

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 4 月 10 日現在

機関番号：16102

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500838

研究課題名（和文）

科学的感性と知の創造を育成するモデル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 model scientific-experiments teaching materials which raise creation of scientific sensitivity and knowledge, and practical verification.

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・教授

研究者番号：10112640

研究成果の概要（和文）：①身近な素材を用いた異分野を効果的に関連・融合させた創造力・独創力開発型の広領域型科学実験教材の開発（教師教育）

②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（学校支援・教師教育）

③学習者（教師）が学習資源を効果的に活用できる大学，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の推進と提案

研究成果の概要（英文）：①Development of the extensive domain type scientific-experiments teaching materials of the creativity and creative power development types which relate and united effectively the different field which used the familiar material.(Teacher education)

②High practical verification of the learning effect in schools and a science experience open space.(Promotion of school support and Teacher education)

③Promotion and proposal of the environmental management for cooperation with university, public research organization, private enterprises, etc. and the school spot where a student (teacher) can utilize study resources effectively.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学 科学教育

キーワード：広領域型科学実験教材の開発，色素科学，機器分析，実践教育，情報教育，キャリア教育

1. 研究開始当初の背景

近年，児童生徒のみならず，大人の学力，科学リテラシーの国際比較調査も各種実証され，学力の実体面から固有の問題，学力低下，理科離れ，格差問題などの解明も進み，学力観（PISA型学力）にも大きな変化がみられ，米国，イギリスをはじめ世界各国で教育の改革に取り組んでおり，それにともない新しい教育理論，学校，システムが提案されて

いる。わが国においても，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”へ方向を変えている。

申請者は，科学創造立国を目指す日本にとって，これまで以上に独創的・創造的に抜きこんでた人材育成，“児童生徒の資質，才能を

余すことなく个性的に生かし伸ばす教育”，For Excellence の教育，Super Scientist の教育への刷新，再構築が喫緊の課題であると考へ，創造的科学技术人材育成の教育推進をめざし，本研究を開始した。

2. 研究の目的

(1) 創造的科学技术人材育成教育推進の視点から日本の教育のあり方を「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」資質能力をこれまで以上に重視した広領域型科学実験教材を開発する。

(2) 開発した科学実験教材を実践する環境に応じて改良しながら，教師(教師をみざす学生・院生を含む)の高度な教育技術力と科学的な自然観・本質を教科横断的・総合的に理解できる質の高い教師の育成と児童生徒が主体となるこの「問いの体系」「問いの連鎖」を重視した教育を目指した実践的検証を行う。

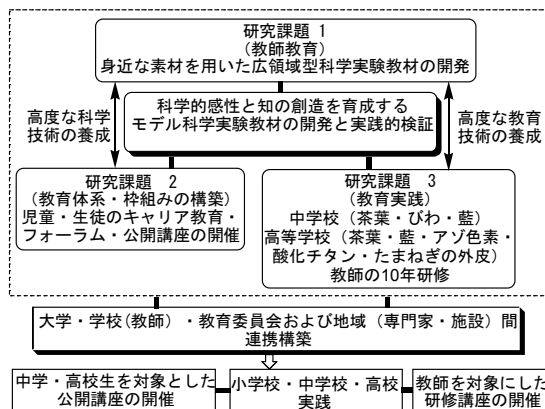
(3) 実践的検証を通して，大学，学校，教育委員会，企業等の連携体制の構築を目指す。

3. 研究の方法

(1) 身近な素材を用いた異分野を効果的に関連・融合させた創造力・独創力開発型の広領域型科学実験教材の開発(教師教育)

(2) 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(学校支援)

(3) 学習者(教師)がそれらの学習資源を効果的に活用できる大学，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の推進と展望



研究方法の相関図

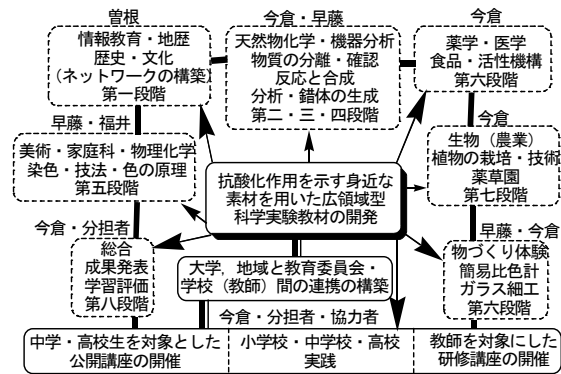
具体的な研究方法については，以下の研究成果で述べる。

4. 研究成果

(1) 身近な素材を用いた広領域型科学実験教材の開発に関する研究

下記の科学実験教材の相関図で示したように，本教材の特色は，研究の目的・方法が考慮されており，身近な素材を変えて同

じ手法で推進できることである。



科学実験教材の相関図

① 身近な素材として「クミン・楠の木葉部・オレンジ・藍(インジゴ)」などを用いた研究【代表的な実験方法の解説】

第一段階：身近な素材に関する調べ学習

(学習者の情報教育・ネットワークの構築)

第二段階：含有成分の分離・精製技術の習得，構造解析，先端機器(NMR・IR・UV・MS・HPLC)の利用とその原理の習得

第三段階：含有成分の化学反応(酸化・還元・錯体・エステル体・エーテル体，計算科学ソフトによる反応機構の解明)，高度な科学技術の習得と科学的感性を育成

第四段階：含有成分による染色への挑戦(金属との錯体形成)，種々の繊維に対する染色効果と染色機構の解明(分子軌道計算科学ソフト・コンピュータの活用)

第五段階：ものづくり体験[簡易比色計の作成(抗酸化活性の測定・環境教育への展開)・水蒸気蒸留装置の作成・電気分解装置の開発(ガラス細工の体験)]

第六段階：学習評価法の構築(対話型自己評価カード・学びのマップづくり，教師評価・相互評価の作成，レポートの作成)，研究発表(知の創造)

② 科学技術力と知的探究心を育む光と色の神秘を探究する科学実験教材の開発

* オワンクラゲ緑色蛍光蛋白質(GFP)の発色団モデル化合物の合成と構造解析

* 藍(すくも)の成分探索と機能性アゾ色素化合物の合成(両者の発色の違いを学ぶ)

* 発色を追求する化学実験

ルミノール反応・生物発光(ホタルの発光を調べる)・サイリウム(ケミカルライトの発光を調べる)

* コンピューターを活用した光と色と発色の機構を調べる

* 理系を目指す高校生(40名)を対象に4日間の日程で企業技術者，高校教員と連携して実践を行いその有効性を確認した。

③ 藍の栽培方法とインジカンを含む藍葉成分の長期保存方法と含有する成分の単離

方法を開発

藍葉の保存方法(生葉の電子レンジ乾燥及び冷凍保存)を検討し、教育現場で利用できる簡便なインジカン、インジゴ、インジルビンの単離・確認方法を開発した。

④ 藍葉によるインジゴの染色原理を理解するモデル化学実験教材の開発

藍の生葉中で進行するインジカン(a)からインドキシル(b)を経てインジゴ(c)、インジルビン(e)へと変化する生合成経路を化学反応として理解するモデル化学実験教材の開発を行った。(生合成経路を化学的に実証し、実験体験を通して科学的に探究する能力を培う方法を提案)

* インジカン(a)の酸加水分解

インジカン(a)の酸加水分解を行い、インジゴ(c)、インジルビン(e)の生成を確認でき、(a)から(c),(e)の生成機構を化学的に実証する実験。

* インジカン(a)の酵素分解

インジカン(a)を酵素分解し、インジゴ(c)、インジルビン(e)の生成が確認でき、(a)から(c),(e)の生合成反応を化学的に実証する実験。

* インドキシルアセテート(f)からインジゴ(c)生成

インドキシルアセテート(f)のアルカリ分解を行い、インドキシル(b)からインジゴ(c)が生成することを実証すると共に、反応の時間経過を TLC で確認し、(b)が(c)へと変化することを確認できる実験。

* インジカン(a)からインジゴ(c)インジルビン(e)の反応機構の考察

インドキシルアセテートのアルカリ加水分解において塩基性条件下ではインジゴ(c)のみが生成し、酸性条件下ではインジゴ(3)、インジルビン(e)が生成することを見出し、インジカン(a)からインジゴ(c)、インジルビン(e)への反応機構を考察する実験。

* インジゴ(3)の染色機構

インジカン(a)、インジゴ(c)、インジルビン(e)間の色の変化を紫外可視吸収スペクトルの測定と計算化学ソフト CAChe を用いて比較し、色が見える原理を理解する教材を開発し、計算化学ソフトの有用性を確認。

(2) 開発した広領域型科学実験教材を応用した教育現場・科学体験広場などでの学習効果の高い実践的検証(学校支援)

(3) 大学、公的研究機関、民間企業等と学校現場間の連携に関する研究

① 高等学校を対象とした科学的感性と科学技術力を育てるクミン・クスノキ葉部を用いた広領域型科学実験の実践(学会発表④)

TI 高等学校理数科コース第2学年(40名)を対象としたSPP事業として、広領域型

科学実験体験(事前・事後学習含む)を実施し、その有効性を確認した。

【実施内容】

* 【事前打合せ・予備実験：(2日間実施)】

大学教員(2名)による指導者として参加するTA(学部生・大学院生,17名)と高等学校教員(5名)：事前に実施する科学実験を体験、共同でテキストを作成の指導

* 【大学教員による生徒への事前学習：

実験内容の興味・関心を高め、理解を図るための講義

* 【科学実験体験：(3日間実施)】

1日目：身近な物質[クスノキ葉(αカンファー)・クミン種子(クミンアルデヒド)]の含有成分の探索

2日目：

実験1：クミンアルデヒドの化学反応[クミンアルデヒドの酸化(クミン酸)・還元(クミンアルコール)・縮合反応(クミンアルデヒド2,4-ジニトロフェニルヒドラゾン,クミンアルデヒド2,4-ジニトロフェニルヒドラゾン)]

実験2：単離・合成した物質の構造決定
分光法的な手法・赤外分光法・核磁気共鳴分光法・質量分析法・紫外可視分光法の原理を学び、クミンアルデヒド、クミン酸、クミンアルコールの構造解析

3日目：

考察1：有機反応のしくみ(反応機構)

実験1の反応機構の考察(計算科学の応用)

考察2：実験1での反応生成物間の構造と色の関係を探る。(計算科学、紫外可視吸収スペクトルを用いて考察)

考察3：研究成果のまとめ、発表スライドの作成および全体発表討論

* 【事後打合せ：(4時間)】

本科学実験体験活動のアンケートのまとめ、反省、教育委員会・学校への配布パンフレットの作成

② 酸化・還元の原理を理解するための藍(すくも)を用いた広領域型科学実験教材の開発と実践(学会発表①)

[本実践の目的]

* 教師を目指す学生の酸化還元概念に関する理解を高めると共に、藍染めを利用した酸化還元に関する授業展開力の育成。

* 高校の教育現場における実践を目指した藍の染色原理を生かした広領域型科学実験教材の提案。

* 指導協力者として参加する現職教員を含む大学院生(TA)に対する教育現場に適した教育内容・指導方法及び教材開発力と実践的指導力の育成。

【実施内容】

本実践は、Ⅰ～Ⅴの五段階で構成され、各領域との連携を図りながら、教師を目指す学生の酸化還元に関する理解の向上と共に、藍を幅広い視野で捉える事が出来る様に配慮し、広領域型科学実験教材を実施した。

- Ⅰ：藍草から染（藍玉）の生成過程の確認、
- Ⅱ：薄層クロマトグラフィーによる染（藍玉）の含有色素成分の確認、
- Ⅲ：酸化還元による藍染めの仕組みの段階的な考察、
- Ⅳ：藍染め染色液の電気分解反応、
- Ⅴ：藍染め染色布の脱色機構の考察

【本実践の成果】

学生による事後アンケート結果より、本実践を通して段階的に考察する藍染めの仕組みに関する高い理解度と理論的な酸化還元に関する正確な記述と共に、事後レポートにおける藍染めを利用した酸化還元の授業プランの構想・展開（作業課題）に実効性を有する詳細な記述が確認されたことから、本研究の目的をほぼ達成した成果が得られたと考えられる。

③ 科学技術力と知的探究心を育む光と色の神秘を探究する科学実験体験

鳴門教育大学、TI 高等学校及び日亜化学工業(株)が連携し4日間の日程で実施

【実施内容】

事前打ち合わせ・予備実験

連携するメンバー(大学教員(2名)・企業(2名)・高校教員(5名)・学生(9名))間の打合せを入念に行い、特に高校教員と参加する生徒の学習状況を把握し、指導者間での実施する内容の確認と協力体制と実施方法を確認。(講義、実験・実習、データ解析等)参加 TI 高等学校生徒 [理数科コース 40 名、4 班 (各班は、生徒 10 名、TA2 名、高校教員 1 名から構成)]

1日目

本講座の解説・講義

実験の目的、実験・実習のガイダンス

実験1：オワンクラゲ緑色蛍光蛋白質(GFP)の発色団モデル化合物の合成

合成実験を通して有機化学反応の進み方、酸塩基の概念、原子・分子の構造と有機反応機構の考え方を学ぶ。

実験2：合成した緑色蛍光蛋白質(GFP)モデル化合物の構造決定方法と分光学的考察

最先端機器(赤外・紫外可視・核磁気共鳴・蛍光スペクトル・質量分析)の原理と測定技術を学び、スペクトルデータ解析を通じて物質の構造決定方法を学び、“探る・究める・発見する”「問いの」資質能力を身につける。

2日目

実験3：藍(すくも)の成分探索

薄層クロマトグラフィーとカラムクロマ

トグラフィー法による物質(インジゴ)の分離精製法を学ぶ。

実験4：機能的アゾ色素化合物の合成

ザルツマン試薬を応用したアゾ色素化合物の合成と環境教育(Noxの測定)への発展

実験5：発色を追求する化学実験

ルミノール反応・生物発光(ホタルの発光を探る)・サイリウム(ケミカルライトの発光を探る)

3日目

理論1：化学反応機構の考え方

(コンピューターの活用を含む)

化学反応機構の基礎概念を学び、合成の過程を理論的に解説する方法を学ぶ。計算科学ソフトの応用、反応機構問題への挑戦

理論2：光と色と発色の機構を探る

(コンピューターの活用を含む)

なぜ物質の構造によって発色と色が変わるのか？

実験6：LEDを光源とする簡易比色計を用いた環境科学実験

簡易比色計の組み立て(環境教育・発展的学習)、**実験4**で合成したザルツマン試薬を用いた環境汚染物質の定量

討論・発表・理解度調査(総括)

* 体験した各実験に対する参加者の理解度調査(75%の生徒が理解)

各班(4班)に担当した指導者(教員・TA)による集団面接(体験内容に対する理解度を確認し、報告書作成)

自己評価、相互評価、教員評価と本実験研究体験の総括(企画の内容や効果についてのアンケート調査)

4日目

* 日亜化学工業(株)の技術者との連携によるキャリア教育

講演：「実験で理解する光」(キャリア教育)

日亜化学工業(株)、第二部門LED事業企画部プロジェクトリーダー

討論会

(企業、大学、高校教員、TAおよび生徒)講演と会社概要の内容を中心に企業が求める人材、研究者・技術者の養成……

討論・発表・理解度調査(総括)

* 各班の発表(10～15分程度)

* パネルディスカッション

大学教員、高校教員、TA(院生・学部生)と生徒間での討論会を実施

* 閉校式：修了証の配布

後日

事後学習・事後打合せ

場所：鳴門教育大学

時間：13:00～15:00

参加者：TA(学部生・院生9名)、高校教員(5名)、大学教員(2名)

* アンケートの分析

- *反省会
- *体験活動の高校での運用についての検討
- *事後報告書(案)についての確認
- *次年度計画の検討

④ その他の実践検証

学会発表欄②, ③, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧を参照

⑤ 実践の成果の総括

学習者(教師)がそれらの学習資源を効果的に活用できる大学, 公的研究機関, 民間企業等と学校現場間の連携構築のための環境整備の推進と展望について提案(論文①)

【連携間の主たる成果】

* 鳴門教育大学:

科学教材の開発・学部生, 院生への実践・学校での実践・公開講座・フォーラムの実施・教員研修支援

* 学校現場:

教材の研修・研究協力者・実践の場の提供

教育委員会:

教材研修の計画・研究協力者・教育連携の構築

* 地域の専門家・企業:

身近な素材の提供と指導・施設の利用援助・研究協力・キャリア教育

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3件)

- ① 今倉康宏,
科学的に卓越した人材育成を支援する先進的
科学教育の展望～「知」の創造から活用
までを考慮した科学・技術教育を推進する
仕組みの提案～, 科教研報, 査読無, **26**(1),
29～32 (2011)
- ② 早藤幸隆, 今倉康宏,
教員免許状更新講習における教師のための
科学実験プログラムの展望, 科教研報, 査
読無, **26**(1), 33～36 (2011)
- ③ 田中謙介, 早藤幸隆, 今倉康宏,
簡易蛍光光度計を用いた錠剤中のアセチル
サリチル酸の定量とその教材化, 科学教育
研究, 査読有, **34**(3), 293-301(2010)

【学会発表】(計8件)

- ① 早藤幸隆, 酒井勇太, 土本敏樹,
米澤義彦, 今倉康宏,
教師を目指す学生のための化学教育にお
ける実験教材の開発と実践(Ⅰ)ー酸化還
元の原理を理解するための藍を用いた広
領域型科学実験教材の提案ー,
日本化学会西日本大会, 徳島大学工学部,
2011年11月29日

- ② 八木郁苗, 日比昌, 今倉康宏, 他5名
ものとのけ方を学ぶクスノキの葉を用いた
科学実験プログラムの開発と実践, 日本理
科教育学会四国支部大会, 鳴門教育大学, 2
009年12月19日

- ③ 池田真紀子, 猪木昌夫, 今倉康宏,
他5名
水溶液の性質と色の変化を調べるムラサキ
キャベツを用いた科学実験教材の開発と実
践, 日本理科教育学会四国支部大会,
鳴門教育大学, 2009年12月19日

- ④ 日比昌, 猪木章夫, 今倉康宏, 他4名
身近な素材(クミンの種子, クスノキの葉)
を用いた科学的感性と科学技術力を育てる
広領域型科学実験教材の開発と実践, 日本
教育実践学会第12回研究大会, 岡山大学教
育学部, 2009年11月7日

- ⑤ 猪木章夫, 日比昌, 今倉康宏, 他4名
科学的思考力と技術力を育む藍(インジゴ)
を用いた教員研修科学実験プログラムの開
発と試行, 日本教育実践学会第12回研究大
会, 岡山大学教育学部, 2009年11月7日

- ⑥ 垣内智善, 猪木章夫, 今倉康宏, 他4名
香りの世界を探る保護者参加型科学実験プ
ログラムの開発と実践, 日本教育実践学会
第12回研究大会, 岡山大学教育学部,
2009年11月7日

- ⑦ 早藤幸隆, 猪木章夫, 今倉康宏
マイクロスケール実験の功罪を探る教員研
修プログラムの実践, 日本教育実践学会第
12回研究大会, 岡山大学教育学部,
2009年11月7日

- ⑧ 竹本勇一, 猪木章夫, 今倉康宏, 他5名
身近な物質の科学現象から考える力を育て
る小学生のための科学実験プログラムの開
発と実践, 日本教育実践学会第12回研究大
会, 岡山大学教育学部, 2009年11月7日

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・教授
研究者番号: 10112640

(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: 40325303

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: 70263879

(3) 連携研究者

()

研究者番号: