

## プラズマエレクトロニクス分科会会報 No. 67

2017年（平成29年）12月発行

前原、内藤、山家、三好

### 目次

#### 巻頭言

プロセスプラズマのこれまでとこれから	ソニーセミコンダクタ ソリューションズ（株）	辰巳 哲也	1
--------------------	---------------------------	-------	---

#### 研究紹介

限定視野下での微粒子プラズマ三次元計測システムの開発	京都工芸繊維大学	三瓶 明希夫	3
----------------------------	----------	--------	---

#### 研究室紹介

放射線研究センター放射線安全管理学グループ	大阪府立大学	松浦 寛人	5
-----------------------	--------	-------	---

#### 研究室紹介

愛媛大学理学部 前原研究室	愛媛大学理学部	前原 常弘	10
---------------	---------	-------	----

#### 海外の研究事情

ドイツ ガルヒン・ミュンヘン滞在記	Max-Planck Institute for extraterrestrial physics / terraplasma GmbH 産業技術総合研究所	清水 鉄司	13
-------------------	--	-------	----

#### 学生のためのページ

プラズマ誘起液中化学反応場における液中化学種の診断	大阪大学 神戸大学 大阪産業技術研究所	北野 勝久 谷 篤史 井川 聡 中島 陽一	16
---------------------------	---------------------------	--------------------------------	----

#### 応用物理学会講演奨励賞

Ar 誘導熱プラズマへの Ti 原料投入時におけるトーチ内の Ti 励起温度分布および Ti 蒸気混入率の二次元分布の推定	金沢大学	兒玉 直人	23
---	------	-------	----

## 国際会議報告

The 23rd International Symposium on Plasma Chemistry	東京工業大学	野崎 智洋	26
XXXIII International Conference on Phenomena in Ionized Gases (ICPIG 2017)	九州大学	白谷 正治	27
The 11th Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering (AEPSE 2017)	名古屋大学	堀 勝	28
1st Asia-Pacific Conference on Plasma Physics AAPPS DPP	九州大学	白谷 正治	30
AVS 64th International Symposium & exhibition (AVS64) AVS 第 64 回国際シンポジウム&展示会	九州大学	古閑 一憲	31
70th Annual Gaseous Electronics Conference (GEC70) 第 70 回気体エレクトロニクス会議	北海道大学	佐々木 浩一	32
39th International Symposium on Dry Process (DPS 2017) 第 39 回ドライプロセス国際シンポジウム	日立製作所	松井 都	33

## 国内会議報告

第 11 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	東北大学	加藤 俊顕	35
2017 年第 78 回応用物理学会秋季学術講演会 プラズマエレクトロニクス分科会シンポジウム 「先進農業に向けたプラズマ応用最前線～新たな植物生育環境の開発・制御～」	岩手大学	高橋 克幸	36
2017 年第 78 回応用物理学会秋季学術講演会 第 17 回分科内招待講演報告	東京大学	神原 淳	38

2017 年第 78 回応用物理学会秋季学術講演会 プラズマエレクトロニクス分科内海外招待講演報 告	東北大学 東京大学	加藤 俊顕 神原 淳	39
Plasma Conference 2017 (第 35 回プラズマプロセッシング研究会)	名城大学	平松 美根男	40

### 行事案内

2018 年第 65 回応用物理学会春季学術講演会 プラズマエレクトロニクス分科会企画	東京大学	神原 淳	42
第 26 回および 27 回プラズマ新領域研究会	名城大学	平松 美根男	44
10th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials / 11th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2018 / IC-PLANTS2018)	名城大学	平松 美根男	45
2nd International Workshop On Plasma Agriculture	名城大学	太田 貴之 伊藤 昌文	47
7th International Conference on Plasma Medicine (ICPM-7) 第 7 回プラズマ医療国際会議	大阪大学	浜口 智志	48
22nd International Conference on Gas Discharges and Their Applications / 第 22 回気体放電とその応用に関する国際会議	室蘭工業大学	佐藤 孝紀	49

### 掲示板

第 16 回プラズマエレクトロニクス賞 受賞候補論文の募集	首都大学東京	朽久保 文嘉	50
平成 29 年度プラズマエレクトロニクス分科会 幹事名簿			52
平成 29 年度分科会幹事役割分担			54
平成 29 年度分科会関連の各種世話人・委員			55

活動報告	57
プラズマエレクトロニクス関連会議日程	59
広告掲載企業一覧	62
編集後記	63

## 巻頭言

# プロセスプラズマのこれまでとこれから

## ソニーセミコンダクタソリューションズ（株）研究部門 辰巳 哲也

大変僥倖ながら巻頭に文章を記す機会を頂きましたので、これまでの自身のプラズマ関連の研究開発の経験を振り返りつつ、産官学それぞれの立場から応物あるいはプラエレ分科会と関わり、感じてきたこと、今後に向けて望むことをまとめてみたいと思います。

筆者がプラズマプロセスと初めて出会ったのは学生時代（1980年代の後半）、早稲田大学の加藤勇先生にプラズマを基礎からご指導を頂きました。当時は“サンシャインプロジェクト”の先導もあり、太陽電池向けのプラズマ研究が盛んな頃でSiH<sub>4</sub>ガスの解離や表面反応についての議論が活発に行われ、応物の非晶質のセッションは大きな盛り上がりを見せていたと記憶しています。その後、企業（ソニー）に入社してからは微細加工に用いられるプラズマプロセスであるドライエッチング技術を担当する部署に配属となり、いわゆるムーアの法則に従って進む微細化と共に必要となるトランジスタのゲート電極加工をテーマに各種のデバイス開発に参画することとなりました。1990年代は日本の半導体産業が最も活力を持って発展した時代。種々の新しい高密度プラズマ源の開発や高選択比プロセスに関する議論が進められ、応物やドライプロセスシンポジウムは各社の毎年の成果発表のまさに主戦場となっていました。若手の研究者は講演会場の前方に陣取る重鎮の皆さんからの大変厳しい質問やコメントに一喜一憂しつつ鍛えられていったものです。所属を問わず若手を成長させようとして下さっていた先輩方の

ご指導には（当時は怖かったです）今でも感謝をしています。こうした組織を超えた育成や鍛錬の場としての役割が学会そのものに重みを与えているように感じていました。

2000年に近づくと半導体デバイス開発を取り巻く環境は少しずつ変化しはじめ、微細化に加えてダメージやバラつきまで含めたより緻密で精密なプラズマプロセスの制御が必要となってきました。旧通産省（現在の経産省）の主導で設立されたASET（技術研究組合超先端電子技術開発機構）は、当時10社もあった国内半導体デバイスメーカーから各1名ずつの研究者が派遣された集中研究方式のコンソーシアムで、筆者もその一員として派遣されました。通産省の担当官からの与えられたミッションは「経験に頼ることの多いプラズマプロセスにサイエンスの背骨を入れること」。複数台の最新のエッチングチャンバーが国内の装置メーカーより導入され、大学が有する世界最先端のプラズマ/表面の計測技術を駆使して「何がプロセス特性の本質を決めるか？」をデバイスメーカーのエンジニアが目指す、産官学共同の研究の場が構築されました。この官が主導したコンソーシアムは産学間や企業間の意識・技術の乖離を埋めて、それぞれの優れた知見を融合することで、先進性と実用性のバランスをもったプラズマ反応制御モデルを生み出しました。企業や大学などの所属組織のしがらみから離れた非競争領域の研究成果は応物等を通じて広く公開され、また出向者はそれぞれの出身企業に知見を持ち帰り、自社のデバイス

の改善に活用・貢献し今に至っています。大きな課題と期待を前に組織の枠を超えて「これを解決する技術は皆で作る」といった知の共有を行う文化は今でも我々のコミュニティの強みの一つになっているのではないのでしょうか。

その後、筆者はデバイスメーカーに帰任し、再び先端 CMOS、半導体レーザ、ディスプレイ等のデバイスの実現に向けてのプラズマプロセス開発に従事しました。またこれらと並行して慶応義塾大学に出向し真壁利明先生のご指導のもと、講義や研究室の論文指導を経験し、教員という立場で改めて学会や研究の現場を見渡す機会を頂きました。企業では限られた予算や時間を言い訳(?)にメカニズム検討を置き去りにしてしまうことも実は少なくありませんが、大学では当然それは許されません。然るべき境界条件の元で粛々と研究を押し進める正しさとその重要性を再認識し、それまで以上に産学連携と知の共有の重要性を意識するきっかけとなったという意味で、筆者にとっては非常に新鮮な体験となりました。また、ネットを通じた玉石混交の情報の海を前に、検索はできてもその結果を消化しきれない結果として、他者と同じではないことに漠然とした不安を持ち自身の言葉を発することをためらう学生さんの姿も多く目にしました。こうしたことより、今後、技術課題とは別の次元で技術共有やコミュニケーションについても考えてゆく必要があるとの考えにも至りました。

2010 年を過ぎた頃からは微細化の勢いにも陰りが見え始め、半導体業界には漠然とした閉塞感が感じられるようになってきています。しかしながら、実は中長期的な目線では世界全体として IoT やアンビエントエレクトロニクスと呼ばれる新しい技術が支える新しい時代の到来に向けて、信号処理やセンシングに必要な半導体デバイスニ

ーズは拡大の一途をたどります。そうした中で過去に培ったプラズマを応用したモノづくり技術が不要になることは決して無く、むしろより精度の高いプロセス開発のために、原子レベルでの反応の理解や制御プロセス改善が求められるようになると思われます。定量的なプラズマ計測やモデリング、シミュレーション技術、変動の予兆管理技術などは、今こそ本当の意味での発展が求められるようになってきているのではないのでしょうか？昨今の ALE (原子層エッチング) の議論の盛り上がりを見ても、そうした研究の加速が次の社会を作る力となってゆくことは想像に難くありません。

ここまで述べてきたように、技術は学会等の公の場で継続的に揉まれてはじめて精度の高いものになってゆきます (こればかりはネットや SNS の中だけでは熟成しえないと思います)。ですから、本稿を目にする大学、学生の皆さんには、ユーザ側の視点を頭の片隅におきつつ、期待と自信をもって研究を進め学会の場にてご活躍頂きたいと思っています。企業の皆さんには社外との建設的な議論を通じた Win-Win の関係づくりを自らの武器として、企業としての研究とは何か? を改めて考えていって欲しいと思います。またプラズマプロセスの本質はまだ現場の技術者の頭の中や肌感覚の中いわゆる“暗黙知”のままであることも多いと思います。経験豊富な中堅・シニアの皆さんにも是非とも会場に足を運び若手やコミュニティに対してのご指導を頂けますと幸いです。これからも社会環境や研究者のマインドは常に変化してゆくかもしれませんが、プラエレ分科会の基本的な役割は変わりません。「学ぶ場」から「試す場」へ、「試す場」から「伝える場」へと研究者のライフサイクルと合わせて皆で学び、発展してゆくことを期待し、応用物理学会及びプラエレ分科会の皆様へのメッセージとさせていただきます。

## 研究紹介

# 限定視野下での微粒子プラズマ三次元計測システムの開発

京都工芸繊維大学 三瓶 明希夫

### はじめに

外部からの透過光、あるいは対象自身の発光を限定された視野から観測し、その結果から三次元構造を再構成する技術が求められている。一般に、Computed Tomography(CT)として知られる再構成技術には、全ての角度からの視線情報が存在するという「完全条件」が必要であるが、現実には完全条件を満たせない状況が多数存在する。プラズマからの放射光を計測して三次元構造を同定しようとする場合は、真空容器に開いたポートによる著しい視野制限が存在する。低温プラズマである微粒子プラズマでは、クーロン結晶や湯川ボールの形成・相転移のような基礎物理の研究と、効率の良いナノ材料や超微粒子の作成といった応用への観点から、三次元構造の計測技術が発展してきた。一方向からの計測によって三次元構造を類推する方法として、シート状のレーザーをスキャンさせて得られた二次元像を重ねたり、カメラの距離やピントを変化させる事などが行われている。しかし、短い時間で空間的に変化する現象に対してはこの方法は使えないため、一定の領域中にある微粒子の三次元構造を同時に把握できる技術が必要である。

インテグラルフォトグラフィは裸眼 3D ディスプレイやリフォーカスカメラの原理として知られている[1]。被写体とイメージセンサなどの撮像体との間にマイクロレンズアレイを設置して多眼カメラを作り、その映像からライトフィールドを作成することで限定視野下において被写体の三次元情報を記録することが可能である。そのため、近年は微粒子プラズマの三次元形状計測手法として

市販のリフォーカスカメラの利用が試みられている[2,3]。本研究では、インテグラルフォトグラフィ技術を利用して、微粒子プラズマに最適化された三次元計測システムの開発を行った。

### 研究内容

図 1 に撮像と再構成の概念図を示す。微粒子からの散乱光はマルチレンズアレイを通して、視差を持つ二次元イメージアレイとして計測される。PC 上で仮想的に再びレンズアレイを通し、ライトフィールドを計算することで、三次元構造を再構成する[4,5]。

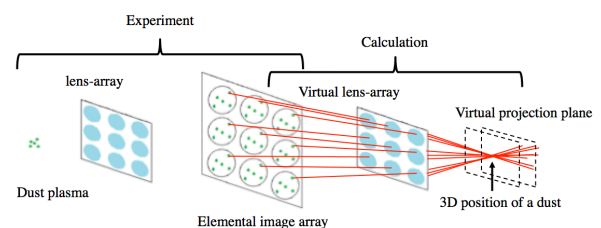


図 1 撮像と再構成の概念図

撮像体には、市販のデジタル一眼レフカメラ D810 に内蔵されている CMOS イメージセンサ (36M Pixel, 36 mm×24 mm) を利用した。イメージセンサ内の有効画素を最大限に利用するため、被写体 (微粒子)、レンズアレイ、イメージセンサの間の距離とレンズの焦点距離を最適化した[5]。レンズアレイには、焦点距離 35 mm, 大きさ 2.2 mm 角の凸レンズが横(x 方向)9 個×縦(y 方向)6 個で配置されたものを制作した。光軸の方向を z 軸とすると、この系によって撮影可能な範囲は、z 軸方向はレンズアレイから 55~143 mm, x-y 平面は面積で 24 mm<sup>2</sup> である。座標が既知の点光

源に対して試験的に行った実験および計算の結果からは、 $x$  および  $z$  方向の測定誤差はそれぞれ、 $10\ \mu\text{m}$  以下、 $100\ \mu\text{m}$  程度であった。

微粒子プラズマの実験装置には、平行平板型の RF プラズマ装置を用いた[6]。圧力  $80\ \text{Pa}$  窒素放電プラズマ中に、直径  $6.5\ \mu\text{m}$  の球形単分散のポリマー微粒子を捕捉させた。微粒子を観測するための光散乱光源には、波長  $532\ \text{nm}$ 、出力約  $10\ \text{mW}$ 、ビーム径  $4\ \text{mm}$  の小型レーザーを用いた。プラズマ中に微粒子が浮遊している様子を撮影した画像の一部を図 2 に示す。図の中心付近には、あるマイクロレンズを通してイメージセンサ上に結像した 5 個の光点が存在する。図の周辺部には、他のマイクロレンズに対応した像が認められる。図 2 の結果からライトフィールドを計算し、輝度がピークを取る座標が点光源の位置と見なせる[4]。微粒子の三次元座標を求めた結果を図 3 に示す。 $z$  軸の値はレンズアレイからの距離を表している。平均粒子間距離は  $780\ \mu\text{m}$  程度であり、他の計測と矛盾ない結果が得られている。

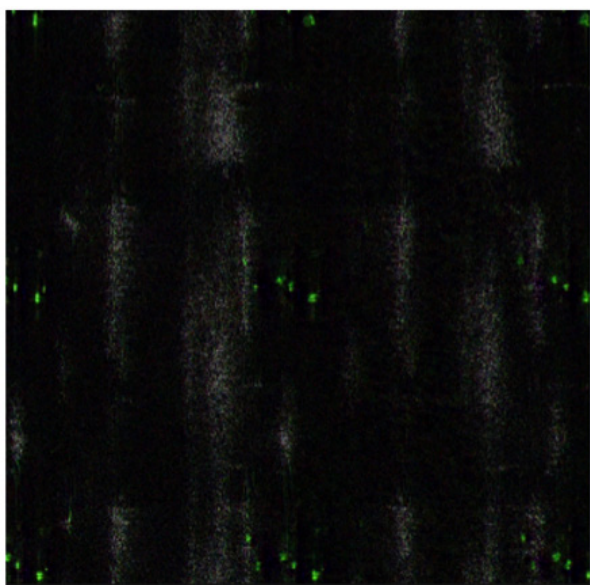
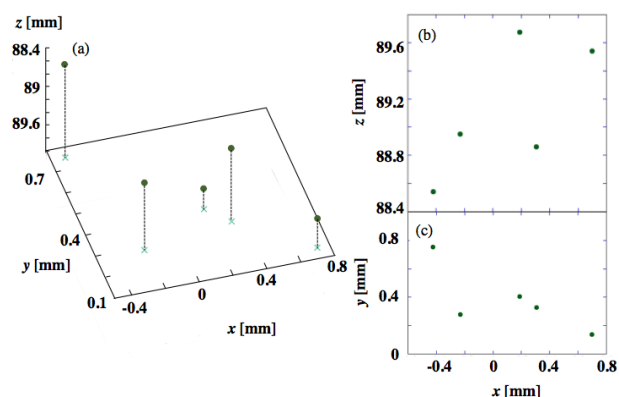


図 2 レンズアレイを通して撮影された微粒子



(一部を拡大。背景を差分済み)

図 3 再構成された微粒子の三次元位置

(a) 鳥瞰図, (b)  $x$ - $z$  平面, (c)  $x$ - $y$  平面[5]

## おわりに

インテグルフोटグラフィを用いて、一方向からプラズマ中の微粒子の位置を三次元的に解析する方法を開発した。今後は、本技術を微粒子プラズマにおける種々の物理現象の三次元空間での解析に応用することが期待される。

## 参考文献

- [1] G. Lippmann; C. R. Acad. Sci. vol.146 (1908) 446.
- [2] P. Hartmann, I. Donk'ó and Z. Donk'ó; Rev. Sci. Instrum. vol.84 (2013) 023501.
- [3] M. Jambor, V. Nosenko, S. K. Zhdanov, and H. M. Thomas; Rev. Sci. Instrum. vol.87, (2016) 033505.
- [4] A. Sanpei, N. Takao, Y. Kato and Y. Hayashi; IEEE Trans. Plasma Sci. vol.44 (2016) 508.
- [5] A. Sanpei, K. Tokunaga and Y. Hayashi; Jpn. J. Appl. Phys. vol.56 (2017) 080305.
- [6] Y. Hayashi, Physica Scripta vol.T89 (2001) 112.



## 研究室紹介

# 放射線研究センター放射線安全管理学グループ

## 大阪府立大学研究推進機構放射線研究センター 松浦 寛人

### はじめに

このたび、私の研究グループ紹介の機会を与えてくださいましたプラズマエレクトロニクス分科会幹事の皆様には深く感謝いたします。グループ名を見るとプラズマとの関連があまり見えなと思いますので、はじめに私の所属について、簡単に紹介させていただきます。

現在の大阪府立大学は、平成 17 年度に府立の 3 大学が統合して設立され、平成 24 年度より学域制を学士課程に導入しております。特に工学域は中期日程という独特な入試日程で関西圏では広く知られています。府立大学のルーツは、明治 16 年設置の獣医学講習所での軍用馬の獣医教育までさかのぼることができ、平成 25 年には創基 130 年を祝いました。放射線研究センターは、昭和 34 年に設置された大阪府立放射線中央研究所が母体であり、平成 2 年に法人化前の旧大阪府立大学に統合されています。平成 29 年度の改組より、研究推進機構の 1 センターとして学内利用および学外利用に供されています。

このような歴史的背景から、放射線研究センターは地方大学にはありえないほどの大規模放射線照射施設を有し、センター教員は施設管理のための 5 つの研究グループ(部門)に配置されています。例えば、コバルト 60 ガンマ線照射施設は 4 つの照射室と独特な照射プール(図 1)からなり、線源強度は 1.8 PBq で、最大照射線量率は 50 kGy/h に達します[1]。そのため、センターの研究グループは、通常の大学の講座とは成り立ちが違い、管理部門的扱いでしたが、平成 25 年度に新設された大学

院工学研究科の量子放射線系専攻の教育もセンター教員が担当することになったため、最近では学生も参加した研究活動も進められています。安全管理学グループはしばらく専任スタッフが不在でしたが、平成 27 年度に秋吉准教授が採用され、翌年、私が量子線材料研究グループより移動して、改めて研究グループの再立ち上げを始めています。

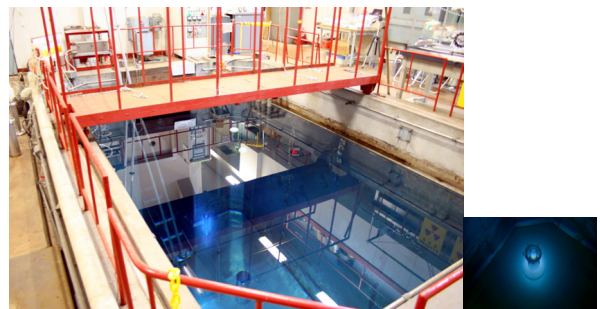


図 1 コバルト 60 ガンマ線照射プールと水中線源からのチェレンコフ光

### 安全管理業務

研究グループの名称にもなっている放射線安全管理学は放射線源や加速器を対象とした安全システムの構築のみならず、環境計測、安全教育等多岐にわたっており、未だ体系的な学問として確立しておりません。我々もセンター施設の安全管理、放射線作業従事者の被ばく記録の管理、学内外からの共同研究の受け入れ、一般公衆への正しい知識普及活動などを通じてこの研究分野の形成に寄与したいと考えております。

放射線研究センターの重要な業務には、所有する機器の管理、利用受け入れに加えて、キャンパス内の放射線作業従事者登録された教員や学生の被ばく記録の保管管理があります。この記録は本人の在学の有無はおろか、死後であっても永久保管することが、国の法体系で求められており、本学教員や学生の高エネルギー研や量研機構での共同研究の際には、必ず提出を求められます。個人の被ばく管理記録がないと、研究分野によらず、共同研究の遂行に支障がでますので、その管理は重要な業務になっています。

知識普及活動としては、中高生を対象としたオープンスクール活動や、学内行事と連動した施設公開の他、文科省や堺市に申請採択された人材教育プロジェクトに積極的に寄与しています。中でも、関西の様々な団体と共済している「みんなのくらしと放射線展」は、本年、第 34 回を数え、のべ 50 万人の参加者を集めています。(図 2)



図 2 みんなのくらしと放射線展

## 研究テーマ

私が学生時代から遂行している研究テーマはダイバータープラズマの制御と関連する炉工学、プラズマ計測です。21 世紀のエネルギーとして原型炉の工学設計が進められている磁気閉じ込め核融合炉では  $10 \text{ MW/m}^2$  を越える熱流束を持つプラズマが固体装置壁と相互作用すると予想され、そ

の制御が世界的にも重要な研究テーマとなっています。ダイバーターは、核融合プラズマ装置の周辺部にあり、プラズマが開いた磁力線に沿って固体と直接相互作用する部分の名称です。現在、最も有力の熱流束低減法は、放射損失によりプラズマ温度を下げ、再結合状態のプラズマ(非接触プラズマ)を安定に維持することと考えられています。そのため、中性粒子の挙動やプラズマ対抗材料内での水素挙動を正確に再現するシミュレーションモデルの改良[2]と、小型の直流放電プラズマを用いた模擬実験が推し進められており、学外の研究者たちと共同研究を進めています。図 3 は、東京大学(当時)のダイバーター模擬装置 MAP-II で生成された非接触プラズマの写真です。熱流のバイアス電圧依存性からイオン温度を評価するために開発されたサーマルプローブも写っています。

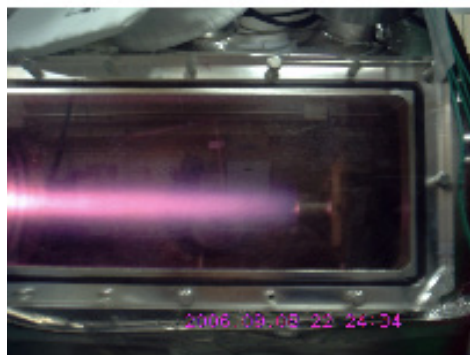


図 3 非接触プラズマとサーマルプローブ

プラズマから固体への熱流束とその時間変化の評価は基本的な計測でありながら未だ確立された技術にはなっていません。熱流束の値は、プラズマ内の様々な原子分子過程のみならず、固体表面状態にも依存するため、固体の特定点での温度測定データを再現する様に逆熱伝導モデルを解く必要があります。我々は低圧の直流グロープラズマや上記のダイバーター模擬プラズマのみならず、

共同研究を通して、様々な核融合実験装置での熱流束計測法の開発を進めています。この過程で開発したプラズマ熱流束評価法[3]は、プラズマ加熱用ビームの熱流束評価にも応用されています。図4は、核融合科学研究所の大型ヘリカル装置のプラズマを透過した加熱用中性粒子ビームパワーの時間変化を示しています。プラズマの密度増加に伴うビーム透過量のゆっくりした減少のほかに、プラズマ中に誘起された不安定性による透過量の変動が観測され、熱流束評価がプラズマそのものの不安定性計測に応用できうることを提案しています。最近では、生体物質を標的とした大気圧プラズマからの熱流束も評価し、プラズマプロセッシング過程に熱の影響が無視しうることやヘリウムガス流による水の蒸発促進が自然対流を誘起することを検証しています。

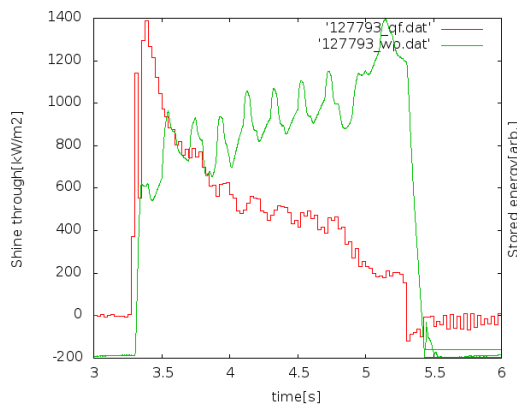


図4 加熱ビーム通過パワー(赤線)とプラズマ圧力(緑色)の時間変化

上記の様な熱伝導解析で最も重要なパラメータは固体ターゲット(液体の場合もあります)材料の熱伝導率や熱拡散率といった物性値です。しかし、原子力分野(核融合炉のダイバーター、高温ガス炉の燃料被覆材など)では、中性子照射損傷による熱特性の著しい低下が報告されています。セラ

ミック材料ではフォノン伝導が主要な熱伝導過程ですが、中性子照射により欠陥が導入されると、これは大幅に阻害されます[4]。核融合炉のプラズマ対向材料と想定されているタングステンもフォノン伝導の寄与が大きく、秋吉准教授は日米プロジェクトをはじめとして国内外の研究者との交流を深め、ダイバーター材料の熱負荷試験に関する研究を進めています。特に、中性子を模擬したイオンビーム照射を受けたサンプルは、そのサイズが小さいため、格子欠陥を調べる陽電子消滅法や熱物性値を調べるレーザーブローオフ法を微小サンプルに適用できるよう改良を進めています。

私がプラズマエレクトロニクス分科会とかかわりを持ち始めた頃から、大気圧放電非平衡プラズマの生成とその応用が研究テーマに加わりました。生体物質に対してその場で滅菌を行うためには、大気圧環境でプラズマを生成することが好ましいことはよく知られています。直流放電の理論からは、圧力が上がると放電電極の熱電子放出をベースにした熱プラズマが生成されると予想されますが、電極間に誘電体を設置し交流電圧を印加することにより「冷たい」プラズマの生成が可能です。その中でも Engemann らの提唱した誘電体バリア放電(DBD)プラズマジェットは、装置の簡便さと生成されるプラズマの美しさから、世界中で広く基礎研究や応用に用いられています。我々のグループにおいても、DBD プラズマジェットを生成し、その基礎特性の計測や有害化学物質の分解、放電装置の改良、生体物質への適用が行われてきています。バイオディーゼル燃料に用いられる南洋油桐(*Jatropha Curcus*)の種子に含まれる発がん性のフォルボールエステルの分解については、成書[5]で紹介されています。また、最近ではヨウ化カリウム・デンブレン混合液が活性酸素ラジカルの存在下で青紫色を呈することを利用した、ラジカ

ルの生成過程や輸送過程の研究も開始しています。図5ではプラズマ照射された液中のどこでラジカルが生成されたか、液中での輸送速度がどのように違うかを示しています。

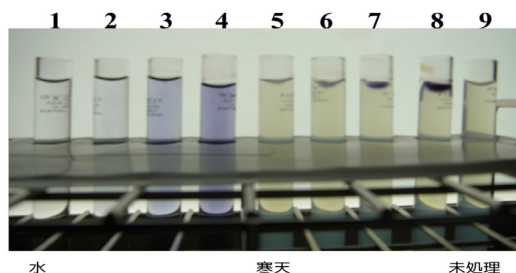


図5 液面に照射されたプラズマで生成されたラジカルの可視化実験

最後に、放射線教育プログラムに関係した研究を1例紹介します。放射線の電離作用で空気中に作られる陰陽のイオンは、過飽和アルコール雰囲気中で微小水滴形成の核になります。この原理を利用した放射線検出器が霧箱と呼ばれるもので、これを用いた放射線(主にアルファ線)の軌跡の観察は目で見て直感的に放射線の存在を知ることが出来るため、教育的効果が大変大きく、様々な教育者により改良が成されて来ました。我々は、 $-20^{\circ}\text{C}$ 以下の低温をドライアイス等の寒剤の準備無しにいつでも確実に得る手段として、ペルチェ素子を使用した霧箱を開発し、希望者に実費配布しています。さらに、コッククロフト・ウォルトン回路を用いた高電圧により雑イオン除去を行う機能を付加し、アルファ線のみならずベータ線やガンマ線の軌跡の観測も可能としています。この高性能霧箱を利用した放射線教育プログラムでは、放射線の種類による生物学的影響の違いの理解も可能なものとしています。我々はこの霧箱を商品化し、組み立てキットを実費で販売しています。

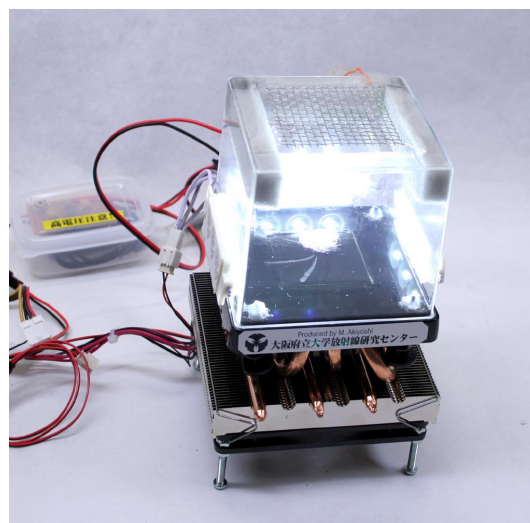


図6 ペルチェ冷却式高性能霧箱

## 学生募集

我々の研究グループの学生は、工学研究科量子放射線系専攻に属していますが、量子放射線関連の学士課程が大阪府立大学にないため、毎年、学内での説明会のほかに近隣の大学や高専にもリクルート活動を行っています。現在の学生諸君もほとんどが入学と同時に、新しい研究テーマを立ち上げると同時に、放射線取扱主任の国家試験を受験するという、充実した学生生活を送っています。

今年度10月からは、新たに博士前期課程と後期課程に1名ずつの留学生が加わることになりました。母国での環境汚染をプラズマ(および放射線)で解決したいという大志を抱いた彼らの加入は研究室をさらに活性化させてくれると期待しています。



図 7 留学生歓迎会

#### 参考文献

- [1] S. Okuda et al.: Proc. ISSI 2011, Hefei (China), 101-103.
- [2] H. Matsuura et al.: Plasma Fusion Res., 6(2011) 2401104.
- [3] H. Matsuura et al.: Contrib. Plasma Phys. 54 (2014) 285-290.
- [4] M. Akiyoshi et al.: Journal of Nuclear Materials, 386-388 (2009) 303-306.
- [5] 大久保雅章; “プラズマ産業応用技術”, (シーエムシー出版, 2017年)

## 研究室紹介

### 愛媛大学理学部 前原研究室

#### 愛媛大学理学部 前原 常弘

#### 1. はじめに

この研究室紹介の依頼があったとき、受けようかどうか、迷ったのが正直なところです。というのも、最近、管理・運営の仕事が忙しく(なぜか、今年度から副学部長なのです)、研究に費やす時間が激減していて、「研究室」と名乗るのも恥ずかしいレベルだからです。まあ、そうは言っても細々と研究は続けていて、今回はその「細々」を紹介したいと思います。主な研究は液中プラズマで、その他に、神野雅文先生の研究室にお邪魔して、遺伝子導入の研究にも参加しています[1]。ここでは、研究室の様子と水中プラズマの研究結果について簡単に触れたいと思います。



図1 2016年9月卒業生カップルの結婚式。

研究室には教員が私一人に対して、今年度の学生数はM2・1人、M1・3人、B4・5人の合計9人となっています。これは希望者が多いため、ついつい多めに受け入れてしまうことが原因です。目が行き届いておらず、学生たちにはパラダイスとなってしまっているようです。また、従来から

学生が多かったために、必然的に卒業生の数も多くなっていて、結婚式に招待されることも多く(招待してもらうこと自体はとてもうれしいのですが)、私の懐を悩ませています(図1)。

教員が酒飲みであることも手伝って、研究室では定期的にイベントが行われます。新歓・BBQ・忘年会・卒論修論打ち上げ・追いコンといった具合です(図2にBBQの時の写真を挙げます)。従来は、これらのイベントに加えて、研究室内で鍋パーティーやピザパーティーなどを不定期に開催していたのですが、建物内での煮炊き禁止が言い渡され、自粛しているところです。



図2 BBQの様子(2016年7月)。今年もBBQをしたのですが、写真を撮り忘れしました。

#### 2. 水中プラズマの発生と応用

さて、研究の話ですが、その前に「工作室」を紹介したいと思います。この工作室には旋盤やフライス盤、ノコ盤、ボール盤が備え付けられ、金属加工や樹脂加工が可能です。実験装置の多くは、手作りであるため、研究室に配属された学生は、

まず、工作機械の取り扱いを学ぶことになります。技官の奥村秀彦氏から指導を受け、図面通りに仕上がると、男女に関係なく、楽しいようです（図3）。



図3 先輩の指導を受けて、旋盤を扱う様子。奥にわずかに見えているのが奥村氏。

そのようにしてできた装置の一つを図4(a)に示します（説明のためのポンチ絵を図4(b)に示します）。ガラス容器以外は旋盤を使って自前で作ったものです。ガラス容器には水が入れられ、下側から挿入された電極に高周波（13.56 MHz）が加えられます。電極の直上に気泡が形成されて、その中にプラズマが発生します（初期の結果は文献[2]）。水中プラズマが作るOHラジカルによって、水中の有機物の分解が期待できるほか、ナノ粒子の生成も可能です。

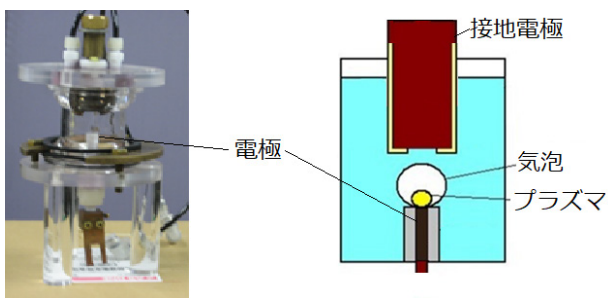


図4 (a)実験装置の写真と(b)ポンチ絵

図5はそのようにして、作られた金ナノワイヤーの例です。三角形を中心とする多角形の金ナノ粒子の生成は水中放電の利用例としてよく知られるところですが、このように細長いナノワイヤーができるのは面白いと思っています。論文にまとめないといけないなあと思っているのですが、手付かずのまま時間だけが過ぎてしまい、現時点では、観察に必須の透過型電子顕微鏡（TEM）を使える学生がいなくなり、途方に暮れています。

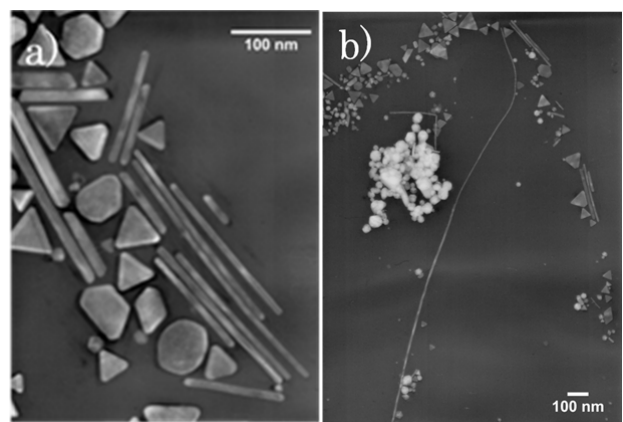


図5 a)金ナノロッドと b)金ナノワイヤー

図4の水中プラズマでは、水中に挿入された電極に接する形でプラズマが発生する訳ですが、その場合は少なからず電極のスパッタリングが起り、場合によっては水が汚染されることとなります。このようなことを避ける意味から、電極から離れた位置で発生させた水中プラズマを図6に示します。ここでは、2つの電極間を水（主に食塩水）で満たし、貫通孔を有する絶縁板で仕切るといふものです。電極間に高周波を加えることで、貫通孔においてジュール損失が起り、気泡が発生、その中にプラズマが発生します[3]。当初は、プラズマが発生する貫通孔部は熱に強い素材（セラミックや石英）が不可欠と考えていたのですが、いろいろ試した結果、貫通孔と気泡の間に水の膜が維持されており、樹脂板に穴をあけたもので十

分であることが分かりました。透明の亚克力板を絶縁版として採用することで、絶縁板を横切つて、気泡とプラズマの両方を撮影することが可能となりました。その結果、観測事実に基づき、有限要素法を利用して電場分布を議論し、プラズマの発生機構を明らかにしようと試みています（この有限要素法を使った電場分布の見積もりは、新居浜高専の松友真哉先生[4]に教わっています）。



図6 電極から離れた位置での水中プラズマ。  
気泡が膨らんだ部分で電場が強くなり、  
プラズマが円環状に維持されている。

### 3. おわりに

地方大学で教員数が削減され、校費も減ってい

く中、周りの先生方に助けられながら、何とか研究を続けています。今後も事態は改善されないの  
でしょうが、細々ながら、何とか頑張っていきますので、図7のようなバンダナを巻いたスキンヘッドの人物を見たら、温かく見守ってください。

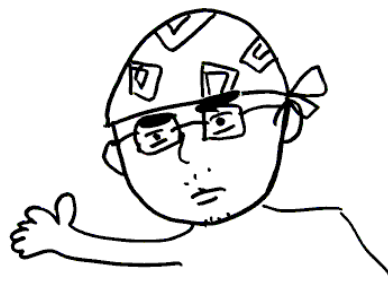


図7 学生による似顔絵

### 参考文献

- [1] 神野雅文: プラズマエレクトロニクス分科会  
会報 No.63 (2015) pp.5-7
- [2] T. Maehara et al.: Jpn. J. Appl. Phys, Vol. 45  
(2006) 8864-8868
- [3] T. Amano et al: Jpn. J. Appl. Phys, Vol.51  
(2012) 108005
- [4] 松友真哉: プラズマエレクトロニクス分科会  
会報 No.65 (2016) pp.20-25



## 海外の研究事情

### ドイツ ガルヒン・ミュンヘン滞在記

Max-Planck Institute for extraterrestrial physics/terraplasma GmbH

産業技術総合研究所 電子光技術研究部門 清水 鉄司

#### はじめに

私は、2001年8月から2017年3月まで、結果的に16年弱の間縁があり、ドイツバイエルン州ミュンヘンの郊外にあるガルヒン市（Garching）に滞在しました。その間、マックスプランク地球外物理学研究所（Max-Planck Institute für extraterrestrische Physik）[1]と terraplasma GmbH [2] に所属し、研究活動などを行ってきました。本稿では、私の滞在したガルヒンとミュンヘンの紹介、マックスプランク研究所で行った大気圧低温プラズマを用いた殺菌技術に関する研究、また滞在中の経験や思ったところを記していきたいと思います。ご存知の方々におきましては、当たり前と感ずることも多々あると思いますが、海外における滞在及び研究に興味のある方々に参考になればと記しますので、ご容赦ください。

#### ガルヒンとミュンヘン

私が住み働いてきたガルヒン市は、ドイツ南部のバイエルン州の州都であるミュンヘン中心から北に15 kmのところの位置する、人口1万6千人位の小さな町です。市内には4つのマックスプランク研究所とミュンヘン工科大学（Technische Universität München）のほかヨーロッパ南天文台（European Southern Observatory）などが運営されており、ガルヒンは学術都市、大学都市としての性格が強い町です。市内には、スーパーや郵便局、ビアホールなど必要なものは全てあり、またミュンヘンまで地下鉄で30分程度と、とても恵まれた環境で生活を楽しむことができます。

ミュンヘンは、人口が約145万人に達する、ベルリン、ハンブルグに次ぐドイツ第3の都市で、ドイツの中で最も人気のある都市です。夏季などの休暇シーズンには、ドイツ国内外からたくさんの観光客が訪れます。30万人を超えるドイツ以外の国籍保持者が在住しているため国際色豊かで、日本人も多く滞在しており、日本食スーパーやレストランも多くあります。ミュンヘンは、Pinakothek に代表される多数の美術館、Deutsches Muesum をはじめとする博物館、バイエルン州立歌劇場などがある芸術・文化の都としての顔のほか、BMW やジーメンスの本部がある強力な経済都市の一面もあります。また、多数のビール醸造所があり、9月中旬から10月初めに行われる Oktoberfest は、世界最大のビール祭りで、老若男女問わず1 Mass（1リットル）のジョッキを片手にみなで盛り上がります。サッカーの強豪である Bayern München の本拠地でもあるため、試合のある日はとてもにぎわいます。

このような街で生活をして気づくのは、多くのドイツ人が、「仕事をする」と「さまざまな文化を通じて生活を楽しむ」ことのバランスを、大事に考えていることです。日々の生活でも、夕方には家路について、ゆっくりと夜を楽しむ文化が根付いています。スーパーマーケットなども、夜8時に閉店で、余暇を楽しむことが生活のリズムに溶け込んでいる感を受けました。

ほかにドイツで気づくのは、ドイツ人は比較的几帳面なことです。そして、家の中から街の外観まで清潔に保つことに、とても積極的です。ミュ

ンヘンの街並みは、高いビルもなく清潔に保たれていて、それに誇りを持っていることがうかがえます。また、アパートに住んでいると、大家さんから部屋の使い方について様々な忠告を受けることもあります。特にキッチンをきれいに保つことには多大な努力を払います。

そのほかに、ルールを守ることを好むのもドイツ人の特徴だと思います。たとえば、地下鉄やバスは改札もなく検札もまれですが、ドイツ人の大部分はきちんと切符を購入しています。時々、このようなシステムが、日本を含むほかの国で運用できるか、と考えることもありました。ただその几帳面さゆえに、役所での杓子定規な対応になりがちで、たびたび閉口することもありました。

## マックスプランク研究所における研究内容 —抗生物質によらない創傷上の細菌コントロール法の開発—

マックスプランク研究所の私の所属していたグループでは、Director の Gregor Morfill 教授を中心としてマイクロメータサイズの微粒子とプラズマとの相互作用を研究しており(微粒子プラズマ)、国際宇宙ステーションで実験を実施するなど世界的にこの分野をリードしていました。

そのなかで、細菌のサイズは微粒子プラズマ中の微粒子とほぼ同じであることに着目し、今までに理解してきたプラズマと微小サイズの粒子間の物理・化学プロセスをさらに応用展開するため、2004 年から低温大気圧プラズマを用いた医療応用に関するプロジェクトを開始しました。低温大気圧プラズマは、ほぼ室温下で荷電粒子や紫外光などによる機械的な刺激を対象に与えることができ、またそれと同時に殺菌などの生化学反応に対し適切な活性種を生成・供与することが可能であり、ほかの媒体にはないとてもユニークな特徴を持っています。本研究において、私は低温大気圧

プラズマ源の開発とそのプラズマの基礎的性質の診断および初期バイオ実験の責任者を担当しました[3]。

はじめに、低温大気圧プラズマ照射の対象として、主に下肢にみられる感染慢性創傷に対する処置を考えました。創傷上に細菌が定着・感染している場合、創傷の治癒過程が遅延しえることが広く知られています。そのため、一般的な処方として、抗生物質などの薬剤投与が行われます。しかしながら、糖尿病などの持病やアレルギー反応、また近年における高コストゆえの抗生物質開発の低下、および MRSA (メチシリン耐性黄色ブドウ球菌) に代表される耐性菌の出現などの問題があり、抗生物質以外の細菌に対する処置法が期待されています。私たちのグループでは、私が中心となり開発・診断したプラズマ源を用い、世界で初めて低温大気圧プラズマを用いた臨床試験を行いました。プラズマ照射の結果、創傷上の細菌数の低下を観察することができました。臨床試験は 2013 年末に終了したが、試験中に副作用の報告もなく、またプラズマ処置は患部と機械的接触がなく痛みを伴わないため、感染コントロールの一方法としてプラズマの適用は期待されています[4,5]。

また、他の皮膚疾患、例えば痒症[6]や Heiley-Heiley 病[7]、帯状疱疹[8]に対してもプラズマ処置を適用しました。さらに、プラズマによる創傷そのものの治癒効果を検証するため、皮膚移植する際の非感染状態の創傷に対してもプラズマ照射を適用しました[9]。低温大気圧プラズマ照射は殺菌効果だけではなく、創傷の治癒過程にも有意な効果があることを実証することができました。なお、この臨床研究を通じて、プラズマ装置は現在 Adtec Europe Limited から商品名 SteriPlas として市販されていますので、興味のある方はホームページをご覧ください[10]。

## ドイツ（人）について思うこと

私は、ドイツ滞在中、マックスプランク研究所のほか、2014年1月から2017年3月までMax-Planck Societyからのスタートアップ企業である terraplasma GmbH に在籍しました。その間、基礎学理を追求する研究から、製品開発・実用化へとつなげる開発アプローチを経験することができました。

その間に、多くのドイツ人の同僚といろいろなトピックで話をしてきて思うことの一つに、ドイツ人科学者の視点の長さがあります。私が所属していたのが、マックスプランク研究所とそこからのスタートアップ企業であったこともあるとは思いますが、私の周りの多くの人が50年先位を見据えている感がありました。そして、どちらかといえば、自分の専門でない分野にも興味を持っているようです。技術発展が速く、分野が多岐にわたり、とかく自分の専門の近い未来のみを見がちですが、ドイツ人は学際的に基盤を構築していくことを大事にする価値観を持っているように見受けられます。多種多様な課題に対して考えていく必要がある現在では、バランスよく、近い将来から遠くまで、またさまざまな分野を視る能力が求められますが、一つのあり方を見ることができたのではないかと思います。

また、ほかのヨーロッパ諸国と同様に、ドイツ人は議論をすることを好みます。トピックは多岐にわたり、科学のことから政治、歴史などはもちろんのこと、食事やサッカー、テレビ番組の話まで、なんでも「議論」したいように思います。滞在当初は、議論の輪に入れなかったと時に、正直、語学力の問題と考えることが多かったです。しかしながら、のちに語学力はそれほど重要なファクターではなく、どちらかという相手振り向かせる力のほうが大事なことだと思えるようになりました。月並みですが、やはりいろいろなことに興味

を持ち、アイデアや意見を普段から大事に温めて、プレゼンしていくことの重要性を学べた気がしています。

## 最後に

この滞在記を終えるにあたり、Max-Planck Institute と terraplasma GmbH で常に討論に応じていただき、また激励していただいた Gregor Morfill 教授、また研究の議論から日常のドイツについてのお話までお世話になりました Julia Zimmermann さん、臨床試験からサッカー、日本食までさまざまにお話をさせていただいた Georg Isbary さん、ほか一緒に研究をおこないビールを楽しんだ方々に心より感謝いたします。そして、ドイツに研究する機会を与えていただいた、東北大学名誉教授佐藤徳芳先生に深く感謝いたします。

## 参考文献

- [1] <http://www.mpe.mpg.de/2169/en>
- [2] <http://terrapiasma.com/>
- [3] T. Shimizu, et al.; Plasma Process. Polym., **5**, (2008), 588-82.
- [4] G. Isbary, et al.; Br. J. Dermatol., **163**, (2010), 78-82.
- [5] G. Isbary, et al.; Br. J. Dermatol., **167**, (2012), 404-10.
- [6] J. Heinlin, et al.; J. Eur. Acad. Dermatol., **27**, (2013), 324-31.
- [7] G. Isbary, et al.; Arch. Dermatol., **147**, (2011), 388-90.
- [8] G. Isbary, et al.; Clin. Plasma Med., **2**, (2014), 50-5.
- [9] J. Heinlin, et al.; Wound Repair Regen., **21**, (2013), 800-7.
- [10] <http://www.adtecplasma.com/>

## プラズマ誘起液中化学反応場における液中化学種の診断

大阪大学 北野 勝久、神戸大学 谷 篤史  
大阪産業技術研究所 井川 聡、中島 陽一

### 1. プラズマ誘起液中化学反応のバイオ応用

大気圧低温プラズマを用いた医療、農業、バイオマテリアルなど幅広い応用研究が着目されている[1-7]。それらの多くは濡れ環境での利用であるために、プラズマによって液中に形成された化学反応場の理解は重要である。溶液中の反応は溶液中の化学種によってもたらされるために、発光分光分析や質量分析などの気相中のプラズマ診断だけでは不十分であり、反応素過程の理解のためには液中化学種の診断が必要となってくる。

プラズマは化学種の供給ツールであると言えるが、被対象物を含む溶液に対してプラズマを直接作用させる方式と、事前にプラズマを水に照射したプラズマ処理水 (PTW: plasma-treated water) を利用する間接的な方式がある。供給された化学種のうち寿命の長いもの、もしくは二次的に生成されるものを利用するのが PTW と考えると良い。

医療応用では細胞への作用が中心であるが、その素過程は生理活性を有しているタンパク質の化学修飾である場合が多く、さらに化学反応性が高く酸化されやすいアミノ酸残基が立体構造的にどの部位にあるかなど、よりミクロな生化学反応を検討する必要もある[8-10]。

このようなプラズマ誘起液中化学反応場を理解し価値のある応用をするためには、液中化学種の測定は必須であり、正しい診断を行わなければその応用が真に新規な研究であるかの判断はつかない。当該分野の研究を始める (行っている) 学生に向けて、本稿では基礎的ないくつかのトピックスにしばり解説を行うこととする。

### 2. 溶液の分析手法の基本

液中の化学種の診断は分析化学的な手法に基づき多種多様な方法があるが[11, 12]、プラズマ分野で比較的よく使われている手法を簡単に紹介する。

#### 2-1 吸収分光法

光と物質の相互作用を利用することで、様々な定性・定量分析が可能である。溶液中の化学種は紫外～可視域に特有の吸収スペクトルを持つ場合が多く、分光器を用いて透過光の光吸収を測定することで化学種の推定が可能である。入射光、出射光の強度をそれぞれ  $I_0$ 、 $I$  とすると、吸光度  $A$  は下記のように定義される。

$$A = \log_{10} (I_0 / I)$$

吸光度  $A$  は無次元量であるが、ランベルト・ベールの法則から、目的物質のモル吸光係数  $\epsilon$ 、モル濃度  $C_n$ 、光路長  $L$  を用いて下記のように示される。

$$A = \epsilon C_n L$$

光の透過率 (%) ではなく、吸光度を用いることで、濃度ならび光路長に比例した値が得られ、使い勝手が良い。液中の化学種の吸収スペクトルは比較的ブロードで重なる場合が多く、溶存ガスも考慮しながら慎重に波長分離を行う必要があるが、波長分離だけでは想定外の化学種の存在を見逃すことがある点には注意が必要である。

#### 2-2 電気化学測定

電気化学的な反応を利用することで、液中の化学種の測定が可能である。作用電極、参照電極、カウンター電極の 3 つ電極を用いる場合が多く、電位差を測定する方法と電流を測定する方法の二つに大別される。いくつかの化学種の計測に用い

ることが可能であるが、最も有名なのは pH メーターである。pH は $[H^+]$ の負の対数に等しいと定義されているが、様々な化学反応に関係する重要なパラメーターである。一般的な pH メーターは $H^+$ イオン選択性のきわめて高いガラス電極を用いて $[H^+]$ の電気化学測定を行っている。校正さえ正しく行えば信頼性の高い測定器である。

### 2-3 化学プローブ法

化学プローブと呼ばれるプローブ分子と溶液中の化学種とが化学反応した生成物を発色、発光、蛍光により間接的に計測することで元の化学種を推定する方法である。液中で不安定（短寿命）な化学種を、化学プローブを用いて安定化することで事後に計測する場合も多い。利用する化学反応には様々なタイプがあり、単に酸化力を評価するだけのものから、特定の化学種に特異的に反応する選択的な化学プローブもあり、目的の化学種に応じて使い分ける。選択性があると言っても必ずしも特定の化学種のみが反応するというわけではなく、特定の化学種への反応速度が大きいという特性を利用しているだけであり、それぞれの化学種の濃度と捕捉率の積算が測定結果として得られる。多くのプローブでは化学種により新しく発色、発光、蛍光が生じるが、プローブによっては波長シフトや失活などを利用することもあり、基本的な原理を下記で説明する。

発色タイプのものは、肉眼で観察できるものも多く、測定も比較的簡単であることから多用される。KI 法は I<sup>-</sup>が酸化されて生じる I<sub>2</sub>が、さらに I<sup>-</sup>と反応して生じる I<sub>3</sub><sup>-</sup>の吸収分光を行う事で酸化性化学種の測定を行う。さらにデンプンを混ぜておくことで、高感度な計測も可能である。共立理化学研究所から発売されているパックテストは有名であり使われている方も多いかと思うが、目的の化学種に対して感度と選択性のある発色試薬が事前に粉末状に混合された様々なものが市販されて

いる[13]。ペーパーストリップタイプのケミカルインジケーターも市販されているが、これらはあくまで簡易分析手法であるため、注意を要する。

発光タイプのものは、化学反応によって発光物質が励起状態となり、基底状態に戻る時に発する光を観測することで計測を行う。化学種の定量分析には適しておらず、発光体でもあるプラズマが近傍に有る場合は使いにくいので、あまり使われることはない。

蛍光タイプのものは、化学反応によって蛍光を発する物質に変化することを利用し、蛍光光度計等で励起光により生じる蛍光強度から測定を行う方法である。生命科学分野で古くから使われており、多種多様なプローブが市販されている。励起光と異なる波長での蛍光を測定することで、S/Nが非常に良い測定が可能となる。

### 2-4 イオンクロマトグラフ法

液体クロマトグラフの一つであるイオンクロマトグラフでは、試料溶液中のイオンをイオン交換カラムにより分離し、電気伝導度検出器や光吸収分光器などで測定する[14]。化学種を分離してから計測するクロマトグラフ法の一つであり定量性が高い。陽イオン、陰イオンを含めて無機イオンの定量分析では極めて有用であり、サプレッサーを利用することで ppb 程度の高感度を実現する。

### 2-5 電子スピン共鳴法

電子スピン共鳴 (ESR: Electron Spin Resonance) もしくは EPR: Electron Paramagnetic Resonance) を利用した測定法は、不対電子を検出する磁気分光法の一つである[15, 16]。不対電子を持つ試料が磁場中に置かれるとゼーマン分裂によりエネルギーの異なる二つの状態が現れる。磁場を掃引しながら、特定周波数のマイクロ波の吸収を測定し、そのスペクトル形状から化学種を同定することができ、信号強度から化学種の絶対量を求める事も可能である。半導体分野ではダングリ

ングボンドの測定にも用いられるが、化学種の測定方法としてラジカル（化学的反応性が高いという意味ではなく不対電子を有するという意味）のみに選択的な感度を有するという特徴があり、比較的、高感度な計測が可能である。

プラズマにより液中に生成されたラジカルを計測するのに、スピントラップ法が併用される場合が多い[17, 18]。多くの液中ラジカルは不安定であるため、スピントラップ剤で化学種を捕捉することで、スピアダクトという比較的安定なラジカルに変換して間接的に計測を行う。 $O_2 \cdot (HOO \cdot)$  や  $OH \cdot$  の測定に用いられる場合が多いが、化学プローブ法の一つとも言える。

非ラジカルの測定にも用いられる事もあり、修飾された化学プローブがラジカル化することを利用するスピン酸化法により  $^1O_2$  を測定することも可能である[19]。

### 3. プラズマにより誘起された液中反応場

プラズマにより液中に誘起される反応場がどのようなになっているのかを液体側から考えると、気液界面が供給源となり活性酸素種や活性窒素種などの化学種が同時に供給される反応場と言える。供給される化学種の多くは寿命が短く、気液界面から深さ方向にどの程度浸透できるかは化学種の種類により異なる。浸透距離は、その化学種が関係する化学反応で決まる場合が多く、例えば、液中の  $OH \cdot$  は、 $OH \cdot$  どうしの反応により  $H_2O_2$  に変化するが、二次反応であるため半減時間は濃度に依存し、例えば  $1 \mu M$  のときは寿命が約  $200 \mu s$  となるが、基質との反応性が高いために、最初に出くわした分子と反応する拡散律速で決まる反応系になる。

長寿命な安定化学種も供給（もしくは液中で二次的に生成）され、プラズマ照射時には気液界面で高濃度に存在するが、時間とともに拡散して溶液中で均一な濃度となる。ただし、その様な化学

種は試薬として市販されている場合が多く、コスト面から直接的な利用にはあまり価値が無い。

単一の化学種のみが界面から供給される系の理解は比較的容易であるが、実際の液中の化学反応は複雑である。例えば、 $O_3$  は水の電離平衡により濃度が決まる  $OH \cdot$  と反応して  $HOO \cdot$  が生成され、さらに  $O_3$  と反応することで  $OH \cdot$  が生成される。このように液中の活性酸素種は反応ループによって他の活性酸素の形態へと変化するが、さらに活性窒素種まで含めると非常に複雑となる。理解を高めるには専門書を参考にすると良い[20, 21]。

プラズマからは、複数の化学種が同時に供給され、それらが互いに化学反応しながら拡散していくため、実際の反応場の構造はより複雑なものとなる。特に、多くの短寿命化学種が存在する気液界面近傍（例えば  $1 \mu m$  以内）では多種多様な化学反応が関与しており、著しい濃度勾配のため反応律速が化学反応速度なのか、拡散速度であるのかなど、実験的なアプローチでは理解が困難なのが現実である。

そのような気液界面近傍の検討に、計算機シミュレーションによる液中化学種の空間分布を計算するというアプローチも行われている。気相から供給される化学種のフラックス量の実測は困難であり、また、必要な化学反応の速度定数が必ずしも判明しているとは言えず、一定の考察にとどまる。例えば、気液界面では温度が必ずしもバルクの液温と一致していないが、反応速度定数の温度依存（活性化エネルギーと衝突頻度係数）まで十分なデータベースが利用出来るわけでもない。さらに、電子化学反応、溶存ガスの影響、電気化学反応、液体の流動なども考える必要があり、量子化学計算も考慮した今後の展開に期待する。

プラズマ照射中の話を中心に記述したが、液中に供給された化学種がプラズマ照射を終わった後（ポストディスチャージ）にも化学反応し、さら

なる化学種が二次的に生成されるという反応経路も重要である。チェコの Petr Lukes 博士は、PTW 中に残留する亜硝酸と過酸化水素からペルオキシナイトライト (ONOOH) が数時間オーダーで生成され続け、速やかに分解するが、その時に生成される OH・によって殺菌が進むというモデルを提唱している[22]。三次反応まで考慮した化学反応速度論に基づくモデルを構築しており、分析化学的手法を用いて PTW の成分分析を行った結果を利用して、同濃度の化学種を含有するモデル液体の実験でも一致した実験結果が得られている。ペルオキシナイトライトケミストリーと呼ばれ、PTW のポストディスチャージ反応を理解する上で非常に参考となる研究である。

また、被照射物という観点から考えると、多くの場合、気液界面よりも一定距離離れたところでの化学反応が重要となる。例えば、プラズマバイオの研究分野では、動物細胞や細菌などを含有する液体に対してプラズマ照射が行われるが、確率的に気液界面近傍 (例えば 1  $\mu\text{m}$ ) に位置している可能性は非常に低く、気液界面より数 mm 深い領域に到達できる化学種が主たる反応化学種となる。さらに生体へのプラズマ照射を考えると、細胞の周囲を取り囲んで存在する細胞外マトリックスには活性化学種との反応性の高い生体分子が多く含まれており、細胞へ影響を与えるのはプラズマにより生成された化学種のみならず、それらの反応で生じた二次的な反応生成物 (アミノ酸等の生体高分子の酸化物など) である可能性もある。

#### 4. 溶液の分析手法の注意点

溶液中の化学種測定法ならびプラズマ誘起液中化学反応に関する基本的な事を上記で示したが、以下では、それらを考慮した液中化学種の実際の測定に関する具体的な注意点を記述する。

様々な計測方法を示したが、化学種をそのまま計測する方法と、目的とする化学種との化学反応

生成物を間接的に測定する方法に大別できる。前者は、吸光光度測定のように反応場を非侵襲で測定可能であるのだが、後者は化学種を化学プローブにより捕捉する侵襲的な計測を行っているため、化学種のスカベンジャーとして働く場合が大半である。その様な場合、そもそもの化学種の空間分布が化学プローブにより変化してしまうため、空間分布の計測は基本的に不可能である。さらに、化学反応経路の一部を停止させてしまうことから、二次的に生成される化学種が計測できないという問題点もある。例えば、OH・から生成された  $\text{H}_2\text{O}_2$  が、別経路で供給された  $\text{HNO}_2$  と反応して  $\text{HOONO}$  が生成され、さらに分解するときに生成される OH・などである。

一般的に、化学プローブ法でより定量性のある測定を行うためには、測定対象となる化学種を捕捉するために化学プローブの濃度を十分に高くして、擬一次反応とする必要がある。しかしながら、プラズマにより供給される反応性の高い化学種の場合、そもそも捕捉率が 100% ではない。さらに、化学プローブが活性種と反応する捕捉が行われる気液界面では、化学種の極端な局所的濃度上昇を伴うために、その様な極限的な状況下では化学プローブの濃度が足りない二次反応となっている可能性も高く、捕捉率を決定するのは困難である。絶対濃度の測定に用いるのは少し難があるが、相対評価が可能な場合は多いと考えられる。

プラズマ処理中の溶液中の底部に化学プローブを混合したゲルを配置することで、PTW 中の化学種分布を計測する試みがなされる場合もあるが、単なる濃度拡散のみならず、イオン風、熱対流、電気浸透流などによる流体の流れが伴う場合は注意が必要である[23]。液中化学種が化学プローブと反応することで液中濃度が低下する可能性があるため、流体が最初に接触した部位近傍が高濃度であると判断してしまう可能性もある。

妨害物質の影響も考慮する必要がある。複数の化学種が供給されているために、必ずしも目的とする化学種が測定できているとは限らない。pHにより化学プローブの捕捉率が異なる事はよく知られているが、想定外の別の酸化性化学種と反応してしまっている可能性もある。例えばPTWの分析でよく用いられているパックテストでは、測定時のpHが指定されているが、PTWはそれよりも酸性になっている場合も多く、さらにプラズマ照射によって生成される次亜塩素酸やオゾンと反応して発色する場合もある。

プラズマ照射時に化学プローブを用いる場合も、上記の様にpHによる捕捉率が変化する可能性もあり、目的とする化学種が同じフラックスで供給されたとしても、同時に供給されるHNO<sub>3</sub>の量が異なり気液界面のpHが変わってしまうと、目的化学種の供給量が変わった様に見える。

電子スピン共鳴法ではDMPO[24]というスピントラップ剤が用いられる場合があり、古くから使われており参考文献も多いが、複数の化学種が供給される場合には注意が必要である。例えば、OH・と反応して生成したDMPO-OHの半減時間は約15分と測定時間より十分に長いとは言えない。また、O<sub>2</sub>・と反応して生成されるDMPO-OOHの半減時間は約1分であり、測定を行い始めるまで、もしくは測定中に失活物となるのみならず、その一部はDMPO-OHと変化してしまうため、例えば、O<sub>2</sub>・のみしか供給されない反応系であっても、DMPO-OHの信号が観測される。また溶存酸素とも反応するという報告もある。様々なスピントラップ剤を試したが、スピニアダクトの寿命が約1時間と比較的長く、アダクトの別種への変化が少ないCYPMPO[25]を用いるのが良いと考えているが、上述した様にpH依存性、濃度定量性、温度依存性などの問題点は避けられない。

スピントラップ法を使わずに直接計測を試みる

方法もある。軌道角運動量を有するため直接は測定が不可能な溶液中のO<sub>2</sub>・は冷凍することで測定が可能になるが、OH・と同様に冷凍するまでに失活してしまうために測定が困難である。高アルカリ条件にすることでO<sub>2</sub>・の不均化反応を抑えて半減時間を劇的に延ばすアルカリトラッピング法もあるが、その様な高アルカリ条件ではプラズマ照射時にOH・経由で生成されるH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>からO<sub>2</sub>・が生成されてしまうために分離が困難である。

## 5. 液中化学種の診断を用いた実際の研究事例

著者のグループでは、様々な分析手法を用いる事でプラズマ照射時に生成された過硝酸(HOONO<sub>2</sub>)がPTW中に保存され殺菌力を発揮することを世界で初めて明らかにしたが[26]、化学種の診断と化学反応速度論の観点から解明過程を解説すると面白いのでこの場を借りて紹介する。

菌液に対するプラズマの直接照射時に、pHを4.8以下にすることで中性条件より殺菌力が100倍程度高まる低pH法を開発したが[27]、O<sub>2</sub>・の酸解離平衡のp*K*<sub>a</sub>は4.8であり、化学平衡モデルから計算される[HOO・]と殺菌力が比例しており、O<sub>2</sub>・が関与していることが判明した[28]。

PTWでも同様に低pH法が有効であることが分かったが、液温を低温にすることで殺菌活性が保存(活性化エネルギー109 kJ/mol)された。電子スピン共鳴法を用いてPTW中のO<sub>2</sub>・の測定を試みたところ、直接冷凍法ではO<sub>2</sub>・信号が得られなかったが、スピントラップ法を併用することでO<sub>2</sub>・信号のみが得られ、その活性化エネルギーは殺菌実験とほぼ同じ値であった。これらから、PTW中に何らかのO<sub>2</sub>・の前駆体が存在していると示唆された。さらにPTWの失活後にHNO<sub>3</sub>の濃度が上昇することがイオンクロマトグラフ法により判明したため、PTW中のキー化学種は活性窒素種であると推定された。低温でのみ活性が保持されることから、一般的にはカラム温度が



40 °C程度で保持されるイオンクロマトグラフを改造して、カラムを氷冷することで PTW 中の化学種を分離した[29]。フラクションコレクターで各成分を分画することで有効殺菌化学種の同定・精製に成功したが、吸収分光測定を行ったところ、過酸化物質に特有の吸収スペクトルを有していた。これらから、殺菌有効成分としていくつかの候補物質が挙げられたが、化学合成した過硝酸溶液をポジティブコントロールとしてイオンクロマトグラフにより分析したところリテンションタイムと殺菌特性が一致しており、過硝酸が PTW 中の有効残留成分であると同定した。

PTW の研究を通じて、過硝酸による殺菌法を発見したが、これは過去に報告の無い全く新規な手法であり[30]、化学合成により低コストで製造可能なことから産業的にも利用価値が高い。プラズマによる液中殺菌の研究を深めることで、このような新規な殺菌剤を発見できたのは幸運ではあるものの、綿密な化学種診断を行うことでこそ発見することが出来たと言えるであろう。

## 6. 終わりに

いくつかの例を取り上げたが、複数の化学種が濃度勾配を有する反応場の計測はいかに困難であるかが理解していただけたのではないのでしょうか。分析化学の文献で紹介されている分析手法は基本的に単一の化学種が均一濃度で存在しているというのを前提としており、その手法が必ずしもプラズマ誘起液中反応場の診断にそのまま利用できるわけではない。さらに、プラズマにより供給された化学種同士の反応は非常に複雑である。それぞれの化学プローブで測定原理（化学反応）が異なるために、分析化学ならび物理化学の専門家と協力して正しく理解して使う必要があり、複数の測定方法を併用して研究を進めるのが好ましい。

分析手法の正当性を評価するだけでなく、キーとなる化学種の同定など因果関係を明らかにする

ために、化学反応速度論を用いた手法は非常に有効である。診断結果（測定された化学種量など）と実験結果（殺菌実験など）の間に相関関係があるからと言って必ずしも因果関係があるとは限らない。極端な例を挙げると、プラズマ照射に伴って液温が 0.1 °C 上昇する度に、生菌数が 1 桁下がるからと言って、因果関係があると考える人は少ないだろうが、化学プローブで計測された OH・量と殺菌力が比例していた場合、殺菌因子であると単純に解釈してしまう場合が多い。

因果関係があるのかを判断する方法として、その測定系ならび実験系でポジティブコントロールとネガティブコントロールを正しく取る事が挙げられる。一例ではあるが、 $O_2\cdot$  の測定時に SOD という  $O_2\cdot$  のスカベンジャーを混合することで化学プローブが正しく反応しているのか判断する必要があるが、化学プローブとスカベンジャーとの競合反応であるために、それぞれの濃度を変更した実験は必須である。SOD はタンパク質であるために、 $O_2\cdot$  以外との化学種と反応する可能性もあり、熱失活させた SOD や、特異な化学反応性を有しないタンパク質として BSA などを混合した比較実験も必要である[17]。

プラズマにより生成された化学種の診断を 10 年以上にわたりトライしてきたが、さらなる研究が必要であると痛感している。道半ばではあるが、液中の化学種の診断を通じて液中化学反応に関する多くのヒントが得られており、現実のバイオ応用の反応素過程の理解を深めようと試みている。液中診断のためにはプラズマ研究者があまり得意とはしない化学反応が重要であり、その手の研究者との連携は必須である。これまでに多くの経験（失敗経験が重要だったりする）を有しており、特定の場合における診断は一定の目処が立っている。液中化学種の診断を行うときは相談に乗れるかもしれませんので、ご連絡頂ければ幸いです。

## 参考文献

- [1] K. Yamamoto, T. Ohshima, K. Kitano, S. Ikawa, H. Yamazaki, N. Maeda, N. Hosoya, *Asian Pacific Journal of Dentistry*, **17**, 23 (2017).
- [2] T. Tasaki, T. Ohshima, E. Usui, S. Ikawa, K. Kitano, N. Maeda, Y. Momoi, *Dental Materials Journal*, **36(4)**, 422 (2017).
- [3] E. Usui, T. Ohshima, H. Yamazaki, S. Ikawa, K. Kitano, N. Maeda, Y. Momoi, *The Japanese Journal of Conservative Dentistry*, **58**, 2, 101 (2015).
- [4] E. Takai, G. Ohashi, T. Yoshida, K. M. Sörgjerd, T. Zako, M. Maeda, K. Kitano, K. Shiraki, *Appl. Phys. Lett.* **104**, 023701, (2014).
- [5] H. Yamazaki, T. Ohshima, Y. Tsubota, H. Yamaguchi, J. A. Jayawardena, Y. Nishimura, *Dental Mat. Journal*, **30**, 384 (2011).
- [6] H. Furusho, K. Kitano, S. Hamaguchi, Y. Nagasaki, *Chem. Matter*, **21**, 3526 (2009).
- [7] 高木浩一、小特集「プラズマの農業応用」、*プラズマ核融合学会誌*, **9**, 531, (2014).
- [8] E. Takai, T. Kitamura, J. Kuwabara, S. Ikawa, S. Yoshizawa, K. Shiraki, H. Kawasaki, R. Arakawa, K. Kitano, *J. of Phys. D: Appl. Phys.*, **47**, 285403\_1-15 (2014).
- [9] A. Tani, S. Fukui, S. Ikawa, K. Kitano, *Journal of Physics D: Applied Physics* **48**, 424010\_1-9 (2015).
- [10] E. Takai, K. Kitano, J. Kuwabara, K. Shiraki, *Plasma Process. Polym.*, **9**, 77 (2012).
- [11] S. Higson, “分析化学”, (東京化学同人, 2006).
- [12] 浅田浩二、中野実、柿沼カツ子、*活性酸素測定マニュアル*, (講談社、1992) .
- [13] <http://kyoritsu-lab.co.jp/>.
- [14] 及川紀久雄、“イオンクロマトグラフィー”、(共立出版、1988) .
- [15] アルガー、“電子スピン共鳴 実験技術とその応用”、(吉岡書店、1973) .
- [16] 河野雅弘、“電子スピン共鳴法”、(オーム社、2003).
- [17] A. Tani, S. Fukui, S. Ikawa, K. Kitano, *Jpn. J. Appl. Phys.* **54**, 01AF01\_1-4 (2015).
- [18] A. Tani, Y. Ono, S. Fukui, S. Ikawa, K. Kitano, *Appl. Phys. Lett.*, **100**, 254103 (2012).
- [19] K. Nakamura, K. Ishiyama, H. Ikai, T. Kanno, K. Sasaki, Y. Niwano, M. Kohno, *J. Clin. Biochem. Nutr.*, **49**, 87 (2011).
- [20] 日本化学会編、“季刊化学総説 活性酸素種の化学”、(学会出版センター、1990).
- [21] 鈴木仁美、“窒素酸化物の辞典”、(丸善、2008).
- [22] P. Lukes, E. Dolezalova, I. Sisrova, M. Clupek, *Plasma Sources Sci. Technol.*, **23**, 015019 (2014).
- [23] 静電気学会編、“静電気ハンドブック”、(オーム社、2009) .
- [24] E. Finkelstein, G. Rosen, E. Rauckman, J. Paxton, *Mol. Pharmacol.*, **16**, 676 (1979).
- [25] M. Kamibayashi, et al, *Free Radical Research*, **40**, 11 (2006).
- [26] S. Ikawa, A. Tani, Y. Nakashima, K. Kitano, *J. Phys. D: Applied Physics* **49**, 4255401 (2016).
- [27] S. Ikawa, K. Kitano, S. Hamaguchi, *Plasma Process. Polym.*, **7**, 1, 14, 33-42 (2010).
- [28] E. Takai, S. Ikawa, K. Kitano, J. Kuwabara, K. Shiraki, *J. Phys. D: Appl. Phys.*, **46**, 295402 (2013).
- [29] Y. Nakashima, S. Ikawa, A. Tani, K. Kitano, *Journal of Chromatography A*, **1431**, 89 (2016).
- [30] 北野勝久、谷篤史、井川聡、中島陽一、*日本国特許第 6,087,029 号*, (2017/2/10) .

## Ar 誘導熱プラズマへの Ti 原料投入時におけるトーチ内の Ti 励起温度分布および Ti 蒸気混入率の二次元分布の推定

金沢大学 自然科学研究科 兒玉 直人

### はじめに

現在、熱プラズマを用いたプロセスはナノ粒子合成や成膜処理を始めとした非常に様々な分野へ応用されている。これらのプロセスでは、熱プラズマに対して原料を投入し、熱プラズマの高エンタルピーを利用することで原料を瞬間的に分解および蒸発させる。分解および蒸発された原料は熱プラズマと混合した状態になる。この原料蒸気のプラズマへの混入は、導電率などの熱プラズマの特性を大きく変化させる。例えば、Ar-O<sub>2</sub> 熱プラズマに対して 1 mol% の Ti 蒸気が混入することで、温度 5000 K 以下での導電率が 3 桁程度上昇する [1]。これは、金属原子が低い電離電圧を有するためである。導電率などの熱プラズマの特性の変化は熱プラズマの安定性にも大きな影響を与える。以上のことから、熱プラズマを用いたプロセス中における金属蒸気混入率分布の検討は、原料蒸気の混入による熱プラズマの性状の変化やより効率的なプロセス手法の検討のために非常に重要である。しかしながら、プロセス中の熱プラズマに対する実験的な熱プラズマの計測から原料蒸気混入率分布を検討した例は非常に少ない。

筆者らはこれまでに誘導熱プラズマ (ICTP) を用いた酸化チタン (TiO<sub>2</sub>) ナノ粒子生成中の熱プラズマトーチに対する二次元分光観測 (2-D OES) を行ってきた。そして、二次元的に得られた原子および分子スペクトル放射強度分布から、原料 Ti や前駆体 TiO の蒸気分布やトーチ内の温度分布を検討してきた。さらに、トーチ内における粒子核発生の可能性についても検討してきた。以上の結

果から、2-D OES は熱プラズマプロセスの検討に対して非常に有用であることを示した [2]。

本報では、Ar ICTP への Ti 原料粉体投入時における熱プラズマトーチ部に対する 2-D OES を行った。二つの異なる波長の Ti I スペクトル線の分光観測結果から、ICTP トーチ内の Ti 励起温度 ( $T_{\text{ex}}^{\text{Ti}}$ ) の二次元分布を推定した。さらに、Ar I および Ti I の放射強度比および、局所熱平衡かつ圧力一定を仮定した理論計算からそれらのスペクトル線の放射係数比を求めた。求められた温度における放射強度比および放射係数比を比較することで、観測点の Ti 蒸気混入率 ( $X_{\text{Ti}}$ ) を推定した。

### 実験条件および Ti 蒸気混入率の推定方法

図 1 に、実験に用いた ICTP トーチおよび二次元分光器の概略図を示す。本実験では投入電力が 20 kW で生成された Ar ICTP に対して原料 Ti 粉体を連続的に導入した。Ar シースガス流量を 90 slpm に設定した。原料粉体の輸送ガスとして Ar ガスを 4 slpm 導入した。チャンバ内圧力を 300 torr に設定した。二次元分光観測の領域をコイル終端下の領域に設定した。本領域における二本の Ti I スペクトルとして波長 ( $\lambda$ ) = 453.32 nm および  $\lambda$  = 521.04 nm のスペクトルを観測した。Ar I スペクトルとして  $\lambda$  = 811.53 nm のスペクトルを観測した。観測された二本の Ti I 放射強度分布に対して二線強度比法を用いることで、 $T_{\text{ex}}^{\text{Ti}}$  の二次元分布を推定した。次に Ti I ( $\lambda$  = 521.04 nm) と Ar I ( $\lambda$  = 811.53 nm) の放射強度比  $I_{\text{Ti@521}} / I_{\text{Ar@811}}$  を推定した。さらに、圧力一定かつ局所熱平衡の仮定

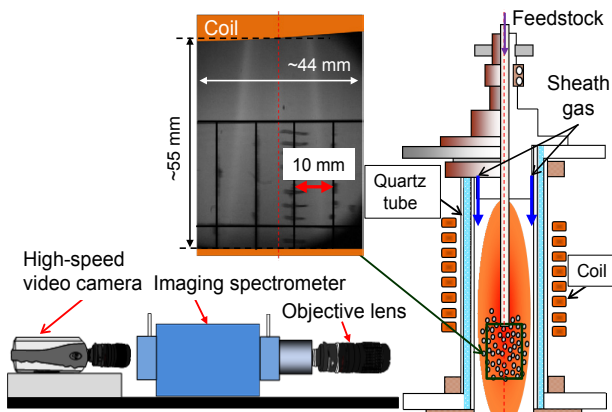


図1 実験装置および分光観測領域

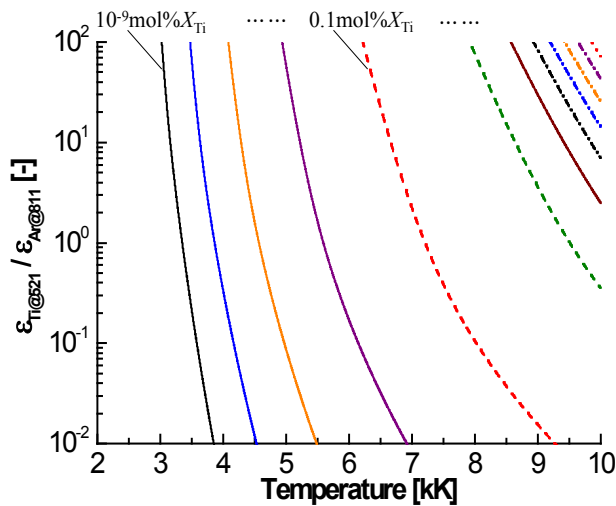
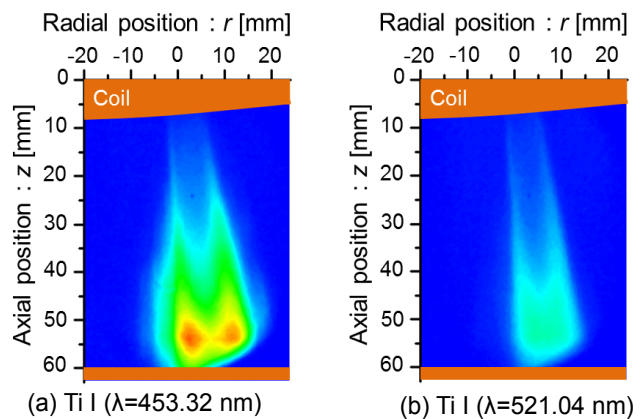


図2 Ti I および Ar I の放射係数比の温度および Ti 蒸気混入率依存性

の下で Ti I ( $\lambda=521.04$  nm) と Ar I ( $\lambda=811.53$  nm) の放射係数比 ( $\epsilon_{\text{Ti}@521} / \epsilon_{\text{Ar}@811}$ ) を計算した。これらの結果から、 $X_{\text{Ti}}$  の二次元分布を推定した。図2は、 $X_{\text{Ti}}$  および温度の関数として計算された  $\epsilon_{\text{Ti}@521} / \epsilon_{\text{Ar}@811}$  である。 $X_{\text{Ti}}$  は Eq.(1) に示す様に Ti を含む粒子のモル分率の合計として定義した。

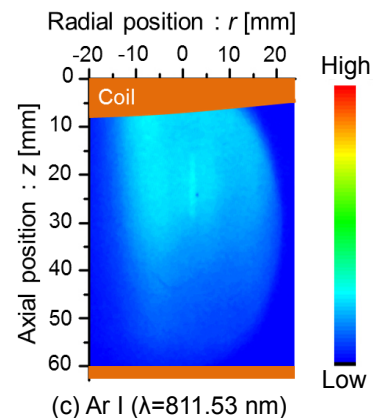
$$X_{\text{Ti}} = (M_{\text{Ti}} + M_{\text{Ti}^+} + M_{\text{Ti}^{2+}}) \times 100 \text{ [mol\%]} \quad (1)$$

ここで  $M_{\text{Ti}}$ 、 $M_{\text{Ti}^+}$  および  $M_{\text{Ti}^{2+}}$  それぞれ Ti 原子、Ti<sup>+</sup> イオンおよび Ti<sup>2+</sup> イオンのモル分率である。図3から、推定された放射強度比および温度を用いることで  $X_{\text{Ti}}$  を導出することが可能である。例えば、観測点において推定された温度  $T_{\text{ex}}^{\text{Ti}}$  が約 7000 K であり放射強度比  $I_{\text{Ti}@521} / I_{\text{Ar}@811}$  が約 2.0 であ



(a) Ti I ( $\lambda=453.32$  nm)

(b) Ti I ( $\lambda=521.04$  nm)



(c) Ar I ( $\lambda=811.53$  nm)

図3 Ar I および Ti I に対する 2-D OES の結果  
った場合、その観測点の  $X_{\text{Ti}}$  は約 0.1 mol% と推定される。

### 結果および考察

図3に、2-D OES から得られた Ti I スペクトルおよび Ar I スペクトルの二次元放射強度分布を示す。径方向位置 Ti I スペクトルはトーチの中心軸上(on-axis)領域で放射強度が高く検出された。一方で、Ar I スペクトルはトーチ内の広い領域で放射強度が高く検出された。これらの放射強度分布を用いてトーチ内の  $T_{\text{ex}}^{\text{Ti}}$  および  $X_{\text{Ti}}$  の二次元分布を推定した。図4は  $T_{\text{ex}}^{\text{Ti}}$  および  $X_{\text{Ti}}$  の推定結果である。トーチ内の温度は、on-axis の領域において比較的lowく、その周囲(off-axis)の領域で高く推定された。実験条件で示したように、本実験では原料粉体と共に Ar のキャリアガス(温度~300 K)をトーチ内に導入している。この低い温度のキャリ

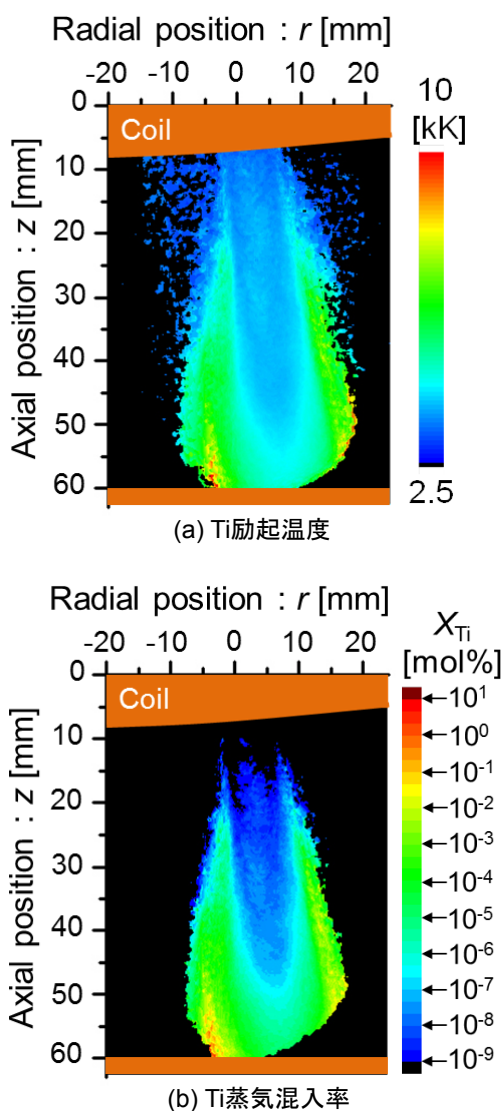


図 4 Ti 励起温度および Ti 蒸気混入率分布の推定結果

アガス導入による on-axis 領域の冷却や原料蒸発によるエネルギー消費が原因となることで、on-axis 領域の温度は低下すると考えられる。ICTP ではコイルに導入された高周波電流により、トーチ管内に周回方向の誘導電界が生成される。トーチの off-axis 領域ではこの誘導電界により生じるジュール加熱の影響を強く受けることから、温度が比較的高く推定されたと考えられる。同図(b)は(a)の温度分布を用いて推定されたトーチ内の  $X_{Ti}$  分布である。同図(b)から、コイル終端直下

では非常に低く推定され、トーチ下流では比較的高く推定された。これは、トーチ内に投入された Ti 原料がガス流により下流へと輸送されつつ徐々に蒸発をすることで、トーチ内の  $X_{Ti}$  が徐々に上昇したことを示している。さらに、off-axis 領域で特に高く推定された。本結果から、on-axis 領域に投入された Ti 原料はトーチ下流への輸送と共にトーチ径方向へと拡散し、温度が高い off-axis 領域で主に蒸発をしたことが考えられる。本手法により推定された  $X_{Ti}$  はトーチ内に投入された Ti 原料の蒸発率に強く依存する。よって、本手法により推定された  $X_{Ti}$  を用いることで、効率的な原料の蒸発方法を検討することも可能である。

#### おわりに

本報では、Ar ICTP に対して Ti 原料投入時のトーチ部の二次元分光観測の結果からトーチ内の温度分布および Ti 蒸気混入率を推定した結果を述べた。この様にして推定された温度および Ti 蒸気混入率を用いることで、電子や Ti 原子に対する粒子密度や導電率などの輸送特性に対する分布も推定することが可能である。

#### 謝辞

この度は 2017 年春季応用物理学会における発表に対して講演奨励賞を賜りましたこと、大変光栄に思います。御支持頂きました審査員の先生方にこの場を借りて深く御礼申し上げます。

#### 参考文献

- [1] N. Kodama, et al.; *J. Phys. D, Appl. Phys.* 49, (2016), 305501.
- [2] N. Kodama, et al.; *Plasma Sources Sci. Technol.* 26, (2017), 075008.

# The 23rd International Symposium on Plasma Chemistry

東京工業大学 野崎 智洋

2017年7月30日 - 8月4日の日程で, The 23rd International Symposium on Plasma Chemistry (ISPC-23) がモントリオール・カナダで開催されました (Chair, Prof. Sylvain Coulombe, McGill University)。シンポジウムに先立ち, 二日間の日程で若手研究者を対象にしたサマースクールも開催されました。プログラムなど会議の詳細はホームページを参照ください[1]。

ISPC は International Plasma Chemistry Society (IPCS) [2] が母体となり運営される国際会議で, Gordon Research Conference (GRC) と交互に隔年で開催されています。プラズマケミストリーに関する基礎・応用研究を広くカバーしているのが特徴で, この分野では最大規模の国際会議の一つです。基調講演は 5 件で, そのうち日本から堀勝教授(名古屋大), 田中康規教授(金沢大) が招聘されました。招待講演は 22 件のうち王斗艶准教授(熊本大), 占部継一郎氏(エア・リキード・ラボラトリーズ) の 2 名が招聘され, 日本の研究が高く評価されていることが分かります。

全参加者は約 425 名で, 日本からの参加者はカナダ, アメリカに次いで 3 番目に多く約 50 名でした。10 人に 1 人が日本人という感覚でしょうか。参考までに, 韓国は 25 名, 中国は 15 名です。中国人参加者はもっと多かったように感じましたが, 海外在住の PD・研究者は中国出身としてカウントされてない可能性があります。

会期中, IPCS Board of Director の選挙が行われ, Africa, Asia and Oceania 地区 (席数 4 名) から, Tony Murphy (CSIRO, AU), 浜口智志教授 (大阪大), 渡辺隆行教授 (九州大), 小職 (野崎・東工大) に加え, co-opted メンバーとして金

賢夏氏 (産総研) が選出されました。組織運営でも日本人研究者が高く評価されていることが分かります。

若手研究者を対象にした Young Investigator Award, Oral Presentation Award, Poster Award では, 日本人参加者数に反して, 日本人受賞者は皆無でした。ISPC-24 は 2019 年 6 月 9 日 - 14 日の予定でイタリア・ナポリにて開催されます (Chair, Prof. Vittorio Colombo, Università di Bologna)。有名な観光地であり, 多くの参加者が予想されますが, 若手研究者, 大学院生には, さらに本会での活躍も大いに期待するところです。

冒頭で述べたように, ISPC は GRC と交互に隔年で開催されています。ISPC と打って変わり, GRC における日本人参加者は回を重ねるごとに減少しています。プラズマケミストリー分野における日本人研究者の活躍は国際的に高く評価されています。このような活動を継続し, 次の世代に上手にバトンタッチできるよう, ISPC のみならず GRC においても質の高い研究成果の発表と, 若手研究者・大学院学生の存在感を国際的に一流の会議でアピールすることが望まれます。GRC に関する情報は, 既にホームページで公開されています[3]。プログラムは 2017 年 11 月頃に掲載予定です。下記 URL を直接打ち込んでいただくか, "GRC Plasma" で検索すると過去の会議も含めて GRC に関する情報を入手できます。

[1]<http://ispc23.com/>

[2]<http://www.ispc-conference.org>

[3]<https://www.grc.org/plasma-processing-science-conference/2018/>

## 国際会議報告

# XXXIII International Conference on Phenomena in Ionized Gases ICPIG 2017

九州大学 白谷 正治

本会議は、IUPAP(The International Union of Pure and Applied Physics, 国際純粋・応用物理学連合)が永年にわたって後援し続けている唯一の低温プラズマに関する国際会議です。1953年に創設され隔年で開催されている低温プラズマ分野では最も権威有る国際会議です。33回目となるICPIG2017は、2017年7月9日-14日にポルトガルのリスボンに近いエストリールで開催されました。第二次世界大戦中にポルトガルは中立国であったため、戦火を逃れてヨーロッパの王侯貴族や富裕層が滞在すると共に、スパイが暗躍した地としてエストリールは知られています。また、スパイ小説の007、“Casino Royale”の舞台で、007の映画“On Her Majesty’s Secret Service”の撮影が行われた場所でもあります。ビーチサイドの風光明媚の素晴らしい場所に、会場である国際会議場がありました。

今年の会議には、36ヶ国から420名が参加し、General Lectureが6件、Topical Lectureが29件、口頭講演36件、モデリングに関する特別セッション講演6件、ポスター講演383件、合計460件の発表がありました。国別の参加者割合は、仏15%、日本14%、露9%、独8%、葡8%、チェコ5%、韓国5%でした。伝統的にこの会議は、原子分子過程・放電プラズマの基礎などを主要トピックとして発展してきましたが、近年は半導体プロセスや大気圧放電のライフサイエンス応用などの分野も取り入れつつあります。

ポスター講演も含め、多くの講演で活発な議論

が行われました。最終日には、独ルール大学のCzarnetzki教授にVon Engel&Franklin Prizeが授与され、同教授がDistribution functions in non-equilibrium plasmasという題目で受賞記念講演を行いました。40件程度の論文がPSSTの通常号として出版予定です。詳しい研究分内容はこちらを御参照頂ければと思います。

次回のICPIG2019は、ICRPと合同で7月14日～19日に札幌で開催することが決定しております。現地実行委員長を北大の佐々木先生が務められます。皆様の参加・講演を御願いすると共に、国内外の関係者に参加をお勧め頂きますようお願い申し上げます。

また、ICPIGに関連の深い会議である24th ESCANPIGが7月17日～22日に英国グラスゴーで開催されます。ご存じのように、スコッチの有力銘柄、バラントイン、ティーチャーズ、ジョニー・ウォーカー、カティサーク、シバス・リーガル、デュワーズ、グランツ等々はグラスゴーやその近郊で生産されていて、グラスゴーは“ブレンデッド・ウイスキーの首都”と呼ばれています。スコットランドの都市、グラスゴーはチャールズ・レニー・マッキントッシュの生まれ故郷であり、街中にはマッキントッシュがデザインしたものが多くあります。また、グラスゴーには美術館や博物館が多く、見所満載の観光スポットがたくさんあります。こちらにも、日本から是非多くの方々に参加頂きたいと思います。御協力頂きますよう、何卒、よろしくお願い申し上げます。

## 国際会議報告

# The 11th Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering (AEPSE 2017)

名古屋大学 堀 勝

第 11 回アジア-欧州プラズマ表面工学国際会議（以下、「AEPSE 2017」と略記）が 2017 年 9 月 11 日（月）から 15 日（金）まで、韓国済州島、国際コンベンションセンターにて開催された。今回は、上記国際会議と同時に、第 1 回国際プラズマライフフェア（The 1st Global Life Fair）も開催された。

AEPSE は、韓国済州島にて隔年で開催される国際会議で、今回で 22 年目を迎える。「プラズマと材料との相互作用」に関する科学とその応用について議論がなされ、最近では、表面処理分野のみならず、エッチング、堆積、バイオ・医療応用に至るまで、幅広いプラズマの応用分野について、積極的な意見交換がなされている。

今回も、約 400 名以上の参加者を迎えて、多彩なイベントとともに、参加者にとって有意義な国際会議であった。また、第 1 回国際プラズマライフフェアにおいて、青少年へのプラズマ教育を兼ねた展示会や教育のイベントが企画された。しかしながら、生憎の台風の接近と重なり、機材の一部が会場に届くのが遅れたため、十二分にその活動を展開することができずに幕を閉じることになり、非常に残念であった。

日本からは、東京エレクトロン（株）より、「Plasma technology for sub-10nm patterning」と題して基調講演がなされた。最先端の超微細加工技術の基礎から最前線までが丁寧に解説され、多くの参加者にとって有意義な情報を与える、素晴らしい内容であった。

また、招待講演では、白谷正治先生（九州大学）「Spatial Structure of Interactions between

Nanoparticles and Low Pressure Plasma」、古閑一憲先生（九州大学）「Hysteresis in Plasma CVD: a new path for high quality film deposition」、竹田圭吾先生（名城大学）「Measurements of reactive species and VUV radiators generated by AC excited atmospheric pressure Ar plasma jet in open air」、江部明憲氏（株式会社 イー・エム・ディー）「Advanced ICP-Enhanced Plasma Sources for Meters-Scale Large-Area Processes」、上坂裕之先生（岐阜大学）「Microwave-assisted ultra-high-speed coating of DLC for 1-by-1 coating」、Seong-Woo Kim 氏（九州大学）「High Efficiency Surface Planarization of Single Crystal Diamond Substrate by Plasma Fusion Chemical Mechanical Polishing」、渡辺隆行先生（九州大学）「Thermal Plasma Characterization for Environment Application-Characteristics of water thermal plasmas for environmental application」、神原淳先生（東京大学）「Enhanced cyclability with plasma sprayed Si-M nanocomposite anode for lithium ion batteries」、神野雅文先生（愛媛大学）「Endocytosis : the dominant processes in plasma gene transfection」がなされた。いずれの講演においても、非常に高いレベルの研究成果が披露され、多くの参加者の関心を引いた。その他、チュートリアルに加えて、4 つのワークショップとして、1) HiPIMS の最近の進展と産業応用、2) ドライとウェットのハイブリッドプロセスによる最先端表面工学、3) プラズマ農場、4) フレキシブルエレク



トロニクスの最近の進展が開催された。これらのワークショップにおいても多くの日本人やプラズマエレクトロニクス分科会の会員による招待講演や一般講演がなされ、非常にホットな議論が繰り広げられた。

本国際会議では、学術講演に加えて、企業展示がなされた。特に目を引いたのは、韓国やタイで、低温大気圧プラズマ装置の生活や環境応用へのビジネスが進展している点にある。いくつかのプラズマベンチャー企業が生まれ、すでに滅菌・殺菌などの生活への応用展開を推進し、数百台の販売実績を誇る企業があった。低温大気圧プラズマ装置の処理効率の議論の欠如や安全面での不安はあるものの、ベンチャー企業が積極的にプラズマを取り入れて、ビジネスへの展開を図るといふ、海外企業の熱気を強く感じた。

前述したように、青少年へのプラズマ教育を意図した第1回国際プラズマライフフェアは、悪天候で成功には至らなかったものの、小中、高校生を対象にして、プラズマ科学技術の啓蒙を図るといふ試みが、国際会議とリンクしてなされたことは、今後の国際会議の在り方を議論する上で重要である。

その他、日本や海外から多数の優れた発表があったが、日本の学生が海外の発表に対して積極的に質問をするという場面を目にすることができた。

このような国際会議を通して、多くの学生が世界を先導するように成長していく姿を見ることができ、非常に嬉しかった。また、懇親会のみならず、参加者が一堂に会して夕食やイベントを楽しむ機会が設けられ、非常にユニークな学会であると同時に参加者のコミュニケーションを効率的に行うことができる、優れた国際会議であった。

次回は、2年後（2019年）9月に韓国にて開催される予定であり、白谷正治先生（九州大学）が組織委員長を務める。多くの会員が参加されることを期待している。



図1 国際会議場の概観（済州島、韓国）

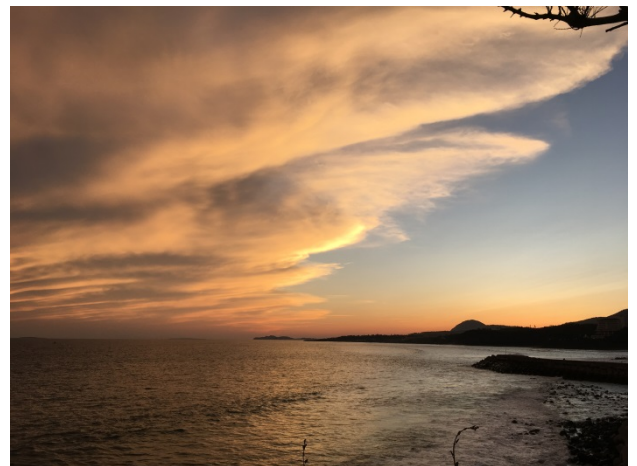


図2 会議場近くのイベント会場からの風景



図3 参加者と国際会議場のエントランス

## 国際会議報告

# 1st Asia-Pacific Conference on Plasma Physics AAPPS DPP

九州大学 白谷 正治

表記の国際会議が 2017 年 9 月 18 日から 23 日まで中国の成都で開催されました。この国際会議は APS-DPP, EPS-DPP のアジア太平洋版であり、今後、毎年開催される予定です。会議のトピックは、プラズマ物理が関係する全ての領域を対象としています。具体的には、1) Fundamental, 2) Basic, 3) Applied, 4) Laser, 5) Space, 6) Solar/Astro, 7) Magnetic Fusion です。会議は、午前中にプレナリー講演、昼食時にポスター講演、午後、領域毎の講演というプログラムで実施されました。最終日には、各領域のサマリー講演も行われ、参加出来なかった領域の概要も把握出来るように工夫されました。講演件数は、プレナリー講演 39、招待講演 226、一般口頭講演 79、ポスター講演 100 でした。参加者数は 500 名であり、内訳は中国 250、日本 80、韓国 30、インド 30、EU30、米国 30、その他 50 でした。

Applied のセッションでは、高度な電子エネルギー分布・イオンエネルギー分布の制御を任意波形印加やパルス電圧重畳などで実現する研究、プラズマプロセスが実現する非平衡材料形成の特長を活かした、ナノ触媒の作製とその応用に関する研究、プラズマプロセス揺らぎの原因を追求する研究、プラズマのライフサイエンス応用に関する研究、金属のプラズマ窒化に関する研究、さらにはシミュレーション研究や計測を主体とする研究に関する報告などが行われました。サマリー講演のプレゼンファイルは AAPPS の web に掲載されています。<http://aappsdp.org/AAPPSDPPF/> を御覧下さい。また、Reviews of Modern Plasma

Physics に概要をまとめた Review Paper が領域別に掲載予定です。会議の具体的内容は、これらを参照されるように御願います。

会議では、中国の大学に最新の研究機器がふんだんに導入され、欧米の大学との共同研究を通して、急速にレベルアップを図っている様子がうかがえました。大まかに言えば、予算・学生数などがそれぞれ 10 倍程度、日本より多い感触です。このことが、中国の論文数の急増に繋がっているようです。日本も様々な工夫をして研究を進める必要を感じます。

AAPPS には、応用物理学会・日本物理学会が学会レベルで参画しています。アジア太平洋地域のプラズマ物理に関する研究者人口は、インド・中国・日本がそれぞれ 1000 人、韓国・オーストラリアが各 500 人、それ以外の国が合わせて 500 人で、総勢 4000 人規模です。これらの研究者との情報交換を行う組織として AAPPS-DPP(アジア太平洋物理学連合プラズマ物理分科会)は設立されました。AAPPS-DPP は会費無料の組織です。入会頂けると関連情報がメールで配信されるだけで無く、Reviews of Modern Plasma Physics の論文を無料で読むことが出来ます。是非、ご入会ください。

今回は、金沢大学の上杉先生のお世話で、2018 年 11 月 12 日から 16 日に、金沢市内に近接して存在する商工会議所会館と文教会館を会場として開催いたします。分野を超えた研究内容を一望に出来るため、新しい発想や刺激が得られる会だと思います。積極的な投稿・参加をお願いします。

## AVS 64th International Symposium & exhibition (AVS64) AVS 第 64 回国際シンポジウム&展示会

九州大学 古閑 一憲

AVS 第 64 回国際シンポジウム&展示会（以下 AVS シンポジウムと呼ぶ）が、2017 年 10 月 29 日（土）から 11 月 3 日（金）までの 6 日間、アメリカ合衆国フロリダ州タンパのタンパコンベンションセンターで開催された。AVS シンポジウムでは、12 のトピックの他に Focus Topic と呼ばれる臨時のトピックが設けられて真空技術からバイオ技術まで幅広い分野の成果が議論される、日本の応用物理学会に相当する会議である。以前は米国真空学会(American Vacuum Society)と学会名を名乗っていたが、大気圧プラズマを筆頭に真空とは程遠い技術に関する議論されることが多くなり、単に AVS と名乗っているようである。12 のトピックの中で本プラズマエレクトロニクス分科会に相当するのが、Plasma Science and Technology Division (PSTD)である。

PSTD では、会期中の火曜日夕方に Business Meeting が開催され昨年の参加状況や会計報告などが報告される。応物における PE 分科会インフォーマルミーティングに対応するものである。各セッションの活動を見る指標として、各トピックで開催されるセッションへの平均参加者数を見るのであるが、PSTD 以外の 11 のトピックが軒並み参加者数を減少させているのに対して、PSTD のセッション平均参加者数は 58 であり、すべてのトピックの中で最大数を誇り 2002 年からほぼ 50 名を維持している優秀な分科である。この原因の一つとしてアメリカの主要デバイスメーカーや装置メーカーの研究者がこのトピックに参加して最新の成果を発表し今後の展開について議論する場となっていることも大きいと考えている。

ビジネスミーティングでは 2016 年における PSTD の学生参加者数について、その国別参加数が報告されていたが、米国 24 名を筆頭に、日本、フランス、韓国が 3 名、オランダ、ベルギー、台湾が 2 名という構成であった。PSTD では学生に対して、Coburn and Winters student award (C&W award) 表彰や旅費サポートなどが行われている。今回の C&W Award では 4 名の学生が Finalist として選出されその中から Winner が選ばれた。Winner は韓国ソウル国立大学の Hyun-Joon Roh であり、プラズマ CVD における製膜予測に関する研究で受賞した。内容としては、インピーダンスなどの計測が容易なパラメータ以外に窓から透過する発光強度から壁の膜堆積状況をモニターし、膜堆積状況を正確に推定できるというもので個人的にも非常に面白い研究だと思った。その他の学生の発表も優れたものが多かったが、PE 分科会で発表される若手発表は、C&W award の Finalist に挙げられてもおかしくないものも多いと感じているので、ぜひ積極的に応募してもらいたいと思う。Finalist は 500 ドル、Winner は 1000 ドル貰え、別途旅費サポートを受ける権利も貰えるのでなかなか良いと思う。

PE 分科会に関係深い大阪大学教授の浜口智志先生が PSTD の Lifetime Achievement Award として 2016 年 Plasma Prize を受賞され水曜日に講演された。この場を借りてお祝い申し上げたい。

2018 年は 10 月 21 日から 26 日までロングビーチで開催される。日本からの積極的な参加をお願いしたい。

## 70th Annual Gaseous Electronics Conference (GEC70) 第 70 回気体エレクトロニクス会議

北海道大学 佐々木 浩一

2017 年の Gaseous Electronics Conference (GEC)は、11月6日から10日に、米国ペンシルバニア州ピッツバーグ市において開催されました。発表論文数は370件であり、そのうちの32件が招待講演でした。2015年にホノルルで開催された GEC68 (ICRP との合同開催)には日本から多数の参加者があり、2016年にドイツのボッフムで開催された GEC69 にはドイツを中心とする欧州から多数の参加者がありましたので、最近2回の GEC は規模が大きくなっていましたが、2017年の GEC は2年ぶりに米国本土に戻り、従来どおりの規模に戻った感があります。参加者の総数は350名であり、内訳は、米国175名、日本35名、韓国27名、フランス25名、ドイツ24名、中国16名、ロシア12名となっていました。韓国からの参加者が年々増加しており、日本からの参加者に肉薄しています。特に、今年の GEC では会期中途中で帰国された日本人参加者が多かったためか、バンケットにおいては韓国人参加者が日本人参加者を上回っていたように感じました。

2016年の GEC69 において、Klaus Bartschat (Drake 大学)の Will Allis Prize 受賞がアナウンスされていましたが、今年の GEC70 において受賞記念講演が執り行われました。衝突物理学の研究者でありながらプラズマ研究者からも多大の尊敬を集める Klaus Bartschat の講演は大変に迫力がありました。彼が若いとき、GEC において、シニアな研究者から「何故役に立つことをやろうとしないんだ？」と言われたことが転機になったとのエピソードは印象的でした。

今回の GEC においてユニークであったのは、Mark Kushner のアレンジにより、米国におけるプラズマ分野の予算元である DOE と NSF から講師が招かれ、研究予算の動向に関する講演がなされたことでした。また、Kushner は、自身のアレンジにより NSF で開催した低温プラズマに関するワークショップのサマリーについて報告していました。低温プラズマ分野のポテンシャルを予算元に理解させようとする努力の現れだと思えます。このワークショップには、我が国からは産総研の金賢夏さんが出席されており、その詳細を <http://mipse.umich.edu/nsfworkshop/details.html> から知ることができます。

GEC における研究発表の動向としては、昨年に引き続き、大気圧プラズマや液体と接するプラズマ現象に興味が集まり、従来の主力であったプラズマエッチングやプラズマ CVD の発表には聴衆が集まりにくくなっているようでした。この傾向はまだしばらく続くでしょう。

2018年の GEC は、オレゴン州ポートランド市において、11月5日から9日の日程で開催される予定になっています。これは、米国物理学会プラズマ物理分科会(APS-DPP)と同会場開催となる予定で、GEC と APS-DPP との相互交流のための合同企画についても検討されています。我が国から多くの方が参加されることを期待いたします。

なお、筆者は2年間にわたり GEC の Executive Committee を担当してきましたが、今回をもって退任し、首都大学東京の朽久保先生にバトンタッチしましたことを申し添えます。

## 39th International Symposium on Dry Process (DPS 2017)

### 第 39 回ドライプロセス国際シンポジウム

株式会社 日立製作所 松井 都

第 39 回ドライプロセス国際シンポジウムが 2017 年 11 月 16~17 日の両日、東京工業大学の蔵前会館にて開催された。本シンポジウムはプラズマ、及び、ドライエッチングの分野において、39 年の長い歴史を持ち、産官学から最先端の研究成果が報告され、積極的な意見交換がなされる重要な学会である。また、プラズマエッチングのみならず、プラズマ CVD 等、大規模集積回路の微細化プロセス技術の分野において、世界をリードする国際会議である。今年も、益々伸展する半導体デバイスの三次元化や IoT/AI 技術に牽引された新たな技術開発の潮流を受けた内容が多く報告され、国内外の大学や企業等から、294 名（海外 76 名、国内 218 名）の参加者を迎えて、盛況のうちに幕を閉じたので概況を報告する。

本年は Keynote として、imec の Dan Mocuta 氏をお招きし、「Is there still plenty of room at the bottom? A perspective on technology scaling」と題して、今後のロジックデバイスのスケーリングの方向性や新デバイスの構造や材料に関する展望についてご講演頂いた。

また、二つのアレンジセッションを企画した。一つ目は、近年 Atomic layer etching (ALE)や Atomic layer deposition (ALD)を始めとする原子層レベルの微細加工技術が注目されているのを受けて、「Surface Reactions for Atomic Layer Controlled Processes」と題して、講演を募集した。二つ目として、三次元デバイスを中心に更なる高アスペクト加工技術が要求されているのを受けて、「Etching Technologies for Latest Devices

having High-aspect-ratio of 50 or more」と題して講演募集を行った。この結果、多数の投稿があり、招待講演 6 件、口頭発表 20 件、ポスター発表 71 件が採択され、8 つのセッションを通じて活発な議論が交わされた。さらに、本シンポジウムを創始された西澤潤一先生の名を冠する賞であり、ドライプロセスの発展に大きく貢献されて本学会の歴史に名を連ねて来られた方々に贈られる Nishizawa Award として、本年は Prof. David Barry Graves (UC, Berkeley)、真壁利明 名誉教授（慶応大学）、米田昌弘氏（Ulvac, Inc. フェロー）の 3 名が受賞され、受賞記念講演が行われた。

一つ目のアレンジセッションである「Surface Reactions for Atomic Layer Controlled Processes」のうち、ALD/CVD 等の成膜関連の報告では、Univ. College Cork の S. Elliott 氏から、 $Al_2O_3$  を始めとする各種酸化物の Self-limiting ALD に関して、表面のメチル基と水酸基の吸着脱離メカニズムに関して、シミュレーション解析された結果が紹介された。続いて、Lam Research の D. Hausmann 氏から、14nm-node 以降の Si 半導体プロセスに向けた  $SiO_2$ ,  $Si_3N_4$  を始めとする各種 Si ベース材料の ALD について講演され、Conformal な成膜手法について議論された。

同アレンジセッションの ALE 等のエッチング関連の報告では、Sony の平田氏から、 $H_2$  プラズマで ITO 表面に modified-layer を形成し、Ar プラズマで除去するサイクルエッチングと反応メカニズムに関して示された。日立の松井からは、 $SiO_2/Si_3N_4$  エッチングの新しいガスケミストリと

して  $\text{BCl}_3$  ガスを用いたサイクルエッチングを報告し、東京エレクトロンの熊倉氏からは、Quasi-ALE を用いたウエハ面内均一性向上の報告がなされ、本セッションではメカニズム解析に基づいた実用技術への取り組みが多く報告された。

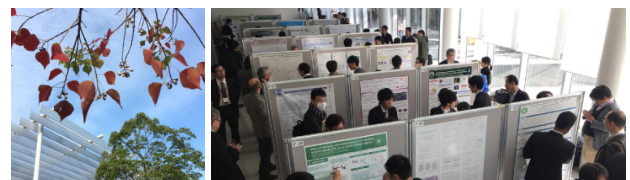
二つ目のアレンジセッションである「Etching Technologies for Latest Devices having High-aspect-ratio of 50 or more (HAR)」では、Samsung の Y. Kim 氏から、DRAM を凌いで更に高アスペクト化が進む VNAND の加工プロセスにおける課題とソリューションについて、主に HAR 加工時のイオンの制御とラジカル供給の観点から事例を交えて述べられた。さらなる高アスペクト比化のためには、新マスク材料等も含めた新しい取り組みが必要のことで締め括られた。続いて、Micron Tech. Inc. の A. Wilson 氏より、高アスペクト加工への課題として、主に CD uniformity と選択性確保の重要性がレビューされた。イオンの制御法としては、ウエハバイアスの Harmonic control について紹介された。また、異なる層へコンタクトを形成する 3 次元コンタクト形成時の課題やチャージ制御の重要性についても述べられた。さらに、Univ. of Michigan の M. J. Kushner 氏からは、Hybrid Plasma Equipment Model と Monte Carlo Feature Profile Model を用いた高アスペクトホール加工時の 3 次元シミュレーション結果が示され、さらに進化を続ける高アスペクト比加工の最新技術と今後の課題について、プロセスからの観点とモデリングからの観点から、活発な議論が交わされた。

また、東芝の市川氏からは、高アスペクト比の 3 次元パターンの加工シミュレーション結果から、リソグラフィパターンを修正することによって加工形状を制御する手法が示され、Etching Technologies のセッションでは、日立の大森氏より、Machine learning を用いたプロセスレシピ最

適化技術に関する報告がなされ、エッチング技術への新しい取り組みも示された。Damage のセッションでは、名古屋大学の石川氏より、GaN のドライエッチングにおけるイオン、UV 光、ラジカル照射によるダメージを温度の影響も考慮して系統的に解析した結果が示され、学術的にも深い議論が行われた。

半導体デバイスの三次元化に伴って、薄膜形成プロセスとエッチングプロセスを用いた技術の微細化、及び、高度化が進み、ドライプロセスの重要性が益々高まっている。今年は特に、高アスペクト加工について、プロセスとモデリングの双方からの議論が交わされる貴重な機会となった。また、原子層レベルの精密な加工を実現可能なプロセスとして、今年も ALD/ALE が注目を集め、理想的な ALD/ALE から、実用を目指したプロセスまで、技術の拡大を感じられる場となった。さらに、AI 適用やバイオ応用、センサー応用の発表等も見られ、今後のドライプロセス技術応用の新展開を期待させられた。今後も、ドライプロセスに関する分野が発展すると共に、本シンポジウムがこれらの発展に貢献できることを期待している。

本シンポジウム開催にあたり、応用物理学会を始め、多くの方々からのご支援、ご協力を頂き、感謝申し上げます。来年は記念すべき 40 周年を迎えるにあたり、記念イベント開催を予定しております。多くの皆様のご参加をお待ち致します。



## 国内会議報告

# 第11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

東北大学 加藤 俊顕

国立中央青少年交流の家（静岡県御殿場市）において、平成29年8月24日（木）～26日（土）にプラズマエレクトロニクスインキュベーションホールを開催しました。本企画は、プラズマを利用した研究開発に取り組もうとしているプラズマエレクトロニクス分野の初学者（学生、若手研究者、社会人技術者）を対象とし、プラズマプロセスに関する入門から最先端の動向までの理解を深めていただくために一流の講師陣を招いて実施する講習会で、「プラズマエレクトロニクスインキュベーションホール」となってから11回目の開催となりました。今回の受講者は46名で、うち女性2名、企業からの参加は1名でした。

永津雅章先生による特別講座、ならびに5名の講師によるプラズマの基礎からプラズマエレクトロニクスの最前線までの講座に加え、呉準席先生による英語講座も実施しました。参加者間の交流が深まるよう、2日目には晴天のもとでウォークラリーを実施しました。また、同日夕刻にはポスターセッションを設け、講師、幹事、ならびに受講者による評価得点により4名が優秀ポスター賞に選出されました。

### ポスター賞受賞者（敬称略）

小池洋右（名古屋大）、二瓶健司（東北大）、山口慶樹（東北大）、吉谷友希（大阪大）

### 講座内容（講師名敬称略）

#### <特別講座>

「プラズマ科学の医療・バイオ分野から環境分野への応用を目指して～22年間のプラズマエ

レクトロニクス研究に携わって伝えたいこと～」  
永津雅章（静岡大）

#### <専門講座>

「プラズマ生成の基礎とプラズマ制御」

内田儀一郎（大阪大）

「プラズマ診断・計測」

竹田圭吾（名城大）

「プラズマ CVD の基礎と応用」

八田章光（高知工科大）

「プラズマエッチングプロセス技術」

本田昌伸（東京エレクトロン宮城）

「低温大気圧プラズマの臨床応用」

清水鉄司（産総研）

#### <英語講座>

「国際交流のための英語」

呉準席（名城大学）



### 担当幹事（敬称略）

校長：平松美根男（名城大）

幹事：加藤俊顕（東北大）、荻野明久（静岡大）、茂田正哉（大阪大）、小田昭紀（千葉工業大）、高橋克幸（岩手大）、針谷達（豊橋技科大）、太田貴之（名城大）、篠原正典（佐世保工高）

## 国内会議報告

# 2017 年第 78 回応用物理学会秋季学術講演会 プラズマエレクトロニクス分科会シンポジウム「先進農業に向けた プラズマ応用最前線～新たな植物生育環境の開発・制御～」

岩手大学 高橋 克幸

## 1. はじめに

第 78 回応用物理学会秋季学術講演会(2017 年 9 月 5 日～8 日, 福岡国際会議場)の 2 日目の午後(13:30～17:40)に, 本分科会のシンポジウム「S.8 先進農業に向けたプラズマ応用最前線～新たな植物生育環境の開発・制御～」が, S22 会場(福岡産パレスホテル)にて開催されました。

現在, 地球人口の増加や, 農業従事者の高齢化ならびに人口減に伴い, 食糧問題が深刻な問題となっています。その解決のためには, 新しい技術導入による生産性の飛躍的向上が喫緊の課題となっています。特に, プラズマの農業応用研究が日本の研究者を中心に現在精力的に進められています。本シンポジウムでは, 数あるプラズマの農業応用のうち, プラズマによる植物生育環境の改善とその技術開発に焦点を絞った, 6 件の招待講演と, 2 件の一般講演がありました。これらの講演では, それぞれの研究グループの研究成果の報告・紹介とともに, プラズマの農業応用を行ううえでの課題や今後の展望について議論がなされました。

## 2. 講演の概略

シンポジウムの冒頭に, 岩手大学・高木浩一先生より「趣旨説明; 先進農業に向けたプラズマ応用最前線」として, 本シンポジウムの趣旨の説明とご講演をいただきました。講演では, 本シンポジウムの導入として, 農学や植物生理, 生化学の

基礎知識とともに, 日本の農業の現状と課題を丁寧にご説明いただきました。そして, 現状と課題を踏まえ, 現在の広く行われている, プラズマの農業応用研究における対象や全体像についてのご紹介がありました。

続いて, 九州大学・内野敏剛先生より「農業へのプラズマ応用のこれまでと今後」の題目でご講演いただきました。内野先生は, 農学を専門にされながら, プラズマを先駆けて農業に応用されています。そのお立場から, 日本の農業における, 農作業および農業技術, 政府の施策などの最新の動向とともに, プラズマが農業の発展への貢献が期待できる技術や, 応用にあたっての課題についてご紹介いただきました。

続いて, 九州大学・林信哉先生より「プラズマ中の活性種が誘導する植物の発芽・成長促進」の題目でご講演いただきました。プラズマから供給される活性酸素による, 植物発芽率の増加や生体成長促進の効果および, その継代メカニズムに関してその作用機序と要因を, チオール定量や, マイクロアレイとアレイスキャナーを用いた発現遺伝子の解析により明らかにした結果についてご紹介いただきました。

次に, 東北大学・金子俊郎先生より「空気プラズマ照射による植物免疫システムの活性化」の題目でご講演いただきました。水を添加した空気を用いたプラズマジェットにより生成される活性種による, 植物免疫システムの活性効果について,



そのメカニズムを、イネの幼苗を対象として、胚に生成される過酸化水素や、防除関連遺伝子の発現の評価により検証された結果をご紹介します。

次に、一般講演として、農研機構・柳川由紀様より「マルチガスプラズマジェットを用いた植物細胞への生体高分子導入」の題目でご講演いただきました。品種改良や開花制御などによる農業貢献を目的とした、プラズマジェットを用いた植物細胞への生体高分子技術について、タンパク質だけではなく、DNA の導入の可能性について示された結果についてご紹介いただきました。

引き続き一般講演として、名城大学・田中優太様より「酸素ラジカル照射を用いて不活性化されたカビ胞子の蛍光染色評価と電子顕微鏡解析」としてご講演いただきました。プラズマにより生成した酸素ラジカルによって、感染症であるアスペルギルス症を誘発するコウジカビ胞子を不活化する効果や、孢子細胞膜機能への影響について、蛍光顕微鏡、SEM、TEM などによる検証結果とともにご紹介いただきました。

休憩後、再び招待講演として、東北大学・立川正憲先生より「網羅的定量プロテオミクスと薬動力学に基づくプラズマバイオロジー・ファーマコロジーの学術的基盤の構築」としてご講演いただきました。立川先生は、薬理学・薬動力学、特に薬物送達学分野をご専門とされています。その視点から、細胞の単位であるタンパク質に対して、プラズマから発生する活性種が、どこに、いつ効くか時空間的特異性を調べるため、2~3 万個におよぶタンパク質を網羅的に定量評価し、それらがどのように細胞および生体に対して影響を与えるか、検証されている成果をご紹介します。

最後に、熊本大学・王斗艶先生より「パルスパワー電界を用いた水耕レタスの生育制御」としてご講演いただきました。パルスパワーの発生・制

御システムとともに、植物工場におけるレタスの成長促進に関して、その効果と、光合成に着目して生化学的に評価を行った結果についてご紹介いただきました。

### 3. おわりに

本シンポジウムでは、本分科会で近年注目されている農業応用において、特に、植物生育環境の改善や応用に焦点を当てたご講演を主にいただきました。会場は、写真 1,2 に示すように、終始立ち見ができるほど(200名以上)の盛況ぶりであり、活発な質疑応答がなされていました。特に、プラズマはもちろんですが、農学、植物生理などをご専門とされている多くの先生方がお越しになっており、プラズマと植物生理との相互関係について、長時間にわたり深い議論がなされていました。本シンポジウムは、参加者全員の研究活動の発展や学理進化につながるたいへん有意義であったと感じます。



写真 1



写真 2

## 2017年第78回応用物理学会秋季学術講演会 第17回分科内招待講演報告

東京大学 神原 淳

第78回応用物理学会秋季学術講演会（2017年9月13日～16日，福岡，国際会議場）の2日目に，分科内招待講演が開催されました。第17回目を迎える今回は，産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー研究所の上席イノベーションコーディネータの近藤 道雄氏をお招きして「太陽光発電にプラズマプロセスが果たした役割と将来への期待」と題してご講演を頂きました。

前半は，日本を中心とした再生可能エネルギーの市場動向について説明され，パリ協定以降の二酸化炭素削減に向けた取り組みの成果として，2016年では風力で433 GW，太陽光で300 GWの発電量に達し，水力発電1064 GWに迫るまでに導入が進んでいること，発電コストも大幅に下がり再エネが最も安い電力となっていることが紹介されました。経済効果についても，日本では40万人（中国では400万人）の雇用を生み出し，2012以降はFeed-in-tariff制度によるメガソーラー大量導入による市場拡大の実績が示されました。しかし，現在は固定価格の限界から新興国からの輸入も増加し市場は減退気味であり，また世界の太陽光発電関連企業の上位を中国系が占め，2016年では6位の企業でも5 GWの発電量と日系の3GWを大きく上回る状況のようです。それでも半導体製造企業の中国シェアは15%と，高い技術が必要とされる分野ではまだ中国以外も競争力は高く，日本の技術力による躍進に期待される旨が説明されました。

後半では，太陽光発電関連技術におけるプラズマの役割を再考することで，将来の方向性について示されました。現行の太陽電池を方式，材料，プロセスの観点から俯瞰すれば，薄膜堆積に限ら

ず多くの電池で電極製造等にプラズマが利用されている現状が説明されました。薄膜Si技術では，高圧枯渇法やフィルム上への低温成膜など優れた技術開発が進んだものの，薄膜市場拡大には，薄膜だから安いという戦略は通用せず，薄膜の効率スループット0.3～0.02 W/sを結晶SiのW/sに匹敵するまで上げなければならない一つの指針が示されました。一方で，BIPV（建材一体型太陽光発電）を始めとする様々な形での太陽電池利用を例に，デザインを工夫して付加価値を高めることが求められていること，またIOT用電源としては省電力化が進み大きさが必要とされなくなる傾向と，IOTデバイス寿命からもa-Si薄膜も選択肢となるポテンシャルがあるとのことでした。太陽光に限らず，アンモニア合成やCO<sub>2</sub>還元等の他の再生エネルギー技術にもプラズマが利用できる可能性も高いように，エネルギーミックスを変えうる程度の大量導入が目指される様々な再生エネルギーでプラズマに期待されている研究動向を説明頂き，ご講演をまとめられました。

改めて，大変に感銘深いご講演を頂きました近藤先生に御礼申し上げますと共に，多くの聴講者にご参集いただきましたことに感謝いたします。



## 国内会議報告

# 2017 年第 78 回応用物理学会秋季学術講演会 プラズマエレクトロニクス分科内 海外招待講演報告

東北大学 加藤 俊顕      東京大学 神原 淳

第 78 回応用物理学会秋季学術講演会（2017 年 9 月 5 日～8 日、福岡；国際会議場）の 1 日目午後（13:00～14:30）に、本分科会企画海外招待講演が開催された。

1 件目の招待講演は、Vytautas Magnus University (リトアニア) の Vida Mildaziene 先生に「The response of perennial plants to pre-sowing seed treatment with low temperature plasma: results of long-term observations」と題してご講演を頂いた。初めに様々な刺激を与えた種子に対して長期間栽培を行い、各成長段階に応じた刺激の効果に関して報告された。未処理、真空処理、プラズマ処理、及び電磁場処理を種子に施し、発芽率への効果を比較したところ、種子の種類によって程度は異なるがプラズマ照射と電磁場照射体は未照射のものに比べ優位な差の得られることが示された。一方で、刺激を与えた種子を長期栽培し、生育状況と刺激との相関を調査した結果、プラズマ照射種子は発芽から 17 か月後の生育状況に他処理に比べて顕著な促進効果が確認されたこと、プラズマ照射が種子に対して与える効果として、種子内の過酸化水素生成効率に大きな影響を与えている可能性が報告された。最後に、薬草に対しては、プラズマ照射によりビタミン C の割合が増加することを示され、これが植物の持つラジカルのスカベンジ能力にプラズマが何らかの影響を与えた可能性によるものと説明された。

2 件目の招待講演は、フランス国立研究所 (SIMaP Grenoble INP, CNRS) の Michel Pons 先生より「Advances in nitride film and coating growth by

chemical vapor deposition」と題して、主に窒化物を対象とした様々な応用デバイスに向けた薄膜・コーティング CVD プロセスについて講演を頂いた。初めに合成方法に関して、市場が求めるプロセス要件の観点から、熱 CVD, プラズマ CVD, ALD, MOCVD, MBE を比較し、CVD の長短所が説明された。AIN の大面積と高速堆積速度が同時に求められる CVD が適用される実例として、メートル級大型反応器内で成膜される航空機用ブレーキ材、800°C 超の吸熱に対応できる太陽熱発電の吸熱レシーバー、紫外 LED 応用向け厚膜 AIN、圧電素子応用に向けた AIN の三次元パターンニング成長技術等が紹介された。一方、薄膜の AIN 技術として、従来 ALD とプラズマ支援 ALD の比較から、H<sub>2</sub> プラズマ利用による低温成膜と高品質が進められる特徴が示され、その実例として布への低温大面積成膜が紹介された。今後の展望として、熱 CVD では困難な六方晶窒化ホウ素シートの合成等に向けた、プラズマ薄膜合成技術に対する発展の期待が示された。

2 件の海外招待講演ともに活発な議論も交わされて盛況なセッションであった。



## Plasma Conference 2017 (第 35 回プラズマプロセッシング研究会)

名城大学 平松 美根男

2017 年 11 月 20-24 日に、姫路商工会議所（姫路市）において Plasma Conference 2017 が開催され、千人近い参加者が集まり活発な議論が行われた。本会議は、応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会、プラズマ・核融合学会、日本物理学会（領域 2）、日本学術振興会プラズマ材料科学第 153 委員会が合同で開催するものであり、我が国のプラズマ関連学会が一堂に会して、幅広いプラズマ分野の研究を基礎から応用・実用化まで一貫して網羅することで、学会間の連携を深めて日本のプラズマコミュニティを発展させ、産学官連携を推進するとともに、大学院生、若手研究者の交流を促し、育成に活かすことが期待される。本分科会としての位置付けは第 35 回プラズマプロセッシング研究会であるが、加えて、プラズマ・核融合学会第 34 回年会、日本物理学会（領域 2）2017 年秋季大会、ならびに、第 30 回プラズマ材料科学シンポジウムの合同会議であり、それぞれの学会の特色あるセッションだけでなく、複数の学会からの共同提案によるシンポジウムや融合セッションを数多く取り入れたプログラムとなるよう工夫がなされていた。

この会議の母体となるプラズマ科学連合は、プラズマ・核融合学会、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 を主な幹事学会とし、核融合エネルギーフォーラム、電気学会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、日本学術振興会プラズマ材料科学第 153 委員会、表面技術協会材料機能ドライプロセス部会、日本 MRS 学会、静

電気学会、日本セラミックス協会、日本金属学会、日本鉄鋼協会、フォトポリマー懇話会、日本真空学会、放電学会、日本天文学会、地球電磁気・地球惑星圏学会などのプラズマ関連学協会を協賛学協会とする連合組織で、我が国の各学協会において、基礎から産業応用まで幅広い分野に分散・展開されているプラズマ科学・工学の研究活動を総合的に把握し、21 世紀におけるプラズマ科学・工学の新たな発展を図るとともに、各学協会等におけるこれらの研究活動を推進することを目的として 2000 年に設立された。本会議の前身となるプラズマ科学シンポジウムは、2001 年から 10 年間で 3 回開催された。この実績を踏まえ、国内のプラズマ関連学会の共同開催により日本のプラズマコミュニティを発展させることを目的として、我が国のプラズマ関連の基礎から応用まで全てを網羅する Plasma Conference を開催することとなり、金沢で開催された Plasma Conference 2011、新潟で開催された Plasma Conference 2014 に続き、今回、本分科会が幹事学会となり、姫路において Plasma Conference 2017 を開催する運びとなった。

11 月 20 日午後にはチュートリアルが行われ、核融合に関する 2 件の講演に続いて、野崎智洋先生（東工大）により「大気圧プラズマと触媒反応」と題して講演が行われた。またパラレルで、白谷正治先生（九州大）企画のワークショップ『プラズマによるナノ材料・ナノデバイス創成の深化』が行われた。

海部宜男先生（国立天文台名誉教授）より「学

術の大型計画「天文学からマスタープラン・ロードマップ」の題目で特別講演が行われた。基礎科学政策において、マスタープランとロードマップの取り組みと意義、重要性を力強く説かれた。また、プラズマコミュニティが一堂に会する本会議の意義を讃えていただいたのは印象的であった。

基調講演 4 件のうち 2 件が本分科会に関わりの深いものであった。オープニングセレモニーに続いて「半導体デバイスにおける原子レベル制御とプラズマプロセスの展望」と題して伊澤勝氏（日立ハイテクノロジーズ）の講演が行われた。また最終日には、池原譲先生（産総研）により「低温大気圧プラズマを利用した低侵襲止血の開発－組織・細胞、生体分子を加工対象とするプロセス科学の確立をめざして－」と題して講演が行われた。

Plasma Conference の特徴はシンポジウムであり、複数の学会による共同企画が多く採用されている。今回は 12 の魅力的なシンポジウムが企画され、81 件の講演が行われた。関連する分野の第一線で活躍する研究者による講演で構成されており、いずれも盛況であった。この内、本分科会に関わりのあるシンポジウムと企画者を以下に示す。

- 半導体製造と Carbon: 今村 巽氏（東芝メモリ）
- プラズマ研究の歩みと今後進むべき道を考える：金子俊郎先生（東北大）
- 農業・食品分野へのプラズマなど電気処理技術の適用とその展開および国際連携：高木浩一先生（岩手大）
- 未踏技術に挑戦する先進プラズマ材料科学の最新研究と今後の展望：永津雅章先生（静岡大）
- 気液界面液中プラズマにおける物理的・化学的反応プロセスの解明を目指して：伊藤昌文先生（名城大）

招待講演 20 件と一般口頭発表 153 件は平行セッションで行われ、それぞれの学会の特色あ

るセッションに加えて、複数の学会の融合セッションが数多く取り入れられていた。また、686 件のポスター発表があり、4 日間にわたって行われたポスターセッションは常に熱気に満ちあふれていた。



写真 活気に満ちあふれたポスターセッション

クロージングに先立って、本分科会、プラズマ・核融合学会、および日本物理学会のそれぞれの学会で選定された若手優秀発表賞等の受賞者の発表があった。本分科会では、プラズマプロセッシング研究会講演奨励賞として、菅野杜之君（東京大）と土谷拓光君（金沢大）が選ばれた。

### Plasma Conference の今後について

2011 年に最初の Plasma Conference が開催されてから、幹事学会が一回りした。当初の予定から、一周したところで、実施の是非や開催方法・時期についてプラズマ科学連合運営委員会で検討し直すことになっている。プラズマ・核融合学会は、年次大会を Plasma Conference としては実施しないと表明しており、次回以降の実施については白紙の状態であるが、プラズマの分野で結集して行う会議の意義は多くが認めており、何らかの形で本会議が継続されることが望まれる。

## 行事案内

# 2018年 第65回応用物理学会春季学術講演会 プラズマエレクトロニクス分科会企画

東京大学 神原 淳

### ■ はじめに

2018年3月17日(土)～20日(火)に早稲田大学 西早稲田キャンパス(東京都新宿区)にて第65回応用物理学会春季学術講演会が開催されます。本稿では、プラズマエレクトロニクス分科会企画の概要とスケジュールを紹介いたします。脱稿時点で未定の部分も含まれるため、詳細につきましては応用物理学会のHPでご確認をお願いいたします。

### ■ (第1日) チュートリアル講演

今春季講演会も、講演会初日に、チュートリアル講演を企画致しました。第7回を迎える今回は、日立製作所の栗原 優 先生より、プラズマ微細加工に関して基礎から最先端技術までをご講義を賜ります。チュートリアル講演は事前予約制となっています。定員がありますので、お早めにご予約頂きますようお願い致します。

日程：3月17日(土) 9:00～12:00(予定)

会場：未定

講師：栗原 優 氏(日立製作所)

講演題目：「プラズマ微細加工技術の基礎と応用～エッチング基礎から原子層エッチングまで～」

### ■ (第2日) 分科内招待講演

第20回目となる次回の分科内招待講演では、日立ハイテクノロジーズの伊澤 勝 様よりご講演を賜ることとなりました。是非とも会場まで足をお運び頂きますよう、お願い申し上げます。

日程：3月18日(日) 11:00～11:30(予定)

会場：未定

ご講演者：伊澤 勝 氏(日立ハイテクノロジーズ)

講演題目：「IoT時代のプラズマ微細加工技術(仮)」

### ■ (第2日) プラズマエレクトロニクス賞受賞式

講演会2日目には、第16回プラズマエレクトロニクス賞の受賞式を予定しています。今回の受賞候補論文の推薦締め切りは2017年12月22日(金)ですので、この記事が皆様に届いた時点ではまだ募集中かと思われます。自薦、他薦は問いませんので、是非とも奮って推薦下さいませようお願い致します。詳細は、下記のHPをご確認ください。

([https://annex.jsap.or.jp/plasma/PE\\_files/pe\\_award.html](https://annex.jsap.or.jp/plasma/PE_files/pe_award.html))

日程：3月18日(日) 13:15～13:30(予定)

場所：分科会企画シンポジウムと同一会場の予定

### ■ (第2日) 分科会企画シンポジウム

学会2日目の18日(日)に、分科会企画シンポジウム「二次元シート合成とプラズマプロセス～超薄膜から原子層まで～」を開催いたします。カーボンナノチューブ、グラフェンはじめ、二次元シート材料は従来物質を大きく凌駕する優れた物性を持ち、様々な分野への応用展開が期待されています。これら次世代薄膜材料の物性を最大限活用した産業応用の実現には、高品質な薄膜合成技術が必要不可欠です。本シンポジウムでは、第一線で活躍されている研究者をお招きして、原子層物質・超薄膜合成分野にお

ける現状と課題、及び現在の半導体産業を支えているプラズマプロセスの当該分野における今後の展望に関して議論される予定です。是非とも奮ってご参加ください。

日程:3月18日(日)13:30~18:00(予定)

会場:未定

1. はじめに 加藤俊顕(東北大)
2. カーボンナノチューブの合成と応用 本間芳和(理科大)
3. 高品質グラフェン合成と産業化 吾郷浩樹(九州大)
4. カーボンナノウォールのプラズマ合成とバイオ応用 近藤博基(名古屋大)
5. MoS<sub>2</sub>のスパッタ合成とトランジスタ応用 若林整(東工大)
6. 高品質 h-BN の合成と応用 渡邊賢司(物材機構)
7. 単結晶 ZnO 薄膜のプラズマ合成と応用 板垣奈穂(九州大)
8. 高移動度 IGZO 薄膜のプラズマ合成とトランジスタ応用 節原裕一(大阪大)
9. おわりに 長谷川雅考(産総研)

### ■ 講演奨励賞授業記念講演

第43回(2017年秋季)学術講演会での講演奨励賞の受賞者が応物HPにて発表され、川口 悟 氏(室蘭工業大学/学振特別研究員)と高橋 一弘 氏(室蘭工業大学)が受賞されました。栄誉ある本賞を受賞された皆様には、この紙面を借りてお祝い申し上げます。受賞記念講演の日程/会場はまだ未定ですが、プログラムをご確認の上、会場まで是非とも足をお運びください。過去の講演奨励賞受賞者につきましても下記のHPよりご確認頂けます。

(<https://www.jsap.or.jp/activities/award/lecture/index.html>)

### □ 講演奨励賞 受賞記念講演

日程・会場:未定(プログラムをご確認ください)

受賞者:川口 悟 氏(室蘭工業大学/学振特別研究員)

選考対象発表:N<sub>2</sub>ガスの電子衝突断面積

受賞者:高橋 一弘 氏(室蘭工業大学)

選考対象発表:パルス放電照射による液中生成種のレート方程式解析(2)

### ■ English Session

今回もプラズマエレクトロニクス分野を横断するトピックスで「8.0 Plasma Electronics English Session」と題した English Session を予定しています。留学生の方に限らず、日本人学生の方も是非とも奮って参加頂ければと思います。なお、今回は海外招待講演を予定しておりません。

### ■ おわりに

本案内執筆の時点では、プログラムの詳細は未定ですが、学会初日の3月17日(土)には、チュートリアル講演、学会2日目には分科内招待講演、とシンポジウムを始めとする分科会企画を実施予定です。最終プログラムを確認の上で会場までお越してください。また、3月18日(日)の昼には、PE分科会のインフォーマルミーティング、同日夕刻には恒例のPE分科会懇親会も企画される予定です。詳細は担当幹事から改めて案内があると思いますが、是非、スケジュールに加えておいて下さい。不明な点がございましたら、お気軽にお問合せください。

連絡先:神原 淳(東京大学)

[mkambara@plasma.t.u-tokyo.ac.jp](mailto:mkambara@plasma.t.u-tokyo.ac.jp)

## 行事案内

# 第 26 回および 27 回プラズマ新領域研究会

名城大学 平松 美根男

プラズマの応用分野は、エネルギー分野から半導体、グリーン・バイオなど多様な範囲に及びます。これらに対応すべく、本分科会では 2008 年より新領域研究会を開始しました。2017 年度についても、新しい視点に立ったプラズマ技術の新展開に関する研究会を開催し、異分野の研究者との交流を引き続き深めていくことを計画しています。参加費は無料です。奮ってご参加下さい。

## 第 26 回プラズマ新領域研究会

『熱プラズマの電磁熱流体構造を開拓する』

日時：2018 年 1 月 27 日（土）13:00-17:00

場所：大阪大学 接合科学研究所荒田記念館（大阪府茨木市美穂ヶ丘 11-1）

概要：熱プラズマは研究の困難さから、その内部構造はほとんど不明のまま熱源ツールとして工業的に応用されてきたが、最近の計測機器や計算機の性能向上により、ここ数年で劇的に解明が進んでいる。本研究会では、新規的・独創的なアプローチによって熱プラズマの電磁熱流体的な内部構造の解明に取り組んでいる最近の研究に関する講演を通じて、新たな熱プラズマプロセッシングの開拓に向けた議論を行う。

### 講演内容：

「熱プラズマ流の可視化計測」 渡辺隆行（九州大）

「ガス吹付け減衰アークの反応論的非平衡数値解析 -レーザトムソン散乱電子密度計測値との比較-」 田中康規（金沢大）

「三次元発光分光法による非軸対称溶接アークの可視化」 野村和史（大阪大）

「アーク溶接におけるプラズマ-溶滴輸送現象の

連成シミュレーション」 荻野陽輔（大阪大）

「熱プラズマ流動構造解明に向けた数値計算手法の開発」 茂田正哉（大阪大）

担当幹事：茂田正哉（大阪大 接合科学研究所）

## 第 27 回プラズマ新領域研究会

『プラズマプロセスと表面/界面モニタリング』

日時：2018 年 2 月 9 日（金）13:00~17:30

場所：会議室シェアミー（東京都千代田区神田鍛冶町 3-3、神田駅徒歩 1 分）

概要：プラズマと固体・液体が接する表面/界面のモニタリングは表面を取り扱う困難から未だ不明な点が多く残されている。従来からの光学的手法に加え、プロセスの微細化に従うナノスケールの評価や、気液界面への領域発展など劇的な環境変化がある。本研究会では先進的な光学的手法から、XPS、AFM の利用等の現状を解説し、プラズマプロセス中の表面/界面の現象解明と技術発展へ向けた展開について討論する。

### 講演内容：

「シリコン PECVD 中の膜評価」

布村正太（産総研）

「プラズマ照射表面の ATR 分光」

篠原正典（佐世保高専）

「大気圧プラズマ-液体界面の分光測定」

伊藤剛仁（東京大）

「プラズマを用いた原子層レベルエッチングとその表面分析」 篠田和典（日立製作所）

「プラズマ照射表面ナノ構造の XPS、AFM 測定」

北嶋 武（防衛大）

担当幹事：北嶋 武（防衛大）



## 行事案内

# 10th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials / 11th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2018 / IC-PLANTS2018)

名城大学 平松 美根男

ISPlasma は、東海広域ナノテクものづくりクラスター事業の一環として、当地域に国際競争力を有する先進プラズマナノ科学研究拠点を形成するために 2009 年から毎年開催されている国際会議で、今回は 10 回目となる。

一方、IC-PLANTS は、本邦唯一の産業応用プラズマセンターである名古屋大学工学研究科附属プラズマナノ工学研究センターの主催の国際会議として 2008 年から毎年開催されている。

2014 年より、この 2 つの国際会議を合同し、先進プラズマナノ科学、およびナノ材料、窒化物半導体研究に加え、振興著しいプラズマバイオ分野までも包括的に対象分野として開催する。本会議では、プラズマ分野で長い歴史と研究実績を有する東海地域に世界中から優れた研究者が集い、先進プラズマ科学、窒化物半導体とナノ・バイオ材料への応用について広く議論するとともに、最新の研究成果を発表および討議する。

<日程> 2018 年 3 月 4 日(日)～3 月 8 日(木)

<場所> 名城大学ナゴヤドーム前キャンパス  
(愛知県名古屋市東区矢田南 4-102-9)

<関連分野>

◆プラズマ科学：プラズマ源、先進プラズマ計測技術、モデリングとシミュレーション、液中プラ

ズマ、エッチングプロセス、薄膜成膜プロセス、フレキシブルエレクトロニクス、バイオ/医療用プラズマ、クリーンエネルギー用プラズマ、ナノテクノロジープラズマ、プラズマ農業

◆窒化物半導体: GaN および関連材料の結晶成長、窒化物 MBE 成長、評価技術、デバイスプロセス、光デバイス、電子デバイス、パワーデバイス

◆ナノ材料：ナノパーティクル/ナノチューブ/ナノワイヤ/ナノロッド/2 次元ナノ材料、ポーラス材料/メンブレン、コンポジット/傾斜機能材料、ソフトナノ材料、表面改質/表面機能化、エネルギー応用/環境応用/ナノメディシン/センシング応用

◆バイオセンシング：検出技術、バイオイメージング、電気化学デバイス、バイオセンサ、バイオマーカ、バイオ材料、バイオデバイス/ $\mu$ TAS/Lab-on-a-Chip

<特別講演者>

赤崎 勇 (名城大学)

飯島 澄男 (名城大学)

<基調講演者>

Uwe Czarnetzki (Germany)

Jeon G. Han (Korea)

<チュートリアル講演者>

Pascal Chabert (France)

Pietro Favia (Italy)

名西 徳之 (立命館大学)

齋藤 弥八 (名古屋大学)

榊田 創 (産業技術総合研究所)

<招待講演者>

トピカルセッション (エネルギーナノ材料)

野崎 智洋 (東京工業大学)

白谷 正治 (九州大学)

菅谷 武芳 (産業技術総合研究所)

Chen-Hao Wang (Taiwan)

トピカルセッション (GaN プラズマプロセス)

Srabanti Chowdhury (U.S.A)

Romualdo A. Ferreyra (京都工芸繊維大学)

野尻 一男 (ラムリサーチ)

渡部 平司 (大阪大学)

トピカルセッション (プラズマ・バイオ応用)

Alexander Fridman (USA)

Klaus-Dieter Weltmann (Germany)

プラズマ科学

James W. Bradley (U.K)

Wei-Hung Chiang (Taiwan)

Rémi Dussart (France)

Sergey Gortschakow (Germany)

Ju-Liang He (Taiwan)

Dmytro Rafalsky (France)

朽久保 文嘉 (首都大学東京)

Juan Pablo Trelles (U.S.A)

窒化物半導体

Daniel Feezell (U.S.A)

Satcia Keller (U.S.A)

Stanislaw Krukowski (Poland)

王 学論 (産業技術総合研究所)

Nelson Tansu (U.S.A)

山村 和也 (大阪大学)

ナノ材料

Hee Yeop Chae (Korea)

Yi-Chia Chou (Taiwan)

Gheorghe Dinescu (Romania)

福澤 健二 (名古屋大学)

松田 一成 (京都大学)

長汐 晃輔 (東京大学)

Ta-Chin Wei (Taiwan)

バイオ応用

Matteo Gherardi (Italy)

加納 英明 (筑波大学)

Juergen F. Kolb (Germany)

Emilio Martines (Italy)

永津 雅章 (静岡大学)

中津 可道 (九州大学)

中里 和郎 (名古屋大学)

<参加費：メインシンポジウム>

	早期登録 (~2018/1/31)	事前登録 (~2018/3/3)	当日登録 (2018/3/4)
--	----------------------	---------------------	--------------------

一般： 45,000 円 50,000 円 50,000 円

学生： 15,000 円 20,000 円 20,000 円

※ バンケット(3月6日)

一般： 6,000 円、学生： 3,000 円

<チュートリアル参加費>

・メインシンポジウム参加者

一般： 1,000 円、学生： 1,000 円

・チュートリアルのみ参加者

一般： 10,000 円、学生： 5,000 円

<問合せ先>

ISPlasma2018 / IC-PLANTS2018 事務局

株式会社インターグループ

TEL: 052-581-3241 / FAX: 052-581-5585

E-mail: isplasma2018@intergroup.co.jp

Website: <http://www.isplasma.jp/index.html>

## 行事案内

# 2nd International Workshop On Plasma Agriculture

名城大学 太田 貴之、伊藤 昌文

2018年3月9日～11日の日程で、2nd International Workshop On Plasma Agriculture (IWOPA2) が高山市民文化会館で開催されます(下記)。

近年、低温大気圧プラズマの開発が契機となり、プラズマによる農産物の殺菌・洗浄だけでなく、植物の生長促進などが報告され、プラズマのバイオ応用の一つとして大きな注目を浴びています。このような分野の進展を受け、2016年5月15日～20日に米国ニュージャージー州のDrexel大学プラズマ研究所で、第1回IWOPAが開催され、発表論文の一部が特集号(Plasma Medicine, Vol.6, Issue 3-4)として2017年6月にWeb公開されました。

本国際ワークショップは、プラズマの農水産業への応用とそれを支えるプラズマとバイオ試料との相互作用に関する科学・技術を対象分野としております。これらの各分野の研究への貢献と、異分野融合による新たな価値創造、より高度な研究者ネットワークの構築を目指しており、将来的には本ワークショップにかかわる研究の進展及び技術革新がイノベーションの源泉となり、社会生活の維持向上と発展、食料の安全安心・確保等に資することを目的としています。

プラズマの農水応用に関する海外の研究者がここ日本で一同に会する機会は少なく、本分野の世界最先端の研究に触れる絶好の機会です。エクスカーションは白川郷を予定しており、雪の古都高山で、本分野の議論や国際・異分野交流を深めることができると思います。多数のご参加をお待ち申し上げます。

### 【主な招待講演者(敬称略)】

Alexander Fridman (Drexel University)、Gregory Fridman (Drexel University)、Eun Ha Choi (Kwangwoon University)、Matteo Gherardi (Università di Bologna)、Juergen F. Kolb (INP Greifswald e.V.)、Miran Mozetič (Jožef Stefan Institute)、Uroš Cvelbar (Jožef Stefan Institute)、Vida Mildaziene (Vytautas Magnus University)、Kazuyuki Kuchitsu (Tokyo University of Science)、Nevena Puac (University of Belgrade)、Masashi Kato (Meijo University)、Kiyoshi Yoshikawa (Rajamangala University)、Tetsuhito Fuse (JAXA)、Masataka Hashimoto (JAXA)

### 記

【会期】2018年3月9日～11日

【会場】岐阜県 高山市民文化会館

【Webpage】[http:// http://www.iwopa2.org/](http://www.iwopa2.org/)

### 【参加費】

早期参加登録 (-12/31)

一般 40,000 円 学生 20,000 円

通常参加登録 (2018/1/1以降)

一般 45,000 円 学生 25,000 円

### 【投稿締切】

12/31

### 【問合せ】

IWOPA-2 事務局

名城大学 伊藤昌文 (組織委員長)

名城大学 太田貴之 (現地実行委員長)

E-mail: IWOPA2nd@gmail.com

## 行事案内

# 7th International Conference on Plasma Medicine (ICPM-7)

## 第7回プラズマ医療国際会議

大阪大学工学研究科 浜口 智志

「第7回プラズマ医療国際会議」(以下、ICPM-7と略記)が、2018年6月17日(日)から22日(金)までの6日間の予定で、米国ペンシルバニア州フィラデルフィア市内のドレクセル大学構内で開催される(下記)。主催は、プラズマ医療国際学会(International Society for Plasma Medicine)、現地実行委員長は、ドレクセル大学のAlexander Fridman教授である。また、ICPM-7開催直前の6月15日(金)から17日(日)にかけて、「プラズマ医療夏の学校(Summer School on Plasma Medicine)」が開催される。

プラズマ医療とは、気体放電(プラズマ)を医療や健康産業分野に活用する科学技術をさし、低温大気圧プラズマを生体に直接照射する治療法の開発から、プラズマによる滅菌、プラズマによる医療材料の表面プロセスまで、幅広い領域をカバーする。基礎的な物理科学としても、大気圧非平衡プラズマと液体の相互作用など、過去のプラズマ物理学ではあまり取り扱われなかった新しいテーマが研究対象となっている。また、近年では、プラズマの医療応用を越え、プラズマ放電と生物一般との相互作用に関する研究が広がっている。例えば、プラズマの農業分野への応用(プラズマ農業)は、学界の大きな注目を集めており、ICPM-7でも、学術的な関連性から、プラズマ農業分野の発表も積極的に募集している。

プラズマ医療国際会議(ICPM)は、プラズマ医療を専門とする国際会議としては、最も歴史の古い会議で、第一回の会議は2007年に米国テキサス州コーパスクリティで、今回の現地実行委員

長のFridman教授により主催された。前回のICPM-6は2016年にスロバキア首都ブラティスラバで、その前のICPM-5は、2014年に奈良で開催された。今後も、米国・アジア・欧州を巡って2年おきに開催することが計画されている。

「プラズマ医療夏の学校」は、前回のICPM-6から始まった行事で、この分野を始めて学ぶ学生や研究者が、受講生として想定されている。第2回目となる今回のスクール・プログラムの詳細はこれから決定されるが、前回より多くの生物・医学系専門家を講師として招き、専門が物理科学系の受講生にも、プラズマ医療分野における生物・医学の基礎を十分に教育するプログラム作りが行われている。もちろん、生物・医学を専門とする受講生には、大気圧プラズマ等に関する物理・化学の概要が十分に理解できるプログラムにもなっている。サマースクールも含めて、日本からも、前回以上に多くの参加者のあることを期待したい。

### 記

会議名: 7th International Conference on Plasma Medicine

日時: 2018年6月17日(日)から22日(金)

(サマースクール: 2018年6月15日(金)から17日(日))

場所: ドレクセル大学(米国ペンシルバニア州フィラデルフィア市)

主催: International Society for Plasma Medicine

詳細情報: <https://icpm7.plasmainstitute.org/>

## 行事案内

# 22nd International Conference on Gas Discharges and Their Applications / 第 22 回気体放電とその応用に関する国際会議

2018 年 9 月 2 日(日)～9 月 7 日(金) ノヴィ・サード (セルビア)  
<http://gd2018.ipb.ac.rs/>

室蘭工業大学 佐藤 孝紀

22nd International Conference on Gas Discharges and Their Applications (第 22 回気体放電とその応用に関する国際会議 : GD2018) が、2018 年 9 月 2 日～7 日の期間でセルビア (Serbia) ノヴィ・サード (Novi Sad) 市の Master Congress Center で開催されます。この会議は、プラズマ科学と放電物理分野の情報交換と相互発展の促進のため、連合王国リバープール大学 M. Meek 教授が中心となって 1962 年にスタートさせたもので、2 年毎にヨーロッパの国々を中心に開催されています。昨今の国際会議ではポスタープレゼンテーションが増える傾向にある中、この会議ではすべての発表がオーラルプレゼンテーションという伝統が守られていることも特徴の一つです。

この会議の Scientific Topics は以下の A～N であり、放電に関するほとんどの分野をカバーしています。また、Proceedings paper が 4 ページであり、研究成果をしっかりと記述できることも特徴です。

- A. Arcs
- B. Corona, Barrier and Surface Discharges
- C. Glows and Breakdown
- D. High Pressure Plasmas and Applications
- E. Low Pressure Plasmas and Applications
- F. Environmental and Medical Applications
- G. Pulsed-Power Applications

- H. Light Sources
- J. Lightning
- K. Test Techniques and Diagnostics
- L. Fundamental Processes and Cross sections
- M. Emerging and Topical Applications of Gas Discharges
- N. Measurement Techniques

論文投稿等に関する締め切りは以下の通りです。1 ページのアブストラクトの締め切りが今年の 12 月 31 日となっておりますのでご注意ください。

### Deadlines

- |                    |                            |
|--------------------|----------------------------|
| 31st December 2017 | Abstract submission        |
| 30th March 2018    | Four-page-paper submission |
| 30th June 2018     | Early Registration         |

会場となる Congress Center はノヴィ・サード中心街から徒歩で 15 分程度、周囲に多くの宿泊施設もある便利な場所と伺っています。多くの方々のご参加下さいます様、国際科学委員の一人としてお願い申し上げます。



Master Congress Center in Novi Sad

# 第 16 回プラズマエレクトロニクス賞受賞候補論文の募集

首都大学東京 朽久保 文嘉

応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会では、毎年、プラズマエレクトロニクスに関する学術的あるいは工業的に価値のある優秀な論文を対象とし、その著者に「プラズマエレクトロニクス賞」を贈り表彰を行っています。候補論文は自薦・他薦を問いません。下記の要領により、奮ってご応募下さい。

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

## ■ 授賞対象論文

プラズマエレクトロニクス分科会が主催する研究会、国際会議等で発表され、かつ 2015、2016、2017年の発行の国際的な学術刊行物(JJAPなど)に掲載された原著論文。受賞者は、表彰の時点においてプラズマエレクトロニクス分科会会員あるいは応用物理学会会員とする。

プラズマエレクトロニクス賞はプラズマエレクトロニクス分野の優秀な論文の著者に授与される論文賞ですが、プラズマエレクトロニクス分科会が強く関与する会議等（直接に主催する会議、応用物理学会学術講演会の大分類 8. プラズマエレクトロニクス等）での発表や議論を通じて生み出された優れた論文を表彰したいという考えに基づき、賞規定に“プラズマエレクトロニクス分科会が主催する研究会、国際会議等で発表され”という要件が付与されています。

## ■ 提出書類

以下の書類各 1 部、および、それらの電子ファイル (PDF ファイル) 一式

- ▶ 候補論文別刷 (コピーでも可、第 1 ページに候補論文と朱書すること。関連論文があれば 2 件以内の別刷またはコピーを添付。)
- ▶ 当該論文の内容が発表されたプラズマエレクトロニクス分科会が主催する研究会、国際会議等の会議録等のコピー (2 件以内)
- ▶ 著者全員について和文で以下を記入した書類。氏名、会員番号、勤務先 (連絡先)
- ▶ 推薦書 (自薦、他薦を問わず、論文の特徴、優れた点などを 400 字程度わかりやすく記すこと。)

## ■ 表彰

2018 年応用物理学会春季学術講演会期間中に行います。受賞者には賞状および記念品を贈呈いたします。また 2018 年秋季学術講演会期間中 (例年では会期 2 日目) での記念講演を依頼する予定です。

## ■ 書類提出期限

2017 年 12 月 22 日 (金) 当日消印有効

## ■ 書類提出先

〒113-0031 東京都文京区根津 1-21-5

応物会館

公益社団法人応用物理学会

プラズマエレクトロニクス分科会幹事長

(封筒表に「プラズマエレクトロニクス賞応募」と朱書のこと。)

なお以下の賞規定もご参照下さい。

## プラズマエレクトロニクス賞規定

1. この規定はプラズマエレクトロニクスに関する学術的あるいは工業的に価値のある優秀な論文を表彰の対象論文とし、その著作者にたいして公益社団法人応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会（以後プラズマエレクトロニクス分科会と言う）が行う表彰について定める。
2. この表彰を「プラズマエレクトロニクス賞」という。
3. 表彰の対象論文は、原則として、プラズマエレクトロニクス分科会が主催する研究会、国際会議等で発表され、且つ募集期間から過去3年の間に国際的な学術刊行物に掲載された原著論文とする。
4. 受賞者はプラズマエレクトロニクス分科会会員あるいは応用物理学会会員とする。
5. 受賞者は公募に応じた自薦および他薦候補者から選考する。
6. すでに公に顕著な賞を受けた論文は、プラズマエレクトロニクス賞の対象論文としない。
7. 表彰は原則として毎年2件以内とする。
8. 表彰は賞状授与および記念品贈呈とする。
9. 表彰は毎年応用物理学会春季講演会において行う。
10. プラズマエレクトロニクス分科会幹事会は、毎年11月までに授賞候補者募集要項を「プラズマエレクトロニクス分科会会報」および応用物理学会機関誌「応用物理」誌上に公表し、広く募集する。
11. 受賞者の選考はプラズマエレクトロニクス分科会幹事長が委嘱した「プラズマエレクトロニクス賞」選考委員会が行う。
12. 受賞者が決定したときは、「プラズマエレクトロニクス賞」選考委員会委員長が、プラズマエレクトロニクス分科会幹事会に選考の経過および結果を報告する。
13. プラズマエレクトロニクス分科会幹事長は、選考の経過および結果を応用物理学会理事会に報告する。
14. この賞の実施に関する必要な事項の審議および決定はプラズマエレクトロニクス分科会幹事会が行う。
15. 本規定は、理事会の承認を経て改訂することができる。

付則：この規定は、平成14年4月1日より施行する。

## 2017(平成 29)年度プラズマエレクトロニクス分科会幹事名簿

	氏名	所属	住所・電話	メールアドレス
幹事長	柘久保 文嘉	首都大学東京 理工学研究科 電気電子工学専攻	〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL: 042-677-2744 FAX: 042-677-2756	tochi@tmu.ac.jp
副幹事長	平松 美根男	名城大学 理工学部 電気電子工学科	〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 TEL: 052-838-2298 FAX: 052-832-1235	mnhrmt@meijo-u.ac.jp
副幹事長	神原 淳	東京大学 大学院工学系研究科 マテリアル工学専攻	〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1 TEL: 03-5841-7099 FAX: 03-5841-7099	mkambara@plasma.t.u-tokyo.ac.jp
副幹事長	林 久貴	東芝メモリ株式会社 プロセス技術開発センター	〒512-8550 三重県四日市市山之一色町800 TEL: 059-390-7484 FAX: 059-330-1184	hisataka.hayashi@toshiba.co.jp
幹事 任期 2018年3月	今村 翼	東芝メモリ株式会社 プロセス技術開発センター	〒512-8550 三重県四日市市山之一色町800 TEL: 059-390-7444 FAX: 059-330-1184	tsubasa.imamura@toshiba.co.jp
"	大森 健史	日立製作所 研究開発グループ エレクトロニクスイノベーションセンタ	〒185-8601 東京都国分寺市東恋ヶ窪1-280 TEL: 050-3159-9219	takeshi.ohmori.kb@hitachi.com
"	荻野 明久	静岡大学大学院 総合科学技術研究科 工学専攻	〒432-8561 浜松市中区城北3-5-1 TEL: 053-478-1616 FAX: 053-478-1616	taogino@ipc.shizuoka.ac.jp
"	小田 昭紀	千葉工業大学 工学部 電気電子情報工学科	〒275-0016 千葉県習志野市津田沼2-17-1 TEL: 047-478-0368 FAX: 047-478-0368	akinori.oda@it-chiba.ac.jp
"	加藤 俊顕	東北大学大学院 工学研究科 電子工学専攻	〒980-8579 仙台市青葉区荒巻青葉6-6-05 TEL: 022-795-7046	kato12@ecei.tohoku.ac.jp
"	北嶋 武	防衛大学校 電気情報学群 電気電子工学科	〒239-8686 神奈川県横須賀市走水1-10-20 TEL: 046-841-3810 FAX: 046-844-5903	kitajima@nda.ac.jp
"	茂田 正哉	大阪大学 接合科学研究所	〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘11-1 TEL: 06-6879-8648 FAX: 06-6879-8648	shigeta@jwri.osaka-u.ac.jp
"	竹中 弘祐	大阪大学 接合科学研究所	〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘11-1 TEL: 06-6879-8661 FAX: 06-6879-8661	k_takenaka@jwri.osaka-u.ac.jp
"	平田 孝道	東京都市大学 工学部 医用工学科 / 大学院工学研究科 生体医工学専攻	〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL: 03-5707-0104 / 03-5707-2183 FAX: 03-5707-2183	hirata@bme.tcu.ac.jp
"	前原 常弘	愛媛大学大学院 理工学研究科 数理物質科学専攻	〒790-857 松山市文京町2-5 TEL: 089-927-9607 FAX: 089-927-9607	maehara.tsunehiro.mg@ehime-u.ac.jp
"	三好 康史	ソニーセミコンダクタソリューションズ 株式会社 研究部門	〒243-0014 神奈川県厚木市旭町4-14-1 厚木 TEC TEL: 050-3141-4366 FAX: 050-3809-1413	Yasufumi.Miyoshi@sony.com
"	山澤 陽平	東京エレクトロン宮城株式会社 開発部門 Zプロジェクト 要素開発 Gr.	〒407-0192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢650 TEL: 0551-23-2327 FAX: 0551-23-4462	yohei.yamazawa@tel.com



	氏名	所属	住所・電話	メールアドレス
幹事 任期 2018年3月	王 斗艶	熊本大学 パルスパワー科学研究所	〒860-0862 熊本市中央区黒髪2-39-2 TEL: 096-342-3945 FAX: 096-342-3945	douyan@cs.kumamoto-u.ac.jp
幹事 任期 2019年3月	赤塚 洋	東京工業大学 科学技術創成研究院 先導原子力研究所	〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1-N1-10 TEL: 03-5734-3379 FAX: 03-5734-3379	hakatsuk@nr.titech.ac.jp
"	大澤 直樹	金沢工業大学 工学部 電気電子工学科	〒921-8501 石川県野々市市扇が丘7-1 TEL: 076-248-9907 FAX: 076-294-6798	n.osawa@neptune.kanazawa-it.ac.jp
"	太田 貴之	名城大学 理工学部 電気電子工学科	〒468-850 愛知県名古屋市中区塩釜口 1-501 TEL: 052-838-2565	tohta@meijo-u.ac.jp
"	黒木 智之	大阪府立大学 大学院工学研究科 機械系専攻	〒599-8531 堺市中区学園町1-1 TEL: 072-254-9233 FAX: 072-254-9233	kuroki@me.osakafu-u.ac.jp
"	篠原 正典	佐世保工業高等専門学校 電気電子工学科	〒857-1193 長崎県佐世保市沖新町1-1 TEL: 0956-34-8478 FAX: 0956-34-8478	sinohara@sasebo.ac.jp
"	白井 直機	北海道大学大学院 工学研究院 量子理工学部門	〒060-8628 札幌市北区北13条西8 TEL: 011-706-6659 FAX: 011-706-7128	nshirai@qe.eng.hokudai.ac.jp
"	高橋 克幸	岩手大学理工学部 システム創成工学科 電気電子通信コース	〒020-8551 岩手県盛岡市上田4-3-5 TEL: 019-621-6460 FAX: 019-621-6941	ktaka@iwate-u.ac.jp
"	田中 学	九州大学大学院 工学研究院 化学工学科	〒819-0395 福岡市西区元岡744 TEL: 092-802-2765 FAX: 092-802-2765	mtanaka@chem-eng.kyushu-u.ac.jp
"	内藤 皓貴	三菱電機(株) 先端技術総合研究所 環境システム技術部 放電応用グループ	〒661-8661 尼崎市塚口本町8-1-1 TEL: 06-6497-7069 FAX: 06-6497-7285	Naito.Teruki@bc.mitsubishielectric.co.jp
"	針谷 達	豊橋技術科学大学 電気・電子情報工学系 プラズマエネルギーシステム研究室	〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1 TEL: 0532-44-6728 FAX: 0532-44-6728	harigai@ee.tut.ac.jp
"	柳生 義人	佐世保工業高等専門学校 電気電子工学科	〒857-1193 長崎県佐世保市沖新町1-1 TEL: 0956-34-8478 FAX: 0956-34-8478	yyagy@asebo.ac.jp
"	山家 清之	新潟大学大学院 自然科学研究科	〒950-2181 新潟市西区五十嵐二の町8050 TEL: 025-262-6140 FAX: 025-262-6730	yambe@eng.niigata-u.ac.jp
"	吉元 諒	サンディスク株式会社	〒512-8550 三重県四日市市山之一色町800 TEL: 059-330-3816 ext. 8817 FAX: 059-330-1117	ryo.yoshimoto@sandisk.com

## 2017(平成 29)年度分科会幹事役割分担

役割分担	新任		留任	
幹事長	/		枋久保 文嘉	首都大学東京
副幹事長			平松 美根男	名城大学
			神原 淳	東京大学
			林 久貴	(株)東芝メモリ
1. 庶務・分科会ミーティング	高橋 克幸	岩手大学	竹中 弘祐	大阪大学
2. 春秋講演会シンポジウム シンポジウム・海外招待講演 分科内招待講演 チュートリアル講義	/		神原 淳	東京大学
	赤塚 洋	東京工業大学	小田 昭紀	千葉工業大学
	太田 貴之	名城大学	加藤 俊顕	東北大学
	柳生 義人	佐世保工業高等専門学校	平田 孝道	東京都市大学
	吉元 諒	SanDisk 株式会社	大森 健史	(株)日立製作所
3. プラズマプロセス研究会  H29 年度: Plasma Conference H30 年度: SPP	/		平松 美根男	名城大学
	大澤 直樹	金沢工業大学	王 斗艶	熊本大学
	黒木 智之	大阪府立大学	萩野 明久	静岡大学
	篠原 正典	佐世保工業高等専門学校	竹中 弘祐	大阪大学
	白井 直機	北海道大学	平田 孝道	東京都市大学
	田中 学	九州大学	今村 翼	(株)東芝メモリ
4. 光源物性とその応用研究会	/		小田 昭紀	千葉工業大学
5. プラズマ新領域研究会	/		平松 美根男	名城大学
	白井 直機	北海道大学	北嶋 武	防衛大学校
	篠原 正典	佐世保工業高等専門学校	茂田 正哉	大阪大学
	山家 清之	新潟大学	前原 常弘	愛媛大学
6. インキュベーションホール	/		平松 美根男	名城大学
	太田 貴之	名城大学	萩野 明久	静岡大学
	篠原 正典	佐世保工業高等専門学校	小田 昭紀	千葉工業大学
	高橋 克幸	岩手大学	加藤 俊顕	東北大学
	針谷 達	豊橋技術科学大学	茂田 正哉	大阪大学
	/		林 久貴	(株)東芝メモリ
7. プラズマエレクトロニクス講習会	赤塚 洋	東京工業大学	今村 翼	(株)東芝メモリ
	大澤 直樹	金沢工業大学	大森 健史	(株)日立製作所
	内藤 皓貴	三菱電機(株)	三好 康史	(株)ソニーセミコンダクタソリューションズ
	吉元 諒	サンディスク株式会社	山澤 陽平	(株)東京エレクトロン宮城
	/		前原 常弘	愛媛大学
8. 会誌編集・書記	内藤 皓貴	三菱電機(株)	三好 康史	(株)ソニーセミコンダクタソリューションズ
	山家 清之	新潟大学		
9. ホームページ	白井 直機	北海道大学	北嶋 武	防衛大学校
10. 会計	黒木 智之	大阪府立大学	王 斗艶	熊本大学
11. プラズマエレクトロニクス賞	/		枋久保 文嘉	首都大学東京
12. アカデミックロードマップ (戦略企画室)	/		神原 淳	東京大学
	/		枋久保 文嘉	首都大学東京
13. PE 懇親会 秋: 福岡, 春: 東京	田中 学	九州大学	北嶋 武	防衛大学校
	針谷 達	豊橋技術科学大学	山澤 陽平	(株)東京エレクトロン宮城
GEC 委員 (オブザーバー)	枋久保 文嘉 (2017年11月より)	首都大学東京	佐々木 浩一 (2017年10月まで)	北海道大学

## 2017（平成 29）年度分科会関連の各種世話人・委員

### 1. 応用物理学会講演会プログラム編集委員

8	大分類代表	酒井 道	(滋賀県立大)
8.1	プラズマ生成・制御	柳生 義人	(佐世保高専)
8.2	プラズマ診断・計測	伊藤 剛仁	(東大)
8.3	プラズマ成膜・表面処理	太田 貴之	(名城大)
8.4	プラズマエッチング	三宅 賢稔	(日立)
8.5	プラズマナノテクノロジー	古閑 一憲	(九大)
8.6	プラズマライフサイエンス	神野 雅文	(愛媛大)
8.7	プラズマ現象・新応用・融合分野	白井 直機	(北大)
8.8	Plasma Electronics English Session	酒井 道	(滋賀県立大)

### 2. 応用物理学会理事

辰巳 哲也 (ソニーセミコンダクタソリューションズ)

### 3. 応用物理学会代議員

(分科会推薦, 各支部推薦等)

板垣 奈穂 (九大)  
 伊藤 雅文 (名城大)  
 神原 淳 (東大)  
 古閑 一憲 (九大)  
 作道 章一 (琉大)  
 霜垣 幸浩 (東大)  
 辰巳 哲也 (ソニーセミコンダクタソリューションズ)  
 本村 英樹 (愛媛大)

### 4. GEC 組織委員会委員

佐々木 浩一(10月まで) (北大)  
 朽久保 文嘉(11月より) (首都大)

### 5. 応用物理学会本部委員会

会員サービス委員会  
 機関誌企画・編集委員会  
 論文誌企画・編集委員会

高井 まどか (東大)  
 伊藤 剛仁 (東大)  
 木下 啓藏 (PETRA)  
 栗原 彰 (東芝研究開発センター)  
 伊藤 剛仁 (東大)

講演会企画・運営委員会  
 教育企画委員会

酒井 道 (滋賀県立大)  
 平松 美根男 (名城大)

### 6. フェロー

(受賞時の所属で記載。元分科会会員を含む。)

大森 達夫 (三菱電機)  
 岡本 幸雄 (東洋大)  
 小田 俊理 (東工大)  
 斧 高一 (京大)  
 河野 明廣 (名大)  
 近藤 道雄 (産総研)  
 寒川 誠二 (東北大)  
 白谷 正治 (九大)  
 菅井 秀郎 (名大)  
 橘 邦英 (京大)  
 辰巳 哲也 (ソニーセミコンダクタソリューションズ)  
 寺嶋 和夫 (東大)  
 永津 雅章 (静大)  
 中山 喜萬 (阪大)

庭野 道夫	(東北大)
畠山 力三	(東北大)
藤山 寛	(長崎大)
堀 勝	(名大)
真壁 利明	(慶大)
渡辺 征夫	(九州電気専門学校)
平松 美根男	(名城大)
木下 啓藏	(PETRA)

本リストは、応用物理学会の各種委員会等で活躍されている PE 分科会会員を記したのですが、一部を除き、分科会が直接に委員推薦等に関与しているわけではないため、記載漏れがあるかもしれません。記載漏れにお気付きの場合は、会誌担当幹事までお知らせ頂けると幸いです。

## 活動報告

### 2017年度 第2回プラズマエレクトロニクス分科会幹事会 議事録

開催日時：2017年9月6日(水) 12:15～13:15

開催場所：福岡国際会議場 S22 会場

大分類意見交換会に引き続いて実施された。

#### 1. 応用物理学会（早稲田大学・2018.3）シンポジウムなどの状況（神原先生）

シンポジウム案として「二次元シート合成とプラズマプロセス～超薄膜から原子層まで～（仮称）」が提案され承認された。チュートリアル案として「プラズマ微細加工技術の基礎と応用～プラズマ基礎から ALE まで～（案）」が提案され承認された。幹事会后、同じ会場（S22）にて「先進農業に向けたプラズマ応用最前線～新たな植物生育環境の開発・制御～」と題して 8 人が講演する旨、報告と案内があった。

#### 2. プラズマエレクトロニクス講習会の進捗状況（林先生）

「プラズマプロセスの基礎と先端分野への応用」（2017年11月15日実施）が提案され承認された。

#### 3. 12月分科会報の編集状況（山家）

目次案が提案され、国際会議報告を 1 件、行事案内を 1 件追加し、承認された。

#### 4. ICRP における賞の制定について（栃久保先生）

ICPIG、ISPC、GEC などの伝統ある会議では賞を設け、会期中に賞の授与、記念講演を行っている。長年の功績に対する国際的な賞を

ICRP に設けるために、2019 年の ICRP で実施できるように準備を進める提案がなされた。

#### 5. プラズマエレクトロニクス分科会の会費改訂について（栃久保先生）

正会員の大学院生・学生の年会費を 1,000 円に下げることが提案され承認された。また、分科会運営への影響はないことも検討された。新しい会費は次年度より適応される。

#### 6. プラズマエレクトロニクス分科会のロゴの作成について（栃久保先生）

他団体等の会合に協賛等する際にロゴの送付を依頼されるが、作っていないため、分科会ロゴを作成することが提案され承認された。

#### 7. 次回以降の Plasma Conference について（栃久保先生、平松先生）

11月20日から24日に開催される Plasma Conference の状況について報告された。10月中旬にプラズマ科学連合の会合があるため、次回以降の Plasma Conference の運営について、分科会からの要望や立ち位置等が話し合われた。

#### 8. 研究会などの報告（加藤先生、平松先生）

第11回 PE インキュベーションホールの実施（8月24日から26日）が報告された。

プラズマ新領域研究会について、12月以降に予定されている研究会について報告された。

#### 9. 関連会議について

各先生方から、今後予定されている国際会議について説明がなされた。

## 10. その他

栃久保先生より第16回プラズマエレクトロニクス賞の候補論文募集について説明がなされた。また、次年度の分科会新幹事の提案について説明がなされた。

2017年度第3回目の幹事会は3月の応用物理学会(2018.3.17-20 早稲田大学)会期中のインフォーマルミーティング内で執り行う。

(書記：山家 清之 (新潟大学))

## プラズマエレクトロニクス関連会議日程

(国際会議)

**2018. 1. 22-24**

11th International Conference on Plasma Assisted Technologies  
Abu Dhabi, UAE

<http://www.plasmacombustion.com/iwepac.html>

**2018. 3. 4-8**

10th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials /11th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma 2018, IC-PLANTS 2018)

Nagoya, Japan

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

**2018. 3. 9-11**

2nd International Workshop On Plasma Agriculture  
Takayama, Japan

<http://www.iwopa2.org/>

**2018. 6. 4-8**

19th International Congress on Plasma Physics (ICPP2018)  
Vancouver, Canada

<http://icppvancouver2018.ca/>

**2018. 6. 17-22**

7th International Conference on Plasma Medicine (ICPM7)  
Philadelphia, USA

<http://icpm7.plasmainstitute.org/>

**2018. 6. 18-21**

28th Symposium on Plasma Physics and Technology  
Prague, Czech

<http://www.plasmaconference.cz/>

**2018. 6.24-28**

The 45th IEEE International Conference on Plasma Science (ICOPS 2018)  
Denver, USA

<http://www.icops2018.org/>

**2018. 7. 1-6**

EPS 45th Conference on Plasma Physics 2018  
Prague, Czech

<https://www.eli-beams.eu/en/media/events/eps-conference-plasma-physics-2018/>

**2018. 7. 17-21**

24th Europhysics Conference on Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases (ESCAMPIG)  
Glasgow, UK

**2018. 8. 5-10**

2018 Gordon Research Conference on Plasma Processing Science  
Smithfield, USA

<https://www.grc.org/plasma-processing-science-conference/2018/>

**2018. 9. 2-7**

22nd International Conference on Gas Discharges and their Applications (GD2018)  
Novi Sad, Serbia

<http://gd2018.ipb.ac.rs/>

**2018. 9. 2-7**

The 16th International Symposium on High Pressure Low Temperature Plasma Chemistry  
(HaKone XVI)  
Beijing, China

<http://hakone.csp.escience.cn>

**2018. 10. 21-26**

AVS 65th International Symposium & Exhibition  
Long Beach, USA

<https://www.avs.org/Symposium>

**2018. 11. 5-9**

60th Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics Co-Located with the 71st Annual Gaseous  
Electronics Conference  
Portland, USA

<https://www.aps.org/meetings/meeting.cfm?name=DPPGEC18>

**2018. 11. 11-16**

2nd Asia-Pacific Conference on Plasma Physics (AAPPS-DPP 2018)  
Kanazawa, Japan

<http://aappsdp.org/AAPPSDPPF/>

**2018. 11. 13-15**

The 40th International Symposium on Dry Process (DPS2018)  
Nagoya, Japan

**2019. 2. 3-8**

European Winter Conference on Plasma Spectrochemistry 2019  
Pau, France

<http://www.winterplasma2019.com/index.php>

(国内会議・会合)

**2018. 1. 19**

プラズマ・核融合学会 第30回専門講習会「プロセスプラズマ診断の基礎」  
名古屋大学 東山キャンパス ベンチャービジネスラボラトリー、愛知県

<http://www.jspf.or.jp/30senmon/>

**2018. 1. 27**

第26回プラズマ新領域研究会 『熱プラズマの電磁熱流体構造を開拓する』  
大阪大学 接合科学研究所荒田記念館、大阪府



**2018. 2. 9**

第 27 回プラズマ新領域研究会 『プラズマプロセスと表面/界面モニタリング』  
SHAREmee シェアミー、東京都

**2018. 2. 22**

日本学術振興会プラズマ材料科学第 153 委員会 スクール 『異種材料間の接着・接合技術の基礎と応用』  
名古屋大学 東山キャンパス ベンチャービジネスラボラトリー、愛知県

<http://plasma153.org/meetings/data/180222.html>

**2018. 3. 14-16**

平成 30 年電気学会全国大会  
九州大学 伊都キャンパス、福岡県

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

**2018. 3. 17-20**

第 65 回応用物理学会春季学術講演会  
早稲田大学 西早稲田キャンパス、東京都

<https://www.jsap.or.jp/index.html>

**2018. 3. 22-25**

日本物理学会第 73 回年次大会  
東京理科大学 野田キャンパス、千葉県

<http://www.jps.or.jp/activities/meetings/index.php>

**2018. 9. 4-5**

電気学会 平成 30 年基礎・材料・共通部門大会  
イーグレひめじ、兵庫県

<http://www.iee.jp/fms/>

**2018. 9. 9-12**

日本物理学会第 73 回秋季大会  
同志社大学 京田辺キャンパス、京都府

<http://www.jps.or.jp/activities/meetings/index.php>

**2018. 9. 18-21**

第 79 回応用物理学会秋季学術講演会  
名古屋国際会議場、愛知県

<https://www.jsap.or.jp/index.html>

## 広告掲載企業一覧

プラズマエレクトロニクス分科会会報 No. 67  
への広告掲載を頂いた企業は下記の通りです。弊  
分科会会員への最新情報ご提供に厚く感謝の意を  
表します。

### 1. 株式会社 エナック

#### 当会報への広告掲載について

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

### 1. 契約の種類

#### (A) 年間契約コース

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

#### (B) 単号契約コース

特定の号のみの掲載。

### 2. 掲載位置

掲載位置は編集後記の後になります。基本五十  
音順の掲載になりますが、レイアウト等の都合で  
適宜変更になる可能性があります。何卒ご了承  
ください。また裏表紙への依頼がない場合には年間  
契約の中からまわす場合があります。不都合があ  
る場合にはご相談ください。

### 3. 入稿

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

### 4. 広告掲載料

掲載料は下表の通りとします。なお、年間契約  
の場合も申し込み時点で一括請求とさせて頂き  
ます。

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

※カッコ内は賛助会員企業

### 5. 問い合わせ先

〒113-0031 東京都文区根津 1-21-5

応物会館 2階

公益社団法人 応用物理学会

TEL: 03-3828-7723

FAX: 03-3823-1810

Email: [division@jsap.or.jp](mailto:division@jsap.or.jp)

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

## 編集後記

この度、プラズマエレクトロニクス分科会会報 No.67 を発行することが出来ました。ご多忙の中、原稿をご執筆いただいた方々にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

本号の巻頭言では、応用物理学会理事 ソニーセミコンダクタソリューションズ 辰巳哲也様より『プロセスプラズマのこれまでとこれから』という題目で寄稿頂きました。巻頭言の中ではこれまでの研究の来歴をご紹介頂き、応用物理学会からプラズマエレクトロニクス分科会に期待することなど研究者の方々に向けての提言として頂きました。

研究紹介コーナーでは京都工芸繊維大学の三瓶明希夫先生に微粒子プラズマにおける研究を紹介頂きました。

研究室紹介コーナーでは大阪府立大学の松浦寛人先生及び愛媛大学の前原常弘先生に研究室の様子を紹介頂きました。大学・研究室の雰囲気及び研究内容について分かり易く紹介されており、興味深く読んでいただけるのではないのでしょうか。

海外の研究事情では、産業技術総合研究所の清水鉄司先生にドイツ ガルヒン・ミュンヘン滞在記として、研究活動をされていたドイツでの生活や研究内容について、ご紹介頂きました。また、海外での研究活動に興味がある方には大変面白い内容かと思えます。

学生のためのページでは大阪大学の北野勝久先生より『プラズマ誘起液中化学反応場における液中化学種の診断』と題して、液中における化学種の計測手法において、物理化学、生化学、分子生物学などの観点から反応過程から基礎原理に関して初学的内容を分かり易く紹介して頂きました。近年、プラズマエレクトロニクス分科会の領域は気液界面における現象を対象とした研究が広がりを見せており、学生の方がこの記事を読み計測手法に興味を持っていただければ幸いです。

優れた研究を紹介する欄では、応用物理学会講演奨励賞を受賞された金沢大学の兒玉直人様に受賞対象研究の解説をして頂きました。

最後に、本号の原稿執筆を快く引き受けてくださいました著者の皆様、幹事長、副幹事長をはじめとする分科会会員の皆様及び応用物理学会事務局分科会担当の小田様にこの場をお借りして感謝の意を表します。本号を発行することができましたもの、ひとえに皆様のお力添えが有ったことと存じます。心より御礼申し上げます。分科会会報では、各種報告や行事案内を随時募集しております。今後ともプラズマエレクトロニクス分科会会報をどうぞ宜しくお願いいたします。

(平成 29 年度会報編集担当：  
前原、内藤、山家、三好)

プラズマエレクトロニクス分科会会報 No.67  
2017年 12月15日 発行  
編集:公益社団法人応用物理学会  
プラズマエレクトロニクス分科会  
幹事長 朽久保 文嘉  
発行:公益社団法人応用物理学会  
〒113-0031 東京都文京区根津一丁目 21 番 5 号  
応物会館  
(©2017 無断転載を禁ず)