

平成 20 年度  
地域イノベーション創出共同体形成事業

# 味覚センサーを用いた沖縄特産食品の 評価試験法

「島豆腐」 「もろみ酢」

平成 21 年 3 月

沖縄地域イノベーション創出協議会事務局

## はじめに

食品製造業者において、商品の品質、特質および製造・流通・保存工程における品質管理等の製品評価試験は、高品質な商品を安定して供給する観点から極めて重要である。また、新たな製品作りや他製品との差別化を図る上においても、製品評価試験の結果は科学的指標となり、競争力の向上に繋がる。特に、商品の味の客観的評価は、商品の特徴付けや新商品の開発などに重要である。

しかし、沖縄の食品製造業者のほとんどが中小企業であることから、製品評価試験を行うための技術、人材、施設および経済力を有している企業は少ない。

今回、経済産業省「地域イノベーション創出共同体形成事業・研究開発環境支援事業」において、沖縄特産食品である「もろみ酢」と「島豆腐」を先行事例として、味覚センサーを用いた味覚評価試験法を確立した。味覚センサーは、従来の成分分析による評価法とは異なり、ヒトの味覚受容メカニズムを模倣した方法で、味を客観的に数値化し評価するものである。

本マニュアルでは、味覚センサーの概要や使用法を簡潔に解説し、「島豆腐」と「もろみ酢」の味の評価方法、また、その実用例を記載した。

将来的には、確立した製品評価試験法をもとに、様々な沖縄特産食品や素材に応用し、評価可能な対象物の拡充を目指す。

# 目 次

第1章 味覚センサーの概要	1
1.2 装置概要および設置環境	1
1.3 センサー類の概要	3
1.4 センサーの準備	4
1.5 測定サンプルの適正条件	6
第2章 味覚センサーによる味覚測定法	7
2.1 測定の準備	7
2.2 測定の流れ	8
2.3 管理サーバーにおける測定条件の設定	9
2.4 味覚センサーの保守	10
第3章 データ解析	11
第4章 各種溶液の調製方法	12
4.1 基準液	12
4.2 洗浄液	12
4.3 内部液	13
4.4 3.33M - KCL 溶液	13
4.5 味サンプル	13
第5章 味覚センサーを用いた味覚評価法	16
5.1 豆腐の味覚評価方法	16
5.2 豆腐の評価試験例 - 豆腐の保存試験	23
5.3 豆腐の評価試験例 - 島豆腐及び本土豆腐の比較	27
5.4 豆腐の評価試験例 - 豆腐の物性評価	28
5.5 もろみ酢の味覚評価方法	30
5.6 もろみ酢の評価試験例 - 加速試験による賞味期限の検討	32
5.7 もろみ酢の評価試験例 - 市販もろみ酢の比較	35
参考文献	36



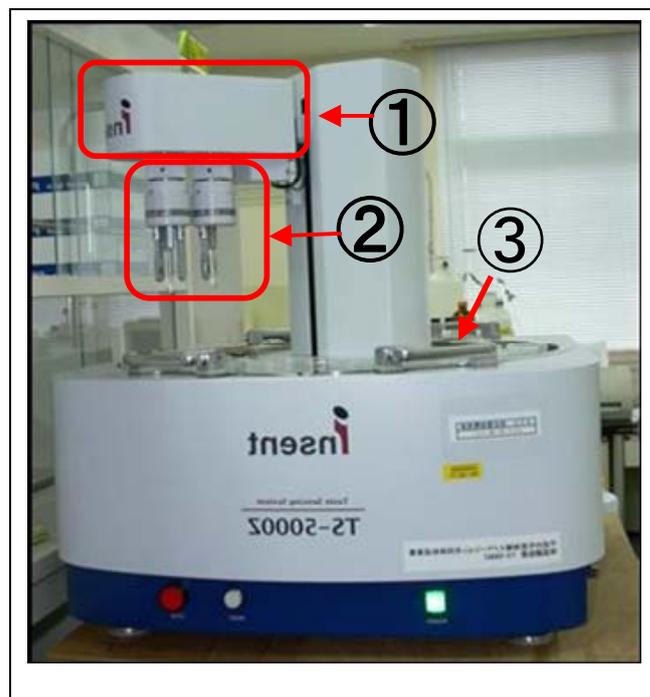
## 第 1 章 味覚センサーの概要

### 1.1 味覚センサーとは

味覚センサー（味認識装置 TS-5000Z）は人間の舌を模倣したセンサーを利用して味を計ることができる機械です。8本のセンサーが存在し、それぞれのセンサー表面上には舌の代わりとなる人工脂質膜が貼り付けてあります。これらのセンサーが食品に浸されることによって、人間と同様に人工脂質膜の膜電位の変化が起こります。この変化量をセンサー出力として、コンピュータでその味をパターン認識し、味を総合的に判断することが出来ます。

### 1.2 装置概要および設置環境

味認識装置 TS-5000Z



#### ①アーム部

センサーヘッドを取り付ける。センサーの出力を増幅するアンプユニットや温度変換器が内蔵されている。

②センサーヘッド

味覚センサーと参照電極を取り付けて、アーム部に接続する。外側用と内側用の2種類あり、コネクタの形状が異なる。

内蔵された実機アプリケーションによって味認識装置を操作する。

③容器設置板およびサンプル

測定容器を設置するステンレス製の受け皿、測定する溶液の位置のガイドとなる。

設置環境：

周囲温度：15～25℃

湿度：20～80%（ただし、結露なきこと）

電源：AC100～230V±10%、50/60Hz、240VA

本体26kgを保持するに十分な強度のある平らな実験台に設置する。

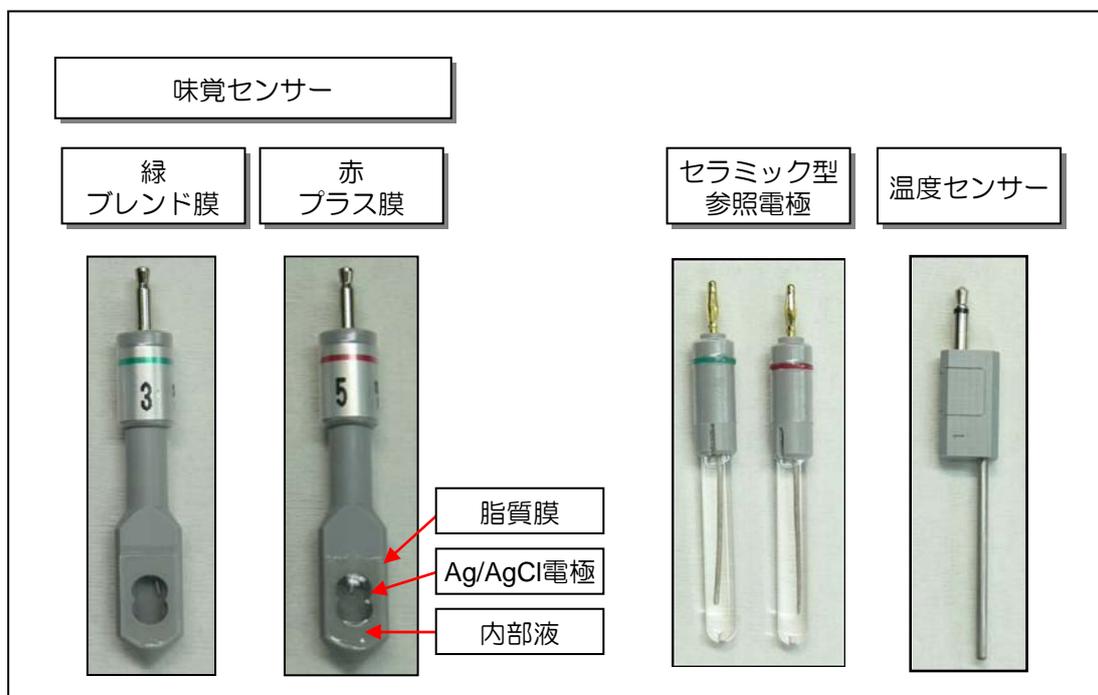
### 1.3 センサー類の概要

味覚センサーは配合されている脂質の種類によりブレンド膜、プラス膜、マイナス膜の3つの属性に分けられる。食品測定には、下記ブレンド膜とプラス膜合わせて5本を利用する。医薬品を測定する場合は、プラス膜とマイナス膜合わせて4本を利用する。

表. センサー一覧

属性	味覚センサー名	味覚項目
ブレンド膜	AAE (緑1)	旨味、旨味コク
	CTO (緑2)	塩味
	CAO (緑3)	酸味
プラス膜	COO (赤5)	苦味雑味、(酸性)苦味
	AE1 (赤6)	渋味刺激、渋味
マイナス膜	ACO	塩基性苦味
	ANO	塩基性苦味

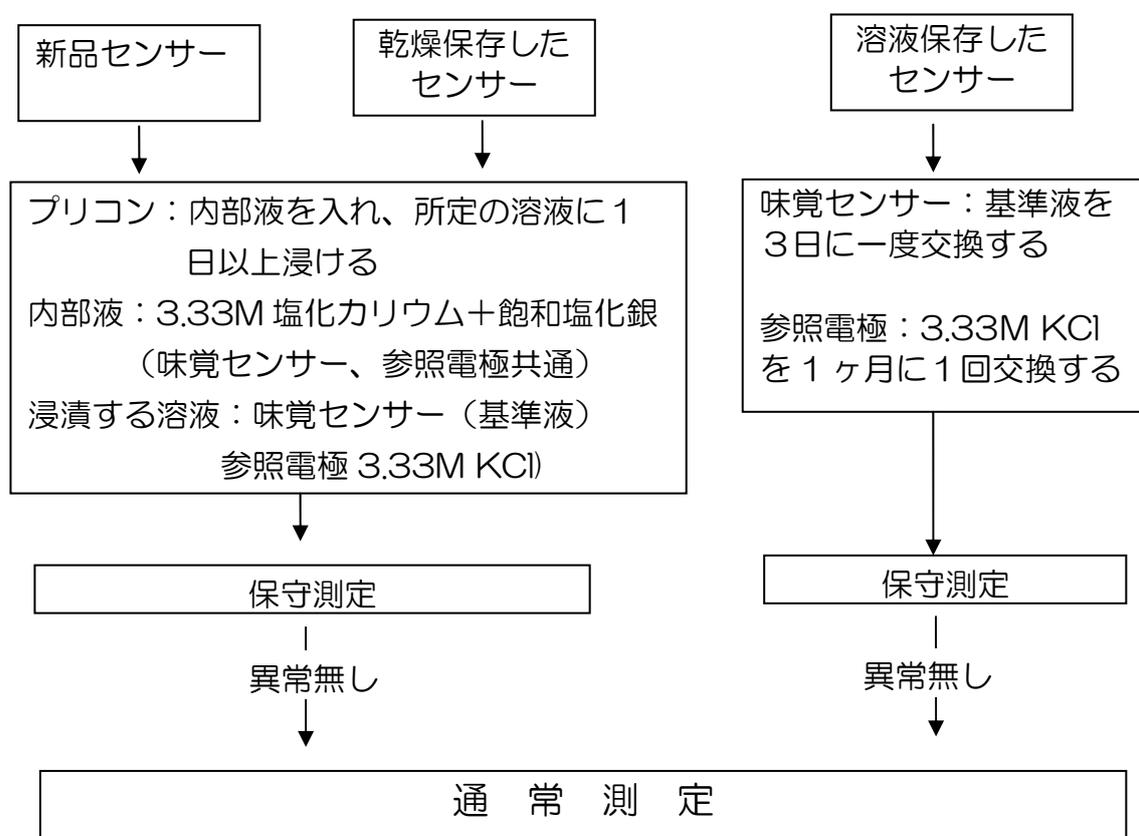
図. 味覚センサーおよび温度センサー



## 1.4 センサーの準備

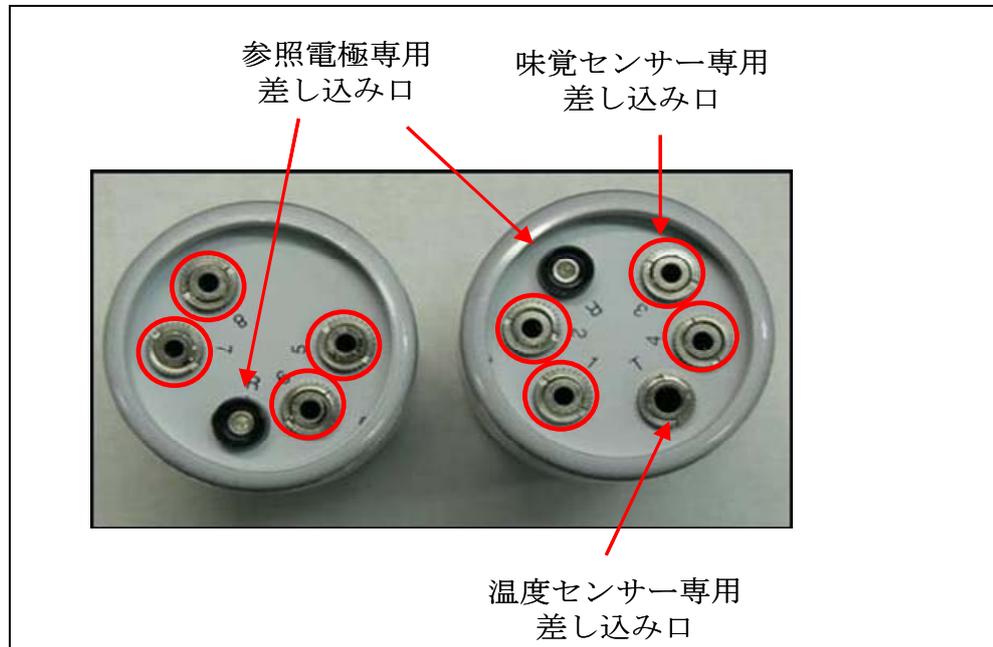
センサーには、3種類あり温度センサー以外は使用にあたり下記の操作が必要です。

- ①味覚センサー
- ②セラミック型参照電極
- ③温度センサー

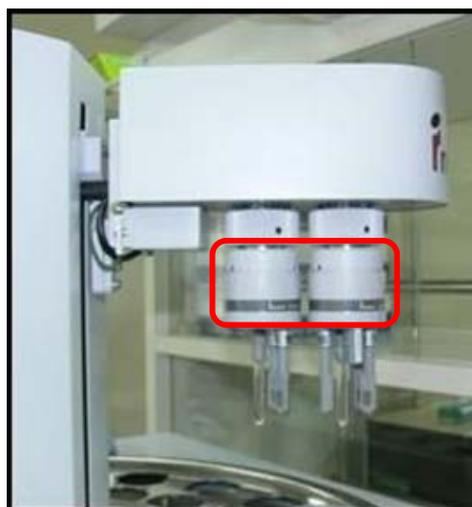


温度センサーは、味認識装置本体で温度の校正を行う

センサーヘッドの専用差し込み口



センサーヘッドに味覚センサー、セラミック型参照電極、温度センサーを差し込み、装置本体のアーム部に取り付け測定を開始する。



センサーヘッドをアーム部に取り付けた外観

## 1.5 測定サンプルの適正条件

### (1) 適正サンプル

- 1) 液状化した飲料、食品、医薬品など。  
(固形物は液状化する前処理をする。)
- 2) pH 2～8 (センサーにより使用出来る pH の範囲が異なる)
- 3) 温度:5～40℃、温度変動は±1℃以内とする。

### (2) 不適切なサンプル

- 1) 有機溶剤を含むもの
- 2) アルコール濃度 20%以上のもの
- 3) カビの発生したもの、腐敗したもの
- 4) 粘性の高いもの
- 5) 成分濃度が極端に高い(そのままでは飲用に適さない濃度)
- 6) 固体、固形物そのもの

## 第2章 味覚センサーによる味覚測定法

### 2.1 測定の準備

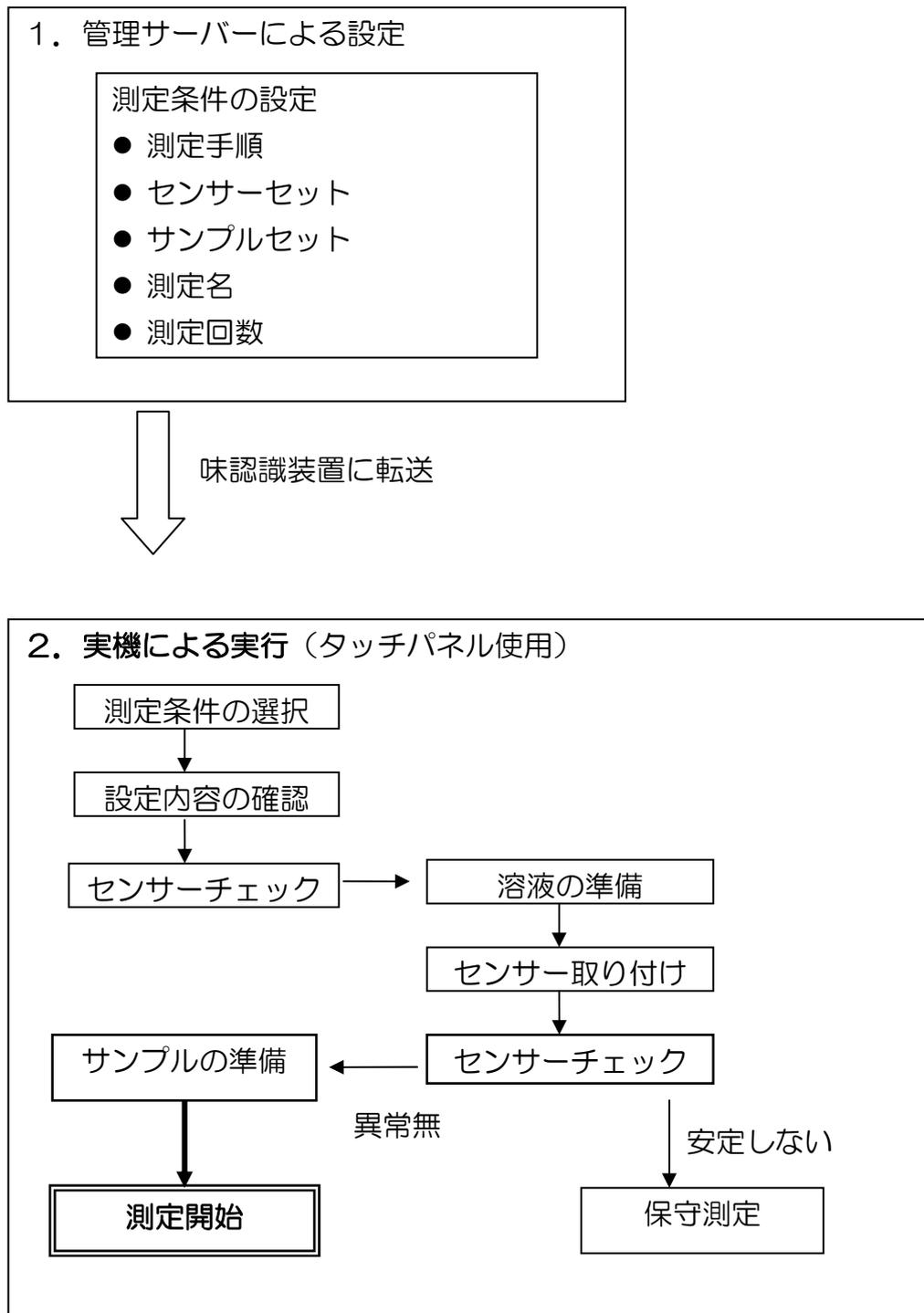
(1) 測定に必要な溶液の準備 (溶液温度を設定温度に調整する)

- 基準液 500mL
- サンプル液 70mL
- マイナス膜用洗浄液 70mL
- プラス膜用洗浄液 70mL
- 各種標準味サンプル

(2) センサー類の準備

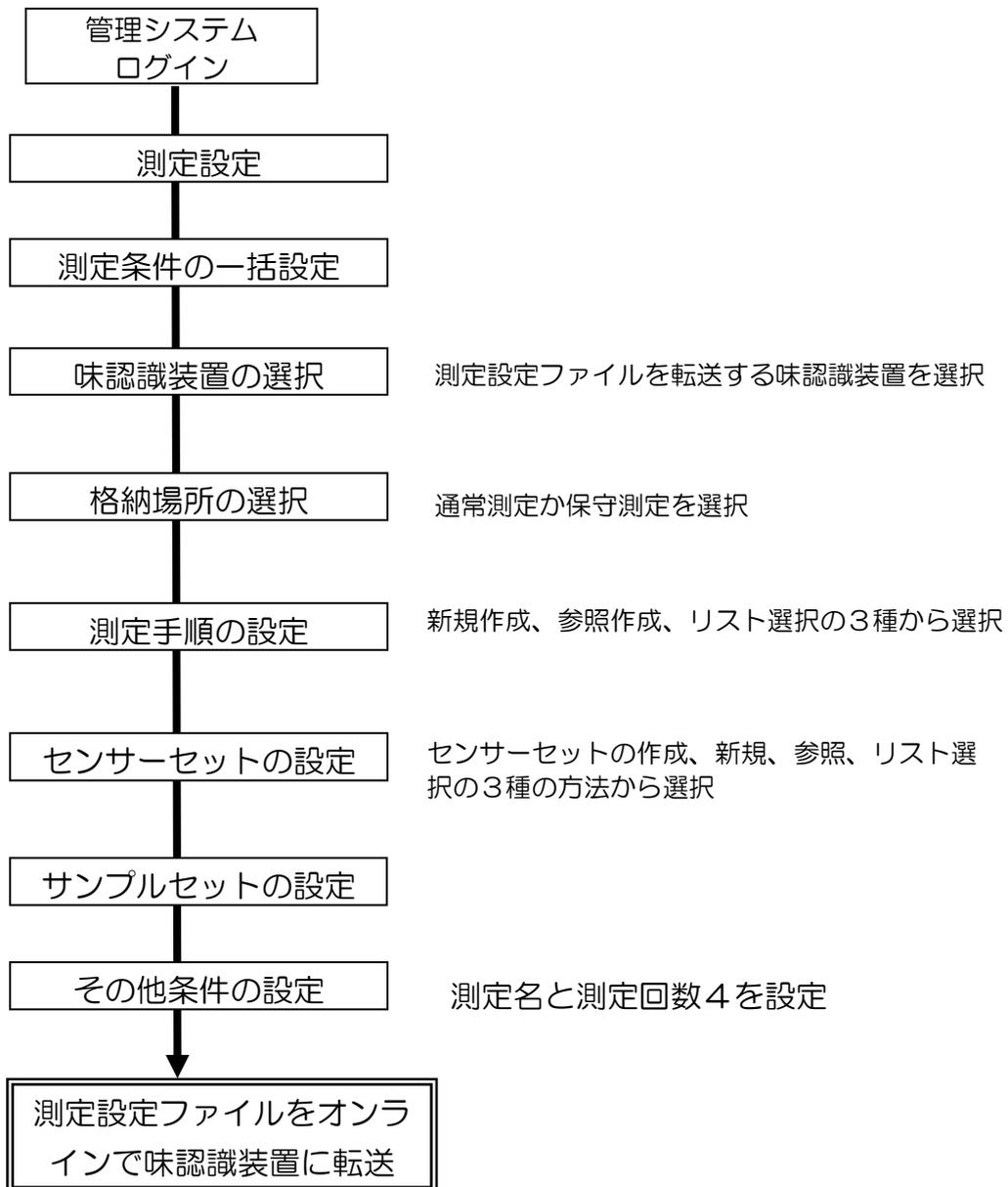
- 乾燥状態の味覚センサーと参照電極を少なくとも12時間、使用前に内部液でプリコンする。

## 2.2 測定の流れ



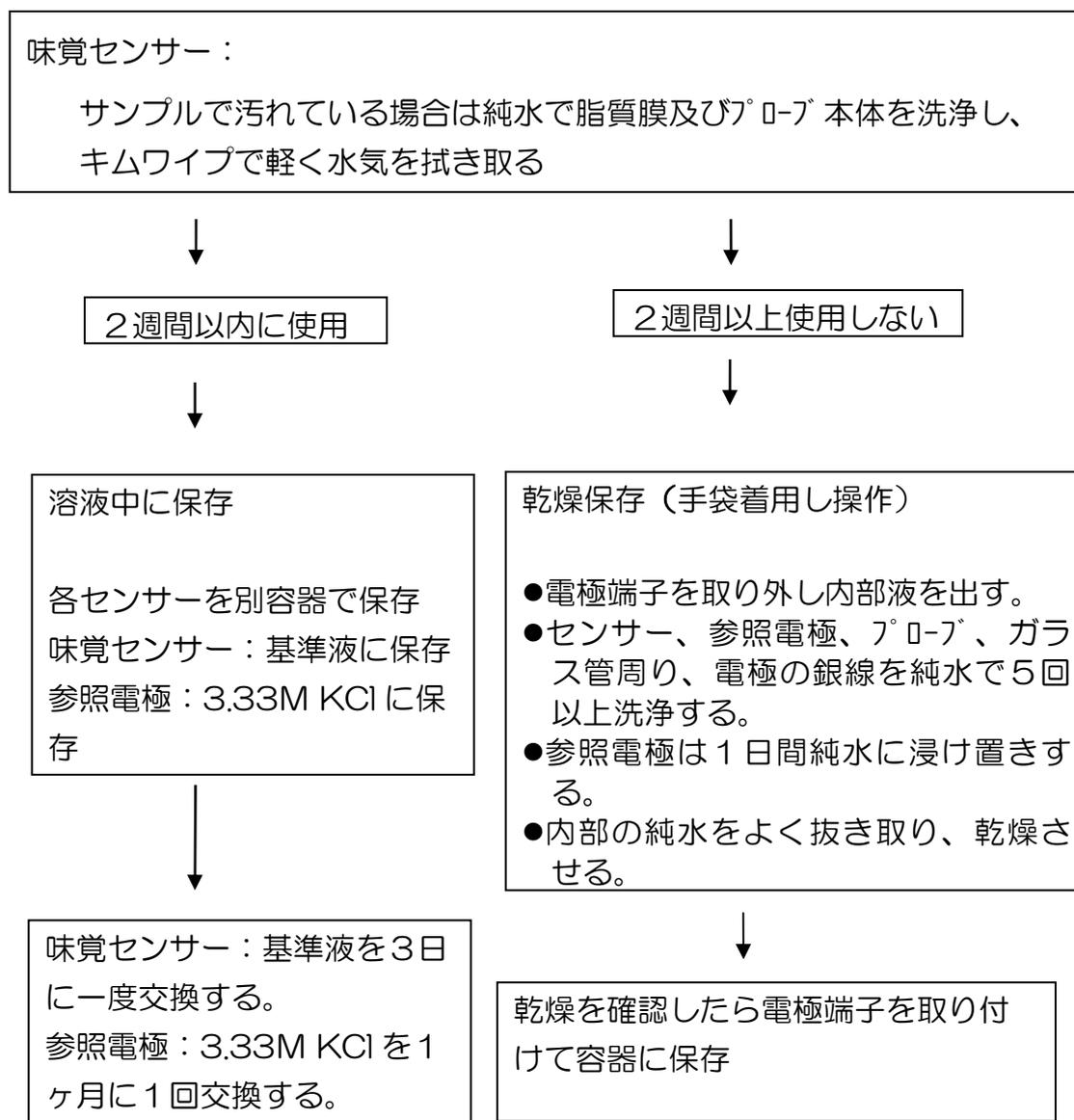
## 2.3 管理サーバーにおける測定条件の設定

### 管理サーバーにおける測定条件の一括設定



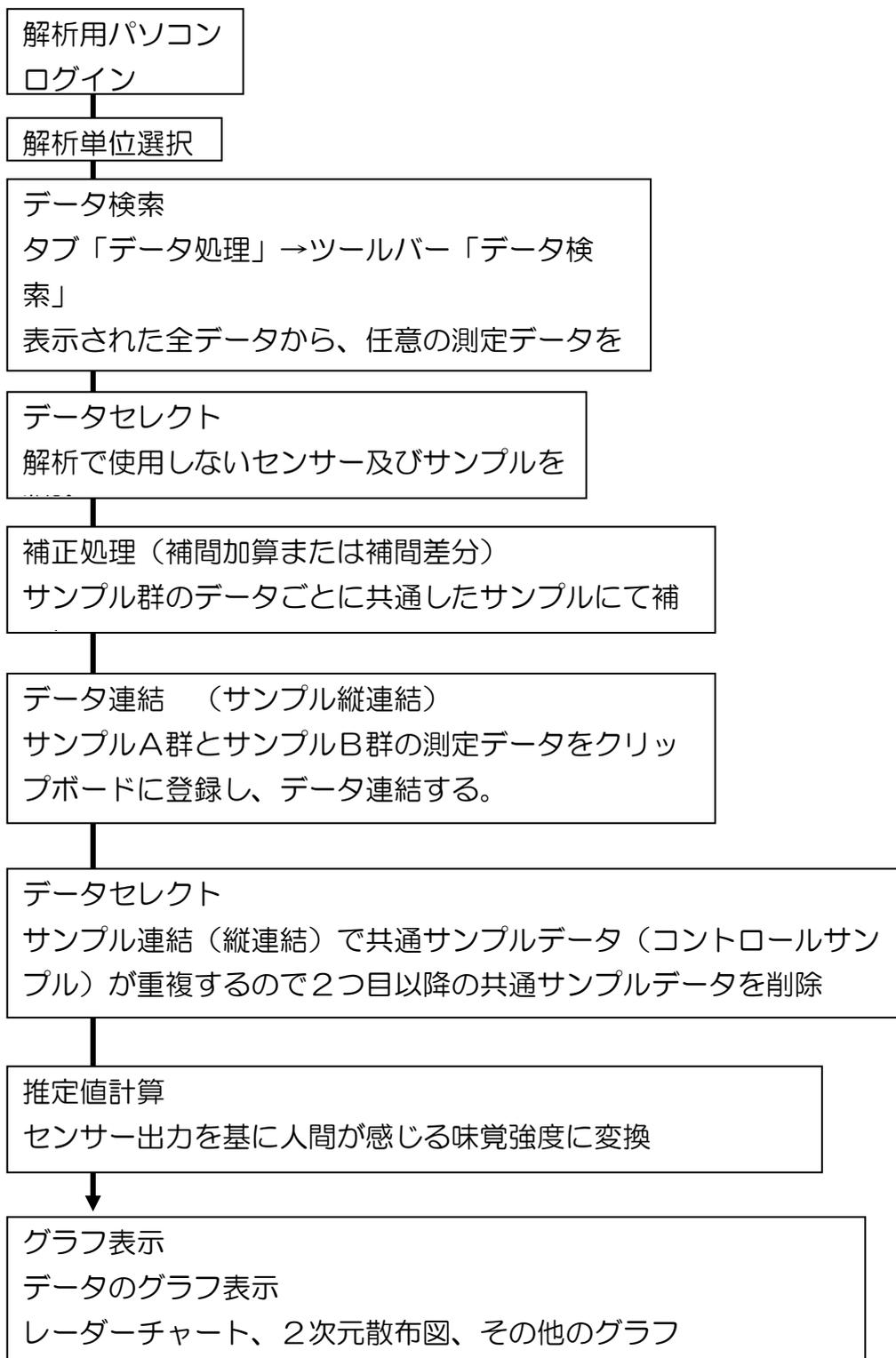
## 2.4 味覚センサーの保守

測定後



## 第3章 データ解析

### データ解析の流れ



## 第4章 各種溶液の調製方法

味覚測定に必要な各種溶液は株式会社インテリジェントセンサーテクノロジーより市販されており購入可能であるが、下記の方法で調製可能である。

### 4.1 基準液

#### 組成

30mM 塩化カリウム+0.3mM 酒石酸 水溶液

#### 調製法

- ① 酒石酸 0.045g(0.044~ 0.046g を秤量)を約 900mL の純水に溶かす。
- ② 塩化カリウム 2.24g(2.19~2.28g)を添加して溶かす。
- ③ 1リットルのメスフラスコに移して純水でメスアップ(標線まで入れる)する。

### 4.2 洗浄液

#### (1) プラス膜洗浄液

#### 組成

100mM 塩化カリウム+10mM 水酸化カリウム 30%エタノール溶液

#### 調製法

- ① 塩化カリウム 7.46g を約 500 ml の純水に溶かす。
- ② エタノール(95%以上)300mL を添加し攪拌する。
- ③ 1M 水酸化カリウム溶液 1 0mL を添加し攪拌する。
- ④ 1リットルのメスフラスコに移して純水でメスアップする。

#### (2) マイナス膜洗浄液

#### 組成

100mM 塩酸 30%エタノール溶液

**調製法**

- ① エタノール(95%以上)300mL を約 500mL の純水に添加し攪拌する。
- ② 1 M 塩酸 1 00mL を添加し攪拌する。
- ③ 1 リットルのメスフラスコに移して純水でメスアップする。

### 4.3 内部液

**組 成**

3.33M 塩化カリウム+飽不和塩化銀 水溶液

**調製法**

- ① 塩化カリウム 248.2g を約 900mL の純水に溶かす。
- ② 1 リットルのメスフラスコに移して純水でメスアップする。
- ③ 他の容器に移し、約 10mg の塩+ヒ銀を添加して、マグネチックスターラーで8時間以上攪拌する。

### 4.4 3.33M — KCL 溶液

**組 成**

3.33M 塩化カリウム 水溶液

**調製法**

- ① 塩化カリウム 248.2g をを約 900mL の純水に溶かす。
- ② 1 リットルのメスフラスコに移して純水でメスアップする。

### 4.5 味サンプル

#### (1) 塩味サンプル

**組 成**

300mM 塩化カリウム+0.3mM 酒石酸 水溶液

調製法

- ① L(+)-酒石酸 0.045g(0.044~ 0.046g)を約 900mL の純水に溶かす。
- ② 塩化カリウム 22.37g を添加して溶かす。
- ③ 1リットルのメスフラスコに移して純水でメスアップする。

(2) 酸味サンプル

組成

30mM 塩化カリウム+3.0mM 酒石酸 水溶液

調製法

- ① L(+)-酒石酸 0.45g(0.44~0.46g)を約 900mL の純水に溶かす。
- ② 塩化カリウム 2.24g(2.19~2.28g)を添加して溶かす。
- ③ 1リットルのメスフラスコに移して純水でメスアップする。

(3) 旨味サンプル

組成

30mM 塩化カリウム+0.3mM 酒石酸+10mM グルタミン酸水素ナトリウム(MSG) 水溶液

調製法

- ① L(+)-酒石酸 0.045g(0.044~ 0.046g)を約 900mL の純水に溶かす。
- ② 塩化カリウム 2.24g(2.19~ 2.28g)を添加して溶かす。
- ③ グルタミン酸水素ナトリウム(MSG) 1.87g を添加して溶かす。
- ④ 1リットルのメスフラスコに移して純水でメスアップする。

(4) 苦味(+)-サンプル

組成

30mM 塩化カリウム+0.3mM 酒石酸+0.01mM キニーネ塩酸塩 水溶液

調製法

- ① L(+)-酒石酸 0.045g(0.044~ 0.046g)を約 900mL の純水に溶かす。
- ② 塩化カリウム 2.24g(2.19~2.28g)を添加して溶かす。
- ③ キニーネ塩酸塩 0.04g を添加して溶かす。
- ④ 1リットルのメスフラスコに移して純水でメスアップする。

## (5) 苦味(一)サンプル

## 組成

30mM 塩化カリウム+0.3mM 酒石酸+0.01 vol%イソ $\alpha$ 酸 水溶液

## 調製法

- ① L(+)酒石酸 0.045g(0.044~ 0.046g)を約 900 mL の純水に溶かす。
- ② 塩化カリウム 2.24g(2.19~2.28g)を添加して溶かす。
- ③ イソ $\alpha$ 酸 100 $\mu$ lを添加して溶かす。
- ④ 1リットルのメスフラスコに移して純水でメスアップする。

## (6) 渋味サンプル

## 組成

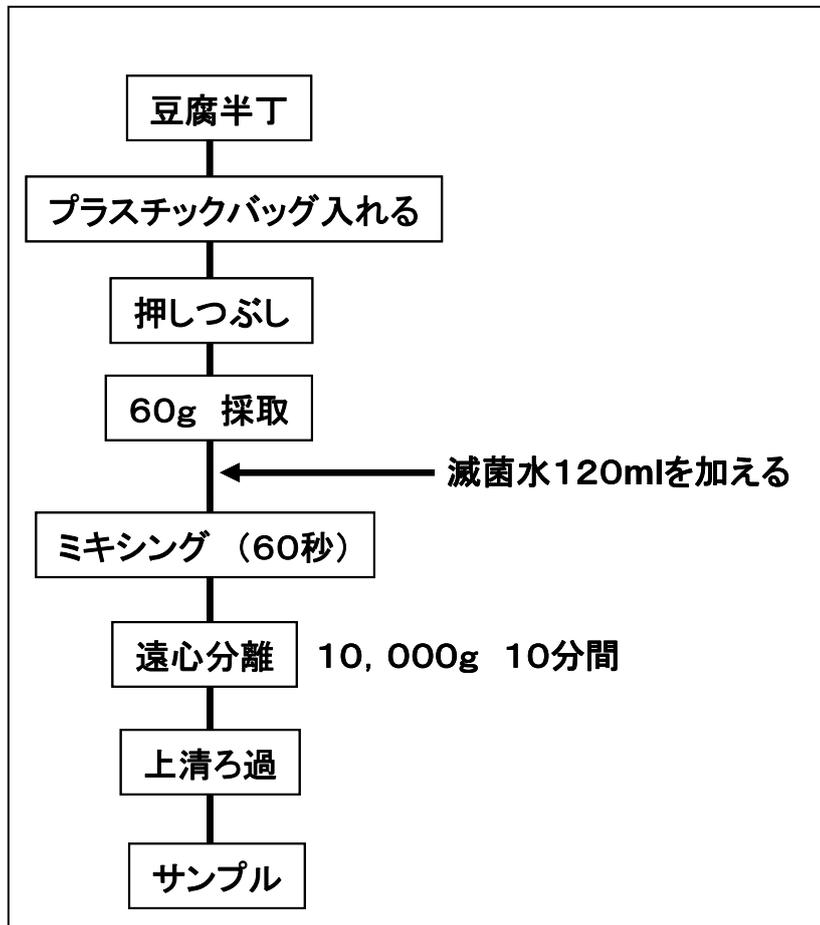
30mM 塩化カリウム+ 0.3mM 酒石酸+0.05%タンニン酸 水溶液

## 調製法

- ① L(+)酒石酸 0.045g(0.044~ 0.046g)を約 900mL の純水に溶かす。
- ② 塩化カリウム 2.24g(2.19~ 2.28g)を添加して溶かす。
- ③ タンニン酸 0.5g を添加して溶かす。
- ④ 1リットルのメスフラスコに移して純水でメスアップする。

## 第5章 味覚センサーを用いた味覚評価法

### 5.1 豆腐の味覚評価方法



#### (1) 必要器具

(全ての器具は滅菌する)

- 200ml 容メスシリンダー
- ガーゼ (或いはキムワイブ)
- プラスチックバッグ
- はかり
- 遠心分離器
- サンプル保存容器

(2) 豆腐サンプル調製

- 1) 豆腐半丁 (~350 g) をプラスチックバッグに入れ、バッグの外から手で押しつぶしながら満遍無く混ぜペースト状にする。



- ① プラスチックバッグに豆腐半丁をいれる。

- ② バッグの外から手で豆腐を押しつぶす。



- ③ 豆腐がペーストじょうになるまで混ぜながら押しつぶす。

- 2) ペースト状になった豆腐を5～6箇所から薬さしなどで取って60g 計り、120mL の滅菌済み超純水を加えて小型ミキサーで1 分間ホモジナイズする。



- ④ ペースト状にした豆腐を数箇所から取り60g 計って小型ミキサーに入れる。

- ⑤ 60gの豆腐に120ml (1:2)の滅菌した純水を入れる。



- ⑥ 小型ミキサーで60秒間ミキシングする。

3) ミキシングした豆腐溶液を遠心分離（10,000 gで10分間）する。



⑦ ミキシング後の豆腐溶液

⑧ 滅菌した遠心分離用のボトルに移す



⑨ 10,000gで10分間遠心分離する（10℃）。

- 4) 上清を5枚重ねのガーゼで濾しながら分取し味覚センサーのサンプルとする。すぐに測定できない場合は凍結保存する。



- ⑩ 遠心分離後、上清を5枚重ねのガーゼでこしながら、滅菌した保存用のボトルに回収する。

- ⑪ 回収した豆腐上清を味覚およびその他の測定に使用する。すぐ使わない場合は冷凍保存する。



## (3) コントロールサンプルの調製

コントロールサンプルとは…

- 味覚評価の基準になるサンプル
- 食材サンプルの測定値に近いこと
- 組成が単純で変動しないもの
- データ間の比較の基準

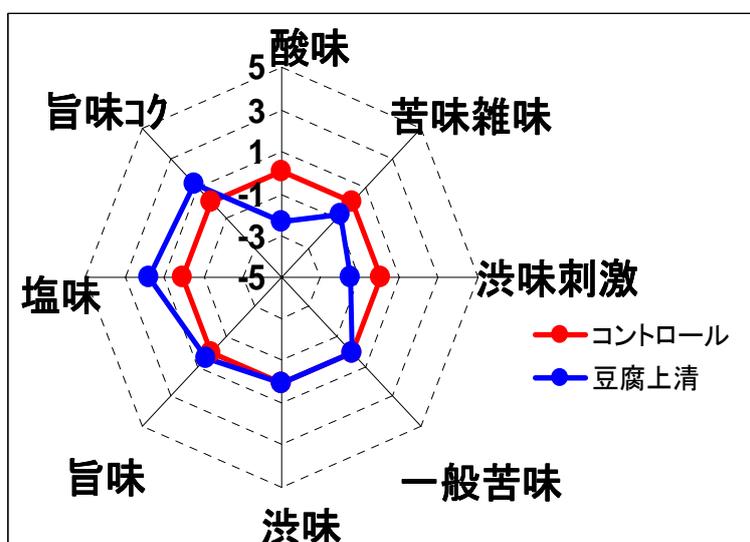
## 1) 豆腐のコントロールサンプルの組成

43.5 mM 塩化カリウム  
4.0 mM グルタミン酸ナトリウム

## 2) 調製法

塩化カリウム 3.247g とグルタミン酸ナトリウム 0.748g を適量の純水で溶解し、1リットルのメスフラスコに移してさらに純水を加えて1 L に調製する。すぐに使用しない場合は冷凍保存する。

図. 豆腐サンプル上清とコントロールサンプルの比較



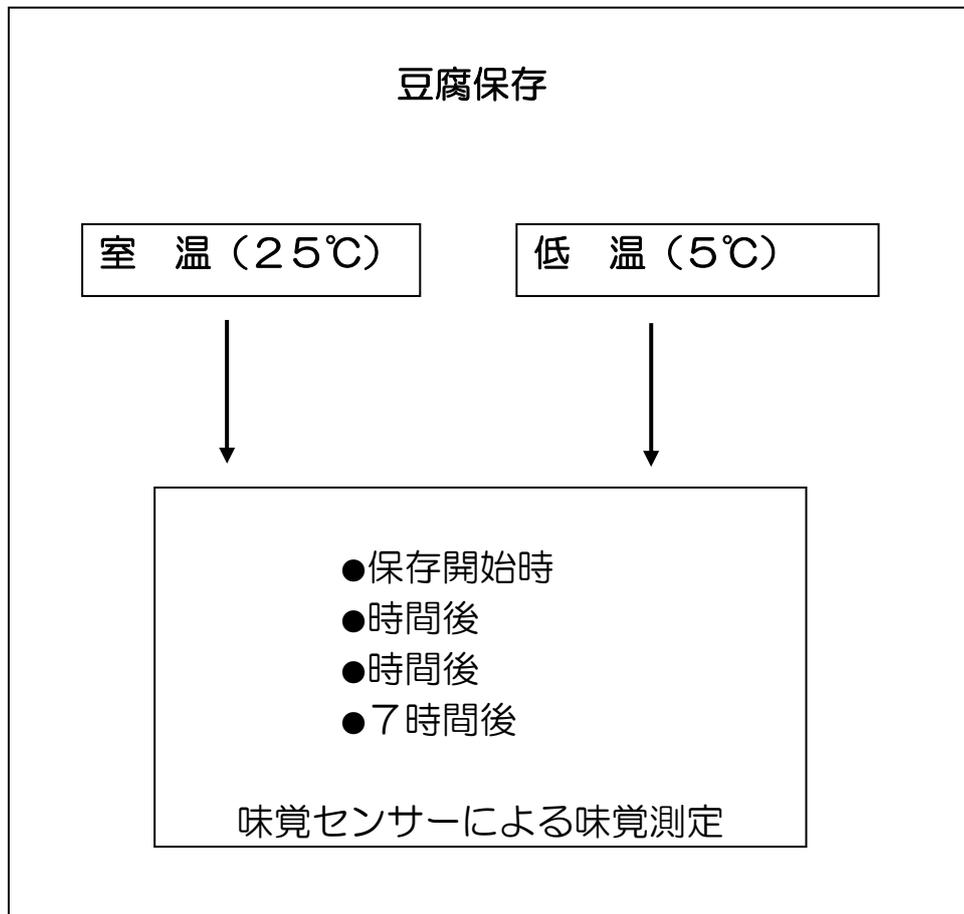
### 3) 味覚センサーによる豆腐サンプルの測定

豆腐サンプルは劣化しやすいことから、あらかじめ味覚センサーの循環槽に循環式恒温装置で20℃の水を循環させ、温度が上がらないようにしておく。センサーチェック終了後、コントロールサンプル或いは基準サンプル（比較の基準になるサンプル）を味覚センサー専用カップ2個にそれぞれ35mLずつ入れ、測定サンプルの1番目に配置する。2番目以降に豆腐サンプルを同じように2個のカップに35mLずつ入れ測定を開始する。サンプル数は測定時の劣化を考慮し4サンプルを限度とする。味覚センサーの使用手順は第2章を参照

### 4) 測定結果分析

測定後、コントロールサンプル或いは基準サンプルの値を基準に解析専用アプリケーションで解析する。（第3章）

## 5.2 豆腐の評価試験例—豆腐の保存試験



豆腐を5℃と室温に保存し、保存開始時および3、9、27時間後にサンプルを調製し味覚センサーで測定した。

図. 5℃に保存した豆腐の味覚測定

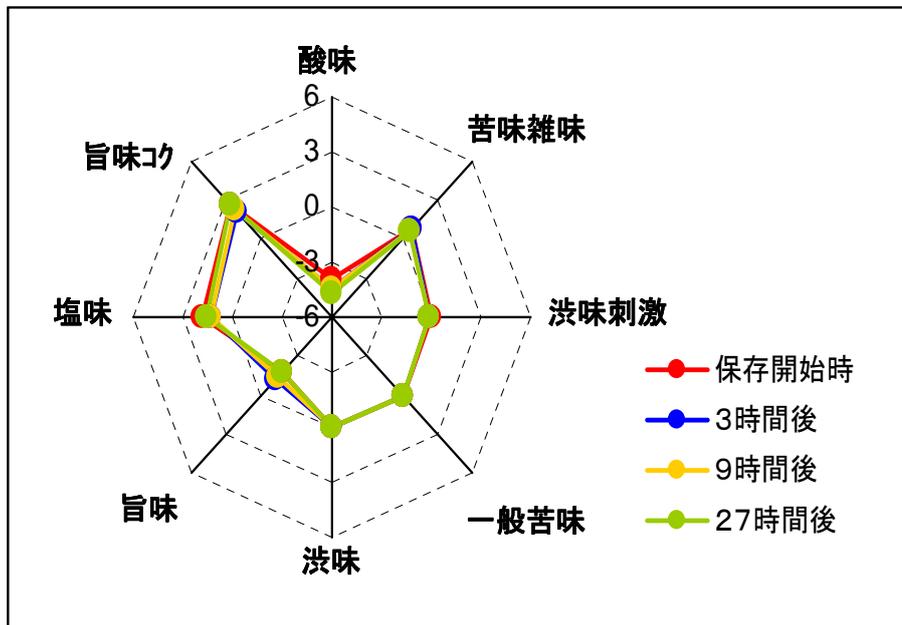


図. 室温に保存した豆腐の味覚測定

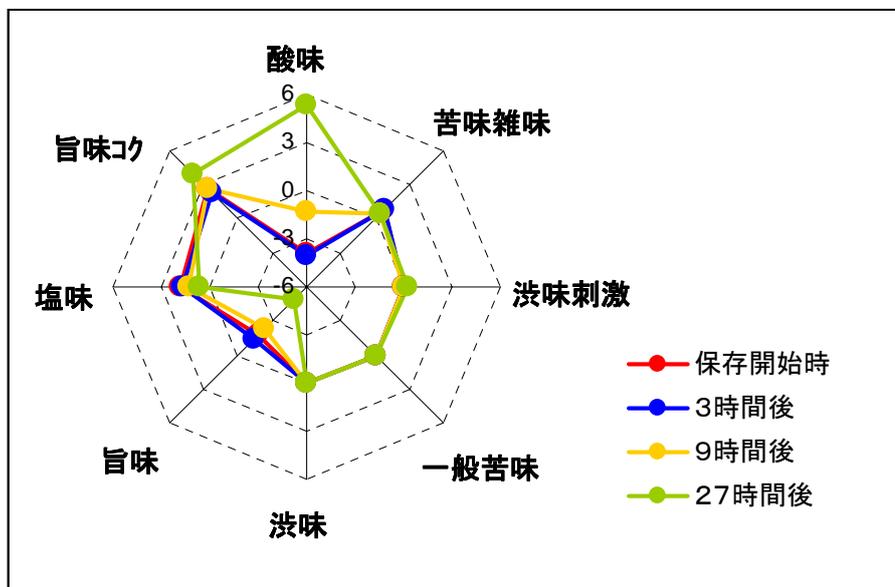
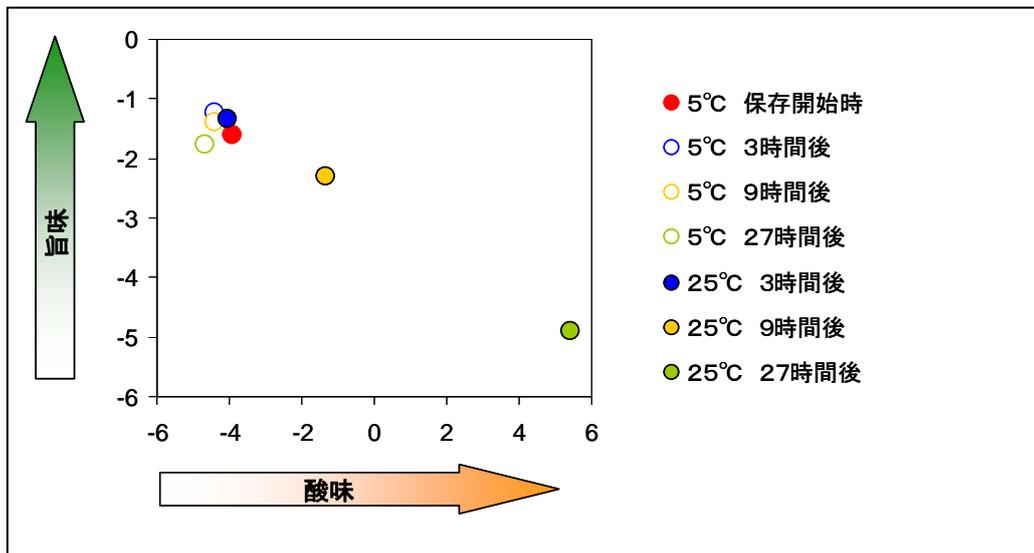
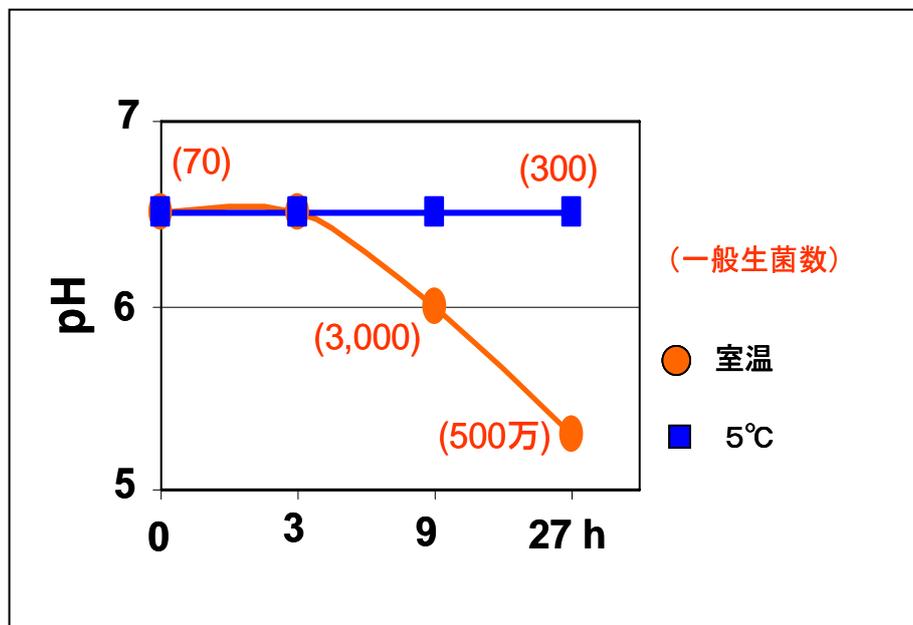


図. 豆腐保存試験の2次元散布図



5°Cで保存した豆腐では、保存開始時、3時間後、9時間後、27時間後に味の変化は見られなかった。しかし、室温で保存したものでは9時間後と27時間後に旨味が減少し酸味が増加した。特に、27時間後著しく酸味が増加した。

図. 豆腐保存温度におけるpH変化

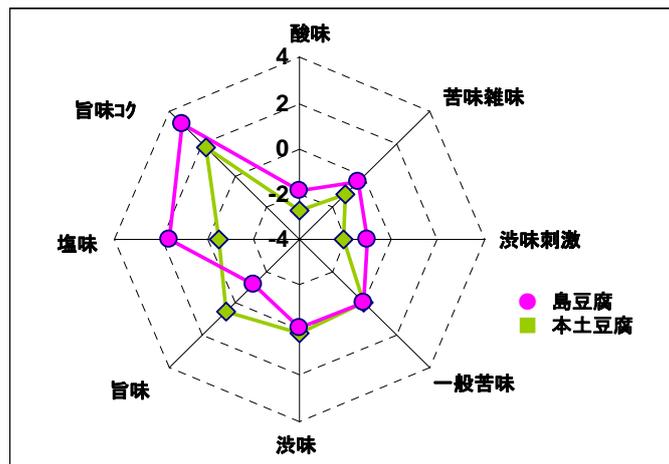


豆腐を室温と低温（5℃）に保存した際の一般生菌数とpHの測定を行ったところ、5℃で保存した豆腐では、27時間後でも生菌数はそれほど増加せず、pHも変化しなかった。一方、室温で保存したものでは、9時間、27時間で生菌数がかなり増加しており、保存開始時はpH6.5であったが、27時間後にはpH5程度まで低下した。このことは、味覚センサーの味の測定で酸味が増加することとよく対応している。この結果より、味覚センサーによる味の測定は、豆腐の品質管理に利用可能であることを示している。

### 5.3 豆腐の評価試験例—島豆腐及び本土豆腐の比較

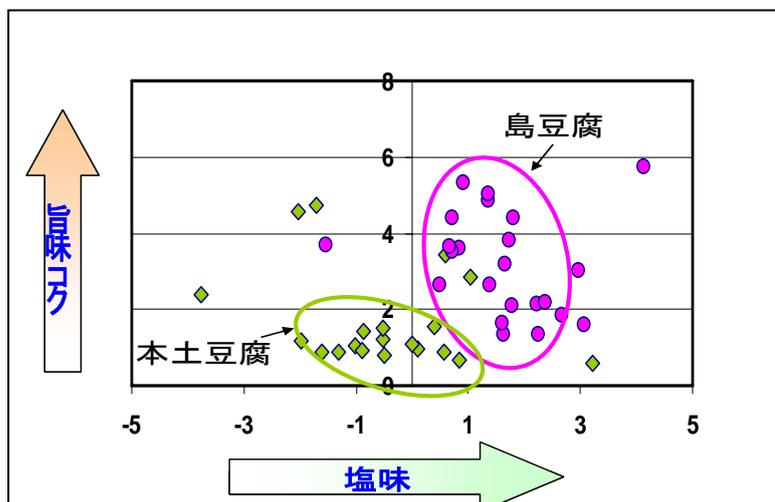
島豆腐24検体と本土豆腐20検体を、第5章5.1に示した方法に従ってサンプル調製し味覚センサーで味を測定比較した。

図. 味覚センサーによる島豆腐と本土豆腐の味の比較



島豆腐24検体、本土豆腐20検体の味覚測定値の平均

図. 島豆腐と本土豆腐の味のマッピング



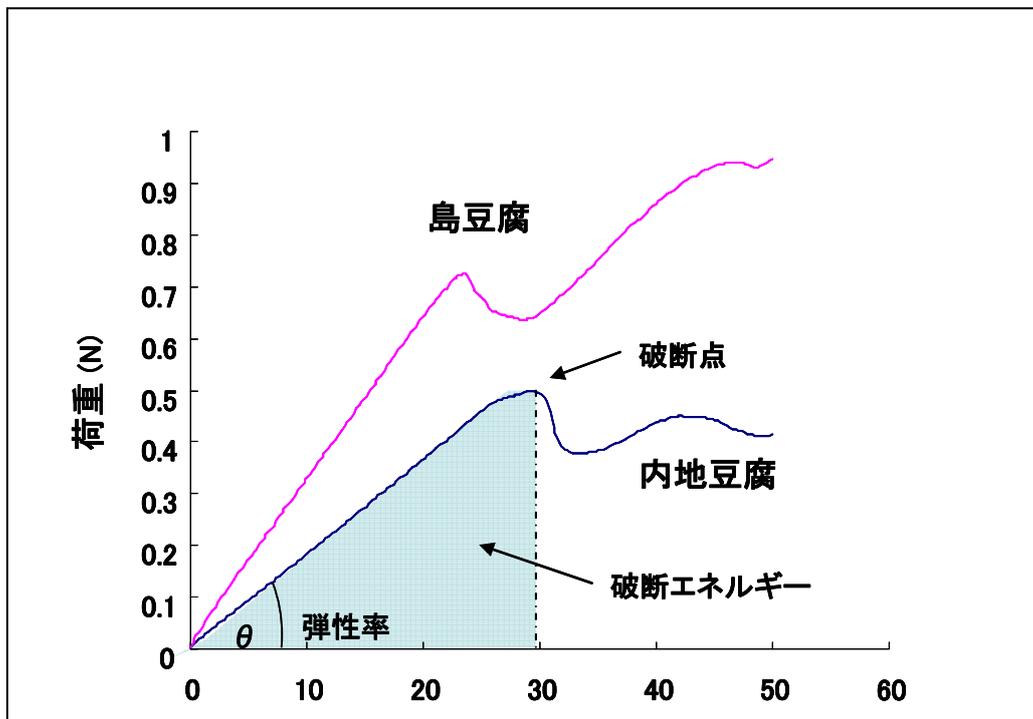
島豆腐は本土の豆腐に較べて塩味強く、旨味コクが高いが、旨味は低いことが分かった。また、味のマッピングから、島豆腐は製品によって旨味コクの差が大きいことが分かる。また、マッピングが新製品の開発や他製品との差別化等に有用である。

## 5.4 豆腐の評価試験例—豆腐の物性評価

レオメータと簡易豆腐硬度計を用いて豆腐の物性評価を行った。



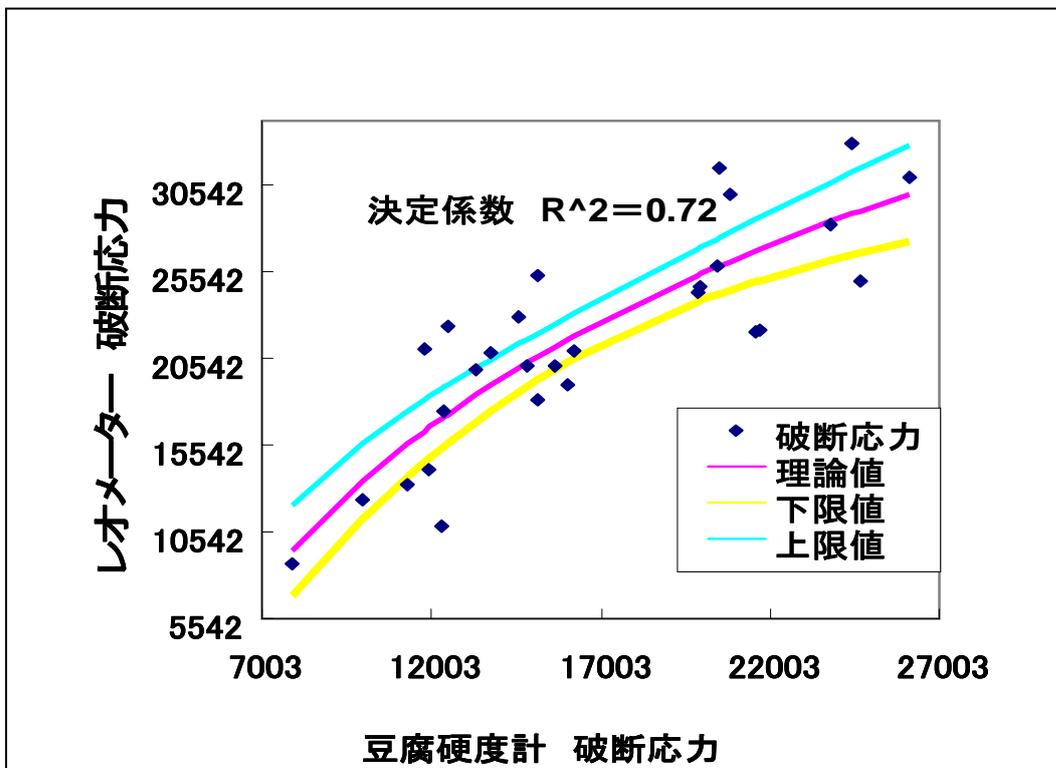
図. レオメータによる島豆腐と本土豆腐の典型的な破断曲線



レオメータを用いて島豆腐と本土の豆腐の物性の評価を行った。その結果、島豆腐は本土の豆腐に比べて下記のような物的特徴を示す事が分かった。

- 硬い（破断応力 大）
- 弾力がある（弾性率 大）
- もろい（破断時の歪率 小）
- しっかりしている（破断エネルギー 大）

図. レオメータと豆腐硬度計の破断応力の比較



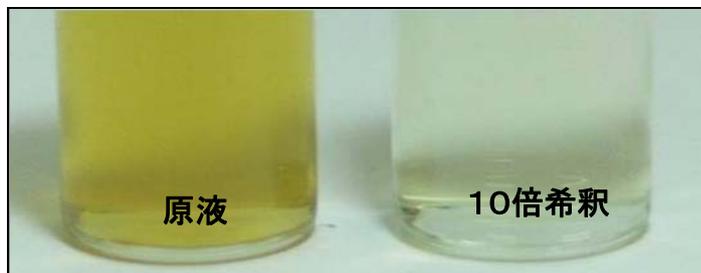
レオメータと簡易豆腐硬度計で豆腐の破断応力を測定比較した結果、比較的良好一致したことから、簡易豆腐硬度計は現場対応型の測定法として使用可能であることが分かった。

## 5.5 もろみ酢の味覚評価方法

### (1) もろみ酢サンプル調製

もろみ酢をよく混ぜた後10mL取り90mLの滅菌済み純水を加え（10倍希釈）、味覚センサーのサンプルとした。

#### もろみ酢

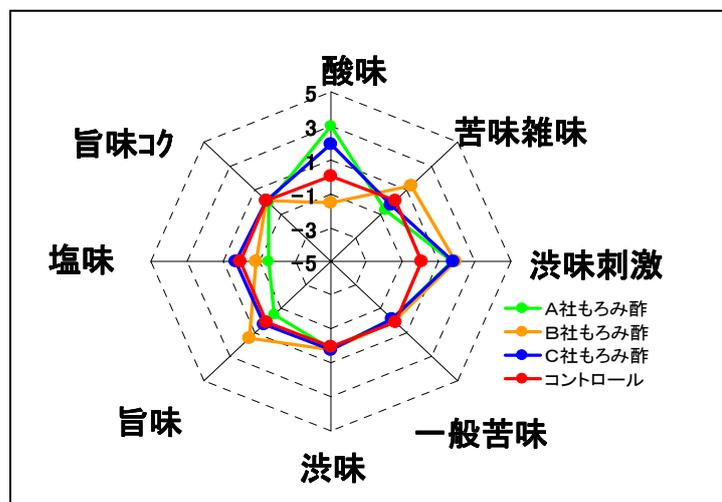


### (2) もろみ酢コントロールサンプル

0.38 mM 酒石酸  
11.3 mM 塩化カリウム  
2.5  $\mu\text{L}/\text{L}$  イソ $\alpha$ 酸

0.0574 g 酒石酸、0.84 g 塩化カリウム、2.5  $\mu\text{L}$  イソ $\alpha$ 酸を適量の純水で溶解し、1リットルのメスフラスコに移してさらに純水を加えて1 Lに調製した。すぐに使用しない場合は冷凍保存した。

図. コントロールサンプルともろみ酢の味覚測定



調製したコントロールサンプルを、3社のもろみ酢と共に味覚センサーで測定し、コントロールサンプルを基準に解析した。調製したコントロールサンプルは、3社のもろみ酢測定値に近く、コントロールサンプルとして適当であることが分かる。

### (3) 味覚センサーによるもろみ酢サンプルの測定

コントロールサンプル或いは基準サンプル（比較の基準になるサンプル）を味覚センサー専用カップ2個にそれぞれ35mLずつ入れ、測定サンプルの1番目に配置する。2番目以降にもろみ酢サンプルを同様に2個のカップに入れ室温で測定を開始する。サンプル数は5サンプル程度とする。

味覚センサーの使用手順は第2章を参照

### (4) 測定結果分析

測定後、コントロールサンプル或いは基準サンプルの値を基準に解析専用アプリケーションで解析する。（第3章参照）

## 5.6 もろみ酢の評価試験例—加速試験による賞味期限の検討

もろみ酢を50℃に保存

1ヶ月毎に測定する項目

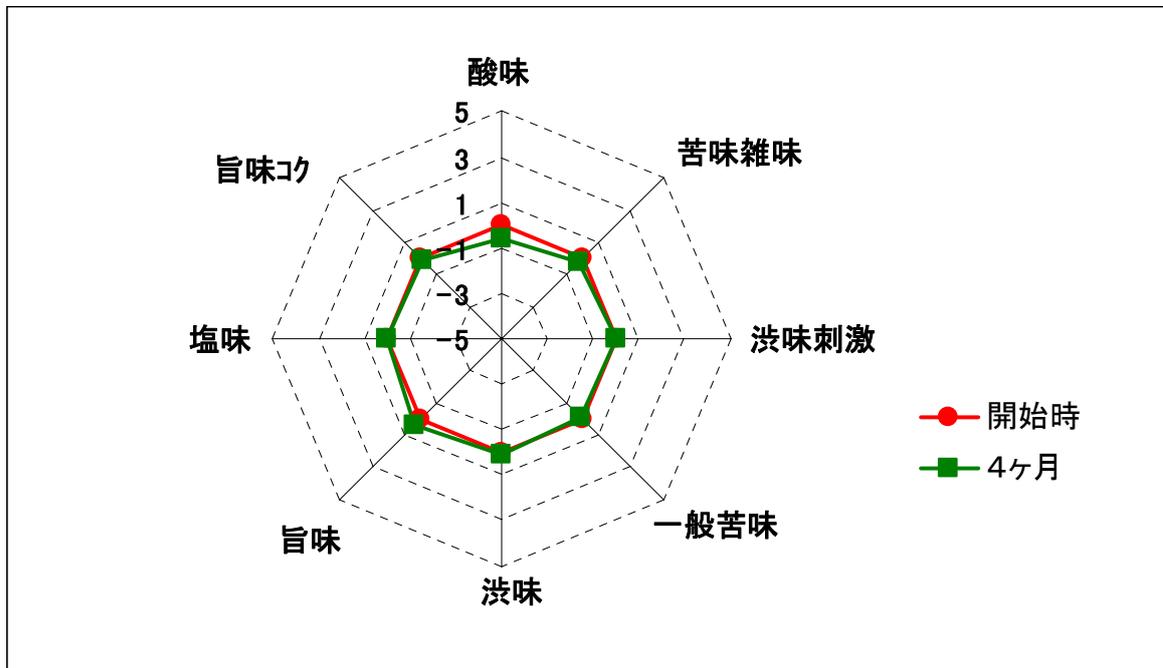
- 味覚
- 濁度
- pH
- 酸度
- シュウ酸
- 一般生菌数

開始時4ヶ月後



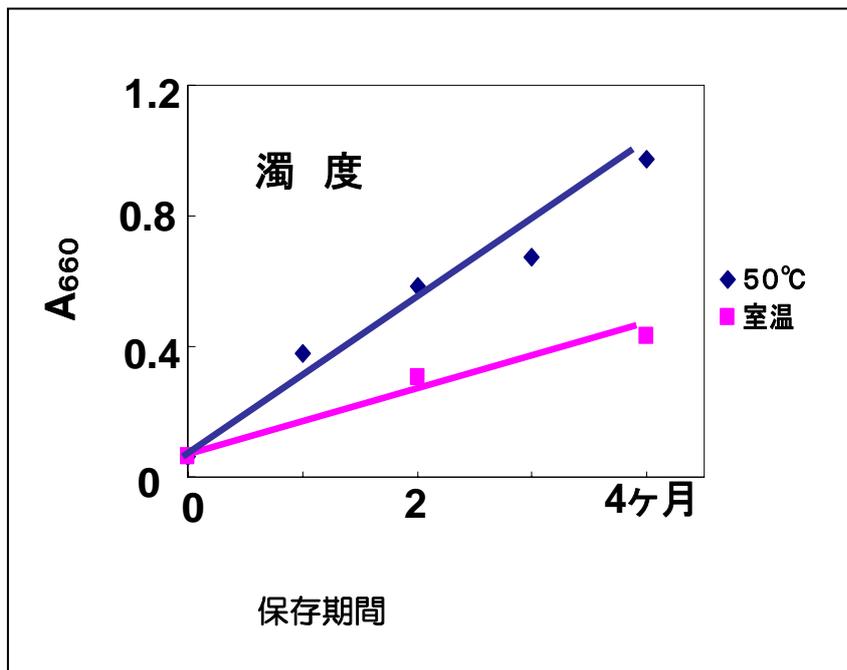
同じロットのもろみ酢を50℃に保存し、一ヶ月毎に4検体について味覚センサーで味覚を測定した。また、その他の項目として濁度、色差、pH、酸度、シュウ酸、一般生菌数等も測定した。開始時の色調は黄色がかっているが4ヶ月後は茶褐色となった。

図. 加速試験による味覚変化



加速試験開始時の味覚を基準とし保存4ヶ月後の味覚を比較した。酸味が低下し旨味が増したが、いずれの変化も小さくヒトが感じるほどではなく、さらなる追跡が必要である。

図. 加速試験による濁度の変化

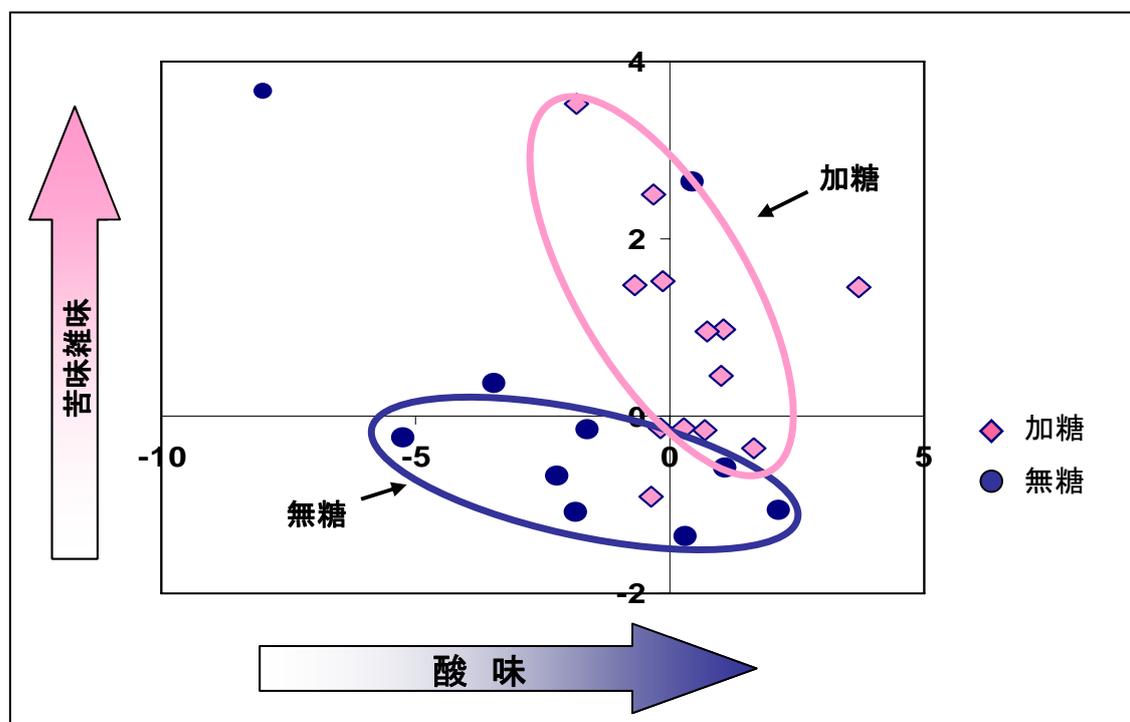


もろみ酢を50℃で保存した場合1ヶ月後に沈殿が生じ、濁度は開始時の1.6倍以上となった。室温では、その約半分であった。沈殿物の成分分析については今後の課題である。

加速試験4ヶ月現在で、もろみ酢の酸度、pH、シュウ酸、に変化はなく一般生菌数はゼロであった。ただし、色調は薄い黄色から茶褐色へと変化した。もろみ酢の賞味期限設定には、味覚評価と共に他の指標も考慮に入れ検討する必要があると思われる。

## 5.7 もろみ酢の評価試験例—市販もろみ酢の比較

図. もろみ酢味覚マッピング



味覚センサーで、無添加もろみ酢 10 検体と加糖もろみ酢 13 検体を測定し、もろみ酢に特徴的な酸味と苦味雑味を対象にそれぞれをプロットした。無添加のもろみ酢検体では、酸味にバリエーションがあり、加糖もろみ酢検体間では苦味雑味にかなりの幅があった。このような、味のマッピングにより製品の傾向や消費者の嗜好等を分析することが出来、新商品開発や他商品との差別化に有用である。

## 参考文献

- [1] 都甲 潔:五感の科学—味を目で見る,応用物理,77(3),988-945(2008).
- [2] (株)インテリジェントセンサーテクノロジー:味認識装置TS-5000Z機器取扱説明書(初版)(2007).
- [3] (株)インテリジェントセンサーテクノロジー:味認識装置TS-5000Z味認識装置管理システム取扱説明書(第2版)(2007).
- [4] (株)インテリジェントセンサーテクノロジー:味認識装置TS-5000Z実機アプリケーション取扱説明書(第3版)(2008).
- [5] (株)インテリジェントセンサーテクノロジー:味認識装置TS-5000Z解析アプリケーション取扱説明書(第4版)(2008).
- [6] (株)インテリジェントセンサーテクノロジー:味認識装置サンプル調整手引き書(第2版)(2006).
- [7] 都甲 潔:感性バイオセンサー,朝倉書店,(2001)

---

味覚センサーを用いた沖縄特産食品の評価試験法  
「島豆腐」「もろみ酢」  
平成 20 年度地域イノベーション創出共同体形成事業

平成 21 年（2009 年）3 月（初版）

沖縄地域イノベーション創出協議会事務局

株式会社トロピカルテクノセンター

〒904-2234 沖縄うるま市字州崎5-1

電話 (098) 982-1100

FAX (098) 982-1101

株式会社沖縄 TLO

〒903-0213 沖縄県西原町字千原 1

(琉球大学産学官連携推進機構棟内)

電話 (098) 895-1701

FAX (098) 895-1703

---