

## 第2章

# 科学は必要とされているか

中島 尚正

nakajima@u-air.ac.jp

放送大学教授

### 2.1 はじめに

2001年春、東大工学部を定年退官し、放送大学教養学部に移った。2002年1月から、社会技術研究システムの研究顧問にも就任している。

私は長期にわたって、理工系、特に工学の分野で教育研究に従事したが、当然、科学、なかでも工学は必要とされているという前提に立ってきた。しかし10年くらい前から、状況が変わってきたことに気づかざるをえなくなった。われわれは、工学という価値のある学問を学生に教え、また社会に伝えることに使命感を感じていたが、それがはかばかしく進まなくなった。その背景には、1つには学生の理科離れ現象があり、またもう1つには産業低迷というマクロな現象がある。どうも工学全体も、キャンパスも閉塞感が漂う状況が続いている。最初は、われわれ教師の布教活動の努力が足りないのかと思っていたが、そうではなく、教養そのものがゆらいでいると感じている。

そうした潮流の中で、元東大学長の吉川弘之先生が提唱された「人工物工学研究センター」をはじめ、工学の再編の動きも出てきている。今日は、こうした動きを紹介しながら、科学や技術の成果を社会に役立たせるために必要な条件について実践的な話をしていきたいと思う。

### 2.2 現代社会における人工物工学の意義

今日の主題は「社会のための科学」すなわち、健全な社会生活や社会活動に資する科学のあり方を探るものである。

科学が社会に与える影響はさまざまなものを介して行われているが、現実には、技術

的な手法で作られた人工物が、人工環境を形成し、その中でもろもろの社会生活が営まれている。その意味で、人工物が社会に大きな影響を与えている。その他、社会制度、政策、科学的な考え方など、モノを介さないで社会に影響を与えている要素もあるが、現実的には、人工物の突出が社会に大きな影響を与えていることに注目せざるをえない。

今回のワークショップの問題意識の1つに、科学の自己発達が人間の制御能力を超えるという点があるので、それについて考えてみたい。先ほどの永山先生の指摘にもあったように、科学の発達が人間の制御能力を超えている例として、遺伝子の解明がもたらすバイオ産業の急成長に代表されるような科学の自己発展が考えられる。ただし、こうした科学の自己発展に関与するのは、科学者、技術者など、かなり専門的な知識を持った集団だろう。

一方、人工物が構築した人工環境が、人間の制御能力を超えるレベルまで自己発展しているという問題がある。人工物で満たされた人工環境の中で、生産能力が飛躍的に高まった20世紀においては、大量生産、大量消費というシステムが定着して、豊かさの追求がイデオロギーを超えて、地球規模で進んだ。そして、豊かさへのあくなき追求が、大量生産、大量消費システムを支え、人工物を排出して、人工環境を自己発展させる循環が形成された。

この傾向は、科学の自己発展に比べて、すでに現実の問題となっており、しかも、技術者など一部の専門家集団ではなく、消費者をはじめ社会を構成するすべての人々が、人工環境の自己発展を支えている。このことが豊かさを実現するとともに、科学技術の力でも解決できない問題を生じさせている。吉川先生は、これらを「現代の邪悪なるもの」と表現して、人工物工学を提唱し、人工物研究センターを開設された。

私が指摘するまでもなく、現代社会には、温暖化、事故の大型化と日常化、廃棄物の堆積、経済格差、貿易摩擦、資源エネルギーの大規模消費、地球ネットワーク犯罪など、複雑な問題が山積みになっている。これらの人工環境をもたらしたのは、技術者だけの責任とは言えない。また技術者集団だけの努力では解決することが非常に難しい。そこで、工学は必要とされるものを備えているか、という問いが必要になる。工学を内面から見直すという意味で、人工物工学が提唱された。それにより、工学の再検証、教育の見直し、という気運が生じている。今日は、特に工学の実践面において、どんな取り組みが行われているかを重点的に紹介したいと思う。

## 2.3 知の再編と学の総合化に向けて

近年、外からの批判による改革だけではなく、「工学」を内省する動きが顕著になっている。その1つは、知識体系のあり方の見直しであり、もう1つは専門領域が高度化・細分化されすぎることへの反省から総合化への見直しである。

まず知識体系の見直しについてだが、その前に、伝統的な工学の教科書の記述形式について振り返ってみよう。最初は基本式の導入を行う。たとえば流体力学においては、基本式を導入することにより、流体にまつわるほとんどすべての現象を説明できると考えてきた。適用できる範囲は、超高速の流体や分子レベルを除けば、静止しているもの、流動しているもの、そして液体、気体まで含まれる。さらにニュートン力学においては、基本法則から諸定理まで広範囲に適用でき、リンゴの落下から惑星の運動まで説明できると考えられてきた。

なお、説明方式には演繹、帰納、アブダクションの3つのパターンがある。

### ●演繹(deduction):

「人は死ぬ運命にある、私は人である、ゆえに私は死ぬ」という推論法。原点には公理があり、それに基づいて論理が三段論法的に展開される。

### ●帰納(induction):

「過去に永遠に生きた人はいない、この事実は将来も真実であろう。ゆえに、人は死ぬ運命にある」という推論法。

従来は、帰納と演繹の2つが中心だった。しかし工学で非常に重要なものづくりや設計においては、これだけでは十分な説明ができなくなった。すでに存在しているものを理解、分析、評価する方法としては演繹的推論は有効であるが、工学の1つの使命である、新しいものを創造するための説明には役に立たない。また帰納的推論も当たり前のことしか推論できない。

そこで、第三の推論形式としてアブダクションが登場してきた。

### ●アブダクション(abduction):

「A が殺害された、証拠の断片 U, V, W, X がある、犯人は B である。なぜならば、B を犯人と仮定したときのみ、すべての証拠は統一的に説明できる」というパース (Charles S. Peirce) が提唱した考え方。

適切な日本語訳がないため、そのままアブダクションとして使われる場合が多いが、「飛躍的推論」とか、「発見・発明の原理」などとも言われる。アブダクションによる推論が工学の記述には必要とされているが、理路整然とした展開が困難であり、知識の記述には必ずしも有効ではない。そういう意味では、現状では、工学に最も大切な設計の内容を記述する手法がまだない。工学は必要とされるものをまだ持っていないとも言える。

次に専門領域の細分化について言及したい。東大工学部の例で説明しよう。明治時代に創設され、世界の総合大学で最も古い工学部の歴史を持つが、実践と理論の双方を重視してきた。これも当時としては珍しく、欧米では、実践と理論のどちらかが重視される傾向にあった。

1886年当時は、土木、機械、電気、造船、造家、応化、採鉱・冶金の7学科で、学生は学年ごとに約30名であった。現在は17学科にのぼり、学生も学年ごとに約1000名となっている。それほど専門領域の細分化が進んでいると言える。大学院の専攻は20を超える領域にわたっている。問題は、それぞれの専門領域が独自の城壁を築き、しかもお互いの間に堀をめぐらし、交流がないことだ。一例を挙げれば、コンクリート1つをとっても、土木工学と建築のコンクリートは別物だととらえる。

もちろん効率化・分業化のメリットもある。対象を限定することにより、物事を理解するのに理路整然とした体系が作りやすい。また例外も少ないので、知識の再生産性にもすぐれているという教育的な観点からの効用も大きい。

一方で、全体像が把握できないために、分業化が産業に与える問題点も顕在化してきた。たとえば今から10年ほど前、ノートパソコンが普及する前のラップトップパソコンの時代に、電源部から火や煙が出る事故が相次いだことがある。その部分は完全に成熟した技術分野であるはずなのに、なぜかそういう事故が頻発した。コンピュータの心臓部であるプロセッサが必要とする電力は、走らせているプログラムによって変わる。複雑なプログラムのためには電力を多消費するが、その知識がないままに、従来通りの電力で設計してしまったためと考えられている。それは、分業化が進み、電気メーカーとソフトメーカーとの連携がないままに設計してしまったためのミスと言える。

また現在、製造業は厳しい構造不況にあり、特に、下請け中小企業は中国などの追い上げに会い、地場産業が衰退している。しかしすべての地場産業が危機に瀕しているわけではなく、やはり勝ち組と負け組がある。元気な中小企業は、世界を舞台に華々しく活躍している。一般的に、下請けに甘んじているところは衰退していくようだし、分業化の位置に甘んじず、自ら新しいビジネスモデルを開発したところは成功しているよう

だ。

こうした分業化・専門化の弊害に対して、専門領域の融合化、複合化、大括り化といった動きが見られる。現代工学のカリキュラムを設計系、情報系、材料系、空間系、技術連関係の5つにまとめようというものだ。これは『現代工学の基礎』（岩波書店）という教科書がベースになっている。対象とする読者層は、教養課程を終えた工学のすべての学生である。また、ほとんどすべて必修を原則としているのも特徴だ。たとえば、情報系の学生も、設計や材料について学ばなくてはならない。ただし、これから始まる試みであり、これがどこまで教育の現場で生かされていくかは、今後の実践による。

それより先に、公務員の試験区分の見直しも始まっている。文系はあまり変わっていないと思うが、理工系は大きく変わった。[図表1]のように、これまで20近くあった分類が4つに整理された。また人工物がこれだけ増え、生活に大きな影響を与えている今日、技術士の存在意義も重要視されるようになってきた。平成13年度から一次試験の改正が行われ、基礎知識で総合的な知識を見ると同時に、適性試験では、技術者倫理が盛り込まれることとなった[図表2]。これだけ社会との接点が増えてくると、技術者といえども、社会、世界の動向に敏感にならざるをえないという背景がある。また組織についても、ホモジーニアスな組織ではなくヘテロな組織のほうが、相互に触発する効果もあるとされ、そうした方向での改革も行われている。

図表1 公務員試験の見直し

国家公務員1種 試験区分	
行政、法律、経済、人間科学1(心理系) 人間科学2(教育・社会系)	
理工1(一般工学系)、 理工2(数理科学系)、 理工3(物理・地球科学系)、 理工4(化学・生物・薬学系)	
農学1(農業科学系) 農学2(農業工学系)、 農学3(森林・自然環境系) 農学4(水産系)	

図表2 技術士1次試験科目の改正

基礎	科学技術全般にわたる基礎知識に関するもの
適性	技術士法第4章(技術士等の義務)の規定の遵守に関する適性に関するもの
共通	数学、物理学、化学、生物学、地学のうち受験者があらかじめ選択する2科目
専門	受験者があらかじめ選択する1技術部門に係る基礎知識及び専門知識に関するもの

2000年には、工学部全体で外部評価を実施した。われわれ自身が工学はどうあるべきか明確に示す必要があるという認識のもとに、工学部教員の1割にあたる40名で委員会を構成し、約1年かけて工学ビジョンを策定した。その成果は、『工学は何をめざすのか』（東大出版会）として発表した。その中核は「技術革新に挑戦し、新産業と文明を支える工学」であり、「21世紀の社会と環境に責任をもつ工学」であらねばならない、ということだ。技術革新への挑戦や産業支援はこれまでも遂行してきたが、これからは、社会に責任を持つという認識が必要となる。

村上陽一郎氏は、「工業型文化から家政型文化へ」ということを主張されている〔図表3〕。20世紀の社会は工業型文化が主導であったが、21世紀は家政型の文化にシフトしていくということを、6つのカテゴリーで説明している。

図表3 工業型文化と家政型文化

工業型文化	家政型の文化
生産	維持
消費	保存
能率(時間削減)	融通(時熱)
無尽蔵	有限性
均質化	異質性
最適解	コンフリクトの少ない解

また新しい試みとして、2000年4月から東大に総合情報学科が創設された。ここで扱っているのは、総合情報学であり、従来の情報工学とは一線を画す内容をめざしている。これは、インターネットや携帯電話に代表されるような情報化が社会に浸透することにより、われわれの生活が営まれる情報環境がどのような影響を受けるのか、またどのように変容するかを多角的にとらえようとするものである。たとえば電子商取引が活発化することによって、ビジネスの意思決定テンポが速くなったり、特にアメリカではインターネットの普及により、企業活動の主導権が消費者に移るなどの変化が生じている。

科学技術は必要とされているかどうかは、われわれ工学者にとって、非常に関心のある問題だ。結論から言えば、必要とされなければならないが、十分ではないと思う。では、どこが十分ではないのか。われわれがもっとも分からないのは、人工物によって作られた社会や人間が構成する社会なのである。しかし、われわれ工学者が、社会とのつながりを重視せざるをえない状況に存在していることもたしかだ。