

人文科学と自然科学における学問構造の差異による 教育方法の差異に関する研究

——大学におけるこれからの科学教育のあり方についての提言——

加澤 恒雄*・山藤 誠司**

(平成23年9月15日受付)

A Study of Differences of Teaching Method in Humanities and Natural Science by Differences of Study Structure

—— Proposal of Ideal Way of Scientific Education at University in the Future ——

Tsuneo KAZAWA and Seiji SANDO

(Received Sep. 15, 2011)

Abstract

The type of the injection of knowledge of the build-up approach is taught in the field of natural science in many cases as usual though the author instituted the introduction of the technique of class in which the student participates from such a viewpoint before into the scientific education. It was thought that there was a difference in the study system of natural science with the humanities society about this cause. In the humanities social-affiliated subject, various approach methods are possible. Academic accumulation might not be necessarily needed.

The approach method was limited to demand the piling, and the injection education of the packing type of the old model was done for this as a result in the natural science subject. Moreover, this teaching method was able to be done in formalism even by the class to the student of the major and the class to non-major student.

The natural science education necessary for the university education in the future is that whether oneself embraces an opinion for the promotion of the science literacy, that is, the science and technology society, and talent who can declare it promotes it.

Key Words: higher education, science education, difference of study structure, conversion of education

問題の所在

近年、大学における学生の質の変化についての議論が盛んに行われるようになった。とりわけ自然科学教育においては、教育そのものが成り立たなくなった。また、従来に比べて学生の質が低下したという議論が行われている。これらの原因は、18歳人口における進学率の上昇が最も大き

く、その他に入試科目の減少、高校における選択制の導入、入試形態の多様化等が挙げられる。原因はともあれ、大学教育が成り立たない現状において、個別の対処、組織としての対処、国としての方策など何らかの方法を開発して、個々の教育を成り立たせなければならない。

一方において、大学の自然科学教育の目的そのものが変容している。戦後日本の理工系学部（自然科学教育）は、

* 広島工業大学工学部機械システム工学科（英語科目担当）

** 桜美林大学大学院国際学研究所

外国からの知識を導入し、技術立国を目指して専門教育の場として設立された。しかし、今日の自然科学分野の専門教育は大学院教育にシフトされ、自然科学系の学部といえども学部教育は専門教育の前段階としての基礎教育（直接的な基礎教育ではない教養教育）と、「よき社会人」の育成が教育目標として重要視されつつある。また、非専攻の学生に対する教育としても、よき社会人の育成が自然科学教育の第一の目的となっているとも言えよう。さて、この「よき社会人」とは何かについては明確な定義は困難であるが、「よき社会を建設するために自らが社会と積極的に関わり、社会を変えようと努めることができる者」は、一つの条件を満たしていると見ることができよう。したがって、教養教育において、このような人格が身に付く教育が期待される。

さらに、我が国の科学技術に対する関心度はきわめて低いと言われている（大木，2000）が、科学技術に対する関心度を高める手段としても、社会を変えようと努めることができる能力が必要になってくると、指摘している。

筆者らは、かつて、このような観点から、学生が参画する授業という手法を科学教育に導入することを提起した（山藤，2000）。その後、10年が経過したが、相変わらず、自然科学分野においては、ほとんどの場合、積み上げ方式の知識注入中心の授業が行なわれている。この原因として、人文社会と自然科学の学問体系に相違があるという問題が指摘されよう。

なお、本稿においては、授業の受講者の対象を自然科学非専攻の学生を想定する。これは、民主主義の構成員としての人口比が、自然科学専攻者よりも非専攻者の方がはるかに多く、多数決の原則によって意志決定が行われる民主主義社会においては、多数派の意向がより重要になると考えられるからである。受講者の対象を絞り込んだ方が、議論も容易になると考えるからである。したがって、実験やゼミなどの授業ではなく、従来の非専攻学生に対する一般的に講義といわれる授業における自然科学教育のあり方を提起するものであり、専門課程の学生の教育に関しては、本稿の意図ではないことをお断りしておく。

1. 人文科学と自然科学の学問体系の相違

教育学や経済学などのような人文社会科学は、学問体系自体が比較的それ自身で完結している（大嶽，1994）という指摘がある。すなわち、教育学や経済学を学ぶために他の学問的なバックグラウンドを必要とせず、教育学や経済学の基礎から始めることができるのである。

これに対して、自然科学系の学問、たとえば理学研究科化学専攻課程で「環境化学」を学ぶためには、「分析化学」が必要であり、「分析化学」を学ぶためには「物理化学」が

必要である。さらに、「物理化学」を学ぶためには「物理学」と「数学」が必要になるという状況である。一般的には「環境化学」を学ぶために「数学」、「物理学」から始めて、積み上げた結果として始めて「環境化学」を学ぶことができると考えられている。

実際にこの積み上げ方式を経験してきた自然科学系の教員にとっては、学問とは「積み上げ」であり、基礎知識を与えなければ、決して理解されるものではないと感じられる。

これと同様な指摘を、ジョン・ザイマン（1988）も行っている。彼は『文科系の科目では、詳しく勉強する「時代」や「指定書」を学生や教師の好みで選択できる場合が多い。色々なトピックの数や、それを勉強する順序も任意の基準で決められる。ところが、科学教育では、どの話題を一番先行させるかに関しては、厳しい諸制約がある。ある科目のいろいろな「地図」は、複雑なパターンで絡まり合っていて、決まった順序で辿って行かないと解明出来ない。』と指摘している。さらに、自然科学教育については、『科学知識は、明解な階層構造をもっている。科学教育は、次々と段階を登るにしたがい、教育体系の中での生徒の知的成熟度の増大に合わせてだんだんと細かく、難しくなる。そこに到達するには、階段を一段一段登って行くしかない。』と指摘している。

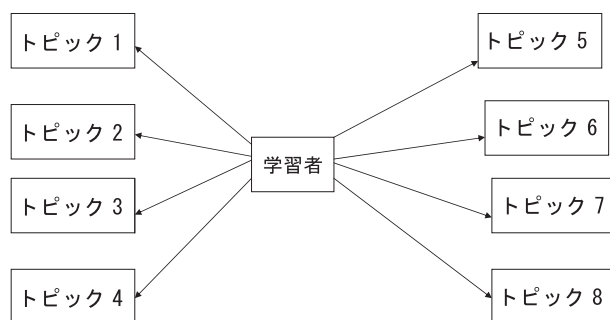
これらのことから、人文社会科学と自然科学の学問体系としては、表1のようになっているのではないかと推察される。

人文社会系科目では、種々のアプローチ法が可能である（図1）。必ずしも学問的な蓄積を必要としない場合がある。この具体例としては、街の歴史家といわれる人たちがいる。彼らは必ずしも高度な学問的訓練を受けたわけでは

表1 人文社会系科目と自然科学系科目のアプローチ方法に関する相違点

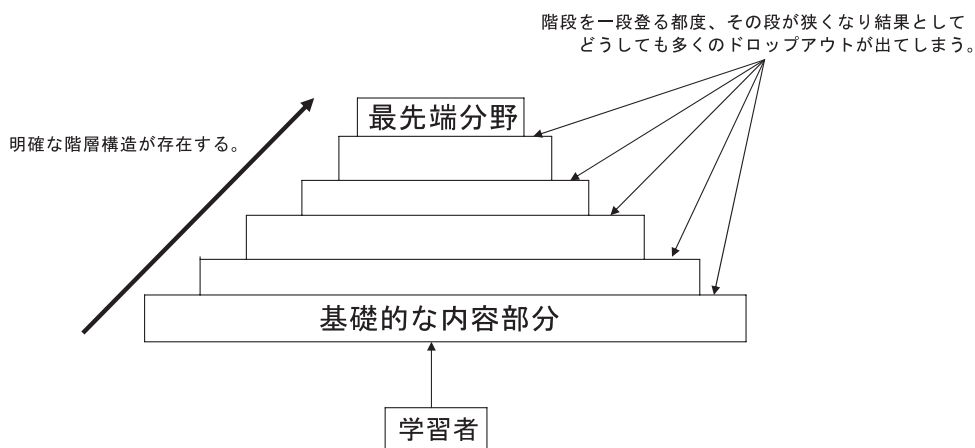
	アプローチ法	研究成果の生産様式
人文社会系科目	多様なアプローチ方法が可能であり、必ずしも学問的な方法である必要はない。	街の郷土史家のように、必ずしも高度な研究者としてのトレーニングを受けたわけでない人たちでも、高度な研究成果を産み得る。在野の研究者も存在し得る。
自然科学系科目	階段を一段一段登って行くしかない。初めから積み上げて行くことによってしかアプローチをなし得ない。	自然科学では、研究機関等に出入りをしていないものは、高度な研究成果をなし得るケースがほぼ皆無である。それゆえ、在野の研究者が事実上、存在しない。

注意：この背景には科学技術の巨大化に伴い、莫大な研究費や人手が要求されるようになった社会的な背景も存在することにも、注意する必要がある。この点については、科学社会学的な分析が必要であるが、本稿の意図とは外れるので、これ以上の分析は行わない。



学習者は任意のトピックにアプローチが可能である。
必ずしも学問的な方法でなくてもアプローチが可能である。
ドロップアウトも、学習者の自らの意志でない限りは存在しない。

図1 人文社会科学へのアプローチ



学習者は最下層の基礎的な内容部分にのみアプローチできる。
アプローチの方法が必然的に限定される。

図2 自然科学へのアプローチ

ないのに、高度な研究をもなし得るのである。なお、歴史学は事実依存性が大きいなどのこともあるが、本稿においては、歴史学そのものを分析することを意図するものではないので、これ以上は立ち入らないことにする。

これに対し、自然科学系科目では、「積み上げ」を要求するためにアプローチ法が限定される(図2)ということであり、結果として、従来型の詰め込み型の注入教育が行われて来たのである。しかも、この教育方法は、杓子定規に専攻の学生に対する授業でも非専攻学生に対する授業でも行われてきたのである。

2. 自然科学系分野への参画型授業の導入と教育観の転換

以上のように、自然科学系の授業において、学生参加型の授業が積極的に導入されなかった理由は、その学問の内在的性格に由来し、自然科学系の教員にとって、学生が参画する授業という手法は不可能と思われる学問の内在的性格を指摘することができよう。

しかしながら、すべてを学生が参画する授業にする手法が、自然科学の体系を学ぶために有効であるとは考えられ

ない。一般的には、学生は、やはり「積み上げ方式」で最終的には学問体系を修めるべきであろう。だが、「積み上げ」の道のりはかなり遠いために、学問の面白さに到達しないままに挫折する学生も少なくない。非専攻の学生であればなおさらであろう。したがって、このような学生のために、学問的面白さや興味に基づいて必要な基礎科目へと逆コースをたどる可能性のある学生が参画する授業という手法の導入こそ、有効ではなかろうか。組織への関わりの訓練の場として、自然科学学問分野にも学生が参画する授業という手法が必要であることは、筆者らが「大学科学教育における参画授業の可能性」ですでに述べた(山藤, 2000)。

3. 学生に必要な教育内容の構築

確かに、従来の高度な学問的研究者養成には、積み上げ型教育が必要でもある。筆者らもその点は否定しない。しかし、果たして学生のうちの大多数を占める将来「一般市民になるべき学生」に対しての自然科学教育を行う場合にまで、積み上げ型学習が必要なのだろうか。また、非専攻の学生に対しては、積み上げ型学習よりも必要なものがあるのではないだろうか。

上述のジョン・ザイマン（1988）も「ほとんどの理科の授業の内容は、妥当な知識のピラミッドを登って行こうとする、比較的少数の学生の希望で決まってしまう。これでは、大多数の学生が教育上本当に必要とすることが、直接的に考慮されていないことになる。」「絶えず強調しておかなければならないが、コースはどちらかと言えば、学生の必要と興味に合わせなければならない。」と指摘している。果たして従来型の自然科学教育は、本当に多くの一般学生たちにとって必要不可欠なものであろうか。

従来の科学教育は、物理・化学・生物・地学といった、学問のディシプリンに厳格に則っていたために、学生の興味、関心は二の次になっていた。その結果として、多くの人たちの科学離れを進行させてきたのではないだろうか。

また、科学と社会との関連、すなわち「科学の社会的側面」を全く考慮してこなかった。その結果として、科学が社会に与える影響が大きいということを知らされずに、科学技術政策において、一般市民は蚊屋の外に置かれていたという社会的な事実が存在する。多くの一般市民は、科学技術に対して何の疑問も持たずに、ただ利用している。そこには信頼関係が存在する、と考えられる。しかし、実際に安全だと自分で確認した人はどれだけいるであろうか。

今日、この文明を裏から支えている科学技術に対する暗黙的な信頼性が大きく揺らいでいる。専門家の言うことは正しいか、ということが昨今盛んに議論されるようになった。専門家の言うことは実際には正しいであろうか。残念ながら、今日の実態として、専門家の言うことは常に正しいとは言えなくなっている。

このことは昨今の事情を見ても明らかである。たとえば、原子力発電の事故が好例だろう。安全だと専門家が言っただけでも、実際に事故が起こった。その結果として、多くの一般市民が犠牲になった歴史的な事実がある。「専門家の言うことが常に正しいとは限らない」と言うことを端的に示している。では、時には暴走し、自らの保身のために反市民的な行動すらとる専門家を、どのようにしてコントロールしてゆけば良いのであろうか。

そのためには、一般市民も十分な科学技術に対する意見を持ち、時には専門家らとも議論してゆかなくてはならない。このように専門家らとも十分に議論できる一般市民を育成することは、これからの大学に課せられた使命ではないだろうか。

小川（1993）も『科学技術が肥大化し、制度化し、社会的影響が増大してくると、科学技術がどのような方向に進んでいくのかに関して、一般市民も関心を持たざるをえなくなっている。そして、さらにその科学技術の研究開発に巨額な資金が必要になってきているので、逆に資金の流れを制御することで科学技術の方向を変えることも可能

になっているのである。ましてや、その巨額な資金の少なからざる部分が政府資金（もとは税金）でまかなわれているとすれば、一般市民がこの問題に関心を持つことがより必要になろう。このような状況から、政策レベルでの科学技術問題を考えることがわれわれの社会や生活を考える場合に必要不可欠なのである。』と指摘している。

このような今日の社会状況で要求される科学教育は、『科学そのものを教える時間を減らし、科学について教える時間を増やした方が、実際に直面する生活に、より役立つ教育になり得る。』（ジョン・ザイマン、1988）のではなかろうか。学問ディシプリンに則った科学教育ではなく、科学技術と社会との関係を考えて、自らが発信できるような人材を育成することである。このような科学技術に対して自ら発信できる人間の育成の手段として、参画型授業の可能性に期待したい。

ここまで繰り返し引用している、ジョン・ザイマン（1988）も、「科学技術政策を含めて多くの政策決定は民主主義社会においては、多数決原理で決定される。人口的にも多くを占めている一般市民は、研究者や先端技術者の少数集団に比して、結局は大きな力を持つ声なき大衆である。」と指摘している。この「大きな力を持つ声なき大衆」の育成のために、参画型の科学教育を導入することはできないだろうか。

これからの学生に必要とされる科学教育の前提としては、彼らが将来、研究者になるわけではないという事実がある。彼らは将来、一般市民社会を生きてゆくのであるから、市民社会を生きてゆく上では、種々の科学技術の問題に対して自らが意見を持ち、積極的にその意見を表明できる能力が必要なのである。そのために必要とされる教育とは、従来型の学問ディシプリンに則った自然科学教育よりも、社会に発信できる人間の育成である。人間の側の倫理と論理に基づいて、市民のほうが科学技術を制御するのだという気概と、そのための具体的戦略を身につけることが求められるのである。

ここで提起したいことは、時間的な制約も大きく、将来研究者にならない非専攻の学生に対する科学教育は、今後、従来の学問ディシプリンに則った授業を完全にやめてしまっただけで、実際に直面する生活に関わってくるような「科学について」教育することに専念してもよいのではないだろうかということである。いたずらに彼らの生活に結びつかない、学問ディシプリンに則った内容よりも、その方が彼らの将来には有用なのではないか。彼らに必要なことは、「科学技術社会に対する参加意識」ではなかろうか。科学技術社会を生きてゆく市民として、社会に意見を発信してゆくことではないだろうか。

このように「科学について」を教育することによって、

やがて、学生たちは科学を学ぶ重要性に気付かされるであろう。この気付きによって、自らの意志によって「科学そのもの」を学ぶようになれば、押し付けられて覚えさせられるだけの知識とは異なり、意識のレベルにまで深化した学びが得られるであろう。その結果、彼らの血肉となる知識が得られるのではないだろうか。学生たちがそのレベルに到達したときに初めて、教育者は、「科学そのもの」についての教育を始めても十分ではなかろうか。もちろん、学生が参画する授業という手法を用いた自然科学教育を志向するならば、教育者は、あくまで学びの支援に徹すべきであり、いたずらに知識を注入すれば、元の木阿弥になってしまうであろう。

学びは一つの授業で完了するものではない。生涯にわたって学んでゆくものであろう。学生たちが将来にわたって学び続ける姿勢を身につけさせることこそが、学生たちにとって有益な教育ではないだろうか。

4. 新しい教育方法の開発への道

このような科学論的な考え方を教育する教育理論的な考察としては、人文社会科学分野の教育理論が参考になると考えられる。なぜなら、科学論というのは哲学・歴史学・社会学・倫理学などが基礎となっているからである。つまり、自然科学でも、科学リテラシーの育成、すなわち「科学技術社会に対して自らが意見をもち、それを表明できる人材」の育成のための教育には、人文社会科学の教育理論が活用できることになる。しかし、現状としては、十分に科学論的な考え方を教育する教育理論は確立していないのである。

科学論的な分野の教育に親和性を感じさせる手法としては、現在のところ、STS教育（Science Technology and Society Education：科学（Science）・技術（Technology）・社会（Society）の頭文字をとったもので、1970年代から1980年代の欧米における新しい科学教育のかたちを模索する動きに起源をおく教育手法で、科学、技術、社会の相互関連性について学び、社会における科学や技術のあり方について、自分なりの意見を持てる人の育成を目的とした教育）しか報告されていない（小川、1993）。このSTS教育の実践研究報告は、比較的高学力で少人数の学生を対象としたもの（小川、1993）であり、今日のユニバーサル化した高等教育、とくに教養教育においては一般化できるものではないと言えるであろう。非専攻の学生に対してはなおさらである。

学生たちの生活実感は多くの場合、教育者のそれとは異なっている。学生たちの生活に根ざした科学教育が必要なのであり、教育者の押し付けの内容で教育するのではなく、学生たち自身の中から出てくるもので自らを教育すること

が必要なのである。昨今の学生は、基礎学力の低下が指摘されており、高等学校での学習を前提とはしない教育方法を考えてゆくべき状況になっていると言えるであろう。

5. 学生参画型授業への転換

従来の教育方法では、教育内容は教えられるもの、与えられるものであり、教えられたものの真偽を自ら確認せず、鵜呑みにするような危険性もあった。このような教育方法では積極的に社会に発信するような人間の育成は、とてい困難であると言わねばならないのである。

これからの時代に要求される教育方法とは、与えるだけでなく、自ら求める学習と、自らが真偽や考え方を確認できる学習なのではなかろうか。教育の成果として、発信的な人間を育成してゆくことこそが必要なのである。発信的な人間を育成する発信の訓練の意味からも、学生が参画する授業という手法が必要になってくるのである。これは人文社会科学に限らず、自然科学についても言えることである。

結語

以上において述べたように学生が社会に対して参加意識を持つように至らせる教育が全国の大学で実施されるようになると、社会全体においても市民の参加意識が旺盛になり、種々の科学技術問題についても関心が高まることによって、一般市民が科学技術をも監視できるようになってくるであろう。個人のレベルで学びが終わってしまうならば、それは、学習者とそれを目の前にしている教育者の単なる自己満足に過ぎない。学びというものは、それが社会に還元されることによって、人類の発展にも貢献できるのであり、個々の教育者も目先の学生のみ捉われずに、社会をよりよき方向に誘導してゆくことこそ教育者の使命である、と認識してゆくべきであろう。これからの大学は、社会的な使命がますます増大すると考えられ、社会に対して貢献できる人材を育成することこそ、大学の使命であろう。昨今、目先の利害にこだわった教育が横行しているが、もっと長期的な視点に立って、社会全体に貢献してゆく人材を育成してゆくべきではないだろうか。

学生が参画する授業という手法を科学教育に導入することによって、学生が今日の種々の科学技術と社会の問題について発言して、よりよい方向に社会を誘導することができるような人材の育成ができるのではないだろうか。今日の科学技術社会における種々の問題に対して、自ら意見を持つような人材の育成は急務であり、そのような人材育成のためにも、科学教育に学生が参画するという授業が行われるべきではないだろうか。

文 献

- ジョン・ザイマン (竹内敬人, 中島秀人訳) 『科学と社会
を結ぶ教育とは』 産業図書 1988
- 加澤恒雄 「教授=学習法の研究」『私学研修』 第126号
私学研修福祉会 1992
- 小川正賢 『序論 STS 教育』 東洋館出版社 1993
- 大嶽秀夫 「現代政治学の方法論的基礎」『戦後政治と政治
学』 東京大学出版会 1994
- 加澤恒雄 「大学教育の改善に関する研究—FDと大学生の
学習理論の開発—」『放送教育開発センター研究紀要』
第11号 1995
- 加澤恒雄 「大学における教授法の改善」『FDに関する総
合的研究: 研究報告書』 放送教育開発センター 1996
- 山藤誠司 「科学教育における参画授業の可能性 (その1)」
『日本科学教育学会第23回年会 JSSE・ICASE・PME 合
同国際会議論文集』 1999
- 大木道則 「我が国における科学技術への関心度を高めるた
めの方策」『日本科学教育学会第24回年会論文集』 2000
- 山藤誠司 「大学科学教育における参画授業の可能性」『大
学教育学会誌』 第22巻第1号 2000