

マサチューセッツ工科大学における教育

Education at MIT

石田 洋 一*

Yoichi ISHIDA

筆者は昭和 34 年東京大学冶金学科を卒業して、その年の 9 月から 38 年 2 月まで米国マサチューセッツ工科大学（以後 MIT と略す）の大学院に留学しました。そこで修士および博士号を取得したのですが、この MIT の授業について学生として体験して私の感じたことを述べてみようと思います。日本の工学教育の参考になるところがあると思います。筆者の所属が冶金学科であったために引用例などが冶金学科にかたよる点はお許しただきたくあらかじめおことわりしておきます。

MIT の教育を考えるにあたっては、まず、いわゆる MIT 宣言というものについて述べた方がわかりよいと思います。この宣言は私が行く何年前に出たものだそうで、アメリカ工学教育の先頭を切る MIT が直面した問題が浮きぼりにされています。すなわち、現代の科学技術が複雑化し、その発展が急速になったために MIT としてはそれらの知識のすべてをかざられた 4 年間の教育に盛り込むことはとうていできなくなった。その上、もし最新の知識を与え得たところで、そういうものはすぐに古くなってしまい再教育が必要になる。すでに MIT の大学院には、そのような再教育を求めて学校へもどって来た技術者が多くなっている。そこでそのような具体的な専門知識を学校で教えることはもうやめよう。そのような知識は各会社で必要に応じて与えてもらいたい。MIT としては、むしろそれらのものの基礎となる学問を教えることに専念しよう、というものです。MIT は、このようなゆき方をすべての工科大学がとるべきだとは考えていない。従来の専門知識中心の教育方式をとる大学も当然あってよい。だが MIT としてはこのようなゆき方をとることにしたということでした。これを冶金学科としてみれば、たとえば鉄、非鉄のような対象別の分類を廃止して、熱力学、金属組織学、塑性学などの学問別の分類にすることを意味します。こんなぐあいですから、授業内容は物理や化学など大学 1~2 年の基礎科学科目に直結したものとなる反面、具体的な専門知識に関しては驚くほど無知な学生もできあがります。たとえば冶金科のある 4 年生が、学年もおわりに近い頃になってからの授業で、「熔鋳炉とは何ですか」と質問するような事態もおこってくるわけです。しかし他方彼らは熱力学や化学反応速度論を知っているから最近製鉄分野に起こったような技術発展にもふりまわされない。たとえば

平炉がだめになって転炉が主流になっても少しも驚かないわけです。日本で専門知識中心の授業を受けていった筆者にとっては、MIT 冶金で内容が共通の授業としては X 線学ぐらいしかなかった、といえるくらいに同じ冶金学でありながらやり方は全然違った授業であったわけです。もちろん従来のごうい記述的な教え方がアメリカでまったくすたれてしまったというわけではありません。ウィスコンシン大学など（実はこの大学も最近の情報によるとカリキュラムを変えてしまったのだけれども）数年前のカリキュラムを見ますと、アメリカの冶金学科もかつてはそのような教え方が主流であったことがわかります。そのような事情は旧大陸のイギリスにおいても同様で、ここでは伝統的な知識中心の教育がまだかなり色濃く残っているように感じました。結局アメリカにおいては MIT がそのような宣言を出したとき、多くの大学が右へならえしてしまい、エール大学など小さな冶金学科の多くはむしろ MIT よりも徹底してしまった感じでした。MIT では冶金科の主任が Chipman であったので、化学冶金が熱力学として強く残り、物理冶金の花形である転位論が冶金学科では育たないで、むしろ Orowan をひきこんだ機械学科によって進められていたような感じでした。

アメリカの大学のこのような変化の速さはアメリカの大学に私立のものが多く、たえず名声をあげるために競争してゆかねばならないという事情によるものと思われる。名声があがれば、学生が集まり、お金が集まり、優秀な先生も集まるわけで、それがまた優秀な研究となり、優秀な卒業生となって名声につらなり、その結果学校差がますますひらいていくということになる。学校当局が夢中になるわけです。アメリカではどこでも学部から大学院への進学にあたり、はえ抜きの者はよほど優秀な者しか残さず、他校の卒業生を優遇して入れています。これは純血主義による併書をふせぐということもあるのですが、実は大学院生は他の学校からとって、学校からの卒業生の数をふやすことが学校の名声のためになるということにもよるのだそうです。もともとレットルがあまりきかない実力の国ですから、ただ卒業させるだけでは名声を維持できない。そこで学校は学生の入学時の成績とそれ以後の成績との相関をたえず調べて優秀な者を入れるように努力しているし、先生は先生でひんぱんに試験をして、学生の理解を確かめながらより良

* 東京大学生産技術研究所第 4 部

い授業をしようとしたえず改良をこころがけている。たとえば MIT の冶金の授業はカタログで見ると 60 くらいありますが、毎年毎年題名が変わり、教える先生も変わっていることが多い。前年とまったく変わらないのは平均して半数に満たない。題名や先生が同じでも授業内容は違い、先生方は毎年学生の試験の成績をみては、工夫をこらしている。最新のものをとり入れるということ自体は、時の審判を経ているものを取り入れることで、よし悪しがむずかしいことなのであるけれども、先生が絶えず工夫改良をこらしているということは教育の必要条件なわけで、輸入するときには世界で一番進んだシステムをとり入れながら、とかく固定化しがちな日本にとって教訓とすべきことであると思います。

次に MIT の授業で感じたことをいくつか並べてみます。まず第一に感じたのは、授業がどれも非常にわかり良いものであったということです。これは特筆しておきたいことです。工学は凡人の学問であって、ついてゆけば必ずわかるべきものであるという考えに徹している。このことは日本の授業ができない学生は放っておくとはだいぶ違っています。もっとも日本では学生側もまた明快な授業をむしろ軽べつするくせがあり、ある程度わかるとよくわかったような顔をしたがる傾向があり、同じく反省すべきなのです。ところで日本の意味の「わかる」という概念は実はアメリカで「わかる」という概念とは非常に程度が違うものです。日本の「わかる」とは、たとえば授業がひと通りわかって質問がなかったということですが、MIT で「わかる」とは試験として出された応用問題が短時間のうちにとけるということを意味します。あっちからつついてもこっちからつついても答えられる状態で、むしろ「悟る」という状態なわけです。そんなに厳密に学んでいたら時間がかかってとても学問の第一線にまで近づくれないという学生がいるかもしれません。それは学問の何たるかを知らないもので、学問は結局悟らなければそれを使って学問を進めていくことはできないのです。逆に悟ってさえいれば基礎的な問題はいくらか掘り起こせるものだという事はむしろ学問をする者の常識でしょう。日本の学問がよく輸入学問で発展性がないといわれますが、この「わかる」ということへの誤解も一つの原因であるような気がします。

本来大学院の時代などは一番創造性のある時期にあたり、へたな知識つめこみの授業をやっているのは、むしろ創造性の芽をつんでいるということも考えられ、基礎を悟らせて後は放り出し自由に考えさせるということが必要なわけです。放り出す点ではむかしからの日本の大学教育には良いところがあったんだと思われませんが、その前提となる基礎中心の授業が軽視されていたと思います。

MIT での授業選択は非常に自由であり盛んにおこな

われておりました。一般に必修は少なく、修士はコースによっていくつか必修のあるものがありました。ほとんどが選択で単位の総数だけが要求されていました。博士コースにいたってはマイナー科目以外には単位総数さえも要求されていなかった。このマイナー科目というのは博士号の条件の一つですが、これは自分の専門科目、たとえば、冶金学科以外に他の科目、たとえば物理、化学、電気などのうちから一つ選んでいくつかの授業を聞くものです。博士として創造的な活動にたずさわるためには、自分の分野の授業ばかりをたくさん聞いたのでは視野が狭くなりすぎて新味が出ず、のびなやむことが多い。新しい学問は既成の学問の中間領域の開発として出てくることが多いので、このような制度をとっているわけです。選択が自由なので哲学や政治学をマイナー科目にえらんで先生を驚かす仲間もありました。もともと冶金の大学院学生は、学部の学生数が1年から4年まで総計しても30人くらいなのに大学院学生は150人くらいいることからわかるように、学部では冶金以外の学科を専攻していた者が過半数であり、したがって学生が選択の尻ごみをするという風潮は全然なく、物理、化学、機械、電気、はては経営学にいたるまで盛んに選択されていました。他学科だけでなく他の学校、たとえばハーバード大学やボストン大学の授業も盛んにとっておりました。だいたいどんな有名な大学でもすべての先生がよく、すべての分野を網羅するわけではないのだから学生が先生を選んで聴いてまわり、また次の学校へ転校していくというのが一番有効なわけです。先生をまわり歩くということは私の経験からいっても学生のために非常に良いことだと思います。有名な先生必ずしも教育者でなく、学生もそのタイプによってどんな先生につくのが有効か違うからです。また現在有名だからといって以前のような迫力を失っていることもあるからです。このような自由な移動が日本でできるようになったら、よくいわれるセクショナリズムの解消にも良いと思われれます。

授業のやり方についてのべてみますと、日本の高等学校を思わせる厳格さが MIT の授業スケジュールについて保たれていました。これは学生はともかく、先生にとって大変なことと考えられますが、実験や試験の採点などは大学院生が助手として給料をもらってやるシステムになっているので可能なわけです。日本では財政的にこれができないわけだけれど、これをやらないことによって起こっている教育効果の損失は大きく、なんとかしなければならぬものと思います。

授業は教科書をきめて、次回は何ページまでと予告してする講義が多い。したがってただぼんやり出かけていてノートをとるのではなく、学生は授業の際には、すでにそこを読んでしまっており、すでに質問の用意ができていくことになる。自主的なものが要求されて

いるわけです。もちろんはじめに述べたようにわかりやすい授業だからこれだけ準備してゆくと聴いていてわからぬことは決してない。そのかわり出席しないといくら質問があってもそのまま残るから、それがてきめん成績にひびく。だからサボ学生、遅刻学生はいない。だいたい大損だからそんなことをする気にならない。ひんぱんに試験があり、また毎回参考書をページまできめて宿題がでる。宿題勉強用図書館が夜中1時まで開いている。このような自習の時間が単位として数えられてカタログにのっており、それを見るときどの程度の自習時間を必要とされる科目であるかがわかるようになっていきます。たとえば Elliot 教授の熱力学の授業は1週4時間の授業で8時間の自習というぐあいである。成績の悪い者はどしどし落第させられる。州立の大学のように1年生の半数しか2年生に進ませないというほどの厳しさはないが、入学してから無事卒業するのが60%程度でした。入学の基準がゆるく全国テストの成績と出身校の成績で決めているので入ってからそのようなふるいわけをする必要があるわけですが、毎日が試験の連続であって一夜づけがきかないということは学生にふだんの勉強を落ち着いてやらせることになる。もちろん落第させられた場合に

は、転校が非常に楽であって他の学校でとった単位を認める制度がゆきとどいている。したがって学生はむしろのんびきならなくならないうちに転校していくし、どこにでも起こる日常茶飯事となると案外ノイローゼにならないようであります。

最後にもう一つ重要だと感じたのは MIT ではこのような勉強への厳しさの反面、積極的に学生の休けいする所が完備しているということでした。いねむりのできる緑の芝生のある広い庭があり、ソファーが並んでいてクラシック音楽の流れる音楽図書館というのが図書館の中にある。授業の合い間には本をひざの上において、ソファーに深く沈んで目をつむる学生でいっぱいであった。こんな一見なんでもないようなことが、いかに効果があるかということは自分で体験してみないとわからないものです。学校の主人は学生であり、学生のために在るという意識がここでははっきりしている。日本はどうもこの点が希薄であり、先生方もまた学生自身もいいかげんに考えているようで、筆者がこのことを話題にしてもとかく反応がない。実はこのへんに真の問題がある。この点が一番日本の教育で欠けているのではないかと考えさせられます。

(1967年4月24日受理)

次号予告 (8月号)

研究解説

有限オートマトンの代数的性質—遷移行列の構造について—	森河	脇田	義	雄汎
レーザを使用した超高压変流器	斎藤	藤崎	成	文二
	藤	井	襄	嗣
	大	山	陽	豊
	大	野	幸	
東京都心の大気汚染と暖房	勝野	田	高	司
	野	田	耕	臣

研究速報

誘導ブリュアン散乱による液体の音速の測定	鳥根	銅	安	生
	山	岸	勝	雄
		崎	正	之
吸収電子測定法によるジルコニウム中への酸素侵入曲線の観察	本	間	禎	一
MOS 構造の容量—電圧特性曲線に及ぼす BT 処理の影響	堀	内	重	治
	栗	原	出	紀
	安	達	芳	子
	安	達	夫	夫
副共振に起因する水晶発振器の二重発振の一例	高	木	幹	雄
	藤	木		洋

(p. 25 よりつづき)

振動波形にも差異が認められるが、本実験で行なった $V=25\sim 68\text{cm}^3$ の範囲での実験結果からでは、 V による発振限界の差異は重合量による差異ほどは顕著に認められなかった。このことは、式(6)からわかるように、粘性抵抗が大きくなると V の発振限界におよぼす影響が dP/dx (これは近似的に作用圧力に比例し、重合量に逆比例する) の影響に比べ少ないためと考えられる。

(1967年4月25日受理)

文献 1) S. Y. Lee & T. F. Blackburn, Trans. ASME, 74-6 p. 1013 (1952).
 2) F. D. Ezekiel, Trans. ASME, 80-4 p. 904 (1958).
 3) F. W. Ainsworth, Trans. ASME, 78-4 p. 773. (1956).
 4) 斎藤: 日本機械学会誌, 64-515 p. 23 (昭36).
 5) 伊藤, 武藤, 他: 日本機械学会論文集 33-245 p. 51 (昭42).
 6) 兵藤: 日本機械学会誌 66-532 p. 21 (昭38).