

バイオリクターにおける消泡技術—現状と今後

新潟大学工学部化学システム工学科 大川 輝

発酵あるいは微生物の培養に用いられる培地は発泡性の高いものがほとんどであり、バイオリクターにおける通気攪拌操作に伴う発泡の制御は、試験研究、実操作を問わず常に直面する課題である。この発泡はバイオリクターからの微生物菌体および代謝生産物の流出、仕込液量の低下、通気攪拌条件の制限など、生産プロセスにいちじるしい制約をもたらすので、何らかの方法による制御が必須となる。

泡の制御法としては、化学的、機械的の二つの主な方法がある。現在では制御の容易さから、消泡剤の添加による化学的消泡法が広く用いられている。しかし一方では、過剰添加による生育阻害ならびに毒性の問題、酸素移動速度の大幅な低下、微生物培養プロセスそのもの、あるいは培養液からの菌体や代謝生産物の分離・精製操作に及ぼす障害などがしばしば指摘されている²⁻⁵⁾。これらの悪影響を考えると、消泡剤の添加による化学的消泡法の採用はできるだけ避けるべきである。これに対して、物理的外力を利用することによって消泡を行う機械的方法は、化学的消泡法で見られるような生物学的ならびにプロセス的悪影響のない泡の制御法として、従来から着目されてきた方法である。

機械的消泡法は、急激な圧力変化、剪断力、圧縮力、衝突力の機構のうち、一つあるいは複数の機構を利用した消泡装置によって泡の制御を行う方法である。これらの機構に基づく機械的消泡装置に関しては、回転体、サイクロン、スプレー、ノズルなど、特許を含め、数多くの型式が提出されてきている²⁻⁵⁾。しかしながら、これまでに開発された装置は、きわめて高い通気攪拌を伴う培養、糖蜜、大豆粉、ペプトン、炭化水素など発泡性の高い基質を用いる発酵、あるいは大容量の発泡を対象とした場合などでは、結局消泡剤を併用しなければ効果を発揮できないものが多い。言い換えれば、既存の機械的消泡装置は、その本来の特徴に欠けるものが多いということである。その主たる原因は、以下のような状況によるものと考えられる。1) 発泡を付随的、すなわち二次的な現象として消泡効果のみにとらわれ、詳細な検討の必要性を見逃してきている。2) 発泡ならびに消泡に対する基礎的知見が不十分であることに加えて、これまでは経験的なアプローチが主となってきたため、比較し得るデータや装置選定の際の基準となるべきものがない。3) 生産プロセスで実際に使われる発泡液の種類が多様多様であるにもかかわらず、機械的消泡装置による消泡実験が、ごく限られた範囲の発泡液を用いた場合に対してしか行われていない。4) 消泡装置の性能と処理されるべき泡の性質との関連についての検討が不十分である。5) 機械的装置の消泡機構、操作に対する理解が十分でない。また、ガス吹き込み量、攪拌強度などの動的因子ならびにスパーチャー、インペラー、バイオリクターの形状などの消泡操作に及ぼす影響といった点に関する定量的検討に欠けている。6) 上述1)~5)の状況の結果として、消泡装置の設計、操作あるいはスケールアップのための指針が確立されていない。

消泡装置による普遍的な機械的消泡技術の確立は、これらの課題が克服されて初めて達成されるものである。

バイオテクノロジーの発展に伴って、(a) 微生物の菌体ならびに代謝産物の新しい生産技術や (b) その生物反応プロセスの解析、あるいは (c) 新しい型式のバイオリクターの研究開発などの分野は、最近ますます進展しているのに対して、消泡技術に関する分野は相変わらず遅れている。しかし、これら (a)~(c) に関する結果は、発泡を化学的、機械的方法のいずれで制御するかによって、大きく左右されることに注意を払うべきである。消泡剤の使用については、その生物学的ならびにプロセス的悪影響に加え、製品中にそれが混入して好ましくない結果を与える危惧がある。また特定のバイオプロダクトについては、消泡剤の添加が許されぬのが今日の課題である。これに対して、機械的消泡は、微生物、生産物などに悪影響を及ぼさない方法である。バイオリクターに効果的な消泡装置を装着することにより、酸素供給能の増大が可能となることに加え、消泡剤の無添加によるダウンストリームプロセッシングの大幅な再略化も期待できるなど、機械的消泡装置装着バイオリクターの実利(用)性はきわめて高いものと考えられる。バイオテクノロジー分野における重要な単位操作の一つである機械的消泡技術に関しては、今後このような目的を明確に指向した研究が望まれる。

- 1) 阿部ら：気泡液滴工学，p. 181，日刊工業新聞社（1969）。
- 2) Hall, M. J. *et al.*: *Prog. Ind. Microbiol.*, **12**, 170 (1973).
- 3) 高原：化学装置，**2**, 35 (1978).
- 4) 高原：発酵と工業，**36**, 288 (1978).
- 5) Viesturs, U. E. *et al.*: *Adv. Biochem. Eng.*, **21**, 169 (1982).