

# 「一般家庭内の異常臭検知用バイオミメティック匂いセンサの開発」

## 報告書

東京工科大学 バイオニクス学部教授 三田地成幸 2010.2.10

### I. 「民学産公」協働研究事業(協働研究事業)の概要

#### 1. 目的と背景

我々は、 $\beta$ カロチンを用いた、バイオミメティック匂いセンサ (BMOS) の開発を行っている。近年、日本では、核家族化が進み高齢世帯や高齢単独世帯が増えるとともに、臭覚機能の衰えた高齢者が、冷蔵庫で腐敗した食料の異臭に気づかなくなる、あるいは天ぷら油が加熱状態であることを忘れ、火災を起こす等の問題が発生している。本開発では、家庭用冷蔵庫内で使用できる匂いセンサを試作し、その低温時使用機能を確認した。また、同構造のセンサの加熱した食用油の匂いに対するセンサ機能を実証し、現場実験も行った。

#### 2. 実証実験方法

$\beta$ カロチン、グリセリン、チオ硫酸ナトリウム (酸化防止剤)、および不凍化のためのエチレングリコールを混合したセンサ溶液を作製した。白金メッシュ(+)と白金版(-)を電極とし、電極間にこの溶液を挟み、直流 6V を印加し、電流値の変化を測定した。従来の検討では、室温におけるセンサ電流は、センサ溶液の粘性に強く依存することが分かっている。そこで本研究開発では、電流値が最大となる粘度を最適粘性とし、その溶液組成のセンサを冷蔵庫内に設置した。腐敗臭物質としてアンモニア水(25%)を 1cc 導入して測定した。また、天ぷら油の加熱実験では、低温実験に用いたセンサをフライパンの直上に設置して測定した。国立市内の一般家庭での調理の現場で、ガスコンロ直上 83cm の排気ダクトの縁に「一般家庭内の異常臭検知用バイオミメティック匂いセンサ」を設置し、一般家庭内の匂い測定も行った。

#### 3. 結果と考察

最適粘度となる組成はエチレングリコール 8 : グリセリン 2 であった。冷蔵庫内の低温環境 (-10 度~0 度) で、アンモニア水導入後、十数秒で電流値に急峻な増大が測定された。また、加熱した各種の天ぷら油に対して、約 30 度~100 度から電流値が上昇し始め、発煙が開始する 220 度で加熱を止めたところ、食用油の温度が下がるにつれて、電流値も比例して下がっていく傾向が見られ、加熱天ぷら油の初期異常を検知可能であることを実証した。一般家庭内での調理中の匂い、特に食用油を用いたフライパンでの調理からの匂いに敏感に応答することが確認できた。玄関先においては応答は見られないことが判明した。

#### 4. 結論

BMOS は、冷蔵庫の不腐敗臭検知だけでなく、油蒸気の匂い検知が可能で、高齢者家庭の安全化装置への応用に十分対応可能であることを実証した。

## II. 幹事団体(東京工科大学)のプロフィール

東京工科大学は昭和 61 年の開学以来、教育の原点である大学のあり方や教職員一人ひとりの判断や行動の基軸として

- (A) 実社会に役立つ専門の学理と技術の教育
- (B) 先端研究開発を介した教育とその研究成果の社会還元
- (C) 理想的な教育と研究を行うための理想的な環境整備

という三つの基本理念を掲げて教育と研究活動を進めている。

これらの理念の究極の目標は学生の個性を尊重し、創造性、自立性、実学、ICT スキルを身に付けた世界に通用する人材を育成し、産業界や社会に貢献することである。

本学は基本理念を実現するために、4つのミッションを定めている。これらのミッションを達成するため「ONLY ONE,BEST CARE」(OBC)という行動規範を掲げ、教職員が一丸となって教育改革に取り組んでいる。

- (A) 学生の個性を重視した教育の実施
- (B) 先端技術教育による実社会に役立つ技術者や多様なエキスパートの育成
- (C) ICT に精通した技術者や多様なエキスパートの育成
- (D) 国際的人材育成のための外国語（特に英語）の実践教育

キャンパスの大きさ： 380,811m<sup>2</sup>

教職員数： 366名(2008年5月1日現在)

学生数：(2008年5月1日現在) 6,213名

学部・専攻： メディア学部、応用生物学部、コンピュータサイエンス学部  
医療保険学部、デザイン学部  
大学院バイオ・情報メディア学研究科

所在地： 〒192-0982 東京都八王子市片倉町 1404-1

TEL. 042-637-2111(代) FAX. 042-637-2112



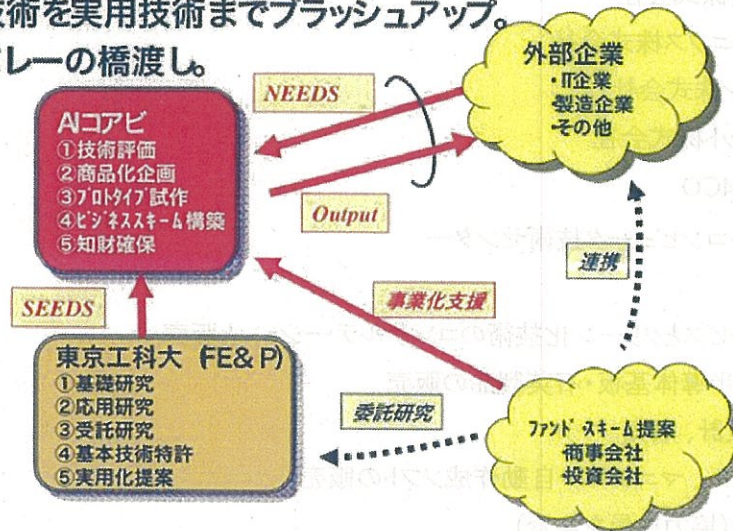
### III. 協働研究事業参加団体のプロフィール

#### 【(有)AI コアビプロフィール】

技術評価からビジネススキーム構築までを視野に、電子産業分野における新規技術のインキュベーション、センサをコアとした生活支援技術の開発、知的財産/特許調査事業を業務とする、小回りの利く研究開発のベンチャー企業です。

## AIコアビの事業コンセプト

- ①生活産業分野を中心に、
- ②基本技術を実用技術までブラッシュアップ。
- ③デスバレーの橋渡し。



会社のプロフィールは下記のとおりです。

会社名	有限会社 AIコアビ
取締役	北郷 洋二
設立	2004年9月
資本金	300万円
本社	〒311-4145 水戸市双葉台五丁目6の13 電話 029(252)4177
FE&P- AIコアビ 共同研究開発ラボ	〒192-0982 東京都八王子市片倉町1404-1 東京工科大学 片柳研究所棟 14階

## 【分析工房株式会社プロフィール】

社名：分析工房株式会社

所在地：東京都渋谷区代々木 4-36-4

資本金：300 万円

主要銀行：みずほ銀行

代表者：籾本 周邦

設立：2008 年 4 月

主要取引先：

NTT アドバンステクノロジー株式会社

高砂熱学工業株式会社

川商エレクトロニクス株式会社

日本フィルコン株式会社

グローバルネット株式会社

株式会社 SUMCO

タイ国家電子・コンピュータ技術センター

事業内容：

材料分析サービスとクリーン化技術のコンサルティングと販売

分析機器類、半導体基板・石英製品の販売

LED 製品の設計、販売

知財解析ツール、マニュアル自動作成ソフトの販売

従業員数：7 名（協力社員を含む）

会社沿革：

2008 年 4 月：分析工房株式会社を設立

主に材料分析技術とクリーン化技術のサービスとコンサルティングを行う。

2009 年 2 月：タイ国家電子・コンピュータ技術センター向けに半導体関連材料の輸出を開始

2009 年 5 月：グローバルネット株式会社より「LED 照明製品の現状と予測、2009」を発刊。

これを機に、同社と出版・セミナーを共同企画。

2009 年 6 月：NEDO より照明学会と共同でエコイノベーション推進事業「照明システムのサステナビリティ評価基準策定」を受注。

2009 年 9 月：表面パーティクル検査装置、インスタント内視鏡、電子虫めがねの販売を開始。

## IV. 協働研究事業の企画・実施の背景

### 1. 背景

#### 【社会的な背景】

日本は、高齢化が世界で最も速く進んでいる国である。また、世帯数は増えているが核家族化が進み、高齢者だけの世帯数が地方、都市に限らず増え続けている。しかも、高齢



者の一人暮らしの割合も年々増加の一途を辿っている。近年、高齢者だけが住んでいた家屋焼失と住人の焼死など、火事による老高齢者の悲惨な事件が社会問題になっている。この背景には、高齢者の感覚機能の低下がある。視力、聴力だけに留まらず、特に焦げ臭に対する嗅覚の衰えが原因している。高齢化に伴い感覚の衰えが生じることは自然の摂理であるが、以前の日本社会ではこの衰えを共に暮らす若い世代が支え補って高齢者の豊かな経験を活かして暮らして来た。「無縁社会」という悲しい現実がわが国には忍び寄っている。感覚の一つである嗅覚の衰えた高齢者は、長期間冷蔵庫の保存された食物の腐敗や過熱による天ぷら油の立ち込める匂いなどの一般家庭内の異常臭に気づき難い懸念があり、一人暮らしの場合はそのことによって健康を損ねたり、火災を引き起こす危険性を孕んでいる。

#### 【技術的な背景】

本研究室では、高齢者が安心して生活できる早期異常発見システムの開発に向けて研究を行っている。本研究室で開発中の、高齢者早期異常発見システムの一つである嗅覚センサにおいて、鍵となるデバイスはバイオミメティック匂いセンサである。このセンサは、人間等の動物の組織にも存在し、鼻などの粘膜の機能を保ち、匂いの感知にも関連しているであろうと思われる化学物質であるβカロチンを利用するものである。

匂い計測法の開発経緯をみると、その計測技術は、人の五感に対するものの中で最も遅れている。これは、視覚、聴覚、触覚が主として光、音、圧力などの物理量を対象とするのに対し、嗅覚は味覚と並んで化学感覚（嗅細胞が化学物質を受容する）であり、そのうえ対象となる物質の種類が無限で、その濃度が極めて低いのが主な理由である。また、嗅覚は感情や体調にも左右され人間にとって非常に曖昧な感覚であり、数値化が難しいのも理由の一つである。こうした理由から、計測器により定量的・客観的に判断することが困難であったため、従来は熟練者の嗅覚評価に頼らざるを得なかったが、人の判断には、ばらつきがあり問題があった。このため、用途が限定されてはいるが、いくつかのデバイスが製品化されている。近年、ニューラルネットワークを用いて、匂いの識別も出来るようになってきている。これらのデバイスにおいて、計測用のセンサとして使用されている検出方式は、ほとんどが半導体か水晶振動子を使用している。半導体を使用する方式は酸化物半導体式と有機半導体式があり、水晶振動子式には天然水晶を使用したものと、合成水晶を使用したものがある。

半導体を用いた匂いの検出は、半導体表面における匂い物質の吸着と表面反応によって、半導体の電気抵抗値が変化することを利用してしている。酸化物半導体を使う方式も原理は同様である。これらの半導体を用いる方式は、生体の機能とは全く異なるために、嗅覚との相関を見ることは難しい。しかし、半導体を使う方式は、物質の有無、物質濃度に比例した電氣的出力が得られ、既存の回路技術で作製できるために実績がある。この方式の匂い物質に対する検出対象として、無機系、特に硫化水素に対しては極めて高い感度を有するが、香料などの有機物質に対しては感度が低い。また、有機半導体を使うセンサとして、匂いの識別を可能としたシステムが販売されているが、歴史も浅く、また高価なため使用



実績は少ない。これらの背景をもとに、本研究室では、生物の嗅覚に近い、鋭敏な感覚を実現するために、βカロチンを匂いセンサ物質とする研究を行っている。

## 2. 目的

早期異常発見センサシステム開発に向けてβカロチンは、緑色植物や動物の諸臓器、脂肪などに広く存在する非常にありふれた物質である。人間の鼻の中で匂いを感じる部分は粘膜で覆われ、その膜中の受容細胞が 3000~10,000 種類の匂いを識別する。1961 年に Rosenberg らはβカロチンの微結晶のパウダーをサンドイッチ状に2枚の電極ではさみ、その電気伝導度を様々なガス中で測定するとエタノールやアンモニアやアセトンなどに対して、βカロチンのパウダーは、その電気伝導度を著しく増加することを発見した<sup>[1]</sup>。匂い物質の有無に対して、相対的変化は10万倍から100万倍にも達する。しかしその時間応答は非常に遅く、比較的反応の速いメタノールでも40~50分かかり、プロパノールでは3時間以上要すると報告している。我々は応答時間が長いのは、ガスがパウダー中に拡散するのに長時間を要するためと考えた。そのため、応答時間はガス拡散を容易にするような工夫により短縮されると推測し、ガスが接触する電極を白金メッシュとし、βカロチンを分散させた粘性の高い粘膜状の液体を挟み込んだセンサを開発した。

本研究では、センサを家庭に適用する事を目的とし、低温条件でのBMOSの応答、加熱した食用油の焦げ臭い匂いでBMOSが応答するかを検討した。

## 3. 原理

### 3-1. βカロチンの化学構造

βカロチンの化学構造式を図3-1に示す。βカロチンの分子は炭化水素鎖構造をもち、メチル基をはさんで二重結合が一つ置きに結合しており、その両端にベンゼン環がついている。βカロチンは多くの高等動物の嗅覚器官にも存在する。

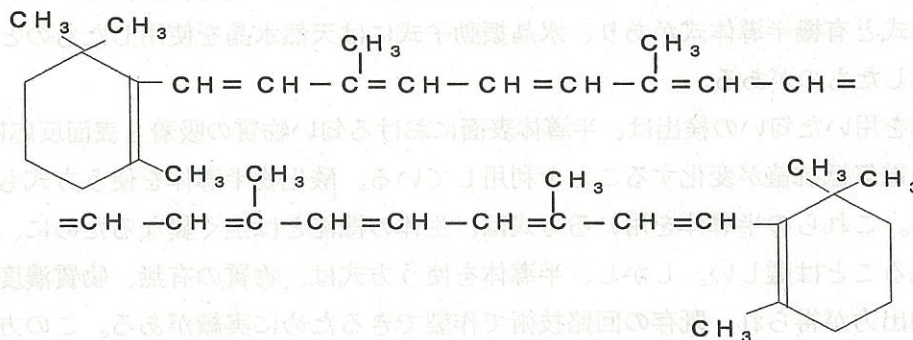


図3-1 βカロチンの構造



有機半導体であるβカロチンに匂い分子が、ファンデルワールス結合のような化学的相互作用により化学吸着することで、βカロチンの共役二重結合に作用し極性が増大する。これにより誘電率が増加し、電気的特性に変化が生じる。

### 3-2. 人間の嗅覚器

今回の研究では主に鼻腔中の嗅粘膜に着目した。匂い受容に直接働くのは、匂い分子が水を含む粘液層を通り、嗅細胞の分子に結合することに始まる。人間が匂いを感知すると鼻腔の嗅細胞が発現する匂い受容体に捉えられる。その化学情報は嗅細胞でインパルスの放電頻度の大小の情報に変換され、嗅細胞により嗅球へ向けて伝えられる。この情報は受容体の種類により、軸索を介して嗅球に位置情報として集約され、更に嗅覚中枢に伝達される。

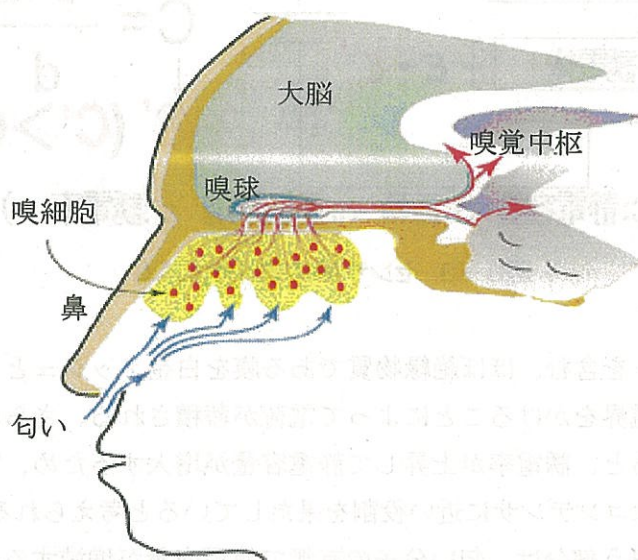


図3-2 人間の嗅覚器の構造

人間の匂いの伝達過程を

- |   |   |                  |       |                            |
|---|---|------------------|-------|----------------------------|
| { | 1 | 匂い物質の伝達          | ..... | デシケーター内の試料の蒸発              |
|   | 2 | 嗅細胞              | ..... | βカロチンを利用した<br>バイオメテック匂いセンサ |
|   | 3 | インパルスの放電頻度の大小の情報 | ..... | デジタルマルチメーター                |
|   | 4 | 嗅覚中枢への伝達         | ..... | PC                         |

として今回の実験機器と比較し模倣した。

### 3-3. コンデンサ型モデル

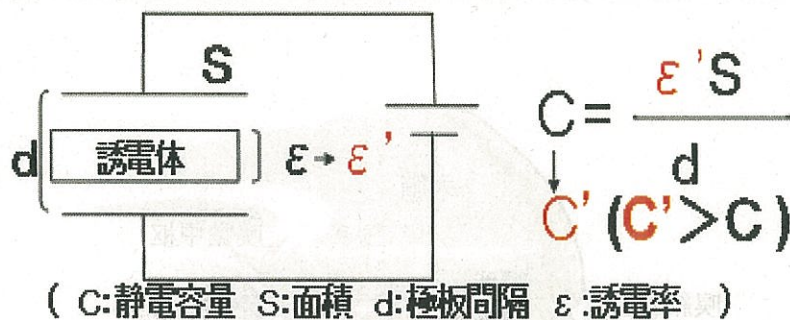
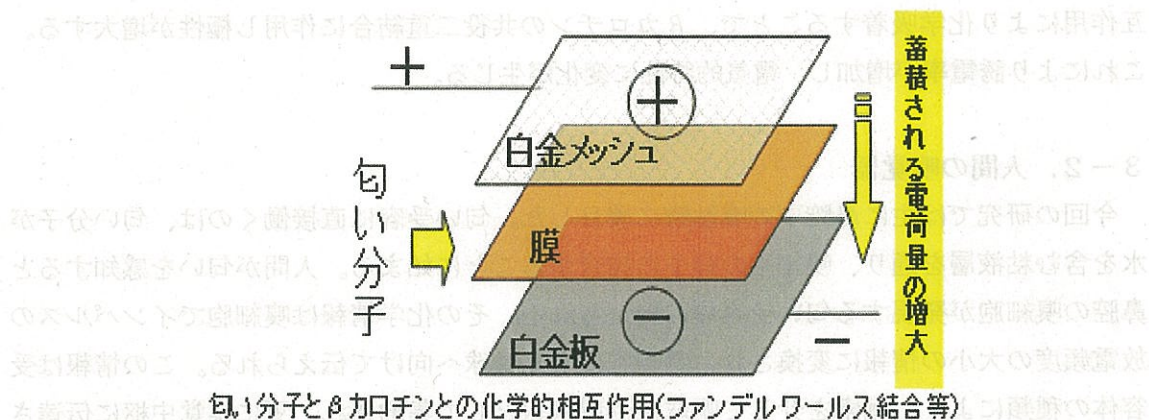


図3-3 センサの応答メカニズム

センサはβカロチンを含む、ほぼ絶縁物質である膜を白金メッシュと白金板の間に挟む構造になっており、電界をかけることによって電荷が蓄積される。さらに匂い分子がβカロチンと相互作用すると、誘電率が上昇して静電容量が増大するため、電荷がより多く蓄積される。この構造はコンデンサに近い役割を果たしていると考えられる。

コンデンサの動作と違う部分は、匂い分子の有無で静電容量が増減することで、一定の電圧を掛けていても放電現象が起きることである。

## V. 協働研究事業の詳細

### 4. 実験方法

#### 4-1. 不凍化 BMOS(バイオメティック匂いセンサ)の作製方法

センサは+電極側に匂いを透過する白金メッシュを、-電極側に白金板を接続し電極間に膜を形成する。

一膜の作成方法—

- ① 鼻の粘膜と同様の粘性を作り出すために、グリセリンとエチレングリコールを混合した液体10ml加える。
- ② 約15分ビーカー中で攪拌する。
- ③ βカロチンのパウダー100mgを加える。



- ④ 酸化防止に還元剤のチオ硫酸ナトリウム10mgを加える。
- ⑤ 再度、約15分ビーカー中で攪拌する。

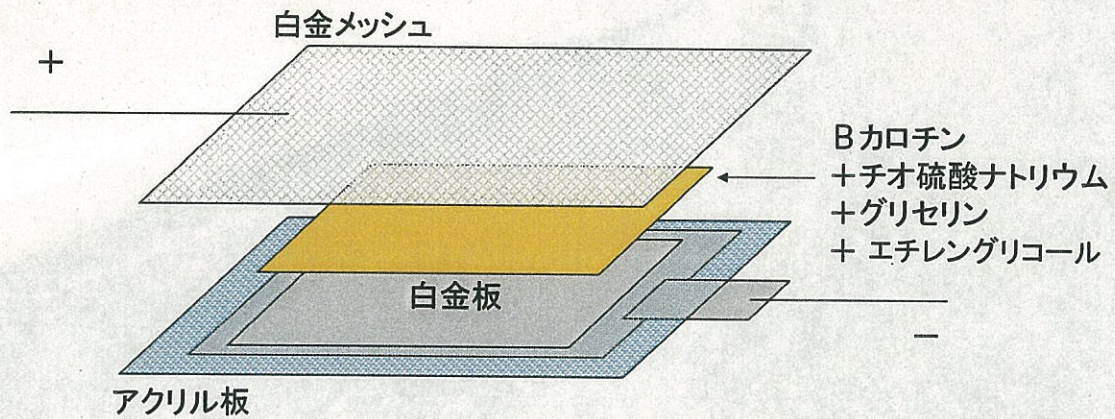


図4-1 BMOS 図

#### 4-2. 冷蔵庫内での匂いの測定方法

図4-3に示すような家庭用冷蔵庫内にセンサ装置を設置し、以下の実験を行った。

- ① センサをデシケーター内に設置し、定電圧源から6Vを印加。デジタルマルチメーターを直列に接続し電流値をPCで読取る。(図4-2)
- ② 電流が安定するまで待つ。
- ③ 匂い物質1ccをデシケーターの中を導入する。
- ③ βカロチンの匂い物質吸着による電流値の変化をデジタルマルチメーターで測定する。
- ④ デジタルマルチメーターの値をPCで5秒ごとに読み込む。

バイオミメティック匂いセンサの回路系を図4-2に示す。

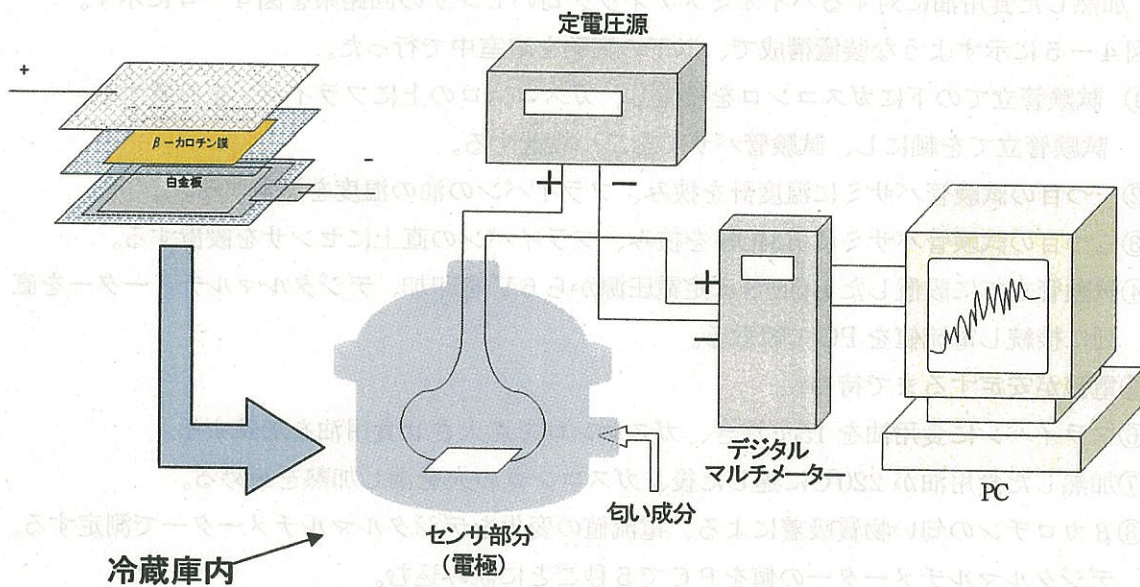


図4-2 BMOSの回路系



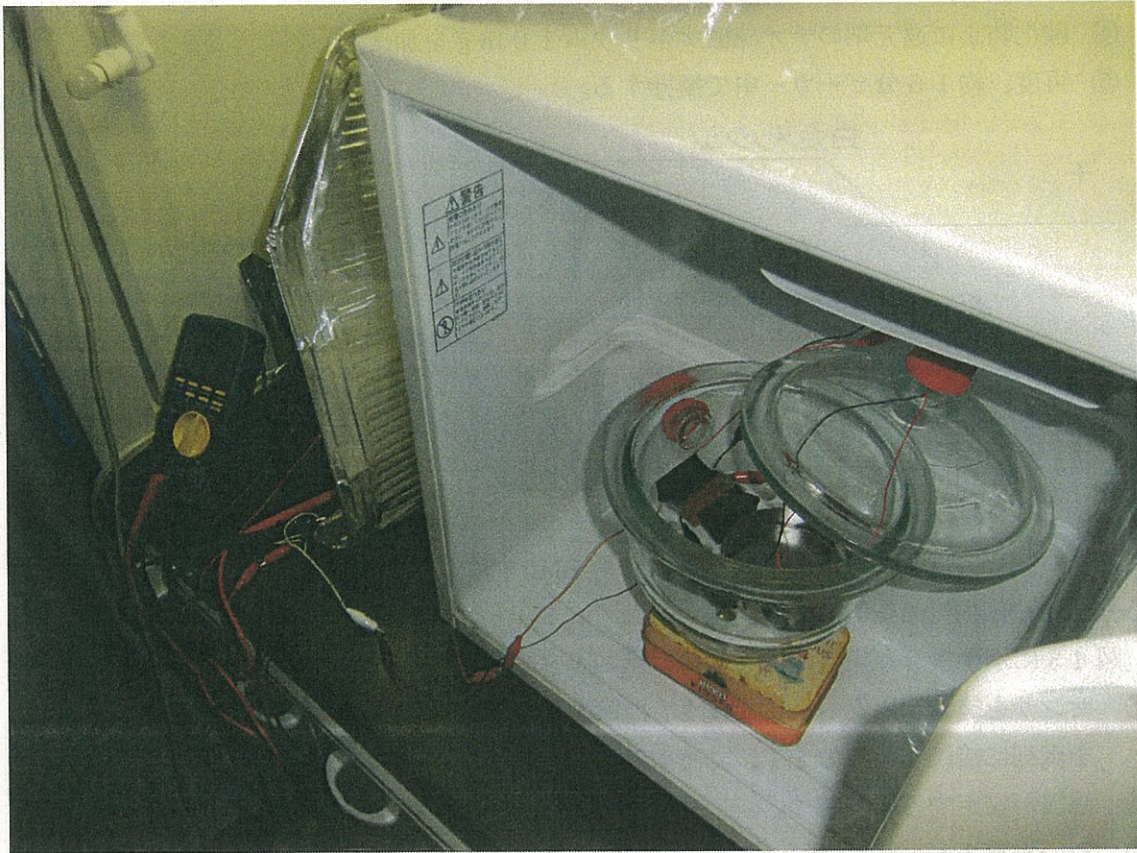


図4-3 実験系の全体図(冷蔵庫内実験)

#### 4-3. 加熱した食用油に対する匂いの測定法

加熱した食用油に対するバイオミメティック匂いセンサの回路系を図4-4に示す。

図4-5に示すような装置構成で、以下の実験を暗室中で行った。

- ① 試験管立ての下にガスコンロを設置し、ガスコンロの上にフライパンを設置する。  
試験管立てを軸にし、試験管バサミを二つ設置する。
- ② 一つ目の試験管バサミに温度計を挟み、フライパンの油の温度を測定する。
- ③ 二つ目の試験管バサミに BMOS を挟み、フライパンの直上にセンサを設置する。
- ④ 試験管立てに設置した BOMS に定電圧源から 6 V を印加。デジタルマルチメーターを直列に接続し電流値を PC で読取る。
- ⑤ 電流が安定するまで待つ。
- ⑥ フライパンに食用油を 15cc 注ぎ、ガスコンロを点火させ食用油を加熱する。
- ⑦ 加熱した食用油が 220℃に達した後、ガスコンロの火を消し加熱を止める。
- ⑧ βカロチンの匂い物質吸着による、電流値の変化をデジタルマルチメーターで測定する。  
デジタルマルチメーターの値を PC で 5 秒ごとに読み込む。



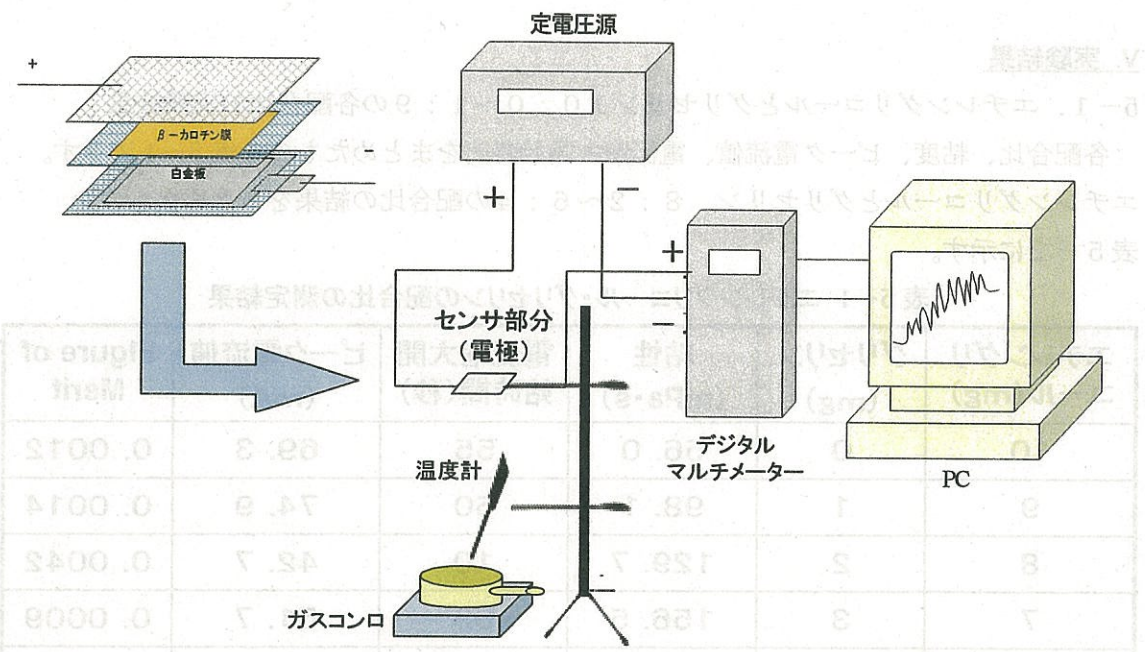


図4-3 加熱した食用油に対するBMOSの回路系



図4-4 実験系の全体図(食用油での匂い測定)



## V. 実験結果

### 5-1. エチレングリコールとグリセリン10:0~1:9の各配合比の実験結果

各配合比、粘度、ピーク電流値、電流増大開始時間をまとめたものを表5-1に示す。  
エチレングリコールとグリセリン、8:2~6:4の配合比の結果をまとめたものを表5-2に示す。

表5-1 エチレングリコール・グリセリンの配合比の測定結果

エチレングリコール(mg)	グリセリン(mg)	粘性(mPa·s)	電流増大開始時間(秒)	ピーク電流値(mA)	Figure of Merit
10	0	56.0	55	69.3	0.0012
9	1	98.1	50	74.9	0.0014
8	2	129.7	10	42.7	0.0042
7	3	156.5	55	51.7	0.0009
6	4	309.5	10	38.4	0.0038
5	5	534.5	60	57.1	0.0010
4	6	1082	45	29.7	0.0007
3	7	2052	20	32.0	0.0016
2	8	3357	35	32.3	0.0009
1	9	-----	65	48.3	0.0008

表5-2 エチレングリコール・グリセリン8:2~6:4の配合比の測定結果

	エチレングリコール(mg)	グリセリン(mg)	粘性(mPa·s)	電流増大開始時間(秒)	ピーク電流値(mA)	Figure of Merit
一回目	8	2	129.7	10	42.7	0.0042
	7	3	156.5	55	51.7	0.0009
	6	4	309.5	10	38.4	0.0038
二回目	8	2	119.8	15	56.5	0.0038
	7	3	169.4	60	36.3	0.0006
	6	4	308.6	20	21.4	0.0011



### 5-2. 粘度と電流増大開始時間の依存性

粘度と電流増大開始時間の関係について、一回目の結果を図5-2-1に示す。  
相関係数は-0.17で、粘度が高くなるに連れて、電流増大開始時間が早くなる傾向が見られた。

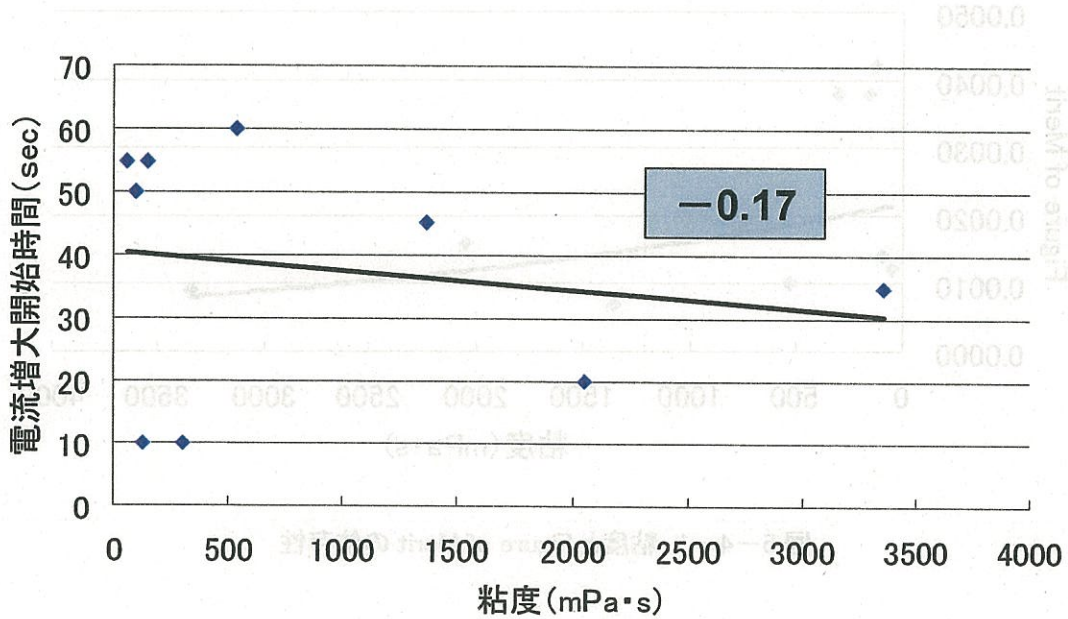


図5-2-1 粘度と電流増大開始時間の関係

### 5-3. 粘度とピーク電流値の依存性

粘度とピーク電流値の関係について、一回目の結果を図5-3-1に示す。  
相関係数は-0.67で、粘度が低くなるにつれてピーク電流値が高くなる傾向が見られた。

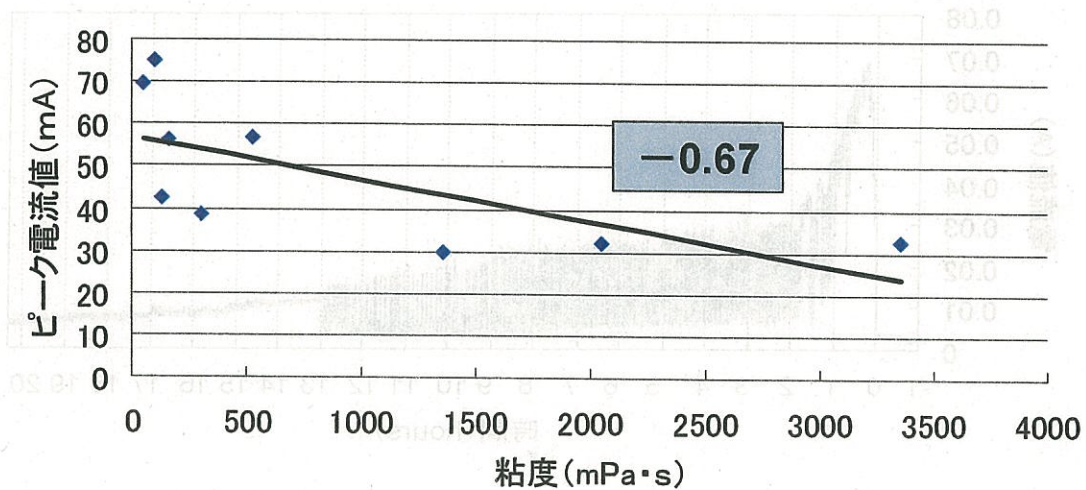


図5-3-1 粘度とピーク電流値の関係



#### 5-4. 粘度と Figure of Merit(デバイス性能指数)の粘度依存性

粘度と Figure of Merit (電流増大開始時間/ピーク電流値) の関係について、一回目の結果を図 5-4-1 に示す。

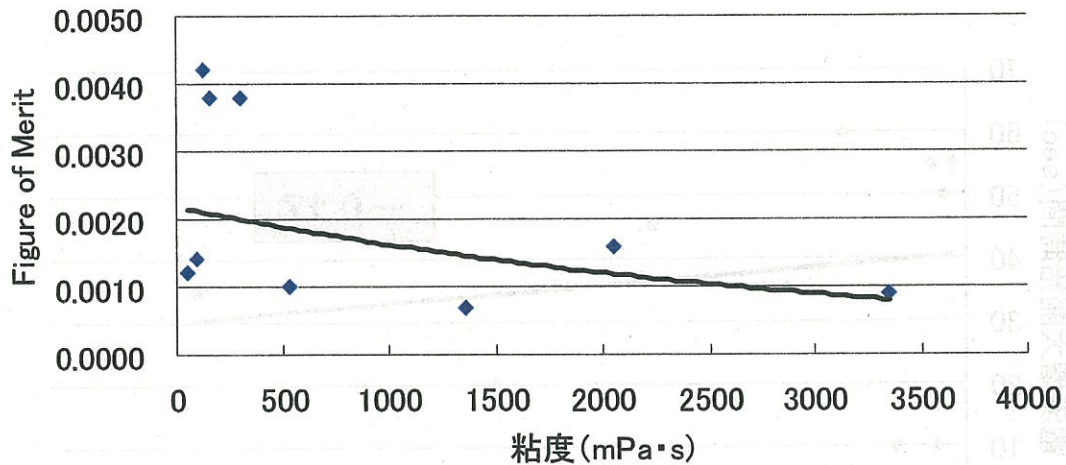


図 5-4-1 粘度と Figure of Merit の依存性

エチレングリコールとグリセリンの粘性が高くなるにつれて、Figure of Merit が低くなる傾向が見られた。

#### 5-5. 低温条件での測定結果

低温条件におけるエチレングリコールとグリセリンの配合比 8 : 2 での測定波形を、図 5-5-1、図 5-5-2 に示す<sup>[3]</sup>。

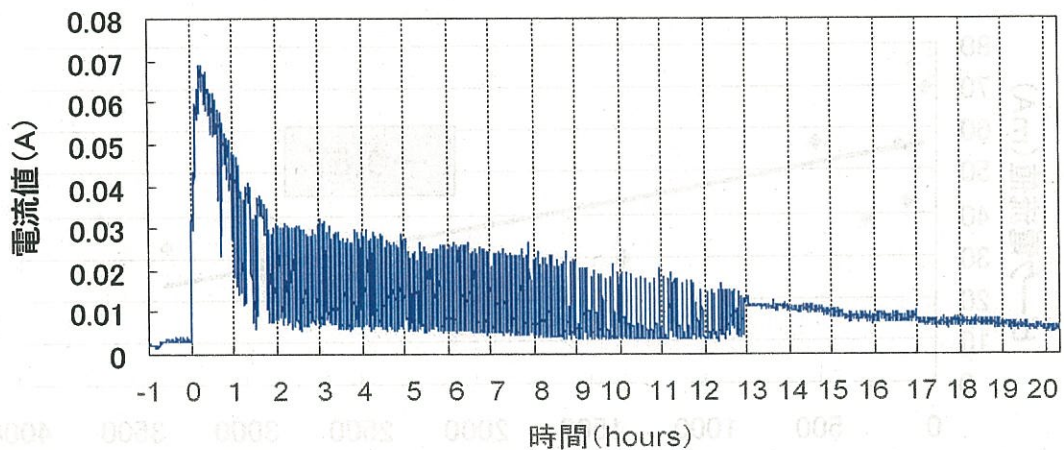


図 5-5-1 0.3°Cにおけるアンモニアの測定結果



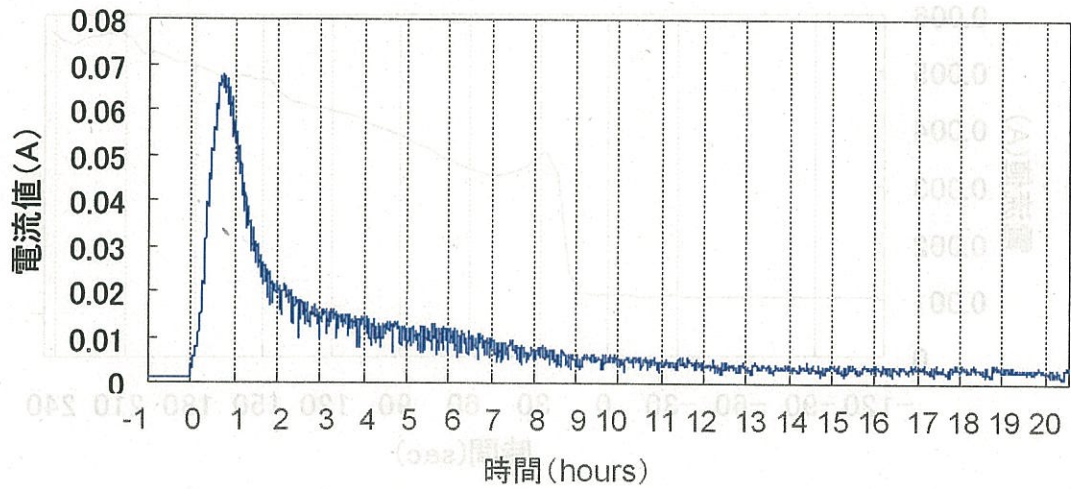


図 5-5-2 -10.3°Cにおけるアンモニアの測定結果

図 5-5-1 を拡大した結果を図 5-5-3 に示す。同様に、図 5-5-2 を拡大した結果を図 5-5-4 に示す。<sup>[3]</sup>

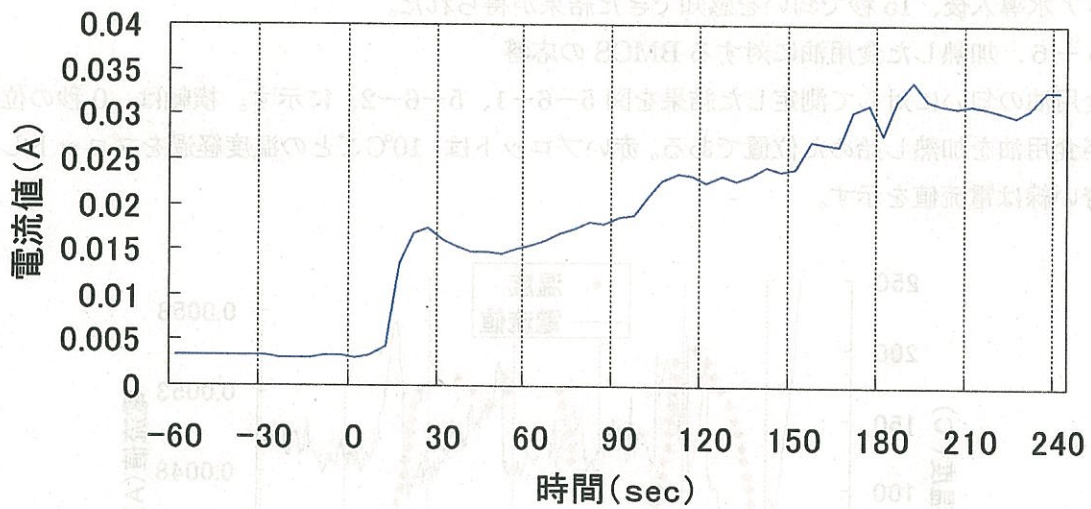


図 5-5-3 0.3°Cにおけるアンモニアの測定結果(拡大図)



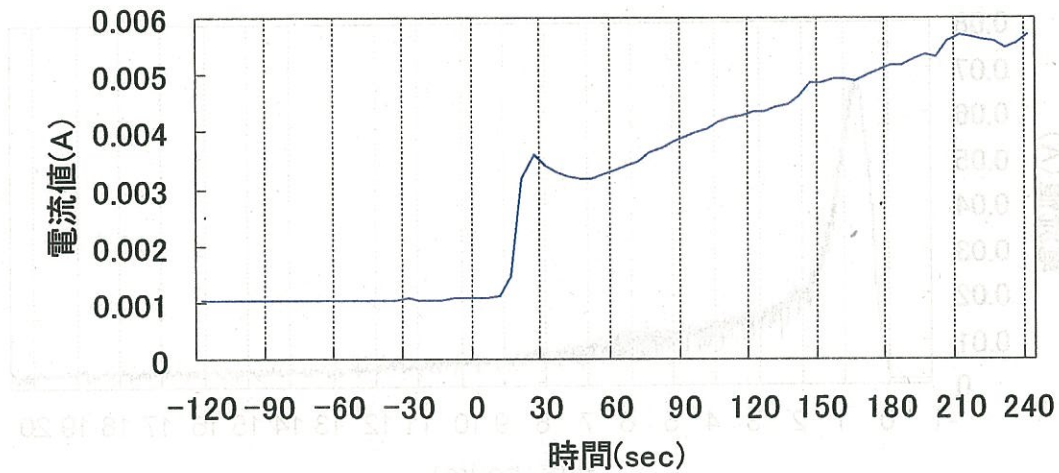


図 5-5-4 -10.3°Cにおけるアンモニアでの測定結果(拡大図)

0.3°Cにおけるアンモニアの応答は、図 5-5-1 に示すように、アンモニア水を導入後、電流が増大し始めていることが確認できる。図 5-5-3 より、アンモニア水導入後、15 秒で匂いを感知できた結果が得られた。このように、0°C~-10°Cの低温領域でも匂い感知可能であることが確認された。-10.3°Cにおける匂い物質の応答は、図 5-5-2 に示すように、アンモニア水を導入後、電流が増大し始めているが確認できる。図 5-5-4 より、アンモニア水導入後、15 秒で匂いを感知できた結果が得られた。

#### 5-6. 加熱した食用油に対する BMOS の応答

食用油の匂いに対して測定した結果を図 5-6-1、5-6-2、に示す。横軸は、0 秒の位置が食用油を加熱し始めた位置である。赤いプロットは、10°Cごとの温度経過をプロットし、青い線は電流値を示す。

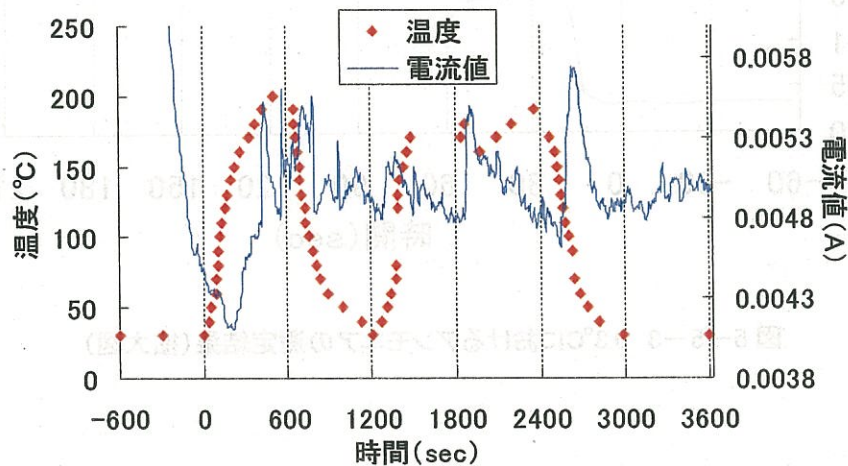


図 5-6-1 測定波形[ゴマ油]



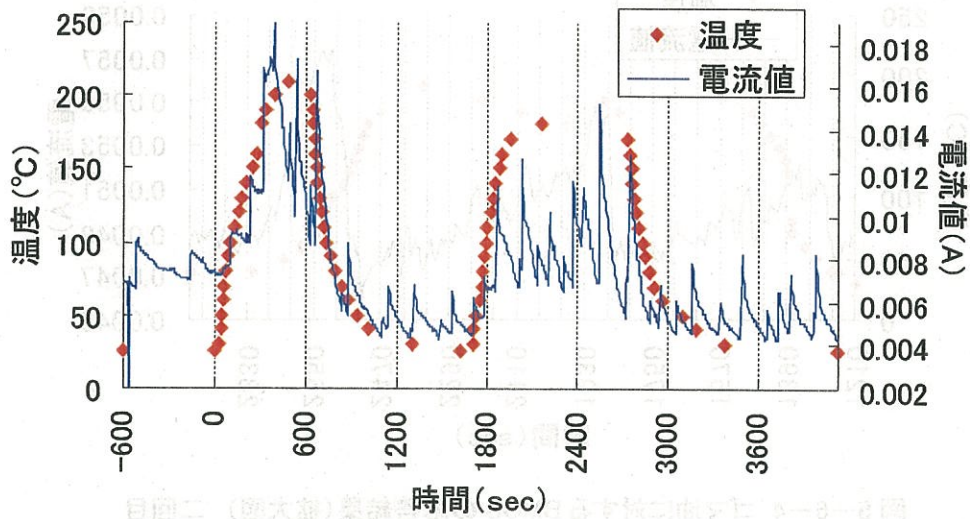


図 5-6-2 測定波形[ひまわり油]

加熱した各種食用油の測定結果から、測定波形の拡大図を図 5-6-3、5-6-4、5-6-5、5-6-6 に示す。横軸は、0 秒の位置が食用油を加熱し始めた位置とする。赤いプロットは、10°C ごとの温度経過をプロットし、青い線は電流値を示す。

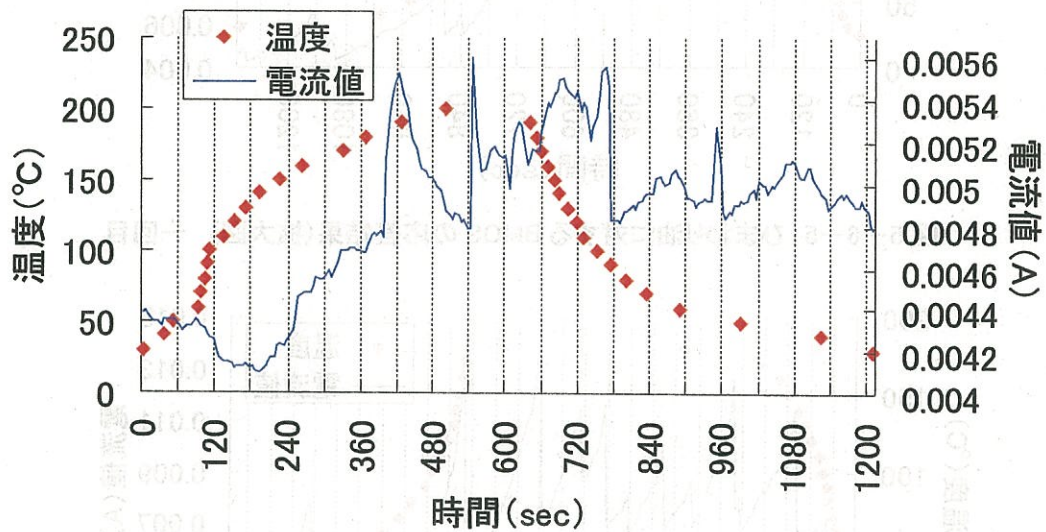


図 5-6-3 ゴマ油に対する BMOS の応答結果(拡大図) 一回目

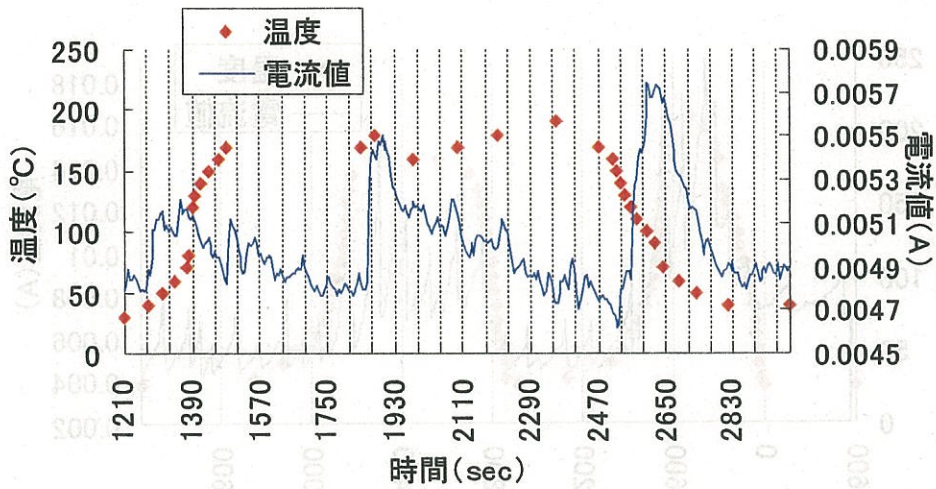


図 5-6-4 ゴマ油に対する BMOS の応答結果(拡大図) 二回目

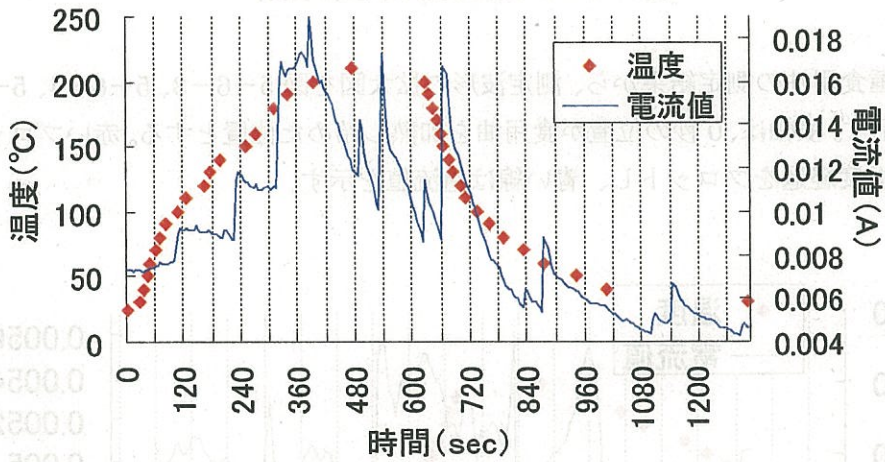


図 5-6-5 ひまわり油に対する BMOS の応答結果(拡大図) 一回目

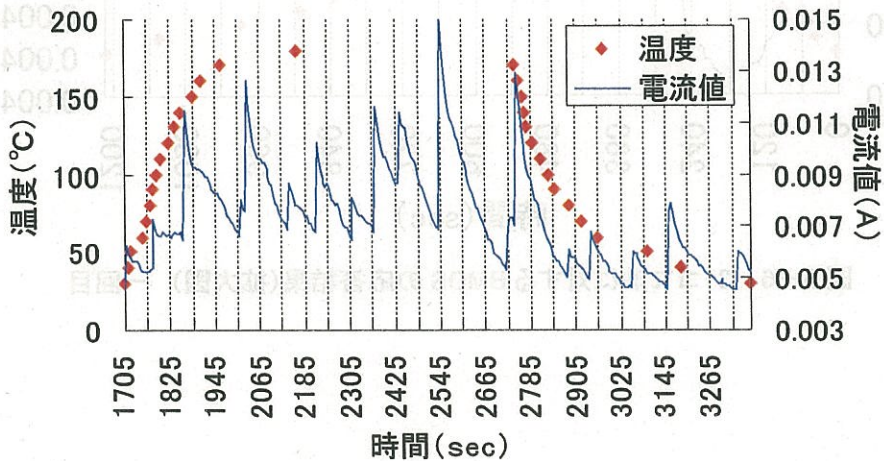


図 5-6-6 ひまわり油に対する BMOS の応答結果(拡大図) 二回目



図 5-6-3、5-6-4 より、190℃付近で急激に電流が増大し始めていることが確認できる。図 5-6-5 より、70℃付近で急激に電流が増大し始めていることが確認できる。また、190℃付近でも急激に電流が上がっていることが確認できる。

図 5-6-6 より、同様に 90℃付近で電流が増大し始めていることが確認できる。170℃～180℃前後が続いた 1945 秒～2725 秒で、急激に電流が上がるパルス波形が見られた。

## VI. 考察

### 6-1. 不凍化 BMOS の最適粘性

図 5-2-1 より、粘度と電流増大開始時間の関係は、相関係数が-0.17 と低い値であり、粘度による電流増大開始時間の依存性は見られなかった。図 5-3-1 より、粘度とピーク電流値の関係では、相関係数が-0.67 と高い値であり、粘度が高くなるにつれて電流値が低くなる傾向が見られた。粘度とピーク電流値との相関があると考えられる。

(電流増大開始時間) / (ピーク電流値) の結果を Figure of Merit (性能指数) として算出した。一回目の Figure of Merit の結果をまとめたものを表 6-1-1 に示す。表 6-1-1 より、エチレングリコールとグリセリンの配合比 8 : 2 で最も高い値を示した。また、図 6-2-2 より、一回目、二回目ともにエチレングリコールとグリセリンの配合比 8:2 が Figure of Merit が最も高い傾向が見られた。また、図 5-4-1 より、粘度が低くなるにつれて Figure of Merit が高くなる傾向が見られた。エチレングリコール 8 : グリセリン 2 では、Figure of Merit が最も高いことから、エチレングリコールとグリセリンの配合比 8 : 2 を、最適粘性とした。

表 6-1-1 エチレングリコール・グリセリンの粘性、およびセンサ電流測定結果

エチレングリコール(mg)	グリセリン(mg)	粘性(mPa·s)	電流増大開始時間(秒)	ピーク電流値(mA)	Figure of Merit
10	0	56.0	55	69.3	0.0012
9	1	98.1	50	74.9	0.0014
8	2	129.7	10	42.7	0.0042
7	3	156.5	55	51.7	0.0009
6	4	309.5	10	38.4	0.0038
5	5	534.5	60	57.1	0.0010
4	6	1082	45	29.7	0.0007
3	7	2052	20	32.0	0.0016
2	8	3357	35	32.3	0.0009
1	9	-----	65	48.3	0.0008



表 6-1-2 エチレングリコール・グリセリン(8:2~6:4)の粘性  
およびセンサ電流測定結果

	エチレングリ コール(mg)	グリセリン (mg)	粘性 (mPa·s)	電流増大開 始時間(秒)	ピーク電流値 (mA)	Figure of Merit
一回目	8	2	129.7	10	42.7	0.0042
	7	3	156.5	55	51.7	0.0009
	6	4	309.5	10	38.4	0.0038
二回目	8	2	119.8	15	56.5	0.0038
	7	3	169.4	60	36.3	0.0006
	6	4	308.6	20	21.4	0.0011

### 6-2. 低温条件に対する BMOS の応答

最適粘性(エチレングリコール 8:グリセリン 2)での不凍化 BMOS で、低温条件での測定結果を行った。図 5-5-3 より、0.3°Cにおけるセンサ感度は、図 5-5-1 より、従来のセンサと変わらず、アンモニア水を導入してから急激に電流が増大していることが読み取ることができる。また、電流増大開始時間が 15 秒とアンモニアに対して早い応答が確認できた。図 5-5-1 より、-10.3°Cの低温条件においても、0.3°Cと同様にアンモニア水を導入してから急激に電流が増大してきることが読み取ることができる。-10.3°Cという氷点下においても、アンモニア臭を 15 秒で感知できた結果が得られた。この結果より、エチレングリコールを用いた不凍化 BMOS は、低温条件でも使用可能であること確認できた。また、エチレングリコールの特性上、従来のセンサで使用していたエタノールと比較して揮発性が低く、従来センサよりも長時間の使用が可能となると考えられる。

### 6-3. 加熱した食用油に対するセンサ感度

各種食用油は、主に脂肪酸から出来ている。各種食用油に含まれる脂肪酸は、主にオレイン酸、リノール酸、リノレン酸、ステアリン酸<sup>[2]</sup>であり、各成分は沸点が異なる。各成分の沸点は、オレイン酸の沸点 195°C、リノール酸の沸点 229°C、リノレン酸の沸点 230°C、ステアリン酸 70°Cである。

図 5-6-7 は、ゴマ油の測定結果から、0 秒~510 秒までの測定結果である。温度と電流値を比較してみると、油の組成成分で 190°C付近でも電流の上昇が見られた。油の組成成分であるオレイン酸は 195°Cが沸点である事は上記で記している。蒸発したオレイン酸を BMOS が匂い物質として感知したため、電流が増大したと考える。



図5-6-8は、ひまわり油の測定結果から、0秒～475秒までの測定結果である。温度と電流値を比較してみると、90℃付近で電流の上昇が見られた。油の組成成分であるステアリン酸は70℃が沸点である事は上記で記している。蒸発したステアリン酸と電流値を比較してみると、90℃で電流の上昇が見られたが、70℃で蒸発したステアリン酸がBMOSに匂い物質として届くまでの誤差として考えられる。よって、蒸発したステアリン酸をBMOSがにおい物質として感知したため、電流が増大したのではないかと考えられる。

同様に温度と電流値を比較してみると、190℃付近でも電流の上昇が見られた。油の組成成分であるオレイン酸は195℃が沸点である。蒸発したオレイン酸をBMOSが匂い物質として感知したため、電流が増大したと考える。オレイン酸は全体の割合から約80%占め、ステアリン酸の数%より多く含まれているため、ステアリン酸よりもBMOSとの応答が良く電流上昇が高かったのではないかと考える。

図5-6-1、5-6-2をみてわかる通り、加熱した食用油の匂い物質をBMOSが感知しているパルス波形が見られた。しかし、70℃付近での電流増加がステアリン酸によるもの、190℃付近での電流増加がオレイン酸によるものかは、断定は出来ないため、今後FFT解析で匂いの解析などを進めていく。

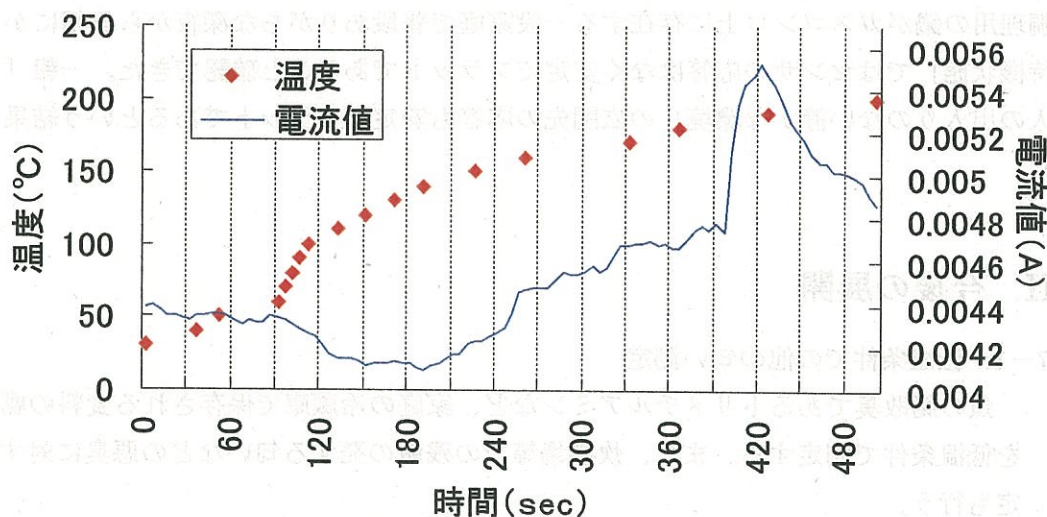


図5-6-7 ゴマ油に対するBMOSの応答結果(0秒～510秒)

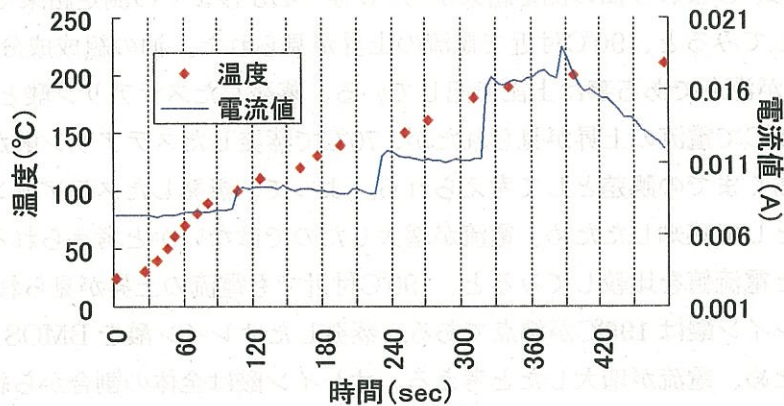


図 5-6-8 ひまわり油に対する BMOS の応答結果(0 秒から 475 秒)

#### 6-4. 現場実験

付属資料に添付の一般家庭の台所での現場実験結果が示すように、「フライパン空焼き」、「豚の生姜焼き、玉子焼きなどの食用油を使用した調理」、「天ぷらの調理」に対し鋭く BMOS センサが応答し、室内に煙やガス感知器が応答しないレベルで十分に感度を有することが実証できた。また、同台所での調理なしのブランクテスト「水と具が準備された翌朝調理用の鍋がガスコンロ上に存在する一般家庭で普段ありがちな深夜から早朝にかけての待機状態」ではセンサの応答はなく安定でフラットであること確認できた。一報「早朝の人の出入りのない静かな環境」の玄関先の応答も安定でフラットであるという結果であった。

## VII. 今後の展開

### 7-1. 低温条件での他の匂い測定

魚の腐敗臭であるトリメチルアミンなど、家庭の冷蔵庫で保存される食料の腐敗臭を低温条件で測定する。また、炊事場等での残飯の発する匂いなどの悪臭に対する測定も行う。

### 7-2. 他の材料を用いたメッシュ型電極の検討

実用化にむけて、電極に白金を用いるとコストがかかるため、白金に代わる電極の検討を進める。

### 7-3. 加熱した食用油に対する BMOS の応答実験

継続して加熱した食用油に対する BMOS の応答実験を行ない、FFT 解析を用いた匂い判別を進める。

### 7-4. 家庭内異常臭検知システム化の検討

現在進めている、「異常臭の検知に対応した検知電流値に閾値を定め、警報音を発するプログラム」を完成させ、家庭内異常臭検知システムプロトタイプを構築する。



## VIII.使用器具・使用した食用油

使用機器	製造会社
白金板	石福金属興業
白金メッシュ	石福金属興業
デジタルマルチメーター	IWATSU、KAISE
VISCO STICK	マルヤス工業
家庭用冷蔵庫	LG LR-A05SB
定電圧源 (CVC 16-20)	オースミ電気工業

食用油	製造会社
ゴマ油・かどやの純正ごま油	かどや製油
ひまわり油・オレインリッチ	昭和産業

## IX. 参考文献

- [1] B. Rosenberg : J.Chem.Phys, 34(1961)812.
- [2] 「油脂の脂肪酸組成表」 [http://www.oil-kensa.or.jp/pdf/siryo\\_04.pdf](http://www.oil-kensa.or.jp/pdf/siryo_04.pdf)
- [3] 三田地, 白石「家庭用バイオメテック匂いセンサの開発」 第一回大学コンソーシアム八王子学生発表会 2009, 12 八王子
- [4] 浅井 博, 『固体物理』, p369-373, No7, 1975
- [5] 三田地、山崎、武藤、縄田、佐々木、第 52 回応用物理学関係連合講演会 P1470, 1 a -YN-7 (2005 年)
- [6] 三田地、武藤、川成、第 53 回応用物理学関係連合講演会 p.1392, 26a-I-3(2006 年)
- [7] 三田地, 折原, 畑「バイオメテック匂いセンサの匂い判別機能に関する検討」 第 55 回応用物理学関係連合講演会 2008, 3 日本大学
- [8] 三田地、関本「バイオメテック匂いセンサの匂い判別機能の検討」 第 56 回応用物理学関係連合講演会 2009, 3 筑波大学
- [9] 三田地, 「 $\beta$ カロチンを用いたバイオメテック匂いセンサの研究開発」、AROMA RESEARCH, vol. 10, No. 3 (2009).