

## 清酒に含まれる有機酸の酸味と飲用温度の関係

誌名	日本醸造協会誌 = Journal of the Brewing Society of Japan
ISSN	09147314
著者名	島津,善美 藤原,正雄 渡辺,正澄 太田,雄一郎
発行元	日本醸造協会
巻/号	106巻11号
掲載ページ	p. 747-755
発行年月	2011年11月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# 清酒に含まれる有機酸の酸味と飲用温度の関係

味と温度の関連性については必ずしも一致した結論が得られてないのが現状であるが、近年、清酒の特性を生かした飲み方の提案として、温めて飲む燗酒及び酒質と様々な食材・料理との相性を求めるような研究も多く見られるようになった。そこで、ワインの有機酸の研究を長年に亘って研究を重ねてこられた筆者らに、清酒の味を左右する二つの成分、有機酸及びアミノ酸と飲用温度の関係について、官能評価の結果に基づいて、詳しく解説して頂いた。日常の料理メニューで最も普及している21品目について、清酒と料理の相性基本表など新しい知見も提示されている。得られた知見が清酒の需要拡大につながるものと期待し、清酒業界の方々にも是非参考にさせていただきたい。

島津善美<sup>1\*</sup>・藤原正雄<sup>1\*</sup>・渡辺正澄<sup>1\*</sup>・太田雄一郎<sup>2</sup>

## 1. はじめに

この内容は、他誌<sup>1,2)</sup>にも紹介したが、本報では、アミノ酸の飲用温度への関与についての新知見も報告する。

清酒は、同じ醸造酒であるワイン、ビールと比べると低温度域(約5℃)から飛び切り燗温度域(約55℃以上)までの幅広い温度域で美味しく飲める特長がある<sup>3)</sup>。「冷や」がお奨めは、吟醸酒、生貯蔵酒および純米酒・本醸造酒淡麗タイプ等が、他方「お燗」がお奨めは、純米酒・本醸造酒の濃醇タイプ、酸がしっかりしたタイプ、熟成古酒等がある。「常温」がお奨めは、中間的なタイプすなわち純米酒、本醸造酒等のバランスの良い標準的な酒質のものである<sup>4,5)</sup>。最近では、「冷や」で飲むタイプの酒が顕著に多いが、古くは燗酒が主流であった。お酒を温めて飲むスタイルは、江戸時代の中期以降に“燗鍋”が登場し、湯煎式によるお燗が一般化したと考えられている<sup>6)</sup>。近年、清酒の需要喚起を図るために、清酒の特性を生かした飲み方提案として、温めて飲む燗酒および酒質と様々な食材・料理との相性を探索し、地道な訴求活動が続けら

れている<sup>7,8)</sup>。通常、清酒中には酸味の中心となる有機酸類は、乳酸、コハク酸、リンゴ酸の3成分で約80%を占める。その他にクエン酸、酢酸等が少量存在する<sup>9)</sup>。清酒の酸度は、普通酒の全国平均値は約30年前と比べても、徐々に減少の傾向にある。昨年度開催の「太田酒 EXP2010 秋」展示会における出品酒の純米酒(42社、68種類)の酸度平均値は、1.6{最小1.2~最大2.6}であった。清酒の酸度をワインと比較すると、上記の純米酒平均値は、約1/5程度である。近年、消費者の嗜好変化に対応して、酒質の多様化を目的に有機酸組成の異なる新商品の開発が求められている。前述の清酒の主要有機酸成分(リンゴ酸、コハク酸、乳酸)を多く生成する清酒酵母株の育種および生成機構等について多くの報告がなされている<sup>10~16)</sup>。また清酒に特定の有機酸(例えばクエン酸)量が高めることを目的に黒麹仕込みの新商品が開発されている。上述のように、幅広い温度領域で飲用される清酒では、バランスの良い味の設計を決定するには、飲用温度と味覚との関係を把握することは、重要である。しかしながら、これまで清酒に含まれる有機酸{以下清酒有機酸}成分の酸味と飲用適温の関係について、掘り下

Effect of Drinking Temperature on the Acidity of Organic Acids in "Sake"

Yoshimi SHIMAZU<sup>1</sup>, Masao FUJIWARA<sup>1</sup>, Masazumi WATANABE<sup>1</sup>, Yuichiro OTA<sup>2</sup> (<sup>1</sup>SYN-TECH Institute for Wine, <sup>2</sup>Ota Corporation)

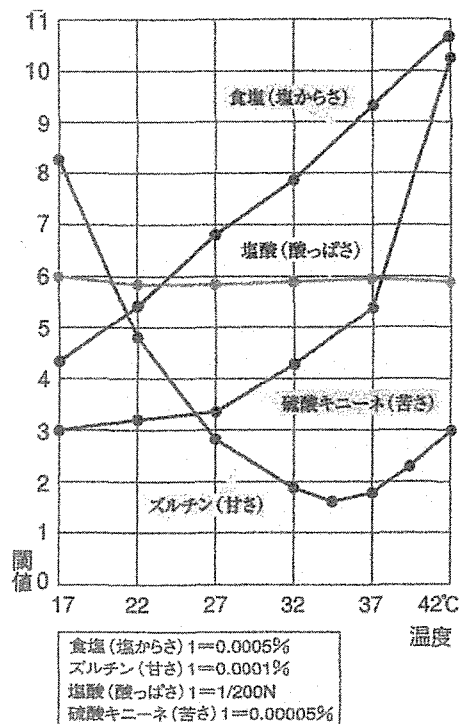
げた検討がなされてこなかった。本稿では、清酒に含まれる主要有機酸の重要5成分に着目して、飲用温度を変えて官能評価を行い、酸味の強さ（強度）および呈味質への影響を検討した結果を中心に紹介する<sup>1,2)</sup>。

## 2. 温度と基本味の関係

一般に、食品の好ましい温度は食品の種類によって違いがあり、体温を中心に±25～30℃の範囲とされている。通常温めて飲む飲料としては、コーヒー、牛乳、緑茶、味噌汁、スープ等は、58～70℃で美味しく、冷たくして飲む飲料では、冷水、麦茶、アイスコーヒー、牛乳、ジュース等は、5～15℃の範囲が良いとされている。またビールでは、気温が高くなるほど、より冷たい温度が好ましいことが報告されている<sup>17)</sup>。なおワインの飲用適温は、有機酸、糖、タンニン等の主要成分の呈味質の官能評価結果から、ほぼ5～20℃の範囲である<sup>18)</sup>。清酒について野本は<sup>19)</sup>、代表的銘柄の飲用温度を変えて官能評価を行い、各タイプの飲用適温を報告している。温度と基本味の関連性について、古くより多くの報告がある<sup>20)</sup>。飲用温度と4基本味（甘味、塩味、酸味、苦味）との関係について、Hahnによって測定された「味覚の感度と温度との関係」のグラフ（第1図）<sup>21)</sup>の中で、味の閾値を強さに読み替えて解釈された温度との関係がしばしば引用・説明されている。その結果、酸味の強さは、17～42℃の範囲でほとんど変わらず一定であり、一方甘味は体温付近で最も高いという解釈が定説とされてきた<sup>19,22)</sup>。しかしながら、Hahnの学説では酸味標準液として無機酸の塩酸が用いられているが、清酒の酸味の主体は、塩酸とは異なる乳酸、コハク酸、リンゴ酸等の有機酸成分組成に左右される。筆者らは、以前よりワインに含まれる主要有機酸成分の呈味特長を検討してきた<sup>18)</sup>。その中で、主要有機酸成分は飲用温度（5～20℃）の違いによって、それぞれ呈味質は変化することを官能検査で確認しており、飲用温度の違いで酸味の強さは影響されることが示唆された。それゆえ、上述の温度と基本味の関係に関する定説への疑問を明らかにするため、本課題をここに報告する<sup>1,2)</sup>。

## 3. 有機酸成分の分析方法および供試有機酸水溶液の調製

醸造物中の有機酸成分の分析結果については、これ



第1図 味覚の感度と温度との関係(Hahn)

まで多くの報告がなされている<sup>23)</sup>。清酒、ワイン等の酒類の有機酸成分の分析法には種々の手段があるが、その中で酵素法は、乳酸、コハク酸、リンゴ酸等の個々の有機酸成分を、高精度かつ簡便に定量でき、現在広範囲に利用されている<sup>24,25)</sup>。また高速液体クロマトグラフィ（HPLC）法は、有機酸成分全体を一度に高精度かつ迅速に定量できる長所がある。筆者らは、有機酸成分のカルボキシル基を特異的に比色定量出来る反応を組み込んだカルボン酸分析計の開発研究に共同参画し、酸度が高くかつ複雑なワインの有機酸分析に、本カルボン酸分析計が適用できることを認め、多試料のワイン・葡萄果実等の分析結果を報告している<sup>26,27)</sup>。リースリング種原料の高級ドイツワイン（白）に多いリンゴ酸は爽快なすっきりした良い風味に関与していることを明らかにした<sup>28)</sup>。またピノノワールの高級ブルゴーニュワイン（赤）には、マロラクチック発酵により乳酸が多いことも確認した<sup>29)</sup>。

他方清酒に関しては、大塚らは<sup>30)</sup>、上記のカルボン酸分析計（盛進製薬（株）製）を用いて、多数の多様化清酒製品中の主要有機酸（5成分）の定量結果を

報告している。本実験では、上記の大塚らの定量結果を参照して、有機酸量の高いグループの濃度を採用し、乳酸等5成分の有機酸水溶液を調製した。

#### 4. 主要有機酸成分水溶液の官能評価

清酒中の有機酸成分に由来する酸味と飲用温度との関係を明らかにするため、まず清酒中の主要有機酸3成分（乳酸、コハク酸、リンゴ酸）の単独水溶液および3成分混合水溶液を用いて、飲用温度を10℃から50℃に変えて酸味の強さ（強度）および呈味質について、官能評価を行った。清酒・ワイン品質に精通した専門パネリスト10名による呈味質の官能評価結果およびそれらのt検定結果を第1表に示す。また各飲用温度における酸味強度の官能評価結果は、第2図に示す。酸味強度は、20℃（室温）での評価〔ゼロ〕を対照として、5段階評価法により行い、各設定温度におけるパネリスト全体の評価点平均値で表した。有意差検定は、統計ソフト〔SPSS12.0J for Windows〕により評価点平均値の95%信頼区間をt検定により判定した。

主要有機酸単独水溶液の実験では、20℃（室温）に比較して、乳酸水溶液は10℃（花冷え）およびお燗

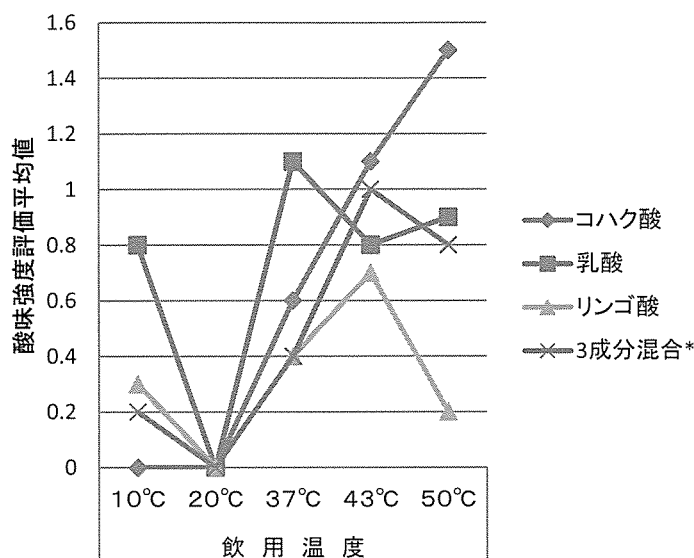
の温かい温度域（37～50℃）において、酸味が強まる傾向が認められた。乳酸単独水溶液の呈味は、飲用温度の違いにより異なり、10℃（花冷え）ではぎすぎすとした刺激的な酸味を感じるパネリストが多く、燗温度域（37℃～50℃）では、さわやかでまろやかな酸味と評価された。37℃（人肌燗）と43℃（ぬる燗）が、最も好ましい酸味質を呈したが、他方50℃（熱燗）では、酸味が浮き立つと言う一部ネガティブな評価が見られた。また、低温から高温域まで、乳酸には5基本味と異なる収斂性のある渋味を指摘するパネリストが、若干名見られた。有機酸水溶液で弱い渋味を感じる傾向は、後で述べるリンゴ酸でも同様に認められたが、コハク酸ではそれほど感じられない。渋味は、ポリフェノールを多く含有する赤ワインの典型的な味覚であるが、有機酸の酸味とは異なる刺激として口腔内粘膜の収斂感として感知されると考えられる。

コハク酸水溶液の酸味強度は、37℃ < 43℃ < 50℃の順に、飲用温度に比例的に高まる傾向となった。コハク酸は、お燗することで酸味が強まるが、20℃（室温）を対照として、37℃（人肌燗）および43℃（ぬる燗）で、酸味強度は有意に差異が見られ（p < 0.05）、50℃（熱燗）では極めて有意に差異が認めら

第1表 主要有機酸成分の呈味官能評価結果

有機酸成分	酸味の官能評価	飲用温度条件				
		10℃（花冷え）	20℃（室温）	37℃（人肌燗）	43℃（ぬる燗）	50℃（熱燗）
・乳酸（1.1g/L） [酸度 1.05]	酸味の強さ	+	[対照]	+++**	+	+
	味質の感じ方	刺激的な酸味（8）、やや渋味（7）	爽やかな酸味（4）、刺激的な酸味（3）	爽やか、まろやかな酸味（5）、後味良い（5）	爽やか、まろやかな酸味（7）、やや渋味（2）	まろやかな酸味（5）、やや酸味浮き立つ（3）
・コハク酸（0.7g/L） [酸度 1.05]	酸味の強さ	±	[対照]	+++*	+++*	+++**
	味質の感じ方	柔らかな酸味（4）、後味に苦味・塩味（6）	柔らかな酸味（7）、後味にやや渋味（2）	ソフトでまろやかな酸味（8）、後味に苦味（2）	ソフトでまろやかな酸味（8）、後に塩味・苦味（2）	刺激的な酸味（5）、バランスが悪い（3）
・リンゴ酸（0.6g/L） [酸度 0.90]	酸味の強さ	±	[対照]	+	+	±
	味質の感じ方	爽やかな、軽快なすっきり酸味（9）	爽やかな酸味（5）、ややほけた酸味（4）	爽やかな酸味（4）、ややほけた酸味（3）	爽やかな酸味（4）、ややほけた酸味（3）	くどくまずい酸味（4）、やや苦味・渋味（4）
・乳酸+コハク酸+リンゴ酸3成分混合液 <sup>1)</sup> [酸度 3.00]	酸味の強さ	+	[対照]	+	+++**	+++*
	味質の感じ方	すっきりした酸味（8）、後味に苦味（2）	うま味のある酸味（2）、苦味・渋味・雑味（5）	柔らかな酸味（7）、やや渋味（3）	しっかりした酸味（9）、調和が良い（4）	しっかりした酸味（8）、重い味（4）
・クエン酸（0.4g/L） [酸度 0.50]	酸味の強さ	+	+	/	++	/
	味質の感じ方	綺麗な酸味	ほけた、平板な酸味		柔らかなマイルドな酸味	
・酢酸（0.4g/L） [酸度 0.50]	酸味の強さ	+	+	/	++	/
	味質の感じ方	食酢様臭、爽やかな旨味	食酢様臭、爽やかな旨味		強い食酢様臭、強いが、柔らかな酸味	

<sup>1)</sup> 主要有機酸3成分の混合液：乳酸（1.1g/L）+コハク酸（0.7g/L）+リンゴ酸（0.6g/L）  
 ・パネリスト：乳酸・コハク酸・リンゴ酸・3成分混合：10名、クエン酸・酢酸：4名（）：同じ評価のパネリスト数を示す。  
 ・官能評価：酸味の強さ→20℃（室温）を対照として評価。±：酸味の強さが、対照とほぼ同じ程度。+：酸味の強さが対照よりやや強い。  
 ++：酸味の強さが、対照よりかなり強い。+++：酸味の強さが対照より極めて顕著に強い。  
 ・有意差検定：\*：p < 0.05、\*\*：p < 0.01



○酸味の強さの5段階評価点：  
 - 2：酸味が最も弱い， - 1：酸味が弱い，  
 0：20°Cの強さを対照とする  
 + 1：酸味が強い， + 2：酸味がもっとも強い  
 (n = 10)

\*3成分混合：乳酸+コハク酸+リンゴ酸

第2図 主要有機酸3成分の酸味強度と飲用温度の関係

れた ( $p < 0.01$ )。呈味全体の総合評価から、コハク酸は、多くのパネルが37°C～43°C付近がソフトでまろやかな味を感じており、好ましい味と思われる。

リンゴ酸水溶液は、乳酸・コハク酸ほどではないが、37°Cおよび43°Cにおいて、酸味強度が、高い傾向が見られた。リンゴ酸の呈味は、統計検定では、有意差はなかったが、10°C（花冷え）で、爽やかに軽快なすっきりした酸味の発現が、明確に示された。20°C（室温）から爛温度域（37°C～43°C）まで、同じようなさわやかな味になる肯定的な感想があった。このようなリンゴ酸の持つ特質は、すでに筆者ら<sup>28, 29)</sup>が、フレッシュタイプの白ワインにおいて量的にも多いリンゴ酸は、爽快な酸味を呈し、風味に重要な役割を有していることを明らかにしている。本実験において、清酒中でもリンゴ酸の低温での特徴がより明瞭に確認された<sup>10-15)</sup>。それゆえ清酒中のリンゴ酸は、低温で飲用される吟醸酒タイプ等において、酸味の調和に大切な役割を果たしていると推察される。なお50°C（熱燗）では、くどくまずい酸味が発現し、一部には好まれな

かった。50°C（熱燗）での酸味強度や呈味質の評価について、パネリストによるばらつきが見られたが、これは温たかい飲用温度に対する各パネリストの嗜好性の違いによるかも知れない。

上記の主要有機酸3成分単独の評価結果と同様に、主要有機酸3成分混合水溶液に関する官能評価結果から、20°C（室温）に比較して、お燗の43°C～50°C温度域の有機酸混合水溶液では、酸味強度が高まる傾向が明らかになった。43°C（ぬる燗）での酸味強度は、極めて有意に差異が ( $p < 0.01$ )、50°C（熱燗）では有意に差異が ( $p < 0.05$ )、認められた。このような結果は、上記3種類の有機酸成分が混合された場合でも、お燗温度で乳酸、コハク酸の単独液で示された酸味強度が高まる傾向が、同じように強く反映されたものと思われる。

上記清酒の主要有機酸3成分に加えて、少量成分のクエン酸水溶液と酢酸水溶液についても、少数のパネリストにより、酸味強度と呈味について検証した。両成分の酸味に及ぼす飲用温度（10°C，20°C，43°C）の

影響について、官能評価結果を第1表の下段に示す。本実験により、クエン酸はお爛することで、乳酸およびコハク酸と同じように味がまろやかになる傾向が、明瞭に認められた。通常、清酒におけるクエン酸生成量は少ないが、クエン酸含量を高める一つの方法として黒麹菌使用が考えられる。これまで黒麹菌使用比率が高い製法では、必ずしも香りは良い評価が得られていない。最近黒麹菌使用比率を低く抑えた黒麹仕込みの新商品が開発された。このような黒麹仕込みのタイプ（辛口）は、冷酒とともにお爛でも飲みやすいことが認められた。酢酸は低温では爽やかであり、お爛すると刺激的な食酢様臭が強くなるが、やわらかい風味が口中に広がることが確認された。実際、清酒を飲む際の酸味は、主要有機酸成分をベースに少量成分を含む諸成分がミックスされた複合味を全酸味として感知されるので、今回の結果は、酸味と飲用温度の関係について、意義があるものと考えられる。従来一般に、清酒における酸味は温度の影響をほとんど受けずに一定であり、糖類の甘味の程度により感じ方が影響を受けるとされている<sup>5,22)</sup>。しかしながら上記実験結果より、清酒有機酸成分は、飲用温度の違いにより、酸味強度も呈味質が変わり、お爛温度（37℃～50℃）において、呈味もソフトでまろやかになり、好ましい味として感じられることが確認された。

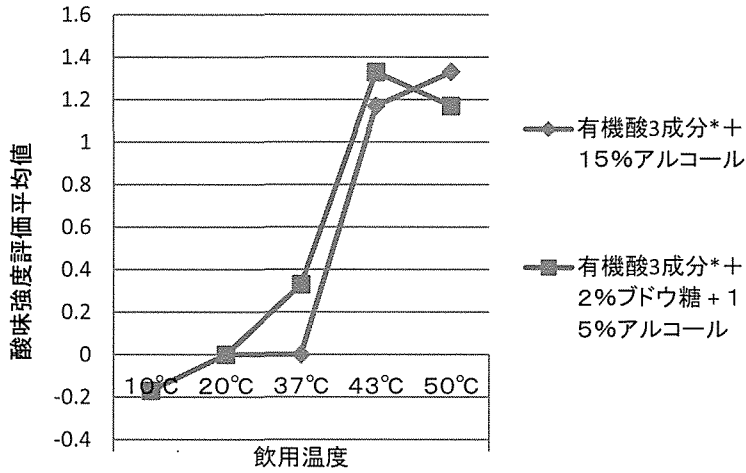
## 5. 有機酸成分を含むモデル清酒の官能評価

前項の実験で、清酒中の有機酸成分は、低温度からお爛の温かい温度まで、飲用温度の違いにより酸味の強度ならびに呈味質に顕著な影響を及ぼすことが明らかになった。清酒の味わいは、比較的高いアルコールをベースに、有機酸成分由来の酸味に加えて、糖類の甘味、アミノ酸・ペプチド等のうま味、ミネラルの塩味の他、渋味、コク味<sup>31)</sup>等が相互に関与しているものと思われる。そこでさらに有機酸と他成分との相互関係を調べるため、単純化したモデル清酒として、清酒組成に近似した主要有機酸3成分+アルコール系と主要有機酸3成分+ブドウ糖+アルコール系について、主要有機酸3成分の酸味強度と呈味質を官能評価した。二つのモデル清酒液中の酸味強度に関する官能評価結果を第3図に示す。併せて、これらの呈味の印象を飲用温度別にまとめた結果を第2表に示す。主要有機酸3成分+15%アルコール系では、酸味の強度

は、主要有機酸の混合水溶液での有意差ほど明確ではないが、20℃（室温）に比較して、50℃（熱爛）では有意に差異（ $p < 0.05$ ）が、43℃（ぬる爛）では高くなる傾向が見られた。呈味質は、10℃（花冷え）ではすっきりした酸味が、37℃（人肌爛）、43℃（ぬる爛）では、やわらかできれいな酸味が感じられた。50℃（熱爛）では、最も酸味が強まるが、味のバランスが悪くなることが示された。また多くのパネリストが、アルコール臭を指摘した。さらに主要有機酸3成分+2%ブドウ糖+15%アルコール系の実験では、酸味強度は43℃（ぬる爛）で極めて有意に差異（ $p < 0.01$ ）が見られた。50℃（熱爛）を除く各温度域において、まろやかな酸味と甘味・アルコールのバランスがとれて良い結果が示された。ワインにおいて、アルコールが甘味を増強することが知られているが、よりアルコール濃度の高い清酒においても、同じようなアルコールの効果があると推察される。他方、糖類の甘味は、酸味を緩和する抑制効果も知られている<sup>32)</sup>。ブドウ糖+アルコール存在下のモデル清酒液では、有機酸由来の酸味強度は爛温度に比例して、高くなる傾向が見られた。本実験で得られた清酒有機酸が、ブドウ糖+アルコール存在条件において、温たかいお爛温度域（37℃～50℃）で、酸味強度が高く感知されたことは、酸味が飲用温度に左右されず、ほとんど一定であるというこれまでの定説とは異なる新しい知見と思われる。

## 6. 主要アミノ酸成分の飲用温度と味の関係

前項で、乳酸・コハク酸量等の多い酸度の高い清酒は、お爛によって、美味しさが高まることが確認されたが、お爛が奨められる他のタイプの一つに、旨味の強い濃醇な酒質が挙げられる。清酒に旨味・コク味を付与する成分は、アミノ酸、ペプチド、蛋白質等が関与している。それゆえ、清酒中の主要アミノ酸であるアラニン・グリシン・アルギニンに着目して、2点間飲用温度差<sup>18)</sup>（常温とぬる爛）におけるアミノ酸3成分の呈味を比較・検討した。主要アミノ酸3成分の供試濃度は、岩野ら<sup>33)</sup>の純米酒のアミノ酸分析結果を参照し、平均値の約10倍程度の濃度に設定した。3成分の単独水溶液（1000～2000mg/L）および15%エタノール液の味質についての官能検査結果を第3表に示す。少数のパネリストによる評価であるが、各アミノ酸の15%エタノール液において、常温条件では



○酸味の強さの5段階評価点：  
 - 2：酸味が最も弱い， - 1：酸味が弱い，  
 0：20°Cの強さを対照とする  
 + 1：酸味が強い， + 2：酸味がもっとも強い  
 (n = 6)

\*有機酸3成分： 乳酸+コハク酸+リンゴ酸

第3図 有機酸成分を含むモデル清酒の酸味強度と飲用温度の関係

第2表 主要有機酸を含むモデル清酒の呈味官能評価結果

有機酸成分	酸味の官能評価	飲用温度条件				
		10°C (花冷え)	20°C (室温)	37°C (人肌燗)	43°C (ぬる燗)	50°C (熱燗)
・有機酸3成分 <sup>1)</sup> + 15%アルコール [酸度 3.00]	酸味の強さ	±	[対照]	±	+	++*
	味質の感じ方	すっきりした酸味(3), 渋味残る(3)	旨味, 収斂性の酸味(2), 後に渋味・苦味(3)	まろやかな酸味(4), 渋味・苦味和らぐ(3)	きれいな酸味(3), 渋味(3)	酸味強まる(3), 味バランスが悪い(2)
・有機酸3成分 <sup>1)</sup> + 2%ブドウ糖 + 15%アルコール [酸度 3.00]	酸味の強さ	±	[対照]	±	+++**	+
	味質の感じ方	すっきりした酸味(3), 渋味残る(2)	柔らかな酸味(3), まろやかな甘味(3)	やわらかく, バランス良い味(3), 渋味・苦味和らぐ(3)	旨味, すっきりした酸味(3), バランス良い味(3)	酸味強まる(3), 後味に苦味(2)

<sup>1)</sup> 有機酸3成分：乳酸 (1.1g/L) + コハク酸 (0.7g/L) + リンゴ酸 (0.6g/L)

・パネリスト：6名，( )：同じ評価のパネリスト数を示す。  
 ・官能評価：酸味の強さ→20°C (室温) を対照として評価。  
 ±：酸味の強さが，対照とほぼ同じ程度。+：酸味の強さが対照よりやや強い。  
 ++：酸味の強さが，対照よりかなり強い。+++：酸味の強さが対照より極めて顕著に強い。  
 ・有意差検定：\*：p < 0.05，\*\*：p < 0.01

甘味・旨味に加えて，収斂味・苦味が若干感知された。ぬる燗 (43°C) では，甘味・旨味の強さは変わらないが，収斂味・苦味が軽減されて，温和でソフトな口当たりを感じられた。この結果は，清酒中に量的にも多く含まれる主要アミノ酸等は，お燗することにより，飲みやすくなることに効果があることが示唆される。

### 7. 清酒の味わいと味覚機構とのつながり

味を感じる感覚受容器は味細胞と呼ばれ，その味細胞

胞が集まって味蕾を形成し，主に舌の茸状乳頭，葉状乳頭，有郭乳頭に散在している。京都大学伏木亨教授によれば<sup>34)</sup>この味蕾には三種類の味細胞があり，甘味やうま味の受容体はII型細胞に，酸味の受容体だけはIII型細胞に発現しているとされる。これまで種類の味に対する感受性は，部位によって異なり，酸味は舌の側面で最も敏感に感じられると言われてきた。最近の研究では，必ずしも明瞭な分布は存在しないで，むしろ舌全体の味細胞膜で直接感受して，神経を通じて

第3表 2点間飲用温度比較による主要アミノ酸3成分の呈味官能評価結果

	アミノ酸濃度	常温 (20℃)	ぬる燗 (43℃)
アラニン水溶液	2000mg/L	僅かの甘味、旨味は溫和でマイルド。	甘味の程度は強くないが、ソフトですっきり。グリシンより甘味ある。
アラニン / 15%エタノール液	2000mg/L	アルコールの刺激味、収斂味。僅かな甘味・旨味。後味に苦味。	アルコールが口中で広がる。甘味ありマイルド。苦味・収斂味は軽減。
グリシン水溶液	1000mg/L	僅かの甘味、旨味は溫和でマイルド甘味。雑味あり。	柔らかい甘味、マイルドでソフトな口当たり。
グリシン / 15%エタノール液	1000mg/L	アルコールの刺激味と収斂味。僅かな甘味・旨味。雑味あり。	柔らかい甘味、マイルドでソフトな口当たり。収斂味は軽減。
アルギニン水溶液	1000mg/L	旨味および苦味・渋味あり。	苦味が若干緩和、ソフトになる。
アルギニン / 15%エタノール液	1000mg/L	アルコールの刺激味と収斂味。旨味及び僅かに苦味・渋味。	苦味が緩和、柔らかい口当たり。マイルドでソフトな口当たり。

(パネリスト：4名)

脳に伝達されることが分かってきた<sup>35)</sup>。また味覚、痛覚および温度感覚等の身近な感覚を担当する受容体(レセプター)が、近年の研究で次第に明らかになってきた。5基本味の内、甘味、苦味、うま味の受容体がZucker等によって発見されている<sup>34,36)</sup>。酸味の受容体についても、最近Huangらが、遺伝子候補としてPKD2L1を同定し、酸味伝達機構等の研究成果を報告している<sup>37)</sup>。さらに、今回ぬる燗に設定した43℃の温度は、生体に痛みを感じさせる温度閾値である。またトウガラシの辛味成分のカプサイシンの受容体(TRPV1)は、この43度を超える温度によっても活性化されることが見いだされている<sup>34,38,39)</sup>。トウガラシを食すると辛く、身体が熱くなるが、その受容体の受容温度が43度付近で、ぬる燗の温度帯と符合することは極めて興味深いことと思われる。清酒有機酸水溶液をお燗することで、酸味が強かつまろやかに感じられ、また身体も温たくなるのは、上述のようなカプサイシンの辛味受容体も関与し、味覚の神経・伝達機構に連結しているかも知れない。最近古賀は、アルコールの呈味は、基本的な甘味・苦味を感ずる味覚に加えて、かつ“痛み刺激”として捉えられる体性感覚による三叉神経・大脳への伝達機構の情報を受けて、総合的な味として認識されると報告している<sup>40)</sup>。清酒は15%前後のアルコール成分を含有しており、お燗酒を飲用することで、アルコールに基づく体性感覚の認識経路への影響が存在するならば、極めて興味深いと考えられる。今後、温度感覚神経系の分子機構の研究がさらに進展し、酸味および他の基本味と飲用温度との認識関係のメカニズムがさらに解明されることが期待される。

## 8. おわりに

筆者らは、醸造酒の中で酸味がより重要なワインに含まれる酒石酸、リンゴ酸、乳酸等の主要有機酸成分について、呈味特性ならびにワインと広範囲な食材(魚介類、鳥獣肉類、チーズおよび調味料等)・料理との良い相性関係を検索し、実用的研究を行ってきた。またワインの上記主要有機酸成分の酸味特性と飲用適温(5~20℃)によって、冷旨酸系・温旨酸系・中間系に分類し、これらを基軸に併せて糖類、タンニン、炭酸ガス等の呈味諸成分とも組み合わせた「ワインの“飲用適温”と“料理との相性”」のマトリックス図を考案し報告した<sup>18,41,42)</sup>。さらにワインより飲用適温域が広い清酒にも適用・発展させて、清酒有機酸の呈味特性をベースに、「清酒と料理の相性原則」を検討した。清酒の各タイプと飲用適温(5~60℃)の関係を基盤に相性診断を検討し、日常の料理メニューで最も普及している21品目(おでん、焼き鳥、寿司・刺身他)を抽出して、「清酒と料理・素材の相性基本表」(第4図)を最近提唱した<sup>2)</sup>。この相性基本表において、清酒タイプを吟醸酒、純米酒、本醸造酒および熟成古酒に大きく分類した。最近話題の生酏<sup>43)</sup>・山廃酏造り純米酒は、濃醇タイプ純米酒の代表的な酒であり、お燗(40~50℃)がお奨めできるが、さらに淡麗タイプ(15~25℃)や中間タイプ(25~40℃)と同じように、幅広い温度域でも美味しく飲める。

## 謝辞

この度、本誌に投稿の機会を頂いた日本醸造協会編集部に感謝致します。未曾有の東関東大震災により被



清酒と料理・素材の相性基本表

清酒タイプ別飲用適温	← 初期成分系 (冷旨系=さっぱり系)   中期成分系 (中間系)   後期成分系 (温旨系=こっくり系) →
	5C   15C   37C   60C
	淡麗タイプ純米酒   中間タイプ純米酒   濃醇タイプ純米酒
	15C   25C   40C   55C
純米吟醸酒   淡熟タイプ熟成古酒	
10C   25C   37C   45C	
冷大吟醸   醸吟醸   純米大吟醸   淡麗タイプ本醸造酒   中間タイプ本醸造酒   濃醇タイプ本醸造酒   中熟タイプ熟成古酒	
5C   10C   12C   20C   30C   37C   40C   50C	
濃熟タイプ熟成古酒	
42C   60C	
5C   10C   15C   20C   25C   30C   35C   40C   45C   50C   55C   60C	
雪冷え   花冷え   涼冷え   冷冷え   一般室温   高めの室温   低めの人肌觸   人肌觸   むる觸   上 觸   熱 觸   飛切觸	
主要有機酸	冷旨系有機酸(リンゴ酸・クエン酸・酢酸)の比率高い ←   →   温旨系有機酸(乳酸・コハク酸)の比率高い
相性に関係する糖系主要成分	グリコーゲン(植物デンプンに相当) ←   →   乳酸・コハク酸・アミノ酸・プロピオン酸、苦味・刺激味成分、脂肪分(油分)など

※この図の著作権は(株)ワイン総合研究所に帰属しています。禁無断複製

第4図 清酒と料理・素材の相性基本表

災された多くの方々の早い復興をお祈り申し上げます。まだ強い余震が続いていた3月24日に原稿依頼の御話を戴きましたが、これも不思議な御縁を感じています。今回の小研究により得られた知見が、清酒の需要喚起にささやかなりともお役にたてれば望外の喜びです。本実験の官能評価にご協力頂いた各清酒製造会社へ感謝申し上げます。また本研究に関して、ご指導・ご助言を頂いた柄倉辰六郎京都大学名誉教授に深謝申し上げます。

<sup>1</sup>(株)ワイン総合研究所 <sup>2</sup>(株)太田商店

参考文献

- 1) 島津善美, 藤原正雄, 渡辺正澄, 太田雄一郎: 日調科誌, **42**, (5), 327 - 333 (2009)
- 2) 藤原正雄, 島津善美, 渡辺正澄, 太田雄一郎: 酒販ニュース, 平成22年6月1日 / 第1704号, 40 - 44 (2010)
- 3) 松崎晴雄, 西野亮, 吉澤実祐: 日本酒案内, 小学館, 東京, 10 - 37 (1997)
- 4) 秋山裕一: 酒づくりの話, 技報堂出版, 東京, 198 - 201 (1983)
- 5) 西谷尚道: 醸協, **97**, (4), 240 - 246 (2002)
- 6) 小泉武夫監修: 日本酒百味百題, 柴田書店, 東京, 202 - 206 (2000)
- 7) 酒販ニュース: 平成16年10月1日 / 第1506号, 43 - 45 (2004)
- 8) 佐々木 定: 醸協, **101**, (4), 198 - 205 (2006)
- 9) 吉沢淑: 酒の化学, 朝倉書店, 東京, 66 (1995)
- 10) 吉田清: 醸協, **90**, (10), 751 - 758 (1995)
- 11) 稲橋正明: 醸協, **104**, (1), 2 - 9 (2009)
- 12) 相川元庸, 水津哲義, 市川英治, 川戸章嗣, 安部康久, 今安 聡: 醗酵工学, **70**, 473 - 477 (1992)
- 13) 浅野忠男: 生物工学, **85**, (2), 63 - 68 (2007)
- 14) 松田章, 山田幸信, 有手友嗣, 中村静夫, 矢野俊博: 醸協, **105**, (1), 39 - 48 (2010)
- 15) 大場孝宏: 醸協, **106**, (5), 262 - 270 (2011)
- 16) 栗田修, 中村徹, 坪内一夫: 醸協, **93**, (7), 555 - 561 (1998)
- 17) 太田静行: 食品調味の知識, 幸書房, 東京, 144 - 151 (1975)
- 18) 渡辺正澄, 藤原正雄: 醸協, **83**, (3), 171 - 176 (1988)
- 19) 野本秀正: 酒造技術研究会(日本醸友会仙台支部)講演要旨, 1 - 8 (1999)
- 20) 伏木 亨: 食品と味, 光琳, 東京, 82 - 84 (2003)
- 21) 上田フサ, 下田吉人, 松元文子, 元山正, 福場博保: 新調理科学講座2, 調理と物理・生理, 朝倉書店, 東京, 110 (1971)
- 22) 日本醸造協会編集部: **97**, (1), 79 (2002)
- 23) 醸造物の成分: 日本醸造協会, 東京, 1 - 7, 50 - 60 (1999)
- 24) 原昌道ら: 酵素による食品分析法, 食品化学新聞社, 東京, 26 - 41 (1989)
- 25) 島津善美: フードケミカル, **7**, 95 - 101

- (1987)
- 26) Y.Shimazu,M.Watanabe: *Die Wein-Wiss.*, 31, 45 - 53 (1976)
- 27) 島津善美, 渡辺正澄: 醸協, 76, (6), 418 - 423 (1981)
- 28) 島津善美, 渡辺正澄: 醸工, 56, (4), 287 - 292 (1978)
- 29) 島津善美, 上原三喜夫, 渡辺正澄: 醸協, 77, (9), 628 - 633 (1982)
- 30) 大塚謙一, 醸造試験所所員一同: 醸協, 75, (3), 229 - 232 (1980)
- 31) 伏木亨: 醸協, 98, (6), 388-391 (2003)
- 32) 島田淳子, 下村道子: 調理科学講座, I 調理とおいしさの科学, 朝倉書店, 東京, 110-112 (1993)
- 33) 岩野君夫, 伊藤俊彦, 中沢伸重: 醸協, 99, (7), 526-533 (2004)
- 34) 伏木 亨: 味覚と嗜好のサイエンス, 丸善, 東京, 5 - 10, 19 - 25, 92 - 96 (2008)
- 35) 小早川達: 洋酒技術研究会会報, 30, (2), 47 (2008)
- 36) 三浦祐仁: 鹿歯紀要, 26, 27 - 37 (2006)
- 37) Huang AL, Chen X, Hoon MA, Chandrashekar J, Guo W, Trankner D, Zuker CS: *Nature*, 422 / 24 Aug., 934-938 (2006)
- 38) 森憲作: 細胞工学, 21, (12), 1418 - 1419 (2002)
- 39) 長井孝紀: おいしさの科学事典, 朝倉書店, 東京, 22 - 26 (2003)
- 40) 古賀邦正: 洋酒技術研究会会報, 32, (2), 46 - 54 (2010)
- 41) 渡辺正澄, 藤原正雄: 「ワインと料理の相性診断」, 講談社, 東京, 20 - 49 (1988)
- 42) 渡辺正澄, 藤原正雄: ヨーロッパ美食道中, 講談社, 東京, 11 - 38 (1994)
- 43) 溝口晴彦, 原昌道: 醸協, 105, (3), 124 - 138 (2010)
-