

白金ポルフィリン(PtTFPP)を適用した AAPSP のディッピング法に起因する特性調査

石井慶子* 坂上博隆**

*東京理科大学(JAXA 研修生) **宇宙航空研究開発機構

非定常面計測として陽極酸化皮膜型感圧コーディング(AAPSP: Anodized Aluminum Pressure Sensitive Paint)が注目されている。従来の感圧塗料とは異なり、表面がナノスケールの多孔質構造を持ち、色素が大気に解放されている。それにより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 に適用される色素は、ディッピング法により基盤である陽極酸化皮膜に適用される(図 2)。感圧塗料に用いられる代表的な色素として、ポルフィリン、ルテニウム錯体、およびピレンが挙げられる(図 3)。これまでの研究により、ルテニウム錯体の一つであるバソフェニルテニウム⁽¹⁾、ピレンの一つであるピレンスルホン酸⁽²⁾については、ディッピング法の条件を変えることにより圧力感度と温度依存性が変化することが分かった。本研究ではポルフィリン系色素の一つである PtTFPP について着目し、ディッピング条件の中で色素濃度が圧力感度、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。

ディッピング時間を 1 時間で固定し、溶媒温度 25 °C のもと、色素濃度を 0.001、0.01、0.1、1.0 mM の各条件でサンプルを作成した。同条件について 5 サンプルずつ、計 20 サンプルを作成した。用いた溶媒はヘキサデカン、用いた陽極酸化皮膜は同一のものを使用した。波長成分の定常特性は JAXA 分光蛍光システムを用いた(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、サンプル基盤と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、120 kPa と変化させ、圧力ごとに発光スペクトルを計測した。同様に圧力を 100 kPa 一定とした際、温度を 10、20、25、30、40、50 °C と変化させて温度ごとの発光スペクトルを計測した。励起波長は 380 nm、計測範囲は 550~800 nm とした。圧力感度を得るために 655±20 nm 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 5、図 6 に示す。リファレンス条件を大気圧環境下(100 kPa、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それぞれ圧力感度、温度依存性となる。これらの値を全てのサンプルについて算出した。

図 7 に色素濃度を变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が少ないために感度が小さくなり、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、1 mM の時に最高で約 0.7 の値を示した。色素濃度が高くなると、同条件のサンプルの圧力感度に再現性が見られにくくなり、結果にばらつきが生じている。一方で温度依存性は、色素濃度が 0.01 mM まではあまり変化がみられないが、1 mM にかけて大きく上昇している。0.1 mM の条件でサンプルごとの結果に大きなばらつきがみられ、他では見られない。温度依存性は圧力感度に連動した傾向を示した。これはバソフェニルテニウムの特性とも一致する⁽³⁾。

今後の課題は、より高濃度な領域に関してサンプル点数を増やす。ディッピング時間をパラメータにし、最適なディッピング時間を検討する。また他の色素に関しても同様の調査を行い、各色素での最適なディッピング条件を求めることで、二色法への適応を目指す。

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. Instru., 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
- (3) Sakaue, H., Ishii, K., "Optimization of Anodized-Aluminum Pressure-Sensitive Paint by Controlling Luminophore Concentration," submitted for *Sensors*, 2009.

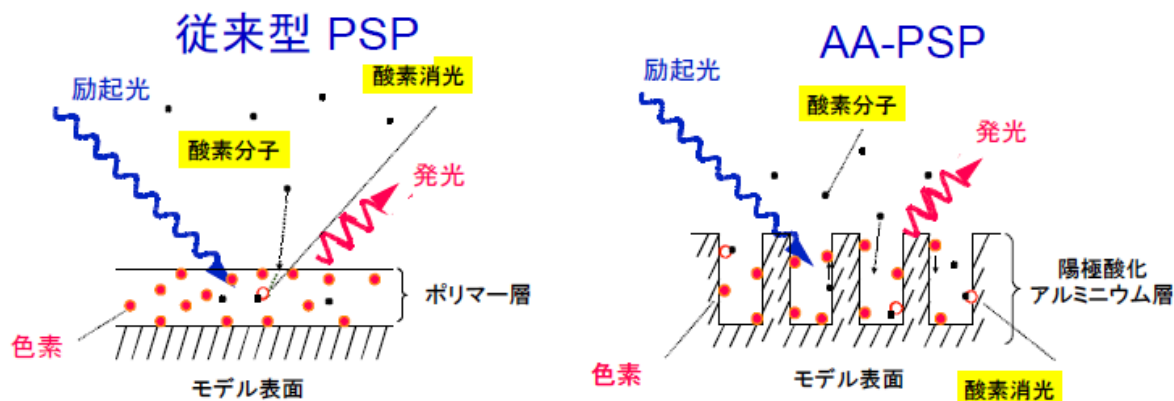


図 1: 従来型のポリマーを用いた PSP (左図) と AAPSP のモデル図 (右図)。

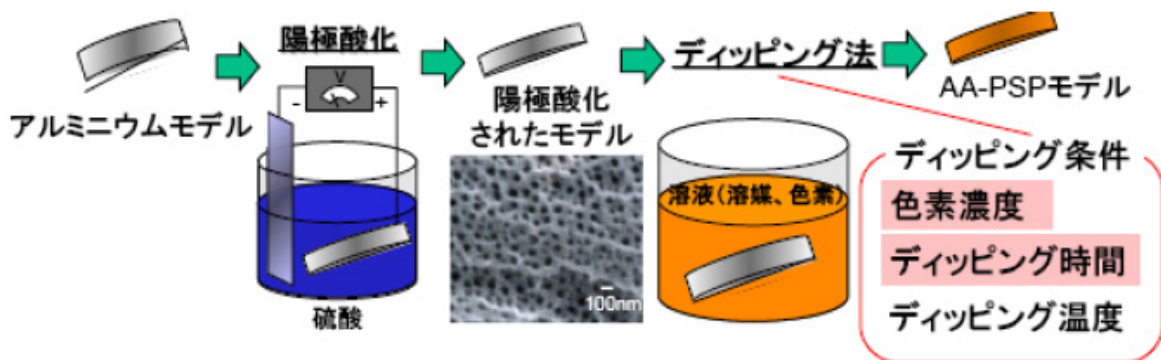


図 2: ディッピング法の模式図。

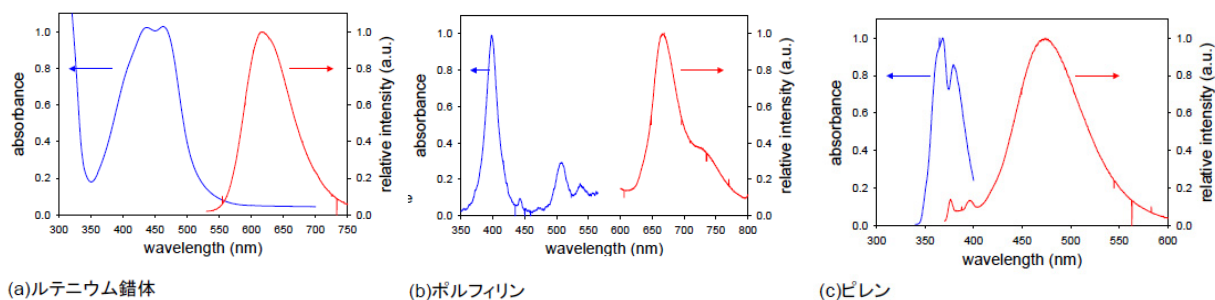


図 3: 代表的な感圧色素の吸収・発光スペクトル。

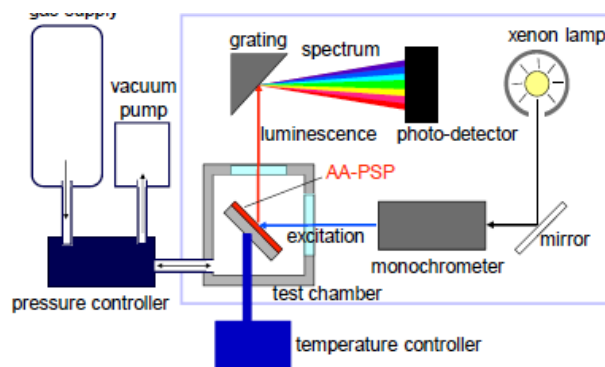


図 4: JAXA 分光蛍光システム。

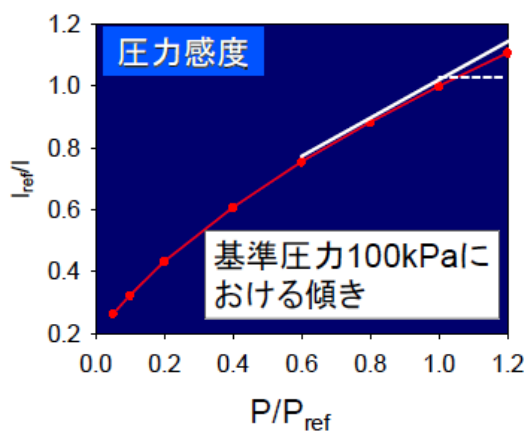


図 5: 発光量と圧力感度の関係。

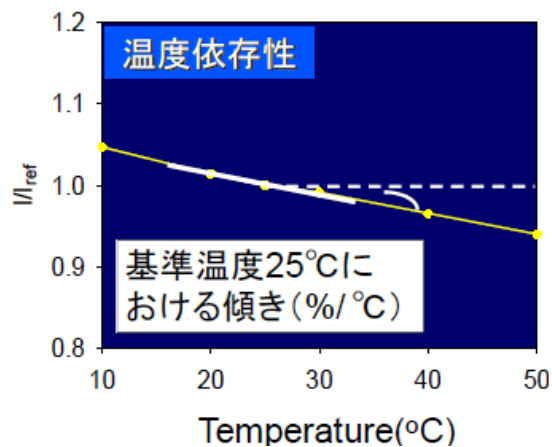


図 6: 発光量と温度依存性の関係。

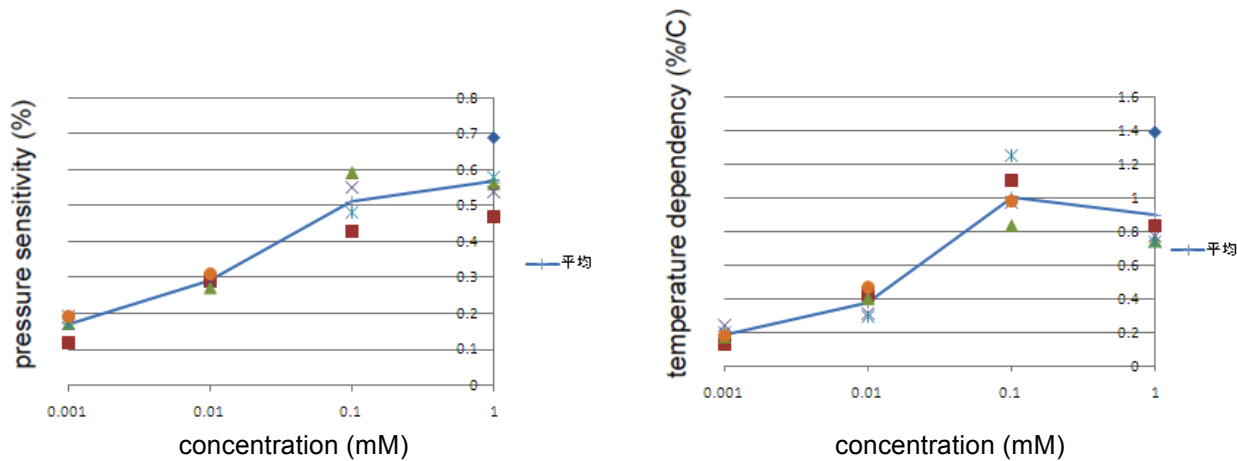


図 7: 色素濃度と圧力感度の関係(左図)と温度依存性の関係(右図)。