

世界物理年に技術教育をかえりみて*

湯川 敏 信

岐阜大学教育学部技術教育講座

Attempt to look into the *Technology Education* at Secondary Schools in Japan in the *World Year of Physics 2005*

Toshinobu YUKAWA

*Dept. of Technology Education, Faculty of Education,
Gifu University, Yanagido 1-1, Gifu 501-1193, Japan*

Abstract

In 1905, three epoch-making papers were published in *Annalen der Physik*, vol. 17 by Albert Einstein who treated the special theory of relativity, photoelectric effects and the Brownian movement. The relativity and quantum theories opened the door of modern physics and after that natural science and technology made progress rapidly. The 2005 is the Centennial since the wonder year 1905 and is declared as the *World Year of Physics*. Einstein devoted himself not only to the development of physics but also to the peace of the world. We remember Einstein's work and think about the meaning of science and technology in the *World Year of Physics* and attempt to look into the course of study on the technology education in the secondary schools in Japan for our peace life in confused world of the 21st century.

Key words : Albert Einstein, the World Year of Physics, Science and Technology, Peace, Technology Education, Environmental Protection

1 はじめに

1905年, アルバート・アインシュタインを一躍有名にした3大論文が世に出た。それから100年後の2005年を国際純粋・応用物理学連合(International Union of Pure and Applied Physics; IUPAP)は、「世界物理年」(International Year of Physics 2005)と名付け, アインシュタインの業績を讃えている。「世界物理年」を迎えるにあたり, 技術教育者の養成の任にあるものとして, アインシュタインの文字どおり時代を画した業績をふりかえりつつ, 「科学技術」とその意義をあらためて考える機会とし, あわせて混迷する物質文明主導の現代において, 中等教育下の「技術教育」の果たす役割の重要性を認識するとともに, その使命について考えるため学習指導要領の考察を試みた。

本論文の構成は以下, 2で1905年のアインシュタインの業績の意義と世界物理年について述べ100年後の2005年が「世界物理年」に指定される程に1905年が奇跡の年であったことに思いを馳せ, 3ではそうして開花した「科学技術」とその意義について改めて考え, それをもとに, 4では混迷する現代における「技術教育」の果たす役割の重要性にふれ, 現行の学習指導要領が果たしている役割を考察し提言を試みる。5はまとめである。

2 アインシュタインの業績の意義と世界物理年

1905年にアインシュタインが公表した5編の論文の内, 彼に世界的な名声をもたらしたのは, *Annalen der Physik*第17巻に掲載された以下の3編である。

*Submitted January 9, 2007; 本論文は第23回日本産業技術教育学会東海支部大会(2005年11月12日静岡大学教育学部)にて講演したものの[1]に基づいて執筆したものである

1 “Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt.” (pp.132–148)「発見法的見地から見た光の発生と変換について」(広重訳 [2]),

2 “Die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen.” (pp.549–560)「静止した流体中に懸濁した粒子の熱の分子運動論から要求される運動」(広重訳 [2]),

3 “Zur Elektrodynamik bewegter Körper.” (pp.891-921)「運動物体の電気力学」(広重訳 [2])

1は光量子仮説、光電効果を取り扱ったものであり、2はブラウン運動に関するもの、3は特殊相対性理論についての最初の論文である。とりわけ1と3がよく引用されるが、3論文いずれもノーベル賞に匹敵するものであるといわれている。光量子仮説は皮肉なことに、アインシュタインが終生その論理構造に疑問を持ち続けた「量子力学」の扉を開くものであった。光電効果の発見は1921年にアインシュタインにノーベル物理学賞をもたらしているが公式の受賞理由は「理論物理学の領域における業績、とくに光電効果の法則の発見」(広重訳 [2]) となっていることから、2-3個分を一つにまとめられてしまったのではないかと思うのは筆者だけではないであろう。

その後、量子論はミクロな世界を支配する物理法則として定着したが、正確な観測値を得る事自体に限界がある(不確定性原理)という、それまでの常識であった決定論的な考え方の限界を明らかにし、現代物理学の新しい考え方の基礎を築き、自然の認識に大きな変革をもたらしている。このことは一見、我々の生活には無関係であるように思いがちであるが、アインシュタインが解き明かした如く、光電効果が光量子による量子現象であることに気がつけば、この発見(従って量子論と言う概念)の現代文明社会への貢献が如何に大きいものであるかがわかるであろう。光電効果の恩恵なしにはTVカメラの開発はなく、現代の映像メディアは存在しなかったはずである。

一方、マクスウェルによって電磁界理論が集大成され、ヘルツらにより電磁波の存在が実証されるに伴い、必然的に電磁波の伝搬媒体としてのエーテルの存在に関わる問題がクローズアップされることとなる。

それまでの自然科学・哲学の発展の流れのなかでは、ガリレイ変換に対して不変なニュートンの運動方程式とローレンツ変換に対して不変なマクスウェル方程式が矛盾無く共存出来るはずが無く、マクスウェル方程式に従う光の伝搬に関わる現象には原因不明のつじつま合わせであるローレンツ収縮などの形式的な補正が必要であるという所謂理論的行き詰まりの状態が続いた。これに対してアインシュタインは、初めにマクスウェル方程式ありきと言う所から出発することをせず、光を含む物理現象の記述に対して根本的再構築をはかったのである。それが以下に述べる特殊相対性理論であり、上記の矛盾は見事に解決されることになる。アインシュタインは、あらゆる(真空中の)慣性系において、

1：光速度を有限な一定値とし (光速度不変の原理)

2：物理法則は同じ形で記述される (特殊相対性原理)

という2つの原理から出発した。これからローレンツ変換が導出される。ガリレイ変換は物体の速度が光速度に比して十分小さい時の特別な場合として包含された。ニュートン力学、マクスウェルの電磁場理論をより高い次元で包含した理論が完成したのである。ローレンツ変換の導出により、形式上の補正であったローレンツ収縮等に正当な根拠が与えられ、もはやエーテルを考える必要もなくなったのである。

相対性理論は従来の決定論的な考え方の究極的集大成であるといって過言ではなく、それ故に、全く新しい考え方の量子論に対して古典論と呼ばれるけれども、量子論とならび、現代物理学の屋台骨的存在となっている。相対論を知ることにより、人類は、時間と空間は切離して考えるべきものではない事を知った。また、絶対静止空間や絶対的な(全宇宙に共通な)時間の流れを考える事が無意味

であると知らされたのである。この理論は人の世界観に変更を強いるほどの影響力を持つものであった。にもかかわらず、特殊相対性理論の影響が顕著に現れる現象は日常経験する事の無い超高速の世界であると言う現実が我々をして相対性理論は遠い存在であると思わしめている。

また、特殊相対性理論の帰結として、 $E=mc^2$ の公式がある。小さな質量が莫大なエネルギーに等価であることを示すものであり、このことは核分裂(による質量欠損)や核融合から莫大なエネルギーを取りだせる根拠となっている。

アインシュタインはこの奇跡の年から10年後に加速度系まで適応できる一般相対性理論を発表し、これによって、決定論は終焉を迎えることになる。

(科学)技術の発達は思わぬところに我々を導くものであり、先程相対性理論の世界は日常性には関わりの無い遠い存在であるかのように思われると書いたが、今や身近な存在であるカーナビは、特殊相対性理論と一般相対性理論の補正をしなければ一時間の使用で10メートルを越す誤差を生じ、使用に耐えないことが知られている。[3]

このように1905年のアインシュタインの3大論文を契機として、量子論と相対性理論によって現代物理学の扉が開かれ、物理学をはじめ自然科学の飛躍的発展がもたらされた。またこれをもとに技術開発が行われ現代物質文明が開花した。1905年はまさに奇跡の年となった。これを記念して100年後の2005年が世界物理年と定められた。なお国連 on line (国連広報センター) (<http://www.unic.or.jp/index.htm>) から、この名称について次の様な説明がなされている。

2004年6月の国際連合総会では、これまでに設定している「国際年」の慣例から「**the International Year of Physics (国際物理学年)**」と決議しています。しかし、この運動は、欧州物理学会(EPS)からの提案を受けて国際純粋・応用物理学連合(IUPAP)が、2002年10月に、「**World Year of Physics 2005**」(略称WYP2005)と定めたことに始まるものであり、既にWYPの名称が国際的に普及していることを考慮して、日本での活動にあたっては、「**世界物理年**」と呼ぶことにしました。(世界物理年日本委員会資料より)

3 科学, 技術, 科学技術の区別とその意義

「世界物理年」を過ごすにあたって、中等教育の「技術教育者」養成の任にあるものとして、「科学」、「技術」、「科学技術」等についてその意味するところとその意義について考えてみた。

もとより「科学」と「技術」は別の概念であるが、最近は「科学・技術」という言葉も殆ど見かけなくなり、「科学技術」というひとつの言葉として使われる事が多い。これは国の姿勢の現れであろう。因に科学技術基本法では第一条に「科学技術(人文科学のみに係るものを除く。以下同じ)...」とあるだけでそれ以外に定義らしいものはない。自然科学のみならず社会科学まで包括する技術よりの内容を指しているのであろう。

しかし、本論文では「科学」は「自然科学」を指すものとし、「**自然科学**」とは「**自然科学的真理を探究するもの**」と定義する。

「**技術**」とは、しかるべき目的を達成するための手段もしくはそれを研究するものであるという立場をとる。技術の発達は科学の対象を人工物にまで波及させ、その結果、科学が技術的色彩を強くしていると筆者は強く感じるのである。本論文では「科学」と「技術」を総称して「科学技術」という言葉を使うことにする。

ドイツ生まれのユダヤ人物理学者(ノーベル賞受賞者)で、アインシュタインとも公私にわたり親交があり、量子力学の基礎を確立するべく多くの優れた物理学者を擁する研究室を主宰したが、ナチの迫害を逃れて英国に亡命し、エディンバラ大学教授として活躍したマックス・ボルンは物理学の研究のみならず、多くの自然科学・哲学に関する教科書・解説書を著している。自然科学について彼は

以下のように語っている。[4]

「世界は“我”と“他”，内的世界と外的世界とからなるが，この両極の関係がすべての宗教，すべての哲学の対象をなす。世界のなかで“我”に与えられる役割は，それぞれの教義で異なっている。それぞれの世界像のなかに占める“我”の重要度に応じて，宗教の教義，哲学体系，芸術的世界観，科学的世界観を，ひもにとおした真珠のように，一列に並べることができると思われる。…中略…自然科学は上に述べた系列の最後に，すなわち，“我”－主体－の演じる役割が最も小さい位置を占めるものであって，物理学，天文学，化学の概念形成における進歩はすべて，“我”を排除するという目的への接近を意味するものである。ここで“我”の排除といったものは，もちろん主体と結びついた認識の行為についていっているのではなく，つくりあげられた自然像の根底には，認識の現象とは独立な，それによって影響されない自然界が存在する，ということをいっているのである」

また，自然科学の目標として

「可能な知覚あるいは直感の限界に拘束されることなく，あらゆる経験を統一的に矛盾なく記述する目的のために考え出された，純粹の概念構造としての自然像をつくり出すことである」と言っている。以上の視点に立てば，

自然科学は人類の幸福や世界平和をそれ自身の目的として内包してはいない。科学は科学自身の論理で発展し，人類の幸・不幸，益・不益とは無関係な(次元の異なる)存在である。人類の幸・不幸あるいは益・不益は“我”の関与が大きい世界なのである。価値そのものの次元が異なるという意味で，人類にとって科学の進歩は無価値 [5] であるとさえ言えよう。

しかし，科学の成果が技術開発の根拠になっているという事を忘れてはいけない。ここから科学と技術あるいは社会との接点が倫理的な色彩を帯びて出現してくるのである。“我”の関与が大きい世界像の登場である。その重要性は，例えば正しい神観 [6]，倫理観，人格・人命の尊厳，人類の平和などを切捨てた科学万能主義の世界を想像してみれば理解できよう。

一例として，アインシュタインの導出した $E=mc^2$ は全く純粹な自然科学(学問)的思考の成果であるが，これを根拠に人類は技術開発によって原子力発電と原子爆弾を手に入れている。この例からも，技術開発にあたっては，技術は何のための技術であるか，何の目的のために技術を使うのか [5] が人類にとっては先決問題であることがわかる。その意味では，「良い」目的の為の技術ならば人類にとって「善」である「はず」である。この「善」は主として物質的に豊かになるということであり，それが精神的な幸福につながるかどうかはまた別の問題である。技術は良い目的に使えば人の肉体的労働を軽減し，結果として，自由時間を確保することが出来る。この自由時間をどのように使うかが重要な問題なのである。さらに物質中心の利便性を求めるか，あるいはお金や物に換えられない精神的向上のためにあてるか [7]，大きな別れ道である。

さて話を戻すが，目的の善悪と技術の善悪の関係については，技術の転用などを考えるとそう簡単には割り切れないであろう。例えばノーベルのダイナマイトの発明は本来意図するところとは異なる戦争に使われ巨万の富をもたらした。また戦争が技術の発達を生むという逆説的な事実も否定できない。ロケット，ジェット，コンピュータ全てが戦争の産物である。宇宙開発は軍事目的で始まったことは周知の事実である。現在は，平和目的に限るということになっているが，最近アジアで，国をあげて独自開発に乗り出した大国の挙動が新たな憶測を巻き起しながら注目されている。環境やエネルギーの問題は当然のなりゆきでもあるし，またある意味で想定外でもあったであろう。人の判断能力には限界がある事を認識せざるを得ないのである。ここに“我”の関与の最も大きい世界である「正しい神観」の必要性を認める理由があると思われる。

ここで「科学技術」の意義について以下のようにまとめてみた。

1:「科学技術」は自身のもつ技術的側面から，しかるべき「良い」目的のもとになされた場合には，人類に対して物質的豊かさを提供することが出来るであろう。

2:「科学技術」が本来の物質的豊かさをもたらすことが出来るためにはその「目的」を選択できる「自由」が必要であろう。(学問・研究の自由の重要性)

3:「科学技術」に携わる人には(コントロール出来ると言う意味で)「良い」目的なるものを判断出来る「素養」が必要であろう。また、その「判断」にも限界があるということをわきまを知ることが必要であろう。(謙遜:これは正しい神観の必要性に通じるものである。人格の尊厳と品性の陶冶)

4 学習指導要領[技術分野] への一提言

以上の考察をもとに日本の「技術教育」を考えてみた。

文部科学省のホームページに掲載されている現行の中学校「技術・家庭」の学習指導要領 [8] からその目標と[技術分野] に関する部分を書き出してみる。

第1目標

生活に必要な基礎的な知識と技術の習得を通して、生活と技術とのかかわりについて理解を深め、進んで生活を工夫し創造する能力と実践的な態度を育てる。

第2 各分野の目標及び内容

[技術分野]

1 目標

実践的・体験的な学習活動を通して、ものづくりやエネルギー利用及びコンピュータ活用等に関する基礎的な知識と技術を習得するとともに、技術が果たす役割について理解を深め、それらを適切に活用する能力と態度を育てる。

2 内容

A 技術とものづくり

(1) 生活や産業の中で技術の果たしている役割について、次の事項を指導する。

ア技術が生活の向上や産業の発展に果たしている役割について考えること。

イ技術と環境・エネルギー・資源との関係について知ること。

3 内容の取扱い

(1) 内容の「A 技術とものづくり」については、次のとおり取り扱うものとする。

ア(1) のイについては、技術の進展がエネルギーや資源の有効利用、自然環境の保全に貢献していることについて扱うこと。

あえて要約すれば、現代の技術文明社会のなかで人(こども達)が生きていくにあたり、生活に必要な「技術」を適切に活用し、よりよい生活を実現していくことが出来るような能力を養う事と理解してよいであろう。

ここでは、第2[技術分野]1目標の後半に着目してみたい。「技術が果たす役割について理解を深め、それらを適切に活用する能力と態度を育てる。」とある。素晴らしい精神であると思う。既に考察したように、科学技術の発達人類に益するものであるとは一概にいえ、負の側面があることは否定できない事実である。特に技術というものを正に評価することがあってはじめて「技術が果たす役割について理解を深め、それらを適切に活用する」ことができるようになると思われる。この意味において素晴らしい精神であるというのである。

そして内容のA(1)のイ技術と環境・エネルギー・資源との関係について知ること。

であるが、このためには技術の正当な評価および現状認識が欠かせない。技術の正の面のみならず負の面についても直視する必要がある。そのことを踏まえてはじめて、環境・エネルギー・資源に対す

る私達の姿勢が語れるのである。その意味において、内容のA (1) のイは素晴らしい精神であると思う。

しかし、取り扱える内容に就いては：3のアには「(1) のイについては、技術の進展がエネルギーや資源の有効利用、自然環境の保全に貢献していることについて扱うこと。」という限定がなされている。技術の進展がエネルギーの無駄使いや資源の枯渇を促進してきたことは否定できない事実であり、それが現在問題になっているのではないのか。これでは科学技術万能主義そのものではないだろうか。この限定のもとで「技術分野」の指導要領は子どもたちに環境問題が何故起こってきたのかを考えさせる事が出来るというのであろうか。考えない子どもを造りかねない。後に発表された「科学技術基本計画」では20世紀の総括のなかでは「社会や地球環境への負の影響」を指摘せざるを得なくなっている。指導要領が現場の教育を事実上縛る存在であるならば、それが国民性を形成するとも言え、万が一、真理からはずれた場合の個人並びに国家の損失は計り知れない。幸い今、指導要領の改定がなされているところである。次期改訂では3のアのような限定がどのように扱われるのか注目されるところであるが、本来の素晴らしい精神が発揮されるものに改定される事を願ってやまない。

5 おわりに

「世界物理年」によせてアインシュタインの業績に思いを馳せ「科学」、「技術」、「科学技術」を再考する良い機会を得た。それをもとに科学技術の進展と自然環境・人間および社会とが複雑な関係にある現代において、科学技術主導の物質文明社会をどのように生きるかについて考える上で「技術教育」の果たすべき役割が如何に重要であるかを再認識し、それによって教育現場を縛る学習指導要領の問題点を考える良い機会とすることが出来た。

科学技術の人の生活への浸透が、主に便利さと経済的合理性の追求からなされてきた結果、世に戦争は一向に絶えず、飢餓あるいは肥満が急増し、益々人は考えることをしなくなった。科学技術万能主義を見直す最後の機会であるかも知れない。

参考文献

- [1] 湯川敏信, 「世界物理年」と「技術教育」, 第23回日本産業技術教育学会東海支部大会講演論文集 (2005) 33.
- [2] C. ゼーリッヒ著, 広重徹訳, 新訳版「アインシュタインの生涯」, 東京図書 (1975) 56, 234.
- [3] 中村卓史:日本物理学会誌60 (2005) 741.
- [4] M. ボルン著, 三木忠夫訳, 「物理学の変革をめぐって」1〈アインシュタインの相対性理論〉(1921) への序言, 東京図書, (1973) 2,3.
- [5] この考え方は矢内原忠雄著:「信仰と学問」未発表講演集, 新地書房, (1982) 352, 353. “現代の社会情勢とキリスト教の信仰”による.
- [6] あぶくま守行編, “矢内原忠雄による「日々のかて」”, キリスト教図書出版社, (2002) 18, 220. また, <http://WWW.asahi-net.or.jp/~hw8m-mrkm/kate/index.htm> 7月10日, 7月20日, 1月16日のページ参照.
- [7] 富田和久, 富田和久著作集刊行会編「富田和久著作集」第2巻, 二紀出版, (1995) 331, 338.
- [8] http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/990301/03122602/009.htm