様式 C-19

科学研究費補助金研究成果報告書

平成２１年４月１５日現在

研究種目：基盤研究（Ｃ）
研究期間：2007～2008
課題番号：１９５００７５６
研究課題名（和文）　遠隔教育のための化学実験用教材およびキットの開発

研究課題名（英文）　Development of teaching materials and kits for chemical experiments in use of remote education

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

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てすみ、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（MC）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、実験器具のキット化を行った。この研究成果を日本各地の放送大学の学習センター（7 箇所）における面接授業（スクーリング）や国内外の公開講演会・シンポジウム等（11 箇所）で活用した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合　計
２００７年度	1,500,000	450,000	1,950,000
２００８年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
年度			
総　計	2,900,000	870,000	3,770,000

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、マイクロスケール化学、化学実験

１．研究開始当初の背景

ドイツの Liebig(1803 – 1873)は化学の教育研究に化学実験を導入し、大きな成果をあげた。以来、化学教育を行うに当たって、化学実験は必要不可欠なものとして確立され、世界中に普及した。

近年、通信制の高等教育が普及し、わが国において一説には 40 万人ともいわれる学生が通信制の教育、すなわち、遠隔教育を受けている。しかし、自宅等でテレビやラジオで学習する学生に対して、実験を行わせることは困難である。また、学校の施設におけるスクーリングで実験を課そうとしても、実験室をもつ学校は多くなく、その設置には多額の費用を要する。主としてこのような理由により、学生に対する化学の授業において、実験を課している例はきわめて少ない。本研究者が所属している放送大学には８万人を越える学生がおり、すべての都道府県に少なくとも1箇所ずつ全部で50箇所の学習センターがある。これらの学習センターにおいてスクーリング（本学においては面接授業とよんでいる）が行われているが、やはり実験付きの化学の授業が行われている例は多いとはいえない。放送大学以外の一般の通信制教育においては、この問題はさらに深刻である。実験

の実施の必要性は感じても、はじめからそれは困難であるとして、あきらめているのが実情であろう。通信制以外の化学教育において実験を課している例は少なくないが、実験の準備の大変さや限られた授業時間などのため、実験に使われる時間数は全国的に減少傾向にある。このことも大きな問題であるが、通信制の高等教育においては実験そのものがほとんど課されていないのが実情であり、これは大いに問題である。遠隔教育にも実験を課さなければ、十分な化学の習得は行えないし、実験は当然必要である。

２．研究の目的

マイクロスケール化学実験が新しい化学教育法として世界中に普及し、そのための教材や器具の開発が活発に進められている。[1] マイクロスケール化学実験とは一言で言えば、従来の実験のスケールを大幅に小さくすることである。こうすることにより実験経費の低減、廃棄物の画期的な削減、省資源・省エネルギーが達成される。また、スケールが小さいため実験の安全性が向上し、実験に要する時間も短縮できるなど多くのメリットが得られ、しかも環境に優しい。残念ながらわが国ではマイクロスケール化学実験はまだあまり普及していない。本応募者はわが国にマイクロスケール化学実験を普及させるべく努力を払うとともに、マイクロスケール化学実験自体の研究も進めてきた。

本研究者は放送大学に赴任直後から面接授業への化学実験の導入を行い、教材の開発も進めてきた。また、平成18年4月より放映が始まった放送大学のTV授業「基礎化学」の中で行う化学実験の演示にもマイクロスケール化学実験を取り入れた。この放送授業で学習した学生からはこの実験の演示が非常に勉学の励みになるという反響も得ており、学習上良い効果をあげていると考えている。最近は各地の学習センターから面接授業の実施の要望が寄せられるようになった。

このような研究と経験を通して、マイクロスケール化学実験を主体として実験を実施すれば、必ずしも立派な実験室をもたなくても実験は実施可能であり、また、工夫により通常の教室において、さらには自宅においてさえ化学実験は可能であるという着想にたどりついた。このような方法を使えば単に放送大学の面接授業や放送授業にとどまらず、これを一般の遠隔教育に広げて考えることができる。また、本研究で研究している教育法は通信制以外の初等・中等・高等教育機関の一般の化学教育にも広く応用することができ、その波及効果は大きいと考えた。

本研究ではできるだけ多くのそして多様な実験教材の開発を目指した。これらの成果に基づいて、実験室のない場所でも実験の実施が可能な実験キットを開発し、さらに、このキットを使って学生実験を実施し、その結果を収集し解析・検討することを計画した。このような研究の遂行により遠隔教育における化学教育の画期的な改善を目指した。

３．研究の方法

研究目的の項でも述べたように本研究ではできるだけ多くのそして多様な実験教材の開発を目指した。特に化学の基礎的理解につながる気体反応の教材開発に力を入れた。このことにより、化学反応における化学量論的な関係が簡単に理解できるからである。

このような気体反応の実験に加えて、プラスティック製セルプレートを使い、溶液内で起こる金属イオンの沈殿生成反応の観察、錯形成に伴う発色現象の観察や考察を行う教材の開発を目指した。また、溶液内反応と組み合わせたクロマトグラフィーも化学的現象の理解にきわめて有効な手段である。マイクロカラムを使って充填剤上に吸着した金属イオンの錯形成による色変、電荷の変化による脱吸着等多彩な実験が可能である。このような目的の教材開発を取り上げた。

さらに、低価格のプラスティックプレート、プラスティック製スポイトなどを組み合わせた実験キットの開発を目指した。このような新しい研究方法の普及のために、国内外での研究発表に加えて、放送大学の放送教材の制作も目指した。

４．研究成果

本研究で開発した実験キット、実験教材を用いて次のような種々の活動を行った。

（１）　放送教材（TV 授業）および印刷教材（放送教材と共に使うテキスト）への研究成果の導入

平成 20 年 4 月から放映を開始した放送大学の放送教材（各回 45 分の授業を 15 回）および印刷教材（全 15 章、208 ページ）「初歩からの化学」に本研究で開発した成果を導入した。

（２）　放送大学の面接授業への研究成果の導入

放送大学の各地学習センターにおいて、化学実験付きの面接授業を行った。各学習センターで行った実験はすべて同一ではないが、おおよそ次の内容を含んでいる。

①　演示実験（本研究者が行ったデモンストレーション実験）：水素、酸素、アセチレン、塩素の発生と反応；水の電気分解と爆鳴気（水素と酸素の混合気体）の安全な爆発；二酸化炭素の発生と性質；木材の乾留による燃焼現象の理解など

② 学生実験（放送大学の学生が面接授業時間内で行う実験）: 水素、酸素の発生と性質；各種電解質溶液の電気分解；金属イオンの沈殿生成および錯形成反応；マイクロビュレットを用いる酸・塩基滴定など

なお、山口および福島学習センターには化学実験室がないため、通常の講義室で演示実験および学生実験を行ったが、全く問題はなく、安全に実験を遂行することができ、マイクロスケール化学実験の有効性を確認することができた。また、多様な実験を短時間で（おおよそ3時間）で行うことができ、廃棄物処理もほとんど不要であり、マイクロスケール化学実験の多くのメリットを示すことができた。また、学生による授業評価は本研究者の面接授業に非常に高い評価を与えていることがわかった（後述の〔学会発表〕①GSCN シンポジウムで発表）。

（３） マイクロスケール化学実験の普及啓発活動への本研究成果の導入

行った普及啓発活動を２つに分けて示す。

① 公開講演会・サイエンスカフェ・学会等での招待講演・実演

平成 19 年度は東京、大阪、山形において開催された学会での講演および札幌および仙台において開催された放送大学の公開講演会、平成 20 年度は東京（2 回）、福島、沖縄、高知の学会等での講演で研究成果を報告した。海外における発表としてはイスラエルの Safed で開催された大学レベルの化学実験に関する国際シンポジウムでの招待講演がある。この発表ではマイクロスケールカラムを用いる各種イオンの分離実験を中心に実演を行った。短時間で効果的な分離が行えることに参加者の強い関心が寄せられ、好評であった。

② 放送大学の各地の学習センターにおける面接授業

平成19年度は北海道、宮城、群馬、山口の各学習センター、平成20年度は宮城、広島、福島の各学習センターで本研究成果を含む化学実験付きの面接授業を行った。学生の提出したレポートの記載や学生による授業評価結果はこれらの授業が極めて好評であることを示していた。

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 Masaaki Okazaki 等６名、５番、 [Ru-(xantsil)(CO)(・^{6}-toluene)]:Synthon for a highly unsaturated ruthenium(II) complex through facile dissociation of the toluene ligand. Organometallics, 27, 918 - 926 (2008).（査読有）

② <u>荻野博</u>、ラングミュアと真島利行に関するお宝発見！日本化学会、化学と工業、 2008、801-801. （査読有）

③ Jim Josephus G. Minglana 等８名、７番、Iron, ruthenium, and osmium complexes supported by the bis(silyl) chelate ligand (9,9-dimethylxanthene-4,5-diyl)bis(dimethylsilyl): Synthesis, characterization, and reactivity. Organometallics, 26, 5859 – 5866 (2007). （査読有）

〔学会発表〕（計 10 件）

① <u>荻野博</u>、放送大学の面接授業および公開講演会によるマイクロスケールケミストリーおよびGSCN概念の普及活動、GSCNシンポジウム、2009 年 3 月 9 日、学術総合センター・一橋記念講堂、東京都

② <u>荻野博</u>、小さな化学実験、大きな成果、冨山房・日本学術会議主催第２７回サイエンスカフェ、2009 年 2 月 20 日、冨山房ビル、東京都

③ <u>荻野博</u>、理科教員のためのマイクロスケールケミストリー、科学技術振興機構（JST）理数系教員指導力向上研修事業、2008 年 11 月 18 日、福島大学共生システム理工学類、福島県

④ <u>荻野博</u>、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

⑤<u>荻野博</u>、Microscale Chemistry Laboratory in the Open University of Japan. International Symposium on Undergraduate Laboratories, 2008 年 9 月 8 – 11 日、Safed, Israel.

⑥ <u>荻野博</u>、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

⑦ <u>荻野博</u>、放送大学の面接授業へのGSCN概

念の導入、GSCNシンポジウム、2008 年 3 月 6 日、学術総合センター・一橋記念講堂、東京都

⑧ 荻野博、新しい化学教育法：マイクロスケールケミストリー、大阪市立大学重点研究「分子精密制御の高次物質化学」講演会、2007 年 12 月 25 日、大阪市立大学大学院理学研究科、大阪府

⑨ 荻野博、ロタキサン合成の今昔、2007 錯体化学秋の学校、2007 年 9 月 28 日、岐阜長良川温泉、岐阜県

⑩ 荻野博、マイクロスケール化学実験の魅力、日本化学会化学教育研究協議会東北大会、2007 年 9 月 23 日、山形大学小白川キャンパス、山形県

〔図書〕（計 4 件）

① 荻野博、大野公一、山本学、東京化学同人、和英化学用語辞典、2009 年、497 ページ

② 荻野博、大野公一、山本学、東京化学同人、英和化学用語辞典、2008 年、498 ページ

③ 新村出、岩波書店、広辞苑第六版（化学関係語彙担当）、2008 年、3049 ページ

④ 荻野博、大野公一、吉良満夫、放送大学教育振興会、初歩からの化学、2008 年、208 ページ

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

○取得状況（計 0 件）

〔その他〕

６．研究組織

(1)研究代表者

荻野博（OGINO HIROSHI）

放送大学・教養学部・副学長

研究者番号：00004292

(2)研究分担者

(3)連携研究者

鵜浦啓（UNOURA KEI）

山形大学・理学部・准教授

研究者番号：20151920

猪俣慎二（INOMATA SINJI）

福島大学・共生システム理工学類・准教授

研究者番号：50241518