

身近な動物を利用したフィールド科学

— 昆虫, クモ, ダンゴムシ, オタマジャクシ, メダカ, プランクトンを例にして —

工藤 起来* · 山口 勇氣** · 佐藤 雄二***

1. はじめに

生物は、生態系の中では物質・エネルギーの流れをとおして互いに関係し合いながら存在し、多様性を形成する。生物の多様性について、その形成や維持のメカニズムは学校の教科書や生物の専門書を読めば理解できるに違いない。しかし、机に座って書を読むばかりでなく、野外にでて生物を観察し、ときには採集して飼育・栽培を行う必要がある。そのように「実際に観る」という視点や経験があると、対象としている生物に深い関心を持ち、さらにはその生物を取り巻く環境や生態系について想像することもできるはずである。小中学校の教科書では、身の周りの生物を観察して教科書の内容を検証する内容が書かれている。例えば、小学3年生の教科書をみると、「しぜんをたんけんしよう」から始まり、「植物をそだてよう」、「チョウをそだてよう」、「植物のからだをしらべよう」、「こん虫をしらべよう」、「花と実をしらべよう」と続いていく。これらの内容では、子どもたちは必ず実際の生物を観て、さらには触れて、その生物の体の構造や生活史を学ぶ（三浦他 2009a）。

このように、子どもたちが自然体験を通して生物の体や生活の仕組みを学ぶことから、新潟大学教育学部生物では、学生たちが実験や実習をとおして、なるべく身近に存在する動物や植物と接する機会がもてるように心がけている。動物に限ると、昆虫やクモ、ダンゴムシ、オタマジャクシ、メダカ、プランクトン（ゾウリムシやアメーバなど）を扱う。これらの動物については、未就学児から始まり高等学校に至るまでの間にたいい複数回扱われ、子どもたちは実際に触れる機会がある。そこで本報文では、私たちがこれらの動物において行っている学生実験や実習についての内容を述べるとともに、学生たちが将来教師あるいは保育士になったときに子どもたちに対してどのように実践的な指導ができるかを紹介する。

2. 身近な動物の例

2.1. 昆虫（バッタ類を例として）

バッタ目（Orthoptera）は上部石炭紀から知られる原直翅目（Protorthoptera）に由来する古い系統群で（石川編 2008）、この見方は最近の分子遺伝学的な研究からも支持されている（Misof et al. 2014）。バッタ目の多くの群は、植物をはじめとする周囲の環境に埋没するような『隠れ擬態』を示す。一般に、強大な後脚で跳躍する特徴があるが、飛翔能力は高くない。肉食性や雑食性の群もあるものの、一般的には葉食性である。

生活科：バッタ類は幅広く分布する上に、種類も多く、危険性がないことから、小学生の教材として適している。秋になると成長したバッタ類が多くみられるようになり、草むらから雑草とともに採集してくれば

2016.6.24 受理

* 新潟大学教育学部理科, e-mail: kudok@ed.niigata-u.ac.jp

** 新潟大学大学院自然科学研究科

*** 新潟大学教育学部理科

簡単に飼育することができるため、小学2年の生活科の材料として適している。生活科では、「小さなともだち」や「まい日のせむし」、「生きもの大すき」といった単元で、秋になると子どもたちに身近な動物を飼育させる場面がある。例えば、バッタを採集して、草とともに飼育ケースに入れ、一週間程度飼育して観察する。教師となる学生としては、どのような場所に行けばバッタを採集することができるか、バッタを手にしたときにはどういったことに気をつける必要があるか（脚がとれやすい、など）、どのように飼育や観察ができるかを知らなければならない。

小学校理科：小学3年では、昆虫の体のつくりを学ぶ場面がある。バッタは手にして体のつくりをみる点では良い材料ではあるが、頭部・胸部・腹部のうち、胸部と腹部を区分することについては多少訓練しないと難しい。ただし、触覚や脚の本数、翅の枚数については数えやすい。

中学校理科：食物連鎖や食物網を考える上で、草食動物の意義づけは大きい。中学校の教科書では、「生物どうしのつながり」の中で、植食性昆虫が描かれ、食物連鎖や食物網について説明される（三浦他2009b）。実際、2009年に東京書籍から出版された「新しい科学」では、植食性昆虫としてバッタが載っており、教師はバッタを意識し、植物を食べる第一次消費者の意義を説明する必要がある（三浦他2009b）。

高校生物：高校生物では、個体群を扱う章で、標識再捕獲法が扱われる。標識再捕獲法では、一定の範囲内で移動がある動物のうち、すぐに目視することができない動物の個体数を推定することを目的としている。具体的には、次のようなプロセスが含まれる。

個体群のうちのある数の個体を捕獲し、標識をつけて元の個体群に戻す。個体が十分に混じり合った後、再びある個体数を捕獲し、その中の標識された個体数の割合から、個体群の全個体数を推定する。

2013年に東京書籍から出版された生物の教科書では、「個体群の大きさの推定」において、標識再捕獲法についての記述がある（浅島他2013）。しかし、標識再捕獲法については、高校において実際に野外の生物を使ってその意義を検証したり、推定を試みることはないと聞く。高校の生物の教師は、仮想の生物を子どもたちに意識させ標識再捕獲について説明するわけだが、これではなかなか「動物の個体数を推定した」実感がわかない。そこで私たちは理科で生物に所属する学生を対象にして、学生実験でバッタの個体数推定を試みている。

この実験では、10月の中旬に2週連続で野外実験を行う。新潟大学農学部園場内で7～9人が捕虫網をもってバッタ類を捕獲し、標識再捕獲法によりバッタ類の個体数を推定する。これまで4年間野外実験を行ったが、バッタ類の推定個体数が年々減少していることが判っている（2012年:540個体,2013年:473個体,2014年:449個体,2015年:374個体）。バッタを使って標識再捕獲についての野外実験を行う試みは、他大学でも行われている（例:東京農工大）。標識再捕獲法が利用される条件の一つは、移動・分散が小さいことである。秋にはトンボもよく見かけるが、トンボのような飛翔能力の大きい動物では安定的に再捕獲が見込めないため、標識再捕獲法の野外実験に向かない。

なお、バッタ類についての図鑑が最近刊行されたため、小学生から大人まで身の周りで見つけたバッタ類を比較的簡便に同定することができる（村井・伊藤2011）。

2.2. クモ

古生代に繁栄したウミサソリ類の絶滅群から分化したと考えられている。したがって、もともとは海棲で、浅い海の底を這っていたものが陸上に上がり、穴居あるいは徘徊性になったと考えられている（石川編2008）。前体部の6対の附属肢のうち、第1対は鋏角、第2対は触肢、残りの4対は歩脚である。節足動物の中で昆虫類に次ぐ大きな綱であるが、昆虫類と比べて外部形態は概して変化に乏しい（石川編2008）。

小学校理科：小学3年では、昆虫の体のつくりを学ぶ。その際、昆虫ではない動物として必ずクモが扱われる。実際、小学3年の理科の教科書を見ると（三浦他2009a）、クモとダンゴムシの写真が載り、「クモやダンゴムシなどのからだのつくりを、こん虫とくらべてみましょう」と書かれている。クモと昆虫の外部形態を比較すると、次のような違いがみられる。

- ・クモは脚が4対8本だが、昆虫類では3対6本である。
- ・クモは頭部と胸部が融合して頭胸部を形成するが、昆虫では頭部と胸部が明瞭に区分される。
- ・クモには翅はないが、昆虫類には翅がある場合が多い。
- ・クモと昆虫類では口器の構造も異なる。
- ・クモでは腹部で一般に節は見られない。

クモが昆虫類とともに小学3年の教科書で扱われるのは、一般的にクモが昆虫の仲間であると誤認識されることから、身近な動物をきちんと区別できる目を子どもたちに養ってもらいたいことだと思われる。そこで、学部生の実験では、クモの体の構造を実体顕微鏡下で細かに観察し、スケッチをとることを学生に求めている。観察を始める前に学生と一緒に野外に出て、クモを採集することもある。多くの学生はもちろんクモを知っているが、穴居型のクモを採集したことのある学生はおらず、それも一つの経験になるだろうと考えている。

2.3. ダンゴムシ

ダンゴムシは昆虫と同じ節足動物に属する。節足動物には、昆虫以外にも、クモやサソリのグループ、ムカデ、エビやカニグループがあるが、ダンゴムシには2対4本の触角、8対16本の脚があり、これらの形態的な特徴はエビやカニの仲間と共通している(布村 1990)。ダンゴムシの仲間は陸上のみならず、海中にも生息し、世界には750種、日本だけでも26種生息している(布村 2004)。日本では最も普通種であるオカダンゴムシ (*Armadillidium vulgare*) は、明治期にヨーロッパから積荷に乗って日本に入ってきた外来種で、在来種と比べて乾燥にも強い面があることから、日本国内に分布が広まった。

生活科・保育内容 (環境) : ダンゴムシは、未就学児や小学校低学年が扱う材料としては最適な動物である(秋田他 2010)。触ることに害はないし、極端に乾燥している場所でない限り生息できるため、どこでも探すことができる(数が多い)。後述するように雑食であることや体サイズが小さいことから飼育をしやすい。また、活動量が少ないため、未就学児や小学校低学年も扱いやすい。さらに、名前の由来のとおり丸まることから、子どもが遊びとして扱う際に興味・関心を強く抱く。

未就学児であれば、ダンゴムシを見つけて、その丸くなる行動を観察する活動を取り入れることが考えられるため、大学の講義「保育内容の研究(環境)」では、ダンゴムシを見つける活動に加え、学生にはオスとメスを区別してもらっている。また「生活科」では、ダンゴムシを飼育することを意識した活動を行っている。すでに述べたとおり、小学2年の「生活科」では、「小さなともだち」や「まい日のせわ」、「生きもの大すき」といった単元で、秋になると子どもたちに身近な動物を飼育させる場面がある。その際、ダンゴムシを選ぶ子どもは多いと聞く。ダンゴムシは生態系の中では分解者の役割が強調されるが、雑食性でチーズを与えてもよく食べる。子どもたちは飼育ケースにダンゴムシを入れ、野外でとってきた枯れ草だけでなく、冷蔵庫の中にあるお菓子や残り物を与えることもできる。「生活科」の講義では、学生たちにダンゴムシを一週間程度飼育してもらっている。

中学校理科 : 指導要領では、単元名「自然と人間」の中の「生物と環境」で、生態系についての授業内容がある。ここでは、生産者や消費者、分解者について学ぶ場面があるが、ダンゴムシは分解者という視点で教育効果があると考えられる。ダンゴムシを落葉と一緒に飼育すると、落葉を食べ、糞を排泄していく。これは、分解者の視点をより鮮明に明示できる方法と言える。

2.4. オタマジャクシ (カエル)

新潟大学五十嵐キャンパスでは、いくつかの貯水槽がある。4月上中旬になると、アズマキヒガエル (*Bufo japonicus*) が越冬から目覚め、これら貯水槽で交尾をし、産卵する。新潟大教育学部生物科の圃場には水生植物のための大きな水槽があり、産卵が行われる。5月中旬を過ぎると、オタマジャクシが出てくるようになるのだが、学生には卵やオタマジャクシに触れてもらう機会を設けている。学生たちは子どもの頃にカエルやオタマジャクシに触れる経験はあったと思うが、改めてカエルがどのような場所に産卵するか、オタマジャクシから次第に脚が出てくる様子も観察すると良い機会になると思うからである。

生活科・保育内容（環境）：オタマジャクシは、未就学児や小学校低学年が扱う材料としては最適な動物である。秋田他（2010）によれば、未就学児の生活に適した小動物としてトノサマガエルが挙げられている。カエルそのものではないが、オタマジャクシについては飼育が容易であり、子どもたちに変化をみせやすいだろう。また、「生活科」では、オタマジャクシやカエルを飼育することを意識した活動を行っている。すでに何度か述べているとおり、小学2年の生活科では、「小さなともだち」や「まい日のせわ」、「生きもの大すき」といった単元で、秋になると子どもたちに身近な動物を飼育させる場面がある。その際、カエルを選ぶ子どもも多いと聞く。

中学校理科：進化や生殖、発生の観点から、カエルが扱われる。2009年に東京書籍から出版された科学（2上）の教科書をみると（三浦他 2009b）、両生類の代表格としてカエルが取り上げられ、進化のプロセスについての記述がある。オタマジャクシは鰓呼吸をするが、カエルになると肺や皮膚で呼吸をするわけだが、この変化は水中で生活していた脊椎動物の祖先が陸上に上がったときの変化に対応していることを示唆する。

同じく2009年に東京書籍から出版された科学（2下）の教科書をみると（三浦他 2009c）、ヒキガエルの受精卵が卵割を繰り返してオタマジャクシになる一連の写真が掲載されている。卵割についてのより具体的な記述は高校生物でも扱われるが、中学校の理科の教科書でも学習されるのである。また、カエルの卵を採集してきて飼育し、卵の変化を観察してみようという自由研究も紹介されている。これらの目的から、アズマヒキガエルの卵を採集できたときには、学生実験の際には、卵を観察してもらっている。

さらに学生実験では、オタマジャクシから血球を取り出し、染色して生物顕微鏡で観察を行っている。血球についても、中学校の理科の教科書で扱われるが、実際に観察することは少ないと聞く。しかし、血球の形態や数、構造を観察することは貴重で、オタマジャクシはその点で非常に適した材料である。

2.5. メダカ

日本にはメダカが2種生息することが最近報告された。従来“メダカ”と呼ばれていた魚は実は2種に分けられ、「南日本集団」はミナミメダカ (*Oryzias latipes*)、「北日本集団」はキタノメダカ (*Oryzias sakaizumii*) と呼ばれることになったのだ。新潟には、キタノメダカが生息していることになる。里山風景ではメダカは当たり前のように見られたが、近年その数が減少し、1999年には環境庁（当時）が発表したレッドリストでは絶滅の危険が増大しているということで絶滅危惧Ⅱ類として記載され、2003年にはレッドデータブックに絶滅危惧種として指定された。

生活科・保育内容（環境）：オタマジャクシと同様に、メダカは未就学児や小学校低学年が扱う材料としては最適な動物である。秋田他（2010）によれば、未就学児の生活に適した小動物としてメダカが挙げられている。また、新潟県地区理科教育センター研究協議会が1995年に刊行した『学校や家庭でできるたのしい飼育と栽培』には、「メダカをつかまえて、飼ってみよう」と書かれている（河内他編 1995）。この当時、メダカがまだ絶滅危惧種として扱われていなかったにせよ、子どもたちの身近な動物であることがわかる。現在でも、ペットショップに行けば、手軽にメダカを購入することができるという点では、子どもたちの身近な存在と言えるだろう。メダカについても飼育が容易であり、教材として利用しやすい。生活科では、子どもたちがメダカを飼育し、観察日記を書くこともある。「保育内容の研究（環境）」では、学生に雌雄を区別したメダカを一週間飼育してもらい、観察日記を作成してもらっている。

小学校理科：小学5年の理科では、メダカについて学ぶ単元がある。特に、身近な動物であるメダカのオスとメスを区別するねらいがある。子どもたちは、オスの背びれには切れ込みがあるがメスにはないこと、尻びれの形はオスでは平行四辺形に近いがメスは台形に近いことを学ぶ。水槽の中で動き回るメダカを見て、尻びれでオスとメスを区別することは概して難しいが、背びれでは可能であることに気づく。学生実験でメダカを扱う際には（後述）、必ずメダカのオスとメスを区別して始めるよう学生には促している。

中学校理科：中学の理科においても、メダカが実験や単元の内容を説明する材料として扱われる場面がいくつかある。例えば、2009年に東京書籍から出版された科学（2上）の教科書をみてみよう（三浦他 2009b）。メダカを実験材料としているケースが2種類ある。「動物の行動とからだのしくみ」の「魚は刺激に対してどのように反応するか」では、水流や周囲の風景、外的な刺激が水槽に与えられたとき、メダカが

どのように反応するかを観察する実験が紹介されている。また、「血液と細胞の呼吸」では、生きたメダカの尻びれを生物顕微鏡で観て、赤血球が流れている様子を観察する実験が紹介されている。私たちは、学生実験において、メダカの尻びれを生物顕微鏡で観て、赤血球が流れている様子を観察してもらっている。また、メダカを材料にして、呼吸量が外気温の変化に伴ってどのように変わるかについても学生実験で取り入れている。ここでは、呼吸という問題も扱っているわけだが、メダカはそのサイズから学生実験としては扱いやすい動物である。

高校生物：メダカには個体間で優劣関係があることが知られている。水槽内でメダカを飼育すると、最も優位な個体は明確で、順位制があることが観察できる。東京書籍から出版された生物の教科書を見ると、「個体間の相互作用」を説明するなかで、「順位制とつがい関係」という内容があり、次のように記述されている(浅島他 2013)。

群れの中では、強い個体と弱い個体の優劣関係ができることが多い。群れの秩序がこうした関係で築かれている場合、これを順位制という。ニホンザルやオオカミなどで順位制はみられる。一般に群れの中で順位の高い個体ほど、多くの交配相手を得ることができる。そのため、順位制はつがい関係と密接に関係している。
(高校生物, 東京書籍, 浅島他 2013)

社会を形成する動物では、個体間で優劣関係は通常生じる(伊藤 2006)。しかし、野外の動物において順位制や優劣関係を実際に観察する機会はなかなかない。その点、メダカでは、飼育下でもこれらの行動を観察することができる。学生実験では、次のような方法で観察を行っている。

- ・一辺17cmの立方体の水槽を複数用意し、異なる性の組み合わせのメダカを4個体ずつ入れる。なお、各メダカには個体識別ができるようなマークを尻びれに施す。また、水槽にはあらかじめ上中下の等分割された線をマジックで引き、シェルターも置く。
 - ・一週間程度メダカが定着するのを待ち、観察を行う。
- ◎観察項目
- ・メダカどうしの追いかけ合いが観られた場合、追った個体を勝者、追われた個体を敗者として集計する。
 - ・メダカが水槽のどの高さにいたかを記録する。
 - ・メダカがシェルターの内外にいたかを記録する。

観察を行うと、優位な個体ほど他の個体を追うし、水槽の低位でシェルターの中にいる傾向がある。このような観察結果が得られたとき、どのような考察ができるかを学生と一緒に行うと、学生の反応からは一定の理解が得られる。

2.6. プランクトン

生物学辞典(第5版)によれば、プランクトンとは海洋、湖沼、河川などの水中で浮遊生活し、遊泳力をもたないか、あっても小さいために水の動きに逆らって自らの位置を保持できない生物の生態群とある(巖佐他編 2013)。また、多種多様な生物を含み、細菌プランクトン、植物プランクトンを構成する藻類、動物プランクトンがある。

小・中学校理科：身近にある川や池には、目視できないがたくさんのプランクトンが存在する。小学5年では、「水中の小さな生き物を観察しよう」で水槽内のプランクトンを顕微鏡で観察する。動物プランクトンのワムシや植物プランクトンのツヅミモを観察することが教科書では紹介されている(三浦他 2008)。中学校では、1年次に顕微鏡の使い方とともに、淡水の微生物として動物プランクトンではミジンコやアメーバなど、植物プランクトンではケイソウやアオミドロなどを学ぶ(三浦他 2009a)。また3年時になると、海中の食物連鎖を学習する場面でプランクトンが再び扱われる。

学生実験では、身近な河川や沼、池に多様なプランクトンが生息することを知る活動を行っている。実験

の大きな流れは次のようなものである。

- ・学生自身が、水田や側溝の泡立っているところにある腐りかけた葉などをその場所の水とともに持ってくる。ただし、葉を持って来ないで水だけを持ってくると、プランクトンはほとんど含まれていないことを伝える。
 - ・生物顕微鏡により、ミジンコやツリガネムシ、ラッパムシ、ミカヅキモ、ワムシ、ゾウリムシ、アメーバを観察できる。
- ★学生が採取してきた水を観察すると、アメーバが観られることは減多にないし、ゾウリムシについてはサイズが小さいものが結構多い。そのため生物科では、アメーバやゾウリムシの継代培養を行い、学生に提供している。

3. おわりに

教育学部における学生実験や実習で対象にしている動物を挙げ、それらを幼稚園・保育園や小中高等学校において扱うことの有効性と意義について述べた。生物については、幼稚園・保育園や小学校から中学校、高校に向かうにつれ、教科書では扱われるものの、実際に野外や実験室にて実験や観察が行われることが少なくなるように感じられる。例えば、小学校の生活科や理科では、身の周りの生物を実際に捕ってきて、体のつくりを調べたり、飼育を行う。これに対して高校では、生物の授業を2時間確保さえできれば、バッタを使った標識再捕獲法についての野外実験が可能であるにも関わらず、そのような実験が行われることはない。高校では受験や就職に関する活動時間が長いため、なかなか野外や実験室での活動時間が確保できないのかもしれない。あるいは、化学には実験がつきものかもしれないが、生物で実験を行うことについては限定されてしまうのだろう。しかし、それでは生物の実際のダイナミックな営みを理解することはできないし、試行錯誤により科学的探求を行う視野は得られないように思う。

引用文献

- 秋田喜代美・増田時枝・安見克夫（編）2010. 保育内容「環境」第2版. みらい, 166 pp.
- 浅島誠 他 2013. 生物. 東京書籍, 479 pp.
- Asai T, Senou H, Hosoya K. 2011. *Oryzias sakaizumii*, a new ricefish from northern Japan (Teleostei: Adrianichthyidae). *Ichthyol. Explor. Freshwaters*, 22: 289-299.
- 岡村定矩・藤嶋昭（代表）2012. 新しい科学. 東京書籍, 259 pp.
- 石川良輔（編）2008. 節足動物の多様性と系統. 裳華房, 495 pp.
- 伊藤嘉昭 2006. 動物の社会 社会生物学・行動生態学入門. 東海大学出版会, 188 pp.
- 巖佐庸 他（編）2013. 生物学辞典（第5版）. 岩波書店, 2171 pp.
- 河内一男 他（編・著）1995. 学校や家庭でできるたのしい飼育と栽培. 文書館, 241 pp.
- 三浦登 他 2008. 新しい理科5上. 東京書籍, 70 pp.
- 三浦登 他 2009a. 新しい理科3. 東京書籍, 84 pp.
- 三浦登 他 2009b. 新しい科学（2上）. 東京書籍, 139 pp.
- 三浦登 他 2009c. 新しい科学（2下）. 東京書籍, 128 pp.
- Misof B. et al. 2014. Phylogenomics resolves the timing and pattern of insect evolution. *Science* 346: 763-767.
- 村井貴史・伊藤ふくお 2011. バッタ・コオロギ・キリギリス生態図鑑. 北海道大学出版会, pp.449.
- 布村昇 1990. ダンゴムシの体を調べよう. とやまと自然, 13:6-9.
- 布村昇 2004. ダンゴムシ. 集英社, 39 pp.