

令和 5 年 6 月 6 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K02975

研究課題名(和文) マイクロスケール実験の新展開：現代化学・ESDにつながる化学実験

研究課題名(英文) New Aspects of Microscale Chemistry: Experiments Effective in Promoting Understandings of Modern Chemistry and ESD

研究代表者

荻野 和子 (OGINO, Kazuko)

東北大学・理学研究科・客員研究者

研究者番号：40004353

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：私たちは長年マイクロスケールケミストリー(MC)をさまざまな観点から研究してきた。本研究では新しい展開を研究した。1. 持続可能な開発のための教育(ESD)のテーマに含まれる環境問題、エネルギー・資源問題への理解に適したMCを開発した。いずれも短時間で個人実験が可能なものである。2. 2020年3月ごろからCOVID-19が日本でも広がり、感染防止の観点から生徒実験をともなう授業は制約を受けた。MCを使うと感染防止と両立する生徒実験が可能になることを示した。3. 肢体不自由生徒の化学教育にMCが有効であることを示すことができた。いくつかのテーマの実験を開発したが、さらに研究をすすめる必要がある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究はマイクロスケール化学実験(MC)を新しい視点で研究したものである。ESDに関連する教材は短時間で実施できるので、地球環境、エネルギー等について生徒の討論の時間をもつことができる。MCの手法を用いるとパンデミックの際でも感染の危険を避けて実施できる化学実験を研究した。また肢体不自由生徒が安全に実験できる手法をMCで実現できることを明らかにしたことはインクルーシブ教育に寄与する。

研究成果の概要(英文)：In this research, some new aspects of microscale chemistry (MC) have been developed:

1. In Education for Sustainable Development (ESD), it is important to let pupils understand the key issues such as climate change and energy problems through active and positive learning. We have developed and practiced MC through which understanding on environmental issues and sustainability can be enhanced. 2. Since March 2020, Japanese schools encountered difficulty because of the pandemic due to COVID 19. Through our research, it has been shown that MC is useful in reducing the risk of infection. 3. The physically challenged students have difficulty in performing chemistry experiments. To overcome the difficulty, we started research on the introduction of MC for physically challenged students. We developed several MC in which each student can carry out experiments by her/himself.

研究分野：科学教育

キーワード：マイクロスケール化学実験 ESD 感染防止 インクルーシブ教育 電池と電気分解

1. 研究開始当初の背景

- (1) 高校化学の教科書では現代社会における科学・技術の発展の意義が強調されている。しかし、具体的な事例の提示は少なく、これを知り、実感できる実験教材は少ない。現代化学の息吹に触れるような題材、グリーンケミストリーに関するテーマのすぐれた教材は、化学を学ぶ意義の認識につながるだけではなく、生徒の興味を喚起し、楽しさを感じさせることができるので緊急に必要である。一方、持続可能な社会づくりの担い手を育む教育においては、環境問題、エネルギー問題についての主体的な学習が重要である。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り、大日本印刷㈱の協力で、A4 版の大きさ、厚さ 25 mm の軽量コンパクトな KO-DNP マイクロスケール実験キットが完成した。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。このキットを活用した実験の開発が望まれる。
- (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。このような学習指導要領の変化に対応したマニュアルの開発は、我が国の理科教育に資するものである。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 MC を、学校現場で使いやすいように提示する。
- (2) ESD の理解につながる MC 教材を開発する。
- (3) 現代化学の成果を理解するテーマについて教材を開発する。
- (4) SDGs の理念に整合する MC、社会情勢の変化に応じた MC など、MC の新たな展開をはかる。

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) これまでに開発した KO-DNP マイクロスケール実験キットを活用する。
- (3) 実験を現場に導入しやすいよう中高校教員と連携をはかる。
- (4) 現場での試行、教員研修、生徒対象実験を行い、その結果をフィードバックして教材、マニュアルを改良する。

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 MC 教材を開発・改良し、現場に導入しやすい形にした。
- (2) KO-DNP マイクロスケール実験キットを用いた電池・電気分解の実験を通じ、エネルギーの変換、水素エネルギーについて考える教材を開発した。
- (3) このキットを使った電気分解の実験では、電圧、電解時間等実験条件の設定で留意すべき点があることを明らかにした。
- (4) 上記キットを用いた教員研修を 2020 年初めまで各地 (仙台市、高松市、ベルリン市) で行った。いずれの場合にも、強い関心が寄せられた。その結果、いくつかの学校で授業に取り入れられた。実験がおもしろい、楽しいという生徒らの反応があるほか、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。

- (5) 化学における先端的な成果を理解する教材としてロタキサンを取り上げた。ロタキサンは極めて微小な車輪と車軸の化合物と呼ぶことができる分子で、分子機械を構成するうえで基本的であり、かつ重要な部品である。このようなロタキサンを比較的容易に合成できる系を開発した。この結果は生徒・学生・教師にとどまらず一般の人にも分子機械を説明し、理解してもらう良い材料になると考えられるが、さらに研究が必要である。
- (6) MC の新しい展開 1 : 2020 年からの COVID-19 コロナ感染症の蔓延に際し、感染防止の観点から多くの学校で、化学実験は実施できなくなった。このような事態でも次の表に示すように MC によって感染の危険なしで実験できるのではないかと研究を開始した。

実験や観察で感染につながるものと MC で可能な対策

| 化学実験の際どのようなことが感染につながるか | MC 実験では可能な対策 |
|------------------------|-----------------------|
| 1. 長時間、近距離でのグループワーク | 個人実験として行い、グループ実験は避ける |
| 2. 近距離で大きな声で話す | 発言、対話を避ける |
| 3. 生徒が近距離で対面形式で実験 | 対面にならない生徒の配置、普通教室での実験 |
| 4. 教材教具の共用 | 試薬瓶、器具は各実験者専用のものを使う |
| 5. 教材教具の生徒同士の貸し借り | 貸し借りがなくてすむようにする |

この研究は基盤研究(C) 21K02877 に続いている。

- (7) MC の新しい展開 2 : 従来、肢体不自由生徒が所属する特別支援学校における理科の実験は、教師による演示実験や観察を中心とした内容が多かった。稀に生徒実験を行う際には、見えにくさや扱いにくさを解消すべく、大きめの実験器具を使用することが多かった。しかし、肢体不自由生徒にこそ MC が適しているのではないかと考え支援学校における MC 生徒実験の研究を開始し、成果をあげることができた。現在までに中学校理科、高校化学基礎の範囲でいくつかの MC を開発した。これは、SDGs の重要な理念「社会的包摂」につながるもので、基盤研究(C) 21K02877 に続いている。
- (8) 物質量は化学を学習するうえで最も大切な基本概念であるが、初学者にとってなかなか理解しにくく、化学の学習の入口でつまづきやすい。22.4 L の気体 (標準状態において) は 1 モルの物質量に相当する。そこで、アクリル板を使って容量が 22.4 L の箱を製作し (この箱をモルボックスと呼んでいる)、学習者に 1 モルの物質量を体感させること、各種気体の密度の違いが何を意味するのか、分子量とは何かといったことを学習させるのに使ってきた。今回新たに 0.1 モルボックスを製作した。その結果、これは想像以上に便利であることを見出した。1 モルボックスは大きく重いので、運搬が大変だが、0.1 モルボックスはスペースを取らず、製作費も大幅に低減させることができた。ボックスが小さくなくても教え方を工夫すると、物質量の学習に問題はないことが分かった。
- (9) 2021 年 3 月にオンライン開催された第 101 回日本化学会春季年会を、MC の活発な情報交換・討論の機会にしたいと広く MC 研究者に参加を呼びかけた。その結果、MC の研究発表 8 件で 3 時間のセッションを満了することができた。つまり、このセッションは MC のシンポジウム開催と同じ効果をあげることができた。
- (10) 国際的連携 : 以下のように国際的な連携を重ね、世界の MC の発展に寄与した。
- ① 代表者は 2019 年 6 月 North-West University, Potchefstroom, South Africa で開催された第 10 回国際マイクロスケールケミストリーシンポジウムに招かれ招待講演を行った。

- ② 代表者は2019年7月マカオで開催された第10回中国マイクロスケールケミストリー会議 (10th National Conference on Micro-Scale Chemistry) で招待講演に招かれた。
 - ③ 2019年10月ベルリン市で開催された教員研修で、代表者はKO-DNPキットを用いた教員研修を行った。
 - ④ 代表者は2021年7月開催された第11回国際マイクロスケールケミストリーシンポジウム (開催地 Oundle, United Kingdom) に招かれ、オンラインで招待講演を行った。
- (11) 代表者は第11回国際マイクロスケールケミストリーシンポジウムの際 *International Microscale Chemistry Award* を受賞した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 Izumi Imai, Yuka Tsuchiya, Kazuko Ogino, Keiji Ueno, Hitoshi Tomita, Kentaro Makide and Ken-ichi Tominaga | 4. 巻 4 |
| 2. 論文標題 Development of teaching material for green and sustainable chemistry in Japan | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Chemistry Teacher International | 6. 最初と最後の頁 1-12 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1515/cti-2021-0029 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |
| 1. 著者名 荻野和子, 片岡久美子, 猪俣慎二, 生田博将, 高瀬つぎ子, 高木由美子, 高橋智香 | 4. 巻 70 |
| 2. 論文標題 Covid-19蔓延下におけるマイクロスケール実験の有用性 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 化学と教育 | 6. 最初と最後の頁 44-47 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20665/kakyoshi.70.1_44 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |
| 1. 著者名 齋藤江美, 川村修弘, 高田淑子, 門脇恵, 猿渡英之, 棟方有宗, 野崎義和 | 4. 巻 40 |
| 2. 論文標題 大学と附属学校の連携・協働による特別支援教育システムの構築 附属中学校通級指導教室と大学教員との連携による特別な教育的ニーズのある生徒への課外授業プログラム実施の効果について | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 日本教育大学協会研究年報 | 6. 最初と最後の頁 159-169 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |
| 1. 著者名 渡辺尚、菅原佑介 | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 優れた生徒課題研究の成果を教材化する試みと実践報告 複合領域で活用できる教材開発（酸化還元を利用した七色に輝く銅箔の化学） | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 宮城教育大学教職大学院紀要 | 6. 最初と最後の頁 133-138 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|---------------------|
| 1. 著者名 Kazuko Ogino | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 Microscale Chemistry and SDGS | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 African Journal of Chemical Education | 6. 最初と最後の頁 26-36 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計24件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 4件)

| |
|---|
| 1. 発表者名 山田一幸, 荻野 和子 |
| 2. 発表標題 肢体不自由生徒のためのマイクロスケール実験: 「化学反応の量的関係」を実験する上での工夫 |
| 3. 学会等名 日本化学会第103春季年会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 山田一幸, 荻野 和子 |
| 2. 発表標題 肢体不自由生徒のためのマイクロスケール実験—実験操作と安全性における工夫 |
| 3. 学会等名 令和4年度化学系学協会東北大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 齋藤江美、佐々木俊輔、跡部久美、高田淑子、猿渡英之、棟方有宗、野崎義和 |
| 2. 発表標題 附属中学校通級指導教室と大学教員との連携による特別な教育的ニーズのある生徒への課外授業プログラム実施の効果 - 自分の興味を追求できる活動をとおして - |
| 3. 学会等名 令和4年度日本教育大学協会研究集会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 山田一幸, 荻野 和子 |
| 2. 発表標題 肢体不自由生徒のためのマイクロスケール実験の開発と実践 |
| 3. 学会等名 日本化学会第102春季年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 齋藤江美, 川村修弘, 高田淑子, 門脇恵, 棟方有宗, 猿渡英之, 野崎義和 |
| 2. 発表標題 大学と附属学校の連携・協働による特別支援教育システムの構築 附属中学校通級指導教室と大学教員との連携による, 特別な教育的ニーズのある生徒への課外授業プログラム実施の効果について |
| 3. 学会等名 令和3年度日本教育大学協会研究集会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kazuko Ogino, Kumiko Kataoka, Yumiko Takagi, Shinji Inomata |
| 2. 発表標題 The Usefulness of Microscale Chemistry in the Time of COVID-19 |
| 3. 学会等名 The 11th International Symposium on Microscale Chemistry (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 荻野博 |
| 2. 発表標題 スケールはマイクロ、迫力はマクロ: マイクロスケールケミストリーの新たな広がり |
| 3. 学会等名 香川大学化学実験講座: マイクロスケール実験は楽しい (招待講演) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 荻野 和子 |
| 2. 発表標題 マイクロスケール実験の新しい展開：国際的な連携を中心として |
| 3. 学会等名 日本化学会第101春季年会（2021） |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 猿渡英之 |
| 2. 発表標題 スモールスケールでのWinkler法による溶存酸素量の測定 |
| 3. 学会等名 日本化学会第101春季年会（2021） |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 栗山恭直 |
| 2. 発表標題 マイクロスケールを用いたコロナ禍における大学初年次化学実験 |
| 3. 学会等名 日本化学会第101春季年会（2021） |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 栗山恭直 |
| 2. 発表標題 コロナ禍におけるマイクロスケール実験の再考～メチルオレンジの合成実験～ |
| 3. 学会等名 2020年度化学系学協会東北大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---------------------------------|
| 1. 発表者名 荻野 和子 |
| 2. 発表標題 マイクロスケール電気分解における実験条件 |
| 3. 学会等名 2020年度化学系学協会東北大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kazuko Ogino |
| 2. 発表標題 Microscale Chemistry and SDGS |
| 3. 学会等名 10th International Sympojium on Microscale Chemistry (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kazuko Ogino |
| 2. 発表標題 Education for Sustainable Development and Microscale Chemistry |
| 3. 学会等名 The 10th National Conference on Micro-Scale Chemistry (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|----------------------------------|
| 1. 発表者名 荻野 和子 |
| 2. 発表標題 マイクロスケールケミストリーの国際的な展開 |
| 3. 学会等名 2019年度化学系学協会東北大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 高木 由美子, 高橋 智香, 久保 孝介, 荻野 博, 荻野 和子 |
| 2. 発表標題 持続可能なマイクロスケール教材開発 |
| 3. 学会等名 第9回JACI/GSCシンポジウム |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yasunao Kuriyama |
| 2. 発表標題 Implementation Report of Science Show for Understanding SDGs Using Micro-scale Experiment |
| 3. 学会等名 8th NICE (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 栗山 恭直 |
| 2. 発表標題 マイクロスケール実験を利用したSDGs 理解の普及活動 |
| 3. 学会等名 日本化学会第100春季年会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 荻野 和子 |
| 2. 発表標題 グリーン サステイナブルケミストリーと環境にやさしい化学実験 |
| 3. 学会等名 日本化学会第99春季年会 (2019)、甲南大学 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名 荻野 和子 |
| 2. 発表標題 マイクロスケール実験は楽しい：電池と電気分解 |
| 3. 学会等名 香川大学化学実験講座（招待講演） |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 栗山 恭直、荻野 和子 |
| 2. 発表標題 マイクロスケール実験を使った燃料電池理解のためのサイエンスショーの実施報告 |
| 3. 学会等名 日本化学会第99春季年会（2019）、甲南大学 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 荻野 博 |
| 2. 発表標題 分子機械（モレキュラーマシン）とトポロジー |
| 3. 学会等名 宮城教育大学ノーベル化学賞に関する講演会（招待講演） |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 荻野 和子 |
| 2. 発表標題 SDGs、ESDとマイクロスケールケミストリー |
| 3. 学会等名 平成30年度化学系学協会東北大会、秋田大学 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 栗山 恭直 |
| 2. 発表標題 課題研究の条件設定を考える |
| 3. 学会等名 第41回教師のための化学教育講座 東北大学(招待講演) |
| 4. 発表年 2018年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|--|--------------------------------|----|
| 研究分担者 | 荻野 博 (Ogino Hiroshi) (00004292) | 東北大学・理学研究科・名誉教授 (11301) | |
| 研究分担者 | 渡辺 尚 (Watanabe Naoshi) (20756522) | 宮城教育大学・教育学部・教授 (11302) | |
| 研究分担者 | 猿渡 英之 (Sawatari Hideyuki) (30221287) | 宮城教育大学・教育学部・教授 (11302) | |
| 研究分担者 | 栗山 恭直 (Kuriyama Yasunao) (50225273) | 山形大学・理学部・教授 (11501) | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|