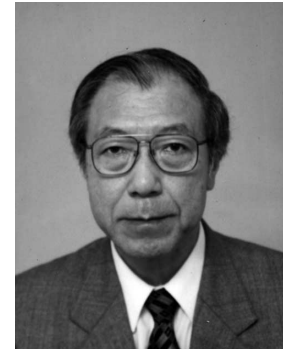


技術者教育に求められるもの

千葉大学教授 甘利 武司



これまで技術の発展が人間社会に及ぼす影響、恩恵について、印刷、情報技術の立場から概観してきた。いわゆるIT技術は現代の生活パターンを効率的に、快適に、よりスピーディーに21世紀型に変革させている。夢が現実になるところに技術の醍醐味があると言える。人間社会は技術の恵沢を享受し、その可能性に更に夢膨らませているのが現状である。この夢の請負人を如何に育てるか、今回はそれを考えてみたい。健全な技術社会の発展のために、破局と混乱を回避するためにも、理念を持った技術者の教育は必要な問題である。

1. 技術とは

人間にとって有用な生産物を作り出すために用いられるシステム、およびそれら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。

今日、我々の日常生活は、景気のよし悪しは別として種々の新技術の恩恵に浴しており、これはここ10年、指数関数的な進展を遂げたコンピュータ、情報関連の先端技術に負うところが多い。それぞれの分野における要素技術の進展は、他の技術分野の発展を促し、更に其の発展が還元されるといった相乗効果をもたらすところに、指数関数的な発展の仕組みがある。技術の発展は日常生活に多くの利便性と快適さをもたらす、其の恩恵は至る所に溢れている。しかし夢が現実のものとな

り、時を経るに従い陳腐化して、更に上のレベルを望むのが人の常である。かくして果てしない技術革新の闘いが継続される事になる。技術開発それ自身は高いレベルの生活を維持する観点からは歓迎される事である。しかし其の過程で失われ、破壊されるものがあるとしたら、我々は十分慎重に技術開発を進めなければならない。懸念される事の一方は人の側の内面的な、心理、倫理的な側面であり、他方は自然破壊、環境破壊の問題であろう。しかし両者は互いに無関係ではあり得ない。人間の側の奢りが自然破壊、環境破壊をもたらす、その結果が人類そのものに還元される事になる。大気汚染を例に考えてみると、エネルギー源を石炭に依存していた19世紀後半には煤煙公害が発生し、更にエネルギー源として石油が伸びてきた20世紀になって大気汚染は一層深刻になり、欧州、米国で光化学スモッグが問題になり、大量の死者まで発生した。20世紀中頃、英国では特に深刻な事態であった。我が国でも1960年代にスモッグに依る被害が問題になりだし、1970年初期には自動車の排ガス規制が強化されるに至っている。この間酸性雨の問題も大気汚染と連動させ検討する動きが出てきている。70年代後半になると効果的な溶剤フロンがオゾン層破壊と関係がある事が分かり、其の対応が真剣に検討されるようになった。80年代に入ると酸性雨に依る森林破壊の実態調査が欧米で開始され、その凄まじさが報告された。

天然、自然は無限でなく、飽くなき工業技術の開発の前に疲弊するものである事が現実問題として浮かび上がってきた。環境を保護する為には積極的な対応が必要である事も指摘され、米国では溶剤規制が制定され、昨今ではエネルギー対策と関連させ地球温暖化対策を国際問題として討議されるに至っている。自然保護、環境保全は次世代への義務であり、この問題に前向きに取り組むのは技術者の良心である。環境破壊は技術開発と環境共生のバランス、調和を欠いた時に発生する。豊かな自然を次世代に確実に受け渡す為には、技術のサステナブルな発展、資源保護を含め、議論を戦わせ、検討を進めて行きたいものである。これは1960年代アメリカの政治家エミリオ・ダダリオによって導入された、技術開発のネガティブな副作用を事前に察知しその打開策を講じようとするテクノロジー・アセスメントの考え方も馴染むものである。技術開発には二面性があり、画期的な進展の裏にはそれに付随するリスクが伴う、それを常に考え、奢れる事無く、浮かれる事無く、人間の分を弁えた技術者を育てることが、技術教育の第一歩ではなからうか。

2. 今日の技術教育における問題点

技術教育に限った問題ではないが、最近の大学生の学力低下が問題となっている。分数、少数の計算問題が出来ない、2次方程式が解けないなどの学生が少なからず見受けられる等深刻な問題が生じている。これには様々な原因が考えられるが、「ゆとり教育」の理念の下で初等、中等教育では授業時間数や科目数、教育内容の削減が進んでおり、加えて高等教育への進学率が増えている点などが上げられる。高等学校への進学率が1970年当時80%であったものが、1998年には97%に増えており、義務教育に近い状態になっている。更に大学には3人に一人が進学する状況で大学の大衆化が

現実となっている。十分な基礎教育を受けぬまま大学の授業を受けることになり、案の定消化不良を起こしているのが現状である。これにたまりかねて大学側では3割以上の大学が補習授業をしている。技術教育にとってより深刻な問題は学生の理系離れである。何時頃かこの傾向が現われるか？ある統計によると中学校あたりとする回答が70%以上あったという。いろいろな現象に興味と疑問を持つ年頃に何ゆえ自然科学に拒否反応を示すのだろうか？半数以上の子供が理科の授業が楽しくないとし、また約20%が内容が難しいとしている。小中学校の理数の教育現場でも子供たちに如何に易しく教えるかについて考えていると思われる。それと符合しているか否か定かではないが、最近はその値を“3”と教えているらしい。ややこしい計算は後回しにして大雑把に見積もるためにこの考えを適用したとすればそれは大問題である。3は整数であり円周率とは概念を全く異にする。表面的な安易さを求め似て非なるものを教えたとすれば、子供たちの真理を追求すると言った理系にもっとも必要な感性を削ぐ事になりはしないだろうか。基礎学力を養い自然科学になじむ教育を施すために抜本的な議論が必要である。また別の意味でデジタル思考が人間教育を危うくしていることもある。0と1の間にある無限の空間、アナログ的な連続性を教えることが思考に幅を持たせ、豊かな人間性を培うものと思われる。それが真の「ゆとり教育」に繋がるような気がする。

一方、技術教育を展開する専門教育の場においても今日的な様々な問題がある。多くの大学で大学設置基準の大綱化により教養部が廃止され、教養教育、専門基礎教育の責任体制が曖昧になってきている。技術者としての素養を身に付ける重要な教育プログラムを十分に認識する必要がある。技術者の教育にはある意味では全人的な教育が要

求されるからである。

技術者の教育にはある意味で経験をつむ要素が必要である。過去には技術は、もっぱら経験的知識の蓄積のうえに発達してきた。それを担ってきたのは職人であり、その習得方法は、徒弟制度のもとでの実務を通しての修練であった。これは洋の東西を問わず共通した認識ではなからうか。

徒弟制度はヨーロッパ中世の職業技術訓練にみられる制度で、master 制度とも呼ばれる。手工業ギルドを中心に14世紀ころ同職組合が形成された、そこには親方 master（ドイツではマイスターと呼ばれる）職人 journeyman、徒弟 apprentice という身分的な階層制度が形成され、徒弟は親方の家に住み、職業技術を習得するほか、雑用を行った。徒弟期間は多様で4年から10年に及ぶこともあった。徒弟期間を修了すると職人となり、他の親方の下で働き賃金を得た。職人が親方の資格を得るためには、その技術に対しギルド組合員の審査を受けなければならなかった。このことは、技術水準や適正商品の維持に役だった。徒弟制度には、職業技術の訓練だけでなく、道徳的資質を向上させるという意味もあった。その後、資本主義の発達に伴い、徒弟制度は衰退の一途をたどったが、手工業的伝統の強い産業では、19世紀から20世紀初頭まで徒弟制度が残った。

徒弟制度は崩壊したが、色々な産業分野で熟練工なる技術の達人は捨てがたい存在で、技術水準の維持、技術の継承の面から重要な働きをなしている。その名人、達人、熟練工のノウハウを科学的に探ることは非常に興味のあるところである。

私の専門である印刷工学を例にとってこの問題を考えて見たい。オフセット印刷におけるインキは大雑把に言ってビヒクルと言われる粘稠な油、樹脂からなる媒質中に1mmの1000分の1以下の大きさの色の粒（顔料）分散させた複雑な流動体でこれが印刷機上で複雑な運動をする。この挙動を

予め予測したり、量的に評価する学問にレオロジーがある。熟練工はこのレオロジーを知らなくとも印刷機上のインキの挙動を長年の経験と勘で予測し、制御してしまう。例えばオフセット平版印刷では印刷インキは版面上で湿し水と出会い、湿し水は時としてインキローラ上でインキに乳化しインキの粘つきを下げ、転移率に影響を及ぼし色調を変えることがある。これは印刷適性上重大な問題であるが、この間の変化を熟練工は通常の人では判断できない印刷機上におけるインキの分裂音の変化で判断すると言う。このメカニズムを解明し、多くの人が熟練工と同じ結果を得、生産性を上げるシステムを構築することが工学である。この場合、分裂音をマイクロフォンで収録して音響解析し、結果をスペクトル表示することによって熟練工の世界に立ち入ることができる。このようにコンピュータ計測機器によって得られた結果を解析し、学問的な考察を与えることによって現象を解析し、工程を管理できるのが技術者であり、このような人材を育成するのが工学教育である。従って技術者はコンピュータ機器を駆動する以前に対象となる物質あるいは現象に対しそれらを学問的に取り扱える知識と思考力を持っていなければならない。しかし近年あらゆる分野で自動化、コンピュータ化が進み、既成のソフトによって機器、プロセスがコントロールされると、その中身を検証することなく、ボタン操作やキーボード操作に頼りきってしまう向きがある。技術者に基礎学力が無いとこの傾向は一気に強まる。この場合、何事も無く過ぎてしまえばそれで治まっているが、一旦事が起きると適切な措置が取れない、正確な判断が下せないと言った欠陥を露呈してしまうことになる。機器がブラックボックス化したり、技術者がオペレータ化するのとは技術教育の面からは好ましくない現象である。

3. 明治期に学ぶ教育の真髄

明治初頭、時の政府は先進諸国のあらゆる技法を取り入れ、国力の発展に努めてきた。

その一例に札幌農学校を挙げることができる。札幌農学校は明治政府が西洋の近代科学を導入して北海道開拓に従事する官吏や技術者を養成するために設立された。この創立間もない農学校にウィリアムクラークは教頭として招聘された。彼は自然科学、特に植物学、鉱物学に優れた業績を持つ学者で、学校教育に関して優れた見識を持つ教育家でもあった。彼の内面を支えたものは米国、とりわけニュー・イングランドに伝統的なピューリタンの信仰と倫理であった。クラークは学校教育においてこの信仰に基づく道徳的人格教育を重要視し、キリスト教解禁後間もない日本の官立学校で聖書講義を行い、新しい日本国家の開発に役立つ人材を産むことに務めた。南北戦争にも従事した軍人としてのクラークの剛毅さと率直さはピューリタンの倫理とあいまって北海道開拓と同時に新生日本のフロンティア精神に反映されていった。彼の薫陶を受けた第1期生に大島正健、伊藤一隆があり、クラークの教育理念とキリスト教精神は完全に彼らのうちに育った。その後まもなくクラークはかの有名な“Boys be ambitious”の言葉を残し帰国するが、彼の精神は1期生を通じ2期生以降にも伝えられた。第2期生には内村鑑三、新渡戸稲造などの人物が居り、後に我国の精神基盤教育に大きな影響力を及ぼすことになる。内村鑑三はクラークの残した「イエスを信じる者の誓約」に署名し、キリスト者となった。内村の専攻は「水産学」で日本の様に四方を海で囲まれた国は、その豊かな水産物に関わる研究をゆるがせにはできないと力説し、卒業と共に北海道開拓使御用掛を申し付けられ専ら水産の調査に従事した。その後、農商務省に移り、わが国初の「日本産魚類目

録」を編纂し大いに実績をあげた。しかし、それ以上に彼は「人を漁る者」としてキリスト教伝道に傾注し、無教会信仰を確立してゆくこととなる。

五千円札肖像の新渡戸稲造もクラークの精神を受け継いだ一人である。太平洋の向こうに存在するクラークの祖国アメリカに思いをはせた若者は「太平洋の掛け橋」と成ること心に決め、更に東京大学文学部に入学する。卒業後、アメリカ、ドイツ留学を経て日本に戻り東京大学教授、旧制一高校長などを歴任し、多くの立派な人材を社会に送り出した。新渡戸は一貫して「人格教育」を説き、専門的知識ではなく、人としての（コモンセンス）の重要性を教えた。さらに1920年国際連盟が結成されると、事務局次長として国際間のかけ橋となり平和のため大きく貢献している。その後、しだいに日米関係が悪化すると太平洋問題調査会の理事長として渡米し各地で講演、両国親善の必要性を説き、最悪の事態に至らぬよう努力したが、1933年日本はついに国際連盟を脱退、破局への道を歩み始めていた。新渡戸は最後の力を振り絞り、カナダのバンフで行われた太平洋会議に出席し、平和への一縷の望みをつなぎ日本側代表としての演説をしたが、一ヶ月後病に倒れ、カナダのビクトリアで71歳の生涯を閉じた。彼の残した名著「武士道」はルーズベルト大統領も絶賛した書物で、我々はこの書に現代人が失いかけている、美しい日本人の心を見出すことができる。

4. これからの技術教育

さてこれまでに、技術とは人類にとっていかなるものなのか、技術者の資質とは何か、技術者に何が求められているのか考えてきた。一方、産業界は技術分野に携わる学生に次のような能力を求めている。1.産業界のニーズに適用した専門性・資質を有すること。2.主体的に行動でき自己責任の観点に富んでいること。3.諸外国の歴

史や文化を理解し、ヒューマニティーを基礎とした相互理解を深めることができる幅広い教養を持つこと。4. 国際的な同等性を考慮した技術者教育プログラムを終了していること。5. 多国籍や他分野の技術者からなるチームの中で共同して活躍できること。これらの提言は基礎工学に関する能力ばかりではなく、専門家としての責任や道徳的な責任を理解し、行動できる能力、国際的な場で活躍できる能力など創造的で人間力に富む技術者としての資質を要望している。

近年、高等教育の現場の大学においても様々な改革が迫られており、現実を直視した社会との連携が一層強く求められている。学問、技術の発展に貢献するのはもとより、科学立国を標榜する我国の将来を託せる人材を育成することも重要な役目の一つである。上述の産業界のニーズは、その点において今後の技術教育のポイントを示しているように思われる。この要求に対し近年、導入が検討されている JABEE が多くの部分について応えていると思われるので、その内容を紹介しよう。

JABEE は日本技術者教育認定機構 Japan Accreditation Board for Engineering Education の略である。大学の技術者教育プログラムが社会および産業界の要求基準を満たしているか、外部の評価機構が公平に認定するものである。ここで JABEE の意図するところでは、技術者は数理科学、自然科学、人工科学の知識を駆使し、社会や環境に対する影響を予見しながら資源と自然力を経済的に活用し、人類の利益と安全に貢献する専門職業人を指し、単なる工学技術の提供に留まるのではなく、豊かな人間性と社会性、倫理観を具備していることが要求されている。

一方、政治、経済、産業、科学技術の国際化に伴い、技術者にも国際的に通用する技術者資格の必要な時代が到来しており、技術者としての資質

を相互認定する制度が国際的に整備されつつあるのが現状であるが、日本では諸外国で実施されている技術者教育との同等性を保証する制度がなく、日本の技術者が外国で活躍しにくい状態が顕在化しつつある。技術者教育の同等性を国際的に相互認定する制度としてワシントン協定があり、現在アメリカ、イギリス、オーストラリア、カナダ、ニュージーランド、アイルランド、香港の技術者教育認定団体が加盟している。そこで日本を代表し、ワシントン協定加盟の作業を行うのも JABEE の目標の一つである。

このような考えの下で、技術者教育に携わる大学の教育プログラムが、適切か否かを JABEE で別途定められている技術者教育プログラムの審査基準に基づき評価される。審査基準の中には技術教育の基本となる事項に関する共通基準と夫々の専門分野における必須要件に関する分野別基準の 2 種類がある。前者ではまず人づくりを中心に、後者ではその分野の技術者として最低限必要な知識能力の育成を中心に、教育プログラムがチェックされ、基準がクリアされると認定の運びになる。審査結果は大学にフィードバックされ、大学ではそれを一般に公開する仕組みになっている。JABEE がワシントン協定に加盟し、国際承認を得ると、JABEE の認定を受けた大学の卒業生は責任ある大学で技術教育を受けた者と国際的に認められることとなる。一方では此の認定制度を現行の資格制度と馴染ませるため、現行の技術士制度における技術士補と同等の資格を認定大学の卒業生に与えることも検討されている。

JABEE の適用は基本的には学部教育に対するもので、近年技術教育のウエイトが大学院に移行しつつある現状とどう調整してゆくか問題を残しながらも、技術教育に一つの方向を示しているように思われる。

5. まとめ

「技術教育」といった限られた分野の話ではあるが、今日われわれが直面している様々な問題を内在していることが分かる。われわれは高度に発達した技術の恩恵に浴し、それらはまたわれわれの生活パターンを形造っている。科学技術に疎い人でも此の点では大いに影響を受けている。

その技術社会を支え、先導する人間を教育するのは極めて重要なことと言わざるを得ない。これは高等教育のみで片付く問題ではない。教育制度全体の問題でもあろう。其の教育のあるべき姿を明治初期のフロンティア精神に学ぶことが出来る。

根本理念に基づき様々な問題に対処すると言った行動様式は地球環境を含め人間社会の健全な発展を約束する。技術者には此の精神基盤を十分に養うことが求められる。さらに基本的なものの道理、自然の摂理、基礎学問の十分な理解の下に科学技術は進歩すると言ったプロセスを認識することが肝要で、基本的な事柄の理解なしに、単なる表面的な手法、技能によって当面する技術的問題が扱われるとしたら、技術者としては失格で、単なるオペレータに過ぎない。無知ゆえに生ずる不幸を未然に防ぐのも技術者の使命でもある。高度な技術になればなるほど其の不幸も大きくなることをわれわれは過去の歴史を通して学んでいる。