

発泡の功罪とその機械的制御

新潟大学工学部化学システム工学科 山際和明

微生物反応プロセスにおける発泡は、通気攪拌を伴う微生物の好氣的培養に限らず、ガス発生を伴う嫌氣的微生物反応においても広く見られる現象である。特に、強度の通気攪拌を伴う場合や発泡性の高い基質を用いる場合あるいはガス発生速度の大きい微生物培養操作などにおける泡の生成は、対象となる微生物反応を効率的に行わせる上でなんらかの障害となる。

従来より、発酵泡の制御は、研究レベルや工業的生産規模においても、消泡剤の添加による化学的方法が広く用いられている。これは、消泡剤の使用により確実に迅速な発酵泡の制御が可能なることによる。しかしながら、消泡剤の使用は、酵素移動速度の低下や菌体への影響など培養プロセスだけでなく、菌体の膜分離や発酵生産物のクロマト分離などダウンスリームプロセスにも悪影響を与えることが指摘されている。従って、微生物反応ならびに分離、精製プロセスを効率的かつ経済的に行わせるためには、消泡剤の添加量を低減すること、あるいはその使用を極力避けることが望ましい。

軽度の発泡に対処できる培養槽としては、ワードホフ型培養槽が古くから知られているが、最近、発泡そのものを押さえながら酵素供給をはかる新しいタイプの培養槽 (Centrifugal film reactor) が提案されている。¹⁻³⁾ これは、ロート状の中空円錐の中心部に培養液を供給し、中空円錐を回転させることで液を薄膜状に流動させ、中空円錐から飛散した液を再び円錐中心部に循環させる型式で、液が流動、飛散する際にその表面から酸素が供給される。このため、通常に通気攪拌では問題となる発泡そのものを抑制でき、消泡剤の添加が不要であるとされている。円錐1枚当たりの酸素移動係数 KLa は 10 h^{-1} 程度と大きな値ではないが、円錐を多層とすることで酸素移動性能の向上が期待できるとしている。酸素要求量の小さい微生物反応プロセスを対象とする場合には、このような発泡そのものを抑制するタイプの培養槽が有効となろう。しかし、酸素供給が律速となりうる、酸素要求量の大きい微生物反応プロセスに対しては、従来使われてきているような散気式の酸素供給方法がやはり必要になると考えられる。しかし、この場合には、必然的に発泡傾向が大となるため、何らかの発泡に対する対策を講じなければならないことになる。

消泡剤の使用を必要としない機械的泡制御法は、酸素移動速度の増大が計られるなど⁴⁾ 多くの利点がある。しかし、発泡性微生物反応のすべてに適用できる普遍的な機械的消泡法の確立にはまだ至っていない。これは、発泡現象が多様であることに加えて、発酵泡の性質に関する知見が不十分であることも一因になっている。泡の性質を表わす尺度としては起泡性や泡の半減期などがあげられるが、これらを機械的消泡の難易に関連づけることは困難である。機械的消泡の難易を反映する代表的な泡指標として、安川ら⁵⁾ は泡の液ホールドアップを提案している。今後は、泡の性質の変化に基づいたより効率的な機械的消泡法の開発が望まれる。

一方、微生物プロセスにおいて発泡を逆に利用する単位操作として泡沫分離がある。泡沫分離により菌体を培養液から濃縮する試み⁶⁾ などがこの応用例である。最近、褓ら⁷⁾ は、培養と同時に発酵生産物を泡沫分離により分離、濃縮する方法を提案している。彼らは *Bacillus subtilis* NB22 による抗生物質 Iturin の生産において、界面活性を有する Iturin が発酵泡中に濃縮されることを利用して、発泡分離培養を試みた。その結果、Iturin の濃度を通常の培養の3.5倍程度までに高められることを報告した。このような発泡分離培養は界面活性を有する発酵生産物の生産などには効率的な方法となるであろう。

発酵泡に対しては、これまではそのマイナス面のみ強調されてきたが、発泡そのものを逆に利用するこのような試みは、新しい微生物プロセスの開発、進展にも役立つものと思われる。

- 1) R. Roubicek. *et al.*: *Preprints of World Congress III of Chemical Engineering*, Tokyo, p. 901 (1986).
- 2) R. Long. *et al.*: *Bioprocess Eng.*, **3**, 73 (1988).
- 3) 内田重男ら: 化学工学会一関大会講演要旨集, p. 221 (1989).
- 4) 安川真巳ら: 化学工学会新潟大会講演要旨集, p. 1 (1988).
- 5) 安川真巳ら: 日本発酵工学会大会講演要旨集, p. 209 (1989).
- 6) S. Parthasarathy. *et al.*: *Biotechnol. Bioeng.*, **32**, 174 (1988).
- 7) 褓 在根, 正田 誠: 化学工学会第22回秋季大会講演要旨集, p. 786 (1989).