工学教育における「スキル」の概念

Concept of "Skill" in the Field of Engineering Education and its Educational System

武田 邦彦

Kunihiko TAKEDA

工学の目的を達成するためには、純粋に学問的であり、これまでの知識を体系化した「工学に関する知識」と「知識を具体的な成果に結びつけるための方法」によって構成される教育が求められ、そのために後者は創造力、実行力、コミュニケーション及び技能が含まれることを示した。創造力は知識を有機的に結合させて新しい学問、工学手法や装置などを創造、考案する力とできるが、それを創造力の基礎となる科目群、創造力の直接的養成のための科目群、さらに創造力を高めるための周辺知識とスキルに分けて、その内容を論じた。実行力は創造や知見を現実の方法や装置にするまでの力とされるが、意志の力、実務能力、目的意識を高める教育の内容と、実地訓練の意味を述べた。さらにコミュニケーション力、技能について工学教育との関係で述べた。これらを「スキル科目」と定義し、具体的な科目名と単位を示し、おおよそ20単位前後の履修が工学教育において望ましいとの結果を得た。さらにスキル科目の実施に当たって日本の習慣、風土との関係を考慮しなければならないとした。

キーワード 工学教育、スキル、創造性、実行力、コミュニケーション、技能、日本風土

Engineering is composed of "knowledge on engineering itself" which has been obtained with enormous efforts up to the present and "method for outcome connected with the knowledge". The latter includes ① creativity, ② power of practice, ③ communication skill, and ④ technical skill. The "creativity" in engineering field can be defined as the capability by which one can create or design the novel knowledge, engineering method, and equipment. The training for creativity can be divided into three categories. They are training for fundamental knowledge, training for direct approach, and miscellaneous knowledge and skill. The power of practice is one of the skills by which one can plan and design actual method or equipment applying creative result or knowledge. It needs the strong will, the technique for practice, and the sense of purpose. Furthermore, the ability on communication and skill are also discussed in engineering education. Those educational program is defined as "skill course" and the subjects and the credits for the course are also proposed. About 20 credits are recommendable for the skill course. The effect of Japanese traditional custom and cultural climate on engineering education is discussed in addition to the above presentation.

Key words : Engineering Education, Skill, Creativity, Power of practice, Communication, Technical skill, Japanese traditional cultural climate.

1. はじめに

工学教育においていわゆる「スキル科目」を設定している大学が多い。しかし日本におけるスキル科目はアメリカで使われている「スキル」という定義から離れている場合があり、時には大学によって異なった意味で使用されることすら見受けられる。もともと他国語を転用した教育用語の場合はその使用に当たって特に慎重にしなければならないが、この場合もそれに相当する。いずれにしても「スキル科目」という概念が定まらないことによって教員もしくは学生までが誤解や

錯覚を招き、それが日本の工学教育における障害の一つになっているように思われる。

さて、工学とは「数学、自然科学や時には人文科学の知見を応用して人類の福祉に具体的に貢献する方法を提供する学問」と定義できる^{(1),(2)}。また、感覚的に「なぜ」が理学、「したい」が工学であるとしても良いだろう。例えば、鳥という物体がなぜ飛べるか明らかにすることと、実際に人間が空を飛び、かつ快適な旅行ができることとは違う。現実には人間が空を飛ぶためには多くの悲惨な出来事の後、ライト兄弟が努

力で僅かな距離の飛行に成功し、その後も幾多の犠牲者を出すことによって初めて快適な空の旅が達成されるのである。希望と夢を実現するための長い努力を工学が研究、体系化、そして改良して初めて「したい!」という夢は実現する。

簡単な例を示したが、工学の目的を達成するためには、純粹に学問的であり、これまでの知識を体系化した「工学に関する知識」と「知識を具体的な成果に結びつけるための方法」によって構成される教育が求められる。そして本稿においては後者を「スキル科目」と表現し、整理することによって日本における「スキル教育システム」の構築について提案を行うものである。

2. 「スキル」教育の内容と教育内容

工学教育の分野においていわゆる「専門知識」とは学問的に研究され、判明している知識の中の一部である。従って専門知識だけでは「工学の目的を実現する」ことはできない。目的を実現するための要素としては、図1に示したように①知識として認識できるもの（認識下知識）、②知識として認識できない潜在的知識（認識上の知識）、③精神力・体力、④工学技能・社会技能の4つと考えられる。「認識下の知識」は事実に関する知識と論理の組立に関する知識を含み、具体的には工学の専門知識、論理力、倫理関係の学問、及び法律などを指す。

図1 目標を実現するための要素

これに対して、「認識上の知識」は学業や普通の生活において知識として認識されていないが、人間の認識の奥に存在し、感性、創造的活動、無意識な動作、そして本能的行動を支配している⁽³⁾。特に最近では暗黙知、場所中心的自己、アフォーダンスなどの研究を通じてこの認識上知識が徐々に明らかになり、心理学的な意味での幻想我と現実我との葛藤などと共に、人間の判断を決める基礎として過半を占めると言われ始めた。これまでの工学教育では認識下知識に重点が置かれていたが、学問の進歩を取り入れるという意味

でも見直す時期であろう。

目標を実現するために必要な要素が図1で示すことができるならば、認識下知識以外の教育対象は次の4つにまとめることができる。

(1) 創造力

知識を有機的に結合させて新しい学問、工学手法や装置などを創造、考案する力

(2) 実行力

創造や知見を現実の方法や装置にするまでの力

(3) コミュニケーション力

知識を共有し、創造や製作につなげる力

(4) 技能

機械の取り扱い、修繕、細工やデッサンなどの力

以上の一般化された整理に基づいて、工学教育の体系をいわゆる「専門科目」、「スキル科目」及び関連する科目や教育内容で区分して示せば図2に示したようになるであろう。

図2 工学教育の全体像とスキル科目の位置づけ

工学教育では工学的知識を修得できるための基礎的学力が必要である。読み書き計算することができなければならぬし、初等的な物理や生物学の知見も必要である。それに基づいていわゆる専門知識が修得できる。さらに工学的目的を達成するためには、本稿で定義した「スキル科目」と「工学倫理などの基礎素養」が加わらなければならない。

ところで、創造力や実行力を養成する科目を日本の工学教育では「スキル科目」と呼ばず、「技能」や英語などのコミュニケーションに関するものに対して使用していることが多いと思われる。その点では違和感があるが、本稿では工学的目的を達成する直接的能力を2種類に分類して整理するという意味から、この一群の能力を修得するための科目を統一して「スキル科目」と呼ぶのが適当であると判断した。今後、創造性などに関する教育が盛んに実施され、その内容が成熟していく過程で適切な用語が生まれて来ると考えられる。

3. スキル教育の具体的試み

工学教育の改革が厳しく論議されている中でアメリカやヨーロッパを中心として多くの「創造性教育」、「インターンシップやコープ」などの試みが行われている⁽⁴⁾。これらの中には「実践的教育」としては優れたものが多いが、その根底に「創造性教育」とは何か、という基本的問いに不足しているように考えられる。日本の工学教育においては単にアメリカやヨーロッパの教育を模倣するのではなく、日本の社会、習慣、風土を熟慮した、日本独自の創造性、実行力、コミュニケーション力についての教育の概念を明確にする必要があると考えられる。次節から各項目についてその概念を検討する⁽⁵⁾。

3.1 創造力

創造は深い知識と綿密な論理から生まれると言われる。しかし、この理屈を突き詰めると「創造力は知識の深さに比例する」という単純な結論に至ることになる。事実、現在の工学教育では知識の伝達に重点が置かれ、創造性が議論されるときも知識の必要性が強調される。しかし、日本の工学が残念ながらアメリカ、ヨーロッパの技術の模倣が多い原因の一つに工学教育における「知識偏重、創造力欠如」であることを歴史的事実として捉えても良いのではないだろうか。これまでの創造性涵養の教育が不足していたという謙虚な反省が求められると思う。この際多少粗雑な議論であっても「創造力は知識から」という前提を一時棚上げして、一度創造性の涵養について考え直す必要がある。

日本の工学教育に知識偏重が見られるのは、第一に明治時代に西洋から輸入された近代工学の知識を最大限に吸収しなければならなかったこと、第二に西洋からの少数の学者が工学教育を担当したので時間的にも「知識」の伝達が主体とならざるを得なかったこと、第三に個性を持つ個人の集合体で目標を到達しようとする欧米流の考え方に対して集団で事柄を進める日本独特の風土とも関係があると考えられる。

しかし、現在の日本には日本人の創造による工学的成果が少ないからといって、その創造力の不足を「日本人の民族的特徴」や「知識のレベル」に帰すことは早計であろう。そして、そのような回復することのできない悲観的な結論を得る前に「創造力教育の概念の構築と実施」を試みる方がよい。

創造力の養成に関する教育は、具体的な知識を対象とするものではないだけに、それ自体に膨大な内容を含んでいる。本稿では複合的で専門的な知識を得た技術者がある創造的発想力を身につけるための具体的なステップの一つを示す。

【創造力の基礎となる科目】

- a. 社会が求めるニーズの把握
- b. シーズのポテンシャル評価
- c. 自然科学の発見の知識

【創造力の直接的養成】

- d. 異なる分野の知識を有機的に結合するための方法
- e. 創造する過程の知識と存在しないものにアプローチする概念

【創造力を高めるための周辺知識とスキル】

- f. 人間の頭脳の認識過程、論理構成の過程
- g. 社会の諸システムの原理

3.1.1 創造力養成の基礎となる科目

「必要（ニーズ）は発明の母」という言葉は工学教育でも大きな示唆を与える。特に工学はその事実が社会に応用されることを最終的な目的としているので、現在の社会や工業が要求しているものを正確に把握することが前提である。工学教育においては具体的な例を挙げて社会の基本的なニーズを体系的に教えることがまず考えられる。さらに、現在の日本は高度に発達した工業社会であり、すでに社会に応用されている工学の産物は今までの学者や技術者が長い歴史の中で知恵を絞った成果である。従って「やり残していること（ニッチ）」が何であるかも考える必要がある。これらを「現代ニーズ解析」として科目設定を行う⁽⁶⁾。

ニーズが理解できれば、次に現在の工学的知識（シーズ）でニーズに対して工学がどの程度応えられるかについての講義を設定する。ニーズは本質的にシーズと無関係であり、工学的には荒唐無稽なニーズがあり得るからである。むしろニーズは本質的に荒唐無稽であるが故に、進歩のきっかけともなるので、それを実現し得るか具体的なシーズ評価が必要とも言える。

ニーズに対するシーズ評価は産業界で日常的に行われているが、産業界におけるシーズ評価は体系的ではなく、大学では体系的一般的な形で学問として教えることが望ましい。この科目は「工学シーズ評価」とも言える。次に理学の発見と工学の応用についての関係を講義する科目を設定する。歴史的に見れば、工学は新しい自然現象の発見や解明の後に、30-100年を経過して花開くことが多い。例えば、1643年のトリチェリーの真空の発見、14年後のゲーリケ「マグデブルグの半球の実験」の後、1712年にニューコメンの蒸気機関の発明となり、電気工学分野では1752年にベンジャミン・フランクリンの雷が放電の実験があり、50年後最初のアーク灯がロシア人のペトロフによって考案された。この講義での現在の問題は1908年のオネスによる超伝導現象の発見から90年を経た段階での工学への応用、1953年のDNAの構造解析から遺伝子工学に発展し社会に影響を及ぼすまでの時間などであり、興味ある話題になるだろう。

このように理学と工学はあざなえる縄のように絡み合い、科学が原理を発見し、工学が利用し、それに触発されて新しい科学の発見が生まれるという過程を踏む。このような過程の中で理学と工学の関係を理解するための工学

教育としてもっとも望ましいのは、日本で継続的に自然の原理が発見され、日本でその工学的応用がなされることである。もしそうであれば、学生は理学の発見と工学への応用を身近に体験的に感じることができる。しかし、残念ながら日本では工学に应用される自然科学の基礎的な発見が少なく、さらに工学ですら外国での発明を導入することが多いという状況から、若い学生にはこの体験の不足を学問的訓練で補わなければならない。これが創造力の基礎的養成科目が必要な理由の一つであり、科目名は「理学の発見と工学」などが考えられる。

3.1.2 創造力の直接的養成

創造力の直接的養成は、①異なる分野の知識を有機的に繋げる能力、そして、②創造力というものの自体の理解と存在していないものを創造する能力、の2つで構成されよう。

異なる分野の知識を自己の専門分野との関係を念頭に置きながら系統的に学習することは創造力の直接的養成に大きな力になるし、広域的な知見の重要性を知ることができる。しかし現実には工学を学ぶ学生や若年の技術者は自己の専門領域と異なる学問は「これは私の分野に関係ない」と感じやすい。技術者にとって総ての「作業」が指示され、それに基づいて業務を行うのなら狭い専門分野の知識だけでも通じるが、少しでも創造的内容を含む業務では異分野の知識とそれらを有機的に結合する方法についての力は必須となる。

すでに工学系大学においても「他学科履修」などの履修形態が試みられているが、アメリカの大学の過半で行われている「副専攻」はまだ日本ではなじみが薄い。その原因として、自己の専門領域以外の工学を学ぶことが重要であるということが繰り返し指摘されているが、具体的な効果を論理的に述べたものは少ない。また、先に述べた「創造力思考論」の講義との関係において、学問分野が細分化し人的交流が少なくなった今日では、工学の専門領域相互がどのように関係しているのかについて、具体的指針が必要とされよう⁽⁷⁾。この科目は「学問領域と創造」などになるだろう。

創造力の直接的養成としては、「創造力」自体を観念的、体系的に教育できればもっとも望ましい。それにはまず、新しいものを創造するということの基本に「現在正しいと考えていることは間違っている」という概念が存在すること、⁽⁸⁾「学は自ら時代遅れになることを望む」という学問の原則を享受する必要がある⁽⁸⁾。この科目は総合的で体系的であり「創造力思考論」などが考えられるが、一般的には抽象的で判りにくくなるので事例研究を併用して講義することが有効であろう。演習や双方向講義、ゼミなどの形態で教育を行えば更に大きな効果が期待されよう。

3.1.3 創造力を高めるための周辺の知識とスキル

自然科学を中心に学び、人間という存在や特性を厳しく見つめることの少ない工学部の学生は時には自らの認識を普遍的絶対的なものとして捉えていることが多い。しかし人間の頭脳は本質的に自己保存的に形成されており、自己の認識は独善的で偏見に満ちたものである可能性について、それを自然に会得することは難しい。独善的で偏見に満ちた認識は時として爆発的な創造力を生むこともあるが、多くは見当はずれの論理組立に陥る危険性を含んでいる。

現在でも基礎系の科目で「認識論」やそれに類した科目を設定していることが多いが、基礎系でこのような科目を講義する場合は、創造性の要請を目的とはしていないので、工学部の学生にとっては有意義に感じられない。創造性と明確に関係づけられた認識論という意味で「創造と認識」などの名称での講義が望ましい。

最後に社会の存立、経済や政治の動きが論理的に組立られているという事例を多く知ることが創造性を生む基礎的知見として必要である。現代の日本の学生は複雑な社会情勢をその原理に立ち返って観察することができず、工学に対する意欲、創造性の持つ意味を理解できないでいる。その点で工学との関係において「社会の論理システム」などの科目設定が必要である。このような科目が社会科学系の科目と異なるのは、あくまで工学的感覚で社会を捉え、学生が工学を考えるとときに相互に関係を見いだしやすい形にすることにある。

以上、創造力の養成教育について述べてきたが、この分野の教育については今後の研究に待たなければならないものも多い。例えば、学生の創造力の成長をどのような方法で評価するべきか、という問題もその一つである。しかし、それだからこそ創造力養成の教育を実施し、その過程での研究を進める必要があると考えられる。

3.2 実行力

3.2.1 意志の力の養成

伝統的な日本の教育の中には「意志の力」を養うことを明確な目的とした教育システムが存在した。例えば、冬の寒い時に井戸の水をかぶり、自らの意志の力を確認したり、師匠の命令を受けて冷たい道場に長時間正座をするなどの例がそれである。これらの教育は学ぶ目的とは一見何の関係もないことに見える。例えば剣道や儒学を学ぶために、水ゴリをしたり道場に座っても剣道の腕も儒学の知識も増えないからである。しかし学問を学び、その知識や創造を現実のものにするためには人間の心の教育もまた必要であることを日本の教育界の先人達はよく理解していたように思われる。

学生が人間である限り、また現代という社会の中にあっ

員が感じている。しかし大学はそれらの教育をためらっている。それはもとより大学の教育のシステムの中に体罰や水ゴリを取り入れることはできないからである。しかし方法が無いということは不必要であるということとは無関係であり、努力して方法を案出し現代的な手法で意志の力を高める教育を行う試みをする必要がある。少なくとも、今まで工学の創造や実現にどれ程の強い意志の力を要したか、人間の意志とは一体どういう内容を持つのか、人間の意志の力がどのような方法で鍛えられるのか、それを実施するにはどのような方法があるかを科学的に講義し、ある程度の体験を経て学問として教えることによって学生はそれを学問的体系的に捉えることができる。もとより意志の強さは現実には厳しい環境のもとで体験的に獲得するのが良いが、そのような機会を現代の学生が持つのは至難であるので、次善の策として知識で与えることが必要である。

3.2.2 実行力を高める実務能力の養成

実行力には「実務能力」が含まれる。工業社会が成熟する以前では、実務能力は幼児期からの生活体験の中で養われた。しかし現代社会においては生活体験の中で養成される実務能力は少なくなり、その結果、生活体験の中で獲得される実務能力と工学系大学で修得する工学の専門知識とのバランスはとれていない。ざりとて会社に就職してからではすでに本人の感受性や吸収力が低くなり、適正な教育効果を上げにくい。今後の工学系大学で大学院修士及び博士課程へ進学が多くなることを考慮すると、大学において実務能力を上げる具体的な教育プログラムが必要とされよう。インターンシップやコープによって実務能力を教育することが有力な方法の一つと考えられるが、その際にも単に先方の企業に学生を派遣するのではなく、そこでの教育目標と具体的な教育内容について大学と企業側で合意をしておく必要があるのは言うまでもない。

3.2.3 目的意識の醸成

実行力を高める大きな要因の一つは本人の目的意識である。目的意識は人生に対する考え方、社会への貢献に対する熱意、倫理観などの人間としての基本的な素養などが関係し、集合的な教育になじまない。また、工業化が進んでいない社会にあって生活が苦しい場合、いわゆるハングリー精神によって目的意識を持つことが容易である。しかし現代は人間の生存が脅かされない状態であり、その中で明白な目的意識を持つためには高い思考能力で補助する必要がある。日本の場合には戦後の高度成長以前は目的意識は自然に醸成されたが、その後の豊かな社会では若者が勉学に対して明確な目的意識を持つことが徐々に困難になっている。さらに最近では工学の成果が非人間的環境、成層圏のオゾン層の破壊や地球温暖化などの地球規模の汚染、際限ない拡大生産による資

源の枯渇などの問題を生み、工学に対して目的意識を持つことがさらに困難になりつつある。さらに加えて大学受験の弊害の一つとして、大学進学時に希望する専門分野ではなく、偏差値で専門分野を選択する現象も見られ、それが学生の勉学の目的を失わせる一因となっている。従って、この教育も困難ではあるが試みなければならない一つである。

目的意識を持つための第二の要因は緊張した精神状態にある。精神が怠惰であれば興味をもった対象ですら目標にはなり得ない。そのため、ある程度多忙であるという環境のもとに学生が緊張した状態にあることが必要とされる。最近、強調されている「ゆとりある教育」については特にここで取り上げないが、多くの講義に宿題が出ない日本の場合、現在のカリキュラムでは学生が適切な緊張感を持つにはゆとりがありすぎると感じられる。

3.2.4 実行力を高める実地訓練

先に述べたコープ、あるいはインターンシップと呼ばれる大学外の実習は実務能力の養成にも効果が大きい。すなわち、現実の会社の開発活動に携われれば日々起こる様々な問題や克服すべき事項に関してその道のベテランの指示を受けてそれらを解決する能力をつけることができる。しかしインターンシップなどは経験できる期間が自ずから限定されており、また学生にとって企業のカルチャーはあまりにも普段の生活と離れているため、学生はその質の違いに戸惑い、有効な実地訓練の成果が上がらない可能性もある。

すなわち、教育とはそれ自体は体験的ではないが、その代わり体系的であり論理的であるが故に現実的な経験よりもより効率的に人材を育成できるという信念であり、もしこの信念が間違っているとしたら、高等学校を卒業して実務に就いた方が遙かに優秀な人材を育成できることになるからである。

このような考え方から言えば、専門家による集中的訓練としての「実務学習」を設ける方法も選択肢である。「スキル」という日本語には技能、訓練という語感がある。学生は実務能力を集中的に訓練されることによって実際に物事を処理できるほかに、「実務的なことは処理できる」という自信が本人の学業に大きな効果を与えることが期待される。

3.3 コミュニケーション力

3.3.1 英語の能力

日本の工学教育における英語の位置づけは次のように考えられる。第一に英語以外の外国語との関係では、他の外国語がその言語を話す国の人とのコミュニケーションを目的とするのに対して、英語は相手の言語が何であれ、国際的に英語でのコミュニケーションが可能である。その意味で、言語学や文化論としての位置づけを除外すれば、

英語は他の外国語とは異なる位置づけをするべきであり、その意味で工学教育における英語は重要であると考えられる。

第二点は言語はその学問の思考に影響を及ぼす。英語は比較的論理的な言語であり、日本語は情緒的言語と言われる。工学を研究開発するためには英語の方が適していると考えられるが、工学と言語の研究はまだあまり進歩しておらず、明確に決めることはできない。

以上の点から、特に21世紀の国際的環境のもとでは工学教育において英語教育を重視する必要がある。なお、従来から工学系大学の英語教育には、コミュニケーションの直接的手段としての英語教育と、英米文化を学ぶという意味での科目が混合していた。本稿で言う英語教育はコミュニケーションの手段としての教育に限定している。

3.3.2 文章表現力

論理的な文章表現力はコミュニケーションに必要なばかりでなく、創造性に必要な論理性を養う上でも欠かせない。海外の大学における工学系教育においても外国語の力や文章力の重要性が特に強調されている。例えば、アメリカのスタンフォード大学では1994年から新しい工学教育プログラムを実施しており、その中で文章表現力を重視している⁽⁹⁾。その教育システムの柱は、①1,2年の全学生に外国語を履修させ、ある基準まで到達させる、②同じ1,2年生に作文の訓練をさせる、③3,4年生に専門分野の作文の訓練をする、そして④卒業論文における文章力の指導する、の4つである。特に作文は工学部の教授陣の要求で開始された科目で、極めてハードな訓練が施されると言われ、3,4年の時には専門の論文を書けるまでになる。日本の場合でも文章力の低下や論理的思考力の衰へは歴然としているので、作文や論文の練習をスキル科目の中に取り入れる方向で進めることが望ましい。

3.3.3 対人能力

個人の力で目標を達成する時代から集団での目標達成をする時代に変化しつつある。日本ばかりでなく個人の力を信じそのシステムを組んできたアメリカやヨーロッパですら集団での能力を養成する種々の試みを行っている。特に南カリフォルニア大学やメリーランド大学では小集団の学生がある課題を克服する教育を受けている。その内容は「コミュニケーションの力をつける」という従来の教育の枠を越えて、むしろ日本の「仲間意識を作ってみんなで協力する」という概念である。

対人能力を養成する科目の具体的形態としては、①実験などを通じてチームを組ませ、団体として目標を達成することを学ばせる方法、②ゼミや双方向講義などで普段から会議方式の場での発言が可能な訓練をする方法、③ディベート形式で自らの知見を述べられるようにすること、④パーティー形式の教育訓練を行い初対面の人ともある

程度の話ができるようにすること、などが挙げられる。これらの方法は特定の教員の努力に待つことなく、体系的な教育プログラムとして行われるのが適切であろう。

3.3.4 ニューメディアを駆使できる能力

今後の工学分野でのニューメディアの重要性は言うまでもない。特に電子メールやインターネットは従来の郵便、電話、電信、ファックスなどとは基本的に異なる情報手段であることは日常的に使用している技術者の共通した感覚であろう。インターネットはまだ多くの問題を抱えており、情報の質という点では紙に印刷されたものに譲るところもあるが、コンピュータの処理能力の向上や通信量の桁違いの増大により近い将来にはさらに強力な情報手段になることは間違いない。しかしこの分野は学生が自ら学べるという特徴を有するので、体系的学問を教えるよりも工学系大学におけるニューメディア環境を改善することが効果が高いと考えられる。

3.4 技能

「スキル科目」のもっとも狭義な定義は「技能教育」であろう。工学教育における「技能」は機械加工の実習(機械工学)、金属溶湯の流し込み(材料工学)、化学のガラス細工(応用化学)、建築のデッサン(建築工学)などが挙げられるが、単純に技能を身につけるために行われる場合と、技能的内容を勉学することによってその工学の本質を理解させる目的を併せ持っている場合がある。また英語などの語学とともにスキルとして、この種の科目を分類している大学もあり、さらに実験や学外実習との区別が明確では無い場合もある。

近年、コンピュータ関連の発達や工学自体のソフト化により工学における技能教育の位置づけについてのコンセンサスを得ることが一段と難しくなってきた。本稿での示した「スキル」が工学的知識を現実にする能力であるならば、技能が細分化され多能工の存在自体が無くなってきた現在、学生が「技能」を学ぶ意味はかなり小さいと言える。それとは逆に工学領域でデザイン、感性などが重要視されるようになってきており、むしろデッサンなどの技能は再評価されるだろう。いずれにしても創造力、実行力、コミュニケーション力などと異なり、それぞれの工学毎にかなり異なる教育内容であることができる。

4. 工学教育におけるスキル科目構成

以上の考察よりスキル科目の具体的な例を表1に示す。

表1には4つの代表的なスキル科目群と具体的な科目の例示を行い、履修が求められるものと学生が選択して履修するものを区別した。工学の知識を有効に役立てるために必要なスキル科目の単位数は英語などすでに実施されている科目を除いて、おおよそ18単位程度になる。これを現在の124単位の中で吸収する場合にはスキル科

表1 工学教育におけるスキル科目の内容と単位

分類	項目	目的	科目名	単位	選択単位
創造力	基礎	ニーズの把握	現代ニーズ解析	2	—
		シーズの評価	工学シーズ評価	—	2
		科学の発見史	理学の発見と工学	2	—
	直接的養成	異なる分野の接近	学問領域と創造	2	—
		非存在対象の想像	創造力思考論	2	—
	周辺知識	認識論	創造と認識	—	2
		社会のシステム	社会システム論	—	2
実行力	意志の力	人間の心と目標	知覚と意志	2	—
		意志の力の養成法	実習科目	—	2
	実務能力	実務の構成	実務の構成	2	—
		実務集中訓練	実務教練	—	2
コミュニケーション力	英語	(現在の教育内容)	(現在の科目)	—	—
	文章表現力	作文実習	作文の組立	2	—
		論文実習	論文構成論	—	2
	対人能力	ディベート	ディベート	4	—
		ゼミ	ゼミ	—	—
	ニューメディア能力		(特になし)	0	—
技能	(専門別に設定する)			—	—
(合計)				18	12

目以外の単位数は106単位と計算される。著者の意見では諸外国の工学教育の単位数が130-150単位程度であることから、この18単位はむしろ工学教育を強化する方向で考える方が適切であると思う。

5. 日本の工学とスキル科目

本稿の最後に日本文化と工学のスキルに関して少し触れる。工学教育において、ある教育の試みが形式や方法を欧米に模倣して取り入れても、それが日本の習慣、風土に合致していなければ、効果を上げることができない。その意味でスキル科目の場合にも「日本」というものを抜きには論じられない。その意味で、紙面は少ないが日本の工学とスキルという視点から論じる。幕末の幕府の伝習取締であった永井尚志は海軍伝習所における軍艦スームビンゲ号の訓練を担当したおり、軍艦を実戦に使用するためには単にその操舵ができるということではなく、絶え間なく起こる破損や故障に対処しなければならないことを知ったと伝えられている。これが日本最初の造船所、「長崎造船所」ができるきっかけとなったが、日本の工学（倭の工学）とは異なる工学に日本人が接した最初の瞬間でもあった⁽¹⁰⁾。永井尚志は当然ながらその時に初めて西洋の工学に遭遇し、工学とは見事な作品を眺めるものではなく絶え間ない故障と戦うことなのだということが知った。またオランダから主要な機械は運んできたものの日本には工具や補助的な器具はほとんどないので、何か必要なものがあるとオランダまで取りに行かなければならなかったのである。さらにオランダ人と幕府の官吏とのコミュニ

ケーションがままならず、それも大きな障害となった。当時の日本の先駆者は痛いほど工学におけるスキルの重要性を理解し、工学の本質を垣間見たのである。しかし、日本の工学は日本刀や陶器が最高の美術品になるように、実用より完成品を求める歴史的傾向にあり、それが日本の工学における「スキル」の軽視につながっている。

また本稿では「工学的目的を達成する為の力」を構成する重要な要素である工学倫理⁽¹¹⁾、及び人文科学的、社会科学的知識については論及しなかったが、工学倫理ばかりでなく、日本の教育がその目的に対して直裁的になり、関連する学問や技術を学ぶことが少ないという特徴も挙げられる⁽¹²⁾、⁽¹³⁾。

おわりに

日本社会が高度に成熟し国民所得が世界のトップになった理由は、日本の工学と工業の貢献である。工学は生活を豊かにし、同時に若者からハングリー精神を奪い、現実感を喪失させた。従って工学はその成果のもたらすひずみも甘受しなければならないだろう。それはあたかも物質生産によって汚された環境を工学自体の手で解決しなければならないことと同じである。すでに多くの青年にとっては創造力や実行力を系統的に教えられなければ訓練する場が無いことが現実である限り、日本の工学系大学はその期待に積極的に応え、試行することが必要であると考え。

最後に本稿は創造力の養成などの科目に「スキル」という述語を使用した。著者はこの用語に最後まで抵抗感があ

った。スキルという用語は「技能教育」という意味で使用され、それは「創造性」とは対局にある概念であるからである。今後研究が進んでより良い用語が用いられることを期待したい。

謝 辞

本論説は「工学における教育プログラムに関する検討委員会(委員長 名古屋大学 山本尚先生)」教育システム分科会委員長 大阪大学 都倉信樹先生)でのディスカッションにより触発され、ご指導を受けたものである。山本先生、都倉先生及び委員の先生に深く感謝申し上げる。

参 考 文 献

- (1) S.Brown : "The Wisdom of Science", Cambridge University Press (1986)
- (2) 山本 尚 : 工学教育プログラム検討委員会1997年度報告第一分冊 (1997)
- (3) J.ギブソン : 生態学的視覚論, サイエンス社 (1985) など
- (4) 「工学における教育プログラムに関する検討委員会(委員長 名古屋大学 山本 尚先生)」海外視察報告 (1998)
- (5) 日本工学教育協会第46回年会, セッション「工学教育の個性化・活性化」講演 (1998)

- (6) 島田 弥 : 平成10年度工学・工業教育研究講演論文集, P.197-204 (1998)
- (7) 生島義之 : 「現実喪失の思考」, 近代文芸社 (1994)
- (8) マックス・ウェーバー著 : 尾高邦雄訳, 「職業としての学問」, 岩波書店 (1982)
- (9) 武田邦彦 : Private print (1998)
- (10) 武田楠雄 : 「維新と科学」, 岩波新書 (1960)
- (11) M.W.Martin, R.Schinzinger : Ethics in Engineering, The McGraw Hill (1983)
- (12) 武田邦彦 : 工学教育Vol.45, No.6, p.2-5 (1997)
- (13) 武田邦彦 : 工学教育Vol.46, No.1, p.12-16 (1998)

著 者 紹 介

武田 邦彦
1943年 東京生まれ
1966年 東京大学教養学部基礎科学科卒
1985年 旭化成工業株式会社ウラン濃縮研究所長
1993年 芝浦工業大学工学部材料工学科教授
現 在 芝浦工業大学学長補佐, 大学改革推進本部副本部長工学博士(資源材料工学)