

「食と農」の博物館

展示案内 No.58

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

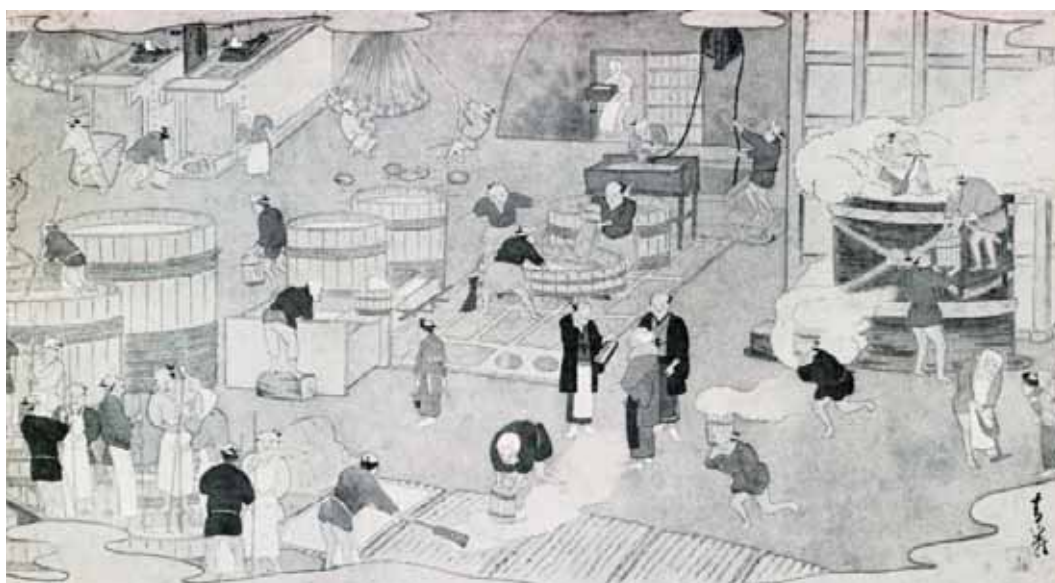
FAX.03-3439-6528

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」はまだまだたく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す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)

～微生物が醸してきた醸造の歴史～

「微生物と微生物学の歴史」

微生物が地球上に誕生したのは38～20億年前、人類が誕生したのは800～500万年前と言われています。人類によって醸造が行われた歴史は大変古く、ビールやワインなどは紀元前にまでさかのぼります。酒・味噌・醤油を始めとする醸造物は全て微生物によって醸されたものです。しかし、これら醸造物の製造過程で起こる発酵は、微生物学が発展するまで自然に起こる神秘的な現象(自然発生説)であると考えられ、日本人も神が宿ることで起きる現象と考えていたようです。科学技術が発展していなかった過去では当然のことかもしれません。

人類より先に誕生した微生物ですが、とても小さく私たちの肉眼では見ることができない生き物です。この微生物が私たちのすぐ目の前に存在していることが明らかにされたのは、1674年オランダの科学者アントニ・ファン・レーウェンフックの顕微鏡開発が発端となります。彼は、自作の顕微鏡を使って様々な小さいものを観察しました。微生物もその中で初めて存在が知られるようになりました。発酵の正体が、この微生物の働きによるものであることが解き明かされたのは、それから200年後の1850年頃でした。フランスのパスツールという科学者が様々な実験によって、これまでの自然発生説を否定し、微生物の発酵がビールやワインの醸造を担っていることを証明しました。また彼は、微生物学には欠かせない殺菌法も開発しました。一方、ドイツの科学者ロベルト・コッホは寒天培地という固体の培養基を用いることで、一つの微生物だけを選抜する技術(純粋分離技術)を



古代のワイン醸造

開発し、このことも微生物学の発展に大きく貢献しました。

このように先人の様々な功績により、1883年にはデンマークのカールスバーグ醸造所でビール酵母が、1895年には東京大学で清酒酵母が分離されるなど、現代ではそれぞれの醸造物に適した微生物を用いて、より美味しく、安全に醸造ができるようになり、醸造が産業として発展していきました。

「醸造産業の歴史」

日本における醸造は、元々伝統文化のひとつとしてよく知られています。例えば、大和朝廷の時代には酒造は神様に捧げる神事として行われていました。また、味噌や醤油は地域の文化と深く関わり、その地域独自の味わいを生み出してきました。江戸時代には酒造業や醤油醸造業は、幕府や藩を支える主要な産業で、兵庫県の灘や京都府の伏見は酒の産地として、兵庫県の龍野や香川県の小豆島、千葉県の野田や銚子は醤油の産地として発展してきました。明治時代には酒造業者の納めた酒税が、地租とともに殖産興業の資金や戦争の軍費として使われ、日本の近代化に大きく貢献しました。さらに醸造は、医薬品の開発や医療技術を支えている微生物のバイオテクノロジーにも関係してきました。



微生物の純粋培養法

「醸造を担う微生物」

人類が誕生する前の自然発酵も、古代文明の醸造も、現代の醸造産業も微生物がなくては成り立ちませんでした。この醸造を担う微生物は、糸状菌、酵母、細菌の3種類に大きく分類することができます。

糸状菌は、菌糸と呼ばれる糸状の細胞を形成する菌で、いわゆるカビの仲間です。麴をつくるときに用いられる麴菌(麴カビ)もこの仲間です。なかでも黄麴菌(アスペルギルス オリゼー)は日本の国菌とされ、清酒、味噌、醤油、味醂、食酢、甘酒など多くの醸造食品に利用されています。しかし黄麴菌以外にも、焼酎などに利用される白麴菌(アスペルギルス カワチ)、泡盛などに利用される黒麴菌(アスペルギルス アワモリ)など様々な麴菌が存在しています。また麴菌以外にもクモノスカビ(リゾプス)の仲間が中国や東南アジアで酒類や発酵食品(テンペなど)に、青カビ(ペニシリウム)がチーズ類に利用されています。これら糸状菌は原料に含まれるデンプンや蛋白質を糖やアミノ酸に分解するため、発酵食品を甘くしたりうま味を増したりする働きをしています。

酵母は単細胞で生活する菌の仲間です。大きさや細胞の構造により細菌と区別されています。代表的な酵母はサッカロミセス セレビスエです。この酵母は非常に多くの食品に利用されており、実用的に清酒酵母、ビール酵母、ワイン酵母、パン酵母などに区別されています。この酵母は糖をアルコールに変える働きがあり、ほとんどの酒類はこの酵母を利用して造られています。

また、アルコールと同時に二酸化炭素のガスを出すのでパン生地を膨らませています。ビールやシャンパンが炭酸を含んでいるのはこのガスが溶け込んでいるからです。

細菌類は酵母よりもさらに小さい微生物です。細菌というとバイ菌のようなイメージを持っている方も多いかもしれませんが、乳酸菌、酢酸菌、納豆菌など、発酵食品の製造において重要な菌も存在しています。乳酸菌はヨーグルト、チーズなどの乳製品から漬け物やなれ鮭など様々なものに利用されており、種類も多種多様です。乳酸菌は糖を乳酸に代える働きがあり、発酵食品に酸味を与え、腐敗を遅らせる働きがあります。また腸内環境を整え健康にも良い働きをします。酢酸菌はお酢を作るのに利用されている他、ナタデココの製造にも利用されています。納豆菌は大豆の消化を良くし、うま味を増してくれる働きをしています。

このように微生物は様々な醸造・発酵食品に利用されており、私たちに様々な恩恵を与えてくれています。これからも私たちの生活と将来にとって、微生物は無くてはならない存在なのです。

中山俊一

(応用生物科学部 醸造科学科 助教)

本間裕人

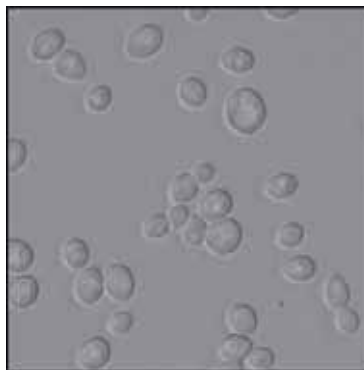
(短期大学部 醸造学科 助教)

木原高治

(国際食料情報学部 国際バイオビジネス学科 准教授)



黄麴菌
(アスペルギルス オリゼー)



酵母
(サッカロミセス セレビスエ)



乳酸菌
(ラクトバチルス ブレヴィス)

～微生物が醸す酒類～

本展示に興味を示される方の中には、お酒が好きですという方も随分と多いでしょう。お酒は現在はもちろん、未来においても人類の重要な嗜好品として存在し続けていることでしょうか。ところでそのお酒はどのように造られるのでしょうか？お酒に含まれるアルコールや香りや味わいは、もちろん原料には存在しません。不思議ではありませんか？

これは醸造・発酵、微生物作用によってもたらされるのです。酵母は糖分を食べアルコール発酵によってアルコールをつくり出します。ワインの原料であるブドウ果実のように原料中の主成分が糖の場合は、酵母の働きだけでお酒を造ることができ、これを単発酵といいます。しかし、米や麦などの穀物はデンプンが主です。このためビールや清酒・焼酎造りでは、このデンプンを糖分に変える糖化という工程が必要です。この糖化は、アミラーゼという酵素(人間の唾液にも含まれる)によって行われますが、ビール製造では麦芽が、清酒・焼酎では米麴がこの役割を果たしています。

さらに造り方にも大きな違いがあります。ビールでは、この糖化の工程が先に行われ、麦芽粕が除去され、次に固形物を含まない麦汁中で酵母によるアルコール発酵と、それぞれが独立して行われます。この糖化の工程とアルコール発酵の工程が別々に管理される方法を「単行複発酵」といいます。それに対して清酒・焼酎では、2つの工程が固形物を含むドロドロの状態

同時に進行し、これを「並行複発酵」といいます。性質も働きも異なる複数の微生物を同時に制御・管理する清酒・焼酎造りでは、より緻密な微生物管理が必要になります。

また清酒・焼酎には複雑な香りと味わいがあります。これらは、様々な香り成分やアミノ酸、有機酸、糖類などのバランスによって形成されます。そしてこれら成分の多くは、麹カビの生産した酵素や酵母の作用によって醸し出されます。上質な清酒・焼酎のためには、順調にアルコール生成を行わせつつ、さらにバランスのよい香りや味を造り出すような管理も必要となるのです。

これが日本の伝統で「巧みな微生物管理」とも表現される、先人達の試行錯誤によって確立された「醸造」という技なのです。本学の醸造科学科と醸造学科では、酒類醸造技術を守り伝える教育を行うと共に、さらに発展させる研究も行っています。本展示では、両学科での教育・研究の主体に合わせて、清酒と焼酎を中心に、初学者向けに平易でかつ実践的な酒類およびその醸造技術の解説・展示を致します。

ところで、大学でお酒を造っていることも不思議ではありませんか？確かにキャンパス内で、実際に酒造りをしています。これは、本学が酒類の試験製造免許を有しているからこそ可能なのです。世田谷キャンパスでは、清酒をはじめ単式蒸留焼酎(本格焼酎)、果実酒、ビール、発泡酒などなど、全14品目の免許を保有しています。酒類の製造は、各品目(お酒の種類)毎に免許され、その製造数量は、毎年管轄の世田谷税務署



米麴



麹室



仕込み蔵風景 (南部美人)



卒業生蔵元のお酒

に届け出る義務があります。

これらはいずれも実験研究のためのもので、精米機や麹室などの一部を除けば、工場で生産するような規模の大型設備や装置は所有していません。また仕込みは、授業や研究でデータ取得するための多条件での小規模実験がほとんどで、さらに発酵中に試料採取するため、出来上がった酒は成分分析と官能評価(利き酒、テイスティング)で消費してしまいます。このため学内で製造した酒類を一般の方々に味わっていただくことは出来ません。しかし、この仕込実験は、蔵元後継者は言うに及ばず、一般家庭(非酒造業)の出身者で酒造業や関連産業に就職する卒業生も多数いることから、実際の商品の生産や開発にその経験が活かされています。

「食と農」の博物館内には常設展として、そうした卒業生、在学生達の蔵元のボトルが壁一面

に誇らしげに並んでいます。馴染みのある銘柄も初見の銘柄もあるでしょう。その中から、是非とも気になる銘柄を覚えていただき、酒販店で思い出し、御自宅や料飲店でお楽しみいただければと思います。あの銘柄の造り手やあの蔵元がどんな勉強をして卒業していったのか、本展示を通じて疑似体験・共有されてははいかがでしょうか。「ふしぎ」の一部が解決し、知的好奇心も満たされれば、一杯は、さらに深みを増し、グラスの中に酒造りのサイエンスを見出すことができるでしょう。

進藤 斉

(応用生物科学部 醸造科学科 講師)

数岡孝幸

(短期大学部 醸造学科 助教)

～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。調味料もまた微生物によって醸されるのです。日本人の味覚の原点といえる醤油はその代表です。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ます。醤油諸味中は高濃度食塩のために雑菌は直ちに死滅して衛生的な環境になりますが、食塩に耐えられる醤油乳酸菌と醤油酵母だけが増殖して豊かな香味を造っていきます。

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と蒸した大豆、それに食塩を混ぜ込んで発酵させます。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。味噌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、郷土に根差した食嗜好性の礎といえます。

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造り出すものです。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。

前橋健二

(応用生物科学部 醸造科学科 准教授)

石川森夫

(応用生物科学部 醸造科学科 准教授)



発酵中の醤油諸味

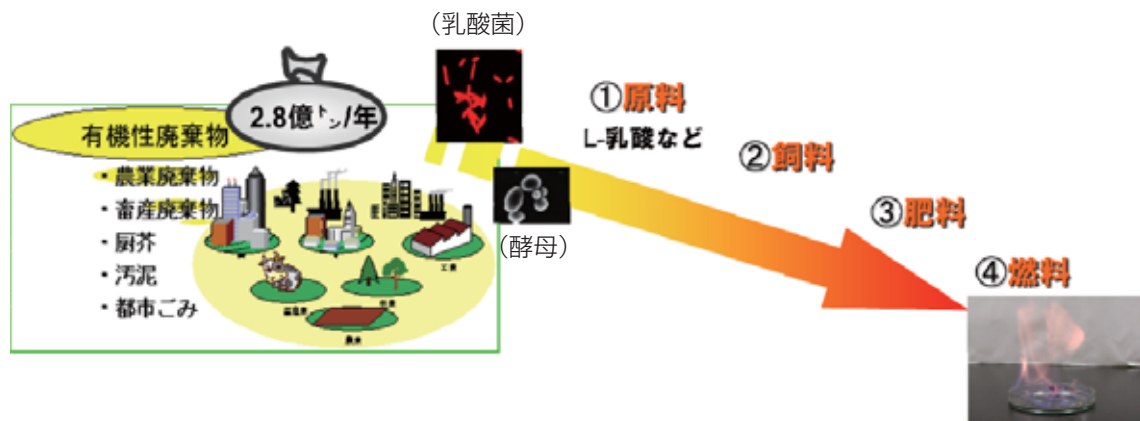


食酢の製造風景（壺畑）坂元醸造（株）提供

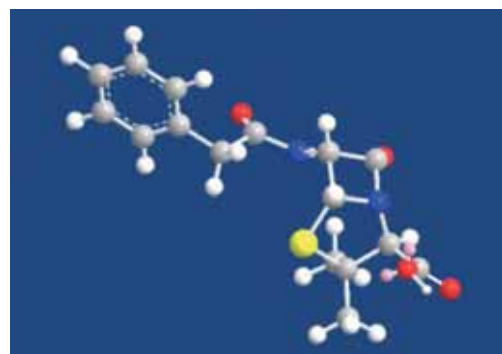


味噌の仕込み作業

～微生物が醸す新しい世界～



青カビの巨大集落



青カビが作るペニシリンGの分子モデル

『醸造のふしぎ』—微生物が醸す世界—展の第一期から第三期では、醸造にかかわる微生物とはどんな生き物なのか、そして酒や発酵調味料に代表される魅力的な醸造・発酵食品はどのように造られるかについて、詳しい展示が行われます。

ところで人類が生活していく上で役立つ微生物の作用、可能性は果たしてこれだけなのでしょうか？ …答えはNo、微生物は私たちの生活を健康で豊かなものへと変える無限の可能性を秘めています。

今日の日本では、私たちの生活や産業によって年間2.8億トンにもものぼる有機性廃棄物、いわゆる生ゴミなどが生み出されます。これは1人当たりで換算すると2トン以上の量になります。そのほとんどは焼却されたりそのまま埋め立てられたりしていますが、この先このままの生活を続けたら狭い日本は廃棄物で埋め尽くされてしまうかもしれません。この問題を解決するのに微生物は大きな役割を果たします。有機性廃棄物を微生物で「醸す」ことによって、生分

解性プラスチックなどの工業原料に造り変えたり、飼料や肥料として再利用する、あるいは環境にやさしいエネルギーのための燃料を生み出すこともできるでしょう。

また日本は世界の冠たる長寿国ですが、寿命が江戸時代に比べて30年以上も延びたのには生活が改善されたことのほかに、病気によく効く薬が次々と発見されたのが大きな理由です。ところでこうした薬の多くが微生物によって生み出されていて、また利用されています。微生物の力をうまく利用すれば、多くの難病を克服できる日が来るかもしれません。

本展示の最後の企画、題して「微生物が醸す新しい世界」では食品製造にとどまらず、私たちの生活を健康で豊かにしていく微生物の利用法とその可能性について紹介していく予定です。

大西章博

(応用生物科学部 醸造科学科 助教)

勝田 亮

(応用生物科学部 醸造科学科 助教)

『醸造のふしぎ』—微生物が醸す世界—

関連イベント

1 醸造を担う微生物をみてみよう

講師：中里厚実教授(応用生物科学部 醸造科学科)
担当者：門倉利守准教授・中山俊一助教(応用生物科学部 醸造科学科)
日時：平成24年6月9日(土) 13:30～15:00 場所：「食と農」の博物館 1階映像コーナー

2 お酒のふしぎ

講師：佐藤和夫教授(応用生物科学部 醸造科学科)
日時：平成24年7月7日(土) 13:30～15:00 場所：「食と農」の博物館 1階映像コーナー

3 食用微生物・キノコのふしぎ

講師：本間裕人助教(短期大学部 醸造学科)
日時：平成24年9月23日(日) 13:30～15:00 場所：「食と農」の博物館 1階映像コーナー

4 利き酒の仕方

講師：数岡孝幸助教(短期大学部 醸造学科)
日時：平成24年11月14日(水) 15:00～16:00 場所：「食と農」の博物館 2階セミナー室
要件：20歳以上の一般者、30名先着順

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

「馬を知る～馬好きも知らない馬のこと～」展
【期間】平成24年3月30日(金)～同年9月23日(日)
【主催】JRA日本中央競馬会 馬事公苑

「熱帯農業の魅力」
【期間】平成24年3月30日(金)～同年8月26日(日)
【主催】東京農業大学国際食料情報学部国際農業開発学科

「熱帯林に生きる昆虫」展(仮題)
【期間】平成24年10月12日(金)～平成25年3月24日(日)
【主催】(財)進化生物学研究所

「自然を拓いた古農具」展(仮題)
【期間】平成24年10月12日(金)～平成25年3月24日(日)
【主催】東京農業大学学術情報課程、東京農業大学「食と農」の博物館