

中学校

平成 15 年 度

教育研究員研究報告書

理	科
---	---

東京都教職員研修センター

平成15年度

教育研究員名簿（理科）

分科	区市町村名	学 校 名	氏 名
第1分科会	中野区	第三中学校	大熊一正
	足立区	蒲原中学校	本杉貴保
	江戸川区	篠崎中学校	菊本巧
	八王子市	第二中学校	田代京平
	東久留米市	東中 学 校	小澤秋仁
	神津島村	神津中 学 校	牧野 聡
第2分科会	台東区	駒形中学校	沼本謙一
	品川区	平塚中学校	岸本 覚
	大田区	蒲田中学校	大山茂登
	北区	飛鳥中学校	岡田俊樹
	板橋区	板橋第一中学校	黒崎良雄
	調布市	調布中 学 校	大堀輝喜

世話人 副世話人

（担当） 東京都教職員研修センター 指導主事 阿部 善雄

研究主題

目的意識をもって観察、実験などを行うための学習指導法と評価の工夫

目次

主題設定の理由	2
「化学変化と物質の質量」において、目的意識をもって観察、実験などを行うための学習指導法と評価の工夫 ～「定比例の法則」の生徒実験の改良～	
1 研究のねらい	3
2 研究の方法	3
3 研究内容	
(1) 実態調査	4
(2) 教材の開発(定比例の法則の実験の改良)	7
(3) 学習指導計画	8
(4) 評価計画	9
(5) 学習展開	11
(6) 事後調査	12
4 研究のまとめと今後の課題	13
「大地の変化」において、目的意識をもって観察、実験などを行うための学習指導法と評価の工夫 ～ゼリー地層モデルとコンピュータの活用～	
1 研究のねらい	14
2 研究の方法	14
3 研究内容	
(1) 実態調査	15
(2) 教材の開発(ゼリー地層モデルとコンピュータの活用)	16
(3) 学習指導計画	19
(4) 評価計画	20
(5) 学習展開	21
(6) 事後調査	22
4 研究のまとめと今後の課題	24

研究主題

目的意識をもって観察、実験などを行うための学習指導法と評価の工夫

主題設定の理由

中学校学習指導要領の理科の目標には「自然に対する関心を高め、目的意識をもって観察、実験などを行い、科学的に調べる能力と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な見方や考え方を養う。」とある。また、内容の項目には、「観察、実験を通して」と表記されており、理科の学習では、観察、実験は学習内容と一体となって扱うものである。そして、すべての単元で実施されている実験、観察については、生徒自身が「目的意識をもって」取り組むことが大切である。

本研究の教員対象の事前調査の結果によると、目的意識をもたせるために、「実験の前に目的を説明しワークシート・ノート等に記入させる。」「予想をたててから実験を行い、結果から考察とまとめをする。」等の指導を約8割の教員が実践していることが分かった。

しかし、生徒対象の事前調査の結果からは、日常生活との関連がない分野や直接目に見えない事象・現象について興味・関心がもてない生徒、実験技能の未熟さにより観察、実験に目的意識をもって主体的に取り組めない生徒がいることが明らかになった。このように教師と生徒の間に認識の差は大きく、前述の指導法だけではその差を埋めるには不十分である。

生徒が目的意識をもった学習を展開するためには、生徒が学習の主体者であることを改めて認識することが重要である。私たちは、学習への内発的な動機付けを大切にし、目的意識をもった主体的な観察、実験を行うことが一層重要であると考えた。観察、実験を行う際、生徒自身がその観察や実験を何のために行うのか、その観察や実験ではどのような結果が予想されるのかなど見通しをもって行うことを重視した学習指導法と評価の工夫が必要である。

そのためには、生徒が自ら問題を見だし、解決するための観察、実験などを一層重視することや生徒の日常生活と関連付けた理解を図ること、生徒が自ら観察や実験の方法を工夫して探究する活動を行うことなどがより必要になる。

これらのことから、生徒自身が目的意識をもって観察、実験などに取り組むことが、科学的に調べる能力と態度を育て、自然の事物・現象についての理解を深め、その積み重ねが科学的な見方や考え方を養うことになると考え、本主題を設定した。

本研究では上記の研究主題のもとに、第1分野分科会と第2分野分科会を設け、以下のように研究を推進した。

第1分野分科会では、「化学変化と物質の質量」の単元で学習する「定比例の法則」を取り上げた。学習の主体者である生徒が、自らの実験の結果を基に学習が展開されるように、実験結果が理論値に近い値になるような実験装置の開発を中心に研究を進めた。

第2分野分科会では、「大地の変化」の単元で学習する「地層の広がり」を取り上げた。空間的な概念形成ができてにくい1年生が、3次元の空間的な広がりが認識できるような地層モデルとコンピューターの表計算ソフトを用いた学習指導法を中心に研究を進めた。

「化学変化と物質の質量」において、目的意識をもって観察、実験などを行うための学習指導法と評価の工夫 ～「定比例の法則」の生徒実験の改良～

1 研究のねらい

「化学変化と物質の質量」の単元では、学習指導要領において「化学変化に関係する物質の質量を測定する実験を行い、反応の前後では物質の質量の総和が等しいこと及び反応する物質の質量の間には一定の関係があることを見いだすこと。」とある。「一定の関係」とは、一定の質量の物質に反応する他方の物質の質量には限度があり、その限度の質量は一方の質量に比例することである。つまりここでは化学変化の質量に関する関係を、生徒自身が実験の結果を基に発見し、それが化学変化全般に成り立つ法則であることを導き出すことが指導のねらいとなる。

本研究の実態調査の結果により以下の事が分かった。質量保存の法則は、密閉した容器の中で化学変化を起こし、全体の質量を反応前後で比較することで容易に実験ができ、実験結果が正確に得られやすいため、生徒の実験結果を基に学習を進めていくことが容易である。

一方、定比例の法則は、多くの学校で銅やマグネシウムを加熱し酸化させ、増加した酸化物の質量を測定する実験を行い、結合した酸素の質量を求めている。ところが生徒実験においては、「実験操作が難しく、授業時間内に実験が終わらない。」「完全に酸化させることが難しく、結果から関係が導き出せない。」といった現状がある。

これらのことから、定比例の法則の指導については、十分な実験結果を得ることができないために、実験後の教師の説明や、化学式や化学反応式から生徒に学習内容を教えることになり、実験を通して関係を導き出すことができていない。そのために、生徒が見通しをもって実験を行ったり、最後まで目的意識をもって学習に取り組むことができない原因の一つになっていると考えた。

そこで、多くの教員が困難と感じている定比例の法則の生徒実験において、実験方法や実験装置の工夫や改良を行い、生徒自らが実験により理論値に近い結果が得ることを中心に学習指導法や評価の工夫を行った。

2 研究の方法

研究の方法は以下の6点である。

- (1) 「化学変化と物質の質量」の学習に関する課題を把握するために、教員対象の調査及び生徒の理解状況の調査（生徒対象）を行った。
- (2) 生徒実験の結果が、理論値に近づくように、実験方法や実験装置の工夫と改良を行った。
- (3) 目的意識をもって観察、実験を行うために、学習指導法の工夫を行った。
- (4) 指導と評価の一体化を図るための評価計画を作成した。
- (5) 検証授業を実施し、学習後の理解状況を調べるために生徒対象の調査と分析を行った。
- (6) 研究の成果をまとめ、今後の課題を検討した。

3 研究の内容

(1) 実態調査

教員アンケートの主な内容と結果（対象：中学校理科教員 104 名）

「化学変化と物質と質量」の単元に関する指導の実態を明らかにするために、観察、実験の実施状況を中心に調査を行った。内容と結果は次の通りである。

1 化学変化を指導する上でもっとも重視することは次のどれですか。					
----- 実験から導き出せることを重視する -----			5.0 . 7 %		
----- 講義により、規則性を習得させることを重視する -----			1.0 . 6 %		
----- 規則性の習得が主だが、粒子モデルを用いて理解させることを重視する -----			3.0 . 3 %		
その他			8 . 4 %		
2 燃焼（酸化）の単元の生徒実験の際に使用する物質は何ですか。（複数回答有）					
鉄（スチールウール）	93 . 7 %	ろうそく	38 . 7 %	その他	3 . 4 %
エタノール	43 . 8 %	マグネシウム	77 . 5 %		
砂糖	38 . 0 %	銅	53 . 5 %		
3 質量保存の法則の実験ではどのような実験を行いますか。（複数回答有）					
硫酸銅水溶液と塩化バリウム水溶液を反応させる			60 . 6 %		
空気中で石灰石と塩酸を反応させる			51 . 4 %		
空気中で銅を酸化させる			34 . 5 %		
密閉した容器の中で鉄（スチールウール）を酸化させる			10 . 6 %		
密閉した容器の中で銅を酸化させる			6 . 3 %		
密閉した容器の中で石灰石と塩酸を反応させる			54 . 2 %		
その他			18 . 3 %		
4 定比例の法則の実験ではどのような実験を行いますか。（複数回答有）					
銅の酸化	73 . 2 %	マグネシウムの酸化	59 . 9 %		
その他	2 . 8 %				
5 化学変化の規則性を生徒に理解させることが難しいと考えられる実験をあげてください。					
定比例の法則（成分比一定の法則）の実験の記述 < 63 % > その他（無回答も含む） < 37 % >					
・銅の酸化...完全に酸化できない。実験に時間がかかる。結果が正確に出ない。（主な内容のみ記載）					
・マグネシウムの酸化...別の物質が発生してしまう。予想した値にならない。					

アンケートのまとめ

実態調査の結果から以下のことが明らかになった。化学変化と物質の質量の関係を指導する上では、約 5 割の教員が生徒の実験データを基に法則等を導き出すことや約 3 割の教員が、目に見えないものをモデル化して指導することに重点を置いていることが分かった。

このことよりこの単元においては、生徒の実験結果を基に、質量保存の法則や定比例の法則を見いださせ、目に見えない世界を原子・分子のモデルと関連付けながら、指導していることが分かる。

化学変化の規則性を生徒に理解させることが難しいと考えられる実験では、約 6 割の教員が定比例の法則の実験を挙げており、質量保存の法則については、特にその記述がなかった。定比例の法則については、銅とマグネシウムが多くの実験に使用されており、マグネシウムについては、燃焼中に空気中の窒素と反応するため正確な結果が出ないことが考えられる。銅を用いての実験においても、銅が十分に酸化することができず、理論値に近い結果が出ないために、指導に困難を感じている教員が多いことが分かった。

これらのことから、定比例の法則については、実験の結果を基に生徒が規則性や法則を見いだすのではなく、実験結果の理論値や法則を教師が説明することによって授業が展開していると考えられる。

生徒アンケートの内容と結果（実施日：平成15年7月、対象：3年生999名）

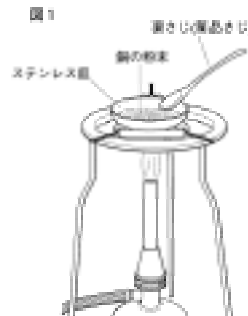
ア 生徒アンケートの内容

定比例の法則に関する生徒の詳細な理解状況を調べるために、本単元を既に学習した3年生対象に以下の問題の調査を行った。問題は、定比例に関する目的意識、実験の操作、規則性の発見、計算能力、グラフの作成などの学習状況がわかるように7問作成した。

これはテストではありません。また、成績にも関係ありません。
化学変化に関する次の質問をよく読んで答えてください。

銅の粉末とマグネシウムの粉末のそれぞれについて、加熱前の質量と加熱してできた酸化物の質量を比べるために、次のように実験を行い、下の表に示す結果を得た。次の問いに答えなさい。解答は解答欄に書きなさい。

- (1) 銅の粉末を 1.20 g はかり、ステンレス皿に入れた。
- (2) 図1のように銅の粉末を薬さじ（薬品さじ）でうすく広げ、かき混ぜながら飛び散らないようにして、ガスバーナーで十分に加熱した。
- (3) ステンレス皿が十分に冷えたあと、ステンレス皿の中にある物質の質量をはかった。
- (4) (3)の物質をうすく広げ、(2)と(3)の操作を繰り返し、質量が変化しなくなるまで加熱してできた黒色の酸化銅の質量をはかった。
- (5) 銅の粉末 1.80 g、2.40 g のそれぞれについて、(1)から(4)と同様の操作を行い、質量が変化しなくなるまで加熱してできた黒色の酸化銅の質量をはかった。
- (6) マグネシウムの粉末 1.20 g、1.80 g、2.40 g のそれぞれについて(1)から(4)と同様の操作を行い、質量が変化しなくなるまで加熱してできた白色の酸化マグネシウムの質量をはかった。



<結果>

加熱前の銅の粉末の質量 [g]	1.20	1.80	2.40
質量が変化しなくなるまで加熱してできた黒色の酸化銅の質量 [g]	1.50	2.25	3.00
加熱前のマグネシウムの粉末の質量 [g]	1.20	1.80	2.40
質量が変化しなくなるまで加熱してできた白色の酸化マグネシウムの質量 [g]	2.00	3.00	4.00

- 問1 この実験の目的を述べたものとして適切なのは、つぎのうちどれか。
 ア 空気中で、銅とマグネシウムを加熱しても、物質の色は変化しないことを確かめる。
 イ 空気中で、銅とマグネシウムを加熱すると、物質の色が変化することを確かめる。
 ウ 空気中で、銅とマグネシウムを加熱しても、物質の質量は変化しないことを確かめる。
 エ 空気中で、銅とマグネシウムを加熱すると、物質の質量が変化することを確かめる。
- 問2 銅の粉末をうすく広げた理由として正しいものは、次のどれか。
 ア 発生した熱を空気中へ逃がすため。
 イ 発生した気体を空気中へ逃がすため。
 ウ 銅の粉末どうしを化合させるため。
 エ 銅の粉末と空気をふれやすくするため。
- 問3 銅の粉末を熱したときのようすを正しく説明しているのは、次のどれか。
 ア 明るい光は出さず、白っぽい物質に変化した。
 イ 明るい光は出さず、黒っぽい物質に変化した。
 ウ 明るい光を出して、白っぽい物質に変化した。
 エ 明るい光を出して、黒っぽい物質に変化した。
- 問4 実験で、銅の粉末を加熱してできた物質について述べたものとして適切なのは、次のうちではどれか。
 ア 酸化銅は、銅と酸素の混合物であり、加熱前の銅と同じ物質である。
 イ 酸化銅は、銅と酸素の混合物であり、加熱前の銅とはちがう別の物質である。
 ウ 酸化銅は、銅と酸素の化合物であり、加熱前の銅と同じ物質である。
 エ 酸化銅は、銅と酸素の化合物であり、加熱前の銅とはちがう別の物質である。
- 問5 結果より、銅の粉末とマグネシウムの粉末のそれぞれで、加熱前の質量を変えたとき、加熱してできた黒色の酸化銅の、銅の質量と酸素の質量との割合、加熱してできた白色の酸化マグネシウムの、マグネシウムの質量と酸素の質量との割合について、それぞれの割合が変化するかどうかを組み合わせたものとして適切なのは、次の表のア～エのうちではどれか。

	黒色の酸化銅の、銅の質量と酸素の質量との割合	白色の酸化マグネシウムの、マグネシウムの質量と酸素の質量との割合
ア	変化する	変化する
イ	変化する	変化する
ウ	変化しない	変化しない
エ	変化しない	変化する

問6 銅の粉末 10 g を完全に酸化させた場合、酸化銅は何 g できるか。表をもとに計算せよ。

問7 表をもとに、銅の質量と銅と化合した酸素の質量との関係を表すグラフを図2（略）に書き入れよ。

イ 生徒アンケートの結果

定比例の法則に関する学習内容と問1から問7の対応は以下の通りである。

問1・・・実験の目的を理解している。

問2・・・実験の目的を理解しているので、正しい実験の操作ができる。

問3・・・実験中の物質の変化の様子を観察している。

問4・・・酸化・燃焼の意味を理解している。

問5・・・実験結果より一定の関係を発見できる。

問6・・・発見した関係を一般化できる。酸化銅の質量を求める計算ができる。

問7・・・結果をグラフに表すことができる。

< 結果 >

問題番号	問1 (実験の目的)	問2 (実験の目的)	問3 (実験の観察)	問4 (酸化の意味)	問5 (定比例の法則)	問6 (酸化銅の計算)	問7 (グラフ作成)
正答	工	工	工	工	イ	12.5 g	(略)
正答率〔%〕	76	70	49	65	29	22	15

ウ アンケートのまとめ

上記の結果より、問1、問2の回答率から実験の目的を理解していると考えられる生徒の割合は、約7割で他に比べて高いのに対し、実験結果から、比例関係を発見することやグラフを作成することができる生徒は約2～3割であることが分かった。また、実験中に銅から酸化銅への化学変化の様子を観察している生徒は約5割であった。この単元の学習時期は2年生であり、学習して1年近く経ていることもあるが、約7割の生徒が、本単元のねらいである実験結果から一定の関係を見いだすことができないことが分かった。

これらのことから、この単元における指導上の課題と今後の研究への取り組みについて以下のように考えた。

定比例の法則の学習に関する課題	今後の研究への取り組み
約7割の生徒は、実験の目的は理解して実験を行っているが、約5割の生徒は、銅から酸化銅への物質の変化を観察していない。	実験操作が複雑であるために、化学変化の様子を観察できていないことが考える。実験の正しい技能を習得させるとともに、実験方法の改良を図り観察する場面、時間等を設定する。
約4割の生徒は、定比例の法則についての学習前の段階で、酸化や燃焼、化合物と混合物の違いについて理解できていない。	既習事項の定着を図った上で、定比例の法則についての学習に取り組めるよう、単元全体の学習指導計画を作成する。
約7割の生徒が、実験結果を基に、一定の関係を見いだすことができない。	教師の説明で定比例の法則を学習するのではなく、生徒実験の結果を理論値に、近づけることにより関係を発見できるようにする。
約7割の生徒が、実験結果を基に、一定の関係を見いだすことができないため、実験値以外の値での計算ができない。約8割の生徒は、実験の結果をグラフに表現することができない。	生徒実験で理論値が出ても、銅：酸化銅 = 4 : 5 の関係が求められない生徒には、比の学習指導を行う。 理論値に近い自分の実験結果を基にして、グラフの作成の方法を指導する。

(2) 教材の開発（定比例の実験の改良）

本研究の実態調査から、定比例の実験では、理論値に近い実験結果が出ず、指導に困難を感じている教員が多いことが分かった。そこで生徒が、授業時間内に実験を完了し、生徒実験において、理論値に近い値を得るために実験の工夫・改良を行う必要がある。

銅粉は加熱すると焼結し固まりになる。現在の教科書でも、固まりを崩すことは注意しているが、一度焼結した固まりを崩すのは非常に困難で、酸素と触れ合いにくい状態になる。そのため、銅を加熱しても十分に酸化せず、強熱するだけでは解決できない。改善策として銅に二酸化珪素を混合する等の報告もある。これらの先行研究等を参考に中学校の理科室で容易にできる実験方法や実験装置等について以下の4点の工夫・改良を行った。



（写真1）

銅が焼結し、固まらないようにするための改良点

銅粉に炭酸カルシウムを混ぜることによって、焼結し固まりになることを防ぐ。炭酸カルシウムは、他の実験等でも使用することから、多くの理科室にあり、ガスバーナーで加熱しても化学変化せず、質量も変化しない。銅粉とよく混ぜ合わせることに

よって炭酸カルシウムが、銅粉同士が熱により固まるのを防ぐことになる。この改良により、銅と空気中の酸素が触れ合いやすくなり酸化しやすくなる。

生徒の実験ミスを少なくし、化学変化の様子を観察させるための工夫

ア 銅粉を加熱するステンレス皿（写真1）は、深く底の広い物を用いる。生徒が、かき混ぜるときに底が広いので、銅粉がこぼれない。酸化銅のかたまりをつぶすようにかき混ぜるとよい。（ステンレス皿は安価で購入でき、焼き入れ後使用したが質量の変化はほとんどなかった。）

イ 加熱中にかき混ぜるのではなく、冷やしている時にかき混ぜる。このことより、加熱中の銅から酸化銅への化学変化の様子も観察できる。

質量の測定時の誤差を少なくする工夫

ア 測定には、班の数に関係なく、1台の電子上皿天秤を使用する。また、1回ごとに0g補正をして測定するよう指導する。

イ 熱することにより、ステンレス皿や銅粉が乾燥するため、最初物質に含まれていた水分が蒸発し質量が軽くなる。上図（写真1）の金属スタンドの土台などを使い、常温でよく冷やしてから質量を測定する。

授業時間内に実験を完了させるための工夫

ア 熱する時間は3分、回数は3回が適当であり、3分以上時間を増やしても実験結果に変化はない。3分2回でも可能だが、熱する回数を少なくすると、結び付く酸素の質量に限度があることを指導できない。

イ 安全に配慮した上で、測定物を強熱し効率的に酸化させ、実験の時間の短縮を図る。

(3) 学習指導計画（11時間）

実態調査の結果より、実験で理論値に近い結果が得られても、生徒が酸化や燃焼等の化学変化に関する事項を身に付けていなければ、定比例の法則を見いだすことはできないことが分かった。これらのことから、改良・工夫した生徒実験を組み合わせ、次のような学習指導計画を立てた。

時	学習項目	主な学習活動	備考・留意点
1	鉄と硫黄の化合	生徒実験「鉄と硫黄の化合」	ワークシートを用意する。
2	水素と酸素の化合の説明	前時の復習をする。 演示実験「水素と酸素の化合」	簡易ユージオメーターを使用する。
3	物質が燃えるということについて	生徒実験「スチールウールの燃焼」	ワークシートを用意する。
4	実験結果まとめ	金属と酸素の化合について説明する。	酸化、燃焼についてまとめる。
5	化学変化の前後で質量は変化するか	生徒実験「空気中での銅の燃焼」 ・実験結果から、銅は空気中で熱すると質量が増えることを理解する。 ・なぜ質量が増えたのかを推論する。	ワークシートを用意する。 ・この実験でも深皿のステンレス皿、炭酸カルシウムを使用する。 ・かき混ぜ方、ガスバーナーの炎の色や大きさ、自動上皿てんびんの使い方など、実験の手順を指導する。 ワークシートに記入・提出
6	実験結果まとめ 密閉した容器内で化学変化させたときの質量の変化	・銅を空気中で熱すると、結びついた酸素の分だけ質量が増えることを理解する。 演示実験 ・物質の出入りがなければ質量保存の法則が成り立つことを理解する。	
7	化学反応式の説明	化学反応を化学式で表す方法の説明を聞く。	
8	化学反応式から分かること 金属を熱し続けたときの質量の変化	・次回実験の説明を聞く。 ・ワークシートへ予想を記入 銅と化合する酸素の質量に限度はあるか。 銅の質量を増やしていくと、化合する酸素の質量はどうなるか。	ワークシートを用意する。 ・実験方法をよく確認しておく。（第5時の実験と異なるところを特に説明する。次回の授業内容を予告する。） ・ねらいをはっきりさせる。 ・予想をワークシートに記入し提出させる。
9	銅と酸素の化合 （本時）	生徒実験「銅と酸素の化合」 ・銅を熱したときの、結びつく酸素の質量を調べる。	ワークシート配布する。 実験終了後提出させる。
10	実験結果まとめ 銅と化合する酸素の質量に限界はあるか	・各班の銅の質量の変化を加熱前から順に発表し、黒板に板書する。（加熱を繰り返すと、だんだん質量の変化が少なくなっていくのが分かる）また、最終的に化合した酸素の質量を班ごとに発表する。 ・実験結果から、銅と化合する酸素の質量に限度があることを発見する。 ・化合物の原子が決まった割合で結びついていることを推論する。	板書の例 1班 1.2gの銅 質量の変化 54.4 54.6 54.7 54.7 結びついた酸素・・・0.3g ・実験結果が理想値と離れた場合は考察、補正をする。
11	銅の質量を増やしていくと、化合する酸素の質量はどうなるか	・実験結果から、銅を増やしていくと化合する酸素の質量が比例して増えることを発見する。 ・化合物の原子が決まった割合で結びついていると推論できる。 ・銅と酸素から化合物ができるときの、質量の割合の比を推論する。 ・マグネシウムと酸素との化合やその他の化合をモデルで考察する。	

(4) 評価計画 (第8時～第10時)

次に学習指導計画に基づき適切な評価を行うため、定比例の法則の学習に関する第8時から第10時について、ワークシートの記述と関連した以下のような評価計画を立てた。

学習目標

化学反応に関係する物質の質量を測定する実験を行い、互いに反応する物質の質量の間には一定の関係があることを見いだす。

評価規準

自然事象への 関心・意欲・態度	科学的な思考	観察・実験 の技能・表現	自然事象についての 知識・理解
銅と酸素の化合する実験を進んで行い、規則性を見いだそうとする。	今までの学習より、銅と酸素の化合する実験についてその質量の関係を予想、考察し、化学変化における物質の質量の関係を見いだす。	銅を熱して、反応前後の質量を正しく測定し、その結果をグラフに表すことができる。	一定の質量の銅に反応する酸素の質量には限度があり、その限度の質量は銅の質量に比例することを理解できる。

具体的な評価の視点とワークシートの記述欄との関連

時間	観点別学習状況を判断する具体的な視点		ワークシートの 記述箇所
	十分満足できる(A)状況	おおむね満足できる(B)状況	
第8時	・実験前の予想欄に自分の考え記述することができる。	・ワークシートにねらいを記入することができる。	【関】
	・銅と化合する酸素の質量には限度があることが予想できる。その関係を原子・分子のモデルと関連付けて説明することができる。	・銅と化合する酸素の質量には関係があることが予想できる。その理由を今まで学習した酸化や化合の実験から説明することができる。	【思】
	・銅が増加すると、化合する酸素の質量も一定の割合で増加することを予想できる。その理由を原子・分子のモデルと関連付けて説明することができる。	・銅が増加すると、化合する酸素の質量も増加することを予想できる。その理由を今まで学習した酸化や化合の実験から説明することができる。	【思】
	・ワークシートの実験方法の欄(略)に、板書以外の内容や諸注意等も記入できる。	・ワークシートの実験方法の欄(略)に、板書した内容を記入できる。	【関】
第9時	<ul style="list-style-type: none"> ・実験上の注意を守りながら正しく実験できる。(行動観察)【技】 ・結果を表に記入できる。(行動観察・ワークシート)【技】 ・他の班の結果をワークシートに記入し、グラフを作成できる。(行動観察・ワークシート)【技】 	<ul style="list-style-type: none"> ・第9時については、ワークシートの結果欄(略)に記入する。 ・観察・実験の技能・表現の観点については、ワークシートの各項目の記述と行動観察から評価する。 	
	・新しい疑問等の記述がある。	・実験を振り返ることができる。	【関】

時間	観点別学習状況を判断する具体的な視点		ワークシートの記述箇所
	十分満足できる(A)状況	おおむね満足できる(B)状況	
第10 時	・加熱後の物質名が酸化銅であると分かり、化学反応式等の記述や酸化についての説明がある。	・加熱後の物質名が酸化銅であると分かる。	【知】
	・加熱回数と質量変化の関係について、増加後一定になる記述がある。その理由を実験結果や原子・分子のモデルと関連付けて説明することができる。	・加熱回数と質量変化の関係について、増加後一定になる記述がある。その理由として、銅が酸化して酸化銅になる等の記述がある。	【思】
	・銅の質量と酸素の質量は比例していることを理解している。その割合や銅以外の金属について記述がある。	・銅の質量と酸素の質量は比例関係にあることを理解している。	【知】
	・銅と酸素の質量比が4 : 1の割合で結び付いていることを理解している。	・一定の関係で結び付いていることを記入している。	【知】

< 指導内容と評価を関連させたワークシート(一部抜粋) >

金属を熱したときの質量変化	
ねらい	【自然事象への関心・意欲・態度】を調べる
予想	
1	一定量の金属の質量と、結びつく酸素の質量にはどんな関係があると思いますか。
2	なぜ、このように考えましたか。 } 【科学的な思考】
3	銅の質量を増やしていくと、結びつく酸素の質量はどうなるでしょうか。
4	なぜこのように考えましたか。 } 【科学的な思考】
まとめ	
1	加熱後の物質は何ですか。(また、その理由は。) 【自然事象についての知識・理解】
2	熱する回数を増やすと質量の変化はどうなりましたか。
3	それはなぜですか。 } 【科学的な思考】
4	グラフからもとの銅の質量と、化合した酸素の質量の関係について答えなさい。 【自然事象についての知識・理解】
銅と化合した酸素の質量比はいくつでしょうか。	
銅 : 酸素 = _____ : _____ 【自然事象についての知識・理解】	
実験を振り返って 【A...たいへんよくできた B...できた C...あまりできなかった】	
自分の仮説をもって実験しましたか。	A B C
班で協力して実験は行いましたか。	A B C 【自然事象の関心・意欲・態度】
準備・片付けは分担して行いましたか。	A B C
実験を通しての新しい発見・疑問 _____	

(5) 学習展開

学習指導計画に基づき、本時の学習展開を次のようにし、定比例の法則に関する実験の改良点や評価方法の工夫を検証することとした。

ア 目標

銅の酸化の実験を行い、化学変化後にできた酸化銅の質量を正確に測定し、反応前の銅の質量と反応後の質量の間に一定の関係があることを見いだす。

イ 学習の展開

	時	生徒の学習活動	教師の指導・援助	備考・留意点
導入	5分	金属の燃焼について学習したことを確認する。 実験の目的を確認する。 実験の結果を予想し、発表する。	以前学習したことを振り返り確認させる。 ワークシートの記入を確認する。 数名の生徒に予想を発表させる。	金属の酸化、燃焼について確認する。 ワークシートの未記入の生徒には、個別に指導する。
展開	35分	実験の方法を聞く。 銅粉はよく広げる。 かき混ぜる際は、こぼさないようにする。 ある程度冷えてから質量を測定する。 実験を開始する。 ・3分間加熱する。 ・5分間かき混ぜながら冷却する。 ・質量を測定する。 以上の作業を3回繰り返す。 測定が終わった班は代表生徒が、随時自分の班の結果を板書する。 実験を終了し、片付けを行う。	方法を説明し、注意事項を確認する。 正確に実験できない例を、生徒の発言から取り上げる。 電子上皿天秤を1台教室の中央に用意し、操作の仕方を確認する。測定ごとに0g補正を行うよう指示する。 正しい実験の技能を身に付けるよう個別に指導する。 黒板の結果欄を見ながら理論値から大きく離れている班について実験方法等再確認する。	発問し、説明の内容を確認する。 やけどに注意するよう指示する。 銅の量は0.4g 0.8g 1.2g 1.6g 2.0gとし複数班で分担する。 銅と同量の炭酸カルシウムを混ぜる。炭酸カルシウムを混ぜる理由について深入りしない。 全部の班の結果が確認できるよう、黒板に表を作成する。 板書を見ながら、実験の遅れている班を支援する。 片付ける際、加熱したステンレス皿等でのやけどを注意する。
まとめ	10分	他の班の実験結果をワークシートに写し、銅と酸素の関係を見いだす。 実験データから銅と化合した酸素のグラフを作成する。 このグラフから言えることをワークシートに記入する。	予想、結果に基づいて考察するよう、個々のワークシートで指導する。	ワークシートのグラフが未記入の生徒には個別に指導する。 実験データから生徒が導き出すよう説明等はしない。

(6) 事後調査

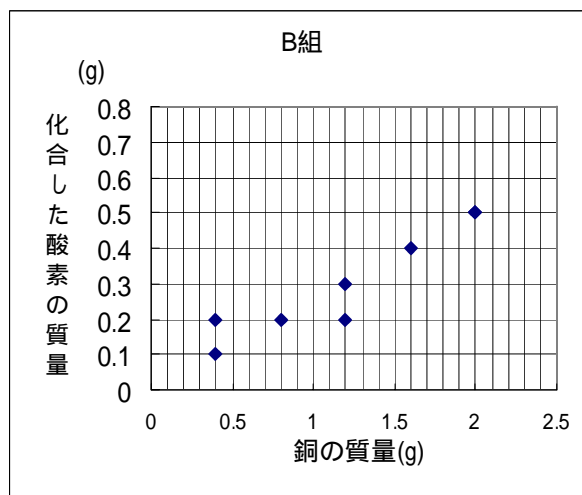
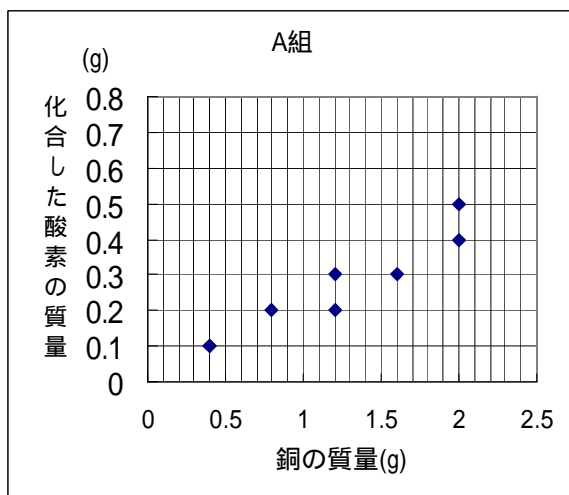
定比例の法則の実験結果（対象中学2年生 2学級）

生徒実験の各班の結果は、左の(表1)の通りである。また、この結果をグラフにしたものが、下のA組、B組のグラフである。(4学級で実施したが、他の学級もほぼ同様の結果であるため2学級のみ掲載する。)

多少の誤差等はあるが、理論値に近いデータが得られていると考える。グラフは右上がりの比例を表すグラフになっている。

(表1)

班番号	銅の質量 (g)	化合した酸素の質量(g)	
		A組	B組
1班	0.4	0.1	0.2
2班	0.4	0.1	0.1
3班	0.8	0.2	0.2
4班	1.2	0.3	0.3
5班	1.2	0.2	0.2
6班	1.6	0.3	0.4
7班	2.0	0.5	0.5
8班	2.0	0.4	0.5



また、この実験を終えて生徒がワークシートに記述した、実験を通しての新しい発見や疑問は以下の通りである。(主なものを記載する。ただし、「銅と結びつく酸素の量に限度がある。」と「銅と結びつく酸素の量は比例する」の意見については多数あったので省略する。)

定比例の法則に関するワークシート(10ページ参照)「実験を通しての新しい発見・疑問」欄の主な記述内容
・グラフに書くことで、比例していることが見えてくるのが分かった。
・燃焼の化学変化だけでなく、他の化学変化で質量の変化をみてみたい。
・紙を燃やしたら(質量の変化は)どうなるのか。
・虹みたいにきれいな色になりながら反応するのはどうしてか。
・自分で前にやった実験などをもとに、予想を立てられるようになって嬉しい。
・見えないし、重さにもおいても全く感じない酸素だけど、原子からできていて、他のものと化合できてすごい。
・酸素が空気中ないと質量の変化はどうなるかと思った。どうして熱すると酸素と銅が結び付いたのか。

授業後の生徒アンケート結果（対象中学2年生 101名）

さらに生徒の変容を検証するために、実態調査（5ページ参照）で実施した生徒アンケートと同じ問題を、本研究で学習した生徒を対象に実施した。結果は以下の通りである。

	問題の内容から分かる 主な理解内容等	今回の 正答率（単位％）	前回の 正答率（単位％）
問1	実験の目的を理解している。	8.1	7.6
問2	実験の目的を理解しているので、正しい実験の操作ができる。	7.2	7.0
問3	実験中の物質の変化の様子を観察している。	8.2	4.9
問4	酸化・燃焼の意味を理解している。	8.4	6.5
問5	実験結果より一定の関係を発見できる。	3.7	2.9
問6	発見した関係を一般化できる。酸化銅の計算ができる。	3.2	2.2
問7	結果をグラフで表すことができる。	4.0	1.5

両者を比較すると、従来の方よりも今回の実験方法で学習した後の正答率の方が、すべての理解内容で明らかに高いことが分かった。特に、問7のグラフを書く設問では2倍以上の高い数字の値が示されている。また、上記の結果には示されないが、不正解であるが比例のグラフを記入した生徒は60%であった。

4 研究のまとめと今後の課題

(1) 研究のまとめ

教材の開発について

銅粉に炭酸カルシウムを混ぜることや燃焼時に底が広く、深いステンレス皿を使用すること等により、銅粉が焼結して固まるのを防ぎ、人為的なミスを少なくし、安全に実験ができるようになった。このことにより従前の実験より銅粉が酸化しやすくなり理論値に近い値が得られた。

指導計画・指導法の工夫について

ア 実験結果を基に、生徒が自ら課題を見つける学習を展開していくことにより、生徒の学習意欲が高まり、生徒は最後まで目的意識をもって学習に取り組む姿勢が見られた。

イ 多くの教員が困難を感じていた実験を改良・工夫することによって、生徒の定比例の法則に関する内容の理解が深まった。

評価の工夫について

ワークシートの記述部分を工夫することにより、生徒の学習状況を評価する具体的な視点を知ることができた。また、単元のワークシート等を総括することにより観点別学習状況を的確に評価することができた。

(2) 今後の課題

生徒実験の際に、多くの学校では0.1g単位の電子上皿天秤を使用しているため、0.1g単位での誤差が生じる。複数の班で同じ質量で実験を行わせることや、グラフ作成の際の縦軸、横軸の単位等に工夫が必要である。

「努力を要する」状況（C）と判断した生徒への具体的な指導の手だてについてまとめ、「おおむね満足できる」状況（B）への段階的な指導の在り方について指導計画を作成する。特に比例の計算式やグラフの作成については、数学科との連携を図り指導していくことが必要である。

「大地の変化」において、目的意識をもって観察、実験などを行うための学習指導法と評価の工夫 ～ゼリー地層モデルとコンピュータの活用～

1 研究のねらい

現行の中学校学習指導要領では、「大地の変化」は学習する時期が第3学年から第1学年に移行された。「大地の変化」の単元にある「地層の広がり」の学習では空間的な思考力が必要とされ、第1学年に空間的な広がりを認識させるためには指導の工夫が必要となる。また、「大地の変化」の単元では、「野外観察を行い、観察記録を基に、地層のでき方を考察し、重なり方の規則性を見いだす。」とあり、野外観察を前提とした配当指導時間数が設定されている。

本研究の実態調査の結果によると、野外観察の実施による指導で、生徒は「地層の重なり」は比較的理解していると言えるが、「地層の広がり」については、空間的な思考を要するため、理解が難しいことが分かった。また、東京都内には観察に適している露頭が少なく野外観察の実施が難しい。野外観察の実施が困難である場合は、校外学習を活用して観察を行ったり、博物館等の施設を活用したりするなどの工夫が必要とされるが、全ての学校で、校外学習中に野外観察を行うことや博物館等の施設を活用することを年間学習計画の中に位置付けることは難しい状況にある。

そこで本研究部会では、ゼリーによる立体的な地層のモデルである簡易実験装置（ゼリー地層モデル）を開発し、コンピュータの表計算ソフトを用いて実験結果を処理できるように工夫し、生徒が主体的かつ目的意識をもって観察、実験を行うことをねらいとし本研究を行うこととした。

研究を進めるにあたり、以下の3点を教材開発の視点とした。

- (1) 生徒がゼリー地層モデルを作製することにより、地層の重なり方の規則性や地層の広がりを体験的に学習できること。
- (2) 地質調査の主な方法であるボーリングを、ゼリー地層モデルで模擬的に行うことにより、見えない地下のつくり、地層の広がりを調べる方法を体験的に学習できること。
- (3) ボーリング調査で得られた結果をコンピュータの表計算ソフトにより処理し、生徒達が調べたゼリー地層モデルと照合し、地層の広がりを認識できること。

2 研究の方法

次のような方法で研究を進めた。

- (1) 「地層の広がり」の学習における問題点を把握するために、理科教員対象、生徒対象の調査を行った。
- (2) 3次元の空間的な広がりを認識させるために、簡易実験装置の工夫及びコンピュータの表計算ソフトによるデータ処理の工夫を行った。
- (3) 目的意識をもって観察、実験を行うために、学習指導計画の作成を行った。
- (4) 指導と評価の一体化を図る評価計画の作成を行った。
- (5) 研究成果を調べるために、検証授業を実施し、学習後の調査を行った。
- (6) 研究の成果をまとめ、今後の課題を検討した。

3 研究の内容

(1) 実態調査

アンケート調査の内容と結果（対象：公立中学校理科教員 112名）

「大地の変化」の単元にある野外観察や地層の学習についての指導の実態を把握するためにアンケート調査を行った。主な内容と結果は以下の通りである。

1 学習指導要領では「学校周辺で地層の様子を観察すること事」と記されていますが、学校周辺の地層の野外観察を実施していますか。		
・実施していない 97%	・未回答 3%	・実施している 0%
2 学習指導要領解説 - 理科編 - では、「野外観察については、地形や露頭の観察に適した場所がないような地域では、校外学習を行ったり、博物館の施設を活用するなどの工夫が必要である。」と記されています。学校周辺の地層の野外観察を実施していない場合、どのような工夫をしていますか。		
・視聴覚教材（ビデオ・パソコンなど）の活用 49%	・特別なことはしていない 17%	・その他 15%
・移動教室などの校外学習の利用 13%	・博物館などの活用 3%	・未回答 3%
3 学校周辺の野外観察や上記2の取り組みをされている方 学校周辺の野外観察や代替学習で、生徒は「地層の重なり方」について理解できましたか。		
・かなり理解した 2%	・おおむね理解した 61%	・未回答 19%
・やや理解していない 7%	・あまり理解していない 11%	
学校周辺の野外学習や代替学習で、生徒は「地層の空間的な広がり」について理解できましたか。		
・かなり理解した 2%	・おおむね理解した 47%	・未回答 21%
・やや理解していない 20%	・あまり理解していない 10%	
4 「地層の空間的な広がり」を理解するために簡易な教材の必要性を感じますか。		
・はい 72%	・いいえ 16%	・未回答 12%

アンケートのまとめ

実態調査から以下のことが明らかになった。学習指導要領によると、「野外観察」については、「学校の周辺で地層の様子を観察する活動を行うこと。」とされている。しかし今回のアンケートによると野外観察による「地層の観察」を実施している学校は0%であった。実施できない理由としては、適切な観察場所がなかったり、校外学習は特別な設定をする必要があり時間の確保が難しいなどであった。都市部にあっては、地層の観察の実施は厳しい現状にあると言える。

このような状況を改善するための学習方法の工夫として、約5割の教員が視聴覚教材(ビデオ・コンピュータなど)を活用し、約2割の教員が、移動教室等での野外観察の実施や博物館などを活用していることが明らかになった。

「地層の重なり方」と、「地層の空間的な広がり」を、教員からみた生徒の理解度で比較すると、「地層の重なり方」の理解度(かなり理解した、おおむね理解した)は63%であったのに対し、「地層の空間的な広がり」の理解度は49%であった。これは3次元的な思考が必要となる「地層の空間的な広がり」が特に1年生の発達段階や実体験不足により、認識しにくいためであると考えられる。

地層の空間的な広がりを理解するための教材の必要性を約7割の教員が感じているが、都市部では、野外観察が十分に実施できない現状からも、地層の空間的な広がりを認識できる指導法の開発が必要であると考えられる。

(2) 教材の開発（ゼリー地層モデルとコンピュータの活用）

簡易実験装置（ゼリー地層モデル）の工夫

地層の学習を行うための簡単な実験装置として、寒天で作った地層モデルの報告がある。これは層状に重ねた寒天を地層に見立てたもので、層の重なりや広がり立体的に見られる点で非常に有効である。

目的意識を高めるには、生徒自身の手で地層モデルを作ることが望ましい。しかし、寒天による地層モデルは、寒天を溶かした液を沸騰させてから固めるために時間がかかる。事前に沸騰した液を用意しておくこともできるが、冷めると固まってしまうので湯せんした状態で生徒に配らなければならない。限られた授業時間内で、生徒にも簡単に作ることでできる地層モデルとして、粉ゼラチンを用いた地層モデルを考えた。

ア 粉ゼラチンを用いる理由

- ・ 安全に作業できる

ガスバーナーなどの加熱器具や熱湯を使用しないので、やけどなどの事故の心配が少ない。また、粉ゼラチンは約70～80 程度ですぐに溶ける。

- ・ すぐに固まり、観察がしやすい

湯に溶かしたゼラチン液に氷を入れて冷まし、液温が約15 になると固まり始める。地層を作るときは、固まり始める寸前まで冷やしてから型に流し込むと時間が短縮できる。

- ・ 安価で入手が簡単である

5 g 入の小袋入りのものが多く、小売店等の菓子づくりコーナーに置いてあり安価で購入できる。

- ・ 授業時間内で作業を完了することができる

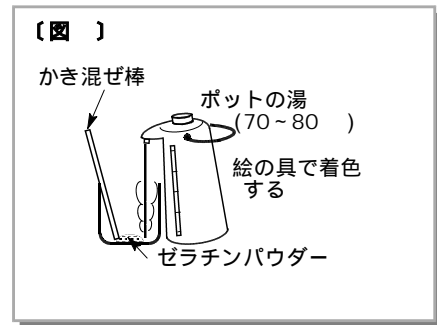
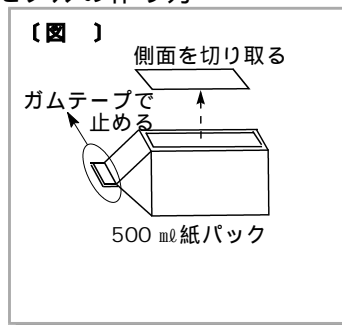
牛乳パック1個分（500 ml）で3層の地層モデルを作る場合、約30～40分程度で完成する。

なお粉ゼラチン以外の材料として、小麦粘土や手作りスライムを試してみた。両者とも30分程度の短時間でできるが、できあがった地層モデルをボーリングする（ストローなどを刺して中の物を取り出す。）ときに、層の厚さが変化したり、ストローの中の層が取り出せないといったことがあったために教材化することから除外した。

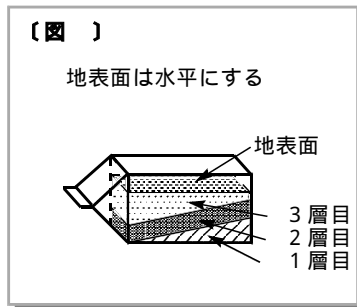
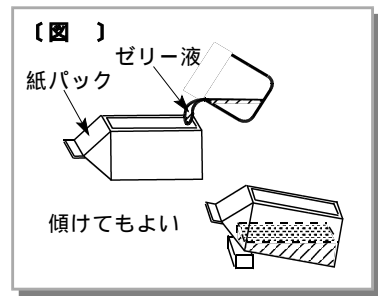
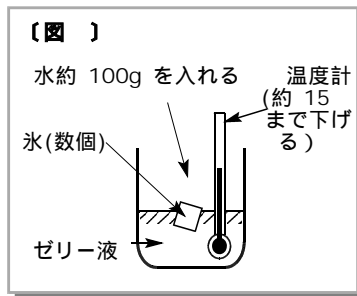
イ ゼラチンによる地層モデルの作り方

- ・ 紙パックで型を作る。〔図 〕

- ・ 粉ゼラチンを湯で溶かしてから、絵の具で着色する。〔図 〕



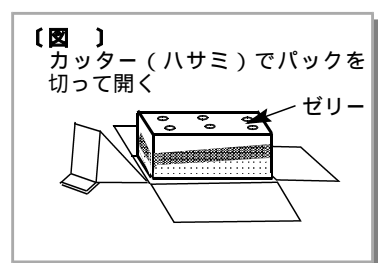
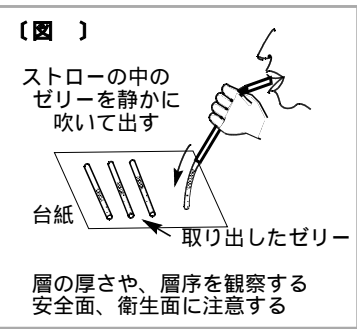
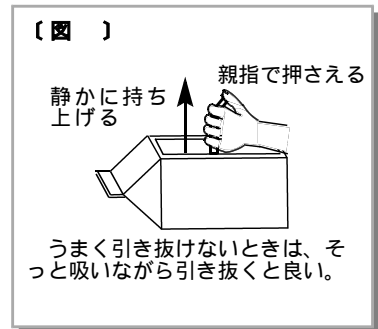
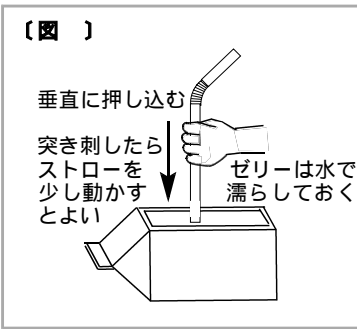
- ゼラチンを溶かした液に氷を入れて、固まる寸前まで冷やす。〔図〕
- 液を型に流し入れて固める。固まったら2層目の液を入れる。〔図〕
- 3層目を入れたら、冷蔵庫に入れて完全に固める。〔図〕



【写真1】地層の作成

ウ ゼリー地層モデルによるボーリング調査 (概略)

- あらかじめ表面を水で濡らしておいたモデルに、ストローを突き刺す。〔図〕
- ストローの口を指で押さえて、ゼリーを引き抜く。〔図〕
- ストローを静かに吹いてサンプル(ゼリー)を取り出し、観察をする。〔図〕
- 最後に、紙パックを切り開き、層全体の様子を観察する。〔図〕



【写真2】ボーリング調査



【写真3】サンプル取り出し



【写真4】地層全体の様子

コンピュータの表計算ソフトによるデータ処理の工夫

現在、地質調査や測量の分野では、データをコンピュータで処理することが一般的である。そこで、本研究でもボーリングしたデータから地層断面図を図示する方法として、コンピュータを活用した。これは表計算ソフトのグラフ機能を活用したもので、「シート」に各地点の層の厚さを上位の地層から順番に入力し、それを「100%積み上げ面グラフ」で表示する方法である。表示されたグラフが、ちょうど地層の断面図に見える。

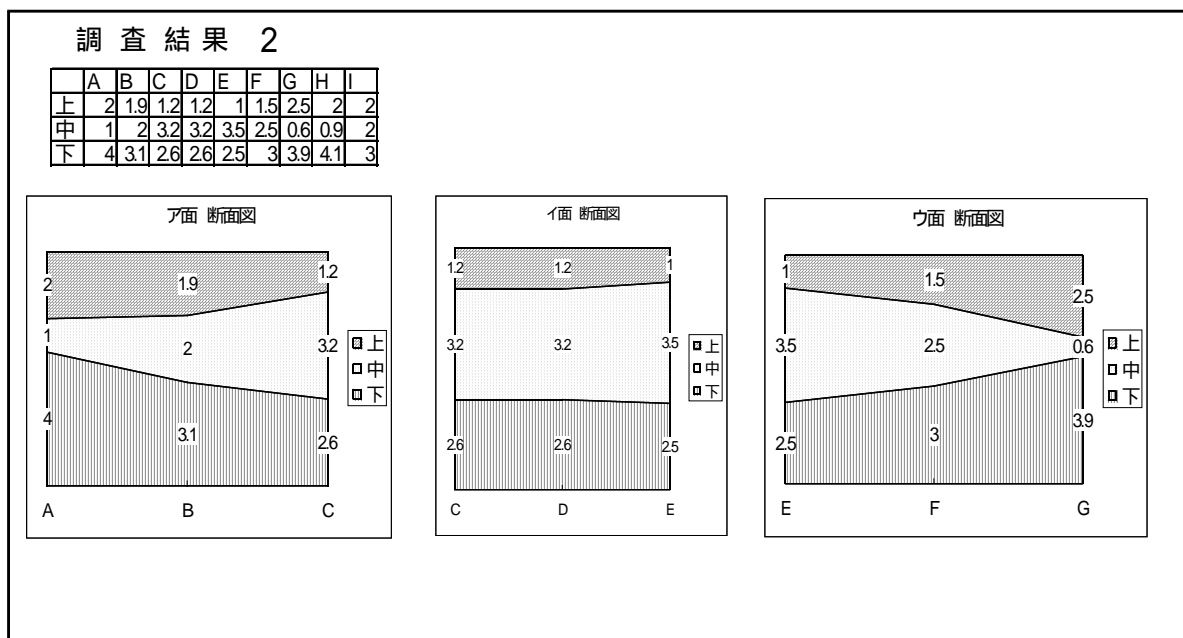
ア 表計算ソフトを活用した理由

- ・ 表計算ソフトはコンピュータにインストールされていることが多いため、特別なソフトを購入する必要がない。
- ・ データを入力するだけで、すぐ地層断面図が表示できる。特別な関数などは必要としない。
- ・ 作成した地層断面図を印刷し、グラフの境目で用紙を3つ折りにすると、地層を立体的に見ることができる。

データを基に柱状図を描き、ボーリングした地点の位置関係から地層断面図を描くことは空間的な広がり概念が必要である。コンピュータで地層の様子を表示できることは、空間的な広がりイメージをつかみにくい生徒に対し、非常に有効であると考えた。

イ 表計算ソフトによるデータ処理と地層断面図（例）

下記のように、調査結果の表に調査した地層の厚さを入力し、表計算ソフトのグラフ表示の機能を使用して地層断面図を作成する。



注1 表中のアルファベット（A～I）は、サンプルを抜き出した地点を表す。

注2 表中の数値は、サンプルを調査したときの各層の厚さ（cm）を示す。

注3 断面図は、ゼリー地層モデルを3方向からそれぞれ見たところを示す。

(3) 学習指導計画（7時間）

ゼリー地層モデルとコンピュータの活用を図り、目的意識をもって学習に取り組むことをねらい、次のような学習指導計画を立てた。

	時	主な学習活動	備考
地形の成り立ち	1	<p>地形の成り立ちのイメージを作る。</p> <p>岩石の風化、水などによる侵食、および運搬についての説明を聞く。</p> <p>流れがないときの土砂の堆積の仕方について実験を行う。</p> <p>流れがないときの土砂の堆積の仕方についてまとめる。</p>	<p>大気や水の作用による地形の成り立ちについてビデオなどで導入する。</p> <p>土砂の堆積の仕方を実験を通して理解を深める。</p> <p>粒が大きいものから順に堆積する。</p>
	2	<p>水の流れがあるときの土砂の堆積の仕方について考える。</p> <p>地層のでき方と地層の重なり方の規則性について考える。</p> <p>地層のでき方と地層の重なり方の規則性について説明を聞く。</p>	<p>波の運搬作用がないと地層ができない。</p> <p>続成作用と地層累重の法則を確認する。</p>
地層の成因	3	<p>地層と堆積岩の関係について考える。</p> <p>堆積岩と火成岩のちがいについて調べる。</p> <p>堆積岩と火成岩の違いについて説明を聞く。</p> <p>堆積岩の特徴とでき方について説明を聞く。</p>	<p>観察により堆積岩と火成岩の組織の違いや特徴を調べる。</p> <p>続成作用により堆積岩が形成されていく。</p>
	4	<p>各種の堆積岩について特徴、成因について考え説明を聞く。</p> <p>地層と化石の関係について考え、説明を聞く。</p> <p>地層の成因について考える。</p>	<p>礫岩、砂岩、泥岩とその土地の成り立ちの関係と石灰岩、チャート、凝灰岩とその土地の成り立ちの関係を分けて説明する。</p> <p>示準化石、示相化石の標本等を活用する。</p>
地層の広がり（本時）	5	<p>ゼリー地層モデル実験の説明を聞く。</p> <p>班ごとにゼリー地層モデル作成する。</p> <p>地層累重の法則を確認する。</p>	<p>ゼリー地層モデル作成に関する用意をする。</p> <p>完成したゼリー地層モデルは冷蔵庫で保管する。</p>
	6	<p>地層の調べ方を考える。</p> <p>ボーリング試料を提示する。</p> <p>ボーリング実験の説明を聞く。</p> <p>ゼリー地層モデルの調査を行う。</p>	<p>実際の地質調査方法の説明を聞く。</p> <p>ボーリング調査により、ゼリー地層モデルの重なりと厚さを測定する。</p>
	7	<p>表計算ソフトを用いた測定結果を班ごとに発表する。</p> <p>地層の広がり方の調べ方を考える。</p> <p>地層の対比のポイントを聞く。</p> <p>確認問題を実施する。</p>	<p>ゼリー地層モデルと対比させる。</p> <p>実際の地層について理解を深める。</p> <p>化石を使った対比の例を示す。</p>

(4) 評価計画

【地層の広がりにおける評価規準】

自然事象への 関心・意欲・態度	科学的な思考	観察・実験の技能・表現	自然事象についての 知識・理解
<ul style="list-style-type: none"> ・地層の重なりや広がりに関心をもち、目的意識をもって、実験に取り組もうとする。 ・調査結果や資料から関心をもち、地層の広がりについて調べようとする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ゼリー地層モデルの作製から、地層の重なりや広がりを推定することができる。 ・ゼリー地層モデルの各地点において地層累重の法則が成り立っていることを指摘できる。 ・地下の構造について、適切な調査方法を考えることができる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ゼラチンを用い、ゼリー地層モデルを作成することができる。 ・ゼリー地層モデルを用いて、ボーリング調査を行い、その結果を正確に測定し、表や図に記録することができる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・地層の調べ方についての知識を身に付けている。 ・地層の重なりや広がりについて理解している。 ・地層を調べる意義を理解している。 ・鍵層についての知識を身に付けている。

【地層の広がりにおける評価計画】

時	指導項目	観点別学習の状況を判断する具体的な視点			評価方法
		観点	十分に満足できる状況(A)	おおむね満足できる状況(B)	
5	ゼリー地層モデルの作成	関心	目的に沿って、モデルの作成に取り組んでいる。	モデルの作成に取り組んでいる。	ワークシート 授業観察
		技能	傾きなどに工夫をしながら、ゼリー地層モデルを作成することができる。	ゼリー地層モデルを作成することができる。	
		思考	堆積する順序や広がりを推定し、断面図を描くことができる。	堆積する順序に注目し、断面図を描くことができる。	
6	ボーリングモデル実験	関心	地下の様子に関心をもち、進んでゼリー地層モデルを調べようとする。	進んでゼリー地層モデルを調べようとする。	授業観察 ワークシート
		思考	地下の地層の様子について、適切な調査方法を考えることができる。	地下の地層の様子について、調査方法を考えることができる。	
		技能	調査の結果を正確に測定し、記録することができる。	調査の結果を測定し、記録することができる。	
7	まとめ	関心	地域の地質に関心をもち、自ら調べようとする。 地層の広がりについて、適切な調査方法を考えることができる。	地域の地質に関心をもっている。 地層の広がりについて、調査方法を考えようとする。	授業観察 自己評価 ペーパーテスト
		思考	鍵層や化石の層を利用し、地層の対比を行うことができる。	地層の重なる順序に注目し、地層のつながりを説明できる。	
		理解	地層の調査の必要性を3つ以上の理由をあげて説明できる。	地層の調査の必要性を具体的な理由をあげて説明できる。	

(5) 学習展開

学習指導計画に基づき、本時の学習展開を次のようにし、ゼリー地層モデルとコンピュータの活用や評価方法を検証することとした。

学習展開の工夫

生徒が目的意識をもって観察、実験を行うために、「自分が作製した地層を他の班が調べる。」「実際の地下を調査する方法と同じである。」等、観察、実験が生徒の実生活と密接に関連付いたものであることを強調して説明した。また、観察、実験の前に調査方法を予想させ、生徒が自分の考えをもって実験に取り組むように指導した。

観察、実験の前に目的を記述させることが単なる作業にならないよう、机間指導の際に、実験の目的を意識させる発問をし、生徒自身が実験の目的を常に意識するようにした。

学習展開例

(5 / 7時) 本時の目標 地層のモデルを作ることで、地層の広がりを認識する。

	生徒の活動	教師の指導・援助
導入	<ul style="list-style-type: none"> 地層の堆積の仕方を復習する。 学習内容を確認するにはどうすればよいか考える。 作る目的をワークシートに記入する。 <ul style="list-style-type: none"> a. モデルを作ることで地層の重なり方の規則性を確認する。 b. 次の授業でモデルを使って地層を実際に調べるために作る。 	<ul style="list-style-type: none"> 実際に地層を作ってみることを発案する。 ワークシートの配布。 地層累重の法則を確認する。 ただ作るだけでなく、他の班が作った地層を次の授業で実際に調べることを強調する。
展開	<p>準備方法</p> <ul style="list-style-type: none"> 熱湯(50ml)にゼラチンと絵の具を溶かす。 氷と水を入れて100mlにする。 固まる寸前で紙パックに流し込む。(紙パックは自由に傾けて良い。) 10分ほどして固まったら次の層を重ねていく。 3層目まで入れていく。 <p>片付け</p> <ul style="list-style-type: none"> 作成したモデルを提出する。 	<ul style="list-style-type: none"> 熱湯はポットで用意する。 熱湯の扱いに注意させる。 入れる氷の量の目安を示す。 固まり出す温度の目安(15℃)を示す。(固まり出すとすぐに固まってしまう) 急いで流し込むと失敗することを伝える。 1層目は説明しながら同時に作業を進めさせる。 地表面(3層目)は水平になるようにさせる。安全に作業しているか注意する。 机間指導しながら、目的について問いかける。 預かったモデルは冷蔵庫で保管する。
まとめ	<ul style="list-style-type: none"> 作った地層の色を古い順に記入する。 地層の予想図を図示する。 ワークシートを提出する。 	<ul style="list-style-type: none"> 自分で考えられると良い。

(6 / 7時) 本時の目標 地層の調査方法を学びモデルを使って調査を疑似体験する。得られたデータを整理する。

	生徒の活動	教師の指導・援助
導入	<ul style="list-style-type: none"> 自分たちの住む地域の地下がどのようなになっているか考える。 調べる方法を考える。 ボーリングという方法を知る。 学校のボーリングコアを見る。 実験の目的を頭の中にイメージする モデルのボーリング(実際の地質調査と同じ方法)をして地下のつくりがどのようなになっているか調べる。 	<ul style="list-style-type: none"> 前時のワークシートを返却する。 前時のワークシートに記入する。 前回のモデルをボーリングすることを提案する。 板書せずに口頭で伝える。作業中にも繰り返し問いかけ、答えさせる。

	生徒の活動	教師の指導・援助
展 開	<p>準備 方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・他の班の作ったモデルを受け取る。 ・指定されたポイント（9カ所）をストローでボーリングする。 <p>・取り出した試料を白紙の上に置き、層の厚さを測定・記録する。</p> <p>片づけ</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・本時の作業用ワークシートを配布する。 ・ボーリングの仕方を演示する。 ・中のわからないモデルを調べる。 ・水で濡らしたストローをさし、指の腹でストローを押さえて抜く。（少し傾けて抜くように助言する） ・表面から測定させる。
ま と め	<ul style="list-style-type: none"> ・調べた地層の断面予想図をかく。 ・実験の目的を記入する。 ・ワークシートを提出する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・データの解析は次の時間に行うことを伝える。 ・最後に記入させることで目的が達成できたか確認する。

（7 / 7時） 本時の目標 実際のデータの解析方法を理解し地域の地質について関心をもつ。

	生徒の活動	教師の指導・援助
導 入	<ul style="list-style-type: none"> ・地質調査の方法を確認する。 ・データの解析方法を考える。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ボーリングの他に路頭の調査もあることを伝える。 ・コンピュータによる解析方法を示す。
展 開	<p>班ごとに地層の作成手順と測定結果を発表する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・作った班が作った地層の色、順番を発表する。 ・調べた班が測定結果を発表する。 ・測定結果からコンピュータで図示した断面図をプロジェクタで投影する。 <p>・実際のモデルを切り開いてみる。 地域の地層の広がりを考えるにはどうすればいいか考える。 教科書にある地質断面図や地層の写真を見る。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実際の地層の複雑さを理解する。 ・地層の対比のポイントを知る。 <p>鍵層・化石</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ワークシートの値から事前にグラフを作成しておく。 ・地層累重の法則が成りたまま地層が広がっていることに触れる。 ・作った地層と調べた地層の解析図（グラフ）をプリントしておいて比較させる。 ・沢山のボーリングデータ（柱状図）が必要なことを導き出す。 ・モデルと同様に層の厚さが変化すること、層がなくなること、同じような層が何層もあることを導き出す。 ・鍵層や化石を使った対比の例を示す。
ま と め	<ul style="list-style-type: none"> ・地域の地質を知るために自分たちができる方法は何か考える。 ・地層を調べることで何を知ることができるのか説明を聞く。 <p>・確認の問題を解く。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・役所や博物館を使った調べ学習を導き出す。 ・過去の歴史や環境の変化がわかること、建築、防災、資源開発などに役立つことなどを伝える。

(6) 事後調査

授業後アンケート調査の集計結果（対象生徒：中学1年生103名）

学習後に、目的意識や地層の広がりについての学習状況を把握するために、アンケート調査を行った。以下はその集計結果である。

(7) 今回の実験を通して、目的意識をもって取り組むことができましたか。

はい(72.8%) どちらともいえない(23.3%) いいえ(1.9%)
(1) 次の ~ についての感想を書いてみよう。

コンピュータの図を見たとき（生徒の主な感想を原文のまま掲載する。）	
<ul style="list-style-type: none"> ・とても正確にできていると思った。3面全部の断面図があつてよかった。 ・調べた数字から、図ができるなんて便利でとてもハイテクだと思った。 ・あのボーリングだけでよくデータがそろえられたなど、とてもびっくりした。 	
作ったゼリー地層とコンピュータの図を比較したとき（生徒の主な感想を原文のまま掲載する。）	
<ul style="list-style-type: none"> ・コンピュータと本物のゼリーは、どれも似ていたので、ボーリングだけであのデータが出るのはすごいと思いました。 ・少しだけ似ていると思った。でもやっぱり全部合ってるまでは正確ではなかった。 ・たった3ヶ所でも、だいたい同じ。（すごいなあ）。5ヶ所くらいボーリングしたらもっとすごいだろう。 	
自分の予想と作ったゼリー地層を比較したとき（生徒の主な感想を原文のまま掲載する。）（予想図をかけた人）	
<ul style="list-style-type: none"> ・予想図では、傾きなどから考えてこれくらいかなと思いながら、描いて実際に実物を見てぜんぜん違っていたのでびっくりしました。 ・思っていたのとちょっと違った。考えるのは難しいと思った。 	
(ウ)	1カ所のボーリング調査からわかることは何か。すべて選びなさい。 ボーリングをした地点における、地層の重なり方が分かる。 ボーリングをした地点の周辺における、地層の広がりが分かる。 ボーリングをした地点における、地層の傾き方が分かる。
	のみ選択（49.5%） それ以外（複数回答含む）選択（50.5%）
(エ)	複数のボーリング調査をして、分かることは何か。すべて選びなさい。 ボーリングをした地点における、地層の重なり方が分かる。 ボーリングをした地点の周辺における、地層の広がりが分かる。 ボーリングをした地点における、地層の傾き方が分かる。
	を選択（53.4%） を選択（71.8%） を選択（68.9%）
(オ)	地域の地質について関心がありますか。
	はい（46.6%） どちらともいえない（42.7%） いいえ（10.7%）
(カ)	地域の地質について自分で調べてみたいですか。
	はい（34.0%） どちらともいえない（51.5%） いいえ（14.5%）

「授業後アンケート」の考察

目的意識をもって観察、実験などを行うことについては、(ア)のアンケート結果から7割以上の生徒が目的意識をもって取り組むことができたと答えている。「いいえ」と答えた生徒は、1.9%であり、全体としては十分に目的意識をもたせることができたと考えられる。(オ)や(カ)のアンケート結果から、地域の地質についての関心はややもたせることができたが、地域の地質を自ら調べてみたいと考えるまでには至らなかった。



（ゼリー地層モデルを作製している様子）

また、感想の中で、多くの生徒が「コンピュータによる図は正確である。」と答えており、表計算ソフトによる地層断面図を使うことで、自分で表現できない生徒が、空間的な広がりの概念を表現する方法を得たことは、地層の広がりの概念を定着させるために有効であったと考える。

4 研究のまとめと今後の課題

(1) 研究のまとめ

本研究では、1年生が「地層の広がり」について目的意識をもって観察、実験を行い、空間的な広がりを認識できるように、ゼリーによる立体的な地層のモデルとコンピュータの表計算ソフトを組み合わせた学習指導法と評価の工夫を行った。

本研究は、以下の点で成果があった。

指導計画、指導方法について

ア 多くの教員が実施している視聴覚教材を活用した学習だけでなく、ゼリー地層モデルとコンピュータを活用した授業展開により、生徒が主体的に目的意識をもって学習に取り組むことができた。

イ 他の班が作製したゼリー地層モデルをボーリング調査することにより、未知の「地層の広がり」について興味をもって調べることができた。

教材の開発について

ア 生徒自らが実際にゼリー地層モデルをボーリング調査することにより、地層の重なり方の規則性を体験的に学習することができた。

イ ゼリー地層モデルは、身近な素材で作製でき、安全かつ容易に実験、観察に取り組むことができた。

ウ 空間的な広がりを認識できない1年生がコンピュータの表計算ソフトを使用することにより、生徒自らがボーリング調査で収集したデータから、容易に地層断面図が作製でき、地層の空間的な広がりを認識することができた。

(2) 今後の課題

指導計画・指導方法の工夫について

ゼリー地層モデルのボーリング調査をさらに短時間で効率的に行う工夫や、生徒がより正確なデータが得られるよう、指導計画・指導方法をさらに改善する。

教材の開発に関して

ア ボーリング調査の際に、ゼリーが抜けなくなった、割れてしまった等の不都合が生じた。そのため、正確なデータが得られるような安定したゼリー地層モデルの作製方法や取り扱いの工夫が必要である。また、コンピュータの表計算ソフトにより地層断面図を描かせ、地層の広がりを表現させたが、立体的に表現することは理解をより高めると考えられるので、コンピュータの活用を工夫して、簡易的に立体を表現する方法についてさらに改良する。

イ 作製したゼリー地層モデルには粒の概念がないため、堆積している地層の粒の大きさや化石の有無についても取り入れた視点からの教材化の開発が必要である。

評価について

ワークシート、行動観察、自己評価等で実施した観点別学習状況の評価を総括して評定を求める方法について、その妥当性を検証する必要がある。

平成15年度教育研究員研究報告書

東京都教育委員会印刷物登録
平成15年度 第31号

平成16年1月21日

編集・発行 東京都教職員研修センター
所在地 東京都目黒区目黒1-1-14
電話番号 03-5434-1974

印刷会社名 勝田印刷株式会社