

地域と連携した理科授業実践 (第9報)

島田秀昭・飯野直子・三宅 安^{*1}・田中健太^{*2}
寺田昴世^{*3}・田中 均

The Practice of Science Classes in Cooperation with the Local Community (the Ninth Report)

Hideaki SHIMADA, Naoko IINO, Yasushi MIYAKE, Kenta TANAKA,
Kosei TERADA and Hitoshi TANAKA

1. はじめに

熊本大学教育学部理科教育学科では、平成19年度より地域と連携した理科授業実践に取り組んでいる。この地域連携事業では、地域の特色を活かした教材を開発するとともに、地域の実態やニーズに合わせて協力校の教諭と授業実践を行っている。このような大学、学校および地域が一体となって活動する事業は、地域の活性化や特色ある学校づくりをサポートするのみならず地域を育む人材育成にもつながると期待している。

平成27年度の本事業では、熊本県天草市の中学校において、地域の素材を活かした教材開発ならびに授業実践を行った。

2. 地域連携事業の概要

今回、天草市で行った地域連携事業は、理科教育、化学および地学教室がこれまでに行ってきた研究成果を用いた内容となっている。それぞれの授業の概要および担当者は以下の通りである。

(1)環境化学分野 (島田秀昭)

環境ホルモンの影響による巻貝 (イボニシ) の生殖異常を調べる実験を行った。

(2)環境情報学分野 (飯野直子)

2010年3月の黄砂現象について、気象衛星画像、天気図、大気環境データを用いて発生から日本付近への飛来過程を調べた。

(3)地学分野 (田中 均)

断層や褶曲について学習するための教材開発を行い、その有用性について検討した。

3. 実践内容

(1)環境化学分野

- 1) 場所 天草市立本渡東中学校
- 2) 時期 平成27年12月8日
- 3) 対象 本渡東中学校3年生35名
- 4) 材料 イボニシ

実験に用いたイボニシは肉食性の巻貝で、カキやフジツボ類が付着する岩場、船着場、コンクリートの護岸などで容易に見つけることができる。イボニシは6月から8月が産卵期であり、この期間は雌の卵巣が成熟を示す鮮やかな黄色を呈するため、雄との判別が容易となる。本実験では、正確な雌雄の判別が実験成功のポイントとなるため、イボニシは産卵期に採取する必要がある。そこで今回、試料は平成27年7月に採取し、実験に用いるまで-20℃で保存した。

5) 授業実践

授業は、生徒が知っている環境問題について発表させることから開始した。次に、環境問題の一つに環境ホルモンがあることを教え、その内容について説明した。その後、実験に用いるイボニシの生態についてスライドを用いて説明し、環境ホルモンの影響によって雌のイボニシに雄の生殖器が形成される生殖異常が見られることを説明した。次に、イボニシの雌雄の判別方法について説明した後、各グループで実験を行った。試料は、これまでの調査結果から、生殖異常のイボニシが観察された2箇所の港から採取したものをを用いて比較させた。実験終了後、得られた結果について考察し、最後にどのような学習効果があったのかを調べるためにアンケート調査を実施した。

*1 天草市立稜南中学校

*2 大村市立宮の原小学校

*3 東福岡高等学校

6) 結果と考察

授業前に行ったアンケートでは、環境問題への興味が「とてもある」、「ある」と答えた生徒は全体の18%であり、環境問題への興味・関心が低いことがわかった（図1-1）。また、過去に環境問題について調べたり、勉強したりしたことがあると回答した生徒は42%であった（図1-2）。

授業後に行ったアンケートの結果、「授業内

容は理解できましたか？」という問いに対して、すべての生徒が「よく理解できた」、「理解できた」と回答し、授業内容については全体的に理解できていることがわかった（図1-3）。また、「授業（実験）は有意義でしたか？」という問いに対しては、97%の生徒が「とても有意義だった」、「有意義だった」と回答した（図1-4）。

「今回の授業で一番印象に残ったことは何ですか？」という問いに対しては、イボニシの解剖や生殖異常を調べたことを挙げた生徒が最も多く、雄と雌を区別したことなども挙げられた（表1-1）。

「以前と比べて環境問題について関心を持てるようになりましたか？」という問いに対しては、94%の生徒が「とても持てるようになった」、「持てるようになった」と回答し（図1-5）、授業前の環境問題に対する生徒の関心度（環境問題について関心があると答えた生徒は全体の

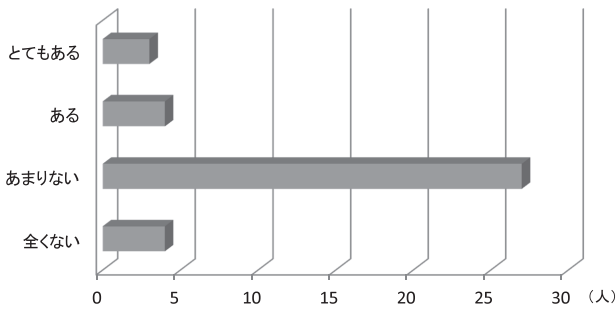


図1-1 環境問題への興味（授業前）

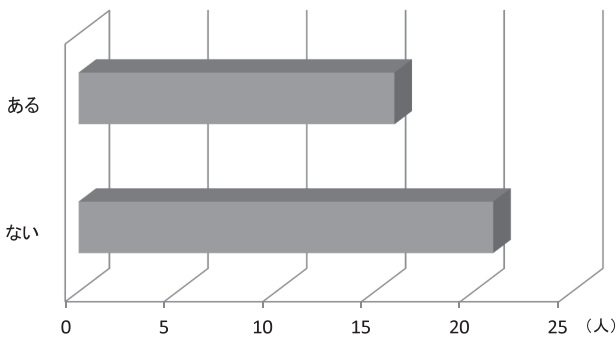


図1-2 環境問題について調べた経験はあるか（授業前）

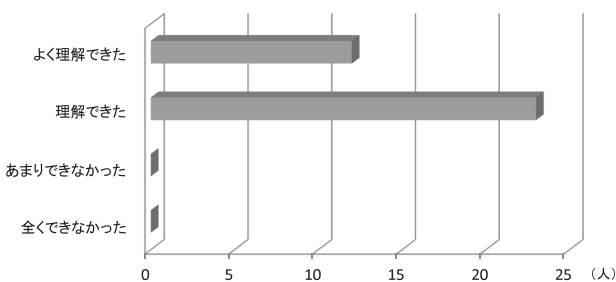


図1-3 授業の理解度

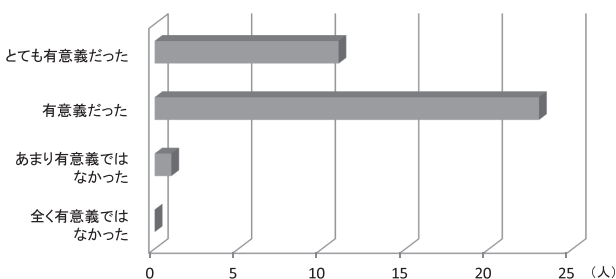


図1-4 授業は有意義だったか

表1-1 実験で一番印象に残ったこと

- ・イボニシを解剖したこと
- ・イボニシの生殖異常
- ・僅かな化学物質で生殖異常が起こること
- ・オスとメスの区別ができるようになったこと
- ・イボニシのオスとメスのちがいがい
- ・異常なメスがいたこと

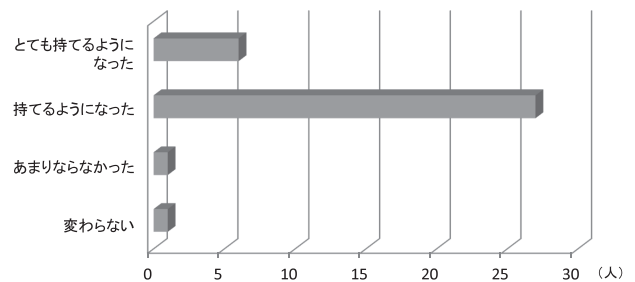


図1-5 環境問題に関心を持てるようになったか

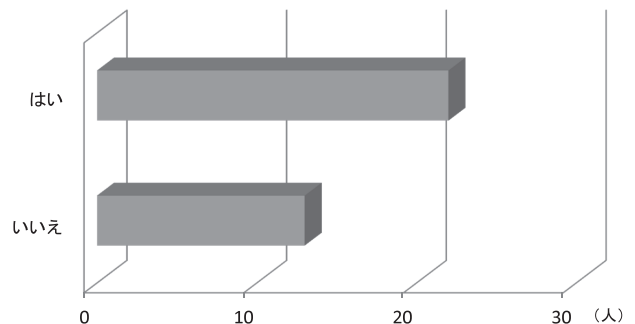


図1-6 環境を守るために何か行ってみたいか

18%)と比較して76ポイント増加し、環境問題に対する関心が大幅に上昇している様子が見られた。したがって、イボニシを用いた環境学習は、生徒の環境に対する関心を喚起させるのに非常に有効であると考えられた。

「今後環境を守るために何か自分で行ってみたいと思いますか?」という問いに対しては、63%の生徒が「行ってみたい」と回答し、イボニシを用いた環境学習を通して環境保全に対する行動意識が高まった様子が見られた(図1-6)。

さらに、「行ってみたい」と回答した生徒に対し、実際に環境を守るために行ってみたいと思うことを自由に表記させた結果を表1-2に示す。具体的な内容の回答が多く見られ、これは

表1-2 環境を守るために今後行ってみたいこと

- ・ゴミ拾い
- ・環境中にゴミを捨てない
- ・ゴミの分別
- ・リサイクル
- ・環境を汚さない
- ・環境ボランティア
- ・汚い水を流さない
- ・節水

表1-3 授業の感想

- ・少しの汚れでも海などにいる生物に悪影響が出るのが分かりました。
- ・イボニシのオスとメスの見分け方を初めて知ることができた。
- ・実験もして分かりやすかったです。もっと関心をもちたいです。
- ・イボニシの生殖異常を見れたので良かったです。とてもたのしかったです。
- ・今後いろいろ調べてみたいと思った。
- ・元の環境を取り戻すには時間がかかるから大変だと思った。これ以上環境をこわさないようにしたい。
- ・今までの授業では習わなかったことが習えたので良かったです。
- ・人間が生み出した汚染が、20年たった今でもなくなっていないことがわかりました。生物に被害をこれ以上与えるのは良くないと思うので、自分にできることをしっかりやりたいです。

環境を守るためにできることを自主的に考えるようになったためと推察された。

生徒の授業に対する感想を表1-3に示す。環境問題を身近な問題として感じたことによる生活習慣の見直しや、環境ホルモンについて知ることができたことへの充実感などが聞かれた。

以上の結果から、イボニシを教材とした環境学習は、生徒が興味・関心・意欲を持って取り組むことができる内容であることがわかった。また、今回の実験を通して生徒は環境保全の重要性を認識し、自然保護の意識が高まった様子が見られたことから、イボニシは環境教育の教材として有効であると考えられた。

(2)環境情報学分野

1) 場所 天草市立本渡東中学校

2) 時期 平成27年12月8日

3) 対象 本渡東中学校3年生35名

4) 材料 衛星画像, 天気図, 大気環境データ

2010年3月の黄砂現象を対象とした。運輸多目的衛星MTSATの熱赤外バンドデータを用いて黄砂を可視化した時系列衛星画像を作成した。地上天気図は気象庁による3時から21時までの3時間ごとの実況天気図を使用した。環境省による1時間ごとの浮遊粒子状物質(SPM)の九州における濃度分布図および天草保健所における時系列グラフを使用した。教材やワークシートは前年度と同じものを使用した(参考文献)。

5) 学習活動

- ①スライドを用いて黄砂の発生領域や発生条件について説明し、学習課題1「黄砂はどのように日本に飛来するのだろうか?」を設定した。
- ②衛星画像中の黄砂の見え方を説明し、時系列の熱赤外差画像と地上天気図を並べた教材を配布して黄砂の発生・水平方向の移流を調べた活動を二人一組で行った。
- ③学習課題2「天草にやってきた黄砂の動きをくわしく知ろう」を設定した。
- ④ワークシート中の天草市内の熊本県天草保健所で測定されたSPM濃度の時間変化のグラフから、ある時刻以降にSPM濃度が急激に上昇していた(黄砂が上空から地表面付近に降下してきていた)ことに注目させた。
- ⑤ワークシート中の前線の鉛直断面モデル図を使って寒冷前線付近の大気の流れを考えて、地表面付近で黄砂が高濃度になる場所を予想させた。

⑥黄砂の衛星画像，地上天気図，SPMの濃度マップを並べた教材2をみて，寒冷前線の通過に伴ってSPM濃度が高濃度となっていたことを確かめさせた。

⑦最後に，黄砂発生から日本までの輸送についてまとめた。

授業終了後，どのような効果や課題があったのかを調べるために，アンケート調査を行った。授業時に二人一組で黄砂の移流を調べている様子を図2-1に示す。

6) 結果と考察

授業後のアンケート結果を図2-2に示す。「今日の授業を理解できましたか」との問いには94%が肯定的な回答を示した。「衛星画像を使って黄砂の動きを調べることができましたか」との問いには91%が肯定的な回答を示した。「SPMの濃度が急激に上昇した要因は寒冷前線後方の大気の流れであることがわかりましたか」との問いには97%が肯定的な回答を示した。「黄砂の動きや濃度を考えるときに，2年生で学習した気象の学習が役に立ったと思いますか」との問いには85%が肯定的な回答を示した。「以前と比べて大気汚染に興味を持てるようになりましたか」との問いには91%が肯定的な回答をしていた。これらの結果から，授業内容に



図2-1 授業風景

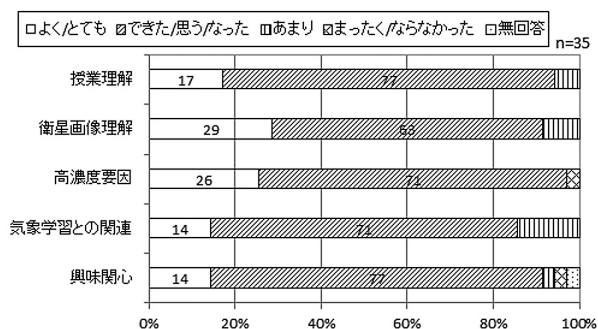


図2-2 事後アンケートの結果

についてはほぼ理解されたと考える。また，教材は中学校向けの教材として適当であり，生徒の「越境大気汚染」についての興味関心を高めることができると思われる。

ただし，気象の学習との関連についての認識が他の項目に比べると低くなっていた。この傾向は，同じ教材を用いて同様の展開で授業を行った過去2年間も同様であった。否定的な回答をした理由の欄には「忘れていたから」と書かれていたり，無回答になっていた。2年次の気象の学習直後に，発展的な気象学習活用型題材として本授業を実践すれば，肯定的な回答が増加する可能性があると思われる。また，前年度の授業前のアンケートで，「大気汚染」という言葉を聞いたとき，どのようなことが思い浮かびますか？キーワードや文章，図など，自由に表現してください」と尋ねたところ，36名中29名がPM2.5（微小粒子状物質）をあげていた。そのため，今年度の授業では，まとめの際に大陸から九州へPM2.5が越境飛来してくる典型的な気象パターンの一つが，本日の黄砂の授業で扱った，寒冷前線後方型であることを説明した。後日，「黄砂やPM2.5が日本にやってくる仕組みが，2年生の時に学習したことで説明ができることがわかって良かったと言っている生徒がいた」という知らせがあり，授業者の意図が多少なりとも伝わったことがわかった。

(3)地学分野

- 1) 場所 熊本大学教育学部
- 2) 時期 平成27年9月22日
- 3) 対象 教育学部附属中学校3年生20名
- 4) 内容

中学校学習指導要領解説 理科編では，“地層に見られる断層，褶曲について大地の変動と関連付けて触れる”と記されている。また，中学校の理科学習資料集では，簡単な解説と正断層と逆断層の写真が載っている。高等学校の教科書で取り扱っている断層教材は，水平な地層に，引っ張りの力（正断層），圧縮の力（逆断層）および断層面に斜めの力（引張，圧縮）（横ずれ断層）がそれぞれ働いて形成されると記されている。しかしながら，熊本県球磨郡球磨村総合運動公園の露頭（図3-1）は，地層が水平ではなく傾斜しており，そこに傾斜方向の異なる横ずれ断層が形成される事によって，正断層や逆断層の形態を示す構造が観察される。これらの事象を視覚的に分かりやすい断層モデル教材を開

発したので紹介するとともにそれを使った授業実践を行った。

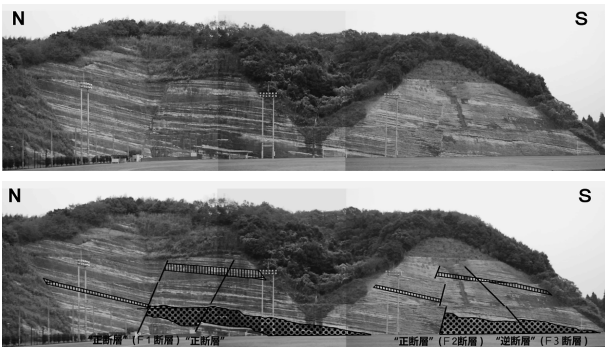


図3-1 熊本県球磨郡球磨村総合運動公園の露頭
(引っ張りの力で形成された正断層?)



図3-2(1) F-1断層のスリッケンライン (水平)

さらに、熊本県葦北郡田浦町海浦付近の露頭(図3-2(2))で観察される褶曲構造は、一般的な圧縮作用で形成されたのではない。これは“見かけの(偽)褶曲構造”というものであり、地形的、差別的浸食作用の要因によるものである。これについても教材を開発したので紹介する。



図3-2(2) 熊本県葦北郡田浦町海浦付近の露頭
(この露頭は褶曲している?)

5) 教材開発

(5-1) 見かけの正断層・見かけの逆断層

地層が水平な場合は、断層1の左側の①と②を手前に移動させて、断層2より手前にある①を除いても地層の位置には変化が見られない(図3-3)。

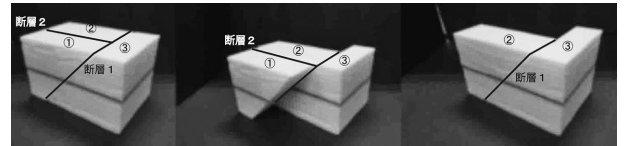


図3-3 地層が水平な場合の横ずれ断層
(変位は見られない)

一方、地層が傾斜している場合は、断層1の左側の①と②を手前に移動させて、断層2より手前にある①を除くと“見かけの正断層”ができる(図3-4)。なお、断層1の傾斜方向を反対にすれば(図3-4の配置を水平方向に180°回転させた後、断層1の右側の②と①を移動させて、②を取り除く)そこには“見かけの逆断層”が見られることになる。また、運動公園の露頭のように見かけの正・逆断層が同時に現れるモデルを図3-6に示す。

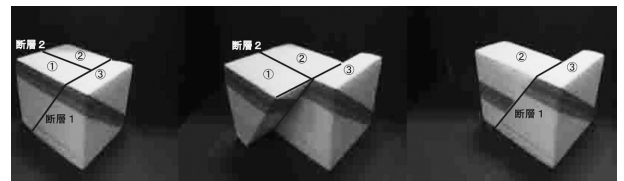


図3-4 傾斜した地層と横ずれ断層の関係

なお、このモデルの作成方法を図3-5に示す。

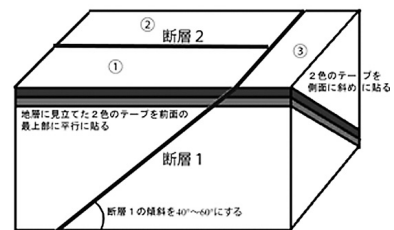


図3-5 モデル作成法

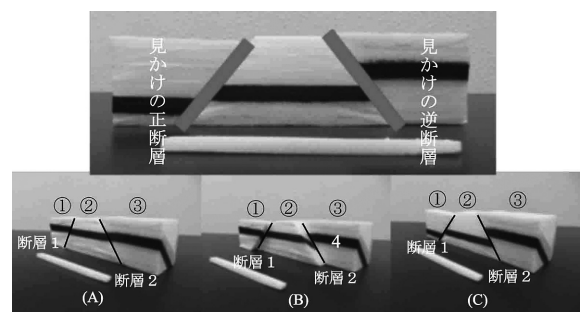


図3-6 見かけの正・逆断層が同時に現れるモデル
(A): 傾いた地層ブロックに傾斜の異なる切断面(断層1と断層2)を入れる。(B): ①と②を③のブロックより手前に移動し、さらに①を②のブロックより手前に引き出した状態(C): ③の

前面4の面で切り揃えた状態

（5-2）見かけの褶曲構造

田浦町海浦付近の露頭で観察できる“見かけの褶曲構造”（図3-2）は、どのような理由で形成されているのかを考察する。要因は次の2つである。

- ①地層が一方向にほぼ同じ傾斜をしている地質体である（手前から奥に向かって地層が傾斜している）。
- ②山腹の谷部や尾根部に林道を作った。
このような条件の場合には、谷部には“見かけの向斜”，尾根部には“見かけの背斜”がそれぞれ見られる。

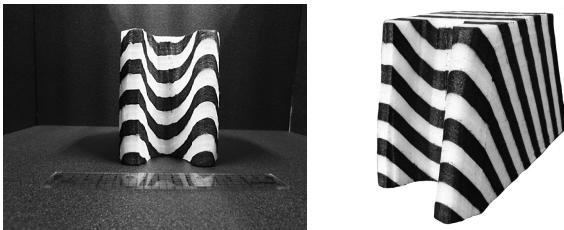


図3-7(1) 見かけの褶曲構造
(左：正面写真，右：斜め上からの写真)

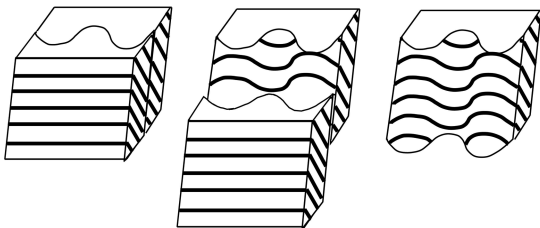


図3-7(2) 作成方法と材料

(材料) カラーボード：黒・白，サイズ：約400×450×厚さ10mm (DAISO JAPANで購入)，セメダイン：SUPERX (ゴールド) (セメダイン株式会社より購入)，発泡スチロールカッター

6) 授業実践

授業実践は附属中学校と教育学部が連携した学びの交流会で行った。授業を担当したのは、当時教育学部4年生の田中健太である。

（6-1）授業展開

「地層の見方や考え方を学ぶ授業」と題して、授業を進めた。断層や褶曲について中学校の既習事項と絡めながら考えさせ次の課題を与えた。

課題①

引っ張りや圧縮の力が働いていないのに、なぜ正断層や逆断層のように見えるのか。

課題②

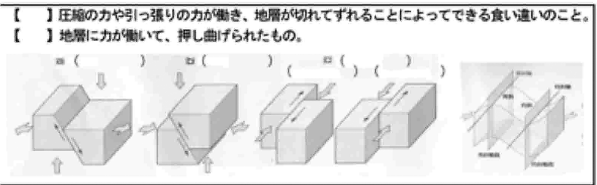
正断層や逆断層はどのような順序で形成されたのかのだろうか。

課題③

圧縮の力が働いてないのに、なぜ褶曲のように見えるのか。

また、授業の中ではワークシートを用いた(図3-8)。ワークシート中に傾いた地層の図を取り入れ、そこに生徒が自由に作図して考えることができるようにした。

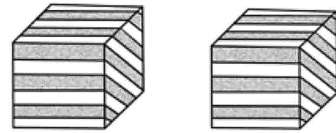
学びの交流会 地学分野 『地層の味方について』 名前()



課題 なぜ正断層や褶曲のように見えるのか考えてみよう
正断層? 褶曲



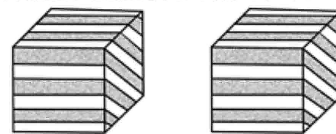
予想



運動公園の地質構造

道路沿いの地質構造

結果 どのような構造運動や侵食作用を考えれば写真のようになるのかな?



まとめ

・今回見えた二つの構造は、_____の正断層と褶曲であった。
これらの大きな要因として_____が大きく影響している。
・地層を観察するときは、_____や_____などを考えなければならない。

図3-8 学びの交流会でのワークシート

（6-2）授業中の子どもたちの考え

生徒が授業中に実際に出してくれた考えを例として以下に記す。

① 見かけの正断層

～Aさんの考え～

「地層が横ずれを起こして、飛び出た部分が削られたのではないか。」

正断層をつくるような引っ張りの力が働いていないとはいえ、断層があるという事実から、引っ張りの力以外の力が働き、断層ができたのではないかと考えていた。

横ずれの可能性を考えることができていたが、地層の傾斜まで踏まえて考えることができていなかった。

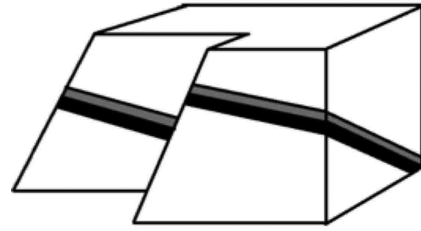


図3-11 Cさんの作図

② 見かけの褶曲

～Dさんの考え～

「平面だった地層を、カーブさせながら切り開いたのではないか。」

この考えは正解で、道路という地形的要因を踏まえて考えることができていた。

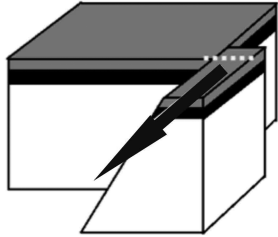


図3-9 Aさんの作図

～Bさんの考え～

「どのように見えるかは分からないが、地層の一部を斜めに削り取ると、正断層のように見えるのではないか。」

削った後の地層がどのように見えるのか、頭の中でイメージすることが困難であった。空間把握能力に若干問題があることが分かる。

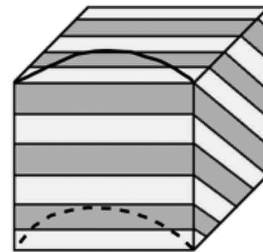


図3-12 Dさんの作図

～Eさんの考え～

「地層の上部に何か力が加わり、地層が変形したのではないか。」

褶曲構造ができる要因としては、圧縮以外にもこの原理は存在する。しかし今回は鉛直方向の力が加わったために形成された褶曲ではなく、見かけの褶曲のため正解とはしなかった。

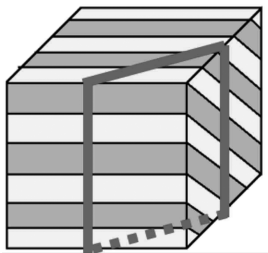


図3-10 Bさんの作図

～Cさんの考え～

「地層の一部を奥に切っていくと、地層がずれて見えるのではないか。」

このように切ると、実際に正断層のように見える。しかしこの原理では、断層の存在を説明することができないため、今回は不正解とした。この生徒は、地層を切り開くとどのような見え方をするのか、しっかりとイメージすることができていた。

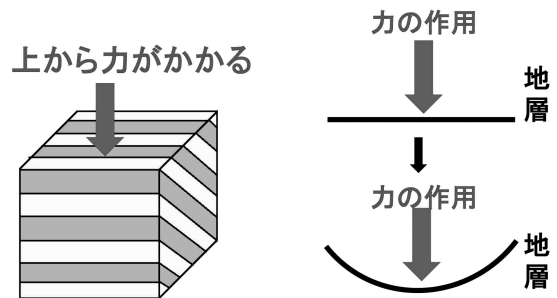


図3-13 Eさんの作図



図3-14 学習活動（その1）



図3-15 学習活動（その2）

（6-3）アンケート結果・考察

授業で取り扱った断層や褶曲への生徒の関心が高く（図3-14, 3-15）、モデルを活用したことで生徒の理解の助けになったことが分かった。この事実から、モデルを活用し現在の地形・地質と関連性を持たせた授業が効果的であったと考えられる。

質問：どのようなところが難しかったか？

- ・地層を立体的に頭の中で考えるところ。
- ・地層の傾きを頭の中で考えるところ。
- ・地層が水平に見える理由を考えるところ。
- ・地層の重なり方をイメージするところ。

というような回答があった。

この結果からも、やはり生徒たちは地層を立体的に捉えることや、それを頭の中だけでイメージすることに苦労していたことが分かる。

表1-1 実験で一番印象に残ったこと

	そう思う	少しそう思う	あまり思わない	思わない
楽しかったか	18人	0人	0人	0人
理解できたか	16人	2人	0人	0人
難しく感じたか	3人	11人	3人	1人
モデルを使う前から地層の構造を頭の中でイメージできたか	5人	7人	5人	1人
使ったことでイメージしやすくなったか	18人	0人	0人	0人
日本列島の成り立ちについて興味がわいたか	15人	3人	0人	0人

質問：何が分かりやすかったか？

—生徒—

- ・モデルを使った説明が分かりやすかった。
- ・実際にモデルを使って実験したので分かりやすかった（楽しかった）。
- ・モデルを使うことで、想像しやすくなった。というような回答があった。

—保護者—

- ・モデルを見ることで一瞬で理解が深まった。
- ・小さいころからこのような授業を受けることができれば、地学に対して興味が増すと思う。

以上の結果からも、地層の立体モデルは地層を視覚的・多面的に捉えるために有効な教材であり、子どもたちの教育効果を高めるために有効であると考えられる。またアンケート結果だけではなく、授業に対する取り組み方や、友達同士で考えて説明し合っている様子からも、本教材を用いることで子どもたちの思考の手助けになるということが分かる。

さらに、このような“見かけの正断層、見かけの逆断層や見かけの褶曲構造”を取り扱う意義は、生徒が本質的な断層や褶曲構造の意味を正しく把握できるようになることである。今後も地学分野の教材を少し違う視点から教材開発し、子供達に本質的な地質事象の意味の理解へと導くとともに子供達が自ら考える姿勢を育てていきたいと考えている。

参考文献

島田秀昭, 川辺理恵, 楠本功一, 中村恭介. 有明海の巻貝を利用した環境教育実践から生じた問題点とその改善策の検討. 理科の教育, 54, 634-637 (2005).

島田秀昭, 鳴海里加. イボニシを用いた環境教育に関する研究—小学校第6学年における実践—. 熊本大学教育学部紀要 自然科学 55, 19-22 (2006).

島田秀昭. 中学校理科における巻貝を教材とした環境教育. 熊本大学教育学部紀要 自然科学 58, 1-6 (2009).

飯野直子, 島田秀昭, 三宅安. 地域と連携した理科授業実践（第8報）. 熊本大学教育実践研究33, 145-149 (2016).

井上宗弥, 小澤大成, 村田守, 西村宏, 山下伸典, 奥村清行. 食品を用いた教材開発—空間把握能力を向上させる観点地層モデル—. 鳴門教育大学学校教育研究センター紀要 11, 41-42 (1997).