

AAPSP の定常特性とディッピング法の研究

石井 慶子、坂上 博隆
宇宙航空研究開発機構

非定常面計測としてナノスケールの多孔質構造を持つ陽極酸化皮膜型感圧コーティング(AAPSP: Anodized Aluminum Pressure Sensitive Paint)が注目されている。従来の感圧塗料(PSP)とは異なり、感圧色素が大気に開放されているため、圧力のステップ応答は数十マイクロ秒オーダーの高速応答性を示す(図 1)。AAPSP の感圧色素は多孔質表面にディッピング法を用いて吸着させる(図 2)¹⁾。久からの研究によって、感圧色素の一つであるピレンスルホン酸は、ディッピング法の条件を変えることにより圧力感度、温度依存性が変化することがわかった²⁾。本研究では、ピレンスルホン酸以外の色素でもディッピング条件が圧力感度、温度依存性に関連があるか、またこれらを最適化できるか調べた。代表的な感圧色素として、ピレン以外にルテニウム錯体、ポルフィリンが存在する(図 3)。その中の一つとして AAPSP に用いられるバソフェニルテニウム(ルテニウム錯体)に着目し、ディッピング条件における色素濃度、ディッピング時間を変化させ、合計 20 サンプルを作成した。この条件で作成された AAPSP の圧力感度と温度依存性との関係を調べた。

ディッピング時間を 3600s で固定し、色素濃度を 0.1mM ~ 4mM と変化させたサンプル、また色素濃度を 0.1mM で固定し、ディッピング時間を 5s~5400s に変化させたサンプルを作成した。ディッピング法で用いた溶媒はジクロロメタン、ディッピング温度は室温で固定、また用いた陽極酸化皮膜は同一の物を用いた。これらの条件により AAPSP を合計 20 サンプル作成した。サンプルの波長成分での定常特性は JAXA 分光蛍光計測システムを用いた(図 4)。これは日立分光蛍光光度計 F7000 の測定部に圧力・温度を制御可能なチャンバを内包したシステムであり、サンプルはチャンバ内に設置される。セルで行う分光蛍光計測と異なり、サンプル基盤、かつ圧力と温度を任意に設定して発光スペクトルを得ることができる。計測は温度を 25°C 一定とした際に圧力を 5、10、20、40、60、80、100、120kPa と変化させ、発光スペクトルを計測した。同様に圧力を 100kPa 一定とした際、温度を 10、20、25、30、40、50°C と変化させ、発光スペクトルを計測した。励起波長は 460nm、計測範囲は 550nm~750nm とした。

図 5 に圧力変化により得られる発光スペクトルの例を示す。圧力により発光スペクトルが変化する様子がわかる。圧力感度を得るために 650nm ± 50nm で各圧力の発光スペクトルを積分し、発光量とした。温度依存性も同様に各温度での発光量を算出した。圧力に対する発光量の関係(圧力較正)と温度に対する発光量の関係(温度較正)をそれぞれ図 6、図 7 に示す。リファレンス条件を大気圧環境下(100kPa、25°C)と設定した。圧力較正結果、温度較正結果に対し、リファレンスでの傾きが圧力感度、温度依存性となる。これらの値を全サンプルに対して行った。

図 8 に色素濃度を変化させた際の圧力感度、温度依存性の関係を示す。ここで圧力感度は 0 に近づくほど単位圧力で発光量変化が少ないため感度が小さくなり、1 に近づくに従い感度は高くなる。温度依存性はその絶対値が 0 に近づくほど依存性が小さい。色素濃度を濃くするとともに圧力感度も上昇し、1mM、3600s で 0.7 の値を示した。その後横ばい、またはゆるやかな減少を示している。色素濃度に対する温度依存性は明らかな傾向を示しているとは言えないが、おおむね圧力感度の上昇とともに温度依存性も上昇していると思われる。ディッピング時間は早い時間(60s 付近)で圧力感度が増加し、その後ゆるやかに減少することがわかった。温度依存性は圧力感度と連動して増加、減少していることがわかった。

今後の課題はサンプル点数を増やし、より詳細な議論を行う。また他のルテニウム錯体系の色素、ポルフィリン、ピレン系色素について同様の調査を行い、各色素での最適なディッピング条件を求める。

参考文献

- 1) 2005 Sakaue, H., "Luminophore Application Method of Anodized Aluminum Pressure Sensitive Paint as a Fast Responding Global Pressure Sensor," Rev. Sci. Instr., Vol.76, No.8.
- 2) 2008 久力琢磨、坂上博隆、"温度依存性の解消を目指した高速応答性コーティングの開発"、第36回可視化シンポジウム

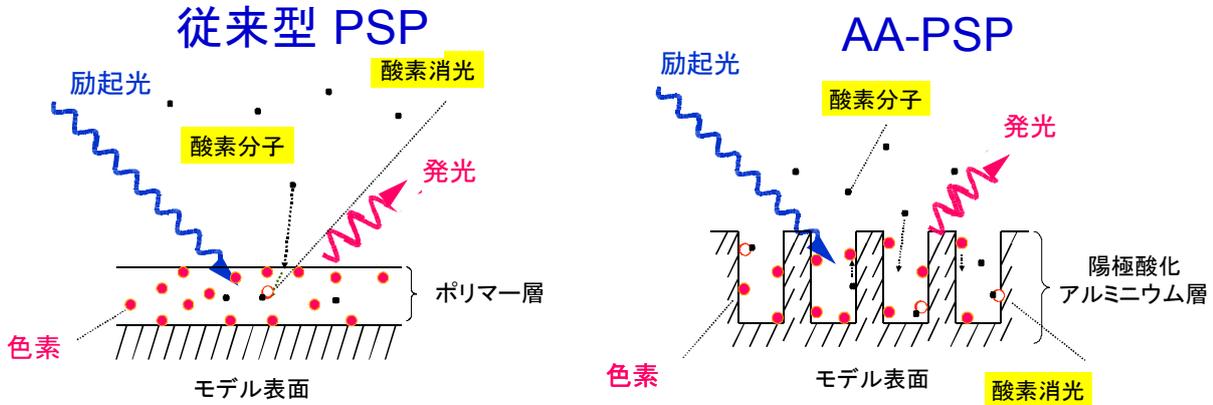


図1: 従来型のポリマーを用いたPSP(左図)とAAPSPのモデル図(右図)
 (AAPSPは色素が大気開放されているため従来型PSPに比べ高速応答性(10 μ sオーダー)を持つ高速応答性を利用した非定常試験への適用が可能)

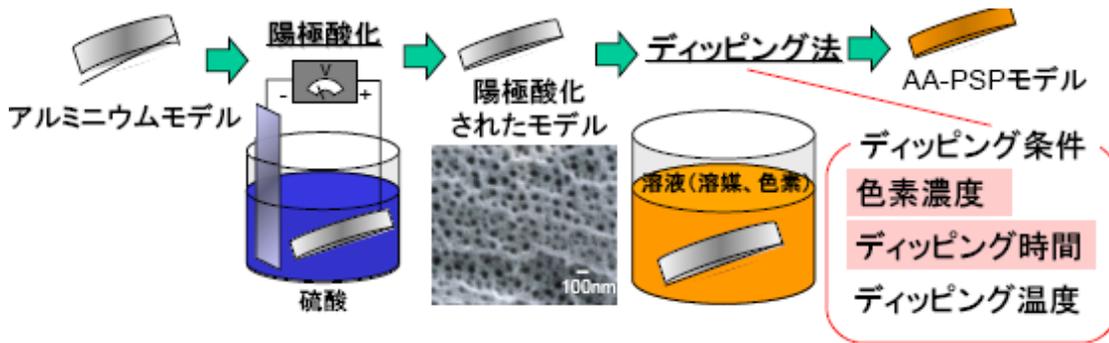
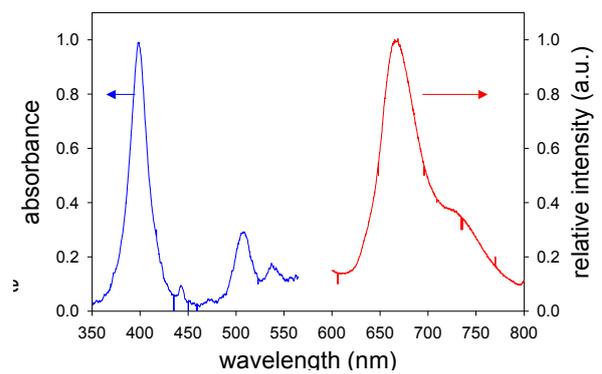
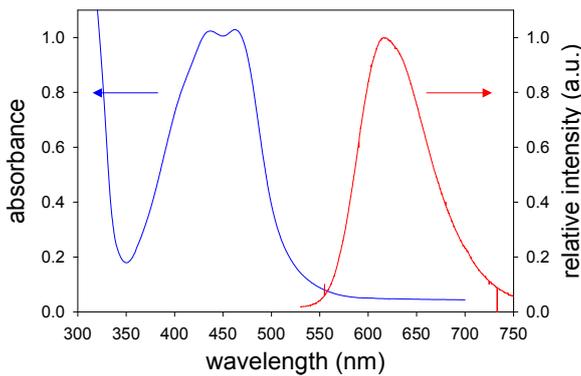


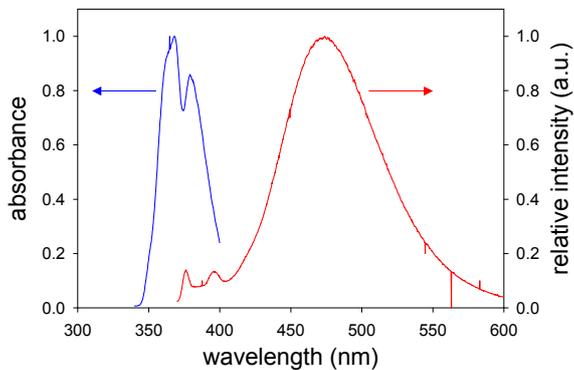
図2: ディッピング法の説明図



(a)ルテニウム錯体

(b)ポルフィリン

図3: 代表的な感圧色素の吸光・発光スペクトル



(c)ピレン

図 3: 代表的な感圧色素の吸光・発光スペクトル

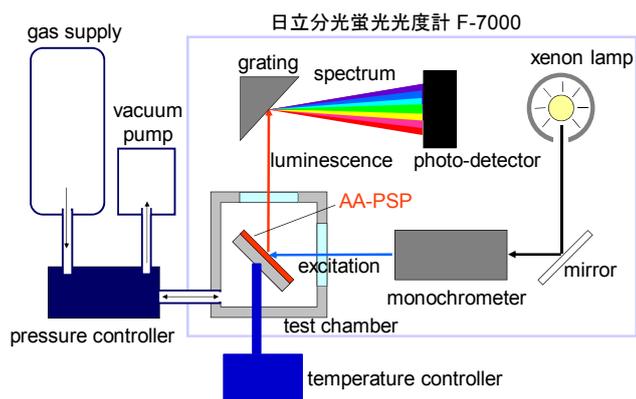


図 4: JAXA 分光蛍光計測システム

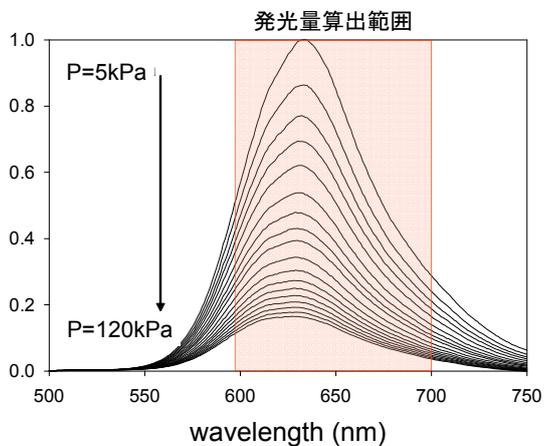


図 5: 圧力変化による発光スペクトル

(各圧力での発光量は 650±50nm のスペクトルを積分することにより算出した)

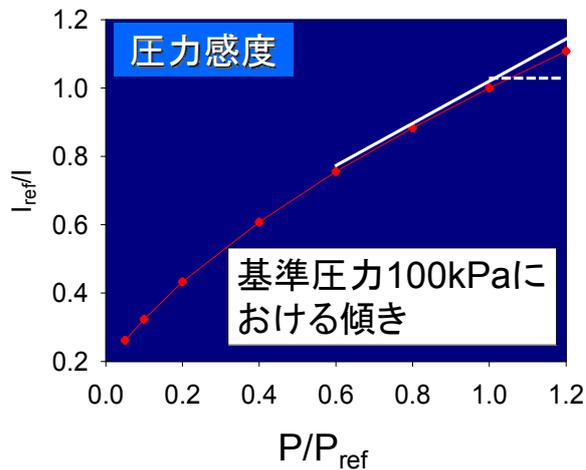


図 6: 圧力較正試験結果と圧力感度の評価

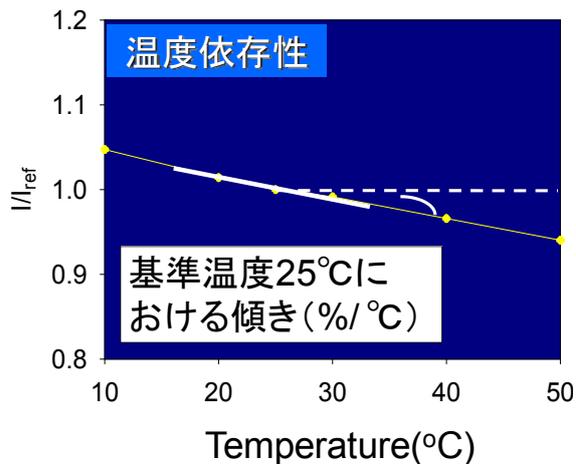


図 7: 温度較正試験結果と温度依存性の評価

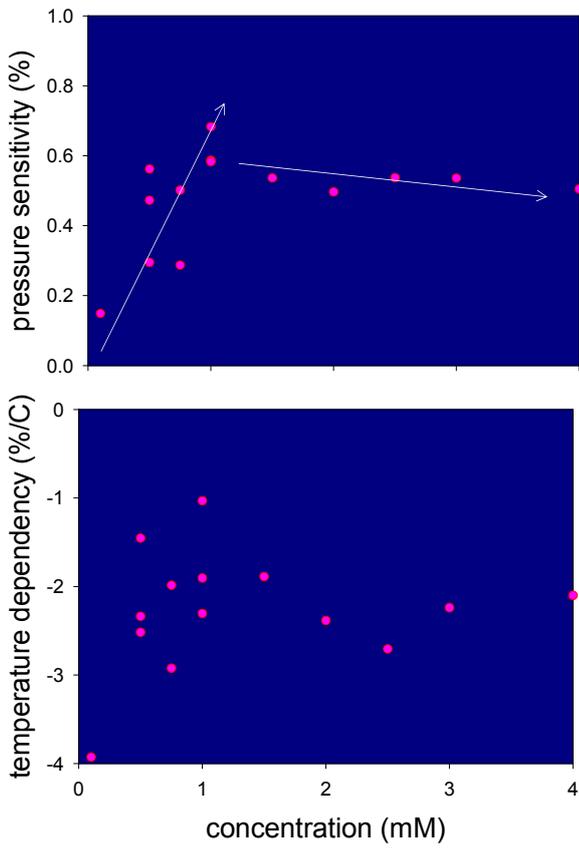


図 8: 色素濃度と圧力感度の関係(上図)
色素濃度と温度依存性の関係(下図)

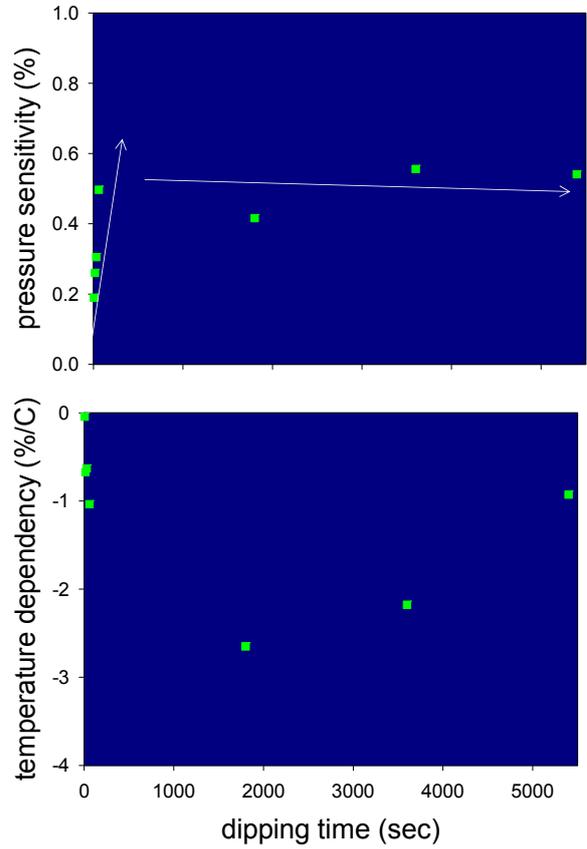


図 9: ディッピング時間と圧力感度の関係(上図)
ディッピング時間と温度依存性の関係(下図)