

CD-ROM教材の教育現場における活用とその評価 —昆虫行動をモデルとした中等理科実験プログラムの開発—

菅沢 茂 (大学教育センター)

Practical Use in Schools and its Evaluation of the CD-ROM Teaching Materials —Development of the Scientific Experiment Programs using the Insect Behavior for the Secondary Education Phases in Japan—

Shigeru Sugasawa

(Division of Admission, Center of Higher Educational Development)

This research is a part of the research "Development of the Scientific Experiment Programs using the Insect Behavior for the Secondary Education Phases in Japan" (research representative: Hajime Fugo, research assignment person: Kunikatsu Hamano, Jun Shimada, Motoki Kanekatsu, Machiko Baba, Shigeru Sugasawa, all the members belong to Tokyo University of Agriculture and Technology.) based on Grant-in-Aid Scientific Research (Category B, 18300263, from 2006 to 2008), and is performed as a first year theme of the research which this writer shares. The first purpose of this research is to spread through schools and to strive for the science teaching materials "The Scientific Experiment Programs CD-ROM (the trial version) using the Insect Behavior for the Secondary Education Phases in Japan" mainly developed for junior high schools at the practical use. The second purpose is to make the evaluation result of the teaching materials reflect in development of the new DVD teaching materials for high schools.

〔キーワード：中等教育，理科教材，論理的思考体系，
高大連携〕

1. はじめに

本稿は、科学研究費補助金(基盤研究(B),平成18~20年)に基づく研究「昆虫行動をモデルとした中等理科実験プログラムの開発」の一環で筆者が分担する研究の初年度テーマとして行うものである。研究代表者は普後一，研究分担者は濱野国勝，島田順，金勝一樹，馬場眞知子，菅沢茂でいずれも東京農工大学に所属している。筆者が担当する平成18年度の研究目的は，第一に主に中学校向けに開発した理科教材「昆虫行動をモデルとした中等理科実験プログラムCD-ROM (試用版)」を教育現場に普及しその活用に努めることであり，第二にその結果を評価し新たに高等学校向けのDVD教材の開発に生かすことである。

2. 「昆虫行動をモデルとした中等理科実験プログラムの開発」の研究目的と経緯

2.1 研究開発の目的と特徴

本研究の目的は，昆虫行動をモデルとした中等理科実験プログラムを開発することにある。さらに，それを完成させてCD-ROM及びDVDによる映像教材として用いることにより，中学生や高校生が科学的思考体系の形成，科学技術開発に必要な基礎教養力，生活や環境問題に取

り組むための論理的判断力・決断力等，各種問題に的確に判断・反応・対処できるよう，彼ら自身が持つ潜在的な能力を引き出すための教育プログラムである。また，生徒や保護者に対する科学教育や授業者の理科実験技術のスキルアップや先端科学技術フロント講座の開設も行うこととしている。

理数系教育に関する教材は国内外に様々あるが，「昆虫行動」を教材の主体に，理数系科目を総合的に動員して，生徒が科学に興味を持ち，どう対処して問題を発掘し，解決し，発展させるかを俯瞰的に養える点等が，本研究の特徴的な点である。科学技術振興機構で公開されている理科教育に関するサイトを俯瞰しても，こうした研究や実際の教育がなされている例は少ない。また，我々が構想している各種の公開講座では，大学や研究所での先端的な科学技術の動向や知見を平易に解説し，生徒，保護者，理科担当授業者や教育委員会を中心に，広く科学教育の啓発に寄与することを意図している点にも特徴がある。

本研究の進め方としては，学習者や授業者自身の評価による修正や改訂が不可欠であるとの観点から，いわゆる教育現場に精通している普通科高等学校の授業者等の協力を得て，その研究内容の評価や提言を行う。また，国際的に活躍できる次世代人材を養成する意味で，英語教材の作成を行い，英語教育や留学生教育を充実させる。さらに，生物産業における先端科学技術の進展や方向性を理解させるため，生物学，化学，物理学，地学，各種

実験・実習、農業教育法、植物学、動物学、作物保護学、昆虫学等を教育している大学研究者が教材開発を分担する。コンピューターグラフィックスの専門家が、「昆虫行動」に関する映像及び生物や化学実験の実写映像の作成を担当する。さらに、中等教育現場での評価や改良及び財政支援を教育委員会（東京都・埼玉県）や大学教育センター等とも連携するなど、各分担者の経験と知識を総動員して、我国や世界の科学と技術の発展を担う生徒を養成することを最終的な目的とする。

2.2 研究経緯と本稿の位置

本研究課題は、平成14年度～16年度特定領域研究「昆虫行動をモデルとした中等理科実験プログラムの開発」で行ってきた研究を更に発展させるものである。平成18年度の研究は、既に試用版として完成しているCD-ROM教材の修正・編集を行うことを中心とし、以下のとおり計画で進行した。第一に、CD-ROM教材に関して試用版を世界に公表すべく英語版DVD教材作成のための翻訳と編集を行う（馬場担当）。第二に、試用版を主に中学校、高等学校の教育現場に導入しその活用を求め、授業者や学習者などから意見や批判を求め、修正や改訂の根拠資料を収集する（菅沢担当）。第三に、試用版CD-ROMは主に中学校用の理科教材として作成したものであるため、高等学校用にバージョンアップを全員で行う。更に、生徒の理科離れの要因分析を「理科から離れなかった者から見た理科離れ問題の解析」として研究し、次年度の理科実験プログラム開発に反映させる（金勝担当）。第四に、公開講座の開設準備を行い、一部で可能な公開講座を高等学校（埼玉県）で試行し、あわせて授業者のスキルアップのためのモデル実験講座（生物学実験と化学実験）を計画する（普後担当、全員参加予定）。第五に、理科教材作成のシナリオ作り、絵コンテ、アニメーション、モデル実験等の準備や実際の動画作成を進める（濱野、島田担当）。

本稿は、上記、第二の研究課題を受けて、本教材の「普及活用とその評価」を分担するものである。具体的

には、本学高大連携協力校を中心に2002～2005年版CD-ROM試用版教材を普及しその活用を求め、その評価をアンケートで調査しその結果を新たな教材の開発に生かすことにする。

3. 研究方法

3.1 教材の内容

本教材「昆虫行動をモデルとした中等理科実験プログラムCD-ROM（2002～2005試用版）」は、3つの内容から構成されている。1つ目は、授業者用の導入解説を述べた「はじめに」である。2つ目は、中等理科実験プログラムの8テーマと用語集からなる「理科教材」である。3つ目は、授業者用の教材「楽しく理科を学ぶための教材作り(未完成)」である。教材は各テーマにより、音声、画像展開、実物やイラストの動画、拡大画像など様々な工夫が施されている。内容量や、画像や動画における工夫、精度の点でテーマ間に差異が見られる。本稿末の注(1)に表18として、中等理科実験プログラムの8テーマと楽しく理科を学ぶための教材作り(未完成)の項目・内容・構成について、一覧表にまとめて示すことにする。

3.2 教材配布の目的と方法

中学生や高校生が、昆虫の生活環の中で見られる特徴的な行動を介して生物学・化学・物理学・地学・数学等を学び、その理数科系に必要な「論理的思考体系」を醸成させるため、主に中学校・高等学校教育関係者の学習指導用教材として本試用版を配布する。配布後に、同封のアンケート用紙を回収する。

配布先は、本学の高大連携協定高等学校（平成13年度から実施）を中心に選定した。中学校からの評価を求めため、東京都北区教育委員会に協力を依頼した。また、東京都生物教育研究会を中心に生物関係の学会や研究会などにも配布し、協力を依頼した。教材の配布方法及び件数は、表1のとおりである。

表1 教材の配布方法及び件数

配布先	方法	件数
東京農工大学高大連携協力中学・高等学校	各校長あてに、依頼文とともにCD-ROM教材を各1個郵送	59校
東京都生物教育研究会会員	広報担当者に直接説明してCD-ROM教材を2個提供するとともに、本教材HP http://www.viva-insecta.com/ 上に専用webサイトを新設して約600名を対象に配信	1会
東京都北区教育委員会管轄中学校	教育長に直接説明してCD-ROM教材を3個提供するとともに、各中学校用にはwebサイトを紹介	18校
東京都生物教育研究会多摩支部研修会・日本生物教育会・日本生態学会生態学教育専門委員会共催シンポジウム・高校理科教育に関する研究協議会	東京都生物教育研究会あてに、各種研究会・学会において希望者に配布するための教材として、DVD教材を90個郵送	4会

配布内容は、依頼文、CD-ROM教材又はDVD教材、取扱書「中等理科実験プログラム使用上のご注意」、アンケート用紙、返信用封筒である。なお、東京都生物教育研究会の会員向けにはwebサイトによる配信とした。

3.3 評価方法

調査用紙もしくは電子ファイルによる回答はアンケート調査によって行った。アンケート依頼件数は、中学・高等学校77件、研究会・学会等5件である。アンケートを平成18年11月初旬に依頼し、締め切りを平成19年1月末日とした。回収数は、自由記述による意見・感想のみの回答2件も含め延べ17件である。その内訳は、中学校関係者6件（公立4、私立2）、高等学校関係者11件（公立10、私立1）である。なお、自由記述欄のアルファベットは、A～Kが高等学校で、L～Qが中学校を示す。

上記教材の配布先に、依頼文、教材とともにアンケート用紙を郵送した。DVD教材については、教材を包む透明シートの中にアンケート用紙を封入した。また、webサイトからもアンケートの様式を電子ファイルで取得できるようにした。

平成18年度実施のアンケート内容は、多肢選択による評価と自由記述による意見、感想、改善点、要望とからなっており、その項目は表2のとおりである。なお、アンケート本文については、本稿末の注(2)に表19として示すことにする。

表2 アンケート項目

1	〔中等理科実験プログラム〕の各テーマ意見ご感想 <内容全般> ①とても参考になった②参考になった ③あまり参考にならなかった④参考にならなかった <取扱方法> ①とても分かりやすい②分かりやすい ③少し分かりにくい④分かりにくい 01: 地球の運動と昆虫（季節と昆虫） 02: 地球の運動と昆虫（時間と昆虫） 03: 昆虫はなぜ脱皮するのだろうか 04: オスとメスの出会い 05: ホタルの光はどんな光 06: アメンボはなぜ水面に浮いていられるのか 07: 絹とカイコの歴史 08: 昆虫を食料として考える ●ご意見・ご感想・改善点（自由記述）
2	〔楽しく理科を学ぶための教材作り〕（未完成）について、（自由記述）
3	本教材難易度（自由記述） ●中学生にとっての難易度 ●高等学校用に改訂する上での留意点
4	その他、意見要望（自由記述）

4. 教材の評価結果

4.1 評点による評価

理科教材「中等教育理科実験プログラム」の8テーマについて、「内容全般」と「取扱方法」に分けて、評点による評価を試みた（図3参照）。また、各テーマの意見、感想を自由記述で求めた。

「内容全般」について、「①とても参考になった」（4点）、「②参考になった」（3点）、「③あまり参考にならなかった」（2点）、「④参考にならなかった」（1点）の4つの選択肢で答えさせた。これを平均評価得点に換算すると、各テーマの平均は図3のとおりであり、「07: 絹とカイコ」が3.13で最も評価が高く、「01: 地球の運動と昆虫（季節と昆虫）」「03: 昆虫はなぜ脱皮するのだろうか」が共に3.07、「04: オスとメスの出会い」が3.0、「05: ホタルの光はどんな光」「06: アメンボはなぜ水面に浮いていられるのか」「08: 昆虫を食料として考える」が2.93と続き、「02: 地球の運動と昆虫（時間と昆虫）」が2.8で最下位となっている。

なお、「内容全般」に関する評価を、単純に人数による比率で見ると図4のとおりである。内容全般について、「とても参考になった」「参考になった」と肯定的に評価した人数を見ると、「03: 昆虫はなぜ脱皮するのだろうか」が最も多く13人であり、平均評価得点では最上位の「07: 絹とカイコ」よりも高く評価されている。次に、「01: 地球の運動と昆虫（季節と昆虫）」「07: 絹とカイコ」が12人と続いている。

「取扱方法」について、「①とても分かりやすい」（4点）、「②分かりやすい」（3点）、「③少し分かりにくい」（2点）、「④分かりにくい」（1点）の4つの選択肢で答えさせた。同じく点数に換算すると、各テーマの平均（図3）は、「07: 絹とカイコ」が3.07で最も評価が高く、「06: アメンボはなぜ水面に浮いていられるのか」「08: 昆虫を食料として考える」が3.0、「01: 地球の運動と昆虫（季節と昆虫）」が2.93、「04: オスとメスの出会い」が2.73、「03: 昆虫はなぜ脱皮するのだろうか」が2.67と続き、「02: 地球の運動と昆虫（時間と昆虫）」「05: ホタルの光はどんな光」が2.6で最下位となっている。

なお、「取扱方法」に関する評価を、単純に人数による比率で見ると図5のとおりである。内容全般について、「とても分かりやすい」「分かりやすい」と肯定的に評価した人数を見ると、「07: 絹とカイコ」が最も多く14人であり、平均評価得点の場合と一致している。次に、「06: アメンボはなぜ水面に浮いていられるのか」が12人、「01: 地球の運動と昆虫（季節と昆虫）」「08: 昆虫を食料として考える」が11人と続いている。

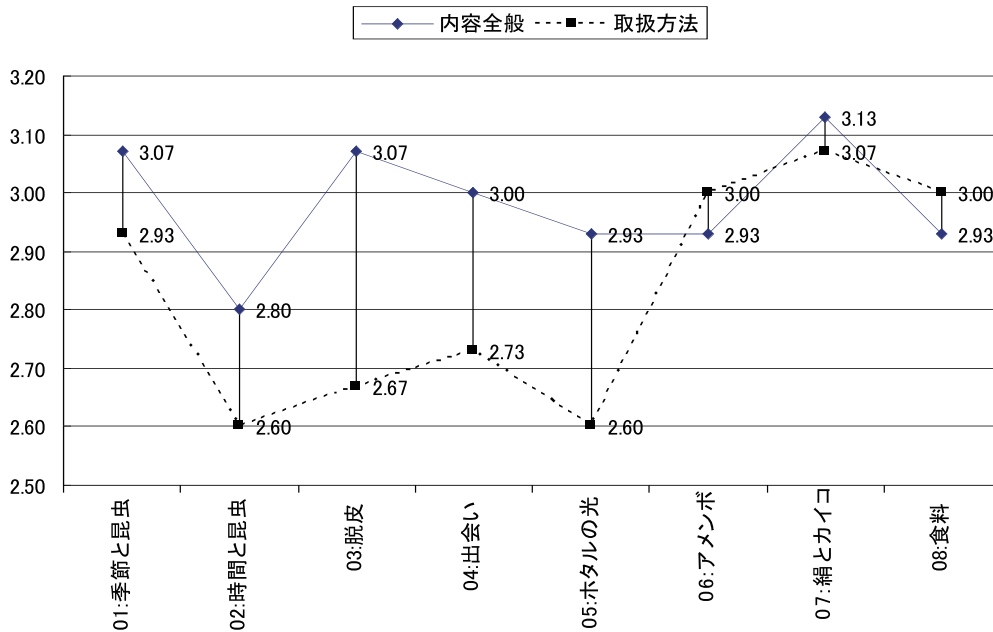


図3 「内容全般」及び「取扱方法」の平均評価得点（N=17）

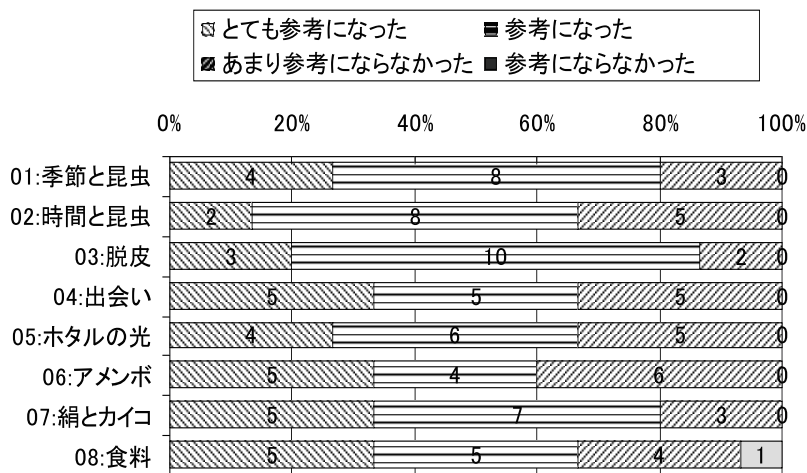


図4 「内容全般」の評価の傾向（N=15）

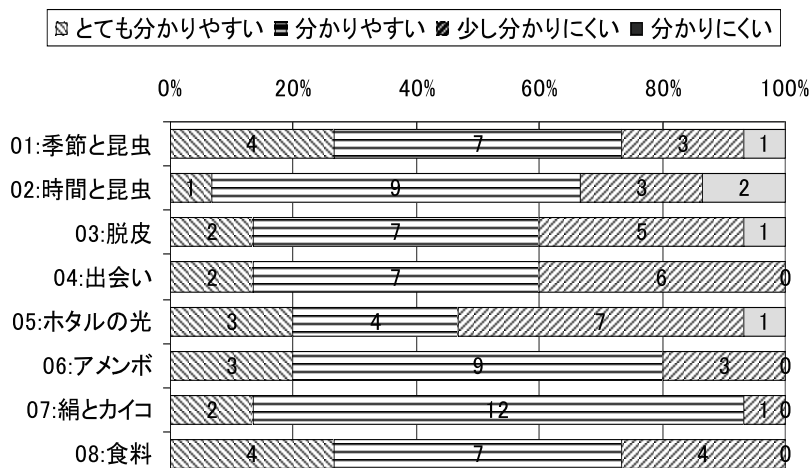


図5 「取扱方法」の評価の傾向（N=15）

4.2 「中等教育理科実験プログラム」の自由記述回答による評価

以下に、各テーマの内容や取扱について、自由記述回答による意見、感想について列記する。各回答文の末尾に評価項目を分類し、その評価を○、△、×で示した。なお、各回答文頭のアルファベットは、A~Kが高等学校、L~Qが中学校の所属を示す。

4.2.1 テーマ01: 地球の運動と昆虫（季節と昆虫）

肯定的な意見・感想としては、分かりやすい、実験を通して考えることのできる素晴らしい教材だ、凍らない

体液の部分の話は面白い、現在の学習指導要領では該当する単元がないが2年生の動物から3年生の食物連鎖あたりで扱うのが適切かと思う、日周運動は3年の天体で扱うのでそちらの教材として活用したいなどが挙げられている。改善点としては、ゴキブリよりクワガタがよい、ゴキブリは小さく、ソルビトール+グリセリンとグリコーゲン15%の凍結実験の違いが画面でもう少しはっきり分かるように改善したい、越冬する必要のない熱帯の昆虫ではどうなっているのかも紹介してほしい、季節と生物に関するより具体的な例がほしいなどが指摘されている。(表6参照)

表6 自由記述回答

-
- A 高: 分かりやすい。[内容・取扱○]
C 高: 最初の円グラフには目盛をつけるなど、それら示唆を強調したほうがよいと思います。ムシキングなどで人気のクワガタがあったほうが身近に感じられると思います。ゴキブリは小さく。[表記の仕方×]
D 高: 前ふりが長いのに「日長についてはよくわかっていません」で終わっていてつまらない。後半の温度についての話だけでもよいのでは? [構成×]
E 高: 実験を通して考えることのできる素晴らしい教材だと思います。[教材内容◎]
G 高: 「ソルビトール+グリセリン」と「グリコーゲン15%」の凍結実験の違いが、画面でもう少しはっきり分かるように改善した方がよい。画面× 細胞の中の水の役割を説明した上で、凍結を防ぐ意味を考えさせてはどうか。[構成△]
H 高: 「赤道直下ではあまり季節的変動がない」ということが出てくるので、越冬する必要のない熱帯の昆虫ではどうなっているのかも紹介して欲しいです。[素材構成△]
J 高: 昆虫の体がなぜ凍結しないのかの実験に大きな範囲をとっていますが、より季節と生物に関する具体的な例があったら生徒ももっと興味もてるのではないのでしょうか。(大学の実験が少しでも分かって面白いと思いますが) [内容構成△]
P 中: 昆虫については、現在の指導要領では該当する単元がなく、2年生の動物から3年生の食物連鎖あたりで扱うのが適切かと思います。日周運動は3年の天体で扱うので、そちらの教材として活用したいです。[学習指導要領との関係△]
Q 中: 説明を読むのも聞くのもおっくうになってくる。ゴキブリというのも子供にとっては不快感が強い。[内容×] 凍らない体液の部分の話は面白いと思う。[内容○]
-

4.2.2 テーマ02: 地球の運動と昆虫（時間と昆虫）

肯定的な意見・感想としては、ヒトについても十分にまとめられており生徒にとって面白い、中学2年生の人体のところで発展的に扱うのに適した内容であるなどが

挙げられている。改善点としては、ゴキブリの大写しからはじめるのはいただけない、グラフやイラスト、図を分かりやすくするよう工夫がほしい、用語が難しいなどが指摘されている。(表7参照)

表7 自由記述回答

- A 高:自分自身(ヒト)についても十分にまとめられており, 生徒にとっても面白いと思う. [まとめ方○]
 C 高: ゴキブリの大写しからはじめるのはいただけない. すでに一般化しているゴキブリへの拒否反応が, 教材への心を閉ざす一因となる. ショウジョウバエで限界であろう. [構成×]
 D 高: 文章ではメラトニン量が夜高くなると書いてありますが, グラフは昼にピークがあります. どちらが正しい? 神経の用語が難しい. [グラフ×, 用語×]
 G 高: 「4.メラトニン」のメラトニンの分泌リズムのグラフ, 横軸, 縦軸に単位を記したほうがよい. 「3.私たちの体内時計」画面をクリックすると拡大されて, 視交叉上核, 視床下部, 松果体の位置関係が分かるような工夫があるとよい. [画面上の操作△]
 H 高: ③の内分泌腺および自律神経の図と体内時計の図とは別にした方が見やすいように思います. [図の配置△] ④のメラトニン分泌リズムのグラフと文章と逆のようですが… [グラフと文章×]
 J 高: 3ページ目の絵が中学生にとって分かりにくい印象を受けます. 高校生でも難しいのではないのでしょうか. いろいろな情報が盛り込まれていますが, この絵から何を読み取るべきか, はっきりしない印象を持ちました. [絵の印象×]
 P 中: 2年生の人体のところで, 発展的に扱うのに適した内容だと思います. [学習指導要領との関係○]
 Q 中: 01: 「季節と昆虫」に同じ.

4.2.3 テーマ03: 昆虫はなぜ脱皮するのだろう

肯定的な意見・感想としては, 分かりやすい, ホルモンの働きは画面のアニメより解説のほうがよく分かる, 「実験方法を考えて見ましょう」というのは考える授業に良い, 中学2・3年生の選択で扱ったらよい, 昆虫に興味のある生徒や選択で昆虫をテーマにしている学校では使えるなどが挙げられている. 改善点としては, 選抜され

た生徒がいる中学では良いが普通の公立では無理, Flash設定のためムービーがすぐ見られない, 用語の統一, PTHのアミノ酸配列が分かりにくい, 皮膚の構造などは単純化した方がよい, 基本的な用語の解説がほしい, 準備中のところはもし写真がないのなら削除した方がよい, いくつかの模範解答を用意するとよい, 内容が中学生では難しいなど数多く指摘されている. (表8参照)

表8 自由記述回答

- A 高: 分かりやすい. [内容・取扱○]
 B 高: 選抜された生徒がいる中学では良いが普通の公立では無理でしょう. [レベル×]
 C 高: ムービーがすぐ見られない. このCDのためにFlash設定を変えるほどの積極的動機付けが必要. [機能×]
 D 高: 写真には成虫脱皮, 文章では変態脱皮となっている. 統一しないと分からない. PTHのアミノ酸配列をただ示しても生徒には分かりません. [表記×]
 G 高: 「3.ホルモンの働き」画面のアニメより, 解説がよく分かる. [解説○] 「アラ体は脳と軸索でつながっている」この表現をもう少し分かりやすいものにした方がよい. これだけだとアラ体も神経細胞の集団なのかと誤解しかねない. [解説の表現△]
 H 高: ①の皮膚の構造は中学生には難しいかも. もう少し単純化した方がよいと思います. また, 昆虫の基本的な体制も, 最初に示しておいた方が理解しやすいのではないかと思います. 構成の仕方△ 基本的な用語の解説も欲しいです. [用語解説△]
 I 高: 準備中のところは, もし写真がないのなら削除した方がよろしいと思います. (すべての項目も同じ.) (作成中であると理解しております.) [写真がない×]
 J 高: 最後の「実験方法を考えて見ましょう」というのは考える授業に良いと思います. 対象が中学生なので, いくつかの模範解答を用意して, 「この中でどれが適切か話し合ってみましょう」でも良いのでは. [授業構成△]

- L 中:中学生にはやや難しいのでは(タンパク質系のホルモン,結紫結果など)? [難しい△]
- P 中:内容が中学生では難しいと思う。しかし,たいへん興味を引き付ける内容なので,2・3年生の選択で扱ってはいかがでしょうか。該当する単元がないので,発展的に扱うのは無理があると思います。[学習指導要領との関係△]
- Q 中:昆虫に興味のある生徒や選択で昆虫をテーマにしているところでは使えると思う。[学習指導要領との関係△]

4.2.4 テーマ04: オスとメスの出会い

肯定的な意見・感想としては,実験操作が分かりやすく画像もきれいで見やすく安全面等の配慮もあってよい,映像はいい,非常に分かりやすい教材で「フェロモン利用の害虫防除の工夫」の完成が楽しみである,交尾行動の動画は分かりやすくて良い,特に③のカイコの拡大写真がきれいで感心しました。[動画○ 写真○]

扱う教材としてよいなどが挙げられている。改善点としては,ハチの階級社会には図が必要,ボンピコールは有機化学をやった生徒でないと分からない,フェロモンの性質に話を向けてもらいたい,ゴキブリのイラストを工夫してほしい,様々なフェロモンの働きでゴキブリ,アリ,ハチの画像があるとよい,解説が中学生には難しい,よく撮れているが気持ち悪いなどが指摘されている。(表9参照)

表 9 自由記述回答

- A 高:実験操作が分かりやすく,画像もきれいで見やすい。安全面等の配慮もあり,よいと思う。[操作・画像・配慮○]
- C 高:ハチの階級社会には図が必要。[構成×]
- D 高:ボンピコールがアルコールからできていると言われても,有機化学をやった生徒でないと分かりません。せっかく生物検定をやったのだから,フェロモンの性質に話を向けてもらいたい。映像はいいですね。[内容×,映像○]
- E 高:非常に分かりやすい教材です。「フェロモン利用の害虫防除の工夫」の完成が楽しみです。[教材内容◎]
- G 高:「4.様々なフェロモンの働き」ゴキブリ,アリ,ハチの画像があるとよい。[画像事例△]
- H 高:交尾行動の動画は,わかりやすくて良いと思います。他の写真もそうですが,特に③のカイコの拡大写真がきれいで感心しました。[動画○ 写真○]
- J 高:フェロモンの実際の使用例を示した最後の部分は興味深く面白かったです。ただフェロモンの抽出の部分は分かりにくさがありました。抽出の仕方は必要でしょうか? [抽出の仕方×]
- L 中:ゴキブリのイラストですが,せっかく生物(昆虫)を扱った教材ですので,マンガするにしてももう少し特徴を取っておいたほうが良いかと思います。[イラスト×]
- P 中:解説が中学生には難しいと思う。3年の生殖の所で発展的に扱う教材としてよいのではないのでしょうか。しかし,現実的には3年は時間数が少ないので工夫が必要です。[解説が難しい× 発展的教材(学習指導要領との関係)△]
- Q 中:よく撮れているが気持ち悪いと感じると思う。[学習指導要領との関係△]

4.2.5 テーマ05: ホタルの光はどんな光

肯定的な意見・感想としては、アニメーションが組み込まれていてとても分かりやすく感じた、ホタルから抽出したルシフェラーゼはどのくらいのホタルからあの量が取れるのか中学生はこのようなところに食いついてきた、興味関心を引き出す内容であるなどが挙げられている。改善点としては、他のものと比較して内容が数少ないと感じた、他の発光生物との比較が必要、用語の統一、他の発光生物との比較が必要、ATPの説明は最初に持ってきた方が分かりやすい、発光メカニズムは中学生には難しい、ルシフェリンの構造式は補足があると分かりやすい、化学反応と物質のエネルギーポテンシャルの学習が不十分な中学生にとってはよく分からないままになるなどが指摘されている。(表10参照)

いと感じた、他の発光生物との比較が必要、用語の統一、他の発光生物との比較が必要、ATPの説明は最初に持ってきた方が分かりやすい、発光メカニズムは中学生には難しい、ルシフェリンの構造式は補足があると分かりやすい、化学反応と物質のエネルギーポテンシャルの学習が不十分な中学生にとってはよく分からないままになるなどが指摘されている。(表10参照)

表10 自由記述回答

-
- A 高:他のものと比較して、内容が数少ないと感じた。[内容×]
 - B 高:他の発光生物との比較が必要。[内容×]
 - C 高:化学式は不要。[内容×]
 - D 高:オキシルシフェリン(文中では酸化ルシフェリン。用語の統一をして下さい。)がずっと光ったままになっています。光がとまるのは元に戻るから? [用語×, 疑問×]
 - F 高:実験の動画の声が出ないのは残念です。[映像×]
 - G 高:ルシフェリルアデニル酸からオキシルシフェリンに変化するとき、なぜ冷光が発するかアニメ効果を使った説明があるとよい。[アニメ利用△]
 - H 高:⑥のATPの説明は、最初に持ってきた方がわかりやすくなるのではないかと思います。②の発光メカニズムは、中学生には難しいかも。[構成×]
 - J 高:アニメーションが組み込まれていて、とても分かりやすく感じました。2と3は内容がほぼ同じなのでどちらか削除してよいのではないのでしょうか。[アニメ○ 内容のダブリ×]
 - L 中:④ホタルから抽出したルシフェラーゼ…ですが、素朴な疑問としてどのくらいのホタルからあの量が取れるのでしょうか。中学生はこのようなところに食いついてきました。[内容○]
 - P 中:興味関心を引き出す内容です。内容○ ルシフェリンの構造式は補足があると分かりやすいと思います。中2で簡単な元素記号、簡単な分子記号を習います。ベンゼン環は扱わないので、補足があると化学に興味のある生徒は食いつくと思います。[学習指導要領との関係△]
 - Q 中:化学反応と物質のエネルギーポテンシャルの学習が不十分な中学生にとってはよく分からないままになると思う。[学習指導要領との関係△]
-

4.2.6 テーマ06: アメンボはなぜ水面に浮いていられるのか

肯定的な意見・感想としては、分かりやすい、表面張力を確かめる実験は単純化した実験によってその原理がはっきり分かるようになっていて良い、生徒の課題研究のテーマとして有効である、中1の授業で扱えるなどが

挙げられている。改善点としては、小学校で使えるようにすべき、数式が必要なのか疑問、アメンボの種類の映像に特徴などについての音声を入れてほしい、アメンボの話なので特に計算式等ない方がよい、浮力やアルキメデスの原理などここまで踏み込む必要があるかなどが指摘されている。(表11参照)

表11 自由記述回答

-
- A 高:分かりやすい。[内容・取扱○]
 - B 高:小学校で使えるようにすべきでしょう。[構成×]
 - C 高:数式が必要なのか疑問。[内容×]
 - D 高:アメンボの種類の映像に特徴などについての音声を入れて下さい。[映像×]
 - H 高:表面張力を確かめる実験は面白いと思いました。単純化した実験によって、その原理がはっきり分かるようになっていて、たいへん良いと思いました。[実験の構成○]

- I 高:生徒の課題研究のテーマとして有効だと思いました。 [課題研究テーマ○]
 J 高:2のスライドに計算式があり、とても難しく感じます。アメンボの話なので、特に計算式等ない方がよいと思います。 [計算式難×]
 P 中:中1の授業で扱えると思います。 [学習指導要領との関係△]
 Q 中:この内容であれば、一円玉の実験を見せて、その後アメンボの話をする程度で終了。「浮力」の学習、「アルキメデスの原理」の学習も中学にはない。ここまで踏み込む必要があるか? [学習指導要領との関係△]

4.2.7 テーマ07: 絹とカイコの歴史

肯定的な意見・感想としては、内容が豊富で分かりやすい、もっと知りたいという生徒の興味関心を引き出せそう、映像は面白い、脱皮のシーンは感動的、マユから糸ができるまでは初めて見た、工場の様子などとてもよ

い、良い教材、昆虫については扱う単元はないが興味を持たせる教材であるなどが挙げられている。改善点としては、機械化される前のシーンがほしい、蚕の今後に関してより詳しく知りたい、理科よりも家庭科の「糸」の学習で利用できるなどが指摘されている。(表12参照)

表12 自由記述回答

- A 高:内容が豊富でした。分かりやすいです。また、「もっと知りたい」という生徒の興味関心を引き出せそうです。 [内容○]
 B 高:授業内で使用できるか疑問がある。 [内容×]
 C 高:身近に感じられるものを出してほしい。 [構成△]
 D 高:カラーマユを扱う理由が分かりません。桑の葉の天然色素と言われても緑ではないので分かりません。絹製品にこだわるのであれば、しくみについては触れなくてもよいのでは? [構成×]
 F 高:映像は面白かった。 [映像○]
 G:脱皮のシーンは感動的で、好奇心、探究心がくすぐられた。 [映像シーン◎] 機械化される前のシーンがあると、人間の知恵のすごさがより伝わると思う。 [映像シーンの工夫△]
 H 高:マユから糸ができるまでは初めて見ましたので、興味深かったです。 [素材構成○]
 I 高:工場の様子など普段見せることのできない場面はとてもよいと思います。 [場面構成◎]
 J 高:非常に詳しく蚕に関して知ることが出来、良い教材になっていると思います。最後の2枚にあるように蚕の今後に関してより詳しく知ることができればなお良いと思います。 [良い教材○ 蚕の今後△]
 P 中:昆虫については扱う単元がありませんが、興味を持たせる教材だと思います。 [学習指導要領との関係△]
 Q 中:理科よりも家庭科の「糸」の学習で利用できると思う(実習で繭からの糸取りをやっている)。 [学習指導要領との関係△]

4.2.8 テーマ08: 昆虫を食料として考える

肯定的な意見・感想としては、分かりやすい、これからの時代に必要とされるのは昆虫食かもしれないと思った、中学3年の食物連鎖のところで取り上げたい、環境とかぶせてもとても面白い展開が期待でき昆虫の食料としての意外性も興味深い、中学分野の最後の方の「資源と人口」の学習で触れることができ新しい食資源の開発という意味で面白いなどが挙げられている。改善点としては、よい提案だが扱いにくい、授業内で使用できる

か疑問、調理は台所で白衣以外の服でしてほしい、草を食べる牛と葉を食べるカイコの違いが不明確である、牛肉と昆虫のタンパク質の比較、昆虫のタンパク質の優れている点などを考えさせる教材にしたい、缶詰の中身も見せてほしい、タイなどでは昆虫食は一般的で栄養価も高いので良いという話を聞いた、白衣ではなくレストランに出てくるようにしてほしいなどが指摘されている。(表13参照)

表13 自由記述回答

- A 高: よい提案なのですが、扱いにくい内容だと感じました。[扱いにくい内容×]
 分かりやすいです。[内容・取扱○]
- B 高: 授業内で使用できるか疑問がある。[内容×]
- C 高: 調理は台所で、白衣以外の服でしてほしい。[構成△]
- D 高: 昆虫を食料として考える時、3枚目のスライドが大変重要な意味を持ちますが、草を食べる牛と葉を食べるカイコの違いが不明確で納得のいくものになっていません。[構成△]
- G 高: ⑨~⑬教材としての意味はそれほどないと思う。教材価値× 牛肉と昆虫のタンパク質の比較、昆虫のタンパク質の優れている点などを考えさせる教材にして、昆虫を食べてみようと思わせるような教材にしたらよいと思う。[教材構成△]
- H 高: 缶詰の中身も見せて欲しかったです。[教材構成△]
- J 高: 昔、普後先生の授業でこのようなスライドを見たことがありました。タイなどでは昆虫食は一般的で、栄養価も高いので良いという話を聞いたことがあります。これからの時代に必要とされるのは昆虫食かもしれないと思いました。[良い教材○]
- L 中: せっかく食べるのであれば、白衣ではなくレストランに出てくるようにしてみても(映像)?ただの興味本位ではなくなり、本文の内容に対して現実的だと思います。[映像△]
- P 中: 3年の食物連鎖のところで、是非取り上げたいです。環境とかぶせてもとても面白い展開が期待できます。昆虫の食料としての意外性も興味深いです。食する実験は様々な問題点がクリアできれば、実施してみたい内容です。[学習指導要領との関係△]
- Q 中: I分野の最後の方の「資源と人口」の学習で触れることができる。新しい食資源の開発という意味で面白いと思う。[学習指導要領との関係△]

4.3 「楽しく理科を学ぶための教材作り(未完成)」の自由記述回答による評価

「楽しく理科を学ぶための教材作り(未完成)」に対する意見・感想については、身近に感じられるものとリンクしてほしい、クイズ形式で考えさせたい、知的好奇心を喚起し探究心を高めるのは映像の選択と精選にかかっている、「生殖戦略」でフェロモンについて取り上げてほしい、構造色についてももう少し例などを増やしてほ

しい、もっと迫力のある映像がほしいなど、今後の教材開発に向けて有効な意見・感想が多く寄せられた。また、高校レベルでも使用可能である、教科書にないような知識も得られとても参考になった、中学理科では広く浅く多くの現象に目を向け興味を持たせたい、あえて不快を感じさせるような教材を利用しなくても良いなどの指摘もあった。(表14参照)

表14 自由記述回答

- C 高: 中学生向けならば、もっと平易にかつ彼らの日常をもっと調べて、身近に感じられるものとリンクしてほしい。[構成△]
- D 高: いろいろなテーマが扱われていて、その点は楽しいのですが、答えがすぐに与えられて考える部分が少なく、楽しくありません。文字で説明するのではなく、クイズ形式で考えさせたいかがでしょうか。[構成△]
- G 高: 映像(動画、アニメ)から知的好奇心を喚起し、探究心を高め、科学的論理思考体系を醸成させるという試みは、映像の選択にかかっていると思う。脱皮のシーンや冷光の発生シーンはとても感動的であった。[映像の選択○] しかし、見ていて退屈する映像も多々あった。精選するとよいと思う。[映像の精選△]

- H 高: 「生殖戦略」については、もっと内容を広げてもよいのでは。「化学的観点から」でフェロモンについて取り上げてもらえると、「生殖戦略」との関連性ができると思います。[内容構成△]
- I 高: 中学生レベルではなく高校レベルでも使用可能であると思います。また、教科書にないような知識も得られとても参考になりました。[レベル, 知識○]
- J 高: 構造色について、もう少し例などを増やし充実させてほしいと感じました。[教材内容○]
- N 中: TVやゲーム、映画、ビデオ等で子どもたちは迫力のある映像に慣れている。そのため、学習教材もそれに劣らない映像が必要である。[映像△]
- Q 中: 現在の理科の時数では優先すべき内容が多いので、この教材を使うことは難しい。また中学理科では広く浅く多くの現象に目を向け興味を持たせたいと考える。その場合、あえて不快や気持ち悪さを感じさせる教材を利用しなくても良いのではないかと思う。[学習指導要領との関係△]

4.4 「難易度」及び、「改訂上での留意点」の自由記述回答による評価

4.4.1 中学生にとっての難易度

中学生にとっての難易度については、文章は難解かつ長く生徒は理解できない、かなり難しい、解説の用語が少し中学生にとっては難しい、もう少し丁寧に説明しないと理解できない、化学式とか難しい、複雑な構造式

など分からない、分野が広すぎる、現在の学習指導要領の中で必修授業では全く使用できないなど、一般的中学生にとっては難しいとする意見・感想が圧倒的に多く見られた。しかし一方で、発展的な内容として理科好きな生徒を対象にする場合はよい、難しい内容でも興味があれば漢字や意味など自分で調べたりするから手助けの工夫があればある程度内容は難しくても良いなどの感想も見られた。(表15参照)

表15 自由記述回答

- A 高: 発展的な内容として、理科好きな生徒を対象にする場合はよいと思います。[内容○]
- C 高: かなり難しい。[内容×]
- D 高: 化学構造式が直接出てくる所と、水の分子が人の形で出てくる所があるなど、レベルが不統一である。文章は難解かつ長く生徒は理解できないでしょうし、読もうともしないでしょう。[内容構成×]
- G 高: 難易度はそれほど高くないと思うが、解説の用語が少し中学生にとっては難しいのではないかと思う。例えば「無機物に還元される」と書いてあるが、「還元」の意味を理解できる中学生は少ないのではないか。[解説の用語△]
- H 高: 中学生にもいろいろいるとは思いますが、化学物質に関する名称や構造式などを提示するなら、もう少し丁寧に説明しないと理解できないのではないかと思います。[説明の仕方×]
- I 高: 難しいと思います。化学式とか。[難しい×]
- J 高: 難易度が少し高いように思いました。学生が興味を抱くには多くの例を出し、生活に関係していることを示すことだと思います。複雑な構造式などは分かりませんから、省くことも必要だと思います。[難易度△ 内容構成△]
- L 中: 中学生に生物を教えています。難しい内容でも興味があれば、漢字や意味など自分で調べたりします。そのときに自分で調べられるような手助けの工夫があれば、ある程度内容は難しくても良いのでは。[手助けの工夫△]
- N 中: 分野が広すぎる。もう少し視点を縮小して映像等を増やしたほうが良い。[映像△]
- O 中: ・それぞれのプログラムを興味深く見ました。それぞれ工夫されていて、実際に実験経過が分かり、非常に興味がわく内容でした。[内容○]
 ・しかし、はっきり言って現在の学習指導要領の中で、必修授業では全く使用できる内容ではありません。現在の学習指導要領では、昆虫は「昆虫」という単語が出てくる程度で、教科書によっては昆虫という言葉すら出てきません。無脊椎動物では、脊椎動物に対する種類として提示されているだけです(本当に貧

弱内容でさびしい限りですが)。はっきり言って、中学校の学習指導要領を理解した内容とは思えません。

[学習指導要領との関係△]

・理科の選択授業では、より高度な内容を扱えるようになりましたので、ある程度は活用できる部分がありますが、それでも高度な内容のような気がします。[学習指導要領との関係△]

・むしろ、科学クラブ等の理科に興味関心がある生徒にとっては、非常にわくわくさせられる内容ではないかと思います。[内容○]

・私自身は、とても面白く興味深く昆虫の生態について学ばせていただきました。[内容○]

P 中：全体的には、授業者が補足を加えながら、発展的に扱う進め方になると思います。少し難しいと思います。中学校で扱う単元とうまく合致するとよりよくなると思います。[学習指導要領との関係△]

Q 中：難しいというよりも、現在の学習内容とのズレを感じる。教員側が、授業の中でどの内容の「トピック」として盛り込むかを考えたとき、例えば、昆虫については「無脊椎動物の仲間である」としか扱わない(1年)、天体の学習は3年である。どちらで扱うか微妙なところである。体の学習(2年)では体の恒常性まで踏み込まないので、季節や昼夜での適応力まで扱いたくない。[学習指導要領との関係△]

4.4.2 高等学校用に改訂する上での留意点

高等学校用に改訂する上での留意点としては、対象にする生徒により異なってくると思うが全体的にはこのままでよい、作成メンバーに高校の教員を加えたい、化学的部分を除けば適当な内容である、もっとアニメやCGを使いたい、生徒の自主学習用コンテンツとするには図だけでも分かるような工夫と問などの設定がほしい、リ

ンクをたくさん貼って関連分野を重層的に調べられるようにしたい、中学生以上に学力の幅が大きいので対象を絞る必要がある、教科書との関係を明らかにしたい、教科書とは一致していなくても授業者が必要などところを利用することでよいなどが挙げられており、現在のCD-ROM試用版そのものでも十分に高等学校の教材として有用であることが分かった。(表16参照)

表16 自由記述回答

- A 高：対象にする生徒により異なってくると思いますが、全体的にはこのままでよいと感じます。[内容○]
- B 高：メンバーに高校の教員を加えないと、現場で使用されないものが出来てしまうと思います。[作成△]
- C 高：化学的部分を除けば適当な内容と思われます。ただし、高層化したマンションにはゴキブリ、カ、ハエもいないという環境で育ってきた世代へ向けては、もっとアニメやCGを使うほうが抵抗感が少ないのでは？[構成△]
- D 高：生徒の自主学習用コンテンツとするならば、図だけでも分かるような工夫と問などの設定が必要。このままでは何を学習したのかが不明確です。[構成△]
- G 高：「リンク」をたくさん貼って、関連分野を重層的に調べられるようにする。幼虫と成虫の体内変化とその意味、昆虫の戦略など、物理的意味、化学的意味から、生物学的意味を考察するような教材を作ってほしい。[教材の融合化△]
- H 高：まず、どのような生徒を対象にするか、絞る必要があると思います。中学生以上に、学力の幅が大きいので。もし、十分な学力がある生徒を対象にするならば、もう少し高度な内容でも大丈夫であると思います。例えば、ホタルを取り上げるならば、分布・系統関係・発光器官の構造や種ごとの違い、発光パターンの違い等々、内容に広がりがあると良いと思います。ただ、作成するのは大変でしょうが…。[対象設定△ 構成△]
- I 高：教科書のどの部分で利用するのか明確でない。しかし、授業者がDVDを視聴して自ら必要なところを利用する形で工夫すれば良いのであろう。[活用の方法△]
- K 高：・すべてではありませんが、何本か高校生の生物選択の生徒にプロジェクターを用い見せてみました。・各々内容はたいへん面白く、興味深いものです。[内容○]
- ・生徒にとっては、資料的な表などよりもイラストや特に映像がインパクトがあり、好評です。[構成○]
- ・操作その他については、PPT(パワーポイントのファイル)で提供していただくと、いろいろな場面で

の活用が可能かと思えます。[操作△]

- ・webサイトでは実験プログラム2006もちょっとだけ拝見しましたが、内容はますます充実していくようで、ぜひ利用、参考にさせていただきたいと思えます。[webサイト○]

4.5 その他、意見、要望について

肯定的な意見としては、主に高等学校側から、充実した内容でおもしろく分かりやすい、中学生が興味を持つことは間違いない、画面がきれいに仕上がっている、教員個々に切り出して教材化しやすいものであれば効果は大きい、実際に実験が難しい分野における映像教材の利用に興味を持っており授業で生徒に紹介したい、授業で活用させてもらおうと思う、全体的に分かりやすい内容で教材としても十分使えるレベルであるなどが寄せられた。

否定的な意見としては、週5日制や情報、総合学習の導入により各教科ぎざぎざの状況でカリキュラムを組ん

でいるから利用しにくい、どのコンテンツも静止画の中での解説が長い、ゴキブリをはじめ昆虫に対しては「気持ち悪い」という反応が強い、カイコの生殖器を切り取りすりつぶす方法など嫌がる生徒も多いなどが挙げられている。

要望としては、CD-ROMで1時間分の授業が可能になるよう構成してほしい、DVDプレイヤーで再生できると使用環境が広がる、コンテンツがすっきりするよう対象とねらいをはっきりさせたい、文字サイズは大きくしてほしい、用語集に本文とのリンクや検索機能があると便利である、CDではなくDVDの方が実用的であるなどが寄せられた。(表17参照)

表17 自由記述回答 (全体の感想)

- A 高: とても充実した内容で「おもしろい」「分かりやすい」と感じました。中学生が興味を持つことは間違いないと思えます。[内容○]
- B 高: CD-ROMを拝見致しました。たいへん画面がきれいに仕上がっていると思えます。高校に勤務しているので、高校の授業用に作成するときの問題点を書かせていただきます。
- <授業時間について>
- 未履修問題が話題になっていますが、週5日制や情報、総合学習の導入により、各教科ぎざぎざの状況でカリキュラムを組んでいます。そのため効率よく授業を展開しなくてはならない。[学習指導要領との関係△]
- <パソコンの設置状況>
- 本県では、予算難のためコンピュータ教室以外にはパソコンやプロジェクターはありません。このようなことから、教員の私物を使用するかパソコン教室を使用するかを選択になります。このような場合、1時間分をパワーポイントでの授業と貴校のCD-ROMとの併用にすることになりますが、できれば貴校のCD-ROMで1時間授業が可能になればベストと思えます。たとえばホタル発光の部分は効果器として1時間の授業になりますので、1枚のCD-ROMで、①筋肉、②その他の効果器(発電・発光)を見せられれば、高校の授業では使用は可能になります。先日も乾燥ウミホタルを入れた試験管を1本/2人渡し、水を入れさせ発光を見せましたが、綺麗だと喜んでいました。これからは一層の努力をしないと、正とは興味を示さないと思えますので、大学の皆様の成果に期待しております。[内容構成△]
- C 高: メニューを常時出るようにしたほうが使いやすい。各章最後の「もどる」のリンク先はメニューにすべき。決められたストーリーのみではなく、リンクがあちこちにあるとアレンジしやすい。教員が見るには、ためになるものだと思います。教員個々に切り出して教材化しやすいものであれば、効果は大きいと思えます。DVDプレイヤーでの再生もできると使用環境は広がると思えます。[操作△]
- D 高: 1つ1つのコンテンツで、何をどこまで学ばせたいかが不明確な印象を受けました。対象とねらいをはっきりさせるとコンテンツがすっきりすると思えます。[対象とねらい△]
- E 高: 先日のシンポジウムではお世話になりました。実際に実験が難しい分野における、映像教材の利用に大変興味を持っています。完成しましたら、是非授業で生徒達に紹介していきたいと思えます。よろしくお願い致します。[授業で利用○]

- I 高:授業で活用させてもらおうと思います。どうもありがとうございました。[授業で利用○]
- J 高:具体例を充実させてほしいと思いました。全体的に分かりやすい内容で、教材としても十分使えるレベルであると思います。 [具体例の充実○ 教材○]
- L 中:中学校教材にしても高校教材にしても文字サイズは大きくしても良いのでは。文字サイズ× 用語集に、本文とのリンクや検索機能があると便利です。 [リンクや検索機能△]
- M 中:CDではなくDVDの方が実用的である。 [ディスク△]
- P 中:今回モニターになる貴重な機会を得ることができました。ありがとうございました。 [感想○]
- Q 中:・どのコンテンツも静止画の中での解説が長い。TVやVTRになれている生徒たちには集中力を維持することが難しいように思う。画面上ですべてを読むにも文章が長いと思う。 [構成×]
 ・中学生の段階では、ゴキブリをはじめ昆虫に対しては「気持ち悪い」という反応が強い。カイコの生殖器を切り取りすりつぶす方法など、嫌がる生徒も多いと思う。 [素材×]

5. おわりに

平成18年度における本教材の普及と活用については、本学近隣の高大連携協定高等学校、東京都北区立中学校、東京都生物教育研究会など、東京都を中心とする学校や地域、研究団体を対象として行った。今後は、HPを活用して関東甲信越から日本全体に普及の輪を広げ、本教材の活用を推進していく必要がある。

教材の評価のうち第一に内容構成については、「絹とカイコの歴史」などのように内容が多面的でかつ見やすく分かりやすい工夫がなされ、学習者や授業者の興味関心や好奇心を引き出す構成の教材テーマが高い評価を得ていた。また、「地球の運動と昆虫（季節と昆虫）」や「昆虫はなぜ脱皮するのだろうか」のように、画像が展開したり実験の場面を多く取り入れたりするなどして、学習内容が多面に展開し、その内容がより深く学習者の興味関心を引き出すとともに、抱いた疑問を明快に解きほぐしてくれるような構成が評価されている。第二に取扱方法については、「絹とカイコの歴史」や「アメンボは何故水面に浮いていられるか」「昆虫を食料として考える」などのように、静止画像、動画、イラスト、音声解説、文字表現等の構成と操作がバランスよく整備されているテーマが高い教科を得ていた。評点による評価の中位得点を2.5とすれば、特に内容構成については最上位の「絹とカイコの歴史」が3.13であり、最下位が「地球の運動と昆虫（時間と昆虫）」の2.8にとどまっていることから、教材全体としては高い評価を得たものと言えよう。また、取扱方法については、最上位の「絹とカイコの歴史」が3.07であり、最下位が「地球の運動と昆虫（時間と昆虫）」「ホタルの光はどんな光」の2.6となっており、内容構成に比べて低い評価であることから今後一層の改善が求められる。

自由記述の回答には、現在の学習指導要領との乖離を指摘する意見が多く見られた。特に中学校側からは、例えば、「現在の学習指導要領では、昆虫は〈昆虫〉とい

う単語が出てくる程度で、教科書によっては昆虫という言葉すら出てこない。無脊椎動物では、脊椎動物に対する種類として提示されているだけで本当に貧弱な内容でさびしい限りだが、はっきり言って中学校の学習指導要領を理解した内容とは思えない」などの厳しい指摘があった。このことは今後、中学校向けの発展的な学習教材として開発し、さらに高等学校向けの新たな教材開発を行う上で十分な検討を要する課題と言えよう。また、回答者によっては、教科書による学習の投げ込み用のトピックや部活動の実験テーマとしてよい教材だと述べていることから、生徒の実態や学校、地域の特性に応じて選択可能な教材の提示方法についても検討する必要がある。例えば「ホタルの光はどんな光」においては、内容が少ない、用語を統一してほしい、実験の動画の声が出ないのは残念、発光メカニズムは中学生には難しい、構造式は補足があると分かりやすいなど、厳しい指摘が多くある反面、ホタルから抽出したルシフェラーゼは、どのくらいのホタルからあの量が取れるのかなど、中学生が強く関心を持った教材であることが回答に寄せられている。これらことから、一見して中学生に難しい内容の素材であっても、教材化の過程でより分かりやすい構成に工夫すれば、中学校における発展的な学習教材として十分に使用可能であると言えよう。

今後の課題としては、第一に教材開発の進行に伴い教材テーマの項目が増えることから、今後アンケートによる評価を依頼するに当たっては、評価軸を設定して評価項目を焦点化しておこなう必要がある。第二に中学校の学習指導要領との乖離をどのように解決していくのか検討する必要がある。具体的には、発展的な学習の教材として内容を選択できるように構成する、授業者の学習指導用の手持ち素材として活用するなどの工夫が必要であろう。第三に操作については、各テーマの内容構成・操作方法に差異があり、一概に統一できるものではないが、授業者や学習者の利便に即してどのように統一的操作



方法に改善していくのか検討する必要がある。

最後に、本教材の視聴には急いでも1時間程度かかると思われる。教材を丁寧に点検していただきアンケートにご回答いただいた皆様に心から御礼申し上げます。

注

- (1) 「昆虫行動をモデルとした中等理科実験プログラム CD-ROM (2002～2005試用版)」の教材に関して、各項目の内容及び音声，画像展開，動画，拡大画像の工夫の有無について筆者が整理したものを表18に一覧表にまとめて示す。
- (2) 平成18年度実施のアンケート本文について表19に示す。

表 18 理科教材の項目・内容等

項 目	内 容	音声 解説	画像 展開	動画 	拡大 
01:「地球の運動と昆虫(季節と昆虫)」関連教科:生物学, 地学, 物理学	①: 昆虫の惑星である地球 ②: 昆虫のたくましい生命力 ③: 季節と昆虫 ④: 季節の仕組み(画像3展開) ⑤: カイコガの一生 ⑥: 昆虫の越冬 ⑦: 休眠中の昆虫は零度以下でも凍りません ⑧: 休眠中の昆虫の体液に似た水溶液を作ります ⑨: 4種類の水溶液を作る ⑩: 実際にこれらの水溶液を凍らせてみましょう ⑪: 水溶液の状態を比較してください ⑫: まとめ	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○	○ ○ ○ ○ ○	
02:「地球の運動と昆虫(時間と昆虫)」関連教科:生物学, 地学, 物理学	①: 時刻を知る昆虫 ②: ゴキブリの体内時計 ③: 私たちの体内時計 ④: メラトニン ⑤: 時差ボケと概日リズムとの関係	○ ○ ○ ○ ○			
03:「昆虫はなぜ脱皮するのだろう」関連教科:生物学, 物理学, 化学, 農学, 環境科学	①: 昆虫は外骨格(画像4展開) ②: ホルモンを分泌する器官(画像3展開) ③: ホルモンの働き ④: 実験しましょう(準備)(画像3展開) ⑤: 実験しましょう(幼虫を縛る) ⑥: 実験しましょう(蛹を縛る)	○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○ ○ ○	○ ○
04:「オスとメスの出会い」関連教科:生物学, 化学, 物理学, 工学, 応用科学	①: 私たち人間の性 ②: 昆虫のオスとメスはどうやって結ばれるの? ③: カイコガの性フェロモン(画像5展開) ④: 様々なフェロモンの働き ⑤: フェロモンを抽出してみよう(拡大マーク無) ⑥: 実験の手順 ⑦: 生物検定してみましょう(1) ⑧: 生物検定してみましょう(2) ⑨: フェロモンを使った害虫防除や昆虫の工夫(1) ⑩: フェロモンを使った害虫防除や昆虫の工夫(2)	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○	○ ○ ○ ○	○
05:「ホタルの光はどんな光」関連教科:生物学, 物理学, 化学, 数学, 工学	①: ホタルが光るしくみ ②: ホタルを発光させる仕組み ③: ホタルを発光させる化学反応 ④: ホタルの発光反応を試験管の中で再現してみよう ⑤: ホタルの発光反応は細菌の検出に利用できる			○ ○ ○ ○ ○	
06:「アメンボは何故水面に浮いていられるか」関連教科:生物学, 物理学, 化学, 数学	①: アメンボはこんな虫です ②: 表面張力の力で浮いています ③: 表面張力を実験でたしかめよう ④: アメンボの肢を観察してみましょう	○ ○ ○		○ ○ ○ ○	○
07:「絹とカイコの歴史」関連教科:生物学, 物理学, 化学, 歴史, 文学, 環境科学, 農学, 工学	①: 蚕種(カイコの卵) ②: 孵化 ③: 飼育 ④: 脱皮 ⑤: 繭作り ⑥: 蛹化脱皮 ⑦: 成虫脱皮 ⑧: カイコの繭色々(拡大マーク無) ⑨: 繭の色々(拡大マーク無) ⑩: 煮繭 ⑪: 繰糸	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○		○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	○ ○

	⑫：索緒・抄緒 ⑬：給繭・接緒 ⑭：揚返し ⑮：束装 ⑯：生糸とハイブリッドシルク ⑰：絹織物，絹製品の色々（画像 21 展開）	○		○	
08：「昆虫を食料として考える」生物学，化学，物理学，環境科学，農学，歴史，食文化，人類学	①：昆虫は地球最大の未利用資源なのです（画像 2 展開） ②：人口増加と食料不足（画像 2 展開） ③：昆虫は私たちの食べられない資源を食べている ④：昆虫は栄養満点です ⑤：昆虫のタンパク質と脂質 ⑥：昆虫とその他の食品に含まれる必須アミノ酸含有量 ⑦：昆虫のミネラルとビタミンについて（画像 2 展開） ⑧：世界の昆虫食を見てみよう（画像 2 展開） ⑨：カイコガ蛹をペットフードとして利用してみよう（1） ⑩：カイコガ蛹をペットフードとして利用してみよう（2） ⑪：カイコガ蛹を利用してハンバーグを作ってみよう（1） ⑫：カイコガ蛹を利用してハンバーグを作ってみよう（2） ⑬：では，実際に食べてみましょう！どうですか？（3）	○	○		
楽しく理科を学ぶための教材作り（未完成）	①：生物学的観点から ・オスとメスの出会い：生殖戦略（光，音，匂い，人間，動物，植物，微生物） ・雑学「蛍の光：蛍にまつわる音楽」 ・用語辞典（すべてのシナリオに関連したもの） ②：化学的観点から ・ホタルの体で何が起きているの？ ・エネルギーはどうなっているの？ ・発光の原理を化学しよう ③：物理学的観点から ④：応用的な観点から ・蛍光による微生物検査をしてみよう ・構造色とは何だろう 構造色を使った実際応用例				

表 19 平成 18 年度実施アンケート内容

主に中学校向けに開発した理科教材「昆虫行動をモデルとした中等理科実験プログラム CD-ROM（試用版）」を，新たに高等学校用も含め改訂することにいたしました。つきましては，皆様から忌憚のないご意見やご批判を頂戴いたしたく，アンケートへのご協力をよろしくお願い申し上げます。

本アンケートは，「中等理科実験プログラム 8 テーマの内容全般と取扱方法」「楽しく理科を学ぶための教材作り（未完成）」「中学生にとっての難易度，高等学校用に改訂する上での留意点」「その他の意見・要望」の 4 点について聞いています。

学校 担当教科 _____ ご氏名 _____

- 1 [中等理科実験プログラム] の各テーマについて，ご意見ご感想をお聞かせ下さい。
 なお，内容全般 及び 取扱方法の [] に，以下の該当する番号をご記入ください。
 <内容全般> ①とても参考になった ②参考になった ③あまり参考にならなかった
 ④参考にならなかった

<取扱方法> ①とても分かりやすい ②分かりやすい ③少し分かりにくい
④分かりにくい

01: 地球の運動と昆虫 (季節と昆虫)

- 内容全般 [] 取扱方法 []
- ご意見・ご感想・改善点などを具体的にお聞かせください。(自由記述)

02: 地球の運動と昆虫 (時間と昆虫)

- 内容全般 [] 取扱方法 []
- ご意見・ご感想・改善点などを具体的にお聞かせください。(自由記述)

03: 昆虫はなぜ脱皮するのだろう

- 内容全般 [] 取扱方法 []
- ご意見・ご感想・改善点などを具体的にお聞かせください。(自由記述)

04: オスとメスの出会い

- 内容全般 [] 取扱方法 []
- ご意見・ご感想・改善点などを具体的にお聞かせください。(自由記述)

05: ホタルの光はどんな光

- 内容全般 [] 取扱方法 []
- ご意見・ご感想・改善点などを具体的にお聞かせください。(自由記述)

06: アメンボはなぜ水面に浮いていられるのか

- 内容全般 [] 取扱方法 []
- ご意見・ご感想・改善点などを具体的にお聞かせください。(自由記述)

07: 絹とカイコの歴史

- 内容全般 [] 取扱方法 []
- ご意見・ご感想・改善点などを具体的にお聞かせください。(自由記述)

08: 昆虫を食料として考える

- 内容全般 [] 取扱方法 []
- ご意見・ご感想・改善点などを具体的にお聞かせください。(自由記述)

2 [楽しく理科を学ぶための教材作り] (未完成) について,
ご意見・ご感想をお聞かせください。(自由記述)

3 本教材は主に中学校教材として作成しました。中学生にとっての難易度をお聞かせ下さい。また、今後これらの教材を高等学校用に改訂する上での留意点について、ご意見ご感想をお聞かせ下さい。(自由記述)

- 中学生にとっての難易度
- 高等学校用に改訂する上での留意点

4 その他、ご意見ご要望がございましたらお聞かせ下さい。(自由記述)

<アンケートへの回答について>

- 平成18年12月末日又は翌1月末日までに、同封の封筒でご返送くださるようお願いいたします。
- <http://www.viva-insecta.com/>の「東京都生物教育研究会の皆様へ」からアンケート様式をダウンロードしていただき、下記メールあて添付して下さい結構です。どうぞよろしくお願い致します。

<この件に関する問合せ先> 国立大学法人東京農工大学 大学教育センター (担当: 菅沢)

〒183-8538 東京都府中市幸町3-5-8

Tel/Fax: 042-367-5306 e-mail: daisuga@cc.tuat.ac.jp

※ご協力ありがとうございました。新教材ができ次第お送りいたします。
国立大学法人 東京農工大学 農学部教授 普後 一
(科研費・基盤研究(B)研究代表者)