

講義だけの理科の授業は無意味である 神奈川県西部地域の自然を生かした 「高校生物」の指導

池田博明●日本ハエトリグモ研究センター研究員・高校生物教科書編集委員



はじめに

神奈川県西部地域（以下、県西地域と称する）は、小田原市・南足柄市と足柄上郡（山北町・松田町・大井町・開成町）・足柄下郡（真鶴町・湯河原町）の各地域を範囲とし、周囲を丹沢・箱根など恵まれた自然に囲まれた環境にある。

筆者は、県西地域の県立高等学校4校に30年余り勤務し、理科、主に「生物」を担当していた。その間一貫して、県西地域をフィールドとした生物教育活動に取り組んできた。生き物を活用した実習や実験を重視するには、³ 2つの理由がある。

第1は、大学時代の多様な実習が学生の主体的な学習を促進した経験からである。筆者が北海道大学理学部生物学科動物学専攻の学生だったときに行なった、動物組織学・動物生理学・動物発生学・動物生態学・動物系統分類学の各実習や臨海実習は、生き物の生活とそれを理解する方法を学ばせてくれた。

第2はコンピュータや視聴覚教材、インターネットの普及によって、疑似体験と在宅で独学する機会が増加し、それに伴って实物とふれあう機会が減少してしまったことに対する危機感である。テレビがデジタル化すればなおのこと、この傾向は強くなるだろう。2009年もインフルエンザで休んだ生徒にインターネットで学習を配信する学校があった。フィリップ・K・ディックが、『火星のタイム・スリップ』（早川文庫）で登場させ

た個人によって対応が変化するティーチング・マシーンが現実化したのである。第3は実験実習授業の主役は生き物や実物そのものであるから、マニュアルさえしっかりとすれば、教員の力量に関わらず、同等の成果をあげることができるるのである。

以上の認識により、筆者が「講義形式の授業は無くなる」と主張したのは1999年だった¹⁾。

I 毎時間、実験実習授業の試み

1994年度の山北高等学校3年生の選択『生物II』（選択者5名、週3単位で土曜日は2時間連続授業）、及び1999年度の山北高等学校3年生の選択『生物II』（選択者14名、週5単位で月曜日は2時間連続授業）では、ほぼ毎回、実験実習を行うという試みをした。実験実習の内容は次のとおりである。

(1) 生態分野

校内の植物観察、環境要因（照度と気温）の測定、河川の溶存酸素量の測定（明ビンと暗ビン）、ツバメの巣の観察、ツバメのふん調査、バッタ類の採集、タラの卵数、煮干の腸内のケイソウ調査、ゲンゲの根の観察、世界の群系の色分け、プラナリアの採集と再生実験、ベルグマンの法則をモデル作りで検証、土壤動物の採集と分類、スライドフィルムの膜面の分解、マツ葉の気孔と大気汚染、バードウォッチング

(2) 生理分野

原形質流動、原形質分離、原形質復帰、ヘ



ビ血球に対する生理的食塩水の効果、血液型の判定、マツカサの開閉運動、ハエトリグモのオス間威嚇誇示行動、盲班投影、ブタの目の解剖、ウミホタルの発光、魚の脳の観察、中耳と相同的な魚の骨を同定、ニワトリの脳の解剖、甘味のいき値検査、ギムネマの効果、ブタの腎臓の解剖、筋繊維のモデル製作、ATPによるホタテのグリセリン筋の収縮、花粉管の伸長、ヒトの核型、体細胞分裂の観察、減数分裂ワークシート、バッタの精巢の減数分裂、ユスリカの唾液腺染色体、カキの拍動とアセチルコリン

(3) 発生分野

ウニの発生、カエルの発生、メダカ卵の発生、イクラの観察、人工イクラの作成、種子の発芽実験、頂芽と側芽の観察、ジベレリンの効果

(4) 組織分野

葉の組織標本作り、動物の神経組織の検鏡、ボルボックスの観察、双子葉植物の組織標本作り、葉脈標本作り

(5) 遺伝分野

ピーターコーンの粒色の遺伝、カイコの行動と遺伝

(6) 生化学分野

糖およびタンパク質の定性反応、分子構造モデルの製作、タンパク質の2次構造モデルの作成、大根の酵素アミラーゼの作用、カタラーゼの作用、緑葉のペーパークロマトグラフィ、アミノ酸のペーパークロマトグラフィ、

アルコール発酵、ヨーグルトの作成、果物の酵素作用、DNA紙モデルの製作、光合成による同化デンプンの検出、DNAの抽出、種子のエネルギー測定

(7) 進化系統分野

ウマ模型とピラニア模型と自分の手のスケッチ、手羽の骨格の解剖、キノコとカビの胞子の観察、シダの胞子嚢の観察、花の解剖、めしへの解剖、果実の横断、花粉の検鏡、ハトのえさ内の種子の観察、種子の断面の観察、オナモミの種子の観察、カリフラワーとキャベツの観察、イカの解剖、ブラックタイガーの解剖、カエルの解剖、ヒヨコの解剖、ハイディワインベルグの法則、進化のシミュレーション（図1）

これら実験実習の材料は、カイコの遺伝教材以外はスーパー・マーケットで購入するか、または学校の周辺で採取した。学校の周辺で観察または採取した動植物は以下のとおり。

ニホンアマガエル、シュレーゲルアオガエル、ツバメ（巣）、イワツバメ（巣）、留鳥・冬鳥12種、シマヘビ（死体）、オンブバッタ、ネコハエトリ、ヨダンハエトリ、マミジロハエトリ。アオオビハエトリ、プラナリア、土壤動物。

ソメイヨシノ（葉・花粉）、モクレン（花・花粉）、ツツジ（花粉）、ハルジョオン（花粉）、オオイヌノフグリ（花粉）、ヒヤクニチソウ（花粉）、ユキノシタ（葉）、ヤブツバキ（葉）、オオカナダモ（葉）、ゲンゲ（根）、オナモミ



図1 サバの骨（中耳と相同）

(実)、ヒイラギ(葉)、マツ(葉・マツカサ)、シダ(胞子のう)。(図2)

また、実習に当たっては可能な限り、試薬作成や材料の採取を生徒自身が行うようにした。実験実習レポートは時間内に完成するよう指導して、宿題にはしなかった。

生徒に「普通」を3として、5段階評価してもらったところ、平均3.8か3.6という結果が得られた。これは、1994年度は全学期、1999年度は1学期だけの評価である。なお、1994年度の男子学生1名は、寺の息子で宗教上の理由から解剖を忌避しており、解剖実習への評価が低かった。

「生物」という科目で毎回、生徒実験または実習を行うには選択者が少ないという条件が必要である。2、3人で1班として5、6班の14名は可能な上限の数であろう。

この後、2002年度足柄高等学校の3年生『化学IB』(選択者6名、週4単位)でも、毎回、生徒実験を行なった。化学は生物に比べて演示実験を行いやすいので、生徒実験ではなく、持ち込みの演示実験中心で『化学IB』(1995年度及び1997年度、山北高校1年、週4単位)、または『化学IA』(2001年度、足柄高校2年文系、週2単位)では、毎回実験を行なった。

化学の実験授業に関しては、生徒の評価を受けていないが、授業への生徒の取組みはよかつたし、3年生の場合は全員希望校へ合格できたので、効果はまずまずだったのではないか。

II 生物部による県西地域の生物生態調査

次に課外活動として、1995年以降、取り組んできた生物部による県西地域の野生生物の生態調査について報告する。

蜘蛛の分類や生態は、筆者の専門領域であ

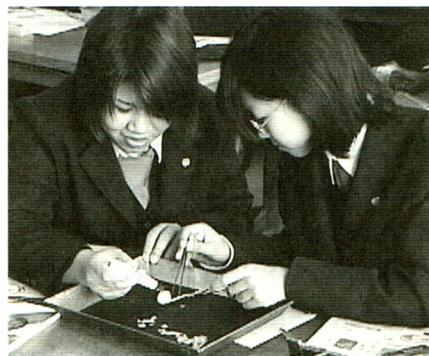


図2 ブタの眼球の解剖

り、1987年に日本蜘蛛学会誌と東京蜘蛛談話会誌の記事を種ごとに整理した『クモ生理生態事典』を自費出版して以降、クモ学の分野で研究されていない領域を把握するのが容易になったため、生徒の指導に活用している。

生徒の調査あるいは研究は、神奈川県高等学校文化連盟が主催する理科研究部発表大会で発表するほか、同好会などの専門誌に報告、筆者の作成するホームページでも公開して、同好の士の活用を図っている。

指導に当たって留意している点は、生徒とともに未知の謎を解明する喜びを経験することである。つまり、指導者自ら謎解きのスリルを感じながら、研究を進めることである。

筆者が生徒に手本として紹介する科学者は、ファーブルとダーウィンである。

ファーブルは単なる昆虫の生活の観察者ではない。科学的な探究の方法をマスターし、実践していた実験家であった。生徒には次のようなエピソードが参考になろう。

(1) ファーブルは優れた実験家であった²⁾

中学の理科の教師をしていた若きファーブルは1854年のある日、医師で昆虫学者のデュフールが昆虫学の雑誌に書いたハチの論文を読んだ。

このハチのメスは甲虫を狩り、巣の中に置いて、幼虫の食料にするが、デュフールは、

土のなかの巣から掘り出された甲虫が新鮮なままで腐っていないことに驚いていた。そしてその理由を、「ハチが何か特別な防腐剤を甲虫に注射した」のだと考えたのだった。しかし、ファーブルは昆虫を採った経験から、特別な防腐剤という考えに疑問を持った。

《仮説をたてる》 昆虫が死ぬとしばらくして関節が折れたり、腐ったりしてカビが生えてしまう。しかし、狩りバチがたおした甲虫は動かないまま1ヶ月以上も変化しない。ファーブルはハチに刺された甲虫が生きているからだと考えた。そしてこのことを証明しようと試みた。彼の仮説は「狩りバチに刺された甲虫は生きている」だった。

《仮説を検証する》 次の段階は、たてた仮説が正しいかどうかを検証するための観察や実験である。実験は材料や用具を選び、手順や方法を計画して実施する。ファーブルは地元を調査地に選び、その地に多数生息する甲虫であるゾウムシの一種を狩るハチを材料に選んだ。

ファーブルは最初にハチに刺されて動かなくなったゾウムシを観察した。ゾウムシは最初の1週間ほどファンをしていた。ファンをしなくなったゾウムシは死んだのではないらしく、電流で刺激すると足を曲げた。やはり、「まだ生きている」ようだ。しかし、死んだ虫でも電流に反応して足を曲げるかもしれない。「死んだ虫は電流に反応しない」という対照実験が必要である。

ファーブルは対照実験として、殺虫剤で殺したゾウムシを電流刺激してみた。すると、死んだ虫はまったく反応しなかった。実験家ファーブルの面目躍如である。

《仮説を考察する》 死んだ虫は電流に反応しないことから、電流に反応する虫は生きていると考察できた。ハチにさされた甲虫は生きたまま動けなくなっていたので、仮説は正

しかったと結論できた。

《新しい課題が出てくる》 ひとつの課題が解決すると、次の疑問が生じ、新しい課題が出てくる。

ファーブルは虫が生きていることを証明できたが、それだけではまだデュフルの説を否定したことにはならない。狩りバチがゾウムシに注入した物が、防腐剤の働きをした可能性もあるからだ。つまり、新たになぜ虫が動かなくなつたのかという疑問を解かなければならぬのだ。

《観察をする》 そこで、次にファーブルはハチの狩りの様子を観察しようとしたが、狩りの瞬間を観察するのは困難だった。なかなかゾウムシが見つからないし、ハチは弱ったゾウムシには目もくれないので。困ったファーブルは巣へ運びこまれる途中に麻痺したゾウムシを生きたゾウムシと替える方法を工夫した。すぐれた実験家ファーブルにしてなしえた見事な野外実験である。これがうまくいって、ハチがゾウムシの前足と中足のあいだの関節を2、3回、目にも止まらぬ早わざで刺したのを目撃できた。刺された虫は雷に打たれたように動かなくなった。

《新しい仮説をたてる》 この観察からファーブルは「ハチが虫の神経を麻痺させて動かなくしている」という新しい仮説をたてた。

《新しい仮説を検証する》 昆虫解剖学の本を調べてみると、ゾウムシの体を動かす神経器官は前足と中足のあいだの関節のところにあることが分った。まさにハチが刺したところである。しかもゾウムシはこの1個所に体全体を動かすはたらきが集まっていた。同じ甲虫でもカミキリムシなど別のグループでは、神経のはたらきがいくつかの神経器官に分散しているのだった。

《実験を行う》 ファーブルはアンモニアを付けた針で神経器官を刺す実験を試みた。す

ると、ゾウムシは一瞬にして動きを止めてしまった。そして数週間、ときには数ヶ月も麻痺したまま生きていた。一方、カミキリムシの場合の麻痺は一時的で、時間がたつと効果を示さないのだった。刺すときのアンモニアの量をふやすと虫は死んでしまい、死んだ虫は腐り始めた。

『仮説を考察し、結論を導く』 ファーブルの仮説は正しかったのだ。ファーブルの論文をデュフルはほめたたえ、自分の間違いを正してくれたと喜んだという。この経験が、ファーブルが昆虫の生活の研究に生涯をかけてとりくむきっかけとなつた。

(2) ダーウィンは究極要因を考察した実験家であった

ダーウィンは『種の起源』を著わす前に『ビッグ・スピーシーズ・ブック（自然淘汰）』を準備していた。そして、自然淘汰による進化説を検証するために様々な論文を検討するだけでなく、自らも多様な実験を行なつていたのである。また、彼はいわゆるナチュラリストの報文にも丹念に目を通していた。『ビッグ・スピーシーズ・ブック』の要約版である『種の起源』にもダーウィンが行なつた実験について触れた箇所が数ヵ所ある。例えば、アヒルと野生のカモの骨格の比較（1章）、飼いバトの品種の比較（1章）、セイヨウヒイラギの受粉の確認（4章）、クローバーの受粉に対するハチの貢献（4章）、アブラムシのアリに対する甘露の分泌（7章）、ミツバチの巣房作り（7章）などなど。

ダーウィンは、その後の著作で（たとえば『飼育栽培のもとでの変異』『植物の受精』『花のかたち（花の異形）』）、自分の実験について詳細に報告した³⁾ほか、植物の運動力やミニズの土壤形成作用に関する新たな実験にも挑戦した⁴⁾。

(3) 山北高等学校・自然科学部の活動

(1995年度から1999年度)

(イ) 河川敷のゴマダラヒメグモ

筆者が4年間の神奈川県立青少年センター科学部勤務から異動して、県立山北高等学校に着任したのは1994年4月である。山北高等学校では理科関係の3つの部活動（クラブ）を統合して自然科学部に改編した。1995年4月に自然科学部生物班として2年生の2名の男子が入部。学校周辺でクモの採集や調査を行つた際に、酒匂川・河川敷に稀少種ゴマダラヒメグモが多数生息していることが分かつた。ゴマダラヒメグモが所属するカガリグモ *Steatoda* 属はゴケグモ *Latrodectus* 属にもっとも近縁である。ちょうど1995年の11月に大阪府や三重県四日市でオーストラリアから移入した「毒グモ」の一種セアカゴケグモが社会問題になった。12月には、神奈川県横浜市本牧の埠頭公園で発見された外国産のクモを、有毒種ハイイロゴケグモと筆者が同定した。カガリグモ属の生態はゴケグモ属の日本での生態を予想するモデル・ケースとなることが考えられた。

河川敷のゴマダラヒメグモの生態は、たいへん興味深いものだった。冬でも成体が生息し、その生活史は季節と同調していないこと、河川敷の石の下など荒地に生息し、森林内には生息しないこと、卵のう数や子グモの数が多く繁殖力が大きいこと等、その後に判明するゴケグモ類の生態と共通点が多かつた。調査結果は1996年1月13日のかながわ高校芸術祭・第6回神奈川県高等学校理科部研究発表大会で発表した⁵⁾。

1996年度は、「反応速度の実験」としてチヨークの塩酸への溶解反応実験を発表した⁶⁾。1997年度は自然科学部員が1年生だつたため、発表は行わなかつた。

(口) ジョロウグモの垂直分布

1998年度から理科部研究発表大会が1月中旬から11月中旬に移動した。これは神奈川県高等学校文化連盟の活動が「かながわ高校芸術祭」から「神奈川県高等学校総合文化祭」に変わり、活動の見直しが行われたためである。同時に審査を行うこととなった。2002年度の総合文化祭が神奈川県で開催されるため、準備と調査に生徒を全国へ派遣する必要が生じたためであった。審査員は高等学校の教頭や校長で理科教育の専門家に依頼した。

1998年度の山北高等学校自然科学部2年生の研究活動は「大井町の河川・用水の水質」「ジョロウグモは平地のクモか」の2篇で、「ジョロウグモは平地のクモか」が1位に相当する県教育長賞に選ばれ、翌年の山形県で行われる全国大会に推薦されることになった。高校の近郊の標高700メートル近い山にくり返し登った結果とインターネットを使って全国から情報を収集する方法が高く評価された⁷⁾。引き続いて、分布を制限する要因を探る研究を行って、1999年7月の全国高等学校総合文化祭山形大会科学部門で発表した。この継続研究も1999年度の教育長賞を受賞し、翌年の静岡県の全国大会へ推薦された⁸⁾。(図3)



図3 山北高校生物部員とTBS取材のダン池田

(4) 足柄高等学校・生物部の活動

(2000年度から2002年度)

(イ) スズミグモの分布の北上

2000年4月に、筆者は山北高等学校から南足柄市に位置する足柄高等学校に異動した。年度当初の生物部員は3年生が2名と1年生が1名であった。

偶然、その年の7月中旬に南足柄市に隣接する大井町吾妻山の山腹でスズミグモを発見した。スズミグモは大形で色彩の派手な神奈川県では珍しいクモである。さっそく生物部員に連絡したところ、1年生の部員が調査に参加した。やがて彼の友人も調査に加わって、スズミグモの生活史が判明した。さらに、9月の風向データを解析して、スズミグモの分布拡大に風が重要な役割を果たしていることが示唆された。分布の北上が確実であった。調査結果をまとめて第11回理科部研究発表大会で「スズミグモの分布の北上」として発表、次席に相当する私学中高協会理事長賞を受賞し、翌年の福岡県で開催された総合文化祭全国大会へ推薦された⁹⁾。(図4)

(ロ) ポケモン・カワゲラの生態

2001年の2月に「生物I」の実習のため南足柄市内・狩川の上流部から採取した水生昆虫のなかに、特異な形態のカワゲラ幼虫を発見した。この幼虫は、体全体に落ち葉の屑を付着させており、泳ぐ姿が可愛らしく、

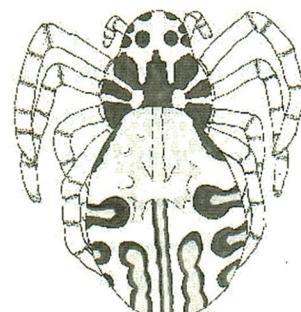


図4 スズミグモの卵のうから出た直後の幼生



図5 フサオナシカワゲラの一種

生徒は「ポケモン」という愛称を付けた。ポケモンとはポケット・モンスターのピカチュウのことである。幼虫の形態がピカチュウを連想させることが理由だった。(図5)

水生昆虫図鑑からフサオナシカワゲラ属の一種であることが分かった。しかし、それ以上は不明であった。この属の研究は進んでおらず、新種の可能性があった。そこで、生活環境や生活史も含めて生物部で年間調査することにした。調査は意外に困難だった。他の時期に幼虫が見つからなかったのである。ようやく5月に採取した小さな水生昆虫幼虫の中から、特異な鰓の形態を手がかりにして、生徒が若齢幼虫を発見した。若齢幼虫は落ち葉の屑を付けていなかったので、分からなかったのである。(図6)

採集した幼虫のサイズから二化性が示唆された。また、この種は上流部にしか生息して



図6 水生昆虫のソーティング

いなかった。CODやpHでは測定できない河川の条件が分布の鍵になっていると思われた。この研究は第12回理科部研究発表大会で発表した。さらに、第1回神奈川大学全国高校生理科・科学論文大賞に応募し、努力賞を受賞した¹⁰⁾。

(iv) 水田のウキクサの分布

2002年度は夏季に行われる全国大会神奈川大会の準備で、引き続き、水生昆虫の調査を行っていたが、別のテーマが同僚の市川恵三教諭の授業から示唆された。高校付近の水田で採取したウキクサを生徒に調査させたところ、チリウキクサと同定されたというのであった。チリウキクサは移入種であり、もしこれが正しければ移入種の侵入と在来種の分布は、重要な生態研究のテーマとなる。

生物部員に呼びかけて6月に狩川の上流域の水田から中流域の水田までを予備調査した。その結果、チリウキクサはアオウキクサの同定の誤りであることが判明した。しかし、アオウキクサは上流から下流のどの水田にも見られるのに対し、ウキクサは上流域の水田では見られなかった。このような事実は『神奈川県植物誌2001』(神奈川県立生命の星・地球博物館)には記載されていなかった。(図7)

そこで、足柄平野全体を調査する計画を立てた。全体の調査は数人の生物部員だけでは



図7 ウキクサ標本

不可能である。1年生全員に夏休み中の調査として協力を求めた。生徒の自宅付近でウキクサを採取して同定してもらうのである。調査報告書にはセロテープで標本を添付してもらい、9月に生物部員すべての標本をチェックする。まとめた結果は、文化祭の展示と1年の『生物ⅠB』の授業のなかで報告した。

分布調査の結果、やはりウキクサは上流部には生息していなかった。なぜこのような違いが起きるのだろうか。ウキクサとアオウキクサになにか生理的差異があるのだろうか。光合成能力を調べるために、フラスコやガラス管を用いてマノメーターを自作した。室温をコントロールできないため、測定条件を変化させることができなかつたが、測定できた条件では両種の光合成能力に差はなかつた。また、参考となる文献は無かつたが、ウキクサの児童書に「密集したウキクサは水田の水温を低下させ、イネに害を与える」と書かれていた。

そこで室内に実験区を作つてテストしたところ、本の記述とは逆に密集したウキクサがある方が水温が高くなつた。この結果を、密集したウキクサが水面にマット状に広がると、水面からの放熱を抑えるためだらうと解釈した。このようなウキクサの効果に「マット効果」と名づけて、テストしてみるとウキクサでなくとも発泡スチロールのようなものでも同様に水温を上昇させる効果があることが分かつた。この結果は「足柄地域の水田のウキクサ」として第13回理科部研究発表大会で発表し、私学協会理事長賞を受賞した¹¹⁾。

(5) 西湘等学校・生物部の活動 (2003年度から2007年度まで)

2003年4月に私は西湘高等学校へ異動した。西湘高等学校では、2005年度から自然

科学系の理数コースが1学級設置される計画になつており、その準備に当る要員として異動になつたのである。

(イ) イワシの食性転換、ヒメグモの生活史
生物部の指導に当ることになつたが、部員は3年生が2名、2年生が2名だけであつた。3年生は受験準備のため、実際的な活動に当ることがほとんど出来ない。そこで、3年生の『生物Ⅱ』選択者女子1名に課題研究のテーマを指導した。それが「イワシの食性転換」である。イワシの稚魚期は動物プランクトン食だが、成魚は植物プランクトン食である。いったいどの時期に、食性が転換するのか。市販のカタクチイワシのさまざまなサイズの商品を集めて消化管を解剖し、食性を調査する研究である。(図8)

もうひとつは、2年生の生物部員向けに、西湘高等学校内に生息するヒメグモの生活史の研究である。ヒメグモの研究は、筆者自身が調査し始めたことだったが、調査途中で調査地の樹木が伐採されて無くなつてしまつたため、頓挫したままになつていたものであつた。2年生は「クモが好き」という生徒だったので、7月に一緒に校内を巡回したところちょうどヒメグモが脱皮している場面に遭遇し、一挙に関心が高まつたのであつた。夏休み中に毎日調査するというハードワークにも耐えて、ひと夏で、ヒメグモの生活史でこれ



図8 シラスの頭部



図9 ヒメグモの調査中の生徒

までに謎だった点がほとんど解明できた。(図9)

これらの研究は「イワシの食性転換」「ヒメグモの生活史の謎を解く」として、第14回理科部研究発表大会で発表したところ、両研究は教育長賞を受賞した。また、研究を科学論文の形にまとめて、神奈川大学主催第2回全国高等学校理科・科学論文大賞に応募したところ、「ヒメグモの生活史」研究が全国で3篇選出される優秀賞に入選した¹²⁾。(図10)

(口) 真夏にアマガエルの合唱はなかった

2004年度に3年生になった生物部員は、ヒメグモの生活史の継続研究に取り組んだ。その他に私は3年の『生物II』選択者のうち男子2名の「課題研究」(週1単位)を指導することになった。この「課題研究」の進めかたは同様の科目を指導する教員の参考になると思うので詳述する。

《課題の設定》 研究テーマの設定に当たっては、徹底的な話し合いを行なった。2人とも県西部地域の山北町に住んでいて、自然豊かな環境である。しかし、そのような地域でも生物は徐々に変化している可能性がある。特に水辺環境に依存する両生類は環境の変化の影響が大きいと考えられる。そこで、特にカエルの生態に焦点をあてて、研究する計画を立てた。神奈川県西部地域のカエルに関しては正確な生態情報が得られていないことか



図10 教育長賞を受賞

ら、基礎情報を得ようと考えたのであった。また、カエルは鳴き声で生態を把握することができ、比較的目立つ大きさであるため調査しやすい材料であると判断したのであった。

《先行研究を調べる》 先行研究として平塚市博物館・浜口哲一氏による平塚市域のカエルの生態調査資料と、千葉県立中央博物館の特別展示「カエルのきもち」展示資料があつた¹³⁾。

平塚市域に関しては、種ごとに分布・環境別の利用率・繁殖期間などが判明していた。資料を検討して繁殖期間の鳴き終わりの時期が調査されていないことが分った。千葉県立博物館の資料では、ニホンアマガエルの鳴き声の期間を3月から11月(冬季以外の全期間である)、幼生の見られる期間(繁殖期間)を田植えが始まる5月から稻刈が終わる8月としていた。しかし、この繁殖期間は長すぎるのではないだろうか。4月初旬から鳴き始めたオスが7月まで鳴いているとは考えにくいし、鳴くと天敵に襲われる危険も増大することを考慮すると不合理である。早く鳴きはじめたオスは早く鳴き終わっているのではないだろうか。つまり、真の繁殖期間はもっと短いのではないだろうか。

また、ニホンアマガエルのメスの産卵についてもはっきりしていなかった。カエルの図

鑑類には「繁殖は、本州では4～8月に行われるが、地域によって前後する」「卵塊は小さく、これを数回に分けて産む。卵数は250～800個」と記してあった¹⁴⁾。しかし、メスの産卵にはピークがあるのではないのだろうか。「数回に分けて産む」とあるが産卵間隔はいったいどうなっているのだろうか。資料調査からは、いろいろな疑問が起こってきた。

『ブレーン・ストーミングで疑問を出す』これまでの資料をもとに、最初に筆者と生徒はカエルの生態に関する疑問を列挙してみた。まず、オスの鳴き声に関する疑問である。

- ①種類によっても異なると思うが、いったいオスは何時に鳴き始め、何時に鳴き終わるのだろうか。
- ②鳴く時刻は季節によって変化するのだろうか。
- ③鳴く期間はいつからいつまでだろうか。
- ④鳴き声と天候や気温とは関係があるのだろうか。
- ⑤体長と声の大きさは比例するのだろうか。
- ⑥雨になるとよく鳴くのだろうか。
- ⑦常に最大音量で鳴いているのだろうか。
- ⑧鳴き声の大きさとカエルの個体数の関係はどうなっているのだろうか。
- ⑨1頭は何日間、鳴き続けるのだろうか。
- ⑩水田で何種類くらいのカエルを聞き分けることができるのだろうか。

次に、メスの繁殖に関する課題を上げてみた。

- ①メスとオスは私たちに識別できるのだろうか。
- ②メスの産卵のピークはいつだろうか。
- ③メスはいつから成熟卵を持っているのだろうか。
- ④成熟したメスの割合はどの位だろうか。

⑤成熟メスの割合は季節によってどのように変動するのだろうか。

⑥分割して行われるという産卵の実態はどのようなものだろうか。

『研究調査の準備をする』これらの課題を解決するためには、野外での観察と調査と室内での飼育と解剖を合わせて行う必要があった。そこで、野外調査のために、生徒は自宅付近の水田に定点観測地点を設定した。ときどき、自宅周辺の用水路からカエルを採集した。鳴き声はICレコーダーで録音し、データファイルをコンピュータに取り込んで解析を行った。

カエルの飼育容器は学校で魚類飼育用水槽に砂を入れ、水を張り、フタをして作った。飼育用のエサは釣具店から購入した白サシを室温で羽化させてハエにして与えた。ときにはミールワームも与えた。

『対象種を決める』野外で鳴き声を聞き取り、捕獲できるカエルはニホンアマガエルだけであった。そこでこの種類に集中して調査をすることにした。(図11)

『結果が出ないうちに論文の結果も考察も書いてしまう』研究当初に設定した疑問に沿ってまだ何も調査結果が出ていない段階から、論文を書き始めた。結果を予想して、考察も書いてしまうのである。これを「予備論文」と称しておこう。実際の調査は、主に夜



図11 カエル調査中の生徒

間で、しかも生徒の自宅で行なわれるので、学校の授業ですることは少しずつ判明していくことに合わせて当初書いた「予備論文」を修正していく作業になる。仮説を検討するにも、研究結果を考察するにも、研究方法を見直すにも、この「予備論文」を書いてしまうという方法はたいへん有効であった。この「予備論文」というのは一種のシミュレーションである。ふつうは結果が出てから論文を書き始める。しかし、「予備論文」を用意してしまえば、結果が出た直後に論文はもう完成してしまうのである。

《未知の領域が多いことが分った》 ニホンアマガエルについて調べ始めると、普通種であるにも関わらず未知の領域が多いことが分った。いちばん驚いた結果は7月になると水田でニホンアマガエルの鳴き声はほとんど聞かれないということだった。腹内に卵を持っているメスもいなかった。アメリカで出ているカエルの参考書に比べると日本の一般書のレベルは格段に低かった。

これらの結果を第15回理科部研究発表大会で発表したところ、両研究は私学協会理事長賞を受賞した。また、神奈川大学主催第3回全国高等学校理科・科学論文大賞に応募したところ、アマガエルの研究が努力賞に入選した。ヒメグモの研究は前年に受賞しているので対象外だった¹⁵⁾。

《継続研究で繁殖期の短さが判明》 2005年度から西湘高等学校には1学級の自然科学コースが設置された。同時に文部科学省のスーパー・サイエンス・ハイスクールにも指定された。自然科学コースの1年生から生物部に入部した生徒が2名、一般コースから3名の入部があり、急に部活動には活気が出てきた。前年にアマガエルの研究をした3年生は卒業してしまったので、1年生がその研究を引き継ぎ、年度当初から調査に入った。その結果、



図12 後肢が出たばかりのアマガエル

神奈川県西部地域ではアマガエルの繁殖期は水田に水が入る5月の連休明けから、中干しで水を落とす7月上旬までの約2ヶ月間であり、中干しで後肢の出ていない幼生は全滅することを考慮すると、受精から後肢が出るまでに1ヶ月かかるので、5月末までに受精しなかった卵は生き残れないことが判明した。アマガエルの繁殖期が4月から9月の長期間にわたるとされていた常識は、生態的にはまったくの誤りだったのである。この年度にはカエルの研究で科学雑誌『NEWTON』の取材を受けた。研究は第16回理科部研究発表大会やSSH全国大会で発表したほか、日本動物学会高校生ポスター発表にも参加した¹⁶⁾。アマガエルの生態研究はさらに翌年も行い、野外で研究可能な事項はほぼ調査を終えることができた¹⁷⁾。(図12)

(iv) ハエトリグモの誇示行動

2007年度の生物部2年生には4月にハエトリグモの誇示行動の研究を薦めた。土曜日に野外で採集したクモで月曜日に実験するというスケジュールで、4月当初から多くのハエトリグモの誇示行動をビデオ撮影することに成功した。日本で初記録となった種類が多くった。研究は第18回理科部研究発表大会で発表し、県教育長賞を受賞したほか、SSH全国大会で発表。さらに神奈川大学主催第7回全国高等学校理科・科学論文大賞の努力賞を受賞した¹⁸⁾。

筆者は事故で怪我をした父親の介護のため、2008年3月に退職した。

(6) 小田原城内高等学校の生物部の活動

高等学校文化連盟も設立しておらず、神奈川県理科部研究発表大会もなかった時代に、筆者が勤務していた小田原城内高等学校（女子校であった）の生物部でも、足柄下郡真鶴町で発見したムラクモヒシガタグモやメガネヤチグモの生態の解明などで生徒の活動は活発であった。これらの研究は東京蜘蛛談話会会誌や日本蜘蛛学会会誌に筆者との共著論文として報告した。

おわりに

筆者が小田原城内高校に勤務していた昭和の頃と現代を比較すると高校生の野外活動に対する管理はずつときびしくなっている。

クモの多くは夜行性である。ムラクモヒシガタグモがその特異な形態の網を張るのも、求愛行動をするのも真夜中である。それを毎晩のように女子高生を引率して野外調査を行った。学校の生物実験室に生徒と泊まって飼育中のクモの夜間の行動を徹夜で観察したこともある。機械警備が導入された現代では不可能なことである。

神奈川県では教頭予備軍である総括教諭が設置された2005年から、急激に教員に対する管理がきびしくなり、生徒を自家用車で調査地に引率して行くことさえ、ほとんど不可能になった。管理職から生徒を電車で引率するようにと指示されるのである。

課外活動に限らない。シラバスという名目の授業内容の検閲も常態化するようになった。神奈川県教育委員会は、学校の定期テストに市販の問題集からの出題を禁止するという通達を出すという狂態も犯している。授業を受講しているだけの生徒に対して公平を欠

くからいけないというのである。市販の問題集までも学習するような意欲ある生徒が、高得点を取って何がいけないというのか。あきれた通達である。むろん誰も守っていない。守っているふりをしているだけである。

タテマエとホンネをすり替える手本を示しているのは、実際には政治家や文部官僚である。国旗国歌法（1999年）が制定されたとき、当時の官房長官は「国旗掲揚および国歌斎唱を卒業式などで強制することはない」と明言した。しかし、この言葉がデタラメであったことはその後の歴史が証明している。

また、平成時代の教科書検定において、学習指導要領が記述の上限であったことは理科の教科書執筆に関係したことがあるものにとっては常識であった。学習指導要領自体には上限とも下限とも書かれていなかったのだが、「初步的な扱いにとどめること」という表現を切り札にして教科書検定官は大胆な切り捨てを断行していたのである。そのため、たとえば『生物』の教科書はどの会社のものも変わりがなくなってしまっていた。これで広域採択制度が導入されれば、国定教科書への流れはできたと思われた。

ところが、学校5日制が実現し、大学生の学力低下論議が高まるに、急に文部科学省は学習指導要領は国民最低の基準、つまり「下限を示したもの」であり、「従来もそうであった」と主張し始めたのだった（公的には2001年1月24日、文部科学省事務次官行政説明メモによる）。

しかし、実際の教科書検定では、指導要領を教科書記述の上限としてきたのだから大混乱になった。2001年4月の官邸における総合科学技術会議の席上、黒田玲子議員が「学習指導要領は下限だけではなく上限も決めており逸脱すると教科書から削除させられ、教科書にゆとりがない。上限が定められて選択

の余地のない一律の教科書では、自然を愛し、自然に興味を持ち、深く自然を探求し、社会や環境との関係も考えられるような理数系のリーダーが標準の学校教育では育たないのではないかと心配している」と発言しているのも、このような背景をもとにした発言である。これに対して、町村信孝文部科学大臣（当時）は「学習指導要領の基本的な性格は、最低基準を定めていることである。これは教科書ですべてを学ぶわけではなく、副読書、副教材を使ってどんどん先に進むことは何ら妨げていない。最低限のものは必ずやってみなさい、すべての人が理解するように努めて下さい、という学習指導要領であることをご理解頂きたい」と、文部科学省事務次官の発言に沿つてはいるが、意図的に教科書検定とはポイントをずらした答えをしている。

このような体面を繕ったウソが学習指導要領の一部改訂という形で修正されたのはようやく2003年12月26日のことであった。以下は新聞記事（朝日）の引用である。

「『例えば、中3の数学には「平方根表は取り扱わない』とする「はどめ規定」（教える範囲を定めた記述）があるが、この表現は残したまま、規定にこだわらずに子どもの状況に応じて扱ってもよいとする解釈の仕方を明記した。文科省は、告示に合わせて26日付で全国の教育委員会などにあてて出す通知で、中学校、高校の入学試験では指導要領の範囲内で出題するよう配慮を求めた。学校週五日制の導入とともに「ゆとり教育」の柱として、教える内容を厳選して量を減らした現行の指導要領は、小中学校では昨年4月、高校では今年4月に実施された。指導要領はほぼ10年おきに全面改訂されてきたが、文科省は現在、「不断の見直し」を打ち出しており、今回は、実施から2年足らずで「学力重視」型に移行する一部改訂となった。」

国民も馬鹿にされつけたものである。

ジョージ・オーウェルの『動物農場』には狡猾なブタに騙される、働きものでみんながたよりにしているウマ、ボクサーが登場する。動物たちの決めた戒めが、「動物はほかの動物を殺すべからず」から「動物はほかの動物を殺すべからず、理由なしには」とほんの少し変えられていても、気のいい動物たちは気がつかない¹⁹⁾。

私たちは気のいいボクサーであってはならないのではないだろうか。

【注】

- 1) 1999年度全国理科教育大会・第5分科会（1999年8月5日）
- 2) ファーブル『ファーブル昆虫記2 狩りをするハチ』（奥本大三郎訳、集英社、1991）より。デュフールやファーブルが観察したのは甲虫を狩るツチスガリというハチである。
- 3) ダーウィン『種の起源（上）』（渡辺政隆訳、光文社古典新訳文庫、2009）。『種の起源（上）（下）』（八杉龍一訳、岩波文庫、1990）。ダーウィン『飼育栽培のもとの変異』（筆者は訳本を所有せず。第2版、ジョン・マレー社、1905）。ダーウィン『植物の受精』（矢原徹一訳、文一総合出版、2000）。ダーウィン『花のかたち』（石井友幸訳、改造社、1950）。北村雄一『ダーウィン『種の起源』を読む』（化学同人、2009）。松永俊男『チャーチルズ・ダーウィンの生涯』（朝日選書、2009）。
- 4) ダーウィン『植物の運動力』（渡辺仁訳、森北出版、1987）。ダーウィン『ミミズと土』（渡辺弘之訳、平凡社ライブラー、1994）。
- 5) 神奈川県高等学校文化連盟理科専門部会の『理科専門部会研究紀要』第6集及び小田原市郷土文化館の『小田原市郷土文化館報告』（1995年度）に発表。
- 6) 『理科専門部会研究紀要』第7集に報告。
- 7) 『理科専門部会研究紀要』第9集に報告。東京蜘蛛談話会誌『KISHIDAI』第79号（2000）に発表。
- 8) 『理科専門部会研究紀要』第10集に報告。全国大会に向けての神奈川新聞での取材やTBSラジオでの取材に関する資料を合わせて筆者のホームページで公開。東京蜘蛛談話会誌『KISHIDAI』第79号（2000）に発表。
- 9) 『理科専門部会研究紀要』第11集に報告。
- 10) 『理科専門部会研究紀要』第12集に報告。神奈川大学広報部『未来の科学者との対話』（日刊工業新聞社、2003）に掲載。池田博明「高校生物部探訪14. クモの生態と水生昆虫の生態』『昆虫と自然』37巻10号（2002）に紹介。
- 11) 『理科専門部会研究紀要』第13集に報告。
- 12) 『理科専門部会研究紀要』第14集に報告。神奈川大学広報部『未来の科学者との対話II』（日刊工業新聞社、

- 2004)に掲載。ヒメグモの研究は、東京蜘蛛談話会誌『KISHIDAIA』第88号(2005)に発表。池田博明「がんばれ! 科学部 神奈川県立西湘高等学校生物部」『理科教室』(2004)4月号に紹介。
- 13) 平塚市博物館みんなで調べよう「平塚市周辺地域のかエル類の分布1 鳴き声による調査」『自然と文化』12号(1989)。平塚市博物館みんなで調べよう「平塚市周辺地域のかエル類の分布2 産卵とオタマジャクシによる調査」『自然と文化』14号(1991)。草野保「カエルの寿命」『千葉県立中央博物館 カエルのきもち』(1999)。長谷川雅美「田んぼのかエル」『カエルのきもち』。
- 14) 前田憲男・松井正文『日本カエル図鑑』(文一総合出版、1989)。松橋利光・奥山風太郎『山渓ハンディ図鑑9 日本のカエル』(山と渓谷社、2002)。
- 15) 『理科専門部会研究紀要』第15集に報告。アマガエルの研究は神奈川大学広報部『未来の科学者との対話III』(日刊工業新聞社、2005)に掲載。ヒメグモの研究は、東京蜘蛛談話会誌『KISHIDAIA』第93号(2008)に発表。
- 16) 『理科専門部会研究紀要』第16集に報告。『NEWTON』2005年9月号のフィールド・ワーカーに掲載。
- 17) 『理科専門部会研究紀要』第17集に報告。
- 18) 『理科専門部会研究紀要』第18集に報告。神奈川大学広報部『未来の科学者との対話VII』(日刊工業新聞社、2008)に掲載。
- 19) オーウェル『動物農場』(川端康雄訳、岩波文庫、2009)。

いけだ・ひろよし◎1951年山形県生まれ。北海道大学理学部生物学を卒業後、神奈川県の公立高校で生物を教える。2003年に日本進化学会より第3回教育啓蒙賞を送られ、2004年に神奈川県より優秀教員として表彰された。日本蜘蛛学会会員で、蜘蛛に関する論文や著作がある他、生物教育学会会員でネット上に理科教育のホームページを開設している。趣味は映画とモーツアルトのオペラ鑑賞。『アーニナ2009』に「《現代》の晩歌 森崎東の脚本『日本ゲリラ時代』」を寄稿した。

仏教伝来年次について

大山誠一●中部大学人文学部日本語日本文化学科教授



高校時代に日本史を学んだ人なら、誰でも、日本に仏教が伝來した年代について二説あると教えられたと思う。一つは、『日本書紀』が伝える552年説。もう一つは、『上宮聖徳法王帝説』と『元興寺縁起』が伝える538年説である。一般には、『法王帝説』などの文献の方が『書紀』よりも古いのではないかとされ、538年説が有力とされている。しかし、『日本書紀』は何と言っても国家が編纂した歴史書である。では、どちらが正しいのか。従来、これを本格的に論ずる研究者はほとんどいなかつたのであるが、2003年以来、私どもはチームを組んで、この問題の解明を目指した。その結果を記しておきたい。

1. 538年説

最初に、538年説について考えてみる。典

拠とされた二つの文献はどのような書なのか。

まず、『法王帝説』であるが、これは書物と言うより、雑然と聖徳太子関係を中心に、様々な文献からの抜き書きを集めたものである。一貫したストーリーのようなものはない。何かのまとまった書物を編纂するためのメモのようなものと推測される。では、どのような書を編纂するためのものか。これについては、私自身が調べたのであるが、この『法王帝説』をほとんどそのまま使って編纂された書がある。『上宮聖徳太子伝補闕記』と言う書物である。これは、奈良から平安京に都が移って間もなく、聖徳太子信仰も、京都を中心に再編される必要から作られた書である。具体的には、平安遷都が、かつて聖徳太子に予言されていたこと。そのため、聖徳太子は