

理科教育と科学リテラシー

関口 昌秀

1. はじめに

科学リテラシーと共通教養論

科学リテラシーをすべての高校生に身につけてもらおうとする新しい高校理科の教科書シリーズ（教科書検定にとらわれない立場で執筆された物理・化学・生物・地学の全4冊）が、最近出版された。¹⁾

「地学，生物，化学，物理の4教科がそろった〔この〕高校理科教科書シリーズは，すべての高校生に読んでもらいたい，学んでもらいたい理科の内容をまとめた。（中略）本シリーズ4冊を読破することで，科学リテラシー（＝現代社会で生きるために必須の科学的素養）が身につくことを目指している。」（同シリーズの「はじめに」より）

理科教育の目的は科学リテラシーを身につけることである。この命題は正しい。しかし，科学リテラシーの内容と程度をどのように理解するか，そこが難しいところである。

同シリーズが主張するように，地学，生物，化学，物理4科目すべてを，すべての高校生に身につけて欲しいとするのは，共通教養論の立場である。

現行制度の高校理科

これと現行制度の考えは異なる。

高校理科の制度的現実，現在，選択科目となっているといってよいと思うが，制度の理念としては微妙な問題を含んでいる。現行の学習

指導要領（『高等学校学習指導要領（平成11年3月）』）では，「理科基礎」，「理科総合A」，「理科総合B」のうちから1科目以上を必修することになっている。

「理科基礎」の内容には，
「ア 物質の成り立ち」として「原子・分子の探究」と「物質の合成への道」，
「イ 生命を探る」として「細胞の発見と細胞説」と「進化の考え方」，
「ウ エネルギー」として「エネルギーの考え方の形成」と「電気エネルギーの利用」，
そして「エ 宇宙・地球を探る」として「天動説と地動説」と「プレートテクトニクス説の成立」

が含まれている。そしてア～エの単元ではそれぞれの2項目のいずれかを学習することになっている。したがって，「理科基礎」を履修すれば，物理・化学・生物・地学の4分野すべてにわたって，その中のある部分を学習することになる。

これに対して，「理科総合A」は「エネルギーと物質の成り立ちを中心に」して，物理と化学の内容から構成されている。そして「理科総合B」は「生物とそれを取り巻く環境を中心に」して，生物と地学の内容から構成されている。したがって，「理科総合A」と「理科総合B」では，両者を合わせれば4分野となるが，いずれか1科目ではそうならない。

したがって「理科基礎」を選択した者には理科の共通教養を与えようとする考え方もうかが

えなくはない。しかし、「理科基礎」「理科総合A」「理科総合B」の3科目からの選択必修となっているのだから、制度としては理科的教養での共通教養という立場には立っていない。

制度的に理科教育の内容が共通となっているのは、中学校までである。高校を卒業する上では物理・化学・生物・地学の全科目を履修する必要はない。この考え方と、すべての高校生に地学・生物・化学・物理の4冊を読んで科学リテラシーを身につけてほしいとする理科教育の立場との間には、大きな隔たりがある。

理科の総合の仕方

しかし実は、すぐあとで述べるように、「現代人に必要な理科の知識」をどのような形にまとめて提示するか、理科をどのように総合するかという大きな問題が存在する。だから、既存の物理・化学・生物・地学の内容を前提として議論してはいけないのだ。

今日、理科教育の内容構成を考える上で、重要なことは、その対象を選択的に設定するか、全員を対象とするかということ、および対象設定との関係で、その内容をどのようにまとめていくか(＝総合していくか)という問題である。現行制度では高校以上の理科教育の内容を全員対象とすることが崩れている。しかし、高校以上で全員対象の必修理科の内容を設定する必要はないのか。

冒頭で紹介した「新しい高校理科の教科書シリーズ」は、そのような必修的理科を設定すべきとする主張の1つである。

ここにある問題は、「市民のための理科教育」と「専門家のための理科教育」と表現できる。そして両者と関連して、エリート教育の問題もからむ。カリキュラム論としては、「教科の系統性」あるいは「完全カリキュラム」の理念、およびそれと異なる発想に立つ「STS教育」などが検討の対象となる。

2. 共通教養論の理論的前提 (その1)

高校義務化

いま共通教養論はどのように考えられるべきなのか。

「すべての国民に共通な教養を」というのが国民共通教養論の基本的発想だった。教養とは全体的なものを指すが、科学リテラシーというのはすでに分節化されたものとなっている。今日は、かつてとは異なったアプローチをする必要があるだろう。「共通教養論」という名称も問題かもしれない。

新しい教科書シリーズは「すべての高校生に身につけてほしい科学リテラシー」を語っているが、しかしそれはかつてのように「すべての国民に共通な教養」を語っているわけではない。それは教科書シリーズのテーマではないから、その点について語る必要はもちろんないが、まずはかつての国民共通教養論の前提を確認しておく必要があるだろう。

「すべての国民に身につけてほしい教養」を語るには、教育内容だけでなく、高校義務化という制度問題にもふれる必要がある。教養論というと内容論という印象を受けるが、共通教養論は、その本体としての内容論だけでなく、その理論が成立する土台として制度的な前提ももっていた。

ある意味でそれはきわめて単純なことなのだが、「すべての国民」を対象とするのだから、すべての国民が高校生となっていなければならない。そういう制度の実現に向けた考え方の上で語られたものが、国民共通教養論であったということである。

高校進学率と階層格差

バブル経済の下においても高校進学率は95%の壁を越えることはなかった。かつて小川利夫が指摘した「5%児童の問題」は量的には同じように存続しつづけた。²⁾

1990年代からの格差拡大の結果が明瞭に認められるようになった今日、青年の教育、とりわけ経済的自立のための職業訓練を、広い意味で

の（つまり文科省管轄を超えて存在する）教育制度として、どのように構築していくかが大きな課題となっている。しかし今、高校義務化を語るだけでは問題は解決しない。進学保障が無意味になったわけではないが、今の状況において語られるべきは、保障されるべき教育内容である。

かつては高校進学を保障すれば、一定程度の青年の将来的経済生活が見通せたかもしれない。しかし今日の格差社会化状況では、高校進学では見通しがもてない。いや大学へ進学してもそのような将来見通しをもつことは困難だろう。今日、いわゆる偏差値的な上位大学へ進学した青年にとっても、安心感をもてない青年の状況が出ている。わたしたちは、かつては信じられなかった大企業の倒産という事実を経験している。かつては大企業に就職すれば安心だと感じられたが、今ではそのような安心を感じることはできない状況となった。

かつての国民共通教養論が想定した青年期教育の形と、今日のそれは様相を異にする。今日の青年期問題は何よりもまず職業訓練的に発想される必要があるだろう。少なくとも、かつての「5%児童の問題」の後継と考えられる様々な意味での「底辺層青年・周辺層青年の問題」に関しては、そうである。

それは教養論では解決できない。それほど事態が深刻だともいえる。教養より飯を心配しなければならない。「人はパンのみにて生きる者ではない」が、しかしパンがなければ生きていけない。今日の状況は、そのような様相に近い。

経済的能力と政治的判断力

働く青年に教養が必要ないとは思わない。生活者である限り、誰でも経済的自立のための能力が必要であり、かつまた主権者市民として自己主張できる政治的判断力が必要である。「生きるために必要な教養」は、政治的判断力を中核として結晶化される、と私は考えている。た

んなる博学的知識ではない「生きる力としての教養」は、市民生活における判断の力として表現される。そういう「生きる力としての教養」は働く青年にも必要である。

すべての国民に共通な「生きる教養」を語る時、それは政治的判断力という問題設定になる。

たとえば、原子力発電問題を考えればすぐわかるように、科学技術が市民生活に及ぼす影響は大きい。このような問題を判断するために科学リテラシーは当然必要である。それゆえ政治的判断力と科学リテラシーは無関係ではない。政治的判断力と科学の関係について、私はこれまで何度か論じたことがある。³⁾

ここでは「科学リテラシー」と理科教育のカリキュラムに焦点づける中で、その問題も考えてみたい。

3. 知の総合—教養論の前提（その2）

1つの科学を前提とした共通教養論

かつての共通教養論には、たんに科学リテラシーだけでなく、すべての教科を含む全教養のミニマム・エッセンシャルズをすべての国民が共通に身につける、という発想があった。しかし今では、このようなアプローチをとることはできない。ひとつの理由は直前に述べた教育制度構想という問題であるが、教育内容的な観点からは次のような問題があるからである。

単純化して言えば、かつての共通教養論は、社会的教養を考えるにあたっては、社会科学を前提とし、科学的教養は自然科学を前提として考えた。

社会科学の崩壊

ところが、社会科学の方は、ソ連の崩壊により、マルクス主義的な発想の土台がゆさぶられた。⁴⁾

社会構造的には冷戦構造の消滅という世界的事態を経ている。社会を対象とした学問はその根本において価値的立場と切り離せないから、社会諸科学としてかつて存在していたわ

けだが、かつては、ソ連社会主義に対する批判を含めても「ひとつの社会科学」が存在しうる可能性へ賭けられた。共通教養論は、そこに賭けた。

しかし、そのような賭けは、誰の目から見ても、見直しを迫られている。ユートピア構想を含めて社会科学的知が再構築されなければならなくなった。

自然科学の細分化

自然科学の方は、社会科学に比べれば、価値中立的な形で構成されているから、科学的知見の拡大はあるが、それによって動揺をきたしているとはいえない。しかし、次の世代へ伝える知の内容の構成・組み立てという点では考えるべき問題がある。

たとえば、分子生物学を中心とする遺伝子学の発展にはめざましいものがあり、高校生物の内容も30年前とは大きく変った。地学に含まれる地球科学の進展もめざましい。地球環境問題が背景となってそれがうながされている面もある。同様に宇宙科学も進展した。

これらに象徴されるように、科学的知見の蓄積には目を見張るものがあり、それを次の世代に伝えるには新しい形で再整理される必要が生じた。人間の学習能力・記憶能力には、一定の容量的限界があるからだ。

「知の総合化」の必要

社会状況の根本的な変化と科学技術の発展により、社会諸科学・自然諸科学は、限りなく細分化された。だから現在、新しい形で「知の総合化」⁵⁾が必要だと、立花隆はいう。現代は、知の新しい総合を必要とする時代に入ったのだ。そのような文化的時代状況がある。たしかに、学問の進展はつねにあるのだから、いつの時代にも「知の総合」は必要である。しかし、現代はとりわけ大きい歴史的変化を経験した。それゆえ「知の総合化」が必要とされるのだ。

教養論は「総合された知」を前提として、は

じめて成立する。総合された知が存在しないところで共通教養を語ることはできない。かつての共通教養論は「総合された知」の存在を仮定していた。社会科学と自然科学という形で総合的知が存在していると考えられていた。しかし現在、「総合された知」は存在しない。現代の課題は知を総合することである。新しい世代に伝えるべき科学の内容も、そこから精選され、新しく組み直されなければならない。

このような中で理科教育も考えなければならない。

4. 理科的知の総合化の形

高校地学の総合

新しい高校理科の教科書シリーズは、理科という教科の枠の中での「知の総合化」の試みととらえることができる。それは高校理科の1つの総合の形を提示しているといえる。

それが最もよく表れているのは、地学である。

戦後1948年に誕生した地学は、「天文学、地球物理学、気象学、地質学、鉱物学、海洋学など非生物界の自然現象を集めて」、教養教育として成立した。しかし、これらの基礎学問は、研究対象が異なるだけでなく、その研究方法がまったく異なっていた。一方には天文学や地球物理学、気象学のように、法則科学的段階になっているものから、いまだ博物学的な自然記述的段階のものまで存在していた。そういうことから、「1960年の学習指導要領の改訂作業時には、高校長協会試案として『地学廃止論』も出されるなど、理科教育関係者間においても地学教育の目標や意義について共通理解が得られていなかった」⁶⁾。

それが現在、地球科学と宇宙科学として総合されようとしている。とくに、このテキストでは、地球科学の成果を、地球史を軸に整理している。ここに1つの総合の形が提示されている。歴史を軸にしたことで、すっきりと統一された印象を与えている。

たしかに、宇宙科学の分量の少なさ、および宇宙科学と地球科学の関連のさせ方の問題は残っている。

しかしそこに、ごった煮的統一性のなさの代名詞であったかつての地学の印象はなく、すっきりと「読んでわかる」内容の作品に仕上がっている。新しい地学として知の総合を感じさせるテキストである。

理科の総合化と内容の精選

この教科書シリーズは、検定教科書が扱うすべての内容を高校生に教えようとしているわけではない。その内容は「精選」されている。

とりわけ大学受験が必要となる計算問題は基本的に載せていない。

その例としては、生物における遺伝のところを挙げるのがよいだろう。遺伝子の連鎖と組換えの内容では、自家受精第2世代の分離比の計算が大学入試センター試験の必須内容となっているが、同シリーズの高校生物では、組換えの仕組みについては詳しく説明してあるが、分離比は話題にしていない。

もちろん数学なくしてその理解が不可能な物理には、数式による説明が当然出てくるし、化学でも量的関係が出てくる箇所はある。しかし、それは数式による説明の方が言葉だけの説明より解かりやすいからであり、その現象の理解に必要と判断されるからである。「内容の精選と丁寧な説明」が特徴と言うだけあって、たしかに、同シリーズは内容が精選されている。

この教科書シリーズが大学受験に必要な計算問題の類を載せていないということは、それが「市民のための理科教育」をめざしている、ということでもある。すべての高校生に身につけてほしい科学リテラシーという考え方は、そうなると思う。

自修書としての教科書

この教科書シリーズは、「読んでわかる」ことにこだわった。そう言うだけあって、たしか

に、読んでわかるようになっている。これはすばらしいことだ。

1970年代初頭私の高校時代の生物では、先ほど挙げた「遺伝子の組換え」の説明はまだ扱われていなかった。理科の教科教育法を担当するようになった都合から、現行の高校生物の教科書を見る必要に迫られたが、ある検定教科書「生物Ⅰ」の記述に比べると、このテキストシリーズの説明は詳しくかつ解かり易いものとなっている。

私が読んだ検定教科書は、いったい高校生に理解させようとしているのかしら、と疑いたくなる文章であった。生物学の知識は35年前の高校生とほとんど変わらないかもしれないが、それ以外の本はそれなりに読んできたつもりである。ちょっとひどい、というのが率直な感想である。もっと丁寧な本づくりの姿勢を求めたい。

そもそも検定教科書は、高校生が読んで理解できるテキストを作成しようとする意図があるのだろうか。そのような疑問を抱いている。私が生物の教科書で読んだものは1社にすぎないが、「化学Ⅰ」や、あるいは「現代社会」や「政治経済」など、他の科目の教科書を見ても同様の感想を抱かせる叙述が多い。それらに共通する印象として、難解な専門用語が登場する割には、それに関する丁寧な説明が言葉足らずである。もう少しスペースを割いて説明すれば、わかりやすくなるのではないか。含めなければならない内容と紙幅の関係があるにしても、その辺りを考える必要がある。

もちろんそれだけでは済まない事柄、たとえば現在の高校生に理解されるような言葉使いの問題もあるだろう。そこまでするには、何人かの現役高校生に読んでもらうような「本づくりの体制」が求められる。そこまで求めるのは無理な注文というべきかもしれない。しかし、もう少し時間をかけて丁寧に行う姿勢があれば、説明のし方はもう少し分かりやすくなるはずである。

もしかしたら、検定教科書は自修書と考えていないのかもしれない。しかし、そういう発想は、教科書というものに対する考え方として根本的にまちがっている。

学習はすべて自己学習である。自宅学習を宿題として課そうが課すまいが、それにかかわらず、自分の脳内に何らかの形で記憶として定着するのが、「学習」である。それが「学習」についての心理学的な真実である。そうである以上、自分の記憶を振り返って確かめようとしたときに、理解でない教科書は役に立たない。自修書として役立たない教科書は、受験参考書にその地位を奪い取られる運命にある。まさか受験参考書の売れ行きを伸ばすために検定教科書があるわけでもないだろうが、そのような疑いも出てくる程だ。

5. 市民のための教育と専門家のための教育

カリキュラムの目的としての市民と専門家

高校段階は完成教育という性格だけでなく、大学への準備教育という性格をもつ。高校は必然的にこのような二重の性格をもつ。

前者を念頭において「市民のための理科教育」が考えられ、後者を念頭におくとき「専門家のための理科教育」が考えられる。(念のためには、ここで考えているのは理科教育だから、高校におけるいわゆる「専門教育」＝職業教育での完成教育は議論の対象でない。また「専門家のための教育」というのは、「専門教育」＝職業教育を指して言っているわけではない。むしろ逆にそれは、いわゆる「普通教育」の中の準備教育として存在している、と考えている。この点、高校教育についての制度用語の用法とずれている。)

「市民のための理科教育」というのは、現代社会の市民として生活していく上で必要とされる科学リテラシーを教えることである。これに対して、「専門家のための理科教育」は、科学者やエンジニアになるために必要な科学的素養

を教えるものである。その道の専門家を養成するのが「専門家のための教育」である。それは「市民のための教育」と対置される概念である。

高校教育でいえば、理学部・工学部などの理科学部へ進学するために必要な理科教育が、「専門家のための理科教育」と考えるのがよい。厳密に言えば、理科学部へ進学する理科教育の中にも、「市民のための理科教育」は必要である。市民は素人としては、専門家に対立する存在である。しかし他方で専門家も1人の生活者、1個の主権者としては市民である。それゆえに、専門科学者を養成するカリキュラムに「市民のための理科教育」は含まれていなければならない。

だから「市民のための理科教育」と「専門家のための理科教育」は、対立するだけでなく、相補う部分もある。ただし、カリキュラムの目的としては、両者をカテゴリーとして区別しておくべきである。

普通教育と完全カリキュラム

そういう意味では、現行の高校理科教育の内容に両者が混在していることは一定の進歩とみるべきかもしれない。

伝統的に高校の「普通教育」としてあった理科は大学の準備教育を中心としてきた。そういう意味で高校理科は、「専門教育」として考えられてきたと言った方がよい。この点、高校段階では、「普通教育」という名称とその内実は異なっていた、というのが私の主張である。

ここで「普通教育」について、くわしくふれることはできないが、簡単に述べておくと、次のようになる。

カリキュラムの発想が後述の「完全カリキュラム」という考え方以外なかったから、職業分画が大学において出現するものに対する準備教育が、普通教育とされた。大学で専門的に分化するまでは共通の準備教育をする、というのが伝統的な考え方だった。

たとえば、理科教育の完全カリキュラムでい

えば、かつては高校時代あるいは大学の教養課程まで、物理・化学・生物をまとめて学習するのが普通教育の内容だった。大学では一般教育と呼ばれていた。教養課程の後に専門分化して、専門教育を受ける。

専門教育への準備を普通教育というのは、エリート教育的な区分によるものである。

歴史的には、庶民のための小学校（プチ・エコール）と、エリート養成としての大学（およびその準備教育としてのコレージュ）とが接続されていなかった時代にまでさかのぼる。現在では学校階梯が、小学校（初等教育）、中学校・高校（中等教育）、大学（高等教育）と接続して存在する。科学の発展により教育内容も追加変更されてきたが、最終学歴によってエリートとノンエリートを区別する考え方が、学歴主義として残った。接続した学校階梯の下、カリキュラムは「教科の系統性」をもった「完全カリキュラム」として一貫して、小学校から大学まで上昇していく。そのピラミッドの頂点まで履修した学生がエリートで、途中で社会へ出て行く者がノンエリートと烙印される。（正確には途中で職業教育を選択する者もノンエリートとされる。）

しかし、カリキュラムの考え方としては、その養成目的を「市民」とするものと、「専門家」とするものに区分するのがよい。その方が平等主義的だ。

市民のための理科教育

「分化と統合」という枠組でみれば、職業的分化と政治的統合とも言われるように、職業的には分かれていくが、政治的には人はつながる。職業を異にしても、国民共同体の中で暮らしていく。（地球共同体という発想まで含めた細かい議論は今除いておく。）階級的あるいは階層的に考えなくても、職業的には専門分化していく。それに対して、生活者市民としては同じだ。経済的能力は職業にかかわる能力であり、政治的判断力は市民生活にかかわる能力である。

だから、「市民のための理科教育」というのは、共通なカリキュラムのことである。それは、新しい教科書シリーズがいうように、進路とは無関係に、「すべての高校生に学んでもらいたい理科の内容」からなるものである。問題は、その内容をどのように考えるかということである。かつての共通教養論は、その内容を当時の高校程度とした。宮原誠一『青年期の教育』（1966年）には、「後期中等教育段階においてすべての青年が習得すべき共通の最小必要基準は、現在の高校程度になる」という趣旨の言葉がある。⁷⁾

しかし、そこでは、共通教養の具体的な中身まで語られたわけではない。それは未定のままであった。

新しい教科書シリーズは、すべての高校生に必要な理科教育の内容を、具体的な形にしてみた。そこに大きな意義がある。

専門家のための理科教育

「専門家のための理科教育」では物理・化学・生物・地学4科目すべてを身につける必要はない、という問題も生じる。

自然現象を物質現象と生命現象に分ければ、生命現象を扱うには物理学を必ずしも必要としない。実際、生物学科への進学には高校生物が必要だが、物理は必要でないだろう。逆に物理学科へ進学するためには高校物理の修得は必要だが、生物は必要としないだろう。大学受験科目でみると、工学部への進学者が高校物理を未履修の場合もある。東京大学では、そのような学生に補習的講義を行っているという。⁸⁾

おそらく多くの大学の理工系学部でも同様な事情があるだろう。本学（神奈川大学）の理学部でも数年前から補習講義が始まっている。このような現実とは、一方で大学での専門教育にとって高校理科が必須であることを示しているとともに、他方では4科目すべてが必要とならないことを示している。

生命現象をその物質的基礎から考えれば、物

理法則の上に成立している。それゆえ、生物学の基礎に物理学があるといえる。しかし、現実的には、生命の物質的基礎という場合、それは細胞内の分子的な化学反応レベルに求められる。それゆえ、ふつう生物学の基礎を物理学まで求めることはしない。

化学現象の基礎は量子力学にあるから、化学での基礎は物理にまで求める。しかし、生物分野での基礎は化学であり、物理学が扱う物質レベルまで遡ることはふつうしない。大人数を対象とする教育では、教育の効率性という要因が考慮されるからである。研究に必要な場合は研究者個人が独学で勉強する。教育はその学習能力をつければよい。

このようなわけで、生命現象と非生命現象の区別にしたがって、専門科学者も生物学を必要とする者と物理学を必要とする者に区分できる。

これは皮肉にも大学入試センター試験日程で生物と物理を同日にする根拠にすりかえられもする。すり替えだというのは、大学で生物学をするのに高校物理が不必要というわけではないからだ。

すぐあとで見るように、立花隆は、現代社会においては文科系の学生にとっても分子生物学の知見が必要だとのべている。

エリート教育にも必要な理科教育

理科教育の程度の上昇とともに、専門的内容は分化していく。だから、その基礎的素養の内容と程度を考えることはむずかしい。

立花隆は、現代科学の基礎である物理学も必要であり、バイオ時代に生きる人間として分子生物学の知識も必要であると主張している。⁹⁾

彼の議論は「東大講義」という性格から、エリート教育を念頭においた議論である。ただし、エリートとして問題にしているのは、専門科学者の卵である理科系の学生よりは、むしろ政策立案者などになっていく文科系の学生である。彼らは将来、わが国の官界・経済界・政界・学

界・言論界の指導的立場に立つ可能性が高い。そういう日本の将来の指導者たちが、今の制度のままでは、科学技術の基礎的理解のところが中学生レベルになってしまう。

物質世界の基礎構造は物理法則が支配する。それは、自然界の基本定数の間の関係として記述される。光の速度、万有引力定数、アボガドロ数、そしてプランク定数、ボルツマン定数などが、自然界の基本定数の代表者である。物理学の基礎となるのは、ニュートンの運動の3法則である。そこにある運動、加速度、質量などの概念、さらに熱、波、素粒子などの概念、これらは、「この世界のあり方の根本にかかわる最も基礎的な概念」である。それは高校物理の範囲に含まれている。「それすら正しく理解していない者は、大学でものを学ぶ資格がない」。立花はそのように言う。

21世紀はバイオの時代である。だから、21世紀の知的活動や経済活動を理解するためには、分子生物学の知識が必要である。米国のハーバード大学やマサチューセッツ工科大学ではカレッジ段階で専攻のいかんにかかわらず、全学生に分子生物学を学習することを義務づけた。これは、21世紀がバイオの時代であることを意識した大学における教育内容の改革である。

じつは、「日本の理科教育の水準が19世紀以前にある」という問題もある。

立花は、「物理IB」「化学IB」「生物IB」(これは前課程、平成元年3月の「高等学校学習指導要領」の科目である。)に載っている事項が何世紀に発見されたかを述べている。問題なのは、20世紀に発見された事項が、物理と化学でほとんどないことである。化学で15%程度、物理では8%位しかない。最先端の事項が教えられていない。最先端に向かっていくカリキュラムでありながら、それが高校でほとんど見えない。

エリート教育かつ／または市民のための教育

立花の主張はエリート教育について述べたも

のだが、共通教養論的発想に通じるものがある。

講義の対象を東大生からすべての高校生まで拡大すればよい。そうすれば、その主張するところは、すべての高校生に物理・化学・生物・地学4科目を身につけてほしいとする新しい教科書シリーズと同じになる。たしかに、すべての大学生を対象として完全カリキュラムを考えると、すべての高校生を対象として考えることは、同じでない。

しかし、立花も、「現代社会がかかえる、さまざまなイシュー（issue 争点）の相当部分が、実はいろんなレベルで科学技術がらみ」であることを認めている。現代社会が科学技術に支えられた社会だから、当然そうなるのだ。そういう認識があるから、「単に市民生活を送っているだけでも」、科学技術に関する「浅くて広い知識」が日々必要となっている。そう立花は言う。

このように立花には、共通教養論的発想もある。

いいかえれば、かつて主張され、今立花によって主張されている「エリート教育」の中身は、現代社会に生きるすべての人間に必要な科学リテラシーとして、主張されてよい事柄なのだ。

視点は異なっても、内容の点において、エリート教育は「市民のための教育」へ転轍できる。この点がかつての共通教養論と同じ論理である。

「浅くて広い知識」というものの具体的な姿を、たとえばテキストとして、どのようにまとめるか。その具体的な姿が出されたこと（たとえば、新しい教科書シリーズ）が、かつてとちがう。それは、進歩と考えるべきことである。

6. 理科教育のカリキュラムをどう考えるか

完全カリキュラムの問題（その1）

理科教育のカリキュラムはふつう、「完全カリキュラムというプラトンの理念」に基いて組

み立てられている。STS教育の主張者ザイマンは、このように言う。¹⁰⁾

「完全カリキュラム」の考え方は、1960年代の「教科の現代化」のときにいわれた「教科の系統性」の考え方と同じ発想に立つものと考えてよい。これは乱暴な言い方だが、その基本的な構えは同じである。そのときの科学の最先端を基準として、そこへ向って小学校から大学までの学校段階のカリキュラムの内容を考えていく点で、それは同じである。

その原理をわかりやすく述べたのは、「数学史と現代数学と児童心理学」という遠山啓の言葉である。現代数学が研究の最先端であり、そこへ向って易しいものから高度なものへと順序正しく並べていく。その並べ方の基本は数学史があたえてくれる。そしてそれをどの年齢に当てるかべきかを教えてくれるのが、児童心理学というわけである。

この原則は理科のカリキュラムを考える上でも通用する。ただし、それはまだ大まかな原則であり、具体的な細かい点まで決定できる原則ではない。

遠山の原則を適用すると、理科ではまずいことが生じてくる。容易なものから高度なものへの順序の基本は、歴史的発生順序が決める。そうすると、最先端は、いちばん最後となる。すでに紹介したように、高校の物理と化学では20世紀に発見された事項はほとんど扱っていない。

この問題に関して批判するのは、立花だけではない。これについては最後でふれよう。

STS教育—完成カリキュラムの問題（その2）

STS教育といわれるものは、完全カリキュラムとは異なる発想に立つ。STS（科学・技術・社会）教育は、現代の科学・技術が社会に及ぼす問題、たとえば原発問題やIT問題、資源エネルギー問題、環境問題などを取り上げ、それらの科学技術が社会の中につくりだす問題をテーマとしてカリキュラムを構成しようとする。

したがって、STS教育は、科学教育ではなく、「科学論教育」だともいわれる。たとえば、原発問題を扱うには、日本における政治的経済的事柄も扱わねばならない。つまりSTS教育は、理科だけでは扱えない総合科目になる側面がある。教育実践研究運動の中で「総合学習」ないし「課題学習」と呼ばれてきたものに含まれるという側面である。

総合学習では、「調べ学習」というような教育方法の側面が強調されるときがあるが、科学論としてのSTS教育は必ずしも、生徒による調査を強調するわけではない。むしろ、教師の講義を中心とすることもある。「シスコン」のように教科書を作成すれば、そうなる。¹¹⁾

しかし、STS教育を科学教育と全く別に行うべきか、という点必ずしもそうならない。原子核分裂の知識なしに、原発問題の総合学習がどこまで、どういう形で行えるか、考えてみるとよい。放射能の知識なしに行えば、それは時事問題として社会科で扱われる内容となる。しかし、それでは、現代の科学技術が引き起こす社会問題の本質をどこまで理解できるか、疑問となる。

そういう意味で、STS教育は、科学教育と連動するものである。

これを程度問題として考えてみれば、高校物理程度の知識を前提とする、あるいは、その程度の知識を与えながら授業をするのが、STS教育ということになる。

しかし、具体的なテキストの構成となるとむずかしい。

STSの学際性

STS (science, technology, society) は、そもそも学際的 (interdisciplinary) だといわれる。

いいかえれば、ディシプリン、1つの学問としての方法と体系が、まだ存在しないということである。学際的領域は、立花の言うように、「局所的な補完行為」¹²⁾ にすぎないかもしれない。STSはトピックとして問題、たとえば原発

問題などを扱うことはできても、科学技術が社会で引き起こす諸問題一般を論じることはできない。少なくとも、まだできていない。トマス・クーンやマイケル・ポラニーやカール・ポパーらの間で論争があることは、ディシプリンがまだないことを示しているのだろう。

STSは本来的には大学における研究としてはじまった。さらにSTS教育は科学教育ではなく科学論教育だと述べたが、そこで科学論に含められる学問は、科学史、科学哲学、科学社会学などと呼ばれるものである。ここにあげた3つだけでも、その方法論は歴史学、哲学、社会学と異なっている。

これは、教育史、教育哲学、教育社会学と並べてみると、教育学と同じように見える。教育史は歴史学、教育哲学は哲学、教育社会学は社会学と、それぞれ方法を異にする。科学論も教育学も同様に、様々な方法を用いて科学という1つの対象、あるいは教育という1つの対象をいろいろな側面から研究する。しかし、教育学には、その中心として、pedagogy (教授学) が存在している。しかし、科学論にはそれに相当するものがない。教育学が1つのディシプリンをもった学であると思われるのは、そこに中心となる pedagogy が存在しているからである。それに対して、STSが学際的といわれるのは、そこに中心となるものがないからである。

STS教育とエリート教育

しかし、教育学が学際的でない面をあまり強調するつもりはない。

じつは、教育学の pedagogy が教員養成の実践学であるのと同じように、STSも実践的性格をもつ。「科学技術が社会に及ぼす影響を評価できる能力をもった」科学政策立案者の養成をめざして、STSは始った。もちろん政策立案者だけでなく、科学の研究者にも、これからは、「科学技術が社会に及ぼす影響を評価できる能力」をもってもらおうとして、それは始ったものでもある。

「技術革新や環境のアセスメントができるアナリスト」や科学政策の立案者を養成することをめざす点で、STSはエリート教育でもある。

知の総合—エリート教育の真の課題

大学レベルの授業科目で考えると、STSと立花の考え方の間に、どの程度の差が出るのかは、わからないところが多い。STSは運動としては、明らかに科学論を中心とした学科ないし研究科などを創出する、「学問創出」運動である。ただし、その運動が成功し、1つの学問となるかどうかはまだ不明である。

立花の立場はそうではない。知の全体を学ぶ立場である。既成の伝統的な学問も含めて、最先端の科学的知見の蓄積の全体を、浅くてもよいから、知れ、という。彼はスペシャリスト、専門科学の研究者ではなく、あくまでもゼネラリスト、全体的な知を追求める者である。

立花が科学史や科学哲学や科学社会学を学ぶことを否定することはありえないが、エリート教育という視点から考えると、それがSTSに収束していくということはできない。

エリート教育という視点で立花が問題にするのは、スノーが問題にした「2つの文化の問題」、文科系の知識人と理科系の知識人の間における知の乖離である。そしてさらに、おなじ自然科学でも、基礎研究をする人間と応用研究をする人間の間のギャップ、その相互無理解、そしてまた文科理科を問わず産業に直結する仕事をする人とそうでない人の間で進行している無理解状況である。これらの「三重構造の無理解」¹³⁾を立花は、エリート教育の中心問題として提起している。まさに課題とするのは、「知の総合」、インテグレーションである。

ここから、もしSTSに問われることがあるとすれば、STSは知の統合にどんな寄与を為し得るか、ということである。しかしこれは、STSがエリート教育にも寄与すると答えるだけでは、不十分である。

エリート教育を本気で考えるということの問

題には、このような問題がある。ここではそれを確認することしかできない。それは知識社会的な1大問題である。科学リテラシーの問題と無縁とはいえないかもしれない（たとえば文科系知識人にも科学リテラシーは必要だとは簡単に言えるから）が、本稿で論じられるものではない。

最先端からの物理教育

先に述べた、高校物理の中で最先端がほとんどふれられない、という問題について考えてみよう。

わが国の物理教育が古典物理学から入って、教科書の大部分がこれに費やされ、現代の最先端である素粒子物理が少ないことに対しては、物理学者の本間三郎も批判している。

「物理学の学習は真の意味での物理学、すなわち、われわれのまわりの自然界が究極的には何からどのような仕組みでつくられているかを明らかにしようとする物理学から出発すべきである」。そういう意味では、原子物理学あるいは「素粒子物理学から始めていかななくてはならない」。けっして、力学とか電磁気学とか熱学とかの「古典物理学から始めるべきではない」¹⁴⁾

このように本間は、最先端の原子物理学から物理教育を始めよ、と主張している。本間が取り上げて批判しているのは、高校と大学の物理教育である。

本間の主張は、次に紹介するワインバーグのように、物理未修者だけを念頭において考えるのか、それとも両者なのか。また高校と大学の両方でそうするのか、どちらか片方だけ改善すれば残りは良くなるのか。はっきりしない点があるが、ここではただ、古典物理からはじめる通常の物理教育に対する批判の例としてのみ挙げておく。

最先端を教えるワインバーグの本

本間が訳した『電子と原子核の発見』の著者ワインバーグは、文科系の学生、あるいは物理

教育を受けていない理系学生を対象として、「20世紀の物理学が成し遂げた偉業」を紹介する目的で、同書を書いている。

同書は、原子を構成する基本的な素粒子である電子と陽子、中性子を中心とする発見の物語である。それは、ニュートン力学からはじまるふつうの物理教育とは異なって、次のような叙述をとっている。

電子や陽子の発見を理解する上でどうしても必要となる背景説明として、その都度その都度、「電気の性質、ニュートンの運動法則、電気力と磁気力、エネルギーの保存」などについての知識を与える。

たとえば、電子の発見の実験を理解するためには、ニュートンの運動法則、電気力と磁気力、エネルギーの保存など、古典物理学の概念が必要となる。だから、その実験の背景として、それらについて説明する。説明はほとんど分数までの算数レベルである。抽象的な文字式は使わず、分数の式も「言葉」で表現されている。数学が得意な人向けには、付録として「ニュートンの運動の第2法則」などが付けられている。ここでは文字式も使用されている。しかしそのレベルは中学数学レベルである。

このようにワインバーグは物理教育のふつうの順序を並べ替えた。科学者を目指すわけでない素人に対して、科学の内容を伝える「啓蒙の方法」として、彼はこれを考えた。既成の物理教育の順序は、科学者をめざす学生には適しているかもしれない。しかしそれは、科学者でない人には適さない。

「それ〔ふつうの物理教育〕は、つねに力学から始まり、その次に熱、電磁気、光、そして最後にほんの少しの現代物理学、というものである。これは物理学者になろうとしている学生には理想的かもしれないが、一般の人たちには、渡りきることのできない広大な砂漠」である。(同書「まえがき」)

このように、ワインバーグは述べている。

市民のための教育と最先端の教育

ワインバーグは古典物理学から始めるこれまでの物理教育について、物理学者になるための教育としてはよい、と肯定している。物理教育を受けていない学生に向けて、最先端の物理を紹介するために、上のような内容構成を考え出した。

ワインバーグのいう「物理教育を受けていない人に最先端の物理学の成果を紹介する」というのは、それはまさに「市民のための物理教育」である。

そして、ワインバーグの立場では、「市民のための物理教育」と「専門家のための物理教育」とは、カリキュラムの内容を異にする。ワインバーグの本は、レベル的には、高校生にも使える。これと新しい教科書シリーズを比較すると面白い。

新しい教科書シリーズの構成は伝統的である。そのちがいをどう考えるか。

ワインバーグの方も、背景説明として、ニュートンの運動法則を説明し、その後で電気力と磁気力や、エネルギーの保存などの説明をしていく。そういう点で、並べ方の順序が大きく変わっていないといえる。

むしろ大きな違いは、ワインバーグの説明の方が、同じニュートンの運動法則の説明でも、説明する事項がはるかに少ないことだ。教科書シリーズは、大学受験向けの計算はしていないが、それでも文字式による表現を基本として、円運動や単振動についても丁寧に説明していく。ワインバーグにはそれはない。

教科書シリーズの方は、将来物理学者になる生徒に向けてもつくってある。載せてある事項は、通念として高校物理で取扱うとされる事項(それは学習指導要領が想定する事項と大きくちがわない)となっている。

教科書シリーズは、「市民のための物理教育」と「専門家のための物理教育」の両方をめざしている。あるいは、かつての共通教養論の考え方と同じく、共通に学ぶものを取り出そうとした

試みといえる。ワインバーグは「専門家のためのものではない」物理教育として、考えている。

さて、どうするか。どちらの道を行くか。両者は統合されるか。第3の道があるか。高校のカリキュラムを考えるのは、ここからである。いくつかの考え方が提示できるだろう。

しかし、今、それに決着をつける方法はみつからない。これ以上はたんなる思弁にすぎなくなってしまうから、ここで止めておこう。

- 1) 2006年に講談社ブルーバックスとして出された以下の4冊である。
 - ・山本明利・左巻健男 編著『新しい高校物理の教科書』講談社、2006年。
 - ・左巻健男 編著『新しい高校化学の教科書』講談社、2006年。
 - ・柄内新・左巻健男 編著『新しい高校生物の教科書』講談社、2006年。
 - ・杵島正洋・松本直記・左巻健男 編著『新しい高校地学の教科書』講談社、2006年。
- 2) 私は1980年代半ば、「大衆的青年期」状況を背景として、小川のいう「5%児童問題」はその問題の質を変えたと主張したことがある。現在でもその主張を撤回するつもりはない。しかし、格差問題への教育的対応では考えを異にするようになった。当時は、大衆的青年期における「平準化」の中で青年期教育の平等性を、いわゆる「普通教育」化の方向で考えていたが、現在では「職業訓練」を提供する形での平等性実現を考えている。80年代の大衆的青年期論としては、次の拙稿を参照。「大衆的青年期における『階層問題』の性格」(日本教育学会『現代社会における発達と教育(第四集)』1986年所収)、および「今日のわが国における大衆的青年期の主要な矛盾の性格についての試論」(『東京大学教育学部紀要 第26巻』1986年所収)。
- 3) 政治的判断力についてまとまって論じたものとして、拙稿「普通教育概念の問題(1)~(3)」(『神奈川大学 心理・教育研究論集 第18~20号』1999年~2001年所収)参照。
- 4) 公害学習運動などの中で行われた自己教育運動にもマルクス主義的な発想はあったと思う。しかし私はマルクス主義的土台がすべて誤りだったと考えてはいない。私の考えからすれば、労働カテゴリーをめぐる問題である。

ポイエーシス(制作)としての労働とは別に、プラクシス(実践)としての対話的行為をカテゴリーとして立てる必要がある。広い意味ではマルクス主義者とも評されるハーバーマスが、ハンナ・アーレントの影響を受けて、コミュニケーション的行為のカテゴリーを押し出したことは、そういうことだ。したがって、ここでの問題は、公害学習運動それ自体の中に問題があったというよりは、それを位置づけ評価する言説の問題となる。思考枠組の問題である。ポイエーシス(制作)とプラクシス(実践)のカテゴリーについては、拙稿「普通教育概念の問題」(前掲)参照。

- 5) 立花隆『脳を鍛える』新潮社、2000年、209頁。
- 6) 田中実「地学教育の目標」(左巻健男 編著『授業づくりのための理科教育法』東京書籍、2004年所収)
- 7) 宮原誠一『青年期の教育』岩波新書、1966年、173頁。
- 8) 立花隆『脳を鍛える』(前掲)、40頁。
- 9) この点についての立花の主張に関しては、前掲書『脳を鍛える』の「日本の理科教育の水準は19世紀以前だ」(37~47頁)を参照。
- 10) ザイマン『科学と社会を結ぶ教育とは』(竹内敬人・中島秀人 訳)産業図書、1988年、211頁。
- 11) Joan Solomon ed, *The Science in a Social Context*, 1983. (邦訳、『科学・技術・社会(STS)を考える——シスコン・イン・スクール』東洋館出版社、1993年)シスコン・イン・スクールについては、拙稿「理科教育とSTS教育」(神奈川大学経営学部『国際経営論集 第32号』2006年所収)の中で紹介しておいた。
- 12) 立花隆『脳を鍛える』(前掲)、209頁。
- 13) 同上、227頁。
- 14) 本間三郎「訳者あとがき」(ワインバーグ『新版 電子と原子核の発見』ちくま学芸文庫、2006年所収)。