

① 化学の実験と授業との相関

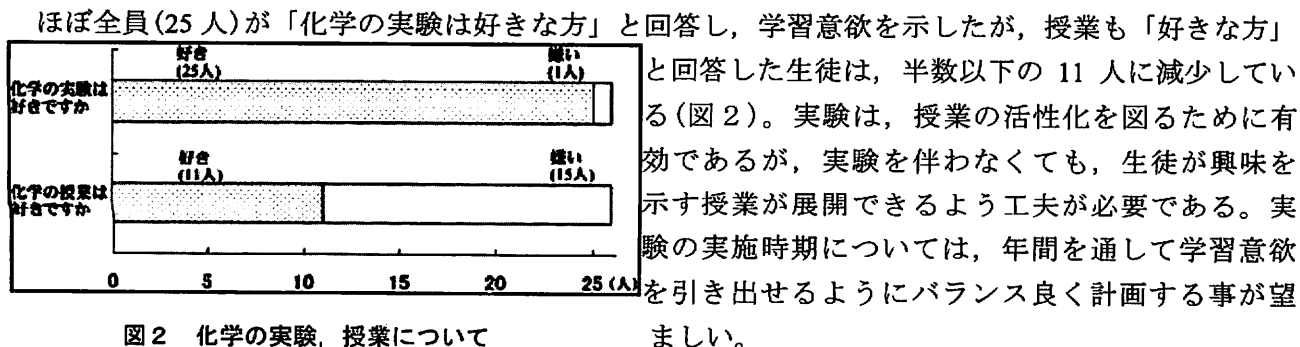


図2 化学の実験、授業について

② 実験に臨む姿勢について

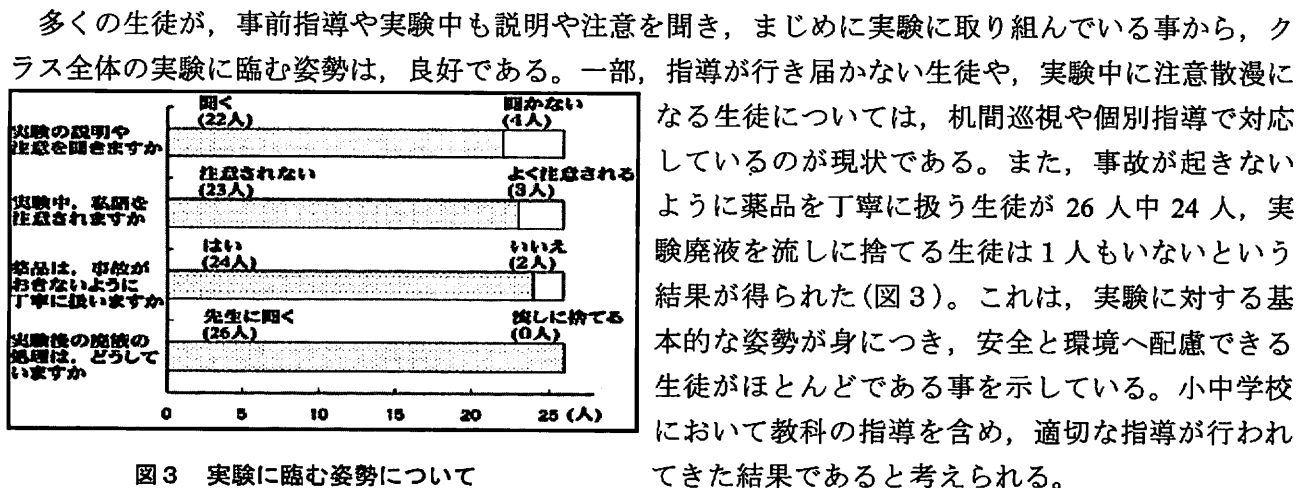


図3 実験に臨む姿勢について

③ 事故の事例について(生徒対象の調査)

アンケートで回答のあった事故の原因について分析し、事故を未然に防ぐ方法について検討した(表1)。(ア)の事例は、ガス調節ネジを開きすぎていた事が原因と考えられる。ガスバーナーは、元栓、針弁のcock、ガス調節ネジ、空気調節ネジの四つを点火、消火の各場面で、それぞれ順序よく、適切に操作しなければいけない。アンケートの結果では、26人中、11人がガスバーナーの操作が分からないと答えており、点火、消火の一連の操作を詳しく説明する必要がある。(イ)の事例については、蒸留の対象となる溶液の入った試験管を加熱し、沸騰させている最中に、内部蒸気圧を下げた操作が原因と思われる。蒸留水回収用のガラス曲管が蒸留水に浸っている時には、加熱をやめたり火から遠ざけたりしない様に注意が必要である。(ウ)の事例は、破損したガラスの取り扱いには十分に注意するように指導する。(エ)の事例については、濃硫酸の危険性を生徒に十分に認識させていなかった事、吸い上げた濃硫酸を駒込ピペットを逆さまにしてスポイト部分に溜めた事、及びスポイトゴムが劣化していた事が原因と考えられる。駒込ピペットの操作の様に、毎回行う簡易な操作であっても、濃硫酸などの特に取り扱いに注意を要する試薬の場合には、試薬の危険性や実験操作について注意を促す必要がある。また、実験器具についても、不良品や破損のある器具を使用しないように指導が必要である。

表1 化学実験事故事例(生徒対象のアンケート)

(ア) ガスバーナーに点火の際、火力が強くなり前髪が焼けた。
(イ) 蒸留の実験において、蒸留の対象である液体の入った試験管の加熱の方法がまずく、回収した蒸留水の逆流がおこり、試験管が割れた。

(ウ) 試験管を割ってしまい、その試験管で手を切ってしまった。

(エ) 駒込ピペットの操作を誤り、濃硫酸が手首にかかってしまった。

④ まとめ

実態調査は、生徒が化学実験を好み、それに臨む姿勢も良好である事を示している。しかし、実験を授業に導入する場合には、事故の発生している現状も認識し、事故防止の指導方法や取り組みにも工夫を加えていく必要がある。

生徒実験の際、安全や環境等に関する事前指導の時間は、概ね5～8分程度である。生徒の活動する時間を確保し、50分の授業時間内に実験、後片づけを終えるためには、適当な時間と考えている。指導の方法は、実験に関する資料の読み合わせや注意事項の板書により行う事が多い。具体的な操作が必要な場合には、演示実験等を行う事もあるが、実験室後部の生徒に見えにくい等の欠点がある。事前指導の課題は、限られた時間内に、生徒全員に、安全と環境に配慮した実験操作をどのように指導するかである。

4 研究仮説の設定と検証方法

(1) 研究仮説

気体の発生する実験において、自作ビデオ教材による指導を行えば、生徒は、事故の危険性や廃液処理の重要性を認識し、安全と環境に配慮した実験操作ができるであろう。

(2) 手だて

① 生徒自らが、実験の危険性や廃液処理の重要性について認識できるビデオ教材を制作する。

② 実験事故についての資料を収集し、生徒に事故の危険性について認識させる。

(3) 検証方法

① アンケートから、生徒の変容を比較分析する。

(7) 方法：質問紙法による。

(4) 対象：県立宜野湾高校 2年3組 男子12人、女子15人、計27人

(7) 期日：2003年6月

5 素材研究

(1) 化学実験の事故に関する資料の作成

事故事例の一覧表を作成し、事前指導に活用する事を考えている。一覧表は、アンケートの結果(表1：生徒対象)、(表2：教師対象)をまとめ、事故を防ぐための心がけや操作法について記したものである。表2に示した事故原因について分析、検討した内容を以下に表す。(ア)は、エタノールを湯浴中で穏やかに加熱したが、発火した事例である。火を使用する場合は、安全とされる実験操作においても、注意して指導を行わなければならない。(イ)は、強い引火性を持つ二硫化炭素を、火元の近くに放置した事が原因である。指導者は使用する試薬の性質について熟知すべきである。(ウ)は、沸騰石の未使用、強すぎた火力、不適切な観察者の立つ位置等が原因として考えられる。事前の注意指導の徹底と突沸事故を確実に防ぐ方法の研究、開発が求められる。(エ)は、ヘキサンが適切な溶剤であったかについて検討が必要である。(オ)は、過剰量の金属ナトリウムを水と反応させた可能性が高い。適量の金属ナトリウムを配分するまでは、指導者が行った方が安全と考えている。加えて、実験器具の点検も習慣化させる指導も必要であろう。

表2 化学実験事故事例(教師対象のアンケート)

(7) エチルアルコールを湯浴場で加熱したところ発火してしまった。

(4) 引火性の液体である二硫化炭素を蒸発皿に放置した為、別の実験で使用したマッチの火が引

火してしまった。

(ウ) 濃硫酸を加熱したときに、突沸し、生徒の顔にかかった。

(エ) 試験管中にヘキサンと固体試料を入れ、加熱、溶解させたところ、ヘキサンに引火した。

(オ) 試験管の中で、水とナトリウムを反応させたところ、試験管が破裂した。

(2) 安全と環境に配慮した実験指導のための自作ビデオ教材の制作

要点を絞り込んだ内容とし、長くても30秒程度とする。留意事項については、文字を動画像に挿入する。文字の色や表示の方法を工夫し、生徒が読みやすいように配慮する。

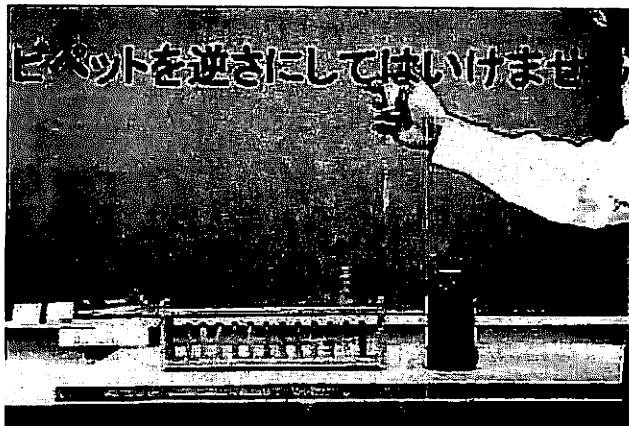


図4 駒込ピペットの操作についての動画像

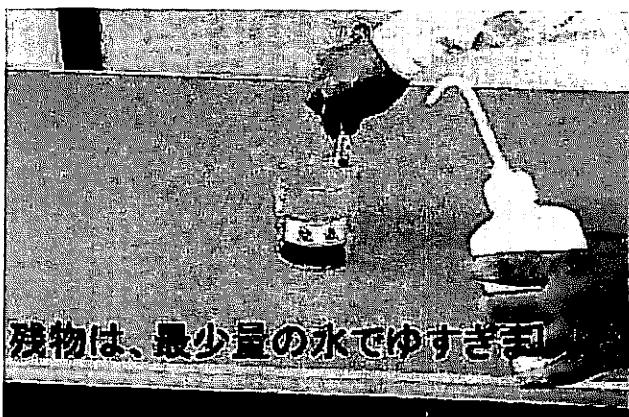


図5 廃液の回収についての動画像

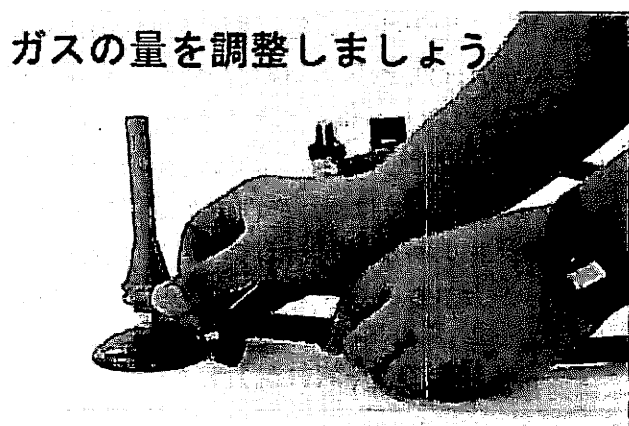


図6 ガスバーナーの用法についての動画像

① 駒込ピペットの扱い方(図4)

(ア) 時間：約20秒

(イ) 内容：試薬ビンから試験管に液体を移す操作について、駒込ピペットの正しい使い方を示す。

(ウ) 留意事項：液体を吸い上げる際には、スポイト部分にまで吸い上げないように注意する。別の容器等に液体を移すときには、液だれの無いようにスポイトを押さえないようにする。また、駒込ピペットを逆さまにしてスポイト部分に液体を溜めるとスポイトが劣化し危険であることにも注意する。

② 実験廃液の回収の方法(図5)

(ア) 時間：約20秒

(イ) 内容：実験後の廃液を、所定の場所にある専用のビーカーに入れ、試験管を水でゆすぐ操作を動画像で示す。

(ウ) 留意事項：試験管を水でゆすぐ際には、廃液の量ができるだけ少なくなるように必要最少量の水でゆすぐように注意する。廃液の種類によって、回収する容器が異なる事にも注意する。

③ ガスバーナーの使用方法(図6)

(ア) 時間：約20秒

(イ) 内容：ガスバーナーの点火から、消火までの操作を動画像で示す。

(ウ) 留意事項：ガスの元栓、針弁のコック、空気調節ねじ、ガス調節ねじの操作の順序を分かりやすく示す。また、マッチの火をガスバーナーの点火口までもっていったから針弁のコックを開く事、炎の色が青色になるように空気調節ねじで空気の量を調節する事に注意する。



図7 液体の入った試験管の加熱方法と沸騰石についての動画像

④ 液体の入った試験管の加熱方法と沸騰石(図7)

(7) 時間：約 30 秒

(4) 内容：試験管に入った液体を加熱する際の注意事項と沸騰石の使用方法を動画像で示す。

(9) 留意事項：試験管中の液体を加熱する際は、突沸を防ぐために必ず沸騰石を使用する。沸騰石は、必ず液温が室温の状態から入れておく事と、加熱を始めたらず決して沸騰石を入れない事を強く指導する。

Ⅲ 授業設計

1 単元名 「物質の量の表し方」

2 単元の設定の理由

(1) 教材観

本単元では、原子や分子、イオンなどのように、目で見える事ができない粒子の量を表す方法として原子量、分子量、式量を学び、化学反応する物質の量を表す方法として物質量を学習する初めての教材である。次に、物質の化学反応を化学式を用いて表す化学反応式についても学ぶ。化学反応式の作り方においては、理解を深める為に実験を行い、化学反応における生成物と反応物を実験で確認する。その際には、安全と環境に配慮した実験指導の工夫としてビデオ教材を活用するが、実験の操作や廃液の回収方法等を示した有効な教材である。

(2) 生徒観

授業の実施クラスは、本校の文理特進コースで、大学および短期大学、専門学校などの上級学校への進学を希望する生徒が多く学習への意欲も高い。また、実態調査によると、実験の際の器具や薬品の取り扱いにも気を配り、実験に臨む心構えのできた生徒が多い。実験廃液の処理も、教師の指導に従って適切に活動し、環境への配慮に対する意識も高いクラスである。一方で、化学の実験は好きな方だが、授業は嫌いな方であると回答した生徒がクラスの半数近くいる。また、化学反応式および化学反応の量的関係の計算については、苦手意識のある生徒も多い。

(3) 指導観

原子や分子、イオン等については、一個一個の粒子が目に見えないことから、生徒に提示する場合には、工夫が必要である。このような教材の特性と生徒の計算力の実態から、苦手意識を持つ生徒が多くなると予想されるので、基礎基本を重視した姿勢で授業に臨みたい。演習問題の難易度については、全員が満足感を持ち学習意欲が高まるように配慮し、発展問題については、生徒の理解状況をチェックしながら難易度を調整する。化学反応式をつくる際には、生徒が興味・関心を持てるように実験を取り入れ、自作ビデオ教材を活用し、実験事故の危険性や廃液回収の重要性についても認識を深められるように指導していきたい。

3 単元の目標

- (1) 原子量を同位体の相対質量と天然の存在比から求める事ができる。
- (2) 分子量，式量を原子量の値から計算によって求める事ができる。
- (3) 6.0×10^{23} 個の粒子の集まりが 1 mol である事がいえる。
- (4) 標準状態において，22.4 l の気体が 1 mol である事がいえる。
- (5) 水素の燃焼の化学反応式が立てられる。
- (6) 塩化ナトリウムと硝酸銀の反応をイオン反応式であらわす事ができる。
- (7) 化学反応式から化学反応した物質の量を求める事ができる。
- (8) 安全と環境に配慮した実験ができる。

4 単元の指導計画(全 8 時間)

過程	時間	主題名	指導目標	学習活動	主に準備する教材・教具
原子量	1	原子量とは何だろう	原子量は同位体の相対質量と，その天然存在比から求められることを理解させる。	原子量を求める練習問題を解答する	1 円玉 27 枚 炭素粉末 上皿天秤
分子量・式量	2	分子量・式量を求めよう	分子量は，分子を構成する元素の原子量の総和として，また，式量は付式，組成式に含まれる元素の原子量の総和として求められることを理解させる。	分子量，式量を求める練習問題を解答する。	ドライアイス 練習問題①
物質質量	3	1 mol とは何だろう	6.0×10^{23} 個の粒子集団を 1mol といい，この単位で物質の量をはかったものが物質質量である事を理解させる。	18g の水を構成している粒子の数，物質質量について求める。	鉄くぎ，水， ショ糖 練習問題②
気体の体積	4	物質質量と質量，体積の関係を理解しよう	標準状態が，0℃，1 気圧であることを説明し，気体 1mol の体積は標準状態で 22.4 l を占めることを理解させる。	標準状態が 0℃，1 気圧であることをまとめ，物質質量と体積に関する練習問題を解答する。	22.4 l の体積を占める箱 練習問題③
化学反応式	5	化学反応式を作ってみよう	化学反応による物質の変化を確認し，反応で用いられる溶媒や触媒を化学反応式中に記入しない事に留意しながら化学反応式をつくらせる。	水素の燃焼の実験を観察して，反応物と生成物を確認し，化学反応式をつくる。	希硫酸，マグネシウム，試験管，マッチ
イオン反応式	6	複雑な化学反応式を作ってみよう	イオン反応式を作らせる。また，化学反応式の係数を求めるのが複雑な場合には，連立方程式を立てて求めさせる。	塩化ナトリウム水溶液と硝酸銀水溶液の反応及びメタンの燃焼の化学反応式をつくる。	試験管，駒込ビュレット，硝酸銀水溶液，塩化ナトリウム水溶液，練習問題④
生徒実験	7	化学変化を観察しよう (本時)	化学反応により発生した 2 種類の未知の気体の物質名を調べさせる。また，それぞれの実験の反応物と生成物を確認し化学反応式をつくらせる。実験については，安全と環境に配慮して操作させる。	希硫酸とマグネシウムの反応，過酸化水素水の分解を実験し，化学反応式をつくる。	実験器具および試薬については，本時の展開を参照の事

化学的 反応式 の係数	8	化学反応 する物質 の量を求 めよう	化学反応式に基づいて、化学反応する物質の量を求めさせる。	各物質の係数から、物質質量、質量、粒子の個数、体積などを求める。	練習問題⑤
-------------------	---	-----------------------------	------------------------------	----------------------------------	-------

5 単元の評価計画

【関・意・態】自然事象への関心・意欲・態度 【思考】科学的な思考

【技・表】観察・実験の技能・表現 【知・理】自然事象についての知識・理解

時間	主題名	評価規準	評価の項目
1	原子量とは何だろう	①原子量を相対質量と天然における存在比とに関係づけて考えることができる。	関・意・態, 思考
2	分子量・式量を求めてみよう	①分子を構成している原子と原子量に関係づけて考えることができる。 ②イオン結合の物質を構成しているイオンと原子量に関係づけて考えることができる。	関・意・態, 思考
3	1 mol とは何だろう	① 6.0×10^{23} 個の粒子の集まりは, 1 mol である事が指摘できる。 ② 6.0×10^{23} 個の分子の体積は, 標準状態において 22.4 L である事が指摘できる。	関・意・態, 知・理
4	物質質量と質量, 体積の関係を理解しよう	①アボガドロ数個の粒子の集まりと質量, 体積, 物質質量について関係づけて考える事ができる。	関・意・態, 思考
5	化学反応式を作ってみよう	①化学変化の前後で物質の性質が異なる事が指摘できる。 ②化学反応式の係数と各原子の数を関係づけて考える事ができる	関・意・態, 思考
6	複雑な化学反応式を作ってみよう	①化学式の係数に代数(a ~)をおいて, 方程式をつくる事ができる ②方程式より, 係数を求める事ができる。	関・意・態, 思考
7	化学変化を観察しよう	①安全と環境に配慮して実験を行う事ができる。 ②化学反応式をつくる事ができる。	関・意・態, 思考, 技・表
8	化学反応する物質の量を求めよう	①反応物及び生成物の物質質量と化学反応式の係数を関係づけて考える事ができる。 ②物質質量と質量, 体積, 粒子数を関係づけて考える事ができる。	思考

6 本時の指導展開【第7時／全8時間】

(1) 主 題 化学変化を観察しよう。

(2) 指導目標 安全と環境に配慮した実験を行わせ, その観察を通して, 反応物と生成物を確認し, 化学反応式をつくらせる。

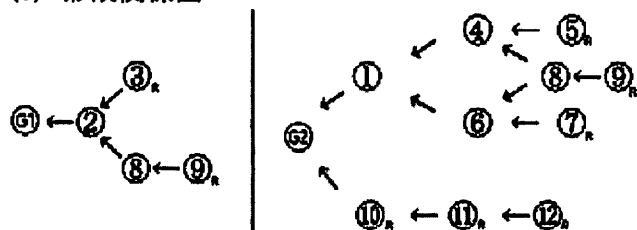
(3) 目標行動

- ① 安全と環境に配慮した実験ができる。
- ② 反応物と生成物を確認し，化学反応式をつくる事ができる。

(4) 下位目標行動

- ① 左辺と右辺のそれぞれの物質について係数を求める事ができる。
- ② 実験器具，薬品を所定の場所に片づけ，廃液を所定の容器に回収する事ができる
- ③_r 実験廃液を流しに捨てず，教師の指示を待つ事ができる。
- ④ 3%過酸化水素水に酸化マンガソ(IV)を入れて発生する気体が酸素であることが指摘できる。
- ⑤_r 酸素が十分にある試験管中に，線香の火を入れると炎を上げて燃えることが指摘できる。
- ⑥ 1 mol/l 硫酸にマグネシウムリボンを入れて発生する気体が水素であることが指摘できる。
- ⑦_r 試験管中の水素に点火すると，爆鳴が起こることが指摘できる。
- ⑧ 安全面に配慮して実験を進める事ができる。
- ⑨_r 実験器具を準備する事ができる。
- ⑩_r マグネシウム，酸素，酸化マグネシウムの係数を求める事ができる。
- ⑪_r マグネシウムの燃焼で酸化マグネシウムを生成する事が指摘できる。
- ⑫_r 「左辺は反応物，右辺は生成物」と説明できる。

(5) 形成関係図



(6) コースアウトライン

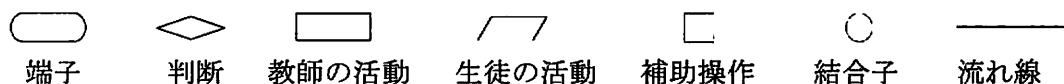
- ⑨_r → ⑧ → ③_r → ② → ①
- ⑫_r → ⑪_r → ⑩_r → ⑨_r → ⑧ → ⑦_r → ⑥ → ⑤_r → ④ → ① → ②

(7) 準備する器具，薬品

- ①実験器具 ピンセット，試験管，マッチ，薬さじ，洗びん
- ②試薬 1 mol/l 硫酸，5%過酸化水素水，酸化マンガソ(IV) (粒状)，マグネシウムリボン，線香，

(8) 指導展開

注：フローチャートの記号は次の通り



7 仮説の検証

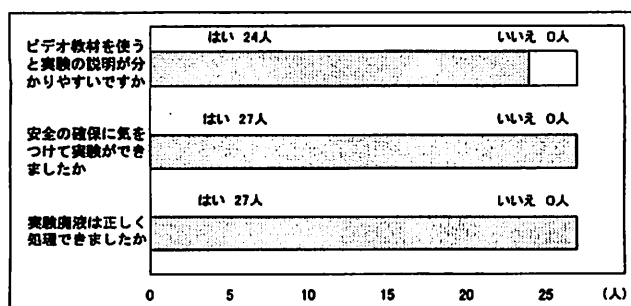


図8 ビデオ教材を使用した授業について

表3に示す授業後の感想からも、ビデオ教材を活用した授業は生徒にも分かりやすく学習意欲を十分に引き出したものと考えている。生徒の中には、身の周りの環境に興味・関心を示した者もあり、予想外の成果があった。

表3 ビデオ教材を使った授業、実験についての感想

① ビデオ教材を使うと、実験のやり方とかが楽しく、分かりやすく理解できるので良いと思う。
② 実験をもっとやりたい
③ ビデオは、役に立ったと思った
④ 実験が楽しかったし、分かりやすかったので、実験をふやして欲しいです。
⑤ 授業の内容は、理解しやすかった。ビデオを使った勉強も良かった。
⑥ 身の周りの環境についてもっと知りたいと思いました。

IV まとめと今後の課題

1 まとめ

- (1) 安全な駒込ピペットの使用方法、実験廃液の回収方法、ガスバーナーの点火と消火の手順、沸騰石の利用について、生徒の実態を踏まえたビデオ教材を制作した。
- (2) 生徒と教師を対象に化学実験事故事例の実態調査を行い一覧表を作成した。
- (3) 酸素と水素を発生させる実験について、ビデオ教材を活用した実験の事前指導を行い、生徒に安全と環境に配慮して、実験させる事ができた。

2 課題

- (1) ビデオ教材の制作において、撮影方法、編集方法の技術を高める。
- (2) 本研究において制作した、ビデオ教材、実験事故事例を多くの教師に提供、活用できる方法について検討する。

<主な参考文献>

- 全国理科教育センター研究協議会 1977 『理科実験の安全な指導』 東洋館出版社
 中西啓二・加藤俊二 1984 『化学実験の事故をなくすために』 株式会社化学同人
 川原寄人 1984 「化学変化の指導と問題点」『理科の教育』 通巻388号9ページ
 坂本昂 1972 『教育工学の原理と方法』 明治図書出版株式会社
 沖縄県化学教育研究会 2003 『化学実験ノート』