

理科教育を考える

情報科学科 佐藤 篤

はじめに

日本の大学教育への風当たりは近頃決して穏やかではない。しかしながら一方では、日本の企業は採用試験で大学での成績をあまり重視しない習慣があり、結果として学生は授業よりも“コミュニケーション”のスキルアップに熱心に取り組むことにもなる。そもそも成績を重視しないのは、学生の選考に従事する会社の面々も大学ではあまり熱心に勉強しなかったからに相違ないのだが、そのような日本の伝統の是非はともかく、社会からの北風のなか、教員は学生の勉学への動機付けの難しさに立ち尽くすことになる。北風は理不尽にも思えるが、昨今の国レベルでの経済競争を一大事とするのであれば、当然でもあるのだ。特に、効率最優先のグローバル化の浸透に伴い、OJTは日本企業の非効率性の象徴ともなり、投資対象とみなされる企業となるため、まず採用する人材に即戦力を求め、さもなくば“派遣社員”で対応しようとする風潮が官民連携で強化されつつあるかにみえる。かくして、文科省はアメリカをお手本とみなす有識者を擁し、指導を雨あられと降らせ、競争的研究資金の獲得に駆り立てられる傍ら、教員は教育研究以外の業務にしばしば忙殺されることとなる。日本の大学発の研究成果の質が低下してきているのも、無理からぬ帰結である。誇張しているようにもみえるが、これが日本の多くの大学の現状ではなからうか。この状況は、昨今流行りの“よい循環”の逆であり、なんとか今のうちに逆転を図らなければならない。実は、逆転に最も有効な手段は、企業が変わることである。学生の大学在学中の成績を重要な評価基準とすることを企業が明確にしさえすれば、学生の姿勢は一変する。これはアメリカの大学生がはっきりと証明していることである。最近、日本の高校生の勉強時間が減少してきていることが心配されているが、これは大学入試の多様化にも原因がある。これは二番目の証例でもある。勉強は楽しいからやるものであるべきだが、本来もっと楽しいことがたくさんあるのだ。とすれば楽しさだけに頼るわけにはいかない。モチベーションをどこに求めるか。循環の逆転にはあらゆるものを動員すべきであろう。大学生が勉強しない理由を企業の姿勢にのみ帰するのは無責任でもある。それでは大学は大学の教育をどうするべきなのか、このたび頂いたこの機会に考えてみたい。

素人からみた日本の教育制度の変遷

敗戦を機に、日本の教育制度はアメリカと同じ6,3,3,4制となった。旧制高校が、国民と乖離したエリート養成機関として機能し、日本の国政をゆがめる一因とみなされ廃止すべきも

のと、GHQにみなされたようである。この真偽はともかく、旧制高校を人間教育、その上の大学を専門教育と位置付けた戦前の教育体制は、前半の教養部、後半の専門課程で構成される新制大学に引き継がれた。戦前の旧制高校は難関であり、その後の旧制高校から大学への進学はかなり緩やかなものだったようであるが、その風習は戦後の厳しい大学受験とその後のびやかな大学生活として引き継がれることとなった。戦前の旧制高校の伝統からは教養課程は人間形成の場として機能してしかるべきであったが、残念なことには全く似て非なるものとなり、大学の教育課程の大綱化に伴いあっさり存在価値を否定される結果となった。旧制高校で青春を謳歌した世代と年齢は殆ど同じであっても、新制大学卒の世代とは驚くほど人としての雰囲気異なっている。旧制高校はヨーロッパのカレッジの伝統に習い寮生活を中心に全人教育を行っていたが、戦後の大学の教養部は戦前とは真逆のマスプロ教育であり、その環境の違いによると思われるが、人としての雰囲気の違いには驚くばかりである。いずれにしても、かつての厳しい旧制高校の受験勉強と、そのあとの全人教育はセットとして機能していたが、戦後はどうするのか、実はまだ大きな宿題として残されているように思われる。周知のように、現在のお手本のアメリカは日本とは順番が逆であり、高校までがいわば全人教育の期間であり、大学でひたすら勉強に励めば、それを社会が評価するという整合性がある。一方、日本では戦後のつぎはぎの修復に戸惑っているうちに、一律化を求めるグローバル化の津波が押し寄せてきたのである。全人教育に限らず、社会人としてのスキル、専門家としての知識と経験の深化、これらの教育についてもどのように対応するのか、いずれも確たる見通しは立っていないかに見える。

理系の教養科目と教育の現状

理系の教員の一人として、かつて筆者は本学で教養教育科目の化学の授業を担当していた。また現在も工学部で化学の授業を担当している。限られてはいるがその経験をもとに、理系の教養教育の現状について考えてみたい。筆者は以前医学部で基礎の生化学講座に所属し生化学の授業を担当していたが、医学部では学生がいずれ国家試験で知識が試されることになるため、学習意欲は十分高く、国家試験を多少なりとも意識した授業ができればそれではよかったのである。本学に奉職して事態は一変した。単位という動機付けは、はなはだ心もとなく、授業の主旨を必ずしも共有しないまま、要求レベルを高校レベルに下げている自分に釈然としないものを感じてきた。当然ながら化学は自然科学の一分野であるから、自然科学の化学を学ぶことは、科学、あるいは科学的とは何か、身の回りの物質の世界は何かからできているのか、どのような理解のもとにどう接するべきか、等々の一般的知識を得ることにもつながるはずであるが、現実には、科学とは、あるいは科学的とはなにかについての言及には、

学生は化学の主要な学習事項とは見なさないためか、反応は鈍い。科学の有効性はその再現性にあり、世界を適正に記述するにはまだ未熟であることなども、逆に我々の世界が未だに夢や可能性に満ちていることを示していると思うのだが、どうやら昨今は世界を記述する知識は既にすべてがWeb上にあり、それ以上の知識は不要と考えているかのように感じられる。生物種としての人間は、新たな知識や技術を本能の代わりとするため後天的な学習に重きをおき、自らは変わらずに環境に適応してきた種であろう。現在のところその戦略は裏目に出て、自らの技術がかえって環境の変化を加速させている可能性が指摘されているが、いまさら種の戦略は変えられない。そこで科学や技術の革新の努力はもとより、科学や科学技術に関する広い理解と関心は今後とも人類には不可欠と思われる。ましてや将来をになう大学生においては言うまでもない。現状は改善を要する。

身近な物質などの理解はどうであろうか。高校の化学の教科書にはありとあらゆる情報が記載されており、そのためか、多くの学生は化学を暗記科目と考えている。暗記もたしかに学習のひとつであり、高校で要領よく点を稼ぐには最も効率の高い手段であるのは間違いない。しかし、学習内容間のつながりが希薄になるきらいがある。孤立した知識は時とともに消滅の危険が増すが、ネットワークの一部として位置づけられた知識は他とのつながりの強化とともに豊かなものとなる。知識が孤立したものになる主たる理由は、学校における一般的な学習過程にもある。一般的な教科書の記述は、それぞれの項目についての個別の説明である場合がほとんどであり、相互の関連付けは基本的に学習者個人の作業に委ねられる。また、自然科学系の教科書のそれぞれ棲み分けの結果、かえって理解を難しくしている可能性すらある。すくなくとも、生徒の学習姿勢のみを批判することはできない。高校の化学の教科書の例では、原子の周囲の電子の分布を殻という概念で説明するが、原子間結合の項では、殻の概念では捉えきれない個々の電子の波に言及している。いずれもが、それぞれの項目で学習すべき内容を理解するためには要領よい記述なのだが、生徒がどのように理解するか、結局バラバラに暗記することで切り抜けることを推奨しているのではなかろうか。本来電子は粒であり波でもあるわけだが、高校の化学では量子の物理化学には立ち入らないことにしたのかもしれない。関連して本学の工学部の学生の話として、笑えない話がある。半期か通年かは聞き忘れたが、化学の授業が終了しての学生の感想のひとつとして、“物理と化学の電子がおなじものであることがわかった”というものがあつた。これは本人には本当に大発見だったに違いない。当たり前のことではあるが、科学の真骨頂は条件さえ整えば“いつでもどこでも再現的に特定の現象が観察でき、また利用できる”というところにある。科学技術文明はそのような科学法則の組み合わせで成立しており、例えば、電子レンジを使う際にはボタンの押しかたと、濡れたペットを乾かすのに用いてはならない位が分かればとりあえ

ずはいいのであって、私個人は不本意なのだがそれぞれの法則間の整合性ある理解は非専門家であれば本質的に不要なのである。従って、身近な自然科学を“学習”するにあたって何をどのように理解するのかは実は大問題であり、スタンスがあいまいなままで都合のよいものだけを提示することでは“学習”が混乱し意欲は簡単にそがれてしまう。それでも丸暗記で切り抜けようとする生徒がいい成績をとるのが実情のようであり、これでは理科離れを是正できない。このような状況を考えると、理系の教養科目は高校での学習の有無に関わりなく理解できるもので、教科書的な知識の伝授ではなく、学生の興味を引くようなトピックスを中心にしたものがないのではなかろうか。

現状で理系の教養教育のなかで“考える”学習は成立するだろうか。結論からいえば、従来の理系の教養教育を置き換える授業として設定するのであれば、成立は難しいと思われる。本学の多くの学生にとっては、ある量のアルバイトの時間の確保は必要であり、専門教育ならいざ知らず教養教育の教科のために自習時間が確保できるかといえば、その状況にはまだないであろう。それでは授業中に考える時間をもうけてやればいいのかといえば、考える前提となる基礎知識をどうするかの問題がある。高校で履修しなかった学生に基礎知識を与えてスタートを揃えてやる必要があり、高校で既に学習が終了した学生にしてみれば、割り切れない事態となる。さらに、学生の考えの評価にもまだ試行錯誤が必要である。また、考える素材としてのリソースの所在を各自の脳質に限定せずWebにまで広げた場合、自分で考える代わりにWeb上で答えを検索してしまうことをいかに防ぐか、あるいは自制させるかなど、悩ましいことになる。Web上の情報は客観的な事実と著者の視点とが混在しているものがほとんどで、学生が自ら考える機会を奪ってしまう結果となるのだ。従って、外部に知識を求める時には、客観的な事実のみを記載した事典の利用がもっとも望ましいのだが、そのための環境はまだ未整備である。このような可能性も考えると、考えなくなる学生を逆に増やす結果とならぬように、環境整備などのこれからの準備が不可欠である。

これからの理科教育を考える

以上の考察を背景として、本学の状況に即した理系の教養教育には次のような目標が考えられる。これらは特定の分野や単一の科目に限定しない共通の目標のつもりである。

1. 他者の話を鵜呑みにせず自ら確かめ納得するためには、科学的アプローチが有効であることを学習する。
2. これからの人間社会や地球環境を好き嫌いや損得ではなく、科学的事実を根拠として構想することを学習する。

教科書的な知識の必要性は否定しないが、しばしばWebにも求めることでも十分なことがあ

る。理系の科目を学習することの意味は、断片的になりがちな知識を詰め込むよりも、現在は、むしろ必要に応じて科学的手法を動員する発想を習慣づけることにあるのではないだろうか。

科学以外の分野では多様な主観的判断があり、それぞれが尊重されなければならないが、本来科学の世界では“こと”の真偽についての客観的確認や、必要に応じての修正や改善が可能であるため、文系の教育に平行して理系科目としての“科学”教育も重要である。日本の現在の閉塞感の根底には、勤勉な国民性ととも環境依存性とでもいべき国民性があるように感じられる。恵まれた気候風土で縄文時代に培われた国民性なのかもしれないが、自らを省みても、これから歩むべき先を見通すために現在までの道のりを評価し、将来を構想する習慣に欠けるきらいがあるのではなかろうか。好きか嫌いか、損か得かの感覚的な選択はできても、直観に頼らない論理的判断は苦手なのではなかろうか。自らが属する社会、環境についての自己の見通しがないため、他とおなじであることで安心し、取り残されることへの不安や自分が与り知らない利得を他者が得ているのではという疑心暗鬼を抱えることになるのではなかろうか。科学的思考は好き嫌い、損得、他者などに依存しない判断を支えるものであり、単なるロジックを超えて、我々が生きる現実の世界で有効な判断を導くことを可能にすると考えられる。例えば、トヨタの水素燃料電池車を考えてみよう。トヨタは炭酸ガスを排出しないクリーンな自動車として感覚にアピールしているが、残念ながら発電の9割近くを化石燃料に依存する日本では最悪の選択なのである。その理由は、電気分解で生成した水素をさらに燃料電池で電気に戻すという全過程で最終的なエネルギーロスが大きいからであるが、それを承知の上で高額な補助をする行政の姿勢の背景には、合理性よりも感覚を優先する日本人の特性もいくばくかは影響していると考えられる。原子力発電推進につなげようという意図が伏線にあるとすればそれはそれで心配である。ちなみに“原発が安上がりである”、“日本の原発は世界一安全である”、“日本の経済発展のためには原発が不可欠である”などといった説にも科学的裏付けが不足しているが、これらが事実と切り離されたまま、言い換えれば科学的論証を経ずに一人歩きすることが許される現状は残念なことである。“原発”についてはそもそもウランが数十年で枯渇する限られた資源であること、また高速増殖炉の技術的課題や非効率性などからも、原子力に頼る非合理性や原子力技術に投資することの無駄は明らかであるが、一部とは言え、電気代や経済優先などとの表面的で誤った“損得天秤”に惑わされる日本人がいることは、日本の科学教育の貧困を象徴しており大変残念である。このような図式はいたるところに見いだされるが、損か得か、好きか嫌いかで選択した場合の最大の問題点は、選択が過ちであったときに修正がきかないことである。先の世界大戦で惨事を避けられなかった日本、また福島原発事故でも教訓が生かされていると

は思われないのも、同じ理由によるのではないだろうか。今の経済最優先の掛け声も同じである。これが日本社会に何をもたらすか予断を許さないが、そもそもなぜ経済最優先なのか、優先するのであれば、実際に優先順位を上げるものがなにか、下げるものはなにか、などの明示や議論なしで、雰囲気だけでこのまま突き進めば教訓が残らない過去の二の舞となると心配される。

これが日本人の生得的特性なのであれば教育の寄与は限定的かもしれないが、一卵性双生児を対象とした研究結果からも、それはむしろ逆であると考えたい。人間は他の動物とは大きく異なり後天的な学習に多くを依存しており、子供たちを受け入れ教育する大人の側が変化すれば、このような傾向は是正されると信じている。大人になってしまえば卵と鶏の関係が成立し社会は変わりにくくなるが、教育の現場で好き嫌いの感覚や損得を判断の基準としない教育、科学的思考を踏まえた論理の組み立ての教育は可能であり、それによって日本をより柔軟で豊かな国とすることに寄与できると考えたい。具体的に大学の教育では、例えば、原子力や自然エネルギーによる発電の値段の概算や長所短所などの相互比較、プロが従来担ってきた医療や介護などを、予防も含めて社会全体で支える仕組み作り、日本の森林資源の再評価等など、実在する事例を教材として、どのような科学的思考に基づいて課題に取り組み判断するかを伝える授業は可能であろう。高校側でも体制を整えば、受験生がそれまで何にどのように取り組んできたかを手短かに発表してもらうことで、今のAO入試の有効化を図ることもできる。

具体的な教科科目例

以上をまとめると、少なくとも本学においては、従来型で高校の延長のような授業に拘泥する必然性は低いように思われる。また、理系の教科の授業には“科学”教育としての意味がありそうである。そこで、最後に理系の教員が関わり得る非専門教育として、3種の具体的な形態をあげて本論を締めくくりたい。

第1例：従来の分野別の科目構成でもよいが、その時点での科学のトピックスをとりあげた授業を行う。半期の授業なので系統だった授業は本学では本来無理であり、科学や科学技術に興味関心をもってもらうことを最優先する。基礎知識はその都度最大限簡潔に解説、あるいは参考資料を提示することで教科書中心の知識伝授型授業となることを極力避ける。

第2例：個々の理科の教科としてではなく、科学的思考による問題解決の手順を具体的事例を中心に学習する。ただし、これを授業として成立させるには授業担当者の具体的な経験が求められるので、すぐには実現できない。

第3例：具体的な問題解決のプロジェクトの推進を、理系の教員も動員した授業として行う。プロジェクトチームはモチベーションを共有し、且つ自分の役割を表明した学生たちで、学年に係わらず形成する。理系の教員は学生の求めに応じて理系的アプローチを助言、支援する。これはプロジェクトに必要とされる理系的スタンスと基礎知識を対象とした、広い意味でのアクティブラーニングと考えてもいい。それぞれのプロジェクトのテーマは教室外の現実の社会に求め、学生の議論をもとに採択する。学生は4年間のプロジェクトのまとめを卒業論文にすることもできる。教養学部の教員は全員それぞれの専門的知識、経験、関心をキーワードの形でできるだけ沢山提示しておき、それを見た学生の求めに応じて助言者としてプロジェクトの推進に関与する。具体例の経験を経ることで、その経験を素材として、上記の2つ目の授業を担当することも可能になると期待できる。大部屋のプロジェクトルームで、常時学生と教員が出入りして白熱した議論があちこちで進行する光景は、想像するだけでも楽しい。

先にあげた目標のうち、いずれをも満足させるには第2例と第3例の両者が必要となる。一方、第1例は目標とは合致しないが、高校で履修しなかった分野のリメディアル用としての色彩も強い。現実に実現が最も容易なものはいうまでもなく第一例であるが、学部教員全員を巻き込む第3例について、学部内のコンセンサスが得られなければ、一足飛びに第2例を試みてみるもいいかもしれない。教養学部は隠れた人材が豊富であり、教養学部の現代社会の諸問題のような複数教員担当の教科とすれば十分授業が成立するのではないだろうか。