

The Development and Application of Taste Sensor Using Lipid-Impregnated Membrane and Strongly Hydrophobic Lipid Polymer Membrane

巫, 霄

<https://doi.org/10.15017/1931937>

出版情報：九州大学, 2017, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：

(別紙様式2)

氏 名 : 巫 霄

論文題名 : The Development and Application of Taste Sensor Using Lipid-Impregnated Membrane and Strongly Hydrophobic Lipid Polymer Membrane
(脂質含浸膜及び疎水性の強い脂質高分子膜を用いた味覚センサに関する研究)

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

人間は視覚・聴覚・触覚・味覚・嗅覚からなる五感によって外界を認識し情報を収集している。五感是个々の人間の体調や心理的性質に依存する「主観的量」である。五感のうち、視覚・聴覚・触覚は物理量を感じることから「物理的感觉」と呼ばれる。これに対して、味覚・嗅覚は複数の化学物質を同時に感知することから「化学的感觉」と呼ばれる。これらの感覚を再現し、人のもつ主観的かつあいまいな感覚を「客観的量」で定量化するものがセンサである。単一の物理量に対応するセンサは、早くから開発が行われ、既に生活や工業に広く使われている。しかし、化学的感觉に対応するセンサ(味覚・嗅覚センサ)は、数多くの対象物質があるため、開発が遅れており、実用化されたセンサも少ない。この少子高齢化社会にあつて、生活の質(QOL)の向上に伴い、食品の味や質に対する消費者や食品事業者の関心が高まり、苦味の少ない薬や服用感の良い医薬品を求め声が上がっている。そこで、本研究では、五感の中の味覚に着目し、味覚センサにおける性能のさらなる高度化を目指した。まず高校理科教育に適用する脂質含浸膜を持つ簡易な味覚センサの開発を試みた。次に農薬助剤の検知や医薬品苦味評価に使われる疎水性の強い脂質高分子膜の感度や耐久性の性能向上を目指した。最後に味覚センサを用いた医薬品の苦味抑制効果の定量化・可視化の手法を提案した。本論文は全6章からなり、以下にその概要を述べる。

第1章では本研究の背景や目的について、上記の内容を含め、生体における味受容、基本五味などについての説明を行った。また測定に用いる味覚センサについて、他の電子舌との差異、脂質高分子膜、センサ膜表面の物理・化学的性質の調整による選択性の変化やそれを利用したセンサ膜の設計指針などについて説明した。最後に、味覚センサの応答原理および測定手順などの説明を行った。

第2章では脂質含浸膜を用いた教育用味覚センサについて述べた。日本の中高生の理科離れが進む中、理科を学ぶ意義を実感させるため、味覚センサを導入した理科教育を取り上げた。既に九州大学で開発されている教育用味覚センサは、塩味および酸味物質に対する濃度依存性があるが、センサとして重要な選択性が無い。本章では、生徒にセンサの有用性を実感させるために、教育用味覚センサの選択性の課題を取り上げた。また、味覚センサを科学実験の題材として理科教育に導入する際に、理科教材に要求される安全性及び作製時間の短縮を満足させるセンサ膜の作製手法を考

案した。その結果、プラス電荷を持つ脂質とマイナス電荷を持つ脂質の混合比を調製することによって、塩味および酸味センサに選択性を付与することに成功した。さらに、理科教材としての安全性および実験の成功率を高めるため、既存の実験材料および作製方法を改善した。理科教室で、改善した電極を用いた測定結果と官能試験の結果から教育用味覚センサの有用性を検証した。

第3章では疎水性の強い脂質高分子膜の前処理によるセンサ応答特性の変化について述べた。まず基準液前処理とグルタミン酸ナトリウム (MSG) 溶液前処理による脂質高分子膜の味覚センサにおける応答特性を比較した。MSG前処理によりセンサの感度が大幅に改善されたので、MSG前処理の時間とセンサ応答の関係を調べた。次にMSG前処理によるセンサ感度向上のメカニズムを解明するため、分光学的手法による吸着量の測定および膜の基礎電位の測定実験を行い、MSG前処理のメカニズムを究明した。その結果、農薬助剤検知用の脂質高分子膜は、1日のMSG前処理で最も高い感度を得た。また、前処理の時間によって各濃度の農薬助剤の脂質高分子膜への吸着量が大きくは変化しないこと、基礎電位が増加することから、センサ感度の向上は膜表面の電荷密度によって引き起こされることを解明した。

第4章では味覚センサの医薬品用苦味受容膜の改良について述べた。既に市販化されている医薬品用苦味センサは、室温保存でセンサ応答が減少し、2年間で感度がほぼゼロまで下がるという問題があった。本章では、まず劣化実験前後のセンサ膜応答特性を調べるため、膜の基礎電位、接触角、吸着量を測定した。次に、劣化実験前後のセンサ膜の物理化学変化を調べるため、ガスクロマトグラフィーや液体クロマトグラフィー質量分析法により膜の成分を測定した。その結果、センサの応答劣化は可塑剤tributyl o-acetylcitrate (TBAC) の加水分解によって引き起こされた表面電荷密度の変化に起因することを見出した。脂質phosphoric acid di-n-decyl ester (PADE) による膜の酸性環境は、可塑剤のTBACの加水分解を促進することが分かった。最後に、応答劣化に起因する脂質や可塑剤の含量を調整することによって、耐久性と感度の高い医薬品用苦味センサ膜を作製した。

第5章では味覚センサを用いた高感度甘味料による苦味抑制効果の評価手法について述べた。味覚センサは溶液中に存在する苦味物質の人が感じる強度を検出することができるが、甘味料による苦味の抑制は人間の脳で感じる現象であるため、従来の味覚センサでは評価できない。本章では、新規の甘味センサの出力と既存の疎水性の高い苦味センサの出力を統合し、医薬品における甘味料による「苦味抑制効果」評価システムの実現を目的とした。まず苦味と甘味物質の混合液に対する苦味センサと高感度甘味料用センサの応答を調査した。次に人間の脳における苦味抑制メカニズムを模倣し、センサ出力と官能検査の結果を基に官能推定式を導出した。その結果、苦味センサ及び高感度甘味料用センサは混合系において良好な選択性および濃度依存性を示した。正電荷人工甘味料 (アスパルテーム) を添加した苦味推定式 ($R^2 = 0.92$) 並びに負電荷人工甘味料 (サッカリンナトリウム) を添加した苦味推定式 ($R^2 = 0.88$) を得て、推定値は実測値と高い相関を得た。

第6章では第1章から第5章までの研究の総括を行った。今回の研究において、脂質含浸膜を持つ簡易な教育用味覚センサの選択性を向上し、作製の安全性などを改善した。また、疎水性の強い脂質高分子膜を持つ味覚センサの感度および耐久性などを改良した。最後に、高選択性を持つ味覚センサ二本を用いて脳による味の相互作用の評価手法を提案し、高感度甘味料による医薬品苦味の抑制効果を定量化した。