

地学教育

第64巻 第5・6号(通巻 第333号)

2011年11月

目 次

教育実践論文

星団の色等級図作成と年齢を推定する高校生向け教材の開発と授業実践

—研究用資源を利用した天文教材の開発—

……………原 正・五島正光・洞口俊博・古荘玲子・大島 修・
矢動丸 泰・金光 理…(131~150)

中学校理科における「モジュール学習」でのスモールスケール

堆積モデル教材の活用

……………利根川浩子・鎌田正裕…(151~161)

資料

高校生の遠地津波に関する認識:

2010年チリ地震津波を例としたアンケート調査から

……………川村教一・内記昭彦・荒井賢一・宮嶋 敏・
高木大輔・鈴酒明日香…(163~177)

教員養成系課程の大学生に対する未固結堆積物のはぎ取り標本の作製実習

……………植木岳雪・竹下欣宏…(179~187)

地学教育ニュース (189~190)

日本地学教育学会

263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33 千葉大学教育学部理科教育教室内

星団の色等級図作成と年齢を推定する 高校生向け教材の開発と授業実践

—研究用資源を利用した天文教材の開発—

Development of the Teaching Material for High-School Students to
Determine Seellar Cluster Age Based on a Color-Magnitude Diagram

原 正^{*1}・五島正光^{*2}・洞口俊博^{*3}・古荘玲子^{*4}・大島 修^{*5}
矢動丸 泰^{*6}・金光 理^{*7}

Tadashi HARA, Masamitsu GOSHIMA, Toshihiro HORAGUCHI,
Reiko FURUSHO, Osamu OHSHIMA, Yasushi YADOUMARU
and Osamu KANAMITSU

Abstract: The HR diagram is an important concept in the Japanese high-school textbook. The teaching material described herein is based on the characteristics and the ages of a globular cluster and an open cluster. In order to encourage students to measure as many stars as possible in making the diagram, a color-magnitude diagram was utilized, rather than the standard HR diagram. The image data used were originally generated for scientific purposes of cluster research. To enable students to easily undertake the photometric measurements, the image data are pre-processed using the educational image analysis software Makali'i. By comparing the shape of the diagram with the theoretical curves of star clusters at several different ages, students can determine the ages of the clusters of two different types. Based on results from a questionnaire which was taken after the class work, it was confirmed that the use of scientific image data with FITS format did not negatively impact students' understanding, and also increased the interest of more than 80% of the students.

Key words: high school, astronomy education, FITS data, color-magnitude diagram, Makali'i, research activity

1. はじめに

HR図は恒星を扱う天文学の分野において重要な概念である。20世紀の天文学における最も重要な発見の一つに挙げてよいだろう。高校地学の天文分野の学習においても下記のように多岐の役割を持っている。

一つ目の役割は星の色をスペクトル型に分類し、絶

対等級の関係から、恒星を主系列星、白色矮星、巨星の三つのグループに分けることである。

二つ目は主系列星を用いて、恒星までの距離を推定する手段となることである。この方法は星団のHR図を作成することで、見かけの等級と絶対等級の関係から距離を求めるものである。

三つ目は星の進化について学ぶことができる点であ

^{*1} 埼玉県立豊岡高等学校 ^{*2} 巣鴨中学・高等学校 ^{*3} 国立科学博物館 ^{*4} 国立天文台

^{*5} 岡山県立水島工業高等学校 ^{*6} 紀美野町みさと天文台 ^{*7} 福岡教育大学

2011年4月12日受付 2011年9月15日受理

る。恒星が主系列星から巨星、白色矮星へと進化する
ときの進化段階を表している。

四つ目はそのような進化を星団レベルで考察することによって、その星団の年齢を推定する仕組みである。主系列星が巨星に移り変わる時間は質量の大きいものほど速いので、星団としてさまざまな質量の恒星が同時に生まれると、主系列星の絶対等級が明るいものから HR 図上の赤を示す右に進化していく。若い星団はまだ巨星になる恒星が少なく、HR 図の主系列星の形をよく保っている。逆に、古い星団は主系列星の赤くて暗い右下のほうまで主系列を離れるように進化するので、星団の HR 図の形が異なる。一つの星団に属する恒星から作成した HR 図はその星団の年齢を表すことになる。このことは現行の多くの高校の地学 I の教科書にも記載され（大森ほか、2006; 松田ほか、2006）、また、高等教育の分野でも数値データから HR 図を作る実習として扱われている（戎崎、1995）。

筆者のグループはこの四つ目の星団の進化について注目し、研究用の星団の画像から、その星団の年齢を推定する教材を開発した。また、これまで教科書や資料集などの印刷教材を用いて行われていた授業を、実際の研究目的で撮像されたデータを用いることで、天文学で行われているデータ解析の体験ができる教材とすることを考えた。

この教材が現行の高校教科書の記述と異なる点は、実際に授業で作成するのが HR 図ではなく、それと同等の役割を果たすことのできる色等級図を用いたことである。色等級図とは、異なる波長域で撮像したデータから天体の明るさを測定し色を算出することで得られる。今回用いたデータは波長約 440 nm（青色）を中心とするフィルターを使って撮像された B バンドの画像と波長約 550 nm（緑色）のフィルターを使って撮像された V バンドの画像を使用した。天体の色は二つの異なる波長域から得られた等級の差（色指数）で表すことができる。色等級図の横軸は、B バンドで撮影した画像から得た等級（B 等級）と V バンドの画像から得た等級（V 等級）の差、色指数 $B-V$ 、縦軸は V 等級である。色指数 $B-V$ が大きい天体は赤く、小さいものは青い。色指数 $B-V$ は、HR 図のスペクトル型と 1 対 1 に対応している。

色等級図を HR 図の代わりに使うことの利点は、星団のように多くの恒星が密集した場合に個々の恒星スペクトルを得ることは難しいが色の測定なら比較的容易なことが挙げられる。そのため特に星数が多い球状

星団では色等級図による観測研究が多く行われている。われわれの教材においても、数値化されたデータを使うのではなく、画像からデータを得るところから教材化するという目標を、時間的な制約のある授業の中で実現するために、HR 図ではなく色等級図を採用している。

今回、筆者の一人が所属する高校でこの教材を用いた授業を実践した。そのときに行ったアンケート調査や生徒の使用したワークシートを対象として教材の評価を行ったので、併せて収集した生徒の感想も含めて報告をする。

2. 教材の開発

(1) 教材のねらい

この教材は現行の学習指導要領上の地学 I(2) 大気・海洋と宇宙の構成、イ宇宙の構成、(イ) 恒星の性質と進化に位置づけられる。新学習指導要領上では地学(4)宇宙の構造イ恒星と銀河系(ア) 恒星の性質と進化に位置づけられる。

星団の年齢は現行の高校の地学 I の教科書にも記述されている。恒星の進化について学んだ後、その応用的な内容として星団の HR 図と星団の年齢の関係を学ぶ。たいていの教科書には散開星団と球状星団の HR 図が載っている。

先行研究として田中ら（2002）による実践がある。この実践の特徴は、ハッブル宇宙望遠鏡の画像を色がわかりやすいようにばかして印刷した画像から色を判断するやり方で HR 図を作成するものである。また、西浦・柏木（2010）による実践もある。これは東京大学木曾観測所の観測データを用いていくつかの散開星団の色等級図を作成し、比較検討ができる教材である。大学で授業が行われ、その報告となっている。

今回の教材は B バンド、V バンドで撮像された FITS 形式の画像データを解析ソフト・マカリを使って測光して、HR 図に代わる色等級図を作成し、その形から測定した星団の年齢を求めるものである。併せて、研究目的で撮像されたデータを使うことによって、生徒の興味関心を高めることもねらいとした。また、天体の画像からデータが得られ、その解析から天体の性質を知ることができるということを学べる教材としてのねらいもある。

FITS 形式は天文学での研究を目的とした観測画像の記録方法として標準である（Hanisch et al., 2001）。一般に用いられている BMP 形式や JPEG 形式のデ

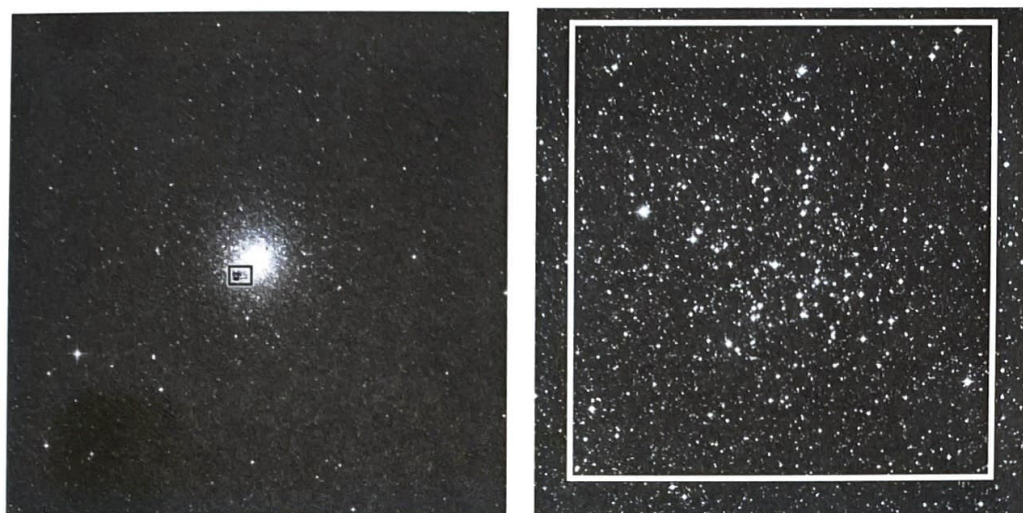


図1 教材の天体の全体像 (DSS2 より $30'' \times 30''$)
左が球状星団 NGC362, 右が散開星団 NGC1912 (M38)
それぞれ教材のデータの範囲を枠で示した。

デジタル画像などでは、扱うデータのビット数が小さく、また、データの数値が天体の輝度に比例しているわけではない。そのようなことがない FITS 形式のデータを用いることで天体の明るさを正確に測定することが可能になる。

データ解析に用いるソフトは国立天文台が公開、配布している処理ソフト、マカリ (古荘ほか, 2004; Horaguchi et al., 2006) である。このソフトは教育用に開発されたもので、Windows 上で動作し、操作のためのユーザーインターフェイスが初心者にもなじみやすく、簡略化されているのが特徴である。教材はマカリの使用を前提としている。

(2) 開発

今回述べる教材は、実際に研究用に撮像されたデータを解析ソフトによって読み、色等級図を作成しようとするものである。また、PC 教室を使った 40 名規模の一斉授業ができるものにするを考え、撮像データの整約 (後述) を済ませた状態から授業を始めることができる教材とした。

1) 天体の選択

われわれの教材では、球状星団と散開星団の2種類の天体を用いている。球状星団は数十万の星が密集している古い星の集まりであり、散開星団は数百の星がまばらに集まっている新しい星の集まりである。教材に用いる観測データを選ぶのにあたって、いくつかの望遠鏡のデータを比較検討した結果、球状星団についてはハッブル宇宙望遠鏡のデータを採用し、散開星団については東京大学木曽観測所 105 cm シュミッ

ト望遠鏡のデータを採用することにした。ハッブル宇宙望遠鏡は大気圏外から観測を行っているために星の像が非常にシャープであり、球状星団の密集した星を分離してそれぞれ精度良く測定するのに優れている。また、シュミット望遠鏡は視野が広くとれるために、見かけの広がり大きな散開星団も1枚の視野に収めることができるからである。

実際に教材に用いる天体には、ハッブル宇宙望遠鏡のデータアーカイブ^{*8}と国立天文台の SMOKA アーカイブ^{*9}を検索し、いくつかの候補天体データを比較した結果、NGC 362 (球状星団) と NGC 1912 (散開星団) を選定した (図1)。B バンドと V バンドで同じ視野の観測がなされていること、各バンドとも、教材に必要な暗い星まで十分な精度で測光できる良質なデータであること、特異な個性のない標準的な性質の星団であること、などがその選定理由である。

ちなみにそれぞれの年齢は、NGC362 が 83 億年 (De Angeli et al., 2005)、NGC1912 が 3.2 億年 (Dias et al., 2002) である。各天体の情報を表1にまとめる。

2) データの整約とカウント値の補正

CCD にはピクセルごとに感度むら、暗電流ノイズ、読み出しノイズなどがあり、データをそのまま利用することは一般にはできない。それらを補正し、生データを利用可能なデータとする処理を整約という。

ハッブル宇宙望遠鏡の NGC362 データは 1995 年 9

^{*8} <http://archive.eso.org/cms/hubble-space-telescope-data>

^{*9} <http://smoka.nao.ac.jp/index.ja.jsp>

表1 教材に用いた天体

天体名	NGC362	NGC1912
種類	球状星団	散開星団
赤経 2000 年分点	01 ^h 03 ^m 14 ^s .2	05 ^h 28 ^m 42 ^s .5
赤緯 2000 年分点	-70°50'54"	+35°51'18"
距離指数 (m-M)v	14.80 等 (Piotto et al. 2002)	10.91 等 (Kharchenko et al., 2005)
星間吸収 E(B-V)	0.05 等 (Piotto et al. 2002)	0.25 等 (Dias et al., 2002)
年齢	83 億年 (De Angeli et al., 2005)	3.2 億年 (Dias et al., 2002)
望遠鏡, 観測装置	ハッブル宇宙望遠鏡, WFPC2	東京大学木曽観測所 105 cm シュミット望遠鏡, 2k CCD

月 1 日に WFPC2 カメラの F439W, F555W フィルターで撮影されたもので、アーカイブサイトから整約済のものを得ることができる。木曽観測所の NGC 1912 データは 1999 年 11 月 4 日に 2k CCD カメラで撮影されたもので、B バンド、V バンド、それぞれ複数の画像について通常の整約を行ったうえで位置合わせ、合成を行っている。また、非力な PC でも処理しやすいように、星団部分だけをトリミングしてデータサイズの削減を行っている。

天体の等級は、データのピクセル中に格納されているカウント値をもとに求められる。ハッブル宇宙望遠鏡が観測した NGC362 については、観測データに付記されているカウント値から等級に換算するための係数と露出時間から等級を求めることができる。木曽観測所で観測した NGC1912 については、Hoag (1961) に掲載されている同星団の星の等級をもとに、カウント値から等級への換算を行うことができる。

天体の色は、異なるフィルターの観測によって得られたそれぞれの等級の差（色指数）によって表される。等級はカウント値の対数に相当するので、色指数はカウント比に対応していることがわかる。一方、測定によって得られた星団の星の色を理論モデルと比較するためには、それぞれの星団が受けている星間赤化について補正する必要がある。青い光ほど星間吸収の影響を強く受けるので、星間吸収の度合いが大きいほど天体の光は赤化するためである。また、このほかに必要な補正として、観測に用いたフィルターが標準システムとして定義されているフィルターと同一でないことによる等級の補正がある。ハッブル宇宙望遠鏡や木曽観測所で実際に用いられている B, V フィルターと、標準測光システムとして B 等級や V 等級を規定

している B, V フィルターの透過波長域は、大きく異なっているもの、完全に同じではないからである。

測定値の星間赤化補正やフィルター補正については、それぞれの星のカウント値を測定した後に行われることが一般に多いが、今回のわれわれの教材では、データ全体のカウント値を画像ごと定数倍することによって対処している。星間赤化の度合いが星団全体で共通と考えると、補正が必要な等級差の分だけカウント比を調節してやれば良いことになる。さらにわれわれはこの際、フィルターの違いによって生じる等級の一定のずれについても併せて考慮に入れ、補正を行っている。フィルターの違いによる等級の補正值は、正確には星のスペクトル型によって異なり、一定値ではないが、この教材の観測フィルターや、測定する星のスペクトル型の範囲によって生じるその差異は 0.1 等級程度以下であり^{*10}、後で掲げる色等級図の作成例（図 3, 4）からもわかるように、その値は実際の学習を進めるうえで問題となる量ではないからである。また、このようにカウント値を処理する場合、同じ視野に写っているが星団に属さない、いわゆるフィールドスターが、不適切な星間赤化補正を受けることになるが、このような星は色等級図を作成する際に、星団を構成する他の多数の星と異なる位置にプロットされることから、この点についても、学習指導上問題ないと考えている。教材で用いる画像データは、このような補正が済んだ B, V 等級がカウント値の対数をとるだ

^{*10} ハッブル宇宙望遠鏡のデータについては WFPC2 Photometry Cookbook (http://www.stsci.edu/hst/wfpc2/analysis/wfpc2_cookbook.html), 木曽観測所のデータについては Pandey et al. (2007) 参照。

けで得られるよう、あらかじめ加工したものとなっている。

データにはさらに、それぞれの星団が受けている星間吸収の補正を行っている。星間吸収は青い波長ほど大きいので、星の色を赤化する。赤化の影響を除去しておかないと、観測データから作成する色等級図と後述の理論曲線（理論的に予測される色等級図）を直接比較できないからである。

3) 処理補助用の表計算ソフトのマクロの開発

色等級図の作成には、 B 、 V 、それぞれの画像で測光した星のデータを同定し、その等級差（カウント比）を求めて横軸の値とし、 V 等級を縦軸の値としてプロットするという作業が必要になる。時間の限られた授業の中で、多数の星についてこれらを行うのは困難であるので、われわれは表計算ソフトを利用して、同定からグラフ作成までを自動化するマクロを開発した。前述の星間赤化補正、フィルター補正とともに、ある意味ブラックボックスを作ってしまったわけだが、大量の計算、作図作業よりも、グラフの形を観察してその意味を理解するという本質的な部分に授業の時間を費やすために、このような方法をとることとした。もちろん、時間的なゆとりがあれば、理解増進のために手作業を導入することも可能である。

測光データの同定については、それぞれの画像上の天体のピクセル位置が一定値以内（標準値は0.3ピクセル以内）であることを条件に行っている。横軸の色指数 $B-V$ は、前述の加工を行っているので、測光したそれぞれのカウント値の比を取ることによって、簡単に補正済の値を計算することができる。

4) 星団年齢の理論曲線

星団の年齢は色等級図上にプロットされた恒星の分布で判断する。今回用いた2種の星団は比較的新しい散開星団と古い球状星団である。それぞれの恒星の質量に由来する光度の違いから表面温度の高い恒星から順に進化が進み、色等級図の主系列星の上のほうから巨星側に形がずれていく。古い球状星団では赤い小さな恒星まで巨星の段階になっている。したがって、星団の年齢は主系列星から巨星への変化が見られる位置を折れ曲がり点（または転向点、転回点）というが、この折れ曲がり点が赤い低温の星に近いほど古いといえることができる。逆にほとんどが主系列星と変わらなければ、できたばかりの星団といえることができる。同時に形成された星団のそれぞれの質量の恒星がどのような進化をするのかは、恒星内部の進化の理論から知

ることができ、結果として星団を構成する天体の色等級図の形がどのようなになるか示すことができる。われわれの教材では、Bertelli et al. (1994) の理論計算をもとに、色等級図上でさまざまな質量の星が年齢ごとにどのような位置を取るかを参考図として示し、星団の年齢の判断材料とした。

5) ワークシート、ティーチャーズガイド

生徒が授業で使用するワークシートと教員用のガイドを用意した。ワークシートは実習の時系列に沿って記入すべき欄があり、それを埋めていくことで実習が進み、理解につながるように構成してある。ティーチャーズガイドは授業を進める際に教員が知っていると良いと思われる知識や指導のポイントとなる事柄について記述した。星団の色等級図、色指数とスペクトル型、星団の進化と色等級図の見方、測光と等級の関係などの用語の解説、授業案、ワークシート記入例などを載せた。

6) データセット、解析ソフト・マカリ

授業で使用するデータは球状星団、散開星団とも V バンドの画像、 B バンドの画像を用意した。また、どのような天体なのかあらかじめ生徒に提示をすることができるように全体画像も用意した。データの解析作業にはマカリを用いることを前提としている。解析を行った結果を処理して色等級図を自動作成するためのマクロを組み込んだ表計算のファイルも用意した。

解析ソフトも含めたこれら教材は Paofits ワーキンググループの WEB サイトで公開している (<http://paofits.nao.ac.jp/>)。また、解析ソフト・マカリは教育利用に関しては、無償で利用できる。(<http://makalii.mtk.nao.ac.jp/>)

3. 授業の実践

(1) 授業の配置と準備

筆者の一人が所属する高校で実際に教材を使った授業を行った。授業は2年生の地学 I 選択生徒2クラス81名について2008年2月にそれぞれ4時間ずつ使って実施した（表2）。生徒はこの授業までに、分光観測やスペクトル型、絶対等級、HR図、恒星の進化について学習している。また、星団のHR図について、散開星団と球状星団の相違についても恒星の進化と関連して学習している。

データを取り扱う授業は生徒一人1台ずつデスクトップ型PCを使うことができるPC教室で行った。実習の作業手順や留意点の説明は、ワークシートの展

表2 今回の授業に関連する授業の構成

	内容	場所	形式
1校時	色等級図の解説と次回の予告	普通教室	講義
2校時	データと解析ソフトの使い方 B画像, V画像の差	PC教室	実習
3校時	多数の恒星の測光マクロを利用して色等級図作成	PC教室	実習
4校時	色等級図から年齢推定 まとめ	普通教室	実習

表3 PC教室での授業の過程

校時	時間	生徒の活動	教員の活動	備考
1	5分 10分 15分 10分 5分 5分	説明を聞く 解析する星団を決める PCの起動 サーバからファイルをダウンロード. 解凍とインストール. マカリの操作練習. 教師機の画面を見ながら操作. ワークシートの記述に沿って 画像調整の結果を記入. ワークシートの記述に沿ってマカリ での測光結果を記入. Vが明るいものが赤い星だと気づけ ばよい. マカリの終了とPCシャットダウン	ワークシート配布, 目的の説明 隣同士異なる星団を選ぶように指示 データ, ソフトの説明 机間巡視と個別指導 マカリの起動と画像調整の説明 B, V画像を開き, 拡大や輝度 調整を説明 ワークシート記入の指示 B, V画像の星の測光を説明 ワークシート記入の指示 作業結果から B, V画像の明るさの意味に ついて考察させる. 次回予告と終了の指示	記録してあ れば, 次回以降 の参考にな る.
2	5分 5分 20分 10分 5分 5分	ワークシートを見ながら説明を聞く. PCの起動とデータのセッティング. 測光を繰り返す. 説明を聞いた後, 色等級図を作成. 色等級図と理論曲線を比較し, 年齢の 決定をする ワークシートを提出し, ソフトを閉じ, PCをシャットダウン.	本時の目標, 前時課題達成状況の確認と 反省 B, V画像を開くところまで指示 表計算ワークシートもダウンロードする よう指示. 100天体を目標に測光を指示 同一の天体の測光, 明るいものから暗 いものまで偏りなく測光するように指 示. 励まししながら机間巡視. 色等級図作成の説明. 測光結果をCSVファイル化して, 表計 算に読み込み, 色等級図作成までを説 明して, 作業を指示. 理論曲線を配布し, 星団の年齢を決め方 を説明. 終了の指示.	天体は多いほ ど良いが, あ まり多すぎる と表計算のマ クロの動作が 遅くなること も.

開に沿って、教師機の画面をプロジェクタに投影しつつ行った。使ったPCのスペックはCPUがCeleron 800 MHz、256 MBのメモリを搭載し、OSはMS-WINDOWS2000である。使用するデータやマカリのセットアップファイルはPC教室内の教材サーバに置き、授業の冒頭で場所を指示し、それを生徒がコピーするという方法を採用した。教室からインターネットも利用できるが、校内および学校から外への回線の太さや国立天文台に置かれているPaofitsの公開用サーバの能力を考えて、データの送受信に時間のかからないこのやり方とした。

(2) 授業時間の配分

授業はPC教室の実習に先立つ1時間を使って、天体撮像におけるフィルターの役割とHR図に替わる色等級図についての解説を行う。

PC教室での授業は2時間行った(表3)。最初の時間はデータやマカリの設定について解説し、B画像、V画像の同一の天体の測光を行い、カウント値を比較する事までを行った。次の時間はたくさんの恒星の測光を行い、そのデータをファイルとして保存し、表

計算ソフトのマクロを使って色等級図を作成した。できた色等級図を理論曲線と比較して、その星団の年齢を推定するところまでを行った。

(3) 授業の経過

PC教室での授業は次のような作業課程から成り立っている。丸数字は教材評価の際の項目に一致するように番号を付した。

① データ選択と解析ソフト・マカリのセッティング

まず、解析に取り組む星団を選ばせる。二人ずつ隣り合って座っているので、相談させて違う星団を選択するように指示した。

校内のサーバから必要なファイルを自分のPCにコピーし、データは解凍処理、マカリはインストール作業をする。授業を実施した高校のPCは電源を切ると元の設定に戻る仕組みになっており、授業のたびにこの作業が必要になる。

② 画像の調整

マカリを起動した後、画像データを開いて測光する。このさい、B画像、V画像とも同一の星団で明るい恒星、暗い恒星をまんべんなくサンプリングする必

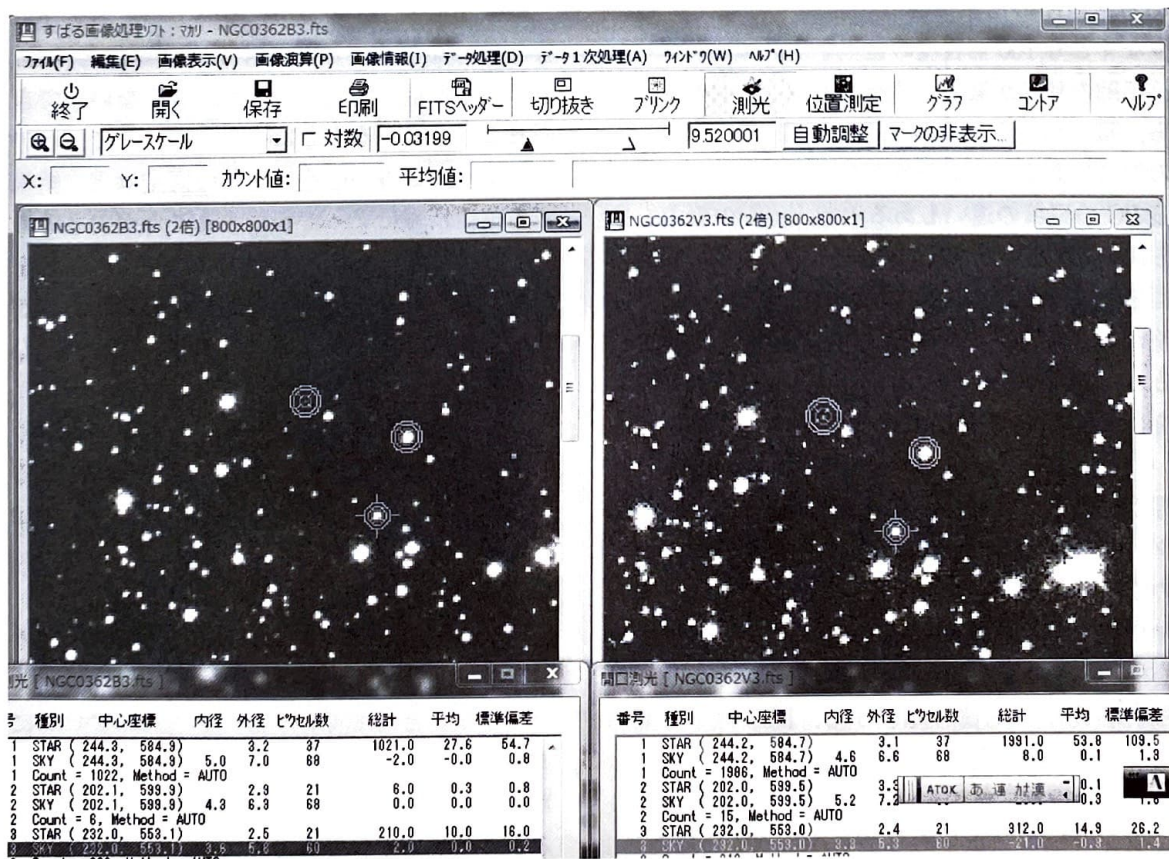


図2 球状星団の測光をしているところ。B画像(左)、V画像(右)とも同じ恒星を100個程度測光する。順番が違っても、表計算のマクロを使用すれば同一星の同定ができるようになっている。

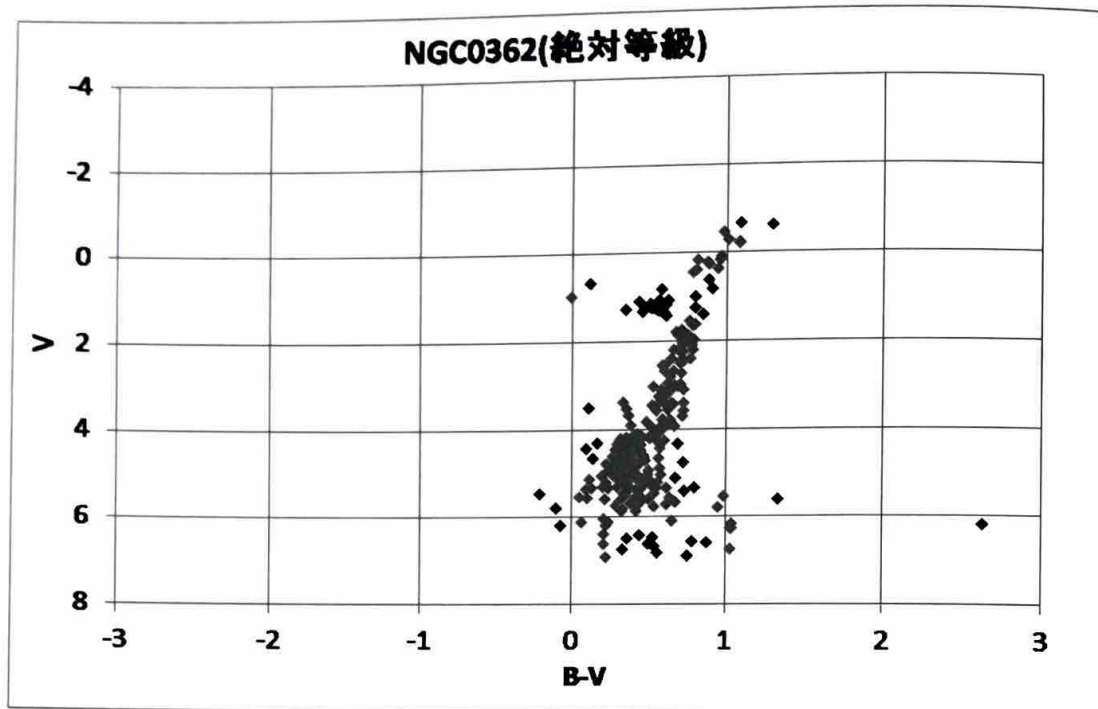


図3 球状星団 NGC362 の色等級図. 教材から得られるデータを使って, 表計算のマクロ機能によりグラフを作成した. 横軸は色指数, 縦軸は絶対等級.

要がある. 星団の前景や背景の恒星も写っているので, 少なくとも 100 個程度の恒星をサンプリングしないと, 年齢の判定が難しい. そこで, 両画像を見比べながら, 暗い恒星も見えるように画像の調整を行う. 教材の画像はある程度の調整がしてあるのだが, 学校による PC の環境の違いもあるので, 実際の表示を見ながら調整をする.

③ 恒星データの測光

調整が終わったら, B 画像と V 画像の意味を理解させるために, 任意の一つの恒星に注目しそれぞれの測光を行う. これは画像のなかで, 目立つものを選んでよい. 測光ダイアログは画像の画面に重なるので, 恒星像が見えるように少しずつする必要はある. また, 測光ダイアログは V 画像, B 画像とも個別の表示となるので両方開く作業が必要となる. 測光は画像画面上でマウスカーソルの形状が変わるので, その丸い形の中心で星をとると良い (図2). 1 個の恒星の測光が終わったらカウント値を比較する. 同じ恒星でも B 画像と V 画像の測光値が異なる値になることからフィルターの役割に気づかせる作業である. 前述のようにカウント値の補正をあらかじめ行っているため, 直接その値を比較することが可能になっている.

色等級図作成には先に述べたように, 100 個程度の

恒星の測光を行う必要がある. 少し時間を与えて, 十分な数になるまで測光をする. B 画像と V 画像の両方で同じ恒星を測光しなければならない. できるだけ同じように見えるように視野を調整して, ペアで測光するようこころがける. 恒星の同定は測光結果に付随する位置情報によって判断することができるので, 測光の順序は違っていても構わない. このことを伝えておかないと, 左右同時に順序を気にして作業が進まないことになる. また, 明るい恒星, 暗い恒星を画像の全体から偏りなく選ぶことを注意する. さらに, 複数の恒星が分離できないほど接近している場合や, ノイズに接近している恒星は測光しないようにするなどの注意が必要になる. 測光する星の数が多いのは支障にならない.

④ 測光データの CSV ファイル保存

十分な数のデータがとれたら, 結果を CSV ファイル (Comma Separated Values, カンマ区切りのデータファイル) として保存する. 測光ダイアログに保存ボタンがあるのでクリックすればよい. 自動的に B または V など元の画像の色の区別や星団名を区別できるように名前が付される.

⑤ 色等級図の作成

色等級図作成は表計算ソフトのマクロを組んだシ-

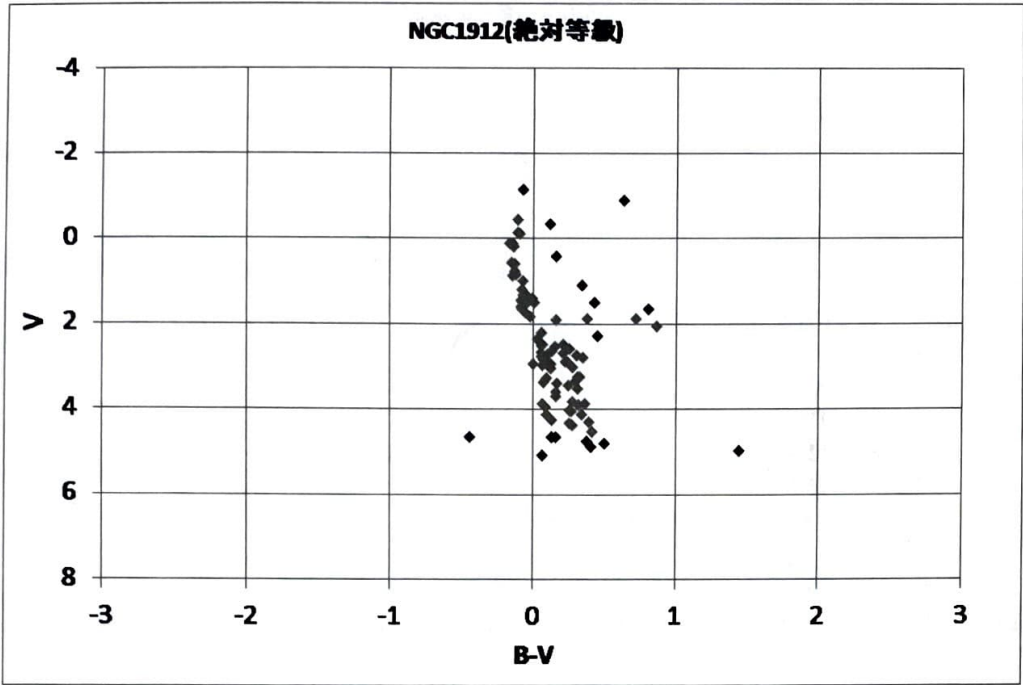


図 4 散開星団 NGC1912 の色等級図. 教材から得られるデータを使って、表計算のマクロ機能によりグラフを作成した. 横軸は色指数, 縦軸は絶対等級.

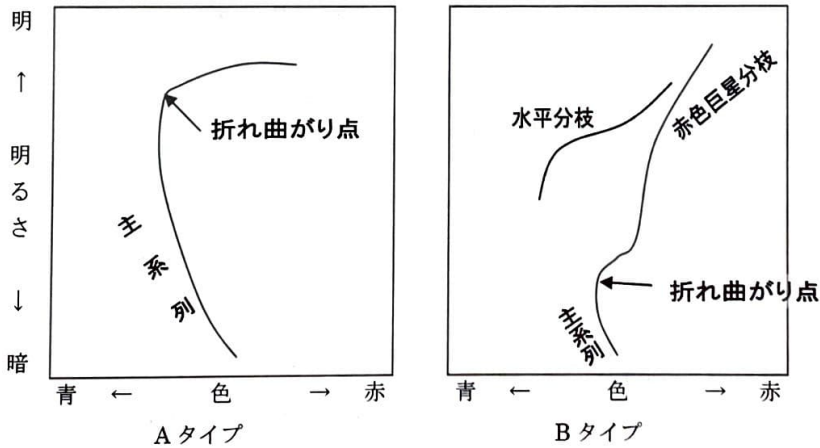


図 5 ワークシートに掲載した星団のタイプと色等級図の形状のイラスト. 「下の図を見ながら、あなた作成した色等級図がどちらのタイプなのか判断し、部分の名称を記入しよう.」という問いを設定している.

トを用意したのでこれを利用する. このマクロでは、星団別に B 画像と V 画像の CSV ファイルを読み込んだ後に、恒星の位置情報から同一恒星の判定を行い、V 等級と色指数 B-V を計算して、色等級図を描画することができる. 色等級図ができたら、プリントアウトする. 図 3 は球状星団 NGC362 のもの、図 4 は散開星団 NGC1912 の作成例である.

できた色等級図から、ワークシートに記載されてい

る図 (図 5) との比較から星団のタイプを判定する. ここでは、散開か球状かといった型の判定そのものを目的としていない. グラフの形状を正しく描けていて、続く年齢推定の考察に役立てるためと考えて良い.

⑥ 星団の年齢の推定

星団の年齢推定は理論曲線 (図 6, Bertelli et al. 1994) と比較して行う. 教材セットに用意した理論曲

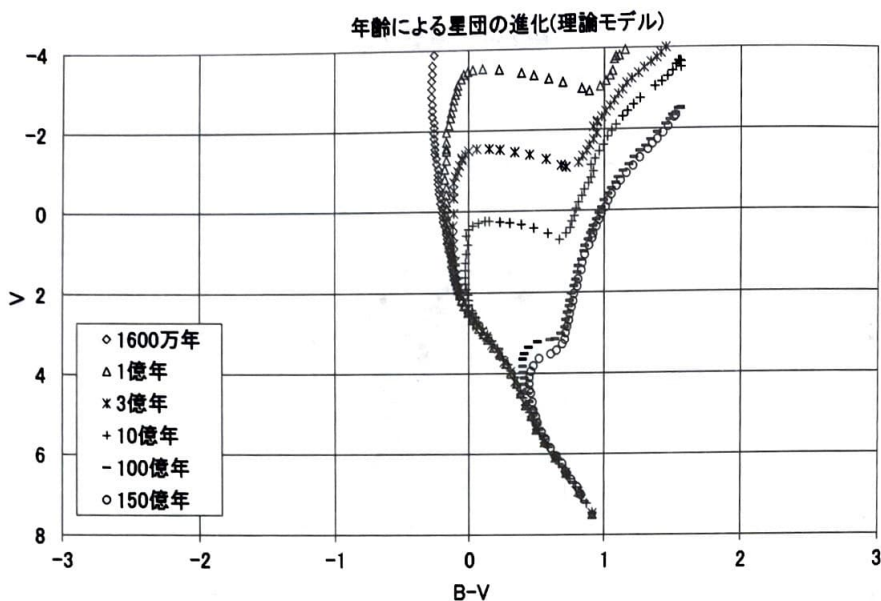


図6 理論的に求めた星団の年齢による色等級図. 教材の色等級図と同じ環境で印刷すれば, 横軸と縦軸の目盛りが一致する.

線は色等級図のプリントアウト環境と同じ場所で印刷すれば, 両者の縦軸と横軸が一致するようになっているので比較に便利である. 色等級図に主系列, 折れ曲がり点, 球状星団については巨星分枝, 水平分枝などを見つけて記入する. 全体の形をよく見て年齢を推定するように指示すると良い. 理論曲線が示す年齢のうち, 100億年と150億年は区別が付きにくいので100億年程度と読み取れば良いと考えておく.

4. 試行授業の結果

教材評価のため授業の前後にテスト形式のアンケートを実施した. また, ワークシートから生徒の活動を分析した. アンケートは資料1にあげるように正答を選択肢から選ぶ方式で, 事前と事後で比較ができるよう同じ内容の設問を設定している. ただし, 選択肢を変更してある. 事後アンケートのときに生徒の感想を尋ねるアンケートも実施した.

今回の分析は授業を行った生徒81名のうち, すべての授業に参加し, ワークシートを提出して事前事後アンケートに答えている58名を対象に行っている.

(1) ワークシートの分析

授業の進行とともに, 生徒はワークシートに必要な事項や気づいたことなどを記入していく形で授業を進めた. 生徒が作成したワークシートの結果に基づいて, 生徒の活動について考察する.

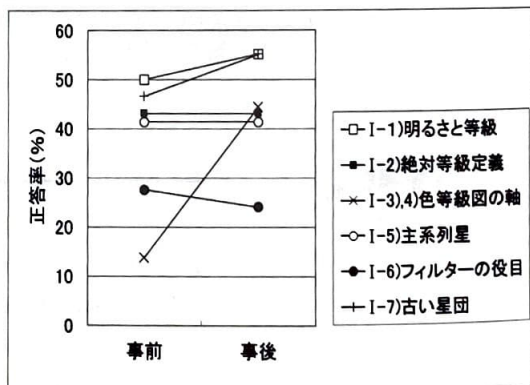


図7 事前、事後のテスト形式のアンケート結果 (資料1のI). 設問Iの1)~7)への回答の正答率. 3), 4)は色等級図の軸に関する設問なので二つ合わせて正答のものを数えた.

1) 星団タイプの判断

教材の画像データは, 星団の星がそれぞれほぼ視野全体に分布しているので, 画像から星団のタイプを判断することは難しい. そのため作成したグラフの形状から判断しなくてはならない.

散開星団か球状星団かの判断では, 球状星団を選んだ25名中21名(84.0%)が正しく判断した. 散開星団と誤って判定した生徒は居なかった. 判定しなかった4名の生徒のうち, 一人は測光データが少なく, 色等級図の形がうまく出なかったものである. しかし, いずれの生徒もその後の作業はうまくできているので, 単にワークシートへの記入漏れと判断できる.

散開星団を選んだ33名のうち, 正しく答えた生徒

は29名(88.9%)で、誤って球状星団としたものはいない。散開星団を選んだ生徒の中に判断しなかった者が4名いる。この生徒も球状星団の場合と同様、ワークシートへの記入漏れと判断できる。散開星団に取り組んだ生徒は巨星のデータが少ない者が多いが、主系列星はよく見えるので、誤認は少ない。

2) 星団年齢の判断

星団の年齢は図6に示した理論曲線と生徒が作成した色等級図を重ねて判断する。理論値が示す年齢は1600万年、1、3、10、100、150億年の各年齢である。生徒が答えた年齢は、球状星団はすべての生徒が100億年以上の値を求めている。また、散開星団は9割の生徒が3億～10億年と答えている。

(2) 事前事後調査から

今回の教材を用いたことによる生徒の変化を評価するために、一連の授業の直前と直後にそれぞれテスト形式のアンケートを実施した。

図7の「Iの3) 4) 色等級図の軸」の項目は、色等級図を全体として理解するために必要な縦軸と横軸の

意味を両方とも正しく答えた生徒であるが、大きく改善している。また、星団の色等級図の形から星団の年齢を決める設問も改善されている。

しかし、この調査から教材の使用による知識の定着はあまりできないことがわかる。ここでいう知識とは、等級の意味や絶対等級の定義といった正確に記憶する必要がある事柄を示す。フィルターの機能を聞く設問では正答率が少し下がっている。

(3) 生徒の感想

教材の作業の段階毎に生徒の感想を聞いてみた(資料1のII)。

まず、各段階の課題の達成感についてであるが、各段階とも9割近くの生徒が課題の目的を達成したと感じている(図8)。

次に作業段階の生徒の感じる難易度であるが、最後の年齢の推定は難しいと感じる生徒の割合が3割と、他と比べて多いのが目立つ。しかし、各段階とも易しいと感じている生徒が8割程度で、教材としてそれほど難解な物ではないと判断できる(図9)。aからfの

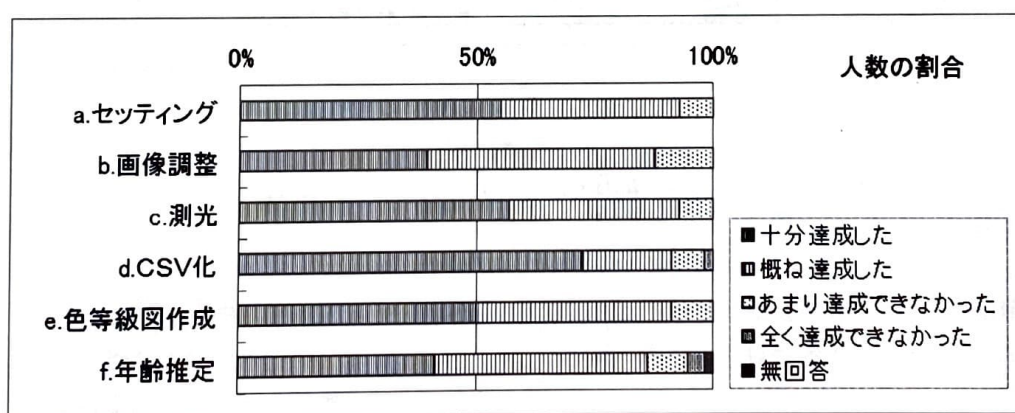


図8 作業段階別の達成感(資料1のII-1)。「設問 各段階の課題をどの程度達成できましたか。」に対する回答。

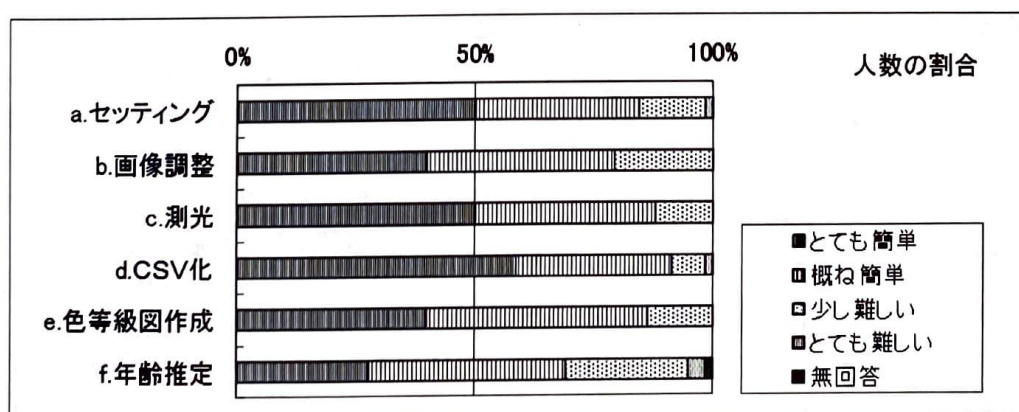


図9 段階別の難易度(資料1のII-1)。「設問 各段階の課題についてあなたが感じた難易度を教えてください。」に対する回答。

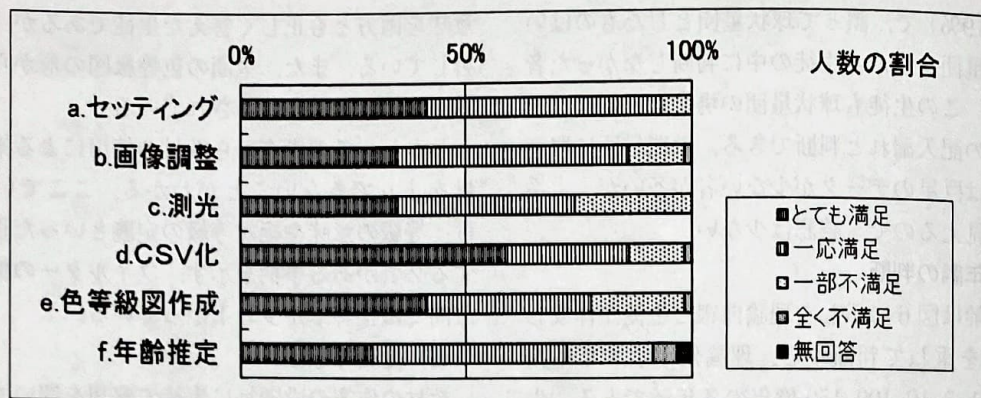


図10 段階別の満足感 (資料1のII-1)。「設問 各段階の課題について自分が求めた結果をどのように感じましたか。」に対する回答。

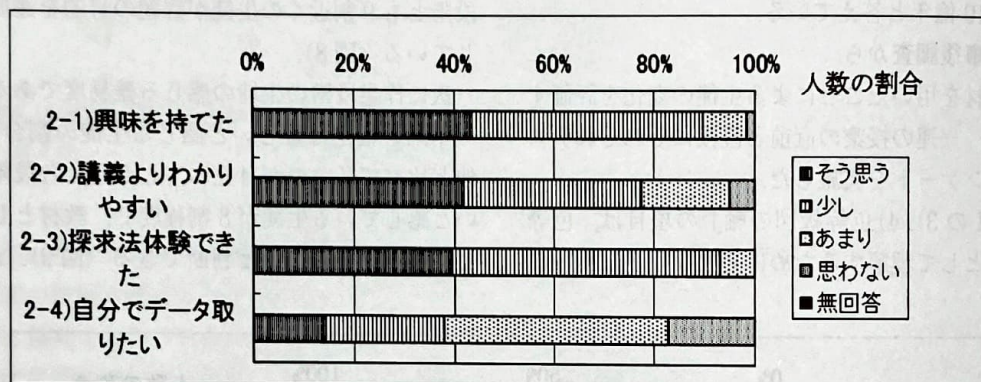


図11 興味関心などの感想 (資料1のII-2)。

解析ソフト・マカリの操作に関する部分や、eの表計算のマクロを利用する部分など、PCの操作については難しいと感じる生徒が少ない。

次に作業段階の満足感は段階が進むにつれて下がる傾向が見えるが、それでも8割は自分の結果に満足している様子がみてとれる (図10)。

今回の授業について、興味が持てたとするものはほぼ9割に達している。また、講義のみよりわかりやすいとするものは約8割いた。天文学の探究法が体験できたとする生徒も9割を越えており、この教材が困難さを伴わず、生徒の興味関心を喚起して、天文学の探究法を体験できるという感想を持たせるものであることがわかった (図11)。

5. 教材の評価

本教材の特徴として、研究用の画像を使用したことが生徒の興味関心を高めることになったこと、HR図のスペクトル型に代わる色等級図の導入が可能になったことがわかった。また、星団の年齢の推定も良好であることがわかった。以上のことから、本教材は高校の地学

の授業で十分活用できるものといえる。

(1) 色等級図

本教材ではHR図の代わりに色等級図を使い、そのグラフの形態から星団の年齢を推定できることを学ぶ。研究用の画像からデータを読み取り色等級図を作成する。ただし、色等級図は高校の教科書には本文で扱われていないので、使うためには解説が必要となる。今回の授業では色等級図の作成は難しく感じる生徒が1割程度で (図9)、目標を達成できたと感じる生徒も9割となっているので (図8)、ほぼ問題ないと考えてよい。ただし、B等級、V等級の意味や色指数B-Vが色を表していて、スペクトル型と対応していることが理解できた生徒は一部にとどまっているように思える。事前事後のアンケートの結果を見ても、模式的に描いたB画像やV画像の比較から、色を判断する設問はあまり正解率が高くなっていない。今後の課題としては、色等級図についての解説をどのように行えばより多くの生徒の理解が深まるか検討しなければならぬと考えている。

(2) 星団年齢の判断

本教材の作業の課題の到達点は星団の年齢を推定することである。そのためには色等級図の見方を理解しなければならない。まず、最初のステップとして色等級図の形から散開星団か球状星団かいずれかのタイプを判断させた。次のステップでは、星団の年齢に相当する分布を理論的に描いた理論曲線と読み比べて年齢を推定させた。

1) 星団のタイプの判断

前述のように、球状星団を選んだ25名中21名(84.0%)が正しく判断し、散開星団を選んだ33人中29名(88.9%)が正しく判断できた。判断をしなかった無回答の生徒はいたが、逆のタイプに誤って判断した生徒はいないという結果であった。

無回答の生徒のほとんどは、色等級図の形が判定の決め手となることを理解していなかったと思われる。この生徒たちの作成した色等級図は大きな誤りは見られなかった。また、ワークシートからは、その後に続く年齢の判定ができていたので、単に型のワークシートへの記入漏れであると判断して良い。

いずれにしても、球状星団と散開星団の色等級図の違いはしっかり識別できているので、教材の目的は達成できたと考えられる。

2) 年齢の推定

生徒が推定した年齢は、散開星団では3億年、球状星団では100億年以上のところに判断が集まった。

授業では測光を始める前に明るいもの暗いものまっぴんなく選ぶようにと指示を与える。しかし、散開星団では明るい星のデータが不足、あるいは、ばらつきがあるため、主系列の折れ曲がりを暗いほうにあると判断する場合がある。球状星団では、暗い星のデータが不足するために、折れ曲がりが見つけられない場合がある。それらの場合も理論曲線の最も形に近いものとして年齢を推定しているので、大きくはずれるものは少ない。

今回、球状星団で最も判断が多かったのは150億年である。ただし、理論曲線の100億年と150億年の差は小さく、いずれを判断してもやむをえないと考えられる。

球状星団の場合、暗い星のデータを十分得ることができないと、折れ曲がり点が見かけ上グラフの暗いほうに寄っているように見える。しかし、折れ曲がり点にこだわらず、グラフの全体をフィットするように考えれば、良い値を導くことができる。

(3) 事前事後調査の結果の分析

授業で学んだことを確認する意味でテスト形式のアンケートを行った。教材の理解につながる知識については大きく落ち込むことがないことが認められる(図7)。

改善された項目のうち、特に著しいものは色等級図の縦軸と横軸の意味を正しく理解することができる生徒が大幅に増えたことである。事前調査も事後調査も設問3は縦軸、設問4は横軸の意味を尋ねている。事前の設問3と4を同時に正しく答えた生徒は8名(14%)であったが、事後の同じことを聞く設問では26名(45%)と改善している。

また、設問7のグラフの概形から年齢の新旧を判断する問いの正答が27名(47%)から32名(55%)に増えている。色等級図を作成したり、理論曲線と比較したりする作業を通じて、恒星の進化についての理解が深まったと考えられる。

また、BおよびVの画像から恒星の色を答える設問の方は、事前の設問は一つの恒星の色を判断する形だが、事後の設問は二つを比較したものが正答になっているので、設問として、後者が正答と判断する難易度が高かったものと考えられる。

他の項目については大きな変化は認められない。

(4) 興味関心

興味関心を持った理由もアンケートで聞いているが、本物のデータであることや画像からデータが得られるという点を理由とした生徒が多い。この点は評価したい。生徒は普段と違う環境で実習などを行う授業を好む傾向があるが、今回のアンケートでは移動教室であること、実験実習であること、PCを使った授業であることなどを興味関心の喚起の理由として選んだ生徒は少ない。9割近い生徒が興味関心を持って取り組むことができ、課題の達成に対する満足感を得られるといった同様の結果を得た。

研究用のデータを教材化した二つの先行研究(原ほか, 2008, 2009)においても、同様の結果となっている。

6. ま と め

本教材の試行では、研究のために撮像されたデータが適切な整約を施すことによって、高校の地学の授業に活用できることがわかった。本教材の特徴である色等級図も作成過程においては大きな問題はなく、星団の判断や年齢の推定につなげることができた。このよ

うに、実際の天体の画像を使うことによって、生徒の興味関心を喚起することもわかった。また、図像の形から年齢を読み取るという知識の定着を測ることができた。

教室の中で、二つの異なるタイプの星団について同時に作業をさせた結果、両者を比較することができ、生徒たちはそれぞれの違いを見いだすことができた。この教材を単に、NGC362やNGC1912の年齢を決めるものと考えずに、星団のタイプの違いがあることや、それが年齢の違いになっていることの理解につなげるものとして行うことができる。

球状星団についてはハッブル宇宙望遠鏡による観測データなので分解能が高く、暗い星までうまく測定ができる(図4)。散開星団(図3)より、およそ2等級暗い星まで測定することができている。これにより球状星団中の折れ曲がり点(または転向点、転回点)付近の主系列星を判別しやすく、星団のタイプや年齢を推定するのに有効に働いている。

今後の課題として、先の考察のように色等級図の色指数の意味の理解を深めるための工夫が必要だと考えられる。また、理論曲線の年齢設定が10億年から100億年の間になく大きくあいているので、この間に一つ設定がほしいところである。今後検討していきたい。

現在は球状星団、散開星団とも1天体ずつであるが、可能ならばもう少し天体の数を増やして、若い物から古い物まで折れ曲がり点の位置が赤い側にしだいに寄っていくことを考察できるような教材として授業を構成することも考えられる。

謝 辞 本研究は文部科学省科学研究費補助金「本格的観測画像を用いた実践的な天文教育カリキュラムの開発」(課題番号 17500620)「本格的な天体観測画像を利用した自然認識力強化のための体験型科学教育プログラムの開発」(課題番号 20500797)の助成を受けて行われた。ここに感謝する。また、教材開発の過程において、国立天文台の共同研究による助成を受けた。ここに感謝する。

天体の選定や理論曲線の作成に当たっては、国立天文台の市川伸一氏から多大な協力を得た。ここに感謝する。

授業の実践に当たっては、埼玉県立豊岡高校の情報科の小島正順教諭にPC教室の使用時間やサーバ利用の便宜を図っていただき、また、技術的な問題解決の

ために貴重な時間を割いてさまざまな有益なアドバイスをいただいた。ここに感謝する。

引用文献

- Bertelli, G., Bressan, A., Chiosi, C., Fagotto, F. and Nasi, E. (1994): Theoretical isochrones from models with new radiative opacities. *Astronomy and Astrophysics. Supplement series*, **106**, 275.
- De Angeli, F., Piotto, G., Cassisi, S., Busso, G., Recio-Blanco, A., Salaris, M., Aparicio, A. and Rosenberg, A. (2005): Galactic Globular Cluster Relative Age. *Astronomical Journal*, **130**, 116-125.
- Dias, W. S., Alessi, B. S., Moitinho, A. and Lépine, J. R. D. (2002): New Catalogue of Optically Visible Open Clusters and Candidates. *Astronomy and Astrophysics*, **389**, 871-873.
- 戎崎俊一 (1995): ゼミナール宇宙科学. 東京大学出版会, 29-52.
- 古荘玲子・原 正・洞口俊博・PAOFITS WG (2004): リアルデータを教室に — 公開天文台ネットワーク PAOFITS WG の活動一. *天文月報*, **97**, 149-155.
- Hanisch, R. J., Farris, A., Greisen, E. W., Pence, W. D., Schlesinger, B. M., Teuben, P. J., Thompson, R. W. and Warnock, A. (2001): Definition of the Flexible Image Transport System (FITS). *Astronomy and Astrophysics*, **376**, 359-380.
- Kharchenko, N. V., Piskunov, A. E., Röser, S., Schilbach, E. and Scholz, R.-D. (2005): Astrophysical parameters of Galactic open clusters. *Astronomy and Astrophysics*, **438**, 1163-1173.
- 原 正・五島正光・洞口俊博・縣 秀彦・矢治健太郎・古荘玲子・金光 理 (2008): Ia型超新星を使った銀河の距離測定の指導. *地学教育*, **61**, 113-122.
- 原 正・畠 浩二・五島正光・洞口俊博・金光 理・古荘玲子・矢治健太郎・PAOFITS ワーキンググループ (2009): 研究用銀河スペクトル画像を用いたハッブル則の高校向け教材の開発と試行. *地学教育*, **62**, 151-165.
- Hoag, A. A. (1961): Photometry of Stars in Galactic Cluster Fields. *Publications of the US Naval Observatory*, 2nd Ser., **17**, 347.
- Horaguchi, T., Furusho, R., Agata, H. and Paofts WG (2006): FITS Image Analysis Software for Education: Makalii. In: C. Arviset, D. Ponz and E. Solano (eds.), *Proceedings of Astronomical Data Analysis Software and System XV. ASP Conference Series*, **351**, 544-547.
- 松田時彦・山崎貞治・江里口良治・磯崎行雄・友田好文・有山智雄・岡田昌訓・岡本 清・柴山元彦・寺戸真・永田 洋・増田哲雄 (2006): 高等学校地学I改訂版, 新興出版社啓林館, 221-222.
- 西浦慎悟・柏木雄太 (2010): ヘルツシュブルング・ラッ

- セル図の描き方～マカリィと Open Office Org. を使って～. 天文教育, **22**, 35-42.
- 大森昌衛・森本雅樹・井本伸廣・黒川勝己・佐藤 武・鈴木尉元・野村 哲・丸山健人・守屋以智雄・小森生長・足立久男・石田吉明・坂本隆彦・宮城春耕 (2006): 地学 I 新訂版・実教出版, 169-170.
- Pandey, A. K., Sharma, S., Upadhyay, K., Ogura, K., Sandhu, T. S., Mito, H. and Sagar, R. (2007): Stellar contents of two intermediate age clusters; NGC1912 and NGC1907. *Publication of the Astronomical Society of Japan*, **59**, 547-558.
- Piotto, G., King, I. R., Djorgovski, S. G., Sosin, C., Zoccali, M., Saviane, I., De Angeli, F., Riello, M., Recio-Blanco, A., Rich, R. M., Meylan, G. and Renzini, A. (2002): HST color-magnitude diagrams of 74 galactic globular clusters in the HST F439W and F555W bands. *Astronomy and Astrophysics*, **391**, 945-965.
- 田中義洋・縣 秀彦・小池邦昭 (2002): 中学校における恒星の多様性に関する学習の提案 ―ハッブル宇宙望遠鏡撮影画像を用いた HR 図作成実習の評価―. 地学教育, **55**, 135-139.

原 正・五島正光・洞口俊博・古荘玲子・大島 修・矢動丸 泰・金光 理：星団の色等級図作成と年齢を推定する高校生向け教材の開発と授業実践―研究用資源を利用した天文教材の開発― 地学教育 **64** 巻 **5・6** 号, **131-150**, **2011**

〔キーワード〕 高校生, 天文教育, FITS データ, 色等級図, マカリ, 研究活動

〔要旨〕 HR 図は高校地学の教科書にも掲載される重要な概念である。HR 図のさまざまな学習内容のうち、今回は球状星団と散開星団の年齢を推定する教材を開発した。たくさんの恒星の色の測定をするため、HR 図ではなくそれと同等の色等級図を作成するものとした。データはもともと別の目的で研究用に撮像されたものを、時間に制限のある授業で使いやすいように整約しておき、解析ソフト・マカリを用いて測光するようにした。画像から測定した色等級図と星団の形成年齢別に理論的に求めた色等級図上の曲線とを比較して年齢を推定する。実際に高校の授業で試用した結果、球状星団と散開星団の区別は容易で、年齢もそれぞれ 3 億年と 100 億年と問題なく推定できることがわかった。事後に実施したアンケートによると、研究用画像の使用は生徒の理解を妨げることはなく、8 割以上の生徒の興味や関心を高めることが確かめられた。

Tadashi HARA, Masamitsu GOSHIMA, Toshihiro HORAGUCHI, Reiko FURUSHO, and Osamu OHSHIMA, Yasushi YADOUMARU and Osamu KANAMITSU: Development of the Teaching Material for High-School Students to Determine Stellar Cluster Age Based on a Color-Magnitude Diagram. *Journal of Education of Earth Science*, **64**(5・6), 131-150, 2011

資料1 事後調査票とアンケート用紙

I これは天文分野の教材開発の参考にするもので、他の目的には使いません。ご協力ください。

() 年 () 組 () 番 氏名 ()

次の問題文を読んで下の設問に答えてください。選択肢の番号を丸で囲んでください。

1. 星のみかけの明るさを等級で表したとき、もっとも明るいのは次のうちどれか。

- ① 6 等級 ② 0 等級 ③ -4 等級 ④ 9 等級 ⑤ 1 等級 ⑥ わからない

2. 絶対等級とは何ですか。次の①～⑦のうち、最も適するものを選び。

- ① 天体から届いた光子の数を等級で表したもの
② 天体を基準とする距離に置いたときの明るさを等級に直したもの
③ 地球から見たままの天体の明るさを示している
④ 基準となる天体と比較してどのくらいの等級になるか決めたもの
⑤ 国際的に決められた特別な測定装置で測った天体の明るさ
⑥ わからない

3. HR図（または色等級図）で縦軸はなにを表しているか。

- ① 三角視差 ② 見かけの等級 ③ 絶対等級 ④ 質量 ⑤ 色（スペクトル型）
⑥ わからない

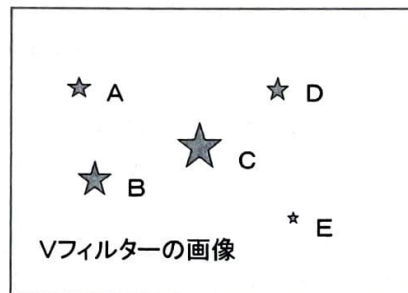
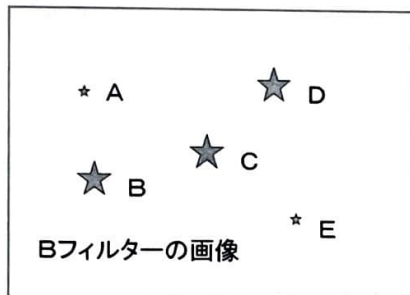
4. HR図（または色等級図）で横軸はなにを表しているか。

- ① 三角視差 ② 見かけの等級 ③ 絶対等級 ④ 質量 ⑤ 色（スペクトル型）
⑥ わからない

5. HR図（または色等級図）の主系列星について、間違った記述はどれか。

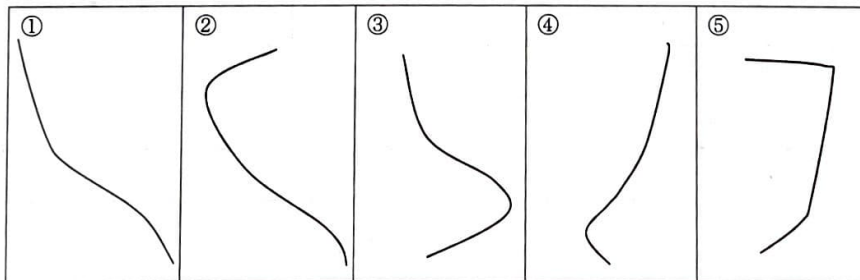
- ① 赤いもの（右側）ほど寿命が長い。
② 青いもの（左側）ほどたくさんのエネルギーを出している。
③ 主に水素の核融合によって放射のエネルギーが発生している。
④ 主系列星として寿命になると巨星へと変化する。
⑤ 時間がたつにつれてHR図の右下から左上へと進化するようすがわかる。
⑥ わからない

6. 恒星の明るさを青い光のみ透過するフィルターにかけてはかったものをB等級、同様に緑の光のみ透過するフィルターを使った場合はV等級という。同じ星団を観察してつぎの画像を得た。これから判断して正しいものはどれか。



- ① 星Aはこの中では最も青い方だ。
- ② 星Bはこの中では最も赤い方だ
- ③ 星Cはこの中では最も青い方だ。
- ④ 星Bと星Dは同じ色だ。
- ⑤ 星Bと星Eは同じ色だ。
- ⑥ わからない。

7. 次の図はいくつかの星団のHR図を模式的に示したものである。この中からできてから最も時間がたっている星団のHR図はどれか。なお、いくつかHR図として自然界ではあり得ないものも含まれている。



- ⑥ わからない

Ⅱ. 今回の実習ではいろいろな天文台で研究を目的に観測された実際のデータ (FitsData 形式という) を使っています。このような本格的なデータを用いた実習についての感想等をきかせてください。

1. 今回実施した星団の年齢を推定する実習について、a～fの段階別にあなたの考えをたずねます。下の選択肢の丸数字を使って回答欄に記入してください。

1) 各段階の課題をどの程度達成できましたか。

①十分達成した ②概ね達成した ③あまり達成できなかった ④全く達成できなかった

2) 各段階の課題についてあなたが感じた難易度を答えてください。

① とても簡単だった ② 概ね簡単だった ③ 少し難しい ④ とても難しい

3) 各段階の課題について自分が求めた結果をどのように感じましたか。

① とても満足できる ② 一応満足できる ③ 一部不満足 ④ まったく不満足

回答欄

作業の段階	設問 1)	設問 2)	設問 3)
a ソフトやデータのセッティングする			
b 画像の見やすく調整する			
c 測光する			
d 測光データをファイルに保存する			
e HR図 (色等級図) を作成する			
f 星団の年齢を推定する			

2. 今回の授業（実習）をどう感じましたか。自分の考えに近いものを選んで○を付けてください。理由の選択肢は複数選んでもかまいません。理由で「その他」を選んだ人は（ ）に理由を記入してください。

1) 実習はおもしろいと思いましたか。

	1.そう思う	2.少しはそう思う	3.あまりそうは思わない	4.そうは思わない
理由	1.特別教室での授業だったから 2.講義ではなく実習だったから 3.本格的データを使うことができたから 4.画像からデータがとれたから 5.研究のやり方がわかったから 6.パソコンを使うのが得意だから 7.数字やグラフを扱うのが得意だから 0.その他 ()	1.特別教室での授業だったから 2.講義ではなく実習だったから 3.本格的データはわかりにくかったから 4.画像の意味がよくわからなかったから 5.研究といわれても自分には関係がないから 6.パソコンを使うのが苦手だから 7.数字やグラフを扱うのが苦手だから 0.その他 ()		

2) 講義だけで終わるより、授業内容の意味がわかりやすくなったと思いますか。

	1.そう思う	2.少しはそう思う	3.あまりそうは思わない	4.そうは思わない
理由	1.特別教室での授業だったから 2.時間をかけて課題に取り組むことができたから 3.本物のデータを使うことができたから 4.画像からデータがとれたから 5.研究のやり方がわかったから 6.パソコンを使うのが得意だから 7.数字やグラフを扱うのが得意だから 8.実験や実習が得意だから 0.その他 ()	1.特別教室での授業だったから 2.時間に追われて何をやっているかわからなかったから 3.データよりも本に書いてある方がわかりやすいから 4.画像の意味がよくわからなかったから 5.研究といわれても自分には関係がないから 6.パソコンを使うのが苦手だから 7.数字やグラフを扱うのが苦手だから 8.実験や実習は苦手だから 0.その他 ()		

3) この実習で天文学の探究方法を体験することができたと思いますか。

	1.そう思う	2.少しはそう思う	3.あまりそうは思わない	4.そうは思わない
理由	1.時間をかけて課題にとりくむことができたから 2.講義ではなく実習だったから 3.本物のデータを使うことができたから 4.画像からデータがとれたから 5.天文学に以前から関心があったから 6.パソコンを使うのが得意だから 7.数字やグラフを扱うのが得意だから 0.その他 ()		1.手順に追われて何をやっているかわからなかったから 2.講義ではなく実習だったから 3.本物のデータはわかりにくかったから 4.画像の意味がよくわからなかったから 5.天文学は自分には関心がないから 6.パソコンを使うのが苦手だから 7.数字やグラフを扱うのが苦手だから 0.その他 ()	

4) 誰かが取ったデータではなく、自分でもデータを取ってやってみたいと思いますか。

	1.そう思う	2.少しはそう思う	3.あまりそうは思わない	4.そうは思わない
理由	1.誰が撮ったかわからないのは信用できないから 2.機械の操作が得意だから 3.天体観測もやってみたいから 4.天文学研究のすべての段階を体験してみたいから 5.自分のデータでも何か結果が出せそうだから 6.課外授業が楽しそうだから 0.その他 ()		1.データを取ることに興味はないから 2.機械を操作して自分でデータがとれる自信がないから 3.天体観測はやりたくないから 4.天文学は自分には必要ないから 5.自分のデータで結果が出せるとは思えないから 6.授業以外で時間をとりたくないから 0.その他 ()	

3. 今回の実習と授業について、気が付いたことや改善して欲しい点など、意見や感想を自由に書いてください。

()年 ()組 ()番 氏名 ()

ご協力ありがとうございました。

中学校理科における「モジュール学習」での スモールスケール堆積モデル教材の活用

Usage of the Small-Scale Stratum Model in Modular Learning for
Junior High School Science in Japan

利根川浩子*¹・鎌田正裕*²

Hiroko TONEGAWA and Masahiro KAMATA

Abstract: A small-scale stratum model was developed and applied to modular learning in junior high school science, Japan. In the modular learning, twelve- and thirteen-year-old students were instructed to assemble the stratum model individually and, using the model, observe how a stratum is formed. Students were told to assemble and use the model without a teacher's direct help, and that they should be able to determine the relationship between particle size and settling velocity of the particle using the model. In addition, most of the responses from the students were positive about the modular learning.

Key words: stratum, small-scale, modular learning, junior high school

1. はじめに

国際学習到達度調査 (PISA) などの各種調査から、我が国の児童・生徒については、その学習意欲や学習習慣に課題があることが指摘されている (文部科学省, 2008)。学習意欲に欠ける子どもたちの多くは学習習慣が身につけていないことが多く、このような児童・生徒たちの学習意欲を向上させるためには学習に対する興味・関心を高め、子どもの自己学習能力を高めるための工夫が必要である。これについては、生徒一人ひとりが主体的に実験・観察を通して学習を進めることができる「モジュール学習」が有効な方法の一つと考えられる。「モジュール学習」には、学習教材を最小単位とし、学習内容や順序を生徒自身が組み立てていく「教材モジュール」と、学習時間を最小単位とする「時間モジュール」などがある。一般的には、モジュール学習 (モジュールシステム, モジュラスケジューリング) と言えば、学習の基本単位を 15, 20 分としたうえで授業内容などに応じて時間割編成を行う

もの、すなわち、「時間モジュール」の意味で用いられることが多い (安彦ほか, 2002; 今野ほか, 2003; 岩内ほか, 2010)。その一方で、学習内容や順序を児童・生徒の選択に委ねた柔軟な学習形態を指すこともあり (山崎・片上, 2003)、「教材モジュール」はこれに該当する。

「時間モジュール」を行う場合は学校全体での取り組みが必要となり、実施するまでの組み立てが困難な場合が多い。そこで、理科の教科特性と中学校での実施のしやすさを考え、中学校理科の地学単元の学習内容を「教材モジュール」にし、生徒が個々に学習に取り組むことができる「モジュール学習」を実践した。本論文では、「モジュール学習」は、教材モジュールを活用した学習形態を指すものとする。詳細は香川大学教育学部附属坂出中学校の実践 (香川大学附属坂出中学校, 1982, 1987) などを参照されたい。

一方、前報 (利根川ほか, 2011) で報告した、ガラス粒子とポリビニルアルコール (PVA) 水溶液を用いたスモールスケール堆積モデル教材は、生徒一人ひと

*¹ 埼玉県狭山市立中央中学校 *² 東京学芸大学大学院
2011年5月17日受付 2011年11月19日受理

りが作製・実験することができ、「モジュール学習」に適した教材といえる。先の研究で、小学校第6学年を対象に堆積モデルを授業で試用したところ、的確な指示があれば6年生の児童でも容易に組み立てることができ、このモデルを用いて粒子の大きさと沈降速度の関係について正しく把握することができた。そこで、本研究では、中学校第1学年の地学単元の授業で堆積モデル教材を取り入れた「モジュール学習」を実施し、同教材が「モジュール学習」の中においても役立つことを、「モジュール学習」そのものの有効性と共に検討することにした。

2. 地層の堆積モデル教材を導入した「モジュール学習」

(1) 授業実践のねらい

中学校第1学年の生徒を対象に下記の3点を明らかにすることを本実践のねらいとした。

- ・生徒一人ひとりが、堆積モデル教材（単層モデル）を作製し、これを使って実験することで、液体中の粒子の沈降速度がその大きさによって決まることに気づくことができるか。
- ・生徒一人ひとりが、2層の堆積を観察できる堆積モデル（「複層」モデル）で実験を行い、地層は下にある層のほうが古いことに気づくことができるか。
- ・地学単元で「モジュール学習」そのものが生徒にどのように受け入れられるか。

(2) 対象

本実践は、埼玉県内の公立中学校1年生3クラス(99名)を対象として行った。生徒たちは「モジュール学習」を行うのは初めてであった。

(3) 「モジュール学習」の構成

中学校第1学年第2分野の「大地の成り立ちと変化」から「地層の重なりと過去の様子」（三浦ほか、2006）を図1のような7時間扱いの「モジュール学

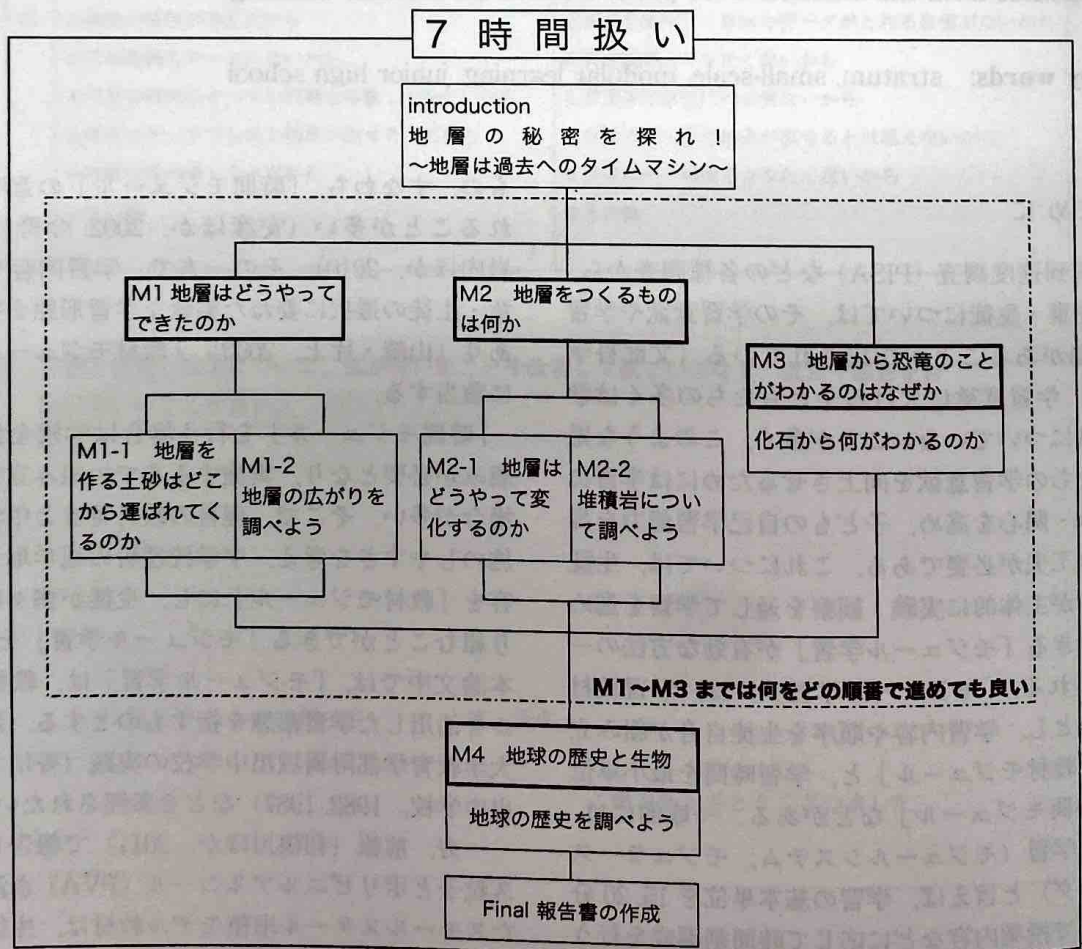


図1 「モジュール学習」授業の構造

表1 「モジュール学習」で行う実験・観察

モジュール		実験・観察
M1 地層はどうやってできたのか？	1 地層をつくる土砂はどこから運ばれてくるのか	花こう岩の加熱・冷却による風化
	2 地層の広がり調べよう	地層堆積モデルの作製と実験
M2 地層をつくるものは何か	1 地層はどうやって変化するか	断層・しゅう曲モデル実験
	2 堆積岩について調べよう	堆積岩標本の観察 石灰岩とチャートの見分け方
M3 地層から恐竜のことがわかるのはなぜか？	化石から何がわかるのか？	アンモナイトのレプリカ作り 化石標本の観察
M4 地球の歴史と生物	地球上の生物の歴史を調べよう	地球史年表の確認と、地球の歴史のビデオ教材視聴

表2 教科書会社による「大地の成り立ちと変化」の学習順序の違い

	新しい科学（東京書籍）	未来へひろがるサイエンス（啓林館）
1	地層はどのようにしてつくられるのか	化石が教えてくれること
2	地層を作るものは何か	地層はどのようにしてできるのか
3	地層から何がわかるか	地層を作る岩石を調べてみよう
4	身近な大地の歴史	地層を調べてみよう

表3 導入の授業展開

	生徒の活動	備考
導入 25分	・ 「恐竜」について知っていることを1分間でできるだけたくさん書き出す。 ・ 書いたことを発表する。 ・ 「恐竜」の生活していた年代について確認する。 ・ 人間と恐竜は共存していたことがないことを確認する。 ・ なぜ、人間は恐竜について知ることができたかを考える。	・ 正確に知っていることでなくてもかまわないと伝え、できるだけたくさん書き出し、学習への意識づけをする。 ・ 小学校の時の知識を振り返る。 ・ 地層、化石という言葉につなげる。
モジュール学習についての説明・準備 20分	・ 「モジュール学習」についての説明・ルールを確認する。 ・ 配付されたワークシートをノートに貼り、「モジュール学習」の準備をする。	・ 1人1実験、座席の使い方などの注意をする。 ・ ワークシートの紛失がないよう、必ずノートに貼るよう指示する。
まとめ 5分	・ 次時のルールを再確認する。	・ 次時は授業の初めから「モジュール学習」の座席に着くよう指示する。

表4 2～7 時間目の授業展開

	生徒の活動	備考
始業前	・ 自分の学習したいテーブルに着席する。	・ 始業前には実験を始めない。
導入 5 分	・ 教師の話を聞く。	・ 注意点等あれば確認する。(片付け、ルールの再確認、現在の時数等)
モジュール学習 40 分	・ ワークシートにしたがって学習を進める。 ・ 実験手順は手順書で確認する。 ・ ワークシート終了後 1 枚ごとに教師に確認してもらい、確認印をもらう。 ・ すべてのモジュールが終了したら、新聞形式の報告書を作成する。	・ 火を使うところ、難易度の高い実験を行うところ、支援が必要な生徒等を中心に机間巡視を行う。 ・ ワークシートの確認は、答えは教えず、思考の手掛かりを与える。 ・ 言葉による評価を心がける。
まとめ 5 分	・ 使った器具、場所を片付ける。 ・ 教師の話を聞く。	・ 5 分前の声かけをする。 ・ 残り時数等の声かけをして終了する。

習」として組み立て、それぞれのモジュールに表1に示した観察や実験、映像視聴等を取り入れた。この単元は表2のように学習内容の構成が教科書によって異なり(吉川ほか, 2006)、学習順序を入れ替えて学習することの影響が少ないため、「モジュール学習」に適した単元だと考えられる。地層の堆積モデル教材は、表1中の「M1-2 地層の広がり調べよう」を学習するモジュールで扱った。

(4) 授業実践の展開

「モジュール学習」の導入として、1時間目に表3のような教師主導の授業を行い、単元のワークシートすべてを配付し、授業形式についての説明をした。2時間目以降は表4のように教師からの説明は始業時と終業時のみとし、学習場所については、図2のようにモジュールごとに理科室内の机を指定した。実験器具などは各机上にあらかじめ準備しておき、生徒には自分の学習したい場所に移動して個々に学習を進めるよう指示した。

(5) 地層の堆積モデルの活用

地層の堆積モデルを取り入れたモジュール「M1-2 地層の広がり調べよう」では、図3のようなワークシートを使用し、地層のでき方について単層モデルの作製・実験と「複層」モデルの実験から、生徒一人ひとりが確認できる場を確保した。また、各生徒がそれぞれのペースでモデルの作製と実験に取り組めるよう、モデルの使用法および実験方法を解説した写真入りの手順書を用意した(図4, 5)。

3. 生徒の反応と教材に対する評価

「モジュール学習」における地層の堆積モデル教材の有効性を確認するため、すべてのモジュールが終了

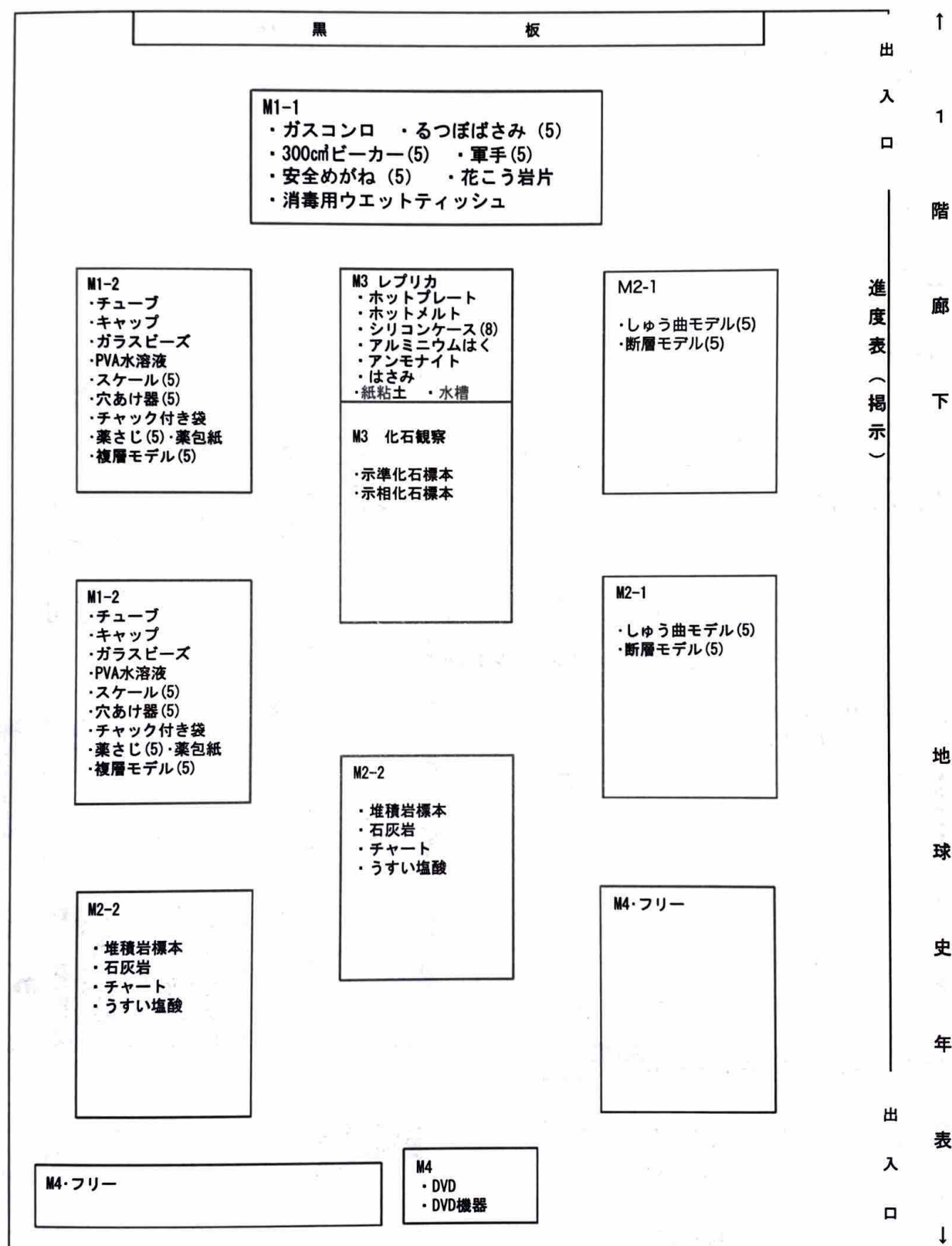
した生徒に地層の堆積モデル教材および今回行った「モジュール学習」についてのアンケート調査を実施した。

(1) 地層の堆積モデル教材について

アンケートの結果を質問文とともに図6に示す。単層モデルの作製については、94%の生徒が「簡単だった」・「まあ簡単だった」を選択している。このことから、写真入りの手順書を見ながら単層モデルを作製することは、中学1年生にとって容易であったと判断できる。また、「水の中では大きい粒が先で、小さい粒が後に沈むことがわかりましたか?」という問いに対し、81%の生徒が「よくわかった」と回答し、「まあわかった」も合わせると99%の生徒が肯定的な回答をしていた。

「2層タイプのモデルを使って重なった層を作ることとは簡単でしたか?」という問いに対しては、「簡単だった」と答えた生徒が35%で半数を下回ったものの、「まあ簡単だった」と合わせて82%となるため、「複層」モデルについても、写真入りの手順書があれば中学生にとって実験操作はそれほど困難ではないものと判断できる。また、「地層は下に積もっている物のほうが古いことはわかりましたか?」という問いに対しても、「よくわかった」、「まあわかった」を合わせて99%という回答が得られた。

生徒の理解度を上記のアンケート結果のみで評価することにはやや無理がある。しかし、授業に対する感想には件数にして約15%ほどではあるが、本堆積モデルに対して肯定的な意見や地層のでき方について述べたものが見られた(表5)。このことは、本堆積モデルには生徒の興味関心を高める効果に加え、学習内容の理解を助ける効果があることを意味するものと考



() 内の数字は教材の数を表す

図2 「モジュール学習」時の机配置

M1 地層はどのようにしてつくられるのか

M1-2 地層の広がりを調べよう

<確認しよう 教科 p.71 参照>

風化や浸食により細かく砕かれた岩石は、その粒の大きさにより、() とよばれる。

粒のよび方	粒の大きさ
れき	
	1mm~2mm
泥	

れき	砂	泥
指でつまみ上げられるくらい、それより大きい岩石のかけら	指でざらざらと感じる大きさの岩石の粒	指では粒子であることを感じられないくらい細かい岩石の粉

<http://georoom.hp.infoseek.co.jp/Told/1quarter/121muikana.htm> 参照

◆堆積モデルを作って調べよう。(写真手順書参照)

<使い方>

- ① 10 回以上よく振る。
- ② キャップを下にして机に立て、堆積のようすを観察する。
- ③ 何度か観察し、きづいたこと、わかったことを下に記入しましょう。

◆実験終了後、作成した堆積モデルは袋に名前カードを入れて教卓前のクラスのかごに提出。

粒の大きさと沈む速さの関係

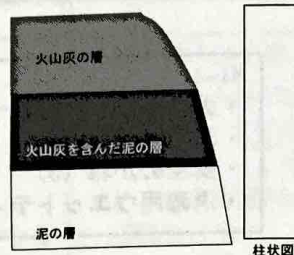
土砂が堆積した後、再び大雨や台風などによって土砂が運ばれてくるとどうなるでしょうか。

◆2層モデルを使って考えよう (写真手順書参照)

堆積した土砂の上に再び土砂が流れ込んでくると、地層はどうなりますか？

2層モデルを使った実験から、下に堆積した地層ほど時代が(新しい/古い)ことが分かる。

<地層の広がりについて調べよう>教科書 p.73 参照



地層の積み重なり方を柱のような図で表したものを() といふ。地層がガケなどに見られるときは、その様子を柱状図を使って表すことが多い。

<やってみよう>

左図の地層を柱状図で表してみよう

建物を建てる時などに、地質調査のため、大地を深く掘ってサンプルを採取する。このサンプルを() 試料といい、この試料を用いて実際に見ることのできない地面の内部の地層とその広がりについて調べることができる。

<やってみよう>

下図は教科書 p.73 の東京都品川区のボーリング試料からわかる地層の様子です。教科書を参考に、この試料から実際の地層を予想してみよう。

◆手順

- ① ボーリング試料をできるだけ正確に地層の予想図に書き込む (A の試料参照)
- ② 同じ堆積物を線でつなぎ、色を決めて塗りつぶす。(砂とれきの層は記入済み)
- ③ 教科書の図と比較する。

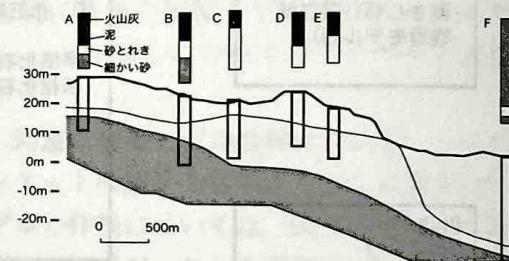
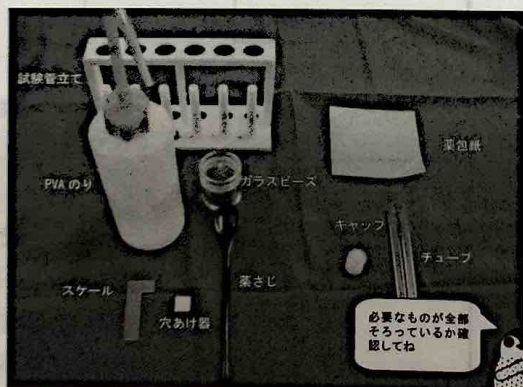


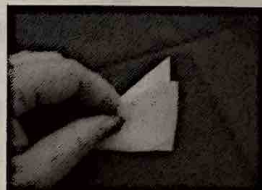
図3 モジュール1-2のワークシート

M1-2 地層の広がりを調べよう

<堆積モデル作成手順書>



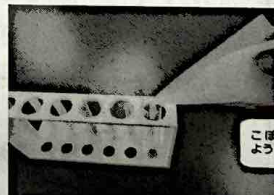
①必要な器具を準備します。PVAのりは、順着に使用して下さい。



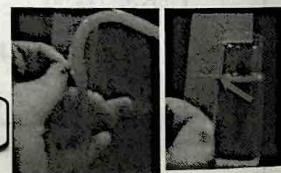
② 黒色紙は、図のように三角に2回折っておきます。



③ 黒色紙を開き、ガラスビーズを黒さじに1杯取り出します。



④ガラスビーズをチューブに移します。



⑤ PVAのりをスケールの線のところまで入れます。



⑥穴あけ器を使い、キャップに小さな穴を開けます。



⑦キャップを閉めたらできあがりです。上下に軽く振って、キャップを下にして置き、堆積のようすを観察しましょう。



できあがり！

さあ、使ってみよう！

図4 単層モデル作製手順書

2 層モデルの使い方



①入っている粒をチューブ全体に広げます。



両端を持って回すようにすると
粒がうまく広がるよ



②シリコーン部分で折り
曲げて、よく振ります。



③1 方のチューブに層を堆積
させます。

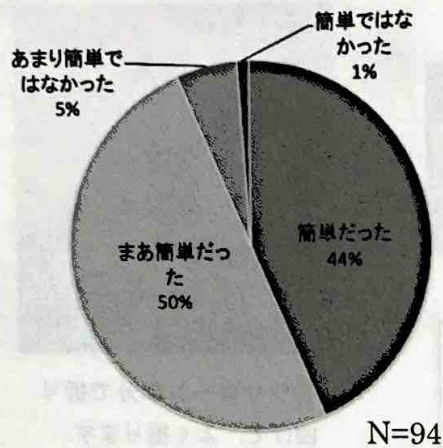
上手にできた
かな？



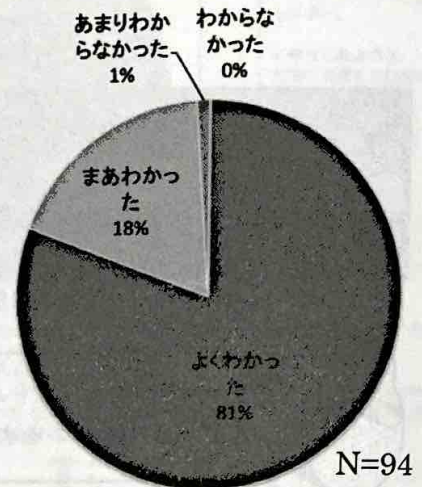
④シリコーン部分をのば
すと 2 層の堆積になりま
す。

図5 2層モデルの使い方手順書

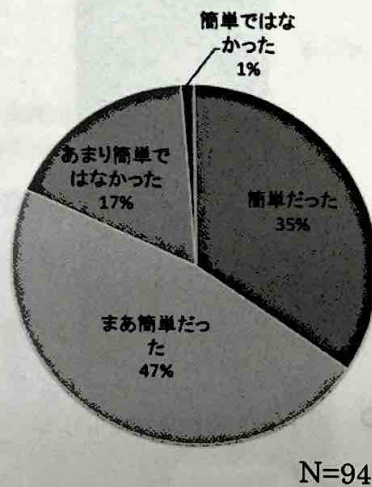
地層の堆積モデル(1層タイプ)を作るのは
簡単でしたか？



水の中では大きい粒が先で
小さい粒があとに沈むことはわかり
ましたか？



2層タイプのモデルを使って、
重なった層を作ることは簡単でしたか？



地層は下に積もっている物の方が
古いことがわかりましたか？

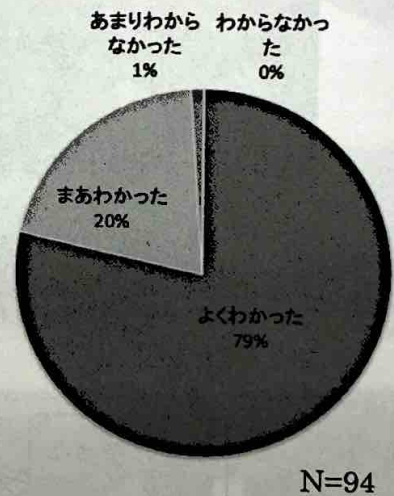
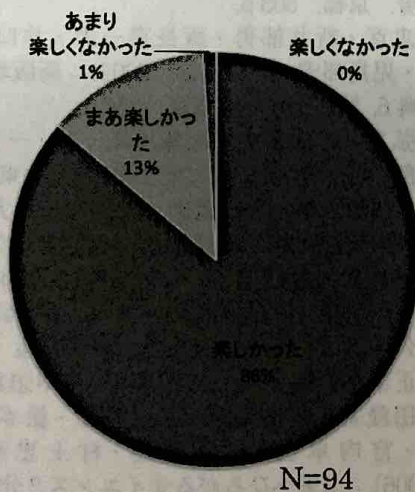


図6 地層堆積モデル教材についてのアンケート結果
Nはデータの数を表す。

表5 学習感想 (自由記述)

実際に堆積モデルを作ったことで、どのように地層がもつていくのか、粒の大きさはどのようにちがうのかがよくわかりました。そのほかにも本物の化石をさわったり、地層にもつている石や砂などをみて、分らなかったことがとてもよくわかりました。モジュール学習をしてよかったです。
地層が下にもつているものが最も古いことを初めて知りました。レプリカを作るのがおもしろかった。ボーリングのヤツモおもしろかったです。
自分で学習して、理由のせつめいをしたり、実際にモデルやレプリカをつくったりして、自分で体験することで、より身についた感じがします。ほかの単元でもぜひ、やってみたいです。
1人でやるのはメッチャ大変でした。地層のモデルを作るのが一番面白かったです。一番大変だったのは「M4」でした。でもすべてやりとげられたのでよかったです。モジュールをやってみて「そうなんだ!」と思えたのでよかったです。
モジュール学習はやったことがなかったから、意外に楽しかったです。あと、レプリカと地層のモデルを作るのもおもしろかったです。とくに大変だったのは「M4」でした。またきかいがあったらぜひ、やってみたいです!
地層は古いほうがしたになりその上にどんどん新しい土が重なって模様になっていくことがよくわかりました。
地層がどのようにこうせいされているか、地層のモデルの作り方など、よくわかりました。地層が古い—新しいという順で作られているのがとてもびっくりしました。モデルを作るのは、とても楽しかったです。この学習で少しは地層について知れたと思います。他にも地層について知りたいと思いました。
私は、この授業を終えて、地層の秘密などを知ることができました。地層の秘密とは、下から順に古いことや、内側や外側に力を加えると、形が変わって断層になることがわかりました。私はやっていく内にモジュール学習が好きになったので、これからもモジュール学習をしてほしいです。また、モジュールでなくてもしっかり授業に取り組んでいきたいです。

モジュール学習は楽しかったですか?



他の単元でもモジュール学習をやってみたいですか?

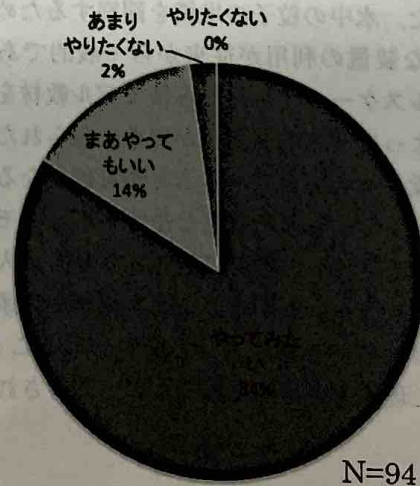


図7 「モジュール学習」についてのアンケート結果
Nはデータの数を表す。

えられる。

(2) 「モジュール学習」について

アンケートの結果を質問文とともに図7に示す。この結果から、「モジュール学習」のような学習形態が生徒に肯定的に受け入れられたことがわかる。また、アンケートに回答した94名の自由記述の中に地層に関する知識が身についた、良かった、知った、理解できたなどの知識の向上を実感する記述があったものが

53名、自分でやったからわかった、自分のペースで学習できて良かったなど個別の学習方式であることへの肯定的な意見を記入している者が22名、たくさん実験ができて良かった、自分で実験ができて良かったなど実験についての記述がある者が36名いた。なお、生徒は1時間の授業時間内で一つまたは二つのモジュールに取り組んでおり、いずれのテーマでも取り組む時間が生徒によって極端に異なる様子は見られな

かった。したがって、「自分のペースで」という表現は、1 モジュールに取り組む時間の長短よりも、モジュール内の各操作の時間配分を反映したものと考えられる。

上記のことから、個別実験を取り入れた「モジュール学習」の自学自習方式での授業形態は、生徒にとって自ら学習し、知識・技能を身に付けたという実感を得ることができる授業方式として大いに期待できる。中でも、堆積モデル教材は教師の指導がなくても生徒が個々に作製し、実験して結果を確認することが容易であるため、「自ら学習し、知識・技能を身に付けたという実感」を生徒に持たせるうえで有効な教材と考えることができる。

ただし「モジュール学習」は生徒自身が授業の流れを構成するため、内容のつながりが重要な単位での実践は困難である。実践する場合は内容についての十分な検討が必要である。

4. おわりに

本稿では地層の堆積モデル教材を「モジュール学習」で活用した中学校地学分野の授業実践の様子について報告した。水中の粒子の堆積を観察するためには比較的大きな装置の利用が従来から一般的であったが、スモールスケール化された堆積モデル教材を活用することによって実験の個別化ができ、限られた時間内に何度も繰り返して実験することが可能となる。特に組立てが容易で、現象を観察しやすい本堆積モデルは「モジュール学習」の教材に適しており、一人ひとりがモデルの観察からわかったことを標本や露頭の観察（あるいは地層の写真など）と関連づけることで、実感を伴った理解の実現に役立つものと期待される。

引用文献

岩内亮一・本吉修二・明石要一・小松郁夫・結城光夫・貝塚茂樹・藤川大祐 (2010)：教育学用語辞典 第四版。

学文社、東京、225 p.

香川大学教育学部附属坂出中学校 (1982)：能力・適性に
応ずるモジュール学習の開発。明治図書、10-13、
92-100。

香川大学教育学部附属坂出中学校 (1987)：生徒の学習特
性を生かすモジュール学習の開発。明治図書、16-23、
98-118。

今野喜清・新井 郁・児島邦宏・市川伸一・衛藤 隆・
香川邦生・佐藤郡衛・篠原文陽児・立田慶裕 (2003)：
学校教育辞典。教育出版、東京、671 p.

三浦 登・岡村定矩・伊佐公男・市川智史・江里口
博・遠藤秀紀・梶田穀一・加藤圭司・川角 博・小池
啓一・香西 武・小波秀雄・佐倉 統・左巻健男・島
崎邦彦・清水 誠・菅野耕三・鈴木 隆・高橋 修・
高島勇二・田中信一郎・丹沢哲郎・辻本昭彦・戸北凱
惟・中村 茂・中村雅浩・西野栄正・秦 明德・八田
明夫・人見久城・藤田静作・藤田剛志・堀田清史・堀
哲夫・前田京剛・松尾基之・松村譲児・三浦郁夫・邑
田 仁・毛利 衛・谷田貝秀雄・山路裕昭・結城千代
子 (2006)：新編 新しい科学2分野上。東京書籍、東
京、70-79。

文部科学省 (2008)：中学校学習指導要領解説理科編。大
日本図書、東京、1-2。

利根川浩子・渡辺理文・鎌田正裕 (2011)：個別実験が可
能な地層の堆積モデル教材。地学教育、64、29-36。

山崎英則・片上宗二 (2003)：教育用語辞典。ミネルヴァ
書房、京都、503 p.

安彦忠彦・新井郁男・飯長喜一郎・井口磯夫・木原孝
博・児島邦宏・堀口秀嗣 (2002)：新版現代学校教育大
辞典 6. ぎょうせい、東京、256 p.

吉川弘之・竹内敬人・山極 隆・森 一夫・仲井 豊・
阿部 治・荒木弘人・池田幸夫・伊東昭彦・江口太
郎・江田 稔・大木道則・太田次郎・大野 熙・大矢
禎一・岡 博昭・尾崎浩巳・小山孝一郎・角田陸男・
金子丈夫・鹿江宏明・鎌田正裕・小林辰至・坂井悦
子・莊司隆一・白井靖敏・杉本 智・鈴木善次・鈴木
盛久・田口 哲・竹内郁夫・田坂昌生・塚田 捷・西
岡正泰・新田英雄・二宮 淳・畑中忠雄・林 武広・
久田隆基・増田哲雄・松田時彦・松本勝信・松本伸
示・宮内卓也・村井護晏・村上忠幸・八杉貞雄
(2006)：未来へひろがるサイエンス2分野上。啓林館、
大阪、62-74。

利根川浩子・鎌田正裕：中学校理科における「モジュール学習」でのスモールスケール堆積モデル教材の活用 地学教育 64巻5・6号, 151-161, 2011

〔キーワード〕 堆積, スモールスケール, モジュール学習, 中学校

〔要旨〕 筆者らが開発したスモールスケール堆積モデル教材を中学校理科の「モジュール学習」に使用した。中学1年生を対象に、「モジュール学習」の中でこの堆積モデル教材を一人ずつ作らせて、地層のできる様子を観察させたところ、個別に指示を与えなくても生徒はモデルを無理なく作製・使用することができ、粒子の大きさと沈降速度の関係等について正しく観察できていることがわかった。また、「モジュール学習」そのものについても生徒の反応は肯定的であった。

Hiroko TONEGAWA and Masahiro KAMATA: Usage of the Small-Scale Stratum Model in Modular Learning for Junior High School Science in Japan. *Journal of Education of Earth Science*, 64(5・6), 151-161, 2011

Key words: distant tsunami, concept of tsunami, high school student questionnaire research, 2010 Chilean Earthquake

1. はじめに

自然災害の防災・減災という観点から、地学の学習は、先達において重要な意味を持っている。ところが自然災害のうち津波についての高校理科における強い関心、平成11年の学習指導要領改訂の際に変更された平成15年改訂高等学校学習指導要領の制約には、「地学Ⅱ」では津波についての学習はなかったが、「地学ⅠA」の学習項目「ア. 気象とその気象」で津波について触れるように示されていた(文部省, 1993)。平成11年改訂高等学校学習指導要領や理科系「で習得」(1998)には、「理科系必修B」「地学Ⅱ」で、津波について取り上げられていない。「地学Ⅰ」の学習項目「イ. 大気と気候の現象」では、津波を扱うような取り組んで進められた。「地学Ⅰ」「地学Ⅱ」の教科書発行点数は、2003年度それぞれ16冊(52.0%)と、10冊(32.0%)であり、「教科書1ポイント」制度(文部省, 2010)の観点からは明確ではないが「地学Ⅰ」と比べると「地学Ⅱ」はたいがい少ないと考えられ、高校生の津波学習の機会が減少したと思われる。

学校教育における津波学習の減少のこのような減少が見られる一方、近年のように、津波被災地の住民などを対象とした調査から、学校教育における津波教育の重要性が認識されてきた。

津波・津波やその防災に関する成人対象の意識調査結果(日本気象協会総合気象防災室, 1992)によると、津波についての調査結果が多い。これは過去の津波災害の経験が若い世代に伝えられているためと思われるが、自然災害について基礎的知識の継承を重視し、歴史や科学の視点から災害知識を伝達していくことは学校教育の課題である(藤井, 1996)。越村ほか(2005)は、三陸海岸の高校生のうち、津波初経験で生まれた生徒に家族から知識を得ているのに対し、他府から転入してきた生徒はそのような機会が少ないため学校教育が重要であると認識している。また、林(2004)による平成10年(2000年)前後平島地区での津波防災意識における住民アンケート調査では、若年者の「災害に関する意識や知識の向上」「知識の伝達」や「訓練」が被災に陥っていることから、津波防災教育の必要性が示されている。

平成21年度版の高校過科学学習指導要領・解説(文部科学省, 2010)では、「具体的な学習項目として」「地学Ⅱ」の「イ. 地球の環境」で、自然災害の一つとして津波を扱うことが明示されている。また、「地学Ⅰ」の「イ. 気象と気候の現象」でも、気象例の一つとして津波が扱われるようになった。今回の学習指導要領改訂の結果、「地学Ⅱ」や「地学Ⅰ」を履修した場合、高校では津波について学習する機会が表

資料

高校生の遠地津波に関する認識： 2010年チリ地震津波を例としたアンケート調査から

A High School Students' Recognition Concerning Distant Tsunami:
Questionnaire Research on the 2010 Chilean Earthquake Tsunami

川村 教一¹・内記 昭彦²・荒井 賢一³・宮嶋 敏⁴・高木 大輔⁵・鈴酒 明日香⁶

Norihito KAWAMURA, Akihiko NAIKI, Ken'ichi ARAI, Satoshi MIYAJIMA,
Daisuke TAKAGI and Asuka SUZUKI

Key words: distant tsunami, concept of tsunami, high school student, questionnaire research, 2010 Chilean Earthquake

1. はじめに

自然災害の防災・減災という観点から、地学の学習は、生活において重要な意味を持っている。ところが自然災害のうち津波についての高校理科における扱いが、平成11年の学習指導要領改訂の際に変更された。平成元年改訂高等学校学習指導要領の解説には、「地学IB」では津波についての言及はなかったが、「地学IA」の学習項目「ア 気象とその災害」で津波について触れるように示されていた(文部省, 1989)。平成11年改訂高等学校学習指導要領と同解説(文部省, 1999)には、「理科総合B」、「地学I」で、津波について取り上げてはいない。「地学II」の学習項目「イ 大気と海洋の現象」では、津波を扱うよう内容の取り扱いで提示された。「地学I」、「地学II」の教科書発行点数は、2009年度でそれぞれ約95,000冊、約10,000冊であり(「教科書レポート」編集委員会, 2010)、履修者数は明確ではないが「地学I」と比べると「地学II」はたいへん少ないと考えられ、高校生が津波を学習する機会が減少したと思われる。

学校教育における津波学習の機会のこのような減少が見られた一方、以下のように、津波被災地域の住民などを対象とした調査から、学校教育における津波教育の重要性が強調されてきた。

地震・津波やその防災に関する成人対象の意識調査結果(日高東部消防組合浦河消防署, 1992)によると、津波についての誤認識が多い。これは過去の津波災害の経験が言い伝えられているためだと思われるが、自然災害について経験的知識の限界を克服し、歴史や科学の視点から災害知識を伝達していくことは学校教育の課題である(廣井, 1995)。越村ほか(2006)は、三陸海岸の高校生のうち、津波常襲地で生まれ育った生徒は家族から知識を得ているのに対し、他所から移転してきた生徒はそのような機会が少ないため学校教育が重要であると指摘している。また、林(2009)による平成19年(2007年)能登半島地震での津波到達地域における住民アンケート調査では、普段からの「災害に関する意識や知識の向上」、「知識の伝承」や「訓練」が減災に結びついていることから、津波防災教育の有効性が示されている。

平成21年改訂の高校理科学習指導要領・同解説(文部科学省, 2009)では、具体的な学習項目として、「地学基礎」の「エ 地球の環境」で、自然災害の一つとして津波を扱うことが例示されている。また、「地学」の「イ 海洋と海水の運動」でも、災害例の一つとして津波が示されるようになった。今回の学習指導要領改訂の結果、「地学基礎」や「地学」を履修した場合、高校生は津波について学習する可能性が高

¹⁾ 秋田大学 ²⁾ 東京都立三田高等学校 ³⁾ 栄東高等学校 ⁴⁾ 埼玉県立深谷第一高等学校
⁵⁾ 香川県立三本松高等学校 ⁶⁾ 香川県立丸亀高等学校
2011年5月17日受付 2011年9月30日受理

く、高校生の津波についての理解は現行教育課程よりは深化することが期待される。

この改訂を受けてこれからの津波教育を充実させるとき、まず現教育課程で学んだ高校生の津波に関する認識の実態を明らかにすることが、今後の高校理科における指導の改善のために極めて重要であると考えられる。高校生を対象とした地震・津波についての意識調査報告として、北海道釧路地方で実施した例がある(釧路地方気象台, 2004)。この調査では、地震・津波に関する知識獲得の意欲を持った高校生が多いことを明らかにした。しかし、この調査は一地方を対象としたもので、また調査項目には津波の科学的な認識については含めていなかった。

そこで本研究では、全国の高校生の津波に関する基礎知識・理解、津波警報などの入手の実態および津波学習に対する意識についての実態を、平成 22 (2010) 年チリ地震津波(以下、2010 年チリ地震津波)を例として行った調査(川村ほか, 2010)に新たなデータを加え、その結果の分析および考察をもとに、津波に関する学習指導の改善の視点および教材開発の課題について検討する。

2. 2010 年チリ地震津波の概要

2010 年チリ地震について気象庁(2010a, b)から抜粋して引用すると次のとおりである。

2010 年 2 月 27 日 15 時 34 分(日本時間)、チリ中部沿岸で気象庁によるモーメントマグニチュード 8.8 の地震が起き、日本を含む太平洋沿岸諸国で津波が観測された。日本列島でも津波により住家浸水、養殖施設の被害などが発生した。気象庁はこの地震に対して 2 月 28 日 9 時 33 分に、青森県～宮城県のパシフィック沿岸に「大津波」の津波警報、そのほかの各地の沿岸に「津波」の津波警報、津波注意報を発表した。日本列島の太平洋沿岸では 2 月 28 日の 16 時前～3 月 1 日 3 時過ぎの間に最大の高さ 50～128 cm の津波となった。

3. 調査方法

(1) 調査実施地区と津波災害略史

調査では、北海道、東北、関東、東海、近畿、四国、九州の各ブロックにつき 2～10 校の全日制高校(計 34 校)から協力を得ることができた(表 1, 図 1)。

実施校付近で発生した近年の津波災害を挙げると、以下のとおりである。

表 1 アンケート調査実施校一覧

ブロック	都道府県名	地区	記号
北海道	北海道	根室海峡沿岸部	北A
北海道	北海道	太平洋沿岸部	北B
北海道	北海道	内陸部	北C
北海道	北海道	太平洋沿岸部	北D
北海道	北海道	太平洋沿岸部	北E
北海道	北海道	津軽海峡沿岸部	北F
東北	岩手県	太平洋沿岸部	東A
東北	岩手県	太平洋沿岸部	東B
東北	岩手県	内陸部	東C
東北	秋田県	内陸部	東D
東北	秋田県	日本海沿岸部	東E
東北	秋田県	日本海沿岸部	東F
東北	秋田県	日本海沿岸部	東G
東北	秋田県	内陸部	東H
東北	秋田県	内陸部	東I
東北	秋田県	内陸部	東J
関東	埼玉県	内陸部	関A
関東	埼玉県	内陸部	関B
関東	千葉県	内陸部	関C
関東	東京都	内陸部	関D
関東	神奈川県	太平洋沿岸部	関E
関東	東京都	太平洋島嶼部	関F
東海	三重県	太平洋沿岸部	海A
東海	三重県	太平洋沿岸部	海B
近畿	兵庫県	瀬戸内海沿岸部	近A
近畿	兵庫県	瀬戸内海沿岸部	近B
四国	香川県	瀬戸内海沿岸部	四A
四国	香川県	瀬戸内海沿岸部	四B
四国	香川県	瀬戸内海沿岸部	四C
四国	香川県	瀬戸内海沿岸部	四D
四国	香川県	瀬戸内海沿岸部	四E
四国	香川県	瀬戸内海沿岸部	四F
九州	長崎県	東シナ海沿岸部	九A
九州	鹿児島県	錦江湾沿岸部	九B

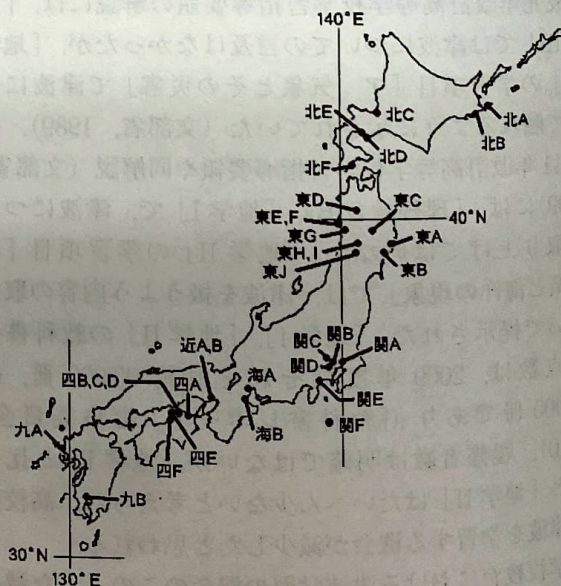


図 1 アンケート調査実施校の位置

北海道ブロックの、表 1 および図 1 中に北 A, B 校と示した学校は道東の太平洋沿岸にあり、最近では平成 6 (1994) 年北海道東方沖地震により震災を受けた地区で、特に北 B 校は十勝沖の地震などの近地津波

(震源までの距離が600 km 以内) や昭和 35 (1960) 年チリ地震津波などで繰り返し津波被害が生じた津波常襲地 (河田, 2010) にある。東北ブロックでは、岩手県の太平洋沿岸にある表 1 中の東 A, B 校は、明治 28 (1896) 年明治三陸地震、昭和 8 (1933) 年昭和三陸地震、昭和 35 (1960) 年チリ地震津波、平成 6 (1993) 年北海道東方沖地震、平成 22 (2010) 年チリ地震などでたびたび津波災害を被っている津波常襲地である (河田, 2010)。表 1 中の東 E, F 校のある秋田県の沿岸部では、昭和 58 (1983) 年の日本海中部地震津波で被害があった (例えば、国立防災科学技術センター, 1984)。表 1 中の海 A, B 校のある三重県は、昭和 19 (1944) 年の東南海地震津波の被害を受けている (都司, 2005)。

本調査を受けた高校生の年齢を 15~18 歳とした場合、どの生徒も津波災害を経験していない。

(2) 実施方法

調査は 2010 年 3 月中旬~5 月下旬に実施し、実施校の教員を通じて生徒に調査票を配布・回収した。調査票の回収枚数は 5,398 名分であった。

(3) 津波に関する学習の実施状況

2010 年チリ地震以前に津波についての学習 (以下、津波学習) を行ったかどうか、調査実施校の教員からの回答によると、「理科総合 B」を履修した生徒の一部が学習した学校が 1 校、「地学 I」を履修した生徒 (一部もしくは全員) が学習した学校が 12 校、一部の生徒が総合学習として学習したのは 1 校、学習した科目が不明の学校は 1 校である。津波について学習していない学校は 8 校、無回答 11 校である。

(4) 調査項目

アンケート調査では、津波や津波防災に関する基礎知識や理解の実態、2010 年チリ地震後の津波警報発表に関する情報入手方法、津波学習の必要性に関する意識について、次の①~⑧の設問を用意した (図 2)。

① 回答者情報、② 遠地津波・津波伝播の理解、③ 津波の基礎知識とその情報源、④ 津波防災に関する基礎知識、⑤ 津波警報などの入手の実態、⑥ 津波の波高変化の要因理解、⑦ 津波学習への意識、⑧ 高校で学ぶべき重要事項

そのほかに、大津波警報などが発令されたことを知ったときどんな気持ちであったか回答を求めたが、本研究では分析対象とはしていない。なお、筆者のうち川村の不注意により調査票 (図 2) の設問 2(1) の選択肢が不適切な内容であったので、本研究では集計・

分析対象から削除した。

(5) 回答データのクリーニング

回答内容に信頼性が乏しいデータは設問ごとに集計から除外した。具体的には、単一回答選択式設問で複数の選択肢を回答しているもの、すべての回答で同じ選択肢記号が記されたもの、設問間で回答内容が矛盾するものである。また、回答者情報のうち、学年や履修科目など無回答であったが、確実に判明したものは、回収者 (実施校教員) もしくは筆者が代理で記入内容を修正した。除外しなかったデータを有効回答とした。

4. 結果とその分析

(1) 回答者の内訳

一部の被調査者は 2010 年 3 月に回答している。回答者を 2010 年 4 月時点での学年で集計したときの学年別、ブロック別被調査者数は、表 2 のとおりである。

(2) 津波の知識の情報源

1) 全国集計の結果

図 2 の設問 2(2) の回答結果をもとに、知識の情報源としての教員の貢献度を検討する。設問は選択式で、結果を図 3(a) に示す。

このグラフを見ると「テレビ番組」が最も多い。第 2 位は「特に知識はなかった」、「先生」がそれに続く。

大学生対象に実施された津波に関する知識の情報源についてのアンケート調査では、マスコミ 75%、親 12%、教師 7% という比率で、教師を挙げたものが少ない (田中, 1995)。今回の調査結果における「先生」の回答は、この調査例ほど低くはないが、教員が知識の情報源として重要な位置を占めていない点で同様である。

2) 中学校での津波学習の効果

設問 2(2) をもとに、中学校での学習の効果について検討する。

津波未習生徒のデータ (図 3(b)) で「特に知識はなかった」と回答した生徒が全体集計で 33.0% 見られることは、これらの生徒は高校入学までに学んでこなかったか、あるいは学習効果がなかったと思われる。一方、「先生」が 16.5% 見られるのは、高校では津波について学んでいないので中学校で学んだ成果と思われるが、「特に知識はなかった」と回答した生徒の半分程度に過ぎず、中学校での学習による効果は十分と

津波に関する認識についてのアンケート調査

高校生向けの津波の学習に関する基礎資料とすることをねらいとして、本年2月28日に日本の一部の地域で見られた津波を取り上げ、高校生のみなさんの津波に関する意識等のアンケート調査を行っています。所属している学校の理科の成績には一切関係しませんので、どうぞ以下の各設問について率直に回答して下さるようお願いいたします。

回答方法

選択式の設問については、当てはまる項目を指示に従って選択肢記号などを○で囲んでください。自由記述については文で書いてください。

設問1 次の科目のうち、学年およびこれまでに履修した科目あるいは履修中の科目について当てはまるものを選んでください。

1年生 2年生 3年生 理科総合B 地学Ⅰ 地学Ⅱ 左記科目のいずれも履修していない

設問2 今回の報道を聞く前のことを思い出して次の(1)～(3)の各設問に回答してください。

(1) 南米チリで地震が発生したとき、なぜ日本で津波があると思いましたか？ 次の選択肢のうちから最も近いものを1つ選んでその記号を書いてください。

ア チリの大きな地震のために日本で津波があるとは思わなかった

イ チリの大きな地震のために日本で津波があると思ったが、そのしくみは想像もつかなかった

ウ チリの大きな地震の揺れが海底表面を日本まで伝わってきて、日本の海岸付近で津波を起こす

エ チリの大きな地震の揺れが地球内部を日本まで伝わってきて、日本の海岸付近で津波を起こす

オ チリの大きな地震の揺れがチリで海面を動かし、太平洋の海面を高い波が伝わってきて、日本の海岸付近で津波を起こす

カ チリの大きな地震の揺れがチリ付近で海底を動かし、太平洋の海水中をその動きが伝わってきて、日本の海岸付近で津波を起こす

(2) 津波や津波防災に関する何らかの知識を今回の津波警報のことを知る前に持っていましたか。持っていた場合、主に何から知識を得ていましたか。次の選択肢のうちから当てはまるものをすべて選んでその記号を書いてください。(イ～サについて複数回答可。)

ア 特に知識は持っていなかった

イ 新聞記事

ウ ラジオ番組

エ テレビ番組

オ 雑誌記事

カ 書籍

キ インターネットのWebサイト

ク 学校の先生から聞いた話

ケ 友人から聞いた話

コ 家族から聞いた話

サ その他

(3) 津波対策についての次のことを、今回の報道を聞く前に、知っていましたか。次の選択肢のうちから当てはまるものをすべて選んでその記号を書いてください。(ア～エについて複数回答可。)

ア 地形によっては津波は(予報の)2倍の高さになる

イ 第2波以降の方が大きいことがある

ウ 津波の恐れがあるときは高台へ避難する

エ 津波の恐れがあるときは海岸に近づかない

オ 上記のどれも知らなかった

設問3 三陸海岸等では大津波警報が出ましたが、警報等が出たことを知ったときのことを思い出して次のページの設問(1)～(3)に回答してください。

図2 アンケート調査票の例

(1) 2月28日午前9時33分に気象庁から、大津波警報、津波警報、津波注意報が出されたことをいつ頃どのようにして知りましたか。次の選択肢のうちから当てはまるものを1つ選んでその記号を書いてください。ア～カは自分の近くにいた人からすぐに聞いた場合も含みます。

- ア 同日午前9時34分にテレビ放送を通じてすぐに知った
- イ 同日午前9時34分にラジオ放送を通じてすぐに知った
- ウ 午前9時34分よりあとにテレビ放送を通じて当日中に知った
- エ 午前9時34分よりあとにラジオ放送を通じて当日中に知った
- オ 午前9時34分よりあとにインターネットのWebサイトを通じて当日中に知った
- カ 午前9時34分よりあとに電子メールを通じて当日中に知った
- キ 午前9時34分よりあとに他人から口伝えで当日中に知った
- ク 翌日以降知った(方法は問わない)
- ケ 覚えていない

(2) 警報などが出たことを知ったとき、どんな気持ちになりましたか。あるいはどんなことを思いましたか。簡単に書いてください。

(3) 他の地域と比べて、なぜ三陸海岸などの地域が大津波の恐れがあるのだと考えましたか。次の選択肢のうちから最も近いものを1つ選んでその記号を書いてください。

- ア 日本列島では最もチリに近い地域だから
- イ 日本列島では最も早く津波が届くから
- ウ 日本海溝に面しており、海溝があるから
- エ 沖合いを流れる海流の影響も受けやすい土地だから
- オ 海岸の地形が大津波になりやすい特徴があるから
- カ 地震の揺れが大きくなりやすい土地だから
- キ 津波対策が遅れている地域だから
- ク なぜ三陸海岸等の地域なのか考えようとしなかった

設問4 津波や津波の災害について日本人は学校で学んでおくべきだと思いますか。次の選択肢のうちから自分の考えに最も近いものを1つ選んでその記号を書いてください。

- ア 小学校～高校ではまったく学ぶ必要はない
- イ 中学校までに全員が一度は学んでおく必要がある
- ウ 中学校までは学ばなくてもいいが、高校で全員が学んでおく必要がある
- エ 中学校までは学ばなくてもいいが、高校の選択科目の理科で一部の生徒が学べばよい
- オ わからない

設問5 高校生全員が津波や津波の災害に関して学ばなければならないとき、あなただったら次の項目のうち何が大事だと思いますか。大事だと思うものを3つ選んでその記号を書いてください。

- | | |
|----------------------|------------------|
| ア 地震が起こるしくみ | イ 津波が起こるしくみ |
| ウ 地震が起こりやすい世界の地域 | エ 地震が起こりやすい日本の地域 |
| オ 地震のゆれが伝わるしくみ | カ 津波が伝わるしくみ |
| キ 津波があらわれやすい地域 | ク 津波で浸水しやすい地域 |
| ケ 津波の回数や時間、高さなど津波の実態 | コ 海底の地形 |
| サ 津波の災害 | シ 津波災害の歴史 |
| ス 津波防災の対策 | セ その他 () |

アンケートへのご協力誠にありがとうございました。

図2 (つづき)

表2 ブロック別アンケート回答者数一覧

ブロック	回答 生徒数	学年別生徒数*1				履修済・履修中科目別生徒数*2				
		1年生	2年生	3年生	無回答	理総B	地学Ⅰ	地学Ⅱ	未履修	無回答
北海道	712	35	394	283	0	187	82	1	491	0
東北	1,694	157	672	858	7	82	474	90	1,162	32
関東	601	247	220	134	0	303	267	10	209	56
東海	204	33	159	12	0	14	79	0	106	5
近畿	216	0	6	210	0	27	39	1	151	0
四国	1,438	255	771	412	0	105	401	27	1,009	27
九州	533	159	185	189	0	0	198	75	335	0
全国	5,398	886	2,407	2,098	7	718	1,540	204	3,463	120
	[%]	16.4	44.6	38.9	0.1	13.3	28.5	3.8	64.2	2.2

*1 2010年4月時点の学年

*2 「未履修」とは「理科総合B」～「地学Ⅱ」のいずれも履修していない生徒。重複回答がある。

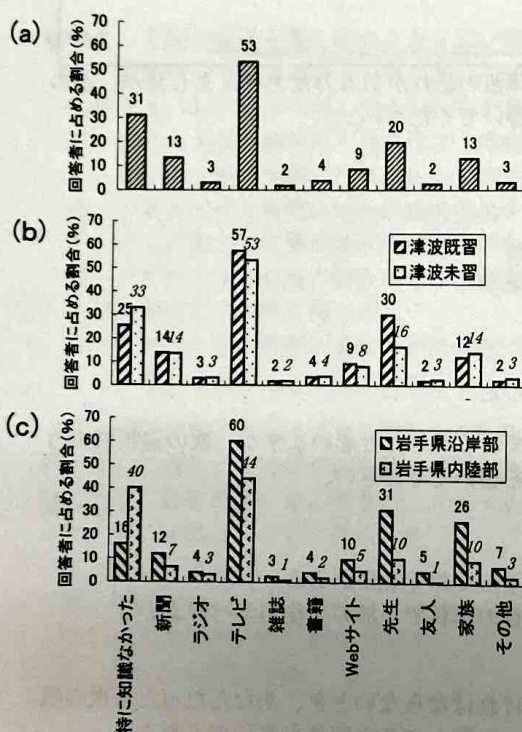


図3 津波についての知識の情報源 (図2の設問2 (2))

(a) 全国, (b) 津波既習・未習, (c) 岩手県

は言えない。

津波学習がなされなかったか、効果が上がらなかった生徒が約1/3であることは、防災教育上看過できない。

3) 津波学習経験の有無との関係

次に、集計結果を津波学習経験の有無の観点から検討する。

津波学習指導により、津波に関する知識の情報源として教員が貢献したかどうかを検討するために、津波未習生徒と既習生徒のデータ (図3(b)) において、

「先生」を回答した生徒と「先生」と回答しなかった生徒の比率の差を検定する。有意差を検定する場合には、2グループ間の差は偶然の差であるとする「帰無仮説」を仮定しておいて、検定の結果、帰無仮説が覆されたとき、差は有意であると認める。検定ではデータの差が偶然誤差の何倍であるかを表す検定統計量 T の値をもとに判定する (田中・山際, 1989)。なお、この場合の T は、一方の生徒集団の無回答を除く標本数: N_1 、「先生」を回答した生徒の数: m_1 、「先生」を回答しなかった生徒の数: $N_1 - m_1$ 。同様に、もう一方の生徒集団の無回答を除く標本数: N_2 、「先生」を回答した生徒の数: m_2 、「先生」を回答しなかった生徒の数: $N_2 - m_2$ のとき、次の式のとおりとなる。

$$T = \frac{\frac{m_1}{N_1} - \frac{m_2}{N_2}}{P(1-P) \left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)}$$

ただし、

$$\left(P = \frac{m_1 + m_2}{N_1 + N_2} \right) \frac{m_1}{N_1} > \frac{m_2}{N_2}$$

である。

さて、津波未習生徒 3,293 名中、「先生」を回答した数は 545 名、「先生」を回答しなかった数は 2,748 名である。同様に、津波既習生徒 749 名中、それぞれ 227 名、522 名である。津波未習および津波既習の生徒数である 3,293 名および 749 名、および「先生」を回答した数である 545 名および 227 名をもとに求めた検定統計量は $T=8.65$ となる。これは危険率 1% の棄

却限界 2.33 を超えているので、両集団において「先生」を回答した生徒数の比率は等しいとする帰無仮説は棄却できる。このことから、未習、既習両生徒集団で「先生」を回答した者の比率に差があり、津波既習生徒のほうが先生を情報源としている生徒の割合が高い可能性がある。このように、高校における津波学習には教員の貢献が見られるが、それでも「テレビ番組」の約半分程度の情報源でしかない。

既習生徒では 100% 近い回答率で「先生」と回答することが期待されるのだが、30% にすぎないことは、現行の教育課程では津波学習の時間が十分でないことを示唆している。

4) 情報源としての家族の地域差

情報源としての家族の貢献度について、津波常襲地とそれ以外の地域とで、情報源としての回答率の差異から検討する。

岩手県沿岸部の学校（東 A, B 校）と同県内陸部の学校（東 C 校）の生徒のデータ（図 3(c)）から、「家族」を回答した生徒と「家族」を回答しなかった生徒の比率の差を検定する。沿岸部の生徒 433 名のうち、「家族」を回答した数は 114 名、回答しなかった数は 319 名である。同様に、内陸部の生徒 530 名中それぞれ 51 名、479 名である。これらから検定統計量 $T=6.84$ 、危険率 1% で棄却域に入っているため帰無仮説は棄却される。このことから、両生徒集団で「家族」を回答した生徒と回答しなかった生徒の比率に差があり、沿岸部の方が家族から情報を得ている生徒の割合が高い可能性がある。

この結果は、「1. はじめに」で紹介した越村ほか (2006) の調査結果と調和的であり、現在も傾向が大きくは変わっていないことを意味している。

(3) 津波防災に関する基礎知識

1) 全国集計の結果

津波のあった当日に NHK テレビで繰り返し注意を促された、津波防災上に必要な知識の有無について検討する。このことについて尋ねた設問 2(3) の全国集計結果を図 4 に示す。

回答のうち多いものは、「海岸へ近づかない」、「高台へ避難する」である。これらの項目について、中学校理科教科書（例えば、三浦ほか、2006）の津波写真を見ることにより、津波が通常よりも波高の高い波であるという認識を持っていれば、「高台へ避難する」、「海岸へ近づかない」という項目は津波を避けるために適切であることが理解でき、知識として定着しやす

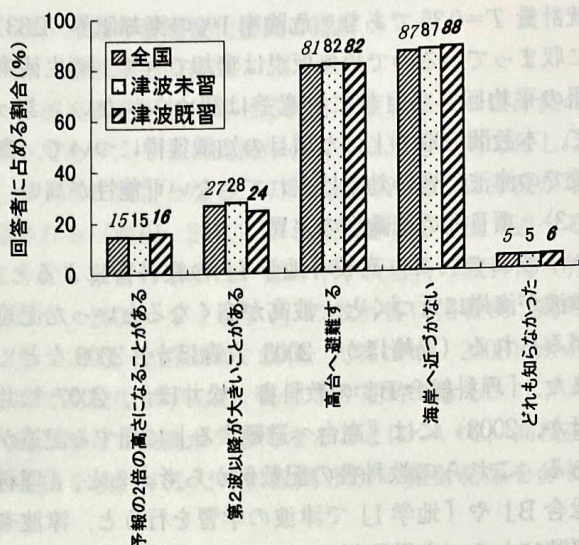


図 4 津波来襲時に必要な知識の保有率（図 2 の設問 2(3)）

いと思われる。これに対し「第 2 波以降が大きいこともある」、「予報の 2 倍の高さになることがある」については、前 2 者に比べると認識はたいへん低い。2010 年チリ地震津波の際、一度高台に避難したものの、第 1 波襲来のあとに避難場所を出ている住民が 83% に上っている（石川、2010）。このとき、第 2 波の津波のほうが高かった地点があることから、この認識の低さは防災上問題があると思われる。

2) 津波学習経験との関係

設問 2(3) の回答数について、津波未習生徒と既習生徒とを比較するため、回答した項目数の平均の差について t 検定で検討する。 t 検定とは、例えば、田中・山際 (1989) によると、二つのグループの平均の差が偶然であるか否かを判定するもので、偶然の差ではないと判定された場合、その差は有意差と認められる。

この場合の統計検定量 T は、一方の生徒集団の無回答を除く標本数： N_1 、その集団の平均値： $\bar{x}_1$ 、同様に、もう一方の生徒集団の無回答を除く標本数： N_2 、その集団の平均値： $\bar{x}_2$ のとき、次の式のとおりとなる。

$$T = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s^2 \left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)}$$

ただし、 s は共通分散である。

津波未習生徒（3,300 名、無回答者を除く）と既習生徒（1,965 名、無回答者を除く）について、平均回答項目数はそれぞれ 2.11、2.09 である。これから検定

統計量 $T=0.35$ であり、危険率 1% の棄却限界 (2.33) に収まっているので帰無仮説は棄却できず、両生徒集団の平均回答項目数に有意差は認められない。よって、本設問で取り上げた項目の知識獲得について、高校での津波学習の効果は表れていない可能性が高い。

3) 項目間の認識度の差異

津波について、高校「地学 I」の教科書によると、津波が海岸に近づくと、波高が高くなるといった記述がみられる (島崎ほか, 2003; 大森ほか, 2008 など)。また、「理科総合 B」の教科書 (松井ほか, 2007; 松井ほか, 2008) には「高台へ避難する」に類する記述がある。これらの教科書の記載例から考えると、「理科総合 B」や「地学 I」で津波の学習を行うと、津波来襲時にとるべき避難行動がよりよく理解されると期待されるが、上で検討したように、既習生徒の認識度が高いとはいえない。高校で地学を学んでいなくても、津波は海面の異常な上昇であることはよく理解されていると思われる。

設問 2(3) 選択肢の「予報の 2 倍の高さになることがある」、「第 2 波以降が大きくなることもある」を知識として持つには、(2) で取り上げた津波の波高への地形による影響、津波には何波もあり、後の波ほど大きくなることもあること (広野, 1955)、第何波の津波が大きくなるかは一般的なことは言えない (河田, 2010) など、津波発生・伝播や高さが増加するしくみについて学習する必要がある。テレビで放送されたこのような情報を入手しても、津波についての理解が深まっていないと、知識として定着しにくいと思われる。これについては一部の「地学 I」の教科書 (内海ほか, 2004) に津波には何波もあることが記されているのみで、一般に高校生がこれら 2 項目について学習する機会がないため、津波既習生徒でも回答率が低いのだと考えられる。

(4) 津波警報などの入手の実態

1) 全国集計の結果

自然災害について学習した知識は、自分たちの安全を確保するために活用することが求められる。例えば牛山・野田 (2010) による、岩手、宮城、静岡の各県の主に成人を対象とした 2010 年チリ地震についての調査では、2010 年 2 月 28 日の午前 6 時までに回答者の 72.0% がチリ地震発生を知っている。昭和 35(1960) 年チリ地震津波のような遠地津波災害のことを知っていたら、チリで大地震が発生したことを知ったとき、翌日には日本に津波が届くことを生徒が

予想し、特に太平洋沿岸に在住している場合は津波警報などの情報収集に留意すると期待される。このことについて検討するために、設問 3(1) の集計結果を図 5 に示す。

図 5(a) によると「あとでテレビで」が最も多く、「直ちにテレビで」が次に多い。これらの結果から、警報などを直ちに入手できる状態にあった生徒は、当時の様子を覚えていた生徒 (「覚えていない」という回答を除いた生徒) の 21.0% 程度にすぎない。津波防災の最も重要な点は高台への避難であることを考えたとき、警報発令などの情報を入手できた生徒が 15.9% しかいなかった割合の低さは、防災上問題がなかったのかどうか、後の事項でさらに検討を加える。

2) 津波常襲地と内陸部の比較

岩手県を例に、沿岸部の学校 (東 A, B 校) と内陸部の高校 (東 C 校) の生徒のデータ (図 5(b)) をもとに、直ちにテレビやラジオで警報などの発令を知っ

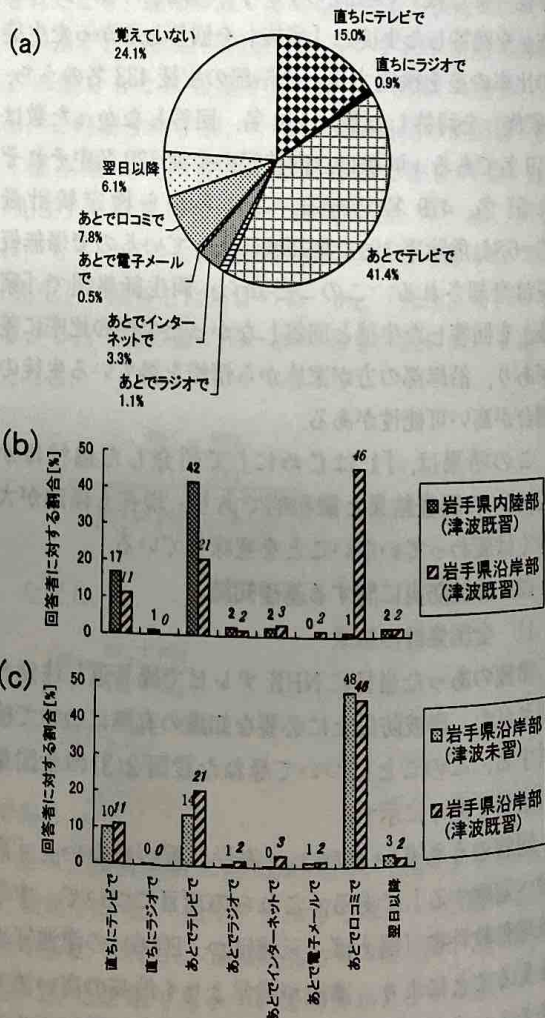


図 5 2010 年チリ地震津波の警報などの入手の時期・方法 (図 2 の設問 3(1))
(a) 全国, (b) 岩手県, (c) 岩手県沿岸部

た生徒の比率を比較する。このため、各校の津波既習生徒のうち、「覚えていない」と回答した生徒を除外した集団を分析対象とする。「直ちにテレビで」もしくは「直ちにラジオで」知った生徒を合わせたものと、それ以外の回答をした生徒の数は、沿岸部の学校の生徒109名中それぞれ14名、95名、内陸部の学校の生徒57名中それぞれ15名、42名である。これから検定統計量 $T = -2.17$ 、危険率1%で棄却域に入っていないので帰無仮説は棄却できず、直ちにテレビ・ラジオで警報発令を知った生徒の比率に、内陸部と沿岸部で有意差があるとは言えない。

3) 津波常襲地における津波学習経験との関係

次に沿岸部の高校（東A、B校）の生徒のうち、津波未習生徒と既習生徒のデータを図5(c)に示す。これをもとに、直ちにテレビやラジオで警報などを知った生徒の比率を比較するため、無回答を除いて「直ちにテレビで」もしくは「直ちにラジオで」知った生徒を合わせたものと、それ以外の回答をした生徒の比率の差を検定する。これらの回答者数は、未習生徒240名中それぞれ32名、208名、既習生徒109名中それぞれ14名、95名である。これから検定統計量 $T = 0.13$ 、危険率1%で棄却限界に収まっているので、津波未習生徒と既習生徒の間で情報収集に留意しようとした生徒の比率に有意差は認められない。

津波が観測された2010年2月28日は日曜日であるため、部活動で登校していた生徒が多かったようであり、テレビやラジオの放送に注意しにくい状態にあったと思われる。「あとで口コミで」というのは、発令当時学校にいて教員やほかの生徒からの連絡で知ったというものである。しかし、(3)の1)の結果のように避難行動が重要であると大半の生徒が認識しているので、遠地津波の知識があれば、情報収集に留意することが期待される。直ちに津波警報の情報を知った割合が、津波既習生徒と未習生徒とで変わらないことから、チリ地震の発生のことを知らなかったために津波警報について留意しなかったことが考えられるが、先に述べた成人対象のアンケート調査結果（牛山・野田，2010）では72.0%が発生翌日の朝までにチリ地震発生を知っていたことから、その可能性は低いと思われる。また、河田（2010）によると、津波常襲地の多くでは、住民は情報提供をひたすら待つという姿勢が見られる。このような姿勢が生徒の行動の背景にあるのかもしれない。

(5) 津波の波高変化要因の理解

1) 全国集計の結果

津波災害を激甚化させる大きな要素の一つは津波の高さであり、リアス式海岸のような形態の湾ではしばしば大きな災害となる。三陸沿岸や沖合では津波が増幅される（河田，2010）ことも影響する。後で述べるように、前者の事項は一部の中学校理科の教科書（竹内ほか，2009）や「地学I」の教科書に掲載例（島崎ほか，2003；松田ほか，2006；大森ほか，2008）があるので高校生が学んでいることが期待できる。リアス式海岸などで波高が大きくなることについて、高校生の認識を検討するために設問3(3)の集計結果を分析する。

全国集計の結果を図6(a)に示す。最も適切な選択肢は「海岸の地形のため」であるが、これを回答した生徒は3割に満たない。考えようとしなかった生徒の割合は4割近い。誤答は多いものから順に「海溝があるから」、「チリに近いから」、「海流の影響があるから」、「早く津波が届くから」で、回答の選択傾向は分散している。

2) 津波常襲地と内陸部の比較

岩手県沿岸部の学校（東A、B校）と内陸部の学校（東C校）を例として、津波未習生徒における正答者と誤答者の比率の差を、無回答者を除いて比較する（図6(b)）。正答者数と誤答者数は、内陸部の学校の生徒82名中それぞれ34名、48名、沿岸部の学校の生徒304名中それぞれ159名、145名である。これから検定統計量 $T = -1.74$ 、危険率1%で棄却限界に収まっているので、帰無仮説は棄却できず、沿岸部と内陸部とで生徒の正答率に有意差があるとは言えない。津波常襲地だから、生徒は海岸地形と津波災害の関係を特に理解しているとは言えない可能性が高い。

3) 津波常襲地における学習経験との関係

岩手県沿岸部の学校（東A、B校）を例として、津波未習生徒と既習生徒の違いを図6(c)に示したが、正答者の比率の差を比較する。正答者数と誤答者数は、津波未習生徒304名中それぞれ159名、145名、既習生徒127名中それぞれ82名、45名である。これから検定統計量 $T = -2.34$ 、危険率1%のほぼ棄却限界にあるので、津波未習生徒と既習生徒とで正答率に違いがあるかどうか判断できない。

津波の波高変化の地形による影響について、津波常襲地在住で津波学習を経験した生徒であっても、特に理解しているとは言いがたい。

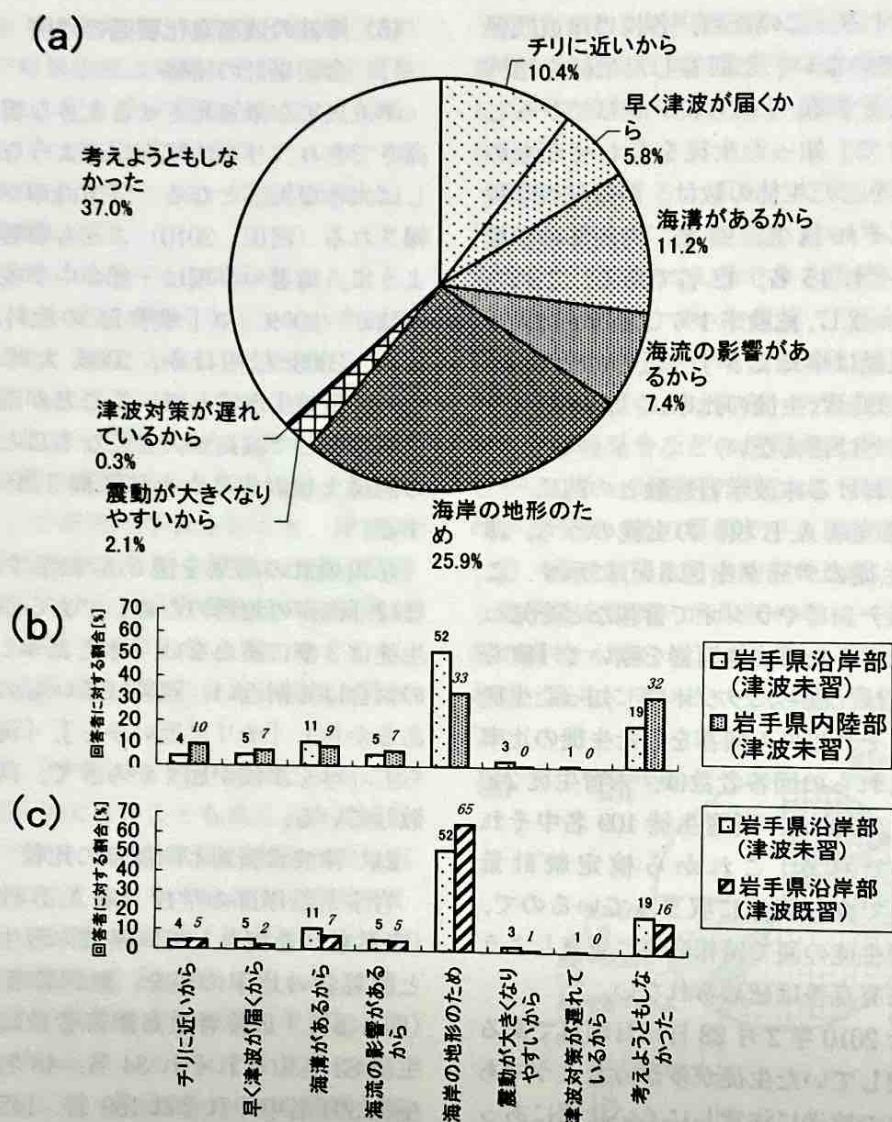


図6 三陸海岸などで大津波の恐れがある理由についての認識 (図2の設問3(3))
(a) 全国, (b) 岩手県, (c) 岩手県沿岸部

津波の高さの海岸地形による影響については、一部の高校「地学I」の教科書(島崎ほか, 2003; 松田ほか, 2006; 大森ほか, 2008)には掲載されているので、「地学I」で津波について学ぶことにより、海岸地形と津波の関係を認識できると期待される。しかし、津波未習生徒と既習生徒の間で正答率に差があるとは明確に言えないことから、学習の成果が顕著に現れているとは言えない。

(6) 津波学習の意識

1) 全国集計の結果

津波について学校で学ぶべきかどうか、生徒はどのように考えているかを明らかにするために、図2の設問4の集計結果を分析する。

全国集計の結果を図7に示す。これによると「中学

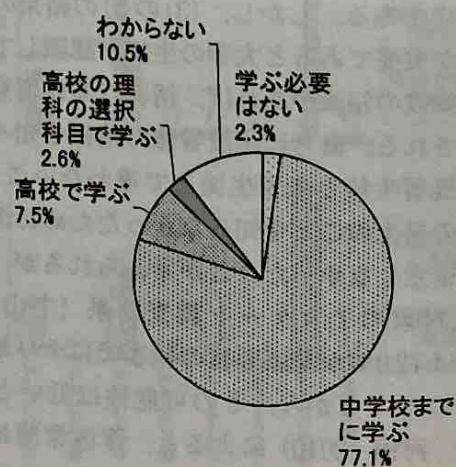


図7 津波学習の意義 (図2の設問4)

校までに学ぶ」がたいへん多い。一方、「わからない」と回答する生徒が1割強存在する。

2) 東北ブロックの集計結果

過去に津波災害が見られた沿岸部では、津波学習が充実していた場合、生徒は津波学習の意義をより高く評価していると期待される。沿岸部と内陸部の高校生の意識の差異について検討するため、岩手県、秋田県を例に、沿岸部と内陸部の高校における回答者の比率の差を検討する。

岩手県の地学履修生徒を対象としたところ、「中学校までに学ぶ」回答者数とそれ以外の回答者数は、内陸部の学校の生徒83名中それぞれ64名、19名、沿岸部の学校の生徒126名中それぞれ115名、11名である。これから検定統計量 $T=2.86$ 、危険率1%で棄却域にあるので帰無仮説は棄却でき、沿岸部の生徒のほうが「中学校までに学ぶ」べきとする回答率の比率が有意に高い。

同様に、秋田県内陸部と沿岸部の学校とで地学履修生徒を対象としたところ、「中学校までに学ぶ」回答者数とそれ以外の回答者数は、内陸部の学校の生徒262名中それぞれ197名、65名、沿岸部の学校の生徒30名中それぞれ26名、4名である。これから検定統計量 $T=1.40$ 、危険率1%で棄却限界に収まっているので帰無仮説は棄却できず、生徒集団間で回答率の比率に有意差があるとは言えない。

以上のことから、沿岸部生徒のうち、津波常襲地である岩手県では津波学習の意義の認識は高いが、秋田県では内陸部の生徒と同程度である可能性がある。

なお、回答した生徒の多くは、現状の教科書程度で十分と考えているのか、義務教育として学ぶべきだと考えているのか、今回の調査からは判断がつかない。

(7) 高校で学ぶべき重要事項

1) 全国集計の結果

高校で津波を学習しなければならないとき、どのような項目を学ぶべきかと生徒は考えているかを明らかにするために、設問5の結果を検討する。

全国集計の結果を、図8(a)に示す。これによると「津波の防災対策」が最も多い。その次に多いのは、「津波の災害」、「津波が起こるしくみ」、「地震が起こるしくみ」である。

このように、生徒は防災上実用的な事項と比べ、「津波が起こるしくみ」など自然科学的内容のニーズは比較的低く、また回答項目が分散している。

2) 内陸部と沿岸部における意識の差異

次に、津波常襲地と内陸部における生徒の意識の差異を分析するため、地学履修生徒のうち、岩手県と秋田県のデータを図8(b), (c)に、全国集計で回答率の高い項目から順に並べて示す。

岩手県では、津波に関する項目のうち「津波災害の歴史」を回答した割合が、沿岸部、内陸部とも全国平均よりも高い。秋田県では、「津波の災害」、「津波の実態」、「津波で浸水しやすい地域」、「津波が伝わるしくみ」、「津波災害の歴史」を回答した割合が、内陸部では全国集計よりも低い。対照的に沿岸部ではこれらの項目が全国集計よりも高い傾向にある。

岩手県は沿岸部が津波常襲地であるが、内陸部の生徒も、学習事項として災害史が重要であると考えている。秋田県では内陸部の生徒では津波に関する学習の重要性の認識が比較的低く、沿岸部で相対的に高いことは、日本海中部地震による津波災害についての認識が内陸部で低いことを示唆している。

(8) 分析のまとめ

高校学習指導要領で津波が取り上げられなかった教育課程下での、高校生対象のアンケート調査結果についてまとめる。

- ① 情報源として「テレビ番組」は最も重要で、地学を履修して津波の学習をした場合には、「先生」がそれに次ぐ情報源である。津波未習生徒のうち「特に知識はなかった」と回答した約1/3の生徒は、小・中学校で津波について学ばなかったか、あるいは学習効果がなかったと思われる。津波常襲地では「家族」も重要な情報源である。
- ② 津波防災に関する基礎知識として、「海岸へ近づかない」、「高台へ避難する」は認識が高く、一方「第2波以降が大きいこともある」、「予報の2倍の高さになることがある」は認識が低い。津波未習生徒と既習生徒の間で回答傾向に違いは見いだせない。これは津波発生や伝播、波高変化などについて学習する機会がないためである。
- ③ 発令直後に津波警報のことを知った生徒の比率は津波未習生徒と既習生徒で違いがあるとは言えず、遠地津波に対する警戒の度合いに違いがない。これは「地学I」で遠地津波について学ぶ機会が少ないためかもしれない。
- ④ 津波の高さの海岸地形による影響について、津波未習生徒と既習生徒の間で正答率に差がな

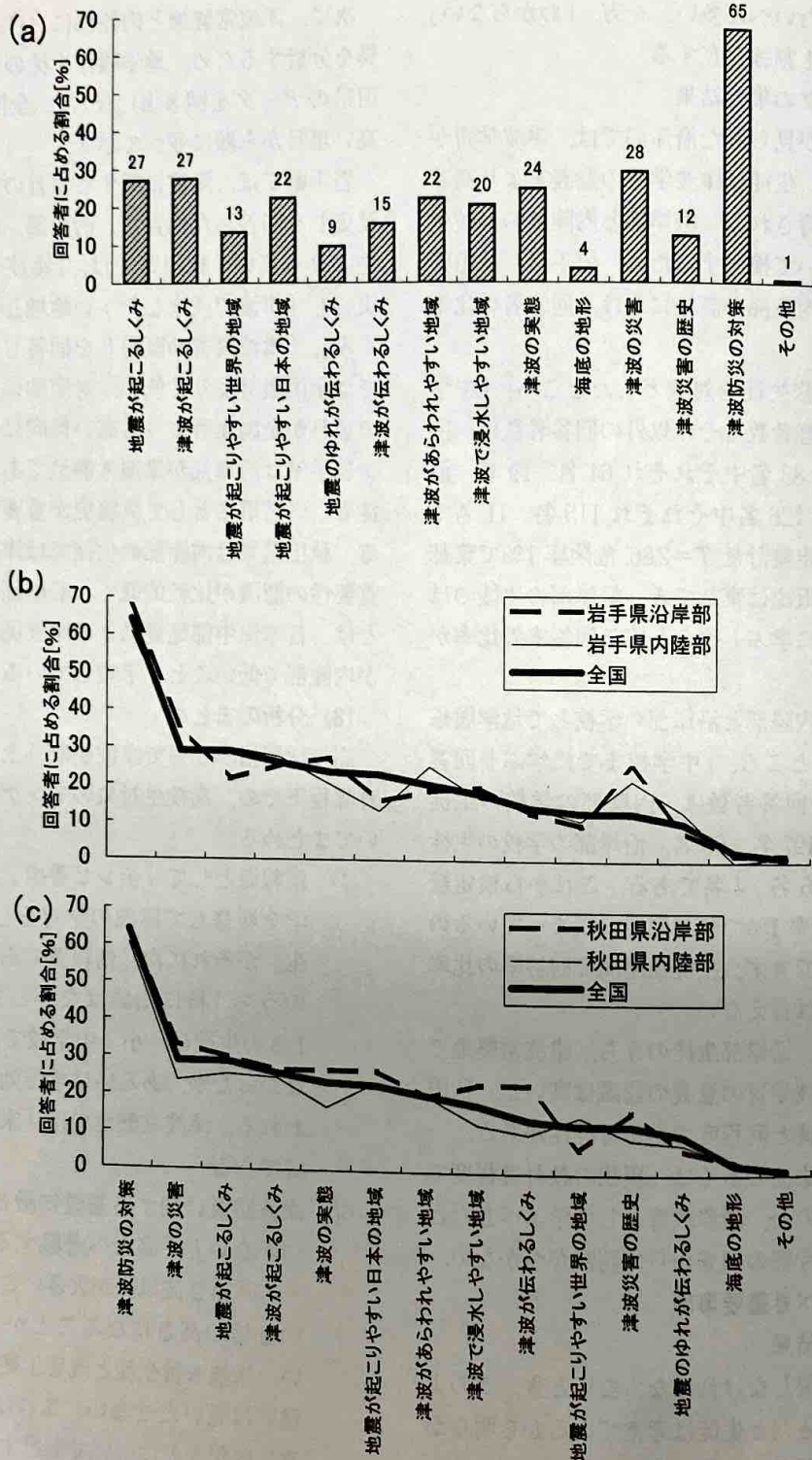


図8 高校で学ぶべき重要事項 (図2の設問5)
(a) 全国, (b) 岩手県, (c) 秋田県

く、「地学I」による学習の成果が現れているとは言えない。

- ⑤ 津波について「中学校までに学ぶ」べきだという生徒がたいへん多い。とりわけ津波常襲地ではその傾向が強い。
- ⑥ 高校で津波を学ぶとき、生徒は実用的な事項が

学習として重要であると考えている。津波常襲地を持つ岩手県では、内陸部の生徒も津波災害の歴史の学習が重要であると考えているが、秋田県内陸部の生徒は津波に関する学習に對し関心が低い傾向にある。

5. 津波に関する学習指導改善の視点

次に、今回の分析結果をもとに、津波の学習指導についての改善点について検討する。

「4. 結果とその分析」の(7)から、多くの生徒は学習すべき項目として「津波の防災対策」を求めていることがわかった。例えば防災教育の一例として災害図上訓練があるが、津波の基本知識なくしてこの訓練をしても実力はつかない(河田, 2010)。加藤・木谷(1989)は、災害に発展しうる自然現象の原理・しくみを知ることにより、防災の手だてが連想されるし、防災や被災時の意志決定の判断基準になると述べている。これらの主張から、理科での指導の際に、単に防災対策のみを取り上げることは避けられねばならない。その際、4節の(3)および(5)で明らかになったように津波の実態についての理解が低いことから、津波の発生や伝達の原理・特徴などを学ばせることが重要である。また、4節の(7)で見たように、自然科学的内容について生徒のニーズは比較的低いことから、例えば自然災害の脅威を強調した学習の動機づけだけでは、「津波の防災対策」についての学習意欲が高められるにとどまり、自然科学的な原理・原則についての学習への意欲・関心の向上には直接結びつかない可能性が大きいと思われる。このことから、自然科学的内容の学習の意義を強調するとともに動機づけを工夫することが必要である。

6. 教材開発の課題

(1) 教材内容の現代化

秋田県では、日本海中部地震の後に教員向けに津波防災の指導資料(秋田県教育委員会, 1984)を作成したが、今や教材としては自然科学的内容が古くなった。入手が困難であったりする。ほかの地方でも教育委員会の津波に関する指導が古すぎると指摘がある(田中, 1995)。このような地方では、教師用指導資料などの改訂が求められる。

(2) 地域の津波災害誌の教材開発と限界

地域の津波災害誌の学習が津波防災意識の発露に重要であるという主張は多い(例えば、越村ほか, 2006; 福和, 2008)。その際、津波の特性は地域によって異なることから、地域性を考慮した津波災害誌の教材開発が求められる。さらに、近年開発された都市域のウォーターフロントなど、私たちの生活環境は歴史地震津波の頃と変わっている。過去には起こらな

かった、都市型津波災害への想像力の不足(河田, 2010)に陥らないよう、指導にあたり災害誌教材だけに頼らないようにしなければならないだろう。しかし、過去の津波災害が少ない地域や発生時期が古い地域では、基礎資料が乏しい可能性がある。

河田(2010)は、地球科学的に見て津波常襲地であるにもかかわらず、郷土誌に記録がないことを理由に、大きな津波が歴史的になかったと考える誤認識が地方行政機関幹部に見られた例を紹介している。地質学的手法で見いだされる津波イベント堆積物の教材化を検討することも、古記録の少ない地方では必要かもしれない。

(3) ハザードマップを活用した教材の開発

地域ごとの津波ハザードマップは、2010年現在で321市町村で作成されているが、ハザードマップを配布しただけでは防災上の効果はあまりなく、それをもとに学習することが必要である(河田, 2010)。過去の被害状況を教材化するためのハザードマップとして、昭和南海地震による津波の浸水分布図が和歌山県下を対象として作成され、防災教育への活用が提案されている(此松・上山, 2005)。地学の授業において、地形図からの地形判読や地形分類、表層地質、災害誌を取り上げながら、ハザードマップの見方や活用法を生徒に学ばせることが考えられる。ハザードマップが作成されていない地域では、田中(1995)による提案やそれに基づいた指導資料例(田中, 1996)のように、地域の教材開発と生徒の安全確保を兼ねて、校区内あるいは生徒の通学範囲内のハザードマップを教師が作成することも考えられる。

(4) 津波の特性を踏まえた教材開発

地域の津波災害誌を教材化する際に、留意しなければならない点がある。先にも述べたように、津波は非常に局所性が高い現象で(越村ほか, 2006)、地域によってその特性が異なる。津波常襲地在住の成人には、過去の事例や伝聞、教材を鵜呑みにした知識を持っている例があり(河田, 2010)、その代表例は『稲むらの火』に記された津波事象の記述の過信である。この印象的な教材では引き波で始まった津波が記述されたため、読者は津波は常にそのようなものだと誤解している(伊藤, 2005; 河田, 2010)。また過去の経験を普遍化することによる誤った判断が津波被害を招いた例がある(例えば山下, 2008)。教材開発にあたり、津波について普遍的な内容と個性とを区別して、津波教育が防災上、逆効果にならないようにすべ

きである。

また、遠地津波と近地津波とで、あるいは太平洋側と日本海側とで津波の特性(周期、継続時間、不意の高波の有無、多重反射の有無など)が異なる(土木学会津波研究小委員会, 2009; 河田, 2010)。これらのことをどのように指導するのかを検討した例は知られておらず、今後研究する必要がある。

7. おわりに

まず、平成 23(2011) 年東北地方太平洋沖地震により命を失われた実に多くの方々の冥福を祈りたい。この地震の発生前に本研究の詳細を公表できなかったことをたいへん残念に思う。防災教育の重要性は今さら繰り返すまでもないだろうが、防災教育を学校で実施しない理由として、時間が確保できないからという調査結果がある(村山, 2009)。防災教育の実践にあたり教師の努力が足りないという指摘(山下, 2005)あるいは津波防災の義務教育化という厳しい主張もある(山下, 2008)。学校全体でなおいっそう、防災教育の推進に取り組むべきであるが、まずは理科・地学教育において、防災に有益な自然災害教育をさらに推進することが必要なのではないかと考える。

謝 辞 本研究のアンケート調査にあたり、ご多忙のなかご協力いただいた各高校の校長、教員、生徒の皆様へ御礼申し上げる。高校への調査依頼にあたり、秋田大学教育文化学部教授の林 信太郎博士、北海道弟子屈高等学校校長の宮嶋英次氏、岩手県立一関第一高等学校副校長の茂庭隆彦氏にはたいへんお世話になった。文献入手にあたり、秋田県教育委員会事務局保健体育課にはご高配を賜った。関係各位に心より御礼申し上げます。

引用文献

- 秋田県教育委員会 (1984): 学校における防災の手びき—日本海中部地震から—。秋田県教育委員会, 145 p.
- 土木学会津波研究小委員会 (2009): 津波から生き残るその時まで知ってほしいこと。社団法人土木学会, 東京, 176 p.
- 福和伸夫 (2008): 地震に負けない力をつけるための防災教育。地震ジャーナル, 46, 29-37.
- 林 紀代美 (2009): 2007 年能登半島地震発生時における中学生とその保護者の意識と災害回避行動。地域と環境, 8・9, 65-76.
- 日高東部消防組合浦河消防署 (1992): 地震と津波に関する地域住民の意識調査。日高東部消防組合浦河消防署, 67 p.
- 廣井 脩 (1995): 防災教育の現状と課題。学校保健研究, 37, 167-171.
- 広野卓蔵 (1955): 津波・高潮・海洋災害。和達清夫(編), 地震と津波, 同和春秋社, 東京, 189-208.
- 石川 信 (2010): 大津波警報 そのとき住民は〜チリ地震津波に関する緊急調査から〜。放送研究と調査, 60, 80-89.
- 伊藤和明 (2005): 津波防災を考える。岩波書店, 東京, 55 p.
- 加藤裕之・木谷要治 (1989): 中学生の災害に対する意識の実態と望ましい防災教育のあり方(1)—地震を例として—。横浜国立大学教育紀要, 29, 271-294.
- 河田恵昭 (2010): 津波災害—減災社会を築く。岩波書店, 東京, 191 p.
- 川村教一・内記昭彦・荒井賢一・宮嶋 敏・高木大輔・鈴酒明日香 (2010): 高校生の津波に関する認識についてのアンケート調査結果 2010 年 2 月 27 日チリ中部沿岸の地震による津波を例として。平成 22 年度全国地学教育研究大会・日本地学教育学会第 64 回全国大学鹿児島大会講演予稿集, 62-63.
- 気象庁 (2010a): 平成 22 年 2 月地震・火山月報 (防災編)。気象庁, 76 p.
- 気象庁 (2010b): 平成 22 年 3 月地震・火山月報 (防災編)。気象庁, 88 p.
- 国立防災科学技術センター (1984): 昭和 58 (1983) 年日本海中部地震による災害現地調査報告。主要災害調査, 23, 国立防災科学技術センター, 164 p.
- 此松昌彦・上山容江 (2005): 防災教育へ利用できる昭和南海地震浸水分布図—和歌山県の浸水分布図をもとに—。紀州経済史文化史研究所紀要, 25, 25-45.
- 越村俊一・後田紘一・今村文彦 (2006): 5. 津波災害を生き延びるための防災教育の現状と課題。自然災害科学, 24, 369-376.
- 釧路地方気象台 (2004): 学習世代における「地震・津波に対する意識調査」報告。釧路地方気象台, 23 p.
- 「教科書レポート」編集委員会 (2010): 2010 年度用中学校・高等学校教科書採択のデータ。教科書レポート, 53, 70-75, 出版労連教科書対策委員会.
- 松田時彦ほか (2006): 高等学校地学 I 改訂版。新興出版社啓林館, 大阪, 263 p.
- 松井孝典ほか (2007): 理科総合 B 歴史としてみる自然。東京書籍, 東京, 225 p.
- 松井孝典ほか (2008): 新編理科総合 B。東京書籍, 東京, 135 p.
- 三浦 登ほか (2006): 新編新しい科学 2 分野上。東京書籍, 東京, 139 p.
- 文部省 (1989): 高等学校学習指導要領解説 理科編・理数編。実教出版, 東京, 286 p.
- 文部省 (1999): 高等学校学習指導要領解説 理科編・理数編。大日本図書, 東京, 310 p.
- 文部科学省 (2008): 中学校学習指導要領解説 理科編。大日本図書, 東京, 149 p.

- 文部科学省 (2009): 高等学校学習指導要領解説 理科編 数編. 大日本図書, 東京, 232 p.
- 村山良之 (2009): 山形県の学校における防災教育の実態と課題. 山形大学教職・教育実践研究, 4, 83-92.
- 大森昌衛ほか (2008): 地学 I 改訂版. 実教出版, 東京, 191 p.
- 島崎邦彦ほか (2003): 地学 I 地球と宇宙. 東京書籍, 東京, 181 p.
- 竹内敬人ほか (2009): 未来へひろがるサイエンス第2分野(下). 新興出版社啓林館, 大阪, 133 p.
- 田中 実 (1995): 理科教育からみた学校における防災教育の諸問題. 北海道教育大学紀要 (第1部 C), 46, 97-109.
- 田中 実 (1996): 北海道南西部江差地域を例とした地震防災指導資料の作成. 僻地教育研究, 50, 1-15.
- 田中 敏・山際勇一郎 (1989): ユーザーのための教育・心理統計と実験計画法. 教育出版, 東京, 299 p.
- 都司嘉宣 (2005): 三重県の歴史地震と津波. 歴史地震, 20, 3-7.
- 牛山素行・野田敦夫 (2010): 2010年2月28日チリ地震津波の防災避難行動に関する調査速報. 津波工学研究報告, 27, 73-82.
- 内海和彦ほか (2004): 高等学校地学 I. 第一学習社, 広島, 184 p.
- 山下文男 (2005): 津波の恐怖―三陸津波伝承録一. 東北大学出版会, 仙台, 249 p.
- 山下文男 (2008): 津波と防災―三陸津波始末― シリーズ繰り返す自然災害を知る・防ぐ 第2巻. 古今書院, 東京, 158 p.

川村教一・内記昭彦・荒井賢一・宮嶋 敏・高木大輔・鈴酒明日香：高校生の遠地津波に関する認識：2010年チリ地震津波を例としたアンケート調査から 地学教育 64 巻 5・6 号, 163-177, 2011

〔キーワード〕 遠地津波, 津波の概念, 高校生, アンケート調査, 2010年チリ地震

〔要旨〕 高校生の津波の理解やその学習に対する意識のアンケート調査を, 2010年チリ地震津波を例として行った. 海岸地形による津波の波高の変化, 津波防災に関する基礎知識などの理解, 遠地津波に対する警戒は地学履修者が未履修者と比べ高いとは言えない. 一方で, 津波の学習において, 知識の情報源として教員は貢献している. 大半の生徒は津波について中学校までに学ぶべきだと, また高校で学ぶとしたら津波防災対策が重要だと考えている. これらをもとに, 高校における津波に関する学習指導の改善の視点や教材開発の課題について議論した.

Norihito KAWAMURA, Akihiko NAIKI, Ken'ichi ARAI, Satoshi MIYAJIMA, Daisuke TAKAGI and Asuka SUZUKI. *Journal of Education of Earth Science*, 64(5・6), 163-177, 2011

資料

教員養成系課程の大学生に対する未固結堆積物の はぎ取り標本の作製実習

Practice of Making Peel Specimen of Unconsolidated Sediments for
University Students of Teacher Training Course

植木 岳雪^{*1}・竹下 欣宏^{*2}

Takeyuki UEKI and Yoshihiro TAKESHITA

Key words: peel specimen, unconsolidated sediments, teaching material, university student, school teacher, earth science education, practice

1. はじめに

未固結堆積物のはぎ取り標本は、調査・研究と教育の両面で有用である。調査・研究については、徳山(1967)によって、外国で行われていた未固結堆積物のはぎ取り標本の作製方法を改良したものが紹介されたが、その後はほとんど活用されてこなかった。しかし、露頭やボーリングコアで未固結堆積物を直接観察するよりも、堆積物のはぎ取り標本のほうが堆積構造、変形構造、粒度、侵食面などを明確に認められることから、近年、露頭、トレンチ壁面、ボーリングコアなどで見られるさまざまな未固結堆積物のはぎ取り標本が活用されている(例えば、七山・重野, 1998; 七山ほか, 2001; 高田ほか, 2002; 石原ほか, 2004; 宮地ほか, 2004; 添田ほか, 2004; 宍倉ほか, 2005; 田辺ほか, 2006a, b; 川辺, 2007; 笠間・山下, 2008; 石浜・田口, 2008; 青野, 2010)。また、地層は露頭があれば観察できるのに対して、土壌の断面は観察できないことがある。そこで、土壌モノリスと呼ばれる土壌断面のはぎ取り標本が長年にわたって研究用資料として収集されており(森田, 1956; 松崎, 1963; 佐々木・谷口, 1967; 永塚, 1971; 鷹見・的場, 1981; 浜崎・三土, 1983; ベドロジスト懇談会, 1984, 1986; 宍戸, 1991; 日本ペドロロジー学会, 1997; 浜崎ほか, 2002)、土壌モノリスのデータベースも構築されている(中井ほか, 2006)。

教育への適用については、生涯学習と学校教育の両

面で未固結堆積物のはぎ取り標本が活用されている。生涯学習においては、開発事業、植生・法面の被覆によって消滅の危機に瀕している模式露頭の保存や、道路工事・トレンチ掘削調査で現れた一時的な露頭の記録のために、博物館等によって未固結堆積物のはぎ取り標本が作製されている(増淵 1991; 梶浦, 1996; 田口, 1999; 太田ほか, 2006; 松島ほか, 2007; 田口ほか, 2007; 鈴木, 2009)。また、博物館等においては、展示・解説用の資料として未固結堆積物のはぎ取り標本を用いることも多い。一方、学校教育においては、未固結堆積物のはぎ取り標本は野外での地層の露頭に代わる素材としての活用が1980年代半ばから提案されており(池田, 1984; 池田・小篠, 1984; 吉永・浅居, 1985; 藤岡ほか, 1990; 戸倉, 1996; 藤岡, 1999; 川辺, 2006; 植木ほか, 2008; 伊藤ほか, 2011)、それを用いた授業実践も報告されている(那賀島, 2002a, b; 石原ほか, 2005; 山崎ほか, 2006; 福田ほか, 2007; 秋吉・福井, 2008; 武藤・川上, 2009a, b; 青野・鹿野, 2010)。

学習指導要領では、小学校・中学校の理科では学校周辺の地層の野外観察が必須とされ(文部科学省, 2008a, b)、高等学校理科の地学でも地層の野外観察が推奨されている(文部科学省, 2009)。また、地学分野における野外観察授業の重要性が強調されており、その効果も実証されている(例えば、下野, 1998; 相場・小林, 2008)。それにもかかわらず、地学分野での野外地質観察授業の実施率は低く、東京都では平成

^{*1} 独立行政法人産業技術総合研究所・地質情報研究部門
2011年7月4日受付 2011年11月19日受理

^{*2} 信州大学・教育学部

9~10 年度に小学校で 69%, 中学校で 50%, 高等学校で 34% (宮下, 1999), 川崎市では平成 15 年に中学校で 32% (安藤, 2004) にすぎない。一般に, 児童・生徒および学校教員は, 地層というと固結した岩石をイメージしている。しかし, 固結した砂岩や礫岩では, 風化や再結晶によって級化構造, 斜交葉理などの堆積構造は未固結堆積物よりもわかりにくいことが多い。また, 固結した砂岩や礫岩の標本を露頭から切り出すには手間がかかり, 標本の表面を研磨することも必要である。一方, 未固結堆積物のはぎ取り標本は堆積物の露頭の表面をそのままはがしたものである。堆積粒子自身がはぎ取り面に付着し, 標本整形の手間を省くことができる。そのため, はぎ取り標本は, 教科書に載っている堆積物の写真, スケッチ, イラストに比べて, 現実の地層に最も近い素材であり, 級化構造や斜交葉理などの堆積構造もわかりやすい。このような特性を持つため, 学校の周辺に適当な露頭がなかったり, 野外での露頭観察の時間が取れない場合などに, 未固結堆積物のはぎ取り標本を地学分野の授業で活用することが期待される。また, あらかじめ教員が野外で露頭観察をする堆積物のはぎ取り標本を作製しておき, 野外での露頭観察授業の前後の室内の授業で, そののはぎ取り標本を用いて露頭で見られる堆積物の構成粒子や堆積構造を予習・復習することもできる。さらに, 未固結堆積物のはぎ取り標本を用いると, 堆積物の露頭では観察が難しい微細な堆積構造や不明瞭な生痕化石を室内でじっくり観察することも利点である。多くの学校で地学分野の野外観察授業が実施されていないという現状を考慮すると, 地層の野外観察の代替として未固結堆積物のはぎ取り標本をもっと活用して良いと思われる。

全国のさまざまな未固結堆積物のはぎ取り標本をストックし, 学校に貸し出すという「地層宅配便計画」(中野, 2011) を利用して, 未固結堆積物のはぎ取り標本を学校の授業で活用することが可能である(大崎ほか, 2011)。しかし, 郷土の自然を取り扱った生き生きとした授業を行うためには, 個々の学校教員が未固結堆積物のはぎ取り標本の作製に習熟し, 学校周辺の堆積物のはぎ取り標本を自分で用意することが望ましい。多くの教員に未固結堆積物のはぎ取り標本の作製方法を広めるためには, 伊藤ほか(2011)が示したように, 学会による教員向け巡検の利用のほかに, 教育委員会による教員経験者研修や大学による教員免許状更新講習での利用が考えられる。一方, 将来教員と

なる教員養成系課程の大学生に対して, 未固結堆積物のはぎ取り標本を作製してもらい, その有用性を体感してもらうことも重要と考えられる。そこで, 本論では, 信州大学の教員養成系課程の大学生を対象として, 未固結堆積物のはぎ取り標本の作製実習を行った事例を紹介する。

2. 実習の概要

(1) 参加者および実習場所

今回の実習は, 科学技術振興機構(JST)によるコアサイエンスティーチャー(CST)養成拠点構築事業の一環として実施された。CSTとは高度な専門性と豊かな実践力を兼ね備えて優れた教育実践を行い, 小学校・中学校の理科教育を推進するうえで中核的な役割を担う教員のことである。この事業は, 大学と教育委員会が連携し, 小学校・中学校教員の理数教育における指導力向上を図ることを目的としており, 信州大学では教員を目指す学生を対象とした初級CSTプログラムと現職の教員を対象とした上級CSTプログラムが設定されている。2010年度の初級CSTプログラムでは, 物理・化学・生物・地学・理科教育に関して最新の知見や手法を学ぶため, 各領域で3回ずつ, 合計15回の活動が企画された。今回の実習はそれらの活動の一つで, 教員を目指す学生に対して, 未固結堆積物のはぎ取り標本を作製することを通して, それを身近なものと感じてもらい, 有用性や特性を学び, 学校現場で自らはぎ取り標本を活用するための能力を身に付けてもらうことを目的として実施された。CST養成拠点構築事業の活動への参加は任意であることから, 実習に参加した学生は教育学部の一般の学生よりも地学に対する学習意欲が高い者が多いと思われる。

一般に, 児童・生徒および学校教員は, 「地層」とは第四紀以前の固結したものをイメージすると思われるが, 固結した地層をはぎ取ることは非常に困難である。しかし, 第四紀あるいは現世の未固結堆積物のはぎ取り標本を「地層」とみなした従来の授業実践報告(例えば, 石原ほか, 2005; 山崎ほか, 2006; 秋吉・福井, 2008; 武藤・川上, 2009a, b)では, 地層の野外観察の代替となる十分な教育効果があったとされている。今回は, 大学の周辺に未固結堆積物の露頭がなかったため, 河床にある現世の河川により形成された堆積物をはぎ取り標本作製の対象とした。

実習を行った場所は, 大学から約1km西に離れた長野市内の裾花川^{すくはな}の河床である(図1)。実習を行っ



図1 未固結堆積物のはぎ取り標本の作製実習を行った場所(黒丸)
基図は国土地理院発行の25,000分の1数値地図「長野」を使用。

た裾花川の右岸には、幅20~50mのポイントバーが発達している(図2-1)。ポイントバーの堆積物は、全体に中粒~極粗粒砂が卓越し、細礫サイズの礫が多く含まれている(図2-2)。礫の最大径は50cm程度である。

(2) 用意するもの

未固結堆積物のはぎ取り標本を作製にあたり、植木ほか(2008)は水を加えることによって固化するポリウレタン系合成樹脂である東邦化学工業(株)Hycel OH-1AXを用いた。しかし、今回の実習では、冬季で寒冷であることから、より強力で速乾性のあるHycel SAC 100を用いた。使用法は、Hycel SAC 100とOH-1AXで特に変わらない。Hycel SAC 100とOH-1AXは、理化学機器を扱っている代理店を通して、1斗缶で25,000円程度で購入できる。これらの薬剤の危険性や取り扱いの注意については、植木ほか(2008)を参照されたい。

Hycel SAC 100以外に用意するものは、植木ほか(2008)と同様である。すなわち、プラスチック製の手桶、30cm×30cm程度の大きさに切りそろえた布(寒冷紗)、五寸釘、竹串、割りばし、刷毛、霧吹き、たわし、保護めがね、ビニール手袋、ゴーグル、ねじり鎌、スコップ、コンテナボックスである。

(3) はぎ取り方法

最初に地面から深さ50cm程度の穴をスコップで掘って、ポイントバー堆積物に人工的な断面を作った(図2-3)。そして、断面をねじり鎌で平らに整形し、

五寸釘や竹串で布を堆積物に固定した(図2-4)。

植木ほか(2008)は、Hycelを使用して布と堆積物を固着させる三つの方法を示している。今回の実習では、最初にHycelと水の混合液を断面に塗布して堆積物を固化させ、次にHycelの原液を布を通して固化させた露頭面に塗布したのち、霧吹きで水を散布するという最も複雑な方法以外で、二つの方法を適用した。以下にそれらの方法を示すが、どちらでも良い。

方法1: 約100ccのHycel SAC 100の原液を手桶に入れ、水と1:7程度の割合になるように割りばしを使用して混ぜる。次に、その混合液を刷毛、たわしまたはビニール手袋をはめた手で布の上から塗布する(図2-5)。

方法2: 100~200ccのHycel SAC 100の原液を刷毛、たわしまたはビニール手袋をはめた手で布の上から塗布する。次に、その面に霧吹きまたは手桶で水をかける(図2-6)。

方法1は単純であるが、Hycelと水の混合液が固化し始めるまでに手早く塗布する作業を完了させる必要がある。Hycelと水の混合液は、一般に5分後くらいから固化が始まり、20~30分で布と堆積物が固着する程度に固化する。また、Hycel SAC 100と水の混合比にも注意しなくてはならない。方法2は方法1に比べてやや複雑であるが、水をかけないとHycel SAC 100は固化しないので、時間をかけて丁寧に作業することができる。どちらの方法でも、Hycel SAC 100を扱うときには、保護めがねをかけ、ビニール手袋をはめることに留意する。

全体に、ポイントバーの堆積物は非常にしまりがなく、間隙が多く、断面が崩れやすかったので、今回の実習では方法2のほうが適当であった。Hycel SAC 100を固化させるための水は、川の水を用いた。どちらの方法でも、Hycel SAC 100が固化したのを確認した後に、布に固着した堆積物をねじり鎌で慎重にはぎ取った(図2-7、図2-8)。

(4) 実習の様子

実習の活動内容を表1に示す。実習は、導入10分、準備10分、展開50分、片付け10分、まとめ10分の順に行い、全体では90分間であった。本論の著者のうち、植木は指導者として、竹下はアシスタントとして学生を指導した。12名の学生を3名ずつ4班に分けて、未固結堆積物のはぎ取り標本の作製実習を行った。

導入の時間では、指導者が学生に対して未固結堆積

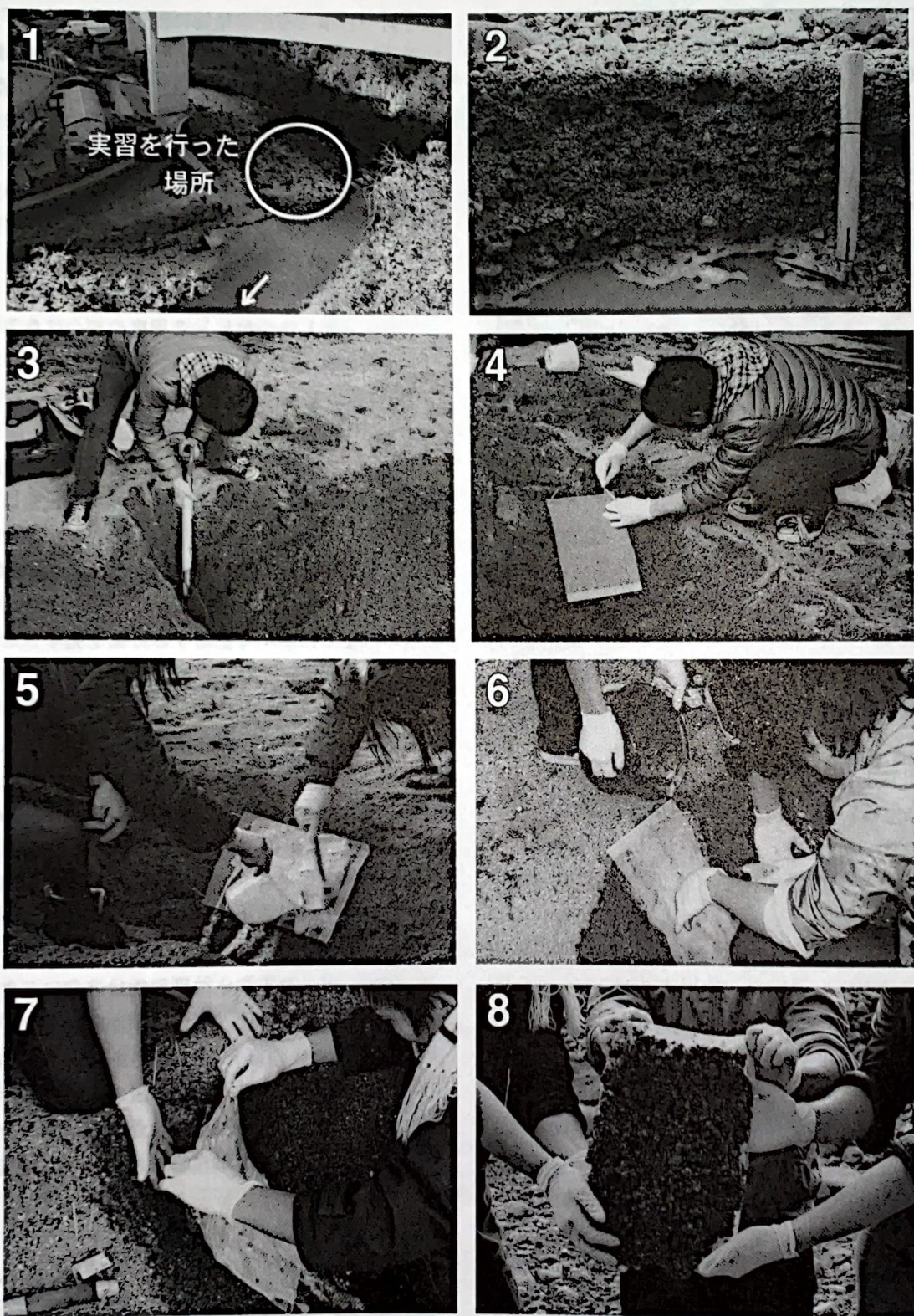


図2 未固結堆積物のはぎ取り標本の作製実習の様子

1. 実習を行った裾花川の右岸のポイントバーの遠景。矢印は流れの方向を示す。2. ポイントバーを構成する砂礫層。ねじり鎌の柄の長さは25 cm。3. スコップで穴を掘って、ポイントバーの堆積物に人工的な断面を作っている。4. 方法1と方法2で共通に、断面をねじり鎌で平らに整形し、竹串で布を堆積物に固定している。5. 方法1の場合で、Hycel SAC 100 と水の混合液を刷毛で布の上から塗布している。6. 方法2の場合で、Hycel SAC 100 の原液を布の上から塗布し、その面に手桶で水をかけている。7. 布に固着した堆積物をはぎ取っている。8. はぎ取られた堆積物の標本。

表1 実習の活動内容

時間	過程	活動内容
10分	導入	地層のはぎ取り標本作製の意義を解説 現河床の地形および堆積物の特徴を説明
10分	準備	堆積物をはぎ取る2つの手順を説明 用具の使用方法を説明 2つの手順に従って薬剤を塗布する作業を模範的に演示
50分	展開	地層のはぎ取り標本の作成 方法1または方法2を使用
10分	片付け	はぎ取り標本をコンテナボックスの中に整理 穴を埋める 固化した薬剤の破片やゴミを回収 用具の片付け
10分	まとめ	活動全体の総括 実習の感想を述べる アンケートの記入
計90分	――	――

物のはぎ取り標本作製の意義と現河床の地形および堆積物の特徴を説明した。

準備の時間では、指導者が学生に対して未固結堆積物をはぎ取る二つの方法を解説し、用具の使用方法を説明した。その後、指導者が50 cm程度の穴をスコップで掘って、ポイントバー堆積物に人工的な断面を作り、Hycl SAC 100を塗布する二つの方法の作業を演示した。

展開の時間では、学生は二つの方法を経験して、未固結堆積物のはぎ取り標本作製した。指導者とアシスタントは学生の班を順番に回って、作業の助言をした。開始から約15分後に、指導者が布に固着した堆積物をはぎ取る作業を演示した。展開の50分間に、1班で3～4枚の堆積物のはぎ取り標本作製できた。学生は最初何をすれば良いのかとまどっている様子であったが、1枚目の堆積物のはぎ取り標本を方法1に従って作製した後は、別の場所で異なった粒度・層相を示す堆積物のはぎ取り標本作製したり、同じ場所でも方法2に従ってはぎ取り標本作製した。学生は、露頭面から堆積物をはぎ取れたときには歓声を上げ、はぎ取り標本を持ち上げても堆積物が布に固着したままであることを驚いていた。地面に穴を掘らずに、ポイントバー表面の砂礫のはぎ取り標本作製した班もあった。

片付けの時間では、学生が実際に作製した未固結堆積物のはぎ取り標本をコンテナボックスの中に整理した。堆積物をはぎ取った穴をスコップで埋め、固化したHycl SAC 100の破片やゴミを回収した。手桶の

底で固化したHycl SAC 100の塊を除去したときには、学生は弾力のある手触りを楽しんでおり、このような副次的なものにも学生の関心が向けられた。そして、実習で使用した用具を片付けた。

まとめの時間では、指導者が学生に対して実習全体の活動を総括し、改めて未固結堆積物のはぎ取り標本作製の意義を説明した。それに対して、学生の代表が講師に対して実習の感想などを述べた。最後に、学生にアンケートを記入してもらい、実習は終了した。

4. 学生の評価と反応

実習のまとめの時間に、調査紙法による四つの調査項目からなるアンケートを実施した。回答は自由記述とし、学生12名のうち10名から回答を得た(表2)。母集団が小さいので、本論ではアンケート結果の定量的な解析は行わない。なお、アンケートでは現河床の堆積物を地層と表現している。

アンケートの調査項目のうち「1. はぎ取った地層はどのように授業に生かせると思いますか?」という設問に対しては、「現地に行かなくても地層を観察できる」という回答が多かったが、粒子の大きさやインプリケーションの観察、スケッチすることの意義を述べた者もいた。「2. 地層をはぎ取る作業はどのように授業に生かせると思いますか?」という設問に対しては、「実際に体験することで地学に親しみをもち、楽しさを感じる」という回答が多かったが、そのほかにも地学的事実から道徳的内容まで、さまざまな意義が示された。「3. はぎ取った地層や地層をはぎ取る作業は、授業以外の何に生かせると思いますか?」という設問に対しては、地質学的な視点のほかに、芸術的な視点ではぎ取り標本を見た者がいた。また、Hycl SAC 100が固化する過程を通して化学に興味を持たせるという、地学と化学を融合させる教材の可能性が示された。ただし、無回答は、はぎ取り標本を授業で活用する以外に、特に思いつかなかったと思われる。「4. 感想を自由に書いてください」という設問に対しては、全員が肯定的な回答であった。「楽しい」、「初めて」、「新鮮な」、「貴重な」という目新しさ・おもしろさと、「経験」、「体験」という手を動かす作業が評価されたようである。

5. おわりに

将来、学校の教員になる教員養成系課程の大学生を

表2 アンケート調査の結果

-
1. はぎとった地層はどのように授業に生かせると思いますか？
- ・ 現地に行かなくても地層を実際に観察できる
 - ・ 粒子の大きさやインプリケーションの観察
 - ・ スケッチさせることにより、地層に興味を持たせる
 - ・ 水によって粒子が運搬され、堆積する様子を観察できる
2. 地層をはぎとる作業はどのように授業に生かせると思いますか？
- ・ 実際に体験することで、地学に親しみをもち、楽しさを感じる
 - ・ 身をもって地層を感じることができる
 - ・ 土に触れること自体が生活科の授業につながる
 - ・ 苦労して成果を得ることができる
 - ・ 粒子の大きさに気付かせる
 - ・ 専門的な授業を実践できる
 - ・ 子どもといっしょに作業できる
3. はぎとった地層や地層をはぎとる作業は、授業以外の何に生かせると思いますか？
- ・ 部屋のオブジェ
 - ・ 地質調査、地質試料
 - ・ 化学のおもしろさを気付かせる
 - ・ 思い出
 - ・ 工事現場で露出する地層に興味を持たせる
 - ・ 子どもたちの意欲を引き出す
4. 感想を自由に書いてください
- ・ 楽しい体験だった、初めての経験だった、新鮮な経験だった、貴重な経験だった
 - ・ 思ったよりしっかりできた
 - ・ 今回は固結度が低い地層だったので、次は固結度の高い地層でやったらおもしろそう
 - ・ 何回もやると徐々に慣れてきて、上手にできるようになった
 - ・ フィールドワークはもっと暖かい時期の方が良い
-

対象として、未固結堆積物のはぎ取り標本の作製実習を行った。実習時間内に、学生は数枚のはぎ取り標本を作製することができた。学生はその実習に対して肯定的な感想を示し、未固結堆積物のはぎ取り標本を授業で活用できることを知った。未固結堆積物のはぎ取り標本の作製実習は、大学の一般的な授業1コマ分(90分)で十分であり、河原にある現世の河川堆積物を用いることも可能である。このように、未固結堆積物のはぎ取り標本の作製実習は手軽に実施することができるので、学校の地学分野の野外地質観察授業の代替として未固結堆積物のはぎ取り標本を活用することが可能である。今後、この方法が教員養成系課程の大学生に対する理科教育関連の授業や実習に取り入れられることを期待したい。

なお、本報告で示した学生が作製した未固結堆積物のはぎ取り標本を実際に見てみたい場合、貸し出しを

希望する場合は、第2著者の竹下に相談されたい。連絡先は、〒380-854 長野県長野市西長野6-口、信州大学・教育学部理数科学教育講座、電話：026-238-4121、メール：takey@shinshu-u.ac.jpである。

引用文献

- 相場博明・小林まり子(2008)：地層を野外で教えた場合と室内で教えた場合ではどのように違うか。地学教育, 61, 141-155.
- 秋吉博之・福井広和(2008)：児童の空間概念の形成に関する研究—小学校6年理科の学習を通して—。就実教育実践研究, 1, 1-10.
- 安藤秀俊(2004)：中学校理科教科書に掲載されている観察・実験の実施状況。理科教育学研究, 44(3), 35-42.
- 青野宏美(2010)：地質のフィールド解析法。近未来社, 208 p.
- 青野宏美・鹿野勘次(2010)：古木曾川の河床堆積物の示す古流向—斜交葉理を含む河床堆積物の保存と教材

- 化一. 岐阜聖徳学園大学紀要教育学部編, 49, 49-60.
- 藤岡達也 (1999): 地学野外実習教材の開発と実践—ラックフィルム法による剥ぎ取り地層標本の作製を例に—. 大阪と科学教育, No. 14, 23-25.
- 藤岡達也・柴山元彦・稲川千春・宍戸俊夫・芝川明義・平岡由次・藤 一郎 (1990): 剥ぎ取りによる「地層標本」の教材化. 地学教育, 43, 115-121.
- 福田修二・中村英嗣・松永和也・堀美知子・太田泰弘・梅崎恵司・佐藤浩司・野井英明 (2007): セカンドスクールとしての博物館, 地層のはぎ取り資料の活用. 日本地質学会西日本支部第 153 回例会講演要旨, 19.
- 浜崎忠雄・三土正則 (1983): 土壌モノリスの作製法. 農業技術研究機構資料 B, No. 18, 27 p.
- 浜崎忠雄・三土正則・小原 洋・中井 信 (2002): 土壌モノリスの作製法 改訂版. <http://www.niaes.afrc.go.jp/inventory/soil/Document/method.pdf>.
- 池田俊夫 (1984): 露頭の剥ぎ取り転写法による地層の教材化. 日本科学教育学会年会論文集, 8, 162-163.
- 池田俊夫・小篠 清 (1984): 教材化のための地層剥離標本製法. 地学教育, 37, 137-144.
- 石浜佐栄子・田口公則 (2008): 千葉県館山市に分布する千倉層群畑層のコンボリュート葉理構造を含む地層剥ぎ取り標本について. 神奈川県立博物館研究報告, 37, 17-22.
- 石原里佳・丹羽直正・川上紳一 (2005): 小学 6 年「土地のつくりと変化」における多面的見方や達成感を育む教材の開発とその授業実践による検証. 岐阜大学教育学部研究報告 (自然科学), 29, 13-19.
- 石原与四郎・木村克己・田辺 晋・中島 礼・宮地良典・堀 和明・稲崎富士・八戸昭一 (2004): 埼玉県草加市柿木地区で掘削された沖積層ボーリングコア (GS-SK-1) の堆積相・堆積物物性と放射性炭素年代. 地質調査研究報告, 57, 289-307.
- 伊藤 孝・植木岳雪・中野英之・小尾 靖・牧野泰彦 (2011): 地層を見る・はぎ取る・作る. 日本地質学会第 118 年学術大会見学旅行案内書, 153-166.
- 梶浦唯史 (1996): 相模原市田名における富士相模川泥流の堆積状況について—はぎ取りレプリカの制作をめぐる—. 相模原市立博物館研究報告, 5, 34-49.
- 笠間友博・山下浩之 (2008): 地層剥ぎ取り手法による箱根火山起源テフラの記載—TCu-1, Km-3, TP, 鴨沢ロー層. 神奈川県立博物館研究報告, 37, 23-30.
- 川辺孝幸 (2006): 露頭を教室に—OH1-A による露頭の剥ぎ取り転写について—. 第 16 回環境地質学シンポジウム論文集, 139-142.
- 川辺孝幸 (2007): 地質現象の高解像度観察について—剥ぎ取り転写法と地層薄削剥離機による 3 次元観察—. 山形応用地質, No. 27, 58-63.
- 増渕和夫 (1991): おし沼切り通しにおける地層剥離標本収集—川崎では初の本格的な地層剥離. 川崎市青少年科学館紀要, No. 2, 57.
- 松島義章・田口公則・樽 創 (2007): 神奈川県小田原市小船における完新統下原層の露頭剥ぎ取り資料および産出した貝化石. 神奈川自然誌資料, 28, 17-20.
- 松崎陸生 (1963): 塩ビ系化合物によるモノリス作成について. ペドロジスト, 7, 14-17.
- 宮地良典・木村克己・石原与四郎・田辺 晋・中島 礼・堀 和明・中山俊雄・斎藤文紀 (2004): 東京都江戸川区小松川地区で掘削された沖積層ボーリングコア (GS-KM-1) の堆積相・堆積物物性と放射性炭素年代. 地質調査研究報告, 55, 201-219.
- 宮下 治 (1999): 地学野外学習の実施上の課題とその改善に向けて—東京都公立学校の実態調査から—. 地学教育, 52, 63-71.
- 文部科学省 (2008a): 小学校学習指導要領解説 理科編. 大日本図書, 105 p.
- 文部科学省 (2008b): 中学校学習指導要領解説 理科編. 大日本図書, 149 p.
- 文部科学省 (2009): 高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編. 実教出版, 232 p.
- 森田修二 (1956): 簡易土壌断面標本の作り方. 農業および園芸, 31, 97-98.
- 武藤大輔・川上紳一 (2009a): 長良川河床の地層のはぎ取り標本を活用した授業展開: 小学校 6 年理科単元「大地のつくりとその変化」における実践. 岐阜大学教育学部研究報告 (自然科学), 33, 39-46.
- 武藤大輔・川上紳一 (2009b): 長良川河床の地層のはぎ取り標本を活用した授業展開: 小学校 6 年理科単元「大地のつくりとその変化」における実践. 日本科学教育学会研究会研報, 23, 63-68.
- 永塚鎮男 (1971): ラックフィルム (薄層土壌断面標本) の作製法. ペドロジスト, 15, 103-107.
- 中井 信・小原 洋・戸上和樹 (2006): 土壌モノリスの収集目録及びデータ集. 農業環境資源研究所資料, No. 29, 118 p.
- 那賀島彰一 (2002a): ハンズ・オンの手法を生かすための地層の簡易剥ぎ取りの工夫. 日本科学教育学会年会論文集, 26, 271-272.
- 那賀島彰一 (2002b): 地層のはぎ取り標本とノジュールを使った授業に子どもが熱中! . 授業のネタ 教材開発, No. 175, 18.
- 中野英之 (2011): 全国の教室に露頭を届ける「地層宅配便計画」. 理科教室, 54, 58-61.
- 七山 太・重野聖之 (1998): Lunch Box と速乾性ボンドを用いた未固結砂礫の定方位試料作製法. 地質ニュース, No. 523, 52-56.
- 七山 太・重野聖之・牧野彰人・佐竹健治・古川竜太 (2001): イベント堆積物を用いた千島海溝沿岸域における津波の遡上規模の評価—根室長節湖, 床潭沼, 馬主来沼, キナシベツ湿原および湧洞沼における研究例—. 活断層・古地震研究報告, No. 1, 251-272.
- 日本ペドロロジー学会 (1997): 土壌調査ハンドブック 改訂版. 博友社, 東京, 169 p.
- 大崎雄平・伊勢村ゆかり・中野英之 (2011): 「地層宅配便」を利用した授業実践—小学校第 6 学年「火山灰できた土地」を例として—. フォーラム理科教育, 12,

- 47-52.
- 太田泰弘・平山静男・中村英嗣・梅崎恵司・佐藤浩司・野井英明 (2006): 黒崎城跡の発掘調査に伴う地層はぎ取りの試み. 日本地質学会西日本支部第152回例会講演要旨集, 10-11.
- ペドロジスト懇談会 (1984): 土壌断面標本の作製法. 土壌調査ハンドブック, 博友社, 東京, 156 p.
- ペドロジスト懇談会 (1986): 多摩丘陵の歴史と土壌—土壌標本 (モノリス) の作製. ペドロジスト懇談会, 125 p.
- 佐々木清一・谷口末吉 (1967): 土壌断面モノリスの作製法について. ペドロジスト, 11, 109-114.
- 下野 洋 (1998): いま地学教育に求められるもの—体験学習・野外学習の必要性—. 地学教育, 51, 201-212.
- 穴戸信貞 (1995): 土壌断面標本 (土壌モノリス) の作製法. 開発土木研究所月報, No. 501, 17-21.
- 穴倉正展・池田安隆・茅根 創・越後智雄・鎌滝孝信 (2005): アンダマン諸島における2004年スマトラアングマン地震の地殻変動および津波調査. 活断層・古地震研究報告, No. 5, 147-160.
- 添田雄二・七山 太・重野聖之・古川竜太・熊崎農夫・石井正之 (2004): 北海道東部太平洋沿岸域, 史跡国泰寺跡および汐見川低地において認定された先史時代の巨大津波イベント—津波堆積物認定の際の堆積学的解析と珪藻遺骸分析併用の重要性—. 地質学論集, No. 58, 63-75.
- 鈴木敏之 (2009): 地層の剥ぎ取り. 鹿児島島の自然だより, No. 35, 1 p.
- 田口公則 (1999): 地層のはぎ取り資料. 自然科学のとびら, 5(2), 16.
- 田口公則・石浜佐栄子・平田大二 (2007): 横浜市金沢区柴町に露出する上総層群小柴層模式地の地層剥ぎ取り標本について. 神奈川自然誌資料, 28, 13-16.
- 高田圭太・佐竹健治・寒川 旭・下川浩一・熊谷博之・後藤健一・原口 強 (2002): 静岡県西部湖西市における遠州灘沿岸低地の津波堆積物調査 (速報). 活断層・古地震研究報告, No. 2, 235-243.
- 鷹見守兄・的場節子 (1981): 土壌断面薄板標本の作製について. 森林立地, 24, 24-30.
- 田辺 晋・中島 礼・中西利典・石原与四郎・宮地良典・木村克己・中山俊雄・柴田康行 (2006a): 東京都葛飾区における沖積層の堆積相と堆積物物性: 奥東京湾口の砂嘴堆積物の時空間分布. 地質調査研究報告, 57, 261-288.
- 田辺 晋・中島 礼・中西利典・木村克己・柴田康行 (2006b): 東京都足立区本木地区から採取した沖積層ボーリングコア堆積物 (GS-AMG-1) の堆積相, 放射性炭素年代と物性. 地質調査研究報告, 57, 289-307.
- 戸倉則正 (1996): スプレ-式接着剤を使用した地層のはぎ取り法. 堆積学研究, No. 43, 83-84.
- 徳山 明 (1967): ラックフィルム法による露頭の採取. 地質学雑誌, 73, 255-258.
- 植木岳雪・青木秀則・近藤玲介・鈴木毅彦 (2008): 地層のはぎ取り標本の作製方法および授業での活用. 地学教育, 61, 187-195.
- 山崎博史・西村友典・林 武広・鈴木盛久 (2006): 地域素材を活用した地学の学習 (2): 予想と討論を取り入れた地層観察学習. 広島大学大学院教育学研究紀要 第二部文化教育開発関連領域, 55, 9-14.
- 吉永一郎・浅居 晃 (1985): 地層の剥ぎ取り標本の作製法とその活用 (小・中・高). 身近な自然を生かした地学教材の研究 [小・中・高], 東洋館出版社, 160-163.

植木岳雪・竹下欣宏：教員養成系課程の大学生に対する未固結堆積物のはぎ取り標本の作製実習 地学教育
64 巻 5・6 号, 179-187, 2011

〔キーワード〕 はぎ取り標本, 未固結堆積物, 教材, 大学生, 学校教員, 地学教育, 実習

〔要 旨〕 未固結堆積物のはぎ取り標本は, 野外での地層の露頭観察の代替となる素材である。学校の地学分野の授業ではぎ取り標本を活用してもらうために, 将来, 学校の教員になる教員養成系課程の大学生に対して, 未固結堆積物のはぎ取り標本の作製実習を行った。1 コマ 90 分の実習で, 学生は数枚の堆積物のはぎ取り標本を作製することができた。アンケート調査の結果から, 学生は未固結堆積物のはぎ取り標本の作製実習に対して「楽しい」, 「新鮮な」といった肯定的な感想を示し, はぎ取った標本を授業で活用できることを知った。

Takeyuki UEKI and Yoshihiro TAKESHITA: Practice of Making Peel Specimen of Unconsolidated Sediments for University Students of Teacher Training Course. *Journal of Education of Earth Science*, 64 (5・6), 179-187, 2011