

## 小・中学校における地層関連単元の指導内容の系統化と実践的例証

### Systematization and Teaching of the Contents Related with Processes of Strata Formation in Elementary and Junior High Schools.

林 武 広<sup>\*1</sup> 藤 川 義 範<sup>\*2</sup> 珠 山 信 孝<sup>\*3</sup> 北 台 秀 行<sup>\*4</sup>  
田 中 正 樹<sup>\*5</sup> 金 丸 真 智子<sup>\*6</sup> 菅 孝 明<sup>\*7</sup> 吉 村 典 久<sup>\*1</sup>

#### I. まえがき

小・中学校における理科は、児童・生徒に自然の事物・現象に触れさせ発達段階に応じた基礎的・基本的な経験を積ませることにより、自然の見方、考え方、扱い方を身につけさせ、自然に対する興味・関心を喚起させようとする教科である。なかでも地学領域の学習は、生の自然を直接に経験する学習を中心に構成されることが大切である。

自然に接する機会を多くすればするほど、児童・生徒は自然に対して疑問や問題を抱くようになってくる。このような経験の積み重ねにより、自然に対する理解が深まり、結果として自然に目を向けるようになってくる。児童・生徒が本来持っているこのような資質を引き出し、高めてゆくような学習構成が必要である。

技術の進歩が日常生活の中にどんどん入ってきている現代では、児童・生徒の生活や遊びにも影響を及ぼし、児童・生徒は、生の自然に飛び込んで遊んだり、親しんだりすることから益々遠ざかっているようである。このような状況は、都市、地方に関係なく進んでおり、自然に働きかける学習の充実は大きな課題である。しかし現状では、実施されていない場合も含め、全体として必ずしも満足のいく野外学習が行われているとは限らないようである。その理由として、地域の自然を教材

として取り上げても、「何をどう見せるかよくわからない」ということを多くの教師が述べている。特に、今回取り上げる地層関連単元では、その傾向が顕著のようである。このような状況を打破するためには、これらの単元の学習においてどのような素材を、どこで、どう生かすか、さらに、それらをどう系統づけるかが最も大きな課題である。

このような観点から、筆者らは、地層関連単元において、郷土の川や海岸でみられる〈砂波〉現象の教材化を企図し、小学校第4学年「流れる水のはたらき」、同第6学年「地層」、および中学校「地かくとその変動」単元の学習構成について、理論的・実践的研究を重ねてきた。それらの成果の一部は、1983年から1987年にかけて、日本地学教育学会、および日本理科教育学会で発表してきた。本稿では、これまでの成果をまとめ、地層関連単元における砂波の教材化の実際、および今後の展望について提案する。

なお、この長期にわたる研究過程において、広島大学学校教育学部地学教育研究グループのメンバーの方々には一方ならぬ御協力をいただいた。中でも、下記の諸氏には共同研究者として、砂波に関する基礎的研究や授業研究において御力ぞえをいただいた。ここに明記して、謝意を表したい。広島県呉市立吉浦小学校教諭・村地 美奈子氏、広島県広島市立中広中学校教諭・稲沢 雅夫氏、広島県坂町立坂小学校教諭・土井 徹氏、広島県広島市似島少年自然の家主事・横山 健氏、広島県広島市立矢野小学校教諭・横山 優子氏。

\*1 広島大学学校教育学部

\*2 広島大学附属東雲小学校(当時、広島市立広瀬小学校)

\*3 山口県平生町立平生中学校(当時、下松市立下松中学校)

\*4 広島県東広島市立西条小学校(当時、黒瀬町立上黒瀬小学校)

\*5 広島大学附属東雲中学校

\*6 広島県尾道市立土堂小学校

\*7 広島県甲山町立中央小学校

## II. 砂波の教材研究

### A. 砂波の定義と一般的特徴

最近のテレビ番組には、砂漠の砂丘が写し出される場面がしばしば見られる。砂漠や海岸の砂丘の雄大な姿、またそれらの表面につくられた風紋の繊細な美しさは、見る人々の目をとらえて離さない。このような砂丘そのものは、風による砂の運搬によってつくられている地層（風成砂層）なのである。

流れる水も、河床の砂や礫を運搬する過程で、規則的で美しい、いろいろな形と大きさの河床形態 (bed forms) をつくる。河床形態は、それらの大きさと形によって、砂漣 (ripples), 砂波 (sand waves), 砂堆 (dunes or megaripples), 平坦床 (plane beds), 反砂堆 (antidunes), 瀬と淵 (chutes and pools), 州 (bars), および微小三角州 (micro deltas) などを含む。筆者らは、教材化の立場から、上述の河床形態を一括して〈砂波〉と呼ぶことを提案したい。河床形態の中の平坦床および瀬と淵は、教材としての砂波から除外しておく。

海浜の浅い水深のところでは、砂床の表面に、砂丘上の風紋に似た規則的で美しい形態 (砂漣) がつくられているのを見ることがある。もっと深い陸棚では、川の砂波や砂堆に似た形態がつけられていることが知られている。これらも、教材化の立場からは、〈砂波〉と呼ぶこととしたい。

〈砂波〉は、上に述べたようにいろいろな大きさと形の河床形態を含むが、1つの共通した特徴をもっている。すなわち、砂漣 (図版 I-1), 狭義の砂波 (図版 I-2), 砂堆 (図版 I-3), 砂州, 微小三角州 (マイクロデルタ) (図版 I-4), は、いずれも、それらの移動方向の側 (下流側) あるいは成長方向の側に  $30^\circ$  前後で傾斜する急斜面をもつことである。このような表面形態の共通性は、それらを地層としてみたときの内部構造 (堆積構造) における共通性に関連している。つまり、これらの〈砂波〉を、下流側急斜面に直角な方向に、あるいは成長方向の側に直角な方向に切って (掘って) みると、それらの斜面に平行な前置層 (foreset beds) の縞模様があらわれるのである (図版 II-1)。また、〈砂波〉の下流側急斜面に平行な断面を掘ってみると、〈砂波〉の形によって、水平平行な薄層の積み重なりが現

れたり、花綵状の薄層の重なりが現れるのである (図版 II-2)。このような砂波によって形成された堆積構造は、地層中に普通にみられる (図版 II-3, 4)。

河川における大規模な〈砂波〉は、梅雨期や台風時の増水によってつくられる。洪水が引いたあとの砂州の表面に洪水前には見られなかった砂波や砂堆の列が見事に形成されているのを見て感動することがある。平常時でも、浅い水路に入って探してみると、一定間隔 (一般的に数 m) で発達する低い急斜面によって砂床が段々畑のように下流に向かって低下している様子を見ることができ。また、小さな砂漣, 砂波, 砂堆および横断州 (transverse bars) の列を見ることができ。また、大きな砂州を切って流れている小水路が深い流れに合する所には、微小三角州がつけられているのを見ることができ。海浜においては、上げ潮時や引き潮時に、浅い海水の流れに覆われるような砂浜で、砂漣が生成したり消滅したりする光景を見ることができ。また、干満の差が小さい海岸では、汀線より少し沖の水深の浅い砂床上に、波による水底の往復流によって砂漣 (波漣) がつけられつつあるのを見ることができ。

### B 砂波教材化における作業仮説

上に述べたような流水による砂波の形成・移動の観察は、児童・生徒の自然現象に対する好奇心を呼び起こさずにはおかないであろう。これが、筆者らの砂波教材化についての一連の研究における仮説 (一)である。

川の中の砂州や、河口の砂嘴を掘って、それらの断面を見ると、斜めに傾いた前置層の積み重なりを観察することができる。また、海浜の前浜を掘ってみると、波の遡上 (up rush) と退却 (back wash) によってつくられた平坦床を代表する平行薄層 (前浜斜面に平行な) の積み重なりを観察することができる。これらの堆積構造は、直観的にそれらの存在する付近で現在活動している流水のはたらきと直接に関連づけて考察させることが容易である。したがって、それらの観察をすることによって、地層が流水の働きによって形成されるという関係を、児童・生徒に容易に理解させることができるであろう。これが、筆者らの仮説 (二)である。



1. 砂連 八幡川河口 広島市



2. 砂波(狭義) 太田川放水路河川敷 広島市



3. 砂堆 太田川放水路主流路 広島市



4. マイクロデルタ 太田川放水路 広島市



1. 砂堆の縦断面にみられる前置層構造(下流傾斜とセットの重なり)  
太田川放水路 広島市



2. 砂堆の横断面にみられる前置層構造(うねり) 太田川放水路 広島市



3. 地層にみられる斜交層理 西条層(第四紀河川堆積層) 東広島市



4. 地層にみられる斜交層理 西条層(第四紀河川堆積層) 東広島市

上に述べたような、流水の働きと地層の形成とに関する直接経験を通して、過去の地層の観察をするならば、児童・生徒は地層を、流水の働きの産物として興味をもって動的にとらえることができるであろう。これが、筆者らの仮説(三)である。

現行の中学校教科書における地層の内容は、〈整合・不整合〉という高次の概念を基調として構成されていて、中学生に理解できるとは考えられない。また、現行の教科書の地層関連単元の内容では、地層の形成は流水中に懸濁されている砂・泥が静かに沈積してつくられる水平な板状体である、というような枠組で書かれている。したがって、地層は、河川によって海に運び込まれた砂泥が大陸棚を広く覆って沈積されてつくられた板状体である、というような内容構成がどの教科書にもみられるのである。このような地層単元の内容構成は、既存の学問体系（層序学および地史学）の児童・生徒への押しつけである。教科書（小・中・高）における、地層関連単元に関する自主学習テーマあるいは自主研究テーマの貧弱さは、そのためであると考えられる。砂波を教材として教科書に持ち込むことによって、自主研究・自主学習テーマは豊富多彩となり、新しい指導要領にうたわれている学習の個性化、あるいは創造性の育

成に役立つ単元内容の構成が可能となる。これが、筆者らの仮説(四)である。

上に述べた4つの仮説に立って、筆者らは、研究授業を行って、砂波の教材としての妥当性と、発達段階に応じた内容割り付けについて検討した。なお、本研究においては、川における砂波を中心に検討した。海浜における〈砂波〉を中心とした教材化は現在、研究授業を試みており、近いうちに稿をあらためて報告する予定である。

### C VTR教材の自作

砂波を教材として取り上げた場合、野外で直接観察することが最も望ましい。河川や海浜で野外観察学習をさせようとする場合、観察の視点が明確でないと、何をどう見てよいかわからない上、雑多な情報が目に入ってくるため、注意散漫となり、十分な学習効果は得られない。筆者らは野外学習の前に観察の中心となる対象や視点を強く印象づけ、児童が、砂波を見てみよう、調べてみようとする〈意欲〉を引き出すことが大切であると考えた。また、砂波現象に対する、児童・生徒の反応を検討する必要もある。さらに、野外学習が実施できない場合には、十分に事象を伝えることができる教材が必要である。

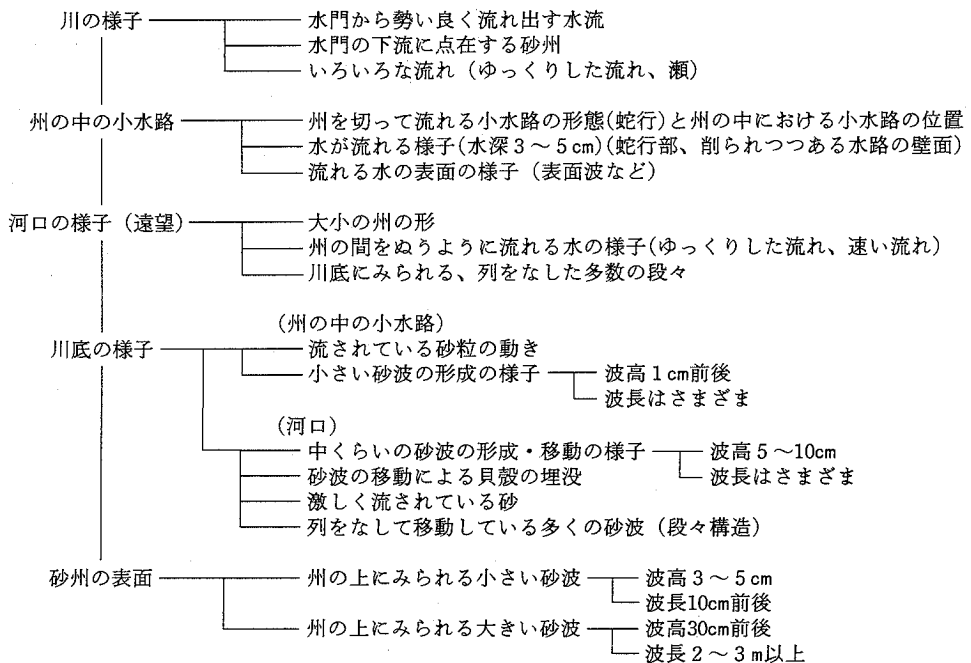
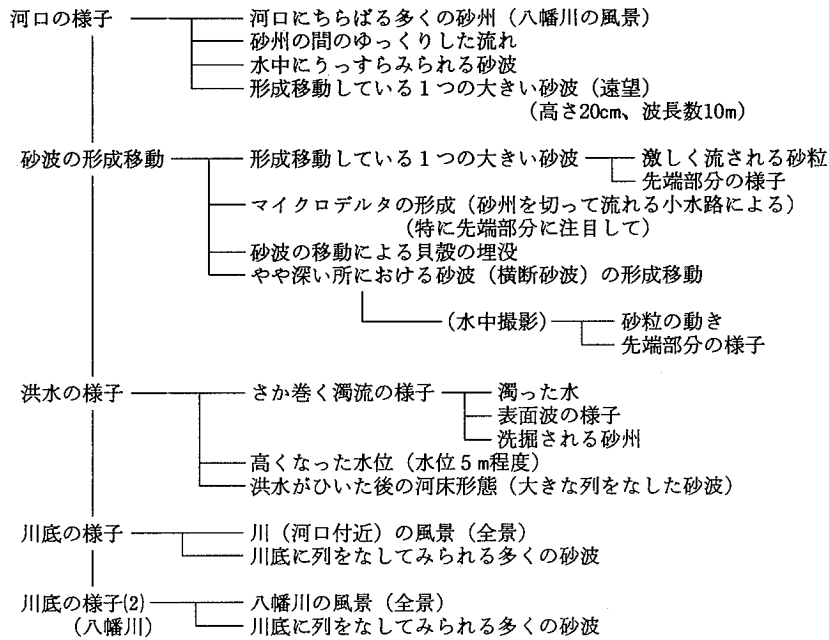
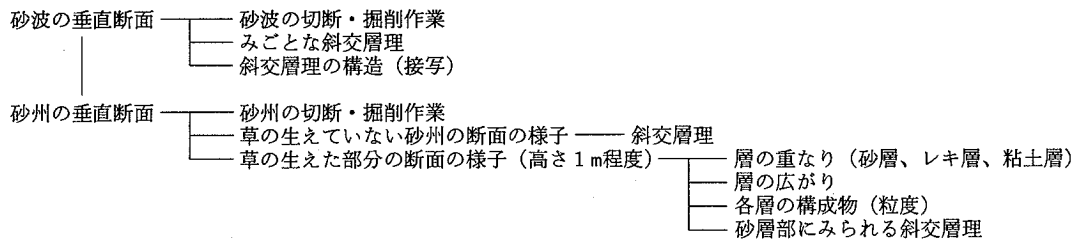


図1 VTR教材の内容と構成(小学校用)

(a) 川の様子部



(b) 砂波の構造の部



(c) 地層の部

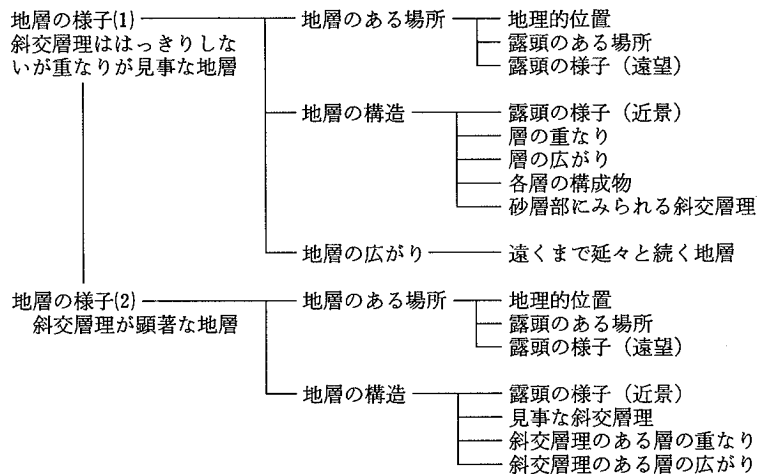


図2 VTR教材の内容と構成 (中学校用)

このようなことから、メディアとしてVTRを使用して教材を自作し、授業で活用することとした。なお、VTRを選んだ理由は次のようである。

- ① 砂波現象のような動きのある現象を強調できる。
- ② 連続したアングルが得られるので、砂波や砂州などの位置や形などを立体的に描写できる。
- ③ 編集・複製が容易である。
- ④ 撮影後直ちにモニターすることができ、必要に応じて、その場ですぐに再撮影ができる。

VTR教材は、各学年に応じた内容とし、各学校の地域の河川でみられる砂波現象を中心に構成した。また、わかりやすくおもしろい場面は学校間で共通に取り入れた。自作したVTR教材のうち、代表的な2例について内容および構成を図1と図2に示す。

#### D 各単元における学習の現況と砂波教材化の具体的方策

##### 1. 小学校第4学年「流れる水のはたらき」

現在の教科書では、雨後の運動場の観察や川の観察に加え、いろいろな実験的操作が何例か教科書に示されている。例えば、運搬作用と水の速さとの関係について調べるために、板の上に砂や礫を乗せ、川の流水のいろいろな速さの部分に沈めてみるなどの実験がある。また川の観察の代用として、または検証用として、学校内に作られた実験用水路を利用する例も示されている。しかし水路に実際に土砂を流すと、自然の河川とは反対の現象、つまり大きいものが速く、かつ遠くに運ばれてしまうこともある。このような実験をさせたため、場合によっては混乱を生じたり、何が何だかわからない、また、科学的興味も興奮も起こらない、というのであれば、それは時間の無駄である。そればかりでなく、自分たちの観察結果とは関連がつかないような知識を押しつけられたのでは、結果として生の事象を観察する意欲がなくなり、高学年での理科ぎらいを生むことにもなる。

次にこの単元の指導上の問題点として、多くの現場教師が、堆積作用を理解させることが非常に困難であると訴えているという事実がある。現に6年生に流れる水のはたらきについて調査したところ、侵食・運搬作用については比較的良好に理解

していたが、堆積作用については、言葉では知っているものの現象として具体的に理解していない実態がみられた。

この単元では、堆積作用については、川や水路の蛇行部とその部分に存在する砂州（固定砂州、寄州、point bar）に着目させ、それを流速の違いと関連づけてとらえさせようとしている。そのための実験も用意されている。しかしこれらの自然現象の観察や実験から得られる侵食・運搬・堆積の概念は、河川の3作用としてのものであって、児童にとっては極めて漠然とした概念でしかあり得ないものであろう。

いわゆる堆積作用そのものは、自然現象の直接観察のみから単純にとらえることはできない。運搬現象の停止と時間の経過とを関連づけてとらえさせなければ、物が積ったということを理解させることはできないであろう。具体的には、まず運搬の停止（運動の停止）という現象を、いろいろな流れの観察を通してよく観察させ理解させていなければ、堆積現象のイメージを生じさせることはできないであろう。堆積作用の理解は、4年生の児童にとっては少々難しい内容かもしれない。

これらの諸問題を解決する教材が望まれるのであり、筆者らは、ここに砂波を教材として導入することを試みたのである。

この単元の学習においては、まず《押し寄せる砂》・《水の力》を観察と体感を通して実感させ、水流の力や流れに対するイメージを形成させることが基本的に必要であると考えた。そのための素材として、まず郷土の川でみられるいろいろな砂波現象を教材として適切に活用する方策を考えた。

まず、川のいろいろな水の流れや川原の様子等を観察させることはもちろんであるが、砂州の上や川底にみられる模様（雨降りの日の運動場も含む）という観点から、いろいろな規模と形の砂波の存在に注目させ、それらの形の共通性をとらえさせていく。加えて動きのある現象に注目させるが、砂波の上流側緩斜面を運搬されている砂が下流側急斜面に堆積付加するメカニズムなどあまり細かいことは取り上げない。むしろ、砂波が前からある河床の上におおいかぶさるように進んで来たり、貝殻や礫などを埋没させていくような現象を観察させたい。それらの観察から、直観的に運搬・堆積についてある程度のイメージを形成させ

ようとするものである。

次に、特に砂が多い河口の小水路などでよく見られる、活動さなかの横断砂州の形成移動現象を取り上げる。ほぼ一定の間隔で発達している急斜面（横断砂州の下流側急斜面）の移動の様子を見て、児童が水のなせる技を感じ取り、水の力に思いを寄せることを期待するからである。

## 2. 小学校第6学年「地層」

この単元では、第4学年における「流れる水のはたらき」の学習を受けつぎ、大地を構成する一要素としての地層について学習する。学習指導要領に具体的に示された小目標によると、この単元では、地層は重なり方や構成物質に特徴があること、地層には広がりがあること、地層は水の働きなどによってできること、を理解させることとなっている。そして、教科書にみられる内容構成は、層序学的・地史的な概念の枠組みにおいてなされている。

筆者らは、上述のような内容構成にいささか疑問を持つものであり、児童が直接経験できる事象から地質時代に形成された地層の成因を推論できるような内容構成こそ新しい時代の地層の学習内容であるべきと考えたものである。この立場こそ、“現在は過去の鍵である”という齊一観をふまえるものと考えた。地層の形成について何等の知識も経験もなく地層の露頭の前に立ったとき、何人の人が、それが流水の働きによって形成されたと推論できるであろうか。筆者らの調査したところによると、本単元の学習前の児童に地層の成因を尋ねると、多くの児童が、〈宇宙人〉とか〈UFO〉とか、SFの世界で答えてくる。考えようがないというのが真実の姿であろう。

上に述べたように、現在の自然の事象の中で児童が直接に経験できる地層形成の現場は川あるいは海浜であり、したがって、そこにみられる砂波を教材とした学習内容の構成が必要となると筆者らは考えるのである。中学校の項も参照されたい。

まず第4学年での「流れる水のはたらき」についての学習を想起させながら、砂波の存在を確認させる。次に、砂波の形成・移動の現象を観察させ、小さい砂波も大きい砂波も流水によってつくられることをしっかりと認識させる。その後、砂波の内部構造（成層構造）を、現地で実際に掘っ

て調べることによって理解させる。この場合、波高が高く規模の大きい砂波（砂堆）を観察対象として選ぶのがよい。何故なら、大きいものでは、多数の層（セット）が重なっている状態を観察できるチャンスが多いからである。主として砂波をつくった水流の方向に平行な垂直断面を観察させるが、あまり細かいことを詮索するのではなく、層（セット）の重なり方と広がり方に注目させるようにしたい。児童は、斜交層理（前置薄層とセット境界面による）の存在に気づき、いろいろと質問が出るであろうが、それには深く立ち入らないようにする。砂波の野外学習が実施できない場合には、自作のVTR教材を視聴させ、実際の地層の野外観察にそなえる。地層の観察をした後に、砂波と地層との共通点の抽出から、地層が間違いなく流れの働きによってできたものであることを確認する。

そして、地層が山（海水面より高い所）にある理由を考えながら「地層の変形」への導入とする。

## 3. 中学校「地かくとその変動」

生徒たちは、これまでに小学校の学習で、流水の働きや地層について学んでいる。しかしながら、小学校の項で述べたように、生徒は流水の働きの中で「侵食」や「運搬」については一応理解しているが、地層の成因を考察する上で欠かせぬ「堆積」については理解していないようである。地層の働き方について生徒の知識・理解を調査したところ、「砂や泥の上から下への沈積によってできる」ととらえている者が大半であった。このことは、生徒たちが堆積作用を流水の働きと関連づけてとらえていないことを示している。これと同様の誤った視座からの内容構成の枠組みが多くの中学校教科書においても引き継がれているようである。したがって、何らかの新しい見方・考え方を示唆するなどの事前指導をせずに野外で地層を観察させても、小学校での学習の繰り返しの過ぎないことになり、生徒の地層に対する興味・関心を引き出すことが困難である。さらにまた、このような地層の観察からは、ダイナミックな水の作用が具体的なイメージとして浮かんでこないであろう。つまり、現在我々が経験できる世界とはおよそかけ離れた、遠い過去の、予想もできないような現象として地層の形成をとらえることになるで



あろう。この時点で、“地層”は生徒にとって調べたり考えたりする対象ではなくなり、ついには空想の対象となってしまう恐れがある。

本単元の学習においては、地層が「砂・泥の上から下への沈積」によってのみ形成されるのではなく、基本的には「砂泥の横方向への運搬」によって形成されるということをおさえることが必要と考えられる。そのためには、地層の堆積構造を調べ、堆積環境を考えることを中心に学習が進められることが望ましいと考える。そこで、筆者らは砂波を中心とした学習構成が必要であると考えるのである。

具体的方策として、まず砂波の形成移動現象をじっくり観察させ、堆積構造を考えさせる。その場合、単一砂波の下流側急斜面付近の砂粒の動き方に注目させる。これらの観察から砂波の下流側急斜面に垂直な方向の断面の内部構造（堆積構造）を考えさせる。そこで斜交層理の形成を押さえた後、複数の砂波列が登はんする現象を観察させ、層（セット）の重なりかたや層理面（セット境界面）の形成について考えさせる。次に砂波の断面を観察させ、地層のそれと比較検討させることが最も有効と考えた。

このような学習は、地質時代にいろいろな堆積環境において形成された多様な地層に対しても十分な観察のヒントを与えることになり、観察の深まりを期待できると同時に、地層の形成に対して、現在見られる身近な“水の流れ現象”と具体的に関連づけて考えさせることを可能にするものと考えられる。

### Ⅲ. 小学校第4学年「流れる水のはたらき」への〈砂波〉の導入の実例

文部省学習指導要領に示されたこの単元の目標は次の通りである。

雨水が地面を流れる様子および川原や川岸の様子を調べ、流れる水の働きを理解させる。

#### A 指導計画

研究授業は、広島市立広瀬小学校および広島県甲山町立中央小学校で実施した。両校とも下記に示す時間配分で学習を進めた。

○流れる水のはたらき	10時間
第一次  雨水の流れ	2時間
第二次  流れる水のはたらき	
自作VTR視聴	1時間
野外学習	3時間
第三次  まとめ	4時間

#### B. 指導の実際と児童の反応

##### 1. VTR視聴による学習について

VTR視聴（内容と構成は図1に示されている）の授業では、両校の場合とも、児童は目を輝かせ食い入るように画面に集中していた。最初に児童の見なれた郷土の情景が写ると、教室のあちこちで歓声が上がった。また場面の中で時々担任教師が出てくることも、児童を画面に引き付ける意味で効果があった。さらに音声録音されていないことが、必要に応じて教師が留意点を示したり、児童が意見を言ったりするために効果的であった。

次に、VTR視聴での児童の反応（言葉）について検討してみた。そのためにVTR視聴によって気づいたことを書かせてみた。2校を通し多い児童で10のことがら、少ない児童でも最低2つのことがらを書いている。それらのすべてを類型別に分類し表1に示す。

児童はVTR教材で視聴した事物や現象について、実に多様な気づきや疑問を述べている。中でも砂波現象に関しては、最も多くの気づきや疑問が挙げられた。砂波現象は、児童の生活空間の中の、河川や海、溝、水路、雨後の運動場等どこでも見つけることができるものである。にもかかわらず児童にとって、この現象は非常に新鮮であったことがうかがえる。また野外学習で調べてみたいことについても、かなり具体的な事項が多く挙げられており、児童の学習意欲が十分に育成されたことがうかがえる。

次に児童の気づきを内容の観点からみると、砂波現象と堆積作用とを関連づけたとらえ方は少ないようである。この点は野外学習で実際に観察することによって、ある程度深められることが期待される。加えて、VTR視聴のみでは次の様な欠点があり、これらは野外学習で補完されるべきである。

- ① 児童は、特定の部分的現象のみを観察することが多い。

表1 VTR 視聴における児童の反応 (気が付いたこと、おもしろかったこと、びっくりしたことなど)

〈削るはたらきに関するもの〉

- ・砂がけずられている。
- ・がけになっていてねん土が見える。
- ・水でけずられている。
- ・水があたって土がくずれていく。
- ・流れて石や砂がけずられている。
- ・水が横に流れて砂がけずられている。
- ・水の波で砂がくずれかかっている。
- ・水の強さで土がけずられている。
- ・カーブのところは砂がけずられて広がる。
- ・ライター (目印) を置くと砂がどれだけけずられているかよくわかる。
- ・石のあるところは石の下がわの方を水がほっているようだ。
- ・川はまっすぐいくけど、よく見るとガタガタにけずられているところもある。
- ・けずられていく方ががけになっていくので、すごい力をもっているんだな。
- ・水が波みたいになっているところで砂がくずれている。

〈運ぶはたらき (運搬現象) に関するもの〉

- ・土や砂が流れている。
- ・川の中の砂が流されている。
- ・少しずつ砂が流されている。
- ・ゴミもいっしょに流れている。
- ・貝ガラも流されている。
- ・貝がすぐ流れていた。
- ・砂などが流されて小石も流れている。
- ・石が流れて動いた。
- ・川の底の方で砂が流れている。
- ・水が流れているとき砂がおされていく。
- ・貝がらを水で砂を運んでかくした。
- ・石は水にのっていくじゃあなくて、ころころがりがりながら流れる。
- ・手でもってきた土じゃあなくて、水がもってきた土や石だ。

〈砂波の形成移動 (運ぶ、積もらせる) に関するもの〉

- ・だんが波のように動いている。
- ・砂や木や貝 (殻) などがとまる。
- ・砂や小石が流れたり止まったりしている。
- ・砂が流されたまる。
- ・砂がたまっている。
- ・川底と水の間に砂がたまっている。
- ・ところどころ土がたまるところがある。
- ・かいだんのように砂が止まっている。
- ・だんだん、砂がかいだんのように高くなっている。
- ・かいだんのしましのように見える。
- ・砂でしまができる。
- ・砂がたまって山みたいになる。
- ・流れてきた土や砂が貝とかをうめている。うまる。
- ・小さいだんだんがあったらその上にもだんがあり上に上にだんがある。
- ・小さなみぞみたいな所から川へ出たら砂 (粒) が止まっている。

〈流れ方の違いや河床の様子に関するもの〉

- ・はっしこの方が流れが速い。
- ・石のある所は速い。
- ・ほとり (縁) は流れがおそい。
- ・水が流れている所には土がない。
- ・流れがおそい所は小さいものが流れている。
- ・水がゆっくり流れると砂もなかなか動かない。
- ・砂のある所は流れがゆるくて石のある所は水の流れが波のようになっている。
- ・砂がたまる前は水が速くて砂がたまった所の下は流れがおそかった。
- ・水はまん中の方がスピードが速い。水が速いといろいろ運ぶ。
- ・川のはしの流れのおそい所は、海みたいな波ができています。
- ・水の流れが速いところは流されて、おそい所はたまっている。

- ・水が小石をけずっていく。
- ・水が流れて砂をけずっていく。
- ・ちょっとの水でもすぐ砂をけずっている。
- ・水がみぞみたいに砂をけずっている。
- ・川の水の力で通る道ができた。
- ・水は土をけずって小さな川をつくる。
- ・水の力で小さな道までつくる力をもっているんだな。
- ・川のみちすじがだんだん広がっていった。
- ・石など、うもっているものをほり出す。

- ・水の力でこまかい石や砂が流れている。
- ・水はねん土など運ぶ力がある。
- ・水はものを運び出す。
- ・水の流れのはやいところは砂がたくさん流れている。
- ・流れがはやいと石が流されている。
- ・川の流れがはやいだけ大きいものが運ばれている。
- ・川の流れが小さいのに砂なんかを運んでしまった。
- ・小石や貝などはちょっとの水のスピードで動く。
- ・ねん土は流されて集まる。
- ・砂が流れるので貝がらがかくれる。

- ・でこぼこができる。
- ・砂があばら骨のようになっていた。
- ・砂が波みたいになっている。
- ・水の中にうすうすとだんが見える。
- ・川の波で底がだんだんになっている。
- ・砂がつもってだんだんになっていく。
- ・だんが、だんだん広がっていた。
- ・べろ (舌) のような形をしている。
- ・砂のだんだんがありだんだんの下に小石があった。
- ・貝がかくされ小さくなって行くように見えた。
- ・砂がものをかくす。
- ・水は砂を流してうめる力をもっている。

- ② 児童は、流れの速さには気がつくが、水の量には気づきにくい。
- ③ 水面の波模様と川底の様子との判別が難しい。
- ④ 水の働きを体感することができない。

## 2. 野外学習における児童の実態

広瀬小学校の場合、まず、現地に行く途中遠くにみえる砂州の上の大きな砂波（VTRの一場面）を児童がすぐに見つけ、歓声の声があちこちからあがった。この時点で早く行きたいという気持ちが高まったようである。土手に到着し、安全面での指示・確認をする間にも目が輝き、この後、先を争って砂州の上に降りていった。観察は、児童がグループごとに自由に行うこととし、教師の指示は極力控えるようにした。児童は、まず砂州の中を流れる小水路でみられる砂粒の運搬現象を見つけ、食い入るようにながめていた。さらに、手でせき止めてみたり、小水路の中に足を浸し、水の力を体感したり、物や砂を流したりしていた。観察を終えた後、砂波を体感させるために、砂州

の上の大きな砂波の列を横切って徒歩で移動させてみた。そうすると「疲れるよ」とか「段々が高くて走れないよ」とか「段々が続くので足がいたい」とかの声が上がった。このことは大きな砂波を作った太田川の存在およびその力の偉大さに気づかせるのに効果的であった。児童は、これらの野外学習を通して水が流れるということ自体に興味・関心を持ったようである。

甲山中央小学校の学習では、流れの中の様子を知るために水中眼鏡を使用し、あくことなく水の中をのぞき込んでいた（広瀬小学校では使用していない）。ほとんど全ての児童が流れている水の中にじいーっと手足を浸し、その感触を味わっていた。流されてくる砂粒が皮膚に当たって「先生くすぐったいよ」、「気持ちがいいよ」とかの声が上がっていた。また水に浸している手や足の下が洗掘されて、それがすぐ後に次第に積もっていく現象を何度も試していた。これらの体感を通して、児童は水の力と技に改めて驚いたようである。砂波についてはほとんどの子はその存在に気がつき、「ビデオで見たのと同じ」とつぶやきながら

表 2 野外学習時の児童の反応

(広瀬小)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水の流れてぶつかり、がけになる。</li> <li>・水の力で流したり運んだりしている。</li> <li>・水の流れの強さで、重くてもころがる。</li> <li>・石がとまる。だんの所で石がストーンととまった。</li> <li>・だんの所で貝がつかかっている。</li> <li>・木がうまっている。</li> <li>・新しい発見…うめること。</li> <li>・手や足をつけたら、あっという間に砂でうまった。</li> <li>・水の力は強いというしょうこ（掘り出す）。</li> <li>・広島市もこのようにしてできた。</li> <li>・だんが大きいのは大雨で水がふえてきて、いきおいが強く多くの砂が流されてきたから、大きなだんができた。</li> <li>・がけのカーブの方が流れが速くて、カーブの反対の方がおそい。</li> <li>・だんの所にサンドイッチみたいな所があるほりだす、分ける、くずす、がけ、こわす。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ほると重なっていた。あとがあった。</li> <li>・三分で、だんが60cm移動した。</li> <li>・だんがこれだけ大きくなる（成長）。</li> <li>・次から次へと、だんの波が上流の方からおしよせる。</li> <li>・だんがだんの上に何もあつた。</li> <li>・だんが消えて行く所もある。</li> <li>・石と粘土は分けてあつた（現象だけ）。</li> <li>・上流に流されたあと。</li> <li>・トランプが重なっているみたいな線のあと。</li> </ul>
(甲山中央小)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水がとてもすきとおっていた。</li> <li>・水はぶつかって砂や土をけずっていく。</li> <li>・川の流れて、だんになっているのがふしぎだ。</li> <li>・ものがないと水が速くて、そこだけ運び深くなる。</li> <li>・なんでけずるはたらきや運ぶはたらきがあるのか。</li> <li>・砂がどう新しいのか古いのか。</li> <li>・速い、おそい、速い、おそいとかわりばんこになっている。</li> <li>・石ころが流れていくじゃなくて、ころがっていた。</li> <li>・砂は、重いものは底で軽いものは水中をころがりながら行っている。</li> <li>・止まったり、動いたりしている。だんのような所で石が止まっている。</li> <li>・流れてくる砂や石やゴミはもどこにあつたのだろう。</li> <li>・芦田川でだんになった砂が上原にあつたけれど川尻の方でもだんになっているのだろうか。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水が強い所だけ深い。</li> <li>・たまつた砂がけずられて流れる。</li> <li>・だんだんは、水はへるのかふえるのか。</li> <li>・…大きいしまや小さいしまはなぜか。</li> <li>・魚のほねを投げて化石になるか調べたい。</li> </ul>

観察していた。しかし、それらの形成移動現象については、一部の児童は興味を示したが、大半の児童は反応が乏しかった。このことは、VTR教材は視点を絞って見せたのに対し、現地では多くの情報が目に入ったことでやや混乱を招き、見るべき視点が定まりがたいためと推測される。そこで、教師が、砂波の下流側急斜面の移動に着目させるよう、一定時間間隔で合図をし、そのたびごとの砂波下流斜面の先端に細い竹ぐしを刺してみた。そうすると、全ての児童が喜々として、それをヒントにいろいろな方法で砂波に働きかけていた。結果として砂波の大きさや移動速度等について具体的イメージをつかんだようである。

野外学習の後に、教室で「野外学習でわかったこと、発見したことなど」を描かせてみた。その代表的な例が図3である。この例で見られるように、多くの児童が細かいところまでよく観察している。砂が流れる様子はもちろん、流れの速さや強さについても、貝殻や小石の動きでたしかめた

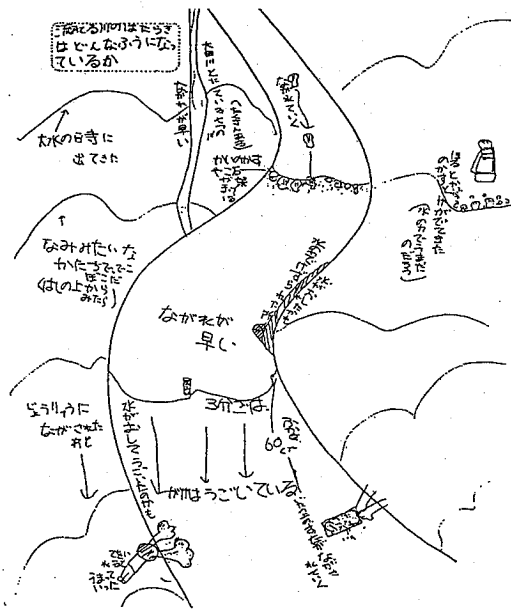


図3 川の学習後に児童が描いた1例

上、砂波の形成・移動の様子を注意深く観察している。また小水路の中で形成されつつある小さい砂波と小水路の周囲にある大きい砂波とを関連づけてとらえている。児童の反応のうち、砂波に関することや体感したことで主なものを学校別に表2に示す。これらの反応および上記の例から次のようなことが言える。

- ① VTR教材視聴のみによるよりも、さまざまな現象について、体感に基づいた具体的なとらえ方がうかがえる。
- ② 野外学習後の児童の認識や観察事項などにおいて、両校の違いは、ほとんど認められない。

#### IV. 小学校第6学年「地層」への〈砂波〉導入の実例

文部省学習指導要領に示されたこの単元の指導目標は次の通りである。

地層の重なり方及び地層をつくる物の様子を調べ、地層のでき方は、水のはたらきなどに関係があることを理解させる。

##### A. 指導計画

この単元の研究授業は広島県賀茂郡黒瀬町立上黒瀬小学校および広島県尾道市立土堂小学校で行われた。

今回の研究では両校で異なった指導方法がとられた。

まず上黒瀬小の場合には、実際に黒瀬川に出向いて観察学習を行った。土堂小の場合には、野外での川の観察を実施できなかった。そのために、尾道市内の小河川（藤井川）、福山市の芦田川、および三原市の沼田川における砂波を中心としたVTR教材を作成し視聴させた。その内容と構成は図1に示されたものに図2(b)を加えたものである。

砂波の学習の後、両校とも地層の野外学習を実施した。

次に、両校の指導計画をそれぞれ示す。

##### 上黒瀬小

- |              |     |
|--------------|-----|
| (1) 川の堆積作用   | 3時間 |
| ・川の砂州のでき方の予想 |     |

- ・砂州の観察計画
- (2) 砂州の観察 3時間
  - ・礫, 砂, 泥の特徴や重なりかた
  - ・砂州の内部構造
- (3) 西条層(第四紀層)の観察 4時間
  - ・礫, 砂, 粘土の特徴や重なりかた
  - ・内部構造(堆積構造)
- (4) 地層のでき方を考える 2時間
  - ・砂州の構造と地層の構造の類似点
- (5) まとめ 1時間
  - ・いろいろな地層, 化石など

土堂小

- (1) 川について調べる(VTR教材の視聴) 3時間
  - ・砂波の形成移動, 大水, 砂波の断面, 砂州の断面など
- (2) 尾道礫層(第四紀層)の観察 2時間
  - ・礫, 砂, 粘土の特徴や重なりかた
  - ・内部構造(堆積構造)
- (3) 地層のでき方を考える 1時間
- (4) 化石・地下水 1時間

※夏休みの自由研究として, 旅行先等で川や地層について調べてくる。

B 指導の実際と児童の反応

1. 砂州の野外観察(上黒瀬川)

まず, “砂州の中はどうなっているか” 想像で描かせてみたところ, ほとんどの児童が“層”の存在を予想していた。またこの単元が地層の学習であることから, 教科書等に掲載されている地層

と類似した内容も多くみられた。そこで, 次のような観察の観点を確認し砂州の観察に行くこととした。

- ・縞模様が本当にあるのか。
- ・縞模様が あったら, それはどのようになっているか, また境の様子も調べよう。
- ・石の形や大きさも調べよう。

さらに, 空間的な広がりやをわかりやすくするために, 砂州は班ごとに, 互いに直交する2つの断面を掘るようにした。

砂州の観察は学区内を流れる黒瀬川で実施した。実際の観察では, 児童は互いに協力しながら砂州の掘削に取り組んでいた。掘り進めるに従って, 明らかになる縞模様を見て驚きの声をあげていた。自分達で実際に掘ってみて確かめることが印象深かったようで, 観察記録も意欲的に取り組んでいた。児童の観察記録の例を図4に示す。

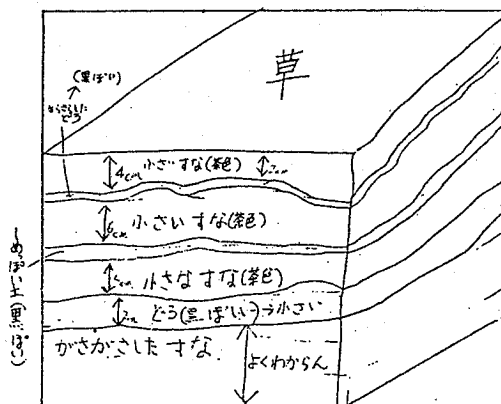


図4 砂州観察時に児童が描いた砂州の内部構造の1例

表3 砂州の観察における児童の反応(上黒瀬小)

くしまよう(層の存在)に関すること)

- ・模様があった。
- ・だんがついている(順番がある)。
- ・境の線は曲がっていた。
- ・砂州をほると, 境がある。
- ・しま模様になっていて, 横に波ができています。
- ・砂やどろなどのくぎれ方が, 波のようになっていて, まっすぐに分かれていない。
- ・線の所だけが, 特に色がちがっていた。
- ・砂州にちゃんと線が入っていた。
- ・砂, どろ, 砂という順番で下の方までずうっといっているのではないかと思う。
- ・すじがくっきり見えた。
- ・土や粘土の境があった。
- ・境目がかたい。
- ・線はほとんどまっすぐだった。
- ・何層にも分かれていた。
- ・模様をはっきり分かれていた。
- ・土や砂の色や性質によって分かれていた。
- ・砂, 石, 粘土などが8段あった。
- ・模様が順番にならんでいた。
- ・波みtainな模様があった。
- ・境目がかたさが変わった。
- ・6段くらいあった。
- ・ずんずん掘っていってみると, だんだん模様が出てきた。

表4 野外学習を終えての児童の気づき（砂州の内部構造と地層の構造の比較）（上黒瀬小）

〈類似点〉

- ・模様がある。
- ・色々な色で分かれていた。
- ・違う種類の層がのっている。
- ・層に分かれていた。
- ・どちらも境は波型。
- ・境の線がある。
- ・じゅんばんに並んでいる。
- ・層が遠くまで続いた。

〈相違点〉

- ・山は、層をつくっているものが、だいたい粘土みたいなもの。砂州は、砂や小さい石でできていた。
- ・川には、大きい石があった。
- ・川はさらさらで乾いていて、山はどべどべになっていた。

- ・砂の方向があった。
- ・横にすじがあった。
- ・方向が川の流れの方向だった。
- ・どろの中に植物が含まれていた。
- ・どちらも粘土が出てきた。
- ・どちらも小石が入っている。
- ・砂、粘土、砂がある。
- ・層が奥の方まで続いていた。

- ・山の地層は、粘土や土とか、いろいろなものが含まれていた。
- ・山には、赤土があった。
- ・山の地層には、石があまりなかった。
- ・砂州は同じような色をしているけれど、地層は色がばらばら。

児童は砂州を掘り進めていく中で、“いくつかの層が重なり合っていること”，“各層の違いは色と粒度であること”，“各層は立体的に広がっていること”等を確認できた。層によっては途中でとぎれているものもあったが、児童は、それをあまり気にしている様子ではなかった。さらに、どの班の断面にも縞模様（層の重なり）があることから、“砂州はどこでも縞模様でできている”ことがとらえられた。

これまで段階では、斜交層理を存在に気づいた者はいなかった。それは、斜交層理がはっきり観察できるような掘削断面の整形が児童にとってやや難しい作業であるためと思われた。そこで、斜交層理が観察できるよう整形した断面の前に全員を集め、“砂の一粒一粒をよく見てごらん”と指示した。そうすると、“砂粒がきれいに並んでいる”とか“波のようにになっている”等の声があがり、全員が斜交層理の存在を確認した。

砂州の観察の後、児童に“気づいたこと、わかったこと”を書かせてみた。多くのことを児童は述べているが、それらの内、“層”に関すること、および“砂粒の方向性”に限定して表3に示す。このように、砂州にみられる層の特徴を十分にとらえている。

2. 地層の観察

(a) 上黒瀬小の場合

野外観察させた地層は広島県西条盆地周辺に分布する西条層（第四紀泥・砂・礫層）である。校

区内には前記地層の露頭が数多く存在している。

砂州の学習後，“山で砂州のようなものを見たことがあるか”とたずねたところ，“家の裏に縞模様になっているところがある”，“神社で見た”，“ゴルフ場で見た”等の声があがった。児童にとって、砂州の縞模様（層の重なり）が印象的であつたらしく、学区内の主な露頭のほとんどを見つげ出すことができた。それらはすべて地図の上で位置を確認し、印を記入した。

実際の地層観察は、学区内で最も大きい露頭で実施した。砂州と場合とほぼ同様な視点で、観察を進めることとした。

まず、露頭全体が見えるところから、観察を始め、次第に接近して詳しく調べて行くようにした。児童は、たくさんの層が重なっていることに驚きを示していた。意欲的に観察を進め、層の広がり、

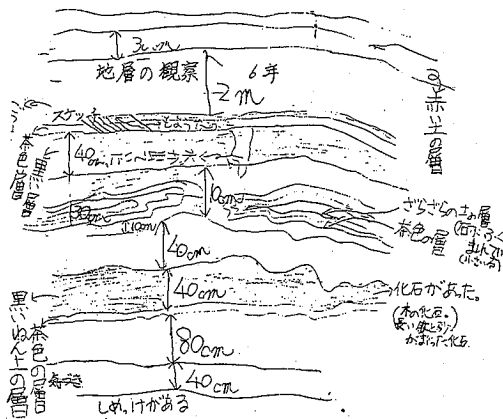


図5 地層観察時に児童が描いたスケッチの1例

表 5 地層のでき方についての児童の考え（上黒瀬小）

〈地層のでき方〉

- ・今、地層のある所が川で、大雨が降ってだんだんつもり、そのうち水がひいた。
- ・川にいていぼうがなかったから、あふれた水が土を運んだ。
- ・大雨やがけくずれでできた。
- ・現在まで、たくさんの雨が降って、小さな砂な粘土が運ばれた。
- ・昔、大雨で流された何種類もの土がつもった。
- ・雨が土を運んできて、それがつもった。
- ・昔、そこが川で砂州のように運ばれてきた。雨が降って土を運ぶことを何回もくり返すうちにできた。
- ・大昔、とても大きな川があったから、川から水があふれてできた。大昔にできているから、今はもうかたまっている。
- ・雨が降って、土が流されてつもった。
- ・雨が降ったとき、山のてっぺんの方から水が流れてきて、その中に石や粘土がまじってきて、それが模様をつくった。
- ・黒瀬川の土が、つもっていくうちにかたくなっていた。
- ・昔、そこが川だった。
- ・川がはんらんを起こしてつもったものかもしれない。
- ・広い川で、雨が降って砂などが流されてつもった。とうぶん大雨が降らずに乾いた。
- ・雨が降って、高い所にあった砂や土が平らな土地とかに流され、どんどんつもった。何種類もの土が、種類ごとに流されてきた。
- ・砂州の上へ上へと、川から流されてきた土や砂などが重なり、だんだん大きくなった。そして、川がなくなり、かたくなって山になった。
- ・大雨のとき、土砂がくずれて、だんだんつもってきた。
- ・海にできた無人島。
- ・風にもってこられた。その土地が日光で乾いた。
- ・昔は、海か川で砂州のでき方と同じように流れてきてできた。かたいのは、たぶん時間がたっているから。
- ・すごい雨が降ってきて、色々な土が雨に流されて、どんどんつもって山になった。
- ・昔の川は浅くて大雨がきたら、川の水が多量に流されて、だんだん平地に砂や土が重なった。そして何年もたつてかたくなったと思う。
- ・昔から、雨や台風でつもった。
- ・雨で土が運ばれて、その上に植物などの死がいがつもった。
- ・昔から、雨がどろを流しこんでいた。

層の境の様子、層の連続性などをとらえていった。児童の観察記録の例を図5に示す。事前に実施した砂州の観察がよく生かされ、記録も充実したものとなっている。地層中の随所でみられた斜交層理もとらえている。

この学習の後、砂州と地層の類似点、相違点について、それぞれの観察記録をもとに気づきをあげさせてみた。それを表4に示す。双方の特徴をよくつかんでいることがうかがえる。さらに、地層の成因についてたずねると、この時点で約半数の児童が“砂州と同じように川の流れてできた”と答えた。その根拠についてたずねると多くの児童が砂州、地層双方にみられた斜交層理をあげた。しかし、残り半数の児童はすぐには答えられないようであった。そこで次時に再び観察記録をじっくり見直し、地層の成因を考えさせてみた。まず砂州の成因については、ほとんど全ての児童が“大水の時できた”と答え、縞模様は“何回も大水が来てできた”と答えた。そこで地層の場合はどうかとたずねてみた。その時の児童の考えを表5に示す。児童は、地層は砂州と同じように水の

はたらきによってできたと考えている。また、層による厚さの違いは大水の規模の違いととらえたようである。さらに地層の堅さ（砂州に比べて）については“古いものだから”という考え方に至った。

このように地層の形成と流水の働きを十分に関連づけてとらえさせることができた。

(b) 土堂小の場合

野外観察させた地層は、尾道市を北部丘陵上に分布する第四紀尾道礫層である。

校区内は、市街地のため適当な露頭がない。そのため野外学習として、郊外の団地の露頭に観察のため出かけることにした。野外学習は地層観察のみでなく、森林の観察および社会科の見学とあわせて実施するよう計画した。

観察した露頭は、幅約30m、高さ約3mの細長い露頭である。礫層と砂層を主としており、特に斜交層理を持つ厚い（1m程度）礫層が顕著に現れている。

露頭では、児童は礫層に興味を示し、礫の並び方や形や大きさ等を熱心に観察していた。そのと

表 6 地層の観察での児童の気づき（土堂小）

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・層は、東から西へ下っていた。</li> <li>・一つの層では上と下で粒の大きさがちがう。</li> <li>・あらい砂とこまかい砂が重なっていた。</li> <li>・層ごとに粒の大きさがちがっていた。</li> <li>・重なりめがとてもきれいになっていた。</li> <li>・層ははっきりしていなかったところもあった。</li> <li>・川でできたように土がななめになっていた。</li> <li>・小石が上（北）の方でこまかく、砂や土が上の方にある。</li> <li>・地層の厚さはほぼ一定していた。厚い層と薄い層がある。</li> <li>・層が続いて、層によってふくまれているものがちがう。</li> <li>・全体として、ほぼ水平に重なっていて、しまもようにみえる。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・石はつるつるで丸かった。</li> <li>・石の大きさが分かれていた。</li> <li>・石の向きが同じようだった。</li> <li>・層がだんだん消えて行った。</li> <li>・層はちゃんと砂を整理してあった。</li> <li>・下から規則正しくならんでいる。</li> </ul> |
|--|--|

きの児童の気づきを表 6 に示す。

このように、児童は地層の諸特徴はよくとらえており、斜交層理の存在にも気づいている。また、さらに斜交層理を手がかりとして、地層の成因を川の砂波と関連づけてとらえることができた児童も多くいた。

これらのことは、事前に視聴したVTRが児童に観察の視点を与えたとみなすことができる。

また、この学習を通して、学級のまとまりや学習態度の点で大きな収穫がえられた。それは、VTRを含めた観察対象に対し、誰もが自由に自分の考えや意見をたたかわせることができたからである。それだけこの教材は児童の発想を膨らませたのである。

### V. 中学校「地かくとその変動」への〈砂波〉の導入の実例

文部省指導要領に示される本単元の指導目標は次の通りである。

#### 地層の様子と堆積岩

- (ア) 地層、構成物質、厚さ、重なり方などの特徴を手がかりにして他の地層と比べられること。
- (イ) 地層の成因は、地層の重なり方、構成物質などの特徴から推定できること。
- (ウ) 堆積岩は、岩石を構成している物質、粒度などによって分類できること。

#### A. 指導計画

研究授業は、1983年から1985年の3年にわたって広島大学附属東雲中学校と山口下松市立下松中学校の2校で実施した。

本学習は、「地かくの構成と変動」単元の一部である。そのうち「地層と堆積岩」についての指導計画は、それぞれ次の通りである。

広島大学附属東雲中学校

- |              |     |
|--------------|-----|
| (1) 地表の様子の変化 | 3時間 |
| (2) 地層のできかた  | 3時間 |
| (3) 地層の様子    | 2時間 |
| (4) 堆積岩      | 2時間 |
| (5) 地層野外観察   | 希望者 |

山口県下松市立下松中学校

- |                 |     |
|-----------------|-----|
| (1) 陸から水底へ      | 2時間 |
| (2) 地層の中の化石と火山灰 | 2時間 |
| (3) 堆積岩と地層      | 2時間 |

砂波現象の学習は、地域の川や海など現地に出かけて直接観察させることが最も望ましいが、時間的に困難に面が多い。そのため、小学校の場合と同様に、地域の河川における砂波の形成・移動現象を中心としたVTR教材を自作し、生徒に視聴させることを試みた。

そこで、砂波の形成・移動の様子をとらえさせるために、砂波現象をどう焦点化し、さらにそれらをどう見させるかが問題となる。そこで、次のようなねらいを設定し、学習を進めることとした。

- ① VTR教材視聴中に砂波下流急斜面の位置に注目するよう指示するか否かで、それらの形の変化のとらえかたに違いが出るか。
- ② 流れの方向に直角に掘られた砂波の垂直断面に見られる構造（前置層の積み重なり）を



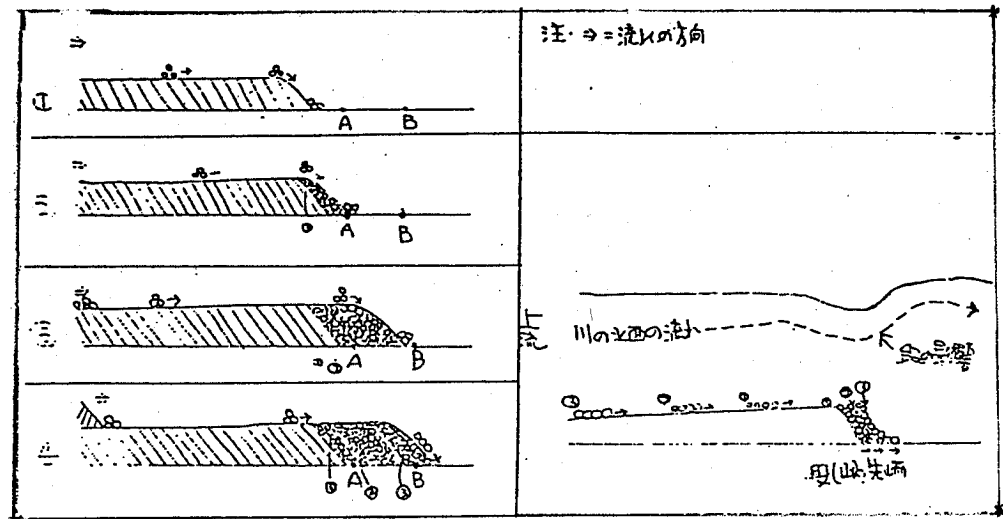


図6 VTR視聴後に生徒が描いた砂波・移動のとりえ方の1例

教師が強調するか否かによって、地層の構造のイメージ化の度合に違いがあらわれるか。

### B. 指導の実際と生徒の反応

まず1983年の研究授業では、図1に準じた内容と構成のVTR教材を自作し、生徒に視聴させた。その結果、両校のほとんどの生徒が川を動的なものとしてとらえ、砂波現象に興味を示した。特に平素見なれた郷土の川について「こんなこともあったのか」という声があちこちで聞かれた。生徒たちにとって砂波はかなり意外なものとして受け取られたようである。生徒たちのつぶやきだけでなく、視聴中の生徒のメモからもこのことがうかがえる。しかし、一気に視聴させたため、砂波の形成・移動のメカニズムを流れに平行な二次元断面で確実に描けなかった。そこで、次のような2点について視聴上の工夫を試みて、再度、研究授業を実施した。

- 一気に視聴させないで、いくつかの部分に区切って視聴させる。
- 砂波の下流側急斜面の位置とその上で起こっている現象に注目させる。

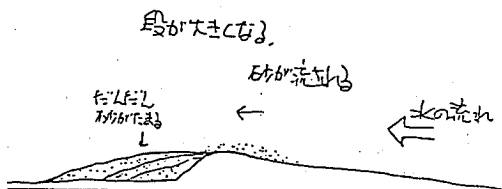


図7 砂波の形成・移動をうまくとらえきれなかった1例

その結果、67%の生徒が砂波の形やその変化についてとらえることができた（東雲中の場合）（図6）。さらに斜交層理（前置層の積み重なり）形成のメカニズムまで図示できた者は55%であった。このことによって、V章のAであげたねらいの①が、この学習を成功させるための重要な条件の1つであることが実証された。しかし、図7に示すように、段を埋める形で堆積物の付加を表す生徒も多くみられた。その原因として、砂波の高さや下流側斜面の傾斜角度がほぼ一定であることを確認させなかったことや、いろいろな砂波を一度に見せたためか、考えがまとまらなかったこと等の問題点が明かとなった。

このような結果をもとに、1984年以降にはVTR教材を改良するとともに指導法も工夫することとした。新しいVTR教材については、まず全体を大きく分けて、地域の河川でみられる砂波の形成・移動、砂波の内部構造、および地層の成層状態の三部構成とし、特に、砂波の形成・移動の部を最も重点的に改良・充実させることとした。その場合、次のような留意点をもって撮影・編集にあたった。

- 砂波の下流側急斜面の変化の様子が分かりやすいような方向や角度を選ぶ。
- 単一砂波の形成移動及びマイクロデルタの形成を重点的に取り上げる。
- やや深い水中における砂波の形成移動は、水中撮影も試みる。
- 流れの強さと形成される砂波の規模や形が関

連づきやすいよう工夫する。

- ・砂波の断面で見られる内部構造については、2層、3層と重なった状態のものも選ぶ。

なお、両校で用いた自作VTR教材の内容および構成については、ほとんど同一であるが、素材は、なるべくそれぞれの地域の河川からとりあげよう努めた。自作したVTR教材の内容および構成は図2に示されている。

次に、両校でやや異なった指導を試みたので、学校ごとに指導の実際と生徒の反応について述べてみたい。

### 1. 下松中の場合

#### a. 砂波の形成・移動（指導計画第一次、第1時）

VTR教材の図2-aに示す“河口の様子”と“砂波の形成・移動”の部分を中心に視聴させ、単一砂波の形とその内部構造（堆積構造）を描かせた。続いて図2-aに示す“洪水の様子”と“川底の様子”の部分を中心視聴させた。なお視聴の際には、VTRに写ったいろいろな砂波の波高や波長のデータを提示し、砂波の下流側急斜面や上流側緩斜面での砂粒の動き、さらにそれに伴う下流側急斜面の移動の様子に注目するよう指示した。また視聴中には必要に応じてメモを取るよう指示した。図2-aに示す“洪水の様子”と“川底の様子”の部分は1回視聴させた後、生徒の要望で、再度視聴させた。その後、生徒に、砂の積もり方に着目して砂波の重なり方を描くよう指示した。

その結果、砂波の移動による地層の形成について、生徒は大きく分けて4種類のとらえかたを示した（図8）ので、それぞれのタイプ別に生徒のとらえかたを検討してみる。

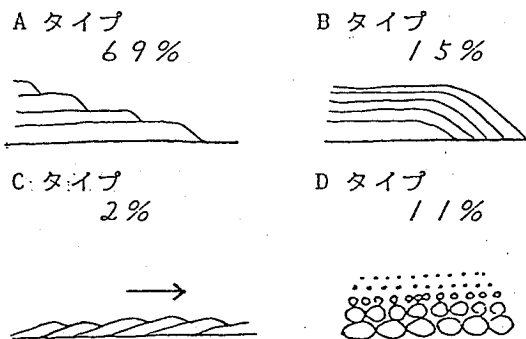


図8 砂波が造る層のとらえかた（この4タイプにまとめられる）

最も多かったのは図8のAタイプで、69%の生徒がこのようにとらえかたを示した。生徒の描いた例を図9に示す。砂粒が移動し、砂波下流側急斜面に堆積する様子から砂波が形成移動することがとらえられており、それらが、あとからあとからおおいかぶさってくる形で移動する砂波によってつくられた単一砂波の重なりを表現している。ちなみに、このとらえかたをした生徒のすべてが、最初に描かせた砂波の内部構造も、ほぼ正確にとらえているのである。

次に多かったのはBタイプで、15%の生徒がこのようにとらえかたを示した。砂波の外形はよくとらえられているが、内部構造や単一砂波の重なり方を正しくとらえていない。これらの生徒の描いた例を図10に示す。このようにとらえ方をした生徒の多くが単一砂波の内部構造も十分にとらえていない。これらの生徒の描いた図から判断すると、複数の砂波が登はんしていくことと、1つの砂波の下流ナダレ面における堆積による単一砂波の形成とを混同しているようである。

次に多かったのはDタイプで、11%の生徒がこのようにとらえかたを示した。これらの生徒は、移動のメカニズムを全く理解することができないうで、堆積物の運搬・堆積を依然として、土砂の上から下への沈積としてとらえており、砂波の形成とそれに伴う移動とは全く無縁の現象であるととらえているようである。生徒が描いた例を図11に示す。ちなみに、このタイプのとらえ方は、いわゆる知識・理解が豊かともみられている生徒に多くみられた。

最も少ない2%の生徒が示したCタイプは、単一砂波の重なり方を非常に正確にとらえているが、内部構造のとらえ方は不十分である。生徒が描いた例を図12に示す。このとらえ方は、砂波の重なりを、一つ一つの砂波の形成過程と関連づけたのではなく、直観的にとらえたものと思われる。

以上のような実態から、砂波の登はん（climbing）がうまくとらえられていないと、砂波の重なりがとらえられないということが明らかとなった。

また、この指導の結果から、砂波を教材とする学習の過程において、まず、単一砂波の形成の理解を徹底させることの重要性があらためて明らかとなった。

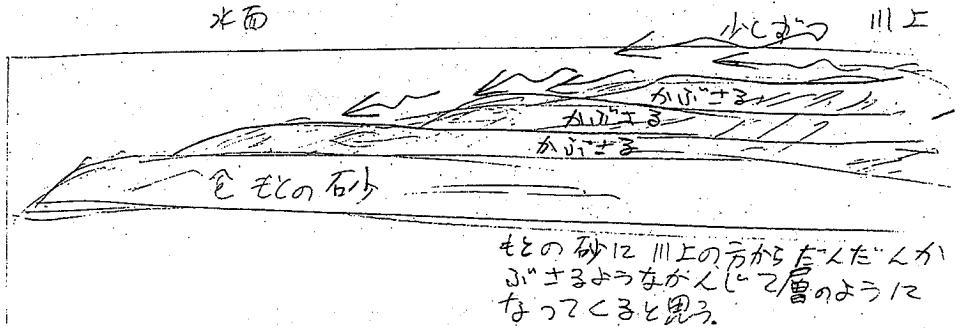


図9 図8に示されたAタイプの1例

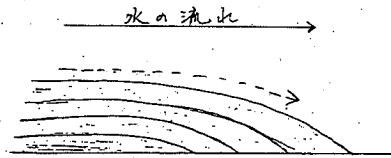


図10 図8に示されたBタイプの1例

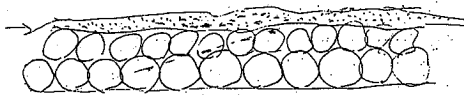


図11 図8に示されたDタイプの1例

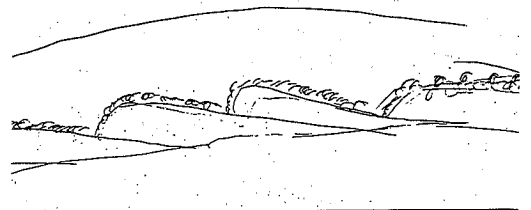


図12 図8に示されたCタイプの1例

このようなことから、次に述べる東雲中の授業では、単一砂波の形成をとらえさせやすくするためのVTR教材の視聴のさせ方、記録のとらせ方などの指導上の工夫を試みることにした。

#### b. 砂波の断面と地層の様子 (同, 第2時)

第2時では、上記のような実態から、まず単一砂波の構造を、再度おさえた。その後、本時の学習へ入った。本時は、砂波の断面の様子と地層の様子を比較させながら考えさせることとし、まずVTR教材の図2-bの部分の視聴させた。

ここで生徒たちは、自分が考えたのと同じ構造が出てきたのを見て驚いていた。続いて図2-cの部分の視聴させると、生徒たちは、すぐに川の砂波と地層が同じつくりをしていることに気づいた。特に、砂波縦断面と地層に共通した斜交層理の存在は印象深かったようである。そこで、地層の形成に関して生徒に問うと、次に代表されるような表現で発表をした。

- ・(川や水の流れは)すごい力だと思った。
- ・川は水を運ぶだけかと思ったが、地層を作っていることが分かった。

- ・横移動にびっくりした。
- ・横から積もるのにびっくりした。
- ・地層はどんなになっているかわかった。
- ・地層から川(水)がどちらから流れていたか分かる。

このように、水の流れや、それに伴う土砂の横方向への運搬・堆積現象に関する表現が出てきており、砂波の学習が地層の形成に関して具体的なイメージを与えたことを明瞭に示唆している。これらの結果から、V章のAであげたねらいの②は重要な意味を持ったといえる。

## 2. 東雲中の場合

### a. 砂波の形 (指導計画第二次, 第1時前半)

まず河原や川底にみられるいろいろな砂波の様子(図2-aの“河口の様子”, “洪水の様子”および“川底の様子”の部分)を視聴させ、一つの砂波について流れ方向に沿った垂直断面の形を描かせた。その際に、VTRに写された砂波の高さや波長などのデータを適宜提示し、気づき等もメモさせた。

その結果、砂波の形については、それらの下流側急斜面や上流側緩斜面の傾きという点で生徒に

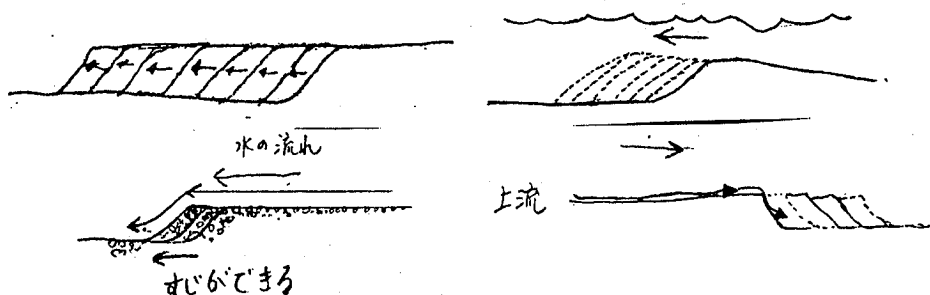


図13 単一砂波の形成・移動のとりえ方の例

よって差異がみられたが、ほとんどすべての生徒が垂直断面の形の特徴をつかむことができた。

b. 砂波の形成・移動 (同, 第1時後半)

次に砂波の形成・移動に関する内容 (図2-aの“砂波の形成・移動”の部分) を視聴させた。

れることをおさえた。

次に、斜交層理のみられる地層をVTR教材、図2-cの部分で視聴させ、砂波の垂直断面と古い地層の露頭中にみられる堆積構造、すなわち斜交層理の共通性に着目させ、次時の学習へつない

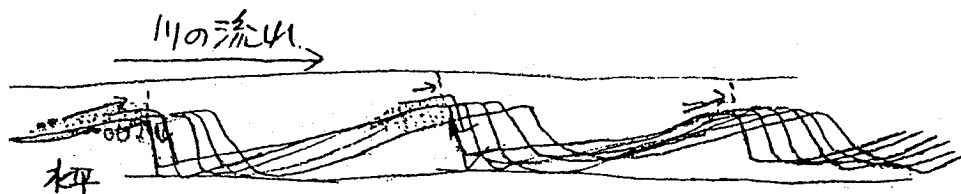


図14 浸食を考慮した砂波の形成・移動のとりえ方の例

その際に、砂波の上流側斜面や下流側急斜面付近での砂粒の動き、さらにそれに伴う下流側急斜面の移動 (位置の変化) に注目させた。また、砂波の移動に伴って段の高さ (砂波の波高) や下流側急斜面の傾斜角度に変化のないことを示唆した。視聴後に砂粒の動きを砂波断面図に記入させ、さらに砂粒の移動・堆積付加をもとにして、一つの砂波の形状の変化を時間を追って連続的に抽出させた。

その結果、91%の生徒が、砂粒の動きと砂波の下流側急斜面への砂粒の堆積付加の様子から、砂波の下流側急斜面の位置の変化がとらえられている (図13)。

上記のとりえ方をした生徒のうち、25%は砂波列の移動を上流側斜面の侵食と下流側斜面の堆積というメカニズムでとらえていた (図14)。

このように、砂波の形状の変化を描かせた後で、いくつかの砂波の垂直断面のつくり (堆積構造) をVTR教材 (図2-bの部分) で視聴させ、横方向への (下流側ナダレ面への) 堆積物の付加によって前置層の積み重ねによる斜交層理が形成さ

だ。

c. 層理面のでき方 (同, 第2時)

第2時では、地層の境の面 (単一砂波と単一砂波の境界面) のでき方を砂波下流側急斜面への堆積物の堆積付加による移動をもとに考えさせてみた。必要に応じて、再びVTR教材を視聴させた。

その結果、生徒の86%が、横方向への (下流側ナダレ面への) 堆積物の付加に伴う砂波の下流への移動によって斜交層理、層理面 (厳密にはセット境界面) が形成されることを図示できた。生徒の描いた例を図15に示す。

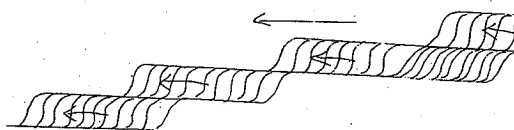


図15 セット(層)の形成のとりえ方の1例

しかし14%の生徒は、砂波下流側ナダレ面での堆積現象は一応とらえているが、論理的なとりえ方が不足しているために、斜交層理と層理面 (単

一砂波境界面)の形成メカニズムがうまく図示できなかった。生徒の描いた例を図16に示す。

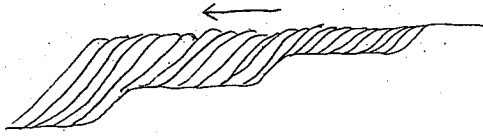


図16 セット(層)の形成をうまくとらえきれなかった1例

このように層理面(単一砂波境界面)の形成(砂波の重なり)については、下松中の場合と比べ、割合において多くの生徒が正確にとらえるこ

とができた。このことは、砂波の移動による地層形成メカニズムを考えさせるためには、その前に、単一砂波のでき方を十分押さえておく必要があることを示している。

学習のまとめとして、図2-cの部分を通して視聴させた。

#### d. 野外学習(地層見学)

砂波学習後に、希望者を対象にして地層の野外観察を実施した。見学した地層は、広島県東広島市付近に広く分布する西条層(第四紀泥・砂・礫層)である。見学した露頭は、東広島市高屋町白市のものである。ここでは、前置層斜交層理がよ

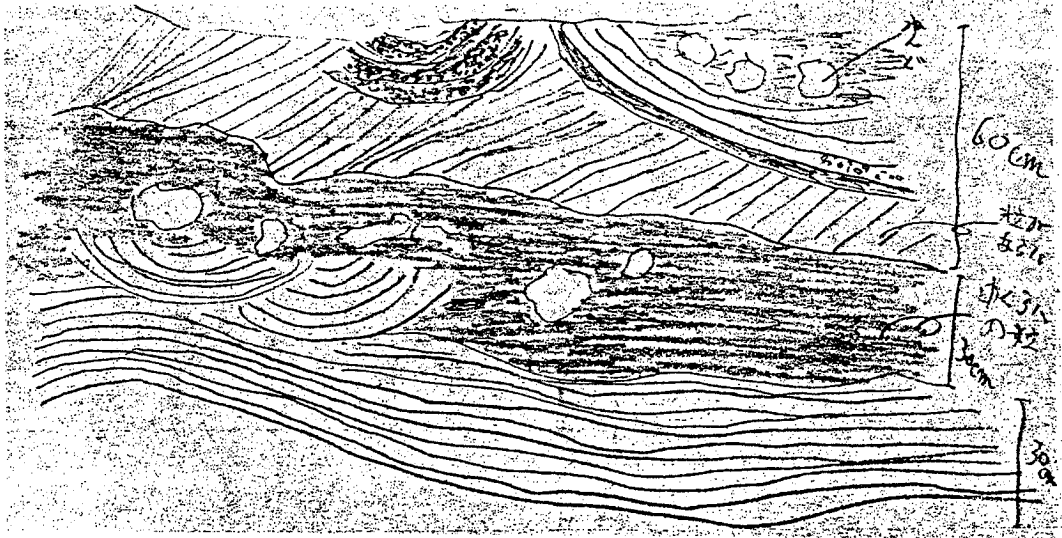


図17 地層観察で生徒が描いたスケッチの1例

表7 地層のでき方に関する生徒の考え(東雲中)

- ・小さいおわんやななめもようがあるので、小さい流れがいろいろあって、何回もくずれてうまったり、新しい流れができたりして、いろんなもようができた。
- ・最初大きな(深い)流れがあって、底にもったりして深さがかわり、小さな(浅い)川になったりもした(この繰り返しだったと思う)。
- ・流れはけっこう速かったと思う。規模は大きい。しょっちゅう流れの速さが変わったと思う。
- ・場所によって川の速さや水量が違う。
- ・ここらへんは、昔、川がたくさんあって流れの向きがかわったりしているので、いろいろ環境の変化があった。
- ・大きい川や小さい川など変化にとんでる。
- ・30cm~1mぐらいの厚さの地層(ななめもようがある)から、中型~大型ぐらいの川と考えられると思う。
- ・洪水などが何度かあったと思う。
- ・大きな流れの速い川。砂が運ばれてきてたまり、浅くなっていった。
- ・川の流れの向きが何回も変わった。

く観察できる。地層見学において生徒が地層をどう観察し、どうとらえたかを表7に示し、スケッチの例を図17に示す。

生徒は、事前に学習した砂波と関連づけて、かなり具体的に地層の形成と流水の働きを関連づけてとらえていることがうかがえる。

## VI. 砂波教材化の評価

小・中学校理科の地層関連単元に砂波を教材として導入し、指導した例を述べてきた。一連の学習を通して、児童・生徒は砂波現象に対して強い興味・関心を示し、かつ真剣に学習に取り組んだ。児童・生徒にとって日常的な存在であるところの“川”に対して驚きと感動を抱いたようである。

小学校第4学年では、砂波の学習で流水の〈力〉と〈技〉に思いがおよび、川に対して一種の感動や畏れに似た感情を抱いたようである。砂波に対する児童の表現をみると「砂や小石がころころころがりながらとまる」とか「小石がストーンとたまる」とかの表現に見られるように、砂粒の移動現象そのものをとらえることはできる。また砂波の下流側急斜面に注意させて観察させることにより、砂波の移動を見抜くことができる。しかし、今回の扱い方では、砂波の連続的な変化から、砂波を〈積もらせる〉働きとしてとらえさせようとした点にやや無理があったようである。それは砂波の下流側急斜面の移動ばかりに注意が向けられたため、“砂粒が運ばれて来た結果、積もっている”ということに気づきにくかったのであろう。砂粒が停止することをとらえることは、堆積現象を理解するための第一歩である。そのため、砂波を、堆積の現象と直接とらえさせるのではなく、まず運搬の現象としてとらえさせ、次に、砂州上の砂波などいろいろなものを観察し、最終的に帰納した結果として堆積作用をとらえさせることが適当と考えられる。砂波は普遍的一般的現象であるので、川の野外学習では、その存在を無視することはできない。後で述べる第6学年「地層」の学習でもう一度扱うことを考え合わせれば、この単元では、その存在に気づかせるのみでよいのかもしれない。

小学校第6学年では、児童は地層の構造と砂波や砂州の構造とを類比させてとらえることができた。また斜交層理の成因についても、それが流水

の働きによってできたことに気づいている。また、川の学習を行うことによって地層を観察する際の視点を学ばせることができた。それが地層観察の際に生かされ、すんなりと地層観察に入って行かれたのである。のみならず、地層を作った自然環境についても具体的な発想を抱いたようである。このように、この単元で砂波を取り入れることは極めて有効である。しかし、扱い方によっては、地層は河川によってのみ形成されるととらえさせてしまう危険性もあり、海においても同様の現象が進行していることを知識として知らせることも必要である。

中学校では生徒の砂波のとらえ方について、多くの者がその上流側斜面で侵食・運搬された砂粒が、下流でナダレ面を形成しながら砂波が形成・移動する現象を的確にとらえ、それらを流水による土砂の運搬・堆積現象として理解させることができた。しかし、指導の展開いかんで、そのとらえ方に差異がみられることも明らかとなった。特に、複数の砂波（砂波列）が重なっていく現象（砂波列の登はん現象）について、下松中では「単一の砂波」の形を幾何学的にとらえさせた後、すぐに「それらがどう重なっていくか」を考えさせたのに対し、東雲中では砂波列の形成・移動を学習し、続いて砂波の縦断面の形と内部構造をVTRで観察させた後、「それらの境の面（セット境界面）のでき方」を考えさせるという指導を行った。つまり前者が、砂波の重なりをそれらの形態的な面を重視してとらえさせようとした傾向が強いのにに対し、後者は、砂波の形成・移動のメカニズムから理論的にそれに迫ろうとしたともいえる。両校の場合とも、7割ないしそれ以上の者が砂波列の登はんをとらえることができたが、この時点での、このような指導の違いにより、後に行われるであろう地層の野外観察やその形成過程の推論の学習において、生徒が異なった発展を示すかもしれない。しかし、両者の場合共通していることは、単一砂波が的確にとらえられていないと後の学習の発展に続かないということである。つまり砂波を教材として取り上げる場合、単一砂波の学習から始めることが必要と考えられる。また、その際には、下流側急斜面に注目することや気づきの表現法（図示法）などを適宜指示することが必要である。

中学校の授業では、VTRというメディアを通して砂波の観察を学習の中心に据えた。VTRによる観察で十分効果があったともみなせるが、加えて直接観察を実施することがなごましい。

## VII. おわりに

小・中学校の地層関連単元における砂波教材化の試みを述べてきたが、すべての授業を通じて共通に示した児童・生徒の反応は砂波に対して多くの興味・関心を示し、意欲的に学習に取り組んだことである。

砂波のとらえ方としては、当然のことながら小学校4年生、同6年生、中学生の間で違いがみられた。小学校第4学年、同6学年の場合には、児童が「段がどうしてできるか」とか「段のできかた」など砂波の形成メカニズムの根本に関するような素朴な疑問や問題を多く発していた。しかしメカニズム的な面から砂波の形成・移動を理解させることは、この段階では難しいようであった。しかし、中学校においては砂波の形成移動現象を的確にとらえ、それらを流水による堆積現象にとらえられることが示された。さらに、砂波の観察から層理面（セット境界面）の形成、層の重なり方まで考察させることができた。小学校では、砂波の存在、現象についてしっかり観察させ、子どもたちの記憶にしっかりとどめておくことが、中学校の学習を充実させる上で必要と考えられる。さらに中学校での学習をもとに、高校ではフロード数を用いた流れ現象の考察、大学では流れの構造にまで展開させていくことも可能であろう。

このように砂波は児童・生徒にとって決して難しくない素材であり、極めて示唆に富んだ発展の可能性の高い教材であるという確かな手ごたえを得た。また、砂波は教材化の工夫によって多様な扱い方ができ、科学の関連諸分野との関係において、さまざまに発展させることも可能である。

## 摘 要

1. 小・中学校理科における地層関連単元の学習に砂波を教材として取り入れることによって、現行教科書の内容の不備を補うことを試みた。
2. 教材化の立場から、河床形態（砂漣、砂波、

砂堆、平坦床、反砂堆、瀬と淵、マイクロデルタ、および砂礫）を一括して〈砂波〉と呼ぶことを提案した。ただし、アンダーラインのついたものは教材から除外することとする。

3. 協力校での研究授業による検討の結果、砂波現象が児童・生徒の興味・関心を引く好適な素材であることがわかった。
4. 小学校第4学年の児童にとって、浅い水深の水流においてみられる砂波の形成・移動の現象（とくに下流側急斜面の下流への移動）の観察は、“流水のはたらき”に対する夢をふくらませる好適な教材となる。
5. 小学校第6学年における「地層」の学習では、児童は地層にみられる堆積構造と砂波や砂州の構造とを類比することによって、直観的に地層にみられる斜交層理（斜めの縞模様：前置層薄層）が流水によってつくられることをとらえることができる。
6. 中学校では、〈砂波列〉の移動（登はん）によって、斜交層理（前置層とセット境界面）がつけられることを、中学生なりにうまく理解することができる。
7. 流水の力との関連づけは試みなかったが、高等学校生徒の学習においては、たとえばフロード数を用いた関連づけが可能であるに違いなく、砂波の発展的取扱いが期待できる。また、大学においては、流れの構造との関係にも踏み込みうるであろう。
8. 上述のように、砂波は学習者の探求心をそそる夢と希望に満ちた好適な教材である。

## 参 考 文 献

- ALLEN, J. R. L. 1970. Physical Processes of Sedimentation. 248pp. George Allen and Unwin, London.
- ALLEN, J. R. L. 1982. Sedimentary Structures, Their Character and Physical Basis: Development in Sedimentology No. 30A. 593pp. Elsevier, Amsterdam - Oxford - New York.
- BLATT, H., MIDDLETON, G. V., and MURRAY, R. C. 1980. Origin of Sedimentary Rocks. 782pp. Prentice-Hall, New Jersey.
- 河村三郎 1982. 『土砂水理学 I』 339pp. 森

北出版, 東京.

REINECK, H. E. and SINGH, I. B. 1973. Depositional Sedimentary Environments. 439pp. Springer-Verlag. Berlin - Heidelberg - New York.

関 利一郎 1982. 『地学教育の新しい展開』 300pp. 東洋館出版, 東京.

高山茂美 1975. 『河川地形』 304pp. 共立出版, 東京.