

「思考力・判断力・表現力」を育成する指導と評価の工夫

ー地学Ⅰ「機械的風化」の授業を通してー

県立鹿児島中央高等学校

教諭 北原 義大

1 単元の概要

(1) 単元名

第2編 地球の活動と歴史（第2学年「地学Ⅰ」）

第2章 地層の形成 1 地球の表面とその変化（5時間）

(2) 単元の目標

ア 太陽エネルギーと重力による位置エネルギーが、どのように地形変化や堆積作用に関わっているかに関心をもって学習に取り組み、実験・観察を通して考察することができる。＜関心・意欲・態度＞、＜思考・判断＞

イ 地形図や航空写真から地形を把握する技能を習得し、その特徴や形成過程を把握したり表現したりすることができる。＜技能・表現＞

ウ 地表の岩石の風化や侵食により、碎屑物が運搬・堆積されて地形が形成されるという動的な変化を総合的に理解できる。＜知識・理解＞

(3) 生徒の実態・指導上の課題

理科を苦手とする生徒がやや多いが、学習内容についての興味・関心をもっており、かつ学習意欲の高い生徒が多い。しかし、計算を要する内容への取組や自然現象について考察したり分析したりすることを苦手とする生徒が多く、知識・理解はある程度達成されているが、科学的に思考・判断する力については不十分な状況である。本時では、自然現象について考察したり、分析したりする能力を身に付けさせるために、観察・実験で得られた結果を、既習内容を活用し、文章や図を用いて説明しながら、分析と考察を行う活動を取り入れた。

(4) 評価計画

時	学習の内容・ねらい	評価規準
1	地表に変化をもたらす原動力が、太陽エネルギーと重力による位置エネルギー、地球内部からの熱エネルギーであることを知る。化学的風化の形式や要因について知る。	【関心・意欲・態度】 各エネルギーが地形にどのように影響しているのか、関心をもって学習に取り組もうとする。 【知識・理解】 地表に変化をもたらす原動力と、どのような化学変化が生じて風化作用が起こったかを理解し、知識を身に付けている。
2 本 時	花こう岩の加熱冷却実験、インクのみしみ込み実験を行い、機械的(物理的)風化の過程や要因について知る。	【思考・判断】 固い岩石が碎屑物になる過程を要因と関係付けて考察する。 【観察・実験の技能・表現】 岩石の機械的風化実験の技能を習得し、岩石組織の変化等を観察し、その結果を的確に表現する。
3	流速によって、粒子が移動を始めたり、停止したり	【思考・判断】 碎屑物が粒径と流速により、運搬・堆積する違いについて考察する。

	することを理解する。また、山崩れや地すべりについて知る。	【知識・理解】 流速と粒子の大きさのグラフから、碎屑物の堆積について理解したり、山崩れと地すべりの違い等の知識を身に付けている。
4	河川や海岸で見られる地形について特徴と成因を知る。	【知識・理解】 流速によって粒子の侵食・運搬・堆積の過程が決まり、それぞれの地形が形成されることを理解し、知識を身に付けている。
5	石灰岩地域や氷河などの地形についてその特徴と成因を知る。	【観察・実験の技能・表現】 航空写真の立体視や地形図を読み取る技能を習得し、それぞれの地形の特徴をまとめて表現する。

(5) 思考力・判断力・表現力を育成するための工夫について

観察・実験において、これまで生徒がもっている知識と新しい知識をつなげるために、以下のようなことに留意して授業を行った。

ア 小さなことも記録させ、発表させる

5月に生徒へのアンケート調査を行った。授業を担当する2年生(27名)のうち75%の生徒が、観察・実験結果を文章で説明することを「嫌い」「どちらかという嫌い」と回答した。また、観察・実験結果を文章で説明することを「苦手」「どちらかという苦手」と回答する生徒も全体の75%であり、図やグラフを使って説明することについても「嫌い」「苦手」とする生徒が多かった。観察・実験結果を正確に捉え、なぜそうなったのかを思考し表現することが不十分な生徒が多いからではないかと考えた。

今回の検証授業では、観察・実験をして気付いたこと、考察したことなどをきめ細かく記録させるようにした。また観察・実験のポイントを把握しやすくするために、ワークシートの記録の欄を細かく設定することで、記録によって自己の気付きを確認し、その後の思考や疑問点の解決に生かせるようにした。さらに、発表させることで他の生徒との記録や思考の違いを認識し、新たな疑問を自ら解決できるようにした。

イ これまでの知識を引き出させる

生徒たちは、小学校・中学校・高校において観察・実験を通して、多くの科学的な知識と技能を習得している。本単元の地表の変化や碎屑物の挙動を理解する上では、今までの知識と結び付けることで自らの考えを導きやすくなる。そこで、これまでに習得した知識を引き出すような言葉掛けを行うようにして、自らの思考を促した。言葉だけでは思い起こすことが難しい場合も考慮し、ワークシートに過去に学んだ知識を引き出すヒントを掲載したり、過去の学習内容についての演示実験を実施したりした。生徒の思考がヒントを得ることでどのように変化したのかを確認するために、「ヒントなし」と「ヒントあり」の二つの欄を設けて記述できるよう工夫した。

2 検証授業の実際

(1) 本時の目標

機械的(物理的)風化の過程を、観察・実験を通して考察し、その結果を的確に表現することができる。

(2) 評価規準と判断基準

ア 本時の評価規準

思考・判断
花こう岩のような固い岩石が、碎屑物になる過程をその要因と関係付けて考察する。

イ 判断基準

① 鉱物の相互間、鉱物内部に割れ目が存在することを考察する。

尺度	判断基準	補充・深化指導
A	<ul style="list-style-type: none"> 花こう岩中の組織、鉱物中の割れ目が新たに生成したり、発達することで岩石全体の強度が失われていくことを推測できる。 	
B	<ul style="list-style-type: none"> 花こう岩を水に入れて観察した時の気泡やその音から岩石内部の割れ目の存在を考察している。 花こう岩に赤インクがしみ込んだ様子から、鉱物内部の割れ目の存在確認と、変化を考察する。 	<ul style="list-style-type: none"> 花こう岩の岩石組織の状況や鉱物中に規則的に発達する割れ目（へき開）について想起させる。
C		<ul style="list-style-type: none"> スポンジなどの例を出して、空洞等が多い物体を水の中に入れた時の変化を想起させる。

② 鉱物どうしの結び付きが弱くなり崩れやすくなったのは、鉱物にどのような変化がみられたかを考える。

尺度	判断基準	補充・深化指導
A	<ul style="list-style-type: none"> 花こう岩を構成する造岩鉱物の種類ごとに、物理的性質が異なるため、加熱に対する熱膨張率に違いが生じ、岩石組織が壊れていく過程を考察できる。 	
B	<ul style="list-style-type: none"> 花こう岩を構成する鉱物が温度によって、体積の膨張収縮を繰り返したことを考察できる。 鉱物の膨張収縮により、岩石全体の強度が低下することを考察できる。 	<ul style="list-style-type: none"> 花こう岩を構成する造岩鉱物の種類ごとに、融点が異なることをマグマの結晶分化作用から想起させる。
C		<ul style="list-style-type: none"> 金属球膨張実験器を使い、体積膨張を想起させる。

(3) 指導の実際

過程	主な学習活動	生徒の活動	指導上の留意事項	評価の観点 (番号の判断基準は上記)
導入 8分	<ul style="list-style-type: none"> 学習目標を確認する。 「岩石を風化させる実験を行い、機械的風化がどのように進むのかを考えてみよう。」 	<ul style="list-style-type: none"> 化学的風化の復習をする。 風化花こう岩を観察する。 花こう岩を機械的風化させる実験を理解する。 観察・実験についての注意点を伝える。 	<ul style="list-style-type: none"> 完全に風化した花こう岩を提示（風化を実感）。 加熱冷却の実験での注意点を指導。 	

<p>展開 ① 17分</p>	<p>【花こう岩の加熱・冷却実験】</p> <ul style="list-style-type: none"> 加熱・冷却を繰り返した花こう岩を観察する。 	<ul style="list-style-type: none"> 花こう岩1個(A)をそのままビーカーの水に入れて観察する。  <ul style="list-style-type: none"> ビーカーに入れた花こう岩(A)を取り出し、加熱冷却実験を開始する。「1分間加熱, 30秒冷却」のサイクルを5回反復する。 冷却水のビーカーを5個準備し、ビーカーの底にたまった鉱物を確認する。 冷却水から花こう岩を上げる前に、指で花こう岩を触り、岩石組織の壊れやすさ(組織の緩み)を冷却の各回ごとに記録する。 加熱冷却の繰り返して、壊れやすくなる理由を考察する。  <ul style="list-style-type: none"> このような風化は、地球上のどのようなところで主に起こるかを考察する。 	<ul style="list-style-type: none"> 音に注目させ、なぜ音が出るのか考察させる。 加熱の際、やけどをしないように注意させる。 成形された花こう岩1個(B)も加熱冷却を行う。 冷却水に入れた瞬間、鉱物がビーカーの底にたまることに注目させる。 壊れやすさを全員に確認させる。 壊れやすさを表現させる。 温度による鉱物の体積膨張に気付かない場合は、金属球の演示実験を行う。 実験で行った温度変化と野外での気温変化を結び付けて考察させる。 	<p>①【思考・判断】</p> <p>②【思考・判断】</p>
<p>展開 ② 18分</p>	<p>【赤インクのしみ込み実験】</p> <ul style="list-style-type: none"> 花こう岩に水がしみ込む様子を観察する。 	<ul style="list-style-type: none"> 加熱冷却実験を行った花こう岩(B)と何も手を加えていない新鮮な花こう岩(C)を同時にインクにつけ、インクのしみ込み方の違いを比較する。 	<ul style="list-style-type: none"> 花こう岩の造岩鉱物の区別をしっかりと説明する。 インクがどの部分にしみ込むを確認させる。 スポンジが水を吸い取る例を説明し、鉱物の間や鉱物の内部に割れ目があることを考察させる。 	<p>①【思考・判断】</p>

		<ul style="list-style-type: none"> ・ インクがしみ込んだ花こう岩 B, C をそれぞれルーペで観察し、鉱物へのインクのしみ込み方を調査する。 ・ 赤インクが造岩鉱物の境界や造岩鉱物へしみ込む様子を考察する。  <ul style="list-style-type: none"> ・ 割れ目に入った水が凍ったら、どうなるかを考察する。 ・ 水の凍結・融解がくり返し行われる風化が、どこで主に起こるかを考察する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水の凍結による体積膨張に気付かない場合は、ペットボトルで凍結させた氷を提示し、説明する。 ・ 実験で行った温度変化と地上での気温の変化を結び付けて考えさせる。 	③【思考・判断】
まとめ 7 分	<p>(まとめ)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 機械的風化についてまとめる。 ・ 自己評価をする。 ・ 次時の予告を聞く。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 急激な温度変化→岩石中の鉱物の体積膨張・収縮、鉱物境界に緩みが生じる過程や鉱物内の割れ目が生じたり拡大することで細片化する。 ・ 岩石の機械的風化は、温度変化や水の凍結等が主な原因であることを理解する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 温度変化や水以外に鉱物の割れ目を拡大させるはたらきを行うものを考察させる。 	

(4) 判断基準の新たな設定案

生徒は、花こう岩の主要構成鉱物が石英、長石、黒雲母であることを理解していたが、花こう岩の肉眼観察時にそれらの鉱物の違いを見分けられない生徒が相当数いることが判明した。そこで、新たに鉱物の肉眼鑑定も踏まえて判断基準を設定した。

③ 鉱物の相互間、鉱物内部に割れ目が存在することから、風化過程等を考察する。

評価	判断基準	補充・深化指導
A	<ul style="list-style-type: none"> ・ 花こう岩の物理的・化学的風化について理解することで、地帯に発達する風化土（まさ土）が山崩れ等を起こしやすい原因について考察することができる。 	
B	<ul style="list-style-type: none"> ・ 花こう岩を構成する鉱物を石英、長石（斜長石、正長石）、黒雲母に区別することができる。 ・ 構成鉱物に見られるへき開等の亀裂に沿って、インクが染み込む様子を観察することで、機械的風化の過程を考察することができる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 花こう岩の機械的風化の過程を理解し、化学的風化が同時に起こることも理解する。そのことから土砂災害などに結びつく事例を考察させる。

C	<ul style="list-style-type: none"> 各鉱物の特徴を述べ、例を示して説明する。 スケッチを通して、構成鉱物の違いに気付かせる。
---	---

3 成果と課題

(1) 成果

ア 小さなことも記録し、発表させることから

小さなことでも記録を取らせることで、観察・実験の目的やどのようなことが分かるのかを把握することが容易になった。

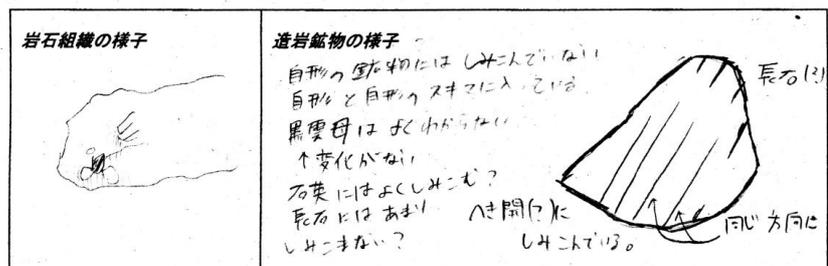
例えば、「花こう岩を加熱冷却を繰り返すと、なぜ壊れやすくなるのか。」という質問に対して、「鉱物間の空気が膨張するから。」という解答があった。検証授業の最初の観察で鉱物間に割れ目があることを確認したので、割れ目には空気が存在すると考え、加熱によってその空気が膨張し、鉱物間の結び付きを弱くし壊れやすくなったと考えたようだ。また、「急激な温度変化に耐えられなかったから。」という解答があった。加熱冷却による体積の変化ということまでは気付いていないが、既存の知識を導出し、この考えに至ったものと思われる。生徒がどのような考えから導き出した結論なのかが分かり、誤りの傾向等も把握することができるようになった。

また、観察した結果は文章に加えてスケッチをさせた。赤インクが、花こう岩の組織や造岩鉱物内の割れ目にしみ込む様子を、的確に捉えられていた。その補足として「石英や長石に筋が入るように赤インクがしみ込んでいた。」と書いた生徒もいた。赤インクの鉱物内へのしみ込みから、鉱物内部にへき開や不規則な割れ目があることを実感できたようである。

イ これまでの知識を引き出させることから

ヒントを与えることで、**③インクがしみ込んだ花こう岩B、Cをそれぞれルーペで観察し、花こう岩の組織や造岩鉱物のどのようなところにインクがしみ込んでいるか調べ、下欄に書きなさい。**

既存の知識を導出し思考を促すことができた。花こう岩の加熱・冷却実験をした後、「花こう岩に加熱冷却を繰り返すと、なぜ壊れやすくなるのか。」という質問に対して、



無解答だった生徒が数名いた。既存の知識を導出できない結果、

無解答だったと判断できる。そこで金属球膨張実験器を使い、温度上昇による体積膨張の演示実験を行った。この実験結果により過去に獲得した知識を思い出し、「ヒントあり」の欄に自分の考えを記述することができた。また、「もし、花こう岩にしみ込んだ赤インクが凍結融解をくり返したら、花こう岩はどうか。」という質問に対し、「鉱物どうしの割れ目が広がる」「ぼろぼろになる」という漠然とした解答が多かった。そこで、目盛りを付けたペットボトルに水を入れ凍らせたものを生徒に見せてヒントを与えた。これを見て生徒は「ヒントあり」の欄に、



自ら自分の考えたことを書いた。「水が氷になると体積が増えるので、鉱物どうしのすき間が広がり、ボロボロになる。」

⑤花こう岩を加熱冷却をくり返すと、なぜ壊れやすくなるのか。あなたの考えを下欄に書きなさい。

ヒントなし	ヒントあり 温度によって体積が変わるから。
-------	-----------------------

と原因を正しく記述することができた。

ウ 検証授業での生徒自己評価・感想から

検証授業で使用したワークシートに自己評価の欄を設けて授業後記入させた。大半の生徒が風化の仕組みを理解できたと回答した。観察・実験結果を思考したり表現することを、生徒は実感したことで、風化過程の理解も深まり、興味・関心を喚起することができたと考えられる。今回の検証授業の感想を掲載する。

生徒の感想

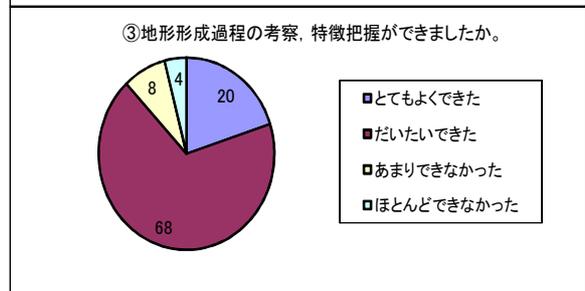
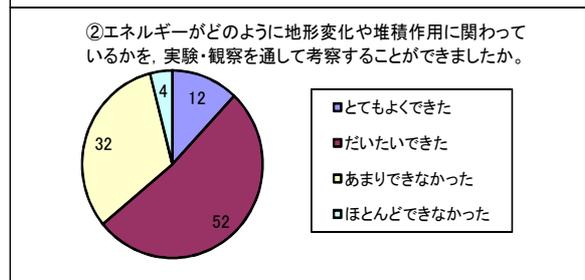
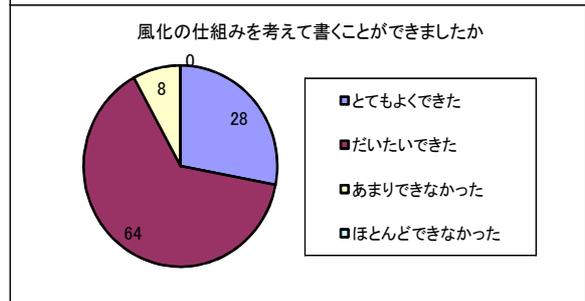
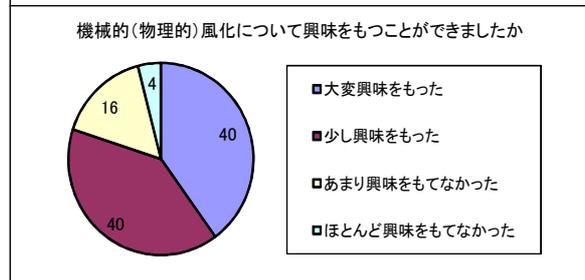
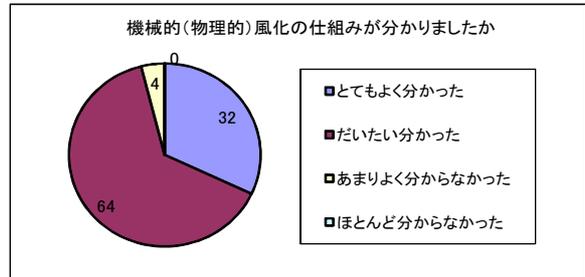
- ・ 実験をすることで、風化の仕組みがより具体的に分かりました。花こう岩が変化していくのがおもしろかったです。
- ・ 水が固い岩石の形を変えてしまうのはすごいと思った。どうして水は凍ると体積が増えるのか疑問に思った。
- ・ 岩石を熱したり赤インクにしみ込ませたりすることが新鮮で楽しかった。

授業後、花こう岩を赤インクに長時間しみ込ませるとどうなるのかという疑問を持った生徒がいた。実験で使った花こう岩を1週間ほど赤インクに漬けて観察させると、インクが岩石全体に浸透し鉱物間の割れ目の存在を明確に確認できた。風化への興味が深まった様子であった。

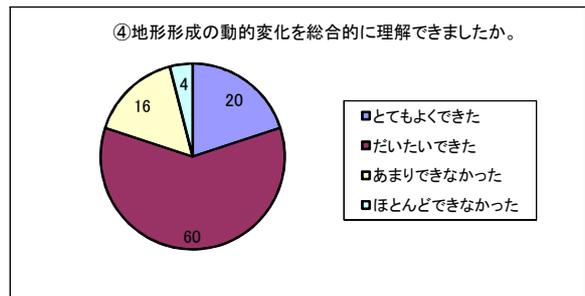
エ 検証授業前後の生徒アンケートの比較から

単元終了後、単元の目標がどの程度達成できたかをアンケート調査した。

この単元では、粒径の異なる砂や泥を堆積させて級化層理を作り観察させることで、碎屑物粒子の沈降速度の相違や堆積状況からの地層の上下判定、堆積した時代の判定を考察させた。



また、航空写真の立体視から地形を把握し、地形ができる要因を考察させた。各々の観察では、気付いたことを記録させたり、既存の知識を導出させたりした。その結果、「③地形形成過程の考察、特徴把握」では、88%の生徒が「できた」と回答した。思考することが概ねできるようになったと思われる。「②エネルギーがどのように

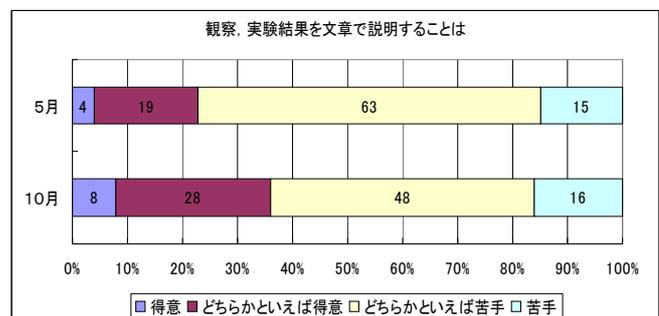
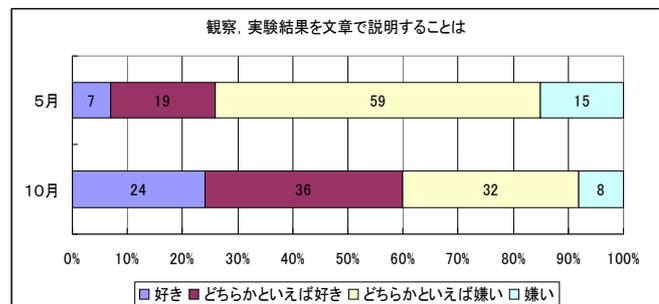


地形変化や堆積作用に関わっているかを、実験観察を通して考察すること」については、36%の生徒が「できなかった」と回答している。生徒は気象分野が未学習で、太陽の放射エネルギーの概念も確立されてはいない。本時の機械的風化の実験においても、花こう岩を加熱冷却することによってエネルギーを与えたり奪い去ったりしたという考えに到達していないと思われる。重力による位置エネルギーについては高校1年次に学習しているが、運搬作用とエネルギーとを結び付けて考察することがまだできなかったと思われる。

5月（検証授業前）と10月（検証授業後）の2回、授業に関するアンケートを行った。

「観察・実験結果を文章で説明すること」について「好き」と回答した生徒は、5月の26%から10月では60%へと増加している。

「得意」と回答した生徒も、5月の23%から10月では36%へ増加している。気付いたことを丹念に記録させたり既存の知識を導出させることで、生徒の思考力と表現力が向上していると思われる。これらの力の育成によって、地学の授業への興味関心や学習内容を今後に生かしたいと考える生徒が増えていることも分かった。



(2) 課題

検証授業のワークシートに造岩鉱物の確認ができるように、石英・長石・黒雲母の肉眼観察の特徴を提示した。これらの鉱物の内部に赤インクがどのようにしみ込むかを観察させたが、鉱物内部まで考察できない生徒がいた。また、授業後の生徒の感想に「石英と長石の違いがよく分らなかった。」とあった。火成岩の肉眼観察は7月に実施したが、鉱物鑑定の技能が身に付いていないことが分かり、鉱物の肉眼鑑定の重要さが分かった。また、観察・実験結果を図やグラフで説明することを「嫌い」「苦手」とする生徒もまだ多いので、表現力を高める工夫をしていきたい。