

中学校理科第1分野におけるデジタルコンテンツの活用について

Application of digital contents to science education in junior high school

井口 章

Akira Iguchi

広川町立津木中学校

Tugi Junior High School, H irogawa-Town

野中 陽一

Yoichi Nonaka

和歌山大学教育学部

Faculty of Education, W akayama University

理科第1分野では物理や化学の基礎について学習するが、意欲的でない生徒や拒否的な反応を起こす生徒もおり、興味関心を高める工夫やわかりやすい授業にする工夫が重要である。そこで実験に関するデジタルコンテンツを活用して、興味関心を高めわかりやすい授業にできるのではないかと考え、2年生の化学変化の規則性の小単元(全6時間)で授業研究に取り組んだ。その結果とデジタルコンテンツ活用の在り方について発表する。

教育機器利用 教育方法 理科教育 実験 デジタルコンテンツ 理解

1 授業研究にあたって

(1)授業研究を行う単元について

中学校2年生「化学変化と原子分子」の中の小単元「化学変化の規則性」(全6時間)で授業研究を行った。このうち前半3時間は「質量保存の法則」が中心で、2時間目にペットボトルなどの密閉容器の中で気体を発生させた場合に、化学変化の前後で質量が変化しないことを生徒実験として取り扱う。また後半3時間は「定比例の法則」が中心で、5時間目に生徒実験としてステンレス皿上で銅やマグネシウム等の金属を燃焼させ空気中の酸素と化合させたときに、もとの物質の質量と結びつく酸素の質量が一定の割合になるということを取り扱う。

(2)生徒の質量認識について

この単元では化学変化の際の質量保存の法則や定比例の法則について学習する。しかし、気体も含めてすべての物質が質量(重さ)を持つことや、物質を水に溶かしても質量は変化しないこと等、この学習以前に必要な基礎的内容について生徒はどうとらえているのだろうか。一般に「気体には質量(重さ)がない」、「固形の物質が水に溶けて見えなくなると質量(重さ)はなくなってしまう」等の考えがかなりみられる。こうした点は授業の進め方に

も影響してくるので出来る限り綿密に把握しておく必要がある。

(3)取り扱う実験について

前半3時間で扱う実験はあまり精度を必要とせず難しくないが、後半で扱うステンレス皿上で銅粉を加熱して空気中の酸素と化合させる実験は定量的な実験で、精度が必要である。この時、

- 銅粉は細かく風などで飛びやすいので、生徒がいていないと扱わないと飛んだりこぼれたりして実験結果の誤差が大きくなる。
- 銅粉を加熱しても十分な時間加熱しなければ完全に酸化せず結果の誤差が大きくなる。
- 結びついた酸素の質量は微量であるので、測定の方法にも注意深さが必要である。

使用する器具を事前に十分に準備・点検するとともに、授業時に生徒がきちんと実験できるように支援していく必要がある。

(4)評価等について

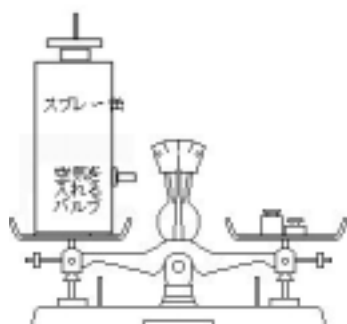
(2)で説明したように、生徒の質量認識について十分に把握しておく必要がある。そこで最初の授業の前に15分程度の時間で生徒の質量認識を調べるレディネステストを実施した。またその後

の理解状況を把握するため、授業中に適宜発問を入れたり、生徒実験の終了時には実験レポートを作成させたりした。さらに、単元の最後の授業時にも生徒の理解状況の変化を把握するためにレディネステストの再テストを行った。

最後の授業時にはデジタルコンテンツについての生徒評価や学習に関する生徒の自己評価を調べる調査も行った。

その他に、生徒が学習をスムーズに行うためや指導者が生徒の学習状況を捉えやすくするために2枚のワークシートを作成し使用したが、これも必要に応じて生徒の状況を把握するために利用した。

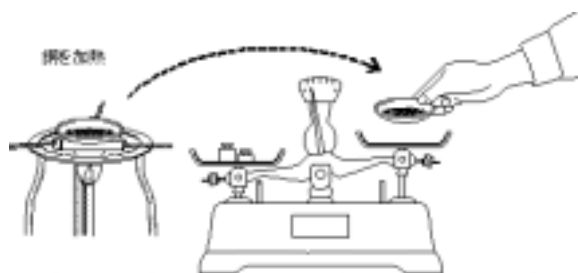
(5) 事前のレディネステストの結果より



【図 1】

1 この状態で、スプレー缶の中の空気をシューとぬいた。この時、上皿てんびんのつりあいはどうなるか。

【図 1】の問題に対する回答をみると、11人中8人が「スプレー缶側の質量が前より小さくなり、左が上がる」という正答を選んだ。ところが、残り3人はそれ以外を選んでおり、気体には質量がないか軽さを持っているというようなとらえ方をしている。



【図 2】

1 ステンレス皿の上に銅粉をはかりとり、最初の上皿てんびんとつりあわせ、ステンレス皿ごと三

脚の上に移動し燃焼させた。銅粉が完全に燃え尽きてから、上皿てんびん上に戻すとどうなるか。

【図 2】の問題に対する回答をみると、11人中9人が「銅が空気中の酸素と化合したため、前より質量が大きくなり、右が下がる」と正答を選んだが、残り2人は「質量が変わらない」を選んだ。この2人は化合した酸素に質量がないと考えたと思われる。

2 授業で利用するデジタルコンテンツ

(1) デジタルコンテンツの使い方

通常の理科の授業でのデジタルコンテンツ活用の可能性について探るという目的から、できるだけ教科書に沿ったオーソドックスな指導計画や指導案を作成した。また、生徒が直接手を動かさず生徒実験を大切に、それを補完するような形でデジタルコンテンツを使うように心がけた。具体的なデジタルコンテンツの使い方としては次のア)~カ)を考えた。

- ア)教科書には出ていないが、学習の流れの中で重要な現象について、直接実験が難しい場合に代わりに動画で見せて現象を理解させる。
- イ)教科書に写真や図で紹介されている実験について動画で見せることにより現象に注目させるとともに、現象についての理解を深めさせる。
- ウ)次のステップで直接行う実験に関して、事前に関心を持って実験についてのイメージを持たせたり、実験の目的を考えさせたり、結果を予想させたりさせる。
- エ)次のステップで直接行う実験に関して、実験で使うガスバーナー等の器具の使い方や測定箇所など実験のポイントとなる点を理解させる。
- オ)生徒実験の後、結果の確認をしたり、実験をふりかえらせるときにコンテンツを見せる。
- カ)実験の後、類似の実験についてのコンテンツを見せ、法則性が一般的に成り立つことを示す。

(2) デジタルコンテンツの自作について

計画した授業に合った既存のコンテンツがなかなか見つからず、ようやく見つかった「学研キッズ

ネット」内の「実験・実習クリップ集（*1参照）」はほぼイメージ通りで教科書にも準拠しているものの、該当の単元には動画コンテンツがなかった。そこで自分で実験の様子を撮影し、必要となる15秒程度の動画コンテンツを自作することにした。

自作する際には次のような点に留意した。

実験の流れがつかめる。

現象の重要な変化の様子が大体分かる。

実験で使う器具の様子や使い方が分かる。

実験目的や実験のポイントが説明しやすい。

途中で動画を止めて、次の画面や実験結果

を予想させるような使い方ができるようにする。

定量的な実験の場合には、画面からポイントとなる数値が読みとれるように留意する。

遅い通信回線を使って取り込むことも考慮し、動画ファイルはmpeg 1で作成し、なるべく4MB程度以内のサイズにする。

タイトル画面を入れたり、物質名が分かるようにはするが、いろいろな場面でいろいろな使い方ができるように、音声や詳しい解説は入れない。

の点に留意し、次の6つのコンテンツを自作した。

スプレー缶に空気を詰め込んで空気に質量があることを調べる実験（16秒）

沈殿ができる化学変化...開放系で実験するが化学変化の前後で質量が変わらない。（16秒）

気体が発生する化学変化A...開放系で実験を行うので化学変化の後には質量が減少。（19秒）

気体が発生する化学変化B...ペットボトルの中の閉鎖系で実験を行うので化学変化の前後で質量が変わらない。（15秒）

ガスバーナーを使ってステンレス皿の上で銅粉を加熱し、銅と酸素が結びつく化学変化の前後で質量がどうなるかを調べる。（23秒）

ガスバーナーの使い方。（13秒）

授業の中では、この自作コンテンツと「実験・実習クリップ集」とを適宜使用した。なお、自作コンテンツはインターネット上におき、誰でも使用できる状態にしている。（*2参照）

3 各時間のコンテンツの使い方と授業の状況

(1)第1時

）デジタルコンテンツの使い方

:イ) 「実験実習クリップ集」より:カ)

:イ) :ア) :ウ)

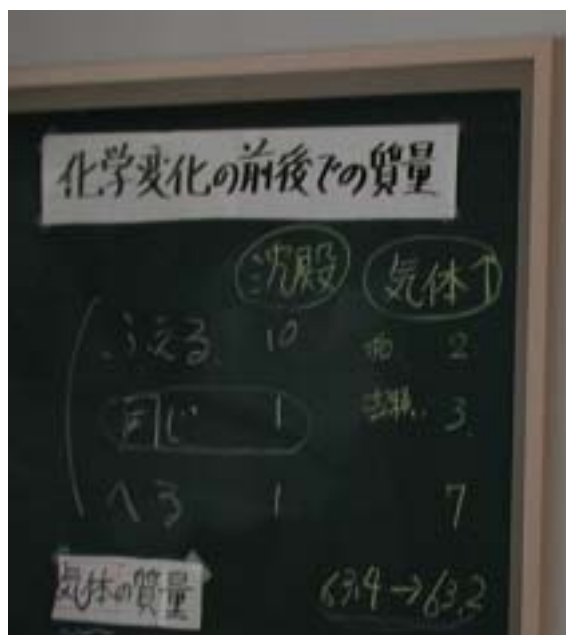
沈殿ができる化学変化、開放系での気体が発生する化学変化について を見せて現象をより具体的にイメージさせ、現象について考えさせる。

沈殿ができる化学変化について「実験・実習クリップ集」から類似の実験を紹介し一般化を図る。

気体が質量を持つ物質であることを理解していない生徒も多いので、により気体も物質であり質量をもつことを確認する。（ただし、可能な時には直接実験を行う）

さらに、次時に生徒実験で扱う閉鎖系での気体が発生する化学変化について を途中まで見せて結果を予想させる。

）第1時の授業の状況について



【写真1 第1時の板書】

開放系での沈殿ができる化学変化の前後で質量を比べると、質量が増加すると考えた生徒が12名中10名で、正答は1人しかいない。これは目に見えない(=質量がない)状態から、目に見える(=質量がある)沈殿への変化があるので、質量が増加すると考えたのだと思われる。

また気体が発生する化学変化の前後での質量については、ふえる... 2人、変わらない... 3人、減る... 7人と正答の減るが半数で、やはり理解状況は悪い。

レディネステストでの理解は比較的良かったので、この結果は予想外だった。そして、この点について再度の指導が必要であると感じた。

この後、スプレー缶を使って「空気に質量があること」を確かめる演示実験を行った。これは生徒にとって強く印象に残ったようで、後で書かせた実験レポートの中でも「気体にも質量がある」ことが再三書かれてあった。

(2)第 2時

デジタルコンテンツの使い方

：イ)、：オ)

実験・実習クリップ集」より：カ)

開放系での気体が発生する化学変化についてを見せて前時に学習した現象をふりかえり、それとの比較で、本時に学習する閉鎖系での生徒実験について確認する。

また生徒実験終了後、実験の結果を整理しまとめる際に を利用する。

関連して「実験・実習クリップ集」から類似の実験を紹介し、質量保存の法則を一般化する。

第 2時の授業の状況について

前時に学習した開放系での気体が発生する化学変化について確認したあと、閉鎖系での気体が発生する化学変化の実験をグループで行った。

実験自体はスムーズに行えたが、実験結果の整理やまとめの段階で、実験の目的や実験結果の意味について生徒が十分理解していないことがわかった。質量保存の法則に関するまとめも含めて次時の課題となる。

(3)第 3時

デジタルコンテンツの使い方

：オ)、：ウ)

前時の生徒実験の状況を想起させながら、実験

結果との関連で化学変化における質量保存の法則について学習する。この時に を利用する。

最後に次時から学習する内容を意識づけるために を見せる。

第 3時の授業の状況について

前時までの学習で、化学変化の前後で関係している物質や質量、実験の意味についての理解が不十分であったので復習に時間をとった。

また実験や活動の場面では積極的になる生徒が多いので、物質名を書いたカードを用意し、既習の化学変化をカードを並べて表現する活動を行った。そしてより具体的な課題を与えることで、生徒たちがだいたい理解できる状態になった。

(4)第 4時

デジタルコンテンツの使い方

：ウ)、実験・実習クリップ集」より：エ)

：エ)

次時に「定比例の法則」の関連で、生徒実験として取り扱う銅と酸素とが結びつく化学変化について、 を見せて考えさせる。

実験の手順を「実験・実習クリップ集」の分解写真で確認し、生徒が実験の計画を立てる際の参考にさせる。

ガスバーナーの使い方について を見せたあとで、実際に練習させて次時の実験でスムーズに使えるようにする。

第 4時の授業の状況について

本校の生徒は、動画には注目し、実験や実習等の直接活動する場面ではよく動く。しかし、実験について論理的に考えたり、実験結果から分かることをまとめて説明することは苦手である。こういった傾向を授業の中で強く感じた。

1週間前の第 3時の状況から、この授業では次時で扱う予定の銅と酸素が結びつく化学変化を例にとり、時間をかけて、この化学変化での質量保存の法則について考えさせた。

化学変化の前の物質全体の質量と、化学変化

の後の物質全体の質量とを比べるとどうなのか聞いてみると、写真のように1回目では、増える... 4人、同じ... 0人、減る... 1人、わからない... 8人となり十分に理解できていないことが分かる。この状態では次へと進めないで、関係する物質の数まで設定して生徒に考えさせ、ようやく全員に質量保存の法則の意味を理解させることができた。



【写真2 第4時の板書】

(5)第5時

)デジタルコンテンツの使い方

:エ) 『実験・実習クリップ集』より:エ)

ガスバーナーの使い方について、実験の直前にを見せて、実験で適切に使えるようにする。

実験の手順を再度『実験・実習クリップ集』の分解写真で確認し、生徒がスムーズに実験できるようにする。

)第5時の授業の状況について

実験の直前にガスバーナーの使い方を動画で確認し、実験中の3つの計量場面を分解写真で確認した。これは実験がスムーズに進むのに効果的であった。実験に時間がかかり過ぎないように、教科書よりやや簡略化した方法で実験した。生徒実験は約15分で、読みと桁数を間違えてやりなおしたグループもあったが他はうまく実験できた。

実験を終了したグループから、プロジェクトで投影しているEXCELの表に実験から得たデータを入力させた。データ入力時には生徒同士が相談したり考えたりしている様子や、他のグループの結果を参考にしている様子が見られた。

入力が終了時点で、グラフ機能を使ってデータをグラフ化、それを使ってまとめを行った。



【写真3 第5時の授業の様子】

(6)第6時

)デジタルコンテンツの使い方

:オ)

生徒実験の状況を想起させながら、また実験結果と関連づけながら化学変化における定比例の法則について学習する際に、を利用する。

)第6時の授業の状況について

10/9(水)に第6時の授業をPC教室で行った。この授業では実験結果とそのグラフを入れたひな形をメールで生徒PCへ送っておき、生徒に実験の目的・手順・実験結果・考察・感想などを入力させて実験レポートを作成させた。このように自分でPCを使って活動する場面では生徒たちは集中して取り組み、全員が自分なりのレポートを仕上げた。このレポート作成は生徒に好評だった。

なお、この時間中の最後の15分間でレディネステストの再テストと生徒の自己評価を含む評価テストを実施した。

4 コンテンツの使い方をふりかえって

(1)ア)について

教科書には出ていないが、学習の流れの中で重要な現象について、直接実験が難しい場合に代わりに動画で見せて現象を理解させる使い方としては、第1時の が該当する。

今回は、直接演示実験をできたのでこの場面で

は使わなかったが、このようなケースでは有効であると考えている。

(2)イ)について

教科書に写真や図で紹介されている実験について動画で見せることにより現象に注目させるとともに、現象についての理解を深めさせるために、第1時に や を、第2時に を使った。

教科書の写真だけの時や静止画を見せたときより先生徒の注目度が高く集中させることができた。

(3)ウ)について

次のステップで直接行う実験に関して、事前に実験についてのイメージを持たせたり、実験の目的を考えさせたり、結果を予想させたりさせるために、第1時に を、第3時や第4時に を使った。

これから行う実験について、具体的に何をするのか、どんな手順で実験するのかなかなかイメージできない生徒も多い。生徒は動画には注目し、集中させることができたので、こういう使い方は有効である。また、実験の結果が表示される直前に一時停止して結果を予想させる使い方も効果的であった。繰り返し見せられる点も効果的であった。

(4)エ)について

次のステップで直接行う実験に関して、実験で使うガスバーナー等の器具の使い方や測定箇所など実験のポイントとなる点を理解させるため、第4時と第5時に、 と「実験・実習クリップ集」の分解写真とを両方使った。

前時、実験開始直前の両方で確認することで実験がとてもスムーズに運んだ。実験操作のポイントとなる計測などの箇所を確認するには、分解写真が有効である。

(5)オ)について

生徒実験の後、結果の確認をしたり、実験をふりかえらせるときにコンテンツを見せるという使い方については、第2時と第3時に を、第6時に を利用した。

生徒実験では実験に時間がかかり、1時間の中で実験結果を整理し、その意味について十分理解を深めるのは難しく、次時に持ち越すことが多い。ところが1週間くらい間があくと実験についての生

徒の記憶が薄れてしまい思い出せることにも時間や手だてが必要となる。デジタルコンテンツを使えば前時に実施した実験をリアルに想起させやすく、こういう形で次時の授業へとつないでいく方法は有効であった。また、映像を繰り返して見せられる点も良かった。

(6)カ)について

実験の後、類似の実験についてのコンテンツを見せ、法則性が一般的に成り立つことを示すという使い方については、第1時と第2時に「実験・実習クリップ集」から画像をいくつか見せた。

指導者の側は、こうすることで生徒が法則性について理解できるだろうと考えて使ったが、生徒の側からあまりインパクトがなかったようで、目立った反応がなかった。有効であるかどうかははっきりしない。こういう使い方をする時には、簡単に見せるだけではなく、このことに生徒が問題意識を持つような学習の流れを工夫する必要があると思われる。

5 授業終了時のアンケート調査の結果から

(1)レディネステストの再テストの結果より

10の については13人中12人が正答。誤答は1人。10の については、13人中13人全員が正答。このように最初のレディネステストより先結果がよく、質量の保存についての理解が深まっていると思われる。

(2)デジタルコンテンツについての生徒評価

【生徒評価の設問】

今回の化学変化の前後での質量の学習についての感想 [5(良かった)・・・1(良くなかった)]

PCの映像(デジタルコンテンツ)があったので、それがない授業より先興味を持てた。

PCの映像(デジタルコンテンツ)があったので、それがない授業より先わかりやすかった。

これからもPCの映像(デジタルコンテンツ)を使った授業を受けたい。

今回のPCの映像(デジタルコンテンツ)を使った理科の授業についての感想を自由に書きなさい。

【生徒評価の結果】

～ まで5段階評価をまとめると3がもっとも多く、良いと悪いがほぼ同数であった。しかし、自由に文章で書かせたで見ると、5段階で3をつけた者の中にも良いと評価している生徒がいる。それを考慮すると、全体で良いと評価している生徒が7人、どちらとも言えない3人、悪いと評価した生徒が3人で、好意的に見ていると言える。なお、良いと評価した生徒の文章中に「動画がわかりやすかった」、「何度も再現して見られたので良かった」と書かれており、こうした点を評価していることが分かった。

悪いという評価については、文章的にも詳しく表現されておらず、とにかくこの学習全般がわかりにくいというニュアンスが強かった。従って、この評価の原因はデジタルコンテンツを使ったことに関係するのかどうかははっきりしない。「この学習内容自体が不得手」、「この学習スタイルに慣れていない」等が原因であったかもしれない。なお、悪いと評価した生徒3人のうちの2人は、EXCELでの実験レポート作成は良かったという感想を書いており、こうした生徒であっても、自分がPCを使ってまとめる活動には好感を持っていると分かった。

(3)この学習に関する生徒の自己評価

【この学習に関する生徒の自己評価の設問】

化学変化の前後での質量の学習についての自己評価 [5(よくできた)・・・ 1(できなかった)]

学習内容に興味・関心を持つことができた。
積極的に考え、自分なりの予想や推論をすることができた。

実験について、安全かつ正確に実験できた。
実験について、結果を整理し、実験のねらいに従って考察することができた。

実験結果から法則性が理解でき、それを応用できるようになった。

【この学習に関する生徒の自己評価の結果】

次の表では、 や について良いと悪いの評価がほぼ同数である。しかし、 ～ についてはかなり良い方へ片寄っており、実験に関わる部分で

は良い評価が多い。実験の操作技能や結果の処理、法則性の理解等について達成感をもった者が多く、こうした点が授業の成果の1つと言える。

評価						
5	0	0	1	0	0	
4	4	3	8	7	5	できた と評価
3	6	7	2	5	6	どちらともいえない
2	3	3	2	1	2	できなかった と評価
1	0	0	0	0	0	

6 まとめ

(1)デジタルコンテンツを用いることで興味関心を高め、わかりやすい授業にすることができたか。

まず、意欲的でない生徒や拒否的な反応を起こす生徒であっても、デジタルコンテンツを使うことで、学習内容を注目させることができた。教科書に写真しかでていない実験については、実験の内容をよりリアルにイメージさせ、どういった実験なのかを理解させる上で効果的であった。

指導者の側からみて、実験の前後や実験中などいろいろな場面で生徒に説明をするために、デジタルコンテンツは使いやすく、効果的であった。

生徒は指導者が感じているほどデジタルコンテンツを活用した授業を評価していないが、評価テストの実験に関わる部分で達成感を持った生徒が多かったことはデジタルコンテンツ活用の有用性を示している。したがって実験に関わる部分では、目指していた生徒にとって「わかりやすい授業」にすることができたのではないかと考えている。

しかし一方で、本校では実際に活動する場面の方がどの生徒もより意欲的であった。このことから考えると、興味関心を高め意欲的にとりくませるにはむしろ直接体験が必要であり、このことに留意してデジタルコンテンツを使うべきであろう。

また、理科教育のねらいと関わって考えてみると、映像を見せてもそれだけで現象の意味や法則性についての理解が深まるわけではない。今回の授業でも、生徒の理解を確実なものにするためには、生徒が自分の言葉で表現したり説明したりしながら考えを深めていくことが不可欠であった。デジ

タルコンテンツを使うとしても、こうした学習場面
授業の中に設定することがやはり重要である。

(2)理科の実験場面におけるデジタルコンテンツ 活用の在り方について

今回は指導者が一斉指導の中で利用する形だ
けしか扱わなかったが、4で述べたとおり、指導者
の実感としてはア)~オ)の使い方は効果的であっ
た。また不十分な調査ではあるが、生徒側の意識
でも、5の(2)で述べたとおり、ある程度の良いとい
う評価を得ている。

今後の発展として、たとえば指導者が一斉指導
にコンテンツを利用した後、生徒がグループで活
動する際に、こうしたコンテンツに自由にアクセス
して利用する。あるいは実験結果の発表や考察の
際に、生徒がコンテンツを利用して説明をする。授
業で使うコンテンツをメニュー化して生徒が自由
に使えるPCに登録しておくことで、こうした活用へ
と幅を広げていけるだろう。

また、他人が作成したコンテンツを見るだけより
も、自らがコンテンツそのものを作成する方が、コ
ンテンツの題材に深くかかわることができ、理解も
深まると思われる。そういう意味では、生徒が実験
をするとともに、その実験のコンテンツを作成する
ような学習形態も効果的かもしれない。

(3)デジタルコンテンツ作成上の留意点について

今回、いくつかの動画コンテンツを自作したが、
PCの性能や編集ソフトが良くなっており、楽に自
作できるようになってきている。自作すれば、学校
の環境や授業のねらいにぴったりとあったコンテン
ツにでき、試みる価値があると思う。

では、どのようなコンテンツが有効であるのか。
今回、2の(2)でもあげた次のような留意点に従っ
て作成したコンテンツは授業で使いやすかった。

実験の流れがつかめる。

現象の重要な変化の様子が大体分かる。

実験で使う器具の様子や使い方が分かる。

実験目的や実験のポイントが説明しやすい。

途中で動画を止めて、次の画面や実験結果

を予想させるような使い方ができる。

これらは静止画では実現しにくい内容であり、一部
で分解写真は使えたものの、そのまま動画コンテ
ンツの有効性を示している。

また

コンパクトな動画コンテンツであれば、短時間
に映像を繰り返しみせることができ、いろいろ
な場面で理解を確実にするために使える。
ことが指導者側からも生徒の側からも実感された。
これに加えて

遅い通信回線しか使えない環境では、大きな
サイズの動画ファイルでは使いにくい。
ということもあるので、動画コンテンツはなるべくコ
ンパクトなものを作成する方が良いと考えられる。

ただ内容の表現という面では、もう少し大きなフ
ァイルサイズの動画を使えば、1つ1つの場面を
ゆっくりと表示させたり、過程を詳しく表現したりし
やすくなり、より画質の良いコンテンツにすることも
できる。この点については、通信回線や機器環境
との関係で、バランスを考えながらできるだけ質の
よいコンテンツを作成していくように考えたい。

最後に、2の(2)でも述べたように、

タイトル画面や、物質名の表示程度は入れる
が、詳しい解説や音声を入れない。
形の方が、利用目的にあわせて、いろいろな使い
方ができ、利用しやすいコンテンツになると思う。

以上、中学校理科第1分野におけるデジタルコ
ンテンツの活用について、授業研究を行うことによ
りいくつかの知見を得ることができた。今後、さらに
この研究を発展させていきたいと考えている。

*1 学研キッズネット「実験・実習クリップ集」

<http://kids.gakken.co.jp/campus/academy/kobe/frame.html>

*2 理科実験デジタルコンテンツの部屋

http://www.nnc.or.jp/a_iguchi/rika3/rika3.htm