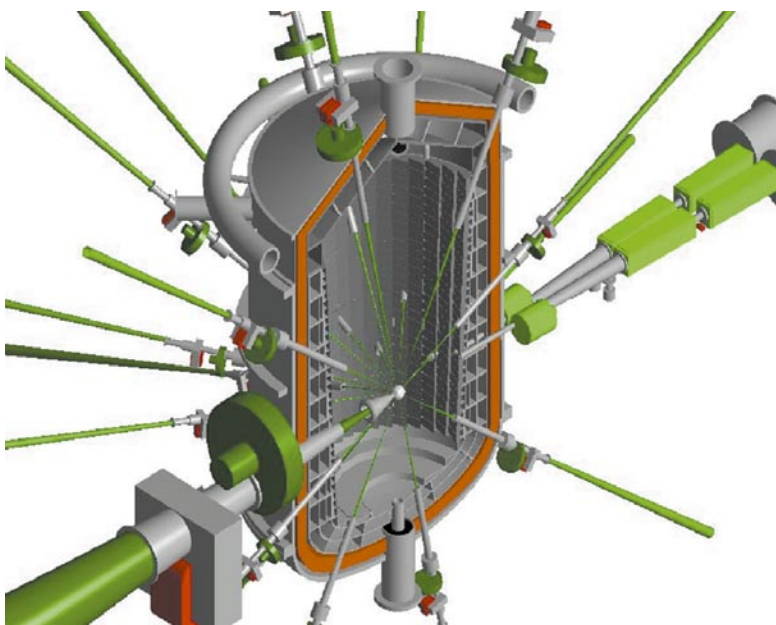


CONTENTS

- レーザー核融合炉設計研究
- 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
■高効率分解無害化処理システムの確立を目指して
- 【光と蔭】ハイパワーレーザー研究40年と今後の展望
- Gas Discharge 2006国際会議に参加
■～40年の歴史、今後の放電研究に注目～

【表紙図】IFE FORUM, 大阪大学レーザーエネルギー学
学研究センター共催 「レーザー核融合炉設計委員会」
で提唱された、液体壁チャンバーの概念図



レーザー核融合炉設計研究

理論・シミュレーションチーム 古河裕之

■レーザー核融合炉設計研究の課題

(財)レーザー技術総合研究所では、大阪大学大学院工学研究科および大阪大学レーザーエネルギー学研究センターから委託を受け、レーザー核融合炉設計研究を行っている。当研究所では、レーザー核融合炉設計の主な課題の中で、「炉チャンバー設計」に関するシミュレーション研究を主に担当している。

プラントの発電効率を上げるためにはブランケットを高温に保つ方が良く、炉チャンバーの半径を小さくする方が望ましい。炉心からの X 線、アルファ粒子、デブリ等の熱衝撃から壁を保護するためには、炉チャンバーの半径を大きくする方が望ましい。半径数mのチャンバーの内壁を液体金属流で保護する液体壁チャンバーは、この2つの要求を満たすための最適解の1つである、と考えられる。

レーザー核融合炉液体壁チャンバーの課題としては、次の4つが挙げられる。1)液体金属流が安定に実現し得るか、2)液体金属がどの程度アブレーションするか、3)アブレートした物質が、チャンバー内でどう振る舞うか(クラスター化等)、4)現在提唱されている概

念設計においては、1つの炉の繰り返しが4Hzとされており、そのため0.1s程度の時間で十分に排気できるか(チャンバーをクリーンに保てるか)。上記課題に取り組むため、本研究においてDECORE (DEsign COde for REactor)を開発した。

■DECORE を用いたシミュレーション結果

図1は、シミュレーションにより得られた液体壁のアブレーション厚さの時間発展である。参照のためにアルファ粒子と三重水素の入射強度の時間発展も記してある。アブレーション厚さの時間発展が階段状になっているのは、液体金属のはがれ現象を表しており、荷電粒子によるアブレーション特有の現象である。

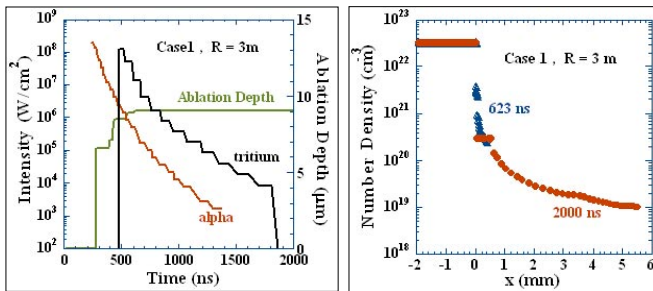
図2は、 $t=623\text{ns}$ と $t=2000\text{ns}$ における数密度プロファイルである。アブレートした物質が液体からはがれて飛散していく様子がよく現れている。

アブレーションした全質量を評価すると、12.553kgとなった。上蓋部分を除くチャンバーの体積は $1.3 \times 10^8 \text{cm}^3$ 程度であるので、アブレーションした鉛がチャンバー中に均一に拡散した場合、その圧力は0.0085気圧(6.5Torr)程度になる。

次ページへつづく▶

■今後の課題

レーザー核融合プラントを実際に建設する場合、液体壁を用いたプラントに関しては、技術的な問題があることが指摘されている。それに対し固体壁を用いたプラントの場合、建設に付随する技術的な問題はあま



【図1：左】液体壁のアブレーション厚さの時間発展
【図2：右】数密度プロファイル

り無いといわれている。固体壁を用いたプラントの設計に関しても、解決しなければならない課題は多く残されている。将来の核融合発電プラントの実現に向けて、液体壁プラント、および固体壁プラント共に、相補的に積極的に研究を押し進める必要性がある。

■結言

1. 炉チェンバー設計について、詳細な研究を行った。
2. 統合シミュレーションコードDECORE (DEsign COde for REactor)を開発し、液体壁がどの程度アブレーションするかを詳細に評価し、チェンバー全体からのアブレーション量を求めた。
3. アブレートした物質が液体からはがれて飛散していく様子がよく現れた。

TOPICS

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分解無害化処理システムの確立を目指して

レーザー加工計測研究チーム 山浦道照

■環境有害物質処理は放電方式が主流

化学有害物質(ダイオキシン、クロロフェノール、PCB、VOC)、大気汚染物質(NO_x、SO_x)、水中・土壌汚染物質(ダイオキシン、酢酸、ぎ酸)などの環境有害物質による地球環境汚染は深刻な社会問題であり、早急な処理システムの確立が要求される。現在主流の処理システムは、放電方式(誘電体バリア、コロナ、グロー、ストリーマなど)に光触媒、吸着剤、添加剤を併用させた方法で、多くの研究機関から電気学会等で最新の成果が報告されている。

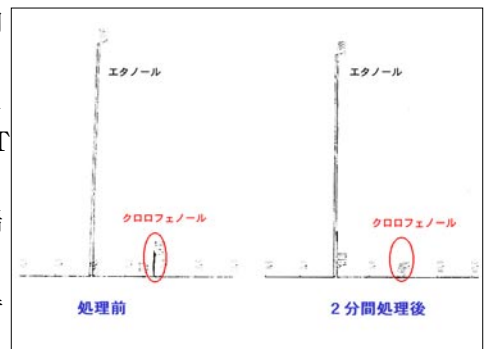
当研究所も、これまで誘電体バリア放電方式を用いて、クロロフェノールの分解処理に成功した。(「2006年2月号」No.215)しかし、分解率や処理に必要なエネルギー効率など、実用化に向けて改善すべき問題は残っていた。

■カーボンナノチューブ(CNT)から放出される豊富な電子に着目

ダイオキシンは、ベンゼン環に酸素および塩素が結合した構造をもち、塩素数が多くなれば毒性が強くなる性質をもつ。ダイオキシンを無害化処理するためには、塩素とベンゼン環の結合を切断し、再び塩素とベンゼン環を結合させないことが重要である。

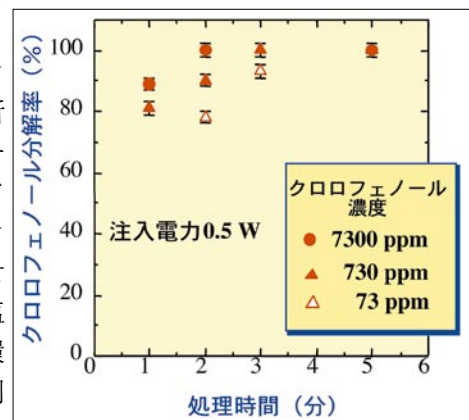
本研究では、分解率や処理に必要なエネルギー効率

のさらなる向上を目指して、CNT電子源に着目した。CNTは、アスペクト比が高く先端が尖鋭で豊富な電子源となり得る。CNTから放出された電子



【図1】CNT電子源を用いた処理前後のガスクロマトグラフィ分析結果

た電子により、塩素とベンゼン環の結合を切断し、塩素に電子を付着、塩素アニオン(負イオン)を生成させる。その結果、塩素とベンゼン環の再結合が抑制され、電子の寄与によりダイオ



【図2】CNT電子源を用いた処理時間に対する濃度別クロロフェノールの分解率

キシンの無害化処理が行われると考えられる。

■CNT電子源を用いた

クロロフェノールの分解処理を実証

図1に、CNT電子源処理前後のガスクロマトグラフィの分析結果を示す。試料は、ダイオキシン生成の前駆物質の1つであるクロロフェノールを用いた。この時のクロロフェノール濃度は7,300 ppmである。その結果、2分間でほぼ完全にクロロフェノールを分解することができた。図2に、クロロフェノールの濃度を変化させた時のCNT電子源処理時間に対するクロロフェ

ノールの分解率を示す。いずれの濃度においても、低電力0.5W、処理時間、数分間で90%以上分解しており、CNT電子源から放出された電子がクロロフェノールなどの含ハロゲン化合物の分解処理に効果的であることを実証した。

■特許出願中

今回紹介した処理方法は、現在、特許出願中である。「カーボンナノチューブ(CNT)電子源を用いた環境有害物質処理方法」(特願2006-177219)
CNT電子源を用いた分解処理方法は、CNTの形

山中千代衛



……121

ハイパワーレーザー研究40年と今後の展望

光技術の担い手レーザーは1960年メイマンにより発明されたが、その魅力に引きつけられ、過去40年ハイパワーレーザーの開発とその応用、レーザー核融合の研究に没頭してきた。

1972年に開設した大阪大学工学部レーザー工学研究施設(ILE)は1976年レーザー核融合研究センターに格上げされ、2004年には超伝導フォトンクス研究センターと合併し、2006年全国共同利用施設レーザーエネルギー学研究センターになった。現在先進パワーフォトンクス研究のCOEに発展している。

またレーザー技術を専門に扱う学術団体として(社)レーザー学会(LSJ)が1973年に発足し、現在では北は北海道より南は九州に至る5支部をもつ専門学会として活躍している。学会誌「レーザー研究」は学術雑誌としてその評価を確立してきた。

大学発のオプトエレクトロニクス技術を産業に反映させる機関として産、学、官の協力の下、(財)レーザー技術総合研究所(ILT)が1987年に設立された。プロジェクト研究は阪大レーザーエネルギー学研究センターと協力して「EUV光源開発」を進め、またJAXAと共に「太陽光直接励起レーザーの開発」を担当している。最近の見るべきテーマとしてはJRTTによる「レーザー超音波によるコンクリート内部陥診断システムの開発研究」とNEDOによる「多層ウエハレベル接合体の低ストレスダイシング技術研究」などがある。

特筆すべきニュースに、レーザーバイオ科学研究チームの又賀昇特別研究員(阪大名誉教授)が学士院賞「光励起分子の相互作用と化学反応ダイナミクス」を授けられた慶事がある。

最近の重要なテーマに「ハイパワーレーザーの新分野」がある。高強度レーザーパルスの発生がチャープ技術により確立したため、超100TWのピークパワーのレーザーパルス(エネルギー1joule、パルス幅1fs)をターゲットに照射するとパワー密度 10^{20} W/cm²、電界 10^{11} V/cm、磁界 10^9 gauss、温度 10^{10} K、圧力 10^9 bar、加速 10^{26} cm/sという局限状態を実現することが可能となった。

このようなハイパワーレーザーが物質と相互作用を起こすと、相対論的領域に電子、イオンを加速することになる。核誘起反応や中性子、陽電子放出も視野に入ってきた。X線、 γ 線を発生したり、光核反応、電子対創生も夢ではない。

レーザー技術総合研究所で進めている γ -n反応による核変換は原子炉の長寿命放射性核分裂廃棄物の処理に役立つものと思われる。宇宙工学への応用として太陽光励起レーザーによる水素生成とか位相共役ビームを用いた宇宙デブリの除去なども研究の対象にしている。

ハイパワーレーザーの最大の利用テーマに核融合高速点火がある。年来研究してきた圧縮三重水素ターゲットに超高パルスレーザーを照射し、追加熱により核融合に点火しようとする計画FIREXである。

これは米国のNIF計画に対抗するもので国際的にも高く評価されている。スーパーノバSN1987Aの爆発の地上実験シミュレーションにも寄与するかもしれない。新刊「慣性核融合研究開発史—レーザー核融合パイオニア物語—」(ILT出版)に示したようにハイパワーレーザーの夢は限りなく続くのである。

【(財)レーザー技術総合研究所 研究所長】

状特性が含ハロゲン化合物の性質に見事に合致した全く新しい処理方式であり、二次有害物質を発生させずほぼ完全無害化処理が可能である。この方法は、電子のみにエネルギーが注入されるので、放電方式と比較してエネルギー効率も高く、大型の電源装置や高温状

態も一切必要としない優れた処理方法である。

今後は、低濃度(数ppm以下)試料を用いた分解処理や分解後の副生成物の評価を行い、CNT電子源を用いた処理システムの確立を目指している。

REPORT

Gas Discharge 2006国際会議に参加 ～40年の歴史、今後の放電研究に注目～

レーザー加工計測研究チーム 島田義則

■中国、西安で行われた

Gas Discharge 2006に参加

Gas Discharge 2006に参加した。この会議は、ストリーマ理論で有名なミーケらが立ち上げた国際会議であり、40年ほどの歴史を持っている。以前は4年に1回であったものが近年では2年に1回のペースで行われており、今回で16回目を迎える。今年は中国の西安で行われた。参加者は231名で、中国からの参加者が最も多く80名、ついで日本が33名と続く。セッション別に見るとアーク放電が最も多い。ついでグロー放電、絶縁破壊、バリア放電、放電計測の順であった。

■中国の京都、西安(長安)

長安と呼ばれていた西安は、紀元前11世紀から10世紀初頭までおよそ2000

年間の都であった場所で、遣隋使、遣唐使や空海らが訪れた場所である。また、シルクロードの出発点で、玄奘三蔵法師が天竺を目指し出発した地であるなど、さまざまな歴史がある。

西安市内には、中国の経済発展をうかがわせる高層ビルが立ち並んでいる。しかし、一步路地に入ると、日本の昭和30～40年代を思い出させる光景が広がる。人口の多さによる現象なのであろうか、街中は、いつ交通事故が起こっても不思議ではない程の乱雑さである。人々は大きな声で話し、町には活気が感じられた。

■レーザープラズマ誘起放電について発表

著者は、レーザープラズマで誘起・ガイドされた放電の進展過程について発表した。ストリークカメラにより得られた、ステップ状に進展するリーダに関心が



【写真】立ち並ぶ高層ビルと街中の風景

寄せられた。また、レーザー誘雷を実用化するためのコストなど、技術的な質問もあったが、当研究所のアクティビティをアピールできたと思う。

■広がる放電応用研究

この国際会議はガス絶縁に関する会議から始まったため、遮断器などを開発販売する東芝など、日本企業の発表が多かった。また、放電の温度・密度を求める実験や、以前からの傾向であるが、シミュレーションを用いて実験を再現する研究報告なども多くを占めた。

このような中で新しい動きも見られた。MEMSに展開するための微小放電の研究報告であ

る。中国、Harbin Institute of Technologyでは、100ミクロン以下のタングステン棒を加工物に近づけ、微放電を起こさせることにより加工物の形状を整える方式の報告があった。日本からは、ポッケルス効果を用いた2次元電界計測装置を開発し、100ミクロンの空間分解能を有するとの報告があった。

また、ロシア、中国では航空分野への応用も盛んであった。超音速ガス流内でのガス燃料を効率よく燃焼させるために、短パルス放電を用いてガスの点火を行い、燃焼効率を向上させるという報告があった。

■次回は、2008年 イギリス・Cardiff大学

次回は2008年9月にイギリス・Cardiff大学にて行われる。今回の会議で、放電研究の新しい方向も見えた。