エヌリブ
酒類総合研究所広報誌
平成21年2月23日　第15号　年2回発行
2009.2.23　No.15

NRIB 15

National Research Institute of Brewing

独立行政法人酒類総合研究所　理事長
平松順一

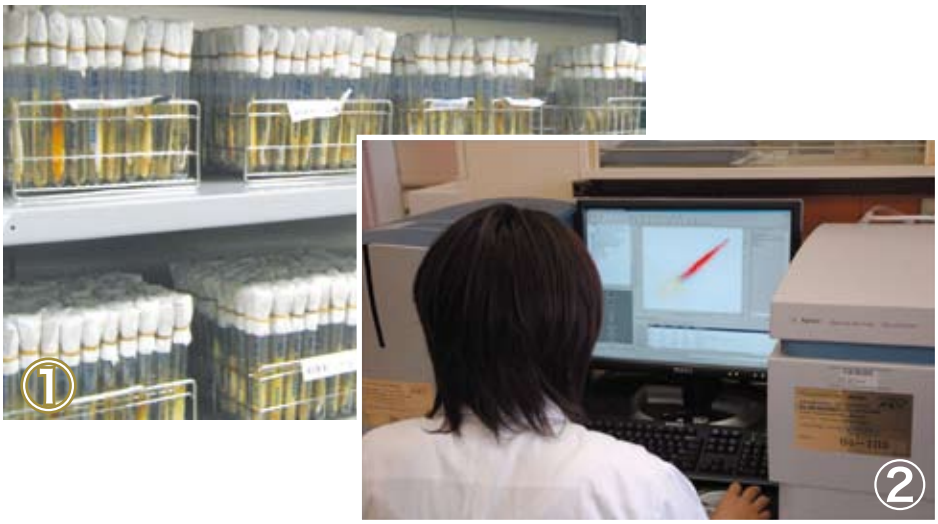
麹菌は、酒類醸造などの発酵工業で極めて重要な役割を果す我が国を代表する微生物です。

今から115年程前に、高峰譲吉博士が消化剤タカヂアスターゼを抽出・創製したのも麹菌からです。現在では、酒類・食品だけでなく、消化薬、洗剤、環境浄化など非常に広い分野で麹菌の生産する酵素が利用されています。

麹菌はこれまで、古典遺伝学による解析が困難で、酵母等に比べ遺伝学的研究が遅れていました。しかし、バイオテクノロジーの進歩とともにここ十数年の間、この分野での研究が飛躍的に進みました。

当所が保管してきた菌株の中のアスペルギルス・オリゼーRIB40株について、国内関係機関との共同プロジェクトにより全遺伝子情報（ゲノム）解析を終えその成果を発表したのは2005年のことです。研究紹介で詳しく説明していますが、現在当所では、その成果を基に、ゲノム解析という新たな切り口で麹菌の研究を精力的に進めているところです。

これからも、伝統的な「麹菌」を守りながら、酒類の品質向上や新分野への応用にまで発展させ、未来へと繋がる研究を進めてまいります。

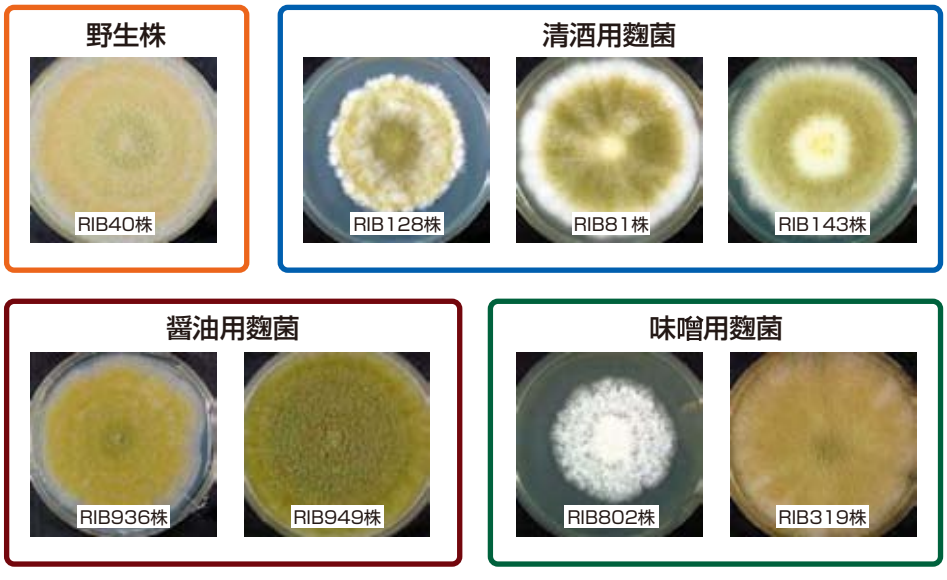


我が国を代表する微生物、麹菌の保存庫（①）とゲノム解析（②）

特集　麹と麹菌

麹は、清酒や焼酎、醤油、味噌などの味わいの根幹として、我が国の豊かな食文化に貢献しています。また、麹と麹菌は酒類や食品の醸造で長い間使用されており、経験的に安全なことが確かめられています。

酒類総合研究所では、菌株を大切に保存するとともに、この伝統ある貴重な麹菌を現代科学の眼で捕らえ、産業分野でのさらなる活用を目指して研究しています。



醸造の現場で活躍する様々な麹菌（シャーレ寒天培地に培養）

これらは、全て醸造に使用される黄麹菌とその白色変異株です。現場では、清酒用の中でも普通酒用や吟醸酒用、また醤油用、味噌用など様々な麹菌株が使用されます。

研究紹介①

麹菌 ゲノムをすごくよく見ると！

醸造技術基盤研究部門　主任研究員　岩下　和裕(いわした　かずひろ)

麹菌をベースとする清酒や焼酎を世界の酒に！歴史の中で磨き抜かれた技術は、世界市場の荒波を乗切る力に満ちていると思います。

麹菌は個性的

営業が得意な人、物作りが得意な人など多様な人がいるように、沢山お酒を造ることが得意な麹菌や、上品なお酒を造るのが得意な吟醸用麹菌、お酒以外にも醤油用の麹菌など、麹菌にもいろいろな個性（菌株）があります。上手にお酒を造るため、あるいは、新たなお酒を開発するためには、それぞれの菌株の特性をつかむ事が大切です。その菌株の基本的な性格は、「ゲノム」（遺伝子情報）によって決められると考えられますので、まずはその違いを知ることが重要です。個々の菌株の全ゲノムを解析することは、つい最近まで不可能なことでした。

しかし、2005年に当所が参加したコンソーシアムにより、野生的な麹菌アスペルギルス・オリゼーRIB40株の全遺伝子配列が解析、公開されました。そこで、この情報をもとに当所ではいろいろな麹菌株のゲノムを見る技術を開発しました（図1）。

ゲノムの違いを見る

酒類総合研究所は、日本で最初の微生物保存機関で、100年以上前からいろいろな麹菌を集め、保存、分譲をしてきました。

そこで、図1の麹菌のゲノムを見る技術で、清酒用、味噌用、醤油用など特性の違う麹菌35株のゲノムを見ました。そうすると、各菌株に10～500個位の遺伝子に大きな違いがあることが分かりました。例えば、普通のお酒を造る麹菌株と大吟醸酒を造る麹菌株では、500個以上の遺伝子に大きな違いがありました。全部の遺伝子の約4%になります。

この違いは僅かなようですが、人とチンパンジーの違い（約2%）以上になります。しかも、その違いが見られた遺伝子の役割は、これまで機能等が分かっている遺伝子のデータベースからは見つかりませんでした。遺伝子を見ても何も分からないのか！一度はガッカリしたものの、よく考えて実はすごいことだと思い当たりました。この役割の分からない遺伝子は、麹菌の用途と明らかな関係があります。つまり、我々はこれまで手探りではありますが、これら機能が分からない遺伝子を使い分けていたのです。今後、役割不明な遺伝子の研究を進めることは、お酒造りをもっと深く理解し、進化させ、いろいろな物を創り出せる可能性につながります。

麹菌はどこからきてどこに行くのか?

それぞれの遺伝子の変化、つまり「ゲノム」の変化は、時間とともにゆっくりと起こり、いろいろな特性を持った生物を生み出します。裏を返せば、このゲノムの全体の変化を調べることで、先ほどのように、麹菌の特性を知るきっかけとなる他、進化の系譜などを知る事が出来ます（系統解析）。そこで全遺伝子情報を使って35株の菌株を系統解析すると、おおよそ図2のように別れました。

面白いことに、清酒に使われる菌株は、大きく2つのグループに別けられました。図中の新・清酒用と書かれたグループには、最近よく使用されている麹菌が、左の清酒用には昭和25年頃によく使用されていたと考えられる麹菌が位置しました。また、醤油用麹菌と清酒用麹菌ははっきりと区別され、味噌用麹菌は清酒の麹菌と比較的近いことも分かりました。これは麹菌利用の歴史と重ね合わせて考えると非常に興味深いことです。今回のデータから推定するとこれらの麹菌は1万年以上前から進化をはじめた事になります。

このように、麹菌のゲノムをよく見ると、いろいろなことが実体として分かってきます。今後は、このゲノムという視点で麹菌をよりよく調べ、さらに上手く、戦略的に麹菌を育種することが可能になると考えています。

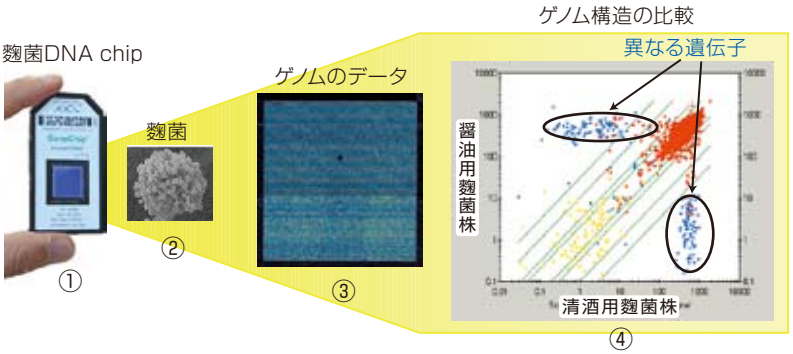


図1　麹菌DNAchipで麹菌のゲノム構造を見る！

麹菌DNAchip（①）で麹菌（②）のゲノムを覗くと、ゲノムデータ（③）がドットとして表される。これを利用して、清酒用麹菌株と醤油用麹菌株のゲノム構造を比較したものが④であり、それぞれの異なる遺伝子が青い点として見えてくる。

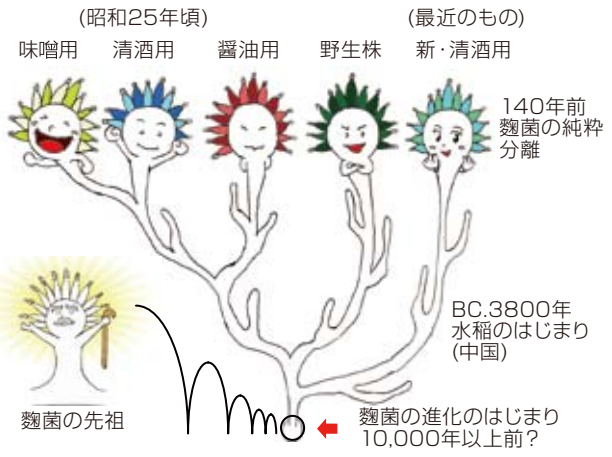


図2　いろいろな実用麹菌の進化の模式図

研究紹介②

黒麹菌小話

醸造技術基盤研究部門　主任研究員　山田　修（やまだ　おさむ）

黒麹菌RIB2604株のゲノム解析が始まりました。黒麹菌、これからの有望株です、注目してやって下さい。

黒麹菌と白麹菌

黒麹菌、沖縄の泡盛造りに使われている有用糸状菌です。最近は「黒ナントカ」といって焼酎にも使われていますね。白麹菌は、この黒麹菌の白色変異株といわれています。ともにクエン酸をたくさん作るため暖かい地方で便利に使われています。清酒や醤油造りに使われている黄麹菌アスペルギルス・オリゼーとは顔だけでなく性質もずいぶんと違いますね（図1）。

さて、もう百年も前の1911年、乾先生が沖縄でアスペルギルス・ルウチウエンシスという糸状菌の新種を見つけました。ところがその10年後、中澤先生は、形態観察からアスペルギルス・ルウチウエンシスの存在を否定し、アスペルギルス・アワモリを提唱、他にもアスペルギルス・ウサミやサイトイやバタテーなど多様な黒麹菌株が報告されています。この泡盛用の黒麹菌、やがて九州へ上陸し黄麹菌を圧倒して焼酎造りの主役に躍り出ました。ところが1918年に河内源一郎先生が白麹菌アスペルギルス・カワチ（カワチ菌）を発見すると、これまた黒麹菌を押しのけて、九州地方の焼酎に広く使われるようになりました。しかし最近は黒麹菌もずいぶん盛り返していますね。この黒麹菌と白麹菌、黄麹菌とともに我が国を代表する微生物として、「国菌」とも呼ばれています。

ニガーでは困ります

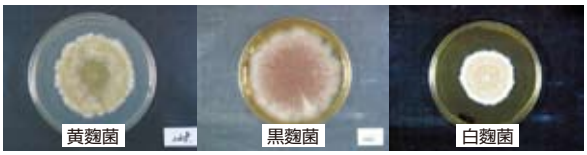
さて、欧州では黒麹菌によく似たアスペルギルス・ニガーというクロカビがクエン酸製造に使われています。そこで「顔つきが似ているアスペルギルス・アワモリなどもみんなニガーにまとめてしまえ」と言う声が出てきました。一方、「アスペルギルス・ニガーの中にも見た目では区別のつかない2種類がいて分ける必要がある」という人もいます。なにしろ、「国菌」を認定している日本醸造学会は「クロカビは国菌ではない」としていますから、黒麹菌とニガーを一緒にされては困ります。

ではということで、国内外いろんなとこから集められたアワモリ、サイトイ、ニガーなど37菌株（こういうストックがあるのが酒類総合研究所の強みです）、カワチ菌、沖縄出身が確実な12株のいくつかの遺伝子について部分DNA配列約2500塩基を比較することにしました。

黒麹菌は黒麹菌

結果が図2です。これまで形態等によりつけられていたアスペルギルス・アワモリやニガーという名前に関係なく、アスペルギルス・ニガーにほぼ一致する株とそれ以外に見事に分かれました。まさに、見た目では全く区別つかない株がいて、再分類というか整理が必要だということを裏付ける結果です。

また、沖縄出身の黒麹菌12株とカワチ菌は完全に一致し、やはりカワチ菌が黒麹菌由来であることが分かりました。さらに酒類総合研究所の37株中15株も2500塩基並びがほぼ完全に一致しました（RIB2016株のみ1塩基違い）。面白いことに、この15株の由来をたどると半分以上が沖縄で種麹や麹から単離されたものでした。またRIB2642株は（可哀相に）これまでニガーとして扱われていましたが、元はアスペルギルス・ルウチウエンシスの標準株として保存されていた菌でした。以上より、これらの菌株達こそ黒麹菌と考えられ、黒麹菌は黒麹菌、ニガーとは違いますというのが結論です。せっかくなのでこの日本というか沖縄オリジナルな菌株達に「アスペルギルス・ルウチウエンシス」の名前を復活させて呼んでやってはというのが現在の私の望みです。



	黄麹菌	黒麹菌
分生子の色	黄～緑	黒～オリーブ
α-アミラーゼ生産	強	弱
クエン酸生産	弱	強
耐酸性酵素生産	弱	強

図1　黄麹菌と黒麹菌

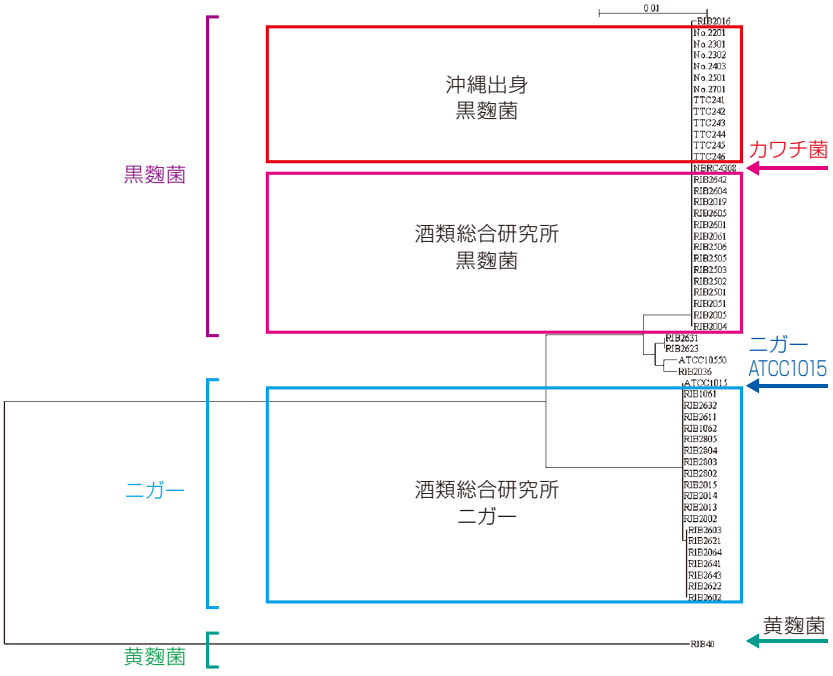


図2　部分DNA配列（約2500塩基）の比較による当所保存菌株等の黒麹菌とニガーの再分類

業務報告

1　研究発表

(1)　日本醸造学会大会

平成20年9月24～25日に北とぴあ（東京都北区）において、平成20年度日本醸造学会大会が開催され、当所では11題の研究発表を行いました。

同大会では、醸造技術基盤研究部門の奥田将生主任研究員及び山形大学農学部小関卓也准教授（前当所主任研究員）の「酒造原料米のデンプン分子構造と酒造適性」に対し日本醸造協会伊藤保平賞が授与されました。

(2)　日本生物工学会大会

平成20年8月27～29日に東北学院大学土樋キャンパスにおいて、日本生物工学会第60回大会が開催され、当所では8題の研究発表を行いました。

同大会では、佐賀大学農学部北垣浩志准教授（前当所主任研究員）の「清酒醸造における酵母ミトコンドリアの役割の解析とその育種への応用」に対し第41回生物工学奨励賞（江田賞）が授与されました。

なお、この研究の一部は当誌12号で紹介しました。

2　お酒の教養講座

消費者の皆さんの酒類に関する知識を高めていただくため、「お酒の教養講座」を開催しています。

この講座は平成19年から各都道府県酒造組合と共催して行っており、平成20年は4月に岡山県酒造組合、9月に島根県酒造組合、10月に秋田県酒造組合と共催しました。また、毎年4月には、東京事務所の赤レンガ酒造工場においても開催しています。

3　果実酒・リキュール鑑評会

昨年度まで開催していた『洋酒・果実酒鑑評会』は内容を一部変更し、『果実酒・リキュール鑑評会』となりました。官能評価は平成20年11月18、19日の2日間、製造技術研究会は同月19日に広島事務所において行われました。果実酒79点、甘味果実酒13点、リキュール146点の出品がありました。

お知らせ

■講習開催のお知らせ（予定）

第103回酒類醸造講習－清酒上級コース－（広島）

平成21年5月28日(木)～平成21年6月30日(火)

清酒製造技術講習(東京)

第 37回　平成21年5月18日(月)～平成21年6月26日(金)

第 38回　平成21年8月10日(月)～平成21年9月18日(金)

詳細につきましては、ホームページをご参照下さい。

http://www.nrib.go.jp/kou/kouinfo.htm

なお、広島事務所において、清酒以外の酒類醸造講習として平成21年度は本格焼酎コース、平成22年度はビールコースを順次開催する予定です。

■麹菌(*Aspergillus oryzae* RIB40)のゲノムデータベース

表紙の理事長挨拶、研究紹介にも記載しましたが、RIB40株は麹菌初のゲノム解析に使用されました。その遺伝子の数はこれまでゲノム解析された微生物の中では最大級のものです。また、これにより、タンパク質や多糖類などを分解する酵素の遺伝子が多数存在することや、一部のアミノ酸や脂質の合成や分解に関する遺伝子が増幅されていることなども明らかになりました。

当所では、基礎研究から産業利用まで幅広く活用できるよう、当所ホームページにその全遺伝子配列解析情報検索用データベースを公開し、研究基盤情報を提供しています。

是非、ご活用ください。

http://nribf2.nrib.go.jp/

■事故米を使用して製造された可能性がある酒類等の分析結果について

平成20年9月に非食用の事故米の不正流通により、事故米が一部酒類に使用されたとの報道があり、当所は緊急性と重大性を考慮して、事故米使用酒の分析、酒類中の残留農薬及びカビ毒についての受託分析を行いました。詳細については、ホームページをご参照下さい。

http://www.nrib.go.jp/annai/press/press080930.htm

現在では、緊急対応もほぼ一段落したことから、この受託分析は終了しています。今後の分析については、酒類中の残留農薬及びカビ毒の分析ができる他の機関にご依頼いただきますようお願いいたします。

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：03-3910-6237（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

平成21年2月23日　第15号　年2回発行

2009.2.23　No.15