

○丹羽 富士雄（筑波大学），
富沢 宏之，平原 史人（科学技術政策研究所）

この度、科学技術政策研究所は「体系科学技術指標」、NISTEP Report No. 19を刊行した。日本の科学技術指標の開発研究は、既に1984年9月より、科学技術政策研究所の前身である科学技術庁資源調査所で発足している^{〔1〕〔2〕}。本書はこのような長期間の研究の成果を踏まえて作成された。本書の内容は我が国の科学技術活動を定量的に把握しようとするものであり^{〔3〕}、当研究・技術計画学会の活動領域とは関係が深いと考えられる。そこでこの機会に本報告書の内容を紹介したい。

1. はじめに

指標（Indicator）とは、ある対象の状況を数量で指し示す（indicate）ものである。したがって、科学技術指標とは一国の科学技術活動を数量で示すものである。しかし、一国の科学技術活動の状況を把握しようとするれば、到底一個の数値（Scalar）で表現することは困難である。科学技術活動自身が複雑であり、それを支える基盤や影響を与える範囲が広範であり、かつ時間的にも長期的視点から把握しなければならないからである。

科学技術指標の場合は、このように多数の数量（Vector）で、対象の諸側面を表現しなければならぬ。アメリカ^{〔4〕}やOECD^{〔5〕}等で開発された既存の科学技術指標はこのような考えの下に構成されている。しかし、多数の指標で対象を把握しようとするれば、どのような指標が適切であるか、互いの指標間の関係の近さ遠さはどうなのか、表現しようとする対象をすべてカバーしているのか、対象の重要性を考慮した指標の構成になっているのか、指標化の目標に合致した指標構成になっているのか、等々の検討が必要になる。このような要請に応えるためには、指標開発の考え方を確立するとともに、指標自身を体系化しなければならない。既存の科学技術指標にはこのような努力が不足していた。

2. 科学技術指標の体系 = カスケード構造

科学技術指標の体系化に当たって、その利用目的を考えると、現状報告型、判定型、政策評価型の3類型に大別される。

- (1) 現状報告型：科学技術活動全体の状況をバランスよく、数量的に表現するものである。一国の科学技術活動の現状と変化の方向が定量的に把握される。
- (2) 判定型：具体的な目的意識（例えば、国際化等）に基づいて、複数の指標から合成指標を作成するものである。
- (3) 政策評価型：指標間の関係（因果関係等）がある程度把握されていることを前提にしており、政策手段の効果や進展度を評価するものである。

本報告書は、日本で初めての科学技術指標の報告書であり、また現状報告型が諸型の基本型であること等に鑑み現状報告型の指標体系を作成することとした。

次に、科学技術指標体系化に当たっての基本的な考え方を次のような6項目にまとめた。これらに基づいて、主要な指標を演繹的に導き出そうとしたのである。

(1)単に研究開発活動それ自身だけを対象にするのではなく、科学技術に関連する活動をも含め全般的に把握する。

一国の研究開発活動は、中広くかつ重層的な科学技術支援基盤の上で遂行されている。その成果も直接的なものから間接的なものまで、その影響の連鎖は長く、範囲は広い。それらをすべて視野に入れる必要がある。

(2)科学技術活動の流れを、目標-手段体系で整理することにより、政策評価への利用を容易にする。

科学技術活動の特徴は、個々の科学技術が多様な目標を達成することであり、その目標との関連なしに把握することはできない。

(3)科学技術活動を基盤系/成果系として記述する

研究開発活動は人類に未知なものを対象にしているので、既存の投入/産出概念だけでは必ずしも十分ではなく、基盤系/成果系の概念がより適切であると考えられる。

(4)フロー指標に対してストック指標、客観指標に対して主観指標を充実する

既存の指標では、客観指標、定量的指標、フロー指標に偏っているきらいがある。それに対して、主観的指標、定性的指標、ストック指標を積極的に採用し、補完する必要がある。

(5)指標体系は現存する(行政)統計データだけを前提にしない

一国の科学技術活動全般を把握するには、行政目的の必要性によって集められた統計データだけでは、どうしても不十分である。そこで、独自に収集したり、既存の統計を発掘したり、国際的なデータベースを活用するなどが必要である。

(6)分類は固定的でなく、目的に応じて変化させる

全指標を同一の分類方式で分類することは不可能であり、収集データにどのような内容を表現させるかという目的に最もふさわしい分類を採用する。

科学技術指標の目的と機能、指標の体系化に当たっての基本的考え、および後述するような選択基準の下に、科学技術指標の体系化を試みた。

このような作業の積み重ねの結果、以下のような指標の構造を得た(次頁図)。

この構造は、指標があたかも、水が高きから低きに流れるように配置されている。そこで、この構造をカスケード構造(Cascade Structure)と名付けた。また、この体系に属する指標数は103に達した。

科学技術指標を選択するに当たって採用した選定基準は次の5つである。

(1)因果性/関連性:因果性では、指標体系の中央に位置する指標ほど研究開発活動との関係が深く、互いに近くあるほどそれらの関係は深い。関連性では、中央にある研究開発活動から離れるにつれて、直接的関係が薄くなる。

(2)指標数のバランス:指標体系の中央部の指標数を多くし、両端にいくほど少なくするようにする。すなわち、科学技術活動との関係の深さに比例する。

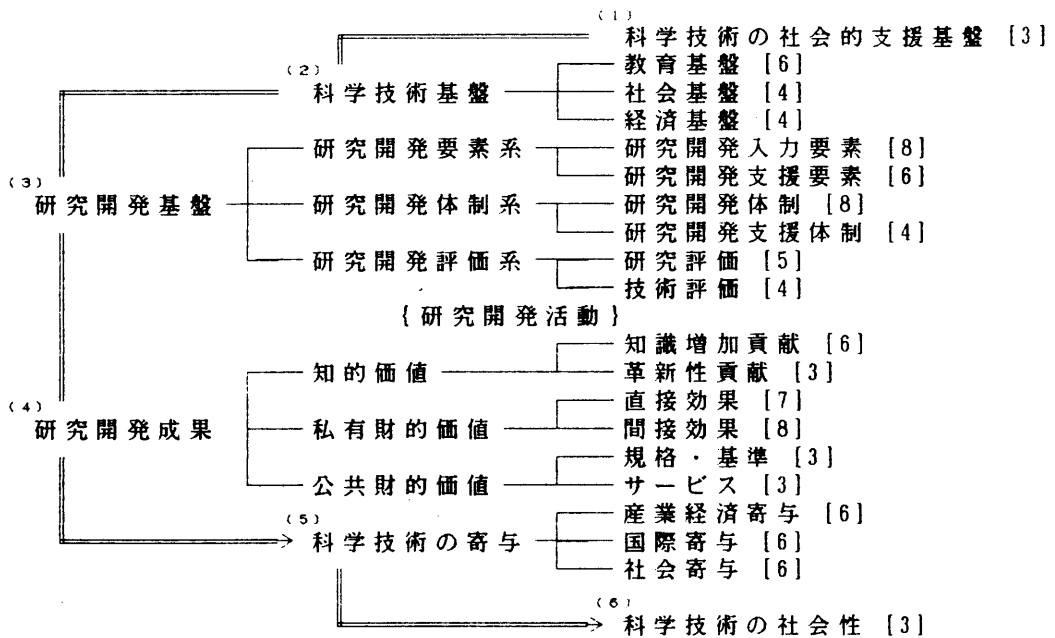


図-1 科学技術指標の体系

注) [] 内の数字はそのカテゴリーに属する指標の数を示す。

- (3) 指標レベル：総合化等合成されている指標は省くなど、直接測定されるデータで構成するようにする。ストック量や主観的データの充実も図る。
- (4) データの収集分類：なるべく、代表的分類法を適用するようにする。また、妥当な分類レベルを採用するようにする。
- (5) データの収集可能性：精度がよく、収集可能性の高いデータ、偏りのないデータを収集するようにする。

3. 報告書の構成

本書は以下の11章で構成した。

序章 科学技術指標開発の経緯

科学技術指標体系、開発の経緯等、本書の内容について記した。

第1章 我が国の科学技術活動

本章は第2章から第9章までの内容の要約である。

第2章 人材育成

科学技術活動の最も重要な基盤である初等中等教育、高等教育および高等教育人材の進路に関する指標の紹介である。

第3章 研究開発への支援

科学技術を直接支援する基盤としての政府の研究開発予算の分析、社会からの

支援としての学会や関連財団の指標の紹介である。

第 4章 研究開発の現状

科学技術の直接的インプットに関する指標としての研究開発人材、研究開発費、研究所等を、国全体（国際比較を含む）、産業界、大学、政府によるものと分けて指標化したもの紹介である。

第 5章 地域における研究開発活動

地域の研究開発活動を表す指標を作成して紹介したものである。

第 6章 研究開発の成果

本書では特に成果に関する指標の開発に努力した。その結果、学術論文と特許に関しては引用に関する指標を充実することができた。さらに、表彰制度からみた指標、規格や標準に関する指標を加え、国際的に類を見ないものがあった。

第 7章 研究開発の国際化

人の交流、国際会議の開催、海外研究所や外資の国内研究所、技術貿易、学術論文面における国際化など、基盤系と成果系を含めて多方面にわたって研究開発の国際化を指標化している。

第 8章 科学技術と社会

科学技術に関する間接的な成果を指標にしたものである。その内容は、産業への貢献、生活への影響、地球環境保全への貢献および文化への影響というように4部構成になっている。

第 9章 科学技術に関する社会の意識

科学技術に関する世論調査から、科学技術全般に関する意識、情報やライフサイエンスなど個別の科学技術分野に関する意識について、指標化し紹介している。

終章 科学技術指標開発の今後の展望

科学技術指標作成の経験を踏まえ、またこれを機会に定期的に指標の報告書が刊行されることを期待して、科学技術関連統計データの充実、指標の一層の充実、データベース化、指標開発面での国際協力等今後の課題を整理して論じた。

4. 本書の特徴

本書には先に述べたように、体系化という大きな特徴がある。しかし、それ以外にも以下のような特徴を挙げることができる。

(1) 既存の指標にない指標を取り上げている

科学技術活動の中心は研究開発活動である。しかし、現実の研究開発活動は、例えば教育等幅広い支援基盤の上に行われている。また、研究開発成果は、人類の知的ストック蓄積への貢献や経済発展、国民生活など社会にインパクトを与え、また、人々の意識にまで影響を与える。このような現実を踏まえ、本書では研究開発活動を中心にするものの、その支援基盤及び影響までを含めた広範な分野を対象にしている。具体的には以下のようなものがある。

- ・研究開発支援としての科学技術関係財団や学会
- ・産業における非本業化や研究集約度
- ・研究開発成果としての規格・基準や表彰制度による科学技術成果

- ・国際化としての研究者の移動や海外研究所の活動
- ・科学技術と社会との関係を示す、科学技術と産業、生活への影響、地球環境保全への貢献、科学技術と文化

(2) 既存の指標には見られない新しい分析を実施している

・学術論文については、我が国論文について、世界全体に占める論文生産数のシェアと被引用回数のシェアとを比較している。その結果、我が国の学術論文は、近年、量的にも質的にも向上しつつあることを明らかにした。また、論文の生産国から学術雑誌の出版国への論文投稿の流れを整理した。その結果、我が国の論文数の増加は、国外への投稿の増加が寄与していることを明らかにした。さらに、論文が引用される国から論文を引用する国への流れを整理した。その結果、我が国の被引用回数が増加したのは、近年、外国の論文が日本の論文を引用することが多くなったためであることを示した。

・特許については、米国の特許審査の過程で審査官に引用された特許のデータベースが存在することに着目し、米国における日本特許の登録シェアと被引用シェアとを比較した。その結果、米国で登録された特許件数と被引用度は、いずれも米国が圧倒しているものの、次第にシェアの低下が見られること、米国以外の国では我が国が突出した地位を占め、しかも著しく増加していることを示した。

・国際化については、主として基礎研究分野の国際化を定量的に把握するため、学術論文の国際共著について分析した。その結果、我が国の論文中に占める国際共著論文の比率は、欧米先進国に比べ低いものの着実に増加していることを明らかにした。また、日本にある外資系企業の研究所数の推移を取上げて分析した。その結果、外資系の研究所設立時期は、1960年代中頃から70年代初め（第1期）にかけてと、80年代初め以降（第2期）に集まっており、近年、研究開発型の外資系企業が増加していることを明らかにした。

(3) 指標の国際比較に努力している

第4章「研究開発の現状」では、FTE（full-time equivalent 専従換算：研究者の実働時間に基づき研究者数を把握する換算方法）^{〔6〕}による国際比較の重要性を説くとともにFTE換算による研究者数と研究費を試算している。

なお、FTE換算とは、研究者数を集計する際に、研究者の活動を研究開発と研究開発以外の活動に区別し、実際に研究開発に従事した時間に換算して集計することである。例えば大学教官が、その職務時間の60%を研究開発に費やし、残りの時間を他の活動（教育、管理など）に費やしている場合には、0.6人分として換算する。FTE換算は、研究者数ばかりでなく、研究開発費の集計にも影響する。なぜなら、研究開発費には、研究者の人件費が含まれるからである。

ところで、我が国の科学技術に関する統計では、FTE換算は行われていない。しかし、我が国を除いたOECDの加盟国のほとんどではFTE換算したデータを報告している。例えば、米国は研究者個人の職務別の稼働時間に関するサンプル調査を実施しており、FTE換算値を算出している。ドイツ（旧西ドイツ）およびフランスでは、調査対象の機関が研究者数のFTE換算値を回答することになっている。

先に述べたように、我が国では研究者数や研究開発費がFTE換算されていないために、他国に比べて過大に評価されることになる。そこで、できるだけ早く、我が国の統計調査にFTE換算が採用されることが望まれる旨指摘している。一方、FTE換算していない研究者数は研究開発のポテンシャル等を示す重要な指標であるので、他のOECD加盟国においても、我が国と同様の方法で調査が行われるよう要望している。

以下のように具体的にFTE値を試算した。まず、既存の統計等^[7]からFTEの平均換算率を産業の研究者で0.7、大学の研究者で0.5、研究機関で1.0とした。この換算率を用いると、1990年の研究者数は約36万人で換算しない場合(56万300人)の約65%である。また、1989年度の研究開発費は約10兆円で換算しない場合(11億8155億円)の約85%である。さらに、研究開発費の対GNP比は2.5%(換算前は2.97%)、労働力1万当たり研究者数50人(同83人)、人口1万人当たり30人弱(同42人)となり、米国を始めとする諸外国とほぼ同じ水準になる。

5. 今後の課題

科学技術活動全体を定量的に示した指標報告は、我が国では初めて発行されるものであり、今後このような指標は、継続して作成されてこそ、我が国の科学技術活動がより正確に理解され、ひいては政策の企画立案活動等に対する有用な資料として貢献できる。このため、科学技術政策研究所では、引き続き指標の整備、拡充を進め、隔年毎に指標報告を発行していく予定である。また、本書の成果を広く海外にも公開するため、英訳を行う予定である。

【参考文献】

- (1) (財) 新技術振興渡辺記念会, 「科学技術指標の開発に関する調査報告書」, 1985年
- (2) 科学技術庁資源調査会報告第104号, 「科学技術指標に関する調査報告」, 1986年
- (3) Fumio Kodama & Fujio Niwa, "Structure Analysis of the Japanese Science Indicator System and Its Evaluation, J. of Science Policy & Research Management, Vol.2, No.2, 1987
- (4) National Science Foundation, "Science and Engineering Indicators," 1989他
- (5) OECD, "OECD Science and Technology Indicators," 1989他
- (6) OECD, "The Measurement of Scientific and Technical Activities - Frascati Manual", '80
- (7) (財) 未来工学研究所, 「欧米における研究開発活動関連統計の実態と我が国との比較に関する調査 - 昭和62年度」, 1988年

※ なお、報告書の入手等の問い合わせは以下にお願いしたい。

科学技術庁科学技術政策研究所 第2研究グループ

丹羽 富士雄、富沢 宏之、平原 史人 TEL 03-3581-2392

付表 指 標 一 覧

章 [指標数]	指 標
第2章 人材育成[10] ・初等中等教育 ・高等教育 ・高等教育人材の進路	数学と理科の学力、初等中等教育課程におけるパソコン普及度 高等学校における情報関連学科、高等学校工業科 大学進学希望者の学部別入学志願状況、大学の学生数、大学の教育研究費、大学卒業者の進路、大学院の学生数、学位授与数
第3章 研究開発への支援[4] ・政府の科学技術関係予算 ・社会からの支援	科学技術関係予算の全般的傾向、社会経済分類による科学技術関係予算 科学技術関係財団、学会数・会員数
第4章 研究開発の現状[16] ・研究開発活動の現状 ・産業における研究開発 ・大学における研究開発 ・研究機関における研究開発	研究開発費、産・学・官の研究開発費、性格別研究開発費、研究者数 産業の研究開発費、産業別・製品分野別研究開発費、産業の研究者数、研究集約度、産業の研究所数 大学の研究開発費、大学の研究者数、大学の研究者一人当たり研究開発費、大学の研究所数 研究機関の研究開発費、研究機関の研究者数、研究機関の研究所数
第5章 地域における研究開発活動[6] ・研究機関の地域分布 ・大学の研究開発人材 ・民間研究機関の研究開発活動	大学学部の地域分布、民間企業研究機関の地域分布、研究機関の設立年度別分布 大学の研究開発人材 研究者数及び研究開発費の分布、工業生産と研究開発活動
第6章 研究開発の成果[12] ・学術論文 ・特許 ・規格と標準 ・表彰制度による科学技術成果の評価	論文数、論文の被引用度、論文及び学術雑誌の国際性、サイテーション・フロー 特許の出願件数と登録件数、主要国の国内／国外特許件数、主要特許出願先国への特許件数、米国における特許の登録件数及び被引用度、産業別特許出願件数、植物品種の登録件数 日本工業規格 表彰制度による科学技術成果の評価
第7章 研究開発の国際化[6] ・人の交流 ・研究開発の交流	研究技術者の交流（派遣と受入れ）、日本での国際会議開催数 海外研究所、外資の国内研究所、技術貿易、論文の国際共著
第8章 科学技術と社会[12] ・科学技術と産業 ・生活への影響 ・地球環境保全への影響 ・科学技術と文化	付加価値生産性、エネルギー消費効率、ロボット使用台数、理系学部出身の企業重役比率 情報メディアの増減と利用度、科学技術関連情報、余暇活動（ビデオ、パソコン） 公害防止設備投資、排煙脱硫・脱硝装置の設置、CO ₂ の排出 科学技術の創造活動への活用、情報と文化の国際交流
第9章 科学技術に対する社会の意識[5] ・科学技術全般に対する社会の意識 ・個別科学技術分野に対する社会の意識	科学技術全般に対する社会の意識 情報化社会、エネルギー、ライフサイエンス及環境問題に対する社会の意識、