

感温塗料におけるポリマーバインダの温度特性への影響

江上泰広*¹, 高斯*², 松田佑*², 山口浩樹*², 新美智秀*²

愛知工業大学*¹, 名古屋大学*²

感温塗料(TSP)におけるポリマーバインダの温度特性に対する影響を調べた。TSP は模型表面の温度分布を高精度に測定することができる分子センサで、温度測定のみならず、境界層遷移の可視化や空力加熱率の測定など幅広く使用されている。これまでの感温塗料の研究は、より高感度の感温色素の調査・開発に主眼をおいた研究が多くなされてきており、DLR や JAXA では 400nm で励起できる高感度・高輝度の Eu 錯体が開発されてきている^{(1),(2)}。それに対し、ポリマーバインダの温度感度に対する影響に関する系統だった研究はほとんどなされてきていない。筆者らは図1に示すように感温色素として同じ Eu 錯体を用いても、組み合わせるポリマーを変化させた TSP では、温度感度や発光量が大きく変化することを示した。しかし、どのような要因によって TSP の特性が変化するのは依然不明であった。そのため、本研究では広く用いられている EuTTA とアクリル樹脂、ポリスチレン、ポリウレタンなどのポリマーを組み合わせた TSP のサンプル試験を行い、TSP の温度感度とポリマー構造の関係を、特にポリマーの分子運動性が大きく変化するガラス転移温度 T_g (図 2)に着目した研究を行った。非晶質の高分子はガラス転移温度 T_g 以下では分子運動性の低いガラス状態を示すが、ガラス転移温度より高温になると、ゴム状態となり剛性や分子運動性が大きく変化する。

図 3 に 3 種類のアクリルポリマー: PMMA, PEMA, PBMA を比較した結果を示す。 T_g が低いポリマーほど温度感度が高くなっていることがわかる。図 4 では分子量によって異なる T_g をもつ Polystyrene (PS)⁽³⁾ の比較を行い、それぞれの T_g 以上の温度域で温度感度が高くなることが示された。図 5 に様々なポリマーを用いた EuTTA-TSP の校正試験結果を示す。PSAMS ($T_g=35^\circ\text{C}$) が最も高い温度感度を示し、従来多用されている EuTTA/PMMA (温度感度 $1.5\%/^\circ\text{C}$ (@ 30°C)) と比較して約 4 倍の $5.7\%/^\circ\text{C}$ (@ 30°C) を達成することができた(図 6)。このように、TSP は感温色素のみならず、ポリマーによっても温度感度を大きく向上できることを示した。しかし、異なる構造を持つポリマー間では温度感度は必ずしも T_g の低い順にはなっておらず、今後は、ポリマーの分子運動性と TSP の温度感度特性の関係を明らかにし、構造が大きく異なるポリマー間でも特性の傾向を予測できるよう、さらに研究を進めていく必要がある。

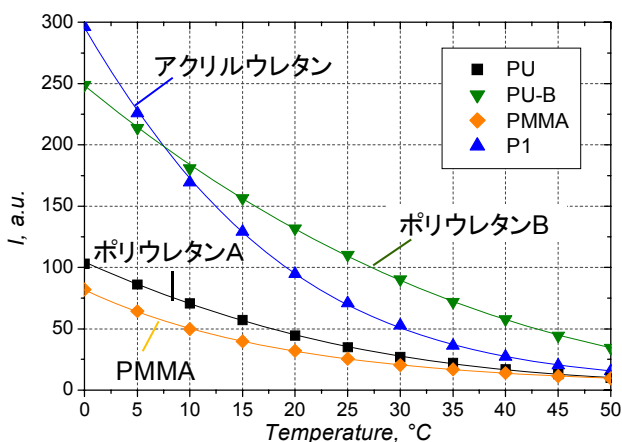


図 1. 4 種のポリマーを用いた Eu 錯体の温度校正曲線⁽¹⁾

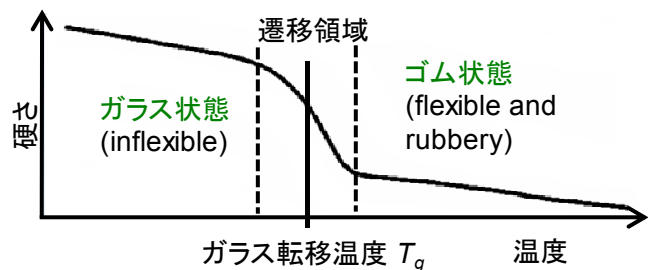


図 2. 非晶質ポリマーのガラス転移温度とポリマー状態の変化

アクリル樹脂

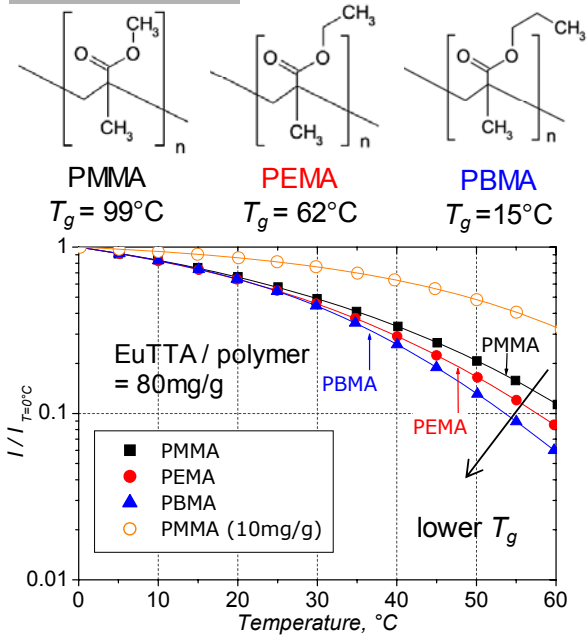


図 3. EuTTA / アクリルポリマーの温度校正曲線

Polystyrene

分子量による T_g の変化

M_w	T_g
1300	57°C
3400	71°C
13000	83°C
650000	105°C

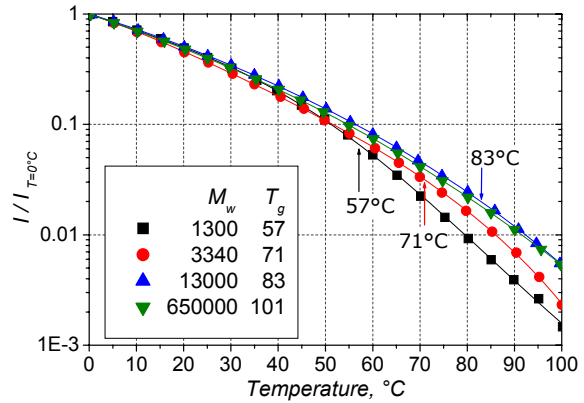
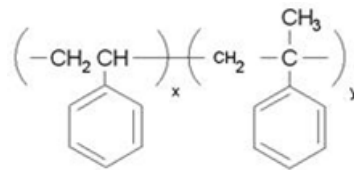


図 4. EuTTA / PS の温度校正曲線

ポリマーの比較

PBMMA=PBMA-co-MMA,
PAU=アクリルウレタン樹脂



$T_g = 67^\circ\text{C}$

PSAMS: Poly(styrene-co- α -methylstyrene)

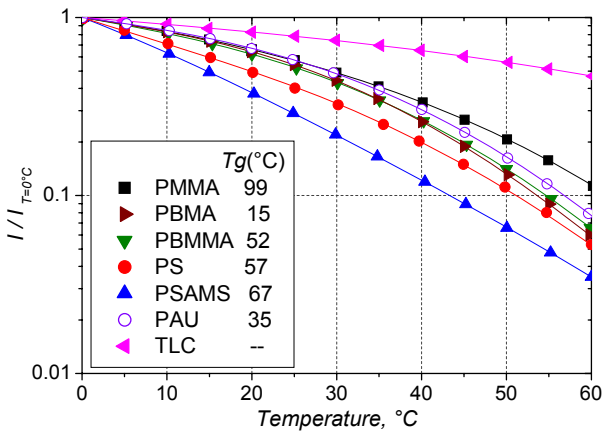


図 5. EuTTA -TSP の温度校正曲線

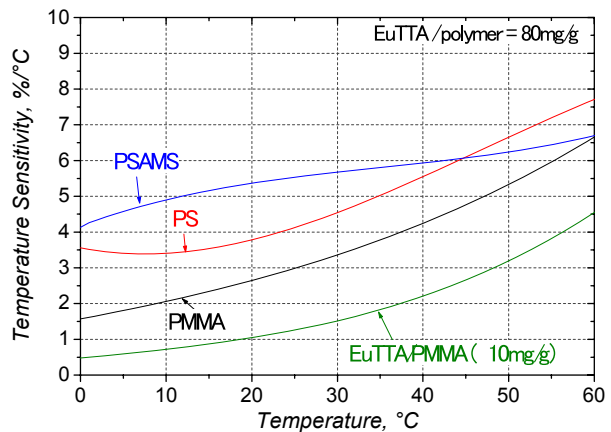


図 6. EuTTA -TSP の温度感度

参考文献

- (1) 満尾和徳, 萬関一広, 片桐真也, 長谷川靖哉, 和田雄二: 特開 2007-071714
- (2) Egami, Y., Kleim, Ch., Henne, U., Bruse, M., Ondus, V., Beifess, U., Development of a Highly Sensitive Temperature-Sensitive Paint for Measurements under Ambient (0-60°C) Conditions, *47th AIAA Aerospace Science Meeting and Exhibit*, Orland, Florida, USA, AIAA-2009-1075, 2009.
- (3) Claudy, R., Létoffè, J.M., Camberlain Y., Pascault, J.R.: Glass Transition of Polystyrene Versus Molecular Weight, *Polymer Bulletin*, Vol.9, (1983), pp.208-215.