

「食と農」の博物館

展示案内 No.58-(2)

展示期間 ■ 2012.3.30～2014.3.23

東京農業大学「食と農」の博物館

〒158-0098 東京都世田谷区上用賀2-4-28

TEL.03-5477-4033

FAX.03-3439-6528

(URL) <http://www.nodai.ac.jp/syokutonou/>

開館時間 午前10時～午後5時 (4月～11月)
午前10時～午後4時30分 (12月～3月)

休館日 月曜日(月曜が祝日の場合は火曜)・毎月最終火曜日
大学が定めた日(臨時休業がありますのでご注意ください)

『醸造のふしぎ』

—微生物が醸す世界—



はじめに

「醸造」とは? 「醸(かも)す」とは? と問われて皆さんは何と答えるでしょう。

最近、菌を題材にしたマンガや、酒蔵、味噌蔵などがメディアによく紹介されているので、『酒、味噌、醤油などを造ること』と答えるかもしれません。辞典や本では、『微生物や酵素のはたらきで、物質を変換したり、食品を製造すること。特に、麹(こうじ)を使って、穀類などを微生物で発酵させて酒、味噌、醤油、食酢などを造ることなど』と書かれていますので、間違いではありません。また、英語で「醸造」を表す言葉としては、fermentation (発酵)、brewing (ビール醸造)、zymolysis (酵素分解) などがありますが、どうもじっくり来ません。なぜでしょうか?

古代文明の時代からあるビールやワインは、麦芽やぶどうの糖をサッカロミセスという酵母が発酵して造り出したものです。産業革命後、病から人々の命を飛躍的に救った抗生物質のペニシリンは、ペニシリウムという青カビが発酵で

造り出したものです。これらは単一の微生物が行う fermentation などの言葉にふさわしいものなのです。

しかし、私たちが考える実際の「醸造」とは、複数の微生物の巧みな作用を利用して、私たち人類に有用なものを造り出すことです。またその過程で微生物が微生物を活性化したり、制御したりする複雑なものを、知識と経験から産業化したものと考えています。私たちの知っている微生物は地球上に存在する 1～5% に過ぎないと言われていたため、「醸造」はまだまだまだ皆さんの可能性を秘めています。

2年間にわたる『醸造のふしぎ』展で、醸造の過去から未来に触れて、観て、体験して、「醸造」とは? という疑問に皆さんなりの答えを出して頂ければと思います。科学は不思議だな? と思うこと、見つからないものを探ることからはじまるものなのです。

門倉利守(応用生物科学部
醸造科学科 准教授)

醸造のふしぎ～微生物が醸す調味料

微生物が醸すのはお酒だけではなくありません。日本の伝統調味料もまた微生物によって醸されるのです。日本人の味覚は微生物によって養われてきたといっても過言ではありません。

醤油

日本人の味覚の原点といえる醤油は微生物によって醸しだされる醸造調味料です。蒸した大豆と炒った小麦に麴カビを生やしてつくるのが醤油麴です。この醤油麴は麴カビ由来のタンパク質分解酵素やデンプン分解酵素を豊富に持っており、食塩水に漬け込んで発酵させると大豆のタンパク質や小麦のデンプンは酵素で分解されて次第に液化していき、アミノ酸やブドウ糖が生まれます。醤油諸味中は高濃度食塩のために雑菌は死滅しますが、食塩に耐えられる醤油乳酸菌と醤油酵母は原成分の分解でできたブドウ糖やアミノ酸を栄養として増殖し、豊かな香味成分をつくっていきます。

乳酸菌といえばヨーグルトなどの乳発酵食品に含まれていることでよく知られていますが、醤油諸味で活躍する乳酸菌はこれらとは別の種類の乳酸菌で、*Tetragenococcus* (テトラジェノコッカス) 属の*halophilus* (ハロフィルス) という種に分類されているものです。Tetraは4、coccusは球状を意味しており、球状の4つの細胞が連なって観察されます。この乳酸菌の



発酵中の醤油諸味

特徴は、ほかの乳酸菌と違って高濃度の食塩中でも生育できることで、乳酸を作って醤油諸味のpHを下げ、味にしまりをつけるとともに醤油酵母の増殖を促します。

全国で最も多く作られているのは濃口(こいくち)醤油ですが、ほかにも淡口(うすくち)醤油や白(しろ)醤油など、原料や製法が異なる種類の醤油があります。うすい色の料理に用いる場合は淡口醤油や白醤油、刺身のつけ醤油としては溜(たまり)醤油や再仕込(さいしこみ)醤油、などのように用途によって使い分けことができます。

味噌

味噌は日本人の栄養の源であり、そして味噌汁は心の故郷ともいえますが、味噌もやはり微生物が醸す逸品です。関わる微生物は醤油と同じですが、米味噌には米麴、麦味噌には麦麴、そして豆味噌には豆麴が用いられます。麴作りの目的は大豆成分を分解するための酵素を作ることであり、とても大事な工程です。麴・食塩・蒸煮大豆が混合されると、麴の持つ酵素が働いて大豆のタンパク質は分解されてうま味を持つアミノ酸が生じます。また、原料のデンプンが酵素で分解されると甘味を持つブドウ糖が生じます。できたブドウ糖は乳酸菌や酵母の栄養となり、発酵を促します。発酵によって豊かな香味が生まれるだけでなく大豆の栄養がさらにパワーアップします。みそは発酵微生物の個性や原料の種類・配合によって千差万別であり、郷土に根差した食嗜好性の礎といえます。

味噌は、江戸時代の書物「本朝食鑑」においても「気をおだやかにし、腹中をくつろげ、血を活かし、百薬の毒を解する」、「一日も無くてはならぬもの」とその健康効果が強調されています。現代の疫学的調査でも、味噌汁を食べる習慣のある人はない人に比べて胃がんによる死亡率が低いことがわかっています。味噌には抗ガン作用のほか抗変異原性、抗酸化性作用、コレステロール低下作用、血圧降下作用など様々な健康効果があり、機能性食品として世界に誇ることのできる素晴らしい発酵食品なのです。

塩こうじ（しおこうじ）

塩こうじは米麴に水と食塩を加えて熟成させた発酵調味料で、ごく最近に急速に広まった“新しい”伝統発酵調味料です。野菜や肉を麴漬けにして美味しく栄養価の高いものとする知恵は日本古来から受け継がれているのですが、麴のこういった働きに着目して単体の調味料製品としたのが塩こうじです。原料からみると塩こうじは、甘酒に塩を足したものあるいは味噌から大豆を引いたものということになります。塩分によって甘酒より保存性と調味効果が増し、大豆を使わないことで味噌よりもシンプルな香味で素材の風味を最大限生かしながら滋味滋養に富んだ料理に仕上げることができる発酵調味料といえます。



熟成中の塩こうじ

酢

寿司、酢の物、酢豚、ドレッシングやマヨネーズ。私たちの食生活には食酢が欠かせないものとなっています。食酢は米、酒粕、果実などデンプンか糖を含む材料を用います。これを酵母の働きによってアルコールに変え、さらに酢酸菌がアルコールを酸化して食酢の主成分である酢酸を作り出すものです。一言で食酢といっても、その種類は多様です。日本で馴染みの深い米酢を始め、海外でもリンゴ酢、ワインビネガー、バルサミコ酢など、いろいろな原料から数多くの種類の食酢が作られています。その製法は、工業的な製法から伝統の製法を守り続ける壺酢など多岐にわたります。

我々の食生活から切り離すことのできない味噌、醤油、食酢ですが、あまりの身近さに「ふしぎ」など感じないかもしれません。しかし、これら微生物が醸す調味料はたくさんの「ふしぎ」の積み重ねによって出来上がっているのです。本展示では、微生物が醸す調味料の歴史的背景、種類、製法、微生物のふしぎに迫り、その奥深い魅力を伝えます。



壺酢の製造風景（壺畑）坂元醸造（株）提供

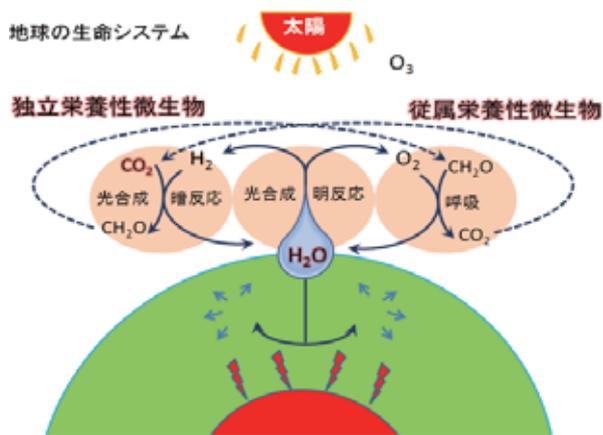
微生物が醸す新しい未来

人類が直面している3つの大きな問題があります。それは、(1) 環境汚染、(2) 人口・食料問題、(3) 資源・エネルギー問題です。科学の分野がこれらと向かい合うとき、不可欠なことが二つあります。一つは、我々が住む地球の生命システムについての理解を深めることです。もう一つは、人類と地球生命システムとの関係を取り持つための、新たな技術を開発することです。

～自然界の仕組みを理解する～

ではまず、地球の生命システムについての理解を深めてみましょう。

工業や経済活動は、我々が現在の生活水準を維持するために不可欠です。これらは、工業製品を供給して豊かな暮らしを支えてくれますが、同時に副産物として沢山の廃棄物・排気ガス・排水を発生します。この副産物は、我々にとっては無価値の不要物ですが、自然界にはこれを有用物として利用することで生活する微生物が沢山存在します。



例えば、燃料である石油や石炭を燃やして発生するCO₂ (二酸化炭素) は、光合成を行う藍藻類 (らんそうるい) のような独立栄養性 (どくりつえいようせい) の微生物が増殖するために不可欠です。また、食品工場や家庭から出される排水に含まれる有機物 (糖類やタンパク質

など) は、従属栄養性 (じゅうぞくえいようせい) の細菌類 (さいきんるい) や原生動物 (げんせいどうぶつ) の生活に利用されます。このように、我々が排出した不要物は、自然界の何処かで誰か (微生物) に利用されています。通常、これを「自然の浄化作用」と呼んでいますが、正しくは「自然界の物質循環」といいます。

但し、我々の排出する不要物が以下のような場合は、自然界の物質循環だけでは問題が生じます。①膨大な量、もしくは極端に高い濃度である場合。②自然界の物質循環に従うことができない物質 (微生物が利用できない化学物質や毒物) が含まれる場合。このような場合には、自然界のチカラだけでは、我々が出した不要物を処理しきれなくなってしまう。そして、不要物が大量にたまったり、生態系を破壊することで「環境汚染」は発生します。このような状況は工業化や経済成長が急速に進むときに多く見られ、日本が過去に経験した公害問題などもその一つです。



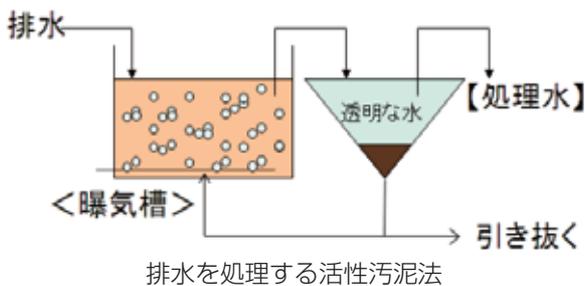
つまり我々が出す不要物は、工業や経済活動が十分に小さければ自然界の物質循環だけで処理することができるけれど、現在は規模がとて大きく複雑な化学物質も含まれるので、自然界の物質循環だけでは処理しきれないということです。現状では、工業や経済活動で発生する排気ガスに含まれているCO₂には大きな問題はありません。しかし、有害な化学物質は取り除かなければならないでしょう。また、排水や廃棄物に含まれる高濃度の有機物もそのままでは分解しきれないので、適切に処理する必要があります。

～微生物のチカラを活用する～

では、環境汚染を避けながら、工業や経済活動を続けることは出来ないのでしょうか？

ここで必要なのが、新たな技術を開発することです。自然界の仕組みを理解してその一部をうまく利用することで、工業や経済活動を推進しながら環境も守っていく、そんな技術を開発しようということです。

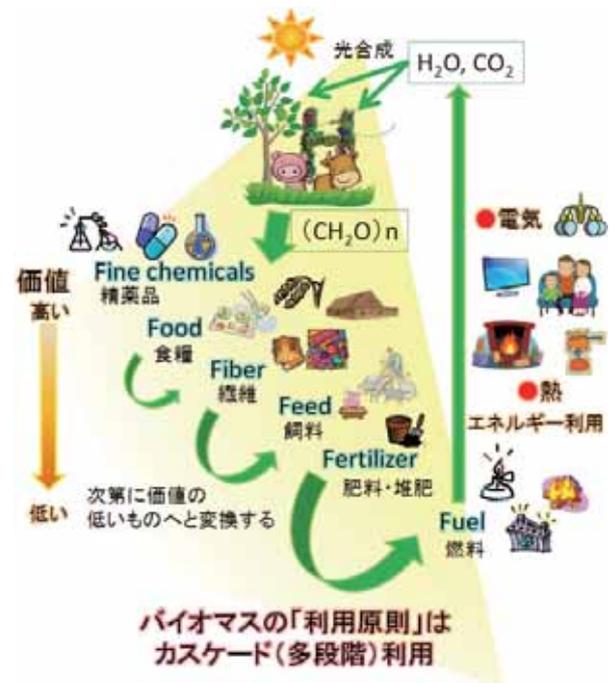
例えば、微生物は活動力が極めて旺盛で、いろいろなものをエネルギー源として利用出来ます。活動力を、消費する酸素の量で測ると、人間では乾燥重量（水分をのぞいた重さ）で1時間あたり1キログラムにつき30℃で200mlの酸素を消費します。これに対して、酸素を好む微生物は5万～120万mlで、人間の数百～数千倍もの活動力になります。



この微生物の活動力をうまく利用することで、食品工場や家庭から排出される排水は上手に処理されています。これは、「活性汚泥法」（かっせいおでいほう）という技術で、<曝気槽（ばっきそう）>と呼ばれる反応槽の内部では、酸素を好む沢山の微生物が活躍しています。まず、排水中に含まれる有機物を細菌類が食べて増殖し、次にその細菌類を原生動物や後生動物が食べています。これを食物連鎖といいます。このようにして排水中に含まれる有機物は分解され、沢山増えた微生物は互いに集まって沈殿する（底にたまる）性質があるため、簡単に回収することが出来るようになります。有機物を食べる微生物の能力と食物連鎖をうまく利用することで、大量の排水に含まれる有機物を速やかに水とCO₂まで分解し、一部を濃縮して回収することができます。このような技術は日本の産業と環境保全の両立に貢献しています。

そして近年では、廃棄物や排水から可燃性のバイオ燃料（バイオエタノールやバイオガスなど）を回収しようとする研究も進められています。これらはまだ研究段階で、得られた燃料が生産段階で必要な燃料を越えることが難しい状況です。現在は、微生物が持つ未開発の能力を見つけ出すことで新たな燃料生産の技術を開発しようとする研究が精力的に進められています。今後の成果に期待しましょう。

更に、微生物には抗生物質や医薬品として利用可能な化合物を生産できるものがあります。微生物が生産する付加価値の高い物質を見つけ出し、大量に生産するための技術を開発することができれば、将来の生活水準と環境保全の両立にも貢献できることでしょう。



このように微生物は、我々が理解できていない未開発の能力をまだまだ秘めています。それらを発見し、新たな技術として利用するための基礎を築くことが、科学に求められた大きな課題といえます。

『醸造のふしぎ』 — 微生物が醸す世界 —

関連イベント

1 『発酵食品の魅力と食酢の健康機能』

講師：小泉幸道（応用生物科学部醸造科学科 教授）
日時：平成25年5月11日（土）13：00～14：30
会場：「食と農」の博物館1階 映像コーナー

2 『発酵食品における麹菌の機能』

講師：柏木 豊（応用生物科学部醸造科学科 教授）
日時：平成25年6月22日（土）13：00～14：30
会場：「食と農」の博物館1階 映像コーナー

3 『排水を浄化する微生物を見る』

～排水処理技術である活性汚泥法で、有機物を分解する微生物（細菌類・原生動物・後生動物）を観察します～

講師：藤本尚志（応用生物科学部醸造科学科 教授）
日時：平成25年10月5日（土）13：00～14：30
会場：「食と農」の博物館1階 映像コーナー

4 『有機化学と微生物に関する講演会』

講師：額田恭郎（応用生物科学部醸造科学科 教授）
日時：平成25年12月7日（土）13：00～14：30
会場：「食と農」の博物館1階 映像コーナー

展示の主催・企画・制作

【主催】東京農業大学応用生物科学部醸造科学科
東京農業大学短期大学部醸造学科

【企画・制作・展示及び展示案内監修・執筆】「醸造のふしぎ展」企画展示実行委員会

○委員長／穂坂 賢（醸造学科）

○委員／門倉利守、中山俊一、進藤 斉、前橋健二、石川森夫、大西章博、勝田 亮（以上 醸造科学科）、
本間裕人、数岡孝幸（以上 醸造学科）、木原高治（国際バイオビジネス学科）

その他の展示・催事のお知らせ

■常設展

「醸造のふしぎ—微生物が醸す世界—」展 【期間】平成24年3月30日（金）～平成26年3月23日（日）

【主催】東京農業大学応用生物科学部醸造科学科、同短期大学部醸造学科

鶏（ニワトリ）剥製標本コレクション 展示中

色々な酒器コレクション 展示中

農大卒業生の蔵元紹介（酒瓶のオブジェ） 展示中

■企画展

「緑化作品にみる「農大造園家」90年の軌跡、そして明日へ」

—明治神宮の森から首都高速大橋ジャンクション「目黒天空庭園」まで—

【会期】2013.3.30（土）～2013.9.16（月/敬老の日）

【主催】東京農業大学地域環境科学部造園科学科

「日本の森林復旧」展 —日本の山はハゲ山だった—

【会期】2013.3.30（土）～2013.7.15（月/海の日）

【主催】東京農業大学地域環境科学部森林総合科学科