

## 生物化学工学 I 概要

食料品、日用品、医薬品などの多くは微生物をはじめとする生物を利用して生産されている。目的の有用物質を安定して安価に生産するためには、それを生産する細胞を効率よく増やすとともに、目的物質を効率よく作るよう、適切な組成の栄養源を適時に与え、温度や pH などの環境を整えてやる必要がある。生物化学工学 (Biochemical Engineering) は、生物の力を借りた有用物質の生産を扱う学問であり、生物反応を一種の化学反応にみたてて、定量的速度論的に扱う。これによって、研究室で得られた試験管スケールでの知見をもとにして、何十トンのレベルの工業的なプロセスを設計することが可能になる。この講義では、日本のお家芸といわれる発酵産業を支える生物化学工学の概要と、工業プロセスを設計するための基礎を学ぶ。以下に 9 つの主な内容を紹介する。

### (1) 化学工学の 5 つの keyword

生産プロセスを理論に基づいて最適化するために必要な単位操作、速度、収支、平衡、モデル化の 5 つの概念について、その概要を理解するとともに、産業に果たす生物化学工学の役割を理解する。

### (2) SI 単位と接頭辞

自然現象を表現する数値にはさまざまなものがあるが、これらは長さ、質量、時間、温度、物質量などの基本単位の組み合わせで表すことができる。ナノ( $10^{-9}$ )、マイクロ( $10^{-6}$ )、ミリ( $10^{-3}$ )ヘクト( $10^2$ )、キロ( $10^3$ )、メガ( $10^6$ )、ギガ( $10^9$ )、などの接頭辞の使い方とあわせて、数値の表現方法を学ぶ。

### (3) 生産コストと経済性

固定費と変動費、損益分岐点、スケールアップと 0.7 乗則などについて解説した上で、バイオエタノールのコスト計算の実際を紹介する。

### (4) 対流と拡散

氷砂糖を水に入れれば次第に溶けていくが、早く溶かすにはどうすれば良いか、という問題を例に、対流と拡散による物質や熱の移動の理論について学ぶ。

### (5) 生物化学量論

微生物を培養する際には、必要な栄養素 (基質) を過不足なく与える必要があり、過剰に与えればコストがかさみ、一部でも不足すれば収量が伸びない。そこで、どのような微生物に何をどのように与えれば良いかを考える基本を学ぶ。

### (6) 微生物の増殖

微生物が増えていく過程は数式で表現することができる。微生物量の測定方法について知ると共に、基質濃度と比増殖速度の関係を表した Monod の経験式について学ぶ。

### (7) 比速度と最適生産のための基本

微生物の挙動を数量的に理解し、操作するためには比速度という概念が必要になる。この値は菌体量、生産物量または基質量の変化速度を、さらに菌体量で割った値である。パン酵母の工業生産を例に最適生産のための基本を学ぶ。

### (8) 通気と攪拌

酸素は水に溶けにくいいため、微生物を培養する際には常に供給を続けなければならない。効率よく酸素を供給するための理論と実際を学ぶ。

### (9) 計測と制御

微生物培養では、温度・pH・溶存酸素濃度などをその場で計測し、それぞれ最適な条件に整える必要がある。これらを測定し、制御する方法の基本を学ぶ。