

独立行政法人酒類総合研究所 理事長

平松 順一

酒類のアルコール（エチルアルコール）は、酵母が糖類から造ります（アルコール発酵）。また、



酵母は同時に、アルコール以外にも味成分となる有機酸や香り成分となるエステル類などを造ります。現在では、代謝機能などの研究を進めることによって、酒類のタイプごとに適した酵母が次々に育種されるようになりました。

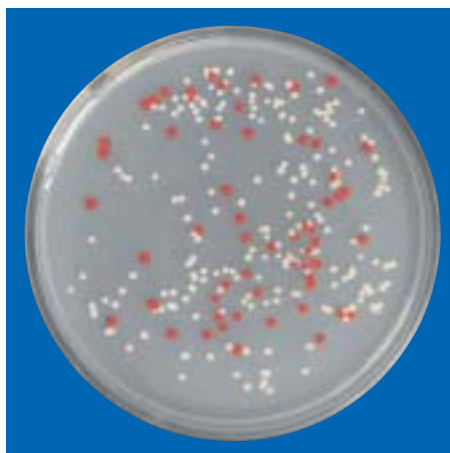
お酒には長い歴史がありますが、アルコール発酵が酵母による生命現象であることをはじめて証明したのは、ルイ・パスツールで、1879年のことでした。それ以来、酵母は発酵の分野にとどまらず、現在は医療などの分野で、生物の基本的な仕組みを解明するためのモデル生物として研究されています。人間と酵母の関わりは、今後ますます深くなっていくと思います。

「酵母」は、このNRIBの創刊号で特集しましたが、それ以後も当研究所では、酵母をはじめとする醸造微生物の優れた特性や機能を解き明かし、酒類の品質向上や新しい技術分野に活かせるよう研究を進めてきました。

今回は、清酒酵母に関する二つの研究成果をご紹介します。今後皆様に、これらの成果をお酒という形で楽しんでいただけることを目指して参りますので、ご期待ください。

特集 清酒酵母

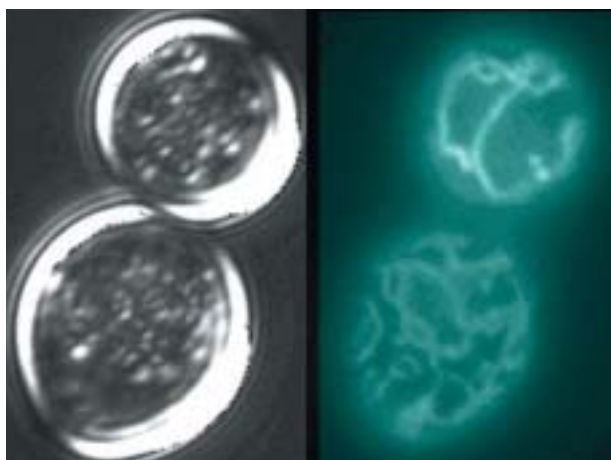
清酒酵母は、アルコールを20%以上もの高濃度で生産できる非常に優れた酵母です。1895年（明治28年）に矢部規矩治博士によって、世界で初めて清酒酵母が分離されて以来、優良な清酒酵母の分離、研究が行われ、全国の清酒製造場に頒布されるようになりました。現在では、醸造資源としてはもちろんのこと、遺伝子資源としても日本の貴重な財産として期待されています。当研究所は世界に先駆けてゲノム解析を行い、日本から情報を発信しようとしているところです。



TTC染色法による野生酵母の検出
赤：清酒酵母 白：野生酵母



育種中の新規清酒酵母の小仕込試験



顕微鏡でみた酵母

左の酵母のミトコンドリアのみを染色し可視化したもの

酵母中のミトコンドリアは発達すると、あたかも宿主（酵母）とは別の生物としての意思を持つがごとくフィラメント状の形態を取り、ネットワークを形成します（写真右）。酵母のミトコンドリアは酒類醸造においては、酒類の味を構成する有機酸などの物質を合成する場であると同時に、さまざまな生命現象の中心として機能しています。

酒類醸造における酵母ミトコンドリアの役割

醸造技術基盤研究部門 主任研究員 北垣 浩志(キタガキ ヒロシ)



酵母の“生き物”という側面に着目することで新たな醸造技術の開発を目指しています。

酵母は醸造プロセスの中で生き残ろうとしている

醸造技術者にとって、酵母は酒造りのための道具ですが、それ自体は生き物でもあります。したがって、酵母は厳しい醸造環境でもそこを自然界だと思って、生き残るための必死の努力をしていると考えられます。彼らの潜在能力を引き出すためには、醸造における生理的な状態とその合目的性をもっと理解しなくてはならないと考え、研究をスタートしました。

酵母のミトコンドリアは清酒醸造中に分裂する

ミトコンドリアは太古に原核生物が真核生物に寄生したものだと考えられており、細胞内小器官として呼吸や物質の合成、細胞死などのさまざまな生命現象の中心機能を担っています。しかし、酒類醸造中の酵母ミトコンドリアの形態やその変化を調べた研究者は意外にもこれまで全くいませんでした。

私たちが清酒醸造中における酵母のミトコンドリアの形態を調べたところ、もろみ初期にはフィラメント状の形態を取っていましたが、発酵が進むにつれてドット状の形態に分裂することが明らかとなりました。

酵母は積極的に自らを死に追いやる

清酒醸造におけるミトコンドリアの分裂は何によって起こるかを調べると、エタノールが分裂の要因であることがわかりました。次にこのミトコンドリアの分裂の意味を考えてみました。動物細胞では、ミトコンドリアの分裂はアポトーシス(細胞の自殺)の前兆だと言われて

います。そこで酵母でも同様のことが起きるかを調べたところ、確かにエタノールによってミトコンドリアが分裂し、アポトーシスが起きていることがわかりました。自分の死を察して、周りの仲間たちのために自分が死んで栄養を提供しようとしているようです。これは、個体としては死ぬが、種として生き残ろうとしているという意味で生物としての目的には適っていると言えます。

これらの研究成果は平成19年度日本農芸化学会及び日本生物工学会において最も注目すべき発表のひとつに選ばれました。

また、ミトコンドリアは清酒の味を構成する有機酸などの物質代謝の場でもあります。実際に、発酵中の酵母ミトコンドリアの分裂は有機酸の生成に影響を与えることがわかりました。発酵においてミトコンドリアが分裂することで、ミトコンドリアの表面積が増え、細胞質との物質交換が促進されるのではないかと考えています。

今後、醸造環境下での酵母のミトコンドリアが持つ役割をさらに研究することによって、酒類醸造における酵母の死滅率を減少させたり、有機酸などの重要な醸造成分の代謝を改変したりすることが可能になると期待されます。

(左) もろみを直接見た写真
(右) ミトコンドリアを可視化した写真

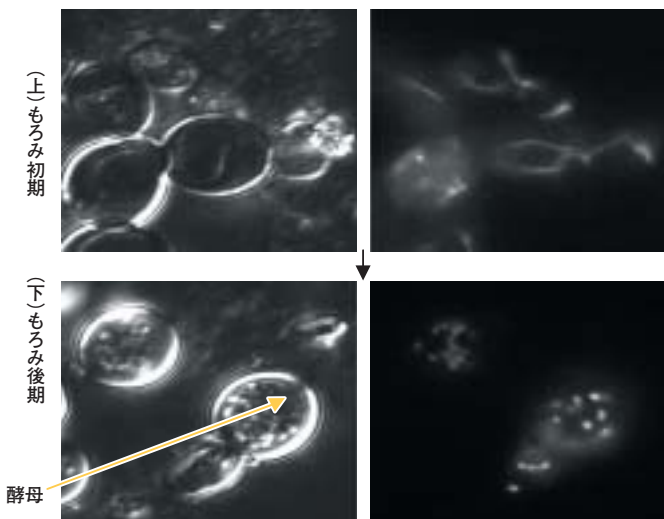


図1 清酒醸造における酵母ミトコンドリアの形態

フィラメント状の形態

ドット状に分裂

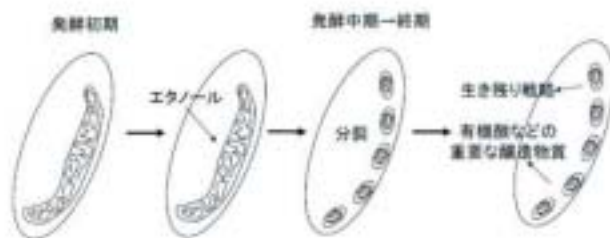
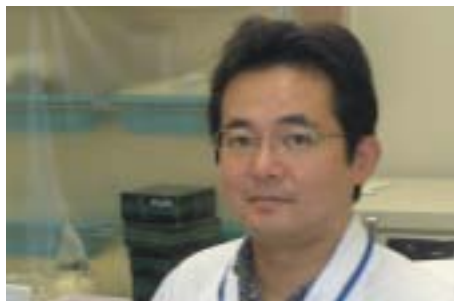


図2 酒類醸造における酵母ミトコンドリアの動的構造変化とその醸造において担っていると考えられる役割

清酒酵母の特性の源泉「ゲノム」に迫る

醸造技術基盤研究部門 主任研究員 赤尾 健(アカオ タケシ)



醸造工程での酵母や麹菌の振る舞いを深く理解し、醸造技術の改良につなげたいと思っています。

酒造用酵母と実験室酵母

お酒造りを担う微生物の代表と言えば酵母です。一口に酵母と言っても、用途によってワイン酵母、ウイスキー酵母、パン酵母などがあり、清酒造りを担うのは清酒酵母です。これらの酵母はサッカロマイセス・セレビシエという同じ種に属し、生命の基本的な仕組みは一緒ですが、人間でも外見や性格、特技などが異なるように、酵母同士でもそれぞれの特性は異なっています。

一方、酵母は高等生物の体の仕組みやガンなどの病気のメカニズムを解明するための研究材料としても用いられています。このような酵母は実験室酵母と呼ばれ、その重要性から10年以上も前に全ゲノム情報が解読され、世界中で精力的に研究が行われています。

生命の設計図=ゲノム

ある生物の遺伝情報の一揃いを含んだDNAは生物の体を構成する部品等のほとんどの情報を有しており、生命の設計図と言われています。ゲノムの情報は生物種間で異なることはもちろん、同じ生物種内でも微妙な違いがあるのです。先に触れた酵母が備えている特性も、ゲノム情報の微妙な違いが原因であると考えられます。

ゲノムを比べると…

清酒酵母は、低温でもよく発酵し、アルコールの生成能と耐性が高く、しかも出来たお酒の香味が優れています。このような特性をゲノムレベルで解明するとどのようになるのでしょうか？

それには、まず基盤となるゲノム情報の解読が必要ですが、これには非常に多くの時間と人手を必要とします。そこで私たちは、国内の酵母を扱う研究機関や酒造会社等に呼びかけ、賛同を得られた26機関と共に、代表的な清酒酵母株「きょうかい7号」のゲノム情報を解読しました。これを実験室酵母のゲノム情報と比較(比較ゲノム解析)した結果を以下に説明します。

清酒酵母の設計全書(ゲノム)は全16巻(16本の染色体)、各頁には、1つの部品(実際の機能を果たすタンパク質)の設計図(遺伝子)が記されており、それが約6000頁(約6000遺伝子)ありました。これらは、実験室酵母と比較して95%以上の類似度がありました。しかし、数十種類の部品の設計図の落丁や実験室酵母にはない設計図の挿入が、主に巻頭と巻末(染色体の末端)付近で見つかりました。どうもその辺りの頁は破けたりしやすいようです。このほか乱丁部分もありました。

実際の機能を果たす部品はどうでしょうか? 頁の落丁や挿入に対応して実験室酵母と清酒酵母のどちらか一方になかったり、どちらか一方で故障していそうな部品が100個以上ありました。これらは清酒酵母の特性に関与している可能性があります。さらに、両者の部品の半数以上はわずかず異なるため、機能や相互作用の微妙な違いの蓄積により特性が現れている可能性もあります。

現在はまだゲノム情報を解読し、将来的に酒造技術の改良や新しい性質の酵母の開発に利用できそうな素材をいくつか探し出している段階ですが、今後お酒の質の向上や多様化に結びつけていきたいと考えています。

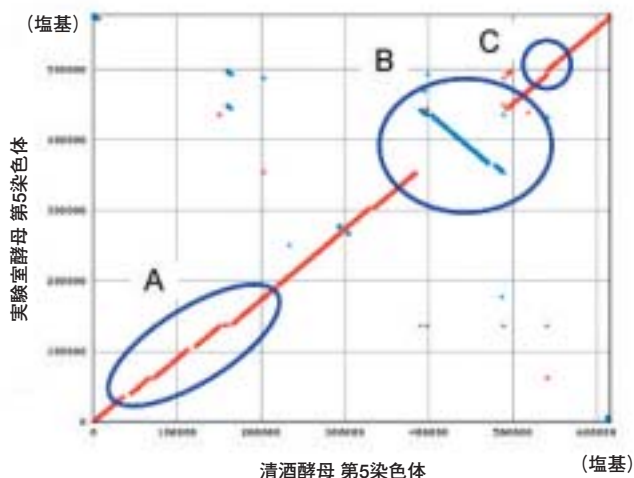


図1 清酒酵母と実験室酵母の染色体構造の比較の一例(第5染色体)
赤線は両者で対応している部分。Aは清酒酵母で頁の挿入があった部分。以下同じく、Bは乱丁部分(各頁は読める)。Cは落丁部分。

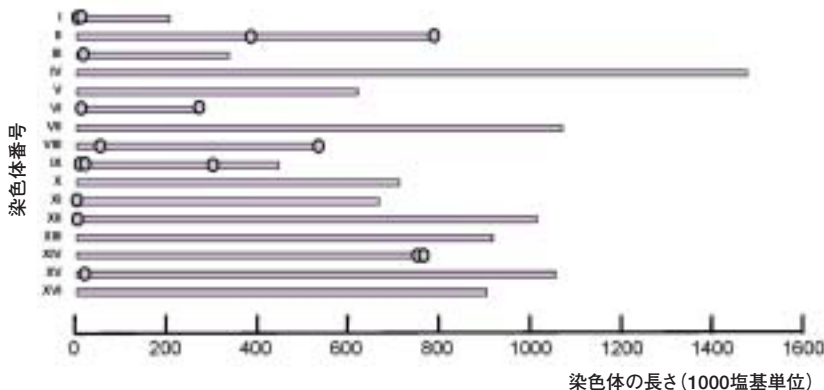


図2 清酒酵母に特有な遺伝子(○)の染色体上の分布
大部分は各巻の始めか終わり(染色体末端)に位置している。

1 日本酒フェア2007

平成19年6月7日に東京都豊島区東池袋のサンシャインシティにおいて、昨年まで広島で開催していた全国新酒鑑評会の「公開きき酒会」と日本酒造組合中央会が今年から開催する「全国日本酒フェア」を併せたイベント「日本酒フェア2007」が日本酒造組合中央会との共催で行われました。約3,500名の方にご参加いただき、大盛況でした。



4 Sake Festival in Los Angeles

米国内での清酒の需要を開拓することを目的として、平成19年3月22日にロサンゼルス市内のホテルにて、領事館と日本貿易振興機構(JETRO)の共催による政府イベントが開催されました。(当研究所は後援)

これは、米国で開催されたSakeイベントの中で史上最大のもので、約1,500名が参加という盛況ぶりでした。

当研究所からは、坂本和俊主任研究員が出席し、挨拶と清酒の説明を行いました。



お知らせ

■日本酒ラベルの用語事典中国語版の配布について

「エヌリブ9号」でご案内しました日本酒ラベルの用語事典の英語版に引き続き、中国語版(繁体字版)を作成いたしました。

来日される外国人の方や日本酒の輸出先での説明に活用いただけると思います。PDFファイルをホームページ(<http://www.nrib.go.jp/sake/nlzeiten.htm>)よりダウンロードしてご利用ください。



なお、ご利用に際しては、注意事項、利用条件を厳守してください。酒類製造及び流通関係者の方には、製本した小冊子(有料)を用意しておりますので、必要な方は東京事務所にご相談ください。

3 お酒の教養講座(焼酎編)

消費者に、酒類に関する知識を高めていただくため、平成19年4月20及び21日に東京事務所で、「お酒の教養講座」を開催しました。

今回は、「焼酎」をテーマとして製造方法、楽しみ方、酒類と健康等の内容の講義、きき酒の方法等について、2時間にわたる講座を3回開催し、計91名の方にご参加いただきました。



みんなで止めよう温暖化

チーム・マイナス6%

技術相談窓口案内

酒類に関する質問にお答えします。

TEL: 082-420-0800 (広島事務所)

TEL: 03-3917-7345 (東京事務所)

発行

独立行政法人酒類総合研究所

National Research Institute of Brewing (NRIB)

ホームページ <http://www.nrib.go.jp/>

〒739-0046 広島県東広島市鏡山3-7-1

TEL: 082-420-0800 (代表)

〒114-0023 東京都北区滝野川2-6-30

TEL: 03-3910-6237

◎本紙に関する問い合わせは、下記まで

企画編集 TEL: 03-3910-6237

(橋爪、宇都宮、坂本、柳谷)

◆「エヌリブ」はホームページでもご覧になれます。

<http://www.nrib.go.jp/sake/sakeinfo.htm#kouhou>