

## シリコンゴムを支持材とした味覚センサ用脂質膜 の開発

田中, 健

九州大学大学院システム情報科学府電子デバイス工学専攻 : 修士課程

岩倉, 宗弘

九州大学大学院システム情報科学研究院電子デバイス工学部門

都甲, 潔

九州大学大学院システム情報科学研究院電子デバイス工学部門

<https://doi.org/10.15017/1515840>

---

出版情報 : 九州大学大学院システム情報科学紀要. 8 (1), pp.91-95, 2003-03-26. 九州大学大学院システム情報科学研究院

バージョン :

権利関係 :

## シリコーンゴムを支持材とした味覚センサ用脂質膜の開発

田中 健\*・岩倉宗弘\*\*・都甲 潔\*\*

### Development of Lipid Membranes Using Silicone Rubber for Taste Sensor

Ken TANAKA, Munehiro IWAKURA and Kiyoshi TOKO

(Received December 13, 2002)

**Abstract:** Lipid membranes using silicone rubber (SR) were developed by mixing only lipids in SR. In this study, we prepared three kinds of lipid membranes and investigated their response characteristics for five basic taste qualities. As the result, taste substances with the same basic taste had similar response patterns constructed from outputs of three kinds of membranes, whereas those with the different taste had different patterns. However, response patterns for sweet substances are a little similar to those for umami taste substances. Improvement of this point will produce the taste sensor which can provide an objective scale for the human sensory expression.

**Keywords:** Lipid membrane, Silicone rubber, Taste sensor, Response pattern

#### 1. はじめに

食品メーカーにおける味の評価は、現在でもパネラーが実際に味わって行う官能検査に大きく依存している。しかし、パネラーの個人差や体調などによるデータの客観性・再現性に問題があり、また官能検査は疲労度も大きい。このような現状から、食品の新製品開発や製造ラインでの品質管理において、人の感じる味を検出してパネラーをサポートする味覚センサの開発が望まれていた。

そこで、細胞の生体膜の構成成分である脂質を利用した人工の味覚センサが開発された<sup>1),2),3)</sup>。味覚センサは、生体を模倣した性質の異なる複数の脂質膜からの信号をパターン認識することで味を識別しようというものである。味検出に重要な働きをする脂質を高分子化合物で固定化し、呈味物質と脂質膜との間の静電相互作用や呈味物質の物理化学的吸着による脂質膜の膜電位変化を情報として取り出す。応答特性の異なる脂質膜から得られる複数の信号をパターン認識することで味の識別を行う。

現在、脂質膜を固定化する高分子化合物としてポリ塩化ビニル (PVC) が用いられている。しかしながら、PVCを支持材料とする場合、可塑剤を必要とする。味覚センサの脂質膜に用いられている可塑剤は、ジオクチルフェニルフォスフォネートという物質で安全性や環境面でやや難がある。そこで、可塑剤を必要としない人工脂質膜が求められている。

本研究では、シリコーンゴムに着目し、それを支持材料とした脂質膜を作成した。さらに、作成した脂質膜の

評価として、五基本味に対する応答を調べ、その応答パターンにより味の識別を行った。また、繰り返し測定により脂質膜の応答再現性を調べた。さらに、ミネラルウォーターを測定することで、実際の食品の味の識別を試みた。

#### 2. 実験方法

##### 2.1 脂質膜

脂質膜は、テトラヒドロフラン (THF) 5 mlの入った容器にシリコーンゴム (SR) と脂質を加え、十分に攪拌した後、シャーレに流し込むことで作成した。使用したシリコーンゴムは、信越 (株) 製のKE348Tである。また、使用した脂質は、プラスの電荷を持つトリオクチルアンモニウムクロライド (TOMA) とマイナスの電荷を持つジオクチルフォスフェート (DOP) である。作成した脂質膜は3種類で、使用した脂質からそれぞれTOMA膜、DOP膜、5:5膜とした。5:5膜は、TOMAとDOPを電荷がゼロとなるように混入した膜である。作成した脂質膜のSR及び脂質の混入量をTable 1に示す。これは、内径10 cmのシャーレで作成する場合の混入量である。

Table 1 Membrane composition.

	SR (g)	lipids (g)	
		TOMA	DOP
DOP membrane	3.0	—	0.8
5:5 membrane	3.0	0.3	0.3
TOMA membrane	3.0	0.5	—

平成14年12月13日受付

\* 電子デバイス工学専攻修士課程

\*\* 電子デバイス工学部門

## 2.2 測定系

測定に用いたのはアンリツ製SA402味認識装置である (Fig.1). この装置は検出部, ハンドラー部, データ処理部から構成されている. 検出部は, 数種類の脂質膜が貼られた電極と参照電極から構成され (Fig.2), 脂質膜電極と参照電極間の電位を測定する. ハンドラー部では, ロボットがパーソナルコンピューターからの制御により自動制御を行う. データ処理部では, 検出部からのデータをA/D変換してパーソナルコンピューターに取り込む.

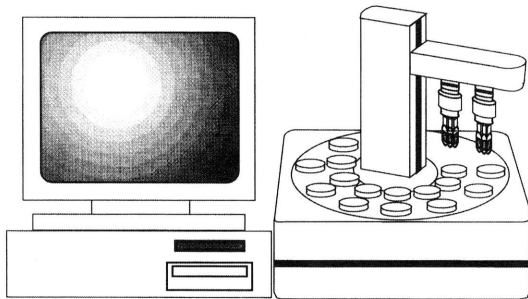


Fig.1 Taste-sensing system SA402.

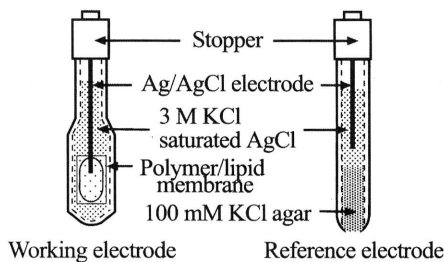


Fig.2 Working electrode and reference electrode.

## 2.3 測定方法

測定手順をFig.3に示す. まずセンサ部を基準液で洗浄した後, 基準液の絶対電位 $V_r$ を測定する. 基準液測定後, サンプルの絶対電位 $V_s$ を測定する. これにより相対電位 ( $V_s - V_r$ ) を求める. サンプルを測定した後, 洗浄を行うことで膜への吸着物質を除去し, 膜のリフレッシュをした.

## 3. 実験結果

### 3.1 五基本味に対する応答

五基本味とは, 甘味・塩味・酸味・苦味・うま味である. 測定したサンプルは各基本味の代表的な味物質で Table 2にまとめた. ただし, うま味物質の

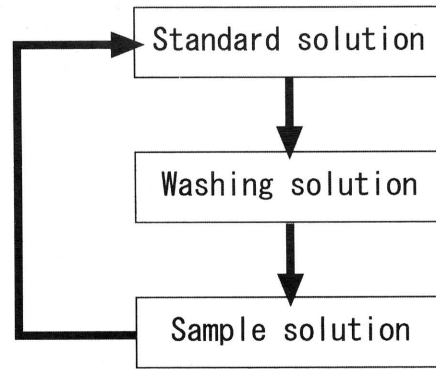


Fig.3 Measurement procedure.

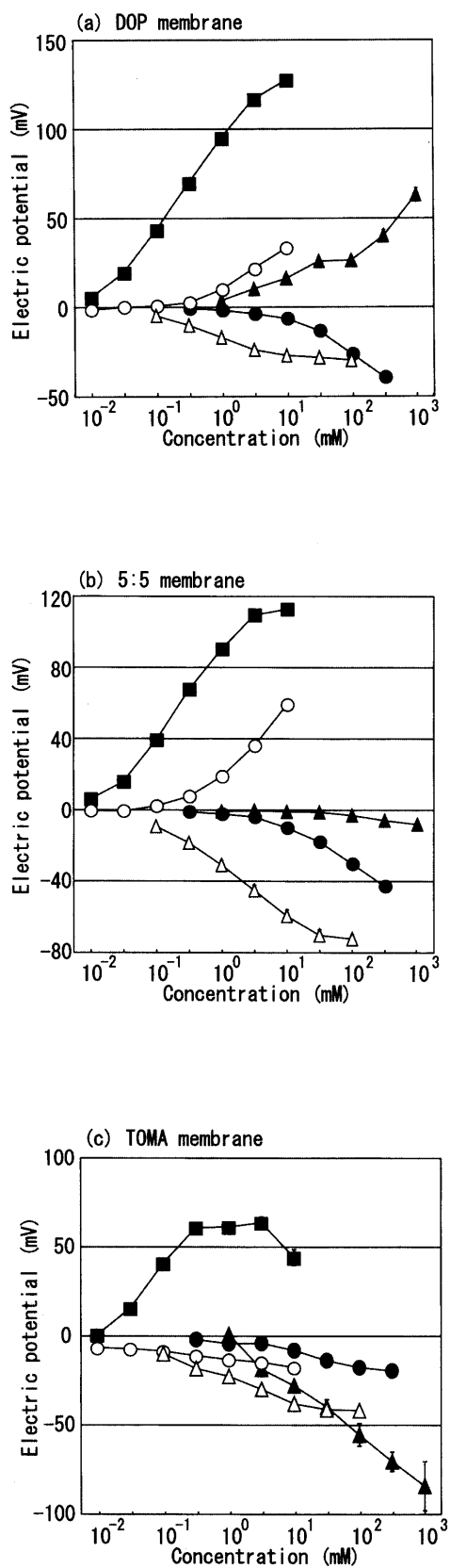
MSG及びIMPは, それぞれグルタミン酸ナトリウム (monosodium glutamate), イノシン酸ナトリウム (disodium inosinate) の略称である. また, サンプルには1 mM KClが溶かされており, 基準液・洗浄液として50 mM KClを使用した.

Table 2 Sample.

Solution	Taste substances
Sweet sample	Glycine, L-Alanine
Salty sample	NaCl, KCl
Sour sample	HCl, Citric acid
Bitter sample	Quinine-HCl, L-Tryptophan
Umami sample	MSG, IMP

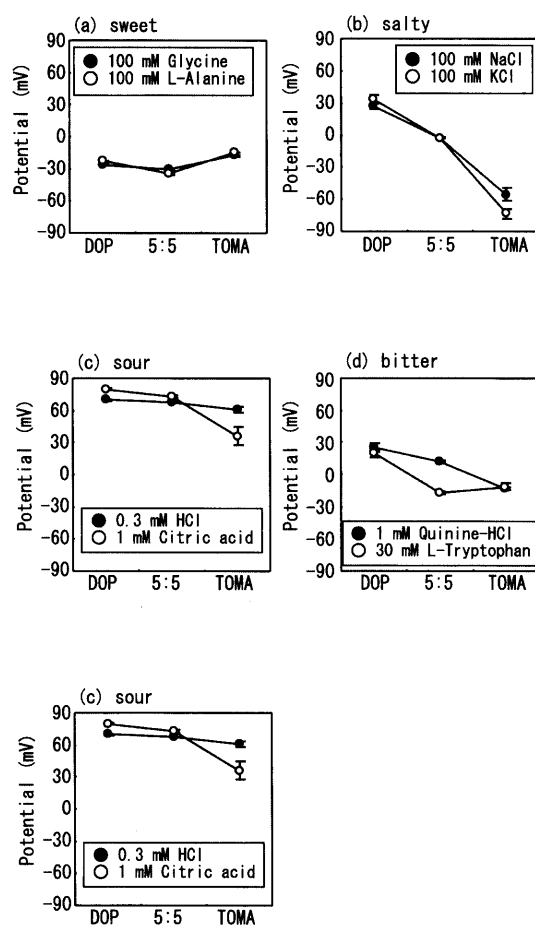
Fig.4は3種類の脂質膜, DOP膜, 5:5膜及びTOMA膜の代表的な五基本味物質に対する濃度特性を示している. 横軸は各味物質の濃度で, 人の閾値濃度を含むように選ばれた. 縦軸はその時の応答電位であり, サンプルの相対電位と1 mM KClの相対電位の差分である. 1 mM KClは人の場合の唾液に相当する. また, 測定は4回行い, エラーバーは測定回数に対する誤差値 (標準偏差) である.

Fig.4から全ての脂質膜で味物質の濃度の上昇とともに応答電位が大きくなっていることが分かる. DOP膜では, NaCl, HCl及びキニーネ塩酸塩の応答が濃度の上昇とともに正の方向に大きくなり, グリシン, MSGの応答は負の方向に応答している. 5:5膜では, HClとキニーネ塩酸塩の応答が濃度の上昇とともに正の方向に大きくなり, グリシン, MSGでは負の方向に小さくなっている. 5:5膜はNaClにはほとんど応答していない. さらに, TOMA膜では, HClの応答は濃度の上昇とともに正の方向に応答しており, その他の呈味物質は, 負の方向に応答している. このことから, 3種類の膜を総合的に判断することにより味の識別ができると考えられる.



**Fig.4** Response of sensors using different lipid membrane to five basic taste substances (●Glycine, ▲NaCl, ■HCl, ○Quinine-HCl, △MSG).

**Fig.5**は各呈味物質における応答パターンを示している。横軸は脂質膜の種類でチャンネル(ch)と呼ぶことにする。**Fig.5**から同じ味を呈する物質は似たような応答パターンを示していることが分かる。また、異なる味を呈する味物質は異なる応答パターンを示すことが分かる。塩味の応答パターンは、右下がりなパターンを描いており、酸味の応答は全てのchで正に反応している。しかし、甘味とうま味の応答はどちらも全ての膜で負に反応しており、応答パターンが似ていることが分かる。このように塩味や酸味の応答パターンに対して甘味とうま味の応答パターンは似ており、3種類の脂質膜ではそれらを識別することは難しい。



**Fig.5** Response pattern for each basic taste.

### 3.2 脂質膜応答再現性

脂質膜の耐久性を確認するために、脂質膜の応答再現性を調べた。使用したサンプルは、50 mM NaCl、0.1 mM HCl及び0.1 mM キニーネ塩酸塩である。それぞれのサンプルには50 mM KClが溶かされており、基準液・洗浄液として50 mM KClを使用した。

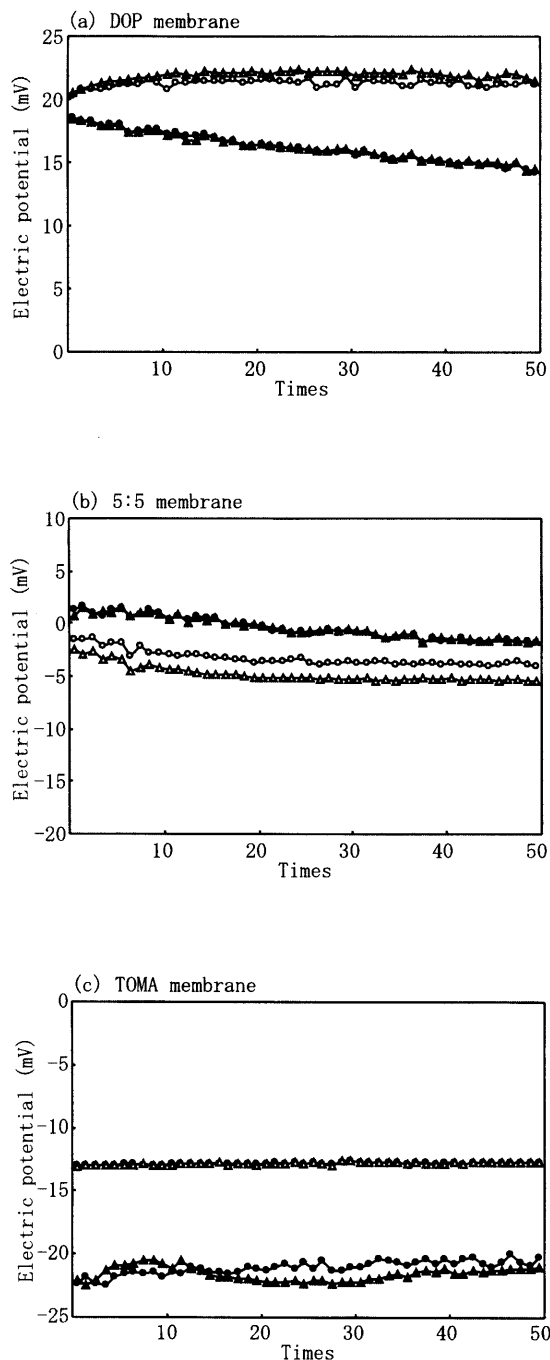


Fig.6 Response reproducibility of membranes to 50 mM NaCl (●・▲: SR, ○・△: PVC) .

Fig.6は各脂質膜の50 mM NaClに対する応答再現性を測定した結果を示すものである。横軸は測定回数を示しており、縦軸は応答電位である。Fig.6から分かるように、従来の脂質膜であるPVC膜と比較しており、それぞれ同じシャーレから採取した2つの膜を使用した。

Fig.6から同じシャーレから採取した脂質膜はほぼ同じ応答をしており、このことから膜作成段階において均一な膜が作成されていることが分かる。また、応答の再現性の点では、1回目の測定と50回目の測定の差分を取ると

DOP膜においてPVC膜では約1 mV, SR膜では約4 mVであった。同様に、5:5膜においては、PVC膜:約3 mV, SR膜:約3 mV, TOMA膜においては、PVC膜:約0.5 mV, SR膜:約1.5 mVであった。また、サンプルを0.1 mM HCl及び0.1 mM キニーネ塩酸塩とした場合についても測定を行ったが、50 mM NaClでの測定結果と同様の再現性が見られた。このことから従来のPVC膜に比べてやや応答の再現性が劣るものの、シリコーンゴム膜の応答もよい再現性を示した。

### 3.3 ミネラルウォーターの測定

ミネラルウォーターの味は、人に識別することが難しく、ミネラル分、特にMg, Caの量の大きく違うミネラルウォーターの味を識別できる程度である。そこで、今回作成した脂質膜を用いて、人にはなかなか再現できないミネラルウォーターの味の識別を試みた。今回使用したミネラルウォーターとその成分、pH及び硬度をTable 3にまとめた。ミネラルウォーターの成分及びpHはペットボトル等に記載されている数値を用い、硬度はCa及びMgの量をCaCO<sub>3</sub>の量に換算した値である。また、Table 3は硬度の大きいミネラルウォーターから順番に並べてある。

Table 3 Sample.

Sample	Ca	Mg	K	Na	pH	Hardness
1	91	19.9		7.3	7.3	307
2	78	24		5		291
3	68	19	13	78		246
4	28	10	4.1	1.1	7.2	100
5	35.2	2.2	0.3	2.3	7.6	96.8
6	25.1	5.2	0.4	16.9	7.4	84
7	13	4.2	8.8	8.8		49.3
8	17	1.1	0.9	2.8	7.1	47
9	11	3.1	1.7	7.5	6.8	40
10	6.4	5.4	1.8	11.3	7.6	38
11	8.1	3	1.5	11	7.2	32.25
12	7.5	3.3	1	8.1	7.2	32
13	9.7	1.4	2.8	4.9		30
14	7.6	1.2	0.2	3.6	8.3	24
15	4.2	3.5	0.6	5.4	7.0	23
16	3		0.8	7		10
17	0.5	0.5		2	6.6	0.2

ミネラルウォーターを測定して得られた応答を用いて、主成分分析<sup>4)</sup>を行い、第一主成分(PC1)及び第二主成分(PC2)を求めた。Fig.7は、PC1, PC2をそれぞれ横軸、縦軸としてグラフ化したものである。Fig.7から番号の小さいものほど左下に、大きいものほど右上にあることが分かる。つまり、主成分分析によって硬度の違いが反映されており、ミネラルウォーターの味が識別されていると考えられる。

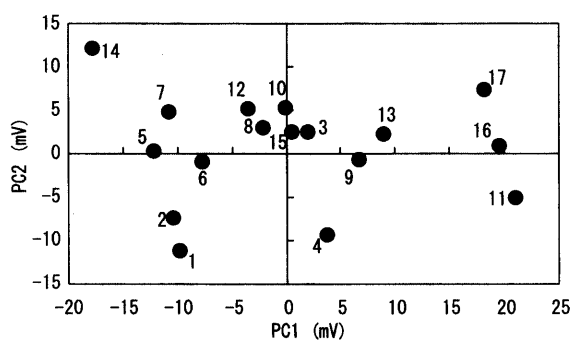


Fig.7 Principal component analysis of water.

#### 4. ま と め

本研究では、従来の脂質膜の支持材料であるポリ塩化ビニルからシリコーンゴムに替えることで、可塑剤であるジオクチルフェニルフォスフォネートを使わない脂質膜を作成し、その脂質膜の味物質に対する応答特性を調

べた。

五基本味の応答パターンから、味の識別を行った結果、塩味、酸味、甘味・うま味には識別することができたが、甘味とうま味の応答パターンが似ているため、この2つの味を識別することは難しい。また、シリコーンゴムを用いた脂質膜で従来の膜であるPVC膜とほぼ同等の応答再現性が見られた。ミネラルウォーターの測定では、主成分分析を行うことで味の識別ができた。今後の課題として、甘味とうま味を識別するために、これら2つの味に対して応答特性の異なる脂質膜を作成し、またさらに応答の再現性を向上させるために脂質膜の改良を行う。

#### 参 考 文 献

- 1) K. Hayashi, M. Yamanaka, K. Toko and K. Yamafuji : Sens. Actuators, B2, 205 - 215(1990)
- 2) 都甲 潔 (編著) : 感性バイオセンサ, 朝倉書店 (2001)
- 3) K. Toko : Biomimetic Sensor Technology, Cambridge University Press(2000)
- 4) 奥野 忠一, 久米 均, 芳賀 敏郎, 吉澤 正 : 多変量解析法, 日科技連