

河川砂の教材化とその実践例
—特にプレパレート作成法の工夫について—

土佐 純一・白井 輝・吉川 和男

群馬大学教育実践研究 別刷

第30号 1～8頁 2013

群馬大学教育学部 附属学校教育臨床総合センター

河川砂の教材化とその実践例

—特にプレパラート作成法の工夫について—

土佐 純一¹⁾・白井 輝²⁾・吉川 和男¹⁾

1) 群馬大学教育学部理科教育講座地学教室

2) 群馬大学教育学部附属中学校

The use of fluvial sand for teaching in school education —with easy method to make a prepared specimen for binocular microscopic observation—

Junichi TOSA¹⁾, Akira SHIRAI²⁾, and Kazuo YOSHIKAWA¹⁾

1) Department of Earth Science, Faculty of Education, Gunma University

2) Junior High School Affiliated with Gunma University School of Education

キーワード：岩石，造岩鉱物，火山灰，河川砂

Keyword : rock, rock forming minerals, volcanic ash, fluvial sand

(2012年10月31日受理)

要 旨

小中学校理科の地学分野では、実感を伴った理解を図る授業を行うために岩石標本や岩石薄片、火山灰などの観察を行うことが多い。これらの中で火山灰の観察は授業で取り入れられることが多いが、試料の入手等に課題がある。本研究は火山灰の代わりとなる教材としてより入手の容易な河川砂の活用を提案した。生徒の多くは普段何気なく見ている身近な河川砂がさまざまな構成物からなることに驚きと大いなる興味をもち、火山灰と同じ学習成果を上げることができた。さらに河川砂にはさまざまな活用が可能であり、その発展性も指摘した。また、従来その作成に課題のあったプレパラート作成による構成物の保管法について、牛乳パック表面にコーティングされたプラスチック膜の熱可塑性を利用した簡便なプレパラート作成法を示した。

1 はじめに

小学校や中学校の理科において実験や観察は大変重要であり、これらを効果的に授業に取り入れることで児童・生徒の理解を深めることができる。特に地学分野では野外における観察が重要であるが、その実施には困難な点が少なくない。このため、必然的に写真や映像を使うことが多くなり、また、少しでも実感を伴った理解を図る授業を行うために岩石や鉱物の学習では

標本を有効に活用していくことが求められる。

岩石・鉱物分野では火成岩や堆積岩の学習及びそれらの造岩鉱物についての学習を主に行う。これらの学習では、岩石が鉱物等から構成されていることの理解及びその組織から岩石の成因を考察することを主たる目的とする。このために一般に火成岩標本を用いてそれらの外観的な特徴を観察させたり、岩石薄片を偏光顕微鏡で観察させたり、あるいは火成岩と同じ起源の火山灰を観察させることなどが授業に多く取り入れら

れている。

これらのうち、岩石薄片の偏光顕微鏡観察はたいへん有効な方法であるが、一般に次の3つの課題がある。：①岩石薄片作成における技術上及び設備上の課題、②高価な偏光顕微鏡を必要とすること、③偏光顕微鏡観察における教員の力量の問題。これらのうち①②の課題への対応策として、耐水研磨紙や合成砥石を用いた作成法の工夫（千葉・斉藤，1996；真崎ほか，2011）、生物顕微鏡を偏光顕微鏡に改造する試み（宇留野・福岡，1982；佐々木・吉川，2008；など）があり、おおむね課題の克服がなされたと思われる。しかし、③の課題が大きな障害となっていることもあり、授業への岩石薄片観察の導入は一般に多いとは言えない。比較的授業に多く取り入れられている観察は火山灰の観察であるが、この場合も適切な火山灰試料の入手やプレパラート作成法等に課題が見られる。本論文ではこれらの課題をもつ火山灰の活用にかわるものとして、より入手の容易な河川砂を活用した授業の提案を行い、また新たなプレパラート作成法の紹介及び、それらを含めた授業実践の結果を報告する。

II 河川砂の教材化について

火山灰を調べる方法では、火山灰の構成物は多くの場合単離されており、従って双眼実体顕微鏡等でも容易に構成物の一つ一つを観察することができる。さらに、構成物の種類や特徴及び量比等から火山噴出をもたらしたマグマの性質、噴火型の推測などへ結び付けていくことが可能である。これらの点で火山灰活用の有効性は高いが、その一方、授業に適した火山灰の入手に困難を伴うことが少なくない。岩石が鉱物等からなることを理解させることを目的とするのであれば、河川砂の活用も有効であると思われる。岩石の風化、浸食により河川砂が形成されることと関連付けることができるほか、試料の入手も容易であり、さらに他河川の砂との比較を行うことで、河川砂が各河川の流域の地質を反映することの理解へとつながるなど、その発展性も期待できる。一方、河川砂では火山灰と異なり、一般に構成物の種類が多くなる。このことはいろいろな構成物を観察できるという利点でもあるが、構成物が多すぎることによる課題も生じる。さらに人工物の混入も考えられることから、観察結果のまとめには

様々な視点からの考察が必要となる。

現在までにも、学校教育において河川砂を活用する試みがないわけではないが（内，1994；下岡ほか，2012）、プレパラート作成まで含めた教材化の研究は見られない。また、須藤ほか（2002）はスキャナーを利用した観察法と砂を厚紙に直接貼り付ける保存法を提案している。この方法は砂全体の特徴の観察には適するが、砂粒子が固定されてしまうため、個々の鉱物粒などを様々な角度から観察して特徴付けを行うことはできない。各河川ごとの砂の構成物をプレパラートとして保存することは、その後の学習での活用や他河川のものとの比較検討を行うことなどを考えると大変重要であり、より簡便なプレパラート作成法が求められる。

III 河川砂のプレパラート作成法について

火山灰や河川砂の構成物のプレパラート作成法には2つの方法がある：①市販の穴あきスライドガラスを利用する方法、②スライドガラスとカバーガラスの間に適当なスペーサーを接着剤で固定する方法。

①では、1.3mm厚の鉱物用スライドガラス（48mm×27mm）に直径5mm深さ0.5mmの穴が8個あけられているものが市販されている。このスライドガラスを利用してのプレパラート作成法では経済的な問題に加えて穴の深さが固定されているため、大きな試料の保存にはカバーガラスの代わりに同様の穴あきスライドガラスを裏返してかぶせるか、適当な厚さのスペーサーを接着した後、カバーガラスをかけることになる。いずれにしてもガラスとガラスの接着またはガラスとスペーサー（一般には厚紙を使う）の接着が課題となる。

②では市販の生物用スライドガラスに厚紙等のスペーサーを接着し、試料収容後にカバーガラス（カバーガラスに代わり生物用スライドガラスを用いることができる）を接着する。経費面では①よりはるかに安価であるが、ガラスとスペーサー接着のための接着剤の選択と接着技術に係わる課題は①と同じである。

①②いずれの場合も、スライドガラスと厚紙の接着剤としてはエポキシ系接着剤（セメダインスーパー、アラルダイト、コニシボンD Eセット）、コニシボンD ウルトラ多用途SU、セメダインスーパーXが適当である。ガラス同士の接着はカナダバルサムでもよい。一

時的な保管であれば、スライドガラス2枚の両端を市販のダブルクリップで固定する方法もある。これら①②の方法ではガラスとガラス、ガラスとスペーサーとの接着の際に、内側にはみ出した接着剤による粒子の固定や、逆に接着剤不足により生じるスペーサーとガラスとの隙間に粒子が入り込むことが起こるなどの大きな課題がある。この点を改良したのが本報告の牛乳パックをスペーサーとして使ったプレパラート作成法である。この方法では牛乳パック表面にコーティングされているプラスチック膜の熱可塑性を利用してスライドガラスとスペーサーを接着する。本作成方法ではスペーサーの厚み調節のための接着剤以外のものは不要となる。以上3種類の方法によるプレパラートの概略図を図1に示す。

河川砂の観察および簡便なプレパラートの作成手順を以下に述べる。

1. 準備物品

観察する河川砂の前処理：河川砂，わん掛け用の深めの容器（蒸発皿やお椀など），ふるい（ふるい目が1mmのものとは0.5mmのもの）

河川砂の観察：磁石，薬包紙，双眼実体顕微鏡，ルーペ等，ピンセット※（竹製，ステンレス製，チタン製），構成物識別のための図鑑等の参考資料

※ピンセットは市販のもの先端を鋭くしておくことと鉤物粒等の分離選別が容易になる（図2）。

プレパラートの作成：スライドガラス（一人2枚），スペーサー（牛乳パック），のり，穴あけパンチ，ホットプレート，綿製の手袋（軍手等）

以上の準備物品を一括して図3に示す。

2. 河川砂の観察・プレパラート作成の手順

1) 河川砂の用意

河川砂は身近な河川から採集するとよい。その際、黒色味の強い砂を選ぶとより多種類の構成物の観察が可能となる。なお、本時で使用した利根川の河川砂を図4に示す。

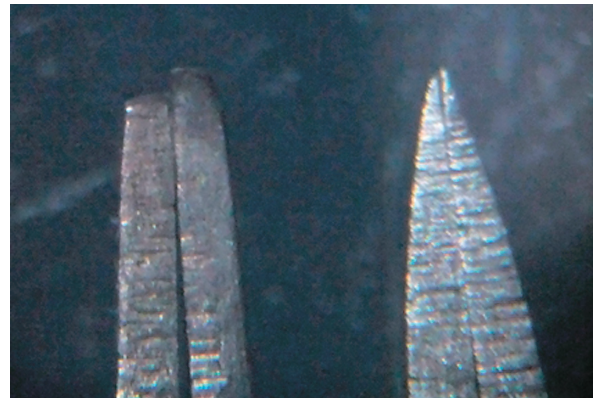


図2 市販のピンセット（左）と先端を鋭くしたもの（右）



図3 河川砂の観察とプレパラート作成用準備物品

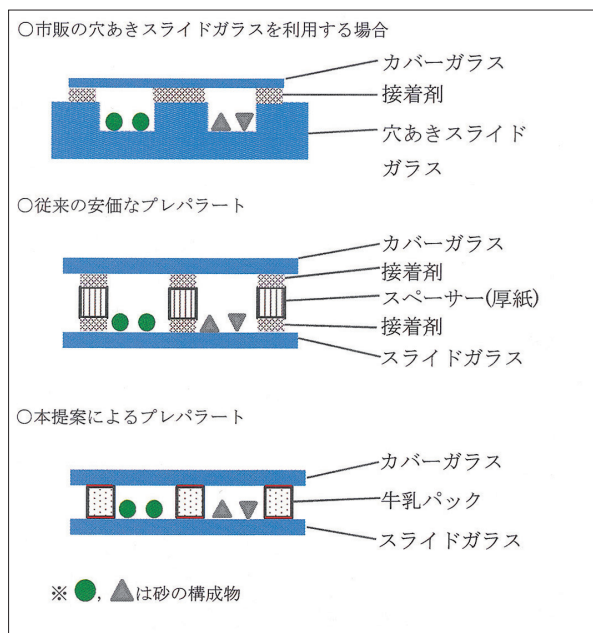


図1 火山灰及び河川砂構成物保存用プレパラート



図4 本時で使用した利根川の砂

2) わん掛け (パニング) (微粒子の除去)

観察の妨げとなる微細な泥を洗い流す。生徒に配る砂の量はわん掛け後の重量で0.5 g程度が適当である。

3) 粒度分け

採取してきた砂には大小さまざまな粒径のものが含まれている。このため、あらかじめふるい等を用いて粒度をそろえておくことで、砂粒ごとに実体鏡のピント合わせをする必要がなくなり観察が容易になる。観察する砂粒の粒径の選択は河川砂の状況にもよるが、生徒が観察をしやすくかつプレパラート作成を考えると、一般には0.5~1.0mm範囲のものが適当である。

4) プレパラートの事前準備

河川砂観察の前にスライドガラスと穴あきスペーサーの一面をあらかじめ接着しておく。

- ① 牛乳パックはよく洗い十分に乾燥させておく (カビの発生や悪臭防止のため)。
- ② 洗浄乾燥後の牛乳パックを生物用スライドガラスの大きさに合わせて縦7.5cm, 横2.5cmに切る。牛乳パック一枚の厚みは約0.5~0.7mmである。プレパラート作成用の砂試料がこれよりも大きい場合は牛乳パックを貼り合わせて厚くする。この際、牛乳パック同士をそのまま写真用セメダインで接着するか、もしくは接着面にあるプラスチック層を剥ぎ取って合成のりで接着する。いずれの場合も二枚の牛乳パックを隙間のないようにしっかり張り合わせる。
- ③ のりが十分に固結した後、スペーサーに鉍物を取容するための穴を穴あけパンチであける。径6~7mmの穴を最大で10個あけられるが、8個以下が適当である。

※構成物分類の目安として穴の側にあらかじめ鉍物名や記号などを書き入れておくとよい (図5)。

- ④ ③のスペーサーをスライドガラスに貼り付ける。家庭用ホットプレートで弱 (120°C程度) にして、その上にスライドガラスとスペーサーを重ねたものをガラス面を下にして置き、数秒間押し付ける。この作業は高温のため、手袋を着用して行う (図6)。この際、スペーサーとスライドガラスとが隙間なく接着するよう注意し、押しムラができないように全体的にしっかりと押し付ける (強く押しすぎてスライドガラスを割らないように気を付ける)。

※この工程は牛乳パックの表面のプラスチックを熱で溶かして貼り付けるものである。この際に、スペーサーを張り合わせていたのりが十分に乾燥していないと、熱による接着が不十分となり、少しの衝撃ではがれてしまう。

5) 河川砂の観察・構成物の分類と選別・プレパラートの作成

河川砂の観察には直径9 cm程度のガラス製のシャーレを使用するとよい。観察の前に磁石に反応する構成物をあらかじめ分別させる。この際、磁石はビニル袋に入れるか薬包紙などで包み、構成物が直接磁石に付着することのないようにする。

※この作業で分別される構成物は、磁鉄鉱及び磁鉄鉱を包有する構成物 (輝石や角閃石など) である。

はじめに、ルーペ、双眼実体顕微鏡を用いてシャーレ内の砂全体の観察を行わせ、図鑑等を参照させながら構成物の概要を把握させる。次に各構成物ごとに代

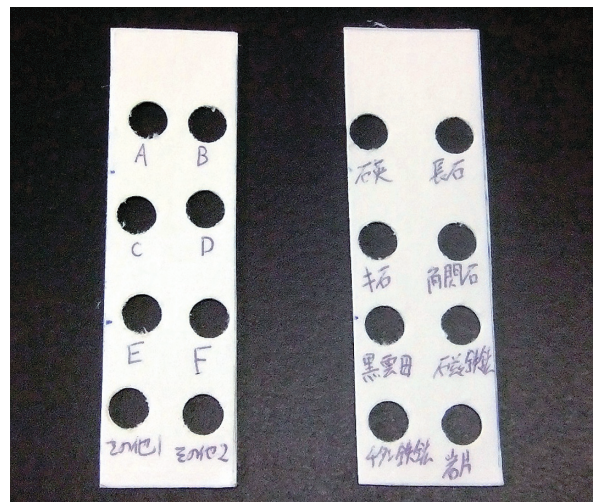


図5 牛乳パックのスペーサー例



図6 熱したホットプレート上でのスライドガラスとスペーサーの貼り付け

表的な砂粒を4～5粒選別させ、それぞれプレパラートの所定の穴に収容させる。最後にもう一枚のスライドガラスを被せ、両端をしっかりと押さえて、中の砂粒をこぼさないように注意しながら反転し、ホットプレート上にのせる。4)と同じ要領でスペーサーとスライドガラスを加熱接着させる。完成したプレパラートを図7に示す。

※プレパラートの完成までにいたらなかった場合はプレパラートの両端をダブルクリップ等で固定しておく(この状態での観察も可能である)。

IV 本教材を使用した授業実践例

群馬大学附属中学校において、「大地の成り立ちと変化」の単元の中の授業のひとつとして河川砂を用いた授業実践を行った。授業実践は火成岩の学習や鉱物の学習を終えた一年生160名(40名×4クラス)である。本授業実践の流れを表1に、授業中に生徒に配布したプレパラートの作成法を紹介したプリントを表2に示す。

本授業での砂は利根川の川原(群馬県前橋市関根町群馬県総合スポーツセンター付近)で採取したものである。

今回の授業実践では、各学級1時間分(50分)の授業であったため、わん掛け、乾燥、粒度分け、プレパラートの作成(手順の1)～4))までは事前に準備しておき、本時では生徒による河川砂の観察とプレパラートの完成までを行った。使用した砂の粒径は、作業のしやすさと観察のしやすさを考慮して0.5～1.0mmのものを使用した。一クラスを4人一組で10班に分けた。理科室には12個の作業台があるため、空いている2個の作業台に1台ずつホットプレートを設置して、最終のスライドガラスの貼り付け作業を行った。授業開始後7分間を授業説明にあて、「観察・分類」開始20分後から2班ずつ(1つのホットプレートに1班)スライドガラスを貼り付けて完成させる作業をした。事前に鉱物粒用の穴6個と、その他岩石片などを含め特に興味をもった構成物を収容するための穴を2個、合計8個の穴をあけたプレパラートを用意した。分類をしながらワークシートにそれぞれの特徴(色や形)と鉱物名等の名称を記入してもらった。図8、9には観察・分類している授業風景を、図10にはプレパラート

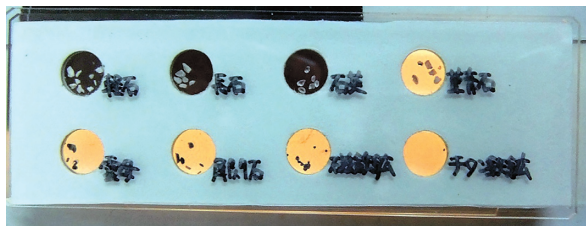


図7 完成したプレパラートの一例



図9 資料を参照しながらの河川砂構成物の分類



図8 河川砂の双眼実体顕微鏡観察



図10 ホットプレートでのプレパラートの完成

表1 河川砂の観察の授業概要

	学習内容	備 考
導入(7分)	<ul style="list-style-type: none"> ○事前に行った鉱物の学習や火山灰、火成岩の復習を行ってから、授業で使う河川砂を提示し、「砂」はどのようなものなのかを考える。 ○本時に行う観察とプレパラートの作り方の説明を聞く。 	<ul style="list-style-type: none"> ・復習では火山灰には鉱物が入っていることは知っていても、軽石や岩片というものは出てこないことが予想される。 ・砂について聞くと、細かい粒ということから、砂も鉱物が細かくなっていったものかもしれないという意見が予想される。
観察(25分)	<ul style="list-style-type: none"> ○実体顕微鏡(またはルーペ)、ピンセット、磁石を用いて配布した河川砂の観察・分類を行う。 ○分類したものはふたをしていないプレパラートの穴の中に入れていく。 	<ul style="list-style-type: none"> ・初めに磁選をしてから、そのほかの鉱物の観察・分類を行ってもらおう。 ・ピンセットには竹製のものやチタン製のものを使用して、磁性鉱物とピンセットがくっつかないようにする。 ・分類したものを随時プレパラートの中に入れていくことで、構成物相互の混入、作業時間の短縮もはかる。 ・どのような特徴で分類したのかワークシートに記入させるようにする。
プレパラートの完成と砂に鉱物が含まれていることの考察(8分)	<ul style="list-style-type: none"> ○穴に鉱物等を入れ終わったら穴の開いている方にスライドガラスを乗せ、ホットプレートで熱して貼り付ける。 ○時間があれば完成したプレパラートに封入されているものを再度観察し、なぜ砂は鉱物から構成されているかを考える。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ホットプレートに乗せるときに、鉱物粒等をこぼしてしまう生徒がいるのでしっかりと押さえながら回転させるように指示する。 ・ホットプレートは「弱」でも120℃近くになっているので、作業をするときは軍手などを着用し、火傷をしないように注意させる。 ・復習したことと関連させながら、砂に鉱物が含まれている原因を考えさせる。
まとめ(10分)	<ul style="list-style-type: none"> ○砂に鉱物が含まれている原因を理解する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・小学校で学習する「流れる水の働き」や火成岩との関係を思い出させながら原因を理解させる。

表2 授業実践で生徒に配布したプレパラートの作成法のプリント

川砂・火山灰プレパラートの作り方

用意するもの:生物用スライドガラス×2、牛乳パック、のり、はさみ、ホットプレート、川砂や火山灰

(手順)

1. 牛乳パックをよく洗い、乾かす。
2. 十分に乾燥した牛乳パックを縦7.5cm、横2.3cmに切る。
3. 牛乳パックの外側(印刷があるほう)を紙一枚分だけ剥ぐ。
4. 外側を剥いだ牛乳パック二枚をのりで張り合わせる。(のりの水分がなくなるまでしっかり乾かす)
5. 貼り付けた牛乳パックに穴あけパンチで穴をあける(分類したい鉱物種や分類したい特徴の数だけ穴をあける)
6. 生物用スライドガラスに穴をあけた牛乳パックを片面貼り付ける。(家庭用ホットプレートの温度調節は120℃あたりにする。温度表示がない場合、火の強さを1に設定する。) **※火傷には十分注意する。**
7. 川砂や火山灰から分類した鉱物種等をそれぞれの穴に入れていく。
8. もう片面に生物用スライドガラスを乗せ、裏返しにして再びホットプレートで熱する。
9. しっかり張り付いたら完成

スライドガラス×2

牛乳パック

ホットプレートで貼り付ける。

分類した鉱物を入れる。

完成!!

横からみるとこのように見えます。

もう一面にもスライドガラスを貼り付ける。

を完成させている写真を示す。なお観察とプレパラートづくりは生徒が一人ずつ行い、授業後には完成したプレパラートを持ち帰らせた。全員がプレパラートを完成し終わるまで約20分前後を要した。その後2～5分間程度で「まとめ」を行い、授業を終了した。授業時間内に実験の後片付けが終了しきれず、5分程度、授業時間が超過してしまったクラスもあった。

河川砂の観察では、生徒は予想外の光景に驚きの様子を示し、また観察に夢中になり、分離選別作業に移れない生徒も見られた。ワークシートの感想欄にも河川砂の構成物の多様さと美しさに興味関心をもったという記述が多く見られたが、その一方で、ピンセットの取り扱いの難しさを訴える生徒も少なからずみられた。

なお、本時における河川砂の観察用資料として、加藤・小林(1982)及び、野尻湖火山灰グループ(2001)を用いた。これらの他に、小林(2009, 2010, 2012)による埼玉県荒川の河川砂についての報告も参考になる。

V 考察とまとめ

今回の河川砂を用いた授業では、火山灰を用いた時と同様、生徒たちが“砂”を改めて自然物として認識し、その構成物の多様さと美しさに驚きの声をあげていた。また、砂の構成物の観察結果と砂のでき方を結びつけることから、岩石が鉱物等から成り立つことを体験を通して学習できたと判断される。河川砂はその試料入手の容易さに加えて、他の河川の砂との比較を行うことで河川砂が河川流域の地質を反映していること、あるいは砂場の砂を調べることでその砂の起源(採取場所)を特定できる可能性があることなど、教材としての高い活用性をもつものである。

一方、河川砂がもつ教材としての活用性の高さのために、単元全体の流れの中での位置付けを十分に考慮する必要がある。また構成物の多様さや人工物の混入等を考えると、それぞれの鉱物名を特定させる作業には図鑑等の適当な補助教材を参照させたとしても限界がある。構成物の識別作業の不慣れさと格闘しながらも、生徒にとっては新発見の連続といった感があり、熱心に取り組む彼らの姿は印象的であった。プレパラートを作成することで、必要に応じ他の授業でも繰

り返し観察することができ、生徒の興味関心を持続させることができることから、「大地の変化」の單元内のいろいろな内容を関連付ける橋渡しの役目も持たせることも可能であると考ええる。

さらに、この河川砂による授業は、どこからでも手に入る材料を用いていることから、身近な自然を調べてみたいという生徒の自発的な研究意欲を喚起することにも役立ち、自由研究への発展も期待される。

河川砂の教材としての有効性の一方で、工夫すべき検討課題もある。今回の授業実践では1回の授業(50分)で河川砂の観察・分類と選別・プレパラートの作成に加え、最後の「まとめ」まで行ったが、当初の観察時間20分は不十分であった。最低25分は確保する必要がある。また、「まとめ」は次の授業で行うことも一つの方法である。今回の授業では8種類ほどの構成物の分離選別を行わせたが、3種類ほどの分離で時間切れになってしまった生徒も各クラス数名みられた。また、構成物の選別ではピンセットの使用が必須であるが、ピンセットの扱いに不慣れな生徒も少なくなく、微小な砂粒を掴み取ったり、プレパラートの穴に入れたりするのに手間取る生徒も見られた。さらに、プレパラート作成において、上面のスライドガラス接着のためにプレパラートを裏返す段階でスライドガラスの保持がうまくいかず、一部の砂粒がこぼれ落ちたり、隣の穴に移動してしまったりしたケースもみられた(40人クラスで平均3名ほど)。スライドガラスと牛乳パック製のスペーサーの接着には120°C近い温度を要することから、より低温で接着可能なスペーサー用素材を探すことも今後の課題である。

今回の実践を通して、ほぼ全ての生徒は普段目している砂をよく観察し、砂がどのようなもので構成されているかを探るということを初めて体験した。この結果ほとんどの生徒が“砂”への認識を改め、自然物としての砂に興味やおもしろさを見出したことがワークシートからうかがえた。本授業を通して、生徒に「岩石」と「砂」の構成物との関係を考えさせることができ、この後の堆積岩や地層の学習への興味を引き出せたと思う。

謝辞

群馬大学教育学部の岡崎彰教授及び益田充明教授には河川砂の教材化にあたり授業実践に係わる有益な助

言をいただいた。また、本学部附属中学校の生徒諸氏には河川砂の観察とプレパラートづくりに取り組んでいただいた。これらの方々に厚く感謝いたします。

引用文献

- 加藤定男・小林忠夫(1982)「土や砂の中の鉱物の観察」。地学団体研究会編『自然をしらべる地学シリーズ3 土と岩石』, 東海大学出版会, 62-66
- 小林まさ代(2009)「堆積条件における川砂の鉱物組成の変化について—埼玉県寄居町の荒川川原を対象とした研究」。埼玉県立川の博物館紀要, 9号, 29-33
- 小林まさ代(2010)「荒川上流域の河川砂中のジルコン」。埼玉県立川の博物館紀要, 10号, 9-12
- 小林まさ代(2012)「荒川中流域の河川砂中のざくろ石の特徴と起源」。埼玉県立川の博物館紀要, 12号, 9-12
- 真崎将太・白井輝・吉川和男(2011)「合成砥石を用いた岩石薄片の作成—学校現場における岩石薄片の簡便な作成法—」。群馬大学教育実践研究, 第28号, 39-46
- 野尻湖火山灰グループ(2001)「新版 火山灰分析の手引き」。地学団体研究会, 56p
- 佐々木孝・吉川和男(2008)「回転機能を有する簡易偏光顕微鏡の作成—生徒用生物顕微鏡を偏光顕微鏡に—」。群馬大学教育実践研究, 第25号, 67-75
- 下岡順直・三好雅也・山本順司・三好まどか・武村恵二(2012)「海浜砂の多種選別分析法による後背地地質推定プログラム」。地学教育, 第65巻, 第2号, 51-61
- 須藤定久・有田正史・谷田部信郎(2002)「スキャナーによる砂の観察—試料の作成から観察・保存まで—」。地質ニュース, 580号, 32-37
- 千葉とき子・斉藤靖二(1996)「かわらの小石の図鑑」。東海大学出版会, 167p
- 内 誠(1994)「身近な地学素材とその教材化—砂の教材化の試み—」。日本理科教育学会全国大会要項, 第44巻, p50
- 宇留野勝敏・福岡孝(1982)「生物顕微鏡を利用した偏光顕微鏡」。地学団体研究会編『自然をしらべる地学シリーズ3 土と岩石』, 東海大出版会, 50-53

(とさ じゅんいち・しらい あきら・よしかわ かずお)