

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 9 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501087

研究課題名(和文)環境にやさしい化学実験の学校への導入

研究課題名(英文) Introduction of Environmentally Benign Chemistry Experiments into Curriculum

研究代表者

荻野 和子(Ogino, Kazuko)

東北大学・医学(系)研究科(研究院)・名誉教授

研究者番号：40004353

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)：教育現場に適したマイクロスケール実験(MC)教材を開発・改良し、それらに使う部材をまとめたMCキットを開発した。このキットは28 cm x 20 cm x 3 cmと小型だが、電池と電気分解の実験約20種、電解質や水溶液の実験約20種が可能である。中学ならびに高校で、授業に使われ教育効果が高いことがわかった。多数の教員対象研修、生徒対象実験教室、また平成26年9月には、海外の研究者3名を招きInternational Symposium on Environmentally Benign Chemistry Experimentsを開催し研究成果の社会への還元を図り、高い評価を得た。

研究成果の概要(英文)：We have developed various microscale chemistry(MC) experiments and a kit for these MC experiments. The kit contains 24 kinds of materials including an eight-well plate and a multifunctional lid. All these materials are accommodated in a plastic box; the size of the box is 28 cm x 20 cm x 3 cm. With this compact kit, enormous numbers of microscale experiments can be conducted. The kits have been used in several junior and senior high schools successfully. The kits were especially useful in schools which suffered from the 2011 Tohoku Earthquake and could not use the laboratory. By the use of our kits, chemistry experiments could have been carried out in ordinary classrooms without laboratory facilities. We have run many workshops for teachers as well as for students in many cities including Berlin. In September 2014, we organized the International Symposium on Environmentally Benign Chemistry Experiments in Tohoku University to disseminate our environmentally benign experiments.

研究分野：科学教育

キーワード：科学教育 化学実験 マイクロスケール実験 実験キット 学校教育 グリーンケミストリー

1. 研究開始当初の背景

- (1) 2004年に文科省が発表した高校生の意識調査では、化学について否定的な見方が多かった。すなわち、7科目(国語、数学、英語、物理、化学、生物、地学)の中で、化学は「わかる」、「好きだ」、「大切だ」、「役に立つ」とする回答がもっとも少なく、否定的な回答が圧倒的に多かった。これは、高校までの化学の教授法に問題があることを示唆する。化学の授業に対する興味・関心を高めるには、適切な実験を経験する機会が必要であり、化学の勉強が役立つことを認識してもらうには科学・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、マイクロスケール実験(MC)をはじめとする環境に配慮した実験が重要である。
- (2) 私たちは、1988年以来数多くのMC実験教材を開発してきた。それらは既に多くの教育現場で利用されているが、十分には普及していない。これまで、普及について研究した結果、教員対象のワークショップと、実験キットの商品化が重要であることがわかった。
- (3) 新学習指導要領では、理科の時間・内容が増加した。中学理科では、イオン概念(電気分解、電池を含む)が大きく扱われている。私たちはこれらの概念についてのMC実験教材および器具を開発し、国内外で高い評価を得ている。新指導要領に即した形でこれらのMC実験を提供できるようにすることは、中学理科教育に資するものである。実験器具、マニュアルの開発・改良を行い、学校現場に普及しやすくすることは極めて有意義である。
- 以上の背景のもとに本研究を開始した。

2. 研究の目的

- (1) 新学習指導要領で小学校理科、中学校理科に新たに加わった概念に関するマイクロスケール実験を、学校現場で使いやすく、提示する。そのために必要な実験キットの開発・改良を行う。
- (2) 高校化学や大学基礎教育の化学に適したグリーンケミストリーの実験教材を開発する。これまで申請者らが発表してきた教材にグリーンケミストリーに直接結びつく実験教材の開発・改良を行う。

3. 研究の方法

- (1) 現場でMCをすぐ導入できるようカリキュラムと関連付けたマニュアルを作成する。
- (2) 実験を現場に導入しやすいよう実験キットを製作し商品化をはかる。
- (3) 現場での試行、教員研修、生徒対象実験教室を行い、その結果をフィードバックして教材、マニュアル、実験キットを改

良する。

- (4) 公開シンポジウムを開催して、研究成果の社会還元をはかる。

4. 研究成果

- (1) 中学校理科、高校化学及び大学基礎・教養教育にいたる教育現場に適したマイクロスケール実験(MC)教材を開発・改良し、導入しやすい形にした。
- (2) マイクロスケール実験キットを開発・改良した。大日本印刷㈱の協力で、A4版の大きさ、厚さ25mmの軽量コンパクトなキットが完成した。8-ウェルプレート、多機能蓋、4種の金属電極はじめ種々の部材が入っており、電気分解と電池に関する20種ほどの実験、酸塩基や各種水溶液中の反応についての20種ほどの実験を短時間で実施可能である。
- (3) いくつかの中学ならびに高校教員の協力で、上記キットを授業に取り入れた。
- (4) 特に東日本大震災で、被災し実験室が使えなくなった仙台市と石巻市の中学校、高校でMCキットが授業に使われ、役立つことがわかった。(菅野宏一、國井恵子、化学と工業 2012, 65, 631「できないと思っていた化学実験ができた! ~マイクロスケール実験を用いた被災学校支援事業~」参照)
- (5) 上記実験キットによる電池と電気分解の実験に使うための試薬キットを和光純薬の協力で開発し、以下の教員研修のいくつかで用いたところ、たいへん有用であることがわかった。
- (6) 上記キットを用いた教員研修を各地(仙台市、名取市、新潟市、石巻市、東京都、高松市、盛岡市、釜石市、米沢市、花巻市、藤枝市、岐阜市、ベルリン市)で行った。いずれの場合にも、強い関心があった。その結果、いくつかの学校で授業に取り入れられた。短時間で実施できるので、生徒による発表や考察、教師のまとめの時間をとることができる、器具が小さいので1グループの人数を少なくできるので全員が実験操作でき、主体的に学べる等の長所が報告された。
- (7) 小学3年~中学生対象実験教室(仙台市4回、名取市2回、福島市3回、東京都1回、米沢市3回、山形市3回、宮城県大和町3回)、高校生対象実験教室(仙台市3回、東京都1回、高松市1回)を行った。いずれの場合にも、生徒は、集中して熱心に実験に取り組んだ。上記キットを用いると短時間で多数の実験が可能であることがわかった。また、実験キットは、一人1個ずつ用いて個人実験として行ったが、積極性を育むことがわかった。
- (8) 平成26年9月6日、7日に、内外の研究者10名を招き、*International Symposium on Environmentally*

Benign Chemistry Experiments を東北大学川内キャンパス（仙台市）で開催し研究成果の社会への還元を図った。ベルリンのギムナジウム教員 *Angela Köhler* 博士の機能性高分子についての講演は双方向型で、デモ実験あり、参加者全員のマイクロスケール実験あり、参加者の代表が教卓で行う実験ありと多彩であった。マケドニア共和国の *Metodija Najdoski* 教授のワークショップ（WS）は、使い捨てポリスポイトを使った種々の MC である。「石筍の成長」など 4 種の *Chemistry Kit* と称する小さな実験キット、ポリスポイトで作ったキップ装置で水素、酸素を発生させて反応させるなど多彩で派手な実験はショーのようでもあった。オレゴン大学は、グリーンケミストリー教育に 1990 年代から取り組んできた。その中心で国際的に活動している *Kenneth M. Doxsee* 教授の WS はグリーンケミストリーの MC で、天然蛍光化合物であるクマリンを無溶媒でペヒマン縮合により合成する実験、食塩水の電気分解にオリーブ油を組み合わせた実験、液体 CO₂ による抽出などであった。イオン液体について、高校に適した有機化学の MC、本研究で開発した MC キットを用いた中高校教員による WS も行った。中高校ばかりではなく、大学理系学生向け、文系学生向け MC の実践の招待講演も行った。「どの講演も実験や体験を伴ったもので、楽しんで学ぶことがきた。」「非常に刺激だった」、「役に立つ」と好評で、定期的な開催の要望があった。

(9) 上記シンポジウムに招いた海外の研究者 3 名による公開講演会 '*Microscale Chemistry and Green Chemistry Education*' を平成 26 年 9 月 8 日に化学会館（東京都千代田区）で開催したところ、「興味深かった」、「勉強になった」と極めて好評であった。

(10) その他の国際的連携：

① 2013 年 4 月カナダ Vancouver Island University の *Alexandra Weissfloch* 教授の訪問を受け、グリーンケミストリー教育とマイクロスケール実験について意見の交換を行った。

② 2013 年 9 月東北大学川内北キャンパスで開催された日本化学会東北支部創立 70 周年記念国際シンポジウムの際、タイ *Chulalongkorn* 大学の *Supawan Tantayanon* 博士（当時アジア化学連合会長）とマイクロスケール実験と国際連携について意見交換を行った。

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 8 件）

- ① 荻野 和子, 面白くて教育効果の高い実験の普及を目指して, 化学と教育, **63**, 5 月号, 2015 年, 256-259 (査読有)
- ② 荻野 和子, 猿渡英之, 豊田耕三, 国際マイクロスケールケミストリーシンポジウム開催報告, 化学と工業, 2015 年, **68**, 2 月号, 166-166 (査読有)
- ③ 荻野 和子, マイクロスケール実験の開発と普及, 日本理化学協会 研究紀要 46 巻, 75-78, 2015 年 (査読有)
- ④ 今井泉, 小野順子, 荻野 和子, 内多潔, 副読本「[G S C リーフレット『化学のちから』]」に対する高校生の反響, 平成 26 年度全国理科教育大会研究論文集, 36 巻, 178-181, 2014 年 (査読なし)
- ⑤ Kazuko Ogino, *Development, Promotion and Dissemination of Microscale Chemistry and Green Chemistry Education*, FACS News Letter, 2012, 45-49 (2013 年刊行) (査読有)
- ⑥ Kenji Omata(8 名中 6 番目), *FICA, a new chiral derivatizing agent for determining the absolute configuration of secondary alcohols by 19F and 1H NMR spectroscopies*, Tetrahedron: Asymmetry, 2013, **24**, 1001-1009 (査読有)
- ⑦ 荻野 和子, マイクロスケール化学実験で学校の授業を効果的にしよう, サイエンスネット, 44 巻, 6-9(2012) (査読有)
- ⑧ 荻野 和子, 環境にやさしい化学教育, 化学と教育, **60**, 451-451 (2012) (査読有)

〔学会発表〕（計 20 件）

- ① 荻野 和子, 持続可能な発展のための教育とマイクロスケールケミストリー, 日本化学会 95 春季年会, 2015 年 3 月 26 日~29 日, 日本大学理工学部 (船橋市)
- ② (招待講演) 荻野 和子, 電気分解とさまざまな電池, 化学実験講座: マイクロスケール実験は楽しい, 平成 27 年 1 月 20 日, 香川大学 (高松市)
- ③ (招待講演) Kenji Omata, *Microscale Chemistry Experiments in Tohoku University*, International Symposium on Environmentally Benign Chemistry Experiments, 2014 年 9 月 6 日~7 日, 東北大学川内北キャンパス (仙台市)
- ④ (招待講演) 荻野 和子, 環境にやさしい実験の学校への導入, 第 37 回 教師のための化学教育講座, 2014 年 8 月 11 日, 12 日, 東北大学理学部 (仙台市)

- ⑤ 荻野和子, 東海林恵子, 渡辺尚, 三好直哉, 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 10, 第 3 回 JACI/GSCN シンポジウム, 2014 年 5 月 23 日—24 日, 東京国際フォーラム (東京都千代田区)
- ⑥ 荻野 和子, 鈴木大介, 服部将也, マイクロスケール実験による電池と電気分解の実践: 通常の実験との比較, 日本化学会 94 春季年会, 2014 年 3 月 27 日~30 日, 名古屋大学 (名古屋市)
- ⑦ 永沼孝敏, 國井恵子, 菅野宏一, 荻野和子, 中学校の授業におけるマイクロスケール実験キットの活用, 日本化学会 94 春季年会, 2014 年 3 月 27 日~30 日, 名古屋大学 (名古屋市)
- ⑧ (招待講演) Kazuko Ogino, *The New Guideline for Science Education and Microscale Chemistry*, 2013 年度国際交流研究会 Green Sustainable Chemistry, 2014 年 1 月 29 日, 香川大学 (高松市)
- ⑨ 菅野宏一, 永沼 孝敏, 國井 恵子, 荻野和子, 中学校理科の授業でのマイクロスケール実験キットの効果的な活用—震災被災校での授業を通して—, 日本化学会東北支部創立 70 周年記念国際シンポジウム, 2013 年 9 月 28 日~29 日, 東北大学川内北キャンパス (仙台市)
- ⑩ 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. XXVII. 小型ガラス器具を使った実験の開発, 日本化学会東北支部創立 70 周年記念国際シンポジウム, 2013 年 9 月 28 日~29 日, 東北大学川内北キャンパス (仙台市)
- ⑪ Kazuko Ogino, *Microscale Experiments with an Eight-well Plate and the MC Kit*, The 12th Asian Conference on Analytical Sciences (ASIANALYSIS XII), August 22-24, 2013, Kyushu University (福岡市)
- ⑫ 荻野和子, 東海林恵子, 橋爪清成, 小杉紘史, 渡辺尚, 伊藤瑛子, 菊池順子, 増山裕子, 鶴浦啓, 荻野博, 菅原佑介, 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 9, 第 2 回 J A C I / G S C シンポジウム (第 13 回 GSC シンポジウム) 2013 年 6 月 6~7 日, メルパルク大阪 (大阪市)
- ⑬ (招待講演) Kazuko Ogino, *Some Microscale Experiments with an Eight-well Plate*, The 7th International Symposium on Micro Scale Chemistry, Berlin, Germany, May 15-20, 2013
- ⑭ 荻野 和子, 栗山恭直, 小林將浩, 猪俣

慎二, 荻野博, 小中学生対象実験教室へのマイクロスケール化学実験キットの適用, 日本化学会第 93 春季年会, 2013 年 3 月 22 日~25 日, 立命館大学びわこ・くさつキャンパス (草津市)

- ⑮ (招待講演) 荻野 和子, マイクロスケール実験—「化学変化とイオン」についての実験, 第 175 回化学実験講座, 2012 年 10 月 13 日, 国立科学博物館 (東京都)
- ⑯ 荻野 和子, マイクロスケール化学実験の普及についての研究, 平成 24 年度化学系学協会東北大会, 2012 年 9 月 15 日~16 日, 秋田大学 (秋田市)
- ⑰ 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. XXVI. 新指導要領の「化学基礎」におけるイオン概念の構築のための実験教材, 平成 24 年度化学系学協会東北大会, 2012 年 9 月 15 日~16 日, 秋田大学 (秋田市)
- ⑱ 猿渡英之, 簡易小型ビュレットの比較, 平成 24 年度化学系学協会東北大会, 2012 年 9 月 15 日~16 日, 秋田大学 (秋田市)
- ⑲ (招待講演) Kazuko Ogino, *Microscale Chemistry for Attractive Chemistry Class*, 22nd International Conference on chemical Education, 11th European Conference on Research in Chemical Education (ICCE ECRICE 2012), Rome, Italy, July 15-20, 2012
- ⑳ Kazuko Ogino, Keiko Shoji, *The New Guideline For Science Education and Microscale Chemistry*, 22nd International Conference on Chemical Education, 11th European Conference on Research in Chemical Education (ICCE ECRICE 2012), Rome, Italy, July 15-20, 2012

〔図書〕 (計 件)

〔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:

○取得状況 (計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:

取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

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

6. 研究組織

(1) 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

(2) 研究分担者

荻野 博 (OGINO HIROSHI)
東北大学・理学研究科・名誉教授
研究者番号：00004292

吉野 輝雄 (YOSHINO TERUO)
国際基督教大学・アーツ・サイエンス研究
科・名誉教授
研究者番号：10052276

関根 勉 (SEKINE TSUTOMU)
東北大学・高度教養教育・学生支援機構・
教授
研究者番号：20154651

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

小俣 乾二 (OMATA KENJI)
東北大学・高度教養教育・学生支援機構・
助教
研究者番号：70272010

(3) 連携研究者
()

研究者番号：