

(6) *Rhodosporidium toruloides* Banno (理化学研究所バイオリソースセンター微生物材料開発室, JCM)

世界に先駆けて担子菌酵母の存在を実験的(交配試験による)に証明して提唱された,担子菌類クロボキン科(Ustilaginaceae)(発表当時*)の新属新種 *Rhodosporidium toruloides* は正式発表(Banno, 1967)されてからもうすぐ50年になる。しかし,これが発表されるまでには,栄養要求株の取得など,発見までの長い研究期間があった。そしてこれらは1954年に発足した文部省科研費総合研究(A)「国内微生物株の分類と整備に関する研究」(代表,坂口謹一郎東大教授)において,当時財団法人発酵研究所の所長であった長谷川武治先生が「無孢子酵母」を担当されたことに端を発するとのことである(坂野, 1995)。*Rhodosporidium toruloides* という担子菌酵母種が還暦を迎えるのは少し先のことであるが,今回は「もう少しで50歳を迎える種」として本稿で紹介させていただきたいと思う。

Rhodosporidium toruloides は *Rhodotorula glutinis* のテレオモルフ(減数分裂的な有性のもルフ)として発表されたが,現在では両者は別の種であることがわかっている(Sampaio, 2011)。The Yeasts, A Taxonomic Study 第5版には,以下の種・変種が *Rhodosporidium toruloides* の異名(シノニム)として列挙されている:*Torula rubescens* Saito (1922); *Mycotorula rubescens* (Saito) Ciferri & Redaelli (1925); *Rhodotorula rubescens* (Saito) F.C. Harrison (1928); *Torula koishikawensis* Okunuki (1931); *Rhodotorula koishikawensis* (Okunuki) Krasil'nikov (1954); *Rhodotorula glutinis* (Fresenius) F.C. Harrison var. *rubescens* (Saito) Lodder (1934); *Rhodotorula gracilis* Rennerfelt (1937); *Rhodotorula glutinis* (Fresenius) F.C. Harrison var. *rufusa* Iizuka & Goto (1965)。本種の発見とその後の推移については,坂野(1995)に詳しい。

Banno (1967)の研究で主として用いられた株は IFO 0559 (原名 *Rhodotorula gracilis*) と IFO 0880 (原名 *Torula koishikawensis*) である。*Rhodosporidium*

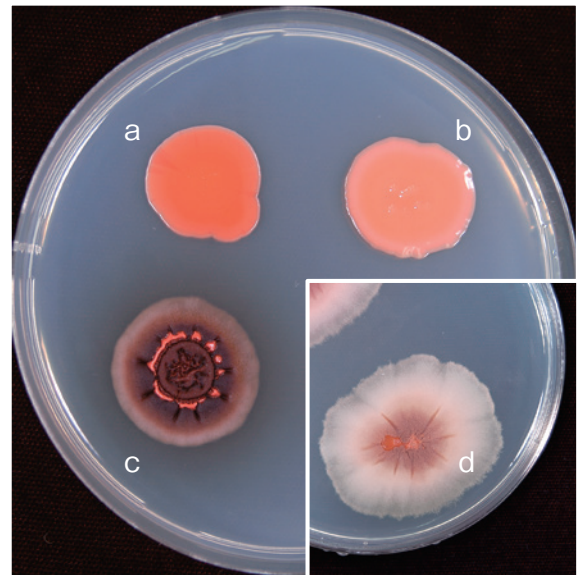


図1 *Rhodosporidium toruloides* のコロニー

- a: JCM 10020 (← IFO 0559), mating type A1 (Sampaio, 2011による。Banno, 1967では, mating type Aと報告された)。YM液体培地で前培養(25°C, 1日)後, YM寒天培地に接種, 室温2週間後のコロニー。
- b: JCM 10021 (← IFO 0880), mating type A2 (Sampaio, 2011による。Banno, 1967では, mating type aと報告された)。培養条件はaと同じ。
- c: JCM 10020×JCM 10021, 一倍体のJCM 10020とJCM 10021をYM液体培地で混合培養し(25°C, 1日), YM寒天培地に接種, 室温2週間後のコロニー。両者が接合し二核菌糸を形成している。茶色く見える部分には冬孢子(テリオスポア)が多く形成されており, そこに点在するピンク色の部分は, 冬孢子が発芽・減数分裂して担子器をつくり, その担子器についた担子胞子が発芽してできたコロニーである。
- d: JCM 10297 (← IFO 8766), 本種の基準株。JCM 10297をYM寒天培地で前培養し, 白い菌糸部分を新たなYM寒天培地に接種して25°C 1か月後のコロニー。cと同様, 茶色く見える部分には冬孢子が多く形成されており, ピンク色の部分は担子胞子が発芽してできたコロニーである。

* 現在では rRNA 遺伝子等の解析により, 担子菌類サビキン亜門の Sporidiobolales 目に位置することが明らかになっている。

toruloides はこれらを交配させ、その単胞子分離株をタイプ株 IFO 8766 として発表された。これらの株は、研究に用いられた他の株と共に、日本の NBRC や JCM をはじめとして世界各地の微生物株保存機関に保存されている (図 1)。そして本種に属する株は交配型の遺伝学的研究のみでなく、バイオテクノロジー分野の各種研究にも用いられている (Sampaio, 2011)。現在では、本酵母は脂質生産酵母のモデルとしての位置も確立しつつある (Zhu *et al.*, 2012; Lin *et al.*, 2014)。

さて、国際藻類・菌類・植物命名規約 (メルボルン規約 <http://www.iapt-taxon.org/nomen/main.php>,

2012) により、高等菌類も二重命名法 (dual nomenclature) から統一命名法 (unified nomenclature) を採用することとなり、現在はその移行期間で、どの学名を採用するか、ということについて、属名と種形容語のそれぞれについて議論されている段階である。

図 1 に示すように、このグループでは *Rhodotorula* 属 (1928) (タイプ種は *Rhodotorula glutinis*)、*Rhodosporidium* 属 (1967) (タイプ種は *Rhodosporidium toruloides*)、*Sporobolomyces* 属 (1924) (タイプ種は *Sporobolomyces roseus*) および *Sporidiobolus* 属 (1949) (タイプ種は *Sporidiobolus salmonicolor*) の 4 属が分子系統樹上で入り混じって

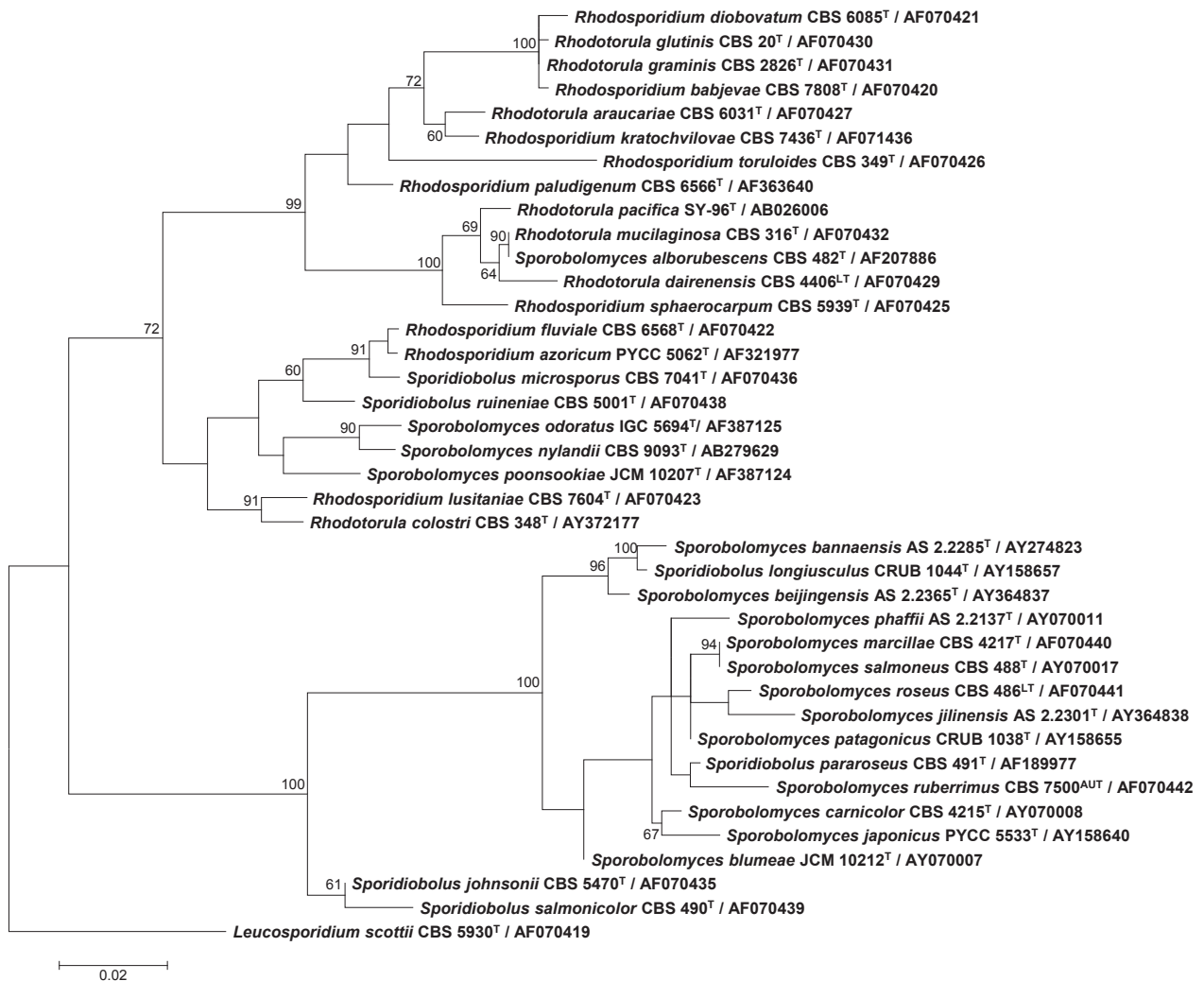


図 2 LSU rRNA 遺伝子の D1/D2 領域に基づく *Rhodotorula toruloides* の系統学的位置。系統樹は MEGA6 (Tamura *et al.*, 2013) を用いて Tamura-Nei モデル (1993) に基づき最尤法によって作成した。アラインメントの後、挿入・欠失がある位置を除いて 565 塩基を系統樹作成に使用した。ブーツストラップ値は 60% 以上の場合のみ系統樹上に記した。スケールバーはサイト当りの塩基置換数を表す。

いる。 *Rhodotorula* 属と *Rhodosporidium* 属のそれぞれのタイプ種は割合に系統学的に近い位置にあるため、仮に *Rhodotorula* 属のタイプ種 *Rhodotorula glutinis* を含むクラスターと *Rhodosporidium toluroides* を含むクラスターが同じ属であるとされると、命名規約上 *Rhodotorula* 属に優先権がある。 *Sporobolomyces roseus* と *Sporidiobolus salmonicolor* も極めて近縁で、属名としての命名法上の優先権は *Sporobolomyces* 属にある。しかし、 *Sporobolomyces* 属を採用した場合、高次分類群の目 *Sporidiobolales* に影響が及ぶこととなる。 Kirk *et al.* (2013) による「A without-prejudice list of generic names of fungi for protection under the International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants」, および 2014 年 7 月 24 日付けのオンライン上の更新版リストには、 *Rhodotorula* 属、 *Rhodosporidium* 属、 *Sporobolomyces* 属および *Sporidiobolus* 属のいずれも掲載されている。

本年 8 月にタイ・バンコクで開催された第 10 回国際菌学会 (The 10th International Mycological Congress, IMC10) の命名法セッション (筆者も出席) では、この菌類群はまだ議論が必要であるとして報告された。属・種レベルの学名に関する結論はもう少し先になりそうである。

謝 辞

本稿の作成にあたり、貴重なご助言を賜りました東京大学名誉教授、テクノスルガ・ラボ学術顧問の杉山純多先生、並びに公益財団法人発酵研究所顧問の坂野勲先生に心からお礼申し上げます。

文 献

Banno, I. 1967. Studies on the sexuality of *Rhodotorula*. J. Gen. Appl. Microbiol. 13: 167-196.
坂野 勲 1995. 担子菌系酵母の有性世代発見とその後

の推移. IFO Res. Comm. 17 : 54-61.

Kirk, P.M., Stalpers, J.A., Braun, U., Crous, P.W., Hansen, K., Hawksworth, D.L., Hyde, K.D., Lücking, R., Lumbsch, T.H., Rossman, A.Y., Seifert, K.A. & Stadler, M. 2013. A without-prejudice list of generic names of fungi for protection under the International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants. IMA Fungus 4: 381-443.

(また、2014 年 7 月 24 日の更新版は下記から入手可能。 <http://www.fungaltaxonomy.org/files/5714/0620/8891/GeneraOfFungiSummary.pdf>)

Lin, X., Wang, Y., Zhang, S., Zhu, Z., Zhou, Y.J., Yang, F., Sun, W., Wang, X. & Zhao, Z.K. 2014. Functional integration of multiple genes into the genome of the oleaginous yeast *Rhodosporidium toruloides*. FEMS Yeast Res. 14: 547-555.

Sampaio, J.P. 2011. *Rhodosporidium* Banno (1967), In Kurtzman, C., Fell, J.W. & Boekhout, T. (eds.), The Yeasts, A Taxonomic Study, 5th edition. p. 1523-1540, Elsevier, London.

Tamura, K. & Nei, M. 1993. Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees. Mol. Biol. Evol. 10: 512-526.

Tamura, K., Stecher, G., Peterson, D., Filipski, A. & Kumar, S. 2013. MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6.0. Mol. Biol. Evol. 30: 2725-2729.

Zhu, Z., Zhang, S., Liu, H., Shen, H., Lin, X., Yang, F., Zhou, Y.J., Jin, G., Ye, M., Zou, H. & Zhao, Z.K. 2012. A multi-omic map of the lipid-producing yeast *Rhodosporidium toruloides*. Nat. Commun. 3: 1112.

(高島昌子)