

## 酸素消光色素による血液ポンプ内流れ場の可視化の試み

### A Study on Application of Phosphorescence Quenching by Oxygen to Flow Visualization of the Flow Field in Blood Pumps

○瀧浦 晃基\*, 望月 修一\*\*

○Koki TAKIURA\*, Shuichi MOCHIZUKI\*\*

\*山形大学, \*\*大阪工業大学

\*Yamagata University, \*\*Osaka Institute of Technology

キーワード: 酸素消光(oxygen quenching), リン光(phosphorescence), 血液ポンプ(blood pump)

連絡先: 〒992-8510 山形県米沢市城南 4-3-16 山形大学工学部機械システム工学科

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

#### 1. はじめに

心臓手術時の体外循環や人工心臓などで使用される血液ポンプには、流体機械としての効率の高さとともに、高い血液との適合性が求められる。抗血栓性や抗溶血性といった性能は、血液ポンプ内の剪断応力分布と強く関連しているとされ、これらの性能を向上させるためには、ポンプ内部の流体解析が有効な手段となる。これまでに、拡大モデルに開けた圧力孔による圧力測定、流れの可視化や数値流体解析といった手法が、ポンプ内部の流れ場の解析に用いられてきたが、ポンプ内の圧力や流速の「分布」を実測することが難しかった。

1990年代から、主に航空宇宙分野で感圧塗料 (Pressure Sensitive Paint) が開発され実用化が進められている<sup>1)</sup>。感圧塗料の原理は、ある種のポルフィリン金属錯体 (ここでは酸素消光色素と呼ぶ) から生じるリン光が、周囲に存在する酸素によって消光されるという現象に基づいている<sup>1-2)</sup>。すなわち、酸素消光色素の紫外光励起後に生じるリン光を測定すれば、周囲の酸素量を知ることができる

ことになる。本研究では、この酸素消光色素を用いて、遠心型血液ポンプの回転羽根 (インペラー) 表面の流れ場について、解析を行うことを目的とする。

#### 2. 方法

遠心型血液ポンプ (日機装 HPM-15) のインペラーに下地の白色塗料を塗った後 (Fig.1(a)), PtTFPP を塗布した (Fig.1(b))。血液ポンプに加え、リザーバーと人工肺 (MENOX EL-2000) を回路に組み込み、Fig.2 のような閉鎖模擬循環回路を作成した。人工肺には酸素と空気の混合気体を導入し、酸素濃度を 21~100% の間で変化できるようにした。回路を生理食塩水で満たし、その溶存酸素量を変化させたときの、インペラー表面での発光強度を CCD カメラで測定することとした。

酸素消光色素の励起光として紫外線 LED (中心波長 400nm) を用い、CCD カメラ (MINTORON MTV-63V1N) によってリン光を測定した。CCD カメラの前方には、励起光の流入を防ぐための光学フィルターを設置した。循環回路と光学系を暗箱内

に設置し、暗箱の外に置いたビデオレコーダーによって CCD カメラが捕らえる映像を記録した。録画した映像をビデオキャプチャーボードによってコンピュータに取り込み、8bit データとして記録された輝度と酸素濃度および流量との関係を調べた。

### 3. 結果

人工肺に流す気体の酸素濃度を变化させた場合、酸素濃度と輝度変化がほぼ Stern-Volmer 式に従って变化した (Fig.3)。これにより、インペラー表面の輝度測定によって、作動流体中 (生理食塩水) の酸素濃度測定が可能であることが分かる。

また、作動流体を酸素で飽和させ、ポンプ流量を变化させた場合、流量と輝度の関係がほぼ直線的な変化を示すことが分かった (Fig.4)。これは、酸素流束に依存して、酸素消光色素の発光量が变化したものと考えられる。つまり、作動流体が液体の場合の流れ場に酸素消光色素を用いた場合、流量分布が測定できる可能性を示すことができた。

### 参考文献

- 1) 浅井圭介: 感圧塗料の現状と展望, Vol.21, No.83, pp.3—8, 2001.
- 2) 天尾豊: 感圧塗料の測定原理—機能性酸素分子センサーの調整と特性, Vol.21, No.83, pp.9—15, 2001.

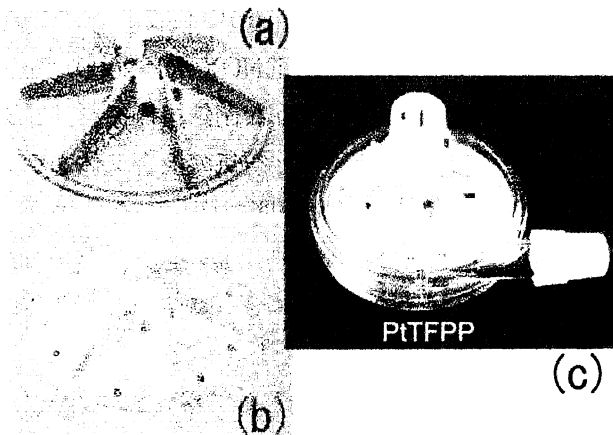


Fig.1 Blood pump painted with PtTFPP: (a) white base paint, (b) impeller painted with PtTFPP, (c) blood pump specimen

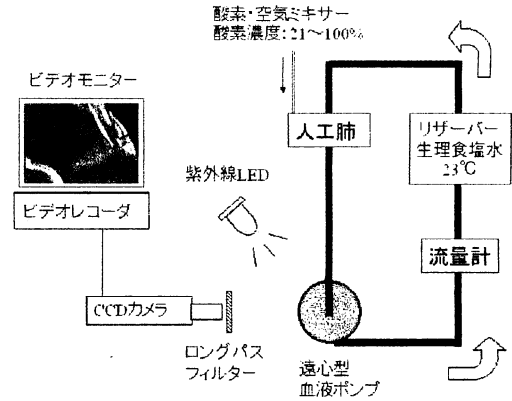


Fig.2 Experimental apparatus

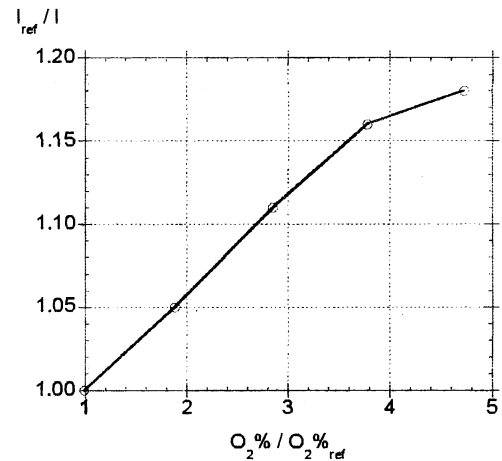


Fig.3 Phosphorescence intensity ratio with respect to oxygen ratio

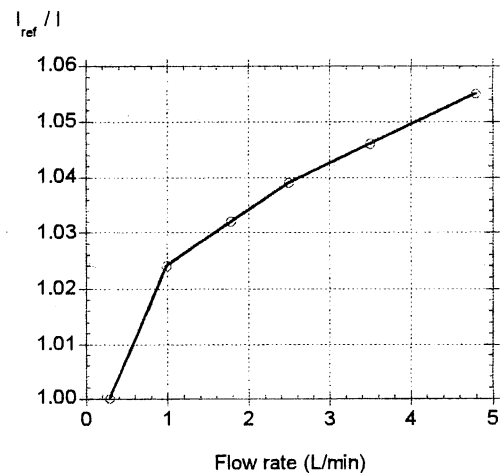


Fig.4 Phosphorescence intensity ratio with respect to flow rate, using saline saturated with oxygen