

# 味認識に関する研究

小幡睦憲・秋本恭喜  
機械電子部

## Research on Discrimination of Taste

Mutsunori OBATA・Yasuki AKIMOTO  
Mechanics & Electronics Division

### 要旨

PVC（ポリ塩化ビニル）脂質混入膜マルチセンサを用いて、味認識に関する研究を行った。味を測定する対象物は液体に限定した。基本的な測定方法は、市販されているpHセンサやイオンセンサと同じように、膜電位を測定する。このマルチセンサの特徴は、PVC膜に混入する脂質の種類や配合比を変化させることで、8種類のセンサを用意し、その応答結果をパターン認識することで、味の認識を行うことである。

このセンサの膜に含まれている脂質が電離することによって、脂質膜が帯電する。その帯電を利用して、測定対象物の電解物質を検出することができる。基本的な味物質を測定した結果、食塩（塩味）、塩酸（酸味）、グルタミン酸（うま味）には、応答を示し、8種類のセンサの応答パターンより、各味物質の識別が可能であることがわかった。しょ糖（甘み）には応答が鈍かった。これは、しょ糖が非電解物質であるためと考えられる。また、センサの経時変化を調べた結果、膜からの脂質の溶けだしが見られた。このため、各センサの測定溶液が混合しないようにする必要がある。

ここでは、味認識に関する技術的解説を含めて、味覚センサの原理、センサの作成方法、測定方法等を検討した結果について述べる。

### 1. はじめに

5感といえば、視覚、聴覚、触覚、味覚、嗅覚である。このうち、視覚、聴覚、触覚にあたるセンサは、すでに幅広く実用化されている。しかし、味覚、嗅覚に関するセンサは、最近その研究開発が行われ始めたのが現状である。視覚、聴覚、触覚は、光、音、圧力といった単一の物理量を計測すれば良い。これに対して、味覚、嗅覚は、多種類の化学物質の検出を行う必要がある。このため、1つのセンサでこれらをうまく測定することは、できなかった。さらに、これらの詳しいメカニズムも、最近ようやく、定説なるものができてきている。

ここでは、PVC（ポリ塩化ビニル）に人工脂質を混入させて作成したセンサ（以下脂質膜センサと称する）を使用して、液状の対象物の膜電位を測定した。そして、用いる脂質の種類や配合比を変化させることで、8種類のセンサを用意し、その応答結果をパターン認識することで、各味物質の認識を行った。

### 2. 実験方法

#### 2.1 測定原理

図1は脂質膜センサでの膜電位の発生原理を示している。脂質膜は混入する脂質の種類によって大きく+膜、

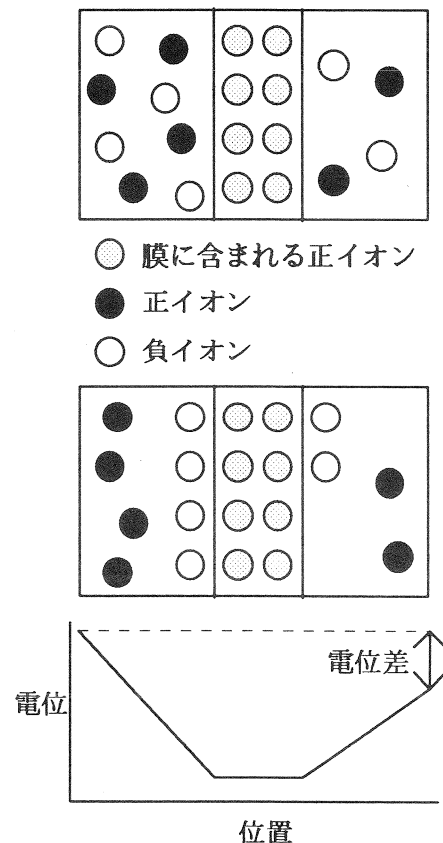


図1 膜電位発生原理

一膜の2種類に分類される。図は代表的な+膜(脂質材にトリオクチルメチルアンモニウムクロライドを使用している)の場合を示している。

図に示すように、溶液中に電解物質があると、膜表面は+に帯電しているために、水溶液中の負イオンを膜近傍に引きつけることになる。このため、左右で電解物質の濃度差があると、膜の両側で電位差が発生する。一膜の場合は正イオンを引きつけるため電位が反転する。この膜電位を測定することで、濃度差を測定することができる。人間は、この濃度差を味の強弱として捕らえている。このため、膜電位を測定することで、間接的に味の強弱を検出することができる。

## 2.2 膜電位の測定

図2は膜電位の測定系を示している。液絡には100mM KCl(塩化カリウム)寒天、測定電極にはAg/AgCl電極(銀-塩化銀電極)を使用した。電極に接する溶液はKCl溶液を使用した。この電極と溶液での反応式は以下のとおりである。



この電極の特徴は、電極での反応でガスが発生しない、温度の変化によるヒステリシスが生じないことである。電気化学の分野では、膜電位を測定するのに幅広く使用されている電極である。このほか代表的な電極としては、カメル電極や酸化水銀電極などがある。

実際の測定では、基準液電位を測定したのちに、測定液電位を測定し、その2つの測定値の差(相対電位)を測定液の測定値として扱う。実験では、基準液として1mM KCl溶液を使用した。

## 2.3 脂質膜センサの作成方法

脂質膜は、PVC(ポリ塩化ビニル)に人工脂質材を混入することで作成する。その作成方法を以下に記す。

### 2.3.1 使用する薬品

溶媒 テトラヒドロフラン(THF)

通常、冷蔵庫で保存しているので、使用前に水道水で常温に戻す。(30分~40分)

THFは専用のガラスピュペットを使用するようになる。かなり強い溶剤なので、一般のビニールやサランラップ、ピュペットのチップは溶けるので注意が必要である。通常はガラス、アルミホイルのみを使用する。アルミホイルは蒸発を避けるためのキャップ代わりに使用する。

膜剤 PVC(ポリ塩化ビニル)粉末を使用する。

可塑剤 ジオクチルフェニルフォスフォネート(DOPP)

可塑剤を入れることでPVC膜が柔らかくなる。基本的に、可塑剤の量で、PVC膜の固さをコントロールするこ

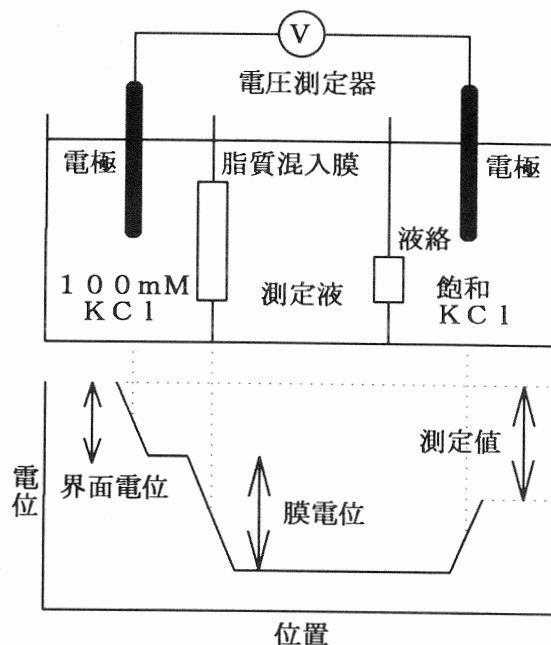


図2 膜電位の測定系

とができる。

脂質材(すべて、液体)

ジオクチルフォスフェート(2C8P00H)

オレイン酸(OA)

n-デシルアルコール(DA)

オレイルアミン(N)

トリオクチルメチルアンモニウムクロライド

(TOMA)

### 2.3.2 作成方法

(1) THFの容器を水につけて、常温に戻す。

(2) 専用のガラス製のピュペットで各試験管にTHFを18ml入れる。

(3) PVCを800mg量り、THFの入った試験管に素早く入れて、かき混ぜる。この際、白い塊が発生しないようにする。もし、塊が発生した場合は、超音波に約15~20分間かけて、十分に溶かす。最後に試験管を透かして見て確かめる。

(4) 脂質を溶かす。

TOMAは特に粘度が高いため、ピュペットでゆっくりと吸い上げるようにする。ピュペットで取り出しても、チップの内側に付いているので、数回に分けて側面の液をいれるようにする。

(5) 各試験管にDOPPを1ml入れて、よくかき混ぜる。(約30分間置く)

(6) 試験管内の溶液をシャーレ(90\*20)に入れる。基本的に膜厚はPVCの量とシャーレの大きさによって決まる。

(7) 常温より5℃高い温度で乾燥を行う。(約2h放置)  
これは、THFが水に溶けやすいので、THFが空気中の水蒸気を吸うのをさけるためである。本実験では、市販のホットプレートを使用した。以上の条件で作成した膜厚は約200μm程度であった。

2.3.3 PVC膜に混入する脂質の量

混入する脂質の種類や配合比を変化させることで、8種類の脂質混入膜を作成する。(4)のPVC800mgあたりに、各膜に対して混入する脂質の量は表1に示している。

膜の名称	C	OA
脂質の種類	ジカカリスフェート	オレイン酸
脂質の量	0.4ml	0.4ml
膜の名称	DA	N
脂質の種類	n-デシルアルコール	レシチン、DA
脂質の量	0.4ml	各0.05ml
膜の名称	C:T=9:1	C:T=5:5
Cの量	0.193ml	0.107ml
TOMAの量	0.027ml	0.135ml
膜の名称	C:T=3:7	TOMA
Cの量	0.064ml	-
TOMAの量	0.189ml	0.269ml

表 1

2.4 測定システム

電位測定には、横河電気7562デジタルマルチメータを使用した。測定チャンネルは8チャンネルあるので、コンピュータにより、各チャンネルを自動的に切り替えることで測定を行った。膜が比較的高抵抗であるため、各チャンネルをオペアンプと接続して、インピーダンス変換を行い、切り替えによる影響を少なくした。

3. 実験結果

3.1 経時変化

センサの安定性を調べるために、センサ作成後、1, 3, 5, 7日後に測定を行い、経時変化を調べた。測定液は塩酸を用いた。濃度は0.001mMから30mMまで変化させた。基準液は1mM KCl溶液を使用した。まず、1mM KClでの膜電位を測定した。次に、溶液を攪拌しながら、所定の濃度になるように塩酸を加えて膜電位の変化を測定した。つまり、各測定値は1mM KClからの相対電位である。なお、8種類のセンサは同じ溶液に浸けて測定を行った。測定後にはセンサの乾燥を防ぐために、1mM KCl溶液の中で保存した。

+膜としてN膜、-膜としてC膜の結果を図3, 4に示す。1日後はN膜、C膜ともそれぞれ、電位の応答が+膜、-膜特有の性質を示している。(それぞれ、逆の応答を示している。) N膜の結果は3, 5, 7日後と特性が変化して応答方向が一膜的な性質を示した。また、7日後のN膜、C膜の結果は、比較的同じような傾向を示している。

これは、N膜、C膜の膜中の脂質が溶けだしたためと考えられる。N膜の場合は膜からの溶けだしと共に、溶液中に溶けだした-膜の脂質が再付着して、-膜的な応答を示したと考えられる。一方、C膜はN膜ほど脂質の溶けだしが少なかったと解釈できる。N膜の5日後、7日後の結果は、ほぼ同じような応答を示しており、膜の特性が安定してきたと考えられる。このため、センサは作成後1週間程度基準液に浸けて、膜の特性の安定化を図る必要がある。

このような影響を避けるため、各センサの測定溶液が、

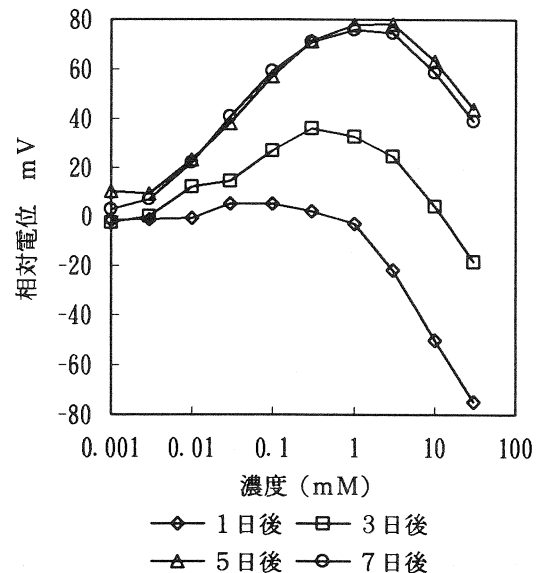


図3 N膜の経時変化

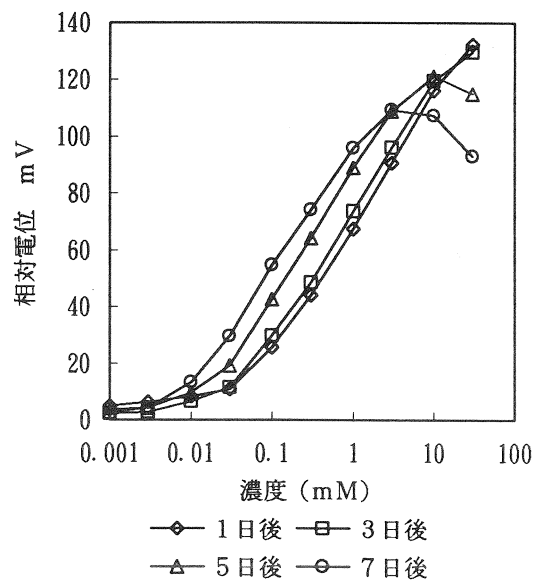


図4 C膜の経時変化

それぞれ混入しないように、注意が必要である。最終的には、脂質の溶けだしが少ないセンサの開発が必要である。

### 3.2 基本味物質への応答

基本味物質として、食塩（塩味）、塩酸（酸味）、グルタミン酸（うま味）、しょ糖（甘み）を測定した。8チャンネルの測定結果をパターン認識することによって、食塩、塩酸、グルタミン酸を区別できることがわかった。ただし、しょ糖に対する各センサの応答は鈍かった。センサの原理からも分かるように、各センサが電解物質に強く応答を示すため、非電解物質であるしょ糖には、応答を示さなかったのではないかと考えられる。膜電位の変化は主として、電解物質によるが、実際には、吸着や膜への浸透による電気特性の変化によっても発生する。今後、吸着や浸透の影響のみを検出するセンサができれば、甘さのみを検出することも可能になると考える。

### 3.3 実際の食品の測定

実際の食品を測定する場合、測定の再現性を高めるために以下のことが重要となる。

- a) 基準液の選定。
- b) 測定方法の工夫。
- c) センサの管理。

#### 3.3.1 基準液の選定

基本的な指針としては、相対電位値を10mV以下にできるように基準液を選定する必要がある。

このため、ビール、牛乳等の測定では、あるメーカーの製品を基準液として使用している。これは、仮に1mM KCl溶液を基準液に使用した場合、相対電位が大きくなり、再現性が悪くなるためである。図5にその模式図を示している。

#### 3.3.2 測定方法の工夫

電極電位の再現性、安定性は重要である。本来、電位（ポテンシオメトリック）測定は高インピーダンスの測定であるため、電氣的誘導を拾いやすい。さらに、PVC膜表面の電位を測定するために、汚れの吸着、脂質分子の脱離などにより電位が変動しやすい。これらの問題に対処するために、測定サイクル中に基準液に電極を数回浸して膜表面を洗浄し、その後試料液に浸し、すぐに電位変化を測定する過渡的測定法により、再現性、安定性の向上を図っている。その面では、測定前後のプロセスの影響を受けるということになる。このため、測定前後のプロセスを測定サンプルに最適な条件に設定する必要がある。

#### 3.3.3 センサの管理

センサは少なくとも、7日前から基準液に浸して、十分センサを基準液に馴染ませておく必要がある。これは経時変化の結果からも分かるように、脂質の溶けだし等による影響をなくすためである。また、基準液がPVC膜内に浸透するため、これによる電氣的な特性の変化も少なく

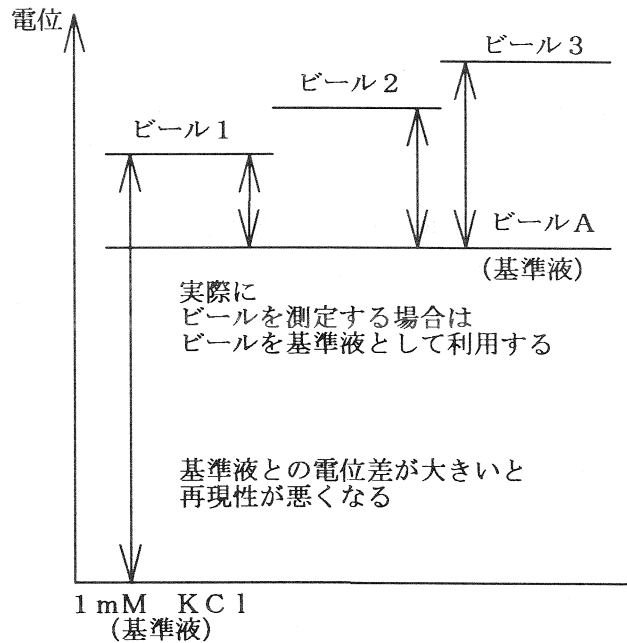


図5 基準液の選定

する必要がある。ビール、牛乳を測定する電極は、常にビール、牛乳（ビールや牛乳の場合は、基準液がビール、牛乳となる）に冷蔵庫内で浸しておいて、定期的に液の交換をする必要がある。

測定する食品によって、センサの管理方法も異なってくる。このあたりは、やや試行錯誤的な要素も含まれている。

## 4. 結言

脂質膜混入型PVCマルチセンサを用いて味認識に関する研究を行った結果、以下のことがわかった。

1. 基本的な味物質は8種類のセンサの応答パターンより、各味物質の識別が可能であることがわかった。ただし、非電解物質であるしょ糖への応答は鈍かった。
2. センサの経時変化を調べた結果、膜からの脂質の溶けだしとみられる現象があった。このため、各センサの測定溶液は混合しないようにする必要がある。
3. 実際の食品を測定する場合は、測定の再現性を高めるために、基準液の選定、測定方法の工夫、センサの管理を十分にする必要がある。

本研究は平成7年度業務遂行研修にて、九州大学工学部都甲研究室において研修を行った内容に基づいている。

ここで、研修を受け入れてくださった都甲先生ならびに研究室の方々に謝辞を申し上げます。