**プラズマエレクトロニクス分科会会報 No. 65**

2016 年（平成 28 年）12 月発行

島田、前原、三好

## 目次

**巻頭言**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 演算子 ∇（ナブラ）とプラズマと未来へのアクション | 名古屋大学 | 堀　勝 | 1 |

**研究紹介**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 耐熱性プラズマインジケータの開発 | (株)サクラクレパス | 菱川敬太 | 4 |

**研究室紹介**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 大分大学工学部 放電プラズマ研究室 | 大分大学 | 市來龍大 | 9 |

**海外の研究事情**

| | | | |
|---|---|---|---|
| イギリスリバプール大学・電気電子工学科 テクノロジーカールプラズマグループ | 名城大学 | 呉　準席 | 15 |

**学生のためのページ**

| | | | |
|---|---|---|---|
| FEM フリーソフトを使った電磁場の計算 | 新居浜高専 | 松友真哉 | 20 |

**応用物理学会講演奨励賞**

| | | | |
|---|---|---|---|
| プラズマ生成活性種供給過程における水表面構造の振動和周波発生分光による診断 | 大阪大学 | 近藤崇博 | 26 |
| 水/有機溶液中ソリューションプラズマによる金ナノ粒子高速合成 | 信州大学 | 簾　智仁 | 28 |
| PS-PVD による Ni エピタキシャル直接担持 Si ナノ粒子の Li 二次電池特性向上機構 | 東京大学 | 深田航平 | 31 |

**国際会議報告**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 第 69 回気体エレクトロニクス会議 69th Annual Gaseous Electronics Conference (GEC69) | 北海道大学 | 佐々木浩一 | 33 |
| The 23rd Europhysics Conference on Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases (ESCAMPIG XXIII) | 愛媛大学 | 八木秀次 | 34 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 第 21 回気体放電とその応用に関する国際会議<br>21st International Conference on Gas Discharges and their Applications (GD2016) | 室蘭工業大学 | 佐藤孝紀 | 36 |
| 18th International Congress on Plasma Physics (ICPP 2016) 第 18 回プラズマ物理学国際会議 | 大阪大学 | 浜口智志 | 38 |
| 6th International Conference on Plasma Medicine (ICPM6) | 名古屋大学 | 田中宏昌<br>堀　勝 | 39 |
| HAKONE XV<br>International Symposium on High pressure Low temperature Plasma Chemistry | 上智大学 | 小駒益弘 | 41 |

**国内会議報告**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 第 10 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 | 名城大学 | 平松美根男 | 43 |
| 第 23 回プラズマエレクトロニクス新領域研究会『高エンタルピープラズマの数値シミュレーション』 | 筑波大学 | 藤野貴康 | 44 |
| 2016 年第 77 回応用物理学会秋季学術講演会<br>プラズマエレクトロニクス分科会シンポジウム「プロセスプラズマ診断の最前線～大気圧、気液混合プラズマの理解と制御にむけて～」の報告 | 岩手大学 | 高木浩一 | 45 |
| 2016 年 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会<br>第 16 回分科内招待講演報告 | 日立製作所 | 大森健史 | 48 |
| 2016 年第 77 回応用物理学会秋季学術講演会<br>プラズマエレクトロニクス分科内<br>海外招待講演の報告 | 東京大学<br>岩手大学 | 神原　淳<br>高木浩一 | 49 |

**行事案内**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2017 年第 64 回応用物理学会春季学術講演会<br>プラズマエレクトロニクス分科会企画 | 東京大学 | 神原　淳 | 51 |
| Plasma Conference 2017／<br>第 35 回プラズマプロセシング研究会 | 名城大学 | 平松美根男 | 53 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| International Conference on Phenomena in Ionized Gases (ICPIG 2017) | 九州大学 | 白谷正治 | 54 |
| IUMRS-ICAM 2017、AEPSE 2017、AAPPS-DPP2017 | 九州大学 | 白谷正治 | 55 |
| 23rd International Symposium on Plasma Chemistry | 東京工業大学 | 野崎智洋 | 56 |
| ISPlasma 2017 / IC-PLANT 2017 | 中部大学 | 中村圭二 | 57 |
| 第 70 回気体エレクトロニクス会議<br>70th Annual Gaseous Electronics Conference (GEC70) | 北海道大学 | 佐々木浩一 | 59 |

**掲示板**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 第 15 回プラズマエレクトロニクス賞<br>受賞候補論文の募集 | 首都大学東京 | 杤久保文嘉 | 60 |
| 平成 28 年度プラズマエレクトロニクス分科会<br>幹事名簿 | | | 62 |
| 平成 28 年度分科会幹事役割分担 | | | 64 |
| 平成 28 年度分科会関連の各種世話人 | | | 65 |
| 活動報告 | | | 66 |
| プラズマエレクトロニクス関連会議日程 | | | 68 |
| 広告掲載企業一覧 | | | 70 |
| 編集後記 | | | 71 |

**巻頭言**

# 演算子∇（ナブラ）とプラズマと未来へのアクション

名古屋大学　未来社会創造機構　堀　　勝

私は、予てから、「プラズマは∇（ナブラ）である。」という持論を展開してきた。∇とは、皆さんがよく知っている電磁気学に出てくるベクトル微分演算子である。スカラー$\phi$に作用すればgrad $\phi$で表記されるベクトル場を与え、ベクトル場$\boldsymbol{A}$に対しては、発散（div $\boldsymbol{A}$：$\nabla\cdot\boldsymbol{A}$）や回転（rot $\boldsymbol{A}$：$\nabla\times\boldsymbol{A}$）を与える。すなわち、ナブラは、何かと作用してはじめて「新たな価値を創造する」といっても過言ではない。プラズマも、プラズマ自体が利用されるのは、古くから使われている蛍光灯、表示デバイス、未来に開発される核融合ぐらいである（最近は、酒井　道先生（滋賀県立大学教授）の電磁メタマテリアルという新しい提案もある）。

しかしながら、プラズマは、気体や固体や液体、さらには生体など様々な物質に作用することで、新たな現象を発現させるとともに、超微細加工などの新プロセス技術を創り出すなど、現在では産業に必要不可欠な基幹科学技術になっている。

プラズマが材料プロセスに導入されたのは、今から 45 年ほど前になる。当初は、様々なガスにプラズマを作用させることで、多様な材料の乾式のエッチングや既存では得られないような材料の低温合成などが可能であることから、材料、化学、物理、電気などの分野から多くの研究者が本分野に参入し、試行錯誤の研究が繰り返されていた。

1984 年 10 月にプラズマエレクトロニクス分科会が設立され、プラズマを道具として試行錯誤的に駆使するのではなく、プラズマの内部状態を計測・診断して、科学的に現象を解明することでプロセスの高度化につなげる文化が芽生えることになる。また、1988 年には、故板谷良平先生（京都大学名誉教授）による重点領域研究「反応性プラズマの制御」が始まる。たこつぼ的な研究姿勢ではなく、一つの目的を多数の研究者が共有して、目的に向かって切磋琢磨しながら、協力するというアプローチが実践された。故板谷先生からは、プラズマに対する多様な持論を伺う機会があった。お酒が入ったとき、「プラズマはウームだ」とたびたびおっしゃっていた。「新しいものを創りだす」というニュアンスであったように記憶しているが、恥ずかしくて自分で口にすることはできなかった。しかし、意味するところとそのプラズマへの熱い思いは、私の持論と合致するところが多い。

板谷重点領域研究の終了後、引き続いて、1993 年、重点領域研究「フリーラジカルの科学」が廣田榮治先生（総合研究大学院大学元学長）によって、採択に導かれた。

一つの重点領域終了後に、引き継いで重点領域を発足させることの難しさを後年になって痛いほど経験することになり、当時のコミュニティやリーダーの知恵と努力には、敬意を払うことになる。この「フリーラジカルの科学」によって、プラズマ中のラジカルの計測やその制御法の確立が飛躍的に進化し、エッチングや薄膜堆積の微視的なモデルが構築された。

この廣田重点領域研究終了後、7 年間に亘って、プラズマコミュニティにとっては、大型研究プロジェクトがまったく採択されない時期があった。

重点領域研究やその後継の特定領域研究の立案は、その分野の 10 年後の姿をフォーサイトし、そこから、現在「何をしなくてはならないか」というバックキャストを行うことで、その研究領域の重要性を明示することが必要になる。当然、多様な分野のコミュニティが全力でこの大型研究予算の獲得に汗を流すため、その競争率は 20 倍を超え、採択には運も大きく作用する。

1996 年に「フリーラジカルの科学」が終了し、次の特定領域研究の立案に、長年関わることになるという機会に恵まれた。次世代を担うと思われる若手研究者が、プラズマエレクトロニクス分科会幹事長の下に招集され、ありだけの知恵を出し合って、10 年後のプラズマ分野のあるべき姿を議論し、画期的な研究のアイデアをビジョンとしてまとめ、研究体制を構築してアクションプランとして、分野を代表して提案することになる。２つの立案に亘って、中心的な役割を演じることになったが、２つとも不採択であった。同じ頃に、橘邦英先生（京都大学名誉教授）も独自に提案を検討されておられた。当時、同じ分野での研究の立案という点では競争的な関係であったが、多くの教えをいただいた。「10 年後に必要な全く新しい概念を見出すのであれば、既存の装置を捨てて、真っ暗闇のゼロの状態から考えなければアイデアはでないよ」と言われたことは、記憶に強く残っており、現在でも自分の研究姿勢の一つになっている。当時、橘先生は、プラズマをナブラではなくて、プラズマ自体が残るもの（ディスプレイなど）がないかということを口にされており、2003 年、特定領域研究「プラズマを用いたミクロ反応場の創成とその応用」、所謂、「マイクロプラズマ」を採択へ導かれた。大気圧や超高圧非平衡プラズマを新たなプラズマの物理状態として位置づけ、大気圧プラズマと物質との相互作用のみならず、高圧下で閉じ込めが可能になったマイクロプラズマ自身による新たなデバイスの創製を提案された。

私が考え続けてきたナブラとして進化したプラズマの姿は明確な概念にまとめることができなかった。結局、2006 年に、他のコミュニティの特定領域研究「シリコンナノエレクトロニクスの新展開」（財満鎮明名古屋大学教授）の立案に参画し、計画班班長として、プラズマのナブラ的作用を先端半導体研究の中で発展させることになった。個人的には、プラズマ分野から他のコミュニティに参画することで、多くのことを学ぶことができた。即ち、プラズマのコミュニティの中だけに閉じこもっているのではなくて、他のポテンシャル（$\phi$：コミュニティ）に作用することで、さらに新たな方向性（ベクトル）を見出すことができた点で、まさにプラズマは、$\nabla\phi$ であると考えている。

その後、特定領域研究は、新学術領域研究として名称とその位置づけを大きく変え、益々大型研究プロジェクト獲得のハードルが高くなった。すなわち、一つの分野を基軸として、その分野の深化や発展を目指すのではなく、複数の分野を横断して、新しい学問領域を創成するという位置づけとなった。プラズマは、物理、化学、電子、材料などに作用して新たな価値を創造するという観点からは、朗報ではあるが、そもそもプラズマは複合領域の科学であり、10 年後のプラズマが先導する新学術領域を他分野と融合してデザインすることは至難の業であった。

分科会の主要メンバーによる多くの議論を経て、2009 年、白谷正治先生（九州大学教授）が、プラズマの新たな学術領域として「プラズマとナノ界面の相互作用」をクローズアップさせ、採択に導いた。この提案は、プラズマの「揺らぎ」を極限まで制御するという新たな概念を提案し、そのための新技術の創出にも焦点を当てており、今後

のプラズマ研究においても極めて重要な課題になっている。

また、白谷新学術領域研究の推進半ば、2012 年、小生が提案した「プラズマ医療科学の創成」も本分野の緊急かつ重要性を唱えることで、採択に至った。プラズマ医療科学の創成は、まさに、真の医工融合による新学術領域を創成するものである。現在の低温プラズマ科学と医療科学と分子生物システム科学の融合への手法基盤を構築するものであり、これまでに多くの画期的な成果が出ている。また、これによって、医学者や生物学者との交流が加速し、有機的な共同研究に繋がっている。さらに、プラズマ研究者が、医学用語を自由に操って、成果を講演するようになったことは、痛快である。本新学術領域研究で創成した科学基盤は、プラズマの農業への展開など生命科学への進展に繋がるものであり、今後、益々発展していく分野になっている。さて、この新学術領域研究も本年度で終了を迎えようとしている。

このような文部科学省における大型研究プロジェクトの継続的な提案は、プラズマエレクトロニクス分科会の使命であり、幹事長の大きな仕事になっている。特に、10 年後をフォーサイトして、現在をバックキャストしながら、独創的な研究を遂行することは、本分野の発展にとって極めて重要なアプローチであると考えている。今後地球が直面するグローバルな課題に対して、急速に激変する社会情勢を鑑みると、すでに現在準備しておかないと間に合わなくなる課題が無数にある。全く新たな荒野に立ち向かって、人類を救うような斬新なアイデアを打ち出して、プラズマコミュニティが一丸となって取り組むようなテーマの創出とそれを新学術領域研究として他分野を取り込んでコミュニティをまとめていくアクションが期待されている。プラズマには、それに資するだけのポテンシャルがある。

宇宙の明らかになっているエネルギーの 99.9%はプラズマであり、物理、化学、生物などあらゆるものにナブラとして作用することで、新たな科学とイノベーションを創造できる潜在的なパワーをプラズマは有している。また、半導体、バイオ、医療、農業などの多様なコミュニティにナブラとして作用し、多様な分野を横断しながら紡ぐことによって、新たな社会と価値をも創造することも、プラズマならではの特徴であると考えている。

プラズマエレクトロニクス分科会のコミュニティとその会員一人一人が、今こそナブラとして多様なものに作用し続ける活動が、未来社会を先導し、人類の永続的な発展に繋がると確信している。

研究紹介

# 耐熱性プラズマインジケータの開発

株式会社サクラクレパス　京大桂研究センター　菱川　敬太

## １．はじめに

電子デバイスの製造において、プラズマは、表面改質、クリーニング、成膜など様々な工程で利用され、多くの役割を担っている。安定した製品の製造を行うためには、工程管理としてプラズマ処理効果の確認が必要である。しかし、プラズマ処理の効果を簡便に確認することは、容易ではない。プラズマ処理の効果を確認する手法としては、接触角やレジストのエッチング量測定などの方法が用いられている。しかし、これらの方法は、接触角では測定ばらつきが大きいことや、エッチング量では測定に手間がかかり、処理後すぐに効果を確認することができないといった問題点がある。そこで、我々は色を使って瞬時に、簡便に処理効果を確認するための新しいツールとして、プラズマインジケータの開発を行っている。

弊社において、インジケータとは、滅菌やプラズマなどの処理を行うと、検知部の色が変化し、処理の効果を可視的に確認できるツールを指す。例えば、医療現場において、メスなどの医療器具は、洗浄後に滅菌処理を行うが、滅菌の効果を見た目では判断できない。そのため、万が一装置が故障し、滅菌が不十分であったとしても、見た目では判別できない。このような場合に、器具とインジケータを一緒に滅菌器で処理すると、インジケータの変色具合で、滅菌処理が正確に行われたかどうかを判別することができる。この医療用のインジケータは、弊社では 40 年前から開発を始め、現在医療用ケミカルインジケータとして販売している。

ケミカルインジケータは、滅菌処理によって、色が消色する有機色素と、非消色の有機色素を組み合わせており、有機色素を混合した初期色から、滅菌処理を行うと非消色の色素のみの色へ変化する仕組みである。2 つの色には中間色が生まれるため、処理が不十分であると中間色を示す。

インジケータの評価手段には、目視での官能評価と、色差計を用いた数値評価が可能である。数値評価には、色を三次元的に表した色空間における差、色差（⊿E*ab）を用いる。色の数値化は、色差計で測色することで、色を色空間内の座標値（L*a*b*表色系）で表す。色差は、色差計から得られた処理前と処理後の L*a*b*値を、下式を用いて算出する。

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

処理前後の色の変化を数値化することで、目視では認識できない小さな差を評価することも可能である。

当初、プラズマインジケータは、過酸化水素ガスプラズマ滅菌用に開発されたケミカルインジケータを改良し作られた。そのため、プラズマインジケータの変色色材には、有機色素が用いられている[1]。有機色材を用いたインジケータは、大気圧プラズマ用や、クリーニング用など後工程で、プラズマ処理の評価ツールとして利用されている。

電子デバイス製造においては、高温、低放出ガスが要求されるプラズマプロセスがあるが、有機色材の多くは、100℃以上の熱がかかると色材自身が分解し始めるため、有機色材ではこれらの要求に対応が困難である。そこで、我々は有機色材に替わる変色色材として、無機化合物を用いたイ

ンジケータを開発した。今回は、この無機色材を用いた耐熱性プラズマインジケータについて紹介する。

## ２．研究内容

（耐熱性プラズマインジケータの基本性能）

本インジケータの構造を図１に示す。インジケータは保護フィルム、本体（基材＋検知部）、剥離紙からなる。本体の基材には、耐熱性を有するポリイミドフィルムを使用しており、本体の表側に塗布した無機色材インキ層がプラズマの検知部となる。検知部には、無機色材の他に、バインダー、隠蔽剤、補助剤などを含んでいる。裏側には、再粘着可能な粘着部を設けており、剥離紙を剥がすと、装置内部の測定箇所に自由に貼付けが可能である。インジケータは、保護フィルムの上から基材、検知部を押さえて貼付け、その後に保護フィルムを剥離する。そのため、装置内にインジケータ本体を設置するまでの間、清浄性を保つことができる[2]。

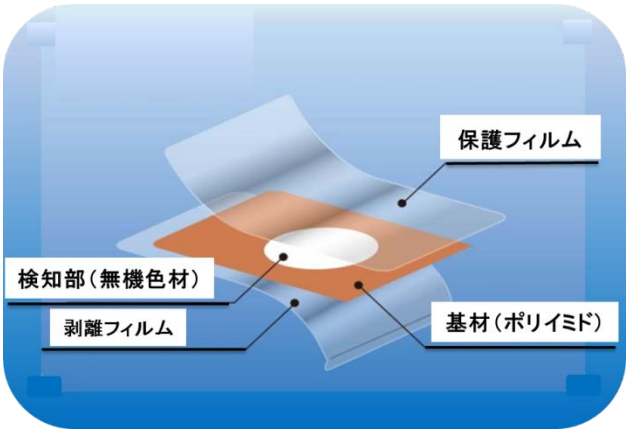



図１　耐熱性プラズマインジケータの構造

次にアルゴン、水素、酸素、四フッ化炭素の各ガスプラズマで処理した結果を図２に示す。プラズマ処理前の検知部の初期色は白色である。インジケータにアルゴン、水素ガスプラズマを曝露すると、インジケータの検知部が灰～黒色に変色する。酸素プラズマ処理では黄～橙色、四フッ化炭素プラズマでは橙色にそれぞれ変色する。本インジケータでは、同一の検知部で、導入するガスに対し異なる応答性を持つ。すなわち、一種類のインジケータで様々なガスに対応できる。

| | プラズマ処理 | | | |
|---|---|---|---|---|
| 未処理 | Ar | $H_2$ | $O_2$ | $CF_4$ |
| | | | | |
| 白色 | 黒色 | 灰色 | 橙色 | 橙色 |

図２　耐熱性プラズマインジケータのプラズマ処理後の変色

プラズマ処理後のインジケータの変色メカニズムを解析した結果、アルゴンプラズマや水素プラズマでは、無機色材の価数が減少し、酸素プラズマでは、無機色材の価数が増加していた。アルゴンプラズマ処理後の検知部表面をX線光電子分光法（XSP）で分析したところ、処理後の表面には、無機色材である金属酸化物が還元されたメタルに由来するピークが現れており、メタルの生成が示唆される。また、四フッ化炭素ガスプラズマ処理前後の検知部表面を、XPS で分析した結果、橙色に変色した検知部表層にのみフッ素に由来するピークが検出された。これらのことから、耐熱性プラズマインジケータは、無機色材の酸化還元、メタル化、ドープによる構造変化により変色すると考えられる。

次にアルゴンと酸素の混合ガスの分圧比ごとの変色結果を図３に示す。アルゴン 100%では、検知部の変色は黒色を示すが、アルゴンと酸素の分圧比（90/10）、（50/50）では、酸素 100%と同じ橙色の変色を示した[3]。処理中のプラズマを発光分析で計測した結果、アルゴンと酸素の分圧比（90/10）、（50/50）では、酸素 100%でみられた原子状酸素ラジカル（778nm）のスペクトルが検出された。この酸素ラジカルのスペクトルはアル

ゴン 100%では検出されていない。このことから、混合ガスプラズマによる黄味の変色は、酸素ラジカルが寄与していると考えられる。また、今回開発した無機色材を用いた耐熱性プラズマインジケータでは、アルゴンと酸素の混合ガスでは、酸素の影響が大きいことがわかる。

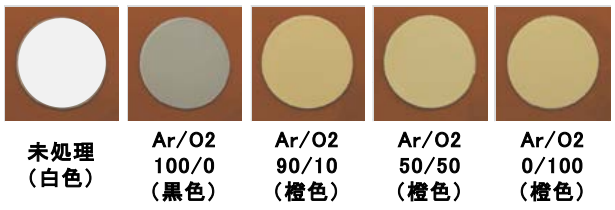



図３　アルゴン、酸素の混合ガスプラズマ処理による変色

耐熱性プラズマインジケータは、プラズマを介した無機色材の構造変化により変色するため、有機色材を用いたインジケータよりアウトガスが少ないことが予想される。図４にアウトガスを比較したデータを示す。アウトガスは、有機色材を用いたクリーニング用プラズマインジケータ、無機色材を用いた耐熱性プラズマインジケータ、さらに比較として市販の真空用温度インジケータを測定した。測定は、サンプルを真空チャンバー内で常温～200℃まで昇温加熱し、その時の真空度変化を読み取った。図４は横軸に温度、縦軸に真空度を示しており、高い真空度を保つほどアウトガスが少ないことを示す。有機色材を用いたクリーニング用プラズマインジケータは基材がポリエチレンテレフタレートであるため、昇温は 160℃までとした。その結果、クリーニング用プラズマインジケータも、市販の真空用温度インジケータと比較すると、アウトガスが少ないが、耐熱性プラズマインジケータはさらにアウトガスが少ないことがわかる。

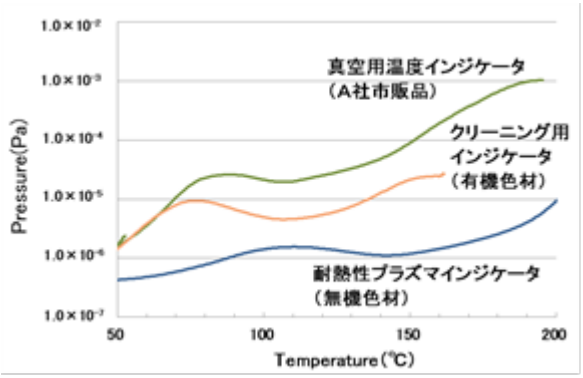



図４　プラズマインジケータのアウトガス比較

次に、クリーニング用プラズマインジケータと耐熱性プラズマインジケータの200℃耐熱性の比較を図５に示す。有機色材を用いたクリーニング用プラズマインジケータは200℃では検知部が変色するが、無機色材を用いた耐熱性プラズマインジケータは200℃で変色せず耐熱性を有する。ただし、貼付け可能なラベルタイプの耐熱性プラズマインジケータは、基材に粘着剤付きポリイミドを使用しているため、インジケータの耐熱性は200℃である。現在、さらに高い耐熱性のウエハを基材としたインジケータを開発している。

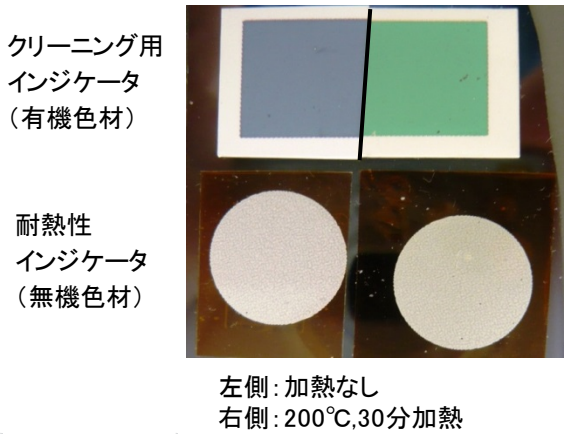



図５　プラズマインジケータの耐熱試験

（耐熱性プラズマインジケータの特徴）

以上は耐熱性プラズマインジケータの基本性能について述べたが、次にプラズマインジケータ

の特徴について述べる。プラズマインジケータは、プラズマの強度に応じて検知部の変色度合が変わる。有機色材を用いたインジケータでは、消色する色材と、非消色の色材の中間色で変色の違いを表すが、無機色材を用いた耐熱性プラズマインジケータは、プラズマ処理を行うと、初期色の白から徐々に色が濃くなり、変色の濃淡でプラズマの状態を確認できる。

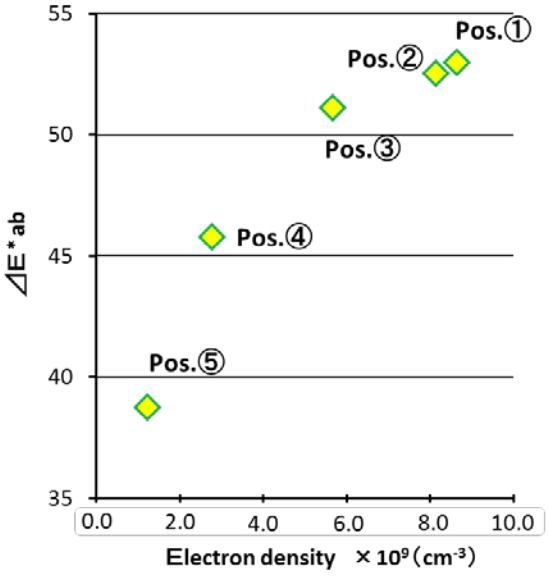



図６　プラズマ強度に対する耐熱性プラズマインジケータの変色と色差

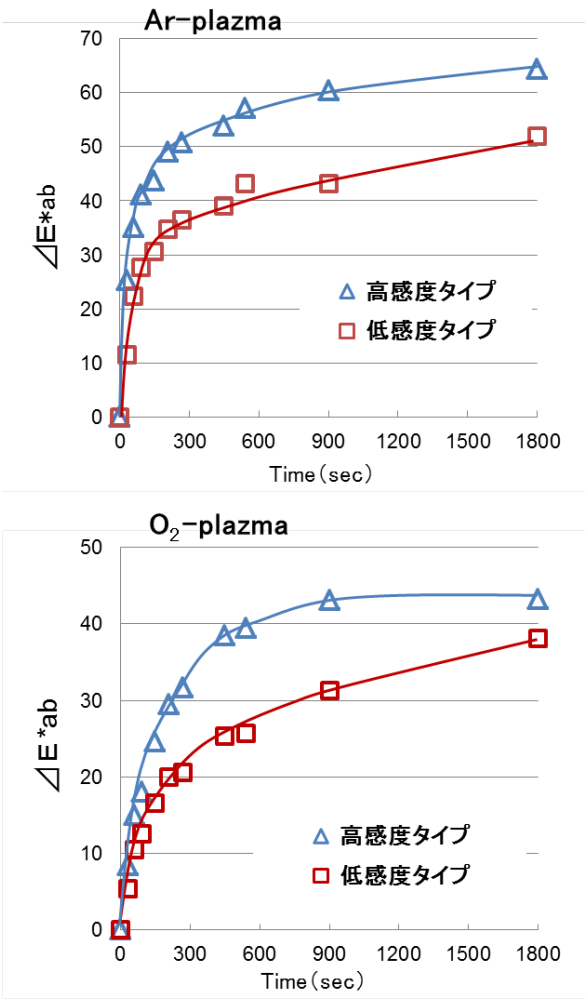



図７　耐熱性プラズマインジケータの変色感度比較

13.56MHz の高周波放電平行平板プラズマ装置の下部電極上に中心から端にかけて 5 箇所、耐熱性プラズマインジケータを設置し、その位置に対応した空間の電子密度をラングミュアプローブで計測した結果を図 6 に示す。インジケータは中心から 20mm の間隔で設置した。図中の Pos.は電極上の位置を示し、Pos.①が電極中心、Pos.⑤が電極端側である。プラズマ処理は、アルゴン流量 160sccm、圧力 5.0Pa、パワー60W、処理時間 60 分の条件で行った。図 6 より、電子密度とインジケータの色差（⊿E*ab）に相関性があることがわかる。

もう一つの特徴として、幅広い密度のプラズマに対応できるように、耐熱性プラズマインジケータは、高感度タイプと低感度タイプの2種類を発売している。図 7 に高感度タイプと低感度タイプのプラズマ処理に対する変色感度の比較結果を示す。プラズマ処理は、13.56MHzの高周波放電平行平板プラズマ装置、アルゴン流量160sccm、圧力5.0Pa、パワー80W、酸素：流量7sccm、圧力5.0Pa、パワー80Wで行った。アルゴンプラズマ、酸素プラズマどちらにおいても、感度の差が得られており、工程で使用するプラズマの強度に応じて感度を選択することができる。

## ３．最後に

プラズマインジケータは、製造プロセス内の工程管理や、定期的な装置の性能確認、処理工程の条件設定などに利用することで、製造不良の低減に貢献することが期待される。また、プラズマ強度の分布が得られることから、プローブ計測や、発光分析と併用して、プラズマの研究にも役立てることができると考えている[4]。

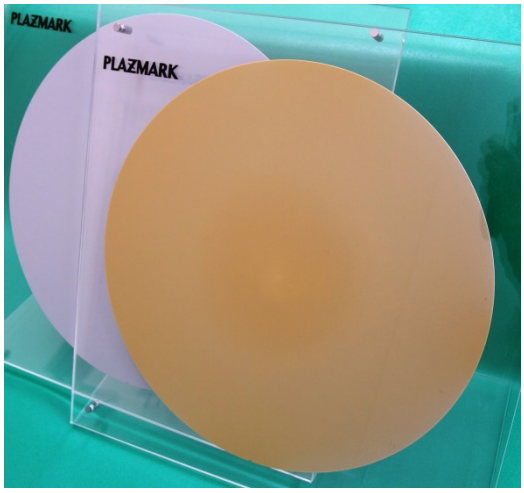



図８　耐熱性ウエハ型プラズマインジケータ

現在、有機色材系のプラズマインジケータは、酸素クリーニング用、アルゴンクリーニング用、大気圧プラズマ用のラインナップがあり、カード、ラベル、シートなど、使用される装置にあわせた形状の製品を販売している。また、研究内容で述べた無機色材を用いた耐熱性プラズマインジケータは、ラベル形状で低感度と高感度を発売中である（表１）。

今後の展開として、無機色材を使用し、基材をウエハにすることで、さらに耐熱性や清浄性を高めた耐熱性ウエハ型インジケータを、2017 年に発売予定である（図８）。この製品は、デバイスと同じ様に装置に設置でき、面内分布の測定に適しているため、プラズマプロセスにおける処理効果の確認をより効率化することが期待される。

## 参考文献

[1] 大城 盛作；JIEP 関西ワークショップ 2014 要旨 No.8

[2] 菱川 敬太 他; 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会，19p-S9-2 (2014).

[3] 宮﨑 裕司 他; 第 62 回応用物理学会春季学術講演会，13a-A27-13(2015).

[4] 菱川 敬太 他; 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会，16p-B7-11 (2016).

表１プラズマインジケータラインナップ

| 商品名 | 形状 | 感度 | 基材 |
|---|---|---|---|
| PLAZMARK $O_2$クリーニング用 | カード<br>ラベル<br>シート | 低・中・高感度 | PETフィルム |
| PLAZMARK Arクリーニング用 | カード<br>ラベル<br>シート | 中・高感度 | |
| PLAZMARK 大気圧プラズマ用 | ロングラベル<br>シート | 低・高感度 | クリーン紙 |
| PLAZMARK 耐熱性 | ラベル | 低・高感度 | ポリイミド |

研究室紹介

# 大分大学工学部 放電プラズマ研究室

大分大学　市來 龍大

## １．はじめに

大分県は九州の中で最も“九州らしくない”県だと言えます。地理的に瀬戸内海に近いため瀬戸内海式気候に区分される地域が多く、福岡→仙台→名古屋と移り住んできた著者も大分の雨天の少なさを実感しています。大分人は古くから瀬戸内や関西と交易を行ってきたとかで、言葉も全く九州っぽさがなく（ここで言う九州っぽさの定義は例えば武田鉄矢っぽさとかばってん荒川っぽさとか西郷隆盛っぽさとか。ばってん荒川とかご存じですか？）、とりわけ女の子は「～やなぁ」などとはんなりしたしゃべり方をします。秘密のケ○ミンショーでも取りざたされていましたが、男性は「俺は九州男児だ！」と思っておらず、みな穏やかです。そんなわけで大分では時間もゆっくり穏やかに流れています。その穏やかな大分県の県庁所在地が大分市です。かつて豊後国のキリシタン大名・大友宗麟が北部九州を治めていた頃は南蛮貿易で栄え、その頃の名称である「府内」は今でも都市部の地名に残っています。大分県と言えば別府・湯布院が有名で大分市はいまいち知名度がありませんが、昨年子ザルのシャーロットちゃんが産まれた高崎山は大分市内にあります。実は大分市には結構人が住んでおり、九州では福岡市・北九州市・熊本市・鹿児島市について5番目の人口を抱えています。最近はJR大分駅の大リニュ

図１ 平成２８年度の研究室メンバー

ーアルにより駅前だけちょっと都会っぽくなり、駅前の地下道には大分市出身の指原〇乃さんのポスターが貼りまくられています。

そのようにちょっと都会のJR大分駅から南下し、明らかに「田舎だな～」という風景になってきた辺りに大分大学の旦野原キャンパスがあります。JR大分大学前駅があるため交通の便は悪くないのですが、この駅から工学部まで歩いて15～20分かかります。大分大学の母体は戦前の高等商業学校（高商）であるため、新制大学発足時から存在する経済学部は割と駅に近く、後からできた工学部は山を整地して奥の奥に作られたのです。

さて、前置きが長くなりましたが、そんな大分大学工学部に放電プラズマ研究室はあります。所属学科は電気電子工学科ですが、学部改組により来年度から理工学部・創生工学科・電気電子コースとなります。金澤誠司教授、市來龍大助教、赤峰修一技術職員の指導のもと、現在博士前期課程13名、学部生7名が研究を行っています（図1）。学生には大分県をはじめ九州出身者が多いです。研究テーマは主に放電や大気圧プラズマの基礎・応用研究です。金澤教授は多くの研究テーマの中でもとりわけ気液界面プラズマや水処理の研究およびラジカル計測を精力的に行っています。一方、市來助教は金属材料の表面改質の研究をメインテーマとしています。ところで、数年前に退職された大久保利一先生は、電気集塵や空気の浄化について精力的に研究されていました。そう考えると、期せずして各々の教員がプラズマと気相・液相・固相との相互作用を主たるテーマにしているわけです。このおかげもあり、多岐にわたる放電プラズマ研究のなかでも、偏ることなく幅広く知見を得ることができている、と著者は感じています。

## ２．研究室のイベント

当研究室で行っているイベントについて紹介します。先ずは研究室ゼミが週に２回開催されます（図 2）。１つは「研究ゼミ」であり、個々の学生がその週の研究の進捗状況を報告し、みなで今後の研究の進め方を話し合います。もう１つは「論文ゼミ」であり、研究に関連する英語論文の内容を学生が分かりやすくスライドで紹介し、みなで質疑応答を行います。初めて英語論文を読む４年生は苦労していますが、院生になると苦もなくこなす学生も出てきます。学生は研究の知識や英語力がつき、他の研究室メンバーは国内外の研究について知見を深めることができ、一石二鳥です。ゼミ室の管理は４年生、論文ゼミの運営は修士１年が担当します。

(a)

(b)

図 2 ゼミ室の写真。(a)ゼミ開始前の様子。お気楽モード。(b)ゼミ中の様子。真面目モード。

(a)

(b)

図 3 研究室コンパの写真。(a) 通常の飲み会。(b) ゲストに参加して頂くことも。前列中央は岡山理科大の中谷教授！

ゼミ以外で重要なイベントは研究室コンパです（図3)。多くの研究室が行っていると思いますが、我々もみなで街に繰り出して飲み会をやるわけでして、新歓コンパ、暑気払い（院試お疲れ様会）、忘年会、追い出しコンパは必須です。幹事は修士１年が担当します。昨今の若者はあまり酒を飲まないという話題を耳にしますが、そんな噂はどこ吹く風、うちの学生は良く飲みます。これに加え、悪いことに教職員３人とも酒好きです。必然的に飲み会は盛り上がります。コンパでは仲良しばかり集まらないように座席はくじ引きで決め、できるだけ多くのメンバーとコミュニケーションが取れるようにしています。

ところで学生は研究室メンバーで独自の飲み会やフットサル大会を開いていますが、これらには教職員はノータッチです。学生を束縛しすぎない距離感も大切にしたいところです。

## ３．研究風景

当研究室の日常的な研究風景をお見せします（図4-6）。当研究室では、大学院生と学部生がペアを組んで１つの研究に取り組むことが多くあります。理由は大学院生に後輩を指導する経験をしてもらうためで、さらに学部生も仕事上での先輩とのつきあい方を学べます。若者のコミュニケーション能力低下が叫ばれる中、我々は他人を尊重しチームプレーで活躍できる技術者を社会に輩出できたら幸いであると考えています。

図 4 院生が学部生に ICCD カメラを用いた水中放電の撮影法を指導する様子

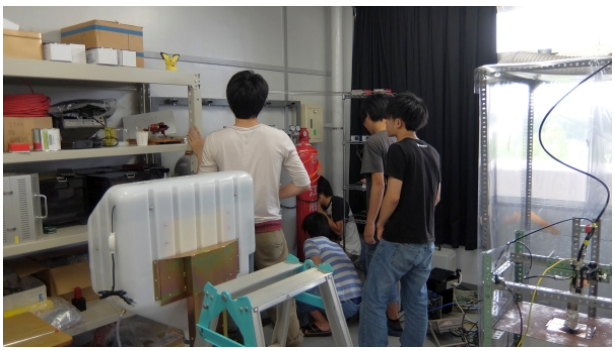


図 5 チームプレーでガス配管をしている様子

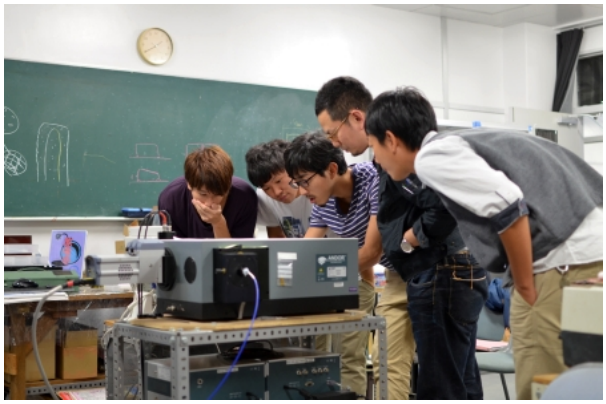


図 6 プラズマジェットの分光計測中、分光に詳しくもない助教が口出しする様子

表 1 研究テーマ一覧

- OHラジカル計測法の開発
- 液中・液面プラズマによる水の浄化
- プラズマアクチュエータの開発
- 放電プラズマによる植物生長の制御
- 鉄鋼の大気圧プラズマ表面硬化法の開発
- 大気圧プラズマによる熱処理技術
- 医療用金属の表面改質
- モータ用エナメル線の部分放電の研究
- 水中ストリーマ放電の生成・伝搬の研究
- 気中・水中ストリーマ放電路の３次元観測

## ４．研究紹介

当研究室の最近の研究テーマを表 1 に挙げます。これらの中から一部の研究のみ、最近の進展状況を踏まえ紹介をします。我々は水処理やアクチュエータを目的としたリアクタの開発に積極的に 3D プリンティング技術を応用しています。図 7 は円筒型バリア内壁を伝い落ちる流水膜をバリア放電により処理するリアクタの基本構造図です。このうち貯水部および円筒型バリアは 3D プリンタにより ABS 樹脂で作製されます。独自に設計し

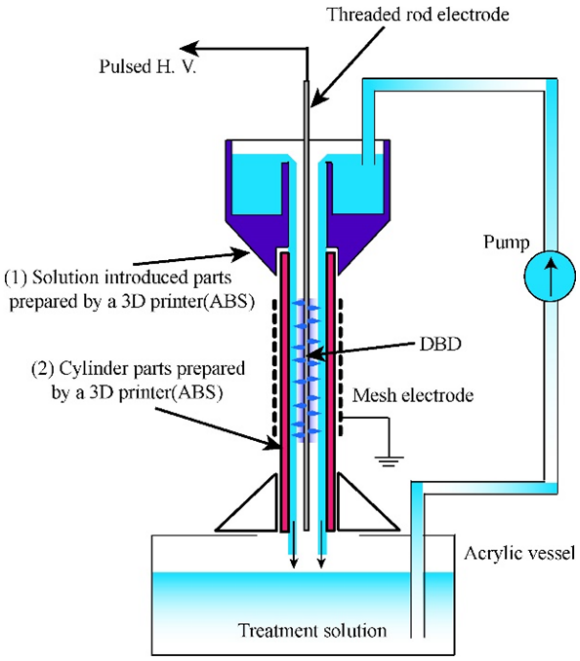



図 7 円筒型 DBD による水処理リアクタの概略図

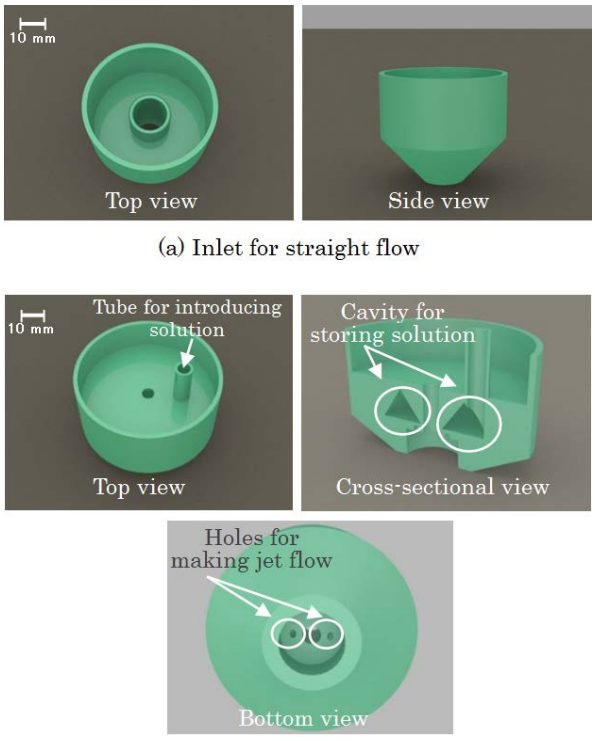
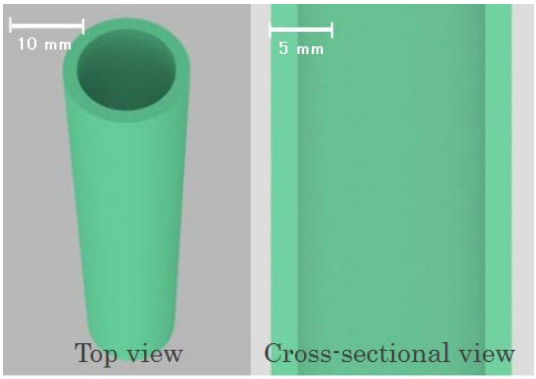
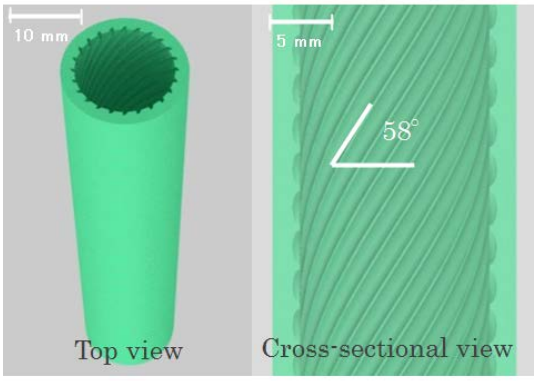



図 8 水処理リアクタ水供給部の 3D CAD データ




(a) Cylinder for straight flow




(b) Cylinder for Swirling flow

図 9 水処理リアクタ円筒型バリアの 3D CAD データ

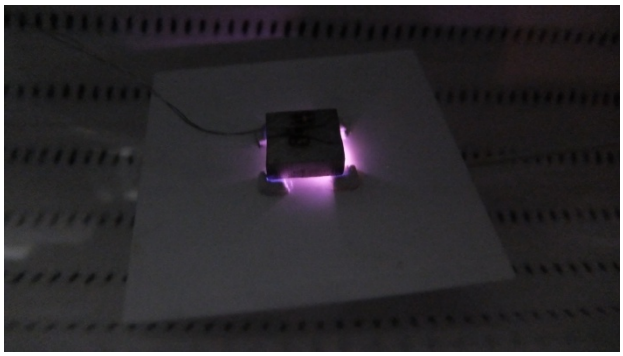


図 10 バリア放電窒化処理

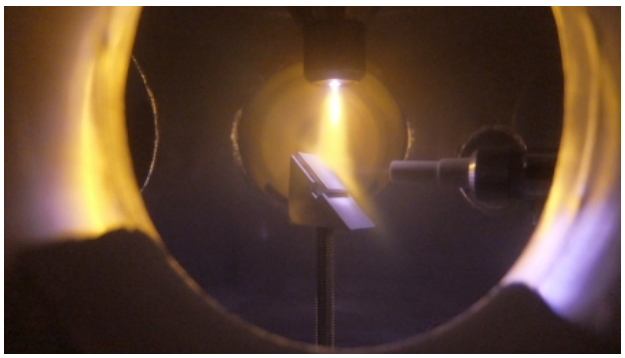


図 11 プラズマジェット窒化処理

た貯水部とバリアの 3D CAD データをそれぞれ図 8 および図 9 に示します。図 8(a)および図 9(a)は流水膜が重力に任せ鉛直方向に落ちていくタイプです。一方、図 8(b)では水がオリフィスから斜めに噴流され旋回しながら落ちていく設計であり、図 9(b)は旋回流を安定化させるために内壁にらせん状のガイドが施してあります。結果として、旋回流の存在が水処理効率を上げることが分かりました。3D プリンタを用いれば、このような複雑形状のリアクタも比較的簡易に作製でき、さらに旋回角度などのパラメータ依存性を調査するために多くのリアクタを作製する際にも威力を発揮します。

一方、我々は大気圧プラズマによって金属表面を窒化し硬度を上げる「大気圧プラズマ窒化法」の研究も推進してきました。これまではパルスアーク型プラズマジェットによる局所窒化処理の研究を行ってきましたが、最近新たに誘電体バリア放電による鉄鋼表面の窒化を達成しました（図 10）。これにより、プラズマジェットではなし得なかった「大面積処理」および「窒化パターニング」の可能性が考えられるようになり、これらの実現を目指して研究を進めています。またプラズマジェット窒化についても改良や新規応用の開拓を続けています。例えば、医療用チタン表面の窒化によって硬組織適合性を向上させる技術開発を行っており、低圧プラズマ炉とは比較にならない小型の大気圧プラズマ源を医療現場に導入する可能性を考えています。また、アルミニウムなど不導体被膜を有する金属に大気圧プラズマから窒素原子を供給する技術開発を進めています（図 11）。

## ５．おわりに

当研究室の活動報告を下記ホームページで行っています。水処理用リアクタの3D CADファイル

もいくつかダウンロードできます。こちらもご覧頂けたら幸いです。今後とも大分大学・放電プラズマ研究室をよろしくお願いいたします！

**海外の研究事情**

# イギリスリバプール大学・電気電子工学科 テクノロジーカールプラズマグループ

名城大学　理工学部　電気電子工学科　呉　準席（オ ジュンソク）

**【はじめに】**

筆者は2009年11月から2013年5月まで、3年6ヶ月間イギリスリ北西部に位置するリバプール大学(Liverpool University)電気電子工学科のテクノロジーカールプラズマグループでポスドク研究員としてMicro-Plasma Technology for Controlling Cellular Interactions on Medical Implantsプロジェクトに参加した。今回の海外研究事情ではリバプール大学時代の経験を紹介させて頂く。

**【長い旅の始まり】**

筆者が応用物理学会の会員になったのは2年前のことで(2014年)、応物の最初の発表を行ったのは同じ年の秋頃である。プラズマエレクトロニクス分科会へ入会したのもなぜか今年のことである。ちなみに筆者はよく知らない方も多いと思われるので、この場を借りて少しい自己紹介をさせて頂く。

筆者は韓国ソウルで生まれ育った。日本はイギリスに滞在期間を除いて2003年秋頃から合わせて10年近くである。筆者はプラズマプロセスの全盛期、薄膜堆積やエッチングなどでプラズマ技術が半導体産業を支えることでプラズマ技術と半導体産業がともに発展した時代から、プラズマテレビ（PDP:プラズマディスプレイパネル）など新しいプラズマ応用の黎明期にかけて2000年頃光云大学（韓国ソウル）と2003年秋に京都大学で放電プラズマの科学と光学診断技術を学び、プラズマの内部を診断するレーザー計測や、画期的な

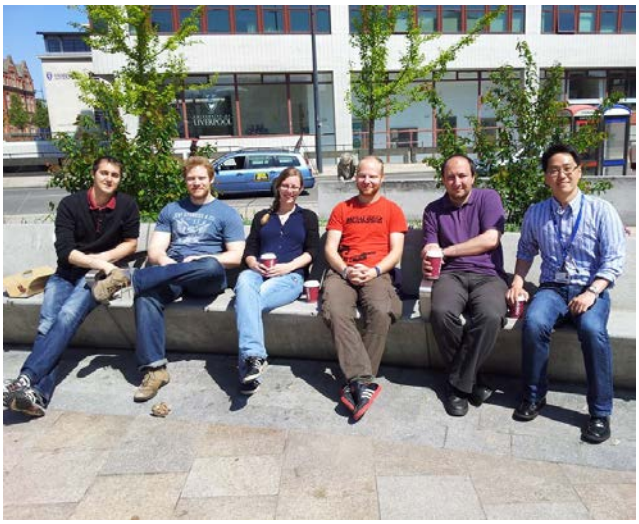


**図1　仕事最終日（2013年5月30日）テクノロジーカールプラズマグループメンバーと一緒に記念撮影。左からMoix、Bowes、McKay、Petty、Hasan、筆者**

応用が期待される大気圧プラズマの生成と制御について研究を行ってきた。このため、学生時代はディスプレイ学会（Society of Information and Display、SID）を中心に活動した。

当時のプラズマテレビは技術的には液晶と対等以上の性能を達成しつつあったが、産業界の戦略として液晶への技術集約が進み、プラズマテレビの将来性が失われた。ちょうど博士課程が終わる時期（2006年秋）であったころから、筆者はプラズマテレビに代わり大面積表面処理を行うための紫外(UV)光源の開発や次世代micro electro mechanical systems(MEMS)などの新しい分野での研究を開始した。

筆者が東北大学流体科学研究所に席をおいている2009年夏頃、リバプール大学のJames W Bradley教授が立ち上げたMicro-Plasma Technology for Controlling Cellular Interactions on Medical Implantsのプロジェクトでマイクロプラズマの経験を持ち光学診断が出来る人を探している情報を頂き応募することになった。

まず履歴書を送って、後日Jamesとの電話インタビューを受けた。その結果、10月から研究をはじめることになった。イギリスの職業VISAをもらうために、アイエルツInternational English Language Testing System（IELTS）の結果の提出や大使館でのインタビューを受けた。予定より時間が掛かったため、11月中旬からプロジェクトのPostdoctoral Research Associate (PDRA)として参加することになった。

**【物理と医療】**

プロジェクトは電気電子工学科のBradley教授[1]が中心に学内の臨床医用工学科のWilliams講師(イギリスの大学講師は日本の大学の准教授に当たる)とSheridan講師、物理学科のWeightman教授が立ち上げたプロジェクトであった。プロジェクト期間は3年半で、予算は**Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC, EP/G048444/1)**から受けって行われた。予算の総額は5000万円を少しい上回るぐらいで科研費の基盤(S)に相当する。実際、実験はPDRA(筆者)、物理学科のPaul Unsworth博士、アイランド出身で臨床医用工学科の博士課程に入学したKyle Dohertyの3人で行いデータを集めていた。Kyleは修士課の学位を持っていなかったが飛び級で博士課程に入学した。イギリスの修士課程は1年で、学部を終えて直接博士課程へ入学するケースが時々ある、博士課程の多くの学生はResearch Assistant(RA)として働き、給料をもらって生活する。逆に研究者の立場でも全く給料がなく働くケース(self-funding)もある。ただ、研究や学会発表や研究活動に関する支援は受ける。

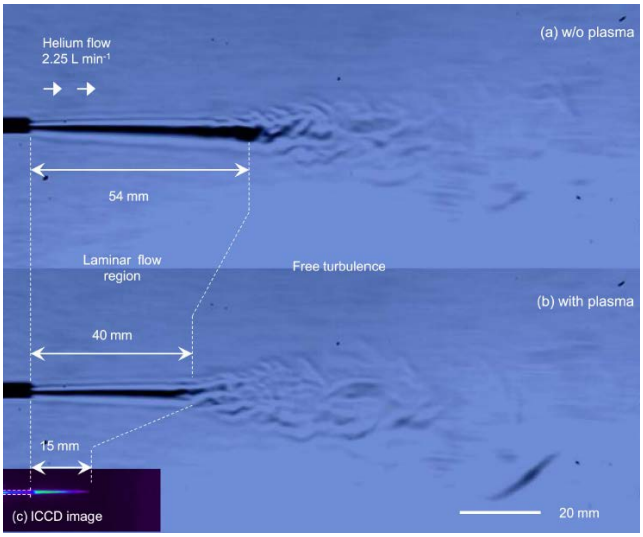



**図2　(a)ヘリウムガスのみと(b)プラズマを発生時のシュリーレンイメージ、(c)ICCDカメラで撮影されたプラズマジェット。[3]**

**医療分野の理解**　今回プロジェクトの中ではPDRAに対する細胞の培養に関するトレイニング期間を2ヶ月設けていて、その経験は筆者が日本に戻ってから現在まで行っているプラズマ医療・バイオの研究に大きく役に立っている。

**【人脈の大切さ共同研究】**

**Schlieren imaging**　マンチェスター大学のKonstantinos Kontis講師(現グラスゴー大学教授)との共同研究でプラズマやガス流量による安定したガス流への影響や障害物により発生するタビューランスを明らかにした。[2,3] その一例を**図2**に示している。マンチェスター大学はリバプール大学から車で40分くらい離れていて、プラズマ発生装置をマンチェスターまで運んで実験を行なった。この共同研究はJamesが数年前までマンチェ

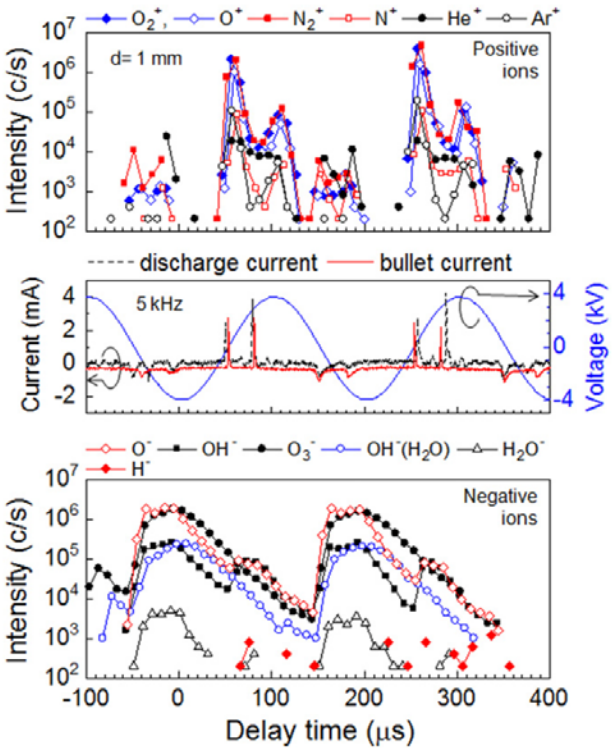



**図3　大気圧質量分析法を用いたヘリウムプラズマジェットの計測。プラズマと周辺空気の反応で生成されたのイオンの時間依存性（上）正イオン、（中）電流電圧、（下）負イオン。[5]**

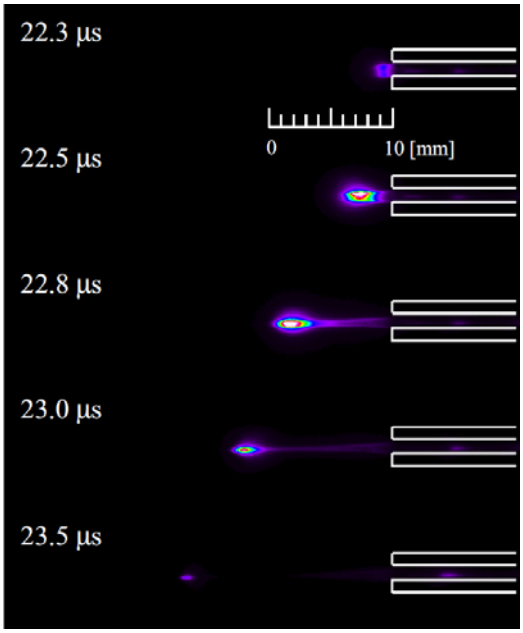



**図4　ICCDカメラで撮影した（ポジティブ）プラズマビュレット。[2]**

スター大学の講師を務め、共同研究を開始するときは週一回マンチェスター大学で講義をやっていた。そのため、Konstantinosとの間で共同研究が実現出来た。

**Ambient Mass Spectrometry**　Hiden社の大気圧質量分析装置（HR60-EQP）は大気圧プラズマ診断装置として良く知られている。プロジェクトの予算の半分以上を使って購入した。Jamesは「これはquarter million poundsで買った」といつも自慢した。Hiden本社はリバプールとマンチェスターの間、ウォリントン（Warrington）に位置する。2010年頃、大気圧質量分析装置の購入前にプラズマ源をHiden本社まで運んで実験を開始した。その時に一緒に測定を行なったのがYolanda Aranda-Gonzalvo博士（ミネソタ大学Peter Bruggeman博士の奥さん）で、Jamesがマンチェスター大学で講師を務めた時に博士を取ったと聞いている。当時Yolandaが大気圧質量分析に関しては一番詳しがったため良い結果を得ることが出来た。

ICCDカメラでプラズマジェットを観察した経験がある方はプラズマビュレット(plasma bullet)をご存知と思うが、リバプール大学ではプラズマビュレットの現象を良く観察し、放電電流との関連性が強く疑わた時期であった。例えば、低周波誘電体バリアー放電式のプラズマジェットは一周期で2回放電が発生するが、プラズマブレットが観察出来るのはポジティブ放電電流が計測できた後である。しかし、もう一回のネガチブ放電後のブレットに関しては報告が無かった。実際ネガティブブレットは発光強度が比較的に弱いが、存在していた。[4] 質量分析装置でもその現象の測定が

出来るか検討を行い、**図3**で示しているようにイオンが生成されるタイミングとプラズマ放電電流の関連性を明らかにした。[5, 6]

他にYork大学Biological Mass Spectrometry (Jane Thomas-Oates教授)、Nottingham大学(Morgan R. Alexander教授)、South Australia大学(Robert D Short教授とEndre J. Szili博士)など異分野で活躍する人が共同で結果を残すようなことを学んだ。やはりその背景にはJamesの広い人脈があった。

逆に敵も（enemy）存在した。名前は上げないが、情報が有ればすぐに真似して、学会の発表や論文を先に発表したりすることも考えられ、発表や論文の投稿前は情報がもれないように気を使うように指示された覚えもある。

**【研究費の実費精算と大学のサポート】**

筆者が感じた大学事務に関連する大きな違いは学会や共同研究を行うための出張の時である。日本は交通費以外の宿泊や日当などの金額が機関ごとに決まっているため、出張後に赤字になったり黒字になったりすることもありえる。しかし、イギリスでは実費で精算してもらうため、出張後に金銭的にプラス・マイナスはないことである。面白いのは例えば食事でお酒が入っても領収書が有れば精算が可能であった。

筆者がプロジェクトに参加したのは11月中旬からで、実際は2週間前(11月5日)にリバプールへ到着した。到着から仕事を始めるその2週間に市内のホテルに泊まって住むところを決めるような計画であった。家を探すことがうまくいかず、ホテル生活が2週間延長された。良いところと思ってJamesに確認すると実は良くないところである事が分かった。やはり地元の人ではないと良いところと悪いところが分からない。結局4週間に泊まることになったが、そのホテル代など日本からイギリスに渡って安定な仕事ができるまでの費用は全て大学側が支払らってくれた。言いたいことは出張も含めて領収書で明確にその金額が証明出来れば研究費で支援を受けることが出来るシステムであった。ただ予算が有ればの話である。

**図5　2011年秋長女セビン(当時4歳)の就学記念撮影。学校の制服を着て庭で長男(テッビン、当時9歳)**

**【イギリスの生活】**

**子供の教育と住むところ**　イギリスで一番苦労していたのは子供の学校と住むところを決めることであった。子供の学校の日本との違いは市役所や区役所で決めることができなく学校側(校長先生と学校の理事会)が決めることであった。市内のホテルに滞在しながら評判良い地域(Mossley Hill)での生活を決め、学校(St. Anthony of Padua Primary School)を探して、学校の近くに住む場所を決めた。Mossley Hill周辺はグリーンバンクパーク(Greenbank Park)やカルダースト

ーンズパーク(Calderstones Park)、セフトンパーク(Sefton Park)など複数の公園があり、町全体が緑豊かなところであった。やはり評判良い地域の家賃は高いが、住みやすかった。子供たちがイギリスで通うた小学校と受けた3年半の教育に対してはとても満足した。

**英語？** リバプールの言葉は英語ではなくスカウス(Scouse)である。ヒースロー空港の入国審査の時イギリスの英語は米国の英語と発音が違うなと思ったが、マンチェスターを経由リバプールライムストリート(Liverpool Lime Street)駅に到着して、駅員との会話でリバプールは英語は通じないところだと思った。これは、リバプールの人はイギリス人ではなくスカウスでスカウスを食べてスカウスを話すからと言われている。元々イギリスの北西部はなまりが強い英語を使っており、特にリバプールはドイツ語に勘違いするくらいひどいことであった。

**【終わりに】**

今後にプラズマエレクトロニクス分科会の学生会員又は若い先生がイギリスリバプール大学（又は北西部の大学)へ留学又は研修を考えていれば、今回の海外研究事情が役に立ったら嬉しいと思っている。ただ一人で寂しい研究や孤立した一人だけの生活はあまり面白くない。周りに良い知り合いがいればスカウスの壁も怖くないでしょう。海外で学ぶ機会が有れば是非、良い人のネットワーク作って欲しい。

最後に一言、筆者にとっては現在日本の生活は海外の生活である。ちなみに、筆者も日本で良い人のネットワークが欲しい。**「プラエレ分科会の皆さん仲良くしてくださ～い。」**

**参考文献**


[1] www.liverpool.ac.uk/electrical-engineering-and-electronics/staff/james-bradley/

[2] J.-S. Oh, O.T. Olabanji, C. Hale, R Mariani, K. Kontis, J.W. Bradley, Imaging gas and plasma interactions in the surface-chemical modification of polymers using micro-plasma jets, *J. of Phys. D: Appl. Phys.* **44** 155206 (2011).

[3] J.W. Bradley, J.-S. Oh, O.T. Olabanji, C. Hale, R. Mariani, K. Kontis, Schlieren photography of the outflow from a plasma jet, *IEEE Trans. Plasma Sci.* **39** 2321 (2011).

[4] J.-S. Oh, P.M. Bryant, J.W. Bradley, Discharge and plasma bullet formation in a capillary DBD atmospheric-pressure microplasma jet, *IEEE Trans. Plasma Sci.* **39** 2352(2011).

[5] J.-S. Oh, Y. Aranda-Gonzalvo, J. W. Bradley, Time-resolved mass spectroscopic studies of an atmospheric-pressure helium microplasma jet, *J. of Phys. D: Appl. Phys.* **44** 365202 (2011).

[6] K. McKay, J.-S. Oh, J. L. Walsh, J. W. Bradley, Mass spectrometric diagnosis of an atmospheric pressure helium microplasma jet, *J. of Phys. D: Appl. Phys.* **46** 464018 (2013).

学生のためのページ

# FEM フリーソフトを使った電磁場の計算

新居浜高専　松友　真哉

## １．はじめに

電磁気学の講義で扱う演習問題を思い出してもらえれば、どの問題も言い訳のような仮定が多いことに気付くと思います。例えば、「漏れ磁束はないものとする…、無限に広い真空中に…」などなど。これには理由があって、筆者も出題者として経験のあるところですが、電磁気の問題は少し捻るとあっという間に手計算では解けなくなってしまうのです。そこで、きちんと解けるように限定していくと、問題文が長くなってしまうのです。言い換えれば、電磁気学の講義で学ぶ演習問題は、とても限定的な問題しか扱っていない(扱えない)のです。実際、磁場では鉄心を含む場合や、電場では導体や誘電体の形状が少し複雑になる場合など、場を数式で表現することが困難なケースは手計算では解けません。

手計算で解くというのは、「数式的」に問題にアプローチしている訳ですが、それが困難な場合にはコンピュータで「数値的」に解くアプローチが有効です。それが、本稿で紹介する電磁場の数値シミュレーションです。電磁場シミュレーションは、近年のコンピュータの進歩と相まって、急速に進化しています。それに伴って、シミュレーションソフトも本格的な商用ソフト（数千万円)から簡易的なフリーソフト(無料)に至るまで様々で、使い勝手も玉石混交です。本稿では、筆者の主観ですが、比較的使い勝手が良いと思うフリーソフト（FEMM）を例に、電磁場シミュレーションについて概説したいと思います。

## ２．電磁場シミュレーションの基礎

Maxwell の方程式は、電磁場を決定する基本方程式であり、電磁場の振る舞いは、この基本方程式を解けば求まります。

$$\mathrm{rot}\boldsymbol{H} = \boldsymbol{J} + \frac{\partial \boldsymbol{D}}{\partial t} \cdots\cdots (1)$$

$$\mathrm{rot}\boldsymbol{E} = -\frac{\partial \boldsymbol{B}}{\partial t} \cdots\cdots (2)$$

$$\mathrm{div}\boldsymbol{D} = \rho \cdots\cdots (3)$$

$$\mathrm{div}\boldsymbol{B} = 0 \cdots\cdots (4)$$

ここで、$\boldsymbol{H}$は磁場、$\boldsymbol{J}$は電流密度、$\rho$は電荷密度、$\boldsymbol{D}$は電束密度、$\boldsymbol{E}$は電場、$\boldsymbol{B}$は磁束密度を表します。

この基本方程式に物質の性質に関する方程式(5)~(7)を加えれば、方程式系として完結します。

$$\boldsymbol{D} = \varepsilon \boldsymbol{E} \cdots\cdots (5)$$

$$\boldsymbol{B} = \mu \boldsymbol{H} \cdots\cdots (6)$$

$$\boldsymbol{J} = \sigma \boldsymbol{E} \cdots\cdots (7)$$

ここで、$\varepsilon$は誘電率、$\mu$は透磁率、$\sigma$は導電率です。

電磁気学の演習問題を手計算で解く際には、前提や仮定で問題を限定し、上記の方程式を数式的に解ける範囲で解いていると言えます。

電磁場シミュレーションを利用しようとする際に、まず考えなければならないのは、電場と磁場を単独に解けばよいのか、あるいは電磁場として同時に解く必要があるかどうかということです。それは、対象とする装置のサイズと使われる周波数によって判断できます。

例えば、直流の場合には電場も磁場も時間的な変化がないと考えることができ、式(1)(2)の時間微分項はゼロになります。よって、磁場 $\boldsymbol{H}$ と電場 $\boldsymbol{E}$

は独立に解けばよく、いわゆる静磁場、静電場の問題です。また、同じ原理で考えて、対象とする装置のサイズが波長に比べて十分小さければ、波動として性質は考慮しなくてよく、準静磁場、準静電場として解くことができます。

Maxwell の方程式は、一見複雑ですが、自分が解くべき問題と照らし合わせて、どのように方程式を解こうとしているのか、頭の中を整理してからシュミュレーションを実行することが大切です。特に商用ソフトやフリーソフトなど、第三者が作ったソフトを利用する際にこそ、これを怠ってはいけません。

## ３．有限要素法によるシミュレーションの流れ

有限要素法は、非常に汎用性のある解法で複雑な形状をした問題や材料が非線形特性を持つような問題にも適用できます。このため、構造解析や流体解析から電磁場解析に至るまで、幅広く利用されています。

有限要素法によるシミュレーションの流れは、大きく以下の 3 つのステップから成ります。

**＜前処理＞**：メッシュ生成、境界条件の設定
**＜本処理＞**：大規模連立一次方程式の求解
**＜後処理＞**：結果の可視化、グラフ化など

この流れに沿って､次節でソフトの使い方を示しながら、有限要素法による電磁場シミュレーションを説明していきたいと思います。

## ４．フリーソフト FEMM による電磁場解析

FEMM は有限要素法を使用した電磁場解析のフリーソフトで、以下のサイトからダウンロードできます。

http://www.femm.info/wiki/HomePage

最新版は FEMM 4.2 (2016/1 リリース)

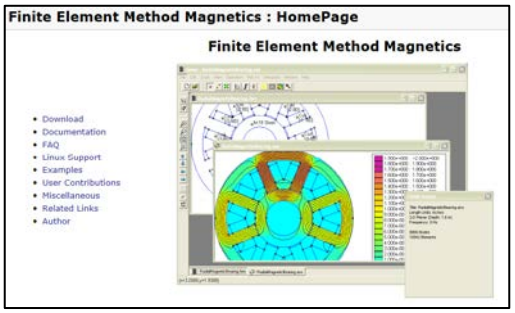



図 1.　FEMM　ダウンロードサイト

このプログラムは、2 次元の有限要素解析プログラムで、2 次元平面でモデルを作成し、平面場(奥行きが無限で任意断面を計算)、あるいは軸対称場(z 軸周りに対称なモデルの任意断面を計算)として問題を解くことができます。また、解析できる問題は、磁場、電場、熱伝導、電流分布であり、有限要素法の入門としてだけでなく、実験装置の設計などに利用するにも十分な機能を有しています。ただし、磁場と電場はそれぞれ独立の問題としてしか解くことはできません。すなわち、電磁場の波動としての振る舞いを計算したいような高周波の問題を解くことはできませんので、その点は注意が必要です。

## ５．電場解析の例題

簡単な電場解析を例にシミュレーションの流れを説明します。図 2 のようなモデルの電場をシミュレーションすることを考えます。

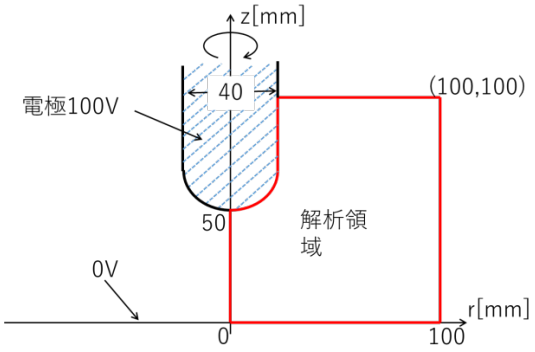



図 2.　電場解析の例題

**＜前処理＞**

ソフトをダウンロードし、インストールして実行し、[File]->[New]から、新しい問題を作成します。ここでは、電場解析のため、[Electrostatics Problem]を選択します(図 3)。

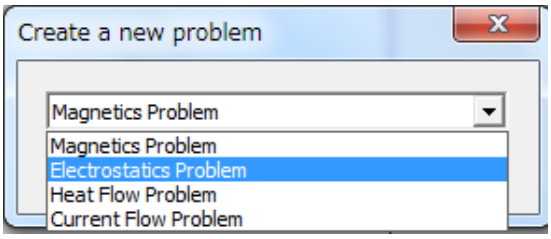



図 3.　初期の問題選択画面

次に、[Problem]から問題の基本的な設定を行います。今回の例では、軸対象のモデルとして考えるので、軸対象[Axisymmetric]を選択し、長さの単位として[Millimeters]を選択します(図 4)。もちもん、これらの設定は解くべき問題に応じて適切に変更してください。

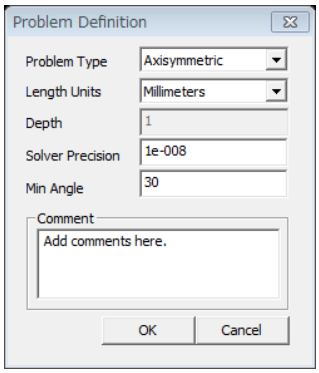



図 4.　問題の基本的な設定

次に、モデルの形状を入力していきます。CAD ソフトの利用経験がある方は分かると思いますが、一般に、モデル形状の作成方法には、大きく 2 つの方法があります。すなわち、①体積を持ったソリッドを定義して、それらを足したり引いたりして形状を表現していくトップダウン的なモデル作成の方法と、②点の座標を定義して、点から線を定義し、線から面を定義し、面から体積を定義していくボトムアップ的なモデル作成の方法です。FEMM では、2 次元平面上でのモデル作成ということもあり、後者の方法が採用されています。

モデルを作成するためには、モデルを構成する座標を[Node]ボタンを押して、定義していきます。モデルの作成時には、マウスでクリックできる座標を[Snap to grid]で限定すれば、容易にモデルが作成できるようになって便利です。グリッドの間隔は、[Change the grid size]から変更できます。モデルの作成は、使っているうちに直ぐに慣れてコツが分かると思いますので、試行錯誤してみてください(図 5)。

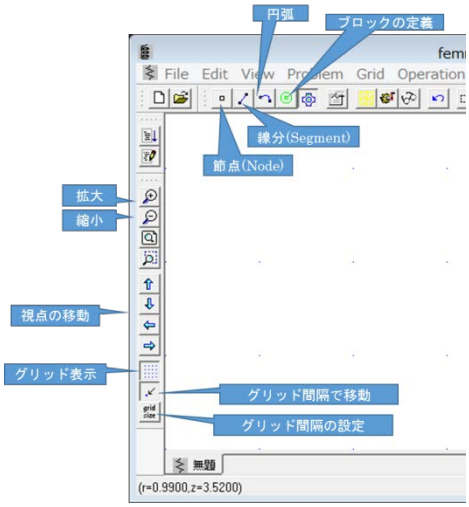



図 5.　操作画面

節点(node)座標の定義が終われば、次は[segments]を押して点から線や円弧を定義し、解析モデルの形状入力を完成させます(図 6)。

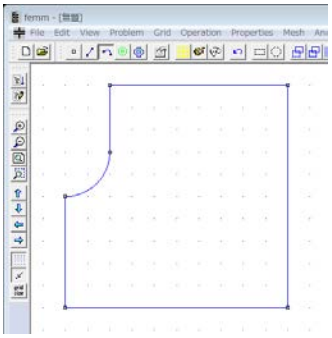


図 6.　解析モデルの形状入力

次に、線で囲まれた領域内で[block]ボタンをクリックして、ブロックとして定義します。しかし、この段階では、ブロックを定義しても、解析領域にどのような物質が存在するかを定義していませんので、次は [Properties]->[Materials]で材料特性を定義します(図 7)。

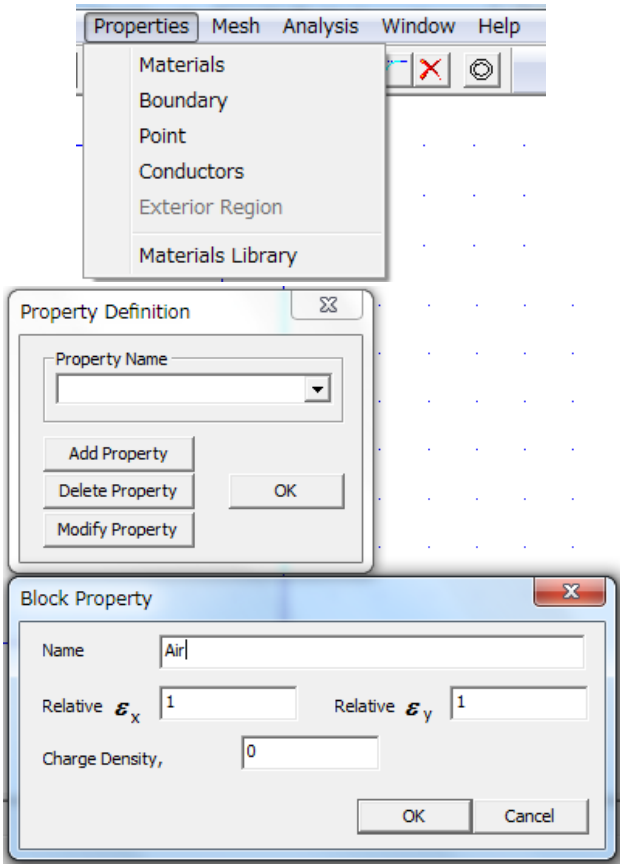



図 7.　材料特性を定義

この例では、空気を想定し「Air」という材料名で、比透磁率を 1 に設定しました。複数の材料が存在する場合には、ここで必要な数だけ材料特性を定義します。材料特性が定義できれば、先に定義したブロックと材料特性の対応付けを行います。<None>と表示されるブロック名を右クリックして選択した後に、 [Properties dialog]を押して、[Block type]を変更します。これによって、ブロックが「Air」と認識され、材料名が表示されるようになります(図 8)。

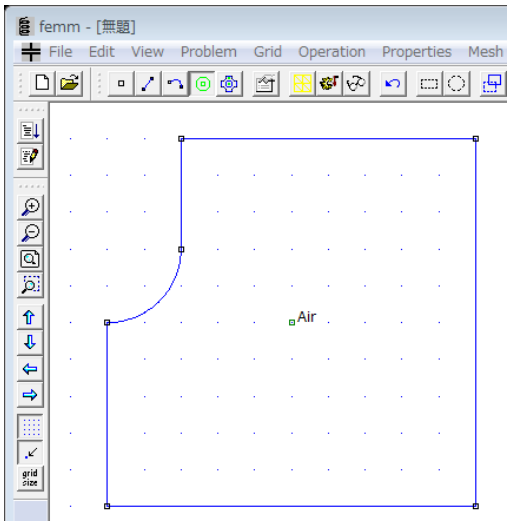



図 8.　ブロックの材料特性を定義

最後に境界条件を設定します。電磁場解析の有限要素法には 2 つの代表的な境界条件があります。固定境界条件と自然境界条件です。境界条件の設定は、慣れないうちは戸惑うかもしれませんが、基本的には、等電位線が境界に対して平行で交らないのが固定境界条件、垂直に交わるのが自然境界条件です。通常、何も設定しない境界は、自然境界条件としての条件を満足するので、固定境界条件の設定だけを意識的に行えばよいことになります。

境界条件の定義は、先ほど行った材料特性の定義と同じ要領で行えます。
[Properties]->[Boundary]を選択して、境界の名前[Name]と[Fixed Voltage]を設定します(図 9)。

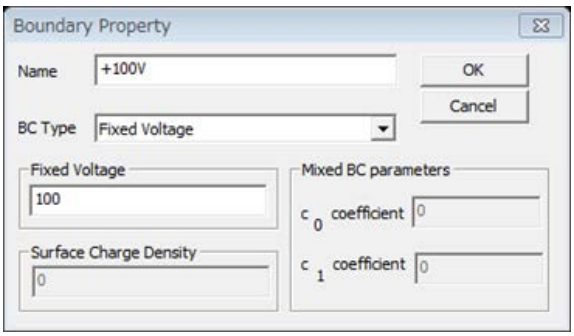



図 9.　境界条件を定義

この例では、100V と 0V が必要なのでその 2 つを境界条件として準備します。そして、を押したのちに境界条件を設定する境界線を右クリックで選択し、[Properties dialog]を押して[Boundary cond.]を変更します。これによって、上部電極が 100V、下部が 0V であることが設定できます（図 10）。ここまでの設定が終了すれば、シミュレーションの実行まであと少しです。

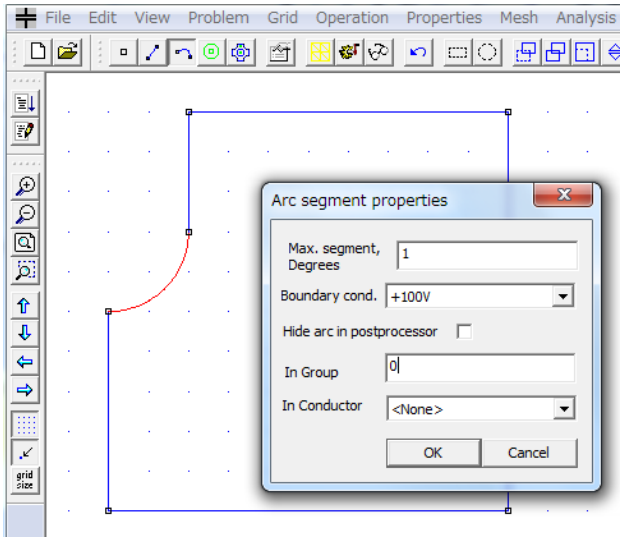



図 10.　境界条件の設定

有限要素法では、解析領域を要素に分割することが最大の特徴ですが、次にメッシュ生成（要素分割）の処理を行います。メッシュ生成を上手く行うには、ある程度の経験が必要と言われます。基本的には、要素分割を細かくすれば解析精度が向上し、粗くすれば解析精度が低下します。解析精度と計算時間はトレードオフの関係にありますので、バランスの良いメッシュを生成することが重要です。そのためには、物理量の変化が激しい部分を予め予測して疎密を付けることが上達へのポイントです。

メッシュ生成は、[Run mesh generator]を押せば実行できます。なお、メッシュのサイズはブロックのプロパティ内で変更することができますので、メッシュのサイズと解析結果の関係を一度は確認して、直感的に理解しておくとよいでしょう。

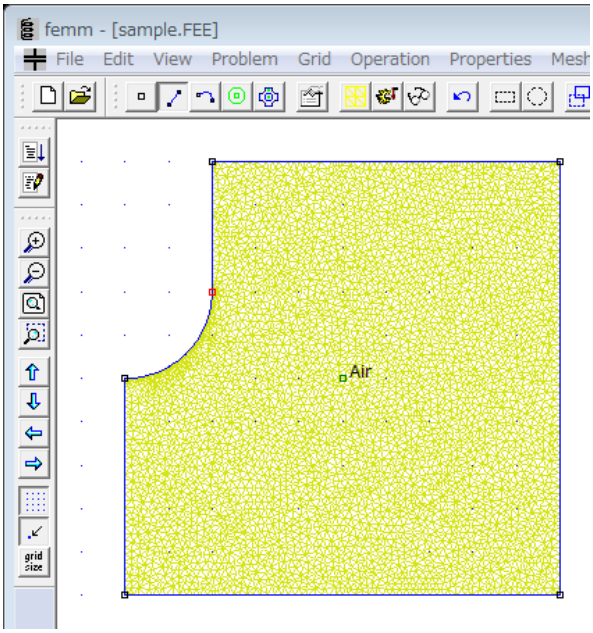



図 11.　メッシュ生成

**＜本処理＞**

本処理は、節点の数を未知数とした大規模連立一次方程式の解を求める処理です。解析ソフトを自作する際には、どのような解法で方程式を解くかが大いに問題になりますが、完成されたこのソフトを利用する際には[Run Analysis]を押せば実行できます。前処理の手間に比べれば拍子抜けすると思いますが、ここからはコンピュータが仕事をしてくれるわけです。この段階で、エラーや警告がでるようであれば、前処理のどこかに問題があったことになりますので見直してください。

**＜後処理＞**

後処理では、結果を可視化して観察したり、所望の性能が実現できているかをグラフに表示したりして確認します。解析が無事に終わっていれば[View Results]ボタンを押すと可視化画面が

表示されます。可視化画面の上部にあるボタン で等電位線の描画や、電場強度の疑似カラー表示などが設定できますので、色々と設定を変更して、どのような項目が表示できるかを試してみてください（図 12-13）。

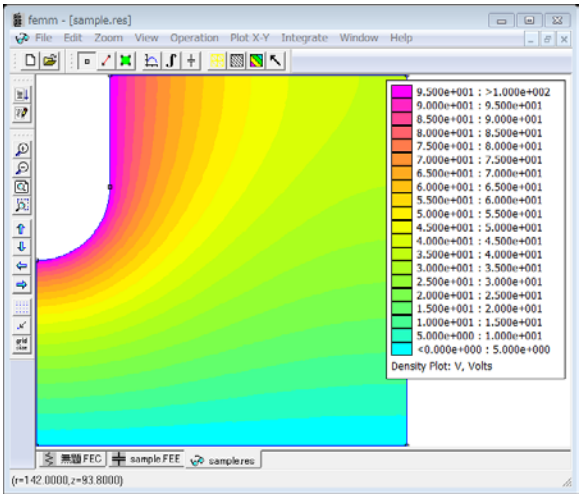



図 12.　電位の可視化

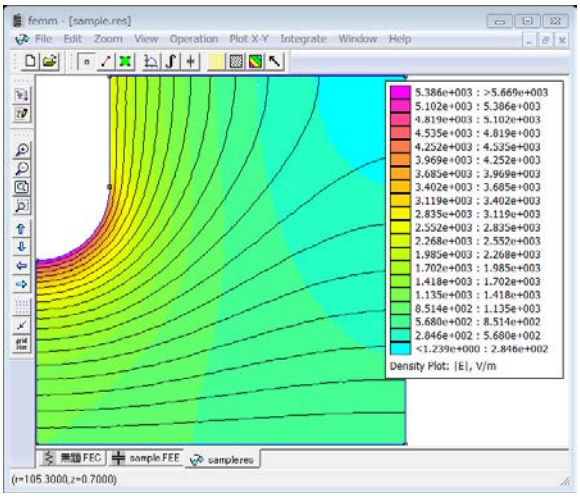



図 13.　電場強度と等電位線の可視化

## ６．終わりに

本稿では、フリーソフトを使った電磁場の計算について紹介しました。本稿で取り上げた例題は 1 時間もあれば結果を得ることができると思います。今回は、電場解析を例に有限要素解析の流れを説明しましたが、磁場解析も温度場解析も流れは全く同じです。また、ここで紹介したソフトに限らず、モデルの作成、材料特性の設定、境界条件の設定、方程式の求解、後処理の流れは、どの解析ソフトでも共通ですので、一度経験があれば勘所が分かって役立つと思います。なお、本稿で例に挙げたフリーソフト FEMM には、それ自体に素晴らしいマニュアル(英語)があるので、詳しいことが知りたい場合にはマニュアルを参考にしてください。ソフトの使い方だけでなく、プログラムの基礎となるアルゴリズムも詳しく述べられています。

学生の皆さんでも電磁場シミュレーションが実行できる環境が簡単に手に入るような時代になったことは喜ばしいことです。しかし一方で、シミュレーションの前提や解析手法の特徴を理解せず、シミュレーション結果を鵜呑みにしてしまうと、とんでもない間違いをする恐れがあります。それを肝に銘じながら、実験装置の開発や現象の解明に、電磁場シミュレーションをツールとして活用してください。

応用物理学会講演奨励賞

# プラズマ生成活性種供給過程における水表面構造の振動和周波発生分光による診断

大阪大学大学院工学研究科　近藤　崇博[1]
（大阪大学大学院工学研究科　妻木　正尚、伊藤　剛仁[2]）

## 研究背景

プラズマと液体とを用いたプロセスは、環境浄化、殺菌・滅菌、水中ナノ粒子合成等、様々な分野における応用が期待され、盛んに研究がなされている。このような液相接触プラズマプロセスでは、プラズマ由来の活性種や高エネルギー粒子が、液相中の反応を促進するため、プロセスの更なる高精度化を導くには、その界面における反応機構の理解が重要となる。近年、プラズマ-液相界面に着目したシミュレーション[1]や診断[2]がなされてきているが、プラズマ - 液相界面における現象の理解は未だ充分ではない。

本研究では界面に活性な分光学的手法の一つである振動和周波発生(Vibrational sum-frequency generation: VSFG)分光により、プラズマ-水界面を対象とし診断を行った。和周波の発生は反転対称性を有さない媒質でのみ起こり、気相と水が接するような系では水最表面から数分子層程度の深さまでがこの条件を満たす。

本解説ではプロセスにかかわるプラズマの諸要素(電界、高エネルギー粒子等)のうちプラズマ生成活性種(OH, $O_3$, $NO_x$等)に着目する。

## 実験方法

実験構成を図 1 に示す。VSFG 分光には可視レーザー(波長:532 nm, 強度: ~3 mJ/pulse)と波長可変赤外レーザー(波長: 3100~3800 $cm^{-1}$, 強度: ~1 mJ/puse)を用いた。それぞれ発振周波数 10 Hz、パルス幅 3~5 ns である。これら二種のレーザーを水面に同時に照射した。水表面分子振動と赤外レーザーの周波数が共鳴するときに VSFG 光は増強される。発生した VSFG 光は光電子倍増管で検出を行った。

また、空気中での誘電体バリア放電(Dielectric barrier discharge: DBD)により(電圧波形：矩形、ピーク電圧：10 kV、周波数：4 kHz、Duty 比：50%)、活性種を生成し水面へ供給した。

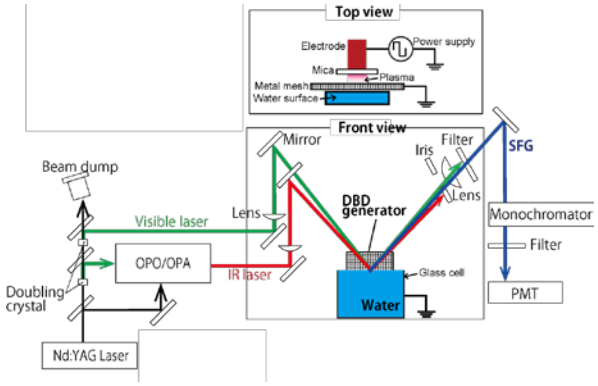



図 1 、実験装置図

## 結果・考察

プラズマを生成していない時の VSFG スペクトルを図 2 に示す。表面水分子の OH 伸縮振動に起因する 3 つのピークが見られる。一方、プラズマを生成し活性種を水面へ供給すると各ピーク強度が低下する傾向が得られた[3]。

表面水分子群は図 3 に示すような 3 つの構造を形成することが知られている。これらはそれぞれ①Free OH 構造(共鳴周波数 3700 $cm^{-1}$)、②Liquid-like 構造(共鳴周波数 3400 $cm^{-1}$) ③Ice-like 構造(共鳴周波数 3200 $cm^{-1}$)と呼ばれる。

現所属：[1]学習院大学理学部、[2]東京大学大学院新領域創成科学研究科

Free OH 構造は水素原子を気相に向け水素結合をしていない OH 結合を有する水分子、Liquid-like 構造はバルク水中にも存在する歪んだ四面体配位を有する構造、Ice-like 構造は氷にみられる四面体配位を有する構造である( ただし Ice-like 構造の帰属については未だ議論がある)。①の構造については表面第一層にのみ、②③の構造については水最表面から三層程度存在する[4]。

プラズマを生成した際の VSFG シグナルの低下の原因は、活性種供給による界面における水分子数の相対的な減少、水分子の他分子への変化、水分子配向方向の乱雑化(非反転対称性の低下)等が考えられる。また、活性種供給中に低下する VSFG シグナルであるが、プラズマの生成を停止すると各ピーク強度ともに回復する傾向が見られた。

水中にイオンが溶解した際、水分子からの VSFG シグナルが低下することが報告されているが、例えば、硫酸イオンでは $5\times10^5$ ppm 程度以上の濃度が必要となる [5]。しかし、本実験ではプラズマ生成後の溶質濃度は例えば $NO_x^-$イオンで数 ppm 程度(プラズマ生成 500 秒後)であり、シグナル低下を引き起こすほどの濃度ではなかった。我々は、気相より供給された活性種は吸着等により水表面に滞在し、局所的な密度上昇を引き起こしているものと考えている。

今後、界面における濃度上昇の確認や、それを用いた特殊反応場の形成に展開していきたい。

**謝辞**　本研究は、科学研究費補助金等の助成を受けて行われました。

**参考文献**

[1] T. Shirafuji, A. Nakamura and F. Tochikubo; Jpn. J. Appl. Phys., 53 (2014), 03DG04.

[2] P Rumbach, D. M. Bartels, R. M. Sankaran and D. B. Go; Nat. Comm., 6 (2015), 8248.

[3] T. Kondo, M. Tsumaki, W. A. Diño and T. Ito; to be submitted.

[4] A. Morita and T. Ishiyama; Phys. Chem. Chem. Phys., 10 (2008), 5801.

[5] S. Baldelli, C. Schnizer, M. J. Shltz and D. J. Cambell; J. Phys. Chem. B, 101 (1997), 10435.

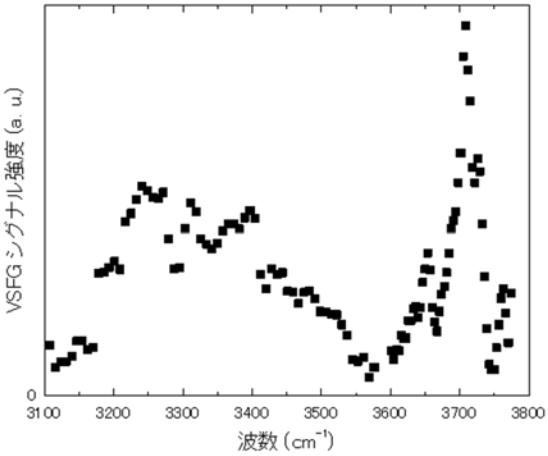



図 2、水表面の VSFG スペクトル

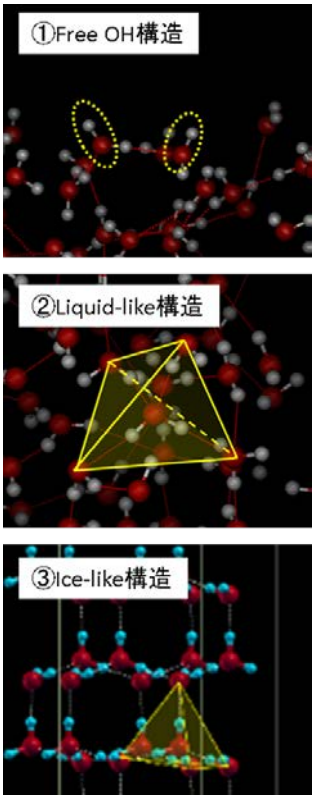



図 3、表面水分子構造模式図
①Free OH 構造 (~3700 $cm^{-1}$), ②Liquid-like 構造(~3400 $cm^{-1}$), ③Ice-like 構造(~3200 $cm^{-1}$)

応用物理学会講演奨励賞

# 水/有機溶液中ソリューションプラズマによる金ナノ粒子高速合成

信大工・信大環エネ研　簾 智仁

## はじめに

ソリューションプラズマは、グロー放電を溶液中で発生することのできる新しい反応場である。我々はプラズマを、溶液を高温化することなく、溶液中に生成することに成功した。ソリューションプラズマは、溶液中に対向させて浸漬した針電極間に、パルス型の高電圧を印加することで生成した気泡中にプラズマが生成される。この気泡は、電極への高電圧の印加により発生するジュール加熱によって、溶媒が気化することで電極間に生成する。このようにして発生したプラズマ中からは、溶媒の種類に応じたラジカル種や電子、紫外線が発生し、溶液中に拡散していくため、溶液中の溶媒分子やイオンと反応を起こすことが可能となる。

これまでに、水溶液中でソリューションプラズマを発生すると、主として水素ラジカルが生成し、金属イオンを還元することで金属ナノ粒子が生成することが分かっている[1]。このとき、プラズマ周辺でのみ反応が起こり、粒子の成長がクエンチされることで、保護剤を添加することなくナノ粒子を合成することができる。金属ナノ粒子の合成手法として最も多く研究されてきたクエン酸法に代表されるように、粒径の制御は保護剤の添加によるものがほとんどであった。これは、ナノ粒子が生成する際、原料である金属イオンの還元により核生成・成長が起こると、その粒子表面に残存の金イオンが吸着し、その状態でさらにイオンが還元されて粒成長するため、保護剤により強制的に成長を抑制するためである。一方、ソリューションプラズマでは、上述のように、プラズマから離れると粒成長が停止するため、プラズマ近傍での核生成、つまり金属イオンの還元反応速度が重要であると考えられる。しかし、ソリューションプラズマにおける反応速度の制御因子は明確ではない。そこで、本研究では、溶液の種類や組成がソリューションプラズマにおける反応に与える影響に着目した。

アルコールと水は、互いに溶解し、巨視的には均一に溶けているように見える。ところが、微視的には、水にアルコールを少量加えると、アルコール分子のみでクラスターを形成し、その周りを水分子が囲むようにして安定化していることが分かっている。このような微視的な溶液構造は、粘度や表面張力、蒸気圧といった溶液の物理化学的物性に影響を与える[2]。

以上を踏まえ、本研究では、これまで主に用いられてきた水溶液に種々のアルコールを添加することで、溶液の物性がナノ粒子の生成速度と粒子径に与える影響について調査した。

## 研究内容

エタノールー水混合溶液中で塩化金酸イオンを原料とし、金ナノ粒子の合成を行った。結果、少量のエタノール添加によって急激にナノ粒子の生成速度が増加することが分かった。特に、三価の金イオン（$Au^{III}$）の減少速度はエタノールのモル分率($\chi_{ethanol} = 0.089$)において最大となり、水溶液中（$\chi_{ethanol} = 0$）での合成の 35.2 倍程度大きな値であった(図 1)。特に、興味深い点は、この反応速度の極大値を示すとき、溶液の微視的な溶液構造の変化が極めて大きいときに観察されるという点である。この現象は、メタノール、2ープロパノ

ールを用いたアルコール－水混合溶液についても同様に起こることが分かった。さらにこのとき、生成したナノ粒子の平均粒子径は極小値を示した(図 1)。ナノ粒子生成に関する既存の反応モデルを当てはめることで反応機構を解析すると、上記の特異点を示すとき、ナノ粒子の生成速度は金イオンの還元過程が律速となることが分かった。つまり、エタノールの添加によって金イオンの還元速度が上昇することで、核密生成する核密度が増加することで、最終的に生成する粒子の粒子径が減少したことが明らかとなった。

続いて、上記で述べたエタノール－水混合溶液中において、金イオンの還元反応に寄与するラジカルを、電子スピン共鳴（ESR）によって明らかにした。水溶液中では H ラジカル、OH ラジカルが生成したのに対し、混合溶液中ではヒドロキシエチルラジカルが新たに生成し、$\chi_{ethanol}$ = 0.089 においてその生成量が極大値を示した。このエタノール組成は、金イオンの減少速度が極大値を示す条件と一致した。また、全エタノール濃度に渡って、ヒドロキシエチルラジカルの生成量と金イオンの還元速度が比例関係にあることから、金イオンの還元反応は、このヒドロキシエチルラジカルの寄与が大きいことが示唆された。

最後に、ヒドロキシエチルラジカル生成量のエタノール濃度依存性を明らかにするために、以下の反応機構を考えた。（1）気相中における分解反応、（2）プラズマからの紫外線発生をきっかけとするバルク溶液中での連鎖反応、（3）気液界面での反応。反応機構（1）については、各組成における発光スペクトルと生成ガスの分析結果から考察した。エタノール組成の増加に伴い、エタノール分子の分解に伴うラジカル（$C_2$や CH）と、気体分子（$H_2$、$CH_4$、$C_2H_4$、$C_2H_6$、$CO_2$）の増加が確認された。しかし、これらの生成量は単調に増加し、エタノールモル分率 0.37 において急激に減少した。ヒドロキシエチルラジカルの生成量が示したような極大値は示さなかったことから、気相での分解反応に伴うヒドロキシエチルラジカルの生成は無視できると結論づけた。さらに、反応機構(2)の検証のため、石英管に金イオンを溶解した溶液を添加し、プラズマの近傍に近づけ、金イオンの減容を調査したが、現象はほとんど起こらなかった。以上の結果から、金イオンの還元反応を誘導する紫外線の影響も無視することができると考えた。反応機構（3）について述べる。溶液中の微視的構造の変化は、気液界面の分子密度に影響を与えることが知られている。よって、気液界面の分子濃度を考慮するために、エタノール分子の表面過剰量を計算した。結果、低エタノール濃度におけるエタノール分子の表面過剰量は、ヒドロキシエチルラジカルの生成量と非常に高い相関関係を有することが分かった。これより、ヒドロキシエチルラジカルは、プラズマ中で気体分子の分解によって生成したラジカルが拡散し、気液界面のエタノール分子と反応することで生成すると結論付けた。

以上より、溶液中で発生するプラズマを利用した反応場であるソリューションプラズマでは、溶液の微視的構造を調整することが、金属ナノ粒子の生成における反応速度ひいてはサイズの制御にとって重要な因子となることが明らかとなった。

## おわりに

この度は、本講演につきまして大変栄誉ある第 39 回応用物理学会講演奨励賞を頂きましたこと、並びに本講演をご支持下さいましたご審査員の先生方に対し、心から感謝を致します。また、本講演は、名古屋大学博士後期課程在籍時の研究内容であります。研究を進めるにあたり、齋藤永宏教授(名古屋大学)、上野智永助教(名古屋大学)に多くのご指導を賜りました。この場をお借りして厚く

お礼申し上げます。

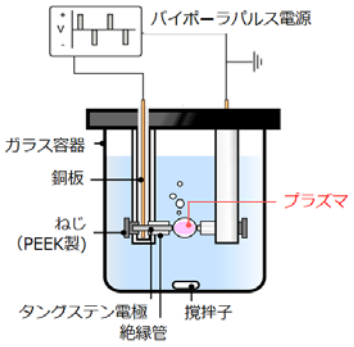



図 1 ソリューションプラズマ装置図

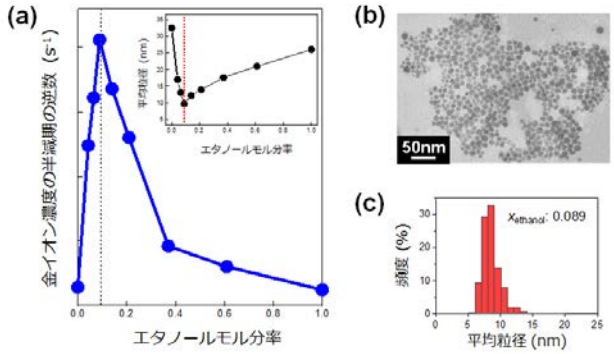



図 2 金イオンの減少速度と平均粒子径のエタノール濃度依存性：(a)、エタノールモル分率 0.089 において生成した金ナノ粒子の TEM 像：(b)とその粒度分布：(c)

**参考文献**

[1]N. Saito, J. Hieda and O. Takai, *Thin Solid Films*, 518, (2009), 912.

[2]荒川 泓, "*4℃の謎*", (北海道大学図書刊行会)

応用物理学会講演奨励賞

# PS-PVD による Ni エピタキシャル直接担持 Si ナノ粒子の Li 二次電池特性向上機構

東京大学大学院 工学系研究科　深田 航平、
（東京大学大学院 工学系研究科　太田 遼至、神原 淳）

## はじめに

次世代 Li 二次電池負極材料として、現行グラファイト負極の 10 倍の理論容量を持つ Si が注目されている。しかし Si は充放電反応に伴い 400%もの体積変化を生じ、粒子が応力に耐えきれず微粉化してしまうため、導電パスを失い数サイクルで急激な容量低下を引き起こす。この解決策として負極活物質のナノ粒子化[1]及び複合構造化が効果的であると報告されている。種々のナノ粒子製造技術の中でも高スループットが期待できるプラズマスプレーPVD (PS-PVD) により、廉価な冶金級 Si 粉末の完全蒸発及び水冷捕集器での急冷凝縮を経て、Si ナノ（20-40 nm）複合粒子生成と電池のサイクル特性向上が確認されている [2]。また PS-PVD 原料を Si-Ni 混合粉末とすることで、急冷共凝縮により Si 一次粒子上へ Ni が不均質核生成し、Si/$NiSi_2${100} エピタキシャル界面を有する ”エピ担持ナノ粒子” となり、更なるサイクル特性向上が確認された [3]。産業展開性と電池特性を兼ね備えた製造プロセスの素地が報告された上で、更なる特性向上に向けて本研究では、①エピ担持ナノ粒子とエピでない担持のみのナノ粒子作製、②充放電に伴う各粒子の構造変化の比較、③分子動力学計算を用いた Si の Li 合金化過程解析を行い、Ni エピ担持 Si ナノ粒子の高容量発現機構解明を目指した。

## 研究内容

①既往の PS-PVD 条件と対比して、半球式急冷捕集器を導入した急冷条件でも実験を行い、エピ界面を持たない担持粒子作製を試みた。急冷捕集器内における熱流体計算の結果、従来条件では、Si 核生成（2187 K）直後の 2200-1200 K 範囲での冷却速度は 2-8×$10^4$ K/sec である。一方、急冷条件では、核生成温度 ： 2167 K、冷却速度 ： 2-8×$10^5$ K/sec と、冷却速度が 1 桁増加するという環境が予測され、粒成長抑制及び $NiSi_2$生成抑制が期待された。

電池試験の結果、急冷条件では微細化による容量維持性向上は現れたが、エピ界面による特性向上は現れなかった。実際、得られた粒子の TEM 観察及び EELS 線分析により、急冷条件では担持構造は形成するもののエピ界面を持たないことが確認された。

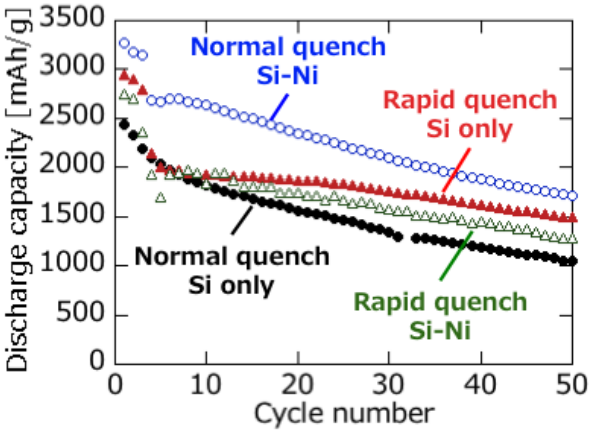



**Fig.1 充放電サイクル試験結果**

②エピ担持ナノ粒子から作製したハーフセルのインピーダンス測定から、Ni エピ担持により負極

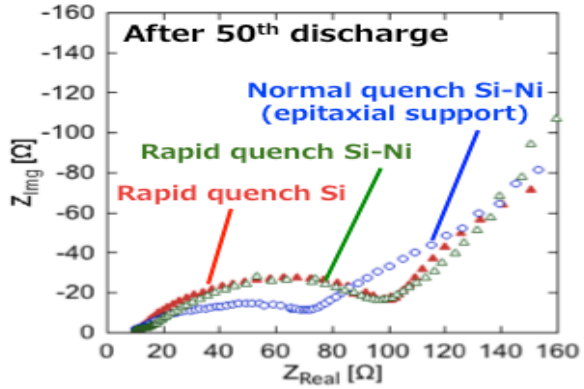



**Fig.2 インピーダンス測定結果**

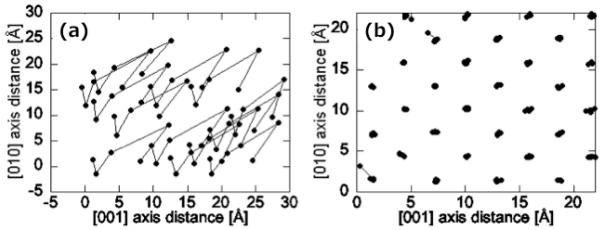



**Fig.3 Li 吸蔵に伴う各 Si の(100)面上移動軌跡**
**(a) 固定相なし、(b) 固定相あり**

の抵抗に起因する半円[4]が小さくなっており、導電性向上が確認されている。充放電サイクル試験後の電池を分解し取り出した負極の XRD 測定の結果、Si のみの粒子では初回充放電で c-Si ピークが消失していた。一方、エピ担持粒子では 50 サイクルまでの充放電で c-Si ピークが維持されたことから、$NiSi_2$が核となり、エピ面上で c-Si 生成を促進すると考えられる。活物質 Si と金属化合物 $NiSi_2$が常に面で接触するため導電性が大きく向上し、電池反応に寄与できる活物質量が増加した可能性が高い。

③Si/$NiSi_2${100}エピタキシャル界面による、充電時の Si の<110>異方性膨張抑制の可能性を考察するため、分子動力学（MD）シミュレーションを用いて Si 中への Li 拡散に伴う構造変化を解析した。計算対象は、$NiSi_2$相を模して一部分を固定相とした結晶 Si512 と液体 Li2160 を{100}面で張り合わせた拡散対とした。Li/Si~0.1 程度の領域の、2200-3000 ps における 200 ps 間隔での軌跡をプロットしたところ、固定なしでは[011]方向への異方性膨張と思われる挙動が見られた。一方、固定ありでは原子の移動がほぼ見られず、エピ担持による異方性膨張抑制効果が示唆された。

## おわりに

本研究では、PS-PVD における冷却能力向上により Si ナノ粒子の更なる微細化を可能にし、特性向上を実現した。また Ni エピ担持構造の効果を解析することで、長期サイクル後での c-Si 維持及び充電時の Si 異方性膨張抑制を確認し、特性向上機構を推察した。PS-PVD プロセスにおける適切な温度制御により、更なる高特性を示す Si-Ni 系ナノ複合粒子の高スループット作製の可能性も秘めており、本 PS-PVD プロセスが電池産業を牽引する技術となることを願ってやまない。

## 謝辞

本研究内容は、2016 年第 63 回応用物理学会春季学術講演会で発表させていただき、第 40 回応用物理学会講演奨励賞をいただいたものです。本講演がご審査下さった先生からのご支持をいただけましたことを、大変光栄に思っております。また、本研究を進めるにあたり、神原淳准教授にご指導を賜るとともに、渋田靖准教授（東京大学）にご助言を賜りました。この場をお借りして深く感謝申し上げます。

## 参考文献

[1] J. Graetz et al.: *ElectroChem. Lett.* **6** (2003) A194
[2] M. Kambara: *J. Appl. Phys.* **115** (2014) 143302
[3] M. Kambara et al.: *Ency. Plasma Process.* (2016) inprint
[4] S. Plimpton: J. Computational Phys. 117 (1995) 1

**国際会議報告**

# 第 69 回気体エレクトロニクス会議
# 69th Annual Gaseous Electronics Conference (GEC69)

**北海道大学　佐々木 浩一**

2016 年の Gaseous Electronics Conference (GEC)は、10 月 10 日から 14 日に、ルール大学ボッフム校(ドイツ)において開催されました。発表論文数は、ポストデッドライン採択分を併せての合計で 525 件を数え、反応性プラズマ国際会議(ICRP)との合同開催の回を除けば、過去の GEC において最大規模となりました。講演会場には聴衆が多く、毎回のポスターセッションではビールとワインが無制限に提供され、マスコミの取材が入り、実行委員長の Uwe Czarnetzki がテレビや新聞に登場するなど、従来の GEC よりも華やかで活気があり、大成功の学会であったと思います。

国別の論文投稿数は、アメリカが 110 件で首位を守り、2 位はドイツの 72 件で、我が国は 68 件の 3 位に後退しました。今回は地元開催のドイツから多くの論文が投稿されましたが、我が国は GEC において長年にわたって米国に次ぐ第 2 位の論文数を維持してきた経緯があり、次回以降の巻き返しが重要になるものと思います。その他では、韓国からの約 30 件の投稿が目立ちました。韓国においても基礎研究にこれまで以上の注意が払われてきていることのあらわれだと思います。また、中国からも相当数の投稿がありました。

プログラム編成を担当して驚かされたのですが、今回の GEC においては、ついに、大気圧プラズマに関連した論文の数が減圧プラズマに関連した論文の数を上回りました。セッション会場においても、従来は反応性プラズマ分野の花形であったエッチングやプラズマ CVD のセッションにおいて聴衆が少なかったように思います。この傾向は今後しばらく続くものと考えられます。

プレナリーにあたる GEC Foundation Talk では、Hungarian Academy of Sciences の Zoltan Donko が容量結合プラズマの加熱機構に関する講演を行いました。我が国においてもかつては高い関心が持たれた研究課題ですが、それを今日に至るまで研究し続け、素晴らしい科学に仕上げたことには感心させられました。

招待講演者は 30 名で、そのうちの 6 件が我が国からの招待講演となりました。エレクトロニクス分野、プラズマ計測分野、プラズマ医療・農業分野での招待講演でしたが、いずれも質の高い発表で、我が国の反応性プラズマコミュニティの研究レベルの高さを示すことができたものと思います。招待講演の中で筆者の目を特に引いたのは、Thomas Trottenberg による “Measurements of the momentum flux from a low-temperature plasma to a surface”であったと思います。プラズマから材料に達する粒子が材料表面に及ぼす力が計測可能な量であると言うことは、多くの方がお気づきで無かったのでは無いでしょうか？　講演終了後の質疑ではたくさんの賞賛の発言がありました。真にオリジナリティの高い研究をして、それを GEC で発表すれば、必ず高い評価を得られるということの証であると思います。

次回の GEC は、別稿でご案内するとおり、2017 年 11 月 6 日から 10 日に、ペンシルバニア州のピッツバーグ市において開催される予定です。多くの方が次回の GEC に出席されることに期待いたします。

**国際会議報告**

# The 23rd Europhysics Conference on Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases (ESCAMPIG XXIII)

**愛媛大学 八木秀次**

ESCAMPIG (European Conference on Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases:ヨーロッパ電離気体原子分子物理会議) は、プラズマ間やプラズマ-表面間の反応における原子・分子反応からプラズマ中における自己組織化の領域、また低圧や高圧力下におけるプラズマ源の新しい研究のトピックを扱うと共に、宇宙プラズマや地球上や大気上層における放電プラズマもカバーしている。第23回目の同会議がスロバキア(Slovakia)の首都ブラチスラバ(Bratislava)で2016年7月12日から16日まで開かれた。今回、ブラチスラバのコメンスキー大学(英名: Comenius University)の実験物理学科により会議が組織されました。また、会場はブラチスラバ市の歴史地区に近いHotel Saffronで全ての講演、ポスターセッションが行われた。スロバキアでのこの会議は第3回1976年(Bratislava)、第12回1996年(Poprad)に続き20年毎に開かれている。

招待講演(7件)、一般講演(8件)、ホットトピック講演(11件)、ワークショップ(10件)、ポスター(145件)があり、扱われたトピックは以下の通りである。各末尾の数字は発表件数である。

1. Atomic and molecular processes in plasmas(27)
2. Transport phenomena, particle velocity distribution function(6)
3. Physical basis of plasma chemistry(4)
4. Plasma surface interaction (boundary layers, sheaths, surface processes)(16)
5. Plasma diagnostics(31)
6. Plasma and discharges: theory and simulation(26)
7. Self-organization in plasmas, dusty plasmas(17)
8. Upper atmospheric plasmas and space plasmas(5)
9. Low pressure plasma sources(14)
10. High pressure plasma sources(20)
11. Plasma and gas flows(8)
12. Laser produced plasmas(6)

参加者は一般162名、学生40名で、28カ国(内EU18)から来ており、主な国としてはFrance：22名、Slovakia: 21名、Czech Republic: 14名など、日本からも9名参加し、その他、アジア、アメリカやアフリカからも参加していた。

William Crookes Prizeは、"Modeling of $N_2$-$O_2$ plasmas – volume and surface kinetics"の講演が低温の分子プラズマのモデリングへの顕著に寄与するものとして Prof. Vasco Guerra (リスボン工科大学)に送られた。また、EPS Poster Prizeは、Mrs. Anita Ribar (インスブルック大学)に、"Electron attachment to doped Neon clusters"の研究について、またEPS Young Researcher Grantsは、Dr. Joao Santos Sousa (パリ・サクレー大学)の"Electron properties in atmospheric pressure plasma jets determined by Thomson scattering"、およびDr. Goran Sretenović (ベルグラード大学)の"Electric field diagnostics of helium plasma jets"に対して各々贈られた。

ESCAMPIGは、名前の通りヨーロッパでのみ開催され、第24回は、2018年にグラスゴー(UK)の予定である。日程は未定であるが、例年に従うと7月第3週の火曜から土曜日ということである。

**国際会議報告**

# 第 21 回気体放電とその応用に関する国際会議
# 21st International Conference on Gas Discharges and their Applications (GD2016)

**室蘭工業大学大学院工学研究科　佐藤 孝紀**

標記国際会議が、2016 年 9 月 11 日～16 日の期間で愛知県名古屋市の名古屋大学で開催された。この会議は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あり、2～3 年毎にヨーロッパの各国を中心に開催されてきた。昨今の国際会議ではポースタープレゼンテーションが増える傾向にあるが、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も守り続けられ、今回の第 21 回開催を迎えた。

GD2016 は、電気学会 A 部門および B 部門の主催で開催され、名古屋大学の松村年郎先生が組織委員長と実行委員長、東京大学の日高邦彦先生がプログラム委員長と組織副委員長、名古屋大学の横水康伸先生が現地委員会委員長を務められるとともに、多くの電気学会員の方が GD2016 開催に携わられました。また、東大 日高先生は GD2016 の Executive Management Committee (EMC) および International Scientific Committee (ISC) メンバーとしてもご尽力され、下名も ISC およびプログラム委員会のメンバーとして運営に参加させて頂いた。

9 月 12 日午前 9 時に名大 横水先生の司会で Opening Ceremony が始まり、GD2016 が正式にスタートしました。Welcome address として Cardiff 大学 J. E. Jones 先生（EMC)、東大 日高先生(IEEJ)、名大 松村先生 (LOC & 名大)からご挨拶がありました。写真は Opening Ceremony の様子である。

会議では以下に示す 6 件の招待講演があり、2 件が日本の研究者でした。

① “Lightning Observations at Tokyo Skytree”, T. Shindo, T. Miki, M. Saito, M. Ishii (Japan)

GD2016 Opening Ceremony

② “Ionic Wind and Electrohydrodynamic Force Produced by Corona and Barrier Discharges – Application to Ion Gas Pump and Flow Control by Plasma Actuators”, E. Moreau, N. Benard (France)

③ ”Two-Way Plasma–Surface Interactions and their Importance in Thermal Plasma Processes", A. B. Murphy (Australia)

④ ”Subnanosecond Breakdown of High-Pressure Gases Initiated by Runaway Electrons”, M. I. Lomaev, V. F. Tarasenko and D. V. Beloplotov. (Russia)

⑤ “Transport of Charged Particles in Gaseous and Liquid Systems: Theory, Experiment and Self-Consistent Cross-Section Sets”, D. Cocks, G. Boyle, M. Casey, N. Garland, D. Konovalov, P. Stokes, M. J. Brunger, S. J. Buckman, J. De Urquijo, S. Dujko, G. Garcia, R. P. Mceachran, Z. Lj. Petrovic, R. D. White (Australia)

⑥ “Numerical Study on Decaying Gas-Blast Arcs in Various Quenching Gases”, T. Fujino, Y. Yatabe, S. Taruishi, Y. Tanaka, K. Tomita, K. Suzuki (Japan)

（下線は講演者）

一般の発表論文総数は 175 件となり、A～M のカテゴリーに分けられ、パラレルセッションで発表が進められた。アーク放電に関する発表件数が多いのがこの国際会議の特徴であるが、今回は 69 件と特に多く、開催期間の全ての日でアーク放電のセッションが組まれていた。

| | | |
|---|---|---|
| A | Arcs | 69 |
| B | Corona, Barrier & Surface Discharges | 25 |
| C | Glows and Breakdown | 11 |
| D | High Pressure Plasma and Applications | 7 |
| E | Low Pressure Plasma and Applications | 2 |
| F | Environmental and Medical Applications | 16 |
| G | Pulsed-Power Applications | 9 |
| H | Light Sources | 1 |
| I | Lightning | 4 |
| J | Test Techniques and Diagnostics | 5 |
| K | Fundamental Processes and Cross-Section | 10 |
| L | Emerging and Topical Applications of Gas Discharges | 7 |
| M | Measurement Techniques | 3 |

会議への参加者総数は 247名で、各国の参加者は、Australia (3), Canada (4), China (44), Czech Republic (2), France (17), Germany (12), Japan (131), Korea (7), Norway (2), Russian Federation (3), Sweden (5), Switzerland (4), U.K.(11) であった。

9月16日正午から金沢大学 田中康規先生の司会で Closing Ceremony が始まり、Jones先生および日高先生から発表論文数、参加者数などの報告があり、GD2016が成功裏に終了したことが報告され、会議終了となった。

**国際会議報告**

# 18th International Congress on Plasma Physics (ICPP 2016)
# 第 18 回プラズマ物理学国際会議

**大阪大学　浜口智志**

第 18 回プラズマ物理学国際会議（以下、「ICPP2016」と略記）が、2016 年 6 月 27 日（月）から 7 月 1 日（金）の日程で、台湾・高雄（Kaohsiung）の高雄展覧館（Kaohsiung Exhibition Center）で開催された。会議本部ホテルは、近隣にある 85 スカイタワーホテル（85 Sky Tower Hotel：君鴻國際酒店)で、会議前日のレセプションはこのホテルで開催された。発表件数は、約 360 件、参加者数は約 400 名であった。会議の詳細や会議中の写真は、現在もホームページ

http://www.isaps.ncku.edu.tw/ICPP2016/

に掲載されている。

今回で 18 回を迎える ICPP は、プラズマ物理学の幅広い分野の最新の成果を議論する場として、1980 年に第 1 回の会議が名古屋で開催された。それ以降、ほぼ 2 年おきに世界各地で開催されている。アジアで開催されるのは、2008 年に福岡で開催されて以来 8 年ぶりとなる。

今回の会議では、実行委員長の C. Z. (Frank) Cheng 教授（国立成功大学：台湾）の意向で、プラズマ応用分野の発表を特に積極的に誘致した。プラズマプロセシングを多用する半導体生産工場が、台湾を中心とするアジア地域に近年集積していることを意識して、地域のニーズに応える会議の開催を目指したもので、実際、台湾国内からも、関連分野の多くの発表があった。

プログラムは、ほぼ連年通りの構成で、以下の８つの分野にわけて、講演が行われた。

(I) Magnetic Confinement Plasmas,
(II) Beam and Laser Plasma,
(III) Space Plasmas,
(IV) Astrophysical Plasmas,
(V) Basic Plasma Physics,
(VI) Plasma Diagnostics & Space Instrumentation,
(VII) Low Temperature and Dusty Plasmas,
(VIII) Plasma Applications

このうち、(VI), (VII), (VIII) は、本分科会にも、とりわけ関連が深い。

近年プラズマ物理学も細分化・専門化が進み、分野を横断しての人的交流も少なくなる中、プラズマ物理学が新規の挑戦的な課題を見つけて更なる発展を続けていくためには、プラズマ物理学内での「異分野」交流は必要不可欠だと思われる。ICPP は、こうしたプラズマ物理学内での幅広い学術的・人的交流に取り組む数少ない国際会議であり、今後のますますの発展が期待される。

次回の ICPP は、2018 年夏にカナダのバンクーバーで開催される予定である。

高雄展覧館（会議場）からみた高雄港。（写真提供：ICPP 事務局）

**国際会議報告**

# 6th International Conference on Plasma Medicine (ICPM6)

**名古屋大学　田中　宏昌、堀　勝**

第 6 回プラズマ医療国際会議（ICPM6）が 2016 年 9 月 4 日～9 月 9 日の 6 日間にわたりスロバキアの首都 Bratislava 市内に位置する Slovak University of Technology (STU)のキャンパス内（図 1）で Prof. Zdenko Machala と Prof. Karol Hensel を委員長として開催された。

図 1 ：ICPM6 の会場となった Slovak University of Technology (STU)

International Conference on Plasma Medicine (ICPM)はプラズマ医療をテーマとした国際会議である。最初の 2 回は Prof. Alexander Fridman と Prof. Gary Friedman により 2007 年米国 Corpus Christi 市および 2009 年米国 San Antonio 市において開催された。2009 年には International Society for Plasma Medicine (ISPM)が結成された。引き続き、2010 年には ICPM-3 がドイツ Greifswald 市、2012 年には ICPM-4 がフランス Orleans 市で開催された。2014 年には ICPM-5（委員長：浜口智志教授）が奈良市にて開催された。

我が国では 2012 年 10 月に文部科学省新学術領域「プラズマ医療科学の創成」（領域代表：堀勝教授）が立ち上がり、それ以降 ICPM への我が国の貢献度は爆発的に上昇した。採択時（2012 年 ICPM-4）では日本の発表件数は 24 件（総数 226 件）であったのに対し、2014 年には 107 件（総数 304 件）となり、本国際会議（ICPM-6）では海外開催であるにも関わらず日本からの参加者数が 76 人（総数 358 人）と世界第一位となった。

ICPM6 においては以下の 10 個のトピックが設けられ、トピックごとにポスター発表が行われた。

1. Medical treatment with plasmas
2. Plasma-cell and plasma-tissue interactions, biological reactions
3. Plasma-based sterilization/decontamination
4. Agricultural and food applications of plasmas
5. Pharmaceutical applications and biochemical/biomolecular engineering with plasmas
6. Plasma-surface interactions and surface functionalizations for biomedical applications
7. Fundamentals of atmospheric plasmas
8. Plasma sources for biomedical applications
9. Plasma and liquid diagnostics and sensors
10. Modeling and numerical simulations

基調講演（Plenary Lectures）は 5 件、招待講演（Invited Lectures）は 29 件、口頭発表は 70 件、ポスター発表は 212 件行われた。

基調講演として、名古屋大学の豊國伸哉教授から” Insight into chemical reaction mechanism

in plasma medicine from viewpoints of oxidative stress”と題し、酸化ストレスに基づくプラズマ医療に関するご講演、INP Greifswald の Prof. Jürgen Kolb から” Cell to cell communication affected by electric pulses and plasmas”と題し、電界パルスによる細胞への影響に関するご講演、University of South Australia の Prof. Robert Short から” Opportunities for plasma technologies in cell therapy and wound healing”と題し、プラズマによる創傷治癒に関するご講演、University of Bologna の Prof. Matteo Gherardi から” Plasma treatment in dentistry”と題し、プラズマ歯科治療に関するご講演、Drexel University の Prof. Vandana Miller から” Plasma onco-immunotherapy: The future of cancer treatment?”と題し、プラズマがん免疫治療に関するご講演を頂いた。

ICPM6 において ISPM 委員会のメンバーの入れ替わりがあった。ISPM は現在 15 人のメンバーからなり、6 年を任期としている。今回 5 人のメンバーが入れ替わることになり、産総研の池原譲教授が新しく任命された。大阪大学の浜口智志教授も再任された。名古屋大学堀勝教授は残留し、15 人の ISPM メンバーうち 3 人は日本人が占める形になった。

ICPM6 では Young Researcher Presentation Award (YRPA)と呼ばれる若手の研究者に向けた賞が設けられ、112 件の候補のうち、名古屋大学飯田真智子先生（図２）と東北大学佐々木翔太様を含む 7 件が受賞した。

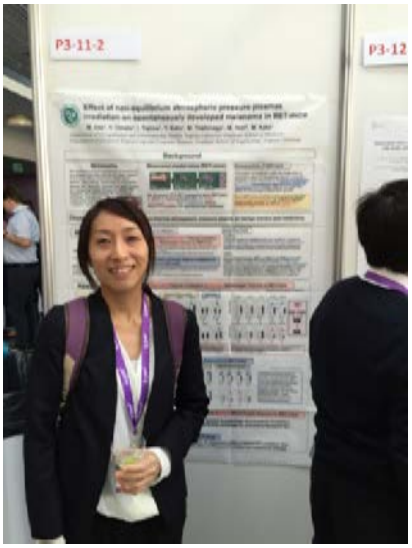



図２：YRPA を受賞された名古屋大学飯田真智子先生

次回の ICPM7 は、米国 Drexel 大学にて 2018 年に開催予定である。

**国際会議報告**

# HAKONE XV
# International Symposium on High pressure Low temperature Plasma Chemistry

**上智大学 小駒益弘**

International Symposium on High pressure Low Temperature Plasma Chemistryは1987年のISPC8（東京）の裏会議として箱根で初回が開催されたので通称HAKONE会議と呼ばれている国際会議である。当初両会議は同じ年に開催されていたが、現在はISPCの次の年に開催されるようになっている。今年度は9月11日から16日の間、チョコ共和国のBrno市で開催された。主催LOCはMasaryk Universityで、大会委員長は同大のMirko Černákである。現地は湖のそばのリゾートホテルであったが、意外にも気温が高く、参加者は皆、クーラーの効かないホールで、汗だくで熱心に討論を行った。本会議発祥時における提唱者の一人であり、長年にわたり議長を務められてきたDr.Urlich Kogelschatz氏が会議直前に逝去されたこともあり、追悼の意を強く含んだ会議となった。なお出席者総数は約130名で、その内日本人参加者は15名であった。

HAKONE会議は基本的に高気圧低温プラズマが中心となるので、トピックは以下のようである。

1. Fundamental Problems of High Pressure Discharges.
2. Modelling and Diagnostics.
3. Molecular Synthesis and Decomposition.
4. Ozone Generation and Applications.
5. Generation of Radiation in High pressure Discharge.
6. Depolution and Environmental Applications.
7. Surface Processing and Technology.
8. Biological Applications.
9. Miscellaneous.

各トピックに応じKeynote 招待講演・一般口頭講演および一般ポスター発表を行った。招待講演(Plenary Invited Lecture) は各トピック毎ではないが、各々当日の内容に即した以下のような第一線の報告が選ばれた。

Plasma Based $CO_2$ Conversion: a Combined Modeling and Experimental Study.
A. Bogaerts,

Confined Atmospheric Plasma Sources for Activating gases, Liquid and Tissue.
M. J. Kushner

Non-Thermal Plasma Combined Catalysts for Environmental Technology.
A. Mizuno

Measurement of Electric Field in Atmospheric Pressure Discharges using Stark Polarization Spectroscopy.
B. M. Obradović,

Optical Emission Diagnostics for Nanosecond Microdischarges at Atmospheric Pressure.
Y. K. Pu

Lateral Patterns in Glow- Like Barrier Discharges.
R. Wild

出展企業によるPresentationも行われたが、紹介された機器に多くの質問がなされ、良い企画であったと思う。HAKONEは小規模会議の特徴を生かした単一会場なので、各講演もハイレベルな質問が飛び交って大変活発に行われた。次回（2018）は中国（場所未定）での開催に決定された。

写真 1
Brno 駅前の教会、市はプラハに次ぐチェコ第二の都市であるが、中世の雰囲気を残した静かなたたずまいを見せる。

写真 2
バンケットで披露されたチェコ民族音楽と舞踊の様子。お決まりの参加者を巻き込んだダンスが続いた。

**国内会議報告**

# 第 10 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

名城大学　平松美根男

国立中央青少年交流の家（静岡県御殿場市）において、平成 28 年 8 月 31 日（水）～9 月 2 日（金）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 10 回目の開催となりました。今回の受講者は 47 名で、うち女性 4 名、企業からの参加は 4 名でした。

斧高一先生による特別講座、ならびに、6 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の最前線までの講座に加え、松田朝彦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 5 名が優秀ポスター賞に選出されました。

参加者の皆様、講師の先生、本企画の運営にご尽力戴きました担当幹事の皆様には御礼申し上げます。

**ポスター賞受賞者**（敬称略）

井上健一（東京大）、木村豊（東北大）、齊藤義典（岩手大）、田中優太（名城大）、和藤勇太（東北大）

**講座内容**（講師名敬称略）

特別講座：

「プラズマ・固体表面相互作用の理解と制御をめざして」斧高 一（京都大学名誉教授）

専門講座：

「プラズマ生成・制御」高木浩一（岩手大）

「プラズマ診断・計測」富田健太郎（九州大）

「プラズマスパッタ」豊田浩孝（名古屋大）

「CVD と ALD の基礎と応用」霜垣幸浩（東京大）

「ドライエッチング技術」木下啓藏（PETRA）

英語講座：

「科学技術英語の考え方と学習ツール」松田朝彦（物質・材料研究機構）

**担当幹事**（敬称略）

校長：平松美根男（名城大）

校長代理：林 久貴（東芝）

幹事：小川大輔（中部大）、石島達夫（金沢大）、荻野明久（静岡大）、板垣奈穂（九州大）、小田昭紀（千葉工業大）、上坂裕之（岐阜大）、加藤俊顕（東北大）、茂田正哉（大阪大）

**国内会議報告**

# 第 23 回プラズマエレクトロニクス新領域研究会『高エンタルピープラズマの数値シミュレーション』

筑波大学 藤野貴康

平成28年8月8日（月）の午後半日にわたり、大阪市立大学工学部中講義室にて、第23回プラズマエレクトロニクス新領域研究会「高エンタルピープラズマの数値シミュレーション」を電気学会プラズマ研究会との共催で開催しました。

高エンタルピープラズマに関わる機器は数多く存在し、例えば、材料プロセス分野ではナノ粒子生成や溶射・溶接、エネルギー・環境分野では電力用遮断器、廃棄物処理、核融合やMHD発電、航空宇宙分野では大気突入模擬用プラズマ風洞や次世代型大電力電気推進などが挙げられます。このような機器の研究開発や設計のツールとして、数値シミュレーション技術は広く活用されるようになってきました。本研究会では、高エンタルピープラズマの数値シミュレーション技術で活躍されている若手・中堅の4名の研究者（および藤野）から同技術の高度化やその応用に関わる最近の成果をご講演いただきました。

最初の講演である東京都市大学の岩尾徹先生からは「熱プラズマと輻射に関わる数値シミュレーション」という題材で、大規模照明用アーク、パルスTIG溶接用アーク、電力用遮断アークの特性理解のために進めている輻射を含めた電磁熱流体シミュレーションの最近の成果と今後の課題についてご講演をいただきました。

大阪大学の茂田正哉先生からは「熱プラズマを利用したナノ粒子創製プロセスにおける諸現象のモデリング」という題材で、ナノ粒子の大量創製用DC-RFハイブリッド熱プラズマを対象とした非定常3次元数値シミュレーション技術の詳細や、同先生開発の熱プラズマ内合金ナノ粒子の集団形成解析モデルの概要とその高い信頼性についてご講演をいただきました。

金沢大学の田中康規先生からは「減衰SF6ガス吹付けアークプラズマの反応論的非平衡シミュレーション」という題材で講演をいただきました。その中で、$SF_6$ガス遮断器内のガス吹き付けアークの減衰過程の高度理解を目的とした有限化学反応速度を考慮した熱プラズマ数値シミュレーション技術の詳細説明に加えて、化学非平衡性を考慮することの重要性を示す解析結果が示されました。

宇宙航空研究開発機構の窪田健一先生からは、「大電力電気推進用カソードのHybrid-PIC解析」という題材で、大電力ホールスラスターのホローカソード（電子源）の開発に資することを目的とした数値シミュレーション技術について解説をいただきました。また、解析結果例としてカソード内部でのイオン・中性粒子の運動履歴の詳細についてご説明がありました。最後に藤野から「電力・エネルギー工学に関わる電磁プラズマシミュレーションの応用例」と題して電磁流体シミュレーションを利用した低環境負荷ガス遮断器や希ガスMHD発電機の高性能化研究について紹介しました。

各講演後は、参加者との活発な質疑応答があり、その中で、高エンタルピープラズマ数値シミュレーション技術の将来の方向性にまで議論が及ぶとても有意義な会議になりました。

最後に、講師及び参加者の皆様、そして会場準備・当日の運営でお世話になりました大阪市立大学の白藤立先生に厚く御礼申し上げます。

国内会議報告

# 2016 年第 77 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「プロセスプラズマ診断の最前線～大気圧、気液混合プラズマの理解と制御にむけて～」の報告

岩手大学　高木 浩一

## １．はじめに

第７７回応用物理学会秋季学術講演会（2016年９月１３日～１６日、新潟；朱鷺メッセ）の ２日目午後（13:30～17:45）に、本分科会企画シンポジウム「S.11；プロセスプラズマ診断の最前線～大気圧、気液混合プラズマの理解と制御にむけて～」が、A22会場（メインホールＢ）にて開催された。

プラズマは、従来のLSI や太陽電池のプロセスに応用される低圧プラズマから、環境応用からバイオ応用に用いられる非平衡大気圧、気液混相、超臨界など多種多様な環境のプラズマが用いられるようになった。低圧プラズマでの診断法はかなり確立されているが、気液混相、液相、超臨界相でのプラズマ診断及びサンプルとの相互作用の計測技術は開発途上で、いろんな手法が提案されている。本シンポジウムは、従来のプラズマ診断法や新たな診断法を紹介し、それら手法の適用限界や適用可能性について議論するために実施された。

## ２．講演の概略

はじめに企画担当から本シンポジウム開催の趣旨について簡単に述べられたのち、**佐々木浩一先生**に**「プラズマプロセス診断法の現状と課題」**の題目で講演いただいた。プラズマでのラジカル生成レートを知る上でもプラズマの電子密度と温度の情報が必要になること、低圧の場合はラングミュアプローブを使うことで計測できるが、大気圧ではラングミュアプローブが使えないことが物理諸量の把握を難しくしていること、大気圧プラズマ計測について発光分光法、レーザ干渉法、トムソン散乱法などの現状と課題、中性ラジカルおよびイオンの計測について、レーザ誘起蛍光法や吸光分光法、差動排気を用いた質量分析計測の現状や課題、気液界面や液中のラジカル等の計測の現状と課題について紹介があった。

続いて、**赤塚洋先生**に**「大気圧プラズマの発光分光診断の課題」**の題目で講演いただいた。Arの大気圧プラズマでCRモデルを用いて計測した例などが紹介された。電子密度で$10^{13}cm^{-3}$を境に、密度が低い場合はクエンチの影響が大きいが、高い場合は電子衝突が支配するため、通常のCRモデルが大気圧プラズマでも利用できることなどが述べられた。この他、$N_2$など分子性ガスが入るとスペクトル解析が困難になること、Stark計測の適用に適した電子密度が$10^{14}cm^{-3}$以上であること、また連続スペクトルも$10^{14}cm^{-3}$以上だと利用できることなどが紹介された。

続いて、**占部継一郎先生**に**「非平衡大気圧プラズマの電子密度計測」**の題目で講演いただいた。プラズマ密度の干渉計測で用いる波長の条件や、屈折率を決める要因についての説明が行われたのちに、中性粒子の密度による屈折率の変化の影響など干渉計測でプラズマの電子密度を求める上での問題点などが述べられた。続い

て、中性粒子密度による屈折率の変化の影響を抑える手法として、高調波干渉（Dispersion interferometer）計測の紹介がなされた。この手法は核融合プラズマの計測用に、核融合研の秋山氏などにより構築されたものとなる。これを用いて大気圧プラズマの電子密度の計測へ適用した事例などについて紹介がなされた。

続いて、**竹田圭吾先生**に**「気相プラズマ中及び液面近傍のラジカル診断」**の題目で講演いただいた。中性ラジカルの計測法として、レーザ誘起蛍光法（LIF）や紫外線吸光分光法などの紹介がなされた。さらにそれらを用いて、気液面界面付近の大気圧プラズマについて、NO, OH, N, Oの密度計測を行った事例などが紹介された。

１５分の休憩を挟み、**長門研吉先生**に**「大気圧プラズマ中のイオン計測」**の題目で講演いただいた。大気圧プラズマで発生するイオンを計測するための、差動排気を組み入れ質量分析器について紹介がなされた。その後、大気中の直流針端コロナ放電やヘリウム（He）プラズマジェットで発生するイオン種の観測結果が紹介された。発生するイオン種として、$CO_3^-$, $O_2^-$, $O^-$,$NO_3^-$, $N_2^+$, $O^+$, $N_2^+$などが観測され、印加電圧の増加に伴い、発生するイオンに占める$H_2O_2$の割合が減少し、$NO_3$の割合が増加するなど、本計測で得られた成果などが紹介された。また、針端コロナ放電により発生するイオン種と、Heプラズマジェットにより発生するイオン種の違いなど、興味深い結果の紹介がなされた。

続いて、**北野勝久先生**に**「プラズマ誘起液中化学反応における溶液中活性種の診断」**の題目で講演いただいた。液中のラジカル計測を中心に、電子スピン共鳴（ESR）法、長寿命ラジカルを対象としたイオンクロマトグラフィ法やKI法について紹介がなされた。計測で注意すべき点などノウハウが多く盛り込まれた内容で、ポジティブコントロール、ネガティブコントロールを行うことの大切さ、また計測時に化学的に変化することが多いので分析化学の専門家との連携の大切さなどが述べられた。

続いて、**伴野元洋先生**に**「時間分解分光による水溶液中放電プラズマ診断」**の題目で講演いただいた。ストリークカメラと分光器を組み合わせた液中プラズマの時間分解発光分光について紹介がなされ、$H_\alpha$，$H_\beta$を用いたstark計測により、液中プラズマの電子密度が$10^{16}$ $cm^{-3}$ 程度であること、またC2やCHスペクトルで回転および振動温度を見積もり、CHスペクトルで見積もると、両温度とも4,500K程度と見積もれることなどが紹介された。

最後に、**伊藤剛仁先生**に**「和周波発生分光によるプラズマ–液相界面の計測」**の題目で講演いただいた。ミスト含有プラズマや気液界面付近のプラズマについて、コヒーレントラマン散乱（CRS）光を用いた計測や、和周波発生分光による計測などが紹介された。水表面のOHからの伸縮振動の和周波信号は、プラズマ照射によって水面にラジカル（NOx, $O_3$など）が供給されると弱まることなど、興味深い結果が紹介された。

## ３．おわりに

本シンポジウムでは、上記の８件の招待講演において、大気圧プラズマや気液界面のプラズマ、液中プラズマについて、従来のプラズマ診断法や新たな診断法を紹介いただき、それら手法の適用限界や適用可能性について議論を行った。本シンポジウムには、は180名程度の参加者があり（会場のキャパシティ354人と空席率で推定）、本テーマに対する興味の高さが伺われた。講演では、ノウハウ的な内容も多く紹介いただき、シンポジウムの趣旨に添った優れたレビュー講

演であった。参加者と講演者との間で活発な意見交換もなされ、たいへん有意義なシンポジウムとなったように感じた。

最後に、シンポジウムで講師いただきました先生方、活発な議論をしていただきました方々、シンポジウムのアレンジに多大なご協力いただいたプラズマエレクトロニクス分科会幹事のみなさまに、深い感謝の意を表します。

**国内会議報告**

# 2016 年 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会 第 16 回分科内招待講演報告

日立製作所　大森 健史

第 77 回応用物理学会秋季学術講演会(2016 年 9月 13 日～16 日、朱鷺メッセ)の2日目に、プラズマエレクトロニクス分科内招待講演が開催されました。第 16 回目を迎える今回は、光電子融合基盤技術研究所の木下氏にご講演頂き、多くの聴講者で会場が埋まりました。

木下氏には、「ますます広がる材料・デバイスとプラズマプロセス」と題し、ご講演頂きました。最初に、今までに取組まれた磁性材料、酸化膜やlow-k材料のプロセスに関する研究開発をご紹介頂きました。磁性材料のプロセスでは、塩素プラズマ照射と赤外ランプ加熱を組合せることで、エッチングレートが上昇することを発見し、その特性や原理についての議論が多いに盛り上がったことをご紹介頂きました。

ASETにて取組まれた酸化膜エッチングについては、CCP、ICP、およびUHF-ECR等の様々なプラズマ源の評価を行い、プラズマ中の気相反応、ラジカル種およびその密度、酸化膜の表面反応について解明された内容についてご説明頂きました。また、ASETでは各メーカから同世代の研究者が集まり非常に活気があったことを述べられました。

Seleteにて取組まれたポーラスlow-k材料のプロセスではエッチングやウェットプロセスで比誘電率が上昇することが課題であり、低い比誘電率を維持するための材料およびプロセス開発の重要性をご説明頂きました。

そして、最近報告があった垂直磁化方式のMRAMを題材として、新デバイスの実現には、材料開発が極めて重要であることをご説明頂きました。

また、現在取組まれているシリコンフォトニクス用の加工プロセスと、CMOSプロセスでは材料と構造の違いにより、プロセスのチューニングの方向性も異なることを解説頂きました。

デバイス製作とは、プロセスで材料をデバイスに変えることであり、材料、プロセス、デバイスの各分野の研究者の協力が不可欠であること、その際には相手の言葉を理解して連携を深めるようにすることが必要であるとの研究開発成功のための極意を述べられました。

最後に、ご多忙の中、非常に感銘深いご講演を頂きました、木下氏に御礼申し上げます。また、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**

# 2016 年第 77 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　海外招待講演の報告

**東京大学　神原淳、　岩手大学　高木 浩一**

第77回応用物理学会秋季学術講演会（2016年９月１３日～１６日、新潟；朱鷺メッセ）の １日目午後（13:00-14:30）に、本分科会企画海外招待講演が、A22会場にて開催された。

はじめに企画担当から本シンポジウム開催の趣旨について簡単に述べられたのち、1件目の招待講演として、 National Chiao Tung UniversityのJ.-S. Wu先生に「Advances in Industrial and Biomedical Applications of Atmospheric-Pressure Plasma」の題目で講演いただいた。はじめにプラズマ生成の基礎的な話として、大気圧バリア放電やプラズマジェットなどの発生法について、写真を多く用いてイメージを持ちやすい形で、具体的に用いられる印加電圧の大きさや周波数、また電極の構造などの説明がなされた。プラズマジェットの発生では、10～30 kHzくらいの周波数が多く用いられ、ガスとしてヘリウム（He）、アルゴン（Ar）、窒素（$N_2$）、酸素（$O_2$）およびそれらをベースとした混合気体が用いられることなどが述べられた。また、プラズマジェットの電極構成で、プラズマを処理対象物と電極の間で点灯させたり、またはプラズマで発生する活性種を気流で処理対象物まで運ぶリモートプラズマのように利用したりと、作りわけられることなども説明がなされた。その後、これらのプラズマの応用として、バイオ関係を中心に説明がなされた。プラズマジェットを金属や高分子材料に照射することで、材料の親水性・疎水性を制御することができる。これらは、細胞培養の効率を上げるのに活用できる。プラズマを用いた菌の不活性化は、感染症などの治療に活用できる。例として、緑膿菌（Green Nail Syndrome）や慢性骨炎症（Chronic Osteomyelitis）の治療への適用を目指して実験を行った事例などが紹介された。また、創傷治癒（wound healing）や血液凝固（blood coagulation）についても、ネズミを用いた実験から、どのような活性種が中心的に作用するかなど、得られた知見についての紹介がなされた。

本講演は、プラズマの生成法から性質、またバイオ系を中心とした幅広い応用が紹介された。プラズマ応用のポテンシャルの高さ、またそのすそ野の広さに、改めて気づかされるような講演のように感じた。

2件目の招待講演は、ソウル国立大のN-M. Hwang先生より、Nanoparticles in the growth of thin films and nano structures in plasma and non-plasma CVDと題して、成膜前駆体としての帯電粒子の特徴とナノ構造体形成過程における役割と効果に関して講演を頂いた。帯電粒子が核生成成長時の前駆体として働く場合には、帯電によって原子・分子間の結合強度が弱まり液体様の拡散特性を有し、触媒効果と関連して反応に関わるカイネティクスの障壁を下げる方向に働く可能性があることが示された。その理解を踏まえて、基板側の電位を変えることで、成膜速度だけでなくポーラスから緻密組織、更にはナノワイヤ構造まで変化させうる事、これらの特徴の具体例について、ダイヤモンド、Si、ZrO2、ZnO等様々な材料系における共通点と特徴についても紹介された。最後にこれらを

要して、帯電量の巧みな制御によって熱CVDをはじめとする従来成膜法以上にプラズマ支援成膜が更なる構造化の可能性を秘めているものと結論づけられた。

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。多くの外国人研究者の方も参加されており、ひき続き行われたEnglishセッションでも多くの方に参加を頂いていたことからも大変有意義な招待講演となった。

行事案内

# 2017 年第 64 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

2017 年 3 月 14～17 日にパシフィコ横浜（神奈川県横浜市）にて第 64 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。なお、脱稿時点で未定の部分も含まれるため、詳細については応用物理学会の HP 等で確認をお願いいたします。

## ■ プラズマエレクトロニクス賞受賞式/講演奨励賞授業記念講演

第 15 回プラズマエレクトロニクス賞受賞式が執り行われます．受賞候補者の視線締め切りは 2016 年 12 月 22 日（木）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すようお願い致します。

(https://annex.jsap.or.jp/plasma/PE_files/pe_award2.html)

また、2016年秋季学術講演会での講演奨励賞は、鈴木 陽香 氏（名古屋大学）と 佐藤 祐太 氏（九州大学）が受賞されました。栄誉ある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。日程/会場は現在未定ですが、プログラムをご確認の上、受賞記念講演会場まで是非とも足をお運びください。

(http://www.jsap.or.jp/activities/award/lecture/dai41kai.html)

□　プラズマエレクトロニクス賞受賞式

日程：3 月 15 日（水）13:15～13:30（予定）

場所：分科会企画シンポジウムに先立ち、同一会場にて授賞式を実施予定です

□　講演奨励賞受賞記念講演

日程・会場：未定

受賞者：鈴木 陽香 氏（名古屋大学）

選考対象発表：改良型導波管構造によるマイクロ波励起純窒素大気圧ラインプラズマの生成

受賞者：佐藤 祐太氏（九州大学）

選考対象発表：軟X線光源用レーザー生成多価電離プラズマの診断手法の開発

## ■ 分科内招待講演

第 18 回目となる次回の分科内招待講演では、名古屋大学 客員教授の林俊雄先生より、下記題目にてご講演を賜ります。皆様には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 15 日（水）11:00～11:30（予定）

会場：未定

ご講演者：林 俊雄先生（名古屋大学・客員教授）

講演題目：「反応性プラズマ中における解離及び解離種と気相・表面反応（仮題）」

## ■ チュートリアル講演

今春季講演会でも、PE 分科会企画第６回目となるチュートリアル講演を実施致します。今回は、大阪大学の浜口智志先生より、プラズマシミュレーションに関して、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。定員がございますので、お早めにご予約頂きますよう、お願い申し上げます。

日程：3 月 14 日（火）9:00～12:00（予定）
会場：未定
講師：浜口智志先生（大阪大学・教授）
講演題目:「プラズマプロセッシング制御に向けたプラズマシミュレーション基礎～表面反応の理解を中心に～」

## ■ 分科会企画シンポジウム

学会2日目の15日(水)に、分科会企画シンポジウム「エネルギー関連材料におけるプロセスプラズマ技術の最前線」を開催いたします。プラズマプロセスは、太陽電池、パワーデバイス、水素燃料生成等の様々なエネルギー関連材料分野で広く利用されていますが、益々高まる需要に呼応し、更なる高性能化・高信頼性化・低コスト化の要望に応えるべくプロセスの新展開も求められています。本シンポジウムでは、プラズマプロセス技術が関与するエネルギー関連材料に焦点を絞り、プロセスと材料・デバイス特性との関連を明らかにし、プロセス面での課題と将来の方向性、展開可能性について議論される予定です。一般講演も予定しておりますので、是非とも奮ってご参加ください。

日程:3 月 15 日（水）13:30～18:00(予定)
プログラム案（タイトルは仮題、敬称略）:
1. 「はじめに」　寺嶋 和夫（東京大学）
2. 「Si太陽電池パッシベーションにおけるプラズマ成膜技術」　金子 哲也（東海大学）
3.「GaNパワーデバイスにおけるプラズマプロセス」　近藤 博基（名古屋大学）
4.「Liイオン電池関連のプラズマ技術」　田中 学（九州大学）
5.「燃料電池技術」　加藤 久雄（トヨタ自動車）
6.「低摩擦・低摩耗DLC成膜技術」　上坂 裕之（岐阜大学）
7.「プラズマ触媒化学に基づく水素・炭素系燃料の創製」　野崎 智洋（東京工業大学）
8.「液中プラズマを用いた水素生成」　前原常弘（愛媛大学）

## ■ 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 14 日には、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ください。また、3 月 15 日（水）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

**行事案内**

# Plasma Conference 2017／第 35 回プラズマプロセシング研究会

名城大学　平松 美根男

プラズマ科学連合の共同主催による Plasma Conference 2017（**第 35 回プラズマプロセシング研究会**、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、第 30 回プラズマ材料科学シンポジウム）が 2017 年 11 月 20 日～24 日に姫路で開催されます。

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、日本学術振興会プラズマ材料科学第 153 委員会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、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す。本会議は、プラズマ・核融合学会では通常年会に、日本物理学会領域 2 では秋の分科会に、応用物理学会ではプラズマプロセシング研究会に、また日本学術振興会プラズマ材料科学第 153 委員会ではプラズマ材料科学シンポジウムとしての位置付けも重ね合わせて持っており、定例の学術講演会を共催化することにより、各学協会に分散して展開されているプラズマ科学と工学の研究活動を総合的に把握し、プラズマ科学の新たな発展を図るとともに、各学協会等におけるプラズマ科学の研究活動を推進することを目的としています。

第 1 回会議は、プラズマ・核融合学会を幹事学会としたプラズマ科学連合の企画により 2011 年 11 月に金沢において Plasma Conference 2011 として、第 2 回会議は、日本物理学会領域 2 を幹事学会として 2014 年 11 月に新潟において Plasma Conference 2014 として、いずれも千人を越える参加者を集め成功裏に開催されました。そして引き続き 2017 年 11 月には、応用物理学会プラズマエレクトロニクス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りました。

通常のプラズマプロセシング研究会よりも 2 ヶ月早い開催となります。今からスケジュールをご予定戴き、是非とも多くの方のご参加をお願い申し上げます。

日時：2017 年 11 月 20 日～24 日の内の 4 日間
場所：姫路商工会議所
一般講演申込締切：2017 年 8 月上旬（予定）
予稿投稿締切：：2017 年 10 月中旬（予定）
詳細は会議 HP をご覧下さい。
http://www.jspf.or.jp/PLASMA2017/

**行事案内**

# International Conference on Phenomena in Ionized Gases (ICPIG 2017)

**2017年7月9日（日）～7月14日（金）Lisbon**
**投稿〆切 2017年3月3日**
**http://icpig2017.tecnico.ulisboa.pt/**

**九州大学　白谷 正治**

第33回電離気体国際会議(icpig 2017)が、2017年7月9日（日）～7月14日（金）にポルトガルのリスボンで開催されます。1953年に1回目の会議を開催以来 icpig は、低温プラズマ・熱プラズマに関する基礎と応用に関する最新の研究成果を議論する国際的な場として定着しています。世界から一流の研究者が多数参加します。リスボンは、1年を通して温暖な気候の風光明媚な観光都市です。ポルトガルは食事とお酒も美味しく物価も安いです。国際会議場は、ビーチを目前にする良い場所にあります。今回の icpig は、昼も夜も充実した時間が過ごせると期待されます。

一般講演の申し込み〆切は2017年3月3日です。icpig のサイトから投稿ください。その他の詳細情報については website をご覧ください。日本から永年にわたり委員を出しており、icpig は日本人参加者が極めて多い国際会議の一つとなっております。一人でも多くの日本人参加者の御講演・御出席をお願いする次第です。

**Deadlines**

| | |
|---|---|
| March 3, 2017 | Abstract submission |
| April 3, 2017 | Abstract acceptance notification |
| May 5, 2017 | Early registration (reduced fee) |

**TOPICS**

**FUNDAMENTALS**

1) Elementary processes and fundamental data
2) Thermodynamics and transport phenomena
3) Plasma wall interactions, electrode and surface effects
4) Collective and nonlinear phenomena

**MODELLING, SIMULATION AND DIAGNOSTICS**

5) Modeling and simulation techniques
6) Plasma diagnostic methods

**PLASMA SOURCES AND DISCHARGE REGIMES**

7) Astrophysical, geophysical and other natural plasmas
8) Low pressure plasmas
9) High frequency discharges
10)Non-equilibrium plasmas and microplasmas at high pressures
11) Thermal plasmas
12) Complex and dusty plasmas, ion-ion plasmas, mixed phase plasmas
13) Plasma created by external sources of ionization

**APPLICATIONS**

14) Plasma processing of surfaces and particles
15) High pressure and thermal plasma processing
16) Plasma lamps and radiation sources
17) Medical, biological, environmental and aeronautical applications
18) Plasma power and pulsed power technology, particle source

行事案内

## The 15th International Conference on Advanced Materials (IUMRS-ICAM 2017)

**投稿〆切 2017 年 2 月 28 日**

**2017 年 8 月 27 日（日）～9 月 1 日（金）京都大学吉田キャンパス**

http://www.iumrs-icam2017.org/index.html/

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

**投稿〆切 2017 年 5 月 15 日**

**2017 年 9 月 11 日（月）～9 月 15 日（金）Lotte Hotel, Jeju, Korea**

http://www.aepse2017.org/

## The 1st Asia Pacific Conference on Plasma Physics (AAPPS-DPP2017)

**投稿〆切 2017 年 5 月 5 日**

**2017 年 9 月 18 日（月）～9 月 22 日（金）Chengdu, China**

http://aappsdpp.org/AAPPSDPPF/AAPPSDPP2017.html

**九州大学　白谷 正治**

プラズマエレクトロニクスが関係する国際会議が、上記のように日本、韓国、中国でそれぞれ 9 月頃に開催されます．9 月 5 日～8 日には福岡国際会議場で応用物理学会秋季学術講演会も開催されます．多くの会議が、9 月に集中しておりますが、応物全国大会に加えて国際会議にも投稿頂けると幸いです．

**行事案内**

# 23rd International Symposium on Plasma Chemistry

**東京工業大学工学院機械系　野崎 智洋**

2017 年 7 月 30 日－8 月 4 日の日程で、23rd International Symposium on Plasma Chemistry (ISPC-23) がカナダ・モントリオールのマギル大学で開催される。実行委員長は、Prof. Sylvain Coulombe (Plasma Processing Lab, Dept Chemical Engineering, McGill University) である。30 日はレジストレーションとウェルカムレセプションのみ、シンポジウムは 31 日 AM から 4 日正午で企画される。

シンポジウムに先だち、7 月 28－29 日の日程でサマースクールが開催される。著名な研究者の講義を聴講できるほか、サマースクールでしか得られない貴重な講義資料を入手できるため毎回好評を得ている。また、各国から優秀な大学院生やポスドクが多数参加しており、日本人学生にとってコミュニーケーション力を涵養する場としても大変有意義な企画である。

本会は、International Plasma Chemistry Society (IPCS) が母体となり運営される国際会議で、Gordon Research Conference と交互に隔年で開催されている。プラズマケミストリーに関連した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ある。基調講演は全 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）が招聘されており、日本人研究者の存在感の高さをうかがわせる。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 件が招聘されている。2017 年の Plasma Chemistry Award 受賞者は Prof Mark Kushner (University of Michigan) で、Award Lecture が 8 月 2 日に執り行われる。Plasma Chemistry Award 受賞者、基調講演、招待講演を対象にした特集号が Plasma Chemistry and Plasma Processing から出版される。

若手研究者（大学院生、ポスドク）を対象に、Young Investigator Award, Oral Presentation Award, Poster Award が表彰される。審査対象となる若手研究者は First Author であることが明記されているので注意されたい。過去の ISPC でも多くの日本人若手研究者が受賞対象となっているので、積極的にチャレンジしてほしい。詳細は学会の HP を参照のこと。

プラズマケミストリーの黎明期から多くの日本人研究者がこの分野に参画し、研究の発展に貢献してきた。ISPC-23 においても多くの皆様に成果発表を頂き、数だけでなく研究の質において我が国の存在感をいっそう高められるよう、多くの皆様に参加頂ければ幸いである。

なお、ISPC-23 の国際組織委員として、日本から浜口智志教授(大阪大)、渡辺隆行教授(九州大)、小職が参画していることを付記します。

**【重要日程】**

・予稿投稿締切（2~4pp）　2017 年 2 月 1 日
・早期参加登録の開始　2017 年 3 月 1 日
※早期参加登録の締め切りは HP に記載されていないためご注意ください。

**【会議ホームページ】**

http://ispc23.com/
※メニューから、Program→Announcements をクリックすると PDF 版のチラシ（詳細情報）をダウンロードできます。

**行事案内**

# ISPlasma 2017 / IC-PLANT 2017
# 2017 年 3 月 1 日 ～ 5 日 開催


## 中部大学　ISPlasma 2017 組織委員長　中村 圭二


International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials (ISPlasma) は 2009 年を第 1 回として産声をあげ、2013 年の第 5 回まで文部科学省の知的クラスター創成事業（第 II 期）の活動の一環として実施されてきました。本シンポジウムでは、アジアや欧米などの国々からプラズマ科学やプラズマを中心とした窒化物やナノ材料への応用に関する世界的に著名な研究者を集め、各分野の最新状況や最新研究を発表・議論する場として、国内外の分野間、あるいはこれらの分野における産・官・学の交流を発展させる役割を担ってきました。その後は、応用物理学会が主催となり、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である International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (IC-PLANTS)と合同開催されてきました。

本シンポジウムは、今回で 9 回目の開催となり、２０１７年3月１日（水）から５日（日）まで中部大学 春日井キャンパスにて開催されます。これまで同様、先進プラズマ科学と、その応用として、ナノ材料、機能性薄膜材料、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やプラズマ有機化学分野までも包括的に対象分野として、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います。本シンポジウムは、500 人程度の参加者を見込んでおり、招待講演者は、次ページに掲載してある通り、例年と同様、世界的著名な研究者が３０人程度参加される予定です。

これまでの当該分野における研究成果を発表されたい方、今後、当該分野に新たに挑戦されたい方など、まだ Late News として募集しておりますので、多くの方からのご投稿およびご参加をお待ちしております。

記

【会期】2017 年 3 月 1 日（水）～ 5（日）
【会場】中部大学 春日井キャンパス
〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200 番地
【交通】JR 神領駅よりスクールバス（約 15 分）
【Webpage】http://www.isplasma.jp/
【参加費】
早期参加登録（12/1（木）– 1/31（火））
一般 45,000 円　学生 15,000 円
通常参加登録（2017/2/1（水）以降）
一般 50,000 円　学生 17,000 円
【会議論文集】
発表に関する論文は Japanese Journal of Applied Physics Special Issue に投稿可。
【重要日程】
Late News 投稿：12/1（木）– 1/13（金）
早期参加登録：12/1（木）– 1/31（火）
【問合せ】
ISPlasma 2017 / IC-PLANTS 2017運営事務局
TEL：052-581-3241
E-mail: isplasma2017@intergroup.co.jp

【基調講演者、招待講演者一覧】

**Plenary Speaker**

O. Ishihara (Chubu University, JAPAN)

**Keynote Speaker**

H. Nakanishi (Aichi Cancer Center Research Institute, JAPAN)

**Tutorial Speakers**

A. Fridman (Drexel University, U.S.A)
Y. F. Li (China University of Petroleum, CHINA)
D. Ueda (Kyoto Institute of Technology, JAPAN)

**Invited Speakers**

Plasma Science & Technologies

P. Bruggeman (University of Minnesota, U.S.A)
W. H. Choe (KAIST, KOREA)
H. Hayashi (TOSHIBA, JAPAN)
M. Matsui (Shizuoka University, JAPAN)
H. van der Meiden (DIFFER, NETHERLANDS)
L. L. Raja (The University of Texas, U.S.A)
E. Stamate (Technical University of Denmark, DENMARK)

Nitride Semiconductors

I. Grzegory (Institute of High Pressure Physics of the Polish Academy of Sciences, POLAND)
F. Horikiri (SCIOCS, JAPAN)
T. Kachi (Nagoya University, JAPAN)
H. Kawai (POWDEC K.K., JAPAN)
K. Naniwae (EL-Seed Corp., JAPAN)
J. S. Speck (University of California, USA)
Q. Sun (Chinese Academy of Science, CHINA)
E. Zanoni (Universita' di Padova, ITALY)

Nanomaterials

H. Ago (Kyushu University, JAPAN)
N. Fukata (National Institute for Materials Science, JAPAN)
T. Gregorkiewicz (University of Amsterdam, NETHERLANDS)
Y. Ichikawa (JST FUTURE-PV Innovation, JAPAN)
Y. Kanemitsu (Kyoto University, JAPAN)
X. Li (Peking University, CHINA)
T. Nozaki (Tokyo Institute of Technology, JAPAN)
J. Shiomi (The University of Tokyo, JAPAN)
T. Yanagida (Kyushu University, JAPAN)
H. W. Zhu(Tsinghua University, CHINA)

Bioapplications

Y. Hirai (Kyoto University, JAPAN)
C. C. Hu (National Tsing Hua University, CHINA)
K. H. Jeong (KAIST, KOREA)
Y. Miyahara (Tokyo Medical and Dental University, JAPAN)
R. D. Short (University of South Australia, AUSTRALIA)
M. Ueda (Okayama University, JAPAN)
K. D. Weltmann (INP Greifswald e.V., GERMANY)
S. J. Yoo (National Fusion Research Institute, KOREA)

行事案内

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

北海道大学　佐々木 浩一

2017 年の Gaseous Electronics Conference (GEC)は、2 年ぶりにアメリカ合衆国本土に戻り、11 月 6 日から 10 日に、ペンシルバニア州のピッツバーグ市において開催されることになりました。例年通り、11 月 6 日(月)にはいくつかのワークショップが企画され、その晩のレセプションを経て、GEC としての本会議は 11 月 7 日(火)にスタートする予定になっています。なお、この週の前週にはアメリカ真空学会の国際シンポジウムが予定されています。実行委員長は、ウエストバージニア大学の Mark Koepke です。彼は、米国物理学会プラズマ物理学分科会の議長を務めた経験があり、国際会議の運営に手慣れています。今回の GEC でも参加者が楽しめる企画をいろいろと考えているようです。

GEC は、電離気体現象国際会議(ICPIG)と並び、放電および低温プラズマ分野において最も長い歴史と伝統を持つ国際会議です。素過程(衝突物理)、プラズマ基礎、プラズマ応用などの広い範囲をカバーしており、また、プラズマの新しい応用を積極的にスコープに取り入れています。招待講演者は、この原稿を作成している時点では正式には決まっていませんが、今回も 30 名程度の興味深い招待講演者がノミネートされており、我が国からも数名の方に招待講演をしていただける見込みになっています。また、2016 年に Will Allis Prize を受賞した Klaus Bartschat (Drake 大学)が受賞記念講演を行う予定になっています(2016 年の受賞記念講演は Klaus の健康上の理由により 2017 年に延期されました)。

改めて申し上げるまでも無く、GEC は本分科会と深い関係にある国際会議であり、これまでに 3 回、本分科会が主催する反応性プラズマ国際会議(ICRP)と合同で開催されてきました。直近では、2015 年 10 月に GEC と ICRP の合同会議がホノルルで開催され、我が国から米国を上回るたくさんの方々に出席いただき、低温プラズマおよびその応用の分野における我が国の存在感を高められたのは記憶に新しいところです。単独開催の GEC においては、我が国は長年にわたり米国に次ぐ論文投稿数を維持して来ましたが、2016 年にドイツのボッフム市で開催された GEC69 においては、ドイツに抜かれ、論文投稿数は第 3 位となりました。米国で開催される GEC70 においては再び米国に次ぐ投稿数に返り咲き、世界における我々のコミュニティの存在感を維持することが重要かと思います。本分科会の会員の皆様には、今から GEC に出張するための予算を確保していただき、投稿および出席をご予定いただけるようにお願いいたします。

なお、GEC70 のホームページは、この原稿を作成している時点では開設されていません。URL がわかりましたら、本分科会のホームページなどを通じてアナウンスさせていただきます。

# 第 15 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 杤久保文嘉

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、その著作者に「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2014、2015、2016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。

■ 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

2017 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 2017 年秋季講演会期間中（例年では会期2 日目）に記念講演を依頼する予定です。

■ 書類提出期限

2016 年12 月22 日（木）当日消印有効

■ 書類提出先

〒113-0034 東京都文京区湯島2-31-22
湯島アーバンビル7 階
公益社団法人応用物理学会
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。）
なお下記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。

# 2016(平成 28)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 | 杤久保 文嘉 | 首都大学東京<br>理工学研究科<br>電気電子工学専攻 | 〒192-0397<br>東京都八王子市南大沢 1-1<br>TEL: 042-677-2744<br>FAX: 042-677-2756 | tochi@tmu.ac.jp |
| 副幹事長 | 平松 美根男 | 名城大学<br>理工学部<br>電気電子工学科 | 〒468-8502<br>名古屋市天白区塩釜口 1-501<br>TEL: 052-838-2298<br>FAX: 052-832-1235 | mnhrmt@meijo-u.ac.jp |
| 副幹事長 | 神原 淳 | 東京大学<br>大学院工学系研究科<br>マテリアル工学専攻 | 〒113-8656<br>東京都文京区本郷7-3-1<br>TEL: 03-5841-7099<br>FAX: 03-5841-7099 | mkambara@plasma.t.u-tokyo.ac.jp |
| 副幹事長 | 林 久貴 | 株式会社東芝<br>ストレージ&デバイスソリューション社 | 〒512-8550<br>三重県四日市市山之一色町800<br>TEL: 059-390-7484<br>FAX: 059-330-1184 | hisataka.hayashi@toshiba.co.jp |
| 幹事<br>任期<br>2017 年 3 月 | 石島 達夫 | 金沢大学<br>理工研究域<br>サステナブルエネルギー研究センター | 〒920-1192<br>石川県金沢市角間町<br>TEL: 076-264-6336<br>FAX: 076-264-6336 | ishijima@ec.t.kanazawa-u.ac.jp |
| 〃 | 板垣 奈穂 | 九州大学大学院<br>システム情報科学研究院<br>情報エレクトロニクス部門 | 〒819-0395<br>福岡市西区元岡744<br>TEL: 092-642-2111<br>FAX: 092-802-3723 | itagaki@ed.kyushu-u.ac.jp |
| 〃 | 小川 大輔 | 中部大学<br>電気システム工学科 | 〒487-8501<br>愛知県春日井市松本町1200 番地<br>TEL: 0568-51-9305 | d_ogawa@isc.chubu.ac.jp |
| 〃 | 笠嶋 悠司 | (独) 産業技術総合研究所<br>九州センター<br>生産計測技術研究センター<br>プラズマ計測チーム | 〒841-0052<br>佐賀県鳥栖市宿町807-1<br>TEL: 0942-81-4062<br>FAX: 0942-81-3690 | kasashima-yuji@aist.go.jp |
| 〃 | 上坂 裕之 | 岐阜大学工学部<br>機械工学科 | 〒501-1193<br>岐阜県岐阜市柳戸１－１<br>TEL:058-293-2511 | kousaka@gifu-u.ac.jp |
| 〃 | 島田 敏宏 | 北海道大学大学院<br>工学研究院<br>物質化学部門 | 〒060-8628<br>北海道札幌市北区北13条西8丁目<br>TEL: 011-706-6576<br>FAX: 011-706-6576 | shimadat@eng.hokudai.ac.jp |
| 〃 | 須田 善行 | 豊橋技術科学大学<br>電気・電子情報工学系<br>プラズマエネルギーシステム研究室 | 〒441-8580<br>豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1<br>TEL: 0532-44-6726<br>FAX: 0532-44-6757 | suda@eee.tut.ac.jp |
| 〃 | 高木 浩一 | 岩手大学<br>工学部<br>電気情報 | 〒020-8551<br>岩手県盛岡市上田4-3-5<br>TEL: 019-621-6941<br>FAX: 019-621-6941 | takaki@iwate-u.ac.jp |
| 〃 | 竹内 希 | 東京工業大学<br>工学院<br>電気電子系 | 〒152-8552<br>東京都目黒区大岡山2-12-1-S3-4<br>TEL: 03-5734-2566<br>FAX: 03-5734-2566 | takeuchi@ee.titech.ac.jp |
| 〃 | 中川 雄介 | 三菱電機(株)<br>先端技術総合研究所<br>環境システム技術部<br>放電応用グループ | 〒661-8661<br>尼崎市塚口本町8-1-1<br>TEL: 06-6497-7069<br>FAX: 06-6497-7285 | Nakagawa.Yusuke@ak.MitsubishiElectric.co.jp |
| 〃 | 布村 正太 | （独）産業技術総合研究所<br>太陽光発電工学研究センター | 〒305-8568<br>茨城県つくば市梅園1-1-1<br>TEL: 029-861-5075<br>FAX: 029-861-3367 | s.nunomura@aist.go.jp |
| 〃 | 藤野 貴康 | 筑波大学<br>システム情報系 | 〒305-8573<br>茨城県つくば市天王台1-1-1<br>Tel: 029-853-4953<br>Fax: 029-853-4953 | tfujino@kz.tsukuba.ac.jp |

前号に記載した幹事名簿では、手違いによって筑波大の藤野貴康先生の名前が落ちておりましたことをお詫びいたします。

| | 氏名 | 所属 | 住所・電話 | メールアドレス |
|---|---|---|---|---|
| 幹事<br>任期<br>2018 年 3 月 | 今村 翼 | （株）東芝<br>セミコンダクター&ストレージ社<br>半導体研究開発センター | 〒512-8550<br>三重県四日市市山之一色町800<br>TEL: 059-390-7444<br>FAX: 059-330-1184 | tsubasa.imamura@toshiba.co.jp |
| 〃 | 大森 健史 | 日立製作所<br>研究開発グループ<br>エレクトロニクスイノベーションセンタ | 〒185-8601<br>東京都国分寺市東恋ヶ窪1-280<br>TEL: 050-3159-9219 | takeshi.ohmori.kb@hitachi.com |
| 〃 | 荻野 明久 | 静岡大学大学院<br>総合科学技術研究科<br>工学専攻 | 〒432-8561<br>浜松市中区城北3-5-1<br>TEL: 053-478-1616<br>FAX: 053-478-1616 | taogino@ipc.shizuoka.ac.jp |
| 〃 | 小田 昭紀 | 千葉工業大学<br>工学部<br>電気電子情報工学科 | 〒275-0016<br>千葉県習志野市津田沼2-17-1<br>TEL: 047-478-0368<br>FAX: 047-478-0368 | akinori.oda@it-chiba.ac.jp |
| 〃 | 加藤 俊顕 | 東北大学大学院<br>工学研究科<br>電子工学専攻 | 〒980-8579<br>仙台市青葉区荒巻青葉6-6-05<br>TEL: 022-795-7046 | kato12@ecei.tohoku.ac.jp |
| 〃 | 北嶋 武 | 防衛大学校<br>電気情報学群<br>電気電子工学科 | 〒239-8686<br>神奈川県横須賀市走水1-10-20<br>TEL: 046-841-3810<br>FAX: 046-844-5903 | kitajima@nda.ac.jp |
| 〃 | 茂田 正哉 | 大阪大学<br>接合科学研究所 | 〒567-0047<br>大阪府茨木市美穂ヶ丘11-1<br>TEL: 06-6879-8648<br>FAX: 06-6879-8648 | shigeta@jwri.osaka-u.ac.jp |
| 〃 | 竹中 弘祐 | 大阪大学<br>接合科学研究所 | 〒567-0047<br>大阪府茨木市美穂ヶ丘11-1<br>TEL: 06-6879-8661<br>FAX: 06-6879-8661 | k_takenaka@jwri.osaka-u.ac.jp |
| 〃 | 平田 孝道 | 東京都市大学<br>工学部医用工学科<br>大学院工学研究科生体医工学専攻 | 〒158-8557<br>東京都世田谷区玉堤 1-28-1<br>TEL: 03-5707-0104 /<br>03-5707-2183<br>FAX: 03-5707-2183 | hirata@bme.tcu.ac.jp |
| 〃 | 前原 常弘 | 愛媛大学大学院<br>理工学研究科<br>数理物質科学専攻 | 〒790-857<br>松山市文京町2-5<br>TEL: 089-927-9607<br>FAX: 089-927-9607 | maehara.tsunehiro.mg@ehime-u.ac.jp |
| 〃 | 三好 康史 | ソニー株式会社<br>RDS プラットフォーム<br>イメージングデバイス開発部門<br>プロセス設計 2 部 開発 2 課 | 〒243-0014<br>神奈川県厚木市旭町4-14-1 厚木 TEC<br>TEL: 050-3141-4366<br>FAX: 050-3809-1413 | Yasufumi.Miyoshi@jp.sony.com |
| 〃 | 山澤 陽平 | 東京エレクトロン（株）<br>製品開発センター | 〒407-0192<br>山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢650<br>TEL: 0551-23-2327<br>FAX: 0551-23-4462 | yohei.yamazawa@tel.com |
| 〃 | 王 斗艶 | 熊本大学<br>パルスパワー科学研究所 | 〒860-0862<br>熊本市中央区黒髪2-39-2<br>TEL: 096-342-3945<br>FAX: 096-342-3945 | douyan@cs.kumamoto-u.ac.jp |

# 2016(平成 28)年度分科会幹事役割分担

| 役割分担 | 新任 | | 留任 | |
|---|---|---|---|---|
| 幹事長 | 杤久保 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 | | |
| 1. 庶務・分科会ミーティング | 竹中 弘祐 | 大阪大学 | 竹内 希 | 東京工業大学 |
| 2. 春秋講演会シンポジウム | 神原 淳 | 東京大学 | | |
| シンポジウム・海外招待講演 | 小田 昭紀 | 千葉工業大学 | 高木 浩一 | 岩手大学 |
| 分科内招待講演 | 加藤 俊顕 | 東北大学 | 布村 正太 | (独)産業技術総合研究所 |
| チュートリアル講義 | 平田 孝道 | 東京都市大学 | 中川 雄介 | (株)三菱電機 |
| | 大森 健史 | (株)日立製作所 | 板垣 奈穂 | 九州大学 |
| 3. プラズマプロセシング研究会 | 平松 美根男 | 名城大学 | | |
| | 王 斗艶 | 熊本大学 | 小川 大輔 | 中部大学 |
| | 荻野 明久 | 静岡大学 | 石島 達夫 | 金沢大学 |
| H28 年度：SPP(札幌) | 竹中 弘祐 | 大阪大学 | 高木 浩一 | 岩手大学 |
| H29 年度：プラズマコンファレンス | 平田 孝道 | 東京都市大学 | 笠嶋 悠司 | (独)産業技術総合研究所 |
| | 今村 翼 | (株)東芝 | 須田 善行 | 豊橋技術科学大学 |
| 4. 光源物性とその応用研究会 | 小田 昭紀 | 千葉工業大学 | 布村 正太 | (独)産業技術総合研究所 |
| 5. プラズマ新領域研究会 | 平松 美根男 | 名城大学 | | |
| | 北嶋 武 | 防衛大学校 | 上坂 裕之 | 名古屋大学 |
| | 茂田 正哉 | 大阪大学 | 島田 敏宏 | 北海道大学 |
| | 前原 常弘 | 愛媛大学 | 藤野 貴康 | 筑波大学 |
| 6. インキュベーションホール | 平松 美根男 | 名城大学 | | |
| | 荻野 明久 | 静岡大学 | 上坂 裕之 | 名古屋大学 |
| | 小田 昭紀 | 千葉工業大学 | 石島 達夫 | 金沢大学 |
| | 加藤 俊顕 | 東北大学 | 板垣 奈穂 | 九州大学 |
| | 茂田 正哉 | 大阪大学 | 小川 大輔 | 中部大学 |
| 7. プラズマエレクトロニクス講習会 | 林 久貴 | (株)東芝 | | |
| | 今村 翼 | (株)東芝 | 中川 雄介 | (株)三菱電機 |
| | 大森 健史 | (株)日立製作所 | 笠嶋 悠司 | (独)産業技術総合研究所 |
| | 三好 康史 | (株)ソニー | 竹内 希 | 東京工業大学 |
| | 山澤 陽平 | (株)東京エレクトロン山梨 | 布村 正太 | (独)産業技術総合研究所 |
| 8. 会誌編集・書記 | 前原 常弘 | 愛媛大学 | 島田 敏宏 | 北海道大学 |
| | 三好 康史 | (株)ソニー | | |
| 9. ホームページ | 北嶋 武 | 防衛大学校 | 石島 達夫 | 金沢大学 |
| 10. 会計 | 王 斗艶 | 熊本大学 | 須田 善行 | 豊橋技術科学大学 |
| 11. プラズマエレクトロニクス賞 | 杤久保 文嘉 | 首都大学東京 | | |
| 12. アカデミックロードマップ | 神原 淳 | 東京大学 | | |
| (戦略企画室) | 杤久保 文嘉 | 首都大学東京 | | |
| 13. PE 懇親会 | 北嶋 武 | 防衛大学校 | | |
| 秋：新潟、春：横浜 | 山澤 陽平 | (株)東京エレクトロン山梨 | 藤野 貴康 | 筑波大学 |
| GEC 委員（オブザーバー） | 佐々木 浩一 | 北海道大学 | | |

# 2016（平成 28）年度分科会関連の各種世話人

| | | | |
|---|---|---|---|
| 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 | 金子 俊郎（東北大） |
| | 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 | 酒井 道（滋賀県立大） |
| | 8.6 | プラズマ現象・新応用・融合分野 | 山田 英明（産総研） |
| 2．応用物理学会代議員 | | | 板垣 奈穂（九州大） |
| | | | 神原 淳（東大） |
| | | | 作道 章一（琉大） |
| | | | 野崎 智洋（東工大） |
| | | | 本村 英樹（愛媛大） |
| 3．GEC 組織委員会委員 | | | 佐々木 浩一（北海道大） |
| 4．応用物理学会本部委員会 | | | |
| | | 機関誌企画・編集委員会 | 近藤 博基（名大） |
| | | 論文誌企画・編集委員会 | 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 | 金子 俊郎（東北大） |
| | | 教育企画委員会 | 平松 美根男（名城大） |
| 5．フェロー | | | 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（京都大） |
| | | | 河野 明廣（名古屋大） |
| | | | 近藤 道雄（産総研） |
| | | | 寒川 誠二（東北大） |
| | | | 白谷 正治（九州大） |
| | | | 菅井 秀郎（名古屋大） |
| | | | 高井 治（名古屋大） |
| | | | 辰巳 哲也（ソニー） |
| | | | 橘 邦英（京都大） |
| | | | 寺嶋 和夫（東大） |
| | | | 永津 雅章（静岡大） |
| | | | 中山 喜萬（大阪大） |
| | | | 畠山 力三（東北大） |
| | | | 藤山 寛（長崎大） |
| | | | 堀 勝（名古屋大） |
| | | | 渡辺 征夫（九州電気専門学校） |

# 活動報告

## 2015 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：2015 年 9 月 15 日(月)　11:45～13:15
開催場所：朱鷺メッセ

●大分類意見交換会
金子先生(東北大学)が司会進行を務められた。

1. 大分類、中分類の再編：
   今回、8.4 プラズマエッチング、8.5 プラズマナノテクノロジーが 15 件以下であったが、次回以降の様子を見て検討することにした。
2. コードシェアセッション：
   プラズマプロセスを利用するセッションとのコードシェアを検討する。その他のセッションについても、継続的に検討することにした。
3. プログラム編集委員の交代：
   今回は交代する委員なし。
4. 他の学会との交流：
   2017 年に日本物理学会、学振 153 委員会、プラズマ・核融合学会と合同で Plasma Conference を行う。他の学会との交流の可能性も引き続き検討する。
5. その他の議題

5-1) 招待講演者を増やす件

- これまで大分類８では、分科内招待講演として、優れた業績を挙げられた著名な方にお願いしてきたが、候補者が少なくなってきているため、別の形式も考えていく必要があるとの意見が出された。
- トピックス的な優れた成果が出たときに、それを招待講演にできるシステムがあると良いとの意見が出された。

5-2) バイリンガル化
下記の意見が出された。

- 図面のみ英語化することには賛成
- 説明は日本語の方が理解しやすい。日本語と英語を併記するのが良いのではないか。
- プラズマライフサイエンス分野は専門用語が難しいので、英語化は好ましくない。

5-3) 朱鷺メッセ開催に対するご意見

- 外部からの音が気になる。もう少し静かな環境で講演を聴きたい。
- マイクを近づけることで講演者の声は聞こえるようになると思われるが、外部のポスター発表や展示の雑音で集中できない。
- マイクをワイヤレスにして欲しい

5-4) 今後の会場選定

- コンベンションセンターで開催することで参加者は増加しているのか？
- コンベンションセンターを使用することによる赤字のレベルをきちんと示して欲しい
  ⇒ 口頭で金子より回答しました。
- 東京近郊で行う際には、交通の便が良いところが好ましい。

（大分類意見交換会については金子先生より議事録をいただきました）

●インフォーマルミーティング

1　次回応物　分科会企画　神原先生
シンポジウム　エネルギー材料関係
チュートリアル　分子シミュレーションで打診（阪大　浜口先生）
意見：聴衆が理論の人に限られる可能性がある。枕詞をつけて実験の人も来るようにしたい。

例えば、「プラズマ表面過程を理解するための」。

意見：チュートリアルは他分科会では同じ題名で繰り返し行っている例もあるので、分野外の人の新規参入を促す一般的なものでもよいかもしれない。

２． 講習会： 配布案がそのまま認められた。

３． 光源物性研究会：

杤久保幹事長：研究会の中身が変化していて、プラズマの発表が減っている。続ける価値について再検討したい。今年はこのまま行うが、来年度をどうするか、先方（照明学会）と相談。

意見：LED のプロセスにプラズマを使うなど、双方にメリットがあるかどうかを検討すべき。

４． PE 誌 会報報告:

案が示され、了承された。国際会議報告に ICPM (プラズマ医療)を追加することとなった。

5. 研究会などの報告

第 23 回プラズマ新領域研究会）「高エンタルピープラズマの数値シミュレーション」および第 10 回 PE インキュベーションホールに関する報告がなされた。

6. 今後の行事

・DPS 11/21-22 札幌

・SPP34/SPE29 1/16-18 札幌

優秀講演賞の案を了承。申請制にして、アブストラクトも採点。

・GEC

過去最大の 500 件、日本は３位（米独日）。

次回の招待講演者は、一般会員からの推薦がないと選べないので、推薦してほしい。次回は 2017 年 11 月 5 日の週。10 月初めに推薦依頼メールがくるはず。

・プラズマコンファレンス

2017 11/21-24 姫路商工会議所

・ ICPIC リスボン

・ISPlasma 2017 3/1-5 中部大学

（記：島田敏宏（北海道大））

# プラズマエレクトロニクス関連会議日程

(国際会議)

2017. 3. 1-5
9th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials /10th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma 2017, IC-PLANTS 2017)
Aichi, Japan
http://www.isplasma.jp/

2017. 7. 9-14
International Conference on Phenomena in Ionized Gases (ICPIG 2017)
Lisbon
http://icpig2017.tecnico.ulisboa.pt/

2017. 7. 30-8. 4
The 23rd International Plasma Chemistry Society (ISPC 23)
Montréal, Canada
http://ispc23.com/

2017. 8. 27-9.1
The 15th International Conference on Advanced Materials (IUMRS-ICAM 2017)
京都大学吉田キャンパス
http://www.iumrs-icam2017.org/index.html/

2017. 9.11-15
The 11th Asian-European Conference on Plasma Surface Engineering (AEPSE 2017)
Lotte Hotel, Jeju, Korea
http://www.aepse2017.org/

2017. 9. 18-22
The 1st Asia Pacific Conference on Plasma Physics (AAPPS-DPP2017)
Chengdu, China
http://aappsdpp.org/AAPPSDPPF/AAPPSDPP2017.html

2017. 11. 6-10
The 70th Annual Gaseous Electronics Conference (GEC70)
Pittsburgh, USA

(国内会議・会合)

2016. 12. 19-12. 22
第22回日本MRS年次大会
横浜市開港記念会館他
https://www1.mrs-j.org/

2017. 1. 16-18
第34回プラズマプロセシング研究会／第29 回プラズマ材料科学シンポジウム
北海道大学 学術交流会館、札幌市
http://spp34.qe.eng.hokudai.ac.jp/index.html

**2017.2 23-24**
プラズマ材料科学スクール
開催場所：東京（弘済会館）
http://plasma153.org/meetings/data/160208.html

**2017. 3. 14-17**
第64回応用物理学会春季学術講演会
パシフィコ横浜、神奈川県
http://meeting.jsap.or.jp/

**2017. 3. 17-20**
日本物理学会第72回年次大会
大阪大学（豊中キャンパス）
http://www.jps.or.jp/activities/meetings/future.html

**2017. 9. 5-8**
第 78 回応用物理学会秋季学術講演会
福岡国際会議場、福岡市、福岡県

**2017. 9. 21-24**
日本物理学会秋季大会[物性]
岩手大学

**2017. 11. 20-24**（このうちの 4 日間）
Plasma Conference 2017／第 35 回プラズマプロセシング研究会
http://www.jspf.or.jp/PLASMA2017/

# 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. 65 への広告掲載を頂いた企業は下記の通りです。幣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い申上げます。

**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<br>(4 万円) | 4 万円<br>(3 万円) |
| 1 ページ | 8 万円<br>(6 万円) | 5 万円<br>(4 万円) |
| 2 ページ<br>(見開き指定可) | 12 万円<br>(9 万円) | 8 万円<br>(6 万円) |
| 裏表紙 | 12 万円<br>(9 万円) | 8 万円<br>(6 万円) |

※カッコ内は賛助会員企業

**5. 問い合わせ先**

〒113-0034 東京都文区湯島 2-31-2
湯島アーバンビル 7 階
公益社団法人 応用物理学会
TEL: 03-5802-0862
FAX: 03-5802-6250
E-mail: divisions@jsap.or.jp
HP:http://annex.jsap.or.jp/plasma/

# 編集後記

プラズマエレクトロニクス分科会会報No.65を発行することが出来ました。お忙しい中、原稿をご執筆いただいた方々にこの場を借りて改めて御礼申し上げます。

本誌の「巻頭言」では、応用物理学会フェロー名古屋大学教授　堀　勝先生より『演算子∇（ナブラ）とプラズマと未来へのアクション』という題目でご寄稿頂きました。プラズマエレクトロニクスにおける来し方と現在についてまとめられ、未来への提言をいただきました。

研究紹介では、(株)サクラクレパスの菱川様に、プラズマインジケータについてご紹介いただきました。サクラクレパスというと「文具」、特に、「絵具」というイメージの強い会社ですが、従来の色素の技術を生かした面白い取り組みをわかりやすく解説いただけたと思っています。

研究室紹介では、大分大学の市來先生に研究室の様子をご紹介いただきました。日常が愉快に、ところどころ真面目に、面白く読める記事に引き込まれました。

海外の研究事情では、名城大学の呉　準席先生に、3 年半にわたるリバプール大学での研究生活についてご紹介いただきました。

学生のためのページでは、新居浜高専の松友先生に「FEM フリーソフトを使った電磁場の計算」と題して、有限要素法を用いて、主に、電場を計算する方法をわかりやすく解説していただきました。

応用物理学会講演奨励賞に関しては、第 39 回と第 40 回応用物理学会講演奨励賞受賞者として、3 名の方に受賞対象講演の解説をしていただきました。

今号では、「寄稿」のコーナーをお休みすることになってしまい、編集担当幹事としてまことに申し訳なく思います。執筆可能な方をご存じでしたら、ぜひご紹介よろしくお願いします。

原稿の執筆を快くお引き受けいただきました著者の皆様、幹事長、副幹事長をはじめとする分科会会員の皆様、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。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よろしくお願いいたします。

（平成 28 年度会報編集担当：島田、前原、三好）

**プラズマエレクトロニクス分科会会報 No.65**
**2016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 杤久保 文嘉**
**発行:公益社団法人応用物理学会**
**〒113-0034 東京都文京区湯島2-31-22**
**湯島アーバンビル7階**
**（©2016 無断転載を禁ず）**