わが国の未来を拓く 科学技術政策

井村裕夫^{1,2}

著者抄録 : 1980年代以降日本を取り巻く環境は大きく変わった。重工業から知的産業にシフトし、今や経済が知識によって、科学技術によって駆動される時代になっている。1996年に第一期の科学技術基本計画が策定され、日本の科学技術予算が急速な伸びを示した。2001年に入り、行政改革に伴って科学技術会議は総合科学技術会議に再編され第二期の科学技術基本計画が策定された。同計画の2本の柱は、科学技術の4重点分野、ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料の設定と、科学技術研究開発システムの改革とである。産学連携、自由な発想による研究の尊重、国際的な競争力の育成、若手研究者および科学技術教育が課題となっている。重点分野のうちのライフサイエンスに関して、ポストゲノム研究、ポストジェノミックスの研究について言及した。

キーワード : 日本、科学技術政策、総合科学技術会議、科学技術基本計画、研究開発システム、研究開発、産学共同、ポストゲノム、ポストジェノミックス、ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー

Japan's science and technology policy exploiting the future

IMURA Hiroo^{1,2}

Author Abstract: Since the eighties environment surrounding Japan has been drastically changing. Everybody finds that the nation's economy is driven by knowledge or science and technology at the current age. In 1996 the Japanese Government formulated the first Science and Technology Basic Plan resulting in that nation's budget allocated to science and technology has increased rapidly. Entering the year of 2001 Council for Science and Technology was reorganized as Council for Science and Technology Policy due to administrative reform the Government has proceeded. Then the Second Science and Technology Basic Plan was formulated. The main two items of this Plan are 1) to set four emphasized science and technology areas; life science, information and telecommunications, environment and nano-technology materials, and 2) to reform the current science and technology R & D systems. For the latter several issues are raised including industry-academia collaboration, researches with flexible and free idea, fostering of international R & D competitiveness, and training or fostering of young scholars, and science and technology education for the juveniles. The speaker also talked over post-genome age, and post-genomics researches.

Key words: Japan, science and technology policy, Council for Science and Technology Policy, Science and Technology Basic Plan, research and development system, R & D, industry-academia collaboration, post-genome, post-genomics, life science, information and telecommunications, environment, nano-technology

(情報管理 44 (11): 739-747)

¹総合科学技術会議議員 (〒100-8970 東京都千代田区霞ヶ関3-1-1) Tel. 03(3581)9796

¹Science and Technology Policy (1-1, Kasumigaseki 3-chome, Chiyoda-ku, Tokyo, 100-8970)

²京都大学名誉教授

²Kyoto University Emeritus Professor

この講演は、2001年11月9日(金)に日本科学未来館「みらいCANホール」で開催されたJST5周年記念「特別講演会」を収録し編集したものである。

「わが国の未来を拓く科学技術政策」という少し大きな課題を取り上げましたが、本日は日本の科学技術政策としてどのようなことが問題になっているのかをお話したいと考えています。

科学技術が政策の重要な課題になったのは、第二次世界大戦中ではないかと思います。第二次世界大戦は、参加したすべての国にとって総力戦で、当然、科学者も戦争のために動員され、その中で特に有名なのが、アメリカで物理学者が原爆を開発したということではないかと思います。

戦争が終わる1年ほど前に、勝利を確信したアメリカのルーズベルト大統領は、戦後の科学技術政策のあり方について諮問しました。バーネバー・ブッシュこれはMITの学部長から戦争中に国防省の部長に異動した人で、およそ1年をかけて、わが国の敗戦の1か月ほど前に、トルーマン大統領に報告したのが、有名な「科学：その終わりなきフロンティア（The Science: The Endless Frontier）」という仮題をつけた報告書です。この報告書の中でブッシュは、「科学は戦後もどんどんと発達していくであろう。それを国家の社会あるいは経済のために活用していくべきであり、政府は科学を支援すべきである」ということを述べています。

これを受けて、1950年に全米科学財団（National Science Foundation）が設立されました。これは財団と訳していますが、政府機関で、以後、今日までアメリカの基礎科学を支えてきたわけです。同時に、National Institute of Healthというのがありましたが、これを大幅に拡充いたしました。これらが、現在、アメリカの科学技術を支えるうえで、大変大きな役割を果たしてきたと思います。

わが国は、第二次世界大戦の敗戦により、国土は焦土と化しました。その中から立ち上がるためには、科学技術が非常に重要であるということで、1956年に科学技術庁が発足しましたし、59年には科学技術会議が設立されました。1960年代からわが国の経済の高度成長が始まりました。そして、1980年代には、いわゆるバブル景気という空前の好景気が訪れたのであります。その空前の好景気の中で、科学技術にも高等教育にも余り投資がなされなかったということは、大変深刻な問題で、このことが現在のわが国の困難な状況の1つの原因になっているのではなかろうかと、私は考えています。

井村氏略歴

井村裕夫（いむらひろお）

総合科学技術会議議員。昭和6年滋賀県出身。同29年、京都大学医学部医学科卒業。同30年、第18回医師国家試験合格。同年、京都大学医学部附属病院副手。同31年、大津赤十字病院医員。同37年、京都大学大学院医学研究科博士課程修了（同33年4月～）。同年、京都大学医学部附属病院助手。同38年、カリフォルニア大学内科研究員（～同40年2月）。同40年、京都大学医学部講師。同46年、神戸大学医学部教授。同52年、京都大学医学部教授。平成元年、京都大学医学部長。同3年、京都大学長。同9年、京都大学名誉教授。同10年、神戸市立中央市民病院長（～同12年7月31日）。同年、文部省学術顧問。同年、科学技術会議議員。同13年、総合科学技術会議議員に就任し、現在に至る。同3年には日本医師会医学賞、同12年、フランス国家功労賞等、多数受賞。主な著書には「生命のメッセンジャーに魅せられた人びと—内分泌学の潮流—」（同4年、羊土社）、「人はなぜ病気になるのか—進化医学の視点」（同11年、岩波書店）等。

大きく変わった環境

1980年代、「ジャパン・アズ・ナンバーワン」と呼ばれて喜んでいるときに、すでにわが国を取り巻く環境は大きく変わっていました。

1つは、戦後のわが国の科学技術は、欧米から技術を導入して、それをわが国でより洗練されたものとして、いい製品を作るということで発展してきたわけです。しかし、賃金がどんどんと上がってきますと、技術導入型では立ち行かなくなり、フロントランナー型に転換する必要に迫られてきました。

第2番目は、重工業から知的産業に変わってきたということです。1985年にオックスフォードに学会で行ったところ、街を歩いていると本屋に日本語を書いた雑誌があったのを見つけました。それは「重

厚長大 軽薄短小」と書いてあった。手に取ってみると、日本の産業が重厚長大産業から家電製品等の軽薄短小産業に変わりつつあるということを紹介したものでした。その後、ご承知のように、IT、バイオテクノロジーなど、より知的な産業に変わってきたわけです。

1980年代から次第に国際競争が激化して、メガコンペティションと呼ばれる経済競争が起こってきました。その中で、わが国は取り残された感があると思う。このメガコンペティションは世界にさまざまな貧富の格差を生じており、これが今世紀の大きな問題になるのではないかと思います。

さらに、1970年代から、人間の活動範囲の増加、あるいは人口の増加などにより、環境問題が非常に大きな課題になってきました。ローマクラブが有名な「成長の限界」を発表しましたが、その後、我々はその警告に対して十分対応できない状況のままです。

このように、急速な変化により、今や経済が知識によって、科学技術によって駆動される時代になっています。

その一例を示したいと思います。それはサイエンス・リンケージと呼ばれるものです。サイエンス・リンケージというのは、1つの特許に平均していくつの論文が引用されているかという数を示したもので、これが高いほど、サイエンス・ベースの特許になると思います。アメリカでは、1980年代からまず情報通信分野（図1）で、さらに、1990年代に入りますと、バイオサイエンス、ライフサイエンス（図2）の分野で急速にサイエンス・リンケージが増えています。しかし、わが国はまだかなり低い状況のままです。ヨーロッパは、大体この中間であると考えていただいいてよいと思います。

このような環境の変化に対応するために、わが国においても、1995年に議員立法で、科学技術基本法が作られました。それを受けて、1996年には第1期の科学技術基本計画が策定され、これによってわが国の科学技術予算が急速な伸びを示し、2001年になりますと、行政改革に伴って、科学技術会議は総合科学技術会議に再編され、また、第2期の科学技術基本計画が策定されました。

図1

図2

総合科学技術会議

総合科学技術会議というのは、わが国の科学技術政策の立案、実施をする。従来は総理の諮問に応じて答申することになっていたが、自ら意見を言うこともできるようになっています。さらに、重要政策の評価、各省の枠を超えた政策の実施、科学技術に関する情報の収集と分析などを課題としており、総理を議長とする会合を月1回開催するとともに、専門調査会を設けてさまざまな課題について検討をしているところです。

この総合科学技術会議が最初に行った仕事が、2001年度から5年間の科学技術基本計画です。この基本計画は大きく2つの政策の柱からなっています。

その第1は、科学技術の戦略的重点化で、研究者の自由な発想による研究は、これを今後とも一層推進していこうということです。しかし、国家的・社会的課題に対応した研究は思い切って重点化をするということに決め、重点4分野として、ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材

料という4つを選びました。

これを選ぶにあたって、さまざまな研究分野の科学的インパクトと社会的・経済的インパクト（図3）を評価してもらいました。丸が大きいところはわが国が進んでいるもの、丸が小さいのはわが国が後れているところでもあります。

例えば、ライフサイエンスの分野で13と書いているのは臨床医学で、臨床医学は社会・経済インパクトも科学インパクトも高いが、わが国は必ずしも十分進んでいないということになる。12は脳科学で、脳科学は科学的インパクトは非常に大きいですが、社会・経済インパクトはそれほど大きくないということになる。情報通信では、23はネットワークですが、これはわが国がかなり進んでいるが、社会的・経済的インパクトも、科学インパクトも非常に大きいということです。

こういった点をプロットして、最終的にはライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料の4分野を、日本が必ずしも進んでいないけれども、社会的・経済的インパクトも科学的インパクトも大きいので、選んでいこうということにしまし

注) ・それぞれの円の大きさは研究開発の水準を示す。
 ・「科学インパクト」「社会インパクト」「経済インパクト」は、3つの国家目標(3軸)に対応。
 ・「社会・経済インパクト」は、「社会インパクト」と「経済インパクト」の平均。

図3

た。さらに、その基盤を支えるものとして、エネルギー、製造技術、社会基盤、宇宙などを取り上げたわけです。

ポストゲノム研究の時代

ライフサイエンスがなぜ重要であるのかというと、それはわが国が急速に高齢化社会を迎えていることと無関係ではありません。わが国は世界で類をみないほど顕著な高齢化社会を迎えているわけです。

このような高齢化社会においては、健康寿命、あるいは活動的平均寿命というのが重要になります。平均寿命の中で、その人が人の世話にならないでどれだけ生きられるかということです。学問的には活動的平均寿命という言葉がよく使われます。これは仙台の調査で、例えば、65歳の人をとりますと、65歳以降、男性は平均16.1年、女性は平均20.4年生きられるわけです。しかし、その中で人のお世話にならないといけない期間が、男性は1.4年、女性は2.7年、平均してあります。この期間をいかに短くするかということが、高齢化社会にとっては大変重要な課題であり、これを半分にすると、年間の健康保険の費用がおよそ3兆円節約できるという予想も立てられています。

これからの重要な病気としては、高齢化に伴って多くなる、がん、脳血管障害、心臓疾患、これらのもとになる糖尿病、高血圧、高脂血症、それから老人性痴呆、骨粗しょう症といったものが重要になります。こういった病気に対応するために、まず基礎的な研究から積み上げていくということが、現在では非常に重要です。

ご承知のように、2001年という年は、人間の設計図ともいべきゲノムの配列がおおよそ確定した年になりました。これは科学の歴史の中で特筆すべき大きなことです。

我々の遺伝子（図4）は、二重らせん構造を持っています。G、C、T、Aと呼ばれる4種類の塩基からできています。TはAと、GはCと結びついて、二本鎖を作っているわけですが、我々の体の中にはおよそ30億—正確には32億と推定されているが—の塩基対があるわけです。

この中で実際にたんぱくを作って機能を発揮する遺伝子がいくつあるのかということは、まだよくわかっていませんが、およそ3万から4万と推定されています。現在ヒト以外にショウジョウバエ、線

図4

虫、植物のシロイヌナズナ、酵母などでゲノムが決まっています。さらに、最近、日本人の好きなトラフグのゲノムがほぼ決まり、マウス、ラットのゲノム配列の研究も終わりに近づいていると言われているわけです。

ということから、現在はポストゲノム研究の時代に入ったと言われます。ポストゲノム研究というのは、非常に幅広い領域を含んでいます。そのうちで重要なものを取り上げてみますと、1つは、遺伝子の個人差です。人間のゲノムは30億の塩基対からできていて、その中でおよそ0.1%が個人によって違っている。すなわち、300万か所、我々の遺伝子には人による違いがあるわけです。少なくともその10分の1以下、多分20万ぐらいが大変意味があって、それが個人差を決めているのではないかと思います。ということから、1つの塩基が置きかわったSNPs（Single Nucleotide Polymorphisms）の研究が、現在、非常に重視されています。これによって、あ

図5

る人が病気にかかりやすい、例えば、糖尿病になりやすいとか、高血圧になりやすいということが決まるわけであり、また、薬が効くか効かないかということも決めることができるわけです。

ポストジェノミックスの研究

もう1つは、たんぱく（図5）の研究です。

特にたんぱくの立体構造の研究が、新しい薬の発見に結びつくのではないかとということで注目されています。これは2002年度の重点課題として総合科学技術会議が選んでいるものの1つです。

立体構造が明らかになると、それに従って新しい薬をデザインすることができるのではないかとということで、非常に注目されています。

いわゆるポストジェノミックスと呼ばれる研究が、現在、急速に発展しつつあります。それを受けて、これから医学が新しく発展してくるだろう。それによって、先ほど申し上げたようなさまざまな高齢者に多い疾患の対策を立てることができると同時に、感染症にも新たな治療方法、あるいは予防方法を導入することができるのではないかとということで注目されています。

遺伝子を基礎とした研究は、現在、生命科学、ライフサイエンスの主流になりつつありますが、それだけで医学がすべて終わるものではありません。それは細胞の研究が重要になるからです。個々の遺伝

子の機能がわかって、細胞という極めて複雑な構造を持ったものの機能をすべて明らかにすることはできないからです。特に細胞がどのようにして作られてきて、その機能が分化していくのか、どういう条件で死ぬのか、どうすれば再生するのか、あるいは、どうすればがん化するのかというあたりは、非常に大きな課題となりつつあります。

特に、2年ほど前に、ES細胞（図6）というものがヒトでも作られて、急速に注目されるようになりました。これは受精卵が発生する5日目ぐらいに胚盤胞と呼ばれる時期があります。この時期にこれをつぶして、その内部の細胞を培養すると、ほぼ無限に増殖する細胞が得られます。しかも、この細胞は、条件によって神経細胞になったり、あるいは、血液細胞になったり、筋肉細胞になったりするわけです。

このES細胞を使うと、さまざまな体を構成する細胞ができて、これが、パーキンソン病の治療、脊髄損傷の治療、心筋梗塞や心筋症の治療等に使えるのではないかとということで、大いに注目されているわけです。

さらに、今度は個体の生理学もまた大きな問題になります。個体全体の発生、成長、生殖、老化、死のメカニズム、あるいはまた、個体の中のさまざまなシステム、特に神経系の研究というのは、21世紀の重要課題で、これが最終的には人間の心をどこまで解明できるかということで、非常に注目されてい

図6

るところです。

このような生命科学の研究は、膨大な情報量を生み出します。したがって、従来の方法でこれを解析することは大変難しくなります。そこで、生物情報学、バイオインフォマティクスというのが、これからの重要な研究分野になりつつあるわけです。この分野の研究者は、わが国に非常に少ないということが大問題で、これも2002年度のライフサイエンスの重要課題の1つとして取り上げているところです。

さらに、こういった基礎的な研究を臨床にできるだけ早く応用することによって、患者さんの役に立てていく必要があります。そのためには研究システムを改革していく。あるいは、一般の方々の研究への理解と協力を得るだけでなく、倫理的な問題についても慎重に討議して考えていく必要があるのではないかと思います。このようにライフサイエンスは、現在、全世界で注目されている大変重要な分野ですので、わが国においても力を入れていきたいと思っています。

その他の分野としては、情報通信分野があります。2002年度の重点課題としては、いつでもどこでも耐えられる通信技術、融合領域—例えば、先ほどのバイオインフォマティクス等、そして研究基盤、この3つを取り上げています。

環境分野では、地球環境問題、特にグローバル・ウォーミング、温暖化が大変大きな問題で、その観測と将来の予測、モデリングが大きい課題です。それから、ごみゼロにする循環型社会の構築。化学物質のリスクの極小化と評価、管理。自然循環および生態系と調和する社会の構築。特に都市の環境問題が重要です。

ナノテクノロジー・材料分野も、これから10年あるいは15年先を見ると、大変重要であろうということで、2002年度から重点分野として取り上げて、次世代半導体のようなデバイス、環境と調和した材料、医学に用いられるもの、ナノバイオロジー—といってナノレベルで生命現象を研究する領域、革新的な機能を有する材料、基盤技術等を取り上げているところです。

その他に注意すべき分野として、エネルギー、製造技術、社会基盤、フロンティアを取り上げています。

こうした重点政策を戦略的に進めるために、重点化戦略専門調査会を作りました。各省からヒアリングをして、重点課題を決めました。

研究開発システムの改革

もう1つの大きな政策の柱が、科学技術システム

の改革です。予算が過去5年間、随分増えてきました。しかし、まだ日本の科学技術システムには非常に不効率なところがあるということが言われています。そのために、研究開発システムの改革、産官学の連携、地域における科学技術振興、人材の育成、科学教育の改革、また、科学技術を担当する人たちと社会とのチャネルを構築すると同時に、科学者の社会的責任も問題とする。あるいは、倫理が問題になる。それから、いろんな基盤を整備したいということで、科学技術システム改革専門調査会で、現在、検討しているところです。

その中で特に大きな課題が、研究開発システムの改革です。すなわち、わが国では競争的な研究開発環境が、アメリカ、イギリスに比べて劣っているということで、もっとコンペティティブになるようにしないといけない。そのためには、任期制を導入したり、あるいは、若手研究者を支援することによって、若い人たちが活発に研究できるようにするべきであろう。それから、評価システムを改革する。さらに、制度の弾力的運用をしていく。と同時に、産学協力を推進することが必要になってきます。

わが国では産学連携が従来進まなかったわけですが、それにはいくつかの理由があります。

1つは、大学側で、大学の先生が産学協力に余り関心がなかった。すなわち、論文重視であったということ。それから、連携のための組織がなかった。

一方、企業のほうは、従来は自前主義であった。それから、大学のレベルの高い研究を見きわめる努力をしてこなかった。

それから、大学と企業のインタフェースになる部分（図7）が、わが国では大きく欠落していた。例えば、ベンチャーがなかった。インキュベーターが非常に少なかった。それから、産学官を結ぶ人材、コーディネーターのような人がいなかったということがあります。

そこで、これを改革するためには、大学、企業とそれぞれのレベルでやっていく必要がある。

企業側としては、大学との人材交流を積極的に進めるべきである。それから、委託研究制度の活用をしないとイケない。さらに、ベンチャーのスタートアップの支援、TLOの設置促進、インキュベーターの育成などが大きな問題になっています。

政府・自治体は、こういった大学、企業、インタフェースに対して、支援をしていく必要があるわけで、2002年度から振興調整費でマッチングファンドを始めます。また、私立大学の研究開発機能の支援も行っていく予定です。

知的クラスター（図8）も、2002年の重要課題の1つです。全国に新しい科学技術に基づく産業を生み出すためのクラスターを作っていくというのが1つの大きな政策になっています。

図7

知的クラスター(Sophiopopolis)

ある分野の研究機関、ベンチャー、企業などが、一定の地理的範囲に集中して存在し、相互に関係をもったもの

特徴

知(Knowledge)の共有と交流(知的空間)

競争と協力による相互刺激

実質的な研究規模の拡大(相補性)

研究所、材料供給者へのアクセス

公的支援(インフラ整備)

新ビジネスの機会

図8

自由な発想による研究を

最後に、これからのわが国の科学技術政策にとって重要なことを、いくつかまとめます。

まず最初は、研究者の自由な発想による研究を尊重することです。すべてを目的型にしたのでは、日本の研究は窒息してしまう。必ず研究者が自由な発想で研究に研究費を配分すべきです。

しかし、プロジェクト型の研究は思い切って重点化しないといけない。一例を挙げると、ヒトゲノムの研究があります。日本もアメリカと余り変わらない時期に研究を始めようとしていました。しかし、うま

く組織が作れなかったわけで、理化学研究所がヒトゲノムのセンターを作って始めたのは、2, 3年、アメリカやイギリスに後れてしまった。その後れが最終的に十分な貢献ができなかった理由になっています。すなわち、プロジェクト型は思い切って重点化して、しかも、短期間にお金を十分つぎ込んでいくということが重要です。

それから、何といても、若い研究者を育てる、これが非常に重要です。わが国の自然科学者でノーベル賞を受賞された方が、ノーベル賞の対象となった研究をいつ始められたかというのを調べてみると、すべて40歳以下です。わが国は、従来、こういった極めて創造的な時期の研究者を、わが国のシステムが悪いにつぶしてきたんじゃないかということが考えられるので、これをぜひ考えていく必要があります。

それから、国際的な競争力がないとだめです。国際的に出して十分競争力を持った科学技術を育てていく必要があります。

それから、システムの改革。これは大学、研究機関などいろんなシステムを変えていかないといけない。そのために重要なのは、速度です。わが国の改革の最大の問題点は、速度が遅いということです。

最後に、教育です。教育にとって最も重要なのは、科学への情熱ではないか。これをどのようにして若い人に植えつけていくのかというのが、これからの最大の課題だろうと思います。