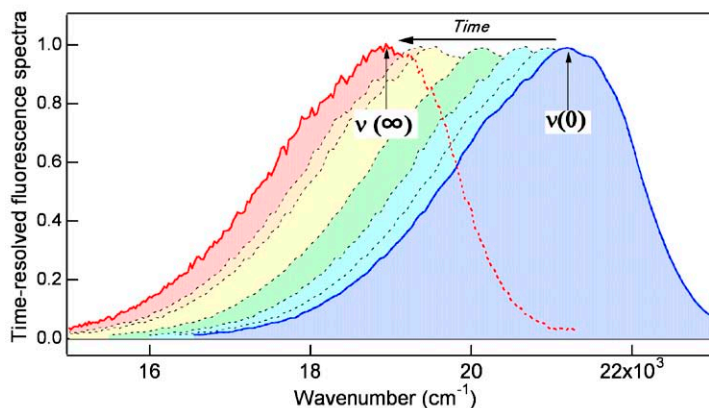
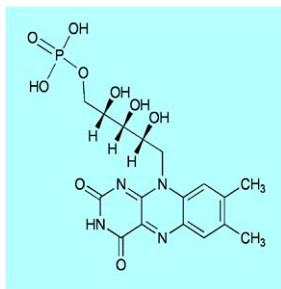


CONTENTS

- C1蛋白質の超高速光励起ダイナミクス
- レーザー核融合液体炉壁の剥離模擬実験
- 【光と蔭】歲月人を待たず
- 第7回土木分野における非破壊検査国際シンポジウムに参加
(7th International Symposium on Non Destructive Testing in Civil Engineering)
- 主な学会等報告予定



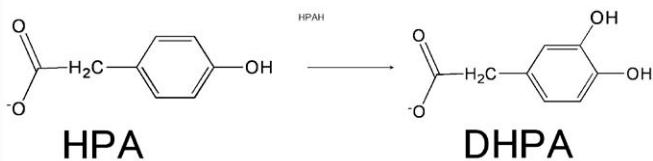
【表紙図】C1蛋白質中のFMN(flavin mononucleotide)の分子図とFMN蛍光のスペクトルシフト

C1蛋白質の超高速光励起ダイナミクス

レーザーバイオ科学研究チーム コスロービアンハイク、谷口誠治、又賀昇

■はじめに

アシネトバクター菌の一種である *Acinetobacter Baumannii* は、p-ヒドロキシフェニルアセテート (PHA) を酸化還元により3,4-ジヒドロフェニルアセテート (DHPA) へと水酸化する酵素 (PHAヒドロキシラーゼ (HPAH)) を持つ (図1)^[1]。この反応は材木中の木質素



【図1】HPAの水酸化反応

(リグニン) を分解する初期段階であると考えられている。HPAHは、2つの蛋白質ユニットからなり、還元を引き起こすユニットをC1蛋白質、酸化を引き起こすユニットをC2蛋白質と呼ぶ。C1蛋白質は電子供給源としてFMN (Flavin mononucleotide) を持つため、青色光の吸収による光反応を示す可能性がある。我々はこれまで、蛋白質および種々の光反応性分子群について、主にフェムト秒レーザーを用いた蛍光分光計測を用いて高機能の光機能性分子の開発に向けた研究を行ってきた (Laser Cross No229 No.236等) が、今回C1蛋白質の超高速光励起過程について検討し、興味深い挙動が見られたので報告する。

■C1蛋白質のフェムト秒蛍光ダイナミクス

図2に、フェムト秒蛍光計測 (励起波長410nm、時間分

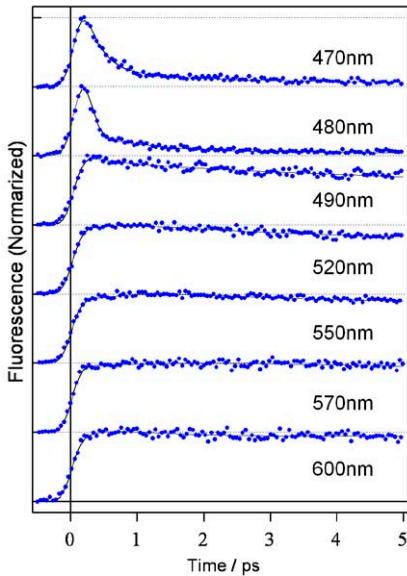
解能~200フェムト秒) により観測したC1蛋白質水溶液の各観測波長での蛍光ダイナミクスを示す。スペクトルのピーク波長 (~520nm) の短波長側 (470-490nm) で光励起直後の急速な蛍光減衰 (decay)、長波長側 (550-600nm) で立ち上がり (rise) が観測され、光励起後スペクトル全体が長波長側にシフトすることを示している。この効果は、溶質分子の光吸収による電子分布の変化に伴い周囲の溶媒分子の相対的な配向がエネルギー的に最も安定になるように変化する、溶媒和効果と類似している。溶媒和は溶液中の分子 (溶質) で通常見られる現象であるが、蛋白質では発色団がアミノ酸に周囲を取り囲まれているため、溶媒分子としての水の効果は殆どないものと考えられてきており、このような効果が観測された例は非常に稀である。

■C1蛋白質の蛍光スペクトルシフトの解析

C1蛋白質の蛍光スペクトルシフトの要因について検討するため、蛍光ダイナミクスのフィッティング曲線から、光励起後の各時間 ($t=0 \sim \infty$) での蛍光スペクトルを再構成し (表紙図を参照)、C1蛋白質と水溶液中の分子の蛍光スペクトルシフトの時間 (溶媒和時間) の比較を行った。結果を図3に示す。C(t) はスペクトルシフトの相関関数^[2]であり、下式で示される。

$$C(t) = \frac{\nu(t) - \nu(\infty)}{\nu(0) - \nu(\infty)}$$

$\nu(0)$ 、 $\nu(\infty)$ はそれぞれ $t=0$ 、 ∞ (平衡時) での蛍光スペ



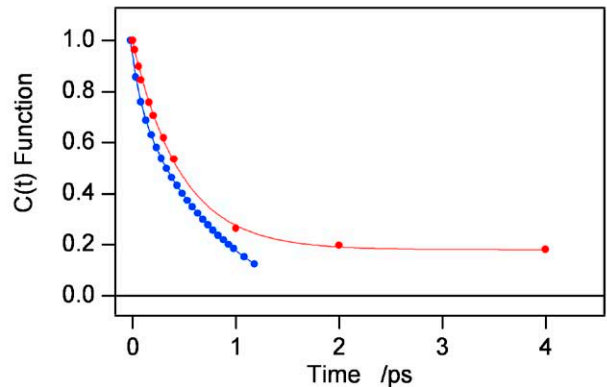
【図2】C1蛋白質のフェムト秒蛍光ダイナミクス

クトルの極大波数 (cm^{-1}) を示す。水の溶媒和時間の算出にはp-クマル酸水溶液を用いている。光励起直後のC(t)の減少は両試料で類似していることから、C1蛋白質ではFMNが水の溶媒和効果を受けている、つまりFMNが蛋白質表面上に(一部)露出していることを示していると考えられる。一方、C1蛋白質では通常の溶媒和とは異なった更に長い寿命成分(寿命 ~ 250 ピコ秒)が見られる。同様の結果は蛋白質表面のアミノ酸(トリプトファン)においても観測されている^[3,4]ことから、蛋白質表面では水分子-蛋白質間で水素結合等の相互作用が働いており、水分子は通常よりも遅い配向変化を示すものと考えられる。

■まとめ

C1蛋白質のフェムト秒蛍光ダイナミクスの観測から、発色団(FMN)が表面上に露出している等蛋白質の溶液中での蛋白質構造に関する知見が得られた。また、

ククトルの極大波数 (cm^{-1}) を示す。水の溶媒和時間の算出にはp-クマル酸水溶液を用いている。光励起直後のC(t)の減少は両試料で類似していることから、C1蛋白質ではFMNが水の溶媒和効果を受けている、つまりFMNが蛋白質表面上に(一部)露出していることを示していると考えられる。一方、C1蛋白質では通常の溶媒和とは異なった更に長い寿命成分(寿命 ~ 250 ピコ秒)が見られる。同様の結果は蛋白質表面のアミノ酸(トリプトファン)においても観測されている^[3,4]ことから、蛋白質表面では水分子-蛋白質間で水素結合等の相互作用が働いており、水分子は通常よりも遅い配向変化を示すものと考えられる。



【図3】C1蛋白質(赤線)と水(青線)のスペクトルシフトの相関関数(C(t))の時間変化

FMNの蛍光スペクトルシフト時間の解析から、蛋白質表面上では通常の溶媒としての水以外の相互作用が働いていることが示された。しかしながらその詳細については現在明らかではなく、この効果と蛋白質の溶液中での溶存状態や機能性との関連性等について明らかにしていくことが今後の課題である。

本稿における研究は、田中 文夫教授(Mahasarakham大)、Chaiyen Pimchai教授(Mahidol大)らの研究グループから試料の提供を受けた。ご協力に感謝します。

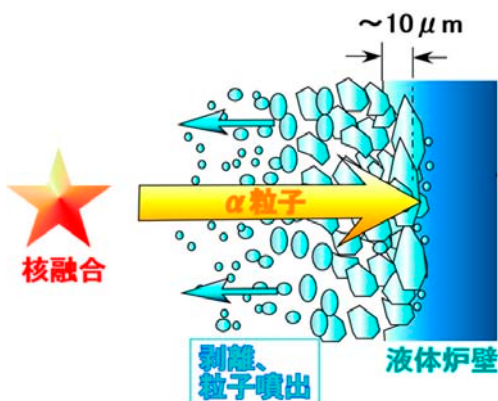
参考文献：

[1] Sucharitakul, J.; Chaiyen, P.; Entsch, B.; Ballou, D. P. *Biochemistry* 2005, 44, 10434-10442.
 [2] Bagchi, B.; Oxtoby, D. W.; Fleming, G. R. *Chem. Phys.*, 1984, 86, 257-267.
 [3] Peon J.; Pal S. K.; Zewail A. H. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 2002, 99, 10964-10969.
 [4] Li, T.; Hassanali, A. A.; Kao, Y.-T.; Zhong, D.; Singer, S. J. *J. Am. Chem. Soc.*, 2007, 129, 3376-3382.

レーザー核融合液体炉壁の剥離模擬実験

レーザー加工計測研究チーム 島田義則

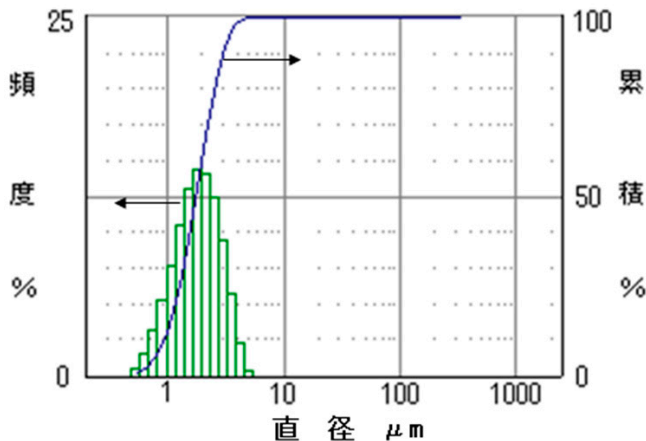
大阪大学レーザーエネルギー学研究中心 倉橋慎理、乗松孝好



【図1】液体炉壁の剥離概念

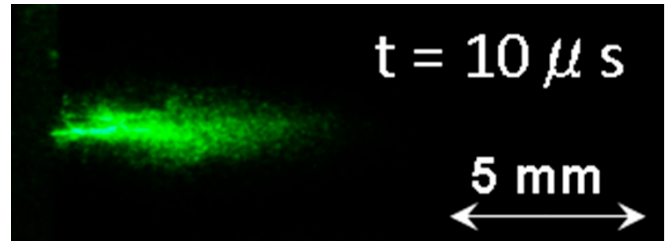
■核融合反応生成物質α粒子による液体炉壁の剥離

レーザー核融合発電は水素を燃料としてエネルギーを発生させるため、CO₂ガスや核廃棄物を出さないクリーンなエネルギー源として研究が進んでいる。核融合は液体炉壁チャンバー内部で水素を充填したターゲットにレーザーを照射して爆縮させることにより核融合を起こす。その反応で発生した中性子やα粒子は液体壁で熱化される。中性子は飛程が長く液体壁の十分な厚さを利用して熱化される。一方、α粒子は飛程が短く7～10ミクロン程度であり、特に粒子が停止する付近に最も大きなエネルギーを放出するため、表面付近よりも内部が熱を持ち、内部から液体壁が剥離



【図2】飛翔する鉛粒子の粒径頻度分布

し始め、真空チャンバー内に粒子として放出される(図1)。この現象はチャンバー内の真空排気の効率を低下させることや、粒径が大きい場合には対向の液体壁まで到達して2次粒子の生成に繋がるなどの問題が生じる。このため、液体炉壁のシミュレーション(レーザークロスNo.251)や電気加熱などによる鉛(液体炉壁材料)の噴出実験などが行われてきた。本稿ではパンチアウ

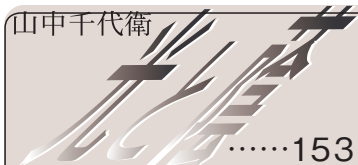


【図3】パンチアウトされた鉛の飛翔状態

ト法を用いて液体炉壁の噴出過程を再現し、粒径、速度などを明らかにした。

■液体炉壁の剥離模擬実験

パンチアウト法は、ガラス表面に液体炉壁の主材料である鉛を5ミクロン蒸着し、ガラス側から α 粒子と同じエネルギーを照射して蒸着された鉛を噴出させた。この方法はレーザークロス No.227,235,244にも記述されている。図2は飛翔する鉛粒子の粒径頻度分布を粒度分布計を用いて測定した結果である。粒径は0.5から8ミクロンに分布し、2~3ミクロンが最も多い。図3にレーザー照射後10マイクロ秒後の鉛粒子の飛翔状態をレーザー散乱計測法で観察した写真である。小さな粒子が速度分布を持って飛翔していることが分か



歲月人を待たず

今年も早くも秋の彼岸が過ぎ、10月を迎えようとしている。歳をとるほど時のたつのが速く感じられる。

去る8月30日の総選挙で自民党から民主党に政権が移行し、わが国の政治も変わろうとしている。鳩山由紀夫首相はニューヨークで9月21日からの国連総会に出席し演説をこなすとともに、米国オバマ大統領との会談をはじめ各国首脳と対話を交わしわが国の先進的な環境対策CO₂25%削減と核兵器廃絶を訴え日本がチェンジしたことを鮮明に印象づけた。

小沢一郎民主党幹事長は英国に出張し目下のところ音なしの構えであるが、国内では新任なりたての各省大臣が民主党のマニフェストに沿ってチェンジ競争を繰り広げている。岡田克也外相は核密約の真相を明らかにしようと調査チームを作り、前原誠司国交相はハツ場ダム工事見直しをはじめJAL再建問題にメスを入れようとしている。亀井静香金融相は借金減免のモラトリアム導入を急ぎ波紋を引き起こし、しずかにはしていない。

長妻 昭厚労相はコストカッターとして事業の洗い出しを命令し、川端達夫文科相は無駄な設備を排除すべく施設整備費点検のため東京海洋大学などを訪れた。この経費は研究機器の購入にも使われるので判断が悩ましいところである。先端研究支援と称して総額2700億円を30人の研究者に90億円ずつ配る計画は拙速もいいところ選考期間30日で決定した。研究支援を緊急経済対策と混同した処に前政権の誤断がある。さしずめ著名研究者に集中配分しても新しい夢は生まれぬ。ここにもチェンジが求められる。

これらの新政策は凄まじい軋轢をうむなかで今までにないスピードを持って突進し正面突破を計ろうとしている。この動きは国民に新鮮な驚きを与えている。

自民党の下での官僚主導の政治体制を改め利権誘導型の行政を根底から変える手法にはまさにTime and tide wait for no manの趣がある。これからの展開は鳩山首相のいう「未知との遭遇」である。果たして鳩山イニシアチブが成功するかどうか。その決意と実行力をハラハラしながら見守っているというのが正直な感想である。

「時に及んで当に勉励すべし、歲月は人を待たず」だ。

【研究名誉所長】

る。平均飛翔速度は約500 m/sであった。

■今後の課題

上述の結果では剥離して飛翔する粒子の直径は2～3ミクロン程度であるが、シミュレーションから推測される粒径は50nmで大きな違いがある。実験では固

体鉛を使用したことやレーザービームパターンが均一でない等の要因がある。今後は鉛を加熱して液体状にしてパンチアウト実験を行うことやビームパターンの均一化を図り、シミュレーションとの比較を行っていく。

REPORT

第7回土木分野における非破壊検査国際シンポジウムに参加 (7th International Symposium on Non Destructive Testing in Civil Engineering)

レーザー加工計測研究チーム オレグ コチャエフ



【写真】会場入口

標記のシンポジウムがフランスのナントで6月30日から7月3日の4日間で、フランス土木工学研究所やフランス非破壊検査学会等の主催で行われた。参加者は26カ国、140人以上であった。会合では特別講演、一般講演、および展示会が行われた。一般講演のセッションは材料や構造物の特性評価、非破壊検査の最先端技術、および構造物の維持と信頼性評価のための非破壊検査技術等があった。

筆者の発表“Laser-based non-destructive location of defects in concrete using standing lamb waves and impact echo”は、7月2日に「Surface waves」のセッションで行われた。この発表はセッションの中で最も多くの関心を集めた。発表が開始と同時に聴衆が集まり、会場はほぼ満員の状態となった。質問は、検出できる欠陥の深さや走査速度、なぜダイナミックホログラムを使うのか、コンクリート表面の前処理は必要か、な

ぜ炭酸ガスレーザーを用いるのか等、組織委員長のO.アブラハム博士をはじめ、ドイツ、スペイン、メキシコ、および中国の研究者からあった。筆者の発表はセッションの最後であったため、長時間にわたり質疑応答が続いた。

シンポジウムで興味深かった研究について報告する。ほとんどの発表は接触式の非破壊検査技術であった。

Laboratoire Central des Ponts et Chaussees (France)のO.アブラハムらは、機械的な衝撃をコンクリートに与え、その衝撃波エコーをレーザー干渉計で検出して内部欠陥を計測するロボットを開発した。彼らの装置はコンクリートに接触した状態で計測する必要があることや反射光量を増加させるためにコンクリート表面に反射テープを取り付ける必要があるなど計測する際の制限がある。

次に、興味深い結果はBundesanstalt für Materialforschung (BAM Germany)のマーチン・クラウジーらによって報告された。彼らは24チャンネルあるいは40チャンネルの検出器を縦横2次元に配置し、3次元のトモグラフィ計測を行った。この装置で内部欠陥を立体的に可視化することに成功した。また、彼らはP波ではなくS波を用いて計測を行った。この情報は今後の我々の研究に有用であると思われる。

最後に、筆者らの研究は非接触かつ遠方から探傷できる特徴があり、他の研究機関では行われていないユニークなものであることを再確認した。引き続き研究を進めていく所存である。

主な学会等報告予定

- 11月2日(月)～5日(木) ICALEO2009 (Orlando, FL USA)
藤田 雅之「Debris-Free Low-Stress Laser Dicing for Multi-Layered MEMS Wafer」
- 11月2日(月)～6日(金) 51st Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics (Atlanta, GA USA)
砂原 淳「高速点火コーンターゲット内のプレプラズマ生成」
- 11月27日(金) 応用物理学会 第114回微小光学研究会(大阪大学)
佐伯 拓「太陽光励起高出力固体レーザーとその応用」