

# ポルフィリンを利用した色調変化型光学酸素センサー

朝倉則行, 上林優太, 市川智子, 大倉一郎

東京工業大学 大学院生命理工学研究科

光学酸素センシングは、色素の発光が酸素により消光される現象(消光反応)を利用した酸素濃度測定法であり、酸素濃度の変化や分布を視覚的に捉えることができる。これまで主に、白金ポルフィリンのリン光強度またはリン光寿命から酸素濃度を定量化する方法が研究されてきた。本研究では、光学酸素センサーを改良し、酸素濃度に対して色が変化するセンサーの開発を行った。酸素に反応する白金ポルフィリンと、酸素に反応しない色素との混合色素を用いることで、酸素濃度に対して発光色を変化させることができる。(Fig.1)

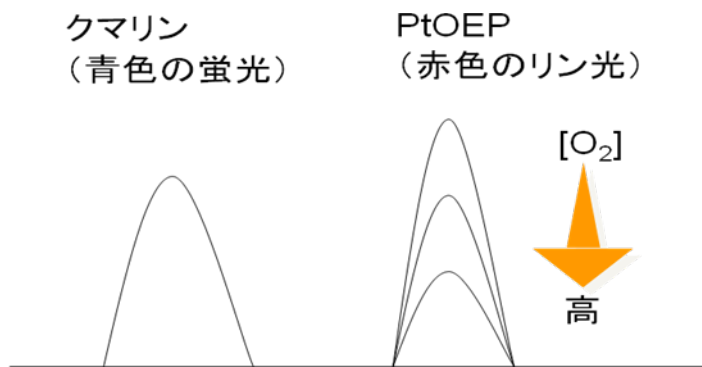


Fig.1 色調変化の原理

酸素反応性色素として白金オクタエチルポルフィリン(PtOEP)を用いた。また、酸素非反応性色素としてクマリンまたはアクリジンオレンジを用いた。PtOEPは酸素濃度に応じて赤色のリン光強度が変化する。一方、青色の蛍光を発するクマリン、緑色の蛍光を発するアクリジンオレンジは酸素に反応しない。PtOEP-クマリン混合ポリスチレン(PS)膜の調製方法は以下の通りである。PtOEP およびクマリンをそれぞれトルエンに溶解し、ポリスチレン/トルエン溶液と混合した。混合溶液をアルミ板上に塗布し、一日乾燥させ PtOEP-クマリン混合 PS 膜を作製した。PtOEP-アクリジンオレンジ混合 PS 膜は、アクリジンオレンジをエタノールに溶解し、PtOEP/トルエン溶液、ポリスチレン/トルエン溶液と混合し、混合溶液をアルミ板上に塗布し製膜した。

Fig.1に、PtOEP-クマリン混合 PS 膜の発光スペクトルを示す。横軸は波長、縦軸は発光強度、励起光は 315 nm である。挿入図は、650 nm 付近のスペクトルを拡大したものである。クマリンの最大蛍光波長である 400 nm と PtOEP の最大リン光波長である 650 nm にピークが見られた。酸素濃度 0%、10%、20%、100% の順に 650 nm のリン光強度が減少した。これに対し、400 nm を見るとクマリンの蛍光強度には変化がないことがわかった。

次に、PtOEP-クマリン混合 PS 膜の色

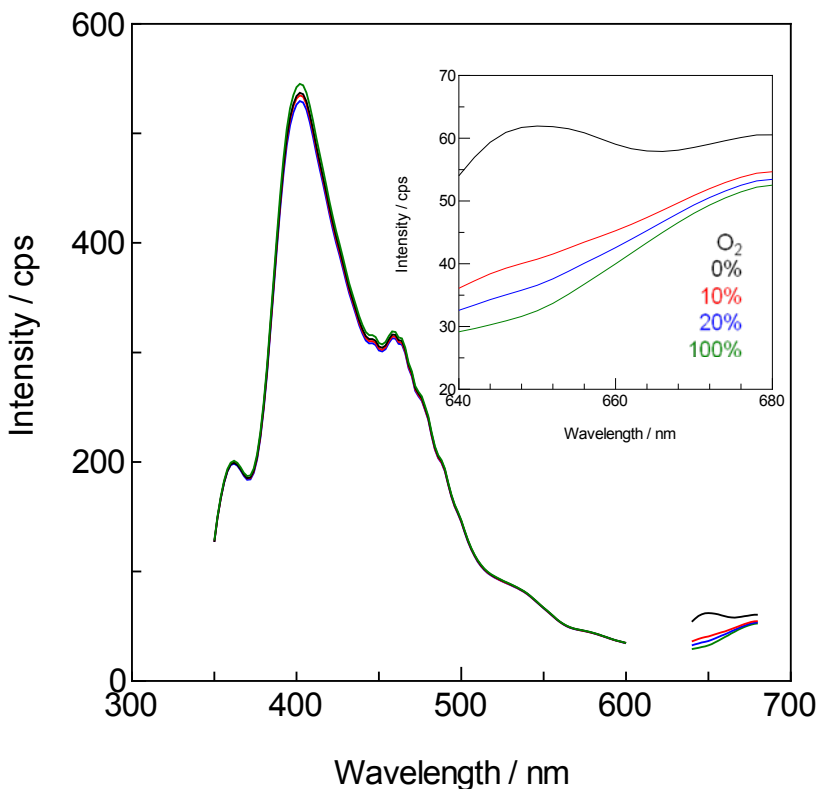


Fig.2 PtOEP クマリンセンサー膜の発光スペクトル

調変化を測定した。暗所で 315 nm の励起光を照射し発光色を観察した。酸素濃度条件 0%, 10%, 20%, 100%での発光色をカメラで撮影した。その結果, 酸素濃度 0%の条件で PtOEP-クマリン混合 PS 膜は赤色の発光を示した。次に, 10%では赤紫色, 20%では青紫色, 100%では青色となった。このことから, スペクトル変化で予想されたとおり, 色調変化を視覚的に捉えることができた。(Fig. 3)



Fig.3 PtOEP クマリンセンサー膜の色変化

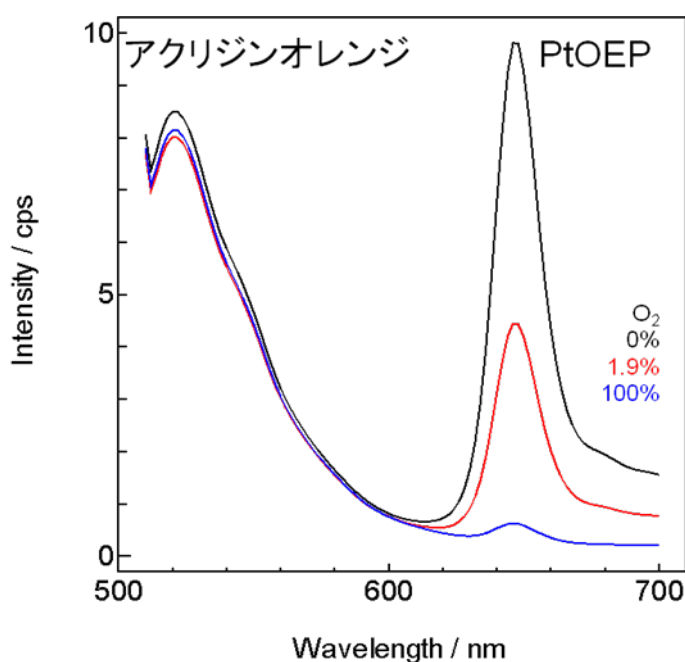


Fig.4 PtOEP アクリジンオレンジセンサー膜の発光スペクトル

さらに, 白色光の下での利用を目指した色調変化型センサーの開発を行った。暗所で特定の励起波長を利用したセンサーに対し, 白色光を利用するセンサーは生活圏に近い環境において応用することができる。PtOEP とアクリジンオレンジを用いて PtOEP-アクリジンオレンジ混合 PS 膜を調製した。

Fig.4 に PtOEP アクリジンオレンジセンサー膜の発光スペクトルを示す。また, Fig.5 に白色光照射下での色調変化を撮影した写真を示す。

これらの写真のシャッタースピードおよび感度は同じである。

センサー膜は, 酸素濃度 0%ではピンク色に, 100%では黄緑色に発光していることがわかる。これより, 可視光励起でも色調変化が目で見えてわかるセンサーが開発できた。

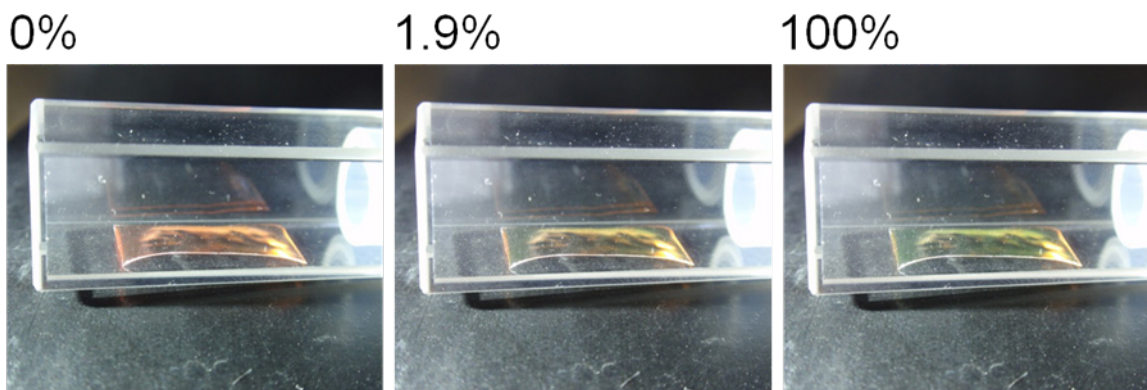


Fig.5 PtOEP アクリジンオレンジセンサーの色調変化