

## ミトコンドリアと低アルコール清酒の関係

数岡 孝幸

酵母細胞中のミトコンドリアは、呼吸を担う細胞小器官であり、嫌気条件下で培養した酵母細胞中で退化してしまう写真をみたことがある方も多いのではないだろうか。一方で、清酒の醪はほとんど酸素がない環境のため、清酒酵母はTCA回路をまわさず解糖系でグルコースから生成されたピルビン酸をエタノールに変換し、細胞外に放出する。一見関係がなさそうに思えるミトコンドリアと清酒だが、実は重要な関係があり、またそれが消費量・製成数量が減少することで厳しい状態にある清酒業界を救う可能性を秘めている。

近年、日本の伝統的な食「和食」は、動物性油脂の少ない食生活を実現することから肥満防止に役立つと考えられ、健康的な食事スタイルとして世界で注目を浴びており、海外で日本食レストランが増加している。それに伴い、清酒の輸出量も順調に伸び、海外での消費量が増加している。國酒の一つである清酒の消費量が増加している嬉しい傾向であるが、清酒消費量全体（販売数量：601,000 kL (H23)）と比べると海外での消費量（輸出数量：14,014 kL (H23)）は決して多くない。清酒の製成数量の推移に目を向けると、1973年をピーク（約1,421千kL）に、2012年にはその約31%（約439千kL）にまで減少しており、清酒業界は非常に厳しい状況にある。その要因はさまざまに考えられるが、若者を中心とした低アルコール志向も一因であると考えられ、清酒業界復興のためには良質な低アルコール清酒など新しいジャンルの商品を開発・普及させ、国内での清酒消費量を増やすことが必要である。

米、米麴、水を原料とし発酵させてこすことで造られる清酒は、清酒用麹菌と清酒酵母と醸造技術を駆使することで高いアルコール濃度生成を実現する醸造酒である。高いアルコール濃度は、火落ちなどの微生物汚染を防ぎ、清酒の保存性を高める効果がある一方、微生物の制御技術が発達した現在では、消費者の低アルコール志向をまねにして、そのメリットは相対的に低下しているといえる。

低アルコール清酒の開発は、1957年の冷用低濃度酒研究会の発足にまでさかのぼることができ、現在では市販酒も製造されている<sup>1)</sup>。市販低アルコール清酒の製造法は、原酒への加水、低アルコール清酒の醸造、清酒中アルコールの分離・成分濃縮、発泡性や濁りがある酒に大きく分けられる。それぞれの方法で、アルコール濃度

の低下によって大きく変化する香味バランスを調整する工夫がなされる。低アルコール清酒の醸造を行う場合には、「木香様臭」や「つわり香」と呼ばれる清酒にとって好ましくない臭いの原因化合物であるアセトアルデヒドやジアセチルが生成しないよう、通常の清酒醸造よりも注意を払う必要がある。なぜなら清酒酵母による発酵が十分ではないタイミングで発酵を停止させると、多く残存するピルビン酸が脱炭酸されアセトアルデヒドが生成したり、また、ピルビン酸が $\alpha$ -アセト乳酸合成酵素によって $\alpha$ -アセト乳酸に変換された後、脱炭酸されるとジアセチルが生成したりするからである。一般的な市販清酒（アルコール濃度14–15%）のピルビン酸濃度は100 ppm以下であることから、安全を考えピルビン酸濃度は50 ppm以下が望ましいと言われている<sup>2)</sup>。つまり、低アルコール清酒でも同程度に濃度を低く抑える事が重要となる。

低アルコール濃度と低ピルビン酸生成の両方を実現するために、ピルビン酸アナログ耐性酵母<sup>3)</sup>や分岐鎖アミノ酸アナログ感受性変異株<sup>4)</sup>の育種例があるが、細胞中ピルビン酸のミトコンドリアへの輸送阻害剤である $\alpha$ -トランスシアノ桂皮酸エチルに耐性を示すきょうかい7号酵母も取得されている<sup>5)</sup>。このミトコンドリアへのピルビン酸輸送能が増強された育種酵母を用いれば、発酵が十分ではないタイミングで発酵を停止させてもピルビン酸濃度が低いため、良質な低アルコール清酒の製造が可能となるわけである。同じ手法で異なる清酒酵母の育種もすでに成功しており<sup>6)</sup>、今後さまざまな酒質の清酒を醸す清酒酵母への適用が待たれる。

また、ミトコンドリアに着目した清酒酵母の育種は前例がなく、今後のミトコンドリアや他の細胞小器官をターゲットにしたさらなる酵母育種への展開と、それら研究成果の社会還元によって良質な新しいジャンルの清酒が開発されることで、清酒業界復興の一助となることが期待される。

- 1) 吉沢 淑：醸造協会誌, **80**, 298 (1985).
- 2) 松本 健ら：醸造協会誌, **90**, 685 (1995).
- 3) 福田和郎：清酒酵母の研究 90年代の研究, **84** (2002).
- 4) 今野政憲ら：特許公開2002-291465 (2002).
- 5) Horie, K. *et al.*: *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **74**, 843 (2010).
- 6) 佐々木真ら：生物工学, **89**, 222 (2011).