

RIETI Policy Analysis Paper No.5

技術革新の源泉

—サイエンスリンケージからみた産業技術政策の課題—

- I はじめに—経済成長に技術革新が果たす役割の増大
- II 重点4分野特許の科学依存度（サイエンスリンケージ）調査
- III 全技術分野における科学依存度（サイエンスリンケージ）の自動計測
- IV 特許の基になった論文の国籍や資金源等の調査
- V 政策提言

平成17年6月

独立行政法人

経済産業研究所

ファカルティーフELLOW 玉田俊平太

（関西学院大学専門職大学院経営戦略研究科助教授）

（研究所長 吉富 勝 責任編集）

本ペーパーは必ずしも経済産業研究所としての見解を示すものではありません。

○要旨

わが国が戦後驚異的な発展を遂げ、国民が経済成長によって豊かになることができたのは、技術革新によるところが大きい。今後、少子高齢化によって労働の供給が制約されるとともに、資本の源泉である貯蓄率の低下も見込まれる。こうした中でわが国国民が引き続きゆとりある豊かな生活を続けるためには、技術革新を通じた経済成長が極めて重要である。

しかしながら、技術革新は完全には独占できないため、市場メカニズムに任せておくと技術革新に対する投資（研究開発投資）は望ましい水準より低い水準で均衡してしまう（技術革新の持つ正の外部経済性）。したがって、政府の介入が必要不可欠であり、それは経済学的に正当な行為である。

本報告書の基になっている一連の研究は、政府が技術革新を促進するための政策を立案する際の判断基準となる、客観的な基礎資料を提供する目的で行われた。政府からもたらされた政策ニーズは以下のようなものである。

- (1) 政府の有限の資源をどの分野に戦略的に投入すればよいのか？
- (2) 現在の政府の研究開発投資は必要な水準を満たしているのか？
- (3) 大学や公的研究機関との連携はどのような手法を用いるのが適切か？

本研究は、基礎となる独自の特許データベースを一から構築するところからはじめた。つづいて、産業に有用な技術が発明された際に、どのような科学的知見に依拠していたかを明らかとするため、特許の明細書に引用されている学術論文をしらみつぶしに調査した。さらに、人手で行ったサンプル調査結果を「教師」とし、機械に学習させることによって1995年から1999年に公開された約600技術分類に属する約65万件の特許全ての科学依存度（サイエンスリンケージ即ち特許あたりの学術論文の引用数）を明らかとした。その結果から導き出された政策提言は以下の通りである。

- (a) サイエンスリンケージが強い分野はバイオテクノロジー、暗号、光コンピュータ、音声認識などの分野である。政府はこうした分野に注力すべきではないか。
- (b) サイエンスリンケージの高い分野ほど、特許の外国人出願比率が高く、したがって日本の技術の国際競争力が低い。また、産業に有用な技術に使われた科学論文の大半は米国のもので、その多くは米国の公的支援を受けていた。わが国は一層研究開発に注力すべきではないか。
- (c) 特許で守れる技術革新はバイオ分野等の一部に過ぎない。大学等はいたずらに特許出願を行わず、論文発表による公共財としての知的資産形成と共同研究や教育による知識の移転に努めるべきではないか。

注) 本研究の一部は産業構造審議会の資料に引用され、政策立案の基礎資料として活用された。

I はじめにー経済成長に技術革新が果たす役割の増大

我々の所得を増大させ、豊かな生活をもたらしてくれる長期的な経済成長は、その多くが技術革新によってもたらされることが明らかとなっている (Solow, 1956)。国土が狭く資源も乏しいわが国が、戦後驚異的な発展を遂げ、国民が経済成長によって豊かになることができたのは、技術革新によるところが大きい。今後、少子高齢化によって労働の供給が制約されるとともに、資本の源泉である貯蓄率の低下も見込まれる。こうした中でわが国国民が引き続きゆとりある豊かな生活を続けるためには、技術革新を通じた経済成長が極めて重要である。

技術革新をもたらす重要な要素のひとつとして、大学などで行われる科学的な研究が挙げられている (Mansfield, 1991)。技術革新は完全には独占できないため、市場メカニズムに任せておくと技術革新に対する投資 (研究開発投資) は望ましい水準より低い水準で均衡してしまう (技術革新の持つ正の外部経済性)。したがって、政府の介入が必要不可欠であり、それは経済学的に正当化されうる行為である。大学等で行われる科学の研究に対する政府の公的な支援も、それが技術革新を通じて経済成長をもたらすという理由によって正当化されてきた。

しかしながら、現在の政府の研究開発投資は必要な水準を満たしているのか、政府の有限の資源をどの分野に戦略的に投入すればよいのか、大学や公的研究機関との連携はどのような手法を用いるのが適切か、といったミクロなレベルの政策課題に対して、前述のようなマクロな議論のみでは答を得ることはできない。

米国においては、科学への公的支援と産業における技術革新との関連を検証するため、米国特許と科学研究論文との引用関係 (サイエンスリンケージ) についての研究が行なわれている。ナリンらは、膨大な特許データベースを構築し、その分析によって、米国特許と科学 (研究論文) とのリンケージ (特許当たりの論文引用数) が強まっていることを明らかにするとともに、米国における公的研究機関の果たしている役割が増大していることを実証した。その研究によれば、米国の企業特許が引用している論文の 73% は公的研究からもたらされたものであり、その著者は大学、研究機関、その他の公的研究所に所属している。特許に引用された論文は現代科学の主流であり、それらの論文の特徴は、非常に基礎的であること、有力雑誌に掲載されていること、および、著者は一流の大学や研究所の所属していることである。とくに、最近では米国国立保健研究所 (NIH)、米国国立科学財団 (NSF) その他の公的機関からの助成を受けたものが多くなっている (Narin et al., 1997)。

技術と科学との関係は日本においても同様に重要であると考えられるが、こ

これまでのところ日本の特許を対象としたサイエンスリンケージの研究はほとんど行われていない。そこで、経済産業研究所では、「S-T-I（科学-技術-産業）Networkの研究」プロジェクトにおいて、基礎となる独自の特許データベースを一から構築するところからはじめた。そして、産業に有用な技術が発明された際に、発明者がどのような科学的知見に基づいていたかを明らかにするため、特許の明細書に引用されている学术论文を可能な限り入手し、日本特許に影響を与えている科学の論文はどの国のどのような機関において研究されたものであるのかを明らかにした。さらに、引用された論文の謝辞についても調査を行い、その科学研究を助成したのはどの国のいかなる機関であるのか等の事実関係について調査を行った。最後に、人手で行ったサンプル調査結果を「教師」とし、機械に学習させることによって1995年から1999年までに公開された約65万件の特許全ての科学依存度（サイエンスリンケージ）を明らかにした。

こうした一連の研究は、特許化された技術的知識の創出過程における科学研究および当該研究に対する助成の効果を定量的に明らかにし、産業技術政策の立案のための基礎的定量的資料を提供することを目的としたものである。以下、研究結果を簡単に紹介する。

II 重点4分野特許の科学依存度（サイエンスリンケージ）調査

1. 重点四分野特許の抽出

経済産業研究所の児玉文雄ファカルティフェローと後藤晃ファカルティフェローをリーダーとする研究グループは、独自に日本特許データベースを構築し、審査の結果特許性有りと判断されて1995年から1999年の5年間に公開された特許約65万件から、第二次科学技術基本計画において重点分野とされたバイオテクノロジー、ナノテクノロジー、情報技術（IT）、環境関連技術の4つの技術分野に属する特許を選別した。続いて、それぞれの技術分野からの特許標本を300件ずつランダムサンプリングによって抽出した。

2. 重点四分野における科学依存度（サイエンスリンケージ）の調査結果

各技術分野の特許からランダムサンプリングされた特許300件ずつに対し、その全文中に引用されている論文や学会発表（以下単に「論文」という）の数を計測した。その結果、特許に引用されている論文の数は、多い順にバイオ、ナノテク、IT、環境の順番であった。

特許あたりの論文引用数はバイオ技術分野が最も多く、特許一件当たり平均で約12本の論文を引用していた。いちばん多いものでは一件の特許が111本の論文を引用していた。また、少なくとも1本以上論文を引用していた特許は300

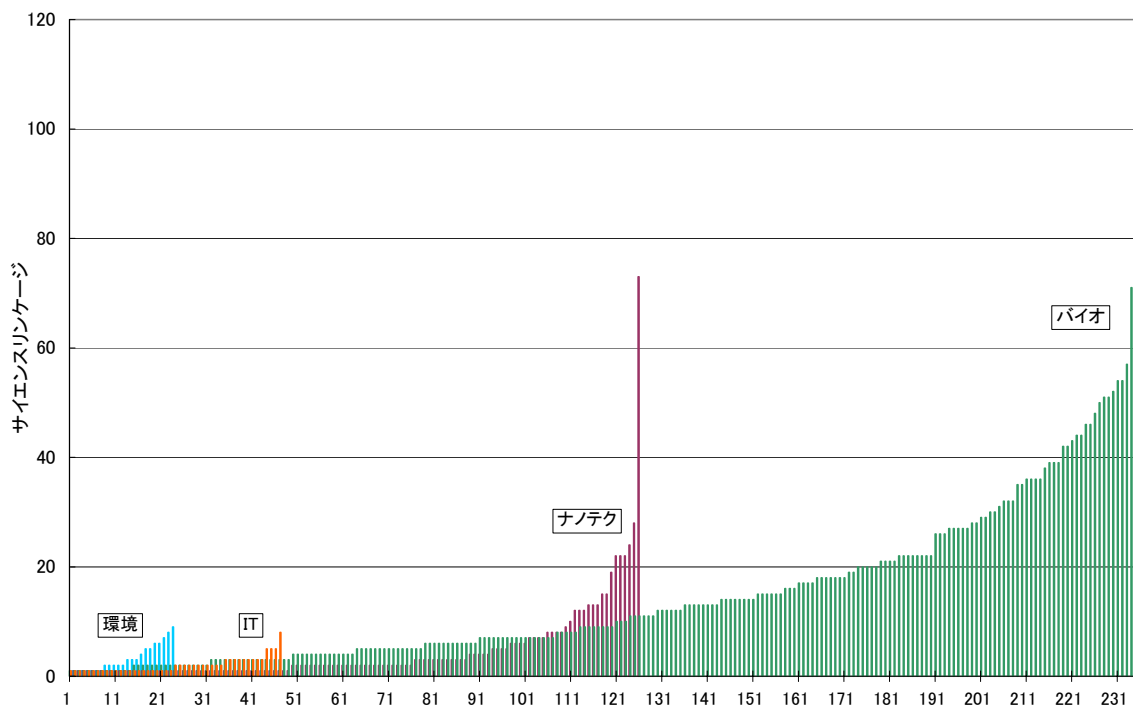
サンプル中 235 件、率にして 78%であった。

バイオ分野に次いで引用論文が多かったのはナノテクノロジー分野で、特許一件当たり平均で約 2 件であった。一本以上論文を引用していた特許は 300 件中 126 件、率にして 42%であった。

論文の引用数が 3 番目に多かった IT 分野では、47 件(16%)の特許が論文を引用しており、平均値は特許 1 件あたり論文 0.32 本であった。

論文の引用数が最も少なかった環境技術分野では、サンプル全体の 8%に当たる 24 件の特許が論文を引用しており、特許 1 件あたり平均は 0.26 本であった。(図 1 参照)

図 1 科学とのリンケージの分野による違い



縦軸：特許 1 件の論文引用数 (左から多い順に並んでいる)

横軸：特許 300 サンプル中で 1 本以上論文を引用している特許の数

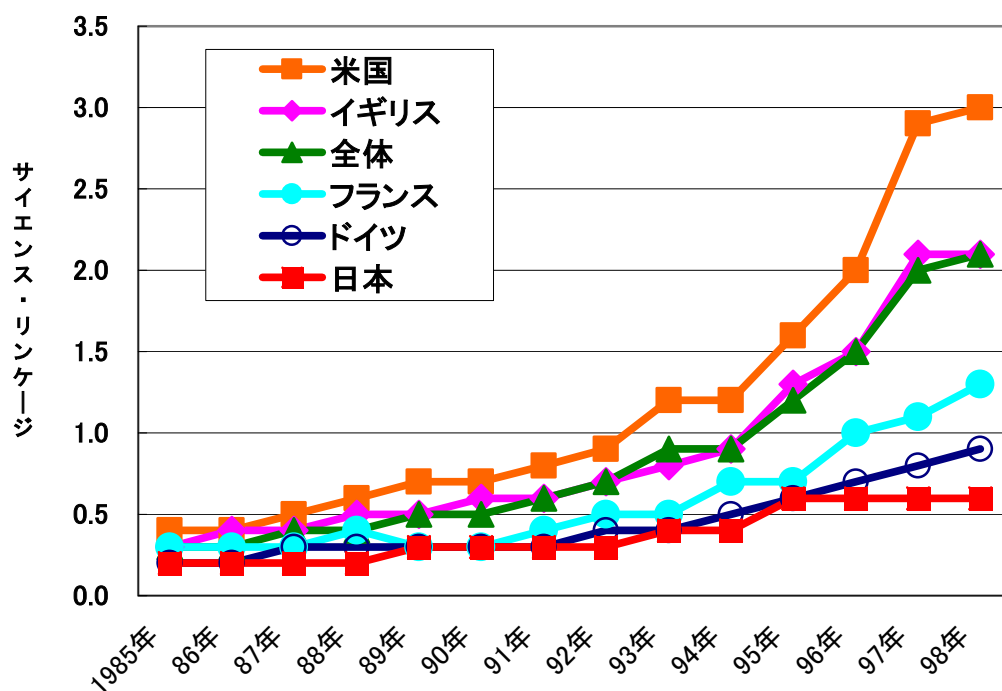
この事実は、技術分野によって技術が科学から受ける影響に違いがあることを示唆するものであり、今後の科学技術政策立案に際し、技術分野ごとの特性を踏まえた科学技術政策のあり方などを議論する定量的かつ実証的な基礎資料を与えうるものと考えられる。

具体的には、バイオ分野においてサイエンスリンケージが特に強いということは、発明者がその発明を思いついた際に、多くの科学的知識に依拠していたということを示していると考えられる。このことは、バイオ分野がサイエンス型産業と呼ばれ、有力大学の周辺にバイオベンチャーが生まれ、クラスターを

形成していることと整合的である。今後産学連携政策や地域クラスター等の地域振興政策を立案する際には、技術分野によってサイエンスリンケージが大きく異なるという事実を踏まえ、技術分野ごとの特性を踏まえたよりきめ細かな政策の作り込みが求められよう。

また、上述のようにサイエンスリンケージが技術分野によって大きく異なっていることにはサイエンスリンケージが国別の特性というよりは技術分野別の特性をより強く表しているかもしれないという点に留意が必要であることが明らかとなった。例えば、米国のサイエンスリンケージが他の国より高く、増加傾向にあることのみをもって、米国においては一般的に科学の技術への活用が他の国より進んでいるとする議論がみられる。しかし、米国のサイエンスリンケージのレベルや変化は、単にバイオ分野の特許出願が他の分野よりも増加し、そのウェイトが高まっているだけの可能性もあり、より詳細な研究が求められよう。(図2参照)

図2 米国特許におけるサイエンスリンケージの時系列変化
(科学技術政策研究所調査)



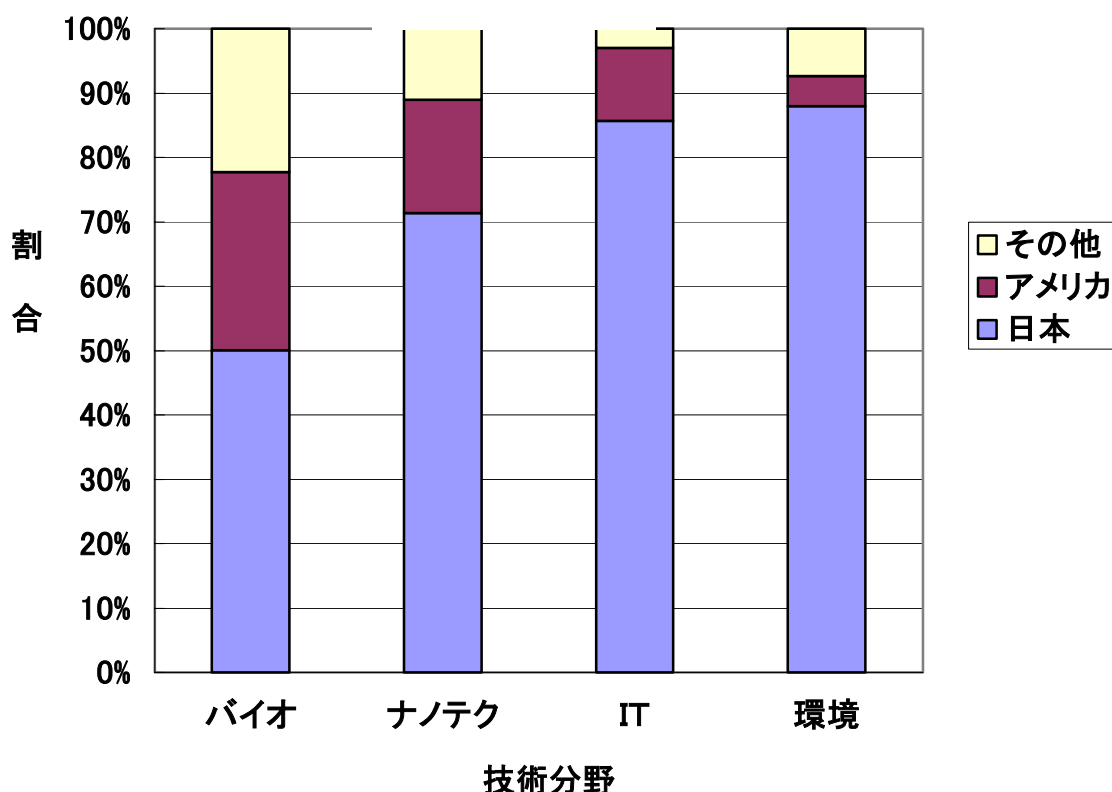
3. 技術分野による出願人の国籍の違い

サンプリングされた特許の特許権者の国籍の分析を行った結果、バイオ特許300件の50%の150件が外国に住所がある機関からの出願であり、ナノテクノロジーでは28%の86件、ITでは14%の43件、環境関連技術では12%の36件が外国からの出願であるという結果となった。外国出願のうち多くが米国からの出願であった。(図3参照)

ここで注目されるのは、バイオ技術分野およびナノテク分野における外国からの出願比率の高さである。通常、日本特許における外国からの出願は1割程度といわれているのに対し、バイオ分野においては特許の実に5割が、ナノテク分野においても約3割が外国からの出願である。

それではなぜ、バイオ分野やナノテク分野で外国からの出願が多いのであろうか。企業がある技術の特許出願するのは、出願先の国においてその技術を独占的に実施したいからにほかならない。そして、ある技術が特許として認められるためには、新規性と進歩性が要求される。すなわち、ある技術分野における外国からの特許比率が平均よりも上回っているということは、その技術分野の独占的实施が競争上優位となる市場における外国企業の技術的優位を示すものと考えられる。バイオ分野特許の5割、ナノテク分野の約3割の特許が外国企業に対して与えられているという事実は、それぞれの技術分野において外国企業（主に米国企業）が技術的優位性を持っていることを示していると考えられる。

図3 重点4分野における日本特許出願人の国籍



4. 本研究の手法の留意点

最後に、サイエンスリンケージを用いた研究の限界について述べる。前述したように、サイエンスリンケージとは、特許化された技術的知識の中に、学術

論文等の科学的知識がどの程度引用されているかを計測した指標である。この指標を用いて計測できるのは特許中に引用されている論文数のみである。例えば、企業においても活発に研究が行われている IT 分野では、きわめて基礎的・基盤的なアイデアでも論文として発表せず、まず特許として出願されるといわれている。そうした場合、特許を出願する時点では、引用すべき科学論文は存在せず、結果としてそうした分野のサイエンスリンケージは低くなってしまふ。日本の研究開発費約 15 兆円のうち、約 12 兆円は企業において支出されている。すなわち、日本のイノベーションシステムにおいて、企業は大きな比率を占めており、サイエンスリンケージ調査のみでは企業部門におけるイノベーション計測には限界がある。今後は、企業内における研究開発の調査や先行特許の引用の分析など、他の指標と組み合わせた研究の推進が求められよう。

Ⅲ 全技術分野における科学依存度（サイエンスリンケージ）の自動計測

1. 目視による科学依存度計測の限界

前章において、科学技術基本計画の重点 4 分野特許の科学依存度（サイエンスリンケージ）を計測した。しかしながら、重点 4 分野以外の技術分野で科学依存度が高い分野があるかどうかについては明らかになっていない。しかし、前章の手法をそのまま全ての特許の科学依存度の計測に拡張するには限界がある。データベースに入っているすべての特許から引用文献を人手で抽出するためには、膨大な時間と人手が必要で、事実上不可能である。

2. 解決策

この壁を突破するためには、作業を何らかの形で自動化する必要がある。しかし、特許申請書中の引用論文を記載する際の方法は統一されておらず、単純なアルゴリズムでは引用されている論文を抽出し損なったり、論文ではない文字列を論文と誤解してしまったりする。

この問題を解決するため、目視により抽出した被引用論文に関する情報を「教師」として用いて、有限状態機械アルゴリズムを用いた独自のソフトウェアの開発を行った。そのソフトウェアを用いて、1995 年から 1999 年までに発行された全特許約 65 万件を対象とし、各特許中に引用されている論文数の自動計測を行った。

それらの特許には、国際特許分類(International Patent Classification: IPC)に基づき、各特許につき一つの技術分類が割り当てられている（これを筆

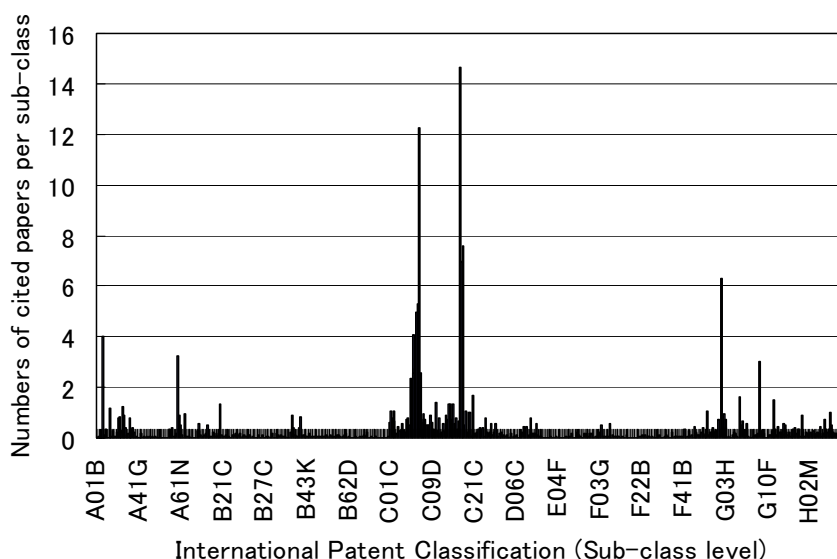
頭 IPC という)。国際特許分類ではすべての技術部門が 8 セクションに分かれ、セクションはさらに細分化される。具体的には、セクションはクラスに、クラスはサブクラスへと区分される。

まず、1995 年から 1999 年までに成立した特許を、相互に排他的で最も細かい技術分類レベルである技術サブクラスに分類した。つぎに、各技術サブクラスに属する特許それぞれの引用論文数をコンピュータプログラムによって計測した。さらに、引用論文数をサブクラス毎に合計し、該当サブクラスに属する特許数で除すことによって、それぞれの技術サブクラス毎の技術と科学のリンケージの強さ（サイエンスリンケージ）の平均値を求めた。

3. 結果：技術分野によって科学とのリンケージの強さが大きく異なる

日本の特許出願書類のフロントページに引用文献を記載することは義務付けられておらずかなり不完全であるため、技術と科学の関係を包括的に理解するためには引用文献の特許の明細書も含む全体から抽出するプロセス自動化するプログラムを作成する必要がある。機械学習によって引用抽出プログラムをチューニングすることを繰り返し、最終的には精度（どのくらい「ゴミ」を拾わないか）と再現率（どのくらい「漏れ」がないか）の両方について非常に高いレベル（98%以上）のプログラムが完成した。ちなみに欧州においても同様の試みがあるが、約 70%の水準にとどまっており、本研究は世界的にも最高水準を達成している。これにより、データベース内の特許データすべてから論文の引用や先行特許の引用を自動的に抽出できるようになり、国際特許分類の任意の技術分類レベルにおいてサイエンスリンケージを包括的に分析することが可能になった。

図 4 全技術分野のサイエンスリンケージ



本研究においては、1995年から1999年までの特許公報で公表された特許約65万件の論文引用数を計測し、600分類の技術サブクラス毎に科学とのリンケージの強さを計測した。図4は横軸に技術サブクラス、縦軸に各サブクラスの平均サイエンスリンケージをしめしたものである。図から明らかのように、サイエンスリンケージの強さは技術分野によって大きな差がある。「C12N 微生物または酵素；その組成物」のサイエンスリンケージは特許一件当たり平均で15本近くの論文を引用しており、全体平均の特許当たり0.5本のおよそ30倍となっている。

表1：平均サイエンスリンケージ上位20サブクラス

サブクラス	特許件数	平均サイエンスリンケージ (特許1件あたりの論文引用数)
C12N 微生物または酵素；その組成物；微生物の増殖，保存，維持；突然変異または遺伝子工学；培地	44425	14.6
C07K ペプチド	18390	12.3
C12Q 酵素または微生物を含む測定または試験方法；そのための組成物または試験紙；その組成物を調製する方法；微生物学的または酵素学的方法における状態応答制御	5442	7.6
C12P 発酵または酵素を使用して所望の化学的物質もしくは組成物を合成する方法またはラセミ混合物から光学異性を分離する方法	9617	7.0
G03C 写真用感光材料；写真法(例. 映画，X線写真法，多色写真法，立体写真法)；写真の補助処理法	24018	6.3
C07J ステロイド	1373	5.3
C07H 糖類；その誘導体；ヌクレオシド；ヌクレオチド；核酸	2837	5.0
C07D 複素環式化合物	24241	4.1
A01H 新規植物またはそれらを得るための処理；組織培養技術による植物の増殖	596	4.0
A61K 医薬用，歯科用又は化粧用製剤	23852	3.3
G09C 秘密の必要性を含む暗号または他の目的のための暗号化または暗号解読装置	233	3.0

C07G (有機化学における)構造不明の化合物	138	2.7
C07F [(有機化学における)炭素, 水素, ハロゲン, 酸素, 窒素, 硫黄, セレンまたはテルル以外の元素を含有する]非環式, 炭素環式または複素環式化合物	3651	2.6
C08B 多糖類, その誘導体(有機高分子化合物;その製造または化学的加工;それに基づく組成物)	1155	2.6
C07B (有機化学における)一般的方法あるいはそのための装置	468	2.3
C07C(有機化学における)非環式化合物または炭素環式化合物	15291	2.0
C14C 原皮, 裸皮またはなめし革の化学的処理	51	1.6
G06E 光学的計算装置	56	1.6
G10L 音声の分析または合成;音声認識	1761	1.5
C09H にかわまたはゼラチンの製造方法	18	1.4

注:太枠で囲まれた項目は欧州でも上位 10 位以内にランクされている。

表 1 は特許 1 件あたりの平均引用論文数が多いサブクラス上位 20 を示している。日本の特許では、第 1 位は「C12N 微生物または酵素;その組成物」で平均 14.6、ついで「C07K 有機化学、ペプチド」の 12.2 だった。特許 1 件当たりの平均引用論文等の数が 3 番目に多かったのは「C12Q 酵素または微生物を含む測定または試験方法;そのための組成物または試験紙;その組成物を調製する方法;微生物学的または酵素学的方法における状態応答制御」で平均 7.6 だった。全体の平均は 0.5 だった。

こうした結果は、欧州特許庁のマイケルらが調査した欧州の特許のサイエンスリンケージの傾向と一致している。国際特許分類により自動的に抽出しランク付けした日本の上位 10 位にはヨーロッパの上位 10 位(太い線で囲んだもの)のうちの 6 つまでが入っている。1~3 位までは日欧で完全に一致している。このようにサイエンスリンケージの強さのパターンが日欧で類似しているということは、技術と科学の関係はその技術がどこで生まれたかで異なるのではなく、技術の分野によって科学的知識への依存に差があるということを示唆している。

サイエンスリンケージが強いサブクラスのほとんどはバイオテクノロジー関係であったが、ナノテクノロジー関連と思われる技術サブクラスもあった。上位 20 位のうちの第 5 位は「G03C 写真用感光材料;写真法(例. 映画, X線写真法, 多色写真法, 立体写真法);写真の補助処理法」であった。また、11 位は「G09C 秘密の必要性を含む暗号または他の目的のための暗号化または暗号

解読装置」、18位は「G06E 光学的計算装置」、19位は「G10L 音声の分析または合成；音声認識」となっている。これらは国際特許分類のGセクション、つまり物理学セクションのサブクラスで、IT関連技術と考えられる。

IV 特許の基になった論文の国籍や資金源等の調査

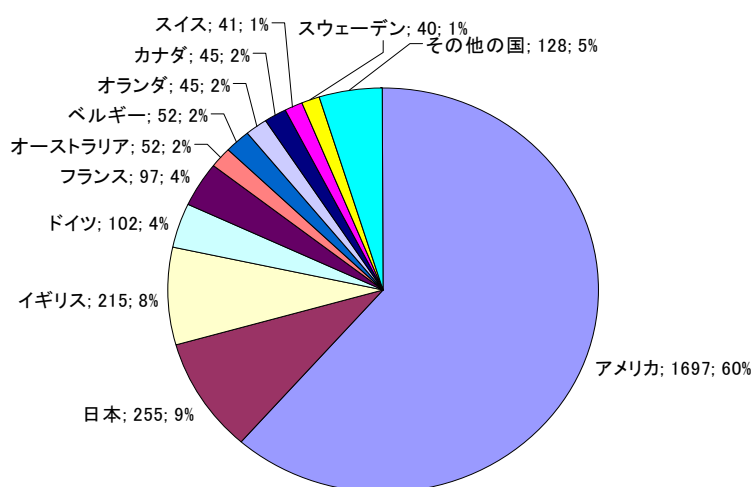
次に、重点4分野特許によって引用されている論文等を可能な限り収集した。具体的には、抽出された重点4技術分野特許に引用されている論文等を、東京大学で購読している科学文献データベース ScienceDirect や東京大学図書館の蔵書をもとに可能な限り収集し、分析対象とした。収集した論文数は4000本以上に及んだ。

1. 引用されている論文の国籍

収集した論文等の著者の所属機関の住所から、論文の基となった科学研究が行われた国（以下「論文の国籍」という）の推定を行った。

最もサイエンスリンケージが強かったバイオ分野において、引用されている著者の所属機関の住所が明らかとなった約2769本の論文等の分布を見ると、米国の研究機関に属する著者のものが6割を占め、2位の日本のものは9%にとどまっていた。3位以下の順位は、イギリス8%、ドイツ4%であった。すなわち、我が国に出願されたバイオ技術分野特許の6割が、米国において研究活動が行われた論文の知識に依拠して考案されたと推測される。（図5参照）

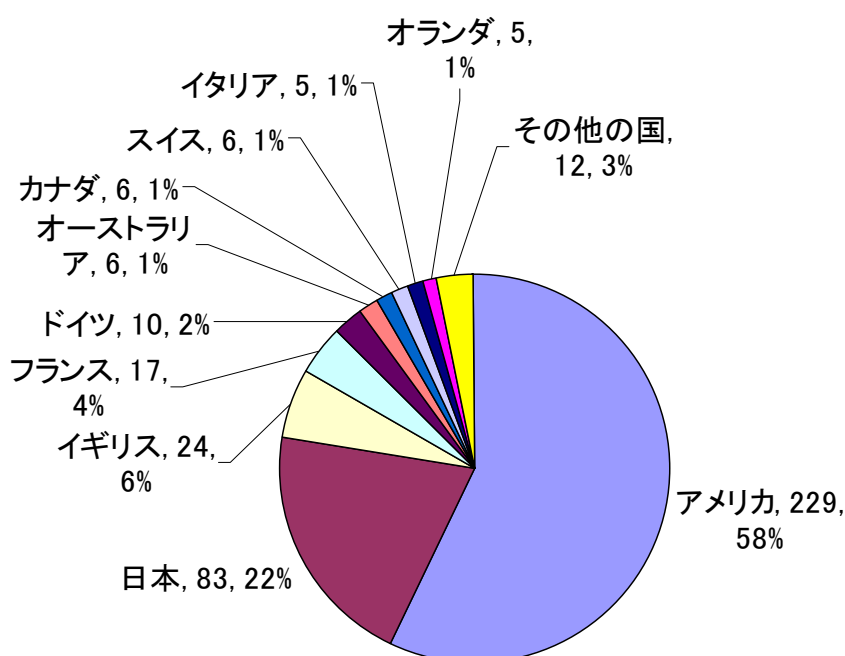
図 5 バイオ分野で引用されている論文 2769 本の著者の国籍



同様に、ナノテクノロジーにおいては引用されていた403本の論文中、米国の研究機関の論文がほぼバイオテクノロジーと同じ比率の58%、次いで日本の研

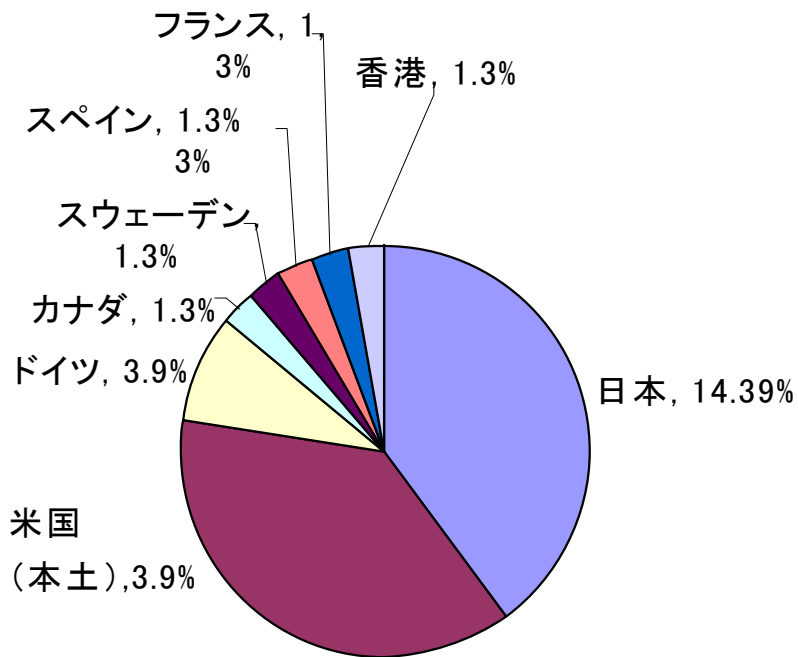
究機関の論文が22%を占めた。以下イギリス6%、フランス4%の順となる(図6)。一般に、ナノテクノロジー分野では日本の科学的知識も国際水準にあると言われているが、特許に引用されている論文の国籍からみると、バイオテクノロジー同様米国において研究された科学的知識に依拠してナノテクノロジー分野の発明が行われていることが類推される。また、バイオ分野と比較して、日本の論文等が特許に引用されている比率が2倍以上多いという点が注目される。バイオ分野との比較においては、日本において研究された科学の成果が特許に影響している度合いが大きいことが考えられる。これら論文等の59%が大学や公的研究機関に所属する著者によって著されており、企業に所属する著者によるものは33%であった。

図 6 ナノテク分野で引用されている論文 403 本の著者の国籍



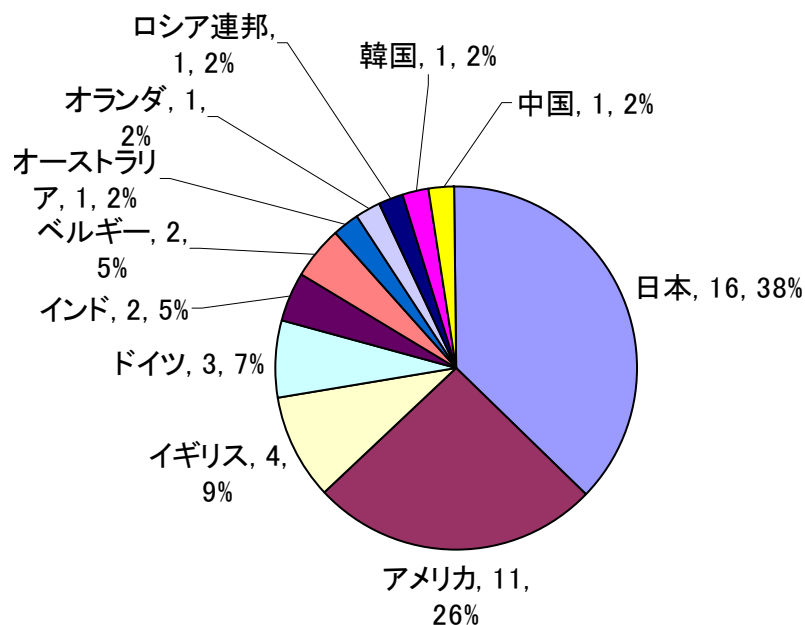
IT 分野においては、引用された論文 35 本の著者所属機関の住所は、日本のものが 14 本、39%でトップ、米国が 1 本少ない 13 本で 37%、次いで、ドイツが 3 本で 9%であった。ただし、IT 分野特許 300 件に引用され、国籍が判明した論文数自体が 35 本と、バイオ技術の 80 分の 1、ナノテクと比較しても 10 分の 1 以下の少ない数であるため、バイオテクノロジーやナノテクと同列に論文の国籍の比率について論じることには留意が必要であるが、あえて論じるなら、日本で研究された論文等の特許における引用が米国をやや上回り、IT 分野特許に影響を与えた科学研究は日米でほぼ拮抗していると考えられる。また、著者の 50%が企業に所属しており、大学や公的研究機関の著者比率 44%より多いことから、IT 分野においては、企業においても研究開発活動が活発であることを示すと考えられる。(図7)

図 7 IT分野で引用されている論文 35 本の著者の国籍



環境技術も、同様に国籍が判明した論文等が 43 本と少ないために留意が必要である。その中を見ると、日本が 16 本で 38%を占め 1 位、以下米国が 11 本、26%で 2 位、以下イギリス 4 本、9%、ドイツ 3 本、7%と続く。この結果が示唆するのは、環境関連技術特許に影響を与えた科学研究の 4 割弱が日本において研究されたものであり、環境分野の研究においては日本が米国を上回っていると考えることもできよう。環境技術分野では論文著者の 89%が大学や公的研究機関に所属しており、企業が占める比率は 19%であった。これは、環境技術分野の公共的性格を示していると考えられる。(図 8)

図 8 環境技術分野で引用されている論文 43 本の著者の国籍



2. バイオ特許権者の国籍と論文の国籍とのクロス分析

しかし、バイオ分野において米国の論文等の引用が多いのは、サンプルの3割を占める米国から出願された特許に特に米国における論文等が多く引用されているためかもしれない。そこで、バイオ技術分野特許 300 サンプルを、出願人（法人含む、以下同様）の住所によって分類し、日本に住所がある出願人の特許、米国に住所がある出願人の特許、及び欧州等に住所がある出願人の特許の3つに分類した。さらに、それぞれの特許に引用されている論文等の基となった研究がなされた国を、引用されている論文等の著者の所属機関の住所から調査した。

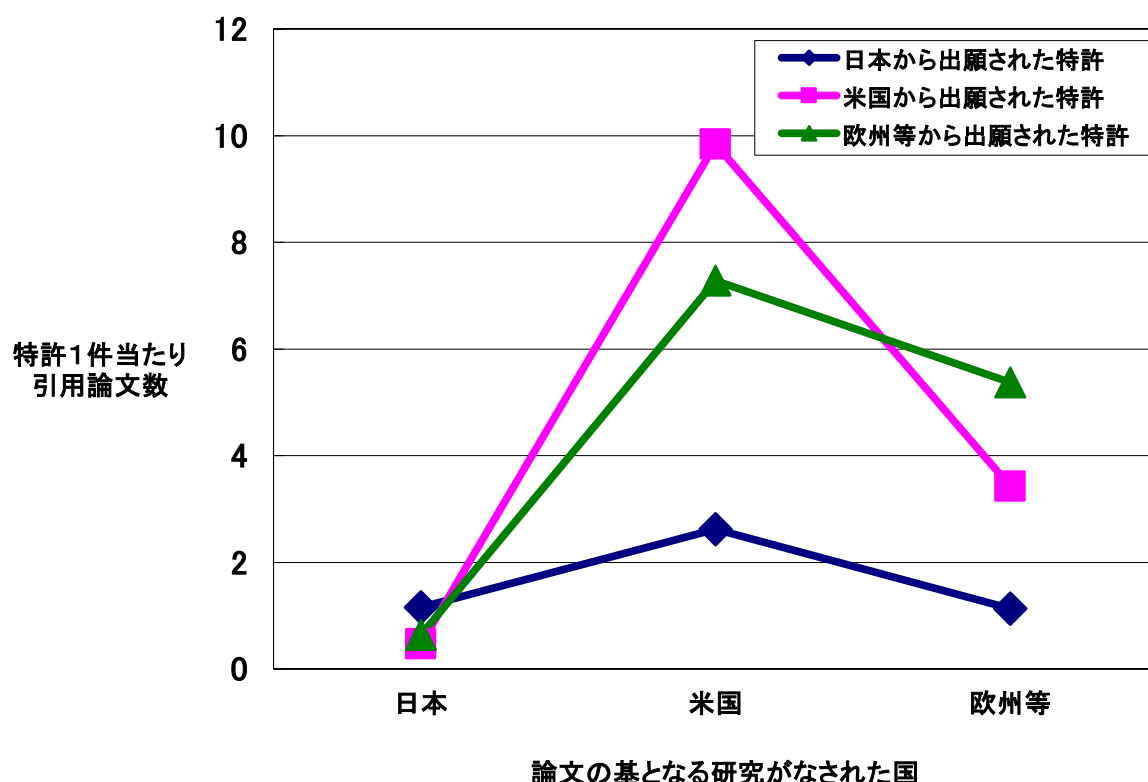
その結果、日本から出願されたバイオ分野の特許 150 サンプルに引用されている 735 本の論文等の研究機関の国籍は、米国が 393 本で全体の半数以上の 53% を占めた。特許 1 件あたり平均で約 2.6 本の米国で研究された論文等が引用されている計算になる。日本から出願された特許で次に引用が多かったのは日本で研究された論文等で 173 本、全体の 25% を占めた。特許 1 件あたりでは平均約 1.2 本となる。欧州等その他の国の論文等は 169 本で、引用論文等全体の 23%、特許 1 件あたり平均では 1.1 本であった。

米国から出願された 83 件のバイオ分野日本特許に引用されていた 1140 本の論文等においても、米国に住所がある研究機関の論文等の引用が 1 番多く 817 件で引用論文全体の 72% と大多数を占めた。特許 1 件あたり平均にすると約 9.8 本の米国論文等が引用されていた。米国から出願された特許においては欧州等の論文が次に多く 284 本で、引用論文全体の 25% を占めた。特許 1 件あたり平均では 3.4 本である。日本の論文等の引用数は 39 本で、引用論文全体に占める比率は 3%、特許 1 件あたり平均では約 0.5 本であった。

欧州等から出願された 67 件のバイオ分野日本特許においては、合計で 891 本の論文等が引用されていた。欧州から出願された特許においても、米国において研究された論文の引用が 1 番多く 488 本で、引用論文全体の半数以上の 55% を占めた。特許 1 件あたり平均では約 7.2 本である。次いで引用の多かったのは自らのエリアである欧州等の論文で、360 本と引用論文全体の 40% を占めた。特許 1 件あたりになると平均で約 5.4 本である。欧州特許における日本研究機関の論文等引用数は 43 本で、引用論文全体に占める比率は 5%、特許 1 件あたり平均にすると 0.6 本であった。

図 9 はバイオ分野日本特許について、出願人住所（日本、米国、および欧州等）毎に、特許 1 件あたり平均何本の論文等が引用されているかを論文研究機関の所在国別にグラフ化したものである。

図 9 バイオ特許権者の国籍と論文の国籍とのクロス分析



バイオ技術分野特許で特徴的なのは、出願人の国籍がどこであれ、米国において研究が行われた論文等の引用が1番多いことである。人の移動や言語の壁等、知識の伝搬にも一定の取引費用がかかるとすると、距離的に近接した、あるいは、言語が共通な地域の論文等をより多く引用する傾向があると類推されるし、実際にそういった先行研究も存在する (Narin et al., 1997)。にもかかわらず、バイオ技術分野において米国の論文等の引用がどの国の特許においても最も多いという結果は、米国がバイオ研究においては最も活発に知識を発信しており、世界のバイオ分野の技術革新に対して影響を与えていると考えられる。

3. バイオ分野論文助成機関の調査

バイオ分野特許において特許権者の国籍にかかわらず多く見られる米国論文等の引用は、いかなる理由によるものであろうか。この問いに対する答えを模索するため各分野の論文の謝辞を調べ、this research is supported by というような直接的に助成を受けた記述を抜き出した。

その結果、バイオ技術分野特許が引用している論文等 4281 本のうち 76%に相当する 3279 本が助成を受けた旨の記述があった。これは、ナノテク分野の 42%、IT 分野の 31%、環境分野の 43%と比べても高い数値である。そして、助成機関のほとんどが米国に所在することもバイオ分野の特徴である。(表 2 参照)

表2 バイオ分野特許に引用されている論文の助成機関

助成機関（所在国）	助成件数	全論文に占める比率
NIH（米国）	547	13%
NSF（米国）	222	5%
NCI（National Cancer Institute）（米国）	200	5%
USPHS（U.S. Public Health Service）（米国）	168	4%
American Cancer Society（米国）	157	4%
（旧）文部省（日本）	93	2%
National Institute of General Medical Sciences（米国）	89	2%
Deutsche Forschungsgemeinschaft（独）	66	2%
U.S. DOE	57	1%
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮
助成を受けている論文合計	3279	76%

V 政策提言

以上の調査結果から導き出される政策提言は以下の通りである。

1. 国の研究開発の戦略的重点化

技術分野毎のサイエンスリンケージ調査が示唆するのは、科学とのリンケージの強さは、技術分野ごとに大きく異なっているということである。特許中に引用された論文を指標とした科学と技術のリンケージの強さは、バイオ技術分野が突出していた。他の技術分野でも、写真感光材料や暗号、光コンピューティング、音声認識に関連する技術にも科学との強い連関を示すものがあった。社会からのニーズなど他の要素も勘案しつつ、政府はこうした分野に注力すべきではないだろうか。

2. 国による科学研究に対する支援の抜本的強化

本調査により、サイエンスリンケージの高い分野ほど特許の外国人出願比率が高く、日本の技術競争力が低いことが明らかとなった。また、産業に有用な技術（特許）に使われた科学論文の大半は米国のもので、且つ米国の公的支援

を受けていた。

例えばサイエンスリンケージが際立って多かったバイオ分野においては、

- 1) 特許権者に外国に住所がある企業が占める比率が 5 割と他の技術分野と比較して高く、なかでも米国に住所のある企業が全体の 3 割を占めた
- 2) 特許権者の国籍にかかわらず、特許に引用されている論文等の著者の組織に米国の研究機関が多い
- 3) その研究機関は大学や政府の研究機関が占める割合が高い
- 4) 論文の謝辞に助成機関が記載されている比率が他の分野と比べて高く、そのほとんどは米国の機関である

という結果となった。

最初の結果は、特許から見た技術の国際競争力を示しているということができ、バイオテクノロジー分野においては外国企業、特に米国企業が優位性を持っていることを示していると考えられる。2 番目の結果からは、基礎研究においては米国が優位であり、ヨーロッパや日本の企業もそのスピルオーバーの恩恵を受けていること、3 番目及び 4 番目の結果からは、特許に結びつく技術の基となったバイオ関連科学研究は、主として大学や政府の研究機関が担っており、その背景には NIH をはじめとする米国政府からの膨大な助成があること、が言えよう。

すなわち、バイオ分野をはじめとするサイエンスリンケージの高い分野においては、主として米国の公的資金による助成を受けた、米国に所在する大学等で行われた研究成果が論文の形で発表され、それが特許化された技術の源泉となっていることが示された。そして、公的資金による研究成果は米国企業のバイオ分野における競争力を高めるとともに、欧州や日本にも公共財としてスピルオーバーして、日本や欧州の企業の特許においても活用されていることが明らかになった。

ノーベル賞の 2000 年から 2002 年までの 3 年連続受賞などで、あたかも日本の科学研究の水準は世界と互角になったかのような議論がある。しかし、日本人ノーベル賞受賞者の合計は、科学分野でまだ 8 人と米国の約 200 人、イギリスの約 70 人と比較すると大きく劣っている。そのうえ、受賞者の多くは外国で教育を受けていたり、外国での研究業績で受賞したりしている。本研究の定義に当てはめると、外国の資金や研究システムに依拠して外国で研究された論文は、彼らが国籍上は日本人であっても「外国籍の論文」として分類されるべきものである。

現在、第三期科学技術基本計画の策定に向けた議論が活発になってきている。研究費バブルなどという言葉がささやかれ、財政上の理由から科学技術関連経費削減の議論も聞かれる。しかし、これまでに述べてきたように、サイエンス

リンケージの定量的研究が示すのは、日本の科学研究、特にバイオ分野に関する科学的知識が圧倒的に「入超」であり、「知識貿易赤字」の状況にあるという事実である。これは、日本の科学研究ストックの脆弱性を示すものであり、わずか10年程度GDPの1%のフローを投入しただけではまだまだ不十分であると考えられる。言うまでもなく、わが国は天然資源に乏しく、国土も狭隘な島国である。科学技術システムの不断の強化を通じた、高度な知識集約型の製品を創出する能力の向上こそが、わが国が経済成長を維持し、豊かな国民生活を送る唯一の手段である。今ここで科学技術創造立国への努力を怠ることは、今腹が減っているからといって金の卵を産む鶏を殺して食べてしまうがごとき、国の自殺行為であるということができよう。

3. 大学や公的研究機関における知識の発表および移転手法の見直し

特許で守れる技術革新はバイオ分野等の一部に過ぎない。大学等はいたずらに特許出願を行わず、論文発表による公共財としての知的資産形成と共同研究や教育による知識の移転に努めるべきではないか。

イノベーション・ルネッサンスプロジェクトのシンポジウム(2005)におけるデビッド・モウエリー教授の発言によれば、カリフォルニア大学の特許からの技術収益1500万ドルのうち、上位5つの特許で収益の9割を占め、それらは全てバイオテクノロジー分野であるという。スタンフォード大学の技術移転事務所(OTL)を成功に導いたのも遺伝子組み換えの特許であった。大学教授が自らの科学的知識を企業化する大学発ベンチャーでも、バイオ関連で成功例が多い。バイオ分野では物質特許によって、他社が別のプロセスを経て生産した場合でも最終的な化合物の分子構造で権利を確保できる。そのため、特許によって研究成果を守ることが可能である。

しかし、特許による研究成果の保護は、バイオ分野以外では容易ではない。後藤・永田(1997)によれば、イノベーションを占有する際に、医薬品産業においては特許の有効性が高く評価される一方、米国企業826社の平均値でみると第1位は製品の先行的な市場化、第2位は技術情報の秘匿、第3位は製造設備・ノウハウの保有・管理、第4位販売・サービス網の保有・管理、第5位は生産・製品設計の複雑性であり、特許による保護の総合ランキングは第6位である。前述のモウエリー教授によれば、技術移転オフィスが整備されているカリフォルニア大学においても、特許によるライセンス収入は大学が1年間に使った研究費の数パーセントに過ぎないという。

これらからわかるのは、イノベーションのメカニズムは技術分野(あるいはそれを活用する産業分野)ごとに異なっており、必ずしも特許ライセンスを通じた技術移転は万能ではないということである。物質特許によって、他社が別

のプロセスを経て生産した場合でも最終的な化合物の分子構造で権利を確保できる医薬品や農薬と、多くの部品・特許・製造技術から構成されアフターサービスも重要視される航空機や自動車、技術革新の速度が速くモジュール化による製品開発速度の向上や製品バリエーションの多様性が重視されるエレクトロニクス製品とでは、それぞれビジネスとしての成立条件が異なることは自然に理解される。

産学連携を行う場合には、こうした分野による違いを十分に念頭に置いて取り組む必要があるだろう。例えば医薬品やIT産業分野の一部などの、特許の占有可能性が高くかつ製造の規模が小さくて済み製造コストも比較的低い産業分野においては、特許のライセンスによる技術の移転も可能であろうし、それをてこにした大学発ベンチャーもまた可能であろう。製品の複雑性が高く、製造規模が大きく、サービスのネットワークが不可欠な航空・宇宙や自動車などの産業分野は、やはり大企業の独壇場であろう。プロセス・イノベーションが重要な分野は、特許によって技術を公開するより徹底した企業秘密の保持によって競争力が維持できよう。金型で有名な岡野工業や液晶のプロセスの機密保持で有名なシャープなどがこのカテゴリーに当てはまるだろう。

いたずらに大学教員に特許の出願を強要しても、技術分野によってはライセンス収入が期待できないばかりでなく、出願のための時間や労力の負担によって本来の研究活動に支障が出ることも考えられる。大学の得意とする活動は科学研究の成果を論文という形式知化された誰にでもアクセス可能な公共財として整備することであり、また、そうして得られた知識を、産業界との共同研究や、高度な知識を獲得させる人材教育を通じて産業界に移転することが大学本来の使命と考えられる。

(参考文献)

- Solow R. (1957), "Technical Change and the aggregate production function," *Review of Economics and Statistics*
- Mansfield, E. (1991), *Academic Research and Industrial Innovation, Research Policy*, 20 (1):1-12
- Michel, J., Bettels B. (2001), Patent citation analysis, *Scientometrics*, 51(1): 185-201
- Narin, F., Hamilton, K. S., Olivastro, D., (1997), The increasing linkage between U.S. technology and public science, *Research Policy*, 26(3): 317-330
- OECD (1990), *University-Enterprise Relations in OECD Member Countries*. OECD: Paris
- Tamada et al, *RIETI Discussion Paper Series 04-E-034*, 2004
- 後藤晃、小田切宏之編 (2003) 『サイエンス型産業』 NTT 出版
- 後藤晃・永田晃也 (1997) 『イノベーションの占有可能性と技術機会』 科学技術政策研究所
- 玉田俊平太・児玉文雄・玄場公規 (2002)、日本特許におけるサイエンス・リンクエージの計測—引用文献データベース構築による遺伝子工学技術分野特許の分析—、*研究技術計画*、17 (3/4) : 222-230
- 中山一郎 「「プロパテント」と「アンチコモنز」」 *RIETI Discussion Paper Series 02J-019*
- 科学技術政策研究所 科学技術指標(平成12年度版)