

## 酵母のうつろい

赤尾 健

清酒の香味成分の多くは、酒母やもろみでの酵母の発酵によって生成する。用いる清酒酵母の菌株の選択は重要であって、菌株が違えば得られる酒質も変わる。そこで酵母分譲機関（日本醸造協会や地方公設試）、酒造会社では優れた（あるいは特徴的な）酵母菌株の分離や育種の努力が日々続けられている。ただ、優れた菌株が得られればそれで安泰かというとは決してそうではなく、菌株の管理は容易ではない。凍結保存した菌株から起こしてきても、培養ごとに、代を経るごとにその醸造特性は少しずつ変化していくのである。また、もともと「同じ菌株」でもストックごとによって差があるのもなんら不思議なことではない。したがって、多くの菌株分譲機関では、「同じ菌株」のさまざまなストックから毎年試験醸造と選抜を行って、その年の分譲菌株（の中の系統）を決定している。菌株の保存技術の十分でなかった過去においては、菌株の実用特性の維持のために今の何倍も苦労があったと考えられ、「変性」の理由の下に実用の表舞台から消えた菌株も少なくない。

菌株の性質が変遷していくとき、その菌株の集団の中で一体何が起きているのだろうか。突然変異、つまりDNA上の遺伝情報に何らかの変化が起きているのは想像に難くない。変異は増殖の度におそらく菌株集団のあちこちで起き、蓄積しているはずである。変異が生じるのは抗えない自然の摂理としても、現場レベルでは極めて実際的な問題である。ただ、少し視点を変えてみるとこれらは微生物集団の進化の際の問題そのものである。微生物が進化実験のモデル系として以前から広く用いられてきた理由には、増殖が早く、大規模な集団を得やすい、また、人為的な隔離が容易で、隔離した集団を異なった環境に置くことで異なる選択圧をかけることも可能であり、ある時点の集団も保存できる、などがある<sup>1)</sup>。醸造現場でも、菌株は同様に取扱われており、菌株を進化の視点から捉えるのは菌株の管理の観点から有意義と思われる。

古い研究だが、小穴は清酒酵母を濃糖、アルコール添加、乳酸添加条件下などで一年にわたって継代を繰り返して馴養することで、菌株の遺伝的な改良を試みたことを報告している<sup>2)</sup>。結果的には、あまり効果はなかったようであるが、突然変異の概念はあったものの、遺伝子の実体も不明な時代であり、クローン分離も行っていないながら、菌株の変化を積極的に利用しようとする先駆的な取組として敬意を表したい。

さて、ここ数年のDNA配列の大量解析技術の進展は目覚ましい。これにより微生物集団内に蓄積した変異をクローンレベルで精度よく追跡できるようになった。Lynchらは、一倍体酵母を約4800世代の培養前後で全

ゲノム配列を解説・比較したところ、それまで考えられていたよりも高頻度で変異が発生していることがわかった。また、さまざまな種類の変異の発生頻度も推定した<sup>3)</sup>。清酒酵母でも同様の解析を行い、実用特性の変化と併せて、遺伝情報の変異の蓄積についての基盤的な情報を収集する必要があるだろう。

では、さまざまな変異体が集団内で生じた後、集団の構造はどうなるのだろうか。古典的にはクローン置換と呼ばれる適応進化、すなわち適者が集団を支配するとされてきたが、実際にはそう単純な話ではないことがわかっている。たとえばKaoとSherlockは、別々の蛍光でラベルした遺伝的に同一な酵母の混合培養を栄養制限下で複数系統、数百世代にわたり行って、各色の集団の割合をモニタリングし、適応進化におけるクローン間の干渉の重要性を示した。適応クローンの子孫が速やかに集団を乗っ取るわけではなく、ある蛍光色が支配的になるまでに各蛍光強度は増減を繰り返していた<sup>4)</sup>。清酒酵母の菌株を継代していく場合、単クローン分離を行わないケースが多いとされる。これにより継代集団中には単クローン分離を行う場合よりも多種多様な変異が蓄積していくものと考えられる。清酒酵母は清酒醸造環境に適応した系統として分離された系統であるが、清酒酵母の集団内で付加価値を生む醸造特性と集団への適応度は必ずしも直結しているわけではない。単クローンを分離しないことで、菌株集団内の適応進化を複雑にし、集団が特定の適応クローンの支配に対して抵抗性を持つことに役立っているのだろうか。クローン分離の是非については、こうした知見も参考にしながら、さまざまな視点から考え直す必要があるように感じている。

もう一点、清酒酵母の菌株管理では、寒天培地で継代しているとダメになってくるとか、もろみを食わず（仕込を経る）と香りが良くなるとか、経験的にいろいろ言われている。現在その真偽を議論する材料を持ってはいないが、もしそうだとすると単なる変異の蓄積と適応では説明できないような気もしている。こうしたことも含めて、清酒酵母やその他の醸造用酵母の実用特性に関するいろいろな問題は、新しい技術や考え方を積極的に活用していくことで、解決の糸口が得られるのではないかと期待している。

- 1) Conrad, T. M. *et al.*: *Mol. Sys. Biol.*, **7**, 509 (2011).
- 2) 小穴：醸試報, **127**, 63 (1938).
- 3) Lynch, M. *et al.*: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **105**, 9272 (2009).
- 4) Kao, K. C. and Sherlock, G.: *Nat. Genet.*, **40**, 1499 (2008).