



<論説>技術専有可能性と技術移転：  
アメリカの産学連携における生命科学に関する考察

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2009-08-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 宮田, 由紀夫, 玉井, 敬人 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.24729/00001304">https://doi.org/10.24729/00001304</a>

## 技術専有可能性と技術移転

—アメリカの産学連携における生命科学に関する考察—

宮田 由紀夫・玉井 敬人

### 1. 序論

本稿の目的は、アメリカにおける産学連携の特徴について、生命科学、とくにバイオテクノロジー分野から考察することである。大学と企業との間では委託研究や共同研究、大学の持つ特許の企業へのライセンス供与、そして大学関係者の起業などさまざま協力関係が存在するが本稿ではこれらを産学連携と総称する。

産学連携は大学が生み出した知識・技術をイノベーションにつなげるものである。イノベーションは発明や特許取得の段階で終わるのではなく、新製品・新製法・新販売方法の実用化、さらにはその普及まで含んでいるので最終的な担い手は民間企業である。したがって、産学連携では組織間の技術移転を含んでいるのである。

対象とする財の所有権を明確にすることが市場取引の第一歩であるが、無形物としての技術情報の所有権明確化については、たとえば特許によって技術情報が明確に定義されかつ、公の下に置かれていれば、技術の移転および取引が容易になる。一般的に医薬分野では新製品を化学組成式で定義できるので、特許による保護が容易と考えられている。

1980年代以降のプロパテントの流れとともに、アメリカでは無形財としての技術情報に対する私的所有権の保護が政策としても判例としても強化されてきたが、特許は個別の産業技術によっては必ずしも有効な技術専有手段ではない。企業が研究開発の成果を専有する手段には特許以外にも企業内秘守、先行的製品化（他社は模倣品を試作し販売を試みるであろうが、先発者として先に市場を支配して利潤を得て、さらに習熟効果によって生産コストを下げ市場支配力を強化する）、そして補完的な資産の確保やサービスの供給による利潤確保などがある。表1はカーネギー・メロン大学による調査（“Carnegie Mellon Survey” すなわち、Cohen, Nelson, and Walsh (2000)）の結果であるが、34産業の平均で製品イノベーションにおいて先行的製品化が52.76ポイント、秘匿が51.00ポイントなのに対して特許は34.83ポイントであった。その中で、医療機器産業は特許の有効性が54.70ポイントで34産業の中で1番高く、つづいて医薬品産業が50.20ポイントで第2位である。医薬品産業は技

表1 技術専有手段の有効性 (%)

	秘 匿	特 許	商品化先行	補完的なサー ビスの供給	補完的な財の 供給
製品イノベーション					
医 薬 品	53.57	50.20	50.10	33.37	49.37
医 療 機 器	50.97	54.70	58.06	52.31	49.25
全 産 業 平 均	51.00	34.83	52.76	42.74	45.61
製法イノベーション					
医 薬 品	68.13	36.15	35.52	25.21	44.17
医 療 機 器	49.24	34.02	45.15	32.12	49.55
全 産 業 平 均	50.59	23.30	38.43	30.73	43.00

出所：Cohen, Nelson, and Walsh (2000).

術専有手段としての特許のポイントが高くなっている点に本稿は注目する。特許がこれら両産業に専有手段として重視されるのは、同産業R & D活動成果の模倣とその定義づけが容易であるという性格によって、(技術情報)所有権の主張の必要性が強いられることがあろう。本稿はこのことが無形物としての技術情報の組織間移転を一面、促進させる要因となっていると主張するものである。

産学連携は組織間の技術移転を含むものであるから、医薬品産業では企業間の共同・委託研究だけでなく大学の生命科学分野との連携も活発であることが期待できる。本稿では産学連携を生命科学の分野に焦点をあてて分析する。次節ではアメリカにおける産学連携の現状を概観したうえで第3節では産学連携に占める生命科学の役割について分析する。つづく第4節でバイオベンチャーとして起業した企業がその後いかにM & Aのうねりのなか、組織を拡大してきているか検証する。最後に第5節では技術市場と取引費用の観点から総括を行う。なお、第2節・第3節は宮田が、第4節・第5節は玉井が主に担当した。

## 2. アメリカにおける産学連携の現状

1960年代以降、連邦政府から大学への研究支援が強化された中で、重要な役割を担ったのが厚生省 (Department of Health and Human Services) の国立衛生研究所 (National Institutes of Health, 以下NIH) である。図1はNIHの予算と連邦政府機関の大学への研究資金の中でのNIHのシェアを示している。1970年代に連邦政府全体としては大学への研究支援予算が伸び悩む中、NIH予算は増加しシェアは50%を超えた。その後も50%以上を維

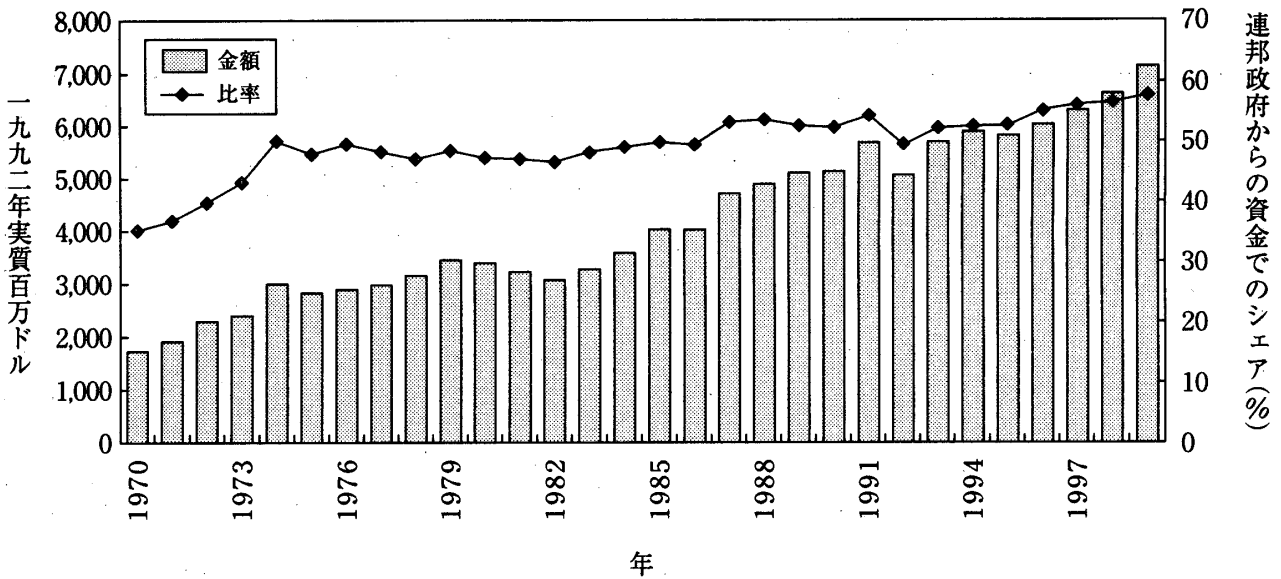


図1 NHIから大学への研究資金

出所：USNSF (2000)

持っている。NIHは国防省やNSF<sup>1</sup>をおさえて最大のスポンサーであったのだ。大学が連邦政府資金への依存を強める中、戦前からあった産学連携は相対的には後退した。

表2は1990年から2000年にかけて連邦政府によって支出された大学（短大を含む）の学問分野別の研究開発費の金額とその分野別内訳を示しているが、過去十年にわたって学問分野間の配分比率はほとんど変化していない。また、連邦政府の支出配分をみてみると工学系の学問領域には、全体の約16%しか配分していないのに対して、より基礎研究色が強い科学系の学問分野に残りの約84%もの手厚い支出配分を行っている。また、その科学系の学問分野の中でも生命科学へのものが多くを占めている。これをさらに細分化してみると、生物科学や医学分野へのものが大半を占め、これは前述したように、大学への主要な連邦政府資金支出機関としてのNIHが市民の健康厚生を増進を図る主務を課されていることが極めて大きく影響している。

1970年代末に産学官の思惑が一致して産学連携は再活性化した。まず、大学側では、連邦政府の財政難のため研究支援予算が伸び悩んだ。大学は再び企業を研究資金源として注目するようになった。企業もイノベーションのシーズを自社内で生み出すことの限界を感じ、それを大学に求めるようになった。バイオテクノロジーでは1973年にスタンフォード大学の Stanley Cohen とカリフォルニア大学サンフランシスコ校の Herbert Boyer が遺伝子組換え技術を開発し、応用の可能性が広まった。それまでの新薬発見手法としての試行錯誤に頼るいわゆる“random screening”から、科学的知識に基づいた“discovery by design”への移行が決定的になった。

表2 連邦政府による大学R &amp; Dへの分野別支出(単位:千ドル)

分 野	1990年	総合計に 占める値	1995年	総合計に 占める値	1999年	総合計に 占める値
工 学 合 計	1,525,924	15.83%	2,098,003	15.72%	2,438,273	15.19%
航 空 宇 宙	127,116	1.32%	180,601	1.35%	182,926	1.14%
化 学	110,362	1.15%	161,025	1.21%	179,421	1.12%
電 気	431,820	4.48%	544,946	4.08%	216,207	1.35%
機 械	238,203	2.47%	339,413	2.54%	651,605	4.06%
冶 金	139,133	1.44%	174,757	1.31%	387,784	2.42%
科 学 合 計	8,110,808	84.17%	11,251,841	84.28%	13,608,524	84.81%
物 理 科 学	1,315,247	13.65%	1,638,987	12.28%	1,859,517	11.59%
(化 学)	444,914	4.62%	535,942	4.01%	651,465	4.06%
(物 理 学)	652,123	6.77%	759,151	5.69%	862,097	5.37%
環 境 科 学	680,790	7.06%	966,038	7.24%	1,100,681	6.86%
数 学	160,868	1.67%	205,341	1.54%	209,147	1.30%
コ ン ピ ュ ー タ ー	342,321	3.55%	484,770	3.63%	582,242	3.63%
生 命 科 学	5,083,298	52.75%	7,128,069	53.39%	8,920,220	55.59%
(農 業 科 学)	352,804	3.66%	536,797	4.02%	545,563	3.40%
(生 物 科 学)	1,844,252	19.14%	2,498,959	18.72%	3,203,327	19.96%
(医 学)	2,671,393	27.72%	3,826,906	28.67%	4,848,097	30.21%
(そ の 他)	214,849	2.23%	265,407	1.99%	323,233	2.01%
社 会 科 学	226,277	2.35%	389,624	2.92%	472,320	2.94%
総 合 計	9,636,732	100.00%	13,349,844	100.00%	16,046,797	100.00%

出所：USNSF (1999, 2001)

連邦議会ではアメリカの大学の優れた研究能力がアメリカ産業の国際競争力に結びついていないことが憂慮され、1980年にバイ・ドール法 (Bayh-Dole Act, Patents and Trademark Laws Amendment) が制定された。同法によって、中小企業、非営利団体 (大学を含む) が連邦政府からの資金で行った研究が特許になった場合、特許を所有してよいことになった。さらに大学がその特許を企業にライセンスしてもよいこととなった。こうして、大学が教員の行った研究成果の特許取得までの費用を負担し、ライセンス先を積極的に見つけるようになった。

しかし、1980年代以降も大学の使用する研究資金は6割近くが連邦政府に依存している。企業からの資金の比率は増加してはいるが、10%にも満たない。連邦政府からの資金は原

則として各省庁から研究者個人へ渡る。だれが資金を得るかは省庁内外の専門家による審査であり、科学者仲間による審査であるから“Peer Review”（相互評価）と呼ばれるが、優秀な研究者が実力どおりに資金を得ることになり、そのような研究者を多く抱える一流大学に資金が集まる。連邦政府からの資金が大きいことがその大学の研究能力の尺度とされる。一流大学では企業からの研究資金は金額としては大きいのだが、連邦政府からの資金も大きいので企業からの資金の占める比率は必ずしも大きくなる。連邦政府から十分に資金の得られない大学のなかに企業からの資金への依存度を高めているものもある。1997年度においてマサチューセッツ工科大学では企業からの資金の比率の研究予算に占める比率は14.4%であり、スタンフォード大学では6.1%、ハーバード大学では4.0%、ミシガン大学では6.4%である（USNSF 2000）。

ただ、バイオテクノロジーでは1994年に企業から大学への研究資金は15億ドルと推定され、これは大学の同分野での研究支出額の11.7%であり、また、食品・タバコ産業と医薬品産業の生命科学分野への研究開発投資額が110億ドルであったので13.5%に相当する（Blumenthal et al. 1996, USNSF 2000）。バイオテクノロジー分野は他分野よりは比率が高いといっても、企業だけでなく連邦政府、地方政府、大学自身も非常に重視している分野なので、企業からの資金は大学の使用する研究費の1割強にしかないのだ。

### 3. 産学連携における生命科学の役割

大学における研究の成果の企業による利用であるが、表3はカーネギー・メロン大学の学者 Wesley Cohen が中心となって1994年に行った企業の研究開発担当者に対するアンケート（1,478人対象、有効回答1,147人）の結果を示している。なお、このサーベイは1983年のエール大学の調査を現代版に改訂したものとしてイノベーション研究、とくに技術専有条件（appropriability）観点<sup>ii</sup>からの研究として注目される。

専従の研究開発担当者があるのでサンプルには大企業が多い。表3によれば、企業の研究開発プロジェクトのうち、大学の研究の成果を利用したものは15.12%であった。大学のつくったプロトタイプ（試作品）を利用したのはかなり比率が低く、5.79%であったが、大学の作った実験器具を使ったのは10.92%であった。その中で医薬品業界は成果、プロトタイプ、器具どの分野でもポイントが高い。ただし、高いといっても20パーセント台の数字であり、大学での研究は補完的な役割である。

同様に、表4は Mansfield（1998）による大企業77社の研究開発担当者にアンケート調査の結果である。それによれば、1986年から94年までの製品イノベーションの15%、製法イノベーションの11%で大学での研究成果が「不可欠（なければ実現不可能）」であった。

表3 企業による大学の研究成果の利用 (%)

産 業	大 学 の 研 究 の 利 用		
	研 究 成 果	試 作 品	実 験 ・ 測 定 器 具
食 品	19.57	6.72	14.52
石 油	24.67	1.67	11.33
化 学	11.92	3.46	8.85
医 薬 品	32.40	9.14	17.31
製 鉄	20.00	5.00	10.00
一 般 機 械	10.20	6.84	7.24
コ ン ピ ュ ー タ	12.50	1.14	11.36
電 気 機 械	6.82	5.68	4.55
電 子 部 品	14.42	7.69	11.35
半 導 体	23.68	3.95	11.11
通 信 機 器	16.03	5.15	8.09
テ レ ビ ・ ラ ジ オ	12.50	12.50	21.88
医 療 機 器	19.49	6.09	11.88
自 動 車	16.67	8.33	19.45
航 空 宇 宙	22.45	8.16	13.78
全 製 造 業	15.12	5.79	10.92

出所：Cohen, Florida, Randazzesse, and Walsh (1998, pp.176-177)

また、大学での研究成果が大いに「役立った」というのが、製品イノベーションで8%、製法イノベーションで7%であった。同様な調査が1975年から85年のイノベーションについても行われていたので、併記してある。情報技術のポイントは高いが製品イノベーションで「不可欠」という分類では医薬品が非常に高くなっている。また、医療器具も含んだ精密機械でもポイントが高い。ただし、医薬品分野では1975-85年の時点ですでにポイントが高かったもので、伸びは大きくない。さらに医薬品のポイントが高いとあって30%強であって、企業（とくに大企業）にとって大学の研究成果は重要だがそれに完全に依存しているわけではない。それでも相対的には医薬品分野は大学の研究成果が活かしやすい分野といえる。

表5は表3と同じくカーネギー・メロン大学の行ったアンケートの結果であり、企業の研究開発担当者が大学の研究成果を利用するのにどの方法が重要か答えたものである（1994年実施で、1,470人中有効回答は1,130人）。いずれの産業でも公表された論文や学会での交流、インフォーマルな会話が重視されており、これはどの企業でも利用できるものだ。大学

表4 産業界での技術革新における大学の研究成果の重要性 (%)

	大学での研究が不可欠		大学での研究が重要	
	1986-94年	1975-85年	1986-94年	1975-85年
新製品技術革新				
医薬品	31	27	13	17
情報技術	19	11	14	17
化学	9	4	11	4
電機	5	6	3	3
精密	22	16	5	5
機械	8	----	8	----
金属	8	13	4	9
平均	15	13	8	9
新製品の貢献度*	5.1	3.0	3.8	2.1
新製法技術革新				
医薬品	11	29	6	8
情報技術	16	11	11	16
化学	8	2	11	4
電機	3	3	2	4
精密	20	2	4	1
機械	5	----	3	----
金属	15	12	11	9
平均	11	10	7	7
新製法の貢献度**	2.0	1.0	1.5	1.6

\* : 1991-94年(1982-85年)に商品化された新製品が1994年(1985年)の総売上高の何%を占めたか。

\*\* : 1991-94年(1982-85年)に導入した新製法が1994年(1985年)に総コストの何%を削減できたか。

1975-85年の期間では機械についてはデータを収集していない。

出所：Mansfield (1998)

が公共財としての科学技術情報を供給していることを意味している。医薬品分野ではどの方法もポイントが高いが、論文・学会といった公共財的チャンネルが有効であるとともに、特許、ライセンス、委託研究、コンサルタントといったフォーマルで1対1の契約関係も有効である。医療器具では他産業と比べると特許、ライセンスが重視されているが、ポイントとしては学会や論文の方が高い。コンサルタント契約も重視されているが、ポイントとしてはインフォーマルな情報交換(「会話」)にやや劣る。情報技術分野のコンピュータと通信機器



表5 企業にとって重要な大学の研究成果移転方法 (%)

	医薬品	一般機械	コンピュータ	半導体	通信機器	医療器具	全産業
特許	56.86	16.44	8.33	22.22	5.88	27.54	17.61
論文	72.55	31.94	41.67	61.11	50.00	37.68	40.91
学会	60.78	26.03	41.67	55.56	32.35	34.78	34.42
会話*	60.78	30.14	33.33	64.71	32.35	46.38	35.28
雇用	31.37	13.70	33.33	27.78	29.41	18.84	19.91
ライセンス	35.29	8.22	4.17	16.67	8.82	18.84	9.73
J V**	41.18	10.96	8.33	27.78	8.82	23.19	18.49
委託研究	54.90	13.70	8.33	16.67	17.65	23.19	21.26
コンサルタント	54.90	32.88	29.17	33.33	29.41	44.93	32.15
人員交流	7.84	1.37	4.17	5.56	20.59	5.80	5.84

\* : インフォーマルな情報交換チャンネルの意。

\*\* : ジョイントベンチャー。

出所 : Cohen, Florida, Randazze, and Walsh (1998, pp.180-181)

では特許やライセンスのポイントは低く、雇用（人材引き抜きや博士号取得者の採用）というのが多い。特許による技術専有性が弱いのであろう。半導体は設計図が著作物として保護されるので特許、ライセンスのポイントは低くないが、同時に会話や学会・論文のポイントも高く伝統的なオープンな技術移転のチャンネルも重視されていることがわかる。

図2は大学の取得した特許数と、アメリカで与えられた全特許数（外国籍の個人・企業に与えられたものも含む）に対する比率を表している。特許数は1980年にバイ・ドール法が制定されてから数年たったの増加が著しい。全特許数に対する比率も増加しているが、今日でも2%程度である。特許取得はやはり民間企業が担い手である。全特許に対する比率は1980年の0.59%から1999年の1.97%まで上昇し3倍以上になった。大学の研究実施者としてのシェアは同時期に10.2%から11.6%に増加しただけである。研究実施者としてのシェア以上に特許取得者としてのシェアは上昇した。特許に結びつきやすい生命科学の実質金額で研究予算が1979年から1999年には2.74倍（医学に限定すれば3.20倍）となり、科学・工学全体の2.55倍より大きい（USNSF 2002）。大学の使用する研究費の構成も特許をとりやすい方に多少変化したといえようが、それ以上に特許比率の伸びは大きく、大学が特許取得に熱心になったといえよう。もちろん、スタンフォード大学、カリフォルニア大学、ウィスコンシン大学のようにバイ・ドール法制定以前から特許取得に熱心な大学もあったが、バイ・ドール法はそれまであまり産学連携に熱心でなかった大学を特許取得に向けさせたとい

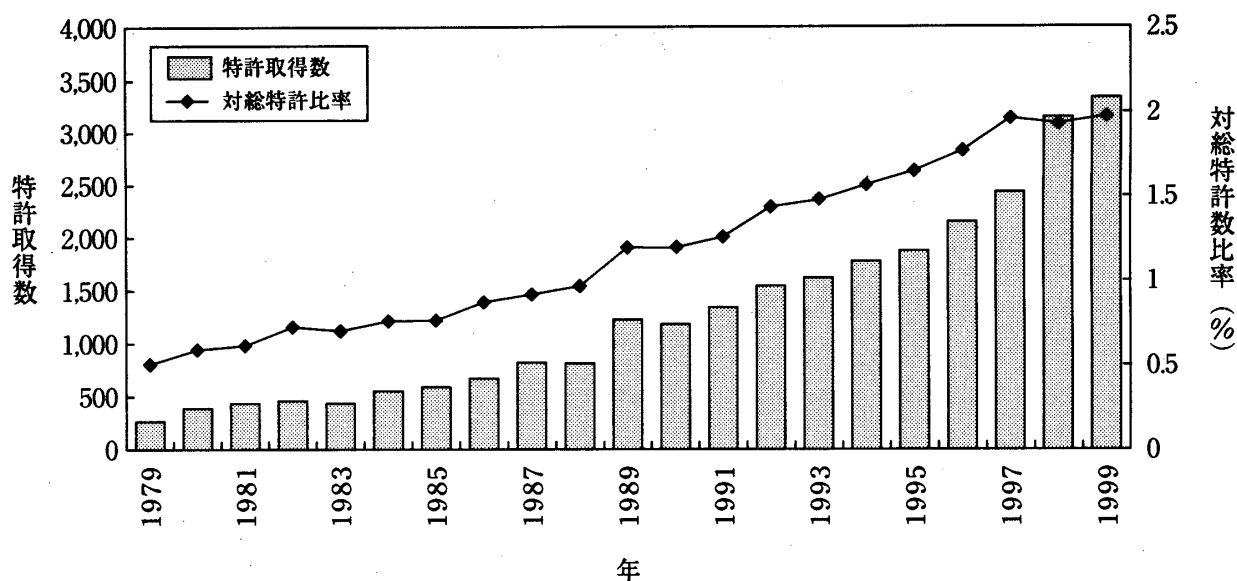


図2 大学による特許取得数と特許全体に占める比率

出所：USPTO (2000a, 2000b)

えよう。

大学の特許取得数の増加を支えているのは、医薬品関係の特許の急増である。表6は大学が取得した特許を分野別にまとめて上位の分野を記したものであるが、1969年からの合計でも、最近1996-98年の期間においても数が多い上位は医薬品関係である。また、医薬品分野の特許は大学の特許に占める比率が増加している<sup>iii</sup>。さらに、1969年から98年までの当該分野での大学の特許のシェアを、特許全体でのシェアで割った値が「指数」として記してある。これが1より大きければ大学が相対的に積極的に特許取得している分野である。上位の分野はいずれもこの指数の値が大きい。表6にはないが1996-98年に急増した多分子生物組織（特許分類：800）で指数が14.0と一番大きい。医薬品以外では超伝導（特許分類：505）が1991年から1995年の期間に数が多かったので、9.6と大きい。

表6で上位3位にあげられている医薬品分野は1981年以降、各年でも上位3位から落ちたことがない。図3にはこれら3分野の特許数と大学の取得する全特許数に対する比率を表した。数も比率も増加傾向にあり、とくに1990年代後半の増加が著しい。特定分野への集中は大学の取得する特許に特有の現象である。アメリカで取得される全特許において1981年から98年の期間の上位3位は514（医薬品）、428（その他加工用材料 [単繊維、金属薄片、合板など]）、435（分子生物学）であるが、これらのシェアの合計は1996年以降上昇したが、5.79%に過ぎない。大学の特許が医薬品に集中して増加してきていることがわかる。

大学のライセンス収入の多くは少数の大ヒット特許に依存し、それらは連邦政府資金で行われてきた生命科学分野であることが多い（USGAO 1998）。企業からの資金による共同研

表6 大学が取得した特許

分類番号	名称	特許数 (大学の特許におけるシェア)						指数 <sup>1</sup>
		1969-80年	80-85	86-90	91-95	96-98	合計	
435	分子生物学	146 (4.2)	202 (8.2)	455 (9.7)	868 (10.6)	1509 (19.5)	3180 (12.0)	11.4
514	医薬品	163 (4.7)	232 (9.4)	482 (10.2)	720 (8.8)	878 (11.3)	2475 (9.3)	4.3
424	医薬品	126 (3.7)	125 (5.1)	260 (5.5)	487 (6.0)	614 (7.9)	1612 (6.1)	6.5
600	外科	100 (2.9)	79 (3.2)	161 (3.4)	290 (3.6)	185 (2.4)	815 (3.1)	4.6
530	化学 (自然樹脂)	25 (0.7)	83 (3.4)	134 (2.8)	203 (2.5)	266 (3.4)	711 (2.7)	10.5
250	放射線エ ネルギー	89 (2.6)	46 (1.9)	122 (2.6)	224 (2.7)	146 (1.9)	627 (2.4)	2.3
073	測定・検査	128 (3.7)	71 (2.9)	105 (2.2)	148 (1.8)	103 (1.3)	555 (2.1)	1.5

1：1969-98年の大学による特許のシェアを特許全体での当該分野のシェアでわったもの。1以上ならば大学が相対的に得意な分野といえる。

出所：USNSF (2000)

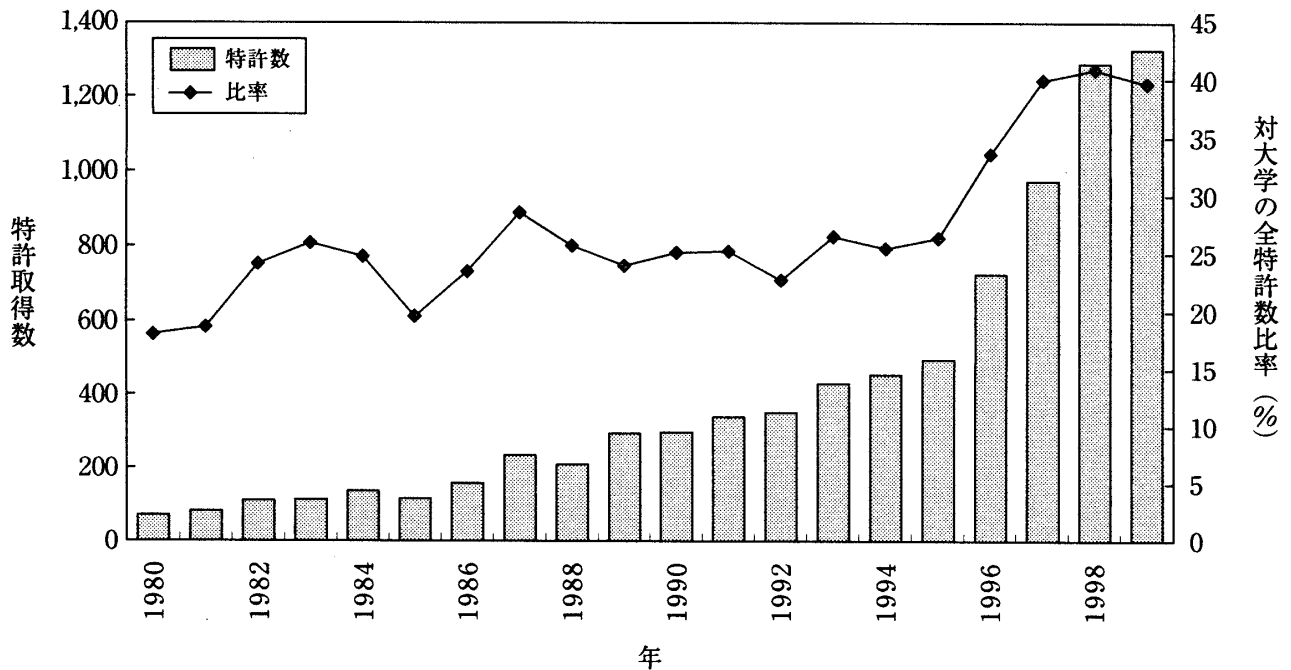


図3 大学による3大生命科学分野特許取得

出所：USPTO (2000a, 2000b)

究が大ヒット特許になることはむしろ稀で、連邦政府資金で行われてきた研究成果が大学によって特許となり、それを企業にライセンスすることによって大きなライセンス収入になっている。1997年度の大学全体ではライセンス収入の78.7%が生命科学であった（AUTM 1998）。

しかし、ライセンス収入は大学の使用する研究費に比べると小さい。研究開発投資がライセンス収入を生み出すまでにはかなり時間がかかる。物理科学では数年で実用化されることもあるが生命科学は新薬の臨床実験・審査・許認可を経るので10年以上かかる。したがって、同じ年の研究費とライセンス収入とでは因果関係については何もいえず、相関関係として解釈するしかないのだが、1997年度において生命科学分野ではライセンス収入の対研究予算は単純平均で6.01%、（研究費でウェイトした）加重平均では2.86%である。しかし、フロリダ州立大学では抗癌剤の Taxol が研究費の2倍以上の大きなライセンス収入をもたらしているため、このフロリダ州立大学を除くと単純平均は2.88%、加重平均は2.50%となる。フロリダ州立大学を除いても物理科学の単純平均1.49%、加重平均1.43%よりは大きい。しかし、研究予算とライセンス収入を対数をとって単回帰して得られた弾力性（研究費が1%増加したときのライセンス収入の増加分）の値は生命科学は0.81（フロリダ州立大学を除くと0.89）で、物理科学は1.08である。生命科学はライセンス収入の稼ぎとしては重要なのだが、弾力性はむしろ低い。これは生命科学分野では研究費の割りにライセンス収入の少ない医師養成専門の単科大学があり、一方でフロリダ州立大学のように研究予算の割りに大ヒット特許によってライセンス収入の大きなものがあるためであると考えられる。

コーエン＝ボイヤーのDNA組換え技術は大ヒット特許であるが、非排他独占的ライセンスで多くの企業にライセンスされた。通常は契約時に1万ドル、実用化されたら売上高の0.5%から10%までさまざまな比率でライセンス料を受け取った。1991年度から1994年度には7,500万ドルのライセンス収入になったが、単純平均でスタンフォード大学、カリフォルニア大学それぞれに年に940万ドルということになる。しかし、1994年度にスタンフォード大学は生命科学に1億5,120万ドル（うち連邦政府資金が1億2,414万ドル）を、カリフォルニア大学サンフランシスコ校は3億1,239万ドル（うち連邦政府資金が2億1,325万ドル）をそれぞれ費やしていたので、大ヒット特許といえども一流大学の研究能力を支えることはできない（Schere 1999, USNSF 1999）。

生命科学分野は大きなライセンス収入をもたらすのであるが、それでもライセンス収入は不確実・不十分である。大学の高い研究能力を維持するためには政府からの資金、すなわち税金、が不可欠であるから、研究成果も大学や一部企業でなく社会全体で共有すべきだという意見も根強い。

#### 4. 起業による技術移転とその問題点

技術情報は無形物としての性格を有するゆえに、その所有権の明確化が困難である。市場取引は所有権の明確化が可能な状態の財において展開されるが、この点が技術を取引する市場の構築に重大な障害となる。しかし、医薬品産業はR & D活動に関する取引が他の産業に比して突出して高い値を示しているが、その理由として以下の三つの点がそれに大きな影響を及ぼしていると考えられる。

すなわち、第一に、模倣性が高い技術特性を同産業が有するが故の、同産業の専有手段としてのパテント取得行動選好（所有権明確化）につながる。第二に、R & D成果としての技術の定式化が容易である（新規技術の定義付けが容易である）。第三に、技術的な相互依存性が必ずしも高くない（技術的可分性の高さは取引可能性の高さと並立する）。

前に記した Cohen=Boyer の特許は非排他独占的に多くのライセンスが行われ、巨額のライセンス収入になった。企業としてはどうしても必要な技術であったのだ。しかし、異なる組織で開発された技術を自分のものとして実用化するのは容易ではない。そこで、その技術を開発した大学の研究者が自ら起業をしたり、ライセンスを受けた企業に顧問として勤務したりすることが行われる。

特許による技術保護が有効なバイオテクノロジーでも研究者による起業は重要である。単にライセンスしただけでは企業は実用化することが容易ではないので、研究してきた大学の研究者が起業したりコンサルタントとしてライセンス企業を支援して実用化に向けている。Cohen=Boyer の遺伝子組み替え特許はきわめて重要であったが、Cohen は自分の研究成果は先人の努力の上にあるものだからと、研究成果のライセンス化に興味を示さなかった。

一方、Boyer はベンチャー投資家の Robert Swanson の協力を得て Genentech 社を1976年に設立した。同社はバイオ技術の応用による糖尿病の治療薬の製造技術を開発し、大手製薬会社の Eli Lilly 社にライセンスした。1997年現在、同社の売上高は9億4,000万ドルに上り、従業員数も3,000人を超えるまでに成長している。

Amgen 社はベンチャー投資家の William Bowes と Sam Wohlstadter によって1980年に設立された。科学的な面での成功したガイダンスは、物理化学者の George Rathman によってなされた。1970年代後半から80年代初期にかけてのバイオベンチャー勃興期に誕生した企業の中では、同社はもっとも成功した企業に名を連ねることができよう。1997年現在で同社の売上高は24億ドルにのぼり、従業員数は5,300人を数えるまでに成長している。

Chiron社はカリフォルニア大学サンフランシスコ校の教授だった William Rutter が弟子の Edward PenhoetとPablo Valenzuela とともに設立した。当初は Merck や Ciba-Geigy、Nova-Nordisk などの大手製薬会社から共同研究契約を結ぶことで成長し、のちに自らベン

チャー企業だった Cetus を買収した。Merck との研究プロジェクトによるサポートは、B 型肝炎ワクチン (hepatitis B vaccine) の開発の面で、Ciba-Geigy によるサポートはインシュリン増殖因子 (insulin growth factor) の面で、そして Nova-Nordisk によるサポートは酵母による一本鎖インシュリン (single-chain insulin in yeast) の面で行われた。同社は 1997 年現在で売上高が 10 億ドルを超え、従業員数も 6,000 人を擁するまでに成長している。(コーンバーグ 1997)。

以上バイオベンチャーからスタートアップして、その後医薬品企業にまで成長した会社<sup>iv</sup>の初期段階を列挙したが、これら企業の共通した特徴として、第一にベンチャー投資家と大学教員と共同で企業を設立したこと、第二に開発した技術に関する食品医薬品局 (Food and Drug Administration, FDA) の認証費用を既存企業に依存したことが注目されよう。後者はとくに既存企業との技術的可分性を前提とした相互依存関係を広く構築させる背景となり、その後、バイオベンチャーの市場参入行動の一般的なモデルとなった点で看過されてはならない。

このように、技術の移転はそれを有するもの (学者) が直接、大学からスピノフして起業することで始めて経済的に価値あるものとして達成された。大学という経済的なフィールドに立たないところからの「第一段階」の技術の移転は、ドライな市場取引で技術移転が行われてきたわけではない。しかしその後、無形財としての技術情報の販売以外に経済的利益を獲得する手段がないバイオベンチャーのスタートアップ段階において、既存大手製薬企業との「第二段階」の市場間の技術の移転は (パテントにもとづく) 所有権を明確にすることで達成されたものである。暗黙知 (tacit knowledge) をもって起業という形態で市場参入しつつも、それを最終消費財 (くすり) に結びつける資金力がないベンチャー企業にとって、その知識を明確に定義付けられた形式知 (codified knowledge) として保護し、かつそれを取引可能せしめる特許制度は経済的利益獲得に役立っただけでなく、企業が継続して生存していくにあたって不可欠なものであったのである。

元来、大学の研究室においてうまれる最新の研究成果 (知識) はただちに形式知 (codified knowledge) の状態になっているのではなく、暗黙知 (tacit knowledge) の状態におかれているものであるから、大学の最新の研究成果を欲する企業はそれが形式知となるまえに他者に先駆けて何らかの形でそれを手に入れようとする。Zucker, Darby, and Armstrong (2001) はこの大学研究室においてうまれる最新の知識を企業が獲得する手法として、大学のスター・サイエンティストと企業の科学者との共同論文を作成することを通じてそれがなされることに注目している。また、Zucker, Darby and Armstrong (1998) によれば、バイオテクノロジーでは教員が明らかに企業の役員・顧問となっている形で私的財として技術が移転されている。コンサルタントとして兼業するには会社が大学や自宅の近

くにあった方が便利なので、優秀な研究者・大学のまわりにバイオベンチャーが集積することになる。

ただし、この点を起業の観点から考察するとすれば、大学教員のスピノフは暗黙知の状態の知識（ゆえに知識が私的財の性格を有する状態）が経済的利益を生み出すことを予期して、その研究成果の有効な専有手段として起業を選択するのである。しかし、大学の使命として、最新の研究成果（ゆえに暗黙知の状態）を形式知に引き上げ、それを教育という形で流布せしめることが強調されねばならないのだが、その前に大学教員が私的利益追求を優先し、それを放棄するのであれば大学は研究者の起業に向けた準備施設として位置付けられるであろう。技術的競争優位を確立するにおいて産学連携の必要性がさげられるなか、大学の存在意義が問われるような状態が形成されてはならないのである。（技術）知識の「公共財化」は大学の最も重要な使命のひとつであることは言うまでもない。大学教員が技術の移転において起業という形でかかわることで起こる固有の問題である。

このように、バイオベンチャーは無形財としての技術情報を他企業と取引することによってその初期段階において収益を得ていた。大手製薬会社は臨床実験を行い厚生省から認可を得る資金とノウハウがあり、さらに新薬を販売する販路も持っていた。これらはバイオベンチャー企業にはないものであったので、バイオベンチャー企業は研究開発に専念し新薬の実際の製造販売は大手企業に任せるという分業が行われた。表7が示すように創業初期段階においてバイオベンチャー企業は総収入の8割近くを契約収入によっていた。この表にはないが Biogen 社や Chiron 社でも同様であり、Genzyme 社はスタートアップ時から製品売上が多く例外的であった。

しかし、表7の Genentech 社の例が示すように成功した企業は資金的に可能となった段階で、生産活動の統合を進めていった。これは実験室で開発した新薬を大量生産するにはノウハウが必要で、ここの部分はマニュアルによって形式知として移転することは難しいし、特許でも保護されにくい。そこで、開発したベンチャー企業が自分で生産を行うようになったのだ。さらに、医薬品では製造者が変わると臨床実験の最終段階をもう1度行い審査を受けなくてはならない場合がある。しかも、医薬品は10年以上販売して大きな利益をもたらす。したがって、生産を外注するには長期的な契約を結ばなくてはならず交渉が難しい。こうして研究専業でスタートした新興バイオ企業も資金力をつけるにつれて生産へ下方統合を行った。一方、既存の製薬企業も初期のバイオベンチャー企業との提携においては基本となる技術（汎用技術）の獲得を目指していた。バイオテクノロジーに基づく具体的な新薬開発では自社内でノウハウを持っていることが重要であると認識するようになり、委託研究に依存するのではなく、ベンチャー企業との提携や大学の研究者との協力によって汎用技術を習得したらあとは自社内での研究開発活動とノウハウの蓄積を目指すようになった。Darby and

表7 主要中小規模医薬品企業の収益内訳動向 (単位：千ドル)

Genentechのケース				Guilfordのケース			
	1984年	1992年	2000年		1995年	1997年	2000年
製品販売	0	390,975	1,278,344	製品販売	0	5,741	1,492
特許権使用料	2,100	91,682	207,241	特許権使用料	0	1,628	2,369
契約収入 およびその他	63,500	16,727	160,363	共同合意 R & D 収入	30	1,459	3,570
利息	4,200	44,881	90,408	契約収入	556	15,000	10,625
総合計	69,800	544,265	1,736,356	総合計	586	23,828	18,056
Centocorのケース				Genzymeのケース			
	1984年	1992年	1998年		1984年	1992年	2000年
製品販売	3,247	58,394	316,711	製品販売	7,153	139,568	811,897
研究開発収入	7,634	67,838	—	研究開発収入	750	39,111	6,941
利息その他	1,961	—	21,429	利息その他	132	40,400	84,482
総合計	12,842	126,232	338,140	総合計	8,035	219,079	903,320

注：各社の産業分類コードは、Guilford PharmaceuticalはNAICS:325412、Genzyme及びCentocorはNAICS:325414である。

出所：各社のAnnual Report及びForm 10-K各年。

Zucker (2001) は、著名なバイオテクノロジー研究者と共著などの協力関係を築き自社内で知識を蓄積した製薬企業のみが生き残ったことを明らかにした。したがって、当初は研究開発専業ベンチャー企業と老舗製薬企業との棲み分けが行われていたが、次第に研究開発と生産の垂直統合が川上・川下両方向から行われ生き残った企業は類似した構造になった (Pisano 1991)。取引費用が高いと「企業の範囲」が拡大され企業が自前で行うようになる、というコース=ウィリアムソンの企業理論に沿った形で展開したのである。

## 5. 技術市場と取引費用—まとめに代えて—

これまで見てきたようにバイオ技術と大学研究、大学研究と医薬品企業研究のらせん状の



重なりが、バイオベンチャー興隆のステージを設定した。バイオ技術のような基礎研究によって派生する知識が、具体的な（製品）技術に転化されるにおいて大学教員の起業は大いにかつてない役割を果たした。

医薬品産業における技術移転は、「バイオ革命」の進展とともに大学教員による起業の形態が目されるが、同産業の技術移転チャンネルはこの他にも、①大学教員が企業の技術コンサルタントとなる形、②異なる主体間での研究委託、③ライセンス、そして④論文や特許内容の引用<sup>v</sup>などがある。

大学教員の起業という形での技術の移転は大学において生まれた技術が産業技術フィールドに踏み入れる最初のものであったが、それでは、研究施設のみで生産設備を有しないバイオベンチャーがいかなる目算を持って経済的利益を獲得できると判断したのであるか。また、経済的利益を獲得するにおいてとったこれら企業の行動とはどのようなものであったのであろうか。

補完的資産として機能する技術知識や、過去の製法の改善において生まれた技術知識（ノウハウを含む）の獲得・留保に有利なのは、必然的に歴史を持つ既存企業である。このような技術知識は市場で取引される状態に置かれるよりも、企業内に専有手段としてとどめ置くことで企業アドバンテージに結び付けられる。

対して、新規参入企業はそれら補完的資産として機能する技術知識を内部化する経験や資金的余裕を有しなかったため、もっぱら情報（新規製薬面）の新規性を競うこととなった。新規参入の激しさは、新規製薬面での競争の激しさに反映された。この補完的資産を確保できない、また独自に生産できない新規参入企業は、それを既存企業との提携関係を通じて依存してきた。ゆえに、長期的な生存には不可欠で、また生産活動を統合するにおいて重要な役割を果たす、プロセス面での補完的資産を獲得する、あるいは内部においてとどめ置くことで企業アドバンテージを付加する機会において不利であった。この点が、バイオベンチャーで参入しつつも、医薬品企業に発展させることが非常に困難な環境を作り出している。なお、新規製薬面での著しい発展は新規参入の激しさを反映しているが、これは、技術情報の取引可能性が保証される市場環境において可能であったことである。

支配的製薬デザインの確立において決定的に重要な役割を果たすパテントの存在はすなわち、プロダクトイノベーションにおける用途別（病気別）の優位性の確立において明確なゴールとなった。伝統的に医薬品産業は競争的な市場構造であり、そのことがひいてはパテント取得件数の多さに少なからず影響しているのであるが、しかし、近年のバイオ技術による研究体制の変化が規模の経済性を低下させることで小規模企業でも資金面での不利な点を抱えつつも、用途別の支配的デザインの確立において有利に作用した。技術情報を販売することで生存可能な新規参入企業にとって、パテント制度の強化は補完的な資産を確保すること

で、製品の優位性に付加価値をつける既存企業に対抗できる環境を形成するのに役立った。

医薬品産業のイノベーション活動は初期の段階でその成果がパテント取得できる性格を有するが、その点が研究設備のみで、生産設備を有しない新規参入企業の生存可能性を技術の取引の点から保証している。もちろん、前述したように企業規模・事業拡大において生産活動の統合は不可欠である。その生産において重要な役割を果たす知的特殊資産としてのノウハウの獲得において他産業同様、新規参入企業は既存企業に比してきわめて不利な立場にあり、生産活動の統合は資金面での問題をクリアしてもその点が、企業規模・事業拡大の障害となっている。

バイオテクノロジーではベンチャー企業 (New Biotechnology Firms, NBFs) は、研究専業として大手製薬会社と技術的に相互依存的な関係を構築することで成長した。これまでに述べたように、研究成果が特許として保護されるということは企業間の技術取引も行きやすいのである。一方、バイオテクノロジーの知識に乏しい既存製薬会社は1980年代初期ではベンチャー企業と技術提携したり、ベンチャー企業からライセンスを購入したり、さらにはベンチャー企業そのものを買収することによってベンチャー企業の研究成果を活用することができた。大手製薬会社には臨床 (clinical studies) を行い、FDAの認証<sup>vi</sup>を受けるプロセスでのノウハウと資金力があり、さらに新薬を販売するマーケティングルートも持っており、これはベンチャー企業がスムーズに入手できるものではなかった。

大手企業としても初期のバイオベンチャーとの協力では基本なる技術 (汎用技術) を得ていた。具体的な新薬を開発するようになったら、自社内でノウハウを持っていることが重要だと認識するようになった。研究開発を委託しても使いこなせなければ新薬の製造販売は難しかった。したがって、完全な委託研究やライセンス購入ではなく、著名な研究者と関係を築くことによって、バイオテクノロジーの知識を内部で蓄積するようになった。この結果、バイオベンチャー企業と既存大手企業とは、棲み分けを行うよりもむしろ類似してきたのである。

もちろん、製薬企業が自前で研究開発することを目指したからといって、大学の生命科学分野は進歩を続けており、1990年代後半も産学連携は以前にも増して活発であり、大学発のベンチャー企業も誕生している。そして、ヒトゲノム情報解読後のポストゲノム時代において、現在生まれつつあるゲノム情報解析専門企業や解析機器専門メーカーが、それを利用する製薬企業と棲み分けを行っていくのか、1980年代末のように川上・川下両方向からの垂直統合に向かうのか注視する必要がある。重要な要因の1つはESTs (Expressed Sequence Tags) と呼ばれるものの特許の有効性である。ESTsは部分DNA配列であり、完全長の遺伝子情報を得るには遠くその機能も不明であるといういわばゲノム創薬の中間生産物である。ESTsが特許として認められるのならば、これを分析するベンチャー企業が専

業として生き残るであろう（田村2000）。

1980年代以降、医薬品産業では産学連携が活発となりダイナミックに市場構造を変化させている。それでも大学が人材と知識の供給源であることに変わりはなく、それは使途の厳密の指示のない連邦政府の手厚い支援の賜物なのである。

技術・情報は非競争性や非排除性によって公共財とみなされることが多いが、それは情報が形式知であることから可能であるが、そのような段階では情報の経済的価値は低下してしまっている可能性が大きい。Zucker, Darby, and Armstrong (2001) は暗黙知の獲得を求めて企業が一流研究大学のまわりに集積することを注目しているが、それらは私的財として取引されていることが明らかになった。このことは研究開発投資の外部性の研究において情報の移転に費用がかかることが集積の重要な要因の1つとして考慮されるべきであることを示唆する。さらに、この観点は技術専有可能性と関連づけてイノベーションを分析することによって企業理論構築する可能性を内包している。

## 注

- i National Science Foundation (全米科学財団) は大学の研究を資金援助することを主務とする。わが国の文部科学省に相当する連邦政府機関である。
- ii 近年の研究からイノベーションの発生要因として次の四つが注目されている。すなわち、本稿で注目する①技術専有可能性、②R&D spillover、③技術機会、そして④市場ニーズ・需要である。
- iii ここでの分野別分類は米国特許庁による3桁の分類によるもので、医薬品やデータ分析 (Data Processing) などはいくつも分野に分類されている。これらを大まかに合計しても医薬品、化学が多く、データ分析は少ない。
- iv なお、各社現在のNAICSコードは、Genentech社がNAICS: 325412 (Pharmaceutical preparation) であり、Amgen社はNAICS: 325414 (Biological product)、そしてChiron社はNAICS: 325413 (In-vitro diagnostic substance) である。
- v 産学連携の注目は今に始まったことではないが、近年特に注目される技術移転の形態は、科学技術論文内容の引用による特許の取得である。NSF (2002, ch 5-52) では、科学技術論文から引用されたパテント全体の割合は、1985年では11%だったのが、2000年には21%にまで上昇したとしている。なお、この上昇背景にはbiomedical researchやclinical medicineのような生命科学分野の論文数の急増がある。
- vi 医薬品のR&Dステップは、まず実験室や動物での研究、つぎに医療研究 (第一段階として安全性研究、第二段階として効能研究、第三段階として大規模な医療テスト)、そしてFDAの再調査を経てようやくFDAの認証となる。

## 参考文献

- AUTM (Association of University Technology Managers) (1998) *AUTM Licensing Survey 1997*. Norwalk, CT: AUTM Headquarters.
- AUTM (Association of University Technology Managers) (2000) *AUTM Licensing Survey 1999*. Norwalk, CT: AUTM Headquarters.
- Blumenthal, D., Campbell, E. G., Causino, N., and Louis, K. S. (1996) Relationships between Academic Institutions and Industry in the Life Sciences—An Industry Survey. *New England Journal of Medicine*. February 8 th, Vol. 334, No. 6: 368-373.
- Cohen, W. M., Florida, R., Randazzese, L., and Walsh, J. (1998) Industry and Academy: Uneasy partners in the Cause of Technological Advance. In Noll, R. G. (ed.) *Challenges to Research Universities*. Washington, D.C.: The Brookings Institutions Press.
- Cohen, W. M., Nelson, R.R., and Walsh, J. (2000) Protecting their Intellectual Assets: Appropriability Conditions and Why U.S. Manufacturing Firms Patent (or Not). *NBER Working Paper*, #7552.
- Darby, M. R. and Zucker, L. G. (2001) Change or Die: The Adoption of Biotechnology in the Japanese and U.S. Pharmaceutical Industries. *Comparative Studies of Technological Evolution*. Volume 7: 85-125.
- Grabowski, H. G. and Vernon, J. M. (1994) Returns to R&D on New Drug Introductions in the 1980s. *Journal of Health Economics* 13: 383-406.
- アーサー・コーンバーグ (宮島郁子・大石圭子訳) (1997) 『輝く二重らせん』 メディカル・サイエンス・インターナショナル。
- Mansfield, E. (1998) Academic Research and Industrial Innovation: An Update of Empirical Findings. *Research Policy* 26: 773-776.
- PhRMA (Pharmaceutical Research and Manufacturers of America) (2001) *Pharmaceutical Industry Profile 2001*. Washington, D.C.: Pharmaceutical Research and Manufacturers of America.
- Pisano, G. (1991) The Governance of Innovation: Vertical Integration and Collaborative Arrangements in the Biotechnology Industry. *Research Policy* 20: 237-249.
- Scherer, F. M. (1999) *New Perspectives on Economic Growth and Technological Innovation*. Washington, D.C.: Brookings Institution Press.
- 田村明照 (2000) 「バイオテクノロジーの広い特許保護を巡る最近の論点」『特許研究』第29号 41-45頁。
- USGAO (General Accounting Office) (1998) *Technology Transfer: Administration of the Bayh-Dole Act by Research Universities*. GAO/RCED-98-126. <<http://www.gao.gov>>

- USNSF (National Science Foundation) (1998) *Science and Engineering Indicators, 1998*. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- USNSF (1999) *Academic Research and Development Expenditures: Fiscal Year 1997*. Washington, D.C.: National Science Foundation.
- USNSF (2000) *Science and Engineering Indicators, 2000*. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- USNSF (2001) *Academic Research and Development Expenditures: Fiscal Year 1999*. Washington, D.C.: National Science Foundation.
- USNSF (2002) *Science and Engineering Indicators, 2002*. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- USPTO (Patent and Trademark Office) (2000a) *Patent Counts by Class by Year 1977-1999*. Washington, D.C.: USPTO.
- USPTO (Patent and Trademark Office) (2000b) *U.S. Colleges and Universities: Utility Patent Grants 1969-1999*. Washington, D.C.: USPTO.
- Zucker, L.G., Darby, M.R., and Armstrong, J. S. (1998) Geographically Localized Knowledge: Spillovers or Markets? *Economic Inquiry*. Vol.XXXVI. January 1998: 65-86.
- Zucker, L. G., Darby, M. R., and Armstrong, J. S. (2001) Commercializing Knowledge: University Science, Knowledge Capture, and Firm Performance in Biotechnology. *NBER Working Paper*, #8499.