

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 10 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009 ～ 2011

課題番号：21500863

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普及についての研究

研究課題名（英文） Studies on the Dissemination 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・大学院医学系研究科・名誉教授

研究者番号：40004353

研究成果の概要（和文）：

マイクロスケール化学 (MC) 実験はさまざまな長所があるにもかかわらず、我が国で普及していない。本研究ではMC実験キットを作成し、多数の教員研修と実験教室を行った。MCの普及には、体験とキットの提供が重要であることがわかった。成果はIUPACコンGRESS、アジア化学会議、Pacifichem、MC国際シンポジウム、日本化学会年会等内外の学会において発表し、高く評価された。

研究成果の概要（英文）：

In Japan, microscale chemistry (MC) is not popular, though it has many merits. In this study, the popularization of microscale experiments has been studied. We have developed MC kits and used them in workshops and in classes. The MC kits have been found very useful. The outcomes have been presented in many international and domestic conferences, symposia and workshops.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
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、実験キット、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

高校化学の現場では実験が減少し続けている。これは、実験は時間がかかり、大学受験に非効率的と考えられているからである。研究代表者らは、長年にわたりマイクロスケール化学実験 (MC) を研究し、さまざまな MC 教材を開発してきた。それらは、短時間で実施でき、学力の向上にも効果的と評価されているにもかかわらず、わが国の教育現場

では普及していない。

2. 研究の目的

マイクロスケール化学実験がわが国の教育現場では普及していない。その原因としては、MCがまだ一般にはよく知られていないこと、MCに適した器具が入手しにくいことがあげられる。

本研究の目的は、これまでの研究を発展させ、マイクロスケール化学実験を我が国で普

及させるためにはどのような方策が必要かを研究することである。すぐれた MC 実験が普及すれば、理科離れの傾向の是正につながる。

3. 研究の方法

我が国の教育現場にマイクロスケール化学実験 (MC) の普及をさまたげている要因の一つには、器具が入手しにくいことがある。この点を克服するために、すぐれていることで定評のある実験の器具をキット化して、MC を導入しやすくする。また、MC が生徒・児童をひきつけるとともに教育効果が高いことをワークショップ等で多くの教員に知ってもらおうとともに、アンケート調査により、教員の意見を取り入れて MC の普及に必要な方策を明らかにする。

4. 研究成果

- (1) マイクロスケールケミストリー (MC) 実験キット作成と改良：大日本印刷株式会社の協力により、電気分解、電池、イオンの学習に適した MC 実験キットを開発・改良を行い教員研修・実験教室等で試用した。このキットは A4 版の大きさ、厚さ約 2 cm と小型軽量であるが、12 種の基本実験 (①水の電気分解と爆鳴気の実験、②水の電気分解における水素と酸素の体積比測定、③塩化銅(II)水溶液や塩酸の電気分解 (「化合物の分解」)、④硫酸ナトリウム水溶液や食塩水等種々の水溶液の電気分解 (陽極と陰極における電極反応)、⑤銅メッキ、⑥燃料電池、⑦果物 (野菜) 電池、⑧ボルタ電池、⑨ダニエル電池、⑩鉛蓄電池、⑪ 2 種の金属によってできる電池 (イオン化傾向)、⑫水溶液の導電性) のほか「酸と塩基」、「金属と金属イオンの反応」などさまざまな実験が可能である。
- (2) 新しい MC 実験の開発：①炎色反応の新規実験法：超音波により微細な霧粒子としてバーナーの炎中に注入する方法により、安定に持続した炎色が観察できるようにした。②導電性高分子電解合成の MC：上記 MC 実験キットを用いてポリピロールの電解合成とその導電性観察に成功した。③燃料電池の実験：20 秒でできる実験を開発した。④イオン交換体の実験：イオン交換体を使った金属塩溶液の定量、イオン交換水製造の原理を示す実験などいずれも迅速に実施できる実験を開発した。
- (3) マイクロスケールケミストリー第 2 回シンポジウムの開催：3 年間の研究成果を総括する標記シンポジウムを 2011 年 8 月 9 日に東北大学で開催した。招待講演 6 件、研究発表 1 件、ワークショップ 7 件 からのシンポジウムは、全国から中高校教員、大学教員、大学院学生等 45 名が参加した。アンケートの結果 (回収 24 名) 全員から 5 段階評価で最

高の評価を得た。

- (4) 環太平洋国際化学会議における MC と GC 教育に関するシンポジウム Green Chemistry and Micro/Small Scale Chemistry in the Curriculum：本研究代表者は 2010 年 12 月に標記シンポジウムをホノルルで米国化学会化学教育ディレクター、タイ化学会長とともに主宰し、世界から多数の研究者が集まり、この分野の研究発表とともに経験・情報を交流した。
- (5) ホームページとメーリングリスト：HP (<http://science.icu.ac.jp/MCE/>) の管理と更新、講演会・研修会の案内、実験教材の系統的な提示、参考資料の紹介を行った。また、「マイクロスケール化学実験」メーリングリストによりマイクロスケール化学の普及に努めた。
- (6) 教員研修：宮城県教育研修センター (2009 年 10 月及び 11 月、中学教員)、宮城教育大学 (2009 年 12 月に 2 回、中学高校教員)、日本大学工学部 (2010 年 1 月、大学教員)、一関高等専門学校 (2010 年 5 月、高専教員、学生)、中央大学理工学部 (2010 年 7 月、大学教員、学生)、新潟大学理学部 (2012 年 3 月、高校教員) 等において、教員対象マイクロスケール化学実験講演会、ワークショップ、デモ実験等を行い高い関心を集めた。
- (7) 実験教室による普及：マイクロスケール実験キットを使った生徒 (小学校 3 年以上) 対象実験教室を行い、マニュアルを改善した。①「ひらめき☆ときめきサイエンス」：2010 年 8 月 (実施代表者荻野和子)、2011 年 8 月 (実施代表者関根勉) では、本研究の成果の MC 実験を実施し、いずれも「よく工夫されたプログラム」に認定された。②「わくわくときめきマイクロ実験教室」：2011 年 10 月—2012 年 2 月に、山形大学サイタセンター、日本科学未来館 (2 日間にわたり計 8 回)、小坂小学校 (秋田県、2 クラスで実施)、仙台市科学館、福島大学、仙台高専名取キャンパスで実施し、生徒が強い興味を示し、積極的に探究的に実験することがわかった。③その他：日本化学会東北支部主催「化学への招待」(於一関高専、2010 年 8 月)、大和町少年少女発明クラブ (4 回) 等で MC 実験教室を行った。
- (8) 東日本大震災の被災校における MC 実験：化学実験をとともなう授業が困難になった仙台市の被災中学校における化学実験が、我々の開発した MC キットにより実施され、有効性が示された。
- (9) 成果発表と波及効果：第 5 回 (Subic, フィリピン) 及び第 6 回 (クウェート) 国際マイクロスケールケミストリーシンポジウム、13th (上海) 及び 14th Asian Chemistry Congress (Bangkok, タイ)、11th Asian

Conference on Analytical Sciences(中国、南京市), IUPAC 43rd World Chemistry Congress (San Juan, プエルトリコ)、環太平洋国際化学会議 (ホノルル)、化学教育研究協議会東北大会 (2009 年岩手大学、2010 年日本大学、2011 年東北大学)、マイクロスケールケミストリー第 2 回シンポジウム (東北大学)、日本化学会第 90 (近畿大学)、第 91 及び第 92 春季年会 (慶応義塾大学) 等内外の学会において、基調講演、招待講演、一般講演等多数を行い研究成果を発表した。代表者は本研究の成果を含む業績を高く評価され、2011 年 9 月アジア化学教育賞を受賞した。アジア化学会議で行った受賞講演はアメリカ化学会会員誌 *Chemical & Engineering News*, October 3, pp.41-42, 2011 に詳細に紹介された。

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 3 件)

1. 荻野和子、化学を学ぶのは楽しい、化学と工業、**64**、12月号 2011年、927-927、査読有
2. 関根勉、縄田朋樹、田嶋玄一、山北佳宏、小林弥生、理科実験をととした大学間連携をめざして - 東北地区の大学の理科実験科目調査 -、東北大学高等教育開発推進センター紀要、**5**、2010、pp.111-122、査読有
3. 猪股歳之、関根勉、東北大学の初年次教育における授業評価の構造 - 学生による「自然科学総合実験」への評価を中心に -、大学教育学会誌、第 31 卷 (第 2 号)、2009、pp.123-131、査読有

[学会発表] (計 37 件)

1. 荻野和子、マイクロスケール化学実験キットの開発、日本化学会第 92 春季年会、2012 年 3 月 25 日、慶応義塾大学、横浜
2. 荻野和子 (招待講演)、新しい化学教育—マイクロスケールケミストリー、マイクロスケール化学実験講演会、2012 年 3 月 3 日、新潟大学理学部
3. 斎藤紘一、炎色反応演示用安定発光装置、平成 23 年度化学系学協会東北大会、2011 年 9 月 17 日、東北大学
4. 荻野和子、マイクロスケールケミストリーの国際的な動き、平成 23 年度化学系学協会東北大会、2011 年 9 月 17 日、東北大学
5. 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。XXV. ピロールの電解重合による導電性高分子ポリピロールの合成、平成 23 年度化学系学

協会東北大会、2011 年 9 月 17 日、東北大学

6. 荻野和子 (招待講演)、Development, Promotion and Dissemination of Microscale Chemistry and Green Chemistry Education, 14th Asian Chemistry Congress, Bangkok, Thailand, 2011 年 9 月 6 日
7. 荻野和子 (招待講演)、Microscale Experiments for Attractive Chemistry Class, The 11th Asian Conference on Analytical Sciences, (ASIANALYSIS XI), Nanjing, China, 2011 年 8 月 25 日
8. 荻野和子 (招待講演)、電気分解と電池の実験キット、マイクロスケールケミストリー第 2 回シンポジウム、2011 年 8 月 9 日、東北大学
9. 吉野輝雄 (招待講演)、マイクロスケール化学実験を支援するウェブサイト制作、マイクロスケールケミストリー第 2 回シンポジウム、2011 年 8 月 9 日、東北大学
10. 猿渡英之 (招待講演)、イオン交換のマイクロスケール実験、マイクロスケールケミストリー第 2 回シンポジウム、2011 年 8 月 9 日、東北大学
11. 関根勉 (招待講演)、霧箱の製作と自然放射線の観察、マイクロスケールケミストリー第 2 回シンポジウム、2011 年 8 月 9 日、東北大学
12. 齋藤紘一 (招待講演)、分光器の作成と炎色反応のスペクトル観察、マイクロスケールケミストリー第 2 回シンポジウム、2011 年 8 月 9 日、東北大学
13. 小俣乾二 (招待講演)、マイクロスケール実験によるエステル合成、マイクロスケールケミストリー第 2 回シンポジウム、2011 年 8 月 9 日、東北大学
14. 荻野和子 (招待講演)、Microscale Experiments for Attractive Chemistry Class, Kazuko Ogino, The 11th Asian Conference on Analytical Sciences, 2011 年 8 月 25 日, Nanjing, China
15. 荻野和子 (招待講演)、Simple, Easy and Time-saving: Some Attractive Microscale Experiments, The IUPAC 43rd World Chemistry Congress, San Juan, Puerto Rico, 2011 年 8 月 1 日
16. 荻野和子、東海林恵子、橋爪清成、小杉紘史、甲國信、伊藤瑛子、渡辺尚、菊池順子、吉田英男、増山裕子、鶴浦啓、荻野博、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 7、第 11 回 G S C シンポジウム、2011 年 6 月 2 日、早稲田大学
17. 荻野和子 (招待講演)、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。

- 化学工学会第 76 回年会、2011 年 3 月 23 日、東京農工大学 (小金井市) で予定された学会は東日本大震災のため中止となったが、発表はインターネットおよび要旨集冊子で行われた。
18. 荻野和子(招待講演)、Attract Students' Interest in Chemistry through Green Chemistry and Microscale Experiments, the 6th Symposium on Micro-scale Chemistry, Kuwait, Kuwait, 2011 年 3 月 15 日.
 19. 東海林恵子、荻野和子、Effective Chemical Education by the Introduction of Microscale Experiments、Pacifichem 2010, Honolulu, USA、2010 年 12 月 16 日
 20. 吉野輝雄(招待講演)、Effective Chemical Education by Microscale Chemistry Experiments for High School and University、(Pacifichem 2010), Honolulu, U.S.A. 2010 年 12 月 16 日
 21. 進智史、吉野輝雄、A New Systematic and Effective Iodoform Test by Microscale Chemistry Experiment、Pacifichem 2010, Honolulu, USA、2010 年 12 月 16 日
 22. 荻野和子(招待講演)、Introduction of the Concept of Green Chemistry into Education, International Chemical Congress of the Pacific Basin Societies (Pacifichem 2010), Honolulu, USA、2010 年 12 月 15 日
 23. 荻野和子、マイクロスケール化学実験キットの開発、2010 年度化学教育研究協議会東北大会、2010 年 9 月 26 日、岩手大学
 24. 東海林恵子、荻野和子、GSC を意識した炭酸ナトリウムの工業的製法の変遷の授業、2010 年度化学教育研究協議会東北大会 2010 年 9 月 26 日、岩手大学
 25. 高橋知美、吉川洋史、菊池義廣、荻野和子、猿渡英之、中学校におけるマイクロスケール化学実験を導入したイオンの学習、2010 年度化学教育研究協議会東北大会 2010 年 9 月 26 日、岩手大学
 26. 猿渡英之、荻野和子、マイクロスケールでの簡便なイオン交換滴定の実験、2010 年度化学教育研究協議会東北大会、2010 年 9 月 26 日、岩手大学
 27. 荻野和子、Attract Students' Interest in Chemistry through Green Chemistry and Microscale Experiments、10th European Conference on Research in Chemistry Education (ECRICE) and 4th International Conference Research in Didactics of the Sciences (DidSci)、Kraków, ポーランド、2010 年 7 月 7 日
 28. 荻野和子(招待講演)、種々の活動を通じたグリーン・サステイナブルケミストリーの教育および普及、日本化学会第 90 春季年会特別企画「持続可能な社会を支える化学、化学技術および化学教育」、2010 年 3 月 29 日、近畿大学、大阪市
 29. 荻野和子、創造性・論理性を育むマイクロスケール化学実験の普及についての研究、日本化学会第 90 春季年会、2010 年 3 月 27 日、近畿大学、大阪市
 30. 荻野和子、東海林恵子、橋爪清成、小杉紘史、甲國信、伊藤瑛子、渡辺尚、菊池順子、吉田英男、増山裕子、鶴浦啓、荻野博、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 6、第 10 回 GSC シンポジウム、学術総合センター、東京都、2010 年 3 月 4 日
 31. 荻野和子、マイクロスケール化学実験の普及に向けて、平成 22 年度化学教育研究協議会東北大会、日本大学工学部、郡山市、2009 年 9 月 21 日
 32. 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実験 第 XXIII 報、高吸水性ポリマーを用いたスモールスケール燃料電池、平成 22 年度化学教育研究協議会東北大会、日本大学工学部、郡山市、2009 年 9 月 21 日
 33. 斎藤紘一、簡易ガスクロマトグラフの試作と演示実験への適用、平成 22 年度化学教育研究協議会東北大会、日本大学工学部、郡山市、2009 年 9 月 21 日
 34. 吉野輝雄、Effective Chemical Education by Microscale Chemistry Experiments for High School、第 13 回アジア化学会議、2009 年 9 月 15 日、上海 (中国)
 35. 荻野和子、Attract Students' Interest in Chemistry through Green & Sustainable Chemistry, The joint Conference of the 4th International Conference on Green and Sustainable Chemistry (GSC-4) and the 2nd Asian-Oceanian Conference on Green and Sustainable Chemistry (AOGSC-2), Beijing, 2009 年 8 月 21 日
 36. 荻野和子、Introduction of the Concept of Green and Sustainable Chemistry into Chemistry Curriculum, International Conference on Green and Sustainable Chemistry, Singapore, 2009 年 8 月 4 日
 37. 荻野和子(招待講演)、Microscale Chemistry in Japan, The 8th National Conference on Microscale Laboratory, Inner Mongolia University for Nationalities, Tongliao, China、2009 年

7月22日

〔図書〕(計2件)

①荻野和子、グリーンケミストリーの教育、最新グリーンケミストリー(御園生誠、村橋俊一編)、39-40頁、2011年3月(総ページ数262)

②須藤彰三、関根 勉、融合型理科実験が育む自然理解と論理的思考I:自然科学総合実験、「大学における「学びの転換」と学士課程教育の将来」、東北大学高等教育開発推進センター編、東北大学出版会、2010、pp.122-145(総ページ数169)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況(計0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〕

1)ホームページ

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

2)報告書の論文

①荻野和子、中学校の学習指導要領とマイクロスケール化学実験、「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」、13-17、2009年4月

②猿渡英之、高校化学の学習指導要領とChemtrekの実験、「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」、18-21、2009年4月

③小俣乾二、大学の基礎実験におけるスモールスケール実験の導入例、「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」、22-25、2009年4月

3)展示

荻野和子、「環境にやさしく、楽しいマイクロスケール化学実験」、女性アーカイブセンター企画展示「化学と歩む～チャレンジした

女性たちからチャレンジする女性たちへ～」:平成23年8月29日～11月6日、(独法)国立女性教育会館、埼玉県嵐山町

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

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・アーツ・サイエンス研究科・研究員
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・名誉教授
研究者番号：90004457

(3)連携研究者

()

研究者番号：