



Tokyo Gakugei University Repository

東京学芸大学リポジトリ

<http://ir.u-gakugei.ac.jp/>

Title	「理科室の安全な管理の仕方と安全な実験方法：薬品の管理・取扱・廃棄の方法と物質領域の実験で必要とされるスタンダードテクニックの習得」に関する教材開発と評価(fulltext)
Author(s)	中野,幸夫; 吉原,伸敏
Citation	東京学芸大学紀要. 自然科学系, 67: 239-252
Issue Date	2015-09-30
URL	http://hdl.handle.net/2309/139372
Publisher	東京学芸大学学術情報委員会
Rights	

「理科室の安全な管理の仕方と安全な実験方法：
薬品の管理・取扱・廃棄の方法と物質領域の実験で必要とされる
スタンダードテクニクの習得」に関する教材開発と評価

中野幸夫*¹・吉原伸敏*²

環境科学分野

(2015年5月22日受理)

NAKANO, Y. and YOSHIHARA, N.: Development and evaluation of teaching material for learning about a secure supervision of a science laboratory and safety experimental skills, especially pertaining to management, treatment and disposal methods for chemicals and standard experimental techniques required in the experiment of material field of science in an elementary school. Bull. Tokyo Gakugei Univ. Div. Nat. Sci., 67: 239-252. (2015) ISSN 1880-4330

Abstract

In this paper, we developed teaching material for learning about a daily secure supervision of a science laboratory in an elementary school and secure experimental skills. The targets of our teaching material are that teachers learn about the methods of management, treatment and disposal for chemicals and acquire the standard experimental techniques required in the experiment of material field of science in an elementary school such as basic experimental skills, treatment of chemistry apparatus and experimental procedures. Our teaching material is composed of lectures and practical training of experiments for three theme: first, methods of management, treatment and disposal for chemicals, second, the exact usage of an even balance, third, the experiments for production and collection of oxygen gas and the analysis of components of air after combustion. The results performed teacher training using this teaching material actually indicate that most of the teachers obtained the knowledge and experience required to perform a secure science experiments and acquired standard experimental techniques required in the experiment of material field of science in an elementary school.

Keywords: science laboratory, usage of chemicals, standard experimental techniques

Department of Environmental Sciences, Tokyo Gakugei University, 4-1-1 Nukuikita-machi, Koganei-shi, Tokyo 184-8501, Japan

要旨： 本論文では、小学校の理科室の日常的な安全管理や安全に理科の実験を行うために必要な知識と経験を教員に修得させることを目的とし教材開発を行った。小学校の理科室にある薬品の正しい管理・取扱・廃棄の方法と物質領域の実験で必要とされる基礎的な実験手法、標準的な実験器具の取扱い、一般的な実験手順などのスタンダードテクニクの習得を目標として教材は作成された。本研究で開発した教材は、主に①薬品の管理・取扱・廃棄の仕方、②上皿天秤の正しい使い方、③酸素ガス発生と燃焼後の気体分析の実験の3つの題材について講義・実習実

*1 東京学芸大学 広域自然科学講座 環境科学分野 (184-8501 小金井市貫井北町4-1-1)

*2 東京学芸大学 理科教員高度支援センター

験を行う構成となっている。この教材を用いて教員研修を実際に行った結果、ほとんどの教員が安全な理科の実験を行うために必要な知識・経験を得て、物質領域の実験で必要とされるスタンダードテクニックを習得したという結果が得られた。

1. 序論

小学校においては、授業のため日常的に理科室は使われるが、小学校教員の中には理科室の管理方法などについての教育を受ける機会をもてず、理科室の管理を行うために必要な知識を持っていない教員もかなり多い。理科室の適切な管理が行われていないと、安全な理科の授業を日常的に行うことが困難となる。特に理科室にある薬品に関しては、最悪の場合としては、知識のない状態で薬品を使用や管理することにより、毒物及び劇物取締法や消防法などに抵触する恐れや薬品の誤った使い方により事故に繋がることもある。そのような事態を防ぐためにも、たとえ理科専科でない小学校教員でも理科室の管理方法、特に薬品の正しい管理・取扱・廃棄の方法について、しっかりと知識を習得しておく必要がある。

一方、小学校学習指導要領における理科の特に物質領域で行われる実験¹⁾をしっかりと指導するためには、基礎的な実験手法、標準的な実験器具の取扱い、一般的な実験手順に関する知識を備えることが必要とされる。しかしながら、これらについての知識が不十分であり、そのため理科の特に物質領域の実験を行うことに対して苦手意識を持っている小学校教員も多いのが事実である。児童が科学的なことに対し興味・関心を持つためには、小学校で、なるべく多くの理科の実験を児童に経験させることが重要である。そのためには、基礎的な実験手法、標準的な実験器具の取扱い、一般的な実験手順に関する知識を小学校教員が修得し、小学校教員が安全に実験を行い指導できるようになり、理科の実験に関する苦手意識をなくすことが必要である。

本論文では小学校教員に小学校の理科室の日常的な安全な管理や安全な理科の実験を行うことのために必要な知識や経験を修得させることを目標として、小学校の理科室にある薬品の正しい管理・取扱・廃棄の方法と物質領域の実験で必要とされる基礎的な実験手法、標準的な実験器具の取扱い、一般的な実験手順などのスタンダードテクニックを習得するための教員研修用の教材開発を行った。

本研究で開発した教材は、主に以下の3つの題材について講義・実験・実習を行う構成となっている。

- ① 薬品の管理・取扱・廃棄の仕方
- ② 上皿天秤の正しい使い方
- ③ 酸素ガス発生と燃焼後の気体分析の実験

ここで、②で取り扱う上皿天秤は平成20年3月改定の小学校学習指導要領¹⁾での小学校3年生の理科の単元「物の重さ」などにおいて主に使用する器具であり、上皿天秤は他の単元においても使用される基礎的な実験器具である。また、③で取り扱う酸素ガス発生と燃焼後の気体分析の実験では、まず、二酸化マンガンを触媒とした過酸化水素水の分解により酸素ガスを発生させ、その酸素ガスを水上置換により集気瓶に捕集する。その後、捕集した酸素ガスを高い酸素濃度下での燃焼の実験を行い、気体検知管を用い燃焼後の気体成分の変化を測定するという実験である。この一連の実験は物質領域の実験で必要とされる基礎的な実験手法、標準的な実験器具の取扱い、一般的な実験手順などのエッセンスが含まれている。このことより、これら上皿天秤の正しい使い方と酸素ガス発生と燃焼後の気体分析の実験は、物質領域の実験で必要とされるスタンダードテクニックを習得する目的としては、非常によい題材であるため、本教材の題材として取り上げている。上記した3つの題材について講義・実習実験を行うことで、安全な理科の実験を行うために必要な知識・経験を得て、物質領域の実験で必要なスタンダードテクニックを小学校教員に習得させることが目的である。

次章より上記の3つの題材に関しての個々の詳細や重要性、注意点などを解説する。

2. 薬品の管理・取扱・廃棄の仕方

薬品の管理・取扱・廃棄に必要な法律や化学物質の性質などについて、以下で各項目別に説明する。

2. 1 薬品の分類と薬品に係る法律

毒物は、毒物及び劇物取締法により指定され、主に大人が誤飲した場合の致死量が、2g程度以下の薬品が指定されている。法律上、毒物にはその保存容器の外側に「医薬用外毒物」と赤地に白文字で書いてあるラベルを張り付ける必要がある。通常、購入したままの容器に入っている際は、すでにこのラベルが貼って

あるが、薬品の一部を他の容器に移し替えた際などは上記のラベルが無いので、内容物の詳細も含め、自分で「医薬用外毒物」と書かれたラベルを作成して付ける必要がある。また、毒物を保管する薬品保存庫などの保管場所にも同様にその扉に医薬用外毒物の文字を表示することが法律上必要になっているので、その点にも注意する必要がある。

劇物は毒物及び劇物取締法により指定され、主に大人が誤飲した場合の致死量が、2～20g程度以下の薬品が指定されている。劇物には、その保存容器の外側や毒物を保管する薬品保存庫などの保管場所に「医薬用外劇物」と白地に赤文字で書いてあるラベルを表示することが法律上必要となっている。また、薬品保存庫などの保管場所にも同様に医薬用外毒物の文字を表示する必要があることに注意する。毒物の時と同様に、薬品の一部を移し替えた時などはラベルが無いので、自分でラベルを作成し付ける必要があることに留意する。

危険物は消防法により指定されており、酸化性固体、可燃性固体、自然発火性物質及び禁水性物質、引火性液体、自己反応性物質、酸化性液体の6種類に区分され、それぞれの区分で特有の性状を有する薬品をいう。主に火災や爆発の原因となり得る化学物質であるため、保管場所、保管量、保管状況、使用法などについて消防法により規定されている。

2. 2 薬品の保管方法

全ての薬品は、基本的に鍵のかかる薬品庫か薬品戸棚に保管する必要がある。また、個々の薬品については、薬品の販売元の会社が提供している安全データシート（Safety Data Sheet, SDS）に記載されている内容をよく理解し、その化学的性質を理解しておくことが必要である。その上で、例えば、アルカリ性の薬品と酸性の薬品などのような薬品同士の混合による化学反応が引き起こされる薬品同士は近づけずに保管するなど、個々の薬品の化学的性質に対応した管理や保管を行う必要がある。

実験の運用上で調製した薬品を小さな瓶に分けて保管する必要があるときは、小さく区切られた薬品箱にそれらの小さな瓶を入れ、その薬品箱ごと薬品庫に保管するようにすると個々の薬品瓶の転倒防止に繋がる。地震などによる薬品庫の転倒による事故発生を防ぐため、薬品庫には転倒防止用の金具も取り付けておく必要がある。

2. 3 薬品台帳の作成と使用状況の管理の仕方

個々の薬品に対して薬品台帳を作成し、購入時或使用時にその都度必要事項を記入していく必要がある。薬品を購入時には購入担当者が、使用時には使用者が記入するようにする。また、管理者による定期的な薬品台帳の点検も必要である。薬品台帳には、上部に薬品名、薬品の種類の区分（毒物、劇物、危険物、一般薬品）、取扱注意点を記載し、その下に表を作成し、薬品の使用に対して、年月日、使用者、使用目的、使用量、残量などの項目を使用するたびに記入できるようにしておく。

2. 4 薬品の廃棄の仕方

実験で出た廃液をむやみに下水に流すことは絶対に行わない。廃液は、「酸性廃液」「アルカリ性廃液」「金属が溶けている廃液」の3つの廃液用ポリタンクを用意しておき、廃液の種類に分けて貯蔵しておく。廃液の区別の仕方は、金属を溶かし金属イオンが含まれているものは、金属が溶けている廃液用のポリタンクに入れ貯蔵し、金属イオンが含まれていない廃液は、その廃液が酸性であるかアルカリ性であるかで区別し、酸性廃液用のポリタンクかアルカリ性廃液用のポリタンクのいずれかに貯蔵しておく。金属を溶かし金属イオンが含まれている廃液は、公害を引き起こす可能性が高いため、特にその貯蔵や廃棄に関して注意をする。廃液用ポリタンクの中に廃液がある程度貯まったら、教育委員会を通して廃液処理業者に引き取って処理をしてもらうなどの対応を行う。

使用し終わった薬品瓶などは、よく洗浄した後に乾燥させ、ラベルをはがしてガラスのゴミとして出す。

また、酸素ボンベなどのガス容器については、必ず中にガスが残っていないことを確認して、各自自治体のゴミの出し方によるが、一般的には釘などでボンベの横に穴を開けて、ボンベ内部のガスを完全に排出してから廃棄する。

2. 5 小学校の理科の実験で用いる薬品と分類

平成20年3月改定の小学校学習指導要領に準拠している理科の教科書²⁻¹²⁾を基に、小学校の理科の実験で用いる可能性のある薬品とその薬品が毒物、劇物、危険物、一般薬品のいずれに分類されるかについて表1にまとめた。小学校の理科の実験においては、劇物と危険物に分類される薬品は使用されるが、毒物に分類される薬品は通常使用されない。その他の毒物、劇物、危険物のいずれにも属さない薬品は一般薬品として記している。

表1 小学校理科の実験で用いる可能性のある主な薬品

毒物	なし
劇物	メタノール, ヨウ化カリウム, 塩酸, 水酸化ナトリウム, アンモニア水溶液*, 過酸化水素水溶液**,
危険物	エタノール, メタノール, 過酸化水素水溶液**
一般薬品	消石灰(水酸化カルシウム), ミョウバン(カリミョウバン), 硫酸カリウムアルミニウム12水和物), ホウ酸*, 二酸化マンガン(酸化マンガン(IV))**

*平成20年3月改定の小学校学習指導要領に準拠している理科の教科書では, 教科書によっては使用されないこともある。

**平成20年3月改定の小学校学習指導要領に準拠している理科の教科書には載っていないが, 物の燃え方で酸素を発生する実験を行う際には必要となる。

2. 6 個々の薬品の性質と使用上の注意点

小学校の理科の実験において比較的に高頻度で用いる薬品について, 薬品の性質と使用上の注意点を以下で個別に説明する。

2. 6. 1 アルコール(エタノール, メタノール)

エタノール(エチルアルコール)やメタノール(メチルアルコール)などのアルコールは, 小学校の理科の実験においては, 主にアルコールランプの燃料として用いられる。エタノールやメタノールともに揮発性に加え引火性を持つため, 特に引火や爆発に注意をする必要がある。アルコールに関係した爆発事故は, 小学校においても過去に何度も起こっている。室内で, アルコールを取り扱うときは, その室内のストーブなどの火気全てを事前に消しておくことが必要である。また, アルコールを利用した後の容器は水できれいに洗浄するなどの注意が必要である。万一, アルコールに引火したときには, 慌てずに, まず燃えている容器の口に蓋をしてアルコールに着いた火を消すことが重要である。また, ビーカーのような密栓できない容器やこぼしたアルコールに引火したときは, ぬらした雑巾で覆い火を消すことなどの迅速な対応が必要である。アルコールへの引火がいつ起こっても大丈夫なように, アルコールを用いる際には, 必ずぬらした雑巾を常に準備しておく必要があることに注意する。

また, エタノールやメタノールはともに, 毒性を持つことにも注意する必要がある。特に, メタノールは誤飲すると失明に繋がることもあるので, より一層の注意が必要である。

2. 6. 2 塩酸

塩酸は塩化水素ガスの水溶液であるため, 使用時には有毒の塩化水素ガスが発生するので, 特に濃塩酸を用いるときには注意する必要がある。このため, 授業で使用する際は, 授業前に希釈しておき, 原液は教室に持ち込まないようにする。万一, 塩酸を使用した際に塩酸が目に入ってしまったときは, すぐに大量の流水で洗浄し, 医師の診断を受ける。

塩酸のみの廃液は, 酸性廃液用のポリタンクに貯めておく。金属を溶かす実験に用いた塩酸の廃液は金属イオンを含むため, 含金属廃液用のポリタンクに貯蔵しておく。

2. 6. 3 水酸化ナトリウム

水酸化ナトリウムは, 劇物に指定される小学校の理科の実験で用いる薬品の中でも極めて危険な薬品である。水酸化ナトリウムは水によく溶解する性質を持つため, 空気中に放置しているだけで空気中の水分を吸収して溶けてしまう潮解性を持っている。また, 溶解する際には, 多量の熱が発生することにも注意する。水酸化ナトリウムは, 非常に強いアルカリ性であるため, タンパク質を強力に溶かす性質を持つ。そのため水酸化ナトリウムは直接手で絶対にさわらないようにする。万一, 使用中に水酸化ナトリウムやその水溶液が手に着いた際はすぐに多量の流水で十分な時間洗浄する。また, 水酸化ナトリウムやその水溶液が目に入ったときは, ためた多量の水で洗い, すぐに医師の診断を受ける。

水酸化ナトリウム水溶液はガラスを溶解させる性質を持つため, 保存する際はガラス製の試薬瓶はなるべく用いず, プラスチック容器を使うのが望ましい。もし, ガラス製の試薬瓶を用いる必要があるときは, 蓋はゴム栓にしておかないと蓋が外れなくなる可能性がある。

水酸化ナトリウム水溶液の廃液は, アルカリ性廃液用のポリタンクに貯蔵しておく。

2. 6. 4 石灰水(水酸化カルシウム飽和水溶液)

石灰水は二酸化炭素と反応し, 炭酸カルシウムとなって液が白く濁る性質を持つため, 二酸化炭素の検出などに用いられる水溶液である。

石灰水は水酸化カルシウムの水溶液であるため, アルカリ性を示す。他のアルカリ性の薬品と同様に, 石灰水が手や目にかかると炎症を起こすので, 手に着いた際はすぐに多量の流水で十分な時間洗浄し, 目に入ったときはためた多量の水で洗浄し, すぐに医師の

診断を受ける。

水酸化ナトリウム水溶液ほど強力ではないが、石灰水もアルカリ性の溶液であるため、ガラスをわずかに溶かす性質を持つ。そのため、石灰水を保存する瓶の蓋はゴム栓にする方がよい。

石灰水の廃液は、アルカリ性廃液用のポリタンクに貯蔵しておく。

2. 6. 5 過酸化水素水（過酸化水素水溶液）

過酸化水素水は過酸化水素の水溶液であり、水溶液中で過酸化水素が熱や光により徐々に分解し水と酸素になるため、蓋を開けるとときにはそれらの気体により発泡することがあるので注意する。過酸化水素水が手につくと皮膚が炎症を起こし、水ぶくれなどの軽いやけどの症状になってしまうので注意する。万一、使用中に過酸化水素水が手についたときは、すぐに多量の流水で十分な時間洗浄する。また、目に入ってしまったときは、すぐに大量の流水で洗浄し、医師の診断を受ける必要がある。

酸素発生実験において、二酸化マンガンに触媒に用い過酸化水素水を分解させるときには、過酸化水素水の濃度が高いと、激しく反応し噴出や多量の発熱を伴うことがあるため、5%程度に希釈した過酸化水素水を使うとよい。

2. 6. 6 二酸化マンガン（酸化マンガン（IV））

二酸化マンガンは過酸化水素水と同様に、主に酸素発生実験において使用される。酸素発生実験において、粉末の二酸化マンガンをそのまま用いると過酸化水素水が急激に分解し、激しく反応し噴出や多量の発熱を伴うことがあるため、粒状の二酸化マンガンを用いるか粉末の二酸化マンガンを一度水でぬらしたものを用いるとよい。

酸素発生実験において使い終わった二酸化マンガンは、触媒であるため、全く化学変化はしていない。そのため、水ですすいだ後に乾燥させておけば再利用できる。二酸化マンガンは塩酸と化学反応を起こして塩酸を発生させることがあるため、保存するときは、塩酸とは保存庫の別の棚に入れて保管する必要がある。

2. 6. 7 アンモニア水（アンモニア水溶液）

アンモニア水はアンモニアガスの水溶液であるため、使用時には有毒のアンモニアガスが発生するので、特に高濃度のアンモニア水を用いるときには注意する必要がある。万一、使用中にアンモニアガスを吸引してしまった場合は、新鮮な空気のあるところに移し、

新鮮な空気を吸わせて安静にさせ、すぐに医師の診断を受ける必要がある。また、アンモニア水はアルカリ性の溶液である。アルカリ性溶液はタンパク質を溶かす性質を持ち目に入ると失明に繋がる可能性があるため、特に目に入らないように注意する必要がある。アンモニア水が皮膚に付いた場合、すぐに多量の流水で十分な時間洗浄する。また、目に入ってしまったときは、すぐにためた大量の水で洗浄し、医師の診断を受ける必要がある。

アンモニア水の廃液は、アルカリ性廃液用のポリタンクに貯蔵しておく。

2. 6. 8 ホウ酸

ホウ酸は、目薬や洗顔剤などにも用いられている薬品である。また、ホウ酸はホウ酸団子として殺虫剤としても用いられる。昆虫に対しては毒性が高いが、人間に対しての毒性は高くない。ただ、人間でも一定量以上摂取すると下痢などを引き起こすため、誤飲などが起こらないように注意する。

2. 6. 9 ミョウバン（カリミョウバン、硫酸カリウムアルミニウム12水和物）

ミョウバンは食品添加物としても使われているような薬品であり、その危険性はかなり低いですが、大量摂取はしないように誤飲などに注意する。

3. 上皿天秤の正しい使い方

上皿天秤は平成20年3月改定の小学校学習指導要領¹⁾での小学校3年生の理科の単元「物の重さ」などにおいて主に使用する器具である。また、上皿天秤は他の単元においても使用される基礎的な実験器具である。そのため、上皿天秤の正しい使用方法を知っておくことはとても重要である。以下に、準備、操作手順、片づけに分けて、上皿天秤の正しい使い方を説明する。

3. 1 上皿天秤の準備

上皿天秤の準備の手順を以下に示す。

- (1) 水平で振動しない机の上に上皿天秤を置く。
- (2) うでに書いてある番号と皿に書いてある番号が同じになるように皿を置く。
- (3) 針が目盛版の中心を指す、もしくは目盛版の中心から左右均等に振れるように調整ねじを回して調整する。

3. 2 上皿天秤の使い方

上皿天秤では、任意の試薬を測り取る目的で使用するときと物の重さを測る目的で使用するときで手順が異なるため、それぞれの目的における上皿天秤の使用手順を以下で説明する。

3. 2. 1 試薬を測り取る際の手順

- (1) 両方の皿の上に薬包紙を乗せる。この際に、皿の上に物を乗せるときはあまり勢いよく乗せると、天秤が勢いよく振れて、支点のエッジが傷つき天秤の故障の原因になるため、ゆっくり乗せる。また、故障の原因になるので、動いている針を無理に指で止めてはいけない。
- (2) 左皿（左利きの人は右皿）の上に必要な質量の分銅を乗せる。これは、薬品などを測り取る際は薬品を徐々に皿の上に乗せていく作業が伴うので、利き手側の皿の方が使いやすいからである。また、分銅を素手で触ると腐食が起こる原因となり、腐食により分銅の質量が変化してしまうため、分銅を素手で絶対に触らない。
- (3) 左右がつり合うまで右皿に薬品を乗せていく。

3. 2. 2 物の重さを測る際の手順

- (1) 左皿（左利きの人は右皿）の上に重さを測りたいものを乗せる。これは、分銅を乗せたり下ろしたりする作業が伴うので、利き手側の皿の方が使いやすいからである。
- (2) ピンセットを用いて、右の皿（左利きの人は左の皿）に重い分銅から順番に乗せて行く。この時、分銅の乗っている方が軽ければ次に重い分銅に替え、分銅の乗っている方が重くなれば、前の重さの分銅にもどす。この作業により、測りたいものより少し軽い分銅が天秤の皿の上に乗っている状態になる。すでに乗っている分銅に加え、新しく分銅を乗せ、新しく乗せた分銅に対しても上記の作業を行って行く。このような作業を天秤が釣り合うまで行う。
- (3) 釣り合ったら、右皿の上に乗っている分銅の質量を合計する。その重さが左皿に乗せた物の重さである。

3. 3 上皿天秤の片づけ

上皿天秤を使った後は、きれいに拭いて、不意な振動に対して天秤の支点のエッジが傷つかないように、一方のうでに皿を2枚重ねて乗せて天秤を傾かせておき、乾燥したところにしまっておく。

4. 酸素ガス発生と燃焼後の気体分析の実験

酸素ガス発生と燃焼後の気体分析の実験では、二酸化マンガンに触媒とした過酸化水素水の分解により酸素ガスを発生させ、その酸素ガスを水上置換により集気瓶に捕集し、捕集した酸素ガスを高い酸素濃度下での燃焼の実験を行う。その後、気体検知管を用いた燃焼後の気体成分の変化を測定するという流れで実験を行う。酸素ガス発生と水上置換による気体捕集の実験は、酸素ボンベの普及により小学校理科教科書中には含まれなくなった実験であるが、この実験は物質領域の実験で必要とされる基礎的な実験手法、標準的な実験器具の取扱い、一般的な実験手順などのエッセンスが含まれているため、物質領域の実験で必要とされるスタンダードテクニックを習得の目的としては、非常によい題材である。以下で、実験の手順に従い個々の実験操作についてその詳細や注意点について解説する。

4. 1 酸素ガス発生と水上置換による気体捕集

まず、酸素ガス発生と水上置換による気体捕集は以下に記した実験手順で行う。

- (1) まず、三角フラスコ、滴下漏斗、ガラス管、ゴム管、ゴム栓、水槽、ガラス蓋、アルミ蓋、集気瓶で構成される実験装置図を参考にして（付録のワークシート内の図を参照）、実験装置を組む。
- (2) 実験装置の三角フラスコ内に、二酸化マンガンを葉さじ1、2杯程度入れる。
- (3) 水槽に集気瓶を入れ、集気瓶の内部を水で満たしておく。
- (4) 滴下漏斗のコックが締まっていることを確認して、3～5%にうすめた過酸化水素を滴下漏斗に八分目程度になるまで入れる。
- (5) ゴム管の先のガラス管を水槽から出して、滴下漏斗のコックをゆっくり開き、過酸化水素水をゆっくりと三角フラスコに滴下する。すると、反応が起こり三角フラスコ内に酸素が発生してくる。反応がある程度起こってきたら、ゴム管の先のガラス管を水槽に入れて、酸素を集気瓶で捕集する。酸素を集気瓶の7～8分目位まで入れ、水を少し残したまま、蓋をしてから取り出す。

本実験における注意点としては以下のようなものが挙げられる。過酸化水素水を滴下漏斗に注ぐ際は、ピーカーの注ぎ口が漏斗の真上になるようにして、ガラス

管を使ってゆっくりと注ぐと他にこぼれにくい。酸素が発生するのを観測する前に、気体の出口となるガラス管の先を水中に浸けていると、水圧の関係で酸素が出てこないことがある。したがって、酸素が発生したことが観測された後に、ガラス管の先を水中に浸けるようにする。酸素を発生させた時に、一番初めに出てくる気体はフラスコ内の通常の空気なので、初めに出てくるフラスコの体積分の気体は集気瓶で集めないようにする。うすい過酸化水素水を入れた後は、コックを必ず締める。滴下漏斗のコックを閉めていないと、コックのついているガラス管を通じ酸素が抜け出てしまうので注意する。反応が進むとフラスコが熱くなるので注意する。粉状の二酸化マンガンを使用する際は、反応を緩やかに進行させるため、必ず事前に二酸化マンガン水を濡らしておくことが重要である。これらの点に注意しながら実験を行う必要がある。

4. 2 高酸素濃度下での燃焼の実践と注意点

集気瓶に集めた酸素の中でロウソクを燃やし、その際の燃焼がどのように変化するかについて観察を行う。この実験により燃焼が酸素により促進されることを体感的に感じられる。この実験においては激しい変化が観測されるので児童の印象によく残り、理科の実験に興味を持つ一因になることも意識するとよい。

実験手順は、以下のとおりである。

- (1) 集気瓶に火のついたロウソクを入れ、金属製の蓋をして、ロウソクの燃え方を観察する。
- (2) ロウソクの火が消えたら、ロウソクを取り出し、蓋をして集気瓶内の気体が外に逃げないようにする。

実験を行う注意点としては以下のようなものが挙げられる。高濃度酸素中ではロウソクが激しく燃えるため、ロウが集気瓶の底に垂れて熱により集気瓶が割れるのを防ぐために集気瓶の底に1 cm程度水を残しておく。集気瓶の蓋については、ガラス製のものは割れてしまう可能性が高く危険であるので、金属製の物を使用するようにした方がよい。これらの点に注意しながら実験を行う必要がある。

4. 3 気体検知管の原理と燃焼前後の気体成分分析

気体検知管を用いて集気瓶でロウソクを燃焼した後の空気の成分を測る。この実験を通じ気体検知管の操作方法を習得させる。

まず、気体検知管について説明する。気体検知管は、特定の気体を気体検知管に通じることにより、気体検知管の内部に充填されている検知用の試薬がその気体

と化学反応を起こし、色の変化としてその量が目盛上に表れるものである。

現在一般的に市販されている検知管としては、一酸化炭素用、二酸化炭素用、酸素用、オゾン用、アンモニア用、塩素用、窒素酸化物用、亜硫酸ガス用などがあるため、目的によって気体検知管の種類を変えることにより、様々な実験を行うこともできる。

気体検知管の使用手順について、株式会社ガステック製の気体採取器セットを用いた時を例に以下に示す¹³⁾。

- (1) 専用カッター（チップホルダ）で気体検知管の両端を封じているガラスの先端をカットし、付属のカバーゴムをGの印のある方に付ける。
- (2) 気体検知管のGの印の付いていない方を気体採取器にしっかり差し込む。
- (3) 採取器の赤い印を合わせてからハンドルを一気にカチッと音がするところまで引き、ハンドルが戻らないようにする。そのまま1分ほど待つ。
- (4) ハンドルを90度以上回し矢印をずらし、ハンドルが戻らないことを確認する。ハンドルが戻るようなら、ハンドルを再び赤い印に合わせてハンドルをしばらく固定して、その後、再びハンドルを90度以上回し矢印をずらし、ハンドルが戻らないことを確認する。
- (5) 気体検知管を気体採取器より外して気体検知管の横の目盛の数値を読む。なお、酸素用検知管を用いた時は、検知管が約70℃近い温度になっているので、5分間くらいは直接手でさわらないようにする。気体検知管の横の目盛の数値の読み方は、検知管の変色の先端の目盛りを読むが、先端の境界が明確でない場合や斜めになったときは、それぞれの間を読むようにする。

気体検知管を使用する際の注意点は、ハンドルを引き終わっても1分程度の間は、気体採取器は気体を吸い続けているということである。ハンドルを引き終わったらそれで気体の採取が終わったと思わずに測定する気体があるところから採取器の先を取り出してしまおう人が中にはいるが、そのようなことを行うと正確な気体の成分濃度を測れなくなるので注意する。

気体検知管を用いた集気瓶でロウソクを燃焼した後の空気の成分を測定の実験手順は、以下のとおりである。

- (1) 空気中に含まれる酸素、二酸化炭素のそれぞれの割合を酸素検知管、二酸化炭素検知管（うすい二酸化炭素用、0.03%～1%用）を使って調べる。

(2) 火が消えた後の集気瓶の気体を酸素検知管、二酸化炭素検知管 (0.5~8%用) を使って、酸素、二酸化炭素のそれぞれの割合を調べる。はじめに、二酸化炭素検知管 (0.03~1%用) を使って、二酸化炭素の割合が1%以上になることを確認してから段階的に二酸化炭素検知管 (0.5~8%用) を使用してもよい。

本実験における注意点としては、以下のようなものが挙げられる¹³⁾。気体検知管の先をカットする際、ガラスの破片が落ちたり、カットした気体検知管の先端だけがをしたりすることがあるので注意する。気体検知管を使用中やその後で落としたりして破損すると、有害なガスが出ることもあるので注意する。破損した検知管に触れたときは、触れた箇所を多量の水道水で十分に洗う。

使用済みの検知管の廃棄の仕方は気体検知管の種類によって異なるので注意する。小学校の理科の実験でよく用いられる酸素用と二酸化炭素用の検知管は有害物質が含まれていないので、一般ガラスごみとして廃棄することができる。

5. 教員研修用教材の開発

5. 1 教員研修における研修内容の教材化の意義と方針

前章までに示した3つの題材①薬品の管理・取扱・廃棄の仕方、②上皿天秤の正しい使い方、③酸素ガス発生と燃焼後の気体分析の実験について講義・実習実験の内容を含む教材を開発した。この教材を用いて教員研修を行うことで、安全な理科の実験を行うために必要な知識・経験を得ることと一般的な実験手順などのスタンダードテクニックを多くの教員が容易に習得できることを目指した。

①薬品の管理・取扱・廃棄の仕方では、理科専科でない小学校教員でも薬品の正しい管理・取扱・廃棄の方法をしっかりとした知識を習得しておくことが必要であるので、主に、小学校の理科室にある薬品の正しい管理・取扱・廃棄の方法について講義形式で説明を行った。

②上皿天秤の正しい使い方では、平成20年3月改定の小学校学習指導要領¹⁾での小学校3年生の単元「物の重さ」などにおいて使用する器具である上皿天秤の正しい使用法の説明を行った。その後、単元「物の重さ」で行うのに適した上皿天秤を用いた実験として、木、鉄、ポリエチレンなど同じ体積で材質の異なるものの重さの比較実験を実習実験として行った。

③酸素ガス発生と燃焼後の気体分析の実験では、まず、酸素ガス発生と水上置換による気体捕集実験を行った。自分で組んだ実験装置を使って過酸化水素と二酸化マンガンより酸素ガスを発生させ、その酸素ガスを捕集し、捕集した酸素内でロウソクを燃焼させて、空気中における燃焼との違いを観察してもらう実験を実際に行った。次に、平成20年3月改定の小学校学習指導要領¹⁾での小学校6年生の単元「燃焼の仕組み」において使用する気体検知管の使用方法を説明し、実際に気体検知管を用いて、燃焼が起こる前後で空気の組成がどのように変化するかについての実験も実際に行った。

5. 2 教材の特徴

5. 2. 1 ワークシート

教員研修で使用したワークシートを付録に記した。このワークシートの内容は、児童にも興味を持ってもらえるような内容にし、教員研修を受けた教員が、実際の授業においてもすぐに活用できるようなものであるとともに、このワークシートを通じて教員の理解度も上がるような内容とした。

5. 2. 2 実践

本研究で提案した教員研修用の教材が実際に有益であるかを検証するために、平成24~26年に各年に1回ずつ、計3回の研修を行った。なお、1回の研修の時間は3時間である。計3回の研修で延べ人数86名の現職教員に本教材を用いた教員研修を行い、研修についてのアンケートを取った。アンケートは教員研修参加者の教職経験年数への問い、研修の時間と難易度に関する問い、また、研修を受けた後にそれぞれ①薬品の管理・取扱・廃棄の仕方、②上皿天秤の正しい使い方、③酸素ガス発生と燃焼後の気体分析の実験の3つの題材についてどの程度理解できたかについて問う内容で構成されている。なお、このアンケートにおいて、③酸素ガス発生と燃焼後の気体分析の実験の題材に対しては、酸素ガスの発生・捕集法と気体検知管の使い方のそれぞれについて、どの程度理解しているかについての詳細を調査するため、理解度の質問に対しては酸素ガスの発生・捕集法と気体検知管の使い方の2つの項目に分けて行った。上記のアンケートを集計したデータを以下に示しながら、本研究で提案した教員研修の効果について考察する。

図1には教員研修参加者の教職経験年数を示した。この図より、教員研修には勤続年数が5年未満から20年以上の幅広い勤続年数の教員が参加していたことが

わかる。したがって、本アンケートは勤続年数の少ない未熟な教員だけに偏っているということがなく、非常にバランスよく多くの世代の教員が研修を受けているため、その結果、本教員研修がどのような効果があったかを抽出できるようなアンケート結果となっていることを示している。

図2には、「研修の時間は適切でしたか」という問いに対するアンケート結果を示した。この図より、研修を受けた教員のおおよそ93%が研修の時間は「丁度よい」との回答したことがわかる。このことより、主に3つの題材について3時間をかけて講義・実習実験を行っている本教材を用いた教員研修は、研修を受ける側にとっては非常に良い時間配分で行われていたと言える。

図3には、「研修の難易度は適切でしたか」という問いに対するアンケート結果を示した。この図より、研修を受けた教員のおおよそ87%が研修の難易度は「丁度よい」と回答し、また、12%の教員が「やや易しい」と回答したことがわかる。このことより、本研修の内容としては、ほとんどの教員に対して難しすぎず、「丁度よい」もしくは「やや易しい」と思われる内容であったことを示している。本研修は理科に関する知識が豊富で理科室の管理などがすでにできている教員や実験に関するスタンダードテクニックをすでに身につけている教員を対象とするより、それらを苦手

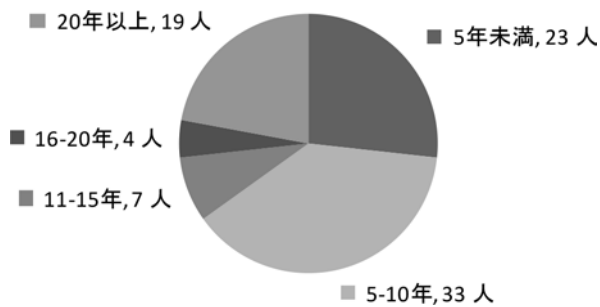


図1 教員研修参加者の教職経験年数

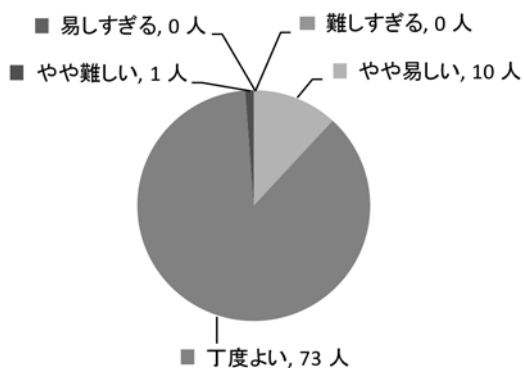


図3 「研修の難易度は適切でしたか」の問いに対する回答

としている、もしくは、苦手意識を持っている教員を目的とした研修であるため、「丁度よい」もしくは「やや易しい」と思ってもらえる難易度での研修が行えていることは、研修のターゲットとしている教員像を考えると適度な難易度の研修であったと考えられる。

図4には、研修を受けた教員に本研修で「薬品の管理・取扱・廃棄の方法について理解できたか」という問いに対するアンケート結果を示した。「今回の研修で理解できた」と回答した教員が87%、「既に理解していた」と答えた教員が11%という回答結果であった。このことより、薬品の管理・取扱・廃棄の方法について知っていた教員はおおよそ1割強で、9割弱の教員は薬品の管理・取扱・廃棄の方法について研修を受けるまで理解していなかったということが読みとれた。また、本研修を受けて「理解できなかった」や「やや理解できなかった」と回答した教員がいなかったことは、本教材を用いた教員研修を通じてほとんどの教員が薬品の管理・取扱・廃棄の方法を理解できたということを示している。

図5には、研修を受けた教員に本研修で「上皿天秤の使い方について理解できたか」という問いに対するアンケート結果を示した。「今回の研修で理解できた」

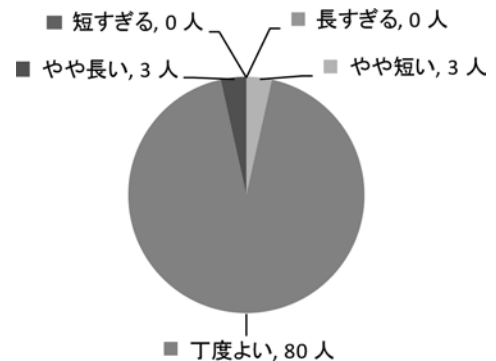


図2 「研修の時間は適切でしたか」の問いに対する回答

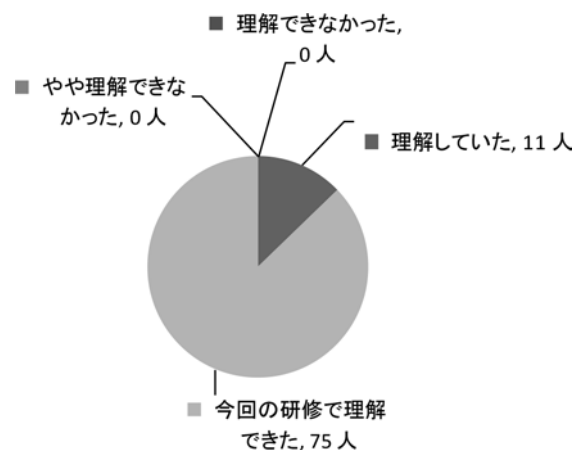


図4 「薬品の管理・取扱・廃棄の方法について理解できたか」の問いに対する回答

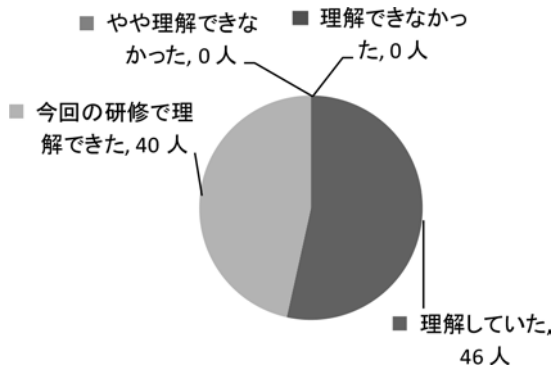


図5 「上皿天秤の使い方について理解できたか」の問いに対する回答

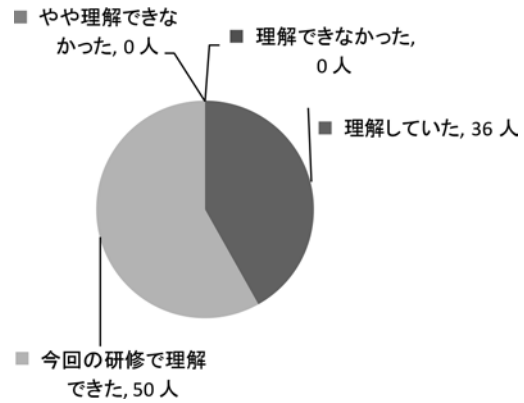


図7 「気体検知管の使い方について理解できたか」の問いに対する回答

と回答した教員が47%、「既に理解していた」と答えた教員が53%という回答結果であった。このことより、おおよそ半数の教員は研修を受けるまで上皿天秤の使い方について正確には理解していなかったということが読みとれた。また、本研修を受けることにより全ての教員が上皿天秤の使い方を理解できたという結果を示している。

図6には、研修を受けた教員に本研修で「酸素ガスの発生・捕集法について理解できたか」という問いに対するアンケート結果を示した。「今回の研修で理解できた」と回答した教員が55%、「既に理解していた」と答えた教員が44%という回答結果であった。このことより、おおよそ半数の教員は研修を受けるまで酸素ガスの発生・捕集法について正確には理解していなかったということが読みとれた。また、本研修を受けることによりほとんどの教員が酸素ガスの発生・捕集法を理解できたという結果を示している。

図7には、研修を受けた教員に本研修で「気体検知管の使い方について理解できたか」という問いに対するアンケート結果を示した。「今回の研修で理解でき

た」と回答した教員が58%、「既に理解していた」と答えた教員が42%という回答結果であった。本研修を受けることによりほとんどの教員が気体検知管の使い方を理解できたという結果を示している。上皿天秤の使い方や酸素ガスの発生・捕集法についてのアンケート結果と同様に、おおよそ半数強の教員が気体検知管の使い方をあまり理解していなかったことがアンケート結果より読みとれた。また、本研修を受けることにより、全ての教員が気体検知管の使い方を理解できたという結果を示している。

図8には、研修を受けた教員に本研修で「今回の研修内容は、学校での理科教育指導に役立つと思いますか?」という問いに対するアンケート結果を示した。

「研修内容を授業に活用できる」と答えた教員が83.7%、「教材作りの基礎技術として役立てられる」と答えた教員が64%であった。このことは、本研修の内容は実際の教育現場で即座に活用してもらえるような内容であったことを示している。また、「その他」

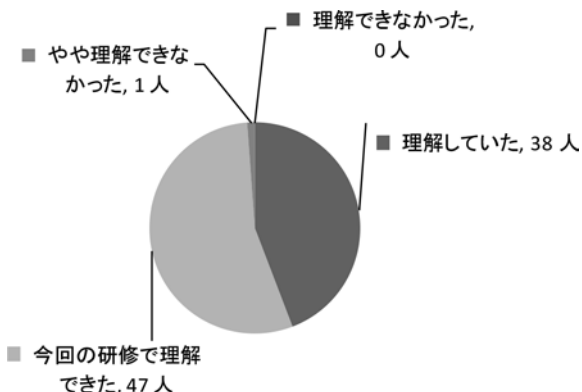


図6 「酸素ガスの発生・捕集法について理解できたか」の問いに対する回答

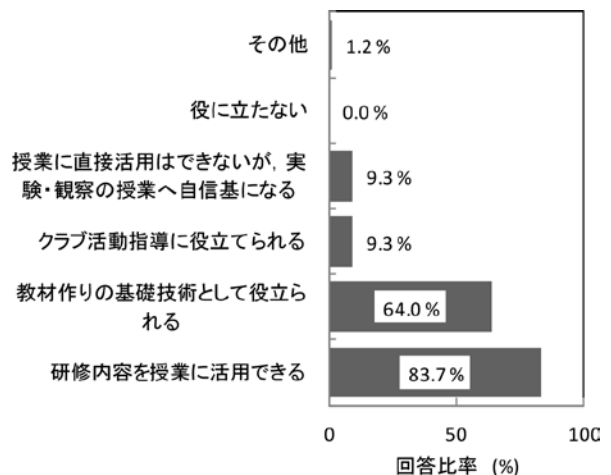


図8 「今回の研修内容は、学校での理科教育指導に役立つと思いますか? (複数回答可)」の問いに対する回答

としては「今後、3～6年生を持った時に大変役立つ」と回答しており、「役に立たない」と答えた教員が0%であったことから、研修を受けた教員は知識・経験・技術のいずれかについて本研修で得ることができたことを示している。

5. 3 評価の議論

5. 3. 1 教材と研修の指導法としての評価

前章に示した本教材を用いた教員研修を受講した教員に対して行ったアンケート結果を基に、本研修の評価と改善すべき点について考察する。

本教材を用いた教員研修で取り扱った内容を薬品の管理・取扱・廃棄の方法、上皿天秤の使い方、酸素ガスの発生・捕集法、気体検知管の使い方の4つに分けてそれぞれの項目に対して研修を受けることにより理解できたかについて質問したが、これらの質問に対して、ほとんどの教員が理解できた、または、すでに理解していたと答えた。また、本研修の内容の難易度と時間に関しては、ほぼ9割の教員が丁度よいと答えた。これらの結果より、本研修を受けることにより、薬品の管理・取扱・廃棄の方法、上皿天秤の使い方、酸素ガスの発生・捕集法、気体検知管の使い方の4つの項目について適切な難易度かつ時間で習得することができるということがいえる。このことより本教材を用いた教員研修を行うことは非常に重要な意義があるといえる。

また、薬品の管理・取扱・廃棄の方法については本教材を用いた教員研修を受けるまで9割弱の教員は理解していなかったということがアンケート結果より読みとれた。薬品の管理・取扱・廃棄については、理科の授業で実験を行う際には高頻度で行わなくてはならないことであるにもかかわらず、9割弱の教員が知らないという状況であり、このことはすぐにでも改善すべき教育現場における大きな問題であると考えられる。また、本教材を用いた教員研修を多くの教員に対して行うことで、その問題を改善することができるということもわかった。このように、薬品の管理・取扱・廃棄の方法の習得に対して、本教材を用いた教員研修の意義を非常に強く示す結果が得られたと言える。

上皿天秤の使い方と酸素ガスの発生・捕集法については、約半数の教員は理解していなかったということがアンケート結果より読みとれた。上皿天秤は非常に基礎的な実験器具で、教員にはしっかり理解しておいてほしい実験器具である。また、酸素ガスの発生・捕集実験も物質領域の実験に関係する基礎的なエッセンスで構成される実験操作法である。それにもかかわらず、このように約半数の教員が本教材を用いた教員研

修を受けるまで正確には理解していないという結果が得られたことは、教育現場における問題であるとともに、本教材を用いた教員研修を教員が受講する意義があることを示している。

気体検知管の使い方については、上皿天秤の使い方と酸素ガスの発生・捕集法についてより理解していなかった教員の比率が増え、約6割弱の教員は理解していなかったことがアンケート結果より読みとれた。上皿天秤の使い方と酸素ガスの発生・捕集法についてと同様に、おおよそ半数強の教員が気体検知管の使い方をあまり理解していなかったことは教育現場における問題であるとともに、気体検知管は物質領域の実験だけでなく、生命領域や地球領域における実験においても活用できるため、本研修を通じて気体検知管の使用法を修得することは非常に意義があることがわかる。

5. 3. 2 教材の改良について

次に本教材を用いた教員研修の改善点について考える。薬品の管理・取扱・廃棄の方法については、ほとんどの教員が理解していなかったことを教員研修で理解できるような内容となっているので、本研究で開発した教材のこの部分に関しては、現状では大きな改善を行う必要がないと思われる。

一方、上皿天秤の使い方、酸素ガスの発生・捕集法、気体検知管の使い方については、おおよそ半数の教員は理解していなかったが、逆に考えると、おおよそ半数の教員はこれらの項目についてはすでに理解していたことであるので、受講する全ての教員にとって研修をより有意義なものにするためには、教材に授業実践でも役に立つアドバンスな内容を追加する必要があるかもしれない。

6. 結論

本論文では、小学校の理科室の日常的な安全な管理や安全な理科の実験を行うために必要な知識や経験を得てもらうことを目的に小学校の理科室にある薬品の正しい管理・取扱・廃棄の方法と物質領域の実験で必要とされる基礎的な実験手法、標準的な実験器具の取扱い、一般的な実験手順などのスタンダードテクニクを習得するための教材開発を行った。

本研究で開発した教材は、主に①薬品の管理・取扱・廃棄の仕方、②上皿天秤の正しい使い方、③酸素ガス発生と燃焼後の気体分析の実験の題材について講義・実習実験を行う構成になっている。

この教材を用いて教員研修を行うことで、多くの教

員が安全な理科の実験を行うために必要な知識・経験を得ることや一般的な実験手順などのスタンダードテクニックを容易に習得できるかについて検証するために、実際に教員研修を行った。その結果、ほとんどの教員がこの教材を用いた教員研修を通じ、安全な理科の実験を行うために必要な知識・経験を得て、物質領域の実験で必要とされるスタンダードテクニックを習得したという結果が得られた。このことより、本教材を活用して教員研修を教員が受講することは非常に意義があることが示された。

7. 謝辞

本論文を執筆するにあたり、東京学芸大学環境科学分野の松川正樹教授には、論文の企画、構成、内容に関して、教育に関する専門的視点より多くのご指導ご指摘をいただきましたことに対し、多大なる感謝の意を表します。

8. 引用文献

- 1) 文部科学省「中学校学習指導要領解説(理科編)」, 大日本図書株式会社 (2011)
- 2) 石浦章一他「わくわく理科3(小学校理科教科書)」, 啓林館 (2015)
- 3) 石浦章一他「わくわく理科4(小学校理科教科書)」, 啓林館 (2015)
- 4) 石浦章一他「わくわく理科5(小学校理科教科書)」, 啓林館 (2015)
- 5) 石浦章一他「わくわく理科6(小学校理科教科書)」, 啓林館 (2015)
- 6) 有馬朗人他「新版たのしい理科3年(小学校理科教科書)」, 大日本図書 (2015)
- 7) 有馬朗人他「新版たのしい理科4年(小学校理科教科書)」, 大日本図書 (2015)
- 8) 有馬朗人他「新版たのしい理科5年(小学校理科教科書)」, 大日本図書 (2015)
- 9) 有馬朗人他「新版たのしい理科6年(小学校理科教科書)」, 大日本図書 (2015)
- 9) 毛利衛他「新編新しい理科3年(小学校理科教科書)」, 東京書籍 (2015)
- 10) 毛利衛他「新編新しい理科4年(小学校理科教科書)」, 東京書籍 (2015)
- 11) 毛利衛他「新編新しい理科5年(小学校理科教科書)」, 東京書籍 (2015)
- 12) 毛利衛他「新編新しい理科6年(小学校理科教科書)」, 東京書籍 (2015)
- 13) 株式会社ガステック「気体採取器セットNo.50型取扱説明書」株式会社ガステック発行

理科室の安全管理の仕方と安全な実験方法②実験ワークシート

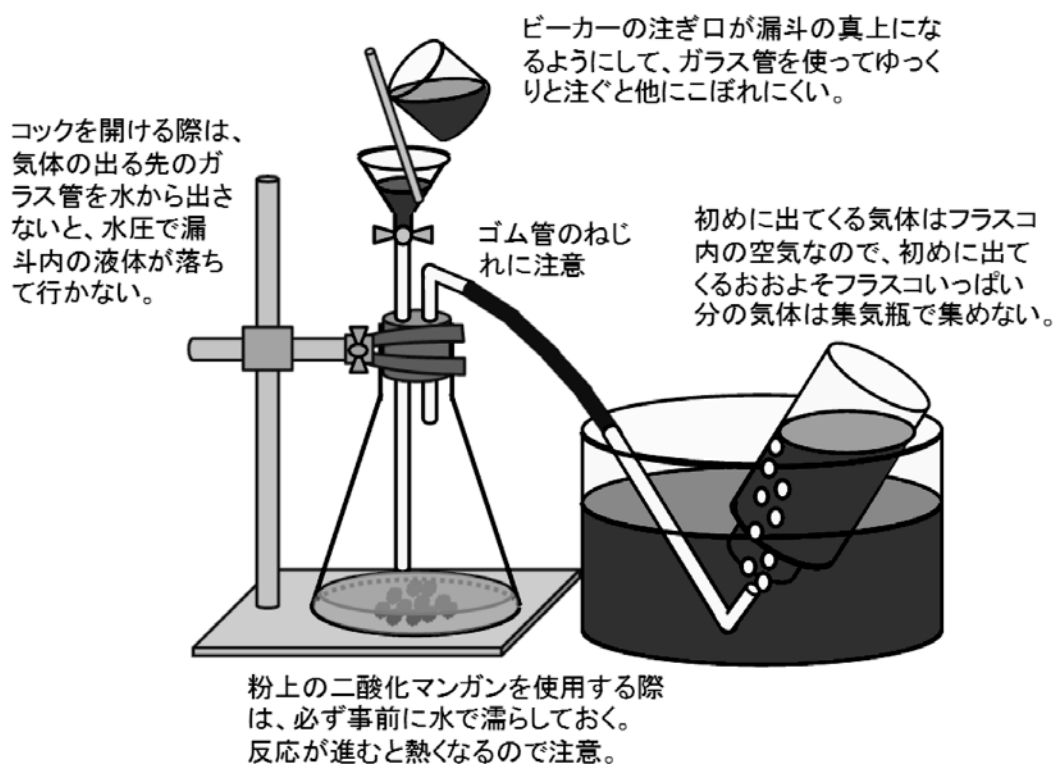
実験1 秤の使い方

同じ体積で材質が異なるものの重さを上皿天秤やデジタルスケールを使って測って比べる。
 (注:用意した材質の内の一つだけ重すぎるため上皿天秤で測ることができないものがあります)。

材質	重さの 予想順位	重さ	材質	重さの 予想順位	重さ
ポリエチレン (色は白)		g	鉄 (銀色)		g
ゴム (色は黒)		g	アルミ (光沢灰色)		g
木 (ベージュ色)		g	塩ビ (無光沢灰色)		g

実験2 酸素捕集実験

2-1 下図に示したような実験装置を組む。この際、ゴム管の先のガラス管はまだ水槽に入れないでおく。



2-2 実験装置の三角フラスコ内に、二酸化マンガンを葉さじ 1, 2 杯分程度入れておく。

- 2-3 水槽に集気瓶を入れ、内部を水で満たしておく。
- 2-3 滴下漏斗のコックが締まっていることを確認して、3～5%にうすめた過酸化水素を滴下漏斗に八分目程度になるまで入れる。
- 2-5 滴下漏斗のコックをゆっくり開き、過酸化水素水をゆっくり滴下する。すると、反応が始まり三角フラスコ内に酸素が発生してくる。反応がある程度起こってきたら、ゴム管の先のガラス管を水槽に入れて、酸素を集気瓶で捕集する。酸素を集気びんの7～8分目位まで入れ、水を少し残したまま、ふたをしてから取り出す。
- 2-6 集気瓶に火のついたろうそくを入れ、アルミホイルで包んだ方のフタをして、ろうそくの燃え方を観察する。
- 2-7 使い終わった集気瓶は水道を使い一度内部を水で満たしたのち、その水を捨てることにより、集気瓶の中が通常の空気で満たされた状態にしておく。

実験3 気体検知管の使い方

- 3-1 空気中に含まれる酸素、二酸化炭素のそれぞれの割合を酸素検知管、二酸化炭素検知管（うすい二酸化炭素用、0.03%～1%用）を使って調べる。

普通の空気中に含まれる各気体の濃度			
酸素	%	二酸化炭素	%

- 3-2 空気の入っている集気びんに火の点いたろうそくを入れ、火が消えたら取り出してフタをする。
- 3-3 火が消えた後の集気びんの気体を酸素検知管、二酸化炭素検知管（0.5%～8%用）を使って、酸素、二酸化炭素のそれぞれの割合を調べる。はじめに、二酸化炭素検知管（0.03%～1%用）を使って、二酸化炭素の割合が1%以上になることを確認してから段階的に二酸化炭素検知管（0.5%～8%用）を使用してもよい。

ろうそく燃焼後の空気中に含まれる各気体の濃度			
酸素	%	二酸化炭素	%

- 3-4 ポリ袋に呼吸した後の息を入れて、その空気に含まれる酸素、二酸化炭素の濃度を測る。

呼吸した後の空気中に含まれる各気体の濃度			
酸素	%	二酸化炭素	%