

平成 21 年 5 月 28 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2008

課題番号：19500743

研究課題名（和文）初等・中等教育における新理科教育の教材開発および指導法の研究

研究課題名（英文）Research on Developing Materials and Methods in Science for Primary and Secondary Education

研究代表者

藤田 利光 (FUJITA TOSHIMITSU)

和歌山大学・教育学部・教授

研究者番号：20031809

研究成果の概要：(1) 近畿 2 府 4 県で行われた「青少年のための科学の祭典」の出展から、学校教育教材として適切なものを抽出、「青少年のための科学の祭典(近畿)実験工作教材集」を編集して刊行した。内容は、1. 音と光、2. 身のまわりの世界、3. おもちゃと力学の世界、4. 電気と磁気、5. エネルギー・放射能、6. 対称性が面白い、の各章に分類して、解説を付し、科学的な体系性や位置付けについて分かるよう工夫した。(2) 高等学校の現代物理分野に関して、第一線の研究者に依頼して、高校生の水準で理解でき、興味を持って自学自習できる現代物理学教材を作成した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2008年度	1,800,000	540,000	2,340,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

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：(1) 科学教育 (2) 理科実験観察教材 (3) 実験工作教材  
(4) 青少年のための科学の祭典 (5) 高校物理教材 (6) 現代物理教材

## 1. 研究開始当初の背景

青少年の理科離れが指摘されるようになってから久しい。小学校の生活科の導入に始まり、学校 5 日制やゆとり教育の実施によって、理科の授業時間数の減少や中学理科の内容の高校理科への移行があり、従来 6 単位あった高校物理 I B、II の内容の多くが「物理 II」へと移行し、「物理 II」には現代物理の内容が大幅に導入された。これらにより、小、中学校では理科分野における基礎的な技能や思考力の育成が必ずしも十分には行われ

ず、高校物理では内容の過密化や現代物理の選択履修による学習系統性の低下が生じ、暗記主義の横行や一層の物理離れの進行が懸念される。これらのことは、科学技術立国や、高度科学技術化と情報化が進行する 21 世紀の社会を支える若者たちに、科学的素養（科学リテラシー）の低下をもたらすものとして大変危惧される。

今日、世界的には市民の科学的素養向上の重要性が認識され、科学教育の改善についても様々な検討や提案がなされている。中でも

イギリスの科学教育が注目されている。高等学校レベルでは、物理教育の全く新しいカリキュラムとして、イギリス物理学会(IOP)が開発した『アドバンシング物理学』の評価が高い。本研究の代表者、分担者および研究協力者の一部は、「アドバンシング物理研究会(京都・和歌山)」のメンバーとして実際にこれを利用して行う実践研究および評価研究を行っている。また分担者の一人は、高等学校レベルの教育プログラムとして、包括的理科教育の開発研究を行っている。

代表者および分担者の一部は、理科教員養成の改善にも取り組み、出向型実験工作教室を利用した新しい科学教員養成について実践し、成果を上げている。

代表者および分担者は、日本物理教育学会に所属し物理教育の発展に関わるとともに、同学会近畿支部の活動の一環として行う「青少年のための科学の祭典」に主催者として携わっている。

こうした中で、わが国の理科教育における様々な問題を解決するためには、今日の時代にふさわしい理科教育の改善と、それを支える教員の資質向上、子供たちの科学に対する意欲・関心の育成、保護者や社会の理解増進等について、総合的な展開が必要であるとの認識を持つに至った。

## 2. 研究の目的

(1) 日本物理教育学会近畿支部に蓄積されている「青少年のための科学の祭典」の資料を、科学的原理に照らして点検・補完し、用途や利用対象等で分類した教材資料を刊行するための研究：

科学のおもしろさ、すばらしさを体験させ、科学的な考えを理解させ、科学的な技能や推論の力を育成するため、理科教育においては豊富に科学的実験や観察を体験させることが重要である。日本物理教育学会近畿支部は、過去15年間、近畿2府4県で「青少年のための科学の祭典」に取り組んできた。その結果、各府県に理科実験や実演に関する膨大な資料が蓄積されている。これらの資料を現時点で点検し、内容を吟味し、対応する科学的原理に照らして検討を加え、必要に応じて説明や科学的原理について補足し、さらに詳細に関する問い合わせ先等の情報を含めて冊子として公刊し、ウェブ上で公開する。このことにより、新しい理科教育の教材として、理科教員の研修のための素材として、あるいは児童生徒が参加する科学的な催しのための手引きとして効果的に利用する。

(2) 高等学校「物理Ⅱ」の選択可能項目に関する教育上の問題点を整理し、高等学校における現代物理分野の新たな教材を開発のための研究：

殆どが現代物理学を内容とする「物理Ⅱ」

の選択分野について、高等学校の教育現場における実情を調査し、意欲的な教員が取り組んでいる実践例を蒐集する。また、最先端の研究を行っている物理学研究者から話題提供を求め、高等学校で現代物理学を扱う効果的な方法を研究する。

その際、場合によっては、量子力学、相対論等、現代物理学の知識の習得にはこだわらず、むしろあえて古典物理学で理解できる程度に止め、しかし定量的理解を重視して扱うことも大切である。このようにすれば、高校生にも、科学技術や産業、医療の現場で現に使われている生き生きした現代物理学の姿が見えてきて、物理学に対する意欲、関心を高めることが出来るだろう。

こうしたことを通じて、高等学校で現代物理学の内容を効果的に教えるための教材、高校生が興味を持って自習できるような教材、現場教員の研修にも役立てられるような新たな教材を開発する。

## 3. 研究の方法

(1) 前節、研究目的の(1)に関して：

### ①資料の収集と整理、点検

日本物理教育学会近畿支部が開催に関わった過去数年の近畿各府県の「青少年のための科学の祭典」について、各府県主催担当者の協力を得てパンフレット等の資料を収集した。その上で、含まれている出典内容を、分野や関係する科学的な諸原理、対象学校種や対象学年等の観点から分類して、内容や記述の学校教育教材としての適否について検討し、適当と思われる教材約175点を選択した。選択した教材について、新たに実験工作教材集を作成することの趣旨を伝えた上で、当該出展者に、共通的な事項、仕様に従って、新たな原稿執筆を依頼した。以上について承諾し原稿が提出された125点の教材について、本研究の代表者、分担者および協力者(以下、「研究グループ」という。)が手分けして点検し、必要に応じて修正、補筆等を行った。研究グループでは、このために適宜研究会を開き、内容の一貫性や分類等に関して打ち合わせをした。

### ②小、中高等学校のカリキュラムの研究

我が国の指導要領と現行教科書、カリキュラムの特徴、外国の理科教育プログラムとの比較等の調査・研究を行い、それとの関連で収集整理した各教材を点検し、原稿の分類、修正、補足等の検討作業に反映させた。

### ③実験工作資料集の編集

教材は、科学的な体系性ばかりでなく、教材の実生活における親密度、学校教材としての使いやすさなどに配慮して分類を行い、最終的には6章に分類した。各分類毎に科学的な説明を付し、各教材の位置付けに関する解説を作成して、実験工作教材集の冊子を作成

した。

#### ④実験工作教材集のウェブによる公開

完成した実験工作教材集は、購入したサーバーにウェブのサイトを開設して公開した。

(2) 前節、研究目的の(2)に関して：

#### ①「物理Ⅱ」の現代物理学の項目配列における問題点の検討

第1線の研究者、理系の大学・学部で初年級の物理教育を行う者、および高等学校で実際に授業を実施する者等の異なる立場、異なる方向から、高等学校の現代物理学に関する選択可能項目について教育上の問題点を整理した。

#### ②教材開発、教材作成

現代物理学の教材について、項目、内容、系統性等を検討し、教材の項目を選定して、適切な執筆者を選出して教材作成・原稿執筆等を依頼した。

③提出された原稿に関しては、必要に応じて研究会を行い、検討と意見交換を行った。

④最終的に得られた高校現代物理学教材は、ウェブのサイトを開設して公開した。

### 4. 研究成果

(1) 毎年、近畿2府4県では約15カ所の会場で青少年のための科学の祭典が開かれている。1府県1カ所での開催から1府県内複数カ所での開催まで、取り組み方は府県によって様々だが、1992年に大阪で初回の科学の祭典が開催されて以来、近畿地区では途切れることなく続いており、規模も内容も拡大してきている。年々来場者数も増え、子どもたちはもちろん、子どもの保護者や一般の成人の来場者も出展を見回り、実験に参加することを楽しんでおり、各地域ではこれが年中行事として定着している感がある。

出展者は、小・中・高等・特別支援学校などの教員が多いが、大学教員、博物館や科学館などの学芸員や職員、退職した教員等、あるいは企業からの出展もある。教職員の場合は、科学の普及と発展に積極的な意欲を持ち、自発的に参加する理科の教員や、科学教育、科学研究に携わる者が多い。それ以外に、どの会場でも中・高生や大学生の出展が多く見られる。中・高生の場合は理科部、物理部、化学部、生物部、地学部など、理科関係のクラブ活動の一環としての参加が多く、これには担当している教員の指導影響が大きい。大学生の場合、自然科学系の学部の学生が教員からの助言・指導によって参加するものもあるが、将来教職を目指す学生が児童生徒の指導を体験するために参加するものもある。科学の祭典が、青少年が科学の受け手から送り手に変化するきっかけを提供しているということは意義深い。1年に2日の催しが、多くの人々に様々な影響を与え、様々な目的で活用され、多様な形で科学の普及と発展に役

立っている姿は大変好ましい。

出展の内容は多彩である。各出展は必ずしもオリジナルなものとは限らず、一般に出回っている文献やインターネット等の情報源からの借用も多い。しかしそれぞれに、来場者の科学に対する興味・関心を引き出すために出展者なりの工夫がある。また、こうした工夫の積み重ねが、新しい提示の仕方や実験の開発に発展する場合もある。大学生や中高生の場合は、こうした工夫を通じて出展者自身が科学に対する理解を深めるという効果も期待できる。

このように、科学の普及や発展に対して青少年のための科学の祭典が今日果たしている役割は、疑いなく大きいものがある。しかしこれがあくまで年に2日間のイベントとして行われているため、影響力は基本的には訪れる来場者に限られる。また、個々の出展は、多くの出展の中ではアミューズメントの一つとしての印象に埋没しがちで、それだけでは体系的、系統的な科学理解には結びつきにくいなど、一言で言うならば一過性の効果しか期待できないということも確かである。もともとそれ以上の効果を期待するのは無理だと考えた方がよい。

一方、科学の祭典の出展の多くは、科学的原理を興味深く、明快に理解できるよう工夫されたものが多い。また、自然の事物や現象、科学技術などに対して子ども達の関心を高めるように工夫されたものも多く含まれている。さらに、比較的容易に準備でき、安全に実施できるようにも工夫されている。こうしたことを考えると、これらの内容を整理して、日常的に利用しやすい形で提供するならば、もっと手軽に、広範囲の教育現場で活用されることが期待できる。

本研究では、科学の祭典の出展を科学的な見地から見直し、学校教育の現場で教材として利用できるものを整理して、「青少年のための科学の祭典(近畿)実験工作教材集」を編集し、冊子として刊行した。こうすることによって、今までの科学の祭典における蓄積を、一過性のものにとどめることなく、学校教育の現場で継続的、系統的に利用し活用する道筋がつけられたと考える。またこのことは、イベントとしての科学の祭典と、体系的・系統的な科学教育であるべき理科教育との橋渡しになると考えている。

本研究では、過去数年の「青少年のための科学の祭典」の出展から選択した175あまりについて、あらかじめ定めた共通の項目と様式に従って出展者に原稿を依頼した。集まった125点の原稿を(採用を取りやめたものもいくつかあるが)、1. 音と光、2. 身のまわりの世界、3. おもちゃと力学の世界、4. 電気と磁気、5. エネルギー・放射能、6. 対称性が面白い、の6つの章立てに分類した。

各章は、編集者の責任で、最初に包括的な解説を行い、科学的な背景や体系性を明らかにして、個々の教材の位置付けを示した上で、関係する実験工作教材を配置した。細かいこととしては、手引きとしての使いやすさを考え、個々の実験工作教材の説明はページの途中からではなく最初から始まるように配慮した。教材の説明は、編集者の責任で点検し、不十分な点や誤りがあれば補筆訂正を行い、表現や体裁もできるだけ統一するようつとめた。

各教材の説明で共通の記載事項は以下の通りである：

標題、著者、所属

1. 子どもたちへのメッセージ
2. 対象
3. 用意するもの、材料、器具など
4. 具体的な内容、実施方法
5. 安全上の注意
6. 問い合わせ先

参考文献、参考 URL 等

ここで配慮したことは、まず、原稿執筆者の著作権を尊重することと、不明な点についての問い合わせ先を明記したことである。これは、冊子の利用者と出展者との橋渡しを意図したものである。著者が学生の場合など、問い合わせ先を明記できない場合はやむを得ずそのままにした。また、参考文献や URL 等の出典は各執筆者に明記してもらった。実施方法の説明は、実験に不慣れな教員でもこれならできるやってみようと思ってくれる程度の詳しさを記述するよう依頼し、特殊な材料については入手方法も記載してもらった。安全や健康に対する意識を育てることは理科教育・科学教育の重要な役割だと考え、安全上の注意の項目は重視すべきものと考えている。

教材の分類は、科学的な体系性ばかりでなく、取り上げる教材の数、各教材と児童生徒の生活との距離感、科学的な認識の難易度のレベルなどに配慮して行った。「音と光」を最初の章に置いたのは、物理学的な教材としては身近で、直感に訴えやすく、児童生徒の興味も引きやすいからである。光が関係する実験工作教材は結構多数あるが、これは、光が身近な対象であるという理由ばかりでなく、光が、現代科学にも通ずる深い科学的な理解につながる重要な科学的考察の対象だからでもある。立体視や錯視、色の認識などは、神経・脳の生理や心理学的認識にまで広がるテーマである。第2章は「身のまわりの世界」ということで、動植物や染色、化学変化等に関係する教材を集めたが、必ずしも身のまわりのものに限ってはいない。第3章は力学的な教材を集めて、関連して動くおもちゃ作りなども含めてある。第4章には電磁気学的な教材を集めた。やさしい静電気の実験

から、ある程度の集中力が必要な磁力線の作図などまであるが、児童生徒の発達段階に応じた利用が可能である。第5章はエネルギーというキーワードでまとめられるような教材を集めた。熱力学、地震や気象、放射能などが関係する教材を含んでいる。最後に第6章には、科学的な感性や知的好奇心に深く関わる数学的な教材を含めた。いずれにせよ、教材を細かく個別学問分野的な意味で区分し分類することはしていない。

ここで取り上げた実験工作教材は、科学教育の教材としては偏りがあることに注意する必要がある。というのは、殆どの場合、直感的で、定性的な実験だからである。系統的、体系的な科学教育においては、定量的、論理的な実験は不可欠である。それをここで取り上げたような実験で置き換えることはできない。科学的な興味関心を引き出したり科学法則のデモンストレーションとして認識させる実験と、科学的探求の方法、科学認識の手段、科学的な技能としての実験は区別する必要である。後者は、教科書と学校の授業に任せるべきものである。

この研究で作成した冊子は、今後の科学教育の振興に役立てられることを目的として、近畿2府4県の国公私立の全小・中・高等・特別支援学校に各校1冊ずつ寄贈し、教育委員会その他の公的機関にも求めに応じて寄贈した。また、この研究で購入したサーバー上でウェブサイトを立ち上げ、以下の URL からインターネットを通じて PDF ファイルをダウンロードできるように公開している：

<http://pesj.k12.osaka-kyoiku.ac.jp/scifes/>

(2) 高等学校の現代物理分野の教材作成に関しては、大学の第一線の研究者に依頼して、高校生の水準で理解でき、かつ興味関心持って自学自習できるような教材として、以下のようなテーマの自習教材を作成した：

- ①原子と電子
  - ・粒子の波動性
  - ・原子と原子核
- ②物質の性質と電子
  - ・固体の電気伝導～バンド理論～
  - ・金属と絶縁体の区別が生じる理由～バンド理論～
  - ・半導体理論
- ③原子と原子核
  - ・ダブルハイパー核
  - ・宇宙のダークマター
- ④原子核と素粒子
  - ・放射線

本研究では教材の作成するまでの段階で終わってしまったが、今後は実際に使用しながら、高校生にとって本当に使いやすい教材とするよう改善を行うことが必要だと考えている。

本年3月に公示された高等学校の新学習指導要領では、教科理科の科目の組立や必修・選択の仕方も変更された。本報告の1. 本研究開始時の背景、および2. 研究の目的の節で述べた現行学習指導要領教科理科の「物理Ⅱ」における現代物理や選択可能項目の扱いは変更もしくは廃止となっている。このような変化に対応するよう、ここで得られた教材を今後見直すことも必要となる。

現段階では、(1)と同様、以下のURLからインターネットを通じてPDFファイルをダウンロードできるように公開している：  
<http://pesj.k12.osaka-kyoiku.ac.jp/sciefes/>

#### 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3件)

- ① 越桐國雄、科学教育ポータルサイトの現状と課題、大阪教育大学紀要 第V部門(教科教育)、第57巻、151-161、平成21年(2009)、査読無。  
<http://ir.lib.osaka-kyoiku.ac.jp/dspace/handle/123456789/7558>
- ② 奥田雅史、藤田利光、宮永健史、日・英の中学校理科教材の比較 -光の单元-、物理教育(日本物理教育学会誌)第56巻、320-326、平成20年(2008)、査読有。  
<http://ci.nii.ac.jp/naid/40016378818/ja>
- ③ 高木衛、辻下浩行、越桐國雄、理科実験デジタル教材の開発、大阪教育大学紀要 第V部門(教科教育)、第56巻、27-39、平成19年(2007)、査読無。  
<http://ir.lib.osaka-kyoiku.ac.jp/dspace/handle/123456789/647>

[図書] (計1件)

- ① 監修・編著:藤田利光、小川雅史・越桐國雄・高杉英一・原俊雄・宮永健史  
出版社：日本物理教育学会近畿支部  
書名：青少年のための科学の祭典(近畿) 実験工作教材集  
発行年：2009  
総ページ：288

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

藤田 利光 (FUJITA TOSHIMITSU)  
和歌山大学・教育学部・教授  
研究者番号：20031809

##### (2) 研究分担者

高杉 英一 (TAKASUGI EIICHI)  
大阪大学・大学教育実践センター・教授  
研究者番号：00135633

宮永 健史 (MIYANAGA TAKESHI)  
和歌山大学・教育学部・名誉教授  
研究者番号：60031796

原 俊雄 (HARA TOSHIO)  
神戸大学・理学部・准教授  
研究者番号：50156486

越桐 國雄 (KOSHIGIRI KUNIO)  
大阪教育大学・教育学部・教授  
研究者番号：90153527

##### (3) 協力者

小川 雅史  
京都府立嵯峨野高等学校・教諭

筒井 和幸  
大阪教育大学・附属高等学校・教諭