

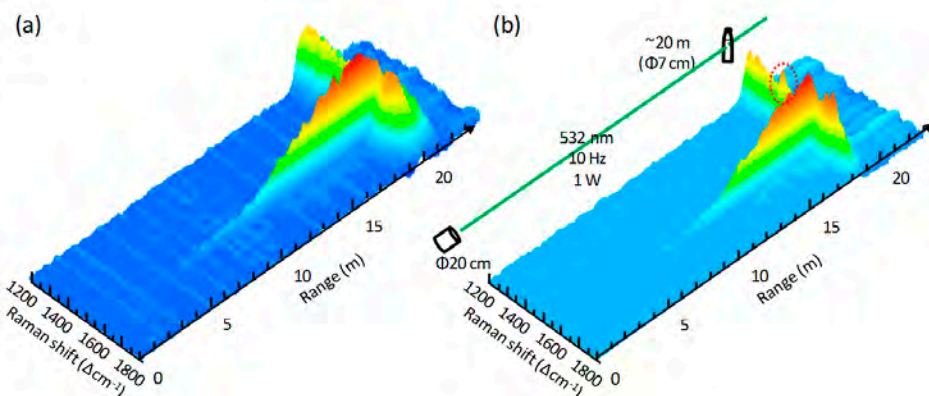
2011, Dec.

No. 285

レーザー・クロス CROSS

CONTENTS

- 水溶存二酸化炭素ラマンライダーの開発
- 超高速フォトサイエンスの現状と将来
ーマドリッド・フェムトケミストリー国際会議に参加してー
- 第43回高出力レーザー用光学材料国際会議報告 (Laser Damage 2011)
- 【光と蔭】日本復活の兆し
- レーザ・レーダ研究会
- 廣野賞を受賞(染川研究員)
- 主な学会等報告予定



【表紙図】水溶存CO₂ラマンライダーによる(a)水、(b)炭酸水の測定結果

水溶存二酸化炭素ラマンライダーの開発

レーザープロセス研究チーム 染川智弘

◆海底での漏洩モニタリングを目指して

発電所などの大量のCO₂排出源から、大気中に放散される前にCO₂を分離回収し、高深度地下に貯蔵するCCS (Carbon dioxide Capture and Storage) は、CO₂の早期大規模削減が期待できる技術である。日本では貯蔵可能箇所、地権者関係や環境規制等から海底下での地中貯留が現実的であると考えられており、事業を実施する前に海底でのCO₂漏洩モニタリング手法の検討が必要とされている。

海底においては高耐圧仕様に改良した水溶存CO₂センサーを海底に複数個配置し、漏洩をモニタリングする計画があるが、漏洩箇所を効率よくモニタリングするにはレーザーリモートセンシング技術であるライダーによる3次元マッピング観測が有効だと考えられる。そこで、水に溶存しているCO₂ガスのラマン信号を時間分解計測することで、観測点から20m離れた位置に設置した水・炭酸水の識別に成功したので報告する。

◆水溶存CO₂ラマンライダーにより炭酸水の識別に成功

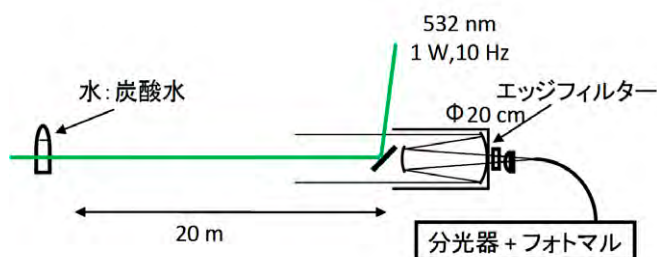
図1に水溶存CO₂ラマンライダーによる水、炭酸水の遠隔計測の実験配置図を示す。波長532nm、パルス幅10ns、繰り返し10Hz、パルスエネルギー100mJのパルスレーザーを観測地点から20m離れた位置に設置した水や炭酸水に照射する。ラマン信号は直径20cmの望遠鏡で集め、532nmのエッジフィルターでレイリー散乱光を除去した後、フォトマルで測定した(波長分解能0.45nm)。測定波長間隔は5cm⁻¹であり、500回積算信

号である。

表紙図に水、炭酸水からのラマンライダーによるラマンシフト・距離・強度の3次元表示図を示す。ラマンシフト(Δcm^{-1})は $1/\lambda_0 - 1/\lambda$ (λ_0 : 入射レーザー波長)であり、距離は受信パルス信号の時間遅れから換算している。右側の $\sim 1633 \Delta \text{cm}^{-1}$ に見られる信号が水の変角振動の信号であり、水・炭酸水の両方に観測されている。それに加えて炭酸水からは $\sim 1380 \Delta \text{cm}^{-1}$ にCO₂のラマン信号が観測されているため、このラマン信号を用いて水、炭酸水の識別が可能であることがわかる。また、 $\sim 1552 \Delta \text{cm}^{-1}$ に見られる大きな信号は大気中の酸素の信号であるが、大気中に広く分布している酸素の信号が8mからしか観測されていない。これは、観測点近傍では望遠鏡の視野とレーザーが重ならないためである。

◆今後の展開

水溶存CO₂のラマンライダーを行うことで、水に溶けているCO₂の位置と濃度(強度)情報が得られることが



【図1】水溶存CO₂ラマンライダーの実験配置図

次ページへつづく▶

わかった。今後は、海水の影響評価や、ラマン信号の圧力依存性を検討する予定である。また、この手法は、ラマン活性な水に溶存しているガスへの応用が可能であ

る。メタンガスや硫化水素ガスを指標とすれば、メタンハイドレートの探査・掘削施設での漏洩モニタリングや、海底熱水鉱床の探査等への応用も可能である。

REPORT

超高速フォトサイエンスの現状と将来

ーマドリッド・フェムトケミストリー国際会議に参加してー

レーザーバイオ化学チーム ハイク・コスロービアン

1. 超高速化学、生物学に関する国際会議へ参加

2011年7月10日～15日、スペインComplutense大学マドリッドキャンパスで開催された第10回フェムトケミストリー国際会議(FEMTO10)に参加した。発表のカテゴリーは「反応ダイナミクス」、「コヒーレント制御」、「構造ダイナミクス」、「生体システムにおける高速過程」、「強光場プロセス」、「アト秒電子ダイナミクス」等多岐に亘った。会議はノーベル賞受賞者(1999年化学賞)Ahmed H. Zewail教授(カルフォルニア工科大、米)の基調講演に始まり、その後招待講演39件、トピックス3件、ポスター発表200件が行われた。日本からは筆者を含め3件の発表があった。筆者は、光合成細菌の光レセプター蛋白質(PYP)の光反応に関する研究としてPYP単結晶の光電流の測定に初めて成功し、視覚情報の伝達物質として自由電子が関わる可能性があることを報告した。以下に会議で注目を集めた研究を紹介する。

2. フェムト秒、アト秒、そしてzepto秒へ

M. Dantus教授(ミシガン州立大、米)からはフェムト秒パルスレーザーの産業応用に関する画期的な講演があった。彼らは自作のフェムト秒レーザーシステム(パルス幅 ~ 4.8 fs FWHM)の高い安定性(24時間/日の連続稼働が可能)と操作性(高校生でも操作できるほど)を紹介し、このレーザーを質量分析の照射源として用いれば(フェムト秒レーザーイオン化/分解法)、従来のCID法(衝突誘起解離法)等に比べより多くのイオンピークが検出でき、分子構造についての更に詳細な情報が得られることを報告した。この技術は翻訳後修飾(mRNA情報に基づいて合成したタンパク質に酸や脂質等を化学的に修飾すること)の同定やドラッグスクリーニング、病気診断等にも応用できる。彼らは5年後には全世界のDNA解析装置の約10%がこの方式に入れ替わるとしており、製品化の準備を進めているとのことである。

M. Murnane教授(コロラド大、米)からは、keV領域の高強度アト秒パルス発生技術についての講演があった。レーザー波長を長くすると位相整合条件の限

界を拡張でき、中赤外領域の波長を用いれば1keV以上の光子エネルギーを持つ軟X線のスーパーコンティニューム光の発生が可能であることを示した。また教授らが開発した装置では広範囲の高調波($< 5100\omega$)の効率的な発生が可能である

ことも報告された。スペクトルバンド幅の観測からその時間幅は約2アト秒であり、zepto(10^{-21})秒パルスの発生も物理的には可能とのことであった。

M. Wollenhaupt博士(カッセル大、独)からは、周波数、偏光等パルス形状を瞬時に制御できる画期的な超短レーザーパルスを用いた光化学反応のコヒーレント制御に関する報告があった。彼らは2つのパルス間の位相を約11zepto秒で制御することに成功しており、第一パルスで電子波束を形成し、位相制御した第二パルスにより意図した反応チャンネルへと導くことで化学反応のコヒーレント制御が可能となることを実験的に示した。

3. 超高速計測の新しい流れ

A. H. Zewail教授から、4次元(空間配置+時間)電子顕微鏡の開発と応用についての講演があった。中でも、ナノワイヤーで作成したハーブ(彼らは「ナノピアノ」と名付けている)の弦に電子線パルスを照射して振動させる(演奏する)様子を観測したビデオ映像は興味深いものであった。この顕微鏡はナノメートルとフェムト秒の分解能を併せ持っており、現在商用へ向け準備中とのことであった。

R. Neutze博士(ヨーテボリ大、スウェーデン)からは、光合成膜蛋白の時間分解結晶構造解析に関する報告があった。彼らはX線自由電子レーザーを用いた新しいアプローチでのナノ結晶の構造解析法について研究を進めている。この手法ではnmサイズの極微結晶の水溶液をジェットスプレー方式でX線ビーム中に送り込むため本来考慮すべき観測点での結晶の配置(配向)



【写真】Complutense大学マドリッドキャンパスの会場ホール前にて

の情報を取得する必要がなくなり、時間分解能もフェムト秒レベルにまで高めることができる。従来法での時間分解能はサブミリ秒レベルであるため、この手法は革新的なものである。

本会議に参加して最新の研究成果を目の当たりにし、

研究活動へのさらなる意欲とアイデアが得られた。次の第11回会議は2013年の夏にオランダのアムステルダムで開催される。会議への参加にあたり倉田記念日立科学技術財団「倉田奨励金」および「海外渡航費補助」の支援を得た。心より感謝致します。

REPORT

第43回高出力レーザー用光学材料国際会議報告 (Laser Damage 2011)

レーザー技術開発室 本越伸二

9月18日～21日に米国ボールダーで開催された表記国際会議に出席してきた。この会議はSPIEが主催し、ボールダーにあるNIST(National Institute of Standards and Technology)で毎年開催され、今年で43回目を迎える。会議の内容は、光学素子、光学材料のレーザー損傷に関する実験、理論についての報告であるが、近年は、アブレーションなど材料との相互作用にも及んでいる。今年は参加約130名、講演49件、ポスター29件(うち10件はキャンセル)と、少し縮小ぎみである。その中で、中国からの発表が17件と、米国について2番目に多かったのが特徴(去年は1件だけ)であ

る。11月に上海で行われたPacific Rim Laser Damage Symposiumの宣伝も兼ねていたものと思われる。

もう一つの大きな特徴は、世界最大レーザー装置米国NIF(National Ignition Facility)に直接関わる報告がなく、また米国リバモア研からの報告も僅か3件と、少し盛り上がりに欠けた会議となった。

●温度依存性評価の流行

レーザー総研、阪大レーザー研では、これまで石英材料内部、表面、単層膜と、低温から高温まで温度を変化した時にレーザー損傷閾値がどのように変化するかを調べ、報告してきた。今回は、日本から以外に、中国、

山中千代衛



日本復活の兆し

3・11の東日本大震災によって20年続いた日本の凋落はここに極まれりの感がした。果たして日本はこのまま衰退の一途を辿るのであろうか。断じて然らずである。国民の多くはこの試練を前向きにとらえ、不幸を契機に今こそ復活のチャンスだと見なしている。

かつて長期にわたる不況を戦争という不祥事をテコに、米国が世界第一の大国に成長しパックスアメリカナを実現した事例もある。

わが国は20世紀末の大躍進の結果、その成功体験から脱することが出来ず、過去20年マンネリに安住し、世界の進運に立ち遅れてきた。まさによく言われるゆで蛙的退嬰に陥っていたのだが、3・11の大震災がそれを一挙に吹き飛ばした感がある。

津波と原発メルトダウンという極限的苦境に打ちひしがれた東北人が断固として復興に立ち向かう姿を見て日本人全体に電撃が走った。日本を救わねばならないという空気が充満してきた。

あたかも今を去る70年昔の12月8日朝「西太平洋において米、英と戦闘状態に入れり」のラジオ放送により日本全国民は日本を守るべしという誇りと来るべき戦の過酷さを実感し、武者震いしたものだ。この時日本国中に走ったショックに似ていないことはない。3・11の結果国民の連帯と献身が自然と備わったと言えよう。

現代は平和日本の時代、昔と違い死を賭していどむ事柄ではないが、この大震災を契機として日本社会の絆が再生し、わが国の経済が復活し、再び成長を遂げ、新生日本の姿が期待出来るものと考えている。

この大震災による大打撃を天の与えた試練とし日本人の精神の復活を図り、禍を転じて福にしたいものである。

【研究名誉所長】

欧州からも、低温条件下における多層膜のレーザー損傷閾値の評価結果と評価計画がそれぞれ報告された。特に、欧州では、HiPER(High Power laser Energy Research)が計画されており、Yb添加材料を使用することを基本にしていることから、極低温でのレーザー耐性が重要であり、今後評価をすすめるとのことである。来年には、我々の結果と比較できるデータが出てくるものと期待される。

●波長変換結晶の課題は損傷とラマン散乱

波長変換に使用する非線形結晶のレーザー損傷について複数の機関から報告があった。KDP結晶は、水溶性で比較的大きな結晶育成が可能であることから、従来から大型高出力レーザーの高調波変換用素子として使用されている。しかし、KDP結晶の非線形光学定数は、小さいので高効率に変換には、高いレーザー強度が必要である。そのため、レーザー損傷が発生するとともに、結晶内部からのラマン散乱が生じる。米国では、KDP、DKDP結晶の誘導ラマン散乱を 2ω 、 3ω 、 4ω と波長を変えた場合の結果を報告していた。

●今年の耐力競争は193nm用ミラー
毎年一つの仕様の光学素子の提供を呼びかけ、レーザー損傷閾値の比較競争が行われている。今年は、波長193nm ArFエキシマレーザー用ミラー(AOI=0°)について評価された。残念ながら、参加機関6、サンプル数12と思ったほど集まらなかった。評価試験はドイツ、ハノーバ研究所が担当している(S-on-1)。その結果は、最も高耐力サンプルは、抵抗加熱でコートされたLaF₃/AlF₃の組み合わせで、11.5J/cm²であった。

●好評のILTデータベース化試験

レーザー総研からは、「高耐力光学素子研究会」で昨年実施した1064nm用ミラーに対して、新たに2.2psの短パルスで照射したときの損傷閾値データベースを報告。昨年、10nsパルスに対するデータベース化試験の結果を報告していたことから、昨年以上に、一緒にやりたい、参加したいなどの多くの声をかけて頂いた。市販の海外光学素子との比較も示していたので、日本の光学素子技術についても興味を持って頂いた。ILTデータベースがレーザー損傷閾値の一つの基準となるように、今後も研究、評価を進めていきたい。

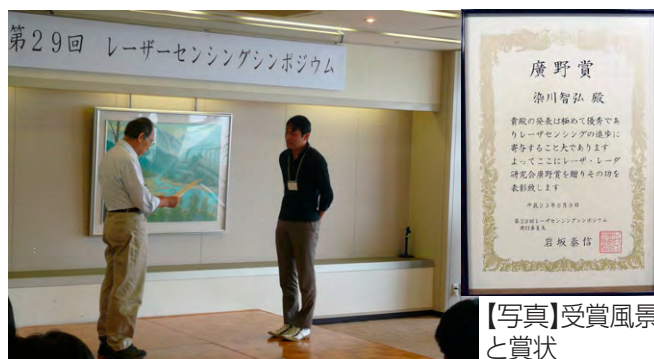


【写真】Laser Damage 2011参加者集合写真

INFORMATION

レーザ・レーダ研究会 廣野賞を受賞(染川研究員)

石川県七尾市で開催された2011年度の第29回レーザーセンシングシンポジウムにおいて、レーザ・レーダ研究会から若手(35歳以下)の奨励賞である廣野賞を染川智弘研究員が受賞しました。



【写真】受賞風景と賞状

主な学会等報告予定

1月29日(日)~2月1日(水) Advanced Solid-State Photonics(ASSP)(アメリカ・カリフォルニア州)

古瀬 裕章・ハイク コスロービアン「Study of wave front distortion in cryogenic Yb:YAG TRAM laser and a novel coherent beam combining (CBC) technique for ultra-high power laser systems」

1月30日(月)~2月1日(水) レーザー学会学術講演会 第32回年次大会(TKP仙台カンファレンスセンター)

藤田 雅之「MEMSへのレーザー加工応用」

李 大治「メタマテリアルによるスミス・パーセル放射」

染川 智弘「海水溶存二酸化炭素の遠隔計測に向けたラマンライダーの開発」

古河 裕之「大気中および水中におけるレーザービーミングのシミュレーション」

島田 義則「レーザーを用いた碍子表面塩分濃度計測」

渡邊 英世「レーザーを用いた遠隔探傷技術の研究」