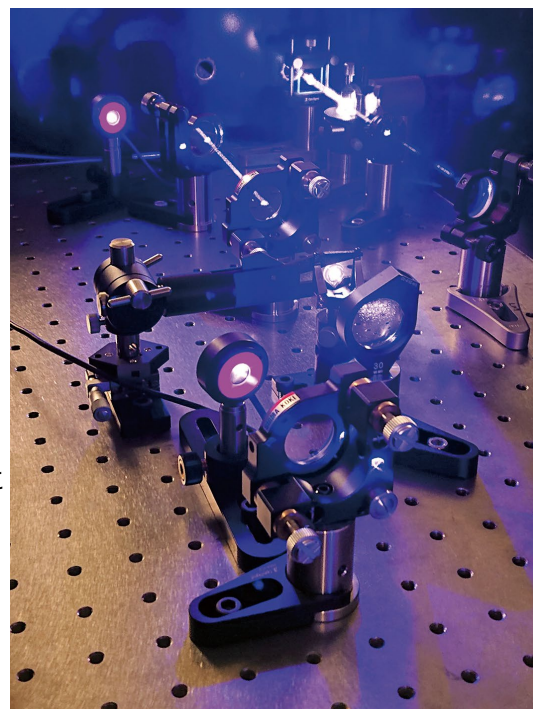


【表紙図】青色レーザー光による光学素子評価の様子

青色レーザー光に対する 光学素子の耐光性評価

青色半導体レーザー(LD)はブルーレイディスク装置をはじめ、照明、プロジェクターなど、多くの身近な装置に利用され、高出力、高輝度化も年々進んでいる。これまでの近赤外、赤色LDとの違いは、短波長による微小集光、高光子エネルギーにある。銅材料は高い反射率、熱伝導率を持つため従来の近赤外域のCWレーザー光源では加工が困難であった。しかし、銅材料の吸収係数は波長600 nm以下で急激に増加することから青色LDでは直接加工が可能になり、すでに3kWの加工用青色LD装置が製品化されている。

レーザー光の高出力化に伴って、装置内で使用される光学素子のレーザー損傷や寿命が課題となる。CWレーザー光に対する光学素子の損傷は光吸収と加熱による熱的損傷として説明される。また、紫外光の場合、フォトダークニングやカラーセンターなど光子エネルギーによる欠陥が生成されることが知られている。青色LD光の場合、光子エネルギーは光学材料のバンドギャップエネルギーに比べて小さい。しかし、2光子



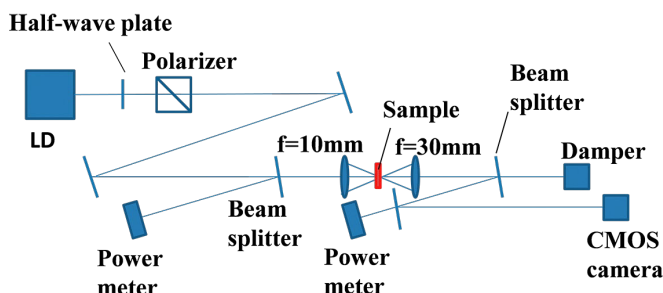
レーザー技術開発室 本越伸二

吸収過程で容易にバンドギャップエネルギーを超えることができる。そのため、同じ1 kWのパワーでも、青色LD装置に使用する光学素子では、欠陥生成による劣化が危惧される。

ILTでは、波長439nmの青色LD装置を用い光学素子の耐光性試験が可能な光学系を構築し評価を開始した。本稿では、透過率の異なったNDフィルターや、光学ガラス基板について試験結果の現状をまとめた。

●青色LD光照射光学系

評価用光源には、波長439nm、出力4.1Wの青色LD装



【図1】青色レーザー光による光学素子評価の光学配置



青色レーザー光に対する光学素子の耐光性評価

置を使用した。試験の様子を表紙図、光学配置を図1に示す。レーザー光をコリメートし、1/2波長板と偏光ビームスプリッタを透過させた後、焦点距離10mmの短焦点レンズにより試料表面に集光照射した。合成石英ガラスウェッジ板の表面反射光をパワーメータで計測することにより、試料透過前後のレーザー光パワーを計測し透過率変化を評価した。また今後熱歪み等を評価するために焦点距離30mmのレンズを用いて、試料上のビーム像をCMOSカメラ上に像転送した

評価試料には、濃度の異なった5種のNDフィルター(ND5、ND10、ND25、ND50、ND70)と、白板ガラスとBK-7の2種類の光学ガラスを用意した。すべての試料厚さは2mmで、照射レンズ焦点が試料表面になるように設置した。照射時間は2時間に固定した。但し、照射開始10分間はレーザー装置のパワー変動が大きかったため、照射開始10分後の透過率で規格化し変化を求めた。

●NDフィルターの透過率変化

照射パワー密度約130kW/cm²で照射したときのNDフィルターの透過率変化を図2に示す。高濃度試料ND5は照射開始後すぐに損傷が発生したため透過率変化は評価できなかった。濃度に関わらずレーザー照射に伴い透過率が低下することが分かった。またその変化の割合は、濃度が濃い試料ほど大きい。NDフィルターは添加する金属イオンの濃度により透過率を変えている。金属イオンの吸収係数の温度依存性や、イオ

ンの価数変化が透過率変化に影響を及ぼす。そのため、濃度が高い(低透過率)フィルターほどレーザー照射に対して透過率変化が大きかったと考えられる。また、照射終了後時間を空けて透過率を評価したが初期透過率まで回復しなかったことから、単に温度上昇による透過率変化ではなく欠陥生成等による材質の変化が生じていると考えられる。

●透明ガラス基板の透過率変化

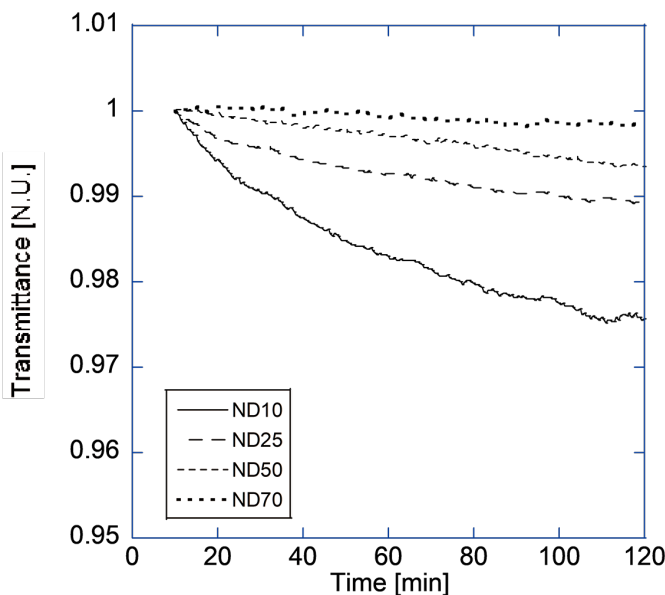
白板ガラスとBK-7ガラスに対してパワー密度約230kW/cm²で照射したときの透過率変化を図3に示す。図2および図3と縦軸のスケールが異なる。どちらの光学ガラスにおいても2時間照射に対して約0.3%の低下であった。不純物の少ない光学ガラスでは、高い耐光性を持つことが分かる。しかしながら、わずか2時間でも0.3%の変化があり、実使用で長時間レーザー光にさらされることを考慮すると注意が必要であることが分かる。

●今後の展望

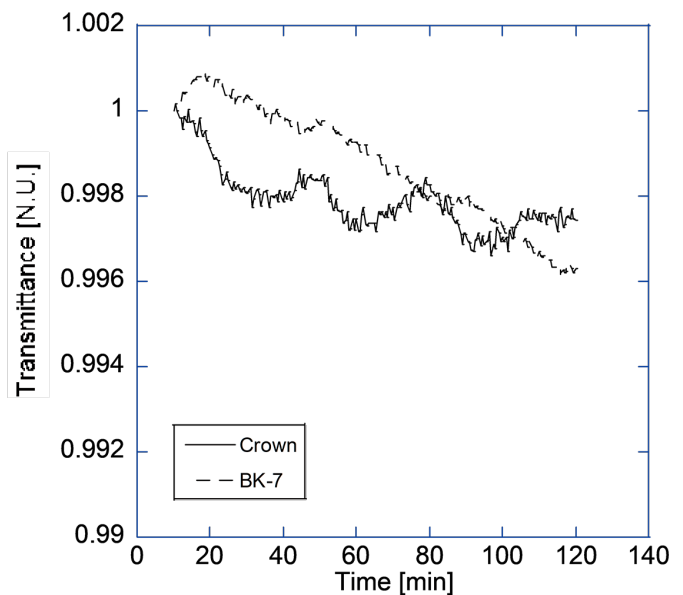
高出力化が著しい青色LD光に対する光学素子の耐光性試験を開始した。素子の温度上昇による特性変化に加え、欠陥生成等による材料の変質が起こっていると考えられる。今後、照射パワーの増大を図るとともに、種々の材料、コーティングについて評価を行い、高耐光性・長寿命の光学素子開発を進めたい。

謝辞

本研究は、大阪大学レーザー科学研究所と近畿大学大学院総合理工学研究科との共同研究にて実施された。



【図2】レーザー照射時間に対するNDフィルターの透過率変化(130kW/cm²)



【図3】レーザー照射時間に対する光学ガラスの透過率変化(230kW/cm²)

レーザー計測によるD-アミノ酸酸化酵素の機能抑制効果の研究

レーザーバイオ化学研究チーム 谷口誠治、ハイク コスロービアン
特別研究員 田中文夫

■D-アミノ酸酸化酵素(DAAO) の役割

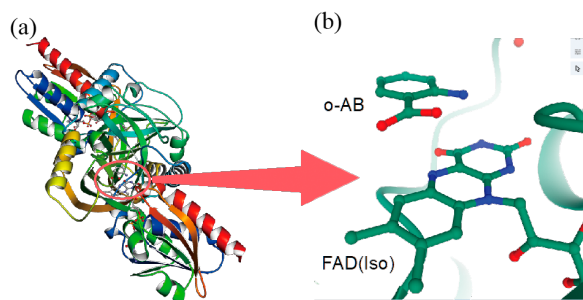
細菌類から哺乳類までさまざまな生体を持つD-アミノ酸酸化酵素(以下DAAOと表記)は生体内でD-アミノ酸(D-セリン)を選択的に取り込み代謝(D-イミノ酸に分解)する機能を示す。近年、福井ら(徳島大)は統合失調症患者の脳内D-アミノ酸濃度がDAAOの異常活性により通常よりも低下していることをつきとめた。また、機能抑制剤を投与しDAAOとの間で錯体を形成させることで代謝が抑制され、脳疾患の治療に有効となる可能性があることを示した^[1]。この報告は、これまで明らかではなかったDAAOの役割を明確にするだけでなく、さまざまな脳疾患に対する治療薬開発の足がかりとなるという点で重要な意義を持つ。

治療薬開発などの応用を進めるには、DAAOの機能メカニズムの詳細や、種々の薬剤分子との反応性などを明確にすることが重要となる。当研究所ではこれまで、パルスレーザーを用いたフェムト秒蛍光計測(蛍

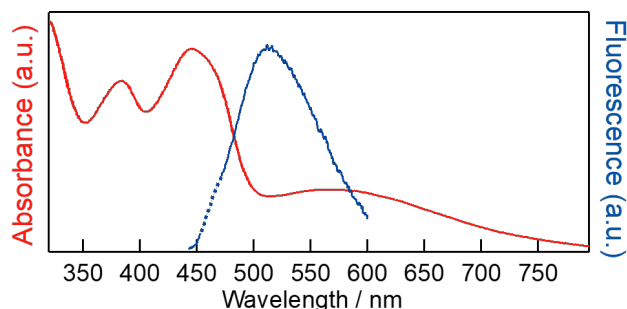
光アップコンバージョン)法によりその機能メカニズムについて検討し、実際に酵素が機能する液相中においてDAAOが複数の蛋白構造を持ち、それぞれの構造種で代謝能力が異なる可能性を示した^[2]。本稿では、薬剤との反応性について検討することを目的に、模擬分子として2-アミノ安息香酸(以下o-ABと表記)を用い、o-ABをDAAOに内包させた複合体(DAAO-o-AB複合体、以下複合体と表記)の時間分解蛍光計測を行った結果について報告する。

■DAAO複合体のフェムト秒蛍光計測

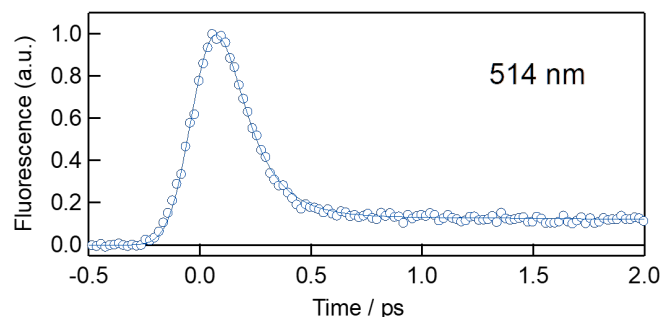
実験に用いた試料は熊本大学大学院生命科学部から提供を受けた^[3]。複合体の結晶構造解析結果およびFAD近傍の立体配置を図1に示す。o-ABはDAAOの補因子であるフラビンアデニンヌクレオチド(FAD)を構成する分子(イソアロキサジン(Iso))のごく近傍に位置していることがわかる。図2に複合体の水溶液中での吸収スペクトルを示す。565 nmにピークを持つ幅広い吸収帯が顕著に観測されており、複合体は液中にいて高い比率でCT(Charge Transfer)錯体を形成している。CT錯体は、o-ABとIso間の π - π 電子相互作用により電荷の一部がo-ABからIsoに移ることにより形成される。図2には複合体の蛍光スペクトル(励起波長410 nm)を併せて示した。514 nmにピークを持つ蛍光帯がわずかに観測された。この蛍光帯はDAAOのみの試料のスペクトル^[2]と形状が類似していることから、CT錯体とは異なる構造の複合体が存在する可能性が



【図1】(a)DAAO - o-AB複合体全体の結晶構造、
(b)補因子 FAD(Iso)周辺の構造を拡大表示したもの



【図2】DAAO - o-AB複合体の吸収スペクトル(赤線)と
蛍光スペクトル(青線、励起波長410 nm)



【図3】複合体のフェムト秒蛍光データ(○)と指数関数
によるフィッティング曲線(励起波長410 nm、観測波
長514 nm)

ある。図3に観測波長514 nm(蛍光帯のピーク波長)におけるフェムト秒蛍光計測の結果を示す。寿命130 fsの超高速減衰成分が明確に観測された。DAAOのみの場合にはIsoの励起状態と周囲のアミノ酸残基(チロシン)との光誘起電子移動反応による消光過程を示し、蛍光は寿命3.7 psと38 psの2成分指数関数で減衰する^[2]。これに対し複合体では、o-ABはIsoのごく近傍に位置しているため、Isoの励起状態とo-ABの間でさらに高速(寿命130 fs)の電子移動反応が起こるものと考えられる。一方上記したようにCT錯体の形成も同時に観測されており、このことから水溶液中における複合体の蛋白構造は、Isoとo-ABがCT錯体を形成する構造と、相互作用が小さくCT錯体を形成しない配向を持つ構造の2種存在するものと考えられる。複合体がCT錯体を

形成する場合には、o-ABがFADと強く結合しており機能抑制(D-セリンを代謝しない)効果は高いと考えられるが、機能抑制効果の定量性や、水溶液中で複合体の構造が複数存在する理由などについては現状では明確ではない。今後は過渡吸収計測によるCT錯体の励起ダイナミクスの直接観測や、分子動力学法による水溶液中における複合体の構造計算などを行うことでさらに詳細な検討を進めていく予定である。

参考文献

- [1] K. Fukui, H. K. Park *et al.*, *Flavins and Flavoproteins*, **2005**, pp.853-860 (2005).
- [2] 谷口誠治他, ILT2014年報, pp.44-49 (2014).
- [3] C. Setoyama, R. Miura *et al.*, *J. Biochem.*, **119**, pp.1114-1117 (1996).

NEWS

レーザー総研オープンセミナー 「レーザー加工からインフラ診断まで」 ～ILT2023 令和4年度研究成果報告会開催案内(横浜)～

令和4年度の研究成果報告会 ILT2023は、「光とレーザーの科学技術フェア 2023」の併催イベントとして開催いたします。本報告会では、レーザー加工からインフラ診断まで、多岐にわたる研究テーマについて、昨年度の研究成果をわかりやすく報告します。ポスター発表では、研究員との直接対話により技術的なご相談にも対応いたします。ぜひご参加ください。

◆プログラム ※なお、プログラム順は変更する可能性がありますので、ご了承下さい。

13:00～ 13:15	ご挨拶 レーザー技術総合研究所概要	所長 井澤靖和
13:15～ 13:40	レーザーで月面基地を！建設材料をその場で作製	主席研究員 藤田雅之
13:40～ 14:05	波面の乱れを補正してレーザー伝送を効率化！ 高速動作・高光耐性デフォーミブルミラーの開発	主任研究員 谷口誠治
14:05～ 14:30	デフォーミブルミラーの動作性能を定量評価！光学補償システムの性能評価手法	副主任研究員 ハイコ コスロービアン
14:30～ 14:45	休憩	
14:45～ 15:10	水中にある物質をレーザーで可視化！フラッシュラマンライダーによる水中油の漏えいモニタリング	主任研究員 染川智弘
15:10～ 15:35	労働災害から作業員を守る！レーザーを用いたトンネル切羽の浮石検知技術の開発	研究員 倉橋慎理
15:35～ 16:00	損傷評価をもっと簡単に！ 光学素子レーザー損傷のプラズマ発光計測	主任研究員 本越伸二
16:00～	閉会	常務理事 梅林 徹
16:05～ 16:40	ポスター発表	

◆開催概要

 **<日時>** 2023年11月7日(火)
13:00～ 16:40
<場所> パシフィコ横浜 PACIFICO YOKOHAMA
アネックスホール F202(神奈川県横浜市西区みなとみらい1-1-1)
アクセス:みなとみらい駅から徒歩5分ほか
<https://www.pacifico.co.jp/access>

<受講料> 無料
<申し込み方法> 光とレーザーの科学技術フェア 2023
共催イベントのご案内よりお申込み下さい。
https://www.opt-seminar.jp/ilt2023_y/
<申し込み締切> 定員(80名)になり次第締め切らせていただきます
<お問い合わせ> 公益財団法人レーザー技術総合研究所
(E-mail:seika@ilt.or.jp)

Laser Cross No.411 2023, Oct.

<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/倉橋慎理 〒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・倉橋慎理(E-mail:kurahashi-shinri@ilt.or.jp)までお願いいたします。