

技術と科学の相違及び技術が科学の進歩に果たした役割について

Differences between Technology and Science, and contribution of Technology to the development of Science -Another Viewpoint of Technology-

山口 淳三

YAMAGUCHI Junzo

はじめに

本稿は、「高等専門学校はエジソンのような技術者を育成すれば良いのであって、ノーベル賞級の学者を育てることは考えなくてもよい。」という発言をしばしば耳にするなかで「ノーベル賞は技術及び技術教育と無縁であるのか」という問いが生じたことから始まった。この設問に対する調査を行っているうちにノーベル賞級の科学的業績においても「技術が科学をリードする。」という事実が顕れてきたのでこれを書き記すこととした。

社会一般の評価では、「科学的云々」といえば合理的、実証的、体系的で高尚なことと受け止められる一方で、「技術的云々」といえばその場その場に依じた実際の卑近なことに受け止められる傾向にある。

しかし総体としては、「技術」と「科学」の価値の高低を比較することは「水」と「空気」の価値を比較するように無意味である。現代社会においては「技術」は「科学」と同等に価値があり重要なものである。

ところで、高等専門学校は技術者育成のための高等教育機関として設立された。

昭和32年11月の中教審答申「科学技術教育の振興方策について」で「旧制工業専門学校の卒業者に相当する技術者の要望が強い」とし、34年12月には「専科大学」制度創設の意見と要望が出された。

産業界の要請、さらには、広く社会的なニーズから昭和36年に「深く専門の学芸を教授し、職業に必要な能力を育成することを目的とする」ところの技術者育

成のための高等専門学校が設立されることが決定され、翌年から昭和40年にかけて現存する殆どの高等専門学校が一斉に創設された。

高等専門学校の目的は「技術者」を育成することであり、技術教育に徹することである。

ときには「科学技術者」の育成という用語が使用されている場合があるがこれは非常にあいまいな言葉である。「科学技術者」というのは「科学者と技術者」なのか、「科学者又は技術者」なのか、或いは「科学者であり同時に技術者である者」なのか明確ではない。

そのような言葉が使われている状況を分析すると、多くの場合、深層心理として「技術者」より「科学者」が優れているという価値判断があって、「技術者」を指す場合でも「科学者であり且つ同時に技術者である者」であってほしいという願望が「科学技術者」という用語を使用させていると思われる場合が多い。

一般論でいえば、現在の社会通念では、「科学技術」という言葉は「科学」と「技術」という二つの概念に分けて受け止められるよりも、漠然とした一つの概念として、「科学」と殆ど同義に理解されている。

また、「科学技術の進歩」という言葉では「科学の進歩及び科学の進歩によってもたらされる技術の進歩」という程度の意味で理解されているようである。

本稿では、「技術」と「科学」の相違を歴史的な経緯のなかで検討する。その後で「科学」の進歩に果たした「技術」の役割を、最も基礎的な科学の分野であるといわれている物理学に限定して、いくつかのノーベル賞授賞対象の業績について、受賞者本人の記念講

演を中心に検討する。

その結果、多くの場合「科学」の進歩は新「技術」の発明又は「技術」の改良によってもたらされてきているということが判明するであろう。

今日科学・技術は国の垣根を越えて発展しており、人の交流も激しく、科学者・技術者がどここの国に所属しどここの大学等の出身であるかということとはあまり意味がなくなっているのです、この点には注意を払わない。本稿では多くの紙数をさいて主に参考文献(1)からの引用文を記載した。

この引用文は実験や観察のデータと同じ性格を有するものと考えている。

その理由は、個人の発言を要約した場合しばしばその意味の正確さが失われ、場合によっては誤った解釈を生じることがある故である。

この点に関して、ここに一つの例を参考文献(10)から引用して示す。

多くの科学史の教科書に「ニュートンは林檎が木から落ちるのを見て万有引力を発見した。」とのみ記述されている。これは、ニュートンの姪の話をもたまたま聞いたヴォルテールが広めたということである。

しかし、科学的な観点からみるとこの記述では重要な事柄が欠落している。

ニュートンと親交があり、「アイザック・ニュートンの生涯の記録」を書き、また、ニュートンの貴重な資料を集めていたスタックリーはニュートン家の庭のある日の出来事を鮮明に描写している。

それは次のようなものである。

「昼食後は非常に暑かった。我々は庭に出て、数本の林檎の木陰で茶を飲んでた。そこにいるのは我々3人だけだった。話の間で、アイザック卿は私に語った、重力に関する思想が私の頭にはじめて浮かんだときも、私は丁度いまと同じ姿勢をとっていたと。ニュートンが思索に沈みながら座っていると、林檎が落下してつぎのような思想がかれの頭に浮かんだのである。林檎はなぜいつも垂直に落ちるのか、ニュートンは頭のなかで考えてみた。物質の中には引力があって、それが地球の中心に集中しているのでなければならない。もし一つの物質が他の物質を引きつけるならば、その大きさの間には比例関係が成り立っていなければならない。そのため林檎は、地球が林檎を引くのと同様に、地球を引くのだ。だから、われわれが重さと呼ぶものと同様な力があって、それが全宇宙に広がっているのだからなければならない。」

この長い引用文を読めばニュートンの思想が明快に

理解できる。一方、通俗的な逸話ではそれが全く理解できない。

言葉を惜しんではならない。

科学的な観点からみると有名な逸話の言葉の価値はゼロに近いのに対して、スタックリーの言葉では万有引力というものを鮮やかに説明している。

以下に多くの紙数を裂いてノーベル賞受賞者のことばを引用した理由は、このような誤った解釈を極力さげ物事の本質を逸しないためである。

「科学」及び「技術」の概念の歴史的な考察

「科学技術」という言葉は前述したように一般大衆には「科学」と殆ど同義に理解されている。

現在出回っている「科学史」の教科書の中でも「科学」と「技術」という言葉を混同して使用しているものが非常に多い。それらの教科書の中では、歴史の初期段階では著者が取り扱う事項は「技術」に関する事項が多く、時代が現代に近づくにつれて「科学」にかかる事項が多くなっている。すなわち、多くの「科学史」の教科書で「技術史」と「科学史」が混同して取り扱われている。

一方では、科学技術論を説く教科書の多くは、技術開発のためには「科学」が必要であり、「技術」は「科学」の応用であるという考えが普及している。

「日本の科学を育てた人々」(文芸春秋、平成11年10月号)では「科学は真理を求めるものであり、科学技術は真理を人類に役立てるものである。」という文章がある。ここでは、「科学技術」を「技術」と同義に使用されていると理解できる。

最近、技術立国日本の「技術」基盤を強化するためには、基礎的な「科学」研究を強化し、その応用である「技術」を発展させることが必要であるという主張がしばしばなされている。

しかし、歴史的に見れば、多くの場合「科学」と「技術」のどちらか一方が他方の基礎であると断言することは出来ない。「技術」と「科学」はスパイラルに発展している。

種子島に伝来した鉄砲もオランダを経由して渡来した西洋医学もいわば「技術」である。織田信長が鉄砲の軍事力で天下を統一したときには、日本にあった鉄砲の数は全ヨーロッパの鉄砲の数より多かったと言われているが、これは、「科学」の希薄な時代に我が国の「技術」のポテンシャルがいかに大きかったかを示している。

技術と科学の相違及び技術が科学の進歩に果たした役割について

大局的に見れば、織田信長に典型的に代表される我が国の技術を重視する合理的精神が、その後の日本の近代化及び文明開化の、更には科学・技術を貪欲に受け入れたところの下地を創ったと考えられる。

第二次大戦の戦禍によりそれまで営々と築いてきた国富の四分の一を失った我が国が、平和を取り戻すと直ちに奇跡的といわれる戦後の経済成長の道を走りだした。これは我が国が「科学」よりもむしろ「技術」を尊重し「技術」を扱えるマンパワーの層が厚かったこと、また松下幸之助、本田宗一郎、井深大等に代表される起業的技术者達が多く輩出したためであろう。

戦後日本の技術力の優秀性が発揮されたものは、繊維、家電機器、鉄鋼、造船、自動車、石油化学、機械など殆どあらゆる産業分野にまたがっている。

さて、学問の分野に話を戻すと、歴史的に見ても、高度な先端的科学の理論も「技術」を用いて初めてその正しさが検証されるものである。

ガリレオは優秀な創造的技術者でもあった。

オランダの眼鏡屋リパーシイが発明しヨーロッパ各地に伝播してきた望遠鏡なるものがあるという噂を耳にして、自分で望遠鏡を制作した。それを用いて天体を観測していくつかの惑星の月を発見し、また、コペルニクスの地動説の正しさを確信するに至った。ガリレオ式屈折望遠鏡は、その後、ケプラーの天体望遠鏡、ニュートン式反射望遠鏡と改良され、今では電波望遠鏡や、大気圏外の宇宙望遠鏡等によって宇宙物理学が発展している。

一方、ミクロの世界を覗く顕微鏡も虫眼鏡から始まってフックの顕微鏡を経て現代の電子顕微鏡までの改良・開発があり、これにより医学、生理学等の飛躍的な発展がもたらされた。

「技術」を用いて「科学」理論が生み出されたときには、「技術」は「科学」の単なる道具と考えられている一方で、「科学」理論の応用によって「技術」が生み出されたときにはその基礎となる「科学」は過大に評価される。

なぜ多くの人々が「科学」を「技術」より高く評価するのであろうか、という問いに対してはいろいろな答えがなされている。

その一つは、古代ギリシャの時代に「哲学」が栄え、知識の体系である「科学」を「技術」と分離して技術を科学の下位に評価したことに由来するという。

ギリシャの思想的流れを汲む西洋文明では「科学」を高く評価し「技術」にそれより低い地位しか与えなかったという意見である。

もう一つは、人は肉体労働により創りだされた実体のある創作物よりも頭脳労働により創りだされる抽象的な思想や知識を一層価値があるものとする傾向にあるということである。

知識の体系である「科学」が頭脳労働により生み出されるものであるのに対して、「技術」は熟練さえすれば誰にでもできる人間の物理的・肉体的労働によるものである。「技術」より「科学」が高尚なものと思なされる。

これらの意見は必ずしも間違っていないが、根本的には概ね次のような相違点がある。「科学」と「技術」に対する価値判断の差が生じる根源であると考えられる。

すなわち、「科学」が基本的には永続する普遍的真理であるのに対して、「技術」は常に陳腐化し、時代遅れとなり、一層新しい効率的なものによって取って替えられる性格を持っている。

人は本来変化し易いものよりも永久不変なものを高く評価する。

もう一つ考えられることは次のような理由である。

「技術」は人間活動をより快適、より効率化するための具体的な創造活動の方法であり、また、具体的な創造物そのものであって、生活に密着したものである。一方「科学」は、その理論が偉大なものほど現実生活からより離れて抽象的な概念や夢や想像の範疇に属するようなものが多い。「技術」が日常的であるのに対して「科学」は非日常的である。

人は具体的、個別的、現実的なものより抽象的、普遍的、夢想的なものをより高尚なものとして評価する傾向にある。従って「科学」は「技術」より高尚であると評価される。

以上のとおり「科学」、「技術」及び「科学技術」という語の意味及び用法は人により多少の違いはあるが「科学」を「技術」より高尚なものであるという共通認識が大多数の人々にあることは事実であろう。

本節の議論はあまり生産的なものではないし、本稿の目的ではないのでこの程度で終えることとする。

ノーベル物理学賞授賞の諸業績における技術的側面

以下では、ノーベル物理学賞受賞者の「授賞記念講演」を中心にその業績のなかで技術的要素が特に顕著なものを採り上げ、「技術」が「科学」の発展に果たした役割を調べる。

新しい理論や考え方のなかには、多くの既知の事実を寄せ集めることによって得られるものがある。その

一つ一つは周知の事実であってもそれらが集積されると一つの新しい概念が顕れてくる。

以下の記述では私の個人的な考えや主張は最小限に留め、資料や事実を取り上げることによって、「科学」と「技術」及びその進歩・発展についての一つの包括的な関係を引き出したい。

ある理論が科学として認定されるためには、反復可能な実験や観測の多数のデータによって検証されなければならない。

本稿でもなるべく多数の「事実」を列挙して「観測データ」としたい。

その1 X線

第一回目のノーベル物理学賞は1901年に実験物理学者であるレントゲンに授与された。

レントゲンは、初めチューリッヒの工業大学で機械工学科を卒業したが物理学に興味に移り技術者にならずに大学に残った。

当時真空放電の研究が盛んに行なわれており、真空放電の際陰極から何か放射線が出ているらしいことは解っていて、これは陰極線と呼ばれていた。彼もこの実験を続けているうちに陰極線がガラス壁に衝突する点から透過性の強い放射線が発生していることを観察し、この放射線を他の放射線と区別するためにX線と名づけ、そのような際立った特徴を発見した。

X線は、可視光線や紫外線を透過させない黒い厚紙を透過し、白金シアン化バリウム、燐光を発するカルシウム化合物、ウランガラス、方解石、岩塩等を蛍光させる。

非常に強い磁場によってさえX線を偏向させることが出来ない。

X線の吸収実験では紙やトランプのカードでは殆ど変化がなく、本や薄いアルミニウム板では同程度の吸収がある。鉛では完全に吸収されてしまった。

彼がなした一番重要な偶然の発見は「鉛の薄片を指に挟んで実験してみたらその影がはっきりと蛍光板で認められたと同時に指のかげもみえた。又さらに驚いたことには指の骨もみえた」ことである。

さて、彼はX線を「陰極線では決してありえない」と結論し「この新しい放射線と光線の間にはある種の関係が存在するように思われる」と推測し「この新しい放射線がエーテル内の縦振動に帰せられると考えてはならないことがあろうか」と問いかけた。

彼はこの「新しい種類の放射線」X線を光と同じ電

磁波であるということは理解していなかった。

17年後の1912年にラウエが結晶を用いて回折実験を行ない、横波であることが確定し、ブラッグ父子によって干渉実験が成功し結果的にX線が電磁波であることが確認された。ラウエ及びブラッグ父子はそれぞれ1914年及び1915年にノーベル物理学賞を受賞した。また、1927年にはコンプトンがX線と後述するウィルソンの霧箱を用いた実験によりノーベル物理学賞を授賞する。

当初、X線の正体が何であるか科学的に解明されなかったとしても、人体や材料物質を透過してその内部の状態を観測できるというX線の性質は「新しい技術そのもの」として医学、工学、物理学等の発展に多大な貢献をしたことは間違いない。

その2 干渉計の考案とそれによる分光学およびメートル原器に関する研究

1907年のノーベル賞は標記の業績によりアメリカのマイケルソンに授与された。

マイケルソンとモーリーによる光速度測定およびエーテルの存在の可否実験は余りにも有名であるので詳述しない。

彼らが考案した一連の光速度の実験装置およびその測定は高度な技術的問題を巧妙に解決したものであり、「技術」の勝利であるといえる。

その3 カラー写真

1908年のノーベル物理学賞はカラー写真の技術を発展させたガブリエル・リップマンに授与された。

当時エドモンド・ベクレルが、「塩化銀の薄層を塗布した銀板に光を当てると、用いた光に対応する着色が生ずる」ことを見出していた。そして、ウィルヘルム・ゼンガーやアルゴンの発見でノーベル賞を受賞したレイリー卿によってこのベクレルの着色像の原因に対する説明がいろいろとなされていた。

リップマンはこれらの研究を発展させて彼のカラー写真技術を開発した。

リップマンはノーベル賞授賞講演で「リップマン法」について次のように説明している。「1枚の板に、粒のない平らな透明感光層を塗ります。この板を水銀を入れた容器の中におきます。撮影中水銀は感光層に接触し鏡の役をします。露出後、乾板を普通の手順で現像します。乾燥すると反射光に色があらわれ、像は消

えません。」

これは石鹼液自体は透明であるが、その液でシャボン玉をつくると色が着く現象と同じ原理であると彼は説明している。

技術開発・改良は多くの人々の多様な観点からの試行錯誤で発展する。

彼は同講演で述べている：リップマン法の発見以後も克服すべき技術的困難があり、「ウィーンのヴァレンタとリヨンのルミエール家の人々（省略）ベルリンのノイハウス博士（省略）ミーテ、クロン、レーマン氏など、また名前は挙げませんが、他の人々の研究のおかげでカラー写真の技術が完成されました。」

リップマンはここでははっきりと「技術」という言葉を用いている。

彼は短い記念講演の最後を「進歩は続くでしょう。人生は短く進歩は遅々としています。」と締めくくっている。

古代ギリシャの医者ヒポクラテスのことば「Art is long, life is short」を意識したものであろうか。

ヒポクラテスの上記のことばは「医術の修行はきわめがたいが人の一生は短い。だから怠らず勉強すべきである。」と言う趣旨であり、ここでの「Art」は技術、技巧、技芸を意味し「Science」に対応する語である。彼は、若い頃一時、ドイツで科学的教育法の勉強をしていたのでこの言葉を知っていたはずである。

その4 無線電信

長距離の電波伝播と無線電信の実用化に対して、1909年にイタリアのマルコーニと「ブラウン管」で知られているドイツのブラウンがノーベル物理学賞を授賞した。

マルコーニ以前にファラデー、マクスウェル、ヘルツの電磁気に関する研究があったことは事実である。

しかし、マルコーニが実験好きのアマチュア研究者であったことが大陸間無線通信の成功に幸いした。マルコーニが当時の一流の学者と同じように電磁気学に精通していれば、地球の裏側の方にまで電波を届けようなどという実験は最初からしなかったであろう。その結果、ヨーロッパ大陸とアメリカ大陸を結ぶ通信技術の開発もいつになったかわからないだろう。

マルコーニのノーベル賞講演の長さは前節のリップマンの約10倍である。

彼は、この記念講演で、1895年の初頭にイタリアのボローニャの近くの自宅で無線電信の実験を始め

てから、1907年の10月にイギリスとカナダ間の大西洋横断の商用通信の開始・運転までの経緯をかなり詳細に語っている。

以下に彼の講演録を引用して、当時の科学者の無線通信および電波に関する理解の程度がどの位のものであったかを示す。

「12年前に、英仏間で無線電信による通信がはじめて行なわれたとき、無線電信でそれより長い距離の通信が可能かどうかということについて議論が百出しました。一般に考えられていたのは、フラッシュする光を見て信号伝送を行なう場合の障害が地球が丸く湾曲していることであったと同じように、無線電信の場合もそれが避けられない障害となるということでした。また、長距離電送には必要と考えられる大きなエネルギーを制御する困難さも想定されました。」

「レイリー卿は1903年5月に太平洋横断の無線電信について次のように述べています。『マルコーニによる太平洋横断通信のおどろくべき成功は電波が地球を回るときに予想よりもはるかに屈曲することを示唆するもので、理論的にも興味ある問題を提起した。』と。」

「当時の通信距離の新記録をつくったこれらの実験で得られた結果は、私のとった方法で発生された電波は地表に沿って伝播するという、またアメリカとヨーロッパのように非常に離れた地点でも地球の丸みが無線電信の障害にならないだろうということをはっきりさせました。」「日光は長距離の電波伝播に際立った悪い影響を与え、日中の通信距離は通常夜間の半分以下になってしまうことがあります。この現象は十分に解明されていないと私は思っております。」

「現在では日中の電波の吸収は、太陽から宇宙を伝播してくる電子のためであると私は考えています。」

マルコーニの実験の事実を見て、当時の最高レベルの科学者達が電波は地球の円周に沿って伝播すると考えた程であり、「科学」は「技術」の遥か後塵を拝していたといえる。

1902年にケネリーとヘヴィサイドが独立に電波を反射する大気圏中の電離層を予想したがこれが精査されたのは二十数年後のことである。

1924年頃からイギリスのアップルトンは「周波数変動法」による直接波と反射波の干渉を観測することによって電離層（電離圏）の構造を解明した。

この研究により彼は1947年にノーベル物理学賞を授賞している。

すでに存在するものに対する、定量的・定性的測定に係る研究の成否は技術力の高さに大きく依存している。

その5 灯台や灯浮標の照明用の ガス貯蔵器につける自動調節機

1912年のノーベル物理学賞受賞者のニルス・グスタヴ・ダレーン技師長は農家の息子として生まれ、酪農学を学ぶために農学校にはいったが、その後機械工学を学びガス貯蔵会社に入った。

当時の灯台等の灯火は、石油ガスによる光は弱いのでアセチレンガスが使用されていた。しかし、ランプへの安全且つ自動的なガス供給と灯の点滅等に多くの問題を抱えており、船の安全な航行のために莫大な経費をかけていた。

ダレーンは多孔質材にアセチレン・ガスを貯蔵することによって爆発の危険を除去し、太陽熱による金属棒の膨縮を利用した自動開閉弁の考案によって、暗い時間帯にだけ点灯する経済的なダレーン式アーガ灯を発明した。この業績により彼はノーベル物理学賞を授与された。

彼は1912年9月にアセチレン貯蔵用シリンダーの安全装置をテストしているときに爆発事故に会い、ノーベル賞授賞式には兄弟が代理出席したので彼の記念講演はない。

スウェーデン王立科学アカデミー総裁は記念式典の「授賞のことば」で次のように話している。

「これはアルフレッド・ノーベルの遺言に忠実にしたかった授賞であると確信しております。」

「アーガ灯の炎はそのほかの分野でもこの上なく重宝されています。鉄道の客車の照明や信号灯、ヘッドライト、はんだ付け、鋳物、金属の切断、等々です。科学アカデミーはこれらの応用がいかに価値あるものであるかを認識していますが、航海の安全を増すのに役立ったという面を特に強調したいとおもいます。人類に対する恩恵という意味で比を絶しているからです。」

現在、アセチレン・ガスやアーク灯の技術は新しい一層効率的で便利な他の技術によって代替されている。

「技術」は、ある側面からみて、二種類に分類出来る。

第一の種類は、自動車や飛行機、テレビなどのように技術的な基本原理は同じであるが性能が人々の要求に応えるように進歩し発展するものである。

第二の種類は、アーク灯や、タイガー計算機、最近ではドーナツ版レコード等のように技術の基本原理そのものが陳腐化し、他の技術によって取り替えられるものである。すなわち、これらは電灯、電子計算機、磁気テープやCDなど、より高度な性能をもつ異種の技術で代替されている。

後者の場合は、発明当時その技術がいかに多くの人々に多大な幸せを与えたかということは、歴史的任務を終えれば等閑視され忘却されてしまう。

これが「技術」の宿命である。

第一種に属するものの典型的な例としては、ライト兄弟の飛行機の発明が挙げられる。

ライト兄弟は当時の最先端の乗り物である自転車屋の経営で成功し、余力を飛行機の開発に向けた。ライト兄弟は、グライダーとは異なり自分の意志で自由に空を飛び回れるものを創りたいという夢を持ち続けていた。

自動推進力を持ち操縦可能な空を飛ぶフライヤー・飛行機は当時の科学者には研究の対象に値しない非現実的なものであった。

マルコーニの研究開発対象であった無線電信は、その技術を取り巻く電磁気学の理論が一流の科学者によって発展させられていて、当時の科学の中心的な話題になっていたのに対して、流体力学ははるかに遅れていた。

ライト兄弟は4年の歳月をかけて1903年12月に59秒間機体を空に飛ばした。

しかし、当時の社会はこのことの重要性を理解できなかった。

1908年には60人を乗せて2時間20分、125キロ飛行を記録した。

現在では、何百人もの乗客を乗せた高速のジャンボジェット機が地球上のいたるところで飛び交っている。

流体力学が科学者の中心的な課題であり操縦可能な飛行機の開発が当時の科学者の課題であったならば、ライト兄弟もマルコーニと同様の評価を受けていたであろう。

この分野でも「科学」は「技術」の遙か後塵を拝していた。

その6 液体ヘリウムの生成

1913年のノーベル物理学賞はライデン大学教授ハイケ・カマリング・オネズの「低温における物性の研究、とくにその成果である液体ヘリウムの生成」に対して授与された。

気体を液化するという問題はファラデーがはじめて本格的な研究を行ない顕著な業績をおさめていた。

ファラデーはイギリスの王立研究所で働いていた独学の天才的な実験技術者・研究者であった。

王立研究所はラムフォードによって1799年に寄付金を集めることによって設立された。その設立趣旨

は「一般の人々に役立つ化学の実験や講演を公開し、新しい発明、改良等をわかり易く教える。」場を作ることであり、当初職人たちに実的な知識を与えようという考えであったが、講演会には上流階級の夫人たちが大勢集まるようになり研究所の資金面の助けとなった。

ファラデー自身もはじめはこの講演の聴講者であったが、王立研究所に勤めるようになり、今日でも読まれている有名な「ろうそくの科学」をはじめ多くの講演を行なった。

いま我が国では、高等教育機関の公開講座が一般市民向けに開催されているが、既に200年前のイギリスにおいて、科学技術の分野でこのようなことが行われていたのである。イギリスの科学技術分野での強みはこのような層の厚い教育が長い伝統と歴史のなかで続けられていたことによるものと考えられよう。

さて、気体の液化については、ファラデーの後も酸素、水素、窒素等について、しばらくは多くの研究者が努力したにも拘わらず成功しなかったもので、これらは「永久気体」と呼ばれていた。

しかし、その後も多くの努力を経て、オルゼフスキー、リンデ、ハンブソンが酸素の、デュワーが水素の液化に成功した。

最後に残ったヘリウムについては、大勢の研究者がさまざまな方法で液化を試みことごとく失敗していた。その結果、ヘリウム液化は不可能ではないかと考えられていた。

カマリングーオネスがこの問題を解決できたのは、彼が共同研究の有効性及び技術者の役割の重要性をよく認識していたことによるものであろう。

記念講演で彼は次のように謙虚に、誠実に述べている。

この実験では「各人が自分に要求されていると思われることを総てやり遂げました。とりわけ、私の忠実な協力者であるメカニックのG.J.フリム氏の場合がそうでした。いま述べた装置以外にも多くの実験装置を作ってくれた彼に、心から感謝します。」

彼は更に、記念講演のなかで「銀めっきした魔法びんの導入によって低温研究に革命をもたらしたのは、デュワーであります。」と述べている。

魔法びんは今でも色々な用途に使用されている巧妙な技術的創作物である。

カマリングーオネスはライデン大学に技術者の養成学校を建て、新分野の実験装置を研究者と一体になって創り出す技術者を育成した。

また、彼は同講演で次のように述べている。

「液体酸素の低温槽の中で物理測定を行なえるようになったことは私どもの低温研究所の発展史上最初の成果ではありましたが、これを達成するのに10年を費やし、酸素をふたのない器に注ぎ込むという難問は、その時すでにオルゼフスキーとデュワーによって解決されてしまったのであります。」

すなわち、「ライデン方式」は10年もの期間を要したが、一步一步問題解決を前進させる方法で研究者の共同研究及び研究者と技術者との協力により、不可能と考えられていた液体ヘリウムの供給を可能にし、その後の超伝導研究など量子物性物理学の発展に道を開いた。

その7 ウィルソンの霧箱

1927年のノーベル物理学賞授賞対象となったウィルソンの霧箱は技術の有効性と時代の経過によって陳腐化し新しいものにとって替られるという技術本来の特性を典型的に示している。

この霧箱を利用した以下の様な実験は物理学を大いに発展させた。

コンプトンはX線の電子による散乱を研究し「コンプトン効果」を発見した。

アンダーソンは霧箱による宇宙線の観測で陽電子を発見した。

ブラケットは霧箱とガイガー計数管を組み合わせる宇宙線のシャワーを研究し電子対生成を発見するなどして「ウィルソン霧箱による原子物理学と宇宙線の領域における発見」をした。

これらの業績により、彼らはそれぞれ1927年、1936年、1948年にノーベル物理学賞を受賞した。その外、ウィルソンの霧箱はキュリー夫人、ジョリオ・キュリー夫妻、チャドウィック、エメレウス、フェザー、ディー、ボーテ、ベッカー等の研究において原子核物理学の発展に多大な貢献をなした。

科学者・技術者は自然に対する鋭い観察力と時には芸術家のような感受性、さらには苦行者のような忍耐努力が要求される。

ウィルソンは記念講演を次のような美しい言葉で切り出した。

「1894年9月に私は、スコットランド丘陵でいちばん高いペン・ネヴィスの頂上に当時あった天文台で数週間をすごしました。小山の上にかかっている雲に太陽の光が当たったときに生ずるすばらしい光学現象、特に太陽のまわりや(コロナ)、山頂や人が煙や雲に

落とす影のまわり（後光）に出来る環状の虹の美しさに心うたれ、同じ現象を実験室で再現したいものだと思います。」

このような夢を持ち続け霧箱として実現したことがノーベル賞授賞につながった。

「ウィルソンの霧箱」はその後これに替る新しい「技術」が開発され、現在では教育用以外ではほとんど用いられていない。しかし、「ウィルソンの霧箱」の名前は輝かしい科学的発見とともに、永く科学史に記されることであろう。

その8 加速器

1939年のノーベル物理学賞は「サイクロトロン」の発明と開発に対して、およびそれを用いて得られた結果、とくに人工放射性元素に関する結果に対して「アーネスト オーランド ローレンス」に授与された。

この年は、当時の戦争状況によりストックホルムでのノーベル賞記念講演はなく、12年後の1951年にコックロフトとウォルトンのノーベル物理学賞の授賞式に引き続き彼の講演が行われた。

コックロフトとウォルトンは多数のコンデンサーと整流器を組み合わせ高電圧を発生させることによって荷電粒子を人工的に高速度に加速させる加速器を1932年のはじめに開発し、これを用いて原子核の人工変換実験を行なった。

加速器の技術は原子核や素粒子の研究を飛躍に発展させた。

ストックホルムでのローレンスの記念講演は彼が卓越した人格と才能を持った自然科学の指導者であることを示している。

彼は、記念講演で学生をも含めて多くの志を同じくする仲間の人格と業績を平等に尊重している。

「時の経過とともにサイクロトロンがどのように発達してきたかを手短かに辿ってみたいとおもいます。それにつけても、ここでは、この発達に対して偉大な貢献をしたことにより、賞賛に値する人々すべてに触れる事ができないのは残念です。研究の当初から多くの研究所において多数の優秀で献身的な共同研究者のチームによる努力がなされました。きっと認めていただけていると思いますが、このような発展には非常に多くのいろいろな才能をもつ人々が関係しており、どのようにうまく成功するかは緊密で有効な共同研究がおこなわれるかどうかにか依存しています。」

「サイクロトロンは1929年のはじめに発明され

たと言われていますが、その発達の実際上の実験的な仕事は、1930年の春に、私の学生エドレフセンが第2図に示してあるような二つの粗末な模型をつくったときにはじまりました。」

「その年の秋に、もう一人の学生リビングストンが開発を続け、直ちに第3図に示すような模型をつくりました。それは、初期のサイクロトロンの形状そのものを示しています。」

「しかし、ここでもまた、実験が理論に先行していたことを認めなければなりません。」

「私たちの研究所の次の目標は60インチのサイクロトロンを建設することでした。この仕事は、非常に卓抜な技術者ブローベックが私たちのチームに加わったことによって、非常に強化されました。ブローベックは、私たちの研究室に堅実な技術を導入してくれました。この技術は、彼が私たちのところに来た日から今日までの発展のために非常に貢献しました。60インチ・サイクロトロンの成功とその後の進歩は、他の誰よりも彼に負うところが多いのです。」

以上のように彼は共同研究及び技術と技術者の重要性を十分に認識していた。

その後、サイクロトロンを利用しセグレとチェンバリンは反陽子を発見してノーベル物理学賞を授賞した。

その外、サイクロトロンは生化学、生物学の研究等にも数限りなく利用されこれらの分野での研究にも無くてはならないものとなっている。

その9 超高压発生装置

1946年のノーベル物理学賞は「超高压のための装置の発明と高压物理学の分野においてそれを用いてなされた多くの発見に対して」パーシー ウィリアムス ブリッジマンに授与された。

超高压を発生させる技術の改良はカイユテとアガマによって3,000kg/C程度の圧力が得られていた。

ブリッジマンは記念講演で「高压を発生し、又測定する技術的な問題」を詳しく述べている。

彼の成功は「圧力が高ければ高いほど自動的にしっかりと止まるようなパッキング」が工夫されたことである。「このパッキングで容器の強度までのいかなる圧力もつくりだすことが可能」となった。

炭化タングステンと微粉を焼結させたカーボロイでつくられたシリンダーを鋼製の外部被覆によって締めつけ超高压に絶えられるようにした。

さらに、圧力を発生させる問題に加えて、圧力を測

定する問題と圧力によって生ずる効果を測定する問題があった。

これらの問題を巧妙な工夫で解決し、彼は十万気圧程度超高压下で広範な物性の研究を行なった。彼は超高压発生技術、実験計測技術に優れた能力を発揮した。彼によって高压物性物理学の発展の基礎が確立された。

彼の自然科学における研究方法は「操作主義」といわれていて、物理概念は具体的な実験をとおして観測可能なものでなければ無意味であると主張した。

現実の自然界の実体を考慮に入れない「理論」は数多く創ることができる。「数学的に正しい」理論は「物理学的に正しい」とは限らない。多くの一般の人々に誤解を与えていることだが、「物理の法則を数学的に証明した。」という命題は注意を要する。

科学的に真理であるかどうかは実験と観測によるデータで裏付けられなければならない。

科学の発展が実験装置と観測装置の開発・改良技術に大きく依存するのはこのような理由による。

その10 原子核過程の研究に写真を用いる方法の開発及びこの方法による中間子の発見

1950年のノーベル物理学賞はセシル フランク パウエルに授与された。

ノーベル委員リンド教授の授賞のことによると「パウエル教授の用いた写真の方法によりますと、荷電粒子が写真乳剤の中を通過した場合乳剤中の臭化銀の粒が感光して、現像するとあるいは密にあるいは粗にならんだ銀の粒があらわれて、粒子の飛跡がとらえられるのであります。飛跡を形成するこの銀の粒の間隔は、粒子の速度によって変化するのであって、速度が大きくなるにつれて銀の粒の間隔が大きくなっていく事情は、速い粒子ほど遅い粒子にくらべて物質のイオン化作用が小さいことによっていのであります。」「ある一つの実験で、ウィルソンの霧箱のステレオ写真を20,000枚も取った中から測定に適当な粒子の飛跡が1,600本得られたのであります。ところが、パウエル教授とその協力者たちは、同じ原子核の反応について、たった3平方センチメートルの小さい写真乾板で3,000本の粒子をみつめて測定しています。」

「写真乳剤の中に別種の原子を追加して入れて、その原子核反応を調べることもできるようになりました。」

「ウィルソンの霧箱ではその膨張の瞬間のみじかい時間間隔内に通った粒子や起こった反応だけが観測さ

れるのですが、写真の方法ではいつでも常に粒子を捕らえているわけですから、まれにしか起こらない現象の発見には写真の方法のほうがずっと有利なのです。」

写真乾板の利点は気球でかなりの高度まで上がって数時間以上も水平飛行して実験できることである。

パウエルは、この方法により宇宙線を観測してパイ中間子及びミュー中間子を発見した。この観測装置も原子核物理学にとってなくてはならないものとなった。

その11 位相差顕微鏡

1953年のノーベル物理学賞はフリッツ・ゼルニケに授与された。彼は光の干渉現象をうまく利用するところの位相差法によって、無色透明な微小物体を着色すること無しに、光の波長の数分の1の精度で見ることのできる位相差顕微鏡を発明した。

この技術は理論が先行したものであるが、位相差顕微鏡はミクロな対象を取り扱う多くの科学技術の分野で使われてその発展に多大な貢献をしている。

ゼルニケは少年の頃から科学に強い興味を持っていて、中学時代は科学以外の歴史やギリシャ語、ラテン語等の科目を無視したので、大学に入学するために国の大学入学者資格試験を受けなければならなかった。

彼の位相差法は1930年頃に既に発見されたものであるが、当時の主流を占めていた古い考え方を持つ人々には理解されなかった。

彼は記念講演で次のように述べている。

「すぐに、縞模様の表面が見えましたが、格子は眼から6mも離れているので、私は小さい望遠鏡で格子面を観察しました。すると予期しないことが起こりました。」「実験と計算を重ねた結果、まもなく私は、この現象を説明することができたのです。このことを思い返すと、私は人間の心の働きの大きな限界というものに強い感銘をおぼえます。私たちは学ぶこと、つまり他人が以前にしたこと、あるいは考えたことを真似ることは非常に速くできますが、これに対して理解すること、すなわちより深い関係をみいだすには非常に時間がかかります。しかし、最もおそいのは新しい関係を発見することであり、古い考えを新しい分野に適用することですら最も長い時間が必要です。」

彼は1932年にイエナのツァイス工場を訪れ位相差法を説明したが、最長老の科学研究者に「もしこの方法が何らかの実際的な価値をもっているならば、私たちははるか以前に、私たちでこの方法を発見していたであろう。はるか以前にです。」と言われたと述べ

ている。

ゼルニケの発見は、自然現象を見落としたり見誤ったりしない、精神を集中した実験と深い省察から生まれている。

顕微鏡については、その後、1986年にルスカ、ビニック、ローラーが「走査型トンネル電子顕微鏡」を設計・開発してノーベル物理学賞を受賞している。

前にも述べたように、虫眼鏡から始まって、ロバート・フックの顕微鏡から今日の最新式の電子顕微鏡に至るまで「技術」が進歩するにつれて新しい「科学」の発見がもたらされてきた。

おわりに

物理学は自然科学の中で最もよく数式で表現のできる学問であり、それは真理を体系化した「科学理論」の典型である。したがって「科学」がどのように創られてきたかを見る為には、ノーベル物理学賞の業績をたどることが一つの近道である。

本稿では、そのような側面から「科学」と「技術」を見てきたわけであるが、このような事例は更に多数ある。

新素材を創ったり新しい物質や現象を創り出したり新しい実験・観測装置を創ることは殆どが「技術」の範疇に属するものである。

そのようなもののなかでノーベル物理学賞の授賞対象となった業績は、トランジスター、レーザー、レーザ、ホログラフィー、高温超伝導物質の発明や高精度原子分光法、高密度物質研究のための中性子散乱技術、レーザーを用いて原子を極低温に冷却する技術の開発等々がある。

はじめに述べたように高等専門学校は今後日本の高度な技術社会を担う基幹的な技術者を育成するのであって、ノーベル賞と無縁であってもよいという発言があったので、果たしてノーベル賞と技術とは無関係であろうかという問いが生じ、本稿はこの問いに対する答を出したつもりである。

技術は科学との関わりの程度が深いものから比較的浅いものまである。また、時代が進むにつれて、技術と科学の明確な区分けをするのが難しい分野が多くなってきている。

しかし、「技術は科学の応用である。」という表現を許すとすれば、いかなる偉大な理論も実証なくしては空理空論と言われても仕方がないのだから、ある意味では「科学は技術の『応用』である。」と言うことも許されるだろう。「技術」が「科学」を認定するのだ

から。

技術の特性として、その有用性がすぐに廃れるものがあるとしても、「技術」と「科学」はスパイラルに発展して行くものであり、両者は同じ程度に評価され尊重されるべきである。

我が国の自然科学の発展の為にも、我々は、これからの「技術」と「科学」は同程度の重みで尊重し「技術と科学の平行教育」の工夫が必要であることを認識しなければならないと考える。

最後に、特に下記参考文献(1)をはじめ多くの参考文献から引用をさせて頂いたことを関係者に感謝する。

資料及び参考文献

- (1) 中村誠太郎・小沼通二編
「ノーベル賞講演 物理学」(講談社)
- (2) H・ブッカーマン著、金子 務 監訳
「科学エリート」(玉川大学出版部)
- (3) スティーブン・ワインバーグ著 本間三郎訳
「電子と原子核の発見」(日経サイエンス社)
- (4) 大野陽朗監修「近代科学の源流—物理編」
(北海道大学図書刊行会)
- (5) 奥田毅著「実験物理の歴史」(内田老鶴圃新社)
- (6) F・R ジェヴォンズ著 松井巻之助訳
「科学の意味」(産業図書)
- (7) 村上陽一郎著「技術とは何か」(NHKブックス)
- (8) 守屋正則著「21世紀の技術と社会」(朝日選書)
- (9) 中島秀人著「ロバート・フック ニュートン
に消された男」(朝日選書)
- (10) エス・イ・ヴァヴァロフ著 三田博雄訳
「アイザック・ニュートン」(産業図書)
- (11) 井上勝也著「新ファラデー伝」(研成社)
- (12) 小山慶太著「ファラデー」(講談社学術文庫)
- (13) 加藤尚武・松山壽一編「科学技術の行方」
(ミネルヴァ書房)
- (14) メイスン著 矢島祐利訳「科学の歴史」(岩波支店)
- (15) 山崎英三著「概観自然科学史」(東京教学社)
- (16) 藪内清・石蔵甚平著「科学史概説」(朝倉書店)
- (17) 朝日新聞社編「日本科学技術史」
- (18) ダンネマン著 安田徳太郎訳・編
「大自然科学史」(三省堂)
- (19) J・D・バナル著 鎮目恭彦訳
「歴史における科学」(みすず書房)
- (20) アイザック・アシモフ著 小山慶太・輪湖博共訳
「科学と発見の年表」(丸善)
- (21) 広重徹著「科学と歴史」(みすず書房)
- (22) D・M・ナイト原著 柏木肇・柏木美重編訳
「科学史入門」(内田老鶴圃)
- (23) J・G・クラウザー著、金関義則、今井春雄、中山
茂、長野敬訳「二十世紀の科学者」(みすず書房)
- (24) リヴィングストン著、山口嘉夫、山田作衛訳
「加速器の歴史」(みすず書房)
- (25) 「ノーベル賞—受賞者総覧—」(教育社)

「受理年月日 1999年9月30日」