

小学校・中学校・高等学校における環境教育

Environmental Education at an Elemental School, a Junior High School and a High School

新井哲夫* Arai Tetsuo

松下吏亜** Matsusita Ria

1 はじめに

わが国の環境問題は、工業化が進んだ明治時代中期の足尾銅山における渡良瀬川流域での重金属汚染や大阪の大気汚染などで表面化した。当時は地域問題として取り組まれ、さまざまな解決方法が模索された。一般に広く認知されるようになったのは、1955～1965年代の水俣病や四日市ぜんそくに代表される公害問題以降である。1965～1975年代には、ゴミや生活排水による水質汚濁などでみられる生活様式の変化に伴う生活環境の悪化などの身近な環境問題であった。1985年以降は、地球の温暖化や酸性雨、オゾン層の破壊などといった地球規模の環境問題として認識されるようになり、世界の国々の協力無くしては解決できないという共通の認識が醸成された。その結果、1992年にはブラジルのリオデジャネイロにおいて国連環境開発会議（地球サミット、ブラジル会議）が開催され、「持続可能な開発」という概念が地球運営の基本概念とみなされ、21世紀は「環境の世紀」とであると位置づけられるまでになった。また2002年の南アフリカにおける環境サミットでは、当時日本の総理大臣であった小泉氏が環境教育の重要性について言及しており、「環境問題の解決に貢献できる有能な人材の育成が急務であり、国際的に貢献できる人材の養成は、日本が貢献し得る分野である」との認識を記者団にコメントしている。しかし、日本の教育機関における環境学分野の研究教育体制は遅々として進まず、定着する段階に達しているとは言いがたい。これは、日本における「環境学」分野が未成熟であることを示しており、その概念についても漠然とした認識に止まっていることが原因の一つと考えられる。また環境学が、自然科学分野のみならず、社会科学や人文科学分野をも包含した非常に広く

で深い学問領域であることもその原因であろう。

大学においても同様であるが、教員や教員を目指す学生にとって「環境学」を学ぶ場がほとんど無いことも、環境教育を実施するうえでの非常に大きな障害となっている。また小学校などで取り組まれている環境問題は、「身近な問題から取り組んでみよう」、「できることからやってみよう」ということで、「地球環境にやさしい行動を身につけさせる」という観点からの取り組みであり、人間が加害者であるという立場からの発想によって進められる場合が多い。また学習や実践がおもにゴミ問題や水質問題などに向けられ、児童・生徒たちにとって、それらが環境問題の中心であるかのように認識されていることも影響しているのではないだろうか。確かに「身近な問題から」、「できることから」というのは、環境問題を身近な問題として認識するには有効であり、また目に見える形で結果を出しやすいという点や地域と密着していることのアピールとしては有効であろう。しかしながら、日本におけるそのような活動は、「……しないようにしましょう」、「……を抑えましょう」式の運動に偏り、「しつけ」や「節約」という観点からの発想になりがちである。これは、地球生態系や自然環境の学習と自然とのふれあいを基本とした身近な環境問題に取り組むという視点が欠落することが懸念され、近視眼的な問題解決への道を歩む危険性が危惧される（鈴木、2001）。人間はあくまでも地球生態系の一員であり、地球の自浄作用によって守られる自然環境の範囲内において存在できるという謙虚さを持つことが、人類の生存につながるのではないかと考える。身近な問題から取り組むという方向性は、大学における環境問題に対する取り組みにも現れている。身近な環境問題は非常に重要であり、かつ身近であるがゆえに短期間に効果が見られ

* 山口県立大大学院健康福祉学研究所 教授

** 芦屋大学教育学部 非常勤講師

ることも事実である。しかし先ほど述べたように、目に見える結果を得ることを急ぐあまり、「消費を控える」ことのみが目標となりがちになる。このような実践活動は、得てして近視眼的になりがちであるとともに持続性という点においても将来に禍根を残す可能性がある。特に実践活動と並行して環境問題の本質を追及する研究活動及び教育が欠如している場合には、その危険性が大きくなる。環境問題解決に向けての実践活動には研究活動の裏づけが不可欠であり、研究と実践との相互協力関係があってこそ、有効な解決方法が見出せる可能性があるのではないかと考える。環境問題を解決する基本は、人間を含めた地球生態系における生物全体の営みを理解することであり、その上に立って生態的な手法が中心とならねばならず、自然生態系の研究を抜きにすることはできない。また人間は、地球生態系の中で他の生物とともに生息していることから、自然の摂理にあった手法を基にして環境問題の解決を図らねばならないことを、肝に銘ずるべきであろう。

「自然に触れる」、「自然を知る」ということが、環境教育において非常に重要な位置を占めている。しかし子供たちの昆虫採集などが、「自然破壊」や「命を粗末にする」ことにつながるという指摘がある。しかしながら、自然の営みや生命の大切さを理解するには、子供の時代にこそ魚獲りや昆虫採集などを十分に行い、自然と命の大切さを体で感じるということが重要なのではないだろうか。その結果として、自然に対する認識と理解が生まれるものと考えられる。商行為につながる乱獲が問題であり、そのような行為こそ根絶しなければならないのではないだろうか。また外国産の爬虫類や昆虫がペットショップやデパートで販売される風潮を、どのように考えればよいのであろうか。これは単に人間性の問題のみではなく、それらの生物が逃げることによって生態系に重大な影響を及ぼすという問題をも提起している。外国からの進入生物の生態系への影響は、古くはアメリカザリガニ *Procambarus clarki* の例で知られている。琵琶湖におけるブラックバス *Micropterus salmoides* などの駆除の問題が、漁業関係者と釣り人との議論にまで発展したことは、記憶に新しい。また人間の作為による侵入ではないにしても、アメリカシロヒトリ *Hyphantria cunea* やアオマツムシ *Calyptotrypes hibinonis* などの害虫の侵入も、一時期新聞紙上でにぎわした。最近では、カミツキガメ *Chelydra serpentina* やワニ、ヘビ等の危険な生物が住宅地などや河川で発見され、ずさんな管理や飼育できずに遺棄する行為が問題になってきている。和歌山県におけるタイワンザ

ル *Macaca cyclopis* の逃走による在来種のニホンザル *M. fuscata* との混血とそれらの捕獲・薬殺も、生態系の破壊に対する問題のほか、生物の命と人間の良心の問題として新聞やテレビで話題になった。このような事柄は、今後ますます増加すると考えられ、人間の生活環境の変化によって、思考や人格形成の過程に何らかの影響を与えることも考えられる。このことから、物質中心主義からの脱却をはかるとともに、人間の価値観をどのように転換するかが、今後の重要な課題になるであろう。これらのさまざまな現象は、学校での教育はもちろんのこと、地域や家庭において、自然に対する理解と認識を実体験から学べるシステムの早急な構築の必要性を示しており、地域に根ざす各地の大学がその拠点となるべく努力するべきではないだろうか。またそのような拠点作りとともに、人間の生き方や価値観の転換ならびに自然に対する人間の関わり方を根本から考え直す時期にきているのではないかと考える。

今回は、環境教育を実施するにあたり、昆虫を材料として具体的な進め方について考察した。これは次の理由によっている。昆虫は人類出現の3億年以上前に地球上に出現し、地球上に生息する生物の中で最も多くの個体数と種類数を含み、かつどの時代にも常に繁栄し続けてきた分類群の1つであり、人類の出現以来、人間の生活に密着した存在であることである。本論文では、身近な生物であるコオロギを教材として、環境教育を実践するうえでの具体的な授業の構成と自然との関わり方について論じた。

2 教材としてのコオロギ

(1) コオロギの概要

昆虫がいつ誕生し、何から進化したのかという疑問に対する正確な答えはない。しかし昆虫類が、今から3億5千万年前のデボン紀から石炭紀にかけて、多足類型の祖先から生まれたことは間違いないようである。現在地球上に分布している昆虫の直接の祖先と考えられる原蜻蛉目や原直翅目（絶滅種）などの化石から、昆虫は石炭紀後期（約3億年前）には十分に発達した翅をもっていたと考えられている。

コオロギは直翅（バッタ）目に属しており、バッタやキリギリスなどは同じ仲間である。これらの共通の祖先は、約3億年前の石炭紀に出現し、二畳紀の終わり頃に最初のコオロギが出現したと考えられているが、化石としては約2億2千万年前の三畳紀初期の地層から発見されており（Walker and Masaki, 1989）、早い段階で現在の昆虫の持っている特性を獲得したことが、

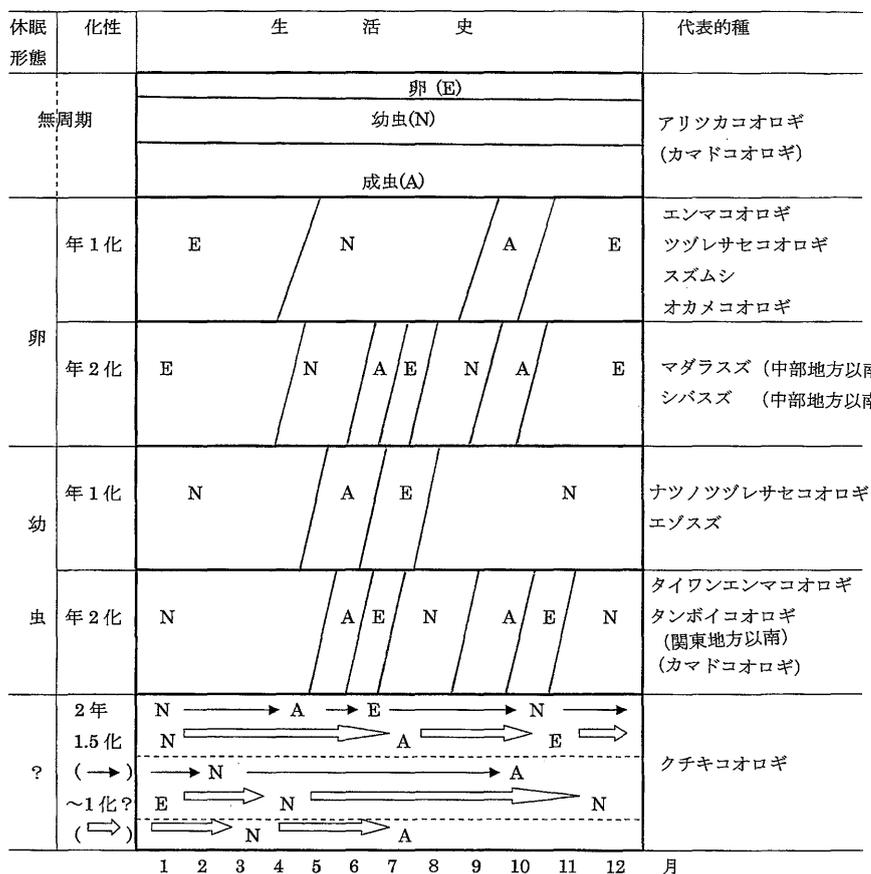


図1 コオロギの生活史

今日の繁栄につながっていると考えられている。

コオロギの生活史には6つの型があるが、これらの6つのタイプを日本のコオロギで見てみよう (図1)。日本のコオロギは、休眠しない種と休眠する種に分けることができる。まず休眠しない種であるが、熱帯地方では不休眠が一般的であり、亜熱帯や温帯にかけて赤道をはさんで北や南の高緯度ほど不休眠の種は少なくなる。亜熱帯から温帯における不休眠と考えられる種として、アリツカオオロギ *Myrmecophilus sapporensis* やフタホシコオロギ *Gryllus bimaculatus*, リュウキュウオカメコオロギ *Loxoblemmus equester*, チビクロコオロギ *Melanogryllus bilineatus* がある。アリツカコオロギは、体長3mmで無翅、ずんぐりした体型で全身ピロード状の毛で覆われている。北海道から九州にかけて分布しており、アリの巣の中でアリと共生していると考えられているが、詳しい生態は不明である。その他のコオロギは、卵・幼虫・成虫が一年中見られ、明確な休眠ステージがない (大城, 1986)。カマドコオロギ *Grylodes supplicans* を不休眠のカテゴリーに分類しているが、幼虫の発育に明確な光周性が見られることから、休眠性を持っていると考えられる (新井, 1978)。

カマドコオロギは、体長15~17mmで、世界中の熱帯・亜熱帯・温帯に分布しており、著者の一人である新井は、ベトナム (ホーチミン), インドネシア (ボゴール), 中国 (アモイ), メキシコ (メキシコシティー周辺), 日本列島の沖縄本島や小笠原諸島の父島などでの生息を確認している。熱帯や亜熱帯では屋外に生息しており、北緯約20度のメキシコシティー郊外において、標高2200mの高地にもかかわらず、6月に野外で盛んに鳴いていた。日本列島における温帯地域では、土間やかまどのある生活形態が存在した昭和20~30年代には民家や農家にも生息していた。しかし生活様式の変化にともなって、現在では温泉地の源泉や動物園・植物園等の限られた場所のみ生息している。兵庫県の新温泉町湯村温泉の源泉には、足湯が整備・改装される前まで多数のカマドコオロギが生息していた。しかし数年前に、その周辺での生息が確認できなかった。町役場に問い合わせたところ、カマドコオロギが生息していたことすら知られておらず、その地域にとって貴重な生物種が、足湯の整備のために人知れず一つ消滅したのではないかと危惧される。

次に、休眠する種である。日本列島に生息するほと

んどのコオロギは、不適な環境を克服するために、卵か幼虫のいずれかのステージにおいて休眠する。卵休眠と幼虫休眠のそれぞれに、年1化の種と年2化の種がある。まず卵休眠で年1化の種の生活史である。冬を卵で過ごし、気温の高くなる春に幼虫がふ化する。春から夏にかけて成長し、秋口に成虫となる。交尾後に卵を産み、その卵が冬を越す。中にはほんの一部であるが休眠せずにふ化してくるものもあるが（それらは成虫になれずに死亡する）、ほとんどの卵は休眠し、その休眠性は遺伝的に決まっている。このタイプのコオロギは、エンマコオロギ *Teleogryllus emma*、ツツレサセコオロギ *Velarifictorus micado*、オカメコオロギの仲間 *Loxoblemmus* などである。

年2化で卵休眠の種の生活史はどうであろうか。冬を越した卵から春先に幼虫がふ化し、高温と長日の下で成長して夏に羽化する。その成虫の産む卵は休眠せず、すぐにふ化する。ふ化した幼虫は2化目の世代で、短日の下で成長して羽化し、秋に休眠卵を産下する。幼虫期の環境、特に日長によって卵の休眠・不休眠が決まる。このような生活史を持った種は、本州中部以南のマダラスズ *Dianemobius nigrofasciatus* やシバズ *Pteronemobius mikado*、ヤチズ *Pteronemobius ohmachi* である。

次に年1化で幼虫休眠の種の生活史である。幼虫で冬を越した後、温度の上昇と短日から長日への日長の増加によって幼虫の発育が促進され、6月～7月上旬頃に羽化する。交尾後に産まれる卵は不休眠で、すぐにふ化する。ふ化した幼虫は、長日から短日への日長の変化によって発育が停滞し、幼虫で休眠する。このパターンに属する種は、ナツノツツレサセコオロギ *Velarifictorus grilloides* やエゾズ *Pteronemobius yezoensis* などである。

もう1つのタイプは、幼虫休眠で年2化の生活史を持つ種である。冬を越した幼虫が、日長の増加によって春から初夏にかけてそろって発育し、羽化する。産下された卵は、不休眠ですぐにふ化し、幼虫は高温と長日で発育が促進され、2化目の成虫が羽化した後に不休眠卵を産む。ふ化した幼虫は、短日で発育が遅延し、そのまま冬を越す。このような生活史をもつ種は、タイワンエンマコオロギ *Teleogryllus occipitalis* や本州中部以南のタンボコオロギ *Modicogryllus siamensis* などである。

最後に、クチキコオロギ *Duolandrevus ivani* という種が日本に生息している。この種は、静岡県法多山や和歌山県友ヶ島において5月頃に多くの成虫が生息し

ていたことから、主に成虫で越冬するのではないかと考えられる。しかし法多山や友ヶ島のほか、山口県山口市の山林や秋芳町秋吉台において、5月頃に中齢の幼虫が生息していることから、幼虫でも越冬している可能性が大きいと考えられる。またいろいろな温度レベルにおける卵の発育状況から、成虫以外に卵や幼虫でも越冬できるのではないかと考えられ、年1.5化や年2化、またはもっと複雑な生活史を営んでいるかもしれない（新井、未発表）。

コオロギの種類は、世界では3000種以上とされており、そのほとんどの種は北緯55度以南と南緯55度以北の間に生息している。日本列島では、北海道の北端と東端を除く北緯45度以南に生息している。その間の全ての地域に全ての種が分布しているわけではなく、種によって北限や南限が決まっており、コオロギの種類数も地理的に異なっている。特に北緯37度を境として、北ほど種類数が減少する傾向がある。寒い地域ほど種類数が少なくなるということは、熱帯起源と考えられているコオロギが、長い時間をかけて赤道から北や南に分布を広げてきたのであるが、熱帯起源であるという特性がいまだに根強く残っていることを示しているのかもしれない。

(2) コオロギを教材としたアプローチ

コオロギを環境教育の教材として利用するうえでの基本的な情報を得るための方法やまとめ方、またそれらが何のために必要であるかについて簡単に述べる。

①形態観察

外部形態や内部形態を肉眼や実体顕微鏡で観察し、正確に描写させる。外部形態や内部形態の観察は、コオロギの形態的特長を把握するとともに、他の種類と比較することにより、それぞれの種の相違点を明確にし、種の特性を認識させることできる。昆虫に近い種であるクモやダニ、多足類の仲間などと比較し、卵の胚子発育の観察とあわせて、昆虫の進化の過程や分類上の位置などを理解することも重要である。また、幼虫・成虫及び蛹（完全変態）の形態的な比較も行い、餌や生息環境による相違や変態の事実を理解することにより、生命の不思議を実感できるであろう。これらの学習は、昆虫の多様性と生物の世界の不思議と魅力をのぞき見る最も初歩的な導入部であり、昆虫の分類や行動観察を行ううえで必要な知識である。

②採集

どのような場所にどのような種が生息しているかという情報は、コオロギに限らず生物の観察や採集にお

いて最も重要である。コオロギは、さまざまなハビタットに生息している。大きく分けると樹上（アオマツムシ・カネタタキ等）・草上（カンタン等）及び地上に分けることができる。この中でも地上に生息する種が多く、また生息場所は多岐にわたっており、草地や畑地（エンマコオロギ等多数）・海浜（ハマスズ）・海岸の岩場（ウミコオロギ）・線路の敷石や石ころのある河原（カワラスズ）・朽木の中（クチキコオロギ）・他種の巣の中（アリツカコオロギ）など実に多種多様である。

どのような観察や実験をするかによって、どの種類を用いるかを決めなければならない。種が決まると、どのような場所に、何時、どの発育ステージで生息しているかを調べ、採集時期を決め、実際に採集に行く。採集が容易な種とそうでない種があるため、それらのコオロギを良く知っている昆虫研究者や昆虫愛好家から事前に情報を得ておくと、採集の成功率が高まるであろう。また、採集場所や日時を記録し、採集場所の環境をできる限り正確に詳細に記録する。これは、その後の観察・調査・実験等の結果の考察において有効な情報となる。また生息状況を通年調査することにより、どのような生活史を営んでいるかという基本的な情報を得ることができる。

③飼育

採集した後、その世代を用いるにしても、次の世代を用いるにしても、飼育しなければならない。うまく飼育できるか否かは、観察や実験の結果を左右する。飼育条件は、基本的にはどのような環境に生息していたかを参考にすればよい。しかし工夫を要する種、すなわちアリツカコオロギのように特殊な環境に生息する種やカンタンなどのように肉食で産卵場所が草の茎中などの場合を除いて、乾いた清潔な砂を敷き、脱皮や隠れる場所を設置し、水と餌を与えることで、ほとんどの種は飼育できる。昆虫の観察・実験において、飼育そのものにあまり時間をかけずに飼育場所を清潔に保つことができ、餌や水分の補給や交換に時間をとられないことが重要である（正木・新井, 1972）。

④行動・鳴きの観察

昆虫の行動観察は、最初に野外条件で行うのが原則である。これは、どのような生物種でも同様である。実際に野外でどのような場所に生息し、どのような生活をしているのか、どのような行動をとるのか、他の種との関係はどうかという基本的な情報を得ることが最も大切である。野外の観察は、さまざまな疑問とともに未知への探求心の芽生えを醸成するための第一歩

であると考えている。

ほとんどのコオロギにおいて、雄の「鳴き」は種の存続やなわばりの確保にとって重要な役割を持っている。例えば、エンマコオロギは、なわばり宣言である「ひとり鳴き」、雌をさそう「くどき鳴き」、他個体（主に同種の雄）に対して威嚇する「おどし鳴き」の3種類の「鳴き」を持っており、それぞれ異なった「鳴き声」である（日本直翅類学会, 2006）。同じ種類のコオロギが、異なった音色で鳴き、その「鳴き」の内容を調べるとともに、翅の構造などと比較することは、形態と行動の関連において重要である。また人工的な「鳴き」を作り出し、それに対して昆虫がどのように反応するかなどの研究も興味のある問題である。

⑤生態調査

生態調査には、さまざまな段階がある。最初は、小学校低学年での野外の生物に触れることである。学年が上がるに従って、どのような生物がどのような環境に生息しているかという野外調査の初歩から、それらの生物の生存にさまざまな環境がどのように関わっているのか、また個体数の変動から変動要因の解析と分布状況を調査するという複雑で高度な判断が必要な段階までさまざまである。調査地域の対象としては、身のまわりの環境から河川の流域全体や山林～河川流域～河口・海まで、または他の地域や海外のさまざまな環境を含めたこれらの調査結果を比較検討するわけであるが、年齢や体力・知識によって最も妥当と考えられるものに定めなければならない。

⑥実験

調査・観察を通して不明な点や知りたい事象に出会った場合、その解明のためにどのような実験をデザインすればよいかを考え、結果を予測し、実験を進めなければならない。その実験結果を解析して予測との相違を検討し、結論を導き出し、次なる疑問への進展を図ることが重要である。実験結果から得られた結論は、実際の生息環境におけるさまざまな現象と矛盾しないかどうかについても検討しなければならない。自然と矛盾しない結論を導き出すためには、実験と平行して何度も生態調査を繰り返されなければならない、またそのような中からこそ新たな発見と創造的アイデアが生まれるものと考えている。

⑦結果の解析

観察・調査・実験などの結果は、学年に応じた程度で必ずまとめることが、継続と次へのステップアップにつながる。小学校低学年では、絵日記的な記録や感想程度でよいと考えるが、小学校中学年には、観察・調

査・実験の目的を明確化し、客観的に結果をとりまとめる修練がなされねばならない。小学校高学年では、観察・調査・実験の目的から結果を予測し、客観的にまとめた結果をもとに、十分な考察と検討を加え、説得力のある結論に導く修練が重要である。中学校では、小学校高学年より程度が高くなることから、観察・調査・実験などの計画立案や結果の解析にあたって、他の観察・調査・実験を参考にして検討しなければならない。柔軟性と順応性のある年代において、広い視野から観察・調査・実験を検討することは、平均的な能力を高めるうえで非常に重要と考えられ、欠くべからざるものである。高校では、観察・調査・実験などの結果から導かれる事柄が人間社会とどのように関係しているのか、また人間にとって科学とは何か、人間社会における技術とは何かなどに対する問いかけがなされるような、深みのある哲学的な検討を加えることも必要であると考えられる。

3 コオロギを教材とした環境教育の授業構成

(1) 小学校

小学校においては、自然をあるがままに認識することが最も求められるもので、野外観察が重要な位置を占める。継続して観察調査することによって、環境の変化を認識でき、その変動に伴って生物がどのように反応するかを観察できるからである。人間的に成長する高学年では、野外観察で得られた疑問点や問題点を、調査や実験から得られた結果を基にして検討し、客観的に検証する修練が必要となる。また環境の変動やそれともなう生物の反応について、身近な事象から地球規模の事象へと視野を広げることも重要である。

①低学年（1・2年生）

低学年では、自然の不思議を実感としてとらえること、また科学的に物事を見つめる習慣を身につけさせることに最も留意する必要がある。特に1年生では、じっくりと自然と対話できるような環境作りが重要である（図2）。最近特に昆虫との接触が激減し、害虫ばかりでなく普通の昆虫の姿も身近に見られなくなって

1年生	1学期	2学期	3学期
テーマ	身近な昆虫と自然		
観察・調査	ビオトープ及び野外 → ビオトープ及び野外 → ビオトープ及び野外 (例)身近な昆虫の採集		
学習	観察・記録 → 観察・記録 → 観察・記録 及びビデオ (例)四季の移り変わり いろいろな昆虫		

図2 小学校1年生における構成

きた。反面、ペットショップやデパートなどでは、養殖されたカブトムシや外国産の甲虫類が販売されている。昆虫は自然の中で採集するのではなく、店で購入するものになりつつあり、「珍しいものを所有している」という欲望を満たすことが第一の目的になっている。このような、昆虫が単に商品として売買される世相から、いったいどのような未来が開けるのであろうか。どのような場所で昆虫が生活しているか、一年のどの時期に成虫がいるのか、何を食べ、どのように成長するかといった自然から得られる貴重な知識と生物に対する愛情は、購入した商品からはたして得られるのであろうか。新しい発見は、何でもない日常の中に存在しており、その中からの新たな発見が心を揺り動かすのではないかと、そして好奇心を充足することの喜びを知り、心が満たされ、人間として豊かに育つのではないだろうか。そのためには、自然の中で、自然の美しさやおもしろさに直接肌で接し、自分の感性で感じる事が重要であると考えられる。造られた自然ではなく、また管理された自然でもない、可能な限り自然のままの自然に触れ、一年の移ろいととも生物を追いかけ、どのように生きているかを知ることが大切ではないかと考える。

2年生では、庭や畑、草原、河原、林などでコオロギを捕獲し、コオロギにはいろいろなサイズやさまざまな形態の種類がいること、場所によって生息する種類が異なることなどについて観察する（図3）。また捕獲したコオロギの幼虫と成虫の違いや外部形態の特徴などを観察する。初夏および秋の異なる季節に調査し、初夏に鳴くコオロギや秋に鳴くコオロギ、初夏と秋に鳴くコオロギなどがあることから、コオロギの一年の過ごし方を考えて見ることも、高学年における生活史の学習への橋渡しとして重要であろう。

2年生	1学期	2学期	3学期
テーマ	コオロギの不思議		
観察・調査	ビオトープ及び野外 → ビオトープ及び野外 → ビオトープ及び野外 (例)いろいろなコオロギの比較		
学習	観察・記録 ↓ 討論	→ 観察・記録 ↓ 討論	→ 観察・記録 ↓ 討論 → まとめ・発表
	及びビデオ (例)いろいろなコオロギ コオロギの翅と鳴き声 コオロギの生息場所		

図3 小学校2年生における構成

② 中学年 (3・4年生)

中学年では、コオロギの各ステージの外部形態や成虫の内部形態、卵の胚子の発育などを観察する。また実際に卵から成虫まで飼育して採卵し、それぞれのステージにおける行動を観察する。野外調査を継続し、室内と野外の生育状況を比較する。

3年生では、コオロギの外部形態を正確に描写し、実体顕微鏡で細部の観察をする(図4)。またコオロギを飼育し、ふ化・脱皮・羽化・交尾・産卵を実際に観察する。異なる環境に生息するコオロギを比較し、餌・幼虫や成虫の行動・産卵場所などの相違を比較することも、視野を広げるのに役立つであろう。

3年生	1学期	2学期	3学期
テーマ	コオロギの外部形態・内部形態と生態		
観察・調査	ビオトープ及び野外 → ビオトープ及び野外 → ビオトープ及び野外 (例)コオロギの外部形態と内部形態の観察 コオロギの飼育と成長過程の観察・調査 いろいろなコオロギの比較		
学習	異なる環境に生息するコオロギの形態・生態の比較 観察・記録・検討 → 観察・記録・検討 → まとめ・発表 及びビデオ (例)コオロギの生活史 昆虫の生活史 昆虫の分布		

図4 小学校3年生における構成

4年生では、ある種類のコオロギを定期的に野外から採集し、成長と環境(特に温度と日長)の関わりについて、数量的に把握する(図5)。異なる成育過程を示すコオロギ(例えば年1化のエンマコオロギと年2化のタイワンエンマコオロギ)を飼育・観察し、生活史の相違について考察するとともに、分布状況や野外での過ごし方の違いについて考察する資料とする。これらの飼育・観察は、環境の変動がコオロギの生活にどのように影響するか、またどのように影響する可能性があるかを検討・推測するための重要な情報となる。

4年生	1学期	2学期	3学期
テーマ	コオロギの成長と環境(環境変動の影響)		
観察・調査	野外 → 野外 → 野外 (例)野外と実験室内の成長の比較 成長と環境(特に温度と日長)の関係の把握 異なる生活史のコオロギの成長の比較(特に休眠と成長)		
学習	休眠と環境変動 観察・記録・検討 → 観察・記録・検討 → まとめ・発表 及びビデオ (例)昆虫の成長と環境 昆虫の生理学		

図5 小学校4年生における構成

③ 高学年 (5・6年生)

高学年では、コオロギの生活史を調節するしくみ及び野外における個体群の動態についての野外調査・観察や実験を行い、生態系の理解を深め、地球環境問題への関心を喚起し、理解と認識を深めることを試みる。

5年生では、4年生での飼育実験結果から、不適な環境をコオロギたちがどのように克服しているかを中心として野外における調査・観察をするとともに、室内実験を平行して進める(図6)。コオロギは、卵又は幼虫で休眠する種類があり、どのような条件で休眠に入るのか、どのような条件で休眠が醒めるのか、また低温処理などの実験から休眠とは何かなどについて、野外の調査と室内実験の両面からアプローチする。昆虫に限らず、クマやリスなどの哺乳動物や植物などのいろいろな生物が、どのように不適な環境を過ごしているのかについても言及し、人間と人間以外の生物との相違などにも視野を広げ、地球環境に対する理解と認識を深める努力をする。

5年生	1学期	2学期	3学期
テーマ	コオロギの分布と越冬(地球温暖化の影響の検討)		
観察・調査	室内実験と野外での観察・調査 (例)コオロギの生活史の調節機構(特に日長の影響) 成長制御機構と環境(特に温度の影響)		
学習	休眠の導入と覚醒における日長の影響・日長の変化の影響 成長における温度の影響(地球温暖化の影響) 観察・記録・検討 → 観察・記録・検討 → まとめ・発表 及びビデオ (例)昆虫の分布と環境変動 昆虫の生理に及ぼす環境変動の影響		

図6 小学校5年生における構成

6年生では、同種個体群の動態に加え、他の生物種を加えた生物群集の動態に視点を広げ、さまざまな生物間の関係を観察・調査する(図7)。生物群集の動態を見ることによって、生物集団の成り立ちやその変動、

6年生	1学期	2学期	3学期
テーマ	コオロギの生息環境と生物群集(環境変動の影響)		
観察・調査	ビオトープ・野外における観察・調査 (例)コオロギと他の昆虫・生物種との関係 ビオトープにおける人為的環境変化の影響 農耕地における生物相と環境		
学習	環境の変動による生物相の変化 観察・記録・検討 → 観察・記録・検討 → まとめ・発表 及びビデオ (例)地球環境問題と生物相 地球環境問題と人間の健康		

図7 小学校6年生における構成

特にそれらを取り巻く環境の変動が、生物の集団にどのような影響を及ぼすかについて観察・調査することが可能となる。ある種の生物を取り巻く環境や生物群集の中で思考することは、地球環境問題を理解する上で非常に重要であると考えられる。学校内のビオトープにおいて、人為的に環境を変動させて生物集団の動態を調査することは、原因をかなり特定できるだけに分析しやすくなり、次のステップに容易に移行できると考えられる。また休耕地と近辺の田畑において継続的に環境を調査し、生物の種類数や個体数の変動を比較検討することも、興味ある結果を導き出すことができるであろう。さまざまな生物や農作物に対する農業や化学肥料の影響なども検討対象とすることは、人類の食糧問題が環境問題と密接に結びついていることを理解するための好材料となるであろう。

(2) 中学校

中学校では、野外の観察調査の範囲を広げ、コオロギがさまざまな環境にどのように適応しているかを観察し、その中から疑問点や興味ある点を特定し、それらを解明するための実験室内での詳細な観察と、適切で論理的な実験によって、客観的に考察することが求められる(図8)。

中学校	1年生	2年生	3年生
テーマ	コオロギの生態と生理		
観察・調査	野外調査 (例)生息環境 内容: 本文参照	室内実験 (例)光周性	野外調査 (例)行動
学習	生態学	生物地理学 光生物学	行動学
	ビデオ (例)さまざまな地球環境 生物の分布と地球生態系 昆虫の行動 昆虫の分布と移動 環境変動と生物の移動 環境変動と生物の分布拡大及び絶滅		
	まとめ・検討 ↓ 発表	まとめ・検討 ↓ 発表	まとめ・検討 ↓ 発表

図8 中学校における構成

1年生では、どのような環境にどのようなコオロギが生息しているかを、野外で実際に観察する。そして、コオロギの種における生息場所の違いや他の生物種との関係についても調査し、コオロギがどのようなニッチ(生態的地位)を占めているかについていくつかの異なる環境で比較し、生態系の理解を促す。2年生・3年生では、1年生における観察調査をもとにして実

験・観察を進める。

2年生では、生物の光周性を取り上げる。日本列島は南北に長いので、緯度によって一日の昼と夜の長さ(日長)や季節による日長が異なっており、同種のコオロギですら、北と南では異なった生活史を営んでいる。例えば、北海道~九州に生息するシバズやマダラズは、北緯約37°を境として北は年一化で南は年二化の生活史を持っている(正木, 1974)。今から30年ほど前まで、亜熱帯と温帯に生息するそれらの種の形態が非常に似ており、同じ種であると考えられてきた。しかし光周性の比較研究の結果、マダラズズの温帯型は奄美大島以北で、亜熱帯型は石垣島以南に分布しており、シバズは徳之島に両方の型が生息しており、それより北は温帯型で南は亜熱帯型が分布していることがわかり、温帯型と亜熱帯型のシバズやマダラズズとして分けられ、別の種類にされている(正木, 1986)。このように光周性の研究は、環境の周期性と生物の周期性と密接な関係があり、生物の進化においても非常に重要な位置を占めている。電照菊栽培や植物の花芽形成の調節などの応用面での実地調査などを含めて、生物の光周性を理解することが重要である。

3年生では、1・2年生での観察調査をもとに、行動観察を取り上げる。昆虫の行動や活動性の観察は、肉眼で行うのが基本である。フタホシコオロギやタンポコオロギで示したような長期間にわたる活動記録には、自記録装置が不可欠である(新井・渡, 1993)。しかし肉眼による観察は、そのような自記録装置の結果からは見いだすことのできない情報を得ることができる。フタホシコオロギの行動観察から、肉眼での観察と自記録との相違点が示されている(新井, 1997a)。肉眼による観察に用いる容器は、行動をじゃましない程度に幅の狭いものを用いるようにする。奥行きが深い容器の使用は、非常に弱い赤色光の下で観察する夜間において、特に観察結果が不正確になりかねないからである。自記録装置を使用する場合、可能な限り自由に行動できる容器がよいのであるが、種の行動パターンを観察したうえで、容器の形状やセンサーの位置を適切に設置しなければならない。観察する種にとって不自然な状況で得られたデータは、間違った結果や不正確な結果を得ることになるからである。肉眼による観察では、個体の細かい行動が把握でき、活発な時と不活発な時の行動の違いや、いろいろな時間帯における活動の内容を明確に把握できる。自記録装置では、活動しているかどうか(実際にはセンサーを横切ったかどうか)についてのデータを得ることは

できるが、行動の内容については明らかにすることができない。このことから、何を目的とするかによって使い分ける必要があるが、まず肉眼による観察を最初に行うのが基本である。また1個体を隔離した場合のみではなく、雌雄のコミュニケーションや同性の他の個体や他の種との関係などに観察の対象を広げるとは、種の全体像を把握するとともに生物群集の理解に有効であると考えられる。このような実験室内での観察をもとに、雌雄のみならず同種や他種の複数個体が混在している野外における観察調査を再度行い、室内実験の結果と比較検討することによって、いっそう正確に種を理解することができる。

(3) 高等学校

高校では、生物の環境への適応やその機構について、より高度な実験と結果の考察及び野外での観察調査活動を考慮すべきである(図9)。また長期の休みを利用して、中国やインドネシアなどの現地に出かけ、これまでの人間活動の結果としての地球温暖化や砂漠化による地球環境の劣化を実際に自分の目で確かめ、実際に経験することは、各個人の肉体的な成長にとって非常に意義のあることであり、地球環境問題の理解と認識を深めるためにも重要であると考えられる。

高校	1年生	2年生	3年生
テーマ	コオロギの環境への適応と環境変動の影響		
観察・調査	室内実験 環境周期と生物リズム (例)光周性 断夜実験 データ解析	野外調査 害虫分布の変動 (例)発育零点 有効積算温度 データ解析	総合考察 環境教育 (例)環境倫理
学習	生物時計と人間の生活	食糧問題	地球環境と環境倫理 人間の尊厳
	ビデオ (例)生物時計 害虫防除と食糧問題 食糧増産と環境問題 昆虫の分布に対する環境変動の影響 生命倫理・人間の尊厳		
	まとめ・検討 ↓ 発表	まとめ・検討 ↓ 発表	まとめ・検討 ↓ 総合考察 ↓ 発表

図9 高等学校における構成

1年生では、中学校における生物の光周性についての実験を前進させ、一つは光周性の地理的変異を中心に解析し、第二は環境周期と生物リズムの関係について、光信号や温度信号の読みとり機構を解析する。後者の解析は、生物リズムの問題として重要であるばか

りでなく、生物時計としての視点から、人間のリズム性の問題へと発展させることができる。例えば、実際の治療法において生物時計の考え方を導入して利用されているものとして、最近教育現場においてようやく目が向けられ始めた不登校児や認知症患者における体内リズムの乱れの是正がある。すなわち、昼と同程度の光を早朝に照射することによって、さまざまな体内リズムのずれを是正し、自然界のリズムに同調させ、正常な活動パターンを維持することができるのである。人間の生活様式の変化、特に夜型の生活パターンの増加による乳幼児や児童生徒に対する影響などについても、懸念する研究者も出始めている。このように人間を取り巻くさまざまな環境の変化が、人間の肉体のみならず精神にも影響を及ぼしていることに我々はようやく気がつき始めており、環境破壊が身体に悪影響を及ぼすばかりか、精神にも悪い影響を与える可能性があるという視点からも、生物リズムに関する正確な知識と認識は重要であると考えられる。

2年生では、1年生における光周性の地理的変異の実験結果から、発育零点や有効積算温度と日長との関係について解析し、環境変動、特に温暖化にともなう昆虫の分布拡大や種の絶滅の危惧などを予測する。害虫を対象として、食糧問題との関連にまで広げると、環境問題をいっそう効果的に理解することができる。また昆虫以外の生物の分布拡大・縮小及び絶滅などにも言及し、視野を広げることも重要である。また日本の食糧問題と休耕田との関係や里山などを含めた地域の景観・生態系保全の基礎データともなる生物相の調査などに取り組むことは、人間を取り巻く環境のいっそうの理解と認識に有効であろう。可能であるならば、1・2年生において、実習を含めた現地調査を日本及び海外で行い、「何が必要か」「何をすべきか」「何ができるか」などを具体的に検討し、考察することが重要であると考えられる。

3年生では、これまでに得られた環境問題の理解と認識に基づいて結果を総合的にまとめて発表し、地球環境問題にどのように取り組むべきであり、具体的にどのように行動すべきかについての動機付けをすることが重要であると考えられる。柔軟性に富み、感受性が豊かな中学校・高校の年代において、広い視野と豊かで暖かい人間性を育むことによって、それぞれの成長過程におけるさまざまな問題に対する尺度の奥行きを深めることになるであろう。またこのことが、真に国際性を身につけた日本人の育成につながると考える。

4 まとめ

環境教育の概要についてはすでに報告した(松下・新井, 2003)。ここでは、教材としてコオロギを使用した小学校・中学校・高校における環境教育の実践について述べた。

コオロギの仲間は、もともと熱帯起源の昆虫であるとされており、3億年以上もの時間をかけてさまざまな環境に適応して分布を広げ、いろいろな種に分化し、現在に至ったと考えられている。海や高山、高緯度の地を除いて、あらゆる環境に適応し、世界に広く分布していることから、生物種として特殊な存在ではなく、ごく普通の種であり、われわれの身の回りの環境を考えるのに適した材料であるといえる。またコオロギは、飼育や累代飼育が比較的簡単で、狭い容器で多くの個体数を飼育することが可能であり、雄の成虫は翅で鳴くため、容易に採集できる。これのことから、野外調査・観察及び実験材料として便利で、環境変動に対する反応性を検証するための教材として適していると考えられる。環境変動に対して敏感に反応する種もあり、環境変動と生物との関係や生息数の推移などを調査することは、環境問題の理解と認識を深めるためにも有効である。そのうえコオロギは、古くから文人に愛され、詩や俳句に詠み込まれており、総合的学習の教材にもなりうる。環境教育における教材として、特殊な現象や特殊な種を用いるのではなく、どこにでもある現象やどこにでもいる種を用いることが重要であると考えられる。

環境教育において考えなければならないことの一つに、人間と自然との共生をどのように構築するかという問題がある。自然は、人間に迎合しない。地球上の生物は、自然環境と競争・共存や共生の関係にある。自然の摂理からこの事実を学ぶには、自然の懐に入り込むことが不可欠であろう。人間は自然に対して癒しを一方的に求め、常に自然が受け入れてくれることを期待している。しかし自然は、人間に対して常に恩恵を与えてくれるとは限らない。反対に脅威になることもしばしばである。この事実を理解し、認識することが、自然との共存を図る第一歩になるのではないだろうか。その結果から得られた堅実かつ創造的な発想が、人間社会の未来を切り開く窓口となり、加えて豊かな人格を形成する基になると考える。

環境問題を考えるうえで、また実践活動をするうえで、自然環境に対する理解と認識は不可欠の要素であり、それらの学習と実践を基本とすることによって、

地球環境問題の解決の糸口が見つかるものとする。たとえ身近な問題に限られるとしても、小・中・高校における環境問題の実践活動は、地球生態系・自然環境の学習を基本として構成することによって有効に機能し、広い視野で環境問題を捉えることが可能になると考える。大学においてそれらの分野の研究を充実させなければならないのは、当然のことである。なぜなら大学は、さまざまな分野における指導者を育成することが求められるからである。環境問題を学び、考え、実践できる指導者の育成には、自然環境・社会環境・文化環境をベースとした環境学を視野に入れ、それぞれの大学の特性に合わせたそれぞれの分野に関わる研究の場が存在することが不可欠である。そのような研究の場無くして、健全な指導者の育成はできない。また環境問題の真の解決には、自然の節理にかなった生態的手法が基本になることから、その分野の研究の確保は、指導者の育成において不可欠の要素になると考える。地方の大学のみならず私立大学においても、環境教育の拠点としての機能を果たすことの重要性が認識され始めており、環境分野の研究及び教育の場を充実させる方向性が始まっている。小・中・高校における環境教育の成否、そして人間社会における価値観の転換は、まさに大学における環境教育のあり方にかかっているとと言っても過言ではない。

中米コスタリカの熱帯林の保存・育成と生物の多様性の保全に関する研究と実践活動は、40数年を経過している。また20数年前に始められた世界的に著名な故井上民二(当時京都大学教授)によるマレーシアを中心とした熱帯林・熱帯生物の保存と生物多様性維持に関する研究と実践活動は、彼を記念した「Tamiji House」が建設され、現在もマレーシアの大学スタッフなどに引き継がれ、推進されている。彼は、1997年9月、飛行機の墜落事故で亡くなった。そこはまさに、彼がフィールドにしていたマレーシア・カリマンタン(ボルネオ)のランピルの森であった。同じ頃8月末まで著者の一人新井は、インドネシア・ジャワ島に滞在していたが、帰国後にその訃報に接した。世界的な熱帯林研究者の死は、その後の熱帯林研究の発展に影響を及ぼしており、日本はもちろん世界的にも大きな損失であった。中村浩二(金沢大学教授)によるインドネシアにおける熱帯林・熱帯生物の保存と多様性維持に関する研究と実践活動も20年を経過しており、著者の一人新井もその組織の一員に加わって活動している。また中国の大同市を中心とした地域における植林活動を実践している「緑の地球ネットワーク」(大阪市)という植林

NPOの組織にも参画しているが、この組織の活動もすでに20数年を経過し、地域に密着した活動が評価され、住民の積極的な協力を得られるまでになっている。この植林NPOは、単に植林活動を推進するのみでなく、現地に植林センターを設置し、現地で苗や菌根菌に関する研究を進めるとともに、日本の研究者とも共同で研究開発している。また苗の販売収入による施設の維持や現地農家の経済安定のための杏の植林や栽培指導など、住民の生活とも密着した実践活動を実施している。10数年をかけた住民の生活に密着した幅広い活動こそが、多くの住民の協力を得られた最も大きな原因であろう。ここに示した事例は現在進行中のものであるが、これらの活動や研究を推進している指導者の資質については述べなかった。なぜなら、その重要性は言うまでもないことであり、指導者如何によって事の成否が左右されることは、これまでの多くの事例で私たちは既に知っているからである。なお教員の資質に関しては、新井(1997b)を参照されたい。このように環境問題に関わる実践活動は、研究活動との協力が不可欠の要素であることを認識すべきであろう。それとともに、目先のものにとらわれず、地道にじっくりと積み重ねることが第一であり、20年・30年・50年と続く「発展的に継続することが最も重要である」ということを念頭に置いた運動こそが、大きな成果を導き出せるものと考えている。その歩みがたとえ「亀」のごとくであったとしても。否「亀」であるがゆえに。

引用文献

- 新井哲夫 1978 カマドコオロギの翅型と発育に対する環境条件の影響 日本生態学会誌 28: 135~142
- 新井哲夫 1997a フタホシコオロギ *Gryllus bimaculatus* の活動性と環境周期 芦屋大学論叢 26: 1~19
- 新井哲夫 1997b 理科教員の養成 172~175 「理科教育の理論と実践」 山極監修 現代教育社
- 新井哲夫・渡康彦 1993 昆虫の概日リズムと光周性 278~287 「昆虫の季節適応と休眠」 竹田・田中編 文一総合出版
- 正木進三 1974 昆虫の生活史と進化 208p 中公新書
- 正木進三 1986 コオロギ類 149~156 「日本の昆虫」 桐谷編 179p 東海大学出版会
- 正木進三・新井哲夫 1972 コオロギの飼いかたと生
- 活史 遺伝 26(9):2~9
- 松下吏亜・新井哲夫 2003 環境問題と環境教育に関する一考察 芦屋大学論叢 38:1~38
- 日本直翅類学会編集 2006 「バッタ・コオロギ・キリギリス大図鑑」 687p 北海道大学出版会
- 大城安弘 1986 琉球列島の鳴く虫たち 157p 鳴く虫会
- 鈴木紀雄と環境教育を考える会編集 2001 「環境学と環境教育」 188p かもがわ出版
- Walker, T.J. and Masaki, S. 1989 Natural history. 1~42 In "Cricket behavior and neurobiology2" (eds. Huber, P., Moore, T.E. and Loher, W.) Cornell Univ. Press 565p