

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05512

研究課題名(和文) 超分子現象を利用した人工レセプター型味センサの開発

研究課題名(英文) Study on a taste evaluation using an artificial receptor molecule

研究代表者

林 宣之 (Hayashi, Nobuyuki)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・食品研究部門・上級研究員

研究者番号：40294441

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：蛍光発光する性質を持つ人工レセプター分子が合成された。この分子は食品中のポリフェノール類と複合体を形成し、その際に生じる蛍光強度の変化はポリフェノール固有の渋味強度と良い相関を示した。化学計算を含む詳細な結合研究は、これらの複合体の平衡定数、化学量論比、ならびに分子認識メカニズムを明らかにした。市販の緑茶ペットボトル飲料の渋味強度を評価するために、この人工レセプター型味センサを適用したところ、ヒトの官能による評価結果と高い相関が得られたことから、本法が新たな客観的味評価法として有用であることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的意義：分析化学を応用した味センシング方法を開発することにより、味センサの概念、特に汎用分析機器を利用するレセプター型味センサの一般化に資するとともに、食品の味の評価方法に大きな変革をもたらすことができる。さらに、ヒトの味受容を模倣したセンシングへの水中における超分子化学の高度な実践である。  
社会的意義：食品等の味に関する大量のデータを高速かつ高精度で得る方法の基礎となる技術であり、AI社会におけるビッグデータの形成とそれを利用したフードチェーンの構築に資することができる。

研究成果の概要(英文)：A synthesized artificial receptor compounds with fluorescent emission formed complexes with polyphenols in foods. Changes in intensity of the fluorescent emission arising from this complex formation showed a good correlation with the astringent intensity of polyphenols. A binding study including chemical computations revealed molecular equilibrium constants, stoichiometric molar ratios, and recognition mechanisms between the receptor molecule and polyphenols. This receptor was applied to evaluate astringent intensity of commercially available bottled green teas. The sensor outputs had a high correlation with the evaluation results based on an organoleptic test. Therefore, the present approach was demonstrated to be useful as a new method for evaluating food tastes.

研究分野：有機化学

キーワード：分子認識 センサ

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 食品等の味の評価は通常ヒトの官能によって行われる。しかし、味の質や強度の違いを再現性よく識別するには評価者は十分な訓練を受ける必要があるため、その育成と維持は容易ではない。また、官能評価の際の疲労を考慮すると、同時に実施できる試験数も限られたものになる。近年、このような問題を解決するために機器（味センサ）による客観的評価法に関心と期待が集まり、関連技術の開発が盛んに行われてきた。市販の装置も開発され、既に様々な食品等の味評価への適用例がある。

(2) 市販の味センサ装置は、異なる化学組成からなるセンサ膜をもつ複数の電極によって構成されており、味物質とセンサ膜との相互作用によって生じる膜電位変化が味情報となる。しかしながら、センサによる評価がヒトの官能に基づく評価と異なる場合がしばしば認められる。これらのセンサが全ての味物質に対して適切に応答しないことが主な要因であるが、特に電荷を持たない味物質に対する応答は原理的に不可能である。

## 2. 研究の目的

(1) 上述の従来型味センサの弱点を克服し、高度な味センサ技術を獲得するための戦略として、ヒトの味細胞上の味物質受容体（レセプタータンパク質）が味物質を認識するメカニズムを模倣した人工レセプター型味センサは有力な候補となる。本研究は、味物質を検知する人工レセプター分子とその適用法を開発し、従来の味センサ技術とは異なる方法論による味評価の技術基盤の確立を目的とする。

① 味強度を評価するために、試料にレセプター化合物を添加し、その蛍光発光強度の変化を測定する手法は、検出試薬を用いて行う化学分析と高い類似性をもつ。添加する試薬（レセプター化合物）を含め、分析条件は常時同じ状態で管理できるため、市販品を含む従来のセンサ装置に見られるような検出部の劣化による出力値への影響は全く無く、高い再現性が期待できる。

② 本法はシンプルな実験操作であるため、従来の方法に比較して迅速なデータ取得が可能になる。自動検出への展開も可能である。特別な装置を所有せずとも汎用分析器機を用いて実行することができる本法は、味センサの概念、特にレセプター型味センサの一般化に資するとともに、食品の味の評価方法に大きな変革をもたらすことができる。

## 3. 研究の方法

(1) ポリフェノール類の渋味の評価に焦点を絞り、渋味物質と複合体を形成する際に蛍光強度の変化を生じるレセプター分子を開発する。

(2) 渋味物質に対するレセプター分子の蛍光強度の変化量に基づき、その分子認識能力評価する。さらに、この変化量と渋味物質の味強度との相関を検証する。

(3) 蛍光スペクトル滴定法を用いて、渋味物質とレセプター分子の親和性を評価する。さらに、分子動力学計算と量子化学計算から、これらの複合体構造を解明し、レセプター分子による分子認識のメカニズムを解明する。

(4) 実際の食品試料を用いて本法の有効性を検証する。

#### 4. 研究成果

(1) 渋味物質として、農産物・食品に含まれる代表的なポリフェノールを4種類(1-4)用意した(1と2は強い渋味、3と4は弱い渋味を呈する)。レセプター分子として合成された5の水溶液に1-4を加えたところ、5の水溶液の蛍光強度の変化量は1-4の渋味強度と良い相関を示した(図1)。

(2) レセプター分子5の渋味物質1-4に対する親和性について蛍光スペクトル滴定法を用いて解析したところ(図2)、

累積平衡定数は1と2に対しては約 $13 \text{ M}^{-10}$ 、3と4に対しては約 $8 \text{ M}^{-6}$ であり、1と2に対する高い親和性を定量化することができた。

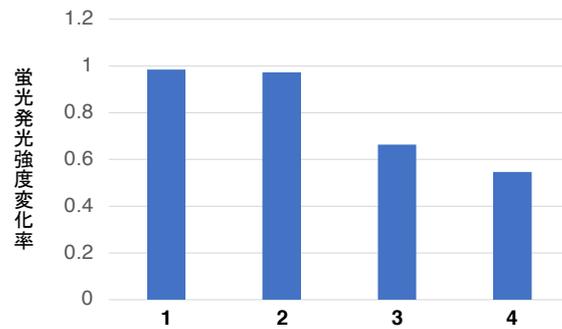


図1. ポリフェノール1-4(各1 mM)を添加した場合のレセプター分子5水溶液の蛍光発光強度変化率。

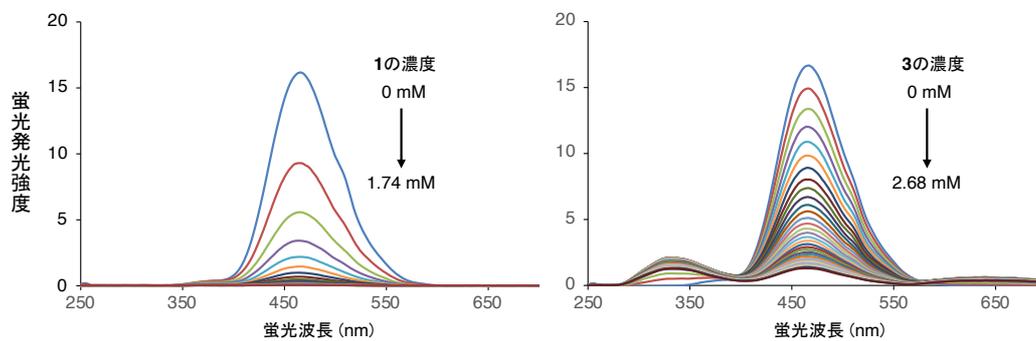


図2. ポリフェノール(1および3)による5の蛍光発光強度の変化。

(3) レセプター分子5と渋味物質1および3について顕在化した水分子を含むモデルを分子動力学計算と量子化学計算を併用して構造最適化を行った。これらの複合体では、オフセットのAromatic/Aromatic 相互作用および複数の OH/O 相互作用が構造の安定化に貢献していることが明らかになった。

(4) 9種類の市販の緑茶ペットボトル飲料を用いて、レセプター分子5による渋味強度評価の有効性を検証した。比較データとしてインテリジェントセンサーテクノロジー社製の味センサによる評価値を用いた。これらの値の相関係数は $>0.9$ であり、高い相関を持つことが示された。今回用いた市販の味センサによる渋味強度評価法はヒトの官能による評価と高い相関があることが既に証明されている (*Biosci. Biotechnol. Biochem.* 2006, 70, 626-631)。したがって、レセプター分子5による渋味評価値はヒトの官能による評価と高い相関があることが明らかとなり、レセプター型味センサによるアプローチが新たな客観的味評価方法として有用であることが示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 味の検出方法、味物質検出剤、味物質検出剤複合体及び検出装置	発明者 林 宣之、氏原 ともみ	権利者 (国研)農業・食品産業技術総合研究機構
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-234445	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------