これからの工学

The Future of Engineering

吉 川 弘 之^{※1, 2}

Hiroyuki YOSHIKAWA

「工学教育」の70年の歴史は重い。戦後日本が製造業を中心とした復興を遂げたことは世界で驚きをもって受け止められ、日本の製品が世界で高い評価を受けるだけでなく、その生産方式は多くの国々に広がり、当時途上国と言われた国々も含め広く世界の製造業の繁栄に貢献したが、その中で工学理論、技術、現場作業にかかわる広い学問である工学の教育を推進してきた「工学教育」の役割は大きいものであった。

製品製造にかかわる必要な工学技術開発競争が激化する中で、あらゆる基礎科学の進歩に呼応し、それを基礎として安価で高性能な製品を作る競争が行われたのである。この源流は18世紀の産業革命に遡るのであろうが、その主役は欧州、米国、そして日本へと移り、我が国も繁栄を享受したと言える。しかも享受したのみでなく、新しい日本の生産方式は途上国への技術拡散を容易にし、我々は格差のない安全な世界の繁栄を期待したのであった。

しかしながら現在の世界で様々な問題が起きている状況を見ると、工学教育に携わってきたものとしてこの繁栄の背後に数々の問題が存在したことを見ないわけには行かなかった。世界のGDPはたしかに増え続けたが、一方で、貧困地域を解消できず、すでに指摘されその対策に大きな努力が必要であるとされる温暖化を始めとする地球環境破壊、あるいは国際的緊張は大国の対立や危険兵器の増加に加えて世界の各所で起こる紛争など「現代の邪悪なるもの」への対処に迫られているが、これらは、科学技術の進歩と無関係とは言えない面があり、現実社会に直接影響を与える工学、特にその教育に携わってきた者にとっては、これらの新しい困難を克服するための新しい工学という立場で深く考えることが必要な時代が来たと考えられる。現在直面しているCOVID-19によるパンデミックも、交通技術の発展による世界の人々の大量の移動が関係していることは否定のしようもない。

学問の分類には、「理論」と「応用」という分け方がある。工学は応用の代表であり、対応する理論は科学全般である。実はこの分け方は、領域の明快な分け方とは言えないが、少なくとも職業のための教育という意味でははっきりと別れている。自然科学が理論であると考え

れば、それには多くの応用分野があり、人文社会科学でもその関係は同じ状況である。そして応用も学と呼ばれる。例えば自然科学では化学と応用化学、人文科学では心理学と臨床心理学、社会科学では経済学と経営学などである。どの分野でも、理論では「考えることに役立つ法則」、応用では「人にとって有益な人工物（行動、制度などの実在）」の創出が目標である。

ここで理論と応用の学問としての違いを明らかにするために、科学と工学を例として比較する。科学的方法とは、まず知的好奇心に駆動されて、実在するがまだ理解はされていない対象を選び、それを分析して理解することである。理解した結果が法則となり、これは人の理性によって導かれた普遍的知識である。

一方、応用を駆動する工学的方法は理論の科学的方法と違い、工学者あるいは技術者は、ある人工物（実在）を作りたいと思う。この「作りたいもの」が科学の好奇心に相当する。科学と違いそこには何も実在がない。この好奇心を出発点としてデザイン（設計、総合、計画など、いろいろな行為）が始まり、望みのものを実在させる。このように実在していないものを出発点として「新しい実在」（人工物）を作るということであり、これは科学とは全く異なる思索あるいは行為である。

このことは、存在と知識（概念）があると考えて、存在から知識を生み出すのが分析であり、知識から存在を生み出すのがデザインであるといっていよいであろう。分析とデザインはそれぞれ科学と工学の思索の方法であるから、科学的方法と工学的方法とは存在と知識の間のそれぞれ「行きと帰り」の思索をつかさどる学問的方法であるといえることができる。

ここで例として力学（物理学の一部である科学）と機械工学とを考えるが、機械工学とは分野に必要な力学知識を選んで機械向きに編集した機械運動学、材料力学、流体力学などの科学的知識群で、工学はこのような「小さな科学」の集合体であると考えてよい。ほかの工学領域も、それぞれ固有の小さな科学群があり、現在までに優れたテキストが各領域に定着している。そして教育における学習は、小さな科学を並列的に学習するものであり、実際の機械を作りだす行為においてこれらの科学的知識群を使用してデザインを実施することになる。

科学も工学も知識を使う。そしてたとえば理論である化学も応用である応用化学も、基本的に同じ既存の化学的知識を使うから、学問の分類に際して理論と応用をま

2021年9月29日受付

※1 日本工学教育協会名誉会員

※2 東京国際工科専門職大学学長

とめて一つの類とする。しかし、この分類とは違う分類、それは両者の間で思索の方向が逆であるという点から見た学問の分類が、現代ではより重要な分類軸なのである。

現代科学の源流と言われる17世紀において既に、フランシス・ベーコンやルネ・デカルトは、思索の方向に関する分類軸について言及している。それは行きと帰りの思索の連鎖における遷移の論理が科学では「演繹の連鎖⇒一つの仮説⇒多くの実験（帰納）⇒法則」であり、工学では「仮説の連鎖⇒一つの実験」という基本構造の違いがあるのだから、両者は異なる思索の理論を持たなければならないと指摘しているのである。この指摘から学ぶことであるが、学問の分類を、使う知識の性質により理論と応用という組を作るにとどまり、それと直交する思索の連鎖の論理的違いによる分類をせず、特に応

用における思索の理論を作ってこなかったということに気づく。その結果、どの分野でも応用における思索の連鎖のうちに、デザイナーが意図しなかった性質が紛れ込む可能性を除去できず、結果として人工物が普遍的性質を獲得することができずに現代の邪悪なるものを引き起こしていると考えざるを得ない。

それを解くことの難しさを17世紀の学者たちがすでに論じているし、18世紀にエマニュエル・カントが、分析は人間の純粋理性によって作られるが、デザイナーによるデザインは「実践理性」によるとして、例えば永遠平和の「作り方」を詳細に論じている。私たち工学者は、過去の人々が考えたことを、今謙虚に振り返る必要があるのではないだろうか。