

令和元年6月12日現在

機関番号：32661

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K00932

研究課題名(和文)文理融合させた色に関する化学教育プログラムの開発と評価

研究課題名(英文) The Development and Evaluation of Interdisciplinary Chemistry Education Programs on Colors

研究代表者

今井 泉 (IMAI, Izumi)

東邦大学・理学部・教授

研究者番号：80711390

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の結果、以下の知見が得られた。

(1)新化学技術推進協会、化学系企業と連携して、中学3年生～高校1年生が色を理解するために必要な物理、生物と関連させた化学実験を開発した。(2)国立歴史民俗博物館との連携で、色についての歴史学や美術と関連させた教材を開発した。(3)染色技術に関する映像教材(日本語版、英語版)を制作し、中等化学教育での活用を容易にした。(4)Life Cycle Assessmentの観点を取り入れた染色に関する実験、有機化合物の加水分解経過を尿検査試験紙の色変化で追跡する実験、ラックカイガラムシ由来の樹脂成分及び色素成分の実験を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

開発した化学教育プログラムは、大学、化学系企業、科学系博物館、歴史系博物館が連携して作成した。特に化学系企業との連携は大きな特色で、新化学技術推進協会(JACI)を介し、化学教育の視点で大学研究者が必要とする目的に合った企業と連携して化学教育プログラムを開発した。今後の化学系企業と連携して教育プログラムを開発する場合のモデルとなる可能性がある。また、開発した化学教育プログラムを活用した中高の現職理科教員対象の実験研修会を実施したことで、プログラムの評価が可能となった。制作した映像教材は、現在、JACIのHPからも視聴できる。中等化学教育のみの活用にとどまらず、広く社会への普及が期待される。

研究成果の概要(英文)：The following findings were obtained as a result of this research.

(1)In cooperation with the New Chemical Technology Promotion Association, a Chemical company, we developed a chemical experiment for third-year junior high school to first-year high school students. By developing an educational program in collaboration with a chemical company, a chemical educational program has been developed that organically links lectures, experiments, practical training, and laboratory tours so that students can scientifically understand colors.(2)In collaboration with the National Museum of History and Folklore, we have developed chemical experiments related to the history and art of color.(3)We have developed a video of teaching materials about the world's best dyeing technology, a source of pride for Japan, and uploaded it to YouTube to facilitate utilization in secondary chemistry education.(4)We developed an experiment on staining that incorporates aspects of Life Cycle Assessment.

研究分野：理科教育、化学教育、化学教育カリキュラム

キーワード：色 化学実験 学習プログラム 文理融合 化学教育プログラム 化学系企業との連携 科学系、歴史系博物館との連携 映像教材

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

1. 研究開始当初の背景

「理科の勉強は大切、理科の勉強を自分の将来に役立てたいかどうか」に対する PISA 調査 (2008) では、日本の高校 1 年生は 50% に届かず、OECD 平均に比べて著しく低い。高校 3 年生に対する調査では、「あなたが将来生きて行く上で重要な学習」として理科の物理、化学は「とても重要」と「重要」を合わせて 30% 以下となっている。これは、国語(87%)や数学(53%) に比べて著しく低い。文系の生徒に対する調査では、物理、化学を「とても重要」と「重要」と思う生徒は 20% 以下になり、嫌いと答える生徒は 6~7 割にのぼり、由々しき問題である。また、高等学校における文系・理系のコース選択の時期についての国立教育政策研究所の調査 (2011) より、全国的傾向として、高校生に文系理系を選択させる時期は高校 1 年生の 10 月から 12 月が多く、高校 1 年生の 4 月から 9 月は文理選択の重要な時期と言える。本研究者はこれまでに中高生に科学概念を育成するための中高一貫した学習プログラムの開発に取り組んできた。その成果より、中学後期から高校前期にかけて、中高生が強く興味関心を示す美しい色の化学変化を通して、総合的に色を理解させる中高一貫した化学教育プログラムの必要性が急務であると考えた。現状の中等化学教育、特に高校化学教育の一番の問題点は、文理選択の重要な時期である高校 1 年生 1 学期 (4 月~7 月) に化学結合や物質量 (単位; mol) を学習させ、化学嫌いを増やし、生徒が強く興味関心を示す美しい色の変化についての実験や学習をさせないことである。

2. 研究の目的

中学生や高校生は美しい色の変化する化学実験に興味関心が高い。しかし、中等理科教育において、色を理解するために必要な物理・化学・生物と関連させて科学的に学習する機会や美術や歴史などと関連させて総合的に学習する機会はない。本研究課題は、18~19 世紀の日本と世界の染料を実験に取り入れ、国立歴史民俗博物館・新化学技術推進協会(JACI)等と連携して中高生に科学的、かつ、総合的に色を理解させる文理融合の化学教育プログラムを開発・実施し、化学に対する見方・考え方を変えさせることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 色を科学的に理解させるための化学実験の開発

新化学技術推進協会 (JACI) DIC 株式会社総合研究所、DIC ライフテック株式会社と連携して、中学 3 年生~高校 1 年生が色を理解するために必要な物理・生物と関連させた化学実験を開発する。これにより、大学と化学系企業の連携で、色を科学的に理解するための化学実験が完成する。研究者は 2014 年に新化学技術推進協会 (JACI) DIC 株式会社総合研究所、DIC ライフテック株式会社、国立科学博物館と連携して、中高生のための色に関する講義、実験・実習、工場見学を有機的に関連させたプログラムを開発・実施し、予備的な結果を得た。また、現状の中高理科教育の現状を考慮すると、開発する新規の化学実験は中学校理科教科書や高等学校「化学基礎」・「化学」教科書の単元内容に関連させたものでないと中学校や高等学校には受け入れられない。本研究では、新化学技術推進協会 (JACI) DIC 株式会社総合研究所、DIC ライフテック株式会社と連携して、現行の中学校理科教科書 (化学領域) と高等学校「化学基礎」・「化学」教科書、物理、生物とも関連させた新規化学実験を開発する。研究者は「NHK 高校講座化学」の実験・放送講師を約 20 年間担当してきた。過去の「NHK 高校講座化学」で取り上げた色に関連する実験・資料映像も検討する。また、開発した化学実験を教職科目「理科実験指導法」や現職の中高理科教員研修会で取り上げ、中高理科教員志望学生や中高理科教員の反応を明らかにする。

(2) 歴史学や美術と関連させた色についての化学実験の開発

国立歴史民俗博物館と連携して 18~19 世紀の日本と世界の青色の染料について、歴史学や美術と関連させた中学 3 年生~高校 1 年生対象の化学実験を開発する。これにより、大学と歴史系博物館の連携で、色について歴史学や美術と関連させた化学実験が完成する。研究者は、教職課程科目「総合演習」・「教職実践演習」で、国立歴史民俗博物館における地域の教育資源を教材化する授業を担当している。そこで、国立歴史民俗博物館の研究者や展示に関連させた内容の化学実験を開発する。また、開発した化学実験を教職科目「理科実験指導法」や現職の中高理科教員研修会で取り上げ、中高理科教員志望学生や中高理科教員の反応を明らかにする。

(3) 最新の染色技術やグリーン・サステナブル ケミストリーを理解する映像教材の制作

国立大学法人福井大学と連携し、水を使わない環境調和型染色方法 (超臨界二酸化炭素を用いる染色法) に関する内容を基盤としたグリーン・サステナブル ケミストリーを理解する映像教材 (約 11 分、日本語版と英語版) を、NHK 高校講座や放送大学の映像教材を作成する専門家 (日本放送作家協会) と共に制作する。また、YouTube にアップロードして中等化学教育での活用を容易にする。

(4) 色に関する新規化学実験の開発

グリーン・サステイナブル ケミストリーの評価の背景にあるライフサイクルアセスメントの観点を取り入れた染色に関する実験、有機化合物の加水分解経過を尿検査試験紙の色変化で追跡する実験、ラックカイガラムシ由来の樹脂成分及び色素成分に関する実験を新規に教材化する。

4. 研究成果

本研究の結果、以下の知見が得られた。

(1)新化学技術推進協会(JACI)、DIC 株式会社総合研究所、DIC ライフテック株式会社と連携して、中学3年生～高校1年生が色を理解するために必要な物理、生物と関連させた化学実験を開発した。具体的には、DIC スピルリナパウダーに含まれる色素のフィコシアニン、β-カロテン、クロロフィルaなどを活用した実験である。また、開発した化学実験を中学生、高校生、大学生、理科教員に体験させ、実験指導上の問題点を明らかにした。化学系企業と連携して教育プログラムを開発したことで、色を科学的に理解するための講義、実験、実習、研究所見学を有機的に関連させた化学教育プログラムが開発された。

(2)国立歴史民俗博物館との連携で、色についての歴史学や美術と関連させた教材を開発した。具体的には、「幕末と明治初期に描かれた2枚の浮世絵に使われている赤色は天然染料か合成染料か」を化学実験、国立歴史民俗博物館の資料、DIC デジタルカラーガイドを活用して説明する内容である。また、開発した教材を中学生、高校生、大学生に体験させ、その有効性を明らかにした。

(3)日本が誇る世界の染色技術に関する映像教材(日本語版、英語版)を制作し、YouTubeにアップロードして中等化学教育での活用を容易にした。現在では、JACIのHPからも視聴できるようになった。具体的には、水を使わない環境調和型染色方法(超臨界二酸化炭素を用いる染色法)を取り上げ、グリーン・サステイナブル ケミストリーの視点に立った11分の内容である。本映像教材では、単に環境に優しいということだけでなく、より良い製品を低コストで作ることができることで社会への普及が進むことを強調した。つまり、GSCは環境調和性、社会受容性、経済合理性の3つを同時に満足するところに成立する。また、映像教材を視聴した大学生(225名)に質問紙法で調査を実施した結果、約9割の学生が「GSCが成立する条件」について理解できた。

(4)ライフサイクルアセスメント(LCA)の観点を取り入れた染色に関する実験を開発した。天然色素(コチニール)を用いて、木綿を染色液に漬ける従来の染色方法に対し、開発した実験は最先端の染色技術(Viscotecs)を参考にした方法で、インクジェットプリンターを用いて専用紙に印刷し、木綿に転写する染色方法である。LCAの評価指標の中で、「水消費量および排水量」と「累積エネルギー需要量(Cumulative Energy Demand: CED)」に注目し、染色工程で使用する水の量・エネルギーの量を2つの実験で比較することができる。LCAについて学んだ中学生に、開発した実験を実践したところ、その有効性が明らかになった。また、ペンタ-0-アセチル-D-グルコピラノースの加水分解経過を尿検査試験紙の色変化で追跡する実験を開発した。高校生に有機化合物の加水分解の経過を色で実感させ、色変化で有機化学反応を追跡できることが特徴である。そして、東大寺正倉院にも保存されているラックカイガラムシ由来の樹脂成分及び色素成分を含むスチックラックを教材化した。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計3件)

Izumi IMAI, Pre-service training program to enhance chemistry teachers' teaching abilities and skills: Development of a Q&A leaflet and pH experiment kit, 東邦大学教員養成課程紀要(2019年発行予定, 査読無)

https://www.lab.toho-u.ac.jp/sci/general_edu/index.html

杉山和也, 松島智也, 渡邊総一郎, 横田浩充, 今井泉, 尿検査試験紙を用いたペンタ-0-アセチル-D-グルコピラノースの加水分解経過の追跡, 化学と教育, 66(8), pp.404-407, 2018. (査読有) <https://www.jstage.jst.go.jp/browse/kakyoshi/-char/ja>

今井泉, 化学教育におけるGSCの現状と課題, 化学と教育, 65(2), pp.64-67, 2017. (査読有) https://doi.org/10.20665/kakyoshi.65.2_64

[学会発表](計16件)

杉山和也, 渡邊総一郎, 今井泉, GSCの概念を育成するラックカイガラムシ由来の樹脂成分および色素成分の教材化, 日本化学会第99春季年会, 兵庫県神戸市, 2019/03.

Imai, I., Mitsuhashi, R., Nishitani, S. : Development of a Green and Sustainable Chemistry-compliant teaching aid based on Life Cycle Assessment for secondary school chemistry lessons, 25th IUPAC International Conference on Chemistry Education, Sydney, Australia, 2018/07.

今井泉, 三橋諒輔, 河野歩美, 森大樹, 北野憂樹, SDGsの実現を支える GSC 一色に関する化学実験と映像教材の開発-, 日本化学会第 98 春季年会, 千葉県船橋市, 2018/03.

小林清香, 今井泉, 渡邊総一郎, インディゴの置換反応を短時間で視覚的に確認できる有機化学実験の開発, 日本化学会第 98 春季年会, 千葉県船橋市, 2018/03.

杉山和也, 松島智也, 渡邊総一郎, 横田浩充, 今井泉, 尿検査試験紙を用いたペンタ-0 -アセチル- D-グルコピラノースの加水分解経過の追跡, 日本化学会第 98 春季年会, 千葉県船橋市, 2018/03.

今井泉, 西谷清治, 映像教材『Green and Sustainable Chemistry 人と環境に優しい化学染色システム』の開発, 日本理科教育学会第 67 回全国大会, 福岡県宗像市, 2017/08.

Izumi Imai, Nishitani Seiji, Development of a chemical teaching material "Green and Sustainable Chemistry" : Dyeing Systems, 2017 NICE, The 7th International Conference, Seoul, Korea, 2017/07.

三橋諒輔, 今井泉, 中等教育化学における L C A の観点を取り入れた実験の開発, 日本化学会第 97 春季年会, 神奈川県横浜市, 2017/03.

小林清香, 今井泉, 渡邊総一郎, 加水分解反応を色の変化により観察できる実験教材の開発, 日本化学会第 97 春季年会, 神奈川県横浜市, 2017/03.

Izumi Imai, Yoshiko Shimazu, Fumi Kouno, Development of a chemical teaching material: Color in Japanese History, 24th IUPAC International Conference on Chemistry Education, Kuching, Malaysia, 2016/08.

Izumi Imai, Yoshiko Shimazu, Development of experiments using natural dyes to help students understand color from combined perspective of humanities and sciences, The 96th CSJ Annual Meeting, Kyoto, Japan, 2016/03.

今井泉, 文理融合させた色に関する化学教育プログラムの開発と評価 -中学3年生~高校1年生に科学的に色を理解させる化学教育プログラムの開発-, 日本理科教育学会 第 65 回全国大会, 京都, 2015/08.

Imai Izumi, Takahashi Masato, Tominaga Ken-ichi, Makide Kentaro, Development of a Pre-Service and In-Service Color Science Training Program for Teachers, in Cooperation with Toho University, JACI, and DIC Co., Ltd, Pacificchem 2015, Honolulu, Hawaii, 2015/12.

Fumi kouno, Izumi Imai, Development of a science experiment on color for junior and senior high school students, Network for Inter- Asian Chemistry Educators; NICE2015, Tokyo, Japan, 2015/07.

今井泉, 高橋雅人, 富永健一, JACI 理科教育支援「色に関するプログラム」, 日本化学会第 95 春季年会, 千葉県船橋市, 2015/03.

北野憂樹, 今井泉, 小中学生を対象にした色に関する化学実験の開発, 日本化学会第 95 春季年会, 千葉県船橋市, 2015/03.

〔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 :
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 :
国内外の別 :

〔その他〕

ホームページ等

- ・ IMAI LABORATORY
(<https://www.youtube.com/channel/UCRj0kpM5yM8SllowCfvbBCQ>)
- ・ JACI 公益社団法人 新化学技術推進協会 (GSCN, 教職員・学生の方へ, 動画)
(http://www.jaci.or.jp/gscn/page_19.html)
- ・ JACI Japan Association for Chemical Innovation (GSCN, Information)
"GSC Friendly toward people and the environment - Dyeing Systems -" (YouTube)
(http://www.jaci.or.jp/english/gscn/page_05.html)
- ・ 化学をチカラに。[特集] 色の不思議 色とは何か? なぜそう見えるのか?
(https://docs.wixstatic.com/ugd/ad5e18_93191b91d12347d68079da4678bccf2c.pdf)

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名:

ローマ字氏名:

所属研究機関名:

部局名:

職名:

研究者番号(8桁):

(2) 研究協力者

研究協力者氏名: 内多 潔 (東亜合成株式会社 研究開発本部)

ローマ字氏名: (UCHIDA, Kiyoshi)

研究協力者氏名: 高橋 雅人 (DIC 株式会社 総合研究所)

ローマ字氏名: (TAKAHASHI, Masato)

研究協力者氏名: 若林 文高 (国立科学博物館 理工学研究部 理化学グループ長)

ローマ字氏名: (WAKABAYASHI, Fumitaka)

研究協力者氏名: 島津 美子 (国立歴史民俗博物館 准教授)

ローマ字氏名: (SHIMAZU, Yoshiko)

研究協力者氏名: 富永 健一 (産業技術総合研究所 触媒化学融合研究センター 官能基変換チーム 研究チーム長、公益社団法人 新化学技術推進協会 グリーン・サステイナブル ケミストリーネットワーク会議 普及・啓発グループ座長)

ローマ字氏名: (TOMINAGA, Kenichi)

研究協力者氏名: 堀 照夫 (福井大学 客員教授)

ローマ字氏名: (HORI, Teruo)

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。