

平成 28 年 5 月 16 日現在

機関番号：13902

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24501096

研究課題名(和文)理科が役に立つ教科であることを実感できる化学(科学)実験教材の開発と実践

研究課題名(英文) Development and Practice of Chemical Experiments Being Realized Us the Usefulness of Science

研究代表者

戸谷 義明 (TOYA, Yoshiaki)

愛知教育大学・教育学部・教授

研究者番号：30180186

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：国立教育政策研究所の調査によると、児童・生徒から、理科は「自分のふだんの生活や社会に出て最も役に立たない教科」であると思われているようである。この現状を打開するため、著者の出前化学実験の実践で蓄積された成果(開発実験教材、実験演示法)を背景に、身の周りや身近な事柄と結び付いた内容で、理科が役に立つ教科であることを実感でき、理科学習に活用できるような、個別指導体験型の化学(科学)実験教材と指導法を開発した。開発したコンテンツで実践を行い、アンケートから実践を評価し、改善処置をすることを繰り返して実験教材と指導法を継続的に発展させ、最終的にCD付の化学教材実験集IIとして公表することができた。

研究成果の概要(英文)：In order to be realized its importance and usefulness of the subject "science" by the people, our methods of chemical experiments for delivery practices were investigated, developed and practiced repeatedly. They are related to familiar things to everyone, such as foods, bioluminescent animals, gas explosion, SLIME (toy), and the speed of sound.
"Collection of Chemical Experiments Being Realized Us the Usefulness of Science" accompanied by a CD was published as a compilation of improved experimental methods and instructions. The CD includes electronic data of PowerPoint presentations and additional materials that can be used for the leading practice of chemical experiments.

研究分野：化学(科学)教育

キーワード：生活に役立つ理科 出前化学実験 化学実験教材 実験・観察 科学教育 化学教材実験集

1. 研究開始当初の背景

2003年度、及び2005年度の小中学生、及び高校生を対象にした全国調査によると、小中学生では6-7割、高校生では3-4割の児童・生徒が「理科の勉強が好きだ」と答えているにもかかわらず、小学生の約5割、中学生や高校生では3-4割の学生しか「理科を勉強すれば、自分のふだんの生活や社会生活の中で役立つ」と思っていない。さらに、約3割以下の児童・生徒しか「理科の勉強を生かした仕事をしたい」と思っていないようであった。このように理科が役に立つ教科と思われる原因の1つとして、学校での学習が身の周りや身近な事柄から、掛け離れているからではないかと思われた。

これまで著者は、理科の面白さと奥深さを熟知し、科学的な思考や安全に配慮した実験指導ができ、本物の理科を教える知識と技術を持った深みのある理科教員を養成すれば、彼らこそが楽しく魅力的な理科の授業を行い、理科好きの児童・生徒を育み、結果的に理科の学力低下や理科離れを食い止められると考えてきた。この考えを実現させるために、学生サークルによるボランティア活動ではなく、大学の授業として、化学専攻の学生とともに、全関係者の安全を確保して行う、以下のような出前化学実験を計画し、2006年度から運営、実践してきた。

学生が、安全に理科実験の授業ができる教員としての力量を習得するため、意欲的に学習できるように、大学教員が教育的効果を求めて企画、実施、指導、監督、評価し、単位認定する。

実験指導や演示に必要な、正確な科学の知識と背景、安全に実験を行う技術を実践参加者に習得してもらうため、授業として、十分な予備実験、事後指導の時間を確保する。

理科実験は遊びではないこと、謙虚で真摯な態度で科学を学ぶように根気よく指導する。

化学(科学)実験の出前実践は学校・社会のニーズを汲み取った奉仕活動で、学生と学校・地域・社会の連携を強める共同作業の機会であり、理科好きの児童・生徒を育み、一般市民に化学の知識を広めることにより、学校・地域・社会へ貢献できる。

2009年度からは科研費の援助も得、安全で楽しい理科実験の授業ができる教員の養成に有用な、多くの化学実験教材と指導法(化学マジック演示のような、学生が演示する観察・参加型の実験、生物発光実験のような、大学教員が指導し、学生がTAをする個別指導体験型の実験)を開発し、出前化学実験として実践を行い、点検と改善を繰り返してきた(PDCAサイクル)。開発、実践してきた教材は、体験者の理科への興味関心を高めるのみならず、身の周りや身近な事柄に直接関連した内容のものが多い。

2006年度から2011年度までに実施した出

前等による化学実験教室の回(日)数は63回(日)、受講者総数は3788名以上、実践参加学生総数は311名に上る。2011年3月には「サービス・ラーニングとして行われる出前等による化学実験講座」が国立科学博物館主催2010年度野依科学奨励賞を受賞した。さらに、2011年10月には「化学の普及と大学授業とを両立させる出前化学実験」が日本化学連合主催世界化学年記念化学コミュニケーション賞審査員特別賞を受賞するに至った。

2009年度から、名古屋市科学館などと連携し、教育実習前の学生の予行演習の授業として、大学教員の監督下、学生が受講者を指導する個別指導体験型の実験教室の開催を試みてきた。実験教室への受講者、及び学生からの評価は極めて良好であった。取り分け、2010年度に開催した大人のための化学実験教室は、偶然、受講者の大多数が熟年者になったが、非常に好評で、熟年者の化学実験教室のニーズがあることが分かった。そこで、これまでに開催した実績が、ほとんどない、熟年の大人、又は中学生を、それぞれ対象にし、1つのテーマでじっくりと時間(2時間以上)を掛け、実験の原理を確認しながら、個別指導体験型で実験を行い、個別に最終的な成果が得られるような内容の実験教室を企画した。この企画が2011年度、JST科学コミュニケーション連携推進事業に採択され、名古屋市科学館において「科学的な考え方を学び楽しむ化学(科学)実験教室(熟年向、中学生向)」を開催した。熟年者向けの実験教室は、アルコールロケットを作成し、ロケットを飛ばすのに最適なエタノールの注入量を化学反応式と気体の状態方程式を利用して計算し、結果を確認するというもので、受講者、さらに実験を指導した学生からも、化学反応式や化学の法則、正に理科が役に立つことが実感でき、とても良かったという評価であった。

2. 研究の目的

以上のことを背景に、本研究では、以下の内容を行うことを目的とした。

身の回りや身近なことから結びついた内容で、理科が役に立つ教科であることを実感でき、理科学習に活用できるような、主に個別指導体験型の化学(科学)実験教材と指導法を開発する。実験教室、科学展、学校の授業など、多様な状況での活用に対応し、説明用のプレゼンテーションは対象者の化学の知識を考慮して開発する。じっくりと時間をかけ、仮説を立てて個別に実験を行い、結果を分析・評価し、再び仮説を立てて実験を行い、最終的な結論が得られるような内容とする。教材としては、非食品関係の実験として、(1)既述のアルコールロケットの作成と、よく飛ぶ燃料の種類&最適注入量の検討、(2)生物発光・化学発光実験(発光物質ルシフェリンの安定

性、酵素ルシフェラーゼの基質特異性、熱変性、至適 pH を調べる実験など) (3) 管楽器による気柱共鳴、及びこれを利用した音速の測定 (高校生向) 及び食品関係の実験として、(4) グミキャンデー、(5) ラムネ菓子などのお菓子、(6) 人工イクラ、(7) 缶詰ミカンの作成などの候補があり、これらをもとに開発を進めるほか、さらに身の周りや身近な事柄と結びつけた内容の題材を調査、選定し、教材実験法を開発、完成させる。

理科教員養成の教育の一環として、開発した教材を使用し、学生が受講者を指導する個別体験型の実験教室、授業などを企画し、実践する。実験教室は、実績のある名古屋市科学館と連携して開催し、大学の授業として実践を行う。実践終了後、受講者、及び指導した学生へのアンケートを行う。事後指導、及びアンケートの分析結果から、教材の教育効果、改善すべき点を点検・評価し、次の実践に向けて改善処置を施す。実践と改善を繰り返し、最終的な実験教材と指導法を化学教材の実験集として出版し、広く公表、配付する。実験集には実験方法だけでなく、化学(科学)的な原理、指導案、説明資料、実践例などを含む。

3. 研究の方法

これまでに開発、実践してきた化学実験教材のうち、主に個別指導体験型の実験を重点的に改良し、後述するような実験指導演示法として完成させた。開発した実験指導演示法を用い、学生の実践指導による化学実験教室(対象は小学校高学年、中学生、高校生、大人)を開催し、アンケートとレポートにより実験法の検証を行った。必要に応じ、改善を施し、再実践を行った。得られた成果は学会発表、論文として順次公表していった。

最終的に、これまでに開発、実践した実験指導演示法を、個別指導体験型の化学実験教室の際の、学外の指導協力者と共に、実験集「理科が役に立つことを実感できる化学教材実験集 II ～個別指導体験型実験～」としてまとめ、出版、公表した。この実験集には、実験の原理、材料の入手法、準備、実験指導などの詳細な記述のほか、化学実験教室の指導の際に実際に使用した PowerPoint プレゼンテーション、指導案、学習用プリントなどの Word 書類の改訂版のデータが入った CD を付属させた。実験集の内容は以下のとおりである。

化学実験の危険防止と事故の際の救急処置の記述の後、食品関係以外の個別指導体験型化学教材実験として、次の 4 つの実験法を記載した。

ホタル、ウミホタル、オワンクラゲの生物発光実験

密閉爆発口ケットの作成と、よく飛ぶ燃料、及び注入量の調査(可燃性ガスの爆発濃度範囲)

クラリネットを使った音の速さを測定する実験(定常波の発生と閉管の気柱共鳴) いろいろなスライムを作る実験(1,3-ジオール,又は *cis*-1,2-ジオール構造があるポリマーのホウ酸イオンによる架橋でのゲル化)

次いで、食品を取り扱う化学実験を行う際の注意事項の記述の後、食品を取り扱う個別指導体験型化学教材実験として、次の 6 つの実験法を記載した。

お菓子作り実験 1 ラムネ菓子(あめ状の砂糖による粉のつなぎ合わせ)

お菓子作り実験 2 グミキャンデー(ゼラチンのゾル-ゲル転移)

お菓子作り実験 3 各種飲料からアルギン酸ビーズを調製する実験(アルギン酸のカルシウムイオンによる架橋でのゲル化)

お菓子作り実験 4 カルメ焼き(炭酸水素ナトリウムの熱分解で発生した二酸化炭素による、あめ状の砂糖の膨張)

お菓子作り実験 5 水あめ(デンプンの α -アミラーゼによる加水分解での糖化)

ミカンの薄皮剥き-缶詰ミカン(酸によるペクチンの溶解)

既に、この実験集を全国立大学の附属図書館、及び名古屋市などの公立図書館に送付したほか、研究及び実践の関係者に配付した。

従来から行ってきた観察・参加型の実験である化学マジックについては実践による改善を継続するとともに、特に「振盪色変化の中瓶四姉妹」(色素の酸化還元による変色)、及び「時間差瞬間着色」(Landolt ヨウ素時計反応)については、問題となる原因を明らかにするために、反応機構を含め、詳細な検討を行った。

4. 研究成果

2006 年度から 2015 年度までに実施した出前等による化学実験教室の回(日)数は 105 回(日)、受講者総数は 6309 名以上、実践参加学生総数は 479 名に上る。

そのうち研究期間の 2012 年度から 2015 年度の間実施した出前等による化学実験教室の回(日)数は 42 回(日)、受講者総数は 2521 名以上、実践参加学生総数は 168 名になり、研究、教員養成と共に、理科が役に立つ教科であることを受講者が実感できる社会貢献が行われてきた。化学マジックなどの観察・参加型の実験への実践のニーズが多い中で、2009 年度から積み重ねてきた個別指導体験型の実験の開発と実践を、今回、実験集にまとめることで総括することができた。今後も、理科が役に立つことを受講者が実感できる、特に食品を取り扱う化学実験の開発と実践を更に継続していくことが重要であると確信することができた。

観察・参加型の実験である化学マジックについても、実践で明らかになった改善点に対応するとともに、取り分け、「振盪色変化の中瓶四姉妹」(色素の酸化還元による変色)、

及び「時間差瞬間着色」(Landolt ヨウ素時計反応)などについては問題点の原因を調査し、原因を明らかにし、良好な結果が得られるように改良することができた。

<引用文献>

平成 15 年度小・中学校教育課程実施状況調査質問紙調査集計結果, 及び平成 17 年度高等学校教育課程実施状況調査質問紙調査集計結果(物理Ⅰ, 化学Ⅰ, 生物Ⅰ, 地学Ⅰ), 国立教育政策研究所教育課程研究センター

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 5 件)

戸谷 義明、信号反応におけるインジゴカルミンの分解要因の調査、愛知教育大学研究報告(自然科学)、査読無、65 巻、2016、37-45、

<http://hdl.handle.net/10424/6474>

戸谷 義明、実験教室で実施可能な「水あめづくり」実験法の検討と開発、愛知教育大学研究報告(自然科学)、査読無、64 巻、2015、21-29、

<http://hdl.handle.net/10424/5975>

K. Ienaga, Y. Toya, K. Nakajima, M. Tachikawa, A Simple Conversion of Creatinine to Creatol via Creatinine Chloroamine, Aust. J. Chem., 査読有, 68, 2014, 248-253,

<http://dx.doi.org/10.1071/CH14476>

戸谷 義明、確実に成功する「カルメ焼きづくり」実験法の開発と実践、愛知教育大学研究報告(自然科学)、査読無、63 巻、2014、41-51、

<http://hdl.handle.net/10424/5378>

戸谷 義明、大学生のための基礎有機化学実験(第 3 報) 蒸留によるウイスキーからのエタノールの分離、愛知教育大学研究報告(自然科学)、査読無、62 巻、2013、35-43、

<http://hdl.handle.net/10424/4994>

[学会発表](計 8 件)

戸谷 義明、化学実験教材としての生物発光化学発光、生物発光化学発光研究会第 32 回学術講演会、2015 年 10 月 31 日、電気通信大学(東京都調布市)

戸谷 義明、信号反応におけるインジゴカルミンの分解要因の調査、日本理科教育学会第 65 回全国大会、2015 年 8 月 1 日、京都教育大学(京都府京都市伏見区)

Y. Toya, Chemical Magic Presentation by University Students of Science Teacher Training Programs as Chemical Education (in English), NICE2015 (Network of Inter-Asian Chemistry Educators), 2015 年 7 月 29 日、日本科学未来館(東京都江東区)

戸谷 義明、実験教室で実施可能な「水あ

めづくり」実験法の検討と開発、日本理科教育学会第 64 回全国大会、2014 年 8 月 23 日、愛媛大学(愛媛県松山市)

戸谷 義明、確実に成功する「カルメ焼きづくり」実験法の開発と実践、日本化学会第 94 春季年会、2014 年 3 月 27 日、名古屋大学(愛知県名古屋市千種区)

戸谷 義明、確実に成功する「カルメ焼きづくり」実験法の検討と開発、日本理科教育学会第 63 回全国大会、2013 年 8 月 10 日、北海道大学(北海道札幌市北区)

戸谷 義明、化学教材実験法の開発と出前実験講座による化学教育への貢献(第 37 回化学教育賞受賞講演)、日本化学会第 93 春季年会、2013 年 3 月 22 日、立命館大学びわこ・くさつキャンパス(滋賀県草津市)

戸谷 義明、大学生による個別体験型化学(科学)実験の指導「科学的な考え方を学び楽しむ化学(科学)実験教室」の開催と大学授業としての実践、日本理科教育学会第 62 回全国大会、2012 年 8 月 11 日、鹿児島大学(鹿児島県鹿児島市)

[図書](計 1 件)

戸谷 義明、山名 賢治、跡部 昌彦、鈴木 喜隆、愛知教育大学、理科が役に立つことを実感できる化学教材実験集 II ～個別指導体験型実験～、2016、1-107

[その他]

報道関連情報

2014 年 11 月 20 日、中日新聞朝刊(愛知県内版)、愛知県豊根村立富山小中学校への出前化学実験

2013 年 12 月 22 日、朝日新聞(名古屋版)、教職実践演習の一環で参加した 2013 年 12 月 15 日の愛知教育大学子どもまつりでの「スライム」づくり

2013 年 3 月 22 日、科学新聞(全国販売)、日本化学会その他の各賞(化学教育賞)

2013 年 1 月 14 日～2013 年 1 月 21 日、豊橋ケーブルネットワーク「ティーズ」、2013 年 1 月 12 日の青少年のための科学の祭典 2012 豊橋大会のステージの様子を豊橋ケーブルネットワーク「ティーズ」が取材。番組「とよはしNOW」で 10 秒間を 1 日 6 回 1 週間放映

2013 年 1 月 13 日、中日新聞(東三河版) 青少年のための科学の祭典 2012 豊橋大会の実践中の写真掲載

2013 年 1 月 13 日、東日新聞(豊橋地域新聞)、青少年のための科学の祭典 2012 豊橋大会のステージ、タネと仕掛けを明かす化学マジック

2012 年 10 月 5 日、読売新聞(中部支社版) 愛教大の「化学実験教室」理科の面白さ離島へ出前・日間賀小学校、佐久島中学校への出前化学実験講座

2012 年 9 月 27 日、中日新聞朝刊(知多版) 日間賀小学校への出前化学実験講座(ウミ

ホタルの生物発光実験)
2012年6月4日、中日新聞朝刊(教育面)、
愛教大・名古屋市科学館連携での化学実験
講座(大人、中学生向)の参加者募集紹介

6. 研究組織

(1) 研究代表者

戸谷 義明 (TOYA Yoshiaki)
愛知教育大学・教育学部・教授
研究者番号：30180186

(2) 研究協力者

鈴木 喜隆 (SUZUKI Nobutaka)
元広島大学・大学院生物圏科学研究科・教授

山名 賢治 (YAMANA Kenji)
愛知学院大学・教養部・準教授

跡部 昌彦 (ATOBE Masahiko)
ポッカサッポロフード&ビバレッジ株式
会社・研究開発本部・シニアマネージャー