



# QTL mapping of sake brewing characteristics of yeast

## 清酒酵母の醸造特性のQTL解析

(JBB, Vol.107, No.4, 383-393, 2009)

加藤 拓<sup>1,2a</sup>・浪瀬 政宏<sup>3</sup>・北垣 浩志<sup>1b</sup>・赤尾 健<sup>1</sup>・下飯 仁<sup>1,2\*</sup>

酵母の醸造特性は菌株ごとに定まっており、子孫に受け継がれる遺伝的な性質（形質）である。生物の遺伝的形質は、質的形質と量的形質に分けることができる。質的形質はプラス・マイナスで表すことのできるデジタル的な形質であり、単一または少数の遺伝子によって支配されている。

しかし、生物の産業上有用な形質の多くは、複数の遺伝子によって支配されており、形質が連続的な値を示すことが知られている。このような形質は量的形質と呼ばれ、それを支配する遺伝子座は量的形質遺伝子座（QTL）と呼ばれている。清酒醸造においてもエタノールや香气成分の生成量のような重要な性質の多くは、多数の遺伝子が形質の発現に関与しており、形質が連続的な値を示すと考えられている。

ゲノム情報を利用してQTLを解析する方法として連鎖解析が用いられている。この解析では、異なる形質を持った個体を交配し、その後の分離後代について、全ゲノム上に配置したDNAマーカーと表現型の連鎖を解析して、探索する遺伝子の位置を推定する。酵母は減数分裂を伴う有性生殖を行うことから、QTL解析が可能である。

現在、代表的な清酒酵母であるきょうかい7号のゲノム解析が進められており、ゲノム情報の利用が可能である<sup>1)</sup>。そこでQTL解析の第一段階として、筆者らはきょうかい7号酵母の一倍体の取得および醸造特性の解析を行った<sup>2)</sup>。きょうかい7号から分離した一倍体の中で親株と同程度の醸造特性を有する株と実験室酵母一倍体株X2180-1Bとの交雑株を作製し、分離後代100株について清酒醸造特性と142箇所ゲノムワイドに設計したDNAマーカーの遺伝型を決定した。

分離後代100株のDNAマーカーの遺伝子型と清酒醸造特性の結果からソフトウェア（Win QTL Cartographer Ver.2.5）を用いて連鎖解析を行うと、エタノール発酵力や酢酸イソアミルの生産性に関与するものを含め統計的に有意なQTLを25個同定することができた。

第4番染色体で同定された酢酸イソアミルのQTLに着目し、分離後代100株をQTL近傍のDNAマーカーの遺伝子型で分類して酢酸イソアミルの生産性の分布を解析すると、清酒酵母型は $2.42 \pm 1.45$  ppm、実験室酵母型は $4.45 \pm 3.07$  ppmとなり、実験室酵母型アレルの方で

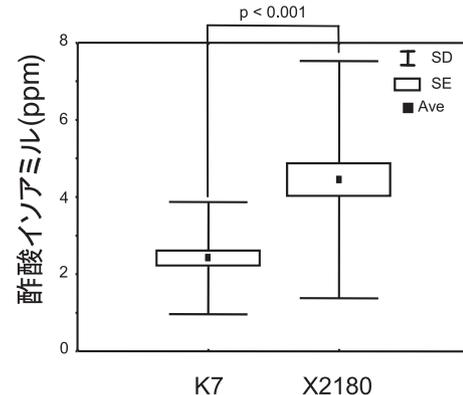


図1. 第4番染色体の酢酸イソアミルQTL近傍DNAマーカーの遺伝型と表現型。K7, 清酒酵母型のアレルを持つ一倍体；X2180, 実験室酵母型のアレルを持つ一倍体。

酢酸イソアミル生産性が2倍程度高くなった（図1）。以上の結果は、本来醸造特性に優れている清酒酵母といえども、清酒醸造にマイナスになる遺伝子を含んでおり、まだ遺伝的に改良の余地があることを示している。

近年、栽培植物や家畜の量的形質についてDNAマーカーを利用した連鎖解析が行われるようになり、産業上重要なQTLが数多く同定され、育種に利用されるようになってきた。酵母でもQTL解析の報告が増えてきたが、産業用酵母での解析例はまだ少ない。筆者らは、清酒酵母と実験室酵母の清酒醸造での特性の違いを検討するためにゲノムワイドに設計したDNAマーカーを用いた連鎖解析を行い、醸造特性に関与する25個のQTLを同定した。今後は同定したQTL領域から原因遺伝子を特定することが課題となるが、その特定は困難なことが予想される。しかしながら原因遺伝子の同定についてもさまざまな手法が提案されてきている<sup>3)</sup>。今後はそれらの手法を用いることで解析を行っていきたい。

本研究では清酒酵母と実験室酵母の醸造特性に着目して遺伝学的な解析を行ったが、得られた知見が今後の清酒酵母研究の発展に貢献できることを期待したい。

- 1) 下飯 仁ら：化学と生物, **45**, 539 (2007).
- 2) Katou, T. *et al.*: *Yeast*, **25**, 799 (2008).
- 3) Steinmetz, L. M. *et al.*: *Nature*, **416**, 326 (2002).

\* 著者紹介 <sup>1</sup> (独) 酒類総合研究所醸造技術基盤研究部門 (部門長) E-mail: simoi@nrib.go.jp

<sup>2</sup> 広島大学大学院先端物質科学研究科分子生命機能科学専攻, <sup>3</sup> 月桂冠株式会社

<sup>a</sup> 現, アサヒビール株式会社, <sup>b</sup> 現, 佐賀大学農学部