

## 特集 酵母研究の拡がり 2017



お酒造りに欠かせない「酵母」  
古くから使われている微生物ですが  
まだまだわからないことも多く  
2016年には酵母を対象とした研究に  
ノーベル賞が授与されました  
酒類総合研究所でも多方面から  
酵母の研究に取り組んでいます

**酵母** *Saccharomyces cerevisiae*

# 最近の酵母研究

「酵母」は酒類や発酵食品の製造に欠かせない微生物で、古くから私たちの生活と深くかかわっています。酒類総合研究所でも酵母に関する研究に多方面から取り組んでいます。今回は品質・評価研究部門の藤井部門長と醸造微生物研究部門の赤尾副部門長から、最近の研究について聞きました。

## ✓ 清酒醸造における酵母の役割

— まずは簡単に、お酒造りと酵母との関わりについて教えてください。

赤尾：清酒醸造で最も肝心なことは、酵母によるアルコール生産（発酵）です。酵母は、もろみの中で生きるエネルギーを得るため、アルコールを産生するだけではなく、様々な代謝をすることで、清酒の香り成分であるエステル、味成分である有機酸やアミノ酸なども産生します。酵母の種類によって、これらの成分を作る能力の強弱やバランスが変わるため、異なる風味の清酒ができます。

藤井：発酵が終わったもろみを搾ると清酒と酒粕が得られます。酒粕には米由来のタンパク質や食物繊維などのほかに、麹菌や酵母の菌体成分、これらの微生物が産生する発酵産物が含まれており、発酵食品そのものといってもよいものです。

赤尾：酒粕に含まれる有用成分は多い方がよいですね。清酒に含まれる吟醸香やアルコールの濃度についても、各酒造場によって考え方があり、それが使用する酵母の選択に関係しています。

### 酒粕

清酒もろみをこした固形部。  
麹菌や酵母で発酵。生酏では乳酸菌も関与。  
発酵食品そのもの。

酒米 + 麹 + 清酒酵母 → 清酒もろみ → 清酒 + 酒粕

麹 + 蒸米、水 + 乳酸菌(生もろ) → 清酒もろみ

酒粕 (米でんぶんの多くはアルコールとCO<sub>2</sub>に)

SAM、GPC、葉酸、ポリアミン、アグマチン、アミノ酸、βグルカン、レジスタントプロテイン…  
(機能性成分の多くは固形部に)

万葉集にも登場し古くから食されているほか、どぶろくの固形部分や甘酒としても古くから摂取。食経験が長く、安全・安心。

## ✓ 酵母の性質を保ち続ける

— 「酵母」といってもたくさんの種類がありますよね。

藤井：清酒醸造用の酵母として使用されているきょうかい酵母や公設試験研究機関などで育種された酵母は、吟醸香の生産に特化したものや酸の生産が少ないものなど、それぞれに特徴を持っており、いろいろな酵母が使われています。

赤尾：優れた酵母の性質は、酵母が持っている「ゲノム」で決まります。「ゲノム」は、4種類の塩基（A,G,C,T）が固有の順序で並んだ遺伝子の集合体です。塩基の並び方（塩基配列）によって遺伝子の働きが変化し、酵母の性質が変わります。一つの遺伝子は膨大な数の塩基が並んでいますが、そのうちのたった一つが変わるだけで、好ましい性質が失われることも、新しく追加されることもあります。

— 遺伝子というと保存されるイメージがあるのですが、塩基の並び方というのは、簡単に変わってしまうものなのですか。

赤尾：基本的には、遺伝子が変わってしまわないよう、生体内にはゲノムを保存するための機能があります。その一つに「紡錘体形成チェックポイント（SAC）」というものがあるのですが、よく清酒醸造に使用されるきょうかい1801号酵母（K1801）のSAC関連遺伝子に異常があることが分かりました。SACはゲノムの安定性に関わり、これに異常があるとゲノム構造が変化しやすくなることから、K1801の特徴的な性質が失われるおそれもあるのです。

そのため、K1801の菌株の管理は、特に慎重に行われているそうです。

藤井：発酵中に吟醸香が生産されやすいというK1801の特徴的な性質は保持したいところです。

赤尾：そのために私たちはまず、SACの特定の1塩基が変異している酵母菌株を探し、その菌株について、自然突然変異を起こさせる方法などにより、SACに異常がなく、特徴的な性質が失われにくい菌株の探索を行っています。

平成5年国税庁採用。平成9年より国税庁醸造研究所（現・酒類総合研究所）勤務。醸造用酵母のゲノム比較や酵母のアルコール耐性機構の解明など、酵母に関する研究を担当。

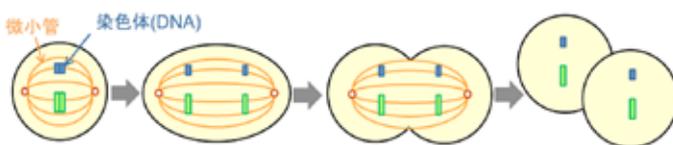
研究企画知財部門主任研究員、情報技術支援部門副部門長などを経て、平成28年7月10日より現職。

広島大学大学院先端物質科学研究科客員准教授。

醸造微生物研究部門 副部門長  
**赤尾 健**（あかお たけし）



### 紡錘体形成チェックポイント Spindle assembly checkpoint (SAC)



Gene	1578 (bp)
	G R V
	139 1st 2nd 3rd 147
K6	GCC C G G T GTG
K7	GCC C G G T GTG
K9	GCC C G G T GTG
K10	GCC C G G T GTG
K11	GCC C G G T GTG
K14	GCC C G G T GTG
K1501	GCC C G G T GTG
K1801	GCC C G G T GTG
K1751	GCC C G G T GTG
K1801	GCC C G G T GTG
	G R V

上：正常な細胞では、微小管と染色体(DNA)が結合して紡錘体を形成することで細胞が分裂。「紡錘体形成チェックポイント機能(SAC)」により正しく結合しているかを確認。

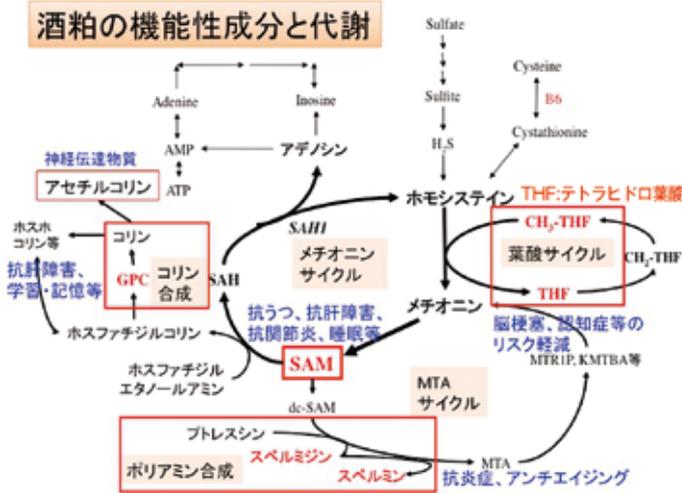
左：SAC遺伝子の塩基配列比較。赤枠部分がK1801だけに特徴的な配列。

## ✓ 酒粕の機能性成分

—清酒中には酵母が産生した香りや味の成分が含まれていますが、酒を搾った後に残る酒粕にはどのような成分があるのですか。

藤井：私たちはこれまでに、酵母が産生する機能性成分であるS-アデノシルメチオニン（SAM）や葉酸などが酒粕に多く含まれることを明らかにしてきました。SAMには気分改善効果や抗肝障害効果、抗関節炎効果があることが知られており、欧米では処方箋薬やサプリメントとして流通しています。SAMは通常の食品にはほとんど含まれませんが、SAM生産能が飛び抜けて高い清酒酵母を含む酒粕から摂取できます。葉酸はビタミンBの一種で、脳梗塞や心筋梗塞などのリスクを下げ、医療費の削減効果が報告されているビタミンであり、海外85か国以上で食品への添加が義務付けられています。

### 酒粕の機能性成分と代謝



## ✓ 酒粕が持つ可能性

—酒粕は栄養学的に優れた食品のようですね。具体的に酒粕を使ってどういった研究をされているのですか。

藤井：私たちは平成26年度から、内閣府が主導する戦略的イノベーション創造プログラム（次世代農林水産業創造技術）という産学官が連携して研究開発を推進する取組に参加しており、その中で機能性食品によるQOL（生活の質；Quality Of Life）向上を目標とした研究を行い、酒粕中の機能性成分による脳機能保護効果や老化抑制効果などを検証しています。

赤尾：酒粕を食品として摂取したときに、どのように脳機能へ影響するかを調べるのですか。

藤井：具体的には、老化促進マウスに酒粕を摂取させたところ、抗不安作用や学習記憶能力の保持、握力向上といった効果が見られました。また、酒粕を摂取していないものに比べて毛のツヤなどの外観が良く保たれており、酒粕摂取によって老化が抑えられている可能性が示唆されました。その他にも、酒粕を摂取したマウスでは善玉の腸内細菌（*Lactobacillus*属）が増加傾向にあったほか、腸管のバリア機能として働くタンパク質であるムチンやIgAが増加傾向を示しており、酒粕摂取によって腸内環境が改善している可能性が見出されました。

平成元年国税庁採用。平成6年より国税庁醸造試験所（現・酒類総合研究所）勤務。酵母による焼酎粕の処理や酵母構成成分が清酒の劣化に及ぼす影響など、酵母に関する研究を担当。

醸造技術応用研究部門副部門長、品質・安全性研究部門長などを経て、平成28年7月10日より現職。

広島大学大学院生物圏科学研究科客員教授。

品質・評価研究部門長

藤井 力（ふじいつとむ）



## ✓ 今後の酵母研究

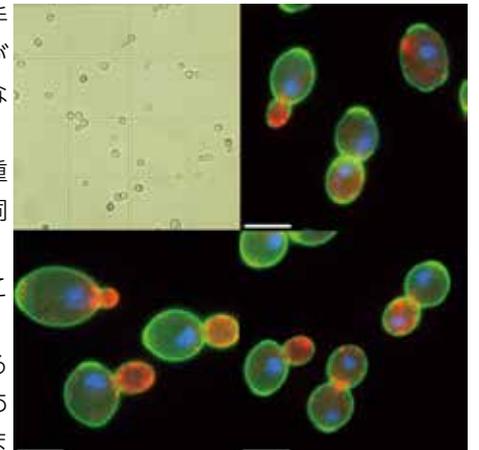
—それぞれの研究について、今後の方向性や展望などについて一言ずつお願いします。

藤井：マウスの実験を経て得た酒粕を摂取した際の効果については、ヒトでの確認はまだできていません。今後は、引き続き、動物実験を通じて酒粕の健康効果やその機構を明らかにするとともに、ヒトでの実証試験を行っていきたいと考えています。

その他にも、どのようにしてできた酒粕にどんな有効成分が多く含まれるのか、なぜ多いのか、といった研究や、せつかくできた機能性成分含量を維持できる加工法や保存法の開発、といった研究も重要です。日本固有の発酵食品である酒粕の価値が正しく評価され、QOLの向上に役立てるよう、力を尽くしたいと思います。

赤尾：生命科学の進歩によって生命現象の根幹を成すゲノム情報を解読できるようになり、近年は、ゲノム研究の新時代に突入しています。出芽酵母*Saccharomyces cerevisiae*のゲノムは、1996年に真核生物のゲノムとして初めて解読され、生命の謎解きに多大な貢献をしています。2007年には、代表的な清酒酵母菌株として知られるきょうかい7号酵母の全ゲノム配列が解読され、このことをきっかけに、「清酒酵母らしさ」を作っている遺伝子が次々と明らかになってきています。

最近では、塩基配列を解析する装置（シーケンサー）の能力が向上し、短時間かつ低コストで、多数の酵母菌株のゲノム情報を手に入れることができるようになりましたので、新たな醸造上重要な遺伝子の同定にとどまらず、清酒酵母はどこから来たのか、その起源を探ることが可能であると考えています。



酵母の顕微鏡写真

## 1 研究成果の発表

第68回日本生物工学会大会（平成28年9月28～30日、於：富山国際会議場）において醸造特性やゲノム編集に関する研究など5題、日本醸造学会大会（平成28年10月19～20日、於：北とぴあ（東京都北区））において酒粕の機能性や清酒の香りに関する研究など5題、日本ブドウ・ワイン学会大会（平成28年11月25～26日、於：山梨大学）においてワインの無機成分や香気成分に関する研究2題を発表しました。

## 2 日本酒教育のインストラクターを目指して

国際的なワイン等の教育機関であるWSET（Wine and Spirit Education Trust、本部：ロンドン）の「日本酒コース」のインストラクター養成プログラムに平成26年より協力しています。



本年は、1月19日、20日の2日間にわたり、24名が当研究所を来訪し、講義・実習を受講しました。今後、WSETを通じて日本酒の素晴らしさを広く発信していただけることを期待しています。

## 3 研究所でビール造りを学ぶ

全国地ビール醸造者協議会（JBA）との共催で、第110回酒類醸造講習（ビールコース：平成29年2月7日～3月2日）を

開催しました。20名の受講者が参加し、ビール醸造の高度な知識と技術を学びました。当講習を修了された皆さまの今後益々のご活躍を期待しています。



## 4 酒類産業・発酵産業への第一歩

酒類総合研究所は、広島大学と連携して教育・研究を行っています。研究生として学生を受け入れており、冬季には研究の一環として清酒の試験製造も経験します。今後の様々なご活躍を期待しています。



## 5 地元主催イベントへの出展

東広島市西条で開催された、「酒まつり」（平成28年10月8～9日）、「酒の街 西条の酒をきく」（平成29年2月3日）、「春の西条 醸華町まつり」（平成29年3月4日）に出展し、パネル展示などを実施しました。また、「酒の街 西条の酒をきく」では、「西条酒をおいしく利くために」と題したミニトークも行いました。



# お 知 ら せ

## 1 清酒の品質向上のために

日本酒造組合中央会との共催で、「吟醸酒を調査研究することにより、製造技術と酒質の現状及び動向を明らかにし、清酒の品質向上に資すること」を目的として、全国新酒鑑評会を開催しています。平成28酒造年度は第105回目の開催となります。詳細は、当研究所ホームページをご覧ください。

<http://www.nrib.go.jp/kan/kaninfo.htm>

## 2 焼酎について知る

当研究所では、様々なお酒の特徴や製造法、歴史、科学などの情報をまとめた広報誌「お酒のはなし」を作成しており、今般、焼酎編の改訂版を発行しました。詳細は、当研究所ホームページをご覧ください。

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

## 3 研究所の情報をお届けします

当研究所では、プレスリリースやイベント情報など、当研究所の最新情報やお酒に関するお役立ち情報をメールマガジンで配信しています。登録方法はパソコン又はスマートフォンから、

ssn@m.nrib.go.jpあて空メールを送信してください。「仮登録のお知らせ」を受信後、メールの内容に沿って「本登録」を行ってください(右のQRコードからも仮登録いただけます。)。詳細は、当研究所ホームページをご覧ください。



[http://www.nrib.go.jp/gui/nrib\\_mmz.htm](http://www.nrib.go.jp/gui/nrib_mmz.htm)

## 4 皆さまのご意見をお寄せください

今後の誌面作成等の参考とするため、広報誌エヌリブに関するWEBアンケートを実施しておりますのでご協力のほどよろしくお願い申し上げます。詳細は当研究所ホームページをご覧ください。

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

## 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(代表)

共同研究、試験醸造などの技術的連携・支援のご相談（酒類業界・地方自治体等の皆様向け）

【連携窓口(E-mail): [renkei@nrib.go.jp](mailto:renkei@nrib.go.jp)】

## 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)

◆「エヌリブ」は当研究所ホームページからご覧になれます。

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

◆本誌に関する問い合わせは、下記までお願いします。

なお、ご意見やご感想もお寄せください。

企画編集 TEL: 082-420-0840

メールアドレス : [info@nrib.go.jp](mailto:info@nrib.go.jp)

(広報・産業技術支援部門 武藤、重田、藤井)



Japan.  
"Kampai"  
to the world.