

清酒造りと「熱」
 “Heat” in sake brewing

秦 洋二（月桂冠）

Yoji HATA (Gekkeikan Sake Co., Ltd.)

e-mail: y_hata@gekkeikan.co.jp

1. はじめに

我が国で最初にお酒が造られた正確な年代は定かではないが、「清酒造り」は少なくとも2000年以上の歴史を持つと言われている。3世紀の中国の史書「魏志倭人伝」は、卑弥呼の邪馬台国の記述で有名だが、その他に当時の日本人（倭人）の生活習慣が幾つか書かれている。お酒に関しては、「・・・歌舞飲酒す。父子男女別なし。人性酒を嗜む。」とあるように、我々の祖先もお酒をこよなく愛していたことが示されている。

ただ、現在我々が嗜んでいる清酒が当時から飲まれたいたわけではない。2000年の歴史のなか、様々な技術革新を経て、現在のような「美味しいお酒」を造ることができている。まさしく清酒造りとは、我々の先人達の長年の技術が結晶した貴重な技術遺産である¹⁾。

清酒醸造とは、酵母や麹菌を用いた微生物醗酵によって造られるため、一見「伝熱」とは無関係に見える。ところが、清酒を造るためには「熱」は欠かせない。まず、原料である白米は、加熱して、酵母や麹菌の分解・醗酵が起こりやすいように処理しなければならない。次に、できあがったお酒を「火入れ」と呼ばれる加熱処理にて殺菌し、保存性を高め、香味を調える工程も重要である。さらにお酒を温めて飲む「お燗」にも、熱が必要である。清酒のように暖めて飲む酒類は、世界中でも例は少なく、これも我々の先人が見出した貴重な飲酒スタイルである。清酒は様々な酒類の中でも、最も「熱」と関



図1 伝統技術で造られる清酒

わり合いが深いお酒なのかもしれない。

ここでは「酒造り」工程を概説しながら、「お酒造り」と「熱」との関係について述べてみたい。

2. お酒の造り方

2.1 世界3大醸造法

我が国の酒税法では、お酒とは「アルコール分1度以上の飲料」と定められている。酒屋さんやスーパーマーケットに出向くと、様々なお酒が店頭をにぎわしている。ただもともと地球上にはアルコール（エタノール）という分子は、ほとんど存在せず、これら酒類のアルコールは、全て酵母の醗酵によって、人間が生み出したものである。このアルコールを、何から、どのように作るかによって様々な酒類の分類ができる。

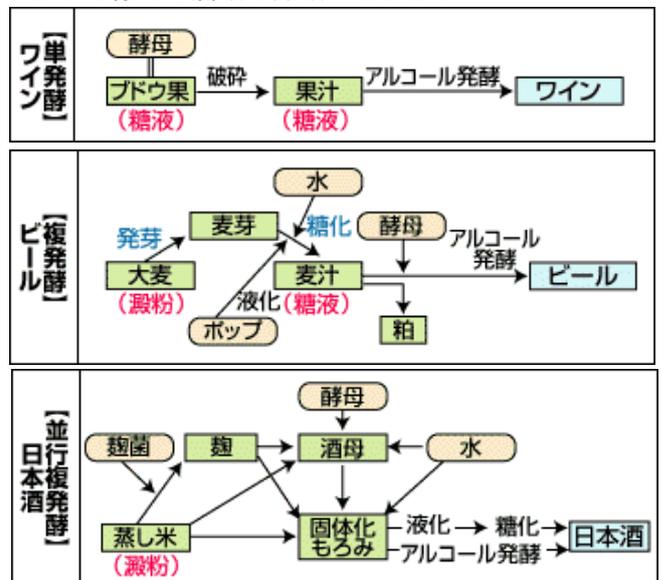


図2 世界三大醸造酒の造り方

図2には、代表的な醸造酒の製造方法の概略を記載する²⁾。酵母は糖分をアルコールに変換することによってエネルギーを獲得するため、糖分を含む原料を酵母に与えるとお酒ができる。例え

ばワインなどの果実酒では、原料中に糖分が含まれているため、果汁に酵母を混ぜるだけでアルコール発酵ができる。ビールの原料である大麦中のデンプンはそのままではアルコール発酵できないので、あらかじめ麦芽の酵素によってデンプンを糖分に分解してから酵母によってアルコール発酵を行う。一方清酒では、原料の米デンプンを麹菌というカビの酵素を用いて糖分に分解して、アルコール発酵を行う。清酒醸造の複雑な点は、このデンプンから糖分へ分解する工程と酵母によるアルコール発酵の工程を同時に並行して行うことである。どちらかの工程が進みすぎても、正常な醗酵ができず、麹菌と酵母の働きを上手くバランスをとることが重要である。このように清酒醸造は、他の醸造酒に比べて、製造法が複雑であることが分かる。ワインでは美味しさの秘訣は、「良いブドウ(原料)」であるのに対し、清酒では「良い杜氏(製造者)」が美味しいお酒を造るとされていることにもそのポイントが表されている。

3. お酒を造るための「熱」

3.1 原料米処理と加熱

清酒の製造法を図3に示す。清酒造りは、まず米を精白する工程からはじまり、発酵工程・熟成工程・ビン詰工程と約1年間かけて造られる。その間、酵母と麹菌という2種類の微生物を巧みに操りながら、香味のバランスの取れた清酒が生み出される。純米酒でたとえるなら、白米1kgから一升瓶一本の清酒を造ることできる。実はお酒とは、お米を贅沢に使用した飲料なのである。

先に述べたとおり、原料米は加熱してデンプンを「やわらかく」しないと麹菌の酵素による分解ができない。デンプン質は生(非加熱)の状態では、



図3 清酒の製造工程

は、酵素の分解を非常に受けにくい結晶化構造をとっている。これを加熱処理し、結晶構造をアルファ化状態に変えることにより、酵素とデンプン分子の接触が可能となり、デンプンを糖分に分解することができる。我々が生米を食べても消化されないが、炊飯した米を食べると唾液のアミラーゼなどの酵素で分解されて栄養分になることと同じ理屈である。ただ、清酒造りでは、米は「炊く」のではなく、「蒸す」ことによりアルファ化する。ただ、この「蒸す」技術が非常に重要で、なおかつなかなか難しい。

3.2 お米を「蒸す」

蒸した米(蒸米)は、清酒造りの基本原料である。この蒸米に麹菌というカビを生育させて、デンプンの分解などに必要な酵素を生産する。また仕込みに必要な酵母を純粋に調製する「酒母」工程にも蒸米を使用する。そして、蒸米のほとんどは、もろみ発酵工程にて、主原料として投入され、蒸米中のデンプンが分解されアルコールが作られる。この蒸米の出来は、水分含量に大きく影響される。水分が多すぎると、柔らかい蒸米になり、仕込み工程で溶けすぎたり、麹菌の酵素が上手く生産されなかったりする。一方硬すぎる蒸米は、仕込みで溶けにくいだけでなく、「生蒸」と呼ばれて生デンプンが残ってしまう危険性もある。酒造りは、「外硬内軟」が理想の蒸米と呼ばれ、外側が硬く、内側が柔らかい蒸米が望まれている。そのためには、あらかじめ白米に吸収させる水分を調整し、また蒸米時間や蒸気量などを調整しながら、まさしく「経験」と「勘」をもとに理想の蒸米を目指した酒造りが行われる。職人達は、できたての蒸米を手でこねながらその硬さ・粘り気・水分などを感触で判断する。図4のように蒸したての熱い蒸米の感触をみて、さらに「ぶんじ」と呼ばれる木製の板を使って、手のひらでこねながら餅状にしていく。これを「ひねり餅」と呼び、蒸米の出来を判断する方法として現在も受け継がれている。



図4 蒸米の評価

3.3 お米を「融かす」^{3),4)}

一方、我々は、米を「蒸す」代わりに「融かす」方法の開発に成功している。まず白米を粉碎し、耐熱性のアルファ化酵素を用いて、加熱処理と酵素処理を同時に行い、米デンプンを一気にスラリー状にまで分解する技術である。図5に示すように、米を融かしても、デンプンは完全に分解されるわけではなく、グルコースが数個繋がったオリゴ糖が生成されるため、清酒醸造の特徴である糖分の分解とアルコールの発酵が同時に行われる「並行複発酵」を行うことができる。この米を溶かす仕込みの特徴は、(1)蒸米のような固形が含まれないため、仕込み槽内を均一にすることができる。(2)その結果、非常に精密な温度管理・サンプリング可能となり、制御品質が向上する。(3)白米の溶解度が非常に高いため、デンプンの利用率が向上する。などがあげられる。

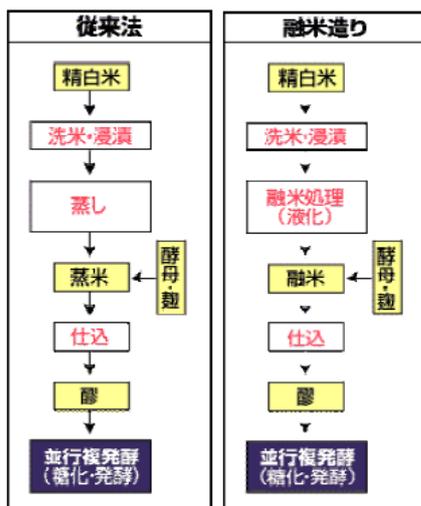


図5 融米造りの特徴

お酒を融かす技術が開発されて、清酒造りも大きく様変わりしている。図6は、弊社の屋外大型発酵槽である。従来の蒸米を使った酒造りでは、このような大型発酵槽で仕込みを行うことはできない。固形分が混ざった状態では、混合・攪拌はできないからである。しかし、米を融かすことにより、このような大型発酵槽であっても、槽内の原料分布を均一にでき、緻密な制御を行いながら、目的の品質の清酒を造ることができる。従来の職人(杜氏)の経験と勘と現在の食品加工技術を融合させて生み出された新たな清酒醸造技術である。



図6 大型発酵タンク

4. お酒の品質を保つ「熱」

4.1 お酒の殺菌「火入れ」

清酒造りの発酵工程でのもろみはまだお酒ではなく、もろみを搾って固形分を分離して初めて清酒が生まれる。その後、ろ過工程により、搾り工程では取り除けなかった酵母などの微生物が除去され原酒ができあがる。ちなみにこの段階の原酒のアルコール度を調整したものが生酒である。ただこの原酒中には、麹菌の酵素はまだ残っており、保存中に様々な酵素反応により酒質が変化する可能性がある。また乳酸菌などが混入して、お酒が腐ることも考えられる。乳酸菌の中にはアルコールが10%以上含まれる清酒でも生育できる火落菌が存在し、過去には多くの清酒がこの菌により腐造した経験を持つ。

清酒を加熱して微生物を殺菌し、麹の酵素の働きを止める操作を「火入れ」と呼ぶ。火入れは、清酒の品質を安定させるだけでなく、加熱後の熟成によってお酒を「まろやか」にする効果もある。一般的にこの火入れ操作は、65度くらいの温度で20分程度行う。いわゆる低温殺菌法である。これは、1862年にパスツールがワインの殺菌方法として開発したパストリゼーションと同じ方法である。しかし清酒の場合は、室町時代の多聞院日記(室町時代)に「酒を煮て樽に入れおわる」などの記述が残されているように、パスツールを遡ること300年前から低温殺菌法が実施されていた。この点においても、先人たちの努力と発想に頭が下がる思いである。

このようにお酒の品質を保つためにも「熱」は欠かせない。

5. お酒を美味しくする「熱」

5.1 お燗のお酒をいかが

清酒を温めて飲む「燗酒」は、日本独特の飲酒文化である。赤ワインを温めて飲むグリユワインもあるが、これはワインに香辛料やシロップなど加えた「ホット専用」の飲み物である。清酒のように同じお酒を、低温・常温・暖温のように幅広い温度帯で飲む習慣は、あまり例はない。図7に飲酒温度とお酒の呼び名の一覧を示す。なるほど、様々な呼び名がつけられていると感心してしまう。

お酒を温めて飲むことは、カラダを暖めるばかりか、アルコールの吸収が早くなり、さらにお鍋などの暖かい料理との相性が高まるなどの効果がある。弊社のHPでも、「燗酒のすすめ」が公開されているので、ぜひ一度ごらんいただきたい⁵⁾。

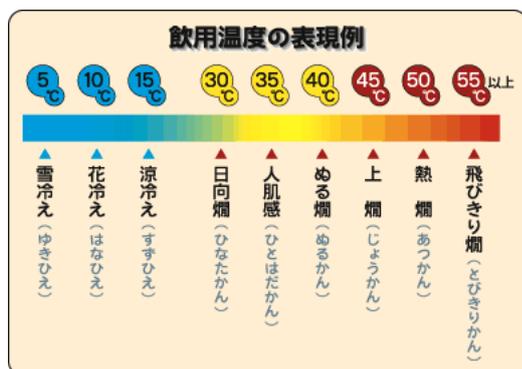


図7 清酒の飲用温度の表現例

5.2 お燗のつけかた

お燗のつけかた（暖め方）は様々である。料飲店などでは、酒燗機のような専用機によって、一升瓶のお酒から瞬時に暖かいお酒を徳利に注ぐことができる。また「ちろり」と呼ばれる錫製の容器にお酒を入れて、これを湯煎で暖める方法でも美味しいお燗ができあがる。一方家庭で燗をつけるには、電子レンジを利用することが圧倒的に多い。著者も含めて「レンジでチン」にお世話になっている左党も多数いるのではないだろうか。

図8に電子レンジにおける加熱時間とお酒の品温との関係を示す。伝熱のご専門の方には当然であるが、加熱時間に比例して温度が上昇する。季節によって最初のお酒の品温が異なるので、季節ごとに加熱時間を決めておけば、いつでも一定の温度の燗酒が得られる。しかし徳利にお酒を入れて加熱する場合に、大きな問題点がある。加熱ム

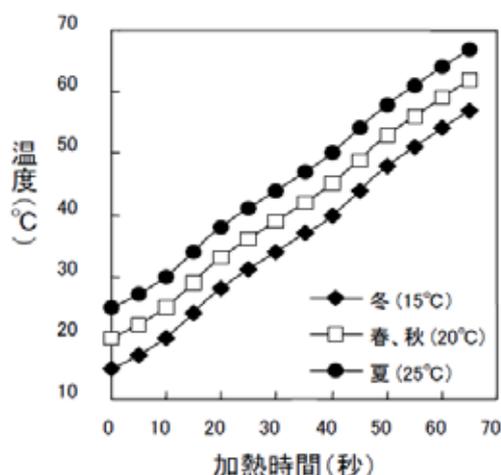


図8 電子レンジ加熱による品温上昇経過

らである。図9に一合徳利を市販電子レンジで加熱した場合の温度分布を示すが、首部分が極度に過加熱されていることがわかる。80 にまでも加熱されていれば、首部を持って火傷をする恐れもある。この過加熱現象は、首部の電力密度が高くなるが原因（エッジランナウェイと呼ばれる現象）で、マイクロ波の効果を集中させないような形状に変更する必要がある。

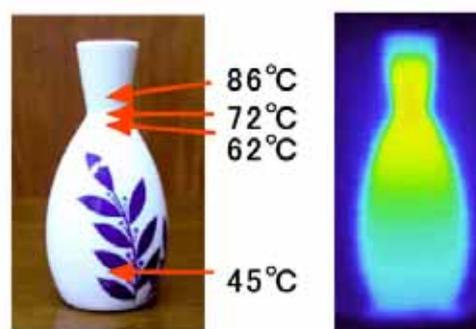


図9 電子レンジ加熱した徳利の温度分布

5.3 電子レンジ専用徳利の開発⁶⁾

そこで三洋電機電化事業部の協力を得て、電子レンジで加熱ムラのおきにくい徳利の開発を行った。三洋電機のスーパーコンピューターにより電子レンジ庫内の電磁波分布をシミュレーションし、加熱ムラが起こりにくい形状を推定し、図10に示すA~Cの形状の徳利を試作し、評価した。これらいずれも容器内の温度差は非常に少なく、目的の加熱ムラの起こりにくい徳利の要件を満足した。しかし、徳利には加熱特性のような機能面だ



図 10 徳利の試作品の形状

けでなく、注がれた酒を美味しく感じる「感性」も必要である。これら人間の感性を含めて再度デザインを検討して試作を行った徳利が、D~Fである。その中で最も加熱適性の良好であったタイプFを「電子レンジ用徳利」として商品化した。徳利の販売自体に大きな利益があるものではないが、お客様にお酒をより美味しく味わっていただくことに貢献できればと考える。図 11 に完成した電子レンジ用徳利の形状を示す。



図 11 電子レンジ専用徳利（月桂冠）

6. おわりに

先にも述べたように、清酒と熱との関係は意外と深い。熱がなければ、美味しい清酒いや清酒自体を造ることはできないだろう。ただこのようなお酒と加熱との関係は、一朝一夕にできあがった

わけではなく、先人たちの多くの試行錯誤の結果生み出されたものである。火入れ技術の発見の項で述べたように、我々の伝統技術の中には、西洋技術を先んずるものが多数存在している。ただ、その技術の根拠を科学的に証明する習慣が薄く、西洋の近代自然科学に先行発明を譲ってしまっている。

実は著者の専門は、醸造微生物の分子生物学である。遺伝子を中心とした分子生物学によって、清酒醸造のメカニズムを解明し、その貴重な技術資産に科学的証明を与えることに喜びを感じている。既に、米麹のような固体基質に微生物が生育する際の遺伝子発現を明らかにし、清酒造りの米麹培養がいかにか「理にかなった」ものであることの証明に成功している。今回投稿させていただいた「伝熱」は我々の業界とは、全くの異分野である。醸造技術の素晴らしさに多少なりともご共感をいただき、これらの科学的証明にお力をお貸しいただける伝熱研究者の方を希望しています。

最後になりましたが今回の特別寄稿をご推薦いただきました京都大学大学院・吉田英生先生に厚く感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 秋山裕一，日本酒，岩波書店（1994）
- [2] 日本醸造協会編，改訂清酒入門，醸造協会（1995）.
- [3] 今安聡 杉並孝二，安部康久，川戸章嗣，大石薫：新しい清酒製造法の開発 生物工学 71 (1993) 29.
- [4] Oishi, K. et al: Application of Fuzzy Control to Sake Brewing Process, ICE, **Fev / Mar** (1992) 10.
- [5] 月桂冠ホームページ：
<http://www.gekkeikan.co.jp/enjoy/encyclopedia/index.html>
- [6] 中野真知，秦洋二：徳利の電子レンジ適性について 醸造協会，98，(2003) 168-174