バイオインダストリーと光放射†

専門会員 中川 靖夫*

バイオインダストリーとは、一般にバイオテクノロジーの応用による産業であると考えられる。バイオテクノロジーとは、生物を直接に利用するか、あるいは生物の機能をなぞって利用するか、のいずれかによって、人間が必要とする物質を生産したり、あるいは、人間に有害な物質を分解・除去したりする技術である。

このように定義されるバイオテクノロジーは、きわめて広い範囲にわたるものであって、たとえば伝統的な発酵・醸造産業から、農業における作物の品種の改良、育成の制御、畜産における家畜の育種、さらには、現在の最先端技術である遺伝子工学までが含まれることになる。バイオテクノロジーが目指す最終目標は、地球の生物環境の汚染を伴わない、人類の社会的繁栄であると考えられるが、当面の具体的な目標としては、たとえば、がんの有効な治療法の発見、石油代替資源の開発、耐環境性多収獲作物の育成、産業廃棄物の分解処理、有機性廃棄物（たとえば木材リグニンなど）の再資源化、などがあげられている。

バイオテクノロジーは、地球上に発生して生存している生物の機能と深くかかわるものであり、その生物は直接・間接の差はあっても、太陽からの放射（光、熱）に何らかの形でつながりを持っている。生物と太陽放射の最も直接的なつながりの一つは、よく知られている植物の光合成である。光合成はそれによって生産される植物体（バイオマス）が、有力な食糧資源になるばかりでなく、その過程において二酸化炭素の吸収と酸素の放出がなされて、生物環境の保持に重大な寄与をしている。また、太陽エネルギーを利用した、地圏内での循環による、くり返し利用のできる工業材料（たとえば木材など）資源を維持する機能への寄与もきわめて大きい。

地表へ到達する太陽放射の波長はほぼ $0.3 \sim 3 \mu\text{m}$ の範囲であって、その光子エネルギーは $0.4 \sim 4 \text{ eV}$ である（図 1）。このエネルギーレベルは、生物を構成している分子の熱振動レベルから、原子の励起レベルにわたる範囲である。光にかかわる生物は、それぞれの特質に応じて、このエネルギーレベルのある領域を主体的に利用して、生物としての機能を果たしている。たとえば、陸上の緑色植物で

図 1 地表における太陽放射の分光分布と光子エネルギー

図 2 植物（えんどうまめの芽）の吸収スペクトル a と光合成の作用スペクトル b

は、葉に含まれているクロロフィルなどの色素によって、図 2 に示すように、可視光の青色と赤色波長域にピークを持つ分光吸収特性を持つので、これに対応する波長の光を吸収して、光合成のエネルギーとして利用するが¹⁾、水中の紅藻類では、緑波長の吸収が主体となり、さらにある種の菌類では、光合成は赤外域の吸収でなされているのがその例である。したがって、生物の太陽放射とのかかわりのあり方と、その効果を追求することが、まず、バイオテクノロジーにおける太陽放射の有効利用に直接につながる。また、これから人工光源を使用するについての重要な指針を与えることになる。

一方、太陽光すなわち自然光に含まれていない波長成分の放射、たとえば水銀放電による波長 253.7 nm の放射が生物に強い作用を与えることも明らかになって来ており、

† Optical Radiation for Bio-Industries

* 埼玉大学工学部

Yasuo Nakagawa

図 3 DNA の吸収スペクトル、殺菌効果、オゾンの吸収スペクトル

図 3 に示すように、DNA の吸収や殺菌作用などは、波長 280 nm 以下で非常に顕著に現われている。なお、オゾンの紫外吸収が DNA の吸収とよく一致していることは、高層大気のおゾン層が、太陽放射の 290 nm 以下の成分を吸収して、地上の生物を保護する機能の重要性を示している²⁾。また、このような紫外放射によって損傷を受けた細胞が、可視放射を受けることによって回復する現象も認められており、生物の光による効果はきわめて複雑であることがわかる (図 4)²⁾。これらのことはバイオテクノロジーに人工光源を利用するに際して、その波長組成に関して示唆となるであろう。

図 4 大腸菌の光回復の作用スペクトル

太陽放射のパワー密度は、最大でも 0.1 W/cm^2 程度であるが、人工光源とくにレーザーではこの $10^4 \sim 10^{10}$ 倍にも及ぶパワー集中が可能であって、このような放射が生物にかかったときに、どのような問題があるのかもまた問題となるはずである。レーザーはまたきわめて波長純度の高い放

図 5 太陽放射 (点線) と生物の各種の効果³⁾

a. 殺菌効果, b. 紅斑効果 (Luckiesh による), c. みつばちの紫外感受性, d. 植物の屈光性, f, g. フィートクロームの較換, h. 陸上植物の光合成, i. 紅藻類の光合成, j ~ l. 種々の紅色細菌の赤外吸収 (多分それぞれの光合成の作用曲線のピークと一致する)

射であって、たとえ可視光波長域であっても、太陽放射のような複合放射と異なる作用があるとも考えられる。

今回の特集の各テーマは、以上に述べたような生物と光放射の問題にかかわりの深いものであって、また、バイオテクノロジーのそれぞれの分野に密接しているものでもある。しかしながら、バイオテクノロジーそのものがきわめて広い分野にわたっていて、それぞれの分野における光放射作用効果へのとり組みもまた多様であって、現在の段階ではまだ統一的な認識や見解で出るに至っていない。したがって、今回の特集のような試みを数多く行なうことによって、バイオインダストリーと光放射のかかわり、各分野に共通する光放射の作用に対する認識を確立していくことが必要である。

文 献

- (1) Balegh, S. E., Biddnlph, O.: Plant Physiology 46-1 (1970)
- (2) Björn, L. O., 宮地ほか訳: 光と生命 第 8 章 (昭 51) 理工学社
- (3) 文献(2)の付録

(受付1985年 6 月 17 日)