

バイオテクノロジーの開発利用と
その影響に関する調査研究
ーバイオテクノロジーの実用化とその課題ー

平成2年9月

科学技術庁 科学技術政策研究所

第4 調査研究グループ

DEVELOPMENT AND USE OF BIOTECHNOLOGY AND ITS INFLUENCE

-PROBLEM ON PRACTICAL USE OF BIOTECHNOLOGY-

September 1990

4 th Policy-oriented Research Group

National Institute of Science and Technology Policy

(NISTEP)

Science and Technology Agency

目次

I. 調査研究の目的及び方法	1
1. 調査研究の目的	1
2. 調査研究の方法	1
II. バイオテクノロジー研究開発の動向等	4
1. 研究開発動向の概要	4
2. 遺伝子資源の現状(概要)	9
III. バイオテクノロジーの実用化とその課題 (アンケート及びヒヤリング調査結果)	11
1. 実用化とその影響	11
2. 実用化事例とその要因(ヒヤリング調査)	17
3. 実用化に向けての課題	27
IV. バイオテクノロジー	47
1. バイオテクノロジーの特徴	47
2. バイオテクノロジーの実用化に向けての課題と方策	49
参考 調査報告「遺伝子資源の現状」	56
付属資料 アンケート調査集計結果	78

I. 調査研究の目的及び方法

1. 調査研究の目的

生物もしくは生物の持つ機能を利用又は模倣した物質生産技術と称されるバイオテクノロジーについては、現在、その原点とも言うべき分子生物学等の基礎研究からその実用化を目的とした産業的利用に関する応用・開発研究まで広い範囲において研究が行われている。このうち特に後者を中心に考えると、多種多様の民間企業を中心にして研究が展開されており、その分野は従来からの発酵や育種技術から生物機能を利用した素子化まで幅広くまたがっている。

こうしたバイオテクノロジーの実用化は産業的利用を中心に資源の利用、創出を始め、技術面、経済面に画期的な影響を与えると予測されており、それにかかる期待にも大きいものがある。しかしながら、今日までの実際の研究段階では技術的問題等いくつかの障壁に直面してきており、また研究開発の現状に対する評価も例えばようやく足が地についた研究が着実に行われつつあるとする見方や逆に研究開発の方向性を見極めが困難になっているといった言い方等様々なこともあり、徐々に産業的利用が進んでいる現状においても実用化の課題は数多く残されているものと考えられる。

そこで本調査研究はバイオテクノロジーに関し、その「実用化」の側面に特に焦点を当て、これらバイオテクノロジーの研究開発の動向、実用化事例やさらに今後のバイオテクノロジー研究開発の基盤となる遺伝子資源の現状等を調査、分析し、これらを基に実用化の課題について検討したものである。

2. 調査研究の方法

調査研究の設計、分析及び取りまとめに当たって、「バイオテクノロジーの開発利用とその影響に関する研究会」を設置した。

委員構成は以下のとおりである。

* 「バイオテクノロジーの開発利用とその影響に関する研究会」

アイウエオ順、敬称略

委員長	津村	信蔵	(大洋漁業(株)研究所 顧問)
委員	内宮	博文	(元 筑波大学 助教授、現 北海道大学)
事務局	坂本	進	(第4調査研究グループ 総括上席研究官)
	青柳	朋夫	(第4調査研究グループ (前)総括上席研究官)
	岡崎	康男	(第4調査研究グループ (前)上席研究官)
	牛谷	勝則	(第4調査研究グループ 研究官)

また、遺伝子資源の現状については、熊谷 甲子夫 客員研究官 (元 (社)農林水産技術情報協会 研究開発部長)に調査を依頼した。

具体的な調査方法としては、各種文献調査のほか、バイオテクノロジーの実用化に関する直接の担い手とし

て考えられる民間企業に対するアンケート及びヒヤリング調査を実施した。アンケート及びヒヤリング調査の概要は各々以下のとおりである。

* アンケート調査

調査対象者;バイオテクノロジー研究開発企業の研究管理者 320名

回収率;65.9%(回収数 211)

調査項目;付属資料参照

また、アンケート調査の結果は、分析の便宜上、回答者の代表的管理・担当分野(問1の回答結果)に基づいて、表I-1のように「分野」としてとりまとめた。

なお、調査は社団法人 科学技術と経済の会に委託して実施した。

* ヒヤリング調査

調査対象者;バイオテクノロジーの実用化企業等 5機関

主な調査項目;(1) 事業、研究体制の概要

(2) 実用化事例の技術内容

(3) 上記に関する経緯、背景

(4) バイオテクノロジーの実用化に関する意見

(5) その他バイオテクノロジーの特徴等

表I-1 回答者の代表的管理・担当(研究)分野

分野	母数	代表的分野* ()は内数
医薬	67	医薬:医薬品製造、診断薬製造
農林水産	52	農林業:種苗生産・育種、農薬・肥料等資材(45) 畜産:繁殖・育種、動物用医薬品、動物用飼料(6) 水産:種苗生産・育種、水産用医薬品、水産用資材(1)
化学品	28	化学品:アミノ酸・有機酸・核酸関係、化粧品・香料・色素関係、工業用酵素、バイオ研究用試薬
食品	34	食品:糖類・タンパク質関係、発酵・醸造品、油脂関係
その他	30	鉱業・エネルギー:バクテリアリーチング、アルコール・メタン等エネルギー関係(2) 電子・電気:バイオセンサー、バイオ素子(4) 機械・機器:バイオ研究用機器、生産システム(2) 環境:廃水処理(13) その他:紙・パルプ(4)、その他無回答等(5)

II. バイオテクノロジー研究開発の動向等

1. 研究開発動向の概要

バイオテクノロジーの研究開発の動向をマクロに明らかにするために、「1989年版バイオインダストリー年鑑」((株)シー エム シー)及び「日本経済産業新聞」等をもとに、バイオテクノロジー研究開発企業の研究開発動向についてデータベース化した。具体的には前者より“研究分野”を、後者より“研究員数、研究費”を引用、さらに“業種”、“資本金”等を組合せた計457社の研究開発状況のデータベースを分析した。

これによる民間企業における研究員、研究費の推移を表II-1及び図II-1に示した。研究員数、研究費とも全体として昭和60年から63年にかけて毎年約1.5前後増加している。但し、各企業ごとの増加率のばらつきは大きく、バイオテクノロジー研究開発における企業の方針や考え方が多様であることをうかがわせているともみられる。

このうち研究員数について、業種及び資本金との関係をみたのが図II-2及び図II-3である。まず、業種については医薬関連業種で最も高い研究員数の伸びが見られ、これに次いで鉱業・石油・エネルギー・鉄鋼・金属・建設・電気・機械機器関連業種が比較的高い傾向を示した。また資本金別で見ると、資本金100億円以上の大企業が最も高い伸びの傾向であった。

一方、バイオテクノロジー研究開発に参画する企業も企業自身の経営の多様化とも相まって様々である。図II-4では業種ごとの研究分野を掲げた。これによると医薬品、農林・水産・畜産・園芸及び建設・電気・機械機器関連業種においては、バイオテクノロジーの研究分野と従来からの経営分野(業種)との関連性が高く、一方、鉱業・石油・エネルギー・鉄鋼・金属関連業種及びその他業種の中の繊維・紙・パルプ関連業種においては、新規分野としてバイオ医薬、バイオ植物等幅広い分野での研究開発が行われていることがうかがわれる。

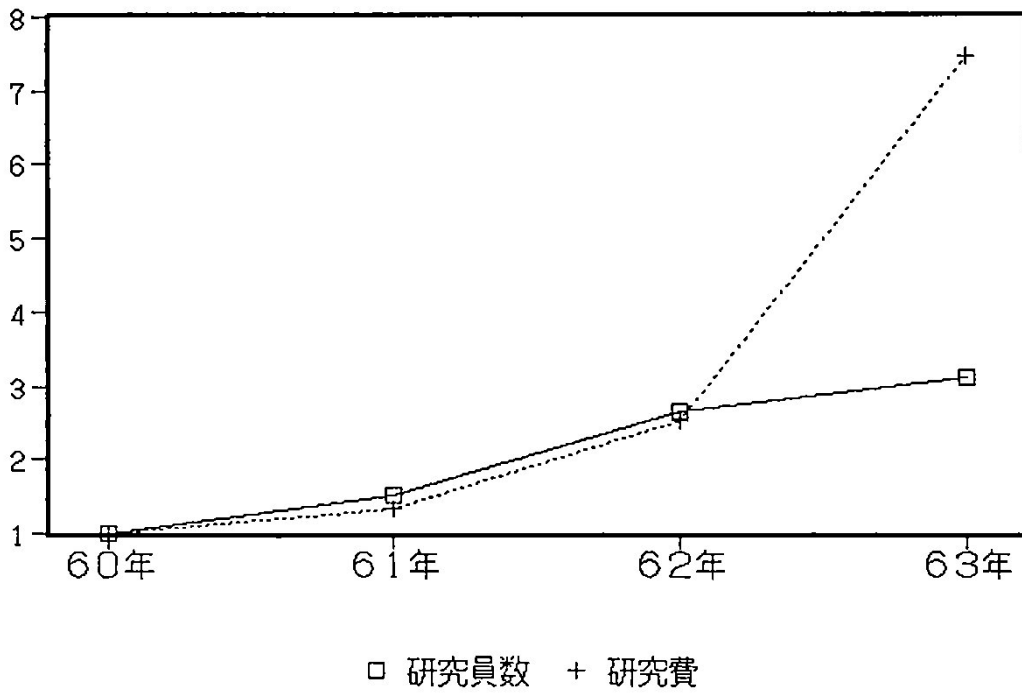
表II-1 民間企業におけるバイオテクノロジー関連研究の研究員数及び研究費の伸び

		61年/60年	62年/61年	63年/62年
研究員数	平均伸び率 (標準偏差)	1.52 (2.04)	1.75 (2.83)	1.17 (0.70)
研究費	平均伸び率 (標準偏差)	1.32 (1.20)	1.91 (3.09)	2.95 (9.81)

(注) 平均伸び率は、まず各社1社ごとの各年の伸び率を求め、それを各年ごとにまとめ平均したものとしている。なお、値の欠如(無回答など)によって、各年ごとに含まれる企業数は異なる。

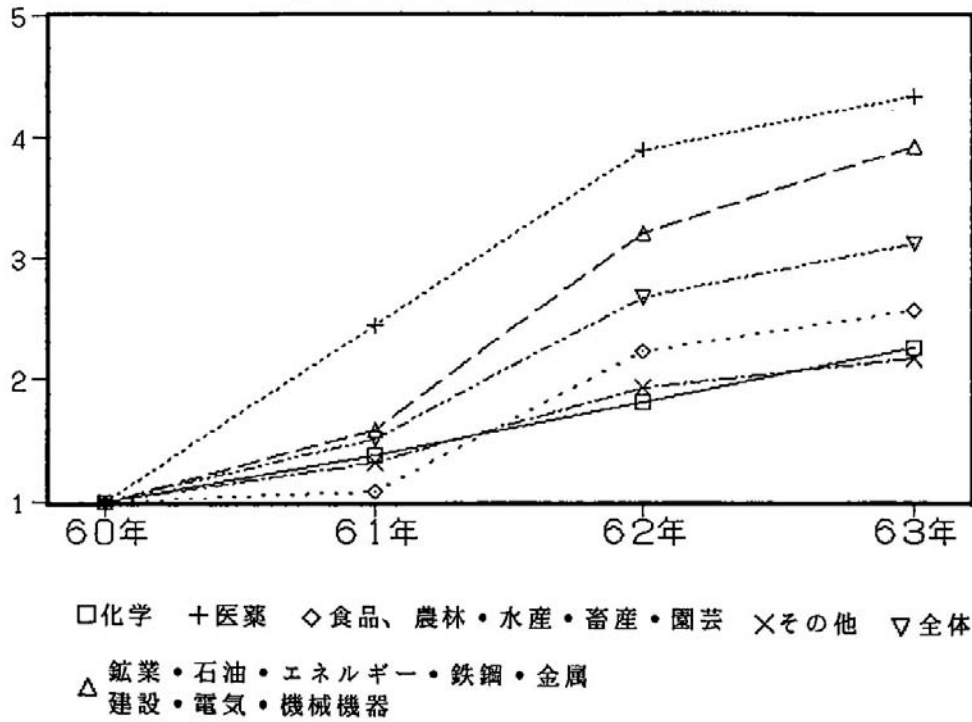
図II-1 研究員数・研究費の伸び

(S. 60年の値を1とした場合)



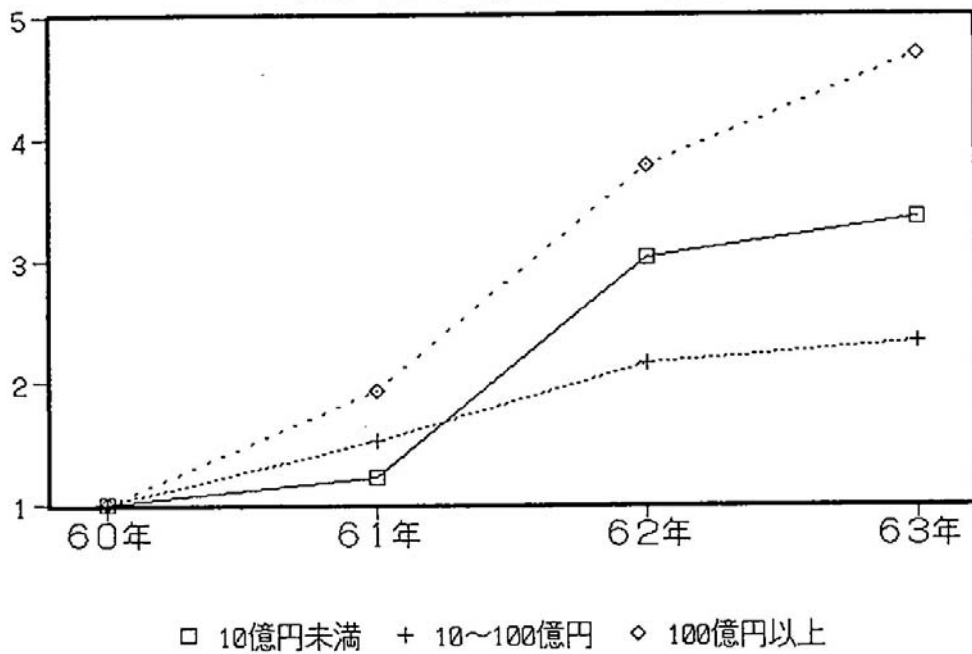
図II-2 業種別研究員数の伸び

(S. 60年の値を1とした場合)



図II-3 資本金別研究員数の伸び

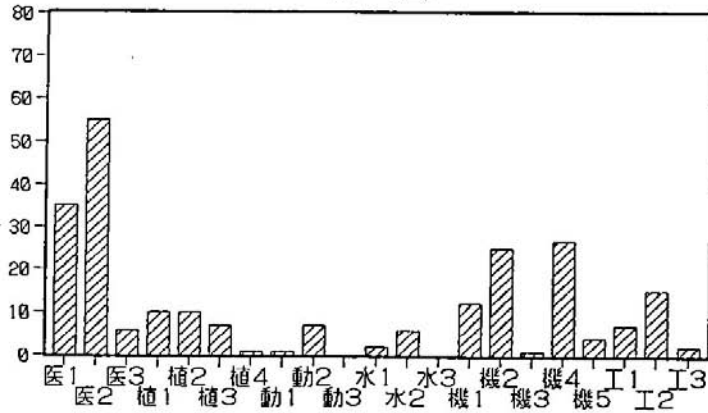
(S. 60年の値を1とした場合)



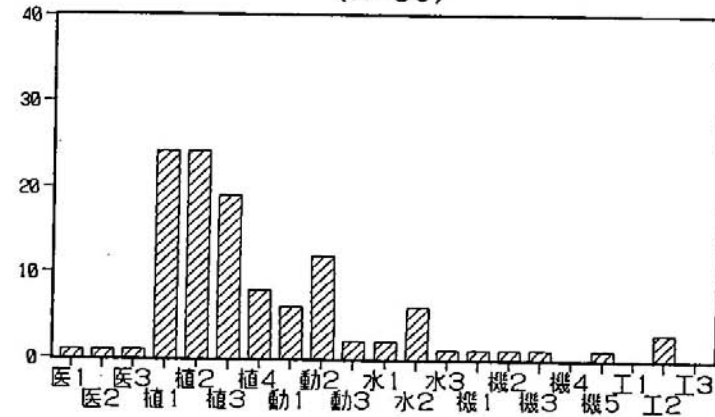
図II-4 業種別バイオテクノロジー取組み分野

(取組み企業数)

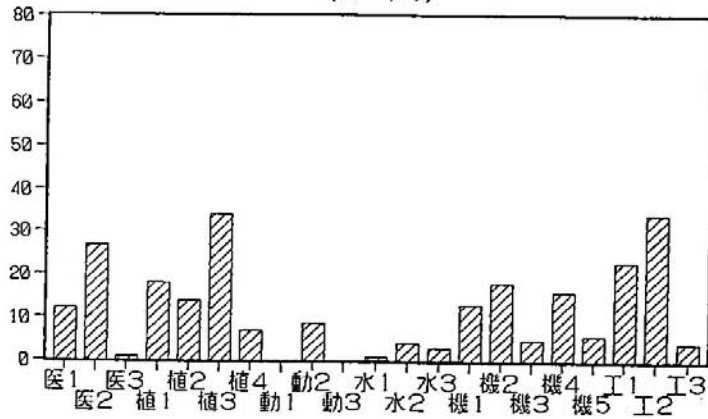
医薬
(N=72)



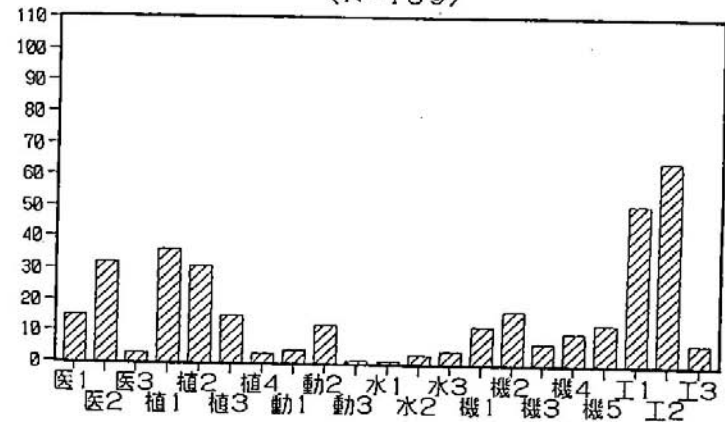
農林・園芸・畜産・水産
(N=36)



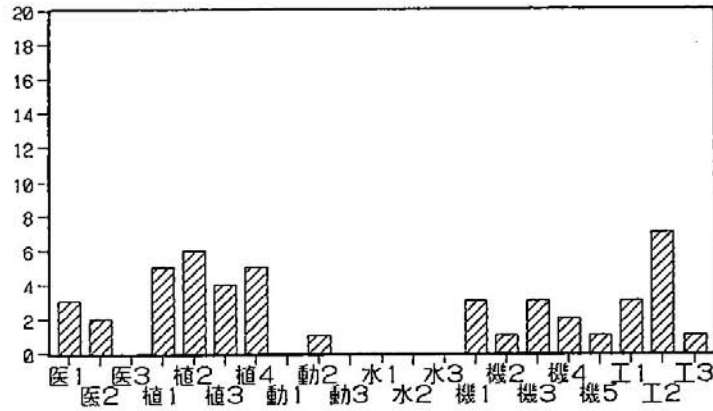
化学
(N=74)



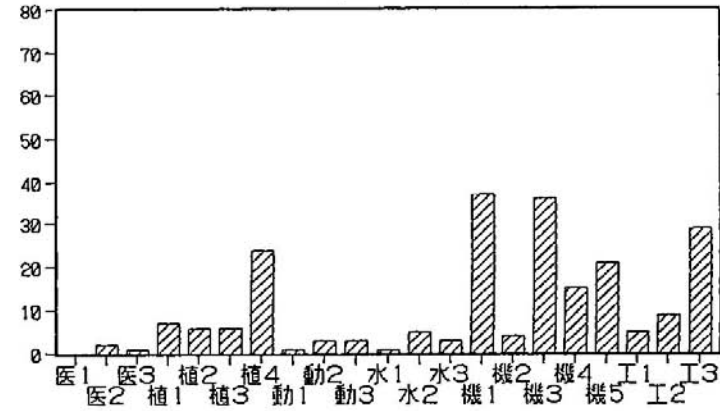
食品
(N=109)



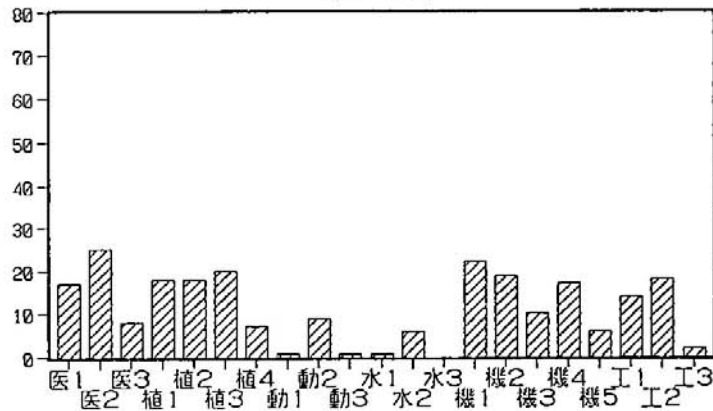
鉱業・エネルギー・鉄鋼・金属
(N=19)



建設・電機、機械機器
(N=76)



その他
(N=71)



(注) 横軸のバイオテクノロジー取組み分野の各記号は以下のとおり。
 なお、この分野は出典である「1989版バイオインダストリー年鑑」
 (図1-14)中の“全バイオ企業のバイオ取組み分野一覧表”
 (産産業経済研究センター作成)における分類をそのまま使用して
 おり、アンケートによる管理・担当分野(表1-1)とは異なる。

- 医; バイオ医薬<医1: バイオ医薬 医2: 臨床検査薬、医薬中間体など
医3: 情報、システム、遺伝子解明・操作>
- 植; 植物バイオ<植1: 植物バイオ(組織培養など) 植2: 種苗(生産・販売等)、植物栽培 植3: 植物栽培資材、培養資材(農薬・肥料など)、昆虫 植4: 農業機器、栽培機器、園芸・プラント>
- 動; 動物バイオ<動1: 動物バイオ 動2: 飼料、動医薬、実験動物
動3: 畜養機器>
- 水; 水産バイオ<水1: 水産バイオ 水2: 飼料、水産医薬、養殖、栽培機器 水3: 海藻バイオ>
- 機; バイオ機械<機1: バイオ機器、測定・培養などの機器 機2: 試薬、培地、担体、血清、医用材料 機3: クリーンルーム、周辺材料、バイオ排水処理、バイオリクター、コンポストなど 機4: 生体情報診断・測定機器、人工臓器、生体材料など 機5: バイオエレクトロニクス>
- 工; 工業バイオ<工1: 酵素、固定化酵素、工業用バイオ材料 工2: 化学品、食品、健康食品、医薬、化粧品、エネルギー、バクテリアリーチング 工3: 生産リアクター、システム、プロセス、バイオマスエネルギーなど>

2. 遺伝子資源の現状(概要)

次に、バイオテクノロジーと資源との関わりについて、そのインプットとしての側面から遺伝子資源の保存、配布等その現状について調査した。

なお、この詳細については、別掲の「調査報告－遺伝子資源の現状」に、国等の施策の推移、今後の課題等とあわせて記載してあるので、ここではごく簡単にその保存・利用状況について触れてみたい。

(1) 遺伝子資源の保存状況

保存状況に関する調査は、昭和 49 年における理化学研究所による調査を初めとし、その後現在まで各機関において実施されてきており、全体を通して見てみるとその調査対象が段々拡大され、中身も詳細になるなど組織的・網羅的になってきていると言えよう。

これら調査結果における各生物の遺伝子資源の保存点数は、各々の調査における対象範囲が異なるため比較して論ずることはできないが、例として農林水産省農業生物資源研究所における種子による保存点数を見た場合、昭和 58 年から 63 年までに、340.25、35,793、38,090、42,791、47,981、54,175 と年々増加している。また、理化学研究所の微生物系統保存施設における登録株数も着実に増えており、全般的にみても各生物(植物、動物、微生物等)における保存点数は増加傾向にあるとみて差し支えないと考えられる。

次に、これらの保存形態については、生態系の維持による集団としての保存から、個体、種子、器官・組織、生殖細胞、培養組織・細胞、DNA・RNA まで、対象とする生物の種類、特長に応じた種々のかたちで行われている。

また、保存技術については、各々の保存形態に応じ、その手法は極めて多様化していると言えよう。こうした保存技術においては、最近における低温生物学の進歩を背景とした超低温凍結法や、遺伝子操作技術を利用した DNA・RNA レベルでの保存技術が新しい技術として実用化しつつあるが、これらについてはまだ技術的課題が多く残されており、今後の研究開発の進展が大いに期待される所である。

(2) 遺伝子資源の利用・配布状況

遺伝子資源の利用の対象は、科学技術の基礎研究に必須のもの、産業上あるいは環境保全等で利用価値の高いもの、潜在的に利用価値が期待されるものなどである。このうち、産業上の利用場面は直接人間生活に必要な資源の生産に係わる分野であるので、遺伝子資源の利用の立場からは最も重要な領域であり、食糧関連分野、資源・エネルギー関連分野、化学工業関連分野等々、その利用範囲が多様化し、利用目的に応じた種や系統の選択が事業成功への鍵となっている。

このような遺伝子資源の利用を考えた場合、それを配布・提供する機関の役割は重要でそれにかかる期待も大きい。我が国において遺伝子資源を保存し、提供する機関は、主として各省庁や大学等に所属し、生物種、保存の重要性、利用目的、あるいは行政区分に応じて、各々独自にその事業が運営されている。

このような状況の中で、遺伝子資源の配布状況については、昭和 63 年度に科学技術庁が行った植物遺伝

子資源の保存機関に対する調査によると、調査対象機関(460)の68%が保存植物の提供・配布に関する照会を受けている。また実際の配布実績についても、農林水産省のジーンバンク事業における植物遺伝資源関係の配布実績の推移は1983年から1988年にかけて、件数で122、175、330、282、331、239件、点数で4,308、6,773、6,510、7,141、12,138、5,745点と増加傾向にある。微生物についても、昭和61年度より本格的な分譲活動を開始した理化学研究所微生物系統保存施設では、その後加速度的に分譲株数が増加(昭和62年度分譲株数1,709株;国内1,539、海外170)しており、これら遺伝子資源の配布に対する期待の高まりがうかがわれる。

次に、遺伝子資源の利用に大きく関わってくる情報管理の問題であるが、遺伝子資源に必要な情報は、属名、種名、品種・系統名を最低限とし、そのほかパスポートデータや各種管理情報、さらには遺伝・生理・生態学的なデータや物理・化学・生化学的データなど、その保存・利用の目的によっても多種多様である。

これについて、前述の科学技術庁における調査結果によると、回答機関(491)のうち、植物名又は品種名のみの記録が39.3%で最も多く、以下農学的データ16.3%、パスポートデータ13.5%、遺伝・生理・生態学的データ及び物理・化学・生化学的データの計11.2%(その他略)となっており、必ずしもその整備が進んでいるとは言えない状況にある。また、管理方法についても保存台帳(29.3%)、目録作成(23.3%)、簡単なメモ(18.7%)が回答の上位を占め、コンピュータ利用は今後の計画を入れても13.2%(うちデータベース化しているもの5.2%)と、情報管理の近代化はまだ未整備の感が強い。

また、情報管理のシステム化は、個々の機関における情報の有効活用だけでなく、それを公開して広く一般の利用者に必要な情報を提供することがその目標であるが、これについては一部各省庁などで遺伝子資源情報管理システムのプロトタイプが開発されつつあるのが現状である。

遺伝子資源の情報管理は、今後情報に置き換えた形での遺伝子資源の配布といった利用場面を考えると、全体としてようやく緒についたとさえ言いがたい面があり、今後のハード、ソフト面での整備・開発やその他調査項目等の標準化、ネットワークづくり等の数々の課題の解決が期待される場所である。

III. バイオテクノロジーの実用化とその課題 (アンケート及びヒヤリング調査結果)

1. 実用化とその影響

バイオテクノロジーの実用化の将来図を数字で現したものの一つとして、財団法人発酵工業協会における調査がある。昭和 60 年に実施したこの調査では、2000 年におけるバイオテクノロジー応用製品による市場規模を表 III-1 のように試算している。また、1989 年現在におけるバイオ商品(遺伝子操作、細胞融合、細胞培養関連商品に限ったもの)の市場規模は約 1,187 億円と推定され(日経バイオ年鑑 89/90)、既に遺伝子操作技術を利用した α インターフェロンや細胞融合技術を利用したワイン等が実用化されている。

このバイオテクノロジーの実用化に関する期待について、今回実施したアンケートの結果を図 III-1 に挙げた。項目別に見た場合、期待できる(「非常に期待できる」及び「期待できる」の合計)と考えられるものとして、“生物に関する知識・理解の増大”、“プロダクト・イノベーション”、“プロセス・イノベーション”が挙げられ、全体の約 9 割相当の高い回答が得られた。この中では、研究分野で大きな特徴はなかったものの、プロダクト・イノベーションについて医薬分野で「非常に期待できる」の回答が他の項目を上回ったのがやや特徴的であった。

他の項目では“国民生活における経済面での向上”、“世界経済における地位の向上”については「期待できる」以上の回答が約 6 割であった。また、“環境の適正化”、“資源の有効利用”については約半数の回答であった。このうち、“環境の適正化”については、研究内容との直接的な結びつきの関係からか、研究分野間での回答の傾向が異なり、環境分野では高い回答が得られたが、医薬、食品分野では低めであった。

これらの結果によると、バイオテクノロジーに対しては少なくとも新しい「物」や新たな「プロセス」を生み出すことへの期待が大きく、その実現の可能性は高いと考えられていると言える。また、その間接的効果、二次的な効果とも言える経済、環境・資源面等については、評価が分かれるところで、全てにおいて必ずしも非常に高い期待があるとは言えない。これらについては、ある特定の分野で期待される性格のものであるか、また今後の技術の進展に依るところが大きいものであると考えられる。

一方、“生物に関する知識・理解の増大”に非常に高い回答が得られたことからしても、バイオテクノロジーは「知る」テクノロジー(あるいは「知識を生み出す」テクノロジー)としての側面を有することが、その一つの大きな特徴と言えよう。

次に、こうしたバイオテクノロジーの将来像と現状とをどのように認識するかという観点から行なったバイオテクノロジーの実用化の現状認識に関するアンケートでは、図 III-2 に示すような結果が得られた。現状について全体としては「比較的実用化している」以上の回答(「かなり実用化している」及び「比較的実用化している」)の合計が全体の過半数であった(約 55%)。研究分野で見ると、特に実用化が進んでいるとの認識が高かったのは医薬分野で、次いで農林水産分野(但し、その中の畜産分野は必ずしも高くない)であった。医薬分野では α インターフェロンや B 型肝炎ワクチン等が既に製造、販売されていること、農林水産分野では遺伝子組換え等の技術を利用した具体的商品はまだないものの、米国等でこれらの野外試験等が進展していることや組織培養等の従来のテクノロジーが馴染み深いものとなっていること等がこの結果に反映されたのではないかと推察される。なお、これら以外の分野では「比較的実用化している」以上の回答とそれ以外とはおよそ半々

であったが、その他の分野のうち電子・電気分野では非常に少数回答ながら実用化があまり進んでいないといった認識が高い傾向にあった。

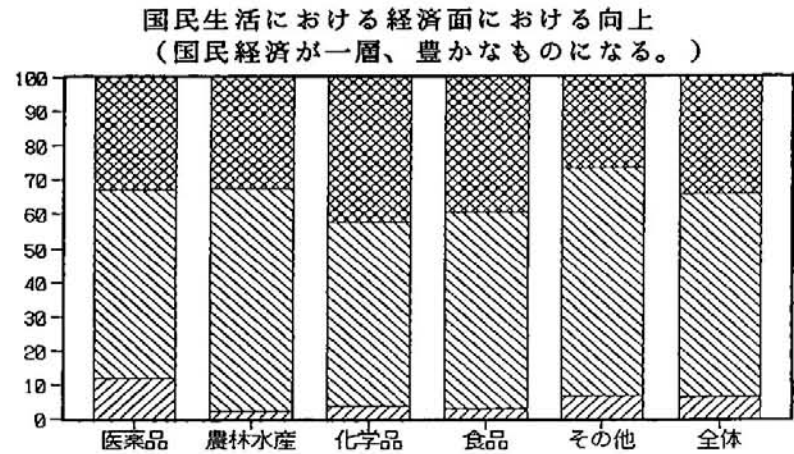
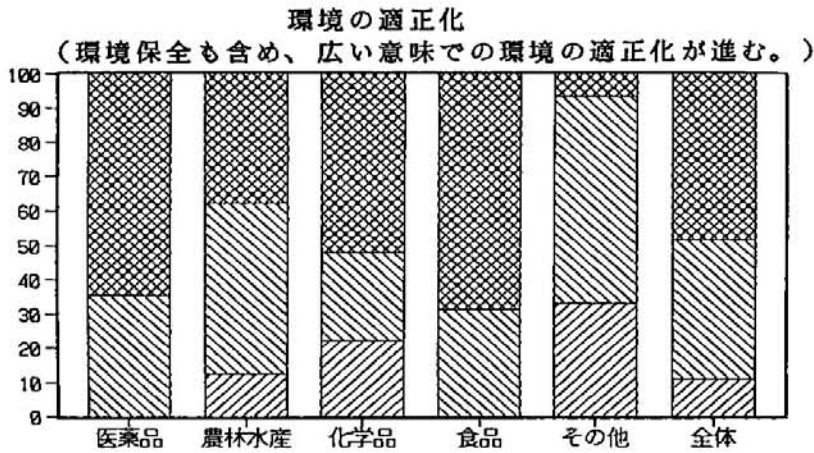
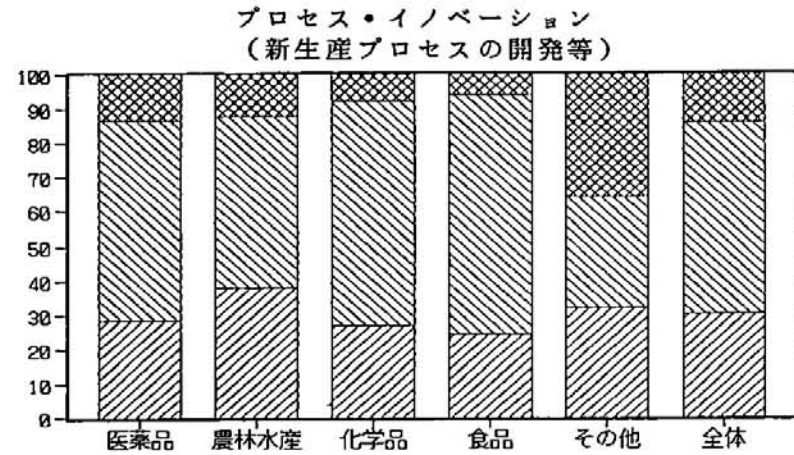
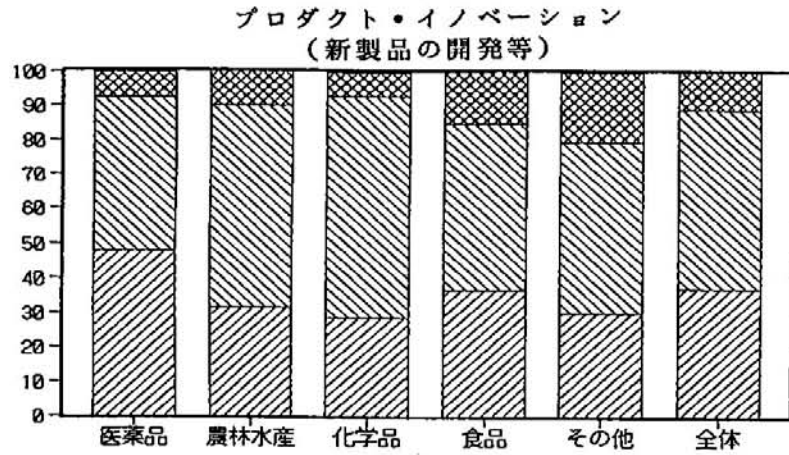
このように民間企業におけるバイオテクノロジーの研究管理者は、バイオテクノロジーの実用化の現状を比較的前向きに評価しており、従来までの技術的蓄積の差はあるものの、各々の分野において実用化が相応に進展しているものと考えられる。またこのことは単に具体的に製造・販売された商品の出現によることのみならず、前記のバイオテクノロジーの特徴である新たな知識が次々生み出されていることに対する評価の現われとも考えられよう。

表III-1 2000年のバイオテクノロジー応用製品市場

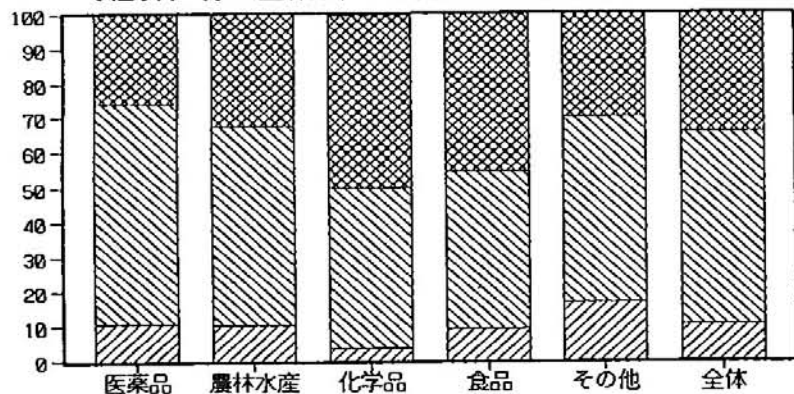
業 種		市場(億円)	業 種		市場(億円)
農林水産業	農業	14,014	医薬・ 農薬	医薬品	31,514
	畜産業	4,757		農薬	1,416
	林業	85	資源・エ ネルギー ・ユティリ ティ	資源	3,345
	水産業	1,181		エネルギー	4,628
食品工業	42,474		ユティリティ	13,702	
紙パルプ 工業		899	(財)発酵工業協会調査資料より		
電子・ 機械工業		6,035			
化学工業	基礎化学品	15,221			
	ファインケミカル	10,761			

図III-1 バイオテクノロジーの実用化による期待(%)

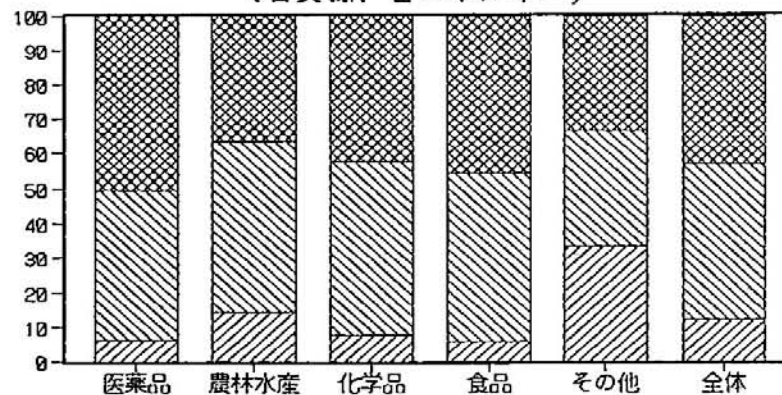
▨ 非常に期待できる ▧ 期待できる ▩ あまり期待できない



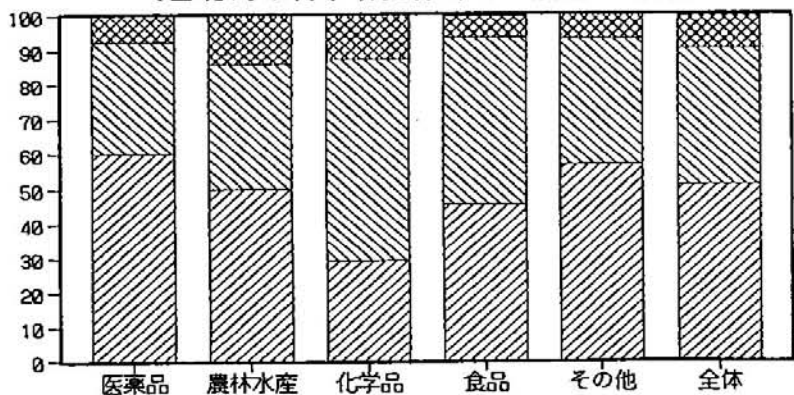
世界経済における地位の向上
(経済、特に産業面での我が国の地位が高まる。)



資源の有効利用
(省資源、省エネルギー)



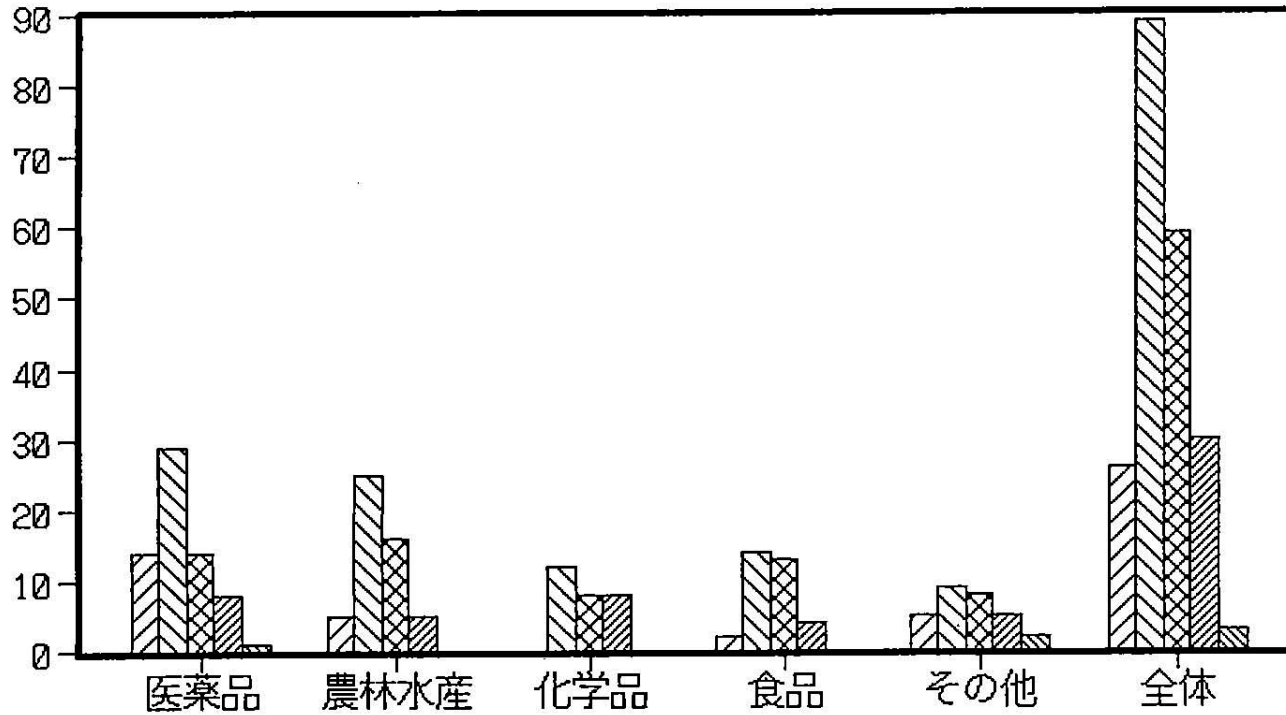
生物に関する知識・理解の増大
(基礎的な科学研究分野での成果の増大)



▨ 非常に期待できる ▩ 期待できる ▧ あまり期待できない

図III-2 実用化の進展の度合い

(分野別回答数)



▨ ; かなり実用化されている。

▩ ; 比較的、実用化されている。

▧ ; あまり実用化されていない。

▨ ; ほとんど実用化されていない。

▩ ; 全く実用化のめどが立たない。

2. 実用化事例とその要因(ヒヤリング調査)

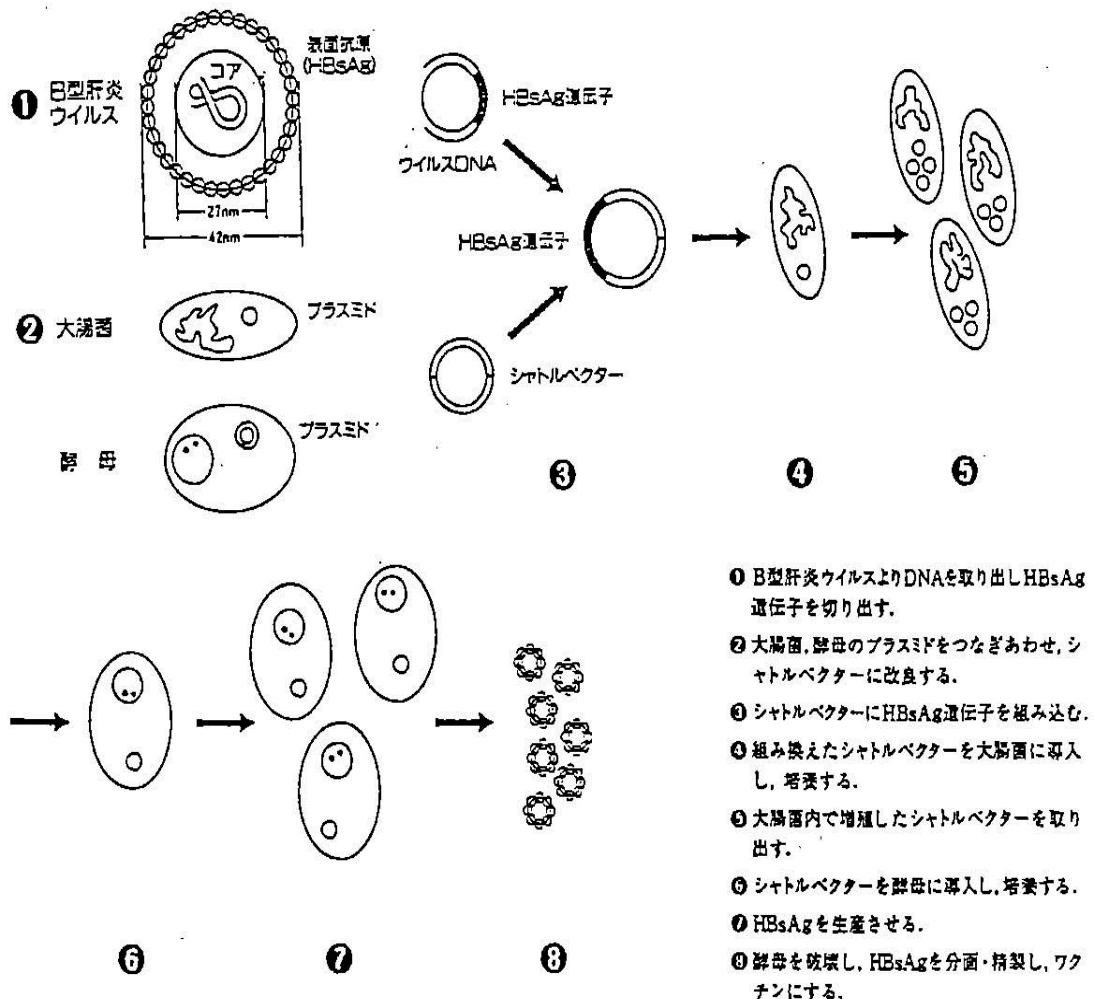
(1) B型肝炎ワクチン((財)化学及び血清療法研究所菊池研究所)

<1> 技術内容

(財)化学及び血清療法研究所(化血研)の開発した遺伝子組換えによるB型肝炎ワクチンは、我が国初の国産による遺伝子組換えワクチンである。これは、大腸菌と酵母のプラスミドをつなぎ合わせ改良、作成したシヤトルベクターに、B型肝炎ウイルスより取り出したウイルス粒子の表面タンパク(抗原)を作る遺伝子(HBs遺伝子)を組み込み、それを大腸菌内で増殖させるなどし、最終的には酵母に導入、生産させ、分画・精製しワクチンにするものである。

こうしてできたワクチンは、キャリアーの血液から生産するものと比して、供給量や安全性の面からも優れているとされている。

■酵母を宿主とした遺伝子組換えワクチンの方法



<2> 経過及び実用化の背景

研究の発端は、科学技術振興調整費による遺伝子組換えワクチンの研究プロジェクトに参加(昭和 55 年か

ら3か年)したことによる。化血研の参加の決定は、従来からのワクチンに関する技術的な蓄積があること、また既にプラズマ由来のB型肝炎ワクチンの開発を一方で進めていたこと等がその背景になっている。

この研究は、大阪大学松原教授らとの共同研究という形で進められ、大学では組換え体の作成を中心に研究が行われ(化血研からも研究員を派遣)、一方化血研では、原料となるウィルスの大量収集、精製や、できた組換え体の大量培養、抗原精製、検定等を中心に実施した。

次に、この成果を受けて、昭和58年からは新技術開発事業団の委託を受け、実用化に向けての取り組みがなされた。この中では、大量培養技術、安定化技術などの開発のほか、プラントレベルでの検討、製剤化技術の開発等が試みられ、予定より1年早い昭和61年に実用化に成功、63年から製品として販売している。

この中で、化血研における一連の技術開発での苦心点としては、抗原だけを不活化させずに取り出すところが挙げられるが、これについても従来からγグロブリン製剤の開発等で経験したタンパク精製技術の蓄積によって克服している。

なお、化血研では以上の成果について、有形のものもさることながら、派生効果とも言うべき産学共同研究をきっかけにしてできた学とのつながりを高く評価している。

<3> 研究体制

同財団の主要業務は、当初ワクチン、抗血清の製造、供給から始まり、現在では主に人体用ワクチン、動物用ワクチン、血しょう分画製剤、臨床検査試薬の4分野を中心とした研究及び製造供給業務から成り立っている。

研究施設は本所のほか、菊池研究所、京町研究所及び阿蘇支所の4カ所であり、この中で、菊池研究所は昭和60年に新設、研究開発部門の約7割の機能を集中させ、バイオテクノロジーを始めとする最先端の技術開発に着手している。

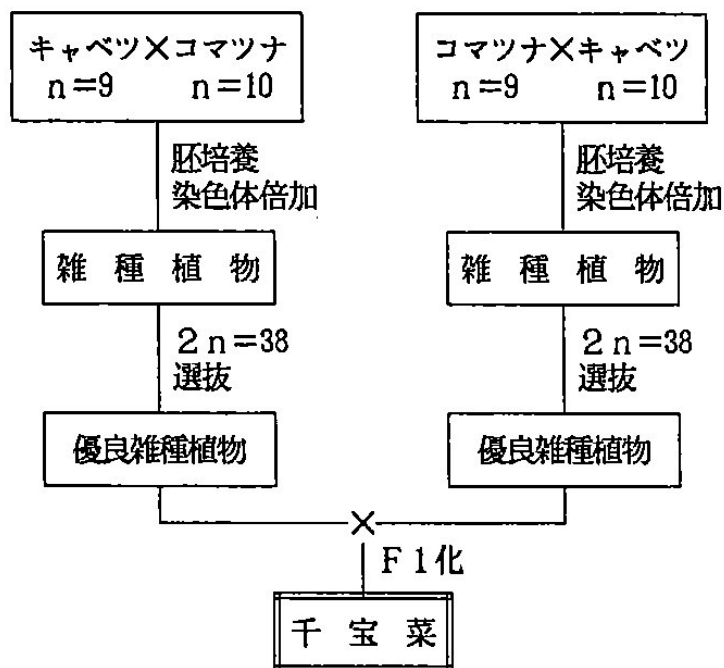
研究体制としては総人員数954名のうち、研究本務者は約140名、さらに製造部門に製造技術者、プラント技術者として約90名がおり、このうち研究部門の人材は修士課程修了以上が中心となっている。また、年間の研究開発投資は人件費込みで約20億円で、現在の研究分野は前記4分野を中心に、生理活性物質の探索等多くのテーマについて実施している。

(2) 千宝菜(キリンビール(株)植物開発研究所)

<1> 技術内容

「千宝菜」は、胚培養技術を用いて育成した種間雑種植物の新型野菜である。具体的にはキャベツ×コマツナ及びコマツナ×キャベツの雑種胚(通常そのままでは生育できない)を受精後に取り出して試験管内で各々胚培養し、育った雑種幼植物個体をコルヒチン処理で染色体を倍加し、その中から栽培性、品質ともに優れた有望系統を選抜、これらを交配親として F1 化したものである。

「千宝菜」は、キャベツ、コマツナ各々の持つ優れた特性を兼ね備え、成長を早く、夏季の暑さに強く、そのうえキャベツの香味とテクスチャーを有するコマツナ様の新型野菜で、民間育成のバイオ野菜第 1 号として通年生産・供給され、種子販売価格 1 億円を目標としてその市場は急速に拡大しつつある。



<2> 経過及び実用化の背景

まず、開発に際しては、トキタ種苗(株)と提携を結び、トキタ種苗(株)が遺伝資源の提供、圃場における栽培や選抜、採種及び販売等を担当、キリンビール(株)が胚培養等の技術開発面やマーケティング、普及、販売等の戦略部門を中心に担当した。研究開発においては、従来からの品種改良技術あるいは組織培養技術等のバイオテクノロジーの基盤的部分での蓄積をもとに、胚培養における雑種胚の切り出し時期、培養条件等といった技術的課題を克服、昭和 58 年の研究開始から約 4 年という短期間で実用化に結びつけている。

なお、栽培・普及については当時、転作作物の候補や「広島菜」に代わる有望作物を探していた広島県経済連と提携し、短期間に産地育成及び販売ルートの開拓に成功した。またこの際、経済連、農協と協力し、栽培マニュアル、出荷マニュアルを作成、それに沿って計画生産をするよう指導し、生産・流通の安定化を図ることによって供給過剰や不足あるいは値崩れ等を防止し、産地育成をスムーズなものにした。一方、同時に調理、加工面でも、広島大、経済連等と協力し、千宝菜漬やお茶漬等を開発した。これら加工製品の開発は、生産物の需要調整にプラスとなる他、千宝菜の知名度をあげる上でも有効であった。

このように、技術開発的な側面のみならず、栽培、生産、流通、販売面等トータルな体系を作り上げたことが、種苗分野への新規参入という市場開拓面等でのハンディを克服して成功した要因の一つと考えられる。

<3> 研究体制

昭和 18 年、横浜工場内の科学研究所に始まり、その後、再編成、設立を重ね、現在のバイオテクノロジー関

連の体制は大きく分けて、研究開発本部（－基盤技術研究所）、医薬事業本部（－医薬開発研究所等）及びアグリバイオ事業部（－植物開発研究所、バイオファーム山梨）から成っている。なお、研究開発費はビール、食品、エンジニアリング等の部門も含めると約 150 億円で、10 年前の約 10 倍となっている。

植物部門については、ビール大麦、ホップでは各々60 数年、40 数年の育種や栽培の研究歴があるが、昭和 50 年代に入り、種苗バイオテクノロジー分野の参入を検討、その後本格的にバイオテクノロジーに取り組み始め、昭和 58 年に各地に分散していた植物関係研究機能を一本化して原料研究所を設立、昭和 61 年に植物開発研究所に改名し現在に至っている。

植物開発研究所は、基盤技術研究所やビール事業本部の駐在員を含めて現在約 100 名のスタッフ（うち約 45 名が研究員）を擁し、ビール原料の大麦、ホップの品種改良の他、組織培養、細胞融合、遺伝子操作等を駆使したイネ、ジャガイモ、野菜、花き等の種苗生産や育種等有用植物の開発研究に取り組んでおり、内容的には実用化につながるような応用・開発研究が中心である。

また、これら研究開発においては、種苗会社等の他の国内民間企業や大学、公的試験研究機関及び外国企業と多数の共同研究又は業務提携等を結んでいる他、イネの培養苗生産システム開発等の国家プロジェクトにも数件参加している。

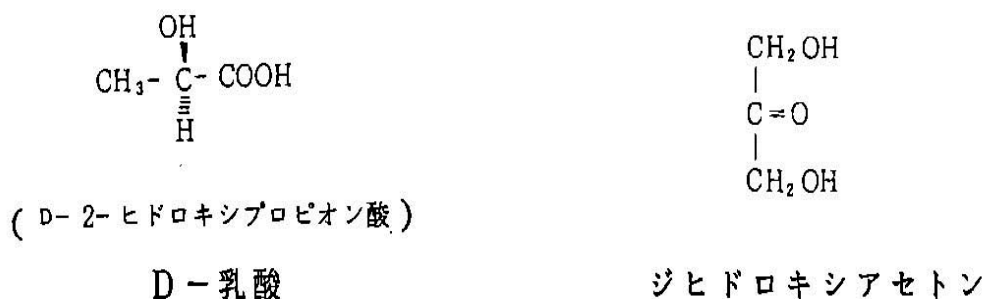
(3) D-乳酸、ジヒドロキシアセトン

(ダイセル化学工業(株)総合研究所生物化学研究所)

<1> 技術内容

乳酸は食品、医薬品、化学品の原料として広く利用されているもので、このうち D-乳酸については、これを中間体とした農薬等の生産に利用されている。具体的には、同社が開発した D-乳酸は、D-乳酸生産菌である *Sporolactobacillus* sp. によって発酵させることで高純度の D-乳酸のみを生産するもので、この D-乳酸の水酸基を塩素に置き換えることにより、L 型の α -クロルプロピオン酸を製造、これを前述の農薬原料として供給している。

一方、ジヒドロキシアセトンは、グリセリンを原料として酢酸菌により酸化発酵させるもので、化粧品原料等に利用される化学物質である。



<2> 経過及び実用化の背景

D-乳酸、ジヒドロキシアセトンともに、研究のきっかけはユーザー側からの要望によるものである。このうち D-乳酸についていえば以下のようなになる。

前述の α -クロルプロピオン酸については、農薬の原料として従来より化学合成法によってユーザー側に供給(DL 型)していた。しかし、これを原料とした除草剤の場合、L 型のクロルプロピオン酸は活性を示すのに対し、D 型では無活性ということから、ユーザーの方から L 型のみ供給について、同社有機合成事業部を通じ研究所に依頼があった。これに対し研究所では当初、光学分割による検討を行ったが、無駄な D 型が半分残ることもあって、その前駆物質である乳酸に着目、乳酸しかも L 型クロルプロピオン酸を得るための D-乳酸を生産する乳酸菌の探索を開始した。

この探索に当たっては、乳酸発酵自体は非常に古い技術であったこともあり、菌の想定が比較的簡単であり、ATCC、DSM 及び従来からのつながりのあった大学等から譲渡を受け、その中から高純度で D-乳酸のみを生産する乳酸菌を発見した。また、確立された技術ということで発酵場面での技術的課題として特に大きいものはなく、研究所において約 1 年、工場でのスケールアップの検討に約半年という非常に短期間でユーザーのニーズに応えることが可能となった。

なお、これをさらに発展させるため、バイオリクターでの生産検討を名古屋大学との共同研究等によって実施し、一応の技術開発に成功している。しかしながら、技術的にはバイオリクターによる生産では純度の問題

(L-乳酸が混入する)でさらなるブレイクスルーを必要とするほか、基本的な問題として D-乳酸自体の需要が大きくなり、コスト面を併せて勘案した結果、現在実用化までには至っていない。

<3> 研究体制

同社は、セルロイドメーカーの大日本セルロイドをその前身とし、現在ではセルロイドから派生した酢酸セルロース等セルロース関連製品、酢酸等有機合成品並びに火薬。プラスチック及びフィルム関連製品を主力とする化学品メーカーである。

研究体制としては、研究本部を中心に総合研究所及び筑波研究所の 2 研究所を配している。また、総合研究所の下部組織として生物化学研究所他の各研究所を、また各工場には技術開発部を設置、研究スタッフは総勢約 800 人、研究開発費は約 100 億円(売上高の約 4%)に及んでいる。

バイオテクノロジー関連の研究は、生物化学研究所の他、筑波研究所、新井工場等において実施しており、担当の人員は本部も含め約 50 人である。また、バイオ研究の着手は昭和 44 年頃であり、以来、化学プロセスの中に微生物発酵を組み込み、新たな合成プロセスを作り上げることを主な目標に研究を展開してきている。

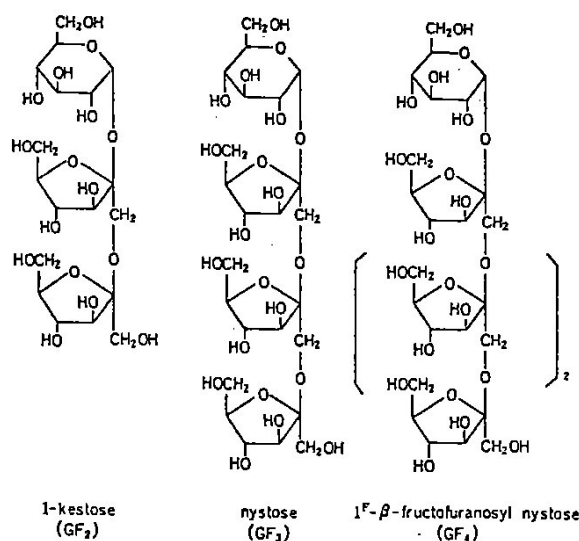
(4) フラクトオリゴ糖(明治製菓(株)生物科学研究所)

<1> 技術内容

フラクトオリゴ糖はショ糖の果糖部分にさらに果糖が1~3分子結びついた糖で、その主な性質、効能を列挙すると、低う蝕性、難消化性、ビフィズス菌の増殖効果、脂質改善、便秘改善等がある。現在、フラクトオリゴ糖は、これら効用を生かし、食品の甘味料又は飼料添加用として幅広く利用されている。

同研究所では、このオリゴ糖のこれら優れた諸機能の解明、工業的製造法の開発に着手し、昭和58年にその実用化に結びつけている。こうした生理的機能性を持った糖としては世界で初めて開発に成功した事例と言える。

製造法としては、菌体培養した *A.niger* の生産するフラクトース転移酵素(又は菌体)を必要によってはこれを固定化、これに高濃度ショ糖液を反応させる、いわゆるバイオリアクターによって製造するものである。



フラクトオリゴ糖の化学構造

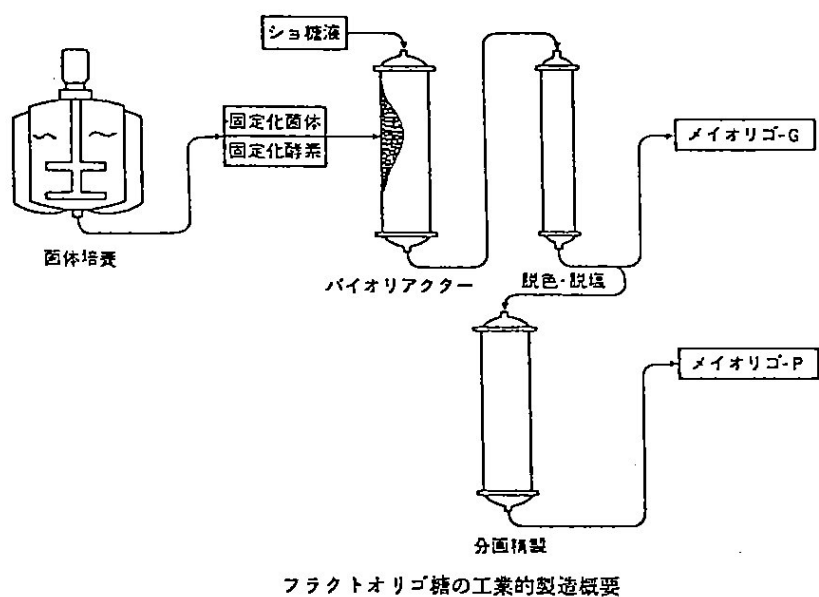
<2> 経過及び実用化の背景

オリゴ糖に着手したのは昭和54年で、ショ糖に代わる有用な甘味料(ショ糖の長所を備え、欠点をカバーするもの)を探求し始めたことをきっかけとしている。まず、虫菌になりにくい性質を見いだした後、生理面からの性質の研究を徹底追求し、難消化性から腸内菌叢の改善効果まで、オリゴ糖の持つ有用な性格を初めて明らかにした。この解明に当たっては、同社が中心となって糖化学、医学、栄養学等の異なる各分野の専門家を結集した研究会を設置、検討を行っている。こうした努力の結果、昭和58年には初の製品販売、さらに畜産用としての効果(腸内菌叢の改善による飼料効率の向上)が明らかになり、昭和59年には畜産用、その翌年にはペット用の製造販売を実施、現在では製造拠点を海外にまで拡大し、欧米にも合弁会社を設立、事業が進展している。

今回の実用化は、単に1製品の販売という面よりも、食品素材における生理的機能性の発見、追求等、いわば食品における新たな分野開拓の先駆けとなったことの持つ意義の方がはるかに大きい。この背景には、同社が中心となり前述の各専門分野の学識者に対し、これに関する理解を求めながら結集させ、その中で試験法、データのとりまとめ方等を開発しつつ、またその交流の場としての研究会を設置したこと等、自助努力があると考えられる。

この実用化はいわゆるオリゴ糖ブームをつくり、類似オリゴ糖の開発を誘起する結果となり、機能性食品の代

表として引合いに出されることが多い。



<3> 研究体制

研究所は生物科学研究所のほか、菓子・食品の研究開発を担当する食料開発研究所及び医薬分野を中心に担当する部門として探索研究所、農畜薬研究所、安全性研究所等からなる薬品総合研究所等がある。また、研究者は全研究所で約 800 から 900 名(従業員約 5000 名)である。

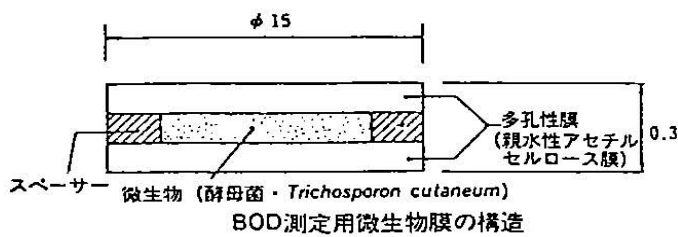
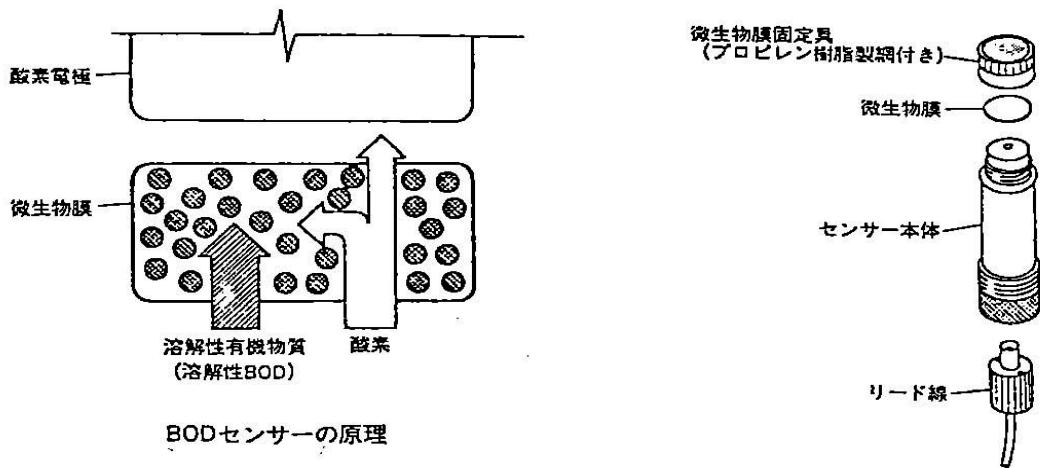
生物科学研究所は、純医薬、純食品を除く分野、又これらの接点とも言うべき分野についてバイオテクノロジーを中心とした研究を実施している。なお、研究員の数は約 55 名である。

(5) BOD センサー(電気化学計器(株)開発部)

<1> 技術内容

BOD は河川、工場排水等の水質汚濁の指標となるものであり、従来の測定では煩雑な操作をとめない、測定に5日間要していた。

同社で開発した微生物センサーである BOD センサーは、溶解性 BOD(溶解性有機物質)を対象としており、その構造は親水性アセチルセルロース膜の間に酵母菌(*Trichosporon cutaneum*)を封入、これを酸素電極の先端に装着させたものである。溶解性 BOD を含む溶液(試料)がこの膜に浸み込むと、封入した微生物によって酸素が消費され、電極に到達する酸素濃度が減少、この減少量との相関によって溶解性 BOD を測定するものである。このセンサーの開発によって BOD の測定 20 分程度で可能となった。



<2> 経過及び実用化の背景

バイオセンサーに着手したのは約 10 年前であり、学会等でもバイオセンサー関連の報告がいろいろ出始めた頃であった。同社では従来“無機系”のものを対象としてきたが、この時初めて、“有機物”を対象とし始めた。開発に当たっては、東京工業大学資源科学研究所から技術指導を受け、それに自社における従来までのセンサー開発技術を活用することによって実用化に結びつけている。この中での酸素電極と微生物膜を結びつけた微生物センサー用の電極は同社が初めて開発したものである。

同社では、バイオセンサーの実用化に際しては、大学又は他の企業(食品メーカー等)からの基礎的な研究成果を導入し、自社のセンサー開発技術を生かして、その追試確認、計器としての設計、システムの確立等、製品段階にかなり近い開発研究を実施している。

また、微生物利用のセンサーとしては、BOD 以外の測定項目として、エチルアルコール、酢酸を対象としたものを既に独自に実用化している。また、現在では食品等における腐敗菌等の数を測定するものや、複数のセンサーを組み合わせる一種の“味覚”のようなものを測定する計器の開発に取り組んでいるところである。

<3> 研究体制

同社は、1945 年電気化学計器研究所として設立、国産初の PH 電極の製作に着手したのが最初で、その後イオン電極の開発等を経て現在に至っている、分析・計測機器が主力の会社である。この中で技術開発は開発部を中心として実施(約 50 人)している。

なお、バイオセンサーについては、その対象は化学的に測定不可能なものをターゲットとしており、計測機器全体に占める割合はごくわずかである。

3. 実用化に向けての課題

(1) 実用化の課題

アンケート調査における“実用化に向けての課題(障害)”についての回答は図 III-3 のとおりであった。

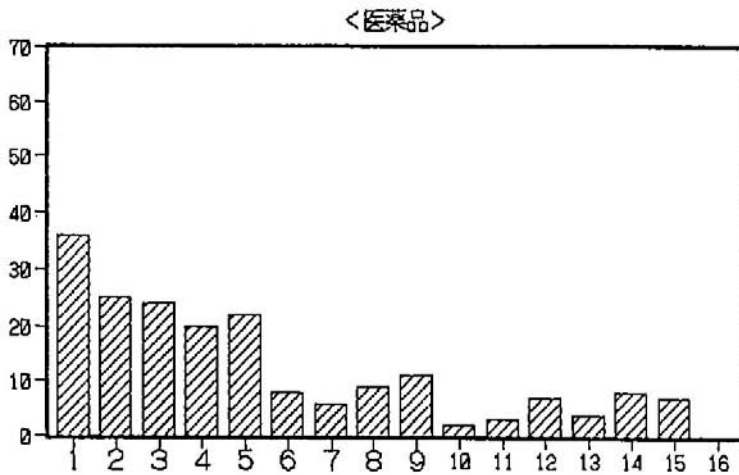
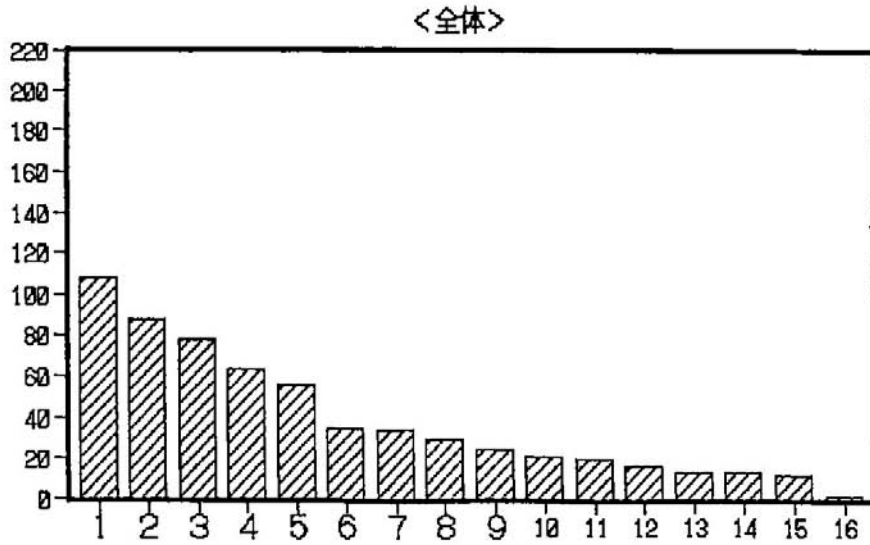
この結果、「基礎的な分野での研究が未だ不十分」が全体として最も多い回答を集めた。このいわゆる“基礎的な研究(基礎研究)”については、その定義に議論のあるところではあるが、その内容として1つには“学理の追求”といった性格のものと、もう1つとして“シーズの探索”といった性格のものに代表され、またこれらにおける研究の期間は総じて long term であるといった性格付けができよう。

今回のアンケートでは、さらに“バイオテクノロジーの実用化のために、今後推進が必要とされる基礎的な研究のタイプ”についても聞いており、その結果は図 III-4 のとおりであった。これによると、「生物の機能・構造の解明」、「生物の新しい機能・構造の探索(スクリーニング)」、「新しい研究手法の開発」の順であったが、化学品、食品の分野では「新しい機能・構造の探索」が最も高い結果となっている。

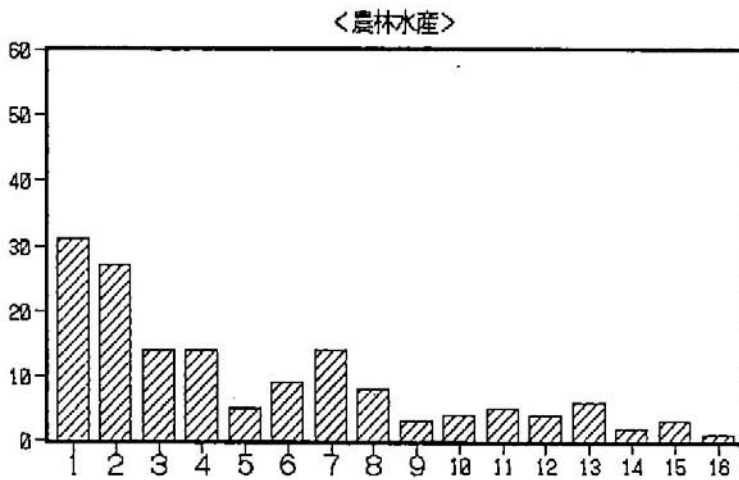
また、この基礎研究について科学技術庁が行った別の調査によると、バイオテクノロジーを含むライフサイエンス分野における基礎研究については、国際的にみても、米国に比較して遅れているという認識が強く、基礎研究ただのり論をやむなしとしている研究管理者、研究者の割合が他の分野と比べて高いという結果が得られている。(図 III-5 参照)

こうした背景の下、アンケート調査対象企業に対して該当研究分野における基礎研究の実施状況について尋ねたところ、図 III-6 のような結果が得られた。基礎研究の実施については、準備段階まで含めると約6割近くの回答が得られ、さらに、将来の予定まで含めると8割を越える結果となった。また、研究分野では医薬分野が他と比較して高い傾向がみられ、全体の半数以上が「既に実施している。」と回答した。基礎研究については、近年、民間企業においても、その重要性に関する認識の高まりが見られ、基礎研究所の設立等基礎研究部門の強化が推進されたおり、今回の結果はこれら最近の傾向の一端を示すものと考えられる。

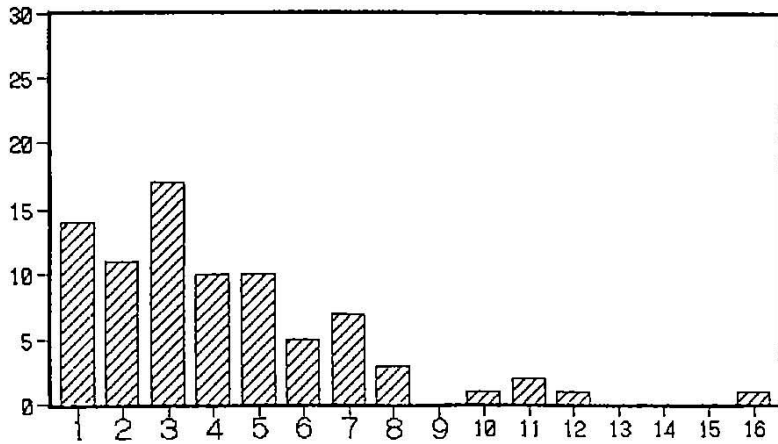
図III-3 実用化に向けての課題



- 1 ; 基礎的な分野での研究が未だ不十分である。
- 2 ; バイオテクノロジー単独での実用化には限界がある。
- 3 ; 応用・開発の分野での研究が未だ不十分である。
- 4 ; 研究人材が不足している。
- 5 ; 市場性が未知である。
- 6 ; 研究人材の質が未だ低い。
- 7 ; 有用な遺伝子資源が少ないか、又は未解明である。
- 8 ; 研究施設・設備が不足している。
- 9 ; 既存の規制・制度が一般的にバイオテクノロジーの研究を進める上で不適応である。
- 10 ; 安全性に関する規制・制度が未確立である。
- 11 ; パブリック・アクセプタンスが構築されていない。
- 12 ; 安全性に関する規制・制度が厳しすぎる。
- 13 ; 研究資金が不足している。
- 14 ; 特許等の知的所有権が法制度上、確立していない。
- 15 ; 産・学・官の協同体制が不十分である。
- 16 ; その他

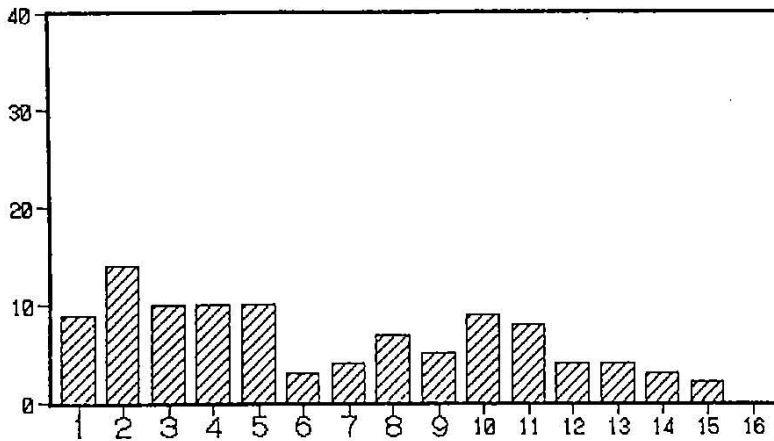


<化学品>



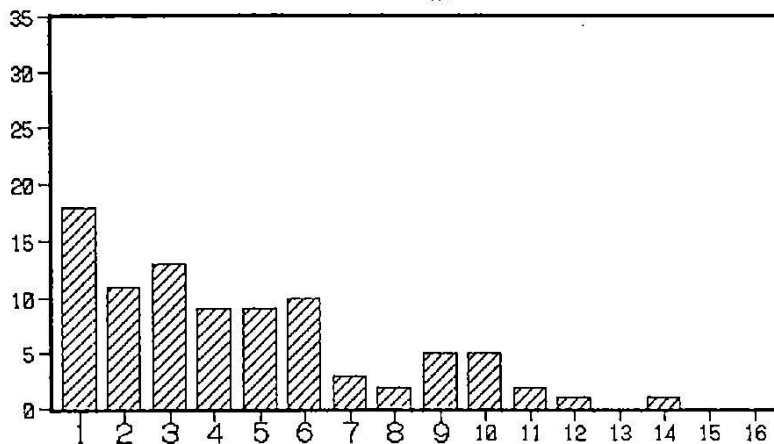
- 1 ; 基礎的な分野での研究が未だ不十分である。
- 2 ; バイオテクノロジー単独での実用化には限界がある。
- 3 ; 応用・開発の分野での研究が未だ不十分である。
- 4 ; 研究人材が不足している。
- 5 ; 市場性が未知である。
- 6 ; 研究人材の質が未だ低い。
- 7 ; 有用な遺伝子資源が少ないか、又は未解明である。
- 8 ; 研究施設・設備が不足している。

<食品>

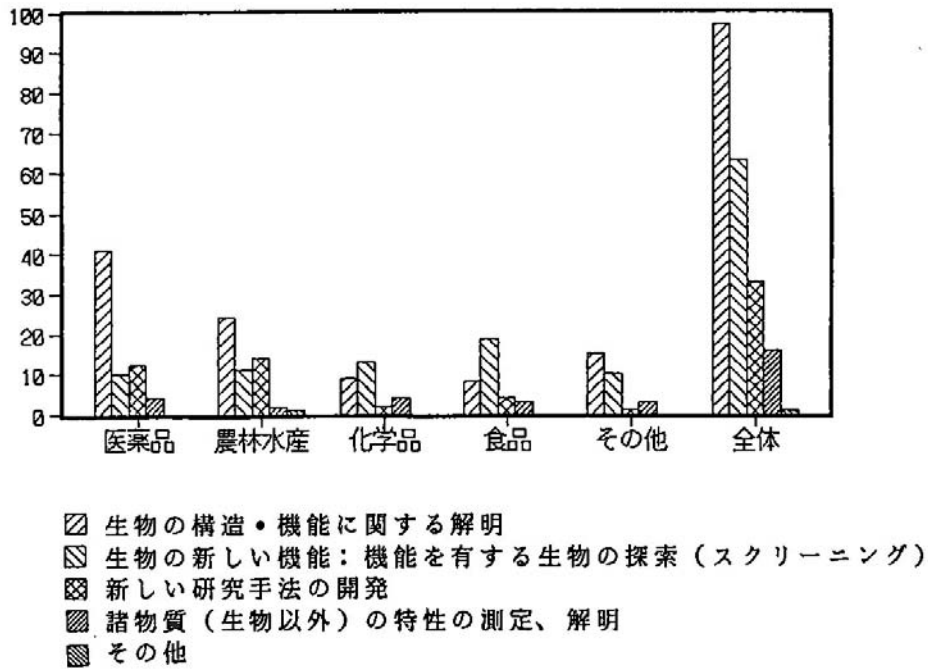


- 9 ; 既存の規制・制度が一般的にバイオテクノロジーの研究を進める上で不適合である。
- 10 ; 安全性に関する規制・制度が未確立である。
- 11 ; パブリック・アクセプタンスが構築されていない。
- 12 ; 安全性に関する規制・制度が厳しすぎる。
- 13 ; 研究資金が不足している。
- 14 ; 特許等の知的所有権が法制度上、確立していない。
- 15 ; 産・学・官の協同体制が不十分である。
- 16 ; その他

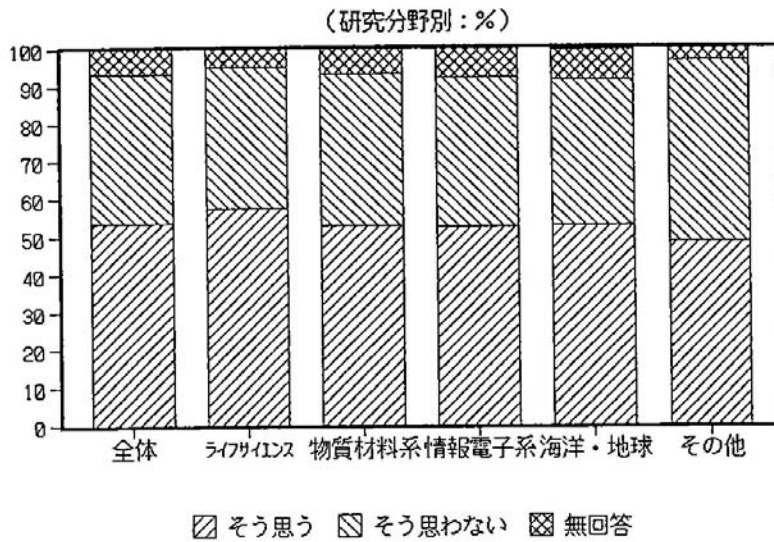
<その他>



図III-4 必要な基礎的研究分野

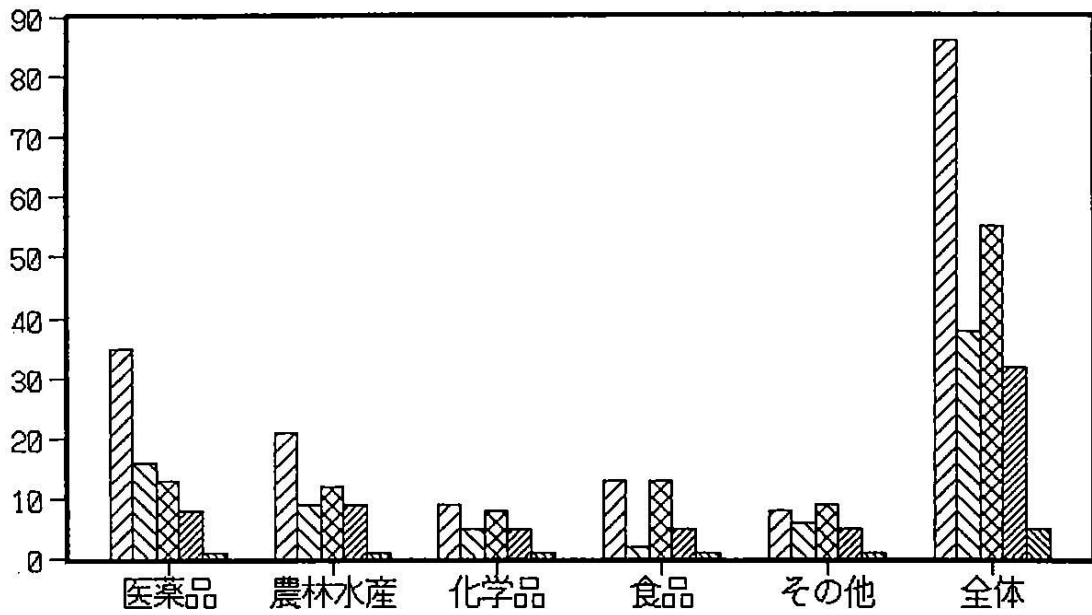


図III-5 基礎研究ただ乗り論の認識



出典: 「基礎研究と研究基盤、研究環境に関する調査報告」(科学技術庁)

図III-6 基礎的研究の実態



- ▨ 基礎的な科学研究を既に行っている。
- ▨ 基礎的な科学研究を行う準備段階である。
- ▨ 現在は準備段階も含めて、基礎的な科学研究への動きはないが、将来的にはそうした予定を持っている。
- ▨ 現在の所、基礎的な科学研究への動きはないし、将来的にそうした予定も持っていない。
- ▨ その他

一方、アンケート調査ではあわせて基礎研究を自社で実施、推進して行くことに対する研究管理者としての考えを聞いているが(図 III-7 参照)、これについては「必要性を感じるが、そのためには国内の大学、国公立研究所との共同研究体制の整備が必要である。」との回答が最も多かった。このことは基礎研究分野の強化を図りながらも、従来からその担い手とされていた大学(又は国公研)に対する期待が依然として大きいことをうかがわせており、ある意味では、両者における基礎研究の内容、性格の違いを表しているとも言える。なお、これの次には「多数の優秀な研究人材」、「社内的方針の統一」が上位を占め、「大学・国公立研究所等で行う性格のもので、必ずしも自社で行う必要は感じない。」とした回答は、約 13%程度であった。

実用化の課題として次に多かったのは、「バイオテクノロジー単独での実用化には限界がある。」であった。これは、バイオテクノロジーの実用化に際しては一般的に、<1>バイオテクノロジーが化学品や食品等の既存の生産プロセスの一部に組み込まれたり、<2>遺伝子組換え、細胞融合技術等のバイオテクノロジーの基本技術だけでなく、分離・精製等の新たな生産プロセス技術によるシステムの構築が必要となると言われており、このような既存プロセスとの適合及び新たなプロセス技術の開発がネックとなっていることを示していると言える。(食品分野では最も多い回答項目)

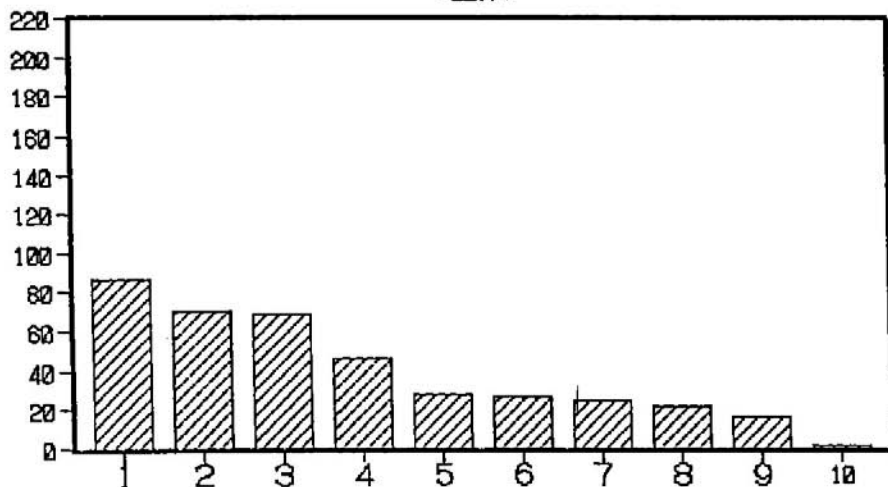
次は、「応用・開発分野での研究が未だ不十分」であり、これは実用化を考えた場合の直接的な研究分野とも言えるが、基礎研究のみならずこの項目に関してもかなり多くの回答があった。(全体の 37%)。また、化学品の分野では最も多い回答項目であった。

また、これらに次ぐものとして「研究人材の不足」が挙げられた。この研究人材の“量”についての項目は、もう 1 つの研究人材の“質”(「研究人材の質が未だ低い」)に関する項目を大きく上回った。

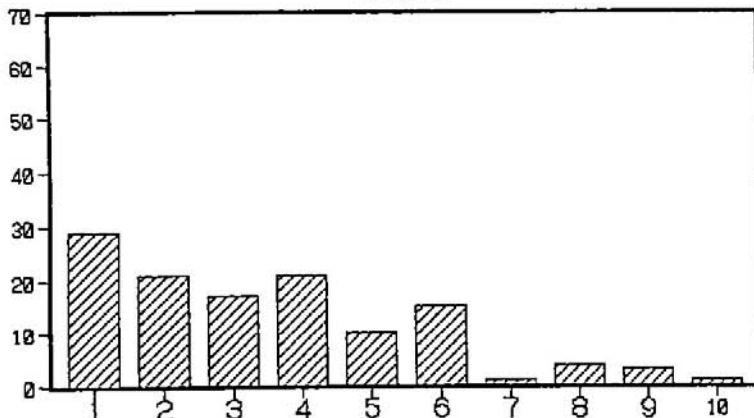
研究人材の問題は、別の設問の“今後必要と考えられる研究開発基盤”の中でも指摘されており、ちなみにこの結果は図 III-8 のとおりであり、「研究者の充実・確保」が最も多く(全体の約 9 割が回答、分野では食品及びその他分野のほぼ全員が回答)、次いで「研究用施設、機器の整備・充実」、「有用遺伝子資源の確保」、「研究用資金の確保」、「科学技術情報の整備・充実」の順であった。また、全体の数は少なかったが、医薬の分野で他と比較して「実験動物等の確保」が多い傾向があった。

図III-7 基礎的研究の自社での実施

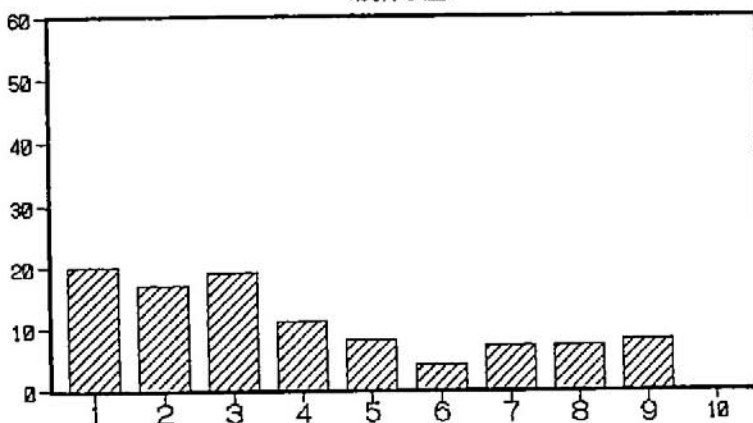
<全体>



<医薬品>

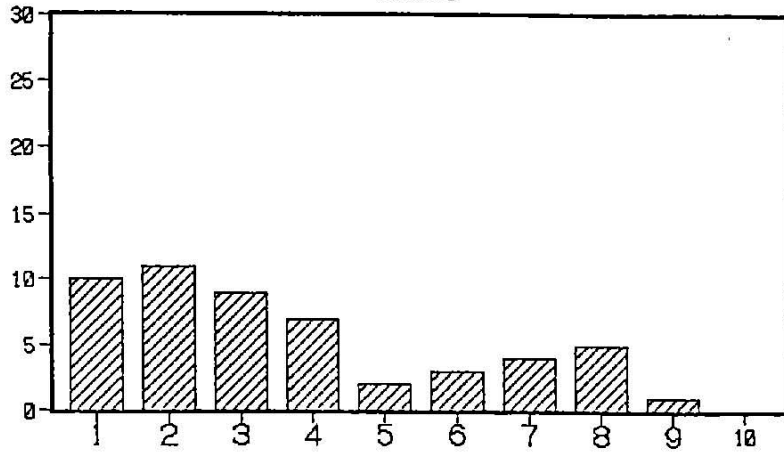


<農林水産>



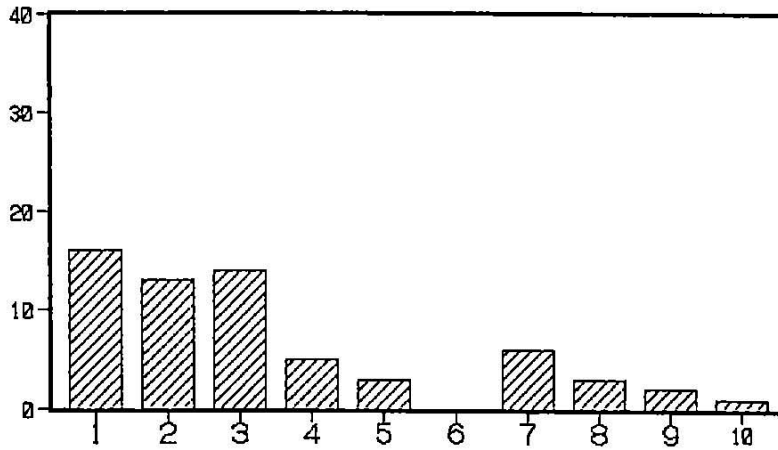
- 1 ; 自社での研究の必要性を感じるが、そのためには国内の大学・国公立研究所等との、共同研究体制の整備が不可欠である。
- 2 ; 自社での研究の必要性を感じるが、そのためには数多くのそして優秀な研究人材が不可欠である。
- 3 ; 自社での研究の必要性を感じるが、そのためには社内的な方針の統一が不可欠である。
- 4 ; 自社での研究の必要性を感じるが、そのためには豊富な研究資金、充実した研究設備が不可欠である。
- 5 ; 自社での研究の必要性を感じるが、そのためには海外における公設・民間各種の研究機関との、共同研究体制の整備が不可欠である。
- 6 ; 大学・国公立研究所等で行うべき性格のものであり、必ずしも自社における研究の必要性を感じない。
- 7 ; 自社での研究の必要性を漠然とは感じるが、具体的な研究課題・方向性が明確に分からない。
- 8 ; 大規模な国家プロジェクトとして推進されるべきものであり、自社も含めて各企業が独自に研究を進めるような段階ではない。
- 9 ; 自社での研究の必要性を感じるが、そのためには国内における他企業との、共同研究体制の整備が不可欠である。
- 10 ; その他

<化学品>



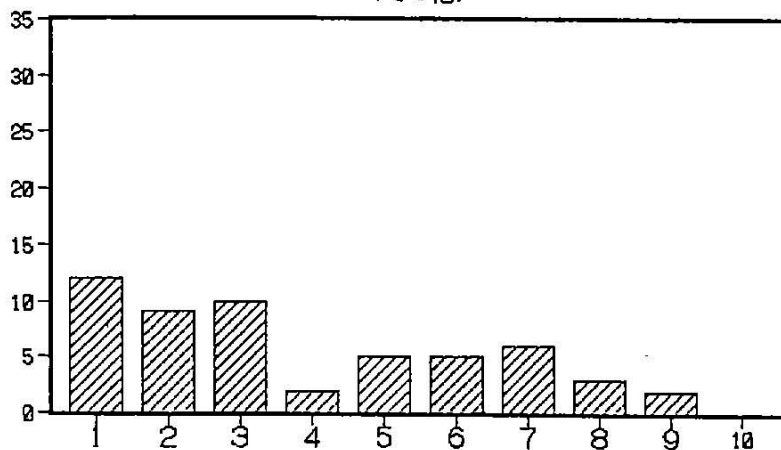
- 1 ; 自社での研究の必要性を感じるが、そのためには国内の大学・国立研究所等との、共同研究体制の整備が不可欠である。
- 2 ; 自社での研究の必要性を感じるが、そのためには数多くのそして優秀な研究人材が不可欠である。
- 3 ; 自社での研究の必要性を感じるが、そのためには社内的な方針の統一が不可欠である。
- 4 ; 自社での研究の必要性を感じるが、そのためには豊富な研究資金、充実した研究設備が不可欠である。

<食品>



- 5 ; 自社での研究の必要性を感じるが、そのためには海外における公設・民間各種の研究機関との、共同研究体制の整備が不可欠である。
- 6 ; 大学・国立研究所等で行うべき性格のものであり、必ずしも自社における研究の必要性を感じない。
- 7 ; 自社での研究の必要性を漠然とは感じるが、具体的な研究課題・方向性が明確に分らない。
- 8 ; 大規模な国家プロジェクトとして推進されるべきものであり、自社も含めて各企業が独自に研究を進めるような段階ではない。
- 9 ; 自社での研究の必要性を感じるが、そのためには国内における他企業との、共同研究体制の整備が不可欠である。

<その他>



- 10 ; その他

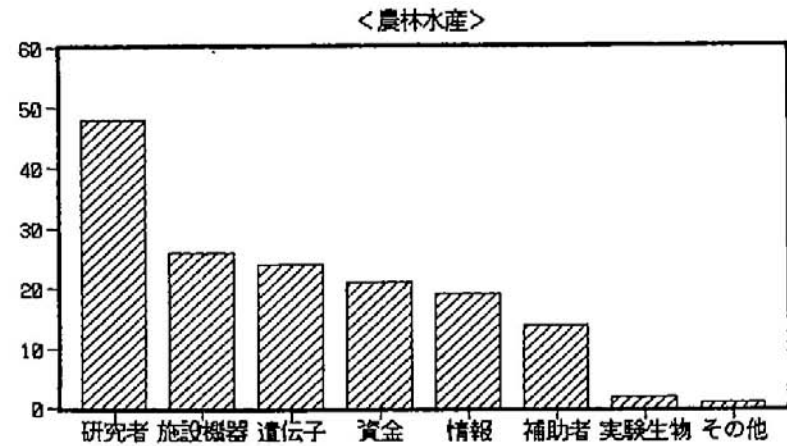
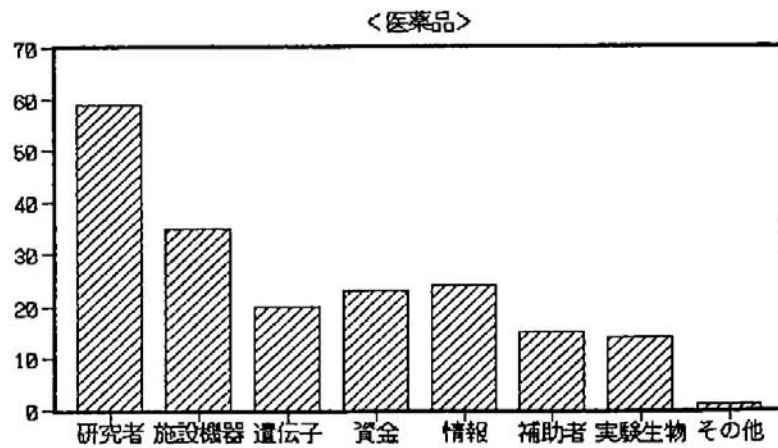
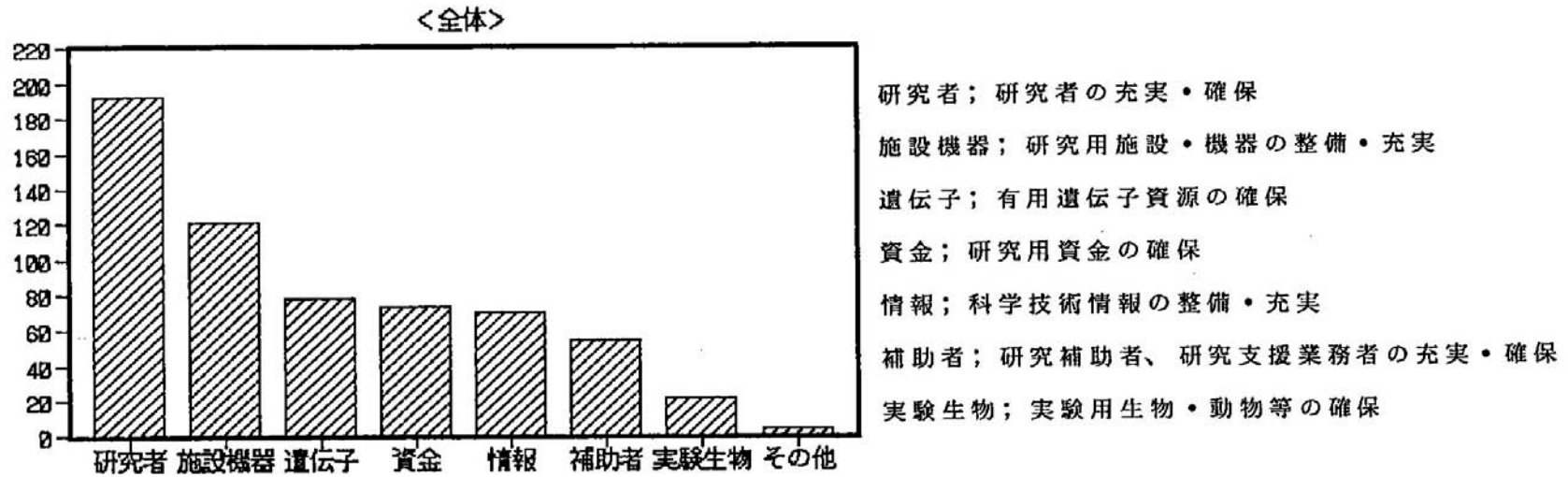
一方、研究人材の質的な現状を把握するために、アンケートでは研究者の学歴構成について設問を試みた。この結果としては、全体の約4割が大学院卒(博士課程及び修士課程)で、残りの約4割が大学学部卒の構成であった。(図 III-9 参照)。分野で見ると、特に医薬分野が大学院卒の割合が5割を越え、他の分野と比較して高学歴者の割合が多い傾向がみられ、また農林水産、食品分野は大学院卒の割合が若干低めの傾向であった。こうした研究人材の質的な面に対する方策、いわゆる人材育成に関しては、農林水産省が行なった調査では、現在では社内における育成がその手段として最も多いが、今後の予定では国内、海外の他機関への派遣を志向する傾向がみられる(図 III-10 参照)。

以上が全体の約3割以上の回答を集めた項目であるが、これら以外で多かった項目や分野でみて特徴的であった項目について記すと、まず項目では「市場性が未知」、「研究人材の質が低い」、「有用遺伝子資源が少ない、未解明」の順に回答が多かった。

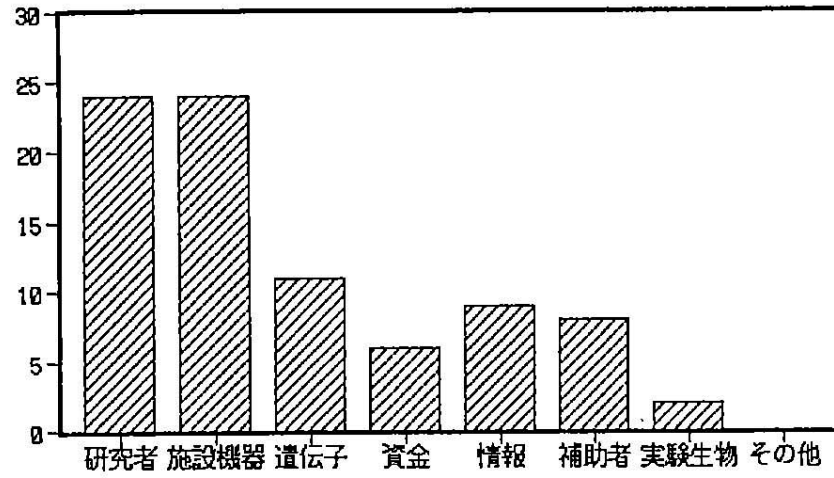
なお、このうち「有用遺伝子資源が少ない、未解明」については、農林水産分野、化学品分野では他と比較して回答の割合が高い傾向であった。これに多少関連して、アンケートでは今後の研究素材(生物資源)について、その“対象”と“場所”とを尋ねているが、その結果は各々図 III-11、12 のとおりであった。

また、食品分野については、他分野に比べ「P.A が未構築」、「安全性に関する規制・制度が未確立」の割合が高い傾向にあった。なお、この両項目にさらに「安全性に関する規制・制度の厳しさ」を加え、多少性質は異なるものの、“安全性をめぐる諸問題”としたらえ方をすれば、これらの割合は全体(全分野)としても高いと言えるであろう。

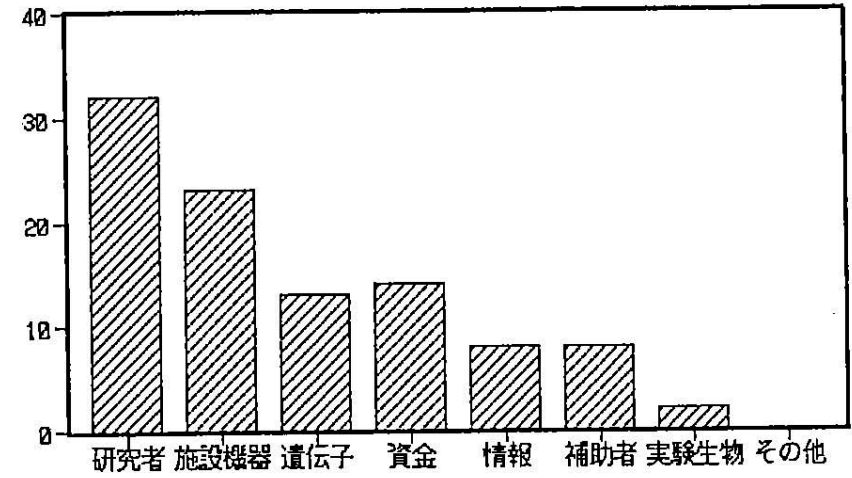
図III-8 今後、必要な研究開発基盤



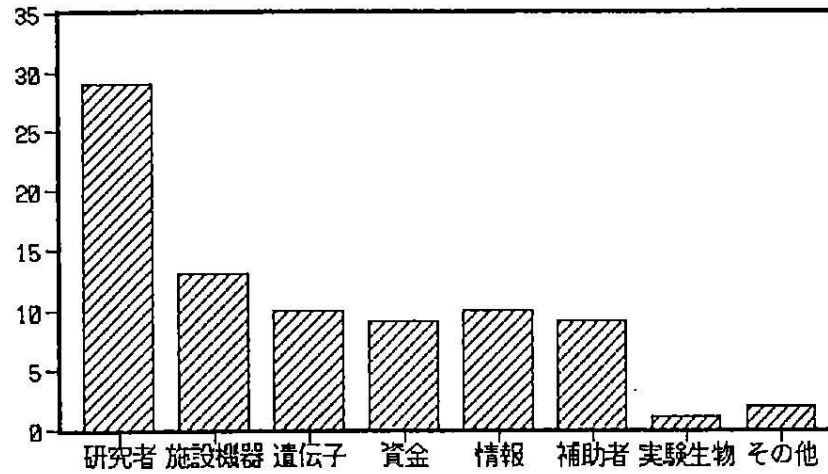
<化学品>



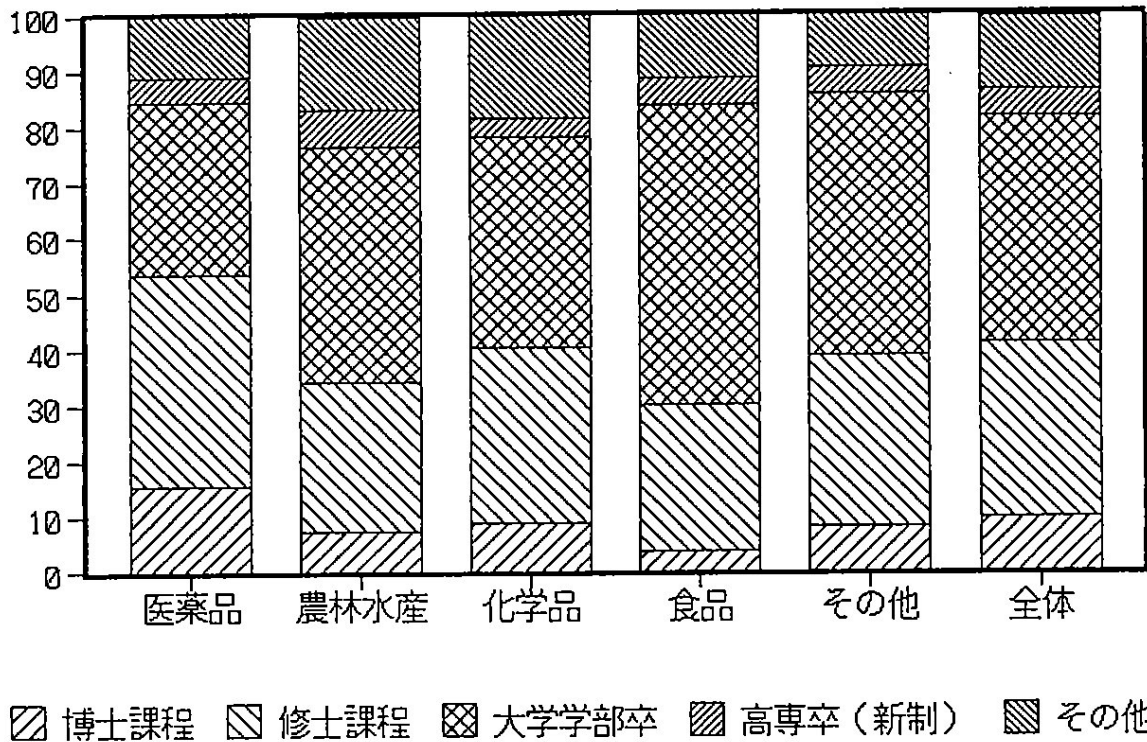
<食品>



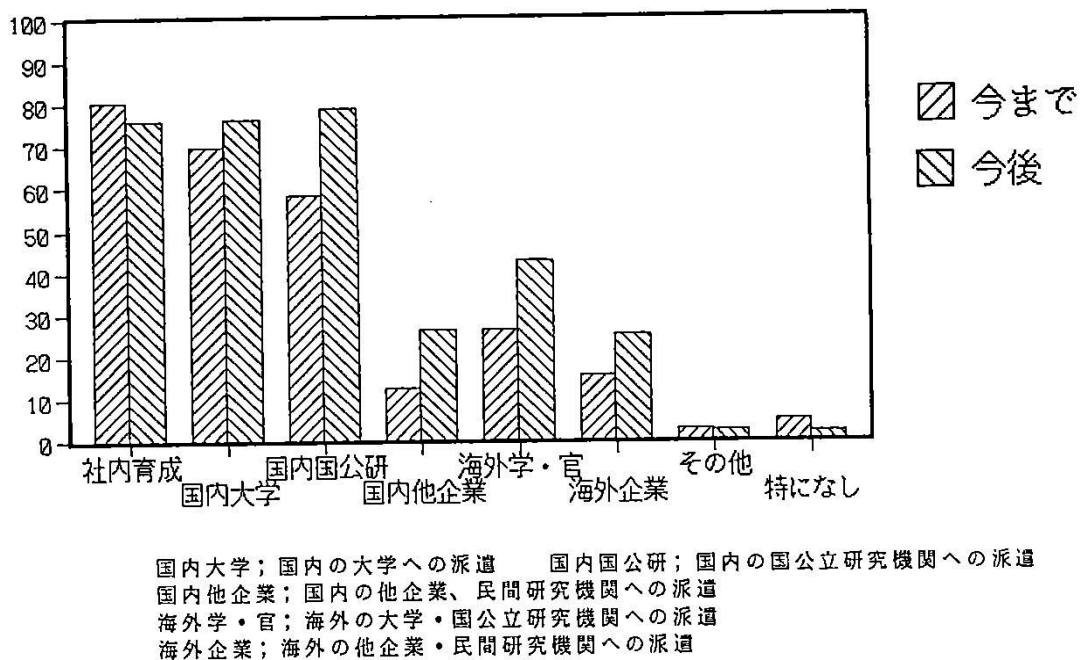
<その他>



図III-9 管理・担当分野における研究者の学歴構成(%)

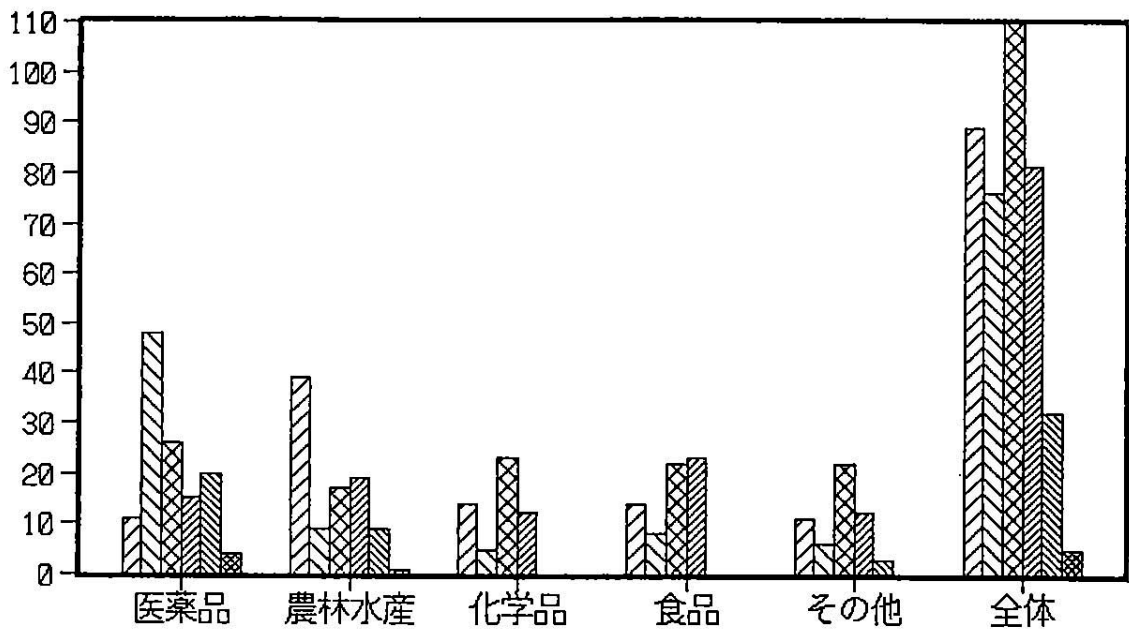


図III-10 民間企業の人材育成方策(%)



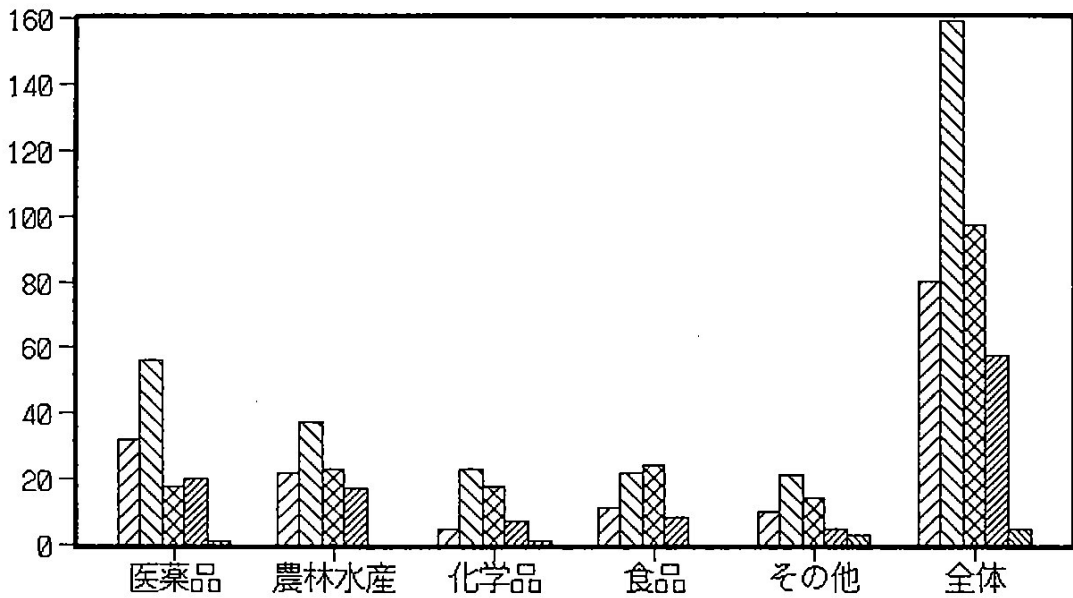
出典：「都道府県、民間企業におけるバイオテクノロジー研究開発状況」（農林水産省）

図III-11 今後の研究素材(生物資源)



植物
 動物
 下等微生物
 高等微生物
 ウィルス
 その他

図III-12 今後の研究素材(場所)



研究所内
 他の研究機関
(国内・海外)
 国内(未保存)
 海外(未保存)
 その他

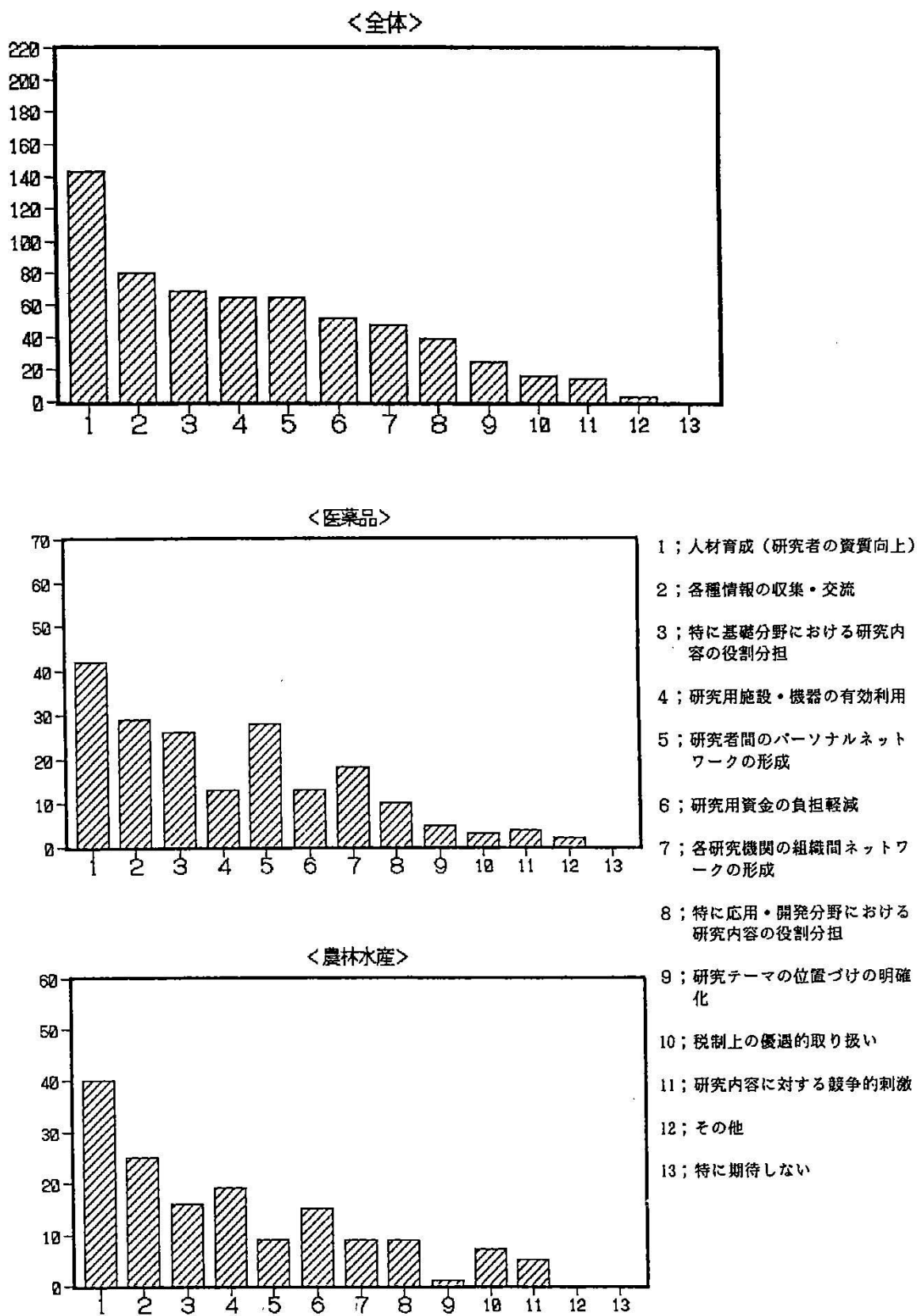
一方、後述のヒヤリング調査結果(バイオテクノロジーの実用化に関する意見)やアンケートの自由回答の際には、今後必要性を増やすものとして「産・学・官の協同体制」が比較的多く挙げられたが、この設問(問 5-バイオテクノロジーの実用化の今後の課題)の回答の中では、それを課題(又は障害)と考え、「不十分である。」とした回答は少なかった。なお、産・学・官の協同体制については、今回、民間企業の研究管理者からみた“期待”と“今後の推進のために必要な事項”を聞いているが、その結果は各々図 III-13、14 のとおりであった。

まず、期待としては、「人材育成」が最も高く、次いで「各種情報の収集・交流」、「基礎研究分野の役割分担」、「研究用施設・機器の有効利用」、「研究者間のパーソナルネットワークの形成」が挙げられた。また、今後の推進のための必要事項としては、「事務手続きの簡素化」、「研究成果の取り扱いの明確化」が約4割の回答、「研究テーマの自由度拡大」、「研究交流等の制度・仕組みに関する情報公開」、「資金面での規模拡大」、「研究施設・機器の一層の開放」が約3割の回答であった。

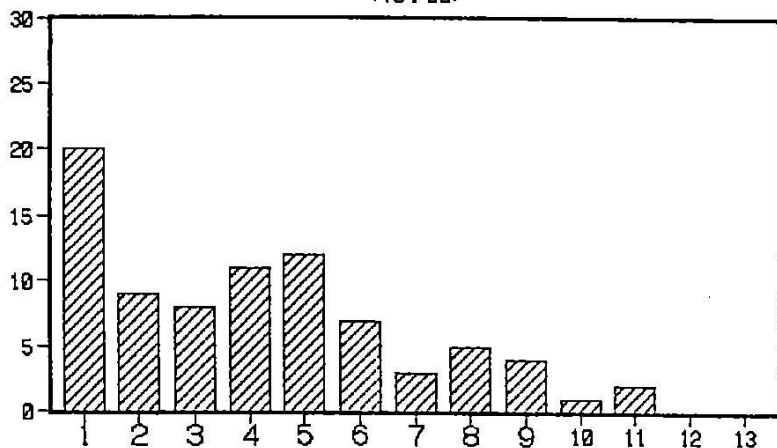
最後に、今回のアンケートでは、“バイオテクノロジー分野の特色(又は特異的)”についても聞いている(自由回答)が、これに対する回答のうち主だったものを参考までに以下に列挙する。

- * 実用化までに多大な基盤投資と長期にわたる研究期間を要し、それに係るリスクと投資との関連で目標設定が非常に難しい。
- * 基礎研究と応用研究が非常に近いところにあり、基礎研究の成果が速やかに実用化に結びつきやすい。
- * 生命現象、生物の機能等に関する基礎研究の積み上げが重要で、現状ではそれがまだ不十分である。
- * 地球、自然界を広くみて、バイオテクノロジーと人類との共存についてのコンセンサスが必要である。
- * 産・学・官における協同・協力体制又はこれら間とのネットワークが必要である。
- * 新しい方法論、技術の開発が必要である。

図III-13 産・学・官の協同に対する期待

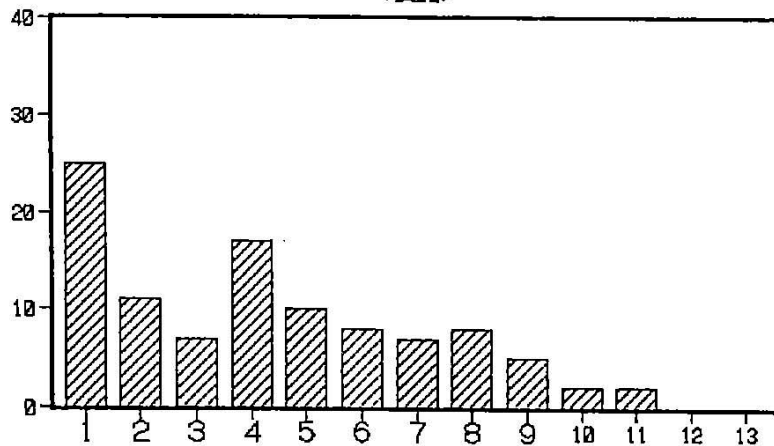


<化学品>



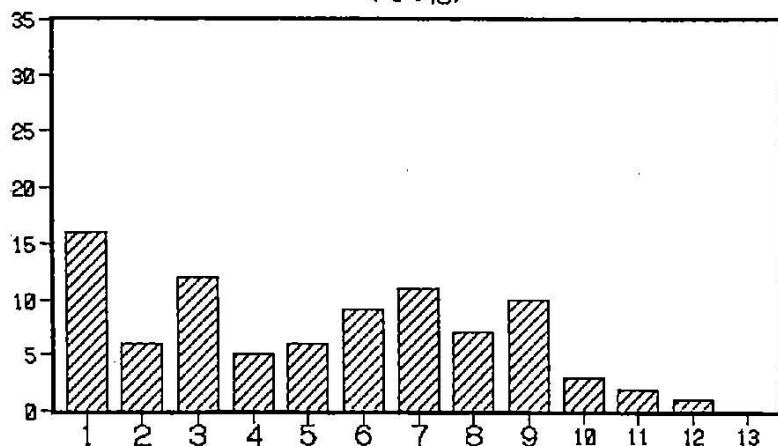
- 1；人材育成（研究者の資質向上）
- 2；各種情報の収集・交流
- 3；特に基礎分野における研究内容の役割分担
- 4；研究用施設・機器の有効利用
- 5；研究者間のパーソナルネットワークの形成
- 6；研究用資金の負担軽減
- 7；各研究機関の組織間ネットワークの形成
- 8；特に応用・開発分野における研究内容の役割分担

<食品>



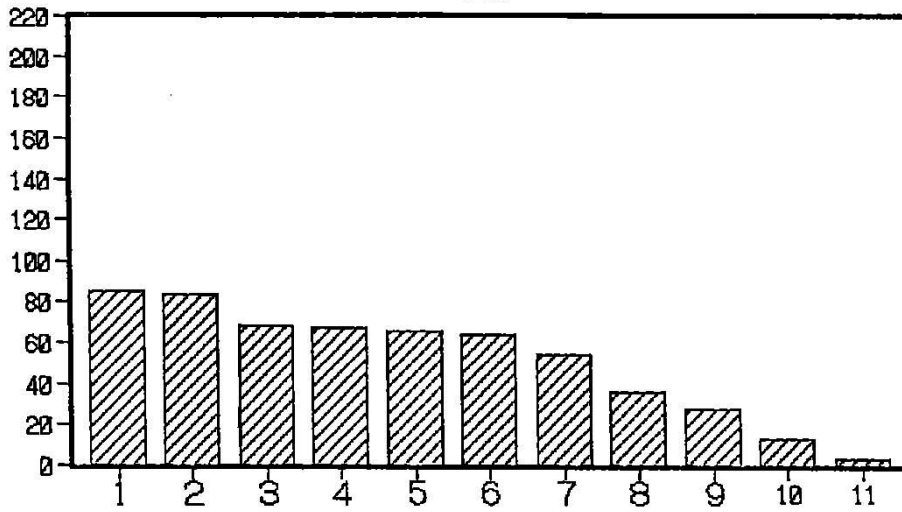
- 9；研究テーマの位置づけの明確化
- 10；税制上の優遇的取り扱い
- 11；研究内容に対する競争的刺激
- 12；その他
- 13；特に期待しない

<その他>

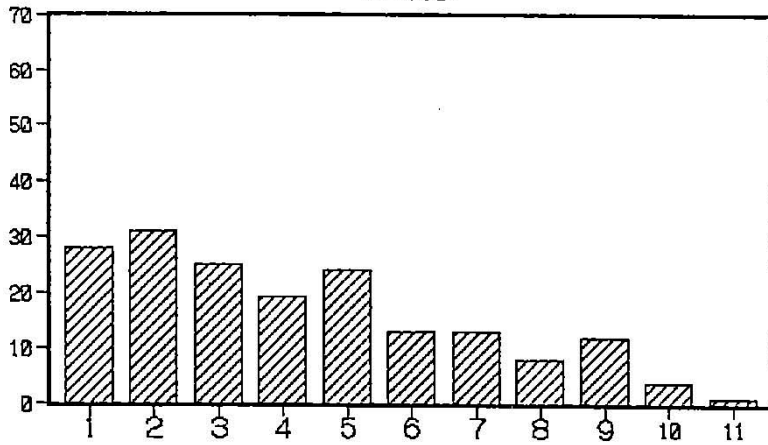


図III-14 産・学・官の協同に必要な事項

<全体>

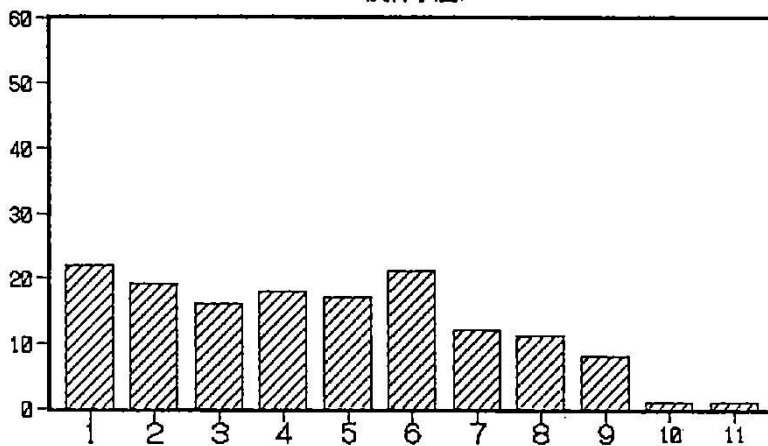


<医薬品>



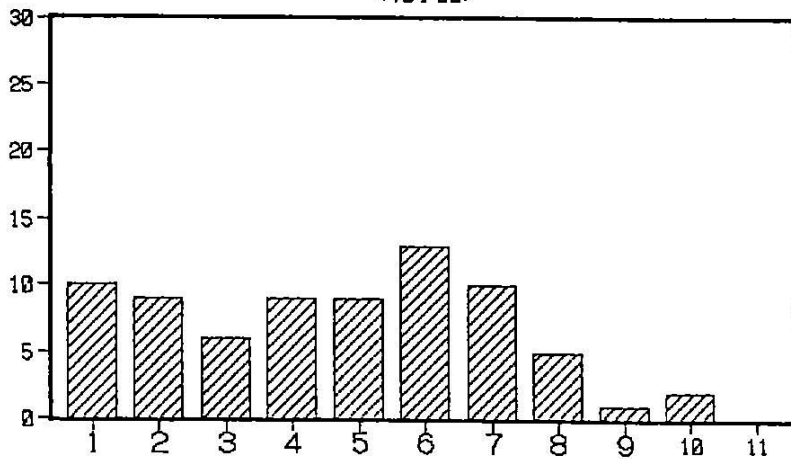
- 1 ; 事務手続きの簡素化
- 2 ; 研究成果の取り扱いの明確化
- 3 ; 研究内容(テーマ)の自由度の拡大
- 4 ; 各種研究交流、支援措置等の制度、仕組みに関する情報の一層の公開
- 5 ; 資金面での規模の拡大
- 6 ; 研究施設・機器の一層の開放
- 7 ; その他の一般的情報に関する交流機会の増大

<農林水産>



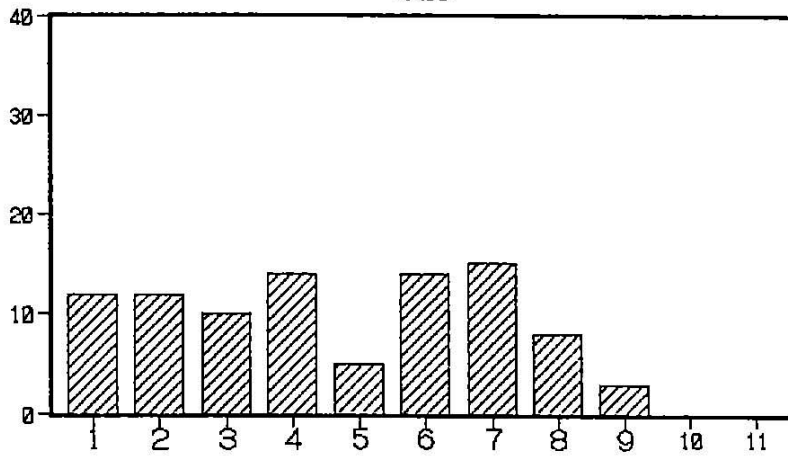
- 8 ; 産・学・官の協同に関する社内的理解の浸透
- 9 ; 研究交流等での研究者の身分保証
- 10 ; 特になし
- 11 ; その他

<化学品>



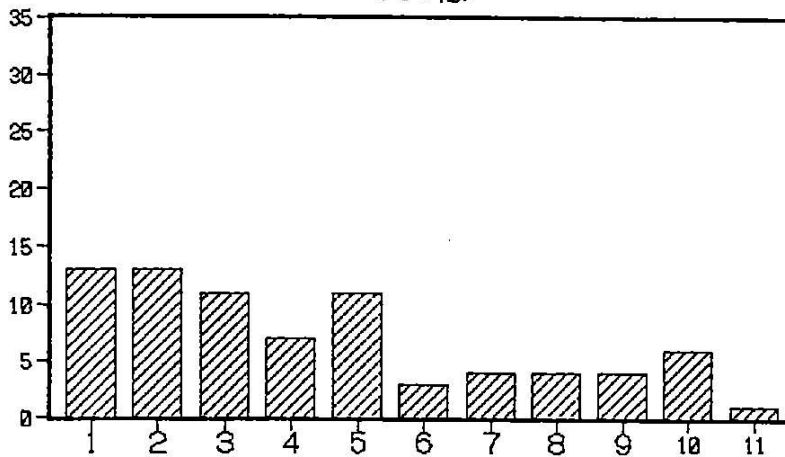
- 1 ; 事務手続きの簡素化
- 2 ; 研究成果の取り扱いの明確化
- 3 ; 研究内容（テーマ）の自由度の拡大
- 4 ; 各種研究交流、支援措置等の制度、仕組みに関する情報の一層の公開
- 5 ; 資金面での規模の拡大
- 6 ; 研究施設・機器の一層の開放
- 7 ; その他の一般的情報に関する交流機会の増大

<食品>



- 8 ; 産・学・官の協同に関する社内的理解の浸透
- 9 ; 研究交流等での研究者の身分保証
- 10 ; 特になし
- 11 ; その他

<その他>



(2) バイオテクノロジーの実用化に関する企業の考え方

第 III 章の 2 で取り上げた実用化事例に関する調査では、その際あわせて面接調査対象者から該当する研究分野を中心に、バイオテクノロジーの実用化に関する意見を聞いた。

これらの結果を整理すると以下のとおりである。

- * 生物の生産するものを利用しようと考えた場合、用途開発の面でまだ遅れており、生物の生み出す多種多様な物質等を十分に活かしてきれていない。このためには、多くの評価系を持つこと(又はその確立)が重要であり、それには生物をさらに深く理解する必要がある。
また、異業種間の交流も新たな用途を見いだすことにつながる。
- * 分離・回収、精製技術といったいわゆる川下技術が重要で、この部分での新たな技術開発や既存技術の有効利用(又はこれとバイオの基本技術とを結びつける学際的領域)がまだ不十分である。
- * 基礎研究の推進(「生物の持つ理想的な形態、性質」に着目、「自然に学ぶ」こと)が重要である。
なお、基礎研究は特許等知的所有権の観点からも重要である。
- * 学・官との協同は今後とも重要で、企業として実施しにくい基礎的な部分での研究の推進(学・官に対して)や、一層の門戸の開放、学際的な共同研究の場の設置が期待される。
- * また、この産・学・官協同の推進には、各々の性格、能力を活かした細部にわたる役割分担の具体化や、これら協同(共同研究等)に付随する制度(成果の取扱い等)の完備が必要である。
- * 実用化には、各々の業種における専門的技術の結合が必要であるが、まだこれがうまく組合わさった仕組みができていない。このため、各々の技術やそのシーズあるいは研究の成果が死蔵されているケースもある。
また、学会等においてもタテの仕組みをヨコにつなげるシステムの必要性を感じる。
- * 技術の進歩が急速であるため、一般の人々に解りにくいものとなっている。こうしたパブリック・アクセプタンスの構築のための PR 活動が不足している(企業努力のほか、教育面も含め国としての一貫した体制が必要)。
- * 各種制度面においては、急速な技術進歩に対し機敏な行政対応が求められる。また、特許、安全性等に関するものについては、特に国際的 harmonization が必要である。
これらのためにも、行政側の技術情報、海外の動向に対するキャッチアップを徹底することが望まれる。

* 研究着手に当たっては、まずしっかりとした目標を定めることが先決である。変わりつつはあるが、まだ“技術”からスタートするといった側面が見られる。

* 一つの技術開発が成功すると、とかくそれに集中しがちな傾向がある。今後はさらに独創的な研究が大切である。

* 分野等によっては、技術開発以外に市場の開拓が大きな要因(また、市場性の小ささが課題)となる場合がある。

* その他

- ・ バイオテクノロジーによる化学品生産を考えた場合、コスト面で通常の化学プロセスと比較して、むしろかしい点がある。このためバイオテクノロジーの利用は、製造プロセスにおけるステップの省略や光学活性体などの特殊構造が要求される場合等がその中心にならざるを得ない面がある。
- ・ 食品分野においては、原材料、製造法などの改良による新製品の開発が主流であろうが、さらに素材や製品の持つ新たな特性(性質)を引き出すことも重要な役割と考えられる。
- ・ バイオセンサーは、クロマトグラフィーのように多成分を同時に測定できるものとは対称的に、“単成分を容易に測定できる”、“化学的に測定不可能なものも測定できる”といった特徴を生かした方向に今後も進展すると考えられる(但し、市場は広くない)。また、その技術的課題として安定性と選択性の確立が要点である。

IV. バイオテクノロジーの実用化に関する考察

1. バイオテクノロジーの特徴

バイオテクノロジーは生物を対象とする点から他の技術とは異なる面を有すると考えられ、例えば生物による生産は通常反応速度が遅く、個々の物質はピュアなものが生成される等々のことがその特徴として一般的に言われている。今回のアンケートを始めとする調査研究全体を通じて、実用化に関連すると考えられるバイオテクノロジーの特徴ともいべき事柄がいくつか現れているので、まずこれを整理する。

(1) 基礎研究

バイオテクノロジーの特徴を最も顕著に現している部分の一つが、この「基礎研究」であろう。バイオテクノロジーは、「生物」から出発しているものであり、このためこれら生物の持つ(理想的な)機能・性質を<1>いかに解明するか、またその中から、<2>いかに新しいモノを見つけ出すかが、研究開発推進上の最重要課題となる。また生物の持つ可能性は無限に近く大きいと考えられるが、その実相はほとんどが未解明であると言ってよい。

こうしたことが背景となって、バイオテクノロジーは、

<1> 基礎研究の成果が速やかに実用化に結びつきやすい。

<2> 基礎研究と応用研究との境界が不明瞭である。

といった性格を有するものと考えられる。

また言い替えば、バイオテクノロジー自体、「知識」を生み出す技術であり、実用化に向けた研究開発の推進と基礎的な部分での進展が相伴うもの(両者が同時並行的に進むもの)とも言うことができよう。

(2) 多分野への応用及び多分野との結合の可能性

生物は生命活動の過程において、数多くの多種多様の物質を生成、分泌しており、これら物質及びその生成機能は医薬品、化学品を初めとした多くの分野で直接的な物質生産技術としての利用が期待される。

また、生命現象を工学的な視点で捉えて、模倣・利用することは、例えばニューロコンピュータのように、エレクトロニクス、材料、機械等の工学分野における従来からの設計思想を大きく変える可能性をも秘めている。このようにバイオテクノロジーは上述の直接的な物質生産技術として利用される以外にも、多くの他の分野の技術と結合し(又はそれに組み込まれ)得る性格の技術であると言えよう。

さらにこれらのことから、バイオテクノロジーの実用化に関して、そのニーズや必要な技術シーズは、非常に広範な分野に存在(潜在)していると考えられる。

(3) 技術予測の困難性

前述のように、バイオテクノロジー(における研究開発)は生物の(新しい)機能(の発見)に依存していること

ろが大である。つまり、探索・研究の結果得られた新しいシーズが、新しい技術に直結し成果を生むケースが多く、このためバイオテクノロジーに関する技術予測は自ずと困難なものであると言えよう。

また、こうしたことは民間企業等における研究開発に対する目標設定のむずかしさを生み出す結果につながっている。

(4) その他

その他、これは決してバイオテクノロジーの特徴とは言えないことがあるが、現在までの経緯を見た場合、「技術」に傾倒(例えば遺伝子組換え技術等の既存技術に依存・固執しすぎなど)している感がなくはないだろうか。つまり、バイオテクノロジー自身が、必ずしも産業的な又は一般の人々のニーズの中からのみ生まれたものではなく、学理研究の中から生まれた「技術」をきっかけに、その部分に注目が集中し普及・浸透していった部分があるのではないかということである。

なお、こうした経緯が研究目標の設定がまず技術からスタートしているとか、独創性の高い研究成果が生まれにくくなっているとする指摘の遠因の一つと推察される。

以上のようなバイオテクノロジーの特徴は、バイオテクノロジーの実用化に向けての課題やその方策を考えるに当たって、十分考慮すべき点であると思われるので、次にこれらをふまえ、バイオテクノロジーの実用化のための今後の課題や、克服すべき事項について考察する。なお、課題については既にアンケート・ヒヤリング調査の中で指摘されている中でも特に重要であると思われるものを中心に整理してみた。

2. バイオテクノロジーの実用化に向けての課題と方策

(1) 「生物」の理解(基礎研究の充実・強化)

基礎研究を充実させていくこと、特に原点である「生物」に帰って、生物への理解を広く深く進めることが基本的に重要であると考えられる。

生物の構造・機能についてあらゆる角度から追求し、積み上げていくことは、それがある時点で系統だったものとして構築された場合に、バイオテクノロジーにおける画期的なブレイクスルーを生み出すことにつながる可能性が非常に高いと考えられる。また、生物の新しい機能(又はそれを有する生物)について今後とも探索を続けていくことは、それが理論的に導き出すことの不可能な面が多いだけに極めて重要である。

ところで、こうした基礎研究の充実・強化のために必要なことについて、考えられる事項を以下に列挙してみる。

<1> 産・学・官の特徴を生かした協同推進

基礎研究に対する認識は、「産(民間企業等)」においても近年高まりをみせ、その強化策が図られつつある。しかしながら、この「産」で行なわれる基礎研究については、その内容、性格、考え方は「学」や「官」のものとは必ずしも同一ではない。

具体的に「産」で行なわれている研究は、ア)ある程度の目的、目標(製品等)が定まっている、イ)学理的なものよりシーズ探索タイプであることが一般的である。一方、これに対し「学」の方の特色としては、ア)学理の追求の部分のウェイトが他より大、イ)long term な研究が中心である(それが可能)等やそのほか研究者層が若いことも一つの特徴であろう。また、「官」の研究はある意味でこれらの中間的な性格を持っている。

そこで、このような各々の特徴とも言うべきことを十分に活用し、産・学・官の役割の分担について個々のケースに応じた具体的検討が、今後とも十分にされることが必要であろう。

<2> long term な視点、考え方

バイオテクノロジーは生物というある意味でのブラックボックスを対象としたものであり、生物の機能等を解明し、系統だてていくことや新しい機能を追い求めていくことには長期的な視点が必要である。

また、基礎的な部分での研究は必ずしもハイレベルな技術の駆使によってのみ推進されるものではなく、長期に及ぶ地道な努力(“泥くさい研究”)の積み上げが底辺にあることも無視してはならない。

確かに「学」の場合とはかく、民間企業においてこうした研究の実施はかなり困難であると考えられるが、少なくともその視点、考え方は long term なものとして理解されるべきであろう。

<3> 質の高い研究人材の確保・養成

基礎研究の充実強化のためには、研究人材の確保を大きな問題である。今回のアンケート調査結果において質的なものより量的なものに対する回答が上回っているという事実は、特にこの問題の重要性、緊急性を物語っているとも考えられる。確かに研究人材の量的な問題は前提とも言うべきものであるが、基礎研究につい

てはさらに質的な側面に対するウェイトが大きいものと考えられる。

今後は、人材の質的な面での養成・確保といった施策(アンケートでは産・学・官の協同体制に人材育成を期待する回答が多かった)を充実させることが必要であろう。

<4> 研究推進及びその成果等の共有のための基盤整備

研究を推進するための研究開発基盤も重要な要因である。

資金的な面を取り上げてみても、バイオテクノロジーの基礎研究の場合では研究の性格からして long term なものであり、一方新たなシーズ探索のように理論的に導かれにくいものの重要性が高いなど、実施に伴うリスクがかなり大きいという側面がある。このため資金面も含め研究の推進を支援、援助するような体制作りが求められよう。

また、研究の推進のみならず、基礎研究で得られた成果又は見いだされた資源、特にバイオテクノロジー全体の財産として位置づけられるものに対し、これを如何に共有していくか(又はそのための基盤作り)も重要なことである。

まず対策の一つとしてはデータバンクの充実・整備が考えられ、情報の体系的整備やアクセスにおける時間短縮、簡便さ等の利用促進に関する措置が、今後とも重要になるものと推察される。

また、いわゆるジーンバンクについても同様の役割を担うものとして位置づけられ、保存・配布体制の充実(現状ではまだ個人的なつながりによる遺伝子資源の譲渡等が多いと推察される)や遺伝子資源情報の整備、相互間のネットワーク・連携の充実が期待される。

そのほか、規格・標準化(例えば、バイオ製品の規格・基準作り)の推進やそのための基礎的な実験データの反復、蓄積も、共有のための重要なものの一つであろう。

(2) トータルな生産技術システムの開発

次に、生物から学んだ知識を具体化し、最終的な形として完成(実用化)させるためには、バイオテクノロジーの基本技術(遺伝子組換え、細胞融合技術等)のほか、周辺の技術や関連する他の生産技術も含めて目的とする最終製品までの一貫した生産技術システムとして、それを構築することが重要である。

アンケート・ヒヤリング調査の中でも多く指摘されたこととして、既存技術、プロセスとの融合等バイオテクノロジーを生産技術システムの一部とした捉え方の必要性及び生物に直接関与する遺伝子組換え等の基本技術の周辺の技術、特に分離、精製、回収といった新たなプロセス技術の開発の重要性があった。

また、今回実用化事例として取り上げた具体的事例の中でも、こうした周辺技術や関連する生産技術に関する部分での従来からの技術的蓄積を背景として、実用化に結びつけたケースがいくつか見られた。

つまり、生物を対象としたバイオテクノロジーの基本技術以外での各々の技術開発や、さらにバイオテクノロジーとそれ以外の技術を結びつける仲介的な領域での技術開発も同時並行時に進め(又は技術導入し)、全体としてトータルなシステムを作り上げること(又はこうした視点からの研究開発への取り組み)が重要と考えられ、こうした技術分野での進展がバイオテクノロジー全体の進展と密接に関連しているということである。

(3) 広範囲に存在(潜在)する技術シーズ、ニーズの発掘と結びつけ

前記(2)のシステムを構築するケース等で特に言えることでもあるが、バイオテクノロジーの実用化に当たっては、各業種、分野、機関に存在(又は潜在)している技術(又はそのシーズ)、研究成果を如何に発掘し、結びつけるかが成功の重要なキーになるものと考えられる。特にバイオテクノロジーでは、その性格からしてもこれらの技術やシーズは非常に広い範囲にまたがって存在していると考えられ、しかも現状ではその大部分が十分に活用されていない(眠っている)と言えよう。

技術シーズと同様のことがニーズについても言える。産・学・官又は産の中でも業種によって、各々の抱えているニーズは当然異なる。現状ではこれらが的確に把握されていない面もあり、その発掘と結びつけが重要と言える。

また、技術、シーズを持っているところと、ニーズを持っているところが、各々別個である場合も多いと考えられ、シーズとニーズを交換することによって、その中から成果が生まれることも多いであろう。

そこで、こうした他の業種、分野等に潜在するものを見つけだし、効率的に活用するためには、技術情報を初め、一般的な情報を含めたネットワークを構築することが重要と考えられる。それとともに外へ向けてのアンテナばかりでなく、自らが過去に確立した技術(バイオに限らない)や遺伝子資源等、既に財産として持っている部分にも目を向け、その十分な利活用を検討してみることも重要である。このためには併せてそれを評価する能力を持つこと(又は評価系の確立と導入)も大きなポイントと言えよう。

シーズやニーズの発掘・交換に非常に密接に関連し、今後ともウェートが高くなると考えられるものとして、異業種間や産・学・官との交流が挙げられる。そこでこれら交流の推進に関し、今後とも重要と考えられる事項について以下に列挙する。

<1> 交流の場の設定

まず基本的なこととして「交流の場(仕組み)」の設定がある。異業種間交流や産・学・官交流は、バイオテクノロジーに限らず、既に各種共同研究制度等の具体的施策の中に盛り込まれ推進されてきているが、特にバイオテクノロジーの場合、身近な業種・分野間にこだわらず、広い範囲での交流の場の設定が今後とも求められるであろう。

<2> 窓口・媒介機関(機能)の充実

交流制度(仕組み)の十分な活用や、また施策的に仕組みられたもの以外の部分での交流の活発化のためには、その窓口や媒介となる機関(機能)の充実が必要である。

その主要な役割としてはまず情報(ニーズの交換等)面が挙げられる。例えば民間企業における他の機関との接点(交流のきっかけ)は、従来からの人的ネットワークであったり、時には学会の場がその役割を果たしているケースが多い。このようなケースでは自ずとその範囲が限定されたり、また各々の求めている部分が正確に一致しないことが大いに有り得る。かかる現状から見れば、バイオテクノロジーの研究交流における具体的なニーズを収集、集約、提供する(例えば、交流の意志の有無、具体的な研究内容、資金分担、人材交流に関する希望、交流に関する手続き等)役割を果たす機関(機能)に対する要望は大きいと思われる。

また、その他充実すべき媒介機関の役割としては、資金、設備等基盤に係る窓口等の支援活動が考えられる。

<3> 施策の PR

<2>に関連することとして、民間企業では施策を担当する各省庁とのコンタクトについても、従来までの業種、研究分野等の区分によって限定されざるを得ない面があったと思われる。前述のシーズやニーズの広範な分布を考えれば、関連機関の交流のきっかけを与える意味で関連施策の各方面に対する幅広い PR 活動も大切であろう。(アンケートでもこれら情報提供に関する要望は高かった。)

<4> 付随する制度の確立

また、産・学・官の交流推進については、それに付随する制度、規約面を併せて整備されなければならない。こうした部分が未整備であると、産・学・官の自由な交流に支障をきたしたり、また交流の形はできあがってもその中で先進的な研究を推進したい場合が生じたりして、十分に機能しない危険性がある。

例えば人材交流における研究者の身分保証がその一つであり、給与面などの形で現れる部分のほか目に見えない部分での処遇も含め、自由な往来が保証されることが必要であろう。

さらに、アンケートの回答の中で、上位を占めた事務手続きの簡素化、研究成果の取り扱い等についても、今後十分な検討が必要である。

(4) 社会・人間との共存

科学技術が社会・人間に及ぼす影響を考慮し、これらとの共存を図ることは基本的な命題であり、バイオテクノロジーではその対象が「生物」であるだけに、この問題は特に大きな意味を持つものである。

この問題の代表的なものとして P.A(パブリック・アクセプタンス)がある。今回のアンケート調査結果では、P.A 自身を直接的な課題として挙げた研究管理者は必ずしも非常に多いとは言えないが、これはある意味ではバイオテクノロジーの技術的な部分での未成熟さの裏返しの結果に過ぎないとも考えられる。

(また逆に、この問題を十分検討するよい機会であるとも考えられる。)

現実的に野外試験等が先行している欧米での例や、日本におけるバイオテクノロジー関連の研究所の設置問題等から考えると、近い将来バイオテクノロジーの実用化を考える上での課題として、P.A が大きなウェートを占めるだろうことが予想される。また、以下のような背景からもこれが将来の重大な課題となる可能性が指摘されよう。

<1> バイオテクノロジーを含めた科学技術全体の進展が非常に急速であり、技術が専門化されかつ開発・製品化までの term が次第に短縮されてきているため、その内容が一般の人々に対して理解されがたくなりつつあり、しかも人々がこれらを理解するための期間(ある意味では Yes, No を出すための期間)も短くなってきている。このため現代社会においては、長い期間をかけて(しかも自然に任せて)の広範な理解の醸成

は困難になりつつある。

<2> 現代人の重要関心事の一つとして、「健康・安全」志向がある。また、特に食品分野では「食に対する保守性」といった側面もある。

<3> <2>に関連して、バイオテクノロジーがあ必ずしも一般の人々のニーズの中からのみ生まれたものとは言いがたい面があり、しかも極く短期的な視点でとらえた場合、それが物質的に充足された現代において、必ずしも一般の人々に対し直接的な恩恵をもたらすとは限らない面がある。

以上のことから、この問題を看過すると、今後生み出されてくるバイオテクノロジーの成果が無駄なものとなったり、バイオテクノロジーの発展を回り道させる結果につながりかねない可能性が懸念される。しかもこうした問題は決して短期間で解決する性質のものではないので、今後、地道な努力によって、広く一般に、バイオテクノロジーと人類とのかかわり合いに関するコンセンサスを築き上げていく必要がある。

そのためには、まずバイオテクノロジーの役割について、長期的かつ広範な視野で十分な検討を加えてみる必要がある。もちろんここで言う検討は今回の調査研究で中心的に取り上げた産業的利用といった狭い範囲に限るものではない。さらに、一般の人々がこうした問題を考えるに際しての「材料」となるものを提供する意味から、PR 活動も重要である。PR 活動については、例えば民間企業も含めた研究所の一般開放等も具体策の一つとして考えられるが、まずは教育的な側面も含めて国としての一貫した取り組み体制の整備が基本となる。

(5) その他

その他今回の一連の調査を通じて、今後の課題(又は方策)に関連した事柄が多く挙げられたので、ここで簡単に取り上げる。

まず、バイオテクノロジーの研究においては、既に開発された成果、技術(又はその周辺)に集中しがちであるという指摘もあり、今後はより独創的な研究が重要になるであろうし、その中で新しい研究手法(方法論)の開発も不可欠になってくるであろう。

また、本章では基礎研究等に関連して多少取り上げた程度であったが、研究開発基盤(遺伝子資源も含む)の整備も非常に重要である。なお、これについては、既に平成元年12月の“諮問第16号「科学技術振興基盤の整備に関する基本指針について」に対する”の中で、その基本的な方向付けがなされたところである。

さらに、技術開発といった側面だけでなく、実用化についてトータルに考えれば、市場の問題も見逃すことはできない。バイオテクノロジー製品の市場性は把握しにくい面もあるが、研究開発の成果を十分に生かす意味から市場の開拓・確保も併せて推進することが重要であろう。

一方、別の観点から言えば、規制・制度(権利関係、安全性関係など)面に関する行政側の対応も、バイオテクノロジーの今後の進展に大きく関係する問題であり、例えば現在整備が進みつつある安全性に関する規

制・指針等の充実は、前述の P.A の問題にも大きく関与するものと言えよう。制度面においては、今後、急速に進展するバイオテクノロジー(科学技術)の動向に対し如何に機敏に対応できるか、また、国際間競争が激化している現代において如何に国際的調和(harmonization)を図っていくかが大きな課題になるであろう。

付 記

本調査研究の方向付け、とりまとめに当たっては、前記「バイオテクノロジーの開発利用とその影響に関する研究会」の各委員の方々や熊谷 甲子夫 本研究所客員研究官にご尽力いただき、厚くお礼申し上げます。

また、面接調査にご協力いただいた各機関の方々、さらにはアンケート調査を担当された社団法人 科学技術と経済の会の方々には、この場を借りて厚くお礼申し上げます。

参 考

調査報告「遺伝子資源の現状」

(客員研究官 熊谷 甲子夫)

1. 遺伝子資源の保存状況

(1) 保存状況

<1> 保存状況調査の推移

ライフサイエンスの画期的な発展並びにバイオテクノロジー研究開発の顕著な進展に伴って、その基盤となる生物資源確保の重要性が広く認識され、遺伝子資源に対する関心も高まって、それらの保存状況に関する調査も組織的・網羅的に行われるようになり、その実態が少しずつ明らかにされるようになってきた。

また、最近では、遺伝子資源を保有する各機関も、保存種や保存点数の量的な拡大に積極的に取り組むと同時に、それらの来歴や特徴、利用価値、保存状態等に関する情報の整備にも力を注ぎ、それらの情報を収録した保存目録等を刊行して、広く一般にも利用しやすい環境を作ることに努力しているため、我が国における遺伝子資源の保存状況の把握は、比較的容易になってきていると言えることができる。

我が国の遺伝子資源の保存状況を生物の各分野について組織的に調査したのは、昭和 49 年に理化学研究所にライフサイエンス推進部が設置され、その事業の一環として行ったのが最初である。その結果は、日本科学技術振興財団による「微生物および実験植物の系統保存システム調査研究報告書」(昭和 50 年 3 月)と実験動物中央研究所による「実験動物の実態調査ならびに総合系統生物保存システム調査研究報告書」(昭和 50 年 7 月)にまとめられている。

また植物遺伝子資源では、国際生物事業計画 (IBP) に参加した研究班による調査が最も早く、昭和 50 年 3 月に刊行された報告書に、昭和 47 年現在の調査結果が掲載されており、さらに実験生物の分野では、文部省が監修して日本学術振興会から発行された「国立大学等における系統保存の現状」(昭和 53 年)が公刊図書として著名である。

その後、昭和 57 年 12 月にバイオサイエンス議員懇談会が行った「バイオサイエンス推進のための生物資源確保に対する提言」の付属資料にまとめられたものや、昭和 59 年 6 月に提出された”諮問「遺伝子資源としての生物の確保方策について」に対する答申”の付属資料にも、植物、動物、微生物について、保存機関と保存数等がまとめられているが、後者は調査した時期は新しいが、収録した機関の範囲が狭く、事例的な調査結果といった性格になっている。

最近の保存状況の調査の傾向としては、その利用目的あるいは行政区分に応じた分野ごと、例えば実験生物、育種材料、薬用植物、材木、植物研究素材などについて、より詳細な情報を伴ったとりまとめが行われるようになってきている。すなわち、実験生物では、国立遺伝学研究所の遺伝実験生物保存研究センターが中心になってとりまとめている「国・公・私立大学等における実験生物系統」(昭和 60 年 9 月改訂)や、筑波大学農林技術センターによる「全国大学作物遺伝資源保存目録」(昭和 55、56 年)などがあり、林木における全国の大学演習林等を対象とした調査や、植物園を対象とした保存実態調査なども実施されているようである。

農林水産生物を対象とした遺伝・育種研究材料の分野では、農林水産遺伝バンクが中心となり、農林水産省の関係機関だけでなく都道府県の研究機関を含めて、遺伝資源情報のデータベース化促進事業を推進して、情報収集を図っているし(昭和 62、63 年)、科学技術庁では資源生物保存方策策定調査の一環として

「植物遺伝子資源情報整備検討事業」を推進し、その中で全国の植物遺伝子資源関係の機関を対象に、保存状況と情報の整備状況に関する調査を行い、そのとりまとめを農林水産技術情報協会に委託して、「植物遺伝子資源情報システムに関する調査－保存機関の実態等に関する調査－」の報告書を作成している(昭和63年3月)。

以上のほか、最近出版された「植物遺伝資源集成」(平成元年5月)や、「資源ハンドブック」(平成元年9月)にも、我が国の植物遺伝資源の保存状態について詳しい記載があるので、それらも参考にして保存種や保存点数、保存形態、保存方法と保存施設などについて概説する。

<2> 保存種と保存点数の概要

ア. 植物

植物で最も古いデータは、国際生物事業計画(IBP)に参加した研究班の報告書で、昭和47年現在の調査結果が掲載されているが、そこで対象となった機関は、大学等37、国立研究機関28、公立研究機関33、及び民間企業6の合計104機関で、その保存総数は148科499属、82,337点となっている。

昭和50年3月の理化学研究所による系統保存システムの調査研究報告では、代表的な23の保存機関について、保存数、保存施設、予算・人員等に関する調査を行い、各機関における保存目的、保存系統の特徴、重要視している系統生物などを表示しているが、保存点数の詳細な集計を行わず、総計で十数万点に達すると記載されている。

昭和57年12月の生物資源確保に関する提言の付属資料では、イネ・ムギなどの農作物が146,544品種・系統、樹木8,571品種・系統、薬用植物2,502品種・系統、その他の植物403系統、及び海草類46系統で、合計では158,066品種・系統となっており、我が国の保存点数が先進諸外国に比較して劣っていることを強調している。

実験生物系統を対象に調査した国立遺伝学研究所のデータ(昭和60年9月改訂版)では、国立大学102で88,989系統、公立大学9で1,599系統、私立大学では13で2,380系統、及び法人機関1で266系統で、その合計は125機関93,234系統となっている。また、筑波大学における作物遺伝資源保有目録では、雑穀類9種1,139系統、豆類7種5,194系統、工芸作物26種1,876系統、飼料作物16種426系統、そ菜24種1,212系統、果樹51種1,715系統、花き・花木4,809系統(推定百数十種)の、総計200余種、延べ16,371系統であるとしている。植物遺伝資源集成には、国立大学等における植物遺伝資源の保存状況について、主穀類、雑穀類、マメ・イモ類、工芸作物、野菜、花き・花木類、果樹、薬用植物等について、作物別、保存大学別の保存点数の詳細が示されており、前期の2つの資料を基礎データとして、その後の推移を加味し修正してある。なお、これの詳細については大勢が同じであるのでここは省略する。

資源ハンドブックに記載されたデータは、昭和62年2月現在で我が国が保存する作物遺伝資源についてまとめたもので、稲類47,680、麦類57,297、いも類8,275、豆類22,269、雑穀類9,320、野菜18,631、果樹18,112、工芸作物15,071、牧草・飼料作物35,889、花き・花木類23,703、薬用植物2,564、きのこ類1,240、その他の24,883で、その合計は284,934となっている。なお、この集計には農林水産省が保存する林木は、その他の分類に含まれているが、大学等の演習林の林木、植物園等が保有する植物、及び民間企業の作物や薬草など

は含まれていない。

昭和 62 年に実施された科学技術庁の保存機関の実態等に関する調査は、比較的対象範囲を広くとって保存状況を把握しようとしたもので、その結果は最近の実状をかなり反映しているものと思われる。調査対象機関は 1,033(大学 317、公立研究機関 428、国立研究機関 22、植物園 75、民間企業 191)で、255 の無回答機関を除き、788 機関の回答が得られ、そのうち有効回答機関 499 について集計したものである。植物の種類群別の合計は、食用作物 151,329、工芸作物 11,891、茶・桑類 9,838、飼肥料作物 34,141、果樹 20,240、野菜 54,669、花き 13,266、花木・緑化植物 19,141、薬用植物 275、林木 39,146、その他の実験植物 14,188 となっており、その総計は 368,124 である。但しこの中には、演習林、植物園、薬用植物園、民間企業の研究所などの一部が集計に含まれておらず、実際の保存点数はこれより増えるものと思われる。

以上我が国における植物遺伝子資源の保存状況の推移を概観してきたが、それによると一見急速に増加しているかのように見えるが、これは主として調査範囲の拡大に伴うものであって、個々の機関における推移を正確に反映しているものではない。しかし、例として農林水産省農業生物資源研究所における種子による保存点数によって、最近の保存点数の推移を追ってみると、昭和 58 年から 63 年までの経過は、34,025、35,793、38,090、42,791、47,981、54,175 と年々増加している状況が明らかである。

もちろん、全国の関係機関が同じような傾向でその保存点数を増やしているとは考えられないが、種々の施策の効果もあり、年とともに増えつつあるのは確かであろう。

イ. 動物

我が国の実験動物の現状や生産・供給についての実態調査報告が、昭和 48 年及び 50 年に公表されているが、ライフサイエンス研究推進の立場から組織的に調査が行われたのは、実験動物中央研究所による保存システム調査研究が最初である。報告書は昭和 50 年 7 月に公表されているが、それによると最初 415 機関を対象に予備調査を行い、その結果に基づいて、種又は系統の保存を目的として動物の維持・繁殖を行っている 243 機関を対象に本調査を実施し、222 機関の回答を得て結果のとりまとめを行っている。

調査結果は、維持保存されている動物種を哺乳類(げっ歯類とその他の哺乳類に細分)、鳥類、両生類・魚類、無脊椎動物に大別して、動物ごとの維持機関数をまとめ、系統の明らかなものについては系統ごとの維持機関数を表示している。ここでは動物ごとの保存機関数(系統数)で示してみる。ウマ;2、ウシ;4、ヒツジ;3、ヤギ;3(2)、ブタ;4(4)、イヌ;17(2)、ネコ;6(3)、ウサギ;31(12)、フェレット;3、サル;10、マウス;119(311)、ラット;89(27)、ハムスター;38(4)、モルモット;19、ネズミ類;10、マストミス;4、その他のげっ歯類(19種);8、ニワトリ;9(9)、ウズラ;6(12)、ガチョウ;1、カエル類;13、イモリ;2、メダカ;3、キンギョ;1、フナ;2、コイ;2、アユ;1、エビ類;2、カキ類;1、イソギンチャク;1、クラゲ;1、その他の水生動物;4、ショウジョウバエ;6、カイコ;1、カ類;1、アブラムシ類;1、その他の昆虫;2、寄生虫類;1、原生動物類;3、などとなっている。

昭和 57 年の提言の付属資料では、哺乳類を家畜と実験動物に大別し、前者ではウシが 7 品種 1,860 頭、ウマが 4 品種 140 頭、ブタが 4 品種 650 頭、ヤギが 2 品種 104 頭、ヒツジが 2 品種 550 頭、ウサギが 2 品種 120 羽と 2 系統で、後者の実験動物ではサルが 6 品種・系統 2,200 頭、イヌ 1 系統、モルモット 22 系統、マウス 434 系統、ラット 62 系統、ハムスター 3 系統、その他の実験動物 49 系統、鳥類ではニワトリ 116 品種・系統、ウズラ 25 系統、両生類のカエルが 100 系統、魚類ではサケ科 30 系統、メダカ科 49 系統、コイ科 17 系統、その他の

魚類 10 系統、昆虫ではカイコ 1,172 系統、ショウジョウバエ 1,918 系統、ミツバチ 2 品種、ゴキブリ 2 種 1,500 匹、ハエ・カ類 123 系統、その他の害虫類 8 種 31,100 匹、貝類 28 系統、その他のアルデミア 1 系統、寄生虫類 8 種、などである。

また国立遺伝子研究所の大学等における実験生物系統の調査によれば、関係機関 336 の合計で、哺乳類ではウマ、ブタ、ヤギ、ヒツジが各 1 系統、ウサギが 17 系統、イヌが 7 系統、げっ歯類では、マウス 1,097 系統、ラット 245 系統、ハムスター 58 系統、モルモット 25 系統、ネズミ類 66 系統、マストミス 2 系統、その他のげっ歯類 33 系統、鳥類ではニワトリ 68 系統、ウズラ 57 系統、アヒル 25 系統、カルガモ 1 系統、両生類ではカエル 1,012 系統、サンショウウオ 6 系統、魚類ではメダカ 95 系統、その他のコイ類 19 系統、貝類ではホヤ 6 系統、カキ 4 系統、タニシ等 9 系統、その他の水生動物でヒドラ 267 系統、昆虫類ではショウジョウバエ 2,619 系統、ハエ 104 系統、カ 54 系統、カイコ 716 系統、アリ 4 系統、その他の昆虫類 30 系統、その他の線虫類 5 系統、原生動物 185 系統、寄生虫類 1 系統、などである。

ウ. 微生物

昭和 50 年の系統保存システム調査研究の結果では、非病原微生物を保存する 15 機関の合計で、細菌 4,776、かび 11,362、酵母 7,219、放線菌 1,613、ファージ 24、病原微生物では 16 機関の合計で、細菌約 60,000、真菌 887、放線菌 110、ウイルス 214、ファージ 1,036、原虫 4、藻類では 16 機関の合計で、藍藻類 186、ミドリムシ 39、灰色藻類 43、炎色藻類 6、褐藻類 22、紅藻類 55、緑藻類・車軸藻類 507、鞭毛藻類 22、などである。

昭和 57 年の提言の付属資料では、非病原微生物では、微小動物 932 系統、微小植物 1,670 系統、きのこ類 1,305 株、酵母 11,157 株、カビ 14,405 株、細菌 51,536 株、放線菌 5,281 株、ウイルス・ファージ 10,888 株、病原微生物では、カビ 4,472 株、細菌 53,710 株、放線菌 107 株、ウイルス・ファージ 861 株、などとなっている。

日本微生物株保存連盟の昭和 63 年度の調査によれば、同連盟に所属する 24 機関のうち 19 機関の合計で、糸状菌 14,722 株、酵母 11,905 株、放線菌 4,243 株、細菌 90,789 株、ウイルス 481 株、微細藻類 1,011、原生動物 6、原虫 21 で、なおこの中には農林水産省の分は含まれていない。

なお、国立遺伝学研究所の実験生物系統調査では、全国の大学等 318 機関が保存する各種微生物の総計は 204,838 株と報告されている。

また、保存機関をみると、理化学研究所微生物系統保存施設における微生物株の登録数は年々増加(毎年 600~1,000 株)してきており、昭和 62 年度末の登録株数は 6,138 株(細菌 2,809 株、放線菌 1,545 株、酵母 1,203 株、糸状菌 581 株)である。さらに、農林水産省のジーンバンクの微生物株保存点数を、昭和 60 年度と 63 年度を並記してみると、細菌・放線菌は 886 と 15,165、糸状菌・酵母は 720 と 13,252、ウイルス・ファージは 60 と 1,209、その他 8 と 1,887 で、その合計は 1,674 と 31,513 となっていて、最近における保存点数の急増の傾向が明らかである。

エ. その他

その他としてここでは触れなかったが、最近ではバイオテクノロジー等の進歩によって、遺伝子資源の保存を花粉、胚珠、精子、受精卵などの生殖細胞や、培養組織、培養細胞、もしくは遺伝子レベルの DNA で行うことが実用化しつつあって、既に事業的に行っている機関もある。

<3> 保存の形態と保存方法

遺伝子資源の保存は、生態系の維持による集団としての保存から、個体、種子、器官・組織、生殖細胞、培養組織・細胞、DNA・RNA まで、対象とする生物の特徴に応じた形態と方法で行われている。

植物では、林木や近縁の野生植物などで、個体群としてその遺伝的組成を維持保存するために、保護地区や指定地域を設けて種の保存を行う場合がある。この場合対象とする植物だけでなく、それらが生えている生態系の維持も重要で、それを破壊するような環境要因の変化は可能な限り避けるようにする必要があり、植物の遺伝的・生態的变化は自然環境の働きに任される。

永年生の木本植物などでは、個体を園や圃場に栽植して維持する。植物園や薬草園、林木や花木の樹木園などでは、圃場で栽培する果樹や茶、桑などに比べて、その管理は粗放ではあるが、人為的な制御条件下に置かれることになる。この場合には人為的な保護や選択によって、遺伝的な制御が加えられることもある。草本性の栄養繁殖植物では、圃場への栽植と、次代の繁殖に必要な根や茎など植物体の一部を人為的な制御環境下で保存する方法とが交互に繰り返されるが後者の方法の改良によって寿命を人為的に維持する期間を延長し、圃場への栽植をできるだけ省略する方法が工夫されている。

植物の種子は、自然条件下でも種族の保存と繁栄のために、生命を維持しそれを拡散させるのに大きな役割を持っているが、遺伝子資源の保存の立場から見ても重要な形態であって、個体に比べて形も小さく、生命の維持に都合よく周囲の状況の変化に耐える特製を持っている。多くの植物種子は、乾燥低温でその寿命をのばすことができることから、現在では種子による遺伝子資源の保存が急速に発展している。そのために低温低湿の種子貯蔵庫が世界の主要国で建設され、大量の植物種子を、長期間安定してその活力を維持する事が可能になっている。しかし一部の植物種子、特に水生植物とか熱帯地域の植物では、その種子が乾燥に耐えられないことから、現在はその長期保存が困難なものもあって、この種の種子の長期貯蔵技術の開発が急務とされている。

木本性植物でも、穂木や根の一部を低温で保存することが可能なものもあって、果樹や桑、茶、林木、花木などで遺伝子資源の保存に応用されている。また最近では、培養によって微小植物を保存することも可能になり、茎頂や茎、葉の一部を試験管の中で培養し、適当に植え継ぎして長期に維持することが可能になっているものもある。

花粉では、真空乾燥と低温密封条件によって長期保存が可能なものもあり、遺伝的に安定で、かつ輸送性のよい省資源的な保存方法として、果樹等で実用化している。

このほか、最近では培養技術の進歩発展によって、脱分化したカルスや培養組織・細胞などによる保存や、DNA 断片の凍結保存も可能になっている。動物でも植物と同様に、個体群から個体、生殖細胞、培養細胞、DNA レベルでの遺伝子資源保存が行われているが、特に動物では精子、受精卵等の凍結保存が実用化の段階に達し、さらに一部では樹立株による培養細胞や、DNA レベルでの保存も実施されるようになっている。

微生物では、保存の対象となる生物が極めて微小であるので、植物や動物のような保存形態による差異はあまり問題にならないが、対象となる種類が極めて多いので、保存方法も各々の種に適した方法が開発されている。保存対象の微生物は多くの場合、単離された株として保存されるが、時には細胞レベル、ウイルス粒子、

プラスミド、DNA、RNA など、利用目的に応じたレベルでの保存も行われている。

(2) 保存技術

<1> 保存技術開発の意義

遺伝子資源保存の目的は、生物種が持つ遺伝子の組成をできるだけ偏倚させないで、長期安定的に維持すると共に、必要な時には何時でも目的の遺伝子を有効に利活用できるようににすることである。それを可能にするためには保存技術の開発が不可欠で、生物の形質を支配する遺伝子は DNA を構成する塩基配列によってその情報が発現され、それは主として生きた生物によって保持伝達されるので、生物種の保存技術の開発の目的は、如何にして生物の生命を維持し続けるかが根本命題となる。

<2> 植物遺伝子資源の保存技術

林木や野生植物などを個体群として自然生態系の中で維持保全しようとする場合には、一定地域を指定して保護区とし、それを維持管理する方法が採られる。この場合には、当該地域の生態系を如何にして保持するか、生態学的な観察や、それらに関する環境要因の調査は行われるが、それを改善するための積極的な働きかけが目的ではなく、むしろ現状を維持するための保護が主体であって、技術的な関与の余地はあまり多くない。

永年生の植物を個体として維持するものには、薬草園、植物園、樹木園、など、比較的粗放な管理の下で栽植するものと、果樹、桑、茶、など、栽培化されているものを圃場に栽植し、施肥や病虫害防除などの肥培管理下で維持するものがあり、後者では通常の栽培技術のほか、わい化・密植・鉢植えなどの特殊な栽培技術が必要な場合もある。このような特殊の栽培技術は、個体の栽植では大面積と多大な労力・資材を必要とすることから、それらの節減を図ろうとするもので、省力・省資源のための技術開発が主体となる。

一年生の栄養繁殖植物では、増殖のための圃場栽培と継代のための栄養器官の一部貯蔵を繰り返すが、人為的な制御環境下での貯蔵期間を如何にして長くするかが保存技術開発の要点で、基本的には低温と適度の湿気が生命維持の必要条件となる。

種子繁殖植物の最も普遍的な保存方法は、乾燥種子の低温低湿条件下での保存で、多くの植物ではこの条件で長期貯蔵が可能になっている。技術開発の要点は、活力の高い種子の採取、乾燥方法、貯蔵条件(温度、湿度、容器、封入方法、ガス置換など)等々、種子の活力喪失に影響する諸要因とその機作の解明で、それらを有機的に組み合わせた種子の活性維持に適した貯蔵の設定が目標になる。これら諸条件の効果は、植物の種だけでなく種内の品種によっても異なることが知られており、種子の理想的な貯蔵条件は、厳密には種や品種ごとに異なっている。また貯蔵中の植物の遺伝子組成の変化を最小限に抑えることも重要な技術開発要素で、遺伝子型による寿命の差異と貯蔵条件に対する反応の差異は、ともに貯蔵種子集団の遺伝子組成の偏倚に大きく影響するし、突然変異率の増大傾向も無視できないで、技術的な解明と対策の確立が必要である。最近では、低温生物学の発展によって、植物でも超低温による凍結保存の可能性がでてきて、極く長

期でかつ遺伝的にも安定した種子貯蔵技術の実用化の展望も開けつつある。

なお、種子の寿命に関する研究の進展によって、貯蔵条件に対する種子の寿命の予測も可能に成りつつあるが、貯蔵種子の個々のロットの活力は千差万別で、発芽試験や活力検定によって直接確認するほかないので、そのための技術開発も重要である。

植物では一部の組織や器官から容易に個体を再生する全能性を持っているので、器官や組織の一部を成長を抑制しながら保存する方法が実用化している。永年生木本植物では、穂木や根の低温保存が可能で、果樹、桑、茶及び林木の一部で採用され、遺伝的にも安定で、省スペース、省力の方法として技術的にも確立している。その他茎頂組織の超低温保存が、イチゴ、カーネーション、パレイショ、キャッサバなどで行われ、果樹、桑、茶などの木本性植物では、茎頂組織を常温で培養しその植え継ぎ保存も行われている。またカンショやパレイショなどの栄養繁殖植物では、微小植物体の試験管内保存が実用化していて、培地や光、温度条件などの調整によって、成長を抑制して植え継ぎ期間を長くし、省力や省スペースだけでなく、輸送性や防疫の点からも有効な手段となっている。

植物の生殖細胞である花粉や胚芽などの真空乾燥保存や低温密封貯蔵なども果樹などで試みられ、開花期のずれや地理的な隔壁を克服して利用できる遺伝子資源の保存技術として、その実用化が高く評価されている。このほか細胞レベルで保存する技術としては、増殖能力のあるカルスを低温保存するもの、細胞塊を継代培養によって維持するものなど、最近のバイオテクノロジーの発展に伴う培養技術が広く応用され、さらにプロトプラスト化した単細胞の超低温保存も試みられている。しかし、カルスやプロトプラストの場合には、何時でも容易に再分化

個体が得られることが前提条件となるし、遺伝的な安定性については継代培養も含めて問題点が残されて、技術的な検討が必要である。

また、遺伝子操作技術の応用として、DNA や RNA レベルでの遺伝子の凍結保存が検討され、実用化の可能性が確認されつつある。これらの技術開発は、DNA ライブラリー等による文字どおりの遺伝子銀行の運営を現実のものとする可能性を示唆するもので、遺伝子の構造解析技術や特定の塩基配列をもつ DNA 断片の調整技術などの確立と相まって、将来の遺伝子資源保存技術に大きな役割を果たすものと期待される。

<3> 動物遺伝子資源の保存方法

動物の場合にも個体群のレベルから DNA のレベルまで、各種の保存形態があり、各々のレベルで必要な保存技術は異なる。一般の野生動物や一部の魚介類を個体群として自然生態系の中で保存するには、保護区を設けたり野外放飼や放流によって、集団としての遺伝的特性を維持しながら資源の保全を図っているが、環境的にも遺伝的にも積極的な人為制御は困難である。しかし、動物の自然環境下での生存には、一定の広さの生活圏の確保とか集団を維持するためには必要な個体数の限界など、保存の目的を達成するのに必要な最低条件の充足が不可欠であるので、解明すべき問題点も多く残されている。

家畜、家禽、一部の魚介類、あるいは実験材料としての昆虫や小動物等では、飼育、養殖など人為的な環境下での保存と、交配や染色体操作などによる遺伝的な制御が可能になっているものがあるが、各々の種ごとに必要な技術開発の要点は異なっている。飼育や養殖管理のためには施設、労力、経費を多く必要とし、さら

に対象動物ごとに繁殖や飼育の技術を確立する必要があり、遺伝的な特性の維持のためには計画的な交配や選択等を行う必要があつて、そのための理論的根拠の解明や具体的な操作上の技術開発など、緊急に解決しなければならない問題点も多い。

家畜や魚類等の繁殖を効率的に行い、さらに遺伝的な制御も加えて生産性の高い動物を得る目的で、精子(精液)の保存と人工授精、あるいは受精卵の保存、分割、移植等が広く行われるようになっているが、その家庭で重要な技術要素と

なっている生殖細胞の冷凍保存は、遺伝子資源の保存技術としても有用なものとして活用されている。

精子の冷凍保存技術は、最初牛で開発され、現在では豚、山羊、ニワトリなどから、マダイ、ヒラメなどの一部魚類でも成功してゐる。受精卵の冷凍保存も牛、豚などで成功例が報告され、牛では受精卵の供給事業も実際の家畜繁殖手段として実用化の目途がつき、遺伝子資源の保存技術としても期待されている。また、これらの技術は実験動物であるマウスやラットでも試みられ、確立した系の保存や増殖などで応用されている。

最近では組織や細胞の培養による保存技術も確立しつつあつて、ヒトの細胞を始め各種の動物で、分離細胞の継代培養や樹立株の凍結保存が可能になっているが、動物の場合は植物と異なり、一般に個体の再生が困難であることから、応用の場面は限られている。しかし、遺伝質である核や細胞質の DNA を個体が保持している生物種のレベルで維持できる点は、DNA 断片の場合よりも応用範囲が広く、細胞バンク事業としてルーチン化に必要な技術開発が進められている。培養中の組織や細胞の変異の問題は、植物の場合と同様に重要で、遺伝的に安定した培養技術の開発や冷凍保存による遺伝的安定性の確保が、重要課題として検討されている。

DNA 断片の冷凍保存は、特定の遺伝子を安定的に長期間維持できるので、遺伝子操作技術の進歩とともに、遺伝子資源の保存への応用場面はますます拡大することが期待されているが、現在では特定の遺伝子の DNA 断片の調整が必ずしも容易ではないので、研究開発が進んでいる一部の特殊な遺伝子(例えばガン遺伝子)などに限定されており、物質の生産に直接関与する実用形質の遺伝子の保存は、今後の研究開発をもたねばならない。

<4> 微生物遺伝子資源の保存方法

微生物の持つ変異の多様性は、特にバイオテクノロジーの発展によって、微生物それ自身の利用が活発化するとともに、それらの遺伝子を高等生物である動物や植物でも利用できる可能性がでてきて、遺伝子資源としての重要性は一段と高まっており、その保存も活性化し急速に進展している。

微生物の保存は、植物や動物とは異なり多数の菌体の集合体である菌株として保存され、株としての特性を維持することが重要な目標になる。それは株を構成する個々の菌体が必ずしも遺伝的に均一ではないし、さらに環境条件によって容易に変異する特徴を持っているので、株としての特性を長期に保存するためには、高度の専門的知識が必要となる。このような背景から微生物の保存法の研究は近年著しく進展し、凍結保存法のほか超低温凍結法等の新しい保存法の開発も進み、多くの微生物の長期保存が可能になり、カルチャーコレクションとして遺伝子資源微生物の保存機関の設置運営が、世界的規模で実現しつつある。しかし、他方では放線菌、糸状菌、原生動物、マイコプラズマ、ウィルス、海洋微細藻類などの一部には、長期保存の困難な

ものがあつたり、保存可能なものでもその性質を安定的に維持することが困難なものや、保存中の生存率の低下が甚だしいものもあつて、技術的に未解決の問題も多く残されている。

微生物の保存方法は含まれる種の多様性もあつて、種々の方法が開発されているが、それらを大きく分けると、継代培養、流動パラフィン重層、軟寒天、懸液、宿主、乾燥、凍結などの方法となる。乾燥保存法の中には、凍結乾燥法、L-乾燥保存法、ゼラチン・ディスク乾燥保存法、ディスク・イン・バッグ法、シリカゲル乾燥法、磁器ビーズ保存法、ペーパー・ディスク保存法、土壌保存法、などの変法があり、凍結保存法の中にも液体窒素保存法、冷凍庫保存法、及びその他の冷凍保存法などの小区分がある。このような実態は、保存の対象となる微生物郡の中に、糸状菌(孢子、菌糸)酵母、細菌、放線菌、微細藻類、原虫、バクテリオファージ、ウィルスなど、極めて広範囲のものを含み、さらに郡内にも多数の分類単位を含むという実状を反映したもので、保存法の選択に当たっては、微生物の種類、保存法の特徴(長所、短所)、研究・実験目的、利用できる施設、装置、人手などを考慮する必要がある。

微生物の保存の分野でも、細菌の低温生物学の発展の成果を利用した、超低温による菌株保存技術が広く適用できることが確認されつつあつて、安定した長期保存技術として積極的に採用される傾向にあることは前述したが、プロトプラスト化した糸状菌の保存でも、液体窒素による冷凍保存が試みられている。

また、プラスミドなどの細胞内小器官やウィルス粒子などの継代培養、凍結保存、低温保存、及び DNA や RAN 断片の凍結保存や低温なども試みられ、微生物遺伝子資源の保存方法も動物や植物の場合と同様に、極めて多様化しつつあるのが現状である。

2. 遺伝子資源の利用

(1) 遺伝子資源の利用状況

遺伝子資源の利用の場面は、生物を遺伝子資源として収集し保存する目的と表裏の関係にあるが、当面主として利用の対象となるものは、科学技術の基礎研究に必須のもの、産業上あるいは環境保全等で利用価値の高いもの、潜在的な利用価値が期待されるもの、などである。しかし、このほか滅失の恐れのあるもの、我が国に特有のものあるいは独自に開発されたもの、過去に利用されたもの、希少価値のあるもの、なども保存の対象になっているが、これらのものは、利用上の観点よりもむしろ文化的な遺産として、維持継承することに主眼がおかれているもので、保存の立場からは重要なものであるが、一部を除いて利用の頻度はあまり高くない。

科学技術の基礎研究上重要な遺伝子資源は、通常実験生物と呼ばれ、主として基礎生物分野を担当している大学やその附属研究施設等で保存され利用されている。この中には、ライフサイエンスの基礎として、生物の生命現象を分子レベルで解明しようとする分野、それらの成果を利用して生物の改良技術を確立しようとするバイオテクノロジー開発分野、及び伝統的な生物学の学問体系より一層発展させるための基礎生物学研究分野などがある。そして最近では、分子生物学の急速な発展に伴って、遺伝、発生・分化、細胞増殖・形態形成、成長、生殖、老化などや、免疫機能、脳・神経機能などの基本的な生命現象を、遺伝子の形質発現過程として分子レベルで解明したり、さらに遺伝情報を操作する技術の開発に研究の重点が移行する傾向が強くなり、そのような研究に好都合な実験生物の開発利用が盛んになりつつある。

このような観点から、過去の遺伝学研究で大きな役割を果たしたショウジョウバエ等を始め、最近の分子生物学の発展に伴って重要視されるようになった、線虫、シロイヌナズナなどが、従来からの遺伝学や細胞学等の研究成果を土台にして、生命現象を分子レベルで解明するのに好都合な遺伝子資源として重視されるようになってきている。また、遺伝子操作技術の開発で大きな役割を果たした大腸菌や枯草菌、アグロバクテリウムなどや、細胞融合技術の開発に利用された微生物や培養動物細胞なども重要であるが、最近では微生物だけでなく、高等生物である動物や植物でも形質転換体が得られるようになったので、分子生物学的な基礎研究の分野で利用される実験生物の範囲は急速に広がりつつある。

人間の生命維持に直接かかわり合いを持つ保健医療関連分野でも、実験生物の果たす役割は極めて大きい。遺伝病やガン、その他各種の疾病の発生、免疫、老化等のメカニズムを分子レベルで解明し、その成果を新しい予防法、診断法及び治療法に応用するためには、ヒトへの外挿を前提とした各種実験生物での実証研究が必要になってくる。この場合には、ヒトの生命に及ぼす物理化学的、あるいは生物学的な外的要因の影響を、実験動物等によって代替して究明する場面と、医薬、診断薬等の開発に当たって、その効果や化学物質の安全性の評価のために、実験生物を利用する場面とがある。この分野で大きな貢献している実験生物は、霊長類のサルなどを始め、マウス、ラット、モルモット、ウサギ、イヌ、ネコ、ハムスターなどである。

産業上の利用場面は、直接人間生活に必要な資源の生産に関わる分野であるので、遺伝子資源の利用の立場からは量的にも質的にも重要な領域である。その中で人類の生存に取って基本的な要素である食料関連分野では、各種病虫害抵抗性、不良環境耐性、高光合成機能、高収量性等、画期的な特性を備えた農・園芸

作物、家畜、魚類藻類、薬用植物、林木、有用昆虫、有用微生物などの育種素材、及びその基礎となる遺伝育種研究素材としての利用などがある。育種は広義には野生のものを栽培化することも含まれるので、地球上に存在するすべての生物を遺伝子資源と見ることもできるが、保存能力にも限界があるので、遺伝子資源として保存するには一定の選択の基準が必要となり、その範囲内のものが利用されることになる。

資源・エネルギー関連分野では、バイオマス資源からのエネルギー生産や、生物を利用した太陽エネルギーの変換などがあるが、この分野での遺伝子資源の利用は、保存中のものの再評価もあるが、積極的な探索収集と新しい観点からの評価が中心になる。また、化学工業関連分野では、主として微生物を利用した医薬品、診断試薬、酵素等の化学製品の開発と生産のための有用微生物の選択と利用、及びバイオテクノロジーによる機能の開発と改良が中心となる。発酵工業における各種微生物の利用、バイオリアクターにおける酵素・微生物の利用、及びそれらの生産性の効率向上のための改良分野でも重要な遺伝子資源の利用場面がある。さらに最近では、培養細胞による物質生産や組織培養によつて種苗生産なども行われるようになって、遺伝子資源の利用範囲が多様化し、利用目的に応じた種や系統の選択が事業成功への鍵となっている。

環境保全関連分野では、地球的規模では森林や緑地の保全による大気組成の保持があるが、人間の生活圏においても、多量の有機物、窒素、リン等を含む富栄養排水や、難分解物質、有害重金属類、有害ガス等の浄化又は無害化のための生物の活用、残留農薬等による汚染土壌の改良のための微生物の利用と開発、さらに好適環境を積極的に維持・増進するための花木、緑化植物の利用など、遺伝子資源の利用に依存する場面もかなり多い。

(2) 遺伝子資源の配布

保存状況の項でも触れたように、我が国において遺伝子資源を保存し提供する機関は、主として各省庁や大学等に所属し、生物種、保存の重要性、利用目的、あるいは行政区分によって、独自にその事業が運営されている。

文部省では、国立大学等における系統保存事業のための予算を、昭和 27 年度から計上して施設や体制の整備を進め、昭和 62 年現在での動物 26、植物 23、微生物 21、動物細胞株 7 の合計 77 カ所の機関が、この事業費によって特定の生物種又は複数の生物種を実験生物として維持管理している。各機関は伝統的な研究蓄積や地球的な規模の探索収集によって、特色のあるセンターとなっているものも少なくなく、当該分野で世界的に著名なコレクションとして、高い評価を受けているものもいくつかある。

また、国立遺伝学研究所の遺伝実験生物保存研究センターは、同所の遺伝情報研究センターとともに、各大学の共同利用施設として、動物、植物、微生物に関する総合的な実験生物の系統維持と研究開発を担当し、昭和 60 年からその活動を開始している。また、このような制度上の系統保存事業としての予算的な借置がない場合でも、大学の植物園、薬草園、演習林、農場、講座、又は研究室で、独自に実験生物の保存を行っているところが多数あって、自らの研究の素材として活用するとともに、大部分は研究者の要請に応じて実験材料の提供を行っている。

科学技術庁では、昭和 56 年に理化学研究所に微生物系統保存施設を設置して、微生物の保存と配布及び情報システムの開発整備事業を開始し、また昭和 61 年には細胞・遺伝子保存施設を開発して、ライフサイ

エンス研究の基礎整備の一環として、細胞・遺伝子材料の収集、保存、提供事業を推進している。

厚生省では、国立衛生試験所薬用植物栽培試験場において、薬用植物の保存提供事業を、国立予防衛生研究所の医用霊長類センターにおいて、実験動物の保存提供事業を行っている。また最近では、細胞バンク(国立衛生試験所)と遺伝子バンク(国立予防衛生研究所)を設置して、リサーチ・リソースバンク構想の下に、細胞・遺伝子レベルでの遺伝子資源の保存、提供事業を推進しつつある。

農林水産省では、古くから作物や家畜の改良に責任を持ち、農林業や園芸、畜産のために新品種を育成して提供するという立場から、育種素材としての遺伝資源の保存に力を注いできたので、技術的な面でも生物の種類や数の点でも、極めて多くの蓄積を持っている。このような成果を基礎に、昭和 60 年から総合的な農林水産生物に関するジーンバンク事業を発足させて、動物(家畜)、作物、微生物、林木、水産生物などの保存、評価、開発、提供などを積極的に推進している。その中で保存生物系統の分譲に関しては、保存目録を発行したり配布規定を設けて、一般からの要請に応じて配布する体制が確立している。

通商産業省の微生物工業技術研究所は、「特許微生物寄託センター」として、国際的な寄託機関の役割も兼ねて特許微生物の保管、分譲に当たっている。また、環境庁の国立公害研究所では微生物保存施設を設置して、主に藻類の保存提供を行っている。

このほか微生物専門の機関として、国税庁の醸造試験場や民間の財団法人発酵研究所の培養細胞施設でも、微生物の保存提供事業を行っている。

以上述べたほか、公立の機関や一部私立の研究所、民間企業の研究初等でも、遺伝子資源の保存を行っているところで分譲に応じるところもあるが、その数はあまり多くない。

(3) 遺伝子資源配布の実態

バイオテクノロジー研究開発の隆盛に伴って、最近では遺伝子資源に対する関

心も急速に高まっており、保存機関への各種の問い合わせや、配布依頼の数が増加の傾向にある。

昭和 63 年度に科学技術庁が行った、植物遺伝子資源の保存機関に対する調査によると、情報整備関係の有効回答機関数 460 のうち、各種問い合わせのあった機関数の割合は、保存植物の提供・配布に関する照会で 668.0%、保存状況で 52.4%、植物の特長や分類で 40.4%、利用方法等で 34.3%、パスポートデータ等で 14.1%、その他で 19.9%となっており、保存植物の利用を目的とした照会が多く保存機関に寄せられている実態が明らかに示されている。前述の数字は問い合わせの頻度を込みにしたものであるが、提供・配布に関する照会をその頻度別に分けてみると、年に数回程度が 72.4%、月平均 5 回以上が 21.8%、6~10 回が 4.8%、11 回以上が 1.0%となり、かなりの頻度でこのような照会を受けている機関があることがわかる。マウスやラット、モルモット、ウサギなどの実験動物は、年間十万以上数百万のオーダーで使用されているという統計もあるし、その他の実験動物もかなり大量に利用されていることは間違いないが、それらの詳細は不明である。また、微生物や植物でも実際に利用されている遺伝子資源の数に関する統計資料も見あたらないので、以下には例示的に 2~3 の機関から公表されている資料を引用して、配布の実態の一部を示すことにする。

理化学研究所の微生物系統保存施設では 2 年間の試験分譲期間を経て、昭和 61 年度より本格的に分譲サービスを開始したが、分譲株数は加速度的に増加しており、昭和 62 年度の分譲実績は 1,709 株(国内 1,539

株、海外 170 株)となっている。

厚生省の薬用植物栽培試験場では、世界の 70 カ国以上と薬用植物種子の交換を行っているが、その配布の実績は、1980 年には 72 カ国 365 機関へ 1,726 点、1981 年には 74 カ国 370 機関へ 2,600 点、1982 年には 74 カ国 380 機関へ 2,900 点、1983 年には 76 カ国 395 機関へ 3,701 点、1984 年には 76 カ国 409 機関へ 3,711 点、1985 年には 76 カ国 410 機関へ 4,567 点、1986 年には 76 カ国 411 機関へ 3,720 点、となっており、前半の 3 カ年より後半の方がやや多くなっている。

農林水産省のジーンバンク事業における植物遺伝資源関係の配布実績は、1983 年が 122 件 4,308 点、1984 年が 175 件 6,773 点、1985 年が 330 件 6,510 点、1986 年が 282 件 7,141 点、1987 年が 331 件 12,138 点、1988 年が 239 件 5,745 点で、ここでも最近やや増加の傾向を示している。以上が配付点数の合計であるが、配付点数の最も多かった 1987 年について、配付先と配付植物の内訳を見てみると、配付先では、国立試験研究期間が 130 件 9,658 点(79.6%)、公立試験研究期間が 10 件 150 点(1.2%)、大学が 39 件 356 点(2.9%)、民間その他が 57 件 423(3.5%)、外国が 92 件 1,548 点(12.8%)で、最も配付の多い国立機関の中には農林水産省所属の研究機関も含まれている。また、植物の種類群別で見ると、稲類が 74 件 806 点(6.6%)、麦類 58 件 3,920 点(32.3%)、豆類 46 件 4,934 点(40.6%)、いも類 8 件 32 点(0.3%)、雑穀・特用作物類 18 件 415 点(3.4%)、牧草・飼料作物類 30 件 1,176 点(9.7%)、果樹類 5 件 9 点(0.1%)、野菜類 91 件 845 点(7.0%)、花木・緑化植物 1 件 1 点(0.0%)で、この年は豆類、麦類の配付点数が著しく多くなっている。

微生物では、日本微生物株保存連盟が昭和 63 年 10 月の会誌で、その会員機関を対象に配布実績をまとめたものがあるが、それでは一部無回答機関(6)を除いた 19 機関の合計で、国内に対しては 3,459 件、18,176 株、国外に対しては 275 件 1,084 株、合計 3,734 件 19,260 株となっている。

農林水産ジーンバンクの微生物センターでは、1987 年には 26 件 86 株、1988 年には 73 件 272 株となっているが、この数字は前記の連盟の数字には含まれていない。また、1988 年の配布先機関別の内訳では、国立試験研究機関 19 件 97 株、公立試験研究機関 14 件 18 株、大学 13 件 84 株、民間どなた 26 件 72 株、外国 1 件 1 株となっており、種類別では、細菌が 31 件 114 株、糸状菌が 25 件 135 株、植物ウイルスが 6 件 11 株、動物ウイルスが 9 件 10 株、原虫 2 件 2 株となっている。

(4) 遺伝子資源の情報管理

遺伝子資源の保存機関の主要業務のうちで最も重要なものは、「物」としての生物系統の管理とそれに附随する「情報」の管理で、物の受け入れや配布に際して必要かつ十分な情報が伴っていなければ、物の管理も満足にできないし、遺伝子資源の利用価値もあまり高いとは言えない。

遺伝子資源に必要な情報は、生物の分類を示す属名や種名、品種・系統名を最低限として、起源や来歴を明らかにするパスポートデータや、受け入れ、保存、増殖、配布など物の管理に必要な管理情報などが基本的なものである。次に重要なものは、分類の基礎となる生物学的データや、研究開発によって蓄積される遺伝・生理・生態学的なデータ、あるいは物理・化学・生化学的なデータなどで、科学技術の研究開発に利用する場合に必須の情報である。産業的な立場からは農林水産業、化学・発酵工業などで利用する場合の特性に関す

るデータも重要で、それらの生産物を利用する立場からは資源的価値(加工・利用など)に関するデータが必要である。さらに環境保全の立場からは自然環境の浄化機能に関するデータなども重要であるし、遺伝子資源の保存の目的を広げることによって、民族生物学的なデータ、すなわち遺伝子資源の文化的な評価に係わる情報も必要になってくる。

昭和 63 年度の科学技術庁による植物遺伝子資源の保存機関の実態調査では、回答のあつた 491 機関のうち、植物名又は品種名だけを記録するという機関が 39.3%で最も多く、以下農学的データが 16.3%、パスポートデータが 13.5%、遺伝・生理・生態学的データと物理・化学・生化学的データの合計が 11.2%、植物学的データが 8.1%などの割合で整備されつつあるとしている。しかし、この数値の中には一部未着手も含まれているので、植物遺伝子資源分野における情報整備は、あまり進んでいないというのが現状であろう。

また、これら情報の管理の状況を調べたものでは、保存台帳などによって整理するものが 29.3%と最も多く、ついで目録の作成が 23.3% (うち 11.8%は印刷公表)、簡単なメモ程度が 18.7%、カード類の利用が 8.6%となっていて、大部分は近代的な情報処理とはかけ離れた状況下に置かれている。最近ではコンピュータ利用も増えてきているが、それは今後の計画を入れても 13.2%で、そのうちデータベース化によって管理の合理化を図っているものは 5.2%に過ぎない。パソコンなどの急速な普及によって、この割合は急増することが期待されるが、情報化社会とか高度情報社会と言われるようになって久しいにも関わらず、遺伝子資源の情報管理の分野では意外と浸透していないという感は免れない。

遺伝子資源の情報管理のシステム化の目標は、個々の保存機関において情報を有効に活用するだけでなく、それを公開して広く一般の利用者に必要な情報を提供することであるが、現在では遺伝子資源情報を公共的な立場から組織的に扱っている機関や組織はなく、個々の機関が作成公表する目録や型録などの印刷メディアに依存している。しかし、一部では最近におけるコンピュータや通信機器の進歩と、情報処理技術の発達によって、データベースや通信ネットワークを前提とした、遺伝子資源情報管理システムのプロトタイプが開発されつつあり、その成果も顕著なものがあるので、それらの概要について簡単に触れることにする。

科学技術庁では、生物資源確保対策の一環として、昭和 60~61 年に「植物遺伝子資源情報整備検討会」を設けて、植物遺伝子資源情報データベースに関する検討を進め、情報整備・流通の考えを整理するとともに、構築すべきデータベースの概要として、対象範囲、記載項目、データ収集とデータベース構築、データベースの管理、将来展望、などについてまとめた。さらに、これらの検討を踏まえて、情報システムに関する調査研究を実施して、保存機関の実態等に関する調査(昭和 62 年)とデータベースシステム設計(昭和 62 年)、及び実験モデルシステムの構築と実証・総合評価(昭和 63 年)などを行った。その結果、我が国で植物遺伝子資源を保存する機関と保存の実態、情報整備の現状などについて、極めて広範な情報を収集整理することができ、さらに所在情報を中心とした植物遺伝子資源の情報データベース構築に必要なシステムのプロトタイプが、パソコンと CD-ROM をベースに開発された。

科学技術庁所管の理化学研究所ライフサイエンス推進部では、昭和 51 年に「実験生物の情報システムに関する調査研究」を実施し、その成果を踏まえて昭和 53 年から実験生物 6 分野(実験動物、微生物、植物、藻類、動物培養細胞、植物培養細胞)に関する情報システムの開発に着手した。このシステム開発は、実験に利用されるあらゆる生物の特性と所在に関するデータを、収集、評価、蓄積、提供することを目的とするもので、前記の 6 分野に情報処理分野を加えた 7 つの専門部会を設けて事業を推進し、各分野ごとに特色のある情報処理

システムが開発されつつある。また、昭和 58 年からは、ハイブリドーマやモノクローナル抗体などの、免疫活性物質を対象としたデータバンクの国際協力事業にも参加したり、昭和 61 年には、国際微生物株保存連盟の国際データセンターとなって、世界的な微生物コレクションのデータバンク事業の運営を開始している。

文部省では、昭和 59 年に国立遺伝学研究所の遺伝実験生物保全研究センターに遺伝資源研究室を設置したが、この研究室が中心となって「実験生物系統情報のシステム化研究」(昭和 58～60 年)や、「実験生物系統の情報化の研究」(昭和 61～62 年)、「同データベース化の研究」(昭和 63 年)などの研究班が組織され、実験生物系統の情報管理システムの開発研究を実施した。これらの成果は「国・公・私立大学等における実験生物系統」としてまとめられ、各機関が保存する実験動物系統について、保存部局、担当者、生物種、などのデータが収録されて資料として公表され、その基礎データはデータベース化されて、永続的なデータ官吏体制が確立しつつある。また、カイコの実験系統についても九州大学等と協力して、保存機関、系統名、遺伝子組成、入手先などに関するデータ整理が行われ、資料の公刊と基礎データのデータベース化がすすめられた。

筑波大学の農林学系では、「我が国在来・土着作物遺伝資源の探索・収集・保存・評価に関する研究」(昭和 54～56 年)や「作物遺伝資源の探索・保存・評価・利用に関する研究」(昭和 58～60 年)によって、各大学の農場等で保存している作物遺伝資源の所在情報などを整理し、加除式の目録を作成するとともに、大型コンピューターによるデータベースの構築もすすめている。

また、厚生省の国立衛生試験所では、全国の 5 つの薬用植物栽培試験場が、保存中の 197 科、2,857 種、4,977 系統(1987 年)の薬用植物について、学名、和名、保存機関、導入機関、導入年などを整理し、目録を作成するとともに、パソコンによってデータベースを構築している。ここでの特徴は「薬用植物ビジョン」によって、名称、有用性、薬効、成分、形態特性、栽培管理などの情報が、6 つの分類と 25 コマの画像情報によって処理できることと、「薬用植物戸籍簿」によって、パスポートデータ、管理情報、特性データ、研究データ、標本データなどが、カード、表、地図の 3 形式に区分されて、データベース化されていることなどである。

農林水産省のジーンバンク事業の中でも、農林水産生物の特性評価事業による各種評価データの大量生産と平行して、それらの特性データやパスポートデータ、あるいはセンターバンクにおける管理情報などのデータベース化が急速に進行中である。ここでは、都道府県の公立機関と密接な連携を保ちながら、農林水産生物に関する国としてのトータルなシステムを目指しているところに特徴がある。

また同省では、試験研究機関専用の計算センターに大型のコンピュータを設置して、全国に所在する傘下の研究機関を結んだオンラインネットワークによって、研究活動の支援体制を確立しているため、研究者は研究室に居ながらにしてリアルタイムでの利用が可能である。したがって、同省における遺伝資源の利用は、育種やその基礎研究での直接的な利用だけでなく、農林水産物に関するすべての研究分野で、有効に活用できる体制が確立されつつあり、今後さらにデータベースの一層の構築やデータベース利用の研修、普及の徹底によって、十分な活用がされるよう期待される場所である。

このほか、遺伝子資源の情報管理システムの開発は、機関別や部、科、研究室などの単位で行われたり、公立の遺伝資源センターや私立の機関でも進められているが、これらはパソコンの普及とその上で利用できる簡易なデータベースシステムの開発提供によるもので、将来はこれら個別に蓄積された情報の相互交流、及びそれを可能にするネットワーク作りが、重要な問題になってくるだろう。

遺伝子資源の情報管理は、今後遺伝子そのものではなく情報に置き換えた形での遺伝子資源の配布とい

った利用場面を考えると、ようやく緒についたとさえ言いがたい面がある。また、ハードの整備やソフトの開発など情報管理システムの開発環境の改善だけでなく、データ生産の立場からの問題も多く、調査項目の調査基準の標準化、そのための特性調査マニュアルの作成、データ収集体制の体系化、運営管理の組織化、ネットワーク作りなど、周辺事情の改善などについても、今後充実すべき事柄は非常に多くあると言えよう。

3. 国等の施策の推移と保存体制の整備

国の行政的な施策として、各省庁が行ってきた遺伝子資源としての生物の確保対策は、保存や利用の現状の中でも断片的に触れてきたところであるが、ここでは、この問題に関係の深い周辺事情の動きと行政的な対応、及びそれによって少しずつ充実の方向に向かってきた経緯について概観することにする。

生物の系統保存の重要性が強調され、国の施策として積極的に推進すべきであるとの認識が高まった最初の時期は、昭和 20 年代の半ば以降であると考えてよいだろう。その頃は、世界的な食糧不足を背景に、高性能品種の開発による食料生産力の飛躍的な増強と、世界農業の再建が最も緊急なことであると国際世論が高まり、作物や家畜の改良に必要な育種素材の国際交流と、新品種開発の素材として重要な在来種や既存品種の収集保存の緊急性などが強調された。

その次の時期は、ライフサイエンスの基礎である遺伝現象が、分子・細胞レベルで解明されるようになってきた昭和 40 年代の初期である。象徴的な動きとしては、学術議会から「高等生物センターの設置と個別系統保存施設の拡充強化について」の勧告が内閣総理大臣に対してなされ、これを受ける形で、文部省や農林省などでも各々の所掌に応じて、その趣旨を生かすための事業がスタートしたり、従来を強化するなどして、一定の前進が図られた。また、多くの研究者が国際生物事業計画の共同研究に参加して、科学技術の面から遺伝資源の重要性とそれらを維持保存することの意義を明らかにし、関連する分野の技術開発などを通して、施策の推進を強力に支援した。

そして今日は、第 3 番目の仕上げの時期とも呼ぶべき重要な時を迎えている。遺伝子資源の確保が、ライフサイエンスやバイオテクノロジー研究開発の基盤条件として不可欠であることが認識され、具体的な施策推進の直接的な端緒となったのは、科学技術会議の諮問第 10 号「ライフサイエンスにおける先導的・基盤的技術の研究開発基本計画について」に対する答申(昭和 59 年 4 月)やその後の諮問 11 号、同第 12 号及び科学技術庁長官への諮問「遺伝子資源としての生物の確保方策について」に対する答申(資源調査会:昭和 59 年 6 月)などである。さらに、平成元年 12 月には諮問第 16 号「科学技術振興基盤の整備に関する基礎方針について」に対する答申がなされ、その中でも他の生物系研究用資材の開発・保存・供給体制の充実とともに、遺伝子資源の保存体制の充実が盛り込まれている。そして、これらの答申が出された背景には、ライフサイエンスやバイオテクノロジーなど生物に関する科学技術の発展、地球的規模で進行しつつある生物資源の急速な消失、開発に伴う環境の汚染や破壊、地下埋蔵資源や天然資源の枯渇、再生可能な生物資源の見直しと開発可能性の無限性への期待、等々があつて、積極的な対策が緊急に必要なこととの認識が顕著に高めて来たところに、今日的な課題としての意義があると言える。

以上のような歴史的な推移の中で、各省庁はそれぞれの所管事項に係わる生物系統の収集と保存を進めてきたが、政策課題として遺伝子資源の確保が積極的にとりあげられ、多くの注目を浴びるようになったのは、昭和 60 年代にはいる前後からであると考えてよいであろう。以下に各省庁の主要な施策について、その概要をまとめてみることにする。

国の直接的な施策ではないが、それを支援する立場からは、学術会議が果たしてきた役割も重要である。同会議は、昭和 42 年 3 月に「微生物株センター設立案」を同年 5 月に「生物科学領域における系統保存事業の改善について」をまとめ、それらを踏まえて、昭和 43 年 12 月には「高等生物センターの設立と個別系統保存

施設の拡充強化について」を、内閣総理大臣にあてた勧告書として提出している。また、同会議内に設けられた遺伝資源保全小委員会(昭和 41～57 年)は、前記の勧告案作成に直接関係するとともに、その現実について側面的な支援活動を続け、昭和 59 年からは、遺伝資源研究連絡委員会として、遺伝資源の重要性についての啓蒙活動を行っている。

科学技術庁は、各省庁の行う科学技術政策の調整に係わる行政を行うという立場から、遺伝子資源の確保に関する施策の基本方針に関係した立案等を担当している。前述の科学技術会議における諮問への答申や資源調査会による答申などでも、事務局としての役割を果たすとともに、資源調査会からの答申のフォローアップの一環として、資源生物保存方策策定調査事業によって、保存機関の実態調査や情報システムのプロトタイプの開発調査などを行っている。

このほか科学技術振興調整費によって、関係各省庁の参加を得て、遺伝子資源確保対策を進め、「熱帯・亜熱帯の微生物、植物の総合的な開発利用技術に関する研究」(昭和 56 年～58 年)や、「アセアン諸国との強力による新有用遺伝子資源の探索と活用に関する調査」(昭和 59 年～61 年)などを実施している。

また、傘下の理化学研究所においても、実験生物情報システムの開発(昭和 53 年～)や、微生物系統保存施設(昭和 56 年～)、及び細胞・遺伝子保存施設(昭和 60 年～)などで、遺伝子資源に関連の深い事業を積極的に行っている。

文部省では学術情報課の所有する学術資料の収集、保存及び活用事業の一部に、遺伝資源の保存利用が含まれており、昭和 27 年から系統保存費によって、国立大学における実験生物の保存事業を推進している。この事業は、最初、動物 2、植物 2、微生物 4 の計 8 機関、予算総額 600 万円で開始されたが、昭和 62 年現在では、動物 26、植物 23、微生物 21、動物細胞株 7 の合計 77 機関と、大幅に拡充され、生物資源確保関連予算として総額 12,500 万円で運営され、さらに平成 2 年度の予算は 14,000 万円に増えることが見込まれている。

その結果、実験生物としての遺伝子資源を保存する大学又は研究所の研究室があるいは附属施設では、系統の維持保存、開発、特性調査、情報管理などの事業が、特別経費の系統保存費によって運営されるようになっているので、事業による研究活動への圧迫も少なく、研究上の関心から集められた貴重な実験材料が、担当教授の転任や退職などによって失われるようなこともなくなっている。また、必要な飼育棟や種子貯蔵庫、微生物あるいは組織・細胞等の培養室など、保存関連の施設がこの経費によって建設されるようになっていて、体制の整備が着実に進行している。

厚生省の薬物植物の保存機関は、国立衛生試験所の 5 つの栽培試験場ではあるが、現在では、種子は筑波の種子貯蔵庫に保存し、栄養体としては北海道、筑波、伊豆、和歌山、種子島の各試験場の圃場と標本園で栽培している。筑波の薬用植物遺伝資源貯蔵庫は、昭和 61 年 4 月に完成し、短期・長期・極長期貯蔵室と発芽試験室、種苗貯蔵庫が設けられており、種子の管理体制も逐次整備されつつある。

農林水産省では、FAO が中心になって推進した世界的な育種材料の交流促進活動に対応して、昭和 28 年に、それまでは育種試験の一部として実施していた品種保存事業を専任の研究室を設置して、育種材料としての品種・系統を集中管理する体制を発足させた。

昭和 40 年からは、「種苗保存導入体制の整備強化に関するプロジェクト」を発足させて、種子貯蔵庫、防疫隔離温室、採種用網室等の施設を整備し、それらの運営経費も別枠予算として、育種材料の管理体制を充実

強化した。また、昭和 50 年には、「作物関係育種基本計画」を策定して、育種組織を全面的に見直し、育種支持としての遺伝資源部門の拡充強化を図り、昭和 53 年には、研究機関の筑波学園都市への移転に伴って、近代的な機能を備えた種子貯蔵庫が建設され、保存体制の整備と管理業務の一層の充実が図られた。さらに昭和 58 年には、新品種の保護を目的とした種苗法の制定や IBPGR の推進する国際的な遺伝資源管理ネットワークへの協力などを背景として、「作物遺伝資源・育種情報の総合的管理システムの確立に関する事業」への再編成を行い、それまで 5,000 万円程度であった運営事業費を、一挙に 18,000 万円まで増額して、本格的な遺伝資源管理体制の確立を目指した。

以上に述べた経過は、農林水産省の作物関係分野における遺伝子資源確保対策であって、当然のことながら、最近のライフサイエンスの進歩やバイオテクノロジーの発展に伴う、その他の分野からの生物資源の確保の要請には十分に応えることができないので、昭和 60 年には、農林水産生物の全分野を包括した総合的な農林水産ジーンバンク事業に省を挙げて取り組むこととなった。それは省内にジーンバンク管理運営会議を設置し、試験研究機関に植物・動物・微生物・林木・水産生物遺伝資源の各センターバンクを設け、さらに関係機関に分野ごとのサブバンクを設けるなどして、組織体制を整備し、種子貯蔵庫や防疫隔離温室などの増設、運営経費の増額、運営規定の制定など、時代の要請に十分応えることのできる規模と内容が整えられた。ちなみに最近の農林水産ジーンバンクの運営費の予算総額は、昭和 62 年度が 46,100 万円、63 年度が 49,800 万円、平成元年度が 51,300 万円と着実に増え、ここ数年の間に約 10 倍になっている。

この間、組織体制の整備の面では、昭和 43 年に育種材料用種子の貯蔵配布を担当する種子貯蔵管理室を創設したが、昭和 58 年の研究機関の再編整備によって、農業生物資源研究所に遺伝資源部を創設し、遺伝資源の探索、導入、保存、評価、情報システムなどを研究する 5 研究室と生殖質保存管理室とを配置した。そして昭和 61 年 12 月には、農林水産ジーンバンク事業を円滑に推進するために、遺伝資源部を拡大強化して遺伝資源センターを発足させ、遺伝資源調整官のほか、2 部 9 チーム、1 管理情報課、1 管理課の構成で、センターバンク事業の総合的な運営と遺伝資源管理の基礎となる研究開発とを行うこととなった。また、関係する職員数も、当初の種子貯蔵管理室が 3 名でスタートしたものが、昭和 63 年 10 月現在の遺伝資源センターでは、センター長以下 55 名の職員が遺伝資源の研究開発と管理業務に関係しており、組織体制の面でも飛躍的な発展をしている。

このような農林水産省における遺伝資源の確保対策に対する行政的な対応は、研究期間における組織体制の整備だけでなく、行政部局においても担当課に遺伝資源に関する担当班と遺伝資源管理官を設置し、関係庁局との連絡を密接にしなが、遺伝資源の総合的な管理行政を進めている。

このほか、都道府県や民間企業の中にも、種子貯蔵庫を建設したり、遺伝資源センターや植物園を設けて、独自の遺伝資源の収集保存を行なっているところもあり、遺伝資源確保の対策は国と地方とを通して広い範囲で順調に進んでいるのが現状である。

4. 遺伝子資源の今後の課題

地球上に生息する生物やそれらの生産物が資源であり、人類の生存にとって不可欠のものであることはいうまでもないが、それら生物が持つ遺伝子(遺伝情報)を対象にして、それを保持する生物群を遺伝子資源と呼ぶようになったのは、ごく最近のことである。

それは、生物の生命現象が科学的に解明され始め、今まではブラックボックスとして不明のまま、その結果である表現型を対象にして、遺伝子の存在を概念として扱ってきた形質遺伝学が、現在では遺伝子と形質との因果関係を、遺伝情報の伝達の結果として具体的に把握することを可能にした分子遺伝学へと発展することによって、生命現象を物理化学的なレベルで、しかもあらゆる生物を通じて統一的に理解できるようになったという、ライフサイエンスの画期的な発展を背景として生まれてきたものであると行うことができる。

したがって、遺伝子資源の確保の重要性は、ライフサイエンスやバイオテクノロジーの研究開発の基盤条件の整備という観点から捕らえられがちであるが、その根底には、地球上に生命が誕生してから、今日見られるような生物の多様性を示すに至るまでには、その系統発生や進化の過程で蓄積された遺伝情報が、すべてDNA上に保持されているということ、その遺伝情報は生きた生物の増殖と生殖を通じてのみその後代に伝えられるものであるということ、そしてこれらの遺伝情報の活用が無限の可能性を生み出す根源であるということ、などがあることも見逃さないであろう。

また、生物進化の人為的な制御ともいえる育種によって、作物や家畜だけでなく、基礎生物学の発展に貢献している多くの実験生物が、その利用目的に応じて有用な遺伝子を集積し、保持している系統として開発されてきたことも重要で、一度これを失えば二度とそれを回復することは不可能であることも、重視しなければならないであろう。この意味からは、自然生態系の中で急速に絶滅への道を辿りつつある生物の種が、人間による環境破壊によって著しく増えつつあることも、人類の生存が他の生物との共生関係の維持によってのみ可能であることを前提とすると、遺伝子資源確保の対象として、なんらかの対策が必要になってくる筈で、自然保護の重要性も浮上してくる。

実際に生物種を集め、それを永続的に維持管理していく場合には、経済的な理由を始め多くの制限要因があって、遺伝子資源として確保の対象にできる生物の種類や数にも一定の限界があるので、それらを選択する基準の設定も重要で、それには緊急性とか有用性とか、その他もろもろの条件で重みづけした優先度も考慮しておく必要があろう。また反面では、新しい資源生物や実験生物を開発する立場から、未知の生物への挑戦が求められる場合もあるので、単純に当面の基準だけにこだわるのではなく、潜在的な資源価値をも評価して、臨機応変な対応が必要であることも念頭におかねばならない。

次の問題は、確保して人間の管理下に移したものを、利用のために如何にして良好な状態で維持保全するかが重要な課題となる。それは物の管理であり同時に情報の管理でもあるが、その中では、対象とする生物の寿命の維持、遺伝的な安定性、繁殖、特性解析などと、情報の生産及び処理加工などが主軸で、それらを円滑に推進するために必要な技術の開発や、事業及び研究のための施設、機械器具などの装備も重要である。さらに管理業務のシステム化やルーチン化、自動化なども不可欠で、省力、省資源、省スペースなど、可能な限りのコスト低減と徹底的な作業の合理化も推進する必要がある。

前項で見てきたように、個々の機関や省庁においては、遺伝子資源の確保体制が逐次整備されつつあるし、

その基本となる国としての確保方策も徐々に確定しつつあるので、今後はそれらを総合したり、ネットワークとして結びつけたりする機能を持たせることが期待される。このような組織体制づくりは、遺伝資源関連の国際機関や諸外国との対応の場面でも、あるいは国内での保存の効率化や利用者の利便を図る点からも望ましいことだろう。例えば仮に現在保存されている遺伝子資源の全国的な所在情報を統一的な情報システムに載せることができるなら、先端的な生物科学の発展の基盤条件としての役割を果たすことができるし、埋もれた情報や資源の活用にも貢献できるであろう。

最後に最も重要な課題として、遺伝子資源の管理に携わる人材の養成と確保とを挙げておかねばならない。それは、最先端のライフサイエンスやバイオテクノロジーを支えるものが遺伝子資源であり、それらは優れた人材によってのみ高い価値を保持して、現代の生物科学の発展に寄与するだけでなく、次の世代の人類の生存にも大いに役立ち得るからである。

付 属 資 料

バイオテクノロジーの研究開発と
その実用化に関するアンケート調査
[集計結果]

調査実施機関 財団法人 科学技術と経済の会

回収状況

発送数	回収数	回収率
320 票	211 票	65.9%

集計表の表記上の注意

- <1>. 無回答並びに無効の回答は1つのカテゴリーでカウントした。この場合の「無効」は「1つだけ選んで回答せよ」という質問に複数の選択肢を採っている場合である。
- <2>. 複数の選択肢を求める質問(問5. 問8. 問9. 問10. 問11. 問12. 問13.)については、多く選択された選択肢は何か?を重視し、無回答並びに無効の回答は表記しなかった。
- <3>. 上記の複数選択肢を求める質問では、回答総数211件に対して当該選択肢を採った回答数が幾つで、それが総数の何割を占めているかを表記した。従って上記質問の集計結果における度数%は、211件の中の何%かを示している。

調査の概要

1. 調査の目的

本調査はバイオテクノロジーに関し、特にその技術の実用化に関する課題を摘出するために、民間企業における研究開発の現状とその研究開発に携わる方々の、実用化に関する御意見を中心にお伺いするものであり、調査結果は行政当局における基礎資料として活用することを考えております。

御多用中誠に恐縮ではございますが、本調査の趣旨を御賢察賜り、よろしく御強力下さいますようお願い申し上げます。

2. 調査の対象

本調査に御会等頂く方は、貴研究所においてバイオテクノロジーに関する研究に携わっていらっしゃる、研究管理者(研究の実施と管理の両面に携わっておられる)の方々を想定致しております。

つきましては誠にお手数ですが、該当される方を御選定頂き、その方に直接御記入頂きますようお願いの程、お願い申し上げます。なお、御自身はその立場におられる場合にはお手数でも直接、御回答頂きたく、お願い申し上げます。

3. 回答上の留意点

御回答頂くに当たっては、問 1. (研究分野に関する設問)で選択して頂いた研究分野全般についてどうか?という観点に立ってお答え頂くよう、お願い申し上げます。

設問中、「その他:具体的に」を選択された方は、そこに具体的に該当事項を御記入下さい。

4. 調査票の締め切り

本調査は、1989年10月23日(月)までに御返送下さい。

5. 調査票の取り扱い

調査結果は統計的に処理致しますので、個々の企業名・個人名が公表されることはありません。

また、調査に御強力頂いた企業に対しては、集計結果を御報告致します。

6. 調査票の返送方法

調査票の御返送に際しては、同封の返信用封筒を御利用し、御返送下さい。

7. 本調査に関するお問い合わせ

調査に関する御質問あるいは御不審な点等は、以下にお問い合わせ下さい。

〒102 東京都千代田区飯田橋 2-4-5

社団法人 科学技術と経済の会

横山 正幸

TEL 03-263-5501

FAX 03-263-5504

問1. 現在の所、貴下が管理または担当しているバイオテクノロジー関係の研究分野は何でしょうか？ 下記の中から該当する項目を1つだけ選んで、その項目の番号を右下の回答欄に御記入下さい。

該当する研究分野	参考:該当分野に含まれる研究対象	回答数	度数 %
1. 医薬分野	医薬品(製造) 診断薬(製造) 等	67	31.75%
2. 農林業分野	種苗生産・育種 農薬・肥料等の資材 等	45	21.33%
3. 畜産分野	繁殖・育種 動物用医薬品関係 動物用飼料 等	6	2.84%
4. 水産分野	種苗生産・育種 水産用医薬品関係 水産用飼料 等	1	0.47%
5. 化学品分野	アミノ酸・有機酸・核酸関係 化粧品・香料 ・色素関係 工業用酵素 バイオ研究用試薬 等	28	13.27%
6. 食品分野	糖類 タンパク質関係 発酵・醸造品 油脂関係 等	34	16.11%
7. 鉱業・エネルギー分野	バクテリアリーチング アルコール、メタン ー関係 等 等	2	0.95%
8. 電子・電気分野	バイオセンサー バイオ素子 等	4	1.90%
9. 機械・機器分野	バイオ研究用機器 生産システム 等	2	0.95%
10. 環境分野	廃水処理 等	13	6.16%
11. その他	紙・パルプ 等	4	1.90%
無効 OR 無回答		5	2.37%
合 計		211	100.00%

問2. 貴下の管理・担当している研究分野に関して、それに従事している全研究人材(研究者数+研究補助者数)の学歴別の構成割合はどのようなものでしょうか？ 下記の回答欄に構成比(%)を御記入下さい。

		回答数	度数 %
1. 博士過程終了	0%	88	41.91%
	0.1% ~20%	95	45.02%
	20.1% ~40%	26	12.32%
	40.1% ~60%	2	0.95%
	60.1% ~80%	0	0.00%
	80.1% ~100%	0	0.00%
	合計	211	100.00%
2. 修士課程終了	0%	28	13.27%
	0.1% ~20%	49	23.22%
	20.1% ~40%	74	35.07%
	40.1% ~60%	43	20.38%
	60.1% ~80%	12	5.69%
	80.1% ~100%	5	2.37%
	合計	211	100.00%

		回答数	度数 %
3. 大学学部卒	0%	14	6.64%
	0.1% ～20%	38	18.01%
	20.1% ～40%	69	32.70%
	40.1% ～60%	53	25.12%
	60.1% ～80%	27	12.80%
	80.1% ～100%	10	4.74%
	合 計	211	100.00%
4. 専卒（新制）	0%	148	70.14%
	0.1% ～20%	45	21.33%
	20.1% ～40%	14	6.64%
	40.1% ～60%	2	0.95%
	60.1% ～80%	1	0.47%
	80.1% ～100%	1	0.47%
	合 計	211	100.00%
5. その他	0%	97	45.97%
	0.1% ～20%	60	28.44%
	20.1% ～40%	39	18.48%
	40.1% ～60%	8	3.79%
	60.1% ～80%	5	2.37%
	80.1% ～100%	2	0.95%
	合 計	211	100.00%

問3 貴下の管理・担当している研究分野について、そのバイオテクノロジーの実用化：産業的利用の進展は、どの程度のものであると個人的にはお考えでしょうか？

下記の中から該当する項目を1つだけ選んで、その項目の番号を右下の回答欄に御記入下さい。

	回答数 度数 %
1. かなり実用化されている。	26 12.32%
2. 比較的、実用化されている。	89 42.18%
3. あまり実用化されていない。	60 28.44%
4. ほとんど実用化されていない。	30 14.22%
5. 全く実用化のめどが立たない。	3 1.42%
無効 OR 無回答	3 1.42%
合 計	211 100.00%

問4. 貴下の管理・担当している研究分野について、そのバイオテクノロジーの実用化:産業的利用への進展によって何が期待できるとお考えでしょうか? 以下のA~Gの各項目毎に、それぞれ該当する回答欄の番号を1つだけ選んで、○印で囲んで下さい。

		回答数	度数 %
A. プロダクト・イノベーション :新製品の開発 等	非常に期待できる	77	36.49%
	期待できる	109	51.66%
	あまり期待できない	23	10.90%
	無効 OR 無回答	2	0.95%
	合 計	211	100.00%
B. プロセス・イノベーション :新生産プロセスの開発 等	非常に期待できる	61	28.91%
	期待できる	116	54.98%
	あまり期待できない	28	13.27%
	無効 OR 無回答	6	2.84%
	合 計	211	100.00%
C. 環境の適性化:環境保全も含め、 広い意味での環境の適性化が進む。	非常に期待できる	22	10.43%
	期待できる	82	38.86%
	あまり期待できない	98	46.45%
	無効 OR 無回答	9	4.27%
	合 計	211	100.00%

		回答数	度数 %
D. 国民生活における経済面における向上 : 国民経済が一層、豊かなものとなる。	非常に期待できる	13	6.16%
	期待できる	122	57.82%
	あまり期待できない	69	32.70%
	無効 OR 無回答	7	3.32%
	合計	211	100.00%
E. 世界経済における地位の向上: 経済、 特に産業面での我が国の地位が高まる。	非常に期待できる	21	9.95%
	期待できる	113	53.55%
	あまり期待できない	70	33.18%
	無効 OR 無回答	7	3.32%
	合計	211	100.00%
F. 資源の有効利用: 省資源、 省エネルギー	非常に期待できる	25	11.85%
	期待できる	91	43.13%
	あまり期待できない	87	41.23%
	無効 OR 無回答	8	3.79%
	合計	211	100.00%
G. 生物に関する知識・理解の増大 : 基礎的な科学研究分野での成果の増大	非常に期待できる	103	48.82%
	期待できる	82	38.86%
	あまり期待できない	19	9.00%
	無効 OR 無回答	7	3.32%
	合計	211	100.00%

問5. 貴下の管理・担当している研究分野について、そのバイオテクノロジーの実用化：産業的利用に向けて障害となっている問題点・課題としては、どんなものをお考えでしょうか？ 下記の中から良く該当する項目を3つまで選んで、その項目の番号を右端の回答欄に御記入下さい。

	回答数	度数 %
1. バイオテクノロジー単独での実用化には限界がある。	89	42.18%
2. 基礎的な分野での研究が未だ不十分である。	110	52.13%
3. 応用・開発の分野での研究が未だ不十分である。	78	36.97%
4. 研究人材が不足している。	63	29.86%
5. 研究人材の質が未だ低い。	35	16.59%
6. 研究資金が不足している。	14	6.64%
7. 研究施設・設備が不足している。	29	13.74%
8. 特許等の知的所有権が法制度上、確立していない。	13	6.16%
9. 市場性が未知である。	56	26.54%
10. パブリック・アクセプタンスが構築されていない。	20	9.48%
11. 安全性に関する規制・制度が未確立である。	24	11.37%
12. 安全性に関する規制・制度が厳し過ぎる。	17	8.06%
13. 既存の規制・制度が一般的にバイオテクノロジーの研究を進める上で不適合である。	24	11.37%
14. 産・学・官の協同体制が不十分である。	12	5.69%
15. 有用な遺伝子資源が少ないか、または未解明である。	34	16.11%
16. その他	2	0.95%

問6 貴下の管理・担当している研究分野について、そのバイオテクノロジーの実用化:

産業的利用のための研究推進の観点から、必要と考えられる基礎的な科学研究の分野はどんなもの
 でしょうか? 下記の中から該当する項目を 1 つだけ選んで、その項目の番号を右端の回答欄に御記
 入下さい。

	回答数	度数 %
1. 生物の構造・機能に関する解明	97	45.97%
2. 生物の新しい機能:機能を有する生物の探索(スクリーニング)	63	29.86%
3. 新しい研究手法の開発	33	15.64%
4. 諸物質(生物以外)の特性の測定、解明	16	7.58%
5. その他	1	0.47%
無効 OR 無回答	1	0.47%
合 計	211	100.00%

問7 貴社では前問の研究内容も含めて、バイオテクノロジーに関する何らかの基礎的な科学研究を行なっ
 ておいででしょうか? 下記の中から該当する項目を 1 つだけ選んで、その項目の番号を右端の回答
 欄に御記入下さい。

	回答数	度数 %
1. 基礎的な科学研究を既に行なっている。	80	37.91%
2. 基礎的な科学研究を行う準備段階である。	38	18.01%
3. 現在は準備段階も含めて、基礎的な科学研究への動きはないが、将来的には そうした予定を持っている。	55	26.07%
4. 現在の所、基礎的な科学研究への動きはないし、将来的にそうした予定も持っ ていない。	32	15.17%
5. その他	5	2.37%
無効 OR 無回答	1	0.47%

問8 貴下は貴社の研究機関において、バイオテクノロジーに関する基礎的な科学研究を行うことについて、どのようなお考えでしょうか？ 下記の中から該当する項目を2つまで選んで、その項目の番号を右端の回答欄に御記入下さい。

	回答数	度数 %
1. 大学・国公立研究所等で行うべき性格のものであり、必ずしも自社における研究の必要性を感じない。	28	13.27%
2. 大規模な国家プロジェクトとして推進されるべきものであり、自社も含めて各企業が独自に研究を進めるような段階ではない。	22	10.43%
3. 自社での研究の必要性を漠然とは感じるが、具体的な研究課題・方向性が明確に分からない。	24	11.37%
4. 自社での研究の必要性を感じるが、そのためには社内的な方針の統一が不可欠である。	69	32.70%
5. 自社での研究の必要性を感じるが、そのためには豊富な研究資金、充実した研究設備が不可欠である。	46	21.80%
6. 自社での研究の必要性を感じるが、そのためには数多くのそして優秀な研究人材が不可欠である。	71	33.65%
7. 自社での研究の必要性を感じるが、そのためには国内の大学・国公立研究所等との、共同研究体制の整備が不可欠である。	87	41.23%
8. 自社での研究の必要性を感じるが、そのためには国内における他企業との、共同研究体制の整備が不可欠である。	16	7.58%
9. 自社での研究の必要性を感じるが、そのためには海外における公設・民間各種の研究機関との、共同研究体制の整備が不可欠。	27	12.80%
10. その他	2	0.95%

問9 貴下の管理・担当している研究分野について、そのバイオテクノロジーの実用化:

産業的利用のための研究推進の観点から、今後、充実・強化を図ることが必要であると考えられる研究開発基盤は何でしょうか？ 下記の中から該当する項目を3つまで選んで、その項目の番号を右端の回答欄に御記入下さい。

	回答数	度数 %
1. 研究者の充実・確保	192	91.00%
2. 研究補助者、研究支援業務者の充実・確保	54	25.59%
3. 科学技術情報の整備・充実	70	33.18%
4. 研究用施設・機器の整備・充実	121	57.35%
5. 有用遺伝子資源の確保	78	36.97%
6. 実験用生物・動物等の確保	21	9.95%
7. 研究用資金の確保	73	34.60%
8. その他	4	1.90%

問10. 貴下の管理・担当している研究分野について、今後のバイオテクノロジー研究のための研究素材(生物資源)としてはどんなもの:「対象」が求められるでしょうか? 下記の中から該当する項目を2つまで選んで、その項目の番号を右端の回答欄に御記入下さい。

	回答数	度数 %
1. 植物	89	42.18%
2. 動物	76	36.02%
3. 下等微生物(細菌、放射菌、藍藻植物)	110	52.13%
4. 高等微生物(かび類、一般藻類、原生動物等)	81	38.39%
5. ウィルス	32	15.17%
6. その他	5	2.37%

問11. 前問のバイオテクノロジー研究のための研究素材(生物資源)は主にどこ:「場所」に求められるでしょうか? 下記の中から該当する項目を2つまで選んで、その項目の番号を右端の回答欄に御記入下さい。

	回答数	度数 %
1. 研究所内に保存している資源	80	37.91%
2. 他の研究機関等(国内、海外)に保存してある資源	159	75.36%
3. 国内に存在している資源(未保存)	97	45.97%
4. 海外に存在している資源(未保存)	57	27.01%
5. その他	5	2.37%

問12. 貴下の管理・担当している研究分野について、そのバイオテクノロジーの実用化:産業的利用のための研究推進の観点から、特に産・学・官の協同体制(研究・情報交流・各種支援装置等)の推進に対して、貴下が期待するものは何でしょうか? 下記の中から該当する項目を3つまで選んで、その項目の番号を右端の回答欄に御記入下さい。

	回答数	度数 %
1.研究用資金の負担軽減	52	24.64%
2.税制上の優遇的取扱い	16	7.58%
3.人材育成(研究者の資質向上)	143	67.77%
4.研究用施設・機器の有効利用	65	30.81%
5.研究者間のパーソナル・ネットワークの形成	65	30.81%
6.各研究機関の組織間ネットワークの形成	48	22.75%
7.研究テーマの位置付けの明確化	25	11.85%
8.各種情報の収集・交流	80	37.91%
9.特に基礎分野における研究内容の役割分担	69	32.70%
10.特に応用・開発分野における研究内容の役割分担	39	18.48%
11.研究内容に対する競争的刺激	15	7.11%
12.特に期待しない。	0	0.00%
13.その他	3	1.42%

問13. 前問に関連して産・学・官の協同体制を今後、一層、推進して行く上で貴下の管理・担当している研究分野について、さらに必要となろう項目はどのようなものでしょうか？ 下記の中から該当する項目を3つまで選んで、その項目の番号を右端の回答欄に御記入下さい。

	回答数	度数 %
1.特にない。	13	6.16%
2.資金面での規模の拡大	66	31.28%
3.研究内容(テーマ)の自由度の拡大	68	32.23%
4.事務手続きの簡素化	85	40.28%
5.研究施設・機器の一層の開放	64	30.33%
6.研究成果の取扱いの明確化	84	39.81%
7.研究交流等での研究者の身分保証	28	13.27%
8.各種研究交流、支援措置等の制度、仕組みに関する情報の一層の公開	67	31.75%
9.その他の一般的情報に関する交流機会の増大	55	26.07%
10.産・学・官の協同に関する社内的理解の浸透	36	17.06%
11.その他	3	1.42%

御協力有難うございました。

最後に、貴下がバイオテクノロジー分野の研究を進めるに当たって、「バイオテクノロジー」分野としての特色(または特異性)を何かお感じになることがあれば、どのようなことでも結構です。下にお書き下さい。

(略)