

CRCニュース

産学連携共同研究センター

Collaborative Research Center NEWS No.13



電子情報工学科教授
藤田 順治

大同工大の元気なプラズマ研究者達

最近話題になっている色鮮やかなプラズマディスプレイパネル（PDP）や、半導体の生産に欠かせないプラズマCVD、プラズマを用いた空気清浄器、たいていの金属を溶かしてしまうプラズマジェット、次世代の基幹エネルギー源として期待されている核融合発電炉の開発につながる超高温プラズマの研究など、マスコミにもプラズマという言葉がしばしば現れ、すっかりお馴染みになってきました。

プラズマは、固体、液体、気体に次ぐ第4の状態であると言えます。ギリシャ哲学で、万物は、地、水、気、火からなるという四元説が提唱されたことと、事実、炎の中にはプラズマが生成されていることを考え合わせると、非常に興味深いものがあります。プラズマとは、一口で言えば、グロー放電やアークなどのように、電離した気体で、電流を通しやすく、いろいろな光を放出しているものと言ってもよいでしょう。地球上で観測される自然界のプラズマは、雷光やオーロラくらいのものですが、宇宙の99%以上はプラズマ状態で、太陽も、恒星もみんなプラズマなのです。

本学においても、プラズマに関連した研究は古い歴史と伝統を持っています。放電の基礎過程として重要な意味を持つ原子分子衝突過程の研究や衝突断面積の測定（CRCニュース9号参照）に地道な努力を続けている近藤芳孝教授が、最近は大電流放電の電磁力を利用してプラスチック表面に強固な金属被膜を形成する研究に乗り出され、関谷昌久教授は、コロナ放電に関する長年の研究実績をもとに、プラズマによる大気の大気清浄化という、まさに環境問題を正面から取り組む研究に挑戦しています。同じく大きな環境問題の一つである窒素酸化物の除去に取り組んでいるのが山田忠比古助教授です。

一方、プラズマ中の微粒子の問題は、純粹学問的には、クーロン結晶、星はこれから生まれたといわれる宇宙塵、より身近な話題としては、既にこのニュースでも紹介されているように、岩間三郎教授が進められた、鉄微粒子のプラズマプロセスによる鉄の常温凍結の研究などに関連して、最近の大きな話題の一つになってきました。この微粒子の研究に取り組んでいるのが日置義明教授で、微粒子の放電に及ぼす影響という実用的にも意味のある研究を進めています。かく言う私もプラズマの中でも特にプラズマ計測が専門で、核融合研究に関連しては、古巣の核融合科学研究所とささやかな共同研究を続けていますが、本学では、岩間三郎教授との共同研究や、金児教授が残されたマイクロ波放電プラズマの研究を続けており、手軽に作れるコンパクトなプラズマ生成装置を、有害物質の処理や機能性薄膜形成に役立たせられないかと日夜苦闘しているところです。

これだけの陣容が揃えば、企業の方々からのプラズマの応用に関するご要望には、充分お応えできるものと確信しております。また、プラズマは、どこでどのように役立つかわかりません。ぜひお気軽にご相談ください。

INDEX

CRCニュース・13号 目次 『プラズマ応用技術』特集号

大同工大の元気なプラズマ研究者達
電子情報工学科 藤田順治教授

関谷昌久教授
「プラズマによる大気と水の清浄化」

山田忠比古助教授
「放電・プラズマによる窒素酸化物の分解処理」

近藤芳孝教授
「パルスパワーと電磁反発力を用いた薄膜生成」

日置義明教授
「微粒子プラズマ」

CRCからのお知らせ
1.2000年度大同特殊鋼 への共同研究・受託研究成果報告会開催
2.走査型電子顕微鏡定量分析装置取扱説明会
3.研究交流会クラブ第58回定例会
「社会と環境に役立つ工学の将来展望」
4.展示会「フロンティア21エレクトロニクスショー」
「産学交流プラザなごや2001」募集中

業務メニュー

関谷昌久教授

「プラズマによる大気と水の清浄化」

生活レベルの向上と相まって、身の回りの清潔さを求める風潮が際立ち、抗菌グッズや空気清浄装置の需要が急増し、我々の屋内環境はより清浄になってきていますが、自然のめぐみである？我々が以前から持ち合わせていた菌に対する免疫力は徐々に失われようとしています。

一方、私たちの食生活の変化に伴い急成長したハンバーガーやフライドチキン等の外食産業、焼き肉店やうなぎの蒲焼店等での焼き物や揚げ物時に発生する油成分粒子（オイルミスト）を含んだ独特の香り？を持つ煙は、大部分がそのままダクトを通して直接外気へ排出されています。このオイルミストを含んだ煙の処理に、フィルターと電気集塵装置を組み込んだ既存の空気清浄装置を用いますと短時間の使用でフィルターの目詰りをおこしますし、現在一般に使用されている直流方式の電気集塵装置の場合は、オイルミストの抵抗率が高いため捕集極がオイルで覆われると捕集率が大幅に低下します。

電気集塵装置は、放電線電極と対向する塵埃捕集用平板電極との間あるいは放電線電極と同軸の捕集用円筒電極の間に直流の高電圧をかけ放電（コロナ放電）させ、放電線電極の周りにできた大気圧プラズマの正・負どちらかの電荷の静電気力により塵埃を帯電させ捕集極に集める装置です。このコロナ放電には、放電が安定する負コロナ放電が一般的に用いられており高い集塵効率が得られています。しかしながら、直流方式であるためオイルミストのような抵抗率の高い塵埃が捕集極表面を覆った場合には、塵埃を運んできた電荷の捕集極表面での滞留時間が長くなり捕集率が低下します。これは直流方式の電気集塵装置の宿命ともいえる問題です。

現在、オイルミストの集塵を目的に交流方式の電気集塵装置の開発に取り組んでいます。交流方式を取り入れることにより、排煙中のオイルミストの連続的な捕集とプラズマ発生時に生成されたオゾンとクラスターイオン等のラジカルによる臭気物質の分解作用で排煙の無害・無臭化が期待できます。

オゾンはフッ素に次ぐ強い酸化力を持ち、その優れた殺菌力、脱臭力、脱色力は、主にヨーロッパにおいて上水道における水

処理、オゾン療法等に利用されてきています。我が国でも、浄水場における高度浄水処理過程や半導体製造過程でのウェハー洗浄等にオゾン処理が導入されるようになり、オゾン発生装置の高濃度・高効率化を目指した研究も進められています。また、日常生活面においてもスポーツクラブのロッカールームや冷蔵庫の殺菌・脱臭へのオゾン利用が注目され、今後オゾン発生装置の小型化と取り扱いやすさが求められます。一方、複写機に利用されているコロナ放電を用いたイオン発生装置及び除電装置で生成されるオゾンは、機器内の部品を酸化劣化させ機器からもれ出た場合、高濃度においては鼻や喉に強い刺激を与え生体に悪影響を及ぼします。

現在、日常生活面へのオゾン利用とその悪影響除去を目的として、広範囲な電極形態についてコロナ放電時のオゾン生成特性について調べています。その一例として、図1にオゾン生成原料ガスの窒素と酸素の混合比を変えた場合のオゾン濃度特性を示します。純酸素を原料ガスとした場合、室内空気に相当する酸素濃度20%の5倍の酸素密度がありながらオゾン濃度としては2倍程度にしかありません。原料ガスとして、室内空気に酸素を混ぜ酸素濃度を40%程度にすることにより純酸素なみのオゾン濃度が得られます。

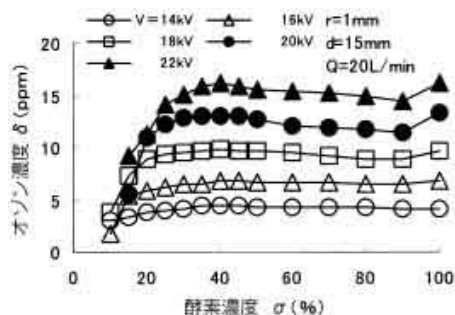


図-1. オゾン濃度特性

山田忠比古助教授

「放電・プラズマによる窒素酸化物の分解処理」

窒素酸化物は、燃料などが燃焼するときに空気中の窒素が酸化することによって発生します。高温燃焼下で空気中の窒素と酸素が反応してできるNOxをサーマルノックスと言い、この場合、火炎の中でNOが生成され一部はNO₂になります。また、燃

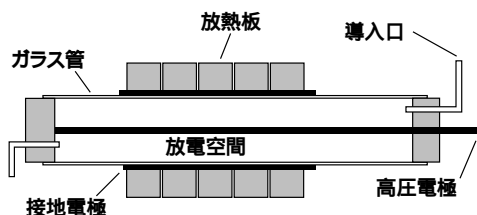


図-1. リアクターの構造

料中にピリジンやアニリンなどの含窒素有機化合物があると、これらが高温で分解されてNOが生成されます。このようにしてできたNOxをフューエルノックスと言います。

フューエルノックスは燃料を吟味することによって解決できますが、問題はサーマルノックスです。これは炎があれば発生しますので、家庭の瞬間湯沸し器や風呂用バーナーにおいても発生します。最も問題になっている発生源は自動車、特にディーゼルエンジンによるものです。火力発電所などで発生する窒素酸化物は大気中に放出される前に、アンモニアを還元剤とする還元触媒によって高い効率で窒素分子に変換されています。

窒素酸化物を除去する研究では、触媒を用いる方法、放電に



よって分解する方法、触媒と放電を組み合わせた方法などが行われています。触媒法は触媒となる材料探しが研究の中心となっています。また、この方法では触媒として有効に機能する温度範囲が狭いことが問題になっています。

本研究は、ストリーマ放電によって生成された多数の電子を窒素酸化物に衝突させて、これを分解・無害化するものです。分解リアクター(放電管)の構造はいたって簡単で、図1のようになっています。パイレックス製のガラス管は直径30mm、長さ200mmでその中心に直径6mmの金属製電極を配置し、外側に放熱器を兼ねた銅版を巻きつけて対極としています。放電は中心電極とガラス管の間の空間で起きますので、放電によって電極間が短絡することは有りません。この放電空間を、窒素で希釈した窒素酸化物で満たして放電を起こした場合の放電時間と窒素酸化物の残存量の関係を示したものが図2です。残存窒素酸化物の時間的変化は放電空間に注入された電力に依存してお

り、分解処理に適切な投入電力があることがわかります。放電電力が必要以上に大きい場合には、残存酸素と反応して窒素酸化物が増加してしまうことがあります。

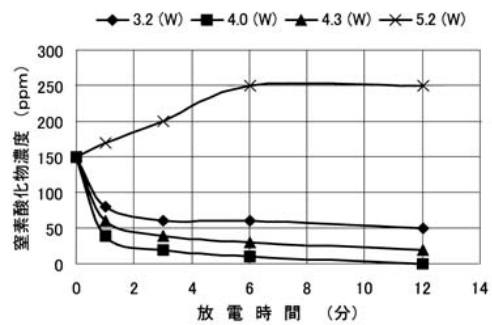


図-2. 放電時間と残存窒素酸化物 (NO + NOx) 濃度

近藤芳孝教授

「パルスパワーと電磁反発力を用いた薄膜生成」

電気エネルギーを時間をかけて、コンデンサーやインダクタンスに電荷あるいは電流の形で蓄え、これをマイクロ秒あるいはナノ秒の短時間で放出することにより、メガワットの瞬時電力を空間的に限定された局所に注入するパルスパワー技術の応用研究を進めています。

軽量化のため、プラスチックを使いたいが、表面が柔らかいので困っている。本研究はこのような要望に応えることができる技術開発と考えています。被加工面に近接して薄膜化したい金属細線を配置しコンデンサー充電のパルスパワー電源より大

電流を供給します。その際、細線と太い銅棒で作った主回路とを近接配置し、細線と主回路に流れる電流の向きを逆にする、すなわち、往復電流を流す構造にするのが本研究のポイントです。こうすることによって、溶融プラズマ化した金属プラズマに強い電磁力が働きますので、金属プラズマは被加工表面に向かって射出されます。金属薄膜のターゲット上への分布は金属細線の取り付け具合、真空度、コンデンサーの充電電圧、コンデンサーの容量によって微妙に変わります。毎回全く同じように膜が作られるまでに、技術が完成していないのが実状ですが、できあがった膜は極めて強固にプラスチック表面に接着しています。真空蒸着やスパッタリング法で作った薄膜のプラスチック表面への接着力に比べると、100倍くらい強固に接着しています。現在は細線に銅を用いておりますが、Ti, Ta, W, Fe, Mo 等の高硬度、高融点材料をプラスチック表面に強接着させることができますので、鋭意研究中です。

この他に、放電プラズマの基礎過程の研究を行っています。照明用放電、気体レーザー、オゾンナイザー、放電表面処理、NOx処理、半導体プラズマプロセス等広い応用分野を対象として、そこに現れる最も基礎的な現象としての、電子と気体の各種衝突過程の研究、およびその発展系としての、電離成長過程すなわちスオーム過程の研究を最新のパルス計測技術およびレーザー応用計測技術を用いて行っています。



写真1 表面窒化処理用窒素プラズマのレーザー誘起傾向測定装置



写真2 パルスパワー電源と薄膜生成部

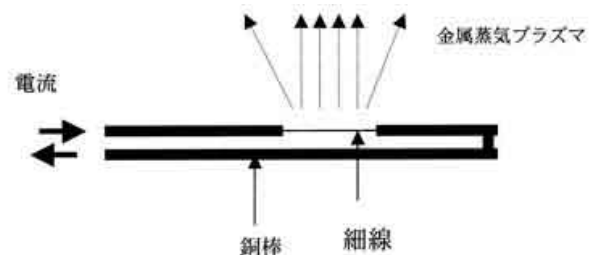


図-1. パルスパワーと電磁反発力を使った薄膜生成部の構造

日置義明教授

「微粒子プラズマ」



気体プラズマの中に微粒子(数十nm～数mm)が煙の粒子のように多数存在する状態は、微粒子プラズマあるいはダストプラズマと呼ばれます。このような微粒子プラズマは、特殊な状態というよりはかなりありふれた状態で、宇宙空間の宇宙塵を含むプラズマ、プラズマプロセス装置に生じる粒子がプラズマに混入した状況[悪影響]、微粒子をプラズマ中で加工処理するプロセス[積極的利用]等で見られます。

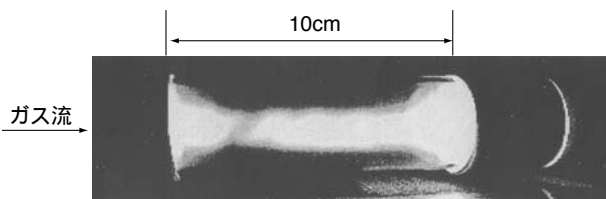
プラズマの中で、微粒子は、周りの電子、イオン、中性ガスに衝突され、電荷とエネルギーを与えられます。通常の実験室での電子温度の低いプラズマでは微粒子は負に帯電します。一方、粒子表面に衝突したイオンと電子は再結合し、プラズマの損失になります。すなわち、微粒子は、プラズマの電子とイオンを対で消費する巨大な質量を持つ負イオンのように振舞うと考えられ、放電に大きな影響を与えます。

プラズマによる微粒子加工では、プラズマを通る微粒子が一般的な効果を受けるよう、プラズマはできるだけ様でかつ安定(時間的変動なし)であることが必要です。

それでは微粒子は放電にどのような影響を与えるのか、高周波(RF)放電の場合について説明します。写真1は実験結果の例で、微粒子の導入によって変動するプラズマの写真です。直径4cmのガラス管に巻いた円環電極(発光の両端の暗い部分)にかけた13.56MHzの高周波電源で数トールのアルゴンガスの放電をしま

す。左端からアルゴンガスの流れに乗って、ガス中蒸発法によって生成された銅の微粒子が放電領域を通過します。微粒子の導入によって次のような現象が生じます。a 放電電流の減少(ひどい時には、放電の停止) b 電子温度の上昇 c 放電の発光(陽光柱)の収縮と変動。発光部分はらせん状になり回転するようになります。変動は微粒子の濃度が高いほど低周波(数Hz)になります。変動が激しくなるとプラズマ中を通過して行くべき微粒子が管壁に付着するようになります。写真2は、ガラス管に付着した微粒子の写真です。微粒子が導電性の場合、放電は大きく変形します。

このような不都合な放電の変動を抑える必要があります。ひとつの方法として、電極の形状(電極間距離と管径の比など)によって変動を抑えられる可能性があることがわかりました。放電の変動のメカニズムを知るには、プラズマ中の微粒子の振る舞いを知る必要があります。電子やイオンの振る舞いは、プローブの測定でわかりますが、微粒子の濃度の変動はわかりません。我々はレーザー光の散乱を用いて、プラズマ中の微粒子の振る舞いを測定するよう計画中です。



微粒子導入時の不安定状態

写真1 微粒子によって変動するプラズマ

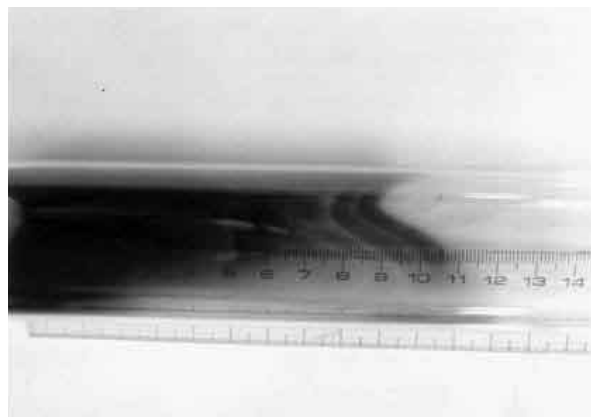


写真2 微粒子の付着状況

CRCからのお知らせ

- 2000年度大同特殊鋼への共同研究・受託研究成果報告会開催
日時:7月10日(火)13:15～17:00
場所:本学A棟第一会議室
- 走査型電子顕微鏡定量分析装置取扱説明会
日時:7月16日(月)～17日(火)
場所:E棟走査型電子顕微鏡室
- 研究交流会クラブ第58回定例会
「社会と環境に役立つ工学の将来展望」
日時:7月18日(水)14:00～18:00
場所:アイリス愛知 2階 会議室 コスモス
主催:財団法人科学技術交流財団 共催:財団法人日比科学技術振興財団

- 展示会「フロンティア21エレクトロニクスショー」
「産学交流プラザなごや2001」募集中

日時:10月24日(水)～27日(土)
「産学交流プラザなごや2001」は10/24～25日
場所:名古屋中小企業振興会館(吹上)
主催:中部エレクトロニクス振興会、名古屋市、名古屋商工会議所

まだ間にあいます。
ふるって出展をお願いします。

お問い合わせ

大同工業大学 産学連携共同研究センター リエゾンオフィス

〒457-8530 名古屋市南区滝春町10-3 TEL(052)612-6132 FAX(052)612-5623
Eメール crc@daido-it.ac.jp ホームページ http://www.daido-it.ac.jp/