

応用微生物学あれこれ：我々の暮らしと微生物

中島伸佳* 石原浩二**

要旨 微生物は地球上の至る所に生息していて、我々の生活に密接に関わっている。その中には、様々な病気や食中毒などの原因となる悪玉の微生物もいるが、その一方で、我々の生活を豊かにする善玉の微生物も存在している。朝夕の食卓に上るパンやヨーグルト、チーズ、納豆、漬け物、さらには、日本酒（清酒）やワイン、ビール、ウイスキーなどのアルコール飲料や醤油、味噌、酢などの調味料に至るまで、微生物の働きでつくられる発酵醸造食品は数えきれないほどある。ここでは、身近な発酵醸造食品や医薬品などを取り上げながら、その製造技術や発酵作用に関わっている有用微生物について紹介していく。

キーワード：有用微生物、発酵醸造食品、医薬品、食のバイオテクノロジー、応用微生物学

1. 微生物って悪いものばかり？

「微生物」と聞いて、どんなことを連想、または想像されるでしょうか？ 世間における微生物の印象としては、伝染病、食中毒などの悪いイメージを思い浮かべ、嫌われることが多いようですが、微生物は本当に悪いだけの存在なのでしょうか？ 微生物は肉眼では見えない、たいへん小さな生き物ですが、実は、私たちの生活と密接に関係し、ヨーグルトやお味噌といった発酵醸造食品の製造、調味料、医薬品などの生産、環境浄化、バイオマス（生物資源）の利用など、人類の生存に極めて重要な働きをしています。ここでは、微生物とは何かを簡単に説明した後で、私たちの生活と深く関連している食品や医薬品製造に関わる微生物とその働きなどを紹介しながら、微生物が人々の快適な生活や健康に役立っていることを見ていきましょう。

2. 微生物のなかま

私たちの住む地球には、人間をはじめと数多くの生物が住んでおり、それらは古くから動物と植物に分けて考えられていました。ところが、17世紀になって、オランダのレーウェンフックが自製のレン

ズで水滴の中で活発に動き回る微小な生物の存在に気づきました。これが、人間が微生物を見た最初です。その後、顕微鏡の発達により、その「微小な生物」の世界は意外に広く、人との関わりも大きいことがわかり、その「微小な生物」を「微生物」と呼ぶようになりました。

現在において、微生物とは、一般に顕微鏡でなければ観察できない微小な生物の総称です。したがって、いわゆる細菌、酵母、カビなどのほか、藻類、原生動物も含まれます。これらのうち、私たちの生活に大きな関わりをもつものは真菌類と細菌類です。

3. 食品をつくる微生物

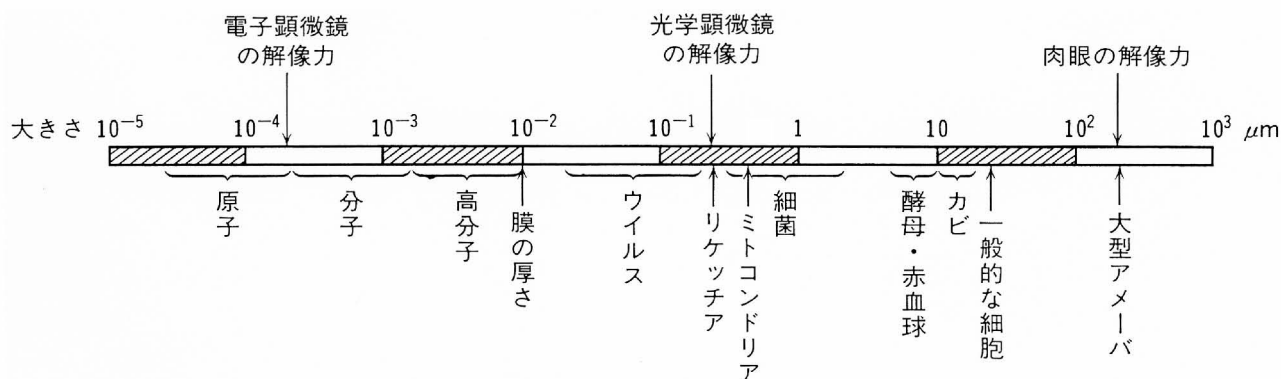
私たちがいつも利用している食品類を眺めてみましょう。すると、その多くが微生物の恩恵を受けていることに気づきます。朝夕の食卓にのぼるパンやヨーグルト、チーズや納豆などをはじめ、日本酒（清酒）やワイン、ビールなどのアルコール飲料や醤油、味噌、酢などの調味料に至るまで、微生物の働きを利用してつくられている発酵（醸造）食品は数え上げることができないほどです。

*岡山県立大学保健福祉学部栄養学科

〒719-1197 岡山県総社市窪木111

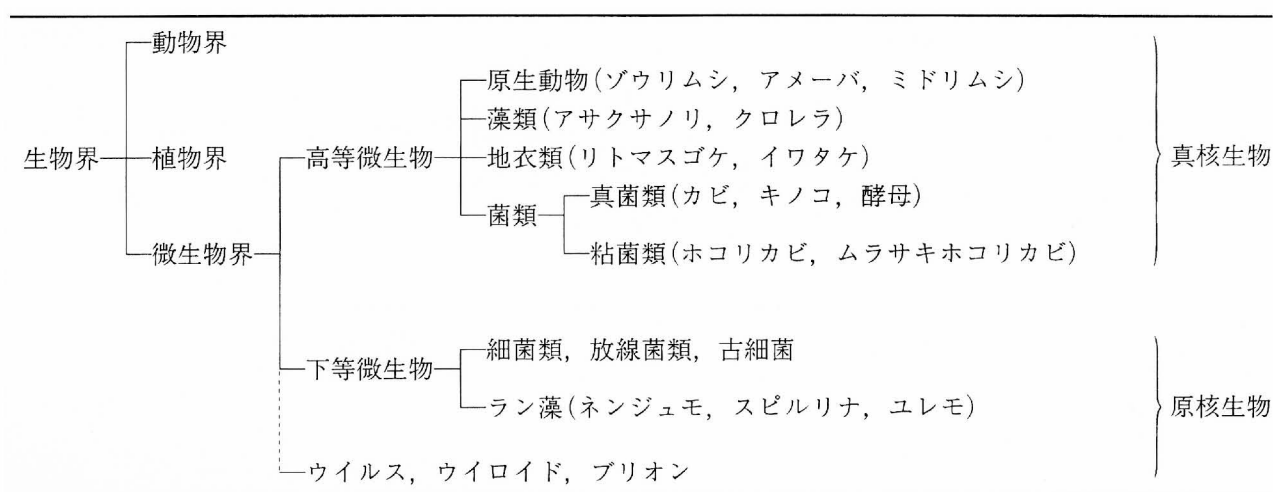
**岡山理科大学理学部臨床生命科学科

〒700-0005 岡山市北区理大町1-1



微生物の大きさ ($1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$)

生物的分類からみた微生物の位置



日本酒(清酒)、味噌、醤油などの多くの醸造食品をつくるのに、コウジカビと呼ばれるアスペルギルス・オリゼ(*Aspergillus oryzae*)という真菌のなかまやサッカロミセス・セレビシエ(パン酵母、*Saccharomyces cerevisiae*)という酵母が活躍しています。

清酒は日本古来の代表的なアルコール飲料で、その起源は神話の時代と伝えられています。清酒製造には、酒造りにヨーロッパでは糖化に麦芽を用いるのに対して、清酒では蒸米にカビ(黄コウジカビ、アスペルギルス・オリゼ)を生育させたコウジを用いる点、糖化とアルコール発酵を一つのモロミ中で同時に並行して進行させる点(並行複発酵)、原料の蒸米とコウジ米と水を始めから全部加えないで、

発酵の進行にしたがって、3回に分けて加えていく(三段掛け)という点で大きな特徴があります。

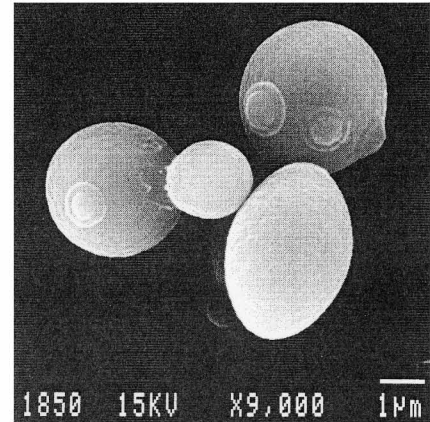
また、ヨーグルトをつくるときには、ラクトバチルス・ブルガリカス(*Lactobacillus bulgaricus*)やストレプトコッカス・サーモフィリス(*Streptococcus thermophilus*)などの「乳酸菌」と呼ばれる細菌が重要な働きをしています。

ヨーグルトには、血圧を下げたり、余計なコレステロールを抑えたり、便秘や下痢を防いだり、発ガン物質をつくる悪玉菌の繁殖を抑えたり、免疫力を高める効果があります。

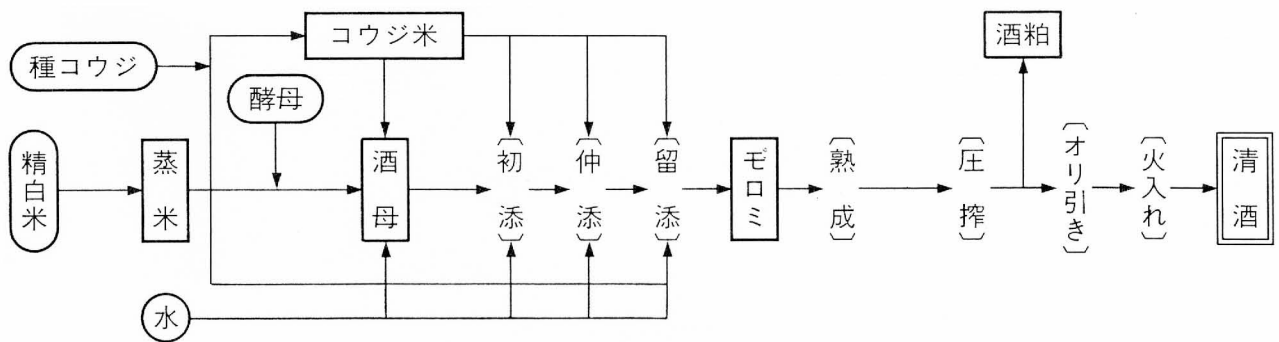
もしも、私たちの周囲から発酵醸造食品がなくなってしまったら、味気のないとても寂しい食生活になってしまうでしょう。このように微生物は、私たちの生活にとって欠かすことのできない発酵醸造食



アスペルギルス・オリゼの顕微鏡写真



サッカロミセス・セレビジエの電子顕微鏡写真



清酒の製造工程

品をつくりだすために素晴らしい力を発揮してくれています。

4. 医薬品をつくる微生物

酸素のある環境で微生物に糖分を食べさせてアミノ酸を生産させることをアミノ酸発酵と言います。アミノ酸発酵は日本で発見された技術で、コンブだし味のうまみ成分であるグルタミン酸やその他有用なアミノ酸が、このアミノ酸発酵を利用してつくられています。

炎症を抑える薬（抗炎症薬という）の一つであるコルチゾンという物質を、化学反応を利用してつくるには30ステップ以上もの道のりが必要であり、非常に高価になります。これを微生物の力を利用すると、3分の1以下のステップにまで短縮することができて、コルチゾンを安価で生産できるようにな

りました。

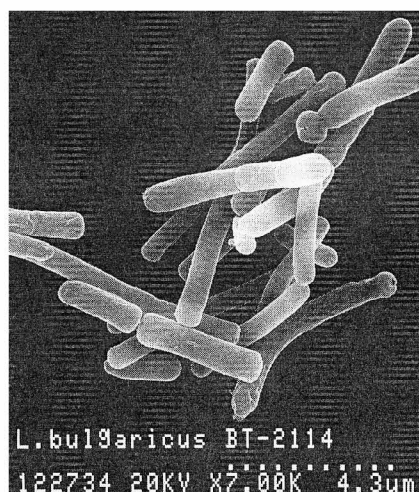
また、医療現場では、カビや放線菌といった微生物が生産する抗生物質（ある微生物がつくりだす他の微生物の増殖を阻害する物質）が使われ、また、組み換えDNA技術を利用して作られた大腸菌によってつくられたインスリンが糖尿病の治療に利用されたりしています。

それでは、次に「発酵醸造食品の製造技術」や「食のバイオテクノロジー」に重要な働きをしている：「麹カビ、酵母、乳酸菌」のそれぞれについて、さらに詳しく触れていくことにします。

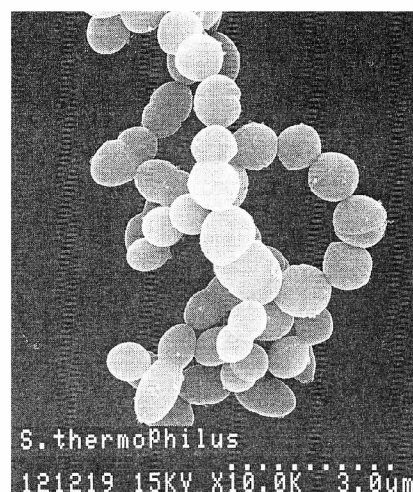
1. 麹カビ（コウジカビ）

1-1. 日本の食文化の原点：麹カビ

「世界の古い文明は、必ずうるわしい酒をもつ。そ



ラクトバチルス・ブルガリカスの
電子顕微鏡写真



ストレプトコッカス・サーモフィルスの
電子顕微鏡写真

れは、優れた文化のみが人間の感覚を洗練し、美化し、豊富にしてくれるからである。それゆえ、優れた酒をもつ国民は進んだ文化の持ち主である」と述べたのは発酵学の泰斗として有名な坂口謹一郎博士である。日本の文化度を示す代表的なお酒は日本酒であると言える。日本酒は米を原料として作られる醸造酒であるが、他に、九州・沖縄地方で多く製造・消費されている蒸留酒の焼酎も有名であり、日本を代表するお酒であると言える。この日本酒や焼酎づくりにかかせない微生物が「麹カビ」とよばれるカビである。麹カビは醤油や味噌などの調味料にも必要である。日本酒や醤油の原型と製造方法は中国などの大陸から伝来したことは確かであるが、その後、日本の風土や嗜好に適するように独自の製法へと変化した。その中でも、醸造用の微生物として、麹カビが主役になったことは特筆すべき点である。

1-2. 酒や醤油づくりに活躍する麹カビ

世界の酒は、製造方法の違いによって醸造酒、蒸留酒、混成酒の3つに大別できる。醸造酒は、発酵させたもろみをそのまま、または濾過して清澄にした酒のことである（日本酒、ワイン、ビールなど）。蒸留酒は醸造酒や発酵させたもろみを蒸溜してアルコール分を高めて保存性を高めた酒である（焼酎、ウイスキー、ブランデーなど）。混成酒は醸造酒や蒸留酒をベースに果実や草本木皮を漬け込んだり、糖類や色素、香料、有機酸などを混和してつくった酒である（最近の酎ハイや梅酒、味醂など）。

一方、原料の違いからみると二つのグループに大

別できる。一つはワインのように、グルコース（ブドウ糖）やショ糖など、酵母が直接アルコール発酵することができる糖分を含んだ原料からつくられる酒である。もう一つは、日本酒やビールのような穀類やイモ類などのデンプン質を含む原料を用いてつくられる酒である。

酵母はデンプンをそのままではアルコールにできないので、あらかじめデンプン分解酵素の力を借りてグルコースやマルトースにまで分解しておかなければならない。このデンプン分解酵素の力をどこから借りるかで、東洋と西洋の酒に大きな違いがある。

東アジア地域（温暖で湿度が高い）では、原料となる穀類にカビを生育させることによって大量に生産されるデンプン分解酵素を利用する。このようにカビを原料穀類に生育させたものを一般に「麹」と呼んでいる。これに対して、欧米（気温も低めで乾燥）では、カビの代わりに大麦に水分を与え発芽させた「麦芽」を利用する。麦芽もデンプンの分解酵素活性が強く、穀類からの酒づくりに適している。

このように糖化手法が大きく異なることから、「東洋の酒＝カビの酒」、「西洋の酒＝麦芽の酒」ということができる。

1-3. 麹菌とコウジカビ

カビが穀類原料に生えたものを「麹」と呼ぶと述べたが、では、そこで生えてくるカビが全て麹カビかというとそうではない。日本で醸造に用いる麹には、もっぱらアスペルギルス属のカビが利用されることから、麹菌と言えばアスペルギルス属のカビ、

それも醸造に使われる種類のカビを意味している。また、麹菌はよく「コウジカビ」と呼ばれることもある。どちらの名前を使っても間違いではないが、コウジカビはアスペルギルス属の和名として、アスペルギルス属のカビの菌種全般に対して用いるのが一般的である。これに対して、麹カビはアスペルギルス属の中のもっと狭い範囲のカビ、即ち醸造に使用される有用種に対して用いられる。すなわち、コウジカビの中に、「麹菌」と呼ばれるカビのグループが存在すると考えればよい。

アスペルギルスというカビは、栄養が豊富な条件では糸状の細胞が伸びて成長するが、前出の写真にあるように、成長にしたがって分生子柄と呼ばれる器官が立ち上がり、その先端部がふくらんだ先に放射状にできるボーリングのピンのような形の器官（フィアライド）の上に孢子（分生子または分生孢子）が連なってできた形態を示す。

1-4. 麹菌の仲間 ～オリゼとソーエ～

古くから日本酒、味噌、醤油、味醂、甘酒などの多くの醸造食品に必要とされるアスペルギルス・オリゼ（*Aspergillus oryzae*）が代表的であり、一般に麹菌と言えばこの菌を指します。また、このオリゼによく似たカビで、醤油製造で使われるものに、耐塩性のアスペルギルス・ソーエ（*Aspergillus sojae*）がある。ともに分生子の色が黄色から黄緑色になるので、黄麹カビと呼ばれている。

アスペルギルス・オリゼは、アミラーゼやグルコアミラーゼなどのデンプン分解酵素をたくさん生産するため、酒づくりには最適のカビであると言える。アスペルギルス・ソーエはタンパク質分解酵素を生産するので醤油製造に適している。面白いことに、オリゼは自然界からも見つかるが、ソーエは醤油工場からしか見つからない。自然界から選ばれた麹菌が、長い間に醤油づくりに合ったタイプに進化してきた結果なのかも知れない。

1-5. 麹菌の仲間 ～黒麹カビ～

この他に、本格焼酎製造に利用されるアスペルギルス・アワモリ（*Aspergillus awamori*）とアスペルギルス・カワチ（*Aspergillus kawachii*）がある。A. *awamori*は沖縄の伝統的な焼酎である泡盛をつくるのに利用されるので、泡盛の名前が学名にそのまま採用されている。また、分生子が黒いの

で「黒麹カビ」とも呼ばれている。また、A. *kawachii*は九州地方でつくられる焼酎に使われる麹菌である。古くは、九州でも黒麹カビが利用されていたが、作業中に器具や衣服が黒く汚れるということで、分生子が白い変異株（白よりもベージュに近い）が分離された。黒麹カビに対して「白麹菌」と呼ばれている。黒麹カビも白麹カビもクエン酸をたくさんつくるので、もろみを酸性にすることができ、雑菌の繁殖を防ぐことができる。

1-6. 麹菌のなかま ～その他～

カツオ節をつくる際にも麹カビが活躍している。完成前の荒節にカビ付けを何回か行うことで水分を減少させて保存性を高めると同時にカツオ節特有の風味が生まれる。このカビ付けに利用されるカビは、アスペルギルス・レペンス（*Aspergillus repens*）という麹菌のなかまである。

1-7. 日本で麹カビが大活躍している理由

日本の発酵醸造食品の製造には、何かにつけて麹カビが関わっているが、他のアジアの国々でも同じようにカビを生やした「麹」が醸造食品の製造に利用されている。それには、リゾプス（クモノスカビ）やムコール（ケカビ）など、麹カビとは違ったカビが使われている。

日本では、麹の原料をはじめに蒸すか煮るかして麹づくりに使っているが、このような加熱処理を行うと、原料に含まれているタンパク質が変性してタンパク質分解酵素の作用を受けにくくなる。リゾプスやムコールなどのカビはペプチダーゼ生産能が低く、原料から生育に必要な量のアミノ酸類を得ることができないので、加熱処理した原料では生育が非常に遅くなる。その一方、アスペルギルス属のカビは、タンパク質分解力が強く、加熱処理した原料上でも素早く生育できる。

中国・朝鮮から東南アジア一帯の広汎な地域では、原料をそのまま用いるのが一般的であり、生の原料ではリゾプスやムコールでもアスペルギルスと変わりなく生育できる。このように、原料が加熱されている場合はアスペルギルスが、逆に生のままの場合にはリゾプスやムコールが優先的に増殖してくるので、おのずと利用されるカビの種類が異なってきたと考えられている。日本にリゾプスを主体とした麹を用いる技術が定着しなかったのは不思議であ

るが、加熱した原料を使用したことで、日本に独自のカビ＝麹菌を利用する文化や技術が生まれたのではないだろうか。

日本は微生物のバイオテクノロジー分野では世界をリードしている。その基盤を作ってきた日本独自の微生物として、麹菌以外にも、放線菌やアミノ酸発酵菌（コリネバクテリウム属細菌など）、納豆菌など数多くあげられるが、歴史的に見ても文化的な影響から見ても、麹菌（コウジカビ）が最も日本を代表する微生物のひとつと言っても良いと思われる。

1-8. 麹菌はバイオテクノロジーの原点

最近、ベンチャービジネスやバイオベンチャーの起業化といった話題がマスコミで取り上げられるようになった。

ところで、100年も前に、アメリカで生まれたベンチャービジネスの元祖が麹菌だったということを知っていますか？ 高峰譲吉は日本を代表する科学者の一人として有名である。彼は江戸時代末期に富山県高岡市に生まれ、東京大学の前身である工部大学校を卒業、英国グラスゴー留学後に渡米して、ホルモンとして世界ではじめてアドレナリン（副腎皮質ホルモン）を発見した。高峰はアメリカに渡ってまず始めに、バーボンウイスキーの製造に日本の麹菌を用いた麹が使えないかと考えた。そして麦芽よりも麹を使う方が良い結果がでることを知り、麹によるウイスキー製造を実行しようとした。しかし、地元の麦芽業者の猛反対に遭い、また寸前に麹製造工場が不審火（噂では反発する業者によって放火されたとも・・・）によって焼失したことから断念せざるをえなかった。もし、この試みが実施されていたら、現在のアメリカでのバーボンウイスキー製造は麹菌を使っていたかも知れないと言われている。

高峰はウイスキー製造試験で得られた成果をもとに、麹菌を製粉粕の小麦フスマ（小麦から小麦粉を作るときにでるカスのようなもの）に生育させた麹から強力な消化酵素を抽出し、「タカジアスターゼ」という名前で消化酵素製剤としての生産につなげた。タカジアスターゼは世界で最初の酵素剤の特許であり、この成功に続いてアドレナリンの発見と商品化が行われた。注目すべきは、彼はタカジアスターゼとアドレナリンの工業生産を自ら会社を興して行わず、特許を取得してそのロイヤリティーで研究

を実施する会社組織を作ったことである。今から100年も前にベンチャーという発想を持ってそれを実行して成功した日本人がいたこと、そこに麹菌が大きく関わっていたことは驚きである。ちなみに、高峰は「アメリカのバイオテクノロジーの父」としても有名である。

麹菌は昔から発酵食品の製造に利用され、私達が摂取してきているものなので、安全な微生物として産業的に重要な様々な酵素タンパク質の生産にも利用されている。また、最近では、安全性と高いタンパク質生産性が注目され、遺伝子組換え技術を利用した麹菌による異種タンパク質の工業的生産も行われている。代表的な例としては、洗剤に使用されているアルカリリパーゼがある。その他、チーズ製造に必要な凝集酵素のキモシンが泡盛麹菌をホストにして生産されている。

1-9. 日本酒製造に関わる興味ある話

○火落菌○

この細菌は日本酒だけに生育する特殊な細菌である。なぜ火落菌が日本酒だけに生育するのかを研究し、清酒の中にだけ含まれる生育因子の火落酸（メパロン酸）が発見された。この火落酸は生物の細胞膜の多糖タンパク質生合成の第一段階に関与する物質の素材であり、コレステロールなど重要なイソプレノイド系の生体成分を供給する素材である。以下、日本酒の「火落菌から最先端への研究」へ話を進めて行こう。

○「火落ち」と「火入れ」○

昔は日本酒が貯蔵中に白く混濁してダメになってしまうことがしばしばあって悩まされた。この現象は木製の容器（殺菌が不完全）を使っていた時代には避けられない大災害で、明治時代になってから「火落ち」というようになり、これを起こす菌を「火落菌」と呼んだ。

一方、これを防ぐ工夫～火入れという60℃加熱の低温殺菌法～があった。この方法はパスツールが1865年に発表したワインの保存に用いた低温殺菌法?パストリゼーションと同じである。日本での火入れはパスツールの発表よりも300年早い。

○火落菌の性質○

アルコール分が20%もある日本酒に生える火落菌

とはどんな細菌か、そしてなぜ日本酒だけに生えるのかを見ていくことにする。火落菌は乳酸菌の一種で、この菌が日本酒に生えると、濁ってくるのはもちろんであるが、酸っぱくなったり、臭くなったりしてまず飲めなくなる。この菌はアルコールが少ないと生育しにくく、6%くらいのアルコール分が好適であるが、25%でも生育可能である。日本酒くらいの弱酸性条件を好む。まさに、アルコール依存症細菌？である。

高橋偵造氏（東京帝国大学教授）の研究により、いろいろな日本酒造りに関連する原料、麴や酵母などに含まれる火落酸が測定された結果、麴に多く、火落酸はカビが多量に生産することがわかり、麴カビを生やした米麴を使う日本酒に火落酸が多く、これを生育因子とする火落菌が日本酒だけに生育してくることもわかった。この火落酸は、火落菌にとってなぜ大切なのか？ その後の研究で、火落菌の細胞膜形成の第一段階の反応に、火落酸から発する物質が関与しているということがわかった。

これは火落菌だけでなく、全ての生物の細胞形成に関わる重大な話である。ただ、火落菌は、この火落酸（メバロン酸）が作れないから、これがないと細胞が形成できない、すなわち生育できないのであった。

さらに、このメバロン酸はコレステロール生成の素材にもなり、この研究で欧米では3人のノーベル賞受賞者が生まれた。また、メバロン酸はカンファー（強心剤）、サントニン（駆虫剤）、ジベレリン（ブドウなどの種なし化作用物質）、ビタミンA、ゴムなど生物の細胞にとって重要な物質の生合成材料でもある。

2. 酵母

2-1. 優良な酵母を探す

麴カビは、日本の発酵食品になくてはならない微生物であるという内容に触れた。さらに、その発酵食品を完全なものにするために働いている微生物が「酵母」である。日本酒、焼酎をはじめとして、ワイン、ビールなどのありとあらゆるお酒をつくるには、この卵形をした微生物がどうしても必要になる。

醤油や味噌なども酵母の働きがあって、あの風味やおいしさが生まれてくる。さらに、パンも酵母のおかげでふっくらと出来上がる。このように考えると、酵母はワールドワイドな微生物であり、酵母と

いう名前の通り、「発酵の母」と言える。ちなみに、真核生物の中で、最初にゲノム解析が終了し、全ての遺伝子の情報が明らかになったのは酵母である。

2-2. 酒つくりで働く酵母

微生物学では、棒状や卵形をした単細胞の真核微生物を酵母（Yeast）と総称している。酵母と呼ばれる微生物は自然界に非常にたくさんの種類が存在しているが、酒をつくるのに用いられる酵母は、ほとんどの場合、サッカロマイセス・セレビシエ（*Saccharomyces cerevisiae*）という名前の酵母である。この酵母は酒だけでなく、パンつくりにも使われるのでパン酵母（Bakers' Yeast）とも呼ばれている。

サッカロマイセス酵母は、アルコールの発酵能が他の微生物に比べて格段に高く、アルコール耐性も高い。サッカロマイセスという学名は、「糖を分解する菌」を意味する。

たった1種類のサッカロマイセス酵母が世界中のあらゆる種類の酒つくり利用されていることになるが、人間にもそれぞれ個性があり、得意不得意なものがあるように、それぞれのお酒に適している菌株が選ばれて使用されている。

酒つくり利用されている酵母は、もとを正せば自然界に生息していたものである。ワインではブドウの皮についていた酵母が、日本酒つくりでは酒蔵に住み着いていた酵母が、発酵の過程でもろみの中で増えて酒をつくっているわけであるが、その中から優れた性質をもった菌が選抜されて利用されるようになった。

3. 乳酸菌

3-1. すっぱい味の立役者：乳酸菌

ヨーグルトなどの発酵乳製品や調味料として使われるおいしさのものは、すっぱい味を演出している乳酸や酢酸という有機酸である。このような酸味のきいた発酵食品をつくるのに関わっている微生物が、乳酸菌や酢酸菌といった細菌（バクテリア）である。

3-2. 乳酸菌

乳酸菌は文字通り乳酸を大量につくる細菌の一群を総称するもので、これには非常に多くの種類が知られている。発酵型から分類すると、糖から乳酸だ

けをつくる「ホモ発酵型乳酸菌」と乳酸以外にアルコールと炭酸ガスをつくる「ヘテロ発酵型乳酸菌」に大別される。細胞の形では球菌と桿菌が存在する。球菌では、ストレプトコッカス (*Streptococcus*)、ラクトコッカス (*Lactococcus*)、ロイコノストック (*Leuconostoc*) 属などがあり、桿菌としてはラクトバチルス (*Lactobacillus*) 属がある。

ヨーグルトをつくる時に活躍する乳酸菌はラクトバチルス・ブルガリカス (*L. bulgaricus*) とストレプトコッカス・サーモフィルス (*S. thermophilus*) である。ヨーグルトの国際規格によれば、この二種類の菌の発酵によってつくられた乳製品で、最終製品中でこれらの菌が生きているものをヨーグルトと呼ぶことができる。しかし、日本の規格ではヨーグルトという名称がないので、これらの菌以外にもいろいろな種類の菌が使用される。

乳酸菌を使ってつくるもう一つ重要な乳製品がチーズである。主として利用される菌はラクトコッカス・ラクティス (*L. lactis*) である。

また、最近では、我々の腸の中で増えて腸の働きをよくする作用のある乳酸菌をつくるのに利用されるようになった。これらの菌を「プロバイオティックス」と呼ばれているが、ラクトバチルス・アシドフィルス (*L. acidophilus*) やビフィドバクテリウム・ビフィダム (*Bifidobacterium bifidum*) のような腸内定着菌が利用されている。

さらに、乳酸菌は環境分野にも役立っている。例えば、乳酸菌が生産する乳酸から「生分解性プラスチック」の素材として使うことができるポリ乳酸が作られている。ポリ乳酸は通常のプラスチックと同等の強度や加工性を持ち、微生物による分解性も優れていることから、代替プラスチック素材として期待されている。また、ポリ乳酸は体内で分解吸収されるので、医療関係においては手術用の縫合糸や骨接合剤にも利用されている。

このように、数々の有用微生物が「発酵醸造食品」や「医薬品」の製造を始めとして、「食のバイオテクノロジー」にも深く関わりながら、私たちの健康な生活を根底から支えているのです。

参考文献

1. 健康美をつくる乳製品 雪印乳業(株)健康生活研究所 編 裳華房

2. 人に役立つ微生物のはなし 日本農芸化学会 編 学会出版センター
3. くらしと微生物 改訂版 村尾・藤井・荒井 共著 培風館
4. 発酵食品への招待 新版 一島英治 著 裳華房

Lecture of applied microbiology: useful mold, yeast, and bacteria for production of the fermented products

NOBUYOSHI NAKAJIMA* and KOHOJI ISHIHARA**

** Department of Nutritional Science, Okayama Prefectural University, 111 Kuboki, Soja-shi, Okayama 719-1197, Japan*

*** Department of Life Science, Okayama University of Science, 1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama 700-0005, Japan*

Keywords : Useful microorganism, fermented food, medicine, food biotechnology, applied microbiology