

「教科書通り」の背後にある酒母の乳酸発酵の真実

小柳 喬

発酵食品は、人間と微生物の付き合いの原点と言ってもよい。ワイン、ビール、発酵乳の製造記録は少なくとも紀元前数千年まで遡り、2017年11月には紀元前6000年頃の最古のワイン醸造の痕跡がコーカサスの国ジョージアで見つかったというニュースが流れ、太古の人々が酵母によるアルコール発酵の恩恵にあずかり飲酒を愉しんでいた様子が世界中が文字通り「酔いしれた」のが記憶に新しい¹⁾。アルコール発酵と人間の深い縁は、数千年の時を経てPasteurによる発酵原理の解明につながり、その発酵の主演である酵母からBuchnerがチマーゼを見だし、生化学と酵素学の発展に寄与したことは言うまでもない。

我が国の代表的な発酵飲料である清酒の製造では、発酵プロセスを安定化させるための洗練された知恵が数多く織り込まれている。清酒のスターターである「酒母(既)」を造る工程は、酵母をあらかじめ高密度に生育させ、その接種によって後の「醗工程」を正常な発酵に導くために不可欠である。酒母工程においては、仕込み時に乳酸を添加してpHを低下させる速醸形式だけでなく、現在でも乳酸菌の自発的生育を待ってから酵母を添加する伝統的な「生もと系酒母」(特に現代では「山麴酒母」)が、生産量は限られるが個性ある酒造りを目指して全国各地の酒蔵で使用されている。生もと系酒母では、清酒酵母の優勢化に先立ってさまざまな微生物の変遷を経る。最初に原料に由来する硝酸還元菌や野生酵母が存在し、硝酸還元菌による亜硝酸の生成と、数日経つと自然に生育してくる乳酸菌の生酸によって上述のような雑菌は死滅する。その後アルコール蓄積に伴い乳酸菌も死滅、清酒酵母の独壇場がもたらされる……微生物学の教科書に記載されたこのような菌達の変遷のドラマから、発酵醸造の合目的かつ調和のとれた世界に魅了された人々も少なくないと思う。

しかし、1950年代以降の多くの生もと系酒母に関する報告をひも解くと、現在の認識から言えば「教科書通りでない」微生物変遷をする酒母が当時から存在していたことがわかる。最初に生育する生もと乳酸菌は球菌である*Leuconostoc mesenteroides*、その後桿菌の*Lactobacillus sakei*が生育することが「教科書通り」で、*Pseudomonas*を代表とする硝酸還元菌による亜硝酸の生成が亜硝酸耐性の低い*L. mesenteroides*を減菌させ、代わりに耐性の強い*L. sakei*がその後優勢になるとい

非常にクリアなシナリオが1966年当時の芦沢らにより精巧に語られている²⁾。しかし、1993年に百瀬らは、多くの山麴酒母において乳酸球菌のみが酵母添加直前まで優勢菌として存在していることを報告している³⁾。実はこのような球菌優勢な山麴酒母の存在については1965年というかなり過去の段階で、先ほどの芦沢自身も述べている⁴⁾。さらに、球状乳酸菌が優先的に分離された酒母の報告自体は、1950年代にも遡る。藤原らの近年の報告によると、同じ乳酸桿菌でも、*L. sakei*とは異なる種である*L. plantarum*が酒母中に存在することもあるそうである⁵⁾。本菌種はどちらかというところ腐造につながる「悪者」的に扱われてきた菌種であったが、株を選べば従来の酒質とは違った特徴ある酒造りに利用できるそうである⁵⁾。程なくアメリカの清酒蔵の生もと系酒母の微生物叢が次世代シーケンス解析により明らかにされ、ここでも*L. plantarum*が優勢であった⁶⁾。その他にも、硝酸還元菌の存在なしに完成する、雑菌汚染のない健全な山麴酒母が存在するなど⁷⁾、「教科書通り」とは言えない研究例が数多くある。そして、管理温度や水質、米麴中の乳酸菌叢などさまざまな条件が優勢菌種の生育に大きく影響し得ることが精細に語られてきているのである。

こうして眺めると、教科書によく描かれる生もと系酒母の微生物変遷は、数多の研究事例の中からもっとも一般的に見られる正常発酵の代表例を抽出したものであって、どうやらその背後には膨大な「ケースバイケース」があるようである。「教科書を鵜呑みにしてはならない」と言うのは、記載された情報の背後に未解明の面白い事象がまだまだ沢山隠れており、それが未来の研究につながるという、良い意味でのイリュージョンで有り得るということであろう。どの時代のいずれの分野の研究も、そのような「教科書通り」の背後からこそ瑞々しい新たな発見が溢れてくるように感じている。

- 1) McGovern, P. et al.: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **114**, E10309 (2017).
- 2) 芦沢 長, 斎藤孔男: 日本醸造協会誌, **61**, 1033 (1966).
- 3) 百瀬洋夫, 鎌尾敦子: 日本醸造協会誌, **88**, 76 (1993).
- 4) 芦沢 長: 日本醸造協会誌, **60**, 900 (1965).
- 5) 藤原久志ら: 日本醸造協会誌, **108**, 767 (2013).
- 6) Bokulich, N. A. et al.: *Appl. Environ. Microbiol.*, **80**, 5522 (2014).
- 7) Koyanagi, T. et al.: *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **80**, 399 (2016).