

Title	科学の「いま」を考える
Sub Title	
Author	池内, 了 (Ikeuchi, Satoru)
Publisher	慶應義塾大学工学部
Publication year	2017
Jtitle	人間教育講座：社会を知る自分を知る自分を育てる (2017.) ,p.5- 31
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	
Genre	Book
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO50001001-20170000-0005

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

科学の「いま」を考える

名古屋大学名誉教授・総合研究大学院大学名誉教授

池内了



いけうち・さとる 一九七二年京都大学大学院理学研究科修了。以後、京都大学理学部助手、北海道大学理学部助教、東京大学東天文台助教、国立天文台理論天文学研究系教授、大阪大学理学部教授、名古屋大学理学研究科教授、早稲田大学国際教養学部特任教授、総合研究大学院大学教授と、七大学を渡り歩き、二〇一四年総合研究大学院大学理事で任期満了退職。名古屋大学および総合研究大学院大学名誉教授。宇宙物理学・宇宙論を専攻し、宇宙の泡構造や銀河系における大局構造の研究を行なう。一九九五年ごろから科学・技術・社会論に力点を移し、科学と社会に関わる問題についての評論やエッセイも発表するとともに、子供向きの本から科学論・科学社会学に関する著作もある。「ねえ君、不思議だと思いませんか」（而立書房）、「科学者と戦争」（岩波新書）、「科学・技術と現代社会（上・下）」（みすず書房）、「科学の考え方・学び方」（岩波ジュニア新書）、「親子で読もう宇宙の歴史」（岩波書店）など著書多数

はじめに

みなさん、こんばんは。私が大学を卒業してから五〇年近く経ちました。私の世代の大学時代と現代の君たちの大学時代とは大いに異なっていることは確かですね。したがって、「私の若い頃は」ということは、一切言わないようにします。「その時代は去ったのである。今さら昔に帰ることはできないのだから」と言われますし、私も実際そう思っております。

しかしながら、大学とはどういうところなのか、あるいは科学とは何なのか、大学とは仕事のための技量を身につけていく場でもありますが、そこで、自分たち自身が何のために勉強しているのかを問いかけることがあると思うし、また問いかけなければいけません。つまり、自分の立ち位置をいつも確認しながら生きていかなければ、呆然と時を過ごしていくことになると思います。呆然と過ごした後にはほとんど何も残りません。自分の頭の中で何か残っていくものを作っていくことは、ある種、自分の立ち位置を常に確認していくということではないかと思えます。

「人間教育講座」という勇ましいと言えば勇ましい表題がついているものですが、ちょっと肩肘張って用意してきたのですが、あまり硬くなることもないかなと思うので、途中脱線しながら話していきたいと思います。今日お話しするのは、「教養とは何か?」「大学とは何か?」、そして君たちは特に科学を学んでいくわけですから「なぜ科学を学ぶのか?」——そのあたりについて私自身が考えたことや悩んできたことについて、私なりの意見をいろいろと述べてみたいと思います。「人間教育講座」ですから、別に知識として覚えるわけではなく、頭の隅のどこかに残しておいていただいて、何かの時に「あ

あ、池内先生があんなことを言っていたなあ」と思い出してくれればいいと思います。

教養とは何か？

まずは「教養とは何か」ということです。これは非常に難しい問題です。答えはなんとでもなるわけですから。

私の学生時代には「教養部」というものが大学の制度としてれっきとしてありました。慶應大学理工学部にも教養課程がありますが、実は国立大学は一九九一年に教養部を廃止することが可能になって、かなりの大学で教養部をなくしてしまっただけですね。二〇年以上前のことです。なくしてしまっただけの結果として、大学の人間たちはもちろん、大学だけでなく教養部をなくせと圧力をかけていた財界の人間たちも、「これはまずいことになったな」と言い出しました。もう一〇年以上前のことです。教養部を廃止して、早くに専門化して、専門的職業人として早く使えるようにしたい。そういう大学づくりをしたと、当時の文部省も考えたのでしようが、実はそれはあまり効果的ではなかった。むしろマイナス要素が多かったわけです。

現代は時間が加速されています。速ければいい、即効性が期待されるわけですね。早く役に立つといい。早く役に立つということは、逆を言えば、時間がかかれば役に立たなくなるということです。速く早くということによって、あまり考えなくなり、どんどん物事は薄っぺらになっています。だからこそ一旦立ち止まって、ゆっくりと自分が何を求めているのか、教養とは何かということを考え直してみる。

それをじっくり考えて、自分のものにする。そういう時間として大学の教養部の時間を過ごしてほしいと思います。

教養ある人とはどんな人か、に関して思いついた言葉を書き出してみました。上側に書いたことを、下側で言い換えてみたのですが、よくマッチしているものも、マッチしていないものもあります。

学歴の高い人 — なんでもよく知っている人

読み書きが堪能な人 — 知的頼りがいがある人

多くの知識を持つ人 — 知恵がある人

風貌がよく品格がある人 — 何事にも落ち着いて対処できる人

高い品位がある人 — 品行方正に振る舞える人

人格が卑しくない人（人格高潔） — 欲得に無縁な人

肉体力労働者でない人 — 知的労働の人

これは単に私が思いついたままなので、「ああ、そういうものか」と思っただけです。これらすべてが身につくかどうかは別として、何となく想像できると思います。例えば「品格がある」⇔「教養がある」と言っているかどうかは別として、人間として品位といったものが身につくためには、やはり教養という裏打ちが必要であると思えますね。そのためには何が重要かということです。

そもそも「教養」の始まりとは何かということを考えてみましょう。教養、あるいは「リベラルア

ツ」という言葉は、一二世紀の西欧で登場しました。ボローニヤ大学やパリ大学、オックスフォード大学、ケンブリッジ大学などが一二〜一三世紀に相次いで作られました。その時に大学の教養教育というものも始まったわけです。

この時に何が起こったのかというと、都市が成立して、職業選択の自由が生じ、大学が生まれたわけです。ただし職業の選択の自由と言っても、すべての人についてはありません。エリート層だけです。そうなることで「自我と自律と自由」を持った人間が誕生しました。つまり個人としての自我＝自分ということをはっきりと認識する。そして自律によって自分の行いや考え方を自分で決める。さらに何かの圧力によって決めるものではなく、自由にそれを実践する。それがまさに独立した人格としての個人です。君たち自身も自分が個人として生きるためには、自我と自律と自由の三つを絶えずわきまえておくべきではないかと思えます。

そういう個人が成立・誕生して、次に社会の中でどのように生きていくかという個人と社会の関係を考えなければなりません。我々がいかに生きるべきかということを考えるうえで、一番の基盤として私たちが身につけなくてはならない見方や考え方が教養であるのではないか。これは私の独断ではなく、阿部謹也さんの本にそう書かれています。

「リベラル」という言葉は、本来は「自由人」という意味です。リバタリアンというように、多少悪口気味の言い方もありますが、リベラルの教養を身につけなくてはいけないわけです。教養というものは、要するに、独立した自由な人格を獲得することが最大の目的であり、いろいろな知識や推論を用いて、自分で判断する力を獲得していくことなのです。皆さんは当たり前だと思っっているかもしれま

せんが、実は社会の中のいろいろな人間との関係で、あるいは組織との関係で、本当に自分で判断しているかどうかということを常に問いかけなければならぬのです。自分で判断するために、あるいは自分自身の自由のために身につける教育、それが教養なのです。さらにそれを自覚しているのかどうかということが大切です。

要するに教養というのは、先ほど言った独立した人格としての個人が、社会との関係において、どのように自由で、自分で決めた判断をしていくか、ということになります。そのために私たちはある程度の知識と、その知識を土台にして推論・判断、あるいは想像・思考する力をいかに獲得していくか、ということではないかと思えます。

こんなことを言うことややこしい、難しいと思われるかもしれませんが、要するにどういことがあっても、自分としての判断を下し、自分独自に考えているのかということ、常に自分の問題として引き寄せて決めていく、あるいは判断していく、選んでいく、ということではないかと思えます。それができると人間こそが、教養ある人間であるということですね。

大学とは何か？

大学では専門教育を受けて、専門的な知識を身につけます。専門的な知識を身につけるといっても、私自身は専門的な知識の獲得の仕方、つまり専門的な知識が持っている基本的な考え方を身につけるとが主軸だと考えています。個々の細々とした具体的な知識は、本を読めば、あるいは最近ではインター

ネットを見ればわかるわけですね。個々の具体的な知識自体は、過去の集積されたものとしてあるわけで、それは別に大学でなくても、個人としても勉強できます。大学でわざわざ学ぶということは、私たちの生き方や問題の立て方、見えない原因の見抜き方といった「どのように考えるかの考え方の方法」を学ぶわけです。

ですから、大学は専門学校ではありません。専門学校の一番の役割は、技術を学び、技能を身につけ、それを自分の職業の中に生かしていくということでしょう。ですから、社会的に認知された技量を獲得した証明が必要になる。そういうもの（資格や検定証明）をいろいろと集めて、身につけていくことが専門学校の役割だとすれば、大学は専門学校ではありませんから、やはり問題の立て方や生き方、見えない原因の見抜き方といった根本を学ぶことが、大学での一番の目標ではないかと思えます。

大学の先生にもいろいろな講義のタイプがありますよね。私は、単に知識を切り売りしている先生はあまり信用しないほうがよろしいという考え方で、「これはなぜどういうことでできたのか」「どういう考え方が当時あったのか」「どういう対立した概念が整理されて、こういうことにつながっていったのか」といった考え方の方向や流れをきちんと、しかもさまざまな見方があったことまで示してくれる、あるいはそれがどのようにして選ばれてきたかのヒントを与えてくれる、そんな教育が一番大事なのではないかと考えています。そのようなものを身につけるうえで、多様な学問や文化の基礎的な部分は習得しなければならぬと思います。基礎として広がっている知識のうえで、捨てたり、拾ったりしながら一番筋があるものを見抜いていくということです。

科学というものもそのような専門的な知識の集積で、科学の方法ややり方をいかに身につけるかとい

うことを、大学の教育の中で学んでいくわけです。科学が私たちにもたらしてくれるものは何でしょうか。ひとつは「見えないものを見るようにする」ということです。予言力や洞察力など言いますが、実は君たち理工学部を選んだ学生たちのほとんどが、このような考え方をするのが好きです。そういう学生が多いのではないかと思います。理工系の学生は何らかの現象が起きた時に、「どうしてこうなるのだろう?」ということを考えているのかを考えたがるのですね。私も科学者ですから、そういう発想をしてみました。科学では、見えないところで何が起きているのかを考えなくてはならない、想像しなくてはなりません。そのとき「こうではないか」「ああではないか」と想像するでしょう? これを科学の言葉で「仮説」と言いますが、いろいろと想像するわけです。その中で一番合理的であると思われる、あるいは最も論理に従っていると思われるものを選んでいくわけでしょう? そういう考え方がきわめて当たり前というか、そういう考え方を自然にしようのが、理工系の学生の特徴だと私は思っています。であればこそ、理工学部を選んだのではないかと思うわけです。

科学が私たちにもたらしてくれる二番目のものは、「さまざまに思いがけないつながりが発見できる」ということです。ひとつの発見がその他のものにつながっていくという関係性や、さまざまなもの歴史と関係している歴史性が見つかってきます。つまり、過去の事柄が現在にどのように展開しており、生じた歴史の必然性が発見できる、といったおもしろさがありますね。科学というのはまさにそういう予見力と関係性を見いだしていく方法なのです。

ですから、科学の方法を学ぶということは、見えないところで何が起きているかを想像する。その想像の仕方についていろいろな切り口があるから、どのような切り口で今進めるのがよいのかを学ぶ。

さまざまなかケースに応じた適切な切り口があることを見つけたり知ったりしていく、ということではないかと思います。

科学が私たちにもたらしてくれる三番目は、科学の方法は何にでも適用できるということです。そして、それぞれの科学の問題に対応したものの見方があって、「ここはこういう見方で、見えないところを起こっていることを、こういうふうに組み立てていく発見していくのだな」というコツを知っていく。その訓練を行うことが大学の一番の役割ではないかと思います。

強調したいのは、そういうことが自然にできていくためには、もちろんある一定量の知識は必要だということですが。それは自分で勉強してもいいし、友達と議論することで身につけていてもいいし、いろいろなやり方があります。

学問の役割ということを考えるうえで、学問の本質について非常にうまく表現をした言葉があります。学問というか、むしろ教養と言ったほうがいいのかもしれませんが。「気をつける、悪魔は年取っている、だから悪魔を理解するには、お前も年取っていなくてはならぬ」というものです。これは、ゲーテの『ファウスト』のメフィストフェレスのセリフです。これがどういう意味かはゆっくりと考えてもらえばいい。悪魔はあなたを誘惑するだけでなく陥れる、あるいは思いがけないことをもたらす災難かもしれない。私たちが生きて行くうえでさまざまな困難かもしれない。そういうものは、どういう原因であって、どういう現象であって、どういう対処の仕方があるのか。それを私たちは理解したうえで、きちんと対応していかなくてはいけない。それを理解するうえで、その悪魔、つまり私たちに對するさまざまな困難そのものが何であるかということを知らなければならない。それを知るだけ年を取って

いなければならない、つまり考え経験を積むということですね。

マックス・ウェーバーは『職業としての学問』の中で「悪魔の能力と限界を知るためには、悪魔のやり方を底まで見抜いておかねばならない」と言っています。「底まで見抜く」ために、それこそ学問があるということですね。「底まで見抜く」方法を学ぶことが学問であると言えるかもしれません。

ずっと抽象的な言い方ばかりをしているので、わかりにくいというか、何を話しているのだろうか、うかもしれませんが、ここで私自身が言ったのは、ひとつの表現、ひとつの切り口です。大学や学問、教養といった、いわく言いがたく、なんとも表現できるような事柄に関して、こういう見方もあるということを押さえた上で、次に自分としてはどう考えるかというふうに進んで行つてほしいと思います。

なぜ「科学」を学ぶのか？

続いて、大学の中で「科学」を学ぶということの意味です。私は科学者なので、教養や大学についての哲学的な議論はこれ以上できないのですが、「科学」の話題となると、具体的にものが言えます。

現代は科学・技術に立脚した文明であるということは、皆さんも当然知っています。私はこの現代について「地下資源文明」という言い方をしています。石油や石炭、ウランも含めた化石燃料と鉱物資源を使って文明を作り上げています。地下資源を科学・技術によって有効に利用して作り上げた文明ですから、この社会において生じているさまざまな問題は科学・技術に起因することが非常に多くあります。例えば、原発問題があり、遺伝子関連の問題では遺伝子組み換え、遺伝子操作、遺伝子診断な

どがあります。最近では遺伝子組み換えの代わりに生殖卵そのものの遺伝子を組み換える「遺伝子編集」という、もっと高級なというか、手っ取り早いやり方もあります。おそらく今後一〇年あるいは二〇年のスケールで、遺伝子に関わる問題はこの社会において非常に大きな問題になるだろうと思っております。君たち自身が今後直面していく大問題です。

地下資源文明の問題としては、私自身は現在の地下資源に依拠する文明はそんなに長続きしないだろうと思っております。長続きしないといっても、まあ三〇年や五〇年はもつと思えますが、とはいえず三〇年後、五〇年後というのは君たちが生きている時代です。つまり君たちが生きている時代に、地下資源の枯渇と、地下資源を使うことによる地球環境の悪化という、地下資源に起因する根本的な問題が非常に深刻になり、たぶん君たちの生き方自体にも大きく影響することになるかと思えます。今日はもうこれ以上言いませんが、私自身は、地下資源文明から地上資源文明に乗り換える時期がそのうちやってくると思っております。地下資源に対して、地上の資源です。太陽の光や植物、風など、私たちの身のまわりに存在する等身大の地上資源に切り替わっていく時代が、例えば五〇年という時間の間に必ずやってくるでしょう。

五〇年という時間は、君たち自身はなかなか想像しがたいだろうと思います。むしろ、私だってそう簡単に想像できるわけでもありませんが、私自身の実感として五〇年という時間を大学卒業ぐらいから現在までだどってくると、社会が非常に大きく変化してきたことがわかります。ほとんど想像もしなかった事柄が現実化した状況になっていて、その大きな変化はやはり科学や技術がもたらしたものです。科学や技術がもたらす問題に対して、私たちが何らかの知識を、あるいは何らかの対応策を持っていない

れば、その科学や技術がもたらすさまざまな問題点を解決することにはなり得ないのではないか。だから、科学や技術から生ずる問題に対して、何が原因であつて、どういう手を打てるのか、その結果として次に何を留意しなければならぬのか、といった段取りを考えていくということにつながっていかなくてはならないわけです。

今や、何か事が起こつた時に、自分たちは知らなかつたということでは済ませられない状況になつてきています。生殖医療や臓器移植、ドローン、地球温暖化など科学や技術に起因する実にさまざまな問題がどんどん起こつております。それに対して私たち自身が「知らなかつた」と言うわけにはいかない。現代人は科学や技術と無縁でかつ無知で生きて行くことはできないのですね。

もう一度言います。理工学部を選んだ君たちは、他の学部の学生たちよりも科学や技術により近い、あるいはより容易に理解できる存在なのです。今すぐに理解できない問題は多いかもしれないけれど、少し勉強すれば理解できるようになります。それから一番いいことは、これから専攻を選ぶでしょうが、ひとつの専門についてマスターすると、その考え方はさまざまな周辺の問題にも適用できるようになります。例えば、私は原発について専門的に研究したことはないのですが、本を数冊読めば、原発の問題点のいたいところはわかります。福島事故が起こる一〇年ぐらい前から、原発は危ないとずっと著書などでも主張してきておりました。科学や技術には、ある程度共通する法則性のようなものがありますから、あるひとつの分野の、あるやり方や考え方を身につけると、それはいろいろな問題に適用できるわけです。それによって君たち自身が、他の学部の人たちよりも深い物の見方で意見を述べることができるようになるはずだということです。本来そういうことができるはずの人が、現実世界で実

際に述べているかどうかは別として、できるはずなのですよね。

ですから、君たち自身が大学で科学を専門として学んでいくということは、今後生じてくるだろうさまざまな科学に関わる問題を、本質的な意味で理解する素地を身につけていくことです。現代は科学や技術と無縁で生きられないことは明らかです。例えば原発の事故が起こった時に、「安全神話にだまされた」という言葉が非常に多く言われました。あるいは戦時中は「神国日本」「万世一系」といったいろいろな神話がかびこっていて、人々はそれなりにそれを信じていました。今から見ると、「そんなアホなことがあるか」「神が守ってくれる国なんて」と思うのですが、それは現代と科学知のレベルが違うだけなのです。最近では「教育勅語はよい点もある」という人が首相になっている国ですから、将来どんな神話が再び罷り通るようになるかわかりませんが、やはりそうした神話や、われわれが理由なく信じている物語に関しては、十分に注意しなければなりません。そして、物事の本質を知った君たちは、いろいろな面で科学的な観点からその本質をえぐり出すことができるということです。

現代のような科学・技術の時代の中で、科学・技術が寄与する利得だけでなく、科学・技術がもたらすさまざまな矛盾や弊害もあります。これを私は「反倫理的な行為」とも言っているのですが、例えば原発には技術的な問題もいろいろありますが、もうひとつの側面は、原発はそもそも反倫理的な技術であるということです。反倫理的な技術であることの最も典型的なのが原爆でしょう。人を殺す以外に何も役に立たない。人の生活のためになるものではない。しかしながら、人類は原爆をやめることができていないわけです。それは原爆あるいは水爆という核兵器の抑止力という考え方がもたらしているのです。抑止力というのは、これだけ恐ろしい兵器を持っているから、誰も攻めてこないだろうという

ことですね。だから相手が攻撃するのを抑え込む、抑止する兵器として核兵器が存在している。しかし、何かおかしい論理のもとで、戦争が一応止まっていると思いませんか？

今、例えば北朝鮮が盛んにミサイルを飛ばし、核実験をやるというふうにして、挑発をしているかに見えるでしょうか？ アメリカのトランプ大統領がいつ核のボタンを押すかわからない。そういう恐怖もあります。それは科学・技術がもたらす本質的に非倫理的な問題をまったく考えずに、単に武器としてしか考えていないからですね。核兵器は人間を残酷に殺す。人間の創造物を残酷に破壊することが主目的の兵器でしょうか？ それによって守られている人間社会のおかしさみたいなものを、やっぱり私たちは常に批判し続けなければなりません。その批判の非常に根本的なところにあるのが「そういう科学・技術があつていいのか」「非倫理的な科学・技術がのさばつていいのか」という問いですね。このことは実はいろいろな問題とも関連しています。またすぐ後でお話ししましょう。

原発の非倫理性について言えば、例えば原発は人口が少ない過疎地に作らなければなりません。産業が興しにくい過疎地に押し付けられるわけです。それから、原発はウランという放射性物質を扱う技術ですから、下請けの労働者に被曝をずっと押し付けているわけです。被曝労働がないと原発は動かせないので。さらに原発で生じた廃棄物は、一〇万年スケールで安全に保管しなければなりません。これはわれわれが子孫に押し付けるわけです。このように原発というのは「押し付ける」という非倫理的な論理によって成り立っている欠陥技術です。押し付けることができなくなったら、原発は立ち行かなくなる技術なのです。しかしながら、原発は安全神話で守られてきたわけで、事故が起こって、はたと「これはおかしい」と気がついた。

そういうふうには私たちの社会構造の中で、さまざまな矛盾、あるいは非倫理的な要素があっても、それが隠されているというか、私たちとは関係のないところで生じているかのように見えるわけです。現実には関係があるのですが、私たちは知らないままやってきた。そういうことを見抜く力というのも、やはり教養の力、そして科学の力だと思っています。

科学の「いま」を考える

科学の「いま」ということを考える時に、私は科学の二面性ということを強調しておきたいと思えます。光と影、正と負、プラスとマイナス、善と悪です。すべての物事にはプラスとマイナスがあるので、すべりが良いということはありません。マイナスの側面が必ずあります。

かといって、科学抜きに私たちの生活を成り立たせることはできません。とすると、いかにしてそのマイナス面を小さくするか、被害を小さくするか、困難を克服するか、そういう発想をとらなければならぬわけです。そういう発想をとるうえで非常に重要なのが「トランスサイエンス問題」と言われている文系・社会系と理系の間の連携です。分野を越えた議論が必要だということです。文理の物事の考え方の交流が必要である。これをトランスサイエンス（サイエンスをトランスする、つまり科学を超え）問題と言っています。要するに科学だけで閉じさせることができない、そういう問題が実にたくさん生じています。

例えば建物の例をあげましょう。「耐震基準」というものがあります。強い地震がやってくると、建

物が壊れるから、「これだけの地震に耐えられるようにしなさい」とするわけですが、その時の「これだけの」というのが基準の眼目ですね。それに耐えられるような建物作りをしなくてはならないと、建築基準法で決まっているわけです。この耐震基準というのがどうやって決められたかを考えてみましょう。技術水準が甘くなつては基準になりませんから、必ずある種の厳しさが必要です。しかし、極端に厳しい基準も採用できません。すべての地震に耐えられる建物なんかありえないでしょう？ 作れないわけです。作ろうと思えば、まあ、一〇メートルぐらいの厚さの壁を作ればいいかもしれないけれど、そんなものは経済性に合わないし、使い勝手も悪い。やはりわれわれは日常生活の中で、技術を、それなりの生活の便利さを考え、かつ経済的にも合うように使っているわけです。あまり値段が高すぎてもダメだし、あるいは安すぎてもダメで、値段が安くできるようになったら基準を上げていく、耐震基準がだんだんときつくなっているのには、そういう側面もあるわけです。

つまり、耐震基準はどういう要素で決められるのか。社会的なニーズ、あるいは社会的・経済的な要請もありますね。さらに私たち自身が遭遇する地震の頻度と強度といったさまざまな要素が折り合わさって、耐震基準ができて上っているはずですね。実際にそういうふうな現実の基準が決められているかどうかは別にしてね。あるいは、原発にしても基準地震動が決められています。各原発に関して基準の地震の大きさというのが決められている。それを超えないように安全設計をしなさいというのがあります。

本来は、私たち自身の社会生活と密接に絡んでいるため、基準の決定には私たちの意見も反映しなければならぬわけです。パブリックコメントが反映できるようにしなければならぬ。技術の実際上の

問題点は、社会的なさまざまな議論の下で基準が決められています。今の耐震基準で言えば、経済性の問題もあるし、人間の選択の問題もあるし、さまざまな要素がある。単に科学や技術レベルだけで決まるものではないわけです。さまざまな要素が集まって決まってくるわけですね。一つの面だけでは決まらない。

こういうことをトランスサイエンス問題と言います。現代はトランスサイエンス問題が実にさまざまあるわけです。これは、市民として科学とどのように付き合うかということが投げかけられている非常に重要な問題としてあると思います。

科学には二つの側面がある

私たちは、つい科学の良さばかり、あるいは科学のすばらしさを強調して、科学の悪の面や弊害といった面をつい忘れがちになります。そういうマイナスの側面をもう一度きちんと押さえながら、科学の良さを生かしていくことが必要ではないかと思えます。

科学の二つの側面にはいろいろな言い方がありますが、私はここで四つ挙げてみます。

(一) 科学の効用 vs 科学の弊害

科学の効用と科学の弊害については、みなさんもよく知っていると思います。生活の向上や社会の生産力を増加することは絶大なる効用です。夏目漱石が四八歳で死んだのは、あの当時の平均寿命だった

わけですが、今ではその二倍ぐらい長生きする人はざらにいるでしょう？　これが科学の効用の一つですが、それでもしかし他方では、社会における科学が原因の損失も増えてきたわけですよ。

私がここでよく強調するのは、人間の能力が拡大されるということです。人間個人の能力ではなく、例えば車に乗り、飛行機に乗りということ、人間の足の能力が拡大されたのです。人間の行動範囲がどんどん増えてきた。メガネを使うことによって、目の能力も拡大された。あるいはコンピュータを使うことによって計算力もアップした。字を書く能力なども増えてきた。そういうことは非常にプラスとして働いているけれども、そういう能力が拡大したことによって、逆に私たち個人の人間としての固有能力は失われてきました。

例えば、今、田舎では車に乗らないと生活できない状況になっています。そうすると何が起こったかという、糖尿病が増えたのです。運動することが少なくなってきたからです。あるいは、エアコンをどんどん使うようになって、熱中症が増えてきたでしょう？　これは汗をかく能力を私たちは失いつつあるからです。というように、便利にしていく、豊かにしていくことは、他方では私たち個人の固有の能力がどんどん失われていっているということです。これはマイナスなのです。というように、同じ事柄でもプラスマイナス両面があるということです。

(二) 文化のため vs 社会のため

科学の二つ目の側面として、「文化のため」と「社会のため」ということを私は言っています。文化というのは直接、金儲けには役に立ちません。しかし、文化というのは人間の精神的な活動の所産です

から、見返りを要求しません、「ある」ことが大事で、なければ寂しいわけです。要するに、文化がなくても人間は生きられるわけですが、ないと、私たちは精神的に非常に大きな欠損を感じるわけです。というように、文化というものは直接の生活の役には立たないのだけれど、人間の精神的な生活には大いに役に立っているのです。

「無用の用」という言葉がありますが、私自身は、科学の営みは本来、文化のためにあると考えています。一九世紀になつてから、科学が技術と結びつき、人間の生活に非常に大きな影響を及ぼすようになったのですが、それまでは Science for Science だったのです。科学のための科学、あるいは哲学としての科学だったわけです。博物学の時代ぐらいまで科学は自然哲学であつて、人間の生活に直接役に立つことを目的としたものではないけれども、重要なものとして人々は大事にしたのです。

だから、それまで科学の文化的な側面というのは非常に重要視されていたのですが、二〇世紀あるいは二一世紀になつて、科学が人間の役に立つということ、経済的利得と結びつくことがやたらと強調されるようになりました。この問題は日本だけではなく、全世界的な傾向です。経済論理に科学がどんどん飲み込まれていって、要するに役に立つということと言わないと、研究費も取れない状況になつていくわけです。しかし、果たしてそれでいいのか、ということをもう一度考え直していかなければなりません。

よく科学者は「長い目で見たら、いずれは人間の役に立つのだから、今は役に立たなくてもいいじゃないか」という言い方をします。それはだいたい当たつてはいるのですが、私はそういう言い訳じみたことをいう必要はなくて、「役に立たなくていいのではないのですか？」とはっきり言えばいいと思います。

文化として人間の生活、あるいは人間の精神的な側面に大きな寄与をしているのだということを確認する必要がある。つまり文化の創造ですね。文化こそ、人間の行為ですから。人間らしい生き方をすると、というようなこととして、科学はあるわけです。

(三) 軍事利用 vs 民生利用

もうひとつの科学の二面性は、同じひとつの科学や技術であっても、軍事的な利用と民生的な利用の両面があるということです。これを現在、「デュアルユース」という言い方がよく使われています。デュアルとは「二つ」「両義的」ということですね。ロケット、レーダー、原子力、コンピュータ、ロボット、ドローン、ナノテクノロジー、DDTなど、いろいろなものが軍事的に開発されたのち、民生的に利用されて役に立っています。

この問題で焦点が当たっているのは軍事利用の問題で、政治においても科学の世界においても、「デュアルユース問題」として議論されています。この問題は、おそらく特に理工学部に進む人にとっては常に問いかけられる難問になると思います。いかなる科学・技術の成果も軍事利用にも平和利用にも使えます。人を生かすのにも殺すのにも、同じひとつの道具が使えるわけです。

民生的に開発されたものを軍事的に適用・応用することを「スピンオン」と言います。軍事のほうにオンするということです。大学などで普通に開発している技術は、みなさん民生のためにやっているわけでしょうか？ 人々の幸福のためにと、思っているのだけでも、軍が開発資金を出して軍事利用してしまおうというわけです。スピンオンというのは、本質的には民生技術の軍事への横取りであると

私は思っています。だから、これには徹底して抵抗していかねばなりません。

もうひとつ、自衛隊や政府が言うのは「スピントフ」です。軍事利用されていたものを今度はオフする。軍事から外して民生に応用する。非常に便利なものがいろいろと開発されてきたではないかと、彼らは言うわけですね。カーナビのGPSも軍事技術でしょう？ インターネットだって軍事技術ですよ。電子レンジも軍事技術由来です。というように、実に多くのものが軍事利用から民生利用に移っていて、これによって「いろいろと便利になったではないか。豊かになったではないか」とおっしゃるわけです。これは私も事実であると思います。

しかしながら、なぜそういうことが起こっているのかということを考えてみる必要があります。つまり、軍は軍事利用のために莫大なお金をかけるわけですね。採算を考える必要がなく、どんどんお金を出して発明させるわけでしょう？ ですから、もちろんできますよ。普通の民間企業がやるのとは違うわけです。民間企業の場合は、採算を抜きにしては進められない、儲からないとやらないわけですね。それを軍は儲けを考えずにやれる。そして軍の目的のために開発したものはさまざま用途に使われるわけです。まさにデュアルユースですから。砂漠の軍隊の位置、人工衛星の位置、潜水艦が浮き上がった時の位置というように、正確な位置決定は全部GPS関連で行っています。そうした軍隊のために開発した技術が、今まさに車の位置表示に使われているわけでしょう？ 軍事にも民生にも両面に使われるのです。それを軍は、いかにも私たちのためを思って開発してきたかのように言うけれども、実際にはそうではありません。まず軍のために徹底利用して、一定の利用成果が上がったら、それを今度は民間用に開放しています。それをいかにも軍が恩着せがましく示すためなのです。逆に言うと、軍がも

のすぐお金をかけても成功しなかったものもたくさんあるはずですよ。そうしたものについては一切言わない（言えない）から、われわれにはわかりません。

というようなことですから、スピノンとスピノフということを私たちは知っておく必要がありますし、デュアルユースの問題は、特に工学関係の人たちが今後直面する問題だと思えます。直面した時に私が求めるのは、やはり自分たちは、何のための、誰のための研究をしているのかということに常に意識しておくことです。その研究が、軍のため、あるいは特定の政府のためであれば、拒否する、抗議する、協力しない、あるいは適当に怠けるという選択をします。まったく協力しないと行って、会社をクビになってしまったら、またしんどいですからね。「そういう研究は、本当に人々のためにならないですよ。この会社のためにもならないですよ」と言い続けることが大事ではないかと思えます。これならクビになりませんから。もしも本当に人を殺す場面に直面したら、それはやめなければいけません。

この問題を考えるうえで知っておいてほしいのが、筑波大学の山海嘉之さんというとても有名な方のことです。ロボットスーツを発明した人です。筋肉の弱った人たちがロボットスーツを着ると、ちょっとした神経の動きをとらえて力に転換できるので、ものすごく力が出せるわけです。それは軍隊もとても欲しがるものです。身体が丈夫な軍人が戦場で使えば、もっと重い大砲だって平気で運べるわけですから。そのような発明品はまさにデュアルユースでしょう？ 同じ重い物を持ち上げるためのスーツが、からだの弱い人のためにもなるし、軍人のためにも使われる。そこで山海さんは自分で起業して、「軍隊には決して売らない」ということをおっしゃっているわけです。

しかしながら、現代の資本主義社会の中では、彼が売らないと言っても、結局のところは、特許を軍

が買ひ込んで、その技術を改変して特許にひつかからない新しいものに変えていくという道は当然開かれていたわけだ。その研究が産学共同で行われ、大学が参加したりもするわけだ。そうした複雑な経路になっているため、単純ではありません。でも山海さんは常に「軍のために使うのではない、平和のためにしか使つてほしくない」ということを言い続けられています。科学者や技術者がせめてできるのはそこではないかと思ひます。それを言い続ける。そして、その信義を掲げるとともに、軍に使われないように注意していくことではないかと思ひます。そうした社会的責任を意識しないなら、科学者・技術者として失格ではないかと思ひます。

(四) 明確に答が出る科学 vs シロクロがつかない科学

もうひとつ、これは二面性というよりは、科学には二つの種類があるということで、科学を学ぶ者として押さえておかなければなりません。要するに、科学には単純系と複雑系があるということです。

「単純系」というのは、より簡単なものに問題を分割していくと、たいていのことはわかる、つまり細かく分割して小さくなった部分を全部調べ上げて、それを後で足していくと、「部分の和≡全体」になるという「要素還元主義」的な考え方です。これは、素粒子論、化学、生命科学などが採つてきた考え方でもあり、これまでの科学で大いに成功してきた方法です。根本的なものに立ち戻れば、より法則は簡単になり、明確にわかるという手法です。

しかしながら、そのように単純な系に分けても、明確にならない問題がたくさんあるわけだ。それが「複雑系」です。例えば気象などがそうでしょう？ 地震にしても予知できないですよ。人体にし

てもそうで、人によって実にさまざまな差があるわけでしょう？ 生態系や人間の経済活動などもそうです。さまざまな要素が多様に共存する多成分系であって、お互いに複雑な非線形の関係で結び合っている場合、単純な系では起こり得ないことがいろいろと起こるわけですよ。

一番よく言われるのが「バタフライ効果」です。蝶々が飛ぶと、弱いけれども空気の流れができます。そんな流れはふつう、空気の粘性で消えてしまうわけですが、何かの拍子に、何らかの非線形効果によって、蝶々が飛んだ空気の流れがどんどん増幅され、最後には台風になってしまふ。そういう現象があるというたとえ話です。これはまさに複雑系の最たるものですよ。天気予報は、三日ぐらい先になると、当たる確率がどんどん下がります。それは、ほんのちよつとした空気の揺らぎがどんどん成長していくので、その揺らぎすべてをコンピュータで拾うことができないからです。揺らぎが大きくなって初めて「大きくなっちゃった」ことに気づき困ってしまうわけですね。

こうした複雑系とどう付き合っていくかということが、これからは大切になってくると思います。複雑系は、単純系とはシステムとして異なっていて、これまでのやり方では通用しないシステムです。これまでのやり方で取り組んでもすぐには答えが出ないわけで、そのため「科学的根拠がない」として切り捨てられることが多いのです。でも、これは単純系に毒された見方で、答えは、必ずしも常に非常にきれいな一対一対応で出てくるわけではないわけです。こうした複雑系の問題にどうつきあうか、ということは今後非常に重要です。おそらく大学で教わるような物理や化学、工学の問題もだいたいは単純系で、答えが明確に出る問題しか教えられないわけですが、むしろ私たちがつきあわなければならないのは、複雑系なのです。この複雑系の問題も頭の隅にちよつと入れておいていただきたいと思ひます。

つまり、複雑系の「不確実な知」とどう向き合うかということなのです。科学ですべてがわかっているわけではないということ、安易に結論に飛びつかず常に懐疑することを忘れないでほしいと思います。そのためにも、トランスサイエンス問題などで別の論理を持ち込んでもらいたい。利益より安全を優先する、「疑わしきは罰する」（予防措置原則）、短期の利益と長期の損失のバランスを考える、未来の世代への負の遺産となっていないかを検証する、「欲望の抑制、などを忘れずにいてほしいと思います。

現代の科学者・技術者が直面するのは、今後ますます大きく向かい合っていないかればならない問題ばかりです。君たち自身が今後学んでいくうえで非常に重要な課題ではないかと思えます。

科学・技術を学ぶ君たちに

最後に、科学・技術を学ぶ君たちに言いたいことは、次のような三つの習慣を心がけてほしいということ事です。

(一) 想像力を発揮する

理工系を学ぶ君たちは、「なぜ」とか「どういう仕組みになっているか」「こうならこうだろう」というような、見えない部分の想像力を持っています。そういう力を、またそういうことを考えるクセを身につけている君たちですから、その想像力が基本にあるわけです。その想像力をより豊かにしていつて、自分が行っている科学・技術の問題にも適用して欲しいと思います。

(二) 真実に対して忠実（誠実）であること

科学・技術を突き詰めると、ある意味で答えは明快になってくるわけです。「だいたい答えはこのうちのどれかで確かですよ」ということまでは言えることが明確です。その時に、嘘を言ったり、組織のためにごまかしたり、曖昧にしたり、そういうことが今の社会では多いわけです。それは真実に対して忠実ではないということです。科学や技術が意味することについて、真実に忠実に、あるいは誠実に向かい合わなければなりません。

(三) すべてを公開すること

科学や技術が成り立つ非常に重要な要素として、データがすべて公開されることがあります。さまざまな側面のデータや見方がいろいろと出されることによつて、より真実に近づきやすくなる。より真実に早く到達するわけです。広く知識を共有するということは、科学や技術を進めるうえで非常に決定的に重要だということを感じておいてください。

この三つは、君たちにとって重要な心の生き方というか、生き方の指針にしてほしいと思います。

もうひとつあります。むろん、科学者や技術者である前に、君たちは一市民であるわけです。一市民として素直に意見を述べていくことは大事です。君たちがこういう習慣を身につけてくれれば、非常にうれしいと思います。

どうもありがとうございます。