

## 小学校第4学年理科における土石流モデル実験教材の開発と実践

### Development and Practice of the Debris Flow Model Experiment Teaching Materials in the Fourth-Grade Science Classes

川真田 早苗

#### 要旨

土石流危険渓流がある地域の小学校4年生を対象に、雨水の行方と地面の様子単元において、研究協力者と共に開発した土石流モデル実験教材を活用し、土石流を取り扱った授業を実践した。開発した土石流モデル実験教材は、理科室の机上に設置できるサイズであること、児童が操作しやすいように軽量であること、素因である渓床勾配に着目し土石の流下が観察できるように水は使わないことを考慮し開発した。授業終末の学習の振り返りシートの記述から、児童は、急勾配の渓床による土石流の流下がイメージできるようになるとともに、土石流は、急勾配の渓床では流下し、渓流出口の勾配が緩くなった地点で広がり堆積することを理解できるようになった。また、土石流が広がり堆積する場に家などがあると甚大な被害になることも理解できるようになった。

キーワード：土石流モデル実験教材 (Debris Flow Model Experiment Teaching Materials) /  
雨水の行方と地面の様子 (Journey of Rainwater and the Ground Conditions) /  
小学校 (Elementary School) / 土石流 (Debris Flow)

#### I はじめに

近年、豪雨の増加に同調するように、国内における土石流の発生件数は増加傾向が見られる。土石流は、山腹が崩壊して生じた土石等又は渓流の土石等が水と一体となって渓床勾配、渓流幅の変化、微地形などの影響を受け流下する自然現象である<sup>1)</sup>。したがって、土石流は、誘因である降雨特性と素因である地形勾配等に影響を受け発生する。平成4年(1992)から令和3年(2021)の過去30年における融雪・降雨・梅雨・台風により発生した土石流の平均発生件数は、最初の10年間は約148件、次の10年間は約202件、直近の10年間は約335件と増加している<sup>2,3)</sup>。また、同期間の死者・行方不明者の数も、最初の10年間は96人、次の10年間は159人、直近の10年間は299人と増加している<sup>2,3)</sup>。

このような現状から、土石流災害に対する対策の強化が必要であり、学校教育現場における土石

流防災教育への期待が高まっている。しかしながら、高橋ら(2020)は、中学生は、土石流についての認識状況が低いことを報告しており、その要因について未学習であると推察している<sup>4)</sup>。土石流の発生は、地形勾配が素因となることから、身近な地域の地形・地質について学習する第4学年の雨水の行方と地面の様子で取り扱うことが可能である。実際に、2020年より第4学年の雨水と地面の様子単元で土石流を取り扱っている教科書もみられる。それでは、土石流についての記載がある理科教科書で学習済みの児童は、土石流についての認識状況は高くなったのだろうか。同教科書で学習した6年生、5年生を対象に「土石流を知っていますか」とアンケート調査をしたところ、土石流を知っていると答えた6年生は13%、5年生は14%に留まっており、未学習である4年生の12.5%と大差がなかった。これは、教科書で土石流を取り扱ったとしても、児童の土石流に関する認識状況が高まるわけではないことを示唆している。以上のような、土石流学習に関する課題を改

KAWAMATA, Sanae

北陸学院大学 教育学部 初等中等教育学科  
理科・理科指導法

善するため、本研究では、小学校4年生を対象とした土石流についての理解を図る土石流モデル実験教材を研究協力者とともに開発し、授業実践を通して、その効果を検証した。

## Ⅱ 小学校における土石流防災教育の現状

土石流、防災教育を検索キーワードとし、1994年から2023年の30年間の先行研究をCiNiiで検索した。その結果、本文へリンク可能な論文は30編であり、そのうち、日本の小学校における土石流防災教育に関する論文は2編であった。2編とも第5学年の流水の働きで、降雨による河川の洪水と土石流を関連付け取り扱っている。1編は、開発したモデル実験装置を活用し、流水の3作用と共に、降雨による河川の流量変化を理解させることができたと報告している<sup>5)</sup>。もう1編は、科学専門家と教員による連携授業の実践において、水路の角度の変化が可能な流水モデル実験装置を用い、流水の3作用を確かめながら土石流の仕組みや様相を理解させることができたと報告している<sup>6)</sup>。

土石流の発生、流動、堆積、停止の過程は、素因である溪床勾配によって概略区分されていることから<sup>7)</sup>、身近な地面の傾斜について学習する第4学年の雨水の行方と地面の様子で取り扱うことが望ましいと考える。しかし、先にも述べたように、第4学年において土石流を取り扱った実践的研究は現時点では散見されない。このことから、土石流に関する学習の端緒となる第4学年の雨水の行方と地面の様子における実践的研究の蓄積が必要である。

## Ⅲ 土石流モデル実験教材の開発

雨水の行方と地面の样子の学習により、児童は地表面の勾配により水が流下することを理解している。また、第4学年では、「主に既習の内容や生活経験を基に、根拠のある予想や仮説を発想するといった問題解決の力の育成を目指している<sup>8)</sup>」と示されていることから、地表面の勾配による水の流下と溪床勾配による土石等の流下を関連付け、児童が目的意識をもって操作し観察できる土石流モデル実験教材を開発した。

土石流モデル実験装置については、実際の礫・

砂・泥を水とともに流下させる大型の装置が国土交通省で紹介されている<sup>9)</sup>。これは、土石流のイメージを把握させるためには有効であるが、指導者が主体で行う演示実験が多い。そのため、児童自身が予想を立て、操作し、予想を確かめるための実験を繰り返すことは難しい。そこで、本研究では、児童自身が操作し、繰り返し実験できる土石流モデル実験教材を研究協力者と共に開発した。開発に際し、以下の3点を考慮した。①理科室の机上に設置できるサイズであること、②児童が操作しやすいように軽量であること、③素因である勾配に着目し土石の流下を観察できるように水は使わないことである。

教材は勾配可変部600mm×400mmのプラスチック段ボールと机上設置部600mm×400mmのプラスチック段ボールからなる。これは、理科室の机上に設置できるサイズである。勾配可変部には、発泡スチロール白(600mm×400mm×20mm)3枚とスタイロフォーム青(600mm×400mm×20mm)3枚を交互に重ね接着した後、発泡スチロールカッターで山地地形を作成し、それを装着した(図1)。

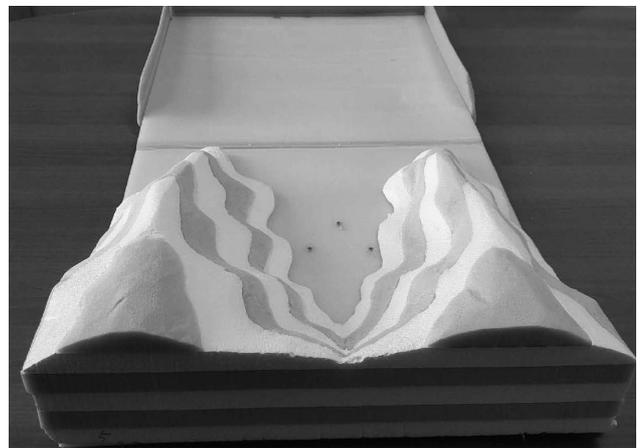


図1 理科室机上に設置可能な土石流モデル実験教材

これは、児童が、勾配可変部の勾配を0°、15°、30°と変更させ、土石の流下を観察できる(図2)。

勾配による土石流が流下することを視覚的に把握させるために、児童が扱いやすい一様粒の白玉砂利のみを活用した。

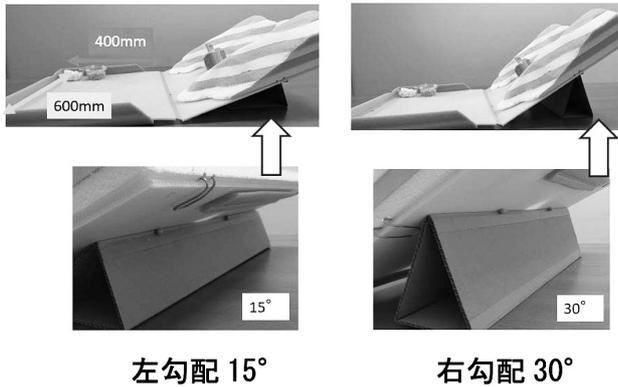


図2

#### IV 授業実践

##### 1. 実践の概要

本授業は、2023年6月中旬に、土石流危険渓流がある地域の小学校4年生16名を対象に、雨水の行方と地面の様子（全6時間）の第5、6時に位置付け実践した。授業では、①急勾配の溪床による土石流の流下がイメージできるようにすること、②発生した土石流は、急勾配の溪床では流下し、渓流出口の勾配が緩くなった地点で広がり堆積することを理解できるようにすること、③土石流が広がり堆積する場に家などがあると甚大な被害になることを理解できるようにすることを目標とし、児童の理解を図るために、勾配は傾きと表現した。

##### 2. 学習展開

まず、問題を把握し自分事として捉えることができるように次の3つの学習活動を実施した。①土石流発生前後の2枚の写真（図3）を比較し気づいたことを話し合った。②1997年7月3日に長野県の焼岳上々堀沢で発生した土石流の動画（図4）を視聴した。③実践校の地域における土石流危険渓流や土砂災害警戒地域をプロットした地図及び新聞記事を紹介した。

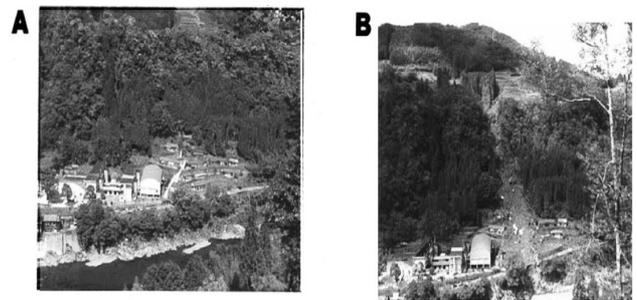
次に、個人で予想を立てた後、全体で予想を共有した。予想する際には、根拠のある予想を立てることができるように、「雨水の行方と地面の様子」での学習内容や生活経験を想起させた。また、目的を明確に意識した実験をするために、予想が妥当な場合の実験結果について共有した。実験は、各班で、土石流モデル実験教材を活用し実施した。実験の様子はタブレットで撮影し、他の班とも共有した。その後、予想が妥当な場合の結果と実験

結果の一致・不一致を比較して考察し、結論付けた。最後に、振り返りシートに記述した。

#### 3. 児童の姿

##### (1) 問題把握

問題把握のため、平成17年（2005）台風14号により土石流が発生した宮崎県日之影町神影上地区の災害前と災害後の写真<sup>10）</sup>（図3）を比較させた。この写真を教材として活用した理由は、土石流の全景が撮影されていることもあるが、避難すれば土石流から命を守ることができるということを伝えなかったからである。実際に、本写真の宮崎県日之影町神影上地区では53名が避難し、土石流による人的被害がなかった。



A 土石流発生前

B 土石流発生後

図3

児童は、2枚の写真の共通点・差異点を記録し、Bは土砂崩れが起こっていると話し合った。この時点では、土砂崩れと土石流の違いが曖昧であった。

そこで、次に土石流の動画を視聴させた。これは、1993年7月3日に長野県の焼岳上々堀沢で発生した土石流の動画<sup>11）</sup>である（図4）。動画を視聴し、土石流は、土砂崩れとは異なり大きな岩が泥水と一緒に勢いよく流下することを児童は理解した。

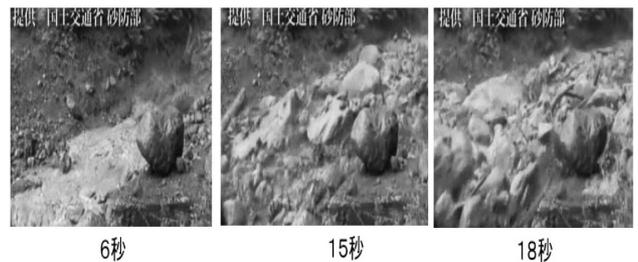


図4 土石流の様子

その際、表1のような発言が見られた。

表1 児童の発言 (Cは児童を表す)

- C 大きな石がすごい速さで上から流れてくる。  
 C どうやってこんな大きな石を動かすんだろう。  
 C 水はあんまり見えなくて大きな石や土が流れてくる。  
 C こわい。水と土だけかと思ったら、こんなに大きな石が流れてくるなんて。  
 C 土砂崩れは落ちてたまるけど、土石流は流れていくんだ。

次に、教員は、数日前に大雨が降った際、本地域でも、土砂災害の警報が出ていたことを新聞記事や警報が出ていた地点をプロットした地図で紹介した。すると、児童は、どんな所で土石流がおこるのか知っておきたいと話した結果、土石流は、どんなところでおこるのかという問題を設定した。

## (2) 予想・実験

第4学年では、「既習の内容や生活経験を基に、根拠のある予想を発想する力を養う」ことがねらいである<sup>12)</sup>。そこで、既習内容の「水は、高い場所から低い場所へと流れて集まること」<sup>13)</sup>を根拠に、問題「土石流は、どんなところでおこるのか」について予想を立てさせようとした。しかし、児童は、水を土石流に置き換え予想することはむずかしいようであった。図1の写真資料や図2の映像資料から山の中や川といった発言は出たが、勾配にはなかなか着目できなかった。そこで、授業者が、土砂災害警戒地域をプロットした地図をプロジェクターで提示すると、山の方から平らなところが囲まれていることを複数の児童が気づき勾配に着目した。それを機に、数人の児童が、水が高い所から低いところに流れるように、土石流は、地面が傾いているところで土や岩が流れてくるのかもしれないと予想を立てた。

その後、土石流モデル実験教材を提示し、予想が妥当であれば、どのような実験結果となるかについて考えさせた。具体的には、図2のように勾配可変部を0°、15°、30°と変化させたとき、予想が妥当であれば、降雨により崩れた土や石はど

のようになるかと発問した。しかし、予想の段階で、既習内容の勾配による水の動きは想起できたものの、これを土や岩に置き換え、予想が妥当な場合の具体的な実験結果を考えることに時間がかかった。そこで、実験で使用する白玉砂利を提示し、再度考えさせた。すると、「地面の傾きが0°のときは石はころがらないけれど、地面の傾きが大きいと、石の転がり方がはよくなるだろう」と速さに着目した実験結果の見通しをもつことができた。その後、各班で土石流モデル実験教材を使用し、予想を確かめた。実験は、まず、勾配可変部を0°、15°、30°に設定し、白玉砂利の流下の仕方を観察した(図5)。その際、児童は、勾配による流下の違いが比較できるように、タブレットで撮影し、白玉砂利の転がる様子を記録した。実験後、児童は、「傾きが0°のとき、白玉砂利は動かなかった。傾きが15°のとき、白玉砂利は半分以上転がって平らなところで広がって止まった。傾きが30°のとき、白玉砂利は全部転がって平らなところで広がって止まった。速さも傾きが大きいと速くなった」と実験結果を共有した。

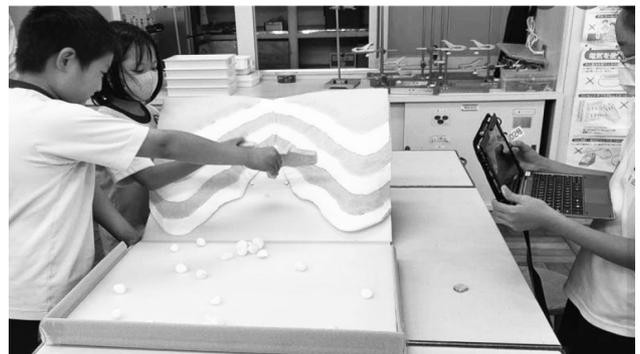


図5 土石流モデル実験教材で勾配を30°に設定した時の実験の様子

その後、教員は、「この平らなところに、もし、家を建てるならどこに建てるか」と発問し、家に見立てた積み木を各班の児童数×2個ずつ配布した。すると、児童は、共有した実験結果を基に、より安全な場所に積み木を設置し、再度実験を開始した(図6)。その結果、児童は、「傾きが0°に変化するところで白玉砂利は扇子のように広がって止まるから、傾きが変わるところからできるだけ遠い場所が安全だと思う」と話した。

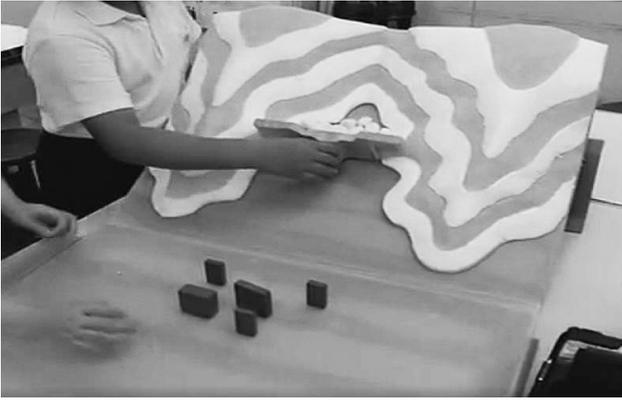


図6 土石流の堆積・停止位置の観察

### (3) 考察・結論・振り返りシート記入

考察では、まず、予想どおりの時に期待される結果と実験結果の一致不一致についてグループで話し合った。児童は、「地面の傾きが $0^\circ$ のときは石はころがらないけれど、地面の傾きが大きいと、石の転がり方がはよくなるだろう」という、勾配と転がる速度に着目した予想は妥当であったと判断した。しかしながら、勾配により転がる石の個数が異なることに関しては予想できていなかったことに気づき、勾配と転がる速さに関する予想ができていなかったことを考察に加えた。全体考察は、グループごとの考察を共有し、表2のようにまとめた。

表2 全体考察

- ・予想通りの結果と実験結果は同じところがあった。予想通りの結果と実験結果が同じところは、地面の傾きが $0^\circ$ のときは石はころがらないけれど、地面の傾きが大きいと、石の転がり方がはよくなったことだった。
- ・予想できていなかったことは、地面の傾きが大きいほど、転がる石の数が多かったことだった。これは、実験してわかった。
- ・そのほかにも、地面にでてくると（傾きが $0^\circ$ に変わるところ）石は広がって止まったことも予想できていなかった。これも、実験してわかった。

これらのことから、児童は、問題「土石流は、どんなところでおこるのか」について、「土石流は地面が傾いているところでおきて、傾きがない

ところで広がり止まる」と結論付けた。

授業の最後に、学習について振り返りシートに記述した。児童は、わかったこと、感じたこと、まだわからないこと、やりたい実験に関する内容を記述していた。児童の主な記述内容についてまとめたものを表3に示す。

表3 振り返りシートの記述内容( )内記述人数

#### ○わかったこと

- ・土石流は、大雨が降ったとき、まわりの山がくずれ、それが下まで流れてくることだとわかった。(16)
- ・土石流は高くてかたむきが大きいところでおきて、かたむきが小さくかわると広がってとまった。(16)
- ・かたむきがなくなる出口のところにある家は土石流でこわれることがあるとわかった。(16)
- ・土石流を止める方法を実験したい。(4)

#### ○感じたこと

- ・実験は、何度もできて、おもしろくて、土石流のことを考えるのに役立った。(16)

#### ○まだ、わからないこと

- ・土石流をどうやったら止められるのかを知りたい。(5)
- ・固いものを立てて石を止められるかやってみたい。(3)
- ・土石流は何日続くのか知りたい。(1)
- ・土石流の大きな岩はどうやってできるのか知りたい。(10)
- ・土石流からひなんする方法を知りたい。(16)
- ・地域の土石流危険けいりゅうを見に行きたい。(8)

#### ○やりたい実験

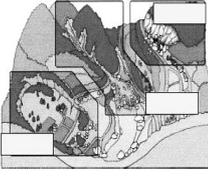
- ・今度は水を流して土や木も入れて実験したい。(7)
- ・動画のように土をまぜて実験してみたい。(5)

## V 質問紙調査結果と分析

児童の変容及び土石流モデル実験教材の評価を調査するために、授業実践1週間後に、選択肢と自由記述からなる質問紙調査を実施した(図7)。土石流を含む土砂災害のイラストは、啓林館(2020)わくわく理科4の図<sup>14)</sup>を加工し筆者が作成した。

( )小学校 ( )年 氏名( )

○土石流を表しているのは、どのイラストでしょう。  
 の中に○をつけてください



○土石流の実験はおもしろかったですか。  
 ①とてもおもしろかった ②おもしろかった ③あまりおもしろくなかった ④おもしろくなかった

○土石流を知ることには実験は役立ちましたか。  
 ①とても役立った ②役立った ③あまり役立たなかった ④役立たなかった

○土石流の実験をして感じたことを書いてください。

○土石流の学習の感想を書いてください。

図7 質問紙調査の内容

まず、土石流に関する知識についての調査結果を示す。実践前の調査では「土石流を知っていますか」という質問に対し、知っていると答えた児童は9%であり、なおかつ言葉だけ知っているという回答であった。実践後の調査では、崖崩れ、土石流、地滑りのイラストを示し、土石流のイラストを選択させた。その結果、100%の児童が、土石流のイラストを正確に選択していた。

次に、土石流モデル実験教材の評価についての調査結果を示す。これは、選択肢2問と自由記述2問を基に調査した。選択肢1では、実験についてどのように感じたかを4択で調査した。4択は①とてもおもしろかった、②おもしろかった、③あまりおもしろくなかった、④おもしろくなかったとした。調査の結果、94%の児童が①おもしろかったと回答し、6%の児童が③あまりおもしろくなかったと回答した。③を選択した児童は、自由記述の欄に、「土石流を止める実験をしてみたい」と記述していた。このことから、土石流モデル実験教材を活用することにより、当該児童は新たな問題を見だし、学習意欲が高まっていたにもかかわらず、授業で確かめることができなかつたために、不満が残ったと推察された。この自由記述の内容から、現時点の土石流モデル実験教材に砂防堰堤に関する実験を追加できるように

改善する必要があることがわかった。

選択肢2では、土石流の理解に実験は役立ったかどうかについて4択で調査した。4択は①とても役立った、②役立った、③あまり役立たなかった、④役立たなかったである。調査の結果、100%の児童が①実験はとても役立ったと回答した。これは、児童が条件を変え、納得できるまで繰り返し実験できたことが要因であると考えられる。また、タブレットで実験の様子を撮影し見直すことにより、見直しをもって実験できたことも要因の1つであると考えられる。

自由記述に関しては、まず、土石流モデル実験教材について感想を記述できる欄を作成し記述させた。その結果、62.5%の児童が、石だけでなく土や木も混ぜて実験したいと記述していた。87.5%の児童は、今度は水も流して実験したいと記述していた。50%の児童は、土石流を止める実験をしてみたいと記述していた。

次に、自由に記述できる欄を作成し記述させた。その結果、87.5%の児童が、土石流の大きな岩はどうやってできるのか知りたいと記述していた。また、75%の児童が、地域の土石流危険渓流を見に行きたいと記述していた。100%の児童が、土石流から避難する方法を知りたいと記述していた。

これらの自由記述の内容からは、土石流モデル実験教材を活用した学習は、実際に地域の土石流について知りたいという児童の意欲を高めることにつながったようだと考えられる。

## VI 考察

本授業の3つの目標である①溪床の急勾配による土石流の流下をイメージできるようにすること、②発生した土石流は、急勾配の渓流では流下し、渓流出口の勾配が緩くなった地点で広がり堆積することを理解できるようにすること、③土石流が広がり堆積する場に家などがあると甚大な被害になることを理解できるようにすることに対して、IV授業実践の3で述べた授業における児童の反応及びV質問紙調査の結果分析から、おおむね目標は達成できたと考えている。さらに、土石流モデル実験教材を活用することにより、児童が第5学年の流れる水の働きと土地の変化や第6学年の大地のつくりと変化へとつながる課題を見いだした

ことから、本実践は、学年をつなぐ探究学習を実現できると考える。ただし、今回は、16名という少人数の学級における実践であったため、土石流モデル実験教材の効果に関して、十分な検証ができたとは言えない。今後は、さらに実践を積み重ね、児童の反応を基に、土石流モデル実験教材の改善を図る計画である。

## Ⅶ おわりに

本稿では、土石流危険渓流がある地域の小学校4年生を対象に、雨水の行方と地面の様子について、研究協力者と共に開発した土石流モデル実験教材を活用し、土石流を取り扱った授業を実践した。土石流のメカニズムの科学的な理解は必ずしも容易ではないが、教科書で用語の説明に留まっている現状から、児童が探究的に土石流を学習できる土石流モデル実験教材をさらに改善し、実践的研究を蓄積したいと考えている。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、徳島県吉野川市牛島小学校近藤正二教諭には、多大なる協力をいただいた。ここに深く感謝の意を表す。なお、本研究は、JSPS 科研費JP23K02445, JP22H01064の助成を受けたものである。

## 〈引用文献〉

1. 国土交通省河川局・社団法人日本河川協会（2003）「第3章 砂防（土砂災害等対策）計画」『国土交通省河川砂防技術基準 同解説・計画編』 p. 52
2. 砂防・地すべり技術センター（平成4年～令和2年）冊子『土砂災害の実態』  
[https://www.stc.or.jp/?page\\_id=983](https://www.stc.or.jp/?page_id=983).
3. 全国治水砂防協会発行（2023）『砂防便覧平成3年版』 pp. 47-139.
4. 高橋杏一、川村教一（2020）「中学生の自然災害認識の実態：秋田県におけるアンケート調査から」『秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要』 42 pp. 87-95
5. 大鹿聖公、山田陽子（2016）「小学校理科「流水の働き」における水害に対する防災意識を促すモデル教材の開発と授業実践」『愛知教育大学教職キャリアセンター紀要』 1 pp. 101-107

6. 林武広、藤川義範、土井徹、中西裕也、磯崎哲夫（2022）「科学専門家と教員の連携による流水関連災害を扱う授業—小学校5年「流れる水のはたらき」における例—」『地学教育』 75（1） pp. 17-27
7. 国土交通省国土技術政策総合研究所（2016）「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説」 p. 9
8. 文部科学省（2017）『小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編』 p. 167
9. 国土交通省砂防部（2015）「砂防堰堤の効果（実験）」  
[https://www.mlit.go.jp/river/sabo/movie\\_library.html](https://www.mlit.go.jp/river/sabo/movie_library.html)
10. 国土交通省砂防部（2005）平成17年の土砂災害 砂防・地すべり技術センター（平成4年～令和2年）冊子『土砂災害の実態』
11. 土石流（長野県 焼岳上々堀沢）  
MP4：9.8MB、49秒  
【長野県・焼岳上々堀沢1999年7月3日発生】  
[https://www.mlit.go.jp/river/sabo/movie\\_library.html](https://www.mlit.go.jp/river/sabo/movie_library.html)
12. 文部科学省（2017）『小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編』 p. 45
13. 文部科学省（2017）『小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編』 p. 56
14. 啓林館（2020）「地面や水とわたしたちの暮らし」『わくわく理科4』 p. 31

