

研究種目：基盤研究（B）
研究期間：2006～2008
課題番号：18300262
研究課題名（和文） 科学コミュニケーターの資質を持った理科教員の育成と実験・観察支援システムの構築
研究課題名（英文） A cultivation of science teacher with qualities of science communicator and proposed support system for scientific experiment
研究代表者 長谷川 正 (HASEGAWA TADASHI) 東京学芸大学・教育学部・教授 研究者番号：40134770

## 研究成果の概要：

理科の実験・観察を児童・生徒に印象づけるための動的实验・観察教材として、室内用を29件、野外用を3件開発した。そして、それらを授業実施するため、教師、児童・生徒、保護者、地域のボランティアと大学教員や学芸員、学生としての院生と学部生からなる室内型と野外型の支援システムを構築した。さらに、学生・院生の科学コミュニケーターとしての意識を高めるための、支援システムを活用した科学コミュニケーター育成プログラムの開発を試みた。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	11,300,000	3,390,000	14,690,000
2007年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2008年度	2,000,000	600,000	2,600,000
年度			
年度			
総計	15,900,000	4,770,000	20,670,000

## 研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学・科学教育

キーワード：支援システム，科学コミュニケーター，野外型，室内型

## 1. 研究開始当初の背景

第3期科学技術基本計画の重要課題の一つに、次代を担う人材の育成があげられている。この人材育成のためには、初等中等教育段階で自然に対する理解や科学技術に対する興味関心を喚起し得るような理科教育を実践していかなければならない。しかし、理科嫌い・理科離れが小中高等学校へと学年が進行するのに伴って増加しているのが現状である。この原因としては、学校での実験や観察の実施率の低下と教育内容の日常生活からの乖離が挙げられている。また、教員の仕事量の増加による実験準備等の時間的ゆ

とりのなさや、特に、小学校教員の実験・観察の経験不足が、この背景にあると考えられている。このような状況下で、児童・生徒の自然に対する理解と科学技術に対する興味関心を喚起するためには、理科教員養成とその中に科学コミュニケーターの育成の要素を入れると共に、実験・観察の実施を支援する体制作りが必要となってくる。

## 2. 研究の目的

(1) 児童・生徒の自然に対する理解と科学技術に対する興味関心を喚起し理科好きにするのには、理科の面白さが感じられ

る実験・観察を体験させることが不可欠である。この研究では、理科の面白さが感じられる動的实验・観察と称する新しい教材を開発する。

- (2) 動的实验・観察教材開発段階から教育学部初等中等教員養成課程理科専攻の学生および教育学研究科の大学院生を参加させ、科学コミュニケーターとしての資質を育成する。
- (3) 日本の風土に適した教育ボランティア制度のあり方を検討するため、北米における学校支援システムを調査・分析する。
- (4) 小中高等学校において動的实验・観察を実践するための研究者、博物館・科学館、教員および大学生・大学院生等からなる学校支援連携システムを構築する。
- (5) 連携システムを活用した科学コミュニケーター育成プログラムの開発を試みる。

### 3. 研究の方法

小中高校生に実験・観察の指導をする学校教師や博物館・科学館の学芸員が自然科学の手法や概念を取得し、児童生徒を理科好きに導けるように(1)実験課題の作成、(2)実験室でのラボワーク、(3)野外でのフィールドワークの構築と(4)実施のための支援システム作りを行う。

#### (1) 実験課題の作成：「体感」して理解する実験・観察教材の開発

実験・観察の学習では、自然現象を感じとり、疑問を持ち、それを解決するための解釈の説明が必要である。児童・生徒に興味を持たせ、実験・観察をするとき、魅力的なテーマと感動を与える内容であることが必要である。そのため、実験・観察の教材化に際しては、①変化が明瞭で、大きいこと、②通常の日常生活で気にかけていなかった事柄を調べること、③日常生活に結びつくこと、④解釈の説明が単純で明快なこと、⑤気を引くテーマ名をつけることをキーとして、教科書の実験課題を取り上げ開発を進める。実験教材開発とそれを用いた教育実践のための設備用品費と消耗品費を計上した。

#### (2) 実験室でのラボワーク、

##### ① 変化に驚きを体験する教材の開発

気づかないうちに変化が起こっている身の回りのことに、ある時気づき驚くことがある。例えば、新しい畳の上に置いたタンスを大掃除の時に動かすと、タンスがあった所だけ青っぽく新しい畳の色が残っていたり、本棚に入れておいた本の背表紙の色だけが薄くなっていたりしていることの発見体験である。これは比較的長時間の変化であるが、これが短時間で起これば驚きも大きく、それ

に対する興味関心も高まる。そこで、「色が変化」「状態が変化」「臭いが変化」に分け、変化、特に化学変化を利用した教育現場等ですぐに使える教材を開発する。先端科学技術の理解も念頭に入れ、教科書レベルの実験教材だけでなく、ナノ材料やイオン性液体など近年の先端科学で注目されている物質を用いた実験教材も開発する。このような教材開発とともに、科学コミュニケーター育成という観点から、変化の原因を紫外線・赤外線分光光度計で探求するプログラムも開発する。

##### ② ラボワークに適した動植物材料の選定とそれを用いた教材の開発

都市化の進んだ日本では、動植物の野外観察場所を探すのは必ずしも容易ではない。野外での観察、実体験は児童・生徒が五感を通して獲得する自然認識の第一歩ではあるが、生物の個体としての成り立ち、生殖と遺伝、生理機能などの生命現象を実験・観察により科学的認識まで高める必要がある。これには室内における動植物の観察、栽培、飼育を通じた観察、実験が重要となる。また、児童・生徒に感動を与え理科の面白さを伝えるためには、児童・生徒にとって実験が未知な内容で方法論的に研究者と同様な研究の進め方を体験することも重要であり、大学研究者の先端研究の成果を学校現場の実験内容に還元することも新しい理科教育では必要となる。そこで、ラボワークに適した動植物の材料の選定とそれを用いて小中高等学校の発達段階に応じた具体的な実験教材の開発を行う。動植物材料の選定法・栽培法・飼育法等は教育者が活用できるようにマニュアル化する。

##### ③ 身の回りの現象を探求する教材の開発

自然界では閃光現象や電磁現象等様々な現象が観察されている。電磁現象の一つに地電流があり、これは地震予知と関係し注目されているが、学校教育ではあまり扱われていない。地震予知を含んだ防災教育は、これからの理科教育で取り組んでいくべき課題の一つである。そこで、地電流を簡便に計測する方法を考案し、小中学校向けに教材化するとともに、原理を理解するプログラムを開発し科学コミュニケーター育成にも活用する。更に、身の回りの他の現象に関する教材開発も行い、それを用いて科学概念の育成を行い得るプログラムの開発も行う。

##### ④ 遺伝子から探求する生命科学教材の開発

遺伝子組換え技術は、遺伝子工学などのバイオテクノロジーの土台となる21世紀の基盤技術といわれており、組換えDNA実験を含む生命科学の知識は、市民の一般教養として重要性が高まっている。そこで、遺伝子の本体であるDNAを実感するため、従来行われているDNA抽出実験の他、PCR法による特定の遺伝

子の増幅実験について検討する。更に、市販されている組換え遺伝子の発現に関するキットについて具体的に検証し、遺伝子発現の原理を理解するための教材開発を行う。科学コミュニケーター育成も念頭に入れ、中・高等学校生徒を対象にした教材の活用法を開発する。

### (3) 野外でのフィールドワークの構築：動植物種の観察と「野外観察」のモデルコース設定

生物・地学の分野に分類される自然は、多様性が大きく、教員が指導に消極的になる分野である。また、都市化の進んだ日本では、観察場所を選定するのも容易ではない。ここでは以下の研究を行う。

#### ① 自分たちの学校の生態系を考察する教材の開発

生物種の分布が地域的に異なるので、分布に関する情報が必要である。東京学芸大学は都内にあるが、構内には武蔵野の自然が残されており、動植物種が豊富で、生態系が保全されており、食物網とエネルギー流により生態系構造が保持されている。この生態系の分析結果を利用すると、各小中高等学校で児童・生徒たちが観察・観測したデータを基に生態系を復元し得る。

#### ② 過去から現在の環境を考察する教材の開発

東京周辺では地層が露出する崖が10年前に比べて半減している。多摩川や荒川などの河川の河床やその周辺、海岸、公園として保護されている場所では、露頭の改変は少ないが大水、降雨や日照りにより、露頭状況が変化している。授業での「地層の野外観察」を支援するためには、最新の露頭状況を把握し、その情報を提供する必要がある。そこで、最新の地層の露出状況の調査と研究を行ない、テーマ別の「地層の野外観察」用の自然観察路を開拓する。このため、東京周辺の「地層の野外観察」実習地の核となる東京都多摩川河床の中流域全域において、地質調査ならびに化石標本の採取を計画している。

#### ③ 昼間の天体観測教材の開発

星の学習には観測が必要であるが、学校現場では夜間観測は難しい。そこで、昼間、太陽を観察することにより、星の色と温度の関係を理解し、恒星の色について学習する教材を開発する。

### (4) 実施のための支援システム作り：支援システムの比較検討

北米では学校教育に体験学習が多く取り入れられている。この学習の中で、ボランティアは授業の成立に不可欠である。実験室でのラボワークはNASAでの科学研究の学校教育への還元活動、野外でのフィールドワークはコ

ロラド州の国立公園パークレンジャーの教育支援、カナダ・アルバータ州の科学博物館の体験活動が参考になる。それらのボランティア活動や制度について調査し、支援システムを分析・検討する。

## 4. 研究成果

### (1) 動的实验・観察教材の開発

理科の実験・観察を児童・生徒に印象づけるため、自然現象の不思議さに感激し、体感する教材の開発が必要であるとして、多数の教材を開発した。①室内実験教材として、「青い色が着いたり消えたりする溶液」、「信号機のように色が変わる溶液」、「アルミ缶をねじ切る(1)」、「アルミ缶をねじ切る(2)」、「炎に色を着ける」、「光で色が着く反応」、「太陽光を用いたベンゾフェノンの光化学実験」、「トランス-スチルベンの光反応生成物の薄層クロマト (Thin Layer Chromatography, TLC) による分析」、「マジックペンの色素の分離」、「植物の色素の分離」、「消えるインク」、「声に反応する溶液」、「固体を混ぜると液体になる！ーイオン性液体ー」、「直視分光器作り」、「白と赤のどっちのワインがいい?」、「化学発光(1)」、「化学発光(2)」、「化学発光(3)」、「液体窒素を使った実験(1)」、「液体窒素を使った実験(2)ー液体窒素ー」、「液体窒素を使った実験(3)」、「液体窒素を使った実験(4)」、「液体窒素を使った実験(5)」、「液体窒素を使った実験(6)」、「錬金術 鉄が金に!」、「分子から探求する新しい生命科学教材の開発ー接触グロー放電によるアミノ酸生成モデル反応の教材化ー」、「水槽の中で「地層のできかた」を観察する堆積実験」、「電気分解」、②野外観察教材として、「多摩丘陵の里山の生態系の解析」、「生態系の復元による人と環境」、「130 万年ほど前の東京の自然を復元しよう」。

### (2) 学校支援システムの構築と実施

開発した動的实验・観察教材を用いた授業実践のための支援システムを構築した。支援システムは、組織としての①学校と②大学・科学館・博物館、①学校の中にいる教師、児童・生徒、保護者、地域のボランティアと②大学・科学館・博物館にいる専門家としての大学教員や学芸員、学生としての院生と学部生からなる。授業支援として、児童・生徒、教師、地域・保護者ボランティア、大学教員、大学生・院生の TA からなる支援パターン図を描くことを試み、支援のパターン化を試みた。その結果、室内型と野外型に区分することができた。このうち、②の博物館に関しては、通常の博物館活動で恒常的に人手不足に陥っており、学校の授業支援にまで手が回ら

ないのが現状であることがわかった。また、野外型では、教育委員会主催の行事として、野外学習が実施されている場合があることもわかった。野外型は、天候や安全面への配慮など、授業内容以外の要素を軽減させる体制を作ることの必要性が分かった。

### (3) 支援システムを活用した科学コミュニケーター育成プログラムの開発

進歩し続ける科学技術、解明の進んだ自然科学について、多くの人が理解することが困難になっており、人と科学技術や自然科学を繋げる科学コミュニケーターの役割が一層必要とされている。伝統的に、理科教員は、その役割をはたしているが、科学技術や自然科学の進歩や学校業務の多忙から、教員の知識や能力を超えることが多い。その意味において、開発した支援システムを用いることは、児童生徒を対象としたファシリテーションを備えており、児童生徒の科学技術や自然科学へ関心を高めることができる。特に、学生・院生を活用することで、彼らの科学コミュニケーターとしての意識を高めることができた。しかし、科学コミュニケーター育成に必要とされる、科学技術や自然科学の課題の認識、情報発信・伝達の仕組み、印象的なプレゼンテーション能力、児童生徒とのコミュニケーション能力の育成は試みられた。しかし、大学の授業としてのカリキュラム開発は宿題として残された。

## 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 28 件)

- 1) 工藤友草・兼田真之・新田英雄 (2008) : 波束による光の屈折の計算機シミュレーション. 応用物理教育, 32, 17 -22. (査読有り)
- 2) 覧具博義・新田英雄 (2008) : 米国大学・高校の基礎物理教育の動向. 大学の物理教育, 14, 92 -97. (査読有り)
- 3) 新田英雄・覧具博義 (2008) : レディッシュ教授の基礎物理講義. 物理教育, 56, 132 -137. (査読なし)
- 4) 小川治雄・石脇健太・生尾光, 吉永裕介, 藤井浩樹 (2008) : 中・高等学校の化学分野における教科書中の図式について. 東京学芸大学紀要, 自然科学系, 60, 9-18. (査読無し)
- 5) 生尾光・吉永祐介・小川治雄 (2008) : 教師教育用学習プログラムの開発: 食塩を題材と

する実験プログラムを例として. 科学教育研究, 32, 39-55. (査読有り)

6) 萩原伸子・西田尚央・小河佑太力・松川正樹 (2008) : 「地層のできかた」を観察する堆積実験の検討. 地学教育, 61, 9-23. (査読有り)

7) 真山茂樹・加藤和弘・大森弘・清野聡子・国府田かおり・押方和宏 (2008) : 珪藻による河川の水質判定シュミレータ“SimRiver”の試用と評価. 生物教育, 48, 10-20. (査読有り)

8) 真山茂樹・中西史 (2008) : 小学校理科に新しい形で遺伝子に関わる内容を導入する -その理念と方策-. 東京学芸大学紀要自然科学系, 59, 43-48. (査読無し)

9) 西慶吾・新田英雄 (2007) : 磁力による作用反作用及び運動量保存の実験. 物理教育, 55, 135 -137. (査読有り)

10) 生尾光・吉永祐介・長谷川貞夫・小川治雄 (2007) : パソコンを活用した物理化学実験 -KClの溶解熱の測定-. 東京学芸大学紀要, 自然科学系59, 27 -35. (査読無し)

11) 小荒井千人・松川萬里子・松川正樹 (2007) : 地質野外学習の支援システムを使用した野外学習の支援システムを使用した野外学習の実践 -八王子市立中山中学校を例にして-. 地学教育, 60, 125-135. (査読有り)

12) 鎌田正裕・鷹西智子 (2007) : 地球上からの金星の見え方と金星・太陽・地球の位置関係を同時に表現できるペーパークラフト教材. 地学教育, 60, 161-169. (査読有り)

13) Kamata, Masahiro and Matsunaga, Ai (2007) : Optical experiments using mini-torches with red, green and blue LEDs. PHYSICS EDUCATION, 42, 572-578. (査読有り)

14) 鎌田正裕・謝東平 (2007) : 残像を利用した交流波形表示器具の開発. 物理教育, 55, 306-309. (査読有り)

15) 新林圭・鎌田正裕 (2007) : 3D周期表の開発と理科授業での利用. 化学と教育, 55, 160-161. (査読有り)

16) Kamata, Masahiro and Paku Mie (2007) : Exploring Faraday's Law of Electrolysis Using Zinc-air Batteries with Current Regulative Diodes. Journal of Chemical Education, 84, 674-676. (査読有り)

17) 真山茂樹・高橋修・湯浅智子 (2007) : 教員養成系大学の特長を生かしたサイエンス・コミュニケーターの育成. 科学教育研究, 34, 380-390. (査読有り)

18) 中村美穂・真山茂樹・加藤和弘 (2007) : 中学生の河川環境に対する意識を高めるための授業プログラム研究—SimRiverを組み込んだ環境教育の実践—. 東京学芸大学環境教育実践施設研究紀要「環境教育学研究」, 17, 61-78. (査読無し)

19) 西浦慎吾・中田好一・三戸洋之・宮田隆志 (2007) : 高校生のための天文学実習用教材「宇宙年齢を測る」の作成. 地学教育, 60, 53-66. (査読有り)

20) 荒川悦雄・嶋川仁 (2007) : 片対数方眼紙の改良が実験授業にもたらしたこと. 大学の物理教育, 13, 91-94. (査読有り)

21) 新田英雄 (2006) : 中学校理科における力の単位「ニュートン」の導入. 物理教育, 56, 206-207. (査読なし)

22) 新田英雄 (2006) : 変数省略にご用心. 物理教育, 54, 13. (査読なし)

23) 長谷川正 (2006) : 「化学」を教える教員の育成. 化学と教育, 54, 386-389. (査読有り)

24) 小川治雄・岡田修一・竹原ゆかり・生尾光 (2006) : 小・中・高等学校での理科や化学の教科書中の太字について. 東京学芸大学紀要, 自然科学系, 58, 95-106. (査読無し)

25) 松川正樹・小荒井千人・柴田健一郎・中西亮平 (2006) : 恐竜の体重測定と食物量—骨格標本と縮尺モデルの差の考察に基づいて, 地学教育, 59, 89-100. (査読有り)

26) 中西 史 (分担執筆), 編集 岡崎恵視, 藤沢弘介 (2006) : 図説 学力向上につながる理科の題材 「知を活用する力」に着目して学習意欲を喚起する 生物編. 東京法令出版, 221.

27) 真山茂樹 (分担執筆), 編集 岡崎恵視, 藤沢弘介 (2006) : 「図説 学力向上につながる理科の題材—「知を活用する力」に着目して学習意欲を喚起する—生物編. 東京法令出版 (東京), 70-73, 214-217

28) 鎌田正裕・中塚啓吾 (2006) : 気体分子運動を疑似可視化する教具を用いた実践研究. 東京学芸大学紀要自然科学系, 58, 7-13. (査読無し)

[学会発表] (計 8 件)

1) 福井真木子・土田直美・小野美智子・松川萬里子・松川正樹 (2008) : 多摩丘陵の里山の生態系の解析 : 食物網とエネルギー流に基づく古生態系の復元教材の開発のための基礎として. 平成20年度全国地学研究大会, 日本地学教育学会第62回全国大会, 平成20年8月17日-19日, 東京学芸大学, 68-69.

2) 小野美智子・土田直美・福井真木子・松川萬里子・松川正樹 (2008) : 生態系を理解する教材の開発とその検討 : 古生態系の復元教材の開発のための基礎として. 平成20年度全国地学研究大会, 日本地学教育学会第62回全国大会, 平成20年8月17日-19日, 東京学芸大学, 70-71.

3) 真山茂樹・高橋修・湯浅智子 (2007) : 教員養成系大学の特色を活かした科学コミュニケーターの育成, 日本生物教育学会第84回全国大会, 2008年1月27日, 名城大学薬学部

4) 真山茂樹・エドアルド・ロボ・大崎博之・加藤和弘・大森宏・清野聡子 (2007) : 珪藻を用いた生物・環境教育の国際化を目指して—英語版とポルトガル語版ビデオの制作. 日本生物教育学会第82回全国大会予稿集, 平成19年1月6-8日, 東京, 88.

5) 真山茂樹・大森宏・加藤和弘・李正鎬・鄭澈・朴ヒョンジョン・大崎博之・清野聡子 (2007) : 英語版・韓国語版SimRiverの制作—世界の国々と分かち合える教育を目指して. 日本生物教育学会第82回全国大会予稿集, 平成19年1月6-8日, 東京, 89.

6) 真山茂樹・加藤和弘・大森宏・清野聡子・大崎博之 (2006) : 珪藻による水質判定シミュレータ“SimRiver”と野外採集および顕微鏡観察を組み合わせた授業の実践と評価. 日本生物教育学会第80回全国大会予稿集, 平成18年1月28, 29日, 横浜, 30

7) 真山茂樹・高橋修・湯浅智子 (2006) : 教育学部で行われる理学色の強い卒業研究と教育界とを結びつける試み : 学生が活躍する公開講座の実践と考察. 日本生物教育学会第80回全国大会予稿集, 平成18年1月28, 29日, 横浜, 56.

8) 中西史・真山茂樹・傳幸朝香・高森久樹・原健二・吉野正巳・金子真理子・三石初雄 (2006) : 小学生の「生命の連続性」に関する意識調査—遺伝子リテラシーの向上を目指したカリキュラム構築のための基礎研究—. 日本生物教育学会第80回全国大会予稿集, 平成18年1月28, 29日, 横浜, 54.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長谷川 正 (HASEGAWA TADASHI)  
東京学芸大学・教育学部・教授  
研究者番号：4 0 1 3 4 7 7 0

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

松川 正樹 (MATSUKAWA MASAKI)  
東京学芸大学・教育学部・教授  
研究者番号：3 0 1 2 7 9 1 4

長谷川 秀夫 (HASEGAWA HIDEO)  
東京学芸大学・名誉教授  
研究者番号：7 0 0 1 3 5 3 9

新田 英雄 (NITTA HIDEO)  
東京学芸大学・教育学部・教授  
研究者番号：5 0 1 9 8 5 2 9

鴨川 仁 (KAMOGAWA HITOSHI)  
東京学芸大学・教育学部・助教  
研究者番号：0 0 3 2 9 1 1 1

小川 治雄 (OGAWA HARUO)  
東京学芸大学・教育学部・教授  
研究者番号：1 0 1 3 4 7 6 9

前田 優 (MAEDA YUTAKA)  
東京学芸大学・教育学部・准教授  
研究者番号：1 0 3 4 5 3 2 4

犀川 政稔 (SAIKAWA MASATOSHI)  
東京学芸大学・名誉教授  
研究者番号：6 0 0 1 4 8 1 7

吉野 正巳 (YOSHINO MASAMI)  
東京学芸大学・教育学部・教授  
研究者番号：2 0 1 7 5 6 8 1

真山 茂樹 (MAYAMA SHIGEKI)  
東京学芸大学・教育学部・准教授  
研究者番号：4 0 1 9 9 9 1 4

原田 和雄 (HARADA KAZUO)  
東京学芸大学・教育学部・教授  
研究者番号：0 0 3 0 1 1 6 9

中西 史 (NAKANISHI FUMI)  
東京学芸大学・教育学部・講師  
研究者番号：3 0 2 9 3 0 0 4

土橋 一仁 (DOBASHI KAZUHITO)  
東京学芸大学・教育学部・准教授  
研究者番号：2 0 2 3 7 1 7 6

西浦 慎吾 (NISHIURA SHINGO)  
東京学芸大学・教育学部・助教  
研究者番号：5 0 3 7 2 4 5 4

鎌田 正裕 (KAMATA MASAHIRO)  
東京学芸大学・教育学部・教授  
研究者番号：2 0 2 0 4 6 0 4