

令和元年6月19日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K00984

研究課題名(和文) イオンの理解増進のためのマイクロスケール実験とICT活用

研究課題名(英文) Micro scale experiment for understanding increase of an ion and ICT utilization

研究代表者

中林 健一 (NAKABAYASHI, Kenichi)

宮崎大学・教育学部・教授

研究者番号：60201670

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、生徒のイオンの理解増進のためのマイクロスケール実験開発とICT教材活用を行った。本研究における研究成果として、イオンの移動の観察を目的で、中学・高校の理科または化学実験用のマイクロスケール理科・化学実験装置を開発した。さらに生徒の粒子概念の育成を図るためには実験とモデル化を併用させることが重要で、マクロとミクロの視点を常に行き来するような授業の流れをつくる必要があることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

生徒の粒子概念の育成には、いかに目に見えない粒子を実感を伴って理解させるかが重要である。生徒が具体的な粒子イメージをしやすいように、ICTなどを活用したコンテンツの開発が不可欠である。さらに化学実験をマイクロ化することは通常のガラス器具と比較して、破損時のけがを防ぐことができ、安全性や経済性にも優れている点がある。マイクロスケール実験用器具を用いることによって生徒自身が安心して安全に実験を行うことができるので、実験への興味関心が高まり、問題解決のための思考の深まりや理解が図られることが期待できる。

研究成果の概要(英文)：Student's micro scale experimental development for understanding increase of an ion and ICT utilization of teaching materials were performed by this research. Science of a junior high school and a high school, micro scale science for chemical experiment and chemical laboratory equipment have been developed for the purpose of observation of movement of an ion as study results in this research. The thing for which it's necessary to make a flow of the tuition who always associates made the macro and the micro viewpoint clear through using an experiment and modeling to plan for more upbringing of student's particle concept.

研究分野：化学教育

キーワード：マイクロスケール化学 ケイ素誘導体 イオン

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

マイクロスケール実験は環境問題に配慮した化学であるとともに、環境にやさしいグリーンケミストリーの考え方を反映した画期的な実験方法として、アメリカの科学教育に端を発し、現在世界中の初等教育から高等教育にまで幅広く導入され、高い教育効果をあげている。日本においてもマイクロスケール実験は、学習指導要領解説でも推奨され、学校現場で着実に普及している。

中学校理科の学習指導要領において、粒子概念の形成を図ることをねらいとした単元として「化学変化とイオン」が設けられた。これは化学変化についての観察・実験を通して、水溶液の電気伝導性や中和反応について理解させるとともに、これらの事物・現象をイオンのモデルと関連づける見方や考え方を養うことを目的にしている。また、本単元は高等学校の化学の基礎となる単元でもあり、中学校で形成された粒子概念をもとに化学変化とイオンに関わる事象を微視的に考察させることで、イオン概念の形成を中高一貫して形成することをねらいとしている。

本研究では、有色イオンの移動の観察を目的として、実験をマイクロスケール化することとした。生徒実験をマイクロスケール化することにより電極間の距離が短くなり、低電圧で短時間にイオンの移動の観察が可能となった。また、マスセルを用いることによって、生徒がイオンの移動実験を少人数で観察できるようになる。

物質の中で起こるイオンの移動は、化学合成反応や電気分解や電池、生命現象を引き起こす重要な素過程である。自然界のあらゆる場面でみられるイオンの移動反応は、一般にその現象を視覚的にとらえることはできない。新学習指導要領の化学領域において、小中高校を通して「物質」から「粒子」へと学習内容の柱が新たに改編された。今回の改正は、物質の粒子性について小学生から高校生に至るまで、小中高校を通じ一貫性をもって生徒に指導できることから、学年進行とともに継続的な学習効果が期待される。また、新しい中学校理科の教科書では、新たにイオンの成り立ちや原子の構造などの内容が含まれており、教師に対してもより詳しい理解とさらなる指導の工夫が求められている。一方、取り扱われる学習内容が大幅に増加しているため、暗記型で知識偏重型の教育に陥るおそれも出てきている。そのため、新しい実験教材の開発や授業形態の工夫、さらに ICT を活用した双方向型理解の増進が期待されている。生徒のイオンを中心とする粒子に関する理解が計られているのかどうかを高校の化学の試験問題から総合的に考察した。

2. 研究の目的

生徒のイオンの理解増進のためのマイクロスケール実験と興味関心を示すような ICT 教材活用を行うことを目的とした。特に本研究では、イオンの移動の観察を通して、生徒が理解しにくい粒子概念についてより具体的に現実的に理解が深まるよう中学・高校の理科または化学実験用のマイクロスケール理科・化学実験装置を開発することも目的とした。また、イオンなどの粒子概念の理解において何が問題なのか明らかにするためにイギリスの化学教育と比較することによって日本の生徒の粒子概念の育成を目指した。

3. 研究の方法

生徒の粒子概念の育成には、いかに目に見えない粒子を実感を伴って理解させるかが重要で

あるために、実感を伴って生徒に理解させられるかどうかという視点で研究をスタートさせた。また、実験結果のより、生徒が具体的な粒子イメージをしやすいするために、ICT を活用したコンテンツの開発を行ことも行った。生徒が苦手とする化学実験をマイクロスケール化することによって、通常のガラス器具と比較して、破損時のけがを防ぐことができ、安全性や経済性にも優れていることがある。さらに、マイクロスケール実験用器具を用いることによって生徒自身が実験を行ることができるので、実験への興味関心が継続され、問題解決の流れや、思考の深まりが期待できる。

実験で得られた結果をもとに、さらに生徒がイオンの粒子概念を実感を共に捉えるためには、実験だけではなく、粒子モデルを用いた学びあいによる思考・表現活動を取り入れ、理解を深めるプロセスが有用な手立てになり得るものと考えられる。本研究では、イギリスの化学教育と比較して、日本の高校生のイオンの理解がどのように異なるのかを明らかにするとともに、生徒のイオン理解増進のための化学教材開発を行った。

イオンの連想移動観察を可能とするマイクロスケール実験装置の開発を行うとともに、関連する中学校等で、すでに代表者が実施している出前授業の中で、本実験を実施し、生徒及び教師の興味・関心がどこにあるのかをアンケートを実施して明らかにし、問題点の明確化を行った。また、本実験教材と ICT 教材とのタンデム活用を想定した粒子モデルのデジタルコンテンツ化を行った。研究代表者・中林は電気泳動装置におけるイオンの連続移動観察が容易になるための装置面からの改良研究を行った。単位反応場当たりの効率を上げるための、原料・組成・電源の検討を行い、教材作製面から改良を行った。また、イギリスとの教育比較を行った。研究分担者・湯地は装置の発電効率の向上のための電気的特性面から検討を行った。生徒が不得意としている電流とその利用に関する単元において、電解相から学べる電流の発生原理や電解質溶液の役割について教材作製の立場から改良を行った。研究分担者・有井はケイ素化合物のマイクロスケールでの合成実験を行い、生徒及び教師の興味・関心がどこにあるのかを調査し、問題点の明確化を行った。

4．研究成果

生徒の理科における粒子概念の育成とイオンの理解増進を図るための工夫とマイクロスケール合成実験と ICT を活用した日本とイギリスの教育比較を行うことを 全体の目的とした。本研究では、イオンの移動と生成観察を目的として、中高校生の理科・化学理解増進とマイクロスケール化学実験の必要性を明らかにすることにある。さらに、高校生の大学入学における記述式問題が生徒のイオン理解増進のために役立っているかどうかの検証も行った。またケイ素化合物の合成やマイクロスケール実験の結果をもとにどのようにすれば生徒の粒子概念の育成が図られるかについて検討した。本研究の特徴としては、ケイ素化合物の合成実験をマイクロスケール化することにより効率よく合成できることやスモールスケールセルを用いることによって、新しい化合物やイオンが発生している現象を少数で観察できるようになった点にある。実験観察を通して、現象を説明するために生徒自身が様々なモデルを思考し、それを生徒どうして表現しようという学びの活動をよりしやすくするためにはどうすればいいのか、イギリスの大学入試問題を取り上げ、日本とイギリスの生徒の理解がどのように違うのか詳細な検討を行った。実験とモデル化を併用することを通して、マクロとミクロの視点を常に行き来するような授業の流れをつくる必要があることが明らかとなった。学習効果の評価を行うために、生徒及び教師の興味・関心がどこにあるのかをイギリスの高校の化学の試験問題と比較してイオンなどの粒子の理解増進においてどこに問題点があるのか明らかにした。

マイクロスケール実験の成果として、生体中のタンパク質のモデル金属錯体を合成する研究とケイ素を用いる機能性錯体の合成とその反応性の解明に関する研究成果も得た。酸素運搬タンパク質と同様の反応挙動を示す二核鉄錯体の合成に成功した。また生体内酸化酵素を模倣した二核銅錯体の合成に成功し、分子中で通常では酸化困難とされている部位を簡単に酸化することができることも明らかとした。この性質を利用して、鉄や銅とは異なる元素を用いて、新たな金属錯体の合成にも成功し、その構造と反応性を明らかにしている。さらに、これまで培った巧みな金属錯体の合成技術を利用して、新しい触媒の開発を行った。特に 14 族典型元素であるケイ素、ゲルマニウム、スズを用いる錯体の研究で今まで報告例のない白金-ケイ素あるいは白金-ゲルマニウムクラスター化合物の合成法を確立し、その構造と機能性を明らかにした。さらにケイ素、ゲルマニウム、スズ化合物を合成し、一般に反応性の乏しいとされてきた有機化合物と高い反応性を持つことを明らかにしている。

日本の個別学力試験との比較分析を通して、イギリスの A レベル資格試験の優れた特徴として、出題形式が多岐にわたっており、中でも論述問題と導出過程を記述させる計算問題が多いことや、論述問題の文末表現が多様であり化学用語の定義を問うような易しい問題にも論述問題を取りいれていることが明らかとなった。

また、日本の公立高等学校における事例的な実施により、記述式計算問題によって生徒の思考力・表現力を評価するには、その配点を大きくし解答に時間的な余裕を与え、無解答を減少させる必要があることや、1 点刻みの部分点を独立して設定し得点のばらつきを保つ必要があることが明らかとなった。生徒の意識調査から、記述式計算問題の導入によって計算問題に対する学習意欲が高まることが明らかとなった。また、記述式計算問題の導入を好意的に捉える生徒が大半を占めたが、その理由には性別によって差がみられた。逆に、記述式問題導入初期は、解答形式や採点基準に不安を抱え、学習意欲が低下する生徒が見られることから、インフォームドアセスメントやルーブリックを利用することによって生徒に評価方法を理解させることが望ましいと考える。今後、記述式計算問題に対する意識の差が生徒の思考力・判断力の発達に影響を与えるかどうかについて分析・検討していく予定である。

新しい学習指導要領において「主体的・対話的で深い学び」を導入することとなった。現在はインターネットの普及で、実験のネタや実験動画など選択肢は増えたが、情報が多すぎ、限られた準備時間で授業に導入したときの効果や安全性など良質な実験を選択するのは逆に難しくなっている。小中高校の教師は大規模校に赴任すればベテランのノウハウを継承することが可能であるが、理科（化学）担当が 1 人の学校などではノウハウを引き継ぐことは難しい。このような環境の中で、ベテランの教師から受け継いだ優れたノウハウを若手の教師に引き継いで行く役割がある。演示実験集では様々なイオンの反応や発色反応、銅イオンの色の変化などについて図を使いながら生徒の興味関心を引き付ける丁寧な実験手順を示し、教師の授業における実験指導の指針にさせていただく工夫をした。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 4 件)

H. Arai, K. Nakabayashi, K. Mochida, T. Kawashima, Synthesis of β -Extended Siloles Using Intramolecular Chain Hydrosilylation, *Synthesis*, 査読有, 49, 4599 - 4605, 2017.

郡司泰祥, 野添生, 中山迅, 中林健一, 大学入試化学における記述式問題の評価に関する研究 - イギリスの GCE・A レベル資格試験の分析を通して -, *科学教育研究*, 査読有, 41(3) 315 -

324 2017.

Arii H, Nakabayashi K, Mochida K, Kawashima T., Intramolecular Chain Hydrosilylation of Alkynylphenylsilanes Using a Silyl Cation as a Chain Carrier., *Molecules*, 2016 Aug 1;21(8). pii: E999. doi: 10.3390/molecules21080999, 査読有.

Hidekazu Arii, Yuto Yano, Kenichi Nakabayashi, Syuhei Yamaguchi, Masaki Yamamura, Kunio Mochida, and Takayuki Kawashima. Regioselective and Stereospecific Dehydrogenative Annulation Utilizing Silylium Ion-Activated Alkenes, *J. Org. Chem.*, 査読有, 2016, 81(15), pp6314-6319.

〔図書〕(計5件)

石浦章一, 鎌田正裕, 大隅良典, 中林健一他, わくわく理科3, 新興出版社啓林館, 2019, 179.

石浦章一, 鎌田正裕, 大隅良典, 中林健一他, わくわく理科4, 新興出版社啓林館, 2019, 203.

石浦章一, 鎌田正裕, 大隅良典, 中林健一他, わくわく理科5, 新興出版社啓林館, 2019, 192.

石浦章一, 鎌田正裕, 大隅良典, 中林健一他, わくわく理科6, 新興出版社啓林館, 2019, 216.

郡司泰祥, 中林健一他, 簡単にできる演示実験・モデル集, 宮崎県教育委員会, 2017, 174.

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名: 有井秀和

ローマ字氏名: ARII, Hidekazu

所属研究機関名: 宮崎大学

部局名: 教育学部

職名: 准教授

研究者番号(8桁): 80384733

(2)研究分担者氏名: 湯地 敏史

ローマ字氏名: YUJI, Toshifumi

所属研究機関名: 宮崎大学

部局名: 教育学部

職名: 准教授

研究者番号(8桁): 80418988

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。