

# 「科学教育」に向けて

吉田 修久

## 1. はじめに

3.11以来、科学が改めて注目され、語られることが多くなった。「想定外」や「原発の安全性」、そして「放射線のリスク」などなど、科学の発達とその技術のもたらす危険な側面や現在における限界が改めて私たちの前に提示された。また、一般市民がもつ科学への期待感と実際とが乖離しているのではないかということも明らかになってきた。「科学でいろいろなことが、もっと分かっているのではなかったか？想定外など単なる逃げではないのか。」「放射線のどこまでが安全なのか、本当のことを知らせて欲しい。」など、報道などでもさまざまに語られた。このような科学に対する誤解や不信感が起こるのは、一つには科学・技術の進歩ともなって、科学というものの自体が生活の中でわかりにくくなってしまっているからであろう。かつてはプラグの修理やラジオの組み立てなどは自分でやったものである。生活の中にあり、かつ夢の生活を実現させた科学・技術は、いまやパソコンの中のブラックボックスになってしまっている。科学・技術の進歩、巨大化とともに、原子力発電、遺伝子組み換えなどが、単純に喜ばしい進歩というだけではなく、その安全性や有効性、そして倫理的側面への不安も世界的に広がっている。私たちを取り巻く科学・技術の世界は、否応もなく個々人の生活と深い関わりをもつ。そのような状況の中で、科学への理解が深まっているとはとてもいえず、誤解や

曲解さえ生んでしまっている。科学にまつわる困惑、混乱の社会的状況の中、科学が一体どのようなものであるのかをより正しく理解しての利用、そしてうまくつきあっていくことが一層望まれる。

そこで考えなければならないのが理科教育のあり方である。これはいわゆる「理科離れ」問題とともに、理科教育の質の問題である。従来の理科教育の中で、科学の成果としてのさまざまな知見が語られたとしても、科学がどのようなものであるのか語られてはいないのではないだろうか。文科省が出す指導要領の「理科学科目の目的」の一つに、科学的見方を身に付けるということがうたわれている。また、中学、高校の理科教科書には、「科学の方法」「探求活動」なども書き込まれている。しかし、まとまった科学を語る「科学教育」はほとんどなされていないという状況である。もっと積極的にこの部分を伝えていく必要を改めて強く感じている。生物教員として高校教育の現場に立っていた経験を踏まえ、その現状と実践報告をしたい。

## 2. 指導要領「理科の目標」

指導要領には以下のように「目標」が掲げられている。

-----  
第1節 理科  
第1款 目標

自然の事物・現象に対する関心や探究心を高め、目的意識をもって観察、実験などを行い、科学的に探究する能力と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な自然観を育成する。

この理科の目標に関する補足説明も書かれているが、特に「科学的に探究する能力と態度を育てる」ことについては、以下のように説明している。

自然の事物・現象の中から問題を見だし、観察や実験などを通して、科学的に探究する能力と態度を育てることを示している。これらの能力や態度を身に付けることは、変化の激しい社会の中で生涯にわたって主体的、創造的に生きていくために大切であり、「生きる力」の育成につながるものである。特に、探究活動や新設科目「理科課題研究」においては、探究の過程を通して科学の方法を習得させ、自然に対する興味や関心、探究心を高め、科学的に探究する能力と態度を育てるように指導を行うことが大切である。

これを踏まえて各教科書の「探求活動」などの内容は、さまざまな「実験・観察」を通じて「科学する方法」を提示、考えさせるようになっている。しかし、項目によってその内容はやや難しく、質、量ともに理系に進む生徒が対象になるだろう。「生きる力」の育成につながる、一般教養としての科学を文系を含めた全生徒に伝えるにはかなり無理がある。理科教育が目指すものには、実質的には2つある。一つは次世代の科学を担い発展させる将来の科学者、そして科学・技術に携わる人材を育てるため、もう一つは一般市民の教養としての科学であろう。それは「生きる力」につながり、正しい方向を

見つけ、冷静に行動を起こせる市民の育成である。現実的な状況を踏まえつつ、「生きる力」としての「科学的に探究する能力と態度」を育成するにはどのようにしたらよいのだろうか。また、その伝えるべき科学、その内容の吟味も大切である。

### 3. 科学と社会をつなぐ「科学教育」

身につけるべき「科学的に探究する能力と態度」とは果たしてどのようなものであろうか。そして一般市民のもつべき「教養」としての科学はどのようなものなのであろうか。巨大化し、一般市民の感覚から離れてブラックボックス化した現代の科学を取り巻く社会状況を反省的に捉えようとする動きが出てきている。欧米ではBSE問題以来、科学に対する不信感が高まり、それを解消するために一般市民と科学者を双方向で結ぶ方策（サイエンスカフェ）や、社会と科学のあり方の模索などが、いろいろと語られている。（ポスト・ノーマル・サイエンスやトランス・サイエンスなど）日本でも今は亡き高木仁三郎という先鋭的な在野の科学者が、原発問題を中心に以前から、「オルタナティブな科学」「市民のための科学」を主張していた。科学者がさまざまな科学・技術の研究を、自分の考えに従って進めるということは当然のこととしても、その結果や知見がそのまま社会に流される状況はさまざまな問題を内包し、その一部が顕在化しつつある。

私たちを取り巻いている科学・技術社会では、そのあり方や方向性が、一部の科学の専門家や、経済界、政治の決定に委ねられているというのが現状である。また、一部科学者の明らかにした知見が、コモディティ化によって商品の販売に利用される。原発や遺伝子組み換え技術、生殖医療などの大きな問題から、科学をまとった多くのコマーシャルや書籍の氾濫に、私たちの生活が流されてしまっている。このような状況の中、私たち一人ひとりがもう一

度「科学」というものを正しく捉え直し、考える必要がある。

多くの環境問題や原子力発電と放射線、また遺伝子組み換えや遺伝子診断、生殖に関わる医療や人工臓器などなど、さまざまな問題に関わるリスクやその倫理的側面を考える際に、科学はその材料は与えてくれるが、決してその正答を与えてくれるわけではない。そのリスクをどう考え「よし」とするか否かは、その影響をうけるであろう市民自身が考える問題でもある。これはトランスサイエンス的問題群といわれるもので、その問題解決には科学・技術の恩恵も、また場合によっては被害も受けてしまう可能性のある一般市民も参加して、判断する場が必要であると指摘されている。そのような科学・技術社会のありようを再構築しようとする動きが世界的に起こりはじめている。専門家だけに任せている時代を終え、だれかがどこかで正しくやってくれるというのではすまない、またすませないということが大切という考え方である。

科学に対する不信感や誤解を生み出す原因の一つが、多くの一般市民がもつ「科学は本当のことを明らかにする手だてである。」という期待感と、科学が必然的にもつ「科学は、必ずしも完璧な本当のことを示すものではない＝不確実性」というものの齟齬である。放射線やワクチンの副作用のリスクなどの疫学的問題の検証は難しく、「安全」か「安全ではない」かという二者択一的に答えの出せることではない。また、一科学者の出した知見をそのデータだけで鵜呑みにしてしまうというのも危険である。科学のもつ「光と陰」の双方を示し、かつさまざまな「不確実性」という側面も理解されていないと、いろいろな誤解や誤謬に陥りかねない。科学は「本当のことに近づこうとする手だて」であり、今現在ある科学的知見が「完全なる本当のこと」であるとは限らない。3.11で明らかになった「原発の安全神話」の崩壊はもちろんのこと、完全に証明されているわけではないにもかかわらず、さまざまな情報が科学をま

とって日々私たちのまわりに流されている。この状況下では多面的な情報をもとにして、ひとり一人が冷静に「自分の頭」で判断し、それを「実際の行動につなげる」ことができるようにする「科学教育」が必要であろう。今までの科学によって明らかにされた知見の伝達だけではなく、「科学とはどのようなものか」や「本当かな？」という素朴な疑問を持つことをはじめとして、科学をまとったさまざまな事柄に対して、冷静に考える「科学リテラシー」こそ積極的につたえていかなければならない。このようなきわめて大きな科学・技術にまつわる現代的な課題を、教育界が対応しているとはとても思えない。ここにこそ一般教養としての正しい判断を引き出す「生きる力」になる理科教育のあり方が問われているように思う。これはそのまま「科学教育」への期待でもある。

#### 4. 中学・高校教科書の科学の扱い

多くの高等学校では、「化学基礎」「物理基礎」「生物基礎」「地学基礎」の中から3科目が選択必修となっている。指導要領では「科学と人間生活」と上記基礎科目のうち1科目を選択してもよいことになっているが、多くの学校ではこの科目はあまり扱われていない。「理科課題研究」や「科学と人間生活」という科目が、「科学」をしっかりと扱っているものではあるが、大学への進学、受験を意識すると、やはり3つの「基礎科目」とそれにつづく「化学」「物理」「生物」「地学」の選択が中心となる。「科学と人間生活」は一部、あまり受験を意識しない学校では、生徒の興味を引くという理由から開講されている。逆に一般普通校では、これらの科目を必修にすると「大学進学がしづらい高校と思われかねない。」というような意識もあり、これらを導入する際のネックになっている。

また、指導要領では「基礎を付した科目は、理科に対する興味・関心を高め、理科を学ぶことの意義や有用性を実感させるため、日常生活

や社会との関連を重視した。」とされていて、教科書の内容はそのために「トピック」や「参考」などで日常生活との関連を語り、興味をひくようになっている。また「探求活動」や「実験」で、「探究の過程を通して科学の方法を習得させ、自然に対する興味や関心、探究心を高め、科学的に探究する能力と態度を育てる。」ことがうたわれている。

ここで教科書の「科学の方法」を扱っている一部を紹介する。

-----  
 H25年度用 実教出版 「化学基礎」

(探求活動の取り組み)

- ・9項目:「水の検査」や「食用色素の分離」など情報収集, 目標, 仮説などをたてて実験, 検証するようになっている。
- ・「探求活動の進め方」も記載されている。

(実験)

- ・17項目:「物質の密度の比較」「物質をつくっている粒子の数」「金属のイオン化傾向の大小」など演示実験程度の簡単なもの

H25年度用 第一学習社 「生物基礎」

(探求活動のねらい)

- ・テーマの選定・仮説・実験観察・考察などの一連の記載
- ・報告書の書き方, 実験の基本操作, 実験上の注意等が12ページに渡って書かれている。
- ・顕微鏡の扱いや対照実験などについての記載もある。
- ・9項目:「仮説」をたて, 観察・実験で検証する。「葉の形態に及ぼす光の影響」など

(実験・観察)

- ・12項目: 酵素の働きやバイオーム調査など
- 

ほとんどが仮説, 観察, 検証実験などを紹介して, 「科学的方法」を知ったり, 身に付けたりするようになっている。しかし, 「科学とはどのようなものか」や「科学のもつ不確実性」, さらに統計的手法とデータの取り方, 疫学の問題の検証など, このような科学の難しさと問題点を包括的に扱った記述はほとんど見当たらない。

## 5. 授業と現状

各項目に入る「実験」は, ある程度多くの学校で実施されている。しかし, そのほとんどは教員の作ったプリントを元に, 指定されたとおりに操作し, 観察, または結果を得るというだけに終わってしまっている。これらは「科学の方法」を学ぶというよりは, 実物に接し実感をもって知ることができるというところであろう。これはこれで大切なことではあるが, 「へえ〜」という上辺だけの興味・関心に終わりがねない。

「ゆとり教育」の反省をもとに, 教科書が改訂され, 多くの「発展」や「参考」「トピック」が記載されている。そこにはより深い内容や社会との関係なども記載されている。その内容に関しては, 各高校の状況を踏まえて, 扱うか, 扱わないかをきめることができるのであるが, 「基礎」科目ではその本来の内容をやりきること追われ, とても手が回らないのが実情であり, 探求活動やさまざまに工夫された実験をやろうとしても, そのための時間がない。「探求活動」では「科学」を考えさせるような実験も紹介されているが, これらをきちんとやるには, 前段階の準備なども必要で, 授業時間の不足や各教師が多忙の中, なかなかやりきれていないというのが現状である。この項目を充実させてやろうとすれば, 単位数を増加させ, 意識の高い理系生徒を対象とせざるをえないであろう。こう考えてくると「探求活動」に盛り込まれた内容をこなすのは, 各先生方にとってかなり

ハードルが高いというのが現実である。

## 6. 科学を扱う授業実践

では、このような現状の中で、科学にまつわるどのような授業展開ができるのであろうか。もちろん真正面から科学の本質を語るなど、とても手に余るし、それこそ分厚い本ができてしまうであろう。あまり時間をかけずに科学の概要を理解し、生徒自身が自分の問題として考え、かつ社会と科学の関係を知らせることのできる授業。そんな授業を長年考え、実践してきたつもりである。「思考実験型」「問題投げ込み型」の授業である。以下にその例を提示する。

### (1) 導入授業「生物学とは何か？」

特に学年はじめの導入場面で、「生命」と「科学」を真正面から扱って、その方法などについても考えさせる。毎年の年度はじめにプリント2枚程度、2時間ほどをかけて行う。

- \* 「お化けはなぜ科学的に明らかにならないか？」
- \* 「開発されたかぜ薬が効くかどうか確かめるには？」
- \* 「おいしいラーメン屋を見つけるには？」

といった「思考実験」的な質問を多用した授業である。実際のプリントは後掲する。

### (2) トピックス教材による授業

日々の報道やコマーシャルなどの科学にまつわる話題を取り上げて、トピックス授業を行う。生徒も知っている話題が多いので、反応はよい。授業で扱っているところに関連した材料がよいが、必ずしもそれには囚われないでやることが多い。一例は以下のようなものである。

- \* 「心霊手術、詐欺罪で逮捕」
- ・ ・超能力ブームは定期的に起こる。それが詐

欺罪にまで発展することがある。意外にもだまされてしまう人が少なくない。

- \* 「地震学会が“地震予知は現状では不可能”と発表」

- ・ ・学会では予算獲得という面からも、「予知は可能」という方向できたが、3.11以来「とりあえずできないことはできないとした方がよい。」という判断がはじめて明言されたある意味画期的なことであった。

- \* コラーゲンでお肌はぷりぷりになるのか？

- ・ ・これは「タンパク質は消化されてしまうので直接的に肌に良いわけではない」という形で科学的にはあり得ないとされつつも、多くのCMが流されている。しかし、最近ではタンパク質の一部がアミノ酸ではなくペプチドで吸収されているものもあるらしいという研究結果も報告されている。これは実はかなり奥深い問題である。

- \* 「ニンニク、卵黄・・ばあちゃんのいう通り」

- ・ ・ニンニクの成分が卵黄中のビタミンの吸収を促進するというのは、科学的に明らかにされている。それを考えるとこのCMは理にかなっているといえる。長い間の経験に裏打ちされる「本当のこと」はやはりあるだろう。

### (3) 長期休業中の課題として

生徒に少しじっくりと考えてもらいたいような問題は、長期休業中の課題にする。これは学校の状況にもよるが、全生徒から提出させるのは至難のわざである。

- \* 「遺伝子の働き・・核移植実験」の項目を2学期の予習として教科書の数ページを写して、感想を添えたレポートに仕上げたい。
- ・ ・絵も含めた教科書を単に写すだけというも

のであったが、項目が生徒たちの興味をひくものであったせいか、意外にも「とてもためになった。」「いろいろ考えさせられた。」という感想を多くもらった。「授業をただ聞いているだけよりも、自分で理解しようとした分、ずいぶん勉強になった。」という感想は、授業のあり方の本質についてくるように思う。

\*休業中に新聞に取り上げられた「科学」記事の中で、興味のある記事を切り抜き、コメント、感想をつけたレポートの作成

- ・これは生徒の興味がかなり分散してしまうが、それはそれでおもしろい。

\*生き物からんで、今まで知らなかったような新しい発見、または観察をして、レポートを作成

- ・自分で飼っているネコのおもしろい習性や、「ちょっとビックリした」というような自分なりの発見をさせるつもりであったが、これはなかなか難しく、通り一遍の観察記録が多くなってしまふ。

## 7. 終わりに

以前より環境問題や原発問題に興味を持ち、授業の中で折りにふれて生徒にも紹介、考えさせてきた。また「超能力」が一つの社会現象となってブームになることもしばしばあり、誰かに聞いた、本に書いてあった、テレビで言っていた・・・、それらを何の躊躇もなく信じてしまう状況に不安を感じた。そのようなものにだまされないための理科教育の必要を強く思い、次第に生徒たちが科学というものの自体を実は知らない、よく分かってないのではないかということに気づいた。考えて見れば当たり前で、小中高という学校の授業の中で、さまざまな科学的知識を学んでも、科学それ自体をまとまった形で学ぶようにはなっていない。科学にまつわる

社会的な問題を考えるにあたって、科学というものの自体を知る必要があるだろう。そこで毎年新しい授業が始まる際に、数時間をかけて「科学とは何か?」という授業を始めたのである。

欧米ではBSE問題に端を発して、さまざまに科学というものを捉え直す流れが出てきたが、日本では原発問題でかろうじて少しの動きがある程度であった。しかし、3.11とそれに続いた原発問題が大きな転換点となって、いま改めて科学が問い直され始めている。この流れはまだまだ教育界にまでいたってはいないようである。この科学をいかに伝え、どのようにこの科学・技術社会を支える市民の教養としての科学を知ってもらうかは、この後の時代を考えるうえで大切なことであろう。

教育に関しては誰もが一家言持つことができる。そしてよりよき社会、よりよき人づくりのために教育に対する期待は大きい。その結果あれもこれもと雪崩うってさまざまな課題が授業に流れ込んでくる。「環境教育」「エイズ教育」「道徳教育」「安全教育」「市民教育」「総合学習」「キャリア教育」などなど、確かに個々に考えればどれも大切なものばかりである。しかし、それがどっと押し寄せ、結果的にどれもが中途半端になってしまっているのが現状である。教育現場にはさまざまな問題が山積し、個々の先生方はその多忙さに疲れ切っている。それでも教員は高い志をもって日々授業に向かい、時間のない中で、少しずつでも語っていくしかないであろう。

プリント No. 1

## 「生物学」Biology とは何か Ⅰ

科学にはさまざまな分野があるが、その中でも「生命現象」に関わる分野が「生物学」と言われるものである。ここではその「生物学」がどのようなものであるか紹介しよう。

### 生物学 = Biology = Life Science = 生命に関する科学

#### (科学とは何か)

では、科学とはなんだろう？ 私達の生活は科学によって成り立っているといっても過言ではない。そして小学校時代から「理科」という形で「科学」を学んできている。しかし、「科学とは何か」と問われたら簡単に答えることは難しい。

(問) 科学とはどのようなものか？

※ とても答えにくいものなので、「では、君に取って科学っぽいものって何？」と聞くといろいろ出て来る。この答えでは、ロボットなどの科学技術の成果と、実験や観察など科学の方法とが出て来る。いろいろ出させるとおもしろい。

科学とは・・・ .....本当のことを明らかにする学問.....

簡単に言い表すならばこういうことになる。しかし、この「本当のこと」を明らかにすることはなかなか難しい。

では、「私は幽霊をみたことがある。」という話を聞いた場合には、それが本当かどうかをどう判断するのだろうか？

(問) 実は私、この校舎で「幽霊」を見てしまったのです・・・信じてくれますか？

信じてくれないのなら、どうしたら私のこの話を信じられるようになりますか？

※ 私も見たら信じる！という答えが多い。「では、あなたと私が二人が見たとすると、他の生徒はどうですか？」「じゃあ、みんなでみたら！」・・・ある条件さえそろえば、誰でもが見られるとしたら、「お化け」は本当のことになる。

本当のこと・・・ .....誰もが認めること.....

次の二つの本当のことを考えてみよう。

(1) 「今、事務室前の庭には桜が咲いている。」

(2) 「私はこの絵が好きである。」

本当のことというものには、2種類ある。

(1) ははっきりと誰もが確かめることができること・・・(客観的事実)

(2) についてはその本人だけのこと・・・(主観的事実)

科学が対象にするのはこの客観的事実だけである。ある事柄を誰にも認めてもらえるようにするために大切なことは、疑っている人の前でやって見せなければならないわけで、何度でも「再現」されなければならない。幽霊の話では、ある条件を整えて何度でも見せることができなければ、それは科学的には本当のことにならない。

科学では、ある事実を明らかにした条件や方法、過程を示して、同じようにやれば同じ結果が得られるようにする。その事実を疑っている人が、自分でも確かめられるようにするためである。

この再現性は、客観性を高めるとともに未来予測さえ可能にする。例えばコンクリートを同じ調合にすることによって、実験によって確かめられた強度を持った建物の建設を可能にする。科学の知見を利用したあらゆる「科学技術」はその成果である。

(問) コンクリート以外の例を説明しなさい。

※ ロケット花火を再現し、火薬の量などを変化、改良させていって現代のロケット技術がある・・・等

また、再現するためには誰にも共通な基準が必要になる。これが「単位」である。

(問) 大きい魚を釣ったら、この糸は切れた。気をつけなさい。

この魚の大きさをしっかりと他人に伝えるためにはどうしたらよいか？

※手を広げて大きさを示す・・・この方法は古来より日本にあるもので、「尋」という漁業関係者の単位である。おおざっぱではあるが、これでも十分であった。もっと細かく共通のものを表すには、世界的な取り決めがなされる。

(問) この世界を把握するために、基準となる「単位」にはどのようなものがあるか？

※ SI単位系：SI基本単位系 他の単位からはつくることのできない基本的な単位

もう一つ大切なことは、本当のことの確からしさを高めるために「数」も大切である。ある現象がある条件の下、1回起こっただけでは、だれもそのことを共有できない。その数が増えることによってより確からしさが増す。お化けを見たという人が一人より、二人が見たとなった方が、本当らしい。そして、誰でも見られるとなれば、もうこれは科学的な事実になる。(もちろんお化けはこうならないので、相変わらず科学的には否定される。)そして、この数が集まれば、個々には主観的であったり、不確定であっても、ある現象が本当のことにもなりうる。

(問) あるラーメンがおいしいというのは、極めて個人的な感想・・・主観であるが、そのおいしさのある程度科学的に証明したい。どうしたらよいか。

※ 麺の腰やつゆのうまみ成分を分析し比較する・・・という正取法の答えもあるが、「並んでいるラーメン屋はうまい！」という答えも出て来る。統計的な裏付けのある「本当に近いうまいもの」である。ただ、これは「概ね」であり、もちろん誰でも完全にうまいというものではないという説明になる。これなどは疫学的リスク問題にもつながる。

しかし、誰もがだまされてしまったり、間違ったことが広がったりしてしまうことも数多くある。古くはさまざまな迷信が当たり前のように私たちのまわりにあった。太陽が東から昇って、西に沈むのを見ればこれはもう誰だって天動説を信じるだろう。最近では超能力、健康食品等々、テレビでやっていたり、本に書いてあってもそれは必ずしも本当のことではないかもしれない。

- ※ 生徒は地動説が正しい！と教えられているが、地球が回っていることを実感している人はいない。実は天動説も地動説も視点の違いだけで、地上に視点をおけば天が動いているとしても必ずしも間違いではないだろう。

ごく最近では、今年からの歴史教科書で「聖徳太子は実在したか？」というコラムをのせたということが話題になっている。これは歴史研究者の間では、従来からの論争であったが、多くの人々にとっては教えられた通り、聖徳太子は実在した人物であるということを感じてしまっているということである。

かつてユリグラマーという人がスプーン曲げで、日本中に超能力ブームを巻き起こした。また、ある宗教団体では教祖が空中浮遊ができるとあって多くの信者を集め、日本中に大きな問題を引き起こした。また、「水にありがとうという言葉をかきせるととてもきれいな氷の結晶ができる。」という「水からの伝言」という本の話が広がり、道徳の時間に使っていたという小学校もあった。マイナスイオンも一時流行したが、これらは科学的には全く否定されている。

「科学」で明らかにされているようなことでも、実は「本当のこと」がわかっていなかったり、「仮説」・・そのように考えられる・・といったレベルのことも多い。

(問) 高校での生物教科書で、「本当の事が確定せず、～説や～論」と言われているものがある。「細胞説」と「進化論」である。みんなが当たり前のように思っているがなぜ科学的に本当の事といえないのか説明せよ。

- ※ 「進化論」は再現できないし、「細胞説」はすべての生物をみているわけではないからである。ここで20世紀最大のほ乳類の新発見は、日本であった。「一体なにが見つかった？」という質問をする。もちろんイリヤヤヤ社である。

正しいこと、本当のことは必ずしも一つとは限らないし、本当のことを見極めることが難しいことも多い。**最後は本人の判断である。**なにもかも鵜呑みにしないで、「**本当かな？**」と、**冷静に考えてみるということがとても大切なこと**のように思える。それが科学的思考の第一歩である。また、科学技術の成果が「環境問題」や「原子力問題」「クローン人間」「遺伝子組み換え」「iPS細胞」など、さまざまな問題をつきつけている。偉い学者が、なんとかしてくれるのではなく、科学者ではない「一般人」としての私たちも、科学の成果に対して、ある判断を迫られる社会的状況になりつつあるのである。

## 「生物学」Biology とは何か II

科学には「自然科学」と「社会科学」「人文科学」があるが、自然現象を対象とするものが「自然科学」である。自然界に存在するさまざまな法則性を明らかにするには次の手順が必要である。

自然の観察→疑問の発生

→ 仮説の設定・・・疑問に対する考え方（こういうことではないか？）

→ 実験

→ 結果・考察 → 法 則

生物に関する実験では、実験対象にまつわる条件が複雑であるため、なるべく条件を単純化して、仮説検証のためにある処理を施した実験（処理実験）と、その処理を行わずその条件以外はまったく同じにした実験（対照実験）を行って比較検討するという方法がよくとられる。

（問）風邪薬が開発された。それが果たして効くかどうかを調べるためにはどうしたらよいか。

※ かぜをひいている人に薬を渡して、治るかどうか見る。という答えが多い。そこで、「みんなは何もしなくても、かぜが治ったという経験もありますよね。この人もひよっとしたら・・・？」という問いかけをして考え直させる。ここで前述した「数」が問題になってくる。「二重盲検」の話も入れて、薬の効く、効かないは統計的に処理されてその効果を確かめるという話をする。ここで、その効果は「完全な100％ではない。」という話と、さまざまな疫学的な効果とリスクの問題も語る。科学のもつ不確実性である。

### （例1）セイヨウタンポポの開花について・・・いつ咲いて、いつ閉じているか？

#### 1 観察・・・

※ 集合花なので、まずその話をし、集合花の開閉を聞く。実は夜に閉じていることはほとんど知らない。昼に見ておいた花を夜見るように促す。そして「タンポポは昼開いて、夜閉じる」と言う現象を知る。小学生ではこれだけでも十分であるが、高校生では、次の問になる。「一体どんな要因で開閉するのか？夜と昼の違いは？」という質問である。明暗と温度などが上がる。そこで仮説を立てる。

#### 2 仮説・・・

※ 「タンポポは明暗を感じて開閉する」という仮説を立てる。ここで「温度」を仮説にすると、それが否定され、再度仮説を立て直すところまでできるが、時間があればそれもよいだろう。

#### 3 実験・・・

※ どんな実験をしたらこの仮説を確かめることができるかを問う。これはけっこう難しく、ありがちな答えは「暗いところに置く」であるが、「温度は？」と聞いて、やっと「温度などは同条件として、明るいところと暗いところを比較する。」という正解にたどり着く。「冷蔵庫に入れて花の開閉を見る。」と言う答えもよくあるが、「それじゃ、夜そのものですね！」

## (例2) 生物の自然発生説と生物続生説の争い

自然発生説：生物は自然に無生物体からも発生するという説。

生物続生説：生物は必ず親から生まれるという説。

### (1) ファン・ヘルモントの実験 (17C) →自然発生説の支持者 ・ ・ 生氣説

壺に小麦を入れ、その口を汚れたシャツで被った。3週間後、壺の中にはネズミがいた。

・・・ヒトの汗は発生の原理（生氣）を備えているので、汚れたシャツから出た生氣がコムギの種子にあたると、ネズミが自然発生した。

(問) みなさんはこの事実をどのように解釈しますか？

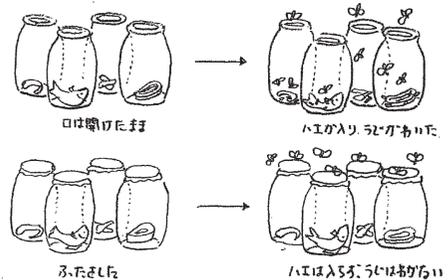
※ ネズミがシャツを破って入った！これはシャツをよく調べたら分かったらうし、何回かやればよりはっきり分かる。この程度の実験でも、当時の大学者がやると説得力があったのであろう。

### (2) レディの実験 (17C) →生物続生説の支持者

4個のガラス瓶に肉などを入れ、口を開けたまま放置したものと、同様の4個でふたをしたものを比較

・・・ふたをしなかった瓶にはうじが湧き、ふたをした瓶には湧かなかった。

・・・うじが湧くのはハエが卵を産み付けるためであって、自然に発生したわけではない。



\* 反論1：ふたをしたので中の空気が悪くなりうじの発生を妨げた。

(問) この反論に対してどう対処すればよいか？

※ 「空気の流通可能な布などでフタをする。」という答えはけっこう出て来る。しかし、では「反論者はその布から悪いものが出てウジの発生を妨げる。」と言われたらどうするか？これではどんなものを使っても、同様な反論をされてしまう。布の中にハエを入れるとか、フタをせず布を入れておくなどの答えが出る。

(問) レディの実験では、より結果の確からしさを増す実験方法がとられている。どのようなことか？

※ ここでは「対照実験」をやっていることと、複数の瓶と餌を使っているのも、より確からしさを増している。この後、自然発生説は否定されるが、顕微鏡の発達で微生物が発見されると、再び「微生物の自然発生」が出て来る。これは有名なパスツールの「自然発生説の検討」で、より細やかな実験が行われ、微生物に関しても自然発生は否定され、ようやく「生氣論」はなくなる。しかし、その後「地球での生命の起源は？」という大きな問題を抱えることになるわけである。

## = 生物とは何か =

科学とは何か、またその方法について学んできた。次に「生物」その生命現象とは何なのかについて考えてみよう。

(問) 生き物とはどのようなものか? その特徴を述べよ。(生物と無生物の区別)

※ あまり難しく考えなくともよい。幼稚園生くらいに分かるような説明をするように促す。

「動く」「食べる」「息をしている」この息をしているというところで、「何を吸って何を出している?」と聞く。これはすぐに酸素を吸って二酸化炭素を出すという答えがでてくるが、「では、植物は?」という問いかけに、多くの生徒が「植物はその逆!」と答えてしまう。中学で習っているはずであるが、光合成の印象が強いせいも、このような答えがよく出てきてしまう。「植物も動物も同じ呼吸をしている。」と訂正する。この後がなかなか出なくなるが、「出す(うんこ、おしっこ)」そして「子どもをつくる」などである。「動く」には「反応する」ということも入ってくる。また、何のために「食べる」のか、そして何のために「息をする」のかを問う。これには「体をつくる」や「エネルギー」という答えがでてくるが、酸素とエネルギーはなかなか結びつかない。

[ **生物の共通性** ] いろいろな生物も、みなある共通の性質をもっている。

- 1 どの生物もからだの構造上の単位は細胞である。・・・細胞と生物体の構造
- 2 生物は物質代謝、エネルギー代謝を行って生命活動を行っている。  
・・・代謝・同化・異化
- 3 どの生物にも寿命があり、生物は生殖によって子孫を残す。・・・生殖と発生  
親の形質が遺伝子によって子孫に伝えられ、子は親の特徴を受けつぐ。・・・遺伝
- 4 動物はまわりの環境条件が変化しても、体内をある一定の範囲内に保ついろいろな調節作用をもっている。・・・内部環境の維持 (恒常性=ホメオスタシス)
- 5 生物は、まわりの環境から刺激を受け取り、それに応じた反応、調節、行動を行う仕組みをもっている。・・・刺激の受容と反応
- 6 生物のもつ遺伝子 (DNA) はわずかながら変化し、長い間に形質に変化が現れる。  
・・・進化

## [ 生物の多様性 ]

生物の種類はあまりに多様で現在でも確定していない。地球規模・マクロな推定値は、200万種から1億種の幅があり、最良の推定値は1000万種程度であると考えられている。また、同じ種であっても、私たち「ヒト」も一人一人異なるように、多様性をもっている。

(問) 宇宙人が地球にやってきて、鳥と飛行機をみて驚いた。鳥はすばらしい機能を持っているが、飛行機はがらくたに思えた。地面でアリと自動車をみても同様に思えた。どうも地球という惑星では、似ている2種類の「何か」が存在している。ずっと観察を続けるうちに、両者はかなり違うものであることに気づいた。

「生物」と「道具」である。どちらも飛ぶため、走るための仕組みが備わっており、エネルギーを利用して動いているのは似ているが、この生物と機械との本質的違いは何か述べよ。

※ 生物の特性を個々にみると、実はさまざまな機械(ロボット)と同様なシステムを持っていることが分かる。では、本質的な違いはというところで、この「再生産、自己増殖」そして「自発性」といった答えが出てくる。

生命現象の本質は、いろいろな学者がさまざまな視点から述べている。

- 1 自己増殖：自分自身で、自分と同様なものを再生産する。
- 2 自発性：外からのスイッチではなく、内部のはたらきで生命活動を始め、維持する。
- 3 Active maintenance of normal and specific structure      ホールデン (英)  
「正常な特異的な構造の積極的維持」
- 4 動的平衡：生物体を構成する物質は、日々入れかわりながらもある一定の状態を保っている。

※ 自己増殖という性質をより効率よく持ったものが、現在残っているわけである。そのため生物のもつさまざまな性質は、あたかも「生き残るため」という目的をもっているようにみえる・・・合目的的性質

※ 今ではさまざまなロボットが開発されている。究極のロボットは自己修復、自己増殖が可能なのであろう。そういったプログラムを組み込めば、理論上は可能である。そのプログラムを組んだ人は、ロボットにとって「神」になる。では、合目的性をもった私達はいったい誰に？つくられたのか・・・

(問) ロボットの性能が格段に進化し、自分で自分の分身をつくるようなプログラムを入れられたものをつくることも理論的には可能である。そうなるロボットと生き物の違いは何になるのだろうか。

※ これはもはや哲学的問題で、答えはない。