

2.2 蛹になるためのアゲハの苦勞と工夫を理解するための教材開発

-アゲハの幼虫及び蛹の微細構造に着目して-

中西 史（理科教育学分野）

辻 俊（初等教育教員養成課程卒業生 新宿区立落合第三小学校）

1) はじめに

生物は長い進化の過程を経て、生きるため、もしくは子孫を残すために独自の構造を手に入れてきた。多くの生物を観察してみると、その構造が環境や生活様式と密接にかかわっていることがわかる。生物の体の構造の機能から見た必然性について学習することは、進化の理解の土台となるといえる。

小学校第3学年「昆虫と植物」の単元において、児童ははじめて生物の構造についての学習を行う。ここでは、昆虫の成長には一定の順序があることや成虫の体の構造についての学習が行われる。飼育活動を行うことも明記されているが、その中で接する機会の多い幼虫や蛹の体の構造を学習することは示されていない。しかし、成田と田幡はモンシロチョウの幼虫の体の構造に対する児童の疑問をもとにした実践を行い、幼虫の体の構造が児童にとって興味深い対象であるということを示している。一方、蛹は幼虫や成虫と比べると動きが少なく体も硬い。昆虫が苦手な教師や児童であっても手に取ることが容易であり、体の構造をじっくり観察するのに適していると思われる。本研究ではアゲハ (*Papilio xuthus*) の幼虫及び蛹の微細構造を教材として取り上げ、構造と機能の関係について考える授業の開発と実践を行い、その効果を検討した。

2) 教材の開発

(i) 使用した教材

今回は幼虫の腹脚及び蛹の懸垂器に見られる微細構造に着目した（図1）。

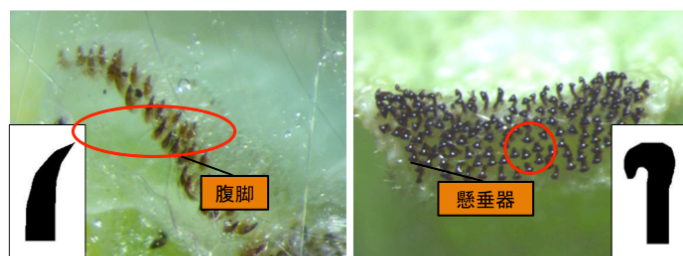


図1 幼虫の腹脚にみられる爪状構造（左）と蛹の懸垂器にみられる鉤状構造（右）

鋭い爪状構造

鉤爪状の構造

これらはどちらも幼虫や蛹が木に張り付くための構造であるが、木の上を移動する幼虫と、一度固定した場所から動かない蛹とではその構造の違いがみられる。これらを比較

し、それぞれのはたらきを生活様式とあわせて考えることで構造と機能の関係についての認識を深められると考えた。また、微細構造を取り扱うことでマイクロな部分にも生きるための工夫があるという視野の広がり期待した。授業の中で児童が考える際に、体験的に構造と機能の関係が捉えられるように、微細構造等の模型（図 2）を作製し授業で用いた。

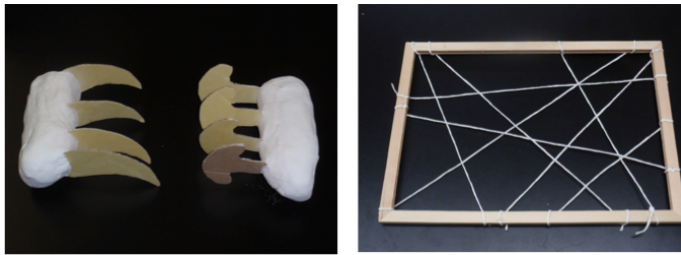


図 2 幼虫と蛹の微細構造及び糸の土台の模型

(ii) ビデオクリップの制作

児童は昆虫について学習する際に幼虫が成長して蛹になるということを学習するが、実際にどのような過程を経て幼虫が蛹になるのか理解している児童はほとんどいない。蛹から成虫へ羽化する様子が感動的なシーンであることはいうまでもない。しかし、羽化と比べて扱われることが少ない蛹化の過程にも、幼虫が長い時間をかけて様々な準備をしている様子を見ることができると考え、また、蛹は幼虫や成虫と比べると動きが少なく体も硬い。昆虫が苦手な教師や児童であっても手に取ることが容易であり、体の構造をじっくり観察するのに適していると思われる。

チョウに関する動画には、羽化の様子を撮影したものは多く存在しているものの、蛹化の様子を撮影したものは数少なく、詳しく撮影されたものはほとんどない。飼育活動を行いながら、児童がメディアを通して蛹化の一連の過程に触れることができれば、理料的な理解が深まるだけでなく、生命の神秘を感じるとともに、チョウに対して生きる上での共感をもつことができると考え、ビデオクリップと関連資料の作成に取り組んだ。

なお、本教材は「アゲハの不思議 - 幼虫が蛹に至るまで-」として、平成 23 年度全国自作視聴覚教材コンクール（財団法人 日本視聴覚教育協会主催）で入選した。

3) 授業実践

2010 年 9 月に大学附属小学校第 3 学年



蛹が尾部のみで張り付いている様子を観察



ルーペを用いて蛹の懸垂器を観察



形の違いについて熱心に話し合い



模型を用いて形が違う理由を説明

2 学級 76 名を対象に各クラス 2 時間ずつ

図 4 附属小金井小学校での授業の様子

授業を行った(図4)。また、各クラス 1 時間の授業を東京都内の公立小学校第 3 学年 3 学級 86 名の児童を対象に行った。授業効果をアンケートとワークシートの分析により検証した。

4) 結果と考察

検証の結果、授業の内容が児童自身にとって難しいものでなかったことがわかった。また、実践の前後で構造と機能が関係しているという認識に有意な上昇がみられた。さらに、2 時間授業を行った学級では 8 割以上の児童のワークシートに構造と機能を関係付けて考えたことが伺える記述がみられた。以上のことから、今回の授業での活動が、第 3 学年の児童の課題として

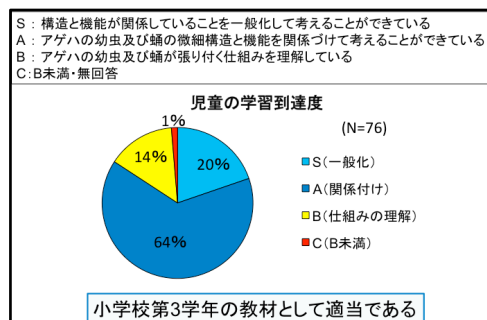


図 5 児童の学習到達度

適当であったと考えられる。さらに、事後のアンケートで、自然物の観察を行う際に顕微鏡や虫眼鏡を用いて微細構造を観察するという意識が対象群と比較して高い傾向がみられた。

授業に対する児童の感想には、

- さなぎのしっぽのエノキのようなものが あんなに やくにたっていたなんて思ってもいませんでした。
- どの生き物にも生きる工夫があることを知りました。
- アゲハの幼虫には人間にない特徴がいっぱいあってびっくりしました。
- わたしもさなぎになる場所を見てみたいです。
- アゲハのことについてもっと知りたいです。そして、幼虫をもっと触りたかったです。
- 糸をついたり 丸いわっかを くぐろうとするところがかわいかった。
- よう虫からさなぎになるまでじゅんぴをし、本当に大へんなんだと思いました。
- 虫がきれいだったけど、糸をくぐろうとしてもがいているアゲハの幼虫がかわいくて、アゲハのよう虫のことが好きになりました。
- ふにゃふにゃしてそうで きもちわるかったです。

などの記述がみられた。脱皮や脱皮のために幼虫がする準備や苦勞に対する印象が強く残ったことがわる。また、感動や驚きを得たという記述も多くみられた。これらは生命に対する畏敬の念を育み、生命尊重の心情の育成につながると考えられる。

製作したビデオクリップに関しては、教員を対象としたアンケート調査を行った。「子

どもたちが「おー！」と言いながらみている様子が思い浮かびました。」という記述がみられ、今回のビデオクリップが現場の教員から見ても、児童に驚きや感動を与えることができるものであるととらえられたと思われる。同調査においては、画像がリアルで昆虫が苦手な子どもへの配慮が必要ではないかという意見もあった。その点については、十分配慮すべきであるが、今回の実践における感想の中で嫌悪感を示したものはごく少数であった。むしろ今回のビデオクリップを見てアゲハが好きになったという意見も挙げられた。アゲハが糸をくぐるために苦勞しているシーンなどは子どもにとってアゲハに対する親近感を感じるきっかけとなることが考えられる。

アゲハの幼虫が蛹に至るためにする準備や苦勞を理解することや、脱皮の様子を見て驚きや感動を得ることは生命に対する畏敬の念をはぐぐむことにつながると考えられる。また、児童の感想の中に「ぼくがよう虫だと、とてもむずかしいと思います。」というように自分の立場に置き換えて考えている児童も見受けられた。以上のことから本教材が生命尊重の心情を育てることにつながるものと考えられる。

【 文 献 】

- 新川徹，橋本健一（1998）水中麻醉法を用いた鱗翅目昆虫の幼虫の形態観察法．生物教育 39（1）：2-10.
- 福井智紀，鶴岡善彦（2002）児童・生徒・学生の進化についてのイメージ - 進化をどのような現象ととらえているか - . 千葉大学教育実践研究 9：35-44.
- 福井智紀（2006）進化教育の歴史と展望 ～進化の教授価値と今後の進化教育のあり方～．理科教育 11：8-15.
- 橋本健一（1998）蝶類群集を指標とした自然環境評価 - 高校生物教育における自然環境調査の教材として - . 生物教育 38（2）：50-57.
- 本田計一，村上忠幸（2005）アゲハチョウを飼う．『ワンダフル・バタフライ - 不思議に満ちたその世界』. pp. 179-220. 株式会社化学同人，京都府.
- 加藤義臣（2005）成長と発育．本田計一，加藤義臣（編）『チョウの生物学』pp.118. 東京大学出版会.
- 久保田善彦（2010）[新学習指導要領の趣旨を生かすためのメディアを活用した理科授業] 観察・実験におけるメディアを活用した情報の共有と思考の深まり．理科の教育 59：671-674.
- 前川良平（2010）昆虫を調べよう-生活環境の観察から飼育へ-. 初等理科教育 44（5）：

49-51.

- 文部科学省（2008）小学校学習指導要領解説 理科編. 大日本図書.
- 文部科学省（2008）中学校学習指導要領解説 理科編. 大日本図書.
- 村上忠幸（2009）小学校理科を活性化するための教材・プロセス開発. 京都教育大学
教育実践研究紀要 9 : 29-38.
- 成田智哉, 田幡憲一（2010）幼虫の脚をみつめる - 「幼虫アスレチック」を用いたモンシロチョウの幼虫の観察 -. 日本生物教育学会 第 88 回全国大会要項・予稿集 :
66.
- 成田智哉, 田幡憲一（2011）幼虫の脚を比較させるプログラムの開発 - 形態や数の違いから生育環境とのかかわりを考察させる -. 日本生物教育学会第 90 回全国大会要項・予稿集 : 32.
- 尾上孝利, 塩田紀代美, 足立裕亮（2009）小学校の理科教育における走査電子顕微鏡の教育効果. 太成学院大学紀要 11 : 233-245.
- 尾崎昭弘（2010）[メディアの活用の実際とその課題（入力系）- 小学校 -] 実物とメディアを併用する理科授業. 理科の教育 59 : 678-680.
- 生源寺孝浩（2004）本物を持ち込む授業. 左巻健男（編）『授業づくりのための理科教育法』pp. 47-49. 東京書籍.
- 白石等（2010）系統性を重視した指導の意味とは-B 区分「生命・地球」を通して-. 初等理科教育 44（11）: 14-17.
- 東條文治, 川上紳一, 上田康信, 片田誠, 井上美恵子（2006）キャンパスビオトープ実験「チョウの楽園」- チョウと食草の関係やチョウの生態に関する web 教材の作成と小学校理科授業との連携 -. 岐阜大学教育学部研究報告（自然科学）30 : 43 - 50.
- 和久田薫（2006）タンポポにはちえがいっぱい. 『教育実践をふまえて「生活科のぼうけん」』pp. 13-56. あまのはしだて出版, 京都府.
- 八嶋真理子（2007）理科では ICT をどのように活用するのか - 子どもの科学概念の構成に位置付けて -. 理科の教育 56. 804-806.

最後に、指導展開例（1 時間編成）とビデオの解説、画像資料の解説を添付する。

指導展開例 (1時間編成)

授業の目標

アゲハの蛹の尾部(懸垂器)に存在するトゲを観察し、壁に張り付くための仕組みを理解する。また、幼虫の腹脚に存在するトゲと比較し、構造とはたらきの関係を理解する。

過程	予想される児童の活動	○ 指導上の留意点 ☆ 評価
導入 5分	1. さなぎの帯を切っても尾部だけではりついている様子を見る。 ・おしりに何か秘密がありそう ・べたべたしているんじゃないかな？ ・トゲが刺さっているんじゃないの？	○児童を前に集め、糸を切った時にどの部分が張り付いたままの状態になっているのか意識させる。
なぜ、蛹ははりついていられるのだろう。		
展開1 20分	2. アゲハの蛹を観察し、気がついたことをワークシートに書き込む。 ・蛹のお尻には茶色いものがある ・点々がある ・細長いものがたくさんある 3. アゲハの蛹化に関するビデオを見る。 ・先の大きくなったトゲが引っ掛かるんだ ・幼虫ががんばっていたよ ・幼虫が脱皮をして蛹になるんだ	○ルーペを配布し観察する際の注意点を説明する。 ○個人での観察ののち、授業者がサイエンスコープを用いて、さらに高倍率で観察を行わせる。 ○観察を行った蛹の懸垂器が実際に活用されている場面を見ることによって、理解をさらに深める。 ○アゲハの幼虫が蛹になる様子を見ることによって、アゲハの生態への理解を深めるとともに、生命尊重の育成も促進する。
展開2 15分	4. 幼虫のトゲの形についての説明を聞き、幼虫とさなぎでトゲの形が違う理由を班ごとに考え発表する。 ・幼虫は移動をするから ・蛹は動かないから ・先がとがっていると抜けやすく、先が大きくなっていると抜けにくい	○幼虫とさなぎで何が違うのか、また、トゲの形が違うことによって糸に引っ掛かった時にどのような変化があるかということを意識させる。 ○発表の際には模型を用いて、児童が視覚的に理解できるようにする。
終末 5分	5. まとめ	○アゲハだけでなく様々な生物の体の形が工夫されていること、小さなものを拡大してみると様々な発見があることを伝える。

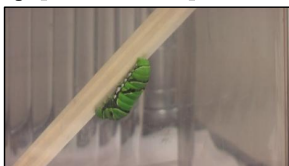
ビデオクリップの内容についての解説

①【イントロダクション】



幼虫と蛹の映像を示し、これから幼虫から蛹へと成長する様子を観察するというのを予告しています。

②【幼虫の土台作り】



幼虫が木の棒に頭をこすりつけているシーンです。口の中心部にある管から幼虫が糸を吐きだしています。早送りで見てみると、何度も上を向いたり下を向いたりしながらたくさんの糸を吐きつけているのがわかります。こうすることで、幼虫は糸でできた網のような土台を作っています。

③【糸の帯作り】



幼虫が大きく頭を振っているシーンです。蛹になった際に体を支えている糸の帯を作製しているところです。早送りで見てみると、何度も何度も糸を吐きつけることで太くて丈夫な糸の帯を作っていることがわかります。

④【体の固定】



前のシーンで作った糸の帯に幼虫が自分の体を通していているシーンです。頭の方に糸が引っ掛かり、なかなか体を通すことができません。個体によってはすぐにくぐり抜けるものもありますが、今回撮影した幼虫は随分時間がかかりました。糸の輪をくぐり終えたことによって幼虫の体が壁に固定されました。

⑤【脱皮（全体）】



体を固定してから約 1 日後の様子です。頭部から脱皮が始まります。途中から早送りで再生しています。実際に観察すると大体 5 分ほどで脱皮を終えます。古い皮を脱ぎ終わってからは通常で再生しています。このときは、尾部に引っ掛かっている脱いだ皮を落とすために体をよじっているのが観察できます。

⑥【脱皮（尾部）】



脱皮の最中に尾部を拡大した様子です。もともと固定されているのは幼虫の時の古い皮でしたが、脱皮の際に中から蛹の尾部（懸垂器）を抜き出し、壁に押さえつけて固定している様子がわかります。このときに拡大写真にあるようなたくさんの鉤爪状の構造が、糸でできた土台に引っ掛かることで体を固定しています。

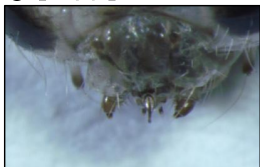
⑦【まとめ】



幼虫が蛹になるために、様々な準備をして蛹になっていることを振り返ります。

画像資料についての解説

①【吐糸管】



幼虫の口の拡大図です。葉を噛み切る顎の間に細長い管があるのがわかります。この管は吐糸管というもので、幼虫はこの管から糸を吐くことができます。吐きだされた糸は、幼虫が葉の上を移動する際の足場となったり、蛹が壁に張り付くための土台や帯になります。

②【懸垂器の微小構造】



蛹の懸垂器に存在する微小構造の拡大図です。たくさんの鉤爪状の構造が存在することがわかります。この構造が、幼虫から蛹へ脱皮する際に糸でできた土台に引っ掛かることで、蛹の尾部が壁や木の枝に張り付いていられるのです。鉤爪状の構造であるため一度土台に引っ掛かると土台ごと壁や木の枝から外さないと外れないようになります。

③【糸に掛った懸垂器】



木の棒に張り付いた蛹の懸垂器の拡大図です。②で紹介した微小構造が糸でできた土台に引っ掛かっている様子です。蛹の懸垂器が木の棒に直接張り付いているわけではなく、木の棒に張り付いた糸でできた網状の土台に引っ掛かっていることがわかります。

④【幼虫の腹脚】



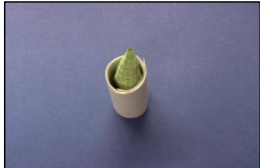
アゲハの幼虫には8対16本の脚が存在します。体の前方の3対6本の脚のことを胸脚といい、後方の5対10本のことを腹脚といいます。写真は腹脚の写真です。腹脚の先端に茶色の線のようなものが見えるのがわかります。この茶色い部分に触れると指に引っ掛かるような感触があります。

⑤【幼虫の腹脚の微小構造】



幼虫の腹脚の拡大図です。④の写真で見えた茶色い線のようなものは小さな爪が集まった物だということがわかります。この爪が木の枝や壁に吐きつけた糸に引っ掛かることにより幼虫は張り付いていられるのです。幼虫は移動するため、蛹の鉤爪状の構造と違って先端が鋭くなっており、糸や木の枝に引っかかっても抜けやすくなっているのがわかります。

⑥【蛹の観察方法】



実際に蛹の懸垂器の微小構造の観察を行う際はこの写真のように筒状にした紙の中に蛹を逆さまに立てた状態で双眼実体顕微鏡を用いて観察を行います。

⑦【幼虫の観察方法】



幼虫の腹脚の微小構造の観察を行う際にはシャーレの中に幼虫を一時間以上入れたままにしておきます。すると、幼虫がシャーレに糸を張りつけ、逆さまにしても写真のように張り付いたままになります。この状態で双眼実体顕微鏡を用いて腹脚の微小構造を観察します。