

平成 30 年 6 月 23 日現在

機関番号：34420

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00997

研究課題名(和文) 考える力の育成を図る実験の個別化と授業実践ー呈色板によるマイクロスケール実験ー

研究課題名(英文) Improvement of Student's Ability in Critical Thinking through Individualization of Experiments and the reporting on various activities-Microscale Experiments using Disposable Color Reaction Plate-

研究代表者

佐藤 美子 (Sato, Yoshiko)

四天王寺大学・教育学部・准教授

研究者番号：50734521

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)：マイクロスケール実験による個別実験は生徒の「考える力の育成」に有効な方法である。学校現場にマイクロスケール実験を普及させるには、安全かつ安価で、操作性にすぐれた実験器具が必要であり、教員側の課題である準備や後片付けの負担を軽減できる器具が求められる。これらの課題に適した器具として呈色板を使用し、開発した教材を用いて、教員研修や授業実践を行った。生徒は主体的に短時間で実験を行い、以前よりも考える余裕が生まれた。アンケート調査から、呈色板を用いた現在の教材実験は、学校現場に取り入れやすく、また「考える力の育成」につながる主体的な個別実験が可能になることが確認された。

研究成果の概要(英文)：Individual experiments based on microscale experiments are an effective method for the improvement of student's ability to think critically. To advance microscale experiments in elementary school, junior high school and high school science classrooms, safe and relatively cheap equipment, and simplification in operation are essential. Furthermore teachers have requested that the preparation of experiments and the cleaning of equipment are easy. The disposable color reaction plates which are suitable the expectation of teachers have been successfully used in several experiments. Using developed teaching materials, the training of teachers and lessons were conducted. Students undertook individual experiments independently in a short time and were able to have room to think more critically than before. From a questionnaire, we found that the present teaching materials using this plates are suitable for lessons and have made it possible to improve and cultivate critical thinking.

研究分野：科学教育

キーワード：マイクロスケール実験 科学教育 理科教育 教材開発 授業実践 考える力の育成 言語能力 呈色板

### 1. 研究開始当初の背景

開始当初の背景として、マイクロスケール実験については、国内では荻野らによる教材開発と欧米の先行例の紹介(化学と教育、マイクロスケール化学実験、日本化学会、2003)や、芝原・佐藤による小・中・高校にわたる実践的な教材開発の実例(「マイクロスケール実験 - 環境にやさしい理科実験」オーム社、2012)等があった。欧米各国における取り組み(S. Thompson, CHRMITREK, 1989 等多数)だけでなく、中国、韓国、タイ等のアジア諸国でもマイクロスケール実験の活用は盛んで、新しい理科実験の手段として注目されてきた。

以上の研究背景をもつマイクロスケール実験を、できるだけ簡単な実験操作により、1人ひとりが実験に携わり、短時間で結果を得ることができる実験としてとらえている。特に本研究で推進したいことは、実験・観察を通じた児童・生徒の「考える力の育成」や、自ら課題をみつけ解決する能力の育成にとって、マイクロスケール実験は実験後の言語活動の充実を図るための時間的ゆとりを生み出す有効な実験方法であることを実践的に検証することである。すなわち、小・中学校理科における実験授業の充実を目指し、一つの学習手段として、マイクロスケール実験の学校現場への導入と実験後の展開を具体的な課題として検討している。

本研究の関連テーマについては、申請者が以前に所属していた神戸大学附属中等教育学校における研究から約10年前からの継続的な取り組みを行っている。その間、マイクロスケール実験の教材開発だけでなく、H24年度科研費(奨励研究:代表者 佐藤美子、課題「マイクロスケール実験による考える力の育成を目指す教材の開発と実践」)による援助の下でICTとマイクロスケール実験との組み合わせによる有効な授業展開についても研究を行ってきた。本研究はこのような継続的な取り組みの延長線上に位置づけられ、特に現勤務大学のミッションに合わせ、小学校理科を対象とした研究にも取り組み、小学校理科から中学校理科への円滑な発展を重視している。

以上の背景と経緯の中で、本研究の特徴及び内容について以下にまとめる。

学校現場へのマイクロスケール実験の普及のため、より安価で取り扱いが簡便な「呈色板」を用いた実験教材を小学校、中学校の理科実験を対象に開発と授業実践を進める。

マイクロスケール実験による個別実験の有効性の検証と、実験後のグループワークの充実を図るため、ICTを積極的に活用する。

学校現場における実践的な検証は、研究協力者との連携の下、計画的に進めていく。

近隣の学校や児童館での出前授業、教育委員会と連携した教員研修等での実験指導

を通して現場教員からの意見を参考に、マイクロスケール実験の学校現場等への普及を促進する。

開発した主に中学理科向けの教材実験についても、小学校理科との継続的な学習の中で、積極的に普及活動を進める。

以上のように本研究は、過去10年間の研究期間における研究成果の学校現場への普及を念頭において、推進を行ってきた。

### 2. 研究の目的

実生活に役立つ科学的な思考力・表現力・判断力の育成のための効果的な学習方法として、実験とその後の考察・発表などの言語活動に焦点を当てた学習システムの構築を目標としている。そのため、児童・生徒による一人ひとりの個別実験を可能にする「マイクロスケール実験」を学校現場に普及させ、また実験を通じた様々な言語活動により「考える力」を育成し、表現力を磨き理解を深め、知識として定着させる方法の検討を行う。

本研究では、以上の目的を達成するため、実験教材の開発も積極的に行う。特に小・中学校におけるマイクロスケール実験の普及に向けて取り組む。具体的には、従来のセルプレートよりも安価な呈色板(呈色反応皿)を用いた教材開発と授業実践による教材の有効性の検証を行う。教育現場のICT化が進む中で、本研究においてもICTを積極的に用いた教材開発と授業実践を行い、授業の新たな展開を提案する。

個別実験が可能なマイクロスケール実験の開発と普及、および効果的な授業展開の探究により、児童・生徒の「考える力」の育成を図ることを研究の目的とする。

### 3. 研究の方法

研究代表者が勤務する大学のミッション、すなわち小学校教員の養成に合わせ、また学校現場や教育委員会との連携などを通して、本研究を実施した。特に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、授業案の作成、授業実践による教材の有効性の検討を行った。研究目的の大きな柱である、マイクロスケール実験の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、研究連携者との共同や、研究代表者の指導の下、学部生の協力を得て実施した。研究連携者からは、教材開発の段階において具体的な指導を受け、より効果的で安全な教材開発をめざした。授業実践およびアンケートの実施と解析は、近隣の公立学校、附属学校の協力を得て行った。研究成果の公表も積極的に行った。研究開始前に予定していた、研究協力者との共同作業は、休職、育児等の諸事情により計画を変更したが、近隣の森下典子(平岡南中学校)、奥野晃久(四天王寺高等学)、谷崎雄一(大阪教育大学附属平野中学校)の各現職教員から予定していた内容(アンケー

ト調査、授業実践活動等)の研究協力等を得ることができた。

#### 4. 研究成果

研究目的であるマイクロスケール実験を活用した、「考える力の育成を図る実験の個別化と授業実践」に向けて教材開発と授業実践を行い、その成果を学会発表、論文などの執筆をとおして公表することに取り組んできたが、ほぼ当初の研究目的を達成することができた。特に「考える力の育成」には、実験結果の詳細な観察が重要であり、結果をまとめる技能、発表能力などの表現力の育成も不可欠であるが、そのため研究経費で購入したタブレットを活用した。すなわちタブレットを各班に配置し、学習者が主体となる授業展開を積極的に実施するため、ホワイトボードやいろいろな ICT を活用することで「考える力の育成」につなげる試みを行った。また、実験に一人ひとりが主体的能動的に取り組み、実感できるように個別化すること、授業者が可能な限り短時間に準備と片付けができることを念頭に、器具の小型化、操作の簡略化、器具の扱いやすさ、利便性などを優先した実験器具の開発に重点をおいて、呈色板を用いた教材開発と授業実践を行ってきた。研究成果については、学会発表や論文投稿を行い、学校現場におけるマイクロスケール実験の普及のため、マイクロスケール実験の入門的、解説記事の執筆も行った。また、研究成果の社会還元の一環として、中学生を対象とした「ひらめきときめきサイエンス」を実施した。さらに、地域への貢献として、科学館や科学の祭典等では小学生だけでなく、親子で参加できる実験教室も実施した。多くの方が実験に参加し、科学の楽しさを体験できる活動を行った。

研究成果の例として、査読付き論文にて公表した内の以下2件について概略を示す。

##### 1) 呈色板を用いたマイクロスケール実験の教材開発と授業実践

理科教育実験への普及を目指した汎用性のある器具の活用 理科教育学研究 Vol.57、No.2 pp.123-134 (2016)

環境に配慮した実験、個別化による「考える力の育成」に有効な実験として、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の報告を行ってきた。小学校から高等学校に至る学校現場での普及には、安価で安全、かつ操作性にすぐれた実験器具の開発が必要である。本研究ではマイクロスケール実験のメリットを生かしながら、準備や後片付けを含む教員側の負担等の課題を解決できる器具として「呈色板」を用いた。「水溶液の性質」および「だ液のはたらき」に関する教材開発と授業実践例を報告する。実践では、実験教室に参加した中学生、教員研修に参加した教員および教員

志望の大学生を対象として、従来の実験器具との比較も含めアンケート調査を行った。「呈色板」を用いたマイクロスケール実験が、学校現場においてマイクロスケール実験を普及させる上で有効であることが確認された。

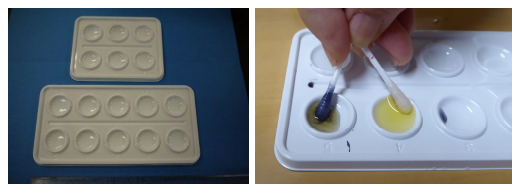


図1 左上 呈色板の例  
右上 だ液の実験  
左 タブレットを使った発表



2) 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 - 中学校理科および高校化学への普及を目指した汎用性のある器具の活用 科学教育学研究 Vol.41、No.2 pp.213-220 (2017)

マイクロスケール実験の特徴である個別実験の実現は、主体的な取り組みによる思考を促し、「考える力の育成」に有効な手法の1つであると考えられる。そこで、中学校理科および高等学校化学における「電気分解」を対象に、マイクロスケール実験の学校現場への普及を図るため、安価で安全かつ操作性にすぐれた「呈色板」を電解槽として用い、さらに炭素棒による電極の操作方法の改良を図り開発に取り組んできた。開発した実験教材は、中学生および高校生を対象に、学校での授業や実験教室における実践をとおして検証し、改良した。呈色板を用いた本法によって、電気分解の様子を鮮明に観察できること、また高等学校化学では授業時間内に3種類の電解質溶液についての電気分解を、安全性を確保しながら実施することも可能となった。

アンケート調査は中学生や高校生、教員志望の大学生を対象とした実践をもとに、呈色板の電解槽としての操作性や観察のしやすさに注目して実施した。呈色板を使った電気分解の実験は、マイクロスケール実験の特徴を生かしながら、さらに利便性を向上させ、学校現場に取り入れやすく、また「考える力の育成」につながる主体的な個別実験が可能になることが確認された。





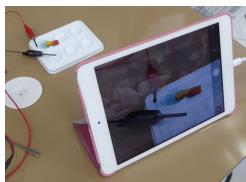


図2 上 KI水溶液の電気分解  
下 タブレットを使った演示と記録

## 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6件)

佐藤美子、呈色板を用いた安全・安価なマイクロスケール実験の教材開発 - 小学校3年理科「電気を通す物」の実践を例に

日本初等理科教育研究会紀要 No.93、2018 pp.28-35

佐藤美子、芝原寛泰、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 - 中学校理科および高校化学への普及を目指した汎用性のある器具の活用 科学教育学研究 Vol.41、No.2、2017、pp.213-220

DOI

<https://doi.org/10.14935/jssej.41.213>

佐藤美子、芝原寛泰、呈色板を用いたマイクロスケール実験の教材開発と授業実践 理科教育実験への普及を目指した汎用性のある器具の活用、理科教育学研究、査読有、Vol.57 No.2、2016、pp. 123-131

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/sjst/57/2/57\\_16036/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/sjst/57/2/57_16036/_article/-char/ja/)

[解説] 芝原寛泰、柴辻優駿、佐藤美子、実感を伴った理解を促すマイクロスケール実験の導入、理科の教育、No.771、2016、pp. 48-49

柴辻優駿、佐藤美子、芝原寛泰:「マイクロスケール実験による中学校理科における銅の酸化・酸化銅の還元実験の教材開発と授業実践」、理科教育学研究、Vol.56、No3、2015、pp.347-354

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/sjst/56/3/56\\_14065/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/sjst/56/3/56_14065/_article/-char/ja/)

佐藤美子:「理科教育におけるマイクロスケール実験の教材開発と実践 - 混合物の分離実験を中心に -」、四天王寺大学紀要、第62号、2016、pp.369-381

[学会発表](計10件)

佐藤美子、主体的な学びを支援するマイクロスケール実験の活用-考える力の育成を

る個別実験の実践例の紹介-(課題研究発表会)、日本理科教育学会全国大会、2017年8月6日、福岡教育大学

芝原寛泰、佐藤美子、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 - (課題研究発表会)、日本理科教育学会全国大会、2017年8月6日、福岡教育大学

深瀬友昭ら、佐藤美子、「導通テストキット」の教材化と実践および素朴概念の調査 - 呈色板を用いたマイクロスケール実験の教材開発(V) -」、日本理科教育学会近畿支部大会発表、2016年11月26日、大阪教育大学 (学生発表賞受賞)

佐藤美子、芝原寛泰、呈色板を用いたマイクロスケール実験の教材開発(IV) - pHによる指示薬の色変化を実感するために -」、日本理科教育学会近畿支部大会発表、2016年11月26日、大阪教育大学

芝原寛泰、佐藤美子、近藤恵子、マイクロスケール実験による電気分解で用いる直流電源の改良 - 個別実験を安全・安価に実現するために -、日本理科教育学会近畿支部大会、2016年11月26日、大阪教育大学

芝原寛泰、佐藤美子:「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 -」、日本理科教育学会全国大会発表、2016年8月6日、信州大学

芝原寛泰、佐藤美子、山口幸雄、呈色板を用いた電気分解のマイクロスケール実験 - 色々な電解質溶液を用いた結果の比較のために - (課題研究発表会)、日本理科教育学会全国大会、2016年8月6日、信州大学

佐藤美子、芝原寛泰、呈色板を用いたマイクロスケール実験の教材開発( ) - 小学校・中学校理科の「電気の流れ方」を例に - (課題研究発表会)、日本理科教育学会全国大会、2016年8月6日、信州大学

佐藤美子、芝原寛泰、呈色板を用いたマイクロスケール実験の教材開発(II) - 理科教員志望の大学生を対象にした活用例 - (課題研究発表会)、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

山根良行、芝原寛泰、佐藤美子、マイクロスケール実験と通常スケール実験の比較 - 高校化学における塩化銅( )水溶液の電気分解を例に - (課題研究発表会)、日本理科教育学会全国大会、2015年8月1日、京都教育大学

〔図書〕(計5件)

理科教員の実践的指導のための理科実験集、芝原寛泰 編著、佐藤美子(分担執筆) 他著者8名、電気書院、2017、250、

内山裕之ら13名 佐藤美子(分担執筆) 星の環会、板書のかたち－ホワイトボードで子どもが参加－5年生の理科学授業アクティブ・ラーニング、2016、163

芝原寛泰、佐藤美子

Microscale Experiment - Environment-Conscious Science Experiment、オーム社、2016、119

芝原寛泰、佐藤美子、竹花裕子(編著、) すぐに役立つ 研究授業のための学習指導案の作り方 - 新学習指導要領にもとづく小学校理科編 -、オーム社、2015、250

高校化学実験集 - 授業で役立つ基礎から応用まで -、芝原寛泰、市田克利、佐藤美子(編著) 電気書院、2015、227

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：  
①ル

取得状況(計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐藤美子(SATO Yoshiko)  
四天王寺大学 教育学部 准教授  
研究者番号：50734521

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

芝原寛泰(SHIBAHARA Hiroyasu)  
京都教育大学 名誉教授  
研究者番号：60144408

(4) 研究協力者

武曾朋子(MUSO Tomoko)  
奈良女子大附属中等教育学校

上田浩司(UEDA Koji)  
西宮市立今津中学校

新田早苗(NITTA Sanae)  
南丹市立綾部小学校