

大学工学教育に対するアメリカ人とドイツ人の考えかた

H. ラウス・E. ナウダッシャー



ラウス博士



ナウダッシャー博士

解説 本文は Journal of Engineering Education 57 巻 1号 (1966 年 9月) pp. 49~55 に掲載された論説 “German-American Observations on Educational Reform” の抄訳である。

ラウス教授は水理学研究上に幾多の業績をあげている世界的に著名な教授であり、現在はアイオワ大学工学部長の職にある。また、ナウダッシャー博士はドイツから渡米し、アイオワ大学において水理研究所の副教授として教鞭をとっている。この両者がそれぞれの国、アメリカおよびドイツにおける大学工学教育制度につき互に批判、分析しあったものである。昭和 24 年にアメリカの大学制度を導入し発足した新制大学制度の中に、今日においてもなお多分に旧制大学の時代におけるドイツ風の大学制度の影響を残しているのが大学土木教育にとって、本論文は誠に示唆に富み、興味あるものであると考えて、ここに土木学会大学土木教育委員会資料として御紹介する次第である。

なお、抄訳に当っては、河野 彰委員 (株式会社 大林組) の多大のご努力があったことを付記して謝意を表したい。

大学土木教育委員会委員長 林 泰造

ナチ以前のドイツに学んだアメリカ人学生

ナチ以前のドイツに学んだアメリカの水理学の一学生ラウスにとっては、印象深いことが多かった。まず第一に工科大学の数は少なく、いずれも優秀であった。その目的は明確で、工学方面の指導者を養成することであった。そして型にはまった技術の訓練は数多くある工業学校のやる仕事であった。第二には、工科大学は全体として比較的権威があったため、水理学科もその恩恵に浴していた。ただし、来訪者ラウスには、当時機械や航空は長足の進歩を遂げていたのにもかかわらず、土木の分野はまだ一世紀あるいはもっとそれ以前の惰性で進んでいるに過ぎなかったのだということがまだわからなかった。第三に、教授はいずれも世界的に有名で、副教授および助教授にはなり手がいつでもあるので欠員があつて目につくということはほとんどなかった。最後に、全学生に許されている極端な学問的ならびに個人的自由で、これには若いラウスでさえ初めての経験として酔ったのである。事実、講義は当り前のようによく休講となり、設計製図は学内の製図工に金を払えばやってくれたりもするのであったが、それでも 2年ごとに行なわれる試験に学生は合格し、最後に与えられる工学士号 (Diplom-Ingenieur) は、とにもかくにも最高水準を保っているように見えた。

渡独後しばらくして、ラウスはドイツの博士学位をとりたいたい考えるようになった。しかし、アメリカの学士号 (bachelor's degree) はドイツの工学士号 (Diplom-Ingenieur) とは比較にならぬものであるから、ドイツではもう一度学部 (undergraduate) に入学してそこからやり直さないといけないといい渡された。仕方なく学部に入學してみると、彼が出席した講義の多くは自国で学んだことのくり返しにすぎず、そうでない講義はどちらかといえば工業学校向きに思われた。結局、彼は正規の講義に出席することを止め、一年間を博士論文の基礎を固めるためについやした上、MIT に戻り修士号をとったが、この修士号はドイツの博士号申請に必要な条件としてドイツの大学が不承不承ながらも一応認めてくれ

35 年ほど前に、本文の著者の一人 H. ラウスは合衆国マサチューセッツ工科大学 (MIT) からドイツに留学し、カールスルーエ工科大学で水理学を学んだ。それから 35 年の後、本文のもう一人の著者 E. ナウダッシャーは偶々それと全く反対にカールスルーエ工科大学からラウスが現在所属しているアイオワ大学を訪れた。先に留学したラウスは当時まだ若年で経験も浅く、ドイツ語はほとんど知らなかったのに比べ、最近来米したナウダッシャーはすでに博士号を持ちカールスルーエ工科大学の研究室で数年研究を手伝った経験があり、英語にもたんだんであった。

* 本論文は土木学会大学土木教育委員会が中心となって抄訳したものである。

ることとなった。そこで彼は博士試験を受けるためカールスルーエに立ち戻った。当時、ラウスもカールスルーエの土木科教授達もともに気づかなかった点は、博士学位をとる準備に関し、ラウスとそれから彼と同時代のドイツ学生との間にもし相違がありとすれば、それは大学レベルにおいてではなく中高校レベルにおいてであるということであった。当時のドイツの中、高校教育は、明らかに合衆国のそれよりも優れていた。ドイツの工科大学に入学するものはすでに数学、基礎科学、人文科学等の基礎が十分できており、独自の研究を行なう能力をもっていた。

今日の合衆国を訪れたドイツ教育者

ドイツ人ナウダッシャーは、渡米して多くの新しい印象を受けたが、それに順応するまでに相当の時間がかかった。たとえば、工学の実際面に対する準備を強調すればするほど、急速な工学上の進歩のもとでは職業的な知識の幅と順応性をつくるためには充実した基礎的なカリキュラムが欠かせない前提条件となるということを産業界においてさえ、すでに認識していたことを知り、また人々が熱心にカリキュラムの改革を論じるのを聞いて驚いた。また、ドイツではカリキュラムの国家的画一性が必要であると考えられていたのに対し、合衆国では意識的に画一性から離れようとする傾向があった。

研究・教育活動に関して、ドイツ人著者が求めるものを満たしてくれる研究所はアメリカには沢山あった。水力学 (fluid mechanics) という単一の分野一つだけを取り出してみても、彼の選んだアイオワ大学の水力学研究所は、それぞれ大学院の学生達と博士課程専攻者達のグループにより囲まれた6名の教授会メンバーの者から成っていた。研究所のすべてのメンバーはそれぞれ少しづつ専門を異にするため、学生は科学のあらゆる面において研究能力を強化することができ、もし学生の求める特定の知識がカリキュラムのコースに設けられていない場合には、特にセミナーを行なってくれるようになっていた。

合衆国の教育における最近の傾向

第2次大戦時中行なって成功した科学 (science) と工学 (technology) 間の提携は、工学教育者をして工学基礎 (engineering science) の面を一層重要視せしめることになった。不幸なことにこれと反対の方向に行く傾向が高校教育に存在したため、工科大学は入学する学生の学力不足を補うのに相当の時間を割くことを余儀なくされていた。しかし、スプートニク第1号打上げ以来、中、

高校における数学および基礎科学の教育も次第に改良されてきた。しかし、それと同時に宇宙と原子力開発がその誘因であるが、科学者と技術者は力を合わせねばならぬという要求が高まり、それが工科大学にも反映されて優秀な学生の多くが数学、物理等の新しい魅力にひかれて工学から離れていった。工学の教課程は一層科学を強調し、ついには余りにも研究の方向に向けられすぎているという批判をひろく一般にまき起こすほどであった。しかし、このような科学重点の傾向のみが存在していたというわけではなく、いくつかの相反する傾向も存在していたのである。たとえば、純粋科学と応用科学すなわち工学との差は、工学においては、判断と経験の添加が必要なのだという論理的信念の上にたつものもあった。しかし、こういったドイツ流の考え方よりは、むしろ学生の創造力を科学の形式ばったことで窒息させることのないように、抑圧されない独創性の涵養を大学の1年次から行なわなければならないという考え方も論ぜられた。

ドイツ人著者が合衆国で感じていた“教育学的激動”のさなかに、アメリカ人は大量業績の天才であるという伝統が他面余り有難くない影響もおよぼしつづけていた。というのは、大体どこの国でも学生は専門教育を受けるため大学に入るわけであるが、合衆国では中高校以上の教育を受けることは、大分以前から身分のシンボルと考えられるようになっていたので、大学生の大多数は大学教育が中産階級的生活様式の一つであるがために、大学に通うようになってきているという点である。

工科大学は比較的その専門的色彩を保ってきたというものの、やはり学生人口の爆発的增加の影響を受けないわけにはいかなかった。教育機関がジュニアカレッジからカレッジへ、そしてカレッジから総合大学へと格上げを試みている今日、工科学生もまた大学レベルの学歴を欲するのである。その結果は、工学を教える機関はいずれも同じ標準の評点を得ようとするようになってきた。

もし、日常の型にはまりきった技術上の仕事のために訓練すべき人の数が、高度の創造的な仕事のために教育すべき者の10倍程度必要であるというのが本当ならば、合衆国におけるいわゆる工学教育の多くは、基準にあった大学水準の仮面をかぶった実は工業学校であるということになる。この事態を克服する方法はいくつかある。現在行なわれているのは、工業学校を充実しその数を増やそうという共同一致の運動である。これは大きな工科大学の支持をえているが、一方また工業学校の方は大学水準に近づこうと努力している。かつて、工科系の大学水準の授業に必要な単位を学部の課程にふくめようとして、いくつかの定評ある大学が5年制を試みたが、

次第にうけなくなってしまった。その原因の一つは、4年で学士号が魅力的な専門分野でとれるからであった。今のところ一般的傾向として5年修了の上は修士号(M.Sc)を与え、さらに他と区別をするため、さらに2~3年を所定の科目と研究のためついやして博士号をとるように奨励している。

ドイツにおける高等教育

戦後のドイツには単に教授陣の数が足りないとか、研究援助の方針が足りないとかいうことよりもっと根強い弊害があって、これを治療することが必要であった。改革案は今なお激しく論じられているが、その中の主なものをあげるとつぎのようである。

- 1) 学問の分野の厳密な区わけを避け、また各部門での独裁的機構を緩和すること。
- 2) 「1講座に1人の教授」という伝統的概念を棄て、身分の保証と独立できる収入を与えて中堅層を確立すること。
- 3) 大学の研究チームに講義をしないスタッフを参加させる道をつくること。
- 4) 学内の諸団体を通して教授層と学生との接触を密にし、またイギリスの個人指導制度にならない初学年の間学生の研究グループを組織させること。
- 5) 大学への進学者がもっと増えるように、中高等学校教育に新しいより幅のある道をひらくこと。そして、
- 6) 研究に関心のない学生が、大学を2、3年で退めることができるように新しい肩書きを設けること。

である。

いずれにしても、ここで強調すべきことは、いかなる改革案もその成果は一重にドイツ教授のもつ権力と義務の再分配ということにかかっている点である。現在のドイツの教授のになっている負担は、学問的、研究的責務を果たすことを許さぬほど、重すぎるものと考えられる。

ドイツの工科大学(institute of technogy)の事情を理解するために念頭におかなければならぬことは、すべての工科大学が大学制度のそとで発達し、19世紀の後半に至るまでその与える肩書きは大学のそれに相当すると見做されなかったということである。実際、今日において初めて工学基礎(engineering sciences)が新しく創設された大学の中の一つにおいてやっと加えられたばかりであり、また、今日に至って初めてinstituteに大学という名称を与えるか否かを考慮しているといった程度である。このような事情のためか、または他の要因のためか、ドイツの工科大学は職業訓練の方向に傾いて今日に至っている。ドイツにおいては、工学設計また

は産業界における成功を教授の地位に任命する第一の規準と考えてきているので、教える者達は産業界の直接的な要求がどこにあるかをよく知るようになり、また自分達の学生に就職してすぐに役にたつ教育を与える結果となっているが、最近はこの方針に余りに厳密にしたがうことには重大な欠陥のあることがわかってきている。すなわち、工科の卒業生達が急速に変わりつつある工業分野で、予測不可能な仕事に将来取組まねばならないとき、今日の工学のありきたりの知識では余り役に立たないであろう。工科の卒業生が本当に必要なものは、大学を出て後も新しい知識についてゆけるような継続的な教育計画なのである。それと同時に、他方では教師の側も各自の専門分野の基礎的知識の辺境(フロンティア)を前進させる責任を全うする必要がありとすれば、産業界の相談にのる程度では不十分であろう。明らかに、西ドイツの15の工業学校(technical instute)の有用な資質を各工科大学(technical univrsity)のために活用する方法がもっとあると思われる。型にはまった訓練は工業学校にまかせ、きまった検査や設計は大学外の実験室とかコンサルタント会社にまかせるべきである。

両システムの長所と欠点

アメリカがドイツの工業教育の中に学ぶべき点があるとしてアメリカ人著者が考えているのは、

- 1) 中高等学校は教育のバックボーンであること。
- 2) 型にはまった技術的仕事に対する訓練は工業学校の仕事であること。
- 3) 大学レベルで行なう教育は工学専門職の上層部を養成することを目的とすべきこと。

である。

合衆国の中高等学校の教育を充実させることは、民主主義生活の実現場場である中高等学校を弱体化するものであると考える理由は全くないはずである。ラテン語やギリシャ語を基礎にするドイツの人文科学の教育は、一つの非常に極端なものであるが、自動車運転とか菴あみ的なアメリカの授業も方向は違うが劣らず極端である。一方、工業学校については、大学がその威信の一部を工業学校に譲り、また、職業学校(trade school)が工業学校からその純職人的活動を受け取ってくれぬ限りは、工業学校としての機能を十分發揮することはできない。そして、もしそのようにすれば、本当の大学レベルのカリキュラムは4年間に数学、科学、人文科学および将来の工学指導者に求められる創造力などの基本的な組合せを十分取入れることができ、大学院では専門の研究に専心することができるようになる。授業料の点だが、なぜ合衆国の初、中、高等学校は州費で全額あがないなが

ら、大学はその一部のみしかあがなわれないのか。高等教育を受けた合衆国市民はアメリカの大切な商品ではないのか。

一方、ドイツ人著者の側からみると、工学教育の改革において合衆国の大学が先達をつとめていると考えられる点は、主として大学院教育と教授陣の構成およびその方針である。エリートの前進を第一目的とするなら、欧州の博士候補達は何故援助もなく自力でやらされるのか。孤独なドイツの教授は、助手達にとり巻かれているにしても、チームを組んで種々の任務を分担するアメリカの教授の能率と生産力とに太刀打ちできるなどどうして考えることができよう。

ドイツとアメリカにおける学部の教育

ドイツあるいはヨーロッパの大学の伝統の特色の多くは、まだにエリートの教育に最良の条件を与えるものと見なされているが、これの是非が問題となってきている。ここに問題となるのは、今日、大学への入学を思いきって非常に制限し、入学してくる学生達はみな、ずっと面倒をみてやらなくても、そしてまたくり返し試験を課して勉強をさせてやらなくても、自分自身で学習を身につけてゆくだけの自主性と成熟さを持つようになることが実際できるかどうか、また、このようなことが望ましいかどうかということである。電子計算機がますます自由に使えるようになった結果、学問的な背景のある技術者 (engineer) に対する技術 (technician) の最も望ましい比率が徐々に変わりつつある今日、大学はもはや入学資格を余り厳格にしているわけにはいなくなっているはずである。明らかにこの事実が気がついたのでためと思われるが、現在のドイツの教育改革は、いま、少なくとも大学の初学年度においては学習上の自由を制限し、試験をさらに厳しいものとする方向に動いてきている。そして、その目的は入学をきびしくすることはしないが、その代り好ましからざる現状——学生の 25% が卒業免状なしに工科大学を去っており、また、中退しないで大学に留る者も規定の 8 学期 (訳者注・年 2 学期× 4 年) をこえて平均 12 学期在学している——を打破することにある。適切な指導なくしては怠け者、あるいは能力のない学生はもとより、意欲的な学生でさえ、教育目標に到達することができないことが大いに認められている。しかしながら、始終試験を課するというアメリカのやり方の利点——授業の進行を遅らせるような学生を早期にふるい落とし、学習能率を上げること——は、良い評点をとることに気を取られるとか、順序立った勉強のきまげになるとか、自由に時間を使うきまげになるとか、あるいはまた、通例、前もって特殊化された知識を必要

とするが、ほとんど洞察力とか判断力は必要としない人工的に限られた問題にしか遭遇しない、という欠点と見くらべてみると、これらの欠点の方が大きいと思われる。

工学上の問題には、大抵の場合、理論的思考のみから得られるたった一つの解だけしか存在しないというようなことはないはずであり、またそれなるがゆえに、工学教育においては判断力や直観力や想像力を養うことが特に必要となるのである。工学技能 (art of engineering) を教えて成功するかしないかは、教える対象そのものよりも、むしろその提示の仕方にあるはずである。実際、科学的知識の応用とその知識を前進させてゆくことはいずれも科学というよりは多分に人工的な分野のものであるから、直観的、想像的能力は科学の教科目を通じて十分培うことができる。このようにみれば、設計の学科目だけが想像力やすぐれた判断力の涵養に資する唯一のものではないはずである。設計の学科目が有用なものであるかどうかということは、それらがどの程度まで想像力、判断力の涵養をたすけるかという点にかかっている。設計を教えることの危険性はきまりきった手順という安直な方法が、創造的な能力や決定を下す能力に刺激を与えることが少なく、また、そのように型にはまった手順がちぎりに改変を受けやすいものであり、したがって明日の工学にとってほとんど無用のものである、という事実の中に存していると思われる。

合衆国では、設計における創造力の促進のためいろいろ新しい試みが提案され、また実験がなされているが、ドイツでは改革に当ってなお伝統的な方法を棄てようとしめない。すなわち、ドイツでは学生には一連の演習問題を与えて、それをできるだけ自分の独創力によって解かせるようにする。そして、その課題は工学基礎と経済的考察をどのように総合と最適条件の発見のために適用するのかということがわかるようになるように選んである。中でも最も大きな研究課題は卒業論文 (Diplomarbeit) で、これはいくつかのアメリカの大学の学士論文 (bachor's thesis) と同じく工学上の肩書きの基本になっている。工学上の実際面を教える点に関して、ドイツでは、卒業するまでに 6 ヶ月から 1 ㏰年の実際の経験を積ませるのが普通であるが、私ども両著者の考えでは、実際の経験は卒業後、仕事についてから仕事をやっているうちに経験する方が現実には則している、とする大多数の合衆国の教育者の考え方と同じである。

大学院の教育

ヨーロッパ人の目から見れば、合衆国の大学の一大特色は、充実しかつ成果をあげている大学院教育にあると

考えられる。大学院の学科目は、豊富に設けられており、修士、博士いずれの課程においても所定の学科目を履修しなければならない点は明らかに模範とすべき特色である。

ドイツ人著者の考えでは、ドイツの大学教育の最も弱い点は、基礎学科の授業と専門的な工学学科の授業とを厳密に分離していることである。学部では、数学と科学を初年度と第2年度とに教えるが、この時期は学生の多くが高校におけるきびしい規律からの解放感を楽しんでいるときにあたるため、のちのちの研究のためにいかに数学や科学が大切かということを経験することは、彼等にとって無理な注文である。これと反対に合衆国では、大学院では高等数学と工学基礎の理論面ならびにそれらの応用に重点をおく。その結果、学生は自分の研究に対して知識の関連性を十分に評価できる段階に達したときにその知識を得ることになる。

教授陣の能力

ドイツ人著者にとって最も印象的であったことは、合衆国の大学の学部は教授たちが沢山いること、ティーチング アポイントメントの多いことであり、それがため学生にゆきとどいた世話ができ、それと同時に各教員の教育上の負担が減るため、教授自身の研究と個人的向上の時間が増していることであった。各学科の長は行政手腕によって任命され、その仕事は主として学部長や大学当局と協力して、各学科の教授陣と教育内容の優秀性とを創り出し、かつ維持することにある。そして一方では、教育内容と教授方法について絶えず検討を行ない、適切な期間をおいてこれを改正する。それと同時に他方では、人事の問題を業績だけを根拠として考慮する。このような業績本位の競争ということはドイツの大学においてもめずらしいことではない。ただドイツでは、この競争ということは一度教授という非常に尊敬されかつ羨ましがられる地位を獲得するやいなや終わってしまうように思われる点だけが合衆国と異なっている。

教育に与える外部よりの影響

合衆国の大学は、教育内容の充実と教授陣の質に資する影響を外部からも多く受けている。種々な教育財団は実験を奨励し、根本的に異なる工学教育方法を支援し、常に新しいものが目標であるべき専門分野にとっていつも危険な“停滞”ということを克服する道を開いている。

政府および産業界の機関では、将来性のある基礎的問題の研究に多くの支援をし、設備の整った実験室や研究センターを国内各所に設立するのを援助している。

一言の注意を

両著者がお互いの国に対して意見を述べ相恵的な励まし合いをなすに当って一つ考えられる危険は、他国の方法のうち最善のものを取り入れようとして自国の方法のうち最もよいものを殺すことになるかも知れぬ、という点である。一国の若者達の知脳教育を社会教育を無視して強調することははたははずれであるが、その逆もまた同じである。選ばれたエリートに特殊な注意を払わず大衆を教育することは、エリートに焦点を合わせ大衆をひとりでやってゆけ、ということと同様につらいのとれぬやり方である。工業学校で普通のきまった訓練をしても、大学レベルにおいて設計の独創性を培われればほとんどその意味がないし、またその逆の場合も同じことがいえる。工学の技能 (art of engineering) を学理のため犠牲にできないと同じく、工学基礎学理を工学技能のため犠牲にすることはできない。大学院教育に直結して継続してこそ学部教育は現実にそくしたものであるのであって、充実しない学部のカリキュラムが成しとげなかった点を大学院で補おうとするとは非現実的であるというべきであろう。

(抄訳者・委員 河野 彰)

日本の土木技術 —100年の発展のあゆみ—

日本の今日における輝かしい土木技術発展の蔭には、明治初期から約100年にわたる多くの先輩方の努力を見逃してはなりません。本書は従来あまり見られなかった土木技術史の領域に目を向け、現在を力強く支えている数々の貴重な業績を新しい体系で追ったきわめてユニークな書籍です。若い技術者と共に、これから土木工学の真髄をきわめようとする学生諸君、建設会社に就職された新入社員に、土木とは何か、そしてなすべき仕事は何だろうか、という問題意識を高める上に貴重な書籍ですので学校、会社等でまとめてご購入下さるようおすすめします。

体 裁 : A 5判 488 ページ

定 価 : 1 200 円

送 料 : 150 円