

研究紹介



江隈コーディネーター

金澤 准教授

放電プラズマを

近年、従来の塩素やオゾンでは対応できな
へ流失し、水中の生態系等の環境へ悪影響
プラズマを利用した難分解性物質の分解を

研究概要についてお聞かせください。

放電により発生する、活性酸素の一つである、ヒドロキシラジカル(OHラジカル)は、極めて高い酸化力を有しています。このヒドロキシラジカルは、多くの有機化合物の化学結合を切断することができます。その有効活用のためにはプラズマの発生とその特性の解明が重要な課題です。その応用のためには、酸化力の高いヒドロキシラジカルを効果的に発生させて利用できる“OHラジカル発生器”の開発とその発生量を正確に評価する方法を確立する必要がありますが、その観測に関して簡易な独自方法の構築に成功しています。

ヒドロキシラジカルを活用すれば、 環境問題対策の一つとなりますか。

冒頭で述べましたように環境問題の他、鳥インフルエンザ、口蹄疫、新型耐性菌など既存の技術では対応が困難な新たな処理対象が現れている状況にあり、感染予防・防疫への新技術開発の必要性が迫っています。また、有害なガス分子、例えばタバコの煙には数千種類のガス成分が含まれているが、現状ではこれらの多くがプラズマ中に含まれる高速の電子やそれから派生する活性なラジカルと呼ばれるもので処理できることが分かっています。従って活性なラジカルの活用は、環境問題対策として有効な方法の1つになると期待されています。

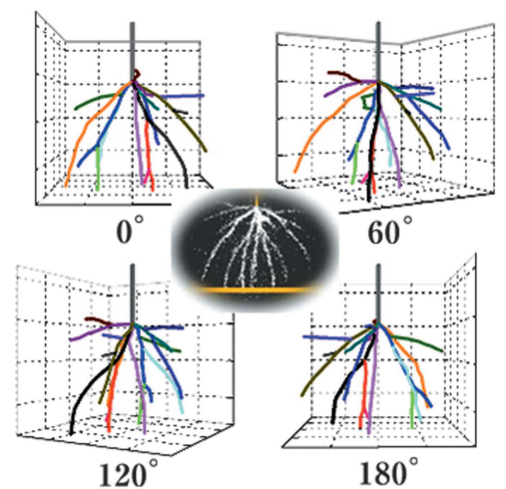
では、ヒドロキシラジカルの効率的な発生方法と 新たに構築した観測方法について教えてください。

■ 発生方法について

従来から行われている方法として、鉄イオンと過酸化水素によるフェントン反応や超音波などの方法もありますが、研究テーマでもある放電によるヒドロキシラジカルの発生法は極めて効率よく生成できる可能性を秘めています。特に、水を介した水中放電と水面上放電プラズマが効率的な発生方法として注目されています。

■ 水中放電について

気相中では離して置いた2つの電極に電圧を印加し、その電圧を徐々に上げていくと、電極形状によってはコロナのような部分放電や突発的



気中ストリーマ放電の3次元化



図1 水中放電の様子(ストリーマの発光)

利用した環境問題への取り組みと産業界

いダイオキシン類や医薬品、農薬などの難分解性有機化合物が、分解されないまま工場排水や下水処理水として河川を与えています。今回は、環境問題対策のテーマの一つとして、オゾンの利用や従来の促進酸化処理に代わる新しいはじめとする環境改善の研究について工学部電気電子工学科の金澤誠司准教授にお話をお伺いしました。

にスパークといった放電が起きます。水中では、このようにのんびりと電圧を上げていたのでは、大電流が流れて放電が起きないどころか電源ももちません。一般に水中に電流を流すと電気分解が起きることはよく知られています。水中で放電を起こすには、急峻な立ち上がりをもつ高電圧を短い時間だけ印加することで、図1のような放電が起きます。いわゆる極短パルス電圧の利用が必要です。一瞬にして絶縁破壊を起こし、雷のようなストリーマと呼ばれる放電を発生させて、さっと電圧を切るやり方です。これを繰返し行くと、見た目は常に放電しているように見えます。そのための電源の開発も行っています。図2は手作りの高電圧パルス電源装置で、パルス幅は100ナノ秒となっています。

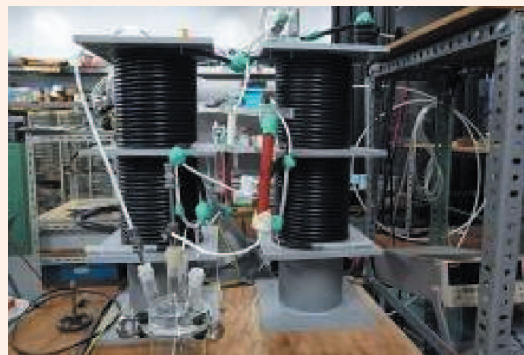


図2 水中・水面上放電用に製作したコンデンサの代わりに同軸ケーブルを使用するブルームライン形パルス電源(発生電圧:40kV、パルス幅100ns)

■ 新たに構築したヒドロキシラジカルの発生を観測する方法

従来からヒドロキシラジカルの観測方法にはいろいろな方法がありますが、それぞれに特徴があり、研究中の水中放電の観測に適用できるような方法は、多くはありませんでした。そこで、気相中のみならず液相中あるいは気液界面での放電により生成するヒドロキシラジカルを正確に検出する独自の方法を構築しました。

■ ヒドロキシラジカルの発生を正確に観測しなければならない理由

プラズマ計測によく用いられる発光分光法では、放電の光(図1のストリーマの発光)から生成状況を相対的には知ることができますが、正確な発生量の測定などは困難です。“OHラジカル発生器”の開発というような目的のためには、正確に測定して、ヒドロキシラジカルがどれくらい発生しているかをきちんと評価しておくことが必要なのです。

■ 開発した観測方法とその特徴について

いろいろ調べていくなかで、試薬を用いて観測する手法を見つけました。しかしながら、この方法は高価な分光蛍光光度計が必要で、さらにブラックボックスの状態での評価となっていました。そこで高価な装置を必要とせず、光源はLEDで、検出の状況は目で確認でき、定量化には簡易分光器またはデジタルカメラでも可能な手法を開発しました。この方法だと、従来手法では見えない情報までもが、研究中の新規検出システムでは得られています(図3)。これを使って放電で発生したヒドロキシラジカルによる難分解性物質の分解に関する知見が得られるようになりました。本測定方法の特徴としては、その場でリアルタイムに観測ができ、処理を行う放電反応器内部の状態を直接可視化しながらラジカルの発生機構を正しく理解してより良い装置の開発が行える点にあります。

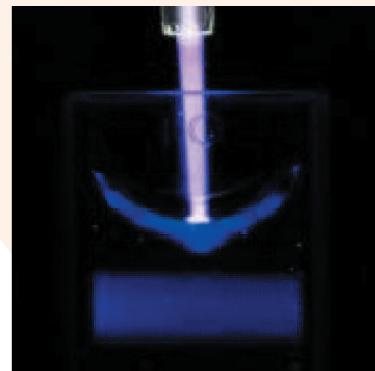


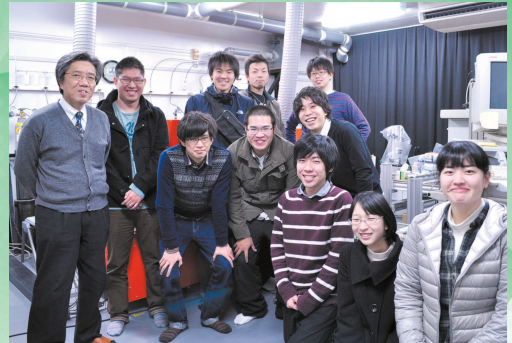
図3 大気圧プラズマジェットにより発生した液中のヒドロキシラジカルの蛍光プローブ観測

への応用

<研究者>

工学部電気電子工学科 **金澤 誠司 准教授**

インタビュアー：産学官連携コーディネーター **江隈 一郎**



難分解性物質の分解実験例について教えてください。

水中放電を利用し溶液中にとけ込んだ環境汚染物質の分解実験をご紹介します。

■ 着色した水溶液の脱色実験

ジーンズなどの染料として使用されるインジゴカルミンを溶かした水溶液が、水面上放電で脱色されていく様子を時系列的に示しています(図4)。これは、放電による高速電子やOHラジカルをはじめとする活性酸素、紫外線さらには電気流体学的効果により液体に誘起される流れが相乗的に効果を発揮して処理を高めていると考えられます。

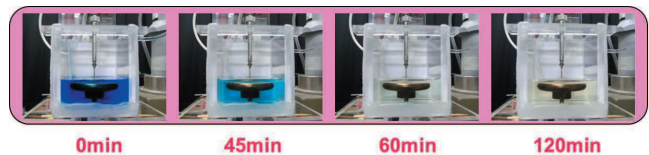


図4 インジゴカルミンの水溶液の脱色実験

■ 難分解性界面活性剤の分解実験

使用済み洗剤などが環境中に放出され、環境汚染の一因となっています。図5は、一般の合成洗剤に含まれる直鎖アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウムを溶かした水溶液に対してオゾン処理、放電処理、放電とオゾンの重畳による処理を比較したものです。オゾン単独ではほとんど

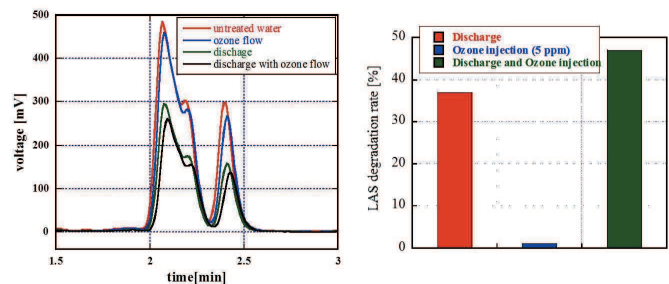


図5 水中放電プラズマを利用した、界面活性剤の分解実験

処理されませんが、放電により分解できること、さらには放電とオゾンの重畳により分解が促進された事が分かります。

放電プラズマの環境問題解決への応用として主にお話をお聞きしたが、まとめとして最後に、他の分野・産業界等への応用について、お話をお伺いしました。

ヒドロキシラジカルを安定的に発生される装置の開発と発生の観測が容易に行えるようになることで、環境汚染への対応が期待されます。また、放電プラズマ応用として、ガス処理、水処理をはじめバイオや医療への展開が望めます。大気圧で利用できるため産業プロセスとしても魅力あるツールとなりうると思います。産業への応用例として、現在大分県の地元企業と水中放電による水浄化のための装置開発を行っています。(図6)。

放電現象はフランクリンの雷観測などでも知られるように古くから扱われてきていますが、まだまだ未解明の点があり、産業としての利用に対しても広がりのある分野だと思えます。

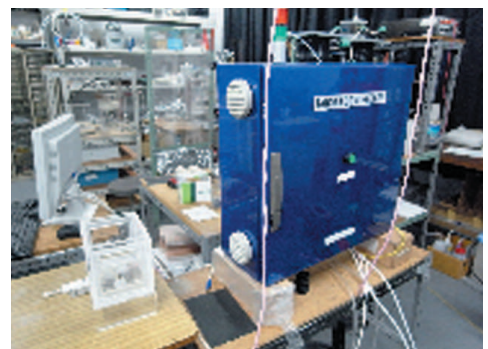


図6 研究開発中の放電プラズマによる水処理システム