

# An Attempt at Scientific Literacy Education (1) : What is Scientific Literacy?

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2013-01-31 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: SUEHIRO, Shoji メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://osaka-shoin.repo.nii.ac.jp/records/3851">https://osaka-shoin.repo.nii.ac.jp/records/3851</a>

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



## 科学リテラシー教育のひとつの試み(1) —科学リテラシーとは—

学芸学部 被服学科 末廣 祥二

**要旨:** 2011年の東日本大震災、およびそれとともなって発生した原子力発電所の事故により、市民の科学リテラシーの必要性が強く認識された。米国の科学リテラシー教育はすべての市民のためのものという点が強調され、科学と社会の関係、人間活動としての科学という面を重視する。科学リテラシーは科学についての理解を根幹とするものであるが、実際のところ科学に対する深い理解は、科学者を養成するための基礎訓練と、科学者としての実践によって獲得されるものである。一般市民に対する科学リテラシーの教育においては、簡略化したカリキュラムでどのように科学を理解させるかということが最大の課題である。英国の21世紀科学のカリキュラムにおいては、説明のストーリーによって科学についての概念を与えるという考えがある。数年の大学生を対象とする科学リテラシー教育の経験から、科学についての概念を学生にどのように与えることができるかという点について考察する。

**キーワード:** 自然科学、科学リテラシー、理科教育、トンデモ科学、説明のストーリー

### はじめに

全国学力・学習状況調査(全国学力テスト)は、2012年4月に初めて理科を加えて実施されたが、その結果のまとめ<sup>1)</sup>によると、観察や実験の結果を考察・説明する力が不足していることなどが明らかとなった<sup>2)</sup>。意識調査で、理科が好きと答えたものは国語や算数よりも多かったが、小学6年よりも中学3年の方がその割合が低下しており、授業内容がよくわかるかという質問に対しても、小学より中学の方がポイントが低下するという結果であった。また中学3年の意識調査<sup>3)</sup>では、将来、理科や科学技術に関係する職業に就きたいと思うかに対して、「当てはまる」はわずかに9.7%であり、理科離れの傾向が明らかとなった。数学の勉強は大切だと思うかに対して、「当てはまる」が47.9%であるのに対し、理科の場合は32.4%であり、学習の動機付けにおいて問題が存在することを示唆している。

さて、2011年3月に東日本大震災という未曾有の地震が発生し、観測史上最大の津波によって多くの命が奪われた。またそれによって発生した原子力発電所事故では放射性物質が飛散し、広い地域が汚染され、いまだに多くの人々の生活に多大の影響を及ぼしている。これらの出来事に関連して、政府の説明、マスコミによる報道、専門家によるさまざまな解説に多くの人々は翻弄されつづけている。地震および津波は地質

学的問題であり、原発事故や放射能の問題は放射線物理学および放射線障害の医学に関する問題であるので、多くの人にとって科学の問題にこれほど深刻に向き合ったのはおそらく初めての経験であったであろう。今後どの程度の地震・津波を想定して対処しなければならないのか、どれだけの放射線量、あるいは被爆が許容されるのか、原子力発電を今後どうするのかなどは、科学的根拠をもとに判断しなければならない問題であるが、専門家の間ですら意見の一致しない困難な課題である。しかしながら、これらに関連して、日々の生活の中で自分自身に直接かかわることとして、否応なしに判断を下さなければならないことがらも生じた。被災地から遠く離れた大阪の地でもこの夏の節電をどうするかが大きな関心事であった。自分に直接関わることのみならず、原子力発電を含む原子力政策、東南海・南海地震の地震・津波対策に関しても、市民として政策決定への何らかの関与をおこなうに当たって必要な科学リテラシーとは何かを考えなければならない状況に立ち至っている。

科学リテラシーとは何かということの詳細は後で論じるとして、科学リテラシーの根幹は科学の理解であろう。科学を理解するということは、科学と科学でないものとの区別を知ることでもある。科学の面をかぶっていて、実は科学とは言えないものに接する機会は多い。化粧品やサプリメントのCMの中に

もそのようなものがあることは多くの人が漠然と感じている。しかしながら人々を大きくミスリードするようなものがあれば問題である。

「水からの伝言」<sup>4)</sup>は人工的に作った氷の結晶を集めた写真集で、水に「ありがとう」という言葉をかけてから凍らせると綺麗な結晶ができ、「バカヤロウ」と声をかけたときは汚い結晶ができるというものである。これだけのことならどうということはないが、これが言葉遣いを教える道徳教育の教材に使用されるといふ事例が生じた<sup>5)</sup>というところに問題がある。

「と学会」<sup>6)</sup>はSF作家の山本弘氏が会長を務める私的団体であり、いわゆるトンデモ本を品評し、楽しむというものであるが、必然的にニセ科学もそのターゲットとなっており、と学会の「トンデモ本の世界」<sup>7)</sup>等の著書はどのようなニセ科学があるかということを手々に知らしめたという功績があると言えよう。

また、もう少し真面目に科学とニセ科学との関係を論じたり、ニセ科学を見分けるための方法を議論した著書<sup>8-12)</sup>もいくつか存在する。その中でも議論されているが、検証可能なものが科学であるという原則がある。例えば、「無生物も感情をもっているが、彼らにはそれを伝える方法がない」という理論があっても、それは検証の方法がないので科学の範疇に入れることはできない<sup>9)</sup>。

アーリック<sup>8)</sup>はトンデモない考えが本当の可能性はあるかどうかの判定法として10の項目を挙げている<sup>11)</sup>。これらは科学に関して十分な知識のある場合に判別の補助的基準となるものであって、一般人の場合は、やはり科学に関する理解の程度がトンデモ科学の判定には重要である。例えば、既存の科学理論とどれだけ大きな隔りがあるかということも判定の一つとして有用である。「水からの伝言」にこれを応用するならば、人間の感情や言葉が水に働きかけて結晶のかたちを変えと言っているのであるから、これまで知られていない遠隔作用があると主張していることになる。物理学においてこれまで存在を認められている遠隔相互作用は、重力、電磁気力、強い相互作用、弱い相互作用の4つの力のみである。この4つの力は宇宙のあらゆる現象を説明する、非常に根幹的なものであり、これに新たな相互作用を追加するということが極めて大きな物理法則の変更であるから、大がかりな検証実験で証明することが必要であり、単に現象的な観察だけで立証したとすることができるようなものではないことは明らかなことである。

「水からの伝言」を信じてしまいがちなのは、樹枝

状に大きく成長した氷の結晶の形が、全く同じ形は二つとないと言ってよいほど千差万別であることにもよる。しかしながら雪結晶の成長機構に関しては古く中谷の研究<sup>13)</sup>があり、結晶の成長形が温度と湿度（正確には過飽和度）によってどのように分類されるかということは小林によって一つのダイアグラムにまとめられている<sup>14)</sup>。すなわち、結晶の成長形は温度と湿度によって決まるという実験結果があるのであるが、「水からの伝言」の解説版である「水は語る」<sup>15)</sup>にはそれらについての評価が全くない。過去の知見を整理し、これに新たな知見をつけ加えるというのが科学的方法であるが、「水は語る」が中谷宇吉郎の仕事を単に『「中谷式雪の結晶のダイアグラム」で有名な北海道大学教授であった故中谷宇吉郎博士は、同じような形状の結晶を、六形状タイプ、プラス無定型などという形で分類されています。』とのみ引用し、比較検討を一切おこなっていないことから科学的著作とは呼べないものであるとわかる。いろいろな条件（声をかけることも条件の一つとすれば）のもとで成長した氷の結晶がさまざまな形態になることはおもしろいし、その写真集そのものに害があるわけではないが、それが「科学」の仮面をかぶっていることが問題なのである。

このような明らかなトンデモ科学はまだしも判断しやすいが、非常に判断の困難な、境界線上のものも存在する。アーリックの挙げた例<sup>8)</sup>の中には、「放射線も微量なら浴びた方がいい」という議論がある。これについてのアーリックの結論は、トンデモ度1、つまり全くまとも（トンデモ度0）ではないけれども間違いと断定することもできないというものである。また、「日光浴による紫外線は体にいいことの方が多い」という考えに対しては、トンデモ度0と判定している<sup>8)</sup>。このようにトンデモ科学すなわちニセ科学の判定は必ずしも簡単ではないが、少なくとも明らかなニセ科学に騙されることのないようにするための科学的知識は、一般人にとって必要なものである。

本学において筆者が担当する「服飾基礎科学」は被服学科の専攻基礎科目であり、高等学校において化学または物理学を学んでいない学生に対して、被服学科における自然科学系の専門科目を学ぶために化学および物理学の基礎を履修させるための科目である。筆者が担当する専門科目である、被服材料学A（繊維学）および被服材料学B（材料学）や、これらに関連する実験科目のために必要な基礎とは何かを考えると、原子・分子とはどのようなものか、化学反応とは何か、分子の形態と性質、あるいは熱とは何か、熱伝導とは

どのようなことか、などが重要なことからである。おそらく他の自然科学系基礎科目についても同様だと考えられる。これらの中には高校化学・高校物理の範囲を超える概念が多く含まれているので、高校のカリキュラムに沿って行ってもこれらに関する十分な理解を与えることは困難であり、そもそも15回の講義では時間的に不可能なことである。そこで筆者はこの「服飾基礎科学」において、化学および物理学のいくつかの基礎概念を理解させることを中心に据えることとした。これは必然的に科学的リテラシー教育、すくなくともその一部、と呼べるものであると思われる。

被服学科の学生は、将来アパレル関係の職に就くものも多いが、その際職務上必要となる科学的事項にどう対処するかということも卒業生として必要な資質のひとつである。被服の素材等に関して専門技術者の話のある程度理解する力、不明なことを質問し、あるいは書物を見て問題を解決する力が要求される。このための科学的リテラシーはこの分野における「学士力」の重要な部分であり、この教育は大きな課題である。さらに冒頭でも述べたように、理科離れが進行する現在、科学的リテラシー教育の最後の砦として、大学の役割は小さくない。「服飾基礎科学」は被服学科の学生を主対象とする科目であるが、週1回1学期の講義で科学的リテラシー教育がどこまでできるか、実験のつもりでこれまで3年間実施してきた。本講ではその試みを振り返って考察を加えることとする。

## 1. 科学的リテラシー教育とは

### 1.1 科学的リテラシー<sup>(2)</sup>とは

科学的リテラシーに関する様々な論究の歴史をここでまとめるには紙数が不足するが、幸いにして、平成17年度に行われた「科学技術リテラシー構築のための調査研究」<sup>16)</sup>によって得られた成果を、日本における科学的リテラシー概念とその研究に焦点をあてて詳しく検討した結果がまとめられている<sup>17)</sup>ので、詳細についてはこの報告を参照されたい。この報告には日本における研究の参照先としての海外における科学的リテラシーの定義も紹介されている。

この報告によると、日本における科学的リテラシーの概念は、ひとつは「リテラシー＝識字」という翻訳を基礎にした科学的リテラシー概念であり、もうひとつは米国における科学的リテラシーについての議論を基礎にした科学的リテラシー概念である。前者は科学的リテラシーを科学に関する言語能力として位置づけ、科学に関するコミュニケーション能力等を中心と

したものと、科学的知識という側面に着目して科学についてのミニマムエッセンシャルズとみなすものに分けられる。専門家に対する科学的リテラシーと一般人の科学的リテラシーを区別する考え方もある。これに対し、米国の科学的リテラシーはすべての人々のため<sup>18)</sup>という面が強調されており、もう一つの要素として、科学・技術・社会(Science/Technology/Society: STS)教育<sup>19)</sup>と結びつけられて、科学、技術、社会が互いにどのように関係しているかを理解し、そのような人間活動として科学をとらえることが科学的リテラシー概念に含まれている。

米国の、すべての人々のための科学的リテラシーという概念は重要なものである。人間活動としての科学というとらえ方もまた重要である。しかしながらこれは我が国においては科学研究者養成のカリキュラムの中にすら必ずしも常に含まれているものではない。科学者の社会的責任に関しても様々な議論があるが、科学そのものとは別個の問題としてとらえられていることがある。社会と科学の相互関係を考えさせるにあっても、科学の基本概念の理解の上にはじめて可能になることは言うまでもない。したがって、米国の科学カリキュラム改善研究(Science Curriculum Improvement Study: SCIS)<sup>20)</sup>のいう「科学の概念の意味づけや成り立ちについて理解し、科学の具体的な命題を考える際の共通な理解の基盤」が科学的リテラシーの基本であることに異論はあるまい。以上をふまえ、本稿ではこのやや狭い意味の科学的リテラシー教育をいかにおこなうかという課題について議論したいと考える。

### 1.2 日本の理科教育

笠<sup>21)</sup>は英国の義務教育の改革を論じた論文において、日本の理科教育に関して次のように述べ、ここに日本の高校理科に対する根本的な問題提起があると指摘している。

日本の理科(科学)教育研究の多くは、戦後の生活単元学習批判の当時より、基本的に「自然科学の基本概念」をすべての国民のものとするのを重要な目標とし、その実現方法を研究するという立場からなされてきたと言えるだろう。(中略)イギリスの改革の背景にある考え方は①これまでの科学のカリキュラムは、科学者育成のための基礎教育がその他の圧倒的多数の国民にとってもそのまま役立つ教育であるという想定の上に立脚していたが、②そうした想定の上に立つ現行の科学カリキュラムは、国民

の大多数が科学的リテラシーを身につける上で成功していない、③そこでこれまでのカリキュラム構成から離れて新たな構成原理を採用しようというものである。

すなわち、日本の高校理科教育は科学者養成のためのカリキュラムを縮小単純化したものであり、それをさらに簡素化したものが中学および小学理科のカリキュラムであるという関係になっている。小中学校で学んだことを高校でさらに高度に学び、理科系の大学に進学したものは大学で科学者養成のためのカリキュラムを学ぶ、という、2回の‘学び直し’を経る構図となっている。この理科教育カリキュラムはこれまで当然のものとして受け入れられてきた経緯があるが、国民の大多数の科学的リテラシーにはつながっていないという指摘は重いものである。また理科教育はカリキュラムのみでなく、大学の入試問題にも大きく影響されており、大学関係者としては入試の改革によって、高校以前の教育を正しいあり方に戻すための条件の一つを是正するという責務を担っていることを自覚しなければならない。

すなわち問題は、科学者育成のための基礎教育が科学的リテラシー教育につながるものであるのかということである。前掲の笠の論文<sup>21)</sup>では『日本の理数教育においては、すべての生徒のための教育と科学技術人材のための教育が別々に考えられがちである。そして、前者はともすると、科学にあまり関心がない生徒の教育へと矮小化されてしまう。これに対して、科学的リテラシーという概念は、すべての生徒、すべての人々が身に付けるものであり、その上で、科学を専門的に学びたい生徒のコースを設けるようなシステムを考えるべきであろう』としている。イギリスの科学教育の関係者が科学カリキュラムの改革に関する提言を盛り込んだ報告書“Beyond 2000”<sup>22)</sup>の中には『キー・ステージ4(日本の中3高1に相当)では、科学カリキュラムの構成は、科学的リテラシーを高めるものと科学の専門家の養成の初期段階向けのものをより明確に区別しなければならない。それは後者に要求されるものが前者をゆがませないようにするためである。』という言葉もある。

### 1.3 科学的リテラシー教育の目的

全米科学教師協会(NSTA)の1982年の科学的リテラシーの定義<sup>23)</sup>の中には、『科学的リテラシーを持った人は、事実、概念、概念のつながり、プロセススキ

ルといったことについて確実な知識基礎を持っており、それによって、論理的に学び、考え続けることができる』との表現があるが、すべての人のための科学的リテラシーの目標としてはあまりにも高いものではないだろうか。これは科学者として相当の経験を持った人に当てはまることであって、科学者を自称する人ですら、これらの知識においてかなりあやしい人々が存在する。すなわち上述の意味における科学的リテラシーを真に身につけるには、科学者としての基礎的訓練、すなわち専門に応じた段階的な基礎教育カリキュラムを学び、その上で各自の専門領域における研究を深く実践することが必要なのである。卑近な言葉で言えば、「やったことのないことはわからない」という原則は科学についてもあてはまる。そうであるならばすべての人々のための科学的リテラシーとはどうあるべきであろうか。

NSTAの2003年の方針書<sup>24)</sup>ではNRCの1996年の定義を引用して、次のように述べている。

科学的リテラシーとは日常の経験において好奇心から生じる疑問に対する答えを求め、見つけるか、あるいは明らかにすることができることを意味する。それはつまり自然現象を記述し、説明し、予測する能力を持つということである。科学的リテラシーを持つことで一般的な科学記事を理解して読み、結論の妥当性についての社会的会話に関わることができる。科学的リテラシーは国あるいは地方の決定にかかわる科学的な問題を認識し、科学的または技術的に意見を表明することができるということを含む。リテラシーのある市民は科学的情報の質を、その出所や、得られた方法によって評価することができる。科学的リテラシーは証拠に基づいて議論を提起し、評価して、それに対して適切に結論を下す能力をも意味する。

揚げ足取りのようかもしれないが、「自然現象を記述し、説明し、予測する」ことは現代の科学でも到達できていないことである。科学的リテラシーの目標を明示的に定義することには無理があるのかもしれない。それに続く文は一般人の科学的リテラシーの目的としては一応理解できるものである。すなわち、報道などで科学的内容を含むものに接した場合に、記事の内容や専門家の意見に関してある程度の判断を下す能力、科学や技術に関わる政策決定に関して市民として態度を決定するための能力を担保するものと言えよう。よ

り重要なことは、それらの社会的活動以前に、日常生活において直接自分たちと関わる問題、あるいは子どもの教育に関わる、科学技術に関することがらに対処するためのリテラシーでなければならないということである。

このような意味の科学的リテラシーの中心は、やはり科学に関する理解ということになる。科学者養成のためのカリキュラムのさらに基礎となる部分のみを学ぶ、現行の理科教育で、はたして科学に関する理解を身につけることができるであろうか。小中高の理科のカリキュラムは基礎となる事項・知識の積み重ねである。そして、カリキュラムの中で、その時点での学びの段階を超えるものは注意深く排除されている。例えば量子力学や特殊相対性理論の応用なしには現在の生活は成り立たないにもかかわらず、それらは‘範囲外’として片付けられている。また一般市民が必要とする科学的リテラシーには最先端の科学技術をどう受け止めるかということも含まれるが、そのような内容は上述の基礎教育としての理科のカリキュラムとは相容れないものであり、このような教育上の齟齬が「国民の大多数が科学的リテラシーを身につける上で成功していない」原因の大きな部分を成しているのではないだろうか。

先にも述べたように科学に関する深い理解は科学者としての実践を体験しなければ身につかない。ここで問題になっている科学的リテラシーは、少なくともその一部を一般市民に身につけさせようというものであって、「やったことのないことはわからない」という原則に反した無理をしようとするものである。

#### 1.4 科学的リテラシー教育の方法

前出のイギリスの科学教育に関する報告書“Beyond 2000”<sup>22)</sup>には次のように述べられている。

科学カリキュラムはその目標をはっきりと宣言すること、つまりなぜ科学を学習することがすべての若者にとって価値があるかをあきらかにすることが必要である。この目標をはっきりとさせ、それが教師と生徒と親に容易に理解されなければならない。また実際的で達成可能でなければならない。カリキュラムは明瞭かつ単純に表されなければならない。またその内容は前述の目標の宣言に沿うようにすべきである。科学的知識はそのカリキュラムの中ではいくつかのキーになる「説明のストーリー」(explanatory stories)として提示するのが最もよ

い。加えて、カリキュラムは若い人々にいくつかの重要な「科学の概念」(ideas-about-science)を導かねばならない。

「説明のストーリー」を提示し、「科学についての概念」を導く、ということが「やったことのない」科学をわからせる一つのアプローチであると述べているようだ。これは科学に接する疑似体験をさせるということに他ならない。すなわち、専門家としての基礎訓練通りになぞることは時間的にも不可能であるので、あたかも旅行案内のように、要所々にスポットを当ててみせ、全体としてその雰囲気がかかるように構成することが一つの方法だと考えられる。スポットを当てるといえることは、そこがなぜそうなっているのか、全体に対するポジションは何か、その裏に何かがあるのか、ということがわかるようにするということである。

先に引用した論文で笠<sup>21)</sup>は次のように述べている。

しかし、もし大多数にとってこれまでの科学教育が面白くなく、その結果の定着が期待するほどでないとしても、国民が科学的概念を科学者と基本的に同じように学ぶことを諦めるのかどうかは議論がわかれるだろう。また、それに代えて「科学的説明」の核を与えるという道が人々に後々まで残る知識・理解を与える上でどれほど有効であるかは証明済みのもではない。

たしかに「科学的説明」の核を与えることがどれほど有効であるかは証明済みではないし、その方法の詳細はこれからの課題である。しかしながら、新しい方法が「国民が科学的概念を科学者と基本的に同じように学ぶことを諦める」ということになるというのはやや誤解を招く表現である。これまでの、基礎を積み上げていくというカリキュラムが、科学者の基礎教育と同様であるということに間違いはないが、この方法自体が、科学者の基礎教育とは異なり、成果を挙げなかったというのがこれまでに起こったことなのではないだろうか。

それはひとつには、生徒にとって、積み上げた先にある目標が明確ではないからである。科学者の基礎教育のミニチュアを並べ立てて作ったカリキュラムでは、どうしても知識の羅列になってしまい、目標も見えない。目標がわからずに知識を詰め込むという勉学を動機づけることは極めて困難なことである。ところで、学問が積み重ねであるということは古今の鉄則で

あり、これを諦めて教育は成り立たない。「科学的説明」の核を与えることは積み重ねの中で科学の構成の枠組みを明確にすることであって、決して科学のトピックスの「つまみ食い」のようなものであってはならない。

## 2. 科学を理解するために

### 2.1 日常と非日常

科学に限らず、問題を考えるときに、常識あるいは日常の経験に即して考えることが大切であることはあまりにも当たり前のことである。しかしながら、理科や数学の問題を解くときに、結果の数字がいかにも非常識なものになっても気づかないという生徒がいる。大学においてもそのような学生はよく見かけられる。理系科目の問題には公式や決まり切った解法があるので、それを教えられて暗記し、それにしたがって問題を解けばよいという習慣ができてしまっている。問題の意味、解法の意味、そして出た答の数値の意味を考えようとしないので、たとえばケアレミスで小数点の位置を間違えてとんでもない数値を得ても不思議と思わないのである。むしろ意味を深く追求するために様々な疑問を感じて、なかなか答に到達しない、ごく小数の生徒が、理解の遅れた生徒と見なされてしまうということがあるが、これはまた別の問題であるのでここでは議論しない。大多数の生徒は深く考えずに解法に沿って問題を解く。そしてある程度注意深ければほぼ正しい答を得る。またそのようにしなければ入学試験には合格しない。しかしながら答の数値が異常であるというような誤りは、常識や経験に即して考えていけばかなり防ぐことができる。答に至る各ステップの操作においてもそれは大いに役に立つ。科学の問題においても経験に即した具体的なイメージを頭の中に持って、それに照らして考えを進めることが、正しい結果へと導く能率的な方法である。

ところが、例えば分子の世界は、日常の感覚では全く理解のできない世界、すなわち非日常の世界である。水を入れたコップをテーブルの上に置いてしばらくすれば水は全く静止した状態となる。しかしながら水の分子は熱振動によって新幹線よりも速い速度で動いているのである。ただし、隣り合った分子同士がぶつかりながら動いているので振動的な動きで、回転運動も含んでいる。いずれにせよ、水分子の運動は日常の経験からは全く想像のできない世界、つまり非日常の世界のできごとであると言える。これを知るとは、別の言葉で言えば、日ごろ当たり前のように思い込んでいる世界観を崩すようなことである。では科学におい

てそのような「非日常の世界」に踏み込むことがどうして必要なのであろうか。日常生活において、水分子が激しく運動していることを知る必要などないように見える。

水分子が運動しているという事実は、熱というものが分子の運動にはかならないという概念につながるものであり、そこから熱現象に関する様々な事象が説明される。例えば、温度が高いということは分子の運動が激しくなるということであるが、分子の運動が激しくなると分子間の隙間が大きくならざるを得ない。これが液体の熱膨張の説明である。つまり、「非日常の世界」に踏み込むということは新たな知識レベルを獲得するときに必要なステップなのである。学生の感想の中に、「水をのむときに水の分子がふるえているのをのんでいると思うと気持ちわるいけどおもしろい」というのがあった。これも科学を学ぶことへの動機付けとして働いているように感じた。

科学の世界においても、これまでの科学的世界観を覆すような変革が行われた。代表的なものは相対論と量子力学である。これらはニュートン力学的世界観を崩したものであるが、それを否定したものではなく、むしろ新しい枠組みの中に古いものを包含するというかたちとなっている。科学を学ぶということは、このような大きな世界観の変革だけでなく、上記の例のように、いったん身につけた世界観を崩しながら新しい概念を学ぶということの繰り返しである。そのガイドを適切におこなうことが科学教育の上で十分に配慮すべきことである。

### 2.2 科学への導入

学生を科学の非日常性の世界へ案内するにあたって、最も印象的で、かつ根源的なことのひとつは、非日常のサイズを体験させることである。これに関しては理想的な教材<sup>25)</sup>が存在している。

その本の「旅」と称する部分は第30ページから始まるが、そこには芝生の上にピクニックの敷物を広げ、横になって眠っている男女の写真が写っている。そしてその右ページには「この本の中心となるのは、ここから先ページを開くといつでも右側に現れる42枚の画像である。」との説明がある。1ページめくって右の第33ページには無数の星雲が写っている宇宙の写真がある。ここでは1辺のサイズは $10^{25}\text{m}$ 、約10億光年である。その次をめくると、1辺のサイズが $10^{24}\text{m}$ 、すなわち前のページを10倍に拡大表示した宇宙の写真が載せられている。

このようにして、1 ページめくるたびに 10 倍拡大され、やがて銀河系宇宙が見えてきて、さらに太陽系、地球、ミシガン湖周辺、シカゴと拡大され、最初の写真が、シカゴ郊外のミシガン湖畔のヨットハーバー沿いの芝生の上のピクニック風景であることが謎解きされる。これが 25 回めくったときに現れる。ここでは写真の縦横のサイズが 1m であり、これが我々の日常における基準のサイズという意味であったことがわかる。これから先のページは微小の世界である。やがてはクォークにまで達する。もちろんクォークの像が見えるわけではないので、あくまでも仮想のイメージである。

いずれにせよ、宇宙から 41 回、縦横 1m の写真からは 16 回ページをめくればクォークに到達することがわかる。この教材の素晴らしいところは、非日常のサイズが実体験できるということである。宇宙から人間までは 25 回、人間からクォークまでは 16 回であるので、大きさの比で考えると後者の方が近いということがわかる。ちなみに原子が画面いっぱい拡大されているのは人間から 10 回めくったところである。アボガドロ定数が  $6 \times 10^{23}$  だと言ってもピンとこないが、人間から 10 回、10 倍 10 倍に拡大したら原子が見えると言えば実感しやすいのではないだろうか。

化学においては原子や分子のサイズがどれくらいのものか、逆に言えば、日常のサイズのもは分子がいくつくらい集まっているものかということイメージすることは極めて重要なことである。化学の入門としてこの大きさの旅は欠かせないものと思う。

次に筆者が学生に示すのは、宇宙、地殻、人体の元素組成の円グラフである。これは、日本化学会などの監修により株式会社化学同人によって制作された（著作権は文部科学省）元素周期表<sup>26)</sup>に掲載されているものである。宇宙の元素組成は水素 71%、ヘリウム 27% で他の元素はわずかである。ところが地殻においては酸素が 50%、ケイ素が 26%、アルミニウム 8%、鉄 5% などとなっている。人体では酸素が 65%、炭素が 18%、水素が 10%、窒素が 3% などとなり大きく異なっている。

宇宙の、水素とヘリウムを主とする元素組成はビッグバンから宇宙が生まれたという仮説と良く対応する。ビッグバンによって生成する元素は軽い元素のみであり、地殻に含まれる重い元素はビッグバン以後の別のメカニズムで生成したものだということになる。それらは、太陽のような恒星の内部で鉄などの元素が核融合によって生成したものであり、さらに重い元素は超新星爆発によって生成したものだと考えられてい

る。すなわち、それらのいわゆる「星の燃えかす」が集まって太陽系を形成した<sup>27)</sup>のである。また人体の元素組成は、人間の体が主として水とタンパク質でできていることに対応している。タンパク質は有機高分子の一種であり、炭素を骨格とする分子である。すなわち地球上の生物は炭素型の生物なのである。これからわかることは、一見無味乾燥なこれらの元素組成の数値こそが、宇宙とは何か、太陽系とは何か、地球上の生物とは何かを語るものだったのである。

### 3. 基礎科学の内容

科学的リテラシー教育カリキュラムの 1 例として、英国 GCSE (General Certificate of Secondary Education) 2011 の 21 世紀科学のカリキュラム<sup>28)</sup>を見てみよう。その構成は表 1 の通りである。科学 A は科学的リテラシーに重点を置いたもので、日常生活における科学技術のインパクトを認識するために必要な知識と理解とされており、追加科学 A は科学的説明とモデルに焦点をあて、いかに科学者が我々自身および我々の住む世界に対する理解を進展させるかということに対する洞察を与えるものだとのことである。(なお A は 21 世紀科学カリキュラム、B は入門 (Gateway) 科学カリキュラムを示し、前者は科学関係の職種を目指す生徒のため、後者は科学のはたらきおよび社会の中での科学の役割を学ぶためとされている。)このような区分けをするのであれば、筆者が服飾基礎科学において取り上げようとする科学的リテラシーの基礎部分はむしろ追加科学 A の方に相当するものである。

表 2 は筆者が担当する服飾基礎科学の内容の概略である。冒頭にも述べたように、この科目は被服学科の専門科目の基礎としての役割を果たしているため、11 回以降は主として繊維学等の基礎に充てられている。10 回目までも、内容を見れば、どちらかと言うと化学を中心とした科学的リテラシーと言えるであろう。これはやはり被服学の基礎という面がやや影響している。物理学関連は、最初の導入部と 14 回目に基本的な部分のみを取り上げている。電気と磁気の回では物理学的な説明というよりは日常生活に必要な電気および磁気に関する知識として取り上げている。生物学は筆者の専門外でもあるので生命の歴史と DNA を中心としたごく基本的な部分のみを簡単に取り上げた。またコンピュータおよびネットワーク・デジタル技術は我々の生活に大きく影響を及ぼす技術として取り上げたが、ここではコンピュータの動作原理を理解させるため脳と対比して説明を試みた。



表1 GCSE 21世紀科学カリキュラム 2011

科学 A	B1 あなたの遺伝子	C1 空気の質	P1 宇宙の中の地球
	B2 健康の維持	C2 物質 (材料) の選択	P2 放射と生命
	B3 地球上の生命	C3 化学物質と生活	P3 サステナブルエネルギー
追加科学 A	B4 恒常性維持	C4 化学的周期 (元素周期)	P4 運動を説明する
	B5 成長と発達	C5 自然環境の化学物質	P5 電気回路
	B6 脳と心	C6 化学合成	P6 放射性物質

表2 服飾基礎科学の各回のテーマとトピックス

回	テーマ	トピックス
1	科学の世界	自分がここにいる不思議 大学の学び 科学の方法 サイズの世界の探検
2	原子と分子の世界	元素の存在比 原子 水素とヘリウム 原子核 中性子 アイソトープ
3	化学結合	原子と分子 元素周期表 電気陰性度 イオン結合 金属結合 共有結合
4	分子間力	ファンデルワールス力 水素結合 温度とは 固体・液体・気体
5	化学反応	化学反応 触媒 酵素 発熱反応と吸熱反応 有機物と無機物
6	溶液とエントロピー	分極と水の不思議 溶けるということ 混ぜること エントロピー
7	生命と化学	生命を支える化学 地球と生命の歴史 DNA の不思議
8	脳とコンピュータ	脳とは ニューロンとシナプス 脳はどう考えるか コンピュータはどう考えるか アナログとデジタル どこにでもあるコンピュータ
9	電気と磁気	静電気 電池 発電 加熱する/冷やす電気 光・音・通信と電気
10	光と色の科学	光の物理 光の知覚 物の色 混色 染め 像と色の再現
11	繊維の分子	有機化合物から高分子へ 鎖状高分子の特徴 ゴムの弾性 高分子を作る
12	繊維の化学	高分子の発見と発明 ゴムとプラスチックと繊維 ガラス転移
13	洗剤の化学	表面のぬれ 界面活性剤とは 石けん膜の不思議 洗剤とは
14	繊維の物理	重さと質量 仕事とエネルギー 物体の変形 熱移動 拡散
15	繊維と環境	繊維産業と環境問題 地球温暖化 水質汚染 ダイオキシシン アスベスト

内容のこれ以上の詳細な説明は紙面の制約により省略し、以下では、学生の質問とそれに対する答を題材として、「説明のストーリー」をどのように工夫したか、とくに、さらにその奥にあるものを示すことで、説明対象の位置づけと意味を理解させようとした例をいくつか挙げることにする。

(質) **素粒子はどうしてあんなにカラフルに表されているのですか**：素粒子の絵がカラフルだというのはよく気づきましたね。私たちの目に見える物質の色は主として物質の分子構造によって特定の波長の光が吸収されるからです。また原子が固有の幅の狭い発光および吸収スペクトルを示すこともあります。ところが素粒子は原子や分子よりはるかに小さいので、そもそも素粒子そのものを見ることができ

ません。素粒子と素粒子がぶつかって何らかの変化をする(これを相互作用といいます)ことを検出して素粒子の存在がわかるだけです。つまり、素粒子は本当は絵には描けないものですが、わかりやすくするためにきれいな色をつけておこうというわけです。さて、素粒子の中にはカラーチャージ(色荷)というものを持っているものがあります。これは普通の意味の色とは何の関係もありません。色荷とは素粒子の性質を表す量(こういう量を量子数と言います)です。色荷は3種類あって、その関係が三原色を加えると白となって、白からある原色を差し引くと補色になるという関係とそっくりの関係があることからこれを色荷と呼んで、それぞれを「赤」、「緑」、「青」と呼ぶことがあります。物理学者はこんなしゃれみみたいな名前をつけるのが好きなのです。

「POWERS OF TEN」で素粒子がカラフルな点として描かれていたことに対する素朴な質問を利用して、色が見えるとはどういうことか、原子・分子の世界は日常のサイズの世界とどう違うのか、素粒子の学問とはどんなものかを語った。

**(質) 二重スリット実験のことを理解するのは難しいと思っただけ少しおもしろいと感じました。確かにとても不思議な話でした：電子は個々別々のものではなく同じ性質のもので複数電子が干渉するのは不思議ではありません。二重スリット実験で不思議なのは、1度に1つしか電子が出ないときでも干渉縞が現れるということです。これは1つの電子が2つに分かれて2つのスリットを通った(?!?)としか考えられないということなのです。粒子であり同時に波であるというのはそういうことだと理解するほかありません。日常の常識には全く反することです。それこそ「非日常の世界」ですね。**

1つの電子が2つに分かれて自分自身と干渉したとしか考えられないような干渉縞ができるという話<sup>29)</sup>は量子力学の不思議を説明するために取り上げた。科学の世界には常識で考えてもわからないことがあることを知ることも重要である<sup>30)</sup>。ノーベル物理学賞を受賞したファインマンは「いまでもまだ、次のような質問をしようとする人がいるかもしれない。“どうしてそんなことになるのか、法則の背後にかくされているからくりは何か”と、法則の背後のからくりなどを発見した人は、これまでひとりもない。たったいま“説明”した以上のことを“説明”できる人はいない。」<sup>30)</sup>と述べている。

**(質) 水素の燃焼反応が大学レベルだと見慣れなくて頭がついていけなくなりました；ラジカルっていうのがあんまり意味がわからなかったので説明してほしいです：今回紹介した、水素の燃焼反応の素反応とか、ラジカルのは服飾基礎科学の範囲を越えることなのでみなさんに理解してもらう必要はありません。「大学レベル」とはどういう意味かというと、化学専攻の学科における専門科目レベルという意味で、燃焼反応を専門とするゼミにおける卒業研究レベル、あるいは大学院レベルに相当します。そういう専門では水素の燃焼反応をこのように取り扱いますということを紹介しました。 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow$**

$2\text{H}_2\text{O}$  という反応式は、最終的に整理すればこの式になるということで、中味はもっと複雑なのです。マンガに書いてあったイメージも実は簡単過ぎるものでした。ここでは「そういう難しいことがあるのか！」ということが分かりさえすれば良いので、中味が理解出来ないからといって心配することは全くありません。ラジカルという言葉も忘れてください。

水素の燃焼反応を例にとって化学反応について説明するときに、まず、常温で単に水素と酸素を混ぜただけでは反応は起こらず、化学反応が起こるためには外部から熱エネルギー等のエネルギーが与えられて、反応分子が高いエネルギー状態になることが必要であることを説明した。また、あえて、それが多くの素反応からなっているということも説明した。ただしそれは理解しなくても良いということも強調した。

**(質) エントロピーという言葉は高校では習いませんでした。難しそうだと思いますがトランプを使った説明で少しわかりました：エントロピー小の状態になる確率が2億分の1の1000万分の1つてもう意味がわかんない数です(笑)トランプも元の状態に戻るには10億年切り続けないといけないって…。でも逆に10億年切れば元に戻るってすごいと思った；エントロピーという言葉は初めて聞きました。エントロピーの意味がいまいちよく分かりませんでした。エントロピーとは物質のことですか？なにかの割合のことですか；非平衡状態では上や下などにも広がるのですか？ エントロピー(デタラメなしゃくど)？よくわかりませんでした；エントロピーっていうのはすごく低い確率でおこることのことって覚えればいいのですか；エントロピーというのは物質ではなくて量です。もっと正確には示量変数です。示量変数とは物質の量が2倍になったら2倍になるような状態変数で例えば質量やエネルギーがそうです。これに対して示強変数とは物質の量とは関係ないもので、例えば温度です。エントロピーの概念は難しいものですからすぐに理解できなくても心配することはありません。評判が悪かった(?)米を混ぜる話に似ていますが、もうひとつエントロピーにかかわる話をしましょう。エントロピーとは場合の数に関係した量(正確には場合の数の対数に比例)です。白米が入ったコップと赤米が入ったコップがあるとします。量は大体同じくらいです。白米の入ったコップに赤米を静かに入れて2層にしま**

す。白米の一粒一粒、赤米の一粒一粒は区別できないとしたら、白米の上に赤米が入った状態というのは1つであるとしか数えようがありません。これがエントロピーゼロです（状態数1の対数は0）。コップを揺すったらどうなるでしょうか。だんだん混じっていきますね。コップを振るたびに白米と赤米の配置はいくらでも変わります。全く同じ配置になることはあり得ないことです。その配置の数はとんでもなく大きい数になります。これがエントロピーが大きくなったということです。しかし、コップの中の下半分がすべて白米、上半分がすべて赤米となる配置の数はたった一つです（その場合エントロピーはゼロです）。でもそんなことは絶対に起こらないということはみなさんもよく知っていることです。52枚のトランプを切って、上半分が赤札、下半分が黒札になる確率よりもずっとずっと小さいと予想できます。トランプの場合、1秒に1回切ることでそのような状態になるまでにかかる平均の時間は10億年ですが、コップの中の米がきれいに分かれるにはそれよりはるかに長い時間がかかります。つまりコップをいくら振り続けていても白米と赤米はでたために混ざったままです。確率上はどんな配置も同じ確率（等確率）で起こるので単純なことなのですが、結果として一度混ざってしまうと元には戻らないということです。言い換えれば配置の数が変化し得るときは必ず配置の数が大きい方に変化して元には戻りません。エントロピーとは配置の数の対数ですから、**エントロピーは増大する**ということになります。これを熱力学の第二法則と呼んでいます。また元に戻らない変化のことを**不可逆変化**といいます。米粒が混ざってない状態からだんだん混ざる様子をコップの外から見ると、確かに時間的な変化がありますから時間的な変化が起こる原因がそこにはある、ということで「**時間の矢**」が生じたと見ることができます。ところがコップの中で米粒が動くのは全くでたため、方向性はありません。ビデオで撮って逆再生しても一つの米粒の動きを見る限り時間通りの再生と逆再生の区別はできません。ですから不可逆変化を起こす要因は米粒にはないのです。だから**時間の矢**を引き起こすのは**確率の問題**だということが分かります。これがエントロピーの本質です。ところで米粒が非常に少なかったらどうでしょうか。白米一粒、赤米一粒なら配置の仕方は一つしかないのでエントロピーはゼロです。2粒+2粒の場合、エントロピーはゼロではないですが、白米、赤米同士が集

まっている状態も十分起こり得るわけで、ここにははっきりした「**時間の矢**」はありません。米を分子と考えれば、分子の数が極端に少ないときはエントロピー増大ははっきりしないということです。量子力学では物質は粒子であると同時に波であるという概念がありますが、分子の数が少ないときは分子の振る舞いに量子力学的な効果が現れてきます。米粒の場合は単に米粒を動かすデタラメな力が作用されるだけですが、分子の挙動を支配するのは量子力学的な効果があります。分子の数が膨大になると量子力学的な効果は打ち消し合ってなくなるのです。これを巨視的状态、あるいはマクロといいます。分子が区別できるようなものは微視的状态、あるいはミクロと呼んでいます。「ミクロには時間の矢はないが、マクロで時間の矢が生じる」というような表現ができるわけです。

この回の講義ではインクの粒子の拡散を題材として統計的なエントロピーと不可逆反応、つまり時間の矢についての説明を行った。エントロピーとは理解しにくいものであるという定評があるが、確率的にあまりにも圧倒的に小さいため逆の事象が事実上起こり得ないという原理が時間の矢を作り出している<sup>31)</sup>ということであり、これによってはじめて、エントロピーおよび熱力学第二法則の本質が理解できる。

#### おわりに

これまでの理科教育は、知識を積み重ねていくことが基本で、勤勉な学習者の場合はそれらの知識が集積され、一定の学習成果を生じた。しかしながら個々の知識の重みやそのつながりが積極的に認識されていないと、個々の知識は時間とともに失われ、その全体像もおぼろげになってしまう。この反省を踏まえた科学的リテラシー教育法としては、まずいくつかのキーポイントを押さえ、全体の枠組みのなかでの意味および重みを理解させるという方法をとるべきであると考えられ、その際に、なぜそうなのか、その裏には何があるのか、また、それは何を目的とするアプローチなのかを把握させつつ進めることが理解を深めるために必要であると考えられる。場合によってはその奥にある高度なことがらの存在を語ることも、もとより内容を理解させる必要はないが、非常に有効なことがあり得る。そのようなとき、学生からは難しすぎるという声があがることがあるが、それらの実践上の問題などは第2報で議論する予定である。

## 註

(1) アーリック<sup>8)</sup>による、トンデモない考えが本当の可能性はあるかどうかの判定法

- 1) その考えはデタラメか？
- 2) その考えを誰が提案しているか
- 3) 提案者はその考えにどれほど愛着をもっているか？
- 4) 提案者は統計を正直なやり方で使っているか？
- 5) 提案者は政治的課題をもっているか
- 6) その理論の自由パラメーターは多すぎないか
- 7) その考えは、他人の研究によってどこまで裏づけられているか？
- 8) その新しい理論は、あまりにも多く、あるいはあまりにもわずかなことを説明しようとしてはいないか？
- 9) 提案者はデータや方法をどこまで公開しているか？
- 10) その考えはどこまでよく常識と一致するか？

(2) 「科学リテラシー」は関連する文献において標準的に用いられている語で ‘scientific literacy’ の訳語と思われる。‘scientific’ には ‘科学的な’ と ‘科学に関する’ の2つの意味があり、ここでは明らかに後者の意味として使われている。しかしながら日本語においては ‘科学に関する’ の意味の場合、‘科学教育’、‘科学哲学’ のように ‘的’ を除くのが一般的である。‘科学リテラシー’ は ‘scientific’ を ‘科学的’ と機械的に置き換えてしまったものと思われ、筆者は違和感をおぼえる。なお英語では ‘science literacy’ という表現もあり、‘scientific literacy’ と同じ意味に使われている。両方の訳語として ‘科学リテラシー’ が適当ではないかと考える。

(3) わからないことは間違っている？！

ものごとを鵜呑みにせずに、常に疑うという態度は科学に接する場合に望ましいものであり、科学者は経験を積むに従って謙虚になるものである。しかしながら、一方で、「真理とは単純にして明快、自然界の仕組みも必ず単純素朴であるべき」として、「高度に数理化され、現象とのつながりが一般に認知されにくく、あまりにも難解すぎる」ことなどを理由としてそれらの理論が間違っていると主張するひとたちがいる<sup>32)</sup>。量子力学のように単純素朴な理解が不可能な例が存在することを認識し、そのような“サブカルチャー”的トンデモ本と科学を区別することも科学リテラシーの

ひとつであろう。

## 参考文献

- 1) 国立教育政策研究所 「平成 24 年度全国学力・学習状況調査報告書・調査結果について」  
<http://www.nier.go.jp/12chousakekkahoukouku/index.htm>
- 2) 「全国学力テスト：結果 初の理科、応用が苦手」  
毎日新聞 2012 年 8 月 9 日東京朝刊
- 3) 国立教育政策研究所「回答結果集計 [生徒質問紙] 全国一生徒(国・公・私立)【表】平成 24 年度全国学力・学習状況調査【中学校】集計結果(2012)
- 4) 江本勝他「水からの伝言」波動教育社(1999)
- 5) 菊池誠「ニセ科学問題から見た科学リテラシー」  
日本の科学者 46(2), 22 (2011)
- 6) と学会ホームページ <http://www.togakkai.com/>
- 7) と学会「トンデモ本の世界」楽工社(2011)
- 8) ロバート・アーリック、垂水雄二他訳「トンデモ科学の見破りかた」草思社(2004)
- 9) 池内了「疑似科学入門」岩波新書 1131 (2008)
- 10) 菊池誠他「もうダメされないための「科学」講義」  
光文社新書(2011)
- 11) 安斎育郎「人はなぜ騙されるのか」朝日新聞社(1996)
- 12) 日垣隆他「サイエンス・サイトーク ウソの科学騙しの技術」新潮 OH! 文庫(2000)
- 13) U. Nakaya, et. al., *J. Fac Sci. Hokkaido Univ. Ser II*, 2, 1(1933)
- 14) 黒田登志雄他「雪結晶の成長機構および晶癖変化」  
日本結晶成長学会誌 6(3,4), 51(1979)
- 15) 江本勝「水は語る」講談社+ $\alpha$  文庫(2003)
- 16) 平成 17 年度科学技術振興調整費「科学技術リテラシー構築のための調査研究」(代表者：北原和夫)
- 17) 齊藤萌木他「日本の科学教育における科学的リテラシーとその研究の動向」国立教育政策研究所紀要第 137 集、9 (2008)
- 18) American Association for the Advancement of Science, “Science for All Americans”, Oxford University Press (1989)
- 19) 長洲南海男「科学教育のニューパラダイムとしての STS 教育(I)歴史的背景」筑波大学教育学系論集、17(2), 73 (1993)
- 20) Karplus R. et. al. “A New Look at Elementary School Science Curriculum Improvement Study”, Rand McNally and Co. (1967)

- 21) 笠潤平「科学的リテラシーを目指す英国の義務教育の改革」物理教育、54(1), 19 (2006)
- 22) Robin Millar et. al. eds. “Beyond 2000”, The report of a seminar series funded by the Nuffield Foundation (1998)
- 23) 文献<sup>15)</sup> より
- 24) NSTA (National Science Teachers Association) Position Statement “Beyond 2000-Teachers of Science Speak Out” (2003)
- 25) モリソン他編著、村上他訳「POWERS OF TEN 宇宙・人間・素粒子をめぐる大きさの旅」日経サイエンス社 (1983)
- 26) 日本化学会他監修「元素周期表」文部科学省 (制作：株式会社化学同人) (2005)
- 27) 松井孝典「地球・宇宙・そして人間」徳間書店 (1987)
- 28) “GCSE2011 Science Summary Brochure”  
[http://pdf.ocr.org.uk/download/pm/ocr\\_44276\\_pm\\_gcse\\_sci\\_brochure.pdf](http://pdf.ocr.org.uk/download/pm/ocr_44276_pm_gcse_sci_brochure.pdf)
- 29) 外村彰「量子力学を見る」岩波科学ライブラリー 28 p.50 (1995)
- 30) ファインマン他「ファインマン物理学 V 量子力学」岩波書店 p.15 (1979)
- 31) アリー ベン・ナウム著 中嶋一雄訳「エントロピーがわかる」講談社ブルーバックス (2010)
- 32) コンノケンイチ「ホーキング宇宙論の大ウソ」徳間書店 (1991)

## **An Attempt at Scientific Literacy Education (1): What is Scientific Literacy?**

Faculty of Liberal Arts, Department of Clothing Science  
Shoji SUEHIRO

### Abstract

The need for the scientific literacy of Japan’s citizens has been especially strong since the Great East Japan Earthquake in 2011 and the accompanying nuclear power plant accident. The scientific literacy curriculum in the United States advocates scientific literacy for all citizens, and also emphasizes connections between science and society, and science as a human activity. Scientific literacy is based on the understanding of science. Specialists can obtain a sound understanding of scientific ideas from basic training in science, followed by some practical experience as a scientist. Concerning scientific literacy education for the general public, it is a significant challenge to ensure people understand scientific ideas using a simplified curriculum. The Twenty First Century Science curriculum in the United Kingdom recommends that scientific knowledge be presented as “explanatory stories” and to introduce a number of “ideas about science”. In this report, a number of matters on how to introduce scientific concepts to students are considered, based on several years’ experience delivering scientific literacy education to university students.

Keywords : natural science, scientific literacy, science education, pseudoscience, explanatory stories