



水産物の呈味特性研究の新展開

# 味覚センサーを用いた 魚醤油の呈味の可視化 とその応用

—伝統食品“いしる”の品質改良の  
事例研究—

船 津 保 浩  
早 坂 浩 史

Visualization of fish sauce taste using taste  
sensor and its application  
A case study on the quality improvement of  
traditional food “Ishiru”

Yasuhiro Funatsu • Hirofumi Hayasaka

ふなつ やすひろ : 酪農学園大学  
農食環境学群食と健康学類  
はやさか ひろふみ : 株式会社味香り戦略研究所  
研究開発部

日本では種々の水産発酵食品が製造されているが、呈味性の客観的評価は製造現場での品質改良や品質管理を行う上で必要とされている。ここでは伝統食品の一つである“いしる”を例に、味覚センサーを用いた呈味の可視化図の作成法とその品質改良面への応用について実施した例を紹介する。

## 1. はじめに

日本ではいずし、ますずし、糠漬け、へしこ、鮓ずし、くさや、ままかり酢漬、酒盗及び蟹漬など様々な水産発酵食品が製造されている。魚醤油も水産発酵食品の一つで、魚介類を高濃度の食塩とともに熟成してつくる液体の発酵調味料である<sup>[1]</sup>。製造地域は東南アジア諸国が多いが、日本でも古から製造されており、秋田の「しょつつる」や石川の「いしる」といった、工業的ではなく家庭でも作られている伝統食品の魚醤油がある<sup>[2]</sup>。魚醤油には多くの種類が存在し、使われる原材料や製法は多種多様である。近年、消費者のニーズに対応した安定的な品質の製品の製造技術の開発が製造現場で求められている。

一方、私たちは舌にある味蕾で化学物質を受け取っており、味蕾は複数個の味細胞からなり、味細胞を被う生体膜には化学物質を受け取る受容体(レセプター)が存在する。化学物質を受け取った生体膜はその電位を変え、電圧の変化は味細胞に接続した味神経に伝わり、味細胞はそのシグナルを脳へ伝える。味覚センサーは味ごとに特化した人工脂質膜を持っており、これらに呈味物質が吸着すると、膜電位が変化する。センサーの出力の強弱で、味の濃淡やバランスが解析される。また、センサーの応答閾値はヒトの閾値と近く、応答強度もヒトの閾値と同様に対数的に変化するため線形変換によりヒトの感じる基本味の数値化に成功している<sup>[3]</sup>。本稿では「いしる」をモデルとして味覚センサーを活用した呈味の可視化とその活用法について概説する。

図1 いしるの製造工程

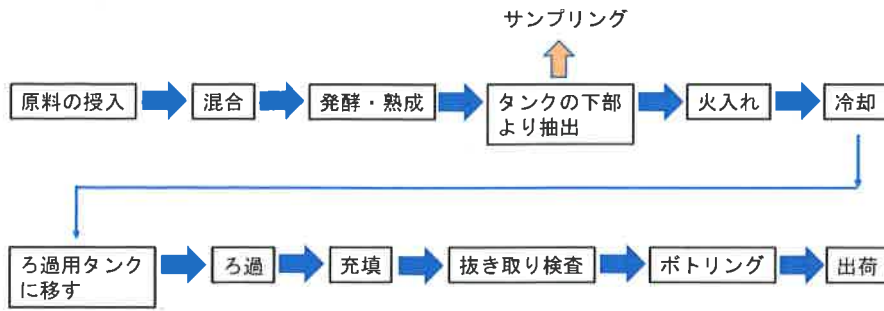


表1 味覚分析時の各種いしるの化学成分(約15ヶ月発酵後のタンクの液汁を火入れ・ろ過した試料を蒸留水で10倍希釈)

製品ロット	2018-A	2018-B	2018-C	2018-D	2018-E	2018-F
14-3株の添加	—	++	++	++	+	+
グルコース濃度	—	2%	1%	—	2%	1%
電気導電率 (mS/cm)	29.5	30.3	30.6	31.8	30.8	28.2
pH	5.87	5.00	5.19	5.32	5.16	5.08
Brix (%)	4.2	4.6	4.3	4.6	4.2	4.2
食塩分 (%)	1.92	2.05	2.04	2.15	2.08	1.89

++ :  $10^6$  MPN/g, + :  $10^5$  MPN/g, — : 無添加

## 2. いしるの製造工程と味覚分析試料のサンプリング

本研究ではいしかの内臓を主原料としてK社で製造されている常温で約15ヶ月以上発酵・熟成後のタンクの下部より抽出した液汁を石川県水産総合研究センターで火入れ・ろ過した試料(沸騰直前まで加熱し、放冷後No.5Cのろ紙でろ過したもの)を分析試料とした(図1)。以下、本稿では上記の分析試料を「いしる」と表記する。本サンプリング試料は製造ロットの色調や官能評価による品質管理を行う場合、この時点でチェックされている重要な管理点でもある。

## 3. 味覚分析時の希釈率と味覚軸の選定

試料の希釈率はセンサーの寿命と官能評価との一致性を考慮して蒸留水で10倍希釈した。まず、味覚分析に用いる試料であるが、仕込み時に発酵

スターターである14-3株とグルコースの添加量を考慮して6種類のもろみを製造した。サンプリングした「いしる」を蒸留水で10倍希釈したものの化学成分を表1に示す。電気伝導率は28.2~31.2 mS/cm, pHは5.08~5.87, Brixは4.2~4.6%及び食塩分は1.89~2.19%であった。14-3株は(独)水産教育・研究機構中央水産研究所で水産発酵食品より分離されたヒスタミン(Hm)生成遺伝子を持たず、Hm生成遺伝子を受け取らないタイプの好塩性乳酸菌である。なお、Hmは赤身魚を原料とした場合、発酵に伴い生成される物質であり、人間が食すると、アレルギー様食中毒<sup>[4]</sup>を引き起こす場合がある。

本研究の味覚分析には味覚センサー(SA402B, インテリジェントテクノロジー)を用いた。また、マイナス膜、プラス膜及びブレンド膜を有する各3種類のセンサーでは8種類の先味(酸味A, 酸味B, 苦味雑味/薬, 苦味雑味/食, 渋味刺激,

表2 各種いしるの味の推定値(約15ヶ月発酵後のタンクの液汁を火入れ・ろ過した試料を蒸留水で10倍希釈)。2015年と2017年仕込みの全11検体分析平均値を基準(ゼロ)にしたときの値で表示した。1目盛りが濃度差約20%(人間が異なる味わいと感じる濃度差)を示している。表中の数値は3回の測定値の平均値で表示した。

味/製品ロット		2018-A	2018-B	2018-C	2018-D	2018-E	2018-F
先味	苦味雑味/薬	-0.45	-0.55	-0.24	-0.15	-0.60	-0.52
	苦味雑味/食	-0.42	-0.57	-0.16	-0.25	-0.19	-0.05
	渋味刺激	0.06	0.23	0.16	0.21	0.14	0.14
	うま味	1.93	-0.66	0.09	0.40	0.04	-0.24
	塩味	0.18	0.21	0.18	0.48	0.24	-0.24
	酸味B	-3.06	2.13	1.02	0.57	1.24	1.34
後味	苦味/薬	-1.19	-1.33	-1.41	-1.48	-1.53	-1.24
	苦味/食	-0.04	0.95	0.36	0.25	0.24	0.35
	渋味	0.13	0.20	0.15	0.21	0.14	0.09
	うま味コク	-3.17	-3.19	-3.27	-3.10	-3.28	-3.38

表3 味推定値を主成分分析した際の固有値ベクトル。

主成分/味	先味						後味			
	苦味雑味/薬	苦味雑味/食	渋味刺激	うま味	塩味	酸味B	苦味/薬	苦味/食	渋味	うま味コク
PC1	0.014	-0.018	-0.022	0.428	0.015	-0.886	0.029	-0.026	-0.006	0.017
PC2	-0.288	0.037	-0.001	-0.221	-0.255	-0.263	0.278	0.091	-0.011	-0.016

うま味、塩味及び甘味)と5種類の後味(にがり系苦味、苦味/薬、苦味/食、渋味及びうま味コク)の応答が可能である。分析試料を上記の全13軸で解釈を行う場合、人が実際に感じにくい味の推定値(唾液に相当する基準液と比較して0未満)から甘味を、誤差率が30%以上と高いことからにがり系苦味を、酸味Aは酸味Bで代用できることから酸味Aの3軸を評価から除外し、合計10軸で「いしる」の呈味特性に関与する軸の選定を行った。

#### 4. 得られたデータの多変量解析(主成分分析)の導入

分析試料の味の推定値を表2に示す。各試料のロット差は、先味では苦味雑味/薬(-0.60~-0.24)、苦味雑味/食(-0.57~-0.05)、渋味刺激(0.06~0.23)、うま味(-0.66~1.93)、塩味(-0.24~0.24)、酸味B(-3.56~2.13)で、後味では苦

味/薬(-1.53~-1.19)、苦味/食(-0.04~0.95)、渋味(0.09~0.21)及びうま味コク(-3.38~-3.10)であった。これまでロット差を見る場合は得られたデータの10軸を用いたレーダーチャートで評価されている<sup>[5]</sup>が、試料間の特長の言語化やその視認、比較が困難という欠点がある。そこで本研究では得られたデータの主成分分析を行い、固有値ベクトルの数値から横軸と縦軸のプラス方向とマイナス方向の軸を選定し、特徴を表記することで試料間の呈味の違いを可視化する試み<sup>[6]</sup>を行った。味覚分析データの主成分分析はビールでも実施されている<sup>[7]</sup>が、味覚軸を選定したデータを活用したものである。固有値ベクトルを表3に示す。主成分分析はPC1からPC10まで実施したが、寄与率が高いPC1とPC2を用いた。まず、PC1ではプラス方向はうま味(0.428)が、マイナス方向では酸味B(-0.886)が、スコアが高いた

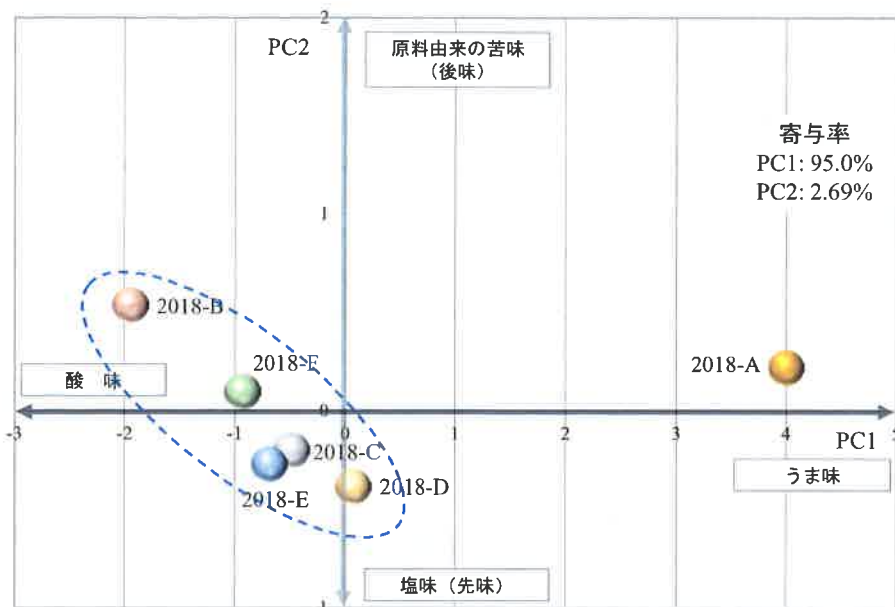


図2 2018年仕込み試料の主成分分析図。図中の破線は2018-A以外の試料の分布を示す。また、PC2のマイナス方向の軸名称は、固有ベクトルの値では、苦味雑味/薬についても同様の傾向が見られるが、プラス方向に同じ後味要素が関与していることから、本研究では軸要素の配分から塩味(先味)と記載した。

め前者をうま味、後者を酸味の軸とそれぞれ表記した。次にPC2ではプラス方向は苦味/薬(0.278)が、マイナス方向では苦味雑味/薬、酸味B、塩味及びうま味(-0.288 ~ -0.221)が、スコアが高いため前者を原料由来の苦みいわる魚の風味、後者を塩味(先味)の軸とそれぞれ表記した。なお、本研究では塩基性物質由来の苦味(苦味雑味/薬)を「原料由来の苦味」として低濃度領域におけるコクと解釈した。

### 5. 発酵スターターを用いた「いしる」の呈味の可視化

2018年仕込み試料の主成分分析図を図2に示す。PC1とPC2の寄与率はそれぞれ95.0%と2.69%で、累積寄与率は97.7%であった。6種のうち、PC1で試料が大きく2つに分かれ、特に2018-Bは酸味が強く、2018-Aはうま味が強いのが特徴である。次に、2018-Dは2018-AとBのほぼ中間

のバランスの味わいであるが、2018-Fはやや酸味があるタイプであり、また、2018-CとEは2018-FとD中間でもある。さらに、PC2をみると、2018-A以外の試料では、2018-Bは原料由来の苦みが強く、2018-Dは塩味が強めである点の特徴である。したがって、2018年仕込みでは発酵スターターの添加により酸味が強くなるのが特徴であることが分かった。

### 6. おわりに

味覚分析データの主成分分析から「いしる」の呈味の可視化が可能になったことから品質改良の年変動を調査することで、製造現場で求められている呈味とHm蓄積との関連を調査した。まず、2017年仕込みでは仕込み時に発酵スターターである14-3株とスクロースの添加量を考慮して4種類のもろみを製造した。サンプリングした「いしる」を蒸留水で10倍希釈したものの化学成分を

表4 味覚分析時の各種いしるの化学成分(約15ヶ月発酵後のタンクの液汁を火入れ・ろ過した試料を蒸留水で10倍希釈)

製品ロット	2017-A	2017-B	2017-C	2017-D
14-3株の添加	—	—	++	++
スクロース濃度	—	2%	—	2%
電気導電率 (mS/cm)	29.8	28.8	30.7	24.5
pH	4.95	6.37	6.21	4.90
Brix (%)	4.3	4.6	4.2	4.2
食塩分 (%)	2.18	2.04	2.24	1.70

++:  $10^6$  MPN/g, —: 無添加.

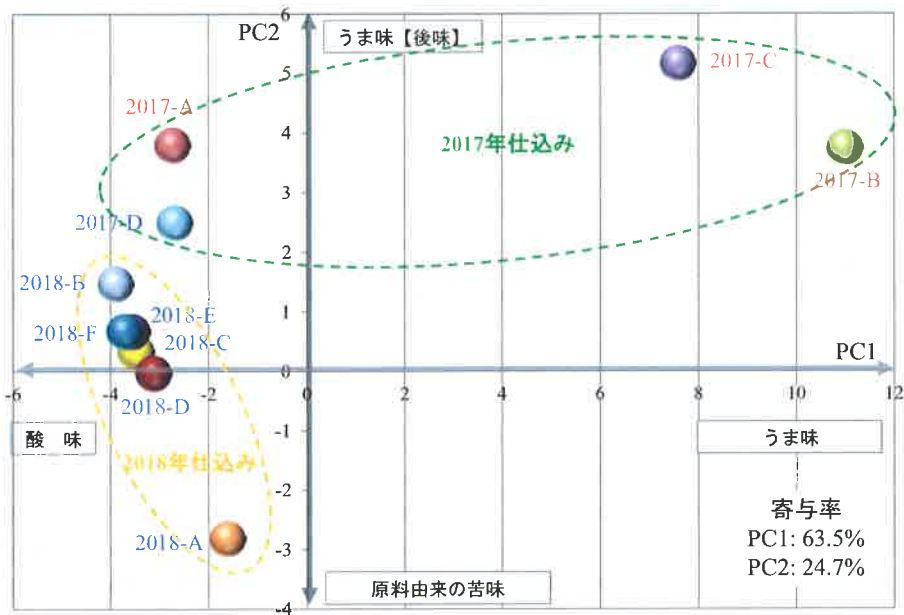


図3 2017年と2018年仕込み試料の主成分分析図. 青字のロット: Hm蓄積レベル (<400 ppm, CODEXの基準値<sup>[8]</sup>未満), 赤字のロット: Hm蓄積レベル (>400 ppm, CODEXの基準値<sup>[8]</sup>超過).

表4に示す. 電気伝導率は24.5~30.7 mS/cm, pHは4.90~6.37, Brixは4.2~4.6%及び食塩分は1.70~2.24%であった. 2018年仕込みに比べてBrixを除きロット差が大きいことが特徴である. 2017年と2018年仕込みの試料の主成分分析図を図3に示す. PC1とPC2の寄与率はそれぞれ63.5%と24.7%で, 累積寄与率は88.2%であった. 固有値ベクトルの数値からPC1はプラス方向がうま

味, マイナス方向は酸味の軸と表記された. また, PC2はプラス方向がうま味(後味), マイナス方向は原料由来の苦みいわゆる魚の風味の軸と表記された. 2017年と2018年仕込みでは呈味の試料間の違いが前者で大きく, 後者で小さいことが特徴である. 2017年仕込みでは2017-BとCはうま味が, 2017-AとDは酸味が強く, 2018年仕込みでは2018-Aとそれ以外の試料に分かれ, 前者

は後者に比べて酸味はやや弱い、原料由来の苦み強い点の特徴である。Hm レベルをみると、2017-A, B 及び C は 1213 ~ 1462 ppm と CODEX の基準値<sup>[8]</sup>を上回っているが、それ以外の試料では 4 ~ 298 ppm と CODEX の基準値を下回っていた。したがって、今後の海外輸出を視野に入れた場合、うま味中心ではなく、酸味と原料由来の苦みのあるタイプ(図3の左下方向)への品質改良が必要と考えられた。この品質改良には発酵スターター(14-3株)を用いた仕込みが効果的であるが、従来品(通常仕込み)と呈味がやや異なるため製品の消費地での消費者の嗜好性の調査が今後は必要と思われる。さらに、仕込んだ年により通常仕込みの呈味が異なること、すなわち2017年と2018年はそれぞれうま味(後味)と原料由来の苦み強いことから製造者が意図した製品の味を創出するためには仕込み時の食塩の量やその投入時期などの影響による乳酸発酵の安定化<sup>[9]</sup>も検討する必要があると考えられた。

本研究は発酵スターターを用いた「いしる」の呈味について述べたが、これまでに Michihata *et al.*<sup>[10]</sup>はいしるの製品の主要な香気成分がアルデヒド類、ピラジン類、二硫化ジメチル及びトリメチルアミンであると報じている。今後は発酵スターターを添加したいしる製品(現場で製造した最終製品)の香気成分や官能的特質との関係も調査する必要があると思われる。

これまでに市販醤油(52検体)の味覚センサーによる味の特徴の評価によれば、全体的に塩味や酸味の評価値は成分値や官能と比較的相関が高いが、うま味についてはそれらとの相関がみられない場合があると報じられている<sup>[11]</sup>。本研究でも図2でPC1(寄与率95%)のプラス方向はうま味、マイナス方向は酸味と表記しているが、これは先味(うま味と酸味B)のセンサーとpHとの相関が強い(うま味:0.995, 酸味B:-0.994)ことに起因していると考えられる。今後は本研究の固有値ベクトルから選択した呈味と官能的特質や呈味成分値との相関を調査していきたい。

本研究を遂行するにあたりご協力いただいた石川県水産総合センター 技術開発部 末栄彩夏氏、小谷美幸氏、木本昭紀氏並びに、(有)カネイシ 代表取締役社長 新谷伸一氏に厚く感謝します。

## 参考文献

- [1] 福田裕, 山崎正勝, 岡崎恵美子編(2005). 全国水産加工品総覧. 光琳.
- [2] 太田静行(1996). 魚醤油の知識. 幸書房.
- [3] 都甲潔(2014). 味覚と嗅覚に関する感性バイオセンサ. YAKUGAKUZASSHI 134: 307-312.
- [4] 山中英明, 藤井建夫, 塩見一雄(2012). 食品衛生学. 恒星社厚生閣.
- [5] 原田恭行, 小善圭一, 横井健二, 里見正隆(2012). クエン酸添加が魚味噌熟成中のヒスタミン蓄積と呈味成分に与える影響. 日本食品科学工学会誌 59: 17-21.
- [6] 船津保浩, 宮内千枝, 川上誠, 石下真人(2015). 醤油醸造技術を用いて調製したエゾシカ醬の品質特性. 日本畜産学会報 86: 53-61.
- [7] 相良泰行(2009). 味と香りの感性計測システム. 日本食品科学工学会誌 56: 429-443.
- [8] FAO(2013.10.24). STANDARD FOR FISH SAUCE : CODEX STAN 302-2011. [http://www.fao.org/input/download/standards/11796/CXS\\_302e.pdf](http://www.fao.org/input/download/standards/11796/CXS_302e.pdf).
- [9] 田中昭光(2012). 醤油醸造での醤油乳酸菌の働きとその影響. 生物工学. 90: 320-323.
- [10] Michihata T, Toshihide Y, Enomoto T(2002). Volatile compounds of headspace gas in the Japanese fish sauce Ishiru. Biosci., Biotechnol., Biochem. 66: 2251-2255.
- [11] 戸井田仁一(2012). 味覚センサーを用いたみそ、しょうゆの評価. 日本醸造協会誌 107: 485-490.

