

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 23 日現在

機関番号：12604

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K03139

研究課題名(和文)学習者の積極性を促す教師教育用実験学習(化学)プログラムの開発

研究課題名(英文)Development of an experimental learning (chemical) program for teacher education that promoting learners' positiveness

研究代表者

小川 治雄(Ogawa, Haruo)

東京学芸大学・教育学部・名誉教授

研究者番号：10134769

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文):過酸化水素分解の温度依存性に関する実験プログラムの開発を行った。学習者は(1)反応速度を求めるための適切な実験方法の計画,(2)滴定による過酸化水素濃度の経時変化の測定および反応速度の算出,(3)温度を変えた実験による見かけの活性化エネルギーの算出を行う。試行の前後において反応速度に関する概念(a)「反応速度定数」,(b)「反応速度の温度依存」,(c)「見かけの活性化エネルギー」,(d)「金属イオン1個あたりの活性」に対する理解度の自己評価を調査した。イメージ図を用いてテキストの改善を試みたところ,(c)に対する理解度が高くなった。また、現職教員研修において燃料電池を個別実験として試行した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高校化学で学習する反応速度の「見かけの活性化エネルギー」を求める実験においてイメージ図を用いてテキストの改善を試みたところ学習者の理解度が高くなりイメージ図が有効である事が分かった。また、新型コロナウイルスの感染拡大に伴い、実験操作のビデオクリップの視聴などを用いて補強した遠隔型を試行したが、適切な実験方法の計画に関する結果が低くなり、実際に手を動かして実験をすることの必要性が浮き彫りとなった。燃料電池の実験教材を小中学校の現職教員向けの研修にて試行した。燃料電池に関わる実験を実際に経験したことのある教員は今回ほとんどおらず、今回の試行は参加した多くの教員に好意的に受け取られた。

研究成果の概要(英文):An experimental learning program for pre-service teacher training has been developed. We are trying to develop an experimental learning program for training pre-service teachers on hydrogen peroxide decomposition reaction. The program will have following components: (1) formulating a plan for an appropriate experimental procedure to obtain the reaction rate; (2) obtaining the time course of hydrogen peroxide concentration by titration and calculating its reaction rate; and (3) calculating the apparent activation energy by experimenting with varying temperatures. The program was tested, and a survey was conducted on the degree of comprehension regarding the following concepts: (a) reaction rate; (b) temperature dependence of reaction rate; (c) apparent activation energy; and (d) turnover frequency. Based on the results, when trying to improve the text using the image diagram, the degree of comprehension of (c) became high. Fuel cell experiment was also tested on in-service teachers.

研究分野：物理化学

キーワード：教師教育 反応速度 燃料電池 試行 遠隔授業 ハイブリッド授業 対面実験 実験学習プログラム

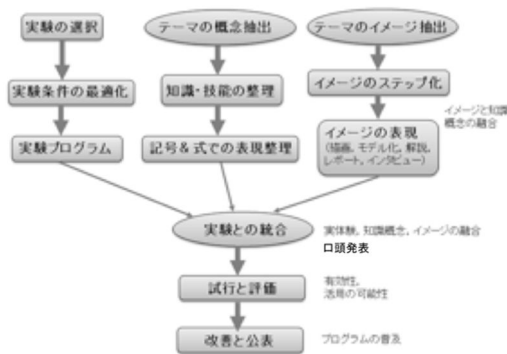
科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

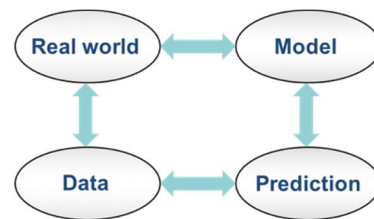
今日の学校教育において、いじめや詰め込み教育、理科に対する意識の低下が叫ばれる中において、学力の低下や理科離れといった深刻な問題を抱えていることは否めない。国際調査 PISA (国立教育政策研究所編, 2007, 2016) や TIMSS (国立教育政策研究所編, 2008, 2016) では、日本の生徒の学力は、比較的高い水準を保ちながらも諸外国に比べ生徒の科学に対する意識が低い傾向にあるという課題や成績上位の生徒が少なく、応用力が弱く、創造性に乏しいという課題が浮き彫りとなっている。これらの課題を解決すべく教師教育に関する近年の報告では、教員養成系大学・学部の立場からの現状やこれからの在り方の提言 (大高, 2008; 小川, 2000) や、教員研修の実践や提言 (藤岡, 2003; 貫井, 2002), そして、科学教育実践に向けての方策例 (大黒ら, 2011; 川村ら, 2011; 鈴木ら, 2010; Oyao et al., 2009; 古屋, 2012) が紹介されている。

科学の進展は、目に見えないものや事象を発見し、そのモデル・イメージを通し、図式化、法則化を行い、さらに検証・実証を重ねることによりなされてきた経緯がある。科学教育においても、この経緯を学習者が体現し具現化することは有意義であり、事象に対するより一層の切実さ・実感・積極性 (能動性) を伴った対応が期待される。目に見えないものは未知のものに通じ、それをモデル・イメージ化することは、ものや事象の具現化に繋がり、さらなる興味・関心を促し、前向きな洞察・思考に繋がる意志力を培うことが期待できる。この意志力の高揚により、同一対象物に対するより深い洞察や思考が生じてくると期待される。すなわち、科学的思考へと繋がる一助となる。イメージ化は、科学的なものの見方・考え方への取り組みに対する積極的な行動への推移を促す (Haruo Ogawa, The 4th symposium of Network for Inter-Asian Chemistry Educators, pp. 4-15 (2011).)

イメージを重視することが創造性を生み出すことに繋がるとする視点で、理科 (科学) 教育を捉える「想像から創造へ」 { Special Emphasis on Imagination leading to Creation (SEIC) } を研究代表者は提唱している。そこでは、科学的思考の統合的なイメージが創造へと導くことが期待され、想像しようとする意志力が培われ、結果的に十分な知識やスキル (技術) が身に付くことに繋がるとするものであり、その成果を報告してきた (Ogawa et al., The Chemical Education Journal (CEJ), 査読有, 13 (1) (Serial No. 24), Registration No. 13-1, 6 pages, (2009).)。創造性の獲得は重要な課題であることは言うまでもなく (Jarvis, 2009; Höhn, Harsh, 2009; Longshaw, 2009; 大島鎮治, 1920), 理科 (科学) 教育においてもそれを見据えた学習プログラムの開発が望まれる。



スキーム1 プログラムの作成



スキーム2. 科学的推論のモデル

2. 研究の目的

本研究は教師教育を目的とした研修プログラムとしての実験学習プログラムを作成するものである。プログラムは、基本的な化学概念を基に、科学概念を形成する3つの思考レベル { 実験・観察レベル (マクロレベル) 記号レベル (記号&式レベル) 分子レベル (ミクロレベル) } を統合して一体化した設計となる。これにより教師が科学的思考の統合的なイメージを持って積極的に実験に取り組めるようになる。結果として、化学概念・知識・技能のより一層の定着がなされ、それらの結びつきを明瞭にして指導が行えるようになる。統合的な科学的イメージを持つての積極的な姿勢・取り組みは学習者に反映され、科学の方法論に基づく姿勢で学習が行われ、より一層の概念・知識・技能の積極的な取り込み定着がなされる。教師が科学的思考の統合的なイメージを持って授業計画を着実に組立てることができるようになる。

3. 研究の方法

1. 化学主要概念の整理と実験テーマの精選・抽出をする。
2. 知識・技能を整理する。
3. 学習者が実感するように実験条件を最適化し、教材 (T.M.) を作成する。
4. 実験と知識・技能との結合のためのイメージ化 (記号化や図式化) を行う。
5. 実験との統合による実験学習プログラム (E.P.) を作成し、発表課題を選定する。
6. 教員研修や附属高校、教員養成大学でプログラムを試行し、評価・改善を行う。
7. 改善した実験学習プログラムを普及できるよう web 等を通じて公表する。

4. 研究成果

化学の基礎となる物理化学の視点から、大学教養レベルまでの化学の主要概念を検討し、概念と知識・技能の統合化の観点から実験テーマとして、反応速度、燃料電池、そして磁性を抽出した。それら実験の実施を通して学習者が3つの思考レベルを実感することができるように実験条件の最適化を行い、それぞれ教材を作成した。

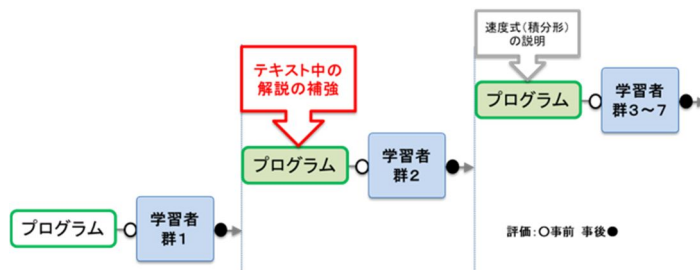
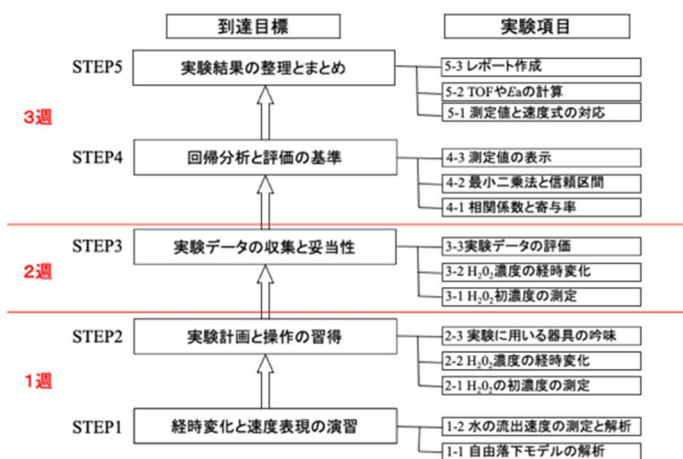
作成した教材のうち反応速度は過酸化水素分解の温度依存性に関する実験プログラムの開発を行った。

学習者は、(1)反応速度を求めるための適切な実験方法の計画、(2)滴定による過酸化水素濃度の経時変化の測定および反応速度の算出、(3)温度を変えた実験による見かけの活性化エネルギーの算出を行う。試行は東京学芸大学教育学部教員養成課程（理科）で試行なった。試行の前後において反応速度に関する概念「反応速度定数」、「反応速度の温度依存」、「見かけの活性化エネルギー」、「金属イオン1個あたりの活性」に対する理解度の自己評価を比較した。高校化学で学習する反応速度の「見かけの活性化エネルギー」を求める実験において、知識・技能との結合のためのイメージ化(図)やモデル化(記号化や図式化)を行い、テキストの改善を試みたところ該当する群において学習者の理解度が改善され、イメージ図の使用が有効である事が分かった。

高等学校理科の履修状況別に見てみると、物理・化学を履修した学生の方が生物・化学を履修した学生よりも高い傾向を示した。理解度と数学の技能との関連について整理する必要性が示唆された。また、対面授業の機会が制限されたクラスがあったため、やむを得ず Web 上に配置したビデオクリップ視聴による実験操作のイメージ習得を期待して遠隔型での予備実験を試行したが、翌週の対面実験において適切な実験方法の計画に関する結果が対面で予備実験を行ったクラスに比べて低くなり、ビデオ視聴により実験操作のイメージを伝えることの難しさ、あるいは、実際に手を動かして学習することの必要性が改めて確認された。

燃料電池については新型コロナウイルスの感染状況が収束しないため附属学校での試行は見送り、少人数の小中学校の現職教員向けの研修において個別対面形式で試行した。燃料電池に関わる実験を実際に経験したことのある教員は今回ほとんどおらず、今回の試行は参加した多くの教員に好意的に受け取られた。

コロナ禍での制約はあったが、これらの結果を取りまとめて国内外の学会で発表し、各国の科学教育研究者から評価を受けながら教材を改善する事ができた。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 蓮尾 信太郎, 生尾 光, 小川 治雄
2. 発表標題 ポリビニルアルコールにスルホコハク酸を添加することで調製できる燃料電池教材用電解質膜の開発
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 細江 剛史, 生尾 光, 國仙 久雄, 小川 治雄
2. 発表標題 教員養成用実験学習プログラムの開発：過酸化水素分解反応における反応速度に関する概念の理解度の分析
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 蓮尾 信太郎, 生尾 光, 小川 治雄
2. 発表標題 燃料電池教材として利用可能な高分子電解質膜の開発
3. 学会等名 日本科学教育学会第43回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 細江 剛史, 生尾 光, 國仙 久雄, 小川 治雄
2. 発表標題 教員養成用実験学習プログラムの開発：過酸化水素分解反応における反応速度の概念の理解及び実験技能の習得
3. 学会等名 日本科学教育学会第43回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shintaro Hasuo, Akira Ikuo, and Haruo Ogawa
2. 発表標題 Inexpensive and Facile Preparation an Electrolyte Membrane for Fuel Cell
3. 学会等名 2019 International Conference on Network for Inter-Asian Chemistry Educators (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takashi Hosoe, Akira Ikuo, Hisao Kokusen, and Haruo Ogawa
2. 発表標題 Development of Experimental Learning Program for Pre-service Teacher Education: Understanding and Experimental Skills for Reaction Rate of Decomposition of Hydrogen Peroxide
3. 学会等名 2019 International Conference on Network for Inter-Asian Chemistry Educators (国際学会)
4. 発表年 2019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	生尾 光 (Ikuo Akira) (50159589)	東京学芸大学・教育学部・准教授 (12604)	
研究分担者	國仙 久雄 (Kokusen Hisao) (10251571)	東京学芸大学・教育学部・教授 (12604)	
研究分担者	吉永 裕介 (Yoshinaga Yusuke) (60322848)	東京学芸大学・教育学部・准教授 (12604)	

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
---------	---------