

CONTENTS

- 多層膜偏光子のレーザー損傷しきい値
- フェムト秒蛍光計測による
- D-アミノ酸酸化酵素の機能阻害効果の研究
- 【光と蔭】教育のあり方への配慮
- ILT2016 平成27年度研究成果報告会(開催予告)
- 主な学会等報告予定



【表紙写真】P偏光照射のレーザー損傷形状(照射エネルギー密度78 J/cm²)

多層膜偏光子のレーザー損傷しきい値

当財団は光学素子のレーザー損傷耐性試験を行う国内唯一の機関として、多くの光学部品メーカー、装置ユーザーから依頼を受けている。昨年度も、15社62個の試料に対して試験を実施させて頂いた。試験条件も紫外から近赤外、1パルス、繰返しパルス、そしてCWと多岐に亘り、こちらの準備が追いつかず、評価をお待ち頂くことも多々あった。今後は、評価装置として整備を進め、精度を維持しながら早く試験を行えるように進めていきたい。

平成20年度より開始したレーザー損傷しきい値データベース化試験も、参加会社数の増減はあるものの9年目を迎え、平成27年度は初めて誘電体多層膜偏光子の試験を実施した。本稿では、その結果概略をまとめた。

●多層膜偏光子は難しい

「偏光子」とは、入射する光を偏光方向によって分離する光学素子で、一般にはP偏光を透過し、S偏光を反射する。レーザー装置の中では、発振器内部や、光アイソレータと一緒に使用される。偏光子には、写真撮影に使用される高分子材料のものや、二つのプリズムを重ね合わせたものもあるが、高出力レーザーでは誘電体多層膜コートをしたプレート型が用いられる。多

レーザー技術開発室 本越伸二

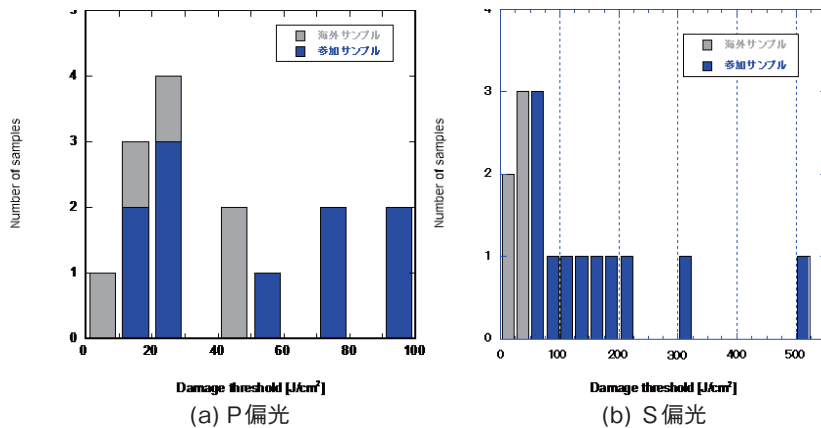
層膜ミラーの場合、P偏光とS偏光では高反射率の波長帯域が異なる。この偏光によってわずかに異なる反射率特性を持つ領域で偏光子として利用する。そのため、ミラーや反射防止コートに比べて使用できる波長域、角度範囲が狭く、言い換えると設計・製作に対しても高い膜厚制御が必要である。さらに、光学特性を維持しながら、高出力レーザー光に対する高耐力設計(例えば、多層膜内部の定在波電界強度を抑えるなど)をそれぞれの偏光について行う必要がある。この結果、偏光子は高耐力化の困難な光学素子であり、レーザー装置の出力を制限する原因の一つになっている。

データベース化試験では、波長1064 nm、入射角度56.5°に対して、P偏光反射率2%以下、S偏光反射率99.5%以上の仕様で、試料を募集した。P偏光の光は透過するので、基板材料は石英ガラスとした。参加メーカー数4社10個に、購入した5社の試料を加え評価試験を実施した。

●データベース化試験結果

図1に多層膜偏光子に対するデータベース化試験の結果を示す。(a)、(b)はそれぞれ照射レーザーパルス(10ns)の偏光がP偏光、S偏光の場合である。どちらの場合も評価サンプル数に比べてバラつきが大きかっ

次ページへつづく▶



【図1】多層膜偏光子のレーザー損傷耐性データベース化試験結果



【図2】S偏光照射時のレーザー損傷形状(照射エネルギー密度347 J/cm²)

た。これは、多層膜偏光子の設計・製作は難しく、わずかな条件の違いによってレーザー損傷耐性は大きく変わることの意味している。P偏光の場合の最大損傷しきい値は92 J/cm²、最頻度数しきい値は20-30 J/cm²であった。S偏光の損傷しきい値は、相対的にP偏光の場合よりも高い。これは、反射するS偏光に対して、P偏光は透過し、基板表面にレーザー光は届くため表面状態にも大きく影響されるためである。S偏光の最頻度レーザー損傷しきい値は約50 J/cm²、最大損傷しきい値は500 J/cm²にも達した。このフルエンスは、現在の評価用レーザー装置の最大エネルギー密度であり、通常の石英ガラス表面は容易に損傷を引き起こす値である。このように、S偏光に対しては誘電体多層膜ミラーの損傷しきい値と同等以上の試料もあった。

●偏光による損傷しきい値の違い

問題は、S偏光に対して高耐力である偏光子は、P偏光に対しても高耐力であるとは限らないことである。図2にS偏光照射時のレーザー損傷の顕微鏡像を示す。表面観察には微分干渉顕微鏡を用いている。損傷しきい値319 J/cm²に対して、照射エネルギー密度は347 J/cm²である。

cm²である。多層膜の表層の数層のみが損傷していることが判る。一方、表紙写真に示したように、P偏光による損傷は局所的な損傷の集まりであった。この時の照射エネルギー密度は78 J/cm²であり、先のS偏光の1/4以下である。照射エネルギー密度を下げると、局所的な損傷の数が減少し、損傷しきい値18 J/cm²に至る。これは、このエネルギー密度で破壊する混入物が基板表面に散らばっていることを意味している。このように、偏光によって損傷の原因が異なり、損傷しきい値も変わってくる。また反対に、P偏光に対して高耐力でも、S偏光では相対的に低い試料もあるが、詳細は成果報告会に譲る。

●今後のデータベース化試験

平成27年度は初めて偏光子についてデータベース化試験を行った。多層膜ミラーや反射防止コートに比べて、まだまだ課題があることも分かった。今後、参加企業とも相談し、高耐力化を推進していきたい。

紫外用光学素子に対する要望があったので、今年度は355nm用多層膜ミラーと反射防止コートについて行う。多くの皆様のご参加をお待ちしています。

フェムト秒蛍光計測によるD-アミノ酸酸化酵素の機能阻害効果の研究

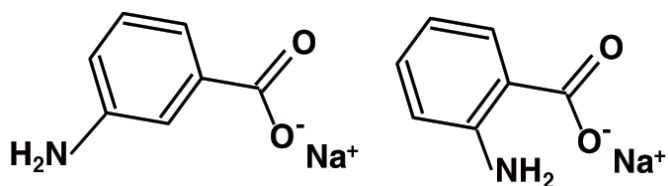
レーザーバイオ化学研究チーム

谷口誠治、ハイク コスロービアン

■D-アミノ酸酸化酵素(DAAO)の機能阻害効果

D-アミノ酸酸化酵素(DAAO)は、D-アミノ酸を代謝(分解)することで脳内のアミノ酸濃度を調整する機能を持つが、その異常活性により脳内D-アミノ酸濃度が低下すると統合失調症などのさまざまな脳疾患の

要因となるため、薬剤(阻害剤)の投与による機能抑制がそれらの治療に有効であるとの報告がある¹⁾。我々はこれまで、DAAOの機能阻害メカニズムや、阻害効果の評価法としてのレーザー分光法の有用性などを明らかにすることを目的に、種々の阻害剤を添加した際



【図1】阻害剤の分子図(左)3-アミノ安息香酸ナトリウム(m-AB)、(右)2-アミノ安息香酸ナトリウム(o-AB)

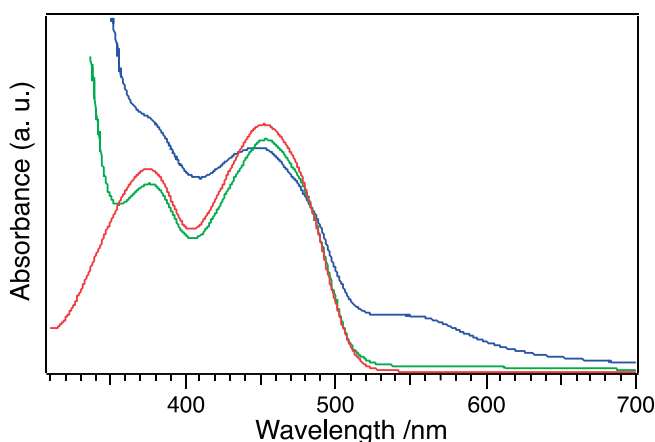
のDAAOの蛍光ダイナミクスを検討してきた(Laser Cross No.331(2015, Oct.)他)。本稿では、阻害剤に3-アミノ安息香酸(m-AB)を用いた際の阻害効果をフェムト秒蛍光分光法により検討した結果を報告する。

■フェムト秒蛍光計測による阻害効果の検討

DAAOの補因子はフラビンアデニンジヌクレオチド(FAD)であり、D-アミノ酸(D-セリン)を選択的に分解するが、阻害剤の投与によりFADと阻害分子が結合して錯体を形成すると、分解反応が阻害される。フェムト秒蛍光計測には、ブタ腎臓由来のDAAOを精製して使用し、阻害剤には3-アミノ安息香酸ナトリウム(m-AB、図1)を用いた。以前本誌にて2-アミノ安息香酸ナトリウム(o-AB)を用いた場合について報告した(Laser Cross No.319(2014, Oct.))が、m-ABはこれと比較して芳香環に結合するカルボキシル基とアミノ基の相対配置が異なる。

図2に、DAAO水溶液(～0.5mM)およびそれぞれ20mM、60mMのm-ABを添加した試料の吸収スペク

トルを示す。m-ABの濃度増加に伴い550nm付近にピークを持つブロードな吸収帯が増加し、FADとm-ABが錯体を形成することがわかる。図3に、FADの蛍光ピーク波長(523nm)でのDAAO、およびm-AB添加試料のフェムト秒蛍光計測結果を示す(励起波長410nm)。DAAOのみ(図中赤線)の試料の蛍光は非指数関数の減衰を示し、3成分指数関数でのフィッティングにより0.54ps(0.27)、3.3ps(0.36)、38ps(0.37)の寿命成分が得られた(()内は前指数因子の比)。これまでの研究から、3.3psおよび38psの寿命成分は2量体を構成する2種の構造異性体(サブユニット)の各励起寿命である可能性が高いことがわかっている^{2,3)}。0.54psの寿命成分に



【図2】DAAO(赤線)、m-AB 20mM(緑線)、60mM(青線)添加試料の各吸収スペクトル

山中千代衛



教育のあり方への配慮

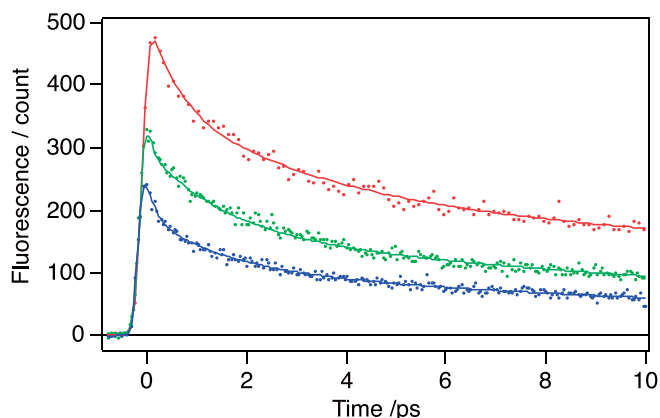
かつての産業革命では工場労働者の雇用を蒸気機関が代替した。1990年代からのIT(情報技術)は労働市場に大きな需要変化をもたらしている。ITの普及は主に中位のスキルを持つ人材の需要を減らしたのである。例えば経理や広告の業務などである。ITはグローバル化をもたらし、先進国の企業は人件費の安いインドや中国などへアウトソーシングするようになった。高スキルの人材は生産性が向上し需要が拡大したが、一方低スキルの人々の肉体労働も清掃や料理などではなお需要が高い。大学卒業は高スキル、高校卒業は低スキルと考えられている。

賃金は需要と供給の関係で決まるから、高スキルの人材が不足がちとなり賃金格差が次第に増大している。しかしただ大学の定員を増加させただけでは、質の低下が著しくなるだけである。時代の流れとともに高スキルの大学卒業者への需要は今後益々盛んになると思わざるを得ない。果たして大学側にその準備と体制が配慮されているか疑わしい。

国の繁栄はこれまで以上に人材によることは間違いない流れである。大学は研究と教育の二面性に正しく向き合わねばならない。この兼ね合いが大変難しいところだ。人材の養成には国を挙げて取り組まねばならない。日本の生きる道は人材の確保にかかっている。大学人の自覚は元より文部行政の責任は極めて大きい。

急がば回れという格言がある。経済よりも、軍備よりもまずもって人材の育成が国の基幹である。

【名誉所長】



【図3】DAAO(赤点)、m-AB 20mM(緑点)、60mM(青点)添加試料の各フェムト秒蛍光データと蛍光寿命フィッティング曲線

ついては、溶媒(水)の水和の影響によるものと考えられるが明確ではない。阻害剤を添加した試料では、錯体形成によりDAAO濃度が低下するため蛍光量も低下する。また新たに生成する寿命0.2~0.3psの超高速減衰成分は生成した錯体に起因するものと考えられる。次に各蛍光データを3成分指数関数によりフィッティングし、m-ABと錯体を形成しない残留2量体の二つの励起寿命の前指数因子の比(存在比)を比較した。その結果、存在比は阻害剤濃度に関わらずほぼ1を保持し、m-ABのDAAO各サブユニットへの反応性は同等であることがわかった。

この結果は、すでに報告したo-AB添加時のものとは異なる。o-AB添加時の残留DAAO 2量体の各サブユ

ニットの存在比は、添加濃度18mM、71mMの各条件で1.21、1.72と変化するが、これはo-ABの37.8psの寿命を持つサブユニットへの結合性が3.7psの寿命を持つサブユニットよりも高く、錯体形成が優先して起こるためであると考えられる。これらの結果はo-ABにはサブユニットに対する反応選択性があるが、m-ABにはないことを示している。2種のサブユニット間の違いは蛋白構造の変化のみであると考えられることから、反応選択性の変化は阻害剤の分子構造に起因するものと推定される。つまりo-ABはm-ABと比べ分子サイズがやや小さく、DAAO中のFADと結合する際により深く蛋白質内部に侵入するものの、その分蛋白構造の微弱な変化の影響を受けやすく、m-ABの場合には、DAAO内部への侵入度は低く結合性もより低い、蛋白構造変化の反応性への影響は少ないものと考えられる。これらの結果は、阻害剤の開発には、阻害分子および蛋白質の構造因子を考慮することが重要であることを示している。今後、蛋白質構造計算や蛍光ダイナミクス計測による検討を継続して行い、創薬等の応用に向けたより具体的な知見を提供したいと考えている。

参考文献

- 1) K. Fukui, *et al.*, *Flavins and Flavoproteins*, **2005**, 853-860, 2005.
- 2) F. Tanaka *et al.*, *Biochemistry*, **28**, 4259-4262, 1989.
- 3) A. Nueangaudom *et al.*, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **16**, 1930-1944, 2014.

INFORMATION

ILT2016 平成27年度研究成果報告会(開催予告)

大阪会場

日時／平成27年7月8日(金)10:00~17:00
 場所／千里ライフサイエンスセンター 8階 801,2号室
 大阪府豊中市新千里東町1-4-2 TEL06-6873-2010

東京会場

日時／平成27年7月15日(金)13:00~17:00
 場所／KKRホテル東京 11階 白鳥の間
 東京都千代田区大手町1-4-1 TEL03-3287-2921

■開催概要、お申し込み

<定員> 大阪会場70名、東京会場70名(定員になり次第締め切らせて頂きます)

<参加料> 無料

<資料代> 非賛助会員 3,000円(賛助会員、理事・評議員会社等 無料)

<詳細・参加申込> 当財団のホームページをご覧ください。

主な学会等報告予定

6月27日(月)~7月1日(金)17th International Conference "Laser Optics 2016"(サンクトペテルブルグ)
 ハイク コスロービアン 「Coherent Combining of High Average Power Nanosecond Pulse Laser Beams」

Laser Cross No.338 2016, May

<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)