

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006～2008

課題番号：18560410

研究課題名（和文） 機能性プラスチック光ファイバを用いた味覚センサに関する研究

研究課題名（英文） Plastic Optical Fiber Taste Sensor

研究代表者

森澤 正之（MASAYUKI MORISAWA）

山梨大学・大学院医学工学総合研究部・准教授

研究者番号：30220049

研究成果の概要： 本研究は、電磁障害に強く、フレキシビリティが高く、化学的機能性を付与しやすい特長を有する小型軽量のプラスチック光ファイバ(POF)を用いて、味物質の光学的な検出を目指すものである。電位に対して蛍光強度を変化させる色素と脂質分子からなる単分子累積膜や膨潤性ポリマーをセンシングクラッドとして用いることで、味物質に対する基本的な検出が確認できた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,200,000	0	1,200,000
2007年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	660,000	4,060,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・計測工学

キーワード：光ファイバセンサ、プラスチック光ファイバセンサ、POF、味覚センサ、スマートセンサ情報システム

1. 研究開始当初の背景

近年、コンピュータを中心とした情報処理技術の発達に伴い、人間の五感に対応するセンサへの要求が高まってきた。現在、視覚、聴覚、触覚に対応する光、音、圧力のセンサは広く利用されており、残りの感覚である味覚、臭覚に関するセンサの研究も活発に行われている。

味覚は多くの種類の化学物質が作用して生じるために、それを検出するセンサは複数種類のセンサを組み合わせたマルチチャネ

ル型のセンサにする必要がある。現在広く研究されている味覚センサは、脂質を混入させたポリマ膜の膜電位を測定するものや、金属電極や有機薄膜のボルタンメトリを用いるものなどの電気化学的センサがほとんどであるが、このような電極タイプのセンサヘッドでは、複数個束ねたときにセンサヘッドが大型化し、携帯可能にするなどの小型は困難である。

一方、POFセンサは、電磁障害に強く、敷設が容易であるなどの光ファイバセンサの特長に加えて、軽量、フレキシビリティの

高さ、化学的機能性を付与しやすさなど特長を有している。申請者らは、これまで様々なポリマをコアやクラッドに用いたプラスチック光ファイバセンサの開発を試み、アルコール、湿度、アンモニア、酸素などのセンサを発表してきた。その技術を応用して、味物質検出のPOFセンサを実現することにより、軽量で取り扱いの容易な味覚検出が期待できる。

2. 研究の目的

本研究では、POFセンサを用いて光学的に味覚センシングを行うことを目的とする。POFセンサのコアとクラッドに用いるポリマは、材料の選択の幅が広く、かつ、ドーピング、重合などによってガラスより機能性が付加しやすい。そこで以下の特徴を持つPOFセンサの作成を目的とする。

(1) マルチモード光ファイバを用いたクラッド機能型 POF センサ

一般の光ファイバ化学センサはファイバの端面にセンシング機能を持たせる。本研究では、センサの高感度を図るために、光ファイバのクラッドにセンシング機能を持たせることとする。味物質はファイバ表面すなわちクラッド表面と接触して検出するため、クラッドは表面積が大きく、その厚さが薄いほうが良い。したがって、コア径に対してクラッド膜厚が小さいマルチモードファイバを使用する。

(2) 異なる機構の POF センサの組み合わせセンシング機能ポリマには、膨潤性ポリマと電位感受性色素ドープポリマを用いる。マルチチャンネル化のためには複数のセンシング機能材料が必要であるが、異なる原理に基づくセンシング機能を検討するとその選択の幅が広がる。ここでは膨潤性ポリマを用いたリーキー・導波変換 POF 型センサと電位感受性色素ドープ POF センサの 2 種を検討する。

3. 研究の方法

以下のように実験を行った。

(1) リーキー・導波変換型 POF センサの作成

リーキー・導波変換型 POF センサとは、検出対象に対して膨潤を生じるポリマをクラッドに持つ POF である。クラッドポリマは膨潤することによりその屈折率が変化する。コア・クラッド間の屈折率差を調整して、クラ

ッドの屈折率変化がコアの屈折率をまたがるようにすると、POF の動作は検出対象の有無によりリーキーモードから、導波モードへ変わることになり、その透過光強度を大きく変化させる。このリーキー・導波変換型 POF 味覚センサの作成には、味物質に対して膨潤性の大きいクラッドポリマの適用、クラッドポリマとコアポリマとの屈折率調整、クラッド膜厚の均一化が必要になる。そこで、以下の点を考慮してセンサヘッドを作成する。

(2) 電位感受性色素ドープ型 POF センサの作成

脂質を混入させたポリマ膜の膜電位は味物質に応答するため、この膜電位型の味覚センサは広く研究されている。このポリマ膜に電位感受性色素をドープした膜は、味物質に対してその蛍光強度の変化が期待できる。本研究では、電位感受性色素ドープの複合構造を持つ LB 膜を作成する。

(3) 味物質に対する測定

作成したそれぞれの光ファイバセンサに対して、各種味物質濃度に対するセンサヘッドの感度、応答特性を測定する。より具体的には、脂質の違いによる特性の測定や、クラッドポリマの種類、クラッド層の厚さ、センサヘッドの直径、長さなどをパラメータとして感度、応答特性について測定を行う。

4. 研究成果

以下に示す研究成果が得られた。

(1) コアに直径 0.5mm の PMMA、センシングクラッドに Poly-(*l*-Menthyl methacrylate-co-Benzyl methacrylate) を用いたリーキー・導波変換 POF 型センサを作成し、酸味物質である

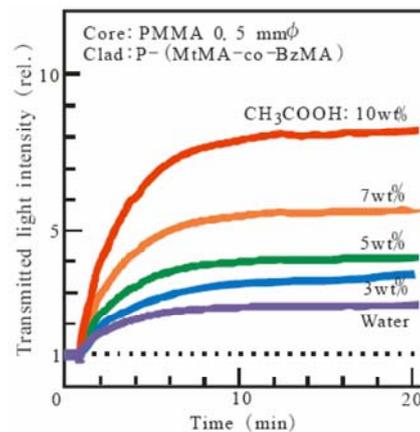


図 1 POF 型酢酸センサの応答

酢酸に対する応答を測定した。結果を図1に示す。感度がまだ十分とはいえないが、酢酸に対して良い応答性が確認された。

(2) (1) で述べた POF センサの感度の向上を検討するために、コアを屈曲させたり、コアの形状を D 型にしたときの違いを光線追跡法によるシミュレーションによって行い、コア形状を工夫することで感度が改善することを示した。シミュレーション結果を図2に示す。

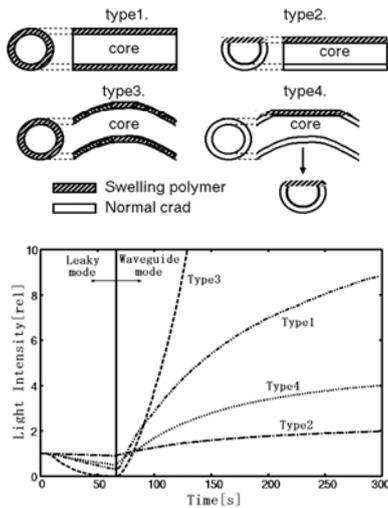


図2 光線追跡法による POF センサ応答のシミュレーション結果

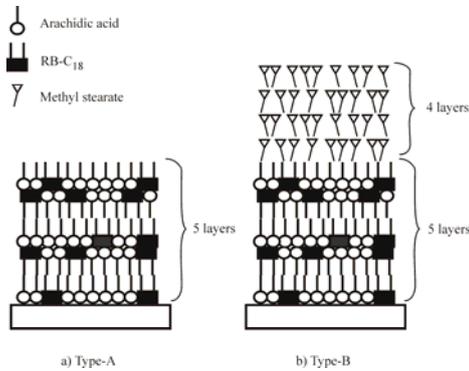


図3 LB膜の構造

(3) アラキシン酸と電位感受性を持つ色素を混合した LB 膜をセンシング層としたセンサを作成し、その苦味に対する応答特性を測定した。電位感受性色素には、長鎖アルキル基を有するローダミン B 誘導体 (RB-C₁₈) を用いた。作成した LB 膜は、図3に示すように、5層のもの (Type A) と、Type A の上層にステアリン酸メチルを数層累積した (Type B) 2種類である。本研究では、基礎的研究として、図4に示すようにガラス基板に LB 膜を累積し、その後、プラスチック光ファイバの端面

にその基板を接着することでセンサヘッドを作成した。

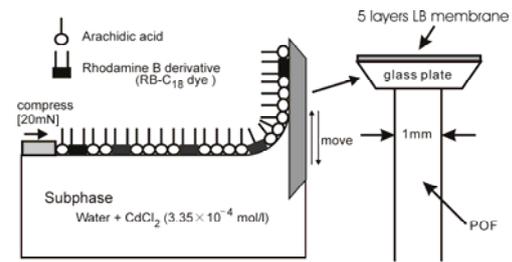


図4 POF 味覚センサヘッドの構造

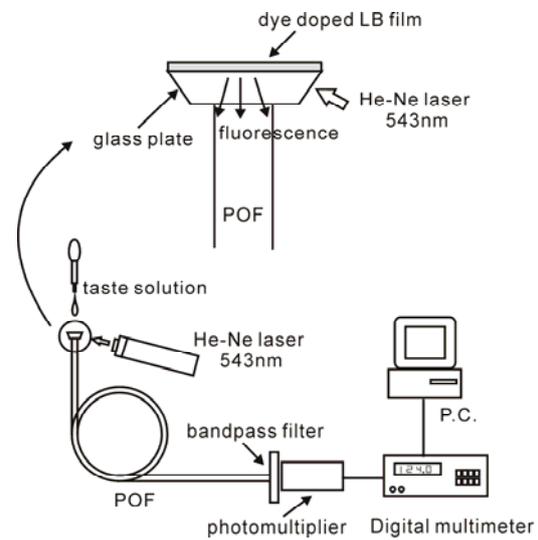


図5 実験系

図5に実験系を示す。波長 543nm の He-Ne レーザーで色素を励起し、味物質に対する蛍光強度変化をフォトマルで測定した。苦味物質であるキニーネ塩酸塩に対する結果を図6に示す。苦味物質に対して応答を示すことが確認できる。特に、表面層としてステアリン酸メチルを累積した Type B の LB 膜型 POF センサは Type A のものに比べて感度の向上が著しい。これは、LB 膜のうち表面の数層を変えることで異なる特性を持つセンサを作成することが可能であることを示唆している。

通常、味覚は多種の化学物質が関係するためにセンシング物質である脂質には様々な種類のものが必要となる。ところが、蛍光色素を混合しても安定した LB 膜を形成する脂質はそう多くない。したがって、このように LB 膜の上部に色素を含まない異なる脂質層

を 2~4 層累積することで感度の向上などが

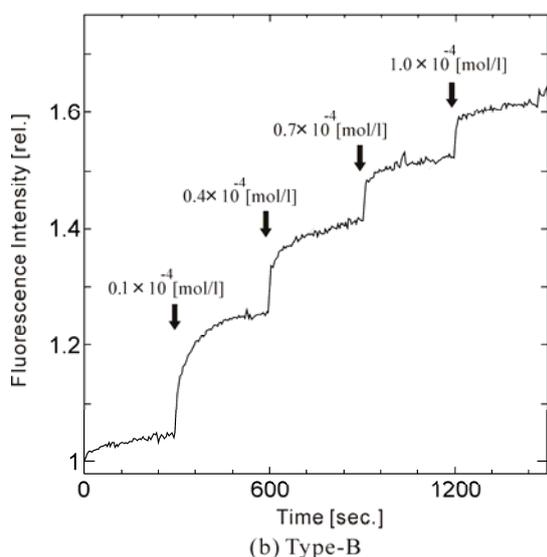
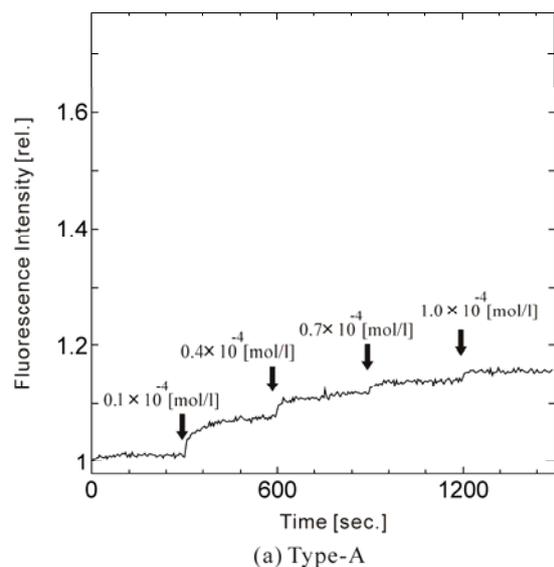


図 6 苦味物質（キニーネ塩酸塩）に対する応答特性

得られる可能性を示されたことは、今後の LB 膜を用いた光学的味覚センサの開発のために有益な知見と言える。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

① Masayuki Morisawa, Koji Miyazawa and Shinzo Muto, "Optical Taste Sensor Using Dye-Doped Hetero-Structured LB film", Proc. of The 6th IEEE Conference on Sensors, pp. 1177-1180, (2007), 査読有

② Masayuki Morisawa, Koji Miyazawa and Shinzo Muto, "Optrode-Type POF Taste Sensor Using Dye Doped Hetero-Structured LB film", 18th International Optical Fiber Sensors Conference TECHNICAL DIGEST (CD-ROM), The79.pdf, (2006), 査読有

③ Kenta Takenaka, Tomohito Taki, Yasunari Fujii, Satoshi Honma, Masayuki Morisawa and Shinzo Muto, "Plastic Optical Fiber Sensing of Acetic Acid", Proc. of The 15th International Conference on Plastic Optical Fiber, pp.233-237, (2006), 査読有

[学会発表] (計 5 件)

① 志村智彦、森澤正之、武藤真三、表面層を付加した LB 膜による味物質の光センシング, 第 55 回応用物理学関係連合講演会講演予稿集, 28p-ND-15/I, 2008 年 3 月 27 日, 千葉県船橋市

② 宮澤弘司、森澤正之、蛍光色素ドーブヘテロ LB 膜による苦味物質の光センシング, 2007 年度センサ・マイクロマシン部門総合研究会予稿集, CHS-07-32, 2007 年 7 月 2 日, 茨城県つくば市

③ 瀧山誠、森澤正之、武藤真三、脂質膜を利用したオプトロード型光ファイバ味覚センサの開発, 第 54 回応用物理学関係連合講演会講演予稿集, p215, 2007 年 3 月 28 日, 神奈川県相模原市

④ 原広大、森澤正之、光線追跡法を用いた POF 型味覚センサの応答シミュレーション, 平成 18 年度電気関係学会東海支部連合大会講演論文集, 0-179, 2006 年 9 月 26 日, 岐阜県岐阜市

⑤ 竹中健太, 本間聡, 森澤正之, 武藤真三, 有機酸の光ファイバーセンシング, Optics & Photonics Japan 2006 予稿集, pp.524-525, 2006 年 11 月 9 日, 東京都千代田区

[産業財産権]

○出願状況 (計 2 件)

① 名称: 苦味成分検出材料および苦味成分検出材料を使用した苦味成分検出センサ
発明者: 森澤正之
権利者: 国立大学法人 山梨大学
種類: 特許
番号: 特願 2007-278842
出願年月日: 2007/10/26
国内外の別: 国内

②名称：酢酸濃度検出センサ
発明者：武藤 真三、森澤 正之
権利者：国立大学法人 山梨大学
種類：特許
番号：特願 2006-254887
出願年月日：2006/9/20
国内外の別：国内

○取得状況（計0件）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森澤 正之 (MASAYUKI MORISAWA)
山梨大学・大学院医学工学総合研究部・
准教授
研究者番号：30220049

