

No.122
May 20, 2005

 *Information*

技術リテラシーと市民教育

－学校では技術について何が教えられるべきか－

(社) 日本工学アカデミー作業部会

技術リテラシー・タスク・フォース報告書

社団法人
日本工学アカデミー
THE ENGINEERING ACADEMY OF JAPAN

技術リテラシーと市民教育

- 学校では技術について何が教えられるべきか -

技術リテラシー・タスク・フォース報告書

要 約

科学・技術の急速な発展はパーソナルコンピュータの普及に見られるごとく個人の生活の隅々にまで及んでいる。一方、技術の進歩による国際間通信・輸送価格の相対的低下は、世界各国との人、物、金の移動を大幅に拡大し、政治、経済における国際関係を多元化・複雑化させている。この結果、世界において知識の共有が強く求められるとともに、国民一人一人が最低限知っていなければならない科学・技術についての知識の分野と量も爆発的に増加している。

このような変化に対応するため、一般国民に対する科学・技術教育として教授すべき内容についての議論が、最近米国に端を發し国際社会で広く行われるようになってきている。すなわち、米国では、米国国際技術教育協会（ITEA）が主権者としての国民一般が持つことが望ましい技術についての基本的素養を全米工学アカデミーの全面的協力を得て取りまとめ、「技術リテラシーの標準」（STL）として2000年に出版した。また、CAETSにおいても新技術の社会的受容のためには、工学の一般国民による理解が必須であるとの観点から、この問題について多数のメンバー・アカデミーによる共同研究が開始されている。

一方、我が国では、近年、若者の学力低下が話題になるとともに、科学・技術離れが深刻な問題となっている。しかし、我が国の義務教育期間は半世紀以上固定され、教科編成もほとんど変わらず、学習すべき内容の増加を吸収できない状況にある。また学習すべき内容には、必ずしも従来の教科分類ではその中核とならない学際的内容のものが増加している。

このような内外の情勢を踏まえて、先述の「技術リテラシーの標準」の内容を詳細に検討したところ、我が国の教育課程にはその内容のほとんどが含まれていないことが明らかとなった。米国と日本では事情が異なるとはいえ、我が国の技術についての教育が現状のままではよいかとの深刻な疑問から本TFの作業を開始した。

作業ではSTLと我が国の学習指導要領の記述を中心とした技術教育の課程をその教育目的、内容決定までのプロセス、内容の選択などについて比較検討し、我が国の初等・中等教育での、職業教育あるいは職業準備教育でない技術教育の教育課程と、その決定のプロセスの改善について検討し、その結果から改善案を提案している。従って本報告では将来の科学者・技術者養成のための中等教育における基礎数学・科学の教育については重要ではあるが別個の問題として特に触れていない。また提案のプロセスに従って作成すべき技術についての基本的素養（技術リテラシー）の内容案も、検討が充分でないところもあるが本提案の意図を明確にするために同時に報告することとした。なお本報告書は（社）日本工学アカデミーのウェブサイト <http://www.eaj.or.jp/> で閲覧出来ます。

目次

要約

序言

第1章 技術リテラシー

1.1 リテラシー

1.2 技術リテラシー

第2章 技術と普通教育

2.1 技術から見た普通教育

2.2 技術リテラシーと技術教育

2.3 技術の世界での用語

第3章 技術とは

3.1 技術の定義

3.2 技術の用語

3.3 技術の中核的概念の表現

第4章 技術の学際性

4.1 技術と歴史、社会、科学との関係

4.2 科学と技術との違い

4.3 科学・技術と環境との関係

第5章 スキルと技能

第6章 我が国の国語教育

第7章 提言

7.1 学習指導要領作成のプロセス改善の提案

7.2 当面の対策についての提言

付章 国民一般に望まれる技術リテラシー

の内容提案

(目次等については付章冒頭参照)

参考文献

序言

技術リテラシー・タスク・フォースの設立の経緯、目的および活動の概要

1980年代末期に米国で文化リテラシー (Cultural Literacy) が話題になっていた。本序言の筆者 (TF 主査) はその中での科学・技術の扱いに違和感を抱いていた。その後1990年代初頭に科学技術政策研究所が主催した科学リテラシーのシンポジウムに参加する機会があった。我が国の科学・技術関係者の間でも、その取り扱いに疑問を感じている人が多く、なにが科学リテラシーの中核となるかの議論が進められていることを知った。その席で当時埼玉大学の大学院政策科学研究科に在籍していた丹羽富士雄教授と、そこで論じられていた科学リテラシーには、技術がほとんど考慮に入れられていないので、別に技術リテラシーを考えることが必要ではないかとの議論をしていたことを記憶している。

その後我が国では科学・技術リテラシーについては余り議論されなくなり、日本工学アカデミー (EAJ) の運営のお手伝いをしていた筆者の脳裏からも消えていた。ところが、筆者が EAJ の役員を退任した2,3年前、CAETS を通じて友好関係にある全米工学アカデミー (National Academy of Engineering-NAE) で新しく会長に就任した Wm. A. Wulf 氏が技術リテラシーの重要性を主張され、その結果 NAE に技術リテラシー委員会が編成され検討が始められたことを知った。その後この委員会の成果を待ち注意して見ていた。しかし、その活動についての記事が NAE の会員誌に出ることもなく、どうしたことかと疑問に思っていた。やっと、2000年末になって、国際技術教育協会 (International Technology Education Association-ITEA) が NAE と全米研究評議会 (National Research Council - NRC) の勧告を全面的に取り入れて修正した、幼稚園から高校卒業まで (K~12) の技術についての学習指導要領ともいえる『技術リテラシーの標準』(Standards for Technological Literacy - 以下 STL と略称) を刊行したことを知った。その後 NAE の委員会はこの勧告作りを最優先の事業としてこれに集中していた事を知った。

早速インターネットのウェブサイトで本書の全文をざっと見たところ、技術全般が要領よく解説されていることがわかったので、原書を購入して熟読した。その結果本書の内容は米国の技術教育界が NAE/NRC の全面的協力を得て刊行した技術についての基本的素養とも言うべきものであり、それに相当するものが我が国の初等・中等教育の学習課程にほとんど欠けていることがわかった。しかも一昨年の EAJ 年次総会における塩野教授の講演 (EAJ Information No .115) にもあったように我が国ではこの種の技術序論とも技術入門とも呼ぶべき書籍が全く刊行されていないこともわかった。そこで STL は教育者ばかりでなく一般にも広く読まれるのが望ましいものと考え、著作権について Wulf 氏を通じ ITEA に照会したところすでに愛知教育大学の宮川秀俊教授を中心とする教員養成大学の若手教官のグループによる翻訳が進行中であることを知った。一般書としての出版について 2,3 の出版社に当たっては見たが、教育書の様式のままでは発行部数に期待がもてないので一般書としての出版には全面的な書き換えが必要なことも判明した。そこでとりあえずこのグループに協力しできるかぎり誤訳誤認の少ない日本人に理解できる表現にすることに協力し、教育書としての翻訳出版を急ぐ事とした。出版にこぎつけたのが 2002 年 7 月のことであった。

この翻訳に関係したことで、米国の生活になじみのない日本人がどのような事項を誤認しやすいかも判った。また教員養成大学の教員が批判に二の足を踏む学習指導要領と本書とを比較してみた。それらを本書の内容の紹介を兼ね技術教育・産業教育関係の学会でも発表したところ相当の反響があった。さらに技術教育界以外の人々にも広く知ってもらいたいと考えその概要を「科学技術と経済の会」の会報『技術と経済』の 2003 年 1 月号に寄稿した。すると、何人かの知己から、米国の動向紹介と日米比較のみでなく、日本国民が持つべき技術的素養についてまとめてみたらとの示唆があった。

以上のような経過から EAJ での技術リテラシー作業部会の設立を思いつき専務理事を通じて理事会の意向を確認した。さらに前記丹羽会員の

ほかこの種の問題に見識と興味をお持ちと推察された市川惇信、川崎雅弘の両会員にこの作業部会の発起人としてご参加頂くことをお願いした所、快諾を得た。総会での事業計画の承認も得て昨 2003 年 4 月より EAJ 技術リテラシー・タスク・フォース (以下本報告書では TF) として事業を開始した。本報告書は TF においてわが国の国民が持つことが望ましい技術リテラシーの内容とその一般教育への導入の方法について検討した結果である。ただし、付録の技術リテラシーの提示の部分については今後さらに洗練すべき第一次案とお考えいただきたい。また本報告で普通教育とっているものは義務教育 + 普通高校教育を意味しており、職業教育、職業準備教育については職業選択教育までを考慮にいれている。(ここまで主査の単独執筆)

TF のメンバー

日本工学アカデミー正会員

発起人：桜井 宏 (主査)、市川惇信、川崎雅弘、丹羽富士雄

参加会員：石原直 (途中参加) 大野栄一、隈部英一、佐藤邦昭、住田健二、中島尚正、馬場準一

外部よりの参加者

秋山久義 (才能開発教育研究財団教育工学研究協議会囑託)

石井紫郎 (東大名誉教授、前総合科学技術会議議員、途中参加)

尾高 進 (工学院大学専任講師)

草原克豪 (拓植大学副学長)

隈部智雄 (参加時千葉大学教授、現在名誉教授)

以上発足時 14 名現在 16 名

TF 活動の経過

予定通り 2003 年 4 月に活動を開始した技術リテラシー TF は下記のように 2005 年 2 月までに 20 回の研究会合を開催し技術リテラシーをいろいろな角度から検討を進めてきた。

第 1 回 4 / 10 桜井 宏* 技術教育の基礎と

なる技術リテラシー

- 第2回 5 / 16 隈部智雄 我が国の技術教育の実状
- 第3回 6 / 13 鳥井弘之* 科学的・合理的議論のために
- 第4回 7 / 14 名取一好 諸外国における技術教育の動向
- 第5回 8 / 20 (TF 作業についてのメンバー間打ち合わせ)
- 第6回 9 / 22 市川惇信* 人工科学と技術 - 頭の整理のために
- 第7回 10 / 17 石田晴久* 最近のIT教育・eLearning・倫理教育
- 第8回 11 / 13 石井紫郎 法学者から見た科学技術・雑感
- 第9回 11 / 26 生駒俊明* 科学と技術の融合と分離
- 第10回 12 / 18 中山欽吾 オペラと技術
- 第11回 2004 / 1 / 20 草加浩平 東大工学部進学生に欠ける技術常識
- 第12回 2 / 17 (報告書の纏め方を中心としたTF 打ち合わせ)
- 第13回 3 / 18 柳田博明* 基礎技術カリキュラムの必要性
- 第14回 4 / 12 的川泰宣 科学教育素材と宇宙
- 第15回 5 / 24 佐藤邦昭* 建築分野に求められる技術リテラシーとは
- 第16回 6 / 22 報告書の纏め方についての検討
- 第16 - 2回 7 / 22 第16回会合欠席者を中心に報告書の纏め方についての追加検討
- 第17回 10 / 7 報告書原案の配布とコメントの割り当て
- 第18回 11 / 9 報告書第一次修正案の検討と今後の計画
- 第19回 2005 / 1 / 20 中間報告会の外部講師、進行、配布資料等についての打ち合わせ
- 中間報告会 2 / 3 日本工学アカデミー第142回談話サロンとして日本工学アカデミー全会員ほか関係者に案内、参加者約70名
- 第20回 2 / 24 中間報告会での質問、コメント等による報告書の加筆訂正箇所についての打ち合わせ

*日本工学アカデミー会員

第1章 技術リテラシー

1.1 リテラシー

ほぼ四半世紀前のことであるが、国連開発計画 (UNOP) が発展途上国援助予算の配分に、それまでの途上国国民一人当たりのGDPと人口だけを基準にしていたものを新しく人間開発指数 (Human Development Index - - HDI) なるものを導入し、予算配分の基準とすることに変更した。この指数は発展途上国の経済的発展の尺度である一人当たりのGDPに加えてその国のリテラシー (識字率) と平均寿命の3つの要素を合わせたHDIで国の発展段階を評価し援助予算を配分しようとするものである。

ここで言うリテラシーの概念は、我が国で古くから言われている「読み書きそろばん」の読み書きの概念に通ずるものである。経済的発展の指標であるGDPと人間の生存に重要な公衆衛生、栄養、医療などの総合指標と考えられる平均寿命とあわせ、国の社会的、政治的安定を民主主義的に達成するために欠かせない国民と政府との情報の交換のためのリテラシー・レベルの向上が欠かせないとの認識によるものである。

当初リテラシーや読み書きの概念が形成された時代では、通常使用される語彙の数も限られており、書かれている文書の内容も単純で、毎日の話し言葉がそのまま記述されるか、また文書にだけ用いられる用語についても、実際にその文書を読み書きするグループの人々に理解できない概念の語彙は少なかったと推測される。一方現在では民主主義国家として再出発した我が国で国民一般の主権者としての国政への参画が必要となったばかりでなく、科学・技術が急速に進歩し、交通、情報伝達手段の普及とともに今まで我が国と関係の少なかった事柄が政治にも生活にも密接に関係することとなり、新しい概念用語が英語の音訳を中心にどんどん入り、その言い換え語が原語の一部の意味だけのために造語されたりして、あらゆるメディアを通じて使用されるようになってきてい

る。そのなかには教養の高い人々でさえ理解できない語彙が多数ある。

最近国立国語研究所が外来語（音訳語）についての理解度調査や言い換え語の提案をしている。本報告のテーマである「リテラシー」の理解率は全体で6.3%、60歳以上にいたっては僅か0.6%である。外来語以外にも、それまでは専門家の間でだけ使われていた用語が一般用語として用いられるようになった例も少なくない。ただ専門家の間でいわゆる術語として使用されていたときはその概念がはっきり定義されていても、一般語に使われるようになるとき、その意味が変質したり拡張されたりする例もある。

義務教育が比較的普及している日本の識字率は諸外国に比べて非常に高くこれが経済の発展や社会の安定に寄与していると言われてはいる。しかしこの外来語や新概念語のリテラシーの例で明らかのように字が読めることとその意味がわかることとの違いが十分に認識されていない。リテラシーが「識字」と造語され翻訳されたためにリテラシーの真の概念である「識語」（この単語は古くから「シキゴ」、正しくは「シゴ」とも読まれ写本などで本文の前後に書写した日付けなどを書き加えたものの意に用いられているが本報告では全く別の単語の意味を理解する意味に用いている。）あるいは「識意」の意味が希薄になってしまったのであろう。文部科学省の国語の学習指導要領を見ても漢字とその読み方の学習については詳細な記述があるが漢字が組み合わさった2・3・4漢字の熟語やカナ書き外来語の学習についてはほとんど記述がない。したがって現在の初等・中等学校での国語教育からは語彙（単語）の視点からの学習が欠如しており、国立国語研究所の調査はこのことを如実に示しているものと思われる。

新概念の用語が怒涛のごとく流入した20世紀の最後の四半世紀に入るまでは、識字教育の成果で殆どの国民が新聞雑誌の記事やテレビニュースをほぼ正確に理解していたと推測される。最近外来語と専門語が一般化し、それに加えてその語義が辞書にある原義とやや異なる意味に使用されることが一般のメディアで常態化している。これに対処する為に一部の好奇心旺盛な人々と職業上必要

な人々は「現代用語の基礎知識」、「知恵蔵」、「IMIDAS」など毎年増補改訂されて出版される大型の新語辞（事）典を購入している。これらの辞書が必要になる場合はカタカナ語、専門語の転化した新概念語、略語などの意味を調べる場合で、いずれも国語科の学習指導要領からはみだした領域にある。しかもこれらの新語は原語の外国語や専門術語を知っていればその意味は相当程度推量できるが、これが必ずしも原語や術語での意味と全く同じ意味では使われていない例も多く、誤解の原因になりうる。

1.2 技術リテラシー

技術など特定の分野に関係した用語、とくに理解が困難な概念用語は普通教育では国語以外の関係学科で学習されているようである。科学の用語は理科の学習で、国連や国際関係の用語は社会科で学習する。ところが最近学校で学習すべき内容が増加する一方、学校5日制、課外活動の拡充、IT教育の導入などで授業時間が不足し、各教科ともその中核部分を維持するために周辺の他教科との境界領域が削減され、中学以外に教科のない技術科や、もともと職業高校以外には教科のなかった商業・金融などの分野については、その学習の必要度は加速度的に増加しているにもかかわらず逆に普通教育の学習課程からは次第に排除される結果になっている。

科学技術立国を標榜している我が国でも、小学校と普通高等学校には技術科がなく、中学校の技術科はIT教育のためにほとんど半減され、技術教育は実質的に普通教育から閉め出されつつある。英語や数学の教育で一旦授業について行けなくなるとその回復は極めて困難といわれているが、技術については大部分の生徒がこの状態におかれており、しかもその事実が国民一般はもとより識者にも認識されていないのは由々しき問題である。勿論IT教育は極めて重要であるが、これを技術教育の一部と規定するところに本質的な認識の誤りがある。ITの教育現場での使用は新しい教育技術の利用であり、図書館の使い方の教育、発表の仕方の教育、手紙の書き方、電話のかけ方の指導等と本質的に異なるものでなく、技術の教

育とは異質のものであろう。

また僅かに残された中学校技術・家庭科の技術分野には日本の平均的国民はこの程度の技術的常識は持って欲しい、あるいはこの程度の技術関係用語の概念は知っていて欲しいと当 TF メンバーが考える内容がほとんど含まれていない。主権者たる国民が正しく科学を認識し、技術を正当に評価することなくしては現代の高度技術社会において健全な民主主義国家の発展を図ることは困難といわなければならない。

先進国と発展途上国との間の大きな違いの一つに社会基盤構造システム（インフラストラクチャー）の充実度があり、現代社会が正常に機能するためには付章第 2 部 6, 7, 8, 9 に述べられているような技術システムの存在とその円滑な運営が必須であり、これらが文明社会を維持する重要な社会システムの主要なサブシステムを構成している。またこれらのサブシステムの中には水のシステムのように、我が国の大抵の地方自治体で自治体の直轄事業として行政システムのサブシステムとして運営されているものもある。

医療におけるインフォームド・コンセントの概念は漸く一般に理解され定着したように見受けられるが、ここにいたるまでの過程が多くの技術分野にも必要になっている。科学・技術に何らかの係わりを有する諸政策の形成・実施に国民が積極的に関与することを期待するためには、国民が専門家の説明を理解することが前提である。そのためには専門家の説明が外国語同等の用語（唐人の寝言、英語では Greek）に依存しなくてもよいレベルまでの用語教育が必須である。ところが前章で触れたように、米国でその技術リテラシー教育の標準で勧めている技術上の概念用語に対応する用語が日本の中学校技術・家庭科技術分野の教科書の索引からは全くと言ってよいほど欠落しているのである。

我々の身の回りを見ても明らかなように現代社会や生活には技術によってもたらされた人工物が充満している。人類は今や自然環境よりも技術によってもたらされた人工物の環境の中で生き、次々に生み出される新しい人工物を選び、受け入れ、あるいは拒否したりする必要に迫られている。

しかも人工物には目に見えるものも、目に見えないものもある。また手に取れるものも取れないものもある。本報告書では技術が作った、あるいは作るようとしている人工物とそれの作る環境を理解し、利用し、評価し、管理するために一般の国民として当然知っていることが望ましいと思われる、重要な概念、用語、スキル（訓練された知的技能）などを提示しそれらの教育課程への導入についての道筋を提案しようとするものである。

第 2 章 技術と普通教育

2.1 技術から見た普通教育

後述するように技術とは人間の生活をよりよくするために目的を特定して新しい製品やシステムを作りそれを利用することである。教育制度や教育内容を決定するに際しても同様に人類あるいは日本国民に必要とされる知識の内容を特定することは最初に考えられるべき要素の一つであろう。現在議論されているような「生きる力」とか「愛国心」といったような抽象的で解釈により実際の教育内容が変わりうるものではなく、具体的、論理的に教育内容に演繹できる教育の目的が表現されていることが必要である。

このような考え方に基けば教育の対象である児童・生徒に将来必要な能力をどう見るかを吟味することが必要になる。現在の議論を踏まえると、大きく分けて三つの能力が考えられる。すなわち①日本国民であり、地域社会の住民であり、主権者として、選挙を通じて国や地方の政治に参画し、個人あるいは集団で中央や地方の政府の活動に意見を述べるとともにそれを評価することにより、社会のあり方の決定に関与できる能力、②消費者・生活者として安心して物心ともに豊かで、安全で、経済的な生活をする能力、③職業人、生産者、サービス提供者として社会に貢献すると共に、その反対給付により自分と家族の生活を維持する働き手としての能力の三つである。教育はこの能力をバランスよく育むことを目的とすべきではなかろうか。すべてをカバーすることが必要であろう。このうち米国の STL で最も強くはっきりと打ち

出されているのが①の主権者としての国民の立場である。我が国では教育関係の審議会の答申などをみても、この能力についての表現はなかったり、ときにあっても間接的だったり曖昧だったりしてSTLほど直截、明快ではない。技術についての理解と判断が求められ、費用も高額な、原子力発電所、高速道路・ダム・橋梁などの公共事業について国民の一人一人がその是非を自身で考える力を持つことは極めて重要である。また宇宙開発やITER（国際熱核融合実験炉 International Thermonuclear Experimental Reactor）などの意義について国民一般が正しく理解した上で国の政策を支持しているか疑問である。これは医療の世界で患者や家族が医師の治療方法についての説明を聞き、その内容を理解したうえで合意するインフォームド・コンセントと全く同様な手順である。その第一歩が説明の理解であり、その前提として言語の理解が必要となる。意思疎通のためには言語のリテラシーが話し手と聞き手双方に共通していることが不可欠である。話し手と聞き手が同じ言語を話せないときには、当然通訳が必要になる。技術についての説明が外国語同様に不可解なものにならないだけのリテラシー教育が必要な所以である。ただ医療の場合は個人の健康や生命の問題が対象となるが、社会・国レベルでの新技術の受容や選択は社会全体の安全や利益の問題であり、どうしても地域社会や国民全体としての世論や市場の形成がなければ民主主義国家や自由主義経済は成り立たない。その意味で世論形成の能力を培う教育は普通教育の主要な要素として欠かせない。またその核心が言語の理解、即ちリテラシーになることも容易に理解されよう。

②の生活者・消費者のための技術教育は、日本での特殊事情であろうが、新制中学発足以来の職業科が1959年に家庭科と組み合わせられ技術・家庭科として展開された歴史もあり他国に比べて引けを取らないであろう。勿論改善すべき点もあるが、前記①の目的の達成度に比べれば桁違いに進んでいる。改善点としては生活のいろいろな局面での安全度を相対的、統計的に比較し、受けるべき利益とリスクを比較考量する考え方などを教育内容に追加することによって意味のない「反対のため

の反対」で別の大きな利益を放棄するようなことに陥らない能力を育む努力を強化すべきであろう。

③の職業人教育については多数の有識者からも多くの提案がなされており職業教育特に専門職のための準備教育については別の視点からの検討が必要であることも考慮して本TFでは検討の対象としないこととした。将来の科学者・技術者の養成のためには高等学校以下での数学・物理・化学の基礎教育が重要で、その拡充が必要との議論はすでに広くおこなわれており、職業準備教育以前の普通教育、とくに義務教育のレベルでは、将来の職業選択（進路選択）のために社会にはどのような職業があってその人たちがどのように社会の活動に寄与しており、そのような職業につくためにはどんな学習が必要かなどについての理解が必要であろう。我が国の技術教育がもとの職業科から発展してきたものである関係から、中学校技術・家庭科技術分野のカリキュラムには半世紀前の中卒新就業人口の大部分が就職した職業分野の実務に関係した内容が多い。また近年になってパソコンの使い方や家庭での生活安全に係わる電気製品の使い方などが加えられた結果、現在の授業時間内では①の目的のための教科内容がはいる余地はほとんどない。この事実が①を最重点目標と考えて書かれたSTLと日本の技術教育の内容とを全く異質のものにしている。

2.2 技術リテラシーと技術教育

以上の議論から本TFは普通教育における技術教育は専門家の説明を理解する能力を基本として、その内容を咀嚼して問題に対する自分の結論を導き出す能力、対象技術を評価する能力、必要に応じてそれを使用する能力、また個人として社会としてその技術を管理する能力までを視野にいれることが妥当であると考えた。この能力を技術リテラシーと呼ぶこととした。この目的のためには用語の概念理解以上の文法、構文等の理解も必要であり、また自分の考えを相手にわかるように伝え、お互いの意思の疎通を図る能力、いわゆるコミュニケーションの力も必要であるが、これらは国語教育の範囲と考え、本報告では特に触れな

いが科学リテラシーや技術リテラシーはこのスキルを欠いては獲得できない。

一方技術とその基礎になる科学は日進月歩で、我々を取り囲んでいる技術が作る環境も市場に出る製品もどんどん変化している。この変化を総ての技術分野について追うことは技術の専門家を自認する人でも現実的には不可能であり、判断が必要になった時には説明を受けなければならない。重要なことは、その説明を理解することであり、もしその説明が自分の知らない言語でなされれば、通訳の手を借りなければ理解できない。技術リテラシーとはそのために必要な言語とその概念が中核になるものである。場合によっては、特殊な用語が使われる場合もあり、そのためには、その用語を一般にわかるように解説できる外国語の翻訳者や通訳に相当するジャーナリストや教育者が必要になる場合もあろう。しかし重要なことは、最終的にある特定の製品やシステムについて問題点を理解した上で、その選択あるいは諾否の意思決定をする能力を備えることである。これは社会全体として多数の国民の合意形成を図ることを容易にする。

2.3 技術の世界での用語

交通通信の進歩とともに世界中の人々と意思の疎通を図らねばならないことは加速度的に増加している。そのためには異なる言語を使う人々が一対一の対応のある用語を使用することがきわめて有効である。この種の用語や記号について世界的な標準化がもっとも進んでいる分野が数学で、アラビア数字、四則演算はじめ各種の演算・関数記号とそれらを用いた数式など世界的な標準化が出来ており、それが自然に出来たもの (*de facto*) か、国際的な約束できめたもの (*de jure*) かを別段認識することもなく使用されている。科学の世界でも用語の統一は次第に進んでいる。たとえば2種以上の名称のついていた元素も次第に一つの名に統一され日本を含む各国の化学会がその国の言語での定訳を決めて、誤解の余地がなくなる努力がなされている。

これに反して技術の世界では用語や表現などの統一はおくれており、科学と技術に共通に使用さ

れる国際単位系 (SI Units) による単位の名称についても科学界ではほとんど全世界で使われているが技術界では米国などが単位そのものの標準化に抵抗しており世界的統一への動きは科学界ほど進んでいない。言葉を話す人間の世界を扱う、人文・社会科学の分野では、用語の定義の世界的な統一の動きは更に遅れている。

第3章 技術とは

3.1 技術の定義

技術の理解、使用、評価、管理のための素養としての技術リテラシーについて論ずるためには、技術についての定義からはじめるのが順序であろう。後章で詳述するが技術リテラシーで特に重要な用語とされるものはたいていの国語辞典と百科事典の両方に出ている。「技術」という用語もほとんどの国語辞典と百科事典に出ている。日本の国語辞典に出ている「技術」の意味はその説明に精粗はあるもののほぼ同一で、①わざ、技芸、技能 ②(科学上の)理論を実際に応用する手段の二つは参照したすべての辞典に共通である。なかには③自然を生活に役立てる手段 を含めているものもある。英語辞典の *technology* の定義も似たようなもので中に④社会または物質文明の知識の全体を加えたものもある。

一方百科事典による定義では、その目的が強調されている。平凡社「世界大百科事典」では技術の項は戦前盛んであった思想的背景を踏まえた技術の哲学的定義から始まっている。しかし日常語としての用法を見るかぎり、“技術とは最も広義には、人間がある目標をもって行為をなすとき、行為を目標の実現に結びつけるために用いる「わざ」を意味する。”としており、その用例として、「論争の技術」といった用法をあげている。しかしより限定的には、“もっぱら生産活動に関連づけて技術という言葉が用いられる。人間にとって有用ななんらかの生産物を作り出すことを目標とする行為において動員される道具立て、およびそれらの使用法についての知識の体系、またはその個々の構成要素が、技術と呼びならわされている

のである。”と説明されている。

全米工学アカデミー（NAE）の技術リテラシー委員会ではその発足にあたって技術の定義をしている。その定義は前記百科事典同様広義なもので“技術には人間のデザインした世界での目に見える人工物（例えば、橋、自動車、コンピュータ、人工衛星、医療用造影機器、薬品、遺伝子操作植物など）とこれらの人工物がその部分となっているシステム（全体の仕組み、例えば、輸送、通信、健康医療、食料生産）およびそれらの人工物とシステムをデザインし、製造し、運転し、維持するのに必要な人々、知識、道具（tool）、インフラストラクチャー（社会基盤構造）及びプロセス（全作業過程）を含む。”としている。

本TFのきっかけとなったSTLでも巻末の用語集で技術の定義をしている。それによれば、“①問題を解決し、人間の可能性を広げるシステムを開発するために知識とプロセスを考案することを含む現在も進行中の人類の革新活動。②認知された人間の要求や欲求を満たすための自然環境の改革、変更あるいは修正。”として人工物そのものは含めていない。

技術の定義に人工物そのものを含める（NAE）考え方と、人工物は技術の産物であって技術そのものに含めない（STL）との二つの考え方があるが、どちらの定義をとっても技術の対象が同じであれば技術リテラシーの内容にさしたる差はない。これは技術者自身を技術に含めるかその知識、スキル、活動等のみを含めるかについても同様であるが、本報告では人工物そのものは技術の産物であって、技術そのもの的一部ではないし、技術者自身は技術ではなくその持つ知識、スキルとそれを利用しての活動が技術であるとの考え方で記述してある。

これらによると技術の定義には二つの側面があり、ひとつは技術の対象であり、もう一つは目的を達成するまでの過程とそのための方法手段等である。このうち対象については、これを規定しないと技術リテラシーの内容そのものの提示ができないので、本報告では、NAEの技術リテラシー委員会の定義を使用することとする。この定義では百科事典で触れているような実体のない

（intangible）対象のみを考えることは取りあえず技術の範疇にいれないが、造った人工物そのものに実体がなくても実体のあるものの使用や維持に関係するものは含めるとの考え方で、パソコンのOSや交通機関の時刻表などがこれに含まれる。もう一方の技術の概念についてはそれ自身が本報告書の内容の核心部分そのものでもあるので、以下順序を追って述べることにする。

3.2 技術の用語

考慮すべき技術の範囲を決めたところで技術とは何かにもう一度立ち戻って考えたい。「技術」という語は日本語では「技」と「術」を合わせた概念とも考えられるし、一つ概念をあらわす英語の単語のtechnologyに相当する日本語とも言い得る。

ただここで注意すべきはtechnologyという英語が常に日本語の技術と邦訳されているとは限らない事である。一例をあげれば有名なマサチューセッツ工科大学はMassachusetts Institute of Technologyであって、技術大学とは訳されていない。我が国では工学は技術の一部ではないと主張する人もいるが、英語ではengineeringは明らかにtechnologyの一部となる。また東京工業大学の正式英語名はTokyo Institute of Technologyである。このように翻訳すると用語の定義または語感の変わるものが技術関係用語に相当あり、これが海外との交流で誤解を招く原因になっている場合もある。

科学・技術の世界には多数の学会（協会）と呼ばれる分野別の科学者・技術者・企業を会員とする団体が存在し、その分野の発展のための活動とその分野を専門とする会員に対するサービスを中心に運営されている。各団体に共通の事業の一つとしてその分野の標準用語集の編集・出版と標準用語の普及活動がある。通常その団体の出版物への寄稿では、その用語集にある定義に従うことが強制されている。また多くの団体は国際的な連合体を作り、世界共通の用語（ほとんどの場合英語）の普及に努めている。国際度量衡総会で採択された国際単位系（SI units）の定義やIUPAC（International Union of Pure and Applied

Chemistry) による元素の命名や化合物の命名法に関する規則など国際的に同じ定義で術語を使用する動きも多くの分野での国際交流の増加とともに広まっている。関係者がはっきり定義された世界共通の用語を使用することで、相互の理解が早く、正確になる。誤解の機会が減り、議論がより建設的な方向に進むことが期待される。

ところが「技術」のように幅が広くまたその境界も明白でなく、用語の定義にも奥行きのあるものは学協会の用語集に含まれていなかったり、また含まれていても、その団体の関係者のみの利用を意図したものであるため、定義が完全でないことも多い。また国内のみを考えていた結果国際的に使用されている英語との整合性に欠けるものもある。本報告では、国際性を考慮するのが望ましいものについては、参考のため英語を併記してある。

「技術」(Technology) と一語でいうが、その中には多くの意味が含まれている。NAE の定義のようにデジタル・カメラやコンピュータ、洗剤など人間の発明による製品や有形無形の人工物を指すこともできるし、STL の定義のようにそのような人工物を作るために必要な知識などの総体をさすこともある。また時には「輸送技術」と称して、人と物の輸送に関する、移動体、行路、安全、時刻表、運賃体系、組織、規則、社会構造システムの全体を含む極めて広い意味で使用されることもある。いずれにしても我々は自然が与えてくれた環境以上に技術が与えた環境の中で生活していることを忘れることはできない。

本報告の付章ではできるだけ多くの国民が知っておくべきであると考えられる技術上の一般的概念を表す用語を提示することにより、技術一般についての常識、素養を平易に示すようにつとめた。

3.3 技術の中核概念の表現

技術とは何か、その基本概念は何かを考える時にその要となる語としてデザイン (design、定義の範囲に差があるが設計)、資源 (resources)、必要条件 (requirements)、プロセス (process、定義の範囲に差があるが作業過程)、最適化 (optimization)、トレード・オフ (trade-off、

代替諸条件の目的達成度の比較考量)、システム (system、定義の範囲に差があるが仕組み)、制御 (control) などがある。これらの重要語については付章で詳述するが、ここでは全体を概観することとする。

技術の目的が人間の役に立つものを作ることである以上、まず何を作るかを決めねばならぬことは当然である。何をつくるかを決めたら、それをどのように作るかを考えるのが次のステップになる。このためには作る計画が必要になる。これがデザインである。日本語でデザインというとファッション・デザインや工業デザインのような審美的な判断の対象になるものを作ることが目に浮かぶ。しかし、これはデザインの一部であって技術におけるデザインとは有形無形の人間の役に立つ、したがって利用者が購入する (納税者が税金を使うことに同意することを含む) ものを企画立案することである。芸術の世界で用いられる仏語由来のデッサンという用語もデザインと同じ語源を持つことを知ればデザインの概念も理解できよう。

現在の技術に囲まれた世界では人工物の大部分は次のように区分できる。即ち a) それ単体として - 機能する仕組み、b) 単体の構成要素として他の要素と協同してある機能を分担する部分 (サブシステム、subsystem)、c) その部分を構成する機器 (英語では一括してそれらをあらわす単一の用語が見当たらないが unit、component、module などが近い)、及び d) その部分である部品 (parts) やその原料となる材料 (material) である。

これらを組み合わせる役に立つものを作るためには、構成要素を作ったり購入したりして取り揃え、それらを組み合わせる目的とする機能を発揮出来るようにする必要がある。この段階の計画が通常設計と呼ばれている。(英語ではこの段階の計画も design である。最初の全体計画の design と区別するときには engineering design と呼ばれる。) この作業の段階では、作るための具体的な計画を立てることになる。この計画のためには、いろいろな条件がある。条件の中には絶対に無視、否定の出来ないもの (自然科学で明らかな原理、

原則、たとえばエネルギー不滅の法則、質量不変の法則など)、通常は否定出来ないが、時間をかければ変更出来る可能性を否定できないもの(法律、規則、その他の各種規制など)の他、作るべき製品や仕組みの機能、性能、期待寿命などがある。また出来たものの便益とあわせて考えると、作るためのコストの限界も条件に入る事になる。これらの考慮から一部の機能、性能を犠牲にせねばならぬ場合もあろう。またある機能、性能と全く異質の機能、性能との二者択一を迫られる場合もあろう。このような検討の過程(process)での重要な手段がトレード・オフ(trade-off、代替諸条件の目的達成度の比較考量)である。この段階を経てデザインは最適化(optimization)され、人工物(artifact)の製作が開始される事となる。ここで人工物と言っている対象には必ずしも有形の(tangible)物ばかりでなく有形の物の利用に必須のコンピュータ・ソフトや交通機関の時刻表のような運転や操作(operation)の手順をきめる道具(tool)も含まれている。

第4章 技術の学際性

4.1 技術と歴史、社会、科学との関係

人類の歴史を時代区分するための用語には石器時代、青銅器時代、鉄器時代、産業革命などそれぞれの時代に用いられた道具(tool)や技術変化の様相を反映しているものが多い。これは技術がその時代をもっともよく代表していると考えられているからである。技術の始まりについては技術者よりむしろ歴史学者の関心をよぶところであろうが、主観的な要素はあるものの、それは、道具の使用、栽培農業、あるいは火の使用かの何れかにされている。いずれにしても、火を使用したかもしれない作業過程で原始的な道具をつくり農耕が始まることによって、人類は食料を得るために時間の総てを使わなくてもすむようになった。それで生じた時間で、現在世界の各地で遺跡として発掘保存されている文化遺産を造ることが出来るようになった、遺跡を残せる時代には石や木を加工する道具も作られるようになってきた。

この頃の自然についての認識は、我々が現代の科学を通じて得ているものとは全く違ったものであったであろうし、また科学に相当するものが存在したとも思えない。しかし技術そのものはすでに存在したわけである。科学が技術を支える知識として重要であるとの認識はごく最近のことで、遡っても17世紀のニュートン以後と言われている。

風車や水車あるいは江戸時代の「からくり」などは力学、流体力学などの科学の成果と言うよりそれに先立って存在していた。科学が技術の改良開発に必要な不可欠であるとの認識が高まり意図的に科学の応用を図ろうとするのは19世紀に入ってからのことである。エジソンの多くの発明をひくまでもなく、それまでの技術は科学とは独立の工夫と経験の積み重ねによるものであったと言えよう。技術の中には科学の発展はあったにもかかわらず、本質的には16世紀頃の技術から変わっていないものも多い。例えば1556年に出版された鉱山学(De Re Metallica)という世界最初の鉱工業の印刷出版された技術書といわれる本がある。(農業については紀元1世紀に出たコルメラという人の書いた12巻物の本が伝えられている由である。)この時代の採鉱、選鉱、金属精錬の技術自体はその後のいくつかの重要な発明を除けばその本質は当時から現在にいたるまであまり変わっていない。変わった点は動力源が当時の人力・畜力あるいは風力・水力から、蒸気機関、その後に電力と内燃機関になったことである。水と物の移動、分離作業、破碎粉碎などが機械化大規模化されたことである。いろいろな単位作業についての科学的理解が深まったことにより、より良い条件で操業できるようになり生産性、コスト、品質などに大幅な改善がなされたことである。多少専門的にはなるが科学上の発見またはその時代に全く考えていなかった発明で本質的に変わったものとしては、採掘作業における安全火薬の使用(発破作業)、浮遊選鉱法の採用、電気化学分解法の応用など極めて限られた技術だけである。なお浮遊選鉱法では技術が科学的原理の発見に先行している。

ところが最近の電子工学の進歩はこのような経験技術の科学的理解による改善や機械化大型化に

よる効率向上とは異なる新しいタイプの技術革新を生んできている。また最近では完全な人工物（技術の成果）が科学研究の対象になってきている。また逆に技術が作る新装置を用いて、科学の新しい分野も広がっている。すなわち、天然にない元素や新物質が合成、単体分離、分析され、その性質が明らかにされている。新計測技術による新素粒子の発見とかデジタル信号を含む自然界では確認されていない波長域の電磁波の発生と伝達などである。応用を考えた科学と純理の探求の科学とが並行して進んでいるケースも多い。科学の中で応用を念頭においた分野を技術科学（technological science）と呼ぶのが通例となってきたが、最近この名称を冠した組織が世界的に増加してきている。

前述の通り19世紀前半頃までは技術は科学から独立に進歩してきたが、科学の進歩とともにその知見が技術の改善に効果的に利用可能であることがわかってきた。そこで科学者の知識を現実の技術的問題に応用しようとするのは理の当然である。その最も典型的な例が、米国のリンカーン大統領による、全米科学アカデミー（National Academy of Science - NAS）の設立に対する全面的援助である。リンカーン大統領は南北戦争時代に軍艦のボイラー事故の多さに頭をいため、その他の問題も含め政府が直面する技術的問題に対し科学者の協力を求めた。そしてそのひきかえにNASに現在のリンカーン記念館（Lincoln Memorial）と国務省との中間の一等地を与えることに加えて各種の特権を与える法案を連邦議会で1863年に成立させている。したがってこの時代には科学（者）と技術（者）は分化しておらず同一の専門（職）と見られていたとも推定される。ところが1970年代に入ると、米国を含む西側先進諸国では、科学アカデミーの運営に満足しない技術者、工学者が科学アカデミーに分会を作ったり、スピアウトしたり、また独立に工学または技術科学アカデミーを作ったりする動きが出てきた。科学と技術がその手法や知識に共通点は多いものの、その目的や価値観が根幹の部分で相容れないところがあり、ひとつの組織での運営が困難になったというのがその理由であろう。

技術と科学の関係はこのように時代とともに変わってきているが、その関係は次第に深まっている。しかし技術が人間の必要と欲求を満たす製品や仕組みを作っている以上、それが科学だけでなく、文化、社会、経済、政治等人間生活のあらゆる面に影響を及ぼすことは当然である。

古くは15世紀中頃の活字印刷術の発明と17世紀初頭の望遠鏡による天体観測や18世紀後半の英国から始まった産業革命がその後の人類の世界観や宗教観の変化にまで及んだ影響など技術の発展が社会に大きい影響を与えたよい例であろう。最近急速に発展したインターネットなどの情報通信技術の進歩、宇宙技術利用の多角化、遺伝子利用技術の医療や農業への利用などが社会にどんな変化をもたらすかについてはまだ明らかではないが、なにか大きな社会的影響を与えつつあることは疑いない。

4.2 科学と技術の関係、その同質性と異質性

科学と技術はもともと独立に発展して来たものであったが、産業革命以後、科学的知見が技術上役に立つ事が判ってくるにつれてその区別が不明になり、19世紀から20世紀初頭にかけては、科学も技術も区別されることなく扱われることが多くなった。一例としてNASについては前節に述べた。これに技術側関係者が違和感を感じなくなったのは、科学と技術が使う知識や研究の手法に共通のものは多いが、その目的、性格などが本質的に異なることが広く理解されたか、されないうまでも多くの技術者に感じられるようになったからである。

その相違点をまとめてみると、第1の違いはその目的である。技術には目的があり、それは人間の必要や欲求を満たす事である。科学には知識の獲得以外の目的はない。従って原則的には技術上の発明は実用性が主題である特許権の対象になるが、科学上の発見だけでは特許権の対象にはならない。第2の違いは科学は正解を求めて研究を行うが技術には唯一の正解と呼ばれるような解はなく、与えられた条件のもとでの最適解があるのみで、条件が変われば最適解も変わるのが普通であ

る。第3は知識の寿命である。技術知識の半減期などという表現もあるほど技術知識とくに先端技術と呼ばれる種類の技術知識は新陳代謝が早く、すぐ陳腐化するものも多い。これに対し科学の知識はそれが誤りあるいは不正確、不十分と証明されない限り永久的なものである。従って技術は関係する条件の変化や利用できる科学の進歩により常に改善改良が繰り返されるが、科学は知識が加わり、基本的な原理原則にかかわらない説明方法の改善改良や事実の追加で例外が原則の枠内で説明できるようになったりすることは多いが、パラダイムの変更を必要とするような新発見はめったにない。第4には科学者には広義の研究者と教育者(伝道者)とそれらを支える人々しかいないが、技術者の多くは研究者でも教育者でもなく、製品やシステムを企画設計し、製作し、販売し、点検保守する実務家である。これは法律や医療の世界とも酷似している。第5には技術は人工物を自然界に導入し必然的に自然を改変することになるが科学には自然を変える意図はない。このほかにも科学と技術の性格上の違いはあろうが以上の違いを認識することが、科学と技術の概念を認識する上で重要であろう。

一方科学と技術はその論理構造や実験方法が同じであったり、似ていたりする場合が多いので、前述の差異を考慮にいれないで同一のものと理解されている場合も多く、日本語の「科学技術」という用語が広くもちいられるようになったのもそのためである。日本以外の先進国では常に「科学と技術」のように接続詞でむすばれ、「科学技術」に相当する概念はない。科学上での法則や原理が発見され、その応用から開発されてきた技術は20世紀後半から激増したために新技術の開発は科学上の新発見の応用展開と考えられるようになってきた。原子核分裂の発見が原子爆弾から原子力発電に展開し物質の半導体としての性質の解明が電子情報化社会にまで展開したことなど極めて印象的である。

科学と技術はその論理や方法論について共通なものが多く、因果律の適用、再現性の要求、論理性の追究、誤差とバラツキの認識などその考え方、実験の進め方について同一のものが多いのもまた

事実である。また最近の先端科学研究には技術に依存したものが多くなってきている。スプリング-8、スーパーカミオカンデのような大規模なものから、各種測定装置など枚挙にいとまない。

このような科学と技術の関係から、科学や技術の先進国である欧米諸国では初等中等教育での科学の教科を科学と技術の教科に変容させる傾向が一般的で、国際的に初等中等教育の認定を行い国際間の転校、進学を援助している国際バカロレアを含め多くの教育システムで科学の教科の中に技術的内容を含める方向が有力になって来ている。この傾向は最近の技術の内容があるレベルの科学リテラシーがないと理解できなくなってきたため、技術教育は科学系の教員でないと困難になって来たためと推測される。

ただこのようにして科学教育に付け加えられている技術教育の内容には技術的事物の部分と技能的部分が多く、技術リテラシーがその最重要目的としている新事物を理解するための素養である用語、概念、スキルなどについての配慮が充分でないことが問題である。先行した文化リテラシーの基本概念は話し手と聴き手に共通の知識が多ければコミュニケーションが容易に進み相互理解が早く正確になる点である。技術のように新事物がどんどん出てくる世界では専門家といえどもすべての新事物を追いきれないので、それらを聞き手の知っている用語や概念で説明することが重要である。その用語や概念を学習するには聞き手が理解している身近な実例を用いる必要があるのは当然であろう。我が国の理科の教科書や学習指導要領には技術についての記述はほとんどなく、理科教員も技術についての教員教育は受けていないようである。

4.3 科学・技術と環境との関係

技術と社会の関係と同様、技術と環境が深く関係している。近年新技術の採用にあたっては技術の有益な効果とともに環境に与える影響についても事前に評価し採否を決めることが当然のようになって来ている。ただこの場合望ましい結果を求めて新技術を採用しようとするのであるから、その期待する望ましい結果ははっきり予想できる

が、新技術の導入が環境や人に与える影響については新技術の導入時点では明らかでない場合も多いことに注意しなければならない。ただ専門家であっても予想できない影響が後年になってから判る場合もある。典型的な例は冷蔵庫やエアコンに使用されたフロンガスで、最初に発見（発明）された時は、化学的に安定で無毒、無味無臭であり、冷媒としての性能が抜群で、腐食性もなく、原料費や合成コストも安く理想的な材料として喧伝された。それが地球に降り注ぐ有害な紫外線を吸収するオゾン層破壊の元凶として国際的に禁止されることになるとは誰一人予想しなかった。牛の餌として経済的にも栄養学的にもすぐれた肉骨粉を牛に与えたことが、国際的な BSE 騒動の原因になると当初考えた人もいなかった筈である。

現在問題になっている遺伝子組み換え農作物や放射線処理じゃがいもなどについての問題には現在解明が充分とはいえない評価に係わるものが多い。新技術の導入については国民のコンセンサスを得ることが政治的に重要であり、また得ねばならない。そのためには現在わかっていること及び現在なお不明な問題が何であるかの説明を正確に理解できる素養が国民に必要である。

この種の得るべき便益と将来生じるかもしれないリスクとの比較考量、いわゆるトレード・オフは新技術が導入される状況により異なることがあり、一概に決めることが困難な場合がある。このような関係にある環境の問題はいろいろあるが最も典型的なものとして DDT の使用がある。第二次世界大戦直後、虱の媒介する発疹チフスを DDT で制圧したことは年配者の記憶に残っているが、その後マラリアを媒介する種類の蚊の防除にも利用され、一部の熱帯多湿発展途上国で効果をあげていた。しかし DDT は中枢神経や肝臓に有害であり、その残留毒性から生態系への影響も大きいということで禁止された。その結果一部の熱帯の国々でマラリアの発症とそれによる死亡率が激増し、使用を再開したところまたもとの死亡率に戻った例も報告されている。

第 5 章 スキル（skill）と技能

スキルと言う単語は通常技能と翻訳されている。しかし、英語では何かを上手に（very well）やることを可能とする知識及び能力の意味であり、「熟達の知識と技」と翻訳されてしかるべきであろう。また我が国では木工や金工の技能のような、実体のある対象についての作業の能力と理解されているが、それ以外の意味すなわち知識のほうが重要になってきている。スキルの技術上の定義は練習（exercise）、訓練（training）や経験（experience）などによって獲得される知識と能力であるが、その中にはいわゆる実体のないソフト的なものがいろいろある。技術的な設計をまとめる能力のようなものは重要であるが、卑近な例では四則計算に使われる「九九」の能力などは数学、科学、技術、商業取引などほとんどの分野を通じ役に立つスキルの典型的なものである。

技術そのものは勿論、技術的にものを考える場合に必要な、または便利なスキルは多種多様にあり、これらの多くは初等中等教育で訓練されるべきものと考えられるが、このようなスキルについてどの教科でも取り上げられていないものが多数ある。そのなかでも重要なスキルとして問題解決のためのいろいろな手法がある。これらについては付章の技術社会で必要な能力の項で述べてある。

最近ナイフで鉛筆が削れない子どもが増えてきたことが話題になった事があった。確かに刃物を使うスキルは基本的スキルであり、それを適確に、安全に使用することは教えられねばならない。しかし要求されるスキルは時代と環境の変化によって変わっていることにも留意する必要がある。鉛筆をナイフで削るスキルについて言えば、最近の自動鉛筆削りの普及とシャープペンシルの進歩を見ると必要のなくなった過去の技能になってしまっている。しかし正しい安全な刃物の使い方を訓練するならば、ほかの、たとえば家庭で使える他の簡便な道具のない林檎の皮むきなどを家庭科で教えるなどのほうが現実的ではある。すくなくとも、ナイフで鉛筆を削るスキルは技術教育の対象にはなじまない。

第6章

我が国の国語教育

漢字、表現、文法などの学習については国語科の学習指導要領に詳しく記述されている。しかし、用語（2字以上の漢字熟語など）については諸外国の国語教育のように基本語彙について何年生までに何語、このレベルまでというような記述を欠いている。とくに抽象的概念用語と百科事典および国語辞典の両方に取り上げられている重要な基本語彙が何時どの科目で学習されるべきかについては考えられているとは思えない。いわゆるカタカナ書きの外来語についても同様で、その結果国民の大部分が日常頻繁に使用されている外来語が理解できていないことは文部科学省傘下の国立国語研究所の調査でも明らかである。さらにその外来語のうちの一部については言い換え語の提案はあるものの、原語と言い換え語の概念が同一であるかどうかについては疑問のあるものが多い。

このような観点から国語科の教材をみると国文学や随筆が中心であって、新聞雑誌、文芸作品以外の書籍、実務的文書などに頻出する用語についての十分な考慮が払われていない。理科や社会科に出てくる科学用語や政治用語などは各教科で学習できるが、小学校、高等学校において教科のない技術に係わる用語は全くその教育課程に含まれないことになる。商業・金融などについても同様である。教科の存在しない分野の重要概念語は他教科に強制的に含め、適当な教科のないものは国語科で学習する以外に方法はあるまい。そのためには、多数の人々の協力を求め、外来語を含めて主権者としての国民が理解すべき必要最低限度の日本語の基本語彙のリストを作成することが急務である。

国民が常識として理解することが望ましい基本語彙は科学・技術の爆発的展開と、人・物・金・情報の国際間移動の激増により加速度的に増加している。一方各教科の学習指導要領を作成する担当官は増加する学習内容を組み込むためにその教科の中核でない内容を排除せざるをえなくなっている。この結果担当教科の周辺部分である技術などについての内容は重要であっても消えていくこと

になる。

この問題を克服するためには次のような対策が考えられよう。すなわち①増加する新概念、新事物を表現する新語を厳選して教育課程に組み込むとともに、使用されなくなった語彙を省く。②基本語彙の学習を義務教育とほとんど変わらない100%に近い進学率となった高等学校の学習課程にも含める。③国語の教材での実用文書の比率を上げその文書を通じて語彙の学習をおこなう。④さらに重要な新事物、新概念が出てきた時その新事物、新概念の説明に使われるような普遍的な概念語についてはとくに入念に学習できる教材を用意する。⑤とくに技術など教科のない分野の重要語が必ずいずれかの教科で学習されるよう慎重に配慮する。などである。

もちろんこれだけで技術に関係した内容全体の理解のための国語教育としては不十分であり、語彙以上の階層の国語教育についての議論も必要であろうが、本TFは国語教育を検討する場ではないし、その人選も適当とはいえないので、本報告では技術リテラシーの範囲を関係する用語の識字から識語あるいは識語意のレベルに止めた。

第7章 提言

本提言は前章までの検討を踏まえて、我が国の国民が持つことが望ましい技術についての素養 技術リテラシー の教育を改善するために取り組むべき方向を示唆するものである。付章は技術リテラシーを例にとり、現在我が国の初等・中等教育のカリキュラムからその大部分が欠けている重要な要素を特定し、その用語を中心に体系的に提示したものである。その個々の項目と内容については、見落としもあるし、またその重要度等については他分野の内容との比較考量も必要である。これは議論をはじめめるためのもので、付章の内容すべてを学習課程に組み込むことを提案しているものではない。このような内容を学習課程に組み込み技術リテラシーを例にとり、すべての国民が知っていることが望ましい重要な知識をもなく教育過程に組み込むためのプロセスを纏め

たもので他の商業や金融など普通教育に教科のない重要分野についても同様であろう。

7.1 学習指導要領作成のプロセス改善の提案

現在の教科別学習指導要領改訂のプロセスは時代の要請に合致しない。現在の初等・中等教育の教科区分は既に半世紀以上前に決められたものである。そのため初等・中等教育の伝統的な教科の枠内だけでは最近必要性が高まっている学習内容までカバーできない。既存教科の枠内で学習できない内容は既存教科の枠を広げるか、新しい教科を作るかでしかカバーできない。したがって学習すべき内容は教科の枠を超えて決定されねばならない。

そのためには、教科別ではなく、全体の学習指導内容を固めることから始め、分野の欠落、中間領域の欠落のチェック、内容の精選の過程を経て全分野すなわち初等・中等教育で学習すべきすべての内容について検討しなければならない。本報告はその第一歩である。

次のステップはその全体の内容を各教科別、各学年（または2～3年をまとめた学年レベル）別に配分する事である。そのためには各教科の持つ配分時間、内容の教科の中核的部分との関係、などを考慮して内容の各教科への配分を調整する。最後に各教科各学年（レベル）用学習指導要領ができこれに従って教科書が著述されることになる。

上記作業の内最も重要な過程は義務教育と普通高等学校教育で学習すべき全体の内容を関係者有識者の検討を経て決定する段階である。世論の反映や支持も重要である。我が国の教育行政にはこの最も重要な部分が欠けている。そのために重要な技術リテラシー教育が、特に独立の教科がない初等教育と普通高校教育から欠けてしまったのであろう。

文部科学省はこれらの内容を教育的見地から科学学年に配分することに専念すべきである。何を学習するかは教育専門家だけでなく他の分野の学識経験者を含めて決めて行くべきものである。したがって本報告の技術リテラシーの内容についても他分野と総合的に比較しながら全体的見地から

教育すべき部分として精選されてゆくべきものである。本報告書はそのための第一歩と位置付けられる。

繰り返しになるが、最初から教科別の教育課程をデザインするとそのデザイナーの考える教科の範囲しか考慮されないし、最近重要になった問題が在来の教科分類ではその中核に位置しているとは限らないという事実をもっと考慮する必要がある。

以上のプロセスに則って、専門職の養成でない市民や国民のためのリテラシー教育の課程をデザインするとすれば、少なくとも3年、望ましくは5年程度の期間がかかると推定され、すぐには現在必要とされている技術リテラシーの教育に間に合わない。以下に当面の対策についての試案を述べる。

7.2 当面の対策についての提言

現在実施されている教育課程にあまり手を加えないで、現在の教育課程の枠内で、すこしでも早く最低レベルの技術リテラシーの学習を取り入れるとすれば、総合的な学習の時間を利用するほかない。問題はカリキュラムを作り、教室や実験室での学習を担当する教員の能力である。現在の技術は科学と密接に関係しているので、科学リテラシーに欠ける教員にこの教育の担当は困難であり、なかでも小学校の教員でこの問題が表面化しよう。

特にリテラシー教育に適当な教材の選定が重要である。技術的知識は充分でなくても小学校程度の科学リテラシーがあれば自然に生徒とともに教員自身も技術リテラシーが身につけられるような教材の開発が重要である。並行して総合的な教育に適した題材についての教員に対する情報の提供も重要となる。

この目的のためには生徒の身近にある、家庭用品、住宅、自転車、自動車、公共施設などに含まれる技術的要素を例として技術的概念や用語の説明から始めるのはいかがであろうか。最近話題とされることの多くなっている環境、リサイクル、インターネット、原子力を含むエネルギー問題など適当な教材に事欠かない。

発達段階に応じて総合的な学習の時間で各学年

毎年2回程度実施すれば、一通りの技術リテラシー教育が出来る題材のセットを開発しその学年配分を考えることも難しい問題ではあるが実現可能性のある一案であろう。この作業にも若干の時間と教育専門家の協力とが必要である。日本工学アカデミーがその任に当たる組織として適当かどうかの問題もある上、関係者の善意だけのボランティアとしてできることの限界を超えている。(米国でSTLをまとめるにあたっては、NSFとNASAからの多額の経費支弁があったとSTLに記されている。)ここで論じたようなアプローチで当面は総合的学習で普通教育での技術教育の教案をつくるとすれば、中等教育での技術教育を専門にしている教育関係者の学会などに文部科学省が委託するのが適当であろう。当面7.1に述べた作業と並行して実施されることが望まれる。(社)日本工学アカデミーもNAE同様これらの事業に可能な範囲で積極的に協力すべきである。以上

参考文献

石田晴久ほか(2001)新しい技術・家庭、技術分野(文部科学省検定済中学校用教科書)東京書籍
国際バカロレア <http://www.ibo.org>
国立教育政策研究所(2001)技術家教育のカリキュラムの改善に関する研究 歴史的変遷と国際比較
国立国語研究所(2004)「外来語」委員会、<http://www.kokken.go.jp/public/gairaigo/>
サイモン、ハーバート(1996)稲葉元吉・吉原英樹訳(1999)システムの科学(原題 The Science of the Artificial)第3版、パーソナルメディア
桜井宏(2003)技術リテラシーと技術教育、技術と経済、1月号、pp40 - 47
桜井宏(2004)「Standards for Technological Literacy」に於ける技術を評価する力、産業教育学研究、No.1 pp5 - 6
佐藤明子ほか(2004)海外の教科書にみる「科学」と「技術」、科学教育研究、No.1 pp43 - 48
左巻健男ほか(2004)新しい科学の教科書 I、II、III 文一総合出版
塩野宏(2003)法学と工学の関係 その共通性(同質性)と異質性、EAJ Information、No.115、

日本工学アカデミー

下沢隆ほか(1994)科学教育の振興に関する総合的研究(平成5年度文部省委託研究)科学教育研究会
鈴木隆司、隈部智雄、大河内信夫、斎藤一雄、只野文哉、剣持庸一、鴨下源一、小高康邦、端山隆三、草加浩平、松尾政弘(1998 - 9)特集21世紀のものづくりを支える人づくり、技術と経済総務庁青少年対策本部(1999)第6回世界青年意識調査
総務庁青少年対策本部(2004)第7回世界青年意識調査
田中喜美(1997)国民教育におけるテクノロジー・リテラシー育成の教育課程開発に関する総合的研究(平成6～8年科学研究費補助金研究成果報告)
千葉泉弘(2001)なぜ識字か、第2版、国際基督教大学教育研究所・リテラシー研究会
中川尚志(2004)技術リテラシーの分析及び政策への応用について - 高度技術社会を生きぬくために -、政策研究大学院大学修士論文
(社)日本工学教育協会(2004)初等・中等教育における工学教育特集、工学教育、No.1, pp4 - 54
日刊工業新聞社(1992 - 1995)モノづくり解体新書1の巻～7の巻、番外編(2004). 続モノづくり解体新書一の巻、二の巻
宮川公男(2003)統計学でリスクと向き合う、東洋経済新報社
村田昭治ほか(1995)イギリスにおける教育改革と技術教育のカリキュラム、開隆堂
間田泰弘ほか(2001)技術・家庭、技術分野(文部科学省検定済中学校用教科書)開隆堂
文部省(1998)中学校学習指導要領、解説 技術・家庭編
文部科学省(2004)小学校・中学校・高等学校、国語科・理科・社会科学習指導要領、http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/youryou/main4_a2.htm
文部科学省(2004)安全・安心な社会の構築に資する科学技術政策に関する懇談会報告書

- 山崎貞登 (2005) 自己評価システムを利用した技術科カリキュラム開発に関する教育実践研究 (平成13年度～16年度科学研究費補助金、研究成果報告書)
- Agricola, Georgius (1556), translated by Hoover, Herbert Clark and Lou Henry (1950), *De Re Metallica*, Dover
- American Association for the Advancement of Science, Project 2061 (1993) *Benchmarks for Science Literacy*, Oxford University Press
- Balistreri, Jerry et al. (2000) *Road Maps: Perspective for Excellence in Technology Education Programs*, Companion booklet to *Standards for Technological Literacy*, ITEA
- Brennan, Richard P. (1992) *Dictionary of Scientific Literacy*, Wiley
- Hirsch, E.D. et al. (1993) *The Dictionary of Cultural Literacy* 2nd Ed, Houghton Mifflin
- International Technology Education Association (ITEA) (1996) *Technology for All Americans*
- International Technology Education Association (2000) *Standards for Technological Literacy - Contents for the Study of Technology -*、(邦訳)国際技術教育学会、宮川秀俊ほか編訳(2002) 国際競争力を高めるアメリカの教育戦略、教育開発研究所
- Langone, John (1999) *National Geographic's How Things Work, Everyday Technology Explained*, National Geographic Society
- Macaulay, David (1998) *The New Way Things Work*, Houghton Mifflin
- Materials As the Gateway to Science Engineering and Technology (2001) *Proceedings of A National Forum on Thematic, Cross-Disciplinary Approaches to Scientific and Technological Literacy in K-12 Education*, MAGSET Consortium
- National Academy of Engineering/National Research Council (2002) *Technically Speaking, Why all Americans need to know more about technology*, National Academy Press
- Wright, Michel and Patel, Mukul (2000) *Scientific American How Things Work Today*, Crown Publishers
- Wulf, William, A. (2000) *The Standards for Technological Literacy. A National Academies Perspective*, *Technology Teacher*, March issue, pp. 10 - 12
- 科学・技術専門書でない辞典、事典類
本報告が一般向けの技術関係の術語、用語に重点を置いたものである関係上、その選定のために手元の多数の辞書、事典等を参照した。下記に主要なものを列記する。
- 国語辞典
広辞苑 第3版 (1983) 第5版 CD-ROM (2000) 岩波
国語辞典 文庫版 (1979) 講談社
小学館 (2002) 日本語大辞典
新選国語辞典 「常用」新版 (1982) 小学館
- 新語辞典
現代用語に基礎知識 CD-ROM版 (2000) 自由国民社
- 英語辞典
Cambridge International Dictionary of English (1995) Cambridge University Press
The Compact Oxford English Dictionary New Edition (1987) Clarendon Press
Encarta World English Dictionary (1999) St. Martin's Press
Webster's Third New International Dictionary (1986) Merriam - Webster
- 百科事典
平凡社 (1988) 世界大百科事典
Columbia Encyclopedia Sixth Edition (2001) <http://www.bartleby.com . /65/>
Encyclopaedia Britannica Online (2004) <http://britannica.com>
Microsoft Encarta '95 (1992) Microsoft

付 章

国民一般に望まれる技術リテラシーの内容の提案

技術リテラシーの内容

本報告書で提案する技術リテラシーの内容は、技術そのものを知識の体系として整理し、その内容を略述したものである。そのために、その内容の理解に重要な語彙（キーワード）を整理し、初等中等教育で学習するのが望ましい技術についての用語を**太字体**で示してある。

技術リテラシーに関係する語彙を分類してみると、①一般的な抽象的な概念を提示する用語（例：技術、デザイン、仕様など）②技術に関係するが無形（intangible）の事物を提示する用語（システム、制御、単位など）③技術上の作業、操作で、スキルに関するもの（測定、問題解決、マニュアルなど）を提示したあと分野別に、④技術に関係した実在（tangible）の事物を提示するが一般的、集合的なもの（車両、コンピュータ、など）を主として、個々の具体的事物については技術の理解のために有益と思われるものを取り上げた。但しこれらの用語の選択については専門の異なる多数の有識者の慎重な検討が必要なものであり、本 TF のメンバーのみでは正鵠を期し難いので、ここに提示されたものはこれからの検討のための素材となる案として見ていただきたい。

技術リテラシーの各論

技術用語案を提示するに当たって、技術リテラシーをつぎの体系にしたがって分類した。個々の技術の分野についてはすべてを盛り込むことはできないので必須と考えられるものに止めたが、国民一般が持つべきリテラシーとしては必要充分と考えられる。2ヶ所以上の場所に出ている用語についての**太字化**は初出の場所のみに止めたものもある。

以下第1 2部に分けて主要な概念的用語を提示するが現在の中学校技術・家庭科技術分野の教科書に含まれているものは、エネルギー及び情報通信関係の用語の一部を除きほとんどないに等しい。また技術社会で必要な能力に関する部分と分

野技術のうち、エネルギー、情報通信および輸送技術の基本用語については学習者のレベル別に提示してある。ここでレベルⅠは小学校低学年、レベルⅡは小学校高学年、レベルⅢは中学校、レベルⅣは(普通)高等学校程度を意味している。

第1部 技術全般

1 技術とは何か（技術の定義）

- 1.1 中核となる概念
- 1.2 技術の学際性

2 技術と社会、環境、歴史

- 2.1 技術の社会への影響
- 2.2 技術と環境
- 2.3 社会の技術への影響
- 2.4 技術と歴史

3 デザイン

- 3.1 デザインの特質とプロセス
- 3.2 工学設計
- 3.3 技術上の問題と解決の手法

4 技術社会で必要な能力

- 4.1 デザイン・プロセスを応用する能力
- 4.2 技術的製品・システムの使用と維持管理の能力
- 4.3 技術の影響評価能力

5 技術的製品、システムの寿命・安全とリスク

第2部 分野別技術と基本用語

6 エネルギー技術

7 情報通信技術

8 輸送技術

9 水のシステム

10 製造技術

11 建設技術

12 医学と医療技術

13 農業技術とバイオ・テクノロジー

14 サービス産業における技術

第2部のうち12 .13 .14 .については、該当分野のすべての技術を考えることができる TF メンバ - がいなかったのでこれらの技術のうち工学的要素（物理科学、physical science）に基礎を置い

たもの)の部分について述べてある。

第1部 技術全般

1 技術とは何か

技術とは何かを定義する時には、その範囲と性格をはっきりさせる必要があるが、報告書本文の第3章で引用した米国 NAE の定義の範囲に準じて、人間が人間の要求や欲求のために集積してきた**知識**や**情報**の集積であり、それらを実際に実行すればほとんどの場合**自然界**を変えるものとなる。技術で作られるものは**人工物**(artifact)とよばれ、**自然物**と区別される。人工物には**有形**(tangible)のものと**無形**(intangible)のものとあり、有形のものには**自動車**や**コンピュータ**、無形のものには**コンピュータのソフトウェア**や**交通機関の時刻表**などがある。多くの**システム**は有形のものと無形のものが組み合わさったものである。自動車はその運転方法を知らなければ運転できないし、**ハードウェア**と呼ばれるコンピュータやその**周辺機器**も OS その他のソフトウェアがなければ動かない。

技術は**製品**や**システム**をつくるための手段であり、その仕事をするためには、**道具**、**機械**、**材料**、**情報**、**エネルギー**、**人間の労力とスキル**、**資本**、そして**時間**などの**資源**が必要である。また**技術**を形作るものは、**文化**や**経済**の影響を受けた**創造的思考**であり、人間の拡大する要求と欲求への対応が**技術**に関係する人々を**研究開発**や**改善・改良**に駆り立てている。そのために**技術**には日々進歩し急速に**陳腐化**されるものも多い。

技術的問題には単一の**解**と言えるものはなく、その解はある**制約条件**のもとでの**最適化**した解(**最適解**)であり、最適解は制約条件が変わると一般には変わる。**技術移転**と言われている活動はある**技術**を制約条件の異なるところに移動した時の最適解を求める活動とも言える。

システムには**自然システム**と**人工システム**がありまた**上下水道**の**システム**のようにその両方の組み合わせられた**システム**もある。**システム**の構成要素として**サブシステム**があり、**サブシステム**についてはその機能の名が冠せられているのが普通で

ある。**サブシステム**はまたもう一段下の複数の**サブシステム**から構成される場合が多い。科学の**システム**には、原則的に一定のものが使われる**単位**の**標準**である**国際単位系**(SI Units)のような**システム**もあるがたいいていの**技術的なシステム**には**入力**、**プロセス**、**出力**の**サブシステム**のほか**制御システム**も**サブシステム**として組み込まれており、**システム**の**運転**が**制御**されている。制御**システム**の**運転**が**システム**の状態の**測定結果**から決められるものを**閉環**(**クローズドループ**)**システム**と呼び、測定結果から制御**システム**への**情報伝達**は**フィードバック**とよばれる。フィードバックなしで予め決められた条件通りに**運転**が行われるものを、**開環**(**オープンループ**)**システム**と呼ぶ。

製品や**システム**を**デザイン**するためには、その目的を決めてから、**制約条件**を決める必要がある。制約条件には二通りあり、一つは作るべき**製品システム**の**機能**や**性能**についての**要求条件**であり、もう一つはその製作作業のための広義の**環境条件**である。**デザイン**の**プロセス**の中では全く異質の要素の利害得失を比較考量する**トレード・オフ**は注意深く行わねばならぬ**プロセス**である。たとえば**材料資源**の**選択**について、**入手可能性**と**納期**、**品質**、**価格**、**廃棄物**、**寿命**などのいろいろな要素を同時に決めるための**環境条件**の**トレード・オフ**が必要である。要求条件の**トレード・オフ**には**宇宙船**の**推進力**と**重量**の間のもなどがあり、場合によっては**要求条件**と**環境条件**の**トレード・オフ**もありうる。

技術においては場合によって**規則**、**慣行**、その**技術**の**性格**等に起因する**手続き的知識**が重要な役割を果たす事が多い。

科学と**技術**は密接に関係しているが、その目的が異なるため**区別**して考えられるのが普通である。**技術**は、ある目的のために、**自然**に変更を与えるので、**望んだ結果**以外の**予期せざる副次的効果**(unexpected consequence)が出ることがある。**望んだ結果**と**望ましくない副次的効果**の比較により**技術**が**評価**され**社会**に**受容**される。また場合によっては**論理**に基づかない**情動的な判断**によって**社会的**に**受容**されたり、**されなかつたり**する場合もある。一方**科学**は**評価**にはなじまない。

しかし、技術には科学的知見が応用され、科学研究には先端技術製品が利用される。技術に利用される科学は**技術科学** (technological science) とよばれ、最近広く用いられる用語になった。しかし**科学技術**という用語には正確な定義や相当する英語などの用語はなく、一般的には「科学と技術」の意味の表現に使われている。また技術を教える教育者は常に**技術教育**と**教育技術**の違いを認識している必要がある。

1.2 技術の学際性

技術の分野は初等中等学校での他のすべての教科の内容と関係している。したがって**技術リテラシー**は**総合的な学習**に最も適した内容であり、他の教科の時間内での学習も可能である。過去約100年の**動画映像録画再生技術**の進歩がいかに映像芸術の変貌に寄与したか、あるいは**照明技術**の進歩が舞台芸術をどう変えたかなどは技術と**芸術**の関係の一端である。**社会科学**においても、コンピュータを利用した**データの統計的処理**による分析が標準的な手法として取り入れられている。コンピュータとその周辺機器による簡易な**デスクトップ出版**やCD-ROMによる出版が印刷出版業界に与えた影響も大きい。科学との密接な相互関係については既に触れたが、**数学**も技術と密接に関係している。数学は**科学者**や**技術者**のために各種の量の関係を表現するための世界共通の記号とともに各種の分析方法を提供している。技術は当然**国語科**や**外国語科**からは技術の学習に不可欠の一般用語の知識や文法、表現法などのスキルを得ねばならない。

技術的なアイデアや**発明**は**特許権**で保護されており、技術の進歩は科学と数学の進歩にも貢献している。これらの内容の学習には当然のことながら**学際的指導**が重要である。

2 技術と社会、環境、歴史

2.1 技術の社会への影響

技術の利用によって社会に引きおこされる変化には**よい変化**も**悪い変化**もあり、またその結果には**予期できる結果**も**予期出来ない結果**もある。そ

の影響には**安全性**、**快適性**だけでなく、**倫理的**、**経済的**、**文化的**、**社会的**、**政治的**、**環境関係**、などいろいろある。そのために**技術の利用**についての決定には**良い影響**と**悪い影響**の**得失**について比較考量する必要がある。

第2部の**エネルギー技術**や**情報通信技術**、**輸送技術**のところで詳述されている、これらの技術によるシステムは重要な**社会基盤(構造)システム(インフラストラクチャー)**を構成し、また**水のシステム**もこれに含まれるが、大部分の地域では**行政システム**の一部にもなっている。

2.2 技術と環境

環境の保全には**大気**、**水質**、**景観**、**生態系**の保全などの地域的なものと**オゾン層**の**維持**や**地球の気温**のような地球全体を対象とするものがある。環境保全のために消費する**エネルギー資源**や**鉱物資源**とそれらの**資源の保全**との**トレード・オフ**は文明社会の**持続可能性** (sustainability) を考慮に入れる時の重要な要素である。その解決のために技術が重要な役割を果たす場合も多い。

技術の**環境への影響**を考えるのに重要な要素はその製品、システムの製作、使用から廃棄にいたる**ライフ・サイクル**のすべてについての**固体**、**液体**、**気体**の**汚染**された**廃棄物**である。この廃棄物を減らすこと(**リデュース**)、再使用すること(**リユース**)、及びもとに戻して再利用すること(**リサイクル**)が重要である。最終的に処分せねばならぬ廃棄物は、安全で環境への悪影響を最小限にするように**廃棄**されねばならない。技術はこのためにもまた自然災害の防止や自然災害の復旧にも寄与している。**廃棄物の処理処分**は現在の重要な社会問題である。バクテリアにより分解される**生物分解性**の廃棄物と分解されない**生物非分解性**の廃棄物は別々に考慮されねばならない。新技術や技術的**新規開発事業**によって**経済的利益**と**環境への懸念**の間に衝突が起こる。そのもっとも典型的な例は、全体の利益のための計画に対し一部の人が**不利益**を受けると思い**反対**するいわゆる**ニンピイ NIMBY** (Not In My Back Yard) で**公共事業**の実施について世界的に共通の問題になっている。

新技術の**環境への影響**には**副産物**による影響な

ど当初考え及ばなかった結果や、副次的／二次的影響をもたらすものがあることは注意すべき問題である。

2.3 社会の技術への影響

技術が社会に影響を与えるのと同様に社会も技術に影響を与えている。技術は人間の要求と欲求に応えるものであるが、人間は周囲の自然及び社会の環境に対応した要求を出す。要求と欲求は変化する環境に応じて変化するので、新しい技術が開発されると、旧来の技術もそれに合わせて改良される。とくに社会との関係が深い技術は第2部6～9に述べられているエネルギー、情報通信、輸送、水などで、これらの技術はまとめて**社会基盤技術**、またそのシステムは**社会基盤システム**(インフラ、ストラクチャー)と呼ばれている。個人、家庭、地域社会、政府、産業界、学界などの関心、理解、判断が**規制、市場、促進活動、反対運動、顕彰**などを通じて特定技術の**社会的評価と受容**を決めている。その際には経済的利害に加えて社会的、文化的**価値観**が反映される。社会の期待に応えることが技術の受容と利用に通じ、ある社会で発展する技術の背後にはその社会の**文化**がある。

2.4 技術と歴史

文字が使用される以前の人類の歴史は**遺跡**に残された技術による遺品や遺構により知られることが大部分である。考古学の時代区分が**石器時代、青銅器時代、鉄器時代**となっているように技術の発達と文明の展開は並行して進んだ。日本の先史についても時代は遺物遺跡の技術によって特徴づけられており、それぞれ**土器のデザイン**による**縄文、弥生**と、墓所のデザインで見る**古墳**の時代に分類されている。技術の歴史は全体の歴史の中で重要な部分を占めている。人類の**文明**と言えるものの始まりは**農耕技術**が採用され、安定した**食糧の供給**が可能になり、**余裕時間**(食糧の獲得以外に使える時間)が出来てきた事に始まるともいわれている。初期の人類が動物と異なってきたことは、農耕のほか**火の使用、道具の使用、衣服の着用**などでありこれらはすべて技術の利用である。最近まで技術は科学とは独立に**ノウ・ハウ**の集積

として進歩してきたが、**蒸気機関**が実用化された頃から発達した**熱力学**が、蒸気機関の運転効率を理解するのに重要なことがわかり、科学と技術がその関係を深めて来た。蒸気機関は社会・経済にも大きな影響をあたえ、当時の先進産業国英国の**産業構造**まで変え、この変化が欧州各国に広がってきたのでこれを**産業革命**と呼んでいる。

発明や改良は通常手順を追った**試験**と改善の努力でなされるが、最も普通に使われるのが**試行錯誤のプロセス**である。多くの技術の開発は漸進的であったが一連の**改善**の後に革命的な**発明**がつかがる例が多い。

鉄器時代と呼ばれた西暦紀元前数百年以前の時代から産業革命までの間にも技術の進歩があり社会に大きな影響を与えてきた。ルネサンス以前の**水車、木版印刷、コイン・紙幣、羅針盤**などでも基本的な原理は現代でも変わらずに利用されているものも多い。産業革命直前のルネサンス時代には科学の助けを借りない最後の技術発展があり、**レオナルド・ダ・ヴィンチ**の各種アイデア技術についての図面や説明書が有名である。とくに望遠鏡の発明は**ガリレオ**などを地動説に導くことになり、ヨーロッパにおける宇宙観の転換の引き金になった。

産業革命以後科学上の**発見**が**新技術の端緒**(seeds)となりこれが人間の**要求**(needs)と組み合わせられ多数の新技術製品が生み出された、これらは**連続的大量生産、輸送・通信システム、建築、教育方法、エネルギー**の効果的利用などにつながり、現代人の生活を一変させたわけである。

最近**情報時代**とも呼ばれるが、物性物理学に基礎をおいた**電子工学技術**の進歩の結果、高性能の**コンピュータ**が安価に製造できるようになり**IT革命**と呼ばれるほど**情報通信技術**が進歩し、これが社会そのものを変えて行く事が予想されている。

3.デザイン

3.1 デザインの特質とプロセス

技術の中核をなす活動は**デザイン**であり、これは便利な製品やシステムを導く創造的な**計画**の**プ**

ロセスである。デザインのプロセスは実際的な問題についてその**解決策**を計画する手段である。技術におけるデザインと芸術におけるデザインとでは、その成り立ち、プロセスにおいて異なっている。とくにデザインに当たっての**制約条件**が技術上のデザインについてはより厳しい。

デザインに当たっては**製品**や**システム**に望まれる**要素**や**属性**、あるいは負わされる制限などの**必要条件**を満たさねばならない。

必要条件には**基準的**なもの、**制約的**なものがある。作られる製品やシステムの**形状・色**、**機能・性能**、**材料**などの重要な情報はまとめて**仕様**と呼ばれる。

デザインのプロセスでは、**安全性**、**経済性**、**信頼性**、**効率性（能率）**など望まれる品質相互間の**トレード・オフ**が必要であり、そのためすべての条件に理想的に適合する**完璧なデザイン**はありえず、一定の条件に適合した**意思決定のための最適解**を求めるものである。従ってデザインは条件の変化に応じて**改善**されうるものである。

デザインのプロセスには、**問題の定義**、**ブレイン・ストーミング**、**調査**、**アイデア**の創出、**基準**の決定、**制約**の明確化、**可能性**の探求、**アプローチ**の選択、**デザイン計画書**の作成、**模型**あるいは**原型**の作成、**仕様書**による**デザインの試験と評価**、**デザインの改善**、**試作**、**プロセスと結果の伝達**などが含まれる。

デザインの問題は明確に定義された形式で与えられることはほとんどなく、デザインをする人が**基準**や**制約条件**の**優先順位**を決めその間の**トレード・オフ**をせねばならない。またデザインは継続的に**チェック**されその**アイデア**は再検討され改良されなければならない。換言するとデザインには**認知的知識**と**手続き的知識**の組み合わせが必要である。

3.2 工学設計

科学に基礎をおいた技術を**工学**と呼び技術の専門実務家である**技術者**は通常**工学設計（技術的設計）**と呼ばれる特定の**アプローチ**を用いる。工学設計プロセスでは**安全性**、**信頼性**、**経済性**、**品質管理**、**環境への影響**、**製造性**、**保守**、**修理**、**人間**

工学など多くの要因を考慮するが、その基礎に科学の知見が利用されることが多い。この分野の科学は**技術科学**と呼ばれるものに含まれる。

工学設計においても**問題の確認**、**アイデア**の探求、**解決策の開発**が重要であるが、解決策を口頭で、また**図表**や**図面**、**スケッチ**や**模型**を用いて関係者に説明し知識を**共有**することも大切である。**模型製作**や出来た**模型のテスト**、**評価**および**修正**は**アイデア**を**実用可能な解決策**に導くのに有力な手段である。**スケール・モデル**による**実験**は**工学設計**に必要な**データ**を得るのに利用されている。

デザイン作業はいろいろな**順序**で実行されうるし、必要な場合は**繰り返される**。**アイデア**の選択は重要であり、そのためには多数の**アイデア**から**選び出す**のが有力で**ブレイン・ストーミング**はそのための便利な手法である。

デザインにはいくつかの**確立されたデザイン原理**があり、これはデザインを評価し、改善するための**手引き**として利用できる。この原理には**融通性**、**バランス**、**機能**および**均整**があり、これは多くの**技術に共通**である。

工学設計はデザインする人の個人的な**創造性**、**臨機応変能力**、**視覚化能力**、**抽象的思考力**などに影響される。

重要な**大型プロジェクト**では**原寸**に近い**原型**が製作され、**実用化**された場合の状態を**予測調整**することにより**デザインの概念**が**評価**されることもある。

新しく発見される**科学上の知見**のなかには既に存在する**技術製品**や**システム**の**制約条件**の基本的な変化となるものがあるので**工学設計**をする技術者は関係しそうな**科学**の**新しい知見**に注意していなければならない。

3.3 技術上の問題と解決の手法

技術上の問題解決の手法としては、**トラブル・シューティング**、**研究開発**、**発明**、**改善**・**改良**、**実験**などがある。製品やシステムに**誤動作**や**不動作**などの**問題**が生じた時にその原因を追及するのが**トラブル・シューティング**である。原因が判明した時にすぐ修正できる場合もあるが、原因が**デザイン**に関係している場合はその**欠陥**を**研究**し**分**

析しデザインしなおし**修正する解決策**を求める必要がある。この作業は研究開発の一環で、研究開発は**新製品**や**新システム**だけのものではない。実験は技術的問題の解決に役立つ場合の多い手法で、たとえば欠陥が判明した部品などの**代替品**の候補の性質などに対して行われる通常の方法である。**性能の向上**や**コストの削減**のための**改善・改良**についても実験が必要な場合が多い。

すべての製品・システムは**故障**することがあり大抵の故障は修理できる。**問題点**を抽出するためには適切な**質問**と不具合の注意深い**観察**が必要である。実験の方法は科学の場合と似ており、とくに結果の**再現性**が重要である。

発明はアイデアと想像を製品やシステムに転換するプロセスであり、**改良・改善**は既存の製品を良くしたり、機能しているシステムを改良したりすることである。

研究開発は市場に対し製品とシステムを準備するために、産業界で広く用いられている**特定の問題解決**のための手段である。技術的問題の解決のためには多かれ少なかれ研究が必要である。ただ技術的製品・システムのすべての問題が技術で解決できるわけではない。多くの技術的問題の解決には技術以外の条件も考慮に入れたいいわゆる**学際的なアプローチ**が必要である。

4 技術社会に必要な能力

技術に囲まれた現在の社会ではかつて要求された能力とは異なる**スキル**を含む思考、判断、実行の能力が必要である。これは従来言われている**技能**とは異質の知識と訓練と経験によって得られる能力である。技術における**デザインのプロセス**を実行する**システム指向型思考**を考慮に入れた基本的手法は技術以外の分野でもたいいてい有効であり、あらゆる職業の場での**問題解決**に応用可能である。また生活の場でも家庭電器製品や自動車が普及していなかった時代には不要であった**技術製品の使用**のための能力が必要となってきた。さらに国民が主権者である民主主義国家では、提案される技術を評価しその**使用の可否**を判断することも国民全体に要求される能力である。

4.1 デザイン・プロセスを応用する能力

- ・解決すべき**問題の特定**と作業開始の判断と決定
- ・技術によって解決できる日常問題の抽出
- ・現実問題への**デザイン・プロセス**の応用
- ・複数の**解決策**の提案と**最適解**の選択
- ・**ブレイン・ストーミング**の組織化と参加
- ・**模型**の製作
- ・製品の**製作方法**や**制約条件**の調査（印刷物、インターネットを含む**電子媒体**などによる）
- ・**デザイン**のための**基準**及び**制約**の認識及び**デザイン・プロセス**への影響の特定
- ・解決策の**必要条件テスト**、**評価**、**改良**
- ・解決策の**二次元**（CAD、**スケッチ**、**図面**）および**三次元**（CAD、**模型**）表現
- ・製品の作成と**デザイン・プロセス**の**記録**
- ・**原型・模型**による**デザイン**の洗練
- ・概念的、実態的、数学的**モデル**による**デザイン**の評価
- ・**デザイン・プロセス**を利用した製品・**プロセスの開発**、**生産**
- ・最終解決案の評価のための二、三次元模型による口頭、**グラフィック**、**定量的**、または書面による、**デザイン・プロセス**全体についての**観察**、**処理**及び**結果の伝達**

4.2 技術的製品・システムの使用と維持管理の能力

（レベル I）

- ・簡単な製品やシステムがいかに働くかの**認識**、**観察**、**分析**、**記録**の能力
- ・簡単な**手工具**の正しい**名称**と**用途**および**安全な使用法**
- ・日常使用される**記号**、**標識**などの理解

（レベル II）

- ・**段階的指示**に従った物の組み立て
- ・特定の仕事のための**道具**や**用具**の**選択**と**安全な使用**
- ・**情報**の入手と**組織化**し利用しやすくするための**コンピュータ**の使用
- ・重要な意思の伝達のための一般的な**言語記号**、**数学記号**、**スケール**（**縮小率**・**拡大率**）などの使用

(レベル III)

- ・物がどのように働くかについて、見たり、理解したりするためのマニュアル、規則、仕様書の参照、経験ある人からの情報の使用
- ・身近のシステム、製品の故障診断、調整、修理のための道具、材料、機械の安全な使用
- ・必要な応用場面でコンピュータ、電卓などの使用
- ・特定の目的のためのシステムの利用と維持

(レベル IV)

- ・プロセスや手順の文書化と適切な説明とともに異なる聞き手への正確な伝達
- ・故障しているシステムの診断と、それを修理するための、道具、材料、機械、知識の利用
- ・正しい機能と正確さを維持しシステムを安全に維持するための不具合発見、不良原因の特定及び保全
- ・システムがデザインされたように機能するシステムの操作
- ・情報伝達のためのデータや情報の検索、入手、組織化、処理、維持、解釈、評価及び仮想の世界を目でみるためのコンピュータや計算のための電卓の使用

4.3 技術の影響評価能力

(レベル I)

- ・質問による日常の製品・システムに関する情報の収集
- ・人間がある製品またはシステムを利用すると良い結果と悪い結果の両方ができることの理解

(レベル II)

- ・製品やシステムについての情報を集め比較、対照、分類することによるパターンとしての認識
- ・特定の技術が個人、家庭、地域、環境に及ぼす影響の調査と評価
- ・製品やシステムを利用する時のトレード・オフについての調査とそれが使われるべき条件の決定

(レベル III)

- ・データを収集するための手段のデザインと利用
- ・集めたデータを利用した技術の良い影響と悪い影響の判別のための傾向分析とその解釈

- ・趨勢の認識と技術開発により引き起こされるであろう潜在的影響の監視
- ・得られた情報の正しさの解釈・評価とそれが特定の目的に有効に利用できるかの判断

(レベル IV)

- ・情報の収集とその質の評価
- ・技術の個人的、社会的、環境的な影響に関するデータの統合と、傾向の分析による結論の誘導
- ・将来の技術開発についての意思決定のための傾向分析や実験のような評価手法の利用
- ・自然システムを変えた結果を比較検討するための予測技法のデザイン

5 技術的製品、システムの寿命・安全とリスク

技術による製品やシステムには寿命があり、遅かれ早かれ使えなくなる。その寿命には、**磨耗**、材料の**疲労**、**腐食**などで使えなくなる**物理的寿命**ばかりでなく、その製品と同じ機能をもっと効率的、経済的に満たす新製品が出て、旧製品が不要となる場合の**経済的寿命**もあれば、その潜在的悪影響が表面化して、社会的に使えなくなったり、使用が禁止されたりする場合の**社会的寿命**もある。使えなくなった製品を環境上許される方法で処分することは製品を製造し使用する時から考えておかなばならない。物理的寿命は予測することが出来、その予測を確認するのが技術的製品の**保守・維持**のための**点検**であり、**修理**や**部品交換**によって安全な運転が可能となり、**事故**を減らすことができる。

製品やシステムは、その物理的寿命が来た時をはじめ、**故障**したり、地震、火事、洪水などの**災害**にあって破壊されることもあり、また事故が起こる場合もある。技術はこれらの故障や事故を起こりにくいようにすることは出来るが、その起こる**確率**をゼロにすることは出来ない。出来ることは、事故の確率を下げることと、万一、事故が起こった時の人的、物的の被害を小さくすることである。被害を減らすのには、技術的手段も用いられるがその費用が非常に大きく、その被害を受ける確率が小さい場合は**保険**で救済される場合も多い。

災害や事故による損害の経済的損失の金額と起こる可能性を評価するためには一般に**期待値**と呼ばれる数学の概念が用いられている。ただ起こる確率が非常に小さい場合や考慮に入れる期間が非常に長い場合、又は万一起こった場合の被害が非常に大きい場合、市民の**安心感**と、このような確率計算からの安全と考えてよいとの計算値とがかみ合わないために、いろいろな社会問題が起こっている。例えば前述のNIMBY(ニンビイ)などと呼ばれる現在世界的に広まっている社会現象がある。これは、原子力発電所の必要性は判るが、自分の家の近くではリスクが大きいためイヤだといった種類の議論で、すでに2.3.でも述べた。

このような**確率・統計**の概念は技術やその効果を考える時に重要で、効果は大きい**リスク**も高い技術的事業を実施し、その効果を求めるべきか、リスクは低い**効果**も小さい方法を選択するべきかの判断が迫られる場合も多い。医療の世界でのインフォームド・コンセントはその良い例である。ここでは**トレード・オフ**の概念が重要である。

安全の確保のための一つのやり方に**フェール・セーフ**というのがある。これは何か機械に異常の可能性を発見した時や人が間違った操作をした時には、機械(システム)を安全側に導き、事故を大きくせず、不良製品を出さず、機械に対する損害を最低に止める方法である。鉄道の信号機が故障したら信号機の修理が終わるまですべての列車を全部止めてしまうなどがその例である。ただこの方法は常に利用可能とは限らない。管制塔のコンピュータが故障しても飛んでいる航空機を止めるわけにはいかない。したがって管制塔のコンピュータについては、鉄道の信号機とは桁違いの信頼性が必要になる。

技術で使う数値には**有効数字**と言うのがある。総ての数字情報にはいろいろな**誤差**が入っていて、信頼できる数字は上位のある一定の桁数までで下の方の桁にたくさんの数字が並んでいるものの多くは信用できない。世論調査の賛否の数字などには大きな誤差のあるものもある。とくに誤差を大きくするものは調査の**サンプル数**の少なさと**サンプルの選び方**の不備である。世論調査ばかりでなく技術的な測定や分析の場合でもサンプルの

採取方法の決定は信頼できる結果を得るためには極めて重要である。

第2部 分野別技術と基本用語

6 エネルギー技術

現在の我が国の普通教育の課程で産業技術についてある程度詳細に触れている唯一の分野が「エネルギーの変換と利用」の項目である。

しかし、その内容には生活技術的な部分が多く、技術の利用のための技術の理解や評価・管理の観点に欠けている。

(レベル I)

エネルギーには**機械的エネルギー**、**化学的エネルギー**などいろいろありそれらは互いに変換される。食物は人間の働く**エネルギー源**である。多くのエネルギー源は**再生不能**であり、それらは**浪費**されてはならない。

(レベル II)

エネルギーの形態には**熱**、**放射線**、**光**、化学的、機械的などいろいろの**形態**があり、エネルギー源によって、**その使いやすさ**、**価格**、**環境への影響**などが違う。**電動機(モータ)**は電気エネルギーを機械的エネルギーに変え、**太陽電池**は**太陽エネルギー**を**電気エネルギー**に変える。

道具、機械、製品、システムは**仕事**をするためにエネルギーを使う。よくデザインされた製品は同じ仕事をするための**エネルギー消費**が少ない。

(レベル III)

エネルギーは仕事をする**能力**である。エネルギーを仕事に変えるために、いろいろの**プロセス**がある。たとえば自動車の**エンジン**はガソリンの化学的エネルギーを自動車を推進する仕事に変える時、空気との混合、点火、爆発、ピストンの運動のプロセスを経て、クランクシャフトの回転に移し、最後に車輪が回転して自動車が進むこととなる。

動力(power)はエネルギーの形態が変換されるか移動する場合、あるいは仕事をするときの割合で、供給されたエネルギーをかけた時間で割って得られる。**動力の単位**は**馬力**とか**キロワット(KW)**で示され、これに時間を乗じたキロワッ

ト時 (KWH) や包装食品の栄養成分の表にでているキロカロリーなどはエネルギーの単位である。

動力システムは他の技術的製品やシステムを動かすためのエネルギーを提供するシステムである。

われわれの周囲で多くのエネルギーは必ずしも**効率的**に使われていない。**経済的にも環境的にも資源の節約保存**にも効率的なエネルギーの使用が大切である。

(レベル IV)

エネルギーは無から発生させることもできないし、破壊して無きものにもすることも出来ない。しかしある形態から別の形態に変えることは出来る。これは**エネルギー保存則**ともよばれる。**運動エネルギー**と**位置 (ポテンシャル) エネルギー**の関係はこれを示す好例である。

エネルギーは**熱エネルギー、放射エネルギー、電気エネルギー、化学エネルギー、核エネルギー**などの形態に分類される。多くの場合大量のエネルギーを使うシステムはエネルギー源の近くに立地する。大部分の**火力発電所**の燃料 (エネルギー源) は**石炭、石油、天然ガス**などの化石燃料であり**原子力発電所**では**ウラン**の核エネルギーを電気エネルギーに変換している。

周囲に熱エネルギーを放出しないで動くエンジンを作ることは不可能である。大型の石炭火力発電所では石炭の化学エネルギーの約40%しか電気エネルギーに変えられない。最近の**天然ガス火力発電所**では**ガスタービン**と**ボイラー・スチームタービン**を併用することにより60%近くまでの**エネルギー変換効率**も可能になった。残りの40%~60%は電気エネルギーには変わらず熱エネルギーとして**環境に放出**される。

動力システムに必須の要素としては**エネルギー源、プロセス及び負荷**がある。エネルギー源は**再生可能か再生不可能か**である。**太陽エネルギー**やそのエネルギーで成育する**農作物**は再生可能であるが、化石燃料は採掘すればなくなるので再生不可能である。エネルギー源を**持続可能**にするために**再生可能エネルギー**の開発が進められている。

7. 情報通信技術

パソコンを使って教育するのは**教育技術**の範疇で**技術教育**ではない。またパソコンの使い方そのものの教育は**コンピュータ・リテラシー**の教育であってこれも技術リテラシーの教育ではない。これらの教育も必要ではあるが技術教育の一部としての情報通信分野の教育が殆ど欠落しているのが我が国の現状である。情報通信教育は**情報通信技術**を理解、利用、選択、管理するために必要である。

(レベル I)

通信される**情報**は組織化された**データ**であり、データには**数、量、言葉、記号、音およびイメージ**を含む。技術は距離を超越して情報を**送受信**することにより人々の交信を可能にする。**電話**は**通信システム**の身近な例の一つである。

技術によって通信するときには**記号**がもちいられる。交通標識の**赤信号**も一つの記号である。

(レベル II)

技術の利用を通しての**情報操作**は**意思決定**や**問題解決**を助ける。**コンピュータ**はデータの**記録、保存、検索、表示、処理**を容易にする。

情報は**文字メディア**と**電子メディア**を含むさまざまな技術的資源を経由して受け取ったり送ったりできる。コンピュータは情報の処理ばかりでなく、**流通**にも利用され、それに関連する仕事に従事している人も増加している。

通信技術の使用により、**距離を超越**して、人間同士、機械同士、人間と機械相互の**メッセージ**の伝達が可能になる。電話のほか**電子メール**や**テレビ**もこの例である。

考え、量、要素、操作などを表現するのに**文字、記号、アイコン、標識**などが用いられる。

(レベル III)

情報通信システムは人間から人間へ、人間から機械へ、また機械から人間へと情報を伝達する。

通信システムは**情報源、符号化、送信機、受信機、復号化、送信先**の要素から成り立つ。符号化は**メッセージの形式**の変換を意味している。伝えたい情報を**文字**で紙に書くのは符号化であり、それを**キーボード**を叩いて**デジタル化**するのも符号化である。

復号化はその逆である。このほか情報通信システムには送信先を選ぶ**スイッチ回路**やこれらをつなぐ**ネットワーク**が必要なのが普通である。

メッセージのデザインはねらいとする**聴き手、メディア、目的及びメッセージの性格**によって影響される。**記号、数量**および**図面**の使用は早く簡単に誤解のないメッセージの伝達に有効である。パソコンの**キーボード**や**電話機**にある*印や#印はこの良い例である。

(レベル IV)

情報通信技術には情報の**送受信**と関連した**入力、処理**および**出力**を含む。

人間から人間へ情報を伝達する電話機、人間から機械へ情報を伝達するキーボード、機械からの情報を人間に伝達する**ファックス**の(受信)装置、機械相互の情報交換をする**銀行間コンピュータ・システム**などいろいろな**情報伝達**の方法がある。

情報通信システムは**通知、説得、娯楽、制御、管理、教育**などいろいろの目的に利用される。このようなシステムには**電話、ラジオ、テレビ、ファックス、コンピュータ、インターネット**などが含まれる。このような**メディア**を通して得られる情報の価値は、その**有用性**できまる。現代は**情報が価値ある必需品**になった時代である。

通信システムは情報源、符号化、送信機、受信機、復号化、**保存、検索**および送信先から成り立つ。情報をあとで取り出すための保存のメディアには、**CD-ROM、ハードディスク、フラッシュ・メモリー、記憶チップ**などがある。

グラフィックや**電子手段**のようにわかりやすく情報を伝えるいろいろな方法がある。**グラフィック・システム**の例には**印刷物**や**銀塩写真**のような**光化学的プロセス**があり、**電子システム**にも**コンピュータ**はじめ**DVD プレイヤー**や**MD レコーダー**などがある。電気的手段による情報の形式には連続的に変化する電気信号を使う**アナログ方式**とビットを単位として表される不連続な**デジタル方式**があり、デジタル方式のほうが大量のデータを間違いなく扱う能力がはるかに大きい。**マルチメディア**は音、画像、データの情報をまとめて送る**メディア**である。

技術的知識とプロセスは、記号、数量、約束事、

アイコン、グラフィック・イメージ、そしてそれらに、視覚的、聴覚的、触覚的**刺激**の変化を組み入れた言語で伝達される。これらには多数の国際的な**デファクト記号**や**新技術用語**が含まれる。

8 輸送技術

現代の生活は**輸送技術**を除いては考えられない。輸送には**人の輸送**と**物の輸送**がある。人を輸送するための移動する容器は通常**乗り物**(vehicle)とよばれるが、物を輸送する移動容器全般を示すよい日本語がないのでこれも乗り物とよぶことにする。すべての輸送が乗り物によるわけではない。

(レベル I)

輸送システムには人を移動させるために一緒に働く多数の部分がある。例として**道路、車両、燃料、標識**などがある。

乗り物は**陸上、水上、空中、宇宙**で人やものを一つの場所から他の場所に移す。

輸送システムは長く安全に**使用**するために**整備**する必要がある。

(レベル II)

輸送機関の使用によって人や物をあちこちに移動させることができる。

輸送システムはその一部が欠けるか故障すると効率が低下したりあるいは全体が停止するかもしれない。たとえば羽田空港が台風圏内にはいると全国の航空輸送に影響する。

乗り物によらない輸送方法もある、**エスカレーター、ベルト・コンベア、パイプライン**などはその例である。

(レベル III)

人や商品の輸送には**個人と乗り物の組み合わせ**が必要になる。ある製品を移動する場合には、その製品を**出荷する人、配送用トラック**、その燃料を作る人や供給する人、**航空機や列車**、商品の所在を管理する人、**道路**まで関係する。

乗り物はその**構造、推進機、懸架/浮上装置、誘導装置、支持機構**のようなサブシステムから構成されそれらは一つのシステムとして効率的に機能せねばならない。

政府の規制は輸送システムのデザインや運行に

影響を与える。

荷受、保管、貯蔵、荷積み、搬送、荷揚げ、配送、見積もり、マーケティング、経営、通信、協定の利用などは全輸送システムを効率的に運用するために必要なものである。

(レベル IV)

輸送は製造、通信、建設、健康と安全、農業のような他の技術の実施に致命的な役割を果たす。輸送システムは鉄道輸送、水路輸送、空路輸送、歩道を含む道路輸送などの一連の施設および乗り物を含むサブシステムから成る。

共同一貫輸送は一つの輸送手段から他の輸送手段へたやすく人や商品を動かすことができる相互連結したシステムの部分として**幹線道路、鉄道、航空機、水路**のような異なる輸送路と乗り物を使用することである。このような物資の輸送方法に適しているものは**コンテナ**であり、とくに国内輸送では**トレーラ・トラック**でそのまま牽引できる車輪付きのコンテナが普及してきている。同じプロセスは人の移動にも広がり、最近の国内外の旅行では旅行業者が、関係するすべての交通機関とホテルや旅館までまとめた**パッケージ・ツアー**が増えている。小口荷物の国際宅配便も最近普及してきた一貫輸送システムである。

ハイテク輸送システムも在来の輸送システムもそのデザインは多くのプロセスと改良技術に依存する。

輸送サービスと輸送手段の普及は人々と大量の物資が常に**移動している社会**を作り出した。昔は考えもしなかったところに簡単に行けるようになり外国との原材料、食糧、製品の輸出入が激増し、人々の考え方も変わった。しかしそのための**エネルギー消費**が先進各国の総エネルギー消費の主要部分を占めるとともに**交通事故**による死傷者が事故による死傷者の大きな部分を占め、航空機や高速鉄道の騒音が社会問題となるなどいろいろな問題も顕在化している。民間航空機がテロに利用された9.11事件の記憶も生々しい。

9 水のシステム

水のシステムは電力や通信などのように**公共事業**の一つと考えられているが、他の技術的システ

ムと異なり極めてユニークである。それは水については技術による人工のシステムと自然のシステムが混在しているからである。また上下水道は通常地域の行政機関の直轄事業として運営されているので**行政システム**の一部にもなっている。

地上に降った雨や雪は地上を流れ川となり最後は海に注ぐ。この水は**表流水**とよばれる。途中で地中にしみこみ**地下水**になり、地下を進んで海まで行く事もあり、また途中で再び地上に出ることもある。その間に人工の**配水システム**にとりいれられ、**灌漑(農業)用水**や、**工業用水**として使用される。また**浄水場**を経て**生活用の上水道**として各家庭まで地下上水道管の**ネットワーク**で配水され、使用後はその一部は下水道を通じ**廃水処理場**を経て自然のシステムに戻される。

上流に森林の多い場所では雨や雪解け水が川に下るまでに相当の時間がかかるが岩山であれば降った雨や解けた雪はすぐ川に流れ込み、大雨のあとなどには**洪水**になることがある。

その被害を食い止めるために河川の両岸に堤防を高く築いたり、途中に**ダム**を築いて、水が一時に流れないようにしている。ダムには水の少ない**渇水期**に用水を確保するためのものや、**水力発電**のためのものもある。ただダムには魚の遡上を妨げて**生態系**に影響を与えたり、底に土砂が堆積して**貯水能力**が漸減したりするような問題もある。

我が国は**降水量**が比較的多いが、**台風**の襲来も多く、20世紀前半までは毎年台風による**水害**が頻発していたが、**治水対策**に力をいれたお蔭で最近では特別異常な天候でない限り、大きな被害は出ないようになった。これからは、数十年に一度の大出水に備えて、高額な費用を要し生態系にも影響を与える大規模な**治水対策**に進むべきか、それとも極めてまれではあるが洪水の被害の起こりうる地域全体の**被害補償**のような**保険的**考え方に進むべきかを決定する時代になった。

使用された水は自然の水のシステムにもどされ海に流れ込むが、生活用水は次第に普及してきた**下水道**を通じて**廃水処理場**に送られて処理され、自然に戻しても悪影響のないレベルまで**浄化**される。工業用水はそれを使った工場が一定以下の不純物濃度にして川や**放水路**に排出される。ただ通

常廃水処理されない農業用水に問題が残っている。

これらの一旦使用された水は、川の下流に降った雨水とともに河川または下水道管を通じて海に下るが、**都市化と舗装**の普及によって地下にしみこむ水が減じ、都市の小河川に一時に大量の雨水が流れ、小地域での浸水などの**災害**が増えている、その防止のために都市部の地上または地下に相当大きい**遊水池**や廃水処理場を経由しない雨水専用の**排水路**などもできている。

水の使用が多くなったために中国の黄河などでは下流に全く水がなくなる**断流**とよばれる現象がおこり大きな社会問題になっている。そのため南の揚子江系の水を北の黄河流域に運ぶ案もできているがその生態系などへの影響について心配している人もいる。

10 製造業

製造業は有形の製品を商品として製造する産業である。これらの商品には**自動車**や**コンピュータ**から、**衣服**や**スポーツ用品**まで含まれる。またそれらを製造する**機械**も製造業の製品である。これらの製品は昔は一つ一つ**手作り**りで作られたが、現在では標準規格ができ、**自動化**の進歩によって製造方法は劇的に変化してきた。

製造業の仕事はその範囲が非常に広く、また他の産業ともいろいろな関係を持っているので、その全体を理解するのは容易でないが、典型的に製造業とはどんな産業かを知ることは、技術の理解のために重要である。

製造業では**原材料**を加工し、**組み立て**て製品(商品)を作り、それを**顧客**に販売している。原材料の元は**農林水産物**(畜産物を含む)、**鉱産物**、**空気**及び**水**であるが、これらを採用する産業は通常**第一次産業**と呼ばれ、製造業には含めない。広い意味での**農業**と**鉱業**が第一次産業である。第一次産業は採取した**原料**を通常**標準(規格)**在庫品に転換して製造業に供給している。材料は**天然材料**(木材、石など)、**合成材料**(プラスチック、ガラスなど)、**複合材料**(合板、混紡繊維など)などに分類されるが鋼材や合金のような中間的なものもある。

商品は売るために作るが、作るときに誰に売るのが決まってから作る**受注生産**と、売れ方を推定して売れそうな量をつくる**見込み生産**とがある。また作り方では数量を決めて一定の数量単位で作るのが**バッチ生産**で、ラインや連続装置で生産するのが**連続生産**である。

製品の顧客には最終的な**消費者**と工場のような製造業の**原材料**とする顧客とがあり、前者に売れる商品が**消費財**であり、後者に売れるのが**生産財**である。また売れてから使われなくなるまでの期間が長い自動車のようなものは**耐久財**であり、すぐ使われてしまう石鹸や靴のようなものが**非耐久財**である。消費財にも生産財にも耐久財と非耐久財がある。鋼鉄板は自動車の製造工場では消費財であるが、自動車になると耐久財の一部になっている。

商品の中には、個数で数えられるものと、重さや体積で売買されるものがあるが、後者の重さや体積で売買されることが普通のものを作って販売する事業は一般に**プロセス産業**と呼ばれており、**化学工業**や**石油精製業**などがその例であり、**ガソリン**や**化学薬品**、**プラスチック**などを製造している。プロセス産業についてもバッチ生産は医薬品の製造や日本酒の醸造などに利用されている。個数や台数で売買されるものを製造する産業は**加工組み立て産業**と呼ばれる。

製造業の製品とその製品を作る**製造システム**はデザインされたものである。**加工システム**と呼ばれるプロセスは第一次産業から出てきた原料を加工して製品に変えるシステムである。製造業では必ずしも総ての工場で消費者に売商品を作ってはいるわけではなく、次の工程を担当する工場に材料や部品を販売しているところも多い。

加工プロセスを含む製造プロセスは製品を生産するために製品をデザインし、材料を集め、それらを**分離**、**成型加工**し、**結合**させるのに**道具**や**機械**を使っている。分離には**せん断**、**のこ引き**、などがあり、成型には**曲げ**、**形状付与**、**打ち抜き**、**粉碎**などがあり、加工には**切削**、**研削**、**穴あけ**など、結合には**溶接**、**接着**、**締結材**(ボルトとナットなど)の利用、**かしめ**などがある。また成型加工結合した部品には**標準規格品**が増えてきてい

る。標準規格品は部品の**互換性**を増し製造コストを下げるとともに**アフター・サービス**を容易にしている。製造業のプロセスには**開発、マーケティング**、製品を正しい作動状態に保つ**アフター・サービス**も含まれている。マーケティングは製品の販売と流通を支援する活動で**製品企画**や**広告**とも関係している。最近製造プロセスの合理化が進んだが、**ロボット**の使用や有名なトヨタの“**かんぱん方式**”などが普及している。(環境への影響とライフ・サイクルについては2.2 技術と環境の項参照)

いずれにしても製造業は製品の**消費**によって成り立っている産業であるが、製品の寿命を延ばすことは資源の有効利用の面からも、環境上からも重要である。

11 建設技術

人類は何千年にも亘って**建造物を建設**し続けている。エジプトの**ピラミッド**、中国の**万里の長城**、ギリシャの**神殿**、ローマ人の作った**水道橋**などその大きさと強靱さから後世の人にも忘れ去られる事なく現在まで存在し続けた建造物である。建造物のデザインや製作に関わる作業は一般に建設といわれ、それには**建築家、エンジニア、建設作業員、見積もり入札関係者、大工、配管工、電工、コンクリート作業員**など専門の異なる多数の職業人が**建設業**で働いている。

建造物にはそれぞれその目的があり、その用途によって**構造**がきまってくる。建造物のうち最も多いものは**建築**で、原則的には風雨を避けるための**屋根と壁**を基本にした構造であるが、使用の目的によりその**サイズ、形態、設備、内装、外装**などに大きな違いがある。主な**建築**には**住宅、工場、倉庫、事務所、商店、学校、病院、ホテル、劇場**などがありそれぞれの目的に適したデザインになっている。

建築でない建造物の建設は**土木**とよばれるがこれらには、**輸送システム**に関係したものと、**水のシステム**に関係したものとが多い。**道路、橋梁、トンネル、鉄道線路、港湾、栈橋、滑走路、ダム、堤防**などである。建築と建築でない建造物が共存する施設には**競技場、空港、水力発電所、テーマ**

・パークなどがあり、**土木構造物**と**建築**との有機的な結合のもとに機能を発揮している。

建造物には**恒久的な**ものと**一時的な**ものとあり、一時的なものには、建設現場の足場や、栈橋や橋梁の基礎のための**防水堰**のような工事のためのものと、工事中に使用出来なくなる施設の臨時の**代用施設**がある。地下鉄や地下道路工事中の代用鋼板道路などがこの例である。恒久的なものでも建造物は使用と天候によって**損耗**するので、長く使用するためには定期的な**点検と保守**、変化する環境での機能維持のための**修理、改造、改装**などが必要である。恒久的な建造物を条件が変わっても改造出来て**物理的寿命**の尽きるまで使用できるように始めから**デザイン**することも大切である。

アメリカの西部劇に出てくる**ゴースト・タウン**は町全体が消滅して通り抜け道路以外のすべての建造物が不要化したものであるが、我が国でも一部でこのような現象が起こりつつある。

製造業には**連続生産(流れ作業)**と**バッチ生産**、**受注生産**と**見込み生産**とがあるが、建設業では原則的に総てが**受注生産**で**バッチ生産**である。ただ建築物を構成する部品、材料については標準規格品の**見込み生産**によるものを建設業者が購入して使用している。一部の**集合住宅**を除き建築物は建物別に所有者の意向を容れて**デザイン**され建設されている。見込み大量生産による低コストで製造した標準規格品を可能な限り大幅に利用し、**システム化した工程**のもとに建設コストの低減を図ったのが**プレハブ建築**で、構造部品、内外壁、床材、窓枠などいろいろな部材が**標準化**されて使用されている。

現代の社会では建造物の建設については多数の**規制**や**ガイドライン**がある。**都市計画**による**地域指定、面積容積規制**をはじめ**建築基準法**による**構造規制**などあり、すべての建造物はすべての規制やガイドラインに合致することが求められている。これらの規制は地域社会の**環境と便益**、個々の建物の**地震**や**風雨**に対する**耐久性**、**近隣への影響**などを考慮して決められている。そのほか建物の**デザイン**の選択は建物様式についての**施主**、**建築家の好み**、**近隣との調和**、**安全性**、**利便性**。価

格、地域の気候、使用機能などさまざまな要因に基づいている。市街化地域では火災の拡大防止のための耐火性の規制も行われている。

建物にはさまざまな設備のサブシステムが用いられている。サブシステムには簡単なものも複雑なものもある。昔はなかったサブシステムでも現在は必須になった設備システムもある。上下水道設備、電気設備、空調設備、電話設備などは現在の住宅では欠かせないシステムになって来ている。また事務所用の建物についてはOA配線と呼ばれる各種OA機器のための電源、信号線を床下に納め且つ容易に変更出来るように配線することがほぼ標準の仕様になってきている。エレベータやエスカレータのような輸送システムも一部の建築については必須の設備になっている。

地域社会では基盤構造（インフラストラクチャー）としてのシステムが住宅や事務所のサブシステムを支えるために必要である。これには必要な建造物とそれに付随するサービスと設備がある。その主要なものは街路、電力、ガス、上下水道、及び電話などの通信線のネットワークである。

建造物の建設そのものは基礎工事に始まり内外装の仕上げに終わる一定のプロセスがあり、建設はそのプロセスに従って進められる。技術の進歩によって建造物のデザインばかりでなく、建設の方法も変わってくる。とくに建設現場での人身事故を減らすための努力により、事故は減ってはきているが未だ事故率が他の産業より高いのでより安全な工法の技術開発が重要である。

建造物のデザインには多数の必要条件がある。もっとも重要な条件はその建造物の機能である。住宅の機能は住む家族のために安全で快適な居住性能を与えることであり、橋梁の主要な機能は障害物を越えて人や物を運ぶことである。これ以外の重要な制約条件は外観、強度、寿命、維持管理と使用可能な設備などである。

（12.～14.についての注）

以下12.～14.は医療技術、バイオ産業を含む農業、及びサービス産業を扱うが、残念なことにTFメンバーにこの方面の専門家が含まれていないので、これらの技術については、その広汎な範囲の

うち、技術科学（Technological Sciences）に密接に関係する分野を中心にリテラシー・レベルの用語を提示することとした。

12. 医学と医療技術

医学に基づいた医療のためにはまず診断が必要である。医師は治療を始める前に、患者またはその保護者が訴える症状をもとに診察、検査などを行いその結果によって過去のデータに基づいて、病気を診断し治療をする。診察検査のための簡単でしかも有効な道具には聴診器、体温計、血圧計、などがある。血圧は正確には水銀圧力計と聴診器を使って医師が測定するが、最近は相当精度のよい、自動装置が開発され、時計を見ながら手首の脈拍数で計っていた心拍数とともに、そんなに高価でない装置で簡単に計れるようになって、症状の早期チェックに利用されている。

昔は体を切り開いてみなければ全くわからなかった体の内部の異常が患者に大きな負担を与えることなく、目に見える形で診断できるようになったのは、最近の技術による医療の進歩の特記すべきところである。X線写真から始まり、コンピュータ断層撮影装置、超音波検査機、内視鏡など体内の状態を直接またはそれに近い状態で見える装置の進歩は、最近の医療に大きな影響を与えている。

健康維持のためには病気の治療以前に衛生的で栄養学的にバランスのとれた食事をとることが重要である。そのためには管理された上下水道、食品の加工流通機構、安全に日常の健康管理に役に立つ製品の供給などが欠かせない。これらは総て技術がなければ実現不可能である。

重い病気の治療は普通病院で医師とその他の看護師などの医療専門職の人々により行われるが、ここでも各種の技術製品やシステムが広く使われている。酸素吸入装置や人工心肺装置などがその例である。

医療ではやむを得ない場合には手術が行われるが、これについてもリスクの少ない麻酔などいろいろな技術開発が進んでいる。たとえば内視鏡と遠隔操作により、皮膚や筋肉を大きく切開することなしに、体内から患部を切除する低侵襲性手術

も普及してきて、患者の入院日数を大幅に減らしている。コンピュータや情報通信技術の進歩は専門医のいない地域や最寄の医師から遠く離れた地域での診断や治療に、これらの技術を応用した**遠隔治療**のアイデアが検討されている。しかし、医療行為に対する責任、患者の安全などいろいろの問題があり、これからの問題として残ってはいるが、いずれ患者の利益になる結論がでるであろう。

材料技術の進歩も医療に貢献している。**義手**や**義足**（まとめて**義肢**ともよばれる）の性能も軽量高強度の材料の進歩により使いやすくなっており、**光学的性能**と**機械的強度**の両立する安全な材料での**眼鏡**も普及してきている。**充填**や**歯冠**により治療した歯がない中年以上の人は極めて少ない。**歯科医師**と**歯科技工士**が**齶歯**に充填する金属片を鑄造する方法と**ジェット・エンジン**の部品を作るプロセスが原理的に殆ど同じであることなど余り知られていない。電子工学の進歩による**機器の小型化**が**心臓のペース・メーカー**の体内への埋め込みを可能とし、多くの人々が普通の生活しながら延命できるようになった。

医療技術には**予防**と**リハビリテーション**、**ワクチン**と**薬**、**内科的処置**と**外科的処置**、**遺伝子工学**、そして健康を守り維持するためのシステムなどいろいろあるが、いわゆる技術科学を応用した技術が寄与している例は枚挙にいとまない。このような分野は**医工学**と呼ばれ、**医学**と**工学**の**学際分野**として教育、研究とも注目を浴びている分野である。

（科学のうち**生化学**、**分子生物学**などに基礎をおいた医療技術については本報告では含めていないが、普通教育の課程には当然含まれるべきものである。）

13 農業技術とバイオ・テクノロジー

人類が農業を始めて自分の必要とする以上の**食糧**を生産できるようになり、食糧を確保する以外のことに時間が使えるようになったのが**文明**の始まりと言われるほど農業は人類の歴史と深く関係している。我が国でも100年前には**労働人口**の半数以上は農業に従事していたが、現在では**兼業農家**までいれてもほんの数パーセントにすぎない。

ただ昔は食糧は殆ど国内で**自給**されたが、現在ではその相当部分を輸入に頼っている。大型機械の利用など農業技術が進歩し農民一人当たりの**生産性**をあげることができたアメリカは、人口の1パーセントで全人口が必要とする食糧を余裕を持って生産した上に農産物が重要な輸出品にもなっている。

農業は**人工の生態系**で**農作物**を栽培したり、**家畜**を育てたりするもので、自然に生育する**自然の生態系**とは異なる。作物の生育に適した環境を作って、農作物を収穫する産業で、市場で好まれる農作物を出来るだけ多く、市場が必要とする時に、可能な限りコストをかけずに育てるためにいろいろな技術を使っている。主な技術的手段としては**灌漑**、**化学肥料**を中心とした**施肥**、**温室**や**ビニールハウス**の利用や**水栽培**、**病虫害防止**や**除草**のための**農薬**の散布、**耕作・収穫・収穫物の処理**のための**農業機械**の使用などである。農業での重要なプロセスの一つは**農地の保全**である。風雨による**土壌の侵食**を防ぎ、**灌漑用水路**を維持し、**排水の水質**の劣化を防ぐことが重要である。

農作物のほかに農産物に分類される産物には**乳製品**、**食肉**や**皮革**などの**畜産物**、我が国で半世紀以上前までは主要な輸出産業であった**生糸**などもある。また外国では**綿花**が重要な輸出農産物である国もある。**コーヒー**、**茶**、**タバコ**などの**嗜好品**や**スパイス**などもある。**養殖漁業**によるものを含む**水産物**も農作物と一括して取り扱われることが多い。

生産された農産物は食用のほか**化学工業**や**皮革加工業**の原料、**燃料**、**畜産業**や**ペット**のための飼料などさまざまな方法で利用されている。また収穫物の処理の時に出てくる**廃棄物**の相当部分は**堆肥**などとして農地に循環されている。

農産物としての食糧は収穫のシーズンにしか収穫されないので**保存**が必要であり、また消費地まで**輸送**し消費者の手に渡るまでに傷んでも困るので**保存**のためにいろいろな手段が講ぜられている。**塩蔵**、**冷蔵**、**冷凍**、**乾燥**、**滅菌**して**容器**に**密閉**、**放射線照射**などいろいろな方法が使われている。最近では消費者の要求もあり、このような保存のための処理あるいは食品として加工されたもの

については、食用として安全でおいしい**賞味期限**が表示されるようになった。また消費者の要求に
応えて生鮮食品の収穫からの履歴を記録表示する
トレーサビリティも情報技術の進歩に伴って普及
しつつある。

バイオ・テクノロジーは生化学や分子生物学の
知見を利用して、農産物の新商品や農業の新プロ
セスの技術をつくるもので、**病害虫**への**抵抗力**が
あったり、**気候**によく**順応**したり、産物の味や色
形がよかったり、傷みにくかったりいろいろな**望
ましい性質**を持った品種が開発されているが、ま
だ見つけられていない悪い影響があるのではない
かと疑ってその利用に反対している人々もいる。

バイオ・テクノロジーは農業のほか、**製薬**、食
品及び飲料、医学、エネルギー、環境、**遺伝子工
学**、などいろいろな分野に広がっている。**醗酵工
業**も**生物的プロセス**を利用する一種のバイオ・テ
クノロジーである。

農業システムのデザインと管理には、人工生態
系、技術の利用が**植物相**、**動物相**に及ぼす影響に
ついての知識が必要である。

14 .サービス産業における技術

行政機関、学校、商業、金融業などのサービス
業は技術と無関係の業務と考えられていたが、コ
ンピュータと情報通信技術の進歩は、これらの業
務を**技術利用事業**に変容させている。また今まで
身近な問題とは考えられていなかった身体や財産
に**危害**を受ける**リスク**も大きくなって、毎日の安
全のために技術を利用する機会も増えてきてい
る。

住民基本台帳の全国的**データ・ベース**化に代表
されるように**行政事務**についてもネットワーク化
が進んできているが、一部の行政事務については

内容の複雑化と件数の激増によってコンピュータ
の利用なしには、業務の執行も不可能になるケー
スも増えてきている。

サービス産業は**規制と言語**によって国際競争か
ら隔離されていた。そのため生産性の向上や、**新
サービス**の開発、**合理化**などに遅れを取っている。
現在追いつく努力をしており企業によっては世界的な技術レベルになっているところのものもある。

サービス業のなかでも別項で技術の一分野とし
て取り上げた**輸送産業**は**窓口予約事務**を**経営情報
システム**と一本化した**コンピュータ・ネットワー
ク**で運営しているパイオニアであるが、**金融業**
でも次第に顧客の操作する ATM が経営管理のため
のシステムと一貫して運営されるようになって来
ている。ただ相次ぐ合併で経営者は**システムの統
合**に苦慮しているのが実情であろう。現在は関係
するシステムを統合して顧客に便利でしかも必要
な経営情報も得られるシステムにまとめて行くこ
とに開発作業が集中されているようである。

小売業についてはコンビニにおける POS 情報
に基礎を置いた**仕入れ**、**商品管理**による効率的な
店頭販売の効果が有名である。**規制緩和**の流れに
乗っての**異業種事業相互進出**も顕著で、近い将来
どのような顧客サービスのシステムに変わるのか
予断を許さない。

このような変化はそのシステムの弱点を見つけ
て、不当な利益を得ようとする者の出現をまねき、
新型の詐欺など犯罪のニュースに事欠かない。政
府の規制緩和と併行したこの種の犯罪防止と被害
の最小化のための**監視**、**監督**とそのための技術開
発が必要である。また情報の記録、伝達が容易に
なったことから、本人が望まない個人情報**の流出**
が**プライバシー**の侵害として問題になってきてお
りそのための対策も進められている。