

物理教育の中から



酒井 健次

鈴鹿医療科学大学・医用工学部

はじめに
大学生の学力低下が進んでいます。各大学がそれぞれ工夫を凝らしてこの問題に取り組んでいるようですが、問題の根は深く、学力低下は容易に止まりません。

私の勤務校は、三重県の鈴鹿市にある医療系の四年制大学です。一学年の定員は二百六十人、二学部、四学科で一九九一年に開校し、今年で十一年目です。地方の小規模大学は、少子化の影響をもっとも受けやすいというのが定説ですが、ご多分に漏れず入学生の学力が徐々に低下する一方、ここ数年急激に志願者が減少しています。志願者の減

少をくい止めるために、今年になって一部の学科は改組され、全体の定員は変わらないものの学科が一つ増えることになりました。開学してまだ十年の大学ですが、我国私学の一面を端的に示していると思われる大学での教育実践の中で感じたこと、考えたことを少しお話しします。

開学当時のこと

本学の開学（一九九一年）は、大学設置基準の大綱化が行われる寸前でしたので、開校当時のカリキュラムは、旧来の設置基準に基づいたカリキュラムでした。従って、一般教育と専門課程にはつきり分かれており、自然科学では、数学、物理学、生物

学、化学の四教科が必修科目でした。開学当時の学生は、このようなカリキュラムを当然のこととして受け止め、熱心に勉学に取り組み、再履修などで苦労しながらも、頑張って卒業していきました。開校当時、我が国で最初の医療技術者向けの四年制大学ということで、かなり優秀な学生が集まってきたのも事実です。

完成年度と同時に例の大綱化に合わせて、一般教育部は廃止され、一般教育担当教員は各学科に所属することになりました。同時にカリキュラムがなし崩しに改訂され、一年次にも多くの専門科目が開講されるようになりました。そのあたりを食って一般教育科目は徐々に圧迫され、且つ

さかい けんじ●一九三九年、東京都生まれ●著書に医用放射線科学講座第十二巻『医用工学』（共著）医歯薬出版KK等●最近、マスコミや出版界などで大学批判が盛んです。大学批判といっても、ほとんどは、大学教師に対する批判ですが、例外的なことを取り上げて、あたかもそれが普遍的な事実であるかのように報道しています。残念なことに、政治家がこういう報道や記事を真に受けています。その結果、国立大学の独立法人化やら、遠山構想といわれる大学つぶしとも思われる施策が進んでいます。私学の場合、教師よりほとんどの場合、理事者が問題です。理事者におもねる教員を生まないような私学制度にしなければ、アメリカの大学（ほとんど私学）と比較することは無意味です。

軽視されるようになりました。定年退職した教員の補充人事は、教授会や一般教員のあずかり知らぬところで進められ、首を傾げたくするような人事が理事長の独断で行われました。こうした人事が本学のその後に大きな影響を及ぼしました。今日では、一般教育担当の教員は、開学時の半分ほどにまで落ち込み、多くを非常勤講師に頼っています。

これでは、元々学力が低く、動機も薄弱な学生の基礎学力を向上させることは到底望まれません。世間でも学生の学力低下が騒がれるようになりましたが、完成年度以降、入試科目を緩和したせいもあり、入学者の学力のレベルが急激に低下し始めました。これに対して、本学では、学力維持のための方策が採られず、むしろ低下した学力に合わせるように、「一層の大綱化」が行われ、今日に至っています。

物理学をめぐって 私は、開校以来この大学で物理学と

物理学実験を担当していますが、物理学といえば、学生の学力低下が話題となるときに必ずと言っていいくらい例に挙げられる科目です。言うまでもなく、自然科学の中で物理学はもともと基本的な学問の一つです。二十年ほど前までは理系であれば、ほとんどの大学が物理学を入試の必須科目としていたものでした。昨今の状況は、高校で物理を選択する学生は、二割かそこいら、

物理学科か工学部の物理系に進学しようとする学生以外はあまり勉強していないという状況です。本学に入学してくる学生では、正確な統計はありませんが、二割以下でしようし、それもほんの初歩的なところだけでしよう。

しかし、〃医用工学部〃とはいえ、工学部と名がつく以上は、物理学が必須科目であることは当然です。教える方は、そのような考え方が身に染みついていますので、「二年かかってもいいから、わかることが大切だよ」などと何とか学生を励まして、大学レベルの物理学を維持しようとする努力しました。とはいっても、旧来の大学初年次用の物理の教科書の内容はとて無理であることは、一年目ではつきりしました。二年目からは、授業内容を物理学の基礎となる古典力学だけに絞って、本当に初歩から丁寧に教えることにしました。しかし、学生の反応はそれ以上です。易しければやさしいで、それに合わせて〃勉強しない〃、ぎりぎり〃単位さえ取ればよい〃といった態度ですから、学生のレベルに合わせていけば、いくらでもレベルを下げざるを得なくなりません。それでは、専門の基礎となる物理学の役割を果たせません。一方、レベルを維持しようとするれば、大量の再履修者が出ることになります。実際、初期の五年ほど新入生の三割を超える再履修者ができました。これ

は、私学に於いては、おしかりを受けるのに十分な理由です。しかし、その再履修者は二年目にはおおかた単位が取れるので、(全く学習意欲のない学生は必ずいるもので、それらを除けば)、そういうデータを教授会に出し、何とか了解をえて、レベルの維持に努めました。幸い、学生たちの苦情はあまり耳に入りませんでした。むしろ、再履修して、やっと物理がわかるようになって、二年目は楽しかったといった声を聞くことがあり、胸をなで下ろしたものでした。こういう経験から、学生の学力が低いのは事実であるとしても、〃学力を引き出していない〃ということ、あるいは、我慢して学生の成長を待つこともまた、教員の責任として自覚すべきことでないかと思えます。

学力低下のもたらすもの

大学生の学力低下の原因が、大学にあるわけでないことは次第に認識されてきています。様々なことがいわれていますが、高校卒業生のほぼ半分が、大学・短大に進学するのですから、高校生の学力分布が変わらないとすれば、学力の低い方の学生が次第に増えるということになるのは当然です。加えて、高校までの学習内容が、学習指導要領の改訂の度ごとに削減されて、今や新制大学発足当時の半分ほどになってしまったとの説があるくらいです。実際、古い

ことで恐縮ですが、昭和三十年頃には、理系の大学を志望する高校生なら、高校で微分や積分の計算はできたものでした。もちろん数学としての解析学は大学で学ぶのですが（これが、大変なカルチャーショックで始め何のことかさっぱりわからなかったことを記憶しています）、物理学を学ぶ上での不便はなかったものでした。

しかし今では、一流の理系大学はともかく、多くの学生にとって、微分積分やベクトルといった、物理学には是非とも必要は数学的道具が大きな壁になっています。世の中には、「微積を使って物理学を教えるのが間違っている」と宣言する先生も少なからずおられますが、微積は元々、古典力学と共にニュートンが考え出したもので、それには、物理学に必要な考え方が自然に盛り込まれています。こういうことを省いてしまえば、結局高校生がいう「物理は暗記物だ」という誤った考え方のまま、大学を卒業することになり、大学で物理学を学ぶ価値はほとんど失われてしまいます。本学のような大学に入学してくる学生は、将来研究者になろうと思って入ってくるわけではありません。平均的な普通のサラリーマンになるといったコースをたどる学生です。そんな学生に、「物理学とは本来……」などと力んで教える意味はないという先生もいます。しかし、話は

全く逆で、だからこそ大学でそういうアカデミックなことを学んでおくべきで、卒業して職業に就けば、実務的な勉強はできても、抽象度の高い学問的なことを自力で勉強することは至難の業でしょう。物事を実用性からだけ見る見方が最近はやっていますが、物理学の歴史を少しでも学べば、そのような考え方の限界が歴史的に完全に証明されていることが容易にわかりましょう。

「学び方を学ぶ」

それはともかく、専門科目の基礎となことは、細かい物理現象についての知識を得ることだけではありません。それよりも、多様な現象の中から、法則性を見いだしていく方法あるいは、原理的な法則から、現象が如何に説明されていくかといった、分析とか演繹といった科学的な方法を学ぶこと取ることです。こういうことは、具体的に物理学を学ぶことよって初めて身に付くので、あれこれのマニュアルで会得することはできないものです。

更に、難しいとされる物理学を根気よく自らを励ましながら勉強することよって、「学ぶ」ということを理解する上で貴重な経験になります。所詮、勉強は自分と向き合っただけで初めてできるもので、「単位さえ取れば……」とい

ったことでは、身に付くものではありません。物理学は文字通り物の理の学問ですから、考え方やら論理を理解しておくことが重要で、一夜漬けなどのように急にやっても成果は上がりません。将来職業について、自分で職業上必要なことを勉強しなければいけないことがきつとあるでしょう。そのときに「学び方を学んだ」経験が無ければどうしていいかわからないでしょう。実際、何度も落第する学生は、前の日になって、過去問の答えを覚えてくる程度の勉強しかしていないようです。それではダメだと気づき、ちよつと真剣に取り組めば、できることなのですが・・・。

それともう一つ、学生たちに強調していることは、「基礎」としての大切さです。物理学は基礎なので、決して疎かにしてはいけない、だから教える方もきちんとした評価をする、再履修者が多ければ担当者の負担は増えるので、教員にとつても決して楽なことではないのです。しかし、安易に単位を与えることをしないのはそのためで、そこを理解してきちんと誠実に勉強してほしいと強調しています。基礎が大切だということは誰でもいいいますし、誰も異論を唱えませんが、実際の教育の中でこれを実行するには、それなりの覚悟とシステムが無くてはならないでしょう。

位置づけの大切さ

もちろん様々な科目、物理に限らず得るところがあるのは当然です。学生に一つ一つの科目をきちんと勉強させるように、各担当者が努力することはもちろん大切です。しかし、一人や二人の教員がそう心がけても、その他の多勢が熱心にやらなければ、学生の基本的な態度を変えることはなかなかできません。こういう中では、学生は「楽勝科目」に流れがちです。まじめな学生にとつてはいい迷惑で、大学で真剣に何かを身につけるには、個人的努力によるしかないことになってしまいます。

学生に真剣に勉強させようと思うのなら、その目的を意識したカリキュラムづくりが大変重要になってきます。学生の興味や意欲を引き出すようにデザインされたカリキュラムを作らねばなりません。そういうカリキュラムでは、一つ一つの科目の持つ意味や位置づけがきちんと議論され、しかるべきところに配置されていなくてはなりません。同時に、責任ある教育をするためには、カリキュラムも責任あるものでなくてはなりません。必修科目と選択科目の区分け、学習年次、単位、科目間の関連とその内容などが教員の間で議論されて、カリキュラムに練り上げられることが必要でしょう。特に、専門に分化した科目と一般教育

とのバランスが大切です。なぜなら、学問の進歩は必然的に学問分野の細分化を招きますが、そのような細分化された知識を統合し総合的な理論、あるいはフレームワークに仕立てるための思考方法は、一般教育によってより良く学ぶことができるからです。残念ながら、本学ではこういったことが忘れられてしまい、抽象度の高い一般教育の難しさだけが強調されて、「どうしたら再履修者を少なくして、単位を与えるか」といった本末転倒な議論が上層部から続々と出てきます。本来の一般教育の目的やその意義はお構いなし、形式的に「物理学の単位」を与えればよいといった発想です。一方では、物理は大切だ、などと言いながらですから、結局「物理の単位は卒業の勲章として大切だ」といつているのに過ぎません。

こういう形骸化は、結構蔓延しているのではないのでしょうか。根本的な原因は我が国の教育制度、特に、 \wedge 入りにくく出やすい \wedge 大学制度に由来するのでしょうか、今や、 \wedge 入りにくい \wedge 時代は終わったので、こういった形骸化を招かない制度、方策を真剣に考えていくべきでしょう。

一般的に、相次ぐ大学改革の中で、高校までのカリキュラム軽量化の流れが大学教員にかなりの混乱を与えています。本学でも、学生の学力の低さを放置したまま、焦りか

らか一年次から「専門科目」を教えたり、一般教育科目や基礎科目を吹っ飛ばしたりで、カリキュラムの系統性、整合性が失われています。しかも、混乱したカリキュラムでは、全体の授業時間は決して減ることはなく、年ごとに過密な時間割が作られています。こういうカリキュラムができあがってくるにはそれなりの背景がありますが、大きな問題ですのでここではこれ以上は止めておきましょう。

物理学実験

講義と並んで、一般教育の自然科学には実験科目があります。物理学はもともと実験

科学です。ところが、天体の運動などを地球からの観測と地上での実験事実から説明しようとすればどうしても理論的な考察が必要です。講義ではこうしてできた理論について話していくのですが、数式を使った理論的な記述から、実際観測される物理現象を想像できるようにするにはかなりのトレーニングが必要です。実際、リングが木から落ちるのも、月が地球の周りを回っているのも全く同じ法則に従っていると言われて、ピンとくることはまず無いでしょう。(もちろん物理屋だってそうです。が、感激はします)

こうしたギャップを埋めてくれるのが実験です。即ち、物理法則は必ずしも現象をありのままに記述しているわけではないということを実感させ、そういったことが不思議

でないことを納得させてくれるのです。一方でこれは物理学実験の難しさでもあります。

実際に私が物理学実験の担当を引き受けたときに考えたことは、自分の学生時代の経験が大きなヒントになりました。当時の教養部での物理学実験といえ、一回に一乃至二テーマやり、データを取って先生に見てもらう、レポートもなし、これといった説明も指導もなし、実験指導書を読んでその手順通りやるといったものでした。面白いとか、いろいろ苦労した、とかいった思い出は全くなく無味乾燥「実験とはこんなか、フーン：」てなものでした。要するに勉強になったという実感がありませんでした。

そこで、一寸難しそうなものやってみよう、ただし十分時間を掛けてやらせる、レポートをしつかり書かせて添削する、こんなことを考えて、器具を揃え実習書を作りました。開学当時、物理学実験といえは多くの大学では一回、一テーマ、データを取って先生の検閲を受けて終わりといったものがほとんどでした。本学では、一テーマを二回(二週)でやり、実験終了後、次週までにきちんとしたレポートを出させる。レポートは丁寧に見て、間違いがあれば指摘し訂正させる、間違いのないレポートができるまで何度でもやり直させるといったかなり手間のかかることをしま

した。更に、採点の基準を公開し、各レポートの点数も逐次発表しました。この方式は今でも続いています。学生にとってはかなりの負担ですが、「実験をする」ということがどんなことをかを学生に伝えることが出来たと思っています。実験を経験した学生に聞くと、大変印象に残っているという感想が多く、やった甲斐があったと思います。

こういうふうに時間を掛けてやることには他にも大きなメリットがあります。それは、実験が学生とのコミュニケーションの場になるということです。普段学生が教員と気軽に話す機会は少ないので、講義では決してできない学生とのやりとりがあり、学生にとっては大学で学んだという実感がもてたと思います。しかし、ここでも学力低下と意欲減退の影響は避けられません。先輩のレポートを丸写しして出し、さすがにデータをまでは写しませんから、計算が合わずに指摘されても直すこともできない学生がぼつぼつ現れてきました。

ともあれ、この物理学実験は、かなり先進的な方式であったと自負しています。最近では、ぼつぼつこういった時間を掛けるやり方が出てきたようですが、学力低下に対処するためやむを得ずといったところが多いようです。

質問書と試験

このごろは、旧来の黒板を使った講義の評判が悪くなっています。旧来の「講義」

は一方向的に教師がしゃべるだけで、学生が分かるうが分かるまいがお構いなしで、教育になっていないのです。昔の学生ならそれでも良かったが、大学が大衆化した現在では、そのような講義では学生を引きつけることは出来ないと言うわけです。そこで、こういう欠点を補い学生とのコミュニケーションができるような「授業」にすべきだということになってきました。もちろんこれはこれで大いに正しく、授業を改善していかねばならないことは間違いないりません。しかし、実際には大変難しいのです。きめ細かい学生とのコミュニケーションを取りながら授業ができるためには、学生数が多くては無理です。少人数に分けてやればいいのは分かっていますが、私学の現状でそんなことは例外的な場合を除いて、一般には不可能です。しかしいろいろな工夫が提案されてもいます。

私の場合は、話し方などの工夫はするとしても、形式的には旧来の黒板を使った講義をしています。五年ほど前から、「質問書」を書かせるということをやっています。

このアイデアは、もと北大におられた田中一先生が考え出され、ある著書で紹介しておられたものです。毎週やれ

る方がよいのでしようが、かなりの負担なので、現在は隔週にやっています。授業のはじめに、質問を書く用紙を配布しておき、授業を十分ほど早く切り上げて、学生に質問を書いてもらう。講義の内容に関わることだけでなく、日常不思議に思っていること（もちろん物理に関係することですが）でも良いし、講義に対する要望、感想でも良い。

質問については、採点して成績に加える。採点は、半期で最大十点にしています。学生の質問で、共通に疑問としていることや、物理的に面白いことについては、回答を作り、次の時間に配布します。だいたい一回に回答する項目数は十五乃至二十項目といったところです。半分以上は講義の補足説明といったものですが、学生が理解できていないことが出てきますから、かなりの助けになっていると思います。ただし、質問といっても、自分で勉強してみても疑問・質問というのは極めて少ないので、単純なものが多いのは、やむを得ません。学生の反応は、質問書があることは歓迎するが、「質問するのは難しい」といったところです。従って、「何々が分かりません」という質問(?)が多くなってしまうますが、大抵の場合は、ちゃんと聞いていなかっただけのことです。

質問書以外にも宿題として、主に数学の計算問題を課し

ていますが、これは数学の演習だから各自必ず自分で解いてレポートとして出させています。数が多く残念ながら、添削までできないのですが。

試験も一種の学生とのコミュニケーションと考えています。勿論、試験は重要な教育の一環で、学生も真剣になりますから、単に成績判定とだけ考えるのはもったいない話です。各教員がそれぞれ独自の試験観をお持ちでしょうが、私の場合は、まず大学の試験である以上、試験は論述式であるべきだと思つて、そう実行してきました。丸ペケとか、五択三択問題などは特殊な場合のものだと思つています。実は、この論述式の出題が物理の成績を悪くしている一因のようです。最近の学生は、センター試験の影響か五択三択などが試験だと思つている節があります。論述式となれば、順を追つて、整然と書かねばなりません。思いつくままに、あれこれ書いても、良い答案にはなりません。ここ数年、以前に比べて答案が汚れてきています。汚れてくるというのは、くちやくちやとあちこちに書いたり、不必要に大きな字であつたり、読めないような小さい字であつたり、回答すべき内容がしかるべき順序で書かれていないといったものです。また、日本語になつていないような文章が平気で書いてあつたりします。採点するにもどう繋がっ

ているものか、判断に苦しむような答案が増えてきています。これもよく聞くことですが、文章を書かなくなった所為でしょうか。アメリカでは大学初年級の授業科目に作文の時間があるようですが、我が国でも必要になつていないのでしょうか。しかし、試験の答案が、論述式であることを意識させて、そのつもりで勉強するように指導すれば、かなり改善されるのではないかと思つています。

答案の書き方について述べましたが、実は試験の答案は、学生の授業に対する反応がもつともよく表現されているもので、学生の「授業評価」をいうならば、試験の答案から読みとるのが一番でないかと思ひます。勿論全てこれですむわけではありませんが、受け止め方によつては学生のアンケートより本質的なことが分かるのではないのでしょうか。

マルチメディア教育について 序でに、最近はやりのマルチメディア教育について

一言。パソコンの普及につれて、マルチメディア教育と称して、パソコンを使ってパワーポイントなどによる教育がもてはやされていますが、疑問に思つています。目の前で行われる板書と違って、いきなり画面上に文書がぱっと出てきます。場合によつては順を追つてでなく、かなりの内容全部がいきなり出てくる。教師は、その画面に書いて

あることに従って話をする。板書の場合だと、話に従って板書をしていきます。板書の場合とは全く逆です。画面が先に出ますから、学生の注意は画面に向いてしまっています。板書でさえ、それを写すのにかかりきりで話を聞いていないので、画面に文書が出て、その後でその文書の説明がされるとなれば、聞いているとは思えません。もともと、パワーポイントの画面を全部コピーして配ってあげれば、書き写さないのを話を聞くはずだという反論があり得ますが、そのコピーを読むのに気を取られるので、やはり聞く方は疎かになるし、単に目で追うのと、手を動かすのとの差は埋まりません。聞いている人間が、かなり共通の問題意識と知識を持っていけば、OHPとかパワーポイントも有効だと思えますが、学生に対する授業、特に一、二年次の学生の授業には不向きな方法ではないでしょうか。ビデオとか、多くの画像を使った方法も考えてみると、一方通行ということ、板書より優れているとは思えません。また、

不用意に画像とかOHPを使うと、かえって、情報量が多すぎて話の焦点が伝わらない心配があります。間違っているのかも知れませんが、考えてみるべき問題だと思えます。

おわりに

さて、これまで十年間に物理学の授業を通して考え、試みてきたことを述べてきました。

どこの大学でも、初年級の物理学の教育には苦勞しているのが現状で、物理学会でも、物理教育の分科会ができてたり、全国的な調査をしてその改善に取り組んでいます。大学に入ってくる学生の多くが物理学を初めて学ぶ状況ですから、事態は深刻です。工学部をはじめ理科系の大学に進学するのに、物理を真剣に勉強することなく高校教育を終えて来ます。更に、当然ながら、物理学の言語である数学についても基礎的なことを学んでいませんから、言葉が通じないことになりました。ところが、他大学はどうか分かりませんが、本学では、物理専門の教員が教えたのでは難しすぎる、と決めつけて物理学をカリキュラムから排除しようとするようなことが起きています。そのかわりに、専門課程の教員が物理学を担当するか、"なにやら物理"などのまがいものの科目の履修で、形だけは整えようといったことまで起きています。

元々難しいことが定説の物理学を、教養部で単位を取っただけの人が講義したほうがうまくいくというのですから、まともな判断力を持った人間には理解できません。案の定、シラバスが書けない、出来合のソフトをパソコンにだし、公式に数値を入れて計算させるだけ、学生から、理屈の説明も何にもないといった苦情が聞こえてくるのは当

然です。

悪口を言っているわけではありません。物理離れは、ここまで進んでいるのです。即ち、物理離れの問題が本当に深刻なのは、学生の問題より、教員に問題があるからなのです。曲がりなりにも理系の大学で、電子工学だけの放射線だけの講義を担当している教員が、物理学のなんたるかもわきまえず、形式的に単位を与えることで満足してしまう。

実は、これは、物理学だけに限らないのです。例の大綱化以降、全国の大学で教養教育あるいは一般教育の崩壊が進み、深刻な問題になっていますが、多くは今お話ししたようなパターンでないかと思えます。

更に、カリキュラムの作成でも、企業からの「即戦力になる学生がほしい」という声を背景に、一年次から過大な専門科目を取り入れ、その分一般教育科目を削減するようなことが頻繁に起きています。「基礎をやらないでどうするか」と問えば、「専門科目の中で必要に応じてやるから」というのがその答えです。建物を建てるときに、基礎を省いて、柱を建てる段になって、基礎が必要になったのでチョイとその所だけ基礎らしい物を作って、うまくいくでしょうか？最近の「役に立つ何とか」判定法を見ているとこういった例えが、大まじめに信じられているように思

えてなりません。

現代は多くの専門分野の知識があふれています。それらの中から、必要な知識を統合し、総合して、様々な問題の解決に当たらねばなりません。そのような多様な知識を統合して、一つの体系にまとめるという思考方法は、一般教育科目を学ぶことによって作り出すことができるのであって、断片的な専門科目の羅列からは得られません。なぜなら、一般教育科目は、人類の歴史的な蓄積の中から理論化された物がほとんどであり、それらを系統的に組織だつて教えるものだからです。だからこそ、抽象度が高く、高校から入学してきたばかりの初年級の学生が、それらを学ぶことによって、初めて学問とは何か知ることができるのです。もし、初年級から断片的な専門諸科学を、系統性もなく羅列的に学んだとすれば、学問とは何か、どうして理解することができるでしょうか？

私は、入学して来たフレッシュマンの諸君に、「専門科目で習うようなことは、職業に就いてからでも勉強できます。しかし、一般教育科目として学ぶことは、大学を卒業して職業を持つたら、自分で勉強することはよほどの覚悟がない限りできません。是非、一般教育科目を熱心に修得して、世界を広げてほしい」ということにしています。