期待される技術とその課題 ● 展望

バイオテクノロジー*

高辻 正基**

Biotechnology / Masamoto TAKATSUJI

Key words : gene manipulation, cell engineering, tissue culture, plant factory, instrumentation, automation

1. バイオテクノロジー

バイオテクノロジーという言葉は広い意味でも狭い意味でも使われている。もっとも狭い意味では、組換え DNA、細胞融合、核移植、染色体操作などの遺伝子の操作に関連した技術を指す。ところがこれではあまりにも狭く、実用化された技術の大半を抜かしてしまうので、これに細胞培養や組織培養といった培養技術、およびバイオリアクタやバイオセンサのような微生物・酵素利用技術を加えてバイオテクノロジーと呼ぶ場合が多い。

しかし、世の中一般ではもっと広い意味でバイオテクノロジーをとらえている。すなわち、「生物の機能を利用する技術」として林産、海洋、畜産などのバイオマス利用や、環境制御技術の応用としての植物工場や生物工場といった生産手段が含まれる。さらに培養装置、分離精製装置、マイクロインジェクタ、DNA シーケンサ、細胞融合装置などの機器システムも立派なバイオテクノロジーと言えるだろう。そこで、広義にとったバイオテクノロジーを表 1 のように整理してみる。

バイオテクノロジーを応用面から見ると、農産物、医薬品、化学品、食品、エネルギーなど多分野にかかわっている。このなかでもっとも大きいのが農産物だと言われる。少し古い予測だが、昭和 58 年に日本長期信用銀行が推計した世界と日本のバイオテクノロジー

の西暦 2000 年時点の市場予測を図 1 に示す。これを見ても世界では農産物が全市場の半分以上を占めている。もっともこの種の推計は調査機関や調査時点でかなり違う。しかし、農業が将来もっとも大きくなるという点では共通しているようだ。この推計には機器システムが入っていないが、現時点ではバイオ関連機器システムの需要がもっとも大きいことを指摘しておく。

2. バイオテクノロジーと精密工学

バイオテクノロジーはまだ技術として成熟段階にはとても達していない。基本的な技術である組換え DNA、細胞融合、組織培養などにおいて非常な手間と時間を要している。遺伝子や細胞といったマイクロで傷つきやすいものを取り扱うという点、また生物という複雑なものを対象とする点で、手先の熟練を要するところが大きい。こういう点で将来、精密工学とのかかわり合いは非常に重要になってくると思う。

まず組換え DNA では、基本的に次のような操作を

表 1 バイオテクノロジー

バイオテクノロジー	遺伝子操作	組換え DNA、細胞融合
		核移植、染色体操作
	培養技術	細胞培養、組織培養
	微生物・酵素利用	バイオリアクタ、バイオセンサ
	バイオマス利用	林産、海洋、畜産
	環境制御技術	植物工場、生物工場
	バイオ関連機器システム	培養装置、分離精製装置
		マイクロインジェクタ、DNA シーケンサ、細胞融合装置など

* 原稿受付 昭和 62 年 10 月 6 日

** (株)日立製作所 (国分寺市東恋ヶ窪 1-280)

図1 バイオテクノロジーの市場予測 (日本長期信用銀行推計)

必要とする。与えられた DNA から目的遺伝子を取り出すために、制限酵素によって DNA をいろいろな形に切り出す。これらをベクター DNA に挿入して宿主細胞に入れてやると量産される(クローニング)。いろいろなクローンのなかから目的遺伝子を含むクローンを薬剤耐性などの方法によって選び出す。次にこのクローンの塩基配列を決定して目的遺伝子を取り出す。これを改めてベクターに挿入し、宿主細胞に入れて形質発現を見るのである。このプロセスは大変な時間と労力を要するが、いま開発されているのは塩基配列決定のための DNA シーケンサぐらいである。組換え DNA 技術のプロセスを分析し、できるだけ自動化、機械化する必要がある。

バイオでは農産物が特に重要であることを述べたが、植物では遺伝子の数が多く、遺伝子ライブラリーの確立している植物種は少ない。そこで植物に対しては、染色体レベルでの切断、選抜、挿入技術が必要になるだろう。この場合も DNA の場合と同様な自動化が要求される。

細胞工学と言われている分野では、細胞のいろいろな微細操作技術が非常に重要になる。細胞融合、マイクロインジェクション、核移植、セルソータなどであるが、現状は手作業に依存する面が大きい。細胞融合では2種類の細胞群を混合し、ポリエチレングリコールまたは電気パルスをかけて融合させる。このなかから顕微鏡下で確実に融合した細胞を同定し、選抜するのが大変である。細胞を個別に操作し、異種細胞を確

実に融合できるような自動化装置ができれば大変に便利である。細胞のなかにマイクロピペットで DNA などを注入するのがマイクロインジェクションであるが、これまた大変な作業である。最近レーザーマイクロインジェクションが開発されたが、インジェクションの確率が低いという欠点がある。細胞を整列させ、精度良く自動的に注入できる装置の開発が望ましい。

培養技術では組織培養の自動化がもっとも重要である。植物の組織培養では、試験管内の生長点培養によって無菌で優良なクローン苗が大量に生産され、花や野菜の苗として供されている。ここでも、

生長点を切り刻み、試験管に植えつけ、また苗を移植することに多大の労力がかかっている。この結果、バイオ苗のコストの7割は人件費という計算がある。生長点の植付けや苗の移植ロボットの開発が望まれているが、最近早大理工学部で苗移植ロボットが試作された。研究の継続と発展を期待したい。

植物工場や生物工場は、有用な植物や動物を促成栽培・飼育することを目的にしている。植物工場はカイワレ大根やミツバ、レタスなどで実用化が始まっており、動物では養鶏、養豚、養殖がすでに商用化している。このなかで植物工場が将来の一つの有力な農業生産方式として期待されているが、現状では自動化はあまりされていない。播種、移植、移動、収穫、包装などが自動化項目であり、精密度はそれほどいらないが機械化は将来必須になろう。

最後に、すでに一部は紹介したが、バイオ関連機器システムがある。表1に掲げたもののほかに、バイオでは電子顕微鏡、液クロ、電気泳動装置、分光計など多数の理化学機器が使われる。これらと遺伝子操作や細胞操作と組み合わせて、操作、観察、分析を一体化することは将来重要になると思われるが、精密工学からの貢献に期待するところは大きい。

参考文献

- 1) 小特集「植物バイオテクノロジーと計測技術」、計測と制御, 23, 9 (1984) 749～801.
- 2) ミニ特集「農業における先端技術」、計測と制御, 26, 9 (1987) 741～784.