

## 微生物における細胞接着とその利用

古川 壮一\*・森永 康

微生物の細胞接着現象には、微生物と無生物である担体との物理化学的な相互作用による接着と、微生物細胞同士の主として生物化学的な相互作用によると考えられる細胞間接着の二つがある。前者は一般的にバイオフィームと呼ばれる構造体を担体表面に形成し、後者は凝集体と呼ばれる細胞集団を形成することに寄与する。

近年、微生物学の分野では、バイオフィームに関する研究が盛んに行われている。一般にバイオフィームとは界面における微生物集落のことを指し、医療やさまざまな産業分野で微生物汚染などの原因となっていることが指摘されている<sup>1)</sup>。なお、微生物にとって、バイオフィーム形成能は種を問わず普遍的な能力であることということが一般的な認識になりつつある。一方で、これまでもバイオフィームは水の浄化などにも利用されてきており、悪い面ばかりではない。一般に、バイオフィーム中の微生物は多糖やDNAその他の物質からなる菌体外マトリックスに囲まれて存在しているとされている<sup>1)</sup>。

バイオフィーム形成に際しては、初期付着と呼ばれる微生物細胞の担体への接着が重要なステップになっている<sup>1)</sup>。グラム陰性の緑膿菌や大腸菌を用いたバイオフィームに関しては、細胞表層の繊毛、鞭毛およびcurliなどが初期付着に重要な役割を果たしていることが明らかにされてきた。また、グラム陽性菌に関しても、黄色ブドウ球菌や口腔内細菌の表層タンパクの初期付着への寄与はよく研究されている。こうした初期付着は微生物細胞表層と担体表面の物理化学的相互作用によって引き起こされると考えられている<sup>1)</sup>。なお、初期付着後のバイオフィームの成熟に関しては、グラム陰性・陽性菌を問わず、菌体外マトリックスが重要な役割を果たしていることが知られている<sup>1)</sup>。

一方、微生物細胞同士の細胞間接着に関しては、細胞凝集現象として古くから知られてきた。特に、下面発酵ビール醸造における酵母の凝集に関しては古くから研究されており、我が国でも優れた研究がある<sup>2)</sup>。乳酸菌と酵母細胞間の共凝集現象も古くから知られていたが、詳細な凝集機構については明らかにされていなかった。最近、乳酸菌のDnaKタンパクが酵母表層のマナンとの接着を介して共凝集に寄与していることが報告された<sup>3)</sup>。さらに、福山酢由来の乳酸菌と酵母の複合バイオフィーム形成において、乳酸菌と酵母の異種細胞間接着が重要

な役割を担い、その接着には乳酸菌表層タンパクと酵母表層マンナンが関与していることが報告されるなど<sup>4)</sup>、乳酸菌と酵母の細胞間接着機構の一端が明らかになりつつある。

ところで、最近、バイオフィームは固定化菌体として物質生産などに利用できるポテンシャルを有していることも示されつつある<sup>4,5)</sup>。バイオフィームは界面に形成される高密度の微生物集落であり、微生物の種類を選ぶことにより、固-液、気-液、固-気、さらには水と石油など互いに混じり合わない液-液の界面などにも形成させることが可能である。このような界面に形成されたバイオフィームは、自律再生可能な固定化菌体として物質生産に利用できる可能性を秘めている。実際、伝統的発酵におけるもろみは固-液界面を、静置培養法による酢酸発酵は気-液界面を、そしてサイレージ（発酵飼料）製造は固-気界面を利用した発酵プロセスといえる。

最近、芳香族分解能を有する高付着性*Acinetobacter*のバイオフィーム形成に、強力な担体接着能を有するナノファイバーが重要な役割を果たしていることが明らかにされ、この*Acinetobacter*を固定化微生物とした、多様な物質生産の方向性も示されている<sup>5)</sup>。

また、前述の乳酸菌と酵母の細胞間接着により形成された複合バイオフィームは、アルコール発酵用の固定化菌体として利用できる可能性が示されている<sup>4)</sup>。

こうした微生物接着現象を発酵生産に利用する研究はまだ緒についたばかりだが、有用微生物を単独もしくは複合条件でバイオフィームとして多様な界面に固定化し、多様な物づくりを連続的に行うという新しい発酵技術の創生につながってゆく可能性がある。このような技術の汎用性は高く、今後バイオマス利用から各種発酵産業まで応用可能な要素技術になるものと思われる。今後の細胞接着分野の研究の発展に期待したい。

- 1) O'Toole, G. A. *et al.*: *Microbial Biofilms* (O'Toole, G. A. *et al.*) ASM Press, Washington (2004).
- 2) 佐藤雅英：醸協, **98**, 560 (2003).
- 3) Katakura Y. *et al.*: *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **86**, 319 (2010).
- 4) 古川壮一ら：生物工学, **89**, 478 (2011).
- 5) 堀 克敏：生物工学, **89**, 245 (2011).