樽酒が食品由来の油脂や旨味に及ぼす影響

樽酒は杉由来の香りが付いた特徴的な風味を有し、慶事によく利用される。筆者らは、料理との相性に注目し、樽酒には料理とのマリアージュに重要な油脂を切る効果と、アフターテイストにおける料理の旨味を強める効果があることを官能的に認め、その科学的な解明に取り組んでいる。食とお酒との相性は、多くの人々の関心ごとになっており、特に和食がユネスコの無形文化遺産に登録された以降は、その動きが加速する勢いにある。そのような中で難解な相性現象を科学的に論述している本稿は、極めて興味深い知見を与えている。

高 尾 佳 史

1. はじめに

樽酒は杉 (*Cryptomeria japonica*) 製の樽に清酒を貯蔵することで造られる、杉樽由来のさわやかな香りの特徴とする酒である。欧米ではワインやウイスキーの貯蔵・輸送のための容器として主にオーク樽が利用されてきたが、日本では入手が容易なことや比較的柔らかく加工がしやすいことなどから杉が樽として利用されてきた。貯蔵や輸送のための容器としての杉樽に清酒が詰められたことから生まれた樽酒であるが、杉樽が日常的には使用されなくなった現在でも清酒のジャンルの一つとして認知されている。慶事の席などで見られる杉樽に入ったままの商品の他に、一度清酒を杉樽に詰めて程よく杉の香りがついたところにビンなどに詰め替えた商品もあり、気軽に楽しめるようになっている。

樽酒製造に不可欠な杉樽は昔から奈良の吉野杉製のものが香味や物理的特性（酒の漏れにくさ）の面で適しているとされている^{1,2)}。杉樽の材料には杉材の中でも中心に近い赤味がかかった部分を板目（年輪に沿った方向に切りだしたもの）に切ったものが用いられる。この材を用いた側板と円形の鏡を竹のたがで結わえることで、杉樽が作られる。

これまでに我々は樽酒に含まれる杉樽由来のセスキテルペン類、ジテルペン類、ノルリグナン類などの同

定³⁻⁵⁾、これらの成分の火落ち菌などに対する抗菌性^{4,6,7)}や抗酸化性⁵⁾、消臭活性⁵⁾について報告してきた。このほかにも、樽酒に含まれるセスキテルペンアルコール類の一種であり、漢方薬の成分としても知られる β -eudesmolには胃潰瘍抑制効果^{8,9)}や脂肪の蓄積を抑える効果^{10,11)}、冷受容チャネルを活性化し、口腔内やのどに冷涼感を与える効果¹²⁾が、セスキテルペンアルコール類の一種である torreyol にはリラックス状態をもたらす効果¹³⁾が報告されているなど、樽酒に含まれる杉樽由来成分は様々な機能性を有していることが分かっている。

このように樽酒や樽酒に含まれる杉樽由来成分については様々な研究がなされてきた。しかし、食中酒としての清酒に最も重要な要素の一つである、食品との相性に関する科学的な考察はあまりされてこなかった。

アルコール飲料と食品との相性を科学的に示した事例として、清酒では藤田らによる清酒とシーフードとの相性の研究¹⁴⁾が、また清酒と同様に食中酒であり、食品との相性が「マリアージュ」としてよく語られるワインについても田村らによるワインとシーフードの相性の研究^{15,16)}が挙げられるが、科学的根拠に基づいた事例は少ない。

本稿では、食品と同時に樽酒を摂取することにより起こる、口腔内の油っこい感覚や旨味の感じ方の変化について紹介する。

Taru-Sake Affects the Eating Quality of Foods)

Yoshifumi TAKAO (General Research Laboratory, Kiku-Masanune Sake Brewing Co.,Ltd.)

2. 樽酒が食品由来の油脂に及ぼす影響¹⁷⁾

樽酒はそのさわやかな香りのためか、うなぎの蒲焼きなどの脂っこい料理に合うとされており、様々な酒造会社はその相性の良さをうたっている。しかし、上述の通りアルコール飲料と食品の相性については科学的に調べられている例は少なく、樽酒とうなぎの蒲焼きの相性についても科学的な根拠に基づいたものではない。飲料と脂っこい料理の相性に関しては、赤ワインと肉料理を合わせることが一般的に言われているほか、ウーロン茶についても他のお茶に比べて中華料理などの脂っこい料理との相性が良いとされる。ウーロン茶と脂っこい料理の相性に関しては、ウーロン茶が他のお茶に比べて口腔内に残った油脂を洗い流す力が強いことがその一因であると報告されている^{18, 19)}。樽酒と脂っこい料理の相性の良さに関しても、ウーロン茶と同様に樽酒が他の清酒に比べて口腔内に残った食品由来の油脂を洗い流す力が強いことが原因の一つと考えられたため、油脂との親和性について官能評価ならびに物理的性質に関する試験を行うことにした。

2.1 官能試験

樽酒がヒトの口腔内の感覚に与える影響について調べるために官能試験を行った。官能試験はマヨネーズ（油脂を多く含む食品サンプルとして使用）1.5 g を撰

取し、その30秒後に清酒10 mlを飲用し、その30秒後に「マヨネーズの味」、「油が残っている感じ」の2つの口腔内感覚を5段階で評価することで行った。官能試験時には樽貯蔵前の清酒（Alc. 15%, 対照酒）と樽に貯蔵した清酒（Alc. 15%, 樽酒）の区別がつかないように、アンバーグラスとノーズクリップを用いた。

試験の結果、対照酒に比べて樽酒では2つの口腔内感覚ともに低下している傾向が認められた（第1図）。この結果から、対照酒に比べて樽酒では口腔内に油が残っている感覚を低下させる可能性が示唆された。

2.2 Wilhelmy plate 法による界面張力の測定

官能試験の結果から、樽酒は通常の清酒に比べて油との親和性が高いと考えられるため、界面張力を測定する際に一般的に用いられる Wilhelmy plate 法^{19, 20)}により、清酒と油脂の間の界面張力の測定を行った。界面張力の説明のために水と油を例に挙げると、水と油の間の界面張力は強く、分子間力により水同士または油同士でまとまり、界面の面積を最小にしようとするため、水と油は分離する。ここに界面活性剤を加えると界面張力が弱くなるため、界面の面積が広がっても安定して存在することができ、水と油が混ざる、つまり乳化する。今回の試験では100 mlのビーカーに高さ1 cmになるように清酒（Alc. 10%）を入れ、その上に高さ1.5 cmの油脂を積層し、油脂層に白金

第1図 口腔内油脂残存感に関する官能評価

平均値 ± 標準誤差 (n = 32), $\alpha = 0.05$

第2図 Wilhelmy plate 法による清酒－油脂間の界面張力

■：対照酒，■：樽酒

平均値±標準誤差 (n = 10), * $p < 0.05$

プレートを手で沈め、ビーカーをゆっくりと上に動かし、油液界面で白金プレートが液中に引き込まれる力を測定した。

対照酒または樽酒と食用油（コーン油、大豆油、オリーブ油）の間の界面張力を測定した結果、今回用いたすべての食用油で対照酒に比べて樽酒との間の界面張力は弱くなっていた（第2図）。また、2種の精製魚油についても試験を行ったところ、同様の結果が得られた。これらの結果から、対照酒に比べて樽酒は油脂との間の界面張力が弱く、油と乳化しやすい状態になっていると考えられる。このことが官能試験で対照酒に比べて樽酒を飲用した際の口腔内の感覚強度が低下していた一つの原因であると考えられ、樽酒とうなぎの相性の良さの一端を示していると思われる。

界面張力を弱くする樽酒中の成分の探索を行うために、樽酒中に多く含まれているセスキテルペンアルコール類のうち一部の成分を用いて同様の試験を行ったが、界面張力を弱くする成分は認められなかった。樽酒に含まれるセスキテルペンアルコール類には多くの種類があり、樽酒にはこのほかにもジテルペン類やノルリグナン類なども多く含まれていること、それぞれの成分の構造が似たものが多く存在することから、分析に供していない成分の関与やこれらの成分の相乗効

果によることも考えられる。また、上述のようにウーロン茶と油脂に関しても同様の報告があることや、一般的に赤ワインが肉などの脂っこい料理と合うと言われること、対照酒に比べて樽酒では総ポリフェノール量が増加している²¹⁾ことを合わせて考えると、ポリフェノール類が寄与している可能性も考えられる。

3. 樽酒が食品の旨味に及ぼす影響²¹⁾

現在では第五の基本味として認知されている旨味は出汁の文化を大事にしてきた日本人にとって非常に重要なものである。1907年に昆布の旨味成分がグルタミン酸ナトリウムであることを東京帝国大学の池田菊苗博士が発見したことに始まり²²⁾、カツオ節の旨味成分がイノシン酸であることを池田博士の弟子の小玉新太郎博士が²³⁾、しいたけの旨味成分がグアニル酸であることをヤマサ醤油の国中明博士が発見しており²⁴⁾、旨味成分の発見の多くが日本人によりなされていることから日本人と和食、旨味のつながりの深さがうかがえる。一方、清酒は食中酒であり、特に和食と合わせることが多い。そこで、樽酒が食品の旨味に及ぼす影響について調べることにした。

3.1 官能試験

樽酒がヒトの旨味受容にどのような影響を与えるか

調べるために、官能試験を行った。官能試験は食品サンプルとしてあさりの酒蒸しの汁を5 ml 摂取した5秒後に対照酒または樽酒5 ml を飲用し、その0, 5, 10秒後の旨味強度を5段階で評価することで行った。官能試験時には対照酒と樽酒の区別がつかないように、アンバーグラスとノーズクリップを用いた。

試験の結果、対照酒に比べて樽酒では5, 10秒後の旨味強度が有意に強くなっていた(第3図)。この結果から、対照酒に比べて樽酒ではあさりの酒蒸しの旨味を強く、長く感じさせる効果があると考えられた。

3.2 味認識装置を用いた評価

樽酒による食品の旨味後味を強く感じさせる効果について詳しく調べるために、味認識装置 SA-402B (株式会社インテリジェントセンサーテクノロジー) を用いた試験を行った。味認識装置は広域選択性を有する人工脂質膜型味覚センサーを用いており、旨味成分であれば、例えばグルタミン酸ナトリウムだけを選択的に測定するのではなく、ヒトの舌と同じ様に旨味を呈するものであれば、グルタミン酸ナトリウムにもイノシン酸にも類似の応答をすることで味の評価をするこ

とができる装置である。ヒトによる官能評価では、被験者の体調や嗜好による影響が出てしまうが、味認識装置ではこれらの影響を排除することができるため、客観的な味の評価が得ることができ、様々な分野で利用されている。これまでにこの装置を使用した研究として、緑茶の味の差²⁵⁻²⁷⁾や薬品の苦味の評価²⁸⁾、アルコール飲料と食品の食べ合わせによる苦味の評価¹⁴⁾などの報告がある。この装置で食品サンプルを測定する場合、センサーを食品サンプル(固形のものであればホモジェナイズし、適宜希釈したもの)に浸し、電位を測定することで先味を測り、センサーを洗浄液で洗浄した後にこの装置での唾液に相当する基準液(30 mM KCl, 0.3 mM 酒石酸)中で後味を測定する。今回の試験ではヒトが食品を食べた後に清酒を摂取する場面を想定し、洗浄液を清酒にしたときの旨味後味の値(Va)を評価することにした(第4図)。

食品サンプルとしてあさりの酒蒸しの汁を使用した試験の結果、対照酒に比べて樽酒ではVaが有意に強くなっていた(第5図A)。この結果は樽酒で5, 10秒後の旨味が強くなった官能試験の結果を支持するものと考えられた。さらに、強いかつおのだしの風味が

第3図 旨味後味の官能評価
あさりの酒蒸しの汁を摂取後に清酒を飲用した。
0秒の値を引いた値を示した。

◆：対照酒，■：樽酒
平均値 ± 標準誤差 (n = 30), * $p < 0.05$

第4図 味認識装置による旨味測定方法

$$V_i(\text{旨味先味}) = V_i - V_r$$

$$V_a(\text{旨味後味}) = V_a - V_r$$

第5図 清酒と食品を用いた味認識装置での旨味後味の測定

A: あさりの酒蒸し, B: そばつゆ, C: うなぎの蒲焼き, D: まぐろ刺身

異なるアルファベット間では有意差あり。平均値±標準誤差 (n = 6), $\alpha = 0.05$

特徴であるそばつゆやうなぎの蒲焼き、まぐろ刺身でも同様の試験を行ったところ、これらすべての食品で対照酒に比べて樽酒の V_a が有意に強くなっていた (第5図 B-D)。一方、しょうゆや牛ステーキでは対照酒と樽酒の V_a に差は見られなかった。これらの結果から、樽酒にはシーフード由来の旨味の後味を強く感じさせる効果があると考えられた。このため、食品に含まれる旨味成分の種類により樽酒の効果に差があるのではないかと考え、代表的な旨味成分であるグルタミン酸、グアニル酸、イノシン酸、コハク酸の各ナ

トリウム塩の水溶液を食品サンプルの代わりに使用して同様の試験を行った。その結果、いずれの旨味成分においても対照酒に比べて樽酒で V_a が強くなる傾向が認められたが、旨味成分間での差は見られなかった。この結果から、樽酒は様々な旨味成分に対して旨味後味を強く感じさせる効果を示すと考えられる。

3.3 旨味後味に影響を及ぼす樽酒成分の推定

この試験で用いた対照酒と樽酒の差は杉樽貯蔵の有無である。そのため、樽酒による食品の旨味後味増強

効果は樽酒中の杉樽由来成分によるものであると考えられた。このことを確認するために、清酒の代わりに20% エタノールを用いて杉樽抽出物を調製し、これを清酒の代わりに洗浄液として用い、そばつゆを食品サンプルとして用いて味認識装置で同様の分析を行った。その結果、同じ濃度のエタノールに比べて杉樽20% エタノール抽出物では有意に V_a が強くなることが確認されたため、旨味後味増強効果はやはり杉樽由来成分によるものと考えられた。

樽酒中の杉樽由来成分のうち、どのような成分が旨味後味に影響を及ぼすかを確かめるために、杉樽エタノール抽出画分と杉樽熱水抽出画分を調製し、それぞれのエタノール濃度、抽出画分の濃度が15%になるように調整したものを清酒サンプルの代わりに洗浄液として用い、そばつゆを食品サンプルとして用いて味認識装置による試験を行った。試験の結果、対照の15% エタノールに比べて熱水抽出画分では V_a が有意に強くなったことから、杉樽由来の比較的極性の高い成分が旨味後味に影響を及ぼしている可能性が示唆された(第6図)。

次に、対照酒及び樽酒の揮発性画分と不揮発性画分を調製し、味認識装置での分析を行った。揮発性画分は対照酒もしくは樽酒にジエチルエーテル・ペンタン混合物(2:1)を加えて抽出し、ロータリーエバポレーターにより35℃常圧条件で約300倍に濃縮したものの、不揮発性画分は対照酒及び樽酒をロータリーエバ

ポレーターにより60℃減圧条件で10倍に濃縮したものをを用いた。これらの画分のそれぞれ濃縮前の酒量にして25, 50, 100%に相当する量をそばつゆに添加し、これを食品サンプルとして用い、旨味先味値(V_i)と V_a の測定を行った。なお、この試験の際には後味測定前の洗浄液を基準液とした。試験の結果、対照酒及び樽酒に揮発性画分を添加した系では V_i 、 V_a ともに有意な差は見られなかった(第7図A, B)。一方、不揮発性画分を添加した系では、 V_a の5, 10%添加(酒量にして50, 100%に相当)において対照酒に比べて樽酒の V_a が有意に強くなっており、2.5%添加(酒量にして25%相当)でも樽酒の V_a が強い傾向が見られた(第7図D)。この結果から、杉樽由来の揮発しにくい成分が旨味後味に影響を及ぼしていると考えられた。また、不揮発性画分を添加した系では樽酒でも対照酒同様に希釈により V_i が弱くなっている(第7図C)ことから、その成分自体に旨味はなく、いわゆる「コク」を増す働きをされると考えられる。

これらの結果から、樽酒に含まれる杉樽由来の比較的極性が高く、揮発しにくい成分が旨味後味を強くすると考えられた。先述のように、杉樽には杉の中心に近い赤味がかった部分を用いるためか、対照酒に比べて樽酒では総ポリフェノール量が約20%高くなっており²¹⁾、旨味後味を強くする働きは樽酒中のポリフェノール類によるものである可能性が考えられる。

4. おわりに

輸送容器や保存容器としての杉樽が用いられたことから生まれた樽酒であるが、現在ではその独特のさわやかな香りが受け入れられてきている。酒造りにおいては生もとや速醸などの造りの違い、酵母や麴などの微生物を使い分けることによる香味の違いなどが話題になることが多いが、これらの方法では得ることのできない杉樽特有の香りによる他の清酒との差別化が消費者に受け入れられている要因ではないかと考えている。しかし残念なことに、日常生活での杉樽の必要性の低下や日本の林業の縮小により、杉樽製造に必要な杉の切り出しや板目材への加工、製樽を行う業者が減少している。このような現状を踏まえ、我々は社内での製樽を始めるなど、樽酒や樽づくりの伝統を守るための活動も行っている。

第6図 杉樽抽出成分とそばつゆを用いた味認識装置での旨味後味の測定

平均値±標準誤差(n=6), $\alpha=0.05$

第7図 清酒濃縮物とそばつゆを用いた味認識装置での旨味測定

■：対照酒, ■：樽酒

A：揮発性画分の旨味先味値, B：揮発性画分の旨味後味値

C：不揮発性画分の旨味先味値, D：不揮発性画分の旨味後味値

平均値±標準誤差 (n = 6), * $p < 0.05$

アルコール飲料と食べ物の相性については、「赤ワインと肉」、「白ワインと魚」を代表として様々な例が挙げられるが、個人の嗜好や経験によるものが多く、科学的な根拠に基づいたものは少ない。しかし、最近では味覚センサーなどの味を客観的に測定する技術が発展し、官能評価以外の方法も用いた評価が可能になってきている。今後もこのような研究が発展し、日本酒をはじめとしたアルコール飲料の楽しみ方の幅が広がればと考えている。

謝 辞

本研究を進めるに当たり、味認識装置での分析についてご指導をいただきました、(独)酒類総合研究所の松丸克己先生(現在、高松国税局)、藤田晃子先生に心より感謝申し上げます。

〈菊正宗酒造株式会社総合研究所〉

参考文献

- 1) 佐藤壽衛：醸協，**17**，(9)，2-5 (1922)
- 2) 小穴富司雄：醸協，**25**，(3)，75-78 (1930)
- 3) 松永恒司，古川恵司，原昌道：醸協，**97**，(7)，529-534 (2002)
- 4) 松永恒司，高橋孝悦，溝口晴彦：醸協，**103**，(10)，779-785 (2008)
- 5) 松永恒司，高橋孝悦，古川恵司，原昌道：醸協，**99**，(8)，585-590 (2004)
- 6) Takao Y., Kuriyama I., Yamada T., Mizoguchi H., Yoshida H. and Mizushima Y.: *Mol. Med. Report*, **5**, 1163-1168 (2012)
- 7) 高尾佳史，山田翼，古川恵司，溝口晴彦：醸協，**107**，(11)，868-874 (2012)
- 8) Nogami M., Moriura T., Kubo M. and Tani T.: *Chem. Pharm. Bull.*, **34**, 3854-3860 (1986)
- 9) Matsunaga T., Hasegawa C., Kawasuji T., Suzuki H., Saito H., Sagioka T., Takahashi R.,

- Tsukamoto H., Morikawa T. and Akiyama T.: *Biol. Pharm. Bull.*, **23**, 595-598 (2000)
- 10) 光永徹, 田丸貴絵: *Aroma Res.*, **9**, (2), 102-106 (2008)
- 11) 光永徹: 食品・食品添加物研究誌, **219**, (2), 126-132 (2014)
- 12) 小原一朗: *Aroma Res.*, **13**, (3), 240-241 (2012)
- 13) 坂巻祥子, 小藤田久義, 菅原正和: *Aroma Res.*, **14**, (1), 64-71 (2013)
- 14) Fujita A., Isogai A., Endo M., Utsunomiya H., Nakano S. and Iwata H.: *J. Agric. Food Chem.*: **58**, 4414-4420 (2010)
- 15) Tamura T., Taniguchi K., Suzuki Y., Okubo T., Takata R. and Konno T.: *J. Agric. Food Chem.*, **57**, 8550-8556 (2009)
- 16) 田村隆幸: 醸協, **105**, (3), 139-147 (2010)
- 17) 高尾佳史, 高橋俊成, 溝口晴彦: 醸協, **109**, (4), 305-309 (2014)
- 18) 村絵美, 永井元, 松宮健太郎, 松村康生, 林由佳子: 日本味と匂学会誌, **17**, (3), 323-326 (2010)
- 19) 木崎諭希, 村絵美, 永井元, 呉性姫, 松宮健太郎, 松村康生, 林由佳子: 日本味と匂学会誌, **18**, (3), 401-404 (2011)
- 20) Ono N., Kaneko T., Nishiguchi S. and Shoji M.: *J. of Thermal Sci. and Technol.*, **4**, 284-293 (2009)
- 21) 高尾佳史, 高橋俊成, 藤田晃子, 松丸克己, 溝口晴彦: 醸協, **110**, (1), 48-55 (2015)
- 22) 池田菊苗: 東京化学会誌, **30**, 820-836 (1909)
- 23) 小玉新太郎: 東京化学会誌, **34**, 751-757 (1913)
- 24) 国中明: 日本農芸化学会誌, **34**, 489-492 (1960)
- 25) Hayashi N., Chen R., Ikezaki H., Yamaguchi S., Maruyama D., Yamaguchi Y., Ujihara T. and Kohata K.: *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **70**, 626-631 (2006)
- 26) Hayashi N., Chen R., Ikezaki H. and Ujihara T.: *J. Agric. Food Chem.*, **56**, 7384-7387 (2008)
- 27) Uchiyama Y., Yamashita M., Kato M., Suzuki T., Omori M. and Chen R.: *Sensors and Materials*, **23**, (8), 501-506 (2011)
- 28) Ishizaka T., Okada S., Takemoto E., Tokuyama E., Tsuji E., Mukai J. and Uchida T.: *Chem. Pharm. Bull.*, **55**, 1452-1457 (2007)

執筆者紹介 (順不同・敬称略)

大場孝宏 < Takahiro OBA >

<勤務先と所在地>福岡県工業技術センター生物食品研究所食品課 〒839-0861 福岡県久留米市合川町1465-5 <略歴>平成5年九州工業大学大学院博士前期課程修了, 平成6年九州工業大学大学院博士後期課程中退, 同年福岡県工業技術センター採用, 平成26年4月企画管理部, 平成27年4月生物食品研究所食品課, 現在に至る。平成19年博士(農学), 九州大学<抱負>九州の酒造技術を継承・発展させていきたい。<趣味>テニス, 野球観戦(阪神タイガース)

高尾佳史 < Yoshifumi TAKAO >

昭和56年3月6日生まれ<勤務先と所在地>菊正宗酒造株式会社総合研究所 〒658-0026 兵庫県神戸市東灘区魚崎西町1-8-6 <略歴>平成19年山口大学大学院農学研究科生物資源科学専攻修士課程修了, 同年菊正宗酒造(株)入社, 総合研究所配属。現在に至る。<抱負>日本酒のおいしさについて研究し, 日本酒を世界に広げる。<趣味>料理, 酒, 登山, 音楽鑑賞, 旅行

中村和夫 < Kazuo NAKAMURA >

昭和27年2月27日生まれ<勤務先と所在地>山梨大学大学院総合研究部生命環境学域 〒400-8510 甲府市武田4-4-37 <略歴>昭和52年山梨大学大学院工学研究科修士課程発酵生産学専攻修了, 昭和52年同大学工学部発酵生産学科助手, 平成17年同大学大学院医学工学総合研究部助教授, 平成19年同大学大学院医学工学総合研究部准教授, 平成25年同大学大学院総合研究部准教授, 現在に至る。<抱負>きのこの潜在的酵素機能を解明し, 新規な発酵食品の開発に貢献したい。<趣味>鉄道旅行, 果樹栽培

高山卓美 < Takumi TAKAYAMA >

昭和10年4月18日生まれ<略歴>昭和34年広島大学工学部発酵工学科卒業, 同年宝酒造(株)入社, 農学博士取得, 平成7年退社。日本醸造学会技術賞受賞。会社顧問, 金沢大学医学部臨時講師, 国立博物館研究生, JSV専門家, JICA専門家, Aroma Beverage Joint Stock Company (Vietnam) の Technical Adviser を経て現在に至る。<抱負>蒸留酒の歴史, 中国, 東南・南アジアの酒に関する調査<趣味>旅行, 写真