科学技術指標の開発について

—— 体系化と今後の課題 ——

井上 弘*

Development of science and technology indicators Attempt to systematize them and problems to be solved

INOUE Hiroshi

[著者抄録] 科学技術活動の推進に課せられた一つの大きな課題は、限られた資源をいかに経済的・社会的に有効利用していくかということであり、時代の要請に対応した資源配分の適性化を図ることである。そのためには、科学技術活動を様々な視点から把握し、その計量化を行う必要がある。この計量化されたものを科学技術指標と言い、このような指標を作成するに当たっては、科学技術活動を体系的にとらえることが重要であり、体系に沿った指標選定を行うことにより、科学技術活動の現状をバランスよく把握することができる。科学技術指標としてここでは約 100 項目を選定したが、現時点では基となるデータ等の制約から 20 項目ほどが作成されている。

[著者付与キーワード] 科学技術指標, 体系化, 研究開発活動, 統計, データベース

[Author Abstract] One of the major subjects in promoting scientific and technological activities are how effectively limited resources should be utilized economically and socially, and how resource allocation should be optimized responding to contemporary needs. To execute the said subjects it is necessary to grasp scientific and technological activities from the various points, and measure them. The measured values are called science and technology indicators. The important matter in setting the indicators is to grasp scientific and technological activities systematically. Only by selecting indicators following the systematization the present status of these activities can be grasped well balanced. This paper selects about 100 items as indicators, however, at the present moment about twenty items are available because of the limited source data.

[Keywords by Author] science and technology indicator, systematize, research and development activity, statistics, database

* 科学技術政策研究所 第 1 研究グループ

(〒 100 千代田区永田町 1-11-39 永田町合同庁舎) Tel. 03(581)2392

National Institute of Science and Technology Policy

(Nagatacho Godochosya, 11-39, Nagatacho 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100)

1. 科学技術指標とその目的

科学技術活動の推進に課せられた一つの大きな課題は、限られた資源をいかに経済的・社会的に有効利用していくかということであり、時代の要請に対応した資源配分の適正化を図ることである。そのためには、科学技術活動を様々な視点から把握し、その計量化を行うことが必要である。

このように、科学技術活動を把握する目的のために計量化された数値を科学技術指標ということにする。つまり、「科学技術活動を様々な視点から計るものさし」を作ろうとするものである。

科学技術指標については、米国の NSF (国立科学財団) をはじめ OECD (経済協力開発機構) などでも採用され、様々な形のものが開発されている。このような科学技術指標開発への意欲の背景には、近年の科学技術の目覚ましい発展が、社会・経済へ与える影響を著しく変化させてきたことが挙げられる。このような激しい変化を的確にとらえ、政策に反映することが、現在の科学技

術の発展ひいては社会・経済の発展に不可欠な要素となってきた。

2. 我が国の科学技術水準

我が国の技術水準という課題を題材として、科学技術指標の具体的なサンプルを例示してみる。技術力の水準を定量的にとらえるための指標としては様々なものが考えられるが、ここでは、現状の生産力に寄与する科学技術の力である「技術力」と、将来の新製品・新技術を自主的に開発する能力である「技術開発力」を考えることにする。

このような指標を作成するためには、客観的データが必要であり、その多くは様々な統計に頼らなければならない。我が国の科学技術の水準を表すようなデータ (統計等) を挙げてみると、次のようなものを選ぶことができる。

- ①特許の登録件数
- ②技術貿易額
- ③ハイテク製品の輸出額

図 1 我が国の技術水準

- ④製造業の付加価値額
- ⑤研究費
- ⑥研究者数
- ⑦特許の対外国登録件数

これらの一つ一つも、ある意味では、科学技術の一面を表す指標であると言える。①～③はその国の技術力の結果生み出された成果のポテンシャルを直接示すものであり、④は技術力を有効に生かす産業基盤の大きさを表すものである。⑤、⑥はその国の技術開発力の基礎となる科学技術への投入（投資）の大きさを表すものであり、さらに⑦はその国の技術力の対外的競争力の大きさを示すものである。

このような基本的指標から、さらに総合的な「技術力」や「技術開発力」を表す指標を作成するためには、これら基本的な指標を使って総合化する必要がある。ここでは簡単に米国の水準を 100 としてその比率を求め、①～④での平均値を「技術力」、その「技術力」と⑤～⑥の平均を「技術開発力」とすると、図 1 のようになる。

このように、科学技術活動の現状を計量的に示そうとするものが科学技術指標であると言える。

3. 科学技術関連統計の現状

科学技術指標を作成するためには様々な観点からの客観的データが必要であると述べたが、ここで少し我が国の科学技術、特に研究開発活動について、どのようなデータが存在するのか整理して見る。

我が国の研究開発に関連する統計行政は、通産省、農林水産省、労働省の各省と、各省庁に広く関連するものは、総務庁統計局が一元的に行っている。

研究開発に関連する統計等をピックアップして見ると、表 1 に示すようなものが挙げられる。表 1 では研究者に関連するもの、研究費に関連するもの、および研究の成果に関連するものというように三つに大きく分けてある。

研究者に関連する統計では、まず、調査対象範

表 1 研究開発関連統計等

	統 計 名	概 要	収 集 機 関	統計の種類	収集頻度
研究者	国家公務員任用状況調査	大学教員、国研研究者の在職状況	人 事 院	届出統計	毎 年
	科学技術研究調査	全研究者の組織別・学問別数	総 務 庁	指定統計	〃
	学校基本調査	大学生・教員数関係	文 部 省	〃	〃
	学校教員統計調査	大学教員の研究状況	〃	〃	3 年 毎
研究費	科学技術研究調査	研究費の組織別・産業別分類	総 務 庁	〃	毎 年
	学校基本調査	国公立大学学校経費	文 部 省	〃	〃
	私立学校財務状況調査	私立大学 〃	〃	承認統計	〃
	外資系企業の動向	外資企業の研究費等	通 産 省	〃	〃
特許・技術貿易	特許庁公報	特許の出願／登録件数	特 許 庁	—	〃
	外国技術導入年次報告	技術導入の内容	科学技術庁	指定統計	〃
	科学技術研究調査	技術貿易額	総 務 庁	〃	〃
	工業実態基本調査	工業所有権の所有・使用状況	中小企業庁	〃	5 年 毎
	外資系企業の動向	外資系企業の技術交流	通 産 省	承認統計	毎 年
	国際収支統計月報	特許権使用料取引	日 本 銀 行	—	毎 月
	有価証券報告書	会社の概況、設備の状況	大 蔵 省	—	毎 年

囲が広く、我が国を代表する統計として、総務庁統計局が行っている「科学技術研究調査」が挙げられる。この統計は全国の研究開発活動を行っている企業、国・地方公共団体および法人の研究機関、医療機関および全国の大学を対象に、昭和28年から毎年行われているもので、研究者ばかりでなく研究費、技術貿易なども体系的に調査報告しているものである。

その他、研究者を扱うものとしては、人事院が行っている「国家公務員任用状況調査」や文部省が行っている「学校教員統計調査」、「学校基本調査」などがある。人事院のものは国の研究機関、医療機関および国立大学の教員、つまり、研究職に属する国家公務員が対象として含まれており、文部省のものは国・公・私立の大学教員および大学に在籍する学生（大学院生）が対象として含まれている。

研究費に関連するものとしては、やはり調査対象範囲が広い「科学技術研究調査」がまず挙げられるが、研究者の場合と同様に、大学関係に限れば文部省の「学校基本調査」や「私立学校財務状況調査」や、外資系企業だけを対象とした通産省の「外資系企業の動向」という調査がある。

研究の成果に関連するものとしては、特許に関連したものが挙げられる。まず、特許の出願・登録の状況については特許庁の特許公報などが公表されているが、さらに詳しいデータが必要ならば、特許情報機構のPATOLIS (Patent Online Information System) による検索データなどを利用することができる。

また、特許の国内市場でのフローをとらえるものとしては、通産省が行っている「工業実態基本調査」や企業が公表している「有価証券報告書」などがある。さらに、特許の国際市場でのフローをとらえるものとしては、総務庁の「科学技術研究調査」、日本銀行の「国際収支統計月報」や、技術導入に限定されるが科学技術庁の「外国技術導入年次報告」などがある。

また、外資系企業の国内外との技術貿易に関するものが、通産省の「外資系企業の動向」でまと

められている。

研究開発に関連する統計は、ここに示したものが主要なものである。このような客観的なデータを基に、科学技術指標を作成していくわけだが、科学技術活動の状況をバランスよく把握するためには、既存のデータにとらわれていると、偏った面しかとらえることができない可能性がある。

たとえば、ここに示したものでは成果に関するものとしては特許しかなく、科学技術活動を様々な視点から把握するためには、成果に関するデータを充実する必要がある。

前置きはこのくらいにして、ここで開発しようとしている科学技術指標は、科学技術活動の現状を体系的に把握することを第一の目的として検討されてきたものであり、そのためにはどのようにして指標を作成していったらいいかということ以下に述べる。

4. 科学技術指標の体系化

科学技術活動の総合的把握は、我が国が今後進むべき方向を示すためにも不可欠なものとなってきたことは前にも述べた通りである。

しかし、一国の科学技術活動の全容をたった一つの指標によって表すことは不可能である。それは科学技術活動が相互に関連する多種多様で複雑な諸側面から構成されているからばかりではない。それを把握しようとする視点や、指標を有効に利用しようとする観点自身も複雑複数だからで

図2 科学技術活動の体系

ある。

さらに、どのように多数の指標を用意しても、対象である科学技術活動の全体を完全に把握することはできない。したがって、科学技術指標を作成するに当たっては、次のことを留意しておく必要がある。

- ①(科学技術活動という) 対象の複雑性
- ②(それを活用しようとする) 視点の多様性
- ③指標化の不徹底性

このような点を留意するとともに、経済的制約による収集の限界などを考慮して、指標作成を行うことになる。

これらの条件の下で、可能な限り最適な指標を作成するためには、体系的な指標作成を行う必要がある。つまり、科学技術活動の大きなメカニズムをとらえ体系化し、その体系に沿って最適な指標を選び出すことが必要である。必要最小限の指標で科学技術活動をとらえようとするためには、このような考え方が最適であると考ええる。

今回試みた科学技術活動の体系は、図2に示したように、科学技術活動を基盤系(上流)と成果系(下流)に分け、上流から下流に流れる水のように考えた。

実際にはこの流れはふたたび上流にもどり、科学技術の進歩が続く限り終わることのないサイクルになると考えられるが、ここではその関係まで含めると複雑になりすぎるので、このようにシンプルな形とした。

しかし、この大きな流れだけでは表そうとする対象が大きすぎて指標を作成することは難しい。そこで、これを大項目とし、この下を中項目、小項目に分けて行き、作成したものが図3に示す科学技術指標体系である。

科学技術活動の中心は、いうまでもなく研究開発活動であるが、その中を詳しく眺めてみると、研究開発を担う人材、資金および体制というような基盤的なものと、それから生み出される成果といった二つの面があるので、これを分離した。

この指標体系では、前者を「研究開発基盤系」、後者を「研究開発成果系」とよぶ。この両者の関

係は、この体系全体の中の中核的な位置付けとなっている。

両系のうち、研究開発基盤系は研究開発システムの構成に注目して、研究開発の①要素系、②体制系、③評価系に3分割した。一方、研究開発成果系では成果の生み出す価値の性格から①知的価値、②私有財的価値、③公共財的価値に分割している。

このような研究開発活動を支えているものが、研究開発基盤の上流に位置する「科学技術基盤」と「科学技術の社会的支援基盤」である。研究開発活動を支えると言っても、かなり直接的なもののから間接的なものまでさまざまなものが考えられるが、ここでは直接的なものを前者に、間接的なものを後者にまとめ整理している。

研究開発活動を支える直接的な基盤である「科学技術基盤」の中も、より直接的なものから、①経済基盤、②教育基盤、③社会基盤とした。さらに、この科学技術基盤をより間接的に支援するものとして、「科学技術の社会的支援基盤」を配置している。

「研究開発成果」の下流には、研究開発活動の結果生み出された成果が、影響を与える先として、「科学技術の寄与」と「科学技術の社会性」という項目を設けた。これらも基盤系と同様に、成果の影響を直接受けるか間接的に受けるかにより分けられる。直接的な影響を受ける「科学技術の寄与」は、その中を対象となる目標別に、①産業・経済、②社会、③国際の三つに分割し成果が及ぼす影響の特徴をとらえようとしている。

以上のように、ここで示す科学技術指標の体系は、研究開発活動を中心とした現状を示すために考えられた体系である。

この体系に沿って指標を選定した結果が表2である。この指標を作成していくためには、体系の各項目を表す適当なデータがあるかどうかということが、まず問題になる。先にも述べたように、研究開発に関する統計は限られているため、新たにデータを集めるか、他のデータを代理として使う、などという方法をとることになる。

図3 科学技術指標体系

大項目	中項目	小項目	指標コード	指 標 名	優先的に収集 する44 指標	
科学的 基盤 の強化 策			A0Z010	官公庁／企業重役の技術系人 数	◎	
			A0Z020	科学ジャーナリストと科学技 術を外から見る研究者数		
			A0Z031 A0Z032	防衛費 加工貿易依存度		◎
			B1Z010	初等中等教育 理科系・英語 時間数		◎
科 学 基 盤			B1Z021 B1Z022	初等中等教育学力 数学・理科コンクール	◎	
			B1Z030	教育関係費対 GNP 比率		
			B1Z040	学生一人当りの教育関係費		◎
			B1Z050	初等中等生徒 科学技術分野 進路希望・関心度		
技 術 基 盤			B1Z060	初等中等教育パソコン普及率 および利用状況	◎	
			B2Z010	研究者の地域分布		
			B2Z020	研究費の地域分布		
			B2Z030	研究機関の地域分布		
基 盤 系			B2Z040	図書館の蔵書（理系）	◎	
			B3Z010	科学技術関係財団等		
			B3Z020	民間企業の研究開発助成、各 種賞		
			B3Z030	民間企業の大学等における 寄付金、講座数		
研 究 開 発 基 盤			B3Z040	民間企業の育英・留学基金	◎	
			C1A010	研究分野別研究費		
			C1A020	研究分野別研究者数		◎
			C1A030	研究施設設備投資額 研究設備年齢		◎
研 究 開 発 要 素 系			C1A040	基礎研究のバランスシ ング	◎	
			C1A050	産業、製品分野別研究費		
			C1A060	学問分野と研究分野の研究者 マトリクス		
			C1A071 C1A072	ソフトウェア データベース		
研 究 開 発 要 素 系			C1A080	標準数&資源数	◎	
基 盤 系	研究 開発 要素 系	研究 開発 要素 系	研究 開発 要素 系	C1B010	大学院連学部	◎
				C1B020	大学院連学部	◎
				C1B030	学位取得者数	◎
				C1B041 C1B042	留学生流入 留学生流出	◎
				C1B050	業種別技術者数	◎
				C1B060	研究分野別研究技能者数	◎
	研究 開発 要素 系	研究 開発 要素 系	研究 開発 要素 系	C2A010	研究所数	◎
				C2A020	研究室数	◎
				C2A030	研究者の流動数	◎
				C2A040	産学官の研究費の流れ	◎
				C2A050	海外研究所	◎
				C2A060	外資の国内研究所	◎
	研究 開発 要素 系	研究 開発 要素 系	研究 開発 要素 系	C2A070	海外研究費の流出入	◎
				C2A080	公的共同研究	◎
				C2B010	学会数、参加者数	◎
				C2B020	研究開発への税制	◎
研究 開発 要素 系	研究 開発 要素 系	研究 開発 要素 系	C2B030	研究開発関連への融資	◎	
			C2B040	研究開発関連への出資	◎	
			C3A010	研究管理費	◎	
			C3A020	研究管理費	◎	
研究 開発 要素 系	研究 開発 要素 系	研究 開発 要素 系	C3A030	研究管理データベース数	◎	
			C3A040	研究成果報告会、報告書数	◎	
			C3A050	エポニミニ数	◎	
			C3B010	試験所数	◎	
研究 開発 要素 系	研究 開発 要素 系	研究 開発 要素 系	C3B020	試験設備数、費用	◎	
			C3B030	研究ガイドライン数	◎	
			C3B040	公的テクノロジーア セスメン ト	◎	

表 2 科学技術指標一覽表②

大項目	中項目	小項目	指標コード	指 標 名	優先的に収集する 44 指標
研究成果系	研究開発成果	公共的価値	D1A010	論文数	◎
			D1A020	サイテーション数	◎
			D1A030	主要学術誌での論文総数	
	科学的価値	知識増加貢献	D1A040	論文収支	
			D1A050	日本の学術雑誌の掲載論文のサイテーション数	
			D1A060	ファクトデータベース作成数	◎
		革新性貢献	D1B010	革新技術数	
			D1B020	各種賞受賞者数	◎
			D1B030	主要学術誌のサイテーション数	
	開発成果系	直接的効果	D2A011	国内特許・実用新案出願件数	◎
			D2A012	国内特許・実用新案登録件数	
			D2A020	各国の外国特許登録件数	
			D2A030	米国特許の審査官サイテーションの多い特許件数	
		間接効果	D2A040	技術貿易	◎
			D2A050	特許移転	
			D2A060	植物品種の出願登録件数	◎
			D2A070	ソフトウェア登録件数	
研究成果系	私有的価値	間接効果	D2B010	クロスライセンス数	
			D2B020	パテントフロー	
			D2B030	研究開発の調達効果	
			D2B040	研究者、技術者所得	
		直接的効果	D2B050	研究集約産業の貿易収支	◎
			D2B060	代表的技術の学習曲線	◎
			D2B070	技術水準	
			D2B080	研究集約的産業の設備投資費	◎
	公共的価値	規格基準	D3A010	鉱工業製品の規格数	◎
			D3A020	健康安全の新規基準・指針数	
研究成果系	公共的価値	直接的効果	D3A030	防災・交通安全の新規基準、指針数	
			D3A040	研究集約的産業の設備投資費	◎
		間接効果	D3B010	各種試験所の手引書	
			D3B020	消費者レポート等の報告書	
			D3B031	公害防止システム数	◎
			D3B032	防災システム数	
	科学的価値	産業経済寄与	E1Z010	エネルギー消費効率	◎
			E1Z020	エネルギー部門別消費率	
研究成果系	公共的価値	直接的効果	E1Z030	原材料消費	◎
			E1Z040	付加価値生産性	
			E1Z050	高度技術開発製品	
			E1Z060	ロボット使用台数	◎
		間接効果	E2Z010	海外よりの科学技術者の流入数	
			E2Z020	海外への研修機関数、国内の外国人技術者研修機関数	
			E2Z030	科学技術国際機関への貢献度	◎
			E2Z040	日本の国際誌数	◎
	科学的価値	国際寄与	E2Z050	外国学術誌の日本人 editorial board 数	
			E2Z060	国際会議の我が国の主催数	◎
研究成果系	公共的価値	直接的効果	E3Z010	高死亡疾病の死亡率	
			E3Z020	CT 等最新医療機器の導入件数	
			E3Z030	交通時間地図	
			E3Z040	情報メディアの増減率と利用度	◎
		間接効果	E3Z050	労働災害数、被災者数	◎
			E3Z060	身体障害者の社会参加	◎
	科学的価値	産業経済寄与	F0Z010	科学技術関連訴訟数	
			F0Z020	科学技術に関する意識調査	◎
	公共的価値	規格基準	F0Z030	科学技術関連書籍の発行部数	
			F0Z040	研究集約的産業の設備投資費	◎

図 4 科学技術指標の作成手順

このような作成手順を図にすると図 4 のようになる。

5. 科学技術指標作成の今後の課題

科学技術の現状を様々な視点から把握するために、我々は、図 3 の体系に沿った 103 項目の指標を選定した。しかし、現状では、このうち既存のデータを基にして作成できるものは約 3 分の 1 であり、その他は新たなデータの収集が必要となる。

昭和 62 年 1 月から現在までに、この 103 項目の中から 44 項目を選び、指標を作成している。その内約半数の 21 項目については、昨年 10 月に中間報告（科学技術指標の開発に関する基礎調査）をまとめるとともに、指標の作成手法、評価手法等について検討を進めてきた。

このような作業の結果、科学技術指標を作成し

ていく上での当面の課題が、幾つか残されている。この課題について少しここで整理してみたいと思う。

これまで、我々は、科学技術の現状を様々な視点から把握するための体系を開発し、その体系に沿った指標を作成するということを第一の目標として作業を進めてきたが、早期に科学技術指標を完成するためには、今後次のような課題が残されている。

(1) データの収集

これまでの作業では比較的収集の容易なデータを基にして指標作成を進めてきたが、データが無いものについても独自の統計調査等により、収集を早期に行う必要がある。

例えば、我が国の研究者が現在どのような研究分野にどれだけ投入されているかという、単純な課題に対しても現状では答えることができない

(現状では、どのような専門分野の研究者がどれだけいるかというデータはある)。

また、研究成果に関するデータに関しても特許関係以外のデータ、例えば論文等のデータも充実していく必要がある。

(2)指標の評価

科学技術指標を作成し、利用していくためには、指標自身の評価を適切に行っていく必要がある。評価の手順としては、次の3段階に分けて行うことを考えている。

第1段階：各指標の作成に用いたデータの評価

第2段階：作成された指標の評価

第3段階：現状報告用としての指標体系の評価

①データの評価

データの評価とは、異常値や欠損値が無いかどうか、あるいは収集する目的、場所、主体等が作成しようとする指標の目的に合致しているかどうか、そして、継続性(一定の期間、同一方法でデータの収集ができる)、客観性(人間の判断などによって左右されない結果が得られる)等を評価することである。

②指標の評価

作成された指標が、指標体系に示された科学技術の状況を的確に表しているかどうかを評価することである。

③指標体系の評価

指標体系の最小構成項目(教育基盤、研究開発支援体制、知識増加貢献度等)ごとに、そこに属する指標を総合化できるかどうか、つまり、構成項目が持つ視点に基づく「科学技術の状態」を評

価し、他の専門家によるデルファイ調査のようなものと結果を比較することにより、体系としての有用性を評価しようとするものである。

(3)指標の利用

現状報告とは「科学技術活動全体の状況をバランスよく把握するとともに、それぞれの現状を数量的にとらえることにより、我が国の科学技術活動の現状と変化の方向を定量的に把握し、問題の早期警告および指摘を行う」ことである。米国のNSFの“SCIENCE INDICATORS”もこのような目的のために作成され、報告されているものである。

つまり、科学技術指標の利用とは、作成された指標を広く公表し、多くの人が様々な視点で評価することであると言える。

6. 終わりに

我が国は、今後、国際化の進展と国際的地位の向上に伴い、様々な面での貢献が世界から求められている。また、一方では、我が国自身の科学技術の発展も今までにも増して、重要な問題になってくることであろう。これからはこのような問題に対し、いかに適切な政策展開が行えるかどうかということが、我が国の発展を左右するといっても過言ではないであろう。

そのためには、直接的ではないにしろ、科学技術活動を様々な視点から把握することを可能とする科学技術指標を早期に作成し、広く公表していくことが、重要な役割を持つと考えている。

参 照 文 献

- 1) 科学技術庁資源調査会、科学技術指標に関する調査報告書、科学技術庁資源調査会報告第104号
- 2) 科学技術庁資源調査所、科学技術指標の開発に関する基礎調査(中間報告)
- 3) 科学技術庁、科学技術白書(昭和62年版)、p.40-42.