

小中学校における系統性のある新しい理科学習教材の開発と 授業実践研究Ⅱ

～3Dプリンタを活用した地形の授業～

栗田 克弘^{*1}・森戸 幹^{*2}・源田 智子^{*3}・小松 裕典^{*4}・柴田 勝^{*1}・重松 宏武^{*1}

The Research and Development II for Teaching Material in Elementary and Junior high school Science Lessons :
the lessons of geomorphology with solid model made by 3D printer

KURITA Katsuhiko^{*1}, MORITO Miki^{*2}, GENDA Tomoko^{*3},
KOMATSU Yusuke^{*4}, SHIBATA Masaru^{*1}, SHIGEMATSU Hirotake^{*1}
(Received August 3, 2020)

キーワード：新しい教材、新しい観察方法、体験型理解、立体地形模型、空間認識

はじめに

社会の発展に対応して理科の学習内容や方法が変化していく中で、児童生徒の自然認識の過程が系統的に学習指導されるようになるためには新しい実験や観察を開発していくことが必要である。ここで言う新しい実験や観察とは、利用価値はあるけれどもあまり実際の授業では扱われないような材料や素材を再検討したものや、新しい授業の文脈の中で活用される可能性のあるものである。このような要件を持つ新しい実験や観察を活用した理科学習教材の開発研究が、本研究の大きな目的である。

また新しい理科学習教材を創り出すことは、児童生徒の発達段階を考慮し、小中一貫教育を意識した理科の授業内容のあり方についての新しい指針も与えることに関連している。新しい理科学習教材の開発は、児童生徒が科学的な自然認識をどこまで身につけることが可能であるかを明らかにすることにもつながるものである。新しく開発された実験や観察が、それぞれの学年での学習活動に段階的かつ系統的に貢献しているかどうかについて検討していくことが求められる。

本年度は、附属山口小学校理科教員と大学学部教員が、中学校の地質学習につながる小学校での地形学習のパイロット授業を行った。新学習指導要領では、新しく小学校4年生に「雨水の行方と地面の様子」が入ってきた。それに対応した小学校5年生の野外地形観察の授業に、3Dプリンタで作成した立体地形模型を新たに製作しその活用を考案した。立体地形模型の製作については、国土地理院のデータベースから山口県の佐波川流域の地形データをダウンロードし、それをもとに児童が活用しやすい立体地形模型を検討した。いくつかの候補の中から、野外観察に適したものを選択し授業実践で実際に活用した。野外観察の後の児童の感想には、「土地の高低がよくわかった。」「上流、中流、下流の土地の高さを見て確かめられた。」という記述が見られ、立体地形模型の有用性が確かめられた。

1. 3Dプリンタを活用した立体地形模型の製作について

1-1 立体地形模型を活用した地形学習について

小学校や中学校では地形や地層の学習が行われているが、児童生徒が地球規模の空間的認識を持って理解するにはまだまだ難しいところがある。多くの児童生徒は日常経験から、地形の起伏や川の内容は知っていても、それを俯瞰的に見る経験が少ないため空間的な広がりを実感を持って理解することが難しい。それを

*1 山口大学教育学部理科教育 *2 山口県周南市立富田西小学校 (前 山口大学教育学部附属山口小学校)

*3 山口大学教育学部小学校総合 *4 山口大学教育学部附属山口中学校

解決するために、学習指導では地形図を利用することが多くある。しかし、地形図は空間を平面で表してあるため、かなり豊かな想像力がないと十分に読み取り活用することができない。そもそも小学生には、地形図を利用すること自体が大きな学習課題にもなる。

今までも立体地形模型は限定された地域については市販されていて、それを野外観察などに活用している事例は見られた。以下のものは埼玉県秩父長瀬地方の地質野外観察学習のために、栗田が新しく製作し授業で活用したものである。「だんだん地図 秩父長瀬」（ニシムラ精密地形模型）で、秩父長瀬地方の地質学習のために、どの地域をどのように選択するかを生徒の野外観察活動をもとに新しく考案した。

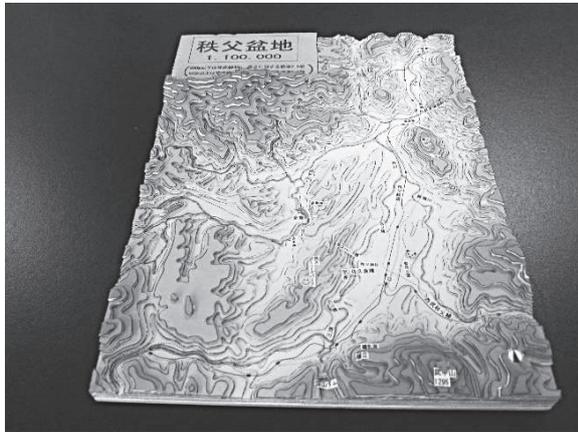


図1 秩父長瀬立体地形模型 (1)
(165×215 単位 (mm))

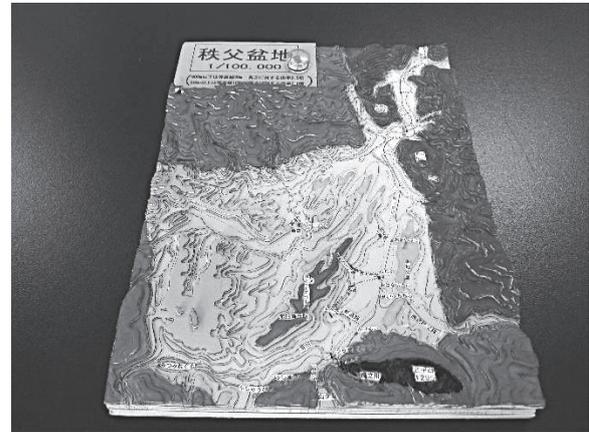


図2 秩父長瀬立体地形模型 (2)
(地質図もとに色分けしてある)

この立体地形模型は、スチレンペーパーで標高別に型が準備されていて、生徒がそれをカッターナイフで切り取り接着剤で貼り付けて完成させていく。この製作過程を通して、生徒は、地形の特徴（地形の起伏、川、河岸段丘等）を感覚的に体得していくことになる。実際の空間認識を一度立体地形模型に転嫁する過程を通して体感することになる。図1は完成した秩父長瀬地方の立体地形模型で、図2はさらに地質図をもとに色分けしたものである。中学生では、地形の学習だけでなく地質の学習との関連も目指している。

生徒はこの立体地形模型の製作過程で秩父長瀬地方の地形の特徴を体得した上で、事前学習を教室で行う。その時には、まだ行ったことのない地域の地形をこの立体地形模型をもとに考察し、体得したものをさらに知的な理解へと深めていくことになる。実際の野外観察（フィールドワーク）では、この立体地形模型を常に持ち歩き、観察場所の確認やそこでの地形の特徴や景観から観察できる地形を観察することが可能になる。野外観察が終わり教室では再びこの立体地形模型を使用し、ふりかえりやまとめを行うことになる。

このようにこの立体地形模型は製作するだけではなく、常に活用し続けることにより、地形の学習を体得するという感覚的な段階から、考察や観察を経てさらに確固とした理解へと変容させることを可能にする。秩父長瀬立体地形模型「だんだん地図 秩父長瀬」は、この学習過程を意図して製作されたものである。

この立体地形模型の有用性は以上述べた通りであるが、短所としては製作にかなり時間がかかり、完成時期に大きな個人差が出ることである。授業時間内では完成できないため、長期休暇等を利用しながら行っていかなくてはならないことが課題としてあげられる。

そこで、本研究では3Dプリンタを利用することにより製作時間を大幅に短縮し、その活用に重点をおいた。小学生にはこのような製作過程で体感することを、できあがった立体地形模型を何度も手で触ることにより体感して得られる地形感覚を育てようとした。そして、何より3Dプリンタを利用することで、日本国内のほぼ全域について立体地形模型を任意に製作することが可能になることが大きな利点である。

1-2 3Dプリンタでの立体地形模型の製作について

最近では安価で性能の良い3Dプリンタが市販されるようになってきている。また、国土地理院から全国の地形の3D模型製作のためのデータがWEB上で公開されている。そこで、自分の住んでいる地域の地形の立体地形模型を3Dプリンタにより製作し、それを理科の地形の授業に活用することを新しく考案した。

図3と4は、山口大学附属山口小学校の児童が実際に野外観察を行う山口県防府市佐波川流域の国土地理

院のweb上から取得した平面図と立体図である。

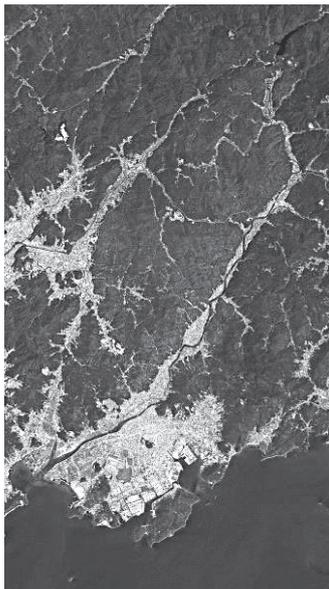


図3 佐波川流域の地形（平面図）

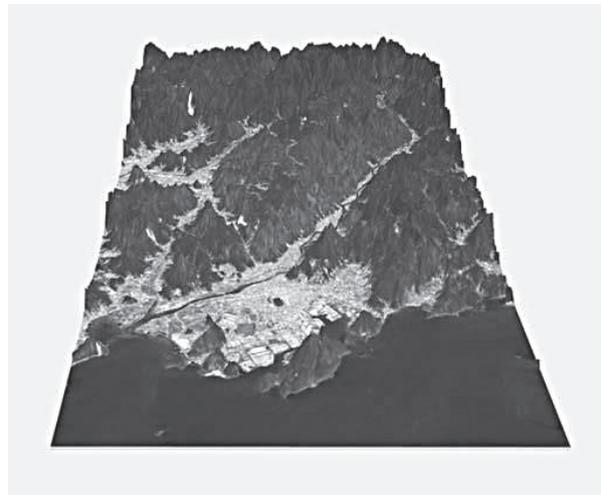


図4 佐波川流域の地形（立体図）

国土地理院のWEB上では、3Dプリンタ用のデータを修正しダウンロードすることが可能である。そのデータを元に立体地形模型を製作した。図5と6は個人使用のために製作した試行版である。



図5 佐波川流域の立体地形模型（1）

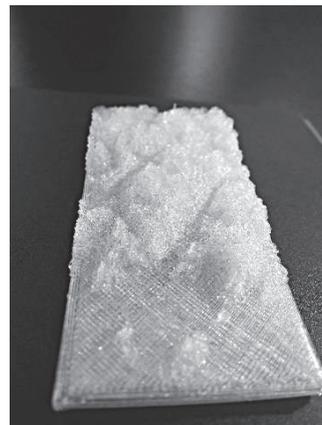


図6 佐波川流域の立体地形模型（2）

この立体地形模型の3Dプリンタの製作情報は以下の通りである。

使用プリンタ機種：The Micro Plus（M3D社）

フィラメント：PLA 太さ 1.75

サイズ：縦×横 35×75

※単位はいずれも（mm）

この立体地形模型は、附属山口小学校の児童が実際に野外観察を行う時に携行することを想定している。そのためサイズは児童の片手に載せられる程度のものにした。かなり軽量である。全員が実際の野外観察で持ち歩けるサイズにしたため、立体地形模型の細部が不鮮明になってしまった。平らな部分の防府市街と瀬戸内海の識別はかなり難しい。しかし、観察する地形の概観を捉えるにはこれで十分である。

さらにグループで使用するために、同じデータでサイズの大きいものを製作した（図7, 図8, 図9）。これはグループごとに一つあり、児童どうしでの話し合いや情報の共有のために活用した。

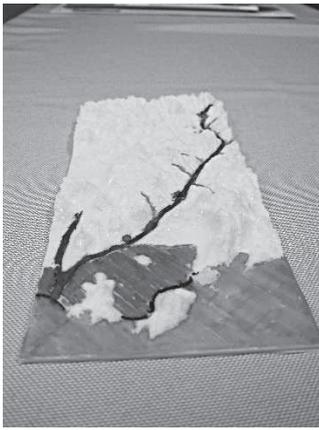


図7 佐波川の立体地形模型 (3)

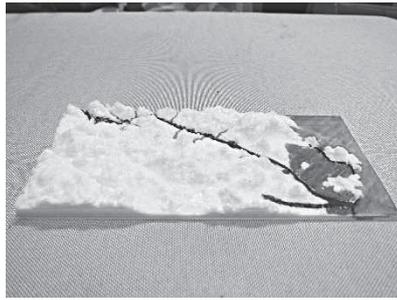


図8 佐波川の立体地形模型 (4)



図9 佐波川の立体地形模型 (5)

こちらの3Dプリンタの製作情報は以下の通りである。

使用プリンタ機種：Value 3D Magix MF-1100 (ムトウ)

フィラメント：PLA 太さ 3.00

サイズ：縦×横 75×150

※単位はいずれも (mm)

グループ用なのでサイズを少し大きめにし、数人で同時に確認できるように配慮した。また、防府市街と瀬都内海との違いがわかるように市街の陸地部分は茶色で、佐波川は青色に瀬戸内海は水色で、観察場所は赤●で記しをつけた。こうすることで観察場所が児童には明確になり、佐波川には支流がいくつかあることが明確に示すことができた。使用するフィラメントは、このように児童が分かりやすいように後で色をつけることを想定しているため、白色のものを使用している。油性ペン等で児童によって自由に色をつけることが可能である。

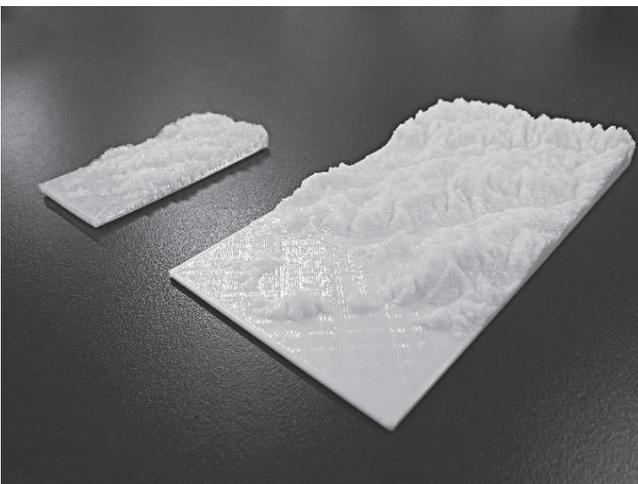


図10 二種類の佐波川の立体地形模型

当初は児童個人用に80個、グループ用は10個を製作する予定であった。一つの立体地形模型を製作し終わるのに、個人用は約2時間、グループ用は約2時間30分かかる。すべてを準備するのに莫大な時間がかかることが予測され、本年度はグループ用の10個を製作してその活用を試行した。

図10は前述の二種類の佐波川流域の立体地形模型を並べて比較したものである。グループ用は色分けをしていないものである。個人使用のものは児童の片手に収まり、グループ用のは数人で同時に活用することができる。

2. 3Dプリンタを活用した立体地形模型を活用した授業実践について

2-1 指導計画

附属山口小学校の森戸教諭が3Dプリンタで製作した立体地形模型を活用して、2019年6月に小学校5年生を対象に「流れる水の働きと土地の変化」の授業実践を行った。その指導計画は以下の通りである。

- (1) 佐波川の上流、中流、下流の違い
- (2) 上流、中流、下流の違いを現地で確かめる方法について
- (3) 佐波川にて、上流、中流、下流の違いを確かめる《野外観察》
- (4) 佐波川での実験、観察結果のまとめ
- (5) 上流、中流、下流で、川幅が違うのはなぜか？

- (6) 上流、中流、下流で、岩石の大きさや形が違うのはなぜか？
- (7)～(8) 上流、中流、下流で、川の流れの速さが違うのはなぜか？〈予想-話し合い〉
- (9) モデル実験での確かめ〈実験バイキング〉
- (10) 上流、中流、下流で、川の流れの速さが違うのはなぜか？〈考察〉
- (11) 〈実験バイキング〉のふりかえり
- (12)～(13) どんな時に川底がよく削られるのか？〈調べる〉
- (14) どんな時に川底がよく削られるか？〈考察〉

3Dプリンタで製作した立体地形模型は、教室での事前学習において活用すること、現地で観察場所を確認したり地形の様子を観察することに活用することを想定した。

2-2 「流れる水の働きと土地の変化」の授業実践（授業の様子と授業者による評価）

附属山口小学校の森戸教諭が、実践した授業の様子と授業者による評価は以下の通りである。

【1時間目】「佐波川の上流・中流・下流の写真を見て、どんなところが違うか気付きを交流する。」

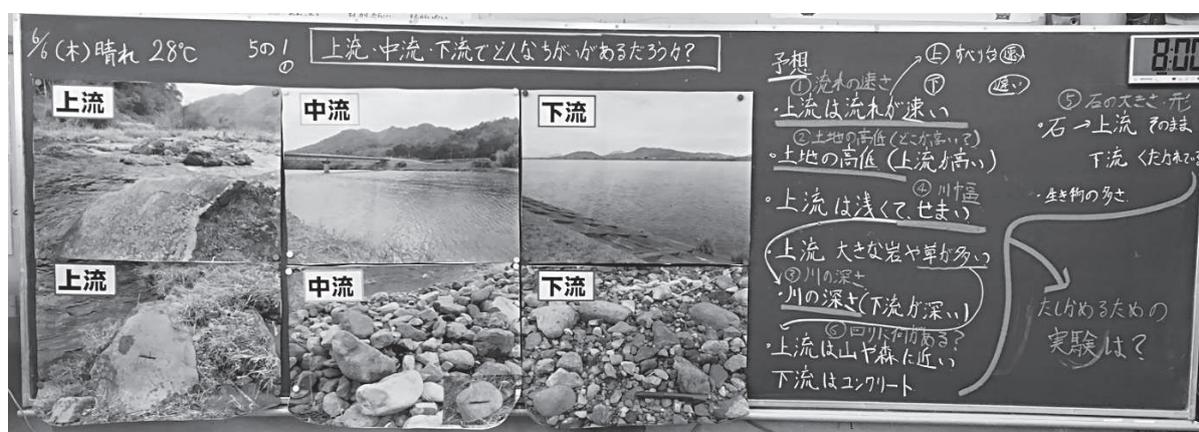


図11 上流・中流・下流の違い〔板書〕

実際に佐波川で撮影した上流・中流・下流の写真（図11）を提示して、それぞれの場所を比べてどんな違いがあるか？と問うた。児童から以下の6つの点が違うのではないかという意見が出た。

- ①流れの速さ ②土地の高低 ③川の深さ ④川幅 ⑤石の大きさ・形 ⑥川の回りの様子

出てきた6つの違いは本当なのか、実際に川へ行って調べていくこととした。

写真を提示して、どんな違いがあると思うと問うだけでは、自分事の間いにはならなかった。児童は比べて違いを見つけるが、違いを見つける必要感に乏しく、主体性にかける展開になってしまった。導入ではもっと児童をひきつける仕掛けが必要であった。

上記の6つの視点はこれから河川での流れる水の働きを学ぶのに必要不可欠なキーワードであると思う。しかし、「勾配による流れの速さの違い」や「支流の合流による水量の増加」にもスポットを当てて追究していったため時数が多く必要になった。もう少し土地の変化に焦点化することも必要であったかもしれない。

実際に川に行き確かめることを伝えると、児童はとても喜び、自然とどうやってそれを調べるかを班で相談する姿が見られた。ここではじめて、自分たちで調べたいという意識が芽生えたように感じた。

【2時間目】「前時に出た違いが本当にあるのかを実際に現地で確かめるための計画を立てる。」

前時に出た、6つの違いを確かめるために班ごとに分かれて実験計画を立てた。その際、予想で「速さはまあまあ」「ふつう」と書く児童が数人見られたので、「その書き方で違う実験をしている他の班の人にも伝わるかな？」と声をかけ、具体的に表すよう促した。また、上流・中流・下流で同じ条件で実験しようとしている班を見つけ、全体で紹介し価値づけた。今回の活動では基本的に班ごとに実験計画を組んだため、班で行う実験は様々であった。実験道具も学校にあるものは貸し出し、あとは自分の家で作ってくることとした。よく班で協力しながら実験計画を立てていた。実際に実験できるものと難しいものもあるので声をかけていく必要があった。

【3時間目】「佐波川に行き、上流・中流・下流で違いを確かめる。」《佐波川にて野外観察》



図12 川での実験



図13 川の速さを調べる



図14 川の水位の変化



図15 川を立体地形模型で確認

実際に佐波川の下流・中流・上流とめぐり、本当に違いがあるかを確かめた。それぞれ30分しか滞在時間はなかったが児童は準備してきた実験道具を使って違いを調べていった(図12, 図13)。自分の予想したことを自分の実験方法で確かめる児童の姿は川の違いを自分事として追究する姿であったのではないかと感じた。

下流・中流ではいくらか人の手が入るので、自然の石や人に持ち込まれた石、自然の流れやせき止められて深くなっている場所等があり、児童によっては見極めが難しい場合もあった。深さと土地の高低は児童が体験するのには限界があった。石の大きさ・形や川の回りの様子や川幅、流れの速さはしっかりと体感できた。

中流域において、河川の氾濫の危険水位を知らせる表示があった(図14)。こんなところまで水が来るのかと普段見ている川とのギャップに驚いていた。仮にここまで水量が増すと水の働きはどうなるのかという視点に今後結びつけることができそうだった。立体地形模型で佐波川を確認する児童もいた(図15)。

【4時間目】「佐波川での観察、実験結果をまとめる。」

上流・中流・下流での6つの違いについて児童は次のようにまとめていった。

- ①流れの速さ：上流は速い。下流は遅い。
- ②土地の高低：上流は高い位置にある。下流は低い。
- ③川の深さ：上流は浅い。下流は深い。
- ④川の幅：上流はせまい 下流は広い
- ⑤石の大きさ・形：上流はとがっていて大きい。下流は丸くて小さい。
- ⑥周りの物：上流は自然が多い。下流は住宅地が多い。海が近い

そして、違いが顕著であった流れの速さ、川幅、石の大きさ・形についてなぜこのように違いがでるのかを今後、調べていくこととした。

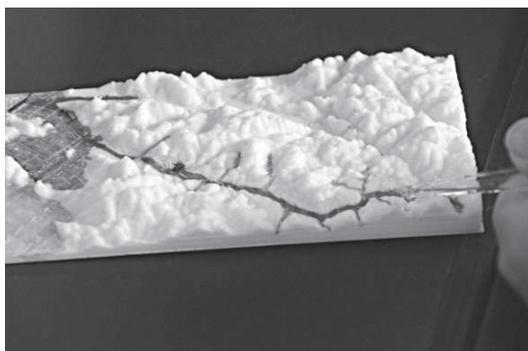


図16 立体地形模型で川の流れを確かめる (1)



図17 立体地形模型で川の流れを確かめる (2)



図18 立体地形模型で川の流れを確かめる (3)



図19 立体地形模型で川の流れを確かめる (4)

今回の実践では新学習指導要領の4年生「雨水の行方と地面の様子」とのつながりを意識した。上流・中流・下流をそれぞれ別々のものとして捉えるのではなく、1本の川としてつながっているという空間的な見方を働かせてほしいと考えた。川をつながっているものとして捉えることで上流で侵食されたものが下流に運搬されるなど離れた場所に作用する関係に目が向くと考えた。そこで、3Dプリンタで作成した佐波川の立体地形模型を用いて、佐波川の全体像を児童につかませるようにした。この立体地形模型は現地の観察にも持ち込み、自分が今、佐波川のどのあたりにいるのか位置を確認させることにも活用した。また、本時においては、現地の観察では難しかった土地の高低についてスポイトで水を流して高いところから低いところへ水が流れていく様子を確認したり（図16、図18、図19）、立体地形模型の厚みで高低を確認したりする児童の姿があった（図17）。単元の中で、随時この立体地形模型を活用した。

【5時間目】「上流・中流・下流で川幅が違うのはなぜかについて調べる。」



図20 立体地形模型とPCルームでの調べ学習

前時に出た「上流から下流にかけて川幅が広がるのはなぜか」について考えていった。児童の多くは「小さい川（支流）が本流にたくさん流れ込み、川の水が集まることで川幅が広がる」と予想した。そこで、下流に向かうにつれて本当に支流が集まっているのかを確認するため、PCルームでGoogle Mapを使いながら佐波川の支流の数を数える活動を行った（図20）。児童は2人1組になって支流を探したり、模型と照らし合わせたりしながら支流の数を数えていった。調べた結果、下流に向かうにつれて佐波川ではおよそ50以上の支流が集まっていることがわかり、川幅が広がる要因にたくさんの支流が集まっているのではないかと結論付けていった。

この下流では水の量が増えているという視点は単元終末の防災に関わると感じた。大雨が降ると水かさが増すがそれらがすべて集まってくると大変な量の水になる。洪水の危険があったり、増水による土地の侵食が起こったりするということにつなげていきたい。

【6時間目】「岩石の大きさや形が違うのはなぜかについて調べる。」

4時間目に出てきた「岩石の大きさや形が違うのはなぜか」について考えていった。児童は川の流れによって石が削られたり、かけたりするのではないかと多くの児童が予想した。そこで瓶に防犯砂利を入れて振ることで川に流される岩石を再現し、それらがぶつかって岩石の大きさや形が変わるのかを確かめるモデル実験を行った。実験前の岩石の大きさや形と比較して、岩石が小さく、丸くなっている様子から流されてぶつかることで、岩石の大きさや形が変わることを捉えていった。また、砂のようなものが瓶の底にたまるのを見て、下流に砂が多かったことと結び付けて、軽いものほど流されていき、下流にたまるということにも気づいていった。

【7～8時間目】「流れの速さが違うのはなぜか、予想を出し合い、実験計画を立てる。」

4時間目に出てきた疑問で、「上流と下流で流れの速さが違うのはなぜか」について考えていった。児童は、「上流は川幅が狭いから速くなっている」「上流はかたむきが急だから速い」「上流は川が浅いから速い」と現地での体験を元に予想していった。そして、これらの予想は正しいのかを各班ごとに実験をしていくこととした。実験の基本セットになるものを提示し、川幅や傾き、深さをどのように変えるかは各班に委ねた。(実験バイキング)

児童は右のような実験計画を立てた(21)。このとき、多くの児童が調べる条件やそろえる条件は何か?を記入しているが具体的にどんなことをしようとしているのかを問うと答えられない児童が多かった。人任せにするのではなく、具体的にどんな実験をするのか班の中で共通理解ができて納得した班から実験の準備に取り掛かった。(時間になったので実験は次回に持ち越しとなった。)



図21 児童の立てた実験計画

【9時間目】

「自分たちで計画した実験計画をもとにモデル実験を行う(実験バイキング1回目)。」

実験の前に、各班でどのような実験を行うかを確認した。このとき、実験計画のポイントとして誰がやっても、何度やっても同じ実験ができるかという客観性、再現性の視点で実験方法を見直すよう促した。実験は川幅を変える班、傾きを変える班、川の深さを変える班があり、それぞれで条件を変えながら実験を行っていった。

実験バイキングについて、実験をする分には自分たちの予想を自分たちの実験方法で調べていくため自分事として捉える姿につながっていくと考えていた。しかし、結果の交流場面で他班の結果を聞くだけでは、自分事として捉えることが難しいのではないかと考えた。そこで、今回は実験の様子を各班タブレットで撮影し、それを結果の交流の際に、他班に示しながら説明するよう促した。こうすることで、みんなが同じ物を見て、考察することができると考えたからである。なので、授業の中においてもタブレットで撮影するよう促し、その意味を児童と考える時間を設けた。



図22 児童が考えた実験(1)



図23 児童が考えた実験(2)

【10時間目】

「流れの速さが違うのはなぜか、実験結果をもとに考察を行う。」

各班ごとに実験結果を板書し、全員で結果を見比べる時間を設けた。このとき、川幅を調べた班で、川幅が広いほうが速いという結果を書いた班が1つだけあった。板書を書いた本人も周りの班と比べて自分たちの結果はおかしいと主張していた。何がおかしいのかを聞くと、川幅を変えた際に深さも変えてしまったから、結果が変わってしまったかもしれないと実験方法を振り返っていた。今回は他の班の結果の傾向から川の流れは川幅が狭いほど速いと結論付けていった。また、その他の結果についても傾きが急なほど速い、深さが浅いほど速いと結論付けた。また、実際の実験の様子を動画で流しながら説明することで、その実験をしていない人に対しても分かりやすく伝えることができていたし、聞く側もメモを取りながらよく聞いていたように思う。

本時の実践については、教科書や学習指導要領に記載のない内容なので、大学の先生に聞いてみようと思っただけで終わった。（生電話で答えていただく予定でしたが公務の関係で実現できませんでした。そのためメールにてご返答いただいた際には、川幅と傾きは要因であると言えるが、深さについては微妙だという判断でした。）

次時には計画を立てることについてや結果の交流の際に他班の結果がわかったかについて4件法で自己評価を行った。自己評価の結果、結果の交流ではタブレットを活用したことでよくわかったと答える子が多く、タブレットでやったことを示すという方法は実験バイキングにおける結果の交流に有効な手段となりうるのではないかと感じた。

【11時間目】「前回の実験バイキングを振り返る。」

本時では、前時までの実験を4件法で自己評価し、実験計画の立て方や結果の交流の仕方について振り返っていった。ここでは、実験計画を立てることができた人はなぜ、できたと思うのか、できなかった人はどこに難しさがあったのかを全体で交流していった。できたと答えた児童は主に詳しく条件を設定したり、条件をそろえたりすることができていたと答えた。逆にできていない児童は条件を変えてしまったり、調べる条件等を自分で設定することができなかつたと答えていた。

実験結果の交流については、よく分かったと答える児童が大半な中で、分からないと答える児童が二名いた。それぞれにどんなところが難しいのか尋ねると、班ごとにどんな実験をしているのか具体的な内容が伝わっていなかったり、結果がバラバラで信用できないと答えていた。そこで、どうすれば信用できる結果になるのかを話し合い、実験の計画を伝えたり、条件だけでなく道具からそろえたりするのはどうかという話になった。

【12～13時間目】「どんな時によく土地が削られるかについて調べる。」（実験バイキング2回目）

授業の初めに、前回の授業後に行った実験結果に対する振り返りを行った。納得いく実験結果を得るためにどうするかを話し合ったところ、条件をそろえる、3回繰り返すなどに注意して実験を行うこととした。

前回の実験中に土が削られてどんどん深さが変わっていくように気付いた児童に、実験の動画で確認しながら水が流れると侵食・運搬・堆積の働きが起こることを伝えた。そして、前回、深さが変わったということから侵食に焦点を当て、どんな時によく土地がけずられてしまうのかを追究することとした。児童からは、大雨で増水した時や川の流れが速い時、カーブになっている時に土地がよくけずられると予想した。そこで、予想を確かめるための実験計画を立て、2回目の実験バイキングを行った。時間の関係で実験の結果は取れたが、考察を次回に持ち越しとなった。

授業の始めに、納得いく実験結果を得るためにはどうするかを話し合ったので、本時を終えて納得いく実験結果を得ることができたかを問うた。すると得られたと答える児童が前回よりも多かった。その理由を聞いてみると条件をそろえることができていたり、何度も繰り返し実験を行ったりしたからと答えていた。

【14時間目】「どんな時に土地がよく削られるのか、実験結果をもとに考察する。」

各班の実験の結果からよく土地が削られるのは、水の量が多い時、傾きが急な時、カーブになっている時（特に外側の部分）であることが分かった。また、この時間に2回目の実験バイキングを終えて、実験計画、実験結果、結果の交流について自分はどれだけ達成できたか自己評価を行った。

2-3 授業実践から考えられる3Dプリンタの効用

この単元で、3Dプリンタが活用できる場面はいくつかあった。まとめてみると以下の4点があげられる。

- ・「河川は上流から下流へ向けて、地形に沿った一つの大きな水の流れであることを確認できた。」
言葉で上流、中流、下流と使いわけるだけでなく、これらは一つの河川としてつながっているということを強く意識させることが可能であった。
- ・「野外観察では、自分たちの観察の場所がどこであるかを立体地形模型にて確認できた。」
特に生活空間ではない場所が観察場所になる今回のような場合には、地域の地形全体から現在どこにいるかを確認するには大変効果的であった。
- ・「佐波川には50以上の支流が流れ込んでいることを立体地形模型から読み取ることができた。」
観察場所では目視できる範囲の断片的な観察になりかねない。しかし、立体地形模型を活用することにより、佐波川の本流と支流の関係を読み取り、関連づけて実際に観察することが可能となる。特に、支流の数が多いことにより水量が下流にいくほど多くなるのが、川幅などに影響してくることなども推測できるようになる。地形を考えるための思考の手がかりとすることが可能になっている。
- ・「立体地形模型から、土地の高低と川の流れの関係を読み取ることができ、モデル実験が可能になった。」
立体地形模型は高低については実際の数倍の比率で協調されている。そのため上流から下流へ向けて、川底の傾斜ができていることを見つけやすい。そのことから、実際の川の流れをイメージすることが可能となる。授業実践では立体地形模型の川に上流から水をスポイトを使い流し、土地の傾斜に沿って水が流れていくことを児童は確認している。

このように地形の学習のポイントとなるところを、立体地形模型を活用することによって児童に滑らかに学習させることが可能になることがわかる。教室での事前学習では観察する地形を想像するのに、現地での観察では場所相互の空間的なつながりを確認するのに、事後での学習では地形を考察するのに立体地形模型は大いに活用できると判断できる。

3. 児童の事後評価について

3-1 質問紙法による事後調査

授業後に次の内容を質問紙法により調査を行った。

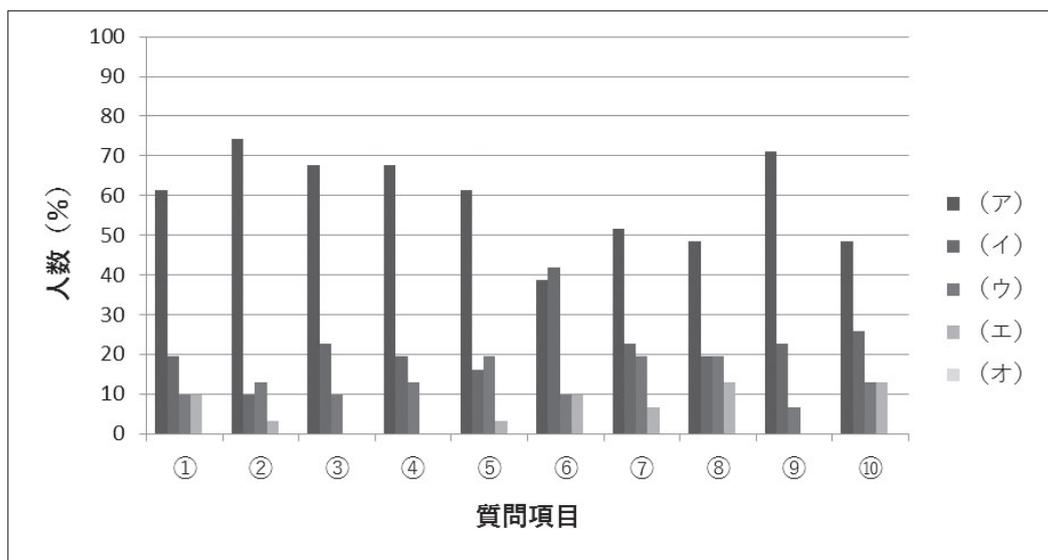
1. 佐波川の野外観察の学習を通して感じたことや考えたことを、①から⑩について (ア) ~ (オ) から一つ選んで答えてください。〔(ア) たいへんよくできた (イ) よくできた (ウ) できた (エ) あまりできなかった (オ) 全然できなかった〕

- ①自分で体験することで地形の観察はできたと思いますか。
- ②川の流れの特徴を、自分で確認することはできましたか。
- ③川原の石を手にしてみて、石の特徴を理解できましたか。
- ④佐波川の流域の地形の特徴は理解できましたか。
- ⑤地図を学習のために活用できましたか。
- ⑥地形の模型をたくさん利用することができましたか。
- ⑦地形の模型を使うことで理解は深まりましたか。
- ⑧地形の模型をもとに、グループ内でよく相談をして学習を進めることができましたか。
- ⑨学校に戻ってからも、佐波川で何を観察したか思い出すことができましたか。
- ⑩今回の野外観察を通して、佐波川に水が流れる理由を理解できましたか。

2. 地形の模型の活用について、あなたの感想を書いて下さい。〈自由記述〉

質問紙法の結果は表1のようになった。全体的には理解や取り組みについて、⑧以外は (ア) 「大変よくできた」と (イ) 「よくできた」を合わせたもので約70%以上の児童が良い評価をつけている。⑧は、「地形の模型をもとに、グループ内でよく相談をして学習を進めることができましたか。」で (ア) と (イ) を合わせたものは約68%であり、他のものより達成度が低い。これは今後の課題になるところである。立体地形模型をもっと頻繁に利用する場面をグループ学習の中に取り入れていく必要がある。

表1 事後調査結果



また、自由記述の立体地形模型の活用については、児童が良い点としてあげたものは以下の(1)～(3)である。(児童の文章は原文のまま)

(1) 立体地形模型を使い、観察場所の確認を行うことができた。(11名)

- ・今は、どこにいるか、もりのところへんにいるかわかりやすい。
- ・下流・中流・上流のポイントを書いてくれてとても使いやすかった。等高線もあったので、わかりやすかった。
- ・使いやすかったのは、高さや上流・中流・下流の場所です。
- ・●(観察場所)が書いてあったので、どこへん(場所)にいるのかがわかりやすかったです。
- ・どこに川があり、どこに山があるかが分かりやすかった。
- ・どこから辺に川があるかがよく分かった。
- ・地形をかくにんするのに使えた。
- ・川のかんさつするポイントがかかれてあって分かりやすかった。
- ・川の位置やどこに山があるのかが分かりやすかった。
- ・今、こんな場所にいるということが分かりやすかった。
- ・上流・中流・下流の場所が良く分かったし、上流から水を流して流れてわかった。

地形図を読み取ることが難しい小学生には、現地の観察だけでは空間的なつながりがわかりにくい。そこで、この立体地形模型を利用することで、児童の空間的なつながりを意識化することがねらいであった。児童の記述からこの効果はかなり高かったと判断できる。

(2) 地形の様子がよく理解することができた。(11名)

- ・と地の高低でとてもわかりやすかった。
- ・山の高さや土地のちけいなどがよくわかった。
- ・3Dのやつがあったから土地の高低がとてもわかりやすかったです。
- ・高低が調べるのにやくだった。
- ・どのようになっているのかがよくわかりました。
- ・土地の高低や流れをたしかめる時にやくに立ちました。
- ・土地の高低や山が多い所が見たらすぐに分かり、使いやすかった。
- ・地形図の中のポイントでどんな地形かかくにんできた。
- ・地形が理解できるため使いやすかった。
- ・上流・中流・下流の土地の高さを見てたしかめられたのでよかったです。
- ・高低がわかりやすかった。

これらの児童の記述から、立体地形模型の活用から「地形の特徴を読み取る」ことができていると考えられる。事前学習で立体地形模型を用いて予測した地形を、現地で観察を通して確かめる学習過程は児童の地形認識深めることを可能にすることが明らかになっている。

(3) モデル実験として活用できた。(4名)

- ・けいしゃがあつて、水を流したりして実験できた。
- ・模型でも水の流れ具合が調べられるので、とてもよかったです。
- ・上流から下流の流れを調べるときに使いやすかった。
- ・上流・中流・下流の場所が良く分かったし、上流から水を流して流れてわかった。

立体地形模型を実際に使ってモデル実験することは想定していなかったが、児童たちはこれを使って川が標高の高い場所から低い場所に流れることを確かめている。これ以外にも図22や図23のような実験を児童が工夫することにつながることができた。

おわりに

本研究における成果と課題を以下の通りである。3Dプリンタを活用すると、学校で理科の教師が日本全国の立体地形模型を容易に製作することが可能である。それは児童が日常生活からよく知っている地元の地形を、科学的に学習することを可能にする。本研究では山口県防府市の佐波川流域の立体地形模型を製作し、地形学習から空間的認識を深める学習の効用について実践的に明らかにすることができた。また、新しく製作した立体地形模型は、児童が自由に触り地形を感じとることを可能にした。これは理科の授業ではあまり実施されない「野外観察活動」で、児童の意欲や興味を高めるための方策として大きな意味を持つ。立体地形模型を見たり触ったりして感じた空間的イメージを、実際の地形を観察することで確かなものにするのができた。児童の実体験と思考とを関連付ける一つの方法として新しく提言できたと考えられる。

この実践研究は、児童が日常生活で習得している空間的認識を大きく広げることを可能にする新しい学習過程を創りあげることによって大きく寄与できたと考えられる。児童の空間的認識を広げ深める学習は、特に地球科学分野では、このように「体験的理解」(ACTUALITY)に重点をおいた地学教材を新しく考案し授業での活用方法について研究していくことが今後も期待される。

本研究を行うにあたり、山口大学教育学部社会科教育教室の楳原京子氏、山口大学附属山口小学校長岡村吉永氏から貴重なご示唆及びご協力を頂きました。感謝致します。

参考文献

- ニシムラ精密地形模型：だんだん地図(秩父長瀬)，2006年。
(URL) <https://www.nishimura-mokei.com/dandan/dandan.html>
- 国土地理院：立体地図(地理院地図3D・触地図)日本全国3Dプリンタで立体模型に
(URL) <http://cyber.japandata.gsi.go.jp/3d/index.html>
- 栗田克弘・村上潤：地形と地質を結びつけた地質野外観察の指導，全国国立大学附属学校連盟関東地区研究集会要項，p. 71，2007年。
- 栗田克弘他：中学校理科におけるアクティブラーニングにつながる学習教材の開発研究，山口大学教育学部学部附属実践研究紀要第15号，pp. 91-100，2016年。
- 栗田克弘他：中学校理科(電流と回路)における学習教材の開発研究～アクティブラーニングと関連づけた一人一実験～，山口大学教育学部学部附属実践研究紀要第16号，pp. 97-106，2017年。
- 栗田克弘他：中学校理科(電流と回路及び電流と磁界)における学習教材の開発研究Ⅲ～主体的学習における一人一実験の役割～，山口大学教育学部附属教育実践センター研究紀要第46号，pp. 117-126，2018年。
- 栗田克弘他：小中学校を見通した系統性のある新しい理科学習教材の開発と授業実践研究，山口大学教育学部附属教育実践センター研究紀要第48号，pp. 89-100，2019年。