理工系教育の問題点を考える

A Problem of Fundamental Education of Science and Engineering

松田 哲^{※1}
Satoshi MATSUDA

1. はじめに

ここ数年大学生の質の低下が話題になってきているが、いよいよ文科省も腰を上げざるを得なくなってきたのか、大学生の質の基準として「学士力」なる言葉が聞かれるようになってきた。ここ数年学生に講義をした時の反応が随分変わって来た事を実感している先生方も多いかと思うが、この原因がいったいどこからもたらされているのか、いろいろな要因を指摘することはできるとは思うが、その一端を考え、またその中で工学系、特に理系教育のあり方、どの様に改善したらよいのかを考えてみたいと思う。以下で使うデータは筆者の所属している千葉大学普遍教育センターでここ数年調査を行ってきたデータで、それを用いて議論してみた。大方の理工科系大学の平均的なところではないか、また同じ様な傾向を持っているのではないかと考えている。

2. 現在の大学生学力レベルについて

一部の難関大学を除けば、大学入試のハードルは低くなり、その結果学生の知的作業のレベルが下がったという議論が多く聞かれる。果たして“入試が易くなったから”が原因なのか、入試の種類の多様化が原因なのか。この議論の行く先は入試改革か？などと違った方向に議論が進んでいくのを感じる。では一部の難関大学では学生の質がそれほど低下していないかという、残念なことにそのような話は聞かないし、どの大学でも“レベルが下がった”と聞くことが多い。これは一体どうした事なのか。本来難関大学では入試のハードルは高く、これは余り変わっていないのだから、学生の質は低下するはずはないと思われるのになぜなのか。この原因にはよく言われることだが、大学生の量的問題もあるかもしれないし、大学の全入がより加速しここ10数年の間に大学が増加し、薄まってしまったことによる、知的レベルの平均的低下も考えられるかもしれない。これら社会的要因がないまぜになって、今日の結果になっているとも考えられる。

我々学生と日々接している人間として、これら社会

的要因を慨嘆していても仕方がない。他の要因も検討してみることにする。最初に思いつくことはここ10数年来言われ続けてきた、いわゆる「ゆとり教育」の問題点であろう。見直しの気運が高まってきたが、その学習内容がどうであったのか。特に理系教育についてどうなっていたのか。理系科目の授業時間数の減が学習内容にどのように影響を与えたのか、余り検証されてこなかったように思える。授業時間数の減だけが諸悪の根源でこれを直せば全て良くなるなどというような風潮がマスコミに蔓延しているようだが、より根本は学習内容の減によってどのように小中高での履修内容が貧困化（変質化）したかである。この「ゆとり教育」によって高校での理系教育、中学校・小学校での理科の授業内容がどのように変化したのかまず見てみよう。その上で改善すべき点があればその方策を考えていくのが「学士力」などと大仰な事を言う前に検討すべきことではないかと考える。もし一般的な言葉として学士力なるものが存在するとすればそれはまさに小学校・中学校・高等学校と積み重ねてきたいろいろな分野の知識を大学で初めて総合的に使い判断するトレーニングをする、そして一個の自立した人間として社会に貢献することになる。これらを全て含めて「学士力」と言うのではないかと考える。だとすれば、これは一大学だけで作り上げられる程簡単なものではないと思えるが、筆者だけの感想であろうか。

とはいえ筆者も理科分野すべて網羅できるわけではないので、筆者の専門分野である「物理の分野」を検討し、他の分野を推し量ってみたいと思う。

3. 学習指導要領の変遷

今回の学習指導要領の改訂でどの程度前回削除されたものが復活するのか、或いはさらに削除されるのか、新しい教科書が発行されてからでないと正確には判断できないが、まず前回（平成14年、15年施行）の改定で削除された主だった内容を検討してみたい。

【小学校課程で削除された項目】

(1)音の性質、(2)振り子の運動と錘の運動(選択)、(3)電流と熱、(4)浮力 が削除ないしは選択になっている。

【中学校課程で削除された項目】

平成20年9月26日受付

※1 千葉大学普遍教育センター

(1)熱と温度, (2)電流による発熱, (3)電流と電子, 電子とは, 直流と交流など, (4)力の合成, 浮力など, (5)仕事・仕事の原理, 運動エネルギーと位置エネルギーの実験,

その他 周期律表の縮小, kg重からニュートン(N)へ, 圧力の内容の削減

小・中学校の物理分野だけでこれだけ減らしたわけであるから, 文系分野まで含めたらどれだけの内容が削減されたのか, 全分野を把握している人がいるのか, 寡聞にして知らない。物理分野でいえば化学分野との内容が重複するところ, 単位の問題, 一方の分野にだけ出てくるなど, その内容の整合性が問題になるかもしれない。

【高等学校課程で変更になった項目】

理科総合A(旧中学校第1分野), 理科総合B(旧中学校第2分野)の授業科目が新規に作られた。内容的には主として中学校課程で削除された内容を網羅的に記述したものであるが, 基礎的な勉強になっているか甚だ不安な内容である。

また, 物理IA, IBがなくなり, 各分野とも以前の形のI, IIの授業科目が設定された。しかしながら内容的には以前の教科書から減っている。問題は高校での履修基準(教育課程)の設定である。高校生がどのような履修行動を取っているかである。

4. 高等学校での履修状況

図は平成20年度千葉大学に入学した学生の高校時代に履修した科目を学部別に表したものである(千葉大学普遍教育センターホームページには千葉大学の理系学部・文系学部の区別で載せてあるので興味のある方はご覧いただきたい)。表示はすべて百分率(%:学科定員に対する割合)で表している。同じ理系分野である理学部(図1)と工学部(図2)を比較すると履修の仕方に違いがある。理学部学生であれば理系科目全般を, 興味を持って履修してくるであろうし, 工学

部学生は自分の専攻分野を重点的に勉強するのではないかと思っていたのだが, 決してそうでは無いということがうかがえる。

まず社会系分野(日本史, 世界史)は理学部・工学部で履修の仕方にほとんど違いがないのが見て取れる。

理系分野の学生は社会系分野の科目をこのように履修するのか, あるいは履修指導されるのかがわかる。理系科目をみると工学部では学科毎に大きな違いがなく, 大学での工学系の講義についていくだけの基礎(数学・物理・化学)を高等学校で勉強して来ていると言える。

しかしながら理学部では学生の所属学科によって違いがある。すなわち自分の所属する学科の科目は履修して来ている(当然であろう)が, 他の科目は余り考慮の対象になっていないようである。工学部では生物に関する学科が少なく, 生物の受講者が少ないのは致し方ないが, 理学部は自然系分野の将来を背負っていく学生を育てる学部・学科としては如何なものか, もう少し他分野の科目を広く履修させることを考えなければならないのではないかと。大学では学問分野が細分化されているため, このような未履修の科目を満遍なく履修させるような授業科目は基本的に存在しないのである。これらの未履修科目を受講させるために, 各大学では補習授業(未履修科目の補完授業あるいは既履修科目の補充授業)ないし, 教養科目などの講義名で行うところが多くなってきている。これらの科目は本来大学の講義として有り得るものなのか, 矛盾を感じるが必要なものは大学でやらざるを得ない。致し方ないところである。このような学生の履修状況からすると, 現行のような形での理学部, 工学部と分けておく積極的理由は果してあるのかと思えてくる。もう少し違った形の組織の形があるかもしれない。

また新設された理科総合A, 理科総合Bの科目(どちらかを選択する事になっている。理科基礎も選択肢

図1 理学部学生の高校での履修状況 (%)

図2 工学部学生の高校での履修状況 (%)

図3 文学部学生の高校での履修状況 (%)

図4 法経学部学生の高校での履修状況 (%)

の1つであるが選択する高校は少ない)は理系学部学生の反応が少ないことからみて、学生にとって余り魅力ある科目とはなっていないのではないか。ではこれらの科目が魅力ある科目として有効に働いている学生の所属学部は文系学部かと思える訳であるが、文学部(図3)では理科総合Aが約35%、理科総合Bが約17%である。法経学部(図4)においてもほぼ同様の値を示している。

これらを見ると高校教育の中でこれらの科目の位置づけはいかなるものか考えざるを得ない。小中で削除された基本的項目・内容を勉強しないで社会に出て行く学生もでて来ることになる。これは現実に文系学部の学生と話をしていると痛切に感じることである。むしろ旧課程のように誰でも習っておくべき基本項目として、中学校課程の科目充実のために戻すべきであろうし、また選択科目の一つとしてこれらの科目を必要とする高等学校のためには別の形に整理し直して置いておくべきかとも考えられる。

化学の科目を見てみると理系学部も文系学部も相対的に高い割合を示している。これは学生たちと話をする中で、高等学校の1年時または早い時期に化学を履修させられているとの話を聞いている。そのため理系に進むか文系に進むか決める前に履修させられている

図5 教育学部学生の高校での履修状況 (%)

ことになり、文系にも理系にも多いという事になる。このため進路決定後に履修する科目は自分の進む分野の科目だけになる。このため化学の受講者が多いのである。このようなことから入試科目で物理・化学を必修にしない限り、物理の履修者が減少して行くことが目に見えるし、またそのようになって来ている。高校の物理の教員になる割合がここ数年減少し、また高校で物理の教員が減って来ていることからもうなずける。本来高等学校までの教育は将来どのような分野に進んでも対応できるように学んでおくことも一つの目的なのである。全分野に亘って広く勉強できるのは高等学校でのカリキュラムだけなのである。先程述べたように大学では講義が細分化されてしまい、少し分野がずれてしまうと目が行き届かないことが多いのである。これを何とかするために各大学ともカリキュラムの改善、組織の変更などいろいろと苦勞しているのであるが、まだこれらを解決するところまでは行っていないのが実情である。このように大学教育・工学基礎教育を充実させるためには高校理系教育をシステムチックに充実させなければならないし、そのためには小中学校の理数系の教育を充実させなければならないのである。

このように、高校での履修指導・履修方法を含めて学生自身の将来の選択肢が決められて来る訳であるが、先に記したように学習指導要領で授業内容が削減されてきた小学校・中学校での教育状況を見てみたい。

前に述べたように小学校・中学校での理科の授業時間・内容とも減少してきたわけであるが、筆者自身の事を振り返って見ると理系分野へ進んだ契機は本人自身が興味を持っていたことも確かであるが、これを後押ししてくれたのは小学校なり中学校の先生ではなかったかと思う。他分野の方も含めて、このような経験をした方は多いのではないであろうか。これらを踏まえて教育学部小学校課程の学生の履修状況を見ると(図5)、よく言われているように、基本的に文系の学部であることが分かる。理科・算数などを教科として選修する学生以外は化学・生物を主として受験しており(これは文学部・法経学部の受験科目と同じ

傾向を示している), また他の科目を比較してみても, 一般に受験界で言われている教育学部は文系学部であるということがうかがえる。子供達が進路を決定していく最初の出発点となる小学生の頃に, 余り自然科学に興味がなく, きちんとした基礎知識を持たない先生に教わる事がどのような影響をもたらすことになるか, 想像に難くない。小学校の先生は全教科教えなければならないのである。教育学部での小学校に関する専門教育としては教職専門科目として理工系学部並みの基礎科目はなく, 教科に関する専門科目(教科例えば理科, 算数・数学などの科目)の中に数科目残っている程度である。これで理科の全分野を教える事が出来るであろうか。先程見たように文系学部の受験科目を勉強して来た学生が, 大学でも自分の専門とする教科を数科目程度しか勉強せず, 小学校で面白いそして子供達に興味を待たせる事の出来る理科の授業を行う事が出来るのか甚だ疑問である。小中学校で教職教育の科目は確かに重要である。しかしながら教える教科の内容も重要なのではないかと考えるのである。

これらのことを考える時, 今回の題目のように社会へ出て活躍すべき人間を育てることを目的として, 大学で工学基礎教育をどのようにすべきかを考えるのは悪いことではないが, より元から立て直す必要が有るのではないかと考える訳である。そうすることにより子供達の視野が広がり, 理科に興味を持つ子供達の裾野が広がっていくものと考ええる。このような理由から, 理系科目に力のある先生を小学校に置くために, 出来るだけ早く専門教科としての理数系の先生を付けるべきであろうし, 理系の学生を育てている理学部, 工学部から小学校・中学校の先生になる道を広げて, 多様な自然科学の面白さを教え, そして子供たちの興味をかきたてる様な授業を行なう必要があると考えるが如何なものであろうか。小学校・中学校の先生になる道を多様にすべきではないか。小学校の教員が教育学部出身者に偏るのでなく, いろいろな分野から小学校・中学校の先生になる道を広げるべきであろう。工業立国として生きていくためには, 自然系・理系教育の良い面・悪い面を体験してきた, そしてその解決方法を模索するトレーニングを受けてきた理工系専門学部の学生が小・中学校の教師に成り易くするための方策を考えるべきである。今から始めても10年あるいは20年と時間はかかるかもしれないが, 理工系教育を再構築するためには最も重要なことではないかと考える。

「学士力」という言葉が独り歩きし始めているが, 一大学が専門教育だけをやって学士力が附いたとお茶を濁せる話ではないのではないかと。小さい頃からの積み重ねによって作り上げられていくものであろう。子供達に自然科学の面白さを教え, 身を以て自然科学の面白さを体験して行く事こそが重要なのではないかと。真に学士力, 社会にとって有益な人間, 一人の人格を

持った人間を育てたいと考えるなら, また工業立国として世界をリードして行きたいのなら教育システム自体を見直すべき時に来ているのではないかと考える。

5. 大学での授業評価

さて小中高と学習指導要領から始まって議論が多岐に亘ってしまったが, 果して大学ではどのような状況になっているのかを見てみたい。

図6, 図7は各授業終了後(概ね各セメスターごと)に行っている学生による授業評価の集計表(平成19年度調査分)である。授業科目は多数あるので物理に関する科目を例として挙げてある。

まず, 図6は物理学基礎実験である。全学の理系学部(理学, 工学, 教育, 薬学, 医学, 園芸学の各学部)が共通専門基礎科目として受講している。運営母体は全学の物理系の教員集団と各担当学部から出て行っている。年によって若干の出入りがあるが900名から1,100名の間で推移している(入学定員の48%)。平成20年度は工学部の学部改組が有り若干減ったが, 約900名であった。これらの学生がどのように受講しているのか, 他大学でも同様の雰囲気であろうと推測できるので敢えて述べてみたい。授業評価アンケートの項目は18項目あるが, ここでは学生が大学での実験授業に対して, どのように感じているかの部分を抜き出したものである。

問8は高校で物理実験の授業を何回ぐらい受けたかを聞いたものである。気になるのは4回以上受けたと答えた学生と全く受けなかった学生と分れていることである。4回以上受けたと答えた学生の多かった学部は医学部・薬学部・理学部の一部の学科で物理I, IIを受講してきた学生(前掲の学部別高校履修科目調査

- 問8. 高校では本実験に相当する実験授業はどの程度行われましたか
① 4回以上 ② 3回 ③ 2回 ④ 1回 ⑤ 0回
- 問11. 実験の内容は理解できましたか
① よく理解できた ② 理解できた ③ まあまあ
④ あまりできなかった ⑤ 全然できなかった
- 問12. この実験により視野が広がりましたか(知的刺激を得ましたか)
① かなり広がった ② 広がった ③ まあまあ
④ あまり広がらなかった ⑤ 広がらなかった
- 問18. 本実験に対する総合的満足度を5段階で表すと
① 大変満足 ② 満足 ③ 普通 ④ 不満 ⑤ 大変不満

図6 物理学基礎実験学生評価(回答数880名)(%)

- 問9. この授業を総合的に評価してください
 ①非常に良かった ②よかった ③普通 ④あまりよくなかった
 ⑤全くよくなかった
- 問11. 授業内容は興味・関心の持てるものでしたか
 ①非常にあった ②あった ③まあまあ ④あまりなかった
 ⑤全然なかった
- 問12. 授業はよく理解できましたか
 ①よく理解できた ②理解できた ③まあまあ ④難しかった
 ⑤全く理解できなかった
- 問13. 授業により視野が広がりましたか (知的刺激を得ましたか)
 ①かなり広がった ②広がった ③まあまあ
 ④あまり広がらなかった ⑤広がらなかった
- 問14. 予習・復習はどの程度しましたか
 ①非常によくした ②よくした ③まあまあ
 ④あまりしなかった ⑤全くしなかった

図7 物理学(教養科目) 学生評価(回答数500名)(%)

より)であり、理学部・工学部では2回から3回と答えた学生が多かった。この辺にもいわゆる進学校、受験校と一般の高校との違いが垣間見えるように思える。超エリート校はともかくとして今の高校生は実験実施回数が非常に少ない、あるいは全くやって来ないと考えた方がよいように思える。これ等のことから、少なくとも理系の学生は初年次の時に基礎的な学生実験を何等かの形で行うべきではないかと考えている。自然科学の面白さは実験をやって初めて分かるものではないかと考えるからである。また、千葉大学では今年度(平成20年度)から、文系学部学生向けに実験授業科目「実験で体験する物理」を開講しているが、平成20年前期では80名近い学生が受講登録をして、実験を行っている。この中には文学部・法経学部ほか園芸学部、工学部(デザイン系)など高校で物理をやったことがなかった学生が多く、喜々として実験をしているのを見ると、たとえ文科系に進んだ学生とは言え、このような機会を得るチャンスを大学として用意すべきではないかと考えている。また問18では物理基礎実験に関して学生の満足度を調査したものであるが、「大変満足した」が12.6%、「満足した」が40.3%、「普通」が40.3%と合わせると93.2%となり、初めてこのような学生実験を行った学生の満足度から言うともまずまずではないかと考えている。問11、問12については見て頂く事にして、問12での視野が広がったかどうかを聞いたところ、「かなり広がった」、「広がった」と答えた学生が47.4%、「まあまあ」まで含めると87.3%になっており、学生の意識としてはかなり興味を喚起されて

図8 物理学(共通専門基礎科目) 学生評価(回答1,520名)(%)

いると考えても良いのではないか。

図7は教養科目(千葉大学では「教養展開科目」と呼んでいる)の物理学関連の授業10科目分をまとめたものである。問9は総合評価で「非常に良かった」「よかった」と合わせて45%が回答し、問11で授業の興味・関心が「あった」、しかしながら「よく理解できましたか」では難しかった。授業により視野が広がったかでは「まあまあ広がった」、また問14で授業の勉強は予習・復習を含めて「まあまあ・あまりしなかった」と回答している。大学生について一般的によく言われることだが、「大学に入ると勉強をしなくなる」傾向が表れており、学生自身がこれを認めていることになる。

この傾向は共通専門基礎科目(千葉大学では医・薬学部も含めた理工系学部の基礎科目を全学運営科目として全学の物理系の教員集団が開講し、管理・運営は普遍教育センターで執り行っている。教養展開科目、実験科目も同様である。)の分野(図8)ではどうか、専門科目であれば自分の将来に関わるわけであるから勉強するに違いないと思いたいところであるが、教養展開科目とはほぼ同様の結果が得られている。細かい差異だが問12の授業の理解度を調べた項目では専門基礎の方が若干増えていること、予習・復習等(問14)の勉強も若干増えているのが見られるのが嬉しいところであるが、基本的に学生は勉強するのは試験前だけかと情けなくなる所でもある。

6. おわりに

さて、このように高校までの履修状況、大学での授業科目に対する学生の反応を見てきたが、これらをどのように見るか、大学での講義等にどのようにフィードバックさせるかが問題になるわけである。いわゆるPDCAサイクルを一回り回すための方策という事になる。いろいろな会合で各大学の報告を聞くとPDCまではよく聞く、しかしながら最後のA(Act)の方策がどのようにすべきか、各大学を悩ましているようである。各大学によって実情が異なり、一律の方策を考えるのは難しいのであろう。これを実行するための方

策として、教える教員・内容に関すること、すなわち学生からの反応を見て、教員自らが教育内容・レベルを考えていく従来からやられてきた方法。教養教育・基礎教育では学生が専門学部について行けるための基礎的教養と基礎的知識を身に付けさせなければならないし、また一般人として、社会人として生きていくための教養教育も必要である。これらを学生にどのようにして身につけさせるかを教員が試行錯誤していく時、この授業アンケートは一つの目安になるかもしれない。また学部での専門教育では担当教員が講義したい内容・方法を決め、それに沿って講義を行えば良いであろうが分野によっては専門分野の講義だけでは済ませることができない所が出てくる。これら全体の調和を取って講義・カリキュラムをどのように組み上げて行くかが実は重要な事になる。前者は教員自らに関すること、後者は大学の組織、システムに関わることであり、これら2つが上手く組み合わせられない限り、最後のA (Act) は上手く機能しないという事になる。だからAを行う事は難しいのである。これらの調査等の結果を判断し、大学の組織を柔軟に変えていく事が出来るようになることが重要なのである。これはまさに一学部、一センターだけで出来る問題ではなく、大学として考えるべき問題なのである。

このように考えてくると、「学士力」なる言葉とその趣旨はごもっともではあるが、人間が育っていく上で基礎となっていく事柄・内容を数年のスパンで変更したり、カリキュラムを増加させたり、減少させたり、一貫性があるのか、何を考えているのか、考えざるを得なくなる。真に「学士力」なる言葉を生かすためには、大学の教育システムを変えるだけでなく、小学校・

中学校・高等学校まで含めた教育システムを考え、教育に対する社会的信頼、雰囲気を高めていく努力が必要なのではないかと考える。小中高そして大学での教育、家庭・社会教育などを含めて、これ等の総合結果が今日の状況をもたらしているのである。

参 考 文 献

- 1) 松田 哲：物理分野における小・中・高等学校新旧教科書の比較と学生の学力調査によるその検討, 千葉大学教育学部研究紀要, 51, pp.359-373, 2003
- 2) 松田 哲, 東崎健一, 岡本邦人, 河合秀幸：千葉大学における物理学実験の現状と課題, 千葉大学教育学部研究紀要, 46, pp.43-48, 1998
- 3) 近桂一郎, 他：基礎物理実験の現状と問題点, 大学研究(筑波大学大学研究センター), 12, pp.127-187, 1993
- 4) 直江俊一：大学の物理教育に問われるもの, 大学の物理教育, 97-2, pp.14-18, 1997

.....

著 者 紹 介

松田 哲
 東京理科大学卒業
 千葉大学教養部, 教育学部, 普遍教育センター
 専門分野：磁性体薄膜, 磁気光学, 物理教育
 所属学会：応用物理学会, 物理学会, 日本磁気学会
 E-mail : matsuda@faculty.chiba-u.jp