

堆積物を時空間的に捉える思考を醸成する地層学習のあり方 —野外観察とモデル実験の有機的な教材の開発—

嶋田 麗¹⁾, 田中里志²⁾

1) 京都教育大学大学院 sci.edu.geo@gmail.com

2) 京都教育大学理学科 stanaka@kyokyo-u.ac.jp

キーワード：地層学習，時空間的思考，水路実験，野外観察

(受付：2018年2月23日)

I. はじめに

地層は、足元に広がる大地であり、私たちを支えている。地層を構成する物質は様々で、堆積場所や形成年代により異なった特徴がみられる。こうした特徴から、地球史を読み解くうえで重要なものと位置付けられ、地層に見られる堆積物の分析により過去の環境や現象を推測することが可能である。

本研究では、地層の広がりや時空間的に捉える思考を醸成する方法、ならびに堆積物から理解できる過去の様子や未来の予測を補助する授業のあり方について検討することを目的としている。そのため、以下の①、②の内容を柱として調査・研究を行った。それらは①地層観察を行い、堆積物が示す環境とその重なりが示す環境の変化について明らかにする研究、②学校教育での地層学習における時空間的思考の醸成を図る教材開発についての研究である。

特に①では、兵庫県東部に分布する篠山層群を対象として報告する。篠山層群は兵庫県篠山市の篠山盆地及び下滝地域に分布し、1億4000万年前～1億3000万年前の下部白亜系を示し、全層厚1300mに達する(松浦・吉川, 1992)。地層の表面の違いから上部層・下部層に分けられており、下部層は礫岩、細礫—中礫を含む粗粒砂岩、細粒砂岩、泥岩、および黒色頁岩から構成されており、主に下部の層準に数枚の流紋岩凝灰岩を挟む。上部層は角閃石安山岩の火砕岩類と、その上位の泥岩及び細粗砂岩からなる(吉川, 1993)。

また近年では、篠山層群下部層より竜脚類の肋骨および尾椎が発見され(三枝ほか, 2008, 2010)、盛んに研究が行われており、注目されている地層である。恐竜化石に発見により、篠山層群の地層観察会の実施や恐竜が生きていたとされる環境について取り上げられるようになり、一般による地層解説ボランティアへの参加も積極的に行われている。一般による地層解説ボランティアには地層に対する正しい認識が求められており、ボランティアに対しては充実した研修を行うことが課題とされている。

こうした現状に対して、地層に対して正しく認識し、理解するための方法として、地層を時空間的に捉える思考を醸成させる教材の開発を行った。学校現場では野外

観察を取り入れた授業が行われることが少なくなっているのも大きな問題として指摘されており、その原因として教材化できる露頭の場所が分らず実施に至らないことと、授業時間が限られ野外観察を行う時間がない、地学を専門としないためにどのように指導すればいいのかわからないなどが挙げられている(三次, 2008)。野外に見られる地学的な自然を教材として活用されることが少なくなること、身近な自然を地学的に捉えることが困難になる可能性が考えられる。

以上の課題から、これまでに地層学習において効果的とされている「野外観察」と「水路実験」を有機的に関連させた教材の開発を行い、時空間的な思考を醸成する方法としての効果を検討した。

II. 篠山層群の研究

篠山層群は、兵庫県東部に位置する篠山盆地および下滝地域に分布する(図1)。白亜紀の陸水成層の地層で、岩層の違いから上部層と下部層に分けられる。地層からは様々な動物化石が産出しており、2006年には篠山川河床に露出する篠山層群下部層より竜脚類の肋骨及び尾椎が発見され、さらに獣脚類の脱落歯が確認された(三枝ほか, 2008, 2010)。



図1 篠山盆地周辺の篠山層群の分布(松浦・吉川, 1992を改編)と調査地点(☆印で示す)

篠山層群が露出している5地点(篠山城, 春日神社, 厳島神社, 宮田, 川代公園)で地層の堆積相解析を行い、陸水成層の中でも河川環境下で形成される特徴的な堆積物を認定し、それぞれにおいて堆積環境を明らかにした。

【結果】

各地点でみられた堆積物の特徴と堆積環境を表1に示す。ここでみられた地層からは、かつて蛇行河川と氾濫原の環境(図2)が広がっていたことが明らかとなった。ここで観察できる堆積物をA~Fで示す。A: 厚い泥岩層(池沼環境), B: ある程度側方への

表1 各地点の堆積物の特徴と堆積環境

調査地点	特徴	環境
①篠山城	礫から細粒砂に上方細粒化 シルト岩層に挟在する砂岩層	砂礫河川, 氾濫原
②春日神社	チャネル構造 トラフ型斜交葉理	氾濫原, 砂礫河川
③厳島神社	粘土層に挟在する砂岩層 上方細粒化する砂岩層	池沼, 氾濫原, 河川
④宮田	シルト岩層に挟在する砂岩層 砂岩と泥岩の互層	自然堤防, 砂礫河川
⑤川代公園	上方細粒化を示す砂礫岩層 砂岩層に根痕や生痕化石	氾濫原, 後背湿地

広がりをもつシルト岩層(後背湿地環境), C: チャネル構造を示す砂(砂礫)岩層(河道環境), D: 砂岩泥岩互層(自然堤防環境), E: 上方粗粒化を示す砂岩層(自

然堤防環境ならびに砂州などの微高地環境), F: シート状に広がる粗粒砂岩(砂礫岩)層(氾濫原環境に広がる洪水流堆積物)であり, それらの特徴を図3に示す。

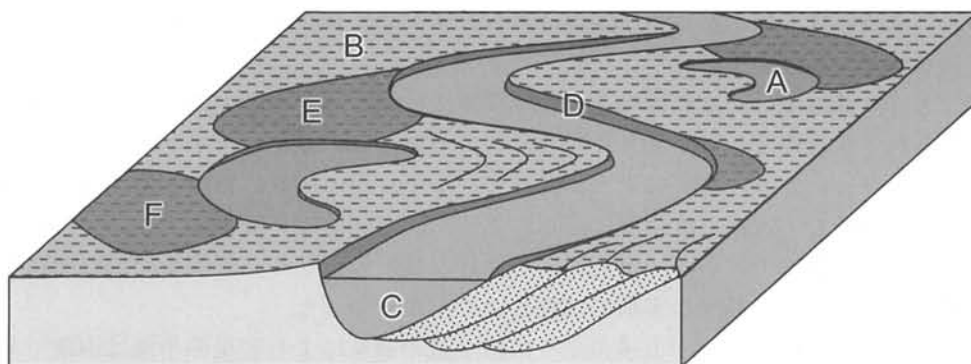


図2 蛇行河川周辺の環境

図3に示す図を柱状図と呼び, 縦軸が層の厚さ(層厚), 横軸(横への凹凸)が構成物の粒径を表す。このように堆積物の特徴などを一緒に示す柱状図のことを特に“堆積柱状図”と呼び, 地層の重なりを捉えるために重要な図として活用されている。図3で示した堆積柱状図は, 本研究の調査において観察できた堆積物の特徴全てを網羅して模式的に表現したものである。

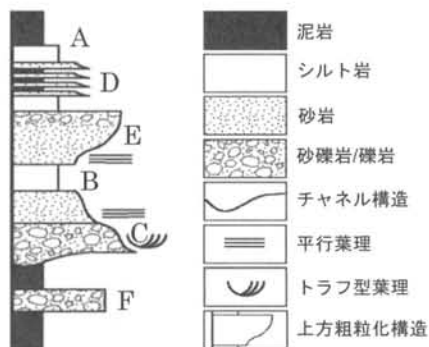


図3 堆積物の模式柱状図

Ⅲ. 水路実験を活用した教材の開発

野外観察にて篠山層群の地層中にみられた蛇行河川の微地形の様子を, 水路実験を用いて再現し, 授業の中で活用する方法について考える。実験用の水路は卓上型のものを使用し(図4), 蛇行河川における特殊な地形にみられる水流速度, 川幅の変化, 給水量についてまとめた。また, 学校現場において地層学習で活用できる実験方法としての有効性について検討した。

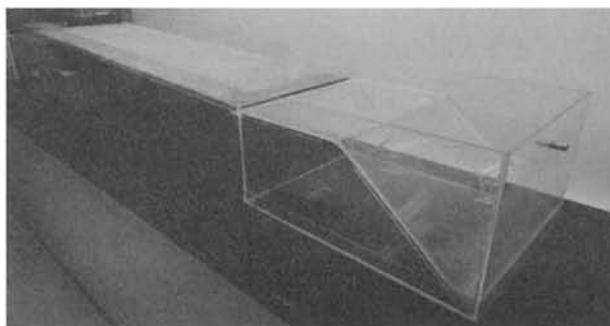


図4 実験水路(水路底は合板・水路長1500mm・幅430mm・壁高50mm. アクリル製トラップに流下集積する)

〔結果〕

実験を観察すると流水作用による砂の侵食・運搬・堆積の様子を観察することができ、河川の蛇行部において水流速度が増大していることを確認できた。しかしながら、水流速度と給水量に相関関係はみられず、給水量により水流速度を制御することが難しいことが分かった。

一方、水流速度は、流路面積との相関関係には強い負の相関（相関係数： -0.84 ）がみられ、水流速度の値が大きくなるほど、流路面積の変化量が小さくなることが明らかとなった。水流速度の増大に従って、モデル内の河岸に相当する部分の侵食が激しく進行し、流路が直線状に変化していく。水流速度を調節することで流路面積の変化量を制御できるが、水流速度の微妙な調節は難しく、実験後の流路面積を予測することはこの精度の実験では難しいことが分かった。

ここに示す水路実験は、上述のように給水量の調整による結果の予測は困難であるが、流水作用の様子や流路変化の過程を観察できる教材としては有効であり、今回の実験を流水作用のモデル実験として活用することが可能であることが分かった。

IV. 教育実践

大学生（計 58 名）、公立中学校生徒（計 174 名）、野外観察会での一般参加者（丹波地域恐竜フィールドミュージアムの野外観察会ならびに地層学習会：約 30 名、公開講座：約 15 名）のそれぞれに対して教育実践を行い、水路実験および野外観察とその関連性について分析を行った。

大学生を対象にして、「地学実験」および「地学基礎実験」の授業において実践を行った。授業時間はそれぞれ 2 コマ分（1 コマ：90 分）を利用し、水路実験を活用した地形の変化を捉える授業を展開した。野外観察では京都市伏見区深草（大学周辺）に観察できる大阪層群の地層を観察した。また、京都府内の公立中学校第 3 学年（計 30 名）を対象にし、50 分間の授業時間で水路実験の動画を活用した授業実践を行った。地層についてのアンケート調査については、同第 3 学年に加えて第 1 学年（計 144 名）にも実施した。そして、一般を対象にした野外観察会では、兵庫県立丹波並木道中央公園に露出する篠山層群での観察会および研修会、また学生向けの授業で観察した露頭と同じ大阪層群の露頭観察会で観察実践を行った。

【地層形成の環境に関する考え方】

大学生および中学生に対して行ったアンケートでは、「地層が形成する環境」についての考え方を調査した（表 2）。大学生は自由記述、中学生は海、川、山、平地、池、湖、砂漠の選択肢を設け、それ以外についてはその他に記述させた。

結果は、どちらの対象者も「海」とする回答が最も多く、次いで「川」と「山」と続く。さらに、「火山」や「崖」とする回答も僅かながらあった。中学生においては、特に「平地」、「池」、「湿地」、「砂漠」とする回答が得られたのに対して、大学生の自由記述にはそうした環境についての記述は見られなかった。中学生において

様々な回答が得られたことについては、選択肢を設けて複数回答を可能としていたことが原因の一つと考えられる。一方、大学生の回答（自由記述）に偏りがみられたことについては、教科書等で「海」や「川」が堆積物の形成される場所として図入りで取り上げられていることが影響していると考えられる。

一方で、「崖」とする回答については、地層を崖のように断面で見られる状態であるものと捉えていることが考えられる。地層形成の概念がほとんど理解されていないことの現れと考えられる。このように地層に対する正しい理解がないことや、大学生が様々な環境において地層が形成されるという形成環境の多様性を認識していないことが明らかとなった。

表2 地層形成の環境の考え方

	大学生 N=58		中学生 N=174	
	回答者数	回答者率(%)	回答者数	回答者率(%)
海	16	27.6	131	75.3
川	12	20.7	102	58.6
山	2	3.5	130	74.7
平地	0	0.0	66	37.9
池	0	0.0	56	32.2
湖	1	1.7	54	31.0
湿地	0	0.0	34	19.5
砂漠	0	0.0	33	19.0
火山	7	12.1	2	1.2
崖	3	5.2	3	1.7

【実験および観察とその関連による効果】

水路実験では、実際に自然環境でみられる現象をモデルとして示すことより、現象そのものに着目させ、地形の変化や砕屑物が流水作用により運ばれていく様子を注目させることができた。特に地形の変化については、水が流れている溝（流路）の形状に着目し、その断面形状についてのスケッチをさせることで、水の流れる速さと地形の関係について考えさせることができた。

また、大学生は実験から分かったことを基にして、観察では具体的な環境について考察することが可能となり、実験内容や観察活動において明らかになったことと関連させようとしている様子がみられた。観察の中で、水路実験で考えた地形の様子を学生同士で確認し合いながら議論を展開させている様子が見られたことから、水路実験と野外観察の内容が有機的に関連させることができていたといえる。モデル実験と野外観察といった「静」と「動」の活動を関連させることで、学習者が目的を持って受講できることが明確となった。

中学生に対して実践を行った内容については、水路実験の動画を注意深く観察している様子が見られた。さらに流路に流れる水が氾濫する様子を観察し、氾濫時の水の広がり方を考えさせることができた。生徒からは、「川が氾濫することで、水が流れていなかった場所にも砂や泥がたまる」という発言がみられ、河川氾濫とその後の周辺の様子とも関連させて考えさせることができた。

また観察会とそれに関する研修では、一般参加者に身の周りの自然について高い関心を持たせることができた。一般向けの解説は分かりやすい言葉選びや、解説内容の身近さが重要となることが考えられる。解説を聞いた参加者本人が自分以外の人に伝えられるような、正しい認識と理解を促す必要がある。

V. まとめ

調査地点で露出した篠山層群から、地層中にみられる蛇行河川の堆積物を認定することができた。また、水路実験で蛇行河川の再現を行い、野外観察と有機的に関連させる教材の開発を行った。水路実験と野外観察を関連させることで、学習者による能動的な野外観察を実施することが可能であることが分かった。

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はどのように違うか. 地学教育, 61, 5, 141-155.
- 栗本史雄・松浦浩之・吉川敏之 1993. 篠山地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の1 地質図幅), 地質調査所, 93pp.
- 三次徳二 2008. 小・中学校理科における地層の野外観察の実態. 地質学雑誌, 114, 4, 149-156.
- 松浦浩久・吉川敏之 1992. 兵庫県東部に分布する前期白亜紀篠山層群の放射年代. 地質学雑誌, 98, 7, 635-643.
- 荻原伸子・西田尚央・小河佑太力・松川正樹 2008. 「地層のできかた」を観察する堆積実験の検討. 地学教育, 61, 1, 9-23.
- 三枝春生・田中里志・池田忠弘・松原尚志・古谷 裕・半田久美子 2008. 下部白亜系篠山層群からの竜脚類およびその他脊椎動物化石の産出. 化石研究会誌, 41, 1, 2-12.
- 三枝春生・田中里志・池田忠弘 2010. 兵庫県丹波市の下部白亜系篠山層群産の恐竜類の歯に関する予察的観察および丹波竜脚類の含気骨化に関する追記. 化石研究会誌, 42, 2, 52-65.
- 三枝春生, 2011, 兵庫の恐竜: 篠山層群の白亜紀前期脊椎動物群とその意義. 温泉科学, 61, 222-226.
- 吉川武憲・岡崎和子・香西 武・村田 守 2016. 中学生による堆積相モデルを活用した堆積環境の推定. 地学教育, 68, 4, 171-184.
- 吉川武憲・香西 武 2007. 中学生による堆積相に着目した地層観察の在り方. 科教研報, 22, 2, 47-52.
- 吉川敏之 1993. 兵庫県篠山地域の下部白亜系篠山層群の層序と構造. 地質学雑誌, 99, 1, 29-38.