

レーザー樹脂溶着用の光熱変換効率の高い吸光剤の開発

ものづくり基盤技術課 藤牧寛城*1 山崎茂一 高松周一

1. 緒言

レーザー樹脂溶着法は、熱板溶着、超音波溶着と比べ、製品ダメージが低く、製品ごとの型が不必要であり、微細な加工が可能であるというメリットを有している。

一般的な樹脂のレーザー溶着法は、レーザー光を透過する光透過性樹脂と吸光剤を予め練り混ぜた光吸収性樹脂の2種類を重ね合わせて溶着する。光透過性樹脂側からレーザー光を照射し、光吸収性樹脂側で光熱変換が行われ、熔融する。この熱が光透過性樹脂側へ伝播することで両者を熔融させる。その後、樹脂を放熱によって固化させることで樹脂と樹脂を接合させるものである。

しかし、材料メーカーで添加された吸光剤の種類や配合は様々であるため、樹脂によって条件検討を行う必要があり、用いる樹脂によって条件が大きく左右されるという問題点がある。そのため、吸光剤を後付けで塗布し、レーザー照射するだけで溶着が可能な手法が望まれている。

そこで本研究では、光熱変換効率が高いことが予想されるアゾ色素を中心骨格とした新規レーザー溶着用吸光剤を開発することとし、樹脂間に塗布したのち、レーザー照射を行うだけで溶着が可能な吸光剤の開発を目指した (Fig. 1)。

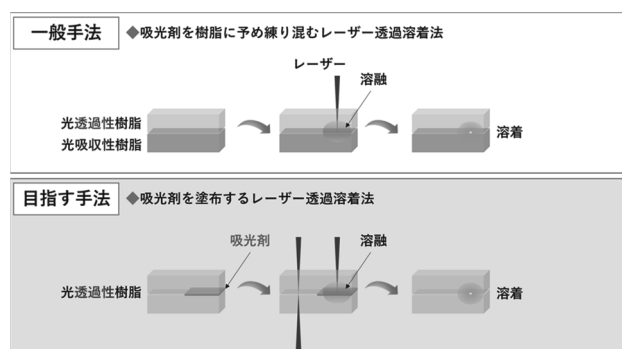


Fig. 1 Laser welding method

2. 実験方法

2.1 アゾ色素の合成

氷浴中、大気雰囲気下の DMF 溶媒中にて 4-アミノ安息香酸 (東京化成工業社製)、亜硝酸ナトリウム (富士フィルム和光純薬製) および塩酸を反応させて塩化ベンゼンジアゾニウム塩を生じさせたのち、フェノール (富士フィルム和光純薬製)、水酸化ナトリウムを添加し、ジアゾカップリング反応を行った。

2.2 炭素鎖の導入

2.1 節で合成したアゾ色素に対して、大気雰囲気下の DMF 溶媒中にて、炭酸カリウム (富士フィルム和光純薬製)、1-ヨードペンタン (東京化成工業製) または 1-ヨードデカン (東京化成工業製) を添加し、アルキル化反応を行った。

2.3 アゾ色素の分析

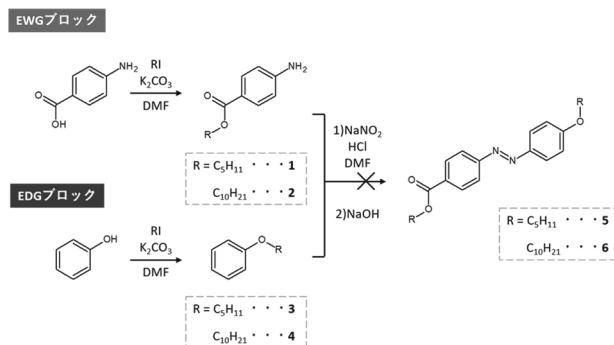
合成したアゾ色素は核磁気共鳴装置 (NMR) (日本電子製、JNM-ECS400) を用いて構造決定し、分光光度計 (島津製作所製、UV-2450) を用いて、吸光度の測定を行った。

3. 実験結果および考察

アゾ色素は導入する置換基によって吸収波長が変化することが知られている。そこで、当センターに設置されているレーザー加工機の波長 445 nm に吸収帯を有するように化合物を構造変換することとした。さらに光熱変換の向上を目指して、長鎖の炭素鎖の導入を考えた。炭素鎖が比較的簡便に導入可能なアゾ色素から合成を行うこととし、炭素鎖の導入によって吸収波長に影響を及ぼすのかを調べることにした。

炭素鎖の導入が比較的容易と考えられるエステル基、エーテル基を持った化合物を最初の目的化合物とした。

目的化合物の合成のために 2 種類の合成ルートを設定した。1 つは電子求引基 (EWG) ブロックと電子供与基 (EDG) ブロックをそれぞれ合成し、最後にジアゾカップリング反応によってアゾ色素を合成するルート 1、もう一方は合成したアゾ色素に置換基を導入するルート 2 である。当初、ルート 1 は EWG、EDG ブロックを様々な組み合わせで連結できるため、効率的な合成ルートであると考え、まずはルート 1 を用いて合成を行うこととした。4-



Scheme. 1 Synthesis of the azo dye (Route 1)

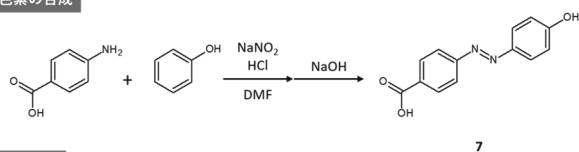
*1 現 生活工学研究所

アミノ安息香酸、フェノールに対して塩基性条件下で、ヨウ化アルキルを反応させ、目的のエステル体 **1**、**2** とエーテル体 **3**、**4** を得た。続いて、それぞれのエステル体 **1**、**2** に対して亜硝酸ナトリウム、塩酸を反応させたところ、副反応が起こり、複数の化合物の生成が確認されたため、ジアゾカップリング反応に至らなかった。

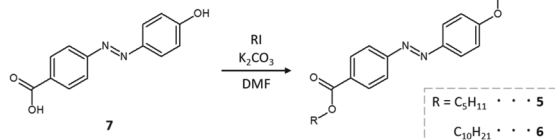
そこで、ルート 1 ではなく、ルート 2 で目的の化合物の合成を行うこととした (Scheme 2)。

ルート 2 では 4-アミノ安息香酸とフェノールを用いて、ジアゾカップリング反応によりアゾ色素 **7** を合成したのち、塩基性条件下で、ヨウ化アルキルと反応させることでアゾ色素 **5**、**6** を合成した。

アゾ色素の合成



炭素鎖の導入



Scheme. 2 Synthesis of the azo dye (Route 2)

続いて、炭素鎖の導入と伸長によってアゾ色素の吸収波長に変化が生じるかを調べる目的で、市販されている 445 nm に吸収帯を有する吸光剤と、合成した化合物 **7**、**5**、**6** の吸光度測定を行った。なお、化合物 **7**、**5**、**6** 濃度は 1 mM とし、市販吸光剤は分子量不明のため、同じ程度の吸光度を示すように濃度調整して測定を行った (Fig. 2)。

市販吸光剤は 445 nm 付近に極大吸収波長を有した。化合物 **7**、**5**、**6** は 360 nm 付近に極大吸収波長を持ち、それぞれ同様の吸収帯を有した。また、吸光度に着目すると、

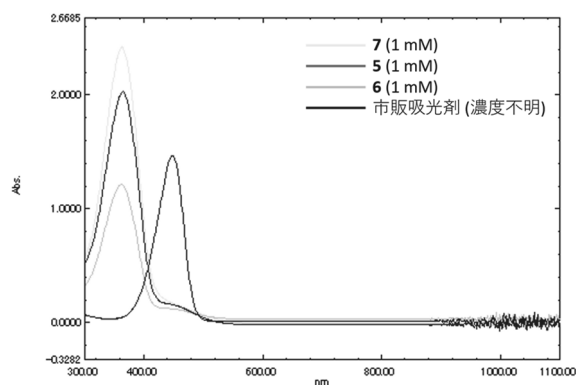


Fig. 2 Absorbance of compounds **7**, **5**, **6**

化合物 **7**、**5**、**6** の順に吸光度が減少しており、炭素鎖の伸長によって、吸光度が減少するという傾向を示した。従って、炭素鎖を単純に伸長していくのではなく、最適な長さの検討が必要であるということが示唆された。また、今回合成した化合物は目標とする 445 nm に対し、短波長側に吸収帯を有している。今後、445 nm 付近に極大吸収波長を有するように、さらに電子求引性の高い EWG ブロック、電子供与性の高い EDG ブロックを導入する必要性が示唆された。

4. 結言

樹脂間に塗布し、レーザー照射を行うだけで溶着が可能な光熱変換効率の高い吸光剤の開発を目指し、化合物の合成、光吸収特性の測定を行った。エステル基、エーテル基を導入した化合物は 360 nm 付近に極大吸収波長が生じた。今後、445 nm に極大吸収波長を有するように化合物の吸収波長の長波長化を目指す。また、化合物の光熱変換効率を測定し、最適な炭素鎖長を比較検討する。

参考文献

- 1) 山下達人:精密工学会誌, **84** (2018) pp. 423-426

キーワード：レーザー樹脂溶着、吸光剤、光熱変換、アゾ色素

Development of the laser-ray absorber with high photothermal conversion efficiency for resin welding

Core Manufacturing Technology Section; Hiroki FUJIMAKI^{*1}, Shigekazu YAMAZAKI, Shuichi TAKAMATSU

The laser welding method for resin has a problem that the conditions are greatly influenced by the resin used. The purpose of this study is to develop a new laser-ray absorber. We designed azo compounds which is expected to have high photothermal conversion efficiency, and it was expected that the introduction of carbon chains would improve the photothermal conversion efficiency. Several compounds with different carbon chain lengths were synthesized and measured the absorbance.