

令和 2 年 6 月 18 日現在

機関番号：12604

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00962

研究課題名（和文）実験計画を容易に行うことができる実験教材の開発と教員養成への活用

研究課題名（英文）Development of teaching materials for students to plan an experiment and for teacher training

研究代表者

宮内 卓也（MIYAUCHI, Takuya）

東京学芸大学・次世代教育研究センター・准教授

研究者番号：60791663

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,200,000円

研究成果の概要（和文）：中学生を対象とした「燃焼」の教材を開発した。生徒は「モデル構築の基本項目」を用いることで実験計画を記述できること、活動を繰り返すことで記述が向上することが明らかになった。また、教員志望の学生を対象とした「だ液のはたらき」の教材を実践した。学生は「モデル構築の基本項目」を用いることで、実験方法を計画する意義や指導の視点を持つことが明らかになった。「化学変化と電池」の単元の構想と試行的な実践については、金属のイオンへのなりやすさの探究から電池の仕組みの検討に至る単元を構想し、「モデル構築の基本項目」を用いて実験計画を行う可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

実験計画の定型化に取り組む点が特色の一つである。中学校では実験結果を考察する活動に比べて、実験を計画する活動が十分ではない。実験計画の具体的な型を示すことで、思考し表現することが容易になる。こうした指導を通して、課題解決のための汎用的な資質・能力の育成が期待される。また、学生を含めた若い指導者は具体的な型を意識することによって、指導法及び評価法についての視点を明確にすることができる。指導と評価の改善に寄与することが期待される。

研究成果の概要（英文）：I developed teaching materials to educate junior high school students about combustion. It was shown that students can write an experiment plan by using the “Basic Elements of Model Building,” and that their writing improves with repetition of similar activities. Furthermore, I conducted a class on the “Function of Saliva” that was planned especially for students who wish to become teachers. It was shown that by using the “Basic Elements of Model Building,” students were able to learn the importance of planning experimental methods and acquire the perspective of an instructor. Finally, I also presented an idea for design and trial practice of a teaching unit on “Chemical Change and Batteries.” I developed a lesson plan that would expound how metals’ susceptibility to ionization leads to an examination of the mechanism of batteries. As such, I demonstrated the capabilities that experiments can be planned through use of the “Basic Elements of Model Building.”

研究分野：理科教育

キーワード：モデル化 理科 中学校 実験計画 燃焼 イオン ダニエル電池 教員養成

1. 研究開始当初の背景

探究的な学習活動の重要性と実験方法を計画する学習の現状：中央教育審議会教育課程企画特別部会論点整理(2015)では、「問題を発見し、その問題を定義し解決の方向性を決定し、解決方法を探して計画を立て、結果を予測しながら実行し、プロセスを振り返って次の問題発見・解決につなげていくこと」を育成すべき資質・能力のひとつとして挙げている¹⁾。一方、全国学力・学習状況調査の学校質問紙の調査(2015)では、学校質問紙で「観察や実験の結果を整理し考察する指導」の有無について、有りとする回答が91.1%に達した。しかし、「自ら考えた仮説をもとに観察・実験の計画を立てさせる指導」では65.8%にとどまった²⁾。具体的な手だてが必要である。

これまでの研究とその成果：生徒の実験レポートの結果と考察の記述を詳細に調べると、不適切な記述が少なくない。背景には、生徒が何を記述してよいかを理解していないこと、教師が具体的な視点を持っていないことがあると考えられる。松原ら(1997,2001)は実験レポートにおいて、結果と考察を適切に記述させる過程が思考力の育成に寄与すること、定型文を与えた記述指導が表現力の育成の面からも有効であること、定型文を用いてレポートの書き直しを行うことによって生徒の多くが考察の記述に質的な向上みられ、生徒がそのことを自覚していることを報告した³⁾⁴⁾。

これらの成果をもとに、松原ら(2016)は、化学モデルの構築とその適用に主眼を置いたモデル化学学習を検討しており、定型に従えば、誰でもがレポートの基本形を完成することができる教材を目指して、開発を進めている⁵⁾。その中でモデルの構築に向けて、授業場面で教師から生徒への具体的に示す「モデル構築の基本項目」を右のように提案している。生徒に仮説や課題を見出させ、実験計画を立てさせる授業実践においても、教師が指導の具体的な視点を持ち、その視点に基づいた型を生徒に与えることで、生徒は実験計画を容易に記述できるようになることが期待される。

モデル構築の基本項目

1. テーマまたは課題：「解決すべき課題は何か。」
2. 考えておくべき要素：「解決の方針を次の要素に従って書きなさい。」
 - 1) 着目する事項：「どのような点に着目したら解決できるか。」
 - 2) 結論の導出：「どのようにして結論を出すことができるか。」
 - 3) 前提となる概念及び条件：「そのような結論が導き出せる前提は何か。」
3. モデルの組立：
「課題と要素をつないで課題を解決するための考え方を説明せよ。」

2. 研究の目的

定型に従って、生徒が事象から課題や仮説を見だし、実験方法を計画することが容易にできる教材を開発するとともに、教員志望の学生に実験を計画する授業の意義と指導の留意点を学ぶ教材とする。本研究ではその達成のため、二つの柱を立てている。

一つ目は、実験方法を計画するための教材を開発し、開発した教材の実践を行い、授業の展開、ワークシートの構成、生徒の支援策を検討するとともに、他の単元においても同様の趣旨の教材を開発し、カリキュラムとして提案することである。

二つ目は、理科の教員養成の視点から、開発・改訂した教材を教員志望の大学生を対象に実践し、実験を計画する授業の意義と指導の留意点を学ぶ教材としての有効性を明らかにすることである。

3. 研究の方法

3.1 実験方法を計画する教材の開発と実践

3.1.1 木炭の燃焼

(1)対象生徒

国立A中学校第2学年1学級(38名)

(2)実施時間

1校時(50分)の通常授業の3時間分

(3)実施方法

木炭が燃焼するようすを示した画像を見せながら燃焼の様子を思い出させ、「どのような変化が起きたのだろうか」と問いかけ、自分の考えを記述させた。

モデル構築の基本項目の(1)～(3)について記述させた。

生徒の良くかけていた記述例を共有した。

生徒の考えを取り入れた実験を実施し、実験レポートを記述させた。

3.1.2 スチールウールの燃焼

(1)対象生徒

国立A中学校第2学年1学級(38名)

(2)実施時間

1校時(50分)の通常授業の3時間分

(3)実施方法

よくほぐしたスチールウールが燃焼するようすを演示し、「どのような変化が起きたのだろうか」と問いかけ、自分の考えを記述させた。

モデル構築の基本項目の(1)~(3)について記述させた。

生徒の良くかけていた記述例を共有した。

生徒の考えを取り入れた実験を実施し、実験レポートを記述させた。

3.2 教員志望の大学生を対象とした実験方法を計画する教材の開発と実践

3.2.1 実践で用いた教材の概要

唾液の働きによって、デンプンがその他の糖に変化したことを確かめるには、唾液を入れたデンプンのりと唾液のかわりに水を入れたデンプンのりを用意し、その他の条件を統一してヨウ素溶液およびベネジクト液を用いた対照実験を行う。結果の比較を行い、唾液を加えたものではデンプンが検出されず、デンプンではない糖が検出されること、唾液のかわりに水を加えたものではデンプンが検出され、デンプンではない糖は検出されないことから、唾液のはたらきでデンプンがデンプンではない他の糖に分解されたことを主張することができる。

実験の概要を図1に示した。

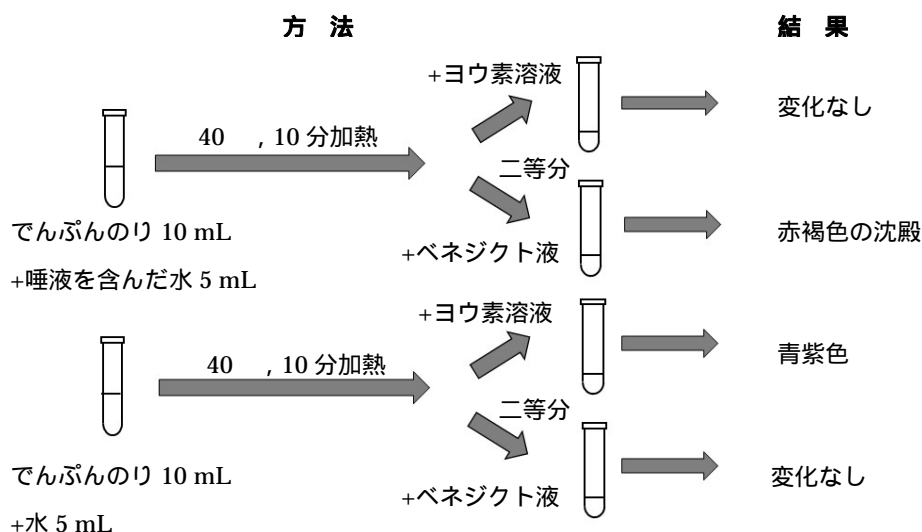


図1 実験の概要

3.2.2 実践の概要

私立大学の教育系の学部で小学校教員の教職課程を受講している学生21名を対象とした初等教科教育法(理科)の90分の講義の中で実施した。

最初に教科書の導入の事例を紹介し、児童が「デンプンがデンプンではない他の糖に変化したのではないか」という考えを持ったことを前提とした。また、ヨウ素溶液、ベネジクト液を思い出させ、その性質を確認した。

学生には「教師から生徒への投げかけの具体例」に沿ったワークシートを配布し、それぞれの項目について記述させた。続いて、詳細な方法が記載されたワークシートを配布し、実験計画のポイントを指導するとともに、ワークシートの方法に沿って実験を行い、結果と考察を記述した。

3.3 実験方法を計画する単元の構想と試行

3.3.1 「化学変化と電池」の単元の構想

平成29年版の学習指導要領の趣旨を踏まえ、表1のように単元を構想した。

表1 平成29年版「化学変化と電池」の単元の構想

次	学 習 活 動
1	演示実験 硝酸銀水溶液に銅線を入れる実験 ・銀樹の生成、水溶液が青色に変化するようすを観察する。 ・粒子のモデルと関連付けながら理解し、イオンへのなりやすさのちがいを判断する。
2	生徒実験 イオンへのなりやすさを調べる実験 実験計画 ・三種の金属とその塩の水溶液を用いて、イオンへのなりやすさの順番を調べる実験を計画する。
3	生徒実験 つづき 実験の実施 ・計画した方法に沿って、実験を行う。
4	生徒実験 つづき 考察 ・金属のイオンへのなりやすさについて考察する。
5	まとめ ・金属によってイオンへのなりやすさが異なることを、粒子のモデルと関連づけて理科する。

次	学 習 活 動
1	生徒実験 ダニエル電池の製作 ・ダニエル電池を製作する実験を行い、電流が取り出せることを見だし、変化を観察する
2	考察 電池のしくみ ・実験結果を基に、電池のしくみを考える。
3	まとめ 電池のしくみ ・電池の基本的なしくみについて、粒子のモデルと関連付けながら理解する。
4	まとめ 身の回りの電池 ・身のまわりの電池のしくみについて理解する。

3.3.2 銀と銅のイオンへのなりやすさを比較する実験教材の開発

図2のように、2%硝酸銀水溶液約10 mLを試験管に入れ、細い銅線を束ねたものをつまようじなどを使用して糸でつす。そのまま静置し、水溶液中の変化を観察する。

【実験結果】

銀色の固体が析出。水溶液が無色から青色に変化。

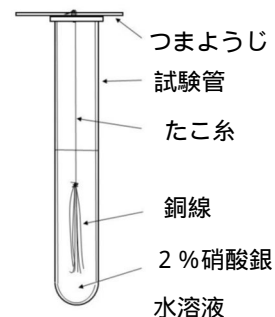


図2 銅と硝酸銀水溶液

3.3.3 金属のイオンへのなりやすさを探究する実験教材の開発

図3のように白い台紙の上にマイクロプレートを置き、金属と水溶液が区別できるように、その名称を書いておく。該当するウェルにそれぞれ金属片と金属片が浸る程度の少量の水溶液を入れる。

金属片の変化を観察する。

変化したものについては、金属片を薬さじでこすって表面のようすを観察したり、水溶液の色の变化を観察したりする。

金属の変化とその他気づいたことを記録する。

【実験結果】

銅と硫酸亜鉛水溶液：変化なし。亜鉛と硫酸銅水溶液：亜鉛片表面に赤褐色の固体が析出。亜鉛はぼろぼろになる。水溶液の青色がうすくなる。銅と硫酸マグネシウム：変化なし。マグネシウムと硫酸銅水溶液はマグネシウム：表面に赤褐色の固体が析出。マグネシウムはぼろぼろになる。水溶液の青色がうすくなる。亜鉛と硫酸マグネシウム水溶液：変化なし。マグネシウムと硫酸亜鉛水溶液：マグネシウム片表面に赤褐色の固体が析出。マグネシウムはぼろぼろになる。水溶液の青色がうすくなる。

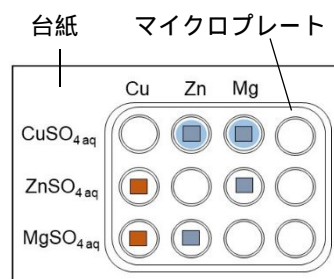


図3 マイクロプレート

3.3.4. ダニエル電池を製作する実験教材の改善

図4のように、銅板と亜鉛板の上にそれぞれろ紙を置き、ろ紙を水溶液で十分に湿らせる。

図5左のように、銅板、ろ紙（硫酸銅水溶液）、セロハン、ろ紙（硫酸亜鉛水溶液）、亜鉛板の順番に重ねる。その際、銅板と亜鉛板が直接、接触しないようにする。

図5の右のように洗濯ばさみで固定し、低電圧モーターを接続する。

モーターが回転することを確認するとともに、電圧計を用いて、電圧を測定する。

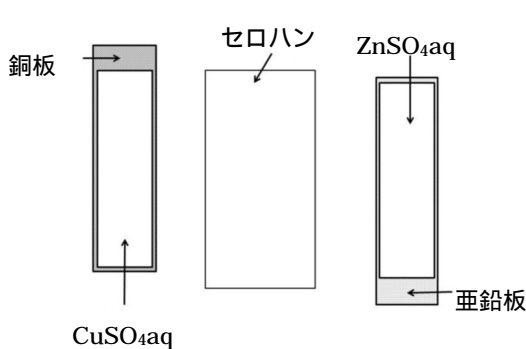


図3 金属板とろ紙とセロハン

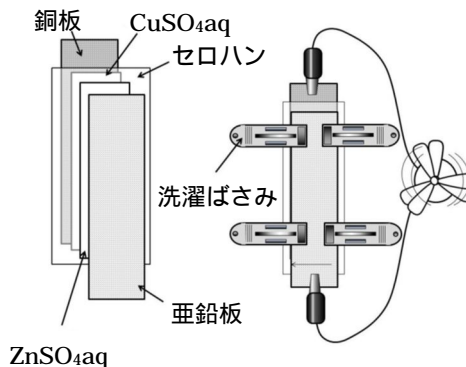


図4 電池の製作

4. 研究成果

実験方法を計画することができる教材の開発と実践

炭素の燃焼とスチールウールの燃焼の教材を開発した。生徒が実験計画を行う際に、モデル構築の基本項目を用いて実験計画を記述できることが明らかになった。また、類似した実験をくり返して実践することで、実験計画の一貫性が向上することが明らかになった。

教員志望の学生を対象とした実験方法を計画する教材の開発と実践

教員志望の学生を対象として実験方法を計画する教材を開発し、実践を通して、学生が実験方法を計画する授業の意義や指導の視点を持つことができた。対照となる実験を設定できない学生が多かったが、対照実験の重要性を改めて実感し、実験計画の意義を認識することができた。

「化学変化と電池」の単元の構想と試行的な実践

化学変化と電池で新たに新設された金属のイオンへのなりやすさに関わる単元を構想した。導入として、硝酸銀水溶液に銅線を反応させる実験教材を開発した。また、探究的な実験として、三種の金属とその硫酸塩水溶液を用いて金属のイオンへのなりやすさの順番を探究できる実験教材を開発した。ダニエル電池については、先行研究⁶⁾をもとに改善した教材を開発した。

文献

- 1)中央教育審議会初等中等教育分科会教育課程部会教育課程企画特別部会(2015)「教育課程企画特別部会論点整理
- 2)文部科学省(2015)「平成27年度全国学力・学習状況調査結果のポイント」
- 3)化学実験研究プロジェクト(1997)『中等化学教育における個人実験を通しての科学的表現力育成に関する調査研究』科学研究費補助金(基礎研究B)研究成果報告書(代表:松原静郎、課題番号07458027)
- 4)宮内卓也、松原静郎、堀哲夫(2001)日本理科教育学会第四十回関東支部大会研究発表要旨集
- 5)松原静郎、宮内卓也(2016)「モデル化学学習におけるモデル構築」日本学術振興会科学研究費 基盤研究B 課題研究26282040「持続発展を題材としモデル化学学習により科学知と探究能力を育成する国際協働研究」平成27年度中間報告書
- 6)新観察・実験大辞典編集委員会(2002)「新観察・実験大辞典 化学編」, p.52, 東京書籍,

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 宮内卓也, 松原静郎	4. 巻 16
2. 論文標題 モデル化学習をとり入れた実験計画の繰り返しによる効果	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本理科教育学会全国大会発表論文集	6. 最初と最後の頁 271
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 宮内卓也	4. 巻 Vol. 67, No. 2
2. 論文標題 金属のイオンへのなりやすさを調べる	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 化学と教育	6. 最初と最後の頁 78-79
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 宮内 卓也	4. 巻 788
2. 論文標題 金属のイオンへのなりやすさとダニエル電池の製作	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 理科の教育 03	6. 最初と最後の頁 58-59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 宮内卓也	4. 巻 創刊巻
2. 論文標題 初等理科教育法における条件制御に関わる実践的指導力育成のための一考察ーモデル化学習を援用した指導を通してー	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 東京学芸大学次世代教育研究センター研究紀要	6. 最初と最後の頁 49-53
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 宮内卓也
2. 発表標題 モデル化学学習を取り入れた実験計画の繰り返しによる効果
3. 学会等名 日本理科教育学会第68回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮内卓也、寺谷敬介、松原憲治、松原静郎
2. 発表標題 モデル化学学習をとり入れた実験計画を立てる学習の改善
3. 学会等名 日本理科教育学会第67回全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮内卓也
2. 発表標題 中学校理科「化学変化と電池」の教材と指導
3. 学会等名 日本理科教育学会第69回全国大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 松原静郎編著，宮内卓也，寺谷敬介	4. 発行年 2019年
2. 出版社 桐蔭横浜大学出版会	5. 総ページ数 195ページ
3. 書名 理科における持続発展教材と定型モデル化学学習の実践 - 資質・能力の向上を目指して -	

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----