

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 8 日現在

機関番号：12201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25350233

研究課題名(和文) 科学的素養の修得をめざす高校理科課題研究の内容事例とそれを支援する指導法の検討

研究課題名(英文) A case study on students inquiry at high school science that support to acquire science literacy

研究代表者

人見 久城 (HITOMI, Hisaki)

宇都宮大学・教育学部・教授

研究者番号：10218729

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、理科課題研究で活用が期待される教材の開発とその評価、アメリカの科学教育において展開される理科課題研究に類する学習に関する分析をおこなった。課題研究において活用が期待されるモジュール教材と、生徒が課題研究の意味を理解するためのモジュール教材を開発し、その学習効果を検証した。また、アメリカの科学教育で展開されているにエンジニアリング・デザインの特徴を分析した。課題研究とはまさに科学的探究であり、学習者自身が課題に対して追究を継続することが鍵となる。エンジニアリング・デザインにおけるストーリー性のある状況設定は、課題研究の指導方法への示唆になると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this research, modular teaching materials were evaluated that support to acquire science literacy. A case study was conducted that include the development of modular teaching materials and the evaluation items for the practice. Two kinds of chemistry modular teaching materials for high school students were developed. The contents were (1) check of water quality and (2) utilization of vitamin C. Those materials showed the relationship between chemistry and our daily lives. The modular teaching materials contributed to students' understanding of chemical learning contents. Then the outline and the characteristics of the engineering design were analyzed. The engineering design has been introducing to science teaching in U. S. Student inquiry is just scientific inquiry, so that it is the key that the learners themselves continue to pursue the problem. Story-setting situation situating in engineering design seems to be an indication to teaching method of student inquiry.

研究分野：科学教育

キーワード：高校理科 課題研究 探究

1. 研究開始当初の背景

本研究は、高等学校理科の課題研究に注目し、科学的素養の考え方に沿い、課題研究における内容と指導方法の充実をめざして提案された。具体的には、近未来の大学生に求められる科学的素養に関連させ、その習得を目指すための媒体のひとつとして課題研究を構成しようと考えた。一方、アメリカでは、2013年に次世代科学スタンダード (Next Generation Science Standards , NGSS Lead States , 2013) が公表された。次世代科学スタンダードでは、科学的探究の充実について従前に増して指摘されるようになった。また、科学的探究の充実に向けた方策のひとつとして、科学教育における技術的内容の扱いも重視されるようになった。

本研究では、理科課題研究で活用が期待される教材の開発とその評価、アメリカの科学教育において展開される理科課題研究に類する学習に関する分析をおこない、それらの知見から、理科課題研究の充実への示唆を得ようとした。

2. 研究の目的

(1) 理科課題研究において活用が期待されるモジュール教材を開発し、その学習効果を検証する。

(2) 生徒が課題研究の意味を理解するためのモジュール教材を開発し、その学習効果を検証する。

(3) アメリカの理科課題研究に類する学習に関する調査をおこない、課題研究の指導に資する知見を得る。

3. 研究の方法

(1) 理科課題研究において活用が期待されるモジュール教材の開発とその学習効果の検証： 高等学校化学の内容が日常生活にどのように役立っているのかということに生徒が気付き、学習の有用性を感じられるようなモジュール教材を開発し、実践において、生徒の意識面での変容を把握し、学習の効果を明らかにする。

(2) 生徒が課題研究の意味を理解するためのモジュール教材の開発とその学習効果の検証： 課題研究に含まれる要素のうち、実験計画立案における「変数の制御」に着目し、音をテーマとする課題研究モデルを提案して、その教育的効果を検証する。

(3) アメリカの理科課題研究に類する学習に関する調査： 課題研究に類する学習に関する調査として、アメリカの科学教育における事例について文献分析を実施し、課題研究の特質を明らかにする。また、科学的探究の充実に向けて導入されている技術的内容の扱いについて分析し、学習内容の特徴や指導方法に関する知見を得る。

4. 研究成果

本研究のおもな成果は、次の3つである。

(1) 理科課題研究において活用が期待されるモジュール教材の開発とその学習効果の検証

開発したモジュール教材

(a) 水質の検査： COD (化学的酸素消費量) 測定の原理を理解できるような実験を行い、化学が身近な環境を調べるために役立っていることを実感できるようにした。

(b) ビタミンCのはたらきを知ろう： アスコルビン酸 (ビタミンC) とヨウ素の酸化還元反応を利用した実験を行い、アスコルビン酸の酸化防止剤としてのはたらきを知るものである。身近な清涼飲料水とうがい薬を用いることで、日常生活との関連を図った。

結果

教材を用いた授業実践の効果として、次の (ア) ~ (エ) が指摘された。

(ア) 化学と日常生活との結びつきを意識したとする回答や、化学を学ぶことが自分にとって役立つとする回答は、いずれも8割以上と高かった。モジュール教材が化学の有用性に気づかせることを促進した。

(イ) 実践に対する印象では、「楽しかった」とする肯定的回答が9割以上となった。本実践が非常に良好なものであったことが示された。

(ウ) 実践の対象となった単元の学習内容の理解にモジュールが役立つとする回答は、9割を超えた。モジュールのねらいは、化学と日常生活との結びつきを伝えるものであったが、学習内容の理解にも寄与した。

(エ) 本実践は、生徒の理科に対する意識のうち1項目で肯定的変化を生じさせたものの、全体的に見ると、意識を大きく変化させるものではなかった。

まとめ

授業が楽しかったと回答する生徒は97%にのぼった。また、95%の生徒が化学と日常生活とのつながりを感じることができたと回答した。本実践は楽しいだけでなく、化学と日常生活との結びつきを理解させるという目的に適ったものであることが確認できた。また、このモジュールが、化学と日常生活との結びつきを伝えながらも、同時に学習内容の理解にも寄与している点は、特筆すべきことである。化学の実用面への気づきを促すことと知識理解を向上させることが両立することは、学校現場で実践を進める上で、たいへん重要な点であると考えられる。

化学と日常生活の結びつきを伝えることをねらいとしたモジュール教材は、教科書等に示されている学習内容に対して、補完的な位置づけにとらえられる。モジュール教材は、学習内容そのものを中心に据えながら、その実用性や応用面などを示すことで、化学と日常生活との結びつきを示そうとしている。そのような構成にすることで、化学を学ぶ意味

や社会における化学の役割に生徒が気づくことが期待される。日本の高校生の理科に対する意識は高くない。この実情に照らしてみると、このような教材は補完的ではあるがきわめて重要であると考えられる。

(2) 生徒が課題研究の意味を理解するためのモジュール教材の開発と評価

開発した教材

池田ら(2015)の先行研究を参考に、音の性質の学習において、生徒自らが仮説を立て、実験の計画を立てる課題研究モデルを提案した。音の高低に関する授業では、変える条件と変えない条件の区別をする場面などは理科の教科書に明確に掲載されていない。そこで、独立変数を特定する上で、変える条件、変えない条件について学習する指導法を検討した。課題研究のテーマを「金属パイプの音の高さは何に関係しているのだろうか」とした。教材として、金属パイプ(アルミニウム、真鍮、鉄)を用意し、その長さは3種類(20cm, 40cm, 60cm)、太さは2種類(直径 9.5mm, 19.0mm)とした。パイプの厚さは一定とした。仮説として設定した3つの要因(長さ、太さ、種類)について理解させるようにし、8種類の金属パイプのうち、どれとどれを組み合わせた実験をおこなえばよいかを議論させた。限られた教材を使って、変える条件と変えない条件を話し合いながら、実験の計画を立てることで、計画立案力が高めることをねらいとした。

結果

授業で使ったワークシートをもとに、生徒の記述の分析を行った。分析の観点として、音の高さの要因3つ(金属の長さ、太さ、材質)について正しく記述されているかどうかをもとにした。3つの要因が正しく記述されている人数は75%であった。また、3つの要因を正しく記述した生徒のうち、音の高低に関する記述まで考察した生徒は53%であった。

まとめ

考案した課題研究モデルでは、音の高低に関する実験をより詳細に行い、生徒の記述が深まる結果が得られた。関係する要因を正しく見だし、実験を計画する力を高める手立てとして有効であることが示唆された。

(3) アメリカの理科課題研究に類する学習に関する調査

アメリカの科学教育界では、STEM (STEM; Science, Technology, Engineering, and Mathematics) 教育が隆盛し、科学技術やテクノロジーに関する学習内容の扱いが重視されている。これらの動きは、科学それ自体の理解にとどまらず、日常生活や実社会における科学や技術の役割の理解も、科学教育の目的に含めることを考慮したものと解釈され、科学と技術の融合の視点が色濃く表れていると見ることができる。アメリカの科学教育で、日本の理科課題研究に類似する学

習活動として、エンジニアリング・デザイン (Engineering Design) を挙げることができる。これは、a) 解決すべき問題を特定し b) 可能な解決策を提案し、c) デザインを最適化する、という流れの文脈で理科への導入が期待されている学習である。エンジニアリング・デザインの分析により、日本の理科課題研究に対する知見が期待される。

STEM 教育の広がりにより、エンジニアリング・デザインという学習活動は、技術教育だけでなく、科学(理科)教育へ導入が試みられつつある。この事例として、アメリカ・オレゴン州の科学スタンダードに注目した。同スタンダードの中から、エンジニアリング・デザインを導入した科学の学習事例を選び、その特徴を分析した。その結果、2つの特徴を抽出した。それらは、(ア) エンジニアリング・デザインと連携させた学習は、自然科学の内容と密接に関連させた学習であること、(イ) ストーリー性のある場面設定を工夫していること、である。特徴(ア)は、エンジニアリング・デザインと連携させた学習が、装置の製作活動のみに偏ったものではないと言い換えることができる。特徴(イ)を具体的に見てみると、まず生徒に対して初めに状況が提示され、そこに解決すべき問題 (Problem) があることが説明される。そして、その問題が何であるかを生徒が特定し、問題に対する解決策 (Solution) も生徒が考案し、その案の比較検討や、製作、試験等を通して、最適な (Optimized) 解決策を選定していく、という流れとなる。この流れは、エンジニアリング・デザインの過程に正確に沿ったものである。この活動で注目すべき点は、既習の科学的原理や知識と技術的側面が関連するように、ストーリー性のある状況設定が配慮されていることである。

課題研究とはまさに科学的探究であり、学習者自身が課題に対して追究を継続することが鍵となる。しかし、実際には、生徒自身が追究を継続することには困難が伴う。その改善策のひとつとして、エンジニアリング・デザインにおけるストーリー性のある状況設定は、課題研究の指導方法への示唆になると考えられる。

(4) 本研究の位置づけ

科学的素養に関する研究は、わが国においても、理科教育・数学教育の領域において近年急増している。欧米の科学的素養研究を分析したものが多く、その研究対象や方法、そして議論の方向も様々である。そのような中、わが国の科学的素養がどうあるべきかを策定する研究も累積されてきている。『すべてのアメリカ人のための科学』(アメリカ科学振興協会, 1989) のわが国での翻訳(日米理数教育比較研究会, 2005) は、わが国の科学的素養研究の方向付けを確かなものとした。近年のアメリカの科学教育の動向で注目される次世代科学スタンダードの改訂(2013年)

や STEM 教育の興隆などは、科学的素養の拡張ととらえることができる。科学的探究の強調は時代の趨勢であり、今後もその方向は強まると考えられる。科学的素養の習得や科学的探究の理解を目指した研究の一層の充実が期待される。本研究は、科学的探究の充実をめざす一連の傾向に沿うものと位置づけられる。

<引用文献>

- アメリカ科学振興協会プロジェクト 2061, 日米理数教育比較研究会訳: すべてのアメリカ人のための科学, 文部科学省科学技術・学術政策局基盤政策課, 2005.
- 人見久城, 小林千鶴, 化学と日常生活との結びつきを伝える高等学校化学モジュール教材の実践(2), 宇都宮大学教育学部紀要, Vol. 64, Part2, 2014, pp.1-14.
- 人見久城, アメリカの科学教育におけるエンジニアリング・デザインの特徴 - NGSS とオレゴン州科学スタンダードを事例として -, 日本理科教育学会第 54 回関東支部大会, 研究発表要旨集, 2015, p.54.
- 池田敏浩・田上智之・谷口和成, 「変数制御」の考え方を意識させる理科授業の実践 - 中学校 1 年生「音の性質」 -, 日本理科教育学会全国大会第 65 回発表論文集, 2015, p.149.
- NGSS Lead States: Next Generation Science Standards For States, By States, National Academy Press, 2013.

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)

人見久城, 理科における「ものづくり」の意義と課題, 理科の教育, 査読無, Vol.65, No.11, 2016, pp.9-12.

人見久城, 渡邊翔太, 花の観察の場面におけるものづくり活動の効果, 日本科学教育学会研究会研究報告, 査読無, Vol.31, No.6, 2016, pp.23-28.

人見久城, 高等学校学習指導要領実施上の課題とその改善(理科), 中等教育資料(文部科学省教育課程課), 査読無, No.951, 2015, pp.10-15.

人見久城, 小林千鶴, 化学と日常生活との結びつきを伝える高等学校化学モジュール教材の実践(2), 査読無, 宇都宮大学教育学部紀要, Vol.64, Part2, 2014, pp.1-14.

[学会発表](計 5 件)

人見久城, アメリカの FOSS プログラム第 3 版の単元構成, 日本理科教育学会

第 55 回関東支部大会, 2016 年 12 月 10 日, 埼玉大学教育学部(埼玉県さいたま市).

人見久城, 科学・技術にかかわる教育の連携・協働 - 科学教育とテクノロジー, エンジニアリングの関係 -, 日本科学教育学会第 40 回年会, 2016 年 8 月 19-21 日, ホルトホール大分(大分県大分市).

人見久城, アメリカ・オレゴン州科学スタンダードで例示されたエンジニアリング・デザインを連携させた科学の学習事例の特徴, 日本科学教育学会第 40 回年会, 2016 年 8 月 19-21 日, ホルトホール大分(大分県大分市).

人見久城, アメリカの科学教育におけるエンジニアリング・デザインの特徴 - NGSS とオレゴン州科学スタンダードを事例として -, 日本理科教育学会第 54 回関東支部大会, 2015 年 12 月 5 日, 茨城大学教育学部(茨城県水戸市).

人見久城, 全米学力調査における「技術とエンジニアリング」の評価の枠組み, 日本科学教育学会第 39 回年会, 2015 年 8 月 22-23 日, 山形大学地域教育文化学部(山形県山形市).

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

なし

[その他]

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

人見久城 (HITOMI, Hisaki)
宇都宮大学・教育学部・教授
研究者番号: 10218729

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

なし