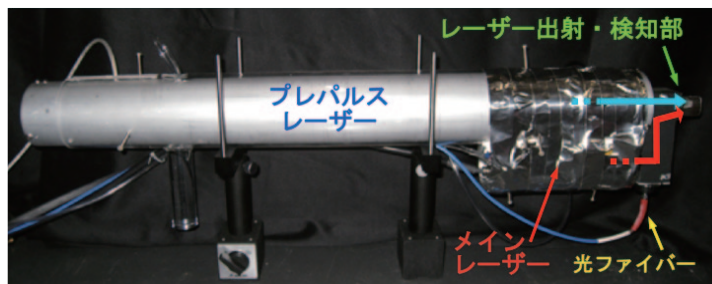


CONTENTS

- レーザーによる碇子表面の塩分密度計測
- パルスレーザーによる氷床コア含有物質の化学組成分析
- 第34回自由電子レーザー国際会議(FEL2012)報告
- 【光と蔭】世界的昏迷と日本の立場
- 主な学会等報告予定

【表紙絵】可搬型碇子塩分
密度計測装置(試作機)



レーザーによる碇子表面の塩分密度計測

レーザー計測研究チーム 島田義則、谷口誠治

■はじめに

碇子は絶縁保持のため発電所や送配電システムで数多く用いられている。碇子は野外に設置されているため塩分が付着しやすく、付着量が多くなると閃絡事故を引き起こす可能性があるため、定期的に付着量を測定し一定量を越えたと洗浄を行う必要がある。特に台風通過後の塩害に対しては迅速な対応が求められる。一般的に行われている手法は筆洗(ふであらい)法(ハンド測定)であるが、この手法は所定量の蒸留水で碇子の塩分を完全に洗い流すため手間がかかり、また測定には熟練が必要とされている。このため我々は、レーザーを応用した碇子表面の塩分密度計測法を確立するとともに、簡便かつ運搬が容易な計測装置を開発することを目標に研究を進めてきた。本稿では、ダブルパルスレーザー方式を用いて一定期間野外に曝した碇子(曝露碇子)の付着塩分計測を行った結果および試作した可搬型レーザー計測装置について述べる。

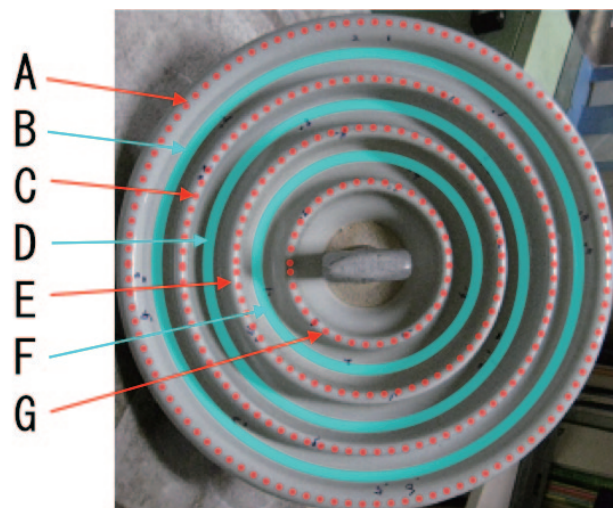
■曝露碇子の塩分密度計測

我々が用いた塩分計測法は、レーザーで碇子表面の塩分をプラズマ化して、ナトリウム原子の発光線(D線)を捉える方式を基本とする。ただし、碇子表面に塗布されている塗料(ゆうやく)には酸化ナトリウムが含まれるため、強度の弱いプレパルスレーザーを照射して付着した塩分のみを飛散させ、それをメインレーザーで加熱してナトリウム発光を得るダブルパルスレーザー方式を新たに開発した(レーザー・クロス No.282(2011 Sep.)を参照)。曝露碇子の写真を図1に示す。レーザーを用いた場合、1度の測定で得られる塩分密度は碇子上のある1点に限られるため、碇子全体の塩分密度を見積もるには複数回の測定が必要となる。実験では、曝露碇子の裏面(ひだ)部分を山の部分と谷の部分の7つの領域(A～G、図1)に分け、それぞれの領域で4カ所以上

の位置を無作為に選定して(計32カ所)測定を行った。各領域で得られた塩分密度の平均値を図2に示す。照射箇所により塩分密度のばらつきがみられるものの、外周から内周に進むにつれて塩分密度が上昇する傾向にあることが分かる。碇子の内周部分は雨水による洗浄効果が少なく、付着物(塩分)が溜まりやすいためであると考えられる。またひだの山の部分(雨水の滴が垂れるところ)は谷部に比べて塩分密度が比較的高い。これは水滴が垂れずに乾燥し、その場所に塩が蓄積され塩分密度が増加したためであると思われる。この傾向は筆洗法等他の手法による結果と一致するもので、本手法により碇子全体の塩分密度(平均値)だけでなく、塩分付着量の分布を計測できることが分かった。

■可搬型レーザー計測装置

基礎データの蓄積と平行し、可搬型のレーザー装置



【図1】曝露碇子の写真と計測領域
(図中赤点線は山の部分、青線は谷の部分)

次ページへつづく▶

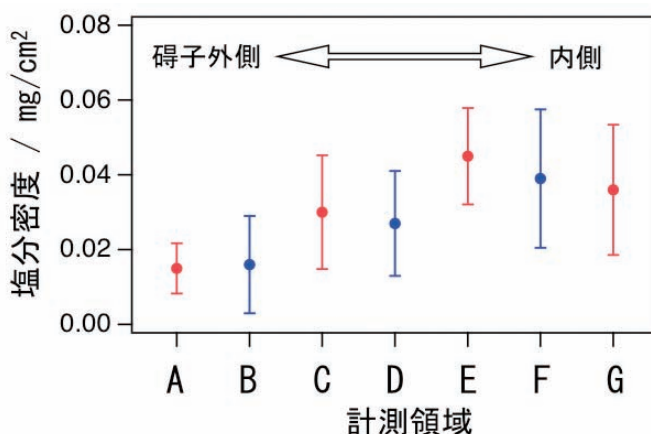
レーザーによる罫子表面の塩分密度計測

の試作を行った(表紙絵)。プレパルスレーザーには自作した炭酸ガスレーザーを、メインレーザーには小型のYAGレーザー(マイクロチップレーザー)を用いた。またレーザー出射・光検知部は、罫子裏面のひだ部分に挿入できる大きさとするため小型光学部品をアルミブロック内部に組み込んだ一体型とした。プレパルスは罫子表面に垂直入射してメインレーザーは斜め45度から照射する配置とした。レーザー照射により発生するナトリウム光は可視光反射ミラーを経て光ファイバーに送られ、小型分光器でその強度を検知する。現在ナトリウム光の検知に成功しており、今後定量性の確認やレーザーの改良等を含め測定精度を向上させていく。

■まとめ

罫子表面の塩分密度を計測するためにダブルパルスレーザーを用いた計測手法を用いた。曝露罫子の塩分密度の計測実験を行い、筆洗法と同程度の計測ができることを示した。また、可搬型レーザー計測装置を試作した。この装置は、罫子のどの部分に多く塩が存在するか、あるいは風上、風下、どちらに多くの塩が付着

するか等の罫子上の付着塩分密度分布に関する情報を得ることができる。今後、照射箇所や照射回数最適化等で測定精度を向上させ、片手で操作可能なポータブル塩分計測装置の開発を行っていく予定である。



【図2】レーザー計測による罫子の各領域での付着塩分密度(赤点は山の部分、青点は谷の部分)

TOPICS

パルスレーザーによる氷床コア含有物質の化学組成分析

■氷床コアに含まれる微量物質の分析

南極やグリーンランドの氷床に含まれる微量の化学物質は、過去数十万年の地球環境を復元する上で貴重な情報源であり、イオンクロマトグラフィによって測定される各種イオンの濃度プロファイルは、氷床コア解析の基本データの一つである。しかし、エアロゾル(大気中に存在する液体や固体の微粒子)として氷床表面に堆積した化学物質が、氷床深部に至るまでどのような状態で存在するのかという点が長い間未解決の課題であった。最近の研究で、浅層におけるイオン種のほとんどが、水溶性の固体微粒子(硫酸塩など)として存在することが明らかとなり、氷床における化学物質の挙動に関する理解が急速に進展しつつある。

本研究では、連続発振(cw)レーザーによる顕微ラマン分光装置(Micro Raman Spectroscopy, MRS)を利用して氷床コア内に含まれる微粒子を計測してきた。たとえばカルシウムイオンは、数マイクロメートルほどの硫酸カルシウム($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)として存在していることが明らかになり、新しい古環境情報として利用できる可能性がある。しかし、水溶性物質の化学組成が全てMRSで計測できるわけではなく、計測された微粒子のほとんどは硫酸塩などに限られている。硫酸以外の水溶性物質、たとえば太陽活動や超新星爆発の歴史を復元可能とされる硝酸イオン、海洋生物活動の指標

レーザープロセス研究チーム 櫻井俊光

となるアンモニウムイオンなどの化学組成、相状態、分布などについては解らないことが多い。このため本研究では現在、MRSによる計測と並行し、比較的ピーク強度の高いパルスレーザーを利用した分光計測法の確立を目指している。パルスレーザーでは、レーザー誘起ブレイクダウン分光法(Laser Induced Breakdown Spectroscopy, LIBS)と誘導ラマン散乱(Stimulated Raman Scattering, SRS)などの分光法が可能であり、SRS-LIBSを併用することで、ラマン散乱では同定できない元素組成を同定することが可能になる。

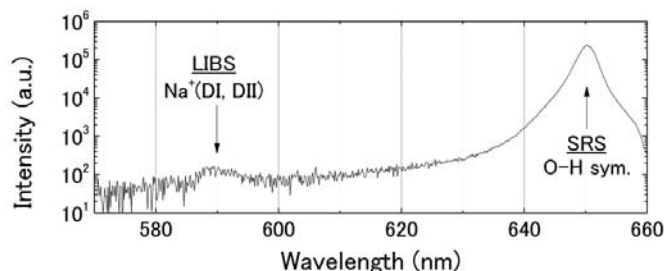
■SRS-LIBS計測実験

LIBSとSRSを利用した微粒子の元素組成を明らかにするため、まずは常温における無機塩の水溶液を利用して計測を行った。短パルスレーザーはナノ秒パルス、励起波長532nm、分光器はシングルモノクロメーターで、検出器はCCDカメラを利用する。構成は、光軸から角度をずらして前方散乱を観察するものである。励起レーザー波長532nmにおけるNaCl水溶液(1wt%)から、ナトリウムのD線(589nm)と、O-Hラマン散乱(650nm)スペクトルを観測した(図1)。レーザー強度を考慮すると、非線形にO-Hラマン散乱強度が増加していることから、このO-Hラマン散乱はSRSであると考えられる。高強度レーザーを利用すれば計測時間が短くなり、これまでのMRSよりも格段に高時間効率で微粒

子の化学組成、およびLIBSでRaman分光法の弱点である元素組成の同時計測が可能となる。

■まとめと今後

NaCl水溶液にレーザーを照射してSRS-LIBSの計測を行った。レーザー強度の変化に伴い、非線形にラマン散乱が増加していることからSRSが検出できること、水溶液中のナトリウムD線スペクトルが検出できることが解った。これらを踏まえ、今後はSRS-LIBS計測技術を氷床コア研究へ応用することを目指すものである。



【図1】NaCl水溶液のSRS-LIBSスペクトル(励起波長：532nm、検出器：ICCDカメラ利用時)

REPORT

第34回自由電子レーザー国際会議(FEL2012)報告

レーザーエネルギー研究チーム 李大治

■FEL2012が奈良にて開催

自由電子レーザー(FEL)国際会議は今年で34回目を迎える。今回は理研の大型放射光施設(SPring-8)と京都大学の共催で、8月26日～31日に奈良県新公会堂にて開催された。会議内容は、最近の傾向からX線およびテラヘルツ領域でのFEL開発に関するものが主流

であった。発表件数は口頭発表とポスターを合わせ約260件で、欧州諸国、米国、日本、中国、韓国、インドなど、世界中から集まった200人以上の研究者が最新の成果を披露した。

■X線FELの開発状況

アメリカSLAC国立加速器研究所では2009年以来、

山中千代衛



世界的昏迷と日本の立場

欧州は経済危機のさなかにある。ユーロの構造的欠陥がその原因である。米国も成長鈍化、失業、所得格差拡大などの構造問題が浮上、中国は政権移行を控え、将来像が見えない。インドは改革が失速して停滞気味。わが日本は膨大な財政赤字と20年にわたる経済不況の下政治の昏迷が輪をかけている。世界全体が停滞するなかで各国とも指導者は効果的な政策を打ち出すことも、また実行することもできない状況にある。「何かが深刻に間違っている」との意識があるのだが、その改革に向けた方策は見当たらず、次第に状況は悪化しつつある。世界的にどこも効果的な政策が打てずにいるのは何故か。

まず指導力の欠如が上げられる。英、仏、米、独、日本など先進国の指導者がほとんど変革を成し遂げられないでいる。まさに経済情勢が複雑化し、適切な政策対応を巡り意見が分かれているため、ミスを恐れて何もしないことが最善と考えられる状況に落ち込んでいる。実際従来の政策手段がもはや現実に対応できなくなっている。債務に過度に依存した財政を健全化するには長期の努力が求められる。一朝一夕には解決策は見当たらない。幾多の手順を踏むことを前提にした民主主義の政治システムは安定した時代には機能するが、現在のグローバル化の時代、変化の激しい状況ではなかなか十分に機能しない。困ったことだ。

今何が起きているのか、それが経済にどのような影響を及ぼすのか、多くの人が理解できない状況下、コンセンサスを構築することは難しい。政治家が政策合意に至れず議論ばかりして何の行動も取れないのは最早日常茶飯事である。その結果現在の危機に至るまでの十数年間、社会のリーダー達はシステミックリスクの上昇に気づかず、その失策を回避する政策もなかった。自己保身に走るリーダー達への信頼感は地に落ち、政府に対する失望が益々増大しつつある。

国のリーダーや官僚は現在直面する任務にいずれも力不足が問われている。だがより深刻なのは共有すべき価値や目標を喪失し、社会が一体感を保有しえない事態に立ち至ったことである。これを克服するため、目標を定め、責任の所在を明白にし、原因の究明とその解決策を掲げ、既得権益を打破する新しい勢力を結集することが不可欠であろう。

既成政党にはほとんど愛想がつきた昨今、日本の未来が心配でならない。国民は来たるべき総選挙において日本維新の会が投じるであろう第3勢力の影響を悉に見守りたいという心境にある。【名誉所長】

自己増幅自発放射(SASE)方式によるコヒーレントX線FEL(XFEL)の開発を行っているが、SASE方式では出力放射線の時間干渉性が弱く、これを改善するためセルフシーディング技術の導入を進めている。報告では、SASE光のバンド幅が従来の1/40~1/50に縮小できたとのことであった。日本のXFELは理研を中心に開発が進められ、2012年3月からは共用運転が開始された(XFEL施設SACLA)。現在5~15keV、100~400mJのX線レーザーパルスが研究者など外部ユーザー実験に提供されている。SACLAレーザーを発振した当初のパルスエネルギーは約30mJ(10keV)であったが、2011年秋には150mJを達成している。また加速器の安定性も改善され、強度変動は10~20%に抑えられているとのことであった。一方欧州では、現在ハンブルク(ドイツ)にXFEL施設を建設中である。2015年の完成後には、300eV~25keV以上の広範囲の波長域をカバーする応用性の高いXFELを提供できるとのことであった。また、最近提案された共振器型XFEL(XFELO)に関する研究報告もみられた。XFELOはシングルモードX線パルスを発振でき、高調波発生を備えた高い利得増幅器と結合させれば究極のX線発生装置の構築が可能になるとのことであった。

■テラヘルツFEL

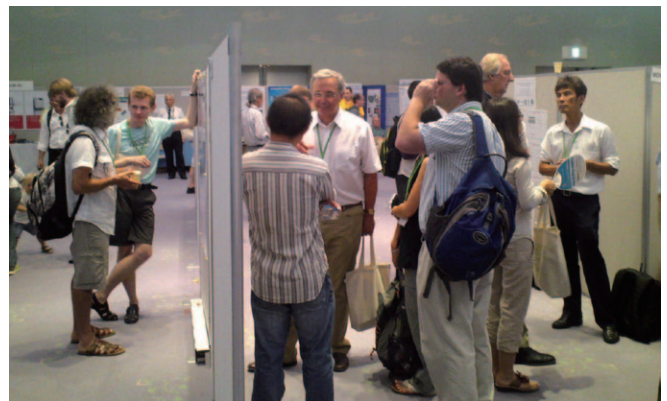
フリッツ・ハーバー研究所(ドイツ)では波長範囲4~500 μm のテラヘルツFEL施設が建造され、2012年2月にレーザー発振が初観測された。この装置は50MeVの電子ビーム及び光学モードの導波管を備えた7.2mの長い共振器を設置しており、今後表面科学や分子分光学に利用する予定とのことである。ナイメーヘン・ラートボウト大学(オランダ)のグループは、高磁場下の分光学および高解像度実験用のテラヘルツFELを開発している。この装置は100~1500 μm の波長範囲のパルスレーザーとして作動する。2011年6月に加速器と光共振器の建造を始め、9月にはレーザー発振を実現した。また波長100~1400 μm 間でのレーザー出力は設計値に到達したことが実証された。韓国原子力研究院ではマイクロトン加速器を利用したテーブルトップテラヘルツFELを開発中である。このシステムのサイズは1.6×2.3mとコンパクトで、波長400~600 μm 、平均出力は1Wを目標としているとのことであった。ノヴォシビルスクFEL施設(ロシア)では、CWエネルギー回収線形加速器(ERL)を基礎としたテラヘルツFELが建造されている。これは世界でただ一つのみ多重軌道ERLであり、3つの異なるFEL装置に電子ビームを供給する。平均出力およびピーク出力の最大値はそれぞれ500Wと1MWであり、波長は100~240 μm 間で調整が可能である。この施設は今後、生物学、化学、

物理学等様々な分野の研究に利用されるとのことである。一方、カリフォルニア大学はテラヘルツFEL装置を2台同時に構築することを計画している。1台目は光クライストロンをベースにして0.5~3THz、あるいは3~9THzの調整可能なseeded-FELであり、2台目はレーザー・プラズマ加速器からの電子ビームを利用し、3.3cmのアンジュレーターを備えたFELになるとのことであった。

■新方式FEL

ローレンス・バークレー国立研究所(アメリカ)から、レーザー・プラズマ加速器の実験報告があった。彼らは数10TWのレーザーパルスを使用して数cmのプラズマを発生させ、1 GeVの電子ビームを得ることに成功した。今後はPW級のレーザーを構築し、10 GeVの電子ビームを生成させる計画である。同時に電子ビーム品質も改善し、将来はFELに応用する予定とのことである。ロスアラモス国立研究所(アメリカ)の研究チームからは、新方式のガンマ線FELに関する報告があった。理論解析とシミュレーションから、光子エネルギー100 keVで作動するSASE-FELの第三高調波を用いれば300 keVのコヒーレントガンマ線光子の生成が可能であることが示された。また韓国原子力研究院からは、スミス・パーセルFELの発振電流を下げるため、欠陥を持つグレーティングを用いるという新たな構想が提案され、理論解析およびシミュレーション結果が報告された。一方、我々レーザー総研は、スミス・パーセルFEL発生に関する従来理論の不合理的部分を発見し、これらを修正した新しい理論を提案した。この理論はスミス・パーセルFELだけでなく進行波管および後進波管の領域にも適用可能であり、発表時には多くの注目を集めることができた。

次回は来年8月にニューヨークでの開催が予定されている。



【写真】ポスター発表時の様子

主な学会等報告予定

- 10月28日(日)~11月2日(金) アメリカ物理学会プラズマ部会(アメリカ・ロードアイランド州 プロビデンス)
砂原 淳 「Heating of the imploded plasma by fast ions in the fast ignition scheme」
11月3日(土)~9(金) 高速点火ワークショップ(アメリカ・カリフォルニア州 ナバ)
砂原 淳 「Heating of the imploded plasma by fast ions in the fast ignition scheme」
11月27日(火)~29日(木) International Conference on Frontiers in THz Technology(東大寺カルチャーセンター)
李 大治 「Theoretical analysis of grating-based radiation」