

児童・生徒の観察・実験技能を高める 理科の学習指導に関する実践的研究

徳永 悟¹・金丸靖臣²・田代見二¹・小石紀博¹・阿部直人²・火宮一功²・
渡木秀明³・山本智一⁴・中山 迅³

Practical Study on Science Teaching to Enhance Students' Observation /
Experiment Skill (1)

Satoru TOKUNAGA¹, Yasuomi KANEMARU², Kenji TASHIRO¹,
Norihiro KOISHI¹, Naoto ABE², Ikkou HINOMIYA²,
Shumei WATAKI³, Tomokazu YAMAMOTO⁴, Hayashi NAKAYAMA³

はじめに

平成24年度より新学習指導要領が小学校・中学校において全面実施となった。理科においては、それに先駆けて平成21年度より先行実施され、移行開始から4年目となる。今回の改訂の大きなポイントである、言語活動並びに理数教育の充実に伴い、観察、実験の結果を整理し考察する学習活動や、科学的な言葉や概念を使用して考えたり、説明したりするなどの学習活動がより一層重視されている(文部科学省, 2008a, 2008b)。

筆者らは、これまで2006年度から毎年行ってきた児童生徒の科学的記述力の育成の研究を継続し、宮崎大学教育文化学部附属小学校、附属中学校、教育文化学部、教育学研究科が連携して、児童生徒の発達の段階や学年進行に応じた、科学的記述力を育成するための学習指導法開発を行ってきた(隈元・福松・岡田・中山・山口・小石・兼重, 2007)。これらの研究成果の一部は、科学的論述力を育成する理科授業の教育実践モデルとして提案されている(猿田・中山, 2011)。また、平成23年度は、「根拠を明確にした記述力の育成」「粒子的な見方・考え方の育成」の2つを中心とした研究を行い、「思考力・判断力・表現力」に焦点をあてて科学的記述力を高める研究に取り組んできた(田代・阿部・徳永・小石・横倉・火宮・渡木・小林・山本・中山, 2012)。「思考力・判断力・表現力」を一層高いレベルまで育成するためには、その基盤となる「基礎的・基本的な知識・技能」を高めておくことも重要である。

そこで平成24年度は、「基礎的・基本的な知識・技能」に焦点を当てて研究に取り組むことにした。特に、「観察・実験技能」の育成に重点を置いて小・中学校が一貫して児童・生徒の発達の段階に応じた指導の充実を図った。本論文では特に、小学校第3学年「風やゴムの働き」、小学校第6学年「てこの規則性」と中学校第1学年「状態変化」「力と圧力」で実践した学習指導法に関する知見を報告する。

1 宮崎大学教育文化学部附属小学校

2 宮崎大学教育文化学部附属中学校

3 宮崎大学大学院教育学研究科

4 宮崎大学教育文化学部

・宮崎大学教育文化学部附属小学校の実践事例

1. 小学校における観察・実験技能の系統性の分析

小学校学習指導要領解説理科編（文部科学省，2008a）では、「観察」とは、「実際の時間，空間の中で具体的な自然の存在や変化を捉えること」であり、「視点を明確にもち周辺の状況にも意識を払いつつ，その様相を自らの諸感覚をとおして捉えようとする活動」と定義されている。同様に，「実験」は，「人為的に整えられた条件の下で，装置を用いるなどしながら，自然の存在や変化を捉えること」であり，「自然からいくつかの変数を抽出し，それらを組み合わせ，意図的な操作を加える中で，結果を得ようとする活動」と定義されている。

このような考えに基づいて，先に述べた理科学習における思考力・判断力・表現力を一層高いレベルまで育成するためには，その基盤となる基礎的・基本的な知識・技能を高めることが重要である。そこで，観察・実験は，文部科学省（2011）の「小学校理科の観察，実験の手引き」をもとに，第3学年から第6学年までの内容区分毎の観察・実験技能について整理した。

表1 第3学年から第6学年までの内容区分毎の観察・実験技能
（文部科学省（2011）をもとに整理）

	A 物質・エネルギー	B 生命・地球
第3学年	簡単な器具や材料を見付けたり，使ったり，作ったりして観察，実験やものづくりを行い，その過程や結果を分かりやすく記録する。	身近に見られる動物や植物を探したり育てたり，簡単な器具を使ったりして，観察や実験を行い，その過程や結果を分かりやすく記録する。
第4学年	簡単な器具や材料を見付けたり，使ったり，作ったりして観察，実験やものづくりを行い，その過程や結果を分かりやすく記録する。	身近に見られる動物や植物を探したり育てたり観察したり，簡単な器具を使って観察や実験を行ったりして，その過程や結果を分かりやすく記録する。
第5学年	物の溶け方，振り子の運動の規則性，電流の働きについての問題解決に適した方法を工夫し，装置を組み立てたり使ったりして実験やものづくりを行い，その過程や結果を的確に記録する。	植物や動物を育てたり，問題解決に適した方法を工夫したり，天気や流水の変化についての装置を組み立てたり使ったりして観察，実験を行い，その過程や結果を的確に記録する。
第6学年	燃焼，水溶液の性質，てこの規則性及び電気による現象についての問題解決に適した方法を工夫し，装置を組み立てたり使ったりして実験やものづくりを行い，その過程や結果を的確に記録する。	生物の体のつくりと働き，生物と環境とのかかわり，土地のつくりと変化のきまり，月の位置や特徴について問題解決に適した方法を工夫し，装置を組み立てたり使ったりして観察，実験を行い，その過程や結果を的確に記録する。

2. 観察・実験技能を育成する授業実践

第3学年「風やゴムの働き」における実践例

この単元は、風やゴムの働きについて興味・関心をもって追究する活動をとおして、風やゴムの力を働かせたときの現象の違いを比較する能力を育てるとともに、それらについての理解を図り、風やゴムの働きについての見方や考え方をもちつことができるようにすることをねらいとしている。

そこで、本単元における子どもに身に付けさせたい観察・実験技能を「送風機やゴムを適切に使って、安全に実験やものづくりをする。」「風を受けたときやゴムを働かせたときの現象の違いについて、手ごたえなどの体感を基にしながら調べ、その過程や結果を記録する。」とした。風やゴムの働きを視覚的に捉えさせるために、車が動く距離を表や簡単なグラフ等に整理させることで具体的な数値を基に結果を記録することができた。



図1 車の動いた距離を1mメジャーで測定する子ども

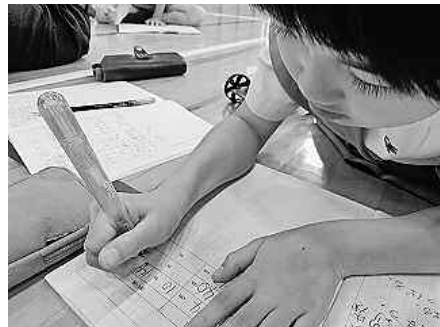


図2 車の動いた距離を数値化し、表に記録する子ども

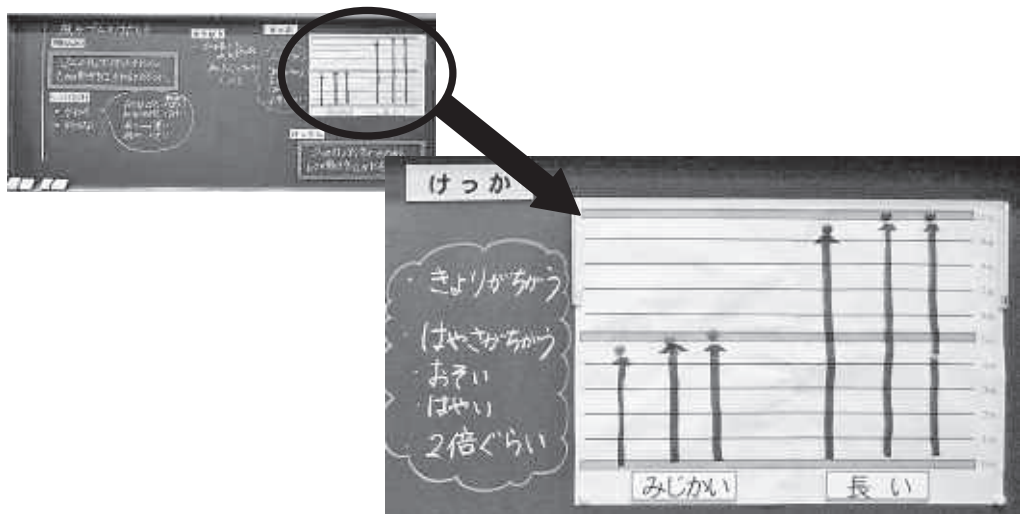


図3 数値化した結果を基に整理したグラフ

第6学年「てこの規則性」における実践例

この単元は、生活に見られるてこについて興味・関心をもって追究する活動をとおして、てこの規則性について推論する能力を育てるとともに、それらについての理解を図り、てこの規則性についての見方や考え方をもちることができるようにすることをねらいとしている。

そこで、本単元における子どもに身に付けさせたい観察・実験技能を「てこの働きを調べる工夫をし、てこの実験装置などを操作し、安全で計画的に実験やものづくりをしている。」「てこの働きの規則性を調べ、その過程や結果を定量的に記録している。」とした。各自実験用てこを作製し一人一実験を行わせ、てこがつり合うときのおもりの重さと支点からの距離を数値化し表に記録させることで、てこがつり合うときの規則性を捉えることができるようにした。

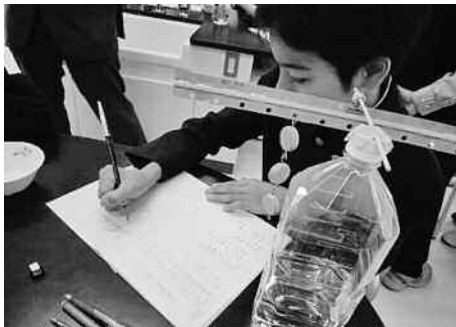


図4 自作の実験用てこで一人一実験し、記録する子ども

結果

左のうへ		右のうへ	
おもりの重さ(g)	支点からの距離(cm)	おもりの重さ(g)	支点からの距離(cm)
10	6	60	1
		30	2
		20	3
		X	4
		X	5
		10	6

ぎえりと重さをかいた数が同じになる。7りた。

図5 てこがつり合うときのおもりの重さと支点からの距離を数値化し、記録した子どものノート



図6 数値化した結果を基にてこがつり合うときの規則性について説明する子ども

・宮崎大学教育文化学部附属中学校の実践事例

1. 関係を数値で表す技能「表・グラフ」～小・中を一貫した観察実験技能の育成～

中学校学習指導要領・理科の第1分野の目標の中に「観察・実験技能を習得させ、観察、実験の結果を分析して解釈し表現する能力を育てる」とある。その観察・実験技能の中には、表やグラフの作成が含まれており、小学校では表の作成、中学校では表やグラフの作成を通して、思考力や表現力などを養うことの重要性が示されている。小・中学校の流れでは、小学校第4学年の「気温の変化」での折れ線グラフの書き方を学び、それを踏まえて中学校第1学年の「状態変化」、「力の大きさとばねののび」での誤差の概念を含めた直線や曲線のグラフの書き方を学び、中学校第2学年の「電気抵抗」や「化学変化」などの単元に進むように配置されている。

小学校では、天気によって1日の気温の変化の仕方に違いがあることについて学習しており、1日の気温の変化の様子を折れ線グラフで表し、変化の特徴を読み取ることを算数の学習内容と関連して学習している。しかし、誤差という概念までは学習しておらず、グラフを書く際に点と点を結ぶように指導を受けている。

中学校第1学年では、まず単元「状態変化」で、エタノールの沸点を調べる実験を行う。その際にグラフの書き方の学習を行うが、誤差という概念がないためか折れ線グラフを書いてしまう生徒が多い。そこで、誤差についての学習を行うと、折れ線ではなく、なめらか曲線や直線でグラフを書く生徒が多くみられるようになった。また、単元「力と圧力」において、測定値をグラフ化する学習を行う。ここでの学習では、力の大きさとばねののびに関する実験を行うが、実験の測定値には誤差が含まれているため、算数で学習したときと同様のやり方で、表だけから2つの変数間に比例の関係を見いだすことは難しい。測定値をグラフに記入し、曲線または直線を測定値の近くを通るように引くことで変化のようすを考察したり、測定値の間の規則性を見出したりすることで、2つの測定値の間の関係を分かりやすくし、測定していないところでもその値を推測することができることがグラフの利点である。しかし、実験で数値を読むときに、数値の読み手や測定器具の目盛りのわずかなばらつきによってはかろうとするものの真の値からずれた値を読んでしまう。この真の値と測定値とのずれを誤差と呼び、誤差を含めた実験結果をグラフ上にプロットし、変化の様子や規則性を考察することができるようにすることがねらいである。

【小学校4年生】

「1日の気温の変化」 気温の変化を折れ線グラフで表す。

【中学校1年生】

「状態変化するときの温度」 時間ごとの温度変化をグラフで表し、沸点を調べる。

「力の大きさとばねののび」 ばねを引く力とばねののびをグラフに表し、規則性を調べる。

図7 小学校と中学校（第1学年）の「表・グラフ」が扱われている単元

2. 「表・グラフ」を柱にした授業実践

第1学年「状態変化」における実践例

ここでは、中学校1年生の「状態変化」のエタノールの沸点を調べる実験における、時間ごとの温度変化のグラフ作成について、1学級(40名)のノートの記述例をもとに示していきたい。

学習問題 1

エタノールが沸騰している間、温度はどのように変化するか。

【グラフの書き方(その1): 東京書籍p.118より抜粋】

1 横軸・縦軸を作成する。

実験で「変化させた量(時間)」を横軸に、「変化した量(温度)」を縦軸にとり、見出しと単位を書く。

測定値の最大の値を考慮して、それぞれの軸に等間隔に目盛りを入れる。

2 測定値を記入する。

縦軸・横軸の目盛りに合うように、測定値を や×で正確に記入する。

測定値に誤差があることを考慮した上で、曲線なのか、直線なのか、変化の様子を大まかに判断する。

3 曲線、または直線で線を引く。

すべての測定点のなるべく近くを通るように、なめらかな曲線または直線を引く。そのとき、目安として、線の上下に同じ数の測定点がくるようにする。

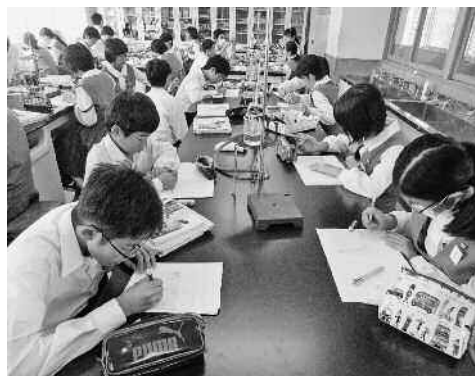


図8 グラフ作成の場面

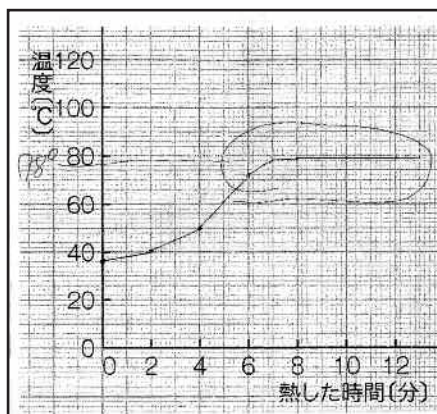
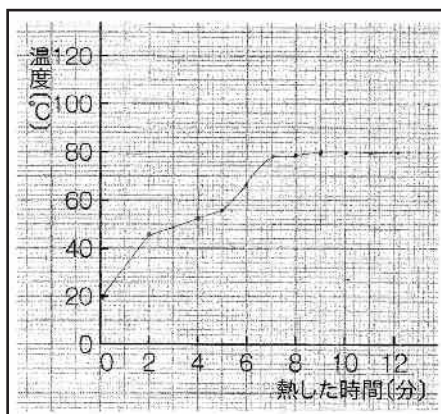


図9 点を折れ線で結んでしまったグラフの記述例

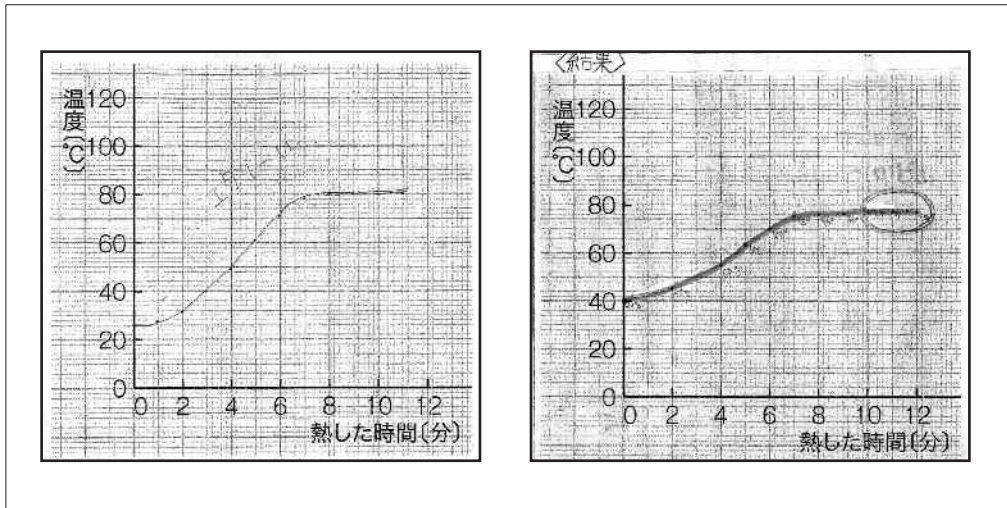


図10 点をなめらかな曲線で結んだグラフの記述例

表2 ノート記述の分類とその人数(人)

グラフの書き方	理解前	理解後
折れ線	26	0
なめらかな曲線または直線	14	40

学習問題1では、グラフの書き方 までではできたが、 のところで直線を折れ線の一部分であると解釈した生徒が多かった。そこで、沸点に達するまでに温度計の赤色の部分が徐々に上がっていくことに気付かせ、温度が急上昇するわけでないことを確認したところ、グラフをなめらかな曲線で書こうとする生徒が増えた。このとき、この温度変化の測定における誤差は測定する人や温度計などに起因するという意見も聞かれた。また、温度計が液体に浸っている下部と浸っていない上部では示す温度が違うのではないかという意見も出てきた。また、において、線の上下に同じ数の測定点がくるという手法は今回の実験データからは判断が難しいため、用いなかった。

第1学年「力と圧力」における実践例

学習問題2では、生徒の書いた折れ線グラフを使って、グラフの持つ意味やグラフからどんな現象が読み取れるのか考えさせた。折れ線グラフでは、各測定値間の傾きがそれぞれちがうところから、ばねののびる割合が変化していることを気付かせた後、手でゆっくりとばねを下に引っ張っていく現象を見せて、ばねが急に伸びたりせずになめらかに伸びていき、ばねののびる割合は急に変化しないことを確認した。

学習問題 2

力の大きさとばねののびには、どんな関係があるといえるだろうか。

【グラフの書き方(その2): 東京書籍 p.164をもとに作成】

- 1 点の並び具合が直線か曲線かを判断する。
- 2 原点(0, 0)を通るかを判断する。
- 3 直線と判断した場合は、すべての点の近くを通るように定規を使って線を引く。

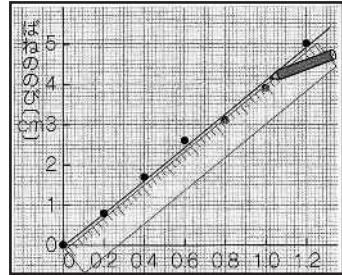


図11 教科書の記述(抜粋)



図12 授業の様子

次に、学習問題1と同様に誤差について考えさえると、実験で使った定規の目盛りが班によってずれていることや測定者による読み方のちがいなどという意見も出てきた。以上より折れ線グラフにはならないことを付け加えてグラフを訂正させた。また、結果の妥当性を確かめた上で考察を行うために、グラフ作成の時間を確保するとともに、他の班の結果と比較できるように、班ごとにホワイトボードにグラフを書き、「誤差」という言葉も含めて発表を行った。

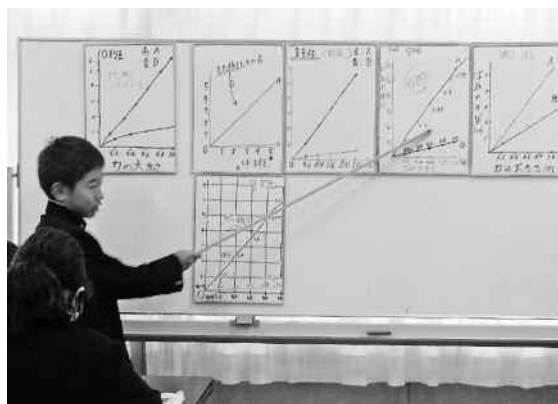


図13 ホワイトボードを使って発表している場面

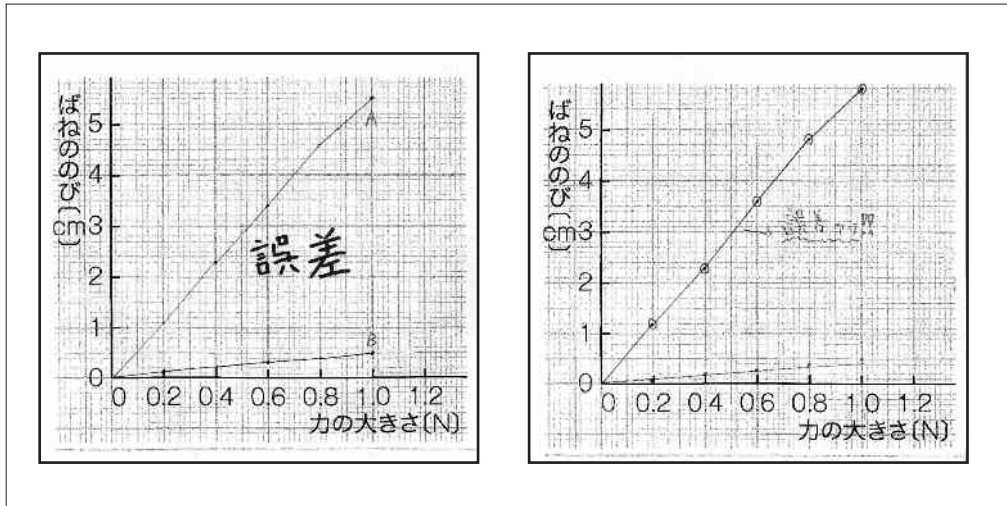


図14 折れ線で書いてしまったグラフの例

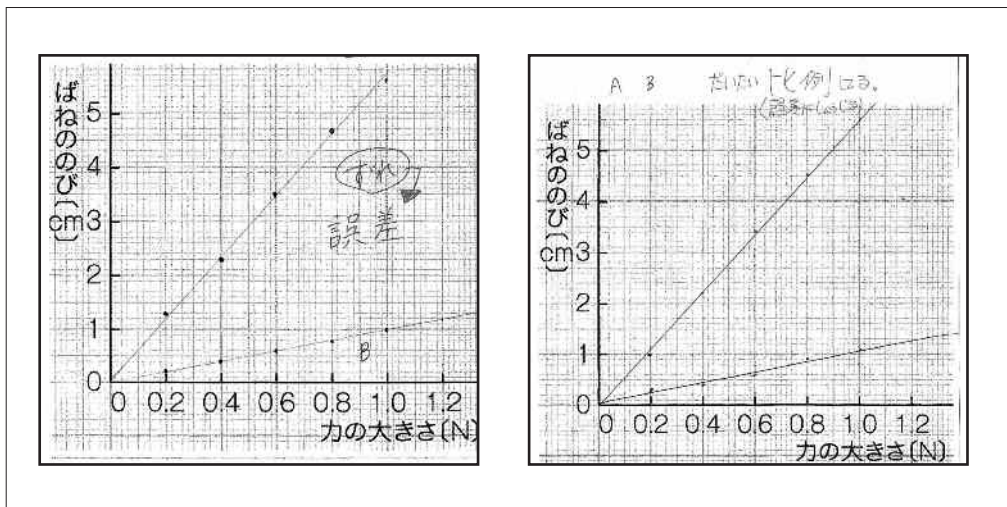


図15 誤差を考慮して書き直したグラフの例

表3 ノート記述の分類とその人数(人)

グラフの書き方	理解前	理解後
折れ線	5	0
直線	35	40

学習問題2では、折れ線で結んだ生徒は数人しかいなかった。実験の結果を細かく調べるまでもなく、単純に同じ重さのおもりをつけ加えていっただけだからばねののびは比例であるという直感から直線で書いた生徒が大半であった。

学習問題 3

力のはたらく面積と力のはたらしの間には、どのような関係があるのだろうか。

【グラフの書き方(その3)】

- 1 グラフの書き方(その1,その2)を参考に
にする。
- 2 直線か曲線になるかを班で話し合っ
て決める。
- 3 班で決めたグラフを別紙に書いて発
表する。



図16 実験の場面

表4 学習指導過程

学習内容及び生徒の活動	教師の支援
1 前時の紙コップを使った実験のビデオを視聴し、紙コップがつぶれた理由を予想する。 2 本時の学習問題を確認する。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">力のはたらく面積と力のはたらしはどのような関係があるか。</div>	前時の紙コップを使った実験が想起できるようにビデオを流す。 ○ 本時の課題が確認できるように黒板に学習問題を掲示する。
3 学習問題に対して予想をする。 <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> 【予想される生徒の反応】 ・ 面積が小さくなると力のはたらしが大きくなる。 </div>	本時の学習について問題意識と意欲を喚起できるように生徒に意見を求める。
4 予想を確かめる実験を行う。 異なる面積の板にペットボトルを乗せ、スポンジがへこんだ高さを測る。結果を表やグラフに書く。調べて分かったことをノートに書く。 5 実験の結果を考察し、話し合う。 ・ 力のはたらく面積と力のはたらしの関係 6 考察をまとめ、発表する。	観察・実験器具が正しく扱うことができるように机間指導する。 グラフを正確に書き、ノートに発見したことや面積と力の関係について書けるように机間指導を行い、助言する。 各自の意見交換ができるように班で話し合う場を設定する。 話し合いを基に、班での考察が視覚的に分かるようにホワイトボード(グラフ用紙)を使う場を設定する。
7 次時の学習内容について聞き、関心をもつ。	教科書の圧力の例題を示し、次時は圧力の計算について学習することを知らせる。

学習問題3は、はじめにどのようなグラフになるかを予想させ、実験で確かめた授業である。実際の授業では比例関係と答える生徒が多く、反比例と答えた生徒は数人であった。ここでは、圧力の概念をこのグラフから導かせていくことをねらいとしているが、力がはたらく面積と力の大きさの関係にイメージが持ちにくい内容であるため、導入で紙コップの上に板を敷き、その上に人が立って紙コップがつぶれるまで紙コップの数を減らしていく実験を行った。また、実験結果からでは、比例定数が負の直線で表した班と反比例の曲線で表した班の2通りがあった。両班ともに力のはたらく面積が小さいほどはたらく力が大きくなるという考察にたどり着くが、前の班からは反比例になるという考察は導き出せなかった。そこで、次時に、両班のちがいはどこから生まれてきたのか、という点を各班で話し合わせた。一つは板の面積の種類を増やし測定点を増やすこと。もう一つは、スポンジやペットボトル、板などの測定器具の誤差がいろいろな形で含まれているのではないかという意見が出された。

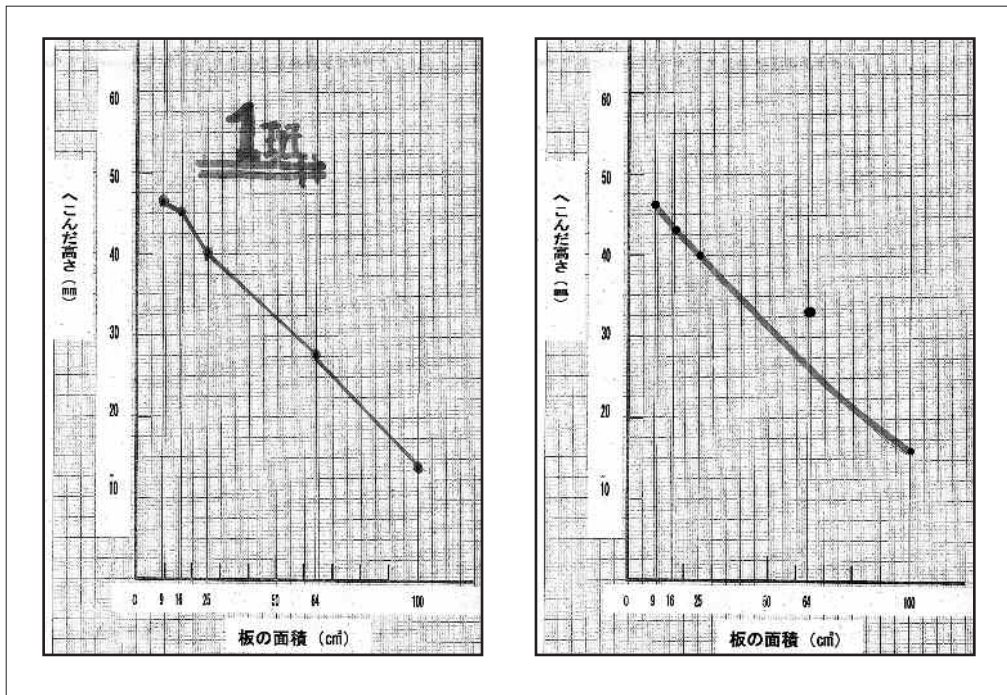


図17 比例定数が負の直線を表現したグラフ例

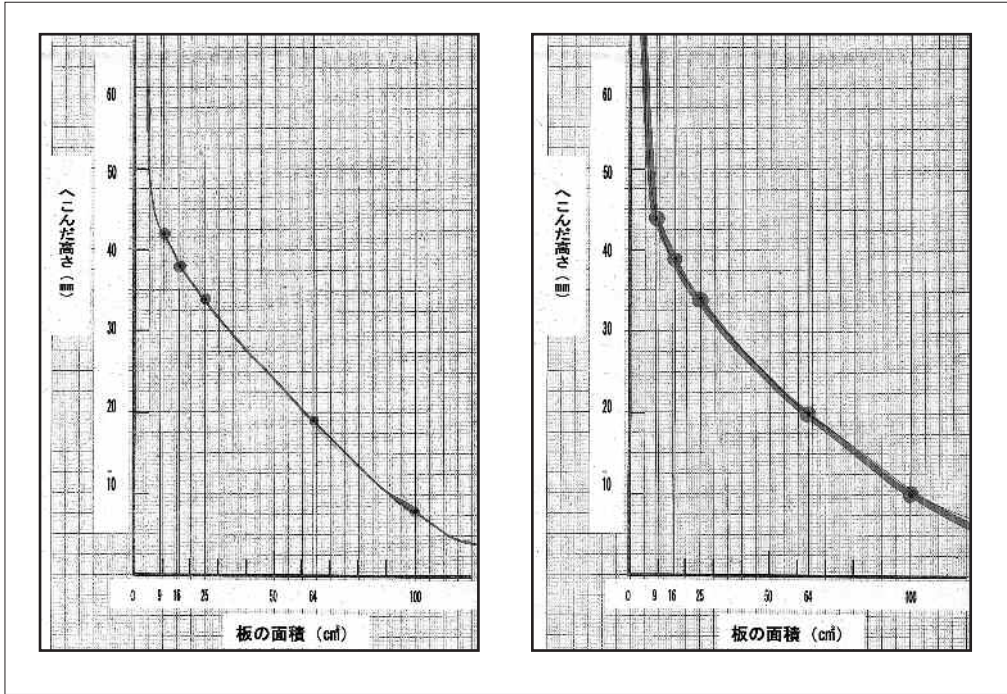


図18 反比例を表現した例

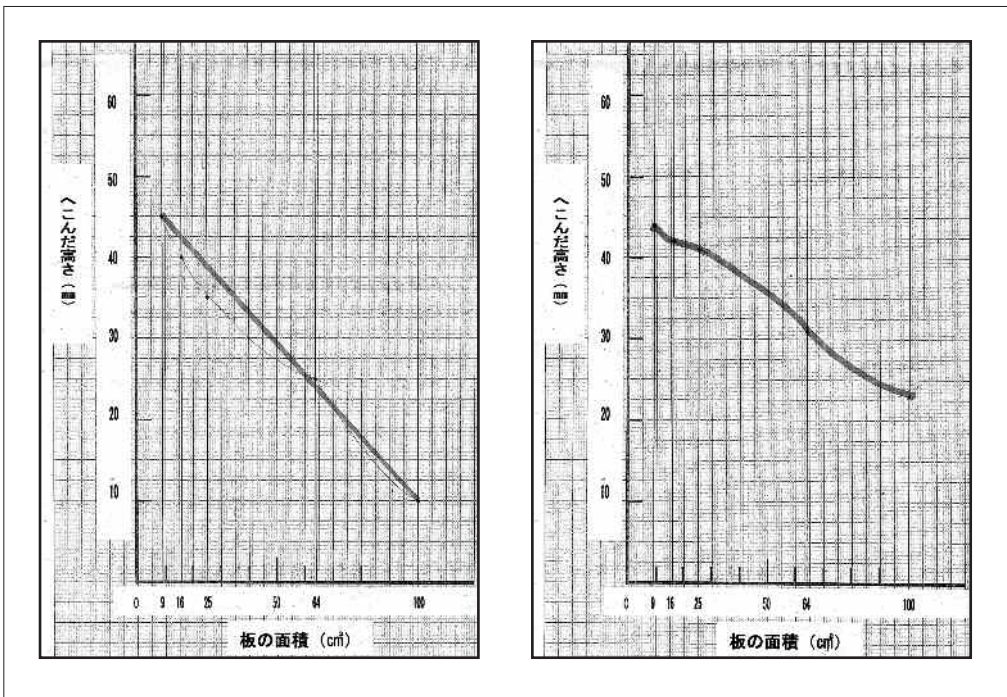


図19 直線か曲線かで迷ってしまった例

図19のようなグラフを書きってしまった班がある。前回のグラフ作成において誤差という概念から、2者の関係が直線と判断した場合に測定値の上下を均等に書いてしまう例と、曲線と判断した場合に測定点と測定点の間がなめらかな曲線になるように書いてしまう例を扱ったことが原因の1つだと考えられる。そこで、実際には実験で板の面積を限りなく0 cm²に近づけて確かめることは難しいが、このグラフから板の面積が0 cm²に近づいても最終的に0 cm²になってしまうことはなく、板には強い力がはたらくことを生徒の意見から理解させた。逆に、板の面積が大きくなってでもへこんだ高さは0 cmにはならず限りなく0 cmに近づいていくことを補足した。また次時に、圧力を計算する演習の中で、圧力と面積の関係を設定した。紙コップ1個あたりにかかる力を計算し、圧力と面積の関係をグラフに書くことで両者の関係は反比例であることがわかり、圧力は面積に反比例することを理論上の計算(圧力を求める式)で確認することができた。

このように、はじめて誤差という概念をふくめた実験データの処理を行うことを通して、観察実験技能はある程度育ってきたと考える。今後も第2学年における「電気抵抗」のオームの法則や「化学変化」の質量保存の法則など、今後の実験でデータをグラフ化し、データの処理・分析に活用し、グラフ化することの意味を考えながら継続した研究を進めていきたい。

・おわりに

本年度は、宮崎大学教育文化学部附属小学校、附属中学校、教育文化学部、教育学研究科と連携しながら、小・中を一貫した観察実験技能を育成するための学習指導法開発を行った。特に「関係を数値で表す技能」として「表・グラフ」の作成を中心に研究を進めてきた。今後も継続して本研究を充実・深化していく必要がある。学習指導要領の記述をもとに、さらに詳細を検討し、小中学校の具体的な観察・実験技能育成の段階表を作成していくことが課題である。

附記

本研究の一部は、平成24年度宮崎大学教育文化学部・学部附属共同研究補助金及び、科学研究費補助金(研究代表者:中山 迅, 課題番号:24300271)の支援を受けている。

引用文献

- 文部科学省(2008a)『小学校学習指導要領解説理科編』, 大日本図書
文部科学省(2008b)『中学校学習指導要領解説理科編』, 大日本図書
隈元修一・福松東一・岡田能直・中山迅・山口悦司・小石紀博・兼重幸弘(2007)「児童生徒の科学的記述力を育成するための学習指導法開発」, 『宮崎大学教育文化学部附属教育実践総合センター研究紀要』, 第15号, pp.67-73.
田代見二・阿部直人・徳永悟・小石紀博・横倉康浩・火宮一功・渡木秀明・小林博典・山本智一・中山迅(2012)「児童・生徒の科学的記述力を育成するための学習指導法開発(6)」, 『宮崎大学教育文化学部附属教育実践総合センター研究紀要』, 第20号, pp.13-25.
猿田祐嗣・中山迅 編著(2011)『思考と表現を一体化させる理科授業-自らの言葉で問いを設定して結論

を導く子どもを育てる-』, 東洋館出版社
文部科学省 (2011) 『小学校理科の観察, 実験の手引き』
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/senseiyouen/1304651.htm
岡村定矩・藤嶋昭他 (2012) 『新しい科学 1年』, 東京書籍