様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

平成 ２６ 年　 ６ 月 １６ 日現在

機関番号：１２６０５
研究種目：基盤研究(B)
研究期間：2011～2013
課題番号：２３３００２８１

研究課題名（和文）理科教諭のための昆虫生命科学実験の手引き

研究課題名（英文）Insect Life Science for the teacher in School

研究代表者
普後　一（Hajime, Fugo）

東京農工大学・（連合）農学研究科（研究院）・教授

研究者番号：９０１１１６４０

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　8,500,000円、（間接経費）　2,550,000円

研究成果の概要（和文）：　初等・中等教育現場の理科教諭が、理科教育にあたるときに適当な理科教材がないことを憂いていたことを契機に、「理科教諭のための昆虫生命科学ー地球は虫の惑星だ！－」を企画し、教諭諸君の理科教育（生物、化学、地学、物理、数学等）の参考となる冊子体を作成した。内容は、昆虫生命科学を中心としているが、文化、歴史、文学、政治等、社会科学へも眼を向けるように企画した解説書とした。

完成した冊子体は、東京都、埼玉県、千葉県、大阪府等の教諭や父兄に配布するとともに、大学や研究所等で昆虫を専攻している教育者・研究者にも配布した。

研究成果の概要（英文）：　Because of the science teachers who wish to have a proper researching and teaching text book for the elementary and secondly school-students,the authors were editing the text book named as " Insect Life Science for the Science Teachers - The earth is an Insect Plant ! -, and established. Although the main issues are the insect life science (including the biology, chemistry, mathematics and physics), social sciences are also involved.

The text book is distributing among the educatinal committees in Japan, science teachers in several prefectures and the parents. We are collecting the data in which science teachers and others have some criticisms, improvements, better information for the present book.

研究分野：科学教育・教育工学

科研費の分科・細目：科学教育

キーワード：理科教育　昆虫生命科学　実験・実習方法

１．研究開始当初の背景

初等･中等過程の理科教育に携わる教諭が抱えている問題は非常に多い。我が国では、自然科学を教科書のみの解説･説明する教育がなされてきたことから、児童･生徒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。

一方、理科教育を実際に担当する教諭の自然科学に対する論理思考も必ずしも高くはない。更に、児童･生徒に実験を実施することに関しても、教育指導の面から、実験や実習の時間確保ができない現状もある。

こうした状況は、「科学技術立国創成」という我が国の国策にとって非常にマイナスとなっている。

従って、自然現象について、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、科学技術立国に相応しい社会や人材を早期に育成しなければならない。

２．研究の目的

本研究は、「昆虫の生活環」でみられる特徴的な行動を通じて、生物学、化学、物理学、数学など自然科学に必要な、論理的思考体系を醸成させることを主眼として、理科教育に携わる教諭のための教材作成を目的に研究を進めた。

３．研究の方法

（１）本研究では、昆虫の生態学や生理学をテーマにしたものが中心であるが、人間の倫理や宗教、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、我々を取り巻くあらゆる状況を自身で的確に判断し、反応し、対処できるようになることを目的としている。

研究を進めるに当たり、研究代表者や分担者は次に列記したような効果を期待して研究に取り組んだ：１）自然に対する驚き・関心・興味が湧き出、科学に対する憧憬と接近が自然と醸成される　２）昆虫行動を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、総合的に考察していく過程が体験でき、論理的に且つ系統だって理解することができる　３）昆虫の種々の生態や地球上での生活環を知ることにより、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）突飛な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　６）昆虫が獲得してきた「地球上での生き方」のヒントから、新たな産業の「シーズ」が生まれる。

（２）理科教諭を対象にする冊子体の作成を念頭にしたため、本研究成果を大まかな「章立て」にし、教諭がどこから読んでも理解できるように心掛けた。各章は以下のごとくである：Ⅰ章　昆虫の体はどうなっている　Ⅱ章　昆虫の生き方から先端技術を開発する　Ⅲ章　昆虫を通して文化や歴史を知ろう　Ⅳ章　昆虫は食料として世界を救えるか？　Ⅴ章　昆虫を使った実験・実習　Ⅵ章　参考図書。

次に、本研究計画当初は、研究成果の動画やアニメーションも含めたDVDの作成を念頭に入れて研究を進めたが、映像編集に時間がかかったのと、費用的に困難であることが判明したため（計画２年目の後期）DVDの作成を中止し、解説や実験・実習の項目を増加した。なお、本研究で作成した動画やアニメーションは、研究代表者のホームページに掲載する計画で、一部成果は公表している。

研究成果の詳細は以下に記載するが、基本的に研究分担者の担当箇所に関する解説及び実験書の作成は、担当者に依頼したが、最

終的に研究代表者が編集を行った（文書の修正や加筆は代表者が行った）。

４．研究成果

研究成果を、各章別に記載していくが、基本的には解説文と関連する実験等で構成されている（下の図版は冊子の表紙）。

Ⅰ章．昆虫の体はどうなっている

この章では基本的な「昆虫」について概説している。「昆虫とは何か？」から始まり「脱皮と変態の仕組み」まで、昆虫の概説を行った。昆虫についての記載は　①昆虫ってどんな生き物　②この惑星の主人公はみな小さい　③昆虫の数と種類　④昆虫の体　を平易に解説した。児童・生徒は「昆虫」を正確にとらえることはできないかもしれないが、教諭は児童・生徒に生物学的な「昆虫」の概略を教示する必要があるため、項目とした。

次に、【カイコガのオスとメス・昆虫の体色・昆虫の能力・昆虫の翅・飛行のメカニズム・アメンボ・水生昆虫の呼吸法・複眼・昆虫の触角・昆虫の歩行・ホタルの光・ミツバチのダンスと太陽・寒くないと動けないセッケイカワゲラ・ネムリユスリカの乾燥耐性・昆虫が凍らない理由・昆虫の冬の過ごし方・なぜ塩酸なのか・日の長さと昆虫・蚊も時差ぼけする・昆虫は何故決まった時刻に羽化するか・変態・脱皮を制御するホルモンと科学教育・昆虫の脱皮・脱皮と変態の仕組み】の各論が入っているが、これらの項目は後半の解説部分とも関連してくる事柄も含んでおり、各章は相互に関連することを教諭諸君に実感してもらう意図のもとに作成した。

Ⅱ章　昆虫の生き方から先端技術を開発する

この章では、地球上に生息する昆虫類の生き残り戦略から、先端技術開発に至る経緯とアイデアについて記載した。内容は以下のとおりである：成功者の生き残り戦術・汚いところにいる昆虫・蚊の吸血戦略・昆虫駆除と殺虫剤・殺虫剤抵抗性の獲得・フェロモンセンサー・植物と昆虫の攻防戦略・ショウジョウバエの時計遺伝子・昆虫の時計と人間の時計・ネコインターフェロンを昆虫で作る・マゴットセラピーについて・昆虫はヒト疾患治療薬開発及び治療法の発展に寄与できる・膠着物質・リンゴを食べる蚕（遺伝資源の保存）・宇宙空間で養蚕をしよう：である。

この章は、3 億年以上前から地球に生息し、地球環境の変動を乗り越えた昆虫達の「生き方」を中心に捉え、巧妙な「生き残り戦術」を人類が模倣することについて記載し、児童・生徒にこれからの科学技術立国の建設にとって昆虫は最大もモデルになることを教授する意図をもって構成した。

Ⅲ章　昆虫を通して文化や歴史を知ろう

我国には昆虫が関与する多数の文化的資産が存在する。昆虫を不思議な動物ととらえることは世界共通であるが、昆虫を基盤とした「昆虫文化」は世界的にみて、我国や中国しかないといえる。そこで、昆虫にまつわる知見を解説した：昆虫と人間との関わり（昆虫からヒトへの贈り物）・ゴキブリと人間の生活・聖書の中の昆虫・虫という漢字について・暦の中の昆虫・昆虫の和名・昆虫と日本文学・昆虫に由来した故事やことわざ・江戸時代の昆虫学―千蟲譜と昆虫標本・真綿と日本刀・家紋・武具に見られる昆虫達・虫と遊

ぶ・モスラとスパイダーマン・食虫植物と昆虫・虫の音（１/f の揺らぎ）・寒干し・ウンカの飛来予測・チャドクガの被害・シロアリの巣はエコ住宅・アリジゴク・環境指標昆虫・昆虫を使ったバイオテロの問題・昆虫と薬効・昆虫を使ったペットフードの試作・野菜を育ててみよう・学級菜園へのバンカープランツの導入－作物・害虫・天敵を考える－・明治から昭和の COE・アメリカミズアブを用いた生ゴミ処理・東京都内の動物園、植物園、水族館、博物館等について：である。

Ⅳ章　昆虫は食料として世界を救えるか？

昆虫は地球最大の動物群である。人類は古くから昆虫を食してきたが、最近 FAO が「昆虫食」の可能性について見解を述べている。そこで、アジア地区の昆虫食に関する知見を述べた：アジアにおける昆虫食の現状・遺伝資源的観点からみた昆虫食材化の可能性・最近の昆虫食に関する FAO の見解・世界の昆虫食・イナゴの放射能汚染度の測定と今後の研究。

この章では、福島県での原子力発電所の事故にも触れ、食文化が消滅する可能性についても言及している。

Ⅴ章　昆虫を使った実験・実習

この章では、昆虫を材料とした平易な実験や実習法について解説した。各論は：野外調査等での安全確保について・昆虫採集の時の注意と昆虫採集法・昆虫標本の作り方（チョウとクワガタ）・昆虫写真の撮り方・平易な昆虫採集法や実験法・昆虫解剖の方法と注意事項・カイコ幼虫の内部形態の観察(解剖法)・昆虫（カイコ）の飛翔筋の観察・土の中で生活する虫たちを観察しよう－ツルグレン装置の利用－・土壌線虫の形態観察と計数・カイコがフェロモンの抽出と生物検定・チョウの雌雄鑑別・オトシブミの揺籃（ようらん）をつくる・カイコが飼育法と留意点・ショウジョウバエの飼育法と取り扱い方・遺伝子実験の基礎・ショウジョウバエを用いた遺伝実験・ショウジョウバエの発生と行動観察・カブトムシの飼育法と生物学的価値・化学実験に際しての注意事項・定性分析（化学実験）・中和滴定吸着平衡・還元糖の定量（比色定量法：ソモジー・ネルソン法）・カイコガ卵中に含まれる糖の分析（薄層クロマトグラフィーによる分離）・昆虫の糖代謝－休眠中の昆虫はなぜ凍らないのか－・酵素実験（アミラーゼ）・電気泳動法による昆虫体液タンパク質の分離（SDS－PAGE）カイコガ中腸トレハラーゼの抽出と酵素活性測定・食虫植物の酵素活性をみてみよう・カイガラムシの色素を抽出し染色してみよう・昆虫色素抽出と検定・ホラルの光の再現実験・DNA 実験・カイコの卵からの DNA 抽出と PCR 法による遺伝子診断：を解説した。

基本的に、理科教諭の実験や実習の手技は高くない。特に小学校や中学校の教諭の技量は高等学校の教諭と比較すると幾分落ちる。小学校教諭の場合、理系大学の卒業生よりは文化系教育学部卒業生が多い傾向にある。従って、実験や実習の機会が大学では少なかったことも反映している。しかしこのことは、理科教育現場では問題となっている。研究代表者が小学校の先生方に研修会を行った時に、「虫」を触れない教諭がいたことに愕然とした。市民講座、小学校、中学校及び高等学校への出張授業を行った経験と、教諭の方が田との交流会のご意見を反映させた形で、実験や実習の教材を検討した。最初に、観察や調査に行くときの注意事項の説明、実験や実習時の注意事項、近隣に存在している植物園・動物園・博物館等の理科教育施設の紹介を行い、次に実際の実験や実習について記載した。基本的には、実験・実習経費がかからず、短時間で行える実験や実習を掲載したが、教科学習の合間での実験や実習には時間的

な制約があることも考え、2～3 日で行えるように工夫した。

この実験や実習に関しては、都道府県の理科教諭の方々のご意見を集約し、より汎用性の高い教材を今後も作っていく計画である。なお、一部は代表者のホームページに掲載してある。

参考図書等

本研究を行うに当たり、参考とした図書文献等を掲載した。学校に揃えておいた方が良い図書を掲載しておいたが、市町村の図書館でも揃えておくとよいと考える。

本研究では、我国の理科リテラシー向上のために、初等・中等教育現場の理科教諭のための副読本的な意味合いで研究成果をまとめた（400 頁）。研究成果として 100 部を印刷し、都道府県や近隣の小学校や中学校に配布している。電子媒体での配布も行っている。ホームページへの掲載は時間的な問題で 7 月以降になるが、少しでも多くの教諭諸君が参考として利用していただけることを願っている。

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 6 件）

(1) 福島県川俣町養蚕業および霊山町天蚕業への放射性物質の影響：加藤　駿・石崎良祐・三橋亮太・清水智恵・<u>島田　順</u>・<u>普後　一</u>(2014)蚕糸･昆虫バイオテック 83(1) 39-42.　査読有

(2) 福島県産イナゴの放射性セシウム量及び福島県のイナゴ食文化の存続可能性：三橋亮太・水野　壮・佐伯真二郎・内山　昭一・吉田　誠・高松　裕紀・食用昆虫科学研究会・<u>普後　一</u>：（2013）食品衛生学雑誌、54（6）、410～414 頁.査読有

(3) Ecdysone-dependent and ecdysone-independent programmed cell death in the developing optic lobe of *Drosophila*. (2013) : Yusuke Hara, Keiichiro Hirai, Yu Togane, Hiromi Akagawa, Kikuo Iwabuchi, <u>Hidenobu Tsujimura</u> ：Developmental Biology 374 (1): 127-141.　査読有

(4) Reduction of spontaneous somatic mutation frequency by a low-dose X irradiation of *Drosophila* larvae and possible involvement of DNA single-strand damage repair(2012) : Takao Koana, Takashi Takahash and <u>Hidenobu Tsujimura</u> ：Radiation Research., 177 (3), 265-71. 査読有

(5) Spatio-temporal pattern of programmed cell death in the developing *Drosophila* optic lobe. (2012): Yu Togane, Rie Ayukawa,Yusuke Hara, Hiromi Akagawa, Kikuo Iwabuchi, <u>Hidenobu Tsujimura</u> ：Development, Growth & Differentiation, 54(4): 503-518.査読有

(6) 理工系分野における大学生の職業能力育成の分析－農学部の事例：吉永契一郎・三沢和彦・<u>辻村秀信</u>・山形洋平（2012）東京農工大学・大学教育ジャーナル，8 号 21-38.査読有

〔学会発表〕（計 8 件）

(1) Yusuke Hara, Tatsuya Sudo, Hiromi Akagawa, Ayaka Tsutsumi, Yu Togane, <u>Hidenobu Tsujimura</u> (2013) ：Cell death prevents the emergence of abnormal neuropil structures in the developing optic lobe of *Drosophila*. Neurobiology of Drosophila, Cold Spring Harbor Laboratory Meeting 92, New York.　口頭

(2) Ayaka Tsutsumi, Kengo Beppu, Yu Togane, Yusuke Hara, Hiromi Akagawa, Ryo, Iiduka, <u>Hidenobu Tsujimura</u>(2013)：The role of pro-apoptotic genes in the cell death in the developing *Drosophila* optic lobe. The 36th annual meeting of the molecular biology society of Japan. Kobe　口頭

(3) Y. Togane, R. Ayukawa, Y. Hara, H. Akagawa, T. Sudo, M. Iwamura, A. Ishitsuka, H.Tsujimura (2012) : The optic lobe development and the cell death in *Drosophila* . The 45th Annual Meeting of the Japanese Society of Developmental Biologists.Kobe、 口頭

(4) M. Iwamura, Y. Togane, Y. Hara, H. Akagawa, T. Sudo, M.I wamura, A.I shitsuka, A. Tsutsumi, R. Iizuka, H. Tsujimura (2012) ： Draper is involved in the clearance of dead neuronal cells in the developing *Drosophila* optic lobe. Japanese Drosophila Research Conference 10, Tokyo. 口頭

(5) M. Iwamura, Y. Togane, Y. Hara, H. Akagawa, A. Ishitsuka, A. Tsutsumi, R. Iizuka, H. Tsujimura (2012)： Engulfment receptor expressed in the glial cells that clear the dead cells in the developing *Drosophila* optic lobe. The 35th annual meeting of the molecular biology society of Japan. Fukuoka 口頭

(6) Y. Hara, T. Sudo, Y. Togane, H. Akagawa, A. Ishitsuka, M. Iwamura, R. Iizuka, A. Tsutsumi, H. Tsujimura (2012) ：Role of cell death in the formation of neural circuits during development of *Drosophila* optic lobe. The 35th annual meeting of the molecular biology society of Japan. Fukuoka. 口頭

(7) A. Tsutsumi, K. Beppu, Y. Togane, Y. Hara, H. Akagawa, A. Ishitsuka, M. Iwamura, R. Iizuka, H. Tsujimura (2012) ：The role of pro-apoptotic genes in the cell death in the developing *Drosophila* optic lobe. The 35th annual meeting of the molecular biology society of Japan. Fukuoka 口頭

(8) A. Ishitsuka, Y. Togane, Y. Hara, H. Akagawa, M. Iwamura, R. Iizuka, A. Tsutsumi, H. Tsujimura (2012) ：The role of EGFR/Ras/MAPK pathway in the neuronal cell death in the developing optic lobe of *Drosophila*. The 35th annual meeting of the molecular biology society of Japan. Fukuoka 口頭

〔図書〕（計 2 件）

（１）普後 一、東京農工大学出版会、地球は虫の惑星だ！－小学生・中学生・高校生のための昆虫生命科学－(2013) 124 頁

（２）普後 一、東京農工大学出版会、理科教諭のための昆虫生命科学－地球は虫の惑星だ！－（2014）400 頁

〔その他〕

ホームページ

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

６．研究組織

(1)**研究代表者**

普後 一（フゴウ ハジメ）
東京農工大学・(連合)農学研究科（研究院）・教授
研究者番号：90111640

(2)**研究分担者**

・島田 順（シマダ ジュン）
東京農工大学大学・農学部 教授
研究者番号：00015124

・辻村秀信 （ツジムラ ヒデノブ）
東京農工大学・(連合)農学研究科（研究院）准教授
研究者番号：70092492

・阿部広明（アベ ヒロアキ）東京農工大学・(連合)農学研究科（研究院）・助教
研究者番号：80222660