



2006, Jul.

No. 220

CONTENTS

- 高耐久コーティング開発の国際協力へ
- 第33回IEEE International Conference on Plasma Scienceに参加して
- 【光と蔭】世界に出て戦うには
- 光合成アンテナ装置の単一粒子極低温蛍光分光



【写真】米国ロチェスター大学
レーザーエネルギー研究所

高耐久コーティング開発の国際協力へ

レーザー技術開発室 本越伸二

米国ロチェスター大学レーザーエネルギー研究所(University of Rochester: UR, Laboratory of Laser Energetics: LLE)を、去る6月19日～23日訪問した。目的は、URで開催されている光学薄膜のサマースクールへ参加し、薄膜技術の知識を深めることと、同様のスクールがILTで開催できないかを検討し、さらにレーザー損傷評価および高耐久コーティング技術について研鑽をすることであった。

●基礎研究の蓄積

URのサマースクールは、毎年この時期に行われている。光学薄膜については、隔年開催で、今年は他にも光学、レーザーなど9個のテーマがあげられていた。日本でも、光学薄膜に関するセミナーや講習会が様々な機関で開催されているが、内容は1日で納まる。URサマースクールでは、間に装置見学が入るが、5日間にわたって開催されるため、深い内容が期待された。今年の参加者は約20名。米国内だけでなく海外からの参加者もいた。また年齢も20代前半から50代までと幅広く、このサマースクールに対する根強い支持があり、それは、LLEが長年積み重ねてきた研究実績によるものと思われる。スクールの半分を占めたのは、薄膜の設計概念である。テキストの中にはJune 84や、June 88

の記載がある。つまり、1980年代から少しずつ更新はされているが、その基礎になる考えがLLEにあり、それを求めて参加するものと思われる。また、Numerical Methodsと題して、カナダのJ.A.Dobrowolskiが延べ一日講義をした。彼は光学薄膜の数値計算に関する開拓者であり、「もう50年もこの仕事をやっているよ」と笑っていたので、既に70歳を越え、今なおかくしゃくと各地に講演に訪れ、サマースクールでの講義も楽しみにしている。サマースクールの活用と旅行は大変盛んである。

●2008年OMEGA-EPへ

LLEではレーザー核融合用レーザー装置OMEGA(60beams、40kJ)に加え、高速点火実験用OMEGA-EP(2.6kJ、1ps)を建設中である。2008年稼働開始を予定して

次ページへつづく▶

いるが、現在はX線実験用真空チャンバー、パルス圧縮用真空チャンバー、レーザーライン用構造体が設置され、急ピッチに作業が進められている。LLNLでは、レーザー核融合実証炉NIF(National Ignition Facility)の建設が進んでいる。LLEは、その一端を担わされている。光学部品についてはその役割は大きく、特に、高レーザー損傷耐力化のために全てのコーティング素子について、レーザーコンディショニング(低いレーザー照射強度から徐々に強度を上げ照射し、損傷に起因する混入物などを取り除く手法)に2台のYAGレーザー装置(100mJ、10ns)を使い、約20時間自動でスキャンし繰り返し照射をしている。このNIF対応の作業のため、OMEGA-EPは全体に遅れている様子である。

●高耐力化への国際協力を

NIF、OMEGA-EPともに光学素子の高耐力化は重要な課題の一つである。そのため、LLEでは口径700mmまで可能な真空蒸着装置を稼働し、大型の超音

波洗浄装置、種々の加工・研磨装置を使用している。レーザー損傷評価装置では、NIFの評価仕様に合わせた1cm²の損傷個数を評価する10ns、10HzのYAGレーザーに加え、OMEGA-EPの光学素子用に0.7~10psの超短パルスガラスレーザーで評価を行っている。ILTでも阪大レーザー研で建設しているFIREX用に1psの損傷評価用レーザーを立ち上げようとしている。LLEでは大気中で評価しているのに対して、ps域の使用は真空中になるため、ILTでは真空容器内で評価ができるように準備を進めている。OMEGA-EP、FIREXの仕様は比較的近いので、今後、試料やデータのやり取りも行い、協力し高耐力光学素子の開発を進めていきたい。

今回の貴重な経験を活かし、レーザー技術開発室としてさらに研究を加速しながら、独自のサマースタールの開催等も検討したいと思う。



第33回IEEE International Conference on Plasma Scienceに参加して

■チェリーの都市・トラバースシティ市で開催

2006年6月4~8日の日程で、第33回米国電気電子学会(IEEE)主催のプラズマ科学に関する国際会議(ICOPS06)が、米国ミシガン州トラバースシティ市で開催された。

トラバースシティ市は、ミシガン湖の周辺に位置し、チェリーで有名な都市で毎年7月には、チェリー祭が開催される。"トラバースシティ"と聞くと日本人には、なじみが薄い都市と思われるが、米国人にとっては、夏休みにいきたい観光地ベスト10に入る有名な都市である。

■会議の概要

参加者は、約500人であり、米国の研究者を中心に、欧州、アジアでは、韓国、中国からの参加者が目立ち、日本からの参加者は少なかった。会議内容は、プラズマの基礎特性から、Zピンチ放電からのX線、K α 線放射特性、高圧もしくは低圧中での非熱平衡プラズマ

レーザー加工計測研究チーム 山浦道照

特性、超短パルスレーザーを用いた応用、パルスパワー用いた水中放電、核融合プラズマ、プラズマ宇宙応用など、非常に多岐にわたり、会議期間中、最新の成果が続々と報告された。

■球状の電気塊の観測

米国では、"Lightning Ball"と呼ばれる、雷の前後、もしくは雷発生中に約5%観測される、球状の電気塊[r=30cm、最大導電率0.1($\Omega^{-1}m^{-1}$)]の観測についてPlenary Talkで、Sandia National Laboratoriesから報告され、会場内の研究者がLightning Ballの物理現象に非常に関心を示していた。Naval Research Laboratoryからは、プラズマチャンネルの放電誘導効果に関する詳細な結果が報告された。極短レーザーを用いて生成するフィラメント状のプラズマチャンネル(密度 $10^{16}cm^{-3}$ 、 $\phi 100\mu m$)の放電誘導効果は、直流電場中で80%と非常に高い確率であるとの報告であった。他にも、Lightning Ballの研究は、University of Tennessee

のProf. Igor Alexeffが、極短レーザーを用いたフィラメント状のプラズマチャンネルに関する研究は、University of New MexicoのProf. Jean-Claude Dielsが精力的に行っている。米国の研究機関からのこれらの成果(雷研究の関心の高さ)は、レーザー誘雷技術の研究に長年携わってきた当研究所および私自身、今後の研究に非常に励みとなった。

■まだまだ紹介しきれない

最新の成果が、数多く報告されている。当研究所も取り組んでいるEUV光源開発に関しては、米国のArgonne National Laboratoryから、3Dコードを用いたEUV光変換効率に関するシミュレーション結果が

報告された。スズドロップレットターゲット($\phi 100 \mu\text{m}$)を用いた際の、最適レーザー波長、照射強度が示された。さらに、ダブルパルス方式や3ビーム照射方式を用いることでEUV光変換効率が上昇するとの報告もなされた。水中泡放電を用いて、OHラジカルを生成させ、このラジカルを水中の難分解性物質(環境有害物質)に応用する研究(University of New Jersey)など、放電プラズマを用いた環境有害物質の処理に関するものも目立った。このICOPSは、毎年、米国の都市を中心に開催されており、来年は6月17~22日の日程で、University of New Mexicoでパルスパワー国際会議との合同開催予定である。

山中千代衛



世界に出て戦うには

FIFAワールドカップ2006年ドイツ大会において、わがサッカー代表チームはオーストラリア、クロアチア、ブラジルと一次予選を戦ったが2敗1分けの勝負で1勝もできず敗退した。ゲームを応援する人々の熱気は相当なもので、マスコミなどでは絶対勝つという口調が蔓延してまったく冷静な戦術評価などどこかにケシ飛んだ状況であった。鼻根の引き倒しもいいところである。

前回の日韓大会では地元ということもあり一次予選は突破したのだが、前々回のフランス大会ではやはり予選落ちだった。まず大ざっぱに言って日本のサッカーのレベルはこの位なのだ。

その理由としてまず第一に個人技の能力は体力も含めてなかなか一流とはいえないのだから、もし勝とうと思えば日本独特のチームワークで勝負を挑む策戦が肝要だと思われるのに、全く組織で戦う準備が尽くされていなかった。名プレイヤーは必ずしも名監督ではないことは公知の事実である。

このような基本的なことに、協会に誰も進言しないで、イノセントにあり姿のまま戦うのはまったく昔の日本軍を思わせる。昭和の初期中国大陆で支那軍相手に一応戦果を上げたから、これで世界で戦えると思ったのはまったくもって身の程知らず、愚の骨頂であった。誰も正しい情報を持込もうとはせず、また施政者は国の能力評価に聞く耳を持たずという環境では敵を知らず己も知らずという訳で世界へ出れば百戦百敗が落ちなのである。

どうもわが国民の慣わしとして戦い方を冷徹に判断して勝負に出るという考えは希薄に見えてしまう。理非曲直も理解せず勢いにまかせて突撃するのは誠に情けない風習といわねばならない。

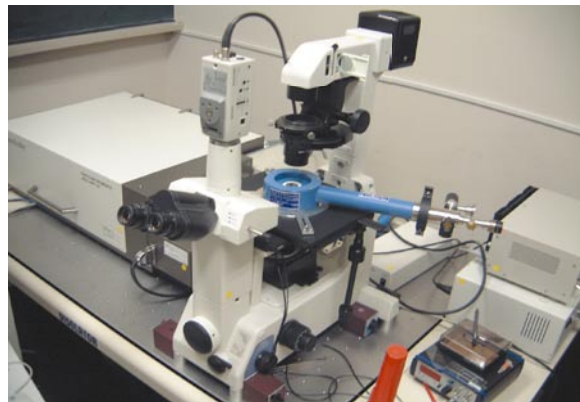
ところでレーザー核融合の国際競争ではわが大阪大学レーザー核融合研究センターは遥かに高等な策戦で臨んだと思っている。まず競争の初期から戦う体制を準備したことである。そして絶えず海外の研究情勢を分析・評価し、先手を打って新しい着想を展開していったのである。同時に研究推進に備えてロジスティックスを整備することも忘れなかった。研究資金、研究資材、研究人員の兵たんがなければ戦う前に負けてしまうのだ。この点当時の文部省国際学術局は賢明だった。さらに政治のあと押しも期待できた。

エネルギー問題やセキュリティ問題、そして食糧問題に関して国は確固とした政策を持たねばならない。世界で戦うには日本の特色を発揮した作戦と鍛え上げたチームとロジスティックスの整備が不可欠なのである。気分だけで戦ってはいつまでたっても進歩もなければ前進もない。当然勝利にはつながらない。

日本サッカーの戦い振りを見て、人々は世界で戦うには何が必要がよく分かったと思う。大海を知らぬ井の中の蛙が外ではやっていけないのは火をみるより明らかだ。

【(財)レーザー技術総合研究所 研究所長】

光合成アンテナ装置の単一粒子極低温蛍光分光



【図1】極低温単一アンテナ蛍光分光の実験装置

■クロロゾームの研究を紹介

光合成系では、電荷分離が行われる反応中心の周りに、アンテナ系と呼ばれるシステムがあり、光エネルギーの捕集を行っている。地上の太陽光強度で働く光合成ではアンテナの機能は本質的で、もしアンテナがなければ反応中心はほとんどの時間をフォトンの来ない無駄な時間として過ごしてしまう。反応中心が、幅広い生物種間で驚くほど似た構造を共有し、共通の進化的祖先の存在を示唆するのに対し、アンテナ複合体の構造ははるかに多様で、光捕集する分子の設計戦略には幅広い可能性があることを教えている。本稿では、クロロゾームという非常にユニークな光合成アンテナ複合体の1粒子蛍光分光の研究を紹介する。

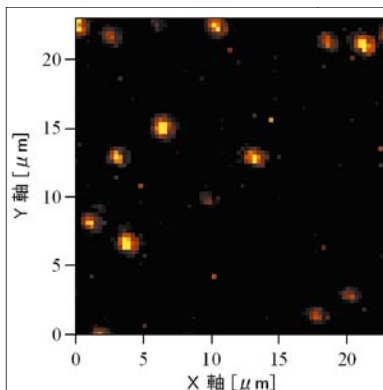
■タンパク質の助けなしでも高い機能

クロロゾームは、長軸~150nm、短軸30~100nmの回転楕円体をした脂質1分子膜の袋の中に、主な構成色素であるバクテリオクロフィルc(BChl-c)色素の分子会合体が封じ込まれた形をしている。クロロゾームの最大の特徴は、タンパク質の寄与なしに純粋に色素分子の自己会合により構造形成されていることである。タンパク質の助けなしに、高い機能を有する構造が達成されるという事実は注目に値する。BChl-c会合体により吸収された光エネルギーは、脂質1分子膜中に埋め込まれたベースプレートと呼ばれるBChl-a/タンパク質複合体に集められ、そこから反応中心へと渡される。

共同研究員・名古屋大学理学研究科 柴田 穰

■単一クロロゾームで異方性を観測

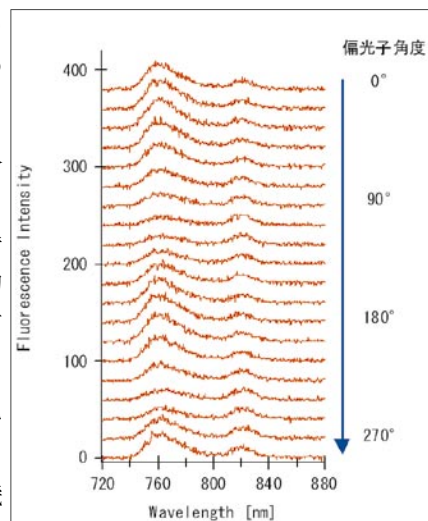
測定は、市販の共焦点レーザー顕微鏡に、極低温での実験を行うためヘリウムフロー型のクライオスタットを組み合わせた装置を用いた(図1)。図2に示すように、レーザーをスキャンして得られる蛍光像に1個1個のクロロゾームに対応する微小な輝点が観測される。一つの輝点(=単一クロロゾーム)からの蛍光スペクトルの偏光異方性を図3に示す。偏光子は、蛍光検出器



【図2】10 Kでの蛍光像。蛍光の強い部分を黄色く示している

側に置いており、一定の割合で回転させながらスペクトルを測定している。780nm、820nmに見られる蛍光バンドがそれぞれBChl-c、ベースプレート内のBChl-aからの蛍光である。BChl-cからの蛍光は強い偏光異方性を示す。クロロゾーム内のBChl-c分子会合体の構造については、様々なモデルが提案されているが、単一粒子からの蛍光が高い偏光異方性を示すことは、非常に色素が規則正しく並んで会合体形成していることを示唆している。これまで、多数

のクロロゾームを配向させた試料において、偏光異方性が確認されていたが、単一クロロゾームで異方性を観測したのは初めてである。今回の結果から、クロロゾーム内の遷移双極子の方位分布など重要な知見が得られた。今後、励起光側の偏光異方性も測定して、クロロゾーム内の色素会合体の構造、エネルギー捕集機構の研究を進展させたい。



【図3】単一クロロゾーム蛍光スペクトルの検出器側偏光子の角度依存性