



RIETI Discussion Paper Series 02-J-003

日本のバイオ・テクノロジー分野の 研究開発の現状と3つの課題

中村 吉明

経済産業研究所

小田切 宏之

文部科学省科学技術政策研究所



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所

<http://www.rieti.go.jp/jp/>

日本のバイオ・テクノロジー分野の研究開発の現状と3つの課題

中村 吉明*
小田切宏之**

要旨

昨今、全世界的にバイオ・テクノロジー分野の研究開発が加速度的に進み、それらのビジネス化が進んでいる。日本もその潮流の中にあるものの、そのバイオ・テクノロジー分野の現状が必ずしも明らかでない。そこで、まず各種公開データを用い、その現状を明らかにした。その結果、米国と比較して産学のバイオ・テクノロジー関係のプレーヤーが少なく、学術成果に関しても、他国と比較してインパクトのある研究成果を出しておらず、特許に関しても、日本の他の分野と比較して競争力がないことがわかった。

さらに、日本のバイオ・テクノロジーの研究開発に関する制度的・構造的問題について整理した。第一点は、バイオ・テクノロジー分野のイノベーションに関するボトル・ネックを他の分野のイノベーション・モデルと比較して論じた。その結果、日本のバイオ・テクノロジー分野では、特許化した発明をさらに実用化する機能に欠けているという点を指摘した。第二に、バイオ・テクノロジー分野の特許に関して、発明者の権利の保護とイノベーションの促進の機能を両立する制度を作るべきであると提言した。第三に、バイオ・テクノロジー分野の政策決定メカニズムについては、「仕切られた多元主義」によって、4省がその政策目的に応じて、バイオ・テクノロジー分野の政策を担当しており、非効率な行政を行っていること、それらを効率化するためには、総合科学技術会議が今以上のリーダーシップを取る必要があることを指摘した。さらに、各省の事業を効率的に行うため、

* 独立行政法人経済産業研究所研究員 (E-mail:nakamura-yoshiaki-yn@rieti.go.jp)

** 文部科学省科学技術政策研究所総括主任研究官 (E-mail:odagiri@nistep.go.jp)

各省の政策を実際に行う実施主体の選定については競争的な方法で選定するとともに、一部の研究者に研究費が集中するような現状を回避するような制度を構築すべきであると提言した。

キーワード：バイオ・テクノロジー、イノベーション、特許、政策決定メカニズム、仕切られた多元主義、総合科学技術会議

JEL classification: O34, O38

本稿を策定するにあたり、バイオ・テクノロジー分野の産学官の様々な方にインタビューさせていただいた。記して感謝したい。また、図表作成等において、斎藤卓爾氏に補助していただいた。さらに、経済産業研究所のリサーチ・セミナーにおいて、青木所長を始め数多くの方々から有益なコメントをいただいた。なお、本稿の内容や意見は、筆者ら個人に属し、経済産業研究所や科学技術政策研究所の公式見解を示すものではない。

1. はじめに

2000年6月26日、国際ヒトゲノム計画プロジェクトとアメリカのバイオベンチャー企業セセラ・ジェノミクスがヒトゲノムの全貌を明らかにしたと宣言した。同時に、クリントン大統領とブレア首相も出席して大規模なセレモニーが開催され、クリントン大統領は「人類のもっとも偉大な一歩である」とその歴史的な意義を強調した。このイベントをさかのぼること数年前から、ヒトゲノムを含め多くの動植物のゲノム解読が行なわれ、それを創薬の生成等のビジネスにつなげようという動きが世界規模で盛んになってきた。日本の企業も例外ではなく積極的にバイオ・テクノロジー産業に参入している。それに効応するような形で、小淵元首相は「ミレニアムプロジェクト」¹を提唱し、そのミレニアムプロジェクト予算の1200億円の内、640億円をバイオ・テクノロジー分野に配分し、政府資金を集中的にバイオ・テクノロジー分野に投入した。また、学も上記の国際ヒトゲノム計画に参加し、量的には6%にとどまったものの、染色体の21番と22番の解読において質的に大きな貢献をした。このように、日本でも、産学官がそれぞれバイオ・テクノロジー分野に関心を強めている。

一方、米国では、日本以上にNIH(国立衛生研究所：National Institutes of Health)が中心となって産学官のバイオ・テクノロジー分野の研究開発を推進している。このような産学官で研究開発を進めてきた研究者の中には、この成果をビジネスに活かそうと、上記

のセレーラ・ジェノミクスをはじめとしたバイオ・ベンチャーを創設し、市中から大量の資金を獲得して、大規模なビジネスを始めている。

このような動きは日米に限られた話ではなく、欧州も同様な動きを示しており、全世界的にバイオ・テクノロジー分野の研究開発の加速度的な実施とそれらをビジネス化する動きが顕在化している。

しかしながら、翻ってみると、「バイオ・テクノロジー」の定義もその市場規模などの現状も必ずしも明らかになっていないのが現状である。本稿では、まず、その現状を明らかにすることから始める。すなわち、日本のバイオ・テクノロジー産業の現状を各種の指標等を用いて明らかにする。その上で、バイオ・テクノロジー分野の3つの課題について議論する。最後に、今までの議論をまとめて論述する。

2．研究手法

本研究は、聞き取り調査と公開情報を基本として行っている。特に、聞き取り調査に関しては、平成13年12月31日現在で政府関係者に対し8回、業界団体に対し4回、公的研究機関に対し7回、外資系企業を含む民間企業に対し13回、バイオ・ベンチャーに対し58回、大学の研究者に対し4回、調査を行なった。具体的には、政府関係者には、バイオ・テクノロジーに関する政策について聞き、業界団体や公的研究機関には、それぞれの業務内容、研究内容、及び政府、企業等との連携の状況を聞いた。また、民間企業やバイオ・ベンチャーに対しては、ビジネスの現状、他社や大学との研究開発の連携状況、政府主導のナショナル・プロジェクトの参加状況、バイオ・テクノロジー関係の特許取得状況等を幅広く聴取した。

3．バイオ・テクノロジーの定義と現状

(1) バイオ・テクノロジーの定義

バイオ・テクノロジーの定義は何だろうか。例えば、日本バイオ産業人会議・バイオ産業技術戦略委員会 [1999]では、「「バイオ・テクノロジー」は、組換えDNA技術、細胞融合技術、バイオプロセス技術などのモダン・バイオ・テクノロジーを指し、「バイオ・テクノロジー産業」とは、このバイオ・テクノロジーを使った産業を指す。」としている。これは、日本の伝統的な発酵醸造分野を含んでいない、モダン・バイオ・テクノロジーに特に

注目した狭義の定義である。

一方、発酵醸造分野のいわゆるオールド・バイオから、最近の遺伝子改変技術を含む広義の定義としている例もある。相澤英孝 [1994]は、「バイオ・テクノロジーは、生物を利用する技術と生物を作る技術と定義することができるであろう。バイオ・テクノロジーの技術には、伝統的な技術とニュー・バイオ・テクノロジーと呼ばれる新技術がある。ニュー・バイオ・テクノロジーには、DNA 操作技術、細胞操作技術、受精卵・初期胚の操作技術などの技術がある。」としている。

上記は、バイオ・テクノロジーの定義の中で、特にその範囲に注目して論じてきたが、次に、具体的にどのような機能を持ったものをバイオ・テクノロジーとしているかを考える。具体的な事例をみると、21 世紀のバイオ産業立国懇談会 [1998]では、「バイオ・テクノロジーとは、組換え DNA 技術や細胞融合等、基礎的な生命科学の成果を工業的に応用する技術である。その応用は、化学工業、医薬品工業、農林畜産水産業、電子・機械産業、情報産業、環境・エネルギー産業など広範な産業に及ぶ。」としている。また、歌田勝弘 [2001]は、バイオ・テクノロジーの定義を、「生物の機能を利用し、人類に必要な製品やサービスを提供する技術である」としている。以上を要約すると、基礎的な生命科学の研究成果を工業化・商業化する技術としていると解される。

これら範囲と機能に関する両面の定義を踏まえ、経済産業省製造産業局生物化学産業課 [2001]は、「「バイオ・テクノロジー」とは、生体が有する物質変換機能、情報変換・処理・伝達機能、エネルギー変換機能を利用し、又は模倣する技術をいう。これらの技術は、例えば以下のような面で利用・実用化されている。また、組換え DNA 技術、細胞融合、動植物細胞培養等のいわゆる「ニューバイオテクノロジー」だけでなく、従来型の発酵・醸造技術、培養技術、変異処理技術等を含んでいる。

- ()生物化学的プロセス（有用物質の生産、エネルギーの発生、環境浄化等）
- ()優れた新機能を持つ物質、物体、酵素、微生物、動植物の創出
- ()高度の生命現象の利用（遺伝子治療、診断技術、人工臓器等）
- ()生体機能を利用または模倣した鋭敏かつ特異性の高い検知、測定、情報伝達技術（バイオセンサー、バイオコンピュータ等）
- ()生命現象の解明の研究」としている。

しかしながら、翻ってみると、最近の世界的なバイオ・テクノロジー分野の技術革新の潮流は、ゲノム・レベルのデータを活用して新たな技術革新を目指すような「ニューバイオテクノロジー」にある。以上を踏まえ、本稿におけるバイオ・テクノロジーの定義は、「近年の遺伝子組換え、ゲノム解析等の分野において、基礎的な生命科学の研究成果を工業化・商業化する技術」とする。

具体的にはバイオ・テクノロジーは、どのように応用されるのであろうか。例えば、前

述の 21 世紀のバイオ産業立国懇談会 [1998]では、「(バイオ・テクノロジーの) 応用は、化学工業、医薬品工業、農林畜産水産業、電子・機械産業、情報産業、環境・エネルギー産業など広範な産業に及ぶ。」としている(図 1)。すなわち、バイオ・テクノロジーは、既存の標準産業分類では特定できない業際的で広範な産業と解される。以下では、バイオ・テクノロジーの分野にどのような企業が参入しているのかを論ずる。まず、バイオ・テクノロジーの応用分野で最も知られているのが医療(バイオ薬品、遺伝子治療)であろう。この分野に参入している主な企業は、武田薬品、山之内製薬等の製薬会社のほか、メディネット、メドジーン、ジェネティックラボ、キャンバス等大学関係の研究者がベンチャー企業を起こし、医療機関等と連携してビジネスを行なっている例などがある。情報(バイオインフォマティクス)については、日立製作所、富士通等のコンピュータ・半導体メーカーが参入しているほか、医薬分子設計研究所、ファルマデザイン等創薬につながる化合物を探索するバイオ・ベンチャーのほか、セレスター・レキシコ・サイエンシズ、ダイナコム等の既存のゲノム関係のデータベースを効率的に使い、新たな化合物を探索するソフトウェアを開発するバイオ・ベンチャーがある。化学・発酵(バイオケミカル)については、三菱化学や住友化学工業が実験用試薬や医療用試薬などの高付加価値なファインケミカル製品等を製作している。宝酒造、日立ソフトウェア、オリンパス等は DNA チップを製作しており、これは電子(バイオエレクトロニクス)に該当する。この分野も、DNA チップ研究所、TUM 研究所等のいくつかのベンチャー企業が参入してきている。また、DNA シーケンサーは島津製作所、日立製作所等が製造しており、これは機械(バイオメカニクス)に該当する。環境(バイオレメディエーション)については、土壌等のダイオキシン類やトリクロロエチレンをバイオ・テクノロジーの力を借りて無害化している荏原製作所、栗田工業等が挙げられる。農業・食品(人工種子、機能性食品)については、青いカーネーションを作ったサントリーやサカタのタネ、キリンビール等が関与しているが、ヒトが摂取する遺伝子組換え食品については、日本ではパブリック・アクセプタンスが得られず、現段階では、日本ではほとんど生産されていない。

(図 1)

(2) バイオ・テクノロジー産業の歴史的変遷

前項では、バイオ・テクノロジーをオールド・バイオ・テクノロジーとモダン・バイオ・テクノロジーに分けた。すなわち、味噌、醤油等の発酵・醸造技術等の古代から活用されてきたバイオ・テクノロジーのことをオールド・バイオ・テクノロジーとし、遺伝子組換えやゲノム創薬等最近 50 年程度のバイオ・テクノロジーの動きを総称してモダン・バイオ・テクノロジーといった。本稿では、最近のゲノムをめぐる動きを明確化するため、モダン・

バイオ・テクノロジーをヒトゲノム等のゲノム解析が行なわれるようになった以前と以降に分け、それぞれを第2世代バイオ・テクノロジーと第3世代バイオ・テクノロジーとする。²

第1世代バイオ・テクノロジーは、上記の発酵・醸造技術のほか、20世紀前半のペニシリン等の微生物を活用した製薬工業や化学工業の技術のことをいい、1950年までのバイオ・テクノロジーのことをいう。また、第2世代バイオ・テクノロジーは、1953年のワトソン＝クリックによる遺伝子の二重螺旋構造の発見や1973年のコーエン＝ボイヤーの遺伝子組換え技術の確立などの遺伝子レベルのバイオ・テクノロジーのことをいい、1990年以前のバイオ・テクノロジーのことをいう。第3世代バイオ・テクノロジーは、生命現象の解明のため、各生物の個々の遺伝子のみならず、遺伝子の総体であるゲノムを解析することが重要視されるようになり、大型コンピュータ等を活用したヒトゲノム等の解明技術が活用されるようになった1990年代以降のバイオ・テクノロジーのことをいう。

日本では第2世代バイオ・テクノロジー時代の後半の1980年代に、バイオ・ブームが発生し、様々な業種からバイオ・テクノロジー分野に進出してきたが、結局、バイオ関係では十分な収益が上がらなかったことやバブルの崩壊で会社自体の経営が苦しくなってきたことから撤退が相次いだ。その後、1990年代以降、ヒトゲノムの解読と前後して、第3次バイオ・テクノロジー時代に突入し、再びバイオ・ブームが起きた。前のバイオ・ブームでは、大企業の多角化の一環としたバイオ・テクノロジー分野への参入が多かったが、今回のバイオ・ブームでは、大学等の基礎研究から派生した技術を用いベンチャー企業を起業するという例も多くなっている。しかしながら、創薬のように上市までに10年以上かかるような分野では、短期的な収益が得られず、短期的に収益が上がっているバイオ・テクノロジー分野の企業は、研究試薬や試験機器等の研究支援ビジネスに限られているというのが現状である。

(3) 日本のバイオ・テクノロジーの現状

1) バイオ・テクノロジー関連産業の規模の推移

上述のとおり、バイオ・テクノロジー産業はその対象分野が多岐にわたり、標準産業分類では把握できないため、既存の政府統計でその規模を把握することは難しい。唯一、時系列的に比較可能な統計は日経バイオテク [1990, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999]である。本統計は、ニュー・バイオ・テクノロジーを対象とした統計である。³ これをもとに日本のバイオ商品市場及び関連市場⁴の推移をグラフ化すると図2の通りになる。⁵1999年の総額は、1兆2409億円であり、1998年の1兆1562億円より、7.3%増加した。最近でこそ伸び率が鈍化しているが、1990年の2954億円に比較すると4.2倍の大幅増である。このバイオ商品市場及び関連市場の太宗を占めるのが遺伝子操作であり(1999

年で全体の 67.2%を占めている)、この遺伝子操作は、バイオ医薬品や遺伝子組換え酵素や遺伝子組換え食物が占めている。ただし、遺伝子組換え食物のほとんどが輸入品であり、国内での生産は皆無である。

(図 2)

平成 12 年 3 月 31 日現在で実施した「平成 12 年度バイオ産業創造基礎調査」⁶(経済産業省製造産業局生物化学産業課 [2001]) を基にバイオ産業を概観する。まず、1999 年度のバイオ・テクノロジー関連製品の年間出荷額⁷をみると約 6 兆 945 兆円である。本調査は、ニュー・バイオ・テクノロジーに加え、オールド・バイオ・テクノロジーも含めたバイオ統計であるため、上記のニュー・バイオ・テクノロジーのみを対象とした日経バイオテックの調査結果とは異なる数値となっている。分野別にみると、「食品」が約 4 兆 2,744 億円 (70.1%) と最も多く約 7 割を占め、次いで「医薬品・診断薬・医療用具」が 8,450 億円 (13.9%) となっている。上記の日経バイオテックと比較するため、従来型の発酵技術、培養技術、変異処理技術等、及び従来型の生物による環境汚染処理技術 (活性汚泥処理、メタン発酵、コンポスト化処理等) などのオールド・バイオ・テクノロジーを除くと、9,632 億円となる。これは、日経バイオテック統計の 1 兆 2,409 億円に該当する。したがって、2 つの統計をもとに考えると、本稿でいうバイオ・テクノロジー分野の市場規模は、1 兆円程度ということができよう。一方、オールド・バイオ・テクノロジーの主要部分は食品分野であり、その 99.8% がビール、チーズ、ヨーグルト等の従来型の発酵技術、培養技術、変異処理技術等である。

また、本調査では 2004 年における年間出荷額を予測している (表 1)。これをみると、現在の年間出荷比率が低い「情報処理」、「サービス」、「研究・生産用機器設備」、「バイオエレクトロニクス」が増加するとする企業が多く、一方、年間出荷比率の高い「食品」や「医薬・診断薬・医療用具」は増加するとする企業が比較的少ない。したがって、2000 年 3 月 31 日時点では、2004 年に向けて、ニュー・バイオ・テクノロジーを中心とした分野の伸び率は高くなるものの、バイオ・テクノロジー全体の総額は余り伸びないということを示唆している。

(表 1)

2) バイオ関係学位取得者数の推移

以下では、1980 年から 1998 年までの日本と米国の学位取得者数を比較する。日本のデータは、文部省 [1981 ~ 1999] を基に「生物学・薬学」の学位取得者を抽出し、米国のデータは、National Science Foundation [2001] を基に「Biological science」⁸の学位取得者を抽出した。日米を比較する上で、大学、大学院の制度が異なるために必ずしも単純に比較

できない。例えば、米国のメディカル・スクールは大学院であり、そこへ入学する人のほとんどが、学部時代に生物学を専攻する傾向にある。また、米国の薬学部は薬剤師養成学校の色彩が濃い。日本の場合、基礎医学の研究を行っている場合が多い。さらに、日本の場合、論文博士という固有の制度があり、医者の経験を積んだ後、大学に論文を提出し医学博士を取得する場合が多い。これらの人々は、バイオ・テクノロジー分野の研究者でない場合が多い。このような日米の違いを踏まえて、日米のバイオ関係学位取得者数を比較するのは困難なため、今回は、上記の違いを若干考慮に入れて、日本では、「生物学・薬学」の学位取得者を、米国では、「Biological science」の学位取得者を対象として比較した。

9

まず、最新年の1998年の博士号取得者をみると(表2)、日本の476人に対し、米国は5,854人であり、日本の12.3倍の人が米国で博士号を取得している。¹⁰また、学士号取得者も日本の10,914人に対し、米国は67,112人であり、日本の6.1倍の人間が米国で学士号を取得している。¹¹一方、人口1万人当たりのバイオ関係学位取得者数をみると(表3)、やはり米国の博士取得者数が日本のそれと比較して格段に高くなっている。¹²

次に、1980年に対する1998年の日本の学士及び博士号取得者の伸び率は、それぞれ1.3倍、2.5倍であり、米国の伸び率の1.4倍、1.5倍である。これをみる限り、日本は論文博士の寄与が相当高いということを考慮に入れても、近年、日本のバイオ関連の博士取得は増加している。ちなみに「生物学」に限ってみると、1980年に対する1998年の日本の学士及び博士号取得者の伸び率は、それぞれ2.3倍、2.4倍であり、これだけみると、従来言われている日本の大学の定員は柔軟性がなく、ある産業が急成長しているときに大学の定員が伸びず、当該産業が衰退するころに大学の定員が増えるということは必ずしも言えないことがわかる。いずれにしても、学位取得者の絶対量が日米で大きく違い、米国と対等に競争していくためには、日本のバイオ関係の学位取得者については、今以上の大幅増が必要と思われる。

(表2)

(表3)

3) 遺伝子工学関連の出願特許件数の推移¹³

まず、日本の遺伝子工学関連の特許出願件数をみると(表4)、1980年に40件だったものが、2000年に2,496件となり、1980年と比較すると60倍以上となった。これは、当該分野の技術革新が著しいことと、研究者、企業レベルで先行者利益を取得するために特許取得競争が激しくなっていることを示している。特に、米国では、最近になって、バイオ・テクノロジー分野の研究結果の多くが、特許になじむものと判断されるようになった(Nelson [2001])といわれており、日本も多少なりとも同様な現象が起こっているものと思

われる。次に、出願先国別のバイオ・テクノロジー基幹技術特許¹⁴の出願件数とその外国人出願比率をみると（表5）出願先国が日本、米国、欧州のいずれかであっても、米国人の出願比率が高くなっている。このことは、バイオ・テクノロジー基幹技術に関する競争力について、米国が抜きん出ており、日本の当該分野の競争力がそれほど強くないことを示している。

（表4）

（表5）

4）日米のバイオ関連予算の推移

日本のバイオ関連の当初予算を見ると（図3）2001年度予算は2,849億円と2000年度予算に比べて、7.1%の増加となっている。¹⁵これは最近のバイオブームを背景に、安定的に増加していることを示しているが、省庁別の割合を見ると（表6）その割合には大きな変動がみられない。これは、バイオ予算でも重点配分が必要なところに臨機応変に配分されていないことを示唆するものと思われる。省庁別割合の若干の変化は、厚生労働省の予算割合の減少と旧科学技術庁の予算割合の増加によるものである。

（図3）

（表6）

一方、米国のバイオ関連予算の推移をみると（図4）2001年の米国連邦政府のライフサイエンス研究予算は約182億ドル（1ドル120円とすると2兆3,724億円）となっている。ただし、この数値は連邦政府の研究費のみの数値であり、連邦政府の開発費や施設建設費を含めるとより大きな数値となる。

（図4）

ここで、日米のバイオ関連予算について考える。日本のバイオ関連予算については、その範囲について明確なクライテリアがある訳ではなく、各省庁の「ライフサイエンス予算」の公表値を足しあげただけである。一般的に、研究施設等の建設費は当該項目に入っておらず、いわゆる人件費や研究開発機器費や消耗品費等の研究開発費の総計である。ただし、科学研究費のように申請方式で予算要求時にはライフサイエンス関係の研究費が不明なものや、独立行政法人の運営費交付金のように、独立行政法人の研究機関でライフサイエンスの研究を行なっている部署がどの程度予算を使ったかが明確でなく、その意味では、日

本のバイオ関連予算を正確に表わしていない。

一方、米国のライフサイエンスの研究予算は、明確な定義のもと各省庁が支出した額を用途別に公表している(National Science Foundation [2001b])。正確には、研究(Research) と開発(Development)と施設建設費(R&D plant)に分けて計上されている。図4では、分野別の支出が明確な研究(Research)費を示した。¹⁶研究は科学的な知見の向上に寄与するスタディのことをいい、開発(development)の研究から得られた知見を生産に活用するための経費と一線を画している。

したがって、日米のバイオ関連予算は、その内容の違いにより正確に比較することは困難であるが、少なくとも日本のバイオ関係予算は米国のそれと比較して大幅に低い値を示している。

5) 日本のスターサイエンティストの公開特許

1993年以降に日本で公開された大学及び政府関係機関の研究者のうち、バイオ・テクノロジー関係で特許を多く出願している研究者を抽出し、その特許の登録率とそれぞれが発明した特許について、それぞれの出願者を調べてみると表7の通りとなる。まず、登録率をみると、最高でも清水信義氏の26%であり、概して低い登録率となっている。日本は先願主義のため、アイデアの着想段階で特許を出願する傾向が強く、後から冷静に考えると実は陳腐なアイデアだったり、アイデアはいいが実用化には至らない内容であったとして考え直したりする場合もあるため、出願審査請求の可能な期間として出願日から7年間を与え、¹⁷その間に権利化する必要があるか出願人に見極めてもらっている。したがって、一般的には、日本では、出願しても審査を請求する特許が少なく、その結果、登録率も低くなっている。特に、バイオ・テクノロジーの分野は、必ずしも特許の範囲が明確でなく、かつ技術革新が激しいため、とりあえず出願して様子を見るという傾向が強いため、他の分野と比較しても低い登録率になっていると思われる。

次に、各研究者の発明した特許の出願者をみると、大学に所属する研究者は個人の出願が少なく民間企業の出願が多くなっている。これは、企業との共同研究の成果というよりも、研究者は自分の発明の権利を一部企業に譲渡し、その代わり出願に要した諸経費を企業が支払うという慣習が続いていることによると思われる。ちなみに、この中で、大学が権利を所有する特許は1件のみであった。

(表7)

6) 学術論文数と論文インパクトの国際比較

まず、人口1万人当たりの学術論文数の各国比較をみる(表8)。この表はInstitute for Scientific Information (ISI)のNational Science Indicators on Diskette (NSIOD)を活用して、Beuzekom [2001]が作成したものを筆者が再計算したものである。これをみると、最近

の日本の人口 1 万人当たりの学術論文数は 3.3 と米国の 2.5 と比べて多く、先進国の中では特に過小な数値となっていない。論文数では、その「質」を評価できないので、「質」を評価するために、論文引用数を活用して各国別の論文の相対インパクトをみる（表 9）。これは、Science Citation Index (SCI)を基に作成したもので、論文引用数の各年の各国平均が 1 である。これをみると日本の論文の相対インパクトは他の OECD 諸国と比較して低いものとなっている。このことから日本は多数の学術論文を出している割には、その「質」の面では諸外国に劣っているといえる。

（表 8）

（表 9）

7) 生物学関係の研究者の日米比較

日本の生物関係の研究者を見るため科学技術研究調査報告をみる。まずは、会社等、研究機関、大学等のように勤務先毎の「生物学・薬学」の研究を本務にしている者の合計をみると、1997 年の合計は 29,674 人である。¹⁸一方、米国の「Biological science」関係のサイエンティストとエンジニアの数をみると、1997 年は 1,103,800 人である。これは日本の約 37 倍であり、米国のバイオ関係の研究者の層の厚さを感じさせる。また、人口 1 万人あたりの「生物・薬学」の研究者の人数をみると（表 10）、1997 年の合計は 2.352 人である。¹⁹一方、米国の「Biological science」関係の人口 1 万人あたりのサイエンティストとエンジニアの数をみると 41.202 人であり大きな差がある。ただし、日本の場合は生物関係の研究を本務にしている者のみであり、一方、米国は当該分野の研究者のみならず研究補助者も含まれている数値なので、日本の方が過小評価、米国の方が過大評価していることとなるが、それを差し引いても、米国の生物学関係の研究者の層の厚さの優位さは変わらないと思われる。

（表 10）

8) バイオ企業の日米比較

バイオ企業数に関して日米で比較をすると（表 11）、大手企業でもその数に大きな較差があるが、特に、ベンチャー企業でその格差が大きく、米国では日本の 5 倍以上のバイオ・ベンチャーが存在することとなる。ただし、バイオ・ベンチャーの定義によってその数が変動することに加え、その中身に関しても新規に創設されたもの、大企業の子会社、中小企業の異分野進出、大学発バイオ・ベンチャーなど、その創生要因が多岐にわたっているため、これらを厳密に比較するためには更なる調査を要するものと思われる。

(表11)

以上、日本のバイオ・テクノロジーの現状を概観した。バイオ・テクノロジーが幅広い分野にわたり、定義として確立されたものでないこと、整備された国際比較可能なデータがほとんどないこと、また教育制度、特許制度、企業制度など制度的違いが影響することから、国際比較は慎重を要する。しかし、とりあえずの比較結果として、日本は米国と比較して産学のバイオ・テクノロジー関係のプレーヤーが少なく、また、政府予算支出も少ないといえそうである。学術成果に関しても、日本は他国と比較してインパクトのある研究成果を出しておらず、特許に関しても、日本の他の分野と比較して競争力がないといえそうである。以上は、バイオ・テクノロジー分野の研究開発に関するインプットとアウトプットの状況をみたものであるが、次項では、日本のバイオ・テクノロジーの研究開発に関する制度的・構造的問題を中心に論述する。

4. バイオ・テクノロジーの特性

(1) バイオ・テクノロジー関係の基礎研究と産業化

技術革新のモデルの一つのモデルとして、「線型モデル」があり、そのモデルによれば、「技術革新は科学的な研究から開発、開発から生産、生産から市場へと直線的に進むものとされている。」(青木 [1992]の 250 ページ)(図5)ただし、「このモデルは(中略)最近クライン(Stephen J. Kline)とローゼンバーグ(Nathan Rosenberg)によって技術革新の実態を歪めているとして批判されている。彼らはそれに代わるモデルを提案しているが、ここでは線型モデルでの下流の局面から上流へのフィードバックだけでなく、発明から市場へ至るあらゆる局面での科学との相互作用が強調されている。」(青木 [1992]の 250 ページ)このモデルは一般的に「連鎖モデル」と呼ばれている(図6)。

(図5)

(図6)

更に最近、特にバイオ・テクノロジーの分野で基礎研究がそのまま市場に出される商品になる例があると指摘されるようになってきた。²⁰すなわち、基礎研究がそのまま産業化に結びつくようなモデルである。たとえば、ゲノム創薬を取り上げ、ゲノム解析技術の発達に伴ってシステムティックに基礎研究で病気の原因物質の特定が行なわれ、薬のシーズがそのまま薬となっていると指摘している。

このような基礎研究がそのまま市場に出される商品に結びつけるようなモデルを、サイ

エンス・リンケージを持って説明することが多い。アメリカの特許制度では、当該発明に参考とした先行研究（論文・特許）があれば特許申請時に明記することが義務づけられている。このデータを用い、米国 1 件当たりの論文引用件数を調べたものが、サイエンス・リンケージと呼ばれ学術論文がどの程度特許作成に影響を与えるかを示す指標とされている。科学技術政策研究所 [2000]をもとに米国の「全分野」と「生化学・微生物」と日本の「全分野」と「生化学・微生物」のサイエンス・リンケージを図 7 に示す。まず、日米で比較すると、米国の方がはるかにサイエンス・リンケージが高い。これだけを持って、日本は米国のレベルまでサイエンス・リンケージを高めなければ、日本企業の国際競争力がなくなってしまうとはいえないが、少なくとも米国は基礎研究を効率的に特許出願に結び付けているということができよう。²¹

次に、「全分野」と「生化学・微生物」のサイエンス・リンケージを比較すると、「全分野」と比較して、「生化学・微生物」のサイエンス・リンケージがはるかに高いことがわかる。すなわち、「生化学・微生物」に関する特許については、基礎研究から受ける影響が大きいことを示している。

これをもって、基礎研究が産業化に結びつくようなモデルの実証と言えるのであろうか。その答えは否である。確かに、「生化学・微生物」分野の科学論文と特許とのリンケージが高いが、特許と製品化の間には大きな溝がある。このサイエンス・リンケージが高いというのは、図 6 の D の近接性を示すものであり、基礎研究と産業化の近接性を示すものではないと考える。

(図 7)

図 8 に創薬の技術革新の「連鎖モデル」を示す。まず、創薬の場合、基礎研究で薬となる可能性のある化合物を探すことができたとしても、選別された化合物の物性を調べる応用研究を行ない、安全性について動物を用いて調べる前臨床試験を経て、臨床試験を行い、その後、厚生労働省の承認審査を受けるという長い道筋があり、その中で約 40 万個という化合物が結局約 80 個程度に減ると言われている。結局、化合物が発見されてから新薬ができるまで、約 12 年から 15 年の年月と約 150 ~ 200 億円のコストがかかることとなる。²²一般的に、創薬と自動車工業等の産業の違いとして、「潜在的市場」から「発明と分析的設計」へ移行するいわゆる「デマンド・プル型」の傾向は弱く、「潜在的市場」は結局、研究テーマの元となり、研究から「発明と分析的設計」に導かれる「サイエンス型」の傾向が強い。ただし、癌の特効薬の開発や狂牛病対策など、「流通・市場」から長いフィードバックである F を通って「潜在的市場」に移行し、「発明と分析的設計」に移行することもある。また、「流通・市場」の中に医薬品の場合には「市販後調査」として有効性や副作用の有無についての調査があり、その結果によっては「発明と分析的設計」あるいは「前臨床試験と臨床試験」などに戻ることあつて、流れは一方向とは限らない。とはいえ、自動車工業等

の組立産業では工場内あるいは工場・研究所間で頻繁に起こる図6のfのフィードバックが、創薬では相対的に起こる頻度が低い。

すなわち、創薬の場合には、大学や研究機関などで解明されるサイエンスの知識を生かしつつ、基礎研究で薬となる可能性のある化合物を探し、その選別された化合物の物性を調べる応用研究を行なった後に「前臨床検査と臨床検査」、「承認審査」、「流通、市場」へと続き、その間に、研究に立ち返ったり、「発明と分析的設計」に立ち返ることは比較的少なく、有効でなければその時点で創薬の候補から脱落してしまう例が多い。²³

また、自動車工業等の産業の場合は、「発明と分析的設計」を経て、技術革新が進んでいく段階において、現場で問題点が生ずると「知識」や「研究」へのフィードバックが多いが、創薬の場合、ゲノム創薬以前では、「発明と分析的設計」を過ぎた後には、そのようなフィードバックが少なかった。しかしながら、最近のゲノム創薬では、「発明と分析的設計」において、「知識」とのフィードバックが多くなってきた。従来は、ある化合物が副作用等の理由で薬になる可能性が少ないという「知識」のみが「発明と分析的設計」を行う際に重要な「知識」のフィードバックだったが、最近では、それに加え、ヒトゲノムの全貌が明らかになったことや、コンピュータの格段の進歩により、このヒトゲノムの莫大なデータを管理することが可能となり、バイオ・インフォマティクスが急速に進歩し、データベースを活用した新薬の探索が容易になった。²⁴

(図 8)

また、創薬は、自動車工業等の産業と比較して、上記のように薬として上市するまで多大な時間とコストがかかる。一方で、上市された製品から得られる利益は非常に高く、ハイリスク・ハイリターン構造となっている。最近では更に、ゲノムレベルで創薬を探索する時代になり、今まで以上にコストがかかるようになってきた。製薬会社は他産業と比較して技術集約的であり、研究開発費の売上高比率が高い(表12)。

(表 1 2)

医薬品研究開発には規模の経済や範囲の経済があるとして、欧米では、合併が数多くみられるようになった。²⁵日本でもいくつかの合併が行なわれているが世界的な規模で見れば、小規模な合併といわざるを得ない²⁶(表13)。ただし、研究開発における規模や範囲の経済が強いことを明確にした研究がある訳ではない。詳細なデータを用いて計量分析したHenderson and Cockburn [1996]においても、研究プログラム数が多いほど成果(特許数で計測)が比例的以上に増加するという範囲の経済性はある程度の範囲でしか成立しないことが明らかにされている。また、各プログラムの研究開発費が同じであれば企業の全研究開発費が大きいくほど成果が大きいくという意味では規模の経済性が認められているが、プ

ログラム毎ではむしろ規模の不経済性がある。

(表13)

欧米でも、合併によって、規模の経済を確保したにもかかわらず、自社の競争力を確保するため、今まで以上に、研究開発に資金を投じ続けている。さらに、欧米の企業は大学の研究成果を創薬のシーズとして発展させているバイオ・ベンチャーに注目していった。大企業であっても、すべての研究開発を自分で行なうことは資金やマンパワーの観点から困難なため、大学やバイオ・ベンチャーと共同研究契約を結んだり、バイオ・ベンチャーの研究成果を獲得するため、バイオ・ベンチャーからその権利を買ったり、あるいはベンチャー自体を買収したりする例が多々みられるようになってきた。これは、いわゆる「企業の境界」の問題といえることができる。27「企業の境界」の問題は一般的に、部品調達のような垂直連鎖で1つ上流の段階や、製品販売のような1つ下流の段階を企業内で行なうべきか、あるいは市場取引で行なうべきかという問題である。このような垂直連鎖の問題だけでなく、企業の研究開発も、すべての研究開発を自社のみで行なわず、選択と集中を行い、その選択から外れた分野に関しては、外部から研究成果を調達するようになり、研究開発についても、「企業の境界」をどこに設定するかは企業の重要な経営戦略の一つとなってきた。

翻って、日本はどうであろうか。日本は、製薬企業の集約化もあまり進まず、バイオ・ベンチャーも表11に指摘したとおり、その数は少ない。また、バイオ・テクノロジーの研究者の数も少ないし、この層の薄い研究者のほとんどが大企業に属しており、しかも雇用の流動性が低いため、有能な人材がバイオ・ベンチャーへ行くようなシステムになっていない。さらに、創薬等のハイ・リスク、ハイ・リターンの研究開発を行うバイオ・ベンチャーの創出を助長するような資金供給市場が整備されていない。加えて、日本のバイオ・ベンチャーと共同研究したり、買収したりする例が非常に少なく、従来どおり、製薬会社は個別にツテのある大学の研究者等から非公式に創薬のシーズになるような化合物を譲り受けたりすることが多い。このために、Odagiri [2001] が明らかにしているように、日本の企業も多くの技術導入や技術提携をしているものの、そのパートナーとしてはむしろ海外の大学、バイオ・ベンチャー、製薬企業が多い。

それでは、日本はどのようにすべきであろうか。日本の遺伝子関連の外国人出願比率をみると、全特許における外国人出願比率と比較して、突出して高くなっている(表5)。これは日本への特許出願をみる限り、米国に比べ日本の遺伝子関連の競争力が相対的に低いことを示している。さらに、図7で指摘したように、日本のサイエンス・リンケージは米国に比較して少ない。基礎研究に資金を投じ推進することについては、既に行なわれているが、その更なる充実が必要である。その際に、単に基礎研究に資金を投ずるだけでなく、表2、表3、表10に示されているように層の薄い日本のバイオ・テクノロジー分野の研

研究者を増強する必要がある。さらに、大手製薬会社は、基礎研究を特許化する機能を社内に所持しているが、大学等では、1998年に「大学等における技術に関する研究成果の民間事業者への移転の促進に関する法律」が成立して以来、数多くの技術移転機関(Technology License Office)ができ、その役割を担おうとしているが、必ずしも十分な成果をあげていないというのが現状である。このボトル・ネックを解消するために、さらに基礎研究の特許化を補助する機能を強化すべきであると考ええる。また、その特許化したものを実用化する機能を米国のバイオ・ベンチャーが担っているが、日本も同様な機能を持つことが必要不可欠と考える。これは、図7の「発明と分析的設計」と「研究」のフィードバック機能である。そのような機能はだれが担うべきであろうか。まず大学の研究者、特に医学・理学系の研究者は、自分が発明した特許を実用化し、社会に還元したり、お金儲けをしたいというインセンティブがない限りは、論文を書きやすい「研究」のフェーズを中心にするこへの欲求を持ち、学者として自ら進んで行なわないであろう。したがって、このような機能を大学発ベンチャーに期待し、大学発ベンチャー等の創設を支援することも一案であろう。産学が連携し、大学の教員の他、助手、学生が頭脳として活用可能なインキュベーション的機能を大学内に創設することも選択肢の一つとして考えられる。

(2) バイオ・テクノロジー分野の特許の考え方

1976年以前は、バイオ・インダストリー関係の特許については、その製造方法のみに特許を付与してきた。したがって、物質に対しては特許を取得することができないため、画期的な新規物質を発見したとしても、その製造方法についてのみの特許しか取得できず、当該物質の他の製造方法を発見した人に対して、当該物質を製造する権利を否定することができなかった。このような問題点、あるいは、欧米諸国が物質特許を採用しているという現状にかんがみ、1976年から、日本でも物質特許を認めるようになった。ただ、物質特許が認められるようになったといっても、ある新規物質の物質特許を取得したとしても、その新規物質に側鎖をつけ、新規制や進歩性があると認められたならば、新たな物質特許とすることが可能なため、必ずしも、新規物質の物質特許を取ったとしても、その新規物質の特許取得に見合うコストを利益からあげるのが難しくなっている例もみられるようになった。さらに、このような物質特許もゲノムレベルの特許取得が可能になるにつれて、その下流の物質特許自体の有効性が薄らいで来る可能性が高くなってきた。すなわち、最近のDNAの解読結果が特許の対象となるかどうかの議論である。まず、1991年6月にNIHが塩基配列を読んだだけのDNAの断片を特許として出願したことに始まる。結局、米国特許商標庁により拒絶されたが、日本では「新規性」が重視されるが、米国では「有用性」さえ認められれば特許となりうるとの判断を持つ特許の審査官もいて、それぞれの特許に対する考え方の違いが徐々に明らかになっていった。さらに、1998年には、米国特許商標庁はインサイト・ファーマシューティカル社が出願した機能がまだ不明のDNAの塩

基配列を特許と認めるとの判定を下した。これが、いわゆる「インサイト・ショック」である。このような特許が認められることとなると遺伝子特許に関して天文学的な特許が出願されることとなることに加え、特許が認められた後に DNA の断片について新たな機能を発見したとしても、その前にその機能もわからずに断片を読んだ人が利益を得るような構造となってしまう。日本の特許庁もこれに対して強く反発し、結局、日米欧三極特許庁長官会合で DNA 断片の特許性について比較検討が行なわれることとなった。1999 年 7 月には、当該会合で、機能や特定の有用性の示唆のない DNA 断片は特許が受けられる発明ではないとした。ただ、これも各国で特許に関する審査基準の差もあることから、日米欧全く同じ基準で審査が行なわれているとはいいがたいというのが現状である。

さらに、ゲノムレベルの特許の問題点を「アンチコモنزの悲劇」にたとえる議論もある。²⁸この「アンチコモنزの悲劇」は、1968 年のハーディン教授の「コモنز（共有地）の悲劇」という論文に端を発する(Hardin [1968])。まず「コモنزの悲劇」を紹介すると、これは、牧草地を共有地化すると、羊飼いたちが牧草地の許容量を越えて羊を増やすインセンティブが働き、結局、牧草地は荒廃してしまうので、それぞれの羊飼いたちに私有地を与えた方が、資源の有効利用をする上で重要であるということを示した。

これに対して、1998 年にミシガン大学のヘラー教授らは「アンチコモنزの悲劇」という論文を発表した(Heller and Eisenberg [1998])。この論文の論旨は以下のとおりである。バイオ分野などの研究では、以前、公的な非営利機関を中心に行われており、その成果はパブリック・ドメインとなっていたが、1980 年のバイ・ドール法成立以降、連邦政府が投じた資金をもとに行った基礎研究が私的財産となった。一つの製品を開発して市販するためには、こうして特許化された基礎研究成果をいくつも利用することが必要になることが多く、それらの多くの特許権者すべてと契約を交わし合意を得ることには多大な（時には禁止的な）取引費用がかかってしまい、最終製品の開発を阻害するのではないかと懸念される。この「アンチコモنزの悲劇」が実際に日本でも起こっている。大手製薬企業 A が創薬につながる新規化合物の開発を行っていたが、その化合物のもととなる遺伝子が既にある研究者によって特許登録され、その研究者が大手製薬企業 A にその実施権を許諾しなかったため、結果として、大手製薬会社 A は新規化合物の開発を断念せざるを得なくなったという事例である。さらに、Scotchmer [1991] が指摘するように、研究開発プロセスは累積的であるため、知的所有権が強くなれば、その所有者はより高いライセンス料を要求することとなり、今までの知的所有権を基にして連続的に起きる可能性のあるイノベーションを結果として阻害する恐れがある。このように、知的所有権という権利が強大になりすぎると、イノベーションを促進するどころか、かえって阻害する可能性が出てくるといえよう。

特許制度は、発明者の権利を担保し、発明のインセンティブを与えることにより、技術革新を促進することを目的としている。²⁹一方、その特許制度が厳格になりすぎると、波及効果の高い発明について、囲い込んだり、必要以上に高価で売買したり、一部の人間にし

かその使用を認めなかったりして、結果として、技術革新を阻害する可能性が出てくる。人類はその両者を微妙に調整し、技術革新を促進してきた。ただ、この調整は分野やその時代の技術によって大きく左右される。特に昨今のバイオ・テクノロジー分野における DNA 断片の読み取りや機能の分析などは、特許を出願した時には、その認識がなかったとしても、その後に特許出願した DNA 断片等が含まれる有用なたんぱく質や化合物が発見された場合には、彼らにも、それらの権利を主張することが可能となってしまう。したがって、容易に基礎的な特許を取得した人が、その後に作られる新規化合物の権利を持つこととなり、新規化合物の発見を促進するインセンティブを少なくしている。

さらに、行政監視コストの視点で以下のとおりに考えることができる。現在、政府はイノベーションのインプットの段階、すなわち研究開発する者に対して資金的援助をしている。そこには、情報の偏在があり、研究開発する者と、それを選び評価する者の間に、情報の非対称性が存在する。評価する者はそのギャップをなくそうと努力するが、そうすると監視コストもかかる他、研究開発する者に対しても、研究そのもの以外の作業負担をかけることとなってしまう。そのような行政監視コスト等を最小にするため、研究のアウトプット段階、すなわち特許の段階で政府がその特許を評価して、買い上げというシステムを構築するの一案である。³⁰このようにすると、バイオ・ベンチャーであっても、特許取得段階で資金供給を受けられるので、バイオ・ベンチャーが研究開発を行うインセンティブ・メカニズムを構築することとなる。以上のことから、基礎的で波及効果が大いと思われる特許を買い上げ、パテント・プール化し、³¹それをパブリック・グッズとして、使用者に非独占的に供給するシステムを構築することも検討される余地がある。³²

(3) 日本のバイオ・テクノロジー分野の政策決定メカニズム

過去の政府におけるバイオ・インダストリー分野の関係省庁は、旧通商産業省（現経済産業省）、旧文部省（現文部科学省）、旧科学技術庁（現文部科学省）、旧厚生省（現厚生労働省）、農林水産省の5つの省庁であった。予算額でみると、2001年度当初予算は1998年度当初予算と比較して1.25倍となっているものの、省庁別の当初予算の割合をみるとほとんど変動が見られない（表6）。まず、ミレニアム・プロジェクトが策定される1999年度予算までの関係省庁のバイオ・テクノロジー分野の政策決定メカニズムを概観する。次に、2000年度のミレニアム・プロジェクトの政策決定メカニズムを概観し、最後に、2001年1月の省庁再編以降の4省による政策決定メカニズムを論述する。

1) 1999年度予算までの関係省庁のバイオ・テクノロジー分野の政策決定メカニズム

1999年度までは、バイオ・テクノロジー分野の関係省庁は、通商産業省、文部省、科学技術庁、厚生省、農林水産省の5省庁であった。それぞれの省庁は、それぞれの設置法に

記載された政策目的を達成するために、その道具としてバイオ・テクノロジーの研究開発を行い、利用を促進してきた。例えば、通商産業省なら、工業的なプロセスをバイオプロセスに変更し、効率的で環境負荷の少ないプロセスを作ることを目的としたり、厚生省は創薬の過程でバイオ・テクノロジーを導入する方策を検討したり、科学技術庁はバイオ・テクノロジー分野の基礎研究を促進したりしていた。各省庁の所掌をその政策目的で分けていることから、それぞれの省庁のバイオ・テクノロジー分野の研究開発には、ある程度の重複があった。それぞれの省庁は、その傘下に、業界団体のほか、特殊法人、財団法人、技術研究組合などの関係省庁の政策実施機関（実施主体）が存在していた。このことを青木・奥野 [1996]は「仕切られた多元主義」³³と称し、以下の説明を行なっている。「同じ産業に属している企業は製品市場を通じて激しい競争を繰り広げるが、公的政策を立案するにあたっての産業内企業の共通の利害は、産業団体にとって調整され、所管省庁の原局・原課に取り次がれる。そして各省庁は、予算編成や国家計画などの省庁間の交渉の場において、所管産業の利益を代弁することになる。また天下りの存在によって、官僚には所管産業の利益団体の準代理人として行動するインセンティブが生じることとなる。このような多元的な利益が官僚機構を通じて調整される政治経済体制は「仕切られた多元主義」と呼ぶことができる。」（青木・奥野 [1996]）³⁴

以上の考えをバイオ・テクノロジー分野の政策決定メカニズムに当てはめて考えると図9の通りとなる。まず、バイオ・テクノロジー分野の関係省庁は5省庁であるが、純粋な意味で業界団体を持つのは、通商産業省、厚生省、農林水産省の三省であり、その三省はそれぞれの業界団体の意向を踏まえて政策決定を行なっている。³⁵科学技術庁や文部省については、業界団体は存在しないが、科学技術庁であれば、理化学研究所や科学技術振興事業団等が政策の実施主体として位置付けられ、文部省であれば、大学等がその実施主体として位置付けられている。また、その他の省の実施主体としては、通商産業省であれば、財団法人バイオインダストリー協会³⁶、工業技術院（現独立行政法人産業技術総合研究所）、製品評価技術センター（現独立行政法人製品評価技術基盤機構）等、厚生省であれば、国立国際医療センター、国立循環器病センター、国立医薬品食品衛生研究所等、農林水産省であれば、社団法人農林水産先端技術産業振興センター³⁷、生物系特定産業技術研究推進機構、農業生物資源研究所（現独立行政法人農林生物資源研究所）等である。

また、バイオ・テクノロジー分野も含む科学技術を振興するため、科学技術会議が存在し、それは、科学技術に関する長期的かつ総合的な研究目標を達成するために必要な研究で特に重要なものの推進方策の策定等を目的としている。具体的には、科学技術基本法に基づく科学技術基本計画の審議を行なうほか、内閣総理大臣の諮問に応じて、「ライフサイエンスに関する研究開発基本計画（平成9年8月13日内閣総理大臣決定）」などのバイオ・テクノロジー分野を含む幅広い分野の科学技術振興に関して答申を行なっている。しかしながら、科学技術会議の問題点としては、（ ）バイオ・テクノロジー分野の省庁の中で委員として参加している大臣が、科学技術庁長官と文部大臣のみであり、その他の関係省

庁の参加がないこと、()機能として与えられている事項が、「特に重要なものの推進方策の基本の策定」にとどまっており、予算と人員の「資源配分」まで踏み込んだ調整が所掌上できないこと、()()に関連するが、委員として、科学技術を応用する関係省（通商産業省、厚生省、農林水産省）の参加がないため、「基礎研究のための基礎研究」の考え方が中心となってしまい、「応用研究や社会への還元を念頭においた基礎研究」という考え方が希薄なこと、等が指摘できる。

(図 9)

以下では、従来の「仕切られた多元主義」で指摘されている一般例とバイオ・テクノロジー関係の政策決定メカニズムの違いを明らかにしたい。違いの第一点は、一般例だと、それぞれの業界団体に参加している企業は、各省庁の業界団体それぞれ違う構成員からなっている。³⁸企業は、その政策目的を達成するために、自らの属する業界団体を通じて、政府に働きかけ、その政策の実行に圧力をかける。一方、バイオ・テクノロジー分野の例だと、通商産業省は化学系企業、厚生省は製薬系企業、農林水産省は食品系企業の参加が中心ではあるが、通商産業省の業界団体にも製薬系企業や食品系企業が多く加入しており、参加企業だけを見ると、どの省の業界団体か区別が難しい。したがって、各業界団体は、似た政策要望を関係省に出すため、関係省は似た政策を重複して行なうこととなってしまう。違いの第二点は、大学の役割である。他の分野と異なり、バイオ・テクノロジー分野は最先端の科学技術を活用するため、大学の役割が非常に重要である。バイオ・テクノロジー分野の政策決定メカニズムでは、大学は、文部省の実施主体と位置付けられるが、同時に、科学技術会議の委員や他省庁が開催する審議会、研究会の委員として、それぞれの政策の方向性を示す会議に出席し、それぞれの会議で同じ主張をしている。同時に、他省庁の実施主体に共同研究者や研究実施者としても参加している。したがって、大学の研究者は、文部省の政策の実施主体以外にも、関係省庁等の知恵袋的役割や文部省以外の省庁の実施主体の役割を担っていることとなる。

以上の現実を踏まえて、現行の政策決定メカニズムの問題点を考えてみたい。第一に、バイオ・テクノロジー分野に関しては、関係省庁はそれぞれの政策目的を達成するための道具として使っていることから、政策の重複が非常に多い分野であるにもかかわらず、予算要求に関しては、それぞれの省庁が個別に大蔵省に持ち込んで査定を受けており、その調整はほとんど行なわれていない。科学技術会議という存在もあるが、それは、上述のとおり、参加者が基礎研究の関係機関に限定されていたり、強い調整権限が与えられていないため、その重複回避と重点政策の集中化を行なうことができない。また、マンパワー的にも限られており、独自の調査・立案能力を持っていない。この点は、科学技術政策一般における OSTP (Office of Science and Technology Policy)、バイオ・テクノロジーに関する研究機能と研究支援・資金配分機能を一元的に併せ持つ NIH (National Institutes of

Health)を擁する米国との大きな違いである。第二に、バイオ・テクノロジー分野のような先端的な科学技術には大学の役割が重要であるが、その大学の研究者の絶対的人数が限られていることと、彼らが各省庁の審議会や研究会に参加して似たような政策を提言し、それぞれの省庁が、第一点で指摘した「仕切られた」形で別々に似た政策を作り、予算を確保している点である。さらに、その実施主体として、各省庁の意向を強く反映できる特殊法人、社団法人、財団法人等が別々に存在し、それらに別々に予算が投入されているため、政策の重複実施が行なわれている。一方で、各省庁の実施主体として、限られた大学の研究者が共同研究者や実施者として参画しており、違う実施主体で同じような研究開発が同じようなメンバーで行なわれている。第三に、通商産業省と厚生省と農林水産省の3省のバイオ・テクノロジー分野の業界団体は、その構成者に重複があるため、業界団体からも所管省庁に対して、同じ政策を要求することとなり、これが、第二点で指摘した「仕切られた」形で各省庁が似た政策を別々に実施することになってしまう。

以上のことから、バイオ・テクノロジー関係では、似たような政策を限られた研究者や各省庁の複数の実施主体に対して重複投資を行なっていることになり、結果として、関係省庁の傘下にある実施主体の雇用が確保されることと、それらの重複した研究の実施のための研究施設の建設費を享受する建設業界と実験機器や試薬を納入する研究開発関連ビジネスに利するだけであると考えられる。

2) 2000年度のみレニアム・プロジェクトの政策決定メカニズム

上記1)の「仕切られた」関係省庁の政策決定メカニズムについて、関係省庁も問題意識をもっており、それを打破するための、いくつかの努力がなされている。一つは、1999年1月29日の科学技術庁長官、文部大臣、厚生大臣、農林水産大臣及び通商産業大臣による「バイオテクノロジー産業の創造に向けた基本方針」の申し合わせである。これは、5省庁の大臣により、バイオ・テクノロジー関連市場の将来予測を行なった上で、産業化の加速的促進のための施策を8つ上げた。³⁹その上で、この方針の実施のための具体的な計画を共同で策定するとともに、その計画の実施に当たっては、バイオ・テクノロジー関係省庁連絡会議において密接な連携を確保することとしている。

加えて、1999年7月13日には、上記「バイオテクノロジー産業の創造に向けた基本方針」に基づき、科学技術庁、文部省、厚生省、農林水産省、通商産業省の5省庁体制で、今後5年間程度を見通して各省庁で連携して取り組むべき具体的施策を「バイオテクノロジー産業の創造に向けた基本戦略」として取りまとめた。そこでは、バイオ・テクノロジー産業創造のため、各省庁連携体制を強化し、()産業創造のための基盤整備、()技術開発の推進と事業化支援の強化、()バイオ・テクノロジーに関連する環境整備、()国民理解の促進、の4つの施策に重点化することとした。

さらに、1999年7月30日の「平成12年度予算の概算要求に当たっての基本的な方針について」を閣議了解する際に、公共・非公共合わせて5,000億円の「経済新生特別枠」の

設定を決め、総理自身が、優先度合いについて仕分けを行い、予算配分を行なうこととした。その中で、非公共の特別枠を活用して、新たな千年紀を迎えるに当たり、省庁横断的な取り組みと官民の十分な連携の下、戦略的かつ重点的な産学官共同プロジェクト、いわゆるミレニアム・プロジェクト（情報化・高齢化・環境対応）を実施することになった。そのミレニアム・プロジェクトは各省庁の共同・連携事業に特に重点を置き、その構築に当たっては、内閣内政審議室を中心にして関係省庁の協力の下、行なうこととなった。なお、バイオ・テクノロジー分野はミレニアム・プロジェクトの「高齢化」の一部をなすものであり、その後、各省庁が内閣内政審議室に対して要求を行ない、1999年12月19日に、そのミレニアム・プロジェクトに関しては、()ヒトゲノム解析、()五大疾病の克服、()自己修復機能を用いた再生医療の実現、()イネゲノムの解析による高機能作物及び低農薬作物の実現、()安全性の確保と国民の理解の増進、の5つの柱に、総額640億円を投ずることとなった。

これらの一連の流れは、バイオ・テクノロジー分野の「仕切られた」関係省庁の政策決定メカニズムに一矢を報いたものといえよう。すなわち、1999年1月の「バイオテクノロジー産業の創造に向けた基本方針」で基本的な考え方を明示し、1999年7月の「バイオテクノロジー産業の創造に向けた基本戦略」で具体的なアクション・プランを示し、その後、バイオ・テクノロジー分野に限って意図的に政策を構築した訳ではないが、内閣内政審議室を中心に、ミレニアム・プロジェクトとして、関係省庁と協調したバイオ・テクノロジー分野の政策を構築した。これは、今までの科学技術会議の調整の限界を認識した上で、内閣内政審議室に総理大臣のイニシアティブでその予算の調整権限を与え、関係省庁連携の上で、重点政策に集中的に予算を投下したものであり、より理想に近づいたものと言えよう。

ただ、いくつかの問題点はある。第一点は、このミレニアム・プロジェクトは2000年度当初予算に限られたものであり、2001年度以降も恒久的にこのシステムで行うものでないことである。第二点は、このように省庁で政策の内容を調整・連携したとしても、実施主体の調整・連携が十分にできていない点である。各省庁で政策調整を行い、形式上一つのプロジェクトとして構築したとしても、結果としては、ある省庁からその省庁所管の実施主体に事業を委託することとなり、実態上のその実施主体レベルでの調整・連携が取られていないという問題が出てくる。また、効率性から考えれば、一つの実施主体で行なった方がいい場合であっても、省庁間の連携プロジェクトとしてプロジェクトを2つの事業に分けて、それぞれを、それぞれの所管の実施主体に委託する事例なども見受けられ、それに必要な施設、機材等も重複して投資している場合も多々見受けられる。また、それぞれの実施主体がその研究を行う能力を持っていない場合、複数の実施主体が一つの研究機関に再委託する例も見受けられる。具体的には、1つのプロジェクトを2つの省庁がそれぞれの事業に分けて、それぞれ実施主体に委託し、それぞれの実施主体が更に同じ一つの研究機関に委託する例である。そのプロジェクトを行なう上で、それぞれの省庁、実施主体

で、事業に対する成果の考え方、権限委譲の程度が違い、さらに矮小な話では、細かな事務手続きが違うため、そのプロジェクト内の調整に多大の時間を要し、本質的な研究に神経を集中することができない状態となっている。さらに、実施主体には大学の研究者が研究に参加しているが、米国と比較して大学の研究者の層が薄いため、様々な省庁の実施主体に同じ研究者が参画することとなり、一部の研究者だけに集中的に資金が投下されるという結果となってしまった。

3) 2001年1月の省庁再編以降の4省による政策決定メカニズム

今までの科学技術会議の予算や人的な配分権限や調整機能の強化、さらに、ミレニアム・プロジェクトで行われた内閣内政審議室の機能の恒久化をめざして、総合科学技術会議が2001年1月に誕生した。その機能の一つとして、「内閣総理大臣又は関係各大臣の諮問に応じて科学技術に関する予算、人材その他の科学技術の振興に必要な資源の配分の方針その他科学技術の振興に関する重要事項について調査審議すること」とあり、従前の科学技術会議と比較して、関係省に対する調整権限が増大した。総合科学技術会議の構成員としては、科学技術政策担当大臣の他、各省大臣のうちから、内閣総理大臣が指定する者として、文部科学大臣と経済産業大臣が議員に指名され、議長及び議員14人以内で構成されている。さらに、バイオ・テクノロジー分野の議論を進める時は、「議員である国務大臣以外の国務大臣を、議案に限って、議員として、臨時に参加させることができる」との規定に基づき、厚生労働大臣、農林水産大臣を臨時議員として、議論に参加することが可能となった。この結果、バイオ・テクノロジーの関係省全員が参加の上で、バイオ・テクノロジー政策を議論する土壌ができた。

また、同時に行なわれた省庁再編の基づき、バイオ・テクノロジー分野の関係省は、図10の通り、文部科学省、経済産業省、厚生労働省、農林水産省の4省体制となった。ただ、関係省と業界団体との関係、関係省と実施主体の関係、大学と関係省、総合科学技術会議の関係は、それ以前と基本的に変化がなかった。

このような新たな政府組織のもとで、平成14年度の予算要求が始まった。まず、平成13年8月10日に「平成14年度予算の概算要求に当たっての基本的な方針について」を閣議了解し、重点7分野⁴⁰への予算配分の重点化等を行う「構造改革特別要求」を要求することとなり、この「構造改革特別要求」のうち「科学技術の振興」に該当するものについては、総合科学技術会議が、効果的な研究推進、各省連携、成果の社会還元等の観点から施策を俯瞰・検討し、優先順位について整理することとなった。総合科学技術会議はその整理にあたり、平成13年7月11日に総合科学技術会議で決定された「平成14年度の科学技術に関する予算、人材等の資源配分方針」をもとに、ライフサイエンス等の重点4分野等に合致する施策を重視し、優先順位を整理した。このように、総合科学技術会議が資源配分方針を作り、それに基づき、各府省提出のライフサイエンスを含む科学技術の振興に係る「構造改革特別要求」の優先順位をつけることとなり、2000年度のミレニアム・プロジェクト

と同様にある一定の関係府省の調整機能を果たしているといえよう。⁴¹

(図 1 0)

総合科学技術会議が作られてから1年にも満たないので、現段階でその評価をするのは、時期尚早かもしれないが、少なくとも、現段階では、その与えられた所掌事務をフル活用して政策の調整を行なっているとはいえないと思われる。バイオ・テクノロジー分野のように4省に政策実施官庁が分かれているような研究開発こそ、総合科学技術会議の存在意義が問われる分野なので、「構造改革特別要求」に限らず、その他のすべてのバイオ・テクノロジー関係の予算に対しても総合科学技術会議が調整と重点化を考えていくべきだと考える。総合科学技術会議の今後の更なるリーダーシップが期待される。また、「日本のバイオ・テクノロジーの現状」で比較したとおり、米国と比較して、日本のバイオ・テクノロジー分野の政府投資額は少ない。したがって、今後は、今以上に資金を投ずるべきと考えるが、同時に、その資金を有効に使っているか、レビューすることが必要不可欠である。

また、2)の「2000年度のみレニアム予算の政策決定メカニズム」でも指摘したが、仮にバイオ・テクノロジー分野の各省の役割分担が行なわれたとしても、その実施主体が、各省毎に独自の機関を活用しているため、非効率となっている。効率性を考え、それぞれの省が競争的な方法で実施主体を選定するように義務づけるべきだと考える。これに合わせて、従来行われてきた 省の研究開発は 省の所管の実施主体に委託するという考え方や 省から 所管団体への天下りというパイプを断つべきだと考える。実施主体は自らが競争的資金を獲得するため、必要な人材を集め、研究開発を行い、もし、その競争的資金を獲得することができないのであれば廃止もやむなしと考える。一方、実施主体の統合も一つの方法ではあるが、統合して失敗した時にリスクが高いこと、参入障壁が高くなり新たな事業主体が参入しにくくなること、から適切でないと考え。その際、実施主体は複数の省から研究開発の委託等がなされる可能性があるが、その際には、各省の実施主体の権限委譲の程度の統一化、事務手続きの統一化を行い、できる限り研究開発の自身に専念できるような構造を持たせるべきである。

さらに、2)の「2000年度のみレニアム予算の政策決定メカニズム」でも指摘したが、実施主体には大学の研究者が研究に参加しているが、米国と比較して大学の研究者の層が薄いため、様々な省庁の実施主体に同じ研究者が参画することとなり、一部の研究者だけに集中的に資金が投下されることとなってしまふ。その実体を把握するために、現在、総合科学技術会議ではその実体を調べているところだが、今後は、定期的にその調査を行うとともに、各研究者には、当該プロジェクトにどの程度のエフォートを当てるかを提出させ、そのエフォートに応じて、研究資金を割り当てるべきだと考える。

5 . おわりに

以上、日本のバイオ・テクノロジー分野の研究開発の現状と課題を概観した。その結果、日本は米国と比較して産学のバイオ・テクノロジー関係のプレーヤーが少なく、また、政府予算も少ないということがわかった。また、学術成果に関しても、日本は他国と比較してインパクトのある研究成果を出しておらず、特許に関しても、日本の他の分野と比較して競争力がないといえる。

さらに、本稿では、日本のバイオ・テクノロジーの研究開発に関する制度的・構造的問題について整理した。その上で、日本はバイオ・インダストリー分野の研究者が少なく、その研究成果が少ないため、その研究者を大量に増やすとともに、厳正なる評価システムで有能な人に研究資金が集まるような構造にすべきである。さらに基礎研究を特許化するために、新たに第三者機関を設置することも一案である。また、特許化した発明をさらに実用化する機能を米国ではバイオ・ベンチャーが担っているが、日本では、現在のところ、そのバイオ・ベンチャーの絶対数が少なく有効に機能していない。そこで、そのようなバイオ・ベンチャーを育成する施策を講ずるとか、そのような機能を持つインキュベーターの設置を考えるのも一案である。

また、バイオ・テクノロジー分野の特許に関しても、権利の保護とイノベーションの促進を併せ持つ制度を考えるべきである。例えば、基礎的な特許を政府がパテント・プールの化して、それをパブリック・グッツとして、使用者に非独占的に供給するシステムの構築も一案である。

バイオ・テクノロジー分野の政策決定メカニズムについては、政策目的に応じて、4省がバイオ・テクノロジー分野の政策を担当することとなるが、それを調整・重点化するために、総合科学技術会議に今以上のリーダーシップが期待される。また、総合科学技術会議のリーダーシップで仮にバイオ・テクノロジー分野の各省の役割分担がはっきり行なわれたとしても、各省毎が独自の実施主体を活用しているため、非効率となっている。そこで効率性を考え、それぞれの省が競争的な方法で実施主体を選定するように義務づけるべきだと考える。これに合わせて、従来行われてきた 省の研究開発は 省の所管の実施主体に委託するという考え方や 省から 省所管団体への天下りというパイプを断つべきだと考える。実施主体は自らが競争的資金を獲得するため、必要な人材を集め、研究を行い、それができないのであれば廃止もやむなしと考える。さらに、研究資金が一部の研究者に集中しないように、定期的にモニタリングするとともに、各研究者には、彼の全研究時間の中で、当該研究にどの程度の時間をかけるかを明記させ、そのエフォートに応じて研究資金の配分を考えるべきである。ただし、研究開発においてネックとなるのは資金だけではない。実際、研究費は増えたが、それを使って実際に研究開発に当たるべき人材として能力と知識を十分に持つ研究者が不足し障害になっているという声は研究機関からも大学からも企業からも多く聞かれた。短期的に研究費を急増するのみでは不十分であ

り、資金的にも人間的にも教育制度を充実させることにより、ヒトとモノのバランスある拡大を図ることが長期的に不可欠である。また、創意にあふれた教育システム、研究システム構築のために、法的・制度的仕組みを抜本的に改革することなしには、量的拡大が隘路に直面するであろうことも認識する必要がある。

¹ 小淵元総理は、平成 11 年 7 月 30 日の閣議で、「経済新生特別枠」(公共・非公共合わせて 5,000 億円)の設立を決め、その予算編成過程において、総理自身が優先度合いについて仕分けを行い、予算配分を行なうこととした。そのうち、特に、非公共の特別枠を、新たな千年紀を迎えるに当たり、省庁横断的な取り組みと官民の十分な連携の下、戦略的かつ重点的な産学官共同プロジェクト、いわゆるミレニアム・プロジェクト(情報化・高齢化・環境対応)と名づけた。その具体化については、要望段階から、内閣官房を中心として関係省庁の協力の下、調整を行なった。

² すなわち、本稿における「バイオ・テクノロジー」は、第 2 世代バイオ・テクノロジーと第 3 世代バイオ・テクノロジーのことを総称して言っている。

³ ただし、本統計は、各カテゴリーの定義が明確でないほか、数値自体の出所も明らかにされていないため、全体の動きをみるのには適切であるが、個別の動きを見るのには信頼性が低いと思われる。

⁴ 本統計におけるバイオ商品市場は、遺伝子操作技術、細胞融合技術、細胞培養技術を用いた製品を集計している。一方、バイオ関連市場は、酵素などを利用した製品や、研究支援機器、サービスなどを中心に集計している。いずれにしても、本統計のバイオ商品市場及びバイオ関連市場は、いわゆるニュー・バイオ・テクノロジーを対象としている。

⁵ 本統計は日本のバイオ商品市場及び関連市場の推移を示したものであり、国内生産額だけではなく、輸入額も含まれている。

⁶ バイオ産業創造基礎調査は、日本のバイオ産業の実態を明らかにし、今後のバイオ産業の振興にかかる基礎資料を得ることを目的として行われた承認統計調査である。本調査は平成 12 年度が初年度であり、調査対象は、平成 11 年通商産業省企業活動基本調査名簿、財団法人バイオインダストリー協会会員名簿、社団法人バイオ産業情報化コンソーシアム会員名簿、社団法人農林水産先端技術産業振興センター会員名簿等から選定した企業である。なお回収率は、45.5%である。

⁷ この年間出荷額は、国内で生産されたバイオ・テクノロジー関連製品等に係る出荷額(消費税を含む。)である。この出荷額は、輸出額を含んでいる。

⁸ 「Biological science」は、生化学・生物物理学、生物学一般、植物学、細胞・分子生物学、生態学、遺伝学、微生物学、栄養科学、薬学、生理学、動物学等からなっている。一方、「Biological science」は、「Agricultural sciences」と別項目となっているため、農学が含まれていない。また、この National Science Foundation [2001] のデータはサイエンティストやエンジニアの博士取得数を記載しており、MD(Medical doctor)の数を含んでいない

ため、医学博士は含まれていない。

⁹ 正確に日米のバイオ関係学位取得者数を比較するためには、博士の場合、個別の論文を一つずつチェックしてカウントするという方法が有益であると思われる。この場合でも、修士、学士の場合、米国は論文提出が義務でない場合もあるので、単純に比較できない。

¹⁰ 日本の博士号取得者を「生物学」に限定すると、1998年の博士取得者は240人であり、米国の「Biological science」の博士取得者は、日本の24.4倍である。また、日本の博士号取得者を「生物・薬学・医学・農学」として、バイオ・テクノロジー分野の博士号取得者を最大限広義に捉えても4,107人であり、米国の「Biological science」の博士取得者より少ない数値となっている。

¹¹ 日本の学士取得者を「生物学」に限定すると、1998年の学士号取得者は2,121人であり、米国の「Biological science」は、日本の31.6倍である。また、日本の学士取得者を「生物・薬学・医学・農学」として、バイオ・テクノロジー分野の学士取得者を最大限広義に捉えても35,082人であり、米国の「Biological science」の学士取得者より少ない数値となっている。

¹² 1998年の人口1万人あたりの博士号取得者をみると、日本の0.038に対し、米国は13.715であった。また、日本の博士号取得者を「生物・薬学・医学・農学」として、バイオ・テクノロジー分野の博士号取得者を最大限広義に捉えても、人口1万人あたりの博士号取得者は0.325であり、米国にはるかにおよびない。

¹³ 本データは、PATLIS (PATent On-Line Information System)を利用して集計した。日本に出願される特許は、公開特許（出願日から18ヶ月後に出願の内容を公開される特許）と公表特許（PCT（特許協力条約）に基づき、日本に外国語で出された国際出願の翻訳を公表されるもの）と再公表公報（国際事務局（WIPO）により既に国際公開されている国際出願を第三者の便宜のために再度公開されるもの）の合計とした。外国人出願比率を計算するため、上記の数値から47都道府県に居住する出願者を割り出し計算した。

¹⁴ 特許庁 [2001] は、「バイオ・テクノロジー基幹技術」をバイオ・テクノロジーの中核技術とし、「遺伝子組換え技術」、「遺伝子解析技術」、「発生工学技術」、「蛋白工学技術」、「糖鎖工学技術」、「バイオインフォマティクス」の6つの技術から構成されているとしている。

¹⁵ 本図は当初予算の推移を示したものであり、1998年度の2つの補正予算、1999年の1つの補正予算、2000年度の1つの補正予算は含まれていない。

¹⁶ この研究費には、研究関係の間接経費であるオーバーヘッドも含んだ総額である。

¹⁷ 平成13年10月1日以前の出願については、出願審査請求の可能な期間は出願日から7年間であったが、平成13年10月1日以降の出願については、出願日から審査請求をできる期間を3年に短縮した。

¹⁸ 日本の研究者を、会社等、研究機関、大学等のように勤務先毎の「生物・薬学・農学・医学」の研究を本務としている者の合計とし、バイオ・テクノロジー分野の研究者を最大限広義に捉えても148,018人であり、米国の「Biological science」の研究者の数と比較し

てはるかに少ない。

19 日本の人口 1 万人あたりの研究者を、会社等、研究機関、大学等のように勤務先毎の「生物・薬学・農学・医学」の研究を本務としている者の合計を人口で割った数値とし、バイオ・テクノロジー分野の研究者を最大限広義に捉えても 11.732 であり、米国の人口 1 万人あたりの「Biological science」の研究者の数と比較しても少ない数値となっている。

20 例えば、平成 13 年 9 月 21 日に総合科学技術会議重点分野推進戦略専門調査会によって取りまとめられたライフサイエンス分野の「分野別推進戦略」では、「先端的な解析技術の開発や基礎研究の新たな展開が新規産業の創出に直結」としている。

21 ただし、このサイエンス・リンケージは米国特許に関する、米国籍の特許出願者の論文引用件数と日本国籍の特許出願者の論文引用件数を示しており、日本特許のそれは比較していない。それは、米国では特許出願に際して引用論文のリストアップが義務付けられているが、日本は義務付けられていないため、日本の特許に関してサイエンス・リンケージを定量化できないからである。また、米国では、引用文献の不開示があとでわかった場合には、Fraud として権利が取り消される可能性があるため、米国の出願者は、あとで問題にならないように多めに引用文献に言及する傾向にある。一方、日本の米国への出願者は、自国で引用文献のリストアップの義務化がないため、米国の制度になれておらず、米国の出願者と比較して多めに引用文献を言及する傾向がないものと思われる。そのため、日米のサイエンス・リンケージを比較した場合、実体よりも差が大きくなってでるものと思われる。

22 ゲノムビジネス研究会 [2001] による。

23 もちろん、「前臨床試験」あるいは「臨床試験」の段階になって、新たな化合物に副作用が発覚した場合、「発明と分析的設計」に戻って、その副作用を取り除くような発明を期待する場合も考えられる。

24 最近のノックアウト・マウス、DNA チップ等のリサーチ・ツールの発達は、「前臨床試験と臨床試験」のカテゴリーでも、「知識」や「研究」のフィード・バックを盛んにした。

25 例えば、1995 年にはグラクソとウエルカムが合併しグラクソ・ウエルカムが発足、1996 年にはチバガイキーとサンドが合併してノルバティスが発足、1999 年にはアストラとゼネガが合併してアストラセネガが発足、ヘキスト・マリオン・ルセルとローヌ・プーランローラーが合併してアベンティスが発足した。

26 2001 年 9 月に大正製薬と田辺製薬の経営統合が発表されたが、その 2 ヶ月半後、白紙撤回となった。一方、2001 年 12 月にはロッシュの 100%子会社の日本ロッシュは 2002 年 10 月を目処に中外製薬と合併することを発表した。

27 例えば、小田切 [近刊]を参照せよ。

28 例えば、<http://www.rieti.go.jp/column/2001/0016.html>を見よ。

29 このように発明者にインセンティブを与えるために特許制度を構築したが、公共性の観点から、製薬の分野で特許制度を反故にする動きが発生している。例えば、独化学・医薬

大手バイエルは炭そ病治療薬「シプロ」の特許を持っているにもかかわらず、カナダ政府は、テロ事件の常備対策として、そのコピー薬の製造を同国内の医薬メーカーに発注する計画を発表している。

30 この結果、監視コストは減少するが、評価コストは増大すると思われる。

31 最近のバイオ・テクノロジー分野の知的所有権の強化がイノベーションを阻害するのではないかとの懸念に対処するため、USPTO [2000] は、バイオ・テクノロジー分野のпатент・プールを作ることを提唱している。また、長岡貞男 [2002] は、патент・プールの経済効果とその制約を整理している。

32 この場合、патент・プール化する機関として国を想定していない。国がпатент・プール化すると、それらは国有財産となるため、財政法により適正な対価で売買せざるを得ず、それに必要なペーパーワークが莫大になり、ワークしなくなる可能性が高いため、第三者機関が買い取った方がいいと考える。

33 「仕切られた多元主義」は、日本の政策実施過程における様々な場所で見受けられる。例えば、情報通信をめぐる旧通商産業省と旧郵政省の覇権争いも「仕切られた多元主義」ということができる。さらに、最近の中国に対するねぎ、しいたけ等のセーフガード発動問題についても、多角的貿易体制の最大の受益国であるという認識が高く、できる限り、保護貿易主義的な考え方を排除しようとする経済産業省と農業団体や農業関係議員の圧力のもと、強力にセーフガードの発動を主張する農林水産省との関係も「仕切られた多元主義」といえよう。

34 「仕切られた多元主義」の最近の解説として、以下を参照のこと。
<http://www.rieti.go.jp/column/2001/0001.html>

35 通商産業省の業界団体として、財団法人バイオインダストリー協会、厚生省の業界団体として、日本製薬工業会、農林水産省の業界団体として、社団法人農林水産先端技術産業振興センター等がある。

36 財団法人バイオインダストリー協会は、業界団体と実施主体の両方の機能を併せ持っている。

37 社団法人農林水産先端技術産業振興センターも、財団法人バイオインダストリー協会と同様に、業界団体と実施主体の両方の機能を併せ持っている。

38 バイオ・テクノロジー分野と類似の事例としては、通商産業省と郵政省の情報通信産業があげられる。

39 8つの施策は()ゲノム解析等の基礎的・基盤的研究の加速度的推進、()事業化支援の強化、()バイオ・テクノロジーの実用化に向けた技術開発の強化、()大学等におけるバイオ・テクノロジー研究の推進と利用の促進、()ネットワーク化の推進等産学官の連携の強化、()適正な安全確保と規制の適正化、()知的財産の適切な保護、()国民的理解の促進、である。

40 重点7分野は()循環型経済社会の構築など環境問題への対応、()少子・高齢化への対

応、()地方の個性ある活性化、まちづくり、()都市の再生 - 都市の魅力と国際競争力、()科学技術の振興、()人材育成、教育、()世界最先端の IT 国家の実現、である。バイオ・テクノロジー分野は、()の科学技術の振興の一部である。当該7分野は、平成13年6月26日の「今後の経済運営及び経済社会の構造改革に関する基本方針」の一部として閣議決定された。

41 優先度については、○：構造改革の推進を図るため、積極的に実施すべき施策、△：構造改革の推進を図るため、着実に実施すべき施策、□：構造改革の推進を図るため、他の施策との近郊にも配慮しながら、重点的、効率的に実施すべき施策、×：構造改革の推進を図るため、必ずしも必要でない施策、の4つに分類された。以上が少なくとも実施が許される施策であるが、優先度付けの結果、全体で1000以上の事業が提出されたが、×とされたのは10数事業のみで、基本的には各府省のいいなりに、独自に重点投資を行なった事実はないとの批判もある。

参考文献

- 青木昌彦 [1992], 「日本経済の制度分析 情報・インセンティブ・交渉ゲーム」筑摩書房.
- 青木昌彦・奥野正寛 [1996], 「経済システムの比較制度分析」東京大学出版会.
- 相澤英孝 [1994], 「バイオテクノロジーと特許法」弘文堂.
- 歌田勝弘 [2001], 「バイオ産業革命 21世紀、生活と社会が激変する」学生社.
- 小田切宏之 [2000], 「企業経済学」東洋経済新報社.
- 小田切宏之 [近刊], 「医薬研究開発における「企業の境界」 - バイオテクノロジーのインパクト - 」南部鶴彦編『医薬品産業組織論』東京大学出版会.
- 科学技術政策研究所 [2000], 「科学技術指標 2000」.
- ゲノムビジネス研究会 [2001], 「巨大市場ゲノムビジネスのすべて」中経出版.
- 総務庁統計局 [1993, 1995, 1997], 「科学技術研究調査報告」.
- 経済産業省製造産業局生物化学産業課 [2001], 「平成 12 年度 バイオ産業創造基礎調査報告書」.
- 特許庁 [2001], 「平成 12 年度特許出願技術動向調査分析報告書 バイオテクノロジー基幹技術」.
- 長岡貞男 [2002], 「技術標準への企業間協力：パテント・プールの経済学」一橋大学イノベーション研究センター・ワーキングペーパー, WP#02-01.
- 21 世紀のバイオ産業立国懇談会 [1998], 「21 世紀のバイオ産業立国懇談会報告書～豊かな国民生活に貢献するバイオ産業の実現～」1998 年 10 月 22 日.
- 日経バイオテク [1990, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999], 「日経バイオ年鑑」日経 BP 社.
- 日本バイオ産業人会議・バイオ産業技術戦略委員会 [1999], 「バイオ産業技術戦略」1999 年 11 月 24 日.
- 文部省 [1981～1999], 「学校基本調査報告書（高等教育機関編）」大蔵省印刷局.
- Beuzekom, Brigitte van [2001], “Biotechnology Statistics in OECD Member Countries: Compendium of Existing National Statistics,” STI working papers.
- Hardin, Garrett [1968], “Tragedy of the commons,” Science 162, pp.1243-1248.
- Heller, A. Michael and Rebecca S. Eisenberg [1998], “Can Patents Data Innovation? The Anticommons in Biomedical Research”, Science 280, pp.698-701.
- Henderson, Rebecca and Iain Cockburn [1996], “Scale, Scope, and Spillovers: The Determinants of Research Productivity in Drug Discovery,” Rand Journal of Economics, 27, pp.32-59.
- Kline, Stephen J. and Nathan Rosenberg [1986], “An overview of innovation,” in Ralph Landau and Nathan Rosenberg (eds.), The Positive Sum Strategy, National

Academy Press.

National Science Foundation [2001a], "Science and Engineering Degrees: 1966-98".

National Science Foundation [2001b], "Federal Funds for Research and Development: Fiscal Years 1999, 2000, and 2001".

Nelson, R. Richard [2001], "The Productive Role of American Research Universities in Technological Progress in the United States," mimemo.

Odagiri, Hiroyuki [2001], "Transaction Costs and Capabilities as Determinants of the R&D Boundaries of the Firm : A Case Study of the Ten Largest Pharmaceutical Firms in Japan," Discussion Paper No.19, National Institute of Science and Technology Policy. Forthcoming in *Managerial and Decision Economics* (<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/eng/dis019e/pdf/dis019e.pdf>).

Scotchmer, Suzanne [1991], "Standing on the Shoulders of Giants: Cumulative Research and the Patent Law," *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 5, Number 1, pp.29-41.

USPTO [2000], "Patent Pools: A Solution to the Problem of Access in Biotechnology Patents?", (<http://www.uspto.gov/web/offices/pac/dapp/opla/patentpool.pdf>).

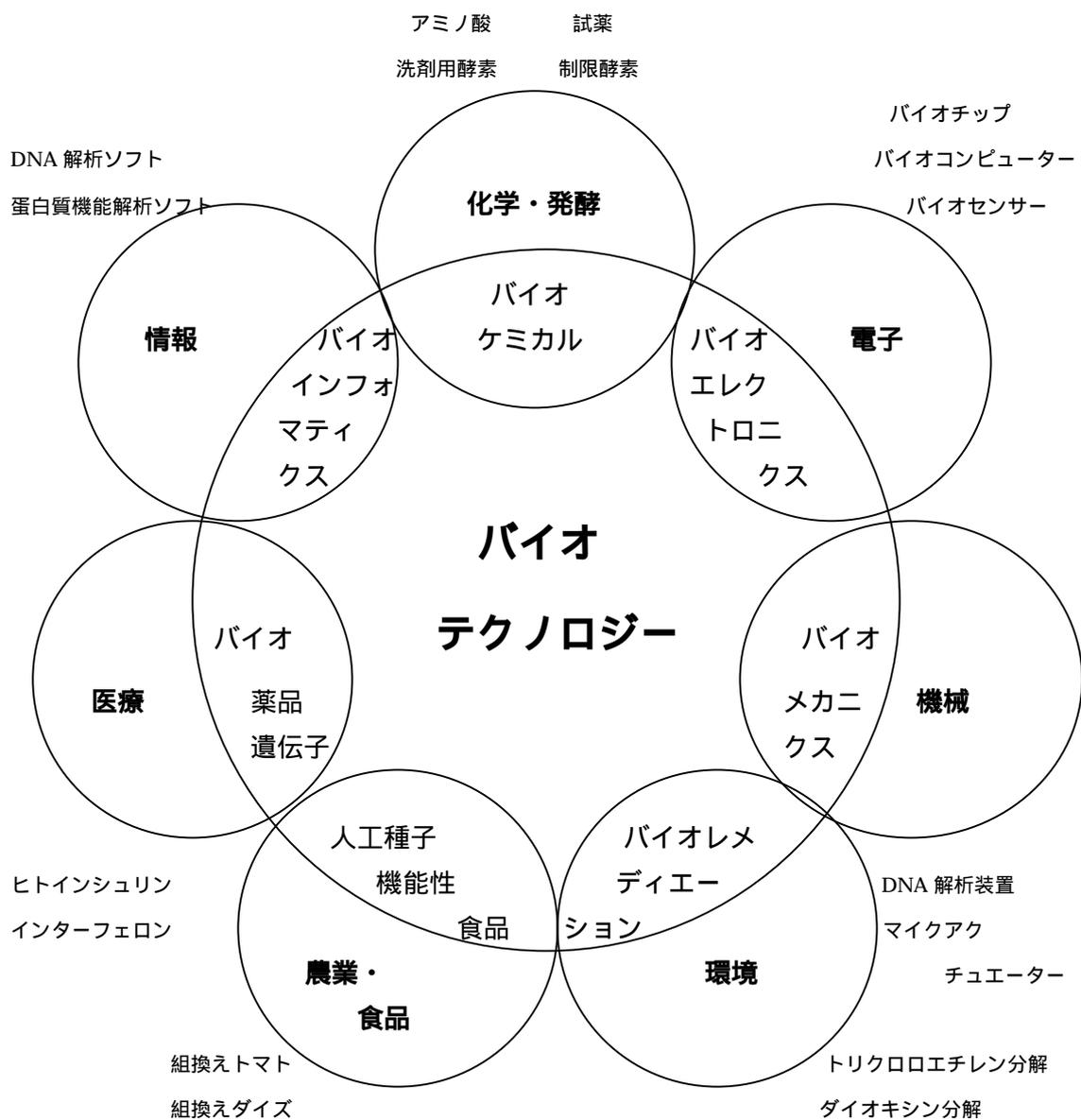


図1 バイオテクノロジーの応用分野

注) 21世紀のバイオ産業立国懇談会 [1998] より抜粋

図2 日本のバイオ商品および関連市場の推移

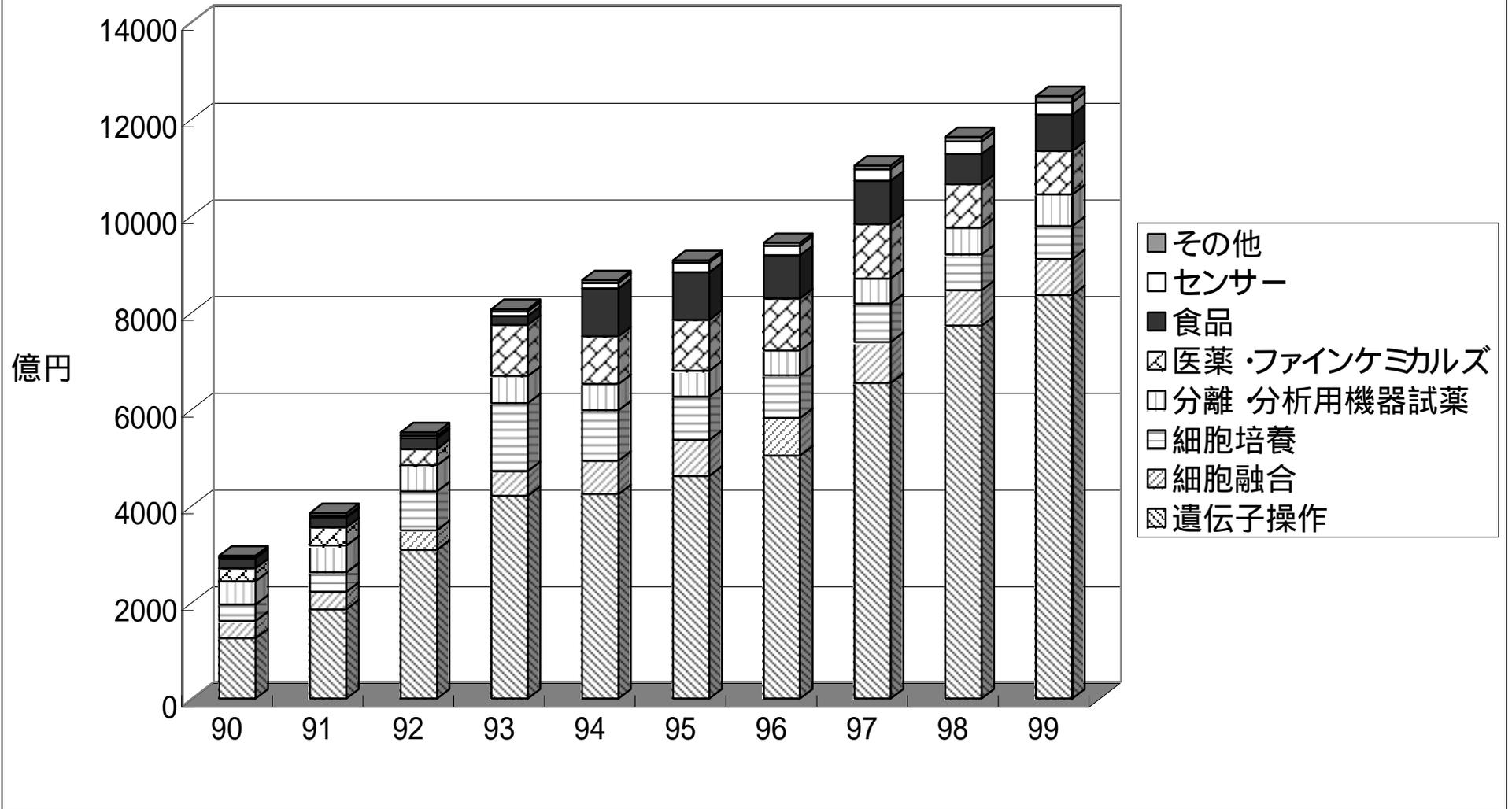


表1 バイオテクノロジー関連製品の年間出荷額(2004年度予測)

	1999年度の年間 出荷額の構成比	増加する		やや増加する		変わらない		やや減少する		減少する		合計	
		企業数	%	企業数	%	企業数	%	企業数	%	企業数	%	企業数	%
食品	70.1%	12	5.7%	69	32.7%	102	48.3%	22	10.4%	6	2.8%	211	100.0%
その他食品	2.5%	27	19.3%	44	31.4%	60	42.9%	6	4.3%	3	2.1%	140	100.0%
農業関連	1.1%	18	23.4%	40	51.9%	11	14.3%	6	7.8%	2	2.6%	77	100.0%
畜産・水産関連	1.0%	10	19.6%	15	29.4%	21	41.2%	3	5.9%	2	3.9%	51	100.0%
医薬品 診断薬 医療用具	13.9%	20	10.3%	61	31.3%	72	36.9%	28	14.4%	14	7.2%	195	100.0%
研究用試料 試薬	0.1%	31	33.7%	35	38.0%	23	25.0%	2	2.2%	1	1.1%	92	100.0%
繊維 繊維加工	0.0%	1	11.1%	4	44.4%	1	11.1%	3	33.3%	0	0.0%	9	100.0%
化成品	7.0%	22	23.9%	35	38.0%	31	33.7%	4	4.3%	0	0.0%	92	100.0%
バイオエレクトロニクス	0.7%	7	43.8%	7	43.8%	1	6.3%	1	6.3%	0	0.0%	16	100.0%
環境関連機器設備	2.1%	55	43.0%	50	39.1%	10	7.8%	13	10.2%	0	0.0%	128	100.0%
研究 生産用機器設備	0.6%	32	44.4%	27	37.5%	11	15.3%	2	2.8%	0	0.0%	72	100.0%
その他の製品	0.3%	3	33.3%	3	33.3%	3	33.3%	0	0.0%	0	0.0%	9	100.0%
情報処理	0.1%	26	61.9%	14	33.3%	0	0.0%	2	4.8%	0	0.0%	42	100.0%
サービス	0.4%	26	54.2%	15	31.3%	6	12.5%	1	2.1%	0	0.0%	48	100.0%
合計	100.0%	290	24.5%	419	35.4%	352	29.8%	93	7.9%	28	2.4%	1182	100.0%

(注1) 経済産業省製造産業局生物化学産業課(2001)より抜粋

(注2) 企業数には、複数の製品分野に回答した場合、複数回加算している

表2 バイオ関係学位取得者数の推移

	日本			米国		
	学士	修士	博士	Bachelor's	Master's	Doctoral
1980	8729	780	194	47111	6536	3803
1981	9369	849	220	44046	6015	3803
1982	9174	901	209	42427	5931	3893
1983	9086	999	232	40883	5741	3741
1984	8843	1055	214	39639	5440	3880
1985	9072	1093	254	39405	5095	3793
1986	9009	1158	234	39509	5048	3807
1987	9401	1229	233	39047	4999	3839
1988	9822	1302	247	37688	4810	4111
1989	9425	1388	263	36949	4953	4116
1990	10131	1422	301	38040	4893	4328
1991	10238	1557	270	40351	4806	4650
1992	10054	1601	263	43892	4848	4799
1993	10194	1738	300	47989	4840	5092
1994	10184	2000	360	52321	5276	5203
1995	10688	2191	384	56890	5495	5376
1996	10850	2320	402	62081	6286	5723
1997	10996	2419	439	65139	6594	5786
1998	10914	2607	476	67112	6368	5854

(注)日本のデータは文部省「学校調査基本報告書」(1981～1999)
 米国のデータはNational Science Foundation「Science and Engineering
 Degrees:1966-98」(2001)より入手

表3 人口1万人あたりバイオ関係学位取得者数

	日本			米国		
	学士	修士	博士	Bachelor's	Master's	Doctoral
1980	0.746	0.068	0.017	5.010	2.185	12.260
1981	0.795	0.073	0.019	4.652	2.027	12.128
1982	0.773	0.077	0.018	4.401	2.000	12.513
1983	0.760	0.085	0.020	4.169	1.973	11.959
1984	0.735	0.089	0.018	4.019	1.906	12.382
1985	0.747	0.091	0.021	3.977	1.774	12.119
1986	0.740	0.096	0.019	3.950	1.742	11.933
1987	0.769	0.101	0.019	3.891	1.721	11.860
1988	0.800	0.107	0.020	3.746	1.603	12.272
1989	0.765	0.114	0.022	3.587	1.592	11.991
1990	0.820	0.116	0.025	3.581	1.506	12.000
1991	0.825	0.126	0.022	3.642	1.420	12.389
1992	0.808	0.130	0.021	3.816	1.369	12.340
1993	0.817	0.140	0.024	4.069	1.305	12.794
1994	0.815	0.161	0.029	4.422	1.356	12.680
1995	0.851	0.176	0.031	4.844	1.376	12.879
1996	0.862	0.186	0.032	5.262	1.537	13.493
1997	0.872	0.193	0.035	5.490	1.566	13.597
1998	0.863	0.207	0.038	5.595	1.475	13.715

(注)日本のデータは文部省「学校調査基本報告書」(1981～1999)
 米国のデータはNational Science Foundation「Science and Engineering
 Degrees:1966-98」(2001)より入手

表4 わが国の遺伝子工学関連の特許出願件数の推移
 全出願数 日本人による出願数 外国人による出願数 外国人出願比率(%)

年	全出願数	日本人による出願数	外国人による出願数	外国人出願比率(%)
1980	40	13	27	67.5
1981	65	20	45	69.2
1982	115	52	63	54.8
1983	210	111	99	47.1
1984	334	176	158	47.3
1985	595	309	286	48.1
1986	826	460	366	44.3
1987	892	426	466	52.2
1988	1005	547	458	45.6
1989	857	519	338	39.4
1990	1320	662	658	49.8
1991	1212	615	597	49.3
1992	1149	580	569	49.5
1993	1518	658	860	56.7
1994	1862	753	1109	59.6
1995	1596	644	952	59.6
1996	1748	675	1073	61.4
1997	1784	671	1113	62.4
1998	2094	811	1283	61.3
1999	2387	899	1488	62.3
2000	2496	1019	1477	59.2

(注1)本データはPATOLISの検索結果を基にしている

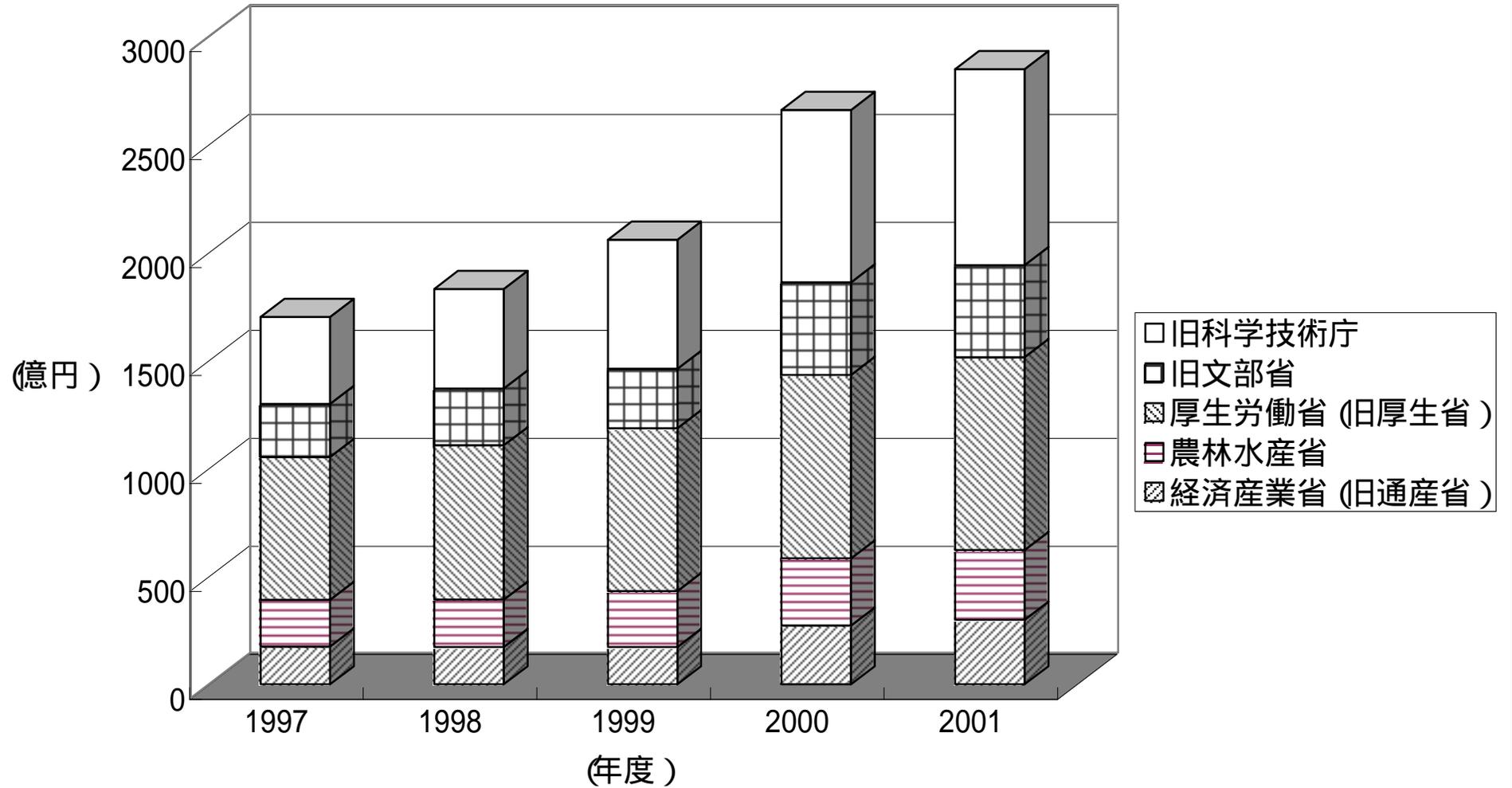
(注2)遺伝子工学関連の特許出願件数はIPC分類C12N15/00-15/90に該当する件数とした

表5 バイオテクノロジー基幹技術特許出願件数の推移

出願先国		1990	1991	1992	1993	1994	1995
日本	日本	701 (40.4%)	581 (37.5%)	632 (38.5%)	606 (35.1%)	650 (33.9%)	655 (32.0%)
	米国	695 (40.0%)	619 (39.9%)	640 (39.0%)	759 (43.9%)	768 (40.1%)	855 (41.7%)
	欧州	348 (20.0%)	336 (21.7%)	331 (20.2%)	331 (19.2%)	443 (23.1%)	461 (22.5%)
	全体	1,736	1,550	1,642	1,728	1,917	2,050
米国	日本	126 (10.1%)	111 (8.9%)	143 (10.5%)	123 (7.8%)	143 (8.4%)	128 (7.7%)
	米国	871 (70.0%)	871 (69.7%)	918 (67.7%)	1,112 (70.7%)	1,223 (71.6%)	1,293 (77.3%)
	欧州	260 (20.9%)	261 (20.9%)	279 (20.6%)	273 (17.4%)	319 (18.7%)	253 (15.1%)
	全体	1,245	1,249	1,356	1,573	1,708	1,673
欧州	日本	176 (12.4%)	139 (10.5%)	145 (10.0%)	153 (9.6%)	158 (8.6%)	179 (8.5%)
	米国	769 (54.1%)	711 (53.7%)	745 (51.6%)	903 (56.5%)	952 (51.9%)	1,137 (54.0%)
	欧州	474 (33.3%)	453 (34.2%)	514 (35.6%)	502 (31.4%)	655 (35.7%)	707 (33.6%)
	全体	1,422	1,323	1,445	1,597	1,835	2,107

(注)特許庁[2001]より

図3 日本のバイオ関連の当初予算の推移

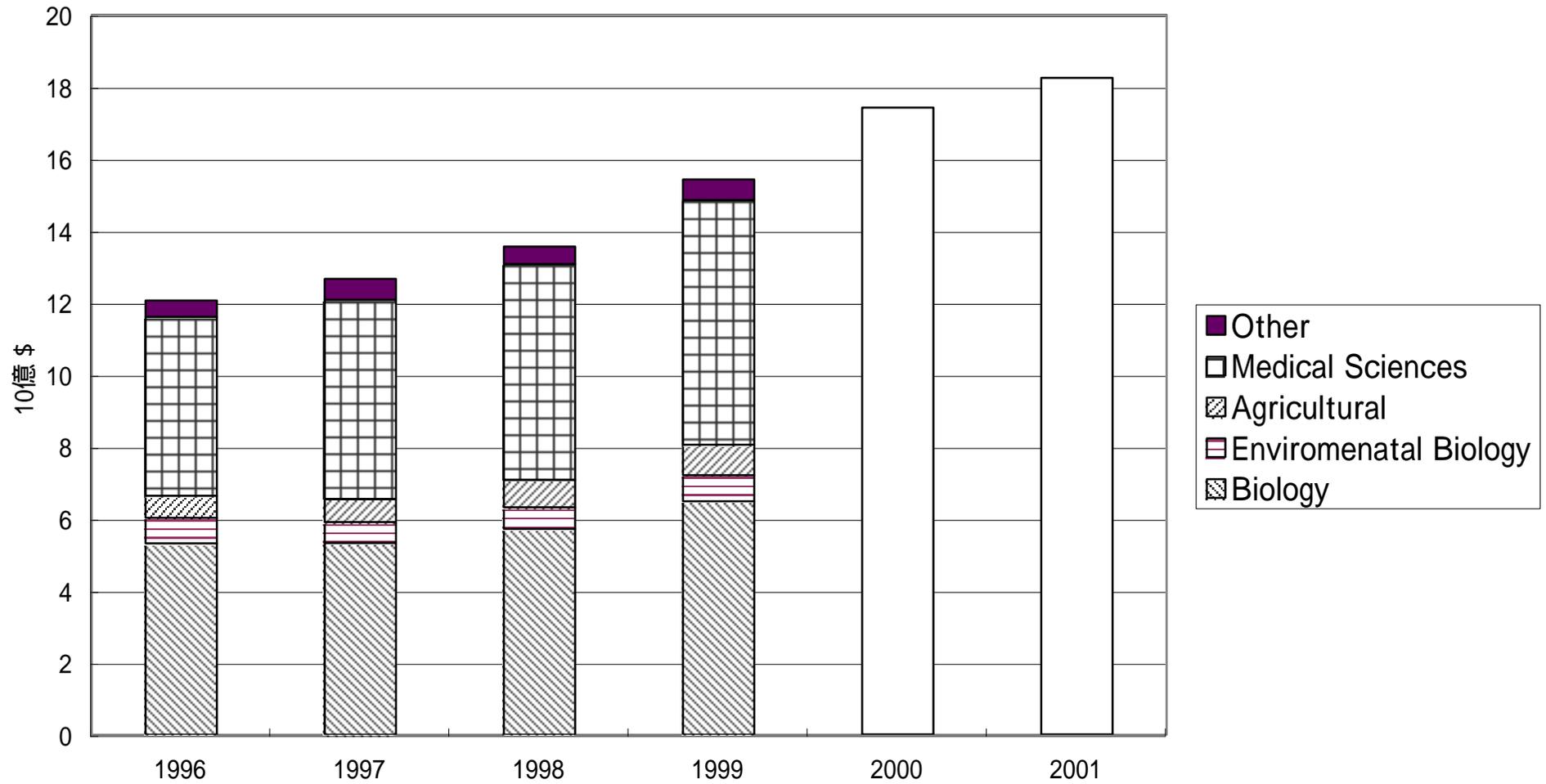


(注) 経済産業省の資料による

表6 日本のバイオ関連予算の省庁別割合 (%)

	1997	1998	1999	2000	2001
経済産業省 (旧通産省)	10.29	9.45	8.40	10.23	10.49
農林水産省	12.70	11.96	12.58	11.69	11.34
厚生労働省 (旧厚生省)	38.92	39.05	36.62	31.95	31.34
旧文部省	14.46	14.36	13.36	16.13	14.95
旧科学技術庁	23.63	25.18	29.04	30.00	31.87
(注) 経済産業省の資料による					

図4 米国連邦政府のライフサイエンス研究予算の推移



出典：National Science Foundation [2001]

表7 1993年以降の日本のスターサイエンティストの公開特許

研究者名	登録率	出願件数	出願者	件数
林崎良英	4.30%	69	理化学研究所	24
			理化学研究所 + 島津製作所	16
			科学技術振興事業団 + 理化学研究所 + 島津製作所	11
			理化学研究所 + 林崎良英	8
			理化学研究所 + 和光純薬	3
			理化学研究所 + ニッポンジーン	3
			理化学研究所 + 和光純薬 + ニッポンジーン	1
			理化学研究所 + サイニクス	1
			科学技術振興事業団 + 理化学研究所	1
			宮井潔 + 松原謙一 + 林崎良英	1
松原謙一	23.73%	59	日立製作所	34
			日本化薬	9
			日本たばこ	6
			財団法人及血清療法研究所	2
			和光純薬	1
			宮井潔 + 松原謙一 + 林崎良英	1
			松原謙一 + 大久保公策	1
			日立製作所 + 日立カーエンジニアリング	1
			大正製薬	1
			塩野義製薬	1
			参天製薬	1
エヌイーシーフィールドイング	1			
清水信義	26%	50	東洋鋼鈹	41
			藤沢薬局	2
			清水信義 + シバヤギ	2
			西川武二	2
			千寿製薬	2
			栄研化学	1
中村祐輔	13.79%	29	財団法人癌研究所	9
			財団法人癌研究所 + エーザイ	8
			大塚製薬	5
			日本たばこ	3
			財団法人癌研究所 + 大塚製薬	1
			エーザイ	1
			中村祐輔 + 武田薬品	1
大塚製薬 + 稲澤謙治 + 中村祐輔	1			
和田昭允	0%	11	財団法人相模中央研究所 + 東ソー	7
			東京大学長	1
			財団法人相模中央化学研究所	1
			財団法人相模中央研究所 + 三菱電機	1
横山茂之	20%	10	日本酸素	3
			理化学研究所	3
			湧永製薬	2
			日本製紙	1
			科学技術政策研究所 + 理化学研究所	1
菅野純夫	14.29%	7	大塚製薬	2
			持田製薬	1
			ヘリックス研究所	1
			テルモ	1
			財団法人相模中央化学研究所	1
			財団法人神奈川科学技術アカデミー + 財団法人相模中央化学研究所	1
榊佳之	0%	2	協和発酵	1
			日立電子エンジニアリング	1

(注) デクマート 特許公報全文検索で検索

表8 各国のバイオテクノロジーおよび応用マイクロ・バイオロジーの人口1万人あたり論文数

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
ベルギー	1.60	2.68	3.00	2.41	2.35	2.70	2.79	2.82	4.99	4.41	3.73	4.49	3.20
カナダ	5.65	7.47	6.92	6.03	5.32	6.62	6.30	5.80	6.26	6.80	5.38	5.49	4.05
デンマーク	1.84	24.69	1.65	2.12	2.28	3.14	5.43	4.94	6.06	6.72	7.21	6.80	8.61
フィンランド	3.52	26.43	3.85	26.29	4.71	7.00	4.45	10.11	6.20	7.51	4.94	5.09	4.43
フランス	2.10	2.41	2.65	2.35	2.65	3.03	3.38	2.76	3.65	3.79	3.41	4.18	4.04
ドイツ	1.09	1.56	1.65	1.80	1.86	2.33	2.54	2.31	2.60	2.66	2.82	2.51	2.73
イタリア	0.31	0.37	0.48	0.80	0.66	1.81	1.09	2.04	1.38	1.51	1.49	1.53	1.47
日本	1.41	1.66	1.95	2.01	2.34	2.74	2.73	2.99	3.21	3.04	2.69	3.01	3.34
オランダ	2.38	2.70	3.87	3.07	4.55	5.02	4.81	5.40	5.95	5.79	6.31	6.48	6.23
ルウェー	0.38	0.90	0.00	1.03	2.21	1.27	1.31	1.98	3.64	1.47	2.16	2.96	3.68
スペイン	0.73	1.07	1.19	1.22	1.43	1.92	1.92	2.58	2.86	3.30	3.89	3.69	3.92
スウェーデン	3.76	3.15	4.26	4.86	5.21	6.89	4.53	4.24	7.20	5.43	5.00	7.37	6.99
スイス	4.53	3.12	5.36	3.53	4.12	4.29	6.41	7.65	7.09	8.47	7.91	8.15	8.12
イギリス	3.43	3.38	3.29	2.99	4.11	5.14	4.69	4.20	5.19	6.00	4.68	4.76	4.79
アメリカ	1.50	1.85	2.49	2.33	2.54	2.44	2.44	2.40	2.48	2.58	2.56	2.66	2.53

出典 Beuzekom[2001]を基に筆者が再計算

表9 バイオテクノロジーおよび応用バイオテクノロジーの国別相対インパクト

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	平均
ベルギー	0.5	0.8	0.9	0.9	1.0	1.9	1.1	1.0	1.6	1.5	1.3	1.5	0.6	1.1
カナダ	1.0	1.1	1.2	1.3	1.1	1.1	1.1	1.2	1.1	1.3	1.1	0.9	1.0	1.1
デンマーク	0.6	1.0	1.6	1.4	2.3	1.7	1.1	1.4	1.0	1.4	1.4	1.5	0.5	1.2
フィンランド	1.4	2.7	1.6	1.3	1.1	1.3	2.8	1.2	1.4	1.0	0.7	1.6	2.3	1.6
フランス	0.6	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.8	0.9	0.7	0.7	0.8	0.9	0.6	0.9
ドイツ	1.0	1.1	0.9	1.3	1.0	1.4	1.1	1.1	1.1	1.4	1.4	1.4	1.5	1.3
イタリア	0.9	0.8	1.0	0.5	0.8	0.6	0.9	0.7	1.2	1.3	0.7	1	1.5	0.9
日本	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8	0.7	0.8	0.8	0.9	0.8
オランダ	1.5	2.4	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6	1.8	1.9	1.6	1.3	2.0	1.2	1.6
ルウェー	0.6	2.9	0.3	3.1	1.8	0.6	1.3	1.2	1.2	1.2	0.3	1.4	1.0	1.2
スペイン	0.6	0.9	0.8	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8	0.8	0.8	1	0.7	0.8
スウェーデン	1.4	1.8	1.5	1.5	1.2	1.5	1.7	1.9	1.7	1.7	1.6	1.6	0.8	1.5
スイス	2.4	1.6	2.5	2.0	2.1	1.6	1.3	1.5	1.1	2.5	2.4	2.0	3.3	1.8
イギリス	1.0	1.2	0.8	1.4	1.1	1.1	1.3	1.2	1.3	1.2	1.3	1.1	1.3	1.1
アメリカ	1.5	1.3	1.3	1.3	1.4	1.3	1.5	1.4	1.3	1.3	1.5	1.6	2.0	1.4

出典 Beuzekom[2001]

(注) 各論文のインパクトは、他の論文によって引用された件数を基としている。ある論文がその分野の平均引用件数以上に引用されているのならば、その論文のインパクトは平均以上であるといえる。本表によると1986年のベルギーのインパクトは0.5で、アメリカのインパクトは1.5である。すなわち、1986年にベルギーで書かれた論文の平均引用件数は全世界平均の半分であるのに対して、アメリカで書かれた論文の平均引用件数は全世界平均より50%多いということである。

表10 :人口 1万人あたり生物・薬学関係の研究者の人数					
	日本				アメリカ
	会社等	研究機関	大学等	合計	
1993	1.333	0.160	0.652	2.145	38.043
1995	1.476	0.182	0.689	2.347	39.283
1997	1.422	0.191	0.739	2.352	41.202

日本のデータ出典 科学技術技術研究調査報告
アメリカデータ出典 :SESTAT(Scientists and Engineers
Statistical Data System)

表 11 バイオ企業の日米比較		
	日本	米国
大手企業	260社	800社
ベンチャー企業	250社	1273社

出典：大手企業は日本バイオ産業人会議バイオ産業技術戦略委員会[1999]より入手
ベンチャー企業はErnst&Young及びバイオインダストリー協会より入手

図5 技術革新の「線形モデル」

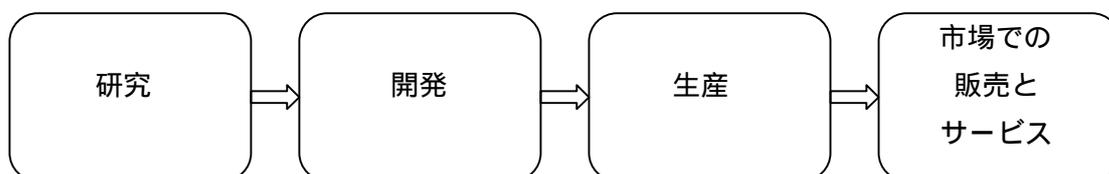
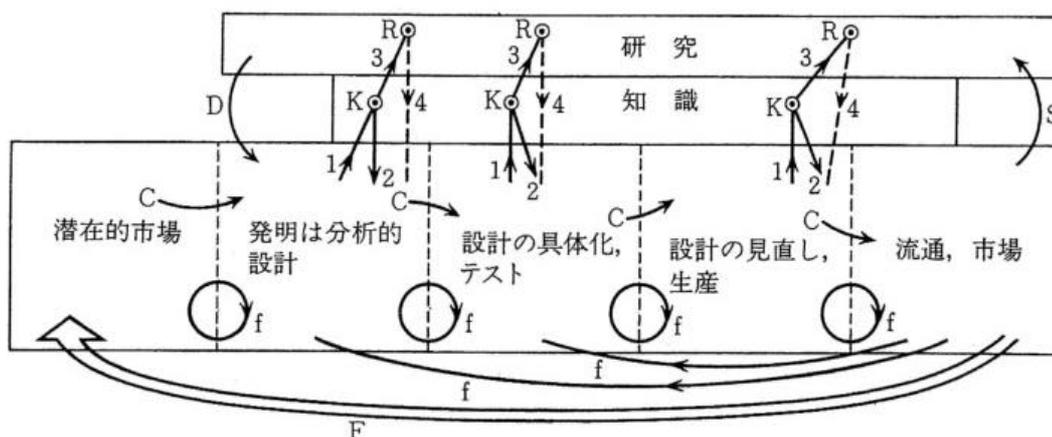


図6 技術革新の「連鎖モデル」



C=中心となる技術革新の連鎖, f=短いフィードバック, F=長いフィードバック, K-R=知識を通して研究へそしてCへと戻っていく環 (問題がK点で解決されればRへの環R3は発動しない. 研究からの回帰である環4はまれであるので破線にしてある), D=研究と発明・分析的設計を直接結ぶ環, S=科学研究のサポート

出典 : Kline and Rosenberg(1986), 青木昌彦(1992)

図7 サイエンス・リンケージの推移の日米比較

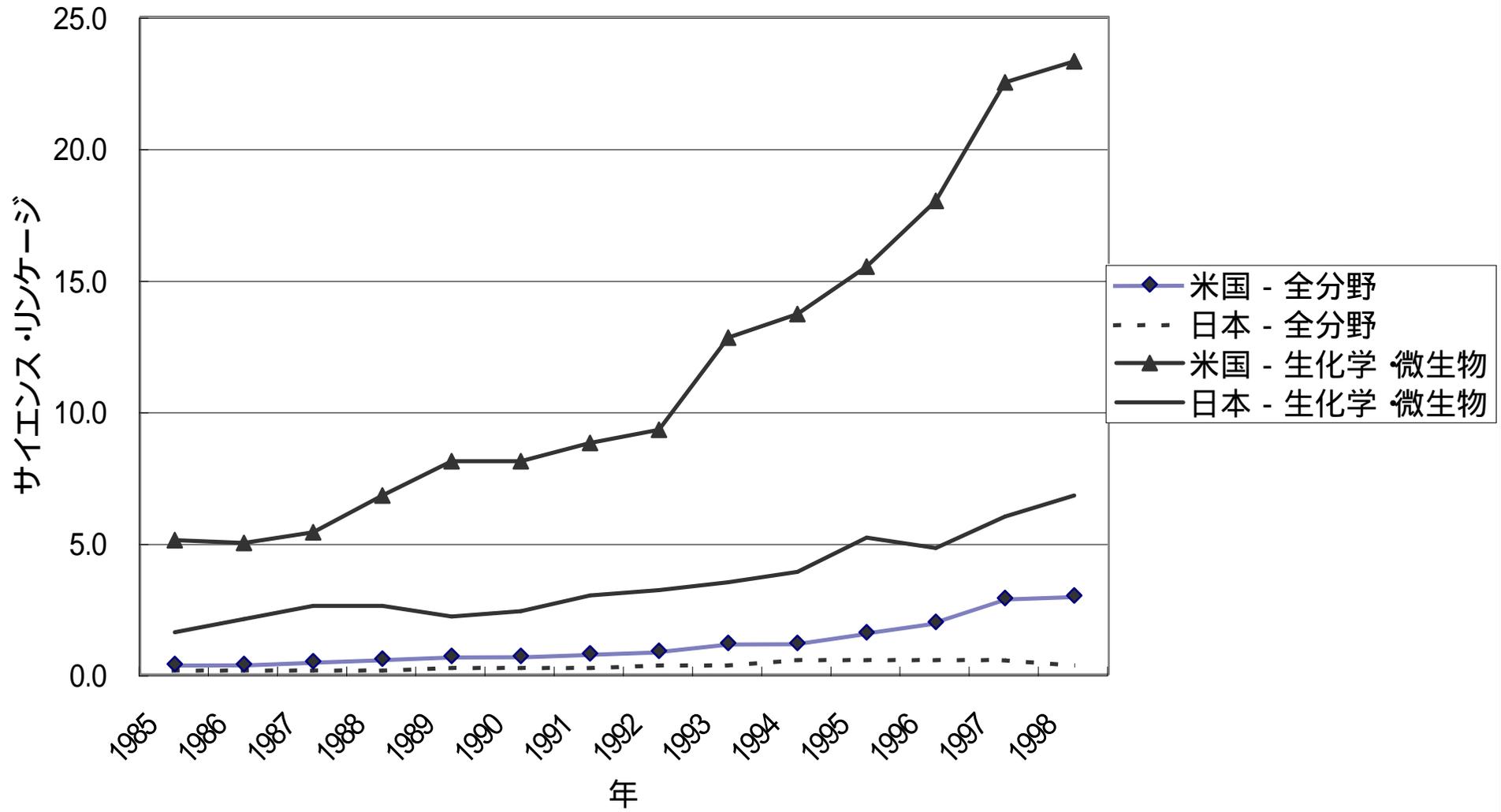


図8 創薬の技術革新の「連鎖モデル」

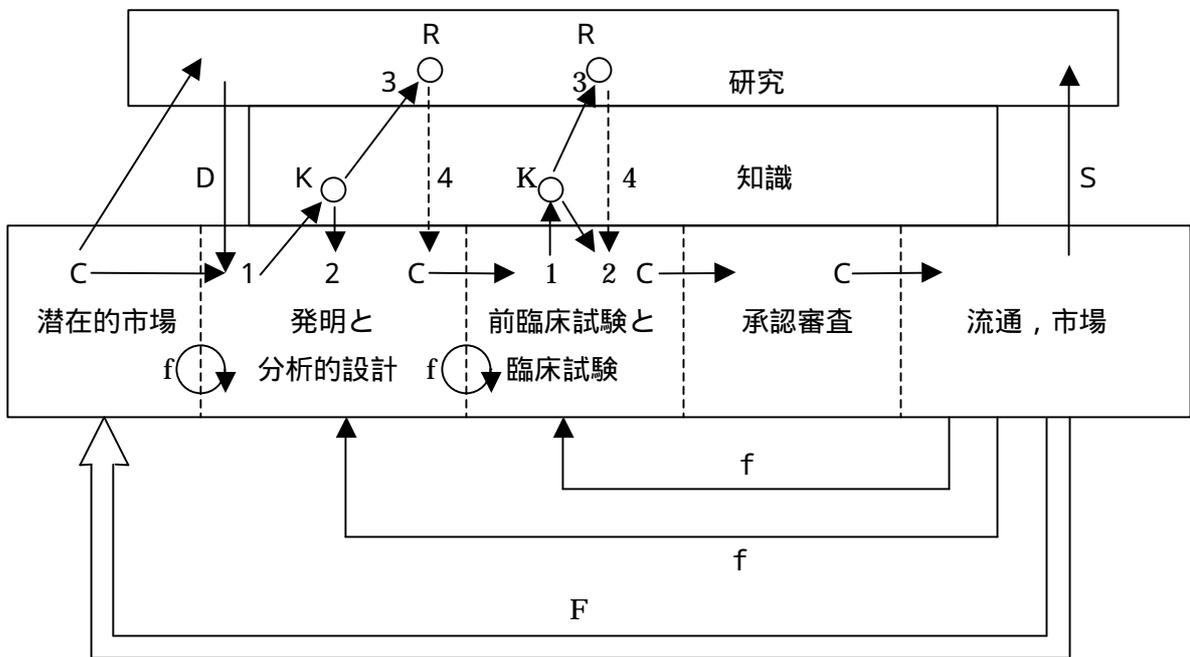


表 12 日本の産業別研究開発費の対売上高比率 (単位%)						
産業別	1985	1990	1995	1997	1998	1999
全産業	2.31	2.78	2.73	2.85	3.18	3.06
農林水産業	0.24	0.5	0.43	0.53	0.63	0.59
鉱業	1.03	1.13	0.98	1.15	2.11	1.2
建設業	0.49	0.54	0.45	0.39	0.44	0.58
製造業	2.69	3.36	3.43	3.67	3.89	3.68
食品工業	0.77	0.98	0.99	1	1.05	0.93
繊維工業	1.18	1.76	1.76	1.77	1.59	2.17
パルプ・紙工業	0.71	0.88	0.9	0.92	1.12	1.06
出版・印刷工業	0.68	0.88	0.85	1.06	1.13	1.24
化学工業	3.79	4.89	5.3	5.24	5.49	5.37
総合化学 化学繊維	2.8	4.01	4.08	3.87	4.25	3.99
油脂 塗料	3.14	3.9	4.47	4.57	4.25	4.47
医薬品	7.04	8.02	8.03	8.06	8.07	8.07
その他の化学工業	3.61	4.06	4.75	5.3	5.36	4.99
石油 石炭製品工業	0.38	0.64	0.54	0.49	0.48	0.32
プラスチック工業製品	1.75	2.37	2.64	2.24	2.32	2.17
ゴム製品工業	2.86	3.2	3.37	3.37	3.19	4.09
窯業	2.61	2.6	2.39	2.93	2.96	2.35
鉄鋼業	1.94	2.33	1.96	1.92	2.01	1.88
非鉄金属工業	1.92	1.8	2.35	2.44	2.45	2.43
金属製品工業	1.59	1.6	1.35	1.46	1.52	1.41
機械工業	2.74	2.99	3.26	3.41	3.76	3.96
電気機械工業	5.1	5.86	5.82	6.05	6.32	5.75
電気機械器具	4.82	5.36	5.83	6.13	6.08	5.9
通信・電子 電気計測器	5.25	6.12	5.81	6.01	6.43	5.69
輸送用機械工業	2.9	3.65	3.34	3.97	4.12	3.95
自動車	2.96	3.73	3.46	4.2	4.35	4.12
その他の輸送用機械	2.61	3.2	2.74	2.9	3.03	3.09
精密機械工業	4.49	5.94	5.16	6.28	6.33	6.83
その他の工業	0.97	1.21	1.5	1.7	1.84	1.66
運輸 通信 公益業	0.98	1.07	0.9	0.91	1.1	1.11
ソフトウェア業	-	-	-	7.84	10.08	8.35

資料：総務庁「科学技術研究調査報告」

表 13 1999年度のわが国と諸外国の製薬会社の売上高と研究開発費の比較

日本	売上高	研究開発費	外国	売上高	研究開発費
武田薬品工業	523,179	77,200	Merck	1,991,375	235,566
三 共	408,091	64,432	Aventis	1,759,454	368,390
山之内製薬	274,888	54,821	Astra-Zeneca	1,756,492	332,959
第一製薬	242,174	34,204	Pfizer	1,692,589	316,214
エーザイ	203,185	46,703	Bristol Myers Squibb	1,629,938	209,936
塩野義製薬	193,103	27,026	Glaxo-Wellcome	1,575,034	233,148
大正製薬	178,906	23,238	Novartis	1,506,915	322,441
藤沢薬品工業	176,643	45,565	Roche	1,304,156	287,205
中外製薬	174,920	39,993	Pharmacia	1,273,172	320,657
萬有製薬	161,909	18,071	Johnson & Johnson	1,218,154	296,166

単位：100万円

図9 1999年度予算までの関係省庁のバイオテクノロジー分野の政策決定メカニズム

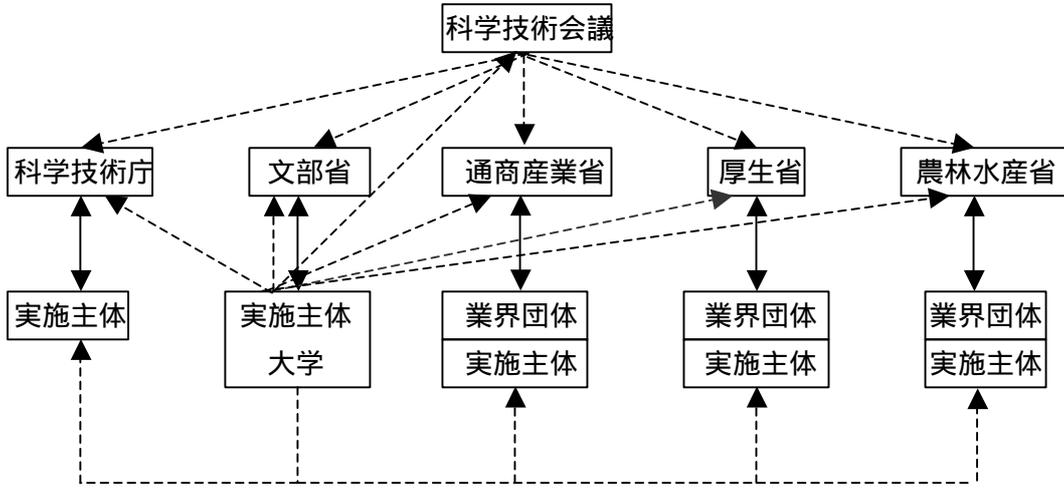


図10 2001年1月以降の関係省のバイオテクノロジー分野の政策決定メカニズム

