福井大学リポジトリ
UNIVERSITY OF FUKUI
REPOSITORY

扇状地形成実験の教材開発と授業実践

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2016-04-07 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 小林, 暉, 奥屋, 倫太朗, 乾, 竜次, 三好, 雅也 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10098/9912

福井大学教育実践研究　2015，第40号，pp105－111

実践報告・資料

扇状地形成実験の教材開発と授業実践

福井大学大学院教育学研究科　小　林　　暉
福井大学大学院教育学研究科　奥　屋　倫太朗
福井大学大学院教育学研究科　乾　　竜　次
福井大学教育地域科学部　三　好　雅　也

地学における地形の学習内容は，形状と分類名との対応のみになりがちであり，地形の形成過程が含まれないという問題点がある．この一因として，実際の地形形成過程の観察が困難であることが挙げられる．そこで著者らは，「扇状地」を題材とし，その形成過程を視覚的に学ぶためのモデル実験教材開発及び高等学校における授業実践を行った．授業後アンケート調査結果は，本教材を用いた授業内容が，地形形成過程に関する実感を伴った理解に繋がる可能性があることを示した．

キーワード：扇状地，地学教育，モデル実験，地形形成過程，微地形

1．はじめに

地学分野等における地形の学習に関しては，写真や地形図等の資料とその地形名称の対応といった内容が大部分を占めており，その形成過程に関しては軽視される傾向にある．例えば，高等学校の「地学基礎」の教科書では「地層の形成と地質構造」の単元で流水による侵食作用や堆積作用によって形成される地形として扇状地や三角州，Ｖ字谷などが取り上げられている．しかし，これらの地形で形成過程が示されているのは扇状地のみであり，「洪水のときに，山の斜面にある谷を一気に流れ下った砕屑粒子が，平地に出た所に扇形に堆積した地形である.」（数研出版，2014）としか記載されておらず，この記述から詳細な形成過程を読み取ることは難しい．また「地学」の教科書においては，地学基礎よりも多くの地形を学習するが，地形の形成過程に関する記述は地学基礎の教科書同様に簡易的なものが多い．学習指導要領では，高等学校の地学・地学基礎では地学的な事象・現象を知識として理解するだけでなく，観察・実験を通して理解することを重要視している（文部科学省，2008）が，時間的スケールの大きな現象である地形形成については，観察を通して実感を伴った学習をすることが困難である．

そこで著者らは，①地形と地形の形成過程について学習者が実感を伴って理解できること，②実験室において短時間で簡易に学習できること，③教員が容易に実験装置を作成・準備できること，の3つをコンセプトとして，地形の形成過程に焦点を当てたモデル実験の教材開発を行った．本教材の題材として選定した地形は，扇状地である．扇状地は，中学理科・高校地学の両方に取り上げられ，社会科等でも学習する地形であるため，生徒にとって馴染みのある地形分類名の1つといえる．教材開発にあたって，中野・村松（2009）の報告内容を参考とした．中野・村松の実践においては，扇状地の地形を利用し，地形図の作成を行うことで地形図認識能力を向上させることを目的としている．そのため，「地質図の読み方・書き方」の単元において実践されている．その授業展開は，扇状地の形成実験を行い，その実験によって形成された扇状地を用いて地形図を作成するという流れとなっており，扇状地の形成過程の理解よりも地形図作成が重要視されている．

今回著者らは，扇状地の形成過程および形状の学習に重点を置き，「科学と人間生活」の地学分野で地形について学習する「地域の自然景観」の単元において授業実践を行った．そして，アンケート調査で本教材の教育効果を調べた．

2．教材開発

2-1．扇状地形成実験装置

扇状地は，一般的に急傾斜の山地から緩傾斜の平野に出るような，大きく傾斜が変化する部分に形成される．河川によって運搬されてきた土砂の堆積と河川の流路変更が繰り返し生じることにより扇状の地形がつくられる．従って，モデル実験装置作成に際し，急傾斜の「谷」部分と緩傾斜の「平野」部分を再現する必要性がある．そこで，谷と山体部分は発泡スチロールにて，平野部分はスチレンボードにて作成することとした．谷と山体の素材である発泡スチロール，平野部分のスチレンボードは容易に加工でき，軽量で扱いやすいという利点があることから，今回の教材開発のコンセプトの1つである，③教員が容易に実験装置を作成できること，という観点において適切な素材であるといえる．

谷と山体の作成においては，25cm×60cm×20cmの発泡スチロールブロック（図1）の中央部分に，発泡スチロールカッターを用いて谷となる部分を切り出した．谷の部分の切断面に関しては，キムタオルに浸透させたア

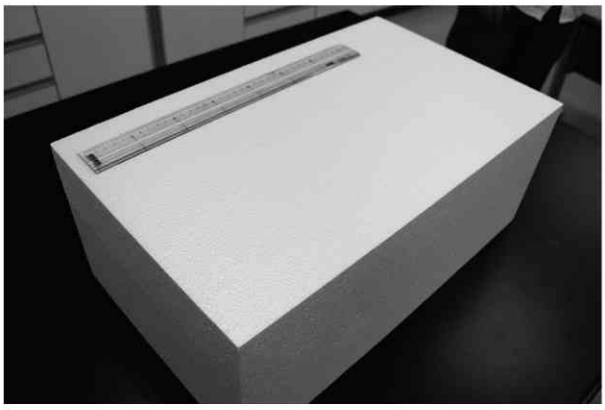


図１：使用した発泡スチロールブロック

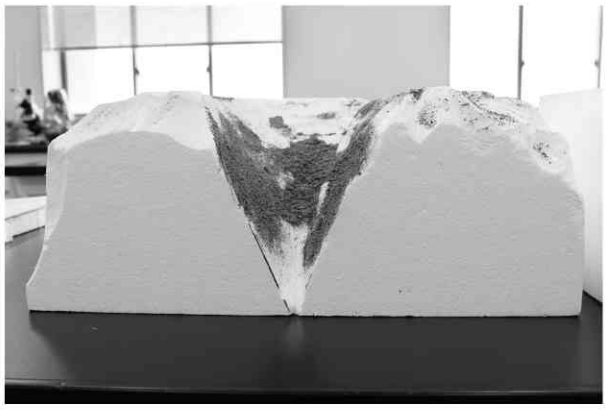


図２：発泡スチロールで作成した谷と山体

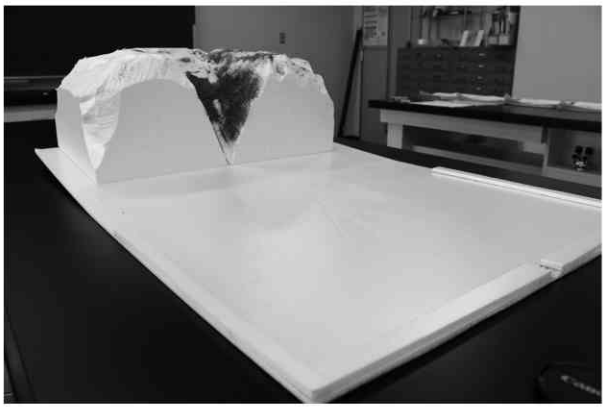


図３：実験装置の全様

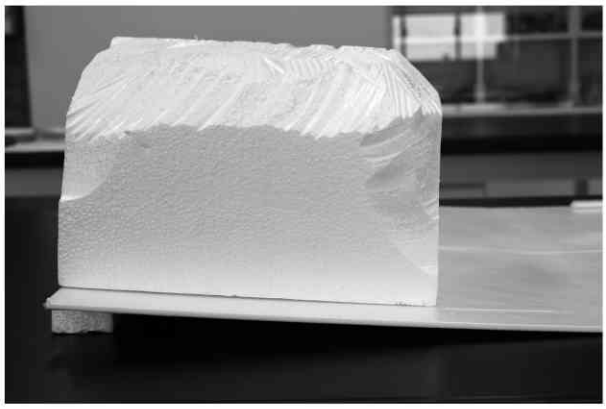


図４：実験装置側方
発泡スチロールブロックで傾斜（約4°）をつけた

セトンで溶かすことで滑らかにした（図2）．また，平野部分にあたるスチレンボードは，90cm×60cm×7mmのものを使用した．実験時は水を利用するため，スチレンボードの周囲には水が漏れださないように幅2㎝程度の囲いを取り付け，囲いの中央部分に排水用の溝を設けた．このスチレンボードの端に，発泡スチロールにて作成した谷と山体をテープで固定した（図3）．さらに，スチレンボード裏に5cm×30cm×3cmの発泡スチロールブロックを取り付けることで，スチレンボードに約4°の傾斜をつけた（図4）．この傾斜は緩やかな平野を再現し，実験時において排水を促す役割を果たす．なお，発泡スチロールに関しては，上記サイズに成形されたものを購入・使用したが，梱包材等に使用されている板状の発泡スチロールを発泡スチロール用の接着剤を用いて貼りあわせたものでも問題なく使用可能であることを予備実験で確認している．

2-2．扇状地形成実験手順

扇状地形成実験手順は次のとおりである．①谷の部分に薬品さじ2～3杯分程度の砂をふりかける．②洗浄びんを用いて谷の上流側から水をかける．③①と②を繰り返す．④水の流れている方向，砂の堆積の仕方，扇状地拡大の様子を観察する．この実験方法により，上流からもたらされる砂が山地から平野に出た部分で堆積する様子，もたらされた砂で河道が埋められて河川の流路が変わっていく様子，河川の流路変更が何度も起こりながら扇状地が形成されていく様子などを観察することが可能である．

また，本実験において使用する砂は予備実験の結果，細粒砂～極細粒砂が適当であると判断した．粒子サイズが粗ければ粒子間の空隙が大きくなるため，扇状地上の河川部分が伏流してしまい流路変化の様子が分かりづらくなる．砂の粒子サイズが不均質である場合は，水を吸った砂が塊状となり谷の部分をずり落ちるという問題が生じる．中野・村松（2009）の扇状地形成実験では，1mmメッシュの篩でサイズを揃えた川砂を使用している．しかし，これでは実験準備に非常に手間がかかるため，本教材のコンセプト③に合致しない．筆者らは実験準備時間を短縮するために，川砂に比べて分級が良い海浜の砂を使用した．海浜の砂は川砂に比べて分級がよく，篩がけ作業を省くことが出来る．今回は，細粒砂～極細粒砂からなる石川県能登半島の千里浜海岸の砂を使用した．1回の実験で使用する砂の量は，200cc程度である．これは，中野・村松（2009）の実験で用いられた砂（500cc）よりも少量であるが，十分実験可能な量であることを予備実験で確認している．

2-3. 地形模型

通常，地形判読実習には地形図が用いられることが多い．しかし，等高線に馴染みのない生徒が地形図を見て，土地の起伏などを読み取ることは困難な場合が多い．そのため，地形の学習においては視覚的に認識できる地形と地形図上での地形との統合が重要である．そこで本研究では，扇状地形成実験によってできた扇状地と，地形図上での扇状地の形状を繋げるための教具として地形模型を利用することとし，その作成を行った．

地形模型の作成には，扇状地に関する生徒の興味・関心を引くことができるように，福井県内にある扇状地を題材とした．福井県内には，大規模な扇状地として九頭竜川扇状地や足羽川扇状地等があるが，一般的な扇状地と比較して傾斜が緩やかであること，断層が地形を横切ることで扇状地の形状が乱れていることから，模型にした際に地形が分かりにくいという難点がある．そこで，上記のような問題点を含まない，福井県永平寺町上志比の南河内川の小規模な扇状地を題材として選定した．この扇状地は扇頂から扇端まで数十メートル程度の高低差しかないため，2万5千分の1地形図を基にして作成した地形模型作成では扇状地の形状がはっきりと分からない．そこで，国土地理院がWeb上で公開している基盤地図情報・数値標高モデルの5ｍメッシュ標高データ（5ｍメッシュDEM）から，フリーソフト「Vector Map Maker」を用いて5m間隔で等高線を引いた詳細地形図を作成し，これを地形模型の型紙とした．

地形模型の作成に際し，糊付のスチレンボード（5mm厚）を素材とした．作成方法は，まず，型紙を等高線ごとに裁断し，裁断した型紙をスチレンボードに貼り付ける．次に，発泡スチロールカッターを用いて切り抜き，切り抜いたスチレンボードを，発泡スチロール用接着剤で等高線の標高順に貼りあわせる，という方法である．今回作成した地形模型（図5）では，扇状地が形成される場所の特徴である山地‐平野境界の傾斜変化部分をわかりやすくするため，スチレンボード16枚を重ねて山地部分を強調した．

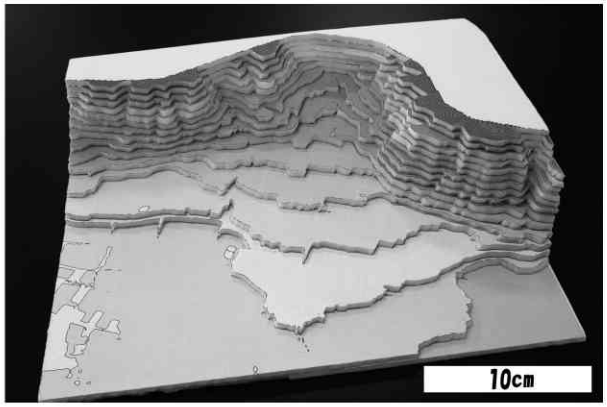


図5：スチレンボードにて作成した地形模型

3. 高等学校における授業実践

3-1. 授業の流れ（学習指導案）

対象生徒は北陸高等学校商業科に在籍する2年生の1クラス（31人）であり，実践単元は科学と人間生活の「地域の自然景観」である．扇状地形成実験を授業の中心に据え，扇状地地形の形状と形成過程に関する授業を，1校時分（50分）にて実施した．授業展開（表1）は，まず，扇状地の形状についてスライドを用いて簡単に説明し，地形図が描かれたワークシートと地形模型，GoogleEarthの画像等を提示して補足した．次に，実験手順を演示にて示した後，生徒を3班に分けて扇状地形成実験を行った．その際，ワークシートに出来上がった扇状地の形状をスケッチするように指示した．最後に，扇状地の形成過程について全体でまとめを行った．その後，授業内容・実験内容に関するアンケートを実施した．

3-2. 実践に用いた教材およびアンケート

扇状地形成実験にて用いた実験道具（図6）は，授業実践用に山体部を小さくしたコンパクトなもの（25cm×30cm×20cm）を作成して実践を行ったが，谷の形状や傾斜に関しては変更をしていない．

実験に用いたワークシート（図7）は両面構成になっており，表には，視覚的に認識できる地形と地形図上での地形との統合を目的として，授業の序盤に提示した扇状地の地形模型の基となった場所の2万5千分の1地形図を載せ，扇状地の位置を丸で囲む課題を設けた．裏には，モデル実験によって形成された扇状地の形状をスケッチするための空欄を設けた．さらに，土砂が幾度も運ばれることによって扇状地が形成させることを意識させることを目的として，砂をふりかけて水を流した回数を記録するための部分も設けた．

授業後アンケートは，開発した教材及び授業内容の学習効果を検証することを目的とした多肢選択式の9つの質問からなる（表2）．また，アンケートの余白部分を授業の感想や学んだことを記述するための自由記入欄とした．

3-3. 授業における生徒の様子とワークシート・アンケートの集計結果

授業の導入部では，画像や地形図，地形模型によって，地形の形状と名称が一致して相槌を打ったり周囲の生徒と確認したりするといった，納得する様子が生徒らに見られた．今回の授業実践の前に，生徒らは三角州や河岸段丘などの他の地形とともに扇状地という名称は学習済みであったが，上記の様子は扇状地の形状と名称が完全には一致していなかったことを示唆する．扇状地の形成実験では，砂をかける役と水をかける役，砂をかけた回数や水を流した回数を記録する役など役割分担をして，楽しそうに実験している様子が見られた（図8）．また，扇状地の形成実験では，すべての班においてきれいな扇

図６：授業実践にて用いた山体部分をコンパクトにした実験装置（右），予備実験用の実践装置（左）→



表1：授業展開

時　間	指　導　内　容	教師の支援・備考
20分	導　入：扇状地の形状と名称の由来 地形図と地形の対応	・スライドを用いて扇や扇状地の写真を示す. ・グーグルアースにて実際の地形見せる. ・立体模型を示して地形と地形図を繋ぐ.
20分	実　験：扇状地の形成過程	・生徒31名を3班に分ける. ・実験方法を演示する. ・各班にて役割分担をし，実験を行うことを指示する. ・ワークシートへの記入を促す.
10分	まとめ：実験結果の確認と共有 流れる水の働きとの関わり	・実験結果を確認する. ・流れる水の働きとの関係を確認する.

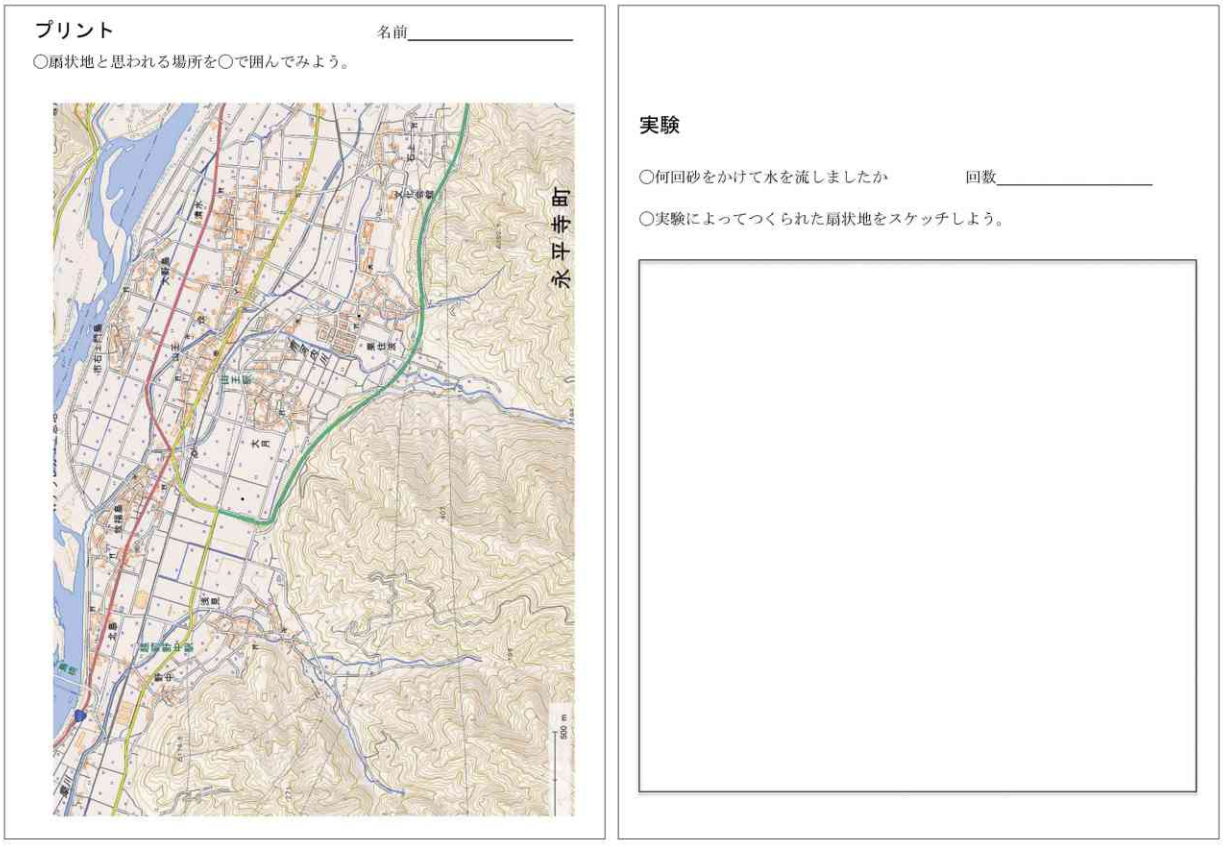


図７：ワークシート（左：表面，右：裏面）．表面には地形図から扇状地の場所を読み取って丸を付ける課題を設けた．裏面には扇状地形成実験で水を流した回数と形成された扇状地のスケッチを行う空欄を設けた．

表２：アンケート調査の質問

Q1	実験の作業は簡単だったか.
Q2	地図から扇状地をみつけることができたか.
Q3	立体模型で扇状地の形をイメージすることができたか.
Q4	授業の中で，どんな内容に一番興味を持ったか.
Q5	扇状地をつくる実験を見てどう思ったか.
Q6	扇状地の名前の由来はわかったか.
Q7	扇状地と流れる水の働きの関係について理解できたか.
Q8	扇状地のでき方を理解することができたか.
Q9	扇状地以外の地形について今回のようなモデル実験で学習してみたいと思うか.



図８：実験中の生徒の様子



図９：実験によって形成された扇状地

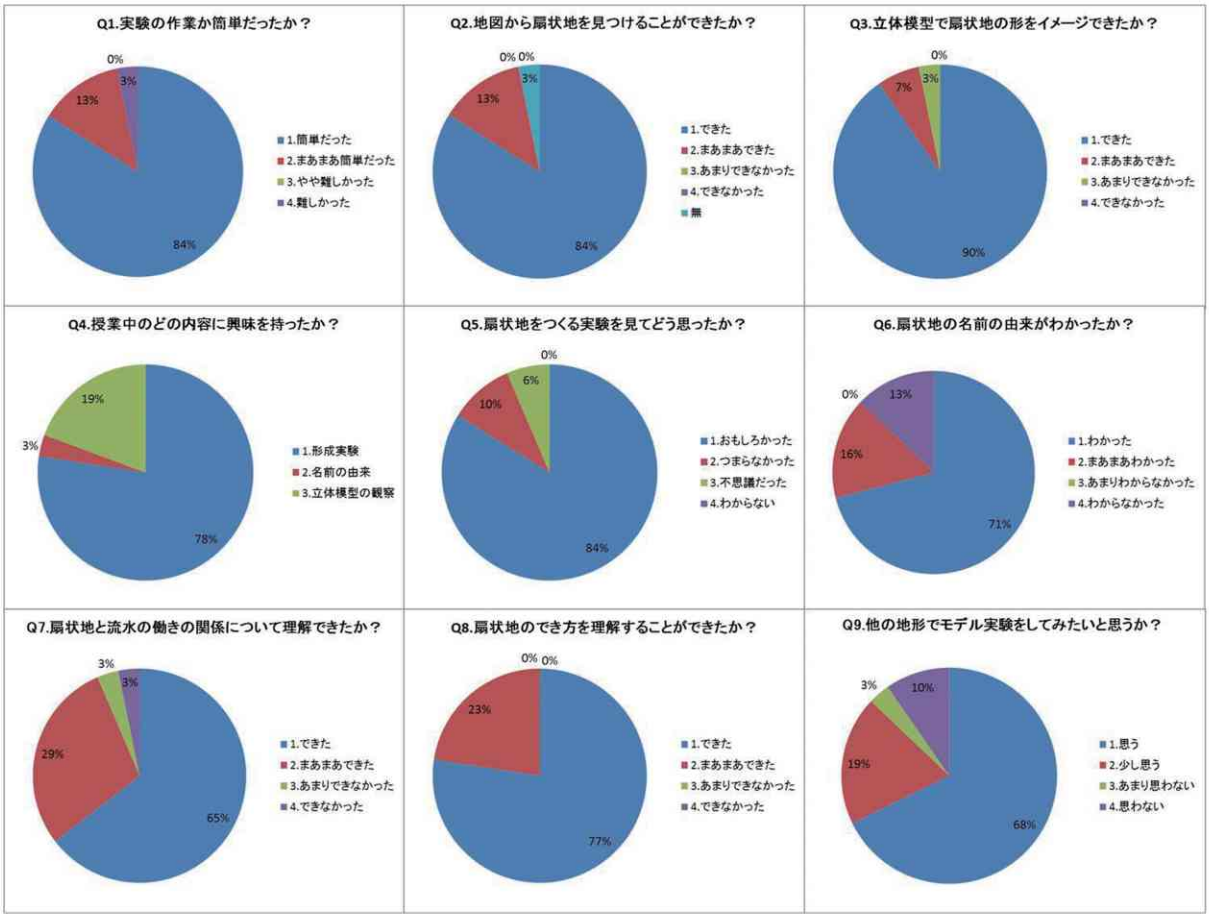


図10：アンケート調査の結果

表３：自由記述欄に記された生徒の感想

○　扇状地のことがよくわかった.
○　扇状地ができるまでの過程をしっかりと見ることができてよかった．かたよりができる事が分かった.
○　実験をしたことで，あまりイメージがわかなかった扇状地の形をわかるようになった.
○　実験することで扇状地の形を目で見ることができて，おもしろいし,頭に入りやすいし，分かりやすかったです.
○　楽しかったです．扇状地の由来がよく理解できました.
○　扇状地の様子を自分の目で見ることができて，これからの授業に役立ちそうだしわかりやすかった.
○　とてもわかりやすかった．できあがるまでの工程が見れてよかった.

状地（図9）が形成され，流路の変更と砂の堆積の様子が観察できていた.

授業で用いたワークシートの表面では，多くの生徒が地形図の扇状地の部分に○をつけることが出来ていた．また，裏面の扇状地の形成実験で砂をかけて水を流した回数を記入する欄では，すべての班が10回以上砂をかけて水を流したと記入されていた．形成された扇状地のスケッチでは，多くの生徒が扇状地の特有の形状である扇形のスケッチがされていた.

授業後の多肢選択式のアンケート調査結果を図10に示す．また，アンケートの自由記述の感想について，代表的なものを表3に示す．自由記述では，実験が楽しかったという記述や扇状地の理解が深まったという趣旨の記述が多く見られた．また，扇状地の形成過程を示唆する記述も見られた.

4．考察

4-1．ワークシート・アンケートの結果解析からみた教材の効果

授業後に実施したアンケートの結果のうち，「Q1.実験の作業が簡単であったか」という項目に関しては，ほぼ全ての生徒が「簡単であった」「まあまあ簡単であった」と回答した．この結果は，本教材の操作性にほとんど問題がないことを示す．つまり，本教材のコンセプト②が達成されたと考えられる.

「Q2.地図から扇状地を見つけることができたか」という項目に関しては，9割以上の生徒が「できた」「まあまあできた」と回答した．また，ワークシートでは，多くの生徒が地形図上で扇状地の位置に○をつけることが出来ていた.「Q3.立体模型で扇状地の形をイメージできたか」という項目に関しては，9割以上の生徒が「できた」「まあまあできた」と回答している．これは，立体模型が地形をイメージ形成するのに非常に効果的であること，立体模型が地形図から土地の起伏を読み取る際のよい教具であることを示している.

「Q4.授業中のどの内容に興味を持ったか」という項目に関しては，約8割の生徒が「扇状地形成実験」と回答し，約2割の生徒が「立体模型の観察」と回答している．これは，授業において扇状地形成実験と立体模型が生徒の興味を引くことに効果的であったことを示している.

「Q5.扇状地をつくる実験を見てどう思ったか」という項目に関しては，8割以上の生徒が「面白かった」と回答している．自由記述においても，「実験が楽しかった」という意見が多数みられた．これらのことから，生徒が，楽しんで学習できていたと考えられる.

「Q6.扇状地の名前の由来が分かったか」という項目に関しては，9割近くの生徒が「わかった」「まあまあわかった」と回答している．この結果は，今回の授業内容が扇状地の地形の名称と地形の形状を繋ぐ役割を果たしたことを示す.

「Q7.扇状地と流れる水の働きの関係が分かった」という項目に関しては，約9割の生徒が「できた」「まあまあできた」と回答している．また，「Q8.扇状地のでき方を理解することができたか」という項目に関しては，すべての生徒が「できた」「まあできた」と回答している．自由記述においても，「(砂の）かたよりができることがわかった」という記述が見られた．これらのことから，扇状地形成実験を通して扇状地の形成過程を観察したことで，形成過程を深く理解することに繋がったと考えられる.

「Q9.他の地形でモデル実験をしてみたいか」という項目では，9割近くの生徒が「思う」「少し思う」と回答した．この結果，モデル実験を通して地形の形成過程を学ぶことが生徒の興味・関心を深めていることを示唆している.

4-2．開発教材の今後の課題と展開の可能性

今回の教育実践においては，扇状地が，河川によって運搬されてきた土砂の堆積と河川の流路変更の繰り返しによってできた地形であることを実感させること，地形の形状と名称の関係について実感を伴って理解させることに重点を置いた．生徒は「砂を水で流す」という実験操作を熱心に行っていたが，夢中になるあまり扇状地の形成過程の観察がややおろそかになっていたように思われる．形成過程をしっかりと観察させるためにも，数回砂を水で流し終えるごとに観察及びスケッチする時間を設ける方がよいと考えられる．また，形成過程の観察を通して水が伏流することなどを確認し，気付かせることで，扇状地の地質の特徴や土地利用といったことに発展させ，日常生活とのつながりにも言及していくことが可

能であると考えられる．さらに，今回は高等学校において実践を行ったが，中学理科，第1学年「大地の変化」の単元においても扇状地の地形が取り上げられており，中学理科においても導入することができると考えられる．

謝辞

本研究で開発した教材は，大学院教育学研究科の専門科目「地球科学特論Ⅰ」で作成した実験装置を改良したものである．

研究を進めるにあたり，北陸高等学校の先生方には貴重な授業実践の機会を与えていただいた．また，扇状地の形成過程や教材開発に関して，福井大学地学教室の山本博文教授，藤井純子博士には多くの有益な助言をいただいた．ここに記して厚く感謝の意を表する次第である．

引用文献

文部科学省，2008，高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編，実教出版株式会社，p96，p106

中野英之・村松容一，2009，「扇状地形成実験を取り入れた地形図作成実習」，地学教育 第62巻 第6号，p195－p201

数研出版，2014，「地学基礎」，p115

Model experiments of alluvial fan formation for high school students

Hikari KOBAYASHI，Rintaro OKUYA，Ryuji INUI，and Masaya MIYOSHI

Keywords: alluvial fan，geoscience education，model experiment，geomorphic process，micro topography