

# 理科 I 「人間と自然」の内容について

## ——科学技術がもたらす新しい社会について——

倉 庸 康

### 1. はじめに

公害問題が騒がれる頃から、科学技術の暗い面ばかりが強調され、科学に対する人々の見方は科学万能主義から反科学、非科学へと急転回し、エネルギー危機、人口急増等も重なって、終末を思わせるような暗い未来論が横行するようになった。高校生の三無主義や五無主義はこの頃から特にひどくなったように思う。特に理系進学希望者にその影響が大きかったようである。しかし、科学技術は、もともと万能でもなかったし、かと言ってインチキでもなかったのである。また、これらの諸問題は、炭焼き生活にもどることによって決して解決のつく問題ではない。やはり、社会制度との関連をはかりながら、科学技術を用いて解決するしかないのである。

アルビン・トフラーが、その著書「第三の波」の中で述べているように、現在は、新しい文明に移り変わる混乱期のような気がする。科学に対する異常な不信感を持つのでなく、また、過剰な期待をかけるのでもなく、科学技術に対して適切な判断力を持ち、積極的に生きる高校生を育てるには、高校生にぜひとも科学技術の概略を教える必要があるのではないだろうか。ところが、現在では、教育の現代化の影響で、高校理科の中には、その応用面がほとんど出てこなくなった。

また、本校では、理系進学希望者は全体の60～70%もいて、その大半は理学部以外へ進学する。これらの生徒たちには、卒業生等による大学の学部紹介が行われているが、科学技術全般の紹介はまだ不十分である。工学部などへ進学を希望する者に対しての進路指導としても、科学技術の紹介を行うことは、動機づけ等の重要な意味を持つと思う。この役割は、理科 I の中で、理科担当の教員が果たすべきではないだろうか。

以下に記した教材例を見れば、科学技術の概略を生徒に教える必要性がさらに納得できることと思う。

### 2. 科学技術の概略の教材例

#### (1) 科学技術の面からみた歴史

有史以来、物質の生産と科学技術との関係のみてみると、いくつかの時代に分けることかてきる。この歴史から、新しい時代のくることを予測してみよう。

##### ① 狩猟・採集の生活の時代

このころは、人間が自然に手を加えることはほとんどなく、自然の中から狩猟や採集によって直接食物等を手に入れていた。しかも、自分達の食糧を手に入れるために、ほとんどの時間を費し、物資のゆとりはほとんどなかったと思われる。

##### ② 農耕生活の時代

人間が、人や家畜や水の力などの再生可能なエネルギーを用いて物資を生産するようになった。その分、人間1人当りの生産性は向上し、物資にゆとりが出てきた。土地や生産手段の所

有から、貧富の差、階級、仕事の分業化等が生じた。平均的にみれば、生活程度は向上した。

### ③ 産業社会（産業革命以後）

産業革命以後、機械を動かすエネルギー源として、石炭や石油等の化石燃料を用いるようになった。その結果、人間1人当りの生産性が飛躍的に向上した。

(例) 人間1人が1日に2400キロカロリーの食物を取り入れ、それによって24時間働くとするれば、その仕事率は、1カロリーは4.2ジュールだから

$$\frac{2400 \times 10^3 \times 4.2}{24 \times 60 \times 60} \approx 117 \text{ワット}$$

となる。実際には、人間は食物として取り入れたエネルギーのすべてを仕事に変えることはできないので、この値よりも小さくなる。多めに見てもせいぜい100ワット程度であろう。これを機械のエンジンの仕事と比較してみよう。平均的な小型乗用車のエンジンは、100馬力程度である。1馬力は735.5ワットであるから、乗用車のエンジンの仕事率は73550ワットとなって、人間約700人分の機械的な仕事をこなすことができる。さらに大きなエンジンとしては船のエンジンがある。クイーン・エリザベスII世号は11万馬力であるから、その仕事率は、 $11 \times 10^4 \times 735.5 \approx 8 \times 10^7$ ワットにもなり、80万人の人間が船をこいで動かすのと同じ出力がある。その船を、わずかの人間で動かしているのであるから、人間1人当りの生産性は極めて大きくなる。

このようにして、産業革命以後、化石エネルギーを使った機械を操ることによって、人間は桁違いに大きな仕事をできるようになった。この結果、物資は豊富になり、さらに物資のゆとりができた。平均的にみれば、物質的な生活程度は飛躍的に良くなった。また、よりいっそう生産性を向上させようという努力が、社会生活全般に大きな影響をもたらした。その変化の特徴は、次のようになる。

- (ア) **規格化** 統一化、画一化された製品は、大量生産しやすく、その結果生産性が伸びる。この規格化の面は、製品のみならず、仕事の手順、作業時間、各種の試験、賃金、福利厚生、各種の資格、言語、マスメディア、度量衡、暦、貨幣、定価等、社会全般に及ぶ。この過程で、さまざまな特質や相違点が画一化され、個性が失われた。
- (イ) **分業化** ベルトコンベアーによる大量生産の際の人間の労働のように、分業化はまた、生産性の向上に役立った。その結果、単調な仕事のくりかえしになって、人間性がそこなわれる面が出てきた。また、いろいろな労働が分業化することにより、各種の専門家が生まれた。
- (ウ) **同時化** ベルトコンベアーの仕事のように、分業化が進むと、労働の相互依存性が高まり、いっそう大規模な労働の同時化が進んだ。この影響は社会全般に及び、毎日の生活のみならず、入学や卒業というような一生の間の生活が、皆、同じようなタイムスケジュールによって行われるようになった。
- (エ) **集中化** 人間を巨大な都市へと移動集中させることにより、生産が効率的になった。また、各家々で行われていた労働は、工場に人を集めて行われるようになった。
- (オ) **極大化** 生産規模を大きくすることで効率化が図れる。この考え方は社会生活全般に及び何でも大きいことは良いことだという風潮を作った。企業規模、政治、経済等もみんな巨大になった。
- (カ) **中央集権化** 集中化、極大化等とともに進行したことで、地方分権から中央集権へと企業、政治、経済の活動が中央集権化し、巨大な官僚機構ができてきた。

## (2) 変革期を迎えた現在

現在は、産業社会から次の新しい社会へと移りつつある。その理由を、科学技術の面を中心に考えてみよう。

### ① コンピューターの出現

産業社会では、エンジン付きの機械を用いることにより、人間1人当りの仕事量は飛躍的に増大した。しかし、機械のできる仕事は桁違いに大きくても、その仕事の内容は頭脳を必要としない（力）×（距離）で表されるような物理的で単純なものばかりであった。その結果、ちょっと複雑な物体の穴あけ、ネジ締め、溶接、塗装といった単純な作業でさえも人間がそばにいて機械をコントロールする必要があった。したがって、人間は、ベルトコンベアーの両側に張り付けられて、単調な作業を強制されたのである。

しかし、今や、安価なコンピューターの出現によって、そのような単純作業は、すべてコンピューターの指令で行なわれることになった。コンピューターは、人間のようにまちがえることがほとんどなく、冷暖房も必要ではなく、単調な仕事に飽きもせず24時間働くのである。しかも、1本のベルトコンベアーに、何種類もの違った品物の生産を行わせても、1個1個テレビカメラ等で認識し、その品物にあった作業をまちがえずにこなす。すなわち、多種類の品物を少量ずつ生産することが可能になる。

このコンピューターを取り付けた工作機械は、長い経験を持つ旋盤工や溶接工と同程度以上に正確に早く仕事をする。その結果、そのような職種の人はいの工場では必要がなくなり、工場内の人間の数は従来の数分の1以下でよくなった。そして原料を入口まで運べば、出口から製品がどんどん出てくるといふ無人工場まで出現した。

さらに、オフィスでは、書類の整理や文書作成等にコンピューターを用いることにより、秘書や事務員等の人数が数分の1で済むようになった。

このように、コンピューターの出現により、機械的な仕事だけでなく、頭脳的な労働までがコンピューターという機械によって行われるようになった。今の所、コンピューターのできる仕事は比較的単純な頭脳労働だけであるが、どこまでコンピューターの頭脳が良くなるか予測できない。

このコンピューターを用いることにより、人間は機械を直接使うのではなく、何台かのコンピューターを制御すればよくなった。すなわち、人間1人当りの生産性は、ここへ来て飛躍的に増大することは確実である。しかも、各個人の多様な要求に答えることのできる可能性が大きくなった。

コンピューターの登場は、危険で単調な仕事から人間を解放し、人間により人間らしい仕事を提供するのか、コンピューターも操れない人間には仕事がなくなって失業者が増大するのか、生産性が向上することにより、労働時間が短縮され、より人間らしい生活をするための余暇が増えるのか、品物の多種少量生産が可能になり、個人の好みが尊重され、個性が生かせるようになるのか、ますます、勝手気ままが通るようになり、価値感の分裂がひどくなるのか、それは今後の課題である。いずれにしても、このコンピューターの出現によって、社会はいやおうなく変わらざるを得ないことだけは確かである。産業革命期に起こった機械打ちこわし運動が、結局、機械の導入を阻止できなかったように、コンピューターを追い払うことは不可能であろう。

### ② 情報システムの発達

銀行のオンライン化によって、カード1枚あれば、日本全国どこでも預金の出し入れが自由

になりつつある。しかも、以前は午後3時までであったものが、午後6時までに伸びた。すなわち、空間的にも時間的にもより自由になったのである。

このように、コンピューターを情報機器と結びつけることにより、人間の行動の制約を、時間的にも、空間的にも少なくすることができる。

そのうち、各家庭のテレビ、テレビカメラ、電話、ファックス、コンピューターの端末等と、通信網を介して、放送局、学校、図書館、会社、各種の情報センターとが結びつけられるようになるだろう。そうすれば、家庭にいながらにして、いろいろな事が可能になる。たとえば、列車の切符の予約も、駅へ電話するか、自分で直接コンピューターの端末を操作することにより、ファックスに切符を印刷してもらうことができる。もちろん支払いは銀行口座から自動的に差し引かれる。これによって、今まで駅まで出かけていた時間とエネルギーの節約になる。

また、家で各種の書類を作成し、会社へ送付したり、遠くに離れた者どうしがテレビ電話を介して、多数で会議をすることもできるであろう。その結果、通勤地獄の中を、都心の会社へ、全員が毎日通勤する必要もなくなる。家庭では無理でも、郊外に散在しているいくつかの事務所のうち近い所へ通勤するのみで良くなるかもしれない。あるいは、地方都市にある事務所でも十分仕事ができるようになるのではないか。

今でも、ビデオを用いれば、自分の好みの時間に好みの番組がみられるが、将来は、情報センターから、好みの時間に世界中の情報が、極めて簡単に手に入るようになるだろう。すなわち、10チャンネル程度の少ないテレビ局の番組の中から情報を選択するのではなく、桁ちがいに多くの情報の中から、個性に合ったものを選択することが可能になるだろう。

このような中には、現在、すでに実用化されているものもあれば、実験中のものもある。たとえば、アメリカでは科学技術情報のデータベースがすでにできていて、アメリカ国内はもとより、国際ネットワークを通して、世界中にオンラインで直接情報を提供している。

また、双方向テレビの実験が、奈良県生駒市のニュータウンで行われている。これは、生活情報システム(Hi-ovis)という名前の実験で、各家庭とテレビスタジオを光通信で結び、テレビ局から各家庭に映像が送られるだけでなく、家庭にあるテレビカメラを通して、家庭からテレビ局へと映像を送ることもできるものである。

また、東京都内の約1000軒の家庭と情報センターとを電話回線を使って結びつけ、各家庭のテレビに、必要に応じて各種の情報を写し出すキャプテンシステムが実験中である。この情報網を利用するためには、テレビと電話に簡単なアダプターを付ければよい。その情報の内容としては、ニュース、天気予報、くらしの知識、スポーツ、学習、旅行、専門情報、娯楽趣味等があり、その量は約10万画面にも達する。

このような、コンピューターを用いた情報システムは、今までの産業と比べ全体としては資源の節約を助けることになる可能性が強く、資源の少なくなる時代だからこそ、大きく成長することが予測される。この情報化社会の到来は、人間生活を、時間的、空間的に解放し、より自由で個性的な生き方を可能にするのではないか。その結果、人間の労働形態、生活様式、社会生活を大きく変える要因になるであろう。

### ③ 各種資源の高騰

産業革命以後、各産業は、再生不可能な化石エネルギーや、金属資源などを多量に消費することによって、生産性の向上を図ってきた。しかし、この化石燃料は、今後、次第に手に入りにくくなり、機械を動かすためには別のエネルギーを手に入れる必要があるだろう。もし、核融合が成功しなければ、数百年以上の長期にわたって使用できるエネルギーとしては、太陽エ

エネルギーをはじめとする再生可能なエネルギーのみになるであろう。その結果、毎日手に入るエネルギーは有限となり、今までのようにエネルギー消費をどんどん伸ばして生産性を上げることは不可能になるであろう。また、核融合が成功しても、地球の環境問題を考えれば、その使用量を極端に増やすことはできない。

また、世間ではエネルギー資源ばかりが騒がれているが、エネルギー以外の資源も重要である。今日、多量に用いられているプラスチックの原料は、主に石油である。さらに、いろんな所で使われている金属も、ある本によれば、今後、新鉱脈が発見されることを見込んで、鉄はあと500年、アルミは150年、銅は40年、金、銀、白金、鉛、亜鉛、錫などは、いずれも10年前後の寿命である。もっとも、水深4000~6000メートルの海底に存在するマンガン団塊を手に入れることができれば、それらの寿命は相当伸びると考えられている。

エネルギーや金属などの資源は、急にはなくならないとしても、その価格が次第に高騰することだけは確かである。したがって、資源の再利用システムが完成するまでの間、今まで採算のとれていた業種の採算がとれなくなったり、逆に、今まで採算がとれなかった業種、あるいは今までになかった業種の採算がとれるようになって、今後、少なくとも数十年間は、各業種の栄枯盛衰が激しいであろう。少なくとも、今までのような、資源を多量に消費することを前提とした方法ではうまくいかななくなることは確かである。

#### ④ 環境問題

生産性を向上させるため、産業の規模はどんどん巨大化し、遂には産業活動やその結果生ずる廃棄物による環境悪化が無視できなくなった。そこで、企業は、その生産性のみを考えていたのでは、社会に存在することを許されなくなったのである。その結果、採算のみを考えてきた産業界は衰退し、環境問題を引き起こさない産業、さらには環境汚染を防ぐための産業が繁栄するようになった。

この環境問題の解決に、科学技術の果たす役割は大きい。たとえば昭和50年度の東京都における窒素酸化物による大気汚染のうち、自動車の排気ガスによるものは81%をしめる。一酸化炭素の場合は93%にも達する。現在ではこの有害物質の排出量は、乗用車については、10分の1以下に減少した。

また、現在、騒音被害面積を10分の1に減らし、燃料も大幅に節約できる旅客機（STOL機）が研究開発されつつある。

さらに、環境問題を大きく改善する可能性があるのは、情報産業の発達である。現在の環境問題は、海や川や大気の大気浄化能力を起した大量の公害物質の集中的発生や、人口の都市集中によって起こるものが少なくない。情報産業の発達によって、必ずしも大都市に人や工場が集まらなくてもよくなれば、相当軽減されることと思う。

また、次の項で述べる生命産業の発達によっても、公害物質を減らしたり、エネルギーの節約を図ることができる。もともと、生物はその体内で化学反応を起こし、種々の物質を生産したり、分解したりして生きている。この生物の行う化学反応は、すべて常温で行われていて、熱したり冷したりする必要もなく、エネルギーをほとんど無駄なく使っている。しかも、有害物質の発生は非常に少ない。遺伝子改造等の方法により、現在、化学工場で行われている各種の化学反応が、生物によって行われるようになる可能性も少なくない。

このように、環境問題は、産業の内容や社会生活を変えさせる要因の1つになっている。

#### ⑤ 生命産業の発達

先に述べたように、生物の行っている化学反応は、酵素を用いることにより、ほとんどエネルギーの無駄をせず、有害物質もほとんど排出しないという特徴がある。したがって、この生物反応を利用した生命産業は、石油危機、食糧危機、環境悪化を救う手段として大いに期待されている。特に、最近、遺伝子操作等の新しい技術の開発により、現在行われている化学反応の大部分が、生物や酵素を用いた反応におきかえられる可能性がある。さらには、従来の単純な化学反応では作り得なかった有用な新しい物質が生産されるであろう。

以下、生物の利用・改造の方法について述べてみよう。

- (ア) **微生物の利用** チーズ、酒、ペニシリン、パンのイースト菌などに代表されるように、微生物は大古の昔から利用されてきた。今後も、醸造、乳製品、アミノ酸や核酸などの有機酸、抗生物質、酵素、ビタミン、飼料、廃水処理などの各種の分野でこの微生物が用いられるであろう。
- (イ) **酵素の利用** 生物は、酵素を触媒として、常温、常圧で、エネルギー損失の非常に少ない化学反応を行っている。そこで、微生物に酵素を生産させながらその酵素によって反応を行わせたり、微生物から酵素を分離して取り出し、別の場所で無生物的に反応を行わせたりすることができる。現在のところ、皮のなめし、ビールの混濁防止、水飴の製造、粉糖の製造、ベーキングパウダー、リンゴ酸の製造、調味料の製造、医薬品の製造、粉セッケンの性能アップなど主として食品加工分野で大量に用いられている。しかも、微生物の作る酵素の数は数百万種類とも言われ、石油からプラスチックを製造するなど、幅広い分野で伸びが期待されている。さらに、今日では、人工的に酵素を製造することも一部可能となり、生物の作った酵素より活性の高いものが得られている。
- (ウ) **遺伝子組み換え技術** 生物の遺伝子がDNAという化学物質からできていることがわかり、生物の遺伝子を作りかえるということが可能になった。遺伝子組み換えとは、ある生物の遺伝子の一部を他の生物の遺伝子の一部、あるいは人工的に作った遺伝子と組み換えたり、付加したりする技術である。すでに、大腸菌に人間の遺伝子の一部を組み込んで、大腸菌にインシュリンを製造させることに成功している他、いくつも例がある。
- (エ) **細胞融合技術** 種の異なる2つの細胞をドッキングさせ、両方の特徴をもった新種の生物を作る技術である。すでに、トマトとジャガイモを融合させ、地上にはトマト、地下にはジャガイモができるという新種の生物「ポマト」が成功している。また、稲と大豆の融合もできている。この技術は、農作物、各種微生物の改良に用いられるであろう。
- (オ) **細胞培養** 今までは、動植物の優良な個体ができても、その個体と全く同じ遺伝子を持つ個体（クローン）を多量に作ることはできなかった。しかし、今では1本のニンジンのカルス細胞1グラムから500本のニンジンを作ることができるようになった。これをくりかえせば短期間に多数の優良品種を育てることができ、動物の場合は、植物ほど簡単にはできなかったが、クローンカエルやクローンネズミが完成している。原理的には、クローン人間の大量生産も可能になったわけである。

以上のような生物の利用・改造によってどのようなことが起こるであろうか。まず、微生物を使うことによって、ホルモン、酵素、インターフェロン、抗生物質、アミノ酸などの有用な高分子の医薬品や食品、またはその原料が、高純度、低価格で手に入るようになるであろう。

さらに、資源、環境の面から考えると、産業廃棄物、ゴミ、生活排水、農業廃棄物の処理に微生物が用いられ、堆肥、アルコール、メタン、水素などの有用物質が生産されたり、PCBなどの分解による無害化、重金属の処理などが行われるようになる。また、低密度の鉱石から、金属を抽出して、資源不足を補うこともできる。

植物は太陽エネルギーをでんぷん等の化学的エネルギーに変えると考えられる。地上に、エネルギー変換率の良い植物を植え、それからアルコールを多量に取り出し、燃料やプラスチックの原料にすることもできる。このように、石油がなくなったときに、生物を利用して原料を得たり、さらには石油コンビナートにおける反応も、熱したり冷やしたりする必要のない酵素を利用した反応に変えることができるかも知れない。

食糧の分野に注目すれば、病虫害に強く、空気中の窒素を利用し（窒素肥料が不要になる）おいしくて、栄養豊かで、乾燥地などの悪条件の所でも生産性の良い植物が誕生するのも夢ではない。今までも品種の改良が行われてきたが、無方向におこる天然の突然変異を待つのではなく、人為的に、目的にそって、品種の改良を、ずっと早く行うことが可能になる。さらには、改良ではなく、今までにはなかった新しい生物を作ることができるかも知れない。すでに、トウモロコシと小麦の葉緑体の遺伝子を大腸菌に挿入することにより、太陽菌に蛋白質を生産させることに成功している。このような微生物を、農場ではなく、タンクで培養することによって、食糧を生産することになるかも知れない。

以上のように、生命産業の発達により、A君という個人と全く同じ遺伝子を持った人間を多数作ったり、想像を越えた未知の有害生物を作ることが可能になりつつある。したがって、この生命産業は、エネルギー、資源、環境、食療、医療、化学工業等と深い関連を持つばかりではなく、生命に対する人間の価値感の変容をせまるものである。この生命産業の登場は、コンピューターの登場と同じくらい、社会に大きな影響をもたらすにちがいない。

## ⑥ エレクトロニクスの進歩

人間の簡単な頭脳労働をかわってするようになったコンピューターや、情報産業等、あらゆる分野でエレクトロニクスは活躍をしている。

1946年に、18,800本の真空管を用いて、世界最初に作られたコンピューターENIACは、真空管の平均寿命がトランジスタに比べて桁がちがいに短いため、かわるがわる、どの真空管かが故障し、結局、実用にはならなかった。現在数万円で購入できるマイコンでも、ENIACよりも20倍も計算速度が早く、桁がちがいに大きな記憶容量を持ち、数千倍も信頼度が高く、電気機関車並みの消費電力から、その数千分の1（電球1個分）の消費電力ですむようになり、容積は数万分の1、値段は1万分の1となった。

このように、コンピューターが、小型で、低消費電力、高信頼度が得られるようになったのは、トランジスタ、IC、LSIの登場によるところが大きい。これによって、半導体メモリーの1ビット当りの価格は、1970年以来、毎年、平均35%程度低下してきており、10年間で25分の1になった。また、集積度も、1959年以来、毎年約2倍に増加し、20年間では数十万倍にもなった。現在では、5mm角ほどの大きさの所に、15万個もの素子が集積されている。この集積度が上昇すればするほど、コンピューターの速度は早く、消費電力は少なく、信頼性は向上する。たとえば、1千万個ものトランジスタを用いていた人工衛星が、ICを用いることにより、部品数が少なくなって信頼性ははるかに良くなり、性能も格段に向上し、しかも2千ドルも安く作れるようになったということである。

また、このように、コンピューターが安価で手に入るようになって、エネルギー節約や公害防止が、頭脳的に、きめこまかくできるようになった。たとえば、自動車にコンピューターをとりつけることにより、自動車の速度の変化、周囲の温度の変化等の諸条件に応じて、空気やガソリンの量を自動的に調節したり、4気筒のエンジンのうち、2気筒分を、不要な時には自動的に休ませておくことも実用化されている。

このように、エレクトロニクスは、そのものが小型になっていくことにより、資源節約型、低公害型であるばかりでなく、他の産業のエネルギー節約や、公害防止に役立つ。

また、コンピューターを用いて食糧増産を行う可能性がある。すでに、アメリカのGE社では、コンピューターで環境を制御しながら植物を育てる生産工場を作っている。この工場の生産性は、普通の農場の30~50倍にも達するという。ここでとれたトマトは、ビタミンCが30%も多く、味、つや、形も抜群であり、実際に高品質野菜として出荷されている。中東やアフリカなどの不毛地帯で、この工場を作ることが計画されている。

エネルギー問題を解決する手助けとなりそうなものに、太陽電池がある。地球面には、1㎡当たり、1.4kWの太陽エネルギーがふりそそいでいる。各家庭で消費するエネルギーは、平均1kW程度であるから、各家庭の屋根の30㎡(約9坪)程度を太陽電池のパネルでおきかえれば、42kWのエネルギーが得られ、変換効率が5%でも必要なエネルギーを得ることができる。この太陽電池は、今のところ高価であるが、アメリカのエネルギー省では、1990年頃には、現在の10分の1の価格にすることを目標としている。

この太陽エネルギーは、天候や昼夜によって変動があるため、それを一時的に蓄えておく必要がある。その方法の1つとして、電気分解と燃料電池が考えられる。太陽電池で発生した電気を用いて水を電気分解し、水素と酸素を発生させる。この水素と酸素は、燃料電池を用いて、必要な時、電気に直ちにもどすことができる。ここで用いる燃料電池とは、水素を燃やして電気に変えるのではなく、水素が酸素と化合して生ずる化学的エネルギーを直接、電気に変えるもので、効率は火力発電所よりも、はるかに高い。燃料として水素を用いるものの他、天然ガスやナフサを用いるものがすでに実用化されている。ここで用いる水素の燃料電池は閉じたシステムなので大気汚染や騒音等の心配が一切なく、無公害である。

情報革命の一端を荷なうものに光通信がある。光は電磁波の一種であるが、その振動数はマイクロ波の2万倍から20万倍にもなる。その結果、1本の光線で送ることができる情報量は、原理的にはマイクロ波の2万倍から20万倍になる可能性があり、1本の光線で、電話200万の通話を同時に伝送する。さらに、この光を伝えるガラス質の光ファイバーは1mm<sup>2</sup>に100本も束ねることができる。その上、従来の電話線では、1.5kmごとに中継器を必要としたが、光ファイバーではその10倍以上の距離を中継器なしで伝わる。この光通信は、すでに一部実用化されているが、これによって情報の伝達に要する費用が桁ちがいに安くなることはまちがいない。また、光ファイバーの原料は、半導体の原料と同じケイ素であり、岩石等の主成分で、無尽蔵に存在すると言ってもよい。

また、テレビ、ラジオ、ビデオ、ステレオなど、デパートの電気製品売場へ行けば、エレクトロニクス商品があふれている。しかも、それらは、価格が変わらないままに、年々、小型、軽量、高性能になりつつある。手のひらに乗るような大きさの液晶テレビの試作品もできている。

自動車のエンジンのコントロールの際には、周囲の温度を感知することが必要である。このように、温度、圧力、光、湿度、プロパンガスなどの個々物質、熱、磁気等を感じとってコンピューターに知らせる役割をするセンサーも年々、小さく、軽く、安くなってきている。このようなセンサーも、コンピューター社会の重要な荷い手である。

また、カメラの中に組み込まれたICにより、瞬時に被写体の明るさと距離を求め、カメラの焦点と絞りを自動的に調節する自動露出、自動焦点カメラが多数販売されている。

医療分野では、人間の身体に弱いX線をさまざまな方向から照射し、その透過率をコンピューターで計算し、たった数秒間で頭がい骨の内部や体内の深部をブラウン管に映し出すという



CTスキャナーが完成して、すでに全世界で活躍している。

このように、エレクトロニクスは、あらゆる分野の中で用いられ、取り上げればキリがないほどである。

⑦ **素材産業** 革命的技術には必ず素材の革命があると言われるほど、技術革新にしめる素材のしめる位置は大きい。

コンピューターが実用になったのも、光ファイバーが実用になったのも、ともに、純度が、99.9999999%という想像を絶するような高純度のケイ素が手に入ったからである。

また、車体重量を100キログラム軽くすれば、ガソリン1リットル当りの走行距離が約1キロメートル伸びると言われるほど、自動車の燃費向上には、車体重量の軽減によるところが大きい。これが進んでいるのも、従来の鉄板よりも薄くて強度の強い高張力鉄板を用いるようになったからである。

さらに、軽くて強くて安い材料があれば、そのような材料に変わっていく可能性が強く、新しい材料を用いた車が次々と試作されている。可能な限りアルミを使った試作車では、排気量1471ccのディーゼルエンジンを用いて、1リットル当り37キロメートルも走った。また、炭素繊維をエポキシ樹脂で固めて作った炭素複合材料や、ガラス繊維で強化したプラスチックなどの複合材料を用いて作った試作車は、同型の普通車よりも560キログラムも軽く作ることができた。

重量軽減ということで、もっと切実なのは航空機である。今や、燃料価格の高騰で、運航コストの60%が燃料費であるといわれている。ボーイング社の試算では、機体重量1キログラムの軽減は、現在の燃料価格でも15年間その飛行機を使うことで1200ドルの燃料費節約になるという。今度生産されるボーイング767では、炭素繊維を1機当り9トン以上用いて、数トンの軽量化をはかり、15年間で数百万ドル(1~2億円程度)の燃料費を節約することをねらっている。

また、昭和56年1月には、機体のすべてに炭素繊維強化プラスチックを使った8人乗りのビジネスジェット機が完成している。炭素繊維を用いることで自重の40%軽量化に成功し、燃料消費を、大型乗用車並みの1リットル4.7キロメートルに押さえることができた。

さらに、昭和56年には、機体に軽くて強いアラミッド繊維を用い、主翼と尾翼の上に貼りつけた太陽電池が起こす2.7キロワットの電力だけでプロペラを回す飛行機「ソーラー・チャレンジャー号」が、ついに英仏海峡横断に成功した。

低騒音でエネルギー消費が少なく、高速が出せると期待されているリニアモーターカーは、1両当りの重量を新幹線の半分の30トンにすることが目標である。

このように、自動車、航空機等では、強くて軽くて安い材料がその性能を変えていく。

自動車や航空機の燃費改善には車体重量の軽減もさることながら、エンジンの改良による影響も大きい。原理的には、燃料の燃焼温度を高くするほど効率が良くなることはわかっている。しかし、実際の自動車のエンジンは、水でけんめいに冷やしている。これは、エンジンが融けることを防ぐために行わざるを得ないので、もっと高温に耐えられる材料があれば、冷却装置も不要になり、燃費がよくなることが期待される。そこで考えられているのが窒化ケイ素や炭化ケイ素などのセラミックスを用いたエンジンである。このセラミックスを用いたガスタービンエンジンは、燃焼温度を1370℃に上げることにより30%程度燃料が節約できるという。このセラミックスエンジンを積んだ試作車は、もうできている。

セラミックスは、耐熱性、耐食性などで金属などの材料より優れているため、エンジンの材料に期待されているが、また、セラミックス特有の電氣的な特性を生かし、誘電材料、圧電材

料、抵抗材料、磁性材料、基板材料等のエレクトロニクス材料としても期待されている。

また、自動車のボディや航空機の機体の軽量化、エンジンの改良は、炭素繊維やセラミックスといった非金属材料もさることながら、現在までの所は、高張力鋼、アルミ、チタンの合金といった金属材料によるところが大きい。この金属材料のほうもまだまだ改善の余地がある。

金属材料には、その用途に応じて、高張力性、耐食性、耐熱性、加工性、軽量性など種々の要請に答えてきたが、技術が進歩してくると、それでも不十分になってきて、やはり日進月歩である。

この金属材料の中で変わり種は超電導金属である。ある種の金属を冷やしていくと、急に電気抵抗がゼロになり、一度電流を流してやると永遠に流れ続け、周囲に磁界を作る。このような現象を超電導という。この超電導を起こす金属を、たとえば発電機に用いると、発電機の重量、体積が一挙に半分になるだけでなく、強力な磁界を容易につくることができるので、従来困難であった大容量発電が可能になる。さらに、この発電機を用いると発電の効率を1%ほど向上させることができる。1%といっても百万キロワットの発電所では、年間で石油10万バレル（重量にして約1万4千トン程度）もの節約になる。現在3万キロワットの発電機で実験を行っている。

この超電導は、磁気浮上列車、MHD発電、核融合などで利用される見込みである。

もう1つ変わり種の金属材料を紹介すると、ある温度以上の時の形を、温度が下がっても記憶していて、低い温度でいろいろ変形させても、もう一度熱してやると昔の形にもどるという形状記憶合金と呼ばれる材料がある。しかも、もとの形にもどるときは、合金の組成や熱処理で自由に換えられる。この合金を用いて、火災の時にはピクリともとの形にもどって火災を知らせる報知機を作ることができる。また、この合金で作ったパイプの継ぎ手を、冷やした状態で押し広げ、パイプにかぶせてから暖めると元の形にもどり、パイプがしっかりと接続される。その他、いろいろと応用が考えられている。

石油が欠乏してきたときの自動車等の燃料のひとつとして水素ガスが考えられている。水素は、水の電気分解によって得られ、燃やした後はまた水にもどるというクリーンな燃料である。しかし、水素は、同温、同圧、同体積のプロパンガス等に比べ、数分の1のエネルギーしかない。同じだけエネルギーを運ぼうとすると、ポンベの圧力を数倍にしなければならず、容器をがんじょうにする必要上、ポンベが重くなる。これを防ぐため、結晶のすき間に多くの水素分子を貯えることができる水素吸蔵合金の研究が行われている。現在、1グラム当たり400cc程度の水素を吸蔵できて、ポンベを用いる場合の約半分ぐらいの重さになりそうな合金が開発されているが、まだまだ研究の余地がある。

比較的新しい合金として、アモルファス合金がある。この合金は、融けた合金を急冷し、むりやり液体状態のまま凍結したものである。このアモルファス合金には、ピアノ線よりはるかに強い引っ張り強度、抜群の硬度と耐摩耗性、塩酸中でも腐食しない耐食性、磁気材料としても優秀という、高張力鋼、ステンレス、けい素鋼板などの性質をすべてあわせもつ夢のような金属である。半面、加工性が悪い、溶接ができない、厚さに限界がある、高温で普通の金属にもどるなどの欠点もある。その磁気特性の良さに注目して、レコードプレーヤー用のカートリッジや、磁気ヘッドになってすでに実用化されている。このアモルファス合金を、電力用トランスに用いれば、その損失が従来の約5分の1に低減される。また、安価な太陽電池の製作などが研究されている。

素材産業に入るのかどうか分からないが、エネルギー節約、環境浄化、医療等の面で、大いに期待されているものに高機能分離膜がある。これは、気体や液体中の分子やイオンの混合物

の中から、特定の分子やイオンのみを分離する働きを持つ膜である。すでに、海水から真水を分離する膜は実用化されている。また、人工じん臓の中にはこのような膜が使われている。また、ビールを膜に通すと、数分で濃度90%以上のアルコールが分離抽出されるという膜も作られている。

石油コンビナート等の化学工場では、生産されたものの中から必要なものを分離するために、多量のエネルギーを使って加熱蒸留している。このような際に、この分離膜を用いれば、必要なエネルギーは10分の1以下になり、画期的なエネルギー節約を図ることができる。また、海水中のウランを分離するのにも、大型の遠心分離が不要になる。工場や自動車の排ガスから有害物質を分離することもできる。空気中から酸素を分離することができれば、ボイラーや自動車エンジンの吸気口にこの膜をとりつけることにより、燃焼効率が一気に高まると同時に、有害な窒素化合物や一酸化炭素を大幅に減らすことができる。

## ⑧ その他の科学技術

以下に、その他の科学技術について記す。今までのものとの重複もあり、重要度もさまざまであるが、思いつくままにメモを作ってみた。

(ア) **エネルギー関連** エネルギーに関係したことを取り上げてみた。

○エネルギーそのものをどこから手に入れるか 太陽エネルギー、石油、石炭、天然ガス、核分裂、核融合、風力、波力、潮力、海水の温度差、地熱、生物によるもの、

○手に入れたエネルギーの変換をどうするか 太陽電池、石炭液化、軽水炉、新型転換炉、高速増殖炉、核融合炉、風力発電、波力発電、潮力発電、海水の温度差発電、地熱発電、アルコール発酵、燃料電池、各種のエンジン、MHD発電、

○エネルギーの貯蔵と運搬 水の電気分解による水素、各種燃料の生産、蓄熱装置、揚水発電所、電池、

○産業全分野におけるエネルギー節約 コンピューターによるきめの細かいコントロール、各種の技術革新、

○問題点 環境との調和、資源の絶対量の限界、エネルギー価格の上昇、安全性、効率、

(イ) **食糧生産** 人口急増対策、窒素固定型植物、無公害農薬、品種改良、植物生産工場、

(ウ) **海洋開発** エネルギー資源、金属資源、食糧資源、石油開発、波力、潮力、温度差発電、マンガング塊、動植物の養殖、海洋牧場、深海調査船、

(エ) **宇宙開発** 通信衛星、放送衛星、科学衛星、気象衛星、資源探査衛星、打ち上げ用ロケットの開発、無重力による新物質の生産、

(オ) **航空産業** 低騒音、節エネルギー型の機体、エンジンの開発、

(カ) **医療・健康** 診断機器、治療機器、福祉機器、診断薬、治療薬、病気の原因追求、人工腎臓、人工心臓、人工中耳、義手、義足、人工肝臓、レーザーメス、インターフェロン、ホルモン、ワクチン、抗体の合成、ガン征服、

(キ) **防災** 地震予知、都市計画、長期予報、気候変化の予測、地下水観測、測地測量、

(ク) **建築・土木** 環境との調和を図る工事、新工法、省エネルギー住宅、建築物の耐久性向上、

## (3) 未来はどうなるか

まず、エネルギー問題は、核融合が成功すれば、人間は無尽蔵とっていいくらいのエネルギーを手に入れられる。それにしても、大量のエネルギー消費は地球の気候変動をまねくので、いずれ、年間に使用できるエネルギーには上限がくるかも知れない。当面、エネルギーはジリ

ジリと高騰するであろうが、それによって、太陽電池等も採算がとれるようになり、人間の使用するエネルギーの種類は変わっていくが、エネルギーがなくなったり、一挙に、桁ちがいに高くなることはないのではないか。エネルギー価格の上昇によって、その何割かは製品の価格にはねかえるであろう。しかし、技術革新による節エネ効果も無視できない。

コンピューターの登場により、生産性は飛躍的に伸びる。その結果、一時的混乱はあっても、労働時間の短縮が行われるであろう。生産性の伸びは、物価の低下要因となる。さらに、月に1個しか作らないようなものでも、ベルトコンベアーにのせて作ることができるようになるだろうから、物品の種類は多種多様になるであろう。それだけ個性が生かせることになる。

コンピューターは、エネルギー節約や環境改善にも力を発揮するであろう。

情報機器がさらに安価になり、多量に使用されるようになって、世界のすみずみまで情報が行きわたるであろう。その結果、労働の場所や時間の制約が今よりも減少し、労働時間の短縮とともに、人間の時間的自由を増やす。また、空間的自由が増大することで、人口の都市集中が避けられるかも知れない。これは、人間を通勤地獄から救い、大自然に近い所での生活を可能にする。エネルギー節約や、環境問題の改善に役立つ。

また、情報が世界のすみずみまで行きわたることと、国際的な人的交流が多くなることで、お互いの理解が深まり、大きな戦争は起こりにくくなるのではないか。今や、鬼畜米英などを信ずる日本人はいない。

さらに、各家庭からのコンピューター投票により、直接民主主義が行われるようになるかも知れない。

金属資源の不足により、物品の高騰する可能性がある。しかし、ある程度上昇すれば、非金属資源の採算がとれるようになり、金属製品は、次第に非金属製品におきかわるかも知れない。

以上のように、今後は、科学技術によって社会が変わっていくであろうが、その社会は、時間的にも、空間的にも、使用する物品の面でも自由度が大きくなり、画一的な生活、画一的な価値感から解放された、多様な生き方を許容する社会になるであろう。

ただ、今までユートピアが一度も実現しなかったように、未来にも永遠にユートピアはおとずれないであろう。

しかし、公害発生、エネルギー危機の直後に言われたように、エネルギー不足、環境悪化、食糧不足、核戦争等によって、人類は今世紀末には必然的に滅亡するというような日本人好みの終末論どうりでもなさそうである。

もちろん、現在、環境問題もエネルギー問題も食糧問題も核戦争の危機も完全に解決されたわけではなく、その危機が全くなかったわけでもない。しかし、いつの世でも、すべての問題が完全に解決されるということはないのではなかろうか。

受身に、無気力に未来を待つのではなく、自分の果たすべき役割を認識し、現実から出発して、未来に向かって積極的に生きることが重要である。

### 3: おわりに

昔、教育は、家庭や、寺子屋、塾で行われていた。それを学校で行うようになったのは、規格化、巨大化による効率を考えたからであろう。しかし、知識習得の効率を良くするには、45人も同時に教えるより、個人指導のほうがよい。そうしないのは教師の数の問題と費用の問題があるからであろう。

しかし、ベテランの先生方が作った多数のプログラムの中から各個人の能力に合ったプログラムを選択し、テレビとコンピューターを用いて各個人のペースで学習するならば、45人まと

めて行われる新前の先生のお話よりかはずっと能率があがるのではないだろうか。もちろん、わからない所が出てきたら、直ちにテレビ電話で情報センターにいる講師に質問する。このようにすれば、各生徒は、家庭または家の近くの学習塾で、好みの時間に、好みのペースで勉強ができるようになる。

さらに、集団活動は、家の近くの子供会や、地域のスポーツクラブ、理科クラブ等で、各個人の特技や趣味を生かして行う。

このようにしていくと、いよいよ学校は不要になる。もっとも、学校は保守的な所だから、変化するのは最後になるだろうが、その前に形骸化していくであろう。

現に、今でも、ある学習塾では、塾と家庭の両方に電話ファックスを取り付け、塾に通わなくともよいようになっている。交通の不便な所の子供にとっては大変便利である。

また、小学校低学年の子供に、マイコンを使って算数の勉強をさせている塾もある。子供の話ではゲームをやっているようで楽しいということであった。

塾というものに対しても、小人数で、わかりやすく教えてくれるから、学校よりも良いという子供もいる。

現在、日本では、子供のためなら多少の教育投資は覚悟しているという家庭が多くなった。家庭用の良いプログラムさえ発売されれば、10万円程度のマイコンが、子供の勉強用にどっと売れるようになるのも、そんなに遠くない話ではないだろうか。小学校1年生から高校3年生までの12年間も使えるのなら、10万円のマイコンも安いものだ。子供は、自分の好きな時間に、自分のペースで、楽しく勉強できるようになり、しかも、そのほうがわかりやすければ、学校で退屈な授業を受けることを馬鹿馬鹿しく感ずるようになるだろう。

### 参考図書

- アルビン・トフラー著、徳山二郎監修：第三の波（1980）日本放送出版協会
- 橋口隆：21世紀への道（1981）時評社
- 尾崎正直：21世紀への助走（1980）朝日新聞社
- 科学技術庁監修：21世紀への新科学技術（1979）時評社
- 日本経済新聞社編：新素材革命（1981）日本経済新聞社
- 日経産業新聞社編：生命産業時代（1981）日本経済新聞社
- 工業技術院総務部技術調査課編：バイオインダストリー（1982）通商産業調査会
- 小椋正得：I Cが社会を変える（1981）読売新聞社
- 科学技術と経済の会編：日本の自主技術（1979）日刊工業新聞社
- 朝日新聞社科学部：最新化学への招待（1980）朝日新聞社
- サイエンティフィックアメリカン編：生態系としての地球（1975）共立出版
- 別冊サイエンス：レーザーと光技術（1980）日本経済新聞社
- 別冊サイエンス：マイクロエレクトロニクス（1979）日本経済新聞社
- 貫井健：黄色いロボット（1982）読売新聞社
- 柴田徳衛、松田雄孝：公害から環境問題へ（1976）東海大学出版会
- 朝日新聞社科学部：つくる技術、育てる技術（1977）朝日ソノラマ
- 朝日新聞社科学部：科学の話題154（1979）朝日ソノラマ