



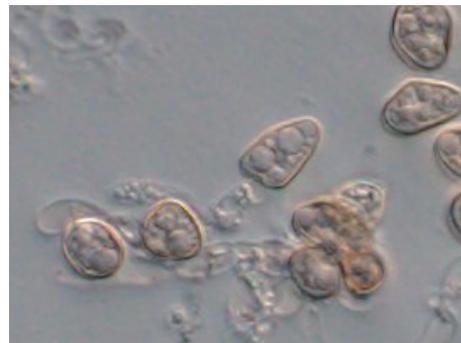
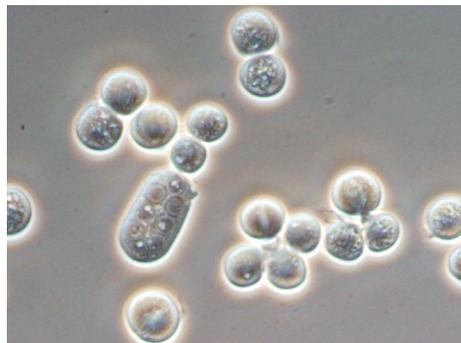
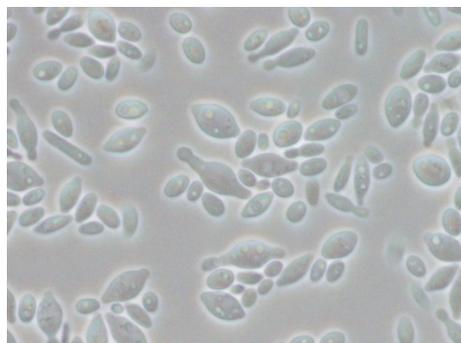
公益財団法人発酵研究所 寄付講座

「酵母多様性生物学・分類学研究室」開設記念式典およびシンポジウム

# 「酵母の産業における重要性と酵母分類」 要旨集

東京農業大学 農生命科学研究所

2021年5月13日 (木)



農 東京農業大学

## ご挨拶

### 江口 文陽 (東京農業大学 学長)

酵母多様性生物学・分類学研究室は、公益財団法人発酵研究所のご寄付により、5年6ヶ月の計画で2020年10月1日に開設されました。

東京農業大学は1891(明治24)年に徳川育英会を母体として設立された私立育英農科を源とし、2021年に創立130周年を迎えます。「稲のことは稲に聞け、農業のことは農民に聞け」に代表する実学主義に基づき、それぞれの時代の要請に応じた「食」と「農」を探究し続けております。

なかでも、「醸造」は建学当初からの本学の重要な研究課題のひとつで、それは酒類の製造が日本の産業の中心的存在でもあり、当時の税収における酒税の割合が高かったことから推測できます。日本の酒「国酒」と呼ばれる清酒、焼酎、泡盛の醸造には、優れた酵母が不可欠です。この酵母の働きによる国酒醸造の技術は、現在ではバイオエネルギー生産にも利用され、そのニーズは年々高まっています。一方で、酵母はカビ、キノコとともに菌類の仲間であり、自然環境にも多く棲息し、その多様性は重要な研究テーマです。単細胞の菌類である酵母は真核生物のモデル生物として基礎研究でも重要な役割を担っています。またその分類学は、近年ではゲノム情報を用いた新たな体系化が求められ、酵母研究の重要な基盤として位置づけられています。

このように本学の特徴的な研究領域に関連の深いテーマに対し、高額な寄付金を助成していただく公益財団法人発酵研究所の中濱理事長に厚く御礼申し上げますとともに、ご期待に応える研究成果を出すよう全学を挙げて支援してまいります。

### 中濱 一雄 (公益財団法人発酵研究所 理事長)

寄付講座、酵母多様性生物学・分類学研究室の開設、誠におめでとうございます。心からお祝い申し上げます。榎本武揚を建学の祖とし、日本のバイオテクノロジーの最高学府である貴学、東京農業大学に私どもの財団からの寄付によって微生物関係の寄付講座を開設されまして、たいへん光栄に思います。

発酵研究所は、戦前の昭和19年に当時の内閣技術院と武田薬品との共同出資により設立され、以来、約60年間、IFOという名称で微生物株の保存機関として国内外の研究を支援してまいりました。その後、この業務をNBRCに移し、平成15年からは微生物の研究に特化した研究助成事業をおこなっております。この事業の1つである寄付講座助成は平成20年から開始しまして、第1回目の京都大学をはじめ、これまでに合計12件の寄付講座を設置してきました。そして、第13回目として一昨年の6~7月に研究課題を「微生物の分類に関する研究」として全国の大学に向けて寄付講座の募集を行いましたところ、6件の応募がありました。この6件について当財団の選考委員会で厳正に審査した結果、東京農業大学が応募された寄付講座(酵母多様性生物学・分類学研究室)が最も高い評価を得て採択されました。

当講座の主な研究目的は、全ゲノムを基に酵母の高次分類体系を再構築することにあります。たいへん重要かつ構想の大きい研究であると思います。また、当講座の教員の高島昌子先生は酵母の分類の第一人者であり、国内外から高く評価されています。

寄付いたしました2億円を有効に使っていただき、研究、教育ともに素晴らしい成果をあげられることを期待しております。

# 「酵母多様性生物学・分類学研究室」 開設記念式典およびシンポジウム

公益財団法人発酵研究所 寄付講座

テーマ：「酵母の産業における重要性と酵母分類」

主催：東京農業大学農生命科学研究所

日時：2021年5月13日（木）

## 【開設記念式典】（13:00－14:00）

挨拶 上原 万里子（東京農業大学 農生命科学研究所 所長）

感謝状贈呈

来賓挨拶 樽井 直樹（公益財団法人発酵研究所 常務理事）

講座教員紹介 田中 尚人（寄付講座設置世話人・東京農業大学 生命科学部 分子微生物学科 教授）

祝辞 Teun Boekhout, Leader, Yeast Research Group, Westerdijk Fungal Biodiversity Institute, The Netherlands  
Savitree Limtong, Professor, Department of Microbiology, Faculty of Science, Kasetsart University, Thailand

## 【シンポジウム】（14:00－17:00）

第一部（テーマ：分類学が拓く次のステージ）（14:00－15:15）

座長：鈴木 健一郎（東京農業大学 応用生物科学部 醸造科学科 客員教授）

14:00～ 「*Saccharomyces sake* と国酒酵母」  
門倉 利守（東京農業大学 応用生物科学部 醸造科学科 教授）

14:25～ 「油脂酵母の分離と分類」  
山崎 敦史（独立行政法人製品評価技術基盤機構 バイオテクノロジーセンター）

14:50～ 「酵母分類学の進展は医真菌学研究を加速させた」  
杉田 隆（明治薬科大学 微生物学研究室 教授）

休憩（15:15～15:30）

第二部（テーマ：産業における酵母の未来）（15:30－16:45）

座長：徳岡 昌文（東京農業大学 応用生物科学部 醸造科学科 准教授）

15:30～ 「分類学的研究から見出されたEHL 遺伝子の清酒酵母における役割」  
中山 俊一（東京農業大学 応用生物科学部 醸造科学科 准教授）

15:55～ 「ゲノムから見た「清酒酵母」の多様性」  
赤尾 健（酒類総合研究所 醸造微生物研究部門 部門長）

16:20～ 「アミノ酸に着目した酵母の高機能開発と産業利用」  
高木 博史（奈良先端科学技術大学院大学 バイオサイエンス領域 教授）

16:45～ 挨拶  
高島 昌子（東京農業大学 農生命科学研究所 特命教授）

# *Saccharomyces sake*と国酒酵母

門倉 利守 (東京農業大学 応用生物科学部 醸造科学科)

1964年東京生まれ、1988年東京農業大学農学部醸造学科卒業、1990年東京農業大学 農学研究科食品栄養学専攻修了、1990年東京農業大学農学部醸造学科 現在に至る。

私立大学として130年の歴史を持つ東京農業大学の醸造科学科は、1950(昭和25)年4月に短期大学醸造科として創設されたのがはじまりである。醸造微生物学研究室は、1952(昭和27)年4月に醸造試験所技官、日本醸造協会嘱託、協会7号酵母の分離者でもある塚原寅次先生が醸造科に招聘され、創設された塚原研究室がはじまりである。その後、1953(昭和28)年4月に開設された農学部醸造学科の初代卒業生の竹田正久先生が助手として加わり、約70年に渡り脈々と清酒酵母の分類学が育まれてきた。当研究室では、現在、清酒酵母、泡盛酵母、焼酎酵母を合わせて国酒酵母と名付けて研究を進めているが、清酒酵母は1895年に初めて分離され、1897年に矢部規矩治博士により *Saccharomyces sake* と命名された。その後、中沢亮治博士により *S. sake* の性質と異なる清酒酵母 *Saccharomyces tokyo*、*Saccharomyces yedo* が命名されたが、1931年にオランダのステリング デッカー博士により、*S. sake* は *Saccharomyces cerevisiae* Hansen, Rasse *Sake* Yabe とされた。このオランダ学派により The Yeasts は編纂されているが、その3版では2版で独立した種とされていた17種が *cerevisiae* に統合された。このようにある種 complex とも考えられる *cerevisiae* の中で、清酒酵母をはじめとする国酒酵母がどのように位置するのかを概説する。

## 油脂酵母の分離と分類

山崎 敦史 (独立行政法人製品評価技術基盤機構 バイオテクノロジーセンター)

平成15年東京農業大学応用生物科学部卒、平成17年東京大学大学院農学生命科学研究科修士課程修了、平成18年独立行政法人製品評価技術基盤機構入構、現在に至る。

細胞内に中性脂質を大量に蓄積する油脂酵母として、*Lipomyces* 属が存在する。この酵母が産生する油脂・脂肪酸は、再生可能エネルギーの一つであるバイオディーゼル燃料(バイオ燃料)や、化成品等への利用が期待されている。

*Lipomyces* 属酵母は土壌に広く存在することが知られているが、特殊な培地でなければ分離出来ない等の理由から、種の構成や分布等といった生態やその多様性に関する知見は乏しい。

我々は、このような油脂酵母における多様な菌株を自然界から分離し、バイオ燃料や化成品生産に向けた産業界等に寄与することを目的として研究を行っている。本シンポジウムでは、研究によって得られた知見として、国内で分離した油脂酵母及びその関連種の分類と脂質生産について紹介する。

なお、本研究で得られた高油脂生産性の酵母株等はNBRCカルチャーコレクションに寄託又は、スクリーニング用として提供するRD株として登録しており、企業や大学の研究者等に広く利用可能な状態で公開されている。

# 酵母分類学の進展は医真菌学研究を加速させた

杉田 隆 (明治薬科大学 微生物学研究室)

明治薬科大学大学院修了(博士(薬学))、明治薬科大学 微生物学研究室 教授、大学院薬学研究科長、日本医真菌学会 理事、Asia Pacific Society for Medical Mycology・Director。

真菌を原因とする感染症を真菌症と呼び、この内、酵母が原因となるのはカンジダ症、クリプトコックス症、トリコスポロン症およびマラセチア関連皮膚疾患である。感染症は原因菌を正しく同定することで確定診断され、適正な治療を与える。この基盤となるのが分類学である。トリコスポロン症は *Trichosporon cutaneum* が原因菌と考えられていたが、本菌は10菌種以上の複合体であることが明らかにされた。再分類の結果、多臓器に播種する深在性感染症(再分類後 *T. asahii* と命名)と皮膚に病巣を形成する表在性感染症の原因菌は異なることが明らかになった。特に、*T. asahii* はエキノキャンディン系抗真菌投与後に予後不良なブレークスルー感染症を引き起こすことが明らかにされたことは、医真菌学領域に大きなインパクトを与えた。マラセチア関連皮膚疾患(アトピー性皮膚炎、脂漏性皮膚炎など)の原因菌は *Malassezia furfur* と考えられていたが、本菌も複数の菌種に再分類された。皮膚には多種多様な真菌と細菌が常在するため、それらは相互作用する。この再分類はマイクロバイーム研究、とりわけマイクロバイームの破綻(dysbiosis)による炎症の発症機序の解明に大きな進展をもたらした。

本シンポジウムでは、酵母分類学の進歩がどの様に感染症の診断と治療に寄与したか、実例をあげて紹介したい。

# 分類学的研究から見出された *EHL* 遺伝子の清酒酵母における役割

中山 俊一 (東京農業大学 応用生物科学部 醸造科学科)

東京農業大学応用生物科学部醸造科学科准教授。九州大学大学院生物資源環境科学府生物機能科学専攻博士後期課程修了。博士(農学)。専門は、微生物学と代謝工学。

当研究室では清酒・焼酎・泡盛醸造所から分離した酵母を多数保有しており、これらの株のゲノム情報に基づく系統解析の結果、これら日本固有の酵母が他国の酵母とは異なる場所に位置し1つのクレードを形成することを明らかにした。また、これら日本固有の酵母は epoxide hydrolase をコードする *EHL* 遺伝子を染色体のサブテロメア領域に保有し、この遺伝子は中国由来の株にも存在するがヨーロッパ等の東アジア以外の地域の酵母は保有率が極めて低いことも見出した。そのため、この遺伝子が東アジアでの酒類製造において何らかの重要な役割を果たしている可能性が示唆された。*EHL* 遺伝子の機能は未知であるが改めてホモロジー検索を行った結果、ビオチン生合成に関与する細菌の Pimeloyl-ACP methyl ester carboxylesterase と高い相同性を示した。今回、この遺伝子について当研究室で取得した協会酵母701号を親株とする一倍体株を用いて *EHL* 遺伝子破壊株を構築し、ビオチン生合成に関与しているかや *EHL* 破壊株の諸性質を解析した結果を報告する。

# ゲノムから見た「清酒酵母」の多様性

赤尾 健 (酒類総合研究所 醸造微生物研究部門)

1968年 埼玉県生まれ、1993年 東京工業大学大学院 総合理工学研究科修士課程修了、国税庁入庁、1997年 国税庁醸造研究所 研究員、2004年 酒類総合研究所 主任研究員、2014年 副部門長、2019年 醸造微生物研究部門 部門長(現職)、2013年～現在 広島大学大学院客員准教授、客員教授。博士(農学)。

今日、清酒酵母と呼ばれる一群の酵母は、いずれも元をたどれば蔵付酵母由来である。これらは、主流である優良菌株(協会系酵母=日本醸造協会頒布株とその派生株)と野生清酒酵母(その他の蔵付酵母)に大別されるが、多様性に関しては、数種類のきょうかい酵母の菌株の違い以外にあまり意識されてこなかったように見える。

ゲノム時代を迎えて明らかになったのが、清酒酵母は単系統群を形成することである。協会系酵母は、そのうちの一本の枝の先端で更に分岐して小さな単系統群を形成していた。つまり、清酒酵母全体の多様性に比べ、協会系酵母の多様性は極めて小さい。一方で、協会系酵母では、同じ名前の保存菌株間にも多様性があることが判明した。同名菌株でも醸造特性にはばらつきがある、という現場の共通認識を裏付けるものである。

協会系酵母の多様性は小さいが、菌株ごとの酒質は様々である。しかし、協会系酵母の寡占により、酒質が単調に陥っているという見方が、清酒業界には根強く存在する。協会系酵母の圧倒的優位性は揺るがないものの、更なる酒質の多様化を探るべく、現場で利用される酵母菌株に関しては、従来の協会系酵母、あるいは清酒酵母の枠を超え、遺伝的な多様化が進んでいる。

# アミノ酸に着目した酵母の高機能開発と産業利用

高木 博史 (奈良先端科学技術大学院大学 バイオサイエンス領域)

1982年名古屋大学大学院農学研究科博士前期課程修了、同年味の素株式会社入社、1995年まで中央研究所・食品総合研究所 所在職(1986年 New York 州立大学客員研究員、1988年農学博士(東京大学))。1995年福井県立大学生物資源学部助教授、2001年教授を経て、2006年より現職。現在、学長補佐、研究推進部門長・産官学連携推進部門長(兼任)。2016年よりICY会長。生物工学功績賞・農芸化学会賞など受賞。

酵母 *Saccharomyces cerevisiae* は多くの発酵・醸造食品、バイオエタノールなどの製造に使用される重要な微生物である。酵母は高等生物のモデルとして基礎研究に使われる実験室酵母と、多くの発酵・醸造食品の製造に用いられる産業酵母に分けられる。実験室酵母(S288C株、Σ1278b株など)には遺伝解析やゲノム解析による膨大な基礎的知見が集積され、遺伝子組換え技術も確立しているが、一般に発酵力は極めて弱く発酵・醸造食品の生産には不適である。一方、産業酵母(パン酵母、清酒酵母、ビール酵母、焼酎酵母など)は発酵性や生育速度に優れた菌株が選抜されているが、遺伝特性や倍数性が異なっており、実験室酵母の知見や技術をそのまま適用できない。酵母におけるアミノ酸代謝とその制御機構は生育環境や代謝様式で異なっており、それらの仕組みを解明し、生命現象を理解することが重要である。また、酵母を用いて製造される発酵・醸造食品や飼料のアミノ酸含量を高めることができれば、それらの生産性改善、高付加価値化などが期待できる。本講演では、酵母に見出したアミノ酸(プロリン、アルギニン、ロイシン、バリン、オルニチンなど)の代謝制御機構や生理機能に基づき、アミノ酸代謝を人為的に改変し、酵母の高機能開発および育種に応用した例(アミノ酸機能工学)を紹介する。

## 酵母多様性生物学・分類学研究室

「酵母多様性生物学・分類学研究室」は公益財団法人発酵研究所の寄付講座助成により、2020年10月に東京農業大学農生命科学研究所に設立されました。

本研究室の研究課題は「全ゲノム塩基配列に基づく酵母の高次分類体系の再構築および発酵・醸造に重要な酵母のタイピングに応用できる高解像度の実用的同定識別システムの確立と応用」です。分類学を基軸に、ゲノム解析等先端技術をはじめ、遺伝学や生態学等生物学の各分野と協力して研究を行います。メタゲノム解析等に用いられる塩基配列に基づく系統分類の骨格と各分類群を特徴づける表現型が調和した分類体系の構築を目指します。そして、酵母の生理や環境適応などを含む生物多様性の研究の発展に貢献することを目的とします。

### 研究テーマとキーワード

#### 1 ゲノム情報等先端技術と古典的分類同定技術の融合し、新しい分類方法を開発する

- ▶ 「ゲノムが解す(ほぐす)」: 酵母は、パン、酒などの発酵食品等、我々の生活に密接に結びついた微生物であり、一方、モデル生物として基礎生物学の重要な研究材料でもあります。そして自然界には、それら以外にも多種多様の酵母が棲んでいます。それらの多様な形質と系統分類の骨格との関係を、ゲノム情報と表現型データを双方向から紐づけすることによって解明していきます。
- ▶ 「ゲノムで総べる(すべる)」: 酵母は菌類でありながら形態的な特徴が乏しいため、種や属の特徴づけには、生理・生化学的性状等が用いられてきました。一方、同じ菌類でも糸状菌やキノコでは主に形態的な多様性により特徴づけられてきました。広義の菌類とも整合性のとれた酵母分類体系の構築のため、これら異なった土俵のデータを、ゲノム情報を用いて束ねていきます。

#### 2 開発した方法を用いて分類体系を継続的に更新し、現在の分類体系を検証する

- ▶ 「広い視野で探索」: 酵母は子囊菌門と担子菌門の両方に位置し、系統的にも極めて多様です。酵母と他の菌類との共通点と相違点を探索し、分類体系の中で「酵母」を特徴づけていくことにより、酵母とはどんな菌類なのか? という問いに迫ります。
- ▶ 「繊細な目で探求」: 同じ種の酵母でも、それぞれの株がもつ特徴は様々です。その差を明らかにし共通点を見つけることにより、株間の遺伝的な近さを表す指標や、発酵・醸造に重要な役割をもつ酵母の新たな機能を探求していきます。



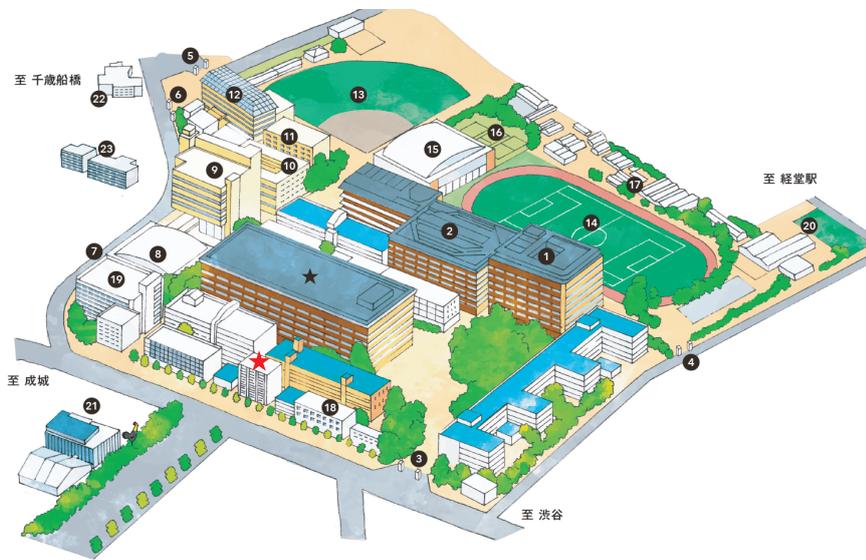
運営責任者：高島昌子 農生命科学研究所 特命教授

連絡先：〒156-8502 東京都世田谷区桜丘1-1-1 (8号館5010号室)

東京農業大学農生命科学研究所 (E-mail : mt207623@nodai.ac.jp)



キャンパスマップ



- ★ NODAI Science Port (研究棟、学部事務室)
- ① 農大アカデミアセンター
- ② 1号館 (講義棟)
- ③ 正門
- ④ 経堂門
- ⑤ 千歳門
- ⑥ 桜丘門
- ⑦ 用賀門
- ⑧ 100周年記念講堂カフェテリア・グリーン
- ⑨ 18号館 レストラン「すずしろ」
- ⑩ 常磐松会館本館 (農友会部室、生協、セブンイレブン、PINO)
- ⑪ 常磐松学生会館 (同好会室)
- ⑫ 常磐松会館道場
- ⑬ 野球場
- ⑭ グラウンド
- ⑮ 桜丘アリーナ (体育館、トレーニングジム)
- ⑯ テニスコート
- ⑰ 温室
- ⑱ 16号館 (健康サポートセンター)
- ⑲ 12号館 (食品加工技術センター)
- ⑳ ホッケー場
- ㉑ 「食と農」の博物館・バイオリウム・egg
- ㉒ グリーンアカデミーホール
- ㉓ 桜丘寮、若草寮
- ★ 8号館5階「酵母多様性生物学・分類学研究室」

アクセスマップ



- 「渋谷駅」下車  
▶バス「渋谷駅」～「農大前」30分位  
小田急バス 成城学園前駅西口行(渋24)  
調布駅南口行(渋26)  
東急バス 成城学園前駅西口行(渋24)  
祖師ヶ谷大蔵駅行(渋23)
- 「経堂駅」下車▶南へ徒歩15分  
「千歳船橋駅」下車▶南へ徒歩15分  
▶バス「千歳船橋駅」～「農大前」5分位  
渋谷駅行(渋23) 等々力操車場行(等11)  
用賀行(用01)
- 「用賀駅」下車▶徒歩20分  
▶バス「用賀駅」～「農大前」10分位  
世田谷区民会館行(園02)  
祖師ヶ谷大蔵駅行(用01)



公益財団法人 発酵研究所  
Institute for Fermentation, Osaka (IFO)

東京農業大学 農生命科学研究所  
酵母多様性生物学・分類学研究室

E-mail : nri@nodai.ac.jp

TEL : 03-5477-2532

住所 : 〒156-8502 東京都世田谷区桜丘1-1-1

<https://www.nodai.ac.jp/nri/news/news-20201023094742/>

