



# Metabolic switching of sake yeast by kimoto lactic acid bacteria through the $[GAR^+]$ non-genetic element

非遺伝的因子  $[GAR^+]$  を介した生醗乳酸菌による  
清酒酵母の代謝改変

(JBB, Vol. 126, No. 5, 624–629, 2018)

渡辺 大輔<sup>1,a\*</sup>・熊野 舞香<sup>1</sup>・杉本 幸子<sup>1</sup>・伊藤 稔<sup>1</sup>・大橋 正孝<sup>2</sup>  
砂田 啓輔<sup>3</sup>・高橋 俊成<sup>3</sup>・山田 翼<sup>3</sup>・高木 博史<sup>1</sup>

発酵・醸造食品の製造において、多様な微生物種からなる生態系が形成されている。しかしながら、それぞれの微生物がどのようにふるまい、どのような微生物間相互作用を示すのか、そしてその意義については、不明な点が多く残されている。本研究では、伝統的な清酒醸造法として知られる生醗造りにおける乳酸菌と酵母の相互作用に着目した。生醗造りでは、酒母の中でまず *Leuconostoc mesenteroides* や *Lactobacillus sakei* などの生醗乳酸菌による乳酸発酵が行われ、乳酸酸性下で酵母 *Saccharomyces cerevisiae* が生育する。より近代的な清酒醸造では、乳酸発酵を経ずに乳酸を添加することで作業工程を簡略化した速醸造りが主流であるが、生醗乳酸菌により生み出される複雑な香味成分は生醗造りの清酒に付加価値をもたらすものでもある。一方、筆者らは、生醗乳酸菌が清酒酵母に対して、より直接的な影響を及ぼす可能性を想定し、その検証を行うこととした。

近年、Jaroszらは、バクテリアの一部に、酵母の  $[GAR^+]$  と呼ばれる推定上のプリオンの出現を誘導し、酵母の炭素代謝に変化を及ぼす分子が存在することを報告した<sup>1,2)</sup>。多くの酵母種は、環境中にグルコースが存在するとグルコース以外の炭素源の利用を阻害するグルコース抑制と呼ばれる現象を示す。 $[GAR^+]$ は、このグルコース抑制を解除することで、酵母を炭素代謝の「スペシャリスト」から「ジェネラリスト」へと変換させる能力を有している。生醗造りにおける生醗乳酸菌も、清酒酵母の炭素代謝を改変する能力を有するのではないかと考え、本研究において実際に生醗乳酸菌と清酒酵母を共培養した結果、 $[GAR^+]$ の誘導を検出することができた。さらに、 $[GAR^+]$ の誘導によって、グルコースを利用する効率が低下した酵母では、アルコール発酵が阻害され、

発酵中の生存率が高く維持されることも判明した。つまり、生醗乳酸菌は、酒母における清酒酵母のアルコール発酵を阻害することで、微生物にとって毒性の高いエタノールの産生を抑え、生態系の存続に貢献すると推察される。さらに、プリオンの誘導による表現型の変化は、ゲノム上の変異によるものとは異なり可逆的である。生醗乳酸菌が死滅した後の清酒もろみにおいては、 $[GAR^+]$ が消失することで清酒酵母の高い発酵力が回復するのかもしれない。清酒醸造における酒母の目的が清酒酵母の大量培養であることを考えると、 $[GAR^+]$ の誘導によって酒母におけるアルコール発酵が特異的に阻害されることは、清酒醸造に携わる人間にとっても有益な性質なのではないかと考えられる。

本研究を通して、伝統的な発酵・醸造食品の製造における微生物間相互作用とその意義についての新たな手がかりをつかむことができた。ワイン醸造に関連するバクテリアの多くも  $[GAR^+]$ の誘導能を有することが報告されており<sup>2,3)</sup>、 $[GAR^+]$ を介した微生物間相互作用は、多くの発酵・醸造食品の製造工程に共通する生命現象なのかもしれない。今後、 $[GAR^+]$ のプリオンとしての分子実体が何であるか、バクテリアがどのように  $[GAR^+]$ の誘導を引き起こすのか、 $[GAR^+]$ がどのように炭素代謝を改変するのか、などの疑問を解決していくことで、微生物間相互作用をより深く理解し、発酵・醸造技術のさらなる発展と応用に資する知見が得られると期待される。

- 1) Jarosz, D. F. *et al.*: *Cell*, **158**, 1072 (2014).
- 2) Jarosz, D. F. *et al.*: *Cell*, **158**, 1083 (2014).
- 3) Ramakrishnan, V. *et al.*: *Front. Ecol. Evol.*, **4**, 137 (2016).

\* 著者紹介 京都大学大学院農学研究科食品生物科学専攻 (准教授) E-mail: watanabe.daisuke.2w@kyoto-u.ac.jp  
<sup>1</sup> 奈良先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科バイオサイエンス領域, <sup>2</sup> 奈良県産業振興総合センター,  
<sup>3</sup> 菊正宗酒造株式会社, a 現, 京都大学