

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 17 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23402066

研究課題名(和文) 開発途上国の理数科教育における科学的応用力に関する調査研究

研究課題名(英文) A Study on the Scientific Application Skills of Science and Mathematics Education in Developing countries

研究代表者

清水 欽也 (Shimizu, Kinya)

広島大学・大学院国際協力研究科・教授

研究者番号：70325132

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円、(間接経費) 3,990,000円

研究成果の概要(和文)：本年は、カンボジア、ルワンダ、バングラデシュ、インドネシアの各地において調査を行い、その結果をまとめた。バングラにおいては、科学的応用力育成のため絵本の活用について実証的なデータのまとめを行い、一定の有効性を示せた。カンボジアについては、初等教員養成学校における探求型授業の効果を検証し、これについてもその科学的プロセススキルに伸長に対する効果が認められた。ルワンダについては子ども中心型の授業の普及度について調査したが、あまり普及していないことが明らかとなり、科学的応用力の育成は進んでいないものとみられることがあきらかとなった。一方、インドネシアにおいては、探求型授業の形跡がみられた。

研究成果の概要(英文)：In 2013, we have conducted research in Bangladesh, Cambodia, Rwanda, and Indonesia. In Bangladesh, we investigated the effect of picture book on the understanding of concept of germ and found that it has some effects on understanding. In Cambodia, we found that science process skills were improved in PTTC where the development of inquiry science lesson are conducted. In Rwanda, there are only a few science class which adopts the child centered lesson, therefore, we expect that there will be a problem in development of scientific thinking skills. On the other hand, our observation in Indonesia revealed that there were some inquiry science lessons so we can expect that their scientific thinking skills will be improved.

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：教科教育学

キーワード：開発途上国 探求型授業 科学的探究スキル

## 1. 研究開始当初の背景

1990年代以降、開発途上国の我が国に対する理数科教育の協力の要請も数多くあり、広島大学も1990年代のフィリピンを始め、今世紀に移行してからも、ケニア、ガーナ、ザンビア、バングラデシュ等の理数科教員の強化に携わってきた。これらの経験は各国個別の経験として蓄積されつつある。しかしながら、多国間にわたる共通性・差異性に関してはまだ体系化が進んでいない。そこで、特に TIMSS や PISA 調査においては、先進国における理科・数学の成績やリテラシーが基盤となっているため、焦点が開発途上国の成績の低さとなりがちである。このような現状においては、どのようなカリキュラム、授業手法、教材が有効であるのかが見出しにくい。そこで、複数の開発途上国のみを取り上げ、そこから先進国とは異なる開発途上国固有の理科・数学教育の現状やあり方を探るための研究が必要となる。

一方、開発途上国の今後の発展においては、「持続可能な発展 (Sustainable Development)」および「内発的発展」は今後、主要な二つのキーワードとなることが予測される。そこで、これらの発展を遂げることを目的とした場合、開発途上国における理科・数学教育のあるべき姿とは、「自ら考え、自ら行動し、解決していく」ための手段、つまり理数科教育においては、知識の伝達にとどまらず、獲得した知識や概念を理解し、それを活用していく能力の育成が重要となる。したがって、「内発的発展」を促すための理科・数学教育とは、理科・数学の学習を通して、科学的な活用力を身に付け、その能力を基盤として「彼ら自身が問題を発見し、彼ら自身がその解決手段を模索し、解決のための行動を起こす」ことにその主眼が置かれるべきである。

このように、科学的応用力の育成は「持続

可能な発展」および「内発的発展」において必要不可欠であるにも関わらず、科学教育における開発途上国の理数科教育に関する研究は、TIMSS や PISA の示す知識・理解に基盤を置く学力の問題、インフラ不足、教員の資質や力量、簡易実験教材開発に偏在しており、開発途上国における個々の生徒の思考力の育成に着目し、それを測定・比較し、発展のための科学的応用力の育成に資する知見の蓄積はいまだなされていない。

よって、本研究においては、開発途上国における科学的応用力の育成については喫緊の課題であるととらえ、「開発途上国における理数科教育における科学的応用力に関する調査研究」を着想するに至った。

## 2. 研究の目的

本研究においては、科学的応用力を「基礎的科学概念の理解およびその活用力」および「科学的探究スキルおよび論理的思考力」から構成されるものとみなし、研究を進めていく。そこで、まず、開発途上国のカリキュラムおよび授業を以下の視点から分析する。

- (1) 理科における数学概念の応用
- (2) 理科における生活関連事象の応用
- (3) 対象国における誤概念調査
- (4) 科学的探究スキル（メタ認知能力・科学プロセススキル）の育成
- (5) 論理的思考力の育成
- (6) 実験・観察場面の提供

上記の (1) ~ (2) については、「基礎的科学概念の理解および活用力」の育成の機会がカリキュラム及び授業レベルでどの程度提供されているかを探るものである。

(3) ~ (5) については、「科学的探究スキルおよび論理的思考力」の育成の機会が授業レベルでどの程度提供されているかを

探る。(Intended, Implemented の視点)

次に、上述の枠組みに基づいて、科学的思考力を測定するテストを開発し生徒レベルでの達成度を途上国間で比較し、各国の科学的思考力の現状を明らかにする。その際には、TIMSS, PISA,及び 1980 年代に開発された科学探究スキルテストや論理的思考力測定テスト等を開発途上国の実情に合わせ、改良や修正を図る。(Achieved の視点)

さらに、これらのテストの結果を踏まえ、科学的思考力育成のための教材を開発し、試行することで科学的思考力開発に関する知見を得る

### 3. 研究の方法

まず、平成 23 年度は科学的応用力に関する文献を収集し、測定のためのテスト及び質問紙の開発を行った。この開発に当たっては、途上国の現状を授業レベルで理解するため、研究代表者、分担者及び協力者がザンビア、バングラデシュ、カンボジア、ガーナを訪問し、当該国の理科および数学のカリキュラムや教科書および授業ビデオを収集し、以下の観点から各国のカリキュラムおよび授業を分析する。その後、日本語による開発を行った後、英訳および現地語に翻訳し、現地にて調査を実施しテストの妥当性と信頼性を検討する。現時点で期待される活用力調査の内容は次の通りである。

#### (1) 理科における数学概念の応用力

理科のカリキュラムと教科書を数学のカリキュラムと対比させ、理科における算数・数学学習事項の応用可能場面を同定し、その場면을前提とした数学的概念の活用力を測定するテスト・質問紙を開発する。

#### (2) 誤概念調査

主として、これまで先進国等で指摘された物理や生物に関する誤概念と途上国固

有の誤概念とを比較するための質問紙・テストを開発する。

#### (3) 科学的探究スキル(メタ認知能力・科学プロセススキル)の育成

従来、日・米・欧で活用されてきたメタ認知能力や科学プロセススキルを測定するテスト・質問紙を途上国において実施し、その信頼性妥当性を検討し、改良する

#### (4) 実験・観察場面の提供

各国をフィールド調査し、理科授業における実験・観察場面を記録し、その特徴を抽出する。

平成 24 年度は生徒の科学的応用力の現状について調査する。前年度開発した調査問題を元に、研究協力者や海外の研究協力者の協力を経て調査を行う。収集されたデータはパソコンにまとめられ、統計ソフトウェアを用いて分析を行う。

さらに、同時にこれまで我が国における構成主義研究からあきらかにされてきた自然事象についての誤概念について、調査問題を作成・実施し分析を行う。さらに、各国における固有の誤概念をフィールド調査等によりその事例を収集する。

これらの調査結果をまずは国内の学会はもとより、レビューを受けるとともに、有効な教授方法についての知見を収集する。

平成 25 年度は、前年度までの調査結果を踏まえて、科学的思考力育成のための教材開発を行うとともに、より詳細な二次分析を行い、要因分析を行う。その後、各国に見られる科学的思考力育成の現状と課題について共通点・相違点を見出し、各国の研究者と議論を重ねることで、理科・数学教育の発展段階に関する指標化を行う。さらには海外の学会を中心に結果の発表を行いレビューを受け、より精緻な教授モデルを作成する。

### 4. 研究成果

本研究の成果についていくつか例示する。

まず、バングラデシュ国においては、同国において、近年初等学校段階に導入された Teaching Package において、どの程度プロセススキルの活用場面が設けられているかについて、抽出し、分析した。その結果、各学年段階において、観察、伝達、推論、予測スキルについては活用する場面が多く求められている一方、そのほかの基礎プロセススキルや統合プロセススキルについてはほとんど見られないこと、およびこれらのスキル伸長において、発達段階に対する配慮がみられないことなどを明らかにした。

同じく、バングラデシュについて小学校修了段階における理科の到達度およびその要因についての分析を行った。その結果、生徒の性別、親の学歴、読書習慣、学校の都会度、及び教師の性別（女性）が直接的な効果をもっており、また重相関係数の平方の比較から、個人内的、家庭的な影響よりも学校・教室内的要因のほうが大きいことが明らかにされた。

カンボジアにおいては、まず、これまで欧米先進諸国でも研究されている動力学に関する誤概念の調査を行った。そこでは、これまでの先進諸国でも見られた一般的な誤概念、たとえば速度と位置の混乱、MIF 理論などが見られた。それとともに、エレベーター内での問題などあまり普及していない設備を利用した場面がでてくるものについては、従来の研究よりもより低い正答率を示すなどの誤概念がみられることも明らかとなった。しかしながら、この誤概念を活用し、認知的葛藤場面を設定した問題解決型の授業を行ったところ、より効果的な授業が行えることもあきらかとなった。

また、同じくカンボジアにおいて、8 歳～15 歳の児童・生徒に対して、月の満ち欠けに関する視点移動能力の発達について調査を行った。その結果、視点移動能力の下位にある左右概念については、12 歳以上で 60%以

上を獲得されているが、その段階においてもその概念を視点移動に適用することができず、そのための指導が望まれることも明らかとなった。

さらに、カンボジアにおいては、初等教員養成学校の教師についても科学的プロセススキルの能力について調査をおこなった。その結果、たとえば基礎的プロセススキルのうち、観察能力については、高い能力を示す一方、伝達能力や統合的プロセススキルについての能力は低いことが明らかとされた。ただし、初等教員養成校によっても、有意な差があり、たとえば、タケオやプレイベンなど過去に青年海外協力隊のインプットがありかつ授業研究プロジェクトに熱心に取り組んでいる学校については、そのほかの養成校より有意に高いことがあきらかとなった。

また、カンボジアにおける科学的プロセススキルの調査については、JICA プロジェクトの効果測定という形で調査されている。このプロジェクトでは、初等教育段階において、実験・観察の導入や発問に基づく授業についてまずは初等教員養成学校での普及を図っている。そして、それを初等教育学校に拡大・展開していく前後でプロセススキル能力の変化について調査を行った。その結果、問題の同定、仮説の設定などの実験前に活用するプロセススキルについては有意な向上がみられる一方、データの解釈やグラフ化等の実験後の活動については有意な効果がみられなかったことが明らかとなった。

ザンビアについては、自由研究の現状と課題について調査した。ザンビア国においては、生徒が科学的探究能力を身につけるために、1968 年より全国規模の自由研究大会が開催されている。この大会に参加する教師・生徒双方にインタビューを行ったところ、教師側は生徒の能力を把握しきれておらず、生徒が一定の能力を示しているにも関わらず、「生徒は課題を与えないと何もできない」と考え

ている一方、生徒側はこのようなお仕着せの研究課題によって、自由研究をさせられることで、探求活動自体に意欲を失ってしまい、そこからまた、教師は「生徒には意欲がない」という判断をしてしまうという悪循環に陥っている現状が明らかとなった。

また、ルワンダにおいては、理科の授業において生徒の考えを引き出し、どのように科学的活用力を育成しているのか調査した。ルワンダの1地方から14校抽出し24の指導案、27の授業をビデオで記録し、ブルームのタキソノミーやフランダースの授業分析の手法を用い、授業の目的、内容選択の規定要因、授業者の役割、生徒の学習の責任の所在、授業内評価のプロセス、生徒と教師の力関係を分析した。その結果、授業が設定している目標の多くは知識の獲得といった低次の認知的な目標であり、授業は教師主体で進められており、さらに授業内評価の中心は、暗記がほとんどであることが明らかとなった。このような要因が生徒の科学的活用力の育成が阻害されていることが明らかとなった。

#### 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 10 件)

1. 河原太郎「TIMSS・PISAの2次分析に関する英語論文の実態－ERICのJournal Articlesに焦点を当てて－」、『国際協力研究誌,第20巻第2号』,1-8,2014、査読有
2. 坂本知穂「カンボジアにおける児童生徒の視点移動能力に関する研究－シェムリアップ州ワット・ポー地区の児童生徒における月の満ち欠けの理解に関係して－」、『修士論文要約集』、広島大学大学院国際協力研究科、pp.66-67,2012、査読無
3. 高坂将人「ザンビア中等教育における物理との関連を意識した関数授業に関する研究－文脈依存性に着目して－」、『修士論文要約集』、広島大学大学院国際協力研究科、pp.50-51,2012、査読無
4. 清水 欽也「カンボジア王国における理

科教育事情』、『学校教育』8月号、pp.70-73、2011、査読無

5. Svey Souma "An Analysis on Students' Misconception of Force and Motion among High School Students and Development of Teaching Method in Cambodia", Abstracts of Master's Theses in 2011 Academic Year, 108-109, 2011、査読無

他5篇

[学会発表] (計 20 件)

1. CHHUN Penh, IKEDA Hideo, SHIMIZU Kinya"A Review of Researches on Factors Affecting Student Achievement in Cambodia", 日本教科教育学会第39回全国大会, 2013年11月23日 岡山大学
2. SAR Monyrath, SHIMIZU Kinya"Science Teachers' Perception on Teacher Center and Inquiry-Based Approach at Upper Secondary Level in Cambodia", 日本教科教育学会第39回全国大会, 2013年11月23日、岡山大学
3. CHUONG Chantha, SHIMIZU Kinya, "Developing Country and Science Education V: Examination of Science Process Skills of Elementary Teacher Trainees in PTTCs in Cambodia." 日本理科教育学会第62回全国大会, 2013年8月11日、鹿児島大学
4. KAO Sovansopha, SHIMIZU Kinya "Developing Country and Science Education V: Factors Affecting Students' Choice of Science and Engineering Majors in Higher Education of Cambodia." 日本理科教育学会第62回全国大会, 2013年8月11日、鹿児島大学
5. KHUT Sokha, SHIMIZU Kinya, IKEDA Hideo "Developing Country and Science Education V: Analysis of Science Textbooks and Science Teaching at Primary School in Cambodia: Focusing on Scientific Literacy." 日本理科教育学会第62回全国大会, 2013年8月11日、鹿児島大学
6. 中里春菜, 池田秀雄. 「開発途上国と理科教育－ザンビア共和国における中等理科教師の指導に対する意識－」日本理科教育学会第62回全国大会, 2013年8月11日、鹿児島大学
7. Siddiquee Muhammad Nur-E-Alam, IKEDA Hideo "Developing Country and

Science Education V: Investigation of Science Teaching at Secondary Schools of Bangladesh” 日本理科教育学会第62回全国大会, 2013年8月11日、鹿児島大学

8. 清水欽也、杉山竜一、河原太郎「開発途上国と理科教育 IV (1) —カンボジアにおける前期中等段階生徒のプロセススキル調査—」日本理科教育学会全国大会、2012年8月、鹿児島大学
9. 河原太郎「開発途上国と理科教育 IV (2) —バングラデシュ初等教育における到達度と社会的背景要因に関する考察—」日本理科教育学会全国大会, 11D-102、2012年8月11日、鹿児島大学
10. 高坂将人「開発途上国と理科教育 IV (4) —ザンビア共和国における自由研究の現状と課題—」日本理科教育学会全国大会, 11D-104、2012年8月11日、鹿児島大学

他 10 篇

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

清水 欽也 (SHIMIZU KINYA)  
広島大学・大学院国際協力研究科・教授  
研究者番号：70325132

##### (2) 研究分担者

馬場 卓也 (BABA TAKUYA)  
広島大学・大学院国際協力研究科・教授  
研究者番号：00335720

池田 秀雄 (IKEDA HIDEO)  
広島大学・大学院国際協力研究科・教授  
研究者番号：50112165

木下 博義 (KINOSHITA HIROYOSHI)  
広島大学・大学院教育学研究科・准教授  
研究者番号：20556469

松浦 拓也 (MATSUURA TAKUYA)  
広島大学・大学院教育学研究科・准教授  
研究者番号 (40379863)