

第6回プラズマエレクトロニクス賞

受賞者の紹介

名古屋大学 河野 明廣

第6回プラズマエレクトロニクス賞に関しまして、応募論文4編につき、同賞選考委員会にて、プラズマエレクトロニクス分野における研究の獨創性、学術的あるいは工業的価値、およびその発展性につきまして慎重に審議をいたしました。その結果、下記のとおり、1編の研究論文を対象に表彰を行うことを決定いたしました。また、本表彰において、2008年春季第55回応用物理学関係連合講演会期間中の3月29日に表彰式が行われました。なお、本年度のプラズマエレクトロニクス賞選考委員会は、下記の委員をもって構成されました。

委員長 河野明廣 (名古屋大学)
副委員長 嶋山力三 (東北大学)
委員 節原裕一 (大阪大学)
委員 大岩徳久 (東芝セミコンダクター社)

プラズマエレクトロニクス分科会が主催する研究会・国際会議等での発表

会議名：第6回反応性プラズマ国際会議／第23回プラズマプロセッシング研究会

論文名：Deposition of carbon system by using non-equilibrium plasmas generated in supercritical fluid

著者名：Takaaki Tomai, Hirotake Kubo, Ken Katahira, Yoshiki Shimizu, Takeshi Sasaki, Naoto Koshizaki and Kazuo Terashima

受賞者 (受賞対象論文の著者)

寺嶋和夫 (東京大学), 筈居高明 (東京大学)
片平 研 (東京大学), 久保宏丈 (東京大学)
清水禎樹 (産業技術総合研究所)
佐々木毅 (産業技術総合研究所)
越崎直人 (産業技術総合研究所)

受賞理由

受賞者らは、気体と液体の中間状態である超臨界流体における放電現象に着目し、その環境下でのマイクロプラズマの生成と物性の研究を世界に先駆けて推進してきた。本論文では、超臨界流体CO₂マイクロプラズマを誘電体バリア放電によって発生し、新材料プロセッシングを意図して、放電環境の高圧力化と低温化により、分子の密度増大と揺動増強並びにクラスター化が促進されるCO₂の臨界点近傍において、優先的にナノカーボンが合成されることを初めて見出した。これらは、圧力領域、温度領域、空間領域における新たなプラズマ応用の方向性を切り拓く意欲的・独創的な試みであり、プラズマエレクトロニクス分野の発展に貢献するところが大きいと期待される。

記

受賞対象論文

論文名：Carbon materials syntheses using dielectric barrier discharge microplasma in supercritical carbon dioxide environments

雑誌名：The Journal of Supercritical Fluids 41 (2007) 404-411

著者名：Takaaki Tomai, Ken Katahira, Hirotake Kubo, Yoshiki Shimizu, Takeshi Sasaki, Naoto Koshizaki, Kazuo Terashima

プラズマエレクトロニクス賞を受賞して

東京大学 新領域創成科学研究科 寺嶋 和夫

このたびは第6回プラズマエレクトロニクス賞を賜り、共同研究者（受賞者）である東京大学・寺嶋研究室の菅居高明博士（現；カリフォルニア大パークレー校）、片平研氏（現；ソニー九州）、久保裕丈氏（現；AT カーニー）、産業技術総合研究所・越崎グループの清水禎樹博士、佐々木毅博士、越崎直人博士ともども、たいへんな栄誉なことと心から喜ぶとともに、本賞の運営に関わられた関係の先生方に感謝する次第です。また、歴代の本賞を受賞されたご高名の先生方のお名前のリストを見るにつけ、たいへん身が引きしまる思いであり、今後のさらなる飛躍を目指し、一層の努力の覚悟を新たにしております。

この研究は、16年前、寺嶋がスイス・バーゼル大学固体物理研究所でのサバティカル中に構想しました“微小空間（ナノスペース）でのプラズマ科学技術の創成”（図1をご参考に）の一環として進めてきました“超臨界流体プラズマ科学技術の創成”の研究のなかの、臨界点近傍での物質合成の特異性について議論したものです。超臨界流体のように数百気圧にも達する高気圧環境下で、一般に数百℃以下の臨界温度程度の温度の非平衡プラズマを発生するためには、“微小空間プラズマ技術”“が欠かすことのできない基盤技術になっています。この技術を駆使し、1時間以上もの安定的なプラズマの発生を行い、臨界点近傍で、カーボンナノチューブなどのカーボンナノ物質を難反応性物質である二酸化炭素 CO_2 を原料にして室温合成に成功し、その密度揺らぎと関連付けたものが本論文であります。

超臨界流体とは、物質固有の臨界点以上の温度・圧力状態にある物質状態であり、巨視的には液相と気相の中間状態を示し、高密度、高拡散性、高溶解度を有することから、抽出、廃棄物処理、ナノ物質・構造作製など、多岐の渡る分野において、その応用研究・実用化が進められてきました。これらの優れた反応プロセス特性は、超臨界流体

中のミクロな流体構造、分子クラスタリングに起因しており、さらに臨界点付近においては、分子間力と熱運動の拮抗により、ピコ秒のタイムスケールで分子同士が集合・離散を繰り返すことで、密度揺らぎが生じるため、プロセス反応速度や反応選択率の増大といったプロセス反応の特異性が現れることが知られています。

このように、微視的には、液相的なクラスター構造と気相的な単分子構造とが局所的に共存する、“ナノ空間での気液混合相”ともいえる超臨界流体中でのプラズマは、まさに、近年、東北大学の島山力三先生、名古屋大学の高井治先生らが精力的に研究を進められている液相プラズマ（ソリューションプラズマ）の空間的な極限状態であり、21世紀ナノテク時代にふさわしい“新規の液相プラズマ”と位置づけられています。

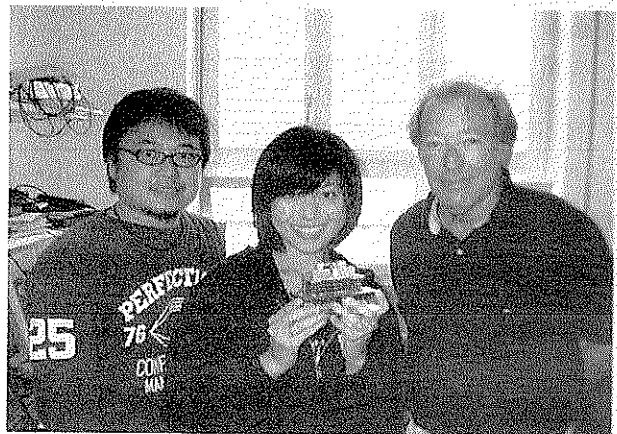


図1 微小空間（ナノスペース）プラズマの研究は、バーゼル大学 Guentherod 先生の研究室、とりわけ、共同研究者である L.Howald 博士（現；Nanosurf AG）の有する毛氈トンネル顕微鏡（SPM）技術を駆使してのスタートでした。

写真は右から SPM の発明者の一人である Ch.Gerber 博士（元 IBM チューリッヒ；現バーゼル大学客員教授）、寺嶋研究室・博士3年生・野間由里さん、宮副裕之さん。

野間さんの手には、本研究のもとになった世界で最初に原子像を観察した SPM 装置（撮影；バーゼル大学にて）。

また、上智大学の岡崎幸子先生、小駒益弘先生が世界に先駆けて新しい道を切り開かれた我が国が誇る大気圧非平衡プラズマを端緒にして発展を続ける、高密度媒質プラズマの新たな局面を開くものとしても、プラズマ科学技術の立場から皆様方に期待していただいています。

さらにまた、物質科学一般の立場からも、

- ①イオン性の固体の科学である“固体イオニクス”、
- ②イオン性の液体の科学である“液体イオニクス”、
- ③イオン性の気体の科学である“気体イオニクス”、
(まさにプラズマ!)に続く、
- ④第4の物質相である超臨界流体(釈明!プラズマのご専門の皆様の前で恐縮ですが、物質科学的には固体、液体、気体に続く物質の相図に載っている第4の状態はプラズマではなく超臨界流体となっています)のイオン科学として位置づけられ、現在、“超臨界流体プラズマ”と私どもが名付けている本状態が、“超臨界流体イオニクス”として広く認知され、広義の意味でのイオン科学(あるいは電気化学)の4大分野の一つとして物質科学の一般的な教科書に記述される日を目指して、微力ではございますが貢献できれば幸いです。

2年間ものスイスでのサバティカル生活をお許し戴き、わけもわからない研究に耳を傾け、貴重なご助言を戴きました東京大学の吉田豊信先生に深く感謝いたします。また、Father of Microplasmaと呼ばれ、長年にわたり、ご指導いただきました京都大学の橋邦英先生には、ただただ感謝するばかりでお礼の言葉も尽きません。その他、応用物理学会をはじめとする各種の学会、研究会を通じて多くの先生方、会社の皆様のご教授、ご援助を戴きましたこと心より感謝いたします。さらにまた、伊藤剛仁博士(現;大阪大学)をはじめとする本研究の礎を築いてくださった歴代の寺嶋研究室の学生の皆さんにもお礼申し上げます。

さて、東京大学の工学系研究科から現在の新領域創成科学研究科に移り、寺嶋研究室を本格的に立ち上げてから早くも10年が過ぎようとしています。さらなるプラズマ科学技術の“新領域”の開拓を研究室の使命として研究に励んでおります。

その新しい研究領域の一つとして、私どもが“クライオプラズマ”と呼ぶ、超臨界流体プラズマと

並んで、精力的に研究を進めている新規のプラズマを僭越ながらご紹介し、結びとさせていただきます。

従来より、極低温下におけるイオンや電子、活性種の振る舞いを調べるため、極低温雰囲気でのプラズマの発生・診断に関する研究がなされてきました。しかしながら、それらは液体窒素や液体ヘリウム温度(77K, 4K)付近のみに焦点を当てたものであり、室温から連続的に極低温まで温度を変化・制御させている研究、また、プロセスなどへの応用研究は殆ど皆無でありました。このような背景のもと、私どもの研究室では従来の、①熱プラズマ(数千~数万 K)、②低温プラズマ(室温~数千 K)に続く、ガス温度を室温から室温以下(現在は5Kまで)まで連続的に変化・制御させた第3のガス温度領域のプラズマである、クライオプラズマ研究に着手しております。今後、従来のプラズマとは異なるクライオプラズマ特有の物性発現(図2をご参照)と、熱的損傷が鍵となるバイオマテリアルなどへの新規プロセス応用を期待しております。このプラズマの発生にもまた、超臨界流体プラズマと同様に、比表面積の大きさから環境適合性(親和性)が非常に高いという特長を有する微小空間プラズマの技術が十二分に駆使されております。今後の展開が楽しみです。

これからも、一層の、ご指導、ご鞭撻のほど、宜しく願い申し上げます。

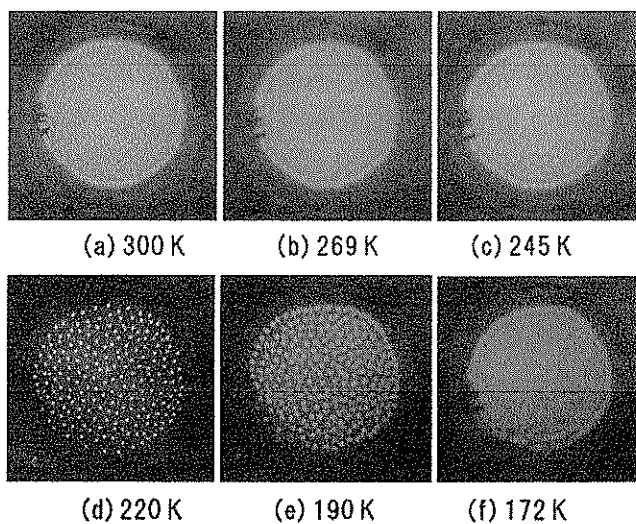


図2 クライオ DBD プラズマの放電形態のガス温度依存性