

# 第1章 工学倫理への道

## はじめに

工学（科学技術）は人間生活に深く結びついた学問である。人間の追求する快適・利便性という目的に応じて、工学はさまざまな人工物やシステムを提供してきたが、それらは社会のすみずみまで行きわたり、いまや人間生活はそれらなしには成り立たなくなっている。

ところが、そうした人工物が集積した社会においては、身の回りの人工物やシステムが市民の安全を脅かすものになりかねない。それらを設計した人のミスや安易な想定が、広範囲のひとびとに危害を及ぼすこともありうるのである。2011年3月11日に生じた福島第一原発事故は、その悲劇的な例であろう。

こうした状況において、技術者に求められるのは何であろうか。製品の設計、製作、検査・管理などの、モノづくりのプロセス全体において、責任ある仕事をすることが必要なのはいうまでもない。しかしそれだけでは十分とはいえない。モノづくりの仕事をまっとうするというだけではなく、広い視野に立って技術者の社会における役割と責任を自覚し、モノづくりにおいてそれを実践することが大切であろう。このような意味において、現代では、技術者には倫理的に判断し行動することが求められているのである。第1章では、工学の歴史を追いながら、この点を明らかにし、工学倫理の必要性やその課題について考えてみたい。

以下の議論全体で注意すべき点について、ひとつ注をつけておこう。それは、「技術者倫理」と「工学倫理」という2つの用語についてである。「技術者倫理」が、専門職についた職業人として技術者はいかに行動すべきか、あるいはその倫理的責務とは何かなどの、技術者個人に照準をあわせた問題を扱うものであるのに対し、「工学倫理」はより広い射程をもつ。すなわち工学倫理とは、技術者個人の観点を超えて、工学の目的や社会における使命、また、技術と人間生活あるいは環境との関わりなどを広い視野から探る体系的学問である。

本書においても、各章で技術者倫理と工学倫理のさまざまな議論がとり上げられることになるので注意していただきたい。

第1章の構成について述べておこう。1.1では、科学（理論）と工学（実践）の関係がとりあげられる。はじめの手がかりは、欧米の工学教育の歴史である。そこから明らかになるのは、工学には科学的・理論的側面とモノづくりという技術的・実践的側面があり、そのどちらを欠いても工学は成り

立たないということである。この節の後半では、科学と技術の歴史についての概観が与えられる。

1.2では、まず、科学と技術が融合して科学技術（工学）が誕生していった経緯が述べられる。自然科学（理論）と伝統的なモノづくりの技術（実践）は、もともと独立した営みであったが、19世紀後半になって結びつくようになる。すなわち現代的な科学技術（工学）の誕生である。これを発端として工学は急速に発展していく。

次に、なぜとりわけ現代社会において工学倫理が求められているのか、さらに工学倫理が取り組むべき課題とは何かが指摘される。

最後に技術者個人に焦点を当て、集団や組織のメンバーとして制約をうけつつも、独自の人格として生きる個人という、現代の技術者像が描かれる。

1.3では、工学教育と専門職倫理の問題が扱われる。倫理的な責任を自覚した技術者が求められている現状において、工学教育はいかにあるべきであろうか。それは、一言でいうならば、専門職としての技術者の育成であろう。この節では、JABEE（日本技術者教育認定機構）の教育システムを紹介しながら、日本の技術者教育の目標が示される。

## 1.1 科学と工学

### 1.1.1 理論と実践

自然科学と工学はどのような関係にあるのだろうか。科学とは仮説を立て、その仮説を実験によって検証し、それによって自然現象に潜む法則をみつけだすという活動であるといつていいくであろう。それに対し、工学は自然科学を応用してモノづくりに役立てようとする活動であるという見方——工学の専門家でさえしばしばそう考えるようである——が多いに気づく。だが果たしてそうなのか。もしそうであるならば、工学は応用科学であって、科学から独立した学問とはいえないであろう（この点は第4章で詳しく扱われるので、そちらを参照していただきたい）。

さて、工学は確かに自然科学の成果を利用する以上は、科学的・理論的な側面をもつ。工学部のカリキュラムをみてもわかるとおり、そこでは、数学、物理学、化学等の自然科学の基礎科目が必修とされている。そして、設計、解析、検査などの工学のあらゆる局面で数学的な記述が用いられるのも確かである。

しかし他方、工学には科学的・理論的な側面と同時に、実践的な側面がある。「工」という字を辞書で調べると、それが「ものをつくること」という意味をもつことがわかるが、工学とは「モノづくりの学問」なのであって、自然科学に還元できない独自の論理と構造をもっている。例えはある工作機械をつくる場合を想像してみよう。まず、それがある目的（鉄板を削って均質な素材をつくる、など）のためにどのような働きをすればよいのかを考える。それからその目的を実現するための仕様を明確にして図面にする。次にその仕様を満たす構造や材料を決定して、実際に機械をつくってゆく。そ

のさい、加工法、コスト、安全性、使用環境など多くの制約条件を考慮しなければならない。モノづくりとは、そうした制約条件のなかで最善の解を求めて試行錯誤しながら探求するプロセスである。この創造的な活動こそが工学の本質をなしているのであり、工学を応用科学とみなすべきでない理由はここにある（E.S.ファーガソン著、藤原・砂田訳『技術屋の心眼』、平凡社、1995、第1章参照）。以下において、こうした工学の本性をめぐって工学教育がいかに展開したか、その歴史をみることとしたい。

### 1.1.2 工学教育の歴史

#### （1）工学のはじまり

ヨーロッパでは、15～16世紀になると絶対主義の時代が訪れた。フランスでも、17世紀にはルイ14世の統治下で絶対主義は最盛期を迎え、国王が軍事・政治上の実権を握るようになった。当時のフランスでは、公共的な建築物、交通網、要塞の構築などがもっとも重要な事業とされ、軍事、建築、土木の3つの分野の技術は国家が独占したのである。ジャン＝バティスト・コルベール（1619－1683）が宰相になると、かれは技術兵の重要性に目をつけ、1672年に「工兵隊」をつくった。そのあとも、「海軍学校」（1773）、「王室建築学校」（1778）、「鉱山学校」（1778）などがつぎつぎと創設されていったが、現代の工学教育につながる、技術者育成のための教育制度の起源は、このあたりにまでさかのぼることができよう。

こうしてはじめのころの工学教育は、フランス革命のさなか、1794年にパリに設立されたエコール・ポリテクニークで頂点に達した。エコール・ポリテクニークは2年制で、1年目は、幾何学、三角法、物理学、化学、製図などの科目が教えられ、2年目にはそれらの科目のほかに、道路、運河、要塞、砲術、造船などの、より応用的な科目が加わっていく。その後、卒業生は道路、運河、鉱山や砲術、要塞などについて学ぶ各種の専門学校にすすみ、その課程を修了すれば高い地位につくことができた。エコール・ポリテクニークは19世紀には各国によって工学教育のモデルとみなされ、そのカリキュラムや指導法、さらにはテキストまでがとり入れられた。

自然科学の専門的な教育を重んじ、学校制度のなかで人材を育成するというしくみは、次第に発展してゆき、やがて社会のなかで重要な役割を果たすようになるのである。

#### （2）アメリカにおける工学教育の歴史

18世紀後半になると、アメリカでも工学教育のための学校をつくろうという動きがでてきた。その目的でウェストポイントに士官学校が創設されたのは1802年であったが、それは1817年にエコール・ポリテクニークをモデルにして改組された。歴史的にみて、これがアメリカの工学教育のはじまりと考えてよいであろう（アメリカの工学教育の歴史については、Michael Davis, *Thinking Like an Engineer*. Oxford. 1998. chap.1, chap.2 参照）。

1830年代に入ると、民間でも工学系の学校が設立されるようになり、本格的な工学教育が根づいて

いった。これらの学校では工学教育のあり方について試行錯誤が繰り返されたが、なかでも問題は、カリキュラムをどう組むかということであった。工学教育のはじまりから、自然科学を重視する理論的立場と、工場での実習のような実践的アプローチを重視する立場とに分かれていたのである。

理論的な立場に立つひとは、技術者を技能者（機関車の運転士など）から区別するために、自然科学の十分な教育が必要だと強調した。ところがその方針によって教育することは、せいぜい応用科学者を生みだしただけだった。例えば、「ローレンス科学学校」(Lawrence Scientific School) は、ハーバード大学の一部として1847年に設立されたが、卒業生147人のうち技術者になったのは41人だけであり、工学系の学校としては失敗に終わったのである（残りのうち、94人が教師や教授になったということである。ローレンス科学学校の失敗を受けて、1865年にマサチューセッツ工科大学がボストンに創設された。この点については、Davis前掲書、p.27参照）。

他方、実践的アプローチがとられた場合には、人文・社会科学だけでなく、高等数学までも無用のものとして排除する学校もでてきた。理論は忘れてとにかくすぐに仕事場に入れ、というわけである。工学のもっとも重要な部分はテキストから学べないとして、実践的なモノづくりのためのカリキュラムを組んだ学校もあったが、技術者を育成することはできず、その試みはともかくも失敗に終わったのである（おもしろい例として、ゼネラル・エレクトリック社は、「実践的工学」のコースを年間100ドルで開いたが、そのコースは、1年間でゼネラル・エレクトリック社のさまざまな部門—配線工場、アクアランプ組み立てラインなどを体験するというものであった）。

### (3) モノづくりと工学の本性

第二次大戦が終わると、アメリカの工学教育は理論を重視するようになった。機械工学、化学工学、電子工学のような一般的な科目が重視され、実践的な技術のほうは卒業後に学べばよい、とされたのである。しかし最近になって、工学教育は再び実践へと向かうようになってきた。ただしそれは、「工場へもどれ」というようなスローガンの下で行われたのではなく、工学を「設計」という新しい観点から見直すという動きであった。設計とは、さきほど述べたように、与えられた目的を達成するため何をつくればよいか探求するプロセスである。この見方によれば、工学はモノづくりのプロセスを探求する学問なのであり、自然科学の応用に置きかえられない創造的な面をもつのである。

では以上の工学教育の歴史から何がわかるであろうか。それは、自然科学の教育だけでも工場での実践的な経験だけでも技術者は育たない、ということであろう。工学は一方で、自然科学と深く結びついており、たんなる技術・わざではない、理論的な側面をもつ。しかし同時にモノづくりという実践的側面をもち、このどちらを欠いても、工学は成り立たない。

#### 1.1.3 科学と技術の歴史

##### (1) 17世紀の科学革命

さて、工学教育の歴史をみてみると、それがいかにして理論と実践を両立させるか、すなわち、いか

にして自然科学とモノづくりの営みを結びつけるかを探るプロセスでもあったということができよう。

その両者が結びつくことが社会にとってどういう意味をもつかが、1.2の重要なテーマのひとつになるが、その問題を探る前にまず、科学と技術の歴史についてふり返っておく。以下に年表をつけるので、詳細はそちらにゆずり、ここではかいつまんで述べるにとどめたい<sup>1)</sup>。

表1.1 社会の動きと科学と技術の歴史

	社会の動き	科学	技術（個人的発明）
17 世紀	1618 30年戦争（独）	1609 ケプラー（独）	
	1642 清教徒革命（英）	惑星運動の法則	
	1688 名誉革命（英）	1628 ハーヴィ（英）	
	17世紀後半 絶対主義の全盛期（仏）	血液循環説	
		1632 ガリレオ（伊）『天文対話』	
		1661 ボイル（英）	1673 ホイヘンス（蘭）
		化学元素の概念	振り子時計
18 世紀	1687 ニュートン（英）	1687 ニュートン（英）	
	古典力学の完成		
	1775 アメリカ独立革命	1735 リンネ（ス）	1712 ニューコメン（英）
	1776 アメリカ独立宣言	生物分類学の確立	大気圧機関
	1789 フランス革命 →市民社会の成立	1752 フランクリン（米）	1765 ワット（英）
	18世紀後半 イギリス産業革命 →機械制工業・大量生産システムの確立	雷の正体を解明	蒸気機関
		1755 カント・ラプラス星雲説	1768 ハーフリーブス（英）
		1770 ポルタ（伊）	ジェニー紡績機
		電池の発明	1769 アークライト（英）
		1777 ラヴォアジエ（仏）	水力紡績機
19 世紀		燃焼の理論	1779 クロンプトン（英）
	19世紀前半 各国の産業革命始まる →資本主義制度の確立 社会主義思想の登場	1803 ドルトン（英）原子説	ミュール紡績機
	1848 2月革命（仏）	1811 アヴォガドロ（伊）	1785 カートライト（英）
	1861 南北戦争始まる（米）	分子説	力織機
		1831 フラーダー（英）	
		電磁誘導の発見	
		1842マイヤー（独）	
		熱の仕事当量を算定	
		1847 ヘルムホルツ（独）	
		エネルギー保存の概念	

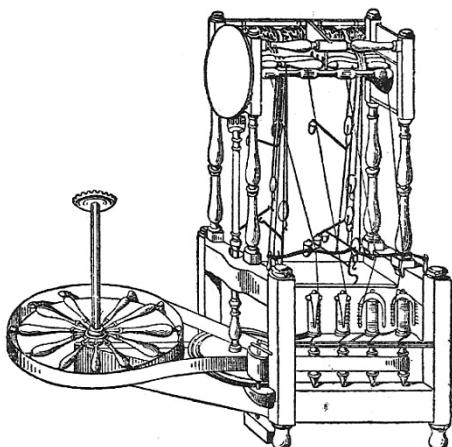
	社会の動き	科学	科学技術(チームによる研究開発)
19世紀後半	19世紀後半 自由主義の時代 イギリスの優位 1870年代 帝国主義の時代 ドイツ・アメリカの成長 重化学工業の発達 独占資本の形成と列強による 植民地分割	1859 ダーウィン (英) 『種の起源』 1865 マクスウェル (英) 『電磁場の動力学的理論』 1866 メンデル (奥地) 遺伝の法則 1867 パストゥール (仏) 微生物病原体の発見 1895 レントゲン (独) X線の発見	1862 ソルヴェー (ベ) アンモニア・ソーダ法 1878 バイエル (独) インジゴの合成 1897 パーソンズ (英) タービン船の建造
20世紀	1914 第一次世界大戦 1917 ロシア革命と社会主義政 権の誕生 1919 ヴェルサイユ体制 1929 世界恐慌 1930年代 フاشיזםの台頭 1939 第二次世界大戦  1947以降 アメリカの霸権と冷 戦の時代 1963以降 ベトナム戦争とアメ リカの霸権の動搖  1989 天安門事件 (中) 1990 ソビエト連邦の崩壊 21世紀初頭 中国の台頭	1905 アインシュタイン (米) 特殊相対性理論 1913 ボーア (デ) 原子構造の 解明 1920 パブロフ (露) 条件反射 の研究 1934 キュリー夫妻 (仏) 放射 能を発見 1935 湯川秀樹 (日) 中間子論 1946 フェルミ (伊) 核分裂の 連鎖反応に成功 (原子炉) 1953 ワトソンとクリック 二重らせん構造の解明 1975 ヨーク (米) カオス理論 1987 小柴昌俊 (日) ニュートリノの観測 2006 山中伸弥 (日) iPS細胞の開発	1913 ミタシ (独) 合成アンモニア フォード (米) ベルトコ ンベアによる一貫量産体 制 1914 グリースハイム・エレク トロン社 (独) 塩化ビニ ルの合成 1920 アメリカ、ピッツバーグ 市 初のラジオ放送 1926 (ソ) 液体燃料ロケット の打ち上げ 1945 (米) 原爆製造・投下 1946 (米) コンピュータ ENIACの完成 1958 (ソ) 人工衛星の打上げ 1973 (米) 遺伝子組み換え技 術の開発 1996 (英) クローンヒツジの 開発

自然科学の成立は、そのプロセス全体をみると、(1) ルネサンス期から後にはじまった17世紀の科学革命、(2) フランス革命後の、科学の諸領域の独立（第二の科学革命とも呼ばれる）にわけて考えることができる。はじめの科学革命が力学という限られた分野で起こったのに対し、第二の科学革命はあらゆる分野で新しい科学がつぎつぎと成立していくプロセスであった。

まず17世紀の科学革命について述べる。19世紀のスイスの歴史家ブルクハルトは、ルネサンスの標語として「世界と人間の発見」という言葉を使ったが、その言葉どおりに、観察や実験を用いて自然にアプローチする科学的方法はすでにルネサンス期にめばえていた（ヤコーブ・ブルクハルト (Carl Jacob Christoph Burchhard) (1818-1897) 『イタリア・ルネサンスの文化』(1860), 第4章, 新井靖一訳, 筑摩書房, 2007年を参照)。この時期は、中世から近代への過渡期であり、新しい文化が生まれだされる準備段階であったといえよう。

図1.1 ガリレオ<sup>2)</sup>図1.2 ニュートン<sup>3)</sup>

こうした段階のうちに近代科学は生まれたが、そのはじまりは天文学であった。16世紀にニコラウス・コペルニクス (Nicolaus Copernicus) (1473-1543) が『天体の回転』を著して、地球を宇宙の中心から引きずりおろす地動説を唱えた。またガリレオ・ガリレイ (Galileo Galilei) (1564-1642) は、「自然という書物は数学のことばで書かれている」という言葉どおりに、実験に基づいて数学的な運動論を展開して力学の基礎をつくった。ガリレオに欠けていた「力」の概念を使って体系的な力学をつくり上げたのが、アイザック・ニュートン (Sir Isaac Newton) (1642-1727) である。こうして17世紀の科学革命は完成したが、それは力学と化学のある領域でなされたのであって、他の領域が自然科学として成立するのはもっと時代が下ってからのことである。

図1.3 アークライト紡績機<sup>4)</sup>図1.4 ジェニー紡績機（ハーグリーブスが製作）<sup>5)</sup>

## (2) 産業革命と社会

一方、産業革命はいち早く市民革命を終えていたイギリスで、18世紀後半に起こった。それはまず、軽工業（綿織物工業）からはじまり、ハーグリーブス、アークライト、クロンプトン、カートライトらによって新しい紡績機が発明され、改良されていった。かれらの手になる発明（図1.3、図1.4を参照）によって人間の労働力は大幅に省かれ、イギリスの綿織物工業は大いに発展したのである。

やがて産業革命は、綿織物工業から機械を動かす動力の革命へと移っていった。紡績機の動力としてそれまでは水力が使われていたが、自然に左右される不安定なものであったため、必要なときはいつでも動かすことができ、人間がコントロールできる動力が求められていたのである。こうして登場したのが蒸気機関である。すでにニューコメンの大気圧機関（図1.5）は利用されていたが、これは効率が悪かった。ワットがこれに改良を加え、蒸気機関（図1.6）を完成して、1769年に特許をとっている。1789年に、カートライトにより、水力のかわりに蒸気機関が力織機につながれると、生産力は飛躍的にのびた。

その後、産業革命は重工業に移っていく。綿織物工業が発展することにより、そのために使われる蒸気機関や作業機をつくる機械製造業も育っていったのである。さらに、原料や商品を大量に運ぶために、交通体系を整えることが必要になり、運河がはりめぐらされ、鉄道が建設されていった（交通革命）。

産業革命は、18世紀終わりごろにはベルギーでも始まり、19世紀にはいるとフランス、ドイツ、さらにヨーロッパ全土に広がっていった。それまで営まれていた「マニュファクチュア」（工場制手工業）は機械を導入した工場制度に切りかえられ、産業は資本主義的なシステムへと移り変わっていたのである<sup>8)</sup>。

ではここまで科学と技術の歴史のなかで、両者はどのように関わりあってきたか。確かに17世紀の科学革命の時代には、技術は科学のために大いに役立った。古典力学は、時計や望遠鏡などの観察・

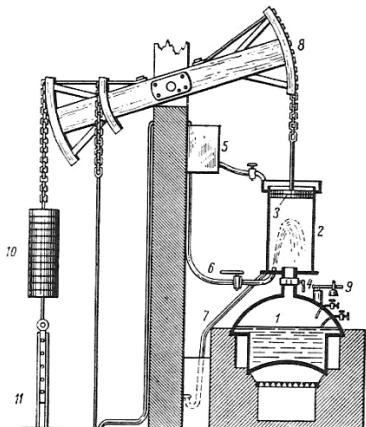


図1.5 ニューコメンの大気圧機関<sup>6)</sup>

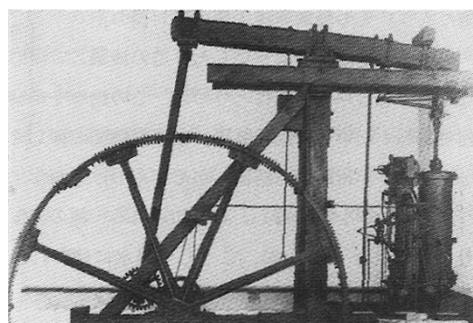


図1.6 往復運動するワットの複式蒸気機関<sup>7)</sup>

観測のための道具があつてはじめて可能であったが、それは職人たちの技術によるものだったからだ。またその反対に、ガリレオの振り子の理論（1583）に基づいてクリスティアーン・ホイヘンス（1629-1695）は振り子時計をつくったし、ブレーズ・パスカル（1623-1662）の大気圧の証明は蒸気機関の発明をうながした（蒸気の力で押し上げられたピストンを、蒸気を冷やして凝固させたあと、大気圧によって押し下げるというアイデアに基づく）。このように、科学と技術は互いに影響を与えあつてきたといつてよい。ただしこれは、影響しあったというにとどまるのであって、科学者と技術者が交流を図つたり、同じ目標に向けて協力しあつたということではない。そのような科学と技術の結びつきがはじまつたのは、もっと後になつてからのことである。

### （3）第二の科学革命

**(a) 物理学・化学** イギリスの産業革命は、1830年あたりで一応の終わりをみた。そしてそれと前後して、自然科学の発展も新しい段階にはいり、水の電気分解（電流の化学的作用）、電流の磁気作用、電磁誘導現象などの発見が相次いでなされたのである。こうした電気と磁気の相関を示す結果を、数学を用いて理論化し電磁気学の基礎をつくったのがイギリスのジェームズ・クラーク・マクスウェル（1831-1879）である。

またそれと平行して、熱や光の本性についての研究もすすみ、光の波動説（1818、オーギュスタン・ジャン・フレネル（1788-1827））や熱と仕事との数量的関係の測定（1842、ユリウス・ロベルト・フォン・マイヤー（1814-1878））などの研究があらわれてくると、光学や熱力学などの領域があらたに開拓されていった。さらにマイヤーらの研究により、熱や力などの諸現象を統一的に理解する考え方方が求められるようになり、1840年代になって、エネルギー保存則が発見されたのである。

化学の分野では、18世紀末になってアントワーヌ・ラヴォアジエ（1743-1794）が燃焼の理論を打ちたて、元素の考え方を明らかにした。19世紀にはいると、物質が原子によって構成されており、元素の種類によって質量は異なること（1803、ジョン・ドルトン（1776-1884））、気体が原子ではなく分子から構成されていること（1811、アメデオ・アヴォガドロ（1776-1856））、などが実験に基づいて主張されるようになった。かれらによって、近代化学の基礎がつくられたといつてよいであろう<sup>9)</sup>。

**(b) 生物学・医学** 19世紀には、チャールズ・ライエル（1797-1875）の地質学的研究によって地球の歴史が明らかにされつつあったが、チャールズ・ダーウィン（1809-1882）はその成果を使って、自然淘汰に基づく生物進化を実証的に説明した。これは、種が神によって創られた信じていたひとびとを驚愕させたということである。ダーウィンに欠けていた遺伝の法則をグレゴール・ヨハン・メンデル（1822-1884）が発見した（1865）が、この発見が注目を浴びたのは、35年後の1900年になってからのことであった。

医学も他の分野とくらべて発展がおくれていた（19世紀に入つても伝染病の原因は解明できていなかつたのである）。しかしフランスのルイ・パスツール（1822-1895）、ドイツのロベルト・コッホ（1843-1910）などの力によって、病気の原因が細菌によるものであることがつきとめられると、科学的な方法が医学の領域においても確立され、現代医学の基礎がつくられたのである。

こうして、生物学、医学もほかの分野とならんで、19世紀の後半にかけて科学のひとつの分野として成立したといえよう。

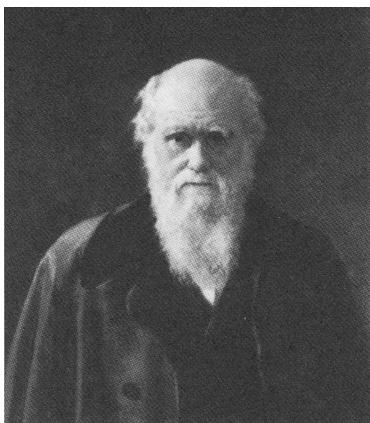


図1.7 C.ダーウィン<sup>10)</sup>

## 1.2 工学と現代社会

前節では、19世紀までの科学と技術の歴史を追ってきた。それまでは、科学と技術は互いに独立した営みであったといえるだろう。しかし、19世紀のなかごろ、ついに科学と技術は結びつきはじめる。それが社会にもたらした影響と新しい倫理的課題について以下で考えてゆくが、そのまえにまず、工学（科学技術）をどのような視点から捉えるか、工学をみる視点を定めておくこととしよう。

### 1.2.1 3つの視点—マクロ・ミクロ・メタ—

工学をいかに捉えるかは、工学をみるさいの分析視覚をどこに置くかによって決まってくる。まず第1に、技術者個人に焦点を当てて技術や工学について考える視点がある。モノづくりの仕事に携わる技術者個人とその行為、これがミクロレベルからみた考察対象となる。

ところが一般的にいって、技術者がモノづくりの仕事をするのは、集団・組織（企業、官庁など）においてであり、開業医のようにひとりで仕事をするような状況はほとんど想像できない。たいていの技術者は、組織のなかで働き、給料をもらうビジネスパーソンなのである。

企業を例にとって、技術者がどういう状況に置かれているかみてみよう。技術者はまず、雇用者に対する被雇用者である。また、職階制においては、例えば製造部門や品質管理部門に属しており、それらの部門では上司の下にいるであろうが、現場では主任である。しかもそれぞれの企業は、製品の生産や流通という機能をもちながら、他の企業や学校、官庁などの集団・組織と互いに関わりあつ

ている。こうして社会全体のうちには無数の集団が錯綜したつながりをもちながら存在し、ひとりの技術者はそのなかのいくつかの集団に属しつつ、集団のメンバーや他の集団と直接的・間接的に関わりながら、モノづくりの仕事に携わっている。

こうしてみると、モノづくりという工学の営みを技術者個人に照準を当てて理解しようとする試みには限界があることがわかるであろう。「技術」や「工学」を見るときには、その視点を個人レベルに限定するのではなく、技術者をとり囲む社会的文脈にまで考察の範囲を広げなければならない。工学を、技術者個人に照準して眺めるとともに社会現象としても把握するために、いくつかの視点からみることとしよう<sup>11)</sup>。

表1.2 工学を見る3つの視点

視点	考察対象
ミクロレベル	企業などの集団の単位をなすのは、一定の動機をもち、一定の目的をめざして行動する個人である。技術者個人とその行為・行動がミクロレベルからみた考察対象となる
マクロレベル	工学も社会もシステムとみて、システムどうしの関係、システムとしての社会と工学の関係などを考察対象とする
メタレベル	工学そのものが考察対象。工学とはどういう学問か、またその価値や目的は何か、などの問題が論じられる

表1.2で分類しているように、技術者個人とその行為に照準をあわせるのがミクロレベルの視点である。他方、企業のような集団・組織をひとつのシステムと捉え、システム相互の関係のなかで工学を分析する視点に立つときは、マクロレベルから工学をみているわけである（メタレベルについては注を参照していただきたい）<sup>12)</sup>。

### 1.2.2 科学技術（工学）の成立と工学倫理の必要性—マクロレベルからみて—

#### （1）科学と技術の融合

では次に、マクロレベルからみて、科学と技術はいかに融合していったか確認しておこう。

19世紀以前の科学者は、大学の哲学部のなかで細々と研究をつづけてきた人たちである（そのころまでは大学に、理学部、工学部はなかった）。かれらはいまの科学者とはちがって、学位をとって卒業後に社会の重要なポストについて研究をつづけたわけではなく、もっぱら知的好奇心、真理への情熱に動かされて研究を続けていただけであった（村上陽一郎『科学・技術と社会』、光村教育図書、1999、第1章参照）。科学と技術は現代のような意味では結びついておらず、両者は独立した営みであったといってよい。この点は、時代を少しさかのぼって、イギリス綿織物工業をみてみるとわかる。「ジェニー紡績機」を発明したハーグリーブスは大工であったし、「水力紡績機」を発明したアーライトは床屋、両者の欠点を改良して「ミュール紡績機」をつくったクロンプトンは職工であった。このよ

うに産業革命の時代では、自然科学の教育をうけていない民間人でも技術上の大発明が可能だった。技術上の発明は、自然科学とは独立に行われたのである。

科学と技術が真に結びつきはじめたのは、19世紀後半になってからである。そのきっかけは、一定の目的（新製品の開発など）のための研究開発であった。よく知られているのは、有機合成洗剤やコンデンサなどの研究開発であり、バイエル、ヘヒスト、デュポン、ゼネラル・エレクトリックなどのドイツやアメリカの会社がその代表である。例えばナイロンは、1935年にアメリカのカローザスによってつくられたが、かれは大学で化学を学んだ化学者で、デュポン社に入ってナイロンを開発したのであった。

こうした科学と技術の融合のプロセスは、技術上の発明が個人によってなされていた時代が終わり、チームを組んだ研究開発へ移っていったプロセスでもある。それ以後は、個人中心の研究からチームをつくって研究する体制へと移り変わっていき、研究開発はチームによって運営されるプロジェクトとなったのである（松本三和夫『科学技術社会学の理論』、木鐸社、1998、pp.142-143 参照）。

こうして科学と技術は融合し、科学技術（工学）として社会に定着した。工学は社会に深く根を下ろし、社会の経済変動から個人のライフスタイルまで左右する力をもつようになったのである。

## （2）システムとしての科学技術（工学）

次に、科学と技術の融合について、3つの相からみておくこととする<sup>13)</sup>。

### ①融合した制度へ

科学と技術が互いに作用しあうようになったというだけではない。それは「科学と技術の間で、情報、物財（廃棄物を含む）、人材、資金のやりとりが系統的に行われるようになった」ということである。例えば学会、大学の講座、企業内研究、科学技術行政機構など、複数のチャネルを通して、情報、物財、人材、資金が科学と技術の間で定常的に流れることしきみができあがったということである。

### ②知識としての融合

科学と技術は知識としても融合するようになった。19世紀の後半になると、航空機の開発に物理学や流体力学が、薬品の製造に有機化学が、というように自然科学の枠組みのなかで技術の問題があらわされ、解かれるようになった。これは、「知的枠組みの革命」ということでもある。

これによって、モノづくりのあらゆる局面が数量化され、効率化がすすみ、生産力も格段にあがった。

### ③社会的枠組の変革

科学と技術は結びつき、やがて、「専門職」の集団が形成され、そのなかで知識や技術が占有されるようになった（企業の研究開発、学協会の設立、専門職を育てる制度（学校）、など）。こうして、科学技術はシステムとして社会のなかに入りこんで独占的に製品・サービスを提供するようになり、社会の存続に欠くことのできない役割を果たすようになったのである。

## （3）倫理の必要性

工学の歴史をみると、それは科学と技術が融合して「科学技術」として成立し、社会のなかで不可欠の役割を果たすようになったプロセスでもあった。科学と技術は互いに影響しあうだけでなく、制

度としても融合し相互に作用しあうようになったのである。こうしていまや、自然科学の裏づけを得たモノづくりの体制が、情報、機械、建築、化学、生命、などのあらゆる分野ででき上がり、先端技術に基づく大量の製品やシステムが社会に供給されるようになった。技術をめぐるこの150年あまりの社会変動の結果として、現代では、技術が社会のすみずみまで行きわたり、社会に対して圧倒的な力をもつようになったのである。

問題は、工学のもたらす製品や人工環境が、快適・利便性を与えるのみでなく、市民生活の脅威にもなりうるということである。最近の事故に話を限定してみても、わが国では、雪印集団食中毒事件（2000）、六本木ヒルズ回転ドア事故（2004）、JR福知山線脱線事故（2005）などの事故が多発しているが、とりわけ福島第一原発事故（2011）が地元のひとびとにいかに悲惨な結果をもたらしたか、また、いかに原子力発電に対する信頼を失せたかは、改めていうまでもない。工学がかかわるこれらの事故が人間生活を脅かしうるものである以上は、そこに倫理が求められるのは当然である。社会や環境に対する工学の倫理的使命を自覚し、モノづくりの実践において活かしてゆくこと、すなわち工学倫理が、技術者個人に対して、また技術者専門職集団に対しても求められているのである。

#### （4）3つの視点からみた工学倫理の課題

では、具体的にいって、どのような領域で倫理が求められているのだろうか。以下に工学倫理が求められている状況を4つに分けて述べ、その課題を指摘しておく。

①まずマクロレベルからみてみよう。技術と社会の関わりが深まっていき、システムどうしの関係が複雑になるにつれ、予想もつかなかつた現象が生じてきている。薬害エイズ問題、アスベスト問題、核廃棄物処理問題、家電品のリサイクル、オゾン層破壊…など挙げればきりがない。

これらの問題は、経営陣の判断ミス、組織の古い体質、安全対策の不備などの要因がからんで生じてくることが多い。その場合求められるのは、経営や組織の改革、システムやルールの整備などの対策である。システムをいかに改革すべきか、いかなるルールを定めるべきか、というシステムや制度レベルでの倫理である。こうした問題がまず工学倫理の課題となる。

②先端技術の開発競争は熾烈をきわめており、いままでは想像もできなかつたような技術がつぎつぎと実用化されつつある。技術の進歩によって人間に可能なことの選択肢はふえたが、それは同時にそのような技術を使ってよいのかという倫理の問題に直面せざるをえないということでもある（脳死移植などはその典型であろう）。遺伝子工学や情報工学の分野などをみても、これまでの倫理の枠組みでは対処できないような問題（遺伝子治療、情報のプライバシーなど）があらわれてきている<sup>14)</sup>。ここでも、先端技術に対応しうる倫理的な枠組みをいかに生みだすかというマクロレベルの問題がある。

③ミクロレベルからみた課題について。工学が社会に対して重大な影響を及ぼすようになったことはすでに指摘したところであるが、個々の技術者はそのなかでどのような役割を果たしているだろうか。

当然のことであるが、モノづくりにおいて個々の技術者は重要な役割を担っている。したがって、設計や製造、検査などのプロセスにおいて、技術者の判断ミスや不注意が、市場を介して広範な市民に危害を与える可能性がある。1人の技術者として何をなすべきか、いかに行動すべきかという、個

人レベルの倫理がここで問われているのであり、これは技術者倫理の問題といえるだろう。

④最後に、メタレベルからみた課題について。工学の社会への影響力が圧倒的なものになつたいま、工学に求められるのは、これまでのように社会のニーズに答えることだけではない。これまで工学は、「いかにつくるか」を追求してきたが、これからは「何のためにつくるのか」、「何をつくってはいけないのか」という価値や目的の視点から工学の社会的役割を考え直す必要がある。とりわけ、環境問題のような困難な問題に対処するためには、広い視野に立って工学の使命をあらためて考え直すことは不可欠である。これはメタレベルからみた工学倫理の課題であるが、こうした問題を問うことを通して、技術者は自らの社会的役割をあらたに自覚することとなろう<sup>15)</sup>。

### 1.2.3 組織における個人—ミクロレベルからみて——

#### (1) 個人と組織・集団

ここまで、マクロレベルからみて、システムとしての工学と社会について考えてきた。そしてこの視点をとるかぎり、システムの内部で活動している技術者個人の姿はみえてこない。では、制度やシステムのダイナミズムのなかに埋め込まれた技術者個人とその行動をどのように取り出したらいいのだろうか。技術者ひとりひとりは社会のなかでどのように位置づけられるであろうか。

技術者についてはのちほど考えることとして、まず個人と社会の関係について一般的に考えてみよう。そのひとつの見方はこうである。社会といっても、その要素はひとりひとりの人間であるから、結局のところ、社会とは個人のあつまりとみてよい。つまり、人間個人を論理的に先行する存在と捉え、社会はそれによって構成されているとする見方である。

もちろん、これは誤りである。個人を寄せ集めれば社会や組織ができるというわけではない。社会はパズルのピースのように異なる役割をもつ人々が全体としてひとつになっているからこそ社会なのであって、全体として統一された社会を部分（個人）に還元してしまうことなどできないのである。

問題は、「個人」を社会から切り離された個人というかたちでとり出して、それから社会が形づくられていると考えることにある。要は、個人とはすでに集団と社会性が織り込まれた存在なのであって、そうした文脈から独立の純粋な個人などというものは虚構にすぎないということであろう。

では次に技術者個人について。まず出発点として、技術者を含む企業という単位をみてみよう。その内部を次第にレベルを下げてみていくと、経理、営業、製造、研究開発、技術などの部があり、そのうちの例えば製造部の下には技術1課、技術2課、工作課、品質管理課があり、工作課の下には工程係、組立1係、組立2係があり、…というようにして、それらの課や係に属する個人の姿がみえてくる（図1.1を参照）。企業の内部では、高度に役割が分化し組織化がすすんでいるのがわかるだろう。技術者個人はそれらの部や課に属しながら、他の技術者や外部の人たちと関わりあって仕事している。こうした大から小までの集団・組織は、役割の分化にともなって生じてきたものであって、またそれぞれが職階制のもとに秩序づけられている。

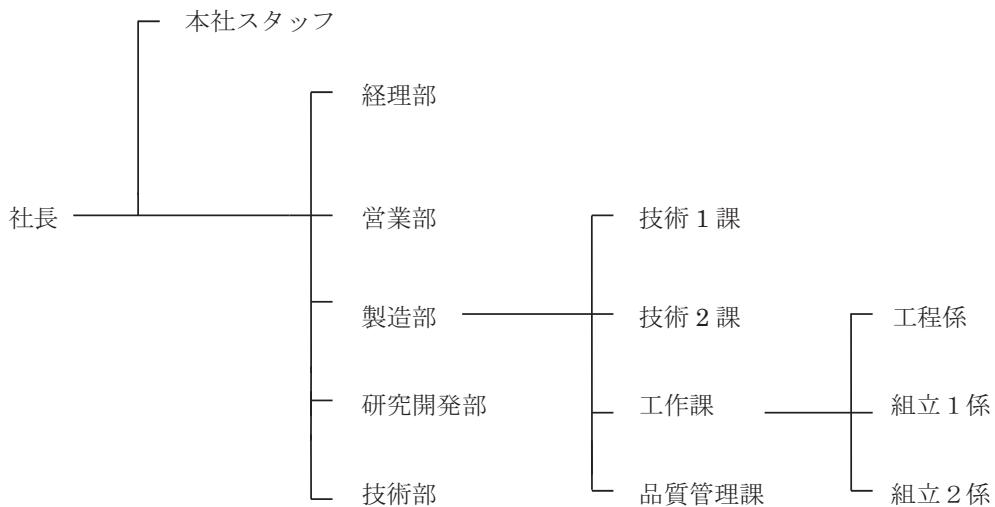


図1.1 組織図の例

他方、企業を出発点として視点のレベルを上げてゆくと、まず、企業が他の企業や官庁などの集団と関わりあっている姿がみえてくる。企業はそれらのシステムどうしの、網の目のように入り組んだ相互作用のなかに位置づけられる（この相互関係は国境を越えて他国の企業にまで及んでいる）。そして最後に、大小のあらゆるシステムを含む社会全体がみえてくるのである。社会に対しては企業などの集団は、社会に必要なことを手分けして行っていることになる（社会的分業）。

このように社会とは、国家を頂点とした、無数のシステムからなるネットワークである。そのなかで技術者個人はいくつもの組織・集団に所属しながら生活している。技術者個人を社会に直接関係づけることはできないが、技術者は、企業やその内部の部局、あるいは開発プロジェクトのチームなど、いくつもの中間的な項を介して社会と間接的につながりあっているといえよう。

## (2) 個人（バーナードの人間論）

では組織や集団における個人をどのように把握すればよいであろうか。チェスター・バーナード（1886-1961）の古典的著作『経営者の役割』（山本・田杉・飯野訳、ダイヤモンド社、1968、原著1938）にそって、組織における個人像をまずは一般論としてみておこう<sup>16)</sup>。

バーナードによれば人間個人は次のように規定される。

個人とは「過去および現在の物的、生物的、社会的要因である無数の諸力や素材を具現する、…独特な、独立した全体」である（バーナード、前掲書、p.13）。例えば人間の身体は物体のひとつであるから物理的な作用（重力など）をうけるし、また、人間は生物としての能力や欲求をもつ有機体であって、水中で呼吸できないのも生物としての限界があるからである。さらに人間は他者との関わりのなかで生きる社会的存在であるから、慣習や法などの社会的なルールや人間関係によって拘束される。個人とはそれらの要因の統合された全体である。

こうしたいくつもの要因によって制約を受けつつも、個人は「独特な、独立した全体」であり、独

自の人格特性をもつものである。そしてこの点は、個人を活動・行為する者（行為者）とみるときに明らかとなる。

すなわち人間とは、物的、生物的、社会的要因によって規定されつつも、自分なりの動機をもって目的を定め、それに基づいて自由に選択し、行動できる存在なのであり、ここに独立した人格という特徴をみることができる（バーナード、前掲書、pp.13-16）。バーナードは個人の選択や自由意志を認めることによって、さまざまな制約を受けつつも、そのなかで周囲にたいして能動的に働きかける人間の姿を描こうとしたということができよう。

### （3）組織における個人の役割

人間は物的、生物的、社会的要因によって制約されるものであるから、個人が目的をめざして行動しても当然ながら限界がある。その限界を克服する方法が「協働」（cooperation）である。協働とは「ふたり以上の人がある目的のために力をあわせてはたらくこと」であり、これにより個人の力ではできないこともなしとげることができる。例えば、道をふさいでいる大岩を一人ではとり除くことはできないとしても、他の人と協力し工夫すればできるだろう。

そして協働における人間どうしの関わりが、バーナードの考える「組織」である（バーナード、前掲書、p.76）。組織においては当然、「共通の目的」が存在し、個人は協働する意思をもっていなければならぬ。またひとびとが共通の目的をめざして円滑に協働するためには、十分なコミュニケーションが必要である。

では、組織のなかで技術者はどのように位置づけられるであろうか。組織と技術者個人の関わりをまとめておこう。

#### （a）組織目的

すでに指摘したように、組織は継続的ではっきりした共通の目的をもつ（売り上げの拡大や顧客の満足など）。技術者個人も自分なりの目的や動機（給料、やりがいのある仕事、達成感、など）をもつが、これは組織の目的とは異なるのがふつうである。組織が個人の目的を実現してくれるから、個人は組織の目的のために貢献するのである。

#### （b）地位と役割

目的を効率よく達成するためには、仕事を手分けしてやらなければならないから、組織の内部では地位や役割の分化が進む。これが分業であり、それに応じて個人の組織内での地位と役割も決まってくる。技術者も社内で地位や役割をもつから、上司の命令に従い部下に命令を下さなければならないのであり、その地位や役割に応じた働きを期待されている。

#### （c）就業規則

企業にも、またその内部の部局にも職務規定はある。職場のルールがなければ、組織はうまく機能しない。組織がうまく機能するためには、メンバーの行動を規制するルールが必要なのである。

このように、組織における個人として、技術者はモノづくりのプロセスにかかわっている。そうした状況においては、当然、組織と個人の間に軋轢が生じてくることもある。ひとつだけ例を出そう。

ある技術者は、食品会社のプラントの責任者であるとする。そのプラントからは悪臭が漂っており、下請会社から派遣されてきている従業員たちから改善できないかという相談をうけている。一方上司は、悪臭には有害性はないのだから無視しろ、という。組織のメンバーである以上上司の命令にはしたがわなければならないし、従業員たちの要求にも責任者として対処しなければならないから、このような苦しい状況に立たされることは当然ありうる。

技術者は組織のメンバーであるから、協働の場にいるときの行動は組織化され、非人格化されたものである。例えば、現場の責任者や従業員としてとる行動などがそうである。しかし一方では、技術者も独立の人格として、自分の価値観や欲求にしたがって行動しうる。上の例では、上司の言葉にしたがって悪臭の問題を無視するという行動をとったとしても、部下たちの不満を考えると、自分の行動に納得がゆかないかもしれない。そのときには、自らの倫理観や信条からみて、組織人としてとるべき行動に疑問をもつこともある。独自の個人として、また組織人としてどのように行動生きるか。これは大きな問題であり、ほとんどの技術者が直面する問題であると思われる。

## 1.3 技術者教育と専門職の倫理

### 1.3.1 日本の技術者教育—JABEEの認定制度とその役割—

#### (1) ワシントン協定と国際標準化

前節で強調したように、現代社会においては、人々は技術が提供する人工物に取り囲まれ、それに依存した生活を送らざるをえない。したがって、それらを設計、製造、維持管理する技術者は、技術の実践において以前よりはるかに大きな責任を負うことになる。そうであれば、個々の技術者にはどのような能力が求められるだろうか。

こうした状況において技術者に求められてくるのは、高度の知識や技術をもった専門家であるということだけでなく、社会に対する責任を自覚した個人でもあるということであろう。したがって、自律的に行動できる個人として技術者を育成するための教育を実施すること、またそのための効果的な教育システムを整えることが重要な課題になってくる。

ところが従来の技術者教育をみてみると、知識としての工学を教えることに偏重しており、人格として技術者を育成するという観点が欠けていた。したがってまず、大学の基礎教育の段階で、すぐれた技術者育成のための土台をつくっておく必要がある。またそうすることで、若い技術者をうけ入れる産業界の国際競争力も上がっていくであろうし、それは「科学技術立国」というわが国の国策とも一致するであろう。

JABEE (Japan Accreditation Board for Engineering Education : 日本技術者教育認定機構) は、そのような技術者教育のシステムをつくるために、1999年に立ち上げられた。そのめざすところは、技術者教育プログラムを認定することを通して教育の質を高め、JABEEが強調する「強い個人・強い

技術者」を育成するための基盤を固めることである ([http://www.jabee.org/about\\_jabee/concept/200707-1/](http://www.jabee.org/about_jabee/concept/200707-1/))。

他方で、強い個人・強い技術者を育てるということは、国際的に通用する技術者を育成するということでもある。そして、JABEE設立の直接的な要因はそこにある。以下でその経緯をかんたんに説明しておこう。

近年になって、経済活動のグローバル化にともない、各国の間で技術者の行き来がひんぱんに行われるようになった。こうした背景の下で、技術者教育の同等性を互いに認めるためのしくみが求められるようになり、1989年に、アメリカ、イギリスなど6ヶ国の任意団体によって「ワシントン協定」(Washington Accord) が成立したが、これは技術者の質的な同等性を互いに認めるための協定である。その後1995年には、WTO (World Trade Organization : 世界貿易機関／自由貿易を促進するための国際機関) の誕生とともに貿易自由化の対象はモノからサービスまで拡大されることになり、各国では技術者を含む人の流動性がいつそう進むこととなった。同年11月には、APEC首脳会議で、技術者の域内での流動性を求める決議がなされ、わが国でもこれに対応する動きがでてきた。

こうした事情をうけて、学協会、産業界、政府の代表が検討を重ね、JABEEは設立されたのである。JABEEはわが国を代表してワシントン協定への加盟を申し込み、2005年に正式に加盟が認められた。

## (2) JABEEの認定システム

JABEEの仕事をかんたんにいうと、大学などで行なわれている技術者の教育プログラム（教育目標やそれを達成するためのカリキュラム、教育環境などをふくめた、教育課程のこと）が要求水準をみたしているかどうかを審査し、さらに、認定基準がみたされれば、そのプログラムを認定し公表することである。その狙いは、技術者教育プログラムを認定することで、日本の技術者教育の国際的な同等性を保ち、国際的に通用する技術者を育成すること、そしてそれによって、社会と産業に貢献することにある。要するに、「強い技術者」を育成する上で、その基盤を固めるのがJABEEの任務である。日本の技術者が個人として海外で競争してゆかなければならない時代が、すでに訪れているのである。

プログラムの認定手続きを紹介しておこう。まず、プログラムの認定を希望する学校からの申請により、申請されたプログラムを審査するが、審査は、JABEEの正会員である工学系の学協会に委託され、学協会が審査チームを派遣する。プログラムが認定基準をみたしているかどうかは、①自己点検書（プログラムがJABEEの要求する水準をみたしていることを示すデータや資料によって自己評価し、それを審査チームに提示した書類）をチェックしたのち、②実地調査（自己点検書で確かめられなかつた点や、提示の難しい事柄についての調査）を行うことで審査される。そしてその結果は、委員会での審議・調整を経て、最終的に理事会の承認をもって決定される。

## (3) 工学倫理の導入

プログラムの認定は、教育到達目標や教育手段にかんする4つの基準にしたがって行われる<sup>17)</sup>。このうち基準1では、プログラムの修了生が身につけておくべき知識・能力として学習・教育到達目

標を設定することが求められているが、その学習・教育到達目標は下記の (a) ~ (i) の各内容を具体化したものでなければならない。

#### 基準1：学習・教育目標の設定と公開

- (a) 地球的視点から多面的に物事を考える能力とその素養
- (b) 技術が社会や自然に及ぼす影響や効果、および技術者が社会に対して負っている責任にかんする理解
- (c) 数学および自然科学にかんする知識とそれらを応用する能力
- (d) 該当する分野において必要とされる専門的知識とそれらを応用する能力
- (e) 種々の科学、技術および情報を活用して社会の要求を解決するためのデザイン能力
- (f) 論理的な記述力、口頭発表力、討議等のコミュニケーション能力
- (g) 自主的、継続的に学習できる能力
- (h) 与えられた制約の下で計画的に仕事を進め、まとめる能力
- (i) チームで仕事をするための能力

上記の項目 (b) に注目していただきたい。専門分野のいかんにかかわらず、認定基準の項目として「技術が社会や自然に及ぼす影響や効果、および技術者が社会に対して負っている責任にかんする理解」が挙げられている。すなわち、技術が自然や社会に対して負っている倫理的責任を自覚することが求められているわけであり、これは技術者倫理（工学倫理）に該当するものといえよう。このように、技術者の教育プログラムの学習・到達目標として倫理にかかわる項目が挙げられているがゆえに、各大学は工学倫理教育に力を入れているのである。工学倫理が大学のカリキュラムに導入された直接の要因はここにあるといえよう。

#### (4) 認定のメリット

ところでJABEEによる認定は、学生にとってどのようなメリットがあるのだろうか。JABEEのホームページ ([http://www.jabee.org/about\\_jabee/merit/](http://www.jabee.org/about_jabee/merit/)) をみると次のようなものが挙げられている。

- ①JABEEの認定は第3者による質の保証である。第3者認定では、学内の教官個人の評価ではなく、社会の側からの評価を得たことになる。
- ②学習・到達目標をみてもわかるが、エンジニア・デザイン教育、チームで仕事する能力などが審査される。すなわち、従来はなかった技術者にとって必須の能力を身につけられるのである。
- ③JABEEの認定基準は、ワシントン協定にしたがってつくられているので、JABEEで認定されたプログラムは国際的な同等性が保証される。将来、海外に留学したり、技術者として海外ではたらくためには、JABEEの認定は不可欠である。
- ④JABEEの認定をうけた学生は、国家試験である技術士資格試験の第1次試験を免除される。卒業後に働きながら学科試験をうけるのはそれなりに大変なことであるから、これが免除されるというの

はメリットのひとつであろう。

### (5) 専門職の倫理

さて、この節の冒頭で述べたように、日本の技術者教育は、社会に対する責任を自覚した「強い技術者」の育成をめざしている。そしてこれは、「専門職」としての技術者を育成するということでもある（「専門職」については第3章で詳しく論じられるので、そちらを参照のこと）。専門職の例としては、医師や弁護士を考えていただきたい。医師は人の生命・健康をあずかり、弁護士は刑事裁判においては、クライアントの身柄をあずかるといってよいだろう。かれらは免許をもつメンバーから成る専門職の集団をつくり、医療や法律業務を独占し、その代わりに患者の生命・健康、クライアントの身柄に対して責任を負う。専門職とは、かんたんにいえば、高度の知識・技術をもち、社会のために奉仕することだといえるだろう。

では、技術者は医師や弁護士と同等の「専門職」と認められるであろうか（この問題についても、第3章で詳しく論じられている）。技術者の場合、もっぱら社会のために奉仕するという意味での専門職とは異なり、労働に応じた報酬をうけとることが前提とされた「職業専門職」(occupational profession)である。また、組織のなかではたらく以上、医師や弁護士にみられるような独立性もない。しかしながら、一般市民の生活を考えてみたとき、エネルギー、交通機関、建築物から薬品、食物にいたるまで、技術が関与しないものはないといってよい。われわれはほとんど意識することもなく、技術の提供する人工物に依存して暮らしている。病気にかかったときに医師に頼らざるをえないのと同様に、技術者に暮らしの安全、快適をまかさざるをえないのである。このような技術者の社会における特別の役割をみると、やはり技術者も専門職であることを認める必要があるだろう。

したがって、技術者教育についても、従来のように知識のみを教える教育ではなく、一人の人格として育てること、倫理的自覚をもって市民生活の安全を守るひととして技術者を育成することが求められているのである。このことはJABEEにおける工学(engineering)の定義をみてもわかる。そこでは工学は、「数学、エンジニアリング・サイエンス、情報技術の知識・手法を駆使し、…社会や自然に対する影響を予見しながら、人類の生存・福祉・安全に必要なシステムを研究・開発・製造・運用する…専門職業」とされているのである。

#### 1.3.2 倫理綱領

では、専門職としての技術者に求められている社会的な役割とは、具体的にはどのようなものなのだろうか。これは、「倫理綱領」(code of ethics)を概観すればよくわかる。倫理綱領においては、技術者の社会的役割が明示され、それをかれらが果たすべきことが公言されているからである。最後に倫理綱領について述べることで、第1章の結びとしたい。

### (1) 価値依存性

1.2でも触れたように、19世紀以前の自然科学の営みは、研究者たちの共同体内部で完結したもの

であって、その成果が社会に影響を与えるようなこともなかった。かれらを動かしていたのは、もっぱら知的好奇心であって、それ以外の目的のために研究活動を行っていたわけではない。かれらの営みは、社会が求める「価値」から独立していたという意味で、「価値自由」という性格をもっていたといえるだろう。

一方、技術（モノづくり）は、これとは反対に、つねに何のためのものかという目的の文脈に置かれる。例えば、ジョージ・スティーブンソン（1781-1848）が蒸気機関車をつくったとき、それははじめは炭鉱で石炭を運ぶ目的でつくられた。しかしやがて、19世紀になり、鉄道網がはりめぐらされると、乗客の輸送、原料・生産物の輸送という目的のために不可欠のものとなったのである。このように、技術は何のためかという目的の脈絡に置かれ、またそれは社会が求める「価値」をあらわしている。技術は時代の求める価値を反映しているといえるだろう（村上陽一郎『工学の歴史と技術の倫理』岩波書店、2006、序章、参照）。

さて、一般的にいって、つくられているものの価値が社会的に認められれば、それをつくるために企業のような集団が組織されてくる。組織が拡大すれば企業の規模も拡大し、職階性に基づく分業の体制が敷かれるであろう。そしてそこには、雇用者、被雇用者、製品を発注するクライアントなどがみとめられる。また、企業が生産した製品は市場価格をもち、それは消費者（一般市民）によって使用される。このように、技術は社会のなかで多様なステークホルダー（利害関係者）との関わりにおいて存在し、またそうであるがゆえに、かれらの求める価値（公衆の安全・福利、忠誠、誠実など）によって技術者の行動は制限されざるをえないるのである。（札野順『技術者倫理』放送大学教育振興会、2004、第5章参考）

倫理綱領は、このように、社会が技術者に求める価値を明文化し、技術者が自分たちの使命をまつとうすることを公言するために制定される。例えばNSPE「全米プロフェッショナル・エンジニア協会」（National Society of Professional Engineers、1934年に創立。あらゆる分野の技術者が所属できる、アメリカでもっとも大きな団体）の倫理綱領の基本規範では、

- ・公衆の安全、健康および福利を最優先する
- ・雇用者あるいはクライアントに対する誠実な行動
- ・専門職の一員としての公正さおよび誠実さ
- ・専門職の名誉、評判

などの価値が挙げられ、それを追求することが技術者に求められている。そしてこれは、専門職の倫理を表明したものとみることができよう。

## （2）日本の倫理綱領

では、日本では倫理綱領はいつ定められたのだろうか。日本のほとんどの学協会は長い間、倫理綱領をもたなかったが、つい最近になって相次いで各学協会で倫理綱領が定められた。（ただし土木学会は例外で、すでに1938年に倫理綱領が定められている。その内容も、広い視野に立って土木技術者の役割を明らかにしたものであり、当時としては画期的なものであった）。次に学協会ごとに倫理綱

領が定められた年代を示しておく（倫理綱領については、卷末の資料を参照していただきたい）。

- 1938 土木学会
- 1961 日本技術士会
- 1996 情報処理学会
- 1997 電気学会
- 1998 電子情報通信学会
- 1999 土木学会（改訂）、日本建築学会（倫理綱領と行動規範）、日本機械学会
- 2000 日本化学会（行動規範）
- 2001 日本原子力学会（行動の手引き）
- 2002 化学工学会（行動の手引き）、応用物理学会、
- 2003 日本原子力学会（行動の手引き）（改定）

日本では、アメリカのように学協会が倫理綱領を明文化する試みなど長い間なかったが、それは、わが国の学協会のおもな活動が、学会誌を刊行したり、研究発表を行ったりすることにあったからである。日本の学協会は、専門職の集団というよりは学術団体であり、専門職集団としての活動は重視されていなかつたというのが実情であろう。

一方アメリカでは、倫理綱領は学協会が自発的につくり出してきたものであって、すでに20世紀初頭に各学協会は倫理綱領を定めている。その内容も、試行錯誤しつつ練り上げられ、倫理綱領は技術者の行動の指針として役立てられている。

次にアメリカでは倫理綱領はどのような役割をもっているか、そのおもなものを挙げてみよう（S.H.Unger, *Controlling Technology*, 2nd ed., John Wiley & Sons, 1994, p106参照）。

#### ①基準の共有

いかなる行動をとるのが正しいかについて、技術者の間で共通の認識をもつことができる。

#### ②行動の指針

個々の具体的な状況において、いかなる行動をとるべきかについて、ガイドラインとして役立つ。

#### ③根拠として

クライアントや雇用者から不当な要求をされたとき、倫理綱領の条項は、技術者の行動を正当化するための根拠となりうる。

#### ④役割の表明

専門職集団内でメンバーたちが責任ある行動をとっていることを、外部に示す。

このようにアメリカでは、倫理綱領は専門職の倫理として技術者の実践のなかで活かされている。わが国でも、アメリカを手本にして倫理綱領が策定されてきたが、それは最近になってのことである。それをどのように役立てていくかは、今後の課題であろう。

この節では、「専門職」をキーワードとして、日本の技術者教育と倫理綱領を概観してきたが、この新しい試みがどのような成果をもたらすか確かめるには、いましばらくの時間が必要であろう。

## 参考文献

- 1) 年表については、磯直道『科学思想史入門』、東京教学社、1993／八杉龍一、『図解 科学の歴史』、東京教社、1988／渋谷・河村他、『科学史概論』、ムイスリ出版、1997. などを参照。
- 2) 塩川久男、『ルネサンスから19世紀までの科学・技術の歩み』、学文社、1991. のp.52の図版より転載。
- 3) 渋谷・河村他、『科学史概論』、ムイスリ出版、1997. のp.99の図版より転載。
- 4) 塩川、前掲書、p.128の図版より転載。
- 5) 塩川、前掲書、p.127の図版より転載。
- 6) 八杉龍一、『図解 科学の歴史』、東京教学社、1988. p.82の図版より転載。
- 7) 塩川、前掲書、p.139の写真より転載。
- 8) 産業革命については、塩川久雄、『ルネサンスから19世紀までの科学・技術の歩み』、学文社、1991. 第3章、第5章、参照。また19世紀以後の技術については、大沼正則、『人間の歴史を考える—技術と労働』、岩波書店、1995. 第3章などを参照。
- 9) 第2の科学革命については、小山慶太、『科学史年表』、中公新書、2003. などを参照。
- 10) 塩川、前掲書、p.171の写真より転載。
- 11) マクロ・ミクロ・メタという視点の区別については、札野順「科学技術倫理の諸相とトランス・ディシプリンアリティ」(科学技術社会論学会編、『「科学技術と社会」を考える』、玉川大学出版部、2002. 所収)、富永健一、『社会学講義』、中公新書、1995. p.41などを参照。
- 12) 「メタレベル」について注をつけておく。ア)「月は地球の衛星である」、イ)「月は1字の語である」というふたつの文において、ア)の「月」がひとつの天体を指しているのに対し、イ)の「月」は文字を指している。ア)のように具体的な対象を叙述するのではなく、イ)のように他の言語を対象としてそれについて語るとき、ひとつ上の階層の言語（メタ言語）において問題にしている。工学の場合も、工学の実質的な内容について問題にするのではなく、工学を対象としてそれに「第2階的に」（メタレベルから）関わりつつ工学の本質や価値を問題にするとき、メタレベルから論じていることになると理解していただきたい。
- 13) 松本三和夫「文化としての近代技術—STS相互作用論の視点—」（加藤・松山編、『科学技術のゆくえ』、ミネルヴァ書房、1999. 所収）および、松本三和夫『科学技術社会学の理論』第3章を参照。
- 14) 加藤尚武「科学技術と倫理」（『科学技術のゆくえ』（ミネルヴァ書房）所収）pp.313-316を参照。
- 15) 中島尚正編、『工学は何をめざすのか』、東京大学出版会、2000. 第1章を参照。
- 16) バーナードの著作の解説として、飯野春樹編、『古典入門 バーナード経営者の役割』、有斐閣新書、1979. を参照。

17) 基準1：学習・教育到達目標の設定と公開（Plan）

基準2：教育手段（Do）

教育課程の設計、学習・教育の実施、教育組織、入学、学生受け入れおよび異動の方法、教育環境・学生支援

基準3：学習・教育到達目標の達成（Check）

基準4：教育改善（Act）

教育点検、継続的改善の4つ。

### ちょっとひといき 「住民の目からみると—筆者の体験」

いまから十年ほど前、筆者は工学倫理のテキストでとり上げてもおかしくないような事故に遭遇した。それは、被害者の住民としてのことであった。事故はマスコミでも報道されたが、その後の契約によって公開できないことになったので、筆者の実家と近所の家の地下が汚染されたとだけいっておこう。家屋の地下数メートルの土壤と地下水が、発ガン性のある有害物質で汚染されたのである。

加害者側（某大手企業）が開いた説明会に出席してはじめて、有害物質が大量に流出したことや、きちんとした管理が原因の事故であることがわかった。怒号が飛び交い、会社側の出席者たちは頭を下げた。

やがて、土壤を浄化する工事がはじまった。これは汚染された土壤をとり除き、地下水をくみ上げる大がかりな工事であった。会社側には、できるだけ早く工事を終えて有害物質の濃度を環境基準値以下に下げ、訴訟を有利にすすめようという意図があるらしかった。和解が成立したのは、まる1年をかけた浄化工事が終わってからのことである。

この事故を教科書的にみるならば、会社側の不備が問われることになるのだろう。有害物質が流れ出たタンクの点検はちゃんと行っていたのか、従業員への指示は適切になされていたのかなどである。

しかし、被害者の住民という立場からすると、みえてくるものは違ってくる。事故そのものというより、関係者の顔がみえてくるのである。住民のいうことにうなずいたかと思うと、すぐまた渋い表情で黙りこむ会社側の代表者たち。こちら側の言い分をこともなげにくつがえそうとする、冷淡な感じの相手側弁護士。コンサルタント会社の誠実そうな担当者。かれの仕事ぶりははたから見てもまじめそのものだったが、なにかしら苦慮しているようすは見てとれた（有害物質についての講義を、求めに応じて何度もしてくれたのもこの人である）。それまではたんなる隣人だった人とも、意見をぶつけあううちに信頼しあえるようになった……。

また、説明会や交渉の席についてわかったこともある。事故のあとも損害賠償のための交渉はつづくから、弁護士まかせではなく、自分たちも勉強しておかなければならない。配られた資料をよく読み、有害物質や土壤汚染にかんする法律などをあらかじめ勉強しておくと、素人でも浄化工事の不備を指摘できる。黙っていれば状況は不利になるばかりなのである。

今回の事故を通して多くのひとと出会いたくさん話をして、ときには言い争いにもなった。不愉快な目にあったが、貴重な体験ができたといまでは思っている。

---



## 第2章 工学倫理の基本問題

### はじめに

工学倫理の具体的な内容に入る前に、第1章では工学の歴史と工学倫理の歴史を概観した。本章では、工学倫理の基本的事項を理解することを目指している。そのため、2.1から2.4までの各節の冒頭に基本的事項が簡潔にまとめられている。これまでの工学倫理の教科書で述べられてきた基礎的項目が、ここに集約されている。これらを理解することで、工学倫理の基礎知識が一通り身につくはずである。

しかし、倫理とは単に書いてあることを暗記するものではなく、これまでの生き方の再検討を促したり、考え方や行動の指針になったりすべきものである。倫理で知識と呼ばれるものは、本来は「実践的知識」であり、知識は考え方や行為に結びつかなければならない。それには、倫理的な問題に関して具体的なイメージをつかむ必要があり、事例に基づいて基礎的事項を理解することが求められる。そのようなわけで、各節では関連するいくつかの事例を挙げて、基本的事項を解説することにした。各節は、以下のような構成である。

2.1では、「安全性」を主題にしている。安全性の確保は技術者にとって最重要課題である。そのことを具体的に説明する事例として、JR福知山線脱線事故、宇宙航空研究開発機構（JAXA）が開発したイプシロンロケットの打ち上げ、ボーイング787の発火事故等が挙げられる。

2.2では、企業だけでなく社会に対しても責任をもつ技術者のあり方として、「技術者の責任」・「内部告発」について述べられている。事例として、自動車欠陥・リコール隠し事件、六本木ヒルズ自動回転ドア事故等が挙げられる。

2.3では、「製造物責任」の問題を取り上げている。「製造物責任法（PL法）」に含まれる重要な語句を理解するのは容易でないが、それを、カラーテレビ発火、携帯電話の発熱による低温熱傷、幼児用自転車乗車中の身体損傷の裁判例を挙げながら解説している。

2.4では、「知的財産権」に関する事項を扱っている。これも技術者が理解しておくべき基本的な事柄である。挙げられる事例は、青色LED訴訟、フリーソフトウェア等である。これらを通じて、知的財産権の基礎について学ぶことができる。

## 2.1 安全性・設計＆事例

### 2.1.1 事例1－JR福知山線脱線事故

#### (1) 概要<sup>1)</sup>

脱線事故は2005年4月25日の午前9時20分ごろ、JR福知山線の塚口駅－尼崎駅間の踏み切り付近の半径300mの右カーブでおき、死者107名、重軽傷者は460名となった。

宝塚発同志社行きのステンレス車両の7両編成の快速電車の前5両が脱線し、線路脇のマンションに激突した。事故現場の状況を図2.1に示す。1両目は1階の駐車場に突っ込み、2両目はマンションの壁に激突し「く」の字に曲がり大破した。犠牲者は先頭2両に集中し、死者は1両目で約30名、2両目で約70名、そのほとんどが圧迫死であった。

脱線した上り快速電車は、伊丹駅で約70mオーバーランした後、バックしたうえで定刻より約1分20秒遅れで同駅を再出発した。この遅れを取りもどすために、事故現場のカーブに制限速度を超える速度で進入した。運転士は、カーブ入り口から常用ブレーキをかけたが、先頭車両部が左に脱線し、大惨事となった。

#### (2) 解説

事故はなぜ起きたのだろうか。2007年6月28日に国土交通省航空・鉄道事故調査委員会（2008年10月、運輸安全委員会へ移行）がまとめた最終報告<sup>2)</sup>にその原因が述べられている。以下、抜粋する。

①本事故は、本件運転士のブレーキ使用が遅れたため、本件列車が半径304mの右曲線に制限速度70km/hを大幅に超える約116km/hで進入し、1両目が左へ転倒するように脱線し、続いて2両目から5両目が脱線したことによるものと推定される。

②本件運転士のブレーキ使用が遅れたことについては、オーバーランの距離についての虚偽報告をするよう本件車掌に求める車内電話を切られたと思い、本件車掌と輸送指令員との交信に特段の注意を払っていたこと、日勤教育を受けさせられることを懸念するなどして言い訳等を考えていたこと等から、注意が運転からそれたことによるものと考えられる。

③本件運転士が虚偽報告を求める車内電話をかけたこと、および注意が運転からそれたことについては、インシデント等を発生させた運転士に日勤教育または懲戒処分等を行い、その報告を怠りまたは虚偽報告を行った運転士には、よりきびしい日勤教育または懲戒処分等を行うという同社の運転士管理方法が関与した可能性が考えられる。

事故の直接原因としては速度超過である。現場はカーブなので車両に遠心力が作用するため、図2.2に示すように線路は傾斜をつけて敷設されている。遠心力は速度の二乗に比例する。100km/hでカーブ

ブに進入すると遠心力は単純計算でも制限速度の70km/hときの2倍となる。さらに速度が速くなると内側の車輪が浮いて転覆する可能性が高くなる。したがって、カーブの制限速度が守られていれば事故は起きなかつたと考えられる。

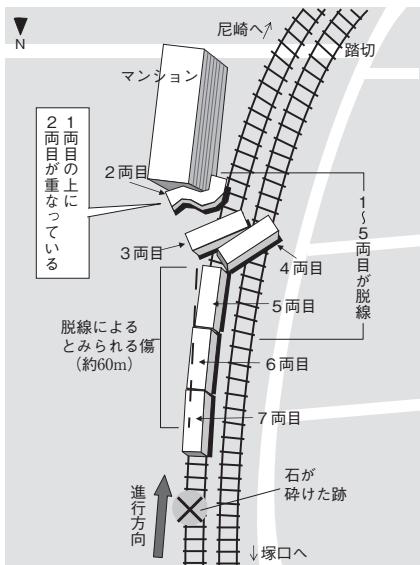


図2.1 事故現場の状況

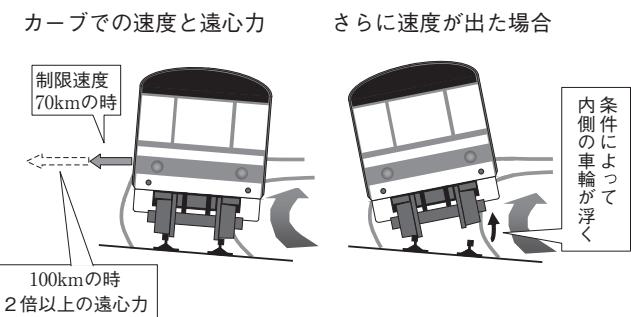


図2.2 列車に作用する遠心力と転覆

なお、この事故を受けてJR西日本は次のような措置を講じた。

(1) 安全向上計画の策定、(2)ATSの整備、(3)防護無線機の予備電源整備等、(4)列車無線の使用制限、(5)列車速度計の精度向上、(6)緊急列車停止装置や緊急列車防護装置の設置、(7)列車運行計画の見直し等、(8)安全研究所の新設、(9)経営トップの責務を明記した安全管理規定の制定。

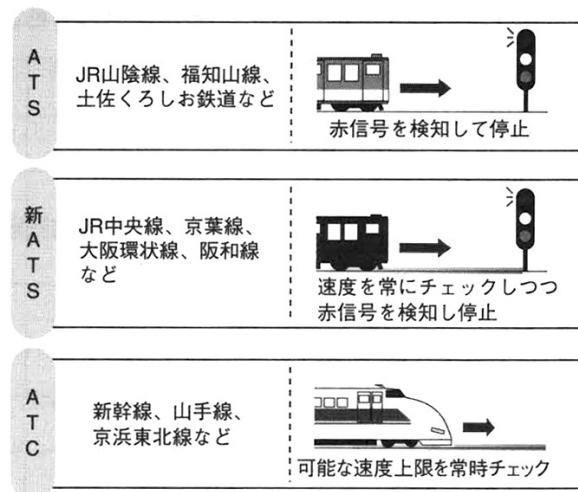
さて、もっとも身近な事故というと交通事故があげられる。1995年には交通事故の死者が1万人を超えていたが、年々減少して2012年には4,411名となった。これは、運転マナーの向上、交通安全設備の充実や交通違反の取締りなどによるだけではなく、自動車の安全装備の発達が挙げられる。例えば、エアバッグ、サイドドアビーム、シートベルトなどである。事故が起きた場合、これらの安全装備で事故時の衝撃を減少させ、運転手や同乗者を事故から守ることができる。

一方、列車の場合、緊急停車時のドア開放の装置はあるが、事故の衝撃を減少させるような安全装備がないために、事故が起きた場合の事故軽減は不可能である。このため、列車自動停止装置 (ATS: Automatic Train Stop) などの周辺の安全対策用の保安設備の充実が重要となる。これは、列車が制限速度や信号機の指示速度を超過し、または停止信号を越えて進行しようとした場合に乗務員に警報を与え、列車のブレーキを自動的に動作させる装置であり、故障が起きた場合でも安全側に作動や停止をしたり、1部が故障しても大きな事故にならないように危害の発生規模を小さく抑えるようにした設計思想であるフェイルセーフ (Fail Safe) に基づいた装置である。戦後に起きた死者が多数の列車事故

を表2.1に示す<sup>3)</sup>。ATSは160名もの死者を出した1962年の三河島駅における衝突事故を契機に全国的に配備されるようになった。最近では速度照査用装置を併用した新型ATSが設置されており、新幹線にはもっとも保安レベルの高い自動列車制御装置（ATC：Automatic Train Control）が導入されている。これらの比較を図2.3に示す<sup>4)</sup>。これによると、福知山線では信号機が赤でなければ停止しないATSが設置されていたものの、速度照査用装置が設置されていなかったため速度を超過した列車を自動で減速あるいは停止させることはできなかった。

表2.1 戦後の死者多数の列車事項<sup>3)</sup>

事故名	死者	年月	都府県
八高線脱線事故	187	1947. 2	埼玉
横須賀線鶴見事故	161	1963.11	神奈川
常磐線三河島衝突事故	160	1962. 5	東京
福知山線脱線事故	107	2005. 4	兵庫
根岸線桜木町火災事故	106	1951. 4	神奈川
八高線の衝突事故	105	1945. 9	山梨
中央線笛子駅衝突事故	60	1945. 9	山梨
近鉄奈良線衝突事故	49	1948. 3	大阪
肥薩線乗客窒息事故	49	1945. 8	鹿児島
神有電鉄の転覆事故	45	1975.11	兵庫
信楽鉄道正面衝突事故	42	1991. 5	滋賀

図2.3 列車保安システムの比較<sup>4)</sup>

この事故後、国土交通省は鉄道事業者に急なカーブや分岐器（路線のポイント）の手前に新型ATSを設置するよう通達を出し、各鉄道事業者などはその整備にかかった。しかし、JR西日本では装置の96カ所において装置を作動させる速度の設定にミスがあり、作動速度を制限速度より大きく、あるいは小さく設定していた。このように、新しい保安設備を設置するだけではなく、これを正しく運用するとともに、日常の管理・整備・安全教育などを継続的に行うことが列車事故の防止につながると考えられる。

### 2.1.2 事例2－イプロシロンロケット打ち上げ中止

#### (1) 概要<sup>5)</sup>

宇宙航空研究開発機構（JAXA）は、2013年8月27日13時45分、新型固体燃料ロケット「イプロシロン」<sup>6)</sup>1号機を鹿児島県肝付町の内之浦宇宙空間観測所から打ち上げる予定であったが、打ち上げのカウントダウンがゼロとなっても打ち上がらなかつたので、現地の観覧者、テレビ局や