

プラズマエレクトロニクス分科会会報 No. 49

2008年（平成20年）12月発行

布村、柳生、村山、大竹

目 次

巻頭言

「人生は運と弾み.....その運をつかむには....」

上智大学名誉教授

岡崎 幸子

1

寄稿

衝撃エネルギー工学グローバル先導拠点

熊本大学

秋山 秀典

3

研究室紹介(その43)

山口大学

福政 修

6

研究室紹介(その44)

和歌山大学

伊藤 昌文

11

海外の研究事情(その24)

UC Berkeley

崎山 幸紀

15

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
プロセス用プラズマのプロープ計測

中部大学

中村 圭二

18

国際会議報告

61st Gaseous Electronics Conference 2008 (C)

名古屋大学

堀 勝

26

50th APS Division of Plasma Physics Meeting

大阪大学

浜口 智志

29

AVS 55th International Symposium

大阪大学

浜口 智志

30

International Congress on Plasma Physics (ICPP2008)

東北大学

畠山 力三

31

IUMRS International Conference in Asia 2008

名古屋大学

高井 治

34

The Eleventh International Conference on

長崎大学

藤山 寛

36

Plasma Surface Engineering (PSE 2008)

XIX Europhysics Conference on Atomic and Molecular Physics

of Ionized Gases (ESCAMPIG)

名古屋大学

佐々木 浩一

37

IEEE International Conference on Plasma Science (ICOPS)

熊本大学

勝木 淳

38

9th Asia-Pacific Conference on Plasma Science and Technology &

21st Symposium on Plasma Science for Materials

京都大学

白藤 立

39

国内会議報告

フロンティアプロセス2008

東北大学

寒川 誠二

41

2008年秋季 第69回応用物理学関係連合講演会 シンポジウム

京都大学

江利口 浩二

43

「パルスプラズマが拓く新しい技術～プロセスから環境・バイオまで」

パナソニック(株)

奥村 智洋

2008年秋季 第69回応用物理学関係連合講演会 合同セッションD

名古屋大学

豊田 浩孝

45

2008年秋季 第69回応用物理学関係連合講演会 合同セッションF

武蔵工業大学

平田 孝道

46

2008年秋季 第69回応用物理学関係連合講演会 分科内総合講演

京都大学

白藤 立

47

第2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

名古屋大学

上坂 裕之

48

第19回プラズマエレクトロニクス講習会

産総研

布村 正太

49

第1回プラズマ新領域研究会～プラズマを用いた滅菌・殺菌技術～

和歌山大学

太田 貴之

50

第23回光源物性とその応用研究会報告

室蘭工業大学

佐藤 孝紀

52

NHK

平野 芳邦

行事案内

2009年春季 第56回応用物理学関係連合講演会 シンポジウム	京都大学	白藤 立	53
2009年春季 第56回応用物理学関係連合講演会 スクール	京都大学	白藤 立	54
プラズマ科学シンポジウム2009 (PSS-2009)			
／第26回プラズマプロセッシング研究会(SPP-26)	大阪大学	節原 裕一	55
IC-PLANS 2009	名古屋大学	関根 誠	56

掲示板

平成20年度前期プラズマエレクトロニクス分科会活動報告	57
プラズマエレクトロニクス関連会議日程	61
平成21年－22年度役員選挙について	62
編集後記	63

巻頭言

人生は運と弾み.....その運をつかむには....

上智大学名誉教授 岡崎 幸子

本表題を[何と無責任な話題]とご覧の方も居られようか。真面目に勉強する学生が減りそうな題であるが、極めて真面目な経験で得た結論である。人生を決めるのは、運が 70%位かと長年考えていたのを、99.9%に改めたのは、充分に老化後の数年前である。

老人なればこそ、思い返して[あの時が運であった]と人にも言えるが、運は明らかに人が呉れるものである。[何時、何処で、誰が、どんな運を呉れるのか]の予測は全く不可能である。現在でも[これは全くの運]と思う事に出会っている。上手く紹介の機会を逃した名誉教授の先生を[僕の卒研で居た実験室の隣の教授室におられたから、旧知です。]と定年をとうに過ぎた企業人から聞いて、紹介無用で事が進められる機会に最近出会った。彼の選んだ卒研の種類と大きい大学の教授室の数を考えると、隣室の御陰で旧知はそう高い確率ではない。

予測不能の運をつかむには、まず引きこもりは不都合で、運を搬送する人間に会える機会は出来る限り出席する事である。更に重要なのが決断力で、何かの機会を頂いた時[私如きに下さるのですか、精一杯努力します。駄目なら骨を拾って下さい]と[考えさせて下さい]と時間を掛けて受け取るのと、呉れる人間（主に年長者）から見ると当然前者を応援したくなるだろう。しばしば、その昔の女性に見られる[私如きに頂くのは....]の本人は謙譲の美德とお考えの遠慮かも知れないが、大間違いの[思い上がり]であ

る。年長者が貴女にという判断は貴女の能力も考えておりその仕事ができるか出来ないかの判断力は、受ける本人より十分確かと考えてよい。若輩の自分の判断の方が正しいとの相当の思い上がり回答から遠慮めいた返事になる。余程の事がない限り大いに感謝して頂くべきものである。

今はもう死語になってしまったか[縁の下の力持ち]、無償の作業をする事は、思いがけず大きい運をもたらすと思う。此の老人年代の為か[これ程大勢の日本人が世話になって居たのだ！]と海外の大教授の停年時、学術振興会招聘教授として、若い研究者を此の大教授のもとに山と送った日本の教授の名前を借りて推薦書を書いた。院生時代を含め大いに世話になった筈の人に話しても[あの先生どんな話が出来ますか？]と酷く素っ気ない。1回推薦じゃ無理ですよと聞いていた学振からの直ぐの許可は、大教授も名を借りた先生も[自分が偉いから成功...]と目出たく、来日後必要もないのに、実作業は男性でない岡崎と聞かされた大教授はびっくり仰天。がらり態度も変わったが[日本人があれ程世話になった感謝]で他意はない。此の後、当時(25~30年前)は、出席が自由でない Gordon 会議からの招待を貰った時、日本人の中に推薦者が居る筈はない、一体誰が？と解るのに数年費やした。解らぬ筈で前述大教授の教え子で、現地の他大学の熱プラズマ研究の教授が、恩師から頼まれて推薦してくれていた。当時は

[Gordon 会議への出席]がステイタスだった時期で、我が研究の信用度を大いに上げてくれたのは確かである。大教授逝去後はっきり判明し、推薦してくれた教授に会って挨拶が出来た。此の運は明らかに、利益に関係ない仕事の結果である。但し、相談されて、精一杯の助力をして逆に後足で砂を掛けられた経験も相当数あるが、女性風情に借りを作るのは無意味とみる男尊女卑時代の特殊性であろう。今日の作業量増大社会で、学会を含め無償で努力される諸氏が幸運に出会わない筈はないと思う。

科学の実験研究で最重要項は[科学的良心]で有る事は言うまでもないが、解った振りも体裁もない正直議論が望ましく、しかもその結果が運に繋がる事も有る。小さい国際学会場ホテルで、夜半迄同室で議論の若い研究者。最後に私の[実験全部やり直し!]にふくれてドアを蹴って出た彼女の 10 数年後の見事な論文で、[ヘリウム大気圧放電が前期グロー、純窒素ではタウンゼント放電]を世界最初に出してくれた有り難さ難さは格別である。やってみたら出来てしまったヘリウムの均一放電も大きい顔で[大気圧ヘリウムグロープラズマ]と言える訳である。又退職後の小企業で見つけた任意気体の網電極に寄る摩訶不思議 50Hz でさえグロー発生の現象のみ書いた 15 年前の論文の[何故か?]研究を此のグループが最近開始した。こんな幸運有ろうかとメカニズム解析を待つ今である。

「運で決まる率」を 99.9%迄上げた例は、学会の会場からレストラン迄 20m 程の通路でばたり出会ったが、その 3 年前に開催の 120 人程の会合で、壇上に上り 20 分の話をした白髪の岡崎を認識して[やあ、やあ]のお声かけ。こちらには 120 人集団中の個々の認識は全く無くて[お久しぶり]と調子を合わせたものである。[や

っとあの本が出来上がります。][おめでとうございます。しかしゲラ刷り一つ見ていません。][や、や、ご自分でお書きですか?][はい、頼まれた Y 先生に直ぐに..何年も前ですね]。その場の携帯電話で著者名印刷中をストップさせた教授は最高責任者だった。著者名に入っていないのがおかしいと私の顔を見て声をかけ、御陰で消える筈の名前が生き残ったのである。消す力が働く等は、男女差別最高時期を働いて来て驚かない私でも、数 10m の移動過程で出会う偶然は、それも頼まれて生まれて初めて出席した学会場であった事、その 3 年前に初めて招かれた 120 人の会合で壇上に上がった御陰で皆様に私を認識して貰えてあった事が有ってこそ、初めて拾った運には驚く。

「人に会う」ことの有利さがこの例でも説明出来ようか。実は 120 人の会合の個々は全く存じ上げず、会合の 1 年後に、その中のアメリカ生活の長い教授から突然アメリカのお仲間提案の本のテーマから、私が参加して書くべきとのご意見メールに驚いた。折角の此の御話に従い、更に初めてお目にもかかり、この先生がプログラム委員だったので、初めての学会にも出席したものである。これほど、沢山の皆様から運を頂き 99.9%にあげた次第である。

最近の急激な社会の変化を考えても、その時の社会状況によって生まれる様々な運、不運は容易に想像出来よう。此の時代の変化も含め、起こる筈であった恐るべき事が計画者グループの解散で消滅したり、全ての真実は通常時間を経て後に判明するから運の到来数は、老人にとって、今日数えると数えきれない位多い。

以上、ふざけた様な表題の生まれた経緯の 1 部である。

グローバル COE プログラム 「衝撃エネルギー工学グローバル先導拠点」 熊本大学大学院自然科学研究科 秋山秀典

拠点の目的

グローバル COE (Centers of Excellence) プログラムは、生命科学、医学系、化学・材料科学、情報・電気・電子、機械・土木・建築・その他工学、数学・物理学・地球科学、人文科学、社会科学、学際・複合・新領域の 9 分野に関し、それぞれ 12 から 14 のプログラム (学際・複合・新領域は今後も採択予定) を採択し、文部科学省が重点的に支援を行って、世界をリードする創造的な人材育成を行う事業です。熊本大学大学院自然科学研究科からは、「衝撃エネルギー工学グローバル先導拠点」(拠点リーダー、秋山秀典) が、機械・土木・建築・その他工学分野のグローバル COE プログラムの一つとして、平成 20 年 7 月に 5 年間の予定で採択されました。

衝撃エネルギーは、瞬間的な超高エネルギーです。これを制御して、狭い領域に作用させることにより、水の瞬間的なプラズマ化や地球中心部に相当する高圧力の発生など、通常の方法では不可能な現象、並びに反応を実現します。21 世紀 COE プログラム「衝撃エネルギー科学の深化と応用」で開拓されたこの学問分野は、衝撃エネルギーと同程度の圧力や加速度での過渡的・非線形・非平衡現象、及び急激なエネルギー変化を伴う現象の解明・応用を包含し、グローバルに展開されています。衝撃エネルギーによって固体、液体、気体、生体に発生する諸現象の解明・応用については、排ガス処理、湖沼浄化、非破壊検査、コンクリート骨材分離、殺

菌、癌治療、遺伝子組換え、極端紫外光源、原子移動・同位体分離、超強度 Mg 合金、衝撃物性データベースなどの研究の成果に基づいて、環境保全、資源循環、食品、医療、ナノテクノロジー、極限物性などの分野にまで裾野が広がっており、衝撃エネルギー工学は、極めて幅広い産業創生が期待できる領域です。

衝撃エネルギーは、国際的にはパルスパワーと言われています。極短時間ではあるが日本や世界の消費電力に相当するような電力を負荷に供給するため、高エネルギー密度プラズマ現象や放電現象を伴うことが多々あります。しかしながら、百万 G の超重力場を作ることによる固体や液体内原子の移動、パルス高電磁界の細胞への作用と癌治療等への応用、エネルギーの急激な変化を利用した長周期積層構造制御による世界最強 Mg 合金の開発など、放電・プラズマ現象を伴わない研究対象も多く含まれています。

熊本大学は、学問分野の多様化に迅速かつ柔軟に対応するため、異分野の研究者が学問領域の枠を超えて共同・切磋琢磨する組織「大学院先導機構」を平成 15 年度に設置しました。学長を機構長とする大学院先導機構は、21 世紀 COE プログラム「衝撃エネルギー科学の深化と応用」を熊本大学に個性を付加する最重要拠点と位置づけ、戦略的に資源を投入して、世界トップレベルの特色ある施設と設備の充実を図ってきました。その結果、これまでに、国際コンソーシアム協定の締結、複合新領域科学専攻 (衝撃エ

エネルギー科学講座)の新設、衝撃エネルギーの生体への作用と応用を解明するバイオエレクトロニクス研究センターの新設等の成果を生み出しています。

すでにグローバルな拠点となっている 21 世紀 COE を発展させる本グローバル COE では、国際的イニシアティブを発揮することにより、衝撃エネルギー工学のグローバルな先導拠点を構築し、先導的人材の育成、新産業創生、及び衝撃エネルギー工学の体系化に貢献することを目的としています。このために、衝撃エネルギー工学の衝撃超高压分野、バイオエレクトロニクス分野、及び環境軽負荷分野の国際的イニシアティブを強化して、衝撃エネルギー工学の発展を図り、産学官コンソーシアムを活用した新産業創生に繋がります。また、特色ある教育プログラム (IMPACT プログラム) を始動し、「衝撃エネルギーの科学と工学を基礎とし、専門の枠を超えた幅広い見方ができ、かつ豊かな創造性とグローバルな視野を持つ先導的人材」(次世代を担う国際的なリーダー) を輩出します。

人材育成拠点の概要

異分野融合型の人材育成を強化するため、図 1 に示すように、専門、言語、経験等、すべての障壁を取り除いた Lab without Walls 環境を構築し、21 世紀 COE で成功した 10 の既成人材育成プログラムに加えて、週一回 COE 関係者全員が参加する英語による若手融合プロジェクトゼミナール、及び海外リエゾンラボ・二つ目の学位取得・一週間にわたる英語での国際先導若手研究者阿蘇合宿研修・若手研究者の経験不足を補うシニア知恵袋プログラム等の IMPACT (衝撃) プログラムを始動して、次世代を担う国際的なリーダーを育成します。さらに、世界の大学・研究機関・企業との連携を活用し

て、国際共同研究を通じたキャリアパス形成支援や人材の流動性を高めます。

研究拠点の概要

図 2 に示すように、世界最高水準の施設・設備からなる衝撃エネルギー基盤技術、21 世紀 COE で多くの成果を生んだ衝撃エネルギー科学、及び社会や自然科学の重要な課題に係わる衝撃エネルギー応用を有機的に統合するため、すでに国際的イニシアティブを発揮している衝撃超高压分野、バイオエレクトロニクス分野、及び環境軽負荷分野の研究を包括的に推進することにより、グローバルな先導拠点を構築し、衝撃エネルギー工学の体系化、及び環境保全や新医療法等、極めて幅広い分野に亘る新産業創生を実現させます。

産業創生を実現するため、衝撃エネルギー産業化コンソーシアムを立ち上げつつあり、多くの企業からの参加を期待しています。ご参加いただける方は、熊本大学グローバル COE 推進室 (g-coe1@jimui.kumamoto-u.ac.jp) までご連絡下さい。本グローバル COE プログラムの詳細は、HP (<http://ppe.coe.kumamoto-u.ac.jp/>) に記載されています。

研究室紹介(その43)

山口大学・大学院理工学研究科（物質工学系学域）

プラズマエネルギー工学研究室 福政 修

1. はじめにー山口大学の紹介

山口大学は7学部と大学院10研究科で構成される総合大学ですが、大学本部ならびに人文学部、教育学部、経済学部、理学部、農学部の5学部は山口市の吉田キャンパスに、工学部と医学部の2学部が宇部市にあります。さらに宇部地区の2学部、工学部（常盤キャンパス）と医学部（小串キャンパス）もそれぞれ別々のキャンパスにあるので、工学部地区は一見理工系の単科大学の雰囲気を持っています。工学部に入学した学生諸君は最初の1年間は山口キャンパスで過ごし、基礎・導入教育を主体とした共通教育を受け総合大学の雰囲気を味わい、2年から宇部市の常盤キャンパスで専門教育が中心となる学生生活を始めることになります。

ところで、山口大学は平成27年（2015年）に本学の前身である山口講堂の設立（1815年・文化12年）から200周年という節目を迎えます。国立大学としては平成11年に創立50周年を迎え、21世紀次の50年に向けてスタートを切りました。当時の学長は数学者の廣中平祐先生で、大きく羽ばたく未来に向けて、山口大学は「発見し・はぐくみ・かたちにする 知の広場」を基本理念として掲げました。このスピリットが教育・研究・社会連携に充満する『知の広場』の実現が大学の使命であると考えております。

さて、工学部ですが、平成2年の博士後期課程設置に伴う大幅な学科改組、平成8年の教養部廃止に伴う学科改組、それ以後も独立専攻の設置、医工連携の応用医工学の設置、大学院の部局化と種々の組織改革がありました。そして、現在は学部7学科（学生定員530名：機械工学、社会建設工学、応用化学、電気電子工学、知能情報工学、感性デザイン工学、循環環境工学）、大学院理工学研究科（工学系：博士前期8専攻、博士後期4専攻）の体制で動いております。

2. プラズマエネルギー工学研究室

私の所属ですが、平成18年4月の部局化に伴い所属が大学院理工学研究科（物質工学系学域）となりました。昭和57年に工学部電気工学科電力工学講座（当時の教授は佐伯節夫先生）に着任し、昭和63年に研究室を引き継ぎました。平成時代に入って前述のごとくめまぐるしいほどの組織改革です。少し細かい話ですが、博士前期課程は電子デバイス工学専攻（工学系）でエネルギーデバイス工学領域、後期課程は物質工学系専攻（工学系）で材料エネルギー工学領域、教育研究分野（研究室）が“プラズマエネルギー工学”となります。そして、担当学部学科は工学部電気電子工学科です。

この間、内藤裕志先生（現山口大学教授）、大崎堅先生（現山口短期大学教授）には、研究室のメンバーとして学生教育、研究の立上げ・展開に多大なご協力をいただきました。現在は、福政 修教授、大原 渡准教授、崎山智司准教授、田内 康技術専門職員、藤本 聡技術職員の教職員で教育・研究を含めた研究室の運営を荷っております。

3. 研究活動

私共の研究室では、大きく分けて核融合関連および材料プロセス関連の2つの分野に亘るプラズマ科学・技術に関する課題を中心に研究を進めています。以下にその内容を簡単にご紹介します。

3.1 負イオン生成の物理と応用

これは核融合関連のプラズマ研究ですが、炉心プラズマを数億度の超高温に維持するため、将来の核融合炉では、負イオンをベースにした中性粒子入射（NBI）加熱が必須です。そこで、NBI用の大電流重水素負イオン源（D⁻）の開発がぜひとも必要となります。

ところで、純粋水素放電プラズマ中での水素負

イオン (H^-) の生成機構は

- i) $H_2(v''=0) + e_f$ (30 eV 以上の高速電子)
 - 電子励起状態の分子 $H_2^* + e_f$
 - 基底状態での振動励起分子 $H_2(v'')$
+ $h\nu$ (真空紫外)
- ii) $H_2(v'' > 5-6) + e$ (1 eV 程度の低速電子)
 - $H^- + H$

の2段階過程であり、電子エネルギー制御が是非とも必要です。 D^- 生成も同様な過程と考えられています。実際の負イオン源では少量のセシウム(Cs)を導入して表面生成負イオンを同時に利用する方式で動いております。しかし、私共は基礎となる純粋な H_2/D_2 放電プラズマ中での H^-/D^- 生成の高効率化を実験的に検討しています。さらに、負イオン源の長寿命化を目指した高周波負イオン源の開発、レート方程式を基礎とする Cs 添加型負イオン源のモデリングによるプラズマパラメータと負イオン生成の関係、イオン源からの負イオン引出しの物理機構の解明等を行っております。

3.2 プラズマの生成・制御

これはイオン源、プロセス用プラズマ源を意識した研究ですが、負イオン源用プラズマの生成・パラメータ制御を重点的に行っています。シート状の横磁場で電子輸送を制御する磁気フィルター法およびメッシュグリッドを用いて静電的に電子輸送を制御するグリッドバイアス法により、2段階負イオン生成を最適化するための、プラズマ中の電子密度、電子温度、プラズマ電位などのパラメータ制御を検討しています。

特に、DC プラズマおよび ECR、VHF、RF プラズマ等のプラズマ生成法との関連で磁気フィルター法とグリッド負バイアス法による電子輸送制御の効果とそれに伴う負イオン生成効率の違いを検討しています。また、VHF プラズマ生成に関しては定在波重畳法による VHF プラズマの均一かつ大面積化の検討も進めています。

ここで、グリッドバイアス法に関しては、東北大学名誉教授の佐藤徳芳先生に議論いただきました。また VHF プラズマ生成に関しては APT の村田正義博士のお世話になりました。なお、3.1、3.2 の一部の課題に関しては、核融合科学研究所、

日本原子力研究開発機構、九州大学応用力学研究所と共同研究を行ってきました。

【重水素負イオン生成の高効率化】

DC 放電プラズマに対して、磁気フィルターを用いて負イオン体積生成に適するようにプラズマを制御することは、 H_2 、 D_2 プラズマともほぼ同様に可能です。図1、図2はイオン源内の負イオン生成量およびそれに対応する引出し負イオン電流のガス圧依存性を示します。パラメータはフィルター磁場強度 B_{MF} で、 B_{MF} を弱くすると (150G から 80G) プラズマの変化に対応してイオン源内の負イオン生成は増加し引出し負イオン電流も増えます。最適ガス圧はやや異なりますが、 B_{MF} とガス圧をうまく組合せることにより、 D^- 生成は H^- 生成と同等あるいはそれ以上も可能なことが分かります。しかし、引出し負イオン電流特性で B_{MF} の効果が H^- とは異なります。この点の物理機構はまだ不明であり現在検討中です。

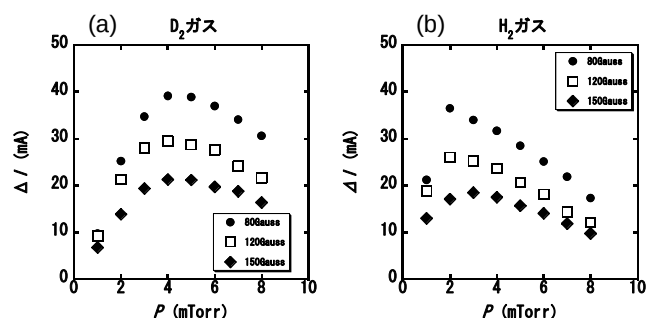


図1 負イオン生成のガス圧依存性 (放電電力 700 W、パラメータは B_{MF})

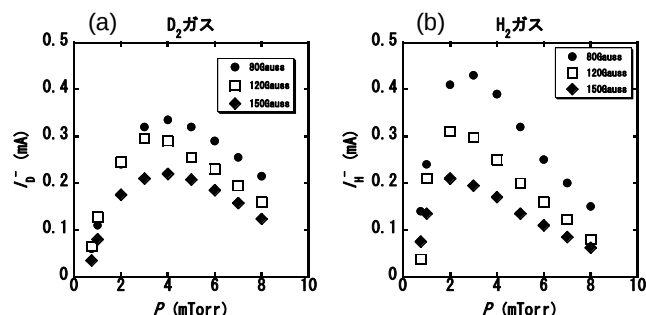


図2 引き出し負イオン電流のガス圧依存性

【RF 負イオン源の高効率化】

磁気フィルターを用いた負イオン源プラズマの

制御は DC プラズマに対しては効果的ですが、RF プラズマに対しては特に T_e 制御が思わしくありません。私共は、RF プラズマに対して磁気フィルター法と静電的な制御であるグリッドバイアス法との比較を行っています。 T_e 制御に対してグリッドバイアス法がより効果的であること、 T_e 低下により引出し負イオン電流（即ちイオン源内の負イオン生成）が飛躍的に増大することを示しました。これは負イオン体積生成を実証した実験でもあります。今後は、大電流負イオン源へのグリッドバイアス法の適用可能性に向けた検討が必要です。

【定在波重畳法による VHF プラズマの生成・制御】

プロセス用プラズマ源に用いられる VHF プラズマは定在波が発生し大面積かつ均一なプラズマ生成が困難とされています。この解決法の一つとして複数の定在波を発生し、位相変化によりその定在波の腹の位置を制御し、重ね合わせることで均一な VHF プラズマを生成する定在波重畳法の有用性について検討しています。

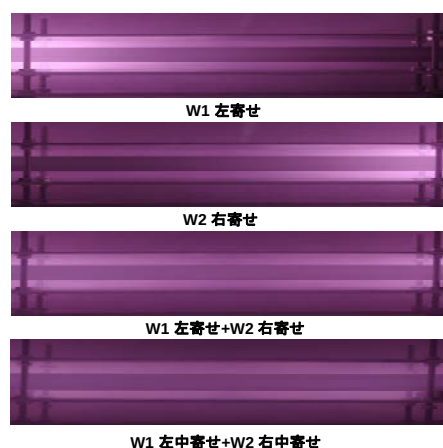


図3 VHF プラズマからの発光の空間分布

具体的には、例えば、200MHz の電圧を 1kHz 程度の繰返しでパルス変調して2つの定在波(W1とW2)を発生させてプラズマを生成・制御します。図3にプラズマからの発光の軸方向分布の写真を示します(上の2つはそれぞれW1とW2のみ、下の2つが重畳した場合)。位相制御により発光位置が変化しますが、これに対応して電子密度の軸方向分布が種々変化することが分かります。

現在 VHF プラズマの負イオン源への応用を意識して大面積化と T_e 制御の検討を進めています。

3.3 高次制御熱プラズマプロセスの開発

私共の研究室では佐伯教授の時代からプラズマジェット発生器に関する基礎研究を行っており、DC ジェットや多相交流ジェットに関する豊富な蓄積がありました。それらを基礎にして、強制伸長型プラズマジェット発生器を開発しました。新しく開発したジェット発生器は、陰極とノズル陽極との間にノズル状の中間電極（絶縁集束部）を持つ点が（陰極とノズル陽極とから成る）通常型のジェット発生器と異なります。この発生器の特長は、大気圧から減圧下までの広い動作領域にわたって、安定にしかも高熱効率でプラズマジェットを発生させることです。この熱プラズマプロセス装置を用い、高い反応速度を維持したまま、低温プラズマの特長であるプロセスの大容量化・均一化を図ることを視野におきながら熱プラズマプロセスの研究を進めてきました。

この間、通商産業省（現 経済産業省）の施策としてスタートした地域コンソーシアム研究開発事業に、私共の研究シーズを主体としたプロジェクトが採択されました（平成10～11年度）。福政をプロジェクトリーダーとする産・学・官のグループによる研究開発プロジェクト「多目的・高精度熱プラズマプロセスの開発」がそれです。

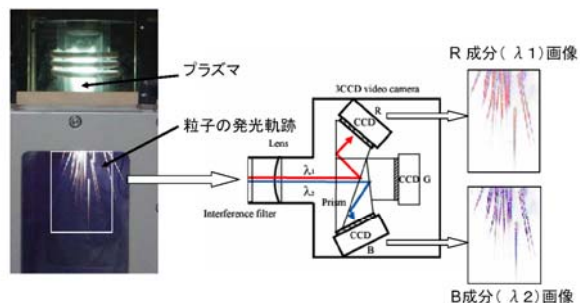
この研究開発においては、混合粉末からのフェライト微粒子合成、傾斜構造膜、耐環境皮膜の作製等を課題とし、溶射に関しては現場施工型溶射装置の開発にも取り組みました。また、それまでは DC プラズマジェット主体の研究のみでしたが、RF 熱プラズマ発生装置も加わり、幅広く熱プラズマプロセスの検討を進めることとなりました。

ジェット発生器および熱プラズマ計測システムの高性能化を常に意識しつつ、現在も、高品質水酸アパタイト（HAP）膜の作製、カーボンナノ構造体の合成、MgO 溶射膜の作製、層流プラズマ反応溶射法による TiO_2 粉末の合成、イットリア溶射膜の作製、等の課題で研究を進めています。

【熱プラズマ計測システムの開発】

溶射、合成等の熱プラズマプロセス高品質化の

観点から、注入粉末材料と熱プラズマ流との相互作用の解明には常に注意深く取り組んでいます。



測定原理
2波長透過光学干渉フィルターで2本のスペクトル（ λ_1 、 λ_2 ）のみをとりだし、更にカメラ内プリズムで2波長をそれぞれ分離し、対応するCCD素子で2次元イメージを測定する。
温度・スペクトル分解された粒子軌跡の発光強度（ λ_1 、 λ_2 ）からプランクの放射則を用いて求める
速度・粒子軌跡の長さからシャッタースピードを用いてtime of flight 法で求める。

図4 溶射粒子の温度・速度同時計測装置の概略

その一環として、ビデオカメラと光学干渉フィルターを利用し溶射粒子の温度・速度を同時に計測できるシステムを開発してきました。図4に RFプラズマ中の溶射粒子を、2波長透過光学干渉フィルターと3 CCD カメラからなる装置での粒子計測の概略を示します。これと同様に、その後、入射光を2分する W-VIEW 光学系と高速ゲート付 ICCD カメラで構成される光計測システムも立上げ、プラズマ流中の注入粒子の基礎特性の把握に活用しています。

【高品質 Ti/HAP 傾斜構造膜の作製】

プラズマ溶射法の生体材料応用展開として、水酸化アパタイト（HAP）溶射膜の作製を試みています。HAP は人工関節、人工歯根等の人工骨として注目されていますが、機械的強度が弱いため金属材料（例えばチタン Ti）に HAP をコーティングした複合材料が用いられています。私共は DC ジェットを用いて Ti-HAP の傾斜構造膜を作製しその性能評価を行っています。

図5に Ti/HAP 傾斜構造膜の断面 SEM 像を示しております。Ti（100%）、Ti（50%）-HAP（50%）の下の2層はジェット熱出力（ W_j ）6kW で溶射し、トップの HAP（100%）を $W_j = 4\text{kW}$ と 6kW で溶射したものです。HAP 層の気孔率は W_j に依存し、(a)6.5%と(b)1.0%です。多孔質であると骨伝導性が高く、気孔内に新生骨が侵入し実際の骨と同化する

ため、多孔質 HAP が望まれています。密着強度や配向性を高く維持しつつ、HAP 層の多孔質化を実現する溶射法の確立を目指しています。また、物性値の評価のみならず擬似体液への浸漬実験も含めて溶射膜の適用可能性の検討を進めています。

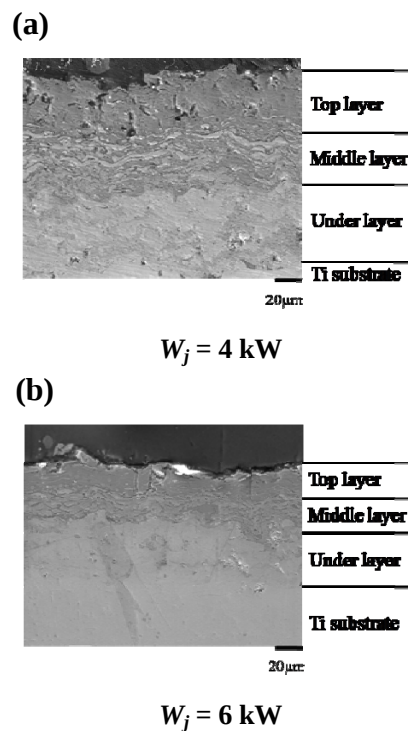


図5 Ti/HAP 複合皮膜の断面 SEM 像

【コンパクト溶射システム】

地域コンソーシアムにて現場施工型溶射システムの開発を手掛けましたが、その後、私共が開発したジェット発生器を溶射ガンに用いたシステムも検討しました。このガンの特長は、熱効率が55~70%と市販の装置の約2倍の値を示すことです。そのため、半分の電源容量で市販品と同等のプラズマジェットを発生できます。また、それに対応して周辺機器の小型化が可能で、安価でコンパクトな溶射システムが構築出来ます。図6に試作したシステムを示しますが、2 tトラック程度で十分持ち運び可能なサイズとなっています。

今後の展開について

産業界での熱プラズマ応用としては、まず第1にプラズマ溶射があげられます。その応用分野は

多岐にわたり、特に最近、半導体製造装置用の耐プラズマ性溶射膜の需要が急速に伸びてきています。リアルタイムで溶射粒子を計測し、その結果を溶射膜作製データベース（最適溶射膜と溶射粒子の温度・速度等との関係情報データベース）と比較しながら、自動で常に最適溶射を行うことができる「インテリジェント溶射技術」の確立ができればと考えています。



図6 省エネルギー・コンパクト型溶射システム

3.4 新しい展開

昨年度より私共のグループに加わった大原准教授を中心に、新しいプラズマ生成法の開発および応用に関する研究がスタートしました。

【原子状水素ペアイオン生成】

等質量の正負荷電粒子のみから成るペアプラズマについて、これまで電子系（電子・陽電子）で研究がなされてきました。粒子寿命の短さゆえに、室内実験において波動伝搬など、プラズマ物性の能動的測定を行うことが困難でした。等質量正負イオンのみから成るイオン系ペアイオンプラズマはこの問題を回避できるので、実験による物性解明が期待されています。

周波数応答特性を向上させるために、最も質量の小さな原子状水素正負イオンから成る、水素ペアイオンプラズマの生成を試みています。鍵となるのは負イオンの生成方法であり、金属触媒を用いて正負イオン生成を試みています。無電子状態と高密度負イオン生成を同時に実現させるために、試行錯誤を繰り返しています。

今後の展開について

水素をベースとした原子状水素ペアイオンを、触媒を利用して生成しています。このようにして生成されたプラズマを用いた基礎及び応用研究を展開する予定にしています。基礎研究として、生成されたペアイオンプラズマは時空間対称性を有する独特の媒体であるため、プラズマ構造・波動伝搬など静的・動的な集団物性の解明を目指しています。また応用研究として、無電子のイオン性プラズマであることと、気相の正イオンの高いエネルギー準位を利用したエネルギー変換デバイスの創製を目指しています。更に、水素の代わりに重水素を用いてセシウム、電子、フィラメント、磁気フィルターが無いというコンセプトの負イオン源の開発も視野に入れています。

いずれの課題も前例の無い挑戦的な課題ですので、研究の進展には時間を要するものと思われます。研究成果については、長い目で見ていただければ幸いです。

4. おわりに

廣中平祐先生が山口大学の学長に就任された時、「山口大学を超一流にする」と発言されたことが話題になりました。私はこれを「ナンバーワンよりオンリーワンを目指す」と理解していますが、教育・研究に独自性を発揮する努力が必要であることの教職員への意識改革を意図されたものと思っています。私共の研究現場においてこのような方向性がどの程度実現されたかを思うと忸怩たるものがあります。今後とも、共同研究者諸氏には研究のさらなる発展を願っております。

また、学生諸君には、西の京と呼ばれ大内文化の名残をとどめる山口市で、学問・新しい自分を発見し、みどりと花と彫刻のまち（工業の町ではない？）宇部市で、発見したものを辛抱強く育て上げて、多くの人が認め・自分自身も納得できるかたちに仕上げる弛まぬ努力に期待しています。

以上、山口大学も含めて私共の研究室を紹介させていただきました。内容がやや回想的になってしまいましたが、定年を控えた筆者の戯言としてご容赦願います。

研究室紹介(その44)

和歌山大学 フォトニクス研究室

和歌山大学システム工学部光メカトロニクス学科 伊藤昌文, 太田貴之

1. 所属大学・学部・学科について

和歌山大学は長い間文系の大学であったため、工学部があることをまだ認識していただけていない方も折られると思いますので、最初に大学、学部、学科の説明をさせていただきます。

和歌山大学は、和歌山師範学校等を前身とし長い間、教育学部と経済学部の2学部体制でした。1995年にシステム工学部が開設され、2008年に観光学部を開設し、現在4学部体制となっています。

和歌山大学はシステム工学部設置が決まった20年ほどに和歌山市内の和歌山と大阪の県境の山の上に移転しました。皆さんは和歌山大学というと白浜などをイメージされ、かなり大阪より遠いイメージを持っておられるようですが、和歌山市は和歌山県の最北端に位置し、新大阪から特急で1時間のところにあります。ただし、駅から大学までが20分ほどかかります。なぜこのような不便なところに大学を移転したのかと思いましたが、当時の教員により便利さより、景色の良いところにしたという噂が流れています。平成24年には大学近くに駅ができる計画もありますが、毎年完成年が伸びており大学のみならず近くの住宅地住民も完成を心配しております。

このようなところですので学生の6割以上が大阪から来ており(2時間程度かけて通っている学生も多くいます)、和歌山からは2割程度という学生の構成となっております。駅が完成すればさらに大阪色が濃い大学になると思われます。

システム工学部は情報通信システム学科、光メカトロニクス学科、精密物質学科、環境システム学科、デザイン情報学科の5学科体制となっており、我々は光メカトロニクス学科という光学、機械工学と電子工学を融合した学問分野を専攻する学科に属しております。

2. 研究室のこれまでと現状

学科の名前からしてロボットなどを研究したいという学生が多く、なかなかプラズマをメインに研究ができる環境ではありません。研究室名もフォトニクス研究室となっておりますが、これは先代の教授が光通信関係の研究をされており、その後も名前を引き継いでいます。そのため現在の研究内容と研究室名がそぐわなくなっており、そろそろ見直しが必要かと考えています。このような研究室に所属していたため伊藤が赴任した10年程前は、建物の中で希ガスも使うことができました。そこではじめてのがプラズマ装置をコントロールするための光センサやモニタリングシステムの研究です。これらのセンサは「将来のロボットなどにも役立つ？」又は「プラズマ装置をロボット化する？」という位置づけで研究をしております。

3. 研究室メンバー

研究室は5年前に太田助教を迎えてから教員2名となりました。現在のメンバーはM2が1名、M1が5名、4年生が8名、共同研究員1名の全17名で下記研究テーマを日夜頑張っておりまして遂行しております。

4. 研究テーマ

私たちの研究室では、主に分光などの光学手法を用いた光センシング技術の開発とともに、大気圧・マイクロプラズマを用いた応用研究を進めています。以下に研究例を紹介します。

① 低コヒーレンス干渉計を用いた基板温度センサの開発

プラズマ分野は、半導体製造におけるエッチングやCVDなどの要素技術として、素子の高集積化・高機能化と共に急速な発展を遂げてきました。

例えばエッチングにおいては、基板温度によってエッチング形状やエッチング速度が変わることは良く知られています。基板最表面層と裏面層で温度差が生じますが、被加工面である最表面層の温度は加工の処理結果に大きな影響を与えるため、微細加工技術の更なる微細化・高精度化を進めるためには、その温度制御が重要なパラメータとなります。現状ではプラズマ装置の構造から接触型温度センサで基板裏面の温度を計測する手法が多く用いられ、基板各層の温度計測は困難となっています。

そこで、我々は低コヒーレンス干渉計を用いた基板裏面から表面までの被加工面層を含む各層の温度変化を同時に計測可能な手法の構築を進めています。低コヒーレンス干渉計はマイケルソン干渉計を基本光学系としており、光のコヒーレンス度が低い特殊な光源（スーパーluminescentダイオード:SLD が良く使われる）を用いた干渉計測手法です。この手法は、医療分野では主に眼底検査に用いられている光断層計測 (OCT:optical

coherence tomography) としてよく知られています。基板に温度が加えられると、熱膨張及び屈折率変化によって、層の光路長が変化します(図 1)。本手法は、基板の各界面に干渉波形のピークが現れるので、そのピーク間隔(光路長)をモニタすることで各層の温度変化を計測することができます。これまで、Si や SiO_2 層の温度計測に成功しており(図 2)、多層基板への適用や精度の向上を目指して研究を進めています。

② マルチマイクロホローカソード光源を用いた多元素密度同時モニタリング装置の開発

PECVD、スパッタリング等のプロセスにおいて、機能性薄膜の膜質やデバイスの再現性などを向上させるためには、その組成を制御することが重要となります。組成は、投入電力・圧力・ガス種などの各種パラメータによって制御されますが、気相一表面の反応過程の解明やプロセスを制御するためには、気相中の粒子密度を測定することが非常に重要になります。これらのプロセスでは、気相中に複数の金属原子が同時に存在しており、複数の金属原子の絶対密度を同時に診断する必要があります。

吸収分光法は、気相中の粒子の絶対密度が測定できる分光手法として古くから、また我々もシランやエッチングプラズマ中のラジカル挙動を解

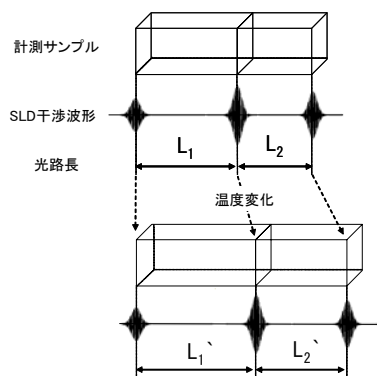


図1 温度による光路長変化の様子

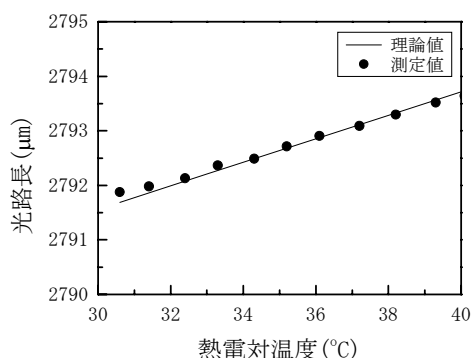


図2 Si 基板光路長の温度依存性



図3 マルチマイクロホローカソード光源の外観

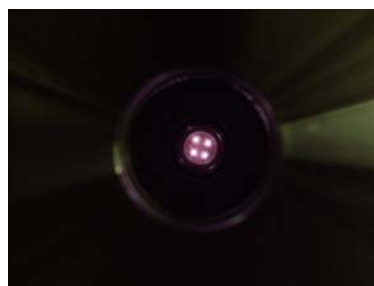


図4 4ホロー(4元素)同時発光の様子

明するために用いてきました。多元素の密度を同時に測定できる吸収分光用光源（マルチマイクロホローカソードプラズマ：図 3）として、マイクロホローカソードプラズマに注目しました。マイクロホローカソードプラズマはホロー径が数百 μm と小さいので、光源をアレイ化すると比較的小さな光源の形状で、電極からのスパッタリング効果による金属の固有スペクトルを多元素同時に発光させることができます。

これまで4本のアレイ化したカソード電極を同時に発光させ（電源及び安定化抵抗は1つで共通）、Cu, Fe, Zn, Mo の固有スペクトルを同時に得ることに成功しています（図 4）。また、この光源を用いた吸収分光法による透明導電膜作製スパッタリングプラズマ中の In, Zn 原子の絶対密度測定にも成功しています。今後は、マイクロホローカソードプラズマの生成メカニズムなどの基礎特性の解明とともに、光源の高精度化・安定化や、スパッタリングプロセスの気相－表面の反応過程の解明を行っていきたいと考えています。

③ 小型 YAG レーザを用いた簡易生体内金属元素分析法に関する研究

和歌山といえば、みかんや梅といった農作物の生産が有名です。最近深刻な問題となっている食の安全の確保や水質・土壌汚染の防止、また省資源化（肥料の有効利用）を目指し、施肥量などを高度にコントロールした環境調和型の農林業を目指した地域密着型の研究も行っています。本研究では、植物の生育状況、特に金属元素の含有量を現場（圃場等）でその場モニタリングする手法の開発を目指しています。具体的には、レーザ誘起ブレイクダウン分光法を用いて、植物体に含有される生育必須金属元素や有害元素である重金属元素を、その場定量分析を行える可搬型装置の開発を目指しています。17 種類の植物生育必須元素はお互いに影響を与え合い、その含有量の過不足は植物に欠乏障害あるいは過剰障害を引き起こします。

レーザ誘起ブレイクダウン分光法は、多元素同時分析が可能、サンプルの溶液化が不要、また小型レーザを用いた場合には可搬化が可能であることなどからオンサイト分光分析法として期待され

ています。研究室で開発した小型ナノ秒 Q スイッチ Nd:YAG レーザを植物に照射し、生成されたブルーム（発光柱）の発光スペクトルから植物に含有される金属元素の定量分析を行います（図 5）。図 6 に4種類の葉のブルームの発光強度と Ca の含有量の関係を示しています。Ca の含有量は偏光ゼーマン型原子吸光分光装置を用いて測定し、レーザアブレーションによる測定波長は Ca [620nm] を用いました。金属含有量と発光強度が線形的となり、相関があることがわかり、本手法を用いて植物体内の金属元素の含有量を計測できることを確認しています。現在は、レーザ誘起ブレイクダウン分光法の測定感度や精度を向上させるために、局所表面プラズモン効果による電場増強効果に着目し、ナノサイズの金属微粒子（銀コロイド）をサンプル表面に塗布する手法の研究を進めています。この電場増強効果によって、レーザアブレーションが活性化され発光強度が増大することを確認しており、発光増強メカニズムの解明を行っています。



図 5 レーザ誘起ブレイクダウン分光システムの外観

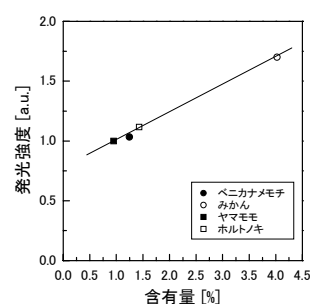


図 6 Ca 含有量と発光強度の関係

④ 非平衡大気圧プラズマを用いた柑橘ミドリカビ菌の殺菌手法の開発研究

農業現場や輸入作物の検疫所では、病害虫を排除するために、強力な殺菌剤である臭化メチル(CH_3Br)を用いて薫蒸処理が行われてきました。臭化メチルはオゾン層破壊係数が高く、「モントリオール議定書」により2005年での使用全廃が取り決められていましたが、有効な殺菌代替手法がないため暫定的に使用が容認されています。本研究では非平衡大気圧プラズマを用い、環境や人体に影響が少ない殺菌手法の確立を目指しています。殺菌はカンキツミドリカビ病の病原菌である *Penicillium digitatum* を対象にしています。プラズマ照射を行い、3日間培養を行った結果、プラズマ照射を行ったサンプルからはカビの成長が確認されず、プラズマを用いて殺菌が可能であることが明らかになりました。また、オゾナイザー(O_3 :600ppm)と比較したところ、大気圧プラズマ殺菌の方が殺菌速度が早いことを見出しています。プラズマによる殺菌要因として、紫外線照射によるDNA損傷や、電界による細胞膜の破壊、 O_3 や O 及び OH ラジカルによる細胞膜の酸化分解などが知られており、様々な殺菌効果の報告がされています。

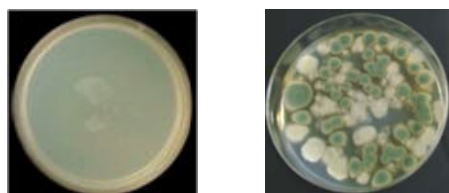


図7 ミドリカビの殺菌 (3日間培養)
(a) プラズマ照射, (b) プラズマ照射なし

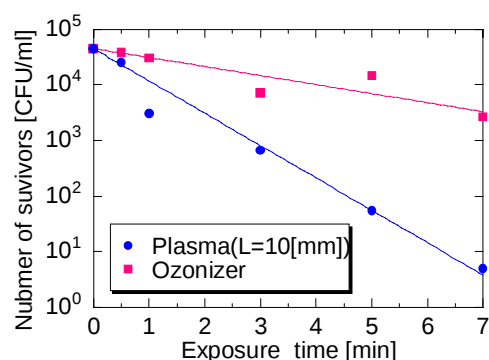


図8 オゾナイザとの殺菌速度の比較

今後、詳細な殺菌メカニズムに解明がなされていくと思いますが、例えば大気圧プラズマと低圧プラズマでは紫外光の放射量やラジカル量などプラズマケミストリーが全く異なるところで、大気圧プラズマと低圧プラズマの殺菌効果の比較などの議論がされたりしており、プラズマ殺菌に大きな効果を与える因子を体系的にまとめることが必要であると考えています。

今後は、吸収分光法などを用いたラジカル密度の測定を行うことにより、定量的にプラズマの状態と各殺菌因子の殺菌への寄与率を解明していきたいと考えています。

5. おわりに

これらの研究は、名古屋大学の恩師をはじめ本プラズマエレクトロニクス分科会の諸先生のご指導の下に培ってきた分光技術を基礎にしたものです。またこれらの成果は名古屋大学をはじめ多くの企業との共同研究によるものであり、この場を借りて皆様に感謝の意を表します。

今後とも私も二人が育ったプラズマエレクトロニクス分科会の発展に微力ながら貢献したいと考えておりますので、分科会皆様のご指導・ご鞭撻を心よりお願いいたします。



研究室のメンバー

カリフォルニア大学バークレー校 滞在記

Department of Chemical Engineering, University of California at Berkeley
Yukinori Sakiyama (崎山幸紀)

はじめに

私が日本学術振興会海外特別研究員としてカリフォルニア大学バークレー校（University of California at Berkeley. 以下, UC Berkeley）を初めて訪れたのが2005年の春でした。そのときにキャンパスから見えたゴールデンゲートブリッジの荘厳な景色は、今でもつい昨日のように覚えています。以来、そんなキャンパスの雰囲気と David Graves 教授（以下, Dave）の人柄に惹かれ、当初の滞在予定であった2年をさらに延長し、現在は Graves 研究室のポスドクとしてプラズマ表面反応に関する研究に励んでいます。今回は、そんな私の独断と偏見による UC Berkeley 滞在記をお届けしたいと思います。

UC Berkeley のご紹介

1869年に10名の教官と40名の学生をもとに開校した Berkeley 校は、現在では教官2,000名、学生35,000人を有し、これまでに20人のノーベル賞受賞者を輩出している全米屈指の公立大学です。UCには Berkeley 以外にも UCLA や UC San Diego といった日本でもお馴染みの大学名がずらっと並んでいます。Berkeley 校は全10校（2008年10月現在）から構成される UC の本校にあたります。

（余談ですが、T シャツや帽子などのキャンパスグッズにプリントされている「Cal」というロゴは UC 本校である UC Berkeley を意味しています。）私が所属しているのは Department of Chemical Engineering です。2007年の化学工学科ランキングでは全米第3位にランキングされ、学部生370名、大学院生110名が在籍しています。

UC Berkeley のキャンパスは、サンフランシスコ対岸のイーストベイと呼ばれる地域にあります。メインキャンパスの端から端まで歩いて15分程度の規模で緑豊かな丘陵地帯にキャンパスが広が

っています。気温は一年を通して温暖です。冬でも昼間は半袖という学生も珍しくなく、夏には水着姿の学生がキャンパスの芝生で日光浴をするというのが日常です。頭の中がプラズマでいっぱいのポスドクがその横を通り過ぎる光景は、まさに哀れとしか言いようがありません（泣）。

アメリカ西海岸に位置しているため、アジア系の学生の比率が非常に高いのが特徴です。新学期が始まる秋頃にはそれほど目立ちませんが、クリスマス休暇明けともなると、キャンパスを歩いている学生の半数以上がアジア人です。（理由はご想像におまかせします）。シリコンバレーに近いこともあり、日本人が生活する上で困ることは皆無と言っても過言ではありません。その気になれば、日系のスーパーで食材を調達し、日本語のテレビを見て、日本人学校に子供を通わせ、日本人の友人と日々過ごすことも十分に可能です。（そのうち自分がどこに住んでいるかわからなくなりそうですが...）

ちなみに、以前に日本の大学で助手をしていた経験と比べると（今は日本の大学もそうなのかもしれませんが）、UC のシステムは非常に細部まで大学運営が分業化・合理化されているように感じます。例えば、研究に必要な物品を購入する際には、注文書に必要事項を記入して事務所に提出すれば、発注から納品まで専属の職員がすべて一括して処理をします。教官や学生が事務処理をする必要は一切ありません。また、化学工学科は機械工作室やガラス加工室、電気工作室といった専用のショップを持っており、それぞれ専門のエンジニアが対応してくれます。もちろん利用度に応じて課金されますが、ちょっとした部品の設計・加工や装置のトラブルにも対応してもらえるので、非常に効率の良い仕組みだと思います。

Graves 研究室

さて、それでは私が所属している Graves 研究室に話を移しましょう。2008 年 11 月現在、研究室は大学院生 6 人、ポスドク 3 人、客員研究員 5 人から構成されるアメリカでは標準的な規模の研究室です。日本と比べると研究室の人数が少ないように思われるかもしれませんが、大学院生にも給料を支払わねばならないという点を考慮すると適切な人数でしょう。客員研究員のうち 3 人は IBM や Intel を退職した研究者で、彼らは週に 1 回、主に実験のアドバイスのために研究室に訪れます。産業界を経験した経験豊富なエンジニアからの支援はアメリカでも珍しいですが、このような形のいわゆる「産」と「学」の連携は日本でも学ぶべきところがあるかもしれません。ちなみに今秋に日立テクノロジーズから森本さんが研究室に加わり、東京大学から訪問中の菅居さん、日本人の母親を持つ Monica を含めると日本語が研究室の第 2 外国語になりつつあります。

研究室では週に 1 回グループミーティングが開かれます。研究室のメンバーに加えて Michael Lieberman 教授（以下、Mike）をゲストに迎え、担当のメンバー 1 人が 1 時間弱の研究発表を行います。グループミーティングでは Dave と Mike が議論を交わし、一步遅れて日本人ポスドクが初歩的な質問をする（ん？）という構図が見られます。ここの研究室に来る以前は、アメリカ人学生は積極的に発言する、と思い込んでいましたが、どう

も Graves 研究室の学生には当てはまらないようです。もちろん、学生が Dave と Mike の議論の割って入るには、それなりの知識と勇気が必要なのは言うまでもありませんが。

グループミーティングはどこのラボでもよくある風景だと思いますが、研究熱心な Dave は、さらに全メンバーとプロジェクトごとに毎週 1 時間ずつ個別に研究の打ち合わせをします。学生やポスドクにとっては非常に良い刺激ですが、講義や雑用のわずかな合間を見つけては、研究談義に花を咲かせる Dave の情熱は並大抵ではありません。私の場合、最近は定期的なミーティング以外でも研究にまとまった進展があると Dave に電話をして彼のオフィスに押しかけるようにしています。部屋に入ると決まって「オレは忙しいから 5 分だけだぞ」と言われますが、もちろん 5 分で終わることはなく、私が納得するまで議論に付き合ってくれます。そして最後に「Yuki（私の愛称）のおかげでもうこんな時間だよ」とニヤッとする Dave にお礼を言ってオフィスから出てくることになります。

学生・ポスドクの居室スペース及び実験スペースは、建物の地下 2 階に位置し、狭い通路を隔てて同じ部屋に向かい合わせになっています。実験スペースでは大きな真空ポンプがうなり声を上げていますので、慣れるまでにはそれなりの時間が必要ですが、慣れてしまうと、これが以外に快適です。カリフォルニアの青い空を眺める窓もなく、毎日ひたすら研究に没頭できます（笑）。

研究室のメンバーは、だいたい朝 9~10 時ごろにやって来て、夕方 5~6 時ごろに帰ります。よほどのことがない限りは夜中まで研究室に残って実験をするということはありません。私の経験上、日本の学生は「研究が終わるまでは帰らない（帰れない？）」という雰囲気がありますが、こちらの学生は「時間内に研究を仕上げる」というスタンスが多いように感じられます。文化や価値観、システムの違いがありますが、非常に興味深い一面だと思います。もう一つ、こちらの学生と接しているのが、そのプレゼンテーション能力の高さです。実際、大学院生が受講する講義の中に、口答試問やプレゼンテーションを必要とするものが多くあります。学生たちは試験の前になると、

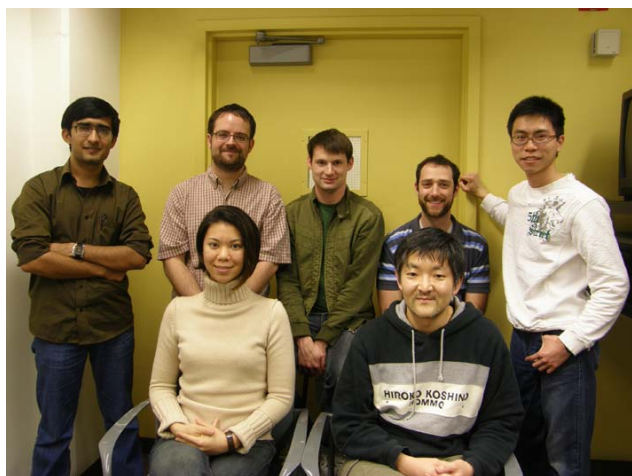


写真 2 Graves 研究室のメンバーと（2008 年 3 月撮影）。

友人たちとチームを組んでお互いにプレゼンテーションのリハーサルを何度も繰り返しています。国際会議に参加すると、よく発表の上手なアメリカ人を見かけますが、あれは言語だけの問題ではないでしょう。こちらの学生は良く訓練されています。

研究内容

Graves 研究室では「プラズマと表面の相互作用」を大きな柱として、1~2 人で 1 つのプロジェクトに取り組んでいます。プロジェクトの多くは半導体製造プロセスにおけるプラズマエッチングに関連する研究で、研究室の予算としてもアメリカ国内外の関連企業や団体からの受託研究が大きな割合を占めています。研究室には、イオン、電子、ラジカル、紫外 (UV) 光といった各種ビーム源を備えた超高真空装置 2 台、ICP チャンバー 1 台が常時稼動しています。それぞれの装置には質量分析計、FTIR (Fourier transform infrared spectroscopy) 測定装置、QCM (quartz crystal microbalance) 測定装置が装備されています。また数値解析用に Blade server を 1 台と workstation を数台保有しています。全体としては、研究プロジェクトの 80% が実験、20% が数値解析という割合です。

ここ数年で研究室として最も力を入れているのがプラズマによるフォトレジストの劣化機構の解明で、UV 光や電子とイオンとの相互作用による影響に高い関心をもっています。また、Graves 研

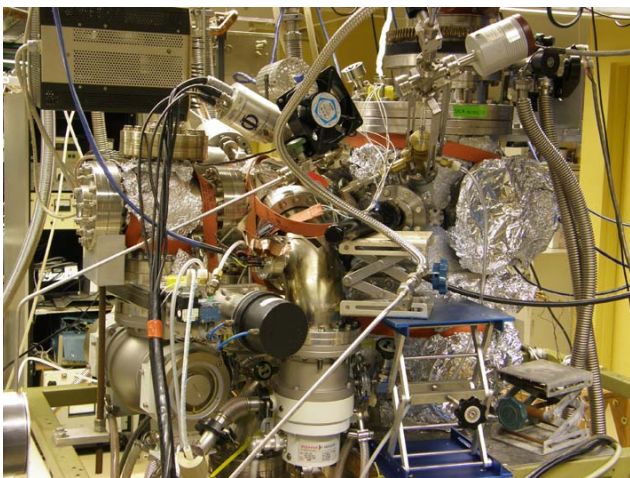


写真 2 私が担当している複雑怪奇なビーム実験装置。20 年前から稼動しているベテランです。

究室が 10 年以上前に始めた分子動力学 (MD) コードは現在でも改良が重ねられており、研究室独自の解析ツールとして機能しています。私が 3 年半前に渡米した際に始めた大気圧プラズマに関する数値解析も着々と成果が上がり、現在は苦居さんと共同で新たな実験を始めています。まとまった成果があがりましたら、こちらも皆様にご報告できると思います。

おわりに

長くなりましたが一言、私のような若手研究者の皆さんにメッセージを。もし機会があれば (なければ無理にでもつくって!), 半年でも 1 年でも、自分の知らない文化の中で研究することを強くお勧めします。もちろん目先の成果だけを考えれば、慣れた環境でじっくり腰を落ち着けて研究すべきでしょう。環境を変えるには、それなりの時間と労力を必要とします。それが言葉の違う異文化であればなおさらです。ただ、そのような中で得られた経験は必ず将来の自分にとって大きな財産になるはず。日本の科学技術が欧米と肩を並べ、世界の第一線を走っている今だからこそ、あえて一歩外に出て自分を試してみる価値があるはずです。(…と信じて 4 年が過ぎようとしています)

「研究の世界では No. 1 でなくて意味がないんだよ。No. 2 以降は“その他大勢”だよ。」私が今までの Dave との会話で最も印象に残っている言葉です。以来、この言葉を胸に、日々ポストクとして精進しています。

最後に、私に渡米の機会を与えてくださった恩師である東京大学大学院工学系研究科の松本洋一郎教授、金食い虫のポストクを快く引き受けてくださっている UC Berkeley の David Graves 教授、そして、本稿執筆の機会を与えてくださった本会幹事長の白谷正治先生及び本誌編集委員の先生方に厚く御礼申し上げます。

参考

UC Berkeley :

<http://www.berkeley.edu/>

Graves 研究室 :

<http://graves-lab.cchem.berkeley.edu/index.html>

プロセス用プラズマのプローブ計測

中部大学 中 村 圭 二

1. はじめに

ラングミュアがプラズマを分析するために静電プローブを開発して以来、静電プローブ、いわゆるラングミュアプローブは、標準的なプラズマ解析ツールとして広く用いられるようになった。それは簡便な構成にもかかわらず、得られる情報量が比較的多く、コストパフォーマンスに優れた実用的な方法であることが大きな要因の一つと考えられ、実際、プラズマの諸現象を理解するのに大いに貢献した。またプラズマが幅広く産業に応用されるようになるにつれ、ラングミュアプローブも各々の状況に対応すべく進化し、様々なプラズマに適用できるようになった。

一方、近年、LSIデバイスや液晶ディスプレイをはじめとするエレクトロニクスの分野にプラズマが幅広くかつ急速に応用されるようになり、プロセス用プラズマの理解と制御のために用いられる計測法に対する要求はきびしくなった。そのような用途にラングミュアプローブをそのまま適用しても問題ない場合もあるが、後述のように、絶縁性の膜堆積が伴うような材料プロセス用プラズマでは、測定の信頼性やシステムの簡便性が損なわれやすいなど、多くの問題点が指摘され、それを克服する新しいタイプの種々のプローブが開発されるようになった。

ここでは、はじめに材料プロセス用プラズマの解析に用いるプローブが備えていなければならない要件を説明した後、標準的手法であるラングミュアプローブの基本的な特性や使い方について述べる。次にプロセスプラズマに適用できるプローブの例として、プラズマ振動プローブと表面波プローブの二つのプローブを取り上げ、その動作原理や適用例、さらに使用する上での留意点などについて述べたい。

2. プロセスプラズマの環境と備えるべきプローブの特性

まず初めに、測定すべきプロセスプラズマについて整理しておこう（図 1 参照）。

プラズマプロセスでは、アルゴンのような希ガスだけのプラズマを使用する他に、プロセスの目的に応じて様々なガスを混合したプラズマをしばしば使い、そのようなプロセスプラズマは、希ガスのみのプラズマとは大きく異なる特性を有している。例えば、シリコンのエッチングには塩素 Cl_2 を主としたプラズマが用いられるが、塩素は負性が強いガスなので、アルゴンプラズマと比較して、プラズマ中に多くの負イオンを含んでいることが多い。またアルゴンプラズマでは真空容器の内壁は常にきれいな状態が維持されるのに対し、シリコン酸化膜のエッチングに用いられるフロロカー

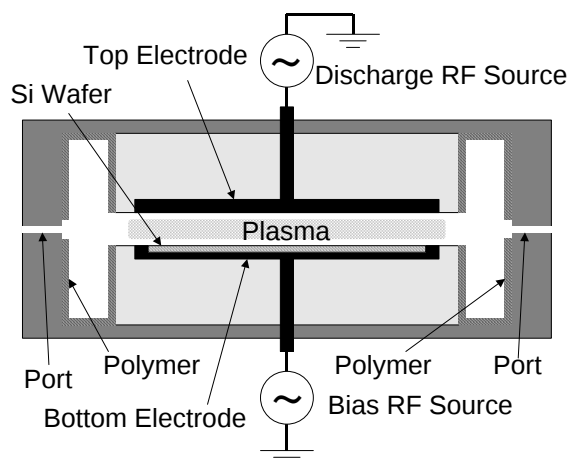


図 1 実プロセスにおける静電結合型プラズマの環境例

ボン系のプラズマでは、フロロカーボンの高分子ポリマーの膜が真空容器の壁全体に付着し、しかもその膜はほとんど導電性がない。

一方、半導体プロセスでは様々なプラズマ源が用いられており、2つの平板電極を対向させた最も歴史がある静電結合型プラズマ（CCP: Capacitively Coupled Plasma）や、低圧力で高密度のプラズマを比較的簡便に生成できる誘導結合型プラズマ（ICP: Inductively-Coupled Plasma）などがある。静電結合型プラズマについて見てみると、最先端のLSIプロセスでは直径12インチのシリコンウェハを用いるので、それに対応して平板電極の直径も40cm程度と大きくなっている。またプラズマ密度と、ウェハ表面に入射するイオンエネルギーを独立に制御するため、上部と下部の2つの電極には異なる周波数の高周波電圧が印加される。そして原料ガスの過剰分解を避けるなどの理由からプラズマ容積をできるだけ小さくするため、電極間隔を数cm程度まで狭くするような場合も少なくない。したがって、プラズマから接地電位にある真空容器がよく見えるような従来のプラズマ源とは大きく異なり、プラズマ電位の基準となる電極がはっきりとしないため、高周波電圧を印加している上部電極及び下部電極によってプラズマ電位は大きく振動していることが多い。さらに真空容器内壁に堆積した膜がはがれ落ちるなどしてパーティクルが発生しないように、ガスのよどみが極力ないような構造を取っているため、よどみを招くようなポートは必要最小限しか設けられておらず、数mm程度のアクセスポートが僅かにある程度である。

それらのことから、プロセスプラズマで用いるプローブには、

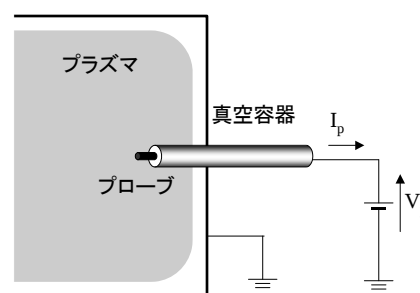
- 1) 実プロセス環境下（絶縁性の膜堆積など）に適用できる。
 - 2) 電位的に大きく高周波振動しても測定できる。
 - 3) 高い時間／空間分解能をもつ。
 - 4) 小型でプラズマに及ぼす擾乱が少なく、小さなポートからでも挿入できる。
- などの特性を有していることが望ましい。その他にも、簡便に正確な値を導く上で、プローブデータからプラズマの情報を得るまでの導出過程があまり複雑でないことも必要であろう。

3. 代表的なラングミュアプローブ

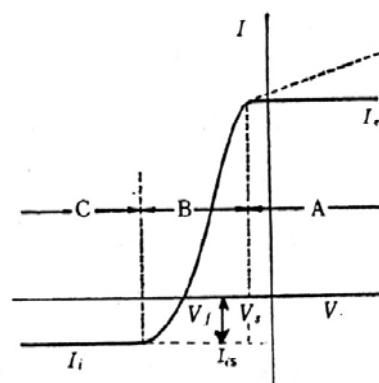
3-1. シングルプローブ[1]

シングルプローブ法は、最も古いプラズマ計測手段として1920年代にLangmuirによって提案され、比較的安価で簡便であるにもかかわらず、電子密度、電子温度の電子状態とともに、イオン密度およびプラズマ電位などの色々なパラメータを同時に計測できる。

図2(a)に示すように、接地された金属容器内にプラズマを生成し、その中にシングルプローブを挿入する。プローブの表面積は容器の表面積に比べて十分小さくなっている。そしてプローブに電圧 V を印加し、そのときに回路に流れる電流 I を測定したとすると、図2(b)に示すような V - I 特性が得られる。電流変化の様子から V - I 特性は、電子飽和領域（領域A）、イオン飽和領域（領域C）、その中間の遷移領域（領域B）の3つの領域に分けられ、領域Aと領域Bの変曲点での電位 V_s はプラズマ電位を表す。また領域



(a)



(b)

図2 シングルプローブの例

Bにおいて $I=0$ となる電位 V_f を浮動電位またはフローティング電位と呼んでいる。

領域 A では $V > V_s$ なのでイオンは入射できず電子のみの電流 I_{es} (電子飽和電流) が、また領域 B では $V \ll V_s$ なので電子は入射できずイオンのみの電流 I_{is} (イオン飽和電流) が流れる。従って I_{es} と I_{is} は、各々電子フラックス Γ_e とイオンフラックス Γ_i に、プローブ表面積 A をかけたものに比例し、

$$\begin{aligned} I_{es} &= e\Gamma_e A = e(1/4)n_e \langle v_e \rangle A \\ &= e(1/4)n_e (8kT_e / \pi m_e)^{1/2} A \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} I_{is} &= e\Gamma_i A = e(0.6)n_i u_B A \\ &= e(0.6)n_i (kT_e / m_i)^{1/2} A \end{aligned} \quad (2)$$

で与えられる。ただし、 e : 電荷量、 n_e : 電子密度、 n_i : イオン密度、 m_e : 電子の質量、 m_i : イオンの質量、 T_e : 電子温度、 A : プローブ表面積、 $\langle v_e \rangle$: 電子の平均熱速度、 u_B : ボーム速度である。 I_{es} や I_{is} は測定値なので、もし T_e がわかれば式(1)を使って n_e を求めることができる。また負イオンを含まずイオンの種類が1つの場合は、 $n_e = n_i$ なので式(2)を使っても n_e を求めることもできる。

では、電子温度 T_e はどのようにして求めるだろうか。それは領域 B の V - I 特性から導くことができる。電子温度が T_e (数 eV 程度) で、電子速度分布 $f(v_e)$ がマクスウェル分布のとき、 $f(v_e)$ は

$$f(v_e) = n_e (m_e / 2 \pi k T_e)^{3/2} \exp[-m_e v^2 / (2kT_e)] \quad (3)$$

のように与えられ、電子温度 T_e と運動エネルギー $m_e v^2 / 2$ の比の指数関数となる[例えば、3、4]。一方、前述のようにイオン飽和領域では、プローブ電圧 V がプラズマ電位 V_s より十分低いため、シースで電子が追い返され、電子電流はほとんど流れない。しかし遷移領域では、プローブ電圧をプラズマ電位 V_s に近づけるにつれてシースでのポテンシャル障壁が減少し、電子が少しずつプローブに到達できようになるので、電子電流が流れる。そのときの電子電流 I_e の増え方

は、

$$I_e = I_{es} \exp[-(V_s - V) / kT_e] \quad (4)$$

で与えられるので、 V 対する電子電流を片対数グラフにプロットして、その傾きから T_e を得ることができる。

なお使用に当たっての注意点がいくつかある。まず式(1)の電子飽和電流を用いようとする場合、図2のような明確な飽和電流値が得られにくい、また質量が軽い電子の軌道がわずかな磁場でも大きな影響を受けることから磁化プラズマへの適用が難しい、などに注意する必要がある。一方、式(2)のイオン飽和電流を用いるときも、プローブ表面に入射したイオンによる二次電子の影響を考慮したり、2種類以上のイオンを含む場合、または負イオンを含むプラズマで負イオンの割合が極めて大きい場合に評価が困難になるときがある。さらにプローブ表面や容器壁が絶縁膜で汚染されてしまうと、プラズマ→プローブ→容器→プラズマという電流経路が遮断されてしまうため、図2(b)のような V - I 特性は根本的に得られなくなり、シングルプローブをプロセスプラズマに適用するのが困難となる場合もある。

3-2. ダブルプローブ法[1, 5]

誘導放電などの無電極放電によりガラス容器の中に作られたプラズマを測定する場合、容器壁を介して電流を流すことができないので、シングルプローブを使うことはできない。この問題の解決に有効なのがダブルプローブである。図3(a)のようにダブルプローブはシングルプローブを2本ならべた構造となる。シングルプローブではプローブに印加する電圧に対する基準電位を接地（または真空容器）電位としているのに対し、ダブルプローブでは2つのプローブ間に電位差 V を加え、2つのプローブをもに接地に対して浮遊電位とする。これで得られる V - I 特性は図3(b)のようになり、領域Cと領域Bの一部が $V=0$ で点対称でつながったような特性となる。従って式(2)と式(3)に基づいてイオン密度と電子温度を求めることができる。ただ

し、プローブ表面が絶縁膜で汚染された場合は、シングルプローブと同様、V-I特性は得られないため測定難しくなる。

4. プロセスプラズマに適用できるプローブ例

4.1. プラズマ振動プローブ[6]

4.1.1. 原理と構成

まず膜堆積を伴うようなプロセスプラズマでも密度測定が可能なプラズマ振動プローブについて述べる。

プラズマにおける電子プラズマ振動の周波数 f_{pe} [Hz]は

$$2\pi f_{pe} = (e^2 n_e / \epsilon_0 m_e)^{1/2} \quad (5)$$

により、電子密度 n_e と関係づけられている。したがって、電子プラズマ振動を励起してその振動周波数を測定できれば、(1)式から得られる次式を用いて直ちに電子密度 n_e を求めることができる。

$$n_e [\text{m}^{-3}] = 1.24 \times 10^{16} (f_{pe} [\text{GHz}])^2 \quad (6)$$

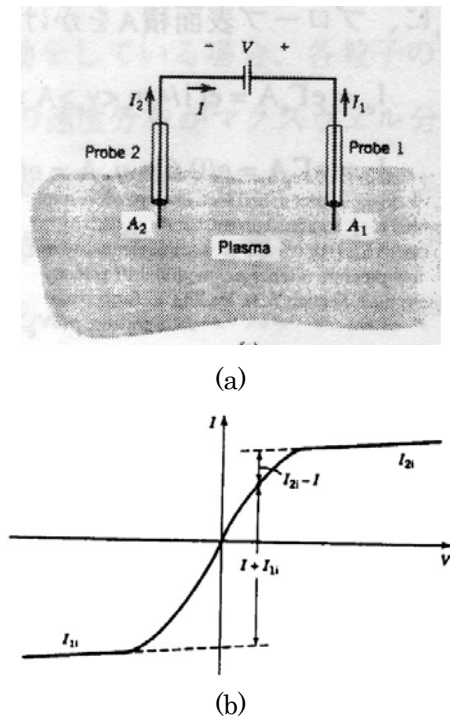


図3 ダブルプローブの例

図4にプローブの一例を示す。金属ワイヤでできたレシーバアンテナから1cm程度離して熱フィラメントを設置し、フィラメント電流およびフィラメントに印加する負のバイアス電圧により電子ビームの電流とエネルギーを調整する。電子ビームにより励起した電子プラズマ振動の信号をレシーバで捉え、スペクトルアナライザを用いて振動周波数を測定する。図5は圧力0.08 Paの誘導結合型アルゴンプラズマで得られたスペクトルの一例である。1~2 GHzにかけて電子プラズマ振動に起因するスペクトルが観測され、放電パワーの増加とともに高周波側にシフトしている。この周波数シフトを詳細に調べると、電子密度は放電パ

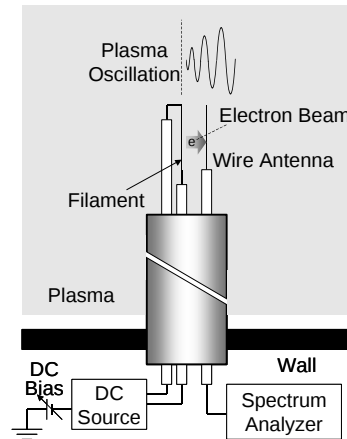


図4 プラズマ振動法[7]

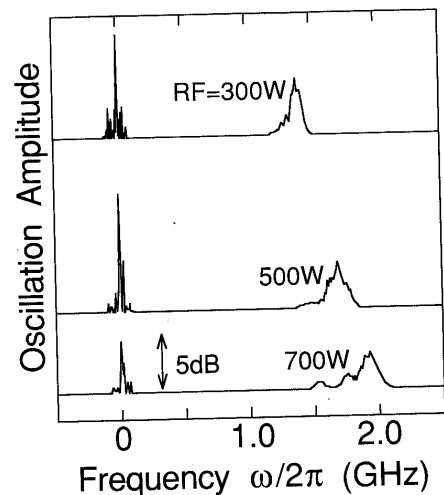


図5 プラズマ振動プローブでのスペクトル例[8]

ワーに比例して変化しており、典型的な誘導結合型プラズマの挙動となっている。

このようにプラズマ振動プローブでは、電子プラズマ周波数がわかりさえすれば、(6)式から直接密度が求められるので、密度導出過程に曖昧さが少なく正確性と簡便性の両方を備えている。そしてラングミュアプローブのような電子やイオンの伝導電流の測定が不要なので、真空容器やレーシバアンテナ周りに絶縁膜が堆積しても密度測定を行うことができる。プラズマ振動プローブの時間分解能はほぼスペクトルアナライザで制約されているが、ゲート測定の時間分解能を十分高くできる場合は、後述のように、負イオンからの光脱離電子による電子密度の変化も測定することができる。空間分解能についてはレーシバアンテナの長さ程度で与えられ、数mm～1cm程度である。

なお(5)式や(6)式では電子とガス分子との衝突や電子の熱運動の影響を無視しているが、それらが電子プラズマ振動に及ぼす効果については文献6で詳細に検討されている。それによれば、電子プラズマ周波数に対する衝突周波数の比が0.1以下であれば電子プラズマ周波数の測定値と真値の誤差は小さく、また電子ビーム用のバイアス電圧を電子温度に対して十分大きく取れば電子プラズマ振動を励起できることが示されている。

4.1.2. 適用例

プラズマ振動プローブを用いて塩素プラズマの電子密度測定を行った例を示す[8,9]。図6は、8 mTorrで動作している誘導結合結合型塩素プラズマにおいて高周波(RF)電力をデューティ比50%でパルス変調をかけたときの電子密度変化を測定したものである(●で示されたデータ参照)。参考のため、同図にはパルス変調した誘導結合型アルゴンプラズマでの電子密度変化も□で示してある。塩素プラズマおよびアルゴンプラズマともに、RF ONのときに電子密度は約 $7 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ でほぼ同じであるが、RFをOFFにしたアフターグローで電子密度の時間変化に顕著な違いが見られ、塩素プラズマの電子密度はより速く減衰することがわかる。これは塩素分子と電子の間で起こる付着解離過程が主な原因である。実際、プラズマ振動プローブとレーザー光脱離法を組み合わせた負イ

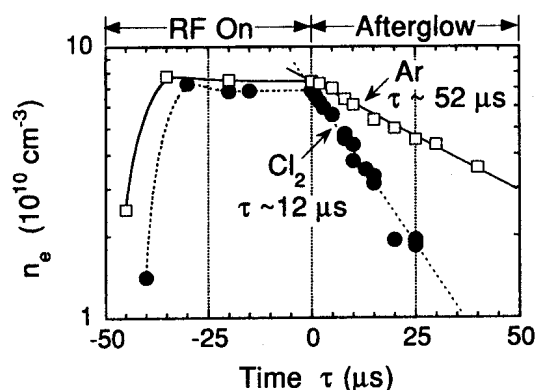


図6 パルス変調塩素プラズマの電子密度変化[9]

オン計測を行うと、負の電荷密度のうち負イオンが占める割合は、アフターグローにおいて最大で90%近くになることが示されている。

プラズマ振動プローブは、膜堆積を伴うフロンプラズマにおける電子密度測定にも適用されており、プラズマ源から離れるにつれて徐々に電子密度が低下する様子が調べられている[10]。

4.1.3. 使用上の留意点

プラズマ振動プローブにおいて注意しなければならない点についてまとめておく。最も気をつけなければならないのは、プラズマ振動の励起に用いた電子ビームによる余剰電離の影響である。プラズマ振動を励起するには電子ビームのエネルギーを電子温度に対して十分大きくする必要があり、電子温度が3 eV程度のプラズマでは電子ビームエネルギーを30 eV程度以上にすることが多い。その値は、ガスの電離ポテンシャルよりもしばしば大きくなるので、電子ビーム電流が大きいとガスが電離してしまい、実際の電子密度よりも高く見積もってしまうことになる。したがって、プラズマ振動を起こすことができる限りにおいては、電子ビームの電流、エネルギーともに、できるだけ小さくすることが擾乱を最小限に抑える上で重要である。次に、実際のプロセス装置への適用を念頭に置くと、フィラメントなどによる重金属汚染の問題がある。通常、タングステンなどの重金属ワイヤがフィラメントとしてよく用いられるが、重金属はウェハ上に作り込む素子の特性に甚大な影響を及ぼす場合があるため、プロセス装置を運

転する際に厳しく管理されている。したがって、プロセス装置への適用を図るためには、重金属でないフィラメントや全く別の電子ビーム源を用いる、などの方策が必要である。

4.2. 表面波プローブ

次に表面波プローブについて述べる。表面波プローブ (SW Probe: Surface Wave Probe) は、開発当初、プラズマ吸収プローブ (PAP: Plasma Absorption Probe) と呼ばれていたが[11]、最近になって、その動作原理をより明確に表現するため、改めて表面波プローブと命名された。ここでは原理とともに、プロセスプラズマの計測実施例を中心に紹介したい。また詳細な解説記事もあるので、そちらも参照してほしい[12]。

4.2.1. 原理と構成 [11, 12]

標準的な表面波プローブのシステムは、図7に示すように、プローブ本体とネットワークアナライザから構成される。片方の先端を半球状に封じ切った誘電体管の中に、長さ数mm程度のロッドアンテナを設けた同軸ケーブルを挿入し、それをプローブ本体として用いる。ロッドアンテナは、被覆や同軸ケーブルの芯線をそのまま利用している。同軸ケーブルのもう一方の端子にはネットワークアナライザを接続する。ネットワークアナライザでは、1mW程度の微小電力 P_{in} を送信したときに、プローブ頭部で反射して戻ってくる電力 P_{ref} を、数MHzから数GHzの範囲で周波数掃引しながら測定する。プローブ頭部における反射係数

Γ を、

$$\Gamma = P_{ref}/P_{in} \quad (7)$$

から求めることにより、周波数を関数とした反射係数の変化をネットワークアナライザで観測する。

誘電体管の周囲にプラズマがない場合、ロッドアンテナを設けた同軸ケーブルの端部は開放端になっているので、同軸ケーブルでの損失が無視できるならば反射係数は周波数にかかわらず常に1となる。それに対して誘電体管がプラズマで覆われた場合、電子密度で決まるある条件を満足する周波数になったとき、プラズマと誘電体間の境界部を伝搬する表面波の定在波が、プローブ頭部(誘電体管先端から同軸ケーブル端部までの長さ d の部分)で共鳴的に立つ。このときにアンテナに送られたパワーの一部がプラズマに吸収されるため、ネットワークアナライザに戻ってくる電力が減少し、反射係数が小さくなる。従ってネットワークアナライザで観測される反射係数の周波数依存性は、プローブにおけるパワー吸収スペクトルを表すことになる。誘導結合型アルゴンプラズマにおいて得られた吸収スペクトルの一例を図8に示す。この例では、いずれの放電パワーにおいてもある特定の周波数で2つの吸収ピークが観測され、異なるモードの表面波が共鳴的に励起されていることを示唆している。このことから、モード別に表面波が励起されるとき電子密度の条件を予め調

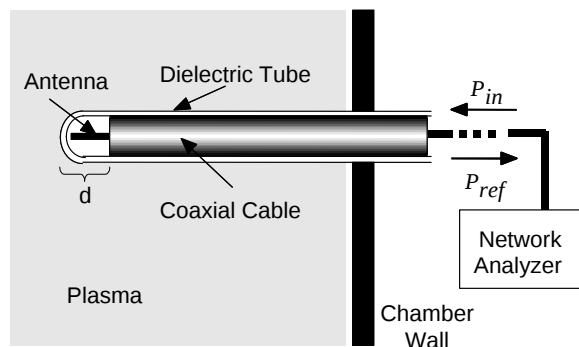


図7 表面波プローブのシステム構成 [7]

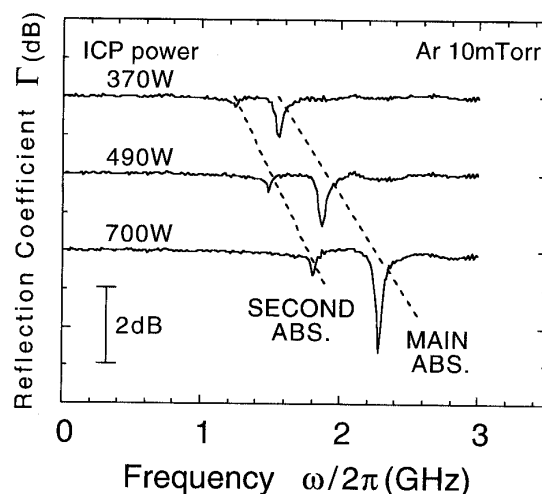


図8 放電パワーをパラメータとした周波数に対する反射係数の変化

べておき、観測した吸収スペクトルから吸収周波数 f_{abs} を実験的に求めれば、電子密度 n_e を得ることができる。また表面波の定在波が立っているプローブ頭部の長さ d を限りなく 0 に近づけ、表面波の波長が無限小の場合に相当する共振周波数を表面波共鳴周波数 f_{sw} と呼び、誘電体の比誘電率が ϵ_d とすると、電子密度は

$$n_e [\text{m}^{-3}] = 1.24 \times 10^{16} (1 + \epsilon_d) (f_{\text{sw}} [\text{GHz}])^2 \quad (8)$$

で与えられる。このように、前述のプラズマ振動プローブと同様に、表面波プローブでは、吸収周波数や表面波共鳴周波数がわかれば、(8)式などを用いて直ちに電子密度を求めることができ、密度導出過程が簡便である。そしてラングミュアプローブのような電子やイオンの伝導電流の測定が不要なので、絶縁膜が堆積しても密度測定そのものへの影響は小さい。なお表面波プローブの時間分解能はほぼネットワークアナライザで制約されており、空間分解能は、定在波が立っているプローブ頭部の長さ d 程度で与えられる。

4.2.2. 適用例

前述のように、狭ギャップの平行平板電極を用いた静電結合型プラズマは実プロセスによく用いられているが、1) 放電空間が狭い、2) プラズマ電位の高周波振動が非常に大きい、などの理由から、電子密度などのプラズマ計測は極めて困難であった。ここでは、そのようなプラズマ源の電子密度測定に、表面波プローブを適用した例を述べる。

まずシリコン酸化膜エッチングで用いられる狭ギャップ平行平板型プラズマ源の測定例について述べる[13]。直径 20 cm の平板電極を間隔 2 cm で設け、アルゴン希釈したフロン系ガスを圧力 4 Pa で放電ガスとして用いている。上部電極には 27.12 MHz、下部電極には 800 MHz の異なった周波数の高周波電圧を印加し、典型的な条件として、上部電極には 2000 W、下部電極には 1200 W 程度の電力を供給する。電極間隔が 2 cm なので、密度測定の空間分解能を十分に確保するために、表面波プローブの誘電体管外径を 2 mm、プローブ頭部の長さを 5 mm とした。なお誘電体管とし

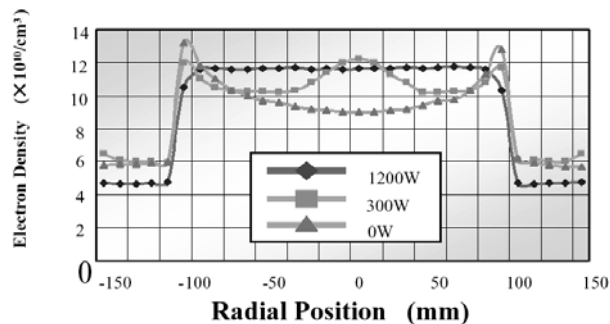


図9 平行平板型プラズマ源における電子密度分布

ては石英管を用いた。上部電極の高周波電力を 2000 W で一定にしたまま、下部電極の高周波電力のみを 0 ~ 1200 W の間で変化させたときの電子密度を調べた。図 9 に示すように、平均的な電子密度は、いずれの場合もおおよそ $1 \times 10^{17} \text{ m}^{-3}$ 程度でほぼ一定であったが、密度の径方向分布が下部電極の高周波電力によって大きく変化した。下部電極の高周波電力が 0 W のとき、電極周囲で密度が高く、電極中心で密度が低い凹型の密度分布であったが、高周波電力を大きくするにつれて、中心部の密度のくぼみが小さくなり、典型的なプロセス条件の 1200 W のときは、ほぼ電極面内で均一な電子密度分布となることが示された。ウェハに入射するイオンのエネルギーを制御するのに、バイアス用の下部電極の高周波電力をしばしば変化させるが、下部電極のバイアス用電力が電子密度の径方向分布に影響を及ぼすようなことはほとんど知られておらず、表面波プローブを用いた測定によって、初めてこのような特性が明らかになった。また上部電極に印加する周波数が 60 MHz の場合についても報告されている [14]。

4.2.3. 使用上の留意点

表面波プローブを用いる場合に注意しなければならない点として、適用できる放電条件に範囲があり、特にプラズマ密度が低く、放電圧力が高いときに、測定が困難になることが多い。例えば数百 Pa を超えるような高い放電圧力では、図 8 に示すような鋭く大きな共振ピークは得られなくなることが観測されており、その原因としては、中性のガスと電子との衝突頻度が増え、共振するとき

のQ値の低下などが考えられる。一方、プローブ周囲に形成されるシースの影響にも気をつける必要がある。電子密度が高く、シース幅がプローブサイズに比べて十分に小さい場合は、シースの影響はほとんど無視できるが、電子密度が低くなり、プローブのサイズと同程度にまでシース幅が大きくなると、その影響を無視できなくなり、電子密度を算出する際にシースの効果を考慮しなければならない。

最近ではそのような課題に対する方策が考案されてきている。たとえば共振ピークが小さくなる場合は、被覆ガラス管の肉厚を薄くしたり、被覆ガラス管を取り除くことにより、スペクトル強度が改善され、100 Paを超えるような高い圧力のプラズマにも対応できる表面波プローブが開発されている[15]。実際、Low-k材用CVDプラズマ装置の密度測定に表面波プローブを適用した例も報告されている[16]。またシースを無視できない低密度プラズマにおいても、シースを真空層と近似したモデルで分散式を解き、シース効果を考慮して電子密度を算出すると、測定精度を向上できることが示されている。さらに表面波の分散特性が異なる2つの表面波プローブを用い、プローブ周辺に形成されるシースの効果を考慮すると、シース厚がデバイ長の数倍であることから、電子温度とともに電子密度も計測できることが報告されている[15]。

5. 終わりに

本報告では、よく用いられるラングミュアプローブのほかに、プロセス用プラズマに適用できるプラズマ振動プローブと表面波プローブについて、概説と実際のプロセス、またはそれに近い条件での密度計測事例を紹介した。いずれも従来の静電プローブでは困難となる膜堆積を伴うプラズマで電子密度の絶対計測が可能であることが示されたが、実際のプロセスへ適用する上で課題も残されており、今後も改良が進められるであろう。本報告により、できるだけ多くの方々が表面波プローブに関心をもち、試していただければ幸いである。

<参考文献>

[1] プラズマ・核融合学会編「プラズマ診断の基

礎」(名古屋大学出版会、1990)

[2] H. Amemiya; Jpn. J. Appl. Phys. 57 (1988) 887.

[3] プラズマ・核融合学会編「プラズマ診断の基礎」(名古屋大学出版会、1990)

[4] M.A.Lieberman et al: "Principles of Plasma Discharges and Materials Processing" (John Wiley & Sons, 1994)

[5] 堤井信力、「プラズマ基礎工学」(内田老鶴圃、1986)

[6] T. Shirakawa and H. Sugai : J. Appl. Phys. 32 (1993) 5129.

[7] 雨宮宏他：プラズマ・核融合学会誌 第81巻 (平成17) pp. 482-525

[8] T. H. Ahn et al: Jpn. J. Appl. Phys. 34 (1995) L1405.

[9] T. H. Ahn et al: Plasma Sources Sci. Technol. 5 (1996) 139.

[10] H. Sugai et al: Mater. Res. Soc. Symp. Proc. (August 1996,) Vol. 406, pp. 15-25

[11] H. Kokura, K. Nakamura, I. P. Ghanashev and Hi. Sugai: Jpn. J. Appl. Phys. 38 (1999) 5262.

[12] 菅井秀郎：プラズマ・核融合学会誌 第78巻 第10号 (2002) 998.

[13] K. Kinoshita et al: 25th International Conference on Phenomena in Ionized Gases (ICPIG), (July 2001, Nagoya).

[14] K. Kinoshita et al: Gaseous Electronics Conference (GEC) (Oct., 2000)

[15] K. Nakamura et al: J. Vac. Sci. Technol. A Vol. 21 (2003) No. 1, pp. 325-331

[16] K. Nakamura et al: 2004 Int. Symp. Dry Process (2004, Tokyo) P-29.

国際会議報告

61st Annual Gaseous Electronics Conference 報告

名古屋大学 堀 勝

61st Annual Gaseous Electronics Conference : GEC (第 61 回気体エレクトロニクス会議) が 10 月 13~17 日の日程で米国テキサス州ダラスにて開催された。本会議は、プラズマの気体および表面反応の基礎を科学的に解明しながら、最先端の応用を議論する場として長い歴史を誇る米国の国際会議である。プラズマエレクトロニクス分科会は、GEC を手本として設立され、分科会とも密接な関係がある。本会議は、米国物理学会(The American Physical Society)が 主催団体となっており、プラズマの物理的な側面を骨太に議論できる研究者が一同に集まり、しっかりした議論がなされるという特徴がある。プラズマエレクトロニクス分科会が 3~4 年を目処に開催している国際会議 (International conference on reactive plasma : ICRP) は、主として、工学の立場からプラズマ中の物理化学現象を解明しながら、先端応用プロセス技術を議論する場を提供している。GEC が、理学的なアプローチから先端応用技術を議論し、ICRP が工学的な基礎からの議論と先端応用技術のパフォーマンスを提示する場を提供している点で両者は共通的な交わりを有しながら、各々理学と工学の先端を議論するという点で相補的であり、世界を先導する国際会議として、非常に良いコンビネーションを保っている。

さて、今回の参加人数 382 人であり、過去 3 年間では最高の参加者となった。ちなみに、

2006 年は 249 人、2007 年は 260 人である。したがって、GEC として初めて 3 パラレルセッションを組み会議が実行された。会議以外特になにもない、乾燥地帯で開催されたにもかかわらず、本年度の参加人数が飛びぬけて多くなった理由は、現時点で十二分に把握できていないが、Secretary である Prof. L. Overzet (テキサス大学) が精力的に参加を呼びかけたことや 2 つのアレンジセッションを設定して、多くの参加者の興味あるテーマを集中的に議論する場を作ったことが挙げられる。また、組織委員会では、参加者数を多くするために、セッション毎に世界を先導している研究者を一人ずつ選出し、これらの研究者を Champion と称し、Champion が個々のセッションへの参加を呼びかけるという方策を講じた。日本からは、計測のセッションで河野明廣 (名古屋大学教授) が選出されている。日本からの参加者数は、47 人を数え、米国 165 人に続いて 2 番目である。ちなみに、各国の参加者は、ドイツ 39 人、フランス 23 人、オーストラリア 17 人であり、昨年まで参加者数で日本を追い上げてきた韓国は、2 人と大幅に数を減らした。

今回、日本から過去最多の 5 人の招待講演がなされた。酒井氏 (京都大学) は、マイクロプラズマの生成とその電磁波との相互作用について講演し、微小プラズマの制御による興味深い電磁現象を示し、多くの注目を集めた。唐橋氏 (阪大) は、ビーム実験によるエ

ッチング表面反応の基礎を講演し、最先端エッチング技術が抱える課題に対して素過程の解明なくして前進できなくなっている現状を反映し、多くの関心を集めた。辰巳氏（ソニー）は、フルオロカーボンプラズマのアレンジセッションにおいて、先端デバイスにおけるフロン系ガスプラズマの気相と表面反応について、データーを系統的に整理し、先端技術研究に対する応用的基礎研究の重要性を示した。澤田氏（東京エレクトロン）は、二周波励起プラズマにおいて、卓越したシ高精度シミュレーション技術を駆使して、先端装置を生産しているトップ企業の高いポテンシャルを示した。田氏（東京エレクトロン）は、表面波励起プラズマの基礎と応用について講演し、表面波励起プラズマとそのプロセス技術の高い完成度を示し、多くの参加者の興味を引き付けた。

アレンジセッションは、フルオロカーボンプラズマと負イオンプラズマ現象の二つが設置され、古くて新しい両プラズマの物理化学的側面に焦点が当てられ、熱い議論がなされた。日本以外では、超有名な Prof. F. Chen が、永久磁石を用いた実用的なヘリコンプラズマに関して、現役の研究者として熱弁を奮った。生涯現役で高いレベルで基礎研究を継続できる米国の底力を改めて噛み締めた。Prof. P. Maguire と Prof. Z. Petrovic は、招待講演として DC と RF のブレイクダウンに関する放電の基礎研究について解析的な研究を行なった。大気圧や液中プラズマの出現で、放電現象の基礎的な理解が必要不可欠になっている。上記の講演は必ずしも最先端の研究ではないが、超高压プラズマの応用を進める上で役に立つ基礎知識を習得する上で重要な講演であった。30 年前であれば、各大学に多くの放電

にかかわる研究講座があったが、現在の日本ではほとんど消滅し、基礎的な学術基盤をもたない研究者がやたらに大気圧や液中プラズマの応用を模索するという状態が続いている。米国や欧州には、先端的技術を支える基礎を継続して研究を遂行できる知的インフラが大事にされており、どのような技術の潮流にも対応できる基礎分野の研究者を有している点で驚異に感じた。

高压プラズマにおいては、明石氏（防衛大）がパルス誘電体バリア放電によるエキシマランプの研究において、放電現象の基礎的な解析を含めて高いレベルでの講演を行なった。また、佐藤氏（室蘭工大）および豊田氏（名大）は、液体とプラズマの相互作用とその中の活性種の特定制について興味深い研究成果を示し、「液中プラズマ」の応用面のみならず基礎的な現象にメスを入れるという点で多くの参加者の関心を引き付けた。佐々木氏（名大）は、ICP プラズマ中の N_2 励起種と N 原子の絶対密度と寿命を計測し、これらの活性種の表面反応への寄与について講演した。窒素プラズマにおける窒化現象はまだ十二分に理解されておらず、今後の進展が期待される。藤山氏（長崎大）は、低圧 ECR でマイクロプラズマを構築することを試みており、プラズマと磁場が織成す基礎現象の観点からも興味深い講演であった。

さて、今回の GEC で特筆したいのは、学生への Award である。GEC では、Student Award を設置し、申請者のアブストラクトから数名の候補を選出し、当日は GEC Student Award Excellent Finalist と明記してプレゼンテーションを遂行し、最終的な受賞者 1 名を決定する。日本からは、馬場君（東北大学、畠山研）が Excellent Finalist に選ばれ、プ

ラズマと液体との相互作用について非常に優れた発表を行なった。惜しくも受賞には至らなかったが、日本人として堂々とした発表であった。今後は、多くの学生がチャレンジすることを期待したい。なお、このような Student Award の講演には、大御所の Prof. Chen が必ず聴講に来ていた姿が印象に残っている。

さて、講演者の紹介には、枚挙に暇がなく紙面の都合から十二分に報告することが困難である。興味ある方は堀 (hori@nuuee.nagoya-u.ac.jp) までご連絡い

ただければ情報を提示したい。最後に、来年度は、ニューヨーク州アルバニーで開催される。東京エレクトロンが主体的に取り組んでいる大型ナノテクノロジーセンターが設立されており、見学する良い機会かと思われる。さらに、2010 年は、いよいよ日本と米国がと共同主催する GEC-ICRP の合同国際会議がパリの中心で開催される。この前哨戦として日本からの多くの参加者があることを期待する。

国際会議報告

第 50 回米国物理学会(APS)プラズマ分科会(DPP)会議報告

大阪大学 浜口智志

標記の会議 [The 50th Annual Meeting of Division of Plasma Physics (DPP) of the American Physical Society(APS)] が、米国テキサス州ダラスの Hyatt Regency Hotel (図 1) において、11 月 17 日(月)から 21 日(金)の日程で開催された。米国物理学会プラズマ分科会 (APS・DPP) は、分科会だけで会員数約 2600 を擁する、APS の中でも最大の分科会の一つで、他の分科会とは独立して、毎年年会 (annual meeting) を開催している。今年は、APS・DPP が設立され、また、核融合研究が米国で軍事機密から外されてからもちょうど 50 周年にあたる記念すべき年であり、本年会でも、それにちなんだ特別講演などがいろいろと企画された。

APS・DPP の年会は、米国物理学会の「国内」会議であり、その意味では、日本の応用物理学会 (JSAP) におけるプラズマエレクトロニクス (PE) 分科会のような位置づけである。ただし、英語という国際語を使った会議である点や、米国が長年主導している研究分野の研究会ということもあり、世界各国から参加者が訪れる。そのため、APS・DPP のプログラム委員会も、外国人研究者に対して比較的オープンである。ただし、同委員会は、外国の学会からは、現在、日本のプラズマ核融合学会 (JSPF) とヨーロッパ物理学会プラズマ分科

会 (EPS・DPP) のみから代表として正式に受け入れており、筆者は、JSPF の代表として、APS・DPP プログラム委員会にも出席した。同委員会では、こうした代表からの意見を聞いて、年会の招待講演に質の高い外国人講演者をひろく集めている。そういう意味では、PE 分科会も、同じ専門分野を擁する学会が国外に多々あるので、それらと長期にわたる綿密な連携を構築すれば、得られるメリットも大きいのではないと思われる。

さて、今回の APS・DPP 年会であるが、約 1600 件の発表があり、そのうち約 100 件が基調および招待講演であった。この学会は、基礎プラズマ・宇宙プラズマからプラズマ産業応用まで、幅広いプラズマ物理学を対象とするが、やはり、伝統的に、制御熱核融合に関する発表が圧倒的に多い。しかしながら、そうした中で、プラズマ応用に関する基礎物理の分野の研究発表も、他の学会に比べて多く、プラズマの基礎を研究する PE 分科会会員には、よい研究発表の場となると思われる。そのような分野では、たとえば、(主として、推進の応用の目指した) ヘリコンプラズマに関する基礎研究において、質の高い発表が多かったのは印象深かった。



図 1 : 第 50 回 APS DPP 会議が開催されたテキサス州ダラスの Hyatt Regency Hotel

第 55 回米国真空学会(AVS)国際シンポジウム報告

大阪大学 浜口智志

標記の会議 (AVS 55th International Symposium & Exhibition) が、米国マサチューセッツ州ボストンの Hynes Convention Center において、10 月 19 日 (日) から 24 日 (金) の日程で開催された。よく知られているように、米国真空学会 (AVS) は、会員数約 6000 名を擁する大きな学会で、本国際シンポジウムは、年に一度の AVS の総会である。今年の国際シンポジウムは、1954 年に開催された第 1 回 (国内) シンポジウムから数えて、55 回目にあたる。今年の国際シンポジウムは、10 の分科会 (Divisions) と 2 つのテクニカルグループ、4 つのトピカル会議、4 つのフォーカストピックを合わせた合計 20 の専門グループによって構成され、111 の口頭セッションと 2 つのポスターセッションが開催された。また、こうした研究発表会と並行して、火曜日から木曜日にかけて、同じ会場で、多数の企業による製品展示会 (Exhibition) も開催された。本シンポジウムの中で、本誌の読者に最も関係の深いのは Plasma Sciences and Technology Division (PSTD) の研究発表会であると思われるし、筆者もその PSTD の研究会を中心に参加してきたので、ここでは PSTD の研究発表会とその活動について簡単な報告を行う。

PSTD は、AVS の中で最も大きな分科会の一つであり、今年は、PSTD が主催するセッションだけで約 170 件の発表があり、PSTD が共催するセッションも含めると、約 250 件の発表があった。PSTD の主催するセッションの大半は、ほぼ例年通りで、“Plasma Etching for Advanced Interconnect” や “Advanced Gate Etching” などの 16 のセッションが設けられた。

そのなかで、今年、例年にないセッションとして注目されたのは、マサチューセッツ工科大学 (MIT) ソーウィン (H. Sawin) 教授の退職記念セッションであろう。退職する教授を記念する特別セッションの開催は、PSTD では極めてめづら

しく、おそらく初めての試みだと思われる。ソーウィン教授が長年にわたって、プラズマ表面相互作用・ビーム表面相互作用の研究に貢献したことに敬意を表し、この分野の第一線の研究者が招待講演者として招かれた。日本からは、慶応大学の真壁利明教授が招待された。(ただし、真壁教授は、会議開催直前に渡米する都合がつかなくなり共同研究者による代理発表となった。この真壁グループの発表も含めて) 本特別セッションは大変評判がよく、PSTD の他のセッションはもとより、他の分科会やグループのセッションと比較しても、極めて多くの聴衆があつまったセッションとなった。

PSTD は、半導体をはじめとするマイクロエレクトロニクス関連分野のプラズマプロセスに関する研究グループとして発展してきたが、新しい分野の開拓にも積極的に取り組んでいる。たとえば、ここ数年、大気圧プラズマ・マイクロプラズマの分野の研究発表を増やすことに取り組んでおり、今年も、同分野のセッションを組み、京都大学の橘邦英教授がこの分野の招待講演を行った。また、バイオマテリアルインターフェイス分科会等との共同セッションも企画し、プラズマのバイオ応用分野の開拓にも取り組んでいる。

筆者は、2007 年秋から 2 年の任期で PSTD の Executive Committee Member として、PSTD のマネジメント活動に深く関与する機会を得ているが、新しいことに積極的に取り組む委員会のメンバーとして仕事ができるのは幸運である。

もう一つの新しい試みとして、AVS PSTD が、独自に、来年 (2009 年) 春にカリフォルニア州 San Jose で、プラズマプロセスに関するシンポジウムの開催を企画している。このシンポジウムにも、日本から多くの参加者があることを期待する。

第 14 回プラズマ理工学国際会議 (ICPP2008)

International Congress on Plasma Physics 2008

東北大学 畠山カ三 (プログラム委員長)

本国際会議すなわち第 14 回プラズマ理工学国際会議 (ICPP2008: International Congress on Plasma Physics) は, 平成 20 年 9 月 8 日から 12 日の日程で福岡の福岡国際会議場にてプラズマ・核融合学会, 核融合科学研究所, 九州大学の主催で開催された (組織委員長: 松田慎三郎・本島修, 現地実行委員長: 佐藤浩之助) . ICPP は第 4 回プラズマ中の波動と不安定性国際会議と第 4 回プラズマ理論キエフ国際会議を引き継ぐ形で, わが国のリーダーシップの下に 1980 年に名古屋で第 1 回が開催された経緯がある. その後, グーテンブルグ(1982 年), ローザンヌ(1984 年), キエフ(1987 年), ニューデリー(1989 年), インスブルック(1992 年), イグアス(1994 年), 名古屋(1996 年), プラハ(1998 年), ケベック(2000 年), シドニー(2002 年), ニース(2004 年), キエフ(2006 年)で開催されて来た, 一方において現代では, 広範に拡大したプラズマ研究の全体像を正確に把握し, 共通の課題を議論することは難しくなっており, 分野の枠を超えて討論する意味が益々重要になってきている. このような背景において会議の目的は, 基礎プラズマ, 核融合プラズマ, 宇宙・天体プラズマ, プラズマ応用等の幅広い分野に関して, 物理的視点からプラズマ理工学, 延いてはプラズマ科学の現状と将来の方向性について議論することである.

本年の平成 20 年(2008 年)は, 1958 年のジュネーブ会議, 宇宙観測の幕開けから, 換言すればプラズマ物理や宇宙・核融合プラズマの研究活動が開始されてから 50 年目にあたる記念すべき年である. 従って, 我が国が当該分野において引き続き強い牽引力を持って指導力を発揮すべく, プログラム委員会では色々な工夫や新しい企画を行った (現 PE 分科会でご活躍の九大・白谷正治及び阪大・浜口智の両教授もプログラム委員) .

先ず第一に会議構成については下記詳細に示したように, 広領域・分野の現状の系統的把握と将来課題の挑戦的創出を意図して新しく, 「一般分類トピックス」(G-A: 基礎プラズマ物理, G-B: 磁場閉じ込めプラズマ, G-C: 高エネルギー密度プラズマ, G-D: 宇宙・天体プラズマ, G-E: プラズマ応用, G-F: 新芽期・新動向プラズマ) と, 広い視野から学際的に議論を行うための「焦点化トピックス」(F-A から F-I まで 9 項目) の二本立てとした. 後者の中には例えば, プラズマ物理の究極課題の “Advance in Turbulence and Structure Formation Physics” や未来エネルギー開発に関わる “ITER-Driven Plasma Physics”, あるいは PE 分科会活動と関わりが極めて深く先進的な “Plasma Optics and Photonics” 及び “Bio/Nanotechnology Frontiers – Plasmas with Gas/Liquid Interfaces” 等を優先的に取り上げた.

----- Generally-Classified Topics -----

G-A Fundamental Problems of Plasma Physics

Atomic and Molecular Processes, Discharge Processes, Plasma Production and Control, Waves and Instabilities, Formation of Parallel and Perpendicular Electric Field, Nonlinear Phenomena, Collective Phenomena, Structure Formation, Plasma Flow, Vortices, Boundary Plasmas, Microparticle and Dust Plasmas, Non-neutral Plasmas, Diagnostic Methods

G-B Magnetically Confined Plasmas

Magnetic Fusion Science, Confinement and Heating, Plasma Wall Interactions, Turbulence and Transport, Structure Formation, Structural Phase Transition, Current Drive and Rotation Drive, Edge and SOL Plasmas, High Energy Particle Dynamics, MHD Phenomena, Magnetic Reconnection, High Temperature Plasma Diagnostics

G-C High Energy Density Plasmas

Laser Inertial Fusion, Strongly Coupled Plasmas, Laser Particle Acceleration, Beam Particle Acceleration, Warm and Dense Matter, High Density Condensed Matter, Photonic Crystals, Relativistic Plasmas, Radiation Hydrodynamics, Laboratory Astrophysics,

G-D Space and Astrophysical Plasmas

Magnetic Reconnection, Dynamo, Turbulence, Shocks, Acceleration, Radiation, Accretion Disks and Jets, Relativistic Plasmas, Cosmic Ray and Non-thermal Particles, Terrestrial and Planetary Magnetosphere/Ionosphere, Sun and Astrophysical Objects, Space Weather

G-E Plasma Applications

Plasma Sources, X Ray Sources, Microplasmas, Atmospheric Plasmas, Discharge Plasmas in Liquids, Thermal Plasmas, Plasma Processes for Semiconductor Applications, Plasma Processes for Surface Treatment, Material Formation and Synthesis, Nano/Bio Technologies, Environmental Technologies, Pulsed Power, Ion/electron/neutral Beams, Free Electron Laser, Extreme Ultraviolet, Laser/Plasma Welding, Plasma Propulsion, Lightning Discharge and Triggered Lightning, Plasma Diagnostics

G-F Sprouting Approaches and New Trends

Quark Gluon Plasmas, Antimatter Plasmas, Soft Matters, Ionic Plasmas, Gas-liquid Interface Plasmas, Plasmonics, Education and Outreach, Others

----- Focused Topics -----

F-A Advanced Plasma Physics in Linear Devices

F-B Advance in Turbulence and Structure Formation Physics

F-C Laboratory-Space-Astrophysical Plasma Interrelation

F-D Frontiers of Dust Plasmas

F-E ITER-Driven Plasma Physics

F-F Edge Plasma Physics and Materials Interaction

F-G Plasma Optics and Photonics

F-H Bio/Nanotechnology Frontiers — Plasmas with Gas/Liquid Interfaces

F-I Plasma Diagnostics

第二にプログラム構造に関しては一つに、プラズマ物理 50 周年を意識して初日の開会式直後の第一番目に基調講演として、上記トピックス G-A ~G-F の全てに跨る歴史啓蒙的な R. Sagdeev 氏（米国）の "Plasma physics: Evolution in 50 years and the outlook", 最終日閉会式直前に招待講演として、プラズマの基礎・応用を含む輝かしい未来をアピールする F. Wagner 氏（ドイツ）"The power of plasmas", そして中日に半世紀特別講演として、核融合科学研究の発展を概観する貴重な A. Iiyoshi（日本）の "Development of fusion science studies in the fifty years" が設定された。また二つには、課題の概観把握から狭い範囲の議論が、総合講演-招待講演-口頭発表-ポスター発表の流れで各日毎に一連に行えるように、上述の「焦点化トピックス」を柱にして「一般分類トピックス」がその相補関係を担うようにしつつ、参加申し込み研究テーマをクラスター化した。これにより、非常に広範な分野対象と膨大な講演・発表件数にも拘わらず、大変見通しの良い会議であったとの評があった。

第三に、招待講演者の選出に当たっては従来の方針をがらりと変えて、世界各国に分布している International Advisory Committee (IAC) メンバー約 50 人、過去二回の ICPP における招待講演経験者、及び 組織委員長のみならずプログラム委員全員は今回の ICPP2008 では招待講演候補者の資格が無いものとしたことである。また、招待講演候補者の推薦は、IAC メンバー及び国内外の多くの関連学会協長から募り極めて大掛かりで行い、世界 30 カ国から 310 名が推薦された。これによって、現在真に優れた研究を行っている若い研究者を含めての質の高い招待講演者の確保が可能となり、これまでのマンネリ的な選出等で過去二回の ICPP が参加者総数等において低調であった現状を打破しようとした。

結果的に、全招待講演者 48 名（内：女性 6 名）を「一般分類トピックス」別に分けると、G-A: 9 名、G-B: 15 名、G-C: 3 名、G-D: 9 名、G-E: 7 名、G-F: 4 名であった（分類に入らない基調講演者 1 名）。この中で、PE 分科会に関連が深い招待講演者とタイトルを以下に記す。

(1) P. Chabert (Plenary, フランス: Physics of

multiple-frequency capacitive discharges used for plasma processing applications

(2) U. Czametzki (Invited, ドイツ): Wave heating in helicon and flat coil neutral loop discharges

(3) S. Fujioka (Invited, 日本): Laser-produced extreme ultraviolet light source plasma for the next generation lithography application

(4) O. Sakai (Invited, 日本): Microplasma array serving as photonic crystals and plasmon chains

(5) J. F. Kolb (Invited, 米国): Nanosecond pulsed electric fields for medical applications

(6) A. Fridman (Invited, 米国): Plasma medicine

(7) T. Kaneko (Invited, 日本): Liquid-gas interfacial plasmas for formation of novel nano-bio materials

上記上から二つの講演では、充実した物理に基づいたプラズマ応用研究が展開されており好感が持たれた。次の二つは、近年の新傾向プラズマ応用研究として興味が持たれた。下の三つの講演は、近年注目の多いプラズマ応用ナノ・バイオ研究であったので他分野の研究者の聴講もあり、非常に活発な質疑応答が成されていた。

なお、プラズマ応用以外の講演で特筆すべきものも厳選して以下に示す。

(a) C. Joshi (Plenary, 米国): Surfing plasma waves: A new paradigm for particle accelerators

(b) A. Piel (Plenary, ドイツ): Plasma crystals—structure and dynamics

(c) S. I. Itoh (Plenary, 日本): Structure formation in turbulent plasmas

(d) C. Thompson (Plenary, 米国): Physics of neutron stars with super-QED magnetic fields

(e) A. Sykes (Plenary, 英国): The development of the spherical tokamak

(f) R. B. Stephens (Plenary, 米国): Energy injection for fast ignition

(g) B. Eliason (Invited, スウェーデン): Nonlinear aspects of quantum plasma physics — nanoplasmonics and nanostructures in dense plasmas

さて、参加総数は日本、米国、ドイツ、ロシア、イラン、フランス、オーストラリア、英国等 40 カ国から 737 名で、過去二回の ICPP は 200 百名台であったのでこれを遥かに超えてこれまでの最多の参加者数となった。また、発表講演数は基調講演 1 件、総合講演 9 件、招待講演 38 件(以上を押し並べて招待者として扱っている)、特別講演 1 件、口頭発表 72 件、ポスター発表 735 件の合計 855 件であり、こちらも過去圧倒的最多の発表件数を記録した。また、一般分類トピックス毎の発表件数においては G-E (プラズマ応用)が最も多くかつ本会議が大盛会でありましたことは、偏に PE 分科会皆様のご協力とご支援の賜物でございまして、心より感謝申し上げます。

さらに、本 ICPP2008 のサテライト会議として開催され、ナイトセッションを鮮やかに形成した International Workshop on Plasma Applications (主催: 九大・白谷正治教授, 9 月 9 日, 福岡国際会議場), 及び 21 世紀新奇研究領域創出を意図した International Interdisciplinary-Symposium on Gaseous and Liquid Plasmas (組織委員長: 東北大・畠山力三, 9 月 5-6 日, 仙台市) も盛会裡に終えましたことも、皆様のお蔭様でありますことは申し上げるまでもございません。

最後に、次回の ICPP2010 は南米のチリで開催予定でありますことを申し添えます。



ICPP2008 福岡国際会議場の入り口

APCPST-9/SPSM-21 報告

日本学術振興会 プラズマ材料科学第 153 委員会・名古屋大学

高井 治

APCPST-9 (9th Asia-Pacific Conference on Plasma Science and Technology) / SPSM-21 (21st Symposium on Plasma Science for Materials) は、2008年10月8日 (水) - 10日 (土) に、中国黄山市・黄山国際ホテル・国際会議センターにて開催された。

中国のASIPP (Institute of Plasma Physics, Chinese Academy of Sciences) と CATAM (The Chinese Society of Theoretical and Applied Mechanics) の主催により、ASIPPのChengkang Wu教授が組織委員長を務めた (<http://210.73.18.17/>)。日本では、日本学術振興会・プラズマ材料科学第153委員会が担当している。

APCPSTは、2年ごとに中国、韓国、日本、オーストラリアで開催され、SPSMは毎年、第153委員会の主催で開催している。最近では、SPSMはAPCPSTとあわせ開催されている。

本会議の対象は広く、熱プラズマから非平衡プラズマまで、材料科学分野への応用も含め、プラズマ科学技術の全般を対象としている。

今回の主なトピックスは下記の通りである。また、プログラム等は、上記のウェブサイトに掲載されている。

- * Thermal plasmas and applications
- * Low pressure discharges: theory, diagnostics and mechanisms
- * Atmospheric pressure cold plasmas
- * Solution plasmas
- * Fusion plasmas and electron beams
- * Plasmas and materials
- * Etching and sheath

参加者は、17か国から251名であった。国別の参加者数は、中国 162, 日本 42, 韓国 19, カナダ 5, 台湾 3, オーストラリア 3, アメリカ合衆国 3, フランス 2, イギリス 2, ロシア 2, ルーマニア 2, インド 1, チェコ 1, アイルランド 1, スペイン 1, ドイツ 1, セルビア 1である。また、発表件数は、プレナリー講演6件, 招待講演22件, 口頭発表28件, ポスター発表229件 (実際は162件発表) である。

中国開催のこともあり、中国からの参加者が増え、その研究成果も過去の会議と比べ向上していた。

1992年7月22日—25日に中国・南京市にて最初のAPCPSTが開催された。この後のエクスカージョンが黄山であり、当時、黄山市は屯溪と古い名称で呼ばれていた。現在の黄山市は16年前とは一変し、ビルの多く建つ近代的な町に変身していた。中国のプラズマ研究も、この黄山市と同じような状況にたとえられる。明の時代の町を再建

した個所のみは今も同じであり，古い景観が観光客を呼んでいる．黄山自身は，変わることなく水墨画の世界を残していた．

なお，今回の会議のプロシーディングスは，Thin Solid Filmsにて発刊予定である．次回のAPCPST-10/SPSM-23は，韓国の釜山で2010年に開催される．また，SPSM-22は，東京大学山上会館にて2009年6月15日（月），16日（火）に開催予定である．両会議への皆様方の御参加をお願いする．



写真1 会議場風景



写真2 開会式風景



写真3 会場風景



写真4 宴会風景



写真5 西逋村の牌坊
(エクスカーション)



写真6 黄山風景
(エクスカーション)

第 11 回プラズマ表面工学国際会議(PSE2008)報告

長崎大学 藤山 寛

標記国際会議が 2008 年 9 月 15-19 日に南ドイツのガルミッシュパルテンキルヘンにて開催された。本会議は 1988 年にガルミッシュパルテンキルヘン国際会議場で第 1 回が始まり、以来 2 年おきに同会議場で開催され、今回が 11 回目となる。ドイツの鉄鋼・金属関連学会が母体となって始められたため、主に金属の窒化やハードコーティングを目的としたプラズマやイオンによる表面処理・コーティングが主なトピックスであったが、20 年を経て、随分と主題が変わった。今回も太陽電池や有機・バイオ応用などに関する発表が増えている。参加者も 600 名を越える大会議となり、今や本会議の売り物となった感のある大規模な併設展示会はますます充実してきている。

European Joint Committee on Plasma and Ion Surface Engineering (EJC/PISE)が組織委員会となり、9 プレーナリー講演、3 パラレルオーラルセッション、4 ポスターセッションが、月曜から金曜午前までびっしりスケジュールされているばかりか、前日の日曜には「プラズマ表面工学の基礎と動向」と「プラズマ表面工学ヨーロッパ特許」の 2 チュートリアルがフルに 1 日パラレルで開催されている。さらに会期中にも「反応性スパッタの実際」に関する講義が 1 日中開催され、参加者の様々なレベルとニーズに対応した細かいプログラムを提供している。見事なアレンジと言えよう。

ここで、ヨーロッパのプラズマ応用に関するトレンドを理解するために、少し細くなるが、プレーナリー講演とセッションテーマについて紹介しよう。プレーナリー講演は以下の 9 件である。

「薄膜太陽電池」、「プラズマプロセスのその場分析」、「ハードコーティング」、「プラズマ表面相互作用：分子動力学とビーム」、「パルスマグネトロンスパッタリング」、「表面工学のためのマイクロプラズマ源（京大橘邦英教授による）」、「大電力パルスマグネトロンによる電離 PVD」、「低温プラズ

マ材料処理：低気圧と大気圧プラズマプロセスの比較」。いずれも興味深いトピックスのテーマが選ばれており、基礎から応用まで幅広く網羅されていると感じた。

セッションテーマは以下の通り。「膜成長と構造」、「太陽電池用コーティング」、「バイオ医療応用のための薄膜 I・II」、「耐磨耗コーティング I・II」、「プラズマ表面相互作用」、「プラズマ源」、「プラズマ支援拡散」、「PVD」、「ポリマーのプラズマ処理」、「カーボンベースコーティング」、「大気圧プラズマ CVD」、「大電力パルスマグネトロン I・II」、「耐磨耗ナノコンポジット材料」、「低気圧 CVD」、「膜特性」、「プラズマ特性」、「保護バリアコーティング」、「光学コーティング」、「プラズマモデリング」、「プラズマ重合」、「電気磁気応用のための薄膜」、「ナノ粒子」、「ナノコンポジットの成長と構造」。これらのテーマを見るだけでこの会議の特徴が見て取れるが、なかでも大電力パルス PVD による保護バリアコーティングなどの機械的応用、太陽電池や燃料電池などのエコエネルギーへの応用、バイオ医療への応用に関する興味深い発表が増えてきている。

2010 年にパリで反応性プラズマ国際会議(ICRP)と GEC の合同会議を開催する計画があるが、同年 9 月 13-17 日に第 12 回の PSE2010 も予定されている。もしも将来、3 会議がジョイントされれば、基礎から最新の応用までを網羅したプラズマ科学に関する素晴らしい国際会議となるのだが、参加者はどの講演を聴くべきか迷って必ずやストレスを溜め込むことになるだろう。

PE 分科会の会員諸兄には PSE に一度は参加して、講演と展示、それにバイエルン地方の料理と雪に覆われたツークシュピーツェ山の絶景を味わって欲しい。ただし、残念なことに 2010 年の同じ日程で応用物理学会秋季学術講演会が長崎大学で開催されるので、どうぞ 2012 年の PSE へ！

19th ESCAMPIG 参加報告

名古屋大学プラズマナノ工学研究センター 佐々木浩一

2008 年 7 月 15 日～19 日にスペイン・グラナダ市で開催された第 19 回 ESCAMPIG に参加したので、会議の印象などについて報告する。

ESCAMPIG の正式名称は Europhysics Conference on the Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases であり、2 年に一度の頻度でヨーロッパ内において開催されている。同じく 2 年に一度の開催頻度の ICPG (International Conference on Phenomena in Ionized Gases) と ESCAMPIG は互い違いの年に開催されており、相補的な関係にあると言える。ESCAMPIG の参加者のほとんどはロシアを含むヨーロッパ圏の研究者であり、日本と米国からも比較的少数の参加者がある。2002 年に本分科会が運営する ICRP (International Conference on Reactive Plasmas) と ESCAMPIG の合同会議がフランス・グルノーブル市で開催されたことは比較的記憶に新しい。

会議名が示すとおり、低温プラズマ中の基礎過程に関する研究が ESCAMPIG の中心トピックである。ESCAMPIG で発表される研究は、米国の国際会議としては基礎的部類に属する GEC (Gaseous Electronics Conference) と比較してもさらに基礎的であり、日本や米国の研究者から見ると「地味な」研究が多いとの印象を受ける。しかし、ひとつの基礎的テーマを長年にわたって徹底的に研究するヨーロッパの研究スタイルは、時として質の高い重要な研究成果を生み出す。今回の ESCAMPIG でも見習うべき研究が数多く見受けられた。私的には、1 年以上前の実験で得たプラズマ発光スペクトルに半ば強引な解釈をつけて今回の ESCAMPIG で発表したところ、2 名の参加者から解釈の誤りを指摘され、正しい解釈を教えられたのが極めて印象的であった。国内の学会でも多くの研究者と同じ問題を議論してきたが、どなたからも同様の指摘がなかったことから、ヨーロッパの研究者の底力を改めて感じた次第である。

ESCAMPIG では、口頭発表のほとんどが招待講演 (General Lectures, Topical Lectures, Workshop Lectures) である。招待講演に選ばれたトピックには、プラズマ分光、線スペクトル広がり、ボルツマン方程式、絶縁破壊などの伝統的テーマが多いが、それらに交じって、プラズマ支援燃焼、カーボンナノチューブ、ダイヤモンド CVD、プラズマ推進などの応用サイドのテーマも採択されている。ESCAMPIG の運営方針に関して筆者は確かなことを言える立場にないが、応用サイドの研究テーマの話聞いて基礎的観点からの研究課題を見極めようとする姿勢があるように感じられた。Workshop のテーマの一つはプラズマ薄膜堆積における活性粒子診断であり、ここにも基礎と応用の接点を求める姿勢が見られた。

一方、一般講演のほとんどはポスター形式での発表となり、ごく僅かの一般講演が Hot Topics に選ばれて口頭発表された。投稿された一般講演の査読および Hot Topics の選出審査は厳格に行われているものと推察された。すべてのアブストラクト原稿 (A4 で 2 ページ) に対して概要評価と修正必要事項の指摘がなされ、査読プロセスをクリアした論文のみがアブストラクト集に収録されるとともに発表を許されたようである。このような厳密な査読プロセスは最近のプラズマ分野の国際会議では比較的珍しく、印象的であった。

冒頭でも述べたように、ESCAMPIG は ICRP と合同開催されたことがあり、かつては本分科会と関係の深い国際会議であった。しかし、最近是我が国 (特に本分科会会員) からの参加者が減少傾向にあり、今回の ESCAMPIG では我が国からの招待講演は Workshop における 1 件のみであったことは残念であった。次回の ESCAMPIG はセルビアのベオグラード市において 2010 年に開催される予定である。多くの会員が再び ESCAMPIG に注目されることを願って筆をおく。

第 35 回プラズマ科学国際会議 ICOPS2008 報告

熊本大学 勝木 淳

35 回目となるプラズマ科学国際会議 (ICOPS2008) が、6 月 15 日からの 5 日間ドイツ中西部に位置するカールスルーエ市のコンベンションセンターで開催された。北米以外で開催されるのは 2003 年の韓国済州島以来 2 回目である。カールスルーエ中央研究所 (FZK)、カールスルーエ大学およびカールスルーエ技術研究所 (KIT) の主催である。KIT は FZK と大学によって共同設立された研究機関でドイツのモデルケースである。カールスルーエの町並みは、石作りの建物が整然と建ち並び、初夏の緑鮮やかな街路樹と相まって非常に美しい。路面電車が市街地を縦横無尽に走っていてどこへ行くにも便利である。幸い 5 日間とも天候に恵まれ、筆者は同行した雀氏とともにホテルから会場までの 2 キロほどの道のりを毎日心地よく往復した。会場は広々として開放感に満ち溢れ心地よかった。発表件数 619 の内訳は、欧州 287、北米 157、アジア 155、アフリカや南米から 20 件である。トピックは、プラズマ物理、マイクロ波プラズマ、荷電粒子ビーム、高エネルギー密度プラズマ、プラズマ応用、プラズマ計測、パルスパワーその他である。筆者が主に聴講したプラズマ応用、特にバイオ・医療応用のセッションはいつも満席で時には立ち見が出るほどで、この分野はここ数年発表件数が急速に増加している。欧米では臨床試験段階の応用もあり、動きの速さと臨床試験までのプロセスの違いを感じた。プレナリーでは、ITER、宇宙物理、X 線自由電子レーザー、レーザー核融合、プラズマ応用に加え、熊大秋山教授による衝撃エネルギーのグローバル COE の紹介があった。会期中に FZK の見学ツアーが行われ、筆者が見学した核燃料処理施設では放射線管理区域内を案内するなど、主催側の意気込みを感じた。ソーシャルイベントも盛り沢山に催された。ただ、市庁舎で行われたレセプションでは、市長が延々とドイツ語で市の宣伝をされた

(らしい) のには時差ぼけも相まって少々参った。バンケットはシュヴェッツィンゲン古城を貸し切って行われた。シュヴェッツィンゲンは古城街道にあるクラシック音楽ファンには知られた街である。クラシック演奏の出向かえと広々としたフランス式の庭園、それに古城の一室でとったディナーに少しだけ貴族気分を味わった。会議は偶然にもサッカーのヨーロッパ選手権大会の決勝トーナメントの終盤と重なった。ドイツは国際大会では当たり前のように上位に食い込む。今回も決勝トーナメントを順調に勝ち上がったが、決勝戦でスペインに 1 - 0 で敗れた。他国開催であったため、試合時間が近くなると、老若男女多くのサッカーファンがドイツナショナルチームのユニフォームを纏いスポーツバーやカフェに集った。ビアグラスを片手にモニターに映った選手のプレーに一喜一憂して、街中大変な賑わいであった。筆者もその中に紛れ込んで、年甲斐もなくプチドイツファンを演じてきた。とてもいい思い出になった。次回第 36 回 ICOPS は第 23 回核融合工学国際シンポジウム(SOFE)と共同開催で 2009 年 5 月 31 日から米国に戻ってサンディエゴで開催される。



会場のカールスルーエ市国際会議場

The 9th Asia-Pacific Conference on Plasma Science and Technology & The 21st Symposium on Plasma Science for Materials 報告

京都大学 白藤 立

2008 年 10 月 8 日～11 日に、中国黄山 (Huangshan, China) にて、第 9 回アジア・太平洋プラズマ科学技術国際会議 (APCPST-9) と第 21 回プラズマ材料科学シンポジウム (SPSM-21) が開催された。APCPST は日本、韓国、中国、オーストラリア、ロシア、米国などの環太平洋諸国からの研究者・技術者が参加する隔年開催の国際会議であり、日本学術振興会プラズマ材料科学第 153 委員会が毎年開催する SPSM と合同で開催している。本会議は、低温から高温、低圧から高圧に至るプラズマ科学の基礎から応用までを網羅した国際会議となっている。

今回を含めて 3 回目となる中国での開催 (第 1 回 1992 年/南京, 第 5 回 2000 年/大連) は、組織委員長の Chengkang Wu 先生のもと、中国力学学会、中国科学院 等離子体物理研究所が中心となって実施された。APCPST の副委員長と SPSM の委員長は、名古屋大の高井治先生が務めた。プログラム委員長は、清華大学の Yikang Pu 先生が務め、その副委員長と SPSM としてのプログラム委員長

は東京工業大学の渡辺隆行先生が務めた。

初日の基調講演では、米国 UC Berkeley の M. A. Lieberman 先生が Recent Progress in the Physics of Capacitive Discharges と題して、2 つ以上の複数の周波数で同時にドライブされる容量結合型プラズマ中における電子密度やイオンのエネルギー制御とそれがエッチングを中心とするプロセス結果に与える影響を review した。引き続き、日本からの基調講演として、東京大学の吉田豊信先生が Toward A New Era of Plasma Spray Process と題して、低圧プラズマと熱プラズマの中間圧力領域が持つ特質に注目したメゾプラズマによるシリコンの低温・高速エピタキシーと X 線を用いた粒径のその場診断を報告した。

二日目の基調講演では、韓国 KAIST の W. Choe 先生が Atmospheric Pressure Glow Discharge Plasmas: From Fundamentals to Applications と題して、大気圧グロー放電の基礎と応用を講演した。続いて、英国 Loughborough 大学の M. Kong 先生が、Cold Atmospheric Plasmas and Their Applications to Hospital Decontamination と題して、プラズマ滅菌・殺菌を概観するとともに、そこで使用した低温大気圧プラズマのモデリング&シミュレーションの結果から、基底状態の酸素原子が滅菌等の主な担い手であると報告した。

三日目の基調講演では、豪州 ANU の C. Charles 先生が Recent Development of The Helicon Double Layer Thruster と題して、ヘリコンプラズマのスラスタとしての可能性を論じ、中国科学院の J. Fan 先生が Vapor Particle Transport in Electron Beam Physical Vapor Deposition と題して、EB 蒸着のモンテカルロシミュレーションを紹介した。

以下では、小職が個人的に興味を持った講演に



APCPST-9 口頭発表会場の様子

ついて報告する。これまで半導体プロセスが中心であったプラズマ応用分野が、社会的要請も相まって、環境・エネルギー・医療・バイオにシフトしているが、本 APCPST/SPSM ではどうだろうか。

熱プラズマのジェットを生業とされている方々は、従来から除害処理に適用してきているが、今回かなり多いという印象を持ったのが、大気圧の低温プラズマを用いたガスの処理であった。中国からの投稿が多かったが、これは本会議での中国人の割合が多かったためでもある。ただ、実際のポスターの現場では（特に最終日がポスターセッションのみに設定されていたため）、貼っていないものが目立ったのが残念であった。環境応用の件数が多かったのに対し、医療応用については、M. Kong 先生の講演を除くと殆ど無かった。

豪州の Boswell 等は、燃料電池のプロトン透過メンブレンをプラズマで成膜する取り組みをしている。将来構想としては、燃料電池基本ユニットを全てプラズマプロセスで創るという夢を紹介していた。極めて安易な発想ではあるが、半導体業界で培われたポーラス膜成膜技術が、こうした環境・エネルギーの分野で活躍できるのではと思われる。

日本での研究活動が活発化している液体が関与するプラズマについても、今回 Solution Plasmas etc. としてセッションが設けられた。残念ながら、パラレルセッションの座長を仰せつかったため、聴くことができなかったが、日本から名古屋大学の高井先生、石島達夫先生、S. Potocky さん、東北大学の金子俊郎先生が、日本における液体関連プラズマのアクティビティを紹介した。ポスターセッションでも Solution Plasmas のテーマが設けられたが、殆ど日本人ばかりなのが残念であった。

なお、本会では、前術のポスター発表のキャンセルに加えて、口頭発表のキャンセルが多かったのが残念だった。小職が座長担当となったセッションでは、5 件の発表の内、当初のプログラム通りに発表したのは 2 件だけであったのには困った。高井治先生が急遽バイオメディックのレクチャーを実施するとともに、ポスター講演者が口頭発表にまわる等の対策が取られた。

会后、2008 年 11 月 5 日に日本側の実施母胎である 153 委員会にて、本会の参加数等が報告された。参加国数 17 ヶ国、参加者総数 251 名（内、日本から 45 名強）とのことであった。会場の写真を示したが、ほとんどが中国人で占められていた。また、発表件数としては、招待講演 22 件、口頭発表 28 件、ポスター発表 229 件（キャンセル多数のため実数は 162 件）と報告された。実数を反映していないかもしれないが、参考までに、プログラムから読みとることのできる分野別統計を表に示した。

多少課題を残した会議ではあったが、バンケットの席では、各国代表がアカペラで持ち歌を歌うなどが披露され、研究者・技術者の国際的な親睦が深まったことは確かだと思う。日本からは、名古屋大学の井上泰志先生が、中国語の歌を披露し、驚きとともに、絶賛された。

最後に、本会では、アブストラクト集に加えて、優秀な論文を、Thin Solid Films の特集号として出版する予定となっている。現在、渡辺隆行先生、Yikang Pu 先生が委員長を務める編集委員会のもとで、投稿された論文の査読作業が進められており、2009 年の夏頃に出版される予定である。

なお、次の APCPST-10/SPSM-23 は、2010 年 7 月に韓国の済州島にて開催される予定である。

Topics	Oral	Poster	合計
Thermal Plasmas	10	35	45
Solution Plasmas	4	10	14
High Pressure Cold Plasmas	4	48	52
Low Pressure Discharges	15	48	63
Plasma and Materials	5	79	84
Several Important Topics 溶接, 断面積, 排ガス処理, 大気圧放電, プロトン透過膜, 生体適合膜	7	0	7
Etching and Sheath, etc.	5	0	5
Fusion Plasmas, Electron Beam, etc.	0	7	7
合計	50	227	277

フロンティアプロセス研究会 2008 開催報告

東北大学 寒川誠二

毎年夏に開催されるフロンティアプロセス研究会が今年も 2008/8/22～8/23 の 2 日間、産業技術総合研究所にて開催された。参加者は例年通り 50 名を超え、企業、大学、研究機関から幅広い分野の聴講者が集まった。本研究会では 7 名の講師により、MEMS 技術の新たな展開と LSI との融合および産業化に関する活発な議論がなされた。また、懇親会も例年通り盛り上がり、新たな連携も生まれたようである。以下に講演内容に関してまとめた。

1) センサ/MEMS・IC 融合によるスマートマイクロチップ

(豊橋科学技術大学・石田誠)

豊橋科学技術大学におけるインテリジェントヒューマンセンシングについて紹介された。標準 CMOS-LSI 技術と機能素子材料技術、各種センサ・MEMS 技術の有機的な融合により、多種多様な独創的なスマートマイクロチップを提案、実証していることが紹介された。

2) LSI メーカーから見た MEMS 技術への期待と課題

(東芝・柴田英毅)

LSI メーカーである東芝が MEMS 市場への参入戦略について紹介された。東芝は CMOS-LSI の最先端を切り開いてきたが、微細化・高集積化の限界や投資額の爆発的な増大により、他の素子との融合による新しい付加価値の創出が必要であると判断し MEMS 市場への参入を行っている。MEMS 市場の中でも携帯機器分野、自動車分野、医療分野へ戦略を持って参集することが紹介された。

3) 先端 MEMS・NEMS プロセスの今後の展開 (東北大学・小野崇人)

MEMS の機能・構造と LSI の融合により様々なデバイスが形成できることが紹介された。特に低

温接合技術や MEMS アレイ、ナノ構造集積技術の発展により今まで不可能であった高機能なデバイスが実現できることが紹介された。

4) MEMS 流体デバイスにおける非シリコン・非表面プロセス

(産業技術総合研究所・松本壮平)

ガスクロマトグラフィチップやインスリン注入用ポンプなどの MEMS 流体デバイスについて紹介された。流路の作成プロセス(シリコン・非シリコン材料)や接合・張り合わせ技術など具体的な 3 次元構造デバイス作製プロセスが紹介された。

5) 有機色素太陽電池

(九州工業大学・早瀬修二)

高効率変換が期待できる色素増感太陽電池の原理、最新の開発状況について紹介された。今後の更なる高効率化、大面積化、高耐久性化に向けて、デバイス作製技術、特に封止技術の重要性が強調された。

6) 繊維状基材連続微細加工・集積化プロセス技術の開発に向けて

(産業技術総合研究所・伊藤寿浩)

繊維状の材料上にデバイスを作成することにより、従来のマイクロデバイス製造の課題を克服し、大面積フレキシブルデバイスへの展開を目的とした繊維状デバイスの最新研究について紹介された。石英ファイバへのポリシリコン TFT 形成や圧電 MEMS などの応用が具体的に紹介された。

7) MEMS/ビジネスとしての生産性の追及

(アンカー・ビジネス・システムズ・永田隆一)

半導体市場アナリストの立場から、ビジネスとしての MEMS 技術についての分析が議論された。市場参入や競合の見極め、特許戦略の重要性などが紹介された。

現在、LSI・メモリなどの半導体市場の先行き不透明感により、デバイスメーカ各社は新しい付加価値の創出が必要であることを痛切に感じている。その一つの候補として LSI/MEMS 融合があるが、これまで独自の文化で育ってきた両産業が融合するのはきわめて難しい。本研究会では、これらのデバイスに必要となるプロセスや先端研究に関して整理し、今後の動向に関して議論することを目的に企画したが、タイミングがよい企画であったため、議論が大変活発になった。特に重要なポイントとして明らかになったのは、機械的な動作を行う MEMS デバイスと電氣的な動作を行う LSI デバイスを融合するためには、プロセス損傷およびデバイス信頼性の基準の共有が必要不可欠であるということである。つまり、「低損傷・高信頼性プロセス技術および解析技術」という基盤技術（プラットフォーム）を学術的にも産業的にも掘り下げることこそがきわめて重要であることが認識された。そのような点で、まさにその部分に焦点を絞ったフロンティアプロセス研究会の意味は益々大きなものとなってきている。

最後に、今回も現地実行委員をお引き受けいただきました産業技術総合研究所・ナノテクノロジー研究部門・山崎聡氏、プログラムに関して議論いただいた、大阪大学・浜口智志氏、広島大学・宮崎誠一氏、九州大学・白谷正治氏に心より感謝いたします。

国内会議報告

平成20年 秋季 第69回応用物理学会学術講演会 「パルスプラズマが拓く新しい技術～プロセスから環境・バイオまで」報告 京都大学 江利口浩二、パナソニック(株) 奥村智洋

プラズマを記述する主要な物理量としては、密度や温度があり、“プラズマを応用する視点”に立てば、それら物理量を最適化・安定化・制御することが重要である。パルスプラズマ技術は、プラズマを記述する物理量を空間的・時間的平均（定常状態）として考えるだけではなく、各物理量の時間的変化（非定常的な過渡応答）の違い、つまり“陽”に現れない過渡応答係数の違いも積極的に利用するものである。パルスプラズマの生成・反応メカニズムの理解を深めるとともに、その応用例を幅広く概観すること目的とし、本シンポジウムを企画した。各応用分野で活躍されている先生方に、大気圧パルス放電、パルスプロセスプラズマなどのメカニズムから様々な応用例について講演いただき、その課題を参加者とともに概観・共有した。参加者はおよそ 130 名程度であった。

東京大学の寺嶋和夫先生によるプラズマエレクトロニクス賞受賞記念講演“超臨界流体プラズマ”につづき、江利口がイントロダクトリートをを行った。その後、7名の講演者から、基礎から応用について、興味深い話題が示された。

まず、東京工業大学の石井彰三先生から、ステンレスノズルと金属メッシュ間に生じる3つの異なる形態のパルス放電（DCグロー放電、矩形パルスによるグロー放電、DC正コロナ放電）について報告があった。矩形パルスの発生において、ひとつのパルスを非線形伝送回路に入力することで多数のパルス列を発生させる方法を用いたこと、また、絶縁破壊を通したアーク放電では、電極表面の平滑性や、短いパルス幅（ $< 60\text{ns}$ ）が重要であり、それらパラメータがアーク放電安定性を決定していることなどが報告された。さらに、正コロナにおいては電流と発光が同期していることやガス流最適化の重要性などが報告された。参加者からは、アークへの移行を抑制するために電極表面

粗さをどれくらいまで小さくする必要があるか、ステンレスノズルの直径はどこまで太くできるのか、といった質問がなされた。

次いで、首都大学東京の柄久保文嘉先生より、大気圧パルス放電現象に関する理論、シミュレーション及びNO除去への応用について報告された。気体が絶縁破壊に至る現象を記述する理論としてストリーマ放電理論（Meekの理論）とグロー放電理論（Townsendの理論）が解説された。パルス放電においてとくに重要なストリーマにおけるフィラメントの進展が、電子なだれの発生→ストリーマの生成→放電路の完成というステップで起きること、また、ストリーマには1次ストリーマと2次ストリーマがあり、2次ストリーマは電子とイオンのドリフト速度の違いから生じる電荷分離に起因する電界の歪みによって生成され陽極へ向かうこと、2次ストリーマの方がラジカルは多く発生するものの電力効率は悪いこと、プラズマ界面でのラジカル発生がパルス放電機構を決定することなどが示された。会場からは、電力効率へのパルス幅の影響や、基材温度上昇への要因ごとの寄与割合などに関する質問がなされた。

熊本大学の勝木淳先生からは、パルス高電界のバイオ応用に関して、とくに細胞へのストレス刺激について報告がなされた。真核細胞を単純化したモデルにおいて電界シミュレーションを実施することにより、印加電界の周波数を高めるに従い細胞内に強い電界を作用させることが可能なこと、逆に、周波数を低くすることで、細胞膜のみに電界を与えて細胞内部を刺激することなく細胞膜を破壊できることなど、細胞を擬似的に“誘電体”として捉えたコンセプトに基づいたユニークな研究内容が示された。高周波の応用例としてタンパク質やDNAの変性、がん細胞のアポトーシス誘導が、また、低周波の応用例として細胞内部の物質を細胞外部へ取り出す方法など、バイオ・医療分

野への応用例が紹介された。高周波電界が DNA 単体と細胞内 DNA へ与える影響の違いや、パルス電界のエネルギー密度などに関する質問があった。

次に、岩手大学の高木浩一先生より、種々のパルス電源を用いた大気圧プラズマの生成と応用についての報告があった。LC 回路とスイッチング回路からなるパルス電源を用いて、放電形態を制御する話があった。パルスプラズマの制御を高度化するため、5kV 以下の 1 次電源電圧で 100kV 程度の 2 次駆動電圧を発生させる技術、グロー転移を抑制できるようファーストリカバリーダイオードを用いてパルスの立下り波形を急峻にする技術など、種々のパルス電源に関する技術が紹介された。また、環境分野への応用例として、NO 除去に関して、グロー放電と比較して、短パルスを用いたコロナ放電の電力効率が優れていることが示された。パルスパワー技術のバイオ分野への応用例としては、椎茸、なめこ、靈芝などのきのこ類の生育を電圧印加などで促進する実験についての紹介があった。参加者からは、きのこ類への電力供給の方法や、電源に用いるダイオード素子の効率などについて質問がなされた。

神戸製鋼の玉垣浩氏からは、ハイパワーパルススパッタ (HPPS) によるスパッタ粒子のイオン化を利用した成膜技術について報告があった。実効ピーク電力を $1\text{kW}/\text{cm}^2$ にまで高めることで高イオン化率を実現する方法が紹介され、Ti イオンの発光測定の結果が示された。HPPS 法によれば、真空アーク法におけるドロップレットの発生、ホローカソードマグネトロン法における材料利用効率の低減などの従来方法の欠点を克服できること、また、パルスのデューティー比が 1% 程度であれば平均投入電力は実用的なものであることなどが説明された。また、成膜速度が 30% 程度低下するという課題についての議論もあった。圧力を高めてイオン全体に占める Ar+イオンの割合が増した場合にどうなるか、ハードコーティングの前処理としての有効性、などの議論があった。

次いで、東北大学の寒川誠二先生より、パルス時間変調プラズマを用いた超低損傷微細加工プロセスについて報告された。半導体製造工程としてのプラズマプロセスにおいて問題となっている電荷蓄積によるゲート絶縁膜破壊と紫外線照射によ

る欠陥・界面準位生成を抑制するため、数十 μsec で投入電力を ON/OFF する技術について紹介された。OFF 期間に電子密度の急速な低下と電子付着による負イオン密度の急激な上昇が起きるため、基板バイアスに低周波電力を用いることで正負イオンによるエッチングが生じ、電荷蓄積の抑制が図れることが示された。負イオン効果の理解が今後重要であることが議論された。また、紫外線強度は電子エネルギーと同程度の時定数で減衰するため、OFF 期間での照射ダメージ抑制が可能ながことが述べられ、その応用例としての CCD 素子の特性劣化低減の事例が示された。さらに、パルス時間変調により、中性粒子ビーム技術において中性粒子ビーム生成の効率が向上することが紹介された。紫外線の進入深さや低周波バイアス電力との同期、中性粒子が本来持っている運動エネルギーによるダメージ、などに関する質問がなされた。

最後に総括として、九州大学の白谷正治先生から、パルスプラズマを活かすには、反応性プラズマにおける種々の時定数の差をうまく利用することが重要であることが述べられ、基板温度低減、ダスト発生低減をはじめ、パルスプラズマ活用の有効性、将来性が強調された。

今回のシンポジウムのテーマであるパルス制御は、先にも書いたように。これまでも度々議論されている内容である。また、製造プロセス、環境、バイオをはじめとするいろいろな場でも実用化されている技術である。本シンポジウムにおいて、新しい展開テーマも含め、パルス制御の基礎、原理、応用、長所・短所などを講演者とともに、再認識することができた。参加者にはプラズマ応用技術の気づかなかった生活に密着した活躍の場を認識してもらえた、と信じている。

しかしながら一方で、プラズマに携わってきた研究者にとっても、パルス放電、ストリーマなど、基礎的な理解はまだまだ不十分であることが再認識された場であったと思われる。プラズマを応用し使いこなす、という立場だけでなく、プラズマ諸現象の物理を解明する、という立場の参加者にとっても本シンポジウムがおのこの研究の方向付けの場となる機会となったのであれば、企画者として幸いである。

「合同セッションD」報告**名古屋大学 豊田浩孝**

合同セッションDはプラズマエレクトロニクス分科「1. 4プラズマ応用プロセス」、薄膜・表面分科の「6. 2カーボン系薄膜」および非晶質・微結晶分科の「14.2プロセス技術」の共同企画であり、それぞれの分科の研究成果に関する情報を交換し合い、違った視点から議論を交わすことのできる場となっている。今回の合同セッションは講演会最終日(5日)午前に開催された。

セッションの前半は、Si系プラズマCVDに関連する8件の講演があった。名古屋大学から高密度SiH₄プラズマを用いたSi製膜におけるガス導入口-基板間距離に対する膜質の変化と、質量分析器を用いたSiH₄およびSi₂H₆分子の空間分布測定結果についての報告があり、ガス導入位置から数cmで急激にSiH₄密度の減少が起こるとともに、Si₂H₆の増加が見られるとの報告があった。九州大学からはマルチホロープラズマCVD法によるa-Si:H膜堆積に関する発表及びホロー内のプラズマ計測結果について2件の報告がなされた。本研究は、高速ガス流により微粒子を下流側に流すとともに、ガス流上流側へのラジカル拡散により、ガス流上流側での高品質Si膜堆積を実証しており、今回は低圧力においてガス流の上流側における製膜速度の変化に関する結果を報告していた。名古屋大学からは真空紫外レーザー吸収分光法によるH₂/SiH₄プラズマ中のH原子測定結果について報告があった。H原子はμc-Si製膜において重要な粒子種であり今後の研究の発展が期待される。大阪大学からは大気圧環境下におけるSiおよびSiO₂製膜について3件の報告があった。ひとつは150MHz VHFと多孔質カーボン電極を用いた大気圧プラズマCVDによるμc-Si膜堆積であり、基板温度50℃程度でもインキュベーション層なくSiO₂基板界面から結晶性の好い膜が形成されていることについて報告があった。その他にも大気圧プラズマ化学輸送法を用いたSi製膜時における気相

粒子種の、回転電極を用いたSiO₂の常温・高速形成について報告がなされた。産総研からはマイクロ波プラズマを用いたファイバー上へのSi高速堆積について、膜厚方向に対する結晶性変化とプラズマアニール効果について報告があった。

セッションの後半はBNおよびカーボン軽薄膜のCVDに関する7件の講演があった。まず九州大学からフッ化物を原料とするICP-CVD法におけるBNの初期成長について、イオン衝撃エネルギーの及ぼす影響について述べていた。また物材機構のグループからはp型BNの形成に成功するとともにこれを用いたp-BN/Siヘテロ結合による光起電力効果について報告があった。本研究はBNのワイドバンドギャップによる新しい太陽電池材料として期待される。また同グループからはレーザー支援プラズマCVD法によるnH-BN形成において製膜条件を変えることにより、これまで(n=6)にない長周期構造(n=10, 12)のnH-BN膜形成に成功したとの報告もあった。九州大学からは基板前面にメッシュを配置しラジカル-イオンフラックスを制御することによってトレンチ内の膜厚分布を制御する試みについて、カーボン膜を例とした報告があった。産総研からはマイクロ波プラズマCVDによるダイヤモンド合成において、製膜速度面内均一性の向上を目的としたプラズマ密度分布のシミュレーションと分布最適化の指針の検討について報告があった。簡便なモデルで結果がよく説明されており興味深い。最後に横浜国大のグループから熱フィラメントCVDによるCNT/CNW複合材料およびCNT中にバルーン状の構造が加わった新しいCNT/球状カーボン複合材料に関する報告があった。

最後に本合同セッションDは長年継続されてきたが、一定の役割を果たしたものと考え今回を持って本合同セッションを一旦休止することとした。これまで本セッションに御投稿いただいた多数の方々には厚く御礼申し上げます。

合同セッション F「カーボンナノチューブの基礎と応用」報告**武蔵工業大学 平田 孝道**

去る平成 20 年 9 月 2 日～5 日に、中部大学 春日井キャンパス(愛知県春日井市松本町 1200)で開催された第 69 回応用物理学会学術講演会において、合同セッション F「カーボンナノチューブの基礎と応用」が開催された。本合同セッションは5分科の合同企画として 2003 年春季講演会から実施され、毎回100件前後の講演がある。今回もその諸特性の解明及び応用に関する研究が盛んに行われている。

今回の発表件数は、87 件(講演取り消しも含む)であり、傍聴者も連日 100 名前後であった。内容の分類は以下の通りである。● 合成・成長・配向 19 件(合成には、プラズマ・熱 CVD 法、レーザーアブレーション法、アーク放電法等、並びに形成機構解明を含む。)、● ナノカーボン類(ナノコイル・ナノウォール・アークスート):10 件、● 複合構造:3 件、● 分離・分散・修飾:3 件、● 機械的・光学的・磁性的物性評価:11 件、電界放出特性:6 件、SEM/AFM/TEM 観察:2 件、CNT-FET:7 件、バイオデバイス(センサ):4 件、グラフェン関連:10 件、その他:12 件。

CNT の水平配向成長について、サファイア基板(九大)、水晶基板(理研、阪大)を用いた講演があり、サファイア基板上では方向制御(一方向成長)、また水晶基板上では高密度成長、転写などの進展がみられた。貴金属触媒を用いた単層 CNT の低温成長について、熱フィラメントを用いたアルコール CVD で原料ガスの分解を促進することで、低温化(～600℃)が進んだ(NTT 物性基礎研・東理大)。

CNT 成長メカニズムに関して、FTIR 法による触媒活性のその場直接測定(MIRAI-Selete)が目をつけた。また、環境 TEM によるその場観察(阪大)に関する講演があり、多層 CNT の成長過程(触媒微粒子の形状変化によりCNTの折れ曲がりが生じるなど)が明らかにされた。その場測定による知見が、触媒反応の解明、ひいては成長メカニズム解明、成長制御につながるものと期待される。

SWNT の光学応答(ラマン散乱、PL、吸収)に関しては、SWNT に欠陥があると水分子等がチューブに入り込み PL スペクトルがシフトすること(東理大)が示され、欠陥評価に応用できる可能性もあり興味深かった。また、プラズモン由来の吸収スペクトルが、SWNT の直径に依存して変化することが示された(産総研)。半導体・金属分離に関しては、ゲル(産総研)による分離で、公表されていなかったゲルの種類

や分離条件が示され、さらなる発展が期待された。

CNT 複合材では、金属-炭素混合電極を用いた簡便なアーク放電による、高充填率銅ナノワイヤー内包 CNT の合成(三重大)が注目された。また、短小銅ナノロッド内包 CNT について、直流通電時の銅ナノロッドの動的挙動解析(TEM 動画観察)の報告(名大)もなされ、今後、金属-CNT 複合材に新たな展開をもたらすものと期待される。

デバイス応用に関しては、ビア配線(早大、富士通研)、センサ(阪大、九大)などの応用展開の他に、FET に関しても SPM による評価(名大、京大)、電極効果(阪大、名大)、量子性(阪大、理研)など基礎的理解が進むと共に、インクジェット塗付(東北大)による簡便な作製法の提案等が興味を引いた。

CNT の MEMS 応用について、気体分子による CNT 振動エネルギー損失に関する講演があり、超高度質量計測器への応用につながるものと期待される(大阪府大)。垂直配向高密度 CNT の応用研究に関して、面ファスナー応用(阪大)、放熱応用(JFCC・名大・住友電工)の講演が目をつけた。

最近、グラフェン関連の講演が多く見受けられ、会場が満杯なるほどの大盛況であった。グラフェン合成は、SiC の熱分解による方法が主流であり、Si 基板上 SiC 堆積による Si 上グラフェン形成の試みも紹介された(東北大)が、一様性・品質にはまだ改善が必要と感じた。微傾斜 SiC 基板を用いた際、ジャスト基板に比べ、広範囲に高品質グラフェンが形成できることが示された(九大)。また、無電解メッキ成長グラフェンシートの構造と物性(北大、寿産業、SEP)、有機半導体を用いた高温 CVD によるカーボン系薄膜の生成(東大)や炭素ナノ繊維の構造と成長メカニズムの解明(九大)に関する興味深い発表があった。カーボンナノウォールについては、成長基板への水素処理効果(岐阜大)や電気特性評価(名大・名城大)などの電子デバイスに着目した発表が見受けられた。

最後に、この分野に携わる様々な研究者が切磋琢磨しながら活発な研究活動を持続し、カーボンナノチューブを含むナノカーボン分野が更なる発展を遂げることを願っています。本報告を行なうにあたり、秋田成司(大阪府立大)、佐藤信太郎(富士通研)、種村眞幸(名工大)、本多信一(阪大)各氏のご協力に感謝いたします。

以上。

国内会議報告

2008 年秋季 第 69 回応用物理学会学術講演会 第 1 回分科内招待講演 報告

京都大学 白藤 立

2008 年度の秋季応用物理学会より、プラズマエレクトロニクス分科会にて、分科内招待講演を企画することが、2008 年 4 月 5 日の分科会幹事会にて決定されました。その趣旨の第一は、今を支える重要な研究成果をその黎明期に残した先生方に、その研究の着想に至った経緯や、黎明期故に遭遇する困難等について語って頂くことにより、その下支えによって活躍している若手の方々に Pioneering Work を生み出すスピリットを感じて頂くことです。第二は、その Pioneering Work の重要性を認識して頂くこと、また、それを通じて、関連分野の日本発の Pioneering Work に関する論文がきちんと引用される環境を整えていこうとするものです。また、第三として、こうした先生方の多くは、プラズマ分野において従来に無かった独自の方向性を打ち出すことによって、現在ホットなトピックとなっている分野を最初に牽引した方でもありますので、新分野創成時の生々しいエピソードをご提供頂くことも趣旨の一つとなっています。

第1回は、9 月 4 日 13:00-14:00 にて、 SiH_4 プラズマを用いた水素化アモルファスシリコンの成膜前駆体として知られる SiH_3 ラジカルの絶対密度を赤外半導体レーザー吸収分光法によって世界で初めて定量化した後藤俊夫先生(当時名古屋大学、現在中部大学)[1]と、現在様々な産業分野での応用例がある大気圧グロー放電を初めて報告した岡崎幸子先生(当時上智大学、現在同大学名誉教授)[2]にご講演をお願いしました。業績については文献を参照して頂き、講演で印象的であった点について簡単に報告します。

後藤先生には、「プラズマエレクトロニクスの温故知

新」という題目でご講演を頂きました。プラズマエレクトロニクス分科会発足当初に、多くの異分野の方との接触を通じて、プロセスプラズマを中心とする流れができたことから、現在、新たに医療・バイオ・環境という分野で研究を展開する若手プラズマ屋に対して、プラズマ屋以外との交流を持つことを強く勧めておられました。

岡崎先生には、「誘電体を介する放電の不思議」という題目でご講演をいただきました。大気圧における安定グロー放電、という当時の放電屋常識ではあり得なかった成果を生み出した原動力として、恥をかくのを恐れない、何でも聞きまくる、という点を挙げておられました。それによって、「解ったつもりになっている」人を越えて来られたのだと思います。

最後に、ご講演頂きました両先生と、会場にお集まり頂きました方々に感謝します。また、本講演会を実施するにあたりまして、節原裕一先生(大阪大学)には大変ご尽力を賜りました。この場を借りて御礼申し上げます。

次回の秋の応物でのご講演者は、吉田豊信先生(東京大学)と真壁利明先生(慶応義塾大学)を予定しております。

参考文献

- [1] N. Itabashi, N. Nishiwaki, M. Magane, S. Naito, T. Goto, A. Matsuda, C. Yamada and E. Hirota, *Spatial distribution of SiH_3 radicals in rf silane plasma*, Jpn. J. Appl. Phys., **29**, L505-L507 (1990).
- [2] S. Kanazawa, M. Kogoma and S. Okazaki, *Stable glow plasma at atmospheric pressure*, J. Phys. D: Appl. Phys., **21**, 838-840 (1988).



後藤俊夫先生



岡崎幸子先生



講演会場の様子

「第2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」報告 名古屋大学 上坂裕之

平成20年9月24日から26日まで滋賀県高島市マキノパークホテル&セミナーハウスにて、本分科会主催の第2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が開催されました。本企画では、プラズマプロセス研究を始めたばかりの初学者(学生・若手研究者・社会人技術者)を対象として、一流の講師陣を招きプラズマプロセスへの理解を深めてもらうための4つの専門講座を行いました。さらに、大学・企業の一流研究指導者を招きプラズマ研究の最新動向や指導者に必要とされる資質について学ぶ機会を提供する2つの特別講座を行いました。また、参加者によるポスターセッションや懇親会をおこない、講師陣や参加者相互の意見交換を通して、プラズマエレクトロニクスに関する知識をさらに深めていただきました。尚、盛況により60名の参加予定のところ、64名(講師・幹事10名を含む)の参加を得ることが出来ました。本稿では、今回のインキュベーションホールの概要、会計についてご報告いたします。

1. 概要

【主催】プラズマエレクトロニクス分科会

【日時】2008年9月24日(水)～26日(金)

【場所】マキノパークホテル&セミナーハウス
(滋賀県高島市)

【専門講座】(各1時間40分)

①「プラズマ生成の基礎」

小田 昭紀先生 (名工大)

②「プラズマ計測の基礎」

佐々木 浩一先生 (名大)

③「プラズマエッチングの基礎と研究開発・量産現場での課題」

江利口 浩二先生 (京大)

④「プラズマ CVD の基礎」

白藤 立 先生 (京大)

【特別講座】(各1時間)

①「プラズマの魅力, その応用への道」

佐藤 徳芳先生 (東北大学 名誉教授)

②「企業におけるプラズマ研究・応用の最前線」

西村 栄一先生 (東京エレクトロンAT(株)
技術担当チーフエンジニア)

また、優秀なポスター発表と質問に対して、幹事、講師、参加者全員による投票をおこない、以下の方が優秀賞を受賞されました。

最優秀ポスター賞 : 津田博隆さん(京都大学)

優秀ポスター賞 : 三國裕之さん(名古屋大学)

: 森田直祐さん(京都大学)

優秀質問者賞 : 諸戸慎一さん(名古屋大学)

: 津田博隆さん(京都大学)

: 中村ウィリアム誠さん(九州大学)

2. 会計報告

収入の部	合計	1,573,018
参加費		1,136,000
分科会からの支出金		277,018
活性化支援金		160,000
支出の部	合計	1,573,018
旅費・宿泊費		932,743
臨時雇賃金		10,000
学生旅費補助		194,000
テキスト印刷費		94,500
一般印刷費(チラシ等)		47,250
雑費		52,135
諸謝金(税込)		201,241
損害傷害保険料		19,200
通信費		8,740
消耗品費		13,209

3. 本企画への意見

本企画のアンケートに対して、参加者からはおおむね好評の回答をいただくことができました。しかし、従来の低圧プラズマプロセス以外の分野の聴講に対する要望も多く、今後のプログラム編成に検討が必要と考えております。

4. 終わりに

今後、プラズマ研究の新展開を切り拓くような研究者が本インキュベーションホールの参加者から輩出されればと願うばかりです。最後に、本企画の開催にあたり、御協力をいただきました講師の先生方、参加者を派遣いただきました各研究機関、企業の皆様に深く御礼申し上げます。

第2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

塾長 白藤 立 (京都大学)

幹事 北嶋 武 (防衛大学校)

村山 貴英 (アルバック)

秋元 健司 (NECエレクトロニクス)

布村 正太 (産業技術総合研究所)

上坂 裕之 (名古屋大学)

国内会議報告

第 19 回プラズマエレクトロニクス講習会

(於 東京工業大学大岡山キャンパス百年記念館)

産業技術総合研究所 布村 正太

第 19 回プラズマエレクトロニクス講習会が平成 20 年 10 月 30 - 31 日にわたり、東京工業大学大岡山キャンパス百年記念館で開催されました。今回は、「プラズマプロセスの基礎と応用最前線」 - 多様化するプラズマ応用プロセスとその制御 - と題して、各分野でご活躍の 7 名の講師をお招きし、プラズマの生成・制御、計測及びシミュレーションに関する基礎から、最先端の量産現場で必要とされるエッチング・薄膜形成技術についての概論、大気圧及び液相プラズマを用いた多様化する応用プロセスに関する講義を企画しました。また、10 月 30 日には、ポスターセッションが企画され、企業及び大学での最新の研究成果 12 件が発表されました。参加者数は総勢 94 名、盛況のうちに講習会を終えることができました。講師の先生方をはじめ、参加者の皆様にはこの場を借りて深く御礼申し上げます。

本講習会では、企業を中心に専門の業務に従事しながらさらに専門知識を深めたい方、プラズマ技術の最新動向に関心のある技術者、研究者、学生の皆を対象にプログラムを企画しています。講義以外にもポスターセッションなどを設けることで、専門の枠にとらわれず、親睦・情報交換の場としても機能できるよう工夫を重ねております。来年も講習会を企画していますので、分科会会員および関係各位のご参加をお待ちしております。なお、講習会テキストのバックナンバーは、応用物理学会よりお求めになることができます。ご希望の方は、応用物理学会のホームページをご参照下さい*。最後になりましたが、本講習会の運営にご協力くださいましたブ

ラズマエレクトロニクス分科会関係各位、ならびに応用物理学会事務局の皆様にご挨拶申し上げます。

*<http://www.jsap.or.jp/publication/text.html>

－ プログラム －

【10 月 30 日 (木) 10:00～17:00】

- (1) プラズマの生成・制御
菅井 秀郎 (中部大学)
 - (2) プラズマ計測
赤塚 洋 (東京工業大学)
 - (3) プラズマシミュレーション
田中 正明 (ペガサスソフトウェア)
- ポスターセッション

【10 月 31 日 (金) 10:00～17:00】

- (4) プラズマによる薄膜形成技術
佐々木 敏明 (カネカ)
- (5) プラズマによるエッチング技術
林 俊雄 (名古屋大学)
- (6) 大気圧プラズマの応用
湯浅 基和 (積水化学工業)
- (7) 液相プラズマの応用
秋山 秀典 (熊本大学)

担当幹事: 藤原伸夫 (ルネサステクノロジ)、奥村智洋 (パナソニック)、秋元健司 (NEC エレクトロニクス)、長谷川明広 (富士通)、小林浩之 (日立製作所)、林久貴 (東芝)、北嶋武 (防衛大)、松本直樹 (東京エレクトロン)、深沢正永 (ソニー)、布村正太 (産業技術総合研究所)

以上



講習会風景

「第1回プラズマ新領域研究会」報告

和歌山大学 太田貴之

第1回プラズマ新領域研究会が平成20年8月8日に大阪大学の荒田記念館にて開催されました。

はじめにプラズマ新領域研究会の主旨を説明します。プラズマエレクトロニクス分科会は、年々講演件数が増加しており、今春の応用物理学関係連合講演会より大分類化（「8:プラズマエレクトロニクス」）されました。現在は、プラズマ生成やプラズマ診断技術などの基礎テーマや成膜・表面処理・エッチングといった従来の応用のテーマから、カーボンナノチューブや微粒子合成、自己組織化といったナノテクノロジーや、環境・バイオ・エネルギー応用、液体・液中プラズマなど非常に多様なテーマのセッションが開催されております。しかしながら、プラズマセッションに参加する研究者が固定されていることは否めず、異分野の研究者を交えた討論が少なくなりがちであります。また、プラズマ分野ひいては社会や産業の発展のために分科会等の枠を超えた新学術領域の創成を目指すことが必要であることから、年数回にわたり新しい研究テーマについて深く掘り下げた討論を行う会として、プラズマ新領域研究会を開催するに至りました。この研究会では、毎回テーマを定め、大学・研究所・企業の関連分野の研究者が互いの研究成果を深く議論し、また異分野の研究者を講師として招くことによりプラズマの新しい技術、材料、デバイスの開発及びそれに関連する基礎技術分野の研究を活性化させ、新学術領域の創成を目指します。プラズマ応用技術の研究戦略や将来展望を議論する異分野交流の研究会としてこれまで開催されてきた「プラズマ応用技術の将来ビジョン研究会」の流れを引き継ぐ研究会です。本研究会では、特に①プラズマに関連する新しい研究領域の創成、②若手研究者の育成、③地方での議論の場の提供を主眼とし、深い議論を行うことに重きを置いています。

第1回は、近年活発に研究されているバイオ応用にスポットを当て、“プラズマを用いた滅菌・殺

菌技術”をテーマに開催しました。招待講演として、元国立医薬品食品衛生研究所（現中央大学）の新谷氏をお招きし、医療分野におけるプラズマ滅菌と既存滅菌との比較について講演していただきました。医療現場における滅菌の必要性や滅菌用語の定義、評価の方法など基本的なことからプリオン蛋白質分解といった最新のトピックスまで紹介されました。また、エチレンオキシドガスや蒸気滅菌などの既存滅菌とプラズマ滅菌の比較を示されるとともに、対象となる医療器具の素材や機能の適合性まで含めた滅菌処理が重要であり、窒素ガスプラズマは安全性や素材劣化に対して優れているということを述べられました。荻野氏からは低温マイクロ波プラズマを用いた医療材料の処理技術について発表されました。血管内治療のための血液凝固剤の開発や、カテーテルなどの医療器具の生体適合性を向上させるために、窒素系プラズマを用いたポリマー表面へのアミノ基の修飾について述べられました。柳生氏からは、酸素プラズマを用いた蛋白質の分解について発表されました。BSE やクロイツフェルトヤコブ病などの病気は、病原菌やウイルスでなく蛋白質の関与が強く示唆されており、蛋白質の分解における紫外線、イオン、酸素原子の影響について報告されました。野田氏からは、医療器具の洗浄・消毒・滅菌の各処理方法の解説とともに、動画を用いて実際の病院における手術後の医療器具の回収から洗浄・消毒・処置・滅菌処理の後、手術現場に準備されるまでの実際の行程について紹介され、医療現場の現状を伝える試みがなされました。井川氏からは低周波マイクロプラズマジェットを用いた液体接触プラズマによる E. Coli の殺菌について発表されました。液中特有の反応プロセスとして pH や酸素系ラジカルの効果など詳細な殺菌メカニズムについて報告されました。太田からは、農業分野におけるプラズマ殺菌応用として大気圧プラズマを用いたカビの殺菌について発表しました。

吸収分光法を用いたラジカル密度測定と組み合わせ、オゾンや紫外線による殺菌効果について報告を行いました。

医療などの他分野の研究者は、プラズマの状態がどのようになっているか理解できないままツールとしてのプラズマを使用している一方で、プラズマ側の研究者は、滅菌バリデーションや生体メカニズムについて深く理解できていないまま滅菌の議論をしていると感じられます。異分野との融合のためには、プラズマ側の研究者として、他分野のユーザーに対して、例えばこういう場合にはこのようなプラズマを使うと良い（こういう状態になっている）というように、プラズマをわかりやすくかつ魅力的に情報発信することが重要な課題となると考えられます。新谷氏が委員長を務める日本学術振興会「プラズマ照射による医療用品の滅菌，エンドトキシンならびにプリオン不活性化法と応用」に関する研究開発専門委員会が発足され（設立総会：11月），本研究会の発表者を含めた分科会会員の中から参加が決まっており，この分野における異分野との融合の試みが始まっています。今後の新学術領域の創成と進展が望まれます。

【日時】平成20年8月8日（金）13：00～17：00

【場所】大阪大学 荒田記念館

【テーマ】プラズマを用いた滅菌・殺菌技術

- ①[招待講演]「医療分野におけるプラズマ滅菌と既存滅菌との比較」○新谷 英晴（中央大学）
 - ②「マイクロ波プラズマを用いた医療材料低温プロセス技術」○荻野 明久，安澤 栄気，小嶋 修平，野口 卓，永津 雅章（静岡大学）
 - ③「高周波酸素プラズマを用いたタンパク質の分解・除去」○柳生 義人¹，林 信哉²，関 偉民¹，川崎 仁晴¹，大島 多美子¹，須田 義昭¹（佐世保工業高等専門学校¹，佐賀大学²）
 - ④「大学病院中央材料部における滅菌の現状について」○野田 稔，酒井 義信，後藤 昌昭，林 信哉（佐賀大学）
 - ⑤「液中プラズマプロセスによる滅菌メカニズムの検証」○井川 聡（大阪府立産業技術総合研究所），北野 勝久，浜口 智志（大阪大学）
 - ⑥「大気圧プラズマを用いた農業分野における殺菌技術」○太田 貴之，井関 紗千子，伊藤 昌文（和歌山大学），堀 勝（名古屋大学）
- 招待講演60分、発表30分

参加：37人（うち学生：9人，企業：6人）

第23回光源物性とその応用研究会報告

室蘭工業大学 佐藤孝紀

NHK放送技術研究所 平野芳邦

光源物性とその応用研究会は、これまで、テーマを定めて講演を受け付ける形式をとってきたが、本年度は、「白熱電球代替光源技術とその周辺技術」をテーマとしたシンポジウム形式による開催に変更された。研究会は、平成20年11月7日(金)午前9時に基調講演から始まり、8件の報告が行われた。9名の講演者を含めて、60名を超える参加者があり、会場となった財団法人 機械振興協会 機械振興会館 6・67会議室(東京都港区芝公園3-5-8)では、開始早々、追加の椅子を搬入しなければならないほどの大盛況となった。今年は、本研究会が応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会、照明学会光の発生・関連システム研究専門部会および光放射の応用・関連計測研究専門部会、および、電気学会光応用・視覚技術委員会の3学会4組織による共催となってから3年目であるが、今回の参加者数はこれまでの10倍近い数であった。

基調講演では、照明における省エネ提案について説明され、取り組みの概要、照明用光源の消費エネルギーの推移などが紹介されるとともに、各国の白熱電球全廃活動例やランプメーカーの白熱電球全廃活動への対応が紹介された。2005年の京都議定書の発行にともない、最初の5年間(2008～2012年)の期間がスタートした状況で、CO₂削減に対する照明分野におけるロードマップが示されるなど、たいへん興味深い講演であった。

報告では、白熱電球の代替光源として、電球型蛍光管および電球型LEDの概要と動向が報告されるとともに、既に普及が進みつつある電球型蛍光管の技術変遷と光源としての特性が示された。また、ディスプレイデバイスとして注目されている有機ELを、次世代の光源として利用するための研究成果も報告された。

照明デザイナー東海林の講演では、「照明は明るさを得るだけのものではない」、「21世紀の照明は人の心に響く灯り」などのように、工学とは別の

観点から光源を考える取組みが紹介された。また、白熱電球の代替光源には、光量、色温度、配光等における「可変性」が必要であると締め括った。

研究会資料については、電気学会事業サービス課で入手可能である。その際、本研究会の資料名が「光応用・視覚研究会資料(2008年11月7日)」となっていることにご注意下さい。

最後になるが、今回の研究会の準備・実施に当たって多大なるご協力をいただいた、防衛大学の明石治朗先生に謹んで御礼を申し上げたい。

第23回 光源物性とその応用研究会 研究会講演テーマ

「白熱電球代替光源技術とその周辺技術」

基調講演

「照明電力削減に向けた日本を含む世界の事情」
鈴木篤(日本電球工業会)

報告

「白熱電球の代替光源について」
安田丈夫(東芝ライテック)

「電球形蛍光ランプの技術変遷について」
飯田史朗(パナソニック)

「電球形蛍光ランプの分光特性・光源色について」
鈴木 量, 梅田三郎(オスラム・メルコ),
明道 成(セントラルメルコ)

「有機EL照明の開発」
川島康貴(NECライティング)

「有機ELの白色化手法と照明応用の可能性」
森 竜雄(名古屋大学)

「マルチファセット構造を用いた多波長発光
InGaN系LEDの開発」

川上養一, 船戸充(京都大学)
「照明デザイナーが電球代替光源に求めること」

東海林弘靖(LIGHTDESIGN)
「快適性と省エネの両立をめざす多灯分散照明とその光源」
金谷末子(金沢工業大学)

行事案内

2009 年春季 第 56 回応用物理学関係連合講演会 シンポジウム

プラズマが拓く次世代医療・バイオ技術

～プロセス・材料・デバイス応用の最先端～

京都大学 白藤 立

近年、社会的にも重要な医療・バイオの分野において、プラズマによって成膜された生体適合膜や、大気圧プラズマ及びそのジェットを用いたプロセスによる滅菌・殺菌、更には生体そのものの処理など、プラズマ関連の研究・開発が展開されています。また、こうした材料と処理技術の融合による生体内機能デバイスも提案されています。

特に、「生き物」との相互作用を想定した医療・バイオ応用においては、その理解と適切な応用展開のためには、「何が」「何に」作用しているのかを明確にする必要があります。比較的先行する滅菌・殺菌の分野では、紫外光、ラジカル、イオン、電子、電界、中性化学種のそれぞれの効果を見極めようとしています。また、「生き物」側についても、表層か、内部か、内部ならどの部位が影響を受けるのか、に注目した研究が始まっています。更に、こうした空間的な区分けによる最重要因子の探索に加えて、前回のシンポジウムで紹介されたように、どのようなスピードのプロセスが効くのかという時間軸に注目した検討も、特に電界の効果に関して開始されています。プラズマで作成した薄膜やデバイスを生体内で利用する場合にも、膜のいかなる物性が生体適合性を向上させるための要因なのか、化学的不活性な表面という曖昧な表現のままではだめだろう、など明確にしなければならない点は数多く残されています。

こうした課題に対して取り組む際には、プラズマ屋だけでは誤った道を進む危険性があります。今回のシンポジウムでは、医学・生物学の分野においてプラズマを利用されている先生からもご講演頂き、プラズマ屋・プラズマ材料屋と医学・生物学の先生との議論を通して、医療・バイオの分野におけるプラズマ研究の明確で適切な方向付けができればと考えています。

皆様方におかれましては、奮ってご参加頂き、プラズマ応用分野の更なる活性化をはかる場にして頂きたい、御願い申し上げます。

なお、本シンポジウムに先立ちプラズマエレクトロニクス賞の表彰式(13:15～13:30)が行われます。

日時 2009 年 3 月 30 日(月) 13:30～17:05(予定)

プログラム(予定、一部仮題目、1 件 30 分)

13:30 「イントロダクトリートーク」(10 分)

永津 雅章(静岡大)

13:40 「プラズマアクティベーション法を用いた生体埋め込み型バイオセンサの生体適合性向上」

平田 孝道(武蔵工大)

14:10 「生体適合 DLC のプラズマ成膜」

中谷 達行(トーヨーエーテック(株))

14:40 「生体適合膜の医療応用～医師の観点から～」

長谷部 光泉(東邦大医療セ佐倉病院)

15:10 ー休憩(15 分)ー

15:25 「プラズマ技術の分子生物学応用～細胞・組織への分子導入研究と装置開発～」

佐藤 晋(BBK バイオ(株))

15:55 「包装内部における医療器具のプラズマ低温滅菌技術」

永津 雅章(静岡大)

16:25 「プラズマ滅菌に於いて注意すべき諸事項について～生物系研究者の観点から～」

新谷 英晴(日本防菌防黴学会理事)

16:55 「まとめ」(10 分)

白藤 立(京都大)

行事案内

2009 年春季 第 56 回応用物理学関係連合講演会 スクール

安価, 簡単, 便利

大気圧プラズマの基礎と応用

京都大学 白藤 立

「大気圧プラズマ」は、その簡便さ、低導入コストという特徴故に、近年、産業分野において表面処理、環境応用、バイオ応用、材料合成等、様々な応用に展開され、その可能性を広げています。しかし、簡単・低コストという特徴故に、大気圧プラズマを余り理解することなく利用されている場合もあります。

本企画では、既に大気圧プラズマを利用している方々に対しては、その勘所となる基礎を、プラズマの第一人者に講演して頂き、より適切な利用のための糸口をつかんで頂ければと考えています。

また、大気圧プラズマを利用してみようと考えている異分野の方に対しては、上記の基礎に加えて、大気圧プラズマ応用分野の第一線で活躍されている方々の講演を通じてその可能性を知って頂き、新たな挑戦の糸口をつかんで頂きたいと考えています。

当日は、講義に加えて、ハンディさをその特長とする大気圧プラズマ装置のデモンストレーションもごさいますので、皆様におかれましては、大気圧プラズマに興味を持たれている方々をお誘いあわせの上、奮ってご参加下さりますようお願い致します。

なお、本稿執筆時点では、応用物理学会による最終確定がなされておりませんので、開催日程、会場部屋、申込方法等の詳細については、応物誌2月号(予定)、ならびに応物ホームページでの案内にて、ご確認下さい。

期 日: 2009 年 4 月 1 日(水)または 2 日(木)にて
応物に申請中

時 間: 9:00~16:45 を予定

会 場: 筑波大学(茨城県つくば市天王台 1-1-1)

参加定員: 150 名(予定)

受 講 料: 無料

テキスト: 当日会場にて頒布。昨年は一冊 1,000 円。

詳 細: 応物2009年2月号に掲載予定。

プログラム (予定)

9:00 「大気圧プラズマの可能性」
白谷 正治 (九州大学)

9:05 「大気圧プラズマを利用した材料科学」
小駒 益弘 (上智大学)

9:50 「大気圧プラズマの生成とその物理」
朽久保 文嘉 (首都大学東京)

10:35 —休憩—

10:50 「大気圧プラズマ処理機の事例紹介と今後の発展」
鶴本 康彦 (日本プラズマトリート(株))

11:35 —昼食—

12:35 「大気圧プラズマCVD法による高品質Si系薄膜の低温形成」
安武 潔 (大阪大学)

13:20 「大気圧プラズマによるダメージフリーCVD:カーボンナノ材料の合成と成長制御」
野崎 智洋 (東京工業大学)

14:05 —休憩—

14:20 「熱プラズマジェットによるミリ秒急速熱処理とその半導体プロセス応用」
東 清一郎 (広島大学)

15:05 「大気圧プラズマジェット源の小型化が拓く新応用技術~局所高速プロセス」
一木 隆範 (東京大学)

15:50 「大気圧LFプラズマジェット:その理解と多様な産業応用展開」
北野 勝久 (大阪大学)

16:35 「大気圧プラズマの現在と未来」
白藤 立 (京都大学)

プラズマ科学シンポジウム 2009 / 第 26 回プラズマプロセッシング研究会 (PSS-2009/SPP-26)

主 催：日本学術振興会プラズマ材料科学第 1 5 3 委員会，応用物理学会，プラズマ・核融合学会
共 催：日本物理学会，電気学会，放電学会，電子情報通信学会，日本真空協会，電気化学会，日本化学会，表面技術協会，
日本セラミックス協会，静電気学会，原子衝突研究協会，日本金属学会，日本鉄鋼協会，日本航空宇宙学会，
日本オゾン協会，地球電磁気・地球惑星圏学会，IEEE Japan Council NPS-Plasma
協 賛：超先端電子技術開発機構 (ASET)，核融合科学研究所，日本原子力機構那珂研究所，IFE フォーラム，
核融合エネルギーフォーラム，高分子学会，核融合科学研究所，名古屋大学プラズマナノ工学研究センター，
極端紫外線露光システム技術開発機構(EUVA)
関係するプラズマ研究組織：応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会，日本物理学会領域 2，PDP 技術討論会，
電気学会 A 部門プラズマ技術委員会・パルス電磁エネルギー技術委員会・放電技術委員会，
表面技術協会材料機能ドライプロセス部会・プラズマ触媒科学部会，フォトリソリミテッド，核融合ネットワーク

開催日：2009 年 (平成 21 年) 2 月 2 日 (月) ～ 4 日 (水) の 3 日間

会 場：名古屋大学 豊田講堂，シンポジオン，地下鉄名城線「名古屋大学」駅 2 番出入口より徒歩 1 分
(〒464-8603 名古屋市中種区不老町)

参加費：(個人資格，プロシーディングス代を含む)：

	主催・共催・協賛・ 関係する研究組織の学協会会員	その他
一 般	15,000 円	20,000 円
学 生	3,000 円	7,000 円

※但し、事前参加申込み締切日以降は，一般 3,000 円増，学生 1,000 円増

総合講演

「プラズマを斬る」 葛谷 昌之 氏 (松山大学)

指定テーマ講演

「人工媒質中でのマイクロプラズマの生成と応用」 橘 邦英 氏 (京都大学)
「環境・エネルギー関連の施策とプラズマ技術」 浦島 邦子 氏 (文部科学省 科学技術政策研究所)
「プラズマによる超高精度微細加工への挑戦」 藤原 伸夫 氏 (ルネサステクノロジ)
「ITER 計画と幅広いアプローチ計画の現状と展望」 松田 慎三郎 氏 (日本原子力研究開発機構)
「核燃焼プラズマのための先進計測」 笹尾 真実子 氏 (東北大学)
「太陽系を実験室とする宇宙プラズマ「その場」観測」 藤本 正樹 氏 (JAXA 宇宙科学研究本部)

シンポジウム

- I. 「プラズマと材料科学」
- II. 「プラズマプロセスの科学と体系化」
- III. 「大気圧プラズマの発生と応用」
- IV. 「液中プラズマの基礎と応用」
- V. 「プラズマと表面の相互作用」
- VI. 「プラズマの先進制御」
- VII. 「プラズマの先進計測」
- VIII. 「プラズマシミュレーションの展開」
- IX. 「高エネルギー密度プラズマ科学」
- X. 「宇宙プラズマ」

パネルディスカッション (ナイトセッション) 「プラズマが拓くバラ色の未来を語る」

一般講演 (ポスター発表)

- ①プラズマ材料科学 ②プラズマによるエッチング ③プラズマによる薄膜形成 ④プラズマによる表面改質
- ⑤大気圧・マイクロプラズマの基礎と応用 ⑥液中プラズマの基礎と応用 ⑦プラズマの診断・計測・モニタリング
- ⑧プラズマ発生・制御 ⑨プラズマ基礎・素過程・モデリング ⑩核融合プラズマ ⑪宇宙プラズマ
- ⑫上記以外のプラズマ科学

懇親会 日時：2 月 2 日 (月) 18:00 ～ 20:00，会場：名古屋大学 野依記念館 (会費：5,000 円程度を予定)

参加・講演申込み締切：2008 年 11 月 4 日 (火)

プロシーディングス論文締切：2008 年 12 月 15 日 (月) (必着) (英文，A4 版 2 ページ)

事前参加申込み締切：2009 年 1 月 9 日 (金)

※ PSS-2009/SPP-26 の講演および参加申込みについては，Web による申込みを受け付けます。

詳細は，右記ホームページをご覧ください。 <http://plasma.esi.nagoya-u.ac.jp/jsps153/PSS2009/index.html>

問い合わせ先：PSS-2009/SPP-26 事務局担当

井上 泰志 (名古屋大学 エコトピア科学研究所) TEL：052-789-5941，E-mail: inoue@numse.nagoya-u.ac.jp

節原 裕一 (大阪大学 接合科学研究所) TEL：06-6879-8641，E-mail: setsuhara@jwri.osaka-u.ac.jp

行事案内

2nd International Conference on Plasma Nanotechnology and Science (IC-PLANTS 2009)

名古屋大学 プラズマナノ工学研究センター (PLANT) 関根 誠

プラズマプロセス技術はナノ材料の合成・加工、マイクロ・ナノデバイス製造、フラットパネル製造などを牽引する先端技術としてますます重要となってきました。これらの複雑かつ学際領域的なプラズマプロセス研究の推進には各地域のリサーチコミュニティの協力が欠かせません。

IC-PLANTSは、最新のプラズマ科学とナノテクノロジーを世界のプラズマCOEが参集して議論、情報交換する場として、名古屋大学 PLANTの設立にあわせスタートしました。第2回IC-PLANTSを以下の要領にて開催いたしますので、奮ってご参加申込をいただけますよう、心よりお待ちしております。

記

【会期】2009年(平成21年) 1月22日(木)~23日(金)

【会場】名古屋大学 IB電子情報館 大講義室
〒464-8603 名古屋市千種区不老町

【交通】名古屋地下鉄 名城線 名古屋大学駅
3番出口すぐ (下記URL地図の64)

http://www.nagoya-u.ac.jp/camp/map_higashiyama/

【主催・共催・協賛】

主催：名古屋大学 プラズマナノ工学研究センター
名古屋産業科学研究所

共催：日本学術振興会、科学技術交流財団

協賛：応用物理学会 東海支部、名古屋都市産業振興公社プラズマ技術産業応用センター
応用物理学会 プラズマエレクトロニクス分科会

【参加申込】下記URLからお願いいたします。

<http://www.plasma.engg.nagoya-u.ac.jp/IC-2009/>

【参加費】

事前登録(1月12日締切) 一般: 15,000円, 学生: 無料
1月13日以降 一般: 20,000円, 学生: 無料

【トピックス】

Theme : Approach to "useful" plasma science
(Plasma nanotechnologies, processes and related technologies from fundamentals to applications)

Topics: Nano-fabrication / Diagnostics and monitoring of plasmas and Reaction surfaces / Nano-electronics / Nano-biology / Interdisciplinary or integrated research with Plasma technologies / Nano-optics / NEMS technologies / Process technologies for flat panel display / Environmental technologies / Equipment technologies / Emerging new concept

【招待講演】

P. Awakowicz (Ruhr-Univ. Bochum, Germany)

P. Chabert (Ecole Polytechnique, France)

B. Graham (Queen's Univ. Belfast)

J. G. Han (SungKyunKwan Univ., Korea)

T. Hayashi (Nagoya Univ., Japan)

M. Kong (Loughborough Univ., UK)

K. K. Ostrikov (CSIRO, Australia)

Y. Setsuhara (Osaka Univ., Japan)

N. Umehara (Nagoya Univ., Japan)

S. Zaima (Nagoya Univ., Japan)

【問合せ先】 豊田 浩孝 (実行委員長)

e-mail: ic-plants@plasma.engg.nagoya-u.ac.jp

平成 20 年度前期活動報告

第 48 回プラズマエレクトロニクス分科会ミーティング／

平成 20 年度第 2 回幹事会

日時：平成 20 年 9 月 3 日（水） 12:00－13:00

場所：中部大学 25 号館 3F 2532

会議に先立ち、白谷幹事長から自己紹介と議題紙面の修正の案内（第 6 回プラズマエレクトロニクス賞→第 7 回プラズマエレクトロニクス賞）があった。

1. 第 2 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

布村幹事（産総研）から第 2 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の準備状況が報告された。開催日時 2008 年 9 月 24 日～26 日、マキノパークホテル&セミナーハウスで開催すること、現在チラシの作成・配布が済んでいることが周知された。現在は既に 50 名が登録、目標とする 60 名にあと一息であり、9 月 10 日を締め切りになっているので是非参加登録をして欲しい旨のお願いがあった。白谷幹事長（九大）から、積極的に参加させて欲しいこと、大気圧などの新しい基礎分野もあってもよいこと、他に新しい観点の講座もあれば是非声をかけて欲しい旨のコメントがあった。

2. 第 19 回プラズマエレクトロニクス講習会

布村幹事（産総研）から第 19 回プラズマエレクトロニクス講習会の準備状況が報告された。開催日時 2008 年 10 月 30 日～31 日、東京工業大学百年記念館で開催すること、現在チラシ・シラバス・ポスターの作成が済み、数名の参加登録があったことが周知された。今後目標 70 名をクリアできるように企業の方の参加を呼びかけた。白谷幹事長（九大）から財政状況として講習会では黒字を出して欲しいのでよろしくとのコメントがあった。

3. 第 23 回光源物性とその応用研究会

佐藤幹事（室蘭大）から第 23 回光源物性とその応用研究会の準備状況が報告された。開催日時 2008 年 11 月 7 日、機械振興協会で開催する

こと、参加者を増やしたい意図でシンポジウム形式にした事など（明石先生（防大）ご提案）が紹介された。プログラムが完成次第佐藤幹事から白谷幹事長（九大）に連絡、分科会員に周知する。費用は照明学会との折半となる旨報告された。明石先生から、メーカだけでなく照明デザイナーにも講演いただくなど、興味深い内容なので是非参加して欲しい旨呼びかけがあった。

4. 2008 年秋季応用物理学会学術講演会のシンポジウム／総合講演／分科内招待講演、および合同セッション

江利口幹事（京大）からプラズマエレクトロニクス賞受賞講演（寺島先生（東大））があること、パルスプラズマのシンポジウムとして石井先生（東工大）、枘久保先生（首都大）、勝木先生（熊本大）、高木先生（岩手大）、玉垣氏（神戸製鋼）、寒川先生（東北大）の各講演があること、分科内招待講演は白藤副幹事長（京大）が担当であること、合同セッションは豊田先生（名古屋大）が担当であることが報告された。

5. 2009 年春季応用物理学会学術講演会のシンポジウム／総合講演／分科内招待講演（案）および合同セッション（案）

白藤副幹事長（兄弟）から次回シンポジウムの案として、前回のアンケートを元に医療・バイオに関するシンポジウム 2 件の提案があった。案 1 は「プラズマ・生体相互作用～プラズマ援用先進医療・バイオ技術に向けて～」として、医療・バイオに加え、環境もかなり進んでいると思われるので、プラズマで何が出来るのかを討論する。案 2 は「プラズマによる先進医療・バイオ技術」として、プラズマで作ったもの（人工関節、血管）や分析・薄膜などについて討論する。白谷幹事長（九大）から、1. いくつかの案がある中で決めた方がよい、2. プラエレ分科会単独ではなく太陽光・材料・プロセスとの共催の可能性を探ってはどうか、3. シリコンから有機材料への応用が移っているのでそのあたりを含めてはどうか、4. CNT の合同セッション F との共催はどうか、5. 将来的なデバイス・材料と一緒にやるのがよいとのコメントが出された。総合講演は現状案なし。白藤副幹事長は、分科内招待講演は歴史的経緯もお話いただける吉田豊信先生（東大）、松田先生（阪大）、

真壁先生（慶大）を候補に考えているとのこと。白谷幹事長からは2人お願いするのであれば、雰囲気異なる方がよいとのコメントがあり、もっと候補者を上げた中でお願いしてはどうかとの提案があった。

6. 応物スクール

白谷幹事長（九大）から、各分科会に対し応物スクールの再募集がかかり、そろそろプラエレ分科会の順番でもあり、白藤副幹事長（京大）にスクール提案をお願いした旨案内があった。

白藤副幹事長から、大気圧プラズマを主軸にした2案が提案された。案1は白谷幹事長案で生成・診断・シミュレーション・応用まで系統的なもの、案2は白藤副幹事長案で、応用に重点を置き、最初は基礎で、分析・光源・環境・バイオなど基礎から応用まで包括的に扱うものが提案された。白谷幹事長からは、応物として参加人数を気にしていること、講演会と同時開催なのでかなり魅力がないと集客できないこと、申請のときほとんど記載しておく必要があるため、本日(9/3)に内容を決めたいこと、講演者の内諾は10/末でよいこと、大気圧はとっつきやすいため良いテーマであること、阪大・北野先生のように実験をやってみせるなどの工夫が有効であること、プラエレ分科会としてやる方向で議論したいことなどがコメントされた。白藤副幹事長はスクールは勉強する会なのか、アドバンス的に見識を広めるものなのかをはっきりしたほうがよいこと、タイトルは案1が魅力的であるが、内容は応用でとっつきやすいので案2がよいことなどの意見が出された。白谷幹事長が案2の内容で白藤副幹事長にまとめていただく方向性にまとめた。

7. 分科会ホームページ

柳生幹事（佐世保高専）から分科会ホームページの更新について案内があった。白谷幹事長（九大）からそれぞれの学会等のプログラムをダウンロードできるようにして欲しいこと、講習会等も入っているかの確認、グーグルなどで検索した場合に上位に検索されるようになっているかの確認を柳生幹事に依頼した。

8. プラズマエレクトロニクス分科会会報（No. 49、12月発行予定）について

大竹幹事（東北大）からプラズマエレクトロニクス分科会会報案について紹介があった。国際会議報告・国内学会報告をどの先生に依頼するか白

谷幹事長（九大）から指示があった。

9. 会員名簿の作成

北嶋幹事（防大）から会員名簿の発行について、応物学会から名簿発行の中止検討を依頼された旨報告があった。現在名簿発行している分科会はプラエレだけであり、苦情の電話も多いとのこと。前回幹事会では22名のうち、14名の幹事が名簿の発行に賛意を示しているが、最終的には2009年4月の幹事会で決定する必要があると報告された。前幹事長からは残した方がよいのではとのコメントが出されている旨紹介された。

10. プラズマ新領域研究会

太田幹事（和歌山大）より、プラズマ新領域研究会について報告があった。応物学会の活性化支援金と分科会支出により新領域の研究会を立ち上げ、既に1回目を大阪で行い、本年度内に2回地方で行う予定である旨紹介された。第一回の研究会では招待講演の先生から先方学会のシンポジウムへの参加を依頼され、成功裏に終わったことが報告された。

11. 第7回プラズマエレクトロニクス賞候補論文募集

白谷幹事長（九大）から第7回プラズマエレクトロニクス賞候補論文募集について紹介があった。

12. ICRPの準備状況について

白谷幹事長から2010年10月4-8日パリでGECとの共催で行われる旨紹介があった。堀先生（名古屋大学）、白谷幹事長が4月に現地下見を既に終えているとのこと。

13. プラズマ科学シンポジウム／第26回プラズマプロセッシング研究会

節原先生（大阪大学）より、プラズマ科学シンポジウム／第26回プラズマプロセッシング研究会について紹介があった。開催日時2009年2月2日～4日、名古屋大学 豊田講堂で開催すること、一般講演はポスターで有る旨紹介された。

第49回プラズマエレクトロニクス分科会ミーティング／

平成20年度第3回幹事会

日時：平成20年11月1日（土）10：00－15：00

場所：東京大学田町キャンパス 812 号室

1. 諸報告

白谷幹事長（九大）から理事会の議論が報告された。

① 研究支援金について

新たな活動については100%、2、3年目には80%、何年にも渡って活動しており支援金の効果が薄いものは50%にする旨、白木先生（武蔵工大）から提案がなされた。PE分科会関連ではインキュベーションホールの支援の今後の課題。

② APEX

APEXは査読1回で合否を決めるシステムで早い掲載を目指しているが、英語のレベルの低下が顕著。ネイティブチェックを入れる方向で検討中。

③ 応物スクール

PE分科会で来春のスクールを行うことが決定。

④ 国際会議

支部で行う国際会議の責任は応物で請け負うが、その他の国際会議については、組織委員長が全責任を負うことがアナウンスされた。次回のドライプロセスシンポジウムは韓国・釜山での開催が決定しているが、応用物理学会主催の海外開催国際シンポジウムは例が無く、周到な準備が必要である。

2. 今年度経理状況・来年度予算案について

太田幹事（和歌山大）から今年度の経理状況および来年度の予算案が報告された。例年通りの使用計画では来年度は100万円程度の赤字であり、計画した来年度予算を達成するには収入増が絶対必要。

3. アカデミックロードマップ作成について

白谷幹事長（九大）からアカデミックロードマップの2009年改定について10/7の会議報告も含めて紹介がなされた。2009年アカデミックロードマップでは、①各分野のアカデミックロードマップの見直し、②統合・融合的マップの作成、③応用物理発展史マップの作成の3つを大きな改定項目としてあげている。応物のアカデミッ

クロードマップは経産省の技術戦略マップとの繋がりが大きく、経産省の予算とリンクする可能性が高い。PE分科会としての取り纏めを①白谷幹事長、②大竹幹事（東北大）、③白藤副幹事長（京大）とアサインし、2009年1月24日の会議、2009年の合宿に備える。

4. セミコンジャパン展示と講演

白谷幹事長（九大）からセミコンジャパンでの展示と講演について報告があった。SEMIジャパンからの要請で、シーズ探しの目的で応用物理学会に展示および講演の打診があったことが報告された。パネルはアカデミックロードマップを使用する。講演は12/3の12時から17時までの時間にそれぞれ30分づつ各分野から発表を行う。PE分科からは白谷幹事長もしくは前回取り纏めの関根教授（名古屋大）が行う予定。

5. 第23回光源物性とその応用研究会

佐藤幹事（室蘭工大）から第23回光源物性とその研究会について、報告があった。平成20年11月7日に機械振興会館で行う本研究会では照明デザイナーの方を招待して光源についての議論を幅広く行う旨紹介がなされた。

6. 第19回PE講習会報告

布村幹事（産総研）から第19回プラズマエレクトロニクス講習会について報告があった。開催日時2008年10月30、31日、東京工業大学・大岡山キャンパス百年記念館3Fフェライト会議室で開催され、講師・担当幹事を含めて94名の参加があったことが報告された。

7. 第2回インキュベーションホール

上坂幹事（名古屋大）から第2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の開催報告がなされた。開催日時2008年9月24日～26日、マキノパークホテル&セミナーハウスで開催され、講師・担当幹事を含めて64名の参加があったことが報告された。分科会からの支出金は30万円弱であり、次回以降さらなる集客向上が望まれる。参加者からは概ね好評の回答を頂いたが、低圧プラズマ以外の講演に対する要望も多く寄せられた。白谷幹事長（九大）からは大気圧などもあってもよいとのコメントがあった。北嶋幹事（防衛大）から次回インキュベーションホール地として菰崎研修センター等が紹介された。次回開催地は今後も検討の予定。また、インキュベ

ーションホール担当幹事として荻野幹事(静岡大)が追加され、静岡開催の可能性についても担当幹事で検討することとなった。

8. 新領域研究会について

太田幹事(和歌山大)より、第一回プラズマ新領域研究会の開催報告があった。平成20年8月8日、大阪大学荒田記念館にて開催された。参加者37名、招待講演の先生から先方学会のシンポジウムへの参加を依頼され、成功裏に終わったことが報告された。

9. PE分科会会報No49(案)について

大竹幹事(東北大)からプラズマエレクトロニクス分科会報No49についての原稿収集状況について報告があった。12月中に会員に届くように原稿収集、出版できる日程で進んでいる旨報告された。

10. 2009年春季応物学会のシンポジウム／分科内総合講演(案)について

白藤副幹事長(京大)から2009年春季応物学会のシンポジウム／分科内総合講演について案が出された。シンポジウムについては前回の幹事会を受けて、案1医療バイオ、案2プラズマが作ったマテリアルが生体と相互作用する場合、案3透明導電膜関係の3つの案が出された。議論の末、案1の医療・バイオでシンポジウムを企画することに決定した。分科内総合講演は前回の幹事会でお名前の挙がった東京大学の吉田先生、慶應義塾大学の真壁先生に平成20年3月31日午前中にご講演いただくことで企画を進めることになった。

11. 2009年春季応物学会のスクールについて

白藤副幹事長(京大)から2009年春季応物学会のスクール開催について説明があった。テーマは「安価、簡単、便利ー大気圧プラズマの基礎と応用ー」とし、依頼する講師について議論がなされた。

12. ICRP-7パリ

白谷幹事長(九大)からICRP-7について報告があった。2010年分科会主催で行う。

13. 物理学会シンポジウム

白谷幹事長(九大)より物理学会のシンポジウム「現代プラズマ科学の最前線～学際連携による

プラズマ理工学のさらなる展開」での講演について説明があった。物理学会としてはプラズマ関連の諸学会が連携することで、プラズマをキーワードに官庁にアピールすること、Asian Physical Societyでイニシアティブを取りたいことなどを目的として、講演依頼があった旨報告された。

14. 第7回プラズマエレクトロニクス賞候補論文募集

白谷幹事長(九大)から第7回プラズマエレクトロニクス賞候補論文募集について紹介があった。

15. その他

プラズマ科学シンポジウム2009／第26回プラズマプロセッシング研究会の紹介があった。開催日時2009年2月2日～4日、名古屋大学豊田講堂で開催すること、一般講演はポスターで有る旨紹介された。

以上

プラズマエレクトロニクス関連会議日程

国際会議

開催期間	名称	開催場所	主催・問い合わせ先	締切等
2009.05.18-20	International Conference on IC Design and Technology (ICICDT)	Freescall Semiconductor (米国・オースチン)	IEEE Central Texas Section http://www.icicdt.org	要約締め切り 2009.02.16
2009.07.08-10	The 10th International Symposium on Sputtering and Plasma Processes	金沢国際ホテル	日本真空学会 http://issp2009.org/	要約締め切り 2009.01.09
2009.08.31-09.04	18thThe 7th International Symposium on Applied Plasma Science (ISAPS '09)	ハンブルク大学 (ドイツ、ハンブルク)	プラズマ応用科学会	原稿締め切り 2009.05.15

国内会議・会合

開催期間	名称	開催場所	主催・問い合わせ先	締切等
2009.01.22-23	2nd International Conference on Plasma Nanotechnology and Science (IC-PLANTS 2009)	名古屋大学 IB 電子情報館 大講義室	名古屋大学 プラズマナノ工学研究センター・名古屋産業科学研究所 http://www.plasma.engg.nagoya-u.ac.jp/IC-2009/	事前登録 2009.01.12
2009.02.02-04	プラズマ科学シンポジウム 2009/ 第 26 回プラズマプロセス研究会 (PSS-2009/ SPP-26)	名古屋大学豊田講堂, シンポジオン	日本学術振興会プラズマ材料科学 153 委員会、応用物理学会、プラズマ・核融合学会 http://plasma.esi.nagoya-u.ac.jp/jsps153/PSS2009/index.html	申込〆切 2009.01.09
2009.03.02-04	第 36 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム	名城大学共通講義棟北館	フラーレン・ナノチューブ学会 http://fullerene-jp.org	講演申込 2009.01.09
2009.03.30-04.02	2009 年度(平成 21 年)春季第 56 回応用物理学関係連合講演会	筑波大学	応用物理学会 http://www.jsap.or.jp	

平成 20 年 12 月

応 用 物 理 学 会
プラズマエレクトロニクス分科会
個 人 会 員 各 位

PE 分 科 会
幹事長 白谷 正治

平成 21—22 年度役員選挙について

本分科会の規則第 6 条第 5 項に定める役員の任期に従い、幹事（10 名）が交代することになります。同条第 3 項の規定に基づき幹事の選挙を下記要領で行います。よろしくお願いします。

1. 選挙は無記名投票です。
2. 投票用紙（返信はがき）の候補者は幹事会の推薦候補です。候補者全員を信任の場合は、A に○をお付け下さい。そうでない場合は、B に○を付け、各候補者のマーク欄に個別に○をお付け下さい。それ以外の候補者に投票される場合は、氏名と所属を記入してください。
3. 投票期限は平成 21 年 1 月 20 日(火)です（当日消印有効）。
4. 御参考までに、任期が平成 22 年 3 月までの役員は次の通りです。

幹 事：白谷正治（九州大学）、白藤立（京都大学）、藤原伸夫（ルネサステクノロジ）、小林浩之（日立製作所）、神好人（NTT）、松本直樹（東京エレクトロン）、東清一郎（広島大学）、荻野明久（静岡大学）、川田博昭（大阪府立大学）、深沢正永（ソニー）、林久貴（東芝セミコンダクター）、村山貴英（アルバック）、平野芳邦（NHK）、大竹浩人（東北大学）、北嶋武（防衛大学）

編集後記

プラズマエレクトロニクス分科会会報No.49をお届けいたします。本誌にご寄稿いただきました皆様に心よりお礼申し上げます。

本会誌の巻頭言では、岡崎幸子先生に「人生は運と弾み.....その運をつかむには....」という斬新な題目でご寄稿いただきました。確かに我々の人生は運に囲まれており、その運の中で知り合った方々との出会いにより人生が成り立っております。本分科会で活動できるのもこれまでご指導いただいた諸先生方のおかげであります。感謝の念を新たにするとともに、今後も良い運を掴んで行きたいと感じました。

また、分科会会報No.48に引き続き学生の為のページ「すぐに役立つプラズマエレクトロニクス」の第二回目を掲載いたしました。前回の発光分光に続いて、中村圭二先生にプロセス用プラズマのプローブ技術についてわかりやすくご解説いただきました。学生の読者の方々のみならずこれから計測技術を行ってみようという研究者

の方は必読と思います。今後も連載を続けていきますので、何卒ご愛読いただきますようお願い申し上げます。

最後に研究会や国際会議などを開催、参加される際には是非本誌に案内、報告記事をご寄稿いただきますようお願い致します。会報編集委員の連絡先は前号の分科会幹事役割分担欄をご参照いただけますと幸いです。本分科会会報はプラズマエレクトロニクス分科会会員に配布されておりますが、一部インターネット(<http://annex.jsap.or.jp/plasma/>)を通して閲覧することが可能です。分科会会員のみならず、より多くの皆様に本分科会の活動を知っていただくとともに、有益な情報発信源として機能できるよう、分科会幹事一同、創意工夫してまいります。皆様のご協力も賜りますよう、重ねてお願い申し上げます。

(平成20年度会報編集担当：布村、柳生、村山、大竹)
(文責：大竹)

プラズマエレクトロニクス分科会会報 No. 49

2008年 12 月 25 日 発行

編集・発行：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 白谷 正治

〒102-0073 東京都千代田区九段北 1-12-3

井門九段北ビル 5 階

(©2008 無断転載を禁ず)