

探究の過程を踏まえた高校化学の 授業プログラム開発に関する研究

—— バファリン A を教材とした成分分析を通して ——

亀田 絵理¹⁾・日置 英彰²⁾・益田 裕充²⁾

1) 群馬県立西邑楽高等学校

2) 群馬大学教育学部理科教育講座

(2019年9月25日受理)

Learning Programs that Increase Awareness of the Research Process in High School Chemistry Courses

—— A Component Analysis of Bufferin A ——

Eri KAMEDA¹⁾, Hideaki HIOKI²⁾ and Hiromitsu MASUDA²⁾

1) Nishi Oura High School

2) Department of Science Education, Faculty of Education, Gunma University

Maebashi, Gunma 371-8510, Japan

(Accepted on September 25th, 2019)

1 はじめに

平成26年12月に中央教育審議会が、新しい時代にふさわしい教育の実現に向けて、高等学校教育等の改革について答申を提出した。この答申では、「高等学校は小中学校に比べ知識伝達型の授業にとどまる傾向があり、学力の三要素をふまえた指導が浸透していない」ことを指摘している¹⁾。改革の方向として、「課題の発見と解決に向けた主体的・協働的な学習・指導方法であるアクティブ・ラーニングへの飛躍的充実を図る」こととされ²⁾、これを受けて平成30年3月に公示された高等学校新学習指導要領の改訂では「日常生活や社会との関連を重視するとともに、科学的に探究する学習活動の充実」が一層図られることになった。一方、我が国では医薬品販売の規制緩和とそれに伴うセルフメディケーションが強力に推し進められている。平成29年にはス

イッチ OTC 医薬品の購入に対して所得控除が受けられる「セルフメディケーション税制」もスタートした。このような社会的背景から、学校における医薬品教育の重要性が増している。それを受け、平成25年度に施行された現行の学習指導要領では、中学校保健体育の分野に医薬品の適正使用に関する項目が新たに加えられ、高等学校の保健体育分野においてもこの項目の内容が充実された^{3),4)}。また、現行の理科の学習指導要領の改訂では理科を学ぶことの意義や有用性を実感する機会をもたせ、科学への関心を高める観点から、実社会・実生活との関連が重視する改善が図られた⁵⁾。それに伴い現行の化学の教科書は実社会・実生活との関連を重視したものとなり、光触媒、ファインセラミックス、染料、医薬品、高導電性高分子など、様々な物質からなる製品が我々の実生活を豊かにしていることが示されている。しかし、そのほとんどが単なる事例の紹介に

とどまっているために、生徒が各単元で学ぶ個々の学習内容と、これらの製品がどのように関連づけられるのか理解することが難しい。

このような背景から、我々は理科の学習内容と関連させたくすり教育が、医薬品教育だけでなく、科学的リテラシーの向上にも有効であると考え、理科の授業で行うくすり教育プログラムを検討している。これまでに、アスピリン腸溶錠を教材として、有機化学や高分子化学の単元で学ぶ学習事項と医薬品の適正使用を深く関連づけたプログラムを開発、実践し、その有効性を明らかにした⁶⁾。今回この研究の一環として、特に無機イオンの系統分析を中心に「化学」で学ぶ学習事項と医薬品の副作用を抑えるしくみを関連づけた、生徒の主体的な探究活動を通じた化学の授業プログラムを検討したので報告する。

2 教材について

無機イオンの系統分析は、「無機物質の性質と利用」の単元のまとめとして、生徒が前時までに学習した「各金属イオンの性質や反応性」の違いを活用して主体的に取り組むことができる実験である。生徒にとってもクイズを解く感覚で取り組むことができ、印象に残ることが多い実験である。しかし一方で、硫化水素のような有毒ガスを取り扱うことや、使用する試薬が高価であるといったことから実施することにためらいが生じやすい^{7), 8)}。そこで、容易に入手できる身近な物質である医薬品を分析対象とし、安全に実施できる教材の開発を検討した。

アセチルサリチル酸（アスピリン）は解熱鎮痛剤として幅広く用いられており、「有機化合物の性質と利用」の単元にはどの教科書にも記載がある医薬品である。そこでアセチルサリチル酸を有効成分に含むバファリンAを教材として授業プログラムを立案することにした。バファリンAはドラッグストアなどでよく見かける身近な第二类医薬品で、主な成分は解熱鎮痛作用を示すアセチルサリチル酸と副作用の胃粘膜障害を抑える合成ヒドロタルサイトである。アセチルサリチル酸はpKaが3.5の酸性物質であり⁹⁾、強酸性の胃の中ではアセチルサリチル

酸はほとんどが分子形で存在する。そのためアセチルサリチル酸のみを服用した場合、胃の中に溶け残ったアセチルサリチル酸が胃の粘膜に付着して胃粘膜障害を引き起こすことが問題となる⁹⁾。一方バファリンAのもう一つの成分である合成ヒドロタルサイトは $Mg_6Al_2(CO_3)(OH)_{16} \cdot 4H_2O$ の組成式で示される化合物である。この合成ヒドロタルサイトは、胃の中のpHを上昇させてアセチルサリチル酸のイオン形の割合を多くし、溶解度を高めることで副作用となる胃粘膜障害を抑え、同時にアセチルサリチル酸の吸収を早めている⁹⁾。このことは、どの教科書にも記載がある「芳香族カルボン酸は液性の違いによって水に対する溶解度が変化する」ということと強く関連づけて理解できる。

3 プログラムの概要

バファリンAは「早く効いて胃にやさしい」ことを広告コピーとしている。そこで最初に、バファリンAはなぜ「早く効いて胃にやさしい」のかということを生徒に予想させることで、教科書で学ぶことが、実社会・実生活と関連づけられることを、実験を通して理解させることとした。次に、バファリンAの成分分析を課題とした。有機化合物であるアセチルサリチル酸と合成ヒドロタルサイトに含まれる3種類のイオン（マグネシウムイオン、アルミニウムイオン、炭酸イオン）を系統的に分離し、確認させる方法を生徒たちに考えさせ、生徒たちが立案した実験計画に基づいて実際に分離、確認させる。ほとんどが化学の授業で学ぶ内容を参照することで生徒が分析計画を立案できる。しかし、マグネシウムイオンについてはその分析法が教科書に記載されていない。そこで、マグネシウムはpHが11以上で水酸化マグネシウムの沈殿が生じること¹⁰⁾をあらかじめ説明した上で分析計画に取り組みさせた。また、分離したアセチルサリチル酸の確認は、水溶液を加熱してサリチル酸とし、塩化鉄(III)水溶液と処理して呈色を確認できることを説明した。これは日本薬局方の確認試験として実際に使われている方法¹¹⁾であり、「有機化合物の性質と利用」の単

元で学ぶエステル加水分解やフェノール性水酸基の呈色試験が、実社会・実生活で活用されていることを生徒に実感させることができる。

4 授業実践

4.1 対象生徒と授業時間

群馬県の公立高等学校総合学科において、学校設定科目「理科実験」(3年次, 2単位, 50分で1時間, 2時間連続授業)で「化学基礎」と「化学」を履修している15名の生徒を対象に、3日間合計6時間の授業実践を行った。授業前と授業後に質問紙による調査を各20分行ったので、正味約5時間である。

4.2 授業の構成

1日目(80分)

バファリンAの副作用を抑える工夫

本時の課題:「バファリンAの胃をやさしくするための工夫はどのようなものだろうか?」

くすりの主作用と副作用(20分)

- ・アセチルサリチル酸の構造式を提示し、その主作用の解熱鎮痛作用と副作用の胃粘膜障害について説明し、確認する。
- ・酸性物質であるアセチルサリチル酸は酸性の胃液に溶けにくいという性質に着目させて副作用の説明をする。
- ・バファリンAはアセチルサリチル酸の副作用を抑える工夫をしているくすりであることを示す。
- ・バファリンAの広告コピー「早く効いて胃にやさしい」を提示し、副作用の抑え方に着目させる。
- ・バファリンAの添付文書を配布し、成分に着目させて本時の課題に対する予想を立てさせる。

バファリンAのpH測定実験(50分)

- ・胃液モデルを用いて、くすりが胃の中で溶ける様子を再現し、バファリンAや各成分の胃液中でのpHを測定する。(実際の実験手順と結果は次節と表1を参照)

アセチルサリチル酸の副作用を抑える理論的背景(10分)

- ・酸性の有機化合物を中和すると、極性の低い分子形から極性の高いイオン形となるため、水に溶け

やすくなることを、教科書を参照しながら化学構造式を用いて説明し、確認する。

2日目(100分)

バファリンAの成分分析に関する実験計画の立案

本時の課題:「バファリンAの成分を分析するには?」

バファリンAの有効成分(20分)

- ・バファリンAの成分に着目させたのちに合成ヒドロタルサイトの組成式を提示し、「化学」の授業で学習したマグネシウムイオンやアルミニウムイオン、炭酸イオンなどからなる物質であることを確認する。
- ・バファリンAに含まれているアセチルサリチル酸や各種イオンを分析するにはどうしたらよいかと投げかけ、課題を提示する。

教科書を参照した各成分の性質の確認(30分)

- ・この授業においては「分析」は「分離」と「確認」であることを伝える。その方法を考えるために、図1, 2に示すようなワークシートを配布し、教科書を参照しながら以下のように各成分の性質を確認して記入させる。
- ・アセチルサリチル酸はバファリンAの有効成分の中でも唯一の有機化合物であり、有機化合物は有機溶媒に溶けやすい(図1)。
- ・アルミニウムイオンを含む水溶液に少量の水酸化ナトリウム水溶液やアンモニア水を加えると水酸化アルミニウムの沈殿が生じることや、過剰の水酸化ナトリウム水溶液や塩酸を加えるとその沈殿が溶解する(図1)。
- ・マグネシウムイオンを含む水溶液については教科書で取り扱っていないが、過剰の水酸化ナトリウムやアンモニア水を加えると水酸化マグネシウムの沈殿が生じることを説明する(図2)。
- ・水酸化アルミニウムと水酸化マグネシウムの沈殿の生じ方はpHによって異なることを説明し、確認する(図2)。
- ・炭酸塩の例として炭酸カルシウムや炭酸マグネシウムを提示し、これらに塩酸を加えると気体(二酸化炭素)が発生することを確認する(図2)。

課題
 バファリンAの成分を分析するには？

各成分の性質

- アセチルサリチル酸：教科書 P 188, 231
 - 1-1: 有機化合物
 - ⇒ 水よりも、エタノール や ジエチルエーテル などの有機溶媒に溶けやすいものが多い。
- アルミニウムイオン Al^{3+} ：教科書 P 153, 169
 - 2-1a: 水酸化ナトリウム水溶液による沈殿
 - 2-1b: 水酸化ナトリウム水溶液による沈殿の溶解
 - 2-2: 塩酸による沈殿の溶解
 - 2-3: アンモニア水による沈殿

図1 各成分の性質の確認で用いたワークシート A

予想 (分析計画) (班)

バファリン A

アセチルサリチル酸,
 $Mg_6Al_2(CO_3)(OH)_{16} \cdot 4H_2O$

性質

$Mg^{2+}, Al^{3+}, CO_3^{2-}$

アセチルサリチル酸

$Mg_6Al_2(CO_3)(OH)_{16} \cdot 4H_2O$

性質

Al^{3+}, Mg^{2+}

$CO_2 \uparrow$

性質

図3 分析計画用ワークシート

各成分の性質

- マグネシウムイオン Mg^{2+}
 - 3-1a: 少量の水酸化ナトリウム水溶液とマグネシウムイオン
 - 3-1b: 水酸化ナトリウム水溶液による沈殿
 - 3-2a: 少量のアンモニア水とマグネシウムイオン
 - 3-2: アンモニア水による沈殿
- $Al(OH)_3$ と $Mg(OH)_2$ の沈殿の生じ方の違い
 - pH=2: Al^{3+} 溶解
 - pH=7: $Al(OH)_3$ 沈殿
 - pH=11: Mg^{2+} 溶解
 - pH=14: $Mg(OH)_2$ 溶解
- 炭酸イオン CO_3^{2-} ：教科書 P 138 (炭酸塩について)
 - CaCO₃ や MgCO₃ (白色固体)
 - 塩酸
 - CO₂ ↑
 - Ca²⁺ や Mg²⁺ (水に溶ける)

図2 各成分の性質の確認で用いたワークシート B

成分分析 (分離と確認) の計画 (50 分)

- バファリン A の成分に含まれる各成分の性質を確認したこの段階で、生徒は分析計画を立案できる十分な情報を得たことになるが、今回の授業実践では対象生徒の実態に合わせてヒントとなるワークシート (図 3) を配布し、班で話し合い、空欄を埋める形式で分析計画を立てさせた。
- 実験を計画する際に、気体として分離した場合は橙色、固体 (沈殿) であれば桃色、溶液中に含まれる場合は緑色の付箋紙に各成分を記入して色分けすること、さらにその成分が分離できる根拠となる性質も記入すること指示する。
- ワークシート (図 1, 2) で確認した各成分の性質をもとに、グループごとに分離計画を立案させる。
- アセチルサリチル酸は加水分解してサリチル酸とし、塩化鉄 (III) 水溶液による呈色で確認できることを説明し、提示する。

3日目(80分)

バファリンAの成分分析

成分分析の実験(50分)

- ・前時の計画をもとに実験を行わせ、成分の分離と確認をする。(実際の実験手順は次節を参照)

まとめ(30分)

- ・最後に全授業を総括して、くすりの副作用の抑え方が「化学」の学習内容を用いて説明できること、日本薬局方で定められているアセチルサリチル酸、マグネシウム塩、アルミニウム塩、炭酸塩の確認試験法が教科書の記載事項と一致していることから、「化学」の学習意義や、授業で学ぶ「化学」の内容が実社会と密接に関連していることを実感させる。

5. 実験手順

5.1 バファリンAに含まれる成分のpH測定

- 1) 胃液モデルの希塩酸(pH: 1.5, 26.9°C, 実測値)をメスシリンダーで50 mL量り取り三角フラスコに入れ、これを4本つくる。
- 2) 万能pH試験紙でpHを測定する。
- 3) バファリンA(ライオン, 有効成分: アセチルサリチル酸, 合成ヒドロタルサイト)2錠, アセチルサリチル酸660 mg, 合成ヒドロタルサイト200 mgをそれぞれ希塩酸の入った三角フラスコへ入れ、ガラス棒で攪拌する。
- 4) 万能pH試験紙で各溶液のpHを測定する。

表1 胃液モデル中でのバファリンAや成分のpH

	バファリンA	アセチルサリチル酸	合成ヒドロタルサイト	希塩酸のみ
pH	4	1	4	1

5.2 図3のワークシートに沿ったバファリンAの成分分析

a. アセチルサリチル酸の分離

- 1) 2錠のバファリンAを乳鉢ですりつぶし、サンプル管に入れる。
- 2) 1)のサンプル管に駒込ピペットでエタノー

ルを8 mL入れ、約30秒間よく振り混ぜる。

- 3) 試験管にひだ折りろ紙をのせたロートをセットし、2)のエタノール懸濁液をろ過する。

b. アセチルサリチル酸の確認¹¹⁾

- 4) 駒込ピペットで1 mLのろ液を新しい試験管に入れる。
- 5) 3 mLの蒸留水を駒込ピペットで4)の試験管に入れる。
- 6) 5)の試験管を約80°Cのお湯に浸し、1分程度加熱して、エステル部を加水分解する。
- 7) 塩化鉄(III)水溶液(日本薬局方一般試験法に基づき調製, 0.33 mol L⁻¹)をパスツールピペットで5滴加え、発色を観察する。

c. 炭酸イオンを二酸化炭素として分離¹²⁾

- 8) 3)のろ紙上の残留物を薬包紙にできるだけかきとり、新しい試験管へ入れる。
- 9) 8)の試験管に10%の希塩酸(日本薬局方一般試験法に基づき調製)1 mLを駒込ピペットで入れ、気体(二酸化炭素)の発生を確認する。

d-1. アルミニウムイオンを沈殿として分離, 確認¹³⁾

- 10) 9)の試験管へさらに1 mLの10%の希塩酸を加える。
- 11) 新しい試験管に2枚のひだ折りろ紙をのせたロートをセットし、ろ紙を蒸留水で湿らせたのちに10)の溶液をろ過する(ろ紙の残留物はバファリンAに含まれる添加物である)。
- 12) ろ液に10%のアンモニア水溶液と2 mol L⁻¹の塩化アンモニウム水溶液の混合溶液(pH: 8.3, 26.9°C, 実測値)を1 mLずつ駒込ピペットで加えていく。万能pH試験紙でpH: 7を測定するまで追加する(約8 mLで白濁し始め、10~12 mLでpH: 7に達する)。
- 13) 新しい試験管にひだ折りろ紙をのせたロートをセットし、12)の溶液をろ過する。
- 14) ろ紙のゲル状の沈殿物を蒸留水で洗浄する。
- 15) 蒸留水3滴をパスツールピペットでマイクロチューブに入れる。
- 16) ミクロスパーテル約2杯分の沈殿物を15)のマイクロチューブへ入れ、沈殿物を観察する。
- 17) 16)のマイクロチューブに1 mol L⁻¹の水酸化

ナトリウム水溶液をパスツールピペットで5滴入れ、ふたをしてふり混ぜると沈殿物が溶解することから、沈殿はアルミニウム塩であり、マグネシウムイオンを含まないことを確認する。

d-2. マグネシウムイオンを沈殿として分離, 確認¹⁴⁾

- 18) d-1, 10) と同じ操作を行う。
- 19) d-1, 11) と同じ操作を行う。
- 20) ろ液に 1 mol L^{-1} の水酸化ナトリウム水溶液 1 mL ずつ駒込ピペットで加えていく。万能 pH 試験紙で pH : 13 を測定するまで追加する。
- 21) 新しい試験管にひだおり紙をのせたロートをセットし, 12) の溶液をろ過する。
- 22) ろ紙のゲル状の沈殿物を蒸留水で洗浄する。
- 23) 蒸留水 3 滴をパスツールピペットでマイクロチューブに入れる。
- 24) ミクロスパーテル約 2 杯分の沈殿物を 23) のマイクロチューブへ入れ, 沈殿物を観察する。
- 25) 24) のマイクロチューブに 1 mol L^{-1} の水酸化ナトリウム水溶液をパスツールピペットで 5 滴入れ, ふたをしてふり混ぜると沈殿物が溶解しないことから, 沈殿はマグネシウム塩であり, アルミニウムイオンを含まないことを確認する。

6 授業実践の評価

6.1 生徒の分析計画からみた評価

15名の生徒を5班に分け、グループごとに実験計画を立てさせた。すべての班が適切な実験計画を立てることができた。図4は2日目にグループAが立てた分析計画である。計画を立てる際には、「性質」の吹き出しにはその計画を立てた根拠となる成分の性質の番号(図1, 2に示すワークシートでまとめた成分の性質の番号)も記入させた。生徒は根拠も踏まえて適切な計画を立てていることがわかる。

アルミニウムイオンとマグネシウムイオンの分離は答えが一つに定まらず、2つの方法が可能である。アンモニア水溶液と混合し、アルミニウムイオンを沈殿として分離する方法と、水酸化ナトリウム水溶

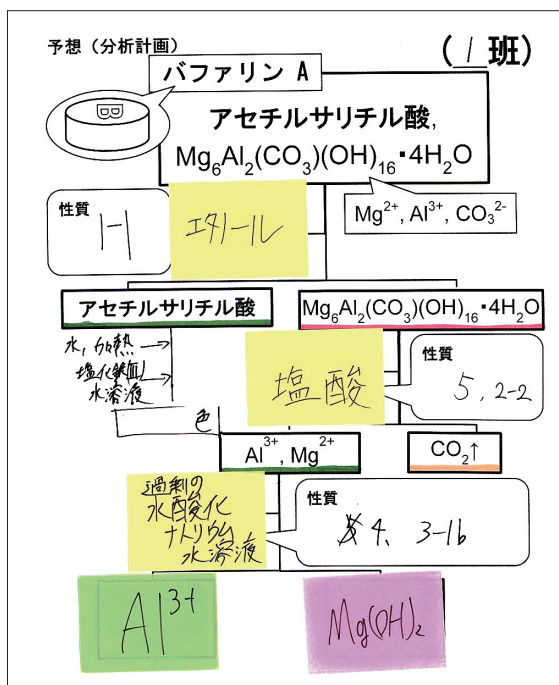


図4 グループAが2日目に立てた分析計画

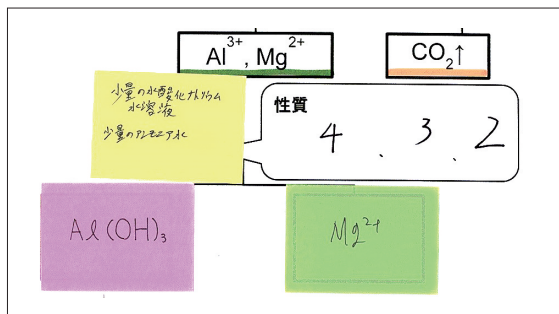


図5 グループBが2日目に立てた分析計画(一部)

液と混合してマグネシウムイオンを沈殿として分離する方法である。図5は図4のグループとは別のグループが考えた分析計画の抜粋であるが、図4とは異なる分析計画を立てていることから、生徒が主体的に探究できていることが示唆される。

6.2 質問紙による調査

生徒への質問紙による調査から本プログラムの有効性を評価した。質問紙については、「化学」の授業での学習内容とくすりとの関連に関する質問1~2について、授業前後と授業1ヶ月後で、その回答を比較した。

質問 1. 痛み止めのくすりとして知っているくすりの名前を挙げてください。そのくすりの成分やその成分を含む理由、その働きを知っていれば、成分やその働きも記述してください。

質問 2. くすりが副作用をできるだけ抑えるよう設計されていることを知っていますか。知っている人は、化学基礎や化学の授業で学習した単語を用いて、くすりが副作用を抑えている例をできるだけ詳しく記述してください。

6.3 調査結果のまとめと考察

すべての授業に出席し、かつ 3 回の質問紙調査に回答した生徒 12 名を対象に質問紙調査の結果から本プログラムの有効性を検証した。

質問 1 の回答結果 (表 2, 3) から、授業を受ける前には痛み止めとしてバファリン A をはじめ、いくつかの痛み止めのくすりがあることは多くの生徒は知っていたが、それらの成分や具体的な働きについて理解している生徒はいなかったことがみとれる。しかし授業後には、くすりには有効成分が複数含まれていることを理解し、バファリン A の場合には、主作用として働くアセチルサリチル酸とアセチルサリチル酸の副作用を抑えるための合成ヒドロタルサイトが含まれていることを理解できていることがわかる。特に、合成ヒドロタルサイトの働きについて「胃液の pH を上げる」、「胃液の酸性を中性に近づける」など化学的視点からの記述も見られた。しかしながら、1ヶ月後の調査では、成分が含まれている理由や作用についての記述が減少し、合成ヒドロタルサイトが副作用を抑えていることは覚えていたが、液性に着目して具体的に記述していたのは 2 名にとどまった。

質問 2 については、事前調査より、くすりが副作用をできるだけ抑えるような設計がなされていることを知っている生徒はいなかったことがわかる。しかし事後調査では、多くの生徒がバファリン A を例に挙げて、pH や液性について化学的視点からの記述があった。1ヶ月後には具体的に記述できている生徒は減少したものの、それでも「溶けやすくしている」といった授業内容と関連した記述が見られた (表 4, 5)。

表 2 質問 1 に対する回答

くすりの名前	バファリン A	その他の鎮痛剤	誤答	無回答
事前	5	9	2	1
事後	12	1	1	0
1ヶ月後	11	2	1	1

表 3 質問 1 に対してバファリン A と答えた生徒の内訳

成分名	アセチルサリチル酸	合成ヒドロタルサイト
働き	解熱鎮痛など具体的な主作用	胃液の液性に着目 副作用に着目
事前	0	0
事後	10	4
1ヶ月後	5	2

表 4 質問 2 に対する回答

	はい	いいえ
事前	0	12
事後	11	1
1ヶ月後	10	2

表 5 質問 2 に対して「はい」と答えた生徒の内訳

	pH や液性に着目	溶解度に着目	化学と無関係	無回答
事後	7	3	2	3
1ヶ月後	3	3	1	5

7 結論

以上、生徒自らが身近な医薬品の成分分析の実験計画を立案し、実験することが可能な授業プログラムを作成して授業実践を行った。今回はワークシートを使って化学の既習事項をひとつひとつ確認しながら授業を行ったが、分析方法のほとんどが教科書の記載事項である。よってヒントなしに生徒が教科書などを調べながら分析方法を立案させることも可

能であろう。少人数の調査にも関わらず、期待通り2種類の分析計画が立案された。本プログラムは探究的な学習活動を行ううえで重要な実験の計画の立案と検証の過程を習得する好適な教材であり、現行の学習指導要領で新たに設けられた科目「理科課題研究」の導入の授業などで活用できると考えている。本実験で用いる試薬は汎用性の高いものばかりであり、また実験後の廃液等も少量で有害性はほとんどないため、中和などの簡単な処理の後、下水に安全に廃棄することができる。毒性の高い気体が発生することもないので安全に実験も行うことが可能である。どの学校でも手軽に行えるのも本プログラムの特長である。

生徒に対する質問紙の調査結果から、くすりの主作用や副作用、成分といった医薬品に関する理解が深まるとともに、副作用の抑え方を化学的に理解できるプログラムであることがみてとれた。また、実生活になじみの深い医薬品を教材とし、教科書に記載された内容を参照しながら生徒が実験計画を立案したことで、理科を学ぶことの意義や有用性を実感する機会にもなったと考えている。

引用文献

- 1) 文部科学省：新しい時代にふさわしい高大接続の実現に向けた高等学校教育、大学教育、大学入学者選抜の一体的改革について、中央教育審議会高大接続特別部会答申、中教審第177号、p.4、2014。
- 2) 文部科学省：新しい時代にふさわしい高大接続の実現に向けた高等学校教育、大学教育、大学入学者選抜の一体的改革について、中央教育審議会高大接続特別部会答申、中教審第177号、p.10、2014。
- 3) 文部科学省：高等学校学習指導要領解説保健体育編体育編、大日本図書、2008。
- 4) 北垣邦彦：わが国の学校教育における医薬品教育、薬学雑誌、第133巻、第12号、pp.1309-1314、2013。
- 5) 文部科学省：高等学校学習指導要領解説理科編、大日本図書、2008。
- 6) 日置英彰・青木尚之・小野智信・益田裕充・栗原淳一、「化学」の授業におけるくすり教育プログラムの開発ーアスピリン腸溶錠を教材としてー、科学教育研究、第41巻、第1号、pp.47-53、2017。
- 7) 岡島俊哉・栗島香奈：金属イオンの定性分析の方法と操作の改善ー特に硫化水素の扱いと水酸化鉄(Ⅲ)の沈殿反応についてー、佐賀大学文化教育学部研究論文集、第19巻、第1号、pp.181-192、2014。
- 8) 岡島俊哉・栗島香奈：金属イオンの定性分析方法の検討ー様々な金属化合物(陰イオンによる違い)についてー、佐賀大学文化教育学部研究論文集第19巻、第2号、pp.245-253、2015。
- 9) 永井恒司：アスピリンの剤形に関連して、臨床薬理、第2巻、第2号、pp.189-195、1971。
- 10) 日本化学会：第5版 実験化学講座 第10巻 無機化合物、丸善、2005。
- 11) 厚生労働省：日本薬局方第十六改正、医薬品各条、アスピリン錠、p.306、2011。
- 12) 厚生労働省：日本薬局方第十六改正、一般試験法、炭酸塩、p.31、2011。
- 13) 厚生労働省：日本薬局方第十六改正、一般試験法、アルミニウム塩、p.29、2011。
- 14) 厚生労働省：日本薬局方第十六改正、一般試験法、マグネシウム塩、p.32、2011。