

平成 21 年 5 月 14 日現在

研究種目： 基盤研究(C)
 研究期間： 2007～2008
 課題番号： 19500716
 研究課題名（和文） 創造性・論理性を育むマイクロスケール化学実験の系統化についての研究
 研究課題名（英文） Studies on the Systematization of Microscale Chemical Experiments which foster Logical Thinking and Creativity
 研究代表者 荻野 和子 (OGINO KAZUKO)
 東北大学・医学系研究科・名誉教授
 研究者番号：40004353

研究成果の概要：

化学実験器具を小さくすると、実験に使用する試薬が少なく済み、実験予算や使用するエネルギーを削減でき、廃棄物が激減する。このような地球環境に優しい化学実験のやり方をマイクロスケールケミストリー（以下MCと略記）実験と呼ぶ。本研究ではMC実験を中心に化学実験教材を開発すると共に、系統化を行った。この研究成果をタイ国立科学博物館はじめ海外の教員研修3回、日本各地の教員研修（約20回）や国内外の公開講演会・シンポジウム等（11箇所）で発表した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2008年度	1,700,000	510,000	2,210,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：化学教育、科学教育、マイクロスケールケミストリー、化学実験

1. 研究開始当初の背景

近年、児童・生徒の「理科離れ」が危惧されている。理科に対する興味・関心を深めるには理科教育の中で、適切な実験を経験する機会をできるだけ多く与えることが必要であり、科学・技術に対してポジティブな見方を養成することが大事である。このような目的には、マイクロスケール化学実験をはじめとする環境に配慮した実験が適している。安全性、迅速性、環境負荷の抑制（エネルギー、試薬類使用量ならびに実験廃棄物排出量の削減）を通じた実験により、グリーンケミ

ストリー(Green Chemistry)あるいはグリーン・サステイナブルケミストリー(Green & Sustainable Chemistry, GSC)の理念を教育に導入できる。

マイクロスケール化学実験は、1980年代に米国の大学で始まった。1990年代には世界各国で研究が活発になるとともに、初中等教育にも広まった。世界各国のマイクロスケール実験には開発者ごとに特色がある。国際シンポジウム等で情報の交換が活発に行われており、世界的に発展させようと協力しあっている。

代表者らは、1988年からマイクロスケール実験に取り組み始めた。これまでに数多くのマイクロスケール化学実験教材を開発してきたが、それらは既に多くの教育現場で利用されている。平成17年度及び18年度に、代表者らは特定領域研究 17011005「グリーンケミストリーの理念に整合する教材の開発と生徒の創意を促す実験のデザイン」による研究を行っているが、マイクロスケール化学実験は、生徒の興味を惹き、化学を学ぶ楽しさを体験させるのに適していることがわかった。さらに、マイクロスケール化学実験は、探究型実験にも向いており、生徒の創意、論理性を育てる上でも効果的であることがわかった。

以上述べてきたように、マイクロスケール化学実験にはさまざまな長所がある。しかし、わが国では普及していない。その原因としては、マイクロスケール実験がまだ一般にはよく知られていないこと、マイクロスケール化学実験教材が系統的に集積されていないことがあげられる。

2. 研究の目的

これまでの研究を進展させ、マイクロスケール化学実験を集積して系統化するとともに、普及させる仕組みを研究することである。集積に際しては、本研究代表者、分担者らが開発した教材ばかりではなく、国内外で開発されている特色ある実験を収集し、わが国の教育現場に適したものを集積することである。

本研究では、また、マイクロスケール化学実験が広く知られて活用される方策を研究する。従来の学会・研究会・学術誌での研究成果の発表に加えて、インターネットサイトでマイクロスケール実験についての情報を公開し、ワークショップやシンポジウムを開催することを考えている。

さらに上記の目的に必要な新しいすぐれた教材の開発・改良、器具・器械の開発を行う。

3. 研究の方法

MCを開発、マニュアルを作成し、それを学校での授業、教員研修で実施し、改良した。内外のMC実験を研究者との交流、文献によって調査した。そのような、MC教材を我が国の学校教育に適したものを集積する。

4. 研究成果

(1) 海外学会での招待講演、マイクロスケール化学実験の意見交換、情報収集：

第12回アジア化学会議（於マレーシア、クアラルンプール市2007年8月）、第1回アジア太平洋国際化学教育会議（2007年11月）、「大学における実験に関するサフェド国際会議」（イスラエル国ツファット市2008年9月）、第4回国際マイクロスケールケミスト

リーシンポジウム（タイ国ピサヌロク市、2009年1月）等国際学会に招かれ、招待講演（4件）を行った。また、第41回IUPAC Congress（於イタリア、トリノ市、2007年8月）で研究発表を行った。そのほか、UNESCO Training in Microscience（於マレーシア、クアラルンプール市2007年8月）、Small Scale and Green Chemistry Approach for Education Workshop（於Chulalongkorn大学、バンコック市、2007年11月）、Small/Micro Scale Chemistry Laboratory Workshop（於タイ国立科学博物館、2009年1月）において教員研修の講師を務めた。代表者の開発した実験教材は、世界各国で実施できること、学生の興味を高めることができると評価された。これに関連して英文実験マニュアルを作成した。また、世界各国のMCおよびグリーンケミストリー教育についての情報・意見の交換を行った。

(2) 教材の開発と試行：

- ・大学文系化学実験のマイクロスケール化(斎藤)：標記教材を開発・実施し、教育効果が高いことがわかった。

- ・大学有機化学実験のマイクロスケール化(吉野)：「ベンゾフェノンの光二量化実験」、「ヨードホルム反応」のMCを開発した。

- ・中高校MC教材開発(荻野和子、芝原、東海林)：1)反応速度、2)電池の実験、3)有機化合物の酸化反応の教材を開発した。

- ・器具の開発(荻野和子、荻野博、猿渡)：MC気体実験ならびに電気化学実験を容易にするためのプラスチック器具、を製作した。

(3) 簡易型の蛍光光度計の開発(猿渡)：
ppb(ng/kg)レベルの極微量の定量分析が可能

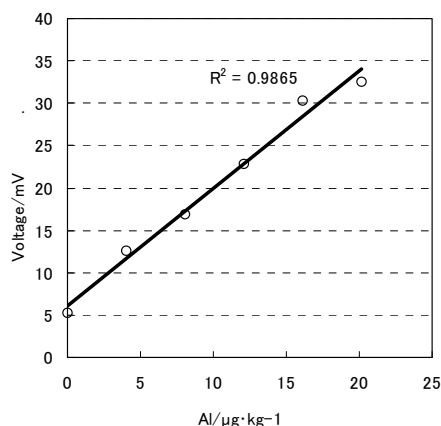


図 Al 溶液の検量線 (0~20 μg/kg)

で1セット2000円程度の費用で自作できる、簡易型の蛍光光度計を開発した。図はこの装置で得られた検量線の例で、アルミニウム溶液を試料として測定したものである。この簡易蛍光光度計を使用して、中学生や高校生にビタミンB2やアルミニウムの定量分析を行わせる授業や実験講座を行った。

(4) キットの開発：低価格のプラスチックプレート、プラスチック製スポイト、注射器等を用いて、いくつかのMC実験キットを考案、作成した。

(5) 教員研修での実施：教材・マニュアルの改善をはかるとともに普及における問題の検討を行った。以下はその例である。

荻野和子：山形市2回，三鷹市2回，仙台市2回，酒田市，高松市，福島市，鶴岡市，横浜市など各1回；

荻野博：山形市2回，仙台市，福島市，大阪市，釧路市，那覇市，東京都など各1回；
東海林恵子（研究協力者）：三鷹市，仙台市各1回；

猿渡：仙台市1回

吉野：三鷹市1回

(6) 教員研修・講演会の組織：本研究グループのメンバーは，以下のように教員研修，講演会を主宰して，MCの普及に努めるとともに，経験・情報の交流を図った。

・サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト(SPP)・理数系教員指導力向上研修「中高理科の活性化を目指した理科教員のためのマイクロスケール化学実験」：2007年8月16日－18日，於国際基督教大学（主宰：吉野）

・SPP教員研修プログラム「マイクロスケール化学実験による教育法の研修および実践例の紹介」：2008年8月7日，8日。於：国際基督教大学（主宰：吉野），マイクロスケール化学実験キットを制作，参加者に配布し普及に努めた。

報告書（71ページ）とCD-ROM版（写真付き）を制作，メールリストを通じて希望者へ送付した。

・SPP「中学校・高等学校でマイクロスケール化学実験を実践するための教員研修」2008年12月3日及び12月27日，いずれも於宮城教育大学（主宰：猿渡）

・M.Livneh博士講演会：10月25日（於国際基督教大学，主宰：吉野），10月28日（於東北大学，主宰：関根，小俣），10月31日（於京都教育大学，主宰：芝原）

(7) 我が国の実情に合うMCを中学理科，高校化学，大学基礎実験に分けてまとめた。

(8) メールリストをつくり，MCに関する情報・経験の交流を行っている。

(9) MCに関するインターネットホームページ「マイクロスケール化学実験」

<http://science.icu.ac.jp/MCE/>

では，実験に関する動画付きの詳細なマニュアル，MCの文献，報告書，行事の案内などの情報を掲載している。

(10) 2008年3月に，本研究代表者は第7回グリーン・サステイナブルケミストリー賞文部科学大臣賞を受賞した。その業績には，本研究の成果が含まれる。

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 8 件）

① 本菌宏香，杉本浩子，芝原寛泰，タブレットPC支援によるマイクロスケール実験－「水溶液の性質を調べる実験」の実践を

例に－，京都教育大学教育実践研究紀要，第9号，19-28，2009（査読無）

② 荻野和子，Attract Students Interest in Chemistry through Microscale Experiments, Chemical Education Journal, Vol.10（国際電子ジャーナル <http://chem.sci.utsunomiya-u.ac.jp/cejrn1E.html>），2008年10月（査読有）

③ 荻野和子，マイクロスケール化学実験は楽しい，化学と工業，61巻，448－449（2008）（査読有）

④ 荻野和子，東北化学教育研究会の活動，高分子，57巻，208-209（2008）（査読有）

⑤ 荻野和子，グリーン・サステイナブルケミストリーの教育および普及，GSCN News Letter 第28号，2-3（2008）（査読有）

⑥ 吉野輝雄，教えやすく学習効果の高いモジュールスケール実験（Viktor Obendrauf, *MORE SMALL SCALE HANDS ON EXPERIMENTS FOR EASIER TEACHING AND LEARNING*, Chemical Education International, Vol. 8（2007）の和訳），<http://science.icu.ac.jp/MCE/Obendraufstranlation806.pdf> に掲載（査読無）

⑦ 吉野輝雄，インスタント化学（Viktor Obendrauf, *Instant Chemistry*）の和訳，2007年8月，<http://science.icu.ac.jp/MCE/SPP07Manual/index.html> に掲載（査読無）

⑧ 荻野和子，マイクロスケール実験の探究活動への応用，化学と教育，55巻，336－339（2007）（査読有）

〔学会発表〕（計 37 件）

① 荻野和子，東海林恵子，橋爪清成，小杉紘史，阿部一，甲國信，荻野博，伊藤瑛子，渡辺尚，増山裕子，菊池順子，吉田英男，化学教育にグリーン・サステイナブルケミストリー(GSC)の概念を取り入れよう－高校・大学教員によるGSCについての学習その5，第9回グリーン・サステイナブルケミストリーシンポジウム，学術総合センター，東京都千代田区，2009年3月9日

② 荻野和子，Some Microscale Experiments on Electrolytes, The 4th International Symposium on Microscale Chemistry, Phitsanulok, Thailand, 2009年1月15日

③ 荻野和子，Electrolysis and Galvanic Cells, Small/Micro scale Chemistry Laboratory Workshop, National Science Museum, Thailand, 2009年1月12日

④ 荻野和子，マイクロスケール実験法による電気分解と電池についての実験，科学技術

- 振興機構 (JST) 理数系教員指導力向上研修, 於宮城教育大学, 2008年12月3日
- ⑤ 荻野和子, マイクロスケール化学実験の魅力, 地域の理科教育拠点構築プログラム講演会, 2008年11月20日, 鶴岡
- ⑥ 荻野和子, マイクロスケール化学実験の魅力, 科学技術振興機構 (JST) 理数系教員指導力向上研修, 於福島大学, 2008年11月18日
- ⑦ 荻野博, 小さな実験、大きな成果、沖縄県高等学校科学教育研究会・日本化学会九州支部共催講演会、化学フォーラム、2008年11月14日、琉球大学理学部、沖縄県
- ⑧ 東海林恵子, 荻野和子, 高校化学におけるスモールスケール生徒実験 (第XXII報) スチレン系イオン交換樹脂を用いたスモールスケールイオン交換実験, 平成20年度化学教育研究協議会東北大会, 2008年10月13日, 八戸市
- ⑨ 小渡明子・猿渡英之, 簡易蛍光光度計の製作と利用、平成20年度化学教育研究協議会東北大会、2008年10月13日、八戸工業大学, 八戸市
- ⑩ 本藪宏香, 芝原寛泰, タブレットPC支援によるマイクロスケール実験の教材開発 (III), 日本理科教育学会(福井大学), 2008年9月14日
- ⑪ 島田幸一、芝原寛泰、田内浩、川本公二, 高校化学における金属イオン反応と未知試料分析のマイクロスケール実験の改良, 日本理科教育学会(福井大学), 2008年9月14日
- ⑫ 荻野博、Microscale Chemistry Laboratory in the Open University of Japan. International Symposium on Undergraduate Laboratories, 2008年9月11日、Safed, Israel
- ⑬ 荻野和子, Some Microscale Experiments on Basic Topics, International Symposium on The Undergraduate Laboratories, Safed, Israel, 2008年9月9日
- ⑭ 荻野和子, 電気分解と電池, サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト理数系教員指導力向上研修, 国際基督教大学 (三鷹市), 2008年8月7日
- ⑮ 芝原寛泰, 金属イオンの分析, サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト理数系教員指導力向上研修, 国際基督教大学 (三鷹市), 2008年8月7日
- ⑯ 荻野博, 小さな実験と大きな化学、北海道高等学校理科研究会、2008年7月31日、釧路市生涯学習センター、北海道
- ⑰ 荻野和子(受賞講演), グリーンサステイナブルケミストリーの教育および普及への貢献, 第8回グリーン・サステイナブルケミストリーシンポジウム, 学術総合センター, 東京都千代田区, 2008年3月7日
- ⑱ 荻野和子, 東海林恵子, 橋爪清成, 小杉紘史, 阿部一, 伊藤瑛子, 増山裕子, 菊池順子, 荻野博, 甲國信, 化学教育にグリーン・サステイナブルケミストリー(GSC)の概念を取り入れよう—高校・大学教員による GSC についての学習—その4, 第8回グリーン・サステイナブルケミストリーシンポジウム, 学術総合センター, 東京都千代田区, 2008年3月6日
- ⑲ 米本朋生, 芝原寛泰, 杉本浩子, 電気分解による二酸化マンガン被膜を用いたマンガン電池, 日本理科教育学会近畿支部大会 (和歌山大学), 2007年12月8日
- ⑳ 本藪宏香, 芝原寛泰, タブレットPC支援によるマイクロスケール実験の教材開発 (II), 日本理科教育学会近畿支部大会 (和歌山大学), 2007年12月8日
- 21 荻野和子, 新世紀理数科系教育への提言, シンポジウム「青年期にはぐくむ思考力—教育と脳機能」パネリスト, 有楽町朝日ホール (東京都千代田区), 2007年12月1日
- 22 荻野和子, Electrolysis and Galvanic Cells, Small Scale and Green Chemistry Approach for Education Workshop, Chulalongkorn University, バンコック市, タイ, 2007年11月30日
- 23 荻野和子, Microscale Chemistry is Fun! Kazuko Ogino, 1st International Conference on Science Education in the Asia-Pacific, Bangkok, Thailand, 2007年11月28日
- 24 荻野和子, マイクロスケール化学実験の魅力, 平成19年度山形県高等学校教育研究理科部会化学専門部大会, 於山形県酒田市立酒田中央高校, 酒田市, 2007年10月10日
- 25 東海林恵子, 荻野和子, 高校化学におけるスモールスケール生徒実験 XXI 超音波を用いた過酸化水素によるベンジルアルコールの酸化, 平成19年度化学教育研究協議会東北大会, 2007年9月23日, 山形市
- 26 猿渡英之・小渡明子, フォトIC ダイオードを用いた簡易吸光光度計と簡易蛍光光度計, 平成19年度化学教育研究協議会東北大会, 2007年9月23日, 山形市
- 27 斎藤紘一, 高校化学未履修大学生への基礎化学教育におけるマイクロスケール化学実験, 平成19年度化学教育研究協議会東北大会, 2007年9月23日, 山形市
- 28 荻野和子, 荻野博, マイクロスケール化学実験の魅力, 平成19年度化学教育研究協議会東北大会, 山形市, 2007年9月22日
- 29 荻野和子, マイクロスケール化学実験, 香

- 川大学研修講座、高松市、2007年8月30日
- 30 荻野和子, Attract Students' Interest to Chemistry through Microscale Experiments, 12th Asian Chemistry Congress, Kuala Lumpur, Malaysia, 2007年8月25日
 - 31 荻野和子, Some Microscale Chemistry Experiments, UNESCO Training in Microscience, Kuala Lumpur, Malaysia, 2007年8月25日
 - 32 荻野和子, pH と酸塩基反応, サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト (SPP)・理数系教員指導力向上研修, 「中高理科の活性化を目指した理科教員のためのマイクロスケール化学実験, 三鷹市, 2007年8月17日
 - 33 荻野和子, 電気分解と電池の実験, サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト (SPP)・理数系教員指導力向上研修, 「中高理科の活性化を目指した理科教員のためのマイクロスケール化学実験, 三鷹市, 2007年8月17日
 - 34 荻野和子, How can we attract students' interest toward chemistry? IUPAC Congress, Torino (Italy), 2007年8月6日
 - 35 芝原寛泰, マイクロスケール実験の普及をめざして—実践例の紹介と展望—, 日本理科教育学会 (愛知教育大学), 2007年8月5日
 - 36 本菌宏香, 芝原寛泰, タブレットPC支援によるマイクロスケール実験の教材開発 (I), 日本理科教育学会 (愛知教育大学), 2007年8月5日
 - 37 濱口優子, 芝原寛泰, マイクロスケール実験による反応速度に関する教材開発, 日本理科教育学会全国大会日本理科教育学会 (愛知教育大学), 2007年8月5日

[図書] (計 2件)

- ① 荻野和子, 環境と化学 グリーンケミストリー入門, 第2版, 荻野和子, 竹内茂彌, 柘植秀樹編, 全230頁, (分担執筆) 担当部分: はじめに グリーンケミストリーとは, 荻野和子, pp. 1-5; 空気をきれいに, 荻野和子, pp. 69-85; 貴重な水資源, 斎藤紘一, 荻野和子, pp. 86-110, 東京化学同人, 2009年3月
- ② 荻野和子, 環境化学の事典 (指宿堯嗣・上路雅子・御園生誠編), 全458頁, 担当部分: マイクロスケールケミストリー, pp. 344-345, 2007年11月, 朝倉書店

[その他]

- ① インターネットホームページ
<http://science.icu.ac.jp/MCE/>
- ② 報告書:

吉野輝雄(ほか), サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト・理数系教員指導力向上研修, SPP at ICU in 2007 「中高理科の活性化を目指した理科教員のためのマイクロスケール化学実験」, 1-38頁, 2007年

吉野輝雄(ほか), サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト・理数系教員指導力向上研修, SPP at ICU in 2008 「マイクロスケール教員研修と事例報告会」, 1-71頁, 2008年

6. 研究組織

(1)研究代表者

荻野 和子 (OGINO KAZUKO)
東北大学・大学院医学系研究科・名誉教授
研究者番号: 40004353

(2)研究分担者

関根 勉 (SEKINE TSUTOMU)
東北大学・高等教育開発推進センター・教授
研究者番号: 20154651

小俣 乾二 (OMATA KENJI)
東北大学・高等教育開発推進センター・助教
研究者番号: 70272010

芝原 寛泰 (SHIBAHARA HIROYASU)
京都教育大学・教育学部・教授
研究者番号: 60144408

猿渡 英之 (SAWATARI HIDEYUKI)
宮城教育大学・教育学部・教授
研究者番号: 30221287

吉野 輝雄 (YOSHINO TERUO)
国際基督教大学・教養学部・教授
研究者番号: 10052276

斎藤 紘一 (SAITOH KOICHI)
尚綱学院大学・総合人間科学部・教授
研究者番号: 90004457

(3)連携研究者

荻野 博 (OGINO HIROSHI)
放送大学・教養学部・副学長
研究者番号: 00004292