

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 23 日現在

機関番号：11302

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23501002

研究課題名(和文) 基本法則を実感して理解するための定量的化学実験教材とカリキュラムの開発

研究課題名(英文) Development of quantitative experiment for understanding fundamental laws in chemistry

研究代表者

猿渡 英之 (SAWATARI, Hideyuki)

宮城教育大学・教育学部・教授

研究者番号：30221287

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円、(間接経費) 990,000円

研究成果の概要(和文)：定量性のある実験を容易に確実かつ低いコストで行うための、器具の工夫、実験方法の開発を行った。半定量的な方法、有効数字1桁程度で数値が得られる方法、より精密な実験方法を考案し、それぞれの方法の不確かさを調べた上、実際に小学生や中学生、あるいは大学生が目的に応じた方法で実験を行って、教材、教具としての適切さと有効性を確認した。また、安価で多数作製できる簡易型の吸光光度計、蛍光光度計の活用方法の検討を行い、大学での基本的な化学実験に取り入れた。

研究成果の概要(英文)：Equipment and method for easy, low cost, and less time consuming quantitative chemical experiment were developed. Uncertainty accompany with each method was examined. Classes employing the equipment and the methods were given to primary, Junior high, and university students, and it turned out that the equipment and the method developed were suitable and effective.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育、教育工学・科学教育

キーワード：化学教育 定量実験

1. 研究開始当初の背景

理科を学習する大きな目的の一つは、自然界の法則を理解し、それに基づいた論理的な思考が様々な場面でできるようになることであると考えられる。しかしながら、理科の授業の中で様々な法則を学ぶようになる時期(小学校高学年～)は、理科が楽しくなくなって理科離れが起こる時期でもある。法則に興味・関心を持ってよく理解するためには、教科書を読んで学ぶだけでなく、生徒自らが実験を行ってその結果から法則が導かれることが望ましい。そのためには、定量的なデータが得られる実験教材が必要である。中学校や高等学校の理科の中で、物理分野の実験は結果が数字として得られるものが多く行われているが、本研究が主な対象とする化学分野を含め、物理以外の分野で実施されている実験では観察結果の記載にとどまるものが多く、定量的データが得られるものは多くはない。また、実験内容を問わず、多くの小中高等学校においては時間的・経済的制約および教員の実験への熟練の問題により、実験を多く実施することが困難な状況にある。そこで、本研究では、主に化学分野において、定量的かつ実施の容易な実験教材を開発し、それを利用したカリキュラムを開発する。これによって、化学の法則を実感をともなって理解できるようにする。

2. 研究の目的

初等中等教育の場において定量的な化学実験を容易に行えるようにすること、また高等教育の場においても効率的により多くの定量的化学実験を行えるようにし、様々な化学の法則を実感して理解できる実験を可能とすることが本研究の目的である。

3. 研究の方法

学校教材にふさわしい化学反応系の検討、簡易な定量実験器具の開発と、申請者がこれまでに開発してきた簡易型の機器分析装置や簡易型体積計の改良および応用範囲の拡大に取り組む。ついで、いずれの実験もより小さいスケールでも行えるように改良して、講義室等でも容易に実施できる実験とする。そして、それらをまず大学や小・中・高等学校の一部の研究授業で試行し、その結果を受けて改良をはかる。最終的には、小・中・高等学校の授業で日常的に実施できる教材として完成させる。

4. 研究成果

定量的な実験を行うためにまず必要なこととして、正確な体積の溶液を簡単にはかり取る方法について検討した。広く使われている、駒込ピペットや目盛付試験管は、目盛自体が必ずしも正確でないことに加えて、操作が簡単なようでありながら、再現性よくはかり取ることが難しいことも確認された。メスシリンダーも、体積が小さくなると正確な

かり取りが難しい。

溶液の体積の測定には、ディスプレイシリンジの使用が有効であることは知られているが、これの様々な活用方法、不確かさについて検討した。

シリンジには目盛が付されているが、細かく目盛に合わせて様々な量をはかり取るのではなく、ホールピペットと同様な、常に一定量をはかり取る目的で使用すると、扱いやすく、正確な体積をはかり取ることができた。特に、使用する全ての溶液の体積が 1 mL の倍数とするように実験条件を設定すると、正確で分かりやすい実験を容易に行うことができた。このようにして作った実験手順によって小学生が正確な実験結果を出すことができたが、大学の学生実験においても限られた授業時間内に多くの実験を行うことができるようになった。

1 mL シリンジとマイクロピペット用チップを組み合わせたものを簡易型小型ピュレットとして使用することができ、その場合 2～3%程度の正の系統誤差があることが明らかになった。これは、これまでに報告されているメスピペットを利用した小型ピュレットと比べても劣るものではなく、取扱いの簡便さ、製作の容易さ、取扱いの簡便さ、費用を考えると、適切なものと考えられた。また、マイクロピペット用チップを組み合わせない場合は正の系統誤差がさらに大きくなったが、これまで簡易的な方法としてよく使われてきた滴数を数える方法と比べると精密、正確であり、極めて簡便な方法として有効であることも分かった。

一方、0.1 mL を下回るような溶液を正確にはかり取る方法として、目盛をつけた樹脂製細管とシリンジを接続して作製した器具が有効であることが分かった。これにより、マイクロピペットやマイクロシリンジのような器具を使わなくても効率の良い実験ができるようになった。

20 mL 以上のシリンジを用いると、気体の体積を測定する実験を行うことができ、3 方あるいは 2 方活栓との併用も有効であった。ただし、圧力や温度の変化による体積の変化、デッドボリュームの問題など、なお改善の余地が残った。

低濃度の物質の量を容易に測定する方法として、目視による比色分析法や簡易型の吸光度計を用いた実験について検討した。

目視による比色分析では、色の濃さを明確に見分けられることが非常に重要であり、液の厚みが適切になるような実験条件を設定しなければならない。各種のマイクロプレートや試験管を、上述の体積測定方法と組み合わせ、適切な実験条件で設定することで、小中学生が容易に正確なデータを出すことができた。

また、以前から開発を続けてきた簡易型の吸光度計の改良、性能評価、活用方法につ

いて検討した。これは、発光ダイオードを用いた簡易型の装置で、安価であるだけでなく、構成する部品が全て見えるため、測定原理が非常に分かりやすい装置である。性能評価はこの装置を用いて行った吸光光度法による測定値と、市販の大形の分光光度計を用いた測定値、あるいはプラズマ発光分析装置で定量分析を行った分析値を比較して行い、よく一致することが確認できた。本装置の活用として、検量線法による各種成分の定量分析の他に、pH指示薬を利用した化学平衡についての実験、錯体の組成決定の実験などを行った。この簡易型の装置は安価で多数を用意でき、実験を一斉に実施することができるので、大学の学生実験に取り入れて、効率的な教育がおこなえている。

簡易型吸光光度計を発展させた簡易型蛍光光度計では、蛍光を有する微量の有機化合物の定量を行うとともに、蛍光試薬を用いた微量金属の定量を試み、目的元素によってはプラズマ質量分析装置と同等の分析値が得られた。

以上で述べてきた定量的化学実験方法にもとづいて児童・生徒・学生実験のカリキュラムを作成して、小学生、中学生に対しては実験教室において実験を行ってもらい、データを評価した。大学においては、1年次から3年次までの各学年の学生実験に取り入れて、短い時間の中で多くの実験を、グループでなく個人で行える実験教材となった。

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 1 件)

千葉啓子, 立身政信, 猿渡英之, 中塚晴夫, 渡辺孝男, 農業従事者におけるヨウ素摂取量についての検討, 岩手県立盛岡短期大学部研究論集 15 号, 29-32 頁 (2013)(査読有)

〔学会発表〕(計 5 件)

豊田耕三, 猿渡英之, 笠井香代子, 斎藤紘一, 菅野宏一, 山下正廣, 仙台市科学館平成 25 年度特別展「元素の世界」における「実験フィールド」の実施, 日本化学会第 94 年会, 2014 年 3 月 24 日, 名古屋大学東山キャンパス(愛知県名古屋市)

千葉啓子, 中塚晴夫, 猿渡英之, 立身政信, 渡辺孝男, 農業従事者のヨウ素摂取量, 第 83 回日本衛生学会学術総会, 2013 年 3 月 25 日, 金沢大学(石川県金沢市)

千葉啓子, 中塚晴夫, 猿渡英之, 立身政

信, 渡辺孝男, 農業従事者のヨウ素摂取量について, 第 71 回日本公衆衛生学会総会, 2012 年 9 月 24 日 サンルート国際ホテル山口(山口県山口市)

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 16 日, 秋田大学手形キャンパス(秋田県秋田市)

猿渡英之, イオン交換の実験, マイクロスケールケミストリー第二回シンポジウム, 2011 年 8 月 9 日, 東北大学川内キャンパス(宮城県仙台市)

〔図書〕(計 0 件)

〔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〕

普及活動(教育実践, 実験講座)

仙台市科学館 楽しい化学の実験室「水の硬度をはかる」 2013 年 12 月 14 日

平成 25 年度気仙沼市・宮城教育大学連携理科教育拠点事業「理科授業研究会」, 気仙沼市立津谷小学校(宮城県気仙沼市) 2013 年 11 月 27 日

宮城教育大学教員免許状更新講習「中学校理科第 1 分野の教材」, 2013 年 8 月 4 日

仙台市科学館平成 25 年度特別展「元素の世界」実験フィールド 2013 年 7 月 21 日

日～8月25日

宮城教育大学教員免許状更新講習「中学校理科第1分野の教材」, 2012年8月5日

仙台市立第一中学校実験教室 2012年7月25日

仙台市科学館 楽しい化学の実験室「色をつけて『見る』わずかな量」 2012年2月18日

宮城教育大学教員免許状更新講習「中学校理科第1分野の教材」, 2011年8月7日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

猿渡英之 (SAWATARI, Hideyuki)

宮城教育大学・教育学部・教授

研究者番号: 30221287

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: