

地層のはぎ取り標本を用いた「大地のつくりと変化」の出前授業

中野英之

(京都教育大学教育学部)

A Visiting Lecture of Entitled “Land form and its Change”, Using Peel Specimen of Sediments

Hideyuki Nakano

2012年11月30日受理

抄録：児童に地層が現れている露頭を観察させようと思っても観察可能な露頭が学校の近くになことが多いのが現状である。本教育実践では、小学校6年「大地のつくりと変化」の単元で、地層のはぎ取り標本に加え、モデル実験と映像教材を組み合わせた授業プログラムを開発し、出前授業先で教育実践を行った。実践の結果、児童は実験や実習を通して地層や火山のしくみについて興味を深めることができ、流れる水のはたらきや火山活動により大地のつくりが変化することについて理解を深めることができた。

キーワード：地層、火山、地層のはぎ取り標本、モデル実験、映像教材、出前授業

I. はじめに

理科の地層分野の学習では、「指導に当たっては児童が土地のつくりや変化について実際に地層を観察する機会を設けるとともに、映像、模型、標本などの資料を活用することが考えられる」と小学校学習指導要領で明記されているように（文部科学省 2008）、野外での観察が大変重視されている。しかし、実際には都市化の影響等の理由により、観察可能な露頭が学校の近くになことが多いのが現状である。著者は、こうした状況を踏まえ、全国の露頭から貸出し用の地層のはぎ取り標本を作成し、全国の児童・生徒が教室で地層に触れることができる宅配レンタルシステム「地層宅配便」を構築した（中野 2011）。これまでに全国の小学校を主とした教育機関約 60 校で「地層宅配便」の利用があり、多くの学校で活用してもらえるようになったとともに、地層のはぎ取り標本を用いた出前授業も行うようになった。現場の教員と授業や教材についての話をする中で、地層分野の指導では、露頭の観察を行うことができないだけでなく、模型やモデルを用いた実験や映像を見せる指導も必ずしも十分に行われていないということも明らかになった。地学分野の教材は、標本などの実物教材、地層の堆積実験などのモデル教材、各種のデータ教材などがあり（林 2004）、それぞれを組み合わせることで使用することにより、短所を補い合い、より教育的な効果が得られる。出前授業においても、地層のはぎ取り標本だけでなく、こうした複数のタイプを組み合わせた実践を行いたい。本稿は、神戸市立名倉小学校において実践した地層のはぎ取り標本、モデル実験、映像教材を組み合わせた授業実践について報告するものである。

II. 教育実践のためのプログラムの開発

授業実践は平成 23 年 11 月 22 日に神戸市立名倉小学校第 6 学年（1 クラス計 37 名）を対象に行った。学習の流れを表 1 に示す。授業は 3 時間連続（45 分×3）で行った。火山分野を学習した後に、流れる水のはたらきの学習に入る展開となっている。カルデラ、逆級化構造、津波堆積物など一部小学校の学習内容を超える内容も含むが、発展的な学習内容として扱うことにした。

表1 授業の流れ

時数	授業内容	準備物
I ブロック の後半 9:45～10:30	授業内容全体についての説明 【火山についての学習】 ・火山噴火の動画を見て火山の活動を知る 火山の噴火のしくみ、火山灰や火砕流 ・カルデラの形成実験（演示） 火山がつくる大地の例として阿蘇カルデラの例を紹介し、カルデラの形成実験を行う ・火山の噴火実験（各班実験）	動画 カルデラ形成実験セット（1）、阿蘇カルデラの写真（1） 火山の噴火実験セット（8）
休み時間 10:30～10:55	水槽を用いた火山の噴火実験を行い、噴煙柱や火砕流が発生する理由を考える	
II ブロック 10:55～11:40 11:45～12:30	実験のまとめ 【流れる水のはたらきに関する学習】 ・流れる水のはたらきのできる地層の標本の観察 入戸火砕流（シラス）と大阪層群の標本を比較し、スケッチを行い、違いを確認する。 ・雨どいを用いた地層の堆積実験（演示） 実験を通して大阪層群の成り立ちと級化構造についての理解を深める ・逆級化構造の再現実験（各班実験・演示） 実験を通して土石流についての理解を深める ・津波堆積物を用いた津波の襲来周期を求める実習（各班実習） ・まとめとアンケート記入	地層のはぎ取り標本（シラス、大阪層群各8） 地層の堆積実験セット（1）、ワークシート（37） 逆級化の再現実験セット（演示用1、各班実験用8） 地層のはぎ取り標本（津波堆積物8）

1. 火山についての学習

火山噴火の動画を見て火山の活動を知る

神戸市周辺には火山がなく、児童にとって火山は身近でないと考えられるため、まず導入として火山活動に関する映像を児童に提示した。用いた動画は、火山学者クラフト夫妻の火山の調査風景を示したものの、雲仙普賢岳で発生した火砕流に関するもの、鹿児島市内における桜島の火山灰の降灰に関するものの3点であり、いずれもインターネットの動画ダウンロードサイトよりダウンロードしたものでプロジェクターを用いて投影した。

カルデラの形成実験

動画を提示した後に、動画で示されていた溶岩は地下深くにおいて岩石が融けてマグマになったものが噴出し

たものであることを説明した後に、カルデラ形成に関する演示実験を行った。地層の分野の学習では、大地の変化として火山を扱うが、カルデラの形成は火山活動の中でも最も地表の変化がはっきりと現れる自然現象であるのでカルデラの形成実験を扱うことにした。本実践では、並木(2008)を改良したモデル実験を行うことにした。並木(2008)が開発した教材は、砂の中にマグマに見立てた膨らませた風船を埋め、空気を抜くことによりマグマが噴出する様子を再現し、地表が大きく陥没してカルデラ状の地形が形成されることを理解するものであり、原理が単純で分かりやすいという長所がある一方、実際の火山噴火の様子をリアルに再現するために使用したチューブジョイントや三方弁の入手が困難であり、教材を作製することがやや難しいという問題点もある。そこで、図1のように、塩ビキャップに穴を開け、火山灰に見立てた小麦粉を少量入れてゴム栓をしたものを膨らませた風船に装着して砂に埋め、ゴム栓を抜くことにより火山の噴火とカルデラの形成を再現できるように改良を加えた。風船から空気を抜くと、火山灰に見立てた小麦粉を噴き上げる様子が観察され、カルデラ状の窪みが形成されることを確認することができる(図1)。実験後、阿蘇カルデラの写真を児童に提示し、阿蘇カルデラの成

因について説明を行った。

火山の噴火実験

次に、動画でも示されていた火砕流と噴煙柱の発生に関するモデル実験を行った。本実践では、笠間ほか(2011)が開発した水槽とチョークを用いたモデル実験を行った。火砕流と噴煙柱、大気と上層の大気の密度は一般的に火砕流>大気>噴煙柱>上層の大気である。このモデル実験は、火砕流と噴煙柱、大気と上層の大気の密度の違いをチョークをすりつぶしたものを水に溶いた液体と、食塩水および真水のモデル物質で再現するものである。

図2に実験の概略を示す。水槽内を食塩水(真水1Lあたり食塩60gを溶かす)8~12Lで満たしたのち、食塩水と混ざらないように真水を2L程度注ぎ込み、食塩水と真水の2層を水槽内に再現する。次に、チョーク2本と0.5本をそれぞれ乳鉢ですりつぶし、100mLの水に溶かしたものをそれぞれ500mLのペットボトルに入れる。チョーク2本を使用の方が火砕流であり、0.5本使用の方が噴煙柱である。図2のように、粘土で作成した火山模型とペットボトルのキャップをエアチューブで接続したものにペットボトルを接続し、チョークを溶きこんだ水を食塩水内に注入することにより火砕流と噴煙柱を再現する。笠間ほか(2011)では、演示実験として紹介されたが、本実践では班実験により行うことにした。本実践では児童37名を4~5人の8班に分け活動をさせた。各班で食塩水をつくる係、真水の層をつくる係、チョークをすりつぶす係など班員に応じた分担を決めた。教卓前にそれぞれの分担者ごとに児童を集め作業の手順を説明し、それぞれが班に持ち帰って自分がこ

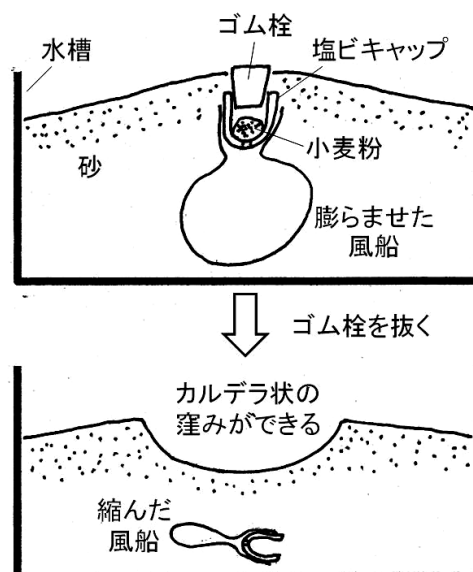


図1 風船を用いたカルデラの形成実験

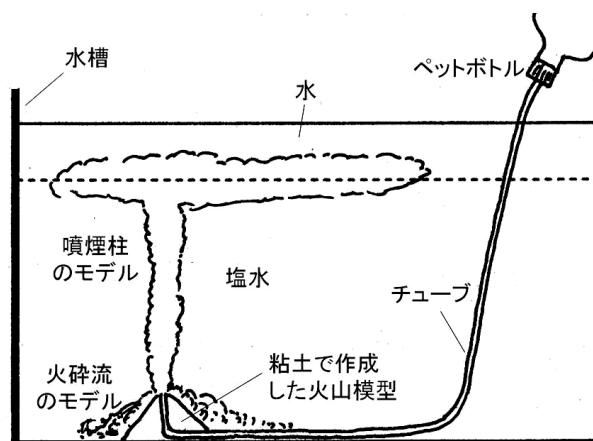


図2 チョークを用いた火山の噴火実験
(笠間ほか、2011を改変)

れから行うことを班員に説明させた。実験後、火砕流と噴煙柱が発生する原因を説明した。

2. 流れる水のはたらきに関する学習

流れる水のはたらきでできる地層の標本の観察

流れる水のはたらきでできた地層として京都市伏見区谷口町の大阪層群のレキ・砂互層の標本と、火山のはたらきでできた地層として鹿児島市西之谷地区のシラス（入戸火砕流）のはぎ取り標本の観察を行った。大阪層群を構成するレキは角がとれて丸みを帯び、層をなして存在しているのに対し、シラスに含まれる石は軽く多孔質で石は角がありバラバラに含まれている特徴が見て取ることができる。標本は地層宅配便プロジェクト（中野、2011）で所有しているものを利用し、標本は各班8枚ずつ計16枚を使用した。児童に標本に触れさせ、それぞれの標本をスケッチさせ、特徴をワークシートに記入させた。

雨どいを用いた地層の堆積実験

土砂が湖や海に運ばれて堆積する過程を再現するために図4の装置を用いて土砂の堆積実験を行った。この実験はスタンドに固定した川に見立てた雨どいの中に土砂を入れ、湖や海に見立てた水の入ったペットボトルに土砂を流し込むものであり、小学校の教科書に一般的に紹介されているものである。用いる土砂の粒径分布が適切であれば、ペットボトルの底に堆積した堆積物は、上方細粒化を示す級化構造が観察できる。

実践では、複数種類の土砂（A、B）と火山灰に見立てたチョークをすりつぶした粉を流し込み、図5のような堆積物が形成される様子を観察させた。堆積物が薄く水平に広がっている様子や、粒の大きい層と細かい層が交互に積み重なっていることを確認し、粒径の異なる土砂の互層は水のはたらきにより形成されることを理解させ、大阪層群の成因を考えさせた。また、上のチョークの粉の層が100年前に堆積して、下のチョークの層が200年前にできたとするとこの間の地

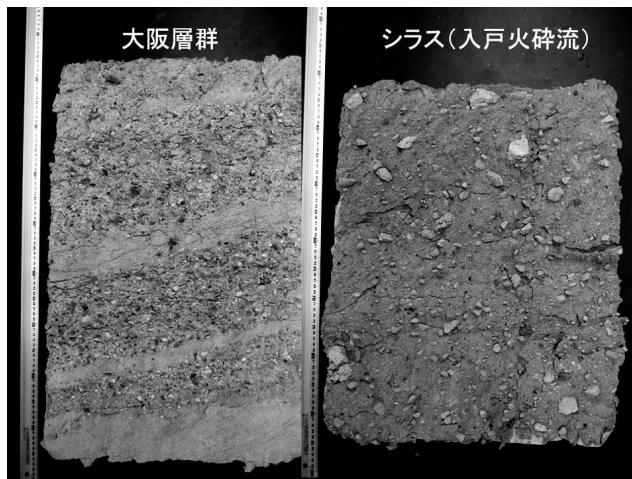


図3 地層のはぎ取り標本



図4 雨どいを用いた堆積実験

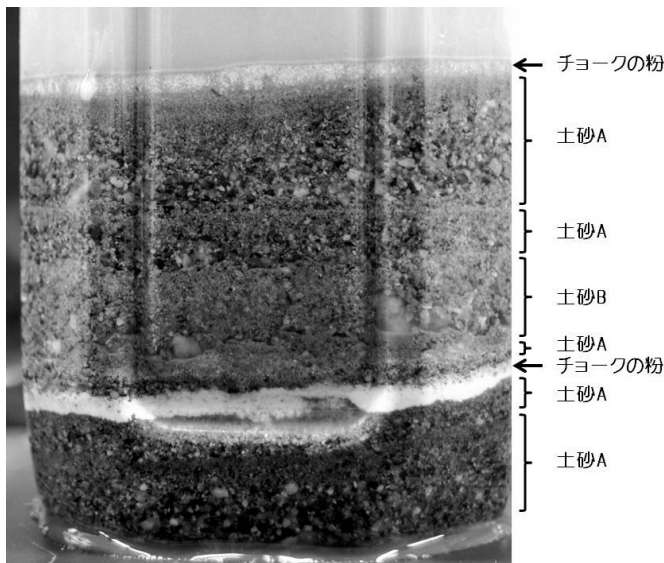


図5 堆積実験により形成された堆積構造

層は何年の間にできたと考えられるかという問いかけを行い、後半の津波堆積物の標本から津波の襲来周期を求める実習への足がかりとした。

逆級化構造の再現実験

河川や土石流などの堆積物には上方粗粒化を示す逆級化構造が観察されることがある。逆級化をつくる要因には様々な説が提唱されているが、その代表例が分散圧力モデル (Bagnold, 1954) である。分散圧力モデルでは、粒径が大きいほど、また速度勾配が大きいほど受ける分散圧力が大きくなり、上層部へ押し上げられる。小学生には難しい内容になるが、土石流災害は代表的な自然災害の一つであるため、発展的な内容として逆級化を扱うことにした。児童に対しては、逆級化の詳細のメカニズムについての説明は省き、土砂が激しく横方向に動くとき大きな粒が上に持ち上がる現象が見られることがあるという説明に留めた。

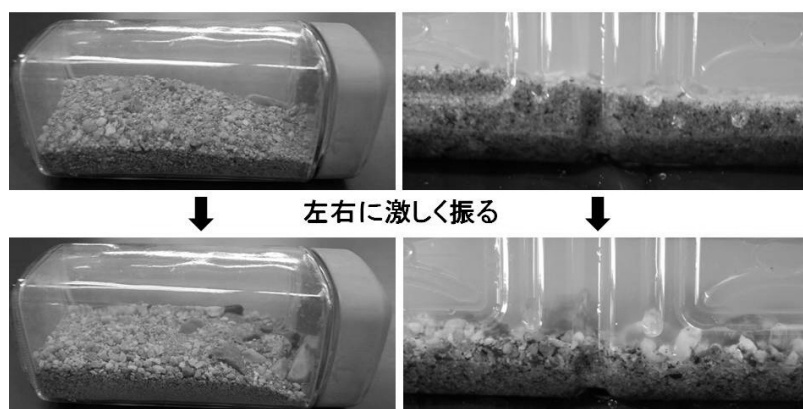


図6 堆積実験により形成された堆積構造

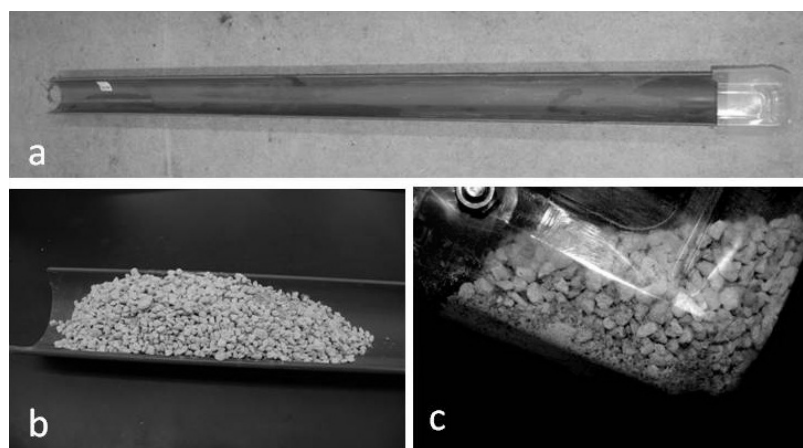


図7 土石流の再現実験装置

逆級化構造は、土砂の入ったペットボトルやビンを激しく左右に振ることにより再現することができる (図6)。各班に図6にあるような土砂の入ったビンや土砂と水を入れたペットボトルを配布し、逆級化が観察されるのはどんな場合か、手に取らせて試行錯誤させ、考えさせた。その後、逆級化構造が形成される土石流発生時の動画を提示し、土石流の再現実験装置 (図7) を用いた逆級化構造の形成実験を行った。土石流の再現実験装置は谷に見立てた約1.5 mの雨どいの端に切断した1.5 Lのペットボトルをボルトで固定して作製した (図7a)。雨どいの端に砕いた軽石を入れ (図7b) た後、雨どいの端を持ち上げ、勢いよくペットボトル側に流し込む。砕いた軽石が堆積したペットボトル側には逆級化構造が観察された (図7c)。

津波堆積物を用いた津波の襲来周期を求める実習

平成23年3月11日に発生した東日本大震災による津波災害の記憶がまだ新しいため、津波により形成された地層のはぎ取り標本を用いて、津波の襲来周期を求める実習を行った。用いた津波のはぎ取り標本は北海

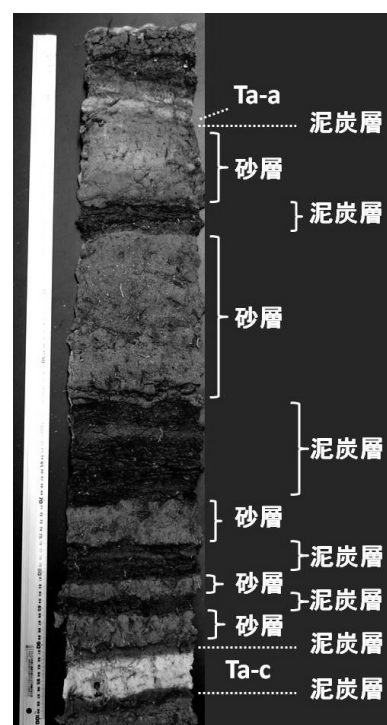


図8 津波のはぎ取り標本

道根室市で採取された標本を用いた（図8）。標本が採取された場所は湿地帯であり、泥炭層が形成される。大きな津波が発生すると海浜砂が泥炭層の上に堆積する。標本には1739年と、約2500年前に噴火した樽前山由来の火山灰が含まれ、2枚の火山灰層の間に津波によって堆積した砂層が5枚挟まれていることが確認できる。

約2千数百年の間に5回の大津波が起きたことが標本から読み取ることができ、大津波は400〜500年に1回襲来することを計算で求めることができる。標本は8枚用意をして実習は班ごとに行った。その際、先に行った堆積の演示実験と関連づけて考えさせるようにした。実習後に、児童に提示した津波堆積物の標本は、火山と水と生物のはたらきでできた地層を含んでいることを確認し、津波災害に対する防災を考える上でも大地のつくりをきちんと理解することが重要であるという話につなげた。

Ⅲ. 教育実践と児童の反応

著者にとって3時間連続で行う出前授業は初めての経験であったため、予定通りの実践を行うことができるか不安であった。しかし、多くの実験や実習、動画を取り入れたプログラムを用意したこと、学級担任をはじめ補助教員がTAとして指導に加わってくれたこともあり、児童は集中力を切らさずに課題に取り組むことができた。実践後に今回の授業についてアンケート調査を行った。表1にアンケート調査の結果を、表2に児童から寄せられた感想の一部を示す。

火山活動についての動画については、噴火の動画をじっくり見る機会は今回が初めての児童が多かったようで、興味深く見ている様子が印象的であった。カルデラの形成実験は極めて単純な実験ではあるが、阿蘇のカルデラの成因をモデルとして示すには適当であり、アンケート調査の結果を見ても面白かったという回答が多く、児童の反応も良好であった。

笠間（2011）では、チョークを用いた火山の噴火実験を準備は児童に行わせ、実験は指導者が行うというスタイルで実践がなされており、準備から演示までに要した時間は20分程度と報告されている。しかし、本実践では、児童が準備から実験までの一連の過程を行わせることを目的に、班実験のスタイルをとることにしたため、実験の完了までには長時間を要することが危惧された。実際には全班が実験を完了するまで約1時間を要することとなった。児童はそれぞれの役割をきちんとこなし、自分の役割分担も他の班員に伝えることができ、作業そのものは順調に進めることができた。しかし、水槽に水を入れる作業は、ペットボトルを用いて繰り返し行ったため、現在水槽に入っている水の体積を途中で把握できなくなった班が数班見られた。水の堆積の確認に時間を要したことが1時間を要する原因となった。水槽にあらかじめ入れるべき食塩水の位置を示す印などをつけてばもう少し時間を短縮できると思われる。実験は全班とも成功し、火砕流や噴煙柱を実験で再現することができた。アンケート調査によると、チョークを用いた火山の噴火実験は児童から大変好評で、8割以上の児童がとてもおもしろかったと回答した。また、実験はやや難しかったが火砕流と噴煙柱の違いはよく理解できたという回答が多く見られた。また、班の中で協力をして実験を行うことができたという問いについては、大部分ができたと回答した。

地層のはぎ取り標本の観察については、児童は興味深く観察している様子が印象的であった。児童から寄せられた自由記述欄においても、「触ったことのない感触があつてびっくりした」、「触れる機会がないから触れた時にいろいろな特徴を知ることができて面白かった」、「何十万年も前にできた地層に触れることができて良かった」、「地層から何年に1回大津波が来るというのが分かるのはすごいと思った」など、興味を持って地層のはぎ取り標本に触れた様子が伺える回答が多く見られた。

雨どいを用いた堆積実験は、今回は時間的な余裕がなかったために演示実験の形をとったが、児童は興味を持って演示実験を観察していた。児童は、級化構造や水の入ったペットボトルに土砂が流入する度に地層がペットボトルの底に水平に堆積する様子を観察でき、大阪層群が流れる水のはたらきによって形成されたことを理解することができたようである。

表1 実践後に行ったアンケート調査の結果

カルデラの形成実験			地層の堆積実験		
実験について			演示実験について		
	とてもおもしろかった	19		とてもおもしろかった	13
	ややおもしろかった	15		ややおもしろかった	20
	あまりおもしろくなかった	3		あまりおもしろくなかった	4
	おもしろくなかった	0		おもしろくなかった	0
チョークを用いた火山の噴火実験			地層の堆積について		
実験について				よく理解できた	17
	とてもおもしろかった	31		やや理解できた	15
	ややおもしろかった	5		あまり理解できなかった	5
	あまりおもしろくなかった	1		理解できなかった	0
	おもしろくなかった	0	逆級化の実験について		
火砕流と噴煙柱の違いについて				とても難しかった	4
	よく理解できた	23		やや難しかった	19
	やや理解できた	12		やや易しかった	10
	あまり理解できなかった	2		易しかった	4
	理解できなかった	0	津波堆積物の標本を使った実習		
実験の難しさについて			津波堆積物ができるしくみ		
	とても難しかった	3		よく理解できた	18
	やや難しかった	20		やや理解できた	13
	やや易しかった	5		あまり理解できなかった	5
	易しかった	9		理解できなかった	1
協力して実験できたか			津波の襲来回数を求める実習*		
	とてもできた	21		できた	27
	ややできた	15		できなかった	9
	ややできなかった	1	実習の難しさについて		
	できなかった	0		とても難しかった	10
				やや難しかった	19
				やや易しかった	6
				易しかった	2

n=37 (*のみ n=36)

逆級化構造を再現する実験については、著者は、児童が土砂の入ったビンやペットボトルをどのように扱い、逆級化構造を再現するのか興味を持って観察していた。ペットボトルを横に倒したり、円を描くように回して偶然に実験に成功した班もあれば、全く再現ができない班も見られた。逆級化構造を再現することができなかった班に対しては、逆級化構造を再現する実験を行うとともに、土石流の再現実験や動画見せることにより、土砂が堆積する場合には級化構造だけでなく、逆級化構造が観察される場合があることを説明した。

津波の堆積物の標本に見られる砂層、泥炭層、火山灰層がどのような状況で形成されたのかという説明をした後に実習を行った。しかし、時間的な制約から、班に十分な考えるための時間を与えることができなかったため、津波の襲来周期を求めることができなかった班が見られた。また、実習そのものが難しいものであったことがアンケート調査からも伺い知ることができた。津波の動画や実際の湿地や泥炭層の写真を提示するなど、津波堆積物をイメージしやすい工夫をして、もう少し班で話し合う時間を与えることができれば、児童の理解も深まるのではないかと考える。

表2 児童から寄せられた感想の一部

- いろいろな実験ができておもしろかった。実験をしていてよく理解できた。また、こういう授業をやりたい。
- 全体的に分かりやすかったし、とても楽しかったです。他の内容も教えてほしいです。
- 3時間でいろいろなことを学べたけど全部頭に入ってきた。ふつうの授業とは違って、分かるまで説明してもらってよく分かった。すごく楽しかった。
- 実験もおもしろかった。話は知らない言葉があったので覚えにくかったけど楽しかった。
- 最初は難しい話なのかなと思っていたけど、絵とか画像で分かりやすく説明して下さったのでとてもおもしろかったです。
- 地層の中の化石なども見てみたかったです。
- 不思議に思っていたことを「こうだったんだ」「そうだったんだ」という理解ができました。
- 火山の仕組みがいろいろと分かって良かった。
- こんな授業はめったになかったのでもとてもいい授業だと思いました。楽しかったです。
- 津波でできる地層や火山の噴火でできる地層などすべてがとても楽しくて先生の話もよく分かってとても良かったです。
- チョークを使った火山の噴火についての実験がとてもおもしろかったし、この実験の準備も楽しかったです。
- みんなが分かるように丁寧に説明して下さったのであまり知らないことが良くなることができたので良かったです。実験も楽しくて見て分かるようにいろいろと準備もして下さったので楽しく分かりやすかったです。
- 今まで分からなかったこともあっていっぱい教えてもらって良かったです。授業は難しかったけど理解できたので良かったです。
- 火山のことはあんまり知らなかったけど火山の勉強をして火山のことがもっと知りたくなりました。

IV. 終わりに

本教育実践では、地層のはぎ取り標本とモデル験と映像教材を組み合わせた授業プログラムを開発し、教育実践を行った。実践の結果、実験や実習を通して流れる水のはたらきや火山活動により大地のつくりが変化することについて児童が理解を深めることができたという点で一定の成果が得られた。今後は、今回の実践を踏まえてプログラムに改良を加えよりよいものにしていきたい。筆者の出前授業の取り組みはまだ始めたばかりであり、今後も現場の教員との交流や協力を通じて、地学教育の普及に努めていきたいと考えている。

謝辞

神戸市立名倉小学校の川崎道夫教頭と森原かおり教諭には、小学校での教育実践の機会をいただいた。また、グローバル教育企画福島の渡辺光男氏には、授業実践について助言をいただいた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

Bagnold, R.A. (1954) Experiments on a gravity-free dispersion of large solid spheres in a Newtonian fluid under shear, Proc. Royal Soc. London, v.A225, 49-63.

林 慶一 (2004) 「地学教材の特性と開発の視点」

http://www.jpгу.org/education/2004education_abs/2004edu_abs5.pdf

笠間友博、平田大二、新井田秀一、山下浩之、石浜佐栄子 (2011) 水槽実験を活用した小学生向け火山学習プログラム, 地学教育, 64(1), 1-12.

文部科学省 (2008) 小学校学習指導要領解説, 65-66.

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, 2011年2月号, 58-61.

並木敦子 (2008) 風船を使ってカルデラをつくろう, 理科教室, 2008年3月号, 52-55.