

## 理 科

## 観察，実験の技能の習得を目指した授業実践

## —メスシリンダーを使った密度の測定—

風 呂 和 志

## 1 はじめに

中学校理科の目標は、自然の事物・現象に進んで関わり、目的意識を持って観察、実験などを行い、科学的に探究する能力の基礎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ことである。平成20年の学習指導要領の改訂では、「調べる能力」を「探究する能力の基礎」とし、科学的に探究する活動を従前より重視した<sup>1)</sup>ものとなった。探究する能力の基礎の育成は、理科教育の目標である科学的な思考力や判断力、表現力の育成のために不可欠であることに異論はないであろう。

探究する能力の基礎を育成することに関しては、「観察、実験などに際しては、計画を立て、いろいろな工夫を行うことで、結果として様々な情報が得られる。その際、数値を処理したり、グラフ化したりすることが必要になってくる。また、それらを分析して解釈し表現することが必要である。」<sup>2)</sup>とある。目的意識を持って観察、実験を主体的に行わせるための指導に加え、観察、実験の結果を分析し解釈する能力や、導き出した自らの考えを表現する能力の育成のための指導も工夫しなければならない。

このうち、導き出した自らの考えを表現するための指導については言語活動が取り入れられ、その指導方法の研究がなされている。しかし、言語活動に至る前段階において観察、実験によって得られた数値の処理に関する指導については現場の教師に委ねられているのが現状である。測定によって数値を得て、それを分析や解釈する観察、実験は実験器具の扱いも含めて中学生にとっては

高度な内容である。中学校で扱う測定器具の多くはアナログ式で測定の技能が必要になる。また、いわゆる公式に測定値を用いる場合には物理量の単位変換や四則演算が必要になる。測定器具を用いた技能の習得には一人ひとりに操作を行わせる指導が必要で、多くの時間を必要とする。多くの学校で技能習得の指導は小グループを単位として行っているのではないだろうか。本校でも4人1組のグループを単位として指導を行うことが多く、生徒一人ひとりが技能の習得を行うための時間を十分に確保しているとは言い難い。そのため測定器具の操作に対する苦手意識を持っている生徒も多く、できる人任せにしている状況が多く見られる。生徒が受身の姿勢で結果だけを見たり知ったりする観察、実験では、理科教育の目標が達成できないばかりでなく、理科を学ぶ意義を実感させることができない。

そこで生徒一人ひとりに観察、実験の技能、特に測定技能を習得させることで、自分たちが行った観察、実験の結果に対して責任と自信を持たせることになると仮説を立てた。観察、実験の結果に対して責任と自信を持たせることは、探究する能力の基礎の育成に不可欠だと考える。

本研究ではこのような仮説に基づいて観察、実験の技能、特に測定技能の習得を目指した指導を実践し、その成果と課題を考察した。

## 2 生徒の実態

中学校1年生の学習内容は小学校の学習内容を踏まえた単元構成になっており、観察、実験の中で質量や体積を測定する機会が多い。また、質量

や体積の測定は生徒一人ひとりに身につけさせたい基礎的な技能である。そこで、指導実践の対象として本学校の中学校第1学年1組（男子20名、女子19名、合計39名）を選んだ。

平成25年4月26日に自然現象や理科の授業、勉強に関する20項目の質問紙調査（5件法）を実施した。このうち、項目1「理科の観察や実験は楽しい。」、項目2「理科の観察や実験に、自分から進んで取り組んでいる。」、項目3「理科の観察や実験でうまくいかないときは、すぐにあきらめている。」、項目4「量（質量や長さ、電流や温度など）を測る観察や実験が好きである。」の4項目の結果を表1にまとめた。

表1 質問紙調査（4月26日実施）

	項目1	項目2	項目3	項目4
5	30	19	2	9
4	5	13	3	13
3	2	6	13	11
2	1	1	14	5
1	1	0	7	1
合計	39	39	39	39

注：5（とてもよく当てはまる。）4（やや当てはまる。）3（どちらともいえない。）2（あまり当てはまらない。）1（全く当てはまらない。）

項目1にとってもよく当てはまると回答した生徒は39人中30人と過半数を占める。しかし、項目2にとってもよく当てはまると回答した生徒は39人中19人となっている。この結果をクロス集計したところ、2つの項目に非常によく当てはまると回答した生徒は17人であった。観察、実験が楽しいと感じている生徒でも主体的に取り組んでいるとは限らないということがわかった。また、項目1と項目3をクロス集計したところ、項目1でとてもよく当てはまると回答した30人の生徒のうち12人があきらめてしまうと答えている。このことから観察、実験に対する意欲を持続させるためには、観察、実験が「うまく進む」ことが必要で

あろう。この「うまく進む」観察、実験のためには教材研究に加え、観察、実験の技能の習得とレベルアップが欠かせないと考える。項目4によく当てはまると回答した生徒は9人であった。項目1とのクロス集計したところ、観察、実験が楽しいと感じている生徒でも測定を行う場合は肯定的回答が減っていた。

これらの結果から、本学級の生徒は観察、実験は楽しいと感じるものが多いが、楽しさが主体的な行動の要因にはなっていないことが分かった。また、観察、実験に測定操作を含ませると楽しいと感じる生徒が減少することも分かった。測定を行うと結果が定量化されるため、いわゆる「実験が成功したかどうか。」がはっきりする。生徒は「実験が成功する。」ことが大好きである。「実験を成功させる。」ためには操作がきちんとできる生徒に任せてしまい、他の生徒は黙って見てだけの状況が生まれてしまうのではないかと考える。

実態調査の結果からも、生徒一人ひとりに観察、実験の技能をきちんと習得させる指導の重要性が明らかになった。

### 3 指導構想と教材準備

観察、実験の技能、特に測定技能を習得させるためには、時間をかけて生徒一人ひとりに観察、実験の操作を繰り返し行わせることが必要であると考えた。また、学習の流れとして一人ひとりが観察、実験を行う必要性を生徒に理解させなければならない。これらを踏まえて、以下のように指導の構想を立てた。

#### (1) 身につけさせたい測定技能

質量と体積の測定結果を用いる密度の測定を指導対象として選んだ。質量や体積の測定は理科の観察、実験では基本となる操作である。近年、質量の測定器具は上皿てんびんから電子てんびんになった。電子てんびんを用いると測定結果がデジタル表示される。これについては測定技能の差はほとんどない。ところが中学校で行う体積の測定

はメスシリンダーを用いて行うため、値を読み取る際に測定技能の差が出やすい。また、メスシリンダーは比較的高価な器具であるため、これまで学級の人数分の本数を用意していなかった。そこで、メスシリンダーの精度を落とし、安価なものを生徒数分用意した。

## (2) 指導を行う時期と指導時数

技能習得の指導は単元の指導の中で行うことが最も良いと考える。しかし本研究は初年度で指導構想と測定器具を含む教材準備に時間が必要であったため、単元「身の回りの物質」の指導後に実施することとした。表2は従来の単元「身の回りの物質」と本研究での指導の違いをまとめたものである。

表2 密度測定の指導に関する比較

	単元での指導	本研究での指導
学習形態 (人数)	小集団(4人)	個人(1人)→グループ(約10人)
実験器具	電子てんびん 100mL メスシリンダー	電子てんびん 10mL メスシリンダー
測定する 物体(物 質)	塗装された立方体や円柱の密度用測定体(銅, 鉄, アルミニウムの3種類)	金属製の釘や粒(鉄, 銅, ステンレス, 黄銅, 鉛, 銅, 亜鉛, アルミニウム)
授業時間	50分×1回	50分×2回
授業概要	班で実験器具を使って3種類の測定体の密度を2回ずつ求め、密度の一覧表と照合し、金属の種類を調べる。	1人が1種類の小さな金属の密度を測定する。同じ金属を担当した生徒でグループを作り、資料を作ったり、誤差や操作について検討したりする。

## (3) 測定器具と教材

測定器具は生徒全員に測定を行わせるため、42本用意した。透明度の高いポリカーボネート製で最大測定量は10mL、最小目盛1mLである。これくらいの大きさならば、場所も取らないので保管にも困らない。電子てんびんは最大測定量200g、最小測定量0.1gのものをグループ数分の10台用意した。

密度を測定する物体として、4種類の金属(鉄, ステンレス, 黄銅, 銅)でできた小さな釘(長さ10mm)と4種類の粒状の金属(アルミニウム, 亜鉛, 銅, 鉛)を用意した。これらはホームセンターや教材会社から入手できる。金属を4種類にした理由は実験を行う班の生徒が4人だからである。生徒一人ひとりに責任を持って測定に臨ませるのがねらいである。また、小さな釘や粒状の金属とした理由は、金属は密度にむらがないこと、メスシリンダーに入れることができる大きさのものを人数分用意できるからである。釘の密度の測定は練習のために実施したが、金属単体の識別や合金を作る金属の比率の算出など発展的な課題に今後結び付けていく予定である。

## (4) メスシリンダーを用いた体積の測定の指導

メスシリンダーを用いた体積の測定は小学校5年生の単元「物の溶け方」で学習する。小学校理科の学習指導要領ではメスシリンダーの使い方について特に定められていない<sup>3)</sup>が、教科書にはメスシリンダーで目的の量の水をはかり取る方法が示されている。東京書籍の「新しい理科5」では50mLの液をはかり取る場合として「メスシリンダーを水平なところに置く。50の目盛の少し下のところまで液を入れる。真横から液面を見ながら、スポイトで液を少しずつ入れ、液面を50の目盛に合わせる。」<sup>4)</sup>と操作を説明している。また、啓林館の「わくわく理科5」では液体の体積を正確にはかるにはメスシリンダーを使うとして「メスシリンダーを水平なところに置き、液をやや少なめに入れる。真横から見ながら、はかり取る体積の目盛まで、スポイトで液を入れていく。」<sup>5)</sup>と操作を説明している。小学校でこのような指導を

受けてきている生徒は，時間をかけて決まった体積に調整しようとする。本校が使用している教科書の指導書では，メスシリンダーを用いた体積の測定に関して「密度を求める上で決まった体積にする必要はなく」<sup>6)</sup>とあり，教科書にも「メスシリンダーに水を入れ，目盛を読む。」<sup>7)</sup>とある。学習内容の系統性は重視されているが，メスシリンダーを用いた体積の測定を例にすると観察，実験の技能指導についての系統性はあまり重視されていないといえる。学習指導要領で示されていないことに関しては指導者が学習履歴を把握し，適切な指導を行わなければならない。

#### (5) 測定値の扱いおよび測定値を用いた計算

測定値の扱いや測定値を用いた計算について中学校理科の学習指導要領には特に示されていない。測定値は必ず誤差を含んでいる。そのため，小学校で指導している体積のはかり方は正しい指導にはなっていないといえる。中学校ではアナログの器具を用いた測定では最小目盛の10分の1まで目分量で読み取るように指導する。これは身につけさせたい観察，実験の技能の一つである。ところが，最小目盛の10分の1まで読み取った測定値を用いた計算については指針が示されていない。つまり有効数字の扱いは指導者任せになっていると言える。本校で使用している教科書の指導書では「中学では有効数字を厳密に扱う必要はないが，概念は教える必要がある。」<sup>8)</sup>と述べている。その理由として挙げているのが，密度を求めた物体が何でできているか同定しようとしたとき，求めた値にこだわりすぎると同定できないという生徒の実態である。しかし，このような状況を自然発生的に起させるのでは生徒が主体的に探究しようとする意欲を奪ってしまうのではないだろうか。生徒自身が測定値の扱いやその計算に習熟していれば，求めた値にこだわりすぎることもないし，測定ミスも自分自身で発見できることにもなると考える。

中学校理科では測定値などの有効数字の見方や考え方について指導する機会はほとんどない。ところが，中学校1年生の数学の単元「資料の活用」

で「近似値と有効数字」の中で近似値や誤差，有効数字の意味について学習する<sup>9)</sup>。ここでいう資料とは測定などによって得るデータを含めている。測定して得られた値の信頼性について考えさせたり，有効数字の表し方を学んだりする。理科で扱う値のほとんどが測定値であるにもかかわらず，指導の基準があやふやなのは課題である。本研究では測定器具の扱いだけでなく，測定値の扱いも含めて観察，実験の技能であるととらえている。そこで，数学の教科書を用いた指導を展開することとした。

ただし，有効数字の四則演算については数学の教科書でも触れられていない。そこで，本研究では次のような方針で指導することとした。

- ・電子てんびんは表示の最小桁まで測定感度があるため，最小桁までを有効数字とみなす。
- ・メスシリンダーで読み取った体積は最小目盛の10分の1までの値を有効数字とみなす。
- ・物体の体積を求める際に差の計算を行う。この場合，小数点以下の少ない桁数まで求める。
- ・密度を計算する場合，結果は有効数字の桁の小さい桁まで求める。

#### (6) 一人ひとりが観察，実験を行う必要性を理解させる指導

指導に当たっては実験で得られた密度の値には誤差が含まれていることをはじめに理解させる。得られた密度の値と一覧表にある値を検討するのはもちろんであるが，ここでは中学校数学学習指導要領に示された「資料の活用」に基づいた指導<sup>10)</sup>を展開する。資料とは様々な事象から見出される確率や統計に関するデータのことをさす。日常生活では不確定な事象について判断しなければならないことが多い。その際，資料を活用することで導かれる情報に基づいて適切に判断する力が必要となる。密度の測定には誤差が多く含まれており，必ずしも一覧表にある値が得られるわけではない。測定値から予測したり判断したりするためには統計的な見方や考え方が必要になってくる。測定値のばらつきを小さくし，真の値に近づけるためには，資料の代表値(平均値や最頻値など)を

求める必要がある。資料の活用によって事象を考察したり傾向を読み取ったりすることができることを理解させることで、指導過程の中で自然に一人ひとりが密度の測定を行う必要性を理解させることができると考えた。

#### 4 授業実践について

平成25年11月1日～11月16日までに合計4回の授業を行った。以下、授業の概略を示す。

##### (1) 平成25年11月8日

「数学を利用しよう①」と題して、数学の教科書を用いて授業を行った。目標は「質量や長さ、体積、密度など理科の実験で測定して得られた値(測定値)の信頼性や表し方を理解する。」とした。

指導内容は、測定値は近似値であり誤差を含んでいること、誤差の絶対値のこと、有効数字の表し方と計算の3点とした。メスシリンダーを用いた体積の測定を踏まえ、測定値は真の値ではないことを指導した。密度の計算に戸惑わないように、有効数字の計算は演習による習得を図った。密度の計算は乗除なので、「有効数字のうち最も桁数の少ない方より1桁多く計算しその一番小さい位を四捨五入する。」ように指導した。初めは戸惑う生徒も多かったが、ルールを決めると計算に慣れた様子であった。

##### (2) 平成25年11月11日

「数学を利用しよう②」と題して、数学の教科書を用いて授業を行った。目標は「理科の実験で測定して得られた値(測定値)の整理のしかたや活用方法を理解する。」こととした。指導内容は、度数分布表の作成のしかたと資料の代表値(平均値、中央値、最頻値)の求め方の2点である。特に資料の代表値は多くの資料を集め、資料の検討を行う際に必要となるものであるため、演習による習得を図った。

##### (3) 平成25年11月12日

本時は測定や計算の技能の習得のための練習時間として位置付けた。鉄、ステンレス、黄銅、銅の4つの材質からなる小さな釘を教材として用い

た。生徒一人ひとりが1種類の釘を選択し、約30分間で質量と体積の測定、密度の計算を行った。生徒一人ひとりが測定値を得たところで、材質ごとの4つのグループ(1グループあたり約10人)を作らせ、そのグループの中で度数分布表の作成と代表値の計算を行うよう指導した。

電子てんびんの操作と質量の測定は問題なくできていた。ただ、メスシリンダーを用いた体積の測定では、決まった体積にしようとする生徒も数人おり、個別に指導を行った。また、材質ごとにグループを作って検討する際、度数分布表の作成で戸惑っている生徒もおり、その都度指導を行った。

##### (4) 平成25年11月16日

本時は技能の習得の徹底を図る時間として位置付けた。アルミニウム、亜鉛、銅、鉛の4種類の粒状金属を教材として用いた。第3回と授業展開は同じである。測定値を持ち寄って代表値を計算したのち、4種類の金属の密度の値と比較させ、測定値の誤差を小さくする方法について考察させた。生徒たちは測定回数を多くすることで代表値が真の値に近づくことを見出していた。

#### 5 結果と考察

第4回の授業実践後に提出した生徒のワークシートを用いて学習効果を調査した。20分間で行った密度の測定回数、メスシリンダーの目盛の読み取り、有効数字の計算の3点を調査項目とした。結果は表3の通りである。

授業に出席した生徒数は38人であった。測定回数は2回が最も多く24人であった。生徒一人ひとりが測定を行うことで、20分間で78個の資料を集めることができた。また、自分たちで集めた資料を数学の知識を活用して分析し、代表値を計算することで金属の密度を求めることができた。前の授業を含めると一人当たり平均4回以上の密度測定を経験したことになる。従来の指導よりもより多くの操作指導ができたと言える。その結果、メスシリンダーの目盛を正しく読み取り、記録し

ていた生徒は33人で、おおむね指導の効果があつたと言える。しかし、最小目盛の10分の1まで目分量で読んでいない生徒が5人もいた。アナログ式の測定器具の読み取りの基本となる操作である点を考えると、100%の生徒が正しく読み取ることができるような指導が必要であろう。

有効数字の計算を正しく行えている生徒は26人であった。有効数字の取り扱いは生徒が経験してきた計算と異なるため、習得できなかった生徒がやや多かった。しかし、中学校1年生の段階で有効数字の計算の指導が可能であるとも言える結果である。数学との関連を前提として、本研究の実践を改善し、全学年で有効数字の取り扱いや計算を指導していきたい。

表3 ワークシートの集計結果

測定回数	生徒数	メスシリンダーの目盛の読み取り		有効数字の計算	
		正しい	間違い	正しい	間違い
1	7	6	1	5	2
2	24	22	2	15	9
3	5	4	1	5	0
4	2	1	1	1	1
計	38	33	5	26	12

## 6 成果と課題

次のような成果と課題が得られた。

- ・生徒一人ひとりに密度の測定を繰り返し行わせることで、メスシリンダーに関する技能を多くの生徒に修得させることができた。生徒一人ひとりに操作を行わせるためには実験器具を人数分用意しなければならない。実験器具の整備に関して予算面での課題を解決する必要がある。
- ・授業の目標を明確に示し、一人ひとりが観察、実験を行う必要性を理解させることで、主体的に観察、実験に取り組みさせることができた。
- ・測定を伴う観察、実験では数学の単元「資料の

活用」の学習内容を踏まえたうえで指導すると、測定値のまとめ方や代表値を求める意味を理解させることができ、技能の習得に効果的である。ただ、数学科の年間指導計画を踏まえた実践にはなりにくい。未履修であれば、数学の教員と連携して指導を行う必要がある。

- ・有効数字の計算について、指導を行えば中学校1年生でも習得することができる。年間指導計画の中で早い時期に指導を行う必要がある。

技能の習得は理科の学習の基盤となるものである。今後も生徒一人ひとりが観察、実験を行う場面を設定していきたい。また、上に示した成果のうち、数学の学習内容を踏まえた指導は理科の学習内容を習得させる上で非常に効果があると考えられる。数学を含め他教科との学習内容の関連させた授業を構想・実践し、その効果を今後も明らかにしていきたい。

### <引用・参考文献>

- 1) 文部科学省：「中学校学習指導要領解説 理科編」, p. 17, 2008, 大日本図書株式会社.
- 2) 前掲書 1), p. 17
- 3) 文部科学省：「小学校学習指導要領解説 理科編」, p. 46, 2008, 大日本図書株式会社.
- 4) 毛利衛他：「新しい理科5」, p. 114, 2010, 東京書籍株式会社.
- 5) 大隅良典他：「わくわく理科5」, p. 81, 2011, 株式会社新興出版社啓林館.
- 6) 塚田捷他：「指導書 第2部詳説 別冊 観察・実験編 未来へひろがるサイエンス1」, p. 52, 2011, 株式会社新興出版社啓林館.
- 7) 塚田捷他：「未来へひろがるサイエンス1」, p. 119, 2011, 株式会社新興出版社啓林館.
- 8) 塚田捷他：「指導書 第2部詳説 未来へひろがるサイエンス1」, p. 436, 2011, 株式会社新興出版社啓林館.
- 9) 奈良威他：「中学校数学1 教師用指導書 解説編」, pp. 282-283, 2010, 学校図書株式会社.
- 10) 文部科学省：「中学校学習指導要領解説 数学編」, pp. 77-81, 2008, 教育出版株式会社.