

平成 30 年 5 月 2 日現在

機関番号：34510

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2017

課題番号：24501072

研究課題名(和文) 持続可能な開発のための教育を推進させるマイクロスケール実験教材の開発と改良

研究課題名(英文) Development and Improvement of Teaching Materials on Microscale Experiments
Which Promote Education for Sustainable Development

研究代表者

中川 徹夫 (Nakagawa, Tetsuo)

神戸女学院大学・人間科学部・教授

研究者番号：70312866

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：通常実験の規模を縮小させたマイクロスケール実験には、実践操作が容易、安価、安全、迅速、環境に優しい等、多くの長所がある。これまで数多くのマイクロスケール実験に関する研究が行われてきた。しかし、持続可能な開発のための教育の視点からは、ほとんど検討されていない。本研究では、持続可能な開発のための教育を推進させるためのマイクロスケール実験教材の開発や改良を試みた。さらに、児童・生徒を対象とした授業実践も行った。

研究成果の概要(英文)： There are many advantages in microscale experiments: they are easy, cost-effective, safe, fast, and environmentally friendly. Microscale experiments have been intensively investigated. However, they are hardly done in view of education for sustainable development.

In this study, we have tried to develop and improve the teaching materials on microscale experiments which promote education for sustainable development, and to perform the practical lessons for primary school children and high school students using our teaching materials on microscale experiments.

研究分野：理科教育，特に化学教育

キーワード：マイクロスケール実験 持続可能な開発 教材開発 教材改良 授業実践 化学教育 物理教育 地学教育

1. 研究開始当初の背景

(1)通常実験の規模を縮小させたマイクロスケール実験(MSE)が、世界の理科教育に導入されつつある。我々はこれまでに理科教育における MSE の重要性に着目し、主として科研費により MSE に関する教材開発・改良や普及活動に従事した。

(2) これまで MSE の研究は、主に化学分野を中心に行われてきた。化学以外の物理分野等における MSE の導入も有意義である。また、理科教育と関連の深い持続可能な開発のための教育(ESD)を推進させるのに MSE は有用な手法である。しかし、MSE を取り入れた ESD の実践例は見当たらない。加えて、わが国における MSE の普及率も低い。これらの問題の解決に向けて、研究に着手した。

2. 研究の目的

(1)物理学や生物学、地学分野における ESD を推進させる MSE 教材を開発する。

(2)化学分野における ESD を推進させる MSE 教材を開発・改良する。

(3)MSE 教材の普及活動に努める。

3. 研究の方法

(1)化学分野以外の物理学や生物学、地学分野に着目して、ESD を推進させる MSE 教材の新規開発を行った。

(2)すでに開発した化学分野における MSE 教材に注目して、ESD を推進させる教材に改良した。また、これまでに未検討である化学分野に着目して、ESD を推進させる MSE 教材の新規開発を行った。

(3)神戸女学院大学で開催するオープンキャンパス模擬授業やサイエンス体験、科研費の成果還元事業であるひらめき・ときめきサイエンス、あるいは研究協力者の勤務校の授業等で、これまでに開発・改良した MSE 教材を使用し、教材としての有用性について検証した。加えて、MSE 教材の普及活動に努めた。

(4)科研費の研究期間内に発表した学术论文や学会発表要旨を編集して、「研究報告書」冊子を作成した。

(5)MSE プリントを編集して、2013 年には「マイクロスケール実験シート」を、2017 年には「同(改訂版)」を作成した。

4. 研究成果

(1) MSE 関係の情報を、Web サイトや国内外の化学教育、理科教育関係の学術雑誌を利用した入手した。また、日本化学会春季年会、近畿地区化学教育研究発表会、日本理科教育学会全国大会、同近畿支部大会、日本教材学

会研究発表大会、国際化学教育会議(International Conference on Chemistry Education, ICCE)、環太平洋国際化学会議(International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, PACIFICHEM)等に参加して、MSE に関連した研究の動向を把握した。

(2)小型メスシリンダー(容積 10 mL)を使用したエタノールと水の混合に伴う体積変化に関する MSE の授業実践を、大学生や高校生を対象に実施した。学生・生徒の取り組む様子やアンケート結果から、教材の有用性が認められた(図書①、学会発表⑮、⑯、⑳、㉑、㉒)。

(3)電子天秤と小型メスシリンダー(容積 10 mL)を使用したエタノール水溶液の密度測定に関する MSE 教材を開発し、密度の値からモル濃度と過剰体積の算出方法を誘導した。少量の試薬で反復使用が可能であるので、ESD の視点からも優れた手法である。操作は容易で、短時間で測定できた。得られた密度の値は文献値とよく一致した(雑誌論文、学会発表⑳、㉓、㉔)。

(4)小型電子天秤を使用した岩石や鉱物の密度測定に関する MSE 教材を開発した。実験操作は容易で、短時間で精度よく測定できた。得られた密度の値は文献値とよく一致した。(学会発表、)。

(5)小型電子天秤と小型メスシリンダー(容積 10 mL)を使用した水とエタノールの密度測定に関する MSE を、小学校教職課程履修者に対して実践した。実験に不慣れな者でも比較的手軽に取り組むことができた(雑誌論文、学会発表)。

(6)12 ウェルセルプレートを使用した酵素反応(ヨウ素デンプン反応の有無による酵素の失活を確認)に関する MSE 教材を開発した。少量の試薬で実験が可能で、操作は容易であった。高校生を対象に授業実践を行い、生徒の取り組む様子やアンケート結果から、教材の有用性が認められた(雑誌論文)。

(7)高等学校生物の生態学の分野で指導される捕食者-被食者相互作用に関して、活動教材を用いた指導法を検討した。高校生を対象に授業実践を行い、有用性が認められた。本手法は MSE そのものではないが、ESD の視点からは極めて興味深い内容である(雑誌論文⑦、学会発表⑳)。

(8)MSE の基礎研究として、水溶液の希釈に伴う体積変化の算出方法を誘導した。本法を用いて、各種水溶液に関して混合時の体積減少について議論した。いずれの場合も有意な体積減少が認められた。水溶液の希釈に伴う微

小さな体積変化は、MSEでも確認が困難である。そのような場合、本法は有用である。(雑誌論文⑤, ⑨, ⑩, ⑪, ⑫, 学会発表⑳, ㉑, ㉒, ㉓, ㉔, ㉕)。

(9)12 ウェルセルプレートを使用したダニエル電池、鉛蓄電池に関する MSE 教材を開発・改良した。セルプレートの蓋に電極固定用穴を作製した。実験操作は容易で、短時間で電池の作製が可能であった。金属電極は再利用可能で、ESD の視点からも有用である。ダニエル電池と鉛蓄電池の起電力の値は文献値と一致した。高校生を対象に授業実践を行い、生徒の取り組む様子やアンケート結果から、教材の有用性が認められた(雑誌論文, 学会発表②, ④, ⑤, ⑦, ⑨, ⑳, ㉑)。

(10)6 ウェルセルプレートを使用した水溶液の液性(酸性, 中性, アルカリ性)の識別に関する MSE 教材を開発した。実験操作は容易で、色調変化が明確であるので、楽しみながら実験に取り組むことができる。小学5・6年生を対象に授業実践を行い、児童の取り組む様子やアンケート結果から、教材の有用性が認められた(学会発表, , , ,)。

(11)12 ウェルセルプレートを使用した電離平衡および溶解平衡の移動(ルシャトリエの原理)に関する MSE 教材を開発・改良し、高校生を対象とした授業実践を行った。実験操作は容易で、瞬時に反応した。生徒の取り組む様子やアンケート結果から、教材の有用性が認められた(雑誌論文④, 学会発表⑲, ㉒, ㉓, ㉔, ㉕)。

(12) MSE の基礎研究として、水溶液の希釈後のモル濃度の算出方法を誘導した。モル濃度既知の水酸化ナトリウム水溶液の希釈後のモル濃度を算出し、体積の加成性の成立を前提とした方法で算出したモル濃度の値と比較した。両者の間には不一致が認められた。(雑誌論文, 学会発表)。

(13)得られた研究成果を、日本化学会春季年会、近畿地区化学教育研究発表会、日本理科教育学会全国大会、同近畿支部大会、日本教材学会全国大会、ICCE、PACIFICHEM 等で発表した。また、神戸女学院大学論集、神戸女学院大学女性学評論、教材学研究、La Chimica nella Scuola 等の学術雑誌にも発表した。さらに、これらの学会要旨や学術論文を編集して、「研究報告書」冊子を作成した。

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14件)

中川徹夫、二成分系水溶液の希釈後のモル濃度に関する考察-推算方法の誘導と水酸

化ナトリウム水溶液への適用-, 神戸女学院大学論集, 査読無, 第64巻第1号, 2017, pp.51-62, DOI:10.18878/00005411

中川徹夫, 2015 および 2016 年に神戸女学院大学で女子高校生を対象に実施したマイクロスケール実験の授業実践-12 ウェルプレートを用いたボルタ, ダニエル, 鉛蓄電池の作製-, 神戸女学院大学女性学評論, 査読無, 第31号, 2017, pp.87-105, DOI:10.18878/00005382

内田祐貴, 中川徹夫, 小学校教職課程を履修する大学生を対象としたマイクロスケール実験の授業実践-水とエタノールの密度測定, 神戸女学院大学論集, 査読無, 第63巻第2号, 2016, pp.115-123, DOI:10.18878/00005278

中川徹夫, 中澤克行, ルシャトリエの原理に関するマイクロスケール実験-教材改良と授業実践-, 神戸女学院大学論集, 査読無, 第63巻第1号, 2016, pp.55-64, DOI:10.18878/00005242

中川徹夫, 二成分系水溶液の希釈に伴う体積変化に関する考察(5)-臭化ナトリウム水溶液および臭化カリウム水溶液-, ヒューマンサイエンス, 査読無, 第19号, 2016, pp.1-8, <https://ci.nii.ac.jp/naid/40020852468/>

宮田理恵, 中川徹夫, ウェルプレートを活用した酵素反応の教材開発と授業実践, 神戸女学院大学論集, 査読無, 第62巻第2号, 2015, pp.87-95, DOI:10.18878/00002521

大西伸弥, 中川徹夫, 高校生物における生態学実験指導法の開発と改良-活動教材を用いた捕食者-被食者相互作用の理解-, 神戸女学院大学論集, 査読無, 第62巻第1号, 2015, pp.87-95, DOI:10.18878/00002501

中川徹夫, マイクロスケール実験による電池教材の開発・改良と授業実践, 教材学研究, 査読有, 第26巻, 2015, pp.69-76, DOI:10.18972/kyozai.26.0_69

中川徹夫, 二成分系水溶液の希釈に伴う体積変化に関する考察(4)-炭酸ナトリウム水溶液および炭酸カリウム水溶液-, 神戸女学院論集, 査読無, 第61巻第2号, 2014, pp.59-68, DOI:10.18878/00002039

中川徹夫, 二成分系水溶液の希釈に伴う体

積変化に関する考察(3)-水酸化ナトリウム水溶液および水酸化カリウム水溶液-, 神戸女学院論集, 査読無, 第 61 巻第 1 号, 2014, pp. 51-60, DOI:10.18878/00002021

中川徹夫, 二成分系水溶液の希釈に伴う体積変化に関する考察(2)-塩化ナトリウム水溶液および塩化カリウム水溶液-, 神戸女学院論集, 査読無, 第 60 巻第 1 号, 2013, pp. 169-178, DOI:10.18878/00001999

中川徹夫, 二成分系水溶液の希釈に伴う体積変化に関する考察(1)-推算式の誘導と D- グルコース水溶液およびスクロース水溶液への適用-, 神戸女学院論集, 査読無, 第 59 巻第 2 号, 2012, pp. 93-102, DOI:10.18878/00001978

Tetsuo Nakagawa, Microscale Experiments on Determining Densities of Ethanol-Water Mixtures, La Chimica nella Scuola, 査読有, Vol.36, No.3, 2012, pp.247-252.
<https://www.soc.chim.it/sites/default/files/users/div.didattica/PDF/2012-3.pdf>

中川徹夫, エタノール水溶液の密度測定に関するマイクロスケール実験, 神戸女学院大学論集, 査読無, 第 59 巻第 1 号, 2012, pp.111-119, DOI:10.18878/00001967

[学会発表](計 49 件)

中川徹夫, 水酸化ナトリウム水溶液の希釈後のモル濃度に関する考察, 第 19 回近畿地区化学教育研究発表会, 2017.

中川徹夫, マイクロスケール実験を用いた電池の指導法と教材開発の再検討(2) 標準電極電位とネルンストの式を用いた起電力の算出, 第 65 回日本理科教育学会中国支部大会, 2016.

笹部純史, 平井俊男, 伊藤悠太, 中原広晴, 原陽宏, 大槻奏空, 岡島拓未, 河合陽菜乃, 河内脩作, 山口嵩斗, 中川徹夫, 小型電子天秤を用いた鉍物の密度測定に関するマイクロスケール実験, 日本理科教育学会近畿支部大会, 2016.

中川徹夫, マイクロスケール実験を用いた電池の指導法と教材開発の再検討(1) 標準電極電位の利用とダニエル電池用蓋の作製, 日本理科教育学会近畿支部大会, 2016.

宮澤雄大, 中川徹夫, マイクロスケール実験に関する授業実践, 日本理科教育学会近

畿支部大会, 2016.

内田祐貴, 中川徹夫, 小学校教職課程を履修する大学生を対象としたマイクロスケール実験による液体の密度測定の授業実践, 日本理科教育学会近畿支部大会, 2016

中川徹夫, 2015 年度神戸女学院大学におけるマイクロスケール実験授業の実践 12 セルプレートを用いたマイクロスケール電池の作製, 日本理科教育学会第 66 回全国大会, 2016.

笹部純史, 平井俊男, 伊藤悠太, 中原広晴, 原陽宏, 大槻奏空, 岡島拓未, 河合陽菜乃, 河内脩作, 山口嵩斗, 中川徹夫, 小型電子天秤を用いた金属の密度測定に関するマイクロスケール実験, 第 18 回近畿地区化学教育研究発表会, 2016.

宮澤雄大, 中川徹夫, 種々の電池に関するマイクロスケール実験の授業実践-ボルタ電池, ダニエル電池, 鉛蓄電池-, 第 18 回近畿地区化学教育研究発表会, 2016.

中川徹夫, 青少年のための科学の祭典(神戸会場大会)2015 における水溶液の酸性, 中性, アルカリ性の識別に関するマイクロスケール実験の実践-6 ウェルプレートとブドウ果皮の利用-, 第 18 回近畿地区化学教育研究発表会, 2016.

中川徹夫, 青少年のための科学の祭典(神戸会場大会)2015 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, アルカリ性の分類-, 日本化学会第 96 春季年会, 2016.

Tetsuo Nakagawa, Microscale experiments on various physicochemical properties of aqueous solutions for high school chemistry, International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2015 (Pacifichem 2015), 2015.

Tetsuo Nakagawa, Microscale experiment for elementary school science using anthocyanin from grape peel, International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2015 (Pacifichem 2015), 2015.

中川徹夫, ブドウの果皮とセルプレートを用いた小学校理科「酸とアルカリ」のマイクロスケール実験教材の開発と授業実践, 日本教材学会第 27 回研究発表大会, 2015

中川徹夫, 物理学実習の授業における液体の混合に伴う体積変化に関する授業実践, 日本物理教育学会第 32 回物理教育研究大

会, 2015 .

中川徹夫, 中澤克行, 液体の混合時の体積変化に関する教材開発と授業実践 エタノール-水系およびベンゼン-シクロヘキササン系, 日本理科教育学会第 65 回全国大会, 2015 .

Tetsuo Nakagawa, Microscale experiment for elementary school science using grape peel as natural acid-base indicator, The 6th Network for Inter-Asian Chemistry Educators (NICE) Conference, 2015.

植松啓, 中川徹夫, マレーシア政府派遣留學生に対する予備教育での実践報告-マイクロスケール実験の導入-, 第 17 回近畿地区化学教育研究発表会, 2015 .

前川奈央, 中澤克行, 小田あすか, 中川徹夫, 兵庫県立神戸高等学校におけるルシャトリエの原理に関するマイクロスケール実験の授業実践, 第 17 回近畿地区化学教育研究発表会, 2015 .

中川徹夫, 中澤克行, 液体の混合に伴う体積変化に関する授業実践-計算とマイクロスケール実験-, 第 17 回近畿地区化学教育研究発表会, 2015 .

- ②① 中川徹夫, ブドウの果皮に含まれるアントシアニンを利用した小学校理科のマイクロスケール実験の実践, 日本化学会第 95 春季年会, 2015 .
- ②② 鯉田菜月, 中川徹夫, BTB 溶液を用いて水溶液の液性を識別するためのマイクロスケール実験教材, 日本理科教育学会近畿支部大会, 2014 .
- ②③ 松本誠司, 中川徹夫, 兵庫県立東灘高等学校におけるマイクロスケール実験の授業実践-ルシャトリエの原理-, 日本理科教育学会近畿支部大会, 2014 .
- ②④ 中川徹夫, セルプレートを用いたマイクロスケール電池教材の開発と改良, 日本教材学会第 26 回研究大会, 2014 .
- ②⑤ 中川徹夫, 電離平衡の移動に関するマイクロスケール実験における酸塩基指示薬溶液の濃度の影響, マイクロスケールケミストリー第 3 回シンポジウム, 2014 .
- ②⑥ 大橋一隆, 若月洋次, 中川徹夫, 大学 1 年次化学実験授業の改善 アトラクションとマイクロスケール実験の導入, 日本理科教育学会第 64 回全国大会, 2014 .

②⑦ 大西伸弥, 中川徹夫, 高校生物における生態学実験の開発と改良 補色者数と被食者数の関係, 日本理科教育学会第 64 回全国大会, 2014 .

②⑧ 中川徹夫, 中学校理科における種々の水溶液の液性を識別するためのマイクロスケール実験教材の開発と改良(1)フェノールフタレイン溶液濃度の影響, 日本理科教育学会第 64 回全国大会, 2014 .

②⑨ 鯉田菜月, 野出絵里, 中川徹夫, 中学校理科における種々の水溶液の液性を識別するためのマイクロスケール実験教材の開発と改良(1)BTB 溶液濃度の影響, 日本理科教育学会第 64 回全国大会, 2014 .

③⑩ 中川徹夫, 種々の体積比におけるエタノールと水の混合に伴う体積減少, 日本物理教育学会第 31 回物理教育研究大会, 2014 .

③⑪ Tetsuo Nakagawa, Decreases in volumes on mixing ethanol and water using microscale experiments at several ratios, The 23rd International Conference on Chemistry Education (ICCE), 2014.

③⑫ 中川徹夫, 中澤克行, ルシャトリエの原理に関するマイクロスケール実験(1)教材開発と改良, 第 16 回近畿地区化学教育研究発表会, 2014 .

③⑬ 中澤克行, 中川徹夫, ルシャトリエの原理に関するマイクロスケール実験(2)授業実践, 第 16 回近畿地区化学教育研究発表会, 2014 .

③⑭ 中川徹夫, 中澤克行, スーパーサイエンスハイスクール (SSH) におけるマイクロスケール実験の授業実践-ルシャトリエの原理-, 日本化学会第 94 春季年会, 2014 .

③⑮ 中川徹夫, 椎葉昌美, マイクロスケール実験による電池の教材開発と授業実践(1)-ボルタ電池とダニエル電池-, 日本理科教育学会近畿支部大会, 2013 .

③⑯ 椎葉昌美, 中川徹夫, マイクロスケール実験による電池の教材開発と授業実践(2)-鉛蓄電池と燃料電池-, 日本理科教育学会近畿支部大会, 2013 .

③⑰ 中川徹夫, 水溶液の希釈に伴う体積変化を理解するための教材開発-水酸化カリウム水溶液の場合-, 化学系学協会東北大会, 2013 .

③⑱ 中川徹夫, マイクロスケール実験の手法を用いたリメディアル化学教育, 日本リメデ

イアル教育学会第9回全国大会, 2013.

- ③⑨ 中川徹夫, 水酸化カリウム水溶液の希釈に伴う体積変化, 日本理科教育学会第63回全国大会, 2013.
- ④⑩ 中川徹夫, 水溶液の希釈に伴う体積変化を理解するための環境に優しい教材開発-炭酸カリウム水溶液の場合-, 日本環境教育学会第24回全国大会, 2013.
- ④⑪ 中川徹夫, 水酸化ナトリウム水溶液の希釈に伴う体積変化, 第15回近畿地区化学教育研究発表会, 2013.
- ④⑫ 中川徹夫, 塩化ナトリウム水溶液の希釈に伴う体積変化, 日本化学会第93春季年会, 2013.
- ④⑬ 中川徹夫, ショ糖水溶液の希釈に伴う体積変化, 日本理科教育学会中国支部大会, 2012.
- ④⑭ 中川徹夫, 液体・溶液に関するマイクロスケール教材の開発-理科に興味・関心を持つ生徒を育成するために-, 第5回智のシンポジウム-文明・文化と科学技術-, 2012.
- ④⑮ 中川徹夫, ブドウ糖水溶液の希釈に伴う体積変化, 日本理科教育学会近畿支部大会, 2012.
- ④⑯ 大橋一隆, 若月洋次, 中川徹夫, 大学1年次化学実験におけるデュマ法を用いたモル質量測定実験の改良, 日本理科教育学会第62回全国大会, 2012.
- ④⑰ 中川徹夫, マイクロスケール実験によるエタノール水溶液の密度測定 モル濃度と過剰モル体積の算出, 日本理科教育学会第62回全国大会, 2012.
- ④⑱ Tetsuo Nakagawa, Microscale Experiments on Determining Densities of Ethanol-Water Mixtures, The 22nd International Conference on Chemistry Education (ICCE) and 11th European Conference on Research in Chemical Education (ECRCE), 2012.
- ④⑲ 中川徹夫, 環境にやさしいマイクロスケール実験教材の開発と地域教育における実践, 第1回武庫川市民学会研究発表会, 2012.

〔図書〕(計1件)

Tetsuo Nakagawa, Microscale Experiment on Decreases in Volume When Forming Binary Liquid Mixtures: Four Alkanol Aqueous Solutions, Chemistry Education

and Sustainability in the Global Age, 査読有, Springer, 2013, pp.333-346, DOI 10.1007/978-94-007-4860-6_29

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

神戸女学院大学大学院人間科学研究科人間科学専攻中川研究室

<http://humangrad.kobe-c.ac.jp/guide/staff/000042.html>

神戸女学院大学人間科学部環境・バイオサイエンス中川研究室

<http://kc-human.loftwork.site/faculty/human/b/lab/nakagawa>

実験シート, 研究報告書等

中川徹夫(編), マイクロスケール実験シート-小学校から中学校, 高等学校, 大学まで幅広い校種で活用できる魅力的な教材- 神戸女学院大学, 全31ページ, 2013.

中川徹夫(編), マイクロスケール実験シート(改訂版)-小学校から中学校, 高等学校, 大学まで幅広い校種で活用できる魅力的な教材-, 神戸女学院大学, 全40ページ, 2017.

中川徹夫(研究代表), 持続可能な開発のための教育を推進させるマイクロスケール実験教材の開発と改良, 神戸女学院大学, 全253ページ, 2018.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中川 徹夫 (NAKAGAWA, Tetsuo)

神戸女学院大学・人間科学部・教授

研究者番号: 70312866

(2) 研究協力者

植松 啓 (UEMATSU, Akira)

内田 祐貴 (UCHIDA, Yuki)

大西 伸弥 (OHNISHI, Shinya)

大橋 一隆 (HASHI, Kazutaka)

小田 あすか (ODA, Asuka)

鯉田 菜月 (KOIDA, Natsuki)

笹部 純史 (SASABE, Atsushi)

中澤 克行 (NAKAZAWA, Katsuyuki)

平井 俊男 (HIRAI, Toshio)

前川 奈央 (MAEGAWA, Nao)

宮澤 雄大 (MIYAZAWA, Yudai)

宮田 理恵 (MIYATA, Rie)