

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 9 日現在

機関番号：32717

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23300292

研究課題名(和文) 科学の有用性を意識させ科学的な態度を育成する持続発展教材の国際協働研究

研究課題名(英文) International Co-research on SD Educational Materials to Be Conscious of the Usefulness of Science and to Foster Scientific Attitude

研究代表者

松原 静郎 (Matsubara, Shizuo)

桐蔭横浜大学・スポーツ健康科学部・教授

研究者番号：50132692

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,300,000円、(間接経費) 3,390,000円

研究成果の概要(和文)：開発した持続発展教材の学習で生徒は科学技術の有用性と問題点、解決のための取組を理解できた。また、持続発展教材の枠組での目標の一つである「科学者や技術者の努力を知り、科学技術に前向きな意識を持つ」観点からの記述が見られた。アジア3か国とは協働して持続発展教材の研究や実践を進め、フィリピンでは新教育課程に大気汚染対策教材が取り入れられた。

すでに開発した二酸化炭素/酸素センサに加え、空気電池を用いた酸素センサを新たに開発し、教育センターや学校で活用事例の研究開発及び実践をした。

研究成果の概要(英文)：Educational materials on Sustainable Development (SD) which have been developed by our research group made students to understand usefulness and issues of science and technology and efforts to grapple with them. Students made description on "to know about the efforts of scientists and engineers, and possess a forward-looking awareness of science" which is one of the objectives in framework of SD educational materials. The co-researchers of Japan and three countries in Asian proceeded studies and practices on SD educational materials and "Air Pollution" educational material was incorporated in new lessons in Philippines.

The air-cell type oxygen sensor developed newly as well as carbon-dioxide/oxygen sensors was practiced to find good use as teaching instruments in prefectural education centers and schools.

研究分野：複合領域

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：自然科学教育 環境教育 持続可能な発展 科学的態度 国際研究者交流

### 1. 研究開始当初の背景

1980年代に登場した、持続可能な発展(SD)の基本概念は、国連環境と開発に関する世界委員会の報告書「我ら共有の未来」にあるように、「将来の世代がそのニーズを満たす能力を損なうことなく、現世代のニーズを満たす開発」、すなわち、「私たちと子孫の生活の質向上のための開発」といえる。

我々は、化学でSDを具体化したといえるグリーン・サステナブルケミストリー(環境にやさしく持続可能な化学;略称GSC)の考えを取り入れることが理科でのSD教材作成の一つの観点と考えている。GSCとは、汚染が発生してから処理ではなく、汚染そのものの発生を断つための原理と方法論のことで、すでに化学の潮流となっている。

この考えを入れた「大気汚染対策教材」や「電気教材」を開発・改訂するとともに、理科におけるSDの枠組みとして、利害の二面性を理解すること、科学技術者の努力を知ること、科学技術に前向きな意識を持つこと、科学技術に関連する事象を自ら判断・意思決定し活動する意欲を示すことの三つの目標を挙げ、教材に組み込むようにした。学習後の生徒の意識に明らかな変化が認められ、科学の価値や学習の意義について多くの生徒が認めていた。

さらには、アジア3か国でSD教材を実践し、また、国際ワークショップを開催して情報交換し、同一教材を各国で実践・検討したり、新教材を開発・改訂したりする意義を相互に確認してきた。

### 2. 研究の目的

各国で取組が進んでいる持続可能な発展(SD)のための教育に対応した教材を、理科の立場から開発するとともに、わが国ばかりでなくアジア各国にも通用する教材とする。本研究はその達成のため、四つの柱を立てた。

(1) これまで作成してきたSD教材の枠組みに沿って、科学の有用性を意識させるSD教材を開発する。

(2) すでに開発し予備的に実践中である簡易型酸素及び二酸化炭素センサを用いてSDの考えに対応した実験教材を開発する。

(3) SD教材を使って科学的態度の育成を図り、その有効性を一枚ポートフォリオ法や相互評価表などを用いて調査する。

(4) アジア3か国と協働して研究や実践を進め、各国での実践の結果を踏まえて、SD教材のアジア版を作成する。

### 3. 研究の方法

(1) 研究代表者、分担者、連携研究者、中・高等学校教諭、教育センター指導主事などで研究委員会を発足させた。年2~3回研究委

員会を開催し、調査方針や調査結果の分析を行った。

(2) 準備してきたSD教材の開発・改訂作業を進めた。また、「大気汚染対策」教材についてはSDの考えを活用するワークシートを付加した教材に改訂した。

SD教材をアジア各国で使える教材ユニットとして改訂し、英語やハングルによるアジア版を作成した。並行して、教材のアジア版としての検討・改訂を進め、アジア各国で実践した。

(3) アジア3か国との連絡は主にインターネットを通じて行ったが、学校の先生方を含めた意見の交換や、可能な形での実践の検討などを行う機会を作るために、また、各国の共同研究者による、アジア版SD教材の改訂等の検討及びその実践結果の発表や結果に対する意見交換をする国際ワークショップを毎年、8-9月に開催した。開催地は、2011年度及び2013年度が桐蔭横浜大学など東京地区で、2012年度はフィリピン大学などマニラ地区であった。

(4) 新型の酸素及び二酸化炭素センサを開発・製作した。それを用いた実験教材を各県教育センター等で実践し、検討した。

(5) 開発してきた教材を主に使用して、科学的態度育成の観点及びその基礎となる思考力・表現力の育成の観点から、中・高等学校で一枚ポートフォリオ法に基づく学習履歴シートへの生徒の回答や、生徒相互の話し合いや評価の分析を行った。

(6) 教材の開発・改訂や調査などの成果について毎年報告書を作成し公表した。

### 4. 研究成果

(1) 学習教材の開発、改訂

中・高等学校理科における持続可能な発展の学習教材(以下、SD教材と記す)として開発してきたプラスチック教材を、挿絵や図表を使って視覚に訴える形とした改訂版を作成した。

この教材ではプラスチックの利用について持続可能な社会の観点から考えさせている。例えばプラスチック教材の学習後、一枚ポートフォリオ法に基づく学習履歴シートの記述から、生徒はプラスチックの有用性と問題点を知り、問題点の解決のためにはさまざまな取組がなされていることを理解したことが明らかになった。

また、大気汚染対策教材についてSDの考えを活用するワークシートを付加し、国際協働研究の一環としてわが国でも実践・改訂作業を実施した。その結果を国際ワークショップで次の通り報告した。学習履歴シートから、付加したワークシートの学習により、GSCの

考え方を活用し、理由を示した記述を多く見ることができ、ワークシートを付加した目的である「GSCを使う」ことは概ねできていた。

一方、その記述の仕方において、事実から結論を導き出し、その根拠となる説明を加えることで、説得力を持たせることが重要であり、その点で改善の余地があった。

#### (2) センサを用いた実験等に関する実践

これまで開発してきた高精度で二酸化炭素濃度と酸素濃度の時間変化を同時に計測できる二酸化炭素/酸素計測システムに加え、空気電池を用いた酸素センサ（高橋式酸素センサ）を新たに開発した。

これらのセンサを4道県の教育センターに貸し出し、理科教育で活用する実験教材について、活用事例の研究と研修講座での授業等での実践をしていただいた。その結果、実験結果の考察などにより、思考力・判断力・表現力の育成につながることを期待された。また、研修に参加した多くの教員より教具として評価する意見を得た。

科学の重要な概念の一つであるモデル化に関して、ロウソクの消炎現象を題材に、酸素センサを使った研究授業を中等教育学校で実施した。8道県教育センターの指導主事等の参加を得て、開発した酸素センサを使用する測定実験及びセンサの活用方法について、意見交換を行った。また、酸素センサに関する講習会を、7都県の教育センターの指導主事等の参加を得て開催した。開発・改良を進めてきた酸素センサを使用する測定実験及びセンサの活用方法に関して、その評価を含め意見交換を行った。

これらの実践や意見交換を基に、空気電池式酸素センサの使い方説明書等を作成し報告書に掲載した。

さらに、酸素/二酸化炭素センサには読み上げ機能があり、その機能を使って視覚障害者に対する理科教育で活用した。具体的には、視覚障害特別支援学校でセンサを使用した実験を行った。視覚障害者を対象とした実験は生徒の反応が非常によく、活用できることが明らかになった。これまでは教員の状況説明を通しての実験であったが、今回は刻々と変化するデータを聞き取り、実感を伴った理解がしやすかった結果と考えられた。

#### (3) 科学的態度の育成

科学的態度育成に関して、開発したプラスチック教材の実践では、一枚ポートフォリオ法による学習履歴シートより、「SD教材の枠組み」の目標の一つである「科学者や技術者の努力を知り、科学技術に前向きな意識を持つ」観点からの記述が随所に見られた。

大気汚染対策教材に付加したワークシートの実践からは説得力を持たせる点で改善の余地があると判断されたが、そのためには生徒に説得力のある記述をさせる学習の必要性が認められ、その方法の一つとして定型

文の指導が考えられた。また、これまでのいろいろな実践研究から、レポートで考察に化学知を活用する方法を踏まえた例はほとんど見られず、活用する方法を「化学の方法」として用意する必要があると考え、モデル化学学習の検討を進めた。

SDや科学的な考えを基に概念モデルを構築し、それに従って実験計画を立て、実験活動を行った後は科学的に考察してレポートにまとめ、また新たなモデルを構築していく過程（モデル化学学習）を説得力の育成として利用することが考えられ、その一連の過程（サイクル）を定型とし、多くの生徒が扱えるモデル化学学習を考えた。具体的な教材として炎色反応による元素の同定を題材とし、実践・改訂を行い、2012年8月にはフィリピン師範大学の学生に対して実践した。フィリピンでは、試薬や施設・設備の関係で日本と同様な実験方法は採れなかった。

この経験を踏まえ、どこでも手に入る砂糖と塩の同定を扱ったワークシートを開発した。炎色反応による元素の同定と同様、物質の同定をテーマとし、砂糖と食塩のかさ密度を使った判別を題材としたワークシートの開発・試行・改訂を行った。二つの公立高等学校化学部で予備的な調査を行った結果、まだ記述すべき内容の把握ができるまで生徒にモデル化学学習の考え方が伝わっていないことがあり、さらに改訂していく必要のあることがわかった。

#### (4) 海外での実践と協働研究

2011年は、それまでに開発したSD教材の一つである大気汚染対策教材に新たなワークシートを付加し、マレーシアとフィリピン、インドネシアの3か国で実践した。9月に東京地区で国際ワークショップを開催して、各国での実践結果の報告やわが国での実践の視察をし、共通理解を深めた。また、アジア版として大気汚染対策教材にSDやGSCの理念の活用を付加したワークシートをさらに改訂していくこととして、そのための実践を各国で行うなど協働研究を進めていくことを確認した。参加できなかった韓国とは翌年3月に打合せと意見交換をした。加えて、10月にはフィリピン大学から教員及び生徒が来日し、意見交換した。

また、大気汚染対策教材の付加ワークシートに対するわが国での実践結果の一部と、これまで開発してきたSD教材のうち、水教材とプラスチック教材の英訳版を作成した。

2012年度は、日本とフィリピン、マレーシア、韓国の4か国で、大気汚染対策教材の付加ワークシートを実践した結果を、8月にフィリピンで開催した国際ワークショップにおいて報告するとともに、フィリピンでの教育状況を視察し、共通理解を深めた。さらに、春と秋にはマラヤ大学からDr. Roslinda Ithninが来日し、意見交換した。

2013年9月に開催された国際ワークショップ

プには、日本とフィリピン、マレーシアの3か国の教育関係者が参加し、モデル化学習の報告と検討を進めるとともに、教材の「砂糖？塩？」について体験した。

またアジア版作成・普及の点では、フィリピンから、開発者の堀氏の承諾を得て、一枚ポートフォリオ法 OPPA をフィリピンの実状に合わせた一枚評価法 OPEI としての活用の試みについての発表があった。また、フィリピンでは現在教育制度の移行が進んでいるが、その中で新教育課程に大気汚染対策教材の内容が取り入れられている旨の報告があった。

#### 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 3件)

MATSUBARA Kenji, Roslinda BT ITHNIN, GOTO Kenichi, TERATANI Shousuke and MATSUBARA Shizuo, "Implementation of 2012 International Workshop on Educational Co-research for Sustainability," 桐蔭論叢, 査読無, 28, pp.143-148, 2013

MATSUBARA Shizuo, MATSUBARA Kenji, GOTO Kenichi and TERATANI Shousuke, "Co-research into Development of Sustainable Teaching Materials," 桐蔭論叢, 査読無, 27, pp.43-50, 2012

MATSUBARA Shizuo, GOTO Kenichi, NOUCHI Yorikazu and TERATANI Shousuke, "How to Write Experiment Reports - Use of Report Writing Templates for Beginners -," 桐蔭論叢, 査読無, 26, pp.141-148, 2012

#### [学会発表](計 27件)

寺谷敞介、北川輝洋、久保博義、宮内卓也、後藤顕一、松原静郎「モデル化学習の考察」日本理科教育学会全国大会, 2013.8.10-11, 北海道札幌市

松原静郎、鮫島朋美、後藤顕一、寺谷敞介「組立ブロックを用いた表現法学習」日本理科教育学会全国大会発表論文集, 2013.8.10-11, 北海道札幌市

高橋三男、中村 駿、園部幸枝、佐藤道幸、飯田寛志、石黒光弘、近藤浩文、後藤顕一、林 誠一、山本勝博、堀 哲夫、寺谷敞介、松原静郎「USB データロガーを使った酸素センサのマルチ計測-ロウソクの燃焼実験-」日本科学教育学会年会, 2012.8.27-29, 東京都新宿区

野内頼一、後藤顕一、寺谷敞介、松原静郎「大気汚染対策教材の英語版での実践」日本理科教育学会全国大会, 2012.8.11-12, 鹿児島県鹿児島市

松原静郎、後藤顕一、松原憲治、鮫島朋美、堀 哲夫、寺谷敞介「SD 理科教材に

関する国際ワークショップの開催」日本理科教育学会全国大会, 2011.8.20-21, 島根県松江市

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

松原 静郎 (MATSUBARA, Shizuo)  
桐蔭横浜大学・スポーツ健康政策学部・教授  
研究者番号: 5 0 1 3 2 6 9 2

##### (2)研究分担者

松原 憲治 (MATSUBARA, Kenji)  
国立教育政策研究所・教育課程研究センター・総括研究官  
研究者番号: 1 0 5 4 9 3 7 2

##### 研究分担者

堀 哲夫 (HORI, Tetsuo)  
山梨大学・大学院教育学研究科・教授  
研究者番号: 3 0 1 4 5 1 0 6

##### 研究分担者

高橋 三男 (TAKAHASHI, Mitsuo)  
東京工業高等専門学校・電子工学科・教授  
研究者番号: 4 0 1 9 7 1 8 2

##### 研究分担者

後藤 顕一 (GOTO, Kenichi)  
国立教育政策研究所・教育課程研究センター・総括研究官  
研究者番号: 5 0 5 4 9 3 6 8

##### (3)連携研究者

寺谷 敞介 (TERATANI, Shousuke)  
東京学芸大学・名誉教授  
研究者番号: 6 0 0 8 7 5 3 3

##### 連携研究者

山本 勝博 (YAMAMOTO, Katsuhiko)  
茨城大学・教育学部・教授  
研究者番号: 6 0 2 5 0 2 6 3

##### 連携研究者 (2011-2012年度のみ)

林 誠一 (HAYASHI, Seiichi)  
国立教育政策研究所・教育課程研究センター・教育課程調査官  
研究者番号: 7 0 5 6 2 4 0 3