

2013, Nov.

No. 308

レーザー・クロス CROSS

CONTENTS

- 紫外レーザーを用いた
- 氷コア内微生物のラベルフリー計測
- 国際会議「Laser Damage 2013」参加報告
- 【光と藻】たかがランキング されどランキング
- H24年度 レーザー技術総合研究所 最優秀研究員表彰
- ハイク・コスロービアン副主任研究員
- 主な学会等報告予定



【表紙写真】南極氷床Dome Fujiコア2907m掘削直後の写真(提供：国立極地研究所 本山秀明教授)

紫外レーザーを用いた 氷コア内微生物のラベルフリー計測

レーザープロセス研究チーム 櫻井俊光

■はじめに

南極やグリーンランドの極地氷床深部には「生命」が存在する可能性がある。氷床の深部は栄養となる物質や太陽光が乏しいため、まさに極限的な環境である。このような極限的な環境における生命の存在は、現世のみならずスノーボールなどの地球史イベントや火星などの地球外惑星における生命体の存在に関するプロキシとなる。極限的な環境の調査は、生命生息可能条件や生命進化、地球内外の生物学的物質循環などを考察する上で重要な科学的命題である。氷床深部において、微生物はイオンを含む液体を栄養源として生息している可能性が示唆されている¹⁾。氷床深部における微生物の栄養源となるイオンの分布に関する知見が得られてきたことを踏まえて、我々は、氷内に生息する微生物の存在とその生息環境を明らかにすることを目的としている。

■紫外レーザーを用いた誘導蛍光計測法(LIFS)

従来、微生物を観察する際は染色液などを利用するが、非常に濃度が薄い氷床深部を調査する際は、染色液

そのものがコンタミネーションになる懸念がある。本研究が目指すところは、コンタミネーションの影響がない方法、すなわち氷内部に存在する微生物を、氷を破壊せずに直接計測することであり、レーザーを利用した手法はこのような非破壊計測に有用である。筆者らはこれまでに、レーザーラマン分光法を用いて氷床コア(表紙写真)内の数ミクロンほどの不純物(過去数十万年の水溶性・不溶性エアロゾルなど)の化学組成解析を行ってきた²⁾。その結果、同定できない、あるいはラマンスペクトルのS/Nが低すぎて検出できない不純物が4~5割以上も存在していることがわかった。例えば、南極氷床のDome Fujiコアから発見された不純物のラマンスペクトルは、有機物由来のラマンスペクトルであると考えられるが(図1)、このスペクトルは微生物由来のものかどうかは不明である。高感度計測かつ多面的な情報が不可欠である。

染色液を利用しない、ラベルフリーで微生物を識別できる分光法に、LIFS(Laser Induced Fluorescence Spectroscopy)がある³⁾。200~300nm帯のレーザー分

次ページへつづく▶

紫外レーザーを用いた氷コア内微生物のラベルフリー計測

光法は、鉱物からの自家蛍光がなく微生物由来の蛍光スペクトルが得られる、氷に吸収されない波長帯で氷内を計測できるなどの利点がある。そこで本研究では、波長248nmのKrFレーザー(0.3mJ, 10Hz, ϕ 5mm)を光源に、窒素冷却型CCDを検知器に用いた高感度のLIFS計測系を構築し、氷コア内における微生物検出の事前研究として有機物(フェニルアラニンなどのアミノ酸)やDNA塩基、共同研究者から提供された微生物培養株や鉱物などの計測を行った。その結果、アミノ酸やDNA塩基、微生物サンプルからは蛍光スペクトルが得られ、鉱物からの自家蛍光は得られないことがわかった。今回の結果は、紫外レーザーを利用したLIFS

が氷床コアに含まれる鉱物と微生物を識別する上で非常に有力であることを示している。

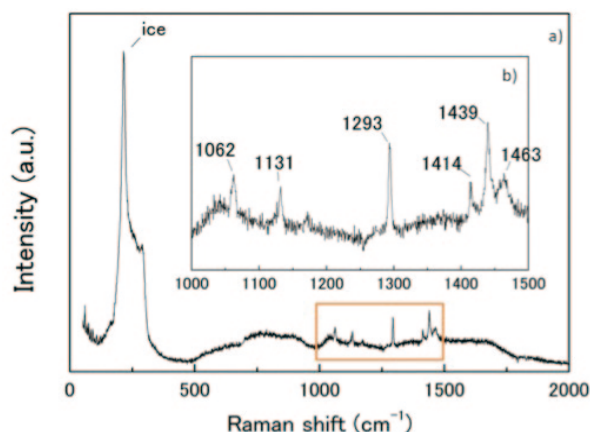
■まとめ

氷床深部などの極限的環境に生息する生命検出のため、我々は紫外レーザーを利用したLIFSを提案している。紫外の波長帯域は氷そのものの吸収はなく、氷内部に存在する微生物を計測する上で最適である。今回行った標準サンプルの計測では、微生物からの蛍光スペクトルが得られ、鉱物からの蛍光スペクトルは得られないという結果を得た。すなわち、紫外レーザーによるLIFSは、微生物と鉱物を識別可能であることを示している。これを踏まえて、氷床氷内に存在する微生物の計測を今後進める予定である。

■謝辞

本研究は、JSPS科学研究費補助金(24710015)、2013年度住友財団環境研究助成、2013年度国際科学技術財団研究助成の支援を得て行われた。また本研究に用いた微生物試料は玉川大学・吉村義隆教授、(独)海洋研究開発機構高知コア研究所・諸野祐樹主任研究員より提供されたものである。

- 1) P.B. Price, Proc. Natl. Acad. Sci., 97(3), 1247 - 1251 (2000).
- 2) T. Sakurai, et al, J. Glaciol., 57(206), 1027 - 1032 (2011).
- 3) R. Bhartia et al, Appl. Environ. Microbiol., 76(21), 7231 - 7237 (2010).



【図1】南極Dome Fuji氷床コア内の不純物から得られたラマンスペクトル。a) 0 - 2000cm⁻¹、b) 1000 - 1500cm⁻¹の拡大図

REPORT

国際会議「Laser Damage 2013」参加報告

レーザー技術開発室 本越伸二

去る9月22日～25日、米国コロラド州ボルダーにて国際会議「高出力レーザー用光学材料に関するシンポジウム」(Laser Damage 2013)が開催された。本会議は毎年開催されており、今年で45回を数える。内容は、光学材料やミラーなどの光学素子のレーザー損傷物理、高耐力化が主であるが、近年では、損傷検出技術や微少吸収測定など、その周辺技術に関する報告も多い。今年は口頭発表49件、ポスター発表34件、計83件の報告があり、国別に見ると、米国(39件)、ドイツ(11件)、中国(10件)、日本(7件)、フランス、リトアニアなど10カ国に及んだ。筆者は、「高耐力光学素子研究会」で昨年度実施したダイクロイックミラーのレーザー損傷しきい値

データベース化試験の結果について報告を行った。以下に本会議のトピックスを紹介する。

●フェムト秒パルスによる損傷機構

チタンサファイアレーザーに代表される超短パルスレーザーに対する光学素子のレーザー損傷メカニズムは、ナノ秒や数100ピコ秒のパルスの場合とは異なることが多くの論文等で報告され、我々の研究でも確認されている(本紙No.287)。そのレーザー損傷しきい値は使用する材料のバンドギャップエネルギーに依存するが、その理由は、多光子吸収過程により材料内の電子が価電子帯から伝導帯に励起され、自由電子が生成するためであると考えられている。フランスのフレネル研

究所は、波長1030nm、パルス幅500fsのレーザーパルスを用いて酸化物、フッ化物、半導体など、さまざまな材料の薄膜の損傷実験を行い、それらの損傷しきい値がバンドギャップに依存することを示した。さらに、光パラメトリック増幅により得られた波長350nm～1240nmの任意のレーザー光を用いた研究から、多光子吸収過程が損傷の主要因であることを明らかにした。これらの結果は、フェムト秒レーザー用高耐力光学素子の設計指針を与えるものといえる。

●低温材料のレーザー損傷しきい値

英国ラザフォード研究所では、ガス冷却型Yb:YAGレーザー装置を開発中である。そこで問題となるのは、低温冷却時のYb:YAG材料とその反射防止膜のレーザー損傷しきい値である。石英材料については、すでに我々がその温度依存性を明らかにしているが(本紙No.262)、彼らは、異なった研磨方法により仕上げられたYb:YAGセラミック表面上にコートした反射防止膜について、波長1030nm、パルス幅3nsのレーザーパルス

山中千代衛



たかがランキングされどランキング

かつては大学は知の殿堂、学の蘊奥を極めるところと称されていた。したがって大学では研究が第一、教育は二の次とされ、学習は個人の責任に任されていた。戦前、大学に行けない多くの人々は大学でどのようなことが講じられ、授けられるのが全く想像もできないわけで、選ばれて大学生たるもの学の内容に身を以て触れるのだから、その自覚と責任が強く求められたのである。

戦後60年、わが国には800校近い大学がつくられ、若者の希望者はすべて入学が可能となった。その結果が学習意欲が低下し、社会のニーズにマッチしない閉塞感が大学に漂い始めている。

日本の社会はなかなか競争になじまない和の社会である。しかし現実にはグローバル化の時代一鎖国主義など通用する筈がないから内実は競争社会に足を踏み入れている。それでも和をもって貴しとなす体面は外せない。

この矛盾から出てくるものがリーダー不在の社会である。かつて中空的権力構造と唱えられた責任者不在の社会はこのような事情の下で肥大してきたのだ。

太平洋戦争に臨んだ時、自ら責任をとるリーダーが不在だった。福島第一原発の事故でも、政府、東電一体のリーダーシップは全く見えない。戦前、戦後を通じてこのメンタル構造は不変のままである。一億総懺悔の無責任そのものだ。

ところが世界中あらゆるところで、ランキング付けが流行している。ムーディーズの経済団体評価をAAAとかAAとかレベルの判定である。

一方学界ではQS社とかTHE社が、学術的評価や論文引用件数、外国人教員や留学生の比率など国際性を重視して、世界大学のランキングを行っている。ここではモロに順位が発表されている。

QS社のランキングでは1位MIT、2位ハーバード大、3位ケンブリッジ大、4位ユニバーシティ・カレッジ・ロンドン、5位インペリアルカレッジロンドン・・・で東大は32位、京大35位、阪大55位、東工大66位、東北大75位、名大99位という。

大学で研究センターの体制はきわめて大切な構造ではあるが、開かれたグローバル化の時代、大学は教育内容を教師まかせにせず、より普遍的に科目の内容、成績評価を厳密にし、学習計画を構築する必要がある。これには教員の意識改革が何より問題となる。

かつての教授を中心にする講座制は1テーマに教室員のベクトルをそろえて集中した手作り研究・教育にはそれなりの成果を上げたが、今や求められる大プロジェクトを推進するにはあまりに矮小である。

阪大レーザー核融合研究センターのように多数の教授が専門を越えて一大テーマに取り組む組織が重要となる。しかしこの場合も40年の経過を見るとメンバーの平準化と共にリーダーシップの確立が次第に難しくなりつつある。

この辺りに人の育成を含めた研究大学の新しい組織構造の開発が新しいテーマになってきた。グローバル化の今日、ランキングは「たかが」でなく「されど」、アイデアを求め世界を凝視しなければならない。

【名誉所長】

による評価を行った。室温での損傷しきい値は表面、裏面で変わらず約 $30\text{J}/\text{cm}^2$ であったが、105Kまで冷却した場合の損傷しきい値は、裏面での変化はないものの表面では約2倍の $60\text{J}/\text{cm}^2$ まで向上した。またその変化は表面粗さや製膜方法によっても異なることも明らかとした。今後、その原因や最適化についての追試が行われる。

●世界最大レーザーの光学素子

米国リバモア研究所からは、レーザー核融合の点火実証実験装置として建設されたNIFレーザー(192ビーム、波長 355nm 、パルス幅 3ns 、出力 1.8MJ)で使用される光学素子の現状が報告された。最終光学素子($430 \times 430\text{mm}^2$)上でのエネルギー密度は $10\text{J}/\text{cm}^2$ に達するため、このレーザーは素子の損傷が起こることを前提に稼働している。このため過去2年間の彼らの報告は、小さな初期損傷を早く検出する方法や、その損傷を成長させないための表面再処理法などに集中していた。ここでいう再処理とは、不規則な形状の表面損傷を、 CO_2 レーザー光を用いて円錐状(直径 $200\mu\text{m}$ 以下)に

加工する処理のことである。現在、最終光学素子は1週間あたり約40枚のペースで再処理され、全体の約9割の素子が繰り返し使用されている。また素子1枚に対する最大再処理回数は4回に達するとのことである。世界最大のレーザー装置は、このような地道な研究者、技術者によって支えられていることを実感した。



【写真】筆者の講演時の様子

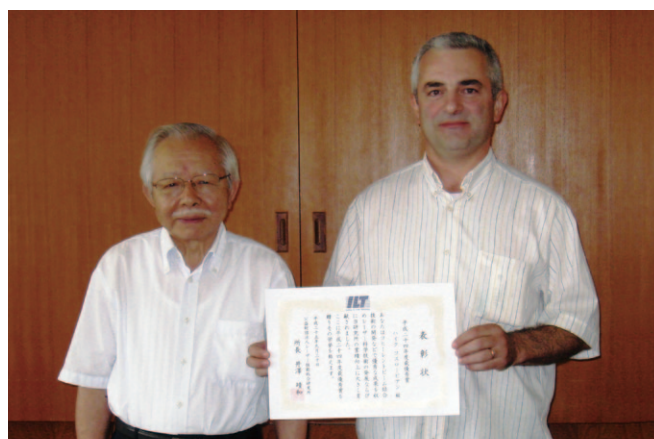
TOPICS

H24年度 レーザー技術総合研究所 最優秀研究員表彰 ハイク・コスロービアン副主任研究員

レーザー技術総合研究所では、前年度に最も優秀な研究成果を収めた研究員を所内で選定し、表彰を行っています。平成24年度は、新しいコヒーレントビーム結合技術の開発に取り組んだ、ハイク・コスロービアン副主任研究員が最優秀研究員に選定され、去る9月30日に表彰式を行いました。

コヒーレントビーム結合とは、複数のレーザービームをそれらのコヒーレンスを制御しつつ合成し、非常に高い強度のレーザービームを得る手法で、レーザー加工等、高強度レーザーを必要とする応用分野では欠かせない技術です。コスロービアン副主任研究員は、従来の複雑な手法に比べシンプルかつコンパクトな新しいビーム位相制御法を新たに開発し、学会でも注目を集める研究成果を挙げています。今後の同研究員の

活躍に注目していただきたいと思います(研究の概要はLaser Cross No. 290を参照して下さい)。



【写真】表彰時の記念写真(右：コスロービアン副主任研究員、左：井澤靖和所長)

主な学会等報告予定

12月9日(月)

レーザー学会第454回研究会(岡山国際交流センター)

李 大治 「グレーティングによるテラヘルツ帯電磁波放射新理論」

Laser Cross No.308 2013, Nov.

<http://www.ilt.or.jp>

発行/公益財団法人レーザー技術総合研究所 編集者代表/谷口誠治 〒550-0004 大阪市西区靱本町1-8-4 大阪科学技術センタービル4F TEL(06)6443-6311 FAX(06)6443-6313

掲載記事の内容に関するお問い合わせは、編集者代表・谷口誠治までお願いいたします。
(TEL:06-6879-8761, FAX:06-6877-0900, E-mail:taniguchi@ilt.or.jp)