

<実践報告>

2010年5月24~25日犀川洪水氾濫堆積物の堆積構造と 授業での活用

竹下欣宏 信州大学教育学部理科教育講座

キーワード：洪水氾濫堆積物, 堆積構造, 地学教育, 野外観察, 犀川

1. はじめに

地層を構成する粒子や堆積構造を観察することは、過去の堆積環境やその堆積物を形成した水理条件を推定するために必要なだけでなく、洪水や土砂災害など私たちの生活に大きな影響をおよぼす地学現象を理解する第一歩でもある。それゆえに大学の地学分野の講義だけでなく小、中学校や高等学校の理科の学習指導要領（文部科学省，2008a；2008b；2009）にも取り上げられ、それぞれの教科書にも地層の性質やその形成過程に関する内容が掲載されている（戸田ほか，2004；岡村ほか，2011；磯崎ほか，2011など）。そして、本学部をはじめとして教員養成系学部で理科を学ぶ学生は、将来子どもたちに地学の内容を教える立場になるものが多い。以上のことを勘案すると、教員養成系学部で理科を学ぶ学生にとって、実感をともなった堆積構造の理解は必要不可欠といえる。

図や写真資料を用いた授業のみでは、実感をともなった理解という目標を達成することは困難であり、室内で使用できる堆積実験装置（鈴木，1992；富永，2010など）や簡易実験水槽（池田，2008；西田ほか，2008など）やカードケースを用いた堆積実験装置（北沢ほか，2004，2011）などが考案されている。しかしながら、カードケースを用いた堆積実験装置ではカレントリップルなど水流による堆積構造の再現は難しく、堆積実験装置や簡易実験水槽でも粗粒な碎屑物の観察には限界があり、やはり実際の堆積物の観察に勝るものはないと思われる。堤防やダムにより管理された河川でも、増水にとまな多様な堆積構造が形成される（鈴木，2000など）ため、市街地を流れる河川であれば授業前に調査を行って、記載および堆積過程を検討しておけば教材として利用することが可能と考えられる。

2010年の授業期間中（5月24～25日）に降雨により信州大学教育学部の近隣を流れる犀川の水位が上昇し、新たな堆積物が形成された（図1）。そこで、

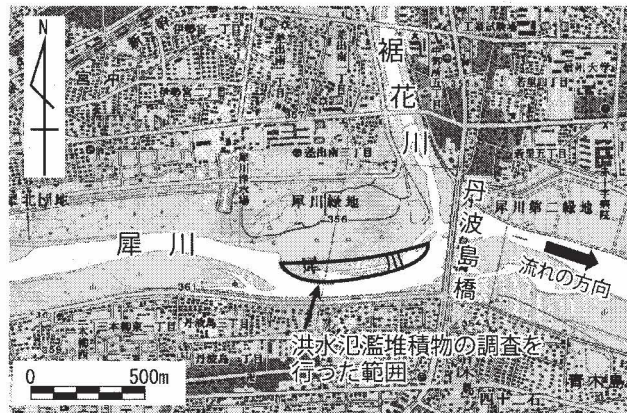


図1 調査範囲

国土地理院発行1/25,000地形図「長野」の一部を使用。

事前にその堆積構造を記載し、形成過程を検討したうえで、著者が担当する講義（地質学概論）の中で、多様な堆積構造の観察とその形成過程に関する解説を行った。本報告では、その内容を紹介するとともに、学生の感想から今回の授業により地層や地学に対する理解やとらえ方の変化について報告する。

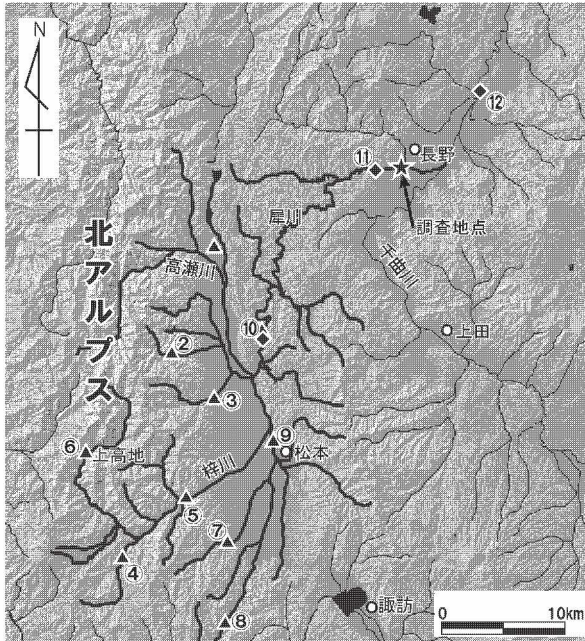


図2 犀川水系と調査位置図

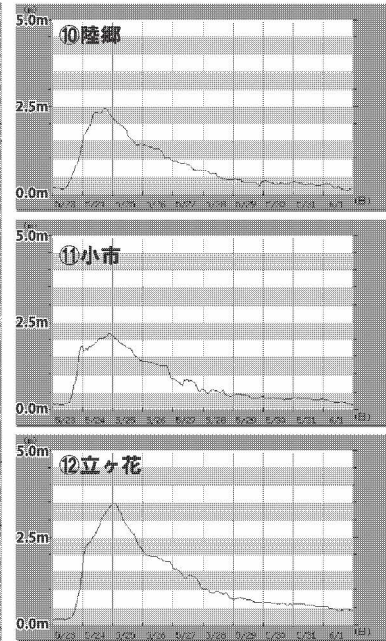


図3 犀川の水位変化(5月23日～6月1日)

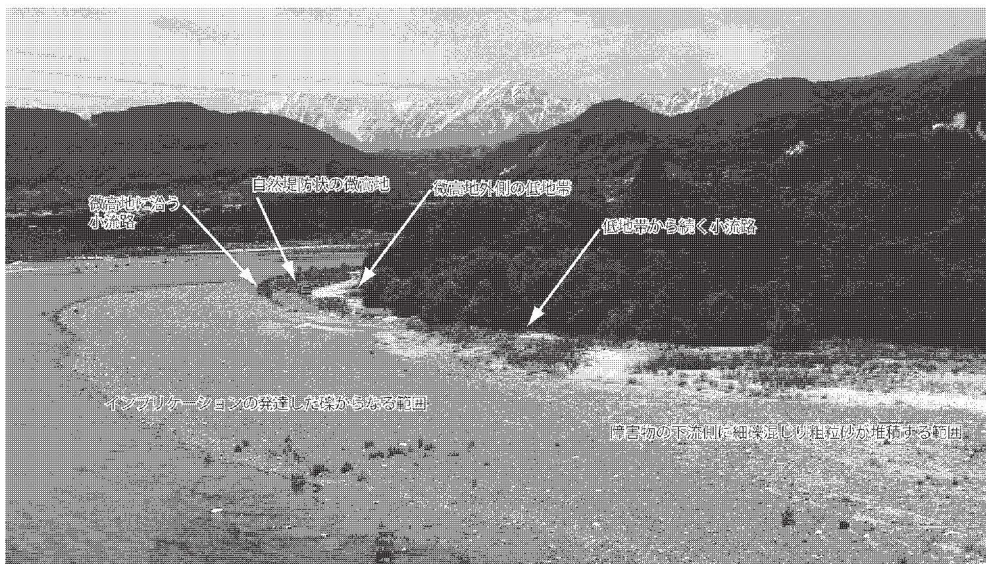


図4 洪水氾濫堆積物の調査範囲の全景 (2010年6月4日、丹波島橋から撮影)

2. 犀川を増水させた降雨と調査対象とした堆積物

2010年5月23～24日にかけての降水量と5月23日～6月1日にかけての水位変化は、国土交通省水文水質データベース (<http://www1.river.go.jp/>) の数値を用いた。同データベ

一スの犀川流域における雨量および水位・水量観測所の位置を図2に示す。5月23日午前10時から翌24日午後17時にかけて、長野県松本市の西部を流れる梓川流域において降雨があり、最大で時間雨量15mm(24日午前2~3時)を記録した。各地で観測された2010年5月23~24日の総雨量は次のとおりで、①高瀬で約100mm、②信濃坂で約145mm、③堀金で約145mm、④奈川で210mm、⑤大野田で約140mm、⑥上高地で約160mm、⑦東朝日で約150mm、⑧贅川で約130mm、⑨島橋で100mm、⑩陸郷で100mmであった。

以上の降雨の影響で24日午後11時から25日午前0時ごろにかけて、⑩陸郷で最大約2.5m、⑪小市で最大約2.3m、⑫立ヶ花で最大約3.5m水位が上昇した(図3)。そして、⑪小市の約5km下流に位置する長野市丹波島橋上流の河川敷では、この水位の上昇にともない幅50m、長さ500mの範囲に洪水氾濫堆積物が形成された(図1、4)。



図5 増水する犀川(5月25日午前8時ごろ)



図6 河岸に残された植物片(5月25日午前8時ごろ)

3. 5月24~25日に形成された洪水氾濫堆積物について

5月25日の朝、犀川の水位が平常時に比べかなり上昇していることに気が付き、丹波島橋上流付近の様子を撮影して記録に残した(図5)。増水のピークから8時間ほど経過していたため、すでに水位が数十cmほど低下していることを岸に流れ着いた植物片などから確認することができた(図6)。そして、平常の状態まで水位が低下した6月1日、3日、4日に、5月24~25日の増水がもたらした洪水氾濫堆積物を記録に残すとともに、授業で活用することが可能か否かを確かめるために、丹波島橋上流付近の河原にて調査を実施した。なお、6月3日は、著者が担当する地学実験Iの受講生3名と共に調査を行った(図7)。



図7 6月3日の調査の様子

指示している境界が今回と前回の堆積物の層理面。

ハンドレベルを用いてピーク時の水位を計測したところ、6月4日の犀川の水面から最高水位までの比高は約3.2mであった。洪水氾濫堆積物には、ポイントバーを構

成する礫層、自然堤防状の微高地上に堆積した淘汰の良い中粒砂層、微高地外側の低地帯に堆積した細粒堆積物のほか、それらの上面に形成されたカレントリップルやウェーブリップル、微高地の外側の小流路に形成されたデューン（砂堆）や、その断面に見られるフォアセットラミナなど様々な堆積物と堆積構造を確認することができた（図8）。

滋賀県琵琶湖に流入する河川の1つである野洲川において、増水で形成された堆積物が詳しく記載され、その堆積過程が検討されている（鈴木、2000 など）。犀川の洪水氾濫堆積物は、野洲川に比べると規模はやや小さいものの、野洲川のものによく類似しているため、よく似たシステムで形成されたと考えられる。

3.1 犀川の洪水氾濫堆積物の堆積構造とその形成過程

犀川の洪水氾濫堆積物の特徴と堆積構造から読み取ることができた形成過程を、以下に記述する。

(1) ポイントバー

2010年4月26日に、この場で礫の観察を行った際には、図4に見られるような広い河原ではなく、4月26日から5月24日の間に顕著な増水もなかった。これらのことから、このポイントバーは、今回の増水で形成されたものと判断した。ポイントバーを構成する礫層は、ミニチュア洪水氾濫堆積物のうち最も本流に近い部分に堆積しており、主に長半径が10~20cm程度の垂円~円礫からなる。インプリケーションが発達しており（図8a）、長半径が犀川本流の流れに対して直行する。このことから、これらの礫は、本流の強い流れによって川底を転がりながら運ばれ、ポイントバーを形成したものと推定される。また、カーブの出口にあたるポイントバー下流部では、流れの弱まる大きな礫や植物の下流側に粗粒な砂礫が堆積している状況が確認できた（図8b）。

(2) 自然堤防状の微高地

ポイントバーの面より1~1.5mほど高い自然堤防状の微高地の上に、非常に淘汰の良い中粒砂層が堆積していた。6月1日に調査を行った際には、車の轍や人の足跡により、その上面の堆積構造はかなり乱されていたが、頂部が波打ったカレントリップルを確認することができた（図8c）。そのリップルの向きから、この砂層を運んだ流れは、本流の方向と30~40°斜交していたと推定される。

この堆積物は、非常に淘汰が良いことから、本流の強い流れが微高地を越えることにより速度が落ち、中粒砂のみが沈降しシルトは流れさったと考えられる。

(3) 微高地外側の低地帯

自然堤防状の微高地の外側には、深さ10~20cmほどの溝状の低地があり、上面にリップルの発達する砂質シルトが堆積していた。リップルには本流と同方向の波長20cm、波高3cm程度のカレントリップルと、それに直交する方向でカレントリップル上に形成された波長5cm、波高1~2cmのウェーブリップルを確認することができた（図8d）。

この状況は、増水のピーク時には本流から溢れた水が低地内を流れてカレントリップルを形成し、その後水位が下がるとともに低地内に取り残された水たまりが風によって波立ち、

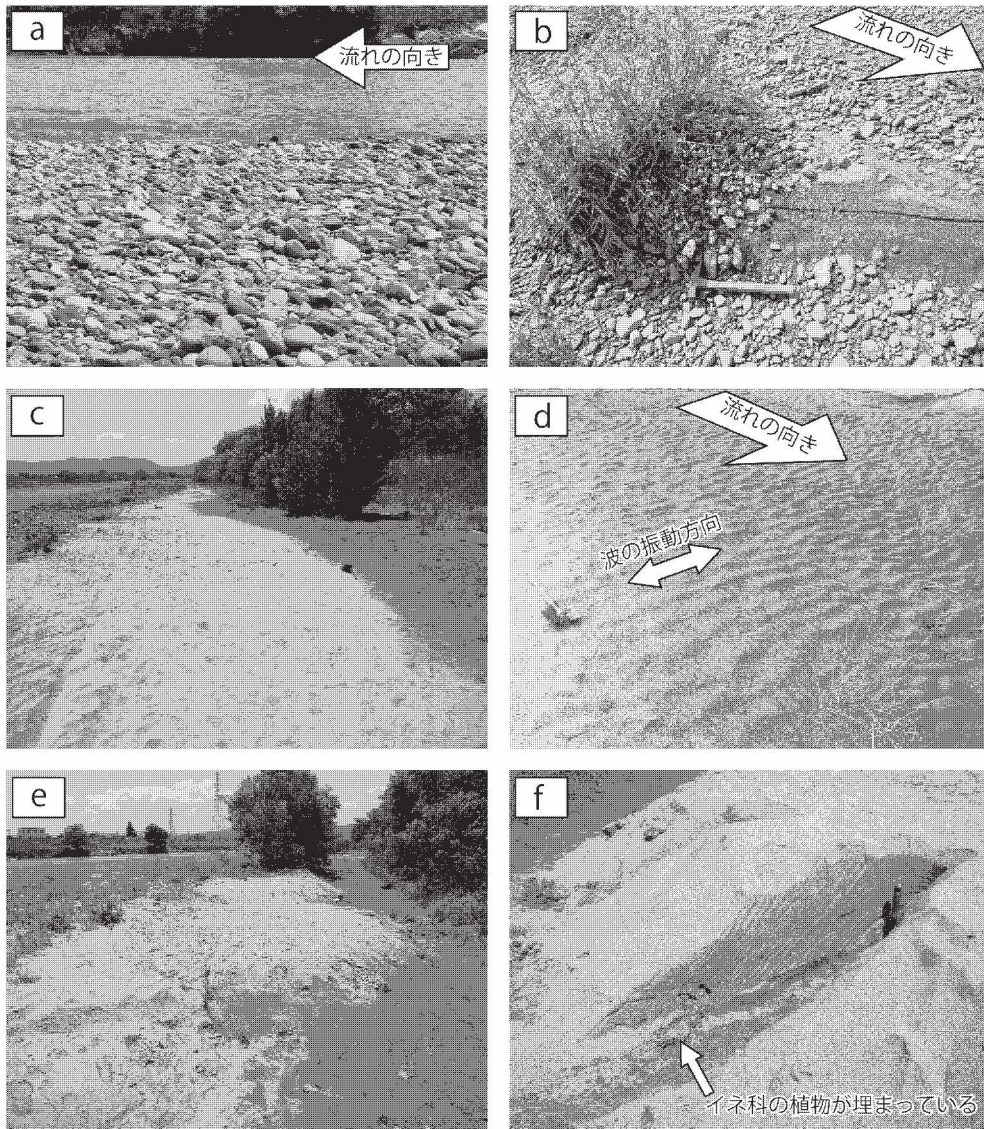


図8 犀川の洪水氾濫堆積物の多様な堆積構造

- a : ポイントバーのインブリケーションの発達した礫, b : ポイントバー下流部の障害物下流側の粗粒堆積物,
- c : 微高地上の淘汰の良い中粒砂, d : 低地帯のカレントリップルとウェーブリップル, e : 小流路内に形成されたデューン (砂堆), f : デューン断面に見られるフォアセットラミナ。

水際の部分にウェーブリップルが形成されたと考えられる。

(4) 低地帯から続く小流路

(3) の低地帯の下流側には深さ 30cm 程度のほぼ E-W 方向の小流路があり、その底には低地帯と同様に砂質シルトからなりカレントリップルが発達していた。N30~40°E の方向をもつ高さ 25cm ほどのデューンが形成されていた (図 8e)。デューンは中粒~粗粒砂からなり、その表面には波長 10cm、波長 3~4cm ほどのカレントリップルが確認できた。デューンの伸びの方向に沿って掘り、その断面を観察したところ、フォアセットラミナを確認する

ことができた (図 8f)。また、このデューンの堆積物がイネ科植物を覆っている様子も確認することができた。

以上の状況は、増水時に小流路に沿った緩やかな流れがあり、本流から溢れた砂を含んだ水流が流路に斜交して流れ込み、そこで水深が増すことにより流速が低下し、フォアセットラミナを形成しながら砂が積もってデューンが成長したと推定される。

また、洪水が起きたのが5月下旬と、河原の草本類がある程度成長した時季であり、これにより今回の堆積物とそれ以前の堆積物の区別が比較的容易であった。以上のような好条件を備えていることを確かめることができたので、授業での活用を試みた。

4. 洪水氾濫堆積物の授業での活用

4. 1 実物の観察

6月10日の地質学概論において、9名の受講生(2~4年生)を対象として丹波島橋上流の犀川の河原で洪水氾濫堆積物を使った地層の観察法について解説を行った。堆積物や堆積構造の観察をはじめる前に、5月24~25日の増水でどこまで水位が上昇したのかを質問したが、即答できる学生はいなかった。堆積物の観察を行った場所は、本学部から自転車ですぐ行ける場所であり、学生にとっても比較的身近な場所と思われるが、5月下旬に増水が起きたことも知らないとのことであった。このような状況ではあったが、しばらく観察するうちに植物の茎や葉が集積していたり、灌木にゴミが引っ掛かっていたりする場所に気付き、予想以上に水位が上がっていたことを実感し、驚きの声をあげていた。

次に、今回の増水で堆積した堆積物とそれ以前の堆積物を区別するためには、どのような観察を行ったらよいか質問したが、これにも即座に答えられるものはいなかった。地層が縞模様に見える理由や植物の成長など、いくつかのヒントを出すうちに草本類の埋まり方や堆積物の色や粒度に注目が集まり、その境界(層理面)に気付くことができた。1週前の講義の中で層理面や単層に関する解説を行ったのだが、図や写真を見るだけでは実感をもたなかった理解までは至っていなかったようである。その後、ポイントバーのインブリケーションやカレントリップル、ウェーブリップルといった床形態、デューンの断面に見られるフォアセットラミナなどの観察などを通して、1回の増水でも多種多様な堆積構造が形成されること、そしてそれらを観察することによって、水位や水の流れがどのように変化したのかを推定することができることについて解説を行った。河原で解説した内容は、3.1に記述した通りである。

4. 2 学生の感想

実物の観察後に、授業の感想を受講したすべての学生(9名)に自由形式で書かせた内容を以下に転記する。なお、感想中の明らかな誤字については著者の判断で修正した。

学生1:まず、一言。「暑かった」しかし、今回の観察で色々なことを学ぶことができた。

一番はじめの質問で、どこまで水位が増したかというものは、自然をよく見ると普段気付かないことでも、それが足跡としてハッキリ答えを残してくれるんだ、と深く感じた。砂が堆積したところ、泥が堆積したところ、分離しているようで、しっかりと観察すると砂

がかぶっていた。これは普通なら見落とすところだが、こういった小さな違和感に敏感になることが新たな発見をうむのだと思う。暑かったけど、楽しく活動ができてよかった。ただ、もう少し早く授業を終わらせてほしかった。

学生 2. カレント・リップルを昔から川で遊んでいるときによく見ていたが、それがカレント・リップルという名称で川の流が作り出したものだと知らなかったの、少し感動した。一回の洪水で以前の川と形が変わってしまうことに驚いた。

学生 3. 水の働きでつくられる地形はよく考えてみるとなぜその場所がそのような形になっているのかが理解できることがわかったけど、未だきちんとした知識や考え方が身に付いていないので、経験が必要だと思いました。

学生 4. 話やスライドだけで学ぶよりも、実際に目で見て、手で触ってみた方が記憶しやすいし、なにより楽しく学ぶことが出来た。普段では、気にも留めないような洪水の堆積物でも、地学的な目線で見ると、思っていた以上に興味深いものだった。講義だけでも勉強になるのだが、実物を見ることで更に知識を深められると思った。こういった機会がまたあっても良いと思った。

学生 5. 洪水時にどのくらいまで水位があがったかを判断するポイント（木に草木がからまっていたり、流木があったり）を学ぶことができたし、砂や泥などのたまる順番など実際には説明ができなかったの、これを機に分かって大変よかった。また、カレントリップルやウェーブリップルなど言葉は知っていたが、実際に見たことがなかったの、大変勉強になった。自分の目で見て、知識をふやすというのが、この分野には重要な意義があると思う。実際に調査にいったりするとイメージもわくし、忘れないような知識になると思う。クリノメーターなども実際に使ってみないとわからないものなので勉強になった。大変有意義な時間だった。ぜひまた行ってみたいと思った。

学生 6. こんなに身近な所で、川の増水の跡や模様を見る事が出来るのは、結構驚きでした。知らなければ見つけることができないし、たとえ見つけたとしても壊してしまったりすると思います。知っているって大切だと思いました。実物を見る事ができたので、とても印象に残っているし、どういふものなのかがはつきり分かりました。とてもおもしろかったです。地層の重なりと川の流の係や、単層についても、実際に本物を見ながら学べたので、理解し易かったです。本物を見るって大切だと思いました。際川の流も、前回地学基礎実験で見たときと比べて変わっていて、川の流っていつも一緒ではないということを実感しました。身の回りの色々な所に、自然の活動の跡というのは残っているんだなって感じました。

学生 7. 率直にとってもわかりやすく良かった。実際に現場へと赴いて、出来上がった実物を見ることで、よりリアリティーが増し、より身近に感じて学習することが出来たと思う。カレントリップルやウェーブリップルなど、学習する以前にも何度も見たことがあったが、黒板に向かつての授業では、自分の中のそれと結び付けたり、イメージしたりするのはなかなか難しい。そういう面でも、前回のように実物を見て学習することは、より理

解も深まり、さらに学習意欲も高まると思った。

学生 8. 犀川の水があんなに増水するということが、まず驚きだった。その川の流れが作った河原の様子が実際に目で見ることができたので、暑かったけど、楽しかったし、知識と実際の現象がつながった。また、砂を掘ってできたての層を見る機会なんてめったに無いと思うし、感動的だった。

学生 9. 面白かった。なぜ面白かったのかというと、今まで地学なんて岩を見てこれは〇〇岩だとか、特徴を暗記して、言い当てたり、ただただ用語を暗記する学問だと思っていましたが、川に行って砂やれき、泥の堆積のしかたなどを観察し、どうやって堆積したか、いつごろ堆積したかを想像することで、地学は暗記科目ではなく、それらが、いつ、どのように、何によって、どうなったかを推理する学問なのだということを知る事ができました。地学はどういう学問なのかを知れたのが一番大きな収穫だったと思います。カレントリップルとウェーブリップルには驚きました。

4. 3 感想から読み取れる学生の変化と実物の観察の意義

相場・小林 (2008) は、小学校第 6 学年に相当する児童を対象に、地層の学習において野外観察を実施した場合と野外観察を実施しないでビデオなどの間接経験で指導した場合との教育効果を比較し、野外実習を行った方が室内実習のみよりも教育効果が高いとの結論を得ている。本実践では野外観察の感想のみ回収したので、図や写真資料、簡易実験水槽などを使用した授業に比べ、実際の洪水氾濫堆積物を観察したことにより、どの程度理解度が増したのか定量的に示すことはできない。しかし、「地層の重なりと川の流れの関係や、単層についても、実際に本物を見ながら学べたので、理解し易かった」、「水の働きでつくられる地形はよく考えてみるとなぜその場所がそのような形になっているのかが理解できることがわかった」(感想中の下線部) など、地層や堆積構造の理解に関して肯定的な記述が受講した全員の感想に見られた。このことは、河川の堆積物の観察が、実感をともなった堆積構造の理解にとって、ある程度有効であることを示している。

また、感想の中には「気にも留めないような洪水の堆積物でも、地学的な目線で考えてみると、思っていた以上に興味深いものだった」、「地学は暗記科目ではなく、それらが、いつ、どのように、何によって、どうなったかを推理する学問なのだということを知る事ができました」(感想中の二重下線部) など地学に対するイメージが彼らの中で大きく変化したことが書かれており、実際の堆積物を観察することは、地層や堆積構造の理解を促すだけでなく、地学の魅力を伝えるうえでも有意義であることを確認することができた。

5. おわりに

今回報告したように、市街地を流れる河川でも増水により様々な堆積構造が形成されるために、遠出をしなくても実物の堆積物を観察することができる。日ごろから降雨や河川の水位の変化などに気を配り、事前に調査を行うことができれば、河川の堆積物を授業で活用することは十分可能である。また、今回の授業を通して、河川の堆積物の観察が実感をともな

った堆積構造の理解にとってある程度有効であることが確かめられた。大学の講義や実習のみならず、小中学校においても理科の授業や課外活動に、今回のような観察を組み込むことで、地学分野の効果的な教育活動を展開することができると期待している。ただし、季節にもよるが洪水氾濫堆積物は、春から夏季であれば1~2ヶ月程度で植生に覆われてしまう恐れがあるため、実施するタイミングには注意を要する。また、授業時間内に行うためには、移動手段や時間をどのように確保するのかなど課題もあり、場面に応じてそれらの課題を解決していくことが必要であろう。

最後に、犀川は長野市に暮らす私たちにとって身近な河川であるが、その変化に気付いていた学生が一人もいなかったことが、今回の授業を通して明らかになった。このことは、理科離れというよりは、私たちの生活（人間社会）が自然と乖離してきている一つの表れなのかもしれない。しかし、人間社会は自然現象の上に成り立っているものであり、切り離すことはできない。今後もできる限り実物を観察する機会を講義や実習の中に取り入れ、自然現象を理解することの重要性を伝える努力をしていきたいと考えている。

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どのように違うか. 地学教育, 61, 141-155.
- 池田 宏（2008）地形を見る目を磨くのに役立つ実験. 地質ニュース, 643, 17-19.
- 磯崎行雄ほか（2011）地学基礎. 新興出版社啓林館, 231p
- 北沢俊幸・村越直美・川野幸朗（2004）カードケースを使った堆積構造の観察—携帯堆積空間. 堆積学研究, 60, 41-46.
- 北沢俊幸・川野幸朗・村越直美（2011）プラスチック板で作った簡易教材による堆積作用の実験. 地学教育, 64, 37-49.
- 国土交通省水文水質データベース. <http://www1.river.go.jp/>.
- 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, 105p.
- 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, 149p.
- 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, 232p.
- 西田尚央・伊東 慎・島野恭史・長谷川裕樹（2008）簡易実験水槽を用いた三角州の形成実験. 地学教育, 61, 157-166.
- 岡村定矩ほか（2011）新しい科学1年. 東京書籍, 240p.
- 鈴木一久（1992）手製水路の作り方と実験例. 堆積学研究会報, 37, 85-92.
- 鈴木一久（2000）洪水氾濫の堆積学 礫質河川野洲川における交互砂州堆積物の形成史と堆積機構. 地団研専報, 48, 69p.
- 戸田盛和ほか（2004）たのしい理科6上. 大日本図書, 72p.
- 富永良三（2010）堆積実験装置の自作と堆積構造の再現. 地学教育, 63, 45-56.

（2013年1月30日 受付）

（2013年4月25日 受理）