

プラズマエレクトロニクス分科会会報 No. 75

2021 年（令和 3 年）12 月発行

高橋、末次、岡田、白岩

目次

巻頭言

プラズマエレクトロニクス分野の さらなる発展を祈念して	名古屋大学 名誉教授	後藤 俊夫	1
--------------------------------	------------	-------	---

分科会 30 周年記念特集

プラズマエレクトロニクス（Plasma Electronics） 分科会 30 周年（研究会 35 周年）を記念して	大阪大学	節原 裕一	2
30 年の歴史を振り返る –どんな時代だったか–	慶應義塾大学	真壁 利明	5
低温プラズマバイオサイエンスの未来	名古屋大学 低温プラ ズマ科学研究センター	堀 勝	9
プラズマナノテクノロジーの学術変革	九州大学	白谷 正治	14
プラズマエレクトロニクス分科会の国際展開 –プラズマプロセッシング研究会・反応性プラズマ国 際会議から見た流れ–	名古屋大学 工学研究 科	豊田 浩孝	16
Greeting Address for the 30th Anniversary of the Plasma Electronics Division	Ruhr University Bochum, Germany	Uwe Czarnetzki	19
この 10 年間の分科会の活動を振り返って	東京大学 新領域創成 科学研究科物質系専攻	寺嶋 和夫	21
プラズマエレクトロニクス分科会に学び、 今思うこと	東京都立大学	朽久保 文嘉	22
プラズマエレクトロニクス分科会の活動を 振り返って	名城大学	平松 美根男	24
プラズマエレクトロニクスはエッチング開発に どう役立ったのか？	MAMO	中村 守孝	26
プラズマエレクトロニクス分科会 30 周年に寄 せて –半導体デバイスとプラズマエレクトロニ クス–	アイオーコア株式会社	木下 啓藏	29
非平衡プラズマ研究の過去・現在・未来	東北大学 大学院工学 研究科	金子 俊郎	32
プラズマプロセッシング研究会の国内会議としての 変遷と高温プラズマプロセッシング研究の進展	金沢大学	田中 康規	36
プラズマエレクトロニクス講習会の概要と展望	キオクシア（株）	栗原 一彰	39
応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会 30 周年記念シンポジウムの企画にあたって	九州大学	古閑 一憲	40

国際会議報告

74th Annual Gaseous Electronics Conference (GEC2021)	滋賀県立大学	酒井 道	41
8th International Conference on Plasma Medicine (ICPM-8) / 10th International Symposium on Plasma Bioscience (ISPB-10)	名古屋大学	田中 宏昌 堀 勝	43
42nd International Symposium on Dry Process (DPS2021)	ルネサスエレクトロニクス株式会社	丸山 隆弘	44

国内会議報告

第 82 回応用物理学会秋季学術講演会 分科企画シンポジウム「未来デバイス製造のためのアトミックレイヤープロセス；表面反応ダイナミクスの理解と制御」	産業技術総合研究所 電子光基礎技術研究部門	金 載浩	47
第 82 回応用物理学会秋季学術講演会 分科内招待講演	防衛大学校	北嶋 武	50
第 82 回応用物理学会秋季学術講演会 分科内 English セッション	大阪大学 工学研究科 アトミックデザイン研究センター	北野 勝久	51
第 15 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	九州大学 静岡大学	古閑 一憲 松井 信	52

行事案内

第 36 回応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会プラズマ新領域研究会「計測技術の基礎と最新動向」	九州大学 東北大学	古閑 一憲 岡田 健	53
第 69 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	九州大学	古閑 一憲	54
14th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Application for Nitrides and Nanomaterials / 15th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2022 / IC-PLANTS2022)	名古屋大学	石川 健治 豊田 浩孝 大野 哲靖	56
75th Annual Gaseous Electronics Conference (GEC2022) / 11th International Conference on Reactive Plasmas (ICRP-11)	東北大学 東京都立大学	金子 俊郎 朽久保 文嘉	58

掲示板

第 20 回プラズマエレクトロニクス賞 受賞候補論文の募集	大阪大学	節原 裕一	59
2021 年度(令和 3 年度) プラズマエレクトロニクス分科会幹事名簿			60
2021 年度(令和 3 年度)分科会幹事役割分担			62
2021 年度(令和 3 年度) 分科会関連の各種世話人・委員			63
活動報告			64
プラズマエレクトロニクス関連会議日程			66
当会報への広告掲載について			67
編集後記			68

巻頭言

プラズマエレクトロニクス分野のさらなる発展を祈念して

名古屋大学名誉教授 後藤俊夫

この度、プラズマエレクトロニクス分科会 30 周年特集号の巻頭言の執筆依頼がありました。私は、約 35 年前のプラズマエレクトロニクス分野の創設とその後の発展に中心的立場に関わってきたこともあり、執筆をお引き受けすることにしました。20 周年特集号の時に書いた記事の内容と若干重なる点はあるかもしれませんが、今改めて本分野の歴史を振り返りつつ、今後の方向についても、思いつくままに述べてみたいと思います。

1984 年以前は、応用物理学会講演会のなかに「放電・プラズマ・核融合」という、主に放電基礎分野の小さな中分類分科がおかれていました。しかし、今後は放電・プラズマの基礎よりも応用分野（特に半導体プロセス分野）が大きな発展を遂げるであろうとの考えのもとに、当時の関連分野の研究者に声をかけ、研究発表の場としてのプラズマプロセッシング研究会を毎年開催するとともに、1985 年に応用物理学会内に活動組織としての「プラズマエレクトロニクス研究会」を発足させました。また、応用物理学会講演会の中分類分科も「プラズマエレクトロニクス」に変更しました。

それらの努力の結果、本分野の研究者数は大幅に増え、1990 年に研究会組織を発展的に解消して、「プラズマエレクトロニクス分科会」を発足させることができました。

その後、活動を国際的にも展開し、ICRP（反応性プラズマ国際会議）を発足させて、1991 年に第 1 回を名古屋で開催するとともに、海外の GEC、ICPIG、ESCAMPPIG 等の国際会議との連携活動も進めました。

また、大型の科学研究費である重点領域研究「反

応性プラズマの制御」や「フリーラジカルの科学」を獲得して、研究活動の幅を広げました。

このような積極的な活動によって、プラズマエレクトロニクス分野は応用物理学会のなかで確固たる基盤を築くことができ、2020 年に、研究会発足から 35 周年、分科会発足から 30 周年を迎えることができました。研究会発足前後の寂しい状況と比べると、現在は分科会の会員数や講演会分科の発表件数も大幅に増えて見違えるような発展ぶりであり、35 年前本分野の創設に関わった人間として大変嬉しく思っています。私が応用物理学会の会長や理事を務めていたときも、本分野に対する高い評価を聞くことができました。これも本分野の研究者及び歴代役員の方々の積年の努力の結果であり、心から敬意を表する次第です。

さて、少し前までのプラズマエレクトロニクスの主要な応用分野は、半導体プロセスでした。その分野の重要性は今後も続くと思いますが、時代とともに、生物、生命、医療分野などへの応用も広がりつつあり、これは大変望ましい展開であろうと思います。

プラズマエレクトロニクスは応用物理学の基盤分野として不可欠であり、その主要な応用分野は時代とともに広がっていきますので、次世代の若い研究者の方々は常に科学技術全体の大きな動きを見渡しつつ、次の新しい応用分野や研究課題を切り開いていっていただきたいと思います。

最後に、プラズマエレクトロニクス分野のさらなる発展と関係する研究者の方々の今後の一層の活躍を心から祈念しています。

プラズマエレクトロニクス(Plasma Electronics) 分科会 30 周年（研究会 35 周年）を記念して

大阪大学 節原裕一

プラズマエレクトロニクス分科会の沿革は、1984 年に発足された「プラズマエレクトロニクス談話会」に遡り、翌年の 1985 年に「プラズマエレクトロニクス研究会」ならびに学術講演会中分類分科「プラズマエレクトロニクス」が応用物理学会に設置され、これらの活動実績が評価されて、1990 年 3 月にプラズマエレクトロニクス分科会に昇格し、現在に至っております。こうして 2020 年で、プラズマエレクトロニクス研究会の発足から 35 周年、プラズマエレクトロニクス分科会の発足から 30 周年の節目を迎えました。

上述の「談話会」から応用物理学会での「研究会」そして「中分類分科」の設置、さらには「分科会」への昇格をはじめとする創設期の経緯と 2010 年頃までの当分科会の歩みについては、当分科会 20 周年（研究会創設 25 周年）の節目において、当時の幹事長（名古屋大学・堀勝教授）のもとで取り纏められた特集記事が「プラズマエレクトロニクス分科会会報 No.55(2011 年 12 月発行)」に掲載されています。プラズマエレクトロニクス分科会の会報については、下記の分科会ホームページの「会報アーカイブス」からダウンロード可能ですので、是非ともご一読いただけましたら幸いです。（<http://annex.jsap.or.jp/plasma/>）

さて、上記の「プラズマエレクトロニクス分科会会報 No.55(2011 年 12 月発行)」の特集記事から会員数の推移を振り返ってみると、1984 年に 30 名余りで発足された「談話会」当時から、「研究会」設置の 1985 年には 140 名、その後、1989 年に 290 名、そして「分科会」設置後の 1991 年には

準会員と正会員を合わせた会員数は 300 名を超え、現在は 500 名近い多数の会員を擁しています。

次いで、当分科会の礎が築かれた創設期からの発展について、上記の「プラズマエレクトロニクス分科会会報 No.55(2011 年 12 月発行)」特集記事から振り返ってみたいと思います。

後藤俊夫先生は、『1985 年の P E 発足時に提案したプラズマプロセス分野の研究課題は、「計測技術の開発、プラズマ計測（具体的には、各種粒子密度測定、電子温度及び電子エネルギー分布測定等）、プラズマ・固体表面相互作用、モデリング、プラズマ生成技術等」であった。』と述懐されており、当該特集記事を企画された堀勝先生は、『プラズマエレクトロニクスは、「プラズマの内部の理解を深化させることによって、多様なプラズマ応用技術の進展を図る」ことを基軸としている』と記されています。

当分科会の創設期に当たる 1985 年に設定された上記の研究課題は、創設から 30 周年を迎えた今日においても全く色褪せることなく、それどころか、現在においても極めて重要な骨格であり、当分科会の活動の基軸と言えます。その意味においては、当分科会の骨格が科学的かつ普遍的アプローチに基づいて構築され、プラズマエレクトロニクス分野における研究活動の発展を支えてきた礎として、創設から 20 周年そして 30 周年へと脈々と受け継がれてきた伝統であり、諸先輩方の深い造詣には敬服の念に堪えません。

さらに、上述の分科会創設期から受け継がれてきた研究課題に加えて、分科会発足 20 周年に当

たる 2010 年頃を経て、大気圧ならびに液中での非平衡プラズマ生成・制御に関する研究、プラズマ医療をはじめとする生物との相互作用を基軸においた「プラズマライフサイエンス」、そして環境・エネルギー分野をはじめとする「グリーンイノベーション」に関する研究領域が開拓され、昨今の「持続可能な開発目標 (SDGs)」の達成に資する研究活動が積極的に展開されていることも当分科会の特長といえます。

プラズマエレクトロニクス分科会の現在の活動

現在の当分科会の活動について、簡潔に紹介させて戴きます。

1) プラズマプロセッシング研究会 (SPP)

プラズマプロセッシング研究会 [Symposium on Plasma Processing (SPP)] は、当分科会が主催し毎年開催しており、「談話会」発足の 1984 年以来、今年度で第 39 回目を迎え、最先端の成果発表・議論の場として貢献しております。

2) 反応性プラズマ国際会議 (ICRP)

反応性プラズマ国際会議 [International Conference on Reactive Plasmas (ICRP)] は、分科会への昇格後の 1991 年に初回が開催されて以来、概ね 3 年毎に開催されてきました。単独開催のみならず、海外の GEC、ICPIG 等との合同開催を通じて、国際化に貢献してきました。

3) プラズマエレクトロニクスインキュベーションホール

学生ならびに企業の新人研究者を対象とした若手教育の場として、合宿形式のサマースクールを毎年開催しております。

4) プラズマエレクトロニクス講習会

産業応用に求められるプロセスプラズマの生成・制御・診断の基礎と先端的应用に関する講習会を毎年開催しております。

5) 新領域研究会

集中的に議論する場を通じて、戦略的な領域開

拓に資する機会を創出することに貢献しています。

6) 分科会会報の発刊

会報を年に 2 回発刊し、当分科会に関わる最新情報や当分科会の活動の状況を照会しております。

7) プラズマエレクトロニクス賞の授与

本分野での優れた成果 (論文) を対象に、毎年、賞を授与し、功績を讃えております。

8) 春秋応用物理学会学術講演会における行事

応用物理学会学術講演会において、シンポジウムや分科内招待講演、チュートリアルを主体的に企画し、プラズマエレクトロニクス分野の発展に貢献しています。さらに、インフォーマルミーティングでの会員からの意見集約を図ると共に、懇親会を毎回開催し、親睦を深めています。

分科会 30 周年記念事業

上述のように、プラズマエレクトロニクス分科会は、2020 年で発足から 30 周年の節目を迎えました。当分科会の幹事会では、分科会 30 周年記念事業として、下記を鋭意企画し、実施させて戴いておりますので、簡潔に紹介させて戴きます。

【1】第 68 回応物春季学術講演会 (2021 年 3 月)

コロナ禍のためオンライン開催となりましたが、2021 年 3 月に開催された応用物理学会春季学術講演会において、以下を企画し実施しました。

・分科会 30 周年記念特別セッション

プラズマエレクトロニクスインキュベーションホールでの若手教育を念頭に置いて、2021 年 3 月 16 日に、午前中のチュートリアルを実施し、午後、プラズマエレクトロニクス分科会 30 周年記念特別セッション (キャリア体験、英語講座、若手セッション) を開催しました。特に、若手セッションでは、応用物理学会学術講演会では初めての試みとして、質疑・応答 (ダイアログ) を重視した時間配分 [講演 5 分、質疑応答 10 分] で、教育効果を重視したセッションを開催しました。

さらに、この若手セッションでは、下記の「プラズマエレクトロニクス講演奨励賞」の選考を行い、優秀な講演者に賞を授与して功績を讃えました。

・分科会30周年記念シンポジウム

続いて、2021年3月17日午後に、プラズマエレクトロニクス分科会30周年記念シンポジウムを『ニューノーマル時代の躍進に資するプラズマエレクトロニクス』と題して開催しました。このシンポジウムでは、冒頭で応用物理学会の波多野会長からご挨拶をいただき、2部構成（第1部：設立当時の歩みと国際展開を俯瞰、第2部：記念講演）で、これまで当分科会の歩みを振り返ると共に、今後を展望するご講演を戴きました。

【2】プラズマエレクトロニクス講演奨励賞の創設

上記の応用物理学会学術講演会で開催した分科会30周年記念特別セッションにおける若手セッションでの優秀な講演者の表彰を機に、プラズマエレクトロニクス講演奨励賞を創設しました。本表彰は、プラズマエレクトロニクス分科会が企画して行う講演会、研究会、シンポジウム等に於いて、プラズマエレクトロニクスおよび関連学術・技術分野の発展に貢献する優秀な講演論文を発表した学生・若手研究者に「プラズマエレクトロニクス講演奨励賞」を授与し、その功績を称えることを目的としており、2021年度以降は、プラズマプロセッシング研究会（SPP）における学生・若手研究者への表彰として引き継いで参ります。

【3】PE30周年記念アーカイブズの発刊

当分科会の主要行事である「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「プラズマエレクトロニクス講習会」では、第一線でご活躍の著名な先生方にご登壇いただき、講演テキストをご執筆いただいております。毎回、著名な先生方にご執筆いただいたテキストは、英知の宝庫であることに鑑み、集約してアーカイブズと

して発刊することを企画しております。

【4】アカデミックロードマップの改訂

以前に策定されたプラズマエレクトロニクス分野のアカデミックロードマップは、2008年3月28日に発刊された「応用物理分野のアカデミック・ロードマップの作成報告書」に収録されており、分科会30周年を迎えた2020年の時点で10年以上の年月が経過しております。このため、分科会30周年を記念して、改訂版を策定することを幹事会で決定し、準備作業を進めています。

【5】PE分科会ロゴの作成

分科会30周年を記念して当分科会のロゴを作成することを、幹事会で決定しました。当分科会の会員に広く呼びかけて募集したデザインから選考し、次世代に受け継がれるロゴにしたいと願っております。

【6】会報(2021年12月)分科会30周年特集記事

プラズマエレクトロニクス分科会の歩みを記録し、後世に残すという意味合いから、20周年から30周年までの歩みを俯瞰して収録することを目的に、本会報No. 75(2021年12月)において、「分科会30周年特集記事」を企画しました。

本特集では、上述の【1】第68回応物春季学術講演会(2021年3月)で開催した分科会30周年記念シンポジウム『ニューノーマル時代の躍進に資するプラズマエレクトロニクス』にご登壇いただいた先生方を中心に講演内容を纏めていただき、加えて、分科会20周年以降の幹事長経験者の先生方、産業界の先生方、現副幹事長の先生方に執筆をお願いしました。

このたびの分科会30周年特集記事が、後世の研究者への指針としても受け継がれ、プラズマエレクトロニクス分科会の今後の発展に資することを念願しております。

30 周年特集記事

30 年の歴史を振り返る ―どんな時代だったか―

慶應義塾大学 真壁 利明

まえがき：

筆者は「プラズマエレクトロニクス (PE) 分科会 30 周年記念シンポジウム」(2021 年 3 月)で「研究を取囲む環境の急激な変化」について講演する機会を頂いた。概要を紹介し現在を概観したい。

PE 分科会の科学と技術の 30 年間は、

- 1) Berlin の壁崩壊に発した冷戦終結から 30 年、
 - 2) 国内経済バブル崩壊に続く失われた 30 年、
 - 3) 東側諸国から西側へ研究者の流出、
 - 4) 教育や産業のグローバル化、
 - 5) インターネットに代表されるデジタル革命、
 - 6) 国内基幹産業の構造変化、
- などの大きな歴史的転換点に遭遇し、我々を取り囲む社会環境も大きく変化した。



図 1. 最近 30 年間における研究環境の推移

特に、デジタル革命で受けた「研究現場」の変容は大きかった。代表的なものを挙げると、

- 1) 70 年代、大学は企業 Telex を借用していた。
- 90 年代初めに、Internet (e-mail) が大学間で運用され始め、欧米との距離を意識しない環境が出現した。企業も大学経由で e-mail を利用する一時期を経験した。

- 2) コンピュータが個人用 (PC) 化し速度・容量が指数関数的に増大し研究者の頭脳の一部と化した。
 - 3) 論文誌は商用化し、Impact Factor、citation 数、download 数などが評価指標として流通する時代となった。
 - 4) 研究は「コピー文化」の影響を直接うけた。
 - 5) 研究動向を把握する「検索機能」が発達し、「どんな研究が何処で行われているか」がたちどころに把握できる時代が到来した、などであろう。
- 総じて現代社会は成果主義 (outcome) の道歩ん

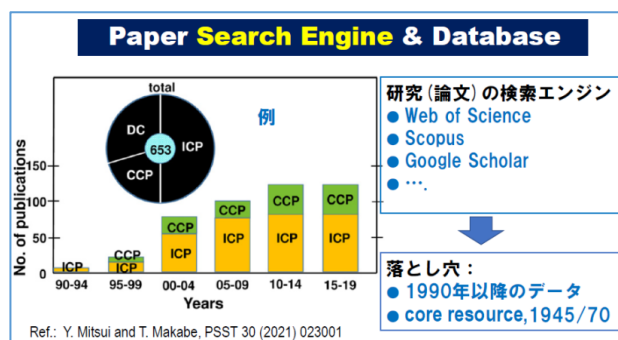


図 2：研究検索エンジンとその例

でいる。PE 分科会の科学の芽の多くは戦後、20-30 年間に出現している。一方で、検索エンジンのデータはほぼ 90 年代以降の研究結果であることに注意しよう。

設立当時の PE 分科会：

設立時、PE 分科の特徴はその多様性とその運営にあった。

- 1) プラズマ物性や、粒子の素過程と輸送の解明、
- 2) プラズマ機能の抽出と制御、
- 3) プラズマ源とその機能のシステムデザイン、

4) プラズマによる物質表面プロセス開発と利用など、相互関連分野を設け、各分野あるいは合同セッションに質の高い討論の場を提供できたことにある。専門が異なる複数の分野が有機的に結合し、会員の関心にマッチした学際的研究のプラットフォームを PE 分科会に用意できた意義は大きかった。「大学研究者」は産業界が求めるターゲットを、「企業エンジニア」は何か何処まで既知かなどを、把握する場となった。この 30 年間は、

- 技術革新そのものがイノベーションを生む、いわゆる線形モデルが終焉し、
 - 企業から技術の目利きが減少した、
- 時代でもあった。現在、「研究の橋渡し」と「橋渡し研究」を誰が担うかが問われ続けている。

研究投資 30 年の歩み：

研究への投資は「研究の原資」と「研究に携わる人財」に大別される。それぞれの財が 30 年間にどのように推移してきたかを表示したのが図 2 と図 3 である。しばしば指摘され論じられてきたよ

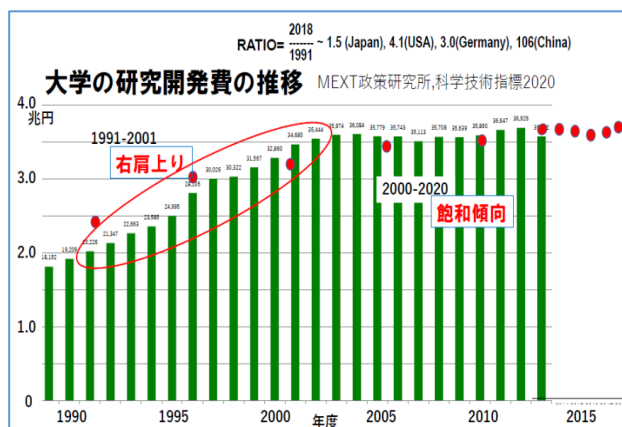


図 3：大学の研究開発費の推移

うに、90 年代は右肩上がり現象が、その後の 20 年間は飽和傾向が続き、現状は憂慮すべき状況にある。この「研究の原資」と強い相関を示しているのが「大学院生数の推移」で、「研究を担う人材」の指標である。大学院生の総数も 10 年前にピー

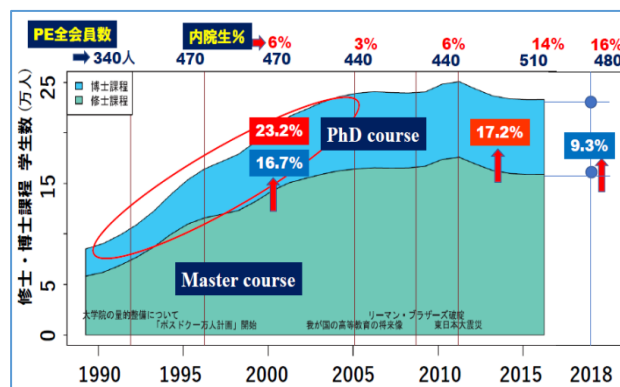


図 4：大学院生(研究人財)の推移

クを迎え、修士から博士課程に進学する大学院生の比率も減少に移り、次代を担う研究者や技術者の枯渇が危惧される。国内における研究投資について建設的な提言が多方面から寄せられている現在、これを勘案した政策の運用が緊急の課題であらう。

グローバル化のなかで：

冷戦が終結し、研究活動が地球規模で行われるフェーズに入ったこの時期、国内では国際共同研究や留学などを通して、多様な環境の下で研究を発展させてゆく時代であった。コロナ・パンデミックが続く現在、グローバル化は足止めを受けているが、その流れは今後も変わらないであろう。PE 分科会は 1991 年に反応性プラズマ国際会議 (Int. Conf. on Reactive Plasmas) を企画し第一回会議

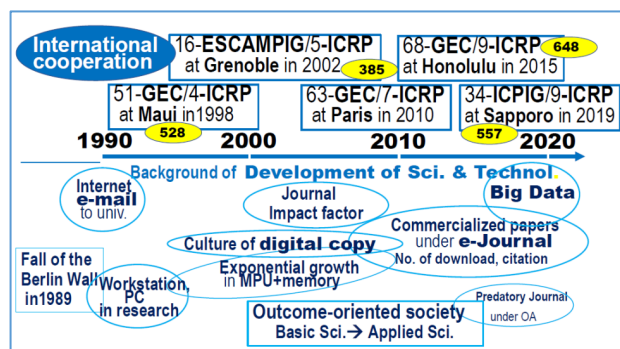


図 5：グローバル化のなかで PE 分科会の発展

を名古屋で開催している。その後、グローバル化の一環として海外の伝統ある国際会議機関と共同で会議を開催する方針のもと、図4に記載したように、欧米の機関と5回の共同国際会議を開催し、PE分科会の会員にface-to-faceで情報交換ができるホットな場を提供してきた。共同開催が実現したのは、会員諸氏が基礎・萌芽・応用各分野で質の高い研究を海外に向け発進していたからに他ならない。特に、低温プラズマ源とその表面プロセス分野で、国際的に研究を先導した事実は長く記憶されるだろう。

一方で、国内産業界が半導体製造やプラズマディスプレイなどハイテク分野から手を引いていったことがPE分科会に与えた影響は少なくない。30年前と比べて現在、異文化を吸収し合う、国際的な研究環境に「個人」で参加し、国や所属を意識せず共同研究で海外連携を深めることがこれまで以上に重要な社会となっている。海外出張の際、研究者の公的費用(日当や宿泊費)などの見直しも急がれる。

孤立化に向かうか、研究発進体制：

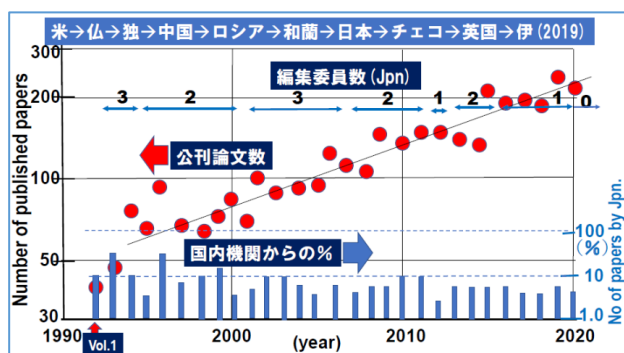


図6：PSST誌30年のあゆみ

研究者集団の動向を客観的に例示することは難しい。上述した研究環境の変化のもとで、研究者が陰に陽にその影響を受けながら行った研究成果の公表の場を、分科会の設立と論文誌の創刊がほぼ

同時期であった国際誌 PSST (IOPP) を例に外観しよう。

- 1) 総論文数は30年間でおよそ4倍に増加、
 - 2) 国内からの寄稿数は20%から5%台へ減少、
 - 3) 国別で見て2019年度の論文数は第7位、
 - 4) 国内からの編集委員数は3名からゼロ、
- へとそれぞれ変化している。分科会の会員は研究成果をJJAPへ優先的に投稿する習慣があるなかで、中国・韓国や東欧の研究者がPSST誌に公刊する論文数が急増した30年であった。他方、PE分科会諸氏の研究が歴史ある学会から高く評価され、国際的な学会賞を受賞する会員が目立ったのもこの30年の特徴であった。

デジタルコピー文化と研究者社会：

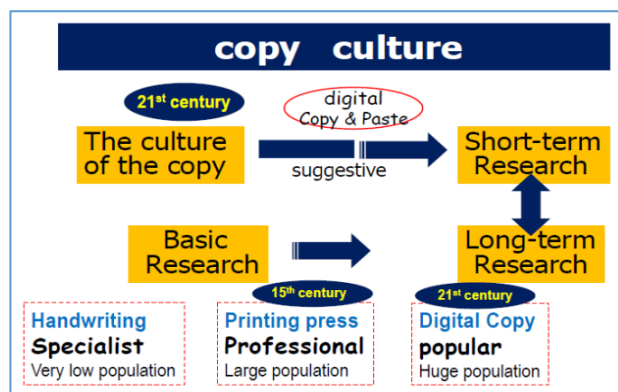


図7：コピー文化と研究者社会

歴史上、知識人(研究者を含む)の数は、手書き情報が少人数の個人に独占された時代、印刷機の発明で印刷本が流通し専門家が出現した時代を経て、現在、デジタルコピー(コピー)が文化の一翼を担い、研究者も一般化した時代となった。これら社会環境の変化に連動し、長期を要する基礎的研究が減り短期決戦の研究が増加の道をたどっている。

象牙の塔から研究者の解放が進んだ一方、無査読のコピー論文を高額で出版するハゲタカ出版社が出現している。この組織が論文本来の価値を脅

かす存在とならぬよう、研究者それぞれの自助努力が強く求められている。公刊される莫大な数の論文を、その分野の特徴・研究倫理・ガバナンスなどの視点から分析・評価し、倫理違反の疑いのある研究者やその所属に警告を発する部門が欧米を中心とした大学機関に出現している。

結びに代えて：

PE 分科会創設当時の意図、「低温プラズマの研究を核にした学術融合組織の立ち上げ」は成功裏に進み分科会会員はこの環境の中で、常に研究の到達点と、そこに至るマイルストーンを自ら設定し歩み続けることができた。現在の財政支援環境や企業の運営体制の下では、PE 分科会がここまで育つことは難しかったであろう。

米国ではプラズマ分野の多くの研究者が近い将来、高齢化を迎えるため、適切な数の人材確保の有り方が議論されその施策が提言されている。社会環境が変化した現在、過去 30 年の歩みの中に、今後の 10 年に向けた発展のカギが少しでも見出され、前向きな活動に活かしていただければ幸い

である。

先人は「とにかく人生は結果より、そこへ行き着くまでの道中の方に魅力があるようだ」と語っている。団塊の世代に属する筆者は 40 代から 70 代にかけて、PE 分科会の発展・円熟期に、こころざしをともにした諸先輩、諸氏と活動できた幸せに感謝している。

思い出深い PE 分科会の第一回合同国際会議



(45th GEC/4th ICRP) (1998, Maui) でのフォトを紹介し、日米欧同僚諸氏の活躍を回顧したい。

シニアである筆者の役割の一つは、低温プラズマや輸送理論の研究が過去にたどった道をレビューし、次代の学生や研究者にそれを提供することにあると考え、このレンガを一つずつ積んでゆくような作業を日々楽しんでいる。

低温プラズマバイオサイエンスの未来

名古屋大学 低温プラズマ科学研究センター 堀 勝

1. はじめに

未来は、絶えず動くので、予測することは非常に難しい。未来を展望する最も確実な方法は、過去の歴史から、求める課題とその解決法を学び、現状から未来動向を外挿することである。しかしながら、このような受け身的なアプローチで、低温プラズマバイオサイエンスを発展させていくのではなくて、今こそ、過去から学んだ知識を基に、積極的にプラズマバイオサイエンスの「未来を創る」ことが求められている。

低温プラズマバイオの歴史を紐解くと 1786 年頃にはすでに、静電気をを用いてプラズマを発生させて、何らかの治療に応用した記録を見ることができる。さらに、静電気から高電圧を印加して発生させたストリーマー状のプラズマを生体に照射する医療行為へと発展している[1]。しかしながら、これらのプラズマを使った医療行為は、ラングミュアが放電現象をプラズマと命名(1928 年)する前の出来事であることを考えると驚くべき事実である。すなわち、プラズマの半導体プロセスへの導入の前に、プラズマの主たる応用の一つとして、人体への治療が実施されており、いつの間にか、この技術は、フェイドアウトしたことになる。

その要因の一つは、当時のプラズマ技術がキラーアプリ（該技術でないと実現できない唯一の応用技術）を確保できなかったことや生物学や医学が、そのメカニズムを解明するまで発展していなかったことに起因すると考えている。すなわち、サイエンスがない、怪しげな治療であったことが予想される。さて、プラズマバイオ応用の画期的な出来事は、岡崎等により大気圧でのグロープラ

ズマの発明を起源にする[2]。その後、多くの研究者が、プラズマを微生物や生体に照射するという研究へと発展していくことに至った。今後、プラズマバイオが、未来の学理を構築し、医療や農業において、普通に使われる技術として残るためには、以下の 4 つの事柄が重要である。

- 1) 大きな産業の発展や社会的ニーズがサイエンスを牽引する(大規模集積回路、太陽電池・・・などのように)。
- 2) 他に、キラーアプリがない（プラズマしか実現できる技術がない）。
- 3) 産業からの課題を解決する「発見と発明」が連続的に起きる。
- 4) 現象の解明による学理の創出（科学的な裏付け）。

このような観点において、その一つの未来動向の指標として、公表された論文の推移から、その分野の発展性を評価することができる。

図 1 に示すのは、プラズマプロセスに関する論文数の推移を示したものである。論文数が増加している分野は、未来に向かって発展していく分野であることが多い。例えば、図において、1990 年ごろからの急速な論文数の増加は、集積回路に積極的にプラズマが導入されたときに一致しており、集積回路の進化とともに、プラズマプロセス分野の論文が増加している。この潮流は、現在から未来へ向かって急速に発展する AI や DX の情報化社会とともに、プラズマ分野は今後さらに発展していくことが期待される。多くの分野で論文数の飽和や低下が見られる中で、プラズマ分野の未来は明るい。

一方で、図2に、プラズマバイオ分野の論文数を示す。2000年頃から勃興したプラズマバイオの論文数の急激な増加は、目を見張るものがある。また、プラズマバイオ分野の発展と共に、新しい国際会議などが創設されている。したがって、集積回路を中心としたデバイス・材料分野と新たに始まったバイオ分野の両輪が、プラズマ分野のエンジンになっていることが分かる。このエンジンの一つであるプラズマバイオの未来を我々が創らなければ、プラズマ分野の発展は次第に低下することが懸念される。

本稿では、プラズマバイオサイエンスの現状とこれから創造すべき未来について示す。

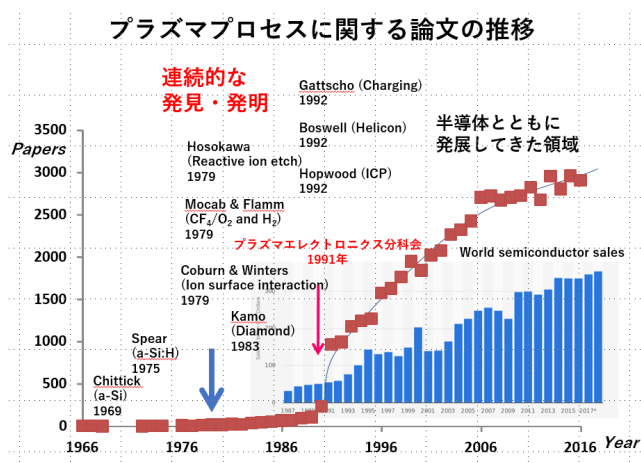


図1 プラズマプロセスに関する論文数。

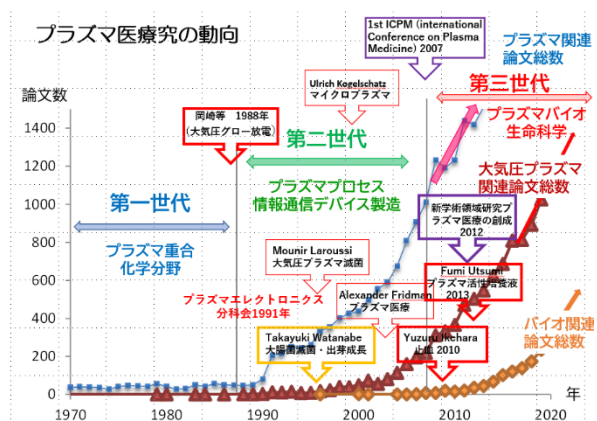


図2 プラズマバイオに関する論文数の推移。

2. 過去の大規模研究費からプラズマバイオサイエンスの未来を創る

日本のプラズマエレクトロニクスは、社会のニーズに応えながら、タイムリーに、組織的な大規模研究を遂行してきた。このような大規模研究が、我が国のプラズマエレクトロニクスの土台を構築してきた。図3に、これまでの主な大規模の科学研究費によるプロジェクトを列挙する。これらから、プラズマエレクトロニクス分科会を中心とするコミュニティが、次に、どのような研究領域を構築するのかを読み取ることができる。逆に言えば、次にどのような大規模研究費を遂行するかで、本分野を牽引するサイエンスを発展させることができる。

プラズマ分野の組織的な大規模研究から未来を推測することができる

1988年-1991年	板谷良平（京都大学教授） 重点領域研究「反応性プラズマの制御」 電子温度制御	第一世代 1970年～1990年
1993年-1996年	廣田榮治（総合研究大学院大学学長） 重点領域研究「フリーラジカルの科学」 ラジカル制御	第二世代 1990年～2005年
2003年-2008年	橋 邦英先生（京都大学教授） 特定領域研究「プラズマを用いたマイクロ反応場の創成とその応用」 マイクロプラズマの科学（大気圧、液中、超臨界プラズマ）	第三世代 2005年～？年
2009年-2013年	白谷正治（九州大学教授） 新学術領域研究「プラズマとナノ界面の相互作用」 揺らぎの制御	
2012年-2016年	堀 勝（名古屋大学教授） 新学術領域研究「プラズマ医療科学の創成」 プラズマ医療の科学	

図3 プラズマエレクトロニクス分野における過去の大規模研究費

世界的な潮流を鑑みても、次の大型プロジェクトのターゲットの一つとして、プラズマバイオを中心とした流れをさらに加速することが必要である。さらに、国連が設定した17の目標（SDGs）の達成に向けて、世界中の人々が取り組んでいることを鑑みると、SDGsの達成にプラズマサイエンスの発展を位置付けることは、自然の流れであろう。

図4に、17のSDGsとプラズマが貢献できる14

のターゲット（*）を示している。この中で、プラズマバイオサイエンスに関係する5つのターゲットを赤字で示す。

SDGs（2030年までのターゲット）の17目標リスト （プラズマバイオで解決できるターゲット）	
*貧困をなくす *飢餓をゼロに *すべての人に健康と福祉を *質の高い教育をみんなに ジェンダー平等を実現しよう *安全な水とトイレを世界中に *エネルギーをみんなにそしてクリーンに *働きがいも経済成長も	*産業と技術革新の基盤をつくろう 人や国の不平等をなくそう *住み続けられるまちづくりをつくる責任つかう責任 *気候変動に具体的な対策を *海の豊かさを守ろう *陸の豊かさを守ろう 平和と公正をすべての人に *パートナーシップで目標を達成しよう

図4 SDGsにおける17の目標。*は、プラズマに関係する目標。赤字は、プラズマバイオに関係する目標。

ここでは、これらのプラズマバイオに関連するターゲットに対する具体的な研究項目を下記に示す。

1）飢餓をゼロに

（プラズマ農水産学：成長促進、高付加価値作物）

2）すべての人に健康と福祉を

（プラズマ滅菌、ウィルスの不活性化、プラズマがん治療、プラズマ再生医療）

3）安全な水とトイレを世界中に

（プラズマ浄化、プラズマ滅菌）

4）海の豊かさを守ろう

（プラズママイクロプラスチック分解、プラズマ漁業・・・）

5）陸の豊かさを守ろう

（プラズマ燃焼：ゴミの焼却、豚・鶏インフルエンザ防止・・・）

これらの研究テーマの共通な因子として、プラズマと液体との相互作用によって合成するプラズマ活性溶液の応用が挙げられる。すなわち、プラズマを液体に照射することによって合成できるプラズマ活性溶液の中には、短寿命・長寿命の様々

な活性種が存在しており、これまでに無かった作用を生み出している。このプラズマ活性液を使うことで、いくつかのSDGsのターゲットを実現することができる。

3. プラズマ活性培養液およびプラズマ活性乳酸

我々は、プラズマを照射して合成した活性液として、細胞培養液（Plasma Activated Medium: PAM）および点滴（乳酸）（Plasma Activated Lactate: PAL）の医療および農水産分野への応用を研究している[3]。これらの活性液が、がんの選択死滅などの抗腫瘍効果のみならず、植物の成長促進や果実の高機能化を実現することを発見してきた。図5に、その成果の一つを示す。図の左は、細胞培養液を使ってマウスの腹部を洗浄したもので、多くのがんの発生（白い部分）が観察される。一方、右図に示すように、PAMで腹部を洗浄することによって、がんの発現を抑えることができる。抗がん剤では、がんと正常細胞との選択比を得ることができないが、PAMやPALは大きな選択比があり、未来医療に適応できれば、そのインパクトは大きい。

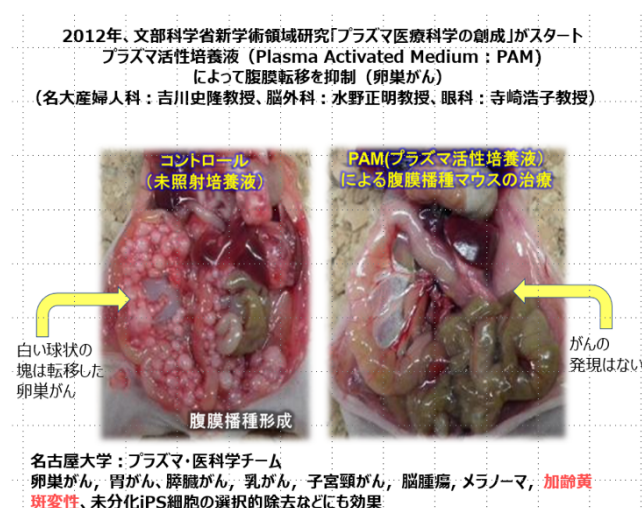


図5 PAN を用いたウォッシングセラピーによるがんの死滅効果。

最も重要な視点は、プラズマと有機溶液との相互作用で、どのような活性種が生成され、これらの活性種が、細胞にどのような作用を及ぼしているのかを解明し、学理として体系化することにある。すなわち、プラズマと有機溶液と生体との相互作用の体系化によって、プラズマバイオサイエンスを創成することができる。

プラズマ活性有機溶液が拓くプラズマバイオサイエンスの概要を図6に示す。

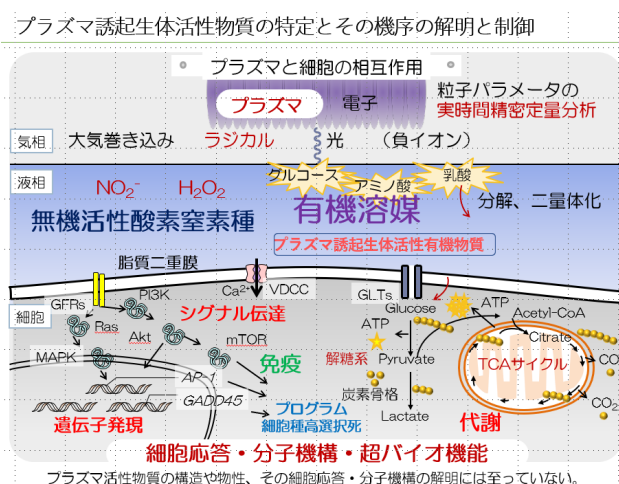


図6 プラズマ活性有機溶液が拓くシームレスなプラズマバイオサイエンスの学理。

プラズマバイオサイエンスを確立するためには、

- 1) プラズマから生成される活性種の特定と制御
- 2) 気相からの活性種と有機溶媒との相互作用の解明
- 3) プラズマ活性有機溶液中の活性種の特定と制御
- 4) プラズマ活性有機溶液中の活性種と細胞との相互作用（シグナル伝達、代謝、免疫、遺伝子への影響とそのダイナミクス）を系統的に解明する。
- 5) 最終的に、1～4)を医療や農業に資するプラズマ装置の開発にフィードバックすることが必要である。

これまでの40年以上にわたってプラズマエ

レクトロニクスが培ってきた、多様なプラズマ計測手段、プラズマ装置技術とその知識の集積を基盤にすることで、プラズマバイオの扉をあけて、発展させることで、プラズマ医療や農業が身近に、普通に存在している社会の到来が期待されている。

4. プラズマバイオサイエンスの最前線

プラズマバイオサイエンスの研究は、これまでプラズマエレクトロニクスが構築してきた学理の最前線での開拓と言える。図7にそのスキームを示す。すなわち、新たな発見や知識の集積は、そのまま、新たな学理の前線を拡大させているという点で、まさに、学際科学のフロンティアの開拓に値する。そこでは、プラズマ科学のみならず、医学、生命農学、生物学、薬学などの学理が必要であり、若い研究者にとっては、本分野の推進には、他分野を修得し、プラズマ科学と融合することが必要である。これまで、プラズマ分野のバイオへの寄与は、多様な大気圧プラズマ装置の供給とそこから発生する発生種や電界等の計測技術に留まっていたが、今後は、プラズマ研究者が、医学も生物学もマスターして、他分野との協創を推進することを期待している。



図7 プラズマバイオは、プラズマサイエンスの最前線を開拓し、その領域を拡大している。

最後に、本稿ではプラズマと有機溶液との相互作用の解明と医療応用についての研究の一例を示したが、プラズマと固体との相互作用によって製造したナノデバイスや機能性部材のバイオへの応用についても、多くの研究者が研究に取り組んでいる。必要なところへ薬剤を注入することができるドラッグデリバリーデバイスの開発においても、最先端のプラズマ科学技術が必要になっている。

バイオ応用をターゲットとして、プラズマと固体・液体・生体との協奏から繰り出すプラズマバイオサイエンスの構築が、新たな医療や農業を開拓し、SDGsのみならず、人類の永続的な発展に寄与することを期待している。

5. まとめ

プラズマバイオサイエンスは、SDGsの達成に大きく貢献し、プラズマで新たな未来を創ることが可能である。本稿では、その一端を記述したに過ぎない。下記に要点をまとめる。

- 1) プラズマバイオサイエンスの未来は自分で創る。
- 2) 地球規模のバイオの課題を解決し、人類の永続的な発展に貢献する意思をもつ。
- 3) プラズマならではの「キラーアプリ」を確立し、他の技術と併用する。

4) 多様な分野とプラズマバイオサイエンスを融合して進化させる。

5) プラズマ科学者が寸刻を惜しんで、バイオを勉強する。プラズマとバイオのダブルディグリーを有したプロの人材育成が必要である。

謝辞

本稿をまとめるにあたって、名古屋大学低温プラズマ科学研究センターのスタッフおよび学生に感謝いたします。また、本稿の成果や図の一部は、文部科学省科学研究費特別推進研究「プラズマ誘起生体活性物質による超バイオ機能の展開」(19H05462)の支援によって得られたものである。

参考文献

- [1] D. Graves, IEEE Transactions on Radiation and Plasma Medical Sciences, 2, (2018), 594 – 607.
- [2] S. Kanazawa, M. Kogoma, T. Morikawa and S. Okazaki, J. Phys. D: Appl. Phys. 21 (1988), 838-840.
- [3] H. Tanaka, K. Ishikawa, M. Mizuno, S. Toyokuni, H. Kajiyama, F. Kikkawa, H. Metelmann and M. Hori, Rev. Mod. Plasma Phys. (2017) 1:3 1-89.

プラズマナノテクノロジーの学術変革

九州大学 白谷正治

プラズマナノテクノロジーの今後の研究の方向性を考える上で、いくつかの視点が考えられる。ここでは、プロセス圧力の視点とナノ材料の視点から記述する。

まず、プロセス圧力の視点で、低圧・中圧・大気圧・高圧プラズマプロセスを用いたナノテクノロジーを考える。

低圧プラズマは、水などの不純物を極限まで低減することが求められる半導体プロセスに多用されている。半導体の社会基盤としての重要性から、今後もさらなる発展が求められている。半導体プロセスは、従来、フロントエンドとバックエンドに大別されてきたが、近年、これらの間にある異種チップを積層化するパッケージ技術（ミドルエンド）がボトルネックとして注目されている。プラズマプロセスはフロントエンドでは 70%以上を占める中心技術である。今後は、ミドルエンドやバックエンドへのプラズマ応用も開拓していくことが望まれる。フロントエンドでは EUV リソグラフィの導入が本格化し微細化がさらに進展することなどから、これまで以上のプロセス揺らぎの抑制が必須である。ナノシートなど複雑形状物の加工・成膜などが必要で、そこではプロセスダメージを極限まで低減することが求められる。プラズマプロセスは、未結合手の生成と消滅および構造緩和が主な素過程であり、ラジカル・イオン・光・熱などが最表面だけでなく膜中でもこれらを誘起している。このため、表面近傍領域にダメージが残留しやすいプロセスである。ダメージの入りにくいプロセス条件を選択するのが基本であるが、低ダメージと高速処理は相反することが多い

点が課題である。また、3 次元積層化も急速に進展する。このため、アスペクトの極めて高い穴の中で制御性の高いプロセスを構築するための学術変革が重要である。従来の、ラジカルやイオンをプラズマ中から穴に輸送して、プロセスを行う方法論では限界があり、穴の中でプロセスを担う粒子を生成し活用するような、発想の転換が必要となる。また、プラズマ・シースさらには基板に入射する電子とイオンのエネルギー分布の時空間分布の高精度制御により、活路が見出される可能性が高い。新しい発想で新たな飛躍が求められている。プロセスプラズマの生成・診断・制御においても、従来の延長線上にない方法論を開拓していくことになる。

大気圧プラズマは、熱プラズマと非熱プラズマに大別でき、近年は両者の研究ともに活況を呈している。熱プラズマは、ナノ粒子の大量合成に有効であることが示され、産業界でも活用されている。熱プラズマプロセスにおいては、大幅な低コスト化などにより、溶液プロセスなど他の手法に比べて圧倒的な優位性を確立し、産業用途の拡大と定着を計ることが重要である。このためにも、新たなプラズマの生成・輸送・制御やシミュレーションによる現象解明とその理解に基づく学術の進展が求められる。非熱プラズマにおいては、過去の知見を活かすことが先ず求められる。

中圧・高圧のプラズマプロセスは、低圧と大気圧に比べて研究例・応用例が限られており、学術的にも発展の余地が大きい。そこでは、これらの圧力領域の特長を明示して、産業化されることが中長期的に持続的発展の下支えとなる。

ナノ材料の視点では、ナノ材料合成とナノ材料を用いた構造形成・ナノ建築がある。ナノ材料としては、フラーレンなどの0次元ナノ材料、CNTのような1次元ナノ材料、グラフェンのような2次元ナノ材料がある。これらは、炭素系だけでなく、様々な単一元素材料・多元系材料で合成され、その物性を調べる研究が多くなされている。そこでは、プラズマ合成の優位性を示すこと、材料の純度を高める方法論を確立することが重要な課題である。単に論文を執筆するだけの研究では無く、ナノ材料の合成・物性評価・応用と実用化を本気で指向する継続的な研究が極めて大切である。この点は、研究者としてのビジョンが問われているともいえる。

一方、ナノ材料を用いた構造形成・ナノ建築を自在に行うための基本要素技術は、サイズ・構造制御、凝集・分散制御、輸送・付着制御であり、初歩的な研究成果は既に報告されている[1]。しかしながら研究例はまだまだ少ないのが現状である。Non-classical crystallisation をプラズマ中で研究するのは興味ある方向性である。ナノ材料を用いた構造形成・ナノ建築を自在に行う分野は、学術としても魅力的であり、産業的インパクトも大

きな分野であり、多くの研究者が参入することが望まれる。

最後に、産業化を目指す研究は重要ではあるが、産業化などに無関係に、知的好奇心を持って生涯をかけて我が道を行く研究も必要である。この観点から、世の評価を意識したテーマと、意識せずに自分の興味や信念に基づくテーマの2種類を同時並行で研究するのが良いのではないか。

基礎学術から産業化までを一人の研究者が行うのはかなり難しい。また、ナノテクノロジーでも、異分野の研究者の協力が研究を加速することが多い。これらの観点から、共同研究を行うことを強く推奨する。若い世代の研究者には、若木から巨木になる学術研究を推進して欲しい。若手の活躍が分野の将来を左右する。

参考文献

- [1] M Shiratani, K Koga, S Iwashita, G Uchida, N Itagaki, K Kamataki; J. Phys. D, 44, (2011), 174038.
- [2] J. Cookman, V. Hamilton, S. R. Hall & U. Bangert; Sci. Rep. 10, (2020), 19156.

30 周年特集記事

プラズマエレクトロニクス分科会の国際展開 —プラズマプロセッシング研究会・反応性プラズマ国際会議から見た流れ— 名古屋大学工学研究科 豊田浩孝

はじめに

プラズマエレクトロニクス分科会は設立以来積極的に国際展開を進めてきた。本稿では、現在に至るまでの分科会の国際展開活動の流れを、分科会が開催する国際会議である反応性プラズマ国際会議を通して俯瞰する。なお、1980年代当初は著者がまだ学生の時代である。したがって、十分に内容を把握できていない部分も多々あり、この点については読者のご容赦をいただきたい。

国際展開への基盤としてのプラズマプロセッシング研究会

プラズマエレクトロニクス分科会はその発足前（プラズマエレクトロニクス研究会）から関係分野の研究者が議論を進めるための研究会としてプラズマプロセッシング研究会を立ち上げ、活動を進めてきた。図1は1984年1月18日から3日間の日程にて名古屋市愛知会館で開催された第1回プラズマプロセッシング研究会の表紙・目次である。

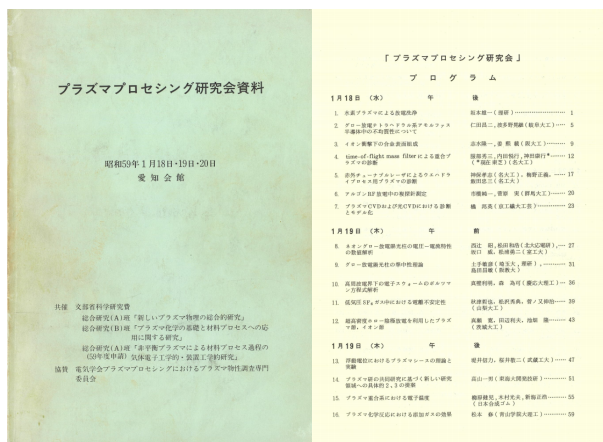


図1 第1回プラズマプロセッシング研究会資料

	プラズマプロセッシング研究会	原稿		反応性プラズマ国際会議 International Conference on Reactive Plasmas	
1984.1	第1回 愛知会館	和文			
1988.1	第5回 神奈川県立婦人総合センター	↓ 英語化			
1989.1	第6回 京都厚生年金休暇センター	↓ 英語化			
1990.1	第7回 東京工業大学	↓ 英語化			
1991.1	第8回 名古屋サンプラザ	↓ 英語化	1991.6	第1回 愛知厚生年金会館 International Seminar on Reactive Plasmas	
1992.1	第9回 福岡サンパレス				
1993.1	第10回 大阪				
1994.1	第11回 パシフィコ横浜		1994.1	第2回 Pacifico Yokohama	
1995.1	第12回 仙台国際センター				
1996.1	第13回 早稲田大学国際会議場				
1997.1	第14回 奈良		1997.1	第3回 Nara ken New Public Hall	
1998.1	第15回 アクトシティ浜松				
1998.10	第16回 ハワイ Aston Wailea Resort		1998.10	第4回 Aston Wailea Resort, Maui Hawaii	GEC 51 (初合同会議)
2002.7	第19回 (Grenoble, France)		2002.7	第5回 Grenoble, France	ESCAMPIG 合同
2006.1	第23回 (Matsushima, Sendai)		2006.1	第6回 Matsushima, Sendai	
2010.10	第28回 (Paris, France)		2010.10	第7回 Paris, France	GEC 63合同
2014.2	第31回 (Fukuoka)		2014.2	第8回 Fukuoka	
2015.10	第33回 (Honolulu, Hawaii)		2015.10	第9回 Honolulu, Hawaii	GEC 68合同
2019.7	第37回 (Sapporo)		2019.7	第10回 Sapporo	ICPIG合同
			2022	第11回 Sendai	GEC 75合同

表1 プラズマプロセッシング研究会と反応性プラズマ国際会議の流れ

目次

セッション1: 文部省重点領域研究(反応性プラズマの制御)計画研究成果報告	
1-1 プラズマ空間構造に伴う電位形成とエネルギー分布の制御	1
1-1-1 プラズマ局所構造制御用プラズマ	2
1-1-2 磁気ミラーを用いたプロセスプラズマの制御	8
1-1-3 プロセス用磁化プラズマの特性とその制御	12
1-2 バルス法およびフロー法によるプラズマ処理	
1-2-1 低圧プラズマ処理装置のプラズマ特性	
1-2-2 希ガス放電フロー法による化合物の合成・解離過程の決定	

図2 第6回プラズマプロセッシング研究会資料和英目次

この目次からみても参加者はプラズマ基礎・計測と応用分野の多岐にわたっており、学際的な研究会としてプラズマエレクトロニクス研究会が立ち上げられていることがわかる。また、プラズマプロセッシング研究会は当初から1月開催であり、現在に至るまで原則として毎年1月に開催されている。さらに、当初は目次からわかるように和文4ページの資料集であった。

表1にプラズマプロセッシング研究会、反応性プラズマ国際会議の開催年表を示す。プラズマプロセッシング研究会資料は1988年第6回開催時頃には徐々に英文化が進められている(図2)。これはプラズマエレクトロニクス分科会の活動を日本国内だけでなく海外にも認知してもらうために重要な転換といえる。この時点で国内会議であるプラズマプロセッシング研究会を中心とした分科会活動を海外に展開するための素地を用意したものといえよう。

プラズマプロセッシング研究会の国際化となる反応性プラズマ国際会議

このように、プラズマプロセッシング研究会の資料集英文化は分科会活動の海外への Visibility を

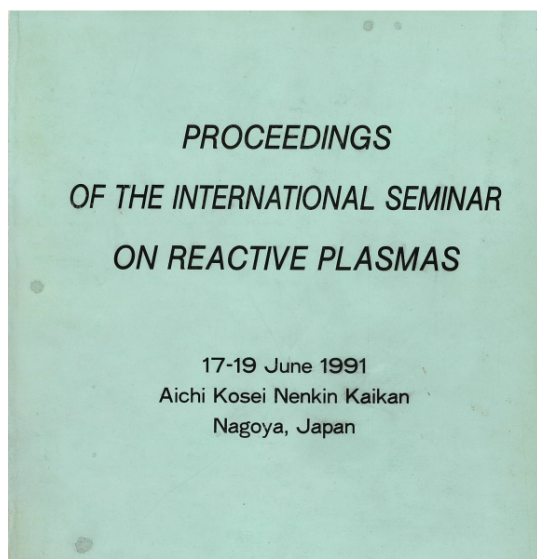


図3 第1回反応性プラズマ国際セミナー表紙



図4 反応性プラズマ国際会議ロゴ

向上する点では大きな役割を果たしたが、さらに積極的に海外研究者との交流を深め、分科会を国際展開するため、海外からも研究者を招聘して第1回反応性プラズマ国際セミナー(International Seminar on Reactive Plasmas)が1991年に名古屋市愛知厚生年金会館にて開催された。図3にセミナープロシーディング集表紙を示す。なお、第1回の会議名称は反応性プラズマ国際“セミナー”であり、第2回より名称を反応性プラズマ国際会議(International Conference on Reactive Plasmas: 略称 ICRP)としている。

第1回反応性プラズマ国際セミナー開催当初、プラズマプロセッシング研究会は国際セミナーとは別に同年1月に開催されていたが、第2回反応性プラズマ国際会議(パシフィコ横浜)以降は、プラズマプロセッシング研究会を国際会議として開催する、という形式をとるようになった。会議名称も正式には反応性プラズマ国際会議とプロセッシング研究会を併記している。また、会議ロゴもこの頃に制定されている(図4)。プラズマプロセッシング研究会を基礎とした分科会の国際会議開催の基礎がこの時期に整ったといえる。

反応性プラズマ国際会議の海外会議との共同開催

このような歩みを着実に進めたうえで、次の大きな転換は反応性プラズマ国際会議の海外会議との共同開催であった。その先駆けとなったのが1998年にアメリカの American Physical Society

の開催する会議のひとつである気体電子会議 (Gaseous Electronics Conference: 略称 GEC) との合同にてハワイ マウイ島で開催された第 4 回 反応性プラズマ国際会議である。GEC は 1948 年から毎年開催されているアメリカの国内会議ではあるが、毎年海外からも多数の研究者が参加する会議であり、実質的には国際会議として位置づけることができる。講演分野としてはプラズマの物理や衝突素過程などプラズマ物理を基礎としつつ、応用分野の講演も多く、反応性プラズマ国際会議との親和性が非常に高い会議といえる。この合同

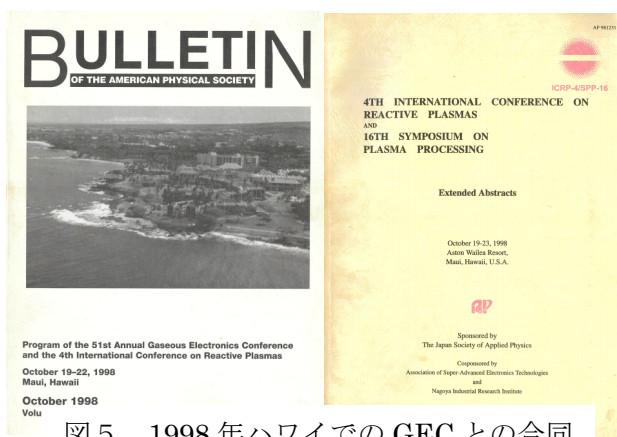


図 5 1998 年ハワイでの GEC との合同会議。GEC Bulletin と ICRP アブストラクト集の表紙。



図 6 第 7 回反応性プラズマ国際会議プログラムブックとアブストラクト CD

開催は日米から多数の参加者を得て大成功を収めた。また、この合同会議は GEC 側からも高い評価を得て、反応性プラズマ国際会議の国際的評価を大いに高めるものとなった。成功裡に終わった本合同会議以降、GEC Committee にはプラズマエレクトロニクス分科会から継続的に日本代表委員として加わっており、今日に至っている。

その後も、反応性プラズマ国際会議は GEC との共同開催を続けており、第 7 回反応性プラズマ国際会議(2010 年)はパリにて(図 6)、第 9 回(2015 年)はふたたびハワイにて開催されており、GEC との共同開催は継続性をもって進められている。特に第 7 回は GEC そのものが海外となるパリで開催する会議となることから、日米欧 3 極が一堂に会する会議として非常に盛大なものとなった。

さらに反応性プラズマ国際会議は GEC だけでなく他の国際会議との連携も進めている。2002 年には第 5 回反応性プラズマ国際会議を Europhysics Conference on Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases (略称 ESCAMPIG) との合同会議としてグルノーブルにて、また 2019 年には第 10 回反応性プラズマ国際会議を International Conference on Phenomena in Ionized Gases (略称 ICPIG) との合同会議として北海道にて開催しており、GEC との合同会議を合わせると、これでの 10 回にわたる反応性プラズマ国際会議の半数は海外会議との合同会議での開催ということになる。

最後に

2022 年は第 11 回反応性プラズマ国際会議が GEC との共同開催で仙台にて開催される。GEC がアジアで開催されるのは GEC の長い歴史の中でもこれが初めてであり、1998 年から継続的に進められてきた GEC と反応性プラズマ国際会議の連携が実を結ぶ Epoch Making なものとなる。この合同会議への多くの方々の参加を期待します。

Greeting Address for the 30th Anniversary of the Plasma Electronics Division

Ruhr University Bochum, Germany Prof. Dr. Uwe Czarnetzki

Dear JSAP President Hatano, Executive Director of the Division of Plasma Electronics Setsuhara, Prof. Toyoda, Colleagues and Friends,

It is a great pleasure having the opportunity to address a few words to you on the occasion of the 68th JSAP Spring Meeting 2021. The meeting takes place online only and this message has been recorded in advance in order to cope with the time shift between Japan and Germany. Nevertheless, we do meet in a sense despite all odds.

A common truth in life is that we realize the real value of things only when they are suddenly absent. Then we painfully miss what has been taken as granted before. If there is anything good to find in the pandemic, it is maybe that it teaches us how valuable and important international exchange and collaboration really is. It ensures a constant flow of knowledge, information, and skills. It brings with it the stimulus and the positive restlessness, which is the nutrition of the creative spirit. It keeps and establishes friendship between individuals and nations. In science, we establish a network of bridges across wild seas of cultural and political diversity. These bridges have been abandoned for a year now.

No doubt, once save travel is reestablished, it will be of key importance to reactivate, repair, and even extend this network. I want to see particularly the young generation frequently crossing them in both directions. As much as science needs a constant renewal by fresh

minds and unbiased spirits, so does international collaboration.

Sustainability is not only the keyword for the environment. Stability, continuity, and steady growth in science means dynamics and liveliness. Goethe's Faust is doomed once he makes the devastating statement that all things should just stay as they are right now (*'Zum Augenblicke möcht' ich sagen, verbleibe doch, du bist so schön.'*). Science is never static, not as a whole and not on the level of the individual researcher either. Even the single genius in his/her lonely office needs an environment that stimulates the deep thinking mind. This is the real power of international exchange and collaboration. Nothing else is more effective in bringing us out of our local potential minimum, where far too often our thoughts tend up to be trapped.

The Division of Plasma Electronics has been especially successful in establishing international links and providing opportunities for free exchange of ideas and concepts. On the long list of lab-to-lab collaborations, workshops, and conferences, particularly the collaboration with the GEC sticks out. Twice, in 2010 in Paris and 2015 in Honolulu, this APS conference was held together with JSAP's ICRP and SPP meetings. Indeed, both meetings have been the biggest events in the now over 70 years of history of the GEC. The event on Hawaii has a special place in my memory not only for being organized by Prof. Toyoda and Prof. Bartschat but also for being the meeting

directly prior to the 2016 GEC at Bochum/Germany, which I had the pleasure to organize. I am still very grateful for the very valuable advice provided to me by Prof. Toyoda on how to organize such a major event. Remarkably, after naturally Germany and the US, indeed Japan was the biggest contributor to this meeting, demonstrating probably both, the close relation of the Japanese community to the GEC and to Germany too, I believe. So the GEC goes international from time to time. Would it not be wonderful to attend one day the GEC in Japan – of course again together with the ICRP and the SPP? Music of the future of course – but one should have dreams. In 2019 I was honored by JSAP by becoming a JSAP Fellow International. I am very grateful for this highly prestigious award. It is certainly

a recognition of my past activities but more I do see it as an obligation to work even harder on the future collaboration between Germany and Japan. However, today it is my great pleasure to congratulate YOU to the 30th anniversary of the Division of Plasma Electronics. May the glorious past be the inspiration, the challenges of the present the motivation, and the future be the goal! Science means constant learning. There is still so much we can learn, so much we can learn together, and we can learn from each other! In this sense I am wishing you all a successful, stimulating, and fruitful meeting and I am looking very much forward to seeing many of you soon again in person.

Bochum, March 14, 2021, Prof. Dr. Uwe Czarnetzki

この 10 年間の分科会の活動を振り返って

東京大学・新領域創成科学研究科・物質系専攻 寺嶋和夫

2011 年 10 月、名古屋大学野依記念学術交流館にて、プラズマエレクトロニクス分科会 20 周年（研究会創設 25 周年）の記念特別シンポジウムが開催されました。分科会、研究会創設時の懐かしいレガシーの先生方を始めとして、分科会を主導する会員の皆様、次代を担う若い技術者、研究者、学生さん達で会場が埋め尽くされ、活気に溢れた、まさに今後の分科会の発展を期待させられる盛大な会でした。それから丁度 10 年。この 10 年の最初の 2 年間（2012、2013 年度）の分科会幹事長を務めさせて戴きました立場から、この 10 年間の分科会の活動を振り返らせて戴きます。

21 世紀に入り、本分科会が扱う内容も大きく変化しましたが、その流れが一気に加速し定着したのがこの 10 年でした。分科会で扱うプラズマ源は、従来の低圧プラズマから、マイクロプラズマ、大気圧非平衡プラズマ、液中プラズマなどにその比重が移り、また、その対象とする学術・技術領域は、最重要かつ伝統的な微細加工を主とする半導体工学分野、薄膜材料成膜・表面処理を主とする材料工学分野から、医療、農業などの生命科学分野へと革新的な大展開が生じました。

また、分科会としての大きな戦略的な柱である国際化の流れも加速度的に進められました。本分科会が主催する ICRP(International Conference on Reactive Plasmas)の、低温プラズマ分野での世界的な学会である GEC(Gaseous Electronics Conference)や ICPIG(International Conference on Phenomena in Ionized Gases)との共同開催、MRS(Material Research Society)での合同プラズマセッションの開催などが進められました。日本

のプラズマエレクトロニクス学術技術分野の世界でのプレゼンスは一段と高められました。また、国内においても、他学会など（物理学会、プラズマ核融合学会、日本学術振興会第 153 プラズマ材料科学委員会など）との連携も積極的に進め、Plasma Conference の共同開催などを進めました。

さらにまた、文部科学省科学研究費の細目分野としての”プラズマエレクトロニクス分野”の採択、2 件の新学術領域研究の採択、さらには、我が国の科学技術政策の最重要課題としての日本学術会議大型研究プランに関するマスタープランへの採択など、堀先生（名古屋大学）、白谷先生（九州大学）を始めとする分科会の先生方の分科会内外でのご尽力により、直接的、間接的に、”プラズマエレクトロニクス分科会”、”低温プラズマ科学”の存在感が飛躍的に向上した 10 年でした。

また、300 名ほどの会員数で 30 年前に始まった本分科会は、この 10 年間の初期の頃には 530 名程（最大 570 名程）に達し、日本社会の深刻な高齢化・少子化の逆風にも拘わらず、現在も 500 名程で定常的に推移しています。

これからの 10 年間、プラズマ分科会はどのような領域を扱うようになるのでしょうか？IoT 時代、AI 時代を反映して、半導体デバイス工学分野や材料工学分野に回帰するのでしょうか？プラズマ生命科学分野が、SDGs 時代の切り札として時代の寵児となるのでしょうか？あるいは、新領域を求めてプラズマの故郷たる宇宙（宇宙の 99%はプラズマ！）へ、プラズマ宇宙材料科学、プラズマ宇宙生命科学の創成へと向かうのでしょうか？新たな 10 年、新時代の分科会の飛躍に乾杯！

プラズマエレクトロニクス分科会に学び、今思うこと

東京都立大学 朽久保文嘉

1985 年創設のプラズマエレクトロニクス (PE) 研究会を前身とし、1990 年に分科会へと昇格した PE 分科会の発足以降、30 年強が経ちました。2021 年 3 月の応用物理学会春季学術講演会では PE 分科会 30 周年記念シンポジウムが開催されましたが、コロナ禍故に皆様方と顔を合わせて盛大に祝うことはできませんでした。近い将来、皆様方と改めてこれを祝える日を楽しみにしております。私自身は PE 分科会に育てて頂いたと言っても過言ではなく、この分科会が大好きです。私事を含みますが、本稿では私と PE 分科会の関わりを振り返り、全く洗練されていませんが、勝手ながら、考える所を述べさせていただきます。

私は 1986 年、学部 4 年生として慶応大学の真壁利明先生の研究室で非平衡プラズマに携わるようになりました。1987 年 1 月に慶応大学で開催された第 4 回プラズマプロセッシング研究会 (SPP) の会場手伝いをしましたが、これが初めての研究会の体験であり、内容を十分に理解していたわけではありませんが、とても熱い議論が交わされ、研究者による真剣勝負の場と感じました。以降、SPP は発表と情報収集を通じた、とても重要な勉強の場の一つでした。1988 年は板谷良平先生を代表とする重点領域研究「反応性プラズマの制御」が始まった年でもあり、プラズマ生成、各種のプラズマ診断、モデリング、CVD やエッチングなどの研究が集中的に実施され、その成果が SPP や春秋の応用物理学会で発表されておりました。例示すれば、名大・後藤先生の赤外半導体レーザー吸収分光によるラジカル計測、名大・菅井先生のしきい値イオン化質量分析によるラジカル計測、京

都工繊大・橘先生の LIF によるラジカル計測を含む SiH_4 や CH_4 プラズマの総合的研究、北大・田頭先生のモンテカルロ法による RF-CCP のシミュレーション解析など、当時の私には面白くてたまらず、自然と真剣に聞き、質問をし、好奇心を満たしておりました。当時は世界的にもプロセスを目的とした低温プラズマの研究が活発であり、プラズマ診断やシミュレーションの論文を多く読み、学び、刺激を受けていました。私は 1992 年 3 月に博士課程を修了しましたが、研究者として基礎体力が養成される時期がこの活気ある時期と重なったことは幸運でした。当時を振り返れば、とにかく面白かった、という一言に尽きます。同様の体験をされた方も多いのではないのでしょうか。

2016、2017 年度の 2 年間、PE 分科会の幹事長を務めさせて頂きました。これ以前にも幹事を務め、個別の担当には力を入れたつもりですが、分科会全体のことを真に考え始めたのは幹事長を務めることになって以降かも知れません。まず、PE 分科会会報 No. 55 掲載の 25 周年特集記事[1]を読み直し、PE 分科会発足の経緯、“プラズマエレクトロニクス”に描いた理念、これを具現化するための分科会の設計などを振り返りました。改めて思いましたのは、理念を実現するための研究発表の場、特定のトピックを議論する場、人材育成の場、会員交流の場などがとても良く設計されているということです。まだ読まれたことのない皆様には是非一読されることをお勧めします。

幹事長就任にあたり、活気ある研究発表の場であり続ける、ということを強く意識しました。即ち、SPP や春秋の応用物理学会学術講演会で多く

の魅力的な研究発表がなされ、活発な議論が展開され、更に展望が広がることで人も増えて多様化し活発になるという好循環を描き、現状把握のためにデータを調べました。SPP や春秋の応物学術講演会における発表件数や分野毎の割合、会員数の推移や年齢構成などがこれにあたり、既に菅井秀郎先生が PE 分科会会報 No.55[2]でまとめられたものに新たなデータを付け加えました。これらデータの一部(会員数や発表件数の推移など)は、PE 分科会会報 No. 68 の幹事長退任の挨拶[3]にも載せました。現在、応用物理学会の会員数減少が問題となっていますが、PE 分科会の会員数も 2021 年 10 月末時点で 484 名（内、学生会員が 7 名）と、ピーク時からはやや減少傾向のように見えます。図 1 は 2016 年時点での PE 分科会会員数の所属別の推移です。これを見ると、現時点での会員数減少の主要因は院生・学生の減少によるところが大きいと推測されます。一方、企業所属の会員の減少傾向に加え、大学・高専所属の会員も減少に転じている点は気掛かりです。会員数は一例ですが、思い付きの議論はしばしば前提が正しくないこともあるので、PE 分科会の現状について定量的データを共有し、分析しておくことは必要と思います。

PE 分科会が直接に関与しているわけではありませんが、プラズマエレクトロニクス研究の発展

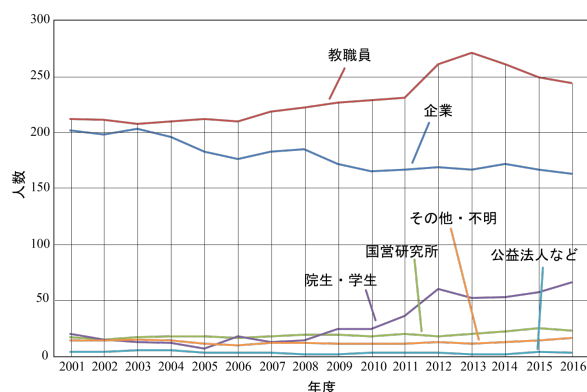


図 1 PE 分科会会員数の所属別の推移

において、重点領域研究、特定領域研究、新学術領域研究などの大型プロジェクトが果たした役割は極めて大きなものでありました。ビジョンを描くことから始まり、集中的な研究費により研究が進展し、他分野を含む多くの人に関与することで多様性が増します。残念ながら採択に至らなかったプロジェクトもありましたが、提案を可能とする土壌が PE 分科会にはあり、このような雰囲気や環境を維持していくことも重要です。

2017 年 11 月に開催された PLASMA2017 の懇親会において、名大の堀勝先生が“Plasma Love”の名言を残されました。プラズマの研究を始めてから今に至る私自身の根底は、まさにこの言葉が端的に表しているように思います。今年、ノーベル物理学賞を受賞された真鍋淑郎先生がインタビューで、「最も面白い研究とは、好奇心が原動力になった研究だ」、「はやりの研究に走らず、好奇心に基づいた研究をしてほしい」といった主旨の発言をされています。自身を顧みたとき、現在も好奇心を原動力に研究していることに間違いはないのですが、若い頃に比べると純粋さに欠け、結果として深みに欠けてきている、故に面白さを学生に伝えきれていないのではないかと反省しております。今一度、初心に帰り、“Plasma Love”の精神で、面白い研究をしていきたいと考えております。

参考文献

- [1] 堀勝, 他; プラズマエレクトロニクス分科会会報 No.55 (2011).
- [2] 菅井秀郎; プラズマエレクトロニクス分科会会報 No.55 (2011) p. 18.
- [3] 朽久保文嘉; プラズマエレクトロニクス分科会会報 No.68 (2018) p. 1.

プラズマエレクトロニクス分科会の活動を振り返って

名城大学 平松 美根男

プラズマエレクトロニクス分科会創設 30 周年おめでとうございます。分科会創設に尽力された名古屋大学・後藤俊夫先生のもとで学位取得したこともあり、プラズマエレクトロニクス分科会創設時から諸行事に関わってきました。プラズマエレクトロニクス分科会的前身であるプラズマエレクトロニクス研究会が 1985 年に発足し、1990 年よりプラズマエレクトロニクス分科会に改組されましたが、奇しくも研究会最終年に加藤勇幹事長のもとで、そして分科会初年に橘邦英初代幹事長のもとで最初の幹事（1989-90 年度）を務めました。その後、2003-04, 2011-12, 2016-17, 2018-19 年度と合わせて 10 年間に亘り幹事ならびに副幹事長・幹事長を務めました。

当時のことで思い出されるのは、1991 年に現地取り纏めを担当した第 8 回プラズマプロセッシング研究会（SPP-8）と International Seminar on Reactive Plasmas です。SPP-8 は名古屋市郊外の名古屋サンプラザという公共施設を使って開催しました。名古屋サンプラザは既にありませんが、結婚式場、宿泊施設、文化センターなどを備えた文化施設で、当時の研究集会は現地担当者が参加者の宿泊も取り纏めており、会場との交渉、宿泊者の部屋割り、参加費徴収、予稿集の製本・印刷まで全部やった気がします。公共施設の客室はほとんどがツインか大部屋で、参加者（宿泊者）は相部屋となるため勝手に部屋割りをしましたが、特に大きなクレームが出たことはありませんでした。大御所と言われた先生も当時は時間に余裕があり、最初から最後まで参加して議論を楽しんでいたようですし、研究会自体にも緊張感がありま

した。当時は年に何度も類似の学会が開かれることはなく、じっくりと準備をして発表し、論文に繋げるという位置付けが多かった気がします。予稿も当時は 4 ページもので、カメラレディの紙原稿を郵送で受け付け、そこにページ番号を貼り付け原本を作り、印刷業者に出していました。最近の SPP はどちらかと言えば学生の研究発表の場のような位置付けになっていますが、若手に発表してきなさいというだけではなく、若手を指導する立場であっても時間を作ってご自身でも発表していただき、世代間の交流を積極的にはかっていただければと願っています（自分は恥ずかしながら、なかなかできていませんが）。

もう 1 つの International Seminar on Reactive Plasmas では、豊田浩孝先生と二人で現地を担当しました。会場となった愛知厚生年金会館も今はなく、跡地には超高層マンションが建っています。後藤俊夫先生が組織委員長となったこの国際会議では、板谷良平先生によるオープニングレクチャーから始まって、海外からは G. S. Oehrlein (米), J. E. Lawler (米), D. Graves (米), D. Ernie (米), D. N. Ruzic (米), R. Boswell (豪), G. Hancock (英), J. P. Boeuf (仏), A. Bouchoule (仏) ら、当時この分野を牽引していた面々の招待講演がありました。この国際会議はプラズマエレクトロニクス分科会が主催する反応性プラズマ国際会議 (International Conference on Reactive Plasmas, ICRP) の記念すべき第 1 回に数えられています。その後継続的に開催されてきた ICRP は、アメリカ GEC との共同開催をパリ（堀先生、2010 年）とホノルル（豊田先生、2015 年）で、ICPIG との

共同開催を札幌（佐々木先生、2019年）で果たしました。そして次の2022年のICRP11では、仙台においてGECと対等の立場での共同開催が実現すること、それを我々の次の世代にあたる金子先生、朽久保先生、酒井先生が牽引しているという事実は感慨深いものがあります。

分科会創設20周年特集の記事の中で、後藤先生が分野の開拓において異分野間の融合と世代間の融合の必要性に触れておられます。分科会設立時の「プラズマエレクトロニクス」が包含する分野は、(1)気体放電現象、プラズマ中の電子原子分子過程、光過程やそれらの診断技術、(2)光・プラズマプロセス、気体レーザ、光源、その他のプラズマの応用技術の基礎などでしたが、これまでプラズマ・光分野と半導体・材料分野の交流が春・秋の応物学会学術講演会やプラズマプロセッシング研究会・新領域研究会等において積極的に行われ、複合的あるいは融合的な分野や研究テーマが生まれました。現在は、大気圧プラズマを使った研究が大変盛んになり、プラズマと医療・生命・農業分野の研究者との交流や連携的な研究も行われ、プラズマエレクトロニクスが扱う応用範囲もエネルギー・環境・生体・農業へと広がっています。若い世代には是非広い視野を持ってどんどん新しい課題にチャレンジしていただければと思います。とは言っても、新しさばかりに囚われて流行に流されず、「どうして？」という疑問を大切に、地に足を付けた研究を行っていただければ幸いです。

プラズマエレクトロニクス分科会昇格後は、人材育成も重要視し、若手研究者やこの分野に新しく

参入した研究者を対象に、プラズマエレクトロニクスの基礎や現状について実習を含めて研修して貰うことを目的とした講習会が企画され、現在のプラズマエレクトロニクス講習会やインキュベーションホールへと引き継がれています。さらに、異分野の研究者を交えた討論を行い、新学術領域の創成を目指すべく新領域研究会が2008年より継続的に実施されています。そんな中、応物学会の会員数減少のために将来の資金繰りが怪しくなっていて、健全財政に向けて2018年には分科会に事務経費の見直しや経費節減・収入増の要請が出ました。下世話な話ですが、企業からの幹事ならびに副幹事長のご尽力のお陰で、プラズマエレクトロニクス講習会の収入は分科会の財政を支えています。プラズマエレクトロニクス分科会は十いくつある分科会の中で健全な財政を維持できているとして、理事会において推奨すべき分科会のモデルとして取り上げられました。今後もこの状態を維持するためには、分科会において相当数の企業会員が必要であり、会員にとって役に立つ分科会でなければなりません。分科会の目的は「プラズマエレクトロニクスに関する研究の推進及び技術の向上をはかること」であり、より広く応用物理学会会員の参加を得て、組織的な体制の下に先見的な活動を展開し、かつきめ細かく会員の要望に応えうる会の運営を行っていくという設立時の趣旨を忘れず、会員側は何を知りたいかを積極的に発信し、運営側は要請に広く耳を傾け、異分野間および世代間の交流の場を効果的に提供できるよう、持続的な努力を続けていただくことを願っています。

プラズマエレクトロニクスは エッチング開発にどう役立ったのか？

MAMO 中村守孝

プラズマエレクトロニクス分科会 30 周年おめでとうございます。ここでは、プラズマよりも表面反応が好きなエッチング屋の個人的な立場から、プラズマエレクトロニクスとのかかわりを振り返ってみたいと思います。

30 周年といいますが、プラズマエレクトロニクス分科会の前身となるプラズマエレクトロニクス研究会が生まれたのは、1985 年と伺いました。1985 年は私にとってもエッチング技術開発の節目となるタイミングでした。

1. プラズマエレクトロニクス研究会発足以前

1970 年代後半に今でいう RIE 技術が生まれました。それまではレジストのアッシングや多結晶シリコンの等方エッチングしかできなかったものが、SiO₂ や Al などを選択的に垂直に加工できるようになり、エッチング技術が広く半導体製造に用いられるようになりました。しかし市販のエッチング装置にはそもそも RIE 型のカソードカップルの構成を取ったものすらなく、量産装置は自分で開発するほかありませんでした。

その頃の開発の経由を 2021 年春季応物の分化内招待講演でお話しさせていただきました。（*応用物理学会誌にも掲載予定です。）まさに試行錯誤の連続で、私自身がアルミのエッチングに成功した頃を振り返ってみても、イオンを照射するという意識すらありませんでした。

円筒型のプラズマエッチャーに塩素系ガスを入れて Al をエッチしようとしたところ、ウェハの周辺のみうっすらと色が変わったのでした。チャ

ンバーの周辺にラジカルが多いのかと、ウェハを寝かせてみたところ、たまたまコイル型電極の上の部分でアルミがなくなったことが始まりでした。ウェハ全面をエッチングするには電極をコイルからキャパシタに変えて、電極面積を拡げるのがよいだろうと考えて、今の平行平板型 RIE 装置の構成になりました。

その後は量産用装置の設計製造から量産工場での立ち上げ、トラブル対策に奔走される中、さらに性能向上するには何をしなければならないかを考え続けました。

この頃大きな貢献をしたのが、Coburn・Winters のビーム実験です。それまでプラズマの中では渾然一体となっていた、反応種の表面への供給とイオン衝撃による表面反応促進を、きれいに二つに分けてエッチングのメカニズムを明らかにした実験でした。

私自身は、ビーム実験により確実になったメカニズムから、反応種の吸着した表面状態の制御を重視しようと考え、静電チャックの高精度化と表面温度制御にいたりしました。それまではレジストが焦げるのを防ぐために冷却するという目的だけだったのが、ウェハ温度を測定し細かく制御することで一歩進んだと思います。さらに、壁面の制御や装置やガスからくる不純物の影響などを見つけ、オゾン問題からのガス規制に対応しつつ加工精度を上げていきました。

では、この 85 年ごろまでの時期にプラズマエレクトロニクスはエッチング開発に役立ったのでしょうか。残念ながら、私はほとんどゼロだったと

思います。例えば、当時プラズマ解析にもっぱら使われていたラングミュア・プローブはハロゲン系プラズマに対してはまともな測定結果を示めさず、汚染もあってエッチングに利用することはできませんでした。イオン衝撃の制御を目指して、rf周波数を変えてみたり、電極形状を変えてみたりもしましたが、エッチング特性にはあまり大きな効果はありませんでした。

一方、このころ他社から多く報告されていたのが、ECRをはじめとする高密度プラズマのエッチングへの利用です。しかし、私の会社富士通では、少人数低予算で量産現場のトラブル処理なども抱えているなか、プラズマの経験者もおらず、新規のプラズマ源に手を出す余裕は全くありませんでした。それでも、上記の表面反応制御に集中した技術開発により、十分世の中に報告されているものよりも優れた性能を得ることができていました。

2. プラズマエレクトロニクス研究会発足後

こういったプラズマを重視しない開発方針が破綻し始めたのが85年頃です。そして、この頃から大学などプラズマエレクトロニクス研究者との交流も深くなって行きました。

まず、高密度プラズマ源がエッチングに真価を発揮し始めます。それは微細化によりゲート電極の加工寸法が厳しくなってきたためです。従来の平行平板RIE型では、プラズマ密度が下がることから低圧で動作することができませんでした。その結果、イオンの入射角ばらつきが大きいことから、パターンの粗密によって電極幅にばらつきが出てきたのです。その頃やっとまともに動き始めたECR装置ではこのばらつきを抑えることができました。そこで、ECR装置をもつ装置メーカーと共同開発をはじめました。意外なことに、それまで社内で作ってきたマイクロ波を用いたダウンストリーム型装置の経験から、ECRプラズマの

ハード面でも多くの提案ができました。

また別に菅井先生から提案を受けたICP型装置が、磁場を用いないため予想外に簡単に作れ、これなら我々でも使えると思いました。しかし、その頃はすでに、サービスやマーケティングを含めた総合力で装置メーカーに太刀打ちできなくなっていたのです。

続いて問題になったのが、電子遮蔽効果によるチャージングダメージです。それ以前にもチャージングダメージは報告されていましたが、プラズマ分布の不均一性によるもので、装置を適切に設計すれば解決しました。しかしゲート絶縁膜の薄膜化によりトンネル電流が流れやすくなり、プラズマ分布とは関係なく絶縁膜の劣化を起こしました。

この問題を解決するには、プラズマの理解がかかせませんでした。真壁先生のプラズマシミュレーションの助けを得つつ、プラズマのパルス化によりあと一歩で解決できるというところまで漕ぎ着けました。これで、問題が解決していたら、まさにプラズマエレクトロニクスの勝利と言えたでしょう。しかし実際はそうはなりません。

当時、すでに自社工場のキャパシティを超える需要があった場合の生産調整にTSMCなどの外部ファウンドリーに製造を依頼していました。「自社工場だけエッチング装置を改良してダメージが出なくなっても、社外で製造したときにダメージが出るのは困る。この問題はデバイスの設計側で対処するから、プロセス側は何もするな。」と言われてしまいました。幸いダメージの理解が進んでおり、アンテナ比を小さくするという設計側の対処だけで問題を解決することができたのです。

90年代も終わりになって、社内でエッチング技術を開発することに限界を感じ、新たに勃興したFeRAMの開発にエッチング部隊ごと転身しました。強誘電体膜の堆積にrfスパッタを用いたので

すが、エッチング装置開発の経験が非常に役に立ち、短期間に装置を安定稼働するよう改造することができました。FeRAM 開発成功後は ASET などコンソーシアム活動に移って行きました。

3. 今後へ

エッチング屋の目からプラズマエレクトロニクスがどこで役に立ったかを見てきましたが、ご覧の様にあまり多くはありません。

反応壁に埋め込んだプローブなどのプラズマ解析技術がもう少し量産装置に使えるようになればと思っています。技術的には完成していると思いますが、ここでの最大の障壁は量産現場の保守性です。

私も装置メーカーの依頼を受けて、静電チャックの寿命改善に取り組んだことがあります。提案がことごとく日本最大の量産工場に受け入れられなかったのには苦労しました。面白いことに丁度その頃リーマンショックの大不況が半導体業界を襲い、量産工場が静電チャックを早めに交換する安心安全志向から、寿命ぎりぎりまで延長して使うコスト志向に切り替えてくれたため、チャック寿命が一挙に 2 倍に延び、何もしていないのに装置メーカーから感謝されるという予想外の展開を見たことがあります。諦めずに取り組んでいた

だけだと思います。

最後に一つお詫びしておかなければいけないことがあります。昔のことですが、春秋の応用物理学会学術講演会のセッション構成です。2003 年以前はエッチング関係の報告は、ビーム応用分科の中でプラズマ・イオン・光プロセスというセッションで行っていました。企業のエッチング研究者を中心に、(大学に邪魔されることなく) より実用的なエッチングの議論をしたいという考えからこの様にセッションを編成しました。プラズマエレクトロニクスの発展のためには良くなかったと思っています。

その後、2004 年からのプラズマエレクトロニクス分科との合同セッションを経て、2006 年にはプラズマエレクトロニクスの中でエッチングのセッションを持つ様になりました。基礎と応用が近い場所で活動できるのは良いことだと思っています。

エッチング屋もプラズマエレクトロニクスの一員として、活動できていることはありがたいことです。できれば、プラズマダメージの解決に取り組んだ時の様に、もう少しデバイス屋も取り入れられたらと思っています。

これからもプラズマエレクトロニクスの発展を願って、本稿を閉じたいと思います。

プラズマエレクトロニクス分科会 30 周年に寄せて — 半導体デバイスとプラズマエレクトロニクス —

アイオーコア株式会社 木下 啓藏

応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会
がその創設から 30 周年の節目の年を迎えられた
こと、おめでとうございます。その分野に関わっ
た者の一人として大変喜ばしく思います。今後も
プラズマエレクトロニクス技術分野が発展するこ
とを祈っています。

プラズマ研究における知の集積と連携

応用物理学分野では、エレクトロニクスを代表
とする「デバイス」が最終製品であることが多い
ことから、デバイス単位のコミュニティや業界
が多く存在します。その中でプラズマ技術のよう
な、「プロセス」のコミュニティが独立して存在
していることは、実は珍しいことと思います。そ
れだけ、簡単には実現できないものを形にしてき
た歴史を持っているということだと思います。

核融合の学術研究対象であったプラズマは、細
川直吉氏らの反応性ガスをを用いたプラズマによる
材料の高速エッチング現象の発見[1]をきっかけ
に反応性イオンエッチング(RIE)技術が生まれ、
デバイス製造プロセスの本流に躍り出ました。そ
の頃から、日本と海外の技術者・研究者の交流は
密に行われています。そして、その後の技術の高
度化・精密化と学術的な体系化によって、今日の
数 nm デザインルールの微細デバイスを実現する
プラズマエレクトロニクス技術に至っています。

特に学術的な体系化には、核融合研究やその後
に発明されたプラズマの計測・分析技術が、プラ
ズマ中での反応メカニズムの理解に大きく貢献し

ました。好奇心から始まる実験で見出された新し
い反応や現象が、多くの人の手による計測・分析
による物理量で表現され、それらが定量的に整理
されたということです。このようなメカニズム解
明に対するアプローチは将来に渡っても重要であ
ることは間違いなく、今後はそれら計測データを
迅速に厚みを持って取得することと、データ分析
の自動化が求められます。機械学習の導入は急が
れる点の一つでしょう。たゆまぬ知の集積作業と、
その効率化の追求が期待されます。

このような知の集積の加速において興味を同じ
くするメンバーが連携できることのインパクトは
疑う余地がありません。少し異なる視点や知識背
景からのコメント、素朴な質問が新しい実験を始
めるきっかけになり、そこから課題解決につなが
ったり、理解の風通しが変わったりすることは良
くあります。プラズマエレクトロニクス分野では
これまで、分科会活動への産業界メンバーの積極
的な参加や、クローズで密な議論を行う研究会、
同業の研究者が実際に集まるコンソーシアム運営
などが行われ、産学官のシナジー効果を産んでき
ました。今後は、プラズマを用いる領域の広がり
と、昨今の時間軸を重視する研究開発を取り巻く
環境から、連携活動についても学際領域を越えた
広がり、加速のための積極的なセッティングが
必要になったと感じます。もちろん、十分な知の
集積のための研究の厚みも同時に期待されます。
プラズマエレクトロニクス分科会のようなコミュ
ニティーは、出会いの機会を増やしこのような連
携を進めやすくするきっかけを提供する場になる

ことが求められていると思います。

産業の米としての半導体デバイス

さて、特に私自身が身を置いてきた半導体デバイス業界に注目してみますと、ここしばらくの日本の勢いはあまり芳しくありません。一方、製造装置や半導体向け材料など半導体デバイス製造の基盤技術は世界的な強みを持っています。世界との情報距離が小さくなったとは言えるものの、これは少し不思議である（もったいない）ことは間違いありません。製造装置や材料の強みは強みとして持ちつつも、マーケット規模を考えると日本が今よりも半導体デバイスで勢いを取り戻すことは求められると考えます。

昨今、半導体デバイスの欠品によりそれを利用する製品の製造遅延を生じることが良く報道されます。振り返ると約 30 年前の 1988 年、国内デバイスメーカーは半導体デバイス製品の世界シェア 50% を占めていました。その頃「半導体は産業の米」と言われ、多くの技術者・研究者がその分野に流れ込みました。しかしその頃からの社会状況を見ると、まだその頃は半導体が真の意味で産業の米にはなりきれていなかったのだらうと思います。ここへ来てデジタル社会への加速による大規模な半導体需要は、半導体が本当に「産業の米」になったことを示しています。

「産業の米」としての現代の半導体デバイス製造に参画するポイントは規模です。今の半導体産業は、個別の企業が単独で事業展開を計画する投資レベルでは十分ではない規模での活動が必要になっています。豊かな社会を目指して世界の経済圏は互いに切磋琢磨して経済発展しており、自らの経済圏の発展のために政府が半導体とその周辺産業の育成を競って進め、域内連携を強化しています。米国では、大統領自らが半導体チップを手にとってスピーチするくらいです[2]。そして、こ

れまでどちらかというとな大人しかった日本でも、今年に入ってから具体的な政府支援がニュースを賑わすようになりました[3]。最終的な製品実現の上で必須の「産業の米」半導体デバイスを安価に安定的に供給することは、それを利用する産業も含めて経済圏の未来を左右します。

半導体デバイス向けのプラズマエレクトロニクス研究の今後

前述のような世界の状況の中で、プラズマエレクトロニクス技術への要請が、多層化・多様化していることをここで指摘しておきたいと思います。

先端の高集積半導体デバイス製造では、高精度な製造装置と高度に設計された材料をインテグレーションすることが必要です。こちらはある意味これまでの技術の延長上にある分野で、製造装置や材料の業界ではそれら高集積化の究極のデバイスへの対応が必要とされています。一方、自動車用半導体やイメージセンサー制御チップなどの今の日本で安定供給が必要なデバイスでは、信頼性や構造・寸法で一般的な LSI とは異なる切り口、新しい材料への迅速な対応が求められています。

さらに、これから大きく伸びると考えられているネットワーク用デバイスのように、コンポーネント部品をプリント基板上で組み立てて作られてきたものをウェハプロセスで製造する新しい集積デバイス[4]の出現や、主に製造コストの観点から新旧のデザインルールの半導体チップや異なる機能と材料のチップを別の基板上に集積し直してウェハプロセスを実施するなどの MEMS/後工程系の集積デバイスでは、まだまだ経験知とその体系化が十分でない分野もあります。先端半導体が過去に通ら過ぎたサイズの加工では、従来技術とコンパチビリティがあると語られることが多いものの、実際にはデバイスの用途が異なればプロセス技術にも異なる要請が発生し、これまでの

常識が通用しない状況が生じます。プラズマエレクトロニクスはこれらを含め、全ての半導体デバイス製造の基盤技術であり、研究ターゲットはこれまでよりも広がりを見せています。これはプラズマエレクトロニクスの発展に大きなチャンスが到来していると言えます。

さらに、デジタル社会というキーワード以外にも、SDGs に代表される地球環境問題も大きく取り上げられています。後世の人類のための環境を守ること、今よりも良くすることは重要です。現在強みとして持っている部分を減衰させず、さらに新しい時代への提案が期待されます。

最後に

一人の人が一生の間に経験できる情報量はそれほど多くありません。現象を物理量で把握すること、学術的な体系化によって多くの人の経験知を集積することは、続く世代が次の一步を踏み出し、技術分野が発展するために不可欠です。良くわからない事象があるときに原点に立ち戻って考えること、あるいは温故知新という言葉は、これまでの先人の努力で築かれた体系がものを言います。プラズマエレクトロニクス分野で何か発表することは、どんな内容であれこの知の集積に貢献しています。まずは発表して聴衆の反応を見てみよう、自分とは違うものを持っている人と繋がってみよ

うという気持ちが波及効果を生み、課題解決の糸口になり、プラズマエレクトロニクス技術の発展に繋がると思います。半導体デバイス製造技術に限らず、次の時代に向けてプラズマエレクトロニクス分科会での連携が新しい波になることを期待していますし、自身も微力ながら貢献できればと思っています。

参考文献

- [1] 織田善次郎, "ドライエッチング装置", 半導体シニア協会ニューズレター, **53**, 12 (2007), https://www.shmj.or.jp/dev_story/pdf/develop27.pdf.
- [2] 朝日新聞 Web 記事, "「製造工場を再興せよ」米国が抱える「危険な弱点」", 2021/4/1, <https://www.asahi.com/articles/ASP3Z72DPP32ULFA02S.html>.
- [3] 経済産業省商務情報政策局情報産業課編, "「半導体・デジタル産業戦略」を取りまとめた", 2021/6/4, <https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210604008/20210604008.html>.
- [4] 電子情報通信学会編, "知識ベース「知識の森」, S2 群 3 編 ナノ光エレクトロニクス, 4 章 シリコンフォトニクス", 2019/5/20, https://www.ieice-hbkb.org/portal/doc_667.html.

非平衡プラズマ研究の過去・現在・未来

東北大学大学院工学研究科 金子俊郎

はじめに

非平衡プラズマを用いたプロセスは、新物質創製等の材料科学分野において必要不可欠な技術となっており、また医学・植物学等の生命科学分野においても、大気圧及び気液界面非平衡プラズマと生体組織・細胞との相互作用の研究が、この10年で急激に進展してきている。

本稿では、プラズマエレクトロニクス分科会が30周年を迎えるにあたり、非平衡プラズマを用いた研究の過去・現在・未来、すなわち、これまでの10年の成果を著者らのこれまでの研究を題材として紹介し、これからの10年の展望を著者の視点で述べさせていただく。

非平衡プラズマ研究のこれまでの10年

著者らの研究グループでの「非平衡プラズマ研究のこれまでの10年」を振り返ると、新機能材料としてナノカーボンならびに金属ナノ粒子の潜在

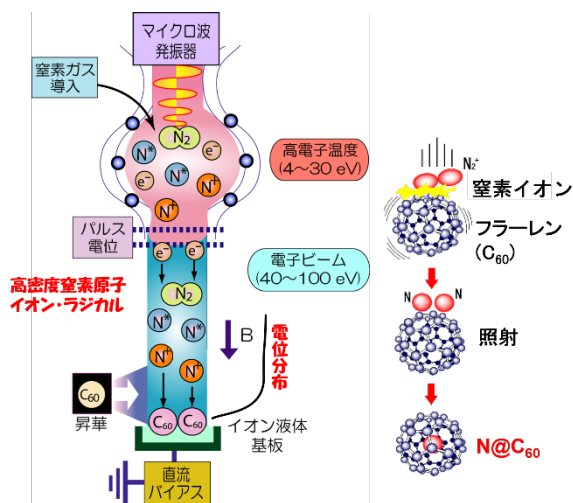


図 1: 非平衡プラズマ中のイオン照射エネルギー制御による窒素原子内包フラーレンの合成。

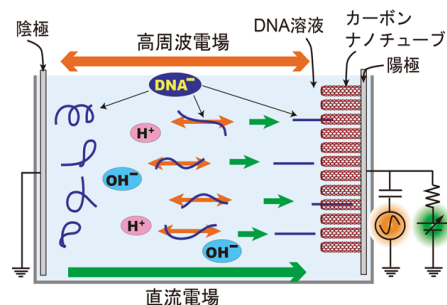


図 2: 電解質プラズマ中の電場制御による DNA 内包カーボンナノチューブの創製。

性に注目し、プラズマとナノ・バイオが融合する新しい材料・生命関連科学研究を展開してきたといえる。

第一に、気相・液相・気液界面のプラズマ「物理学」を原点とした、荷電粒子媒質中の電位構造を制御することによる革新的なプロセス技術[1]により、種々の原子を内包するフラーレン(図1)[2]、カーボンナノチューブとナノ粒子の複合物質[3]、生体高分子であるDNAを内包するカーボンナノチューブ(図2)[4]等を創製し、量子コンピューティングデバイス素子や高効率太陽電池等の省エネルギー・創エネルギーのグリーンデバイス創成を目指した研究を進めてきた。

第二には、気液界面プラズマの非平衡性の制御

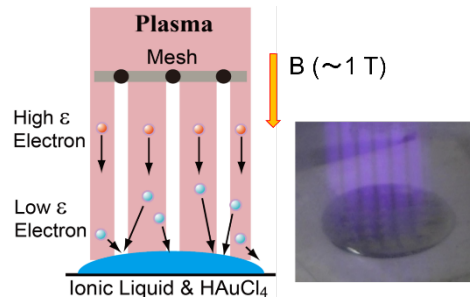


図 3: イオン液体への非平衡プラズマ構造制御照射による金属ナノ粒子の位置制御合成。

に立脚して、プラズマ照射された液体中での局所的な「化学」反応を駆使した位置制御ナノ粒子の合成(図3)[5], DNAとナノ粒子の複合物質の創製[6]に成功しており、遺伝子・薬剤デリバリーシステムや高感度バイオセンサー等のバイオテクノロジー分野への応用を目指した研究を推進してきた。

第三として、非平衡気液界面プラズマ中で生成される短寿命の励起活性粒子による細胞機能制御(図4)[7]を活用した、低侵襲・高効率遺伝子導入システムの開発[8], さらには大気圧非平衡空気プラズマ照射による植物病害防除と植物応答解明(図5)[9][10]等も手掛けており、プラズマ科学と「生物学」との異分野融合研究を推進してきた。

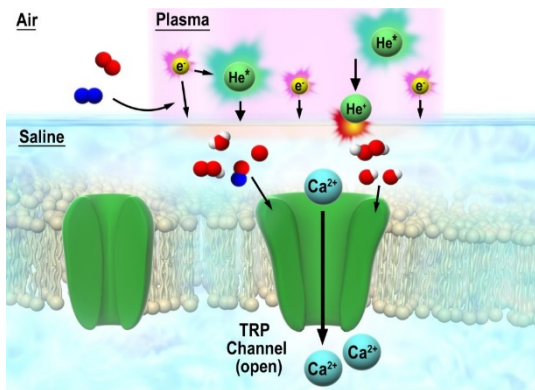


図 4: 非平衡気液界面プラズマによる短寿命活性種生成・輸送と細胞機能制御。

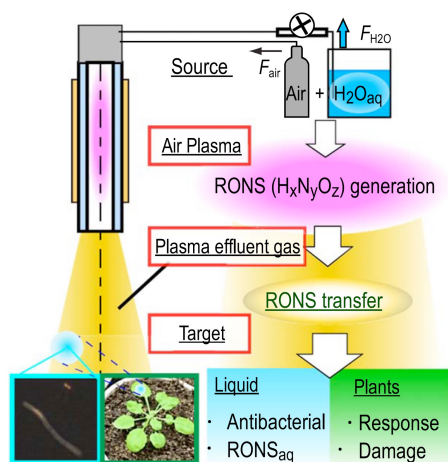


図 5: 大気圧非平衡空気プラズマによる植物病害防除と植物応答解明。

非平衡プラズマ研究の現在

上述したような、プラズマ科学と物理学・化学・生物学等との異分野融合研究を進めて行く中で、非平衡プラズマ研究者が新しい学理として構築すべきテーマが「プラズマ気液界面科学」ではないかと考えている(図6)。

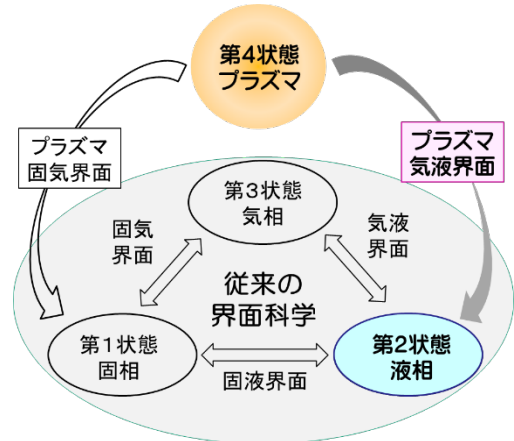


図 6: 新しい界面科学としての「プラズマ気液界面」。

これまでの研究において、位置制御ナノ粒子合成, DNA等の生体高分子との複合物質創製, さらには細胞やタンパク質等の生体分子へのプラズマ作用を扱う場合には、ナノ粒子の原料や生体分子等を含んだ液体にプラズマを照射することで生成される前駆体や活性種を用いており、特に寿命が1秒以下の短寿命活性種・前駆体が重要であることが世界中で報告されている。しかしながら、多種多様の活性種・前駆体が混在するプラズマが照射された液体は、プラズマ生成条件・外部環境等の作用因子の変動や未知の反応過程等の未知因子

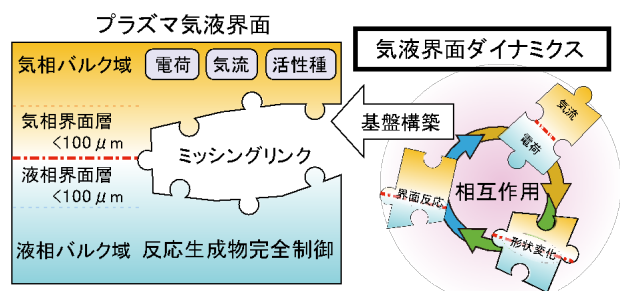


図 7: プラズマ照射液体中の反応生成物完全制御のための気液界面層でのダイナミクス解明。

の影響が計り知れず、必要な活性種・前駆体を完全には生成・制御できていないのが現状である。

その理由として、気相（プラズマ相）・液相バルク域間に存在する μm スケールの気液界面層での現象が、実験的にも理論的にもほとんど解明されておらず「ミッシングリンク」となっていることが挙げられる（図 7）。

従って筆者らは、この未解明のプラズマ気液界面層でのダイナミクスを理解すべく、気相および液相での活性酸素窒素種の時空間分解計測を通して、気相での生成、気液界面での輸送、液相での反応を詳細に調べている[11][12]。その結果として、液相での反応生成物としての活性種・前駆体の完全制御合成が実現でき、必要とする活性種・前駆体のみを選択的に使えるようにすることで、医療科学、植物科学、環境科学、材料科学等の多くの分野での応用展開を可能とすべく、研究を進めているところである。

非平衡プラズマ研究のこれからの 10 年

これまではプラズマ科学と物理学、化学、生物学との融合領域の研究を進めてきているが、非平衡プラズマ研究のこれからの 10 年を考えると、「地学」すなわち「地球環境科学」との融合研究が重要になると筆者は考えている。

現在、世界的に地球温暖化に関わる地球規模リスク、窒素による土壌・環境汚染、パンデミック等の課題を解決することを目的として、非平衡プラズマを用いた脱炭素技術（二酸化炭素固定、二酸化炭素を排出しないアンモニア合成等）、窒素ニュートラル（高効率窒素固定等）[13]、ウイルス・菌制御（化学薬品を使わない不活化・殺菌等）[14]が求められている。

これらを実現するためには、化学薬品を使わずに、どこにでも存在する空気のみを原料ガスとした非平衡プラズマを用いて制御合成する活性酸素

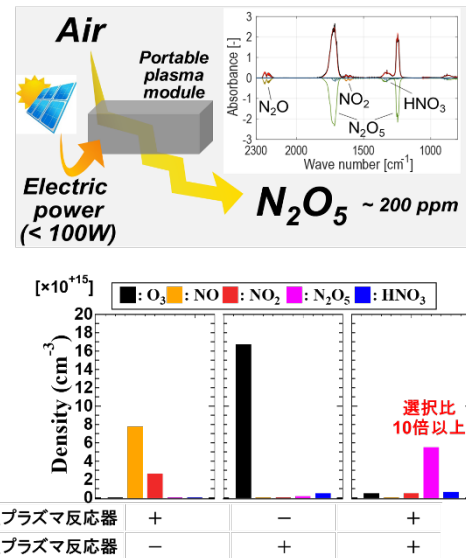


図 8: 空気のみを原料ガスとした非平衡プラズマによる活性酸素窒素種の選択合成。

窒素種（図 8）[15]が、重要な役割を果たすと確信している。このような生物作用や物質合成に有用な効果をもたらす窒素を含む活性種を「機能性窒素」と定義した（図 9）。

筆者らは、この機能性窒素の合成と作用機序を学問する「プラズマ機能性窒素科学」の構築[16]を目標として、「プラズマ科学に芽生えている窒素研究のシーズ」を一つの学際融合領域にまとめ、『持続可能な機能性窒素未来社会』の実現へ貢献したいと考えている。

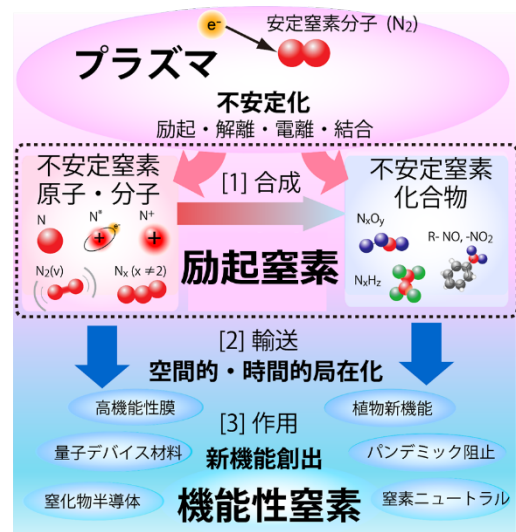


図 9: プラズマ機能性窒素科学の構築。

おわりに

非平衡プラズマを用いた新機能性ナノ・バイオ複合物質創製や生体・細胞機能制御は、これまで“NATURE（自然）”が制御していた遺伝子・細胞等の生命体や光合成等のシステムを人工的に創り上げることを可能にするものであった。

これからは、未来の持続可能な社会の構築（SDGsの実現）を目指して、やはり“NATURE”が行っていた地球環境保全を、これまでの非平衡プラズマの知見を最大限に活用して、“**プラズマSDGsサイエンス**”（図 10）として実現することが重要であると考えている。



図 10: 非平衡プラズマの異分野融合研究によるプラズマ SDGs サイエンスの創成。

謝辞

本稿で紹介した研究は、畠山力三先生、李永峰先生、陳強先生、加藤俊顕先生、岡田健先生、高島圭介先生、佐々木渉太先生を始めとして、多くの皆様の協力のもとで行ったものであります。また「プラズマ機能性窒素科学」に関しては、プラズマエレクトロニクス分科会の皆様と議論させていただいているものであります。この場をお借りして、皆様に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] T. Kaneko and R. Hatakeyama: Jpn. J. Appl. Phys. **57** (2018) 0102A6.
- [2] S. C. Cho, T. Kaneko, H. Ishida, and R. Hatakeyama: Appl. Phys. Express **5** (2012) 026202.
- [3] K. Baba, T. Kaneko, R. Hatakeyama, K. Motomiya, and K. Tohji: Chem. Commun. **46** (2010) 255.
- [4] T. Okada, T. Kaneko, R. Hatakeyama, and K. Tohji: Chem. Phys. Lett. **417** (2006) 288.
- [5] T. Kaneko, S. Takahashi, and R. Hatakeyama: Plasma Phys. Control. Fusion **54** (2012) 124027.
- [6] Q. Chen, T. Kaneko, and R. Hatakeyama: Chem. Phys. Lett. **521** (2012) 113.
- [7] S. Sasaki, M. Kanzaki, and T. Kaneko: Sci. Rep. **6** (2016) 25728.
- [8] T. Kaneko, S. Sasaki, K. Takashima, and M. Kanzaki: J. Clin. Biochem. Nutr. **60** (2017) 3.
- [9] K. Shimada, K. Takashima, Y. Kimura, K. Nihei, H. Konishi, and T. Kaneko: Plasma Process. Polym. **17** (2020) e1900004.
- [10] K. Takashima, N. A. Shahir Bin, S. Ando, H. Takahashi, and T. Kaneko: Jpn. J. Appl. Phys. **60** (2021) 010504.
- [11] Y. Kimura, K. Takashima, S. Sasaki, and T. Kaneko: J. Phys. D: Appl. Phys. **52** (2019) 064003.
- [12] K. Takeda, S. Sasaki, W. C. Luo, K. Takashima, and T. Kaneko: Appl. Phys. Express **14** (2021) 056001.
- [13] Y. Kunishima, K. Takashima, and T. Kaneko: Jpn. J. Appl. Phys. **58** (2019) 060908.
- [14] K. Takashima, Y. Hu, T. Goto, S. Sasaki, and T. Kaneko: J. Phys. D: Appl. Phys. **53** (2020) 354004.
- [15] S. Sasaki, K. Takashima, and T. Kaneko: Ind. Eng. Chem. Res. **60** (2020) 798.
- [16] T. Kaneko, K. Ishikawa, *et al.*: Jpn. J. Appl. Phys. (2021) in press, DOI: 10.35848/1347-4065/ac25dc

30 周年特集記事

プラズマプロセッシング研究会の国内会議としての変遷と 高温プラズマプロセッシング研究の進展

金沢大学 田中康規

1. まえがき

プラズマプロセッシング研究会(Symposium on Plasma Processing; SPP)は 1984 年以降, 毎年開催されている応用物理学会プラズマエレクトロニクス(PE)分科会主催の国内会議である。SPP は 1984 年の第 1 回(SPP-1)発足から第 6 回(SPP-6)まで単独開催されているが, 第 8 回(SPP-8)以降, 2 年ごとの開催は国際展開として, 反応性プラズマ国際会議 (ICRP) として開催することとなっている。その詳細は豊田先生ご執筆の「プラズマエレクトロニクス分科会の国際展開」をご参照頂きたい。本稿では応物 PE 分科会 30 周年特集として, この SPP のここ 10 年の「国内会議」としての変遷を述べる。さらに単独開催時に取り上げられたテーマ変遷とともに, 筆者が関わる高温プラズマ (熱プラズマ・アークプラズマ) プロセッシング研究の変遷を概説する。

2. 2010 年以降の SPP の国内会議としての変遷

2010 年以降の SPP の開催履歴を表 1 に示す。同表で見る通り, ここ 10 年で国内会議として単独開催されたのは SPP-27, SPP-30 のみであり, そのほかは国際会議あるいは他の国際会議との共催として開催されている。これは SPP を 2 年に一度 ICRP として国際化するためにご尽力された賜物である。一方で, 2 年に一度は国内会議として開催されているが, 国内会議開催においても様々な共催が試行・実施されてきている。SPP-29, SPP-32, SPP-35 は国内会議 Plasma Conference として開催されている。この Plasma Conference は応用物理

表 1. 2010 年以降の SPP の履歴

SPP No.	開催地	国内会議共催/協賛/ 名称維持	国際会議共催	開催年月
SPP-39	名古屋(Online)	SPSM34		2022.01
SPP-38	金沢(Online)	SPSM33		2021.01
SPP-37	Sapporo	SPSM32	ICRP-10, ICPIG-34	2019.07
SPP-36	高知	SPSM31		2019.01
SPP-35	姫路	Plasma Conf. 2017		2017.11
SPP-34	札幌	SPSM29		2017.01
SPP-33	Honolulu		ICRP-9, GEC-68	2015.10
SPP-32	新潟	Plasma Conf. 2014		2014.11
SPP-31	Fukuoka		ICRP-8	2014.02
SPP-30	浜松			2013.01
SPP-29	金沢	Plasma Conf.2011		2011.11
SPP-28	横浜			2010.02

学会, 日本物理学会, プラズマ核融合学会の 3 学会が共同主催した最大級のプラズマ関連国内会議であり, プラズマ物理, 核融合, プラズマ応用などの研究者・技術者の交流促進を目的として開催された。Plasma conference 2011 は筆者らも現地として関わった金沢での開催であり, 発表件数は 830 件以上, 参加者は 1000 名を超えた。Plasma conference は 2014, 2017 に開催され, SPP-32, SPP-35 がそれぞれ対応する。これら三回の開催により, 知識変換・交流がなされたものと考えれる。さらに SPP-34 から SPP-37 には日本学術振興会プラズマ材料科学第 153 委員会の国内会議 SPSM との共催がなされている。153 委員会は産学連携を志向した委員会であり, SPSM との共同開催とすることで, 企業研究者からの発表・招待講演を強化する狙いがあった。日本学術振興会が共催を禁止したため, SPP-38 および SPP-39 では協力しなが

表 2.国内単独開催時の SPP の重点テーマ

SPP No.	開催地	開催年月	重点テーマ
SPP-39	名古屋(Online)	2022.01	1. 持続可能な開発目標(SDGs)実現に向けた新規プラズマ材料プロセス 2. プラズマの医療・バイオ分野・農業応用
SPP-38	金沢(Online)	2021.01	1. 持続可能な社会実現に向けた新規プラズマ材料プロセス 2. プラズマバイオテクノロジー
SPP-36	高知	2019.01	1. 持続可能な社会実現に向けた新規プラズマ材料プロセス 2. プラズマバイオテクノロジー
SPP-34	札幌	2017.01	1. マルチフェーズプラズマによる材料プロセス 2. 農業・水産業・食品産業へのプラズマ応用
			特別講演・指定テーマ講演
SPP-30	浜松	2013.01	(特別講演)「プラズマ技術の課題と将来展望」 (特別講演)「低温プラズマバイオプロセスの応用と影響評価」 (指定テーマ講演)「プラズマ医療科学の創成とその展望」 (指定テーマ講演)「光技術による未知未踏への挑戦」
SPP-28	横浜	2010.2	(特別講演)「プラズマが拓くナノカーボン・バイオ融合科学」 (特別講演)「CIGS太陽電池の現状と将来展望」 (指定テーマ講演)「超臨界流体プラズマによる分子変換」 (指定テーマ講演)「集積モニタリングによる低圧コンポナトリアルプラズマプロセス」 (指定テーマ講演)「デュアルダマシン配線プロセスにおけるUV光誘起プラズマダメージ」 (指定テーマ講演)「放電プラズマによるEUV光源」

ら名称維持と運営協力がなされている。

今後も SPP は単独・共催いずれにも対応するとともに、時代に即したテーマを踏まえながら他分野・他学会も交えて学際的なテーマを推進することが望まれていくであろうと考えられる。

3. 最近の単独開催 SPP での重点テーマの変遷

最近の SPP では、SPSM との共催以降、重点テーマを設定している。表 2 は最近の SPP の重点テーマ変遷である。参考として、SPSM 共催以前の SPP-28,SPP-30 については特別講演、指定テーマ講演の題目を挙げた。同表から、SPP-30 からここ最近の大きな研究テーマとして、プラズマ医療、プラズマバイオテクノロジー・プラズマ農業分野が取り上げられていることが分かる。大気圧下でも非平衡プラズマを簡易に生成できることが発見された後、非平衡プラズマを照射する対象は一気に広がりを見せ、特に複雑系対象として生物細胞へのプラズマ照射の研究が世界中で精力的になされている。大気圧非平衡プラズマを照射した場合に出現する現象論だけでなく、プラズマで生成され

る化学活性種、光、刺激がどのように細胞や媒体に作用するのかの機序解明、生成される物質の詳細な計測・それによる信号伝達、それらによる作用の検討などに注力されている。このテーマに対する SPP への投稿件数は年々増加し、現在でも主要テーマとなっている。またもう一つの重点テーマとしては、エネルギー・環境問題の観点から持続可能な社会の構築に向けたプラズマ材料プロセスは長年のテーマである。この分野は、新規材料・ナノ材料生成、表面改質、膜生成、微細加工など、これまでのプラズマプロセッシングも大きく関連し、これまでも積極的に研究開発が行われてきた。最近では特に持続可能な開発目標(SDGs:Sustainable Development Goals)が 2015 年 9 月の国連サミットの「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」に記載されて以降、2030 年までの持続可能でよりよい世界を目指すこととなっており、それに指向した研究分野が大きなテーマとなっている。

今後さらなる産学連携を促進し、プラズマ科学の優位性を増進させながら他科学と組み合わせるシナジー効果の得られる学際的なテーマの提案が重要になるであろうと思われる。

4. 高温プラズマプロセッシングの SPP での変遷

筆者は高温プラズマ物理化学と応用をテーマに取り組んでいる。ここで取り上げる高温プラズマは大気圧程度の高気圧で生じるアークプラズマあるいは熱プラズマを指す。熱プラズマは、ガス温度自身が数万 K にも及ぶプラズマである。ガス温度が数万 K にも及ぶ媒体は燃焼炎などでは達成できず熱プラズマの優位点の一つである。熱プラズマの研究・利用は長い歴史を有するが、2021 年現在も廃れることなく基礎物理研究と応用高度化研究とが混在しながら続けられている。これは熱プラズマ・アーク現象が包含する物理現象が極めて複雑で深いものであり、かつ実用に極めて有用な

性質を有し、さらにはそれを解明し高精度に制御できれば、革新的なプロセスの構築に繋がるポテンシャルを有しているためといえる。SPPにおいても熱プラズマの電磁熱流体解析、カーボンナノ材料(フラーレン, CNT)生成, ダイヤモンド膜生成, 球状化, 機能性ナノ粒子の大量生成などへの応用について多数報告されている。

熱プラズマ物理において近年発展している一つは、熱的非平衡性(Non-TE)・反応論的非平衡性(Non-CE)の導入である[1][2]。熱プラズマはこれまで局所熱平衡(LTE)状態の近似がある程度成立するプラズマとして認識されてきた。しかしLTEが成り立つのは熱プラズマの10000 Kを超える高温部だけであり、その周囲ではLTEは成立しにくい。それらを詳細に解くことにより、化学的な活性種の生成・輸送を求めることがなされている。これは材料プロセス分野において重要な役割を果たすだけでなく、導電性の高速消滅を指向するスイッチング分野でも重要である。これらの化学種を導入する電磁場により詳細に時空間的に制御できるのも優位点の一つである。温度場・化学反応場だけでなく、流速場までも制御できることも熱プラズマプロセッシングの大きな利点である。

熱プラズマはガス温度が高く熱容量が極めて大きく、基本的にどのような材料も溶融・蒸発・原子化できる。そのため、熱プラズマ・アーク放電の系においては固体・液体・気体との双方向性の強い相互作用(質量・運動量・エネルギー変換)を有し、これが材料大量処理・生成につながる。特に近年、エネルギー・環境分野においてはLIB電池用あるいは全固体電池用ナノ材料、光触媒ナノ材料などの大量の生成が研究されている[3,4]。一方でこの相互作用が極めて大きく、これらを詳細に考慮できるモデルが必要となる。これらを統合した数値解析が近年なされてきている。これに

より、熱プラズマ内での原料粉体の運動、加熱、蒸発、蒸発蒸気の熱プラズマ内での輸送、急冷、核生成、ナノ粒子成長を統合した数値解析モデルもできてきている。このモデルによれば、例えば、生成されるナノ粒子の粒径度数分布までも予測することができている[5,6]。

さらに熱プラズマ・アーク内の流れは一般には乱流である。熱プラズマ内の乱流についてはこれまでその存在は認識されていたが、詳細に数値解析的に予測することは難しかった。それを近年精度良く安定に計算することが成功されており、その乱流が熱プラズマプロセスに与える影響も明らかに becoming clear [6]。さらに熱プラズマ・アークが存在することにより誘発される乱流様構造が測定により明らかになってきており[7]、熱プラズマ流の理解と共に熱プラズマ・アークの安定維持問題・制御・ラジカル輸送の理解もさらに深まるものと考えられる。これらは計算機の計算速度の発展とともに数値解析手法の高度化、計測技術の発達による状態把握、材料の基礎物性のデータの蓄積、計算機による大規模な数値解析がソフト・ハードの両面から可能となったためである。今後も数値解析技術の発達は、熱プラズマを含む複雑系理解に対して非常に大きな力となるであろう。

- [1] H.Sun, et al., J.Phys. D: Appl.Phys, 52, 075202, 2019.
- [2] G. Ozeki, et al, Plasma Chem. Plasma Process., 41, 85-108, 2021
- [3] X. Zhang, et al., Advanced Powder Technol., 32(8),2828-2838, 2021
- [4] R. Ohta, et al., Jpn. J. Appl. Physics, 60(3), 036004, 2021
- [5] R. Furukawa et al., J. Phys. D: Appl. Phys. 55 044001,2022
- [6] M. Shigeta, Plasma Chem. Plasma Process., 40(3), 775-794, 2020
- [7] Y. Inada, et al., 25th Int. Conf. Electricity Distr, Paper No.1845, 3-6 June 2019, Madrid, Spain

プラズマエレクトロニクス講習会の概要と展望

キオクシア(株) 栗原 一彰

プラズマエレクトロニクス講習会は今年度の11月に32回目を開催しました。プラズマエレクトロニクス分科会の前身の研究会の頃から始まり、プラズマプロセス業界においては草分け的な存在になります。本講習会は学生などの初心者向けのプラズマエレクトロニクスインキュベーションホールに対して、一步進んだ研究者や技術者を対象としています。プラズマエレクトロニクスという言葉はエレクトロニクスを生み出すためのプラズマプロセス技術を意味しています。ご存知のようにプラズマ自体が製品として最終的に活躍するものは光源とか核融合発電とかに限られてしましますが、製品を加工する段階では非常に多くのプラズマプロセスが利用されております。現時点において最先端のデバイスや微細部品などはこの技術無しには存在しえません。一方で最終製品にはプラズマの痕跡が残らないために最終製品から加工方法を類推することは容易ではありません。従いまして、プラズマプロセスでは学術的知見にまでは至らないにしてもノウハウという明示されない情報も非常に重要になります。このような状況を考慮して技術者や研究者へプラズマプロセスの情報を届けるのが本講習会になります。

講習会での講義は毎年ある程度は変更するのですが、大まかに以下の様に構成されております。まず初めにプラズマ自体の基礎と言う事でプラズマの生成や特性に関して主に物理学的な見地から解説を行います。プロセスの現象を理解するためにもこの基礎知識からの理解が必要です。次にプラズマの計測技術になります。実際の現場では制御するパラメータノブは電力やガス種や圧力など

で、アウトプットは加工形状や表面状態・組成などになります。つまり、どの様なプラズマが反応現象を起こしているのかはブラックボックスとなっています。このブラックボックスを理解することがプラズマプロセスを制御する早道と考えプラズマの計測技術に関して新旧技術を織り交ぜて講義します。その後、実際のプロセス技術としてエッチングと成膜のためのプロセスが解説されます。ここでは基本的な原理に始まり、最先端の技術情報を提供することを目指しております。更にはプラズマに関するホットなトピックスを取り上げて新分野における展開状況も紹介しています。

購入したプラズマ装置でプロセスを行う場合は鷹揚にしてブラックボックス的な状態で使用することになります。限られたレシピが提供されていればその範囲内では加工は可能になりますが、それ以上のことは出来ません。この講習会ではそのブラックボックスとなっている部分を理解するために、必要な知識や情報やテクニックを提供することを目的としています。プラズマプロセスは適用される分野や製品は非常に多岐にわたります。従いまして使用するプラズマの状態も多岐に渡り非平衡低圧プラズマや熱プラズマなどの各種条件により反応過程も異なり複雑です。応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会といたしましては、プラズマの専門家として新しい現象を発見し、その現象を制御する方法を研究して、新しいプラズマプロセス技術を最先端の研究者から提供する事を目指しています。この観点からもこの講習会は毎年受講して、最新の情報を入手して頂きたいと思っております。

応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会 30 周年記念シンポジウムの企画にあたって

九州大学 古閑 一憲

第 68 回応用物理学会春季学術講演会の 2 日目
2021 年 3 月 17 日にプラズマエレクトロニクス (PE) 分科会 30 周年記念シンポジウムが開催された。筆者は、節原裕一 PE 分科会幹事長をはじめとする PE 分科会幹事メンバーの皆様と共にシンポジウム企画に関わらせていただき、クロージングリマークとして、本シンポジウムをまとめる大役を拝命した。今後の PE 分野の発展に対する貴重な助言・提言は、シンポジウム発表者の皆様方から本特集記事に寄せられると思うため、本寄稿では、今後の記念行事を担当される企画者の参考になればと、企画時の議論などを残しておきたいと考えた。

シンポジウムの構造は、①PE 分科会の歴史回顧、②最近 10 年における学術潮流の概観、③新たな学術潮流の芽生えを議論する、20 周年記念事業のシンポジウムの構造を踏襲するものであったが、④海外連携に関する講演を追加したことは、海外研究者との連携の重要性を分科会として示す意図を持っていた。また、PE 分科会と縁深い GEC との連携を講演の一つとすることは簡単に決まったのだが、海外の誰からコメントを戴くのが議論となった。現 GEC の委員からという意見もあったが、ちょうど応用物理学会の国際フェロー表彰を受けられ、米国外で GEC を開催された独ルール大のザネツキ教授がいらっしやったのは幸運であったと思う。心のこもったコメントを戴けた。

シンポジウムの構造について大枠が決まったのち、懸案となったのがキーワードの決定であった。作業を進めるに当たり最近 10 年の状況を検討し

た。新型コロナウイルスの影響によるリモート化と、デジタルトランスフォーメーションの成長は、半導体デバイス研究は発展分野の一つに挙げられていた。半導体デバイスプロセスとして重要な地位を占めるプラズマは、次世代を拓く重要な科学技術であるとの思いを強くした。デジタルトランスフォーメーションの成長による計算量・記憶量の爆発的な増加が、情報処理の在り方に変革を求めており、半導体デバイスの発展だけでなく、量子コンピューティングなどの新機軸が大きなテーマとなっていた。PE 分科会としても量子 (物理学・工学) がプラズマとの重要な連携テーマとなり、これにつながるナノテクノロジーは今後の発展にも重要であると考えた。また、プラズマ科学との新しい連携テーマとして、バイオサイエンスがこの 10 年で大きく発展した。発行論文数も指数関数的に増加する一方であり、これからのプラズマ科学の一翼を担う存在であると考えた。これらすべてを一言で言い表すキーワードとして、ニューノーマルが選ばれた。その後の講演者の皆様を選定がスムーズであったのは、講演者の皆様の協力のおかげであると感謝している。

特段メッセージを持たない寄稿となり恐縮しているが、企画にあたっては、連携・ダイアログ (過去とのつながり、横とのつながり、新領域とのつながり) が企画当時のもう一つのキーワードであった。このキーワードは今後も重要になるであろうと考える。企画で多大なご協力いただいた、節原幹事長をはじめとする他幹事の方に最後に感謝したい。

74th Annual Gaseous Electronics Conference (GEC2021)

滋賀県立大学 酒井道

Gaseous Electronics Conference は、第 74 回目を数える、プラズマ基礎・応用ならびに衝突素過程に関する歴史ある国際会議である。今年も、2021 年 10 月 4 日から 8 日の間に開催されたが、他の国際会議と同様、新型コロナ感染症の世界的蔓延に伴い、紆余曲折を経て、オンライン開催となった。以下、その経緯と実施の様子について、GEC の Executive Committee メンバーとして詳述させていただく（なお、筆者は今回の学会で任期満了で退任し、今後は、現地実行委員長の金子先生と、新しく選挙で選ばれた産業技術総合研究所の清水鉄司先生が委員を務められる）。

一昨年の GEC（オンライン開催）において、今回の GEC は米国アラバマ州ハンツビルを開催地とし、アラバマ大学の Gabe Xu 教授を現地実行委員長とすることが決定された。そして、昨年の GEC において 10 月 4 日から 8 日の期間の開催となることが定まり、GEC の Executive Committee が現地実行委員会をサポートしつつ、実施準備を進めてきた。

2021 年の春ごろから、主に米国における新型コロナの感染状況に落ち着きが見られたため、当初は予定通り、現地参加およびリモート参加を組み合わせたハイブリッド型での実施として準備を進め、例えば毎年ワシントン郊外に Executive Committee メンバーが集まり顔を突き合わせて行うプログラム編成をオンライン会議（筆者と金子俊郎先生（次期現地実行委員長）は昼夜逆転しながら米国や欧州の委員と議論）をし、現地で対面参加する参加者からセッションチェアを選ぶなど、努力を重ねた。しかし、夏に近づくにつれて、

特にアラバマ州の感染状況が悪いこと、また主催団体の米国物理学会が傘下の学会に対してオンライン開催を強く勧奨する状態となった。それに伴い、Executive Committee 内で臨時のオンライン会議を 7 月初旬に開催し、対面開催を含むかどうかについて検討した。長期間学会を対面開催形式で実施できていないことから、当分野のコミュニティの維持発展への危惧が共有され、対面開催を含むべきとの意見も強く出されたが、議論の末、開催期間は変えずに、完全なオンライン開催（virtual conference）とすることに決定した。

そして、実際の開催にこぎつけたが、参加された皆様はご存じの通り、以下に説明するような形態となった。口頭発表に関しては、ビデオ提出によるオンデマンド型の参加も認められたものの、大半の発表はライブ（Zoom 利用）によりオンラインでスライド画面を共有する形態で行われた。昨年度の GEC で頻発した種々の問題（主にサーバ系・通信系の不十分な確保による）について、今年度は委託業者を変更したこともあり、主催側から生じる問題はほとんど生じなかったと思われる。ポスターに関しても、オンデマンド型とオンライン討論が組み合わされた形態となり、昨年度に比べてより良い実施内容となった。事前にポスターの電子ファイルと動画説明ファイルをアップロードし、聴衆は好みのポスターデータにアクセスできるとともに、決められた討論の時間に自由に好きなポスターのブレイクアウトルームを訪ねることができ、実際に筆者が行ったポスター 2 件にも、数名の参加者が訪れ、対面のポスター実施と同様のレベルが確保できたと思われる。

発表内容については、今年も多くの新規の内容が発表され、大変活気のある学会となった。大阪大学の浜口先生がプラズマと材料の相互作用について GEC Foundations Talk（基調講演相当）を行われ、また東京都立大学の朽久保先生が大気圧プラズマとその中の液滴との間の関係を有機的に議論された他、東京工業大学の野崎先生（プラズマと触媒による二酸化炭素処理）・名城大学の竹田先生（プラズマ中原子状活性種の真空紫外レーザ分光）等が招待講演者として、GEC において各テーマについて活発な議論が行われ、日本からの発表においても注目の講演が相次いだ。

最終的に、参加者は 594 名、論文数は 480（口頭発表 355 件、ポスター発表 125 件）で、例年の GEC と同規模の開催となった。日本からは米国について多くの参加者（11%）を数え、また全体として学生の割合が 42%に達したことは良いニュースであった。これは、旅費の算段が必要ないバーチャル開催の効果があったと推測される。

昨年の報告でも記した通り、そして本学会中でも閉会式で説明されたが、来年 2022 年の GEC は仙台市にて開催されることが決まっており、現地実行委員長として東北大学の金子先生が選出された。日本国内での GEC 開催は初めてであり、これも長年にわたる日本からの GEC への貢献が認められたものと言える。2010 年のパリ、2015 年のハワイに引き続き、プラズマエレクトロニクス分科会が母体となって主催する反応性プラズマの国際会議 International Conference on Reactive Plasmas (ICRP)と GEC の合同国際会議として開催される。長年にわたる先輩方のご努力の成果として迎える 2022 年の開催に向け、我々として万全の準備を進める所存である。プラズマエレクトロニクス分科会会員の皆様におかれましても、2022 年開催にご協力いただくとともに、多くの皆様の参加を期待申し上げる。

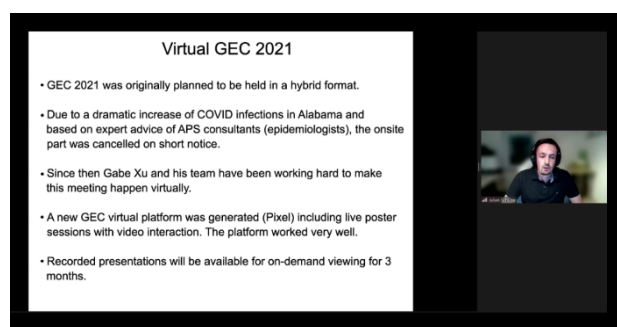


図 1. オンライン開催となった会議の様子（Closing セッションにおける一画面（今回の開催の経緯の説明）。発表者は Executive Committee 委員長の Julian Schultz 教授）。



図 2. オンライン開催となった会議の様子（Closing セッションにおける一画面（来年の仙台開催に参加を呼びかける部分）。発表者は今回の現地実行委員長の Gabe Xu 教授）。

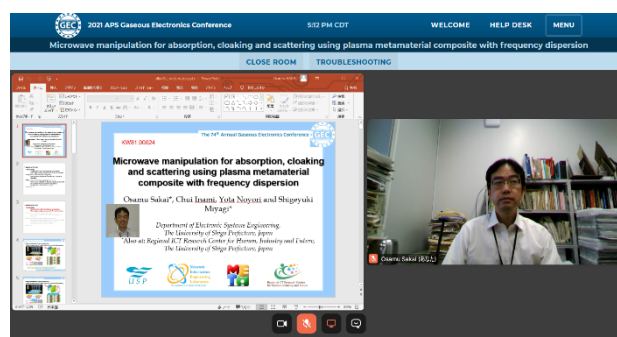


図 3. オンライン開催となった会議の様子（筆者がポスター発表を行っている様子）。

国際会議報告

8th International Conference on Plasma Medicine (ICPM-8)/ 10th International Symposium on Plasma Bioscience (ISPB-10)

名古屋大学 田中 宏昌、堀 勝

第8回プラズマ医療国際会議(ICPM8)が2021年8月3日～8月6日の4日間にわたり韓国クアウン大学 Eun Ha Choi 教授を委員長として開催された。元々、2020年6月14日～6月19日に韓国インチョンで開催予定であったが、コロナ禍のため何度か延期された後にオンラインで開催されることとなった。

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。2016年にはICPM-6がスロバキアBratislava市で開催され、2018年にはICPM-7が再びProf. Alexander Fridmanにより米国Philadelphia市で開催された。

ICPM-8においては以下の10のトピックが設けられ、活発な議論が行われた。

1. Fundamentals of atmospheric plasmas

2. Plasma sources for biomedical applications
 3. Plasma liquid interactions, plasma activated liquids
 4. Plasma-cell and plasma-tissue interactions - biological and biochemical reactions
 5. Plasma-surface interactions/modifications for biomedical applications
 6. Plasma-based decontamination and sterilization
 7. Plasma for pharmaceutical applications, biochemical and biomolecular engineering
 8. Plasma medical applications - clinical and animal studies
 9. Plasma agricultural applications
 10. Plasma modeling and numerical simulation
- 基調講演 (Plenary Lectures) は6件、招待講演 (Invited Lectures) は41件、口頭発表は80件、ポスター発表は176件行われた。

またICPM-8に先立ち2021年8月2日～8月3日にオンラインでSummer Schoolが開催され10名の著名な講師による講演が行われた。

次回のICPM-9は2022年6月27日～7月1日にオランダのユトレヒトで開催される予定である。

<https://www.icpm9.eu/>

42nd International Symposium on Dry Process (DPS2021)

第 42 回ドライプロセスシンポジウム国際会議

ルネサスエレクトロニクス株式会社 丸山隆弘
(DPS2021 プログラム委員長)

1. はじめに

今回で 42 回目を迎える国際会議ドライプロセスシンポジウム(DPS2021)が日本時間の 11 月 18 日～19 の 2 日間、オンライン会議として開催された。本会議は、ドライエッチングやプラズマ成膜をはじめとする、ほぼ全てのドライプロセス技術を網羅する国際会議として、40 年以上にわたり、基礎研究から応用に至るまで最先端の研究成果について、幅広く議論するためのフォーラムを提供してきた。この間のドライプロセス技術の発展は目覚ましく、応用分野もエレクトロニクスのみならず、材料・環境・衛生・医療・農業など、あらゆる産業分野に裾野を広げている。

昨年度は、多くの学会と同様に COVID-19 の影響を受け、残念ながら長い DPS の歴史の中で初めての開催延期を余儀なくされた。また、本年度に関しても感染状況などを鑑み、苦渋の判断ではあったがオンラインでの開催が選択された。初の試みにあたり、多くの方々のご協力とご尽力を頂いたことに対し、この場を借りてお礼を申し上げたい。

本会議では、招待講演が 6 件、一般投稿による口頭講演が 22 件、ポスター講演が 51 件発表された。また、ドライプロセスの進展に対し多大なる貢献をされた業績を記念し、名古屋大学の堀勝教授と、LTM/CNRS の Olivier Joubert 博士に西澤賞が贈られ、その受賞記念講演も行われた。初のオンラインでの運営は、大きなトラブルもなく執り行うことが出来たが、懇親会も含め、対面での

交流が出来なかったことには、やはり寂しさを否めない。一方で、スライドの見やすさや質疑応答の聞きやすさなども含め、オンラインならではの長所も随所に感じられた。今回、独自の取り組みとして、休憩時間に ZOOM のブレイクアウトルーム機能を用いたフリーディスカッションの場が準備された。この場で発表者を交えた活発な議論が行われ、非常に有効な仕組みであったと思う。ポスターセッションでは、ショートプレゼン等が事前に公開されたが、概要を前もって把握できたことで参加者の理解や質疑の活性化の助けとなったであろう。またその質疑を参加者全員がはっきりと確認できることもオンラインならではのメリットと感じた。

2. 発表の概要

本年は、アレンジセッションとして、

1. Applications and Researches of Atomic Layer Controlled Etching and Deposition (ALE/ALD /Area Selective-ALD) (以下 ALE/ALD と略)、
2. Challenges to Limits for High Aspect Ratio Etching (以下 HAR Etch と略)、
3. Rethinking of Cryogenic Etching (以下 Cryo Etch と略)

の 3 つのテーマが設定された。

1 つ目のテーマ、ALE/ALD は原子層レベルのプロセス制御に関する技術であり、特に ALE は、以前はエッチング機構の解明の手法として用

いられていた技術であるが、近年はデバイスの微細化や高精度化からの要請により、再び大きな注目を浴びている。本セッションは1日目と2日目の2部に分けられ、口頭講演だけで2つの招待講演を含む8つの発表が行われた。シミュレーションや HAR Etch のセッションにも ALE/ALD の関連する講演があり、本年度も引き続きこの分野への関心は非常に高かった。初日の招待講演である Colorado School of Mines の Sumit Agarwal 氏からは、選択的に材料の表面を改質(functionalization)することで、ALE 初期ステップにおけるエッチングを抑制し、それにより選択性を改善出来ることが報告された。2日目の招待講演者である Univ. Grenoble Alpes の Erwine Pargon 氏からは、イオン照射による表面の改質とリモートプラズマの組み合わせによる超高選択な SiN のサイドウォール形成や、リモートプラズマでの酸化とエッチングのサイクルによる Si ナノワイヤー形成への応用が紹介された。名古屋大学の Airah Osonio 氏の報告は、シランカップリング剤(POCS)を用い、Si 窒化膜に対し Si 酸化膜を選択的にエッチングする ALE に関するものであった。以上の3件は、いずれも Area-Selective ALD 技術の ALE への応用とも考えられ、ALE の更なる性能向上を期待させられる。一方、ソニーセミコンダクタソリューションズの平田氏からは、Si 窒化膜の ALE におけるダメージについての報告があり、ALE では 1st サイクルでのダメージが支配的である一方、水素原子の膜中への侵入は軽微であることが示された。さらに、SCREEN ホールディングスの中村氏と GREMI の Lamiae Hamraoui 氏より、それぞれ GaN 膜に関する ALE の報告があり、ALE の応用範囲の広がりを感じさせられた。

2つ目のアレンジセッションである HAR Etch 関連では、招待講演者である Jeonbuk National

University の Yeon Ho Im 教授より、プラズマからエッチング形状や表面反応に至る、様々なシミュレーションについてのチャレンジが紹介され、特に 3D 形状シミュレーションにおいては、ネッキング・ボウイング・ツイスティングと言った、HAR Etch に纏わる大きな課題をシミュレーション上で再現できることが示された。長年エッチングに携わってきた身としては、エッチングのシミュレーションがここまで進歩したことには感嘆を覚える。もう一つの招待講演では Lam Research 社の Thorsten Lill 氏から、HAR Etch における先述の課題の原因として、マスク形状・イオン散乱・リデポジション・チャージング等を挙げ、その影響について掘り下げた紹介がなされた。また、一般講演では東京エレクトロン宮城の熊倉氏より、HAR Etch の側壁保護に ALD を用いる手法が提示された。本技術は前回の DPS でも報告があり高い評価を得ていたが、今回はセルフリミットに至る前段領域の ALD を用いることで、より洗練され、垂直に近い形状が得られることが示された。エア・リキードの長谷川氏からは HAR Etch 用のガスとして、GWP が低く、かつ高い対レジスト選択比が得られる新しいガスの提示があった。2種類のガスについて、分子構造の違いと絡めてエッチング特性の差異について論じられた。シミュレーションのセッションでも HAR Etch に関する報告があり、Yonsei University の Junghwan Um 氏より、イオンの分子量と角度分布が、アスペクト比の増大とともに発生するエッチングレート低下現象改善に向けてのキーであることが示された。さらにダメージのセッションにおいて、京都大学の浜野氏からは HAR Etch 後の側壁やボトムのダメージを Micro photorefectance spectroscopy (μ -PRS)を用いて解析した結果が報告された。

3つ目のアレンジセッションである Cryo. Etch

に関しては、GREMI の Rémi Dussart 氏が招かれ、低温での SiF₄ の吸着を利用した高アスペクト Si エッチ技術である STiGer プロセスと、同様に低温での C₄F₈ ガスの吸着を利用した cryo ALE 技術についての詳細な報告があった。

アレンジセッション以外では、招待講演として IBM の BUZI 氏より、ストレージクラスメモリ等の候補として注目を浴びる Phase Change Memory (PCM) についてのプラズマダメージの研究結果が紹介された。また、ますます進む微細化と高アスペクト化がもたらす課題の一つとして、日立の佐竹氏より、微細 Fin パターンの倒壊現象が報告された。その中で環境中の湿度に起因してパターン内に結露が発生し、その表面張力によりパターンが屈曲するモデルが示された。名古屋大の吉江氏からは、Bosch プロセスにおいてバイアス印加のタイミングを調整することで、ラジカルエッチからイオンアシストエッチへの転換が可能であり、SF₆ ガス系の Si エッチングにおける大きな課題であるアスペクト比依存性を大幅に緩和できることが報告された。

ポスター講演も含めて、プラズマ発光を用いた計測技術関し、複数の報告がなされたことも注目される。発光解析はプラズマプロセスの黎明期から用いられている技術であるが、この分野においても、まだまだ一層の進展が期待される。他にも今回目立った技術分野としては、大気圧プラズマも挙げられる。表面改質、材料合成、殺菌、医療、アッシングなど、多くの応用分野にまたがる報告が見られた。中でも、大阪市立大の白藤教授からは、He 中を伝搬するプラズマビュレットを応用した「bone-regeneration scaffold」の親水化処理についての報告があり、水の浸透速度において数桁に及ぶ大幅な改善が示された。また、本年は ALD に加えて、CVD や PVD 等の成膜技術についても、数多く

の報告があり、様々な膜厚・方式について報告とデイスカッションがなされた。

3. さいごに

今回の DPS は初のオンラインでの開催であったが、活発な討議が行われ、盛況の中無事に終了することが出来た。ご協力いただいた各委員の方々や団体のみなならず、発表者・参加者の方々にも改めて御礼を申し上げたい。

一方で、参加者が 260 名と、前回と比較して 1 割以上減少したことは大変残念であった。コロナの影響のみならず、開催形式がオンラインであったことも一因と考えられるが、オンラインでの開催には種々のメリットがあることは初めに書いたとおりである。来年の DPS2022 は、2022 年 11 月 24 日～25 日に大阪府立国際会議場での開催を予定しているが、オンラインのメリットも生かした「ハイブリット開催」を含めて開催形式を検討中である。最先端の技術動向を得られるだけでなく、人的ネットワークを広げる機会でもある。ぜひとも前向きに参加をお願いしたい。

なお、本会議の最後には、この 7 月に逝去された廣瀬全孝先生の追悼が行われた。ご存知の通り、廣瀬先生は、半導体工学に広く関わり、物性からプロセスに至るまで多くの先導的な研究を行われ、多大な業績を残されている。DPS ともかかわりが深く、数多くの発表を行うとともに、Symposium Committee Chairman として本シンポジウムを牽引され、それらの業績をたたえて第一回の DPS 西澤賞を贈られている。大学をはじめとする研究機関において、数多くの人材の育成にも携わり、シリコンテクノロジーの発展への貢献は計り知れない。心より哀悼の意を表したい。

**2021 年第 82 回応用物理学会秋季学術講演会
分科企画シンポジウム (8. プラズマエレクトロニクス)
「未来デバイス製造のためのアトミックレイヤープロセス；表面
反応ダイナミクスの理解と制御」**

産業技術総合研究所 電子光基礎技術研究部門 金 載浩

標記講演会が 9 月 10 日～13 日（ポスターセッション：9 月 21 日～23 日）に完全オンライン方式で行われた。講演会の二日目に、本分科企画シンポジウム「未来デバイス製造のためのアトミックレイヤープロセス；表面反応ダイナミクスの理解と制御」が開催された。

本シンポジウムは、大分類 8（プラズマエレクトロニクス）と大分類 11（半導体（シリコンテクノロジー分科会））の合同セッションで午前 9 時から午後 5 時まで、招待講演 10 件と一般講演 2 件の構成で行われた。

近年、次世代半導体デバイスや量子デバイスなどのプロセスでは、原子スケールでの材料プロセスの重要性がこれまで以上に重要視されている。原子スケールプロセスでは、原子スケールでの表面反応ダイナミクスを精密に制御することが求められている。本シンポジウムは、熱またはプラズマを用いた原子層プロセスの基礎から応用・展望までを、デバイスおよびプロセスの研究者が一堂に会して議論することで、原子層プロセスの全体像を俯瞰しつつ、課題を明確にすることを目的とし企画された。

次に講演内容について簡単に紹介する。

■「はじめに 趣旨説明」唐橋一浩（阪大院工）

PALD（plasma-assisted ALD）、原子層プロセス（ALD/ALE）、分子創成、表面反応計測、シミ

ュレーションなど、材料表面での反応を理解し精密に制御する技術が求められている最近の動向、及び本シンポジウム趣旨について紹介された。

■「ALD/ALE プロセスの選択制御の制御と応用」霜垣幸浩（東大工）

ALD および ALE プロセスにおいて、下地材料によって現れる選択性の発現、その基本的なメカニズムと制御方法、及びこれらの選択的な手法の応用について紹介された。ALD window についても言及された。

■「ALD（Atomic Layer Deposition）法の基礎と半導体デバイスへの応用」浦岡行治（奈良先端大）

ALD 堆積法が微細な LSI や薄膜トランジスタ、パワーデバイスなど、特に 3 次元化の進む半導体デバイス形成に有力な手法となっている技術背景について基礎から応用まで詳しく紹介された。基板への電子親和力の効果、プリカーサの比較検討から炭素と界面準位の関係解明、プラズマと熱 ALD の比較実験から界面への影響考察などについても紹介頂いた。

■「次世代高信頼性配線形成を目指した Co-ALD プロセスの検討」山口潤（東大院工）

一般講演として、半導体集積デバイスの新規配線材料として注目を集めている Co 系材料の製膜

における熱 ALD 法の利用検討について報告があった。

■「原子層エッチングの反応素過程とその設計、制御」石川 健治（名古屋大学）

原子層エッチング（ALE）技術における、ALD と ALE の比較、ALE の細分化、歴史と現状について講演があった。ALE のメカニズム、ALE window 及び ALE プロセス設計と制御技術についても紹介された。プラズマエッチングの原子層で生じる反応について原理的な解明を進めるために、理論－計算－実験と統合したアトミックエンジニアリングの学問体系化に向けた将来展望についても述べられた。

■「原子層プロセスにおける低エネルギーイオン照射誘起表面反応」伊藤智子（阪大院工）

一般講演として、プラズマ ALE/ALD における低エネルギーイオンの効果について原子層プロセス解析装置を用いて行った研究の紹介があった。

■「酸化物と有機金属錯体を經由したコバルトの Thermal ALE」藤崎寿美子（日立研開）

有機金属錯体による ALE 技術は、次世代のデバイス製作プロセスに必要となる難エッチング材に対する有望なエッチング手法として期待されていることが紹介された。具体的な事例として、Co のサイクリエッチング実証研究が紹介された。

■「励起原子、配向酸素分子が誘起する表面反応素過程の分析」倉橋光紀（物材機構）

Fe、Ni、Co 単結晶薄膜表面への分子配向制御した O₂ 吸着実験と、低速準安定原子が表面で誘起する過程について紹介された。表面での酸化過程は、エッチングの素過程としても重要になりつつある、原子層プロセスで求められている低損傷

スパッタへの低速準安定原子の利用可能性にも興味を持たれていると紹介された。

■「原子層材料の構造制御合成と機械学習活用」加藤俊顕（東北大院工）

カーボンナノチューブ（CNT）カイラリティ制御合成、及びグラフェンナノリボン（GNR）量子ドット開発に関する研究について紹介があった。機械学習による CNT カイラリティ純度評価の高速化実現、及び CNR 量子ドットの合成条件の高効率最適化を実現した報告があったことは、興味深いことである。

■「トポロジカル量子物質の開拓：原子層プロセスへの期待」笹川崇男（東工大）

絶縁体から始まり、半金属、そして超伝導体へとするトポロジカル物質科学の進展について講演があった。研究室で様々な手法を駆使し、結晶育成に成功したトポロジカル量子物質が紹介された。加えて、トポロジカル量子物質を原子層化できるとどのような応用に繋がるのかなど、今後の展望について議論された。

■「Reactive Ion Etching から Atomic Layer Etching へ」野尻一男（ナノテクリサーチ）

RIE から ALE に至る流れをメカニズムと応用の観点から解説、及び今後の展望について紹介された。ALE は、Modification Step と Removal Step を独立に制御できること、平滑な表面が得られること、超高選択比エッチング、難エッチ材の加工、表面クリーニングなども含め、従来の RIE の限界を打破する種々の特徴を持っているため、新しい応用への期待について述べられた。

■「ALE・ALD 技術を用いた微細加工プロセスの開発と今後の展望」本田昌伸（東京エレクトロン

宮城)

ALE/ALD 技術の半導体プロセスへの応用例を用いて、「ALE コンセプトを適用した高選択比エッチング技術」、「アトミックレイヤープロセスを用いたパターンニング加工技術」、及び「“ALD+ALE”による高アスペクト比構造の垂直加工技術」について紹介いただいた。アトミックレイヤープロセスに求められる技術として、高時間分解モニターと制御技術、新たな表面反応技術、及び要素技術の融合と時間関数の活用技術についても言及された。

■「Atomic Layer Etching の現状と今後の展望」
深沢正永 (ソニーセミコンダクタソリューションズ)

デバイスメーカー視点からの ALE 技術への期待、及び ALE で生じるデバイス特性へのダメージに関する研究について紹介された。低ダメージ ALE を実現するための、プラズマ制御の重要性に

ついて議論された。

■「クロージング」古閑一憲 (九州大学)

各講演内容のプラズマ材料プロセスにおける位置付けと気になったワードについての紹介と、クロージングのお言葉を頂き、無事にシンポジウムを終えた。

今回のシンポジウムは新型コロナウイルス感染症状況の悪化によりオンライン開催となっていたが、それにも関わらず最大 140 名以上の聴講者が参加しており、アトミックレイヤープロセスに対する熱い関心が感じられた。

最後に、シンポジウムで講師を頂いた先生方、活発な議論をして頂いた参加者の皆様、シンポジウムの開催にご協力を頂いた分科会幹事の皆様に、深い感謝の意を表します。

第 82 回応用物理学会秋季学術講演会 分科内招待講演

防衛大学校 北嶋 武

従来より大分類 8 では春秋の応用物理学会講演会の中で分科内招待講演を開催してきたが、新たな試みとして中分類単位での招待講演企画を開始している。意図としては、各中分類の主要テーマに関連した他の分野の研究者をお招きして研究分野間の相互交流と研究の展開を模索することを狙っている。講演会の企画段階からプログラム編集委員の中での検討を経て、今回は中分類 8.3 プラズマナノテクノロジー内で扱われるナノ粒子合成プロセスに関連した研究として、ナノ粒子集合体をニューラルネットワークの機械学習過程に活用した成果の紹介を九州工業大学ニューロモルフィック AI ハードウェア研究センターの田中啓文先生のグループに依頼した。AI 関連の研究はハードウェアについても盛んに取組まれており、本講演会でもフォーカストセッション「AI エレクトロニクス」やシンポジウム「AI アクセラレータ：人工知能デバイスの新展開」が組まれるなど多方面から大きな注目を集めている。今回フォーカストセッション内で田中先生の招待講演が組まれているご都合もあり、ご講演は研究グループ内でナノ粒子集合体デバイスを主担当にされている、助教の宇佐美雄生先生にお願いする運びになった。

ご講演の演題は「ナノ材料ネットワークの時間ダイナミクスが拓く物理リザバーの演算機能」として、Ag/Ag₂S ナノ粒子集合体の電気特性が機械学習を経て波形生成や音声認識機能を実現する過程を解説いただいた。9 月 13 日(月)午前中のオンラインでの講演時には 80 名ほどの聴講者を集め

た。はじめに、AI およびロボット研究の現状把握をもとに、今後の普及と発展においてはエンドポイントでの計算負荷の軽いハードウェアが必要とされている背景、音声のような時系列データの機械学習には非線形性と短期記憶を持つ物理リザバーに遅延時間を与えてノード更新する時間遅延型リザーバコンピューティング[1]が効率的である点などを説明された。Ag/AgS₂ コアシェル型ナノ粒子集合体の物理リザバー[2]は Ag フィラメントの成長が電氣的刺激によりに生じることから、電気抵抗の変化として学習過程を内包する。実例としてモデル波形を再現する基礎動作から音声認識の正答率向上などの応用動作までをデータで紹介いただいた。

質疑応答では「出力層の活性化関数の具体的な設定の仕方について」や「入出力電極の多極化による集積化の可能性について」など、活発な議論が展開され、分科内研究者の関心の高さが感じられた。田中先生、宇佐美先生とは今後も大分類を跨いでの交流をお願いしてセッションを終了した。

分科会では今後も同様に他分類からの招待講演を企画する方向で検討している。

参考文献

- [1] E. Wlazlak et. al., *ACS Appl. Mater. Interfaces* **18**, 17013 (2019).
- [2] Hadiyawarman et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **60**, SCCF02 (2021).

国内会議報告

2021 年第 82 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 English セッション報告 大阪大学工学研究科・アトミックデザイン研究センター 北野勝久

第 82 回応用物理学会秋季学術講演会の大会 3 日目となる 2021 年 9 月 12 日（日）に、English セッションが開催されました。

一般講演が 2 件と海外招待講演が 2 件の合計 4 件の発表が行われ、参加者は 30 名弱であった。招待講演者はチェコの Petr Lukes 先生と韓国の Heeyeop Chae 先生であったが、Lukes 先生と個人的に親しいということもあり、小生が本セッションの座長を務めさせて頂いた。

コロナ禍において、対面会議は国内会議でさえ自粛する中、国際会議はいつになったら再開できるのかままならぬ状況であり、多くの会議でオンラインが主体になっている。逆に、オンライン会議であれば移動するコストが不要になるので、本学会のような国内会議においても海外の著名な研究者に発表していただく良い機会になるとも言える。時差の問題もあるが、English セッションにおいてピンポイント的に参加していただくというのはハードルが低く、国際交流を活発化する一つの新しい手法であると思われる。そのためには海外招待講演者の発表内容に関係する中分類の発表を積極的に English セッションに持ってくるというアレンジを検討してもよいかもしれない。

コロナ禍の前に Lukes 先生とお会いしたときに、お子様が小さいこともありしばらく海外へは行きにくいということをおっしゃっていたのですが、分科会内では海外招待講演者の候補として何度か名前が挙がっており、今回、講演をしていたくちょうど良い機会となった。

一般講演では、大阪府立大学の松浦研究室から

2 件の発表があり、いずれも大気圧プラズマに関する内容であった。Tran Trung Nguyen さんから電極間の電気絶縁に用いる絶縁油により温度上昇を防げるという発表があり、Min Hu さんから PVA に溶解させたヨウ化カリウムを用いたプラズマ照射溶液中の活性種計測に関する発表があった。

Petr Lukes 先生からは、“Chemical and Physical Processes Induced by Non-Equilibrium Electrical Discharge Plasma in Aqueous Liquids and Gas-Liquid Interfaces” というタイトルで、プラズマを照射した溶液中における化学反応に関して、緻密な分析化学的な手法に基づく実験結果を、活性窒素種まで含めた反応速度論に基づく科学的な議論を基礎から詳細に紹介していただいた。溶液中の成分によって放電そのものも影響を受けるという話まで含め、化学種ベースで定量的な研究を行っている当該分野における第一人者であり、個人的には非常に貴重な講演であった。

Heeyeop Chae 先生の発表は事情により Yongjae Kim 先生が代理で行ったが、“Atomic Layer Etching Processes for Dielectric and Metals” というタイトルで、様々な材料に対するアトミックレイヤープロセスに関して、広範囲にわたる最新の研究内容を、多くの実験結果と共に紹介していただいた。前日に行われた本分科会のシンポジウムでも ALE が取り上げられており、当該分野の今後の発展が期待できると実感させられた。

国内会議報告

第15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

九州大学 古閑 一憲 静岡大学 松井 信

第15回プラズマエレクトロニクスインキュベーションホールを2021年9月6日～7日の日程で開催しました。今回は新型コロナウイルスが拡大しているため Webex によるオンラインでの開催となりました。

本企画はプラズマエレクトロニクス分野の初学者（学生・若手研究者・社会人技術者）を対象として、プラズマの理解を深めて頂くための講習会です。参加者は56名（内企業からの参加者7名）でした。

プラズマの基礎から応用を網羅する各分野のプラズマエレクトロニクス研究の最前線について3名の講師陣による専門講座に加え、呉準席先生による英語講座、藤田和央先生による特別講演、吉沼幹朗先生によるオンラインならではの初学者でもすぐに Python を使った数値計算ができる実践形式の特別専門講座を開講しました。

初日夕刻には2部制の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最優秀賞1名、優秀賞5名を選出しました。またポスターセッション後は講師、幹事がブレイクアウトルームを作り懇親会を行いました。

ポスター賞受賞者（敬称略）

最優秀賞：市川景太（名古屋大）

優秀賞：小野晋次郎（九州大）、井出祥太（東京大）、岩本祐汰（東北大）、末永光（岩手大）、福井貴大（筑波大）

講座内容（敬称略）

<専門講座>

「プラズマ診断・計測」

稲田優貴（埼玉大学）

「プラズマ生成・制御」

玉山泰宏（長岡技術科学大学）

「シミュレーション技術」

小田昭紀（千葉工業大学）

<英語講座>

「英語講座 国際交流のための英語」

呉準席（大阪市立大学）

<特別講演>

「はやぶさ2の大気圏突入」

藤田和央（宇宙航空研究開発機構）

<特別専門講座>

「今日からはじめる Python」

吉沼幹朗（核融合科学研究所）

担当幹事（敬称略）

校長：古閑 一憲（九州大学）

幹事：松井 信（静岡大学）

梅澤 義弘（東京エレクトロン宮城）

桑畑 周司（東海大学）

明石 治朗（防衛大学校）

奥山 由（苫小牧工業高専）

古里 友宏（長崎大学）

高橋 一弘（室蘭工業大学）

行事案内

第36回応用物理学会 プラズマエレクトロニクス分科会 プラズマ新領域研究会 「計測技術の基礎と最新動向」研究会案内

九州大学 古閑 一憲・東北大学 岡田 健

今回で36回目となるプラズマ新領域研究会を開催いたします。今回は、「計測技術の基礎と最新動向」と題して、主にプラズマエレクトロニクス分野外の講師をお招きして研究会を開催いたします。分科会HPの他、分科会員の皆様には改めてメールにて案内差し上げます。皆様奮ってのご参加をお願い申し上げます。

第36回応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会プラズマ新領域研究会「計測技術の基礎と最新動向」研究会

開催期日：2022年2月16日（水）

開催形式：オンライン

担当幹事：岡田 健 先生（東北大学）

概要：

近年のプラズマ応用研究は半導体やナノ材料科学分野だけでなく、バイオ、医療分野においても重要性が広く認識されている。そのためプラズマ応用研究において観るべき対象は従来の気相や固体材料に加え、液相、気液界面、固液界面にまで拡張しており、計測技術の理解が研究を大きく展開する重要な要素になっている。そこで本研究会では、様々な状態を探索する先端計測技術の基礎と最新動向を学び、プ

ラズマ応用研究との接点と将来展望について討論を行う。

プログラム：

13:00—13:05 開催の挨拶 岡田 健 先生

13:05—13:40 猪股 直生 先生

「マイクロ温度センサを用いた細胞の温度計測」

13:40—14:15 熊谷 明哉 先生

「ナノ電気化学イメージングの応用：蓄電デバイスから細胞の動的観察まで」

14:15—14:50 梶本 真司 先生

「細胞内の水のラマンイメージングによる細胞内温度の可視化」

15:00—15:35 植田 寛和 先生

「表面吸着水素分子の核スピン転換」

15:35—16:10 戸田 雅也 先生

「カンチレバー磁力センサを用いた3次元電子スピン共鳴イメージング」

16:15—16:50 菅原 克明 先生

「ARPESによる原子層材料の電子状態イメージング評価」

16:50 17:25 小宮 敦樹 先生

「光学手法を用いた熱物質移動現象の可視化とマイクロ・ナノスケール高精度計測への挑戦」

行事案内

2021 年 第 69 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

九州大学 古閑 一憲

■ はじめに

2022 年 3 月 22 日 (火) ~26 日 (土) に青山学院大学 相模原キャンパス (神奈川県淵野辺市) とオンラインのハイブリッドで第 69 回応用物理学会春季学術講演会が開催されます。本稿では、プラズマエレクトロニクス分科会企画の概要とスケジュールを紹介いたします。脱稿時点で未定の部分も含まれるため、詳細につきましては応用物理学会の HP でご確認をお願いいたします。

■ (第 1 日) チュートリアル講演

今春季講演会も、講演会初日に、チュートリアル講演を開催いたします。第 11 回を迎える今回は、滋賀県立大学の酒井 道先生より、プラズマプロセスと情報工学の融合と言う観点から、プラズマプロセスの制御に ICT 技術をどの様に結びつけるのが良いかを現状から将来への展開としてご講義して戴きます。チュートリアル講演は事前予約制となっています。定員がありますので、お早めにご予約頂きますようお願い致します。

日程 : 3 月 22 日 (火) 9:00~12:10 (予定)

会場 : 未定

講師 : 酒井 道 先生 (滋賀県立大学)

講演題目 : 「(仮) プラズマプロセスと情報工学の融合」

■ (第 2 日) 分科内招待講演

従来 PE 分科会企画の分科内招待講演では、産業界もしくは大学等の研究者をお招きし講演をいただ

いていましたが、新たな試みとして、他分野からの研究者との交流を深めるべく、各中分類プログラム編集委員から他分野からの分科内招待講演者を推薦いただき、各セッションにて招待講演を実施することにいたしました。今回は、山口大学本多謙介先生をお招きして半導体ナノ粒子のプラズマ合成とその応用についてお話いただく予定です。皆様には是非ともご参加頂きますよう、お願い申し上げます。

日程・会場 : 未定

ご講演者 : 本多 謙介 先生 (山口大学)

講演題目 : 「(仮) 半導体ナノ粒子のプラズマ合成と水素生成光触媒への応用」

■ (第 2 日) プラズマエレクトロニクス賞受賞式

講演会 2 日目には、第 20 回プラズマエレクトロニクス賞の受賞式を予定しています。今回の受賞候補論文の推薦締め切りは 2021 年 12 月 10 日 (金) ですので、この記事が皆様に届いた時点ではまだ募集中かと思われます。自薦、他薦は問いませんので、是非とも奮って推薦下さいようお願い致します。詳細は、下記の HP をご確認ください。

(http://annex.jsap.or.jp/plasma/PE_files/pe_award.html)

日程 : 3 月 23 日 (水) 13:15~13:30 (予定)

場所 : 分科会企画シンポジウムと同一会場の予定

■ (第 2 日) 分科会企画シンポジウム

学会 2 日目の 23 日 (水) に、分科会企画シンポジウム「プラズマ・液体相互作用～基礎と応用の最新動向」を

開催いたします。最近、液体を含むプラズマに関する研究が盛んに行われ、材料分野にとどまらず、医療分野や農業分野等への応用が進展しているプラズマエレクトロニクス分野の共通課題です。本シンポジウムでは、「プラズマ・液体相互作用」をキーワードとして、当該分野の基礎的な理解と、それを支えとするような応用の発展に関する最新動向を、第一線で活躍されている各先生方にご講演いただき、当該分野のさらなる発展に資する機会といたく考えています。是非とも奮ってご参加ください。

日程: 3月23日(水) 13:30~18:00(予定)

会場: 未定

講演者案(現在調整中・順不同・タイトルは仮題)

1. 呉先生、白藤先生(大阪市大)

「水表面における大気圧プラズマ・液体相互作用」

2. 鈴木先生、豊田先生(名大)

「水シールド環境下での大気圧プラズマ・液体相互作用」

3. 朽久保先生(東京都立大)

「プラズマ暴露・水表面における電子挙動」

4. 廣岡先生(中部大)

「液体金属ダイバータにおけるプラズマ相互作用: 核融合分野での応用」

5. 伊藤先生、寺嶋先生(東大)

「プラズマアシストインクジェットにおけるプラズマ相互作用: 材料分野での応用」

6. 高島先生、金子先生(東北大)

「プラズマ液体スプレーにおけるプラズマ相互作用: 農業分野での応用」

7. 石川先生、堀先生(名大)

「プラズマ活性媒質におけるプラズマ相互作用: 医療分野での応用」

■ 講演奨励賞授業記念講演

第51回(2021年秋季)学術講演会での講演奨励賞の受賞者がまだ応物事務局から発表されていないため、受賞者が分からない状況ですが、プラズマエレクトロニクスの分野から受賞者が出た場合、記念講演会が開催されますので、プログラムをご確認の上、会場まで是非とも足をお運びください。過去の講演奨励賞受賞者につきましても下記のHPよりご確認頂けます。

(<https://www.jsap.or.jp/young-scientist-presentation-award>)

■ 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「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、春季には海外招待講演を予定しておりません。

■ おわりに

上記案内いたしました行事の他に3月23日(水)の昼には、大分類意見交換会、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。また、今回も8.3.プラズマナノテクノロジーは、9.2、13.6、15.3とのコードシェアセッションを企画しております。他分類とのよい交流の機会だと思いますので、奮ってご発表いただければ幸いです。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: 古閑 一憲(九州大学)

koga@ed.kyushu-u.ac.jp

行事案内

14th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials / 15th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2022 / IC-PLANTS2022)

名古屋大学 石川 健治, 豊田 浩孝, 大野 哲靖

ISPlasma は 2009 年から、IC-PLANTS は 2008 年から毎年開催され、この 2 つの国際会議を 2014 年より合同で開催し初め、先進プラズマナノ科学、およびナノ材料、窒化物半導体、バイオ応用の研究を対象分野としている。本会議では、世界中から優れた研究者が集い、先進プラズマ科学、窒化物半導体とナノ・バイオ材料への応用に関連する最新の研究成果を発表し合い、幅広い議論する会議し続けている。今年 3 月はコロナ禍による実会場での開催を断念した。本会議の来年 3 月開催も世界的なパンデミック中の状況を鑑み、オンラインのセッションを含めて、感染予防を徹底した上で、来場できる方を集めて名古屋大学キャンパス内での会議開催を計画している。本分科会員には、是非とも来場参加の上、現地での活発な討論をいただきたい。

会期: 2022 年 3 月 6 日(日)～3 月 10 日(木)
場所: ハイブリッド開催(現地会場とオンライン)

＜関連分野＞

◆ **プラズマ科学**: プラズマ源、先進プラズマ計測技術、モデリングとシミュレーション、液中プラズマ、薄膜成膜プロセス、エッチングプロセス、エネルギー用途やナノプラズマテクノロジー
◆ **窒化物半導体**: GaN および関連材料の結晶成長、評価技術、デバイスプロセス、光デバイス、電子デバイス、パワーデバイス

◆ **ナノ材料**: ナノロッド／ナノチューブ／2 次元ナノ材料、ポーラス材料、複合材料／傾斜機能材料、表面改質／表面機能化、エネルギー応用／環境応用、熱電変換材料、電池材料

◆ **バイオ応用**: プラズマ医療／農業、バイオイメージング、バイオデバイス／ μ TAS／Lab-on-a-Chip、バイオ材料、電気化学デバイス、バイオセンサ、バイオデバイス作製技術

＜Late news 投稿募集＞: 2022 年 1 月頃が予定されていますので、奮ってご投稿の上、会議に参加をお願いいたします。

＜プレナリー講演: 1 件＞

・天野 浩 (名古屋大学)

"Frontier Electronics as "Painkillers" of Our Society and Environment"

＜基調講演: 4 件＞

・Anthony Bruce Murphy (CSIRO, 豪)

"Thermal Plasmas for Metal 3D Printing"

・田辺 仁 (東京大学, Japan)

・Tim Wernicke (TU Berlin, 独)

・一木 隆範 (東京大学, Japan)

＜受賞講演 3 件＞

・Mark J Kushner (ミシガン大, U. S. A.)

・名西 徳之 (立命館大学, Japan)

・(今年度 プラズマ殿堂賞受賞者)

＜チュートリアル: 4 件＞

・真壁 利明 (慶応大学, Japan)

"Introduction to modeling of low-temperature rf-plasmas interacting with surface: exploration for hidden and indiscernible processes"

・宇佐美 徳隆(名古屋大学, Japan)

"Impact of plasma treatment on heterostructures for silicon-based solar cells"

・高木浩一(岩手大学, Japan)

"Design of pulsed power generator and its applications for agriculture and food processing"

・只友 一行(山口大学, Japan)

<アレンジセッション1 : (仮) Data-driven scientific approaches on plasma sciences>

・若林 勇希(NTT 物性科学基礎研, Japan)

・西島 大輔(UCSD, U.S.A.)

・浜口 智志(大阪大学, Japan)

・川口 悟(成蹊大学, Japan)

・Hae June Lee (Pusan 国大, Korea)

・Min-Suk Cha (KAUST, Saudi Arabia)

<アレンジセッション2 : (仮) Building bridges btw academic and industrial researches>

・永田 賢吾(名古屋大学・豊田合成, Japan)

・田中 亮(富士電機, Japan)

<招待講演>

Plasma Science & Technologies

・Moon Soo Bak(成均館大学, Korea)

・Wei-Hung Chiang(国立台湾科技大学, Taiwan)

・富田 健太郎(北海道大学, Japan)

・Dingxin Liu(Xi'an Jiaotong University, China)

・R. Mohan Sankaran(イリノイ大学, U.S.A.)

・David B Go(Notre Dame 大, U.S.A.)

・佐々木 浩一(北海道大学, Japan)

・野崎 智洋(東京工業大学, Japan)

・春山 哲也(九州工業大, Japan)

・田中 学(九州大学, Japan)

・安原 亮(核融合研, Japan)

・石塚 隆弘(芝浦工大, Japan)

・Jan Lancok(CAS, Czech Republic)

・高島 圭介(Tohoku University, Japan)

・Miran Mozetic(Jozef Stefan 研, Slovenia)

・Sander Nijdam(TU/e, The Netherland)

・Achim von Keudell(Ruhr 大, Germany)

Nitride Semiconductors

・Jared Kearns(Sony, Japan)

・藤岡 洋(東京大学, Japan)

・上山 智(名城大学, Japan)

・Henryk Turki(Unipress, Poland)

・Arul Kumaran(南洋理工大学, Singapore)

・中西 和樹(名古屋大学, Japan)

・Biplab Sarkar(インド工科大学, India)

Nanomaterials

・柚原 淳司(名古屋大学, Japan)

・日比野 浩樹(関西学院大学, Japan)

・宮内 雄平(京都大学, Japan)

・上野 和良(芝浦工業大学, Japan)

・Junho Choi(東京大学, Japan)

・富岡 克広(北海道大学, Japan)

・Feng Liang(昆明理工大学, China)

・吾郷 浩樹(九州大学, Japan)

・Dang Feng(山東大学, China)

・喜多 隆(神戸大学, Japan)

・宮副 裕之(IBM Corporation, U.S.A.)

・Hari Nadendla(Brunel 大, U.K.)

Bio Applications

・高橋 克幸(岩手大学, Japan)

・Pankaj Attri(九州大学, Japan)

・平原 潔(千葉大学, Japan)

・伊藤 昌文(名城大学, Japan)

・山下 朗(自然科学研究機構, Japan)

・坂田 利弥(東京大学, Japan)

・Sander Bekeschus(INP Greifswald, Germany)

・Cristina Canal(カタルーニャ工科大学, Spain)

・笹川 清隆(奈良先端科学技術大学院大, Japan)

・Yun-Chien Cheng(国立陽明交通大学, Taiwan)

・神野 雅文(愛媛大学, Japan)

・清水 鉄司(産総研(AIST), Japan)

ほか

<メインシンポジウム参加費>

早期登録(~2022/1/31) 事前・当日登録

一般: 45,000 円 50,000 円

学生: 15,000 円 20,000 円

<チュートリアル参加費>

・メインシンポジウム参加者

一般: 1,000 円、学生: 1,000 円

・チュートリアルのみ参加者

一般: 10,000 円、学生: 5,000 円

<問合せ先>

ISPlasma2022 / IC-PLANTS2022 事務局

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

E-mail: isplasma2022@intergroup.co.jp

Website: [http:// isplasma.jp](http://isplasma.jp)

行事案内

75th Annual Gaseous Electronics Conference (GEC2022) 11th International Conference on Reactive Plasmas (ICRP-11)

東北大学 金子俊郎 (GEC2022 Secretary, LOC Chair)
東京都立大学 朽久保文嘉 (ICRP-11 IOC Chair)

第75回気体エレクトロニクス会議 (GEC 2022) と第11回反応性プラズマ国際会議 (ICRP-11) の合同会議が、2022年10月3日から10月7日の日程にて、仙台国際センターにて開催されます。

GECは、アメリカ物理学会 (APS) の Division of Atomic, Molecular and Optical Physics の傘下、低温プラズマの物理と化学、及び、その応用を主たるテーマとして毎年開催される会議で、プラズマ医療・農業を含むプラズマバイオテクノロジー、マルチフェーズプラズマ、環境応用などの新分野の講演も数多く行われています。当分科会との親和性も高く、これまでにICRPとの合同会議が3回行われていますが、今回の4回目の合同会議で、初めて日本国内で開催されることになりました。GECには、日本から毎年多くの皆様が参加しており、ここ数年は米国に次ぐ参加人数でありまして、当分科会会員にとって大変有益な会議であるといえます。

今回の合同会議では、GECとICRPのそれぞれの委員会から推薦された合計60件強の招待講演が予定されており、原子・分子の基礎過程から低温プラズマ応用まで質の高い講演が期待されます。

GECでは、優れた研究を行う学生を奨励するために、GEC Student Award for ExcellenceとGEC Student-Poster Prizesという賞が設けられています。前者は口頭発表、後者はポスター発表が対象で、いずれも事前申請が必要となります（詳細は今後掲載予定のGECのHPを参照して下さい）。

GECがICRPとの合同開催となり、さらに初めて日本国内で開催されることになりましたので、両会議の良好な関係を維持しながら、当分科会が益々発展するためにも、多くの会員の皆様のご参加をお願い申し上げます。新型コロナウイルス感染症の状況にもよりますが、現在のところは対面での現地開催を予定しております（感染状況が悪化した場合には、完全オンラインへ変更します）。プログラムとしても日本開催の特色となるワークショップやイベントを企画したいと思っておりますので、是非仙台にお越しいただき、研究とともに皆様同士の対面での情報交換も楽しんでいただきたいと思います。

なお、発表申込および予稿投稿の締め切りは、まだ正式には決まっておりますが、2022年6月上旬の予定です。

【重要日程】

- 発表申込および予稿投稿の締切：
2022年6月上旬予定
- GEC Student Award for Excellence と Student Travel Grant の締切：
2022年6月上旬予定
- GEC Student-Poster Prizes の締切：
2022年9月下旬予定
- 会議会期：2022年10月3日～10月7日

【会議ホームページ】

[GEC]<https://www.apsgec.org/gec2022/>

[ICRP]<https://www.ecei.tohoku.ac.jp/plasma/ICRP-11/>

第 20 回プラズマエレクトロニクス賞受賞候補論文の募集

大阪大学 節原裕一

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

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、国際会議などで発表され、かつ 2019 年、2020 年、2021 年に発行の国際的な学術刊行物（JJAP など）に掲載された原著論文。受賞者は、表彰の時点においてプラズマエレクトロニクス分科会会員あるいは応用物理学会会員とする。

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

提出書類

以下の書類各 1 部、およびそれらの電子ファイル(PDF ファイル) 一式

- **候補論文別刷**（原著論文 1 件、コピーでも可、第 1 ページに候補論文と朱書する。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（Program book や Abstract 集、Proceedings 等の会議に関する記載箇所[会議名、日付、場所等]ならびに当該発表が記されたプログラムの箇所）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 字程度でわかりやすく記述）

表彰

2022 年春季応用物理学関係連合講演会期間中に行う予定です。受賞者には賞状および記念品を贈呈いたします。また、2022 年秋季応用物理学会学術講演会期間中に記念講演を依頼する予定です。

書類提出期限

2021 年 12 月 10 日（金）当日消印有効

書類提出先

〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘11-1

大阪大学接合科学研究所

節原 裕一

（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書類在中」と朱書のこと

なお、プラズマエレクトロニクス賞規定他、詳細な情報については、プラズマエレクトロニクス分科会のホームページ

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

をご覧ください。

2021 年度(令和 3 年度) プラズマエレクトロニクス分科会幹事名簿

任期	氏名	所属	所在地・電話	電子メールアドレス
幹事長	節原 裕一	大阪大学 接合科学研究所	〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘 1 1 - 1 TEL: 06-6879-8641	setsuhara@jwri.osaka-u.ac.jp
留任 2020. 4 ～ 2022. 3	古閑 一憲	九州大学 システム情報科学研究院 情報エレクトロニクス部門／ 自然科学研究機構 新分野創成センター	〒819-0395 福岡県福岡市西区本岡 7 4 4 TEL: 092-802-3716	koga@ed.kyushu-u.ac.jp
	栗原 一彰	キオクシア(株) メモリ技術研究所 プロセス技術研究センター プロセス開発第一部	〒512-8550 三重県四日市市山之一色町 800 番地 TEL: 059-390-8733	kazuaki.kurihara@kioxia.com
	明石 治朗	防衛大学校 理工学研究科 境界科学専攻		akashi@nda.ac.jp
	阿部 知央	キオクシア株式会社 先端メモリ開発センター 先端メモリプロセス開発部	〒512-8550 三重県四日市市山之一色町 800 番地 TEL: 059-390-4305	chihiro.abe@kioxia.com
	市来 龍大	大分大学 理工学部 電気電子コース	〒870-1192 大分市旦野原 700 TEL: 097-554-7826	ryu-ichiki@oita-u.ac.jp
	川那辺 哲雄	(株)日立製作所 ナノプロセス研究部	〒185-8601 東京都国分寺市東恋ヶ窪 1 - 2 8 0 TEL: 042-323-1111	tetsuo.kawanabe.hq@hitachi.com
	梅澤 義弘	東京エレクトロン宮城株式会社 APAC 設計開発部 共通要素技術 Gr	〒981-3629 宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ 1 番 TEL: 022-346-3158	yoshihiro.umezawa@tel.com
	大久保 雄司	大阪大学 大学院工学研究科 附属精密工学研究センター	〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 M1 棟 423 号室 TEL: 06-6879-7294	okubo@upst.eng.osaka-u.ac.jp
	岡田 健	東北大学 大学院工学研究科 電子工学専攻	〒980-7579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-05 TEL: 022-795-7122	takeru.okada@tohoku.ac.jp
	金 載浩	産業技術総合研究所 電子光基礎技術研究部門 先進プラズマプロセスグループ	〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第 2 TEL: 029-861-4889	jaeho.kim@aist.go.jp
	桑畑 周司	東海大学 工学部 電気電子工学科	〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 4-1-1 TEL: 0463-58-1211 (内線 6242)	kuwahata@tokai-u.jp
	白岩 利章	ソニーセミコンダクタソリューションズ(株) 第 2 研究部門 2 部	〒243-0014 神奈川県厚木市旭町 4-14-1 TEL: 050-3141-5288	Toshiaki.Shiraiwa@sony.com
	神野 雅文	愛媛大学 大学院理工学研究科 電子情報工学専攻	〒790-8577 愛媛県松山市文京町 3 TEL: 089-927-9769	mjin@mayu.ee.ehime-u.ac.jp
	中村 圭二	中部大学 工学部 電気電子システム工学科	〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200 TEL: 0568-51-9301	nakamura@isc.chubu.ac.jp
	松井 信	静岡大学 工学部 機械工学科	〒432-8561 静岡県浜松市中区城北 3-5-1 総合研究棟 R503 TEL: 053-478-1064	matsui.makoto@shizuoka.ac.jp

新任 2021.4 ～ 2023.3	石川 健治	名古屋大学 低温プラズマ科学研究センター (工学研究科 電子工学専攻)	〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町 NIC4 階 TEL: 052-788-6077	ishikawa@plasma.engg.nagoya-u.ac.jp
	奥山 由	苫小牧工業高等専門学校 創造工学科 電気電子系	〒059-1275 北海道苫小牧市錦岡 443 番地 TEL: 0144-67-8074	yokuyama@tomakomai.kosen-ac.jp
	加藤 俊顕	東北大学 大学院工学研究科 電子工学専攻	〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻青葉 6-6-05	kato12@ecei.tohoku.ac.jp
	熊谷慎也	名城大学理 工学部 電気電子工学科	〒468-8511 名古屋市天白区塩釜口一丁目 501 番地 TEL: 052-832-1151 (代表)	skumagai@meijo-u.ac.jp
	古免 久弥	熊本大学 先進マグネシウム国際研究センター	〒860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪 2-39-1 TEL: 096-342-3738	komen@mech.kumamoto-u.ac.jp
	末次 大輔	パナソニック株式会社 マニファクチャリングソリューション センター	〒571-8502 大阪府門真市松葉町 2 番 7 号 TEL: 080-9940-4637	suetsugu.daisuke@jp.panasonic.com
	高橋和生	京都工芸繊維大学 電気電子工学系	〒606-8585 京都市左京区松ヶ崎御所海道町 TEL: 075-724-7418	takahashi@kit.jp
	高橋 一弘	室蘭工業大学 大学院工学研究科 もの創造系領域 電気通信システムユニット	〒050-8585 北海道室蘭市水元町 27-1 TEL: 0143-46-5560	ktakahashi@mmm.muroran-it.ac.jp
	竹内 希	東京工業大学 工学院電気電子系	〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1-S3-4 TEL: 03-5734-2566	takeuchi@ee.e.titech.ac.jp
	田中 康規	金沢大学 理工研究域 電子情報通信学系	〒920-1192 石川県金沢市角間町 TEL: 076-234-4846	tanaka@ec.t.kanazawa-u.ac.jp
	中塚 滋	ウエスタンデジタル合同会社	〒512-8550 三重県四日市市山之一色町 800 番地 TEL: 059-390-9941	shigeru.nakatsuka@wdc.com
	古里友宏	長崎大学 大学院工学研究科 電気・情報科学部門	〒852-8521 長崎市文教町 1-14 TEL: 095-819-2560	t-furusato@nagasaki-u.ac.jp
	弓削 政郎	三菱電機(株) 先端技術総合研究所 環境システム技術部 放電応用グループ	〒661-8661 尼崎市塚口本町 8-1-1 TEL: 06-6497-2745	Yuge.Seiro@ay.MitsubishiElectric.co.jp

2021 年度(令和 3 年度)分科会幹事役割分担

役割分担	留任		新任	
幹事長	節原 裕一	大阪大学		
副幹事長	古閑 一憲	九州大学	田中 康規	金沢大学
	栗原 一彰	キオクシア		
1. 庶務・分科会ミーティング	市来 龍太	大分大学	竹内 希	東京工業大学
2. 春秋講演会シンポジウム シンポジウム・海外招待講演 分科内招待講演 チュートリアル講義	古閑 一憲	九州大学	田中 康規	金沢大学
	栗原 一彰	キオクシア	石川 健治	名古屋大学
	神野 雅文	愛媛大学	中塚 滋	ウェスタンデジタル
	金 載浩	産業技術総合研究所	熊谷 慎也	名城大学
	中村 圭二	中部大学		
3. プラズマプロセッシング研究会 2021 年度：SPP（2022 年 1 月） 2022 年度：ICRP/GEC	栗原 一彰	キオクシア	田中 康規	金沢大学
	中村 圭二	中部大学	加藤 俊顕	東北大学
	市来 龍太	大分大学	熊谷 慎也	名城大学
	明石 治朗	防衛大学校	石川 健治	名古屋大学
	大久保 雄司	大阪大学	古免 久弥	熊本大学
4. 光源物性とその応用研究会				
5. プラズマ新領域研究会	古閑 一憲	九州大学	奥山 由	苫小牧工業高等専門学校
	神野 雅文	愛媛大学	古免 久弥	熊本大学
	松井 信	静岡大学	高橋 一弘	室蘭工業大学
	岡田 健	東北大学		
6. インキュベーションホール	古閑 一憲	九州大学	奥山 由	苫小牧工業高等専門学校
	松井 信	静岡大学	古里 友宏	長崎大学
	梅澤 義弘	東京エレクトロン宮城	高橋 一弘	室蘭工業大学
	桑畑 周司	東海大学		
7. プラズマエレクトロニクス講習会	栗原 一彰	キオクシア	高橋 和生	京都工芸繊維大学
	金 載浩	産業技術総合研究所	末次 大輔	パナソニック株式会社
	阿部 知央	キオクシア	中塚 滋	ウェスタンデジタル
	白岩 利章	ソニーセミコンダクタソリューションズ	弓削 政郎	三菱電機
	梅澤 義弘	東京エレクトロン宮城	石川 健治	名古屋大学
	川那辺 哲雄	日立製作所		
8. 会誌編集・書記	岡田 健	東北大学	高橋 和生	京都工芸繊維大学
	白岩 利章	ソニーセミコンダクタソリューションズ	末次 大輔	パナソニック株式会社
9. ホームページ	市来 龍太	大分大学	竹内 希	東京工業大学
10. 会計	桑畑 周司	東海大学	古里 友宏	長崎大学
11. プラズマエレクトロニクス賞	節原 裕一	大阪大学	節原 裕一	大阪大学
12. アカデミックロードマップ (戦略企画室)	節原 裕一	大阪大学	田中 康規	金沢大学
	古閑 一憲	九州大学		
	栗原 一彰	キオクシア		
13. PE 懇親会 2021 年度 秋：名城大、春：青学	川那辺 哲雄	日立製作所	弓削 政郎	三菱電機
	大久保 雄司	大阪大学	竹内 希	東京工業大学
GEC 委員（オブザーバー）	酒井 道	滋賀県立大学		
	金子 俊郎	東北大学		

2021 年度（令和 3 年度）分科会関連の各種世話人・委員

1. 応用物理学会講演会プログラム編集委員

8	大分類代表	石島 達夫	(金沢大)
8.1	プラズマ生成・診断	富田 健太郎	(北大)
8.2	プラズマ成膜・エッチング・表面処理	竹中 弘祐	(阪大)
		大村 光広	(キオクシア)
8.3	プラズマナノテクノロジー	古閑 一憲	(九大)
8.4	プラズマライフサイエンス	北嶋 武	(防衛大)
8.5	プラズマ現象・新応用・融合分野	栗田 弘史	(豊橋技科大)
		呉 準席	(大阪市大)
8.6	Plasma Electronics English Session	林 信哉	(九大)
		石島 達夫	(金沢大)

2. 応用物理学会理事

辰巳 哲也 (副会長)	(ソニーセミコンダクタソリューションズ)
朽久保 文嘉	(都立大)

3. 応用物理学会代議員

(分科会推薦, 各支部推薦等)

赤塚 洋	(東工大)
石島 達夫	(金沢大)
王 斗艶	(熊本大)
熊谷 慎也	(名城大)
佐々木 勇輔	(九大)
佐藤 考紀	(室蘭工大)
朽久保 文嘉	(都立大)

4. GEC 組織委員会委員

金子 俊郎	(東北大)
酒井 道	(滋賀県立大)

5. 応用物理学会本部委員会

機関誌企画・編集委員会

江利口 浩二	(京大)
久保井 信行	(ソニーセミコンダクタソリューションズ)

論文誌企画・編集委員会

斧 高一	(阪大)
栗原 一彰	(キオクシア)
太田 貴之	(名城大)
布村 正太	(産総研)

講演会企画・運営委員会

石島 達夫	(金沢大)
一木 隆範	(東大)
熊谷 慎也	(名城大)
辰巳 哲也	(ソニーセミコンダクタソリューションズ)
辰巳 哲也	(ソニーセミコンダクタソリューションズ)
辰巳 哲也	(ソニーセミコンダクタソリューションズ)

表彰委員会

学術・社会連携委員会

業績賞委員会

6. 代議員推薦委員会

木下 啓蔵	(アイオーコア)
-------	----------

7. 応用物理学会将来基金委員会

朽久保 文嘉	(都立大)
--------	-------

8. フェロー

応用物理学会フェロー名簿

<https://www.jsap.or.jp/jsap-fellow/fellow-members>

をご参照下さい。

活動報告

本幹事会は、コロナ禍のため Webex を用いたオンライン会議にて 2021 年 9 月 11 日（土）に開催され、大分類意見交換会に引き続き、インフォーマルミーティングとして実施された。議事内容を下記にまとめる。

1. 分科会 30 周年記念事業

・会誌 12 月号「30 周年記念特集」

高橋幹事(京都工繊大)より内容の説明があった。

・アーカイブズ出版

古閑副幹事長(九大)から現状説明があった。

・プラズマエレクトロニクス分野のロードマップ

節原幹事長(阪大)から進め方と今後のスケジュールについて説明があった。

・PE 分科会ロゴマーク作成

募集時に図案の説明を求めることと、指導教員が PE 分科会員であれば学生は応募可能であることが決定された。

2. 春季応用物理学会分科会企画

古閑副幹事長からチュートリアル、シンポジウム「プラズマ・液体相互作用」、招待講演の概要説明があった。栗原副幹事長(キオクシア)からチュートリアルテーマ(DX 関係、プラズマ計測)の講演候補者について提案があった。

3. インキュベーションホール

松井幹事(静岡大)から収支報告案、参加者(56 名)、ポスターセッション賞について報告があった。懇親会を盛り上げる方法について意見交換がなされ、学生に企画してもらう等の意見が出された。

4. プラズマ新領域研究会

計測技術(岡田幹事(東北大))が企画進行中、プラズマアグリ(神野幹事(愛媛大))は対面で検討中、宇宙資源のその場利用(松井幹事)についても企画中である旨の報告があった。

5. プラズマエレクトロニクス講習会

栗原副幹事長から企画内容について説明があった。

6. プラズマプロセッシング研究会

田中副幹事長(金沢大)からオンライン開催について、またショートオーラルセッション(7 分)が奨励賞の対象であり、プロシーディングズは 2 ページまでで 1 ページでも可である旨が説明された。

7. 国際会議 ICRP-11/GEC2022 準備状況報告

朽久保先生(都立大)から仙台誘致の経緯および委員会構成と委員長職について説明があり、委員会構成について本会議で承認された。金子先生(東北大)から開催日程・場所について、2022 年 10 月 3-7 日にできれば仙台で現地開催の予定である旨が説明された。酒井先生(滋賀県立大)からプログラム委員会の構成について説明があった。

8. PE 分科会会報の記載内容について

節原委員長からフェロー欄掲載の経緯、誤記載、会員からいただいたご意見について、またフェローは分科会からの推薦ではない旨の説明があり、次号よりフェロー欄を削除する旨が説明された。

9. 関連会議について

・ GEC2021 (2021.10.4-8)

・ DPS2021 (2021.11.18-19)

・ ISPlasma2022/IC-PLANTS2022 (2022.3.6-10)

・ 2022 MRS Spring Meeting (2022.5.8-13)

朽久保先生よりハワイ開催について説明された。

10. 第 20 回プラズマエレクトロニクス賞の候補論文募集

節原幹事長より募集要項の説明がなされた。

11. その他

分科会共通規程 12 条により、6 年に 1 度事業内容を理事会に報告して継続が承認されることとなった。そのため、HP にミーティン

グの資料をアーカイブスとして残していくことが確認された。また榊田様（産総研）より、日本学術会議の「科学夢ロードマップ」につ

いて情報提供があった。

（記：市來龍太（大分大学））

プラズマエレクトロニクス関連会議日程

コロナウイルス感染症拡大の影響で、開催日程および開催形態が不確定なものも見受けられます。詳細については、各会議の web ページを参照ください。

【 国際会議 】

2022.3.6 - 10

第 14 回先進プラズマ科学と窒化物及びナノ材料への応用に関する国際シンポジウム／

第 15 回プラズマナノ科学技術国際会議 (ISPlasma2022 / IC-PLANTS)

名古屋大学, 愛知県名古屋市

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

2022.6.11 - 15

XXV Europhysics Conference on Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases

Paris, France

<https://escampig2020.sciencesconf.org/>

2022.7.24 - 29

Plasma Processing Science, Gordon Research Conference

Andover, NH, USA

<https://www.grc.org/plasma-processing-science-conference/2022/>

2022.10.3 - 7

75th Annual Gaseous Electronics Conference (GEC2022) /

11th International Conference on Reactive Plasmas (ICRP-11)

Sendai International Center, Sendai

<https://www.ecei.tohoku.ac.jp/plasma/ICRP-11/>

【 国内会議・会合 】

2022. 1.24 - 26

第 39 回プラズマプロセッシング研究会／

第 34 回プラズマ材料科学シンポジウム (SPP-39/SPSM34)

青山学院大学 相模原キャンパス, 神奈川県相模原市

<https://spp39.gakkai-gran.jp/index.html>

2022. 2.16

第 36 回プラズマ新領域研究会

「計測技術の基礎と最新動向」

オンライン

http://annex.jsap.or.jp/plasma/PE_files/2021/shinryoiki36.pdf

2022. 3.22 - 26

第 69 回応用物理学会春季学術講演会

青山学院大学 相模原キャンパス, 神奈川県相模原市

<https://meeting.jsap.or.jp/>

2022. 3.22 - 26

第 83 回応用物理学会秋季学術講演会

東北大学 川内キャンパス, 宮城県仙台市

<https://www.jsap.or.jp/jsap-meeting/future>

当会報への広告掲載について

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

1. 契約の種類

(A) 年間契約コース

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

(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いただきます。

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

※カッコ内は賛助会員企業

5. 問い合わせ先

〒113-0031 東京都文区根津 1-21-5

応物会館 2 階

公益社団法人 応用物理学会

TEL: 03-3828-7723

FAX: 03-3823-1810

Email: divisions@jsap.or.jp

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

編集後記

かつてない状況を目の当たりにしながら、2 年が過ぎようとしている今日、変わらずにプラズマエレクトロニクス分科会会報 No.75 を発行することができましたこと、分科会会員みなさまに厚く御礼申し上げます。また、ご寄稿下さった著者の皆様が、貴重なお時間を割いて下さり、大部のお仕事を快く引き受けて下さいましたことには感謝の念に堪えません。

分科会発足 30 周年を記念し、3 月の学術講演会のシンポジウムに続いて、分科会幹事長の企画、監修のもと、特集記事をお届けしております。

学生の頃より当分科会にお世話になった身として、全ての記事を万感の思いにて拝読いたしました。一つの組織、また一つの分野の変遷と発展が示されると同時に、そこで活躍されたみなさまの思いが鮮烈に著されており、学生さんを含め、多くの方の目にふれることを願ってやみません。

今回、特集記事を編集するに当たり、学生のためのページ、研究室紹介、研究紹介の欄をお休みしております。次号以降、分科会で活発に活動されるみなさまの様子をこれらの欄でお伝えいたします。

会議報告からは、国外、国内共に、人の移動が制限される中でも、多くの方が活発に議論された様子が伝わってきます。必ずしも全ての分野、会議がここまで盛況にはならなかったことを伝え聞く反面、当分科会のみなさまの活躍ぶりが際立っているようにも感じます。これまでのさまざまな障壁を画期的なアイデアで乗り切ったみなさまが

集うこの分科会、この逆境の中でも 30 周年からの意気揚々としたスタートを切ろうとでもする様に見えます。いまだ先の不安を拭いきれない情勢にて、それでも前へと進もうとするみなさまを勇気づける記事です。

また、みなさまには、次回学術講演会の分科会企画、および ISPlasma/IC-PLANTS、GEC/ICRP のご案内をご一読下さり、是非ご参加下さいますようお願いいたします。いずれも当分科会にとって、みなさまをつなぎ、学術を発展させる貴重な機会です。ICRP は、特集記事にて著者の方々が、キーワードとして掲げられている通りのものです。今回、国内開催となることは、学生さん、若手研究者を含めてこれまで以上に多くの方がふれあえる格好の場をつくることでしょう。

本号の原稿執筆を快く引き受けてくださいました著者のみなさま、幹事長、副幹事長をはじめ、分科会会員みなさまに重ねて感謝申し上げます。分科会の活動全ては、応用物理学会事務局分科会担当の小田様よりの支援なしでは、維持できないものです、この場にてお礼申し上げます。なお、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よろしくお願い申し上げます。

令和 3 年度会報編集担当：
末次、岡田、白岩、高橋（文責）

プラズマエレクトロニクス分科会会報 No.75
2021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 節原 裕一
発行:公益社団法人応用物理学会
〒113-0031 東京都文京区根津一丁目 21 番 5 号
応物会館
(©2021 無断転載を禁ず)