

平成 21 年 6 月 1 日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2006～2008

課題番号：18300263

研究課題名（和文） 昆虫行動をモデルとした中等・高等理科実験プログラムの開発

研究課題名（英文） Insect behaviors as the Experimental Models for the Elementary and Secondary Students.

研究代表者 普後 一（FUGO HAJIME）

所属研究機関・部局・職名：国立大学法人東京農工大学・大学院共生科学技術研究院・教授

研究者番号：90111640

研究成果の概要：平成 18 年度から 20 年度にかけて「昆虫行動をモデルとした中等・高等理科実験プログラムの開発」を行い、その成果を DVD に纏めることを主眼として研究を行った。DVD に収録したコンテンツは最終的に 35 項目の多岐にわたり、初等・中等教育の現場に利用可能な内容となった。DVD(研究成果)は東京都、埼玉県、千葉県等の教育委員会、生物研究会、理科教育研究会等を通じて配布した。また学部学生の専門教育の導入教材として本学農学部の 1 年生にも配布した。一方、埼玉県、千葉県、東京都の高校にて出張授業や公開講座も行った。更に JST による「ひらめき・ときめきサイエンス」に採択されたことを踏まえ、中学生とその父兄を対象に「昆虫実験教室」を開催した。加えて、平成 18 年～20 年度にかけて開催された「科学の祭典」に毎年度参加し、更新した DVD を配布し、生徒・児童や教諭の方々からの評価を反映させた。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
平成 18 年度	6,200,000	1,860,000	8,060,000
平成 19 年度	3,900,000	1,170,000	5,070,000
平成 20 年度	4,700,000	1,410,000	6,110,000
年度			
年度			
総計	14,800,000	4,440,000	19,240,000

研究分野：昆虫生理・生化学

科研費の分科・細目：総合領域・教育工学・科学教育

キーワード：科学教育、教育学、行動、昆虫、総合科目、自然科学リテラシー

1. 研究開始当初の背景

我が国の中等・高等教育の現場では、自然科学を紙面のみの解説で教育する傾向から、大学に入学した学生は実験や実習の経験が極めて少なく、学んだ理数科系科目を動員して現在起こっている各種の問題に対する考察やそれらを解決する能力が極めて欠落している傾向にある。また、与えられた問題からその問題を深化させ、派生する問題を自身で提案し、それらを解決するための科学的な思考をすることも出来ていない。

こうした状況は、我が国の国是である「科学技術創造立国」という国策にとって非常に憂慮すべき面である。従って、各種自然現象についての知的好奇心、探究心を高め、論理的思考力や創造性を伸ばし、「科学技術創造立国」に相応しい人材を早期に育成しなければならない。

こうした背景の中で、現在特に、小学校、中学校や高等学校での自然科学に関する教育は、数学、理科、生物学、化学、地学、物理学等、教科書ごとに行われ、児童・生徒は、それらの教科で学習した事柄を相互に結び付けて考える訓練は全くしていない。

「科学的な物の考え方」は、観察から始まると言ってもよい。科学は所謂「博物学」から発展してきていることに異論はないであろうが、「物」をしっかり見る訓練が必要である。特に、我々の生活の中で種々の物を観察する機会や時間が少なくなったことは、我が国の科学的・文化的発展の最大の損失である。

本研究は「特定領域研究：新世紀型理数科系教育の展開研究」(平成14年度～16年度)を踏まえ、その成果をより広く一般に公開し、中等教育課程の児童・生徒及び社会全体の科学教養を高めるために企画された。

2. 研究の目的

昆虫の生活環の中でみられる特徴的な行動を通じて、生物学、化学、物理学、数学など理科系に必要な、論理的思考体系を醸成させることが本実験プログラムの主眼である。

中学や高校段階では「雑学」で良いと考え、その雑学を統一的に且つ論理的に説明できるようにすることが必要であると考えた。物事の事象に色々な脈絡があることを伝える必要がある。そして考えさせる必要がある。多様な人間のアイデンティティーを認めることが教育の求める「個性」である。「個性豊かな、ゆとりのある教育」とは、「多様な物の考え方し、自信を持って発言できる生徒の存在」を認めることである。

本プログラムは理数科教材として企画したが、倫理や宗教、思考体系や技術開発、生活や環境の問題、生産活動と未来への希望など、生徒を取り巻くあらゆる状況を彼ら自身が的確に判断し反応し対処できるよう計画した。このプログラムを展開することで、以下のような効果を期待した。(1)自然に対する驚き、関心、興味が湧き、科学に対する憧憬と積極的な接近が自然と醸成される(2)昆虫行動を教材の根幹に据えることで、それらの行動を生物学、化学、物理学、数学などを動員して総合的に考察していく過程が体験でき、論理的に系統だてて自然科学を理解することができる。(3)種々の実験を通して、新しい実験を要求する知的好奇心、種々問題を発掘・解決する潜在的な能力が強化される(4)新規アイデアが次々に噴出することが期待され、それを実証する科学的洞察力が育成される(5)多くの未解決な問題に対して科学的に考察でき、その対応方策が、自然と体得できる。

3. 研究の方法

理数科系教育方法の改善を教育現場に導入する際、具体的な教材として「生活に密着した話題」から科学的問題意識を高めるほうが良いと考えた。そこで、「昆虫行動をモデルとした理科実験プログラム」の開発を企画する際に、身近なハエ、セミ、トンボ、バッタ、ゴキブリ、カイコ等、昆虫の生活環を理解し、ヒトと昆虫の形態学的相違、病気（免疫）機械との相違、生物をモデルとした機械器具の発達・進歩・開発、環境問題（環境ホルモン問題）、遺伝と遺伝子の関係、ロボット開発技術、宇宙生活と食料問題、生体内物質の同一性、生息環境破壊問題などを、物理学、数学、生物学、化学などの観点から総合的に考察できるように素材を選択した。

昆虫の行動を介して、物理学、化学、生物学、数学等を興味深く学べるよう、実験や実習を中心とした初等・中等理科実験プログラムを作成し、毎年度DVDを作成・公開し、その都度評価を受けながら改訂をくわえ、修正し、最終的に理科実験プログラムを完成させる方法を採用した。その基本は（1）昆虫行動の映像化とその解説（2）中等理科実験プログラムの作成とその評価である。

理科実験プログラムに関するシナリオの作成、解説図版の作成、動画の撮影、編集作業を基本として、各担当者を決定し、役割分担に則ってプログラムの開発を行った。

（1）昆虫行動の映像化とその解説

昆虫行動を中心に50本のシナリオを準備し、それらの行動をビデオ撮影し、記録に残し、解説をくわえた。

完成版DVDでは、理科実験プログラムを大きく「昆虫の生き方」と「昆虫と人間」とに2つに分け、児童・生徒の興味によって選択できるようにした。また、どこからでも取り組み事が出来るように工夫した。

・理科実験プログラム内容の解説は、研究代表者と分担者で行った。特に必要がある場合、本学昆虫関係の教員の協力を仰ぎ、また、物理学や化学に関しては本学工学部教員の協力を依頼した。

・映像撮影は、ビデオ映像やコンピュータグラフィックス（CG）の専門会社である株式会社「白組」に依頼したが、実写映像は分担者が共同して撮影したものもある。但し、編集作業や映像の品質に関しては「白組」の映像担当者に一任した。

（2）理科実験プログラムの作成とその評価

昆虫の代表的行動を基本に、絵コンテを作成し、シナリオ（50本）に基づき、実験・実習も含む教育プログラムの完成を行った。

作製された教育プログラムの評価は、試験的採用を含み、東京都、神奈川県、千葉県の小学校、中学校、高等学校でアンケート調査や聞き取り調査でおこない、更に、公開講座や出張授業等も企画した。加えて、JSTによる「ひらめき・ときめきサイエンス」の採択を受け、中学生を主体とした「昆虫実験教室を開催した。更に、一部のシナリオは、英語バージョンの作成を行った。

4. 研究成果

シナリオ50本のうち、最終的に35本を完成させた。

（1）「昆虫の生き方」には、「

昆虫の飛行
昆虫の歩行軌跡 昆虫はなぜ脱皮するの
だろう 蛹の中はどうなっているのか オ
スとメスの出会い ホタルの光はどんな光
トンボの複眼の観察 アメンボはなぜ水
面に浮いていられるのか カイコからアミ
ラーゼを抽出してみよう カイコからDNA
を抽出してみよう テントウムシのいろいろ、
昆虫の体色 カイコの卵から色素を抽出
してみよう モンシロチョウの翅から色素
を抽出してみよう カイガラムシから色素

を抽出してみよう」を収録した。また、参考図書の紹介と 科学研究費補助金実績報告書を掲載した。

ここでの主眼は、昆虫の行動や特質についての解説、映像やアニメーションを用いて理解できやすく工夫した。映像に関しては、画期的な映像や珍しい動画を豊富に取り入れ、映像だけでも十分に楽しめる内容とした。初等・中等教育では多少難しい実験も掲載したが、動画やアニメーションは非常に好評であった。中学校や高等学校での理科実験には適当であるとの評価を得た。

(2)「昆虫と人間」には、昆虫と人間との関係 絹とカイコの歴史 昆虫を食料として考える 資源となる昆虫 文学に登場する昆虫 地球の運動と昆虫(季節と昆虫)

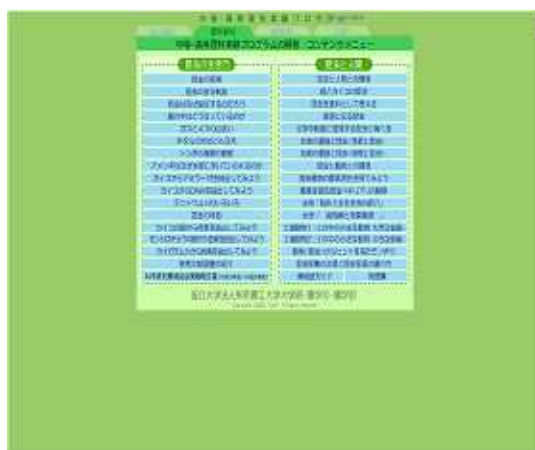
地球の運動と昆虫(時間と昆虫) 昆虫と植物との関係 食虫植物の酵素活性を見よう 農業を営む昆虫ハキリアリの観察

水田「稲作と水生生物の紹介」 水田「食物網と物質循環」 土壌生物1 - 土の中の小さな動物 大きな虫編 - 土壌動物2 - 土の中の小さな動物 - 小さな虫編 - 動物(昆虫)からヒントを得たモノ作り 昆虫採集の注意と昆虫写真の撮り方 博物館ガイド 用語集を収録あるいは解説した。

ここでの主眼は、昆虫と人間との歴史的な関わり合いであるが、特に農業、生物生産、歴史、宗教、他生物との関係を企画した。環境教育に関する配慮もなされており、児童・生徒が、今何が問題となり、それをどう捉え、各種の問題を解決するための方法論を自身で見つけ出す手助けを念頭にシナリオを構成し、関係がないような事柄が派生する問題の根幹になっていることに気がつくように、意図的な編集も試みた。 番目にある「博物館ガイド」は東京都が中心であるが、今後全国規模に改訂する予定である。

このDVDは3000枚作成した。これを東京都教育委員会、東京都理科教育研究会、理科教育関連団体(千葉県、埼玉県、神奈川県)、日本私学教育研究所などに配布した。また、平成21年10月末に国立博物館で開催される本学の「サイエンスフェスタ」で無償配布する予定である。研究成果報告書の冊子体は100部作成し、関連学協会へ配布した。

研究成果を公表することにより、種々の方面からの批判や要望を反映し、内容の更新や改訂版を順次作成していく予定である。



DVDの内容説明図版

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 8件)

(1) 菅沢 茂・普後 一・濱野國勝・島田 順・金勝一樹・馬場真知子 (2009): DVD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生徒評価を中心として -、芝浦工業大学研究報告人文系編、43巻、1号、171-179 (査読有)

(2) 普後 一・濱野國勝・島田 順・金勝一樹・菅沢 茂・馬場真知子 (2009): 昆虫行動をモデルとした中等・高等理科実験プログラムの開発 (2002-2009): DVD (査読無)

(3) 長谷川和久・島田 順 (2008): 安全な食料生産への農業実習教育、農業および園芸、83(5):573-579 (査読有)

(4) 普後 一(2008): 理科教育と昆虫生命科学、Biophilia (ピオフィリア) 4 巻 (3) 55-58 (査読有)

(5) 普後 一・濱野國勝・島田 順・金勝一樹・菅沢 茂・馬場眞知子(2008): 「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」(2002-2008 試用版): DVD (査読無)

(6) Yamauchi E, R. Watanabe, M. Oikawa, H. Fujimoto, A. Yamada, K. Saito, M. Murakami, K. Hashido, K. Tsuchida, N. Takada, **H. Fugo**, Z. Tu and H. Maekawa : Application of Real time PCR for the Quantitative Detection of Radiation-induced Genomic DNA Strand Breaks. Journal of Insect Biotechnology and Sericology, 77, 17 - 24, (2008). (査読有)

(7) Hanan Hamada and **Hajime Fugo** (2007): Effect of fetal bovine serum on the enhancement of *in vitro* cultivation of Spermatocysts of the silkworm, *Bombyx mori*, L. (Lepidoptera: Bombycidae). Zoological Science, 24, 1251 - 1258. (査読有)

(8) 普後 一・濱野國勝・島田 順・金勝一樹・菅沢 茂・馬場眞知子(2007): 「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」: DVD (2002~2007 試用版) (査読無)

〔図書〕(計 2 件)

(1) 普後 一 (2009): 帰化昆虫アメリカミズアブを利用した生ごみの堆肥化、最新農業技術「土壌施肥」1 巻、126 -132、農山漁村文化協会編集

(2) 普後 一 (2008): 人が学ぶ昆虫の知恵、168 頁、東京農工大学出版会

〔その他〕

ホームページ
昆虫生命科学教育研究会 (東京農工大学)

<http://www.viva-insecta.com/>

参考関連 WEB サイト

(日本科学技術振興会: パーチャル科学館「昆虫の不思議な世界」の編集や監修を行った)

<http://jvsc.jst.go.jp/being/konchu/index.html>

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

普後 一 (FUGO HAJIME)
国立大学法人東京農工大学・大学院共生科学技術研究院・教授
研究者番号: 9 0 1 1 1 6 4 0

(2) 研究分担者

濱野 國勝 (HAMANO KUNIKATSU)
国立大学法人東京農工大学・大学院共生科学技術研究院・教授
研究者番号: 6 0 0 1 5 0 8 9

島田 順 (SHIMADA JUN)
国立大学法人東京農工大学・農学部・教授
研究者番号: 0 0 0 1 5 1 2 4

金勝 一樹 (KANEKATSU MOTOKI)
国立大学法人東京農工大学・大学院共生科学技術研究院・准教授
研究者番号: 6 0 1 7 7 5 0 8

馬場 眞知子 (BABA MACHIKO)
国立大学法人東京農工大学・国際センター・准教授
研究者番号: 4 0 3 1 3 3 0 8

菅沢 茂 (SUGASAWA SHIGERU)
芝浦工業大学・工学部・教授
研究者番号: 0 0 3 7 6 8 4 9

(3) 連携研究者
なし