

カイコを用いた学習の展開について

秋山 幸也

1 はじめに

カイコ（図1）は完全に家畜化された昆虫として紀元前 2700 年頃には中国大陸で家の中での飼育が始まったとされている（小泉，2006）。日本では日本書紀などにすでに養蚕や機織りが各地に広まっていたことを示す記述があり、聖徳太子が制定したとされる十七条の憲法（604 年）において養蚕を奨励する記述が見られる。ただし、中世までは絹織物に使う生糸の大部分は輸入に頼っていたが、江戸時代に入ると生糸の輸入規制が行われるようになり、これを契機に国内の養蚕が盛んになった（小泉，2006）。明治時代後期には世界一の生糸輸出国にのし上がるものの、二度の世界大戦の間に国内の生糸相場が暴落するなどして養蚕、製糸業はしだいに斜陽化していった（神奈川県県民部県史編集室，1982）。

明治期以降、生糸の収量増加、強勢な品種の作出を目



図1 カイコの幼虫(5 齢)

指してカイコの生物学的な研究が盛んに行われ、それは遺伝学の発展にも寄与した。大正から昭和にかけての養蚕業の斜陽化以後も、研究材料としてのカイコの地位は揺るがず、2009 年にはカイコゲノムの高精度な解読結果が発表されるなど今日でも先進的な生物工学分野で脚光を浴びている。

学校教育においては小学校理科の学習教材として飼育されてきたが、餌となるクワの確保の難しさや養蚕のノウハウが継承されなかったなどさまざまな理由から、現在は相模原市内でも学習飼育をしている学校は多くな

い。しかし、2014 年に富岡製糸場と絹産業遺産群がユネスコ世界文化遺産に登録されたことも影響し、ここ数年は養蚕を学習に取り入れる小学校が増加傾向にある。

博物館では、カイコの飼育に不慣れな教員への技術的なアドバイスや蚕種の提供、小学校での出張授業などをおして学習支援を行ってきた。本稿ではその概要を整理しつつ、カイコの学習教材としての有用性並びに教材としてカイコを利用する上で留意しなくてはならない点についてまとめた。

2 カイコの学習飼育およびその支援の手順

① 打ち合わせ

博物館では例年、5 月下旬頃から飼育展示を行っている。これに先立ち蚕種提供の要請のあった学校に対し、事前の打ち合わせを行う。打ち合わせでは、学校でのクワの調達可能な量の見込みや学習のめあてなどを勘案し、蚕種の提供量を定める。おおむね生徒 1 人に対し 3 頭程度とする場合が多い。また、カイコが飼育途中で死亡してしまうことも多いため、補充用としてクラスでまとめて飼育できるように、実際の飼育希望数よりもかなり多めに提供している。

また、飼育開始前後に担当学芸員が出張授業へ出向き（図2）、カイコを飼育することの意味について直接伝える時間を設けるため、その日程調整を行う。出張授業の時間は 1 コマで、情報共有を進めるためできるだけ学年全体で授業を行う。



図2 学校での出張授業のようす

②蚕種の提供と掃き立て

ふ化のようすを観察できるよう、ふ化予定の2、3日前に蚕種を学校へ引き渡す。ロスを少なく、安全に引き渡すのであればカイコが安定して育つ3齢以降の引き渡しに適しているものの、学習効果を考慮するとやはり若齢期の観察も必要である。1齢から2齢への脱皮のタイミングで大量死してしまう危険が高く、実際にこれまでも何度か、そのような事例があった。しかし、博物館で多めに飼育して補充することで対処している。

実際のふ化は全数が完了するのに1～2日程度の開きがあるため、ほぼ全数のふ化が終わるまで給桑は行わないことを徹底する。これは、ふ化した個体から順次給桑してしまうと、成長するに従って成長スピードの差が開いていく傾向が強いためである。

ほぼ全数がふ化したところを見計らい、給桑を開始する。これを掃き立てと呼ぶ。また、この時の1齢幼虫は全身に毛がはえているため、「毛蚕（けご）」と呼ばれることが多い（図3）。蚕は掃き立てから半日ほどで目に見えて大きくなり、色も真っ黒からまだら模様に見えてくる。翌日には胸部が肥大して見えるようになる（図4）。



図3 ふ化直後の1齢幼虫(毛蚕)



図4 ふ化翌日の1齢幼虫

③眠と脱皮

カイコは数日食べ続けると、突然動きを止めて食べなくなる。これは眠（みん）と呼ばれる脱皮前の静止期間である（図5）。この時頭部はしだいに前へずれて、中央に亀裂が入る。



図5 1眠のカイコ

脱皮は頭部から始まり、胸部との境目に亀裂が入り、尾部からジャバラを作るように古い外側の皮膚を脱いでいく（図6）。脱皮後はしばらく静止したあと、再び食べ続ける。

眠と脱皮は、終齢（5齢）となるまでに4回繰り返される。通常の品種では、2齢から3齢になる時に頭部が黒からベージュ色に変化するため齢期の区別がわかりやすい（図7）。4齢までの各齢期間は眠を除くと2～4日程度であるが、5齢（図8）になると7～8日と長くなり、しかも食べるクワの量が格段に多くなる。カイコが一生で食べるクワの量はおおむね25g程度（図9）とされているが、5齢の期間中にその8割以上を食べる



図6 脱皮中のカイコ(5齢)



図7 3齢のカイコの頭部



図8 5齢の最大体長期のカイコ



図9 25gぶんのヤマグワの生葉 実際には食べ残しても次々に給桑していくので、給桑量はこの何倍にもなる

と言われている。また、カイコが作る繭の大きさ、すなわち絹糸の量は5齢で食べるクワの量に最も左右されやすい。

④熟蚕と上簇

5齢で7～8日ほど食べ続けると、それまで肥大する一方であったカイコが、若干小さく縮むように見えてくる。また、全身が鮎色がかかり、薄汚れた色合いになる。これが熟蚕である(図10)。それまでただおとなしくクワを食べ続け、たとえ食べるクワがなくなってもじっと静止して給桑を待っていたのが、熟蚕になったカイコはクワの枝上や飼育容器の縁などを激しく動き回るように



図10 熟蚕(上)と熟蚕前の5齢のカイコ(下)



図11 トイレットペーパーの芯でつくった簇



図12 ダンボールで格子状に組んだ簇



図13 食品パックの簇で繭をつくっているカイコ

なる。また、隅にたどりつくると、そこで体を反らせて頭を振るようになる。これは、繭を作り始める動作である。

熟蚕と判断されたカイコは、簇(まぶし)へと移動する。簇は学校ではさまざまな容器で作られるが、生徒ひとりずつで簇を用意する場合はトイレットペーパーの芯を半分に切ったもの(図11)などが多い。博物館では4cm角程度の格子状にダンボールを組み合わせて作ったものを使用している(図12)。また、観察用の簇として、小さなフタ付きの食品パックに尿抜き穴の空けて熟蚕を入れている(図13)。これは外側から繭の作成過程が観察できるうえ、個別に扱えるため採卵などの処理がしやすいという利点がある。

⑤繭の収穫

繭をつくり初めて2日で、ほぼ繭が完成する(図14)。また、さらに数日経過して蛹化した頃、繭を乾燥させる。博物館では熱乾燥機を用いて高温(80度)の熱風にさらして乾燥するが、学校では天日干しを推奨している。初夏の炎天下に一日置ければ中身の蛹は死滅するが、ちょうど梅雨期に重なるため、晴天のタイミングになかなか合わないことも多い。その場合は冷凍にしておき、天日干しできるタイミングまで保存する。天日干しはできるだけ長時間、まとめて行うことが望ましい。梅雨明け後、夏休み中に2～3日程度続けて干すことができれば完全に乾燥させることができる。この時、屋上など人の目の届きにくい場所に放置すると、カラスに持ち去られたり、忘れられて夜露にあたったり、雨にあたるなどして繭が台無しになってしまうことがあるので注意が必要である。

乾燥した繭は紙袋などに入れて風通しの良い場所で保管する。ビニル製など密閉した袋に入れたり乾燥が弱かったりすると強い臭いが出るため、必ず通気を確保するようにする。



図14 食品パックの簇につくられた繭

⑥学習のまとめ

初夏に飼育を始めたカイコは夏休み前に繭となるため、実際の乾燥は担任教諭が行うことが多い。ただし、その前に生徒にとっては大きな決断を迫られる場面が訪れる。つまり、繭になったカイコを乾燥させる（中身の蛹を殺す）かどうかの決断である。ここがカイコを教材とした学習のクライマックスとなるため、その決断を促すプロセスについては後で詳述する。

実際の決断では、繭の収穫という本来の目的に落ち着くことが多いが、「繭の先」を観察したいという好奇心も満たすため、一部の繭は乾燥させずに飼育し続けることがある。この場合は繭になってから2週間程度で羽化したカイコガの観察を行う。

また、乾燥させた繭は2学期に繭人形づくりなどの工作を行い、収穫の成果と位置づけることになる。

3 農業としての養蚕をどのように教えるか

①ペットの飼育との違い

事前学習なしにカイコを飼えば、それは意識の上でイヌやネコ、ハムスター、カブトムシなどペットを飼うことと区別はない。そのため「大切に育てて」「長生きをさせる、天寿を全うさせる」ことが最良の飼育の姿勢となる。しかし、カイコの飼育は畜産や農作物の栽培に近い。「繭の収穫」が最大の目的である点を伝えなくてはならない。

ご飯を食べるためにイネを育てて収穫する、肉を食べるために牛や豚を育てて食肉に加工する、建材にするためスギを植え、何年も育ててから伐採し、製材するといったことと同様、人間の衣食住を得るための手段としてカイコを飼育するのである。そのために長い年月をかけて作られてきた昆虫であり、繭の収穫を常に念頭に置いて飼育しなくてはならない。

②一腹卵数とクワの確保の難しさ

出張授業では、ただ「しなくてははいけない」「してはならない」というだけでは納得してもらえないので、実際に「繭の先まで」飼育してみるとどうなるかについて紹介する。羽化（図15）して交尾（図16）、産卵（図17）するようすを写真で紹介し、一頭のメスが産んだ卵の写真を示せる（図18）。約500粒の卵を見せるが、本格的に飼育が始まる以前のこの時点では、数のイメージがわからない。そのため、今後カイコを育てていく中で、500頭のカイコを世話することの困難を想像してみしてほしいと伝える。

また、一腹卵数よりもインパクトが強いのは、成虫の

実態についての詳しい説明である。カイコの成虫は食べるための口を持たないので、羽化したあとは飲むことも食べることもできない。翅が退化しているため飛ぶこともできず、産卵した後は徐々に衰弱して1週間ほどで死に絶えることを紹介すると、悲痛な表情をする生徒が多い。人間など多くの動物は大人の期間が長く、大人は子どもよりも多くのことができるようになるという印象が強いのか、カイコの繭以降の行く末にショックを受けるようである。

こうした話を紹介したあと、理科的な視点で観察するために成虫にしたり産卵させたりすることはよいが、羽化させる個体は最小限の数に止めることを約束してもらう。また、産まれた卵は品質が安定せず、また、休眠卵（そのまま卵で冬越しする）の場合と非休眠卵（数週間後に孵化する）の場合がありふ化のタイミングを見極めることが難しい。そのため、産ませた卵は処分（燃えるゴミに出す）することも約束してもらう。残酷なように思えるが、これが後述する「命に責任を持つ」ということである。



図15 羽化したカイコ 繭をかためるのり成分（セリシン）を溶かす酵素を出して繭をほぐして出てくる。



図16 交尾するカイコの成虫 左がオス、右がメス



図17 産卵中のカイコ



図18 1頭のカイコが産んだ卵 約500粒ある

③家畜化昆虫は野生で生きられるか

生物多様性の概念が浸透しつつあり、近年はペットを野外に放つことが悪いことであるという考え方が普及している。しかし、小学3年生が飼われている動物を「囚われの身」であると感情移入して、「自由の身」へ解き放ってあげたいと考える可能性はおおいにある。繭になると殺されてしまうから、せめて最後は「野に放って自由の身に」と思ってしまうまいよう、野生に置かれたカ

イコがどうなるかについて紹介する。

- ・ 緑色の葉の上に置かれた真っ白なカイコは目立つため、あっという間に鳥などに見つかり、捕らえられてしまう。
- ・ 自重に対してつかまる力が弱いと、風などに揺られるとすぐに落下してしまう。地面に落ちれば即座にアリなどに発見されてバラバラにされ、巣へ運ばれてしまう。
- ・ 直射日光や雨などを避けるすべを知らないため、運良く葉の上に居続けられたとしても、時間とともに弱ってしまう。
- ・ もっともよくないことは、運よくカイコが生き延びたり、または蛹化直前に放すなどして野外で繭を作れたとすると、羽化して成虫になる。その場合、カイコの原種とされるクワコと交雑してしまう可能性があり、自然のしくみに悪い影響を与えてしまう。

④命に責任を持つ仕事としての農業

こうした理由から、カイコとは人間に飼われることでしか生きられない、野生に生きてはいけない昆虫であることを説明する。そして、飼育の目的である繭の収穫のためには中身の蛹を殺すことになるが、これは衣食住を得るための「農業」という仕事においては不可避であること、命をいただき、命に対して責任を持つ仕事が農業であることを理解してもらう。畜産農家が食肉にするために出荷する牛や豚に対して大きな愛情をかけて大切に育てることと、肉質がよくて大きな牛や豚に成長する理由がそこにあることも紹介する。

カイコに愛情を持って接し、大切に育てることによって大きな繭が得られ、飼育の目的が達成されることが一つながりとなるよう、この点は繰り返し強調する部分である。また、成虫に産ませた卵も個人が責任を持てる数ではない。卵をとっておいだのにふ化のタイミングがわからず、保存状態で気付かないうちにふ化してしまい、毛蚕を干からびさせてしまうことがよくある。ふ化させる前に処分することが、命に対して責任を持つ姿勢であることもしっかり伝えたいことのひとつである。

4 すごい生きものであることの気づき

育てているカイコの潜在的な能力の高さに気付いてもらうことも、カイコを一所懸命世話して大切に育てるモチベーションとなる。たとえば次のような能力を紹介する。

①カイコの生長量

ふ化直後に2.5mmほどだった体長が、5齢終期には8cm近くになる。これはおよそ30倍である。人間にたとえると、産まれた時に50cmの身長だったものが

15mになる比率である。体重で表現すると、約10000倍となり、さらに想像を超える生長量であることがわかる。

②カイコが吐く繊維の長さ

カイコが熟蚕以降に吐く繊維の長さは、最大で約1300～1500mである。この長さは小学生にとって長距離走などでなじみがあり、理解しやすい。

5 野生種との関係性

ブタとイノシシ、アヒルとカモというように、家畜、家禽として歴史のある生きものにも、必ず野生の原種が存在する。カイコはクワコ *Bombyx mandarina* が野生原種とされ、関東地方でもクワの木があればクワコは普通に発生する。

クワを専食するなどカイコとクワコの共通点はたくさんあるが、逆に、異なる点も多い。先に挙げたカイコが野生では生きられない性質は、その逆がそのままクワコに当てはまる。体色は4齢までは黒白のまだら模様で(図19)、終齢でベージュ色になる。まだら模様はアゲハチョウのなかまなどと同様、鳥の糞への擬態である。また、終齢は大きすぎて鳥の糞に見えないぶん、クワの枝に擬態する(図20)。さらに、枝に擬態中のクワコの頭をつ



図19 クワコの3齢幼虫



図20 クワコの5齢幼虫 クワの枝に擬態している

つくつくと、眼状紋を強調する姿勢を取る（図 21）。これは目玉模様で外敵（特に鳥）を驚かす戦略である。カイコもはじめは黒い斑模様があり、すぐに白っぽくなるものの、眼状紋などの模様が残る（図 22）。これらがクワコの名残であることも理解できるだろう。

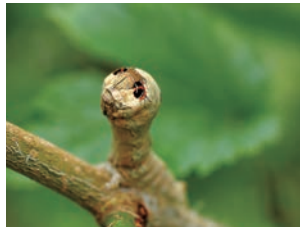


図 21 胸部の眼状紋を強調するクワコの 5 齢幼虫

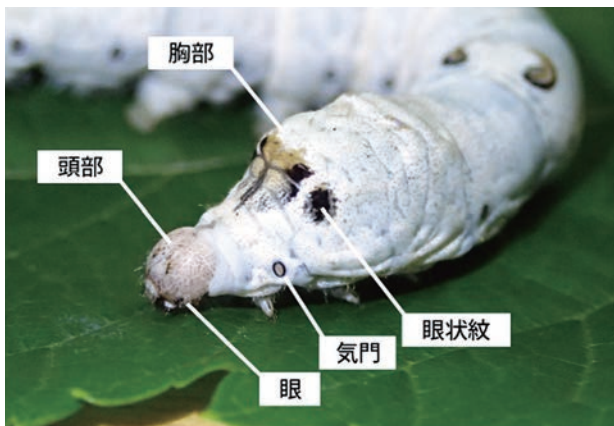


図 22 カイコの頭部と胸部

6 在来品種と雑種強勢

カイコの繭は、現代では長楕円形と認識されている。しかし、たとえば浮世絵に描かれる繭や、繭をかたどった和菓子などに見られる繭の形は中央がくびれた「だるま形」あるいは「ピーナッツ形」である（図 23）。これは、日本在来の伝統品種の繭形にこの形が多いためである。現在育てられているものの多くは、雑種強勢を利用した雑種第一世代（ f_1 ）であり、在来の優良品種と中国大陸産の優良品種をかけ合わせたものである。博物館では伝統的な在来品種の飼育も行っており、遺伝学教材としての利用や、伝統的な繭形を展示する材料としている。



図 23 在来品種小石丸の繭(左)と f_1 雑種(春嶺 × 鏡月) の繭(右)

7 学習教材としての有用性

これまでカイコの教材利用のプロセスと留意点について述べた。ここで、学習教材としてのカイコの一般的な有用性について整理したい。

小学校でカイコを飼うのは、主に 3 年生の理科単元「チョウをそだてよう」に沿って行われる。教科書ではモンシロチョウやアゲハチョウを扱うことが多いが、これらの種は野生昆虫であるため、卵を必ず確保できるとは限らない。また、モンシロチョウ（図 24）には都市部でこれを席卷する勢いで分布する類似種のスジグロシロチョウ、エゾスジグロシロチョウがいて、教員も混同していることが多い。そのため、教材としての均一性や確実性が担保できないことがある。



図 24 モンシロチョウ

これに対して、カイコは次のような点から学習教材としての有用性が挙げられる。

①発生時期がコントロールできる

カイコの飼育適期は、餌となるクワ類が展葉する 5 月下旬から 6 月にかけてである。一方、学校現場では家庭訪問や運動会など数多くの年間行事がひしめく中、日単位で飼育開始のタイミングをコントロールしたい。そこで、たとえば 5 月 30 日からクラスごとにふ化のようすを観察しつつ飼育を開始させたい、という希望があれば、休眠打破と短期間の冷蔵保存を組み合わせることにより、ほぼ希望の日程どおりにふ化させることが可能である。数日のずれや幅が生じるにしても、野外の天候などに左右されずに発生のタイミングをコントロールできるのは、学習教材として極めて有利な点と言えるだろう。

②飼育期間が 3 週間程度の長さ（図 25）

生きものを飼育する以上、教材への興味や集中力を持続させられるだけの期間で飼育が終了できることが望ま

しい。また、飼育し始めたものの途中段階で夏休みにかかってしまっは、学習を完結させることが難しい。飼育期間3週間と、成長のバラツキなど加味して1週間を加えた4週間で、夏休みにかかる7月中旬から逆算しても飼育開始のリミットは6

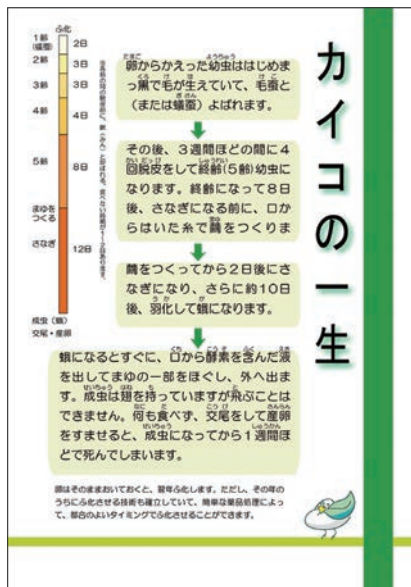


図25 カイコの生活史を紹介するパネル

月中旬となる。

新年度から2カ月ほど経過してからでも飼育を開始できる。

③無駄な動きの少ない昆虫

カイコは擬人的な表現を用いれば「おとなしい」昆虫である。人間に対して攻撃性を示すことはなく、何より、餌が不足していても探し回ることがない。つまり、開放的な容器で飼育していても逃げないため、飼育容器の管理が簡単である。

④見た目のかわいらしさ

大人でも子どもでも昆虫を苦手とする人は一定数存在する。虫を見てかわいいと思うかどうかは主観によるものであり、絶対的な評価とはなり得ない。しかし筆者の経験上、カイコを飼育する前は「虫は苦手」と主張していた子が、飼育終了後に尋ねると「苦手ではなくなった」あるいは「カイコなら大丈夫になった」に変化している場合がほとんどである。むしろ多くの子は「カイコはかわいい」という感想を述べてくれる。これは飼育による愛着はもちろんのこと、見た目の清潔感や動きの愛らしさなどいくつかの要素が複合して虫に対する嫌悪感を減らしているものと考えられる。

⑤人工飼料での飼育が可能

カイコはクワを専門に食べる昆虫であり、マグワ、ヤママグワといった近縁種間の食草選択の幅はあるものの、同属でも他の種の葉を食べることはほとんどない。類似の葉を持つクワ科のヒメコウゾなども、食いつくことは

あるがこれを食べさせて飼育を続けることはできない。一方で、クワの葉を原料としてペースト状の人工飼料が普及しており、これで飼育を完結させることができる。ただし、人工飼料で飼育している個体に生葉を与えると、以後、人工飼料を食べなくなることが知られている。クワの葉の確保量に応じてこれらを使い分けることはできない。

⑥さまざまな側面からの学習が可能

カイコは生物教材としてだけでなく、養蚕と深い関わりのある地域である相模原市では、郷土学習教材としての側面を持たせることができる。古い地形図から、市域の桑畑の分布の変遷を見ることができ、土地利用と産業の移り変わりを学ぶ学習や(図26)、神奈川往還(町田街道)やJR横浜線と絹の道、養蚕の記憶のある古老からの聞き取り調査など(図27)、地域のオリジナリティを意識した学習の展開が可能である。



図26 大正10年測量、大正14年発行の地形図(原町田2万5千分の1)の部分 平地の大部分が桑畑の地図記号で占められている



図27 相模原の最後の養蚕のようす(平成22年秋)

7 まとめと今後の課題

①授業の効果

蚕種を提供した学校で必ず授業を行うことで、ペット

の飼養と混同するようなことは避けられている。また、飼育が終了してからの感想文などを見ると、愛情をかけることと大きな繭にしてそれを収穫することが乖離せず、農業の本質の理解が進んでいることも見て取れる。

一方で、こうした授業を行わずに定番だからと教材利用を進めてしまったところ、カイコのペット化が生じてしまい、保護者から「子どもがかわいがっているカイコを殺してしまうなんてひどい」といったクレームを受け、カイコの飼育をやめてしまっている学校も実在する。カイコの飼育が農業であるという側面が意識されないまま教材として扱うことは、リスクが大きいと言えるだろう。

②クワの調達

学校でカイコを育てる上での制限要因となるのは、クワの調達の可否である。畑地の多い学区では畑の境界木として残っていることが多いものの、市街化著しい地域ではクワの木を見つけるのは難しい。飼育初期であれば道端で雑草化しているクワの木でも賄えるが、終齢期はまとまった量の葉を必要とするため、道端のクワでは足りなくなる。学区内で畑に植えられたクワがあれば、その農家と交渉して葉を調達するのが望ましい。その場合、調達中は除草剤や殺虫剤を近くで使えないことも要請する必要がある。

また、100頭を育てるのに2、3メートルのクワの低木が概ね1本程度必要となる。日当たりさえ確保できれば育成の難しい木ではないため、カイコを継続的に教材として利用することを念頭に置くのであれば、学校の植栽木としてクワを育てよう推奨していく必要があるだろう。

③資料のパッケージ化

市域には小学校が72校ある。カイコの飼育のタイミングは重なるため、希望する学校すべてに蚕種を提供したり、出張授業を行ったりすることはできない。今後は補助教材や資料のパッケージ化、教員向けの研修などを実施し、適切な教材利用に向けた方策を考案する必要があるだろう。

④糸取り技術の継承

学校からの要望として、糸取り体験の指導がある。本来の養蚕の目的を生徒へ見せたいと考えるのは当然であり、糸車など昔の道具の学習とからめられることから、学習効果も高い。しかし、繭を煮て糸口をたぐり、糸車にかけるといった作業は経験者でなければ難しく、道具の確保も必要になる。博物館の現状の人員態勢では難

しいが、たとえば市民学芸員などボランティアのスキルアップにより人材を育成し、体験授業をパッケージ化できる可能性がある。この点は今後の課題として取り組みたい。

⑤まとめ

生糸の生産が斜陽産業となり、養蚕が身近な生業から遠ざかって久しい。化学繊維が発達し、衣服の素材としてのシルクは子どもにとって縁遠くなり、真綿がシルクであることさえ、大人世代でも意識されなくなりつつある。しかし、カイコが生産する繊維成分のフィブロインや、繭をかためるのり成分であるセリシンは、医療分野や健康食品、化粧品などに広く利用されている。こうした利用の土台となるカイコの発生や遺伝、生理などは徹底的に研究され、今なお研究材料として脚光を浴びている。ここまで研究された動物はほかになく、学習教材としてもっと活用されるべきである。生きものと触れあう機会が決して多くはない現代の小学生にとって、飼育の経験は将来にわたり大きな財産になるはずである。

相模原はカイコにゆかりのある地域であり、その特性を生かし、今後も学習教材として発展させ、その取り組みを全国に向けて発信できるよう実践研究を進めていきたい。

引用文献

- 小泉勝夫編,2006. 蚕糸業史 蚕糸王国日本と神奈川の顛末.
神奈川県県民部県史編集室編,1982. 神奈川県史 通史編 5 近代・現代(2). 神奈川県.