

# 酒造りとキノコ栽培

富 樫 巖

## はじめに

縁あって、合同酒  
精株式会社旭川工場  
にて日本酒造りの体  
験実習をさせていただ  
きました。著者は、  
林産試験場で主に食  
用菌栽培の試験研究  
業務に携わっていま  
す。酒造りとキノコ  
栽培は、出来上がる



製品から考えるとまったくの異種分野です。しかし、両者ともに微生物の能力を利用するという共通点があります。今後の食用菌栽培の試験研究に活用できる何かを学び取るという思いを胸に、酒造りの実習に臨みました。

ここでは、日本酒造りの製造工程に従い、簡潔に酒造りの技術を説明しながら、キノコ栽培技術との相違点などについての著者の考えや、研修体験から感じた点をまとめてみました。

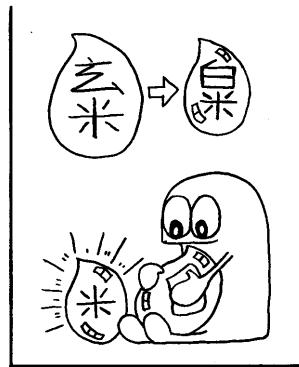
## 精米

最初は、まず原料の処理、酒造米の精製です。通常、ご飯に用いられる米の精米歩合は90%（すなわち、玄米の10%を米ヌカとして取り除く）くらいです。しかし、ここでは70%くらいまで精米します。これは、玄米の外層部にたんぱく質や脂肪などが多く含まれているため、可能なかぎりこれら除去し、精製白米のでんぷん含量を上げるためです。これにより、良質の銘酒が作れるので

す。吟醸酒と呼ばれる高品質清酒では、精米歩合が40~50%にも達します。

精米することにより米は削られていきますから、通常の米を用いたのでは、仕上がり米があまりにも小さくなってしまいます。ですから、粒が大きくて日本酒造りに適した酒造好適米と呼ばれるものがあります。山田錦や雄町がこうした酒造好適米です。

キノコの菌床栽培では、精米工程から得られる米ヌカを用います。米ヌカに含まれるたんぱく質、脂肪、ビタミン、灰分をキノコの栄養源とすることで、短期間の栽培を可能にしています。

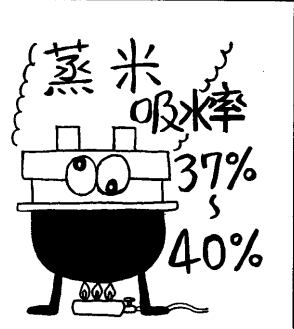


うまいものを作る  
ことと、短期間に微  
生物を効率良く増殖  
させることは一致し  
ないのでしょうか。  
そういえば原木栽培  
は時間がかかります  
が、ひとあじ違うキ  
ノコが収穫できるよ  
うに思えます。

## 蒸し

白米は、洗浄し水に浸せきした後、コシキで蒸  
されます。コシキとは『せいろ』を大きくしたよ  
うなもので、米を蒸す道具のことです。出来上が  
った蒸米石は麴を作ったりそのまま掛米(酒母やモ  
ロミに入れる蒸米、酒母とモロミの説明は後述)  
として用います。ですから、コウジ菌が生えやす

いように米を蒸し上げなければなりません。ここで大切なことは、蒸米の吸水歩合(水分)を正確にコントロールすることです。一般的に、吸水歩合が37~40%であると良い蒸米といわれています。



生米では固すぎてコウジ菌が食い付けませんし、かといって私たちが食べておいしいようなご飯の吸水歩合にしてしまうと、水分が高すぎて雑菌が取り付いてしまうからです。コウジ菌が最も喜ぶ水分に調節した蒸米を作る技術が求められます。

微生物の培養では基質の水分、専門用語でいいますと水分活性の調整が大切です。キノコ栽培においても原木、ホダ木、ノコズ培地の水分、さらに栽培空間の湿度にも細心の注意を払わなければなりません。ノコズを用いる菌床栽培では、使用するノコズが広葉樹と針葉樹では培地の水分の値が異なることとなります。培地の水分を常に65%にすればよいと思っている人がいますが、正確には培地の中でキノコが利用できる水分量を一定にすることが大切なのです。難しい言い方をすると、培地水分はその培地の最大保水量以下であり、かつ栽培するキノコが望む自由水量を確保しなければなりません。今後、こうした水分量を表す客観的な物差しについて研究しなければなりません。キノコ栽培技術はまだ経験と勘に頼っている部分が多いため、理論的裏付けを急務とすべき課題が山積みです。

### コウジ

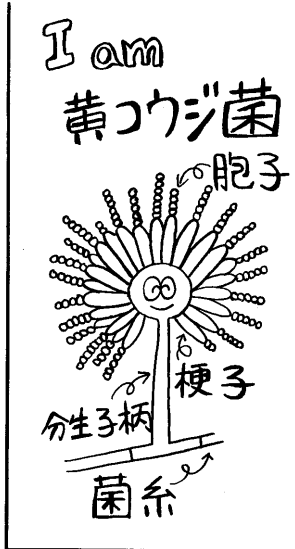
次に麹を作ります。大昔には、蒸した米を口の中でかむことにより糖化を行っていました。つまりだ液の中にあるデンプン分解酵素を経験的に利用していたのです。しかし、この方法では雑菌が繁殖し良い酒ができないのです。

現在の糖化技術としては、カビの一種の黄コウ

ジ菌(アスペルギルス・オリゼ)を蒸米に繁殖させて麹というものを作り、その働きを利用しています。麹作りの第一歩は蒸米に黄コウジ菌を接種することです。コウジ菌の種はタネコウジまたはモヤシと呼ばれており、専門店から購入します。このタネコウジは木灰を混合した低精白米培地に黄麹菌を接種し、十分に胞子ができるまで培養したのち乾燥したものです。木灰はアルカリ性ですから雑菌が発生しにくく、かつ黄コウジ菌の胞子形成促進能を有しています。黄コウジ菌の接種作業はこの胞子を蒸した米に散布することなのです。

麹の培養は28 前後の部屋で2日間行います。培養中の麹自体の温度を30~40 の範囲にコントロールします。そして、均一な麹を作るために『切り替えし』や『手入れ』(いずれも麹の攪拌操作)を行います。麹の培養室は、清潔にして消毒を十分にしていますが、完全なクリーンルームではありません。ですから黄コウジ菌以外のカビ類、酵母、細菌などが培養室の空气中に存在しています。

それなのに黄コウジ菌のみが優勢に生長する秘密は温度コントロールにあります。一般のカビ類と酵母は25~30 ,細菌は40 を好みます。これに対して、黄コウジ菌は32~36 を好むのです。ですから、カビ類、酵母、細菌が好む温度をはず



れたはずの温度で黄コウジ菌を培養すればよいのです。

蒸米に黄コウジ菌以外の雑菌が入っても、それらが増えなければよいのです。ですから仕上がった麹の一部をサンプリングして適当な培地を用いて培養するとコウジ菌の他に雑菌も出てくる可能性があります。

出来上がったコウ

ジ米はコウジ菌の菌糸で表面が白くなっています。この状態を破精と呼びます。コウジ米の表面だけでなく内部にも総体に菌糸が破精込んでいるものを総破精、表面には菌糸の生えていない部分が残っているが米の内部にはしっかりと破精込んでいるものを突き破精といい、ともに良い麹とされています。一方、米の表面にだけ菌糸の生えたヌリ破精や総破精が進み過ぎて菌糸だらけになり米がもろくなったバカ破精などはよくありません。このように菌糸の生え具合（破精込み具合）で、麹の良否が判断できます。

キノコ栽培においても、原木栽培・菌床栽培にかかわらず接種したキノコのみが生長するように細心の注意を払います。しかし、完全無菌の環境で培養や芽出し生育などを行うわけではありません。雑菌や害菌が発生し、接種したはずのキノコが生長しなくなるということが生じます。

では、こうしたトラブルがなくて、キノコが思いどおりに生育した培地には全く雑菌や害菌が存在していないのかといえば、答えはノーです。キノコが元気であって、雑菌、害菌が増える環境条件が整っていなければ大丈夫なのです。最近、菌床シイタケの栽培が盛んです。この菌床シイタケの芽出しと生育操作においては、他の栽培では考えられない雑菌や害菌とのし烈な戦いがあります。芽出し操作以降、菌床を裸にするため、ホダ木のように樹皮にあたる部分が存在しません。アオカビと呼ばれるペニシリウムやツチアオカビと呼ばれるトリコデルマが菌床表面に付いて生長し、シイタケ菌糸を弱らせてしまいます。

特に、トリコデルマはシイタケの菌糸を溶解してしまう最も恐ろしい害菌です。トリコデルマはシイタケより高湿度を好みます。ですから過湿を避け、可能なかぎりシイタケの好む環境を維持してシイタケの活性低下を防ぐようにします。また栽培環境の清潔さにも注意を払う必要があります。薬剤に頼ることのみが防菌防黴技術でないことを酒造りの体験から再認識しました。

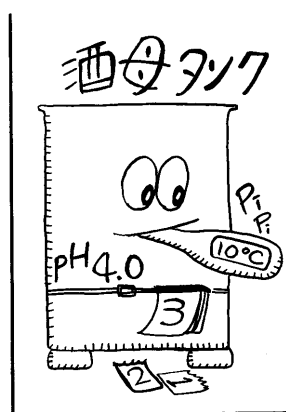
## 酒母

酒母は『もと』ともいい、モロミ（説明は後述）のアルコール発酵を行うときに必要な酵母を大量に培養するものです。酒母の原料は掛米と麹と水の三つです。そして、酒母の製造は開放系で行います。したがって、上記の麹作りと同様に雑菌対策が重要になります。

そこで、酵母の仕込み時に乳酸を添加しpHを4以下にして、酒母の発酵を行う速醸酒母と呼ばれる方法が現在一般的に用いられています。日本酒の酵母はこのようにpHが低い環境においても増殖することができますが、これ以外の微生物は特殊な細菌以外増殖することができません。つまりpHのコントロールにより雑菌対策を行っているのです。この方法は明治の末期に江田鎌治郎が考案しました。もうひとつ雑菌対策に大切なことがあります。酒母室、酒母タンク、そしてこれらに付随する種々の道具を清潔にすることです。一に清潔、二に殺菌をモットーにします。

では、速醸酒母の製造方法について説明します。酒母作りは、温度を5~7℃とした部屋に酒母タンクを置き、水と麹、さらに乳酸や酵母などを加えて『水麹』を作り、1~2時間おきます。そして、コシキで蒸した掛米をタンクに投入して酒母の仕込みを行います。この時、蒸米の品温を利用して酒母全体の温度を20℃前後に設定します。

室温が低い場合、酒母の品温は徐々に下がり、仕込み後3日目には10℃前後になります。この期間をウタセと呼び、温度低下により酵母の増殖を押し止めて蒸米の糖化を優先して行うのです。その後、徐々に酒母を加温して酵母を増やします。品温が15℃くらいになると発酵が盛んになり炭酸ガスが発生するフクレと呼ばれる時期に入ります。そして、仕込み後6~9



日において品温を20~22 に保持します。この期間はワキツキ時期とよばれ、酵母が飛躍的に増殖する時期です。酒母1mlあたり1~3億個程度の酵母数になっています。ここで、酒母の品温を室温まで下げ4~7日間そのまま酵母を休ませるモトワケに入ります。これは酵母の定常期であり、酵母数はほぼ一定のままです。しかし、酒母のアルコール含量は10度から12~13度まで上昇します。これで、酒母作りが終了します。酒母を仕込んでから仕上がるまでに約14日くらいです。

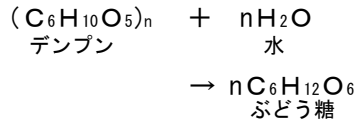
キノコ栽培の種菌作りでは、完全殺菌した培地に目的とする菌を接種し、雑菌が混入することのないように培養します。酒母作りが開放系で行われるのに対し、キノコの種菌作りは閉鎖系で行っているといえます。培養中、種菌の培養瓶に雑菌が入ったものは廃棄します。

天然に生えているキノコは、雑菌が多種多数存在している中で生長したはずですが、しかし、経済的にキノコを人工栽培するためには、無菌培地を作り、雑菌が混入しないようにキノコの種菌を接種・培養することになります。酒母作りを体験して考えたことは、完全殺菌まで行わず、ある程度消毒した培地を用いてキノコを培養できないものかということです。キノコの雑菌を押さえるキノコの共生菌を見つけ出して、キノコ栽培に利用するのです。長い期間をかけて完成した日本酒造りの技術には、いろいろと学ぶことがあると思いました。

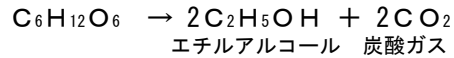
### モロミ

いよいよ酒造りに入ります。酒造りの本発酵がモロミの発酵です。原料は、酒母、麴、蒸米、そして水です。これらを、ほうろう引き、またはステンレス製の開放タンクに入れて発酵させます。仕込みが終わったタンクの中のモロミでは、麴による掛米（デンプン）の糖化反応と酵母によるアルコール発酵反応が平行して行われています。したがって、このような発酵形式を並行複式発酵といいます。

### 糖化反応



### アルコール発酵反応

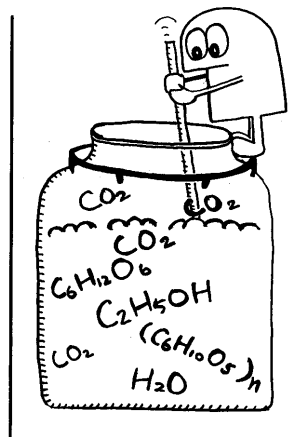


開放タンクを用いて、こうしたモロミの反応を確実にを行うために3段仕込みと呼ぶ技術を用います。つまり、4日間をかけて各原料（麴、掛米、水）の仕込みを3回に分けて行うのです。最初の仕込みを『初添』<sup>はつそ</sup>といひます。初添には、上記の原料と種菌に当たる酒母も加えます。2日目は『踊り』<sup>おどり</sup>といひ仕込みを休みます。これは、酵母の増殖をスムーズに行わせるためです。3日目に2回目の仕込み『仲添』<sup>なかつそ</sup>、そして4日目に最後の仕込み『留添』<sup>とめそ</sup>を行います。

モロミの温度は、初添は14、仲添は9~10、留添は7~8 と順次低くします。この理由は、モロミを開放タンク中で発酵させていくことから、酵母にとって有害な細菌が入り込んで増殖することを防ぐためです。留添後、モロミの品温は、酵母の発酵熱により上昇します。留添の仕込みから8~9日目に15~16 となります。この温度がモロミの最高温度なのです。この温度は5~6日保持され、発酵が終わるとモロミの温度は低下し7~8 となります。こうしたモロミの発酵は

20~22日で終わり、そのアルコール分は18~19度に達します。

酵母は25 前後の温度で盛んに発酵を行います。それなのに、モロミの品温は最高で16 に押さえます。これは、掛米の糖化・溶解反応とアルコール発酵のバランスをとるため



す。こうした低温発酵を行うことにより、おいしい日本酒が作られるのです。

モロミの発酵はキノコ栽培の培養に当たる工程です。モロミは3回に分けて仕込むことを述べましたが、キノコの菌床栽培において仕込みは1回しかありません。最初に仕込んだノコズと栄養源（米ヌカ、フスマ）のみでキノコは菌糸を伸ばし、さらに子実体を形成するのです。

最近、菌床シイタケ栽培が注目をあびていることを述べました。この栽培では、他のキノコ栽培と異なり、一つの菌床から3～5回もの収穫をします。培養を開始した時からすべての収穫が終了するまで、短いものでも3か月を要します。この間、菌床には水を補給（2回目以降の子実体形成を誘導するために菌床を浸水する）するのみです。

モロミの発酵方法から、思い付いたことがあります。それは、この菌床シイタケ栽培において、1回目以降の収穫を終えた菌床に栄養を追加で仕込めないかということです。この狙いは、キノコの収穫を上げるためです。大切なことは補給の方法の確立です。一つの例として、菌床の浸水時に用いる水の中に栄養源を溶かし込み、浸水終了後に表面を洗う（雑菌・害菌対策のため）方法があります。これはシイタケの原木栽培で用いられています。今後こうした追肥の研究をしてみたいものです。

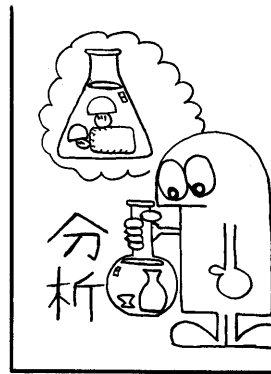
## 分析

酒造りの生産管理工程においては、科学的分析が重要な役割を果たしています。昔の酒造りでは、経験者の五感（味、香り、手ざわりなど）を頼りにしていました。また、現在でも『きき酒』という官能検査によって酒質の優劣を判断しています。しかし、人間の経験のみに依存しては、安定した品質の酒造りができないのです。なぜならば経験には、個人差がある、数値化できない、共通の言葉での表現が難しい、記録に残しにくいなどの欠点があるからです。そこで、誰にでも判断ができ、いつでも同じ方法で行え、かつ得られた結果が誰にでも利用できる記録として残せる科学的

分析が重宝がられることになったのです。つまり、酒造りは経験的方法と科学的方法の2本柱で支えられていることとなります。

話が少し横道にそれましたが、科学的分析方法では、次のような分析を行います。酵母やモロミ作り、そして出荷する製品において、アルコール分、ポーム度（比重、日本酒度）、酸度、アミノ酸度などを分析します。酵母やモロミのアルコール発酵が順調に進んでいるか否かはアルコール分の測定が最も最適です。目でみてもし異常があれば、簡単な分析で確認ができ、以後の対処が適切に行えます。

では、キノコ栽培においては科学的分析が活用されているのでしょうか。残念ながら、熟練者の感と経験によって栽培方法が決定されているのです。キノコ栽培の生産性を拡大・向上していくた



めには、科学的手法を積極的に取り込んでいくことが大切だと思います。この研修で、著者が最も衝撃を感じたことは、この点でした。こうした手法を確立し定着させていくことは、林産試験場の使命ではないでしょうか。

## 製成（上槽、オリ引き、ろ過など）

モロミの発酵が終了したら、圧搾機でモロミを清酒と酒粕に分けます。これを上槽といいますが、しかし、ここで得られた清酒はオリが混合していることから白濁しています。そこで、デカンテーションによりオリを除去します。得られたものは、着色してはいますが透明な清酒です。この作業がオリ引きです。オリの正体ですが、これらは、たんぱく質、脂肪、デキストリン、デンプン、繊維、酵母、そして細菌などから構成されています。

つづいて、清酒をろ過します。この作業により清酒をきれいになります。ろ過の原理は、布、綿、

バルブ、素焼などのろ材面を清酒が通過することにより、清酒中の固形物が除かれることにあります。また、ろ過する清酒にろ過助剤（ケイソウ土、セルローズ粉末など）を混合して効率的なる過速度が得られるようにして



います。また、着色物質の除去には粉末の活性炭を用います。ろ過前の清酒に活性炭を入れ、着色物質を吸着させてからろ過を行うと色がとれます。

着色物質は、主にビタミンB<sub>2</sub>群、糖とアミノ酸からなるメラニン、鉄が関与した物質などです。ところが、活性炭をもってしても、鉄が関与した物質は除去しにくいのです。可能な限り、清酒に鉄が混入しないようにすることが大切です。鉄と結合して変色するものとしては、コウジ菌が作るもので6個のアミノ酸が環状になっているデフェリフェリクシンが有名です。

キノコ栽培には、オリ引きやろ過といった作業工程はありません。しかし、ろ過に用いる活性炭に興味を持ちました。シイタケのノコズ培地に炭を入れると、シイタケ菌糸の生長速度がよくなるという研究報告を思い出したからです。培養の初期には、炭が入っていない培地の菌糸生長速度が大きいのですが、少し時間が経過すると炭を添加した培地の方が菌糸生長がよくなるという結果であったと思います。この現象の原因は分かっていません。菌糸が生長を始めた後に、その代謝産物を炭が吸着し、それ以後の菌糸生長を速めるのかも知れません。

### 調合、熟成

ろ過した清酒は、つづいて、火入れと呼ばれる低温殺菌（65～70℃）を施され、貯蔵タンクで約6か月間熟成・保有されます。熟成の進行には、主に温度、光、酸素（空気）が影響します。人為

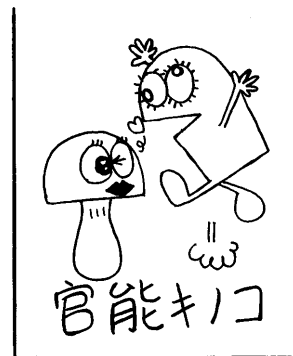
的に制御しやすいものは温度です。ですから温度コントロールにより清酒の熟成速度を調整します。そして、年間を通して同じ味になるように調合を行い、割水をして、瓶に詰めて製品として送り出します。この調合作業においては、きき酒



による官能検査が最も頼りになる武器となります。

キノコ栽培では、形、色、収量をポイントにして新しい菌株の育種を行います。味や香りといった感覚的官能的領域まで研究の手がとどいていないのが現状です。現在、キノコは健康食品であるということで脚光を浴びていますが、これからの消費者の要求は、味や香りという官能的なものへ

と移っていくことでしょう。酒は味や香りを大切なセールスポイントとするし好品の代表選手と考えられます。将来のキノコの研究に、今回の研修が大いに役立つような気がします。



### 最後に

貴重な研修の機会と場を与您えていただきました。合同酒精株式会社旭川工場の方々に感謝します。工場の作業工程を単に見学するのではなく、酒造りの理論を述べた資料の学習とともに、現場において実際の作業を体験させていただいたことは著者にとって大きな収穫でした。現場の方々には、足手まといになったはずですが、親切にご指導くださいましたことに対しお礼申し上げます。

（林産試験場 微生物利用科）