

岩石の地質に着目した「流れる水の働き」の授業実践報告

An Example of Format for CRESE Proceeding

○白方憲伸^{*1}, 足羽光一^{*1}, 山本健太^{*1}, 川井亮介^{*1}, 谷川裕子^{*1}, 向平和^{*2}

SHIRAKATA Kenshin^{*1}, ASHIWA Koichi^{*1}, YAMAMOTO Kenta^{*1}, KAWAI Ryosuke^{*1}, TANIGAWA Yuko^{*1},
MUKO Heiwa^{*2}

^{*1}愛媛大学大学院教育学研究科, ^{*2}愛媛大学教育学部

^{*1}Graduate School of Education, Ehime University, ^{*2}Faculty of Education, Ehime University

【要約】 本研究では、小学生を対象に「流れる水の働き」の授業を実施し、真砂土と腐葉土といった本物の土を用いた実験を通して土砂災害の仕組みを理解させたうえで、「花崗岩」「真砂土」「西日本豪雨における土砂災害」を関連付けて理解させることを目的として行った。2018年の西日本豪雨による広島県の土砂災害を題材に、花崗岩が風化した真砂土の保水性の低さが災害の原因であることを考えさせる教材を作成した。授業では、真砂土と腐葉土を用いた斜面崩壊モデル実験と保水性の実験を行い、水の流れ方や崩れ方の違いを観察させた。模擬授業と小学生に行った授業実践の結果、ほとんどの児童が「花崗岩」「真砂土」「西日本豪雨における土砂災害」を関連付けて理解できたと考える。今後の課題として、斜面崩壊モデルの再検討と、実験結果が想定と異なる場合でも、このような結果になったのか児童自身が考察できるような授業法を身につける必要がある。

【キーワード】 土砂災害, 西日本豪雨, 真砂土, 腐葉土, 花崗岩

I. 研究の背景

日本では様々な自然災害が起きていて、その一つに土砂災害が含まれる。2018年7月には西日本豪雨により、広島県で土砂災害が起きた。これは、そこに分布している土(真砂土)が水を保てず、水とともに流れ出したことが原因のひとつであると考えられる。真砂土は花崗岩が風化してできた土であり、腐葉土に比べ、保水性が低い。

今回、取り扱う単元は小学5年生対象の流れる水の働きという単元である。先行研究では、発砲などのモデル実験を通して理解させるものが多く、本物の土を使っているものはほとんどない。よって、土砂災害を再現するモデルを真砂土と腐葉土といった2種類の土で作成し、粒の流れ方・水の流れ方・保水性がどう違うのか理解できるようにした。この教材を用いて、西日本豪雨を絡めることで、児童に土砂災害の仕組みを理解させ、「花崗岩」「真砂土」「西日本豪雨における土砂災害」の関係について児童に考えさせることを目的として、授業を実践した。

II. 研究の方法

〈研究の対象〉

大学生29名を小学生に見立てて模擬授業を行った(以

下、模擬授業とする)。その後、小学生4~6年20名に授業を行った(以下、授業実践とする)。

1. 授業方法

(1) 授業の導入

2018年に広島県で起きた土砂災害の動画を観せ、この土砂災害の原因は何か考えさせた。その際、大雨や地震だけではなく、地質も関係していることを伝え、地質に注目させた。広島県の地質図から、広島県全体は花崗岩質であることを読み取らせ、花崗岩と真砂土を説明し、花崗岩と真砂土と土砂災害にどんな関係があるのかを考えさせることを本時の目標とした。

(2) 実験方法

2つの実験を行った。

実験①：斜面崩壊の様子を観察する

〈使用器具〉

土を混ぜる容器(2lペットボトルを横半分に切ったもの)、プラスチック製の箱(側面1か所切り抜き、養生テープを貼ったもの)、スタンド、真砂土、腐葉土、分度器、水を入れた霧吹き、トレイ

〈あらかじめしておくこと〉

- ① 容器に真砂土を300g、水40gをはかり取り、よくかき混ぜた。

- ② プラスチック製の箱に手順1で混ぜたものを厚さ2 cm程度平らになるようにのせ、傾けても落ちない程度に固めた。
- ③ 斜面が35度になるようにスタンドの高さを調整して、手順2で作成した試料を図1のように乗せた。

〈学生の実験操作〉

- ① 斜面の角度が35度になっているかを確認する。
- ② 霧吹きで雨を降らす。
- ③ 霧吹きのプッシュ数を数えながら崩れるまでの様子や崩れす瞬間の様子を観察する。



図1. 斜面崩壊モデル実験

〈観察するポイント〉

- ・大きな粒と小さな粒でどちらが先に流れたか
- ・水はどのように流れたか(土の上を流れたか、下を流れたか)

〈教材作成のポイント〉

現実の土砂災害に近づけるために以下の4点に注意した。

- ・プラスチック製の箱の底面に養生テープを貼ることで、土と斜面との摩擦力を高めた。
- ・霧吹きを使用することで現実の雨に近づけた。
- ・土砂災害が起こりやすい条件の一つに斜面の角度が30度以上というのがあったため、斜面を35度にした。
- ・真砂土と腐葉土で実験結果を比較させ、土砂の崩れ方や水の流れ方などの違いに着目させた。
(模擬授業では、真砂土のみを行い、腐葉土は実験の様子を動画視聴させた。)

実験②：真砂土と腐葉土の保水性の違いを観察する

〈使用器具〉

横に半分に切った500ml ペットボトル(飲み口側・底側の両方を準備)、水100ml、真砂土、腐葉土、キムワイプ、輪ゴム

〈あらかじめしておくこと〉

- ① ペットボトルの飲み口部分にキムワイプを被せ、輪ゴムを巻いて固定した。(2セット作った)
- ② 手順1の試料の片方に真砂土、もう片方に腐葉土を体積が50 mL程度になるように入れた。
- ③ 手順2の試料を、飲み口部分が下になるように、底側のペットボトルにセットした。

〈学生の実験操作〉

土の全体にかかるように、回しながら水をゆっくり注いだ。

真砂土と腐葉土の保水性の違いを観察した。(図2)



図2. 真砂土と腐葉土の保水性を確かめる実験

〈教材作成のポイント〉

水の落ち具合を比較して、腐葉土は真砂土に比べて、保水性が高いことを理解させた。

(3) 土砂災害のメカニズム

2つの実験後、水の流れる通道の違いについて図3のモデルを用いて説明した。

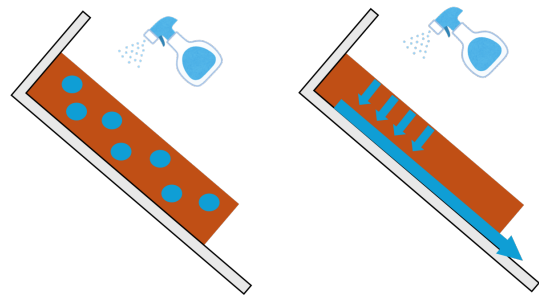


図3. 腐葉土と真砂土の水の流れのモデル図

図3について、左図が水を保ち続けることができる腐葉土、右図が水をふくんだあと土が水をためず、土の下を水が流れる真砂土であることを説明した。

その後、図4を用いて、土砂災害が起こる仕組みについて水の動きに着目させた説明を行った。

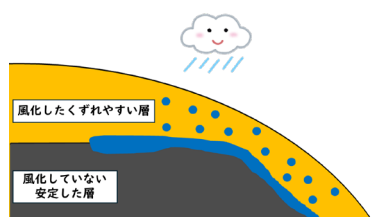


図4. 土砂災害が起こる仕組み

図4から、風化した崩れやすい層（真砂土）は水を保つことができず、風化していない安定した層との間に水が溜まっていき、風化した崩れやすい層に浮力がはたらき、水とともに崩れると説明した。風化していない安定した層は実験1でいう養生テープであることを説明した。

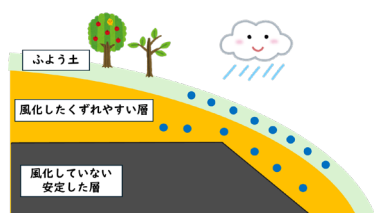


図5. 腐葉土の役割

図5から、自然界には、真砂土の上を腐葉土が覆っており、水を吸収する役割だけでなく、真砂土のさらなる風化を防いでいる役割があることを説明した。

2. 分析方法

模擬授業で使用したワークシートを評価し、その評価・分析をもとに授業案を改訂し、授業実践を行った。

模擬授業の評価・分析について、学習指導要領に示されている学力の3要素(知識・技能、思考力・判断力・表現力等、主体的に取り組む態度)に基づいて行った。

模擬授業で使用したワークシートは以下の通りである。

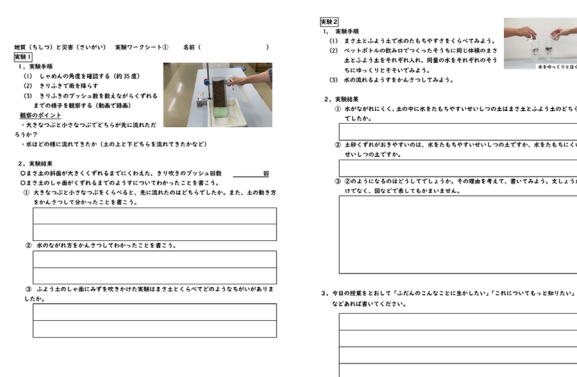


図6. 模擬授業で使用したワークシート

ワークシートの質問は以下の通りである。

・実験①：土砂災害の様子を観察する

- まさ土の斜面が大きくくずれるまでに加えた、きり吹きのプッシュ回数
- 大きなつぶと小さなつぶをくらべると、先に流れたのはどちらでしたか。また、土の動き方をかんさつして分かったことを書こう。
- 水の流れ方をかんさつしてわかったことを書こう。
- ふよう土のしゃ面に水を吹きかけた実験はまさ土とくらべてどのようなちがいがありましたか。

・実験②：真砂土と腐葉土の保水性の違いを観察する

- 土の中に水をたもちやすいせいしつの土はまさ土とふよう土のどちらでしたか。
- 土砂くずれがおきやすいのは、水をたもちやすいせいしつの土ですか、水をたもちにくいせいしつの土ですか。

・実験①、②を通して分かったこと

- F) のようになるのはどうしてでしょうか。その理由を考えて、書いてみよう。文しょうだけでなく、図などで表してもかまいません。
- 今日の授業をとおして「ふだんのこんなことに生かしたい」「これについてもっと知りたい」などあれば書いてください。

このA～Hまでの質問の記入内容を評価した。評価対象は個人記入欄や行動観察の内容であり、以下の通りとする。

(1) 真砂土の観察【知識・技能】

Q① 土の動き方を観察して分かったことについて記載があるか。

Q② 小さい粒子の方が先に流れたことについて記載があるか。

Q③ 水が土の下を流れたことについて記載があるか。
(2)土砂災害の考察ワークシートの記入や行動観察によって、以下の項目の達成状況を評価する。(1項目につき1点)【思考・判断・表現】

Q④ 腐葉土が真砂土よりも保水性が高いことについて記載がある。

Q⑤ 腐葉土よりも真砂土の方が土砂災害は起こりやすいことについて記載がある。

Q⑥ 土砂災害が起こる場合に水が土砂中を流れ、それによって土砂が侵食・運搬されることについて記載がある。

ワークシートの記入や行動観察によって、以下の項目の達成状況を評価する。(1項目につき1点)【主体的に取り組む態度】

Q⑦ 自ら他者と協力して観察・実験に取り組むことができたか。

Q⑧ 防災に対する理解に対して変容が見られたか。

Q⑨ ワークシートをすべて埋めることができていますか。

Q⑩ 花崗岩の性質について学ぶことを通し、地域のことについて積極的に学ぼうとする態度が見られたか。

模擬授業のルーブリック評価をもとにしてワークシートを作り、授業実践を行った後、同様にQ①～⑩で評価した。

ワークシートは以下の通りである。

図7. 授業実践で使ったワークシート

模擬授業で作成したワークシートの質問を以下に示す。(穴抜きは除く)

④花こう岩が身近にどんなところで使われているでしょうか？

⑤まさ土の斜面が大きくくずれるまでにくわえた、きり吹きのプッシュ回数

⑥大きなつぶと小さなつぶをくらべると、先に流れたのはどちらでしたか。また、土の動き方をかんさつして分かったことを書こう。

⑦どしゃやかけた水は、どのようにながれたか。(真砂土と腐葉土でそれぞれ記入)

⑧水がながれにくく、土の中に水をたもちやすいせいの土はまさ土とふよう土のどちらでしたか。

⑨実験 1、2 の結果から土によってどしゃくずれの起きやすさに違いがある理由を考えてみよう。水の流れる道を書いてみよう。

⑩今日の授業をととして「ふだんのこんなことに生かしたい」「これについてもっと知りたい」など、あれば書いてください。

Ⅲ. 研究結果

模擬授業で得られた結果を以下に示す。実験①の霧吹きプッシュ回数は、最も少ない班で120回、多い班だと800回以上でも崩れなかった。崩れなかったのは、土を固めすぎたことが原因であると考えられる。一方、実験②では腐葉土が真砂土に比べて保水性が高いことを導き出せていた。

ワークシートの分析結果を以下に示す。

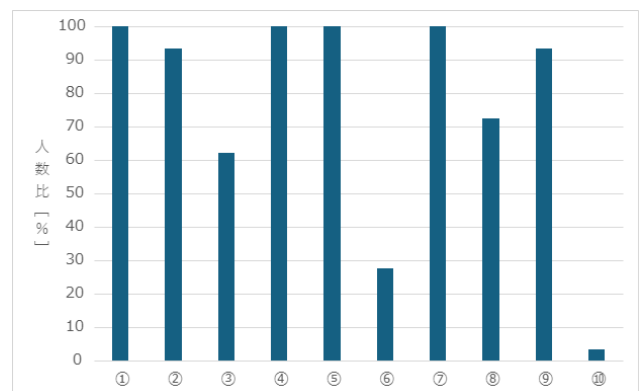


図8. ルーブリック評価に基づく達成率

図8は学生が記入したワークシートから、授業評価であるQ①～⑩が達成できているかを分析したデータである。

Q①、Q②はワークシートの問いB), C) で評価した。土の動き方については設問に誘導があり、すべての人が回答できていた。9割以上の人小さい粒が大きい粒よりも先に流れることを書いていた。Q③は問いD)

で評価した。Q③を達成していない学生の回答としては、「水がしみこむまでに時間がかかった」「水が大量に流れだした」など、水のしみこみ方に関する記述や、水の量に関する記述が見られた。Q④、Q⑤はそれぞれ問いD), E)で評価した。全ての人が腐葉土が真砂土よりも保水性が高いこと、腐葉土よりも真砂土の方が土砂災害は起こりやすいことについて記載していた。Q⑥は問いG)で評価した。Q⑥を達成していない学生の回答としては、浸食・運搬の両方に関する記述がないものも多く、さらには実験①を全く考えずに、実験②のみを考慮している回答も複数あった。Q⑦は実験に取り組む大学生の様子を観察して評価を行った。全員が実験に主体的に取り組んでいた。Q⑧は問いH)で評価した。良い回答としては、「今回の授業から、土砂崩れが起きやすいところや起きにくいところの土の性質が分かったため、自分の身を守るためにも、自分の住んでいる地域の地形や地質を理解していきたい」「土砂崩れは、地面の奥深いところから崩れることが分かったので、地面だけを見て判断するのではなく、早めに避難したいと思った。」などがあり、地質や土砂崩れの観点から防災意識を高めていた。授業者の意図とずれた回答としては、「自宅付近の地質を調べ、腐葉土と真砂土を選び分けて住む場所を決めたい。なるべく腐葉土のところに住みたい。」「土砂災害を防ぐために腐葉土を使うことが大切である。」「山が近いことに住まない。」などといった真砂土を否定する考えになっている記述が見られた。問9はワークシート全体を見て、全体が埋まっているかで評価した。

Q⑩もQ⑧同様に問いH)で評価した。Q⑩を達成した人は29人中1人のみで、唯一花崗岩についての記述があった。他の学生は花崗岩に対する記述が一切なく、「真砂土」「腐葉土」「土砂崩れ」に関する記述ばかりであった。また、花崗岩(真砂土)がマイナスなイメージでしか記述されていなかった。

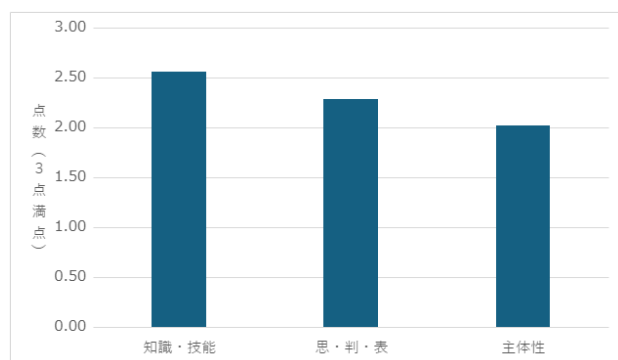


図9. 評価に基づく達成率(3項目に分類)

図9は評価を3項目に分類したものである。主体性のみ4項目(4点満点)であったため、3点満点になるように換算した。主体性(主体的に取り組む態度)が低いのはQ⑧、⑩の影響である。

授業実践で得られた結果を以下に示す。実験①を真砂土で行ったとき、霧吹き PUSH 回数は多い班で660回、少ない班で97回と班によって大きく異なる結果となった。一方、腐葉土で行ったときは真砂土ほど班によって差は出なかったものの多い班と少ない班でPUSH数が3倍近く異なっていた。また、真砂土と腐葉土の実験結果を比較したとき、PUSH数にほとんど差が出ていない班や、腐葉土のほうが少ないPUSH回数になっている班がほとんどであった。実験②の結果は模擬授業同様、腐葉土のほうが保水性が高いことを理解できる結果となった。

ワークシートの分析結果を以下に示す。

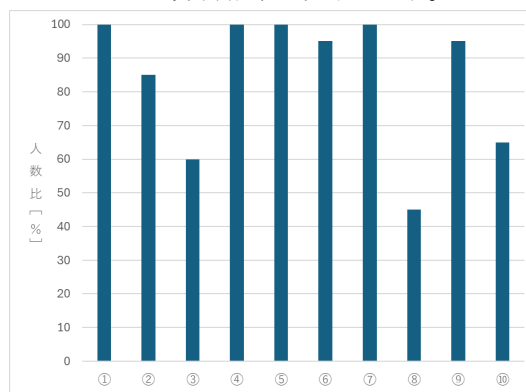


図10. ルーブリック評価に基づく達成率Ⅱ

図10は、図8と同様に学生が記入したワークシートから、授業評価であるQ①～⑩が達成できているかを分析したデータである。

Q①、Q②はワークシートの問いC)、D)で評価した。土の動き方についてはすべての人が回答できていた。問いC)はニュアンスはあっているが、問題文が読めておらず、「細かい土と混ざり合って流れた」「細かい土から流れた」「泥が先に流れていた」などの粒や粒子といった言葉がない回答が見られた。Q③は問いD)で評価した。Q③の達成率は6割で他の項目に比べて低かった。Q③を達成していない学生の回答としては、「水のしみこみ方に関する記述のみ」「下から流れたしか

書いていない」「水の流れに関する記述がない」の3パターンあった。Q④、Q⑤はそれぞれ問い⑤、⑥、まよめの穴抜きで評価した。全ての人が腐葉土が真砂土よりも保水性が高いこと、腐葉土よりも真砂土の方が土砂災害は起こりやすいことについて記載していた。Q⑥はまよめの穴抜きで評価した。一人を除いて土砂が浸食・運搬されることを正しく書けていた。Q⑦は実験に取り組む児童の様子を観察して評価を行った。全員が実験に協力し、観察し、ワークシートに一生懸命記録していた。Q⑧、Q⑩は問い⑥で評価した。達成率は45%と全質問の中で最も低かった。Q⑧、Q⑩の達成の関係を図11に示す。

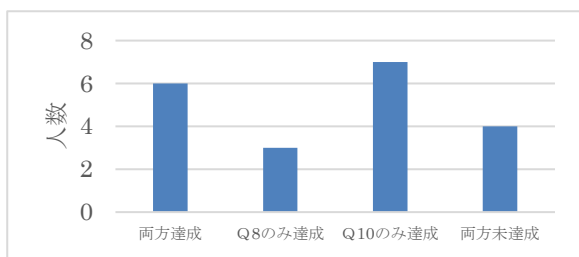


図11. Q⑧、Q⑩の達成の関係

問い⑥で多かった回答は、花崗岩についての記述で、「花崗岩が風化して真砂土になることは知らなかった」「花崗岩のでき方を初めて聞いてびっくりした」などの感想があった。「自然災害では、ハザードマップをみることも大切ではあるが、土地もしっかり見ようと思った」や「土砂災害がどれだけ危険かが分かった」などの防災に関する記述が見られた生徒もいたが、図11から、花崗岩のみの記述になっている児童も多くいたことが分かった。Q⑨はワークシート全体を見た。1人を除く全員がすべての設問に回答できていた。

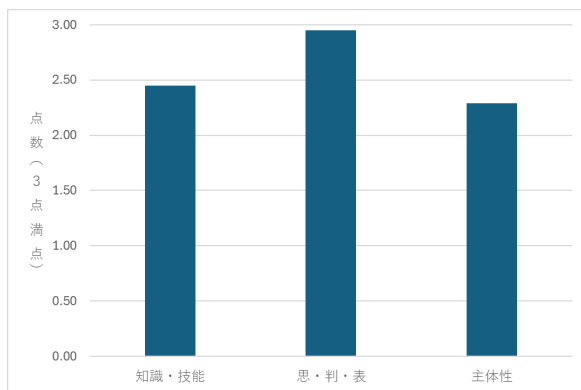


図12. 評価に基づく達成率Ⅱ (3項目に分類)

図12は、図9と同様に評価を3項目に分類したものである。Q③、Q⑧、Q⑩が低いため、思考・判断・表現に比べ、他の要素が低くなっている。

IV. 研究の考察

模擬授業の実験①の結果から、土を固めすぎず、傾けても落ちない程度に固める必要があると考えたため、予備実験を行い、100～200回プッシュで崩れるように固め方を調整した。図8から、Q⑥、Q⑩は他の項目に比べて達成率が著しく低いことが分かる。Q⑥はまよめのところにかっこ抜きで記入させるようにし、土の下を通った水によって浸食・運搬されることを理解させるようにした。Q⑩の達成率が低かったのは、地質や土砂崩れに比べて花崗岩の印象が薄かったのだと考えられる。また、真砂土の記述にはマイナスのイメージが多く書かれていた。よって、真砂土や花崗岩等の地質と共存することが大切であることを理解させるような内容にすることや花崗岩の良さを説明するということが課題であると考えた。図9から主体的に取り組む態度が最も低いことが分かる。

これらの課題を解決するために、以下の2点で大きく授業を改善した。

- ・花崗岩について理解を深め、より身近に感じられるように、花崗岩の成因や花崗岩が身近に使われている場面について、より詳しく取り扱った。
- ・日常生活を理科的な見方で捉えさせるため、また、地域のことについて積極的に学ぼうとする態度を育むために、愛媛でダイヤモンドが採れたことなどを題材に、地質や災害についての身近なクイズを行った。

また、全体的に設問によって、答えにくい要素があると点数が下がる傾向があった。問い方を単純化することによって、評価結果が改善されることがあるため、記述ばかりだったワークシート全体(図6参照)を回答しやすいように工夫した。(図7参照)

以下、授業実践の考察、授業実践と模擬授業を比較したときの考察を述べる。

授業実践の実験①の結果から、本来、真砂土の方が早く崩れるところを腐葉土の方が早く崩れた。この要因として、腐葉土に水を含ませすぎたこと、霧吹きをかける位置とかかり具合などが考えられる。授業者は、この結果は間違いで腐葉土のほうが水を保つといった説明をしたが、この通常とは逆の結果が起こった理由を考えさせることで理科的な見方・考え方の向上に繋がったのではないかと考える。図8と図10を比較すると、Q⑩の達成率が大きく伸びていることが分か

る。このことから、授業改善のポイントである花崗岩の理解を深め、身近に感じてもらうという項目は達成できたと考える。しかし、逆にQ⑧の達成率が大きく減少した。図11より、Q⑩のみを達成した人が多いことが分かる。これは、模擬授業の時とは逆で、地質や土砂災害よりも花崗岩のほうが印象に残ったからであると考え。その一方で、土砂災害と花崗岩の両方を書けている児童が6人いたため、模擬授業よりは花崗岩と土砂災害の関連を伝えられたと考える。もしくは、土砂災害を理解しているが、花崗岩のことを話しすぎて、花崗岩のことだけで書くことが埋まったのではないかと考える。

図9、図12を比較すると思考・判断・表現と主体的に取り組む態度が上がっていることが分かる。知識・技能は多少下がってはいるものの、模擬授業に比べたら、教育的効果は高かったのではないかと考える。

V. まとめ

本研究では、「花崗岩」「真砂土」「平成30年7月豪雨における土砂災害」の関係について児童に考えさせることを目的として行ったが、西日本豪雨の動画や花崗岩の紹介、実験などを通して、これらの関係性を児童に理解してもらえることができたのではないかと考える。実験本番では教師側が想定していた結果と異なる場合もある。その時に、失敗という形にするのではなく、なぜこのような結果になったのか子供たちに考えさせることがより深い学びとなるだろう。

文献

- ・一般社団法人 日本応用地質学会 災害地質研究部会編/土砂災害の疑問55(成山堂書店) P5.P6.P81.P82
- ・土木学会地盤工学委員会斜面工学研究小委員会/実験で学ぶ土砂災害(丸善出版) P26～P30