

理科の教員採用前研修プログラムの開発と実践

吉原 伸敏*¹・松川 正樹*²・原田 和雄*³・長谷川 正*⁴

理科教員高度支援センター

(2015年5月22日受理)

YOSHIHARA, N., MATSUKAWA, M., HARADA, K. and HASEGAWA, T.: Development of workshop program of elementary school science for training before teacher's adaptation, and its practical analysis. Bull. Tokyo Gakugei Univ. Div. Nat. Sci., **67**: 213-228. (2015) ISSN 1880-4330

Abstract

Practical guidebooks describing the organization of effective workshops for implementing hands-on observation and experiment-based learning in the classroom are almost non-existent. In addition, discussions on specific aims, methods, and learning tools for such workshops are limited.

Science education workshops aimed at improving teaching skills of newly certified elementary school teachers have been organized as a collaboration between the Tokyo Metropolitan Board of Education and the Advanced Support Center for Science Teachers (ASCeST) at Tokyo Gakugei University. In this study, the contents and methods for the workshops related to "Matter" and "The Earth", and their specific aims are described. Instruction of classroom experiments related to "Matter" require knowledge on the preparation of chemical reagents and the handling of experimental tools. Therefore, workshops dealing with the necessary laboratory skills was carried out, where each participant was responsible for preparation and execution of the experiments, and cleaning up. This practical training was found to be effective in acquiring basic lab skills. For the workshop related to "Geology", two types of teaching methods were used for the same content, namely, a guided approach and an inquiry-based approach. However, differences in the level of understanding the aims of the lesson were not observed upon practicing the two approaches. The reason that differences were not observed may be because the participants have yet to acquire basic scientific concepts required for understanding geology related content, as only less than 10% of elementary school teachers have taken geology courses since junior high school.

Keywords: Workshop before teacher's adaptation, elementary school teachers, acquiring basic lab skills, a guided approach and an inquiry-based approach

Advanced Support Center for Science Teachers, Tokyo Gakugei University, 4-1-1 Nukuikita-machi, Koganei-shi, Tokyo 184-8501, Japan

*1 東京学芸大学 理科教員高度支援センター (184-8501 小金井市貫井北町4-1-1)
*2 東京学芸大学 広域自然科学講座 環境科学分野
*3 東京学芸大学 広域自然科学講座 生命科学分野
*4 東京学芸大学 基礎自然科学講座 分子化学分野

要旨： 理科指導力向上を目指した教員研修が実施されている。理科の教員研修のための観察・実験の授業実践力向上を目指した効率的で体系化された実習書は殆ど無く、また、研修の理念、方法、教材等に関する議論も殆ど無い。本論文では、東京都教育委員会と東京学芸大学理科教員高度実践センターが共同して実施している東京都小学校教員採用試験の合格者を対象とする「採用前研修」のうち物質（粒子）領域と地球領域の研修を理科の教員研修における教材と研修法の実践例として示し、研究の在り方について述べた。物質領域の粒子概念を基礎とする分野（粒子領域）の実験の実施には、試薬の調整と基本的な実験器具の取り扱いの理解が不可欠なので、それらに関する基礎技能の取得を目的とした基礎的な研修を実施した。受講生一人一人の実験の準備から、実験をした後の片づけまで一人で行うようにしたため、基礎技能を身につける効果があった。地学領域では、小学校理科の教員研修（採用前研修）を、2つの方法（教え込み型、考えさせ型）の教材を開発し、これを用いて実践したが、相違は明瞭には示されなかった。これは、受講生が中学時以後に地学の授業を受講してこなかったため、地学分野の科学的な見方、論の進め方を修得していないために生じた可能性が高い。

はじめに

多くの小学校教員が、理科を教えることに不安を持っている（科学技術振興機構理科支援センター、2006）。現行の小学校理科は観察・実験体験を通して授業を進めるように構成されているので、指導者には観察・実験の知識と技能の習得が不可欠である。小学校教員に求められる理科指導を身につけるには、個々の教員が学生時代に受けた講義や実習、卒業研究における経験が重要であるが、教職就任後の授業実践と研修の自主的な学習がより重要である（平田ほか、1998）。大学学部においては、小学校教員となる学生の理科指導力の向上を目指した授業改善が進められている。また、大学や教育委員会主催による理科の教員研修にも力が注がれている。大学学部における理科の授業改善に関しては、小学校教員養成における理科のスタンダード・カリキュラムの構築や観察・実験の指導力育成のための実習を取り入れた授業用教科書が作成されている（例えば、松川ほか、2013；長谷川・松川編、2011）。しかし、理科の教員研修のための観察・実験の授業実践力向上を目指した効率的で体系化された実習書は殆ど無く、また、研修の理念、方法、教材等に関する議論も殆ど無い。

本論文では、東京都教育委員会と東京学芸大学理科教員高度実践センターが共同して実施している東京都小学校教員採用試験の合格者を対象とする「採用前研修」のうち物質（粒子）領域と地球領域の研修を理科の教員研修における教材と研修法の実践例として示し、研究の在り方について述べる。

採用前研修

(1) 「採用前研修」の概要

この研修は、小学校教員が理科の観察・実験の指導

を苦手としている現況を踏まえて、東京都小学校教員採用試験合格者を対象に、観察・実験の知識と技能を身に付け、翌年4月からの授業に困らないようにするために実施している。開催日は、11月末から2月末までの土曜日の内の6日間である。実施日には各3時間の研修が午前と午後2回ずつ計4研修を準備し、エネルギー、物質、生命、地球の4領域から選択できるようにしている。参加者は、2日間で4領域全ての研修を受講できるが、全てを受講することはノルマになっていない。研修項目は、東京都教職員センターが提案し、研修内容を東京学芸大学理科教員高度支援センターが考案し、両方で協議して決定した。これらは、小学校教員が指導しにくいとされている観察・実験やその基礎基本となる技能を含むように配慮した。

- ①エネルギー領域は、「風やゴムの働き（3年）、電気の利用（6年）」。
- ②粒子領域は、「物と重さ（3年）、物の溶け方（5年）、燃焼の仕組み（6年）」。
- ③生命領域は、「植物の発芽、成長、結実（5年）、動物の誕生（5年）、植物の養分と水の通り道（6年）」。
- ④地球領域は、月と星（4年）、天気の変化（5年）、月と太陽（6年）、土地のつくりと変化（6年）である。

他に、安全に指導できるように、観察・実験を行うに当たっての注意点、実験器具等の使用方法、実験に使用する塩酸・過酸化水素水・水酸化ナトリウム水溶液の作り方と取り扱いの注意点、事故発生時の初期対応等に関連する研修に入れている。

研修のテキスト（東京都教職員研修センター、2013）は、東京都教職員センターに東京学芸大学理科教員高度支援センターと東京都小学校理科研究会とが協力して、作成した。このテキストには、観察・実験

の基礎となる知識だけではなく、理科指導の心がけ等も記載されている。研修では、このテキストに加えて、観察・実験の手順の詳細を示した実験ガイド、ワークシート等を配布し、パワーポイントを用いた説明をしてから観察・実験を行った。

参加者数は、各領域とも毎回20名程度であった。講師は東京学芸大学の教員が担当し、エネルギー領域5名、粒子領域6名、生命領域6名、地球領域9名が指導に当たった。地学領域の担当者数が多いのは、専門分野が多岐に及ぶためである。

(2) 受講生の理科の知識や観察・実験に関する理解度の実情

受講生は、東京都小学校教員採用試験の合格者であるので、小学校教員免許状取得者か取得見込み者である。小学校教員免許状の取得には、教育職員免許法に定められている教科に関する科目、教職に関する科目と教科又は教職に関する科目の単位の修得が必要である。それらの科目の授業内容や免許法で要求されている以上の単位を取得させるかは大学により異なる。東京学芸大学では、理科を選修としない学生は理科の2科目4単位を必修としている。この2科目4単位の授業には、理科教育法の理論的な内容の講義と観察・実験を取り入れているが、この単位数では時間不足で、小学校学習指導要領理科の項目を全てカバーすることはできない(松川, 2014)。従って、東京学芸大学でも理科を選修としない学生の観察・実験の授業内容は、小学校学習指導要領理科の項目を網羅していない。また、研修受講生の多くは、高校時代に理科の4科目の全ては履修していない。そのため、受講生の中には、理科のいずれかの科目内容について中学校レベルの素養しか持っていない者がいるのが現状である。

研修指導の方法の型

研修での指導方法は担当の講師に任されていることが多く、担当講師が決められた項目の内容を独自に考え、教材化し、ワークシート等を作成している。しかし、観察・実験の基礎基本を重視した研修では、指導講師が変わっても、共通の観察・実験ガイドを用い同一の内容の研修を行っている。前者の典型は地学領域の研修で、1回の研修を複数の教員が分担している。一方、後者の典型は物質(粒子)領域の研修である。

研修内容から研修は、基礎的な研修と発展的な研修の2つに分けられる。

I 基礎的な研修

受講生が観察・実験の授業を一人でできるようにする研修で、観察・実験の基礎技能を効率的・体験的に身につけさせることを目的としている。この研修には、観察・実験に必要な準備と後片づけ等に関する内容も含まれる。観察・実験の準備は、小中高校の授業で習うことはなく、大学の学生実験も、調整済みの薬品や器械を使用するため、ほとんど学んでいないのが実状である。そのため、基礎的な研修は教職に就く者にとって大変重要である。理科室の整理に関する知識も得られるようにしている。

II 発展的な研修

これは、教科書等に記載されている結果と異なる観察・実験結果となった場合でも対処できるだけの知識と能力を獲得することを目指した研修である。そのため、受講生には観察・実験の結果を科学的に考えて評価できる力を身につけさせる。研修においては結果がばらつきやすくその原因を受講生が気づき易いような観測・実験を取り入れている。

上述のように、研修は基礎的な研修と発展的な研修に分けることができる。採用前研修として基礎的な研修だけとするか発展的な研修まで行うかは、観察・実験内容に依存する。ここでは、基礎的な研修のみを例として物質領域の化学に関連した粒子領域の実験と発展的な研修例として地学領域の実験について述べる。

(1) 物質領域「基礎から学ぶ理科観察・実験(粒子領域)」

小学校教員の多くは、薬品を取り扱うのを苦手としている(鷲山, 2007)。試薬の調整と基本的な器具の取り扱い方は、小学校理科物質領域の粒子概念を基礎とする領域(粒子領域)の実験を授業で行う際にはどうしても必要な技能である。そこで、試薬調整法と実験器具の取り扱い方の基礎技能の習得を主目的にして、実際に授業で行う実験テーマでの研修を実施した。実験のテーマは、【実験1】ものの燃え方、【実験2】3M塩酸、3M水酸化ナトリウムの調整、【実験3】水溶液の性質とした。高校までの授業での実験でも大学の学生実験においても、実験で使う器具は予め準備され、試薬は実験で使用する濃度に調整され、また、実験も数名のグループで行うのが一般的である。しかし、この研修では、教職に就いて理科実験を担当することを想定して、実験は一人で行わせ、必要な器具は各人で器具置き場から探して用意させ、試薬も各人で市販薬品を必要な濃度に調整させることにした。また、

実験する前に器具にひび割れ等の破損がないかの確認、安全メガネの着用、廃液処理、事故発生時の初期対応等の学校現場で必要となる実験の安全指導も研修内容に含めた。基礎的な研修では、単に実験を体験させるだけでなく、教職に就いたとき授業での実験の準備と指導に自信が持てるようになることを目的として、受講生一人一人に準備から後片付けまでを体験的に理解させることが必要である。実際の研修にあたっては、実験を始める前に、テキストや器具の取り扱いと試薬の薄め方について研修用に作成したDVD映像を用いて説明し、非理科生が苦手としているが試薬調整では必要となるモルについての説明も簡単に行った。

【実験1】(第1図参照)は、現行の小学6年の教科書に記載されている実験に準拠している。実験内容は難しくはないが、受講生の中にはマッチを擦った経験がない者もいたので、観察・実験への苦手意識から授業で観察・実験を避けてしまう教員を減らすためにも、採用前研修として教科書記載の実験を行うことの意義は大である。実験1-1-1)では、あらかじめ集気びんの底から約1cm水を入れておく意味を実験に先立って担当講師が説明をしているが、実験終了後に聞くと理解できていなかった者が半数いた。これは、ろうそくが倒れて集気びんの底に落下しても集気びんが割れることを受講生が実感として持てなかったためであろう。実験操作の意味を十分理解させるためには、事前の説明の際に受講生に理由を考えさせるのが一方法ではあるが、研修時間を考えると、失敗や事故の様子をDVD教材化できるとよい。ただ、失敗や事故は危険性を伴うこともあるので、教材化が難しい場合が多い。実験1-2は、教科書では小さな酸素ポンペを酸素源として用いているが、大学には実験用酸素ポンペがあるのでそれから風船に入れた酸素を研修では用い、教科書の方法は演示実験とした。実験1は教科書に準拠しているので基礎的な研修の教材と言えるが、実験1-1-1)でも、ろうそくが消えるまでの時間を問題にすると発展的な研修にすることも可能である。ここでの研修は基礎的な実験技術の習得を目的とし研修時間も限られていたので、ろうそくが消えるまでの時間は問題にできなかったが、発展的な研修も別途行える。とよい。

【実験2】は、小学校理科の実験でよく用いられ、教職に就けば自分で調整しなくてはならない塩酸と水酸化ナトリウム水溶液を調整する実験である。小学校で使用している塩酸と水酸化ナトリウムは2~3M溶

液であるので、市販の濃塩酸と固体の水酸化ナトリウムを薄めて調整する必要がある。モル概念は、溶液調整には不可欠な概念であるが、高等学校化学が嫌いになる原因の一つとされている。この研修では、受講生の多くが文系の学生であることを考慮して、試薬調整の操作の理解を目的とし、モルの解説はテキストを用いて簡単に行い、使用する薬品と水の量を実験ガイドに示した。テキストには、3M塩酸と3M水酸化ナトリウムを作るのに必要な薬品と水の量を記してある。このテキストや実験ガイドのように、教職に就いた時に活用できる資料を研修で配布するのも意義がある。基礎的な研修では、参考となる資料を見て、自分で準備や実験ができるようにすることを重視している。実験2で調整した3M溶液は、実験3で使用するので、この実験2は学校での実験の準備に相当する。

【実験3】は、現行の小学6年の教科書に記載されている「水溶液の性質」の実験に準拠している。実験内容は、試験管に入れたスチールウールとアルミニウムに実験2で調整した3M塩酸と3M水酸化ナトリウムを加えて溶解の様子を観察することが主なので難しくはない。ただ、以前から理科が日常生活と乖離しているとの指摘がある(平成16年7月31日西日本新聞)ので、アルミニウムとして教科書ではアルミホイルを用いているが、この研修では小学生にも身近なアルミ缶を用いた。「水溶液の性質」では、炭酸が酸であることを学び、アルミニウムが酸に溶けることも学んでいるのに、何故、アルミ缶に炭酸飲料を入れてもアルミニウムが溶けて穴が空き飲料水が漏れ出してこないのかと疑問を持つ教員も児童もいない。学校での実験が身近なものではなく、教科書の内容をただ検証するだけのもので終わってしまったのではないだろうか。実験3-2-5)は、この答えを求める実験で、今回の研修は基礎的な研修ではあるが、発展的な内容も含んでいる。極薄いプラスチックが溶け残っていることを観察させれば、最先端科学技術の素晴らしさを体験させることが可能であり、そうすれば理科を身近なものとして感じさせることもできるだろう。この実験を通して、ちょっとした工夫で教材開発ができることを受講生に気づかせることもできる。実験3-4も簡単な実験ではあるが、これは小学校理科の実験では行わないが、小学校理科の実験でも行う「ろ過」の操作が実験1,2に入っていないので、ろ過の操作を含めるために入れ、今回の研修で小学校理科の実験に必要な基本的実験技術を習得できるようにした。実験終了後は、実験廃液を指定のポリ容器に、使用した器具は洗浄後指定の乾燥用カゴ等に入れさせ、小学校の実験

基礎から学ぶ理科観察・実験 (粒子領域)

※ 実験を始める前に, 操作法を良く読み, 使用する器具・薬品類を揃えておくこと。

【実験 1】 ものの燃え方

小学 6 年「ものの燃え方」(テキスト p.18)

必要な薬品類: マッチ, ろうそく, 石灰水, 酸素(ボンベ), 線香

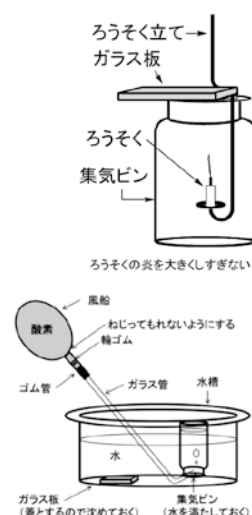
必要な実験器具: 集気びん, ガラス板(蓋), ろうそく立て(燃焼さじ), マッチの燃え差し入れ, 風船, ゴム管, 輪ゴム, ガラス管, 水槽

1 ものが燃える時の変化

- 1) あらかじめ底から約 1 cm 水を入れた集気びんの中に, ろうそく立て(燃焼さじ)に立てた火の着いたろうそくを入れ, ふたをして消えるまで待つ。
- 2) 石灰水を 50 ml ビーカーで約 20 mL はかりとり, 集気びんに手早く入れ, ふたをしてよく振り, 変化を観察し記録する。

2 酸素の働き

- 1) 風船に入れた酸素を, 水上置換法で集気びんに集める。集める酸素の量は, 逆にした時に, 集気びんの底から 1 cm 位水が残るようにする。
- 2) ふたをずらして, 火の着いた線香を集気びんの中に入れ, 燃焼の様子を観察して取り出し記録する。



【実験 2】 3 M 塩酸、3 M 水酸化ナトリウムの調製 (テキスト p.8~10)

必要な薬品類: 濃塩酸, 水酸化ナトリウム

必要な実験器具: 50 mL ビーカー (2 個), 10 mL メスシリンダー, 駒込ピペット, スポイト (ゴム球), ガラス棒, 薬包紙, 電子天秤, 葉さじ

1 3 M 塩酸 (3 M-HCl) のつくり方 (テキスト p.8)

- 1) 濃塩酸 (12 M-HCl) 5 mL をメスシリンダーで測り取り, あらかじめ水を約 5 mL 入れた 50 mL ビーカーに加える。
- 2) ガラス棒で攪拌しながら水を加えて全量を 20 mL とする。(ガラス棒は水洗いし, キムタオルで水分を拭き取っておく。)

2 3 M 水酸化ナトリウム (3 M-NaOH) のつくり方 (テキスト p.10)

- 1) 電子天秤に薬包紙を載せ, 風袋引きのボタンを押し, 0.0 g とする。薬さじで水酸化ナトリウム (NaOH) を 1.2 g はかり取る。
- 2) 水酸化ナトリウムを, 水約 5 mL 入れた 50 mL ビーカーに静かに加える。ガラス棒で攪拌し, 溶かす。
- 3) 水を加えて全量を 10 mL とする。

参考 モル濃度 (M) (テキスト p.10)

水酸化ナトリウムの式量は, Na の原子量 = 23, O の原子量 = 16, H の原子量 = 1 より, NaOH = 40 である。よって, 水酸化ナトリウム 1 モルの質量は 40 g であるため, 3 M 水酸化ナトリウム 10 mL を調製するために必要な質量は, $40 \text{ g/mol} \times (10 \text{ mL}/1000 \text{ mL}) \times 3 \text{ mol} = 1.2 \text{ g}$ である。

Memo

【実験 3】 水溶液の性質

小学 6 年「水溶液の性質」

必要な薬品類: 3 M-HCl, 3 M-NaOH, 石灰水, 3M-NaCl, 赤と青のリトマス紙, スチールウール, アルミニウム

必要な実験器具: 試験管 (7), ガラス棒, 駒込ピペット (3), 蒸発皿, 三脚, 金網, アルコールランプ (またはガスバーナーまたはガスコンロ), ろ紙, ろうと, ろうと台, 50 mL ビーカー

1 水溶液の酸性とアルカリ性

- 1) 実験 2 で作った 3 M-HCl と 3 M-NaOH を用意する。
- 2) 石灰水と 3M-NaCl をそれぞれ別の試験管に約 2mL 入れる。
- 3) 1/4 に切った赤と青のリトマス紙を紙の上に置き, 4 種の水溶液をガラス棒の先に付けてリトマス紙につけて変化を調べる。ガラス棒は, 使用后, 水洗し拭いてから次の溶液につけること。

2 水溶液と金属

- 1) 少量 (溶け具合を調べるので指先で軽く撮んだ米粒くらいの量で良い) のスチールウールを2本の試験管に入れる。
- 2) 3 M-HCl, 3 M-NaOH をそれぞれ駒込ピペットを用い、2 mL ずつスチールウールが入った別々の試験管に入れ、変化を調べる。
- 3) アルミ缶を約 4 cm x 0.5 cm の幅に切って、紙やすりで先から 2 cm 程を磨いて外側と内側の被膜を落とす。これを約 0.5 cm x 0.2 cm の幅に切って2本の試験管に入れる。
- 4) 3) の試験管に2) と同様に 2 mL ずつ 3 M-HCl, 3 M-NaOH の水溶液をそれぞれ入れ、変化を調べる。
- 5) 3) で用いたアルミ片の別の端の外側 (塗装面) の皮膜だけを紙やすりで磨き、約 0.5 cm x 0.5 cm に切って試験管に入れ、3 M-HCl 2 mL を加えて4) の塩酸の場合と比較する。

3 塩酸水溶液に溶けているもの

- 1) スチールウールに 3 M-HCl を入れた試験管 (実験 2-2) に約水 2 mL を加え、溶液 (上澄み液) 約 1 mL を駒込ピペットで取り、蒸発皿に入れる。アルコールランプ、ガスバーナー (三脚をかぶせる) またはカセットコンロに金網を乗せ、蒸発皿を置き、加熱することにより蒸発乾固させる。析出した固体を観察する。

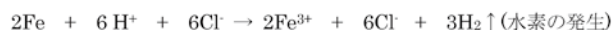
注) 加熱後すぐは非常に熱くなっているので、三脚、金網、蒸発皿には絶対に手を触れないこと。

4 水酸化ナトリウム水溶液に溶けているもの

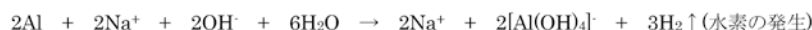
- 1) 実験 2-4) のアルミ片に水酸化ナトリウム水溶液を加えた試験管に水約 5 mL 加える。
- 2) ろうと台にろうとをセットし、四つ折りにしたろ紙を乗せ、下に 50 mL ビーカを置き、残ったアルミの固体を取り除くためにろ過 (テキスト p.17) する。
- 3) ろ別した溶液に 3 M-HCl を1滴ずつ滴下して加え、変化を調べる。 <二段階に変化する>

参考

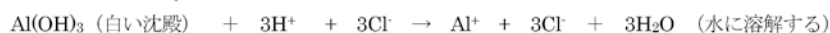
実験項目 3-2-2) 4) の鉄とアルミと塩酸との反応の化学変化 (鉄を例として示す。アルミも同様の反応式である。)



実験項目 3-2-4) のアルミと水酸化ナトリウムとの反応の化学変化



実験項目 3-4-3) の二段階に変化するときの化学反応式



試薬の廃棄と器具の洗浄

試薬の廃棄

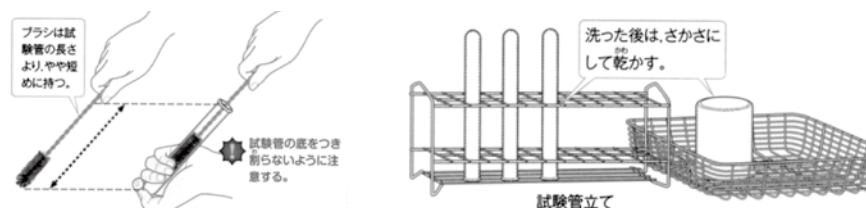
試験管中に残っている金属を取り除くために、大きいビーカの上に水切りネットを被せたらうとを用意してあるので、そこに廃液を回収する。少量の水を試験管に加えて中の金属を完全にネットに移す。溶液は中和して捨てるので、酸・アルカリとも同じところに捨てて良い。

参考 溶解性鉄の排水基準 10 mg/L 以下

pH 1 の塩酸 1L に水を加えて pH 5 にするには、10000 L の水が必要。(濃度を 10^{-1} M から 10^{-5} M にするため。)

器具の洗浄

今回使用する薬品類は金属を除くと全て水に溶けるので、洗剤は使用せずに器具の内側はブラシでこすり、外側はスポンジでこすってから水洗する。



第1図2. 化学の粒子領域のワークシート

での後始末も理解させるようにした。

実験は、扱い方によって基礎的な研修にも発展的な研修にもなり得るが、何を研修の目的とするかを明確にすべきである。今回の物質領域の研修は、試薬調整法と実験器具の取り扱い方の基礎技術の習得を目的と

し、研修時間の経過とともに実験操作をスムーズにできるようになってきていたので、その目的は達成できたものと思われる。

(2) 地球領域「土地の作りと変化」

この研修では、①「地層を作る」、②「関東ローム層を作る赤土の観察」の実験と観察を行った。受講者の多くは文系の学生で、地学の授業が開講されていない高校があることも考慮すると、ほとんどの受講生が高校レベルの地学の知識を有していないと考えられる。このような受講生に地学領域の観察・実験を授業で自信を持って行えるだけの力をつけさせるために適した研修法の開発を目指して2通りの研修法を試みた。すなわち、教え込み型と考えさせ型のワークシートを用いた研修である。

上記の2つのテーマは両者とも基礎的な研修と発展的な研修として実施した。第2図は教え込み型のワークシートを、第3図は考えさせ型のワークシートである。両者の相違は、観察と実験の結果を具体的な質問により受講生が答えやすいように設定されているか、いないかである。観察や実験の経験の少ない受講生にとっては、具体的な質問により、観察や実験の結果の特徴の整理と考察がし易くなると考えられる。

①「地層を作る」

これは、地層が水中で他の場所から侵食され、運搬されてきた土砂や岩石が溜って、層になり、地層が形成される過程を理解するための実験である。一般的に、地層は水中の水平な面の上で、一定の厚さで溜まる。比較的均質な構成物からなる一枚の地層を単層と呼ぶ。地層の縞模様は、単層の構成物の色や粒の大きさの相異を表す。

2つの実験Aと実験Bを行う。実験Aでは地層で見られる縞模様ができるが、実験Bでは縞模様ができないことを観察する。2つの実験の比較により、地層の縞模様ができる条件を考察する。これらの実験は、共に現行の教科書に地層の縞模様を作る実験として掲載されている。

実験Aでは、水を満たした長い管に砂（色の異なる複数のカラーサンド）を落とし（第4図）、実験Bでは水を満たしたペットボトルに砂（色の異なる複数のカラーサンド）を入れて、栓をして、よく振り、縞模様を作ることを試みさせる（第5図）。そして、その結果を考察させるために、以下を問う。すなわち、実験Aの長い管と実験Bのペットボトルで、「縞模様ができる」、「できない」の結果を問うた上で、実験Bの実験が教科書に載っている実験装置で、地層の縞模様ができている理由を問う。つまり、教科書の実験では、縞模様はできることになっているが、自身の実験ではできないので、「できる」、「できない」の理由を考え

させる。これは発展的な研修にあたる。教科書通りの実験結果が得られない例の1つである。

実験Aでは、100cmの長い管を使用し、縞模様ができた。砂が落下する際に粒子サイズの違いにより、大きな粒子が先に沈下し、小さなサイズの粒子が後に沈下する。つまり、粒子サイズに速度差があるので、沈降時間差が生じたことにより、分級され、縞模様ができたと説明される。これは、ニュートンのインパクトの法則とストークスの法則で説明される。

実験Bでは、15cm程のペットボトル（500ml）を使用した。縞模様ができなかった。この長さのペットボトルでは粒子の沈降速度差を反映できないので、縞模様ができないと説明される。

なお、粒子サイズを調整すれば短いペットボトルでも縞模様はできる。校庭の砂場の砂は粒子サイズが調整されていないので、縞模様はできない（萩原ほか、2008）。

第1表は、教え込み型の方法により実施した研修の受講生の実験や行動を観察したTA（実験補助者の院生・学生）の記録である。(1)「縞模様ができる」「できない」の実験結果に関して、対象とした受講生4名のうち1名は自分で実験結果を記録できたが、2名は他の受講生と相談の上、また、1名は指導の先生に聞いて記録することができた。また、(2)縞模様ができるための条件（理由）に関して、対象とした受講生の4名のうち3名は先生に聞いて答えることができたが、1名は答えようとしなかった。

第2表は、教え込み型の方法により実施した研修の受講生の理解度の診断テストの結果である。(1)2つの器具のうち、縞模様を作りやすいのはどちらの器具かの問いに対しては全参加者が「長い管」と答えた。しかし、縞模様をできるためにはどうするかの問いに関しては、管の長さは15名中の14名がどうしたらよいかを書けたが、1名は書けなかった。また、粒子の大きさについては15名中の13名がどうしたらよいかを書けたが、2名は書けなかった。

[考察]

第1表の結果は、実験した結果を問うているので、それを記述すれば良い。しかし、3/4の受講生は受講生同士や先生に聞いて解答した。これは、受講生の自信の無さを示している。第2表の結果は、実験結果を答えられてもその理由が説明できない受講生がいたことを示す。表現できないのか、理由が理解できない

地球 : 土地のつくりと変化 (6年)

1. 「なるほど」と納得するには

2. 地層を作る.

実験 A. 長い管に砂 (カラーサンド) を入れて縞模様を作る.

手順 1. 管の中に水を上から 15 cm 程度まで入れる.

手順 2. カップ A に入っているカラーサンドのうち, 1/3 程度の量を一気に入れる.
そして, 底にたまる様子を観察する.

手順 3. 水中の全部の砂がたまったら, さらに, 1/3 程度のカラーサンドを一気に
入れる. そして, たまる様子を観察する.

手順 4. 貝殻を落とす.

手順 5. さらに, 残りの 1/3 程度のカラーサンドを一気に入れる. そして, たまる様
子を観察する.

実験 B. ペットボトルに砂 (カラーサンド) を入れて縞模様を作る.

手順 1. ペットボトルに上から 5 cm 程度まで水を入れる.

手順 2. カップ B に入っているカラーサンドを入れる.

手順 3. ペットボトルの栓をして, よく振る. そして, 縞模様を観察する.

実験の考察

(1) 以下の道具で, 「縞模様ができる」, 「できない」 の実験結果を書きましょう.

- ・ペットボトル
- ・長い管

(2) 教科書に載っている実験装置では地層の縞模様ができることになっています.

この装置で地層ができたのはなぜでしょう?

3. 関東ローム層を作る赤土の観察

実験 C. 蒸発皿に入っている赤玉土を調べましょう.

手順 1. 蒸発皿に水を入れ, 指の腹でよくこねる.

手順 2. 濁った水を捨てる. 沈殿している鉱物を流さないようにする.

手順 3. 手順 1 と 2 を何度も繰り返す. そして, 濁った水がなくなるまで繰り返す.

第2図1. 「大地のつくりと変化(6年)」の教え込み型のワークシート. 網掛けが考えさせ型とは問いの文章を変えてある.

手順4. シャーレに残った鉱物に移す.

手順5. 顕微鏡を準備する. 顕微鏡は落斜光を使って鉱物を観察する.

観察の記録と考察

(1) 火山灰のつぶ(鉱物)は, どんな形や色をしていますか?

実験 D. 海の砂の観察

手順1. シャーレに入っている海の砂(X)の鉱物の形を観察する.

観察の記録と考察: 火山灰と砂(X)の鉱物の比較

(1) 火山灰のつぶ(鉱物)と砂のつぶ(鉱物)を比べて, どんな違いがありますか?

(2) 火山灰につぶ(鉱物)には, どんな特徴があるといえますか?

第2図2. 「大地のつくりと変化(6年)」の教え込み型のワークシート. 網掛けが考えさせ型とは問いの文章を変えてある.

第1表. 教え込み型の方法により実施した研修の受講生の実験や行動を観察したTA(実験補助者の院生・学生)の記録
実験の考察

(1) 以下の道具で, 「縞模様ができる」, 「できない」の実験結果を書きましょう。

評価	対象者①	対象者②	対象者③	対象者④	合計
A(一人でできた)			1		1
B(相談してできた)		1		1	2
C(先生に聞いてできた)	1				1
D(できない)					0

(2) 教科書に載っている実験装置では地層の縞模様ができることになっています。
この装置で地層ができたのはなぜでしょう？

評価	対象者①	対象者②	対象者③	対象者④	合計
A(一人でできた)					0
B(相談してできた)					0
C(先生に聞いてできた)	1	1	1		3
D(できない)					0

のかのいずれかである。

第3表は, 考えさせ型の方法により実施した研修の受講生の実験や行動を観察したTA(実験補助者の院生・学生)の記録である。(1)「縞模様ができる」「できない」の実験結果に関して, 受講生4名のうち2名は自分で実験結果を記録できたが, 1名は他の受講生と相談の上, 1名は指導の先生に聞いて記録すること

ができた。また, (2)縞模様ができるための条件(理由)に関して, 対象者の4名のうち2名は他の受講生と相談の上, 1名は指導の先生に聞いて解答することができたが, 1名は答えようとしなかった。

地球 : 土地のつくりと変化 (6年) I

1. 「なるほど」と納得するには

2. 地層を作る.

実験 A. 長い管に砂 (カラーサンド) を入れて縞模様を作る.

手順 1. 管の中に水を上から 15 cm 程度まで入れる.

手順 2. カップ A に入っているカラーサンドのうち, 1/3 程度の量を一気に入れる.
そして, 底にたまる様子を観察する.

手順 3. 水中の全部の砂がたまったら, さらに, 1/3 程度のカラーサンドを一気に入れる. そして, たまる様子を観察する.

手順 4. 管の中の全部の砂がたまったら, さらに, 残りの 1/3 程度のカラーサンドを一気に入れる. そして, たまる様子を観察する.

実験 B. ペットボトルに砂 (カラーサンド) を入れて縞模様を作る.

手順 1. ペットボトルに上から 5 cm 程度まで水を入れる.

手順 2. カップ B に入っているカラーサンドを入れる.

手順 3. ペットボトルの栓をして, よく振る. そして, 縞模様を観察する.

実験の考察

(1) 以下の道具で, 「縞模様ができる」, 「できない」 の実験結果を書きましょう.

- ・ペットボトル
- ・長い管

(2) 縞模様ができるための条件 (理由) を書きましょう.

- ・ペットボトル
- ・長い管

3. 関東ローム層を作る赤土の観察

実験 C. 4つの蒸発皿に入っている4種類の火山灰を班員が分担して, 観察試料を作り, 調べましょう.

手順 1. それぞれの蒸発皿に水を入れ, 指の腹でよくこねる.

手順 2. 濁った水を捨てる. 沈殿している鉱物を流さないようにする.

- 手順3. 手順1と2を何度も繰り返す. そして, 濁った水がなくなるまで繰り返す.
 手順4. シャーレに残った鉱物に移す.
 手順5. 顕微鏡を準備する. 顕微鏡は落斜光を使って鉱物を観察する.

観察の記録と考察

- (1) 4つの種類の試料の同じもの同士を分類しましょう.
 (2) 鉱物の形は, 丸か, 角張っていますか?

実験D. 海の砂と川の砂の観察

- 手順1. シャーレに入っている海の砂 (X) の鉱物の形を観察する.
 手順2. シャーレに入っている川の砂 (Y) の鉱物の形を観察する.
 手順3. シャーレに入っている地層の砂 (Z) の鉱物の形を観察する.

観察の記録と考察:

火山灰, 海岸の砂 (X), 川の砂 (Y) と地層の砂 (Z) の鉱物の比較

- (1) 海岸の砂 (X) と川の砂 (Y) では, 丸い鉱物が多いのはどちらでしょう?
 (2) 海岸の砂 (X) と川の砂 (Y) で, 鉱物の丸さが違う理由を書きましょう.
 (3) 火山灰の鉱物が角張っているのはなぜでしょう.
 (4) 同じ種類の火山灰であることがわかると, 同じ火山の噴火で降り積もってできたもので有ることがわかります. このことから, 火山灰層が地層中に含まれていると, どのように役立つでしょう.

第3図2. 「大地のつくりと変化 (6年)」の考えさせ型のワークシート

第2表. 教え込み型の方法により実施した研修の受講生の理解度の診断テストの結果

理解度の診断テスト

1. ペットボトルと長い管を比べて, 縞模様を作りやすいのはどちらの器具でしょうか?

	長い管
書けた	15
書けてない・間違っている	0

2. 縞模様ができるようにするためには, どうしたらよいでしょうか?

	高さ	粒子の大きさ
書けた	14	13
書けてない・間違っている	1	2

第4表は、考えさせ型の方法により実施した研修の受講生の理解度の診断テストの結果である。(1)2つの器具のうち、縞模様を作りやすいのはどちらの器具かの問いに対しては全参加者が「長い管」と答えた。し

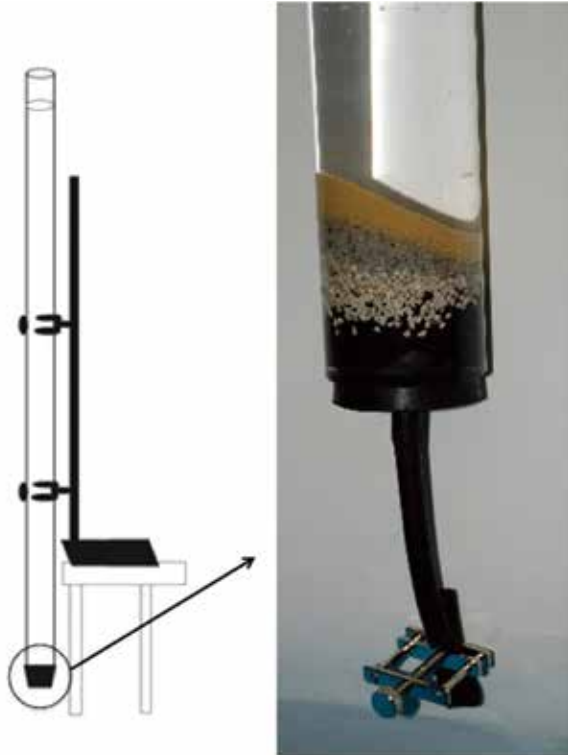
かし、縞模様ができるようにするにはどうしたらよいかの問いに関しては、16名中の13名は管の長さ、13名は粒子の大きさについて説明したが、3名は説明できなかった。

[考察]

第3表の結果は、実験した結果を問うているので、それを記述すれば良い。しかし、半数以上の受講生は受講生同士や先生に聞いて解答した。これは、受講生の自信の無さを示している。第4表の結果は、実験結果を答えられてもその理由が説明できない受講生がいることを示している。表現できないのか、理由が理解できないのかのいずれかである。

[2つの方法により実施した研修の比較]

教え込み型と考えさせ型という2つの方法の実施結果の相違は、明確には示されなかった。縞模様を作りやすい器具に関しては全員が長い管と答えたので、観察は正確にできた。しかし、その理由に関しては、発展的研修では「縞模様ができるための条件(理由)を書く」ことを具体的に問うたが、書けた受講生の数は2つの方法ではほぼ同数であった。また、書いていない・間違っている受講生の数もほぼ同数であった。これは、問い方をさらに改良する必要があることを示していると考えられる。



第4図. 長い管(沈降管)を使用して縞模様を作る実験装置(左)と実験によりできた縞模様(右)



第5図. 水が入ったペットボトルに砂場の砂を入れて攪拌し、1時間、1日、1週間経過した状態

第3表. 考えさせ型の方法により実施した研修の受講生の実験や行動を観察したTA (実験補助者の院生・学生) の記録

実験の考察

(1) 以下の道具で, 「縞模様ができる」, 「できない」の実験結果を書きましょう。

評価	対象者①	対象者②	対象者③	対象者④	合計
A (一人でできた)		1	1		2
B (相談してできた)	1				1
C (先生に聞いてできた)				1	1
D (できない)					0

(2) 縞模様ができるための条件 (理由) を書きましょう。

評価	対象者①	対象者②	対象者③	対象者④	合計
A (一人でできた)					0
B (相談してできた)	1	1			2
C (先生に聞いてできた)				1	1
D (できない)					0

第4表. 考えさせ型の方法により実施した研修の受講生の理解度の診断テストの結果

1. ペットボトルと長い管を比べて, 縞模様を作りやすいのはどちらの器具でしょうか?

	長い管
書けた	16
書けてない・間違っている	0

2. 縞模様ができるようにするためには, どうしたらよいでしょうか?

	高さ	粒子の大きさ
書けた	13	13
書けてない・間違っている	3	3

② 「関東ローム層を作る赤土の観察」

実験Cの教え込み型の実験では, 関東ローム層の火山灰に含まれる鉱物を碗がけにより取り出し, 顕微鏡で観察させて, 火山灰が同じ物を見つけさせて火山灰中の鉱物の形は, 丸か, 角張っているかを問う。一方, 考えさせ型の実験では, 4箇所から採集された火山灰に含まれる鉱物を碗がけにより取り出し, 顕微鏡で観察させて, 火山灰が同じを見つけさせる。さらに, 火山灰の鉱物の形は, 丸か, 角張っているか具体的に問う。

実験Dの教え込み型の実験では, 海の砂 (X) を顕微鏡で観察し, 火山灰のつぶ (鉱物) と砂のつぶ (鉱物) を比較させ, 火山灰のつぶ (鉱物) の特徴を問う。一方, 考えさせ型は, 火山灰, 海岸の砂 (X), 川の砂 (Y) と地層の砂 (Z) の4種類を顕微鏡で観察させ, 海岸の砂 (X) と川の砂 (Y) を比べさせて, 丸い鉱物が多いのはどちらかを問う, さらに, 鉱物の丸さが異なる理由と火山灰中の鉱物が角張っている理由を問う。最後に, 同じ種類の火山灰層が地層に含まれている時の有用性を問う。なお, この観察で使用する火山

灰は, 東京都多摩丘陵から, 海の砂 (X) は千葉県九十九里海岸から, 川の砂 (Y) は長野県池田町高瀬川河床から, 地層の砂 (Z) は東京都日野市長沼公園内の平山層の未固結の砂層から採集されたものである。

第5表は, 教え込み型の方法により実施した研修の受講生の実験や行動を観察したTA (実験補助者の院生・学生) の記録である。(1) 「火山灰のつぶ (鉱物) はどんな形や色をしていますか」の実験に関して, 対象とした受講生の4名のうち2名は自分で実験結果を記録できたが, 1名は他の受講生と相談の上, また, 1名は指導の先生に聞いて記録することができた。理解度の診断テスト (第6表) では, 特徴に関しては15名の全員が書けたが, その理由については, 11名が書けたが4名は書けなかった。火山灰と砂 (X) の鉱物の比較に関して, (1) 「火山灰のつぶ (鉱物) と砂のつぶ (鉱物) を比べて, どんな違いがありますか」は, 対象とした受講生の4名のうち1名は他の受講生と相談の上, また, 1名は指導の先生に聞いて書くことができた。1名はできず, 1名は答えようとしなかった。さらに, (2) 「火山灰のつぶ (鉱物) には, どんな特徴



試料の処理と観察の仕方

第6図. 関東ローム層を作る赤土から碗がけにより鉄物を析出し、顕微鏡で観察するまでの手順

があると言えますか?」は、1名ができたが、2名はできず、1名は答えようとしなかった。

[考察]

観察した結果を書くことはできるが、理由を書けない受講生が1/4程度いる。先生や受講生に聞いてできた受講生の割合からすると、一人でできる受講生の割合はさらに下がると思われる。観察したことに自信をもたせることの工夫が必要である。また、(2)「火山灰のつぶ(鉄物)には、どんな特徴があると言えますか?」は、できない、答えようとしないう受講生の割合が高いのは、質問が具体的でなかったためと思われる。

第7表は、考えさせ型の方法により実施した研修の受講生の実験や行動を観察したTA(実験補助者の院生・学生)の記録である。(1)「4つの種類の試料の同じもの同士を分類しましょう」に関しては、対象とした受講生の4名のうち1名は自分で実験結果を記録できたが、2名は他の受講生と相談の上、また、1名は指導の先生に聞いて記録していた。(2)「鉄物の形は、丸か、角張っているか」に関しては、対象とした受講生の4名のうち3名は、自分で結果を記録できたが、1名は他の受講生と相談して記録できた。理解度の診

断テスト(第8表)では、特徴については16名の全員が書けたが、理由は、10名が書けたが6名が書けなかった。

[考察]

観察した結果を書くことはできるが、理由を書けない受講生が半数程度いた。しかし、一人でできた受講生の割合も高いので、理由を表現できやすいように質問の文章を改良する必要があると考えられる。

考えさせ型の「鉄物の形は、丸か、角張っているか」と「火山灰、海岸の砂(X)、川の砂(Y)と地層の砂(Z)の鉄物の比較」は、一人でできた受講生の割合が高い。これは、設問を具体的に答えられるようにしたためと思われる。しかし、理由を書けない受講生の割合が高いのは、論理的に考え、それを文章で表現できないことを示す。設問をさらに細かく分け一步一步階段を登るように考えさせる工夫が必要である。

地学領域では1つの研修テーマに対して、教え込み型と考えさせ型という2つの方法で採用前研修を試みた。TAによる受講生の個別の行動記録と理解度テストから評価すると、教え込み型の方法と考えさせ型の方法での結果に明瞭な相違点は認められなかった。共通する点は、受講者の実験や行動を観察したTAの

第5表. 教え込み型の方法により実施した研修の受講生の実験や行動を観察したTA (実験補助者の院生・学生) の記録

(1) 火山灰のつぶ (鉈物) は, どんな形や色をしていますか?

評 価	対象者①	対象者②	対象者③	対象者④	合 計
A (一人でできた)			1	1	2
B (相談してできた)	1				1
C (先生に聞いてできた)		1			1
D (できない)					0

4. 火山灰と砂 (X) の鉈物の比較

(1) 火山灰のつぶ (鉈物) と砂のつぶ (鉈物) を比べて, どんな違いがありますか?

評 価	対象者①	対象者②	対象者③	対象者④	合 計
A (一人でできた)					0
B (相談してできた)				1	1
C (先生に聞いてできた)			1		1
D (できない)	1				1

(2) 火山灰につぶ (鉈物) には, どんな特徴があるといえますか?

評 価	対象者①	対象者②	対象者③	対象者④	合 計
A (一人でできた)				1	1
B (相談してできた)					0
C (先生に聞いてできた)					0
D (できない)	1		1		2

第6表. 教え込み型の方法により実施した研修の受講生の理解度の診断テストの結果

3. 火山灰に含まれる鉈物の形の特徴は何でしょうか? また, その特徴が見られる理由は何でしょうか?

	特 徴	理 由
書けた	15	11
書けてない・間違っている	0	4

第7表. 考えさせ型の方法により実施した研修の受講生の実験や行動を観察したTA (実験補助者の院生・学生) の記録

(1) 4つの種類の試料の同じもの同士を分類しましょう.

評 価	対象者①	対象者②	対象者③	対象者④	合 計
A (一人でできた)	1				1
B (相談してできた)		1		1	2
C (先生に聞いてできた)			1		1
D (できない)					0

(2) 鉈物の形は, 丸か, 角張っていますか?

評 価	対象者①	対象者②	対象者③	対象者④	合 計
A (一人でできた)	1	1		1	3
B (相談してできた)			1		1
C (先生に聞いてできた)					0
D (できない)					0

第8表. 考えさせ型の方法により実施した研修の受講生の理解度の診断テストの結果

3. 火山灰に含まれる鉈物の形の特徴は何でしょうか? また, その特徴が見られる理由は何でしょうか?

	特 徴	理 由
書けた	16	10
書けてない・間違っている	0	6

記録や理解度の診断テストへの解答では受講者が質問に対して文章で答えられなかったことがあげられる。これは、受講生のほとんどが文系の学生で、大学での地学の授業、また高校時代に地学の授業を受講した経験がなく、地学分野の科学的な見方、論の進め方を修得していないために生じた可能性が高い。受講生のこのような現状で、特に、考えさせ型の方法での正答率を上げるためには、問い方の改良が必要であることがわかった。

結論

1. 物質領域の粒子概念を基礎とする分野(粒子領域)の実験の実施には、試薬の調整と基本的な実験器具の取り扱いの理解が不可欠なので、それらに関する基礎技能の取得を目的とした基礎的な研修として採用前研修を実施した。受講生一人一人の実験の準備から、実験をした後の片づけまで一人で行うようにしたため、基礎技能を身につける効果があった。
2. 地学領域では、小学校理科の教員研修(採用前研修)を、2つの方法(教え込み型、考えさせ型)の教材を開発し、これを用いて実践したが、相違は明瞭には示されなかった。これは、受講生が中学時以後に地学の授業を受講してこなかったため、地学分野の科学的な見方、論の進め方を修得していないために生じた可能性が高い。考えさせ型の方法で、受講生の正答率を上げるためには、問い方の改良が必要であることがわかった。

引用文献

- 萩原伸子・西田尚央・小河佑太力・松川正樹, 2008. 「地層のできかた」を観察する堆積実験の検討. 地学教育 61, 9-23.
- 長谷川正・松川正樹(編), 2011. 小学校教員のための理科教育—科学的な見方・考え方を養う—. 東京学芸大学出版会, 東京, 189p.
- 平田昭雄・下條隆嗣・福地昭輝, 1998. 小学校教師の理科指導に関連する専門性の修得—出身専攻等による比較検討より—. 日本教科教育学会誌 21, 11-20.
- 科学技術振興機構理科支援センター, 2006. 平成20年度小学校理科教育実態調査及び中学校理科教師実態調査に関する報告書(改訂版), 201 p.
- 松川正樹, 2014. 理科に強い小学校教員養成の取り組み: 理科生, 非理科生に対する理科指導の工夫. SYNAPSE 34, 13-17.
- 松川正樹・長谷川正・原田和雄・新田英雄, 2013. 小学校教員養成における理科のスタンダード・カリキュラムの試み: 大学の教員養成における理科教育カリキュラムの国際比較に基づいて. 東京学芸大学紀要 自然科学 66, 73-84.
- 東京都教職員研修センター, 2013. 基礎から学ぶ理科観察・実験テキスト. 東京都教職員研修センター, 東京, 25p.
- 鷺山恭彦(代表), 2007. 平成18年度文部科学省委託事業わかる授業実現のための指導力向上プログラム「理科の実験に対する苦手意識をなくす教員研修プログラムの開発」報告書, 東京学芸大学, 122p.