

1. はじめに

人間が持続的に生活する上で環境問題の解決は不可欠であることから、日本では義務教育段階での環境教育へのニーズが高まっている。これに対応して平成24年10月に「環境教育等による環境保全の取組の促進に関する法律」が施行された。しかし主要官庁である環境省・文部科学省ともにNPOなどの民間との連携を重視する一方で、関連する学会との連携は視野にいれられていない。また同法では環境教育における科学的知見や考え方の重要性について、ほとんど触れていない。

水面下の現象は陸上と異なり、多くの国民にとって見たり感じたりすることが困難である。このためか、専門家による科学的検証が為されていない知見が真実であるかのように義務教育で教えられている場合がある。ここでは水環境を対象とした環境教育に生じている問題の典型例として、「アサザ植栽」を紹介する。

2. 霞ヶ浦におけるアサザ植栽事業

霞ヶ浦では2001年度補正予算で、当時絶滅危惧種だった浮葉植物アサザの保全・再生を主目的とした緊急対策工事が行われた。工事では対象とした11地区全てに消波工を設置し波浪を弱めた。1970年代まで霞ヶ浦の水草帯の多くは沈水植物で構成されていたが、工事が計画された時点では沈水植物は消滅していた。地元住民からは再生すべきは沈水植物であり、浮葉植物であるアサザの植栽や消波工の設置は霞ヶ浦本来の自然再生の機会を奪うとの危惧や、アセスメントの必要性が訴えられていた。しかし「アサザの保全は緊急を要する」として、アセスメントが行われることなく工事が強行された。

この頃、霞ヶ浦周辺の小学校では某民間団体が「アサザを植えると霞ヶ浦の水質がよくなる」とのチラシを小学校で配り、多くの児童がこの団体の指導の下、消波工の陸側にアサザを植栽した。工事から10年以上を経た現在、消波工によりアサザが保護されたはずの地区では、植栽を繰り返したにもかかわらず、アサザが現在でも繁茂しているのは1地区に過ぎない。また霞ヶ浦を代表する生物であった二枚貝類は、全地区で絶滅した。

3. 教育現場で説かれている「アサザ植栽」の意義

霞ヶ浦を含む国内湖沼において、アサザによる水質

浄化作用や自然再生機能を証明した科学論文は存在しない。アサザは海外では侵略的外来種として問題視されている上に、COD（化学的酸素要求量）として測定されている有機物は水草の存在によって増加するとの認識が海外では常識である。しかし日本では、アサザの水質浄化作用や自然再生作用が、全国的に義務教育で教えられている。

NHKでは道徳番組で、「人が結びつくことの重要さを説く目的」（NHK担当者談）で某NPO団体代表によるアサザ植栽の功績を称えている。その教員用解説資料には「霞ヶ浦の自然が少しずつもとの姿に近づいてきた」と事実と反する内容が記載されている。また中学地図帳では「霞ヶ浦ではアサザを植栽することによって人口が増えてもCODが増加しない」との解釈を誘導する図が掲載された。さらに中学校理科の教科書では、「アサザを湖岸に植えると植物の茎や根に付着した微生物が湖水中の有機物を分解し、水を浄化していく」と解説しており、水中や堆積物に存在する微生物が有機物を分解することが弊害をもたらしているという水質汚濁メカニズムの基本を、執筆者が理解していなかったことが分かる。

4. 提言

霞ヶ浦でアサザ植栽事業を推進したのは主に生態学者であるが、日本生態学会生態系管理専門委員会（2005）は自然再生事業における順応的管理の重要性を説いており、再生事業は不確定性を伴うと認識していることが分かる。義務教育で子ども達に教えたことが後日間違っても修正を示す機会はないことから、そもそも不確定性を伴う自然再生事業に関わる内容を、義務教育で教えるべきではない。中学地図帳は発行される前年度に某団体がホームページで宣伝しており、環境教育が私的団体の宣伝に悪用される危険を示している。また中学理科の教科書に水環境の常識を逸脱する記載が書かれていたことから分かるように、水環境については生物（生態）学の専門家が基本的な知見を有していないことから、間違った説を広める状況が散見される（アサザやヨシの植栽による水質浄化、自然再生など）。水環境について総合的な知見から課題を解決する学問である陸水学の専門家が、義務教育で教えられている内容をチェックする必要があるだろう。

1. 環境問題認識の単純化の問題

私は湖沼や湿地の植物の保全に関する研究をしている。学校教育の現場や一般の方を対象とした講演会等の場面で最初に「湖で環境問題について研究している」といった挨拶をすると、たいていの場合、「水質浄化のための研究」と理解される。湖の動植物について説明すると、「それが水質浄化とどのようにかわるのか」という質問を受ける。「湖沼の環境問題＝水質問題」という認識は、深く、広い。

水質浄化は生態系サービスの一つである。生態系サービスの間にはトレードオフがあるため、あるサービスの追求は、別のサービスの低下を招く。たとえば水中の栄養塩濃度が下がれば、濁りとなる植物プランクトンが減少するために透明度が上昇し、景観上は正の効果をもつ一方で、一次生産の低下を招き、ひいては魚類の減少を招く場合がある。沈水植物の増加も透明度の向上に寄与する一方で、増えすぎた沈水植物は船の航行の邪魔になる場合がある。

多様なトレードオフがある中で「水質」という目標だけが強く認識されやすいのは、濁水問題が目に見えやすいことや、高度経済成長期の日本において、生物の消失などの複数の減少が水質悪化と同時期に進行したことが影響しているのだろう。また数値指標で示しやすいため、悪化・改善といった議論を容易であることも「水質主義」ともいえる状態の原因だろう。そしてこの主義は教育によって強化されてきたのだろう。

実際には、生態系には「絶対的な善」といえる状態はない。絶対的な評価軸が存在しない中でよい生態系管理（ecosystem management）を進めるためには、①生態系の状態によりどのような良い面／悪い面があるかといった情報を共有し、立場の異なるステークホルダーが合意形成を図ること、②合意形成の結果を絶対視せず、順応的管理の過程を通して修正を続けること、③生物種の地域絶滅などの不可逆な変化を避け、将来に多様な選択肢を残すこと、が重要だろう。

2. 複雑系の管理における単純化の問題

生態系管理の目標が合意されたとしても、その実現に向けた取り組みの効果には大きな不確実性が伴う。生態系の動態についての科学的知見が不足し

ているからである。そもそも生態系は複雑系であるため、個々の構成要素についての研究を進めても、システムの挙動を完全に予測することはできないだろう。

生態系のような複雑系の管理は、人間の健康の管理と同様に、「似非科学」「トンデモ科学」が入り込みやすい課題である。「交互作用を持った多様な要因を一つずつ検討する必要がある、いろいろな可能性があるため、効果を検証しながら改善しなければならない」といった言説よりも、「これを増やせば解決する」「これを止めれば解決する」といった明快な言説に魅力を感じる人が多いのだろう。同様に、特定の分野だけに特化し、「これが環境問題の原因」と断言する職業科学者が現れれば、同じ理由で受け入れられやすいと考えられる。高名な大学や研究所の肩書があればなおさらである。しかし、その言説も生態系の動態予測という課題については不確実である。その言説が査読付学術雑誌に掲載され、その分野からの支持を受けているものであっても同様である。科学が細分化した現在では、科学的知見はいわば「部分最適解」に過ぎず、複雑系の管理において適切な回答を与えるとは限らない。科学的情報を発信する研究者は、その点を自覚する必要がある。

3. 研究者の役割

単純化が求められる社会的な状況の中、さらに、魅力的な説明を振りまく非科学的主張も跋扈する状況において、専門分化した科学を道具として、生態系という複雑な対象を合意形成と順応的管理という流動的な仕組みをうまく動かしていくことができるのだろうか。この困難な取り組みに関わる研究者にはどのような振る舞いが求められるのだろうか。

私はピアレビューを通じた科学的知見の蓄積を愚直に続けつつ、自分の視野の狭さを強く自覚し、知見の限界を強調した謙虚な情報提供を続けるしかないと感じている。そのような謙虚さを欠いた科学者の教育や実践の場への参画は、自然環境と社会的関係性の両方に悪影響をもたらすだろう。科学者の社会参画のあり方についても相互批判が必要なのではないだろうか。

1. 小学生は宇宙の存在を理解できないのだろうか

小学校「理科」における天体の学習は、領域 B「生命・地球（生物学・地学）」に配置され、3年生では「太陽と地面の様子」、4年生では「月と星」、6年生では「月と太陽」という表題（内容を含めて単元と呼ばれる）で行われる。それぞれ、3年生では、太陽の動き、4年生では星と月の動き、6年生では、月と太陽の位置関係によって、月の形が時間的に変化していくことを学ぶが、いずれの単元においても、宇宙の中の1つの惑星としての地球という事実には触れない。子どもたちは、地球上から見た太陽、星、月の動き、すなわち“天動（説）”として学ぶことになる。

小学校学習指導要領解説「理科編」（文部科学省、2008）には、教師が各単元で教えるべき内容についてまとめられているが、p.67には、「なお、地球の外から月や太陽を見る見方については、中学校第3学年第2分野「(6) 地球と宇宙」で扱う」と記述されている。現行の指導要領では、中学校1,2年生では天体の単元が設定されていないので、日本の大多数の公立中学校に通う生徒は、3年生（15歳）まで地球の自転・公転、惑星と恒星、太陽系の仕組み（銀河系の存在を含む）といった宇宙に関する学び、すなわち“地動（説）”に触れないことになる。

学習指導要領解説 p.7～11には、理科の目標と題して、「自然に親しむこと」、「見通しをもって観察、実験などを行うこと」、「問題解決の能力を育てること」、「自然を愛する心情を育てること」、「自然の事物・現象についての実感を伴った理解を図ること」、「科学的な見方や考え方を養うこと」の6点が説明されている。天体に関して言えば、確かに子どもたちの“実感を伴った理解”のためには、実際に住んでいる地球上で観察できる事実を学ぶことが重要であろう。しかし小学生は、直接、見るのが難しい宇宙の存在を理解できないのだろうか。理科の目標に掲げられている“問題解決の能力”として必須の“推論”する力は、正しい自然認識に基づいた“科学的な見方や考え方”を学ばなくては育まれないと私は考える。小学生向けの図鑑には、美しいカラー図版で「宇宙」「惑星」が掲載され（例えば、学研

ニューワイド図鑑百科、p.36-37）、教科書には掲載されていない内容がわかりやすく説明されている。商業出版から見ても、子どもたちは、宇宙を理解できるのである。

2. 電圧と算数が不在の電気の学び

現行の小学校「理科」の大きな特徴の1つは、3～6年の全学年に電気に関する単元が配置されたことである。これは領域 A が「エネルギー・粒子（物理学・化学）」と名付けられた様に、エネルギー利用に関する教育の重要性が認識されたためであろう。しかしながら、小学校理科では電流の測定は行うが、電圧は学ばない。その結果、小学校中学年程度の算数で扱えるオームの法則（ $E=IR$ ）を適用した抵抗値の算出が行えず、実験の結果を数式で理解することができない。

例えば、6年生では、電気が熱エネルギーに転換される事例として電熱線（ニクロム線）の発熱実験を行う。実験結果としては、太い電熱線の発熱が大きく、その理由は、細い電熱線に比べて電流が多く流れることが結論となる。しかしながら、電圧を測定せず、抵抗の学びが無いため、なぜ太い電熱線で電流の値が大きくなるかについて子どもたちに説明することが困難である。同じく6年生の物理学分野「てこの規則性」では、結果から数式を導いているので不可解な現状である。

3. 子どもの発達段階という呪縛

小学校教員の教科専門は、「全科」すなわち、国語、算数、理科、社会、図工、音楽、体育、生活、家庭科の9教科全てである。各教科は、教科（半期2単位）＋教育法（半期2単位）の4単位のみで、教科は選択必修8単位のため、多くの学生は9教科中4教科しか受講しない。理科の教科を学ばなかった学生は理科教育法2単位のみで免許を取得し、理科を教えることになる。教育法では、「子どもの発達段階やその理解度に合わせた指導を」と学ぶが、発達段階と教科の理解度との間に明確な関係性が示されていると思われたい。子どもの発達段階に合わせた指導というものには幻想ではないだろうか。

高島義和（北海道大学理学部非常勤講師）

1. はじめに

生物を用いた水質評価は、古くから多くのものが開発されており、近年も盛んに行われている。これらの中には、特別な器具や技術を必要とせず、比較的簡単に水質を判定できる、とされるものがあり、特に教育現場や行政の普及活動等で用いられる機会が多いようである。

生物による水質評価が正しく行われるためには、生物の正確な同定や、各生物と水質の関係に関する正確な情報が揃っている必要がある。しかし、現状では、これらの条件は必ずしも満たされておらず、簡易な調査では、どの程度正当な水質評価がなされているのか、疑問を持たざるを得ない。

ここでは、生物の同定に関する問題、及び生物による水質評価の枠組みの両方について、基礎的なレベルから問い直しを行ってみたい。

2. 生物の同定に関する問題

生物による環境評価を行うに当たっては、生物の正確な同定が欠かせない。ところで、生物の正確な同定は、一般に考えられているよりも難しい行為で、本来は、経験を積んだ研究者が、慎重に作られた標本と多数の文献を頼りに、初めて為し得るものである。ただし、これでは多くの場面で生物の同定が必要とされる社会の要求に応えられないため、研究者以外の技術者や一般の人々のために、簡易な同定ガイドが多数出版されている。

同定ガイドには、図鑑及び分岐式の検索表（以下単に検索表と称する）という2つの主要な形式があるが、検索表は、特に正確な同定を念頭に置いたもので、当該の生物についての深い分類的情報を持たなくとも、指示に従い観察と判断を繰り返していけば同定が行えるように工夫されたシステムである。

しかし実際は検索表を正確に用いることは難しく、しばしば誤同定のもととなっている。これは検索表を使う個人の努力不足によるものではなく、検索表が持つ原理的な欠陥によるものである。検索表による同定は、入籠状の階層構造を上から順に辿る、いわゆるトップダウン的なプロセスを経て為される。一方、生物の分類は、低い階層での比較が本質をなすボトムアップ的なものである。検索表による同定はこれに馴染まず、無理が生じる。

生物同定の方法として、図鑑を用いた「絵合わせ」は、しばしば不慣れな者が行う行為として推奨されないが、実は絵合わせは同定の本質である。絵合わせの要素を取り入れた同定システムの有効性について述べる。

3. 生物による水質評価についての問題

生物を用いた水質評価を行うに当たっては、最初に、個々の種の生息が、どのような水質パラメーターで規定されるのか、明らかにしておく必要がある。

水質の指標となっている生物は多いが、果たしてこの中のどれだけについて、水質との正確な関係が調べられているのだろうか。この知見が欠けているならば、生物を用いた水質評価は、感覚的な印象以上のものではない、大変虚しい行いになる。

恐らくは、有効な水質評価に必要な情報は、現在大きく不足しており、今後も大きく進展する見込みは無いように思われる。

水域が清冽か汚濁されているか、という単純な評価のみを目的とするのではなく、生物的情報と併せ、物理的、化学的情報も同時に取得することにより、生物による水質評価に必要な情報の充実が図ればかりでなく、水質の柔軟な評価が可能になると考えられる。

科学者と教育者の距離は遠いのか？

*石川俊之（滋賀大学・教育）

1. はじめに

科学的な視点から自然環境を捉える「科学者」と教材としての視点から自然環境を捉える「教育者」の間に、目に見えない大きな壁があることがこのシンポジウムのテーマであろう。しかし、このことは両者の距離が遠いことを必ずしも意味しない。両者の距離を決めるのは互いの理解であろう。ただし、教育者が科学者を理解することは実に困難であるだろう。そうであれば、科学者が教育者によいアドバイスを与えられるようにすることが距離を近くする早道であると考えることができる。

2. 学校教育における“環境”の位置づけ

学校教育において“環境”を学ぶことは現在法令で義務付けられている。学校教育法の二〇〇一年の改正では第二十一条に義務教育の目標を10項目規定し、その第二項には自然体験活動の促進、生命・自然を尊重、環境の保全に寄与する態度の養成が挙げられている。第三項には“我が国と郷土の現状の理解”、第七項には“身近な自然現象の科学的理解”、があげられ、自然環境を正しく理解し尊重することが義務教育の目標の一つと定められている。

現在の小中高の学習指導要領は平成23年度から段階的に取り入れられている。環境にかかる内容はそれまでは「総合的な学習の時間」で扱われることが多かったが、新学習指導要領では「総合的な学習の時間」の時間が減り、教科の時間が増加した。教科の時間の増加にともない各教科で増えた内容の多くは環境に関わる内容である。つまり、新学習指導要領の実施に伴い、環境を学ぶ時間が総合的な学習の時間から教科に移ったといえる。

このことは、学校現場で環境を教える上で大きな変化が起きていると予想される。総合的な学習の時間は比較的自由度の高い時間であり、必ずしも環境を扱っていたわけでもない。

つまり、旧学習指導要領の時代には、教員や児童生徒の関心によって水環境陸水環境を様々な形で取り上げていたが、現在の学習指導要領では、基本

的には学習指導要領に沿った形で教科書の内容を学ぶことが義務教育での環境を学ぶ中心と変わったのである。

講演時には、現在使われている教科書の中から陸水環境に関わる記述を紹介する予定である。

3. 科学者と教育者の求めることの違い

演者は教育学部の教員となつてわずか五年であるが、何人かの小中学校教員と情報交換をするうえで、いくつか科学者と教育者の違いに気づいたので指摘しておきたい。

科学者は現象を「正確に」説明しようとするが、教育者は「わかりやすく」説明しようとする。科学者には「不正確」な説明こそわかりにくいのだが、教育者はブラックボックスがあろうが、強引な比喻があろうが、瞬間的に伝わるような表現を好む。

科学者は自然現象が複雑であることや、逆に実は単純であることを大切にすることが、教育者は複雑なものは不便、単純なものは便利と捉えている。

科学者は100%の解決策はなかなかないことを理解しているが、教育者は解決策が100%のものであると説明したくなる。

科学者は本に書いてあることは正しくないかもしれないと思っているが、教育者は本に書いてあることは正しいことを前提にしている。

4. 科学者と教育者が理解し合うためには

演者は大学で環境教育専攻を担当しているが、学生や現職教員の作る「環境教育」の指導案を「こどもだまし」と感じざるを得ないことがある。内容を理解しないまま理念だけを伝えようとするような指導案である。環境教育では、“環境の体験”・“環境の理解”・“環境の保全への行動”という三つの段階があると考えられているが、このうち、“環境の理解”がきわめて陳腐なのである。科学者が教育者によいアドバイスを与えると冒頭で書いたが、陸水環境の理解を深めるために、わかりやすい正確な説明の仕方を確立することがスタートラインだと感じている。

長野剛（朝日新聞東京本社科学医療部）

1. EM菌とは

EM菌とは「有用微生物群」（EM）という微生物資材商品の通称で、普及会社のEM研究機構（沖縄県）のウェブサイトでは「乳酸菌、酵母、光合成細菌を主体とし、安全で有用な微生物を共生させた多目的微生物資材です」と説明されている。

サイトによれば、琉球大・比嘉照夫名誉教授が1982年に農業用に開発。米ぬかなどに添加して発酵させれば肥料になるほか、河川や海にまけば環境を浄化できるなどと記されている。また、比嘉氏はインターネットなどで、放射性物質に汚染された土壌にまくことで除染が可能とまで主張。さらに、比嘉氏はネットや著書で、EM菌の効用について「万能」と述べ、その作用には「重力波」が関与しているとの見解を述べている。

これらの主張には批判も多く、EM菌を「ニセ科学」とする指摘もある。水質浄化に関しても、複数県の試験機関が検証したが、明確な効果が確認された例は、取材では確認できなかった。にもかかわらず、朝日新聞の過去の掲載記事でも、「水質を浄化する」などとして小学生らが川にまく活動を行う全国の例が多数掲載されるなど、教育現場で広く肯定的に活用されている。

2. 小中学校での状況

2012年、朝日新聞青森総局員だった長野は、県内の教育機関でのEM菌の扱われ方について取材、同年7月3日付け朝日新聞青森県版で、取材内容を報告した。

県によれば、環境教育の一環でEM菌を教材として扱った小中学校は2011年度に7校。取材ではこのほか、複数校で使用が確認できた。代表的な使用法は、学校でEM菌を培養し、浄化のためとして周辺の河川にまく活動だ。

青森市内のある中学校では、記事掲載の時点で10年以上、この活動を継続していた。年数回、EM菌の培養のため、全校生徒に呼びかけてコメのとぎ汁を収集。灯油缶にEM菌の原液と糖蜜、コメのとぎ汁を入れて培養し、川にまいていた。まいた量は2011年度では1000リットルを超えたという。

活動の中心はクラスに2名ずつの美化委員。担当の教諭はこの活動で「川がきれいになる」と教えていた。毎年、美化委員たちは文化祭でEM菌の効能についてインターネットなどで調べ発表していた。EM菌の効果について懐疑的な情報を見つけた生徒もいたが、教諭は「様々な意見はあるけど信じよう」と指導したという。

このような教育について、長崎大学でニセ科学に関する授業を行っている長島雅裕・同大教育学部准教授は「疑わしい事柄を真実と教えれば将来、生徒

が疑うべきものを疑えなくなる恐れがある。本来は多様な対策が必要な環境問題を、EM菌だけで対処可能と思わせることも、思考停止につながりかねない」とのコメントを記事に寄せた。

3. 背景としての行政での浸透

記事に活動の詳細を挙げた中学校で使われていたEM菌の原液は、県から支給されたものだった。

県庁内では、前県副知事はEM菌の熱心な支持者として知られ、2000年代中盤、水産部局に陸奥湾浄化のためにEM菌をまくことを指示したことを、長野の取材に対して認めている。効果を疑問視する職員によって事業化はされなかったという。前副知事は、EM菌の様々な効果を裏付ける科学的な報告はないという認識だったにもかかわらず、「定量的に効果があるモノでなければ無駄だ、というわけにはいかない」という認識も語っている。

十分な裏付けが無くても自らが有効と信じれば施策に用いるという幹部職員の姿勢が、県による学校へのEM菌原液配布につながった可能性がある。県による配布については、記事に活動の詳細を挙げた中学校の担当教諭は、教育現場で用いる上でのEM菌への信頼につながった、と語っている。

県内では3町で公費を使い、住民にEM菌の使用を勧めていたケースもあった。前副知事と2町長は、県内でEM関連商品を販売する元中学教諭から、EM菌を紹介されていた。自治体幹部のEM菌への信頼は、施策や教育現場のEM菌の採用に有利に働いた可能性はあると思われる。

4. マスコミの影響

長野が取材した青森市内の小中学校長は、EM菌を教育活動での使用に耐える信頼性のある存在と判断した理由として、複数の新聞記事を挙げた。

EM菌を使った活動については、朝日新聞でも過去に多くの紹介例がある。「EM菌」あるいは「EM（有用微生物群）」という言葉を含む記事は300以上あるが、大半はEM菌に批判や疑問があることを伝えていない。上記小学校のように、マスコミ報道が教育現場にとって、EM菌を活用する「お墨付き」になっている例は多い可能性がある。

当然ながら、EM菌推進者の主張を信じて活用するかしないかは個人の自由だ。だが、上記の長崎大・長島准教授のコメントのように、教育の現場において疑義があるものを「真実」と教えることは、個人の判断にバイアスを与える可能性がある。

毎日新聞は2011年、各拠点に対し、効果や理論に疑義があることに触れずにEM菌を紹介しないよう、通知を出している。だが、同様の対応がマスコミ界で広く行われているとは考えづらい状況だ。