

## 液体を用いた実験系への酸素消光色素の応用に関する研究

### A study on the performance of the oxygen quenching dye in the water

○佐藤 立樹, 瀧浦 晃基

○Tatsuki SATO, Koki TAKIURA

山形大学

Yamagata University

**キーワード:** 酸素消光色素 (Oxygen quenching dye), 感圧塗料 (Pressure Sensitive Paint, PSP),

**連絡先:** 〒992 - 8510 山形県米沢市城南 4-3-16 山形大学大学院 理工学研究科

瀧浦 晃基, Tel&Fax:0238-26-3192, E-mail:takiura@yz.yamagata-u.ac.jp

#### 1. 緒言

酸素消光色素とは, 特定の励起光を照射したときに空気中の酸素濃度によって, 発光強度が変化する色素のことである. この酸素消光色素を用いた圧力センサの技術は感圧塗料 (Pressure Sensitive Paint, PSP) と呼ばれている. この色素の特徴は, 従来の圧力センサと異なり圧力孔周辺の圧力分布だけでなく, 感圧塗料を塗装した領域全体の圧力を測定できることである. そのため, 表面上の圧力分布を二次元的に容易に可視化できる手法として注目されている. さらにはプローブを用いない非接触測定であるためプロペラなどの回転運動体の測定にも使用することもできる.

近年では, 視覚的に細部の流れ場までの把握が容易で, 詳細な圧力情報が得られることから, 航空宇宙機や流体機械など広い分野にわたり PSP の研究開発が進められている. しかし, PSP の大気中での特性についての研究は進んでいるが, 液体中での消光反応については余り知られていない. 本研究では, 2 種類の感圧塗料を用いて, 液体中の溶存酸素濃度を変化させたときの消光反応の有無を調べた. また, 水中で流れが生じたときの感圧塗料の反応を測定した. 将来的には, 流速の可視化を目標としている.

#### 2. 水中の溶存酸素濃度と発光強度の関係 (実験 1)

まず, 水中での感圧塗料の消光反応について調べた. 酸素消光色素として PtOEP, PtTFPP の 2 種類を使用した. 25×25(mm) のアルミ板にアクリルラッカーで白色の下地塗装を施した. 酸素消光色素 5mg に対し, バインダ (シリコン, GE 製 RTV-118) 5g, 溶媒 (ジクロロメタン) 50mL をビーカーに入れよくかき混ぜた. それを白色塗装したアルミ板の上にエアブラシを用いて塗装した.

Fig. 1 に実験装置の概略図を示す. 水槽内に試料を取り付けた. 水を入れ, 色素の励起光源として紫外線 LED を照射した. 水に酸素および窒素が溶けやすいようにエアストーンを入れた. まず, 水中に窒素をバブリングして溶存酸素濃度約 3mg/L にした. そこから酸素をバブリングして溶存酸素濃度を 3, 4.5, 6.0, …, 13.5, 15.0(mg/L) と増やした時の発光強度変化を CCD カメラ (Bitran, BU-40) で測定した.

実験結果を Fig. 2 に示す. 2 種類の色素で, 溶存酸素濃度が増加するとともに, 発光強度が小さくなっており, 水中においても溶存酸素による消光反応が確認できた.

### 3. 流速に対する発光強度の変化 (実験 2)

次に、発光強度が流速によって、どのように変化するか調べた。

#### 3-1. 試料の作成

予備実験として、酸素消光色素 (PtOEP, PtTFPP) に対して、バインダ、溶媒を変えた数種類の試料を作成して流れに対する発光強度の変化を調べた。予備実験の結果から、実験 2 では色素 (PtOEP) 10mg に対して、バインダ (IBM-co-TFEM) 0.25g, 溶媒 (トルエン) 10mL の感圧塗料を用意した。それを白色塗装したアルミ板の上にエアブラシを用いて塗装した。

#### 3-2. 実験方法

Fig. 3 に実験装置の概略図を示す。水槽内に PSP 試料とポンプを取り付けた。水中に酸素を溶かし、1 分毎にポンプの ON/OFF を切り替えた時の発光強度の変化を調べた。本実験では、周囲の水に酸素を溶かして、溶存酸素濃度 3mg/L 付近にした低酸素濃度の場合と、酸素を溶かして溶存酸素濃度を 16mg/L 付近にした高酸素濃度の 2 つの条件で実験を行った。発光観測するために、EMCCD カメラ (Andor, Luca DL658 monochrome) を使用した。

#### 3-3. 実験結果及び考察

Fig. 4 に周囲の水を高酸素濃度状態にした時のポンプ ON 又は OFF による発光強度の変化について示す。ポンプ ON では輝度が下がり、OFF では輝度が上がるという結果が出た。

低酸素濃度では、流速に対する発光強度の変化にはバラツキがあり、必ずしも発光強度が流速に応じて変化しているとは言えないことがわかった。Fig. 4 に示したように水中に酸素を溶かして酸素濃度を上げた高酸素濃度状態では、ポンプ ON で輝度が下がり、OFF では輝度が上がるという結果が出た。これは、流れがある状態では、PSP 面を通過する酸素量が増加し、これによって消光反応がより多く発生し、輝度が下がったものと考えられる。また、実験 2 では、実験回数によって発光量が増加していった。これは、実験系が閉回路でないため、時間経過と共に酸素が空気中に放出され、発光量が増加したのではないかと考えられた (実験開始時と終了時で水中の溶存酸素濃度を比較すると、約 3mg/L 減少していた)。最後に

明暗差を出すためのひとつの手段として、溶存酸素量の異なる液体を噴出した時の図を示す (Fig. 5)。周囲の溶存酸素濃度を増加させた液体中に、溶存酸素量の少ない液体を噴出したとき、噴流を発光強度の変化によって確認することが出来た。

### 4. 結言

本研究によって水中で PSP を用いた流れの可視化の可能性を示すことができた。しかし、PSP の発光量差が小さいことや、実験中に溶存酸素濃度が変化してしまい一定条件での実験が出来ないなどの問題がある。今後は、試料の配合量を変更して、PSP の性能改善を目指していく。また、水中の溶存酸素濃度を一定に保ち、ポンプの流出量を段階的に変化させることのできる実験系を構築していき、色素ごとの実験条件の最適化を目指す。

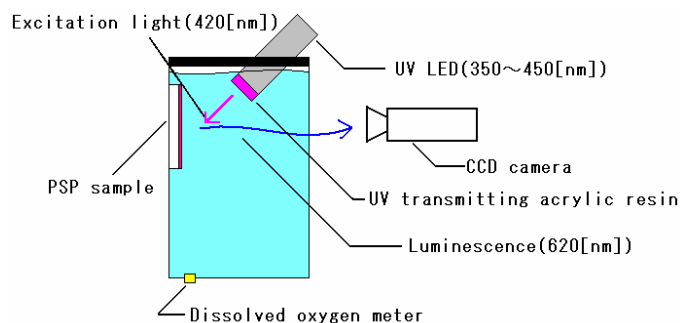


Fig.1 Experimental apparatus for No.1 experiment

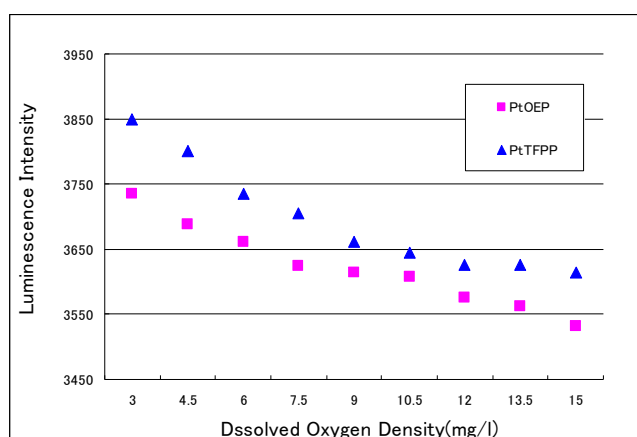


Fig.2 The luminous intensity change with respect to the dissolved oxygen in the water

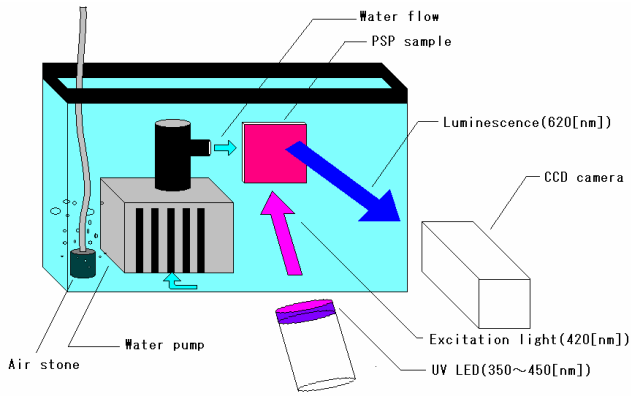


Fig. 3 Experimental apparatus for No.2 experiment

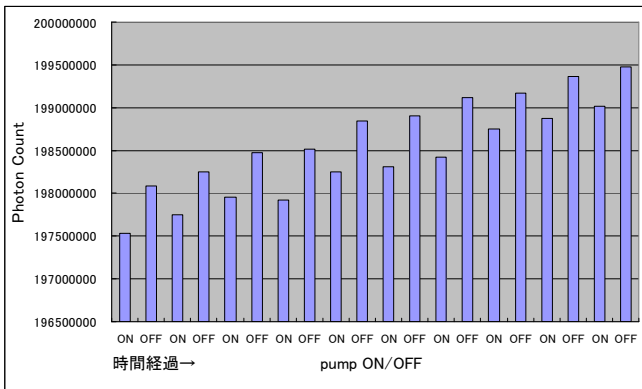
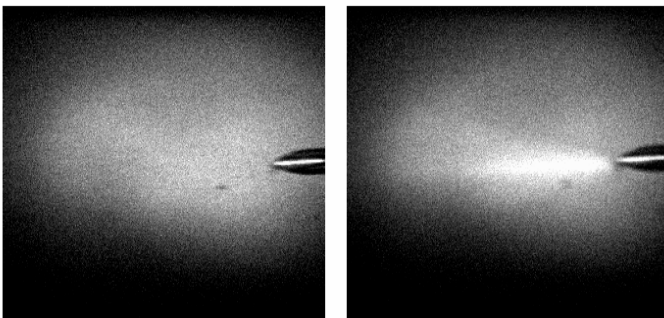


Fig. 4 The luminous intensity change with respect to the pump ON /OFF



Flow none

Flow

Fig. 5 2-D image of PSP-sample (PtOEP) under different flow conditions