電極付近のポテンシャル井戸に留まっている。 $1\mu\text{s}$ で位相を $\theta=90^\circ \rightarrow 0^\circ$ と変化させた直後、ポテンシャル分布は

図5で示すように上部電極方向にシフトするが、微粒子は慣性力が大きいために同じ位置に留まり、位相変化直後はポテンシャル壁付近に存在することになる。そのため、大きなエネルギーを得た微粒子は数 m/s の初速度で運動を開始し、ガス粘性力で速度を低下させながら上下のポテンシャル壁の内側(つまりプラズマバルク中)を移動する($t=0-150\text{ms}$)。やがて微粒子は上下のポテンシャル井戸のどちらかに捕捉される($t \leq 150\text{ms}$)が、図5に示すように下部のポテンシャル井戸の方が大きな領域のため、一部の微粒子が上部側のポテンシャル井戸に移動する一方、大部分の微粒子は下部側のポテンシャル井戸に戻る。以上がシース間の微粒子輸送のメカニズムである。ちなみに上部側ポテンシャル井戸の領域を大きくすれば、上部側プラズマ-シース領域に輸送される微粒子数を増やすことが可能である。これを実現するには、微粒子に上部電極方向の力(例えば下部電極の加熱による熱泳動力)を与える必要がある。

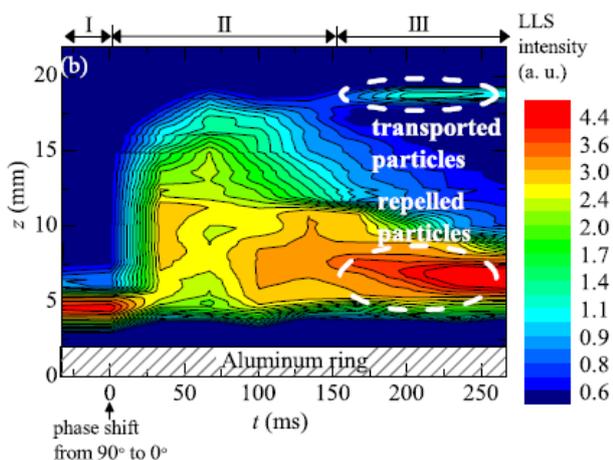


図4. 位相を $1\mu\text{s}$ 以内で $\theta=90^\circ \rightarrow 0^\circ$ と変化させた場合の微粒子によるレーザー散乱光分布の経時変化 (Iwashita S et al *Plasma Sources Sci. Technol.* **21** (2012) 032001).

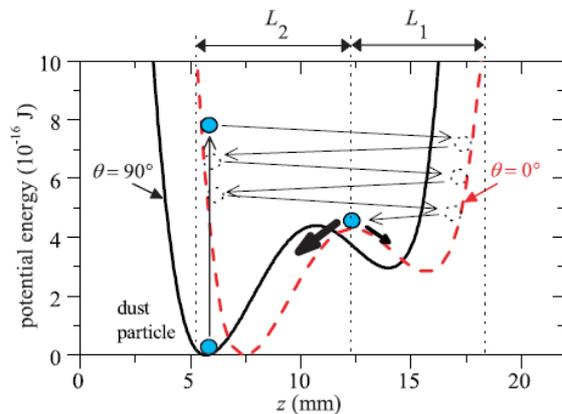


図5. 微粒子に働く力から見積もったポテンシャル空間分布 (Iwashita S et al *Plasma Sources Sci. Technol.* **21** (2012) 032001) .

上記の結果を基に、中央に隆起部を有する加工を施した上部電極を用いて上部側シース構造を変化させて、そのときのシース間の微粒子輸送を観察した (Iwashita S et al *IEEE Trans. Plasma Sci.* **42** (2014) 2672). 位相を $1\mu\text{s}$ 以内で $\theta=90^\circ \rightarrow 0^\circ$ と変化させることで、上記で示した通り一部の微粒子は上部側プラズマ-シース領域に輸送される。その後これらの微粒子は重力によって自発的に中央部に集まり、さらにはプラズマバルク中を通過して下部側プラズマ-シース領域に戻っていく。このような下部方向への自発的なシース間微粒子輸送の要因として、局所的に微粒子密度が高くなることで、(微粒子を上部側プラズマ-シース領域に留まらせるため上方向に働く)イオン抗力が小さくなる (Yaroshenko V V et al *Phys. Plasmas* **20** (2013) 043703)、または微粒子間のクーロン力が静電気力やイオン抗力と比べて無視できなくなる等が考えられるが、この現象を議論するためにはさらなる研究が必要である。

ドイツでの生活

この項では Bochum 滞在中の生活を少し紹介し

たい。ドイツ渡航直後から約 1 年間は、Prof. Czarnetzki の計らいで Ruhr University Bochum のゲストハウスに滞在させて頂いた。ここは外国人研究者向けの寮で、最大で 1 年間滞在することが可能である。部屋は家具付きで大学に隣接するショッピングセンターのすぐ近くにあるため、とても快適に滞在できた。このゲストハウスには単身者用に加えて家族連れ用の部屋も有り、家賃は単身者用で月額約 400 ユーロである。上述のショッピングセンターにはスーパー、本屋、レストラン、郵便局、さらには市役所の出張所まで揃っているため、大抵の用事はここで済ませることができる。このゲストハウス以外に住む場合、自らインターネット等で賃貸物件を調べ、不動産業者を通じて部屋を借りることになる。この場合は手続きが煩雑になる上、ドイツ語のみで手続きを進める必要がある。日本の物件と異なり、ドイツの物件は基本的に家具が一切無い。そのため初期投資もゲストハウスの場合と比べて大幅に高くなる。このように、Ruhr University Bochum で研究を行う場合はゲストハウスに滞在するのが一番経済的かと思うが、滞在期間が 1 年以上の長期になる場合は上記の出費を想定してドイツ語を習得しておくことが必要かと思う。

ドイツと日本の生活で大きく異なる点の 1 つとして、(これはドイツに限った話ではないが)日曜と祝日は基本的に全ての店が閉まっているという点が挙げられる。ただし例外もあり、各都市の鉄道(Deutsche Bahn)駅構内は上記期間中でも店が開いているため、簡単な食料や日用品は購入可能である。Bochum 周辺だと Essen や Dortmund の駅構内は店が多くお勧めである。また、ドイツの祝日に関して注意すべき点は、地域によって祝日が異なる場合がある、という点である。例えば毎年 2 月に Rosenmontag という祝日があるが、電車で数十分の距離の Duesseldorf や Koeln では祝日で盛大

なパレードが開催される一方、Bochum では平日で大学も通常通り、という具合である。カレンダー上の祝日が Bochum でも同様に祝日なのかは受入先の教授や同僚に確認した方が良い。Bochum の交通手段については、鉄道・バスが 24 時間で運行しているため大変便利で、車が無くても問題無く生活できる。Ruhr University Bochum から Bochum 中央駅まで地下鉄(もしくはバス)で約 15 分で、そこから ICE や快速電車を利用すれば、日帰りの小旅行も可能である。

おわりに

ここまで 2010 年 4 月～2013 年 10 月の期間の Ruhr University Bochum でのポストドク時代の経験と研究内容を紹介した。Ruhr University Bochum は、プラズマ物理の研究に取り組むには最適な場所である。ここでは割愛した失敗や苦勞も多々あったが、今ではその全ての経験が筆者にとって財産となっている。本稿が今後海外の大学・研究所で研究を行う方々の参考になれば幸いである。私事であるが、筆者は 2013 年 10 月にドイツより帰国後、同年 11 月に東京エレクトロン株式会社 PVE 開発部(PVE: Thin-film Photovoltaic Equipment の略)に入社し、2014 年 7 月より現在に至るまで東京エレクトロン山梨株式会社 SD 部門(SD: Single Wafer Deposition の略)に所属している。これまでの貴重な経験を生かして、半導体製造装置の開発に取り組んでいく所存である。

謝辞

白谷正治教授(九州大学)、古閑一憲准教授(九州大学)、内田儀一郎准教授(大阪大学)、Prof. Uwe Czarnetzki (Ruhr University Bochum)、Dr. Julian Schulze (West Virginia University)、Dr. Edmund Schüngel (West Virginia University)、Dr. Zoltán Donkó (Hungarian Academy of Sciences)、Dr. Peter

Hertmann (Hungarian Academy of Sciences)には研究を進める上で多大なサポートをして頂き大変有難かった。特に白谷教授と Prof. Czarnetzki には研究以外でも大変お世話になった。上記の先生方をはじめ、プラズマエレクトロニクス分科会でお世話になった皆様に心より御礼を申し上げます。また、

博士後期課程・ポスドク時代に研究助成して頂いた日本学術振興会、Alexer von Humboldt Foundation、German Federal Ministry for the Environment、RUB Research Department Plasma にも謝意を表す。

学生のためのページ

すぐに役立つプラズマエレクトロニクス

プラズマの振舞い —思考実験と Q&A—

中部大学 菅 井 秀 郎

はじめに

現象を本当によく解っているかどうかをテストするには、「それを絵に描いてみなさい」と言うのが最も近道です。絵のうまい・へたではなく、しっかりとしたイメージをもっているかどうかポイントになります。あやふやな理解では的確に説明するイラストを描くことができません。例えば「プラズマのイメージを描いてみなさい」と言われたら、皆さんの頭の中にはどんなイメージが浮かびますか。

プラズマを応用して何かをしようとするとき、前もって「プラズマがどのように振舞うか」を鮮明にイメージできれば、課題のかなりの部分をクリアしたことになります。その意味で、絵に描いてイメージが浮かぶまで深く理解するようつねづね心がけることが大切です。

そのイメージの構築に役立つのは思考実験です。アインシュタインは子供の頃から様々な思考実験を続けていたようで、例えば「光と一緒に走れたら、外はどう見えるか」等を考え続けて相対性理論に辿り着いたとか・・・物理の世界に限らず、もの創りの技術開発においても、イメージの積み重ねで新しいアイデアが生まれてくると思います。

そこで本稿では、プラズマの基本的な振舞いのイメージを作り上げるため、思考実験を試み、それにまつわる疑問と解答 (Q&A) を展開してみたい。ここで示すのは一つの例であって、結局、皆さんが自分自身で同様な作業を繰り返さないと身につかないことを初めに記しておきます。

思考実験：超高性能カメラでプラズマを撮る

図1に示すように、容器の中にあるプラズマの瞬間の映像を超高性能カメラで撮影する。

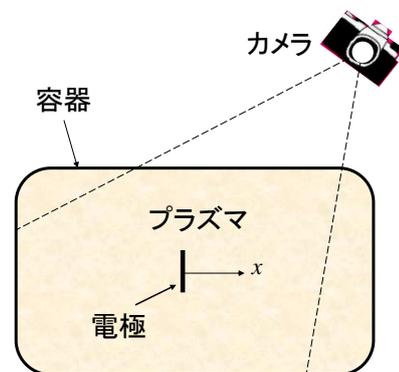


図1 プラズマの写真を撮る。

Q1 圧力 10 Pa (75 mTorr) のアルゴン放電で生成された密度 10^{10} cm^{-3} の均一プラズマの場合、空間を動き回る電子、 Ar^+ イオン、 Ar 原子の瞬時の姿を映し撮った静止画をイメージしよう。

Q1.1 イオンとイオンの間の平均距離はいくらですか。同様に電子同士および Ar 原子同士の平均距離はいくらですか。

Q1.2 イオンの直径はいくらか。また、電子の直径はいくらですか。

Q1.3 容器の壁近傍を撮影したら、イオン、電子、 Ar 原子の分布はどのように映りますか。

A1 超高性能カメラなので電子もイオンも原子も映るという前提で解答します。

A1.1 一般に粒子の密度を n とすれば、粒子間の間隔 l は $l \sim n^{-1/3}$ と与えられる（ヒント：一個の粒子が占める体積は l^3 ）。プラズマ中では正イオンの密度 n_i と電子の密度 n_e は等しい（プラズマの電気的中性； $n_i \sim n_e$ ）ので、イオン同士の間隔と電子同士の間隔は同じであり、 $l \sim n^{-1/3} \sim 500 \mu\text{m}$ である。ところでイオンと電子の密度はなぜ等しくなるのだろうか。放電によって電離生成されるとき、イオンと電子はペアで発生するから確かに同数ずつ発生している。しかしその後、例えば水と油のように分かれて存在することはないのだろうか。もしそうなったらという思考実験をしてみて欲しい。プラスとマイナスの電荷は引き合うので、すぐさま混じり合うことは容易に想像できる。一様に混じり合って中和したときに各電荷に作用するクーロン力がキャンセルして安定になり、この系の持つエネルギーが最少になると考えられる。

Ar 原子の密度 n_n は、圧力 p [Pa] のときガス温度を $T=400 \text{ K}$ と仮定して理想気体の状態方程式 $p=n_n k_B T$ から

$$n_n = 1.81 \times 10^{14} p \text{ [cm}^{-3}] \quad (1)$$

これに $p=10 \text{ Pa}$ を代入して $n_n \sim 2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ を得る。すなわち、電子やイオンに比べて Ar 原子の密度は 5 桁も高い。このように電離度の小さいプラズマは弱電離プラズマと呼ばれる。密度が解ったので Ar 原子同士の間隔を計算すると、 $l \sim 8 \mu\text{m}$ となり、かなり込み合っていることが解ります。図 2 参照。

A1.2 Ar 原子を剛体球とみなしたとき、その直径は 1.82 \AA ($1\text{\AA}=10^{-10} \text{ m}$) であることが知られています。Ar⁺イオンの大きさは原子とほぼ同じと考えられます。一方、電子は小さすぎて、古典的な剛体球モデルで扱うのは不適當で、量子力学により電子の波動性を考慮して“雲”（波束）として捉えます。その波長は電子の速度に依存

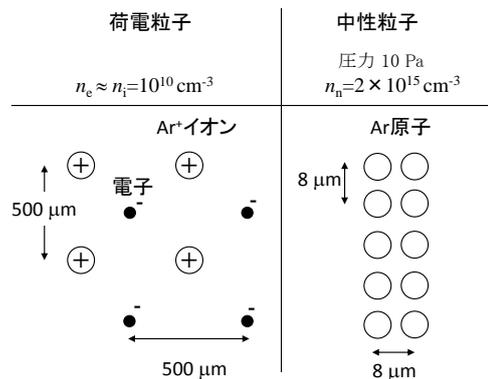


図2. 粒子間の距離 $l \sim n^{-1/3}$

します[文献 1, p.20]。

A1.3 プラズマは容器の壁に接触しています。このとき、プラズマ中の電子と Ar⁺イオンは壁に向かって流れてきて壁に衝突して消滅します。すなわち、負電荷をもつ電子と正電荷のイオンが壁表面で再結合（電離の逆過程）して電荷は消滅し、Ar 原子となってプラズマ中に戻ってきます。このことは、プラズマから壁に向かって単位時間に流出する電子とイオンの数は同じであることを意味しています（その結果、プラズマの電気的中性が保たれます）。

壁表面に同じ数の電子とイオンが到達するには、電子を追い返してイオンを引き込むような電位分布（シース；sheath さや）が壁の前面に形成される必要があります。その理由は、Ar⁺イオンは電子に比べて 7 万倍も重く、温度も 1 桁低いので、速度は 1/1000 と遅い。ここで、密度に速度を乗じた量すなわちフラックス（単位時間に単位面積を通過する粒子数）を考えると、密度は同じである ($n_i \sim n_e$) からプラズマから壁に向かうイオンのフラックスは、電子のその 1/1000 しかない。そのまま両者が壁に到達すると、プラズマ中では電子がどんどん減ってイオンが余り、電気的中性が破れて正の空間電荷が発生する。この空間電荷はプラズマの電

位を押し上げる作用をして、壁よりもプラズマ空間の電位を電子温度の数倍ほど高くし、逃げようとする電子を引き戻すと同時にイオンを壁方向に加速する領域、すなわちシース領域と呼ばれる境界層を形成する(詳細は文献[1]の p.55~57)。

このシースの中では電子が非常に少なく、正イオンが過剰な状態 ($n_i \gg n_e$) になる。カメラはそのような不均一な分布を映すはずである。このシースの厚さは、後述のデバイ長の約5倍程度である (Debye sheath と呼ばれる)。ただし、直流グロー放電の陰極近傍や、容量結合型 RF 放電の電極の周りに形成されるシースは、電位差が大きく、かなり厚くなる (Child-Langmuir sheath)。 (文献[1]、p. 60 参照)

一方、Ar 原子はプラズマから壁に至るまで一様な分布を保てるであろうか。一般的には壁に原子が衝突したときの壁への付着確率に依存して不均一になる (Milne の境界条件: 詳細は文献[1]の p.54~55 を参照されたい) Ar 原子が壁に付着することはないので一様と考えられるが、プラズマによる CVD やエッチングで生成される中性ラジカルは壁と反応するので、ラジカル分布は壁近傍で不均一になる。

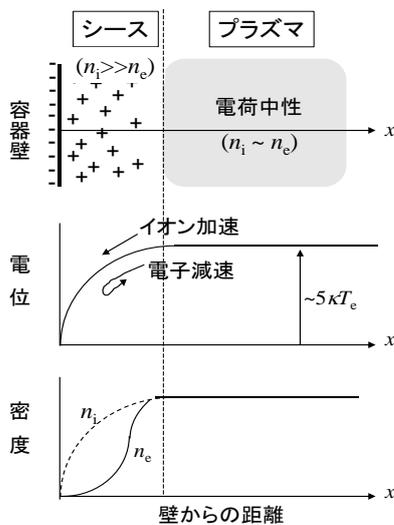


図3 壁と接するプラズマ

Q2 前と同じ Ar 圧力中の密度 10^{10} cm^{-3} のプラズマであって、電子・イオン・原子の温度がそれぞれ $T_e=1 \text{ eV}$, $T_i=0.1 \text{ eV}$, $T_n=0.04 \text{ eV}$ とする。このプラズマを超高速ビデオカメラで撮影したら、プラズマ内の粒子の運動はどのように見えますか (動画)。

Q2.1 $10 \mu\text{s}$ の短時間に電子・イオン・原子はそれぞれ何 cm 動きますか。ただし、粒子同士は衝突しないとします。

Q2.2 平均して電子は Ar 原子と毎秒何回衝突しますか (衝突周波数)。また、衝突から次の衝突まで何 cm 走りますか (平均自由行程)。

Q2.3 前問の電子をイオンに置き換え、衝突周波と平均自由行程を調べ、電子の場合と比較してみよう。

Q2.4 電子が Ar 原子と衝突する瞬間のビデオ映像と、Ar⁺イオンが Ar 原子と衝突する瞬間のビデオ映像を比較したとき、何が最も違いますか。

Q2.5 電子が Ar 原子と衝突した直後、原子が光りました。原子の中で何が起こったか、また、この発光の波長はどのように決まるか等を考察しよう。

A2 Q2 の質問は、いわゆる粒子間の衝突素過程に関連するものです。文献[1]の p.22 と p.151 をもとに、主な数値計算の式を以下(a), (b)にまとめたので、自分のプラズマの場合についても計算してイメージを持って下さい。

(a) 質量 m 、温度 T の粒子種の平均熱速度は $\langle v \rangle = (8kT/\pi m)^{1/2}$ であり、電子、イオン、分子の温度 T_e, T_i, T_n を eV 単位で与え、分子の質量数を M とすれば、それぞれの平均熱速度は次式から計算できる。

$$\text{電子} \langle v_e \rangle = 6.69 \times 10^5 \sqrt{T_e} \quad [\text{m/s}]$$

$$\text{イオン} \langle v_i \rangle = 1.56 \times 10^4 \sqrt{T_i/M} \quad [\text{m/s}]$$

$$\text{分子 } \langle v_n \rangle = 1.56 \times 10^4 \sqrt{T_n/M} \quad [\text{m/s}]$$

(b) 粒子種1が粒子種2に衝突するときの衝突断面積を σ_{12} とすれば、平均自由行程は $\lambda_{12}=1/(n_2\sigma_{12})$ 、衝突周波数は $\nu_{12}=\langle v_1 \rangle/\lambda_{12}$ と与えられる。

例えば Ar プラズマの圧力 p [Pa]、分子半径が 2×10^{-10} [m]、 $T_n=0.04$ eV のとき、電子・分子衝突については

$$\text{平均自由行程} : \lambda_{en}=4.40/p \quad [\text{cm}]$$

$$\text{衝突周波数 } \nu_{en}=1.52 \times 10^7 p \sqrt{T_e} \quad [\text{Hz}]$$

イオン・分子衝突と分子・分子衝突では

$$\text{平均自由行程} : \lambda_{in}=\lambda_{nn}=0.778/p \quad [\text{cm}]$$

* 荷電粒子間の衝突（クーロン衝突は、弱電離プラズマでは無視できる。

上記の数値式を用いれば、各問に対する略解は次のようになります。

A2.1 10 μs の時間に電子は 67 cm、イオンは 0.08 cm、原子は 5×10^{-4} cm 動く。

A2.2 電子の衝突周波数は $\nu_{en}=1.52 \times 10^8$ Hz、平均自由行程は $\lambda_{en}=4.4$ mm である。

A2.3 イオンの衝突周波数は $\nu_{in}=10^7$ [Hz]、平均自由行程は $\lambda_{in}=0.78$ mm である。

A2.4 一般に質量 m_1 の粒子が質量 m_2 の粒子に衝突したとき、前者が衝突の前後で失う運動エネルギーの割合（エネルギー損失係数は）

$$\kappa = \frac{2m_1m_2}{(m_1+m_2)^2} \quad (2)$$

と与えられる(文献[1]、p.24)。軽い電子 (m_e) が約 1 万倍思い Ar 原子 (m_n) と衝突するときは $\kappa \sim 2m_e/m_n \sim 10^{-4}$ であるから、電子はほとんどエネルギーを失わず、はじき返されるだけである。これに対し、 Ar^+ イオンが同じ重さの Ar 原子と衝突するときは $\kappa \sim 0.5$ となり、衝突するたびに半分のエネルギーを失う。このように電子のエネルギー損失係数が非常に小さいために、弱電離プラズマでは電子温度 T_e がイオン温度 T_i やガ

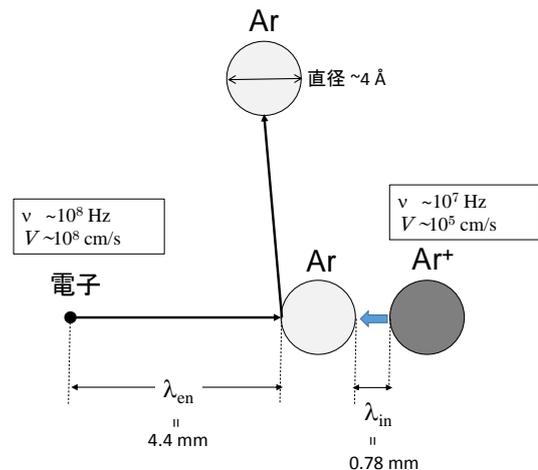


図4 平均自由行程と衝突周波数

ス温度 T_n よりも桁違いに高くなる。ただし、大気圧アークのように衝突が非常に多い高密度プラズマでは熱平衡状態になり、 $T_e \sim T_i \sim T_n$ となる。

A2.5 Ar 原子に衝突する電子の運動エネルギー ϵ が低いときは、運動量保存則とエネルギー保存則を満たすように電子は弾き返され、Ar 原子はほんのわずかにその並進運動エネルギーが増加する（これを弾性衝突という）。しかし、衝突エネルギーが高くなって $\epsilon > 11.61$ eV になると、Ar 原子の内部で原子核の周りを周回している軌道電子にもエネルギーが移り、より大きな軌道を描くようになる。このように原子の内部エネルギーの変化をもたらす衝突を非弾性衝突という。乱暴な言い方をすれば、軌道電子に直接電子がぶつかってその軌道を大きくしたと見ることもできる（励起衝突）。このように励起された軌道電子は不安定ですぐ元の軌道に戻るが、その際に余ったエネルギーを光として放出する。これがプラズマからの発光であり、原子毎に決まった特定の波長の光を放出するので、逆にこの波長を測定して発光種を同定するプラズマ診断に利用されている（発光分光法）。衝突エネルギーが高くなるほど軌道電子は大きな円を描くようになり、ついにはクーロン力を断ち切って原子を離れ、自由電子と正イオンに分かれる（電離

のしきい値エネルギー $\varepsilon=15.75$ eV)。これが電離である。多原子分子の場合は、電子衝突によって原子間の結合を切って解離を起こし、化学的に活性なラジカルを生成する。まさにこの解離過程がプラズマの化学反応性の起源である（詳細は文献[1] p.31~37 を参照）。

Q3 図1において、接地しプラズマ容器の中心に小さな電極を挿入し、電圧 V_a をかける実験を想定する。プラズマ電位を V_p として次の問いに答えなさい。

Q3.1 電極をただ挿入しただけで外部回路につながらない場合（外部に流れる電流=0）、電極表面の電荷と電位はどのようになりますか。

Q3.2 電極を外部回路につないで、プラズマ電位より高い電圧をかけたり、低い電圧をかけたりした場合、電極周辺のプラズマはどう応答しますか。

Q3.3 電極の面積を A とするとき、これに流れる電流 I は印加電圧 V_a によってどのように変化しますか。

Q3.4 電極の面積 A が容器の面積 S に比べて無視できないほど大きいとき、印加電圧 V_a を変えるとプラズマ電位 V_p はどのように変化しますか。プラズマの密度分布は均一とします。

A3

A3.1 A1.3 で述べたように、電子のフラックスはイオンのその約1万倍もあるので、プラズマ内にモノを入れると瞬時にその表面に大量の電子が入り、負に帯電する。外部回路から絶縁されているので、電子とイオンの流入量がバランスして外部に流れる電流がゼロになるように、電極の電位が自動的に決まる。このように電子

電流とイオン電流が等しくなるような電位を浮遊電位 (floating potential) と呼ぶ。この例では電極は金属であるが、結局電流が流れないので絶縁物を挿入したのと同じことになる。それでは浮遊電位の値は具体的にどう決まるであろうか。これは前出のシース形成と同じ議論であり、ほとんどの電子を追い返すような電位障壁をつくる必要があるので、プラズマ電位と電極電位（浮遊電位）の差は電子温度（電圧換算値）の数倍程度になる。

A3.2 プラズマのサイズに比べて電極は小さいと仮定しているので、これにかける電圧 V_a を上げ下げしても外部回路に流れる電流は小さく、プラズマ電位 V_p は変化せず一定と考えられる（その値がどう決まるかは後述）。電極をプラズマ電位より高い正バイアスの状態 ($V_a > V_p$) におくとき、電極表面には正の電荷が現れる。逆に電極電位が低い状態 ($V_a < V_p$) では電極表面は負の電荷で覆われる。プラズマは外から加わる電界を打ち消してシールドする性質があるので、正バイアス時のときは電極表面の正電荷によって電子が電極近傍に引き寄せられて負の空間電荷をもつシースが形成される。逆に、負バイアス時のときは電極表面の負電荷によって正イオンが電極に引き寄せられて正の空間電荷層からなるシースが形成される。

このようなシールド層の厚みを初めて明らかにしたのは P. Debye である（プラズマではなく、電解液に関する理論）。詳細は文献[1]の p.45 にゆずるが、デバイ長 (Debye length) と呼ばれるシールドの特性長 λ_D は次式で与えられる。

$$\lambda_D [\text{m}] = 7.43 \times 10^3 \sqrt{\frac{T_e [\text{eV}]}{n [\text{m}^{-3}]}} \quad (3)$$

例えばプラズマ密度 $n=10^{10} \text{ cm}^{-3}$ で $T_e=1 \text{ eV}$ のプラズマのとき $\lambda_D=74 \mu\text{m}$ であり、これより離れた

ところでは電気的中性をもつプラズマ状態である。デバイ長はプラズマ密度が薄くなるほど長くなるが、宇宙空間では $n \sim 10^6 \text{ cm}^{-3}$ 程度のプラズマは珍しくない。そのとき λ_D は 7 m にもなる。そこで「**プラズマの定義**」を単純に $n_e \sim n_i$ であるような電離状態とするだけでは不十分であることに気づく。厳密にはプラズマの寸法 L がデバイ長 λ_D より大きく、さらに λ_D が荷電粒子間の平均距離 ($\sim n^{-1/3}$) より大きいときに、プラズマが集团的にふるまって電気的中性を保つと言える。このプラズマであるための条件を式で書けば

$$L \gg \lambda_D \gg n^{-3} \quad (4)$$

上式の右の不等式は $n\lambda_D^3 \gg 1$ と同じであり、 λ_D を半径とする球（デバイ球という）の中に含まれる電子（イオン）の数が 1 よりはるかに大きい、という条件と同じである。さらにこの条件は、イオンが作るクーロンポテンシャルエネルギーより、電子の平均熱運動エネルギーがずっと大きいことと等価である。すなわち、ほとんど静止しているイオンの群れの中を、電子がクーロン障壁を乗り越えつつ高速で飛び回り、電荷を中和している姿が浮かんでくる（参考文献 [1]、p.46）。

A3.3 プラズマのサイズに比べて電極は小さいので、電流が外部回路に流れてもプラズマ電位や密度は変わらないとする。このとき電極はラングミュアプローブの探針と全く同等であるので、例えば文献[1]の p.58 に沿って要点のみ説明しよう。電極に流れる電流 I は、イオンが運ぶ電流 I_i と電子が運ぶ電流 I_e の和となる。図 5 に示すように、印加電圧 V_a がプラズマ電位 V_p より十分低い領域 A と、 V_a が V_p に $3kT_e$ 以内に入るほど近い領域 B と、 V_a が V_p にほぼ等しい領域 C の 3 つの領域に分けられる。

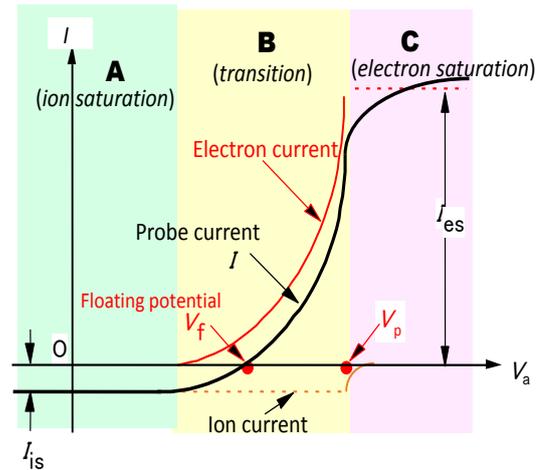
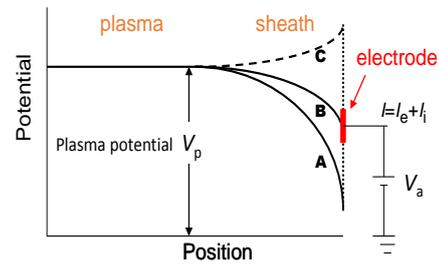


図5 微小電極に流れる電流 vs 電圧

領域 A においては、電子はほとんど流入できないがイオンは全て入るのでイオン飽和領域と呼ばれ、電極サイズがデバイ長より大きいとき、その電流密度は次式で与えられる。

$$J_{is} = -0.605 en_0 C_s \quad (5)$$

ここに n_0 はシース端のプラズマ密度であり、 $C_s = \sqrt{kT_e/m_e}$ はボーム速度と呼ばれるもので、シースに入る時のイオンの速度である。

一方、高い正バイアスをかけた領域 C においてはイオンは入れず、電子電流密度は飽和値 $J_{es} = (n_0 e \langle v_e \rangle / 4)$ となる。A と C の中間の領域 B における電子電流密度は

$$J_e = \frac{en_0 \langle v_e \rangle}{4} e^{e(V_a - V_p) / kT_e} \quad (6)$$

と得られる。したがって全電流 $I = A(J_e + J_i)$ は図 5 の太い実線のようになる。

A3.4 容器壁は接地しているのので、電極は負電圧をかけたときカソードになり、正電圧をかけたときアノードになる。低圧力プラズマは抵抗が小さいので、プラズマ内は等電位とみなせる。電極と容器壁の間の電位分布を一次元モデルで表すと図 6(a)のように描ける。図には電極が正の高い電圧 V_{a1} にある場合と、負の低い電圧 V_{a2} にある場合のプラズマ電位 V_{p1} と V_{p2} を適当に描いている。

電極に入る電流 I_a と容器壁に入る電流 I_w は、電子電流とイオン電流の和として次のように表せる。

$$I_a = A(J_e + J_{is}) \quad (7)$$

$$I_w = S(J_e^* + J_{is}) \quad (8)$$

ここで式(7)右辺の電流密度 J_{is} と J_e は、すでに式(5)と式(6)で与えられている。式(8)右辺の J_e^* は壁に入る電子電流の密度であり、次のように書ける。

$$J_e^* = \frac{en_0 \langle v_e \rangle}{4} e^{-eV_p/kT_e} \quad (9)$$

一方、電流は電極からプラズマを通過して容器壁へと連続に流れるので、 I_a と I_w は大きさが等しく向きが反対である。すなわち、

$$I_w = -I_a \quad (10)$$

以上の式(5)～式(10)を連立させ、電極電圧 V_a とプラズマ電位 V_p の関係を解くことができる。 V_a 、 V_p を電子温度 (eV 単位) で規格化してその解を表記すると

$$V_p/T_e = 4.72 - \ln\left(1 - \frac{A}{S}\right) + \ln\left(1 + \frac{A}{S} e^{V_a/T_e}\right) \quad (11)$$

この式をグラフにしたのが図 6(b)であり、面積比 A/S をパラメータとしてプラズマ電位が電極電圧によってどのように変化するかを示している (電圧、電位は T_e で規格化している)。

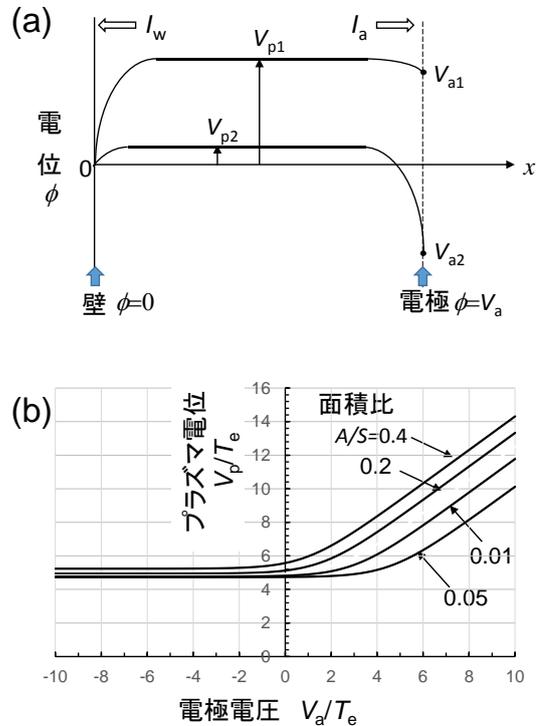


図 6 (a)電位分布、(b)プラズマ電位の変化

この図から、電極電圧が負であるときは、プラズマ電位はいわゆる浮遊電位に近い一定値であることが分かる。この電位はいわゆる浮遊電位に近い一定値であることが分かる。しかし、電極電圧が容器の電位を超えるあたりから、大量の電子電流の流入を食い止めるためにプラズマ電位が上昇を始めて、十分に高い電圧を加えるとプラズマ電位は電極電位より若干高い値をキープしながら V_a に正比例して上昇することが分かる。

参考文献

- [1] 菅井秀郎；“プラズマエレクトロニクス”、(オーム社、2000)

第 14 回プラズマ表面工学国際会議 The 14th International Conference on Plasma Surface Engineering (PSE 2014)

大阪大学接合科学研究所 節原 裕一
長崎大学大学院工学研究科 藤山 寛

標記の国際会議が2014年9月15日～19日までの5日間、ドイツのGarmisch-PartenkirchenのKongress Haus（国際会議場）で開催されました。当該国際会議は、プラズマ-材料相互作用ならびに薄膜工学ならびにモデリングをはじめとする基礎からプラズマプロセスならびにイオンプロセス技術の工業的な応用にわたる幅広い分野を包含し、2年に一度、上記の会場で開催されてきており、今回で第14回目を迎えました。これまでと同様に、European Joint Committee on Plasma and Ion Surface Engineering (EJC / PISE)が主催し、Christian Oehr, Stuttgart (GER)がConference Chairmanを勤められ、当分科会からは、Advisory Board 委員として堀勝先生、International Scientific Committee 委員として節原が関わっています。また、会場があるGarmisch-Partenkirchenは、オーストリアとの国境にそびえるドイツの最高峰Zugspitzeの麓に位置し、バイエルンの牧歌的風景と共に「たおやかな時の流れ」が魅力的な街です。

参加者は開催を重ねる毎に増加の一途をたどっており、世界から前回2012年の750名からさらに増えて、今回は800名近くになりました。国別の内訳では、最多のドイツが260名程度、続いてチェコ、そして日本からは20名程度が参加しました。さらに、機関別の内訳では、大学が41%、研究機関が23%、企業が34%でした。特に、他の国際会議と比較して、企業からの参加者が際だって多い

ことが本国際会議の特筆すべき特長であり、上記のように、開催回を重ねる毎に参加者の増加を辿っている本会議の成長要因の一つと言えるでしょう。この特長は企業展示が盛況であることにもみられ、2006年の51社から、2008年56社、2010年64社、2012年71社、そして今回の2014年は79社が出展する規模に成長しています。

会議のトピックスは、以下の通りであり、プラズマ-材料相互作用ならびに薄膜工学ならびにモデリングをはじめとする基礎からプラズマプロセスならびにイオンプロセス技術の工業的な応用にわたる幅広い分野を包含しています。さらに、今回の会議では8件のPlenary Lectureが行われましたが、それらの内、日本からは名古屋大学の堀勝先生が“Advanced Plasma Diagnostics in Plasma Processing Science and Technology ~Comprehensively understanding of plasma processes from gas phase to surface reactions~”と題して登壇されました。堀先生のPlenary Lectureは、プラズマ科学に立脚した豊富なデータに基づく迫力ある御講演であり、聴衆の好評を博しました。

Conference Topics

1. Plasma and ion surface engineering

Advanced plasma and ion source technologies (Pulsed plasmas, HiPIMS, Atmospheric plasma sources, Ion implantation / Plasma immersion ion implantation, New ion and plasma sources, Industrial

device technology)

Properties of technological plasmas (Plasma diagnostics / process control, Plasma modeling, Plasma-surface interaction, Plasma treatment of polymers, Surface cleaning / plasma etching, Ion and laser treatment)

Powders and Plasmas (Nanoparticle synthesis, Particle treatment, Functional nanoparticles)

Atmospheric and in-liquid plasmas

2. Deposition technologies

Physical vapor deposition – PVD (Magnetron sputtering, Vacuum arc deposition, Plasma-activated evaporation, Atmospheric plasma deposition)

Plasma-enhanced chemical vapor deposition – PECVD (Low pressure plasma CVD, Plasma polymerization, Atmospheric pressure plasma CVD)

Plasma diffusion treatment (Plasma nitriding / carburizing, Hybrid and duplex processes)

Ion beam deposition, Ion beam sputtering, Corrosion-resistant coatings, Barrier coatings)

Electrical and magnetic coatings (Conductive and photocatalytic oxides, Films for photovoltaics, Films with special electrical functions, Films with special magnetic functions)

Optical coatings

Biomedical applications

Bio-functionalization of material surfaces (Plasma sterilization and disinfection, Plasma interaction with living tissue/cells, plasma medicine)

4. Characterization of films and modified surfaces

(Structure and composition, Geometrical characterization, Mechanical properties, Internal stresses, Optical properties, Electric and magnetic properties, In-situ diagnostics of coatings, Computer simulation and modelling of structure, stoichiometry

and growth)

次回の PSE 国際会議は、2 年後の 2016 年 9 月 12 日～16 日の間、会場は今回と同じく定番となっているドイツ・Garmisch-Partenkirchen の国際会議場で開催される予定です。

また、PSE の中間年には、Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering (AEPSE)が開催されており、次回、第 10 回目の記念を迎える AEPSE は、名古屋大学の堀 勝 先生が組織委員長をつとめられ、2015 年 9 月 20 日～24 日の間、韓国・済州島で開催される予定です。

[藤山追記] PSE の歴史と思い出

1988 年に第 1 回 PSE が 300 名、26 カ国、180 講演の規模で Garmisch-Partenkirchen の Kongress Haus で開催された。ドイツのプラズマ表面工学関連合同委員会にヨーロッパ関連学会が加わり、プラズマおよび粒子ビームを用いた表面改質、薄膜プロセスを中心テーマとし、主な応用が金属のハードコーティングであった。私は 1990 年の第 2 回から出席し、そのときは 300 名、21 カ国、180 講演（12 プレーナリー講演）の規模であった。Organizing Committee の Prof. K. -T. Rie (Braunschweig) , Prof. G. K. Wolf (Heidelberg), Prof. Jindrich Musil (Plzen, Czech Republic) , Prof. Ricardo d'Agostino (Bari)らとの出会いがあり、その後もお互いに訪問し会い親交を重ねる幸運に恵まれた。PSE のお陰で目標となる優れた研究者と直接議論することができ、永年にわたり親交を持つことが出来たのは、私の研究者人生の大きな財産となった。日本の吉田豊信先生（東大）、高井 治先生（名古屋大）、三宅正司先生（阪大）、節原裕一先生（阪大）らと親しくお付き合いさせていただいたのも、国内よりは Garmisch の PSE であった。特に Banquet の Barvarian Evening がいかにもドイ

ツらしく（激しく）、Barvarian Alps のふもとのフレンドリーで楽しい雰囲気の中、ビールとワインのグラスが次々と空になったものである。未だに激しい鞭と革靴を踏み鳴らす音が耳に残っている。

節原先生の記事にもあるが、PSE は近年参加者が増え続け、とりわけ企業人の参加が多いのが特徴である。企業展示がついにはメイン会場を占領する規模にまで膨れあがっている。当初、Elsevier の *Materials Science and Engineering* に後に *Thin Solid Films* に論文が掲載され、ハードカバーの *Conference Proceeding* が重々しく発刊されたのも、出席者にとって大きな魅力であった。それに加えて、大企業からベンチャーのプラズマ関連会社がこぞって参加しているのは、日本の学会も見習わなければならないだろう。

ところで、ミヒャエル・エンデの名著「モモ」をご存じだろうか？時間どろぼうと盗まれた時間を人間にとりかえしてくれた浮浪児の女の子

の不思議な物語で、世界中で読まれている。大人だけでなく子供までが時間に追われる現代人、お金を追いかけて回して大切なことを忘れてしまった現代人に警鐘を鳴らしている。いかに寄り合い、語り合い、助け合いが大切かを教え、時間とは何か、人間の心のうちの時間を考えさせられる本であり、私も本会報の巻頭言「他人の話」で紹介させていただいたことがある。実は、モモを助ける有名な「亀」が PSE 会場の傍の公園内に土を盛って作られており、その近くにエンデの記念館が建っている。実は、エンデが生まれ幼児期を過ごしたのが Garmisch である。20 年以上も前から Garmisch を訪れていながら、うかつにも、つい最近のテレビ番組で彼の記念館が毎回訪れている会議場の横にあることを知った次第である。なんとも不思議な縁を感じた今回の、おそらくは私の最後の出席となるであろう PSE であった。まだ出席したことがない方は、ぜひ訪れるべき国際会議である。素晴らしい PSE に乾杯！

会議報告

67th Gaseous Electronics Conference 報告

名古屋大学 豊田 浩孝

2014年11月2日から7日まで67th Gaseous Electronics Conference (GEC)がアメリカ North Carolina州 Raleigh City Centerにて開催された。本会議は今回で67回を迎える放電・プラズマ基礎に関する歴史ある会議であり、粒子衝突素過程、プラズマ物理基礎、プラズマ源、プラズマ診断、プラズマ表面相互作用からプラズマ応用に至るまで幅広い分野の講演がなされている。前回の Princeton での会議に続き、今回はノースカロライナ州立大学メンバーが中心となりノースカロライナ州 Raleigh での開催となった。

本会議のプログラムは例年、本会議前のワークショップから始まり、口頭講演3セッション並列開催をポスター講演を中心に行われており、本会議2日目には Allis Prize 講演が行われ D. Graves 教授が受賞講演をおこなった。

講演については、例年比べてさらにプラズマのバイオ応用の講演が非常に増えた印象をもった。招待講演として、日本からは東北大学の金子俊郎教授がプラズマを用いた細胞への DNA 移植について、プラズマの化学的作用、物理的作用、すなわちプラズマにより生成される活性種とプラズマ生成時における電界の効果について、これらの効果を切り分ける実験結果について報告を行っており、蛍光マーカーを用いて細胞核への YOYO-1 の取り込み効率を定量的に評価した結果について述べていた。また、最近アメリカの OLD DOMINION 大学に移られた MICHAEL KONG 教授は細胞へのプラズマ照射時における BIO-FILM の厚さが細胞死滅の効果に及ぼす影響を調べるとともに、気相のみならず気相で発生した活性酸素種 (REACTIVE OXYGEN SPECIES:ROS) の液中への浸透深さについてのシミュレーション計算を行い、比較的長寿命の粒子であり実験的に測定が可能な O_2^- や H_2O_2 の結果との比較から、シミュレーションの妥当性の確認をおこなっていた。近年のプラズマと液体の相互作用についての研究は、気相・液相の活性種の評価がかなり進んでいる印象を受けた。

なお、本会議はアメリカ国内だけでなく海外での開催や他の会議との合同開催も積極的におこなっている。特に GEC とは非常に近い関係にあり日本におけるプラズマ応用研究分野の中心的会議となっている反応性プラズマ国際会議 (INTERNATIONAL CONFERENCE ON REACTIVE PLASMAS:ICRP) とはこれまでも2回ハワイとパリにおいて合同開催をおこなっているが、来年の GEC は ICRP との合同にて開催されることが決定されており、2015年10月12日よりハワイオアフ島にて開催される。日本からの多数の参加をいただきたく、お願い申し上げます。



図 Allis Prize 講演の様子

国際会議報告

AVS 61st International Symposium & Exhibition 米国真空学会第 61 回国際シンポジウム&展示会

大阪大学工学研究科 浜口智志

「AVS (米国真空学会) 第 61 回国際シンポジウム&展示会」(以下、「AVS シンポジウム」と略記)が、2014 年 11 月 9 日(日)から 14 日(金)までの 6 日間、米国メリーランド州ボルチモアの Baltimore Convention Center にて開催された。AVS 本部の速報では、今年の新参加者は 2,330 名とのことである。

AVS シンポジウムは、10 の分科会 (division)、2 つの Technical Group とよばれる分科会に準ずる組織、および、その時々話題に合わせて形成される Focus Topic とよばれる臨時的分科会的組織が、AVS 本部プログラム委員会のマネジメントのもと連携して、個別の専門分野の会議の運営することにより、開催されている。特に、Focus Topic は、従来の Division や Technical Group の枠組みでは対応しにくい新しい学際的な分野に対し、組織横断的に対応するための組織である。毎年、新しい Focus Topic がいくつか生まれ、また、役割の終わった Focus Topic は、現存する分科会等に吸収されるなどして解散する。後に簡単に述べるが、今年は、プラズマのバイオ応用に関する新しい Focus Topic も立ち上がった。このように、AVS シンポジウムは、国際会議が、学会や産業界のニーズに機動的に対応できるよう、その運営システムにさまざまな工夫が凝らされている。

上述の AVS 分科会のうち、本誌と最も関連の深い分科会は、Plasma Science and Technology Division (PSTD) である。今年の AVS シンポジウムでは、PSTD は、14 の口頭発表セッションと 1 つポスターセッションを主催した。日本からの

招待講演者は、本田昌伸 (東京エレクトロン)、林 久貴 (東芝)、板垣奈穂 (九州大学)、佐々木 浩一 (北海道大学) の各氏 (発表順) であった。

ところで、上述したように、今年、プラズマのバイオ応用に関する新しい Focus Topic “Surface Modification of Materials by Plasmas for Medical Purposes Focus Topic (略称 : SM) が立ち上がった。来年度以降も、この SM は、PSTD と協力して、プラズマによるバイオ材料改質、および、プラズマ照射の (細菌やがん細胞、皮膚などを含む) 生体への影響に関する数多くの講演を計画している。AVS では、その名にかかわらず、大気圧プラズマに関するセッションも多く、学会全体として、新しいプラズマ科学の発展を取り込む努力を重ねている。

次の第 62 回 AVS シンポジウム年会は、2015 年 10 月 18 日から 23 日にかけて、米国カリフォルニア州サンノゼで開催される。

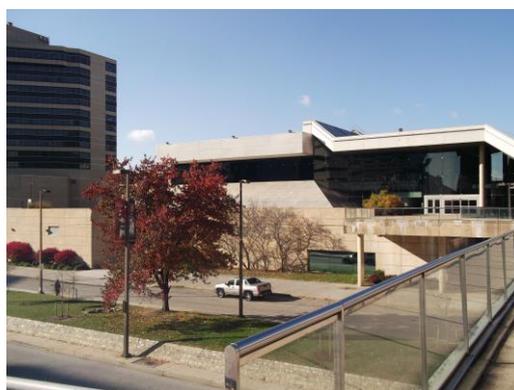


図 : 第 61 回 AVS シンポジウムの会場となったボルチモア・コンベンション・センター。

国内会議報告

第8回プラズマエレクトロニクスインキュベーションホール

(独) 産業技術総合研究所 本村大成

平成26年8月31日から9月2日の日程で、国立青少年交流の家（静岡県御殿場）において、第8回プラズマエレクトロニクス インキュベーションホールを、開催いたしました。本会はプラズマエレクトロニクス分野の初学者（学生・若手研究者・社会人技術者）を対象として、プラズマ応用物理学の理解を深めて頂くための講習会です。参加者は68名（内受講者53名）でした。6名の講師の先生各位に、プラズマの基礎から応用を網羅する各分野のプラズマエレクトロニクス研究の最前線について、ご講義を賜りました。

昨年に引き続き、本インキュベーションホールも盛会となりました。会期中に開催されましたポスターセッションおよび懇親会を通じて、受講者同士に加えて講師の先生各位、スタッフと活発な交流ができたように思います。今後、本インキュベーションホールの受講者からプラズマ研究を切り拓く研究者が輩出されることを期待致します。開催中、一時雨天となり天候には恵まれませんでしたが、富士山麓の涼しい気候の中、参加者の皆様におかれましては、良い経験を積むことができたのではと思います。参加者の皆様、講師の先生各位に加え、本企画の運営、開催にあたり、ご協力頂きました分科会幹事の先生各位に篤く御礼申し上げます。

最後に、優秀ポスター賞を受賞された受講者を紹介いたします。今年度は3名の受賞です。おめでとうございます。

【優秀ポスター賞】

赤間俊紀さん（東北大学）、倉家尚之さん（名古屋大学）、安井涼馬（東京大学）



（最終日、晴れた時に撮った集合写真です。ピース！）

【特別講座】

「プラズマ技術開発のストラテジー」 菅井 秀郎 先生（中部大学、名古屋大学名誉教授）

【専門講座】

①「プラズマ生成・制御」 佐藤 孝紀 先生（室蘭工業大学）、②「プラズマ診断・計測」 伊藤 剛仁 先生（大阪大学）、③「プラズマCVDを用いた薄膜・構造体の作製」 平松 美根男 先生（名城大学）、④「プラズマのバイオ応用の基礎」 伊藤 昌文 先生（名城大学）、⑤「プラズマエッチング技術の基礎と最新動向」 栗原 一彰 先生（東芝）

【担当幹事（敬称略）】

校長：節原裕一（大阪大学）

幹事：明石治朗（防衛大学校）、石川健治（名古屋大学）、鷹尾祥典（横浜国立大学）、本村大成（産業技術総合研究所）、赤松浩（神戸市立高専）、井上泰志（千葉工業大学）、大島多美子（佐世保高専）、松井信（静岡大学）

国内会議報告

第 18 回 プラズマエレクトロニクス新領域研究会 『プラズマが拓く新学術領域と今後の展開』 (第 4 回 新学術領域研究「プラズマとナノ界面の相互作用に関する学術基盤の創成」公開シンポジウムとの共催)

名城大学 伊藤昌文

平成 26 年 6 月 14 日 (土) の 13 時より、名古屋大学東山キャンパス I B 電子情報館東棟 2 階大講義室及び中棟 1 階において第 18 回プラズマエレクトロニクス新領域研究会が第 4 回新学術領域研究「プラズマとナノ界面の相互作用に関する学術基盤の創成」公開シンポジウムとの共催、新学術領域研究「プラズマ医療科学の創成」と協賛という形で開催された。

平成 20 年度から 25 年度まで究極のナノプロセスの実現に必要な、プラズマとナノ界面の相互作用に関する学術基盤の確立を目指した新学術領域 (新学術領域: プラズマナノ界面) が実施された。これにより多くのプラズマとナノ界面の相互作用に関する新たな知見が得られた。また、平成 24 年度から 29 年度までの計画でプラズマと生体組織との相互作用に関する学術基盤の確立を通じて、新たな学問領域として『プラズマ医療科学』を創成し、新しい医療技術の開拓に資することを目的とした新学術領域研究 (新学術領域: プラズマ医療) がスタートした。これを受けて、本研究会においては、主にプラズマナノ界面の新学術領域研究の成果を公開し、これらの成果を現在遂行中のプラズマ医療の新学術領域研究、今後のさらなる発展につなげるための展開について討論を目的に開催した。

新学術領域研究の公開シンポジウムと合同開催とできたため、総数 112 名の参加者となった。

議論が白熱したため当初のプログラムの休憩時間がなくなり下記のような時間配分となったが、パネルディスカッションにおいて、今後の新領域研究の展開に有意義な討論がなされた。

プログラム: (敬称略)

場所: I B 電子情報館東棟 2 階大講義室

13:00-13:45 白谷正治 (九州大学) (写真 1 参照)

「プラズマナノテクノロジーの現状と展望」

13:45-14:30 堀 勝 (名古屋大学) (写真 2 参照)

「プラズマ医療科学の潮流」

14:30-15:15 寺嶋和夫 (東京大学) (写真 3 参照)

「プラズマ材料科学の飛躍を目指して」

15:15-16:30 パネルディスカッション

(写真 4 参照)

「今後のプラズマが拓く新研究領域について」

パネリスト:

白谷正治 (九州大), 堀勝 (名古屋大),
寺嶋和夫 (東京大), 豊田浩孝 (名古屋大),
金載浩 (産総研), 木下啓蔵 (PETRA)

その後、I B 電子情報館中棟 1 階プレゼンテーションスペースにおいて、16 時 30 分から 18 時まで、2 つの新学術領域の研究成果のポスター発表が行われ参加者の間で、今後のさらなる発展に繋げるための展開についても活発な意見交換が行われた。(写真 5 参照)



写真 1 白谷教授の講演風景



写真 4 パネルディスカッションの風景



写真 2 堀教授の講演風景



写真 5 ポスター発表の風景



写真 3 寺嶋教授の講演風景

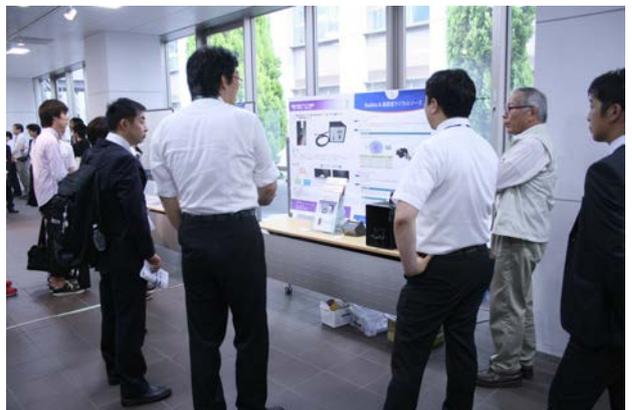


写真 6 企業の展示風景

国内会議報告

第 19 回プラズマエレクトロニクス分科会プラズマ新領域研究会／ 電気学会プラズマ研究会 「重相構造プラズマの基礎と応用技術の展開」

金沢大学

田中康規

平成 26 年 9 月 9 日 13 時から、大阪府立大学 なかもずキャンパスにて、第 19 回プラズマ新領域研究会「重相構造プラズマの基礎と応用技術の展開」を、電気学会プラズマ研究会と共催で開催した。電気学会プラズマ研究会は、9 月 8～10 日の三日間開催されており、本新領域研究会には、9 日当日で 38 名の参加者があった。

産業で応用されるプラズマプロセスにおいては、固相・液相・気相・プラズマの複数の相が同時に狭い範囲に存在することがある。例えば、熱プラズマによる固体溶融(アーク溶接)・固体切断(プラズマ切断)・ナノ粒子生成においてはこれら 4 つの相が存在する。レーザアブレーションもその一つである。最近では大気圧非平衡プラズマにおいても固液界面とプラズマとの相互作用を利用するものがある。この場合、それぞれの相の物理だけでなく、これら複合した相を総括的に把握することが必要となる。重相構造プラズマを「気相、液相、或いは固相状態の物質を狭い領域に同時に含む複雑構造なプラズマ」とみなせば、重相構造プラズマは、学術の側面からも関連分野は格段に拡がり、新規技術と呼ばれるに相応しい展開も期待される。そこで、この重相構造プラズマとその基礎・応用技術の進展」に関連した最近の研究の講演を通じて、将来の進展の方向性・可能性を探る事を目的に本研究会を企画した。そのプログラム以下である[1]：

0.13:00-13:10 イントロダクトリー(重相構造プラズマ)(田中@金沢大)

1. 13:10-13:45 東京大学 神原淳 氏
「次世代リチウム電池負極向けナノ Si 粒子の

高速複合化」

2. 13:45-14:20 大阪大学 茂田正哉 氏
「アーク溶接における溶融池流動の粒子法シミュレーション」
3. 14:20-14:55 金沢大学 石島達夫 氏
「マイクロ波励起水中気泡プラズマによる高速アッシングプロセスの開発」
4. 15:15-15:50 日本原子力研究開発機構 村松壽晴 氏
「レーザー切断時過渡伝熱流動挙動の高精度測定と数値解析」
5. 15:50-16:25 金沢大学 田中 康規
「熱プラズマ接触によるポリマーアブレーションとその工学応用」
6. 16:25-16:35 全体についての討論
まず、コーディネータから研究会の主旨を示した。その後、東大・神原先生から次世代リチウムイオン電池(LIB)負極材料に向けたナノ Si 粒子のメゾプラズマを用いた画期的な生成法と電気的特性についてご報告があった。グリーン社会実現に向けた次世代基盤技術として LiB には高電池密度化とサイクル効率の向上が求められ、現行負極材グラファイトに対して 10 倍以上の理論容量を有する Si の応用が期待される。しかし、Si の大幅な電池容量増加は 400%近い体積変化を伴うため、材料自体が粉碎し電氣的接触を失うと共に数回の充放電サイクルで電池機能を失ってしまう。この課題に対して、Si のナノサイズ化やポーラス構造化などが効果があることが知られているが、これらの構造化技術は多段・低速という問題がある。そこで原理的にナノ粒子の高速製造を可能とする

メゾプラズマスプレーPVD法を適用して、安価冶金級原料粉末からもLiB級の機能性を有するSiナノ複合粒子を製造するプロセスをご紹介された。

阪大・茂田先生からアーク溶接における熔融池の流動解析を粒子法によるシミュレーション研究のご報告があった。流動数値解析には大きく分けて、流体法と粒子法がある。粒子法は、原理的に計算メッシュを使用せず、流体を有限の粒子で模擬する。このため、質量保存式は自動的に満たされるメリットがある。粒子法にはMPC法などの非圧縮流体を解く手法もあるが、ここでは圧縮性流体を対象にできるSPH法を、非圧縮域まで拡張させた手法について紹介があり、それをを用いて熔融池流動を計算した結果のご紹介があった。これにより熔融・固体を同時に解くことができ、熔融部の溶け込みなども計算できる点が示された。

金大・石島先生からは、液中に気泡を生成しそこにマイクロ波プラズマを生成する手法とそれによって極めて高速にレジスト膜を除去する研究についてご紹介があった。半導体の製造工程で用いられるレジスト膜は、通常、硫酸と過酸化水素水を混合した反応場を用いるウェットプロセス、または酸素プラズマを用いたアッシングによるドライプロセスによって除去されるが、例えば薬液を用いる方法は混合直後を使用せねばならない、薬液の分離再生はコスト面から難しい、などの問題がある。酸素プラズマアッシング法は除去速度向上のために基板温度を上げる必要があり、熱ダメージが懸念される。本講演では、環境負荷の小さいレジスト除去法として、マイクロ波励起の水中気泡プラズマを用いたレジスト除去法の開発し、そのレジスト除去プロセスとしての実用性を様々なレジスト膜に対して検討された結果の報告があった。

原研・村松先生からは、レーザ切断についての高精度数値流動解析と高精度測定についての紹介があった。原子力分野では、福島原発事故以降、燃料デブリなどの取出し対象物の幾何形状、機械

的特性などに応じてレーザ光による切断・破砕が常に適切に行えるよう、外界情報に基づいてレーザ照射条件などの可制御パラメータを調整可能な適応制御システムの開発が急速に進められている。本講演ではレーザ切断時の金属表面過渡温度挙動と切断性能との関係を、固相・液相・気相を同時に扱える高精度数値解析コードSPLICEの紹介と、レーザ照射位置近傍の熔融金属温度変化を二色温度計で高精度に計測した結果を検討した結果を紹介された。

最後に金大・田中から、耐アーク性を有する防護服開発として、ポリマーアブレーション現象を有効利用するものを紹介した。米国では1日に5-10件のアークフラッシュ事故が発生している。この事故では、温度5000 K以上の高温アークが突発的に生じ、作業員は一瞬で高温の熱に包まれるため、アークによる熱的ダメージから作業員を守る耐アーク防護服の開発が求められている。本講演では、耐アーク性能を高める技術としてポリマー布材の溶発現象に注目し、溶発時に噴出する蒸気の高速度ガス流および熱伝導率による熱遮蔽効果を計算できる数値解析モデルの構築と、ポリマー布材への熱プラズマ照射時の照射試験を行い、ポリマーアブレーションによる熱シールド効果を検討した結果を紹介した。

以上の報告においては、固体・液体・気体・プラズマが同時に大きく関わっており、詳細な数値解析・高精度計測の両面による検討が必要である。

最後に、ご講演頂いた講師の諸先生、会場等お世話頂いた大阪府立大学の久保先生、黒田先生他、ご参加頂き、熱心にご議論頂いた方々に厚く御礼申し上げます。

参考文献

[1] 神原, 茂田, 石島, 村松), 田中, “重相構造プラズマの基礎と応用技術の展開”, 電気学会プラズマ研究会 PST-14-048 (2014.9)

国内会議報告

第 25 回プラズマエレクトロニクス講習会 ～プラズマプロセスの基礎とその応用・制御技術～

(株) 日立ハイテクノロジーズ 伊澤 勝

プラズマエレクトロニクス講習会は、プラズマ技術を扱う企業の若手、中堅技術者、大学の学生・研究者を対象とした実用的な研修で、毎年開催し今年で第 25 回目になります。本年は 2014 年 11 月 26 日に東京工業大学「国際会議室」にて開催いたしました。今回は、基礎と合わせてプラズマプロセスの様々な応用技術について参加者が幅広く理解できるようなプログラムを検討致しました。

■ 第1部:プラズマプロセスの基礎 ■

1. 『プラズマプロセスの基礎と素過程』
大阪大学 浜口 智志 先生
2. 『プラズマ計測と診断』
北海道大学 佐々木 浩一 先生

■ 第2部:プラズマ技術の最前線 ■

3. 『大気圧プラズマ技術と成膜応用』
大阪大学 垣内 弘章 先生
4. 『プラズマを用いた環境クリーン化技術』
豊橋技科大 水野 彰 先生
5. 『半導体ドライエッチング技術』
名古屋大学 関根 誠 先生
6. 『プラズマエッチングプロセスの開発における数値解析の実問題への適用』
(株)日立製作所 田中 潤一 先生

午前のセッションでは、浜口先生よりプラズマ生成、荷電粒子の運動および表面との相互作用についてその現象と理論を、佐々木先生からはプラズマのプローブや発光スペクトルによる計測技術についてご教授頂きました。また第 2 部で、垣内先生から大気圧プラズマの生成技術とその応用としてフィルム基板への低温 a-Si 成膜技術につい

て、水野先生からは、コロナ放電を用いたダスト集塵技術や、排ガス中の NO_x 処理技術について、最新の内容も入れたご講義を頂きました。第 2 部後半では、関根先生からは、エッチングプロセスとそのメカニズム・先端技術の動向について、田中先生からは、シミュレーション技術を活用した精度の高いプロセス制御技術について、実践的な課題を合わせてお話を頂きました。参加者は 65 名で、活発な議論と、講習会後に懇親会により、相互の交流も深めました。基礎から応用までを効率的に学ぶ大変有意義な講習会となりました。



最後に、大変有意義なご講義を頂いた講師の皆様、講習会 企画・運営にご尽力頂いた豊田幹事長をはじめとする担当幹事の皆様、会場運営にご協力を頂きました東京工業大学の野崎智洋先生、事務手続き全般をサポート頂いた応物分科会担当の小田康代様に紙面を借りお礼申し上げます。

◎担当幹事:

大村 光広 (東芝)、久保井 信行 (ソニー)、
小林 浩之 (日立)、伝宝 一樹 (TE 山梨)、
松隈 正明 (TEL)、和田 昇 (三菱)
伊澤 勝 (日立ハイテク)



Plasma Conference 2014 (第 32 回プラズマプロセッシング研究会)

三菱電機(株) 和田 昇

去る 2014 年 11 月 18 日～11 月 21 日に、日本一の大河である信濃川が日本海に注ぐウォーターフロントに位置する複合コンベンション施設「朱鷺メッセ」(新潟市)にて Plasma Conference 2014 が開催された。本 conference は日本物理学会、プラズマ・核融合学会および応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会のプラズマ関連 3 学会により主催され、各学協会にて展開されているプラズマ科学と工学の研究活動を総合的に把握し、プラズマ科学の新たな発展を図るものである。今回は、成功裡に開催された第 1 回(2011 年、金沢市)を受けて開催された第 2 回となる。また、本 conference はプラズマエレクトロニクス分科会における第 32 回プラズマプロセッシング研究会にも該当する。

本 conference の母体となるプラズマ科学連合は、前記 3 学会を主な幹事学会とし、電気学会、静電気学会、放電学会、日本真空協会などのプラズマ関連学協会を協賛学会とする連合組織である。プラズマ科学連合においては、基礎から産業応用に至る広範囲に展開されるプラズマ科学・工学の研究活動を推進するため、2001 年から 10 年間で 3 回のプラズマ科学シンポジウムを開催しており、その実績から更なるプラズマ科学と工学の融合ならびにその飛躍的な発展、若手研究者の育成を求めて Plasma Conference の開催を企画した。

本 conference の運営委員長である田中和夫先生(大阪大)曰く、「プラズマ研究のルネッサンスを目指す」とのお言葉にふさわしく、参加者は 900 名を超え、基調講演 4 件、招待講演 39 件、シン

ポジウム 16 件(講演 110 件)、レクチャ 3 件、一般講演 670 件超と大盛況であった。講演内容は 3 学会を網羅するため、プラズマ物理、プラズマ応用科学・工学から核融合に至る広範囲なものであり、プラズマ密度・温度をパラメータとすると、密度で 20 桁、温度では 6 桁に至るパラメータ範囲のプラズマが対象として盛んに議論された。

本 conference では Dr. David CAMPBELL (ITER Organization)、Prof. Amitava Bhattacharjee (Princeton Univ.)、Dr. John EDWARDS (Lawrence Livermore National Laboratory) および堀 勝先生(名古屋大)から極めて有意義な基調講演がなされた。堀先生におかれましては、「プラズマ医療科学イノベーションと今後の展望」と題され、壮大なスケールでプラズマ医療の今後を論じられた。先生の御講演の中で筆者が最も印象的であったのが「プラズマにより誕生した人類が、再び、プラズマを生体に適用する」であり、また、医療分野のみならず、農業分野(食糧不足対策)へのプラズマの進展も含め、「人類はプラズマにより 150 歳まで生きることができるともかもしれない」とのご見解は極めてインパクトがあり、プラズマ科学・工学の今後の発展を大いに期待させるものであった。また、参加者総数のうち 400 名以上が出席した conference 会期中に開催された懇親会において、祝辞を頂戴した高橋先生(新潟大学学長)も医療分野に対するプラズマ工学の適用に大きな期待を寄せられていた。

本 conference の特色は、16 件に及ぶ豊富なシンポジウムの開催にあったと考える。前記 3 学会

から提案されたホットなテーマに関する熱い議論が重ねられた。以下に開催されたテーマ名を示す。

- ① 原子層炭素物質のプラズマプロセス制御合成とその応用
- ② 先進的プラズマスラスト実現へ向けての基礎開発研究の動向
- ③ 物質間境界層に於ける環境適用機能の実現
- ④ 凝縮層を含む多相空間でのマルチフェーズプラズマ反応場
- ⑤ 非平衡極限プラズマ研究の展開と普遍性
- ⑥ W ダイバータの材料課題
- ⑦ トーラスプラズマにおける質量比の閉じ込めへの効果
- ⑧ キロテスラ級磁場で拓く新しいプラズマ科学
- ⑨ 定常プラズマ運転進展に向けた物理工学課題の国際連携研究
- ⑩ 先端プラズマプロセス技術の課題と展望
- ⑪ 原型炉制御に向けたディスラプション研究の展開
- ⑫ スーパーコンピュータ「京」が切り拓くプラズマ科学
- ⑬ プラズマ医療：その素過程の物理・化学
- ⑭ 核融合原型炉運転のための計測
- ⑮ 多価電離イオンの原子過程と輻射の物理と応用の展開
- ⑯ プラズマによる環境保全技術の現状と実用化に向けた課題

また、シンポジウムと同様に白熱した議論がなされた一般セッションにおいては、プラズマエレクトロニクス分科会に特に関連が深いテーマとしては以下が開催され、招待講演を含め、多数の講演がなされた。特に、医療・バイオプラズマに関する講演が多く、研究進展への期待を肌で感じる事ができた。

- | | |
|--------------|-----|
| ① 混相プラズマ | 4件 |
| ② 医療・バイオプラズマ | 18件 |
| ③ 大気圧・液中プラズマ | 7件 |
| ④ プラズマ成膜 | 7件 |
| ⑤ プラズマプロセス | 14件 |
| ⑥ プラズマ化学 | 5件 |



柳都大橋から望む朱鷺メッセ

最後に、本 conference の開催にあたり、ご尽力いただいた運営委員会およびプログラム委員会の先生方、新潟大学をはじめとする現地実行委員の先生方、さらに、4 日間に渡り、プラズマ科学の発展に貢献いただいた参加者各位に紙面を借りて謝意を表す。

(Plasma Conference2014 組織委員 和田 昇)

国内会議報告

2014年 第75回応用物理学会秋季学術講演会 第13回分科内招待講演報告

東京エレクトロン山梨(株) 伝宝 一樹

第75回応用物理学会秋季学術講演会(2014年9月17日～20日、北海道大学札幌キャンパス)の二日目、プラズマエレクトロニクス分科内招待講演が開催されました。第13回目を迎える今回は、京都工芸繊維大学教授の林康明先生と、静岡大学教授の永津雅章先生にご講演いただき、100名を超える聴講者で会場が埋まりました。

林先生には「ナノ・微粒子材料のプラズマプロセスとその場観測」と題し、ご講演いただきました。偏光解析モニタリング装置の研究開発が始められたアルバック時代の話から、大学に戻り、PECVD シリコン窒化膜の成長過程や、多層有効媒質近似計算に基づくダイヤモンド結晶核成長過程のその場観測の研究へ。その後、橘邦英先生に誘われ、現職の京都工芸繊維大学に移られた後は、a-Si:H 成長過程のモニタリングや、プラズマ内微粒子の成長過程を観測するミー散乱偏光解析法の開発を行い、最近の配向カーボンナノチューブやグラフェン成長過程のモニタリングに至るまでの数々の研究をご紹介いただきました。講演の最後には、「Do Challenge! プラズマプロセスに役立つ研究をしていただきたい」と、若い研究者に向けた激励の言葉を頂戴しました。

永津先生には「プラズマ科学技術の医療・バイ

オ応用に関する研究に携わって」と題し、ご講演いただきました。「様々な研究者との出会いがあった」と話し始めた先生は、核融合プラズマ電磁波計測に関する研究の後、菅井秀郎先生に声を掛けられ、名古屋大学ではマイクロ波大口径表面波プラズマ生成を研究。その後、現職の静岡大学で医療やバイオ分野へのプラズマ応用に向け、何も無いところからの挑戦。同大の神藤正士先生やバイオ系研究者との連携を図り、現在では、ナノ材料の創製、 10^{-7} ～ 10^{-1} m サイズの各種プラズマ源の開発、医療器具を包装用紙に包んだ状態での低温滅菌技術や、ウイルスを活性のまま濃縮・回収する技術等、様々な先進的研究をご紹介いただきました。その多大な研究業績が認められ、前日には、第8回(2014年度)応用物理学会フェロー表彰を受賞しておられます。冒頭でご自身の経験を振り返られたように、教職員には「国内外の研究者とのコミュニケーションと信頼関係を大切に」、大学院生やポスドクには「研究の基本は先ず学ぶことから」等の研究姿勢もご教授いただきました。

最後に、ご多忙の中、非常に感銘深いご講演を頂きました林先生、永津先生に御礼申し上げます。また、雨で足元が悪い中、多くの聴講者にご参集いただきましたことに感謝いたします。



林 康明 先生



永津 雅章 先生

国内会議報告

2014 年第 75 回応用物理学会秋季学術講演会 海外研究者招待講演および English Session 報告

首都大学東京 朽久保文嘉

海外研究者招待講演

秋季学術講演会の初日、韓国 National Fusion Research Institute (NFRI) の Suk Jae Yoo 先生、英国ヨーク大学の Deborah O'Connell 先生の 2 名をお迎えして海外研究者招待講演が行われました。今回は、・海外研究者招待講演を後述する English Session と連動する、・春秋に各 1 名をお招きする形から秋に 2 名をお招きする形に変更する、ということを試行しました。これは、海外研究者招待講演と English Session の親和性が良く、双方に利点があると判断したこと、更に春秋の分科会企画のバランスを考慮したことに依ります。このあたりについて、ご意見を賜れば幸いです。

Yoo 先生は、“Plasma applications to agriculture : Plasma Farming” の演題でご講演くださいました。講演では、プラズマの応用分野として農業はマーケット規模が大きいのでとても有望であることを述べたのち、Plasma Cultivation, Plasma Healing, Plasma Safety という観点からいくつかの具体例を紹介されました。Plasma Cultivation では唐辛子やキュウリの種子に対する He-DBD 処理の効果、プラズマで作った NO によるコリアンダーの発芽促進、菌に感染したイネ種子の殺菌などについて示されました。Plasma Healing ではプラズマによる有害バクテリアからの土壌回復に関する紹介がありました。また、Plasma Safety では、水中の大腸菌などの殺菌、野菜の葉についての残留農薬の除去、包装された内部でのプラズマ生成によるリンゴや卵の洗浄の話題が紹介されました。



Suk Jae Yoo 先生の講演風景

O'Connell 先生は、“The role of reactive oxygen and nitrogen species in plasma cancer treatment” の演題でご講演くださいました。活性酸素種や活性窒素種のガン細胞との相互作用を理解するために、コアプラズマ内部での電子のダイナミクスやラジカル生成、プラズマブルームでのラジカルや中性粒子のダイナミクス、生体表面に存在する液体中のケミストリー、生体でのバイオアッセイといった階層に分類し、それぞれの階層に対するヨーク大学グループのアプローチが紹介されました。特に、活性酸素種や活性窒素種の評価として、シンクロトロン放射光を利用した VUV 吸収によるコアプラズマ内の O ラジカルや N ラジカルの密度計測、TALIF によるプラズマブルーム内の N ラジカル密度計測について紹介されました。TALIF では、クエンチングが速いのでピコ秒レーザーによる計測が重要であることも示されました。このようなデータ蓄積がガン細胞に対するプ

ラズマの効果をより鮮明にしてくれるものと思います。



Deborah O'Connell 先生の講演風景

お二人の招待講演は大変に盛況でしたが、割り当てられた会場が少々狭かったことは残念でした。

講演会当日の夜、湯葉料理のお店へ夕食にお招きしました。寿司や天婦羅とは異なる日本料理を堪能し、また、その場で湯葉を作って食べるという体験を楽しんでいただけたのではないかと思います。最後に、今回の海外研究者招待講演をアレンジくださいました九州大学の古閑一憲先生に厚く御礼を申し上げます。



湯葉処 北の麩庵にて

English Session

これまで **English Session** は指定した中分類で行われ、エントリー数に大きなばらつきがありました。そこで、今回は全ての中分類から **English Session** へのエントリーを募り、プラズマエレクトロニクス **English Session** として実施しました。また、プログラム担当の室蘭工業大学の佐藤孝紀先生にお願いして、**English Session** 内に海外研究者招待講演を組み込む、**English Session** と並列にセッションをなるべく置かない、という工夫をいたしました。皆様のご協力もあり、講演会初日の午前、午後にそれぞれ 11 件の **English Session** として実施することができました（当日キャンセルの 2 件を含む）。並列セッションをなるべく置かないようにしたこともあり、多くの参加者に来場いただきました。講演自体もとてもクオリティーの高い発表が多かった印象を持ちます。全体の 6 割強が留学生等による発表で、残りが日本人による発表でした。東北大学の金子俊郎先生が自ら発表を行い、盛り上げて下さいました。留学生を中心に **English Session** の需要が一定数あることはわかりますが、留学生のセッションにしては駄目で、十分な数の日本人の発表があること、多くの聴講者がいることが重要に思います。深いレベルでのディスカッションをするには母語である日本語のセッションが有利でしょうが、一方で、国際会議で発表する学生さんも数多く、英語での口頭発表を鍛錬する場としての **English Session** の役割もあると思います。今回も何人かの大学院生が **English Session** にチャレンジし、やってみてわかったことがきっとあったと思います。また、我々研究者も日本の研究レベルが適切に評価されるよう、プレゼンテーションを磨かなければなりません。来年秋にはハワイで **GEC-ICRP** があります。**English Session** をうまく利用していただければと思っております。

分科企画シンポジウム報告

2014 年第 75 回応用物理学会秋季学術講演会 「コンピュータによるプラズマシミュレーションの実際」報告

京都工芸繊維大学 高橋和生

秋季学術講演会の2日目に分科会企画のシンポジウムが行われました。現在、プロセスにかかわるプラズマ源開発の高効率化やプラズマにおける現象の深い理解のために、プラズマとその照射対象とする表面のコンピュータシミュレーション(モデリング)に大きな期待がかかっています。コンピュータの計算能力に限界が有り、シミュレーションのための精緻なモデルが要求される中で、プラズマを理解するための様々な努力が行われています。一方で、シミュレーションを専門とすることなく手軽に扱えるシミュレータを求め、プラズマに対するある程度の理解を得たいとする希望が多くあります。シンポジウムでは、モデリングの専門家のみならず、シミュレータを利用する研究者をお迎えし、プラズマの素過程や、気相および表面における反応をシミュレーションにより求める方法やその背景にある基礎知識に関する丁寧な解説を、「いま、何をどこまで計算できるか」を問いつつお願いしました。8名の先生方による9件の講演と1件の一般講演があり、幅広い議論が進められました。朽久保文嘉先生(首都大学東京)は、現象に関する理論の体系化の必要性に加え、計算のためにより適切な衝突断面積を得ることの重要性を強調されました。佐藤孝紀先生(室蘭工科大学)は、実験で得られる電子輸送係数から衝突断面積が推定される過程に対し、その評価に再考を求めるお話をされました。電子輸送係数を測定する実験や衝突断面積を得るシミュレータに関する非常に貴重な情報が伝えられま

した。林俊雄先生(名古屋大学)は、市販シミュレータを用いた量子化学計算について具体的な操作も含めてご紹介下さいました。斧高一先生(京都大学)は、微小セルモデルを使った結果を報告され、エッチングにおける微細形状の詳細を示されました。大嶽敦氏(日立製作所)は、吸着水分子の電子状態と円面放電との関連を報告されました。白藤立先生(大阪市立大学)は、市販シミュレータの利用者の立場として、その有用性を伝えられました。伝宝一樹氏(東京エレクトロン山梨)は、シミュレータを用いた半導体製造装置におけるプラズマ源の開発について紹介されました。久保井信行氏(ソニー)は、加工形状を制御するために、シミュレーションを活用するその具体的手法を述べられました。聴講者数は120名を超え、それぞれの話題に対して活発に質問が寄せられました。普段は容易に触れることが難しいシミュレーションについて、数多くの情報が得られる非常に有意義な時間を過ごしました。



行事案内

7th International Symposium on Advanced Plasma Science and Its Applications for Nitrides and Nanomaterials / 8th International Conference on Plasma-Nano Technology and Science (ISPlasma2015/IC-PLANTS2015)

名古屋大学 齋藤永宏

ISPlasma は、文部科学省の支援を受け、東海広域ナノテクものづくりクラスター事業の一環として、当地域に国際競争力を有する先進プラズマナノ科学研究拠点を形成するために 2009 年から毎年開催されている国際会議で、今回は 7 回目となる。一方、IC-PLANTS は、本邦唯一の産業応用プラズマセンターである名古屋大学工学研究科附属プラズマナノ工学研究センターの主催の国際会議として 2008 年から毎年開催されており、2014 年より、この 2 つの国際会議を合同で開催しており、合同会議として 2 回目となる今回は、先進プラズマナノ科学、およびナノ材料、窒化物半導体研究に加え、表面機能化研究までも包括的に対象分野として開催する。本会議では、プラズマ分野で長い歴史と研究実績を有する東海地域に世界中から優れた研究者が集い、先進プラズマ科学、窒化物半導体とナノ材料への応用について広く議論するとともに、最新の研究成果を発表および討議する。

<日程>

2015 年 3 月 26 日(木)

～2015 年 3 月 31 日(火)

<場所>

名古屋大学東山キャンパス

(愛知県名古屋市千種区不老町)

<特別講演>

天野 浩 (名古屋大学)

<基調講演>

荒川 泰彦 (東京大学)

堂免 一成 (東京大学)

Vincent M. DONNELLY

(University of Houston, USA)

Ulf HELMERSSON

(Linköping University, Sweden)

松波 弘之 (京都大学)

白谷 正治 (九州大学)

Ravi SILVA

(University of Surrey, United Kingdom)

住友 弘二 (NTT 物性科学基礎研究所)

<セッションおよびトピックス>

• Plasma Engineering

–Plasma Generation

–Plasma Nanotechnology

• Plasma Deposition

–Plasma CVD

–Plasma Control

• Plasma Medicine

–Plasma Medicine

–Biotechnology

- Plasma Applications
 - Plasma Etching
 - Surface Treatment
 - Atmospheric Pressure Plasma
 - Solution Plasma
 - The Fundamental and Characteristics of Solution Plasma
 - Nano Material Synthesis by Solution Plasma
 - Nitride Process
 - Growth, Processing and Characterization of Nitride Semiconductors
 - Application of Nitride Semiconductors
 - High-voltage operation
 - Current collapse suppression
 - SiC·Diamond·Other Related Materials
 - Nanoparticle Synthesis
 - Nanocomposite Synthesis
 - Nanomaterials Processing
 - Catalyst / Battery
 - Automotive Catalyst
 - Fuel Cell
 - Solar Cell
 - Nanocrystalline Semiconductor
 - Transparent Conductive Oxide
 - Environmental and Energy Materials
 - Renewable Energy
 - Resource Recovery
 - Microfluidics, Nanofluidics, and MicroTAS
 - Microfabrication
 - Nanotechnology
 - Hardcoating
 - Diamond-Like Carbon and other hard coatings for tribology
 - Modelling and measurement of surface and plasma process of hardcoating
 - Wet Coating
 - Plating
 - Recycle
 - Functional Thin Films
 - Intelligent Functional Films / Surfaces
 - Optical Functional Films / Surfaces
 - Biosurface
 - Biosurface engineering and applications
 - Diagnostics of biosurface/biointerface
- ＜バンケット＞
 2015年3月29日（日）
 名古屋港水族館
- ＜参加費＞
 2015年2月16日まで
 一般：45,000円、学生：15,000円
 2015年2月17日以降
 一般：50,000円、学生：20,000円
- ＜問合せ先＞
 ISPlasma2015 / IC-PLANTS2015 事務局
 Y's Secretary Fields
 TEL&FAX：052-332-8789
 E-mail：isplasma@yssf.jp
 Website：http://www.isplasma.jp

行事案内

2015 年第 62 回応用物理学会春季学術講演会 プラズマエレクトロニクス分科会企画

首都大学東京 朽久保文嘉

■ はじめに

2015 年 3 月 11～14 日に東海大学湘南キャンパス北海道大学にて開催される第 62 回応用物理学会春季学術講演会における PE 分科会企画の概要とスケジュールを紹介いたします。大学によっては後期日程試験と重なりますが、是非、なお、詳細は未定の部分も含まれるため、詳細については応用物理学会の HP 等で確認をお願いいたします。

■ プラズマエレクトロニクス賞受賞式／講演奨励賞授業記念講演

第 13 回プラズマエレクトロニクス賞受賞式が執り行われます。受賞候補者の推薦締切りが 2014 年 12 月下旬のため、本稿執筆の時点では受賞者未定ですが、分科企画シンポジウム（学会 2 日目）に先だって授賞式を行います。また、2014 年秋季の講演奨励賞は、Ding Yi 氏（東工大）および佐々木渉太氏（東北大院）の 2 名が受賞されました。荣誉ある賞を受賞された皆様には、紙面を借りお祝い申し上げます。日程、会場は未定ですが、プログラムをご確認のうえ、授賞式ならびに受賞記念講演会場まで足をお運びください。

プラズマエレクトロニクス賞受賞式

日程：3 月 12 日（木）

会場：分科企画シンポジウムに先立ち同会場
で授賞式を行います（未定）

講演奨励賞受賞記念講演

日程・会場：未定

受賞者：Ding Yi（東京工業大学）

選考対象の発表：Effect of crystallinity on optical, electrical and photovoltaic properties of silicon nanoparticles synthesized by non-thermal plasma

受賞者：佐々木渉太（東北大学大学院）

選考対象の発表：遺伝子細胞膜透過性に対するプラズマ照射起因電氣的ストレスと酸化ストレスの効果

■ 分科内招待講演

恒例となる分科内招待講演が以下の要領で実施されます。第 14 回目となる今回は、東京工業大学名誉教授の石井彰三先生よりご講演を賜ります。皆様には奮って会場まで足をお運び頂きますよう、お願い申し上げます。

日程：3 月 12 日（木）（予定）

会場（未定）

石井 彰三 先生（東京工業大学・名誉教授）

講演タイトル「プラズマを学び科学・技術の最先端に挑戦する」

■ 分科会企画シンポジウム

学会 2 日目の 12 日（木）に、分科会企画シンポジウム「微粒子合成法とその応用最前線」を開催します。様々な応用展開がなされる微粒子の合成法として化学的な合成法、プラズマを用いた合

成法など多種多様な合成法がありますが、このシンポジウムでは、これらの合成法のメリットデメリットを明らかとし、相互の知見を利用することで現状の課題の解決法や今後の可能性について議論する予定です。なお、最終確定版のプログラムは、後日に Web でご確認ください。

日時：2015年3月12日（木）（予定）

会場：未定

プログラム：(案)（タイトルは仮題、敬称略）

1. 「プラズマによる微粒子合成法の現状と課題」
渡辺隆行(九大)
2. 「熱プラズマによるナノ粒子の生成法とその応用例」
中村圭太郎(日清製粉グループ本社)
3. 「プラズマによる微粒子の合成・凝集・輸送制御」
白谷正治(九大)
4. 「配位子保護金クラスターの精密合成法」
佃 達哉(東大)
5. 「低圧プラズマによる微粒子表面修飾法」
永津雅章(静大)
6. 「コロイド化学によるナノ微粒子合成法」
前之園信也(北陸先端大)
7. 「超臨界プラズマによるダイヤモンドモイド合成法」
寺嶋和夫(東大)
8. 「液中プラズマを用いるナノ粒子のグリーンな合成と改質」
米澤 徹(北大)
9. 「微粒子プロセスの高度化による多機能材料の創製」
目 義夫(物材研)
10. 「まとめと展望」
金子俊郎(東北大)

■ チュートリアル講演

学会初日に、PE 分科会企画としては第5回目のチュートリアル講演を実施いたします。今回は、東工大の赤塚洋先生、産総研の布村正太先生より、「発光分光計測法によるプロセスプラズマの実践的計測の基礎と応用」と題して講義を頂きます。

発光分光はプラズマの診断やモニターの方法として広く使われますが、単に計測したのみで終わっている場合も見受けられます。本講演では、発光計測の原理を今一度学び、発光からプラズマに関するより高度な情報を引き出すことを目的とします。また、これをプロセスプラズマに適用してプロセスの改善に役立てた事例について示します。

今回のチュートリアルは、プロセスのモニターに発光計測を利用している企業の研究者・技術者の皆様、研究で発光計測を利用している学生の皆様に特にお薦めします。

チュートリアル講演は事前予約制となっております。定員がございますので、お早めにご予約いただきますようお願い申し上げます。

日時：2015年3月11日（水）9：00～12：10

タイトル：発光分光計測法によるプロセスプラズマの実践的計測の基礎と応用

講師：

赤塚洋先生（東京工業大学・原子炉工学研究所）

第1部 基礎～「電子温度・密度，ガス温度，ラジカル密度」

布村正太先生（産業技術総合研究所・太陽光発電工学研究センター）

第2部 応用～「プロセスモニタリングへの適用」

■ English Session

2014年の秋季講演会に続き、プラズマエレクトロニクス「8. プラズマエレクトロニクス English Session」として実施いたします。English Sessionは学会初日の11日（水）午後実施の予定です。2015年は10月にハワイでGECと合同のICRPもありますので、ハワイで発表してやろうという意欲のある学生さんには、是非、English Sessionにも応募いただきたいと思います。なお、今回は

海外招待講演を予定しておりません。

■ おわりに

本案内を執筆している時点では、プログラムの詳細は未定ですが、チュートリアル講演と **English Session** は学会初日に、シンポジウムを始めとする他の分科会企画のほとんどは学会2日目に実施される予定です。最終プログラムを確認の上で会場までお越してください。

学会2日目には、PE分科会のインフォーマルミーティングが予定されております。また、同日夕刻には、恒例のPE分科会懇親会が企画されます。詳細は担当幹事より改めて案内しますので、参加希望者は事前にご予約をお願いいたします。

その他、不明な点がございましたら、お気軽にお問合せください。

連絡先：朽久保（首都大学東京）：tochi@tmu.ac.jp

行事案内

第9回反応性プラズマ国際会議/第68回気体電子会議合同会議/
第33回プラズマプロセッシング研究会
9th International Conference on Reactive Plasmas(ICRP-9)/
68th Gaseous Electronics Conference(68th GEC)/
33rd Symposium on Plasma Processing(SPP-33)

2015年10月12日～16日開催

名古屋大学 ICRP-9 組織委員長 豊田 浩孝

プラズマエレクトロニクス分科会では分科会主催の国際会議として反応性プラズマ国際会議(International Conference on Reactive Plasmas: ICRP)を開催しており、これまでに第1回から第8回まで名古屋(1991年)、横浜(1994年)、奈良(1997年)、ハワイ(1998年)、フランスグルノーブル(2002年)、宮城(2006年)、フランスパリ(2010年)、福岡(2014年)にて開催してきました。本年2月福岡で開催されたICRP-8は皆様のご記憶に新しいことと思います。

これまでの開催履歴を見てもわかりますようにICRPはしばしば海外にて合同会議として開催されており、次回のICRP-9はGECと合同にて来年2015年10月12日～16日の日程でハワイオアフ島のHawaii Convention Centerにて開催される運びとなりました。アメリカ本土と日本の間に位置するハワイにおける会議開催であり、また大変魅力的な開催場所と思います。講演投稿締切は6月上旬となります。ぜひとも多くの方にご参加をいただきますようお願い申し上げます。

【主催】：応用物理学会/アメリカ物理学会

【会期】：2015年10月12日～16日

【会場】：Hawaii Convention Center

1801 Kalakaua Avenue, Honolulu,

HP: <http://jp.hawaii-convention.com/>

【会議トピックス(Tentative)】

(i) 反応性プラズマの発生・制御, (ii) 反応性プラズマの診断・計測, (iii) 反応性プラズマ内の輸送現象と原子分子素過程, (iv) モデリングとシミュレーション, (v) パーティクル・ダストの発生と挙動, (vi) プラズマ-固体相互作用と表面改質等への応用, (vii) エッチング, (viii) デポジション, (ix) マイクロ, 大気圧プラズマの応用, (x) ナノテクノロジー, バイオテクノロジーへの応用, (xi) プラズマの医療応用, (xii) 反応性プラズマの新展開

【論文投稿】(2015年6月上旬締切) :

GEC アブストラクト(1300文字程度) および ICRP アブストラクト(カメラレディ2ページ)

【旅費補助】プラズマエレクトロニクス分科会会員である学生等に対して旅費補助を行う予定です。

【会議論文集等】発表論文の一部をJapanese Journal of Applied Physics Special Issueとして刊行予定です。

【ICRP-9組織委員長】豊田 浩孝(名古屋大学)

【問合せ先】ICRP-9事務局 中村圭二(中部大学)

E-mail: icrp9_office@plasma.engg.nagoya-u.ac.jp

会議 HP :

<http://www.plasma.engg.nagoya-u.ac.jp/icrp-9/>

2014(平成 26)年度プラズマエレクトロニクス分科会幹事名簿

	氏名	所属	住所・電話	メールアドレス
幹事長	豊田浩孝	名古屋大学 工学研究科 電子情報システム専攻	〒464-8603 名古屋千種区不老町 Tel: 052-789-4698 Fax: 052-789-3150	toyoda@nuee.nagoya-u.ac.jp
副幹事長	節原裕一	大阪大学接合科学研究所 加工システム研究部門 エネルギー変換機構学分野	〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘 11 番 1 号 Tel: 06-6879-8641	setsuhara@jwri.osaka-u.ac.jp
副幹事長	柘久保文嘉	首都大学東京 理工学研究科 電気電子工学専攻	〒192-0397 八王子市南大沢 1-1 Tel: 042-677-2744 Fax: 042-677-2756	tochi@tmu.ac.jp
副幹事長	伊澤 勝	(株)日立ハイテクノロジーズ 笠戸地区プロセス研究開発部	〒744-0002 山口県下松市大字東豊井 794 Tel: 090-4535-9279	izawa-masaru@sme.hitachi-hitec.com
幹事 任期 2015 年 3 月	明石 治朗	防衛大学校 応用科学群応用物理学科	〒239-8686 横須賀市走水 1-10-20 Tel: 046-841-3810 Fax: 046-844-5912	akashi@nda.ac.jp
"	石川 健治	名古屋大学大学院工学研究科 附属プラズマナノ工学研究センター	〒464-8603 愛知県名古屋千種区不老町 Tel/Fax: 052-788-6077	ishikawa@plasma.engg.nagoya-u.ac.jp
"	伊藤昌文	名城大学理工学部 電気電子工学科	〒468-8502 愛知県名古屋天白区塩釜口 1-501 Tel/Fax: 052-838-2306	ito@mei-jo-u.ac.jp
"	川崎 敏之	日本文理大学 工学部機械電気工学科	〒870-0397 大分県大分市一木 1727 Tel: 097-524-2612 Fax: 097-593-2071	kawasaki@nbu.ac.jp
"	古閑一憲	九州大学 大学院システム情報科学研究院 情報エレクトロニクス部門	〒819-0395 福岡市西区元岡 7 4 4 Tel: 092-802-3716 Fax: 092-802-3717	koga@ed.kyushu-u.ac.jp
"	鷹尾 祥典	横浜国立大学 大学院 工学研究院 システムの創生部門	〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 Tel/Fax: 045-339-3889	takao.yoshinori.7a@kyoto-u.ac.jp
"	高橋和生	京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科 電子システム工学部門 電子物性工学講座	〒606-8585 京都市左京区松ヶ崎御所海道町 Tel: 075-724-7418 Fax: 075-724-7400	takahash@kit.jp
"	田中 康規	金沢大学理工研究域 電子情報学系	〒920-1192 石川県金沢市角間町 Tel: 076-234-4846 Fax: 076-234-4870	tanaka@ec.t.kanazawa-u.ac.jp
"	南部英高	ルネサスエレクトロニクス(株) 生産本部 プロセス技術統括部 プロセス加工技術部	〒252-5298 神奈川県相模原市中央区下九沢 1120 Tel: 042-779-9925 Fax: 042-771-0329	hidetaka.nambu.hx@renesas.com
"	西山修輔	北海道大学大学院 工学研究院 量子理工学部門 プラズマ理工学分野	〒060-8628 札幌市北区北 13 条西 8 丁目 Tel: 011-706-6658 Fax: 011-706-6657	shu@eng.hokudai.ac.jp
"	松隈正明	東京エレクトロン(株) 技術開発センター シミュレーショングループ	〒305-0841 茨城県つくば市御幸が丘 17 Tel: 029-860-3632 Fax: 029-860-3607	masaaki.matsukuma@tel.com
"	本村大成	(独)産業技術総合研究所 九州センター 生産計測技術研究センター プラズマ計測チーム	〒841-0052 佐賀県鳥栖市宿町 807-1 Tel: 0942-81-4058 Fax: 0942-81-3690	t.motomura@aist.go.jp
"	和田 昇	三菱電機(株) 先端技術総合研究所 環境システム技術部 放電応用グループ	〒661-8661 尼崎市塚口本町 8-1-1 Tel: 06-6497-7069 Fax: 06-6497-7285	Wada.Noboru@bx.MitsubishiElectric.co.jp
幹事 任期 2016 年 3 月	赤松 浩	神戸市立工業高等専門学校 電気工学科	〒651-2194 神戸市西区学園東町 8-3 Tel: 078-795-3311 内線: 235 Fax: 078-795-3235	akamatsu@kobe-kosen.ac.jp
"	井上 泰志	千葉工業大学 工学部機械サイエンス学科	〒275-0016 習志野市津田沼 2-17-1 Tel: 047-478-4308	inoue.yasushi@it-chiba.ac.jp
"	大島 多美子	佐世保工業高等専門学校 電気電子工学科	〒857-1193 佐世保市沖新町 1-1 Tel: 0956-34-8479	ohshima@sasebo.ac.jp
"	大村 光広	東芝 S&S 社 半導体研究開発センター ユニットプロセス技術開発部 U P 2	〒512-8550 四日市市山之一色町 800 (四日市工場) Tel: 059-390-7327	mitsuhiro.omura@toshiba.co.jp

幹事 任期 2016年3月	岡田 健	東北大学流体科学研究所	〒980-8577 仙台市青葉区片平 2-1-1 流体科学研究所 2号館 510号室 Tel: 022-217-5318	okada@sammy.ifs.tohoku.ac.jp
"	久保井 信行	ソニー(株) R&D プラットフォーム STDD デバイス設計部 シミュレーション設計2課	〒243-0014 厚木市旭町 4-14-1 Tel: 050-3141-4305	Nobuyuki.Kuboi@jp.sony.com
"	小林 浩之	(株) 日立製作所中央研究所 ナノプロセス研究部	〒185-8601 国分寺市東恋ヶ窪 1-280 Tel: 042-323-1111 内線: 2403	hiroyuki.kobayashi.sy@hitachi.com
"	斉藤 和美	ルネサスエレクトロニクス(株) 生産本部 プロセス技術統括部 プロセス加工技術部	〒252-5298 神奈川県相模原市中央区下九沢 1120 Tel: 042-779-9925 Fax: 042-771-0329	kazumi.saitou.ub@renesas.com
"	寺本 慶之	(独) 産業技術総合研究所 環境管理技術研究部門 環境負荷制御研究グループ	〒305-8569 茨城県つくば市小野川 16-1 Tel: 029-861-3084 Fax: 029-861-8866	yoshiyuki-teramoto@aist.go.jp
"	伝宝 一樹	東京エレクトロン山梨(株) 技術開発センター プラズマ要素技術グループ	〒407-0192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢 650 Tel: 0551-23-2327 Fax: 0551-23-4462	kazuki.denpoh@tel.com
"	松井 信	静岡大学 大学院工学研究科 機械工学専攻	〒432-8561 浜松市中区城北 3-5-1 総合研究 棟 R503 Tel/Fax: 053-478-1064	tmmatui@ipc.shizuoka.ac.jp
"	本村 英樹	愛媛大学 大学院理工学研究科 電子情報工学専攻	〒790-8577 松山市文京町 3 Tel: 089-927-8577	hmoto@mayu.ee.ehime-u.ac.jp
"	渡辺 隆行	九州大学 大学院工学研究院 化学工学部門	〒819-0395 福岡市西区元岡 744 Tel/Fax: 092-802-2745	watanabe@chem-eng.kyushu-u.ac.jp

2014(平成 26) 年度分科会幹事役割分担

役割分担	新任		留任	
幹事長	豊田浩孝	名古屋大学		
副幹事長	節原裕一	大阪大学		
	枡久保文嘉	首都大学東京		
	伊澤勝	(株) 日立ハイテクノロジーズ		
1. 庶務・分科会ミーティング	寺本慶之	産業技術総合研究所	本村大成	(独) 産業技術総合研究所
2. 春秋講演会シンポジウム シンポジウム・海外招待講演 分科内招待講演 チュートリアル講義	枡久保文嘉	首都大学東京	古関一憲	九州大学
	渡辺隆行	九州大学	高橋和生	京都工芸繊維大学
	井上泰志	千葉工業大学	松隈正明	東京エレクトロン (株)
	小林浩之	(株) 日立製作所	伊藤昌文	名城大学
	伝宝一樹	東京エレクトロン (株)		
3. プラズマプロセス研究会 H26 年度：プラズマコンファレンス H27 年度：ICRP/GEC	節原裕一	大阪大学	古関一憲	九州大学
	岡田健	東北大学	和田昇	三菱電機 (株)
	松井信	静岡大学	石川健治	名古屋大学
	伝宝一樹	東京エレクトロン (株)	高橋和生	京都工芸繊維大学
	大村光広	(株) 東芝	川崎敏之	大分大学
	斉藤和美	ルネサスエレクトロニクス (株)	田中康則	金沢大学
	大島多美子	佐世保高専		
4. 光源物性とその応用研究会	本村英樹	愛媛大学	明石治朗	防衛大学
5. プラズマ新領域研究会	節原裕一	大阪大学	田中康則	金沢大学
	井上泰志	千葉工業大学	鷹尾祥典	京都大学
	渡辺隆行	九州大学	伊藤昌文	名城大学
	本村英樹	愛媛大学		
6. インキュベーションホール	節原裕一	大阪大学	石川健治	名古屋大学
	井上泰志	千葉工業大学	本村大成	(独) 産業技術総合研究所
	松井信	静岡大学	鷹尾祥典	横浜国立大学
	大島多美子	佐世保高専	明石 治朗	防衛大学
	赤松浩	神戸市立高専		
7. プラズマエレクトロニクス講習会	伊澤勝	(株) 日立ハイテクノロジーズ	松隈正明	東京エレクトロン (株)
	大村光広	(株) 東芝	和田昇	三菱電機 (株)
	久保井信行	ソニー (株)		
	小林浩之	(株) 日立製作所		
	伝宝一樹	東京エレクトロン (株)		
8. 会誌編集・書記	斉藤和美	ルネサスエレクトロニクス (株)	川崎敏之	日本文理大
	赤松浩	神戸市立高専	松隈正明	東京エレクトロン (株)
	岡田健	東北大学		
9. ホームページ	本村英樹	愛媛大学	西山修輔	北海道大学
10. 会計	大島多美子	佐世保高専	高橋和生	京都工芸繊維大学
11. プラズマエレクトロニクス賞	豊田浩孝	名古屋大学		
12. アカデミックロードマップ (戦略企画室)	枡久保文嘉	首都大学東京		
	豊田浩孝	名古屋大学		
13. PE 懇親会 秋：北海道大学、春：東海大(平塚)	岡田健	東北大学	鷹尾祥典	横浜国立大学
	久保井信行	ソニー (株)	西山修輔	北海道大学
GEC 委員 (オブザーバー)	豊田浩孝	名古屋大学		

2014(平成 26) 年度分科会関連の各種世話人・委員

1. 応用物理学会講演会プログラム編集委員
 - 8.1 プラズマ生成・制御 柳生 義人 (佐世保高専)
 - 8.2 プラズマ診断・計測 伊藤 剛仁 (大阪大)
 - 8.3 プラズマ成膜・表面処理 太田 貴之 (名城大)
 - 8.4 プラズマエッチング 前田 賢治 (日立中研)
 - 8.5 プラズマナノテクノロジー (代表) 佐藤 孝紀 (室蘭工大)
金子 俊郎 (東北大)
 - 8.6 プラズマ現象・新応用・融合分野 小田 昭紀 (千葉工大)
山田 英明 (産総研)
2. 応用物理・編集委員 野崎 智洋 (東工大)
3. 応用物理学会代議員 斧 高一 (京都大)
酒井 道 (京都大)
白谷 正治 (九州大)
豊田 浩孝 (名古屋大)
野崎 智洋 (東工大)
平松 美根男 (名城大)
4. GEC 組織委員会委員 豊田 浩孝 (名古屋大)
5. その他：本部理事 斧 高一 (京都大)
白谷 正治 (九州大)
平松 美根男 (名城大)
6. 諮問委員 寺嶋 和夫 (東京大学)
7. フェロー 岡本 幸雄 (東洋大)
斧 高一 (京都大)
河野 明廣 (名古屋大)
寒川 誠二 (東北大)
白谷 正治 (九州大)
菅井 秀郎 (中部大)
高井 治 (名古屋大)

橘 邦英 (愛媛大)
中山 喜萬 (大阪大)
畠山 力三 (東北大)
藤山 寛 (長崎大)
堀 勝 (名古屋大)
真壁 利明 (慶應大)
渡辺 征夫 (九州電気専門学校)

8. 名誉会員

後藤 俊夫 (中部大)

平成 26 年度中期活動報告

第 72 回プラズマエレクトロニクス分科会
ミーティング/平成 26 年度第 2 回幹事会(応
用物理学会インフォーマルミーティング
内)議事録

開催日時： 2014 年 9 月 18 日(木)
12:15 ~ 13:15

開催場所：北海道大学 札幌キャンパス
高等教育推進機構 S 棟 2 階 S10

- 「8. プラズマエレクトロニクス」大分
類分科意見交換会が佐藤先生(室蘭工
大)の進行で開かれた。

- ▶ 大分類再編について
再編の必要なしとなった。

- ▶ 中分類再編について
8.2 プラズマ診断・計測は今回の
講演は 13 件であったが、これまでの
推移等を鑑みて再編対象とはし
ない。8.6 プラズマ現象・新応用
分野・融合分野からはプラズマ医
療応用・プラズマ農業応用・プラ
ズマバイオ応用を切り離して新た
に 8.6 プラズマライフサイエンス
とする。現 8.6 は新たに 8.7 とす
るが講演件数が 15 件を下回って
もただちに再編対象とはしない。
Q. いつから?(古閑幹事 九大)
A. 2015 年春の応物から。Q. 講演募
集の前にメーリングリスト等でア
ナウンスをして下さい。新 8.6 の
プログラム委員は?(豊田幹事長
名大) A. 現 8.6 に 2 人居らっしゃ
るのでその中で考えている。

- ▶ コードシェアセッションの実施の
可能性について

Q. 合同セッションとの違いは?(枅
久保副幹事長 東工大) A. 合同セ
ッションは理事会を通す等大事に
なるが、コードシェアの場合はも
っと手軽に実施できる。Q. コード
シェアの場合は分類はどうなるの
か?(石川幹事 名大) A. 両方の番
号がふられる。

- ▶ その他

奨励賞審査のコメントは講演者へ
フィードバックしているので記入
して欲しい。

- 平成 26 年度プラエレ分科会ミーテ
ィング

豊田幹事長が司会進行を務められた。

1. 応用物理学会(東海大・2015.3)シン
ポジウムなどについて
伊藤幹事(名城大)より 2015 年春季
学術講演会分科会シンポジウム案につ
いて報告がなされた。微粒子を第一案
として検討を進めていくこととなった。
枅久保副幹事長(首都大学東京)より
分科会内招待講演・海外研究者招待講
演&English Session・チュートリアル
に関して報告がなされ、今後はメール
審議によって進められることとなった。
Q. チュートリアルのターゲット
は?(小川先生 中部大) A. 企業の方や
若手研究者、分科会に入ってくれそ
うな方。C. 今の企業の新人にとっては装
置・プラズマプロセス・計測を整合さ
せてやってくれると良い(辰巳氏 ソ

- ニー)。C. 他の大分類では同じ内容を繰り返しやっているところもある(佐藤先生 室蘭工大)。A. その方法も検討している。
2. プラズマエレクトロニクス講習会の進捗状況について

伊澤副幹事長(日立ハイテク)より第25回プラズマエレクトロニクス講習会の実施案について報告があった。開催日時は2014年11月26日(水)、場所は東工大田町キャンパスで行う予定。
 3. 光源物性とその応用研究会の進捗状況について

明石幹事(防大)より報告された。開催日時は12月12日、場所は都内で交通の便の良い所を検討されているとのこと。
 4. 12月分科会報の編集状況について

赤松幹事(神戸高専)より分科会会報第61号の編集状況について報告された。
 5. 研究会などの報告について
 - 5-1. プラズマ新領域研究会
 - ① 第18回応物PE分科会プラズマ新領域研究会(6/14, 名古屋大学) 第4回 新学術領域研究「プラズマとナノ界面の相互作用に関する学術基盤の創成」公開シンポジウムとの合同開催について伊藤幹事(名城大)より報告があった。
 - ② 第19回応物PE分科会新領域研究会(9/9, 大阪府立大学)について田中幹事(金沢大)の代理で石島先生(金沢大)より報告があった。今回は9/8-10 電気学会プラズマ研究会との合同開催であった。
 - 5-2. 第8回 PEインキュベーションホール(8/31-9/2)について鷹尾幹事(横国大)より報告があった。参加者は53名でうち企業から4名参加されたとのこと。
 6. 関連会議について
 - ① SPP-32/プラズマコンファレンス2014 について豊田幹事長より案内がなされた。開催日時は2014年11月18日-11月21日、会場は朱鷺メッセ。
 - ② 豊田幹事長より ICRP9・GEC のアナウンスがなされた。開催日時は2015年10月11日-10月16日まで。
(豊田)
 7. その他

2014年度 第3回目の幹事会は、3月の応用物理学会(2015.3.11-14 東海大)会期中のインフォーマルミーティング内で執り行う(SPP-32/PLASMA2014 会期中の幹事会は実施しないこととする)。
(記:松隈正明(東京エレクトロン))

プラズマエレクトロニクス関連会議日程

国際会議

2015. 3. 26-3. 31

7th International Symposium on Advanced Plasma Science and Its Applications for Nitrides and Nanomaterials / 8th International Conference on Plasma Nanotechnology and Science (ISPlasma2015/IC-PLANTS2015)

名古屋大学

<http://www.isplasma.jp/>

2015. 4. 6-4. 10

2015 MRS Spring Meeting

San Francisco, California

<http://www.mrs.org/spring2015/>

2015. 4. 13-4. 17

7th Int. Conf. the Frontiers of Plasma Physics and Technology (FPPT-7)

Kochi, India

<http://www.fppt-series.com/>

2015. 5. 11-5. 15

8th Int. Workshop on Microplasmas (IWM 2015)

NJ, USA

<http://iwm2015nj.wix.com/home>

2015. 5. 24-5. 28

Frontiers in Low Temperature Plasma Diagnostics XI

Porquerolles Island, Hyères, Var, France

<http://fltpd-xi.sciencesconf.org/>

2015. 5. 24-5. 28

Int. Conf. Plasma Science (ICOPS2015)

Antalya, Turkey

<http://www.ece.unm.edu/icops2015/>

2015. 6. 5-6. 10

22nd International Symposium on Plasma Chemistry (ISPC22)

Antwerp, Belgium

<https://www.uantwerpen.be/en/conferences/ispc22/>

2015. 6. 22-6. 26

42th EPS Conference on Plasma Physics

Lisbon, Portugal

<http://www.ipfn.ist.utl.pt/EPS2015/>

2015. 7. 5-7. 10

22nd International Symposium on Plasma Chemistry (ISPC 22)

Antwerp, Belgium

<https://www.uantwerpen.be/en/conferences-and-summer-schools/ispc22/>

2015. 10. 12-10. 16

9th International Conference on Reactive Plasmas / 68th Gaseous Electronics Conference (ICRP-9/68th GEC)

ハワイ

<http://www.plasma.engg.nagoya-u.ac.jp/icrp-9/>

国内会議・会合

2015. 3. 11-3. 14

第 62 回応用物理学会春季学術講演会

東海大学湘南キャンパス

<http://www.jsap.or.jp/activities/annualmeetings/regularmeeting.html>

2015. 3. 21-3. 24

日本物理学会第 70 回年次大会

早稲田大学早稲田キャンパス

<http://www.jps.or.jp/activities/meetings/future.html>

2015. 9. 13-9. 16

第 76 回応用物理学会秋季学術講演会

名古屋国際会議場

<http://www.jsap.or.jp/activities/annualmeetings/regularmeeting.html>

2015. 9. 16-9. 19

日本物理学会秋季大会（主として物性）

関西大学千里山キャンパス

<http://www.jps.or.jp/activities/meetings/future.html>

2015. 9. 17-9. 18

平成 27 年度電気学会 基礎・材料・共通部門大会
金沢大学

http://www.iee.jp/fms/?post_type=custom_event&p=621

2015. 9. 25-9. 28

日本物理学会秋季大会（素粒子，核物理，宇宙線，宇宙物理）
大阪市立大学杉本キャンパス

<http://www.jps.or.jp/activities/meetings/future.html>

2016. 3. 19-3. 22

日本物理学会第 71 回年次大会
東北学院大学泉キャンパス

<http://www.jps.or.jp/activities/meetings/future.html>

2016. 9. 13-9. 16

日本物理学会秋季大会（主として物性）
金沢大学角間キャンパス

<http://www.jps.or.jp/activities/meetings/future.html>

2016. 9. 21-9. 24

日本物理学会秋季大会（素粒子，核物理，宇宙線，宇宙物理）
宮崎大学木花キャンパス

<http://www.jps.or.jp/activities/meetings/future.html>

2017. 3. 17-3. 20

日本物理学会第 72 回年次大会
大阪大学豊中キャンパス

<http://www.jps.or.jp/activities/meetings/future.html>

広告掲載企業一覧

プラズマエレクトロニクス分科会会報 61 号へ広告掲載を頂いた企業は下記の通りです。弊分科会会員への最新情報のご提供に厚く感謝の意を表します。

1. 株式会社 エナック

当会報への広告掲載について

応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会では、分科会会員への情報提供を旨とし、会報への広告出展を募集しております。広告の掲載にあたっては下記のような条件としておりますので、是非ご検討の程宜しくお願い申し上げます。

1. 契約の種類

(A) 年間契約コース

1 年間にわたる掲載。通常は 6 月、12 月に発行される 2 号にわたって掲載されます。掲載号ごとに新規原稿に差替え出来ます。

(B) 単号契約コース

特定の号のみの掲載。

2. 掲載位置

掲載位置は後書きの後となります。基本五十音順の掲載となりますが、レイアウト等の都合で適宜変更になる可能性があります。何卒ご了承ください。

また裏表紙への依頼が無いときには年間契約の中から回す場合もあります。不都合がある場合はご相談ください。

3. 入稿

原稿は A4 版ネガの版下、もしくは電子ファイル(pdf)とします。これ以外の場合、かかる費用を別途請求させて頂く場合があります。

4. 広告掲載料

掲載料は下表の通りとします。なお、年間契約の場合も、申込時点での一括請求とさせていただきます。

	(A) 年間契約コース	(B) 単号契約コース
半ページ	5 万円 (4 万円)	4 万円 (3 万円)
1 ページ	8 万円 (6 万円)	5 万円 (4 万円)
2 ページ (見開き指定可)	12 万円 (9 万円)	8 万円 (6 万円)
裏表紙	12 万円 (9 万円)	8 万円 (6 万円)

※カッコ内は協賛企業

5. 問い合わせ先

〒113-0034 東京都文京区湯島 2-31-22

湯島アーバンビル 7 階

公益社団法人 応用物理学会 分科会係

TEL : 03-5802-0862

FAX : 03-5802-6250

e-mail : divisions@jsap.or.jp

HP : <http://annex.jsap.or.jp/plasma/>

編集後記

プラズマエレクトロニクス分科会会報No.61をお届けいたします。お忙しい中、本誌にご寄稿いただきました皆様に心より御礼申し上げます。

本報の「巻頭言」では、産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー研究所の近藤様より「プラズマエレクトロニクス」という題目でご寄稿いただきました。プラズマエレクトロニクスの今後の発展のカギは、さまざまな異業種と融合していくことであり、それが成熟した日本の技術力の目指すべき姿ではないか、という提言をいただきました。

「寄稿」は、九州大学白谷先生から「研究職に就くために」とう題目で研究者のキャリア形成に関する最近の動向に関してお寄せいただきました。

「研究紹介」では、2014年春季応用物理学会講演奨励賞を受賞された講演として、東京大学の神原先生からも原稿をお寄せいただきました。

「研究室紹介」は、兵庫県立大学大学院 工学研究科 電気系工学専攻 電力・エネルギー工学部門 電力応用研究グループの藤原先生のご研究室を紹介して頂きました。プラズマイオン注入堆積法 (PBII&D)、慣性核融合実験用先進ターゲットの開発、大電力パルススパッタ(HPPS)成膜、パルスウォータージェットなど多彩な研究活動をご紹介していただきました。

「海外の研究事情」は、東京エレクトロン山梨の岩下様が、ポスドク時代の2010年から2013年まで滞在されたドイツの Ruhr University Bochum での微粒子プラズマの研究紹介、渡航に至った経緯、ドイツでの生活についてご紹介いただきました。

「学生のためのページ・すぐに役立つプラズマエレクトロニクス」では、中部大学の菅井先生より「プラズマの振舞いー思考実験と Q&Aー」をご寄稿いただきました。現象を理解するには、それを絵にかくとよい、ということのポイントに、プラズマの振舞いをイメージできるか?について思考実験や Q&A を展開していただきました。

原稿の執筆を快く引き受けていただきました著者の皆様、幹事長、副幹事長をはじめ分科会幹事の皆様、小田様にこの場をお借りしまして感謝の意を表します。今後も各種報告や案内等の記事を随時募集しております。今後もプラズマエレクトロニクス分科会会報をどうぞよろしくお願いいたします。

(平成26年度会報編集担当：
松隈、川崎、岡田、赤松)
(文責：赤松浩・神戸市立高専)

プラズマエレクトロニクス分科会会報 No.61
2014年12月27日発行
編集：公益社団法人 応用物理学会
プラズマエレクトロニクス分科会
幹事長 豊田 浩孝
発行：公益社団法人 応用物理学会
〒113-0034 東京都文京区湯島2-31-22
湯島アーバンビル7階
(©2014 無断転載を禁ず)