

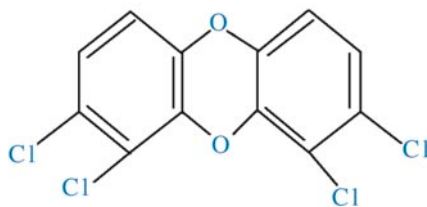


2006, Feb.

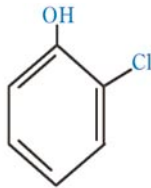
No. 215

**CONTENTS**

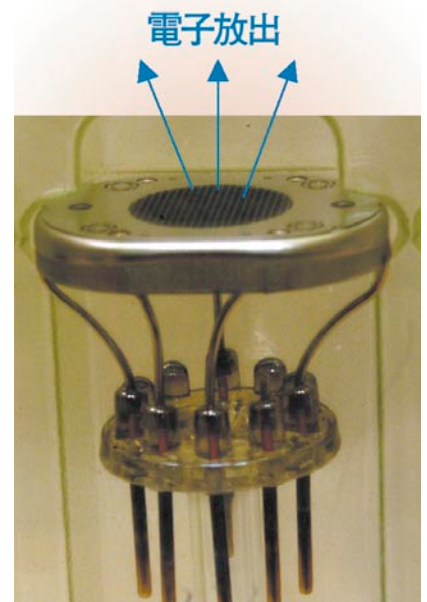
- カーボンナノチューブ電子源を用いたダイオキシン類の高効率脱塩素化処理への展望
- 国際会議報告 International Aeronautical Congress 2005 (IAC2005) 宇宙に関する現状から将来の技術まで
- フェムト秒レーザー加工技術を使った高速フローミキサーの開発と蛋白質の折り畳みダイナミクス研究への応用
- 【光と蔭】規律の崩壊とその対策



【図1】ダイオキシン類の一例



【図2】オルト-クロロフェノール



【写真】カーボンナノチューブ電子源

## カーボンナノチューブ電子源を用いた ダイオキシン類の高効率脱塩素化処理への展望

レーザービーム伝送研究チーム 山浦道照  
東京工業大学(共同研究員) 内田成明

### ■ダイオキシン類には、脱塩素化(還元)処理が適合

近年、環境有害物質(ダイオキシン類や揮発性有機化合物など)による環境汚染は、深刻な社会問題であり、地球環境の保全のためには、早急な処理技術の確立が要求される。環境有害物質の分解・処理に関する研究は、さまざまな大学、研究機関で行われているが、酸化反応方式が主流であり処理量にも限界がある。従来の処理技術は、酸素雰囲気中で被処理物を加熱し、酸化反応で無害化するという手法に基づくものがほとんどである。一方、汚染物質は高度に酸化されており、それゆえ強い酸化作用により生体の遺伝子などを破壊するため有害である。図1にダイオキシン類の一例を示す。ベンゼン環に塩素が結合しており、この塩素数が多くなれば毒性が強くなる。一方、塩素は電子親和力が非常に高く、ダイオキシン類の周辺に多数の電子が供給可能ならば、ダイオキシン類は還元反応により二次有害物

質を出さずに完全処理が可能である。

### ■非熱平衡プラズマを用いた脱塩素化処理

塩素置換のダイオキシン類は取り扱いが困難なため、当研究所は、害が少ない図2に示す塩素置換のオルト-クロロフェノールを試料として非熱平衡プラズマによる脱塩素化処理を行った。オルト-クロロフェノールは、シリカゲルに担持させた。放電電圧は8kVの交流電圧で、印加時間は、2分間である。チャンバー内の雰囲気ガスには、水素もしくはSF<sub>6</sub>ガスをそれぞれ1気圧封入した。放電処理後、シリカゲルをアルコールで十分に攪拌、洗浄後、抽出液をガスクロマトグラフィーで分析した。図3はその結果である。これらの値からオルト-クロロフェノールの放電反応率を算出すると、SF<sub>6</sub>ガス中で26%、水素ガス中で48%であった。これらの結果より、放電プラズマ中の電子や水素ラジカル等が、電子親和力の高いオルト-クロロフェノールの塩素基

次ページへつづく▶

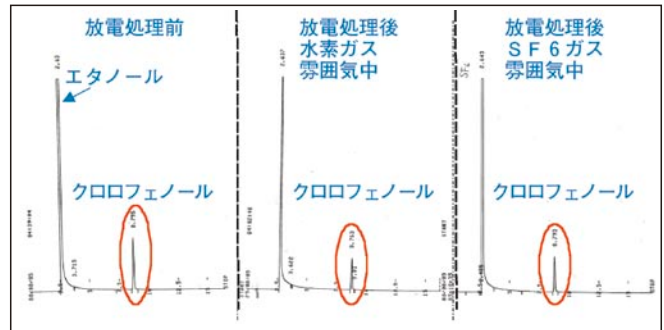
## カーボンナノチューブ電子源を用いたダイオキシン類の高効率脱塩素化処理への展望

と反応したことで、オルト-クロロフェノールを分解したと考えられる。そのため、ダイオキシン類に含まれる塩素基周辺に多数の電子を供給することは、分解、処理の上で非常に有望である。しかし、放電による脱塩素化処理では、高電圧装置の大きさと処理効率の低さが実用化を妨げてきた。

### ■カーボンナノチューブ(CNT)電子源に着目

—高効率脱塩素化処理の確立を目指して—

脱塩素化処理には、物質の処理に適した電子エネルギーの制御および電子源の高効率化が要求されている。当研究所は、さらなる高効率脱塩素化処理の確立を目指して、カーボンナノチューブ(CNT)電子源に着目した。カーボンナノチューブは、アスペクト(縦横)比が非常に大きく先端が尖鋭であり、化学的に安定、機械的に強靱である。そのため、電極として用いることによって豊富な電子源と成り得るので、脱塩素化処理の高効率化に十分寄与できると考えた。さらに、CNT電子源を



【図3】ガスクロマトグラフィーから分析した放電処理前後のクロロフェノールの値

用いた脱塩素化処理技術は、種々の有害物質処理に応用できるだけでなく、プラズマ気相反応を用いた新物質創生技術などへの応用も可能で将来の幅広い技術分野を萌芽させる潜在性も高い。使用している電子源は、ノリタケ伊勢電子(株)製のCNT電子源(表紙写真参照)である。今後は、このCNT電子源を用いて、ダイオキシン類の脱塩素化処理の高効率化を進めていく。

## REPORT

### 国際会議報告 International Aeronautical Congress 2005 (IAC2005)

## 宇宙に関する現状から将来の技術まで

レーザーエネルギー研究チーム 佐伯 拓



【写真】福岡国際会議場(上)、博多港(下)

**博**多港に面した福岡国際会議場で開催された国際会議 International Aeronautical Congress 2005 (IAC2005)に今回初めて参加した。この会議

は毎年度各国の宇宙研究機構関係者が自らの研究活動について議論を行う場である。会議内容は主に、燃料電池、原子力熱発電、太陽電池、小型衛星、月面探査、火星探査、ナノテクノロジーを利用した新規宇宙技術、宇宙エレベーター、推進等で現状技術から将来有望である技術まで多岐にわたった。

**レ**ーザーは宇宙間通信、推進、宇宙太陽光発電所(SSPS)以外では目立って取り上げられていな

い。宇宙での推進技術として、化学、電気、原子力、レーザー推進等があり、それぞれ検討が進められている。米国NASAでは原子力を用いた推進システムの検討を行っている。原子力は他の方法に比べ非常にコストが安い一方、人工衛星破棄の際の宇宙・地球環境への影響に特に配慮する必要がある、一般の理解なしには使用できないとの報告があった。SSPS関連では日本の宇宙航空研究開発機構(JAXA)から地上と月面へのマイクロ波、レーザーを用いたエネルギー伝送に関する検討の報告があった。ここで検討されているレーザーとはレーザーダイオード(LD)励起と太陽光直接励起方式のレーザーである。低軌道から静止軌道衛星上への物資輸送機(LOTV)を用いて300回で一万トン近くのSSPSの物資は宇宙へ投入可能ではとの報告があった。

**私**自身はJAXAと共同で現在進めている太陽光直接励起固体レーザーの研究について報告を行った。変換効率の限界、パルス動作、宇宙での応用等について議論を行った。



## フェムト秒レーザー加工技術を使った高速フローミキサーの開発と 蛋白質の折り畳みダイナミクス研究への応用

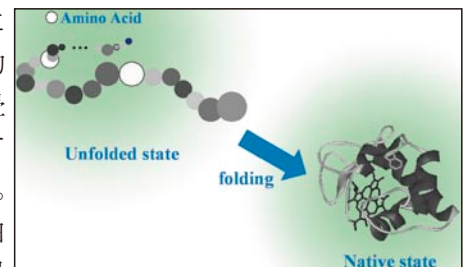
大阪大学・蛋白質研究所 / CREST, JST 高橋 聡  
大阪大学・蛋白質研究所 松本周三

### ■はじめに

「フェムト秒レーザー加工」と「蛋白質の折り畳み」という異質な研究分野を結びつけるものは何でしょうか？ それは、これらの分野の研究者が共通して持つ研究に対する愛着とこだわりの心ではないかと私たちは考えています。この小文では、私たちがこの結論に至った経緯を紹介します。

私たちは、蛋白質がひも状に伸びた構造から、折り畳んだ構造に変化する過程を観察する研究を続けています。蛋白質はアミノ酸が連なった高分子であり、アミノ

酸の一次配列に基づいて特異的な構造に折り畳む機能を持っています(図1)。そのため、蛋白質が折り畳む過程の構造変化を観察することから、蛋白質の構



【図1】蛋白質の折り畳み過程の模式図。変性して広がった構造をもつ蛋白質(左上)は、溶液条件と整えると自発的に機能を持つ構造に折り畳む(右下)

山中千代衛



## 規程の崩壊とその対策

失敗の本質—日本軍の組織論的研究—という本が出たのは昭和59年であった。世はまさに“Japan as No.1”の時代で、わが日本の隆昌振りは世界のやっかみめであった。この本の内容は失敗に学ばない日本軍という趣旨で、遠くノモンハン事件、ミッドウェー作戦、ガダルカナル作戦、インパール作戦、レイテ海戦、沖縄戦と相次ぐ負戦の分析が綴られている。

大局観の喪失、自信過剰、組織の硬直化、情緒的思考、危機対応の欠如、合理性の不足、情報の軽視などなど戦に勝利するため最も先鋭化されていなければならぬ軍という官僚組織が自律的に機能しなかった数々の原因が解析されている。

このような民族の血で買ったともいえるべき貴重な知識体験を生かして日本は再生したかに見えたのに、1990年にはまたもや政策を誤り経済バブル崩壊を招き、第二の敗戦に呻吟する15年を招来した。2回目の危機の原因は何といてもJapan as No.1による思い上がりと慢心、そして規程の崩壊と精神の弛緩がその中心であろう。阪神・淡路大震災の対応、オウムサリン事件の処理、金融不況対策、官庁不祥事件、北朝鮮拉致問題、最近の建築構造偽造など、どれをとっても先の失敗の本質に相通じるまことに日本的な通弊のなせる業であると思われる。すなわち想定内の事情にはまともに機能しても、一旦想定外のことが起こると全く対応が乱れてしまうのだ。先の大戦ではわが軍の兵、下士官、下級将校はすぐれて勇敢に奮戦したのに上層幹部は概して無能であったという外国の評価がある。近頃では地道堅実であったいわゆる平の人達も昔の律儀さを失いつつある。ライブドアの偽計、ホリエモンの逮捕などは新しい非日本的事件だ。

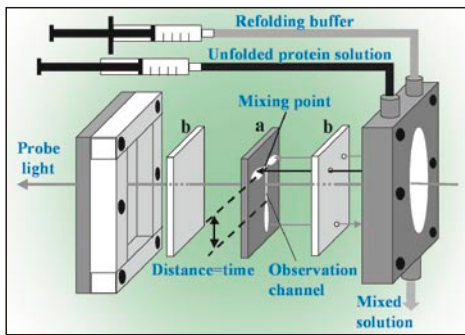
この失敗の背景には、かつては過度のナショナリズムが底流にあり、昨今は誤ったインディビジュアルリズムが関係している。我さえよければいいという了見では社会は崩壊してしまう。現在の上下を挙げての精神的退廃にはつける薬がないのだろうか。戦後60年の偏向教育により若者の心も良識を喪失したように見える。

理想を高く掲げ、自らの課題に日夜精進する青年を日本は求めている。総人口の減少が始まった2006年を日本再再生のスタートにしなければわが国の未来はない。鍵は武士道にもとづく責任感の復活である。

【(財)レーザー技術総合研究所 研究所長】



【図2】溶液混合装置の模式図。折り畳みを引き起こす溶液(上のシリンジ)と変性した蛋白質溶液(下のシリンジ)を、ステンレス板(a)に加工された流路に導くことで混合する。混合後の溶液中における蛋白質の構造変化を、蛍光分光法やX線小角散乱法などにより時分割観測する



くことで混合する。混合後の溶液中における蛋白質の構造変化を、蛍光分光法やX線小角散乱法などにより時分割観測する

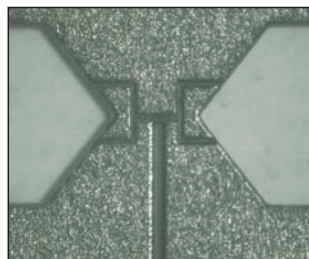
造予測やデザインに役立つ情報が得られると期待されます。

私たちの研究の特色は、二つの溶液を100  $\mu$  秒以内に混合するフロー装置を使って、溶液混合により蛋白質の折り畳み反応を引き起こし、過渡的に生じる構造を観察することです(図2)。これまでの研究から、私たちは多くの蛋白質の折り畳み初期過程が、100  $\mu$  秒以内に起きる収縮であることを明らかにしました(文献1-3)。そのため、私たちは、この収縮はどのように起こるかという問題に興味を持っています。特に、収縮を実時間で観察したいと考えていましたが、そのためには、装置の混合時間をさらに短縮する必要がありました。

### ■幅数十 $\mu$ m以下の流路を自在に工作

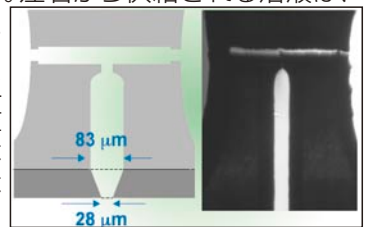
溶液を短時間内に混合するための手法として、混合する溶液の体積を小さくすることと、溶液に効果的に乱流を発生させることが有効です。これらの要請を満たすためには、幅が数十 $\mu$  m以下の流路を自在に工作する必要がありました。このための方法を調べる過程で、阪大接合研の阿部博士のご紹介により、フェムト秒レーザー加工をご専門とされるレーザー総研の藤田博士と京大化研の橋田博士に引き合わせていただきました。これらの方々との出会いは偶然と言っていたのですが、私たちにとって非常に幸運なことでした。

われわれのアイデアを説明し、最初に橋田博士に作っていただいた流路を図3に示します。このプレートを図2に示す二枚の石英板(b)ではさみ、左右の穴から



【図3】橋田博士に最初に製作していただいた流路。厚さ50  $\mu$  mのステンレス板に、レーザー加工により流路を工作した。細い流路の幅と深さは20  $\mu$  mである

【図4】(左)最速混合板のデザイン。左右から供給される溶液は、幅の小さなギャップを通過することで、前期乱流を作ると思われる。(右)最速混合板による混合実験。二液の混合により退色する色素を左から供給した。中央の観測流路では色素はほぼ無色である。混合時間は10  $\mu$  s以内と見積もられた



二つの溶液を供給し中心で混合するデザインですが、混合前の溶液をいったん二つに分けて衝突させることで、混合前に乱流を作ろうと試みました。このデザインは大変うまく働き、プレートは20  $\mu$  秒の混合時間を示しました。

### ■混合時間10 $\mu$ 秒以内を達成

この成功に元気付けられ、私たちはレーザー加工技術を橋田博士に教えてもらいながら、さらに効果的な混合のためのデザインを工夫しました。橋田博士が簡単に作られる工作でも私たちには大変難しく、休日や深夜までお付き合いいただくなど、橋田博士には大変お世話になりました。試行錯誤の結果、最速の混合時間を達成した流路を図4に示します。これは、混合前の溶液導入部にギャップを形成することで前期乱流を作るデザインで、混合時間10  $\mu$  秒以内を達成しました。これは、世界でもっとも短い混合時間(50  $\mu$  秒程度)をはるかに短縮する記録です(文献4)。橋田博士による最初の試作品からこのデザインに至るまでに、一年以上の訓練と試行錯誤の時間が必要でした。

この混合装置を実際の蛋白質に応用することで、われわれは多くの新しい知見を得ることができました(文献5)。この成果以上に、異なる分野の方々との交流の楽しさや、発想は異なっても同じ気持ちで議論やアドバイスをいただくありがたさを経験したことが、私たちにとっての最大の成果です。

お世話になりました以下の方々に、心からお礼を申し上げます。阿部信行博士、塚本雅裕博士(以上阪大接合研)、藤田雅之博士(レーザー総研)、橋田昌樹博士(京大化研)、中島聡博士(阪大基礎工)、後藤祐児博士、屋根晃氏(以上阪大蛋白研)。

文献/1)Akiyama, S., Takahashi, S., Kimura, T., Ishimori, K., Morishima, I., Nishikawa, Y., Fujisawa, T. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 99, 1329-1334 (2002). 2)Uzawa, T., Akiyama, S., Kimura, T., Takahashi, S., Ishimori, K., Morishima, I., Fujisawa, T. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 101, 1171-1176 (2004). 3) Kimura, T., Uzawa, T., Ishimori, K., Morishima, I., Takahashi, S., Konno, T., Akiyama, S., Fujisawa, T. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 102, 2748-2753 (2005). 4)Shastry, M. C. R., Roder, H. Nature Struct. Biol. 5, 385-392 (1998). 5)Matsumoto, S. et al., manuscript in prep.