

科学・技術と社会

2009年度講義

池内 了

■■■■目 次■■■■

第 1 章	はじめに	4
1-1	科学・技術・社会の強い結びつき -----	7
1-2	近代の科学・技術の歴史 -----	11
1-3	科学と技術の定義 -----	13
1-4	科学と技術の対比 -----	14
第 2 章	科学の社会的意味	16
2-1	科学の要件 -----	16
2-2	科学者という存在 -----	17
2-3	科学者への眼差し -----	20
2-4	専門職（プロフェッション）とは何か？ -----	21
第 3 章	科学・技術・社会に関わる諸事件	24
3-1	日本における科学・技術に関わる事象（諸事件） -----	24
3-2	代表的な事例へのコメント -----	25
第 4 章	科学と技術の歴史	35
4-1	人類の英知の発展—3分の1の法則 -----	35
4-2	技術の発展—技術革命の40分の1の法則 -----	36
4-3	科学の萌芽と蓄積 -----	37
4-4	科学革命前夜 -----	37
4-5	産業革命の経緯と影響 -----	39
4-6	19世紀における科学の確立と技術の接近 -----	40
第 5 章	20世紀の科学と技術	43
5-1	20世紀前半の科学と技術 -----	43
5-2	20世紀後半の科学と技術 -----	44

5-3	20世紀の科学・技術の問題点	47
第6章	科学の変容	49
6-1	科学の軍事化	49
6-2	科学の制度化(体制化)	57
6-3	科学の技術化と商業化	59
第7章	科学の技術化の問題点	64
7-1	「技術的合理性」とはなんだろうか？	64
7-2	技術化が加速されていること	67
7-3	非効率で高価な製品	67
7-4	得たものと失ったもの	70
7-5	共有地の悲劇	73
7-6	技術の特質	74
第8章	科学者倫理と社会的責任	78
8-1	科学者の倫理責任	79
8-2	倫理違反	80
8-3	科学者の社会への説明責任	86
8-4	科学者の社会的責任	86
8-5	JASON と UCS	89

<関連著書>

- 『科学の落とし穴』 晶文社、2009年
- 『疑似科学入門』 岩波新書、2008年
- 『科学者心得帳』 みすず書房、2007年
- 『禁断の科学』 晶文社、2006年
- 『転回期の科学を読む辞典』 みすず書房、2006年
- 『ソフトランディングの科学』 七つ森書館、2006年

- 『娘と話す 地球環境問題ってなに?』現代企画室、2006年
『寺田寅彦と現代』みすず書房、2005年
『娘と話す 科学ってなに?』現代企画室、2005年
『考えてみれば不思議なこと』晶文社、2004年
『ヤバな科学』晶文社、2004年
『科学・技術と社会』放送大学振興会、2003年
『物理学と神』集英社新書、2002年
『科学は今どうなっているの?』晶文社、2001年
『私のエネルギー論』文春新書、2000年
『科学の考え方・学び方』岩波ジュニア新書、1996年

第1章 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 1 k w/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、宇宙空間でイ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、10 cm～1 m 単位のものが、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いられないし、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。

1.1 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」と一言で表現する場合が多い。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。

私はもともとは物理学専攻なので、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、ウイ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。

1.2 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、デユボン、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 のようなマイクロ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説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。

1.3 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

イストと呼んだ(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。

1.4 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)の基礎となっており、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

第2章 科学の社会的意味

科学が持つべき要件、科学者の規範を列挙しつつ、アカデミック・コミュニティが持つ条件を振り返ってみよう。そして今日、大学という社会制度に定着した研究者、科学者たちは、現代においては大きく変容しようとしている。そこで科学者とは社会的にいかなる存在であるべきかを考えつつ、そのプロフェッションの特質を明らかにしておこう。

2.1 科学の要件

科学の役割は知識創出であるが、その中には、純粋な好奇心に基づく科学、文化としての科学、道具としての科学(技術の基礎となる科学)などがある。いずれにしても、知識の創出が科学の基本要件であり、それが果たされなければ科学とは言えないだろう。

また、科学は科学コミュニティ(学問共和国、学問共同体)によって支えられている。科学コミュニティを成立させる一般的条件は、合理性と客観性である。真実を追究する中で人類の利益をめざすとともに、高い水準の専門性を維持していく必要がある。また相互信頼に依存する社会秩序が原則である。

科学者が従うべき規範(CUDOS)は5つあるとされている。正確な表記はKUDOSであり、これは、もともとは称賛、榮譽、名声などを意味している。科学者は称賛、榮譽、名声などを求めて研究しているわけではないが、研究成果の結果としてこれらを得ることがある。そこで、科学者がCUDOSを得るためには、次の5つの規範が必要だという。

(1) 公有主義(Communalism)

科学の成果は公共の知識である。したがって、素早く広く公表することが必要であり、秘匿は禁止されなければならない。現在の

科学で最も大きな問題は、公開の原則が少しずつ崩れてきていることである。特に医学、薬学では特許問題が絡むため、特許をとってから公開されがちだ。しかし、少なくとも科学者が生み出す知識は公共財であることを忘れてはならない。

(2) 普遍主義 (Universalism)

科学にいかに貢献しているかということのみが重要な基準である。その対極は、現世的な名声である。

(3) 無私性 (Disinterestedness)

自らの利益を得るための研究ではなく、客観的事実への信頼、謙虚さ、信用、誠実が研究者のもつべき規範である。

(4) 独創性 (Originality)

新しい寄与は科学推進のモーターであり、自分で問題を発見することが大切である。

(5) 懐疑主義 (Scepticism)

科学者は重大な問題が提起されたときには、すぐその結論を鵜呑みにせず、いったん疑ってかかり、追試などを通じて自らが納得するまでは結論を保留する。他の科学者を信頼しないわけではなく、その成果に対して、自分自身で確認、納得した上でなければ信用しないということだ。

こうして科学者は、コミュニティから認められることを期待して学問に貢献し、科学情報を社会における評価と交換することができる。

2.2 科学者という存在

19世紀中頃に「科学者」が登場するまでは、ほとんどすべてアマチュア（副業）であったと言える。たとえば、ソクラテス、アリストテレスなどギリシャの哲人たちは、肉体労働や日常の雑事は奴隷労働に

任せ、その結果生じた多くの自由時間を哲学的思考にさくことができた。ソクラテスの妻クサンティッペは悪妻とされているが、おそらくソクラテスが昼間からぶらぶらして働かないことに口うるさかったことが、後世、悪妻とされた理由だろう。

また 16 世紀、17 世紀には、キャベンディッシュ、ボイル、ダーウィンなど資産を持っている人間が科学研究にいそしむことができた。あるいは、ライプニッツ、デカルト、ガリレオなどは、貴族に仕えることによって研究を続けることができた。ラボアジエ、ニュートン、ラプラスなどは、政府の役人や大学の教員として給与を得ていた。ラボアジエは税金徴収の役人だったが、フランス革命時に、一般市民を徴税で苦しめたという理由でギロチンにかけられた。「首を落とすのは一瞬だが、ラボアジエの頭をつくるには 100 年かかる」という言葉も残されている。ニュートンはケンブリッジ大学の教授であったが、当時の大学は学生の授業料によって賄われていたため、生活は苦しかったようだ。さらに、コペルニクスやメンデルは牧師だった。

このように、19 世紀中頃に科学者（サイエンティスト）が登場するまでは、ほとんど他に生業があり、副業や余暇として科学に携わっていた。しかしその後は、大学教員としてもっぱら研究や教育に携わることが公式の仕事となり、学術に貢献する役割をもつようになった。

そして、大学における科学研究を推進するアカデミック・コミュニティが成立した。ここで非常に重要なのは、テニユア制度が確立したことだ。テニユア制度とは、企業で言えば定年制度のように恒久的に在籍できる制度で、期限を限った契約では独創的な研究ができないという考え方に基づいている。また、所属を明確にして信頼度を高めるという意味もある。現在の日本ではテニユア制は次第に少なくなり、有期雇用の形態が増えている。私は、総研大の理事として、かたやその方策を進めながら、他方では、本当に不安定雇用でいいのかどうかが悩んでいる。

またアカデミック科学においては、科学者は論文のみで評価されるべきである。そのために学会という組織ができ、同じ専門分野の科学

者が集まって評価しあう。それによって専門性が確立してくる。ピアレビューは「同僚評価」と訳されるが、同じ専門家同士が論文を審査し、評価しあうというスタイルで、現在でもさかんに行われている。

もう一つ、アカデミック科学は、支援者（個人から国家へ）に依存しているという認識も必要だ。科学そのものだけでは生活できないので、必ず支援者が必要になる。特に 20 世紀になってからは、国家がその大きな役割を果たしてきた。それは、科学的知識と学問に究極的な価値や有用性があるとみなされているからだ。知識が有用であることと支援は、バーター取引の関係にあるとも言える。

さらに、外部の権威に干渉されず内部に自由度をもっていることも、アカデミック科学の特徴である。それらは、しばしば「大学の自由」「学問の自由」と言われる。その意味で「象牙の塔」という表現は、ドラマ「白い巨塔」のように権威的・排他的な存在として否定的にとらえられているが、「学問の自由」が社会の動向とは独立して保障されなければならないという意味で、一定程度「象牙の塔」であることは必要だろう。しかし、唯我独尊になり、独善的な権力が発生する危険性もはらんでいることも忘れてはならない。

現在においては、科学研究の大半は大学で担われている。そこで、大学に所属する研究者であることが信用を担保する条件となっている。大学の大きな目的は教育と研究だから、専門分野が明確で社会的身分が明確であることが大事な条件となる。それによって大学のアカデミック科学が維持されてきた。しかし、現在はどんどんポスト・アカデミック科学の方向に向かいつつあり、大学も変貌しつつある。国の政策により、運営交付金は毎年 1% ずつ減らされ、逆に競争的資金の獲得が非常にシビアになっている。競争的資金獲得競争に負けると、資金が不足し研究できない→研究成果が上げられない→資金獲得の申請をしても認められないという悪循環に陥ってしまう。

もう一つの問題は、官僚など専門家以外の外部者によって査定（評価）が行われることである。また、最近とみに産官学連携が強調されるようになり、大学発ベンチャーによって価値のある知財を創出する

ことが求められるようになった。ここでも、科学とは別次元の査定が行われるようになっていく。その結果、科学の産業化が進んでいる。おそらくこの傾向は、今後もますます進行していくだろう。

2.3 科学者への眼差し

西洋においては科学の二重性に対する警戒心を持ち続け、科学者を全面的に信用しない傾向があった。マッドサイエンティストへの警戒心も強かった。マンガ、映画、アニメなどでは、科学者はだいたい白衣を着て、度の強いメガネをかけ、髪の毛はボサボサ……という風にステレオタイプで描かれている。社会的には、科学者はそういうイメージで描かれているのだ。

また、多くの小説や映画でも科学者が登場している。『フランケンシュタイン』（メアリー・シェリー、1818年）は、おそらく科学者が社会的に疑いの目で見られた最初の作品だろう。フランケンシュタインという合成人間をつくった科学や科学者への最初の問題提起でもあった。また、『ジキル博士とハイド氏』（ジョージ・スティブソン、1886年）は、慈悲深い医学者のジキルと残忍なハイドが同一人物の中に共存しているとして、科学者を典型的な二重人格者として描いている。さらに、『ドクターモローの島』（H・G・ウェルズ、1903年）は、キメラをつくる生物実験を行う科学者が登場し、生命操作を見通したウェルズの科学者イメージが描かれている。それに対して『すばらしい新世界』（オルダス・ハクスリー、1932年）は、逆説的にユートピア（つまりディストピア）を描いている。

映画（SF映画）も数多くあるが、水爆を開発しSDIにも協力したエドワード・テラーを念頭においたマッドサイエンティストを描いた『博士の異常な愛情』（スターリン・キューブリック、1963年）が秀作である。テラーは水爆や原爆を開発し、また米ソ冷戦構造の中でアメリカが勝つために何をしてもいいと考えていた。

日本で影響が大きかったのは『鉄腕アトム』（手塚治虫、1960年）

で、日本人の科学者イメージがお茶の水博士で代表されている。手塚治虫は科学信奉者だったので、鉄腕アトムは科学の良心的な側面だけが投影されているが、今日的な問題としては、ロボットが軍事目的で使われる可能性を否定できない。日本は世界でも抜きでロボット研究が進んでいるが、実際にロボットが軍事目的で使われるようになったら深刻な問題が生じる。すでにアメリカでは、無人飛行機などのかたちで一部利用されはじめている。

このように科学者に対しては警戒心も強い。われわれは、科学者が社会からどう見られているかについて、常に意識しておく必要がある。

2.4 専門職（プロフェッション）とは何か？

専門職(プロフェッション)と普通の職業(オキュペーション)の違いは何だろうか。プロフェッションとは、**Profess=Pro** (前に) + **fess** (宣言する)と記すように、「神に向かって公正であることを誓う」ことを意味している。したがって、神学者、医者、法律家、教師などが含まれるが、科学者もそれにあてはまる。

専門職(科学者と言い換えてもよい)と社会の間の合意は、次の3つで形成される。

- ・「真実の習慣」：普遍性、公共性、無私精神、客観性、組織化された懐疑主義（批判に対して開かれていること）
専門職は、**CUDOS** の精神に則って、社会にサービスし誠実であることを合意している。
- ・「他への献身」：公衆への寄与（成果の提供、無償で他へのレビューアーとなる、責任者を勤める、審議会、講演会等で専門の知識を提供するなど）
- ・「社会的地位」：社会は、専門職に名誉ある地位を与え自治権を付与している。（医師、法律家、看護師などの職務と倫理）

また専門職には、次の3つの資質が求められる。

(1) 専門性

特別な専門的知識をもっており、その事柄については独占的な権利が保証されており、教育、訓練における特別な制度や養成システムをつくっていく。

(2) 自治権

専門分野に関しては、他の何者にも干渉されず指示も受けず、自らが決定する権利を有している。

(3) 特別なモラル（倫理基準）

関係者全員に対してモラルに従う義務がある。特に一般公衆に対し暗黙の倫理協定を結んでいる。

さらに、専門職の守るべき倫理として次のものがあげられる。

(1) 知的に誠実であること

科学者は科学的真実に対して誠実であるべきだ。「君子は豹変し、小人は革面す」という教訓がある。この言葉は、態度がころころ変わるといふ悪い意味で使われる場合が多いが、もともとは、間違いに気づけば直ちに改めるといふ良い意味だった。

(2) 専門家としての想像力を発揮すること

科学者は自分の専門分野については熟知しており、その分野の意味や影響については想像しやすい立場にある。その想像力を発揮し、どこまで分かっている、どこまで分かっていないかなど科学の限界、悪影響、結果の予測について常に想像する必要がある。

(3) 事実を公開すること

事実を公開したオープンな議論こそ科学の真髄であり、隠匿がもっとも悪い。

(4) 市民としての義務

専門家と市民は信頼し信頼される関係を築くことが大切である。

以上の倫理は、いわば当たり前のことで、科学だけではなく、どの専門職の分野でも適用できる。

このことに関して、チャレンジャー事故の教訓を紹介しておきたい。スペースシャトルのチャレンジャー号が打ち上げ直後に空中爆発して、乗組員が全員死亡した事故があった。実は、前もって危険であることはわかっており、燃料ノズルに不具合があって、低温では燃料が漏れだす危険性が指摘されていた。しかも、打ち上げ前日の天気予報では、非常に温度が下がることが予測されていた。そこで製造会社の役員会が開催されたとき、悪天候のため打ち上げを延期するかどうかが議題になったが、すでに何度も延期しており、これ以上延期すると、NASA から契約を解除されるおそれがあった。技術役員からは延期の意見が出たが、最高責任者は、彼に対して「技術者の帽子を脱いで、経営者の帽子を被りたまえ」と言って、経営的立場から打ち上げを決断した。その結果、ノズルから燃料ガスが漏れて爆発した。このように組織と個人の相克は常に生じ、これをいかに克服するかは非常に難しい問題だ。

<参考文献>

『科学者とはなにか』村上陽一郎、新潮選書

『科学の真実』J・ザイマン、東辻千枝子訳、吉岡書店

『歴史における科学』J・D・バナール、鎮目恭夫訳、みすず書房

『二つの文化と科学革命』C・P・スノー、松井卷之助訳、みすず書房

『科学・技術の二〇〇年をたどりなおす』村上陽一郎、NTT出版

第3章 科学・技術・社会に関わる諸事件

科学・技術に関わる諸事件が数多く起こっている。それらをただ表面的に見るのではなく、その背後にある科学・技術の真髓に関係する諸問題を探り出す必要がある。そこで科学・技術に関わるいくつかの事件を読み解いてみよう。

3.1 日本における科学・技術に関わる事象（諸事件）

ここ 15 年ほどの間で、科学・技術に関わる代表的な諸事件を列挙してみた。

- 95 年 1 月 17 日 阪神淡路大震災
- 95 年 3 月 地下鉄サリン事件などオウム騒動
- 95 年から続く原子力施設の事故
 - 95 年 高速増殖炉「もんじゅ」のナトリウム漏洩事故
 - 97 年 東海再処理工場の火災事故
 - 99 年 JCO の臨界事故
 - 03 年 美浜発電所における蒸気細管破断事故
 - 07 年 中越沖地震—柏崎原発の一斉停止
- 96 年 1 月 薬害エイズ事件
- 99 年 3 月 山陽新幹線トンネル崩壊事故
- 00 年 雪印の食品汚染と中毒
- 01 年 日本における BSE の出現
- 02 年 人間の ES 細胞の確立
- 03 年 大企業の老朽施設の破断事件
- 04 年 三菱自動車の 100 万台リコール
- 05 年 JR 西日本の鉄道事故
- 06 年 黄教授を始めとする科学論文における捏造の続出
- 06 - 07 年 電力会社の事故隠しとデータ捏造の発覚

07年	i P S細胞（誘導多機能幹細胞）の作成
08年	宇宙基本法の成立
09年	宇宙交通事故

このうち、いくつかの事例を取り上げながら、科学・技術と社会の関係について考えてみよう。

3.2 代表的な事例へのコメント

(1)阪神淡路大震災

ここで考えてみたいのは、地震予知はできるか、ということだ。地震予知とは、どのくらいの強さの地震が、いつ、どこで起きるかの三点セットで予知することである。地震予知は、1960年代半ばから40年以上かけて莫大な費用をかけて研究してきたが、研究が進めば進むほど、予知できないことがしだいにわかってきた。しかし、阪神淡路大震災までは、予知はできるという前提で研究が進められてきた。

なぜ予知できないか。それは、「破壊の科学」だからだ。地中で生じている現象を解明する複雑系の科学であるために、予知することは不可能なのだ。だから、基礎研究はすべきと思うのだが、予知の看板は下ろしたほうがいいのではないだろうか。

かつて、カリフォルニア工科大学におられる地震学の大家の金森博雄氏と対話した際、彼は、地震は予知できないと断言していた。また、だから地震学者としてなすべきことは、地震学の知見を用いて、災害を減らすことに役立つべきだと提言していた。金森氏は、比較的地震の多いカリフォルニア州で地震が起こった場合、地震波の解析を進めて、高速道路を走行停止にするべきかどうかなどの助言を行政機関に行うシステムを開発し、その運営責任者をつとめている。すなわち、減災のために地震学を生かすことを実践している。金森氏に、「もしクルマや電車を止めるほどの大きな地震ではなかった場合、損害賠償を求められることもあるのではないか」と質問したところ、「刑務所に行

く覚悟はある」と答えた。科学者とはこうあるべきだと、私は非常に感動した。

日本の場合は、残念ながらまだそういうシステムができていない。また、地震学と建築、土木との結びつきも弱い(ただし、建設会社や土木関係の会社は実践的な研究を現場で行っている)。

(2)カルト集団オウム騒動

オウム教団の一連の事件はまだ記憶に新しいが、ここでの問題は、なぜ科学的教育を受けた若者が多く入信し、騒動に加担したか、ということだ。しかも、東大、京大、阪大など有名大学の学部や大学院で、素粒子論や宇宙物理などを研究している入信者もいた。

大学では、科学リテラシーや科学の社会的意味についての講義はいっさいしない。教師は専門分野の知識の切り売りをしているだけだった。やはり、これはまずいと思った。たとえ短い時間でも、科学と社会に関わる問題について考える科学リテラシー教育をすべきだ。たまたま、阪大の大学院出身のオウム幹部がしばしばメディアに登場していたこともあり、私が当時在籍していた阪大では、オウム事件後、そういう人間を育てたことへの反省から、科学・技術論という講義科目ができた。こうした問題をきっかけにして、大学における科学教育のあり方を考えていく必要がある。

(3)高速増殖炉「もんじゅ」の事故：カルマン渦列

「もんじゅ」の事故は、非常に単純な事故だった。これを私は、笹沢佐保原作の時代小説の主人公「木枯らし紋次郎」にたとえた。高速増殖炉の構造は、単純化して言えば、ウランとプルトニウムを分裂させてエネルギーを発生させ発電させるが、発電の過程においては、軽水炉のように直接に水にエネルギーを渡すのではなくナトリウムで熱エネルギーを運搬した後に水と接触させ、水を高温の水蒸気にして発電機を回す仕組みになっている。ナトリウムを高温化させると流体化してドロドロ状態になるが、温度を測る必要性から温度計が中にさしこまれている。温度計は 50 cm くらいの細長い棒状の形態をしている

が、そこに流れがぶつかると、カルマン渦列という渦が発生して棒が振動する。その振動音が木枯らしに似ているところから、私は「木枯らしもんじゅろう」と命名した。

「もんじゅ」事故の場合も、木枯らし状の渦が発生していた。温度計自体は床に頑強に取り付けられていたが、カルマン渦の発生のために常に激しく震動していたために、その取り付け部分がこわれてしまい穴が開き、そこからナトリウムが漏れ出してしまった。そのような環境下では、カルマン渦が発生することは流体力学の知識のある人間には自明のことだが、設計者はそのことを知らなかった。すでに述べたように、技術者は経験知、暗黙知で動くために、理論を軽視する傾向がある。

同様の事例に、タコマ橋の教訓がある。カナダとアメリカの国境近くの峡谷に新設された吊り橋が、完成後わずか1ヶ月余で崩落したというものだ。その原因は、峡谷の間を吹き抜ける風と吊り橋の共鳴振動の発生によるものだった。たまたま近所の住民が振動する様子を撮影していたので、その映像情報は、現在でも建築学の授業で重宝がられている。もともと完成当時からよく揺れていることは感じられていたので、住民はあまり利用していなかった。そこで不幸中の幸いと言えるが、人身事故にはならず、犠牲は、たまたまそのときその橋を渡っていた犬が一匹と、その後、担当した市役所の役人がクビになった程度ですんだ。その役人は、吊り橋に損害が出た場合を予測してかけられるはずだった保険料を、「こんな立派な橋が崩落するはずはない」とタカをくくってくすねてしまい、その結果、保険金が支払われなかったため、クビになったというものだ。

同様の共鳴振動の発生事故は、最近のロンドンでも起こっている。このように人工物をつくる技術の経験知は万全ではない。それまでに獲得された経験をもとに経験知がつくられているから、いったんその経験から外れると適応できなくなる。その場合は、普遍的な適用性をもつ理論が有効となる。

また、1999年に起こったJCOの臨界事故も、よく知られているよ

うに手抜きから生じている。いったん手抜きを始めると、手抜きがどんどん拡大するという好例でもある。小さな溶解槽を使うという細かいマニュアルはあったが、大きい貯水槽を使ったほうが作業が早く進むので、マニュアルを無視した作業を行っていた。また、上司もそれを承認していた。普通の原子炉の燃料の場合は、それでも事故は起こらなかったが、高速増殖炉用の燃料をつくる場合もその方式を踏襲し、ウランの含有率が高いものを大きな貯水槽に一度に入れてしまったために、持続的に核分裂反応が生じ、中性子が大量に飛び散ってしまい、2人の作業員が被曝して亡くなった。このように、いったん手抜きをして、それで事故がなければ、すべて大丈夫と過信して、手抜きが拡大していく。そこで次第に安全基準が下がり、どこかで破綻してしまうことになる。

(4)薬害エイズ

これは、企業、官僚、学会の癒着構造が背景にあった、構造薬害の問題である。現在の薬事行政では、企業が開発した薬を厚労省が認可するが、その認可可否を決定するのは、学者で構成される審議会である。従って、企業と官僚と学会が結託すれば、危険な薬も承認される可能性がある。1950年代以後、日本では、スモン、サリドマイドなど20を超える薬害が起こっているが、それらはすべて三者の癒着構造が原因であったと言ってよい。

また、薬害エイズは、医学者と厚生官僚が薬事法違反で刑事訴追を受けた最初の事件であった。それまでは薬害は何度も起きているにもかかわらず、刑事訴追を受けたことは一度もなかったのである。このケースで官僚の有罪は確定したが、医学者は裁判の途中でアルツハイマー病にかかり、最後まで裁判を受けることができなかった。

この薬害の原因は、血友病患者用の薬の中に、エイズ・ウィルスが混入していたのだが、それは、エイズ患者から輸血した血液を非加熱のまま利用したからだった。医学者は血友病の専門家で、非加熱製剤が危険であることを知りながら承認に同意したのではないかと疑われ

た。しかも最初は知らなかったにしても、いつの段階でその事実を知ったかも問題になる。もしその事実を知った時点で、直ちに製剤中止を提言していれば、被害は広がらなかった可能性もある。なぜ直ちに中止できなかったのかと言えば、在庫を完全に処分したいという薬品販売会社のミドリ十字と癒着関係があったからではないか。また官僚はその関係を知りながら黙認していたのではないか。裁判では、そのことが認定されて、官僚は有罪になった。

実は、ミドリ十字はこれまでに何度も薬害を起こしている。もともとは、第二次世界大戦中、満州でさまざまな人体実験をして 5000 人も殺したことで知られる 731 部隊の石井隊長の秘書をつとめていた人物が創設した会社である。石井隊長もそれまでの実験データをすべてアメリカに引き渡すことと引き換えに、戦犯逃れをしたという人物である。

この事件をもう少し一般化してみると、政治における専門家の利用法は次の 2 つがある。1 つは、薬事行政に典型的にあらわれているように、審議会のような専門家集団を隠れ蓑にする無責任行政である。これによって、誰も責任をとらないシステムがずっと日本社会ではまかりとおってきた。薬害エイズで、初めて関係者が刑事訴追を受けたことは、学会にも大きな影響を与え転換点となったと言える。

政治において専門家を利用するもう 1 つの方法は、水俣病問題で典型的にあらわれているように、欺瞞的な理論を提唱させることである。水俣病は、現在では、チッソの工場排水に含まれる有機水銀が原因であることは明らかになっている。しかし、熊本大の研究で、チッソの工場排水が原因であることがほぼ解明された頃、東京工大の研究者はアミン説、京大の助手はウィルス説を唱えた。彼らは国からの要請に応じて研究したらしいが、水銀以外の説が主張されたことによって、その検証に時間がかかり、結果として、水俣病の解明や対応が数年遅れた。

なぜそんなことが行われたか。これは後に述べる倫理の問題とも絡んでくるが、功利主義の発想がある。功利主義哲学の基本は「最大多

数の最大幸福」、すなわち、多くの人が幸福になるのであれば、少しの犠牲はやむをえないとも解釈される。一番分かりやすい例で言えば、たとえば船が沈没しかかっているときに、誰から助けるか、ということだ。現在のわれわれの意識では、高齢者、子ども、身体の弱い人から助けるべきだと意識するようになってはいるが、功利主義の立場からすれば、社会に役立つという観点から、男性の若者、女性の若者、子どもが優先され、高齢者や障害者は最後にすべきだということになる。残酷に思えるかもしれないが、いざとなると、そういう発想をとらざるをえないかもしれない。感情論だけでは語れない、非常に複雑な要素がある。

水俣病のときも、この考え方があったと思われる。当時のチッソは、化学物質の基礎であるアセトアルデヒドの生産が日本全体の7割を占めており、もしチッソが稼働中止になれば、日本の化学工業は壊滅的被害を受けることが懸念されていた。そこで国家的利益のためにチッソの延命をはかり、そのために研究者に水銀以外の原因研究を依頼したことは想像にかたくない。いずれにしても、これは非常に難しい問題である。

(5)JR 西日本宝塚線の鉄道事故

かつて寺田寅彦は、「文明が進化すればするほど、災害はますます大きくなる」と指摘した。つまり文明が進歩すると、社会の一様化、効率化、集中化が進む。たとえば新幹線は、1本で1000人も乗客を高速で運んでいるが、ひとたび事故が起きると、その被害もきわめて大きい。また、大都市圏の高層マンションは多くの人々に快適な生活を提供しているが、ひとたび地震などの災害で、水、電気が止まると一瞬にして多数の人間が不便な生活になってしまう。

JR 西日本宝塚線の鉄道事故は、技術によって時間が加速されていた結果、運転手は少しの遅れにもプレッシャーを感じ、スピードを出しすぎてしまったことが原因とされている。これは、科学・技術と社会が非常に密接に絡み合う問題でもある。

また、山陽新幹線は、東京オリンピックの1964年に建設された東海道新幹線より建設時期は遅いが、早く使い物にならなくなると懸念されている。高度成長期の東海道新幹線、東名高速道路以来、日本中で続々と鉄道や道路が建設され、それに伴って大型工事の技術構造が変化してきた。すなわち国から民間企業体へのシフトが進み、受注はコントラクター(契約者)で、実際の工事は下請け、孫請け、ひ孫請け……に担当されるという構造に変わってきた。

山陽新幹線では、工期の短縮が要請され、さらに砂利が不足していたので、広島より西は海砂利を使うことになった。しかも塩分が多いのにちゃんと洗わずに使ってしまったために、コンクリートの鉄骨が早く消耗するという問題が生じている。さらに、コストを安くするために、弱い立場の孫請け、ひ孫請けの業者が、セメントに水をたくさん使ったという実態もあった。そこで、山陽新幹線のコンクリートは非常にひ弱で、実際にトンネル崩落事故も起こっている。まさに、これは科学・技術と社会が一体になって起きた事件だ。

(6) i P S細胞の作成

i P Sは(Induced pluripotent stem cells)の略で、人工多能性幹細胞とも誘導多能性幹細胞とも訳される。ES細胞(胚性幹細胞)に似た分化万能性を持たせた細胞のことで、京都大学の山中伸弥教授らのグループによって世界で初めて作られた。体細胞に3種か4種の遺伝子をレトロ・ウィルスで導入して活性化すれば幹細胞となり、自在に臓器を作らせることが可能であるとして、再生医療に利用できることが期待されている。まだ実際にはすべての臓器が作られているわけではないが、社会に役立つことが明確に証明されれば、ノーベル賞受賞もありうる発見である。

現在は開発競争が激しく、特に現在日本では技術開発が進み、研究組織、研究費の再編成が行なわれている。もともとは山中グループが2006年にマウスで成功し、翌年に人間で成功した。アメリカでもほぼ同時期に成功している。山中さんたちが作ったi P S細胞は、実費

(1500 円程度)で、いろいろな研究所に自由に使わせており、研究の公開を重んじている。ただし、特許は京大が取得している。

いずれにしても、これは時間をかけて研究する必要があるのは自明だろう。i P S細胞が安全で再生医療に使って寿命も長いことが求められる。ES 細胞で作られた羊のドリーは病気がちで、子どもは生んだものの、寿命は短かった。その意味で、安全性と寿命までチェックしてから利用しないと危ないかもしれない。現時点でも、導入に使われるレトロ・ウィルスが原因でガンになりやすいのではないかと懸念され、レトロ・ウィルスを使わない方法も開発途上にあるという。

この問題は極論すれば、i P Sから生殖細胞の作成が可能となることによって、いわゆる人造人間ができるのではないかという懸念につながる。もしそれができると、卵子を使わず人造人間ができる可能性も出てくる。このような技術は、たとえば再生医療だけに限定して使うなど、よほど注意して使うように、われわれは常に監視していなければならない。

(7)宇宙交通事故

冒頭で紹介したように、宇宙ゴミは現在、1 m以上で 6000 個、10cm 以上 12000 個、1 cm 以下で数十万個存在するとされている。まさに、技術の使い捨てシステムの象徴である。すでに、イリジウム衛星とロシアの廃棄衛星が衝突した事件もあり、宇宙空間も安全な場所ではなくなりつつある。

現在、国際宇宙ステーションは 2015 年までしか計画がない。大きさはサッカー場くらいあるので、そんなに巨大なものが無人のまま宇宙空間を浮遊するとどうなるか。宇宙ステーションは無重力状態の実験以外には、それほどメリットはない。むしろ国威発揚の側面が強いのではないか。日本は「きぼう」という実験棟を運んで実験しているが、アメリカとの宇宙協力というかたちで 2000 億円を献上している。だからこそ、日本人の宇宙飛行士が乗せてもらえている。

宇宙基本法は 2008 年に制定された。もともとは 1967 年に宇宙平和

条約が国連で採択され、どの国にも宇宙に飛翔体を打ち上げる権利を保障した。ただし、大量破壊兵器、核兵器の搭載は禁止した。先日の北朝鮮の「人工衛星」打ち上げは、この条約に基づいていると主張した。ここで、人工衛星と長距離ミサイルの違いを説明しておく、両者はほとんど同じであるが、違いが1カ所だけある。それは、先端部分の構造だ。人工衛星は大気圏外を回るから空気摩擦はほとんど関係ないため、先端は丸い。それに対して、長距離ミサイルは、大気中に突入する際の摩擦熱で燃え尽きないように、先端部分は完璧な流線型をしている。その意味では、先日の北朝鮮の飛翔体は、私が見たところ先端部分が丸く見えたので、人工衛星ではないかと思った。

日本では宇宙平和条約にのっとり、非軍事的利用に限定して、自主的・民主的に行なう、公開する、国際協力するという宇宙三原則を定めていた。今回の宇宙基本法では、「非軍事」から「非侵略」への流れが明確になった。すなわち、国の安全保障のために宇宙を利用するとして、安全保障が前面に出てきた。この結果、防衛のためのミサイルやスパイ衛星などが自由に飛ばせるようになった。これで、はたして宇宙科学の未来がどうなるか、かなり心配している。

日本は北朝鮮からのミサイル攻撃に対してミサイル防衛すると主張しているが、あれでは絶対当たらない。ミサイル防衛はアメリカが金をかけているが、その負担を日本にもおしつけてきている。日本は総務省管轄で偵察衛星を4基打ち上げており、総費用は600億円かかっているが、そのデータはいっさい明らかにしていない。今回の北朝鮮の問題でも、日本の偵察衛星からの写真は1枚も使われていない。というのも、日本の偵察衛星の分解能力はせいぜい1~3m程度だが、世界の商業衛星のそれは60cm、さらにアメリカの最新衛星の場合は15cmで、人間の顔まで識別できるという。そういう意味では、日本のスパイ衛星の性能は低い、宇宙科学の観点からは別にそれでもかまわないと思う。

いずれにしても、われわれの周辺ではさまざまな問題が生じている。

今日紹介したのは、科学に関する事件が報道された新聞記事のうち一部にすぎないが、現実社会ではもっと多くの事件や問題が起こっていて、われわれも意識するとしなにかかわらず、それらに巻き込まれている。当面する問題はたくさんあるので、これらの問題について関心をもち、人に説明できる理解力をもつことが大事だと言えよう。

<参考文献>

『地震と社会 上下』外岡秀俊、みすず書房

『科学時代の知と信』J. ポーキングホーン、稲垣久和、濱崎雅孝訳、岩波書店

『ノーモア薬害』片平きよ彦、桐書房

『厚生省の「犯罪」』毎日新聞社薬害エイズ取材班、日本評論社

『裁かれるのは誰か』原田正純、世織書房

『医学者は公害事件で何をしてきたのか』津田敏秀、岩波書店

『科学技術のリスク』H. W. ルイス、宮永一郎訳、昭和堂

『レッドムーン・ショック』M. ブレジンスキー、野中香方子訳、NHK出版

第4章 科学と技術の歴史

本章では、科学史・技術史を簡単に振り返り、現代の科学・技術文明がいかなる歴史の上に成立したかを考える。人類は長い時間の歩みの中で科学・技術を発達させてきたが、その発達には大きな差があった。まずその点から明らかにしていきたい。

4.1 人類の英知の発展—3分の1の法則

人類の英知、知性の身のつけ方と技術の発達には時間差がある。おそらくホモサピエンスの出現から今日まで、知性はそれほど変化していないのではないかと考えられる。もしホモサピエンスが今日の社会に出現しても、数年のうちに適応できるのではないだろうか。

そこでまず、人類の英知の進歩について眺めてみると、非常に大雑把に言って、そこには「3分の1の法則」があるように見える。600万年前、サルが木から下りて、人類は二本足で歩行を始めた。類人猿から猿人への進化の中で、両手が解放された。これは人類に進化にとって非常に大きな出来事だった。それによって手作業が可能になったからだ。そして(学術的には見解がいろいろ分かれているが)200万年前、人類(ホモハビルス)は石器を発明し、狩りや料理に使用するようになった。ちなみにホモハビルスとは「器用な人」の意味である。石器は人類初の技術導入と言える。

さらに60万年前、原人(ホモエレクトス)が、おそらく人口増や食料難からアフリカを出て(第一期出アフリカ)東アジアへ渡り、後に絶滅した。ホモエレクトスの一種、北京原人は、後に技術のところで述べるように、40万年前に火を使うことを覚え、火を使う技術を開発した。そして、20万年前に新人(ホモサピエンス)が登場した。彼らは、われわれ人類の直接の祖先であり、6万年前、アフリカを出て(第二期出アフリカ)全世界へ広がった。この間に脳容量も増加して言語を獲得し、文世界の各地で適応し、それぞれの風土にあった文化・宗教を創り上

げた。

このように人類の歴史を眺めてみると、ほぼ時間を3分の1に短縮して発達していることがわかる。

4.2 技術の発展—技術革命の40分の1の法則

人類の英知の獲得のスピードに比べて、技術発達のスピードは劇的である。

40万年前にホモエレクトスが「火」を発見し、猛獣を撃退する、暖をとる、料理に使うなど火の多様な用途を開発したが、いわばこれが人類最初のエネルギー革命となった。そして1万年前、定住して農耕を営むようになり、農業革命をおこした。それによって、共同作業、物々交換、市、貨幣、計算、分業などを発達させ、都市文明社会を出現させた。さらに250年前、地下資源の利用と機械制生産体制の確立により、産業革命をおこした。それによって科学・技術文明の基礎をつくり、それは現代まで継続する技術革命の原点となった。そして6年前には、IT技術の発展による情報革命が生じ、通信革命だけにとどまらず、あらゆる面で人間の生活様式まで変革しつつある。

こうして農業革命、工業革命、情報革命を通じて、新たな産業が起り、産業構造がドラスティックに変化している。そしてこのスピードは、だいたい40分の1となっている。数字が正しいかどうかはともかくとして、少なくとも、技術の発達人類の英知よりはるかに速いスピードで進んでいることはたしかだ。そして、現在の人間は技術に追われているかのような状況にある。

エジソンが亡くなったのは1931年だが、そのとき、ウォルター・リップマンは、「人類の英知の進歩と技術の進歩には格段の差があり、英知はどんどん置いていかれるのではないか」と指摘している。戦後は、技術が英知を追い抜くスピードがさらに加速している。特に情報技術の発展は技術の中でも速く、情報革命「10分の1の法則」が成立するだろう。たとえば5万年前、人間は前頭葉の発達により言語を獲

得し、5000年前に文字を発明した。そして500年前に活版印刷技術を発明し、50年前に半導体素子を使った電子式コンピュータを完成させた。5年前からインターネットの本格的普及が始まり、今日の情報革命に至っている。

4.3 科学の萌芽と蓄積

ホモサピエンスの大きな特徴は文化だ。先ほど述べたように、6万年前に人類の祖先がアフリカを出て、ヨーロッパ、アジア、南北アメリカに広がった。そのスピードは1年間に何十kmというものであったが、その間各地で、壁画や装飾品などの文化、埋葬儀式のような宗教的儀礼をつくりあげていった。そして最初の本格的科学は、1万年前の農業の開始時だったかもしれない。野生植物の観察から品種の選別・改良を行ない、何世代もかけて、人類にとって役立つ遺伝子を順化させていった。しかもこの最初の科学革命は、植物の採集に携わった女性によって手がけられた。

5000年前には、天文学や数学など文字によって記述される科学が可能になった。その後、文化の蓄積と継承と発展によって人類の英知は豊かになっていった。また火を使うことから始まった技術は、金属精錬、ガラス加工、発酵技術（パンとビール）、織物技術など、さまざまな分野の技術を蓄積、継承、発達させ、社会は豊かになった。

4.4 科学革命前夜

いわゆる科学革命は17世紀に起こっているが、それ以前の社会はヨーロッパでは中世と呼ばれている。そしてその当時の社会は暗黒であったとされているが、実は暗黒の中世観は間違っている。当時の社会は清潔で規律もゆきわたっていたらしいが、キリスト教が広がり、宗教に縛られていたのは事実のようだ。また、他の文化圏との交流もほとんどなく、いわば閉ざされた世界ではあったようだ。

8～9世紀にかけて、ギリシャ、ローマの古典がアラビア語に翻訳され、ルネサンス期前後にふたたびラテン語に翻訳されてヨーロッパに還元している。その意味で、アラビア文化はきわめて重要な役割を果たした。12世紀以降は、レコンキスタ、十字軍などを通じて、東西の文化交流が起こり、イスラムとヨーロッパの文化交流がさかんになると、文化を学びたい欲求が高まり大学がつくられるようになった。大学はその形態によって、ボローニア型とパリ型に分かれていた。ボローニア型は学生が教師を雇用するスタイルであり、パリ型はカレッジ型、つまり今でもケンブリッジ大学、オックスフォード大学にその形態が残っているように、学生や教師がそれぞれのカレッジに住み込んで学び、教えるスタイルである。

13世紀にはイスラム文化革命が起こっている。東西の文化交流の結果、アラビアにヘレニズム文化をはじめとする、さまざまな文化が蓄積されていることが発見されたことから、アラビア語からラテン語への反訳などの動きが活発になった。またシルクロードを通じて、東西の文化交流もさかんになり、中国、アラビア、ヨーロッパが結ばれるようになった。当時出版されたマルコポーロの旅行記は、アジアに対する興味をかきたてた。

こうした歴史的背景があって初めて、14世紀にヨーロッパでルネサンスが起こったのだ。紙、木版印刷、火薬、コンパスの輸入と改良は、新しい技術革命とされているが、これらの原理はすべて中国から来ている。シルクロードを通じて文化がヨーロッパに運ばれ、ヨーロッパで花開いたと言えるだろう。その意味で、ルネサンスは通常、文芸復興と表現されるが、実は技術の復興と伝播でもあった。

15世紀の大航海時代は、アメリカ、日本などにヨーロッパ人が到達したことによって博物学の基礎をつくった。また16世紀にグーテンベルグが発明した活版印刷術は、交通網の発達とあいまって、知識の発表と伝播に非常に大きく貢献した。

すでに述べたように、16世紀にはコペルニクスが地動説を唱え、17世紀にはガリレオが望遠鏡の使用による実験手法を開発した。ニュー

トン は 万有引力の提唱によって古典力学を完成させたが、まだ中世的な要素も残っており、錬金術や聖書の暗号化に凝ったりしていた。18世紀には博物学が隆盛となり、植物学、動物学、鉱物学、地質学へと分化していった。科学の専門分化が進みはじめたのは、18世紀の博物学からと言える。

4.5 産業革命の経緯と影響

技術の発達に、産業革命は非常に大きな影響を与えた。産業革命は石炭など地下資源を利用したエネルギー革命であるが、そもそもは経験則を基礎とし、現実から要請された技術開発が中心であった。1709年に、ニューコメンはコークスを利用し、熱機関を発明した。1764年、ジェームス・ワットは蒸気機関を改良し、機械制工業への発展の基礎をつくった。現在のわれわれも、産業革命を続行していると言えなくもない。

というのは、産業革命がもたらしたものは、すべて現在に通じており、本質的な部分の変化はないからだ。たとえば、公害問題の発生による環境汚染は、現代でも変わっていない。産業革命初期には、石炭を大量に燃やしたため、黒い煙と煤が街中を覆っていたが、これは現在の二酸化炭素による温暖化問題に通じている。さらに労働者の雇用問題もある。産業革命初期には、労働者による機械打ちこわし運動(ラッドライト運動)が頻発するが、機械の導入により、手作業の熟練労働者が職を失ったことへの反発だった。また当時は女性や子どもの長時間労働も深刻な問題になっていた。産業構造の変化によって就労形態が変わり、雇用問題を引き起こしていることは、今日の非正規社員の労働問題とも共通している。さらに、工場のある都市での仕事を求めて人口の流入が激しくなり、都市は豊かになるが、地方は疲弊していき、都市と地方の対立を生んだ。これも現代と同様の問題である。

そして、機械生産体制の確立により、大量生産、大量消費、大量廃棄の社会構造ができあがっていった。これは、地下資源は無限にあり、

廃棄物も無限に捨てられるという前提に立っているという意味で、私は「地下資源文明」と呼んでいる。少なくとも第2次世界大戦までは、この思想が当たり前で、地球は無敵大と考えていた。当時の人間の生産力はそれほど大きくなかったので、地球は無敵大と見なしてもかまわないと考えられてきたのだ。生産力が小さい間はその考え方は通用したが、現在は行き詰まりつつあり、資源や環境の有限性が明確に認識されるようになってきている。大気中の二酸化炭素が増えていることは事実で、森林や海などのこれまでの自然界の処理能力を凌駕している。これも産業革命から今日まで続き、いよいよ深刻に直面している問題である。

最後が資本主義の確立である。資本主義が本格的に成立したのは産業革命以降であり、国家に代わって、資本の論理が貫徹されるようになった。現代のグローバル資本主義は、極限にまで資本主義が拡大していると言える。

このように産業革命の影響は、現代に直接に、あるいはかたちを変えて、大きな影響をもたらしており、本質的な部分では基調は変化していない。その意味では、産業革命の影響は今日まで続いているとも言えるので、科学・技術の歴史を見るときに、このことはおさえておくべきだろう。

4.6 19世紀における科学の確立と技術との接近

19世紀の前半から、科学の分化と専門化が進展する。たとえば、地質学（1802年ハットン、1830年ライエルによって成立）は地球物理学、鉱物学に分化し、化学（1803年ドルトンによって成立）は、染料、医薬品、肥料、フィルム、石炭、石油工業へと分化していく。また、生物学は進化論（1859年ダーウィンによって成立）、遺伝学へと分化し、物理学は電磁気学（1864年マクスウェルによって成立）につながり、電気の時代をつくっていく。

すでに指摘したように、1840年代に、専門的に自然科学を研究する

人を「サイエンティスト」と命名したのはヒューウェルである。実際に、1850年代を境に、自然哲学者から科学者へと変化していく。これについては有名なエピソードがある。ダーウィンの進化論を強かに擁護したのは、トマス・ヘンリー・ハックスリーで、ダーウィン説に反対する学者にかみついて反論したので、「ダーウィンのブルドック」と呼ばれたほどだった。ところがある講演会で、「サイエンティスト」として紹介されると席を立たず、自分は「フィロソファー」だと言ったという。当時は、サイエンティストよりフィロソファーのほうが格上であるという認識があったのだろう。

いずれにしても、19世紀半ばには、科学の確立、自立化、専門化が始まっていた。一方、技術については、すでに指摘したように、いわゆる発明家（エジソン、カーネギー、フォード、デュボン、シーメンス、ベル、ディーゼル、ダイムラー、ベンツ、マルコーニ、コダック、イーストマン）が経験知と暗黙知によって新しい技術を開発していた。19世紀末から工業専門学校（ポリテク）や企業研究所が創設されるようになり、科学の技術への応用とそれを教育するシステムが成立していった。

日本の場合は、明治維新後、急激な近代化と国家の投資による技術開発を推進した。サイエンスを訳した「科学」という言葉の語源には、「専門分化した学術分野」という意味がある。最初から専門分化した近代科学として受け入れており、それ以前の広い意味でのサイエンスの要素は含まれていない。さらに、日本は諸列強に追いつくために、技術を重視して導入することに非常に熱心であった。ちなみに、帝国大学に工部大学を創設したし、大学の工学部設置は日本が一番早い。また工学部の割合は、理学部より8倍も多いように、工学が大学の過半数を占めるのは、西洋から見れば異常なスタイルだろう。こうして技術的要素の導入を急ぎ、国家投資による技術開発を行なった工学中心のシステムが継続してきた。これは日本の特異性でもある。

<参考文献>

- 『やりなおし教養講座』村上陽一郎、NTT出版
- 『科学者とはなにか』村上陽一郎、新潮社
- 『科学思想のあゆみ』C h. シンガー、伊東俊太郎、木村洋二郎、平田寛訳、岩波書店
- 『科学史へのいざない』大野誠編著、南窓社
- 『科学史を考える』大沼正則、大月書店
- 『科学の文化史』平田寛、朝倉書店
- 『反=科学史』P. チュイリエ、小出昭一郎監訳、新評論
- 『科学の歴史 上下』S. メイスン、矢島祐利訳、岩波書店
- 『技術の歴史』R. J. フォーブス、田中実訳、岩波書店

第5章 20世紀の科学と技術

20世紀を特徴づける言葉として、電気の世紀、化学の世紀、核エネルギーの時代、戦争の世紀、植民地解放、人口爆発の世紀など、さまざまなものがある。また、大企業と多国籍企業支配、グローバル化、資本主義と共産主義の対立及び資本主義の勝利、南北対立(先進国と開発途上国の対立)などがあるが、科学・技術の発達はその背景にあることは疑いない。なかでも20世紀は、突出して科学・技術が大きく進展し、文明の基礎を形成した。そこで、20世紀の科学・技術はいかなる歩みをしてきたか振り返ってみよう。

5.1 20世紀前半の科学と技術

まず、20世紀前半は、自動車、機械、鉄鋼、化学工業、電気製品に象徴されるように、いわゆる「重厚長大」の製造業中心の産業構造であった。そして、それを支える基礎科学は、ニュートン力学、電磁気学、熱力学などのいわゆる古典物理学であり、マクロなシステムを扱ってきた。

自動車産業の興亡は興味深い。最初はまずフォードやダイムラーのように、発明家が経験則によってクルマを作った。その後、1906年にフォードがT型フォードで開発したように、フォードイズムと呼ばれる分業と流れ作業方式を採用したことによって大量生産が可能になった。これによってクルマの価格が大幅に低下し、一気にモータリゼーションが広まった。そして、この大量生産方式は、チャップリンの主演映画『モダンタイムス』に象徴されるように、あらゆる産業に広がった。

さらに、GMは、1930年代に一つのラインで別のタイプのクルマを生産することに成功し、他人と違ったクルマに乗りたいという人々の欲望にこたえ、モデルチェンジの度に買い換え消費を促した。それによってGMはフォードから世界一の座を奪った。このモデルチェンジ

によって消費を促すシステムは、クルマ以外でもさまざまな分野で現在でも多用されている。

最近、ついにトヨタが世界一になったが、トヨタはカンバン方式（ジャストシステム）で知られる。これは、時間別の生産システムに合わせた部品納品で在庫をなくすシステムであり、これによって在庫のムダを省き、生産効率を上げた。現在はコンピュータ管理しているが、時間どおりに決められた数の部品を納入しなければならない下請けにとっては、非常に過酷なシステムでもある。なお、このジャストシステム方式は、現在はコンビニの納品管理にも応用されている。そして、いまや、「人間カンバン方式」になりつつあるとも言える。派遣や請負は、必要な時期に必要な人間を調達し、不要になれば解雇する使い捨てシステムだ。

いずれにしても、流れ作業、モデルチェンジ、カンバン方式という自動車生産システムは、これまで多くの産業に非常に大きな影響を与えてきた。はたして次は、電気自動車、燃料電池車か。これまでとは違うシステムに変わらざるをえないかもしれない。

5.2 20世紀後半の科学と技術

20世紀前半の特質が「重厚長大」であったのに対して、後半は「軽薄短小」の産業構造が中心になる。薬品、医療、エレクトロニクス、コンピュータ（IT）、バイオ、ナノテクなどが代表的だ。同時に、重厚長大のさらに極端なかたちとして、国策的に推進されるビッグサイエンスも存在する。宇宙開発、海洋開発、原子力産業、加速器、天文科学などがそれに該当する。

「軽薄短小」を支える基礎科学としては、量子力学、原子核物理学、分子生物学、有機・無機化学などがある。この新しい産業構造も基礎的科学・技術がベースになっていることは変わらない。現在は、科学を基礎とした技術開発が一般的で、その意味で科学と技術はほとんど一体化しつつある。

現代の科学・技術のポイントは、次のように整理できる。

(1) 電子の操作がもたらした I T 革命、情報化社会

「軽薄短小」のマイクロ技術を基本とした上で、国家の介入が重要な意味をもっている。電子製品は現在は、半導体技術によって支えられているが、もともとは真空管から始まり、トランジスタから半導体となり、IC から LSI となって IT 革命が起こり、現在の情報化社会に至っている。その間約 100 年かかっているが、日本では、コンピュータ開発については初期から今日まで通産省が支援してきた。40 年近く前、私が学生だった頃は、汎用コンピュータが中心で、巨大な IBM360 型が世界を制覇しかかっていた。日本はコンピュータ戦争で負けない覚悟で、通産省が日本の企業を経済的に支援し、技術を育ててきた。そして日本の大学のコンピュータはすべて日本製を導入した。その結果、IBM に支配されることなく、今日に至っている。

だが、巨大な汎用型コンピュータは 80 年代から終息しはじめ、パソコンのような分散型システムに向かい、コンピュータ・システムは様変わりした。コンピュータの発達は、生物の発達とよく似ている。もともとはスーパーコンピュータのように、単細胞生物的に、1 つのコンピュータで全部の作業をすることをめざした。そのために、どんどん大型化が進んだ。もう 1 つの進化として、手足が進化した多細胞生物的な方向があり、それぞれ得意な分野のみ受け持つため、分散型コンピュータが発達した。

(2) 原子力の利用⇒核戦争の恐怖（核の冬）

20 世紀後半には、原爆、水爆、原発など国家主導型のビッグサイエンスが登場した。1970 年代にはカール・セーガンが『核の冬』という本を著わしたが、われわれも核戦争の恐怖を身にしみ感じていた。現在でも、核兵器は 2 万発も存在している。以前はもっと多く、3 万発以上も製造していた。なぜそんなに大量に製造、保有する必要があったのか、まったく無意味なことだ。オバマ政権が成立し、ようやくアメリカとロシアで協議するようになった。

原子力発電所は巨大な大きさになっているが、原子炉そのものは小さい。たかだか2 m × 3 m程度だ。その意味では、核エネルギーは膨大なエネルギーを発生させるが、技術そのものは小さく、軽薄短小の例とも言える。

(3) 遺伝子操作⇒B T(バイオテクノロジー)革命、生命の操作

遺伝子操作の問題については、また別に述べるが、この問題は今後さらに広がっていくだろう。

(4) 国家の威信のための科学⇒ビッグサイエンス

国家威信のための科学は、宇宙開発がその典型だ。1957年にソ連が初めてスプートニク1号を打ち上げた。その背景には、今回の北朝鮮の行動と同様の評価があった。もともとロシアでは、長距離ミサイルを開発していたが成功していなかった。当時の開発担当者は、長距離ミサイルから人工衛星に切り替えることを決断して打ち上げた。フルシチョフ首相はそれに激怒したが、翌日の新聞がすべて「世界初の快挙」と絶賛したために、フルシチョフも態度を変えたという逸話がある。そして、その1ヵ月後にスプートニク2号を打ち上げた。また、その数ヵ月後にアメリカも人工衛星を打ち上げた。

その意味では、長距離ミサイルを前提とした技術開発がある程度進んでいたということだ。ただし大気圏に突入しても燃えない構造の技術開発には時間がかかり、実際の長距離ミサイルの実現までにはもう少し時間がかかった。

中国は2回目の有人飛行を行っている。たまたま1回目のときに中国に滞在していたが、「熱烈歓迎」ムードだった。これも、基本的には国家のパワーを示すパフォーマンスだ。

このように、宇宙開発、加速器、海底掘削などは、国家の威信をかけたビッグサイエンスである。

(5) 知財としての技術⇒新自由主義

現在、知財としての技術の囲い込みがどんどん進んでいる。基本的

には特許ビジネスであり、大学での研究と知財をどう区分けするかが非常に重要な問題になっている。現在、研究成果を簡単に発表できなくなっており、科学の公開性が薄れていることも問題になっている。

5.3 20 世紀の科学・技術の問題点

これまで見てきたように、20 世紀は技術が爆発的展開をした結果、次のような問題点を抱えることとなった。

(1) 地球環境問題の深刻さの拡大

地球温暖化、大気汚染、水汚染、気候変動、砂漠化、熱帯林破壊、酸性雨、オゾン層の破壊、環境ホルモン、生態系破壊、生物多様性の減少

(2) エネルギー・資源の逼迫

地下資源文明の行き詰まり、代替エネルギーはあるか、地上資源への転換は可能かなど技術体系の見直し

(3) 核エネルギーの制御

核五大国と言われる、アメリカ、ロシア（旧ソ連）、イギリス、フランス、中国以外に、インド、パキスタン、イスラエル、北朝鮮など、核兵器をもつ国が増えてきて、核拡散が問題になっている。

(4) 神に代わっての生命の操作

人間の生と死をコントロールする遺伝子操作が現実化しつつあり、神の領域が侵食されている。

(5) 情報化社会の光と影

(6) 加速度的な技術の進歩と人口爆発

これらはいずれも 21 世紀にも続く課題である。つまり、20 世紀の

科学・技術は非常に大きな展開をし、100年前より人間の可能性を拡大させたが、同時に多くの問題も背負い込んでしまった。つまり科学・技術の発達には、プラス、マイナスの両面があるわけで、この両面を見ながら、われわれは科学・技術をどう使いこなすかを考える必要がある。

<参考文献>

- 『百億の星と千億の生命』C. セーガン、滋賀陽子、松田良一訳、新潮社
『飛び道具の人類史』A. W. クロスビー、小沢千重子訳、紀伊国屋書店
『科学技術論講義』小泉賢吉郎、培風館
『科学技術時代への処方箋』調麻佐志、川崎勝編著、北樹出版
『エジソン発明会社の没落』アンドレ・ミラード、橋本毅彦訳、朝日新聞社
『百億の星と千億の生命』C. セーガン、滋賀陽子、松田良一訳、新潮社
『ヤバな科学』池内了、晶文社
『科学は今どうなっているの?』池内了、晶文社
『科学の落とし穴』池内了、晶文社

第6章 科学の変容

20世紀を通じて科学は大きく変容し、科学と技術は非常に密接な関係になった。科学の変容は、次の4つにまとめられる。以下、それぞれについて詳述する。

- (1) 科学の軍事化(第1次世界大戦～)
- (2) 科学の制度化(20世紀初頭～)
- (3) 科学の技術化(20世紀初頭～)
- (4) 科学の商業化(第2次世界大戦後～)

6.1 科学の軍事化

科学の軍事化については、科学者個人の協力と、組織的動員の2つがある。組織的動員が行われるようになるのは第1次世界大戦からだが、それ以前は個人として軍事的作戦に協力させられる場合が多かった。

(a) 科学者個人の軍事への協力

科学者が個人的に動員され、戦争に協力させられた典型的な例は、アルキメデス（BC250頃）だろう。彼は、自分の故郷のシラクサがローマに占領されそうになったときに、ローマ軍と対峙したと伝えられている。シラクサの鉄の爪（テコの原理）、放物面の利用（光学）、石の投射器（力学）などさまざまな試みが伝説として残っているが、実態はよく分からない。1つ有名なのは、丘の上に鏡をもった人々を立たせ、太陽の光を集中させて船を燃やしたという伝説だ。しかしこれはウソではないかとも言われていて、実際にこの実験をしてみたところ、どうもうまくいかなかったともされている。また、カタポルトという投石器の発明でも知られている。アルキメデス自体は戦争に協力したいと思っていたわけではないらしいが、故郷が侵略されそうになって協力したようだ。

あるいは、オランダのシモン・ステヴィン（1600年頃）は小数点の発明や静水力学の整備で知られるが、「軍用築城法」で軍事施設の設計をして、堅固な城の設計に活躍した。

(b)第1次世界大戦における科学者の組織的動員

科学者の組織的動員は、第1次世界大戦が最初である。それまでに発明されていたものを戦争の道具として改良、利用するケースが多かった。

たとえばライト兄弟が1903年に作った飛行機は、早くも1914年に戦闘機として登場し、1917年にはイタリアの爆撃に用いられた。潜水艦も、もともとは1885年にフルトンによって作られたが、1914年にはUボートとして戦闘に使われた。戦車も、もともとは19世紀にカリフォルニアの農夫が、水が多い地域のためにキャタピラーつきのクランマとして発明したものだが、1914年に戦車として登場する。

それから、第1次世界大戦では初めて化学兵器として毒ガスが使われたことで有名である。その中心を担ったフリッツ・ハーバーという研究者は空中窒素技術から窒素肥料を作って、農業生産の向上に貢献し、農業革命をもたらした。毒ガスは最初はフランスが使ったらしいが、その後、ドイツが開発を始め、ハーバーは塩素ガス、マスタード、イペリットなどを開発し、どんどんエスカレートしていった。まさに、科学知識を戦争に利用した典型的な例と言える。

ハーバーは「平和なときは科学は世界のためにあり、戦争になると科学は国のためにある」と意味深長なことを述べ、科学者は愛国者になるべきと主張している。妻のクララ・ハーバーも化学者だったが、夫の行動に悲観して、後に自殺している。それほどハーバーは頑固に愛国主義を貫き、アインシュタインの説得にも応じなかったという逸話もある。

第1次世界大戦直後の1918年、ハーバーは空中窒素を発明した業績からノーベル賞を受賞している。ノーベル賞には同じ分野の専門家からの推薦の言葉が必要だが、その中に「戦争はそもそも悲惨なもの

である。ハーバーは毒ガスをつくったが、それは戦争の悲惨さを少し増加させただけである」という趣旨の文章がある。一方、フレデリック・ソディは 1922 年にノーベル賞化学賞を受賞しているが、彼は、第 1 次世界大戦で戦争協力を拒否している。ハーバーとは対照的な人物で、戦争協力しなかったために研究費がもらえなかったという。

ワイズマンはイスラエルの初代大統領となったが、第 1 次世界大戦中、植物から火薬の原料となるアセトンを抽出し、イギリス軍に売り込んだ。その論功行賞として、パレスチナの自治権をイスラエルに与えるというバルボア宣言を引き出した。ところが、その後、フランスとイギリスの間でサイクスピコ協定が締結され、そこでは、戦争後パレスチナはアラブ人に与えると書いてある。イギリスはワイズマンの功績を讃えるためにイスラエル向けにバルボア宣言をし、一方アラブ向けにはサイクスピコ協定を結ぶという二枚舌を使ったことになる。現在でもパレスチナ紛争は解決していないが、その根源はここにあると考えられる。

(c) 第 2 次世界大戦における特殊プロジェクトへの科学者の動員

第 2 次世界大戦では、第 1 次世界大戦より特殊プロジェクトに組織的に科学者を動員するようになった。一番有名なのは、マンハッタン計画として知られる原爆開発である。さらに殺人光線と言われるレーダー技術も同様である(電子レンジはこの研究から生まれており、ちなみに、後にノーベル賞を受賞したラビや朝永振一郎がこの研究に参加した)。さらに、高速かつ長期距離爆撃機などの航空技術も同様だ。ロケットや生物化学兵器などに、いろいろな分野の科学者を総動員した。

原爆開発のマンハッタン計画では、アメリカでは、オッペンハイマー、フェルミ、シラード、ユレーイ、ベーテ、ファインマンなど、7000 人の科学者、技術者が動員され、当時の金額で 2 兆円を投じ、1942 年から研究を開始し、わずか 3 年後の 1945 年に開発に成功した。それに対して、ドイツでも原爆開発計画があり、ハイゼンベルグやワイツゼッカーが中心になっていた。アメリカでは科学者と技術者が一体

化して議論し、開発に従事したが、ドイツでは、科学者と技術者が分離していたという差があった。日本では、陸軍が仁科芳雄に命じて、ウラン分離の実験を行わせていた。また、海軍は京大教授の荒勝文策に設計を依頼していた。その計算をしたのが湯川秀樹であった。しかし日本は物量作戦をとらなかったので、開発に成功するはずはなかった。このようにアメリカ、ドイツ、日本、それぞれ国ごとに開発事情は異なるが、いずれにもしても原爆研究に科学者が総動員されていた。

生物兵器では、日本の 731（石井）部隊がチフス菌などを培養して中国人の捕虜に人体実験するなどのおぞましい歴史がある。ドイツでは、オウムが使用したサリンが開発されている。サリンという名前は、これを開発した 4 人の科学者の頭文字からとられている。

また、100 年にわたる爆弾の「進化」は次の表のようにあらわすことができる。

時期	爆発力	飛翔距離	犠牲者数
1860	20kg	10km	5 人
第 1 次世界大戦	2 t	100km	50 人
第 2 次世界大戦	20kt	4000km	20 万人
1960	20Mt	10000km	200 万人
	10 億倍	1000 倍	40 万倍

このように、爆発力は 10 億倍、飛翔距離は 1000 倍、犠牲者数は 40 万倍になっている。この 100 年の爆弾の進化は、爆発力×飛翔距離で 1 兆倍になっているわけだ。まさにこれは、科学者の協力があればこそと言える。

原爆の場合は多くの科学者が参加したが、非常に悲惨な結果がもたらされるとして、水爆の場合は、多くの科学者が手を引いた。ただし、エドワード・テラーのように、ソ連を敵視し、強大な軍事力を保有することを主張し、率先して水爆開発に携わった科学者もいた。なんと

愚かしいことかと思う。

(d)すべての科学・技術は二面性を持つ

科学自体は価値中立だが、いかなる科学も、常にプラスとマイナスの二面性をもつ。たとえば包丁は料理の道具にもなるし、殺人の武器にもなる。使い方によって大きな差が出るわけだ。二面性の一つは、民生用と軍用である。

そこで、軍用から民生用になった例をスピノフ、逆の例をスピノオンと言う。スピノフの例としては、コンピュータ、インターネット、CCDカメラ、レーダー、ナイロン、電子レンジ、ディーゼルエンジン、ソナー、スプレー、冷凍食品、ボールペンなどがある。

CCDカメラは、今では、デジカメ、携帯電話などでおなじみだが、もともとはアメリカで軍用に開発され、ベトナム戦争の際、ジャングルでのゲリラ対策に使われた。ベトナムが夜、ジャングルの中を武器や食糧を運んでおり、それを察知するために赤外線カメラを開発した。人間の体温に感応し、人間が発する赤外線の熱放射をカメラで撮影しようというものだ。ジャングルの中を人間が走ると、人工衛星に搭載した赤外線カメラに写ることを期待した。しかし、これは水牛が通っても写るために失敗だった。

それに対して、日本は民生用に目をつけた。アメリカは軍用に開発したので、軍事機密となり民間は手が出せなかった。日本は軍事機密がないので民生用の開発にいそしんだ。赤外線より可視光のほうが有効だということを見出し、可視光用の CCD カメラを開発した。ソニー、浜松フォトニクス(浜フォト)が最初に開発し、一気に世界中に広がった。そこでアメリカ産業界は、政府に圧力をかけて機密から外させ、やっと民生用市場に参入することができ、テキサスインスツルメントなど代表的な企業が開発に着手した。このように CCD カメラの開発は軍事と密接に絡んでいるが、軍事開発の歴史がなかった日本が勝利したというおもしろい事例だ。

逆に、民生開発から軍用目的に転化したものとしては、飛行機が

ある。ライト兄弟が発明した飛行機は、すぐに偵察機や爆撃機になった。レーザー光線も民生用からスタートし、核兵器に集中的に照射して機能を停止させるなどの軍事利用も考えられている。また、ロボットは——最終的に軍事利用と言っていいかどうか分からないが——軍事利用の一手手前まで来ている。一方、癒しロボット、火事ロボットが開発されるなど、まさに二面性をもっている。日本はロボット研究で世界一の位置にあるが、一步違う使い方をすれば、たとえば無人運転爆撃機、ロボット兵士など軍事利用に使われる可能性もあるし、今後さらに広がる可能性もある。

しかし、科学者たちは、ナチスへのレジスタンスも行っている。ランジュバン、イレーネ&フレデリック・キュリーなど、科学者としても一流の人々がレジスタンスを展開した(イレーネ&フレデリック・キュリーは1938年にノーベル賞を受賞している)。一方、ドイツ独自のアーリア科学を提唱し、ユダヤ人の迫害に加担したレーナルドとシュタルクもノーベル賞を受賞している。

ところで、軍事研究は、次のように非常に魅力的な側面をもつ。

(1)研究費や資材が自由に手に入る。

特に戦争時には優先的に予算が配分される。日本の科学者たちは、軍事研究の名目で研究費を獲得しながら、実際は基礎研究を行うなど、巧みに行動した。

(2)普段は禁止されている実験が可能(極端な例が人体実験)

(3)軍事動員から逃れられる。

中谷宇吉郎は、弟子が戦争に徴兵されそうになった際、軍事研究に必要だからという理由で徴兵を免除してもらったという例がある。第1次世界大戦で、ドイツでは科学者を徴兵猶予とし、イギリスは徴兵した。その結果、両国の軍事研究に大きな差が生じたという。そこで第2次世界大戦では、イギリスも徴兵を免除したという歴史

がある。科学者は、科学的知識をもとに軍事研究ができるという意味で、一種の特権階級と言える。

(4) 自らの愛国心を満足させられる

一方、軍事研究には当然ながらムダもある。

(1) 不用な金を浪費する

軍事研究は基本的に機密のため、不正使用、騙し、水増し、横流しがしばしば生じる。

(2) 日常生活に役立たないものも多い

軍事研究から民生用に転化された有用なものもあるが、そうでない場合も多い。

(3) ノウハウが機密になり秘密開発となる

秘密開発の結果、民間の技術開発が遅れる。すでに指摘したように、これはCCDカメラの開発で日本が成功した理由である。

(4) 国を守るという名目で人を守らない

一番典型的なのは、国を守るという名目で行われる人体実験で、アメリカではプルトニウム事件が有名だ。これは、プルトニウムを飲むとどのくらい危険か、どのくらいの期間で体外に排出されるかについて、囚人やガンの末期患者を対象に秘密実験したものだ。そして死んだ場合は解剖して、人体のどこに蓄積されているかを研究した。あるいは、原爆や水爆の爆発実験の後、兵隊を通過させたり飛行機を飛ばせたりして、どの程度照射され、どの程度蓄積しているかを調べた。

ここで、すでに指摘した功利主義的な発想も生まれてくる。放射線を浴びたら身体に悪いことはよく知られている。現に、長崎、広島には原爆が投下されて悲惨な事態が生じている。そこで、1950年代には、どのくらい放射線を浴びたら死ぬかについての許容量調

査が人体実験で行われるようになった。その結果、放射線許容量が決められた。これによって許容量が分かったため、多くの人を救うのに役立ったと科学者は主張した。このことをどう考えるか。犠牲者を出して解明した値が、多くの人を救う。私自身はたとえ多くの人のメリットになることであっても、犠牲者を出してはならないと思う。

現在戦争は起こっていないし、かつ現在の大学に戦争動員はないと考えている。しかし、本当かどうか。たぶん直接的な動員は少ないし、少なくとも先進国では、もはや動員はない、とも言えるかもしれない。その1つは、戦争にこれまで科学者が協力してきた反省から、そもそも戦争に協力しないという立場を貫いているからだ。日本では、日本学術会議がそれを表明している。

それに対して、国や権力者は軍事専門の研究所を設立し、もっぱら軍事のための研究者を育成しようとしている。もっとも直接的なのは、軍付属の研究所だが、それ以外にさまざまなシンクタンクなどを利用して、軍事研究を専らにする研究者を育成し、それによって世界中のいろいろな情報を集めている。そして軍事利用に使える技術は導入する。そういう意味で、ある種の棲み分けができています。現在、世界中の軍事研究所の職員は 50 万人、研究者は 200 万人とされている。日本では 70 万人とも言われている(マスター以上で、論文を1本でも書いた研究者が対象になっているので、実質はその半分か)。アメリカやイギリスでは、軍事研究所に籍を置くのが一種のキャリアパスになっている。

先ほどのロボット研究などでも、有名なのは、筑波大学で行われている、特殊なウェアを着ると大きな力が出て、どんな重いものでも軽々と持ち上げられるという研究だ。アメリカやイギリスの軍事研究所の研究者は、それを軍事研究に転用するように依頼したが、筑波大の研究者は拒否した。しかしノウハウは持ち帰ったので、おそらく同じものがつくられるだろう。筑波大の研究者は、高齢者や身体の不自由な

人など弱者を支援するために作ったが、ひとたび軍事研究の観点から見れば、非常に魅力的な技術と映るだろう。

このように、今や軍事研究所が中心になって軍事研究を担っているので、直接的に科学者に軍事研究を強制する事態は起こらないにしても、軍事に応用できる技術が開発されると、それを軍事研究として転用されることはありうる。たとえば生理学における脳研究にしても、捕虜の自白などに利用される可能性もあるので、十分注意しておかなければならない。人間の幸福のための技術開発が、結果的に軍事に利用される場合はある。これはやむをえないことではあるが、「仕方ない」だけですましてはいけない。常に使われ方まで注意して見て監視する必要がある。

千葉大学はロボット憲章を制定し、戦争のためのロボット研究は行わないという宣言をしている。まさに、そのような危険性があることを認識しているからこそ、そうした憲章を制定して自らを戒めていると言えるだろう。このように、現在は軍事研究に直接関係がないように見えるが、鵜の目鷹の目で狙われているのは事実で、いつでも利用されるリスクがあることも認識しておかなければならない。

6.2 科学の制度化（体制化）

科学の制度化は、20世紀に入って、ほとんどの国がとった政策である。基本的には国が予算のほとんどを握り、国家の科学技術政策にのっとって、特定のプロジェクトを推進する。つまり、国家が科学・技術の最大のスポンサーになり、施設・人件費・研究費・特別の事業費・特別の権利などを保証するようになったのである。

それによって、国家の科学・技術力を高める、軍事力を確保する、国家の威信を上げる、特定の国家プロジェクトを推進する、特定の産業を支援する、国民の科学力を向上させる、文化の擁護者となる、などの目的の達成をめざしている

現在、日本でも第三期科学技術基本計画にのっとって施策が進めら

れているが、IT、バイオ、新素材(ナノテクノロジー)、環境の4分野が重点領域になっており、総額20兆円のうち6割が、この4分野に集中している。ここで注意したいのは、IT(インフォメーション・テクノロジー)など、みんな語尾に“テクノロジー”がつくことだ。すなわち、基本的には技術開発である。特許で利益を上げる姿勢が明確にあらわれている。現在はそれによって国の企業力を高める時代になっている。しかし、もし戦争になると、直接的ではないが、軍事利用に転用できる領域も含まれるようになるかもしれない。国家の威信と産業力を高めることが現代的課題になっている。

もちろん、国の予算で進めるべきものもある。たとえば初期の原子力開発は、建設費が1基3000億円かかり、しかも利潤が出るまでに5年以上かかるため、民間企業では投資できなかった。太陽光発電も現在では民間企業も参入しているが、すぐに利潤が出る産業でなければ民間企業では無理だったため、国家が初期投資して開発した。コンピュータも同様だ。国が先に投資してインフラを整備し、一定期間たつと、民間に払い下げるシステムは資本主義国はどこでも採用している。明治時代の八幡製鉄、製糸工場の払い下げなどはその代表例だ。当然、賄賂によって特定の企業が安く払い下げを受けるという問題も生じている。しかしいずれにしても、巨大な投資には企業は手を出したがるないので、一定期間は国の援助、補助などが必要だとは思う。

このように、日本は明治以来ずっと科学技術立国を旗印に掲げ、現在は、科学技術創造立国として科学技術基本計画に基づく重点投資を行なっている。これによって、科学者は経済的な支援を受けるため、国家に隷属する危険性が生じた。たとえば愛国主義を求められる。愛国主義は古い概念のようだが、最近の指導要領改訂により、ふたたび愛国的な発想が求められるようになっている。また、税金によって養われているために、その額に見合った研究や教育をしているかどうか、常に説明責任が求められるようになってきている。説明責任の拡大解釈として、国のために奉仕することを求められるようになる。さらに科学技術政策のような国家の方針に翻弄され、基本政策が変われば、

その影響で研究も変更せざるをえなくなる。すなわち本来の研究の論理とは異なる別の論理に左右される。それが進むと、すでに指摘したように、直接的な軍事研究ではないが、軍事関係機関からの研究費がコントロールされることによって、その影響を受ける可能性はある。

最近の若い人たちは、こういう問題にあまり関心がないかもしれないが、科学の制度化に伴う危険性については、常に意識しておく必要がある。

6.3 科学の技術化と商業化

科学の急速な技術化によって、われわれの生活は変容した。それはわれわれの選択ではなく、結果的に、われわれは科学の技術化に牽引されてしまう側面がある。

その一例は、核兵器による破滅の恐怖だ。誰も核兵器を求めているわけではないのに、いつの間にか人類破滅の恐怖に追いやられている。またGM食品（遺伝子組み換え食品）は、アメリカでは小麦、大豆、トウモロコシなどかなり多くの食物に使用されており、日本では表示が義務化されているため、積極的にGM食品を食べることはないかもしれないが、知らない間にサラダ油などから摂取している可能性がある。2011年に全面的に移行する地デジも同様で、視聴者が望んでいるわけではないのにアナログが観られなくなってしまう。

情報の一元化のために創設された住基ネットは、現在はカード1枚で住民票が交付されるなどの利便性が指摘されているが、いずれ機能が拡大していくことはまちがいない。最初は納税関係のデータが登録され、それから教育履歴や病歴などの一元化が進むだろう。病歴は1枚のカードに一元化されれば、複合的な病気の場合、診断しやすくなり、たしかに便利だ。すでに市内の全病院のカルテを一元化する取り組みを進めている地方自治体もある。医療のためにはいいことだが、個人情報があるようなかたちで公開されることがいいのかどうか。

このように急速な技術の発達によって、われわれは望んでもいない

にもかかわらず、その影響にどんどん巻き込まれていく。そして国の政策に従わざるをえない。

科学の商業化は、知的財産としての科学と言い換えてもよい。その象徴は特許(パテント)である。ちなみに、特許の期間は人工物 20 年、作家 50 年、日本映画 70 年などである。

さて特許には、功罪の二面性がある。功としては、発明者に荣誉と独占権が与えられる。また健全な競争も行なわれる。科学の原理は1つでも、それを人工物にする技術の方法は複数ある。たとえばテレビは初期はブラウン管方式だったが、現在では、液晶、プラズマ、有機ELなど、いろいろな方式が研究開発されている。そのノウハウが特許として公開されることにより、健全な競争を促す。逆に、特許をいっさい公開せず、一社独占にすると、その技術や商品は発展しない。また次の技術の開発意欲の喚起も、特許の功と言える。

一方、特許は使いようによっては罪の側面もある。1つは特許の秘匿と破壊だ。特許を高額で買い取り、他に使わせないことによって、健全な競争が阻止される。特許には独占権が付与されているために、購入者がどう使おうと文句が言えない。特許を秘匿することによって、せっかくの素晴らしい発明が公開されないことになる。このことは、アメリカがなぜクルマ社会になったかということにも関わってくる。アメリカはもともとクルマ社会と思うかもしれないが、都市部もクルマ社会になっている国は意外と少ない。1900年代初頭に、クルマ会社のフォードが市電のパテントを買い取って独占し、それまでの市電を撤去させてしまった。そのため、人々はクルマに乗らざるをえなくなったというのが、アメリカがクルマ社会になった1つの理由だ。

また、人権の無視も起こりうる。現在は一応解決されているが、エイズ治療薬の問題がそうだった。アフリカのサハラ砂漠以南の国ではエイズ患者が非常に多い。大人の4割が発症し、平均寿命も40歳程度と言われている。そういう人々に対して、病気の発症を遅らせる効果的な薬が開発されているが、価格が高くて人々は買うことができない。その理由は特許があるからだ。人道的措置で安く売るべきだとい

う議論も WHO で行なわれたが、ゴア元副大統領は、企業よりの発言をした。南アフリカだけその薬を再生産する技術をもっているのに、ライセンス生産させて安く売ればいいのだが、製薬会社はライセンス生産自体を禁止した。そこで大問題になり、当時のマンデラ大統領が乗り出し、南アフリカでライセンス生産をして、エイズ治療薬を売ることができるようになった。しかし、他の国ではまだライセンス生産ができないので、南アフリカで作られた薬を輸入して売っているため、値段が高い。このように、素晴らしい薬を開発しても、実際に必要な人のために使われないという悲しい現実がある。

さらに特許の拡大の問題がある。特許は本来は発明品に対して付与されるべきものだが、発見に対しても付与されるようになった。その結果、遺伝子も一時特許になった。そうなると、遺伝子を調べる研究も、すべて特許料が必要になる。そこで、遺伝子の特許は禁止になった。しかし最近また復活の圧力が強くなっているという。

また、伝統的治療の禁止という問題もある。たとえば、木の根、草花の茎など昔からの薬草はたくさんある。古来から伝わる、体に良いとされる自然物は身の回りにたくさんある。インドでは昔から使われていた木の実を製薬会社が分析し、化学物質を合成して製薬化し、原材料の木の実まで含めて特許を取得した。その結果、人々は長い間日常的に使っていた実を無料で使えなくなってしまった。このように、常識では考えられないようなことがまかりとおっている。このケースは、国際司法裁判所に訴え、裁製薬会社が負けたが、同様の事件は続々と起こっている。これに対抗して、古来から伝承的に行なわれている民間の薬草などには特許権は取得できないようになった。現在、インド、アフリカの国々では、昔から使われている草木虫などの何万種にもものぼるリストを作成して、特許をとられないよう防御している。

このように、特許の歴史的財産が囲い込まれたことによる功罪はいろいろある。功の部分を否定するわけではないが、少なくともエイズ治療薬のように人道的措置は優先されるべきではないか。しかしそれは一つ一つ国際的な会議で判定されなければならないので、時間がか

かる。科学と社会が絡み合って、単純に答えが出せない難しい問題と言える。

また、知的財産の1つである著作権を延ばそうとする動きがある。一番その動きが強いのは映画だ。現在は80年だが、100年に延ばそうとしている。そんなに長く著作権を独占しているのは問題ではないだろうか。それに対して、本の著作権は現在は50年だが、もっと延ばそうという動きがある。私自身も何冊か本を出版しているが、著作権にはそれほどこだわらない。むしろ少しでも多くの人が自由に読んでくれるほうがありがたい。

科学の商業化のもう1つの問題は、市場主義が科学を制御することだ。アメリカでは特許弁護士が多数存在し、少しでも特許権に抵触すると訴訟をおこしている。アメリカでも、特許をとった研究や実験について、大学での研究に限り、アカデミック・ディスカウントとして安く使わせている。ある大学で、その実験装置を安く使っていた教授が別の大学に移るときに、そのまま持っていこうとしたところ、企業から訴えられたというケースがある。企業は、大学も商業の場であるとして、アカデミック・ディスカウント自体を否定しようとした。日本でも、大学の商業化の波は、特に私立大学に顕著にあらわれつつある。

市場主義の波は、基礎研究より実用研究にシフトするかたちでもあらわれている。新聞報道でも、その研究がいかに役立つか、何年後に実用化できるという観点ばかり重視されている。研究者も、たとえ確信はなくても、実用の可能性に言及せざるをえなくなっている。

さらに、研究者個人と企業間の収益配分の問題もある。かつて青色LEDを開発した研究者が企業を訴えたケースがあった。企業は、青色LEDで大きな利益を上げたのに、個人に還元されなかったというものだ。特許の所有者が企業なのか開発者なのか文章で明記されていなかったために生じた問題なので、現在は、企業、大学もすべて署名するようになった。特に大学では、TLO(Technology License Organization)が各大学に設置され、技術特許の所属を明示するように

なった。

科学の商業主義が強まると、それに対応していかなければ研究できないという状況に陥る。現在まだ基礎研究の研究費は出ているが、そのうち出なくなると実用研究で商業化せざるをえない。幸い、総研大は基礎研究に従事する研究者を育てる方針を前面に明確に打ち出しているため、実用研究に傾く可能性は非常に低い。現在、多くの大学が特色ある大学づくりをめざし、研究大学、教育大学、高度職業人大学など、いろいろなパターンにわけられつつある。職業人養成をめざす大学では、企業価値を生み出す研究をしなければならない。総研大は研究者養成を打ち出して、そのための基礎研究を重視していく責任がある。

<参考文献>

『禁断の科学』池内了、晶文社

『寺田寅彦と現代』池内了、みすず書房

『戦争の科学』E. ヴォルクマン、茂木健訳、主婦の友社

『ロバート・オッペンハイマー』藤永茂、朝日選書

『原爆をつくった科学者たち』J. ウィルソン編、中村誠太郎、奥地幹雄訳、岩波書店

『医学者たちの組織犯罪』常石敬一、朝日新聞社

『生物兵器と化学兵器』井上尚英、中公新書

『科学の社会史』廣重徹、岩波現代文庫

『レッドムーン・ショック』M. ブレジンスキー、野中香方子訳、NHK出版

第7章 科学の技術化の問題点

ここまで、科学の変容として、軍事化、制度化、技術化、商業化の4つについて述べてきた。科学は技術によって社会に橋渡しされていくため、社会に直接的な影響を与えるので、特に技術化についてもう少し詳しく解説していこう。

科学の知見が技術に応用される状況はいつそう加速している。しかし、それは本当の技術的合理性の上に立っているのだろうか。また、技術化の進展によって社会に何がもたらされたのだろうか。現代の科学・技術文明を分析するためには、科学の技術化によって、技術の本質と社会的使用との間にどのような乖離が生じているかを深く吟味する必要があるだろう。

7.1 「技術的合理性」とはなんだろうか？

科学の原理や法則は1つだが、技術によって人工物化する方式はいくつかある。そのうちから、どういう根拠である方式が選ばれるのだろうか。たとえば、ビデオテープをめぐる、VHS方式とベータ方式が熾烈な戦いを繰り広げた時期があった。ソニーはベータ方式、松下他の企業はVHS方式で商品開発していた。一説によれば、技術的にはベータ方式のほうが優れていたらしいが、互換性がなかったため、現在はすべてVHS方式になっている。VHS方式が勝ったのは、ビデオで観られる映画の数が多かったからだと言われている。つまり、VHS陣営は映画会社と連携し、映画のビデオ化を進め、技術より周辺のソフトでVHS方式が選択されやすい戦略をとったのである。

あるいは、パソコンのキーボードのアルファベットの並び方、いわゆるQWERT方式も歴史的背景がある。約130年前にタイプライターが発明されたとき、アルファベットの並び方はどうだったか。これにはいろいろ俗説があるが、私が信じていた説はこうだ。昔のタイプライターは、指でタッチすると(ピアノの鍵盤のように)ヘッドが持ち

上がって紙にあたり印字される方式だった。あまり速く打ちすぎるとヘッドが絡みあってしまうので、速く打てない並び方にしたという(しかし、その後の研究によって、偶然説が優勢になっている)。もっと合理的な並び方があるはずだが、合理的な並び方に改良して商品化してもあまり売れない。それは人間の慣性として、一度学習し習得した方式は変えにくいという面があるからのようだ。そこで、結局現在も **QWERT** 方式が踏襲されている。これは、人間の慣性が技術を選んでいる例だ。

また、原子炉の場合、沸騰水型、加圧水型、黒鉛型など、さまざまな方式があるが、現在は、沸騰水型と加圧水型の2つが主流になっている。その理由は、この2つが原子力潜水艦に搭載されていたからとされている。すなわち、軍事産業が莫大な投資をして大型化した結果でもあり、本当にそれらがいい方式がどうかは明白ではない。

さらに技術の選ばれ方は、偶然などが左右する場合も多い。たとえば、次世代 DVD について、HDD 方式とブルーレイ方式の戦いは、どうやらブルーレイの勝利で決着したようだ。HDD は主として東芝が推進し、ブルーレイはソニーと松下が組んで製品化を進めた。ソニーは先のビデオテープで撤退した教訓から、ソニーエンタープライズという企業をつくり、ソフトを豊富に用意した上でマーケティングを行なうという戦略をとり、今度は勝利をおさめている。

テレビについても、ブラウン管、液晶、プラズマ、有機ELなどさまざまな方式で商品化されているし、携帯電話はいまや過剰なほどの多機能を競いあい、技術的には差別化できない状況にある。こういう状況の中で、人々が商品を選択する基準は、安い、手軽、効率、多機能、安全性、省エネルギー、環境に優しい、デザイン、国家の投資、人間の慣性、ソフトの充実度、政治力学、耐用年数、流行、省資源など、さまざまありうる。もちろん、安価であることは技術的合理性にかなっているが、劣悪な素材で耐用期間も短ければ合理的であるとは言えない。あるいは、省電力を売り物にした商品でも、生産に多量のエネルギーを消費していれば、エコ商品とは言えない。このように、

さまざまな要素が複雑に絡んでいるから、1つの基準だけでは選択できない。われわれは商品を選択する際、自分なりの技術的合理性の尺度をもつ必要がある。すなわち、本来の技術的合理性とは何かを意識しながら、社会における技術リテラシーを鍛えることが大切だ。

現在、社会には非常に多くの製品が氾濫しているが、いくつかのパターンに分類することができる。そのうち、新幹線（鉄道）、原子炉、タンカー、ダム、橋梁、高速道路、ゴミ焼却場など、いわゆる公共物は、長期に使用することが大前提だから、いったんある方式が確立してしまうと、たとえ技術的に不合理な点があっても変更するのは困難である。変更するには巨大投資が必要だからだ。それに対して市民が決定に参画することは重要な問題だが、実際には、国の政策や企業の論理で決定されてしまうため、ほとんど関与できない。

もう1つのタイプは、クルマ、テレビ、冷蔵庫、洗濯機、クーラーなど、10年に1回くらいのペースで買い換える商品群だ。これらについては、消費者は非常によく考えて選択するから、技術的合理性もかなり追求されている。さらに、時計、携帯電話、パソコン、(CD・DVD)プレイヤーなど、5年に1回の割合で頻繁にデザイン更新する商品群がある(最近では、携帯電話はもっとモデルチェンジの期間が短い)。これほど頻繁になると、消費者の選択と企業の戦略が拮抗し、同機能で安くするか、同価格で高機能にするなどの経済的合理性の訴求で、消費者の買換え需要を喚起させている。それ以外では、クリップ、フォーク、ボールペン、ライターなどこまめに使う道具は、何種類も競合し、いまだに特許がとられており、新しいデザインが次々に開発されている。こうした商品は、大きな投資をかけずに開発できるから、どんどん新しいデザインや工夫の商品が生産されることになる。

このように、数十年から数年まで買換えサイクルが異なるものごとに、企業は技術的合理性の考え方を換え、消費者の合理的行動基準を考えながら商品開発しているはずだ。逆に、消費者の立場としてどういうものを選ぶか常に意識する必要がある。

7.2 技術化が加速されていること

われわれは、技術の中身をよく理解できないまま、加速化の波の中に巻き込まれてしまっている。特に、コンピュータ、携帯電話、GPSなど情報技術の加速状況は著しく、われわれは技術に従属した生き方を迫られている。まさに「発明は必要の母」と言うべき状態で、発明によって必要が生じさせられている。

また、道徳を技術によって代行させる側面も生じている。たとえば、音楽ホールなどのように携帯電話の電源を切るべきところでも、そのマナーを守らない人がいるため、電波を遮断する設計にして、物理的に携帯電話を使えなくしている。これは一見いいことのようにだが、本来のマナーは薄れていく。トイレの自動水洗も便利だが、自分で水を流すという習慣が薄れていく。ことほどさように、モラルやマナーまで技術に代行させていいものかどうか疑問がある。

技術によっていろいろなことが可能になるが、本来は、人間が法律や道徳によってコントロールしてきたものまで技術に代行させるようになる時代が到来しつつある。技術と社会の相乗関係がそうさせているとも言える。

7.3 非効率で高価な製品

科学の技術化の問題点は、逆に非効率で高価な製品が多いことも招来している。本来は技術の進展によって、もっと価格が低下してもいいはずのものが、いまだに研究投資が不十分なために、高価なままになっているものがあるからだ。さらに、たとえ可能であっても、市場規模が大きくないために技術化が十分ではない分野もある。最近傾向が変わりつつあるが、多くの製品の設計コンセプトは、20代の健全な男性を標準ターゲットにしており、そこから外れる商品やサービスは採算性が低いため割高にならざるをえない。福祉分野などはその代表だ。

高齢化社会の現在でこそ、ハンディキャップのある人や高齢者向けの製品（介護ベッド、車椅子など）の開発が進んできたが、それでもまだ価格が高い。車椅子についてもまだ研究不足で、ちょっとした段差でも動かなくなる。今後は、しだいに高齢者向けの市場が大きくなっていくから、価格も下がってくるのが期待されるが、現時点ではまだ高い。常にコストとベネフィットが基準になるから、ある程度の市場規模にならない限り安くならないわけだ。

あるいは、廃棄物処理施設も集中的に燃やすために、巨大な大きさの施設と高額な建設費用がかかる。生ゴミ処理機など廃棄物処理のための製品も、まだ安くはない。というのも、本来の工学の目的は生産力の向上のためで、これまでは生産のための技術が優先され、廃棄や処理のための技術は後回しになってきたからだ。しかし、実際には必ず廃棄物は生じるから、最近は見直しも進み、廃棄物から新たな使い道を見出し、捨てずに再利用する方式も生まれている。たとえばバイオエタノールは、これまではトウモロコシや大豆の実を原料にしていたが、最近ではイネやサトウキビなどの茎を材料にする技術も開発され、それによって廃棄していた材料から新しいエネルギーを取り出すことが可能になった。

その意味では、これまで無頓着に廃棄していたものの中にも、有効にリサイクルや再利用できる資源があることにしだいに気がつきはじめている。ただし、ここで注意しなければならないのは、リサイクルがすべていいかどうかということだ。リサイクルによって素材を有効に使うことは大切だが、エネルギー的にはマイナスになる場合もある。たとえばアルミニウムは、ボーキサイトから精製するために非常に大きな電力を必要とするから、そのリサイクルは非常に重要で、現在日本では、70%くらいアルミニウムのリサイクルが進んでいるという。

しかし紙のリサイクルの場合、木材のチップから新規に紙をつくる方法と、古紙から再生紙をつくる方法とでは、前者のほうがエネルギー効率も紙の質もよい。ところが今やリサイクルした再生紙のほうが商品イメージがよいため、新しい紙を再生紙と偽って販売したという

事例までである。もちろん木材のチップの大量消費は森林資源の破壊につながるから、資源的には大きな問題となる。したがって、リサイクルの是非は、資源とエネルギーの両面から判断する必要がある。リサイクルは、すべてがいいというわけではなく、功罪があることを認識しておくべきだろう。s

太陽光発電パネルのように、大量生産・大量消費に乗らなかった製品も最近では開発も進み、設置費用なども安くなりつつあるが、まだ十分とは言えない。だから、初期費用のもとをとるのに 20 年くらいかかるとされている。すでに指摘したように、太陽光発電の技術は日本が世界一だが、一番普及しているのはドイツだ。それはドイツでは余剰電力の買い取り額が日本の倍くらい高いので、生活者は節電してでも売ろうとするからだ。日本も来年から 10 年かけて、買い取り額を現行の 2 倍にすることによって普及させようという計画もあり、将来的には値段も下がり、さらにもっといい方式も開発されるだろう。

このように、非効率で価格の高い製品は、現在の大量生産・大量消費のシステムから外れたものが多い。たとえば、国は原子力発電の基礎研究には毎年 3000 億円支出しているが、太陽光発電などの自然エネルギーには 200 億円しか支出していない。予算投資額により開発速度が異なるのは当然だ。

また、大型化・一様化・集中化の技術ではないものも開発が遅れる。たとえば、原子力発電所は 150 万 kW で発電させる方式で各地に建設する。そのほうが共通かつ効率的にメンテナンスできるからだ。また特に日本の場合、独占体制の保存の問題もある。電気やガスは地域独占体制をとっており、水道は自治体が管理している。電気は地域独占のため、日本の電気代は外国と比較して高いが、その代わりに、事業者は絶対停電してはならないという安定供給の義務を負っている。水道に関しては民営化の動きもあり、今後料金は安くなるかもしれないが、逆の懸念もある。実際、ボリビアで民営化したところ、水が買えない人が増え、暴動になったために、また公営化に戻したという例がある。

電気については、先にふれたように地域独占体制で、基本的に地域

間での電気の融通はしていない。東京電力の柏崎刈羽原子力発電所は地震の影響で7基が停止している。また東電は、信濃川で取水した水力発電の電気をJR山手線に送ってきたが、取水量を5年以上ごまかしていた不祥事が明らかになって取水禁止となった。今後は、地域間で電力融通をもっと自由に行なう方策も検討されるべきだろう。ただし、ドイツとアメリカは完全に自由化しているが、この場合、供給元が不安定になるリスクもある。

上記が、非効率で高価な製品がまだ社会に存在する背景である。だから、高価な製品を目にしたとき、なぜそれが高いのかについて考えてみると興味深い発見ができるかもしれない。

7.4 得たものと失ったもの

科学の技術化によって、われわれは得たものと失ったものがある。得たものは当然プラスの成果であり、具体的には、便利さ、効率性（能率性？）、安全、安楽、健康、長寿命、人間の可能性の拡大などである。ここで一言付け加えておけば、よく混同されるが、効率と能率は違う。効率はインプットとアウトプットの差であり、能率はそれに時間要素が加わる。つまり、時間が短いほど能率は上がるが、必ずしも効率がよいとは限らない。人間性の可能性の拡大は、非常に重要である。つまり道具は手の可能性を拡大させ、眼鏡、望遠鏡、顕微鏡などは目の可能性を拡大させた。同様に、自転車、クルマ、鉄道、航空機などは足の可能性を拡大させ、コンピュータや桌上計算機は脳の可能性を拡大させたのである。

その反面、マイナスの成果として失ったものもある。人類の可能性は広がったかもしれないが、個々の人間の能力は衰えている。たとえば、手を使った繕いものは下手になっているし、クルマへの依存度が高まり、足の筋力もかなり衰えている。その傾向は、特に都市部よりクルマへの依存度が高い農山村部で著しい。また簡単な計算も計算機に頼るようになり、漢字の読み書き能力も低下している。あるいは、

エアコンの普及で体温調節機能も鈍くなっている。私の子ども時代は、夏暑く冬寒いのが当然で、0℃から 35℃くらいの中で生活していた。いまや冷暖房システムの普及で、ほとんどの時間を 15～28℃の中で生活するようになり、その結果、汗をかく機会が激減した。人間の身体は使わないと機能が低下する。熱中症が増えているのも、汗をかいて体温調節する機能が衰えていることと関係しているだろう。

また、地球環境の悪化や都市構造の脆弱さなども、失ったものの典型だ。現代の都市は、地上には高層ビルや商業施設、鉄道、高速道路を、地下にも地下鉄、地下街などのインフラを建設し、便利さと快適さを追求してきたが、いったん大きな事故や災害が発生すると、被害も非常に大きくなる。さらに、クルマ社会化で道路が拡大するとともに、子どもの遊ぶ場が消失し、日常でもクルマに気をつけないと生活できない構造になってしまった。子どもが外で自由に遊べないことも、都市の脆弱性の1つだと思う。自然から遮断して成立しているところに、現代の都市構造の問題があると言えるだろう。そして何より、われわれ現代人の生活は、技術の加速化によって、ますます忙しくなっている。

しかし、まだ日本の状況はよくなりつつある。かつて 1960 年代、70 年代に日本で生じていたクルマ優先の現象が、現在、韓国などで生じている。横断歩道はあまりないし、歩道橋の使用を強制しているが、非常に離れていて不便だ。クルマの輸送の効率性を優先させた結果、こういう状況になっている。かつての日本もそうだったが、現在は歩道橋は減っており、人間がはるばる歩かせられるような状況は少なくなっている。こうして都市の構造も少しずつ変化するが、われわれは人間が犠牲を強いられることを当たり前と思っはいけない。もっと怒るべきだ。

ここまで述べてきたように、われわれは技術によってプラスの面を享受する反面、失ったものも多い。マイナスの面についても意識しながら、その両面をチェックする姿勢が大切だ。このことに付随して、「現代のパラドックス (得失の逆転)」についてもふれておこう。かつ

ては良い遺伝子とされていたが、現在は悪の遺伝子とされているものがいろいろある。たとえば、その1つは節約遺伝子である。人類は農業技術の開発で生活が安定するまで、ほとんどすべての長い期間、飢餓と戦っていた。人類が生き延びた理由の1つは、飢餓に備えて食べられるときにたくさん食べ、体内に栄養を貯蔵する仕組みをつくったからだ。そうして飢餓の際には、その遺伝子の働きでなんとか生き延びてきたのだ。飽食の現代でも、遺伝子の機能は変わらず、たくさん食べると蓄積する仕組みが保たれている。その結果、脂肪が蓄積され、肥満やメタボの原因になる。すなわち、かつて飢餓の時代には生存のために良いとされた遺伝子が、現在は肥満の原因として敵視されているわけだ。塩分摂取も同様で、摂取できない時に備えて備蓄する機能があつて身体機能を維持してきた。いまや備蓄過剰によって、高血圧など生活習慣病の原因となっている。

このように、同じ遺伝子でも環境変化によって、その意味が逆転することがある。鎌型赤血球はアフリカ出身の黒人に多く、アメリカに住むアフリカ系黒人の10%はこの赤血球を持っているとされる。これはマラリアに強い耐性をもっていたが、アメリカに移住した後はマラリアにかかることはなくなったものの、その赤血球がもっていた貧血症だけが残ってしまった。つまり、かつてのアフリカでの祖先の生活にはプラスだったが、現在のアメリカでの生活にはマイナスになっているわけだ。

また、プラスにもマイナスにも働く遺伝子がある。たとえば、遺伝子 P51 はガン抑制遺伝子と言われており、ガン細胞に血液を運ぶのを抑制する作用がある。したがってガン細胞の増殖を抑える機能がある。一方、貧血症、虚血症の人にこの遺伝子が働くと、心臓に血液が運ばれるのを抑制するために、心臓病の原因になることがある。

このように、環境によってプラスにもマイナスも働くものはいろいろある。技術の両面性もこのことに関わる。原発、電磁波、化学物質、携帯電話など、短期間ではメリットがあるが、長期間にわたれば害になりうるものもたくさんある。われわれは、技術のプラス面を評価す

るだけでなく、その及ぼすマイナス面についても常に留意しておく必要がある。

7.5 共有地の悲劇

生物学者のガレット・ハーディンは、1968年に「共有地の悲劇」という概念を提唱した。共有地とは、誰かの私有地ではなく、誰でも使える土地という意味だ。それぞれが適正の数の羊を飼っている間はいいが、お互いにもう少しずつ自分の羊を飼いたいと思いを増やしていくと、いずれ共有地は羊ではいっぱいになり荒れてしまう。このように、それぞれが勝手に共有地を利用すれば、必ず悲劇になる。

羊飼い個人は、羊を多く飼うことによって短期的な利益を得る。しかし、むやみに羊が増えると共有地は荒れてしまい、長期にわたって全員の損失になる。地球の海、川、森、空気などは人類の共有地である。たとえば、各工場が基準以下の汚水を出しても、その工場の数が多くなれば、マクロ規模で汚染が進む。各企業は短期的には利潤を上げても、社会は長期にわたって損失を被る。また、漁業では公海上で漁獲制限があるのはクジラとマグロだけだ。それ以外は漁獲制限がないため、早い者勝ちで各国が自由に漁獲していくから、やがて水産資源は減少していく。これは「共有地の悲劇」の典型的な例と言えるだろう。クルマは個人個人に対して利便性を提供しているが、排気ガスは環境にダメージを与え、やがてみんなの損失になっていく。

このように「共有地の悲劇」の事例には事欠かないが、解決策もいろいろ協議されている。たとえば、小さい領域では権力が介入して、互いに協定を結び規制していく方向がある。しかし、いくら個々が規制しても、結果として大きな効果がないので、総量規制の方向に向かっている。京都議定書もその1つで、各国が協定により温室効果ガスの排出を制限する目標を設定した。

あるいは、仲間や同業者同士が協定を結ぶ方向もある。秋田県ではハタハタが獲れなくなった時期、2年間、完全休漁した。その結果、

ハタハタが戻ってきたので2年後に復活した。しかし、協定とは無縁の韓国漁船が闇漁を行うなど、狭い範囲内での取り決めでは効果が少ないので、その範囲を広げていく必要がある。

さらにこれからは、共有地の悲劇を救うためには、共時性と通時性の思考の両面が重要である。つまり、現時点における発想(共時性)と、過去、未来の発想(通時性)の両方をあわせもつことである。言い換えれば、自分だけではなく、未来の世代に対する責任意識をもち、今の儲けより未来のために共有地を保存するほうが人類のために望ましいという発想をもつことだ。現代は、短期間の利益を求める共時性志向があまりにも強くなりすぎている。日本においては、それを戦後民主主義教育のせいだとする主張もあるが、日本だけではなく資本主義社会の特質でもある。短期に利潤を上げ投資を回収するというサイクルがどんどん速くなり、現在、あるいはせいぜい数年先のことしか考えられない状況になっている。今後は、長期的スパンの視点が必要だと言えるだろう。

7.6 技術の特質

最初に科学と技術の対比をしたが、技術は科学とは異なる側面があるので、再度整理をしておこう。技術の特質は以下のように整理できる。

(1) 複雑系を扱っている

設計、製造、使用の全過程に人間が関与している。そしてもっともやっかいなのは、複雑系の最たる存在である人間を対象にしていることだ。経済学では、人間は常に合理的に行動するという前提で理論を組み立てているが、その前提は現実にはまちがっている。人間は気まぐれであり、喜怒哀楽の感情によって行動が左右されるから、いつも合理的に行動するとは限らない。

このことは、純粋系を中心に扱ってきた科学とは対照的である。た

たとえば、バージョンアップしたソフトは使いづらいということがよくある。機能的には便利になったはずなのに、実際には使いにくいのは、人間の慣性に関わりがある。また、技術にとって人間は思いがけない使い方をしばしばする。たとえば、椅子の使い方は座るだけではない。その上に立って台として使うなど、椅子の機能以外の使い方をする。従って、設計者は、使い方の多様性まで考慮しておかなければならない。

製造物責任法(PL法)という考え方がある。これは、メーカーは消費者のさまざまな用途を考慮して設計、商品開発すべきだというものだ。アメリカの例だが、雨に濡れた猫を電子レンジで乾かそうとして、猫が死んでしまった事故があった。飼い主は、電子レンジの使用法に「濡れた猫などの生物を入れてはいけない」という表記がなかったとして裁判をおこし、なんと勝訴したらしい。通常は、常識では生物は電子レンジには入れないと思うが、製造者はそこまで考える必要があるという教訓だ。

(2)技術者は三重の契約者である

技術者は、雇用者(企業、監督官庁)、顧客、一般公衆(安全性、福利、健康)と三重の契約を結んでおり、それぞれの契約内容や果たすべき忠誠の内容が異なる。雇用者に対しては、損失を与えない、利益を上げるなどの義務があり、また顧客に対しては、良い商品を提供する義務があり、さらに一般公衆に対しては、自社の商品やサービスを通じて、社会にとって安全かつ福利的な役割を果たす義務がある。

たとえば、水俣病の医師の例がある。水俣病が社会問題化する数年前、チツソに雇用されていた医師が、水俣湾の魚に原因があるのではないかと考え、密かに猫に魚を食べさせる実験を行っていた。その結果、300番目の猫が水俣病と同じ症状を発症させ、魚に含まれている物質が原因であることを証明した。しかし、彼は、その結果を公表しなかった。それはもちろん、雇用主である企業に配慮したからだ。その後、裁判闘争になった際、実験結果についての証言を依頼された

医師は、当時すでにチッソを辞めていたので証言した。

医師の証言は患者にとって非常に有意義な証言となり、裁判でも評価されている。それ以前の段階で公表できなかった理由は、彼がチッソに雇用されていたからということでは理解できるが、それは科学者としてはどうだったのか。科学者の場合、真実を明らかにし、公衆に誠実であることが重要であるから、公表すべきであったと言える。もちろん、これは時間が経過した現在から振り返って言えることであり、当時の社会状況を考えれば、医師の行動について軽々に評価することはできない。ただし、技術はこのように三重の契約があり、それらが微妙に絡み合って複雑であることを知っておく必要がある。

(3)風土（環境）の影響が強い

同じ製品でも、建設地、使用環境、労働現場、使用条件、使用者の多様性などによって、機能や能力は異なってくる。たとえば日本のアルミサッシは、温度差の激しいカナダでは使えない可能性があり、特別の仕様にしなければならない。それに対して科学は、環境の影響をあまり受けず普遍的な法則を明らかにすることを目的としており、技術とはその面でも対照的である。

(4)現実との妥協が肝要

技術は必ず現実と“妥協”しなければならない。たとえば建物の建設には、予算と工期の制限がある。したがって、震度7までの地震に耐えうるなどの条件を設けて、その条件の中で技術を生かすよう工夫する。どこかで妥協しなければならないのだ。医療も同様だ。医療施設の設備、患者の経済的理由、身体的条件などから、必ずしも患者に最善の治療ができるわけではない。買い物一つとっても、われわれは価格と入手しやすさなどを考慮して妥協しながら選択しており、常に一番いいものを買うわけではない。

阪神淡路大震災の前、アメリカのサンフランシスコで地震があり、高速道路が崩落したことがあった。そのとき日本の道路建設の専門家は、「あんなことは日本では起こらない」と断言した。しかし現実には、

阪神高速道路の一部が崩落した。その専門家はどこで妥協していたか忘れていたのだろう。万全な技術などはない。このように、技術は常にどこかで妥協しており、技術者も自分がどこで妥協しているかを常に意識しておくべきだろう。

(5)社会的実験である

技術は、部分的な知識や不確実な予想からスタートしなければならない。一つ一つの製品は全部違うから、まったく同じ対照実験はできないし、人間関係が絡むなどの制約条件もある。したがって、すべての技術に関わる事柄に対して、一つ一つ対処しなければならない。それはある意味では、社会的実験かもしれない。

このように、技術者は科学者よりずっと大変だ。科学者は単純系を追求していればいいし、社会的な顧客がいないという楽な面がある。われわれも、技術者の職分や職責をきちんと理解し、評価することが大切だと思う。

<参考文献>

- 『フォークの歯はなぜ四本になったか』 H. ペトロスキー、忠平美幸訳、平凡社
- 『はじめての工学倫理』 斉藤了文、坂下浩司、昭和堂
- 『逆襲するテクノロジー』 E. テナー、山口剛、粥川準二訳、早川書房
- 『最悪の事故』 J. R. チャイルズ、高橋健次訳、草思社
- 『失敗百選』 中尾政之、森北出版
- 『基礎からの技術者倫理』 松木純也、電気学会
- 『テクノエシックス』 塚本一義、昭和堂
- 『技術倫理 1』 C. ウィットベック、札幌順、飯野弘之訳、みすず書房
- 『工学倫理入門』 R. シンジンガー、M. マーチン、西原英晃監訳、丸善
- 『誇り高い技術者になろう』 黒田光太郎、戸田山和久、伊勢田哲治、名古屋大学出版会

第8章 科学者の倫理と社会的責任

科学研究に携わっていてもっとも楽しいことは、どんなに小さな事柄であっても、世界初の発見をすることだ。その楽しみは何物にも代えがたい科学者としての喜びであり、一度、それを味わうとやみつきになる。それはたとえば、登山のクライマーズハイ、マラソンのランナーズハイにも似ていて、登る苦しさや走る苦しさを忘れて満足感にひたれる。

その意味で、科学者の仕事は新しい知的発見と言える。世界で初めての発見の魅力は非常に大きいし、常にその気持ちをもつことは、科学者にとって基本的な心のよりどころである。だから本来、論文捏造や偽造はありえないはずだが、残念なことに、現状は必ずしもそうではない。そこで、科学者に求められる3つの責任について論じておこう。

(1)倫理責任

科学の営みの信頼性に関わる責任である。科学はそもそも性善説で成り立っている。もちろん書かれた論文についての検証は必要であるが、その論文は誠実に書かれているという相互信頼の上に成り立っている。

(2)説明責任

基本的に科学者の生活や研究は税金で保障されているが、教育・研究の自由が保障されているということは、逆に社会から付託されていることでもあり、社会に対して、自分の研究の意味、意義等について、きちんと説明する責任がある。

(3)社会的責任

専門家としての科学者にしか分からない事柄について、専門家以外の人に対して伝える役割がある。

もちろん、若い人たちにとって、これらの3つの役割が一度に果たせるとは考えていない。社会的ステータスや成長度に応じて、責任範囲は変わってくる。その中で一番も身につけてほしいのは、倫理責任を果たすことだ。科学者はある種のエリートと見られているのは事実だから、そのうち説明責任を果たす必要が出てくる。エリート意識はもっていてもかまわないが、社会の資本を使って研究できていることも自覚してほしい。最後の社会的責任はすぐには求められないが、科学者が果たすべき責任として知っておいてほしい。

以下、それぞれの責任について、もう少し具体的に述べておきたい。

8.1 科学者の倫理責任

道徳と倫理がどう違うか明確に区別することは難しいが、道徳とは、個人の振る舞いに関する一般的な規準である。ラテン語で「プリマ・ファシエ」と言われ、人間に共通の当然のモラル（ウソをつかない、正義、感謝など）と考えられている。それに対して倫理は、他者（一般公衆、社会、研究者仲間など）との関係で生じるモラルであり、人間関係において不公正ではない、欺かない、偏見をもたない、差別しないなどが考えられる。

カントは、人間は本来、そのような道徳観をもって生まれているとした。同時に人間は生育環境、遺伝の2つの要因があり、簡単には言いきれないが、学ばなくても自然に身につけている道徳規範もあるのではないだろうか。むしろ人間には固有の道徳的意識が備わっているからこそ、ここまで生き延びてこられたのではないかと思っている。

それに対して、すでに指摘したように、「最大多数の最大幸福」を重視する功利主義哲学もある。ガレット・ハーディンは「沈むボートの問題」を提示している。沈没しかかっている船に100人の乗客がいるとする。救助船に50人しか乗れない場合、さて、どのような順番で乗船させるべきか。人道主義的立場で言えば、自力で泳げない弱者、

すなわち高齢者、障害者、子ども、病人などが優先されるべきとなる。しかし、功利主義的立場からすれば、人道主義は感傷主義だという。むしろ、これからの社会にとって有用な健常者を優先させるべきだということになる。

たしかに難しい選択ではある。しかし、それはあくまでも究極の選択であり、現実的には、工夫次第でより多くの人を助ける前提で行動すべきだと思う。その後は個人の哲学にも関わってくるだろう。

8.2 倫理違反

科学者の倫理違反の場合、いくつかのパターンがある。

(a) 単純な間違い

計算間違い、書き間違い、記憶違いなどの単純な間違いはありうるが、間違いそのものは倫理違反ではない。しかし、それを簡単に認めないと倫理違反になる。つまり、間違いは間違いとして直ちに認める知的誠実さをもつことが大切なのだ。間違いを恐れる必要はないが、間違いが発見されたときにどう行動するかが非常に重要だ。

(b) ズサンな研究行為

手抜き、熱意不足、不注意など、きちんと集中して研究する姿勢に欠けていたときに生じやすい問題である。たとえば、適当に手抜きをして、本当に重要な論文が引用されていなければ、論文全体が信用されない。したがって、実験や論文では、常に万全を期するように細心の注意を払わなければならない。

(c) 科学研究における「犯罪」行為

データの捏造(でっちあげる)、偽造(勝手に作り変える)、盗用など、科学上の犯罪行為を指す。アメリカでは、大きな盗用事件がよくおこる。たとえば 100 本の論文のうち 60 本について、他人の論文の標題を変えたり、表現を変えたりして盗用していた事件があった。掲載す

る雑誌は非常に多いので、すべてをチェックすることは不可能だ。しかも内容の順番や表現を変えたりしていると、両方の論文を読まない限り、なかなか不正を発見しにくい。

これらはいずれも科学研究上の「犯罪」であり、研究現場で信用されなくなるだけでなく、場合によっては、科学コミュニティから追放され、以後の研究はできなくなる。だから絶対に行なってはいけない。しかし意外かもしれないが、法律では罰せられない。他人の身体、生命、財産に直接的に被害を与えたわけではないからだ。もっとも実際には被害をこうむる研究者はいる。というのは、追試実験の場合、その論文を信じて追試しても、当然うまくいかない。そうすると、執筆者は正しいという前提で追試しているので、自分のやり方に問題があると考え、新たに実験装置を購入して実験しても再現できなかったという例もある。これなどは、研究費、研究時間の損失と言っていいたろう。しかし、それは研究者が勝手にやったことなので、法に触れないのである。

また研究費の不正使用など、明らかな法律違反もある。最近では、早大の女性研究者が証券に投資していたケースがある。さらにセクハラも当然、法律違反である。残念ながら、大学、特に研究の現場ではセクハラが非常に多い。夜間の実験などの場合、セクハラを受ける環境になりやすい。女性の院生の3割がセクハラを受けているというデータもある。実に悲しい現実だ。だから、もし皆さんがセクハラを受けたら、泣き寝入りすることなく、ぜひ告発するべきだ。この問題は、被害者がからの糾弾がなければなくなるならない。

(d)不正行為に関連した事柄

倫理違反に対して、見て見ぬふりをしたり、告発に報復したりなど、不正行為に付随する問題もある。また、悪意の告発もある。さらに、倫理違反に対して処理する倫理委員会が各機関でつくられているが、そこでの問題もある。たとえば権威のある研究者や教授の言い分を信用し、若手の意見を受け入れないということはしばしばある。私自身

も、ある助手から、教授のデータに虚偽があり、倫理委員会に申し出たが受理されないとして相談を受けたことがある。文科省などにも訴えを取り上げる窓口があるので、きちんと証拠を示して相談したらどうかとアドバイスしたが、研究者の世界も権力関係に基づく非対称の上下構造があり、正義が必ずしも通るわけではないという難しい問題がある。しかし正義は言い続けなければ通らないのも、また事実だ。

(e)逸脱校為

通常の研究活動から明らかに逸脱した行為を指す。たとえば、研究費の申請にあたって、ウソともホントとも言えない内容ならまだいいが、明らかな虚偽申請は逸脱行為である。同じ結果を異なった題名で異なった雑誌等に重複して出版する重複出版も逸脱である。

さらに、特に実験系の場合は、実験ノートはきわめて重要で、実験の詳細を整理しておく必要がある。それによって研究の筋道が見えるだけでなく、不正をしていないという証拠にもなる。逆に、不備な実験ノートでは信用されない。最近是指導教員は自分で実験しないことが多く、助手などに任せがちだが、助手はプレッシャーから、結果を出そうとあせってデータ捏造や偽造に走ることもままある。それが不正かどうかを検証する際、実験ノートが調べられるが、事件になったものは、ノートがなかったり、捨てられてしまっていたりすることが多い。ノートの破棄や紛失は隠匿と判断されてしまう。これは、これまで不祥事が起こった多くの大学で共通しており、倫理違反行為の代表的な症例と言ってもいい。

さらに、(これは、研究の場だけではなく、どこの社会でもあることだが)特定個人の無視や研究妨害などのいやがらせ行為もある。こうした感情を研究の場には持ち出さないことが大切だ。

(f)不誠実な行為

論文の水増しは、俗に、「銅鉄主義」とも言われる。つまり、銅で成功した実験を鉄でも行なうことで、論文数を水増ししていくというものだ。いまや論文数が評価の対象になるので、水増しはしばしば行な

われる。

また内容不十分な論文も追試できないため、不誠実な行為である。簡単に追試をさせないよう意図的に不十分しておくこともある。これらも倫理違反と言えるだろう。完璧に倫理を守って研究し論文を書くのはしんどいことだが、自らの良心に恥じることのない程度にはきちんとしておく必要はある。

ここで、不正事件の実例を2つあげておこう。

①黄教授事件

マスコミでもずいぶん話題になったので、記憶している人も多いだろう。韓国の黄教授は、クローン技術を使ってヒト ES 細胞を作り出すことに世界で初めて成功したと論文で発表した。しかし、その後調べていくと、次々にさまざまな倫理違反が明らかになり、ついに論文の捏造が暴露された。まさに、倫理違反は拡大していくという法則そのものだった。

1つの大きな問題は、卵子 2000 個以上をすべて研究助手や補助員の女性から集めたことだった。雇用された弱い立場の女性から採取し、そのうち成功したと発表したのが数個であった。しかし、それも実は受精卵だった。この事実が発覚した後、アメリカの研究者は共同研究を中止した。また、もう1つの問題は、論文なしの業績発表だった。彼は、それまで論文はほとんどなかったが、牛のクローン作成に成功したと記者発表し、マスコミ世界では有名だった。

ES 細胞をはじめ生命科学の分野は、現在、証明が非常に困難になっている。論文などの写真だけでは、もはや受精卵から作ったのか、核移植で作ったのか判断できない。最終的には DNA を分析するしかないが、レフェリーにはそこまでできない。いまや非常に証明困難だからこそ、より強い倫理が求められている。

卵子提供について言えば、アメリカでは、10年ほど前から、卵子売買が一般化している。大学のフリーペーパーの広告欄に「egg 買います」と堂々と掲載されていたほどだ。当時、2万ドルで学費取得でき

ることも売り物にしていたが、現在はもっと高くなっているかもしれない(ちなみに、精子の売買は 50 ドルだった!)。日本ではまだそうなっていない。

②シェーン事件

以前のベル研究所、現在のルーセント研究所に在籍していたシェーンという研究者が起こした事件。彼は、有機物超電導の研究に成功したという論文を書き、ネイチャー誌とサイエンス誌に年間 18 回も掲載された。ノーベル賞受賞も間近とされていたが、東北大の研究者は 2 年くらいかけて追試したが成功しない。ついに実験機械を新たに購入しても成功しない。同分野の研究者たちは、シェーンの研究そのものについて疑問視するようになった。ある実験に成功した場合、その材料を他の研究者に提供することが研究者コミュニティの慣例となっているが、シェーンはそれも、いろいろな口実をつけて提供しなかった。そこで次第に疑念が高まってきた。ついには、シェーン自身が実験データでミスをした。そこで調査委員会が発足し、すべて調べたところ、18 の論文のうち 15 ままでが捏造であった。そこで彼は、研究所を追放されてしまった。

問題は、シェーンが非常に著名な科学者を共著者にしたことだ。その権威によってレフェリーが甘くなる傾向があった。共著者は、本来は論文に対して全責任を負うべきであるが、いっさい実験にはタッチせず、名前だけ貸していた。しかし、彼は不正が行なわれていたことは知らず、ただ名前を貸しただけだと抗弁し、結局、学会から追放されることはなかった。

一般的にある研究室で実験した場合、論文に、その研究室の代表である教授の名前は入れなければならないと当然考えるだろう。医学部では、特にその傾向が顕著だ。教授の名前は、著者名の先頭か最後か、どちらかに必ず掲載されている。基礎科学の分野ではそこまでではないにしても、その傾向はある。また、お互いにパーティーで名前を貸しあうことによって論文数を稼ぐという風潮もある。共著者をどう選ぶ

か、また自分が選ばれた場合はどうするか、きちんと考えておかなければならない。その論文の内容に責任がもてないなら名前を貸すべきではない。

さらに、研究所や出版社の権威主義の問題もある。当初研究所は告発を受けたとき、自分のところの研究者がそんなことはするはずはないと無視した。サイエンス誌の編集者も当初は誤りを認めなかったが、同じような問題が指摘されるようになって初めて調査に乗り出した。科学の世界でも、このような権威主義は存在している。

③ミリカンの実験報告

電子の電荷を実験によって決定し、ノーベル賞を受賞した。彼は、論文では、実験データすべてを公表したと記述していた。しかし、死後発見された実験ノートには、克明な実験データが記録されていたが、結果に合わない都合の悪いデータは外すなどの偽造が判明した。しかしこれも、きちんとした実験ノートがあればこそ、偽造も明らかになったわけだ。ミリカンの助手だったフレッチャーは、遺書で、実験は自分の業績だったと書き残しているが、そのときにはすでにミリカンも死去しており、確かめようがないため、結局はうやむやになってしまった。偽造事件の背景には、何かの暗闇があったのではないかと推測される。

メンデルの統計にしても、疑問説がある。メンデルはエンドウマメの交配と観察から、遺伝の法則を発見したことで知られる。しかし、野外実験で、いろいろな種類が混ざるはずなのに、データが3対1であまりにもきれいにそろいすぎているところから、データ偽造の疑いがもたれている。一方、そのデータは人為的要素が入りこんだという説もある。たとえば長谷川真理子さんに聞くと、豆の数を数えたのはメンデル自身ではなく、教会の寺男だったので、メンデルの予想を聞いて、3対1になるように数えたのではないかという解釈だ。

実験の場合、必ず「理論負荷性」がある。すなわち、まったく白紙の実験はほとんどなく、理論を前提にして実験するので、どうしても

負荷がかかる。したがって、意識はしなくても操作してしまう可能性がある。メンデルの場合、理論はメンデルが考えたが、負荷をかけられたのは寺男で、その影響を受けたのではないだろうか。したがって、理論負荷性に惑わされず、実験結果を真摯に見ることができるかどうか重要だ。その場合、一番問題が起りにくいのは、生データをすべて公開することだろう。

8.3 科学者の社会への説明責任

科学の制度化が確立した現代では、国家が税金を使って、科学者の研究費・設備・生活費を保証している。したがって、納税者は科学者から税金を正当に使っていることの説明を受ける権利を有する。それに対して、科学者は社会に対して説明する義務がある。原則はその通りだが、その場合、私自身が非常にジレンマを感じているのは、どこまで責任があるか、ということだ。

近年、多くの私立大や一部の国立大では、(小中学校並みに)保護者懇談会まで開催するようになってきている。就職指導はきめ細かく行なわなければならないし、場合によっては卒業者の犯罪責任まで問われることがある。総研大はそうではないが、多くの大学で、「説明責任」の名のもとに責任範囲がどんどん拡大してくると、どこかで線引きが必要ではないかと思われる。

8.4 科学者の社会的責任

将来、科学者をめざす人たちにとって考えておいてほしいのは、科学者の社会的責任についてである。それは、専門家としての知識や経験を社会のために活かすことだ。科学者でなければわからないことに対して、科学者としての判断を求められることはしばしば起こりうる。それを公正に伝えることが重要だ。それによって一般公衆の福利を向上させるとともに、逆に、科学・技術がもたらすリスクのある事柄に

ついて抑止する役割を果たすことができる。

科学と社会の役割について、最初に文章で明確に示したのは、1945年6月に発表されたフランク報告である。ジェームズ・フランクは原爆開発のマンハッタン計画に参画し、同年7月の原爆完成直前に、「原子エネルギーの政治的および社会的諸問題委員会」で報告書を発表し、その中で、原爆を日本に投下すべきではないと明確に提言している。そして、もし投下実験を行なうのであれば、無人島に多くのメディアを集めて公開すべきであるとも主張している。その上で、一般の人より多くの知識をもつ科学者は社会に対して、その問題点や危険性についても言及する義務があると明言し、これ以後、科学者の社会的責任が言われるようになった。

日本でも、ノーベル賞を受賞した朝永振一郎は、その著『科学者の社会的責任』（みすず書房）の中で、「いろいろな危険性を一番良く知っている科学者は、一般の人たちや政治家によく知らせる義務がある」と述べている。日本では、主として朝永振一郎、湯川秀樹、坂田昌一などの物理学者たちが原水爆や核兵器について強い反対意見を表明し、日本の科学者運動の歴史をつくってきたが、残念ながら、現在はその伝統はほとんど残っていない。

すでに指摘したように、科学にはプラスとマイナスの二面性がある。民生利用と軍事利用はその典型だった。したがって、その両面を把握できる専門家は、プラスの面だけではなく、マイナスの面も社会に伝える義務がある。

ただ、科学の二面性にはもう一つの意味があり、それは科学の知見に白黒がつけられない場合があるということだ。科学は万能ではないため、科学によってすべてが解明されるわけではない。むしろ分からない問題のほうが多いかもしれない。たとえば、地震、気候、生態系、地球温暖化など複雑系の領域については、今のところ、決定的に100%正しい理論は少ない。典型的なのは地球温暖化問題だろう。温暖化していることは事実だし、大気中のCO₂が増えているのも事実だ。両者には相関はあると考えられているが、相関は必ずしも因果関係ではな

い。温暖化したから CO₂が増えたのか、CO₂が増えたから温暖化したのか、その原因と結果を特定することはできない。

現在は、気候変動に関する政府間パネル(IPCC=Intergovernmental Panel on Climate Change) という国際機関は、CO₂が温暖化に影響しているのはほぼ(90%程度)確実であると認めている。実は、現在の科学では 100%正しいとは証明できない。温暖化したから CO₂が増えたという説も完全には否定できない。その意味では、科学は完全に現在の問題に決着をつけているわけではない。

その場合、科学者はどのように社会に伝えるかという問題がある。現代科学には限界があることを人々に理解してもらうことも大切だ。科学を全面的に信頼することも、逆に全面的に否定することも、いずれも正しくないと言えるだろう。特に環境問題については、この議論は泥沼化していく。最近、環境問題懐疑派と呼ばれる人たちが、いろいろ本を書いている。私自身は、少なくとも人類誕生以来、現在はもっとも CO₂が多い。過去 50 万年くらい、こんなに増えたことはない。その意味では異常な状況をもたらしているかもしれないと考え、用心するにこしたことはないという予防原則の考え方をとっている。科学には限界があるのだから、完全に解明されるまで何もしないのではなく、予防的措置を講じることが妥当ではないかと考えている。

科学自体は価値中立だが、科学の利用にはプラス、マイナスの二面性がある。しかしどちらの価値を選択するかは、社会の選択に関わる部分が多い。この場合の社会とは 政治、権力、企業、一般市民などさまざまなものを指し、われわれ一般の人々の声が反映されるかどうかはわからないが、科学者はそれにどこまで責任を負うべきだろうか。原爆は殺人兵器だから、それを作った科学者は殺人者だという論理はおかしい。またアインシュタインが元凶であるわけでもない。ただし、科学者は、科学のプラス、マイナスや想定されるリスクについては言及しておく必要があるだろう。

科学者は、まず科学の知見がいかに使われるかについて「想像力」をもつ必要がある。そして、その結果が何をもたらしたかについて「現

実の直視」が重要だ。それがいかに科学にとって不利なことであっても、眼をつぶってはならない。その上で、前もってどうすべきであったかについて「省察」し、次に同じことを繰り返さないよう対策を講じることだ。これらは、科学者でなければできない行動であり、「想像力」と「現実の直視」と「省察」をベースに、そうした感性をもつ科学者になってほしいと願っている。社会に健全に生きる科学のために、科学者として何ができるかを常に考えておいてほしい。少なくとも、そう考える心は持ち続けていてほしいと願っている。

J.G.ゴードンは『構造の世界』(丸善)の中で、建築のさまざまな事故の背景を調査した事故調査委員会の立場から、「事故は、罪と過ち(ミス、エラー)と金属疲労によって起こる」と分析している。人間は誰でも過ちを犯す。最近ではヒューマン・エラーの研究も進み、人間は過ちをするという前提で、それを修正するフェイル・セーフ、フール・プルーフなどの対策も進んでいる。しかし、道徳的に全く問題がない事故は極めて少なく、道徳的な配慮を欠いた事故が罪にあたる。それは、たとえば不注意、手抜き、不勉強、縄張り意識、自尊心、メンツ、慢心、驕り、妬み、貪欲、度量の狭さ、政治的配慮、仲間意識などであり、先に倫理違反のところでも指摘したように、ちょっとした倫理違反が原因で事故が起こる場合が多い。それが罪ということになる。

ゴードンは技術に関して指摘しているが、科学についても同様の指摘ができる。繰り返しになるが、どのような倫理違反であれ、不誠実な論文を書くことは、やはり科学者の“罪”と言えるだろう。そしてそれに対して責任を負うべきである。

8.5 JASONとUCS

JASON はイアソンとも呼ばれるが、ギリシア悲劇の皇女メディアの夫でもある。彼は、黄金の羊の毛皮を求めて冒険するが、メディアを捨てて美しい女性と結婚する。メディアは、かつての夫と新しい妻との間に生まれた子どもを殺してしまうという、すさまじい復讐をす

る。

ここで言う JASON は、軍をスポンサーとするアメリカの著名な科学者の秘密組織であり、国家に対して戦略的・戦術的提案を行なう。たとえば、ベトナム戦争での電子バリア、クラスター爆弾など各種の兵器の考案や提案を行なってきた。また、ミサイル防衛の立案、CTBT(包括的核軍縮条約)への反対などでも知られる。メンバーはノーベル賞受賞者クラスの著名な科学者たちで、政府に対して秘密裏に科学的助言を行なうが、名前は公表されず、報告も公開されない。いわば、会員制ブレイン組織である。

メンバーとしては、マレー・ゲルマン、ルイス・アルバレス、ハンス・ベーテ、チャールス・タウンズ、スティーブン・ワインバーグ(以上ノーベル賞受賞者)、ジョン・プレス、フリーマン・ダイソン、マーフ・ゴールドパーカーなどが知られている。公表されないはずなのに、なぜみんなが知っているかと言えば、本人たちにとって名誉なことなので、メンバーかどうか聞かれると、イエスともノーとも答えない、という態度をとるからだ。

このように JASON は著名な科学者であることを利用した秘密組織であり、これは科学の意識的悪用と言える。彼らは、愛国的行為のために科学を有効活用していると言明しており、報酬はたいしてもらっていないらしい。むしろ自分たちの提案が国家の政策になる喜びを求めているのだろう。それは個人の生き方の問題だから、糾弾はできないし、また全否定もできないが、少なくとも、科学の名のもとに科学を貶めているとは言えるだろう。科学は一国の利益のためだけに奉仕すべきではなく、人類の幸福に寄与すべきだと思う。それしか言いようがない。

一方、アメリカの科学者運動は他にもいろいろあり、UCS (Union of Concerned Scientists) と UAS(Union of Atomic Scientists)がよく知られている。UCS は「憂慮する科学者同盟」と訳されているが、科学に関わる問題を取り上げて広く公開の議論を起こす有志の会である。ブッシュ政権時代には、彼の科学政策を批判して公開質問状や署

名運動などの反対運動を繰り広げた。また当時、愛国者法が制定され、国外からの留学生を非常に厳しく選別して、イスラム圏、キューバなど、いわゆる「悪の枢軸国」を排除し、日本からの留学生も厳密な審査を受けるようになった。また、公立図書館の読書リストの提出も求められるようになった。この法律に対して、UCS はノーベル賞科学者も含め運動を展開した。

また UAS は「原子科学者同盟」と訳されており、科学者によるプライベートな研究機関だが、最近では核兵器問題だけに閉じず、環境問題についても批判活動を行っている。ここは BAS という雑誌を発行しており、世界の終末時間を示した時計の図を表紙に使っていることで知られている。午後 12 時が地球の終末とすれば、核戦争の危機が叫ばれた一時は午後 11 時 53 分くらいまで時計が進んでいたが、現在は少し巻き戻ったとされている。

このように、アメリカでは JASON のような科学者組織もある一方、健全な科学者の集団もある。その意味で、アメリカは非常に多様性に富んでいるとも言える。

最後に、倫理問題に関して、何冊かの私の本を紹介しておこう。その 1 つ、『科学者をめざす君たちへ』（米国科学アカデミー編、池内了訳、化学同人、1996 年）は、もともとはパンフレットで各研究所に配布して議論を求めたものだが、このような本を出版するほど、アメリカでは不正行為が広がっていたのだ。数年前に生物関係の研究者がアンケートをとったところ、回答者の 15% がこれまでになんらかの不正行為に関与したという。これはあくまでもアンケートの結果であり、本当はもっと多いはずだ。アメリカでは多くの研究施設や組織があり、お金の使い方もゆるやかなので、ひどい使い方をしている場合もある。それに対して日本は、科研費も含め予算の管理が厳しく、人件費に使えないなど細かい制約がある。日本の官僚は、科学者性悪説で法律をつくっているから、大学で何か 1 つ事件がおこると強い縛りが生じ、説明責任として細かい資料が求められる。

その他、できれば読んでおいてほしい本として、『科学の到達地点で不正を起こさないために』（池内一部執筆）がある。これは、科学研究の進め方についてもふれている。さらに、『科学者心得帳』（池内了著、みすず書房）は、科学の成立条件も含めて書いている。これらの本の1冊でも書棚に置いておき、何かの判断に迷ったときには読んでほしいと思う。

これまで第8章まで述べてきた。第9章は、エネルギー・資源問題、地球環境問題、核エネルギー問題、情報化社会など、現代の科学・技術と社会に関わる諸問題を取り上げている。現状とそれぞれの考え方については解説しているが、処方箋はない。今後君たちが直面していく問題であり、さらに先鋭化していくと予測される。それらについて常に関心を払いながら自分で考え、科学者として意見を求められた場合に答えられるような心構えをもっておいてほしい。

<参考文献>

- 『科学者をめざす君たちへ』 米国科学アカデミー編、池内了訳、化学同人
『サイエンス・エシックス』 D. E. ニュートン、牧野賢治訳、化学同人
『科学の倫理学』 内井惣七、丸善
『科学者の社会的責任』 朝永振一郎全集第5巻、みすず書房
『科学者の不正行為』 山崎茂明、丸善
『論文捏造』 村松秀、中公新書ラクレ
『国家を騙した科学者』 李成柱、ベ・ヨン・ホン訳、牧野出版
『科学技術倫理を学ぶ人のために』 新田孝彦、蔵田伸雄、石原考二編、世界思想社
『構造の世界』 J. E. ゴードン、石川廣三訳、丸善
『科学者心得帳』 池内了、みすず書房
『パブリッシュ・オア・ペリッシュ』 山崎茂明、みすず書房