工学基礎に関する教育の具体的方針*

—全国大学工業化学・化学工学合同研究集会 続報—

森 田 徳 義**

緒 言

全国大学工業化学・化学工学合同研究集会の経過の概要および主要テーマの討論内容については、藤田氏¹⁾によって報告された。本報では、第3回研究集会のテーマの一つとなった題記の問題についての討論の内容を紹介したいと思う。

第3回研究集会では²⁾、このほかに、教育としての実験実習とくに機器実験についてというテーマについて討論が行なわれ、静大桜場教授の実験実習の内容と機器の取り入れ方、同志社大原教授の機器分析実験実施の具体的方針、広島大河村教授の実験実習を実施した経過および問題点、ならびに新潟大磯村教授の化工実験の内容、などを主とした詳しい講演と、実験実習の指導の仕方、ならびに機器実験設備および指導人員の充足に対する予算措置などについて、活発に討論された。さらに、以上2つのテーマの討論に先立って、大学における教育に関する要望と題して、千代田化工建設社長玉置明善氏および日本電池社長岡田辰三氏の講演が行なわれた。玉置社長は、大学教官の研究成果が外国特許の取得に結びつき、一面において日本の技術の先進性を向上するとともに、その斬新積極的な研究態度が学生に反映するようなものであることが望ましいと強調した。また岡田社長は、氏が日頃提唱するところの創意工夫を生みだせる人の養成を強調し、一つのものに打ちこみうる習慣が重要であると説いた。両氏の講演はその主旨において一致するものであって、創造をつとめることの重要性は、古くは今上天皇の朝見式勅語にも述べられたことであり、とくに先進国として立ちとうとしているわが国の現在において重要であると考えられる。

主題に戻って、工学基礎は Engineering Science の訳語として用いたものであるが、これが工学教育上重要であることが提唱されてからすでに長い期間がたっており、第2回研究集会でも議題の一つとして取りあげられたが、それが何を意味するかの解釈や、どのように実施すべきかの目安については、今日においても見解がいた

ってまちまちであるので、ふたたび取りあげられることになった。第3回研究集会では、東工大藤田教授の概説および東工大での現状、文部省小田科学官の世界工業教育会議および日米間の工業教育に関するセミナーでの講演および討論の内容、横浜国大青木教授の同大学での理念および実施の経過、および東海製鉄前社長香春三樹次氏の氏自身の経験に基づいた工学基礎のあり方などについての講演があった後、種々討論が行なわれた。以下にはそれらの内容を主とし、それに他の文献および若干の私見も加えて、主題の問題についての解答を要約してみたと思う。

1. 工学基礎とは何か

工学基礎を一言で定義することは不可能であるかもしれないが、その影像をできうる限り明らかにしておくことが望ましいので、あらかじめこれについてのアンケートをとった。アンケートでは、工学基礎についてあらかじめつぎの a, b, c 3つの定義を記載し、そのいずれが最も適当であるか、また他に適当な定義があれば d に記入するよう要求した。回答総数 62 票のうち、つぎのようであった。a. すべての工学者が工学の基礎としてもっているべき素養で、学科系統、たとえば機械系、電気系、化学系などのいかに関係しない。17票。b. 工学者が工学の基礎としてもっておるべき素養であるが、学科系統により異なる科目も含まれる。42票。c. 一つの学科系統の中のすべての専門分野に共通した基礎学科目。2票。d. 1票。工学者が自分の専門工学を十分に駆使するために必要な理科知識および非専門工学の基礎的素養。

a は第2回研究集会²⁾において横浜国大友成教授が、ここで定義したいとは思わないがとことわって与えた影像で、第3回研究集会においても同大学青木教授は、工学基礎は基礎科学と専門工学との橋渡しをするもので、基礎科学にその根底を置いて、その知識を応用にまで進めるものであるとした。アンケートの結果は、a は b に比べて票数において少ないが、多年の間工学基礎に関心を寄せられたと思われる大学に a の票が多いような傾

* 昭和40年11月4日 受理

** Noriyoehi MORITA 名古屋大学工学部 化学工学科

向が感ぜられた。しかし、実施面から見ると、後にも示すように、bに該当する傾向が強いようである。

藤田教授は、工学基礎の目的は現在たとえば熱力学を少しずつ各講義で聞いているような重複を避けるものであるとし、青木教授は細分化した各科のカリキュラムの重複を避けて整理統合をはかり、異なった専門分野の根源にある共通な原理を一括して教授するものとした。また、香春氏は工学基礎は各専門部門のいずれにもその要素の一部として含まれており、人により場合によって多くの違った専門分野から集められてくる一つのニュアンス的なもので、伸び縮み自在の物指と思われ、決定的な型や体系にすることが困難なものとした。小田科学官は、その紹介講演の中で、戦前のエンジニアは生産的見地から養成されたもので独創の仕事ができなかったが、役にたつエンジニアを養成するには数学者物理学者に工学教育をさせた方が良く、大学の工学教育は基礎的なものに力を注ぐ方がより独創的な卒業生を送り出せると考えられるようになったと述べ、先生は学生が今後40年間活動することを考えて教育することが重要であると認識されてきた事情を指摘した。

アメリカ工業教育協会は、工学基礎は数学・物理学・化学・その他の基礎科学に根ざして、しかも知識をさらに応用にまで広げ、より実的な事柄に立入って基礎科学の基本法則や一般の原理に基づいた論理的思考を加え、工学的解析・設計・総合に関する基本的問題を提示し、その解法を説明しようとするものであるとした⁴⁾。また、Dodge氏は、工学基礎は大ざっぱな定義では工学的な問題を解く上に実際に役立つ事実や関連を技術者に提供する科目、あるいは応用性のある科学または工学に役立つ科学といってもよからうと述べている⁴⁾。

2. 工学基礎教育の現状

アメリカ工業教育協会は、工学基礎を分類して、1. 固体の力学（静力学、動力学、材料強度）、2. 流体の力学、3. 熱力学、4. 移動および速度論（熱、物質、運動量輸送）、5. 電気学（場、回路、エレクトロニクス）、6. 材料の通有性と特性、とした。Dodge氏はこれら6科目のほかに、7. 反応速度論を加えたいとした。また、学部カリキュラムの時間配分の平均が、およそ人文社会科目20%、基礎科目25%、工学基礎20%、工学解析および設計25%、選択科目10%となっていると述べた⁴⁾。小田氏は、アメリカの大学で1週1時間の講義と2時間の予習、復習で1学期1単位、4年間で合計180単位の中、20~25%が一般教育、50~70%が基礎となる科目で、専門学科目は非常に少ないことを指摘した。

工学基礎として重要と考えられる学科目についてアン

表1 工学基礎としての重要度順位

順位	工業化学	化学工学
1	応用数学Ⅲ ^a	応用数学Ⅲ ^a
2	熱力学	応用数学Ⅱ ^b
3	応用数学Ⅱ ^b	一般力学
4	分析化学	応用数学Ⅰ ^c
5	有機化学	輸送現象
6	応用数学Ⅰ ^c	熱力学
7	無機化学	流体力学
8	物性論	応用物理学
9	物理化学実験	速度過程論
10	分析化学実験	物性論
11	量子力学	材料力学
12	応用物理学	物理化学実験
13	速度過程論	分析化学
14	一般力学	有機化学
15	応用物理学実験	無機化学
16	図学	量子力学
17	電気工学概論	電気工学概論
18	輸送現象	応用物理学実験
19	計測および制御	分析化学実験
20	流体力学	計測および制御
21	機械工学概論	図学
22	材料力学	機械工学概論
23	金属工学概論	金属工学概論

注1. a: 微分方程式、数値計算など、b: 級数論、関数論など、c: ベクトル、解析幾何学など。

注2. 表に記載した学科目以外にも、統計学、推計学、実験計画法、高分子化学、構造論、工業経済、工学概論など多数があげられた。

注3. 物性論、輸送現象、量子力学、熱力学、および速度過程論は物理化学を細分したものであるが、主旨が理解されなかった向もあった。

表2 工学基礎学科目および受講学科

東京工業大学					
学科目	工化 ^a	材料 ^a	機械 ^a	電気 ^a	建設 ^a
工業力学など	○	○	○	○	○
一般機械工学	○	○	×	○	×
流体力学など	×	×	○	×	×
工業熱力学など	○	○	○	×	×
物理化学など	○	○	×	×	×
化学工学基礎(移動論)	○	○	×	×	×
電気学	○	○	○	×	○
一般電気工学実験	×	○	○	×	×
材料物性など	○	○	○	×	×
電気物性	×	○	×	○	×
工業材料など	○	×	○	×	×
工学解析	×	×	○	○	×
機械計測など	×	○	○	○	×
自動制御概論	×	○	○	○	×
プロセス制御	○	×	○	○	×

横浜国立大学					
学科目	応化 ^b	化工	機械 ^c	電気	建築
一般力学	○	○	○	○	○
材料力学	○	○	○	○	×
流体力学	○	×	○	○	×
熱力学	×	○	○	○	×
移動および速度論	○	×	○	○	○
電気工学原論	○	○	○	×	○
材料基礎学	×	○	○	○	○
計測および制御	○	○	○	○	×

注1. ○は受講、×は非受講を示す。

注2. a: 学科系統を示す、b: 電化、金属を含む、c: 造船を含む。

ケートをとった結果は表1のようであって、工業化学、化学工学に共通して上位に属するものは、応用数学、熱力学など若干に過ぎない。また、藤田教授および青木教授によって紹介された東工大および横浜国大の実施状況を表2に抄録した。これらを見ても、要求される学科目が学科系統によって著しく相違していることが分る。

熊大竹井教授は、工学基礎を整理統合した場合は、工業基礎数学、工業基礎物理学、工業基礎化学の3大別系列に分けられるであろうと提案した。また関大中川教授は、工学基礎はなるべく少数科目に限定すべきであり、機械工学概論、電気工学概論など概論と称せられるものは、工学基礎より分離して専門科目に入れるのが適当であるとした。いわゆる概論のあり方については第1回研究集会においても若干の討論が行なわれており、藤田教授はこの点を指摘して、概論は概説ではなく、概念論でありフィロソフィーであるというように解釈していると説明した。竹井教授は、概論を大意という意味に解釈するのであればわざわざ工学基礎でやる必要はないが、科学概論とか哲学概論などと同列に工学概論という本来の言葉の意味につかわれるなら、高学年次学生の課題として考えてよいのではないかと述べた。

3. 工学基礎教育のあり方および問題点

工学基礎の教授内容がどのようなべきかは、最も重要な問題である。工学基礎が定性的な取扱いをしななければならない分野で大きな不信感をもたれていて、このために計算の問題にならないようなすべての問題を取り上げないような傾向が生じている¹⁾。また、藤田教授も指摘しているように、工学基礎の考え方が統一されていなく、サービス講義と混同されがちである。青木教授は、いくつかの問題点をあげた中で、専門色の無い共通的な基礎知識ではとかく抽象的な無味乾燥なものになりやすく、原理を十分理解させるとともにその具体的な適用例をなるべく豊富にすることが望ましいと説いた。一方、工学基礎を強調しすぎて専門を教えない傾向に対して、アメリカ国内で起こってきた警告については、第2回研究集会で京大吉田教授の紹介があった。これらの点から見て、標準的教科内容またはテキストの作製が望まれる。このことは、カリキュラムの整理統合をはかり、専門ごとに異なった表現でなされる同一原理の講義の統一、および術語および記号の統一をはかる上にも重要である。

工学基礎教育を質的に向上させるには、教官自身の努力が必要であることは言うまでもない。しかし、イリノイ工科大学の中本教授がアメリカの物理化学教育の現状を紹介している中で、つぎのように述べているのが注目される²⁾。すなわち、「大部分の教官にとって、教育と研究にどのように時間を配分するかということは深刻な問題である。大学教官としての“市場価値”は本人の研究における能力でまゐる。したがって教育に熱中して研究をおろそかにすると、自分の糧道を断つことにもなりかねない」と。このことは、日本の現状においても当てはまるであろう。これに対しては、一方では教官の宗教的自覚とでもいえるものが必要であろうが、他方しばしば議論されるように、設備および人員について適切な配慮のなされることが必要であろう。

工学基礎教育の進め方についての相反する考え、すなわち、これを学部課程に十分に取り入れるべきか、学部卒業生にはあまり必要が無くて修士博士課程に必要であるかの点、ならびに実験を先にして理論を後にするか、講義を先にして理論を知らさなければ実験の意味がないとするかの点についての中大石黒教授の質問に対して、香春氏は、学部課程を5年にでも延長しない限り時間の制約があり、深く進むのは大学院において行なう方が好ましいと述べた。また小田氏は、講義と実験とのどちらに重点をおくべきかの解答は非常にむずかしいが、アメリカでは少なくとも初年度（4年課程の）では講義に重点がおかれている。これは、アメリカの大学では初年度にたくさんの学生を入れるので、費用のかかる実験を初年度には少なくしていることによるのではないかと答えた。実験的素養は工業技術者にとって重要である。それにもかかわらず、学生が講義面または理論面を尊重して実験面を軽視し、工学における実験の意義を理解しない風潮が認められる。したがって、学生をして工学はその専門または方法のいかにかわらず、実験的事実に立脚するか、実験的実証を必要とするものであることを認識させ、実験的素養と科学的推理力の養成とが調和を保ちうるように、工学基礎の教育がなされるべきであると考えられる。

参 考 文 献

- 1) 藤田重文：化工，30，19（1966）
- 2) 第2回研究集会議事録，1964
- 3) 第3回研究集会議事録，1965
- 4) 化学工学研究調査委員会資料，1965
- 5) 中本一男：化学と工業，17，510（1964）