

表現活動を通じた科学的思考力・探究力の育成 ～言語活動を軸とした理科学習の追求～

理 科 辻本堅二・藤井宏明・川合麻衣子・岸上敏子

1. 主題設定の理由

新学習指導要領において、理科の目標は「自然の事物・現象において、目的意識をもって観察・実験などを行い、科学的に探求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」とある。理科学習における基礎的・基本的な知識・技能は、実生活における活用や論理的な思考の基盤として重要な意味を持っているだけではなく、科学観、科学的思考の方法、様々な観点から物事をとらえようとする力の習得につながる礎となる。

また、目的を理解せず観察・実験を行ったり、それが体験のみで終わっては科学的なものの見方や概念の獲得には至らない。それには、よく考えることが必要で、考えを整理する道具に言語が必要である。理科の場合、言葉のほか図やモデル、数式といった科学の言葉を用いて現象を理解する。そして、思考・判断を通して自分の考えを論理的に構築していく。

しかし、自分で得られた事実を考えるだけではなく、集団の中で論議することもきわめて重要である。生徒は友達の話の聞いたり、根拠に基づいた自分の考えを主張しあうことを通じて、さらに理解が深まっていく。言わば、習得したものを「活用」する場面であり、やはり言語を介して意見交換や討論が行われる。

さらに、意見交換や討論を通じて、自分と違う科学観、自分では気づかなかった科学的思考・判断を受け入れ、再思考し自分の考えや意見を再構築していくことにつながっていく。その際、再声化・再言語化というプロセスを経て表現され、多角的なものの見方・考え方につながっていく。そして、これらのことが、探究活動に結びつき、より高次の思考・判断へとつながっていくと考える。

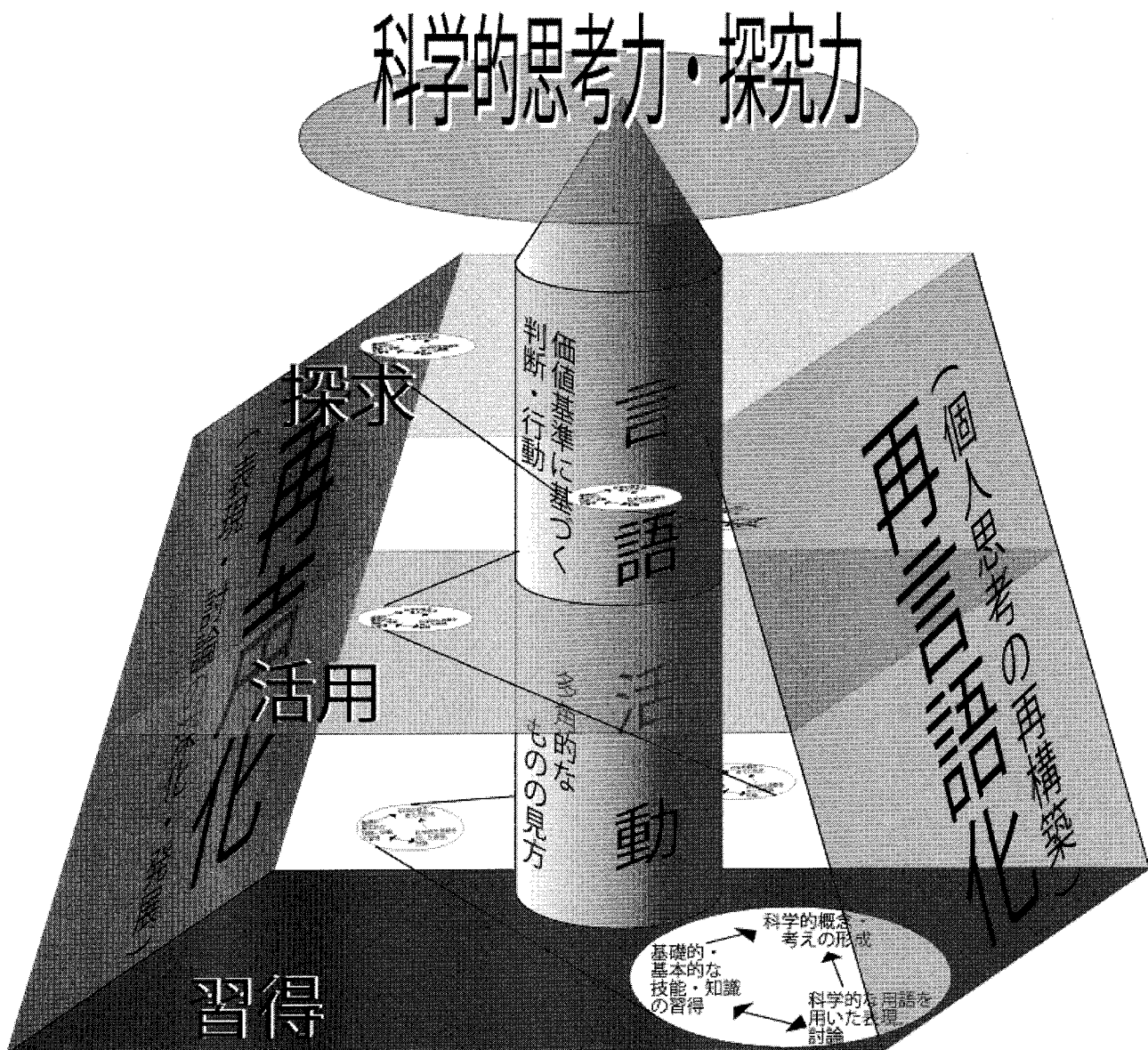
2. 実践の概要

(1) 理科のめざす学力育成のために

科学的思考力・判断力は観察・実験を通して得られる技能、結果を分析し、解釈して得られる知識、そして、習得した知識・技能の活用を図り科学的な概念を使用し、考え、説明することによって磨かれていく。また、これらの学習活動によって得られた科学観はさらに新たな課題を見だし、観察・実験の計画を立てたり、より多角的なものを見方をすることによって問題を解決していく。言わば、「習得・活用・探求」のプロセスを積み重ねていくことにより、より質の高い科学的思考力・判断力が育まれる。

声として表れる言葉)として使われる。加えて、理科の場合は図やモデル、数式も科学の言語として有効に活用する必要がある。

以上の構想を下図に示しておく。



本校では一昨年度より、表現活動によって科学的思考力・探究力が育成されることを実証すべく、深化・発展的な課題を設定し、課題についてそれぞれの意見や考えを交流する言語活動を取り入れている。昨年度の主な実践としては、生徒の科学的思考力の成長のようすが見取れるようなワークシートの形式や記録方法の工夫と、課題の内容の精選や学習過程の中で円滑な思考の再構築を促すための教師による発問のあり方などを検討した。

本年度は思考の再構築の場面として ICT 機器等を活用し、発表や交流の場面の工夫を通して再言語化を行い、観察力や他者の科学的情報の伝達力といった技能や表現力を高める授業を目

(2) 本年度の実践例

a 電気のエネルギー

1. 対 象 第2学年

2. 単元名「電気の世界」

3. 指導観

①教材観

理科第1分野の内容においてその構成の柱となっているのは「エネルギー」「粒子」などの科学の基本的な見方や概念である。「エネルギー」の学習においては実際目に見えないもの（光・音・力・電気など）を、現象を通して間接的に確認し、抽象化・一般化することが学習の主体となっている。そこで「エネルギー」の学習の場面では、これらの現象を実感できる体験的活動（実験）と、現象について思考する活動の両方が必要となる。こういった現象を通したエネルギー概念の一般化は決して「公式の丸暗記」によって図られるものではなく、実際に体験したこと、得られたデータをもとに思考する過程等を経ることによって成されるものである。

本単元で取り上げる電流に関連する現象は実験によって再現・確認しやすい現象であり、日常生活との関わりも深い。そこで実験を行い、結果を分析して解釈する活動を通して電流についての理解を深めるとともに、思考の活動を充実させ日常生活と関連付けることによって、科学的な見方や考え方が身につき、エネルギー概念の獲得へつながっていくと考える。

②生徒観

電流についての学習は小学校理科において4年間通して学習する唯一の内容であり、子どもたちにとって最も「付き合いが深く長い理科の学習内容」だといえる。乾電池を使って豆電球の明かりをつけることから始まり、光電池のはたらきや電磁石の性質など感覚的にとらえやすい現象であるため、どの学年においても子どもたちは興味・関心を持って積極的に実験に取り組む。しかし中学校で現象を一般化する場面、すなわち思考を必要とする場面で子どもたちに戸惑いが生じてくる。これは子ども自身が感覚的にとらえた現象を、目に見えないものへ一般化・抽象化するのに必要な思考の流れをつかみきれていないことが要因として考えられる。よって視覚的な教材を活用して抽象化のイメージを手助けするなど、子どもが思考の活動において戸惑いやギャップを感じないような手立てを講じる必要性が感じられる。

③指導観

本時の設定のねらいは、「電流のはたらきを決めるもの」について考える目的で行われた実験結果を適切に処理し、規則性を見出すことにある。そこで「実験結果をグラフ化する」作業が重要な意味を持つ。単なる数値結果だけでは見えないものをグラフ化によって見出すには、グラフを作成する技能とそこから規則性を見出す思考が必要となる。また、個人で作成したグラフを交流することで「なんとなくそう思うけど」「自分（の班）はこうなったけどどうなのかな」と不確かな考えが「やっぱりそうだ」と確信を得たものに変わること＝思考の再構築も期待される。

で共通する特徴・異なる特徴に気付き、思考を深めながら、「電流のはたらきを決めるもの」をクラス全体で見出す。

4. 単元の評価規準

自然事象への 関心・意欲・態度	科学的な思考・表現	観察・実験の技能	自然事象についての 知識・理解
電流と電圧の関係及び電流のはたらきに関する事物・現象に進んでかわり、それらを科学的に探究するとともに、事象を日常生活とのかかわりで見ようとする	電流と電圧の関係及び電流のはたらきに関する事物・現象の中に問題を見だし、目的意識をもって観察、実験などを行い、事物や結果を分析して解釈し、自らの考えを表現している	電流と電圧の関係及び電流のはたらきに関する事物・現象についての観察・実験の計画的な実施、結果の記録や整理のしかたを身につけている。	観察や実験などを通して、電流と電圧の関係及び電流のはたらきに関する事物・現象についての基本的な概念や原理・法則を理解し、知識を身につけている

5. 指導計画（全29時間）

第1次 電流の性質（13時間）

- ① 電気の利用 2時間
- ② 回路に流れる電流 2時間
- ③ 回路に加わる電圧 2時間
- ④ 電圧と電流の関係 4時間
- ⑤ 電気のエネルギー 3時間（本時は3時間中の2）

第2次 電流と磁界（12時間）

第3次 静電気と電流（4時間）

6. 言語活動のマトリクス

コミュニケーション 題材	言語的コミュニケーション		非言語的コミュニケーション
	根拠に基づいた思考・表現	自然の事物・現象に関する言語の使用	実験・観察に基づいた思考・表現
電流のはたらきを決めるもの	実験結果から電気のはたらきを決める要素を特定する	電流、電圧、電力などそれぞれの言語について理解した上で、説明の際に活用する	実験により得られたデータをグラフ化し、関係性を見出す

7. 本時

(1) 目標

- (i) 得られた実験データを用いて、「時間」と「水の上昇温度」および「電力」と「水の上昇温度」の関係をグラフ化することができる（科学的な思考・表現）
- (ii) 作成したグラフから、「時間」と「水の上昇温度」および「電力」と「水の上昇温度」の関係を見出すことができる（科学的な思考・表現）

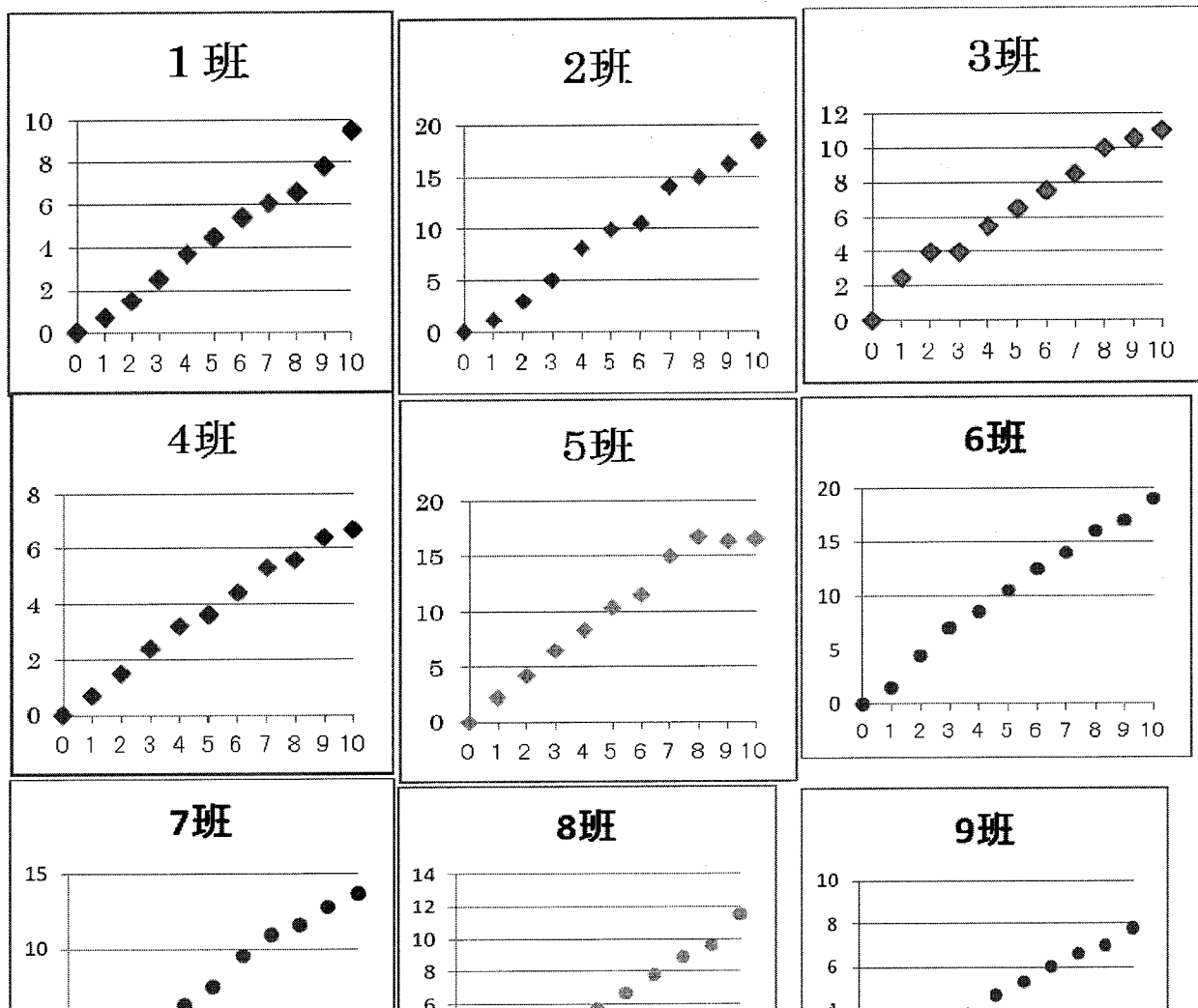
(2) 展開

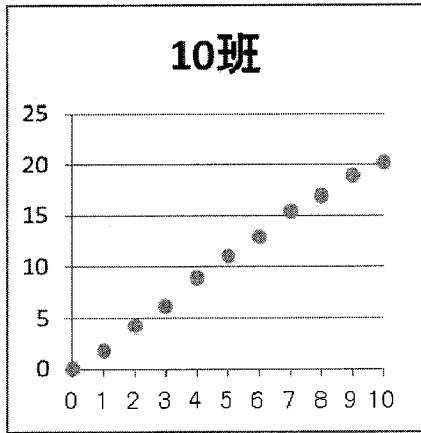
学習過程	学習活動および内容	指導上の留意点	評価の観点
はじめ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 前回の実験の目的と内容を思い出す 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 「水の上昇温度」 = 「電流のはたらき」とみなすことをおさえる 	
グラフ作成	<ul style="list-style-type: none"> ・ 前回の実験結果「電流を流した時間」と「上昇温度」の関係をグラフに表す 	<ul style="list-style-type: none"> ・ どちらが縦軸・横軸にあてはまるかを考えた上で作成させる 	評価 (i)
交流	<ul style="list-style-type: none"> ・ 班ごとのデータをプロットしたグラフを映し出し、それぞれの関係について考える 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 折れ線グラフではなく、直線か曲線で判断させる 	評価 (ii)
説明を聞く	<ul style="list-style-type: none"> ・ 上昇温度は電流を流した時間に比例することを知らる 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 「上昇温度」が「時間」に比例していることだけでなく、「電力」が大きくなると「上昇温度」も大きくなることに気付かせる 	
交流	<ul style="list-style-type: none"> ・ グラフの傾きの違いが何によるものかを考える 		評価 (i)
グラフ作成	<ul style="list-style-type: none"> ・ 班ごとに「電力」と「一定時間における上昇温度」の値を発表し、その値をもとにグラフを作成する 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 生徒の作業状況を見て、プロットしたグラフを投影する 	評価 (ii)
交流	<ul style="list-style-type: none"> ・ 出来上がったグラフから、それぞれの関係について考える 		
説明を聞く	<ul style="list-style-type: none"> ・ 上昇温度は電力にも比例することを知らる ・ 熱量についての説明を聞く 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 単位の換算に注意させる 	評価 (iii)
課題にとりくむ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 前回の実験結果から、一定時間に電熱線から発生した熱量と、水が得た熱量を求める。 		
おわり	<ul style="list-style-type: none"> ・ 次回はいろいろな電気器具の消費電力について学習することを知らる 		

示をしたが、その作業が生徒にとってはやや困難でグラフの作成に手間取っていた。後ほどアンケートを取ったところ、グラフを書くことについて苦手意識を持つ生徒の多くが「数値を自分で決めるのが難しい」「点を打っていくのが大変」と答えていたこともあり、子どもの能力や結果の値に応じてさまざまな措置をしていく必要が感じられた。しかし、ほとんどの生徒は実験結果をグラフにすることで規則性が目に見えることを実感しており、「グラフの傾きの違いが何によるか」といった問いにも9割の生徒が答えることができた。このことから、グラフを作成する意図やねらいを明確に示すことで科学的なものの見方をより一層深めることが伺えた。

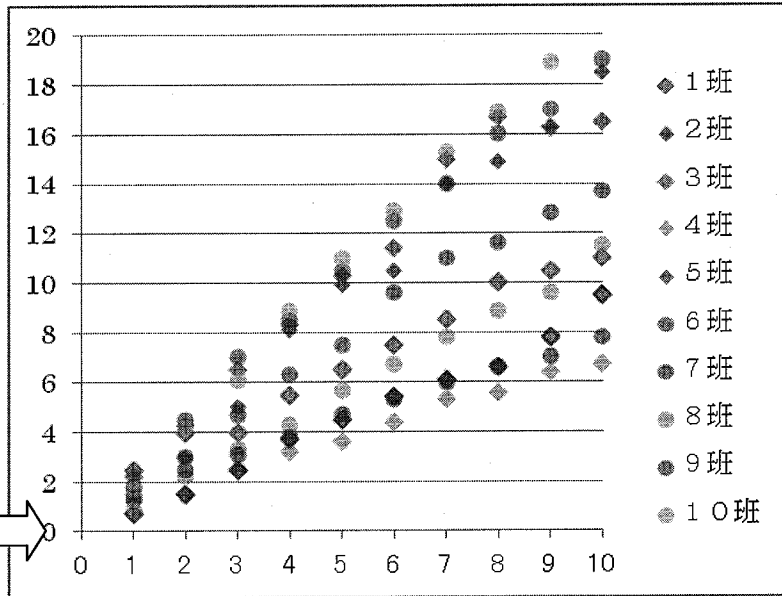
また、各班のグラフを投影して交流することについてのアンケートでは8割の生徒が「有効である」と答えていた。その理由としては「自分たちのグラフが正しいか確認ができる」「違った結果を見ることで考えが深まる」といった内容が主で、視覚的に交流することが思考の再構築を促す上で有効な手段であることが確認できた。今後も本実践に留まらず、さまざまな実験結果の一般化・抽象化を図る活動を継続指導し、どのように科学的思考力が高まっていくのかを引き続き検証していきたい。

9. 参考資料 交流に用いた班ごとのグラフ（縦軸に上昇温度、横軸に時間をとった結果）



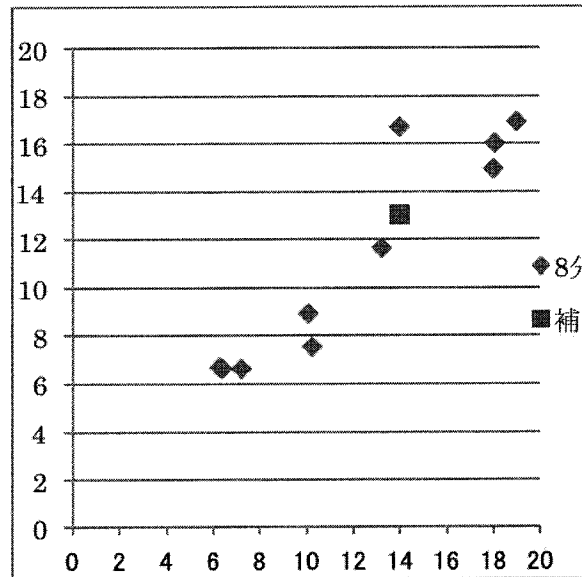


上昇温度と時間のグラフを
同一グラフ上に表したものを



	1班	2班	3班	4班	5班
消費電力(W)	7.20	18.00	10.26	6.30	14.00
上昇温度 (°C)	6.6	14.9	7.5	6.7	16.7
	6班	7班	8班	9班	10班
消費電力(W)	18.06	13.20	10.08	6.42	19.02
上昇温度 (°C)	16.0	11.6	8.9	6.6	16.9

各班の消費電力と
8分間における上昇温度の値と
グラフ



b 火山噴出物に含まれる物質の検討

授業の概要：平成24年度の研究会では1年生の「火をふく大地」の単元において、「火山噴出物に含まれる物質の検討」を通して授業研究を行った。この授業では、火山灰や溶岩の細屑物の観察を通して火山噴出物中に鉱物が含まれ、鉱物には色のちがいがから有色鉱物と無色鉱物の存在を知ること为目标とするとともに、言語活動を通じたスケッチ力の育成を目指した。スケッチは理科教育において、観察内容を記録すると共に、表現するものであり、自然科学において基本的かつ重要なスキルであるが、小中高それぞれの発達段階における段階的位置づけが不明瞭であり、かつ、より高次のレベルへの指導法は明確ではないと考える。1年生の年度の初めの時期に身近な自然の観察でスケッチの基本的な技法の指導が行われるのが一般的であると考え、以前この段階で、スケッチの基本技能を忠実に用いて表現された8切り画用紙の先輩のスケッチ数枚を生徒に提示すること

べられているが、ii) スケッチの技能及び、観察力の育成でも同様に繰り返しが必要であると考え。このため植物以外の単元においてもスケッチを行いながら、他者のスケッチを見た上で言語活動を通じた検討を行う過程を取り入れることを可能とするために、効率的な方法の検討を行い、iPadを用いた授業提案を行った。

iPad は生徒にとって扱いが容易で、クラウドサービスとの連携が容易な端末である。Drop Box等のクラウドサービスを用いると、複数台の端末に対して一度に教材配布を行えるため、非常に効率的に授業準備を行う事ができる。また、iPad に代表されるタブレット PC の形状はノートパソコンとは異なっており、複数名の生徒が集まって閲覧したり議論したりするのに適した形状である(第2図)。そこで、iPad を活用して、生徒が作成したスケッチを PDF 化してクラウドサービスを介して各端末に配布し、複数の生徒のスケッチを見て議論を行う事で、先に述べた i), ii) を言語活動をふまえて達成することが可能であると考え、授業展開を行った。

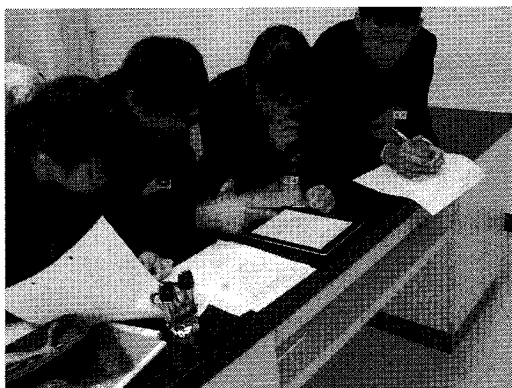
授業展開は以下の通りである

1 次：火山と火山噴出物

- 1 時 いろいろな火山活動
- 2 時 火山噴出物起源物質の観察
- 3 時 鉱物と火山ガラス(本時)
- 4 時 いろいろな鉱物の特徴

第 2 時で伊豆大島の火山灰と開聞岳周辺の浜辺の砂(多くが開聞岳起源)を用意し、双眼実体顕微鏡で観察を行った。1 クラス 10 班編制であるため、5 班ずつに分けて、

第 2 図



伊豆大島の火山灰と開聞岳の砂の観察を行った。伊豆大島の火山灰は典型的な斜長石や輝石等の有色鉱物、火山ガラスや岩片などが含まれているが、開聞岳の砂には流水の働きで溶岩に含まれていたカンラン石や磁鉄鉱が濃集しているため、伊豆大島の火山灰と合わせて用いることで、多様な鉱物の学習に役立つと考えた。火山噴出物の観察を行い、スケッチを用いて記録を行う際は、次の時間に他の班との交流を行う事を伝え、多くある火山噴出物の中の 1 つの粒子に注目をして、記録するように伝えた。第 2 時の後、スケッチを回収し、コピー機の複合機を用いてスキャン及び PDF 化を行った。所要時間は複合機の性能にもよると考えられるが、Fuji Xerox の ApeosPort-IV C3370 では 1 クラス(約 40 名)あたり 1 分程度であった。授業では 1 班 4 名で 10 班編制とはっており、iPad は 1 班 1 台で計 10 台利用した。10 台の iPad に読みとったスケッチのファイルを配布するために Drop box を用いた。このため、配布に要する時間はほぼ 0 であり、授業の円滑化のために、Drop box に配布したファイルを予め internet から読み込ませる作業を事前に行っておく時間を加味しても 5 分~10 分で授業準備を行う事ができた。

第 3 時では、始めに 4 人 1 班の中で、前時に作成した紙のスケッチを用いて、班の中で意見交流を行い、火山噴出物に含まれる粒子についての共通理解を図り、4 名の全員が他の班員のスケッチ

流を行わせた。

伊豆大島と開聞岳の試料を観察したそれぞれ5班の中で交流を行い、それぞれの火山噴出物にどのような粒子が含まれているか検討させた(第2図)。交流後はそれぞれの試料の観察結果が集約された状況となるため、代表の班にそれぞれの試料に含まれる粒子について説明を行ってもらうことで、それぞれの火山に含まれる粒子の共通点や相違点を共有することができた。最後の代表の班が説明を行うにあたり、各班のスケッチと、試料の写真を前方の大型モニターに提示して、説明しれもらう事で、より理解を深めることが可能であると考え、平成24年度の授業研究では時間の都合で割愛して、口頭での発表のみとした。この後、まとめを行い、火山噴出物には鉱物や岩片、火山ガラスが含まれることを学習し、鉱物には有色鉱物と無色鉱物が存在することを確認した。

以上の方法により、言語活動を行う事で他者とのコミュニケーション力を高め、科学的事物の説明力を効率的に養うと共に、多くの他者のスケッチを見ることを通してスケッチ力の育成を目指した。

授業に対する効果測定：今回の授業研究では言語活動を通してコミュニケーション力の育成を目指すと共に、スケッチを通じた観察力の育成を目指した。そこで、授業後に生徒に対して授業アンケートを実施した。

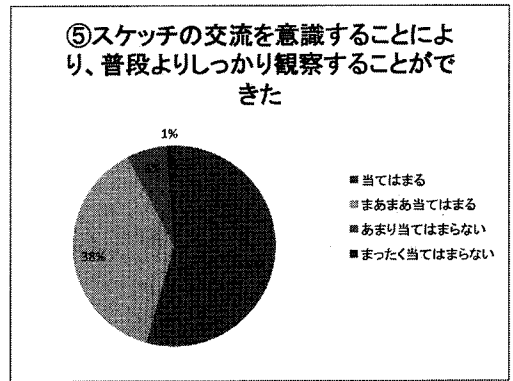
① 観察力の育成

今回の授業方法で「スケッチの交流を意識することにより普段よりもじっくり観察することができたか」質問に対しては半数以上が当てはまると答え、まあまあ当てはまると合わせると93%がしっかりと観察できたと考えている(第3図)。

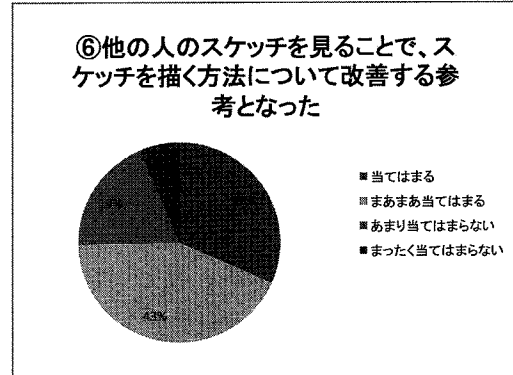
② スケッチ技術の改善

交流を通して、「他者のスケッチを見ることで、スケッチを描く方法について改善する参考となったか」という問いに対しては、約1/3の32%の生徒が参考となったと考えており、まあまあ当てはまると合わせると3/4の生徒が、スケッ

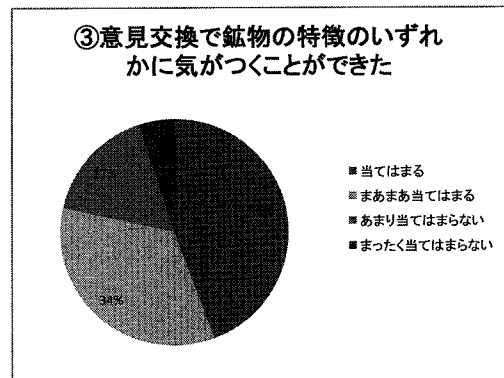
第3図



第4図



第5図



第1表

- ⑦⑥で参考となった人はどのようなことが参考になったか
- ・特徴をこぼなどでたくさんかいていたこと
 - ・観察物の見かた
 - ・点描を細かく描く・点描の使い方・色の濃淡の表し方
 - ・複雑に書くより図式的に書く方が伝わりやすい
 - ・特徴をはっきりとスケッチしているところ
 - ・ぬりつぶさないこと
 - ・大きく描くこと
 - ・線の細さなどを変えることにより、実物に近づけること
 - ・わかりやすい大きさや、特徴のわかりやすい向きなど
 - ・同じ色でも少し違うところを文字で表すこと
 - ・気付いたことを書くときのまとめ方
 - ・形をスケッチで表す以外にこぼでも表すこと
 - ・細く線を入れて立体感が出ていた
 - ・コメントを書くときに簡条書きではなくポイントごとに矢印で引っぱって書くこととわかりやすい
 - ・丁寧さ、詳しく

とができた(第1表)。

③ 観察による気づきと交流による効果

鉱物についての学習後、47%の生徒が鉱物の特徴について観察で気づくことができたと答え 39%の生徒がまあまああてはまると答えた(第5図)。さらに、その後の意見交流を通して、当てはまるとまあまああてはまると合わせて 78%の生徒が鉱物についての特徴を気づくことができたと言った。この点についての自由記述では「劈開が入っていることを知ることができた」「山によって火山灰(鉱物)の特徴が異なる」「有色以外に無色鉱物もある」「カンラン石の有無」「形のちがいや(磁鉄鉱に見られる)てかりの有無」「鉱物の中に他の鉱物が存在する(インクルージョンの有無)」などが述べられていた。

3. 成果と課題

思考の再構築の場面として、ICT 機器を活用した発表や交流場面の設定をすることが生徒達にとって発表に対する意欲を高めるとともに、視覚的な情報を介して自分たちの気づきや考えを焦点化し、より思考を深めることができることを本年度の実践をとおして確認することができた。

3年にわたり、表現活動を通じた科学的思考力・探究力の育成に取り組んできたが、表現活動を活用しながら個人思考を経て集団思考における練り合いの場を設定することで生徒の科学的思考力・判断力がより質の高いものになることがワークシートやレポートの記録、学習後のアンケートの内容より伺えた。しかし、ただ単に「話しあうだけ」の活動にならないためにはまず、生徒たちにとって「話しあう価値」のある課題を設定しなければならない。それは深化・発展的な課題だけでなく、「わかったつもり」になっている既習の学習内容なども取り上げることでより思考を深めていくこと、また、ワークシートを経時記録式にし、自らの考えの変容を見取れる形式にすることで、生徒自身も科学的思考力・判断力の成長も実感でき、次の学びの意欲につながることも明らかとなった。

次年度以降も継続して科学的思考力を育成するための指導や授業形態の工夫・改善に取り組むと共に、小中高の連続した学びを意識し、どのように科学的思考力が培われていくのかを追求していきたい。