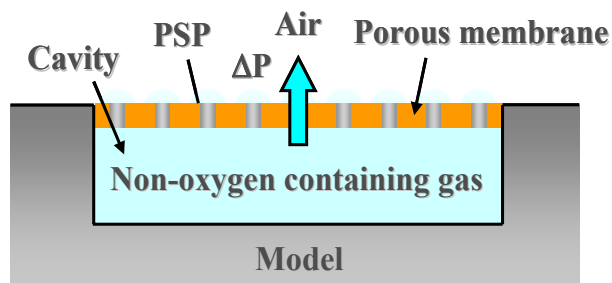


多孔質膜を用いた差圧応答型 PSP の開発と応用

依田 大輔、永井 大樹、浅井 圭介
東北大学

現在、感圧塗料(PSP)を用いた圧力分布計測は、様々な現象に適用されている。しかし、低速領域の現象では、圧力変化に対する発光強度の変化が小さく、十分な計測精度を得るのが困難になる、これは、現在のPSP計測手法が原理的に絶対圧計測であることが原因である。この問題の解決に向けて先の研究で我々は、差圧に応じて多孔質膜を通じて漏れ出す酸素未含有ガスによってPSP塗布面近傍の酸素濃度を大きく低下させることで圧力感度の増強を図る新しい概念のPSP計測手法を開発し、無風場において従来の100倍以上の圧力感度を有することを示した(図1、2)¹⁾。本研究では、この差圧応答型PSPの適用範囲を実際の風洞試験へと拡張し、その実用可能性について評価・検討を行なった。差圧応答型PSPを風洞内平板上に設置し(図3)、一様流中における差圧に対する圧力感度を調べたところ、その感度は著しく低下し、無風時の1/10以下であった(図4)。これは漏れ出したガスが気流により直ちに吹き飛ばされ、PSP面近傍に十分な酸素濃度変化を生じさせられなかったことが原因と考えられる。そこで対策として、多孔質膜表面にポリマー層を設け、PSP面近傍におけるガスの滞留時間を高める工夫を施した(図5)。しかしながら、今回設けた膜厚0.4 μm のポリマー層では効果は見られなかった(図6)。今後は膜厚やポリマー種をパラメータとして同様の試験を進めると共に、数学モデルを構築して理論的な側面からも改善を行っていく予定である。

- 1) Daisuke Yorita, et. al., "Luminescent differential-pressure sensor based on gas transfer through porous membrane", 13th International Symposium on Flow Visualization, Nice, July 1-4, 2008.



差圧に応じてキャビティから酸素未含有ガスが漏れ出すことで反対側のPSP近傍で酸素濃度が大きく低下する

図1: 差圧応答型PSPの概念図

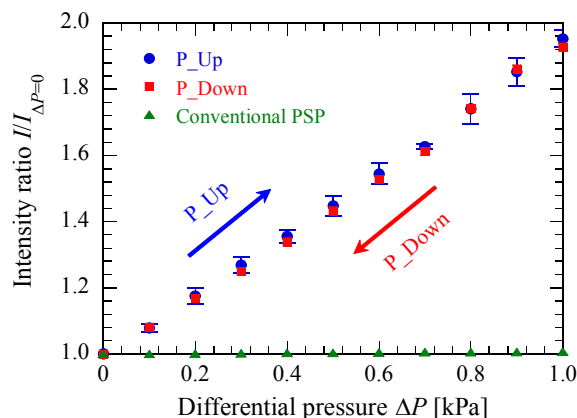


図2: 無風時における圧力感度 (細孔径200nm、膜厚60 μm)

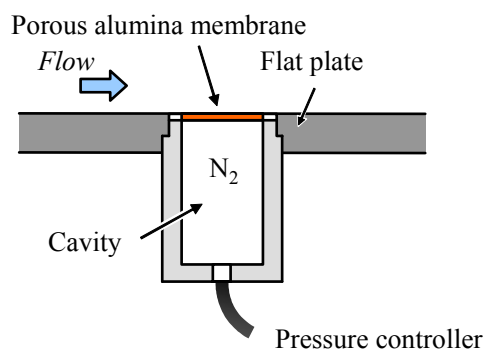
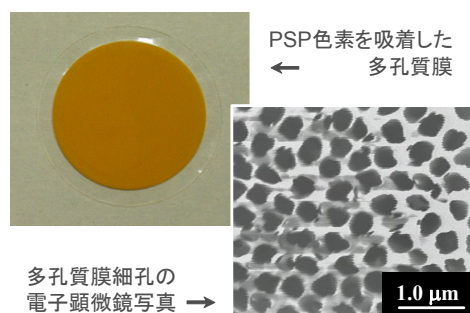
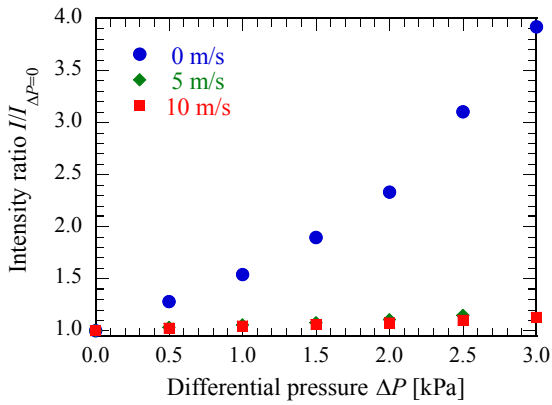


図3: 本実験で使用した多孔質膜サンプル(左図)と風洞試験における差圧応答型PSPの概念図(右図)(差圧は主流静圧を基準($\Delta P = 0$)としてキャビティ内を加圧することで発生させた)

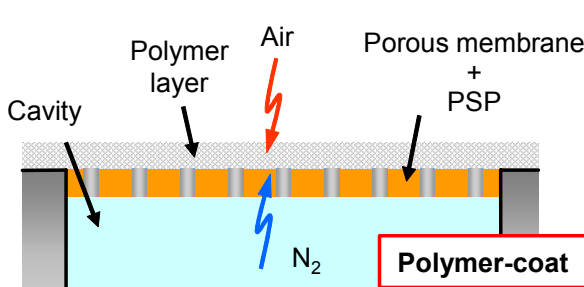


Free-stream velocity	Pressure sensitivity [%/kPa]
None	82
5 m/s	5.6
10 m/s	4.0

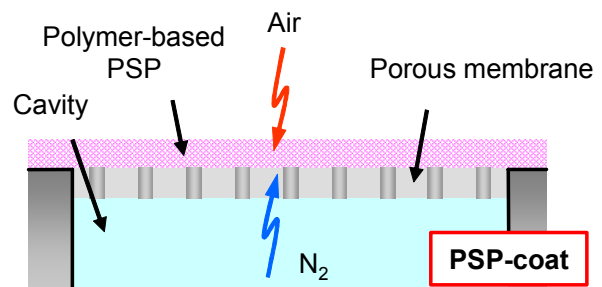
※ 線形フィッティングにより算出

図 4: 通風下における差圧応答型 PSP の圧力感度

(通風下では圧力感度が著しく低下していることがわかる)



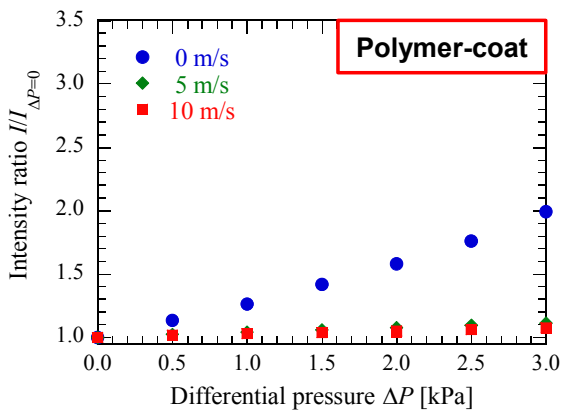
本研究では Poly-TMSP を膜厚 0.4 μ m で塗装



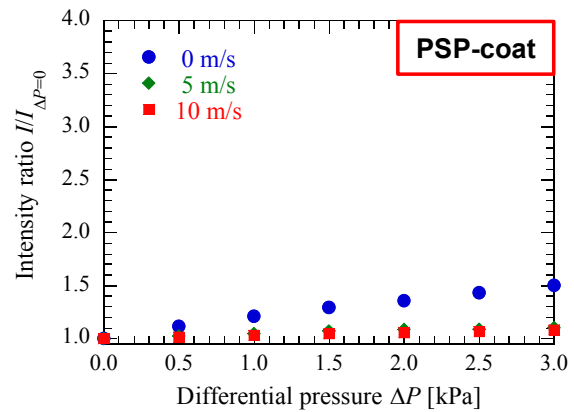
本研究では PtTFPP を Poly-TMSP に混合したものを膜厚 0.4 μ m で塗装

図 5: ガスの吹き飛び対策のためポリマー層を導入した差圧応答型 PSP の概念図

(色素を吸着した多孔質膜表面にポリマーのみを塗布したサンプル(左図)とポリマー内に色素を混合して多孔質膜に塗布したサンプル(右図)の 2 種類を用意した)



Free-stream velocity	Pressure sensitivity [%/kPa]
None	31
5 m/s	3.8
10 m/s	2.5



Free-stream velocity	Pressure sensitivity [%/kPa]
None	18
5 m/s	3.8
10 m/s	2.7

図 6: 多孔質膜表面にポリマーのみを塗布したサンプル(左図)と色素とポリマーを混合したサンプル(右図)の通風下における圧力感度

ポリマー層を導入していないサンプル(図 4)に比べ感度が低下しており、感度増加の効果を得られていないことがわかる