

## 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7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：21500840

研究課題名（和文） 教員免許更新制における免許状更新講習用化学実験教材の開発

研究課題名（英文） Development of teaching materials for chemical experiments used in the training course for the renewal of teacher's certificates

研究代表者

荻野 博（OGINO HIROSHI）

東北大学・大学院理学研究科・客員研究員

研究者番号：00004292

研究成果の概要（和文）：

最新の知識を身につけた教師を育てるための新しい化学教育教材の開発を行なった。取り上げた反応は量的な関係が単純で理解が容易な気体反応、多くの化学的な概念を学ぶことのできる金属イオンの溶液内反応などに重点をおいた。開発した実験教材はいずれも短時間で実行でき、生徒の興味を引くことのできるものである。また、これらの研究成果は放送大学の各地にある学習センター（10箇所）の授業に適用した。さらに、国内外で学会発表、シンポジウム、公開講演会、ワークショップなど（21回）を行った。

研究成果の概要（英文）：

A variety of teaching materials for chemical experiments have been developed, which can be used in the training course for the renewal of teacher's certificates. Reactions of gases and metal ions in solution are mainly employed in this research. The former reactions are simple, so that students can easily understand the stoichiometry and its importance. From the latter reactions, students can learn many important concepts of chemistry. The developed teaching materials are used in the lectures of the Open University of Japan. The outcome has been presented in many conferences, symposia, workshops, etc.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

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、化学実験、教員免許状更新講習、実験教材

## 1. 研究開始当初の背景

平成21年4月1日から教員免許更新制が導入された。「更新制の目的はその時々で教員として必要な最新の知識技能を身につけること（文部科学省の発表より）」とされている。

そこで本研究者は次のように考えた。この制度が真に機能し定着するためには、最新の知識技能を身につける内容の講習が提供されなければならない。この機会を有効に使うならば新しい知識技能を身につけた、いわば生

まれ変わった教師を学校現場に送り返すことになり、その意義は計り知れない。化学教育に関して改善すべきことはいくつもあるが、特に次の二つの大きな問題がある。第一に実験を実施する教育現場の問題点である。すなわち、種々の調査結果から化学の授業において、理科の実験時間がほとんどない、あるいは減っていることが明らかにされている。もう一つの問題点は近年、先進国ばかりでなく発展途上国も含めた諸外国では化学実験教育が大きく姿を変えているにもかかわらず、我が国の化学実験教育は伝統的なやり方から一歩も出ていないことである。このような現状を打破すべく、本研究課題を提案した。

## 2. 研究の目的

本研究者が所属していた放送大学には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箇所ずつ全国で50箇所の学習センターが配置されている。各学習センターでは我々が面接授業と呼んでいるスクーリングが行われている。本研究者はこれら各地の学習センターにおける面接授業に化学実験を導入し、教材開発にも努めてきた。これらの面接授業は非常に好評で、年々面接授業を行う回数が増えてきた。さらに、平成20年4月から放映が始まったTV授業「初歩からの化学」(本研究他2名で制作したリメディアル科目)にも、演示実験を取り入れた。この演示実験の内容の目新しさが勉学の役に立ったという肯定的な反響が学生から寄せられている。また、四年制大学の化学の研究者からも内容の斬新さや高い教育効果についてお褒めの言葉をいただいている。そこで、本研究者の従来からの研究成果を教育現場の実態に適合するように発展させ、さらに新たな教材開発を行なってその成果を

免許更新講習に導入するならば、現状を打破し画期的な教育の改善が達成されうるといふ考えに到達した。多くの教員がこのような新しい知識技能を獲得するならば、固定的な従来の方法に頼らず教師が常に自立的に化学実験教育を見直すという当然備えるべき姿勢をとっていく契機になると考えた。また、斬新な化学実験を通して環境問題に教師や生徒の関心を向けうることも本研究の大きな特色として取り上げた。環境問題は文系・理系といった枠を超えて取り組まないと解決しない問題であり、化学は多くの人々にとって必要な知識である。教師が興味を持って実験できないものを生徒にやらせて面白いはずがない。本研究はこれらの点にも十分配慮を払って教材開発を進めることを研究の目的に盛り込んだ。新鮮なテーマによる実験は学習者の頭の中に消しがたい知識として記憶され、学習の大きな飛躍をもたらし、化学が大好きになる効果を生むことが期待できる。なお、限られた研究期間を有効に利用し、早急に教育現場に反映させるため、あまり手を広げず教材開発の対象は高等学校の化学教育を中心とするものとした。しかしその内容は初等教育の理科および大学の教育現場にも応用できるものである。

## 3. 研究の方法

(1) モルボックスのsmallスケール化  
本研究者は以前モルボックスと名づけたアクリル樹脂製の透明なボックス(容積22.4L)を製作した。ここへ標準状態の気体を入れたとすれば1.0モルの気体が入ることになる。したがって、このボックスに水素を一杯に入れば2.0g、窒素を入れれば28.0gになる。また、標準状態であれば、どのような気体でも(混合気体であっても)、ボックスには $6.0 \times 10^{23}$ 個の粒子が存在することになる。このボ

ックスを実際に教室に持ち込むと生徒や学生の気体に関する基本事項の理解が驚くほど早く進むことがわかった。このボックスは元々気体の密度の違いを教えるために考案したもので、ボックスの中央に仕切り板が入るようになっている。これを使うと、生徒・学生がつまずき易い空気の平均分子量の計算や気体の分圧の理解が驚くほど容易になる。モルボックスはかなり大きなものであり、持ち運びに不便で、製作費も高い。そこで、本研究では容積 2.24 L のアクリル樹脂性のボックスを製作することにした。すなわち、0.1 モルボックスの製作である。このボックスの有効性を確かめる。

(2) 気体反応を用いる教材開発 気体の発生にはオーストリアの Obendrauf 教授の方法および本研究の開発した発生器具を用いる。

(3) 主族元素化合物の基本的な性質を学習するための教材の開発 この実験で必要な各種気体は(2)の方法で発生させた各種気体を利用する。

(4) 物質の分離・精製を学習するための教材開発 マイクロカラムを使ったクロマトグラフィーを中心に物質の分離・精製を学習するための教材開発を行なう。

(5) 金属イオンの基本的な性質を学習するための教材開発 マイクロスケールイオン交換クロマトグラフィーを使って金属イオンの溶液内挙動を理解するための教材を開発する。

#### 4. 研究成果

(1) 研究方法に従った教材開発 多くの教材を開発することができた。研究成果のうち特徴的な事柄に絞って述べる。

0.1 モルボックスは 1 モルボックスに比べて安価で持ち運びも便利であり、22.4 L のボッ

クスと同様に良い教育効果をあげることができた。そこで、0.1 モルボックスを作るためのキットの製作も行った。用意してあるアクリル板を張り合わせれば生徒・学生が短時間で楽しみながら 0.1 モルボックスを組み立てることができる。

気体発生装置を用い、マイクロスケールで基本的な気体 ( $H_2$ 、 $O_2$ 、 $NO$ 、 $NO_2$ 、 $SO_2$ 、 $CO$ 、 $CO_2$ 、 $NH_3$ 、 $HCCH$ 、 $H_2S$ 、 $Cl_2$  など) を簡便に発生させ、20 mL の注射器に集めることができる。これらの気体を用いて、基本的な各種気体の実験を安全に行うことができることを確かめた。

上述した種々の気体を用いて多様な主族元素化合物の反応を学習する教材開発ができた。

マイクロカラムを使ったクロマトグラフィーはカラムが非常に短い(1 mL の使い捨てプラスチック注射器の外筒を使う)ので、1~5 分程度で溶離操作を終えることができ、多様な分離操作を含む実験が可能になった。また、安全ピペッターを利用した簡単な吸引装置をカラムにつなぐことにより、溶離時間を短縮することができた。これは学生・生徒に行わせる実験よりもさらに短時間で溶離を行なう必要に迫られることの多い教師や講演者による演示実験で威力を発揮することが分かった。

(2) 放送大学における面接授業(スクリーング)および公開講演会、学会、シンポジウム、ワークショップ等での講演、実演

①放送大学の各地の学習センター(宮城(3回)、東京多摩、広島、香川、佐賀、鹿児島(2回)、沖縄)において化学実験つきの面接授業を行った。各実験に対する学生の反応や提出されたレポートに検討を加え、問題点を教材の改善に役立てた。

②国外の学会(米国(2回)、ポーランド、フ

イリピン、韓国、シンガポール、中国) および国内の学会(仙台、東京(2回))における発表、市民向け講演会(岩手県二戸市、仙台市、水戸市、東京都文京区、新潟市、鳥取県米子市、宮崎県日向市、鹿児島市、鹿児島県奄美市)、大学教師・学生向けの講演会(金沢市、新潟市)を行なったほか、小中学生向けの実験教室(宮城県黒川郡大和町まほろばホール、秋田県鹿角郡小坂町立小坂小学校、仙台市科学館、仙台高専名取キャンパス)を行い、新しい実験教材の紹介・普及・改善に努めた。

#### 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4件)

- ① 荻野博、私と錯体化学討論会・国際錯体化学会議、Bull. Jpn. Soc. Coord. Chem.、査読無、58巻、2011、39-40  
<http://www.sakutai.jp>
- ② 荻野博、岩本振武、岡崎廉治、齋藤太郎、堀江一之、務台潔、化学会発 日本化学会命名法専門委員会編「化合物命名法—IUPAC 勧告に準拠—」の出版に際して、化学と工業、査読無、64巻、2011、629-930  
<http://www.chemistry.or.jp>
- ③ Takako Muraoka, Yuusaku Shimizu, Hideki Kobayashi, Keiji Ueno, Hiroshi Ogino、Hydrosilylation of carbonyl compounds with hydrosilyliron complexes catalyzed by cationic silyleneiron complexes、Organometallics、査読有、29巻、2010、5423-5426  
DOI 10.1021/om100398u
- ④ Yasuro Kawano, Mikio Uruichi, Mamoru Shimoi, Seitaro Taki, Takayuki Kawaguchi, Taeko Kakizawa、Hiroshi Ogino、Dehydrocoupling reactions of borane-secondary and primary amine adducts catalyzed by group-6 carbonyl complexes: Formation of aminoboranes and borazines、J. Am. Chem. Soc.、査読有、131巻、2009、14946-14957  
DOI 10.1021/ja904918u

[学会発表] (計10件)

- ① 荻野博、Obendrauf 教授を偲んで一世界を魅了したマイクロスケールの演示実験、

第2回マイクロスケールケミストリーシンポジウム、2011年8月9日、東北大学川内北キャンパス

- ② 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
- ③ Hiroshi Ogino、Microscale chemistry laboratory at study centers of The Open University of Japan, 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, 2010年12月15-20日、Honolulu, Hawaii, USA
- ④ S. Inomata, M. Watanabe, T. Takase, H. Ogino、Microscale cation exchange chromatography utilizing cationic edta-like ligand:  $[\text{Co}(\text{H}_3\text{edta})(\text{NH}_3)_5]\text{Br}_2$ , 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, 2010年12月15-20日、Honolulu, Hawaii, USA
- ⑤ Hiroshi Ogino、Microscale Chemistry Laboratory at Study Centers of The Open University of Japan, 10th European Conference on Research in Chemistry Education, 2010年7月4-7日、Krakow, Poland
- ⑥ Hiroshi Ogino、Microscale experiments on ion-exchange chromatography at university level, 5th International Symposium on Microscale Chemistry and 25th Philippine Chemistry Congress, 2010年4月8-10日、Subic Bay, Philippines
- ⑦ 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, 2010年3月4日、東京都千代田区、学術総合センター

- ⑧ 荻野博、The Functions and Roles of Study Centers at the Open University of Japan、1st KNOU, CCRTVU, and OUI International Seminar、2009年9月4日、Seoul、韓国
- ⑨ 荻野博、Microscale Chemistry Laboratory for Green and Sustainable Chemistry、International Conference on Green & Sustainable Chemistry、2009年8月4日、Singapore
- ⑩ 荻野博、Microscale Chemistry Laboratory at Study Centers of the Open University of Japan、第8回マイクロスケール化学実験に関する会議、2009年7月21日、中国、内モンゴル自治区、通遼市

[図書] (計10件)

- ① 荻野博、富山房インターナショナル、サイエンスカフェによるこそ! 3、(滝澤公子・室伏きみ子編著)、小さな化学実験、大きな成果、2011、27
- ② 荻野博、大野公一、山本学、東京化学同人、マクマリー一般化学 演習編、2011、239
- ③ 荻野博、岩本振武、岡崎廉治、齋藤太郎、堀江一之、務台潔、東京化学同人、化合物命名法—IUPAC 勧告に準拠、2011、160
- ④ 荻野博、大野公一、山本学、東京化学同人、マクマリー一般化学 下、2011、335
- ⑤ 飛田博実、荻野博、岩波書店、金属錯体の合成と反応、2011、186
- ⑥ 荻野博、大野公一、山本学、東京化学同人、マクマリー一般化学 上、2010、326
- ⑦ 荻野博、三共出版、巻頭言、有機金属化学(中沢浩・小坂田耕太郎 編著) 2010、1
- ⑧ 荻野博、岩本振武、岡崎雅明、齋藤太郎、中原勝儼訳著、東京化学同人、無機化学命名法—IUPAC2005年勧告一、2010、354
- ⑨ 荻野博、放送大学千葉学習センター、私

の実験付き面接授業、ちばがく、2009年、2

- ⑩ 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、497

[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]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

荻野 博 (OGINO HIROSHI)  
東北大学・大学院理学研究科・客員研究員  
研究者番号：00004292

(2) 研究分担者

( )

研究者番号：

(3) 連携研究者

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  
猪俣 慎二 (INOMATA SHINJI)  
福島大学・共生システム理工学類・教授  
研究者番号：50241518