工学教育私考

Consideration on Engineering Education in Japan

柴田 拓二^{※1}

Takuji SHIBATA

The Japan Accreditation Board for Engineering Education : JABEE was founded in Nov. 1999, and launched into the practice in 2002. A new way has been opened for us to commit to the international coalition of higher education of engineering. Taking the opportunity, a backward glance and a foreseeing perspective on the engineering education in Japan are presented.

Keywords : Technology, Engineering, Sustainable development, Engineering ethics

キーワード：技術，エンジニアリング教育，持続的な発展，エンジニアリング・エシックス

1. はしがき

本年の日本工学教育協会第51回年次大会におきまして、特別講演の機会を与えていただきました。まことに光栄に存じております。本稿は、その折りの講演内容に若干の補足を加えたものですが、管見ながらわが国の工学教育の流れを振り返り、また現実をやや超えたところでの私見を述べさせていただきたいと思えます。

2. JABEE が扉を開く

1999年11月に日本技術者教育認定機構（JABEE）が発足し、2002年度に本格的な認定業務が軌道に乗ってわが国の工学教育の国際化に画期的な新しい道が開かれたことは、まことに同慶の至りであり、この立ち上げから本格実施までの難事を乗り越え、今後の国際的な活動を含む更なる発展のために尽力しておられる方々に深甚の敬意を捧げる次第である。

JABEEの発足は外圧によるものである。冷戦終結後、世界貿易市場の全面的な自由化の推進のために既往のGATT体制に代わる世界貿易機関（WTO）が95年に設立され、これを軸としてモノ・カネに加えてサービス（ヒト）市場自由化の拡大が進められており、ヒトに関する自由化は、外国人に対する内国民待遇を基本としている。その中で諸分野でのグローバル・スタンダードを巡る主導権が争われ、地域連合による影響力の拡大が競われている。専門職業サービスに関する各国の専門職業資格の同等性を確保するために、資格取得の要件である教育・訓練の制度的内容の相互承認が必要となり、各教育機関の教育プログラムに対するア krediteーション・システムの国際的な通用性

が求められているが、わが国の諸制度は概ね米欧に比べ特異性が強く国際的に通用する制度的な基盤が明確でなかったため、これらの国際的な動きを主導する立場に立つことができなかった。

JABEEは、国際的な流れに応じて開かれた玄関扉の鍵である。この玄関を通して技術者が国際舞台に通じる道を往来するが、合鍵を持たなければこの玄関の利用はできない。

わが国の技術者教育におけるJABEEの役割はそれにとどまらない。教育の機能を個々の教員の能力と裁量の範囲にとどめることなく、組織としての機能を対象とし、教育の目的・目標を具体化して教育の成果と照合し、必要な改善を行うという循環を繰り返す継続的な改革を、第三者に対して説明可能な方法で意識的に推進するという無限軌道が、時代の変化に柔軟に対応しながら社会的機能を有効に果たす技術者教育のドライビング・フォースとなるはずである。

3. 戦前・戦後期の技術者教育

3.1 実学重視の学制

明治政府は、明治4（1871）年に文部省を設置し、明治5（1872）年の太政官布告により学校制度を定めた。布告の「学制序文」には、学校設立の目的として「学制は、四民平等の立場から全国民を対象とする学校制度…人々身を立て、その産を治め、その業を昌んにして、もってその生を遂げる所以のもの……、学問を国家のためにするなどと考えて、それが立身の基礎であることを忘れたような沿襲の弊はこれを根本から打破すべき…」とある。この主旨は、絶対主義的な国家至上主義を否定し、“個”の確立を優先させることを鮮明にしたもので、当時としては極めて進歩的なものであったが、併せて“立身・治産・昌業”を教育の目的に置くという実学志向が明示されていた。同時に

平成15年10月14日受付

※1北海道工業大学

受益者負担の原則により授業料（小学校は月額50銭〈貧困層25銭〉）の徴収も定められた。その後、近代国家としての政府機構が確立するに従って富国強兵への国家目標が明確化され、“忠君愛国・仁義忠孝・道德と才芸”という教育理念（教学聖旨：1879年）が提示されて明治19(1886)年には小学校課程が義務教育となり、この年東京大学は帝国大学に生まれ変わった。（小学校の授業料が廃止されたのは1903年である。）因みに、小学校の就学率は、明治6（1873）年：28.1%，明治36(1903)年：96.9%であった。

戦前のいわゆる旧制の基本的な就学系統はピラミッド型の階層形成を意図した下図のような複線構成であった。

「小学校」は国民教育としての義務教育であり、その上の「中学校－高等学校」のコースは、男子の大学進学のための「一般教育」の標準的な課程である。実業学校と専門学校は男子対象の明確な実務（実学）教育で、それぞれ基盤的な専門職層、中間管理的な専門職層の養成を目的としていた。1938－46年の学校統計から推算すると、この期間を通じて小学校卒業の男子の約80－60%は進学せずに就業しており、中等教育へ進んだ男子の約55%が実学を修め、更に前期高等教育（高等学校，専門学校）へ進んだ男子のほぼ90%が実学の道を選んでいる。女子のほとんどは小学校卒で学校を離れ、高等女学校（女子中等教育）進学者は13－20%で、高等教育へ進学する者は極めて稀であった。この他に、教員，職業軍人，他の特別な職種の養成機関があったが、進学者の比率はごく少数だった。最高学府である大学は、卒業生が将来それぞれの分野の指導的な役割を担うことを期待されるエリート教育の場で、進学者は同世代男子の2－3%であった。とりわけ高等学校卒業生は受入数がほとんど同数であった国立（帝国）大学にそのまま進学し、多くが官・産の幹部となるべきものとされていた。このように戦前期の学制の基本は、階層的な実学教育とごく少数のエリート教育を実施することにあった。

3. 2 戦前期高等教育における工業教育

ヨーロッパの技術者教育は伝統的に実学として大学の外にあった。明治政府の工部省工学寮（1871年，77年に工部大学校）あるいは札幌農学校（1876年，87年に工学科を併設）の設置は，社会的背景の相異は別として欧米の学校教育としての技術者教育の発達

に比べて著しく後発したものではなかった。1873年に弱冠25歳で来日したH. Dyerが指導した工部大学校も，W. S. Clarkの札幌農学校も実学教育を实践する学校としての出発であった。

1886年に工部大学校は帝国大学に吸収されて帝国大学工科大学となり，1919年に東京帝国大学工学部となった。札幌農学校は1907年東北帝国大学農科大学に転換した。帝国大学の設置目的は，「国家の須要に応ずる學術技芸を教授し，その蘊奥を攻究する」ことにあり，立憲君主国家体制の建設にふさわしい国家主義理念と“研究と教育の結合”という近代的な大学理念は，基本的にベルリン大学のような19世紀ドイツの大学をモデルにしたものと言われている。初期には外国人教師を中心として教育に重点が置かれていた帝国大学は，次第に教師を日本人に替え，講座制を敷き，フンボルト型の「研究の自由」と「教授の自由」を標榜する日本のアカデミズムを確立していく。〈フンボルトの「大学の自由」は教師の「教授の自由」と学生の「学習の自由」の両立にあったが，日本では前者のみの「学問の自由」となった。〉

一方，1894年の「高等学校令」，1903年の「専門学校令」によって「高等の學術技芸に関する」専門教育を行うための（旧制）専門学校が制度化されて近代社会の実務的要求に応える専門技術者養成の経路が設けられた。戦前期を通して専門学校卒業生数は全高等教育機関卒業生の7－8割を占めたといわれ，我が国の産業近代化に極めて大きな役割を果たした。

工業専門学校，高等工業学校の教育課程は，一般的な工業分類に基づいて“工業教育”と呼ばれるのにふさわしいそれぞれの分野の専門技術者養成を目的とする実学教育であった。

他方，帝国大学工学部の課程では，学の“蘊奥を攻究”する研究者である教授が自由な発想で必ずしも実務とは関わりのない講義をし，さらに個人的な関心に基づく研究に学生を参加させて門閥的な師弟関係が形成された。教育指導については学生はそれぞれの能力により自ら学ぶべきものとする通念があった。ここでは，体系的な専門技術者教育としての“工業教育”の理念は希薄であったが，一方で，帝国大学の教授は學術情報の独占者，エリート人材の供給者として関連領域の産業界に権威的発言力を保持していたので，工学部の各学科には対応する産業領域に対する強い指導意識があり，学科ごとの壁に囲まれた独自のカルチャーが形成されていた。従って，ここには普遍的な意味での“工学教育”という概念も成立していなかったものと思われる。

3. 3 戦後のアカデミズム

戦後の学制改革によって旧制の大学，高等学校，専門学校は全て廃止され，これらをベースとして新制の大学が設置されて高等教育は齊しく“大学”に単線化

された。1944年に旧制度で国立19、公立2、私立22であった大学数が、新制度の1953年には国立72、公立34、私立120を数えて高等教育への参加の機会が著しく増大し、その後も進学希望者の増加に応じて年を追って大学は急増の一途をたどった。この経過のなかで、戦後デモクラシーの開花と戦前・戦中期の大学に見られたacademic freedomの脆弱さに対する反省を踏まえての大学自治意識の高揚があり、それに伴って新しい大学にも「学術の中心」（1947年学校教育法）に似つかわしく日本のアカデミズムの伝統が急速に浸透した。工学部においてさえ一部に産・官との結び付きを忌避する風潮が生まれ、転換前の“工業教育”の存在感が急速に希薄になっていった。

3. 4 日本工業教育協会の設立

戦後米国は日本の軍事力剥奪を目的に、工業力削減の方針をとったが、米ソ対立・中国内戦の推移等の情勢変化により、日本を東アジアにおける防壁とし、アジアの工場として再建することに方針を転換し、49年に賠償政策を破棄して日本経済の安定化を急いだ。50年6月には朝鮮戦争が勃発し、同7月にはわが国に警察予備隊（後の自衛隊）を創設するとともに、日本を軍需物資の大量調達・補給の基地とし、51年9月には中・ソ抜きの日講和条約とともに日米安保条約の調印が行われた。日本政府は、52年4月に企業合理化促進法を制定して基幹産業育成のための新技術と先端設備の導入を強力に推進することになった。

占領軍総司令部は、大学と産業界との連携の強化が必要として、1951年7月に米国工業教育協会（ASEE）からの顧問団を全国に巡回させ、各地区の大学・産業界の代表を集めて同協会の理念・組織運営・教員人事・産学協同の実績を紹介し、同様の組織をつくることを慫慂した。52年7月、全国9地区でそれぞれ独立に地区工業教育協会が設立され、8月には、それらの連合体として日本工業教育協会が設立された。ただし、日工教の会員は、各地区協会長と少数の全国的な産業団体の代表からなり、地区工教の一般会員からは距離の遠い存在であった。

日工教と各地区工教は、毎年それぞれテーマを設定して研究集会を開催していたが、これに対する産学それぞれの関心の在り方には、当初からかなりの齟齬があったことは否めない。産業界では、朝鮮並びにベトナム戦争での米軍特需によって経済の急速な復興が促進され、設備投資が活発に行われて技術開発の意欲が高まり、各企業は海外からのパテント導入による大量生産技術の自主開発にエネルギーを傾注していた。一方、大学側には産学協同によって主体性を侵されることへの根強いアレルギーがあったのである。

3. 5 高度経済成長と工学部の大拡張…基盤劣化

講和条約発効（1952年4月28日）後のわが国は、産業合理化促進法、電源開発促進法等を相次いで制定

し、通産省主導の下に新設備・新技術の導入を促進して基幹産業育成に努めた。生産性の向上、国際競争力の付与を眼目とする“日本株式会社”方式の経済運営が後に「日本の奇跡」と呼ばれるようになった1960年代の高度経済成長を招来した。

1960年頃のわが国は、技術革新と消費革命による好景気によって設備投資が急増し（60年度対前年比41%成長）、著しい技術者不足に直面した。1960年に国は科学技術会議の提言に基づき、工学部の大拡張、大学院の設置促進、高専・工業教員養成所の設置等の施策を相次いで実施した。北大工学部を例にとると、1960年から1974年までの間に、8学科45講座・2部門から14学科118講座（内2講座は大学院講座）・2部門に拡大した。

このような短期間の学科・講座の急膨張に対して、教員の確保、施設・設備の整備は難渋し、学生増に伴う資質の多様化も当然のことであったので、教員の真摯な努力にもかかわらず、教育の質の劣化は避けがたいものであった。

4. 工業教育から工学教育へ

4. 1 産業構造の変化…OJTと産学の乖離

高度成長期を通じて、産業界は海外からの先端技術の導入と産業再編を積極的に進め、海外の学術・技術の情報源との間にそれぞれ独自の太いパイプを作るとともに、最新の施設・設備を整えた研究所をもち、巨額の研究投資を行うようになった。こうして大学に期待するのは主として人材供給となり、変化への対応が遅れがちな大学の教育の質を問うよりは、大学を人材選別のフィルターとして利用し、大量の新入社員に対して各企業独自のOn-the-Job-Trainingを組織的に実施するとともに、大学院修士課程修了者の採用の優先へと遷移した。このため修士課程進学希望者が定員を大幅に越えるまでに増加したが、拡張された大学院は従来と同様に学部学科に専攻を重ねる形で設置され、大学院のための教員は勿論、施設・設備への実質的な手当にはほとんど手つかずに推移したため、教員の負担が著しく増大し、工学系の教育研究の実質が年を追って褪色していく流れが生じたのである。

大学改革の必要性を巡る論議は、1984-87年の臨時教育審議会を経て、87年に発足した大学審議会の相次ぐ提言となり、大学設置基準の大綱化、自己点検・評価システムの導入、大学院の整備充実、生涯教育への対応、等の施策が急テンポに進められた。

このような流れの中で、用語としての「工学教育」は、的確な概念規定が確立されぬままに「工業教育」と併用される状態が続き、80年代後半から「工学教育」が汎用されるようになった。日本工業教育協会が検討を重ねた末に協会名称に“工学教育”を取り入れて定款を変更したのは1994年である。

4. 2 貿易摩擦…「ただ乗り」論とバブル崩壊

1970年代後半から80年代にかけて、わが国の高品質大量生産工業製品の世界市場席卷と、これによる貿易収支の膨大な累積黒字が“Japan as No.1”という心地よい呼び声とともに、米・欧の失業問題や構造問題の元凶と見なされるようになり、一方ではわが国の農産物輸入関税問題などもあって貿易摩擦が深刻化し、研究開発投資の官民比の特異性なども取り上げられて「日本ただ乗り」の非難が起こった。わが国は、80年代後半には平成景気（86年12月－91年4月）と呼ばれる史上最高の繁栄を謳歌したが、その間に進行したソ連崩壊・中国の開放政策・冷戦終結・湾岸戦争等の世界情勢の変化と、わが国の労働コスト・経営コストの上昇等による競争力低下と企業の投機的な資産運用などの結末として、膨大な不良資産・不良債権を残してバブルが崩壊し、「失われた10年」と呼ばれる長期の景気後退を招いた。更に、失われた競争力の回復を求めて企業の海外シフトが90年代後半以降急速に進行し、「産業空洞化」を生じて、失業率の増大が深刻化している。

この状況に対応するために求められるものは、「独創的な学術の振興」、「新技術の開発」、「理科離れを防ぐ教育改革」等であり、あらためてスローガンとなった「科学技術立国」の掛け声の下で95年11月には「科学技術基本法」が制定され、これに基づいて策定された「科学技術基本計画」では第一次（96－00年）17兆円、第二次（01－05年）24兆円が当てられている。

4. 3 「基礎研究」と「応用研究」…新しい視点

このような状況下で、科学技術振興のための公的資金投入の対象は、どのような研究領域であるべきかという些か黴の生えそうな議論がまじめに行われた時期がある。“「ただ乗り」批判は、わが国の「基礎研究」（理学）の軽視に向けられたものであり、その基盤整備を急ぐべきである”とする論者は、工学のような「応用研究」は基礎研究の上に積み上げられるものであり、主に関連業界の投資に依存するべきであると主張し、一部マスコミもこれに同調して「ノーベル賞級」の研究を振興して青少年の科学志向を高めることが先決という論説も行われた。

日本学術会議でも科学技術振興の在り方が重点的に論議され、第16期（94－97年）では「戦略研究」（伊藤正男会長提案）、第17期（97－00年）では「モデル研究」（岩崎俊一第5部会員）、第18期（00－03年）では「俯瞰的研究」（「日本の計画」特別プロジェクト）を主題として報告を取りまとめている。いずれも人類が今日抱えている地球的課題に対応するためには、旧来の学術分野の細分化の流れを根本的に見直し、自然科学、人文社会科学、人工物の科学を総合ないし統合する方向での教育研究の在り方を探究すべきであると指摘しており、「基礎」と「応用」との対置のような矮小な論議

は過去のものであることを示している。

5. 「科学」と「技術」と「工学」

5. 1 “Science” と “Technology”

常識的に、科学といえば「自然科学」を指すが、広義には「人文科学」、「社会科学」も含まれる。Kenkyusya's English-Japanese Dictionaryによれば、scienceの語源はラテン語scientia = knowledgeで、英語としての文献初出は1330年頃である。因みにscientificは1589年、scientistは1840年が初出である。

Longman 1981では、

science : (the study of) knowledge which can be made into a system and which usually depends on seeing and testing fact and stating general laws.

とあって、要するに「合理的な方法で観察・検証され体系化された知識、法則」ということである。「科学技術」に相当する英語が“science and technology”であるとすれば、科学と技術とは類型の異なるものである。technologyは、ギリシア語tekhneologiaに由来する“techno-, -logy”で、「技術学」に相当する。

Longmanでは、

technology : the science of technical processes in a wide, through related, field of knowledge.

とある。ギリシア語のtekhneはラテン語のars = art ; Kunstで「技、芸」にあたる。

ヨーロッパの大学では、伝統的に神学、法学、医学が専門の学であり、哲学は一般教養科目として専門教育の前課程の自由七科の中に置かれた。哲学の中の自然哲学は主として天文学・力学に関わる学で、これと並んで動物・植物・鉱物など地球上の自然物の種類・形状・性質・生態・分布等に関するnatural history : Naturgeschichte（博物誌）という科目と古来の人工物（道具・装置）に関する総覧的なKunstgeschichteという科目があった。ゲッティンゲン大学の一般教育の教授であったJohann Beckmannが1772年にそれまでのKunstgeschichteという科目にTechnologieという名称を与えて「合目的手段の体系的目録」と定義した。Beckmannが科目名を改めたのは「技・芸：Kunst」を新しい生産体系の中に位置付けて論述することを意図したものとされている。

英語のtechnologyの文献的な初出は1615年まで遡るが、一般的な用語として普及したのは、米国で産業革命と西部開拓の進展により激しい人口流動を生じた1820－40年代のJacksonian Democracyの時代からとされる。

5. 2 “Technology” と “Engineering”

上記のように、technologyは、技術に関する知識、技術の科学と言うことができる。旧制大学の学生は制服

の襟に学部名の頭文字を付けていたが、工学部の学生は“T”を付けていた。工学部を“die technologische Fakultät : Faculty of Technology”としていたのである。一方、イギリス、アメリカでは、Department / Faculty of Engineeringと表現される。

“engineering”は、そのまま「engineerとして仕事をする事」であろう。engineerは、ラテン語の「ingenium : 発明・考案」からの派生語で、engineerは17世紀の火砲職人仲間を指したといわれる。18世紀に英国で機械・土木など多方面で万能の技術者として活躍したJohn Smeatonのグループがmilitary engineerに対して自らcivil engineerと称するようになり、1750年頃にはcivil engineeringという言葉が使われるようになった。1771年に彼を中心に創立された組織がSociety of Civil Engineeringと名付けられた。1818年には世界初の技術者協会であるInstitution of Civil Engineersが設立されて、“engineering”が社会的に定着した。この流れで言えば、engineeringは、やはり「エンジニアとして行動すること」の意味である。

5. 3 工学教育とエンジニアリング教育

以上のtechnologyあるいはengineeringの用語は、現在では広く混用されているので、改めて瑣末を論ずることはあまり意味がないが、日本語では、概ねtechnologyを「技術」とし、engineeringを「工学」としている点について今一度考えることも、技術者の職能意識を明確にする上では意味のあることであろう。

「学」は、scienceであり、主として「体系化された知識」を意味し、その意味では「技術学」としての“technology”がこれにあたるとしてよい。

「術」は「知識」と「スキル」とを統合して、目的を定めて「行動する」ことを前提としており、“engineering”が「知識」と「智慧」の統合による「行為」とするとすれば、それは「学」とどまるものではない。当然そこには「行為」の結果についての「価値判断」が含まれ、その結果の「受け手」である社会に対する「責任」を伴うことになる。

従って、エンジニアリング教育は、単なる現世代の保有する知識的蓄積を次世代に伝承することではならず、「エンジニアリングという行為を遂行する能力」を育て、行為の社会的効果についての「価値」と「責任」を明確に認識させるものでなければならないのである。

そこから遡れば、technologyは「学：サイエンス」ではあるが、未知の事象を究明することを志向する自然科学と異なる点は、私たちの技術的知識の蓄積そのものが、単にその知識内容に止まらず、その知識に基づいて行われてきた生産・運営という行為の社会的な効果（価値）に対する評価と不可分なことである。さらに、その評価の手段そのものがテクノロジーの領域にある。

その意味では、自然科学が主として専門の学の内在的な動機によって発展する自律的なautonomousな系であるのに対して、「学」としてのtechnologyは、広く社会に開かれた系である。特に、近年の情報通信技術IT / ICTに象徴される社会基盤技術の進展によって、全ての社会システムの運営が、良くも悪くも、諸般のテクノロジーに基づくエンジニアリングに依存していることを、重く受け止めなければならない。

一方では、サイエンスとテクノロジーは限りなく近づき、分離しがたく融合しつつある。しかし、なお、技術が社会的生産と社会運営の現在と未来に直接関わる実在的機能であるという点で、その知識の体系としてのテクノロジーは、いわば「目的科学」であって、いわゆる「法則科学」である自然科学とは範疇が異なるものである。

教育に関しては、エンジニアリング教育は、自然科学（法則科学）と技術学（目的科学）の蓄積を利用し、訓練と経験によって体得したスキルによって、価値（モノやシステムの機能）を創り出す行為としてのエンジニアリング（エンジニアとして行動する）能力を形成させることを目的とする。それは「学…知識」の伝達と「スキル」の訓練にとどまるものではなく、それらを総合して社会的に価値ある「機能」を創り出し、またそれを支える「能力：competence」の育成である。

今、すでに定着している「工学」という言葉を別の表現に置き換えることは、ほとんど不可能であるが、そこに上記のような「エンジニアリング」の内容を注入して、従来と異なる新しいコンセプトを持つ用語として敷衍されることを願うものである。

6. これからのエンジニアリング教育…展望

6. 1 ASEEのエンジニアリング教育論…Grinter報告とWalker報告

すでに古いことになるが、ASEEでは、戦中・戦後の科学技術の爆発的な発展がエンジニアリング教育の基盤を大きく転換させているという認識の下で、新しいエンジニアリング教育の在り方を追究した結果を1955年に「Grinter報告」として提示した。1962年からは全米科学財団（NSF）の支援を得て広範囲の調査研究が行われ、1967年にエンジニアリング教育改善への提言が「Walker報告」として発表された。これらの報告書は、今日でも重要文献として再録・引用されているが、その真摯な取り組みの根底に、すでに“普遍的な”エンジニアリング教育への意識変革の流れが明確に読みとれる。

これらの報告では、エンジニアリング教育について以下の重点項目が掲げられている。

- * 数学、物理、化学などのbasic scienceの重視
- * コンピュータ科学の学習と教育への応用

- * 革新的な手法による実験工学（研究室における諸実験を含む）
- * エンジニアリング教育の common core としての Engineering Sciences
- * Engineering Analysis & Design と Engineering Systems を一体的に学ぶことによる専門的 background の形成と創造的な能力の開発
- * 人文・社会科学分野の成果を集成してエンジニアリング教育に取り入れるための不断的努力
- * Communications（口頭発表・図形表現の方法、情報技術）能力
- * Engineering Ethics, Inculcation of Professional Attitude
- * 以上の事項の効果的な実施のための教員の専門的水準と教育者としての能力を向上するための積極的な措置

Engineering Sciences としては、以下の項目を例示している。

- (1) 固体と流体の力学
- (2) 電氣的科学（電磁気、電気回路、電子工学）
- (3) 熱力学および統計力学
- (4) 材料科学
- (5) 情報理論
- (6) Logic and Computing Devices
- (7) システム解析
- (8) 移動速度論（熱移動、物質移動および流体力学の一部）
- (9) 宇宙科学
- (10) 環境科学
- (11) 生物工学

Engineering Sciences はエンジニアリング教育共通のコアとして 1950 年代から論じられてきた概念で「基礎科学を根底に置き論理的な思考を進めて工学的な解析、設計、総合に関する基礎的な問題を解決し、説明しようとする」もので、その分類や内容は時と共に変わって行くべきものとされている。

6. 2 21 世紀の課題と「エンジニアリング」の役割

20 世紀が抑制のない技術革新の世紀であったこと、同時に全地球を覆う巨大な戦争の世紀であったことによって、人類は短時日の間に膨大な資源・エネルギーを浪費し、地球環境を汚染し傷つけ、貧富の格差を拡大し、食糧と水の確保に赤信号がとまり、人類そのものの生存を危うくしてしまっている。世界各地で多くの人々が頻発する戦乱とテロリズムの犠牲になり、故郷を追われて難民となる日々が続いている。現在、人口は 60 億を超えたが、7.5 億人が空腹のまま就寝していると言われ、先進諸国も含めてさらに多数の人々が生活基盤を確立できない状態にある。先進国においても都市の過密、廃棄物処理、情報・交通・運輸・ライフラインなどの社会基盤の脆弱性への不安、文化とラ

イフスタイルの多様性の喪失、コミュニティの崩壊、社会秩序の不安定など 20 世紀の負の遺産が累積している。さらに多くの価値が現在も日々失われつつあり、回復しがたくなりつつある。

これらが、21 世紀の人類が直面している喫緊の共通の課題であることは、多くの識者が指摘し警告しているところであり、国際的な政治経済の場でも、あるいは市民レベルでも多くの論議と活動が行われている。

今日の目前の利害を超えて明日のために人々を行動に向かわせる前提は、人々に信頼性があり正確で理解可能で容易にアクセスできる客観的な情報を提供することである。そのための指標の設定、計測体系の構築、予測手法の整備、情報伝達システムの構成とそれらの運用・管理と機能評価などは、エンジニアリングが積極的に担うべき最重要の社会的機能である。また、あらゆる技術分野で省資源・省エネルギー・安全管理の行き届いた機器・設備・施設を提供し、物質循環のシステムを構築し、生産から供給・消費・再利用までの一貫したプロセスを全ての計画・設計のプログラムに組み込むことなどは、エンジニアリングの最優先の業務目標でなければならない。

エンジニアがこのような 21 世紀の課題解決に向けての社会的な使命を負うべきものであることを、強く認識させることがエンジニアリング教育の基本的な役割である。

6. 3 ジェネラリストとスペシャリストの教育

自然科学を初め、学術全般の分野細分化は止めどなく進行している。かつては同一分野に所属した隣接領域が分離独立すると急速に交流が希薄になり、間もなく相互に理解できなくなった例は少なくはない。工学部・工学研究科の講座の増殖も周知のことである。

今日では、細分化への反省として、特に他を顧みることなく行われた先鋭的な展開が人類社会に遺してきた巨大な負の遺産の処理に直面して、いま逆に統合的な学術構造への再編が求められている。先に触れた日本学術会議第 18 期の「日本の計画」が提言した「俯瞰的な視野」もそれを強く求めている。

エンジニアリングにおいては、「目標とするものを創出する」ための各段階において、設定できる選択肢が多いほどより効果的に目標に近づくことができることは言うまでもなく、利用できる知識とスキルを広範囲に集約することが求められる。そのために、他分野の専門家に意見を求めたり、多くの領域の専門家を集めて組織的に業務を進めたりすることが有効であるが、当然ながらそれは相互理解のための共通基盤がなければ成立しない。つまり、特定分野の先鋭化が進むほど、共通基盤教育が重要になる。

とりわけ、人類が直面している 21 世紀の最重要課題が提示していることは、一人一人の技術者の日常的

な業務においても、全地球の自然環境と生態、多様な生活文化・社会構造への深い洞察を含む「持続的な発展 sustainable development」という総合的な視野の下で取り組まなければならないということである。

以上のことは、エンジニアリング教育の在り方として、①「高度の専門技術教育」と並んで、②「広いエンジニアリング共通基盤教育」と、③「地球、生態、生活文化、社会構造などへの理解」を重要な柱としなければならないということである。

しかし、現在の教育制度の中で、私たちに与えられている年限は限られている。大学学部、短大・高専－専攻科等で、「何を…何処まで…」教育の目標とすべきかは、各機関が独自の理念・目的に従って設定することではあるが、いずれにしても4年間で上記の3つの柱を確かなものにするは大凡困難である。従って、「大学院修士課程教育」と社会人としての「継続教育」を包括して、その中の「学士課程教育」の役割を設定することが必要となろう。

上記の①に重点を置くときは specialist の教育であり、②に重点を置けば generalist 教育ということになる。学士課程教育では①+③または②+③が一般型となろうが、わが国の初等・中等教育の現状では、大学進学以前の段階で③の基盤となるはずの教育が不足することは避けがたいので、一般的には学士課程教育では②+③を基本とし、①の教育は修士課程において然るべき目標に到達するものとするのが適切であると考えられる。また、③の一部を高度化して「修士課程」に組み込むことも考えられる。

また、現在のわが国の専門職能教育は、前述の戦前期のようなピラミッド型の階層形成を意図していないが、実務における組織構成には職能的な役割分担が必要であり、それぞれに必要な知識とスキルとそれらを駆使する能力の質が異なるため、米欧ではそれを区分してそれぞれの教育プログラムと認定制度、専門資格が用意されている。例えば米国には4年制の学士課程に engineer とは別に technologist 教育のプログラムがある。勿論、それは身分的な序列・格差ではなく業務上の役割の違いであって、給与などは雇用市場の状況によりいずれが優位とも言い難いという。現在のわが国では、社会運営上の組織構成と教育システムの関係が曖昧化されているが、検討すべきテーマの一つであろう。

6. 4 エンジニアリング教育と一般教育

上記の③は、一般教養教育と深く関わるが、この場合には無目的の“教養”教育ではなく、21世紀の人類の課題を的確に理解するという明確な目標をもつものでなければならない。

わが国の大学教育における一般教育を専門教育と融合させて、学士課程の文理総合化を図ることは関係者の共通の夢であるが容易に実現していない。しかし、

上述のようにエンジニアリング教育は分野横断の幅広い知識と洞察力、思考力を磨き、異分野の専門家と協力して社会に機能する能力の育成である。エンジニアは合理性と人間性についての感性を高め、自分の意見を明確に述べて他の理解を得ることに努めるとともに、他の意見を注意深く聴いて理解することに努め、相手に理があればそれを認めるという合理性を尊重するフェアな態度を身に付けて、総合的に調整する能力をもつ者でなければならない。これこそが、いわゆる一般教育・教養教育であるとすれば、エンジニアリング教育はこのような目的意識を明確に持つ一般教育を内包しなければならない。それはまさしくエンジニアリング教育を知の統合の場としなければならないということである。

7. エンジニアリング・エシックスの本質

7. 1 拡大するエンジニアリングの使命

喫緊性が明らかな全人類の課題が突きつけられているにも関わらず、これに対する全人类的な連帯が容易に作動しない大きな阻害要因は、多様な価値観と異質性への不寛容、貧富の格差、アクセスの不平等などである。併せて、地球がますます小さくなり、また社会的なさまざまな壁の透明度が増して、いろいろなレベルでの矛盾が人々の意識に映し出されるようになっていくことも協調を妨げる要因になっている。

多くの問題は利益相反 (conflict) の顕在化として生じている。シオニズムとイスラムの争いのような「原理主義の相克」も現実の「棲み分け」問題に置き換えれば利益相反問題に他ならない。「各種の原理主義の相剋」、「グローバル化と文化の多様性」や「インターナショナリズムとナショナリズム」などのアンビバレンスを超克し、国際社会の連帯によって人類の生存の危機を乗り越えるためのシステムを創出することが何よりも重要な優先課題である。

21世紀は、おそらく人類が地球環境を保全しつつ新たな共存のシステムを創出する歴史的な舞台となるものと考えられる。それがなければ人類の生存が終焉するはずである。それを支えることができるのは、冷静で客観的な総合的な判断力と説得力、行動力をもつエンジニアリングに他ならないであろう。21世紀のエンジニアリングは、全人類を顧客として、その壮大な事業遂行を支える役割を果たすことができるように、全世界のエンジニアを結集して組織としてのエンジニアリング能力をこの目的のために発揮できるようにネットワークを構築すべきである。そのために、エンジニアリングは、上述のような全学術分野に裾野を拡げた「知とスキル」に基づく実務能力でなければならない。その理念的な基盤を「人類益」に置くものでなければならない。

現在、人類社会は、主権国家群とその利害調整機関

としての国際連合を秩序の枠組みとしているが、現実には、資本も生産機能も人々も大規模に国境を越えて流動し、多くの国々の国境は溶解し始めている。当然、各国の政治経済システムも現実の動きに追従できず、構造改革にも展望が開けないままに統治機能が低下して旧来の社会秩序が破綻しつつあることは、程度の差はあれ世界共通の現象である。

エンジニアリングが支えなければならないのは、資本効率追求の生産ではなく物質循環基調のサステナブルな生産と運営であり、既にその無効性が証明された一国の強大な軍事能力ではなく均衡のとれた資源配分システムの構築と運営であり、国益よりも人類益の優先と多様・異質な文化に対する寛容性を保証し、平和を維持するための民主的な国際権力機構の構築と運営である。それらは、エンジニアリングの支えがなければ成立しないし、これからのエンジニアリング教育が育成する国際的に通用するプロフェッショナル・エンジニアの最大の使命は、この人類的課題に日常業務を通じて参画する意志を強く持つことである。

今日言われているengineering ethicsの焦点もそこに強く当てられるべきであると考える。

7. 2 エンジニアリング・エシックスと「技術者の倫理」

倫理については、教育の場では「技術者の倫理」と言う形で「個」のattitudeのレベルで取上げられがちであるが、engineering ethicsはエンジニアリングという行為における倫理であり、それに携わる「個」は勿論であるが、むしろ組織（企業・官公機構）としての業務のありよう、それらの組織の全てを包括するエンジニア集団（ギルド；業界）のビヘイビアを律する最高の憲章であるべきもので、それらの集団や組織が社会に対して負うべき責任として論じられなければならない。

輸入版の「技術者の倫理」は、概ね米欧の伝統的な独立した個人を基調とするプロフェッショナルの概念の上に組み立てられているが、これとわが国の組織中心の社会運営ないしは職能意識との間には大きな‘ずれ’がある。現実には、資本効率優先の市場原理主義の下では、A.Smithの“見えざる手”（アプリオリな倫理性）が機能しないことは実証済みであり、米欧といえども個人の倫理観と併せてそれを実質的に支える組

織的規範の必要性は明らかである。

エンジニアリングの倫理の基盤をこのように「個と集団」の連鎖に置く考え方が責任の所在を曖昧にするために使われてはならないが、倫理問題を個人的なアンビバレンスに凝縮させるのではなく、エンジニアリングという行為そのものの本質的な共通基盤として確立すべきものであることを広く私たちの社会に浸透させる努力が必要である。

7. 3 professionalismの確立を

professionとは、Longmanでは

profession : a form of employment, especially one that is respected in society as honorable and is possible only for an educated person and after training in some special branch of knowledge.

プロフェッショナル・エンジニアは、社会的な名誉のある職位に対する誇りと自覚を持ち、社会に対する明確な責任を持って業務を遂行する存在でなければならない。エンジニアリング教育においてその認識をしっかりと身に付け、生涯にわたって専門能力の向上に努めるように指導しなければならないが、そのためには、社会がそれに相応しい共通認識を持って遇することが必要である。産官学がそれぞれ、そのための枠組み作りを進めることと、技術者自身がそのような社会認識の醸成のための足場作りに努めなければならないことを教育の場でも十分に理解させることが必要である。

professionの社会的ステータスの確立が個人的な倫理感と合わせてprofessional ethicsの基盤となることに留意すべきであろう。

著者紹介

柴田 拓二

1952年 北海道大学工学部建築工学科卒業、工学博士

現在 北海道工業大学学長、北海道大学名誉教授