

地域と連携した理科授業実践 (第10報)

田中 均^{*1}・島田秀昭^{*1}・飯野直子^{*1}・友田崇人^{*1}
大久保やよい^{*2}・三宅 安^{*2}

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

Hitoshi TANAKA, Hideaki SHIMADA, Naoko INO, Takato TOMODA,
Yayoi OHKUBO and Yasushi MIYAKE

1. はじめに

地域連携事業は熊本大学教育学部(理科教育)が、その地域の実態やニーズに合わせた教材開発を行うと共に、大学、学校および地域が一体となって地域の活性化や特色ある学校づくりをサポートする事業である。平成28年度の本事業では、熊本県天草市の中学校において、地域の教材を生かした教材開発ならびに授業実践を行うとともに教育学部にて複数の高校地学クラブ部員を対象に熊本地震の地表地震断層に関連した教材化と現地観察を組み合わせた授業実践を行った。

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、化学および理科教育教室がこれまで培って来た研究成果を用いた内容となっている。地学分野は平成28年4月14日と16日に発生した熊本地震を取り扱った内容である。それぞれの事業概要および担当者は以下の通りである。

(1) 地学分野(田中 均)

熊本地震の発生メカニズムやモデル教材化の有用性の検討と地表地震断層の現地調査を行った。

(2) 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。

(3) 環境情報活用分野(飯野直子)

2010年11月の黄砂現象について、気象衛星画像、

天気図を用いて発生源から日本付近への飛来過程を調べて説明する活動を行った。

各分野の実践終了後、授業に関するアンケート調査を実施し、教育効果について分析した。

3. 実践内容

(1) 地学分野

- 1) 場所 熊本大学教育学部
- 2) 時期 平成28年11月6日
- 3) 対象 高校生(地学クラブ部員)28名
- 4) 内容



図1-1 益城町堂園地区の右横ずれ断層
(熊本地震最大水平変位約2mが観察される地区)

熊本地震による地表地震断層(図1-1)の特徴から次の課題を提示した。

課題1 熊本地震で右横ずれ断層が新聞報道などで強調されていますが左横ずれ断層も同時に発生しています。その理由を説明しなさい。

*1 熊本大学教育学部

*2 天草市立稜南中学校



図1-2 下陣地域に出現した2系列の地表地震断層
(a～hは写真撮影地点)



図1-3 益城町下陣地区で観察される左横ずれ断層
(d地点)



図1-4 益城町下陣地区で観察される右横ずれ断層
(a地点)

4月14日のM6.5の地震では、ほぼ東西方向に最大圧縮力、南北方向に最小圧縮力が働き、北東-南西方向の日奈久断層帯の一部が右横ずれ断層運動を起こした。さらに、16日のM7.3の地震では北東-南西に最大圧縮力、北西-南東に最小圧縮力が働き、ほぼ東西方向の布田川断層帯の東部域が右横ずれ断層運動を起こしたとされている。

しかしながら、益城町下陣地域の地表地震断層の出現状況は、布田川断層帯の右横ずれ断層と副次断層のN62°W系列右雁行配列引張り割れ目群が認められる(図1-2)。

これらN65°E系列とN62°W系列の断層群や割れ目群はどのような関連性があるのか、ここで議論する。

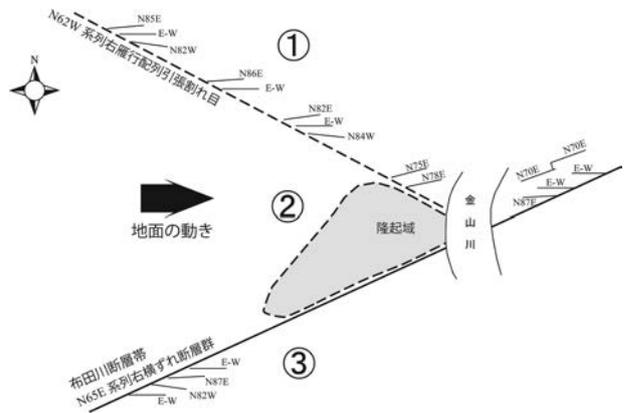


図1-5 下陣地域に出現した右横ずれ断層群と右雁行配列引張り割れ目群との関係を表した概略図



図1-6 断層モデルを使った授業状況

図1-5の②の地盤が矢印の方向(東側)に動いた場合、③の地点から②の地盤の動きを見るとN65°E系列地表地震断層は右横ずれ断層、一方①の地点から②の地盤の動きを見るとN62°W系右雁行配列引張り割れ目群は左横ずれ断層となり、これらの断層は同時に形成されたことが理解できる。一方、これら2系列の断層系のように、方向が53°~70°違って、その向きが逆になっている断層は、同じ応力状態で同時に生じることができるので、互い対をなす共役断層と呼ばれることもある。

課題2 内陸部断層(活断層)の発生をプレートテクトニクスで説明しなさい。

2016年4月14日と16日に熊本地震が発生した後、

地震地表断層の調査時に、被災者からなぜ内陸部で地震が発生するのかという質問を受けました。それに答えるための教材を紹介します。

ここでは、中央構造線を例にプレート運動と横ずれ運動との関係を視覚的に理解できるように、写真(図1-7)のようなモデルを開発した。

これは、中央構造線を境に本州側の内帯と四国側の外帯を用意し、内帯側を固定して、プレートに見立てた紙等を斜めにスライドさせることで、中央構造線が横ずれをおこす様子が観察できるものである。ベルトコンベアーようなくみにすることで紙を何度も回転させることができるとともに側面に割り箸をつけることでプレートに見立てた紙と中央構造線とのなす角度を変えることができるようにした。また、紙が中央構造線に対して直角に沈み込む時は、横ずれ運動がおきないことも観察できる(図1-8)。



図1-7 プレート運動と横ずれ断層運動の関係を示すモデル

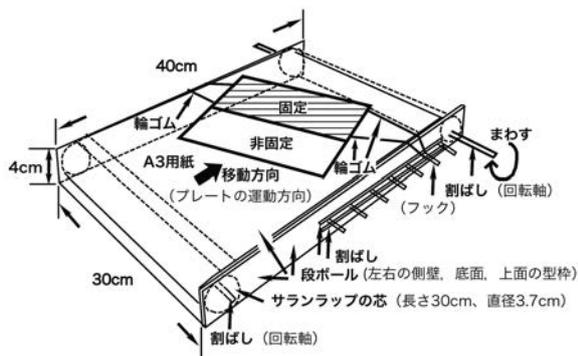


図1-8 開発した横ずれ断層モデルのイラスト

このモデルを現在の西南日本のプレートに置き換えると、フィリピン海プレートが四国沖の南海トラフに左斜め沈み込み運動をする場合は、中央構造線は右横ずれ運動を起こし、右斜め沈み込み運動をする場合は、中央構造線は左横ずれ運動を起こす(図1-9)。すなわち、プレート運動と内陸型地震の発生は、密接な関係があることがわかる。今後は、このような実験教材を活用した授業実践を行い、生徒達が自ら課題を見付け、開発した断層モデル実験を

通して自分の考えを検証し、取りまとめて発表するといった能力を育成していきたいと考えている。また、これら教材を使った実験を通して、教科書や資料集だけでは分からない断層の地表への現れ方が理解できるようになり、断層に対する見方や考え方も広がると期待している。



図1-9 内陸部に出現する横ずれ断層とプレートの運動

課題3 横ずれ断層と地表の割れ目の関係

割れ目を追跡していくと、1本の割れ目が消えると左右にずれた位置から新しく割れ目が始まる(図1-10)。さらに、追跡すると次の割れ目も前と同じようにずれた位置に現れる。このような割れ目の配列は、雁の群れが編隊を組んで飛ぶ時に似ているので、割れ目の雁行状配列、あるいは雁行断層(群)と呼ばれている。



図1-10 右雁行配列した割れ目

雁行割れ目は2種類の並び方がある。一つは一本の割れ目を末端までたどって行くと、次の割れ目が右側にある場合を『右雁行』といい、また『ミ型雁行』とも呼ばれている。これはミの字が右雁行になっているためである。もう一つは、次の割れ目が左に位置する場合で『左雁行』あるいは『杉型雁行』と呼ばれている（図1-11）。

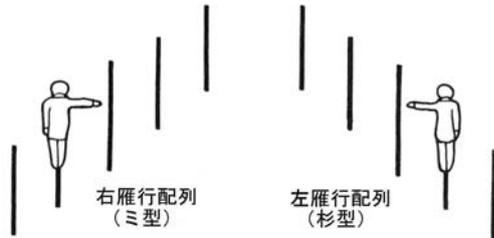


図1-11 雁行配列（地震と活断層の本（1995）より引用）

3-1 雁行割れ目及びプレッシャーマウンド

横ずれ断層が形成されたときに地表への特徴的な現れ方として雁行割れ目とプレッシャーマウンドと呼ばれるものがある。これらは応力と関係しており、藤原（1932）はこれらの関係を「雁行法則」としてまとめた。ここで、雁行法則を一つの長方形で考えてみると、横ずれ運動によってBとDからは引っ張りの力が、AとCからは圧縮の力が生じる。この引っ張りの力によって雁行割れ目ができ、圧縮の力によってプレッシャーマウンドができるとされている（図1-12）。

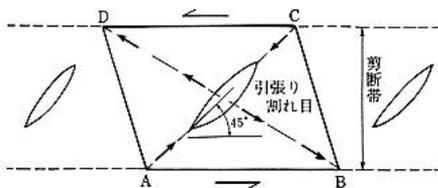


図1-12 リーデル剪断実験による粘土層の上面の変形と引張り割れ目の形成（地震と活断層の本（1995）より引用）

雁行割れ目を横ずれ断層と関連させると、右ずれ断層では左雁行配列引張り割れ目群が生じ、左ずれ断層では右雁行配列引張り割れ目群ができる。

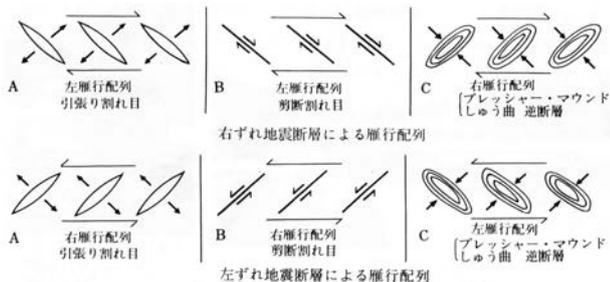


図1-13 右ずれおよび左ずれ地震断層による雁行配列（地震と活断層の本（1995）より引用）

すなわち、雁行割れ目帯の地下の岩盤に生じた断層は、一本の剪断割れ目のようなずれ方をしている。左雁行配列割れ目は、右ずれ断層の特徴を持つことから、左雁行配列割れ目を『右ずれ雁行割れ目』と呼ぶ場合がある（図1-13）。

3-2 リーデル剪断実験

断層の教材開発は、すでに「横ずれ断層の教材化」（田中ほか、2010）で雁行割れ目等が観察できるリーデル剪断実験を参考にして断層モデルの開発を行っているので参照されたい。

リーデル剪断実験とは、2枚の木の板の上に粘土をのせて板をずらしたときに表面にできる割れ目の様子を観察する実験である（図1-14）。

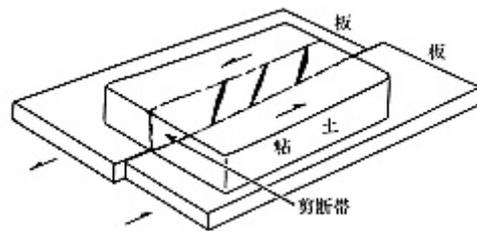


図1-14 リーデル剪断実験（地震と活断層の本（1995）より引用）

しかし、粘土を乗せて実験してみるとなかなか割れ目が現れにくいことが分かった。そこで、材料から選りなおし、最も観察しやすい条件を探ることにした。

【材料】

木の板(20cm×20cm)、木の枠(15cm×15cm×1cm)、のし棒、紙粘土



木の板(20cm×20cm)



紙粘土

摩擦をつけるために5mmごとに溝を作った。

【手順】

1. 板の上に高さ1cmの木の枠を乗せ、紙粘土を入れる。
2. のし棒を使って紙粘土を表面を滑らかにする。
3. 紙粘土が板から外れないようにゆっくりと木の枠を外す。
4. そのまま放置して時間を図りながら実験する。

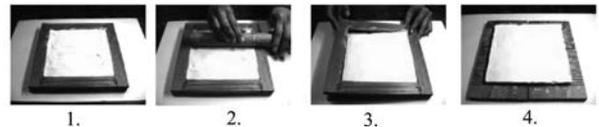


図1-15 リーデル実験の手順

まず、材料であるが、紙粘土の表面が少し乾燥した状態のときに割れ目等が現れ易い事が分かったので、材料を紙粘土に絞りその他の条件を検討した。

表面の乾燥時間は自然乾燥にすると温度や湿度によってまちまちになるためドライヤーで乾燥させるのがよい。時間も1～5分乾燥させて実験してみた

が、2, 3分乾燥させるのが観察しやすいことが分かった。

また、紙粘土の厚さは、約1cmが適していることが判った。ずらす速さはゆっくりずらしても瞬時にずらしても表面の様子はあまり変わらないが、表面の様子をじっくり観察させるためにゆっくりずらすほうが良い。

以上の結果をまとめると、材料には軽い紙粘土を使い、厚さは約1cmに調整して、表面を2, 3分ドライヤーで乾燥させ、ゆっくりずらして観察すればよいことが判った(図1-15)。

リーデル剪断実験の授業では紙粘土の厚さを変えながら、割れ目のでき方を熱心に調べていた(図1-16)。実験の結果は、最初にプレッシャー・マウンドが現れて、その後割れ目が形成されることが分かった(図1-17)。

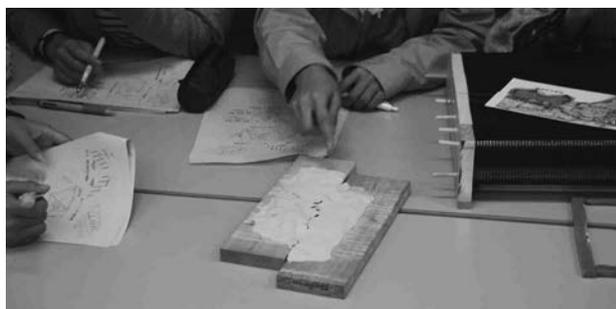


図1-16 横ずれ断層と割れ目のでき方の授業風景

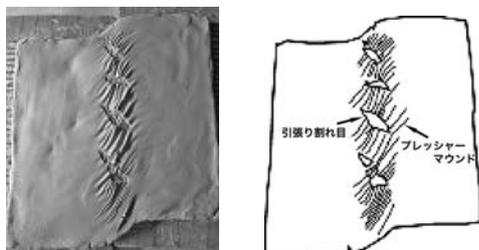


図1-17 実験結果の写真(左)とイラスト(右)

熊本地震の割れ目を検討した結果、右横ずれ断層系には、左雁行引張り割れ目が出現し、左横ずれ断層には右雁行引張り割れ目が現れることを確認した。

5) アンケート結果のまとめ

- ・「熊本地震を経験してから、近所や通学路にある家屋の被害状況を見たことがありますか」との問いには全員が見たと回答した。
- ・「東日本大震災と違ってどうして内陸の熊本で地震が発生したのか知りたいと思ったか」との問いには96%が肯定的な回答を示した。
- ・授業と現地調査を行なって、「右横ずれ断層と左横ずれ断層が共役的な関係にあり、同時に形成されたことを理解できましたか」の問いには、約

90%が肯定的な回答をした。

- ・「なぜ内陸で地震が起きたか理解できたか」の問いには、部分的に理解できたとの回答を含めて約95%が肯定的な回答をした。
- ・「モデル実験は分かりやすかったか」の問いには、約55%の肯定的な回答があった。しかし、モデル実験と現地調査との関連性を説明した後は、約96%がモデル実験の意義を理解した回答を示した。
- ・今回の講座で改善してほしいところはどこですか
 - －：モデル実験の精度を向上させてほしい。
 - －：モデル実験と実際の地震との関連性を明確に示してほしい。
- ・今回の講座に参加して思ったことをお書きください。
 - －：熊本地震の被害の大きさに驚いた。
 - －：熊本地震では大きな被害を受けたが、地球科学に対する関心が高まった。
 - －：活断層のことが理解できて、大地は生きていると思った。
 - －：地震関連のことに興味湧いてきた。共役断層を実際に見たことが一番印象に残っている。
 - －：自分の足で現地調査することはとても大切なことだと分かった。
 - －：普段の勉強では知識を覚えるだけになりがちだが、本質を理解することが大切だと分かった。

(2) 環境化学分野

- 1) 場所 天草市立稜南中学校
- 2) 時期 平成28年12月13日
- 3) 対象 稜南中学校3年生72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28年6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、イボニシを生徒が知っているかどうか質問することから開始した。次に、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、イボニシの殻の割り方、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、過去の調査結果から、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。

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45%であり、約半数の生徒が環境問題への興味・関心を持っていることがわかった（図2-1）。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65%であった（図2-2）。

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員理解できていることがわかった（図2-3）。また、「授業（実験）は有意義でしたか?」という問いに対しては、生徒全員が「とても有意義だった」、「有意義だった」と回答した（図2-4）。

「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、雄と雌を見分けることができたことなども挙げられた（表2-1）。

「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、97%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2-5）、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45%）と比較して52ポイント増加し、環境問題に対して関心を持つ生徒が大幅に増加した。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、85%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2-6）。

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2-2に示す。具体的な内容の回答が多く見られ、これは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。

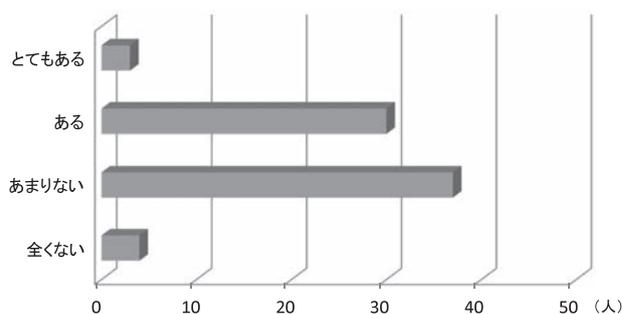


図2-1 環境問題への興味 (授業前)

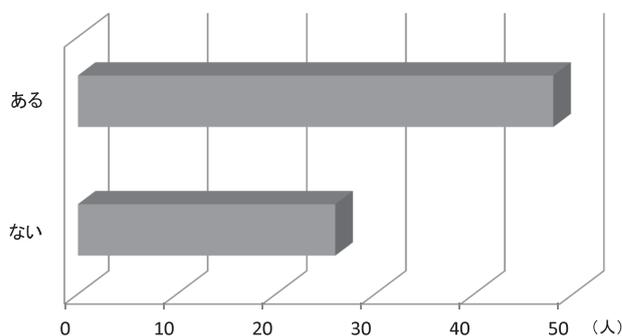


図2-2 環境問題について調べた経験はあるか (授業前)

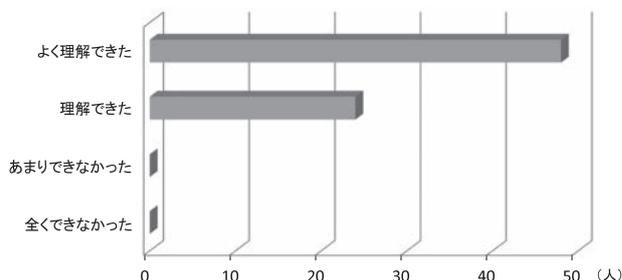


図2-3 授業の理解度

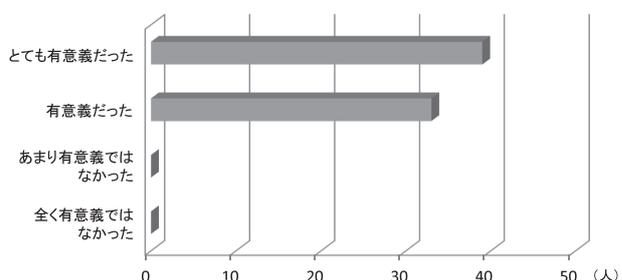


図2-4 授業は有意義だったか

生徒の授業に対する感想を表2-3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

表2-1 実験で一番印象に残ったこと

- ・イボニシの解剖
- ・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
- ・オスとメスを見分けることができたこと
- ・イボニシにオスとメスがいること
- ・異常なイボニシがいなかったこと

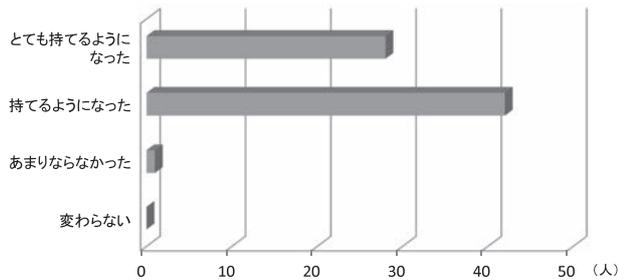


図2-5 環境問題に関心を持てるようになったか

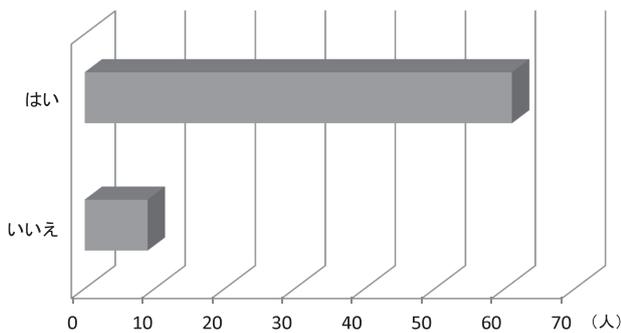


図2-6 環境を守るために何か行ってみたいか

表2-2 環境を守るために今後行ってみたいこと

- ・ゴミ拾い
- ・水を汚さない
- ・川や海にゴミを捨てない
- ・洗剤を減らす
- ・環境ボランティア
- ・ゴミの分別

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。

表2-3 授業の感想

- ・貝の解剖実験をしてとても興味をもてるようになりました。海を汚さないように日頃の生活から気をつけていきます。
- ・今回イボニシという生物がいることを初めて知りました。私たちには何も影響がなくても海の生物には大変なことだとわかりました。
- ・イボニシの実験を通して海の水質や環境問題などを知れたのでこのことを生活に活かしていきたいです。
- ・実験の内容も楽しくて、今まで知らなかったことが知れたのでよかった。
- ・イボニシの異常は、人間が水を汚してしまうからだと思います。これからは海や川にゴミを捨てたりしないようにしてきれいな海・川をつくっていきたいです。
- ・実際に自分たちで実験をしながら環境について学ぶことができたので授業がわかりやすかった。

(3) 環境情報学分野

- 1) 場所 天草市立稜南中学校
- 2) 時期 平成28年12月13日
- 3) 対象 稜南中学校 3年生72名
- 4) 材料 衛星画像, 天気図

2010年11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(飯野ほか, 2012)。

5) 学習活動

授業のながれを図3-1、授業時に二人一組で黄砂の移流を調べている様子を図3-2に示す。

①スライドを用いて黄砂の発生領域や発生条件などについて説明し、学習課題「どのように黄砂が発生し、日本に運ばれるのか?」を設定した。

②黄砂の発生や輸送に関係していそうな気象要因や用語を予想させた。

③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る活動を二人一組で行った。

④気付きを整理した。

⑤課題について、発生と輸送をわけて説明するよう指示した。

⑥最後に、黄砂発生から日本までの輸送についてまとめた。

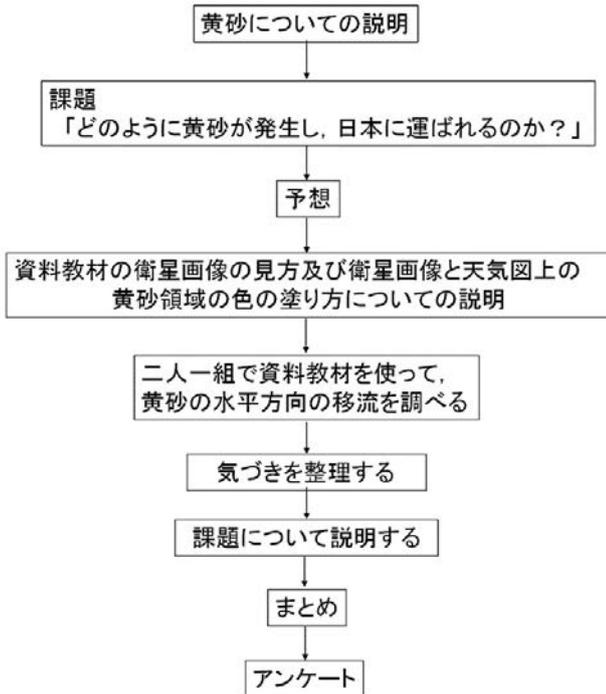


図3-1 黄砂についての授業のながれ

か」との問いには94.4%が肯定的な回答をしていた。「黄砂について何か気になることやもっと知りたいことがあれば書いてください」という問いと「黄砂だけでなく、越境大気汚染や大気汚染物質について気になることやもっと知りたいことがあれば書いてください」という問いに対して、それぞれ41名と35名の生徒が具体的に記述していた。

上述したアンケート結果や授業の感想より、理科学習の有用性の認識や、黄砂やPM2.5といった越境大気汚染についての興味関心の高まりがみられた。

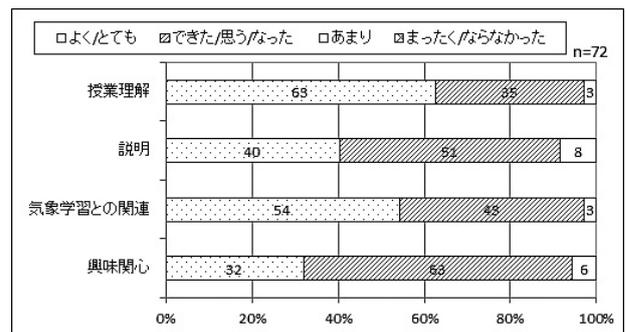


図3-3 事後アンケートの結果



図3-2 授業風景

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。

6) 結果と考察

授業後のアンケート結果を図3-3に示す。「今日の授業を理解できましたか」との問いには97.2%が肯定的な回答を示した。「課題：どのように黄砂が発生し日本に運ばれるのかについて説明することができましたか」との問いには91.7%が肯定的な回答を示した。「課題に対する予想や説明の際に、第2学年の気象の学習が役に立ったと思いますか」との問いには97.2%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

参考文献

- 飯野直子, 後藤将太, 中村恭浩, 金柿主税. 2010年春季と秋季の黄砂現象. 熊本大学教育学部紀要 自然科学, 61, 39-46 (2012)
- 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)
- 小出 仁・山崎晴雄・加藤席一: 地震と活断層の本, 国際地学協会, 1-123 (1995)
- 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)
- 田中 均・坂口静磨・薬師寺光・本多栄喜・村本雄一郎: 横ずれ断層の教材化—理論と実践—. 熊大教育実践研究, 第27号, 85-90 (2010)