

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 15 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350203

研究課題名(和文)「化学基礎・化学」教科書の新記載・発展的内容の理解と指導を支援する教材の開発

研究課題名(英文) Development of Teaching Materials to Support the Understanding and Instruction of the New and Progressive Contents in "Basic Chemistry &amp; Advanced Chemistry" Textbook

研究代表者

網本 貴一 (AMIMOTO, Kiichi)

広島大学・教育学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：60294873

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：「化学基礎・化学」新教科書に登場した新記載や発展的内容について、「有機化学」・「無機化学」・「化学反応と熱・光」を中心に、科学的探究力と思考力の育成を意図した化学実験教材を開発するとともに、日常生活や社会との関連を想起させる学習活動へと展開できる学習モデルを検討した。有機化合物の構造・反応・性質、物質の定量、生体関連化合物の機能と反応、発光性有機色素の構造-物性相関、熱化学教材、無機化合物の組成決定など、多様な視点からの実験教材を開発した。そして、そのいくつかに対しては教育実践を行い、教材としての実用性を検証した。

研究成果の概要(英文)：We have developed several teaching materials for organic chemistry, inorganic chemistry, and chemical reaction with energy transfer such as heat and light. In this work, we focused on the new and progressive contents in "basic chemistry & advanced chemistry" Textbook. Our teaching materials include the identification and quantification of organic compounds, organic reactions, analysis and preparation of organic dyes and pigments, functions and reactivities of bio-related compounds, thermochemical issues, and so on. And the practical usefulness of some teaching materials as students' activities was evaluated through the lesson practices in high school and undergraduates.

研究分野：化学教育・有機化学・光化学

キーワード：化学教育 実験教材 有機化学 無機化学 光化学 熱化学

### 1. 研究開始当初の背景

平成 21 年 3 月に改訂された新高等学校学習指導要領が平成 24 年度から先行実施され、「化学基礎」の履修がスタートした。本研究を開始した平成 25 年度からは、基礎を付さない科目「化学」の履修も開始された。新学習指導要領の実施と教科書改訂という過渡期を、新たな教育展開を拓く好機と捉え、本研究課題では「化学基礎・化学」新教科書に登場した新事項や発展的事項を抽出し、実験教材の開発と効果的な学習モデルの提案を行うこととした。

### 2. 研究の目的

「化学基礎・化学」新教科書に登場した新たな事項や発展的事項、特に「化学反応と熱・光について」を中心に上げ、科学的探究力と思考力の育成を意図した化学実験教材を開発するとともに、日常生活や社会との関連を想起させる学習活動へと展開できる学習モデルを提案する。日常の授業の一環として行える実用的な実験・観察から、理科課題研究で創造性の基礎を培うことのできる発展的課題までを範疇として、中等教育現場から大学基礎・専門課程に至る多様で幅広い要請にも対応できる実験教材を目指す。同時に、個々の教師が参照できる内容的背景や学習モデルを提供するとともに、それらのコンテンツが先端科学の成果を踏まえた次世代の教員養成・教員研修中で活用されることを目的とする。

### 3. 研究の方法

研究開始にあたり、すべての「化学基礎・化学」新教科書の記載を概観し、教材化する素材とその意図を明確化させた。

新学習指導要領での新記載である「化学反応と熱・光について」に着目し、網本が[A] 光化学・有機化学、古賀が[B] 熱化学・無機化学を担当しながら、具体的な教材開発を進めた。科学的内容の理解に相応しい実用的な実験・観察の方法を整備した後、「理科課題研究」も含めた観察・実験の場面で用いることのできる発展的素材による探究活動とその学習モデルを構築した。研究の進捗状況に応じて、上記の単元「化学反応と熱・光について」から他の単元にも関連する内容を取り上げ、広く「化学基礎・化学」新教科書における発展的内容の学習を支援する教材開発を積極的に推進した。

### 4. 研究成果

#### (1) 有機化合物の構造決定や識別に関する探究活動

高等学校学習指導要領では、理科の目標として、「目的意識を持って観察実験を行い、科学的に探究する能力と態度を育成する」ことが唱われている。同時に化学の目標として、「基本的な概念や原理を理解する」ことも唱われている。これらの目標を同時に達成する

には、生徒が既有知識を総合的に活用し、探究的に実験活動を行うのに適した素材と指導法の探索が必要となる。我々は、グアヤコールやリンゴ酸を素材に、構造を確定させる教材実験を提案した。また、4 種類のヒドロキシ酸(乳酸、リンゴ酸、酒石酸、およびクエン酸)を分析対象として、中和滴定・酸化反応・ヨードホルム反応を組み合わせ、系統分析のようにして各ヒドロキシ酸を識別する実験操作を確立した(図 1)。また、高等学校において実践を行い、学習プログラムの有効性を検証した。

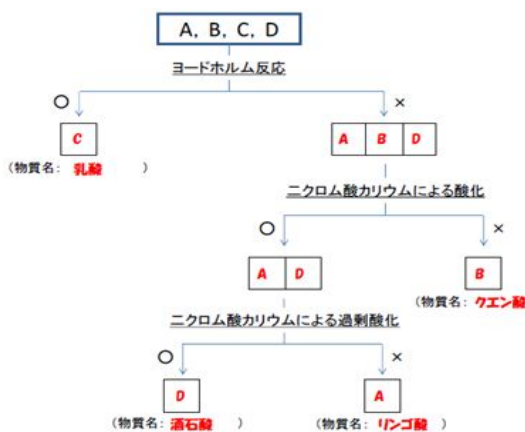


図 1. 4 種類のヒドロキシ酸の分析の様子

#### (2) 金属錯体の分析と合成に関する探究活動

有機配位子と金属イオンとの錯体には有色のものが多く、色材として利用される。中でも銅フタロシアニン(図 2)は耐光性があり絵の具や顔料として、身近によく使われている。我々は、銅フタロシアニンの分析および合成に関する教材実験と学習プログラムを開発した。本実験教材は、銅フタロシアニンの構成成分に関する分析結果を根拠にして、銅フタロシアニンを再構築させるところに大きな特徴がある。

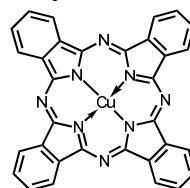


図 2. 銅フタロシアニンの分子構造.

#### (3) 有機化合物の反応に関する実験教材

GSC(グリーン・サステナブル・ケミストリー)と ESD(社会の持続的発展のための教育)を架橋した化学学習プログラムとして、環境負荷の低い酸素や有機還元剤による芳香族化合物の酸化還元反応を素材とした教材実験を確立した。ベンジルアルコール 1.4 g に対して、30%過酸化水素水 2.0 mL とタンゲステン酸ナトリウム二水和物 43 mg、混和材として臭化テトラ-n-オクチルアンモニウム 71 mg と硫酸水素ナトリウム一水和物 18 mg を加え、80~90 で 60 分反応させることで、

ベンズアルデヒドが収率 95%で生成する。引き続き、ベンズアルデヒドの *n*-ヘキサン溶液に酸素を封入した風船を取り付け、ヘキサン還流条件で 2 時間反応させたところ、溶媒に対する溶解度が低い安息香酸の生成に伴い目的物が析出し、ろ過によって安息香酸が高収率で得ることができる(図 3)。反応時間は長くなる半面、高い収率で目的物が得られていることなどの実験結果に基づく根拠をもとに、環境にやさしい反応の有用性を議論することができる。また、高等学校有機化学において生徒が学習しているアルデヒドの還元性に着目し、ギ酸によるニトロベンゼンの還元反応を生徒実験として行う実験を確立した。Pd-C 触媒でのニトロベンゼンとギ酸アンモニウムとの 1 時間の反応によって、アニリンを高収率で得ることができる(図 4)。アニリンが得られていることは、TLC や NMR の他にも、生徒が知るアニリンブラックとアセトアニリドの生成によっても容易に確認できる。本実験は、室温で行えて簡便な後処理でアニリンが単離でき、スズによる従来法と比べて安全かつ短時間のうちに生成物の同定まで行うことができる。

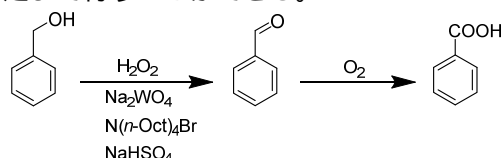


図 3. 過酸化水素と酸素を用いた安息香酸の合成

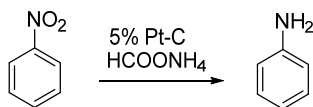


図 4. ギ酸塩を用いたアニリンの合成

高等学校化学で学習する有機反応について、脱離反応と付加反応に関する 2 つの教材化を行った。1 つは、特有の芳香と溶解性で高等学校化学の素材としても登場する *l*-メントールを用いた、脱離反応の教材実験である。塩化 *l*-メントールに塩基としてカリウム *t*-ブトキシドを作用させて加熱すると 2-メンテンが選択的に得られた。一方、*l*-メントールを酸触媒加熱すると、4-メンテンが主生成物として得られた(図 5)。いずれの反応も 10 分以内に終了し、TLC による反応追跡や臭素水の脱色による二重結合の検出反応などの生成物分析が容易に行える。さらに、反応条件の違いによって二重結合の位置が異なる生成物が選択的に得られ、機器分析の結果を元に議論できる、などの利点があり、脱離反応の反応機構と位置選択性を探究的に議論できる大学有機化学実験として有効に活用できる。もう 1 つは、アルコールの脱離反応で生じるアルケンを付加反応の素材として用いることによって、脱離反応と付加反応を一連の実験活動の中で取り扱う実験教材である。具体的には 2-メチル-2-プロパノールを硫酸触媒で脱水して生じた 2-メチルプ

ロペンの気体を臭素水と反応させる(図 6)。一連の実験は 45 分で終了でき、高等学校における授業時間内で実施できる。さらに、2-メチルプロペンと臭素水との反応によって生じるプロモヒドリンを詳細に分析することで、二重結合に対する付加反応の位置選択性として取り扱われるマルコフニコフ則を発見的に探究させる学習活動へと展開することも可能である。

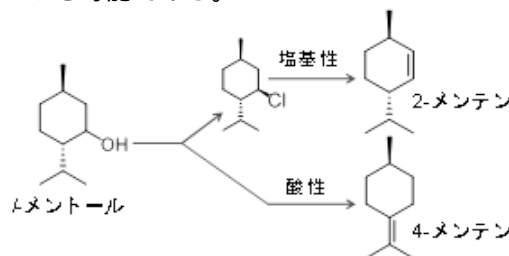


図 5. *l*-メントールの脱離反応

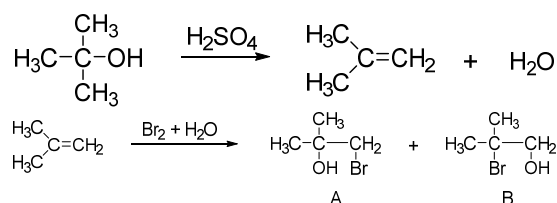


図 6. 2-メチル-2-プロパノールの脱離反応と 2-メチルプロペンの付加反応

#### (4) 有機化合物の定量に関する実験教材

ピウレットを配位子とするピウレット反応を用いて銅(II)イオン濃度を定量する方法を確立した。0.10 mol/L ピウレット水溶液に対して銅(II)イオンの濃度を  $1.0 \times 10^{-2}$  mol/L 程度に設定すると、ピウレット反応が定量的に進行しキレート錯体の吸光度から銅(II)イオンの濃度を測定できる。この方法を用いて、真鍮釘に含まれる銅の含有率を決定する実験活動を展開できる。本内容は、生徒が知るピウレット反応の知識を元にして定量実験へと展開することができる発展的教材として有用である(学会発表 52)。また、血糖計や尿糖計などの一般医療機器として利用されているグルコースメーターを活用すると、D-グルコースの定量、開環平衡の平衡定数の計算、開環反応の反応速度の算出、さらには反応速度定数の温度依存性から活性化エネルギーを求める実験まで展開できる。

#### (5) 生体関連物質の性質と反応に関する実験教材

食肉に含まれるミオグロビン(Mb)は鉄(II)イオンを含むヘムタンパク質であり、筋肉組織への酸素運搬を担っている。新鮮な食肉では、Mb のヘム鉄は還元型( $\text{Fe}^{2+}$ )であり、酸素が配位していない状態(Deoxy-Mb)で赤紫色をしている。これに酸素分子が結合するとオキシミオグロビン(Oxy-Mb)となり、鮮赤色を呈する。さらに長時間放置するとヘム鉄の酸化( $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ )が進み、メトミオグロビン

(Met-Mb)となって褐変する。このような Mb の機能とそれに関連する科学的事項を探究的に学習できる実験教材を開発した。食肉から抽出した Mb 水溶液は鮮血色であるが、ヘキサシアノ鉄( )酸カリウムで酸化するとヘム鉄が 2 価から 3 価に酸化されて水溶液は黄褐色に変化する。還元剤としてハイドロサルファイトナトリウムを加えると、ヘム鉄は 3 価から 2 価に還元されて Deoxy-Mb を生じ、水溶液は赤紫色になる。ここに酸素を通じると鮮赤色に変化し、Oxy-Mb の再生を確認できる。これらの色調の変化は目視で確認でき、Mb の酸素結合挙動をヘム鉄の酸化還元反応と関連づけて考察させることができる(図 7)。

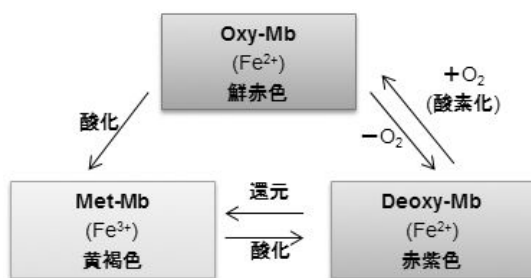


図 7. ヘム鉄の酸化還元に伴うミオグロビン (Mb) の色調変化

天然高分子であるセルロースは硫酸やセルラーゼによって加水分解されるが、信頼性ある教材実験は確立されていなかった。今回、複数のセルラーゼを用いて 50°C で 1 昼夜反応させる酵素加水分解によってセルロースがグルコースまで高効率に分解できる手法を見だし、その実験教材としての方法を確立させた。

#### (6) 高等学校化学「化学反応と光」に関する教材・学習モデル開発のための基礎研究

現行教科書で新しく記載された「光化学・発光」に関する実験教材が求められている現状を踏まえ、その開発のための素材を継続的に探査している。特に、教材として取り扱いやすい固体や結晶の状態、発光したり刺激に反応して色調が劇的に変化したりする有機色素に着目して研究を進めている。本研究期間中に、網本は 3 件の招待講演・特別企画講演を行った。

サリチル酸誘導体とアニリン類から誘導されるシッフ塩基類の結晶には、フォトクロミズムやルミネッセンスを示すものが存在する。その物性と結晶構造との相関を明らかにする研究を進めている。ある種類のシッフ塩基類には共平面構造あるいはねじれ構造の異なる単分子構造から構成された 2 系統の結晶多形が存在し、それぞれに異なるフォトクロミズムやルミネッセンスの性質が現れることを明らかにした。さらにその 2 系統の結晶多形の間で構造相転移が起こって、光物性が変換される現象も新たに見いだした。

ベンズアルデヒドとアセトフェノンからアルドール縮合で合成されるカルコンは光

感受性有機化合物として知られており、その合成は有機化学実験の素材としてもよく用いられている。2-ヒドロキシカルコン類から過酸化水素酸化によって合成される 3-ヒドロキシフラボン類は溶液・結晶状態で発光する。この骨格に種々の置換基を導入することで、青色から黄・緑・橙色に至る発光の多色性が実現できた。また、2-アミノカルコン類を同条件で酸化すると二重結合が酸化されてエポキシドが生じ、それが発光することを新たに見いだした。

ニンヒドリン類縁化合物であるイサチンから誘導される有機色素が、結晶状態で異なる色調や発光現象を示すこと、ある特定の陰イオンをセンシングできることを新規に見出した。

#### (7) 高等学校化学「無機化学・化学反応と熱」に関する教材・学習モデル開発

無機物質・熱化学を素材とする化学実験教材の開発を研究分担者の古賀が精力的に推進し、その成果を J. Chem. Educ. ならびに国内外の学会で数多く発信した。

弱酸の中和熱や過酸化水素の分解反応、固体反応に関する熱化学実験教材、過炭酸ナトリウムの組成を多角的視点から生徒自らが決定できる探究的実験教材、圧力 - 温度測定によって気液平衡を捉える教具や空気亜鉛電池を簡易な酸素検出器として用いる教具などを開発し、J. Chem. Educ. に論文を多数公表した。

#### 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 11 件)

1. 網本貴一, 「水」を素材とした理科の学習文脈(化学領域): 化学事象や自然事象における水の役割, 学校教育実践学研究 2016, 22, 105-112, 査読無.
2. M. Yoshikawa, N. Koga, Identifying Liquid-Gas System Misconceptions and Addressing Them Using a Laboratory Exercise on Pressure-Temperature Diagrams of a Mixed Gas Involving Liquid-Vapor Equilibrium. Journal of Chemical Education 2016, 93, 79-85, DOI: 10.1021/acs.jchemed.5b00107, 査読有.
3. 宮本樹, 木下博義, 網本貴一, 高等学校化学における実験中のメタ認知育成に関する研究 - 酢酸エチルの合成実験を用いた実践を例として -, 理科教育学研究 2015, 56(2), 213-224, 査読有.
4. T. Tatsuoka, K. Shigedomi, N. Koga, Using a Laboratory Inquiry with High School Students to Determine the Reaction Stoichiometry of Neutralization by a Thermochemical

- Approach. Journal of Chemical Education 2015, 92, 1526-1530, DOI: 10.1021/ed500947t, 査読有.
5. 網本貴一, 遠藤大介, 高等学校化学の知識・理解を総合的に活用するヒドロキシ酸の識別実験, 科学教育研究, 2014, 38(4), 220 - 227, DOI:10.14935/jssej.38.220, 査読有.
  6. 中島純平, 網本貴一, 銅フタロシアニンを含む青色顔料の分析と合成に関する実験教材, 化学と教育, 2014, 62 (3), 142-145, 査読有.
  7. N. Koga, Y. Goshi, M. Yoshikawa, T. Tatsuoka, Physico-Geometrical Kinetics of Solid-State Reactions in an Undergraduate Thermal Analysis Laboratory, Journal of Chemical Education 2014, 91(2), 239-245, DOI: 10.1021/ed400330t, 査読有.
  8. Y. K. Hooi, M. Nakano, N. Koga, A Simple Oxygen Detector Using Zinc-Air Battery, Journal of Chemical Education 2014, 91(2), 297-299, DOI: 10.1021/ed400169z, 査読有.
  9. T. Wada, N. Koga, Chemical Composition of Sodium Percarbonate: An Inquiry-Based Laboratory Exercise, Journal of Chemical Education 2013, 90(8), 1048-1052, DOI: 10.1021/ed400077q, 査読有.
  10. N. Koga, K. Shigedomi, T. Kimura, T. Tatsuoka, S. Mishima, Neutralization and Acid Dissociation of Hydrogen Carbonate Ion: A Thermochemical Approach. Journal of Chemical Education 2013, 90(5), 637-641. DOI: 10.1021/Ed300090g, 査読有.
  11. T. Tatsuoka, N. Koga, Energy Diagram for the Catalytic Decomposition of Hydrogen Peroxide, Journal of Chemical Education 2013, 90(5), 633-636, DOI: 10.1021/Ed400002t, 査読有.
- [学会発表](計59件)
1. (特別企画講演) 網本貴一, ルミネッセンス化学アンサンプル: 学理, 知財創出, 人材育成のイノベーション 趣旨説明, 日本化学会第96春季年会(2016), 2016.3.24-27, 同志社大学(京田辺)
  2. 二宮拓也, 網本貴一, セルロースの酵素加水分解に関する実験教材と学習プログラムの開発, 日本化学会第96春季年会(2016), 2016.3.24-27, 同志社大学(京田辺)
  3. 網本貴一, 佐々木雅大, アルコールの脱離反応とアルケンの付加反応を組み合わせた実験的探究活動, 日本化学会第96春季年会(2016), 2016.3.24-27, 同志社大学(京田辺)
  4. 二宮拓也, 網本貴一, セルロースの酵素加水分解によるグルコースの生成実験, 2015年日本化学会中国四国支部大会, 2015.11.14, 岡山大学(岡山)
  5. 二宮拓也, 網本貴一, イサチンフェニルヒドラゾン類結晶の発光・吸収特性と結晶中分子構造との相関, 第24回有機結晶シンポジウム, 2015.11.1-3, 広島大学(広島)
  6. 古賀信吉, 小・中・高等学校における熱・エネルギー教育の素材, 第51回熱測定討論会, 2015.10.9, 東京電機大学(埼玉)
  7. <Plenary Lecture> N. Koga, A Multidisciplinary and Comprehensive Chemistry Teaching/Learning for Next Generation, 1st International Seminar on Chemical Education 2015, 2015.9.30, Yogyakarta (Indonesia)
  8. <Keynote Lecture> N. Koga, A Multidisciplinary and Comprehensive Chemistry Teaching/Learning and STEM Education, IUPAC-2015, 45th World Chemical Congress, 2015.8.10, Busan (Korea)
  9. K. Nishikawa, N. Koga, Integration of Students' Understanding of Energy Changes of Materials through Learning the Thermal Behavior of Polyethylene Terephthalate, IUPAC-2015, 45th World Chemical Congress, 2015.8.10, Busan (Korea)
  10. M. Kakisako, M. Nakano, K. Nishikawa, K. Harada, T. Tatsuoka, N. Koga, Model-based Approach to Hard Water in High School Laboratory, IUPAC-2015, 45th World Chemical Congress, 2015.8.10, Busan (Korea)
  11. M. Nakano, T. Wada, N. Koga, Synthesis of Solid Oxygen Bleach: Granular Sodium Carbonate Peroxyhydrate, 6th NICE Conference (NICE2015), 2015.7.30, Tokyo (Japan)
  12. S. Kitabayashi, K. Harada, T. Tatsuoka, N. Koga, What is Malachite?: A Guided-Inquiry for Determining the Chemical Composition of Malachite in High School, 6th NICE Conference (NICE2015), 2015.7.30, Tokyo (Japan)
  13. K. Amimoto, Controlling Optical Properties of Salicylidene Schiff Bases Polymorphs Accompanied by Structural Phase Transition, 22nd International Conference on the Chemistry of the Organic Solid State (ICCOSS 2015), 2015.7.12-17, Niigata(Japan)
  14. 長谷清史, 網本貴一, ギ酸を用いたニトロベンゼンの還元反応の教材化, 日本化学会第95春季年会(2015), 2015.3.29,

- 日本大学(船橋)
15. 瀧瀬凌, 網本貴一, 人工甘味料アスパルテームを探究させる化学実験教材, 2014年日本化学会中国四国支部大会, 2014.11.8, 山口大学(山口)
  16. 吉川雅大, 古賀信吉, 示差圧測定装置を用いた気-液平衡の実験教材, 2014年日本化学会中国四国支部大会, 2014.11.8, 山口大学(山口)
  17. 北林俊, 重富加奈, 龍岡寛幸, 古賀信吉, 既習事項を活用した高校化学における探究活動: マラカイトの組成決定実験, 2014年日本化学会中国四国支部大会, 2014.11.8, 山口大学(山口)
  18. 西川和志, 古賀信吉, PETを用いたガラス状態に関する学習教材の開発, 2014年日本化学会中国四国支部大会, 2014.11.8, 山口大学(山口)
  19. 仲野将慶, 和田健, 古賀信吉, 過炭酸ナトリウムを素材とした化学教材, 2014年日本化学会中国四国支部大会, 2014.11.8, 山口大学(山口)
  20. 垣迫真末, 仲野将慶, 西川和志, 重富加奈, 龍岡寛幸, 古賀信吉, 高等学校化学における水をテーマとした探究活動, 2014年日本化学会中国四国支部大会, 2014.11.8, 山口大学(山口)
  21. 網本貴一, 長谷清史, *o*-アミノカルコンエポキシドの構造と固体発光性, 第23回有機結晶シンポジウム, 2014.9.15, 東邦大学(船橋)
  22. 網本貴一, 西口博光, 遠藤大介, 長谷清史, 二酸化炭素の定量を元に化学反応や材料を探究させる化学実験, 日本科学教育学会第38回年会, 埼玉, 2014.9.13, 埼玉大学(さいたま)
  23. 長谷清史, 網本貴一, 安息香酸の合成を素材とするESD型化学実験教材, 日本理科教育学会第64回全国大会, 2014.8.24, 愛媛大学(松山)
  24. 宮本樹, 網本貴一, メントールが示す脱離反応と有機化学実験としての活用, 日本理科教育学会第64回全国大会, 2014.8.23, 愛媛大学(松山)
  25. (招待講演) 網本貴一, 有機色素固体の光機能性探索 - 構造と物性の評価と相関 -, 日本分析化学会北海道支部第30回緑陰セミナー, 2014.7.20, 釧路ロイヤルイン(釧路)
  26. 今仲徹, 網本貴一, ビウレット反応による銅(II)イオンの定量実験, 日本化学会第94春季年会(2014), 2014.3.28, 名古屋大学(名古屋)
  27. 大村寿, 網本貴一, 糖類の学習と定量におけるグルコースメーターの利用, 日本化学会第94春季年会(2014), 2014.3.27, 名古屋大学(名古屋)
  28. 遠藤大介, 網本貴一, リンゴ酸を用いた有機化学反応の教材化, 2013年日本化学会中国四国支部大会, 2013.11.17, 広島大学(東広島)
  29. 長谷清史, 網本貴一, 有機反応を改良する視点を養う化学実験 - 芳香族化合物の酸化反応 -, 2013年日本化学会中国四国支部大会, 2013.11.17, 広島大学(東広島)
  30. 伊勢綾菜, 網本貴一, ミオグロビンの機能と生命・食品との関連を探究させる化学実験, 2013年日本化学会中国四国支部大会, 2013.11.17, 広島大学(東広島)
  31. 中島純平, 網本貴一, ポルフィリンを素材とする化学実験教材の検討, 2013年日本化学会中国四国支部大会, 2013.11.17, 広島大学(東広島)
  32. 網本貴一, 遠藤大介, 5-メチルサリチリデン-4-アルキルアニリン類における多形結晶の構造と二重光物性, 第22回有機結晶シンポジウム, 2013.10.31, 北海道大学(札幌)
  33. 網本貴一, 遠藤大介, 5-ハロサリチリデンアニリン類の結晶多形と多形転移現象, 第22回有機結晶シンポジウム, 札幌, 2013.10.31, 北海道大学(札幌)
  34. 網本貴一, 中島純平, 3-ヒドロキシメトキシフラボン類の固体発光性と結晶構造との相関, 2014年光化学討論会, 松山, 2013.9.13, 愛媛大学(松山)
  35. (招待講演) 網本貴一, 色が変わる・光る有機結晶の分子設計と機能発現, 第29回若手研究者のための化学道場, 2013.8.30, KKRホテル広島(広島)
  36. 遠藤大介, 網本貴一, 高等学校化学の知識・理解を総合的に活用するヒドロキシ酸の識別実験, 日本理科教育学会第63回全国大会 北海道大会, 2013.8.11, 北海道大学(札幌)
  37. N. Koga, Y. Goshi, M. Yoshikawa, T. Tatsuoka, Physico-geometric Kinetic Analysis of Thermal Decomposition of Solids in an Undergraduate Thermal Analysis Laboratory. 41st North American Thermal Analysis Society Conference (NATAS2013), 2013.8.4, Bowling Green, KY (USA) 他22件
- 〔図書〕(計1件)
1. 古賀信吉, 網本貴一, 協同出版, 中等理科教育, 磯崎哲夫(編), 第7章 化学教材の開発と学習指導, 2014, 195-223.
6. 研究組織
- (1) 研究代表者  
網本 貴一 (AMIMOTO, Kiichi)  
広島大学・大学院教育学研究科・准教授  
研究者番号: 60294873
  - (2) 研究分担者  
古賀 信吉 (KOGA, Nobuyoshi)  
広島大学・大学院教育学研究科・教授  
研究者番号: 30240873