

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 7 日現在

機関番号：16102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350254

研究課題名(和文) 学習者の科学リテラシーを育てる教科横断的科学実験教材の開発と実践的検証

研究課題名(英文) Development of the scientific experiments teaching materials which cross the subject for raising a student's scientific literacy, and practical verification.

研究代表者

今倉 康宏 (IMAKURA, YASUHIRO)

鳴門教育大学・その他部局等・名誉教授

研究者番号：10112640

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：(1)身近な素材を用いた学習者の科学リテラシーを育てる教科横断的科学実験教材の開発と教師のためのモデル科学実験書の作成(身近な素材：茶葉, イチョウ葉, 藍(インジゴ), クミン種子, ムラサキキャベツなど)(2)教師と学習者の科学リテラシーを育てる教育体系と枠組みの構築(大学・徳島市・鳴門市教育委員会と学校関係者と連携協力して, 「科学・技術者の発掘・養成講座」を開設・継続中)(3)教育現場・科学体験広場などでの学習効果の高い実践的検証

研究成果の概要(英文)：(1) Development of the scientific experiments teaching materials which cross the subject for raising a student's scientific literacy using the familiar materials, and creation of the model scientific experiments document for teachers. (2) Construction of the educational system and framework which raise the scientific literacy of teachers and students. (3) High practical verification of the learning effect in schools, a science experience open space, etc.

研究分野：科学教育・有機化学

キーワード：科学リテラシー 教科横断的科学実験教材の開発 モデル科学実験書 科学教育支援拠点の構築 実践教育 キャリア教育

1. 研究開始当初の背景

わが国では、児童生徒の学力低下、「科学技術離れ」、「理科離れ」問題は深刻な問題としてその対策や研究、実践が真剣に進められ、科学・技術教育もこれまでの**“科学のための科学”**ではなく、人類史的視点に立った**“社会のための科学”**へと方向を変えつつある。

申請者は、児童生徒には、これまでの日本の For All 中心の教育体系を見直し、For Excellence (**“創造的知”**, トップ~20%) を中核に裾野を広げて For All に連なる先進的な科学・技術教育を推進する必要性を感じている。この推進には、児童生徒の人間の成長と基礎学力の育成に最も責任を持つ**質の高い教師の養成**をつかさどる教員養成系大学・学部・学部の使命は大きい。一方、科学的思考力・判断力・表現力等を育む科学実験教材の開発と共にそれらを有効に活用した実践的検証を効果的に推進するには、**教育学系と理工学系(教育の世界と研究の世界の協同)**が連携する体制(組織)(**科学教育支援拠点の設置と実践的検証**)を構築することも極めて重要な課題である。

これまで申請者は、学習者の**“知的好奇心を深め科学的な思考力や科学技術力を育てる教育”**を推進するために、理科教育力を備えた教師教育、小学校と中学校の接続はもとより高等学校までの系統性、構造化を目指し、教育現場における**“教える教育”**から**“学ぶ教育”**への転換を図り、“**探る・究める・発見する”**”**“問いの資質能力”**を重視したモデル科学実験教材の開発と実践的検証を推進し、地域の科学教育環境の構築に貢献しつつある。

2. 研究の目的

申請者がこれまで推進している研究の集大成期間として平成25年~27年の3年間を、位置づけ、図1に示すように、研究課題1~3をより発展させ、地域の科学教育環境の構築に貢献する。

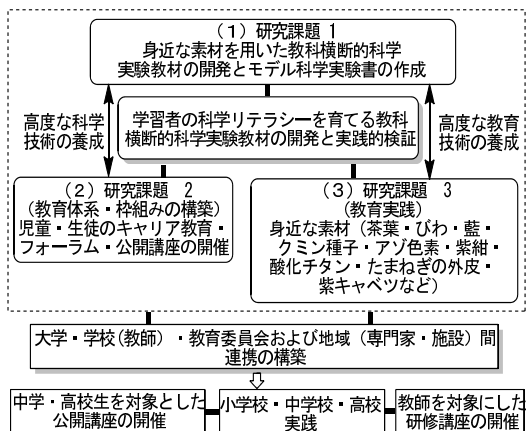


図1 研究の相関図

3. 研究の方法

(1) 研究課題1

身近な素材を用いた学習者の科学リテラシーを育てる教科横断的科学実験教材の開発

図2に示したように、身近な素材を用いて教科の枠や目標にとらわれず複数分野の実験を効果的に組み合わせ、実験・観察および考察をベースにした**教える教育から学ぶ教育**を重視した教科横断的科学実験教材を開発。

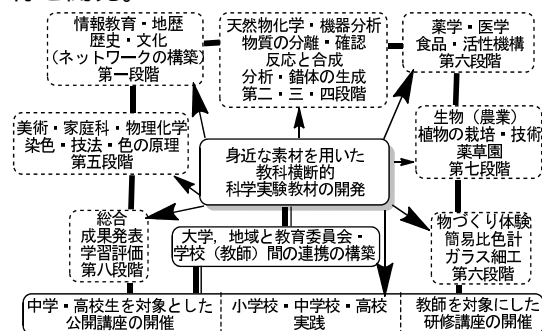


図2 科学実験教材の相関図

身近な素材：イチヨウ葉、タマネギの外皮、茶葉、びわ、藍、アゾ色素、酸化チタン、紫紺、すおう、クミン種子、楠葉、アジサイ、ムラサキキャベツ、ベンズアルデヒド、ピタミンCなど

教師のためのモデル科学実験書の作成

教員が教員研修および教育現場で実践応用出来るように、これまで開発してきた実験教材を再構築し、**“教師のためのモデル科学実験書”**を作成する。

(2) 研究課題2

教師と学習者の科学リテラシーを育てる教育体系と枠組みの構築

図3に示したように、教師または教師を目指す学生が種々の学習資源を教育現場で効果的に活用できるように、大学、公的研究機関、民間企業等と学校現場との連携のための**“環境整備と科学教育拠点校の設置”**を推進し、地域の科学教育環境の構築に貢献する。

(3) 研究課題3

教育現場・科学体験広場などでの学習効果の高い実践的検証

広領域の実験観察を通し、児童生徒の**“科学を創る”**教育、独自の新しい考えを創る**“創造的探究力”**、**“創造的変革を生み出す知識力”**の育成を目指した授業実践する。

児童生徒の個性的な考え方を育て知恵を磨く訓練の場として**科学教育支援拠点校**を活用した**“科学・技術者の養成講座”**を開発する。

4. 研究成果

(1) 研究課題1

身近な素材を用いた学習者の科学リテラシーを育てる教科横断的科学実験教材の開発

【教科横断的科学実験教材の開発例】
タマネギの外皮を用いた研究

身近な素材としてタマネギの外皮に含有する抗酸化・抗菌活性物質のクエルセチン（QRT と略記）に注目し、分子構造と抗酸化活性との関係を第一段階～第八段階の実験法により科学的に探究する方法を学び、学習者の科学リテラシーを育てる教科横断的科学実験教材を開発した。（研究論文 参照）

第一段階：タマネギの外皮に関する調べ学習・情報教育；**第二段階：**（科学的に探究する方法を磨き科学技術を習得）QRT の分離・精製技術の習得，先端機器（NMR・IR・UV・MS・HPLC）の活用と原理の習得（構造解析・機器分析・天然物化学）；**第三段階：**QRT の化学反応性（酸化・還元・錯体・エステル体・エーテル体等の合成）；**第四段階：**QRT の色素化合物（金属錯体）への変換；**第五段階：**QRT 及びその金属錯体の染色効果と染色機構の解明（分子軌道計算ソフトによる構造と発色の関係の究明）；**第六段階：**物作り体験，簡易比色計の組み立て（抗酸化活性の測定），QRT 抗酸化活性機構の考察。（構造活性相関の究明）；**第七段階：**抗酸化物質を含む植物調査（植物の栽培法）；**第八段階：**学習評価（対話型自己評価カード，教師評価・相互評価の作成，レポートの作成），成果発表

【教科横断的科学実験教材の特色】
多数の身近な素材に対して，ほぼ同一の実験方法により展開できる。

各研究段階は，小・中・高校の教育現場に応じて，個々に各段階を科学実験課題として選択でき，学習者の理解度を考慮しながら段階的に実験体験レベルを向上できる。

理科の学習指導要領の概念（小学校と中学校の接続はもとより高等学校までの系統性，構造化）を考慮した“探る・究める・発見する”「問いの資質能力」と学習者の既習の知識・技能の活用や日常生活との関連を図りながら，実施でき，科学的な思考力や創造力を論理的に育成できる。

教師のためのモデル科学実験書の作成
【実験書の特色】

学習者には，実験の目的，予想・仮説及び結果と考察を繰り返すことによって生じた疑問や課題を自ら解決していく科学的な思考力や想像力の素養を身につけるように工夫されている。また，教師には，研究課題に対する専門性と指導力の向上プログラム（事前講義）を提案するなど，教育現場で実施できるように構成されている。

ここでは，身近な素材として「万物の源である水（ H_2O ）からサイエンスを考える」を設定した研究例を報告する。

研究の目的・意義

学習者は「水とは何か」の実験を通して，自然科学的に解明する科学的技術力・能力を培い，学習者が研究課題を見だし，追求できる科学的基礎能力を身につける。

研究の方法・プロセス

図3で示したように，実験課題 考察課題 自習課題 練習課題の4つのプロセスを繰り返す研究方法を設定した。研究主題の水のサイエンスに関して調査研究を行う方法を示し（実践する際には学習者自身が研究の方法を考える）課題を科学的に探究し，解決するための実験課題（1）～（3）を設定した。なお，学習者が実験課題を推進するのに必要な基礎概念を習得するための教師による事前講義のプログラム（教師用）も提案した。

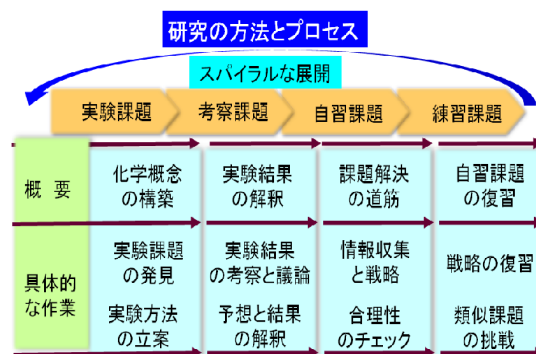


図3 研究の方法とプロセス

実験課題（1）：分子レベルでみた気体・液体・固体を理解する科学実験（事前講義を実施）

- （実験1） 水の三態変化に関する実験
- （実験2） 水の沸点と気圧に関する実験
- （実験3） 密度を理解する実験
- （実験4） 過熱水蒸気の生成実験

実験課題（2）：物質における原子（分子）の存在を理解する科学実験（事前講義を実施）

- （実験1） 電子の存在を視覚で確かめる静電気（摩擦電気）の実験
- （実験2） 電子の動きを体感する静電気（摩擦電気）の実験
- （実験3） 水を構成する原子（分子）の確認実験（電気分解）

実験課題（3）：水溶液の混合物の分離と物質の構造を理解する科学実験（事前講義を実施）

- （実験1） 物質の密度を理解する実験
- （実験2） 常圧蒸留による混合物の分離・精製の実験

期待される効果

「水のサイエンス」を研究主題とする調査研究の結果に基づき，グループ討論による課題の発見と解決方法の考察により，考案した実験課題に取り組みながら，考察課題 自習課題 練習課題をスパイラルに繰り返す研究方法を通して，「水の科学的な特性における化学的・物理的な性質を分子レベルの視点から理解する」という研究目的を達成できることである。（詳細は，下記に示したホームページを参照）

(2) 研究課題2

教師と学習者の科学リテラシーを育てる教育体系と枠組みの構築

図4は、申請者が構築した教育連携体制の組織を示している。

組織のあり方および考え方

鳴門教育大学の経営陣（学長・理事・副学長）及び自然生活系教育部に所属する教員による強力な推進運営体制と地域の関連機関との連携体制の構築を確立した。

教育委員会は、単なる連携でなく共同運営に参画し、本事業の支援に携わり、受講者発掘のより効果的な方策、教育課程内での取り組みへの拡充に努める。（密に協力・連携の上、募集方針を設定し、選抜出来る体制の構築）本事業に関する評価体制の強化（翌年度事業への発展に努める）

評価体制: 受講生の評価（講座担当教員）、事業運営評価（外部評価委員）、その他（受講者・保護者・学校教員）

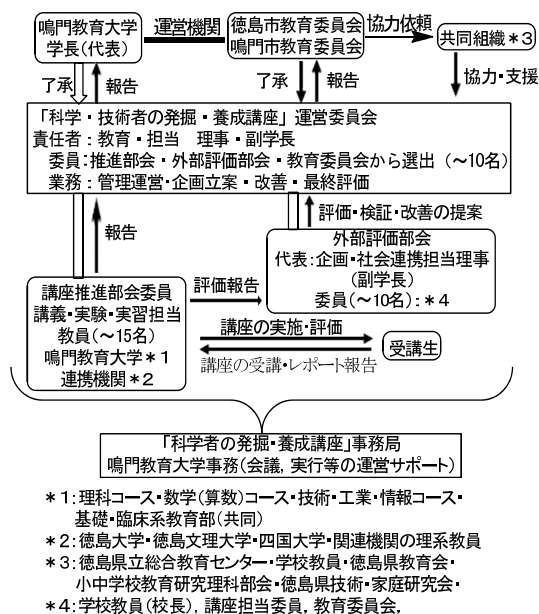


図4 教育連携体制の組織

【実施例】

「科学・技術者の発掘・養成講座」～徳島から育てよう未来の科学・技術者を～の開設

平成25年から継続している事業である。

平成25・26年度実施方法と成果

図5は、開設講座の概要を示している。

開設講座は、図4の教育連携体制の組織による学校、教育委員会、地域の関係機関や科学者・技術者等の専門家と連携して、理系分野に意欲・能力の高い児童生徒を募集・選抜(55名)し、発達段階に応じた能力開発・幅広い科学・技術分野を学び、視野の広い科学者の発掘・育成に勤め、「科学・技術者の卵」を養成することを目指している。

受講生の発達段階に応じて2年間で終了する3段階のステップアップコースを実施した。

平成25年度(初年度)は、実施体制を整えながら本格的には7月からスタンダード

コース(ステップ1)を推進し、厳正なる評価によるプレマスターコース(ステップ2)へ進級できる受講生を選抜(34名)した。受講生は、スタンダードコースで得た知識を参考に個々に興味・関心のある研究の指導教官(講座)を選びプレマスターコースへと進級した。

平成26年度(2年度)は、進級した受講生(34名)を対象にプレマスターコース(ステップ2)・マスターコース(ステップ3)を実施した。プレマスターコース(5月~8月)は、受講生が選択したそれぞれの研究分野での基礎研究を終えた後、国立淡路青少年交流の家で合宿研修(2日間)を行い日頃の研究成果発表、交流会、特別講演等を実施した。マスターコース(9月~3月)では、受講生が引き続き選択した講座での研究を終えた後、公開の研究発表会を行い、第1期修了生の修了式(平成27年3月22日)を実施した。

開設講座: 数学(算数)、理科領域(化学、物理、生物、地学)、技術・情報・工学、脳科学

(徳島新聞:平成27年4/14報道)

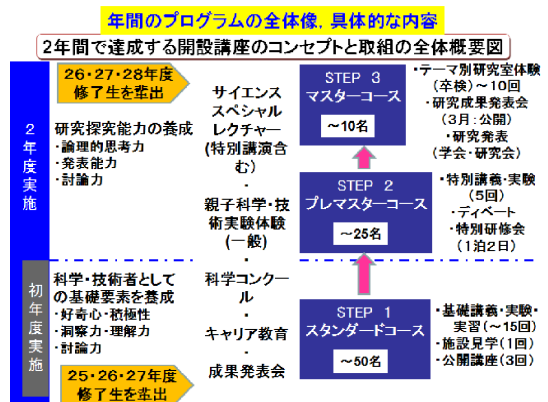


図5 開設講座の概要(25~27年度実施)

平成27年度実施方法と成果

開設講座は、1年間で実施した。

受講生(26名:小学生15名,中学生11名)の入学を許可し、数学(算数)、理科領域(化学、物理、生物、地学)、技術・情報・工学、脳科学の講座を開設した。受講生は、スタンダードコース(5月~9月)を受講した後、個々に興味・関心のある指導教官(講座)を選び、マスターコース(10月~3月)へと進み、希望した指導教官の指導のもと研究を終えた。その後、公開で研究発表会を行い、第2期修了生の修了式(平成28年3月21日)を実施。

詳細は、ホームページ

(<http://www.naruto-u.ac.jp/projects/jisedai/>)を参照

平成28年度も、申請者が構築した教育連携体制の組織を活用発展させた連携講座を継続し、受講生を募集しているところである。

(3) 研究課題3

教育現場・科学体験広場などでの学習効果の高い実践的検証

タマネギの外皮を用いた教科横断的科学的実験プログラムの実践

研究課題1の で開発した実験教材を四段階の実験課題に改良し、本学の自然系理科教育コース学部2年生(32名)の化学実験・実習として実施した。

【概要】

受講生2名1組で各段階を実施

ガイダンス: 全体講義(3時間 X 1)

第一段階: タマネギの外皮から QRT 単離・同定及び構造決定(3時間 X 3); 第二段階: QRT 関連化合物の合成とその応用(3時間 X 2); 第三段階: QRT 関連化合物と金属イオンとの錯体反応(3時間 X 1); 第四段階: 紫外可視分光光度計による QRT 関連化合物の抗酸化活性調査(3時間 X 1)

【授業評価】

全体講義終了後と実験終了後に受講者の理解度のアンケート調査(自己評価)、各段階終了後にテストと実験レポートによる評価

詳細は、研究論文 に記載しているが、受講生の自己評価による理解状況の調査では、受講者は、本実験プログラムの内容・方法に対して高い評価を与えた。

なお、本科学実験を体験した学部生には、下記の実践に TA として参加し、理科教師としての実践力を身につけるようにした。

高校理科教員と連携して、本科学実験教材を一部改良し、理系を目指した高校生(2年生, 40名)を対象に、特別授業(3日間)として実施した。受講生(高校生)にとって科学的に探究する能力を培う科学実験教材として有効であることを確認した。

その他の実践検証

理系を目指す高校生を対象にした「身近な素材(茶葉・藍)を用いた教科横断的科学的実験の体験」講座の実施(各3日間)

「問いの資質能力(“探る・究める・発見する”)」を引き出す保護者参加型の小・中学生を対象とする「徳島藍を用いた科学実験体験」を実施(1日)

理系を目指す中学生・高校生を対象にした「身近な抗酸化物質による酸化還元の仕事みを探究する科学実験体験」講座を実施(3日間)

保護者参加型の小学生を対象とする「くらしの中の環境をみつめる簡易比色計を用いたわくわく科学実験体験」の講座を実施(1日)

学会発表 , , を参照

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計4件)

早藤 幸隆, 今倉 康宏

イオン液体を用いた化学実験教材の開発と実践, 科教研報, 査読無, 29 巻, 2015, 33 - 36

早藤幸隆

協創の教育における価値ある学びを創造する理科学習の視点

鳴門教育大学附属小学校研究紀要, 査読無, 2015, 57 巻, 62

早藤幸隆, 今倉康宏

ベンズアルデヒドのカニッツァー口反応を用いた化学実験教材の開発と実践

教育実践学論集, 査読有, 16 巻, 2015, 131 - 137

早藤幸隆, 今倉康宏

タマネギの外皮を用いた広領域型科学実験プログラムの開発研究, 教育実践学論集, 査読有, 15 巻, 2015, 203 - 211

[学会発表](計6件)

早藤 幸隆, 今倉 康宏

科学・技術者及び理数・技術科教員を目指す人材の発掘～「科学・技術者の発掘・養成講座」の展望～, 第6回 日中教師教育学会研究集会, 鳴門教育大学(徳島県, 鳴門市), 2015年11月08日

早藤 幸隆, 松本 卓, 福田 智亮, 今倉 康宏,

紅花末の色素成分を用いた科学実験教材の開発と授業実践への応用, 日本理科教育学会第65回全国大会, 京都教育大学(京都府, 京都市), 2015年08月02日

早藤 幸隆, 今倉 康宏

イオン液体を用いた化学実験教材の開発と実践, 日本科学教育学会第6回研究会(四国支部), 香川大学(香川県, 高松市), 2015年05月09日

早藤 幸隆, 胸組 虎胤, 曾根 直人, 今倉 康宏,

計算化学を活用した有機化学反応の可視化-カニッツァー口反応の電子論的解析-

第64回全国大会 日本理科教育学会, 愛媛大学(愛媛県, 松山市), 2014年8月23日

早藤 幸隆, 佐藤 勝幸, 胸組 虎胤, 今倉 康宏,

教科書テキスト作成から見えてきた教科内容学の方角性 -理科-, 第一回日本教科内容学会研究大会, 鳴門教育大学(徳島県, 鳴門市), 2014年5月3日

早藤幸隆, 今倉康宏

ジアセチルフェノールフタレインのアルカリ加水分解反応における速度論的解析

日本科学教育学会第37回年会, 三重大学(三重県, 津市), 2013年9月6日

[その他]

<http://www.naruto-u.ac.jp/projects/jisedai/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

今倉 康宏 (IMAKURA YASUHIRO)

鳴門教育大学・大学院学校教育研究科・名誉教授,

研究者番号：1 0 1 1 2 6 4 0

(2)研究分担者

早藤 幸隆 (HAYAFUJI YUKITAKA)

鳴門教育大学・大学院学校教育研究科・講師

研究者番号：4 0 3 2 5 3 0 3

曾根 直人 (SONE NAOTO)

鳴門教育大学・大学院学校教育研究科・

准教授

研究者番号：7 0 2 6 3 8 7 9