

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 9 月 5 日現在

機関番号：35302

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K02782

研究課題名（和文）初等教育における防災教育のための地学モデルの開発と評価 - 3つのモデルを通して -

研究課題名（英文）Development and Evaluation of Earth Science Model for Disaster Prevention Education in Primary Education -Three Models-

研究代表者

山下 浩之（Yamashita, Hiroyuki）

岡山理科大学・教育学部・准教授

研究者番号：10781099

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、近年日本の至る所で増加している「水による自然災害」についての防災意識を高めるために、初等教育（小学校5年生）で学習する「流水の働き」に3段階のモデルを導入し、侵食・運搬・堆積といった流水の単純な原理と実際に生じた自然災害を関連づけた。まず指導の第1段階として流水作用の原理をモデルとして学び、これらの原理が地形や雨量などの他の要因によって大きく影響を受けることを明らかにした。次に第2段階として何かの要因が加わった場合のイメージを基に第1段階のモデルを改変できるようにした。最後に実際のスケールで考えた場合の有用な情報の選択や判断を行わせた。大学生を対象にした検証でも大きな効果があった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

小学校5年生で学習する理科「流れる水の働き」で、水の流れによる侵食・運搬・堆積の基本的原理を学ぶが、これらの原理が実際の水による被害に直結していることを理解していなければならない。そのためには実際の理科授業において、教科書に掲載されている砂山モデル実験が実際の被害とどのような点で共通し、注意を払わなければならないかを、厳密に議論させる必要がある。球磨川等の一級河川の被害が目立って目されやすいが、被害は必ずその地域で起こりうることを想定し、支川合流部や本線分岐部、増水時の湾曲部等の水の流れを3つのモデルとともに、学校現場だけでなく地域等で提供できたことは、大きな社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：In this study, in order to raise disaster prevention awareness regarding "natural disasters caused by water," which have been increasing all over Japan in recent years, a three-stage model was introduced to the "functions of running water" taught in primary education (fifth grade), and simple principles of running water, such as erosion, transport, and deposition, were linked to actual natural disasters. In the first stage of instruction, the principles of running water were learned using a model, and it was made clear that these principles are greatly influenced by other factors such as topography and rainfall. In the second stage, the model from the first stage was modified based on an image of what would happen if some other factor was added. Finally, the students were asked to select and judge useful information when considering it on a real scale. A significant effect was also seen in verification with university students.

研究分野：理科教育

キーワード：流水の原理 モデル 防災 自然災害 本川と支川 流速 測定 水深

### 1. 研究開始当初の背景

自然災害に関するニュースは毎年のように流れ、しかも報道の即時性は通信機器の発達によって加速し、国民はその悲惨な被害の実情をリアルタイムで知ることができるようになった。「線状降水帯」という言葉は比較的耳に新しいものの、アメダスの画像はそれが日本の至る所で生じ、時間とともに移動していく様子もTVの片隅に映し出されるようになった。時間とともに河川の水位が増し続け、ある時点で堤防が越水あるいは決壊し、犠牲者や被災なさった方々が何度も繰り返し報道された。自然災害が起こるたびに生じる児童生徒の犠牲はさらに痛ましく、防災教育の充実が国全体の課題であることを共有することになった。それと同時にこれまでの理科学習における流水に関する学習が防災教育として寄与する度合いを見直す契機ともなった。

文部科学省は小学校4年生「雨水の行方と地面の様子」、小学校5年生「天気の変化」や「水の流れの働き」といった単元の学習を、積極的に自然災害との関連を図ったり触れたりするよう明記した(文部科学省, 2018)。また、教科書でも自然災害を充実したコラムやトピックとして扱われるようになった。

こうした背景を受け、小学校理科の内容である流水の原理と、規模が全く異なる自然災害をどのような方法で関連を図ることができるのか検討した結果、自然災害に対する理解の過程を3段階に分け、図1のような順序立てた指導が必要ではないかと考えるに至った。

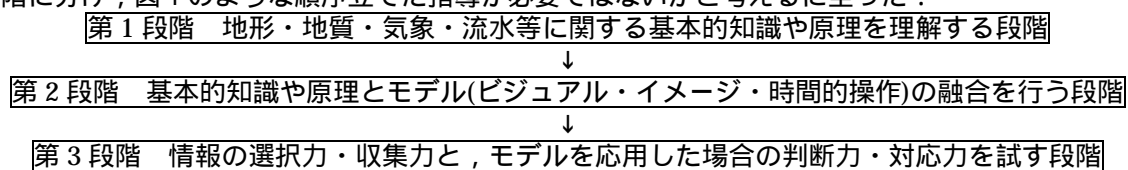


図1 理科教育から防災教育への導入の方法

### 2. 研究の目的

図1に掲げたように3段階の順序を経ることによって、学習者はこれまでに教科書等で得られた知識が防災教育と確実に関連づけることができるために、それぞれの段階を充実させることが何より重要であり、本研究の目的である。

具体的には第1段階で教科書の流水実験等を行わせながら、基本的な流水の原理(例えば侵食・運搬・堆積)を身に付けさせる。この段階で学習者に配慮したいことは、自然現象はいつも教科書通りに振る舞うとは限らないことである。再現性の高い教室内での科学実験と異なり、地学実験は再現性が低く、小さな要因が結果に対して大きな影響を及ぼすことは少なからずありうる。そのため、何度も繰り返し試行させながらそれらの傾向を読み取ることが重要であることを教師側から助言する必要がある。たとえば蛇行をモデルとして河川を再現する際、微細な曲率の違いで水の流れの方向性が変化することはよく知られている。こうした科学的な態度を養うことも第1段階で行う。第2段階では実際の自然災害の資料に触れながら(ビジュアルモデル)、河川堤防の決壊箇所や越水箇所等を、第1段階で行った流水実験と比較し、どの部分が災害に脆弱なのか、そのまま増水した場合にどのようにイメージできるか(イメージモデル)、第1段階のモデルを時間的に長く継続させた場合の状況をイメージできるか(時間的操作モデル)考えさせる。第3段階では一連の自然災害をこれまでの知識や情報をもとにイメージさせるという、総合的な段階である。現在よく発生している、深夜帯の豪雨等を想定して実際の判断力を身に付けさせる。

### 3. 研究の方法

第1段階では基本的な流水の原理を裏付けする、流速の基礎的なデータの収集を行った。流速測定で使用した機器は、河川用電磁流速計 AEM1-DA で行った。この機器は水深3cm以上あれば微流速から強流速まで測定可能であり、取り扱い方法も極めて簡単のため、小学生でも扱うことが可能であることがわかっている。実際に筆者はこの機器を使用して小学校5年生に流速測定を経験させた(山下・林, 2008)。まず河川の断面積をとり、水表面近傍、水表面と河床部の中間部、河床部近傍の流速を右岸側から左岸側まで1m毎に測定した。また、形状や水深、河床部の堆積物が異なる箇所を幾つか選び、正確な測定値を記録した。また、流水の合流部や分岐の部分も同様に測定した。

第2段階としては実際の自然災害を資料とするために、以下の河川で内水氾濫・外水氾濫・決壊・越水等を発生させた箇所を中心に画像資料作成を行うと同時に、河川の特徴(川幅・形状・地形・地質等)を観察した。観察は実際の被害状況が記録できるように、なるべく災害が発生した後の6ヶ月以内に行った。

番号	河川名(所在地)	災害発生年
	高梁川 (岡山県)	災害発生 2018年
	末政川 (岡山県倉敷市)	災害発生 2018年

- 真谷川 (岡山県倉敷市) 災害発生 2018 年
- 高馬川 (岡山県倉敷市) 災害発生 2018 年
- 内山谷川 (岡山県倉敷市) 災害発生 2018 年
- 百間川 (岡山県岡山市) 災害発生 2018 年
- 砂川 (岡山県) 災害発生 2018 年
- 旭川 (岡山県) 災害発生 2018 年
- 笹ヶ瀬川 (岡山県) 災害発生 2018 年
- 小田川 (岡山県) 災害発生 2018 年
- 江の川 (島根県) 災害発生 2018 年 2020 年 2021 年
- 鹿賀谷川 (島根県江津市) 江の川支川 災害発生 2018 年 2020 年 2021 年
- 濁川 (島根県邑智郡) 江の川支川 災害発生 2018 年 2020 年 2021 年
- 君谷川 (島根県美郷町湊地区) 江の川支川 災害発生 2018 年 2020 年 2021 年
- 八戸川 (島根県江津市) 江の川支川 災害発生 2018 年 2020 年 2021 年
- 奥谷川 (島根県江津市) 江の川支川 災害発生 2018 年 2020 年 2021 年
- 木山川 (熊本県上益城郡益城町) 災害発生 2023 年
- 御船川 (熊本県上益城郡御船町) 災害発生 2023 年
- 球磨川 (熊本県) 災害発生 2020 年
- 川辺川 (熊本県) 災害発生 2020 年
- ⑲ 平谷川 (熊本県) 球磨川支川 災害発生 2020 年
- ⑳ 吉尾川 (熊本県) 球磨川支川 災害発生 2020 年
- ㉑ 天月川 (熊本県) 球磨川支川 災害発生 2020 年
- ㉒ 庄本川 (熊本県) 球磨川支川 災害発生 2020 年
- ㉓ 小川 (熊本県) 球磨川支川 災害発生 2020 年
- ㉔ 鵜川 (熊本県) 球磨川支川 災害発生 2020 年
- ㉕ 馬氷川 (熊本県) 球磨川支川 災害発生 2020 年
- ㉖ 万江川 (熊本県) 球磨川支川 災害発生 2020 年
- ㉗ 山田川 (熊本県) 球磨川支川 災害発生 2020 年
- ㉘ 胸川 (熊本県) 球磨川支川 災害発生 2020 年
- ㉙ 牛津川 (佐賀県多久市) 災害発生 2019 年 2021 年
- ㉚ 牛津江川 (佐賀県小城市) 災害発生 2019 年 2021 年
- ㉛ 玉島川 (佐賀県唐津市) 災害発生 2023 年
- ㉜ 城原川 (佐賀県神埼郡) 災害発生 2023 年
- ㉝ 六角川 (佐賀県杵島郡大町町) 災害発生 2019 年 2021 年
- ㉞ 厚狭川 (山口県美祢市) 災害発生 2023 年

なお、被害当時の水位に関しては、新聞等の当時の資料や地元の方の話、当時のゴミの位置等から総合的に判断した。

第 3 段階では、第 1 段階から第 2 段階で得られてきた知識や考え方をもとにして、実際に授業として教育的な効果が得られるかどうかを、大学生等の学習者を対象に評価した。

#### 4. 研究成果

学習指導要領(平成 29 年告示)解説理科編では、「流れる水のはたらきと土地の変化について、水の速さや量に着目して・・・(後略)」と記述されている。流量は流速と断面積に依存しているため、それぞれの測定ポイントの最高流速と水深の関係づけるために、左岸から 1m 毎に計測を行った結果、図 2 が得られた。棒の縦軸が水深を、上のプロットはその水深での最高流速。横軸は左岸からの距離である。同様にして直線部の断面、右カーブの断面、左カーブの断面とそれぞれのポイントでの流速の関係も求めた。さらに、流速と水深の関係を知るために、図 3 を作成したところ、両者はほぼ比例関係とみることができ、 Manning の式はグラフ上の関係性を支持していると解釈できた。またそれぞれの測定地点での礫の大きさも関係付けた。

このような流水の基本的な測定を、河川が合流する地点や分岐する地点など様々な状況毎に行った。結果は全てグラフにし、児童生徒にも理解できるような授業活用のためのグラフにも改変させ、侵食・運搬・堆積の原理だけでなく、水深が増すと流速も増加することや流量と水深は密接な関係性があることにも触れた。

ビジュアルモデル作成に関しては、球磨川災害の例を挙げて示す。まず画像とともに国土地理院による地形図(Web 用国土地理院地図)(図 4)を併用した。

図 5 は球磨川から北側を撮影した画像で、左側は球磨郡立渡小学校、右側に 14 名が亡くなった千寿園の場所である。災害が生じている場所は基本的な流水の原理だけでなく様々な要因が重なっていることがわかる。下流に向き合って川幅が狭隘になる地形だけでなく、小川・鵜川という 2 つの支川から本流に流れ込んだ結果、一種の河川閉塞状況を作り出していた。このような様々な要因を含んだ流水の原理を理解するために、理解を促すためのオリジナルのイメージ図を作成した(図 6)。

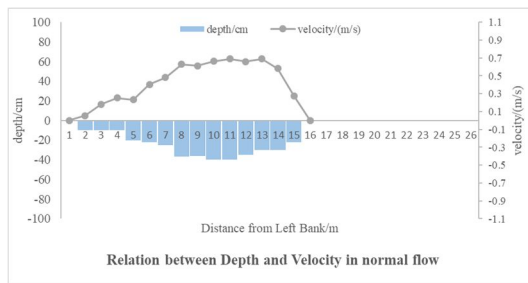


図2 水深と各ポイントの最高流速の関係

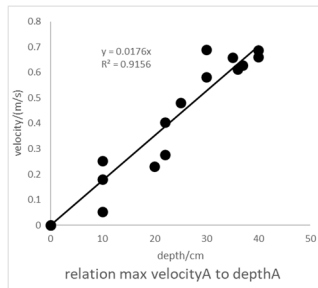


図3 上流側からみた断面の流速分布（右カーブ）川幅は16 m

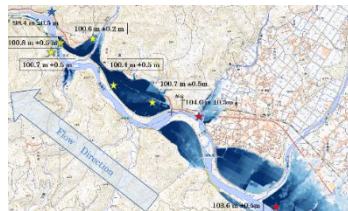
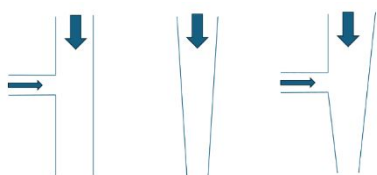


図4 千寿園が被災したときの球磨川の様子（地理院地図に筆者が加筆）



図5 球磨郡立渡小学校（旧）と千寿園跡



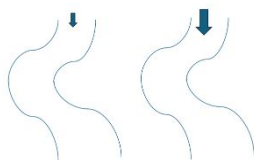
(a) (b) (c)

図6 直進する流水（大矢印）に他の要因を加えた際のオリジナルイメージ図

- (a)は流路の途中から1本の少量の水が加わった場合の状況
- (b)は直進する流水が、狭隘な流路の中に入った場合の状況
- (c)は(a)と(b)が同時に起きた場合の状況

千寿園の例は、やや単純化しているとはいえ、(c)のような状況と説明できた。

被害が生じた場所は、必ずしも侵食・運搬・堆積という原理が単純な地形の中でおきているわけではなく、むしろ複雑な条件が重なっていることを理解させる必要がある。



(d) (e)

図7 流水の量を変化させる実験の例

- (d)教科書によく取り上げられている流水実験の蛇行の図
- (e)流量を増加させた場合

図7は(d)の場合は教科書でよく取り上げられている実験であるが、増水して流量が増した場合の実験は扱われていない。一般的には流れの先端は攻撃斜面に達したとき、カーブの外側に進んで外側を侵食し、カーブの内側は堆積するが、実際の球磨川では流水は図4のように直進し、堤防の決壊や橋梁の流失が何カ所かにわたって生じている。

球磨川災害だけでなく、江の川の災害では(a)のパターンは多く、「流れる水の働き」の中のコラムや応用編として教科書の中に取り入れた方が好ましい。

このような事例は本の数例に過ぎないが、こうしたデータや被害事例を数多く集めることによって、災害が発生しやすい場所や地形、状況をビジュアルにイメージできるように資料化した。



図8 実際に流速測定をしながら様々なリスクを考える実習

これらの資料によって、情報の適切な選択と判断力のある特定の状況を想定してイメージさせる模擬授業を行ったところ、学習者からは大変好評価を得た。図8は大学生が実際に流速測定をしながら、様々なリスクを考える実習の様子であるが、複雑な要素を発見するプロセスは今般求められている探究学習そのものであり、問題解決学習でもある。

防災教育はややもすると抽象的になりがちで、地域を無視して一般化されやすい危険性がある。地域の中の特異的な状況で、何が基本的な原理と共通しているのか、何が異なっているのか、危険性はどこに潜んでいるのか、それはいつごろ起こりうるのかを様々なフェイズからアプローチする必要がある、今回の研究を学校現場でも十分に行かしている所存である。改めてここに科学研究費を使用させて頂いたことに心から感謝申し上げたい。

<引用文献>

文部科学省、小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編，株式会社東洋館出版社，2018，pp. 57,71,73, 90-91。

山下浩之・林慶一、「流速計を用いた「流れる水のはたらき」の学習」、日本地学教育学会第62回全国大会要旨集，2008，pp.90-91。

国土地理院，地理院地図電子国土web，  
<https://maps.gsi.go.jp/>（最終閲覧日 20240614）

## 5. 主な発表論文等 [学会発表] (計3件)

山下浩之，日本地学教育学会，「令和2年7月豪雨（球磨川災害）が与えた教訓と理科教育への適用」，2023.8.22. 島根くにびきメッセ（島根県）。

Hiroyuki Yamashita，Geoscience Education，「What should science education learn from the heavy rain in July 2020 in Japan and what should be improved?-Relationship between science education and heavy rain disasters-」，2022.8.23，Shimane (Japan)。

山下浩之，日本地学教育学会・公益財団法人河川財団，「水害多発時代の学校における水害の教育に関するシンポジウム - 小学校の理科の学習の改善を目指して - 」，2023.7.02. オンライン発表。

[その他] (計2件) アウトリーチ活動情報

山下浩之，岡山理科大学・国土交通省中国地方整備局との意見交換会，「自然災害の被害と理科の流水作用の基本原則を橋渡しするモデル実験開発とその応用」，2022.10.17，岡山理科大学（岡山県）。

山下浩之，岡山理科大学市民講座「山の寺子屋」，「備前じゃけえ，備えてえてえ，前もつてのう！」，2023.5.27，岡山理科大学（岡山県）。

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

山下浩之 (Hiroyuki YAMASHITA)

岡山理科大学・教育学部・准教授

研究者番号

### (2) 研究分担者 なし

### (3) 連携研究者 なし

### (4) 研究協力者 田中和加子 (Wakako TANAKA) 福岡市立西花畑小学校教諭

森 亮子 (Ryoko MORI) 福岡市立花畑小学校教諭

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 山下浩之
2. 発表標題 令和2年7月豪雨(球磨川災害)が与えた教訓と理科教育への適用
3. 学会等名 日本地学教育学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山下浩之
2. 発表標題 What should science education learn from the heavy rain in July2020 in Japan and what should be improved?-Relationship between science education and heavy rain disasters-
3. 学会等名 International Conference on Geoscience Education (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山下浩之
2. 発表標題 水害多発時代の学校における水害の教育に関するシンポジウム - 小学校の理科の学習の改善を目指して -
3. 学会等名 日本地学教育学会・公益財団法人河川財団
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	田中 和加子  (Tanaka Wakako)	福岡市立西花畑小学校・教諭	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	森 亮子  (Mori Ryoko)	福岡市立花畑小学校・教諭	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関