

# 生酏の歴史と未来

山田 翼

生酏（きもと）とは、清酒醸造における主工程であるアルコール発酵を営む酵母菌を育成する酒母の一形態である。清酒の醸造工程を図1に示すが、酒母の目的は次工程の醪（もろみ）において健全なアルコール発酵が行われるようにすることである。そのためには、目的とする清酒酵母を多量に増殖できる状態で含み、他の有害な雑菌が存在しないことと、必要十分量の乳酸を含むことが条件となってくる。清酒酵母は乳酸酸性下でも良好に生育できる特性を持っており、多くの雑菌は同条件下で生育できないため、必要十分量の乳酸を含むことが酵母増殖期の醪の安全に重要な意義を持っている。この乳酸を得る方法が乳酸菌の生酸によるものを生酏系酒母、乳酸添加によるものを速醸系酒母と呼ぶ。生酏は生酏系酒母の中でも米と麴と水を摺り合わせて潰す山卸工程を含むことを特徴としており、その完成は江戸時代に遡るが、微生物学の知見がまったくない江戸時代において、微生物の淘汰を人工的に誘導し、最終的には目的の清酒酵母を純粋に大量に培養し得たことは見事としか言いようがない。生酏の製造工程を表1、一部操作の様子を図2に示す。本稿ではこの生酏について、その変遷と微生物や成分の研究の歴史などを記す。

## 生酏が生まれるまで<sup>1,2)</sup>

日本列島で米を原料とした酒が造られ始めたのは稲作の伝来とそう違いはないと考えられ、記紀や風土記にも

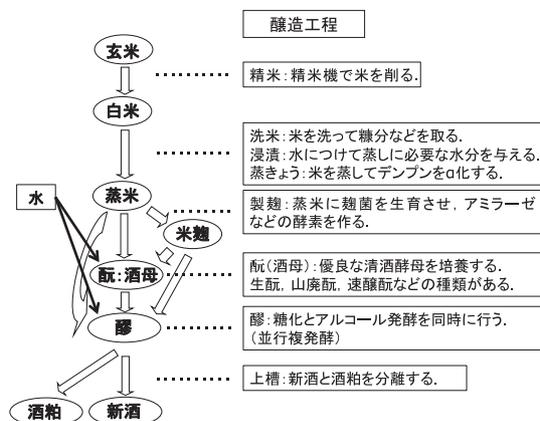


図1. 清酒醸造工程

酒の記述は多々見られるが、酒造りの手法が詳細に確認できるのは平安時代に編さんされた『延喜式』からである。『延喜式』には15種類もの酒の製造方法が書かれており、一例として、基本的な下級官人用の雑給酒である

表1. 生酏の作業工程の一例

日順	操作	備考
1日目	仕込	半切桶に米麴、蒸米、水を加えて混ぜる
1日目	手酏	仕込数時間後に内容物を混ぜる
2日目	山卸	櫛で内容物を摺りつぶす
2日目	酏寄	半切桶の内容物を一つの酒母タンクに移す
2日目～	打瀬	数日、酒母を6～7°Cの低温に保つ
5日目～	前暖気	熱湯暖気を入れて品温を上げ米の糖化と乳酸菌の増殖を促す
10日目	酵母添加	目的に応じた清酒酵母を添加する
15日目	膨れ	発酵による炭酸ガスで物量が盛り上がる
17日目	湧付	酵母が増殖して表面に泡が立つ
21日目	分け	品温を下げて発酵を緩める
25日目～	使用	醪の仕込みに使用する



図2. 生酏操作の様子

著者紹介 菊正宗酒造株式会社総合研究所 (所長) E-mail: ta-yamada@kikumusamune.co.jp

頓酒の製造方法を見ると、米150 kg、麴60 kg、水160 Lを仕込み、140 L程の酒を得るなどと書かれており、そのほかの酒の仕込配合も似たようなものなので、全体的にかなり甘口の酒ができたのではないかと推察される。ただし、酒母に関しての記述は見られない。次に、酒造りの内容が記されている資料となると、時代がかなり下り、室町時代に記された『御酒之日記』と『多聞院日記』があるが、これらには酒母を製造しているという記録が見られる。『御酒之日記』に記載がある「御酒」の造りの酒母育成法を見てみると、白米15 kgを1昼夜浸漬後蒸し、これと麴9 kg、汲水（もろみや酒母の仕込水を汲水という）18 Lを合わせて人肌（室温）に仕込むとまもなく湧きつくとあるが、乳酸を利用したかどうかは分からない。一方、同じ『御酒之日記』に書かれている「菩提泉」の造りを見てみると、酒母と醪が区別されていないようではあるが、乳酸菌による生酸を利用して雑菌の繁殖を抑え、酵母の増殖を促していることが伺える。その方法は、洗米した仕込用白米15 kgのうち1.5 kgを炊き、冷ましてから箆にいれ、残り13.5 kgの米が浸漬してある中に埋めて浸漬液に乳酸菌を繁殖させ、その浸漬水を仕込水として利用するといったものである。したがって、少なくとも室町時代には乳酸酸性下で酵母を安全に増殖させアルコール発酵を行うという技術が確立されていたことが伺える。ただし、室町時代の仕込容器は陶器の甕や壺であった。その大きさは2～3石入りだったということなので、せいぜい500 L程度の仕込規模だったと考えられる。酒母の必要性は醪の安全醸造、換言すれば貴重な米を無駄にしないためであるので、仕込規模が大きくなるほどその重要性は増す。したがって、この時代の仕込規模では酒母を作る必要性は、まだそれほど高くなかったのかもしれない。

江戸時代になると、諸白造り（麴米、掛米ともに白米を使用する仕込方法）や寒造り（年間のもっとも寒い季節に行われる酒造り）への集中により酒質の向上が図られていくが、これは酒屋の大規模化につながっていった。また、それを可能にしたのが木桶の出現で、『多聞院日記』の記述には、安土桃山時代に10石桶（1800 L）が登場し、『和漢三才図会』に見られる1712年（正徳2年）の仕込では1.5 tほどの仕込が見られるので、25～35石（4500～6300 L）程度の仕込桶が存在していたと考えられる。仕込が大きくなると失敗は許されなくなるので、酒母の重要性も高まってくる。元禄年間の配造りとして『和漢三才図会』には「本醪」（もとのもろみ）として、現在行われている生配にはほぼ近い以下のような方法での酒母製造が記載されている。半切り6枚に水130 Lを汲み分け、

そこに麴36 kgを入れて水麴を造り（「水麴を行う」ともいう）、そこに冷やした蒸米90 kgを入れ、よくかき混ぜる。蒸米と麴がよく水分を吸った後に毎日2～3回糶で配摺り（生配独特の作業で、水を吸った米や麴を糶で摺りつぶす操作、山卸しとも言う）を行い、その後内容物を一つの桶に合わせる。次いで、暖気樽を使った暖気操作を行って、毎日少しずつ品温を上げ乳酸菌の増殖、生酸を促し、さらに品温を上げて湧付を誘導する。仕込時に水麴を行うことと、汲水歩合が若干高いこと以外はほぼ、近代から現代の生配造りと同じである。江戸時代後期には江戸積清酒の主産地が灘に移り、その中で生配造りも汲水をさらに詰める（汲水の量を減らす）などの改良が加えられ、ほぼ現在伝えられている形になったと考えられる。

### 生配の微生物遷移

微生物という概念もなかった江戸時代に完成された生配造りであるが、明治から昭和にかけて多くの研究者によって、清酒酵母が増殖するまでの微生物叢の遷移が調べられてきた<sup>3)</sup>（図3）。まず、仕込時から打瀬期間の低温環境下（6～7°C）では、主に仕込水に由来していると考えられる硝酸還元菌が増殖して亜硝酸を生成する。これとはほぼ同じくして低温増殖性で栄養要求性も厳しくない乳酸球菌が生育し、乳酸を生成する。仕込5日目ごろから暖気を入れはじめ、徐々に品温を上昇させると物量の溶解も進み、栄養要求性が厳しい乳酸桿菌が生育して、球菌よりも多くの乳酸を生成する。仕込当初の生配には主に麴に由来すると考えられる野生酵母や産膜酵母が存在し、打瀬期間には増殖することはないが、死滅せずに存在している。しかし、乳酸酸性、濃糖環境下における亜硝酸の存在により、仕込10日目過ぎにはこれらの酵母は死滅し、また雑菌も乳酸酸性下で淘汰される。亜硝酸に関しては、硝酸還元菌による更なる還元作用や、米のタンパク質が分解することにより生成したアミノ酸と

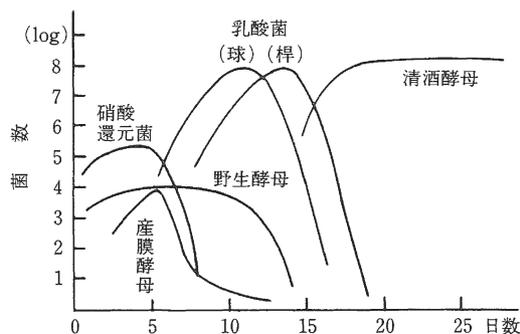


図3. 生配の微生物遷移<sup>3)</sup>

結合するなどして<sup>4)</sup>、次第になくなっていく。したがって、仕込10日目過ぎには乳酸酸性下で乳酸菌のみが存在し、いつでも酵母が生育できる環境ができあがる。このような環境下で以前であれば蔵付酵母が酒母に混入し増殖していったと考えられるが、現在ではこの時点で優良清酒酵母を添加する方法が主流となっている。ここからは清酒酵母の増殖を進めるため(膨れ誘導)に品温をさらに上げていくと(15°Cくらい)、仕込後15-19日目くらいに酒母表面に泡が立つようになる(湧付)。このように清酒酵母が増殖してアルコールを生成すると、乳酸菌も死滅していく。その後、さらにアルコール発酵を進め(12-14%)、品温を下げると、ほぼ純粋に清酒酵母が増殖した(約2億個/g)生酏が完成する。

### 山卸廃止酏, 速醸酏の誕生

話は戻るが、明治に入ると、日本酒造りも西洋の近代科学により解析されるようになる。当初はお雇い外国人、次いで明治前期には主に大学でこのような研究が行われていたが、1904年(明治37年)には国立の大蔵省醸造試験所が設立された。これは当時の酒税収入が国税の3割を占める一方<sup>5)</sup>、腐造(醗に腐造乳酸菌などの有害菌が異常増殖して正常な品質の清酒ができなくなる)のために免税された清酒が醸造高の8.5%に達していたために<sup>1)</sup>、清酒の安定醸造が国家財政にとっても非常に重要な事柄だったためである。腐造の原因として細菌汚染による弱性酒母が推定されたので、設立当初の醸造試験所では酒母の改良の研究が行われ、早くも1910年(明治43年)には江田が「酸訓踊連醸法」という名で現在の速醸酒母を考案した<sup>6)</sup>。考案当初の速醸酏は乳酸を0.5%ほど添加した仕込水に麴と培養酵母を加えて水麴を2-3時間行い、その後蒸米を仕込温度が28-30°Cとなるように投入して仕込開始とし、5-7日間ほどで完成していた。その後、大正末期から昭和の初期にかけて仕込温度を下げ、完成まで10-13日ほどかかる造り方に変化していったようである。また、速醸酒母の発明とほぼ時を同じくして嘉儀らにより山卸廃止酏も考案された<sup>7)</sup>。これは生酏造りで行われる半切桶を使用した山卸を廃止することにより、労力や場所の節約を可能にしたものである。

### 速醸酏と生酏の違いの研究の歴史

速醸酏が生まれると、生酏との違いが観察されるようになった。そのなかで速醸酏の普及速度にもっとも影響を与えたことは「速醸酏は枯らしが効かない(酒母の酏分けから使用までの期間を枯らしといい、この期間を長期間とることができないことを「枯らしが効かない」と

いう)ことであった。従来の寒造りに集中した酒造りでは、冬至酏といって冬至ごろに生酏を立て、それから約1か月間酏造りに集中し、酏造り終了後、醗の仕込を開始し、酒造期終盤では完成して1か月以上経った酏を用いて醗を仕込んでいた。しかし、速醸酏では完成後1週間以上過ぎると急に活性が落ち、醗の仕込が困難になっていた。これは灘の仕込にも現れており、1957年(昭和32年)は速醸酏が発明されて47年経つが、速醸酏の割合はまだ24%であった<sup>8)</sup>。このことに関しては追酏といって、速醸酏を仕込んで約2週間後に醗を仕込み始め、速醸酏の仕込と醗の仕込を同時並行で行うという手段が確立、普及されることによって解消した。

完成した生酏と速醸酏の物料を10°C環境下で10週間枯らししたときの酵母の生菌数を調べた結果<sup>9)</sup>を図4に示すが、速醸酏が急速に生菌数を減らしているのに対して、生酏では10週間経っても10<sup>7</sup>オーダーの生菌数を維持していた。これは先に増殖する乳酸菌が生酏中の不飽和脂肪酸を取り込んでしまうことによって、酵母の取り込める脂肪酸が飽和脂肪酸にほぼ限定され、その結果、酵母の細胞膜リン脂質脂肪酸組成を飽和脂肪酸に偏らせることが原因であると考えられたり<sup>9)</sup>、生酏に多く存在するアミノ酸が枯らし中のアルコール発酵を抑えることが原因であると考えられたりもしている<sup>10)</sup>。

また、成分的に速醸酏と生酏で大きく異なる点は遊離アミノ酸量の違いであった。仕込配合はほとんど変わらないにもかかわらず、生酏のアミノ酸濃度は速醸酏よりも3倍以上高くなるという現象が見られた。この現象に関しては昭和の初めから多くの研究が行われてきた。1932年(昭和7年)の報告では山廃酏(この報告では山廃酏であるが、窒素成分の経過は生酏とほとんど変わ

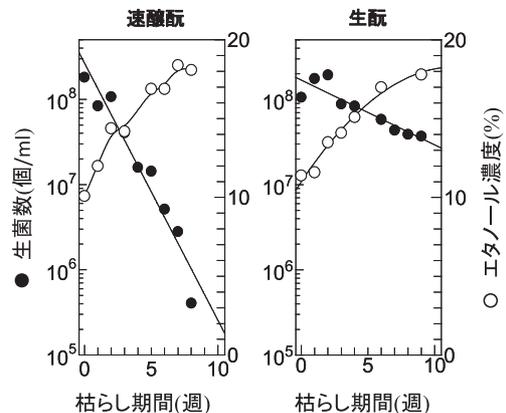


図4. 枯らし期間中の生酏と速醸酏の酵母生菌数の経過 [完成酒母を10°Cで10週間置いておいたときの生菌数(●)とエタノール濃度(○)].

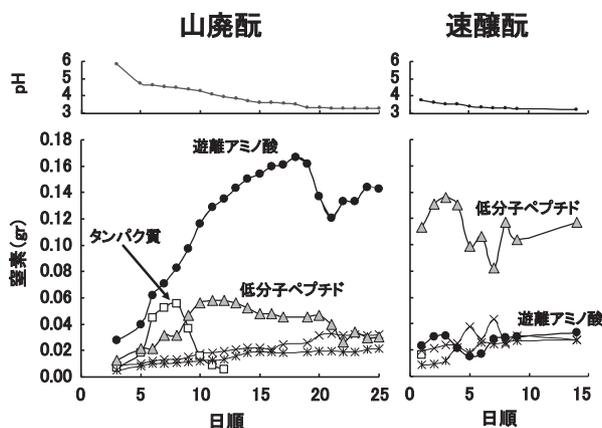


図5. 山麩醗, 速醗醗中の窒素成分経過の比較(杉山らの報告<sup>11)</sup>をグラフ化).

□: 硫酸マグネシウム沈殿画分: タンパク質, \*: 塩化水銀沈殿画分: 劣化タンパク質, ×: 酢酸ウラニウム沈殿画分: 中くらいのペプチド, ●: ホルモン窒素: 遊離アミノ酸, △: 全窒素-上記4画分: 低分子ペプチド

らない)と速醗醗の窒素成分の経日変化が遊離アミノ酸からタンパク質まで沈殿性に基づき、5区分に分類されて(主に分子量で分かれる)分析されている<sup>11)</sup>(図5). それによると、生醗系である山麩醗では遊離アミノ酸が非常に高蓄積されていること、速醗醗では低分子ペプチドが蓄積されていることが示されている.

戦後になり、1956年(昭和31年)には、乳酸菌のペプチダーゼが生醗の著量の遊離アミノ酸の原因であるという説が示され<sup>12)</sup>、1959年(昭和34年)には、生醗では乳酸菌によりpHが徐々に低下していくことが原因であるという説も唱えられた<sup>13)</sup>. また、1968年(昭和43年)には、常に酸性条件下の速醗醗ではプラスに荷電したタンパク粒をマイナスに荷電したデンプン被膜が包み込みプロテアーゼの進入を阻害するのに対し、生醗では中性時にタンパク粒がマイナスに帯電するため、デンプンに包み込まれず、プロテアーゼが進入しやすくなり分解されるという説<sup>14)</sup>や、生醗の埋飯によるデンプンのβ化や山卸による消化補助が、α化デンプンによるタンパク粒のファンデルワールス力による吸着を阻害するためにプロテアーゼの作用が受けやすくなるという報告<sup>15)</sup>もなされた.

近年においては、速醗醗のような低pH下では麴の酸性プロテアーゼの活性が強いため短時間のうちにアミノ酸2-3分子からなる低分子ペプチドが生成するが、このように小さいペプチドは麴の酸性カルボキシペプチダーゼの基質とならないことにより遊離アミノ酸が少なく、乳酸菌生育前の生醗のような中性の濃糖環境下では酸性プロテアーゼの活性が限定的に抑えられるため高分子の

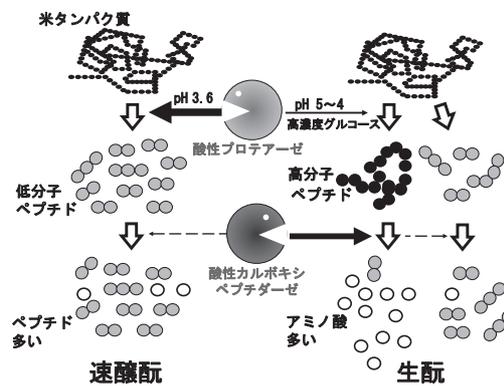


図6. 生醗と速醗醗のタンパク分解過程の相違

可溶性タンパク質が溶出し、これが酸性カルボキシペプチダーゼの良好な基質となることにより著量の遊離アミノ酸が生成していることが明らかとなった<sup>16,17)</sup>(図6).

### これからの生醗研究

生醗そのものに対する研究は多く行われてきたので、今後は生醗が酒質に与える影響に関しての研究が期待される. 生醗に含まれる著量のアミノ酸が酵母のペプチド取込能を阻害するために生成酒では逆にペプチド含量が増えるといった報告<sup>18)</sup>もあるが、研究例はまだ少ない. 最近、微生物間の相互作用として、乳酸菌によって酵母の糖質化性が変化することが報告されているが、このような現象が生醗の中で起こり、酒質に変化を与えているとしたら非常に興味深い<sup>19)</sup>. 一方、生醗において酵母は優良酵母の添加がほとんどであるが、乳酸菌は自然に生えてくるものを利用するので、全国の生醗を見れば多様な乳酸菌株が生えていると思われる. 酒母末期には乳酸菌は死滅しているが、その代謝産物や菌体残渣は清酒や酒粕に含まれ、長年の食経験もあるので、新たな機能性を持つ乳酸菌の分離源として捉えた研究も進むと考えられる.

### 復活する生醗

生醗造りは1982(昭和57)年度には灘においても採用社が2社(一部採用を含む)となっていた<sup>8)</sup>. しかし、現在の正確な統計資料は持ち合わせていないが、2018年現在、多くの蔵で生醗造りを復活させたり、新たに挑戦したりする事例が増えているようである. 日本名門酒会のホームページ<sup>20)</sup>の商品検索で生醗と書いてある商品を検索したところ84社中13社でそのような商品を発売しており、楽天で検索しても重複は多いが300アイテム以上がヒットした. 生醗に関する勉強会やセミナーなども開かれるようになってきている. 筆者は20年程前

に当社の季節従業員から「夏の講習会に行っても生酀の話などしてもらえないし、誰かと話そうと思っても、誰もやったことがない」と言われたことがあるが、隔世の感である。

筆者が知る生酀は灘地区で確立された丹波流の生酀であり、原料も山田錦を使ったものがほとんどである。気候風土が違う他の地区や、異なる原料米を用いれば、また違った生酀が生まれると考えられる。さらに、醪や上槽（醪を新酒と酒粕に分離する工程）後の操作でも、生酀の風味をどう生かすかは各酒造メーカーによって異なってもおかしくはない。そのようにして、生酀を用いたさまざまなタイプの日本酒が生まれ、楽しむことができるようになれば、清酒は醸造技術だけでなく商品としても発展していけるのではないだろうか。

文 献

- 1) 加藤弁三郎編：日本の酒の歴史, p. 43, 協和発酵工業 (1976).
- 2) 日本農芸化学会編：お酒のはなし, p. 43, 学会出版センター (1994).
- 3) 秋山裕一：酒づくりのはなし, p. 112, 技報堂 (1983).
- 4) 佐藤和夫ら：日本醸造協会誌, **111**, 167 (2016).
- 5) 国税庁：平成28年3月酒のしおり, p. 12, (2016).
- 6) 江田鎌治郎：醸試報, **25**, 22 (1909).
- 7) 嘉儀金一郎ら：醸試報, **29**, 277 (1909).
- 8) 灘酒研究会 編：続灘酒, p. 111, 灘酒研究会 (1988).
- 9) 溝口晴彦：生物工学, **76**, 122 (1998).
- 10) 佐藤俊一ら：日本醸造協会誌, **84**, 183 (1989).
- 11) 杉山晋朔, 長橋 清：醸試報, **115**, 99 (1932).
- 12) 杉田 脩ら：醱酵工学, **34**, 138 (1956).
- 13) 秋山裕一：日本農芸化学会誌, **33**, 1 (1959).
- 14) 竹内五男ら：日本農芸化学会誌, **42**, 294 (1968).
- 15) 竹内五男ら：醱酵工学, **47**, 102 (1969).
- 16) Iemura, Y. *et al.*: *J. Biosci. Bioeng.*, **88**, 276 (1999).
- 17) Iemura, Y. *et al.*: *J. Biosci. Bioeng.*, **88**, 531 (1999).
- 18) Yamada, T. *et al.*: *J. Biosci. Bioeng.*, **99**, 383 (2005).
- 19) 渡辺大輔ら：日本生物工学会大会講演要旨集, p. 114 (2017).
- 20) 日本名門酒会：<http://www.meimonshu.jp/> (2018/7/26).