

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 9 月 9 日現在

機関番号：14302

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01028

研究課題名（和文）マイクロスケール実験の導入による理科実験の個別化と児童・生徒の能動的学習の支援

研究課題名（英文）Support for Individual Experiments and Inquiry-based Learning of Students by Introducing of Microscale Experiments Method to Scientific Experiment

研究代表者

芝原 寛泰（Shibahara, Hiroyasu）

京都教育大学・名誉教授

研究者番号：60144408

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：2017～2019年度において開発・改良した教材は、小中高等学校の理科を対象に、ダニエル電池 霧箱実験 鉛蓄電池 空気電池 呈色板による電気分解 テルミット反応の各テーマで、各実験の教材化においては個別実験をねらいとしてマイクロスケール化の検討を行った。マイクロスケール実験の学校現場への継続的な活用を念頭におき、できるだけ安価で安全な器具の開発を積極的に行った。授業実践では、児童・生徒の評価も高く、指導者側の負担も少なく、今後の普及に向けて大きな成果となった。マイクロスケール実験による実験時間の短縮と個別実験の実現は、児童・生徒の考える力の育成と主体的・能動的な学習を支援することがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学習指導要領の改訂を間近に控えた研究期間において、マイクロスケール実験の特徴を生かした教材開発と授業実践による検証を行ったが、理科実験において、児童・生徒が主体的に取り組むための具体的な提案となった。同時に、マイクロスケール実験の様々な特徴の中で、個別実験の実現が大きく貢献していることがわかり、今後の研究の方向性を再確認した。開発した教材実験については、論文発表及び学会発表をとおして積極的に公表した。また児童・生徒を対象にした授業実践だけでなく、教員を対象にした実験教室や研修においても紹介を行った。今後の理科教育の改善につながり、また新学習指導要領への対応についても指針を与えることができた。

研究成果の概要（英文）：The teaching materials developed and improved in 2017-2019 for science in elementary, junior and senior high schools are mainly for Daniel Battery Compact Cloud Chamber Lead Storage Battery Air Battery Electrolysis using Disposable Color Reaction Plate Thermite Reaction theme. Then, in making the teaching materials of each experiment, we examined the microscale aiming at individual experiments. Keeping in mind the continuous use of microscale experiments at school sites, we actively developed inexpensive and safe equipment as much as possible. In class practice, the evaluation of children and students was high, and the burden on the instructor was small, which was a great achievement for future spread. It was found that the reduction of the experiment time and the realization of the individual experiment by microscale experiments support the development of the thinking power of children and students and the active learning.

研究分野：化学

キーワード：マイクロスケール実験 理科教育 個別実験 探究活動 主体的活動 小学校理科 中学校理科 高校化学

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

日本における理科教育の課題を整理した結果、小学校から高校にいたる学校現場において、マイクロスケール実験の導入は有効と考えた。特に実験・観察における児童・生徒の主体的な学習態度の育成には、個別実験を可能にするマイクロスケール実験は有効な実験方法と考えた。また学習指導要領の改訂と準備時期を控え、その改訂趣旨に沿った実験授業のあり方や普及についても注目した。そのためには、安全で安価な器具の開発、それを使った教材実験の普及が必須の課題である。マイクロスケール実験の学校現場への普及を妨げている要因を探りながら、学校現場の協力の下、有効な教材開発と授業実践による検証が必要である。

2. 研究の目的

(1) 研究目的を要約すると「マイクロスケール実験の導入による理科実験の個別化と児童・生徒の能動的学習の支援」となるが、その達成のため、まず理科実験の個別化を可能にするマイクロスケール実験による教材の開発を行う。その際、普及を図るため学校現場の要望を参考に、安全で安価、さらに準備や片付けの負担が少ない教材の開発を念頭に置く。また、マイクロスケール実験を活用した実験・観察が、能動的学習 主体的学習の育成にどの程度に貢献できるか、授業実践を重ねると同時に、その判定方法についても、学校現場の意見をふまえ、検討を重ねることも目標とした。実験前後のアンケート調査により、マイクロスケール実験による教材実験が主体的学習、考える力の育成に貢献できることを検証する。

(2) 次期学習指導要領の準備期間中であり、学習指導案の改訂の主旨を踏まえて、児童・生徒が主体的に関わることを通して、実感を伴った理解を助ける教材開発と実践的検証を行う。また同時に、身の回りの不思議や材料を対象にすることで、より理科の学習の有用性を再認識できる授業展開も実施する。開発した教材実験は、通常の授業だけでなく、地域の実験教室、教員研修、ひらめき ときめきサイエンス等においても活用して、教材としての有効性の確認と、今後の研究を推進して行く上での課題の抽出も念頭において実施する。

3. 研究の方法

本研究の実施においては、申請者が所属していた教員養成大学での教員養成の業務、指導経験を元に、学校現場とのネットワークや教育委員会との連携などを通して、より教育実践的な立場から、マイクロスケール実験の教材開発、授業実践による有効性の検討、学校現場への普及に重点をおいて、研究に取り組んだ。

教材開発は、申請者が中心となって指導の下、研究者協力者、学校現場の教員の協力を得て実施した。また授業実践およびアンケートの実施と解析は、近隣の公私立学校、附属学校の協力を得て行った。研究成果の公表も理科教育学会その他を通して積極的に行った。特に同学会全国大会の課題研究発表会においては、毎回、2～3名の講演依頼ととして、学校現場における様々な取組みを紹介した。また研究成果の社会還元を目的に「ひらめき ときめきサイエンス」における実験講座の講師を担当した。申請者が主宰する「京都マイクロスケール実験研究会」のホームページや一斉配信を通して、マイクロスケール実験に関する情報の発信を行った。

4. 研究成果

2017年度～2019年度において開発あるいは改良した教材は、小中高等学校の理科を対象に、主に ダニエル電池 霧箱実験 鉛蓄電池 空気電池 呈色板による電気分解 電気のとおりみち テルミット反応 の教材実験の作製及び改良を行い、各実験の教材化における理科実験の見直しと、個別実験をねらいとしてマイクロスケール化の検討を行った。

研究期間においては、特に学校現場への普及を念頭におき、できるだけ安価で安全な器具の開発を積極的に行った。授業実践では、児童・生徒の評価も高く、指導者側の負担も少なく、今後の普及に向けて大きな成果となった。

学校現場での授業実践を最優先に行い、小中高等学校における授業実践や、教育委員会における教員研修の講師として研究成果の還元を行った。「ひらめき ときめきサイエンス」を2回実施し、近隣の中・高校生を対象に開発した教材実験を紹介した。

開発した教材実験の一部を次に示す。図1はダニエル電池、図2は鉛蓄電池、図3は空気電池マイクロスケール実験の教材実験を示す。



図1 ダニエル電池

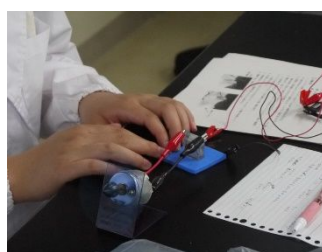


図2 鉛蓄電池

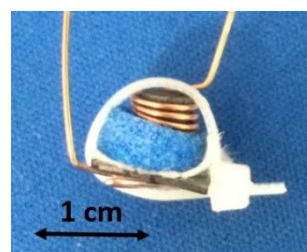


図3 空気電池

(1) **2017**年度は研究期間の初年度として、教材開発を中心に取り組み、学会発表、論文その他の公表を継続的に行った。教材開発では理科実験の個別化を可能にする教材に特に注目し、さらに個別実験が児童・生徒の学習の支援に役立つか、教材開発の方向性、調査方法の検討に向けて取り組んだ。また「言語能力の育成」にも焦点を当て、開発した教材がどの程度貢献できるかの判定方法についても、学校現場の意見をふまえ、さらに検討を重ねた。試みとして実験前後のアンケート調査について、概念の変容調査と設問に工夫を行った。

また呈色板を用いた電気分解実験についても積極的に実践活動を行い、同学会での発表を経て、その後、科学教育研究に掲載(**2017**年**6**月)された。

また、高校化学の有機化学分野を対象にしたマイクロスケール実験の教材開発と授業実践にも取り組んだ。有機化学分野の実験では、有機溶剤の使用や加熱により、従来のプラスチック製の器具の使用が難しいため様々な工夫を行いながら、器具の見直し、安全で確実な操作に重点をおいて研究を進めた。研究結果については理科教育学会で発表を行った。またマイクロスケール実験の紹介記事を執筆した(少年写真新聞社、啓林館等)。理科教員養成の立場から、理科指導法等の大学授業で用いるテキスト(電気書院発行)を執筆(**2017**年**6**月発刊)。同書には**10**件のマイクロスケール実験を含む授業案を掲載した。

(2) **2018**年度は研究期間**3**年の中間年度として、教材開発と実践活動を中心に取り組み、学会発表、論文その他の公表も継続的に行った。

次期学習指導要領の実施に向けての準備期間中であり、公表された学習指導案の改訂の主旨を鑑み教材開発と実践的検証を行った。すなわち、児童・生徒が主体的にかかわることを通して、実感を伴った理解を助ける実験に注目した。マイクロスケール実験で可能な個別実験を基礎に、探究的な要素を取り入れた授業展開(授業デザイン)を検討した。具体例としては、電池・電気分解の分野における空気電池、鉛蓄電池を取り上げた。さらに「ダニエル電池の原理」について実験をとおして考えさせる授業デザインの検討も継続している。ダニエル電池については、次期学習指導要領では中学校理科でも学習対象になっていることも踏まえ、開発と実践は中学校理科及び高校化学を想定して行った。以上の取り組みは、児童・生徒の能動的学習の支援につながる具体的な研究活動として行ってきた。

教材開発においては、身の回りの不思議や材料を対象にすることで、より理科の学習の有用性を再認識できる授業展開を想定しながら実施した。開発した教材実験は、通常の授業だけでなく、地域の実験教室、教員研修、ひらめき ときめきサイエンス等においても活用して、教材としての有効性の確認と、今後の研究を推進して行く上での課題の抽出も念頭にお

いて取り組んだ。

(3) 2019年度は最終年度として、今までと同様に、教材開発と実践活動を中心に取り組み、学会発表、論文その他の公表も継続的に行った。

最終年度は、次期学習指導要領の実施前であり、学習指導案の改訂の主旨を踏まえて、児童・生徒が主体的に関わることを通して、実感を伴った理解を助ける教材開発と実践的検証を行った。具体例として、電池・電気分解の分野における「ダニエル電池の原理」について実験を通して考えさせる授業デザインの検討を行った。ダニエル電池は、次期学習指導要領では中学校理科でも学習対象になっていることも踏まえ中学校理科を想定して行った。

研究結果は主に理科教育学会において、課題研究発表会等の発表を行った。研究期間において開発した教材実験は、ナリカ K.K 及びケニス K.K との協力で商品化を 2 件行った。教員研修を含む実践活動、論文等の公表も行った。また、四天王寺大学(大阪府)でのひらめき ときめきサイエンスでは、外部講師として開発した教材を用いた体験授業も行った。

研究期間全体を通じて、新学習指導要領の改訂趣旨に沿って教材開発と実践活動を行った。児童・生徒の主体的な探究活動をサポートするためのマイクロスケール実験の活用という観点から、三年間の研究成果を総括できる。マイクロスケール実験が持っている特徴、すなわち個別実験による主体的な学習が、指導要領の改訂趣旨を実現できることを再確認した。また同時に、身の回りの不思議や材料を対象にすることで、より理科の学習の有用性を再認識できる授業展開も実施した。開発した教材実験は、通常の授業だけでなく、地域の実験教室、教員研修、ひらめき ときめきサイエンス等においても活用して、教材としての有効性の確認と、今後の研究を推進して行く上での課題の抽出も念頭において実施した。

以上より研究期間において開発した教材実験は高校理科 7 件、中学校理科 2 件、小学校理科 2 件で、授業実践は 8 件、著書 1 件、学会発表 9 件、論文および解説文の公表 5 件である。また、四天王寺大学(大阪府)で実施されたひらめき ときめきサイエンスでは、外部講師として参加し開発した教材を用いた体験授業を行った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 芝原寛泰・佐藤美子	4. 巻 2
2. 論文標題 マイクロスケール実験によるダニエル電池の教材開発と探究的授業デザインの構築 新学習指導要領による中学校理科への導入に向けて	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 京都教育大学教職キャリア高度化センター教育実践研究紀要	6. 最初と最後の頁 95-104
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 芝原寛泰・佐藤美子・川本公二	4. 巻 20
2. 論文標題 マイクロスケール実験による鉛蓄電池の教材化と授業実践 - 実用電池の体験による実感を伴った理解を図るために -	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 フォーラム理科教育	6. 最初と最後の頁 1 - 6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 若山祐規・芝原寛泰	4. 巻 1
2. 論文標題 空気電池の教材化と高校化学実験への実践的応用	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 京都教育大学教職キャリア高度化センター教育実践研究紀要	6. 最初と最後の頁 75-84
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 佐藤美子, 芝原寛泰	4. 巻 41
2. 論文標題 呈色板を用いたマイクロスケール実験による電気分解の教材開発と授業実践	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 科学教育研究	6. 最初と最後の頁 213-220
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 高辻舞華・芝原寛泰・山口道明	4. 巻 18, No.2
2. 論文標題 ペルチェ素子を用いた簡易な霧箱の教材化と授業実践 放射線の透過性について理解するための授業展開の提案	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 京都教育大学教育実践研究紀要	6. 最初と最後の頁 21-28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 佐藤美子, 芝原寛泰
2. 発表標題 中・高校の学習の連続性を踏まえた電池の探究的授業デザイン - マイクロスケール実験によるダニエル電池を例に -
3. 学会等名 日本理科教育学会近畿支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 芝原寛泰, 佐藤美子
2. 発表標題 ダニエル電池の原理を探究するマイクロスケール実験 - 中学校理科への導入をふまえて -
3. 学会等名 日本理科教育学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 芝原寛泰
2. 発表標題 主体的・対話的な実験活動を考える - マイクロスケール実験の個別実験のあり方をさぐる - (趣旨説明)
3. 学会等名 日本理科教育学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口幸雄, 芝原寛泰
2. 発表標題 マイクロチューブを用いたマイクロスケール実験(MSE) - タンパク質の性質における個別実験の実践報告 -
3. 学会等名 日本理科教育学会 近畿支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤美子, 芝原寛泰
2. 発表標題 中学校理科のイオンの学習に向けた簡便なダニエル電池() - マイクロスケール実験の個別実験による学習支援 -
3. 学会等名 日本理科教育学会 近畿支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 芝原寛泰
2. 発表標題 主体的・対話的で深い学びに活用できるマイクロスケール実験 - 新学習指導要領の実施を目前に控え - (趣旨説明)
3. 学会等名 日本理科教育学会 全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 芝原寛泰, 佐藤美子
2. 発表標題 中学校理科のイオンの学習に向けた簡便なダニエル電池 - マイクロスケール実験の個別実験による学習支援 -
3. 学会等名 日本理科教育学会 全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 芝原寛泰, 佐藤美子
2. 発表標題 ボタン電池と呈色板を用いた電気分解マイクロスケール実験 - 操作の簡略化と安全・安価な器具の開発と普及に向けて -
3. 学会等名 日本理科教育学会全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤美子, 芝原寛泰
2. 発表標題 呈色板を用いたマイクロスケール実験の教材開発 () - 個別実験により「金属のイオン化傾向」を実感する教材 -
3. 学会等名 日本理科教育学会近畿支部大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 芝原寛泰・市田克利・佐藤美子（編著）・奥野晃久・川本公二・土手敏通・古川豊・山口幸雄・吉田拓郎	4. 発行年 2017年
2. 出版社 電気書院	5. 総ページ数 257
3. 書名 理科教員の実践的指導のための理科実験集－授業で役立つ基礎から応用まで－	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>京都マイクロスケール実験研究会HP http://h-shiba.wixsite.com/k-micro</p>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携 研究者	佐藤 美子 (Sato Yoshiko) (50734521)	四天王大学・教育学部・教授 (34420)	授業実践等の協力