お酒のはなし

酒類総合研究所
情報誌
平成29年2月
2017.2

3

特集 焼酎3（微生物・科学・表示）

焼酎製造に関わる微生物
麹菌 …… 2
酵母 …… 3
焼酎の科学 …… 4
地理的表示 …… 6
世界の蒸留酒 …… 7
その他の表示 …… 8

世界にはウイスキー、ブランデー、ジン、ウォッカなど様々な蒸留酒があり、その多くが食前や食後のお酒として飲まれている中で、日本の焼酎は食事と一緒に楽しむ食中酒として愛されてきました。その魅力は、原料や麹に由来する豊かな香味とさっぱりとした口当たりでしょうか。

焼酎が他の蒸留酒と違う点は、清酒と同様に麹を利用していることですが、焼酎は清酒とはまた違った面白さ、奥深さがあります。その面白さを解き明かすために、今回は微生物、科学、表示の観点からご紹介します。

麹菌は、1000 年以上前から酒類製造のみならず、味噌や醤油など我が国の発酵食品の製造に使われており、私達の食生活には欠かせない微生物です。2006 年には、日本醸造学会によって国菌に認定され、2013 年にユネスコ無形文化遺産に登録された「和食；日本人の伝統的な食文化」の基盤ともいえる微生物です。

焼酎製造と清酒製造では使用する麹菌の種類が異なります。焼酎製造では、麹菌（黒麹菌、白麹菌）が生産したクエン酸を利用し、醪を酸性条件にして雑菌の増殖を抑えつつ、酵母を純粋に培養させます。温暖な地域でお酒を腐らせずに発酵させるための先人たちの知恵です。醪はかなり酸っぱいですが、醸造酒と違い蒸留工程があるので、不揮発性のクエン酸は蒸留されずに、焼酎粕に残ります。

アルコール発酵の主役である酵母も、清酒製造とは異なる種類が使われています。清酒は一般的に15℃以下で発酵させますが、焼酎の発酵温度は30℃を超える場合もあるため、焼酎酵母は、高温でもよく増殖し、アルコール発酵が強いものが求められます。加えて、上述したクエン酸にも耐性があるなど、焼酎製造に適した酵母が使用されています。

古くから行われてきた焼酎製造ですが、明治期になり科学のメスが入り、それ以降様々な研究が行われてきました。現代の科学を持っても未だ解明しきれないことは多く残っていますが、解明されてきた一部を本誌でご紹介します。

最後に、焼酎の表示について解説します。まずは地理的表示です。単なる商品の生産地とは異なり、知的財産にもなる重要な表示です。また、「和食；日本人の伝統的な食文化」がユネスコの無形文化遺産となり、日本産酒類の輸出増加も期待される中では、「スコッチ」のような世界に通用する表示は欠かせません。それ以外にも特殊製品に関する表示についてピックアップして解説します。

世界の蒸留酒における焼酎の立ち位置

焼酎製造に関わる微生物

麹菌

麹菌の電子顕微鏡写真

麹菌については、焼酎1でも触れましたが、ここでは歴史、麹原料、麹菌の組み合わせ等について解説します。

黒麹菌が変えた焼酎造り

黒麹菌は、沖縄の泡盛造りで使われてきた菌です。黒麹菌の生産するクエン酸は、醪を強い酸性にするため、酵母以外の他の微生物の増殖が抑えられ、気温の高い地域でも健全に発酵を行うことができます。

明治の終わり頃からは、甘藷焼酎にも使われるようになりました。それ以前の焼酎製造（泡盛以外）では、黄麹菌を使用していましたが、黄麹菌は微生物の増殖を抑制するクエン酸を生産しないため、その当時の醪は雑菌に汚染される危険性がありました。そのため、明治の甘藷焼酎の品質はそれほど優れたものではありませんでした。

鹿児島で黒麹菌の使用が始まると、黒麹菌の生産するクエン酸によって醪が雑菌汚染されにくくなったことから、アルコール収得量が20%から30%も増加し、劇的な成功を収めました。また、香りも今までにないすっきりしたものができたことから、黒麹菌を使用した甘藷焼酎はハイカラ焼酎と呼ばれたそうです。

これ以後、黒麹菌は他の地域にも広がり、焼酎製造にとって画期的なブレイクスルーとなりました。

科学のメスが入り微生物の存在が明らかになる前から、黒麹菌の性質に注目し、利用してきた先人達の知恵は、現代科学の視点から見ても極めて理にかなっていると思います。

白麹菌の開発

鹿児島税務監督局技官で、後に種麹メーカーを創業した河内源一郎氏は黒麹菌の収集を行い、その中から突然変異により生じた白色変異株である白麹菌を分離しました。白麹菌は黒麹菌と胞子の色こそ違いますが、その他の性質は非常によく似ています。

白麹菌は、黒麹菌のように作業場所や用具、人の衣服を黒い胞子で汚すことなく、安定した品質の焼酎を製造できることから、多くの焼酎製造場で使用されるようになりました。

九州では、白麹菌が多く使用された時期もありましたが、近年では新たに改良・開発された黒麹菌を使った焼酎や多様化のために黄麹菌の特徴を上手に生かした焼酎も造られるようになっています。

麹菌の選択

使用する麹菌によって酵素の力などが多少異なり、その違いは焼酎の香味に影響を与えます。香味の違いは他の製造工程によるところも大きく、麹菌の違いが単純に製品に反映されるというわけではありませんが、黒麹菌を使うと濃醇な香味、白麹菌を使うと黒麹菌より少しマイルドで軽快な香味、黄麹菌は豊かな味わいを持つ焼酎になるといわれています。

麹原料の選択（米・麦・甘藷など）

清酒で麹といえば、米に麹菌を生やしますが、焼酎では、米に限らず、麦、甘藷、そばなどに麹菌を生やします。

麹には麹菌の造った酵素が多く含まれ、主原料や麹自身は様々な成分に分解されるため、麹菌の選択のみならず、麹原料に何を用いるかは、焼酎の香味に影響を与えます。

南九州の甘藷焼酎製造では、米が麹原料として広く使われています。甘藷焼酎であれば甘藷で麹を造っているのではないかと思うかもしれませんが、米粒の方が麹が造りやすいのです。

焼酎製造における麹の役割は、①デンプン質を分解する酵素の生産、②酵母による香気成分生成のためタンパク質を分解する酵素の生産、③醪の雑菌汚染を防止するクエン酸の生産があげられますが、清酒の総破精麹のようにしっかり麹菌を原料に繁殖させないと、酵素の力が弱く、健全な発酵に支障をきたします。

何故、米がよい?

原料の周りだけでなく、内部にも菌糸が食い込んでいかないと、酵素を十分に生産できない。

麦は表層にのみ麹菌が繁殖しやすい、甘藷は形が崩れやすいため麹菌が生えにくい、そばは蒸すと表面の粘性が高くなり麹菌の菌糸が生育しにくいなど麹を造る際に難しさがあります。しかし、その難しさを克服して、各原料を用いた麹造りが実現しており、大分県では麦麹の、鹿児島県や宮崎県では甘藷麹の製品も製造されています。

米麹を使うと米由来の甘いまろやかな香りや味わいなどが香味に加わり、麦麹では香ばしさや軽さなどが加わります。甘藷麹を使用した甘藷焼酎は甘藷特有の香気を強く持った淡麗ですっきりした味わいを楽しむことができます。

甘藷麹

蒸した甘藷は水分を多く含んでいます。そのため、甘藷で麹を造るには、形が崩れやすく、麹菌が生えにくいという問題がありました。

現在では、サイコロ状に細断した甘藷を熱風で処理する、またはサイコロ状に細断後蒸して乾燥させておいた甘藷を再び蒸して使うなどの方法で、形が崩れにくく、適度な堅さを保つことにより、甘藷麹を造っています。

サイコロ状に細断して蒸して乾燥した甘藷

酵母

酵母の電子顕微鏡写真

焼酎酵母の発見と分離

酵母は、麹がデンプン質を分解して生成した糖分からアルコールと炭酸ガスを作る、アルコール発酵の主役ともいえる微生物です。

焼酎酵母の存在が明らかになったのは、20世紀初頭のことで、東京大学の乾環氏及び宇佐美桂一郎氏によって分離されました。以来様々な醪から優良な焼酎酵母が分離されてきました。

焼酎製造において求められる酵母の性質としては、①クエン酸耐性があること、②清酒醪より高い温度でよく増殖すること、③アルコール発酵力が強く、香味のよい焼酎になるような成分を造り出すことがあげられます。

1次醪は、黒麹菌や白麹菌が生産するクエン酸によってかなりの酸性環境（pH３程度）になり、多くの微生物は増殖することができません。このような環境下でも増殖して発酵することができる酵母が求められます。

また、清酒醪は15℃以下で発酵させますが、焼酎醪は30℃を超えることもあるため、そういった環境に耐えられるような酵母でなくてはいけません。

現在では、鹿児島酵母、宮崎酵母、熊本県酵母、きょうかい焼酎酵母、泡盛酵母などが公益財団法人日本醸造協会、公設試験研究機関や酒造組合からも頒布されており、発酵を安定して行うことが可能となっています。

清酒酵母との違い

近年バイオテクノロジーの目覚ましい進展により、ゲノム情報が急速に蓄積されています。酵母のゲノムを解析した結果、焼酎酵母は、ワイン酵母やウイスキー酵母と比べて、清酒酵母に近いことがわかりました。しかし、30℃付近での発酵性、香味の生産性の点から清酒酵母と焼酎酵母は違いがあり、遺伝子のわずかな違いの中に焼酎酵母を特徴づける因子があると思われますが、詳しくは明らかになっておらず、今後の研究の進展が待たれます。

酵母の系統関係：遺伝子配列に違いが少ない程、距離が近くに、配列の違いが多い程、距離が離れていく。焼酎酵母は、ワイン酵母やウイスキー酵母と比べて、清酒酵母と遺伝子配列の違いが少ないことを示す。

差し酛（さ もと）

焼酎製造では、仕込最初の1次醪は、純粋培養酵母で仕込むものの、以後の1次醪は3～4日目の1次醪を種酵母として使い、次から次へと植え継いでいきます。この方法を「差し酛」と呼び、その回数は、数回から数十回にも及びます。酵母のアルコール耐性が増すというメリットがありますが、差し酛を繰り返すと野生酵母の混入によって次第に発酵力が落ちてしまうので、定期的に純粋培養酵母で仕込む方が望ましいと考えられています。

焼酎の科学

甘藷焼酎の香り

甘藷（さつまいも）焼酎の代表的な香り成分として、モノテルペンアルコールという他のお酒にはあまり含まれていないものがあります。この物質はマスカットやライチの香りなどといわれており、柑橘類や花に含まれ、これらの精油はアロマテラピーにも多く使われています。

甘藷焼酎では蒸した甘藷を使用しますが、甘藷中でモノテルペンアルコールは、糖とつながったモノテルペンアルコール配糖体という形で存在しています。この配糖体は、醪中で麹の酵素により糖とモノテルペンアルコールに分解され、さらに遊離したモノテルペンアルコールは、酵母の代謝による成分変化とともに酸性条件下での蒸留によりさらにその構造が変化します。

モノテルペンアルコール配糖体を分解する酵素の活性は、白麹菌に比べて黒麹菌の方が強く、また、この配糖体は甘藷の皮や両端部（しっぽ）に多く含まれるので原料処理の方法も香りの強弱に影響します。

また、甘藷由来の特徴的な成分として、他の焼酎にはないβ－ダマセノンというものもあります。これは、全ての甘藷品種に共通する物質で、ブランデーにも含まれている甘い香りです。

その他、紫系の甘藷を原料とした焼酎ではジアセチルというヨーグルトのような香り、橙系の甘藷を原料とした焼酎ではβ－イオノンという茹でたニンジンやカボチャのような香りというように甘藷の種類によっても香りに違いがあるので、甘藷の種類や処理方法、麹菌の種類で甘藷焼酎の香りが変わるというのには科学的な理由があるのです。

泡盛の古酒の香り

泡盛の古酒は、甘い香りがすることが知られていました。

樽貯蔵を行うウイスキー、特に内側を焦がした樽を使うバーボンでは、樽成分が熱分解して生じるバニリンが甘い香りの主成分です。ところが、泡盛の古酒にもこのバニリンが見つかったのです。泡盛の貯蔵は甕で行われるのにバニリンは何から生じたのでしょうか?

答えは、麹にありました。米の細胞壁に含まれるヘミセルロースが、麹菌の生産する酵素によって分解され、細胞壁からフェルラ酸が遊離します。遊離したフェルラ酸は、醸造工程中で麹菌の生産する別の酵素や酵母、蒸留時の熱などにより4-VG（4-ビニルグアイアコール：燻製様の香り。小麦から造るヴァイツェンビールの特徴香）に変換され、さらに貯蔵中に化学変化してバニリンとなり甘い香りが生じることがわかりました。

なお、泡盛の古酒の香りにはバニリンの他に複数の成分が含まれていることがわかってきました。

油臭発生防止技術

「昔の焼酎はもっと油くさかった。最近はすっきりとしてきた」などと感じている方はいらっしゃいませんか。昔の焼酎にあった古いてんぷら油のような臭いは「油臭」と呼ばれています。

この油臭の発生原因を突き止め、それに基づき防止技術を確立することにより焼酎の酒質は著しく向上しました。

油臭は、貯蔵中に浮いてくる油状成分である高級脂肪酸エチルエステルが空気に触れ、酸化すると生じる臭いです。

そこで、貯蔵時に表面に浮かんできた油状成分をすくい取るとともに、貯蔵前や出荷前に冷却ろ過（低温で油状成分を析出させてろ過）をすることで、油臭の発生を抑えることが可能となり、以前よりすっきりとした香味を楽しむことができるようになりました。

ただ、油状成分は味のまろやかさに寄与しているため、取り除き過ぎると物足りない味わいになってしまいます。どこまで除去するかは、どのような焼酎を造りたいかという品質設計によります。

黒麹菌の安全性

黒麹菌は、クエン酸を生産することで健全発酵を支えており、焼酎製造においてきわめて重要な菌です。

一方、他国でクエン酸製造に使われているクロカビの中にはカビ毒を生産するものもいます。

このクロカビが黒麹菌と見た目がよく似ていることから、黒麹菌とクロカビを同じ分類にしようという声があがりました。見た目は似ているかもしれませんが、黒麹菌は醸造に関わる先人たちが育み使ってきた微生物であり、これらを一緒にされては困ります。

そこで、ゲノム解析を行ったところ、黒麹菌はクロカビとは別の種で、カビ毒を生産する遺伝子が機能していないことを遺伝子レベルで明らかにした結果、黒麹菌に新たな学名（*Aspergillus luchuensis*）が付けられることになりました。

この研究により、我が国において長年にわたり利用されてきた黒麹菌はやはり安全であることが遺伝子レベルで確認されるとともに、黒麹菌を原料に使用する酒類が安全であることも確認されました。

地理的表示

地理的表示とは

地理的表示制度とは、酒類の確立した品質や社会的評価がその酒類の産地と本質的な繋がりがある（主として帰せられる）場合において、その産地名を「地理的表示」として独占的に名乗ることができる制度です。

酒類への地理的表示の使用は、単に正しい産地であるかどうかを示すだけでなく、その品質についても一定の基準を満たした信頼できるものであることを示すこととなります。

世界的に有名な地理的表示としては、ワインの「シャンパン」、「ボルドー」や「シャブリ」、蒸留酒ではブランデーの「コニャック」や「アルマニャック」、ウイスキーの「スコッチ」などがあります。

我が国においては、蒸留酒の「壱岐」、「球磨」、「琉球」「薩摩」、清酒の「日本酒」、「白山」、「山形」、果実酒の「山梨」が地理的表示として指定されています（2017年2月現在）。

地理的表示に関する表示基準

地理的表示は、

①当該地理的表示の産地以外を産地とする酒類

②当該地理的表示に係る生産基準を満たさない酒類

について使用することができません。

また、翻訳された上で使用される場合、「種類」、「型」、「様式」、「模造品」等の表現を伴い使用される場合も同様に使用することはできません。

例えば、長崎県壱岐市以外で製造された焼酎に「壱岐」あるいは「壱岐風」、「壱岐式」、「壱岐タイプ」、「壱岐スタイル」などと表示することはできません。さらに、長崎県壱岐市で製造された焼酎であっても、「麦」以外を原料とするなど、生産基準を満たさない場合は「壱岐」などと表示することはできません。

壱岐　（焼酎）長崎県壱岐市

「壱岐」は、地名を冠することを国際的に認められた麦焼酎の産地です。米こうじ及び長崎県壱岐市の地下水を使い、長崎県壱岐市において単式蒸留機で蒸留し、容器に詰めたものに限り、「壱岐」と表示することが許されています。

球磨　（焼酎）熊本県球磨郡及び人吉市

「球磨」は、地名を冠することを国際的に認められた米焼酎の産地です。米こうじ及び球磨川の伏流水である地下水を使い、熊本県球磨郡又は人吉市において単式蒸留機で蒸留し、容器に詰めたものに限り、「球磨」と表示することが許されています。

薩摩　（焼酎）鹿児島県（奄美市及び大島郡を除く。）

「薩摩」は、地名を冠することを国際的に認められた甘藷焼酎の産地です。米こうじ又は鹿児島県産の甘藷を用いたこうじ及び鹿児島県産の甘藷を原料として、鹿児島県内（奄美市及び大島郡を除く。）において単式蒸留機で蒸留し、容器に詰めたものに限り、「薩摩」と表示することが許されています。

琉球　（焼酎）沖縄県

「琉球」は、地名を冠することを国際的に認められた泡盛の産地です。米こうじ（黒麹菌を用いたものに限る。）を原料として、沖縄県内において単式蒸留機で蒸留し、容器に詰めたものに限り、「琉球」と表示することが許されています。

「泡盛」の表示と組み合わせて「琉球泡盛」と表示されることが多いです。

制定の経緯等

この制度は、ヨーロッパを中心に古くから国際貿易の主要産品として取引されてきたワインの原産地呼称制度を起源とするものです。ワインのラベル表示は、ワインの出所や品質の判断要素として消費者に重要視されてきましたが、著名になった産地名を名乗ることができる基準である原産地呼称制度を公的に定め、製造者と消費者の双方の利益を確保してきました。

日本では、WTO（世界貿易機関）の発足に際し、ぶどう酒と蒸留酒の地理的表示の保護が加盟国の義務とされたことから、国税庁が「地理的表示に関する表示基準」を1994年に制定し、国内外の地理的表示について適正化を図っています。

世界の蒸留酒

世界には様々な蒸留酒があります。これらの蒸留酒は生産国ばかりでなく、世界各国でその固有の風味が楽しまれています。よく知られている蒸留酒をいくつか紹介します。この他にも著名な蒸留酒がいろいろとあり、多くの人々に愛飲されています。

蒸留の歴史と日本への伝来

メソポタミアで蒸留機らしき土器が発掘されており、紀元前3500年には蒸留そのものは行われていたようです。ただ、その当時は、香油などを精製するために蒸留していたようです。

紀元前4世紀、古代ギリシアのアリストテレスにより構築された蒸留理論は、アレキサンドリアにおける錬金術（紀元前3世紀～紀元7世紀頃）と結びつき、蒸留技術が発達しました。

アジアへは、紀元前4世紀のアレクサンダー大王の東方遠征によってインドに蒸留が伝えられ、その後、インド経由で東南アジアに伝えられたと考えられています。

中国では、11世紀にシャム国（現在のタイ国）から運ばれてくる蒸留酒に関する記述があります。製造技術は、13世紀のモンゴル帝国の発展によって、東南アジアから持ち込まれたという考えもありますが、はっきりしたことは分かっていません。14世紀には中国で蒸留酒の造り方に関する記述が登場します。

日本で、焼酎に関する記述が見られるようになるのは、15世紀以降で、15世紀後半には琉球に蒸留技術が伝わっていたと考えられています。

その他の表示

初留取り（しょりゅう）

蒸留は、留出してくる時期によって初留(しょりゅう)、中留(ちゅうりゅう)、後留(こうりゅう)と呼んで区別しており、それぞれ成分が異なります。蒸留の最初に出てくる初留区分を集めたものが「初留取り」です。

初留区分は、アルコール分が高く60～70度あります。また、沸点が低くアルコールに溶けやすいエステルや高級アルコール（フーゼル油）も含まれています。

中留区分は、アルコール分が25～55度で、後留区分では、アルコール分が8～15度とさらに低くなり、水に溶けやすい酸や蒸留時の加熱によって生成される焦臭い成分が多くなっていきます。後留区分をどこまで製品に含めるかで、酒質に大きな影響を与えます。

蒸留中の留出液の成分変化

出典：本格焼酎製造技術（財団法人日本醸造協会）

初留区分を採取した製品として有名なのが、日本最西端の沖縄県八重山郡の与那国島で造られている「花酒」です。

製造法は泡盛と同じですが、蒸留する際に最初に出てくる初留区分を採取するので、アルコール分は60度にもなります。この初留区分を「ハナダレ」、与那国の方言ではハナダギ（花酒）といいます。

日本の酒税法上、単式蒸留焼酎はアルコール分45度以下と定められており、アルコール分45度を超える花酒は分類上「原料用アルコール」に該当します。

花酒以外にも、初留区分を割水して45度以下の焼酎として売られている商品もあります。

無ろ過

通常、蒸留した原酒は、貯蔵中に油臭が発生しないよう油状成分を取り除くろ過を行います。常温でろ過する場合もありますが、品温を10℃以下の低温にして、油状成分を析出させてからろ過することにより油状成分を除去する場合もあります。このろ過を行わない製品が「無ろ過」です。

無ろ過は、貯蔵中の原酒の表面に浮遊してきた油状成分をすくい取る程度で、ろ紙などを使ったろ過は行わないため、油状成分が焼酎に溶けており豊かな風味、旨味がありますが、油状成分は油臭の原因にもなるため、注意して管理する必要があります。

その他、公正競争規約において以下のような表示の基準があります。

原酒（単式蒸留焼酎（輸入のものと泡盛は除きます。））
蒸留後に水、混和物、添加物等を加えず、かつ、アルコール分が36度以上のものを「原酒」と表示することができます。

長期貯蔵（単式蒸留焼酎（輸入のものと泡盛は除きます。））
3年以上貯蔵したものが、ブレンド後の総量の50％を超えるものを「長期貯蔵」と表示することができます。

かし樽貯蔵（単式蒸留焼酎（輸入のものと泡盛は除きます。））
かし樽に貯蔵し、その特色を有するものを「かし樽貯蔵」と表示することができます。

古酒（泡盛）
泡盛を3年以上貯蔵したもので、全量が古酒であるもの。「古酒」の表示に代えて、「クース」又は「貯蔵酒」若しくは「熟成酒」と表示することができます。
また、貯蔵年数を表示する場合で、異なる貯蔵年数の古酒を混和した場合は、その割合にかかわらず、最も貯蔵年数の少ない古酒の年数を表示することになっています。

発行
独立行政法人
酒類総合研究所
National Research Institute of Brewing
ホームページ
http//www.nrib.go.jp/

〒739-0046 広島県東広島市鏡山3-7-1
☎ 082-420-0800（代） FAX 082-420-0802
e-mail：info@nrib.go.jp

本誌に関する問い合わせは、広報・産業技術支援部門まで
平成29年2月 1刷