

科学的な自然観を育む理科学習 ～「活用できる科学の知」を鍛える授業展開～

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

「科学的」とは観察や実験などの具体的方法で検討できる実証性と、その実証を複数行っても同一の結果が得られるという再現性、そしてその双方の条件を満たすことで承認される客観性を満たすものとされる。主題に掲げた「科学的な自然観」とは、問題を解決しようとするときの科学的な方法や手続き、及びそこから得られた結果や思考活動の末に獲得できる概念・原理のことを指す。それらを育むには、日々の生活の中で出会う現象に対して疑問を持ち、その疑問に対する仮説を立て、実験や観察などの科学的な方法によって検証しようとする態度が基盤となる。そして検証のための実験や観察の再現性を確かなものにするべく、条件を制御しながら検証を行うだけの技能を持ち、得られた結果から考察し、明らかになった事実を他者に伝わる表現で説明できること、それが「科学的な自然観」を持つ者のあり方だと言える。「科学的な自然観」を育むことは目の前で起こる自然現象を見過ごすことなく正面から向かい合い、安易な方法で結論付けることなく十分な根拠・証拠を自らの手で獲得し、自己満足に終わることなく他者から承認を得ることに意義を感じられる人間性を育成することである。そして「科学的な自然観」を身につけた子どもは、その概念や獲得のプロセスを理科の学習場面だけでなく、他の場面でも適用することで将来の自己実現の幅を広げていくと考えられる。

2. 実践の概要

(1) 「活用できる科学の知」を鍛えるには

「科学的な自然観」を質的に高めるための「知の認識」とは、事実を見つめ、仮説を立てる段階である。目の前に見える事象を客観的にとらえ、事象に関連する要素を予測し結びつけるには、自然事象に対する興味・関心と、予断なく観察する力や、既習の学習によって獲得し、体系化された知識や概念が必要である。

「知の構造化」は、仮説に基づいた観察や実験の実行、及びその結果を分析する段階である。目の前の実際の現象をとらえ、数値化したり言語やモデル図による抽象化を経て分析する段階において、自己の持つ知識や概念だけでは説明のつかない何かに気付き、新たな知識や概念を獲得したときにこそ、質的な知の高まりが増すといえる。

そして「知の活用」とは、構造化の過程を経て獲得した知識や概念を日常の生活場面に還元する段階である。それは自然事象と関わる場面だけでなく、十分な科学的検証を経ないまま、あたかも科学的であるかのように見せかけたり、著しく主観的であるにもかかわらず、客観的に見せかけたような情報に対しても発揮されるものである。そして、批判的思考をもって自分の身の回りの事象を見つめ、科学的に正しいことを追究する姿勢は新たな「知の認識」の土台となる。

本校では平成22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た授業研究を進め、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指してきた。これらの研究についてはワークシートの記述内容や、ペーパーテスト、生徒アンケートなどを通して有効性が実証されている。そこで、活用できる知を鍛えるための授業展開の場においても、解決に向けて価値ある課題の設定から知の認識をはかり、構造化や活用の場面においても様々な表現活動を取り入れ、抽象的な概念や自己の内面の考えを他者に解るように伝える工夫を意識させながら実践を進めることとした。

以下に本年度の実践事例を示す。

(2) 本年度の実践例

1. 対 象 第2学年

2. 単元名「運動とエネルギー」

3. 単元設定の理由

電気の単元は小学校では4年間を通して学習する唯一の単元である。電気による現象は光や運動など視覚的に確認しやすく、ものづくりや日常生活との関連など活用の場面も多く設定でき、子どもにとって親しみやすい。しかし、中学校で目に見える現象から数値化や(概念の)モデル化、(規則性の)公式化といった抽象的な内容が加わると、今まで捉えていた現象と、「電流」や「電圧」「抵抗」の概念を結び付けることなく、あたかも別の学習であるかのように公式や規則性を覚えるだけの学習と捉えかねない。抽象化された概念と今まで経験してきた具体的現象とのつながりを常に意識させることが、中学校の理科の学習における知＝「科学的な自然観」の獲得においては欠かせない。それには科学的に現象を解明するプロセスを意識し実験に取り組み、現象をさまざまな形態で抽象化する活動を取り入れ、新たに身に付いた科学的なものの見方や考え方を用いて自然事象を見直すという、抽象⇄具体を交互に取り入れた学習が必要であると考えられる。

本時は「セメント抵抗器の抵抗の値はどうやって大きさを変えているのか」という課題から知の認識をはかり、子どもたちが持つ抵抗についての概念や日常抱いている素朴概念を用いて考えながら知を鍛え上げていく。そして自分たちの仮説を検証する手段を考える場面において「科学的」に検証することに重きを置き、持っている知の構造化をはかっていく。小学校で身につけた実証するための見通す力に加えて、「誰もが納得する」客観性を心がけ、そのための条件制御や設定を考え、再現性のある結果を求めようとする姿勢を大切にしていきたい。

4. 単元の目標

電流回路についての実験・観察を通じて、電流と電圧の関係および電流のはたらきについて理解させるとともに、日常生活や社会と関連付けて電流と磁界についての初歩的な見方や考え方を養う。

5. 評価規準表

関心・意欲・態度	思考・判断・表現	観察・実験の技能	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・現象に関心を持ち、それらを科学的に探究するとともに日常生活場面に関連付けてみようとする。	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出し、目的意識を持って実験を行い、事象や結果を分析し自分の考えを他者にわかるよう表現することができる。	電流と電圧の関係及び電流のはたらきに関する事物・現象についての実験についての基本技能を習得し、実験の計画的な実施、結果の記録や整理など事象を科学的に探究する能力の基礎を身につけている。	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、知識として身につけている。

5. 指導計画（全 28 時間）

第 1 次 電流の性質（12 時間）

- ①回路と電流 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（本時 3/4）
- ⑤電気のエネルギー 2 時間

第 2 次 電流と磁界（12 時間）

第 3 次 静電気と電流（4 時間）

6. 本時

（1）目標

- ・目標（i）：抵抗器の抵抗を変える要因について既習事項や素朴概念を用いて考え、自分の意見を述べるができる（科学的な思考・表現）
- ・目標（ii）：仮説を科学的に検証するための実験方法を計画することができる（実験・観察の技能）。

（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
導入	・導体・不導体について、学習した内容を振り返る	・いずれも抵抗の値が極端に「大きい」「小さい」ものばかりであることをふまえる	

<p>展開</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・見た目が同じである「セメント抵抗」の電気抵抗はなぜ異なるのかを考え、班内で交流する ・班ごとに出た意見を発表する ・セメント抵抗を実際に割って中身を取り出し、観察する ・気付いたことを発表する ・電熱線の長さによって抵抗が異なることを確かめるにはどのような条件で実験を行えば良いか、班で計画を立てる ・実験の概要を班ごとに発表する 	<ul style="list-style-type: none"> ・「セメント抵抗」の抵抗の値に該当するような物質が無いことから、何らかの条件により物質の抵抗を変えていることに気付かせる ・考えは班で1つにしぼる必要はないが、確実に「根拠」を示される考えを述べるようにする ・安全に十分配慮すること、中身を破損させることなく取り出すように指導する ・抵抗の異なるものと比較し、どういった点が異なるのかを見出させる ・「再現性」と「条件制御」、「安全性」をふまえた実験計画を立てさせる 	<ul style="list-style-type: none"> ・抵抗器の内部について根拠をもって推察することができる(思考・表現) ・自分の考えを根拠を明確にし、他者にわかる表現で伝えることができる(思考・表現) ・仮説を実証するための実験方法を計画することができる(技能)
<p>まとめ</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・他の班の概要を聞いて、自分たちの実験方法を見直す 	<ul style="list-style-type: none"> ・発表を聞いて必要な修正部分があれば変更を加えさせる 	<ul style="list-style-type: none"> ・交流内容をもとに実験方法を精査することができる(技能)

7. 生徒のワークシートから

(1) 予想の場面において

ガラスと金属を混ぜた物質が入っている?
(不導体)(導体)

セメントの中に!

セメントと金属を混ぜた割合を変えて抵抗値を調整している。

導体と不導体の混合
(割合で調整)

ミルフィーユ状になっている

導体 不導体

断面図

導体多 → 抵抗少
のように調整している

混ぜ方

☆予想とそう考えた理由(班で相談)

セメントと金属 割合を調整する方法

不導体 導体

理由 裏を見るとセメントのような灰色のもののなかに黒っぽい粒がまぎれているので、金属の粉を入れていると思った。また、その方法が合う。

見た目を根拠として

☆予想とそう考えた理由(班で相談)

5000Ω, 0.022Ω

20Ω

4980

19.978

498:2 = 249:1

41素(半)と金(導)を1:249で混ぜる。

中が空洞

セメントの分厚さ

数値を根拠として

細くて長い金属が丸く巻きになて入っている。非金属だと Ω が大きい。長い方が電流を流すのに電圧が必要。細い方が出口が小さいから電圧が必要。OK

導体を長くする

ゴムが中にはいる。ゴムは $1m$ で $10^{14} \sim 10^{21} \Omega$ から、セオの大きさが $1cm$ くらいなので、ゴムだと考慮しない。

不導体を短くする

半導体が並列になるよ。理由：半導体だけでは抵抗が大きすぎるので抵抗を減らすために並列にする。

半導体を並列につな

予想のパターンとしてはどのクラスも
①混合物 (割合を変える)
②導体や不導体の形状を変える
のいずれかに行き着いた。

(2) 実験立案の場面において

太さ 0.2mm
長さ 10cm 20cm 30cm 40cm 50cm
60cm 70cm 80cm 90cm 100cm

電流 or 電圧を決めていない

10, 20, 30 cm (太さ 0.3mm) 電圧を固定
400mA の電流を流したときの、かかる電圧を調べる。

電流がまちまち

* 電圧: 2V
金属線長さ: 10cm, 20cm

電圧を固定

電流計、電圧計、乾電池、金属線 (20cm, 10cm) を用意。2V の電圧をそれぞれかけて、金属線に流れる値を調べる。

○ 15 cm	○ 0.1 A
○ 20 cm	○ 0.2 A
○ 30 cm	○ 0.4 A

電流... 0.25A
電圧... V
電流から求める理由
電流を流した方がいいけども危険だから、上限を決める。
又電圧ごとの電流が未知のため。

電流 0.5A
大きい方が面白いと思っただけ。

金属線 3本の長さをそれぞれ 10 cm, 15 cm, 20 cm とする。(比較しやすくまた比例などの関係も調べられるように、5cm おきにした。)
電流を 0.25A に固定する。(電流は上限があり、電圧だと、電流がどれだけ流れているのかわからないうから、また抵抗が計算しやすいうから。)

なぜその値にしたのか根拠もある

「長さ」に対する意識が強く、長さ以外の条件（電流もしくは電圧）を設定するまで考えが至らない班が見られた。また、子どもの中では「電流を流すには電圧が必要」という理解により、「電圧を決めないと電流を流せない」と解釈し、電圧の方を設定する班もあった。

8. 成果と課題

仮説を立てる段階において、課題の与え方によっては単に「教科書や参考書に載っている情報」の羅列に陥ってしまう。その点「セメント抵抗の中身を予想する」という課題は、子どもたちは抵抗や導体・不導体などこれまでの学習で身に付けたであろう知識や概念を再度見直しながら、「抵抗を変える条件」という新たな「知の認識」に気付き、さまざまな仮説を立てるに至った。また、「実際に中身を見て確認する」活動も子どもたちの意欲をかき立て、ある程度予想がついたとしても、実物を目にすることの喜びや驚きは大きく、実証することの大切さを子ども自身も感じ取っていたように思う。

しかし、いざ自分たちで実証するための実験を立案する段階では「制御すべき条件」を整理するに至らない班も見られた。これは普段の実験において教師から与えられた条件を何も意識しないまま、実施していることによると考えられる。小学校で身につけた「再現性のための条件制御の能力」を中学校でより使える能力として鍛えていくためには、一つ一つの実験の条件を意識させなければならない。

自分の考えを人にわかるようにまとめる場面では、普段から実験の考察をきちんとことばや図を使ってまとめたり、優れたものをプリントにしたりスクリーンに投影したりする取り組みを重ねてきたせいか、8割の生徒が「根拠を明確にし」「具体的数値や模式図を用いた他者におかせる表現」でまとめることができた。ただそれは班の中の話し合いの内容にも関連し、上手くまとめられない生徒は同じ班に集中するといった傾向も見られた。話し合いの場面は他者の意見を「模倣」するのではなく、「参考」にして、自己の考えを「練る」ものであるという意識を定着させるよう、今後繰り返し指導していくことで改善を図りたい。

(3) 本年度の実践例 2

1. 対象 第1学年

2. 単元名「植物の世界」

3. 単元設定の理由

中学校に進学して最初に取り扱う題材の1つが植物である。植物はわれわれの生活の中で身近に見られる存在であり、小学校の教育課程でも多面的に学習がなされている。小学校での学習は主に肉眼からの観察が主体で、起こっている現象を肉眼で観察することで植物の営みをとらえるように学習が行われている。中学校ではその現象を顕微鏡レベルでとらえ、これまでとらえてきたマクロな現象をミクロな現象と結びつけ、生命(植物)の営みをとらえなおしていく単元である。また、本単元は中学校で最初に観察を行う単元であり、顕微鏡やルーペの使用法、スケッチの方法といった実験・観察の基本的な技能

の習得や定着をはかることも目的とする。このため、本単元では技能の向上をはかりながら小学校で養われた自然の中の事物のとらえ方をより科学的なとらえ方に移行させていく。具体的には、顕微鏡を用いて葉の断面や、表面のつくりの観察を行い、細胞レベルでの葉のつくりについて生徒の理解を深め、植物の光合成における細胞レベルの理解へとつなげていく。この中で、従来これらの観察は各部位(組織)を時間ごとに分けた観察となっており、観察結果がそれぞれ独立して完結してしまいがちであった。このため、本単元ではまず植物の葉の表皮及び、断面の組織を観察し、その観察結果から葉の細胞レベルでのモデル図の作成を行う。これらのプロセスの中で、観察内容に基づいたモデル化を通して、「知の構造化」をはかり、学習の質の向上を図りたい。また、モデル図の提案を行う手法として、それぞれの観察において、スケッチ等の観察記録や写真などを用いることで、モデル提案の根拠とし、観察から得られた知見を根拠に基づいてまとめるスキルを養う事をめざした。

4. 単元の目標

植物のからだの各組織の観察をとおして、植物の体のしくみについて細胞レベルで理解し、植物の生活において重要な光合成についての細胞レベルでの理解をはかるとともに、観察をとおして基礎的な観察技能や観察結果をまとめる力の定着をはかる。

5. 評価規準表

関心・意欲・態度	科学的な思考・表現	観察・実験の技能	知識・理解
植物のからだのつくりやはたらきについての調べや観察をから、科学的に探求し、積極的にまとめようとしている。	植物のからだのつくりやはたらきについての調べや、観察結果を解釈し、得られた根拠に基づく植物体の概念図をまとめ、それを説明することができる。	植物の体のつくりはやたらきについて観察を行い、その結果を科学的に記録することができる。	植物の体のつくりやはたらきについて理解し、知識を身につけている。

6. 指導計画 (全 5 時間)

第 2 章 葉・茎・根のつくりとそのはたらき

1次 葉のつくりとそのはたらき(全 5 時間)

1 時 葉のつくり(3 時間 本時は 3/3)

2 時 葉のはたらき(2 時間)

7. 本時

(1) 目標

- ・目標 (i) : 主体的に葉のつくりを探求し、まとめようとしている(意欲)。
- ・目標 (ii) : 葉の構造について、これまでの観察について解釈を行い、そこから得られた根拠に基づいて歯の構造のモデル化を行うことができる(思考)。
- ・目標 (iii) : 植物が細胞から構成されており、表皮や葉肉の細胞、気孔など様々な部位が組

み合わさってできていることを理解する(知識)

(2) 準備物

ノートパソコン ワークシート 生徒用 iPad10 台 教師用 iPad1 台 前時までの観察シート

(3) 展開

流れ	学習活動	形態	指導上の留意点・指導者の支援	評価
はじまり (導入) 5分	前時までの観察を振り返り、植物の葉の表皮の様子や断面の様子を思い出すとともに、植物が細胞という単位から構成されていることを再度確認する。	一斉	必要であれば、これまでの観察で保存した写真やスケッチの確認を促す。	
展開1 30分	<p>本時の目的〈葉のつくりの模式図を、根拠に基づいて作成するとともに、葉のつくりのまとめを行う〉ことを聞く。</p> <p>これから葉の構造を考える上で、情報として足りない部分を考える。</p> <p>電子顕微鏡で撮影した葉の表と裏の画像を見る。</p> <p>これまでの観察結果と、電子顕微鏡で撮影した葉の表と裏の画像も含めて、葉の断面の構造について話し合い、まとめのもととなる原案を作成する。</p> <p>原案から、葉の断面の模式図の完成図を作成するグループ(人)と Note Anytime のデータを整理しながら葉の断面模式図以外の部分のまとめを作成するグループに分かれてそれぞれを作成する。</p>	一斉 グループ	<p>iPad 上で、これまで使用してきた電子ファイルを編集してまとめを作成すること、まとめることが重要であり、編集に時間をかけすぎないように、使い方がわからない場合は質問するよう促す。</p> <p>葉の模式図を作成し、それを撮影して、Note Anytime に作成したまとめに貼り付けて、他者に説明ができるまとめを完成させることを説明する。</p>	<p>意欲を持って葉の断面の構造について議論を行い模式図を作成しようとしている(意欲)。</p> <p>根拠に基づく葉の断面モデルを作成し、まとめることができたか(思考・表現)。</p>

	作成したまとめを DropBox に保存し、提出する。		Note Anytime のデータを保存する際、PDF 形式で保存するとともに、課題として評価を行い、次回の授業でプリントアウトしたものを配布することを伝える。	
展開 2 10 分	代表班を指定して、大型モニターで Note Anytime のまとめを提示し、プレゼンテーションを行う。		プレゼンテーションを聞いている班はまとめが適切であるか評価するよう指示を行う。	根拠を持って葉の断面モデルを説明することができたか(思考・表現)
まとめ 5 分 おわり	葉のつくりについての説明を聞く。	一斉		ワークシートに記述ができているか(知識)。

8. 生徒がまとめで使用したスライド

根拠となる画像は顕微鏡の接眼レンズを iPad のカメラで接写することにより収集する方法をとった。しかし、接眼レンズの接写は中学生が一人でやるには難易度が高いため、班で役割分担を行い撮影した(図 1, 2)。この結果、多くの班が撮影を行うことができた(図 2)。図 2 に示すようにツバキの葉の写真は、表側の柵状組織と裏側の海綿状組織のちがいを十分読みとることができるものであった。撮影がうまくいかなかった班については、根拠画像として観察スケッチを写真に撮り、そ

図 1 プレパラートの撮影

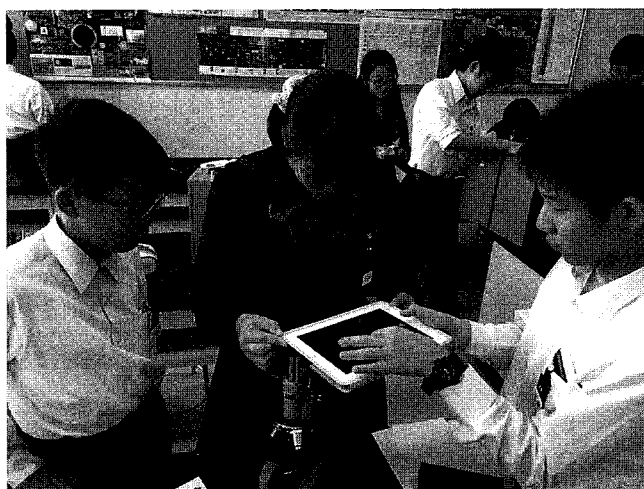
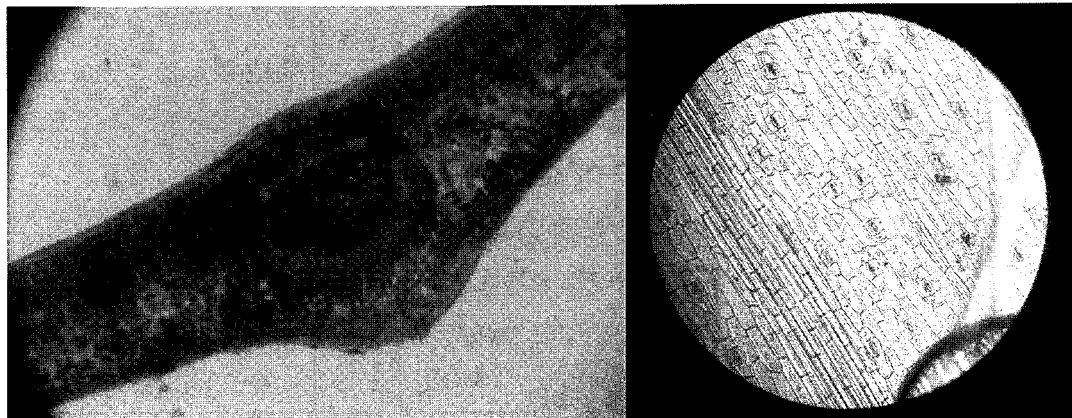
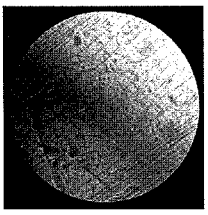
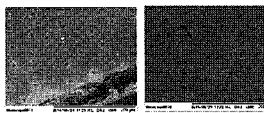
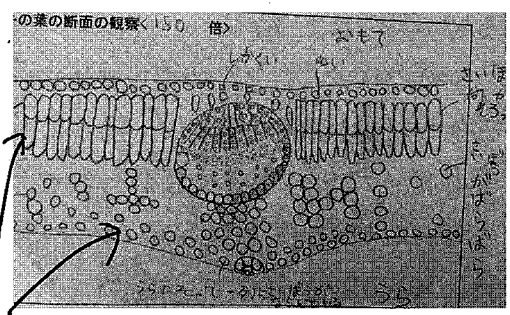
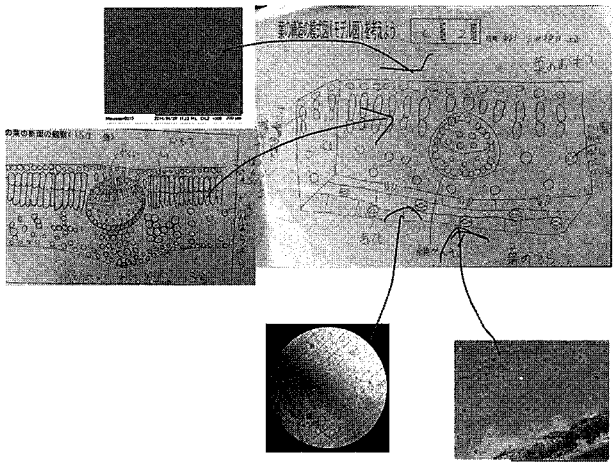


図 2 生徒が撮影した植物の写真



れを用いる事でまとめを行わせた。集積した画像データをもちいたまとめの作成には、iPadにインストールしておいた Metamoji Note を用いた。Metamoji Note で作成したまとめはそのままモニターに出力してスライドとして利用し、プレゼンテーションを行った。図3に作成されたスライドの一例を示す。

図3 授業時に作成したまとめ(全4ページ)

<p>目的 班で協力しながら葉のつくりを調べる</p>  <p>裏側 表側</p>  <p>方法 顕微鏡でツクサの表皮と樺の葉の断面を調べ、写真とスケッチをとる。また、その証拠から分かる事をモデル図として表す。</p> <p>結果 葉の裏側の表皮には、気孔とブロック状の細胞が見られた。この証拠は顕微鏡で撮った写真から分かる。</p>	 <p>結果 樺の葉の断面の表側は緑色で棒状の細胞が揃った向きに並んでいた。裏側はバラバラに粒状の細胞が見られた。この証拠は顕微鏡で見たものをスケッチしたから。</p>
	<p>まとめ 葉の表皮には気孔があり、レンガのような細胞がたくさん見られた。葉の断面は、大きく二層に分かれていて、表側は棒状の細胞で、向きが揃っていた。裏側は粒状の細胞がまばらに見られた。また、表側は色が濃く、裏側は色が薄かった。このことは顕微鏡で見たものを写真で撮ったものとスケッチから分かる。</p>

9. 成果と課題

今回の授業では、根拠に基づく科学的なまとめの作成を目指した。この授業をとおして作成された生徒によるまとめを図3に示す。多くの班において、図のような根拠に基づく葉の構造のまとめを行う事ができた。また、このまとめの中で、最も優秀な班では、年度の最初に学習した科学的な文章のまとめかた(実験・観察の目的, 方法, 結果, 考察(本時はモデル図の提案))にしたがってまとめられていることを見取ることができた。また、この授業を班単位で行う

図4 根拠写真を検討する様子



事をとおして、観察物に対する解釈や考察を協働してまとめることをとおしてコミュニケーション力の育成を図ることを目指したが、授業において、根拠となる写真を協力して撮影する姿や、撮影した写真についての適切性を議論する中で協働する姿が見られた(図4)。

一方、生徒の作成したまとめの中にはい次のような課題も散見された。

① 葉の断面の観察と表皮細胞の観察を行ったが、モデル図において、表皮の細胞が描かれているが、断面図には表皮細胞の層が描かれておらず、モデル図が三次元的に不十分なもの(図5)。

② モデルの提案を行うための根拠となる写真が不十分なもの。

②については複数の要素が存在するが、最も顕著な2つの例について触れる。一つは、観察物に対する認知的な問題である。葉の断面の柵状組織や海綿状組織を提案すべき写真において、試料の葉の切片が分厚く、組織のちがいが見取ることができない写真や、露光やピントが適切でなく、組織のちがいを見取ることができない写真を適切なものとして提案している(図6)。2つ目としては、観察の技能が不十分であることに起因するものであった。最も顕著な例としては、表皮組織の観察において、プレパラートの作成時に水が不十分で、気泡が入り、細胞の輪郭がはっきりと観察できない状況であるにもかかわらず、適切な根拠写真として提示が行われていた(図7)。このため、従来顕微鏡観察の授業において、生徒のスケッチを評価する際、スケッチの技能が不十分であると考えられていたものの中には観察対象に対する認知が不十分なケースが

図5 三次元的に考察が不十分なモデル

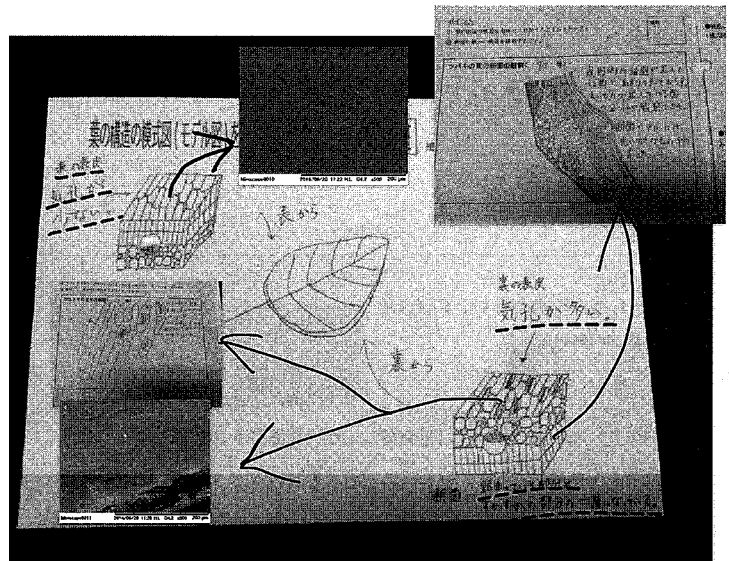
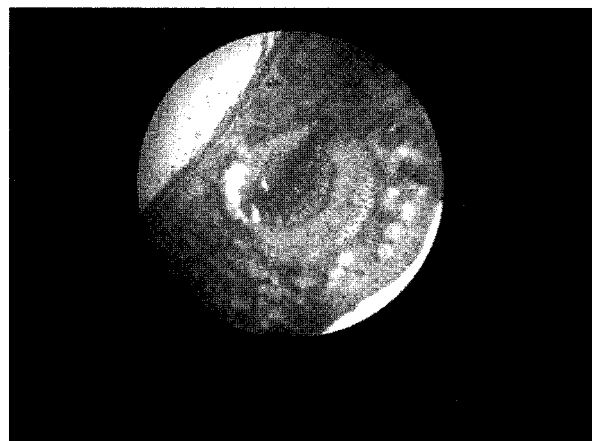


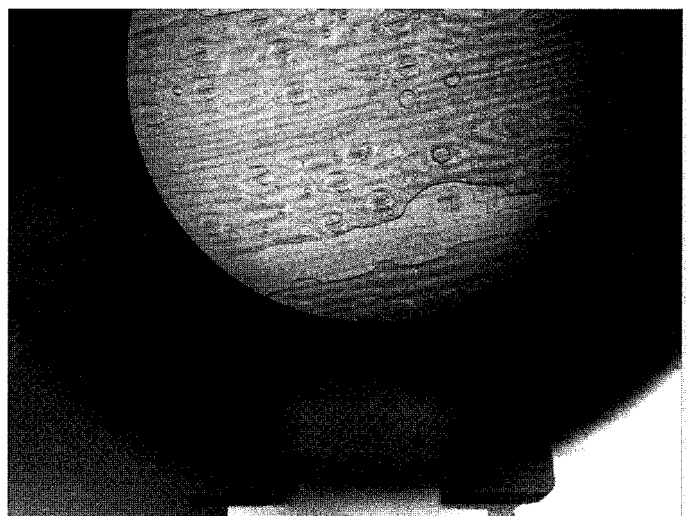
図6 柵状組織がはっきりと読みとれない写真



ツバキの断面の様子

- ・表面に規則正しく黄緑色が並んでいるのが見えた
- ・葉脈が茶色いことが分かった
- ・表面以外の細胞は全て不規則に散らばっている

図7 水が不足したプレパラート



存在する可能性が明らかになった。以上の視点を持ちながら生徒の観察物に対する認知という視点に立ち、今後の観察指導に役立てたい。

3. 成果と今後の課題

「科学的な自然観」の獲得を目指して本年度は小中高の学習のつながりを意識させ、知識の体系化をはかるための授業づくりを進めてきた。また、小中高の連携を進めていくうちに各校種における学びの特徴や相違点が徐々に明らかとなった。

次年度は「科学的な自然観」を身に付けるための授業実践を中心に研究を行う。本年度に引き続き「科学的であること」を意識させた実験の実施や結果からの考察、概念を表すためのグラフ化やモデル化の活用、ICT 機器を用いた多様な表現を基に研究を進めていきたい。また、小中高の理科の学びの流れを意識しながら、中学校で定着させるべき能力や、その発達段階において理解可能な概念などを明確にし、中学校理科における学びの姿をさらに明確にしていくことを今後の課題とする。