

1 はじめに

新潟県中越沖地震やその後の東京電力刈谷崎原子力発電所で起きた火災などにより、原子力発電所に金属ナトリウムが利用されていることがニュースで話題になった。教科書でしか馴染みのなかった金属ナトリウムが、原子力発電所では大量に使われており、生活に必要な電気を作り出すことに利用されていることを生徒は改めて分かったことであろう。

化学で無機化合物の単体について扱うとき、金属ナトリウムやカリウムを用いた実験をよく行う。金属が直接、水と激しく反応することに生徒は興味を持ち、多くの場合、大きな塊で実験をやりたいがる。しかし、経験もなく大きな金属の塊で実験を行うと爆発事故を起こす可能性がある。

また、小学校の初任者研修のアンケートにおいて、高校時代の理科の実験の回数等を調査すると、多くの初任者が化学実験をほとんど行っていないことがわかった。実験の回数が少ないということは、実験器具の使用に不慣れで、実験手順についてもあまり理解されていないと考えられる。理科担当の高校の先生方でも、自分の専門科目以外の実験は苦手としている場合があるのではないかと、また、実験における危険性を把握していない場合があるのではないかと考えた。

そこで、化学実験における実験事故を防止するため「使用する薬品の危険性を正しく理解する」、「使用する器具を正しく操作する」、「実験方法・手順をきちんと理解する」ことを生徒に指導する必要があると考えた。このことを徹底するための方法としてデジタル教材を作成し、それを活用した授業について研究することとした。

本研究で作成したデジタル教材をもちいて、授業を行うことで、生徒が安全・確実に実験を進めることができ、それにより、教育効果があがることを検証する。

2 研究方法

- (1) 「使用する薬品の危険性を正しく理解する」ためのデジタル教材の作成及び授業実践
 - ア アルカリ金属（ナトリウム、カリウム）と水との反応のデジタル教材の作成
 - イ アルカリ金属の大きさと水の量の違いによる反応性の比較及びデジタル教材の作成
 - (ア) 屋外でのアルカリ金属の大きさと水との反応性の比較及びデジタル教材の作成
 - (イ) ドラフトチャンバー内でのアルカリ金属の大きさと水との反応性の比較及びデジタル教材の作成
 - ウ デジタル教材を使用した授業実践
 - エ 生徒の理解度及び教材としての検証
- (2) 「使用する器具を正しく操作する」ためのデジタル教材の作成及び授業実践
 - ア 中和滴定実験における実験器具の使用法に関するデジタル教材の作成

- イ デジタル教材を使用した授業実践
- ウ 生徒の理解度及び教材としての検証
- (3) 「実験方法・手順を正しく理解する」ためのデジタル教材の作成及び授業実践
 - ア 炎色反応の実験手順に関するデジタル教材の作成
 - イ デジタル教材を使用した授業実践
 - ウ 生徒の理解度及び教材としての検証

3 研究内容

- (1) 「使用する薬品の危険性を正しく理解する」ためのデジタル教材の作成及び授業実践
 - ア アルカリ金属（ナトリウム，カリウム）と水との反応のデジタル教材の作成

アルカリ金属の演示実験を行う際の問題点として，次のことが考えられる。

 - ・ナトリウムは，250 g（図1）で 4,600 円，25 g（図2）で 2,600 円である。カリウムは，25 g（図3）で 10,700 円と高価である。そのため，アルカリ金属の大きな塊を用いた規模の大きい反応を，全クラスに見せると非常に費用がかかる。

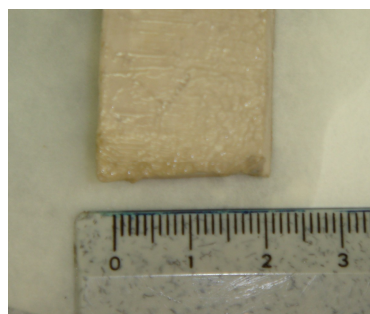


図1 ナトリウム（250 g）



図2 ナトリウム（25 g）



図3 カリウム（25 g）

- ・屋外で行う反応では，実験を行う場所や天候などにより実験が実施できなくなる。
- ・屋外でアルカリの大きな塊で反応を行うと，爆発音によって他の授業の妨害になる。
- ・ドラフトチャンバー内で実験を行うと，1クラス 40 名の生徒を一回で見せるために集まる場所がない。

屋外では，アルカリ金属の大きな塊を用いて水と反応を行い，その反応の様子をビデオで撮影した。撮影で注意した点は，生徒がこの反応に興味を持つために，缶のまわりの風景を見て，距離感や，爆発の大きさもイメージできる場所であること，反応と後始末に大量の水が必要になるので，水道が近くにある場所であること，反応により生じた煙が溜まってしまい，白い煙で見えにくくなるため，煙の溜まらない比較的

風のとおりのよい場所であること，アルカリ金属を缶の中に入れてから人が逃げやすい場所であることを考慮に入れて撮影した。

室内では，ドラフトチャンバー内でアルカリ金属の大きさと水の量の違いによる反応性を調べ，その反応の様子をビデオで撮影した。撮影で注意した点は，反応により出る炎が見やすくなるように室内の明るさを考慮して撮影した。

この屋外と室内の反応の様子をビデオを編集し，それをプレゼンテーションソフトに取り入れた教材を作成した。

イ アルカリ金属の大きさと水の量の違いによる反応性の比較及びデジタル教材の作成 (ア) 屋外でのアルカリ金属の大きさと水との反応性の比較及びデジタル教材の作成



図4 - 1 ナトリウムの反応



図4 - 2 ナトリウムの反応

図4 - 1，2は，長さ 80mm のナトリウムと水との反応の様子である。カリウムについても，図3の中央の大きさを反応させると同様の反応をした。アルカリ金属の大きさが半分以下だと爆発の大きさが小さくなり，生徒が危険性を理解しにくいと考えた。また，新しいアルカリ金属よりも，少し古くなったアルカリ金属のほうが，反応の時間が少し長くなるが爆発の大きさが大きくなり，生徒が危険性を理解しやすいと考えた。これは，少し古くなったアルカリ金属のまわりには，酸化物や水酸化物が付着しており，小さく飛散せずに，一気に反応が進むためであると考えられる。新しい金属の場合でも，金属を約1時間程度空気中に放置したものを使用すると同様の反応を示した。

反応させるときにバケツを使用すると，数回反応させるとつなぎ目がはがれ壊れるおそれがあるため，ワックスの空き缶などの丈夫なものがよい。

爆発により，未反応のアルカリ金属が飛散し危険であることを理解させるための教材として，図5のように，実験終了後の後始末で，缶のまわりに水をまいて飛散物を処理する様子を撮影したデジタル教材の作成も試みた。



図5 反応後の処理

また、ナトリウムでは約 10 秒後に炎を上げたが、カリウムでは投入後、約 1 秒後に炎を上げた。炎を上げてから、ナトリウムとカリウムともに約 1 秒後に爆発が起こった。この様子がビデオの映像から、カリウムでは投入後、逃げる間もなく反応が始まっている（図 6）が、ナトリウムでは反応が起こっていない（図 7）ことがわかる。この映像をデジタル教材として活用することで、ナトリウムに比べてカリウムの反応が速いことがわかり、生徒は、反応速度に大きな違いがあることを理解できた。

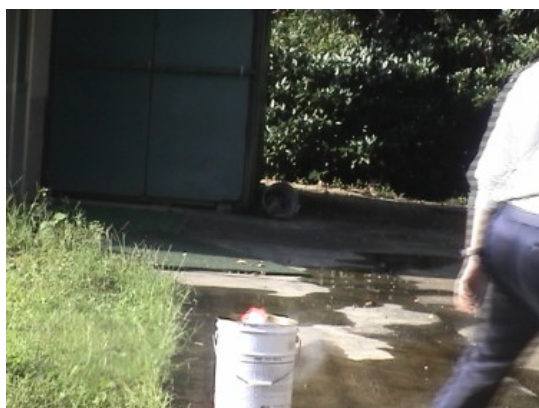


図 6 投入直後のカリウム

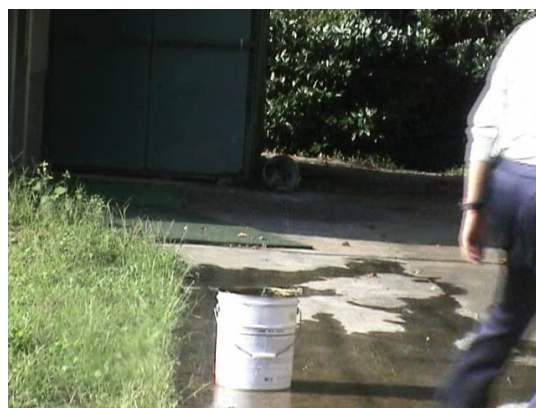


図 7 投入直後のナトリウム

（イ）ドラフトチャンバー内でのアルカリ金属の大きさと水との反応性の比較及びデジタル教材の作成

試験管に、水を 1 mL、3 mL をそれぞれ用意し、そこに、アルカリ金属の大きさを 2 mm 角・3 mm 角・5 mm 角・10 mm 角、とかえて反応させ違いを調べた。

ナトリウムでは、2 mm 角・3 mm 角では炎を出さずに反応が終了した。5 mm 角・10 mm 角では、内容物をドラフトチャンバーの天井など中一面に飛散させながら激しい炎と爆発がみられた。カリウムでは、すべての大きさに引火した。特に、5 mm 角・10 mm 角では内容物を飛散させながら激しい炎と爆発がみられた（図 8）。水の量の違いによる反応性の違いは、ほとんど見られなかった。

300 mL ビーカーを使用し、水で湿らせたろ紙、水 10 mL、30 mL をそれぞれ用意し、そこに、アルカリ金属の大きさを 2 mm 角・3 mm 角・5 mm 角・10 mm 角、とかえて反応させ違いを調べた。

その結果、ナトリウムもカリウムも大きさが大きくなるにつれ反応は激しくなった。

ナトリウムの場合、水 30 mL と大きさが約 10 mm 角以外の反応では、炎を出さずに反応が

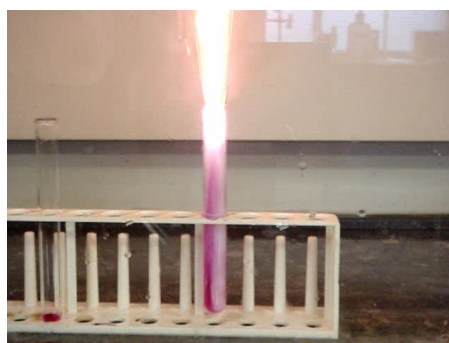


図 8 カリウムの反応



図 9 ビーカーの破損

終了した。炎を出さずに反応が終了したのは、反応熱が水に奪われてしまうためであると考えられる。しかし、10mm 角の反応は、水の量に関係なく、内容物を飛散させながら激しい炎と爆発がみられた。特に、湿らせたろ紙との反応では、ビーカーが破損した（図9）。カリウムの場合は、すべての組合せで炎をともなって反応した。10mm 角は、ナトリウム同様、内容物を飛散させながら激しい炎と爆発がみられた。

それぞれの組合せの反応において、反応終了までの時間は、カリウムでは 10 秒以内であり、その中でも 5 秒以内で反応が終了するものが多かった。ナトリウムでは、同量の水の場合、2 mm 角・3 mm 角・5 mm 角と大きくなるほど反応終了までの時間が長くなったが、10mm 角は、2 mm 角よりも反応終了までの時間が短かった。

以上の結果から、試験管を使用しての反応は、内容物の飛散、爆発の勢いともに、ビーカーに比べて激しくなるので危険である。ビーカーを用いて実験を行ったほうが安全であると考えられる。また、生徒にドラフトチャンバー内での反応を見せるとき、水の量を 30mL 程度にし、10mm 角のアルカリ金属を反応させると、反応の激しさもわかりやすく、後始末も比較的簡単であることがわかった。

ウ デジタル教材を使用した授業実践

生徒実験「アルカリ金属と水との反応」を実施する際に、アルカリ金属の水との反応の危険性を説明するときに、作成したデジタル教材を使用した。デジタル教材に使用したビデオは、アルカリ金属の大きさ 5 mm 角と湿らせたろ紙の反応（図 10）と、アルカリ金属の大きさ 5 mm 角と水 5 mL の反応（図 11）を撮影したものである。この組合せを使用した理由は、5 mm 角のアルカリ金属は、実験で生徒に配付する大きさであり、そのままの大きさで反応させた場合の危険性を、生徒が正しく理解して実験を行うために使用した。

また、デジタル教材を使用するにあたっては、爆発などの臨場感を出すために、通常より大きな音量になるようにした。

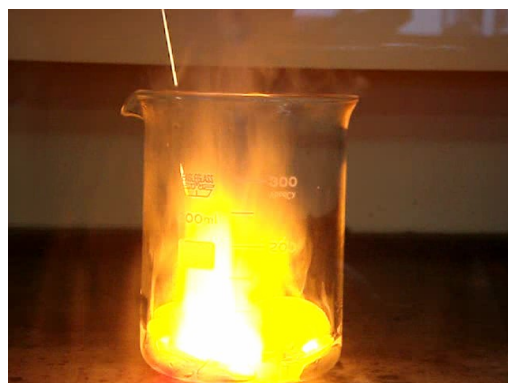


図 10 ナトリウムの反応



図 11 カリウムの反応

エ 生徒の理解度及び教材としての検証

デジタル教材を利用した場合の利点としては、次のことが考えられる。

- ・屋外での反応を、天候に左右されずに、いつでも生徒に見せることができる。
- ・規模の大きい激しい反応などを、何回も演示実験を行わないため、生徒に直接見せ

にくい反応を生徒が危険にさらされることなく見せることができる。

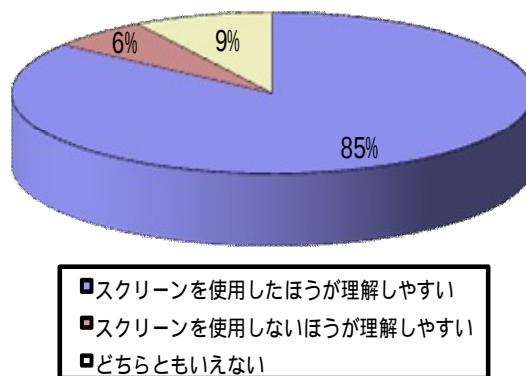
- ・ 何回も演示実験を行わないため、廃液の量も減る。
- ・ 生徒が移動しないで見ることができるので、生徒全員が見やすくなる。また、大切なところをメモを取りながら学習することができる。
- ・ ビデオ・写真を作成，利用することで，小さなものを拡大することができる。
- ・ 重要な場面で映像を停止したり，逆にまわしたり，スロー再生することができ，確認のためにその場面に戻ることも簡単にできる。

一方，欠点としては，次のことが考えられる。

- ・ 実際に生徒の目の前でやっているものを見ているわけではないので，飛散物や爆発への臨場感や迫力に欠けてしまうことがある。
- ・ 実際に実験を行った場合，何回か繰り返すことで，そのたびに反応の現れ方が多少異なるが，デジタル教材では，同じビデオの反応を見せるので変化がない。
- ・ 実験のときに発生する臭いがわからない。

実験後に1年生2クラス（81名）を対象に，「スクリーンを使用したほうが理解しやすい」か「スクリーンを使用しないほうが理解しやすい」か，調査した結果（グラフ1）及び，実験の感想である。

生徒のアンケート結果から，85%の生徒が「スクリーンを使用したほうが理解しやすい」と答えているが，残り15%の生徒は「スクリーンを使用しないほうが理解しやすい」，「どちらとも言えない」である。このことから，デジタル教材を利用することで，アルカリ金属と水との反応は，危険であることを，生徒に理解させるのに有効であると考え，残りの2割弱の生徒にも理解しやすくする工夫が，今後必要であると考え。



グラフ1 アルカリ金属と水の反応のアンケート結果

生徒の実験の感想は，次のとおりであった。

- ・ ビデオを見る前までは，大きいアルカリ金属を使って大きな爆発をさせたかったが，ビデオを見た後では，小さく切ったアルカリ金属でもピーカーに入れるのが怖かった。（15名）
- ・ 実際に屋外での反応を見たかったが，ビデオでも反応の様子がよくわかり，爆発の音がすごかった。（12名）
- ・ 口頭で注意されるよりもビデオを見たほうが，音や爆発の様子を見ることができるので，本当に危険であることを実感できた。（11名）
- ・ 実験をしているとき，実験台の上に水が落ちていないか，アルカリ金属をどこに置いたか気になった。（10名）
- ・ 反応させるアルカリ金属の大きさを気にして，切るときに少し小さめに切ってしまった。（8名）
- ・ 屋外の反応を見て，自分でアルカリ金属を水の中に入れてみたくなった。（6名）

- ・実験でアルカリ金属と水を反応させたとき，ビーカーの上にのせた時計皿が爆発の勢いで飛んで，アルカリ金属が飛び出してこないか心配だった。（４名）
- ・大丈夫だとわかっていたが，爆発によりビーカーが壊れて飛んでくるのではないかと心配しながら実験を行っていた。（３名）

ビデオを見る前に「大きいアルカリ金属を使って，大きな爆発をさせたかった」と，考えていた生徒もいたが，デジタル教材を見てから，「小さくしたアルカリ金属でもビーカーに入れるのが怖かった。」と考え方が変わり，アルカリ金属と水との反応が，危険であることを生徒が理解したと考えられる。実際，生徒が実験を行う様子からも，アルカリ金属を怖がってしまう生徒がいた。このことから，生徒が「使用する薬品の危険性を正しく理解する」うえで，デジタル教材の教育的効果が上がったことが検証できる。アルカリ金属が水と反応する様子を，生徒に実験を行う前に，デジタル教材で見せることになるが，生徒が実験で事故を起こさずに，直接アルカリ金属に触れ，水と反応することを確認し，体験することが目的であるので重要視しなかった。



図 12 銀白色の球状

また，このデジタル教材の映像から，アルカリ金属が水と反応し始めると，銀白色の球形に変化する様子が確認できる。この映像を次の授業で利用することで，生徒にアルカリ金属がどのようにして銀白色の球形（図 12）に変化したのかを考えさせる教材に利用できる。

デジタル教材の反応では，フェノールフタレイン溶液を水にあらかじめ滴下して反応を行っているので，アルカリ金属と水が反応すると赤色に変化し，生成物がアルカリ性であることがわかる。また，反応終了後，このフェノールフタレインの赤色は消えて色が無くなる様子が確認できる。このことから，フェノールフタレインは，非常に強いアルカリ性では，無色に戻ることを生徒に理解させることにも利用できると考えられる。

（２）「使用する器具を正しく操作する」ためのデジタル教材の作成及び授業実践

ア 中和滴定実験における実験器具の使用方法に関するデジタル教材の作成

中和滴定実験で使用する器具の操作はそれほど難しくないと思われる。しかし，以前生徒実験を行ったとき，ホールピペットの使用法を説明したにもかかわらず，薄めた酢酸を吸うために，ホールピペットの細いほうを口にくわえて吸い込もうとしていた生徒がいた。実験事故の起きにくい実験である中和滴定においても，誤飲などの事故が起こる可能性があると考えられる。そこで，生徒が「使用する器具を正しく操作する」ためのデジタル教材を作成し，活用することを考えた。

中和滴定実験については，インターネット上に，かなり多くの写真やビデオが掲載されている。そこで，デジタル教材を作成するとき，メスフラスコを使用した酢酸の薄め方，ホールピペット・

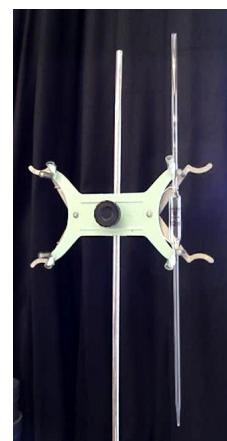


図 13 ホールピペット

ビュレットのとも洗いの方法は、ホームページに掲載されている写真やビデオを利用した。ホールピペットの吸い方、最後の一滴の落とし方、ビュレットの滴下の仕方、フェノールフタレインの色については、写真やビデオを撮影した。

撮影した写真とビデオを編集し、デジタル教材を作成するとき、映像を拡大することで、生徒が見やすくなり、器具やその器具の操作方法を理解しやすいと考えた。そこで、図 13,14 のように、写真では、器具をできるだけ拡大したデジタル教材を作成した。ビデオでは、器具を操作している手元など、重要な場面を部分的に拡大することを考慮し、デジタル教材を作成した。

ホールピペットの操作法を、生徒が正確に理解するために、器具の説明にデジタル教材を使用した。また、生徒が

正確に操作できるのではないかと考え、実験中に生徒がホールピペットを操作しているとき、図 15 のホールピペットの押さえ方、最後の 1 滴の出し方についての写真をスクリーンに表示するためのデジタル教材を作成した。

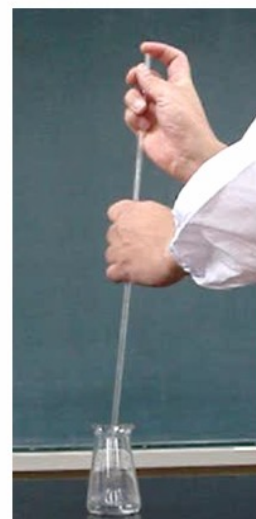
また毎年、中和滴定の実験を行うときに、多くの生徒から質問されることは、中和点の判断になるフェノールフタレインの色についてである。このフェノールフタレインの色の判断により滴下量が変わり濃度が違ってしまふ。そこで、「滴下が多い」（中和点を過ぎた）、「ちょうどよい」（中和点）、「滴下が少し足りない」（中和点前）の状態の写真を並べて、色の違いが比較できるように作成した（図 16）。これにより、中和点を過ぎて多く滴下する生徒が減り、正確な中和点が求められるのではないかと考えられた。



図 14 ビュレット



押さえかた



1 滴の出し方

図 15 ホールピペット



滴下が多い

ちょうどよい

滴下が少し足りない

図 16 フェノールフタレインの色

イ デジタル教材を使用した授業実践

生徒実験「食酢の濃度を調べる」を実施する際に、実験方法の説明に作成したデジタル教材を使用した。

<実験方法>

(操作1) 市販の食酢でホールピペットをとも洗いする。

(操作2) とも洗ったホールピペットで食酢を正確に 10mL はかりとり、100mL メスフラスコに移す。(図 15 と操作のビデオを使用)

(操作3) 操作2のメスフラスコへ純水を標線まで加え、倒立攪拌を行う。以降この溶液を、希薄食酢溶液と呼ぶ。

(操作4) 純粋で洗浄したホールピペットを、希薄食酢溶液でとも洗いする。

(操作5) 操作4でとも洗ったホールピペットで、希薄食酢溶液を 10mL はかりとり、コニカルビーカーに移す。このビーカーに、指示薬としてフェノールフタレインを数滴加える。同じビーカーを2個作る。

(操作6) ビュレットが水でぬれていたなら、0.1mol/L 水酸化ナトリウム水溶液でとも洗いする。とも洗ったビュレットに 0.1mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を入れ、滴下前の目盛りを目分量で最小目盛りの 1/10 まで読み、その値を記録する。

(操作7) コニカルビーカーに、ビュレットから 0.1mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を滴下していく。液の色が薄い赤色になったら滴下をやめ、ビュレットの目盛りを読み、その値を記録する。(図 16 と操作のビデオを使用)

(操作8) 残りのコニカルビーカーについても、操作6, 7を行う。

また、生徒がホールピペットを操作しているときに図 15、ビュレットを操作しているときに図 16 を、スクリーンに映し出しておいた。

ウ 生徒の理解度及び教材としての検証

実験後に1年生2クラス(81名)の実験に対する感想である。

- ・ホールピペット、ビュレットを操作している様子をアップで見られて、操作の仕方がわかりやすかった。(20名)
- ・実験の操作を、最初から最後までビデオで見られたので、実験の手順・操作のイメージができてから実験を行えたのでよかった。(18名)
- ・実験を行っているとき、画面に水酸化ナトリウムの滴下量が多い場合、少ない場合、ちょうどよい場合の、フェノールフタレインの色の違いが表示されていたので、スクリーンとビーカーの色を比較しながら実験ができたので失敗しなかった。(15名)
- ・水酸化ナトリウムを少し多く入れただけで、フェノールフタレインの色が濃いピンク色に変化してしまうことがビデオでわかったので、慎重に滴下した。(9名)

実験中、多くの生徒が器具の操作をスムーズに、正確に行っていた。実験の様子、生徒の感想から、デジタル教材を使用することで、生徒が「実験で使用する器具を正しく操作する」ことに役立ったと考えられる。

(3) 「実験方法・手順を正しく理解する」ためのデジタル教材の作成及び授業実践

ア 炎色反応の実験手順に関するデジタル教材の作成

白金線を使って炎色反応を行うとき，白金線を塩酸で洗い炎の中に入れ，前の試料の色が出なくなるまで繰り返し焼く操作が重要である。この操作を正しく行わないと，試料が混ざり，正しい炎色を観察できなくなる。そこで，実験の操作方法（図 17）をデジタル教材として作成した。重要な場所に赤丸や，プレゼンテーションソフトの利点であるアニメーション機能を利用し，注意事項などの文字を反転・点滅させることで強調できるようにした。また，表示，反転・点滅させるときに，効果音が出るようにしておき，音の変化により生徒が関心をもてるように作成した。

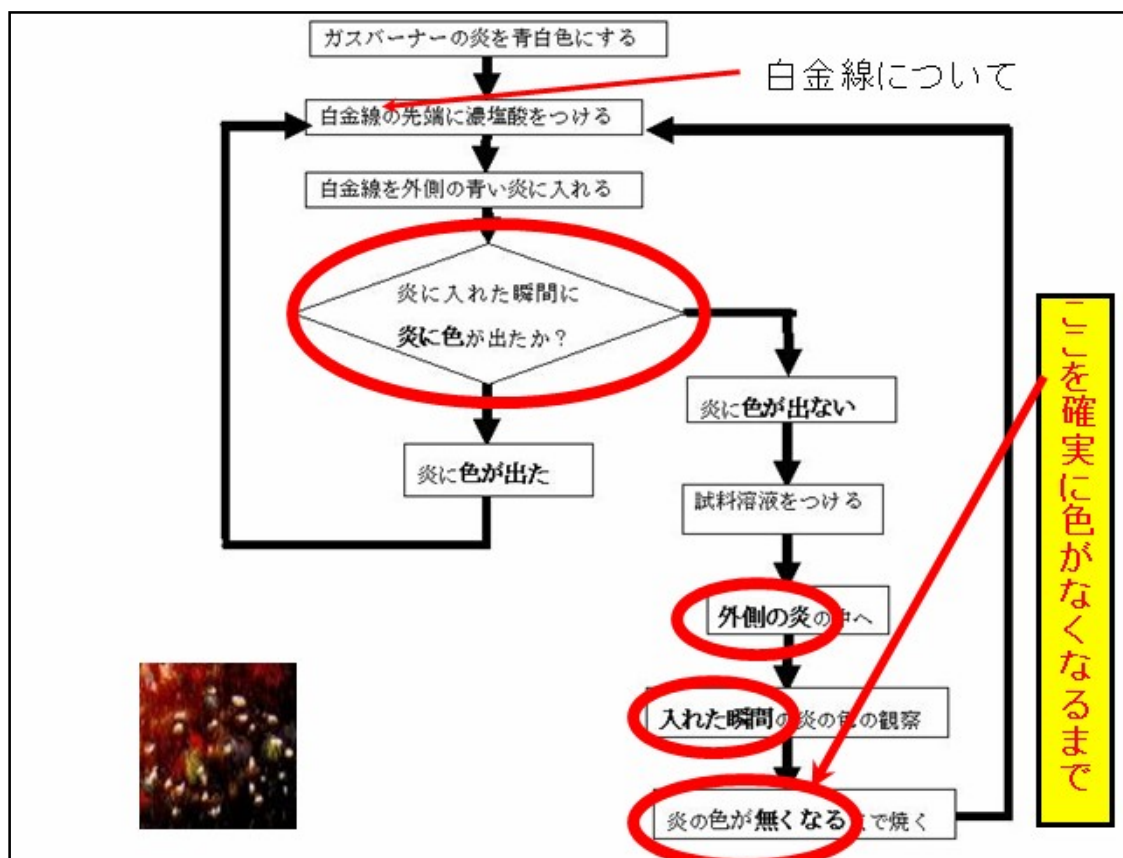


図 17 実験方法



図 18 ガスバーナー

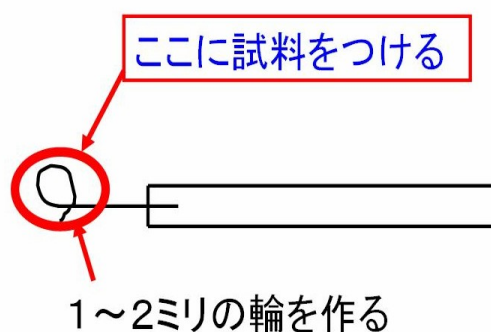


図 19 白金線

生徒は，ガスバーナーの使い方にも慣れていないため，ガスバーナーの使用法や図 18 の

ように、白金線をガスバーナーの炎に入れる位置を矢印で表示した。また、図 19 のように、白金線の使い方についても、白金線の先端に小さな輪を作ること、そして、その輪に試料を付けることを、矢印と文字を表示した、デジタル教材も作成した。

イ デジタル教材を使用した授業実践

生徒には、実験プリントを配付し、そのプリントと同じ操作手順を書いたデジタル教材（図 17）をもちいて実験方法・手順を説明した。デジタル教材の使用にあたっては、赤丸や注意事項などを表示させるタイミングに注意した。

生徒が実験を行っているときにも、図 17 の実験方法をスクリーンに映し出しておき、実験方法・手順を生徒が正確に行えるようにした。

ウ 生徒の理解度及び教材としての検証

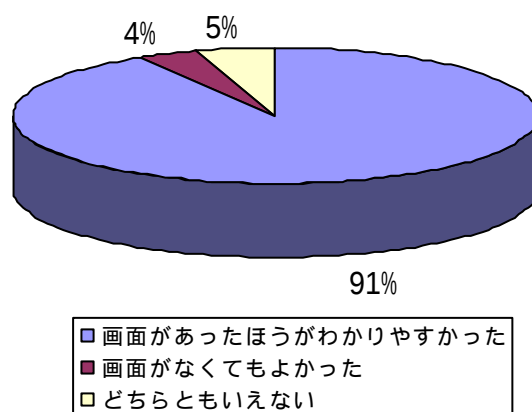
実験後に 1 年生 2 クラス（81 名）を対象にアンケートを実施した結果である。

- ・スクリーンにガスバーナー、白金線が、大きな画像で映し出されたので見やすかった。（18 名）
- ・スクリーンに、実験で注意する場所に印が付いて映し出されていたので、確認しながら実験ができた。（16 名）
- ・実験中も図が映っていたので、忘れてしまったところを確認しながら実験ができた。（13 名）
- ・画面が動いたり、点滅したりしたのでわかりやすい。（10 名）
- ・画面が変わるときに、いろいろな音が出たので何が起ころのかスクリーンを見てしまった。（8 名）
- ・映像だから興味をもててわかりやすく、理解しやすい。（5 名）

生徒のアンケート（グラフ 2）の集計結果から、91%の生徒が「画面があったほうがわかりやすかった」と答えている。デジタル教材を利用することで、生徒が、炎色反応における実験方法・手順を正しく理解して実験を行うことに有効であると考えられる。残りの 9 %の生徒にも理解しやすくする工夫が、今後必要であるとする。生徒の感想に、「スクリーンに、実験中に注意するところに印が付いて映し出されていたので、確認しながら実験ができた。」

「実験中も図が映っていたので、忘れてしまったところを確認しながら実験ができた。」というように、生徒は実験中、スクリーンを確認しながら実験を行っている様子が見られた。その結果、生徒は実験の操作をスムーズに行っている様子が見られた。

結論として、生徒のアンケート、実験中の生徒の操作の様子から考えると、生徒が「実験方法・手順を正しく理解する」ことにデジタル教材は効果があると考えられる。



グラフ 2 炎色反応での生徒の反応

化学実験における事故をなくすために、安全指導の内容を生徒に理解させる手段として、デジタル教材の利用を研究してきた。この研究では、実験で使用する器具、その器具の操作方法や危険な反応などを校内で写真、ビデオに撮影したものと、インターネット上にある写真やビデオを活用した。生徒は、インターネット上にある写真やビデオよりも、校内で撮影した写真やビデオを利用したデジタル教材のほうが、反応の様子などイメージしやすいようで、興味をもってスクリーンを見ていた。インターネット上にある写真やビデオを利用するよりも、生徒にとって身近な校内で撮影した写真やビデオを編集し、デジタル教材として利用したほうが、生徒に安全指導の内容を理解させるために有効な手段であると考えられる。また、屋外でのアルカリ金属と水との反応では、天候に影響されず実験を見せられるので、授業の計画が立てやすかった。中和滴定実験では、実験後の廃液量も少なくなっていたようである。

デジタル教材を使用することで、生徒は実験に臨みやすいようであったが、器具の操作方法、薬品の危険性への理解が、生徒にどの程度定着しているか、今後も、さまざまなデジタル教材を作成し、使用していくことで検証していきたい。

また、化学実験を安全に進めることが、生徒にとって、授業内容の理解にどれほど役立っているのかを関連付けた研究を今後も進めていきたい。

最後に、本研究を進めるにあたり御指導、御助言をいただいた千葉県教育庁教育振興部指導課の○○○○先生、○○○○先生、○○○○先生、○○○○先生、前指導課の○○○○先生、○○○○先生、及び教科指導員の○○○○先生、○○○○先生並びに教科研究員の諸先生方に心より御礼申し上げます。

参考文献

前田等 チョーク&トークからの脱却(2006) 千葉県高等学校教科研究員研究報告書
長倉三郎他編(1998)理化学辞典(第5版) 岩波書店

参考URL

杉原先生の理科室(京都市青少年科学センター勤務) web.kyoto-inet.or.jp/people/sugicom
中條 敏明 実験映像のデジタル化 - 「炎色反応」及び「アルカリ金属と水との反応」 -
Chem.sci.utunomiya-u.ac.jp/v2n2/chujo/exp.html
独立行政法人教員研修センター 高等学校専門教科コンテンツ
<http://sweb.nctd.go.jp/senmon/shiryo/kougyou/kougyou.html>