

室内での堆積物観察・水槽実験を取り入れた 地学実習プログラム — 教員免許状更新講習の例 —

山崎博史
(2015年12月7日受理)

An active learning program of earth science study using observation of sediments and flume experiments in the laboratory: an example in a refresher course for teacher's license renewal

Hirofumi YAMASAKI

Abstract. Two hours laboratory program including flume experiments and an observation activity of strata in the laboratory was done as a refresher course for teacher's license. The aim of the course is to gain the knowledge of sedimentation and to improve experimental technique. Understanding the transportation and sedimentation of sediments through experiments and observation of recent deposits enable teachers who take the course to understand that geological phenomena are ongoing process and to get the actualistic thinking skill.

1. はじめに

平成19年6月の改正教育職員免許法の成立により、平成21年4月から教員免許更新制が導入・実施されている。広島大学大学院教育学研究科においては多様な分野・内容の教員免許状更新講習が提供されており、理科・地学領域に関する講習もその一つである。平成26年度及び27年度の理科・地学領域に関する講習は、『地学分野の観察・実験教材教具の意義と活用』のタイトルで、広島大学教育学部で行われた。

『地学分野の観察・実験教材教具の意義と活用』の講習内容は、①地学分野の学習における観察・実験の意義（講義）、②天体望遠鏡の取り扱い方と活用（講義・実習）、③地層関連の教材・教具の扱い方と活用（講義・実習）、④地学関連のコンピュータ教材の活用（講義・実習）及び試験から構成される。このうち著者は、③地層関連の教材・教具の扱い方と活用（講義・実習）に関する

2時間を担当した。本論では著者が担当した講義・実習内容について概要を報告する。

2. 地層関連の教材・教具の扱い方と活用 における実習プログラム

(1) 実習プログラムの目的と方針

「地層関連の教材・教具の扱い方と活用」の実習プログラムでは、実験室内での流水による粒子の動きの観察と実際の地層観察を取り上げ、講義による知識の修得・確認と実験・観察の体験による技能の修得・向上を目的とした。実験・観察の体験については、受講者による探究的な活動を促すことを考慮してワークシートを作成した。また、講習後に受講者が各自の授業で実験・観察を取り入れることを考慮して、準備が容易な教具や自作した実験器具を使用することを基本とした。

*自然システム教育学講座

(2) 実習プログラムの内容

a) 地層形成モデル実験

地層形成モデル実験は以下の2点を主目的として4つの実験で構成される。

- ①水流により砂粒が移動し定置する過程（侵食・運搬・堆積作用）について、砂粒の動きは水流の強さの変化に対応して断続的に変化するため、各作用は繰り返し生じていることを確認し、自然の中で起こっている現象と関連付ける。
- ②実験装置を確認する（自作するために）。

なお、4つの実験において、新東陶料株式会社製の粒径の異なるカラーサンド（黄色：0.55-0.07 mm, オレンジ：1.7-0.5 mm, 黒：2.4-0.5 mm）をそれぞれ適量混ぜ合わせて使用した。以下にそれぞれの実験概要を示す。

実験1：一方向流による砂粒の動きとベッドフォーム

坂本ほか（1997）を参考に、透明アクリル製の丸形水槽を使用して以下の手順で行う。

- ①塩ビパイプを使って丸形水槽の水を一定方向にかき混ぜて水流をつくりながら、砂粒が移動する様子を観察する。この時、水だけをかき混ぜるよう注意で行う。
- ②砂粒の動き（運搬様式）を観察し、その結果できたベッドフォームの特徴（形態・大きさ・でき方等）をワークシートに記録する。
- ③観察結果をもとに、砂粒の動きと水流（強さや方向等）との関連について考察する。

実験2：振動流による砂粒の動きとベッドフォーム

坂本ほか（1997）を参考に、透明アクリル製の角形水槽を使用して以下の手順で行う。

- ①水槽の底に粒径の異なる3色の砂を敷き、さらに水深1 cm程度になるよう水を入れる。
- ②実験机に2つの塩ビパイプを平行に並べ、その上にベニヤ板を置き、さらにその上に水槽を置く。
- ③水槽の長辺方向と平行に水槽を往復運動させる。このとき水槽を動かす距離は3 cm程度で、往復の周期は1秒程度とする。往復運動を数分間続けて、砂床表面が変化する状態を観察する。
- ④水槽の動きを継続させながら、水槽の往復運

動によって砂粒がどのような運動をしているか観察し、その動きとベッドフォームの特徴を図に描く。

- ⑤次に水深を3 cm→5 cm→…と変えて、2～4の手順で実験を行ない、砂床表面にできた微地形（ベッドフォーム）の形態やその規模と水深との関係を整理する。

実験3：混合効果（池田，1984）および障害物に対する水流の動きの確認と砂州の形成

透明アクリル板（厚さ5 mm）と木材を用いて自作した、長さ100 cm、高さ20 cm、幅5.5 cmの水路を使用して以下の手順で行う。なお、使用する水は、水路を流れた後受水槽に貯められ、バスポンプによりまた水路に供給される循環系を作ることにより、水道設備の無い普通教室での実験が可能となる。また、バスポンプを付属のACアダプターの代わりに直流安定化電源装置に接続して使用することにより、水流の調節が可能である。

- ①水路の底には粒径の異なる3色の砂を敷き、その上に、障害物として長径1～2 cm程度の扁平な礫数個を置く。
- ②水路に水を流して、水流により運搬される砂粒の動きと砂床の様子を観察する。
- ③礫の周囲の水流の様子と砂粒の動きを観察する。
- ④流速を変えて、砂床の変化を観察する。

実験4：デルタの形成

目代ほか（2006）や池田（2011）を参考に自作した実験水路（山崎・中村，2013）を使用して、以下の手順で行う。

- ①バスポンプのスイッチを入れ、装置内の循環水の流れを作る。
- ②粒径の異なる2色の砂（黄色とオレンジ）を投入し、砂粒の動き（侵食・運搬・堆積）を観察し、ワークシートに記録する。この時、流水部分の動きと砂粒が動きを止める（堆積する）部分、及び堆積した砂体が広がる様子に注目する。
- ③出水部に堰を作って水位を上昇させ、再び砂を投入して砂粒の動きを観察する。

b) はぎ取りによる地層標本の作成と地層の記載

はぎ取りによる地層標本の作成と地層の記載は

以下の2点を主目的とする。

- ①野外観察ができない場合の次善の策としての地層観察方法の一つを知る。
- ②地層観察を体験する。

地層のはぎ取り作業は野外の露頭で行われるのが一般的であるが、講習時間が限られているため、事前に小型ジオスライサー（高田ほか、2002）で採取した沖積層を用いた。具体的には、実習日の前日に採取された、広島大学構内を流れる角脇川の小規模なバーを構成する堆積物である。

地層をはぎ取るための接着剤は、一般のホームセンター等で容易に入手でき、また使用方法も容易であることから、戸倉（1996）で紹介されたスプレー式接着剤を使用した。はぎ取り作業の手順は以下の通りである。

- ①廊下の床に敷いた新聞紙の上に小型ジオスライサーを置き、カバーを外す。
- ②必要に応じて地層試料表面をヘラで薄く削り取って平坦にする。
- ③小型ジオスライサー本体に付いた不要な砂泥を取り除き、本体部分を養生テープでマスキングする（図1）。
- ④スプレーボンド（G17：コニシ株）を地層表面に満遍なく吹き付ける。その際、スプレーのノズルを地層表面に近づけると適宜換気することに注意する。
- ⑤小型ジオスライサー本体を含め地層表面をガーゼで覆い、ガーゼの上からボンドを吹き付ける。なお、ガーゼには、地層標本の番号及び地層の上下方向を示す印をマジックインキで記入する。
- ⑥ボンドが乾燥したら、マスキングテープと共にガーゼを小型ジオスライサーからはぎ取る。
- ⑦はぎ取った地層表面の余分は堆積粒子を刷毛等ではらい、はぎ取り標本とする（図2）。
- ⑧地層観察は、はぎ取り標本と共に小型ジオスライサー本体に残っている地層標本も用いて行う。まず標本全体を観察して大まかな地層の重なり方を捉えた後、砂粒粒度標準試料と比較しながら、粒径の違いや粒子の配列等に注意して地層区分を行う。
- ⑨観察結果を柱状図としてまとめる。



図1 養生テープでマスキングが終了した状態

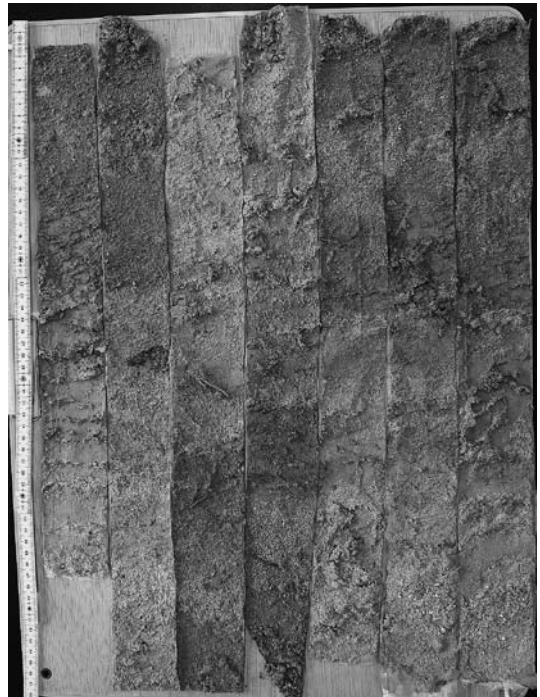



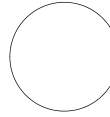
図2 地層のはぎ取り標本の例

2015年8月20日 教員免許更新講習


実験1
【予想】 砂の動きと砂床形態（ベッドフォーム）を予想する。



【結果】
<上から>



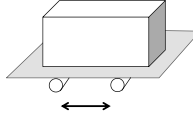
<横から>



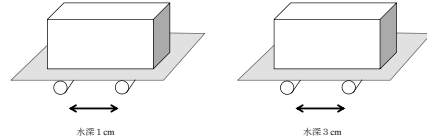
【考察】 この実験は自然の中ではどこで見られる現象と類似しているか考えながら、砂の分布状態やベッドフォームの特徴（でき方や形態）に注目して、流水による砂粒の動き（侵食・運搬・堆積）について考察する。

2015年8月20日 教員免許更新講習

実験2
【予想】



【結果】




【考察】 この実験は自然の中ではどこで見られる現象と類似しているか考えながら、砂の分布状態やベッドフォームの特徴（でき方や形態）に注目して、波が起す水流による砂粒の動き（侵食・運搬・堆積）について、粒径や水深と関連づけて考察する。

2015年8月20日 教員免許更新講習


実験3
【観察結果】

上から




<水を流す前>

横から




上から



<水を流した後>

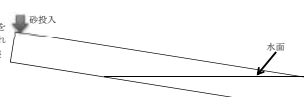
横から



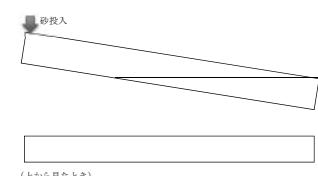
【考察】 この実験の砂床形態は、実際の河川の砂州に相当します。実際の河川の砂州の形成過程を水量の変化と関連づけて考察する。

2015年8月20日 教員免許更新講習

実験4
【予想】
流水の中に粒径の異なる2色の砂を投入した時、砂はどのように運ばれ（粒径による運ばれ方の違い）、装置のどの方あたりに、どのように堆積するか予想し、右図に書き込む。



【結果】 水流の中に砂を投入し、砂粒の動きと砂層が形成される様子を観察し、その結果を記録する。



（上から見たとき）

【考察】 デルタの形成過程を砂粒の動きと関連づけて考察する。

図3 地層形成モデル実験のワークシート

表1 地層関連の教材・教具の扱い方と活用の講習内容と時間

時刻	場所	内容
13:20 - 13:30	C307	概要説明
13:30 - 13:45	廊下	地層はぎ取り仕込み作業（グループ単位）
13:45 - 14:10	C307	流水の働き等についての解説
14:10 - 14:20		休憩・移動
14:20 - 14:55	C320	水槽実験（グループ単位）
14:55 - 15:00		休憩・移動
15:00 - 15:10	C307	はぎ取り標本活用等についての解説
15:10 - 15:20	C320	はぎ取り標本仕上げ・観察（グループ単位）
15:20 - 15:30	C307	まとめ：システムとして地球を捉えること

(3) 実践

受講者は平成26年度は29名（高校8，中学14，中等1，小学5，特支1），平成27年度は21名（高校9，中学9，小学3）であった。実習プログラムは講義と実験・観察で構成され，その流れは表1の通りである。このうち実験・観察については，はぎ取り標本作製・観察は6グループに，また地層形成モデル実験では3グループに分かれて，グループ毎に行われた。すなわち，4つの実験が3グループによって同時に進行する。なお，各グループは異なる校種の受講者で構成されるよう配慮した。

実習概要を説明した後，前述したはぎ取りによる地層標本の作業手順①～⑤を廊下で行った。地層に塗布する接着剤が乾燥する時間を確保するためであり，地層はぎ取り仕込み作業と呼んでいる。続いて流水の働きについての講義と地層形成モデル実験，はぎ取り標本の活用についての講義とはぎ取り標本仕上げ・地層観察の順に行い，最後にまとめを行った。

地層形成モデル実験を行う際，それぞれの実験に関する予想，結果及び考察結果を書き込むワークシートを受講者に配布した（図3）。ワークシートを用いることで，受講者が講義内容に基づいて予想し，続いて観察結果を記録し，最後に考察するという実習の流れを体験し，探究的に活動できるよう配慮した。なお，平成26年度の地層形成モデル実験は実験3を除いた3つの実験で構成された。また，平成27年度については，地層観察のために予定以上の時間が必要となり，最後のまとめが十分に行えなかった。

3. まとめと課題

教員研修プログラムの目的について，五島・後藤（2008）は，知識を身に付けるもの，技能を身に付けるもの，実践力を身に付けるものなどに分類できると指摘している。また，教員研修を数多く実施してきた経験に基づいて，その目的に応じて研修プログラムの内容と方法が整理できるとして，モデル実験を扱う教員研修プログラムを5つに分類している。

今回示した地層関連の教材・教具の扱い方と活用における実習プログラムは，解説（理論の説明）と実験の体験で構成されており，五島・後藤（2008）のタイプC：モデル実験に関する知識を身に付け，主として技能を身に付ける研修に分類される。この点は，著者が目的とした本実習プログラムの目的とはほぼ一致しており，本実習プログラムの目的と方法がマッチしていると見なすことができよう。受講者の感想として「今回の講習に関して，それぞれ具体的素材を実際に教員が体験的に学べる方法をとられたこの講習は，良い方法であったと感謝しています。技術的なことの習得はより具体的であるべきです…」，「実験については文献，HP等で見る機会はあると思いますが，実際に動かしてみるととても良く分かりました。」と述べられており，受講者の実感ともマッチしたものと捉えられよう。

ところで，実習プログラムの解説の中で，堆積実験を取り入れることや地層の観察の際に沖積層を扱う意義について述べた。この点については山崎・吉富（2014）でも言及されている。地学領域で扱う対象は時間の経過に伴って受けてきた現象

の結果である。そのため、地学現象が過去のことと受けとられているとの想定から、地学現象は現在進行形の現象でもあり、従って、結果から過去に生じた過程を類推ために現在進行形の現象の理解が必要であること、すなわち現在主義的思考 (actualistic thinking) (Dodice and Orion, 2003) が必要であることである。この点に関して一人の受講者が「モデルによる実験・観察は実際の自然におきる現象の過程を類推するためのものである」という点がとても印象にのりました。実験や観察は生徒にとって楽しいものであるけれど、楽しいだけでなく考える手がかりになるものとして扱うことで、ただ「活動がたのしかった」から「過程を考えることがたのしかった」に変わるとかんじました。」との感想を述べている。これは現在主義的思考のツールとして実験・観察を扱うときの効果についての指摘と捉えられ、地学領域の学習の中での実験・観察の意義を考えると、考慮されるべき重要な事項と考える。

一方、受講者の感想から想定される課題として、時間不足や探究的な活動の中の適当なタイミングでの説明の必要性が挙げられる。地層形成モデル実験では4つの実験が同時進行しており、確かに講師と一人のTAだけでは個々の実験に対応できないことも多い。この点に関して、五島・後藤(2008)は、研修目的の一つとして受講者の実践力の修得を挙げたとき、受講者が体験した実験について他の受講者に指導を行う、実演指導という方法が有効であることを述べている。限られた時間の中で多数の実験を体験するとともにその内容についての理解を深めるために、受講者同士が教え教えられるという場面を想定する実演指導を取り入れることを今後の検討課題としたい。

謝辞

本講習を実施するに当たって、本講習の主担当である教育学研究科林 武広教授、TAの藤川義範氏(H26年度)と野村聡司氏(H27年度)及び

担当事務職員の方にお世話になった。記して感謝する。また本講習内容の事前の検討に際して、科学研究費補助金基盤研究(課題番号25242015, 26350235)を使用した。

文献

- Dodice, J.T. and Orion, N., 2003, Geology as an historical science: Its perception within science and the education system. *Science & Education*, **12**, 197-211.
- 五島政一・後藤史朗, 2008, 地学の探究的な活動の指導力を育成する教員研修プログラムの開発 — 岩石・地層に関する一連のモデル実験を取り入れて —. *地学教育*, **61**, 59-72.
- 池田 宏, 1984, 二粒径混合砂礫の流送に関する水路実験. 筑波大学水理実験センター報告, no.8, 1-15.
- 池田 宏, 2011, 地形を見る目を小型実験で磨こう. *第四紀研究*, **50**, 209-219.
- 目代邦康・野田 篤・田村 亨・中沢 努・角井朝昭・中島 礼・井上卓彦・利光誠一, 2006, 水と砂を使った地層・地形の実験. *地質ニュース*, no.627, 35-39.
- 坂本隆彦・目 康夫・藤村輝美, 1997, 実験“漣痕をつくろう”. *地学教育*, **50**, 1-7.
- 高田圭太・中田 高・宮城豊彦・原口 強・西谷義数, 2002, 沖積層調査のための小型ジオスライサー (Handy Geoslicer) の開発. *地質ニュース*, no.579, 12-18.
- 戸倉則正, 1996, スプレー式接着剤を使用した地層はぎ取り方法. *堆積学研究*, no.43, 83-84.
- 山崎博史・中村直志, 2013, 地域素材を活用した地学の学習(5): 大地の成り立ちの教材としての広島デルタ. *広島大学大学院教育学研究科紀要 第二部*, no.62, 1-7.
- 山崎博史・吉富健一, 2014, 地学教材の開発と学習指導. 磯崎哲夫編著, 教師教育講座第15巻 中等理科教育, 253-277.