

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 27 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501039

研究課題名(和文)優れた理科授業を次世代に継承するためのデータベース構築と授業づくり支援

研究課題名(英文)Development of database of excellent science teachings and teaching materials to the next generation

研究代表者

山下 修一(Yamashita, Shuichi)

千葉大学・教育学部・教授

研究者番号：10272296

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、伝統的に培われてきた日本の理科授業の優れた点を若手教員に継承するため、まず、教師用指導書・民間の理科教育研究会の報告書等から各単元の指導上のポイントや留意点に関する知見を収集した。そして、各単元で最も重要なコア知識獲得の支援に貢献するという観点から統合して、小学校3年から中学校3年までの全理科単元の指導上のポイントや留意点をまとめた(一貫した説明を引き出す理科のコミュニケーション活動)。そして、具体的な指導上のポイントや留意を例示した書籍(理科の授業研究)を用いて、「教職実践演習」で模擬授業に取り組みさせた結果、現職教員達が留意しているポイントを的確に押さえた模擬授業が展開された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to investigate how the newly developed relational chart of core knowledge contributed to improve pre-service teacher's ability in lesson planning, teaching, making effective teaching materials and teaching contents. We obtained that pre-service teachers(N = 40) could manage their science lessons like experienced teachers by using the chart.

研究分野：科学教育

キーワード：理科授業 指導法

1. 研究開始当初の背景

筆者は、2002年にはオーストラリアに1年間、2003年にはパプアニューギニアに3ヶ月間滞在し、2010年度には(財)教科書研究センターの調査委員として、イギリス・韓国・シンガポールの理科授業を視察してきた。各国の理科授業とも、それぞれ優れた一面は持ち合わせていたが、授業構成・教材の工夫・観察実験指導・板書・ノート指導といった点については、伝統的な日本の理科授業の方が遥かに優れていると思われた。PISAの平均得点を見ても、上位国の中で日本のように科学的リテラシーが読解力や数学的リテラシーの得点を上回っているような国はほとんど見られない。しかも、日本の場合は、生徒の理科の週平均学習時間が148分(OECD平均202分、フィンランド194分、シンガポール345分)と短く、平均クラス人数も韓国に次いで2番目に多いという不利な状況下でのパフォーマンスである。

このような厳しい状況下でも、日本がPISAやTIMSSで好成績を残しているのは、素晴らしい理科授業が展開されてきたからに他ならない。ただし最近、急速に若手の教員数が増加し、ベテラン教員ならばしっかり押さえていた指導のポイントをなおざりにしている授業が散見されるようになった。例えば、若手理科教員3人が協議して創りあげた小学校5年『振り子の動き』の授業で、1秒振り子の作成に取り組みせ、「問題 どうすれば振り子の速さは変わるのだろうか?」について話し合わせる公開授業を指導・助言者として参観した。振り子の速さではなく、周期に着目させなければならぬという指導上のポイントを外したため、授業のまとめでは、ほとんどの児童が、おもりの重さを変えても、ふり幅を変えても、糸の長さを変えても速さが変わるという結論を出していた。その後の授業検討会では、外部のベテラン教員から振り子の速さに注目させた点についての質問が出され、3人の教員はそこではじめて周期に着目させなければならぬことに気づいた様子であった。また、別の学校の研究紀要にも、振り子の速さに注目したワークシートが堂々と掲載され、「振れ幅はふりこの振れる速さに関係がないという科学としての基本となる考え方について教える必要がある」と誤った考察がなされていた。こういったことが生じる一因として、各地で中堅の理科教員が不足し、伝統的に伝えられてきた指導のポイントが、若手教員に継承されなくなってきていることがあげられる。今後、伝統的に受け継がれてきた理科授業のノウハウを持ったベテラン教員が一斉に退職し、代わりに若手理科教員が急増する。そのため、緊急の課題として理科授業のポイントを若手に継承しなければならない。優れた理科教員は、教えている単元で何が重要なポイントになり、どこに留意すべきかを把握して授業を展開しているが、教育実習生

や若手理科教員はその点を踏まえずに授業に望むことが多い。そのため筆者は、平成21-23年度科研費「新学習指導要領に対応した小・中学校理科全単元をつなぐコア知識関連図の開発と評価」において、コア知識(Core knowledge: 幅広い現象について説明できるような重要な知識)一覧表を開発し、教育実習生や若手理科教員の研修に用いて、ポイントを押さえた授業になるように支援をしてきた。例えば、小学校5年『振り子の動き』のコア知識は、「おもりの往復する時間(周期)はひもの長さで決まる」であり、コア知識を意識して周期に注目させるような授業を展開するように促してきた。コア知識一覧表を利用することで、児童・生徒に獲得させるべき知識が明確になり、理科指導の改善に貢献したと好評を得たが、コア知識だけではなく具体的な授業のポイントやワークシート等も示して欲しいという現場のニーズが聞かれるようになった。

2. 研究の目的

本研究では、コア知識に加えて小学校3年から中学校3年までの全理科単元の指導上のポイントや留意点を整理して、伝統的に培われてきた日本の優れた理科授業のポイントを若手教員に継承することを目的とした。

3. 研究の方法

まず、既が開発したコア知識一覧表をベースにして、小学校3年から中学校3年までの全理科単元について、指導上のポイントや留意点を整理した。そして、大学4年生対象「教職実践演習」での授業づくりや模擬授業で試用しながら改善し、実際の小・中学生を対象にした授業づくり・授業展開に使用した場合と普通の授業を比較した。

また、授業を受けた児童・生徒にも授業がわかりやすいと受けとめられたのかを検討した。

4. 研究成果

(1)平成24年度は、教師用指導書・民間の理科教育研究会の報告書等から各単元の指導上のポイントや留意点に関する知見を収集した。収集したすべての知見を網羅しようとする、レベルや観点にばらつきが出て統一感が無くなるので、各単元で最も重要なコア知識獲得の支援に貢献するという観点から統合して、小・中学校理科の全単元を網羅する暫定版のデータベースを作成した。作成過程で一部の成果を山下修一編著『理科の授業研究』北樹出版にまとめることができた。また、シンガポール国立教育研究所 Dr. Yeoとも日本の理科授業を検討する機会を得て、PISAやTIMSSで高得点をあげているシンガポールの理科授業と比較しながら、各単元の指導上のポイントや留意点を整理した。

(2)平成25年度は、小学校・中学校第一分野

のすべての単元について、指導上のポイントや留意点などをデータベース化し、構築したデータベースを Web 上に公開する予定であったが、セキュリティ上の問題から断念することになり、その代わりに小学校3年から中学校3年までの全理科単元の指導上のポイントや留意点を記した書籍(山下修一著『一貫した説明を引き出す理科のコミュニケーション活動』東洋館出版社)を出版して、本研究の成果を広く共有することにした。

また、平成25年度より開始された「教職実践演習」では、小学校課程と中学校課程の理科教育選修の大学4年生約40名を対象にして、出版した書籍を利用した授業づくりや模擬授業に取り組みさせた。その結果、現職教員達が留意しているポイントを的確に押さえた授業づくりができるようになり、充実した模擬授業が展開された。

(3)平成26年度には、平成24-25年度の研究成果を、国内では日本理科教育学会・日本科学教育学会、海外ではASERA・iSER 2014 World Conference・ISEC2014・2015 NSTA で発表して、日本の優れた理科教育として広く知見を紹介することができた。

(4)本研究の知見を以下の3つの研究に生かして、改善した授業が児童・生徒にもわかりやすいと受けとめられた。

小学校4年「水のあたたまり方」の理解を促す観察・実験結果のまとめ方

本研究では、小学校4年生「水のあたたまり方」の観察・実験結果のまとめ方について、同一教員により実施されたサーモインクを用いた授業とサーモインクを人工イクラに封入したサーモイクラを導入した授業で比較した。そして、別の教員によってサーモイクラを用いて水のあたたまる順番と水の動きを統合してまとめる授業を開発し、その有効性を探った。

その結果、サーモインクを用いた授業とサーモイクラを導入した授業の比較では、サーモインクの観察で上からピンク色に変化していく様子が変わり、「水は上からあたたまる」とまとめやすくなった。しかし、その後トレーサーの動きを観察させると、サーモインクの観察との関係が不明になってしまった。そこでサーモイクラを導入すると、サーモインクの観察結果とトレーサーの観察結果を橋渡ししながら、水のあたたまる順番と水の動きについて明確にまとめることができた。

新たに開発した授業では、水のあたたまる順番と水の動きに分けてワークシートに整理させ、児童自身にサーモイクラの粒になったつもりで、水のあたたまる様子を表現させること(身体表現)で、小学校4年生でも「あたたまった水が上に動き、温度の低い水が下に動くことを繰り返して、水は上から順にあ

たたまっていく」のようなまとめが可能になり、事後調査でも、半数の児童が水のあたたまる順番と水の動きを統合した説明ができていた。

モデルとコア知識を用いて2つの電気抵抗の発熱量の説明を促す授業の開発と効果

本研究では、中学校2年生3クラス(95人)を対象にして、水池・パチンコバネモデルとコア知識を用いた16時間の『電流と回路』の授業を展開し、2つの電熱線を並列・直列につないだ場合の発熱量について、具体的なイメージを持って、各回路の特徴を踏まえた説明をするようになったのかを検討した。

事後調査の結果から、教科書通りに『電流と回路』を学んだA校3年生(120人)・B校2年生(95人)は、公式から導かれた数値だけの説明や、抵抗の大小だけから判断した説明の割合が多く、平均得点も低かった。また、A校3年生の一部には、電流の減衰モデルや消費モデルを使用した回答も見られた。

一方で、新たに開発した授業を受けたA校2年生は、モデルを操作した経験やコア知識を生かして回答し、平均得点はA校3年生・B校2年生を有意に上回っていた。発熱量の説明も、合成抵抗の公式やオームの法則だけに頼らず、抵抗の大小だけで判断することもなく、モデルを操作した経験やコア知識を生かして、各回路の特徴を踏まえた回答になっていた。

これらのことから、本研究で開発した授業は、2つの抵抗を並列・直列につないだ場合について、並列・直列つなぎの特徴を踏まえた説明をさせるのに有効であった。

中学校での月の満ち欠けの説明における小学校の学習の影響と改善モデルの開発

本研究ではまず、小学校用に開発された従来モデルを用いて、小学校での地球から見た学習の月の満ち欠けの説明への影響を探った。次に、月の満ち欠けを科学的に説明させるために、従来モデルを改善し、モデルの操作を月の満ち欠けの理解に結びつけるための読み物を開発して、小学校教員(N=57)と理系学生(N=33)を対象にして試行した。そして、新たに開発したモデルと読み物で、中学生(N=256)でも科学的な月の満ち欠けの説明ができるようになるのかを検証した。

その結果、小学校6年の学習用に開発された従来モデルを使用したグループ(N=28)では、日本ではあまり注目されてこなかった「地球の自転」が関係していると回答しており、月の満ち欠けを科学的に説明させる際の障害となっていた。

小学校教員と理系学生の比較からは、事前調査では、小学校教員の49名(86.0%)、理系学生の21名(63.6%)がLevel 0となり、小学校教員や理系学生にとっても、月の満ち欠けの説明は困難であった。特に小学校教員は、地球から見た学習に慣れているので、月の満

ち欠けに地球の自転が関係していると考えやすかった。事後調査では、小学校教員の55名(96.5%)、理系学生の全員が Level 1 以上の説明ができるようになり、地球の影・自転での説明は見られなくなった。中学生の試行からは、授業で月の満ち欠けの学習を終えたばかりなので、事前調査の段階でも地球の影は関係しないことを理解していたが、30%以上の生徒にとっては、科学的に月の満ち欠けを説明することが難しく、地球の自転で説明している生徒も10%以上いた。事後調査では、約40分間の改善モデルと読み物で、Level 1 以上が目安の80%を上回り、中学生にも月の満ち欠けを科学的に説明させることができた。ただし、依然として「月への太陽光の当たり方の変化」という考えは残ったままだった。

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4件)

勝田紀仁・山下修一，オームの法則の学習におけるグラフの理解を改善する授業の開発，千葉大学教育学部研究紀要，査読無，63巻，2015，7-11

山下修一・勝田紀仁，モデルとコア知識を用いて2つの電気抵抗の発熱量の説明を促す授業の開発と効果，日本教育大学協会研究年報，査読有，32巻，2014，27-41

加藤徹也・野村純・米田千恵・ベバリー・ホーン・山下修一，グローバル社会を意識する中高生を対象とした英語による科学実験講座の実施，千葉大学教育学部研究紀要，査読無，61巻，2013，427-435

山下修一，理科の課題に対する大学生の一貫した説明の状況，千葉大学教育学部研究紀要，査読無，61巻，2013，211-217

[学会発表](計15件)

Shuichi YAMASHITA，Japanese Lower Secondary Science Lessons after TIMSS 1999 Video Study，2015 NSTA，2015年03月11日～2015年03月15日，Chicago(U.S.A)

Shuichi YAMASHITA，Yoshihiro AKIHO，How Should Science Teachers Guide Fourth Grade Students' Observations of Convection in Beakers?，ISEC2014，2014年11月25日～2014年11月27日，Nanyang Technological University NIE(Singapore)

Shuichi YAMASHITA，Hiroki NAGASHIMA，Tomoe YOSHIDA，Comparison between Using Thermo Ink and the Combination of Thermo Ink and Ikura on G4 Convection，iSER 2014 World Conference，2014年10月29日～2014年11月02日，Cappadocia(Turkey)

山下修一・秋保佳弘，小学校4年「水のあたたまり方」にサーモイクラを取り入れた効果 日本理科教育学会 2014年08月23日～

2014年08月24日，愛媛大学

Shuichi YAMASHITA，How Should Fourth Grade Students Express and Explain Their Thoughts about How Water Is Heated?，ASERA 2014 Conference，2014年07月02日～2014年07月04日，Melbourne(Australia)

山下修一，小学校4年「水や空気のアタタまり方」で観察結果をどう生かすのか 日本科学教育学会，2013年09月06日～2013年09月08日，三重大学(三重県)

出口英二・山下修一，協調学習における誤概念修正法の検討 中学1年 植物のつくりとはたらきの授業を通して，日本理科教育学会第63回全国大会，2013年08月10日～2013年08月11日，北海道大学(北海道)

山下修一，小学校4年「水や空気のアタタまり方」をどのように表現するのか，日本理科教育学会第63回全国大会，2013年08月10日～2013年08月11日，北海道大学(北海道)

小池俊輔・山下修一，食塩と砂糖に着目した溶解の仕組みを理解させる授業の開発，日本理科教育学会第63回全国大会，2013年08月10日～2013年08月11日，北海道大学(北海道)

山下修一・勝田紀仁，モデルとコア知識を用いた電熱線による発熱の授業の効果，日本科学教育学会，2012年08月27日～2012年08月29日，東京理科大学(東京都)

山下修一・鈴木康代，コア知識一覧表を用いた中学校1年『物質の状態変化』の効果，日本理科教育学会，2012年08月11日～2012年08月12日，鹿児島大学(鹿児島県)

阿部勝人・山下修一，一貫して粒子の拡がりに着目した『空気と水の性質』と『金属，水，空気と温度』の授業，日本理科教育学会，2012年08月11日～2012年08月12日，鹿児島大学(鹿児島県)

菊地洋一・山下修一，理科教育の柱「粒子概念」を生かす小中学校における系統的学習，日本理科教育学会，2012年08月11日～2012年08月12日，鹿児島大学(鹿児島県)

勝田紀仁・山下修一，電熱線にかかる電圧・電流グラフの理解状況と理解を促す授業の開発，日本理科教育学会，2012年08月11日～2012年08月12日，鹿児島大学(鹿児島県)

鈴木龍・山下修一，中学校「電流とその利用」における手回し発電機を用いた電力と仕事の関係を実感させる授業開発，日本理科教育学会，2012年08月11日～2012年08月12日，鹿児島大学(鹿児島県)

[図書](計2件)

山下修一，東洋館出版社，一貫した説明を引き出す理科のコミュニケーション活動，2013，全294

山下修一，北樹出版，理科の授業研究，2012，全145

6. 研究組織

(1)研究代表者

山下 修一 (YAMASHITA, Shuichi)

千葉大学・教育学部・教授

研究者番号：10272296