

# 小学校理科でのマイクロスケール実験の導入に関する考察 —大学3年生を対象とした模擬授業から—

Thoughts on Microscale Experiments in Elementary School Science Classes:  
An Analysis of Students' Questionnaires

秋吉博之

## 1. 研究の目的

マイクロスケール実験は、実験の規模を小さくし、環境への負荷を少なくする手法としてこれまで米国で開発されてきた。日本では、荻野和子らによって先駆的な研究が行われている<sup>1)</sup>。近年、環境への負荷を軽減するだけでなく、個別に実験ができることが着目され、教育用として授業に用いる実践研究が高等学校や中学校で進められている<sup>2) 3) 4)</sup>。

今回改訂された中学校学習指導要領解説理科編（平成20年8月）には、「使用する薬品をできるだけ少なくしたマイクロスケールの実験など、使用する薬品をできる限り少なくした実験を行うことも考えられる」と示されており<sup>5)</sup>、これから中学校でマイクロスケール実験の実施が広がることが考えられる。小学校学習指導要領（平成20年8月）には、「マイクロスケール実験」「マイクロスケールの実験」について示されていない。しかし、今回の学習指導要領の改訂では小中学校の内容の一貫性が示されており、これから小学校にも「マイクロスケール実験」の導入が考えられる。

実験の技能面での課題もあるが、小学校理科におけるマイクロスケール実験についても取り組みが見られる<sup>6) 7)</sup>。中川徹夫は、群馬県での小学校教員を対象にマイクロスケール実験を紹介している<sup>8)</sup>。また大竹茂は、小学校理科におけるマイクロスケール実験導入の試みを行っている<sup>9)</sup>。これまでに筆者らは、兵庫県下で行われた小学校教員を対象とした教員免許状更新講習でマイクロスケール実験を実施し、その後に質問紙調査を行った。これにより小学校でのマイクロスケール実験の実施状況及び小学校におけるマイクロスケール実験の教材としての有効性について検討した<sup>10)</sup>。

本研究では、小学校でマイクロスケール実験を取り入れるにあたっての利点や課題を調査する。特に小学校理科の粒子領域の実験について取り上げ、大学3年生を対象とした模擬授業でマイクロスケール実験を行い、その後の質問紙調査からマイクロスケール実験の実施方法について検討する。

## 2. マイクロスケール実験を用いた模擬授業

小学校6年生の粒子領域「水溶液の性質」でマイクロスケール実験を取り入れた模擬授業を行った。2010年7月15日に、S大学3年生の小学校教諭一種免許状取得見込みの学生（男子8名、女子30名）の計38名に対し、マイクロスケール実験を用いた模擬授業を行った。また、比較のため教科書に記載されている実験方法でも同じ実験を実施し、模擬授業後に質問紙調査を行った。授業者は4年生の女子学生1名であった。この実験にあたっては、現行で使用されている6社の教科書を参考にした。



図1 模擬授業のようす



図2 実験器具

### (1) 準備物

図2で示すように、5.0%塩化ナトリウム水溶液、5.0%塩酸、石灰水、5.0%アンモニア水、市販の食酢をそれぞれフィルムケースに入れて準備し、5種類の緩衝液（シュウ酸塩pH標準液（pH1.68）、フタル酸塩pH標準液（pH4.01）、中性リン酸塩pH標準液（pH6.86）、ホウ酸塩pH標準液（pH9.18）、炭酸塩pH標準液（pH10.02））、BTB溶液、ムラサキイモパウダー溶液、試験管6本、試験管立て、スポイド6本、24セルプレート（一人1枚）を準備した。これらの準備物を班ごとに一つの容器に入れて準備し、廃液を入れる容器を二つ教卓の上に準備した。なお、ムラサキイモパウダー溶液は、市販のムラサキイモパウダーを水に溶かした後、濾液を使って実験を行った。

### (2) 実験手順

#### 1) 教科書で示された実験

次のように、教科書で示されている試験管を用いた実験を3～4人1組の10班編制で行った。

- ① 図3で示すように、5本の試験管に、5種類の緩衝液をそれぞれ入れる。
- ② 図4で示すように、①の溶液にそれぞれBTB溶液を加え、色の変化を観察する。
- ③ ①とは別の5本の試験管に、調べたい溶液を入れる。
- ④ ③の溶液にBTB溶液を加え、色の変化を観察し、②の色と比較する。



図3 ①の状態

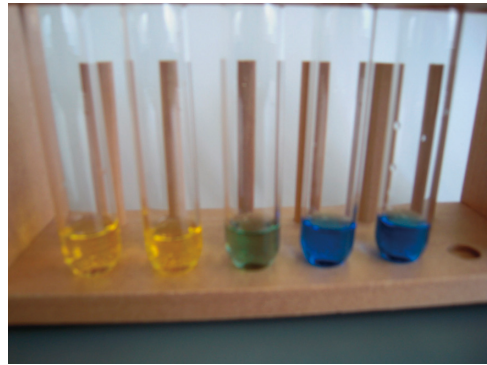


図4 ②の状態

## 2) マイクロスケール実験

次のように、24セルプレートを用いてマイクロスケール実験を行った。セルプレートの位置は、縦に上からA～D、横に左から1～6として、A1のように示した。

- ① 図5で示すように、24セルプレートのA1～A5に、5種類の緩衝液をそれぞれ入れる。



図5 ①の状態

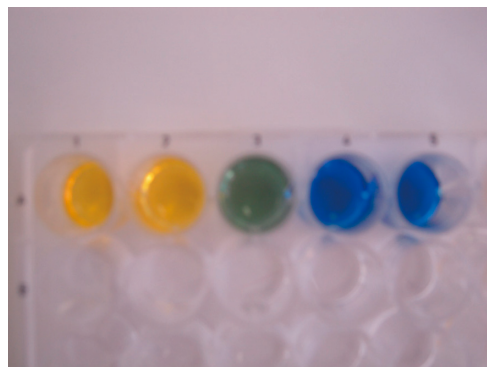


図6 ②の状態

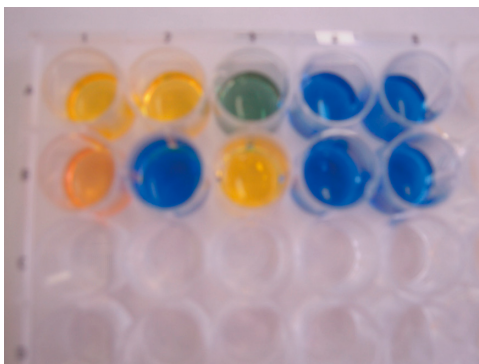


図7 ④の状態



図8 ⑥の状態

- ② 図6で示すように、①の溶液にそれぞれBTB溶液を加え、色の変化を観察する。  
③ B1～B6のセルに、自分が調べたい溶液を入れる。

- ④ 図7のように、③の溶液にBTB溶液を加え、色の変化を観察し、②の色と比較する。
- ⑤ C1～C5のセルに5種類の緩衝液をそれぞれ入れる。
- ⑥ 図8で示すように、⑤の溶液にそれぞれムラサキイモパウダー溶液を加え、色の変化を観察する。
- ⑦ D1～D6のセルに、⑥と同じ溶液を入れる。
- ⑧ 図9で示すように、⑦の溶液にムラサキイモパウダー溶液を加え、色の変化を観察し、⑧の色と比較する。



図9 ⑧の状態

### 3. 質問紙調査の結果

模擬授業を受けた38名を対象に質問紙調査を実施した。有効回答数は38であった。

(1) 問1：他教科に比べて理科は得意ですか

「問1：あなたは他の教科に比べて、理科は得意ですか」という質問では、図10で示すように、「やや得意」、「あまり得意ではない」という人が多かった。

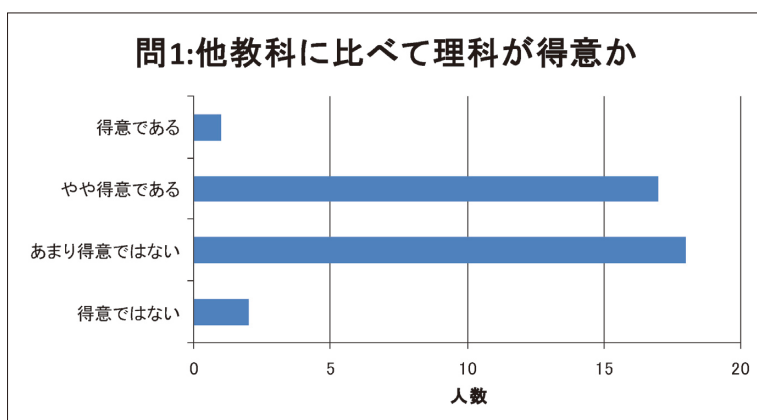


図10 問1：あなたは他の教科に比べて、理科は得意ですか

(2) 問2：観察や実験は大切だと思いますか

「問2：あなたは理科の授業において、観察や実験は大切だと思いますか」という質問では、図11で示すように、「とても大切である」が27人、「大切である」が11人で、「あまり大切ではない」、「大切ではない」と答えた人はいなかった。

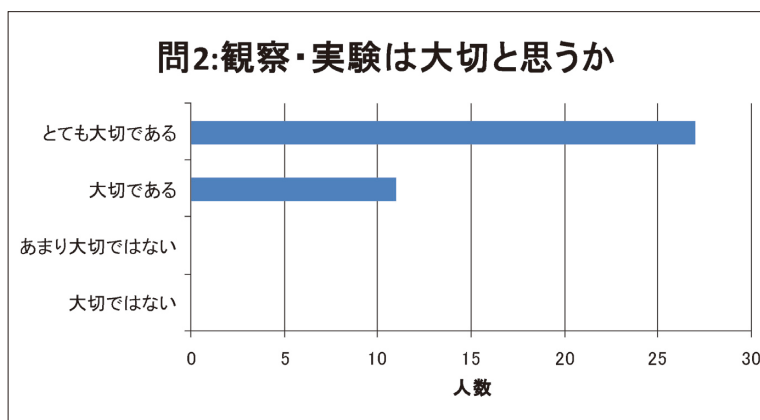


図11 問2：あなたは理科の授業において、観察や実験は大切だと思いますか

全員が理科の授業において、観察や実験は大切であると回答している。その理由として、「実験により、より一層理科に対する興味・関心を高めることができるから」、「教科書を見て学ぶだけでは理解しにくいことも、実験をすることで理解しやすくなり、印象にも残りやすい」という意見が多かった。

(3) 問3：理科の授業で観察や実験を多くとりいれますか

「問3：あなたが教師になった際、理科の授業で観察や実験を多くとりいれますか」という質問では、図12で示すように、「多く取り入れる」15人、「取り入れる」23人、「少し取り入れる」、「あまり取り入れない」は0人だった。

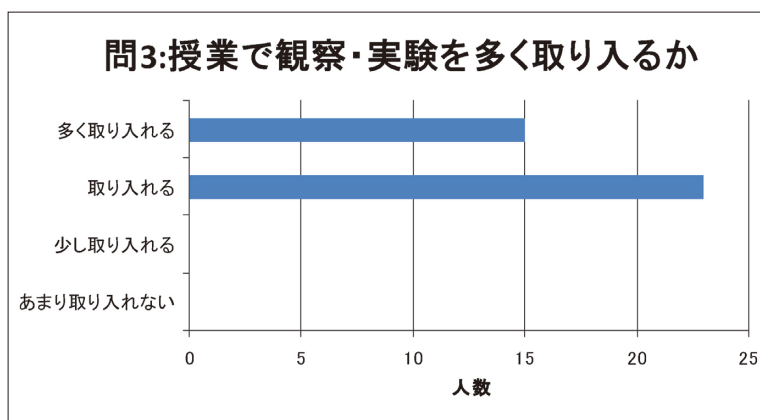


図12 問3：理科の授業で観察や実験を多くとりいれますか

観察や実験を取り入れることの大切さを分かっている分、自分も取り入れるよう努力するという考えの人がほとんどであった。しかし、取り入れると答えた人の中には、「本当は観察や実験をたくさん取り入れたいが、実際にはしなければならないことが多くてあまり取り入れられないだろう」という意見もあった。

(4) 問4：マイクロスケール実験に興味をもちましたか

「問4：今回の実験で、マイクロスケール実験に興味をもちましたか」という質問においては、図13で示すように、「とても興味をもった」19人、「興味をもった」18人、「あまり興味をもたなかった」1人、「全く興味をもたなかった」0人で、多くの人が興味をもった。

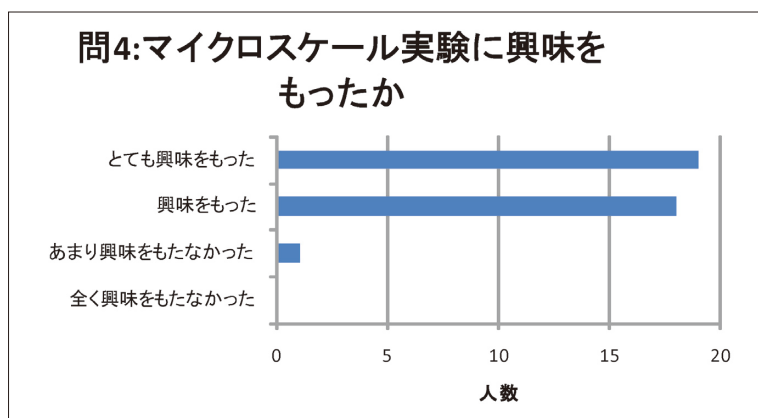


図13 問4：今回の実験で、マイクロスケール実験に興味をもちましたか

興味をもったと答えた学生の中には、「自分が小学校教員になった際にはマイクロスケール実験を行いたい」という意見もあった。具体的に興味をもったかという点で多かった意見としては、「少量の水溶液で反応が見られるため、廃液の量も少なくてすみ、環境に優しい実験であること」、「一人1つの実験器具を使えるため、積極的に実験に取り組むことができること」、「実験結果を班の人と見せ合い、なぜそのような結果になったのかを話し合うことができる」という意見があった。また「あまり興味をもたなかった」という人の意見としては、「1つ1つのセルが小さく、小学生には難しいと思った」であった。この意見に関しては、大学生でも24セルプレートは間違える学生がいたということから考えても、小学生には24セルは大変難しいだろうと思われる。今回の模擬授業では24セルプレートを使用したが、穴が大きな6セルプレートでの検証を行う必要がある。

(5) 問5：小学校でマイクロスケール実験を取り入れようと思いますか

「問5：あなたは将来教師になった際に、小学校でマイクロスケール実験を取り入れようと思いますか」という質問においては、図14で示すように、「とても思う」10人、「思う」24人、「あまり思わない」4人、「思わない」0人で、多くの人がマイクロスケール実験の有効性や面白さを感じている。



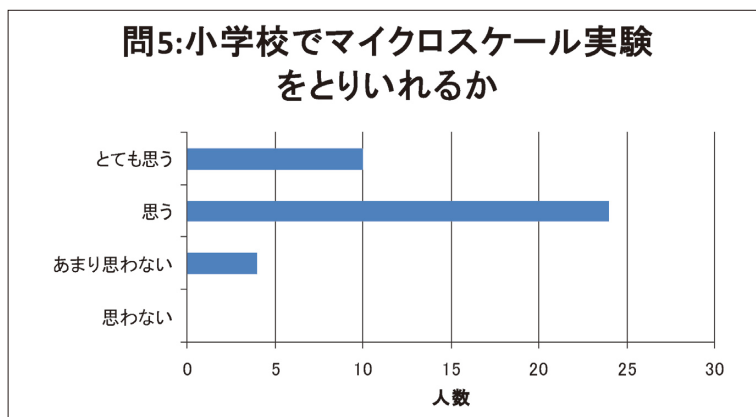


図14 問5：小学校でマイクロスケール実験を取り入れようと思いますか

小学生には難しいのではないかという意見や、一人一人に実験器具を用意するのは大変だという意見があった。実際に小学校で取り入れる際には子どもたちの様子などをよく踏まえた上で検討しなければならない。

#### 4. 廃液量の比較

実験後、マイクロスケール実験の特徴の一つでもある廃液量の少なさを確かめるため、図15で示すように、通常の実験とマイクロスケール実験それぞれの廃液をメスシリンダーに入れ、廃液の量を比較した。

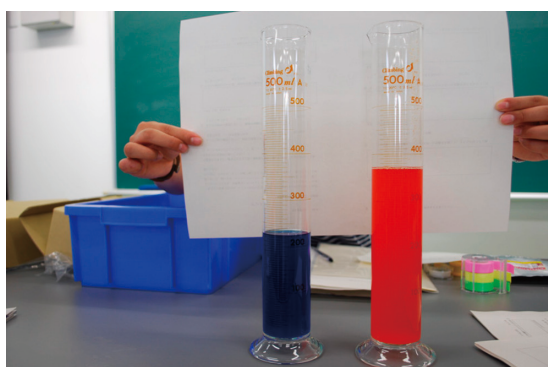


図15 廃液量の比較

表1 廃液量

実験方法	器具	全体量	1本・1セルあたりの量
教科書による実験	試験管	225mL	3.75mL
マイクロスケール実験	24セルプレート	370mL	0.48mL

表1で示すように、廃液量は、通常の実験（10班分）は225mL、マイクロスケール実験（38人分）は370mLと、通常の実験の方が廃液の量が少なく見えるが、マイクロスケール実験は

通常の実験の倍量の実験を一人ひとりが行っており、このままでは比較できない。したがって、試験管1本当たり・マイクロスケール実験のセル一つ当たりの量を全体量から計算した。すると、試験管1本当たり3.75mL、マイクロスケール実験のセル一つ当たり0.48mLとなり、試験管1本はセル一つ当たりの約7.5倍もの廃液を出していることが分かった。このことから、試験管で行った分のみの実験を、マイクロスケール実験で38名が個人個人行った場合には、廃液量は約109.44mLとなり、今回の試験管での実験で出た廃液量の約半分となる。そのことを考えると、マイクロスケール実験は廃液の量が相対的に少ないことがいえる。

## 5. 考察

質問紙調査の結果、多くの学生がマイクロスケール実験に興味を持ち、楽しかったと答えている。また、模擬授業ではプラスチック製のセルプレートを用いたため、割れる心配もなく、小学生でも安心して実験や片付けができるという意見も多かった。また一人ひとりで実験できるため、全員が積極的に実験に参加することができ、印象に残りやすいのではないかと意見もあった。

しかしマイクロスケール実験の問題点もいくつかあげられた。例えば、一人ひとりで実験を行うため、教師の目が全員に行き届かないこと、また、溶液を入れる箇所が多く、入れるところを間違えてしまうおそれがあることなどである。セルプレートの下に紙を敷き、そこに何を入れるのかということをあらかじめ記していれば、間違えることは少なくなるという教師の工夫が必要である。

また今回の実験で分かったことが二つある。一つ目は、使用する溶液が少なく反応も早いいため、セルプレートに入れた溶液が空気中の二酸化炭素などと反応したり、セルプレートに少量でも薬品などが付いていれば、それらと反応したりと性質が変わりやすいということである。今回の実験では食塩水が、試験管の中の溶液は時間が経ってもあまり色の変化はなかったが、マイクロスケール実験は実験後にセルプレートに蓋をしていても、時間が経つにつれ中の溶液の色が実験直後から変化していた。そのため、器具の徹底した洗浄と素早く実験を行うことが求められる。

二つ目は、予備実験を行い、使用する溶液の効果的な量を見つけておいたり、実験の正確性を高めたりしておく必要があるということである。そうすれば、マイクロスケール実験を実施する際、どこに何の溶液を入れるのかを記した紙をセルプレートの下に敷いておいた方が良いということにも気づけたのかもしれない。

この結果を踏まえ、模擬授業の後に検証のための実験を行った。BTB溶液とムラサキイモパウダー溶液は、試験管での実験もマイクロスケール実験も同量の3滴で行った。模擬授業で問題となった食塩水は事後の確認では、試験管での実験でBTB溶液もムラサキイモパウダー溶液も中性を示した。しかしマイクロスケール実験では、ムラサキイモパウダー溶液は中性を示したが、BTB溶液はアルカリ性を示した。他の溶液については、試験管での実験も



マイクロスケール実験も結果は同じであった。マイクロスケール実験において、食塩水がBTB溶液で中性を示したのは、食塩水を実験で使用した量の倍に増やして実験を行った場合であった。しかしこれも時間が経つとアルカリ性へと色に変化した。

このことから模擬授業の際に食塩水が酸性を示した班は、塩酸や食酢など他の溶液が混ざった可能性が高い。またBTB溶液を加えている間にも空気中の二酸化炭素と反応してしまっていたことが考えられる。

マイクロスケール実験は新しい実験方法であり、マイクロスケール実験の導入には度重なる予備実験など、大きな負担となることもある。しかし今回の質問紙調査の結果からも分かるように、マイクロスケール実験に対する子どもたちの興味・関心は高いことが考えられる。準備や片付けなど従来の実験より軽減されることもある。実験器具も割れる心配も減り、安全性も高まるであろう。このように利点があり、多くの学校で取り入れられることが期待される。

## 6. 今後の課題

科学技術振興機構の報告によると、小学校教員の約9割が理科全般の内容が好きと感じている一方で、約5割の教員が理科指導に苦手意識を持っている。また、小学校教員の約7割が、理科の指導法の知識・技能が低いと感じている<sup>1)</sup>。従って現職教員の理科における研修と共に、小学校教員養成課程での教育が課題である。特に小学校学習指導要領理科の中で、小中学校の内容の一貫性が明確に示されており、中学校理科との継続性が重視されている。高度な理科指導力を持った学生が現場の教員として育っていくことは、今後の科学教育の振興に大きく寄与するものである。本研究では学生が教師役として模擬授業を行い、模擬授業後に児童役の学生への質問紙調査からマイクロスケール実験の教材としての検討を行った。この模擬授業を効果的に実施することによって、学生の観察・実験の技能を高めることができると考える。この方策を検討することを今後の課題としたい。

### 〔付記〕

本稿は、平成22年11月26日に京都教育大学で開催された平成22年度日本理科教育学会近畿支部大会（京都大会）での口頭発表「マイクロスケール実験の有効性の検討(1)—大学3年生を対象とした模擬授業から—」に大幅な加筆・修正をしたものである。マイクロスケール実験の実施にあたり助言をいただいた佐藤美子氏、また模擬授業の実践で研究をすすめた宮本英理佳氏に深く感謝する。

### 【引用文献】

- 1) 荻野和子編『マイクロスケール化学実験—マイクロスケール実験の広場から—』, 日本

化学会, 2003.

- 2) 荻野和子「陽イオンの定性分析におけるマイクロスケールの予備実験」『化学と教育』49(2), p.111, 日本化学会, 2001.
- 3) 佐藤美子, 芝原寛泰「環境にやさしい理科教育実験—中学校理科におけるマイクロスケール実験の実践例—」『京都教育大学環境教育実践年報』第17号, pp.15-27, 京都教育大学, 2009.
- 4) 佐藤美子・芝原寛泰「考える力の育成を目指す生徒による実験プランニング」『京都教育大学教育実践研究紀要』第10号, pp.71-80, 京都教育大学, 2010.
- 5) 文部科学省『中学校学習指導要領解説理科編』p.110, 大日本図書株式会社, 2009.
- 6) 吉國忠亜, 針谷尚志, 中川徹夫「小学校理科におけるマイクロスケール実験の実践—水溶液の酸性, 中性, アルカリ性の識別」『群馬大学実践研究』第26巻, pp.215-219, 群馬大学, 2009.
- 7) 平島和雄・芝原寛泰・綿越貴久「身近な不思議の出会いから科学的探究心が高まる導入の工夫—マイクロスケール実験による個の思考に沿った水溶液の授業の展開—」『京都教育大学教育実践研究紀要』第10号, pp.81-90, 京都教育大学, 2010.
- 8) 中川徹夫「教員養成系学生および小学校・中学校教員に対するマイクロスケール実験の紹介」『日本科学教育学会研究報告』21(4), pp.31-36, 日本科学教育学会, 2007.
- 9) 大竹茂, 「小学校理科におけるマイクロスケール実験導入の試み」『群馬教育センター』229集, pp.1-18, 群馬県教育センター, 2005.
- 10) 秋吉博之「小学校理科でのマイクロスケール実験の活用に関する考察—小学校教員免許状更新講習での実施から—」『就実教育実践研究』第4巻, pp.1-9, 就実教育実践研究センター, 2011.
- 11) (独) 科学技術振興機構理科教育支援センター・国立教育政策研究所教育課程研究センター, 平成20年度小学校理科教育実態調集(平成20年11月計結果(速報)), 閲覧日 2009/10/23, <http://www.jst.go.jp/pr/announce/20081120/index.html>

#### 【参考文献】

- 1) 吉國忠亜, 針谷尚志, 中川徹夫「小学校理科におけるマイクロスケール実験の実践—水溶液の酸性, 中性, アルカリ性の識別—」『群馬大学教育実践研究』第26号, pp.215-219, 群馬大学, 2009.
- 2) 坂東舞・川本公二・土田弘幸・芝原寛泰「マイクロスケール実験による水の電気分解実験の定量化」『教育実践研究紀要』第6巻, pp.25-34, 京都教育大学, 2006.
- 3) 柿原聖治・高原芳明「小学校理科における安全学習の在り方について—学習指導要領及び教科書に見る安全学習の記述とその分析から—」『岡山大学教育学部研究収録』134(1), pp.59-73, 岡山大学教育学部, 2007.

- 4) 芝原寛泰「中学校理科におけるマイクロスケール実験の活用」『中学理科通信 2006年秋号(教育出版)』pp.8-16, 教育出版, 2006.
- 5) 宮本英理佳・秋吉博之・佐藤美子「マイクロスケール実験の有効性の検討(1)—大学3年生を対象とした模擬授業から—」『日本理科教育学会近畿支部大会発表論文集』p.35, 日本理科教育学会, 2010.