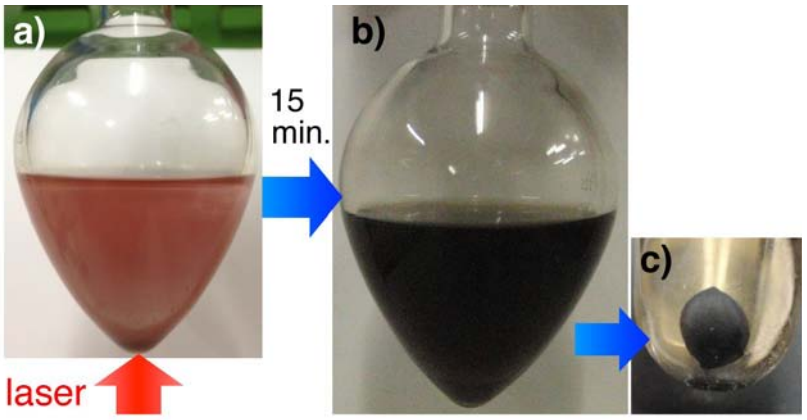
ISSN 0914-9805
Institute for Laser Technology
LASER CROSS レーザー・クロス
2012, Aug.
No. 293
創立25周年記念

CONTENTS

▌レーザーによる酸化鉄の還元とナノ粒子生成
▌CLEO2012国際会議報告
▌【光と蔭】エネルギー戦略の不毛
▌ILT創立25周年記念事業を開催
▌主な学会等報告予定




【表紙図】レーザー照射による酸化第二鉄の還元 (a)照射前、(b)15分照射後、(c)遠心分離後

# レーザーによる酸化鉄の還元とナノ粒子生成

レーザーバイオ化学研究チーム　谷口誠治
関西大学理工学部　佐伯 拓、岡田竹弘

## ■はじめに

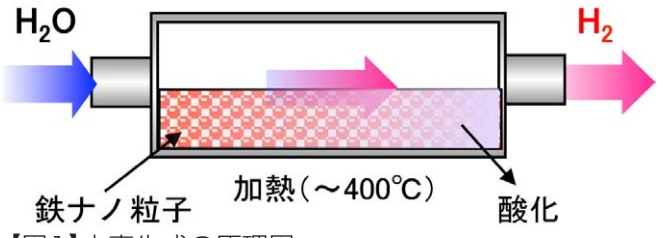
当研究所では、自然エネルギー利用技術開発の一環として、太陽光を直接レーザー光に変換できる太陽光励起レーザー装置の開発を行ってきた。またその応用の一つとしてレーザーによる酸化鉄の還元と水素発生源への応用に関する研究を進め、有機溶媒を用いた液中レーザーアブレーション法による酸化第二鉄($Fe_2O_3$)粉体(粒径<45μm)の還元およびナノ粒子化実験と物性評価を行った(レーザークロス No.281, 2011, Aug.)。本稿では、レーザー照射方式を改良して還元量を増やし、水素生成実験を実際に行った結果について述べる。

## ■レーザー照射方式の改良

これまでの実験では、ガラス容器内で原料粉体をスターラーにより撹拌しつつレーザーパルスを横方向から照射する手法を用いたが、この場合時間あたりの生成量が少なく、また還元鉄($Fe_3O_4$、FeOおよびFe)は磁性を持つためスターラーチップに付着する等の問題があった。これを改善するため、ナシ型フラスコを容器として用い、円錐状の底部からレーザー光を打ち上げる方式を用いることとした。粒径の大きな酸化鉄粉末はフラスコの底部に沈殿するため、レーザー光を試料に直接照射できる。また微細化した試料は溶媒内に分散するため、スターラーによる撹拌を必要としない。この方式により$Fe_2O_3$ (5mg)／アセトン(30ml)試料のナノ秒パルスレーザー(波長1064nm、光強度1W(100mJ/pulse))照射実験を行った。表紙図 (a)、(b) にそれぞれレーザー照射前、15分照射後の写真を示す。懸濁液は全て黒色化し、照射による酸化鉄の還元が起こっていることがわかる。また生成効率は従来の3倍以上(>20mg/Wh)となった。試料を遠心分離した写真を表紙図(c)に示す。堆積の中心部には灰色を呈する部分が見られており、還元による鉄(Fe)粒子の生成が確認できる。またその周囲には黒色の粒子が堆積した。鉄は酸化鉄と比べ比重が大きいため最初に堆積し、その上に$Fe_3O_4$(またはFeO)が堆積したものと考えられる。

## ■水素生成実験

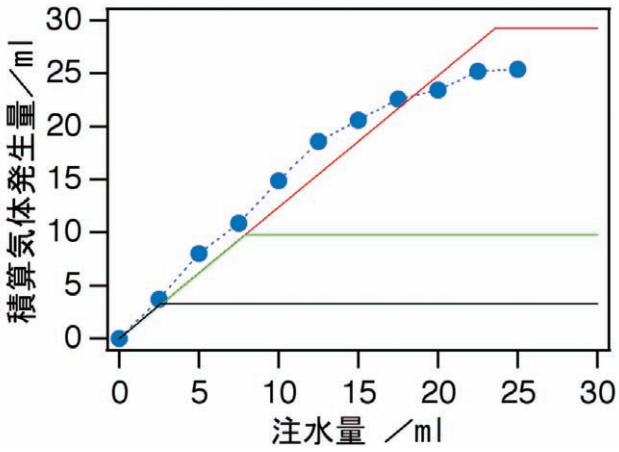
還元鉄ナノ粒子の水素発生能について検討するため、小型の水素発生装置を作成して水素生成実験を行った。原理図を図1に示す。酸素を除いた容器内に




【図1】水素生成の原理図

次ページへつづく▶

鉄ナノ粒子を入れ、加熱して水(水蒸気)を容器内に通して鉄ナノ粒子と反応させる。水は鉄の直接還元を受け水素と酸素に分解し、水素は気体として取り出すことができる。実験には 70mgの$Fe_2O_3$をレーザー照射した後の試料を用いた。装置を400℃に加熱し、水を少量ずつ加えながら発生した気体を水上置換法により回収、その容積を計測した。実験結果を図2に示す。水を25ml加えるまで気体発生は続き、全体で25.4mlの気体が生成した。ただしこの試料はFe、FeOおよび$Fe_3O_4$が混在しておりその存在比は明確ではないため、レーザー照射により$Fe_2O_3$からそれぞれの(酸化)鉄粒子のみが生成し、かつそれらが水との反応により全て$Fe_2O_3$に戻ると仮定した場合の水素生成量を見積もり、実験値と比較した(図中各実線)。その結果発生量が最も類似しているのはFeを仮定した場合であり、25mlの水を加えた時点で水素発生が終息する挙動においても定性的な一致を示す。このことから試料の組成は鉄が主であり、ナノ粒子化したことにより効率良く水素発生が起こっている可能性が高い。ただし、試料の多くの部分は黒色を呈していることからFeOあるいは$Fe_3O_4$も相当量含まれていると考えられ、また現状ではアセトンとの反応による炭化物の存在の有無についても明確ではない。今後、X線回折分析等による組成および構造分析、発生気体の分析等を進め、さらに定量的な検討を行う予定である。




【図2】水素生成実験結果(図中●、400℃)。図中実線はそれぞれ$Fe_2O_3$が$Fe$(赤)、$FeO$(緑)、$Fe_3O_4$(黒)に還元された場合の水素発生量の理論値

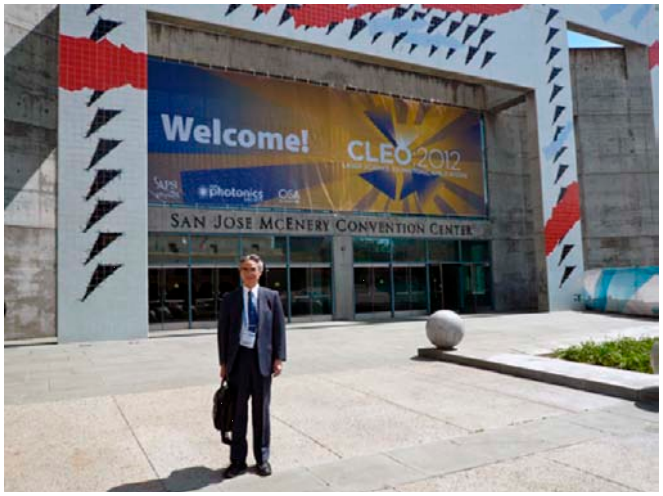


# CLEO2012国際会議報告

主席研究員　藤田雅之

## ◆CLEO2012開催される

去る5月7～11日、米サンノゼで、レーザー関連の国際会議であるCLEO2012 (the 2012 Conference on Lasers & Electro-Optics)が開催された。12年ぶりにCLEOに参加した。2000年当時に比べると、かなり規模が縮小していた。セッションのカテゴリーが、QELS-Fundamental Science, Science & Innovation, Applications & Technologyと3種類に分けられ、それぞれでパラレルセッションとなっていた。また、展示会場ではMarket Focus、Technology Transfer Programと称した講演会が設けられていた。基礎研究中心であったCLEOであるが、研究の出口を意識した会議へと変わりつつあると感じた。ただし、CLEOの"Applications"は基礎重視のScientific Applicationsが多く、Industrial Applicationsと呼べるものは少なかった。




【写真】会場前にて

## ◆コヒーレントビーム結合

VBG(Volume Bragg Grating)を用いたコヒーレントビーム結合の報告が2件(中央フロリダ大学CREOLと空軍研究所の共同研究)あった。CREOLは2台のファイバーレーザー共振器を反射型multiplexed VBG (MVBG)でビームを結合し出力ミラーを共有させた配置でコヒーレントビーム結合実験を行っていた。狭帯域のMVBGを用いた場合には発振波長がシングルピークとなる。ファイバーからのASE光はMVBGを透過してしまうためスペクトル純度が向上(>70dB)するというメリットがある。結合効率は91%と報告されていた。

空軍研究所は5台のMOPAファイバーレーザーを透過型MVBGでコヒーレントビーム結合する実験を行っていた。VBGでの回折角度は0°、±5°、±10°であった。各ビームに目印となる周波数変調を与え、結合され

たビームのFar Filedを1個のフォトダイオードでモニターしてフィードバックするLOCSET方式も併用している。VBGの温度上昇を避けるために低パワーで行った実験では結合効率89%を得ていたが、入力パワー314Wの時にはVBGの温度が115℃まで上昇し、結合効率は67%に、$M^2$は1.2から1.8に低下していた。これはVBGの無反射コーティングの不良によるもので、コーティングをやり直すことにより入力280Wで33.6℃の温度上昇に抑えられていた。

**◆大出力レーザーLIFE**

米国ではNIF(National Ignition Facility)でレーザー核融合のブレークイーブン実証を目指した研究が進められているが、その次のエネルギー発生を目指したレーザー装置の概念設計も行われている。繰り返し 16Hzで60年間の寿命を想定した経済的に成立しうるレーザーシステムが検討されている。LRU(Line Replaceable Unit)または"Beamline in a box"と呼ばれるコンセプトで、トラックで運搬して交換できるような2.2×1.4×10.5 $m^3$の箱の中に8.1kJ@16Hzで運転できる基本波の1ビームラインを詰め込む設計である。現場では電線や冷却配管、通信線をつなぐだけで使え、他のビームが稼働中でも交換作業が可能となっている。このようなユニット型の大出力レーザーは、核融合だけではなくレーザーピーニングのような産業応用やTHz～X線源、電子/陽子/中性子/重イオン源のドライバーとしての利用が可能となる。

**◆IPGのファイバーレーザー**

展示会場でのIPG社ブースでは、Photonics Westから大きな進展は見られなかった。新製品として、波長532nmでパルス幅1ns、ピークパワー50kW、平均パワー50Wのパルスグリーンレーザーや、パルス幅70ps以下、パルスエネルギー30μJ、ピークパワー1MW、平均パワー20Wのピコ秒レーザー、200WのQCWシングルモードレーザー(QCWパルスモードで平均パワー150W、ピークパワー1.5kW、パルス幅0.2～50ms、パルスエネルギー15J)が紹介されていた。また、preliminaryとして波長355nmでパルス幅1ns、ピークパワー5kW、平均パワー5Wの紫外パルスレーザーが紹介されていた。kWクラスの溶接用CWファイバーレーザーから微細加工用の短波長パルスファイバーレーザーへとラインナップが拡充してきている。

より詳細な会議報告は賛助会員専用ホームページに掲載しています。

山中千代衛 ……184

# エネルギー戦略の不毛

1980年代石油ショックの時代、わが国では将来のエネルギー資源の確保を目指して政官財学の連携が見られ、大学関連の文部省、原子力基礎開発の科学技術庁、エネルギー政策の通産省資源エネルギー庁なども動燃を中心に産業関連の役所としてそれぞれの持ち分に応じ、バランスよく対策を立ててきた。

太陽電池では半導体技術をベースにわが国の技術は突出していたし、メタンハライド研究でも大学で研究がすすみ、原子力も輸入技術ではあったが一応自家のものとなり、核融合に至っては磁場核融合も慣性核融合も世界のトップレベルにあった。

地熱、風力、潮力発電も研究がすすんでいた。福田赳夫内閣では世界の次世代のエネルギーを技術立国の日本が担うのだとの意気込みで戦略を推進した。

時代が下って核融合のITER計画はフランスに持っていかれ、レーザー核融合には予算が続かず、輸入技術である原子炉のみに力点が集中されるようになって了った。かつての多様性は失われ原子力発電一本槍に向かっていった。

3・11の大地震と津波により福島第一原子力発電所はメルトダウンの大事故をしでかし原子力発電は窮地に立たされている。

太陽電池先進国の日本はその育成計画に失敗し、一方ドイツでは固定価格買取制度を導入し普及に成功したが、価格設定が割高となり自国の太陽電池メーカーQセルズは一時は世界最大メーカーになったが、中国の台頭と共に大量生産のみが決め手となり、次第に追いつめられ倒産してしまった。

ところが今度日本は何を考えたか1kWh42円で買取政策をとり始めた。みすみす中国の餌食になること火を見るよりも明らかである。

今こそJapan as No.1の1980年代の原点に戻り、やがて枯渇するエネルギー資源に新技術による代替エネルギーを開発し、世界の寵児たるべく努力したいものだ。レーザー核融合の未来を見失わぬよう願いたいと思う。

【名誉所長】

# ILT創立25周年記念事業を開催

当研究所は1987年の創立以来、本年で創立25周年を迎えることとなりました。これを記念し、当研究所では以下のような記念事業を実施致しました。

## ■平成23年度研究成果報告会

【写真1】研究成果報告会

今年の研究成果報告会は、創立25周年記念事業の一環として7月5日に東京・KKRホテル東京、7月18日に大阪・千里ライフサイエンスセンターにて開催し、「CFRPのレーザー微細加工」や「レーザーコンクリート欠陥検査」など、当研究所の最新の成果を発表しました。両会場とも70名以上のご参加があり、熱心な質問やご意見をいただきました。

## ■創立25周年記念講演会

7月18日午後、大阪千里ライフサイエンスセンターにて記念講演会を開催し、100名を越える皆様方にご出席いただきました。はじめに井澤靖和所長より「レーザー総研25年とレーザー産業」と題し、レーザー総研の研究概要やレーザー産業とわが国の現状、新しい産業について講演を行いました。続いて、光産業創成大学院大学加藤義章学長より「レーザー科学研究の将来」というテーマで記念講演を賜りました。文部科学省「最先端の光の創成を目指したネットワーク研究拠点」プログラムの下で実施されている最新の研究成果を中心とした光科学研究の現状と、さらなる光科学技術振興をめざす施策と視点転換の重要性などを明快に示していただきました。

【写真2】井澤所長による開会挨拶(左)、加藤義章学長による記念講演(右)

## ■「泰山賞」贈呈式

記念講演会に先立ち、今年4回目を迎えた「泰山賞」の贈呈式を行いました。今年度は下記の両氏が受賞され、橋本徳昭理事長より賞状ならびに副賞を贈呈致しました。

【レーザー功績賞】豊田浩一氏
レーザーマイクロプロセスの研究とレーザー科学技術の発展に対する貢献

【レーザー進歩賞】渡部俊太郎氏
超短パルス高強度レーザーとコヒーレント短波長光発生に関する先駆的研究

【写真3】泰山賞贈呈式(左から橋本理事長、豊田浩一氏、渡部俊太郎氏、井澤所長)

## ■記念誌「レーザー総研25年の進歩」

25周年を記念して「レーザー総研25年の進歩」を刊行しました。ILTホームページ(http://www.ilt.or.jp)よりダウンロードしていただけます。

## 主な学会等報告予定

9月11日(火)～14日(金)　応用物理学会　秋季大会　(愛媛大学・松山大学)
染川　智弘「水溶存ガスの遠隔計測に向けたラマンライダーの開発」
ハイク　コスロービアン　「大出力レーザーシステムのための単一光検出器による多チャンネルコヒーレントビーム結合」
本越　伸二「超短パルスレーザーによる光学薄膜のレーザー損傷(3)」
古瀬　裕章「低温冷却Yb:YAG　TRAM増幅器の寄生発振機構」
古河　裕之「多次元のレーザーピーニング統合シミュレーションコードの開発」

9月11日(火)～14日(金)　The High Energy Class Diode Pumped Solid State Lasers (HEC-DPSSL)　(Lake Tahoe アメリカ・カリフォルニア州)
古瀬裕章　「Recent progress of 1J, 100 Hz GEMBU-kid laser system」

9月23日(火)～26日(金)　Laser Damage Symposium 2012 (Boulder アメリカ・コロラド州)
本越　伸二「Laser-Induced Damage Thresholds for 355-nm AR Coatings on LBO Crystals」
本越　伸二「Database on Damage Thresholds for AR and HR Coatings in UV Region」



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)