

## 第1章

科学・技術と社会(1)

### はじめに

---

「科学・技術と社会」は総研大特有のテーマである。研究者をめざしている君たちが、科学が社会にどう受け入れられているか、あるいは、社会から見た科学の姿など、科学と社会との関係について客観的に考えられる視野をもって欲しいと願い、先導科学研究科でこの講義を始め、今年で3回目になる。私の講義は、どちらかと言えば、科学と社会の現状を見直すための基礎的な内容だが、歴史的な考察から現代をとらえ、今後の方向性について考えてみたいと思う。

さて現在、新聞には毎日必ずと言っていいほど、科学や技術に関わる多くのニュースや出来事が紹介されている。それは必ずしも科学欄には限定されない。たとえば、2009年4月14日の新聞を見ただけでも、朝日新聞の社説は「万能細胞（iPS）研究体制づくりを急げ」と論じている。こういう問題について、君たちなら、どう考えるか、どう説明するか。たとえば、家族、知人などにiPSについて質問されたとき、その内容だけではなく、今後の研究の進め方や社会的意義などについて答えられるだろうか。少なくとも生物学専攻なら、日本発の技術として非常に期待が高く、国家的な規模で大々的な研究開発体制が進められようとしていることの意義や意味、安全と効率の関係など、科学と社会の非常に重要なテーマについて説明できなければならないだろう。

また、1月に打ち上げられた「いぶき」という気象観測用の人工衛星の話も紹介されている。このとき同時に9つ衛星が打ち上げられたが、そのうち4つがすぐ不調となった。現在、小型衛星は東大をは

じめ、いろいろな大学がトライしているし、大阪の中小企業も「まいど一号」という手作りの人工衛星を打ち上げている。小型衛星は1基あたりの打ち上げに1～2億円かかるが、その意味や意義についても説明できるだろうか。

さらに、核燃料問題、再処理問題などもしばしば話題になっている。特に再処理工場計画は建設に何年もかかっているが、さまざまな不具合のためにまだ実現できていない。本当に再処理工場は必要なのかという論点もあるだろう。

水俣病救済問題も紹介されている。水俣地域でチッソの排水による公害が発生し、問題化してからすでに50年以上が経過しているが、未認定患者がまだ6000人も存在している。さらにまだ申請していない人も多数存在している。チッソは事業会社と救済会社に分割されようとしているが、救済は政府が肩代わりし、早期に賠償問題を決着させようという意図である。この問題も、科学と社会、特に政治との関係で大きな問題をはらんできたテーマである。

あるいはまた、国立大学評価委員会による国立大学の評価結果も報じられている。はたして教育・研究など時間がかかる領域に対して、短期で評価できるかどうかという問題もあるだろう。今は、どんな研究でも数値目標の記載が不可欠で、その数値目標に1つでも到達していなければ評価が低くなる。そうすると、高い目標は達成できない懸念があるので、低めに目標を設定しがちだ。企業の業績主義同様に、数値目標達成によって研究者の業績が評価され、待遇に反映されるようになれば、みんな低い数値目標を設定するようになるだろう。しかし、本当にそれでいいのだろうか。大学の評価はいかにあるべきかについても、検討する余地は大いにある。

しかも毎年、研究に使える運営交付金は1%ずつ削減されている。本当にそれで科学研究を進めることができるのだろうか。科学を推進させるために、国の援助はどうあるべきかについて考えることも、科学・技術と社会の大きなテーマだろう。

まだまだ同じようなテーマはある。太陽光発電については、日本の

技術は世界一だが、普及はドイツに抜かれて第2位となっている。太陽光発電は環境負荷が少ない技術として高く評価されているにもかかわらず、日本ではあまり普及しないのはなぜか。それには社会政策が絡んでいる。日本では太陽光発電の買い取り価格が低く1kw/h25円だが、ドイツでは50~60円と倍以上であり、それが普及を加速させている。

また、宇宙ゴミについても報道されている。2月に、宇宙空間でリジウム衛星とロシアの中古衛星が衝突する事件が起こった。三次元空間で、2つの物体が衝突する事態は想像しにくいかもしれないが、実際には、宇宙ゴミが非常に多く、10cm~1m単位のもので、おそらく数千個~数万単位で浮遊している。まさしくそれは現在の使い捨ての消費文化を象徴している。これまで衛星は延べ6000基くらい打ち上げられているが、そのうち純粋な科学衛星は1000基にもみたくないだろう。8割はスパイ衛星で、特にロシアがたくさん打ち上げてきた。ロシアの技術は電子回路などが弱いため、3カ月程度で使い物にならなくなり、次から次へとひっきりなしに打ち上げることになったと思われる。これらの宇宙ゴミは、おそらく20~30年間くらい軌道をまわっているだろう。宇宙技術開発には、国家の科学・技術体制が反映していることをよくあらわしている。

このように、日ごろから新聞を読むときは、科学・技術と社会との関係について考えながら読む心構えも大切だ。

以上、たった一日の新聞記事を眺めただけでも明らかなように、現代のわれわれの生活は、科学や技術と切っても切れない深い縁がある。現代文明そのものが科学・技術を基礎にして成立しているからだ。一方、科学に対しては、強い信頼感があれば、強い拒否感もある。また、批判、賞賛とアンビバレントな面もある。しかし現実的には科学・技術を使わざるをえないし、日常的には、われわれはそれらの成果を使うことによって便利さを享受している。こういう複雑な状況に対して、科学者はどう考え、どう対応するか。君たちも、将来は科学者になる

だろう。科学者と一般市民の対話は常に交わされていかねばならないから、いろいろな問題に対して無関心ではられないし、むしろ一緒に考える姿勢をもってほしいと思う。

そこで、本講義では、科学・技術と社会の結びつきを振り返りつつ、それがどのような歴史的経緯でもたらされたかを考えてみたい。

## 1. 科学・技術・社会の強い結びつき

「科学・技術と社会」のテーマは、科学・技術と社会との相互関係を考えることである。日本語では、「科学技術」と一言で表現する機会が多い。科学的技術なのか技術的科学なのか曖昧である。しかし、これから講義を進めていくうちに明らかになるが、基本的には、科学と技術は異質のものとしてスタートしている。もちろん現代のわれわれの社会では、科学と技術がほとんど連続している側面も多い。その意味で、科学と技術の相互関係が非常に深くなっていると言える。

簡単に言えば、科学は原理や法則の発見を基本としている。技術はそれを人工物へと転化し、人間に有用な役割を果たすことをめざす。これが、本来の科学と技術のありようだ。一方、技術から科学への流れもある。技術は基本的には経験則、あるいは暗黙知に基づいている場合が多い。一番単純な言い方をすれば、医者とは病気の本質的な原因が分からなくても、それまでの経験や知恵によって患者を治せば、医者としての目的は達したことになる。科学はそれに対して、その病気の原因など本質的な法則性を発見することをめざす。

私はもともと物理学専攻なので、物理学の例で説明しよう。産業革命時には、ワットの蒸気機関をはじめ、さまざまな熱機関が発明されたが、その時点では、科学はほとんど活躍しなかった。しかし科学は、技術者のワットが経験によって開発した蒸気装置から、熱力学という本質的な法則を発見した。すなわち、順番は技術が先行したが、科学が本質的な発見をすることによって、さらに熱効率の良い装置など、新たな技術開発が行われることとなったのである。

科学と社会の関係について言えば、科学が原理を発見することが、社会の文化の基礎となっている。科学（サイエンス）のもともとの意味は「総合的学術知」であり、人々の精神的楽しみとして、あるいは教養としての文化をあらわしている。たとえば、私の専門である宇宙論は、宇宙の誕生から今日までの進化の歴史を知ることによって、知的な豊かさを獲得した気分になれる。また絵画や音楽などの芸術にふれることによって、われわれは豊かな文化を享受できる。その基本をつくっているのが、広い意味での科学なのである。

では、社会が科学に求めるものは何か。もっともわかりやすい例は、国家の威信のために科学を利用することだろう。そのために国家は科学に集中投資する。その典型は、先日の北朝鮮による“飛翔体”（北朝鮮は「人工衛星」と主張）で、金正日総書記による威信行為であった。原爆や水爆が大量に製造されるのも、この理由からに他ならない。その他、宇宙開発などの巨大プロジェクトも、国家の威信表明の側面が強い。

技術の社会に対する影響は、さらに直接的である。もともと技術は人工物をつくる性質をもつものだから、さまざまなかたちで社会の中に入り込み、現代文明の基礎を形成してきた。かつて「必要は発明の母」と言われたが、今日では、「発明は必要の母」という逆転も生じている。社会の側から見れば、何か欲しいというニーズから技術によって製品が発明されていくが、いったん発明されれば、機能が新たな必要を生み出していくようになる。携帯電話はその典型だ。かつてのポケベルから、個人の電話手段としての携帯電話になり、いまやケータイと表記されるようになり、テレビ、インターネット、カメラ機能を備えた高機能化が高度に進行している。便利さや効率性を求める人間の欲求が技術を進化させ、さらに進化した技術が人間の新たな欲求をかきたてるようになっている。

これはあくまでも一例にすぎないが、このように現代社会においては、科学・技術と社会は複雑な関係で結ばれている。

さて、これまで、科学・技術と社会には、次のようなさまざまな問

題が生じている。これらをどう考えるか、少し検討してみたい。

### ①優生学

19世紀に始まり、20世紀にはナチスで利用されたが、それ以外にも、アメリカ、スウェーデンなどでも犯罪者を断種する根拠として利用された。誤った科学的判断が社会を支配した例と言える。

### ②IQテスト

19世紀末にビネーが発案した。そもそもは、子どもたちのさまざまな能力を調べて、弱い部分を補強するためのテストだった。したがって本来は教育上の悪い目的ではなかったが、その後、アメリカに導入され、心理学者が人間の能力は数値化できると論じて、1930年代からは人間の能力テストとして使われるようになった。これは、科学の成果が社会的応用によって歪められたケースである。IQテストの平均値は年々上昇しているが、それは、栄養状態、教育環境など、個人の能力以外の環境条件によるところが大きいと思われる。また、平均値は算出できても、それと個人の多様な能力とは別問題である。個人の能力については分からないことを認識すべきだ。

### ③ジェンダー

性の社会的受容性の問題で、男性と女性の間で、社会的状況によって待遇に差がある場合が多い。たとえば科学においても、実験に使われるモルモット、マウスなどはだいたいオスであり、その結果を一般化して適用することがずっと行なわれてきた。そこで、これまでの科学は男性主導であったという反省の上に立ち、20年くらい前からジェンダー研究がさかんになっている。今日でも、科学関係のノーベル賞受賞者数は、女性は9名にすぎない。科学的知識にそれほど男女差があるとは思えないので、女性科学者の社会的地位が大きく影響していると思われる。

### ④鳥インフルエンザ

鳥インフルエンザもその1つだが、今後、新しいウィルスによる

未知の病気が発生するかもしれない。鳥のDNAが突然変異して、抗体を持たない人間に伝染し大流行する可能性がある。1915年頃から数年間、スペイン風邪が大流行し、世界で3000万人が死亡した。日本でも80万人死亡している。また、エボラウイルスもしばらく前に話題になった。このウイルス自体はずっと以前から存在していたが、アフリカの奥地の開発が進行した結果、致死率が高いウイルスとして人間に感染するようになったと考えられる。一方では、エイズ・ウイルスのように、長期間人間の中で生き続けるしぶといウイルスも存在する。

いずれにしても、細菌やウイルスのように微細な生命体の突然変異が進むことによって、新しく獲得した変異がどんどん人間の間に広がり、その結果、これまでは人間が退治した病気が退治できない状況が今後も発生すると想定される。科学や技術が進歩しても、必ずそれに対する逆襲もありうるわけだ。それに対して、さらに人間は強い特効薬を開発し、さらにまたそれに対する逆襲がある……というふうに、このサイクルは永遠に続くかもしれない。

#### ⑤タミフル

インフルエンザに効く薬とされているが、一方、それを服用した子どもたちが錯乱して飛び降りたりするなどの事件も頻発した。インフルエンザの高熱によるものなのか、タミフル影響しているのかが論議となっている。一番の問題は科学的証拠がどの程度存在するのだが、あまり明確ではないようだ。薬は人によって症状が違ったり、副作用の出方も違う。データによって解釈は異なってくる。ところがタミフルを製造している製薬会社から研究資金を提供されている医師が、タミフル関与説に疑問を投げかけたというえげつない出来事もあった。これは、科学者と医師はどうあるべきかというテーマにもつながる。

#### ⑥臓器移植

日本では、現時点では子どもの臓器移植手術は認められていないために、海外で高い費用を払って手術を受けるというニュースを

よく聞く。臓器移植は、人間の死生観の問題も含め、大変難しい問題をはらんでいる。これをどこまで、どう社会として受容するかは、医療だけの問題ではない大きなテーマとなっている。

### ⑦ウィニー

ソフトを自由にコピーし共有できるウィニーは非常に便利だが、データ流出、ウィルスなど大変危険な問題もはらんでいる。セキュリティ的に万全でない技術、だからこそ手軽かつ便利に共有できる技術は、利便性と危険性という相克した二つの問題を内在させているが、それをどう考えていくのかも今後の課題となるだろう。

これらはほんの一例で、まだまだたくさんの課題がある。その一つ一つに的確に答えることはできないが、それらのもつ意味について考えてみたいと思う。その前に、まず科学と技術の歴史について簡単にふれておこう。

## 2. 近代の科学・技術の歴史

近代の科学と技術の歴史は、次のように整理できる。

- 17世紀 科学革命（ガリレオ、デカルト、ニュートン）  
⇒近代科学の成立
- 18世紀 産業革命（機械制技術の確立）  
⇒技術の先導
- 19世紀 電磁気学の完成（ファラデー、マクスウェル）  
生物進化論・遺伝学説（ダーウィン、メンデル）  
⇒自然哲学者からサイエンティストへ
- 20世紀 科学と技術の強い結びつき（エジソン、マルコーニ、デュボ  
ン、カーネギー、フォードなど）  
⇒発明家⇒大企業⇒多国籍企業
- 1914—1918 第1次世界大戦 ⇒科学者の動員



## 1939—1945 第2次世界大戦 ⇒マンハッタン計画

科学革命の原点は、コペルニクスである。彼は初めて地動説を唱えたが、これは従来の教会を中心に信じられてきた天動説に対して、コペルニクスの転回と言われるほど、革命的な出来事だった。しかし、いわゆる近代科学の出発点は、ガリレオである。すなわち彼は、ピサの斜塔での物体落下実験（伝説かもしれないが、象徴的である）など、実験的手法により法則性を明らかにするという、近代科学の手順を組織的に行った最初の人物であった。それまでは、アリストテレス流の哲学で科学的思考がかたちづくられてきたのである。

またデカルトは「我思う、ゆえに我あり」という言葉で知られるが、科学的方法論を提唱したことでも知られる。その中でも一番有名なのは、要素還元主義である。彼は、ある現象について、より基本的な要素について調べれば、詳細が分析でき法則も樹立しやすいので、基本的な要素に立ち戻ることを主張した。この考え方は、近代科学を推進させるために非常に有効であったし、実際に成功もしてきた。現代の生命科学がDNAのような微生物学を抜きにしては語れないように、より根源的なものに立ちかえることによって、さまざまな現象を明確に解明できると考えたのである。素粒子論も同様である。

そして科学革命の集大成を行なったのはニュートンであり、いわゆる古典力学を完成させた。ただし、この時代まではニュートンも含め、すべて神という言葉は使用している。「自然界は、神が著述したもう一つの書物である」（最初の1冊はもちろん「聖書」だ）と認識し、自然界を解読することは神の意図を読み取ることと同義だととらえた（皮肉なことに、神の名を用いて追求し、神が不要であることを示した結果になっているが……）。

それに対して18世紀の特徴は、産業革命である。これは冒頭で指摘したように、経験則による技術革命でもあった。その後、19世紀の熱力学へと続いていく。さらに19世紀には、ファラデー、マクスウェルらによって電気と磁気を統一させた電磁気学も完成する。また、生物

学の重要なメルクマールとなったダーウィンの進化論やメンデルの遺伝学説が登場する。そして、それらの学説の物質的な根拠として遺伝子が発見された。

19世紀の中頃（1840年頃）に、それまでの「自然哲学者」という呼び名に対して、新たに「科学者（サイエンティスト）」という言葉が登場する。したがって科学者という存在が明確に社会に位置づけられてから、まだ150年くらいしか経過していないことになる。自然哲学者と科学者の違いは、前者が自然を解釈し、もっともありうる道筋を示す哲学を目的としたことに対して、科学者は現象を具体的に実証することを目的とした点にある。

19世紀後半からは、科学と技術の結びつきが非常に強くなる。エジソン、ダイムラー、ベンツ、カーネギーなど発明家やエンジニアがまず技術を先導した。彼らは必ずしも大学に行って学んだ研究者ではなく、町の技術者である場合が多く、暗黙知や経験則を巧みに活用して新しい技術を開発した。その時代に成立した企業は、いまだに大企業として存続しているものが多い。

同時に、「科学のための科学」から「社会のための科学」の側面がしだいに強調されるようになった。「社会のための科学」とは、技術を通じて社会に貢献する科学という意味でもある。科学の成果を有用に活用することは現代では当然視されているが、その傾向はこの頃から始まったと言えるだろう。

### 3. 科学と技術の定義

すでに指摘したように、科学と技術は本来は別のものでありながら、現在は1つにまとめられている場合が多い。ここで、今一度、科学と技術について定義しておこう。

科学は、ラテン語でScientia（スキエンティア＝自然界だけではなく、社会、文化も含めた総合的な知識）を指す。Sci（知る）+ence（成すこと）に分解され、研究によって獲得し、実験によって確立した知

識や、理論と実証によって客観世界の基本的原理や法則を発見することを意味している。そして、この作業に従事する人をサイエンティストと呼んだ（もっとも今日では、自然科学研究の従事者を「科学者」と呼ぶように限定的に使われている）

それに対して技術は、ギリシャ語でTechnologia（テクノロジー＝組織化した手練）を指し、組織化された（系統的な）経験に基づく知識を意味している。また、科学的知識を具体的な生産物（人工物）として表現し、人間の生活に利益をもたらすことをめざしている。

したがって、両者はもともとは別のものとしてスタートしているが、今日の日本で科学技術と一言で表現される場合は、技術に力点が置かれている。

#### 4. 科学と技術の対比

理解しやすいために、科学と技術の典型的な対比をしてみると、以下のように整理できるだろう。

科学	技術
原理、自然法則	応用、開発
真理発見の知	創造の知
普遍的（グローバル）	特殊（ローカル）
単純系・理想世界	複雑系・現実世界
原理主義（発見）	現実との妥協（発明）
個人的（合理的価値）	集団的（多元的価値）
人間と独立	人間に依存・密着
文化（精神的）	文明（物質的）
論理知	暗黙知

科学は原理や法則を発見し、技術は科学の原理を応用して人工物を開発する。したがって、真理発見をめざす科学と創造をめざす技術とでは、知のありようが異なる。科学は普遍的な現象を扱うが、技術は

特殊な事象を扱い、たとえ大量生産で製品をつくるとしても、一つ一つの製品は個別である。科学は原則として世界を単純化して理論化し法則性を見出すために、単純系・理想系を扱うが、技術は複雑系・現実世界を扱う。

また科学は原理主義に基づき、基本的な原理や法則は、それが完全に否定できる根拠がないかぎり信じるという立場をとる。これは先の要素還元主義同様、科学を推進するためには、非常に重要な要素であることはたしかだ。研究を進めるにあたって、目先の多様性にばかりとらわれず、全体の共通性も意識しておくことは重要である。それに対して、技術は複雑な現実世界を対象にしているため、しばしば現実との妥協に陥りやすい。

さらに、科学は文化（精神的）、技術は文明（物質的）の基礎となっていると思えるが、文化と文明については、さまざまな議論が交わされており、出版された書籍も膨大に存在するので、ここでは簡単にとどめておきたい。

### 【参考文献】

- 『文明の中の科学』村上陽一郎、青土社  
『公共のための科学技術』小林傳司編、玉川大学出版部  
『科学技術社会学の理論』松本三和夫、木鐸社  
『銃・病原菌・鉄 上下』J. ダイヤモンド、倉骨彰訳、草思社  
『科学と国家と宗教』吉本秀之他、平凡社  
『転回期の科学を読む辞典』池内了、みすず書房