

令和 4 年 9 月 2 日現在

機関番号：33307

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2020～2021

課題番号：20K22225

研究課題名（和文）都市型の内水氾濫に対応した学習を追加した水害防災教育プログラムの開発

研究課題名（英文）Development of a flood disaster prevention education program with additional learning for urban flooding from inland waters

研究代表者

川真田 早苗（KAWAMATA, Sanae）

北陸学院大学・人間総合学部（子ども教育学科）・教授

研究者番号：20880363

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、小学校理科4学年「雨水の行方と地面の様子」の学習内容に、水がしみ込みにくいアスファルトやコンクリートの地表面の水の行方に関連する学習内容を追加した水害防災教育プログラムを開発し、実践を通して、児童に都市型内水氾濫に適切に対応できる能力を育成できたかどうかを検討した。その結果、児童は地表面の透水性と都市型内水氾濫を関連づけ理解するとともに、都市部の地下施設など浸水を想定し避難方法を考えるようになった。また、地域の開発についても関心を持ち、水田や田畑の重要性等を地域に発信するようになったことが、研究全体を通して明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

小学校理科4学年「雨水の行方と地面の様子」の学習内容に、水がしみ込みにくい地表面の雨水の行方を加えた理科・総合的な学習の時間からなる水害防災教育プログラムの実践により、児童は、学習内容を地域へと広げ活用するようになった。その結果、水田や田畑が水害軽減の機能をもつことに気づき、地表面の透水性の視点から地域の土地利用について考えるようになった。また、児童が学習内容を地域へ発信したことにより、地域住民が水害防災に関心をもつようになった。これらの児童の活動は、持続可能な地域社会の構築につながる。このことから、本研究では、SDGs達成に向けての具体的な教育内容や教育方法の提案ができたと考える。

研究成果の概要（英文）：In this research project, we developed a flood disaster prevention education program by adding the content of learning about where water goes on asphalt and concrete ground surfaces, which are difficult for water to penetrate, to the content of the fourth grade elementary school science class "Where does rainwater go and what does the ground look like", and then examined whether students were able to develop the ability to respond appropriately to urban flooding from inland waters through practice. As a result, the children began to understand the relationship between ground surface permeability and urban flooding from inland waters, and to think about evacuation methods in anticipation of flooding at locations such as underground facilities in urban areas. It was also clear through the entire study that they became interested in local development and communicated to the community the importance of rice fields and plowed fields, etc.

研究分野：社会科学

キーワード：水害防災教育プログラム 都市型内水氾濫 小学校理科 「雨水の行方と地面の様子」 ビー玉を活用したモデル実験

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

気候変動の影響による短時間強雨の発生回数が全国各地で増加しており、学校では水害を対象とした防災教育の推進が課題となっている。しかし、水害防災教育の実践的研究は地震防災教育に比べると少ない。

自然災害は素因と誘因があいまって発生する。したがって、水害に適切に対応する能力を育成するためには、水害を引き起こす素因と誘因を学習させる必要がある。しかし、平成20年小学校学習指導要領理科では、水害の誘因に関連する学習内容は取り扱われていたが、素因に関連する学習内容は取り扱われていなかった。また、昭和33年から平成20年の小学校学習指導要領理科の学習内容を調査したところ、水害発生の誘因に関連する学習内容は昭和33年から平成20年まですべての改訂において取り扱われているものの、素因に関連する学習内容は昭和33年のみの取り扱いであり、その後の改訂では一度も取り扱われていなかった。このため、児童は、地面の高低差により傾斜ができること、地面の傾斜により雨水は高い所から低い所へと流れて集まることという水害発生の素因である地表面の地形に関心が低く、理解も十分でなかったと推察される。この結果から、申請者は、水害の発生原因を理解させるための素因に関連する学習内容を第4学年の理科に追加して理科・総合的な学習の時間からなる水害防災教育プログラムを開発し実践した。実践を通して、児童は、地域の地表面の傾斜と雨水の流れ方を関連付け、河川に近い土地の低い箇所に内水氾濫が発生することを予測し、危険回避のために避難経路を複数考え、学習内容を地域の安全に役立てようと地域へ発信するようになった。一方で、児童は、都市型内水氾濫が発生した理由については理解していなかった。都市型内水氾濫は、都市的土地利用や郊外住宅地開発による市街地の拡大から、今後、発生が増加すると危惧されている。そのため、市街地化が進む地域では都市型内水氾濫についての理解を図る学習が必要である。

小学校理科4学年「雨水の行方と地面の様子」では、内水氾濫に関連する地表面の傾斜と土や砂の水のしみ込み方の学習を取り扱う。しかし、都市型内水氾濫に関連する学習内容は取り扱っていない。したがって、都市型内水氾濫の発生の原因についても理解し、水害に適切に対応する能力を身に付けるためには、現行の「雨水の行方と地面の様子」の学習内容に水がしみ込みにくい地表面の水の行方を追加した水害防災教育プログラムの開発が必要である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、児童が都市型内水氾濫の発生の原因を理解し、水害に適切に対応する能力を身に付けることができる理科・総合的な学習の時間からなる水害防災教育プログラムを開発することである。具体的には、小学校理科4学年「雨水の行方と地面の様子」の学習内容に、雨水がしみ込みにくいアスファルトやコンクリートの水の行方に関連する学習内容を追加した水害防災教育プログラムを開発し、実践を通してその効果を検証し、改良を図る。

3. 研究の方法

(1) 水害防災教育プログラムに追加する学習内容

児童が、都市型内水氾濫の発生の原因を理解できるように、小学校理科4学年の「雨水の行方と地面の様子」の学習項目「(イ) 水のしみ込み方は、土の粒の大きさによって違いがあること」に着目し、学習内容と実験方法を追加した。ここでは、現行の土、砂などの浸透域の地表面を流れる水の行方だけでなく、アスファルトやコンクリートの不浸透域の地表面を流れる水の行方を学習内容として追加した。具体的には、浸透域と不浸透域の地表面の水の流れ方を2つの実験を通して比較させる。1つ目は、同量の水を傾斜の等しい土、砂、アスファルトやコンクリートで構成されている地表面に同時に流し、それぞれの地表面に水がしみ込む範囲を調べる実験方法である。2つ目は、同量の水を傾斜の等しい土、砂、アスファルトやコンクリートで構成されている地表面に同時に流し、それぞれの地表面に水が流れる時間をストップウォッチで計測させる実験方法である。

(2) 水害防災教育プログラムの実践・改良

徳島県の水害頻発地域の小学校4年生の児童を対象に、開発した水害防災教育プログラムを実践した。実践後は、児童が学習の振り返りで記述した内容をもとに開発した水害防災教育プログラムの効果を検討し、課題を見だし、表1の水害防災教育プログラムへと改良した。

4. 研究成果

(1) 開発した水害防災教育プログラム

開発した水害防災教育プログラム(以下、本水害防災教育プログラムと記す)は、小学校理科4学年「雨水の行方と地面の様子」(5時間)に追加した理科発展「水がしみ込みにくい地表面の水の行方」の学習内容(4時間)、総合的な学習の時間(3時間)の全12時間からなる。

本水害防災教育プログラムのねらいは、文部科学省(2013)防災教育のための参考資料『「生きる力」を育む防災教育の展開』を参考にし、次のように設定した。

- ① 地表面の雨水の行方について理解し、これを活用し、内水氾濫及び都市型内水氾濫発生の原因を理解することができる。
- ② 内水氾濫及び都市型内水氾濫の発生を予測し、危険を回避し、自らの安全を確保するため

に行動できるようにする。

- ③ 安全で安心な地域づくりの重要性を認識して、水害に強い地域づくりのために協力し、貢献しようとする。

(2) 本水害防災教育プログラムでの児童の反応

追加した理科発展「水がしみ込みにくい地表面の水の行方」(4時間:第6時～第9時)の学習、総合的な学習の時間(3時間:第10時～第12時)の児童の反応について記す。

追加した理科発展「水がしみ込みにくい地表面の水の行方」の学習では、次のような反応が見られた。第6時では、アスファルト上に流した水の様子を観察を通して、児童は、「本当にアスファルトには土や砂のように水がしみ込まないのだろうか」という疑問をもった。

第7時では、「運動場の土とアスファルトでは水のしみ込み方はちがうのだろうか」という問題を設定し実験を行った。その結果、地表面には水が地中にしみ込む浸透域と、水がしみ込まず地表面の低い場所へと流れていく不浸透域があることを理解した。

実験方法は、傾きがほぼ同じ土とアスファルトからなる地表面に同量の水を同時に流し、それぞれの水の流れ方とその行方を観察し比較した。土とアスファルトの地表面の傾きが同程度になるように、児童が第2時・第3時で作成した水準器を用い確かめた。測定誤差を小さくするために、実験は5回行い平均値を算出した。土の上に流した水は、広がりながらしみ込み、見えなくなった。一方、アスファルトの上に流した水は、しみ込まず、直線的に側溝へ流れ込み、溝の中に溜まった。この実験結果から、児童は、「運動場の土とアスファルトでは水のしみ込み方は違っていた。土には水がしみ込むけれど、アスファルトには水はしみ込まず勢いよく低い側溝へ流れ込み溜まる」と結論付けた。

第8時では、不浸透域に降った雨の行方について理解できるように、水がしみ込みにくい立体地形図の上やアスファルト上に水を流し、水の流れ方を観察させた。まず、立体地形図の上に水を流した結果から、児童は、下流に流れた水はしみ込まず低い場所にそのまま溜まっていることを確かめた。次に、実際に、アスファルト上に水を流し、流れ方や溜まり方を再度確かめた。その際、用水路が溢れ浸水する道路の写真を提示し、その原因について話し合わせた。その結果、雨がしみ込まない道路に降った雨水が用水路に流入し、その後、溢れて浸水することを理解した。

第9時では、地下の駅構内で発生した都市型内水氾濫の原因について、これまでの学習と関連付け、その発生原因を理解した。児童は、水がしみ込みにくいアスファルトやコンクリートでできた都市部の地表面に大雨が降ると、雨水は地面にしみ込まず、一気に地下に流れ込むため、都市型内水氾濫が起りやすいこと、大雨が降ったときには駅の地下などには入らないようにしたいなどの内容が書かれていた。

第10時・第11時では、第6時から第9時までの学習内容をプレゼンテーションにまとめ、学習成果発表会で発信する準備をした。プレゼンテーション作成にあたり、児童は、都市型内水氾濫による水害を取り扱った新聞記事を集めたり、側溝の泥や雑草を取り除き内水氾濫を防ぐ活動をしている動画を撮影したりした。また、都市型内水氾濫を軽減するためには、雨水がしみ込む地域の水田や畑を残すことが重要であることも発表内容に加えた。第12時は、児童が作成したプレゼンテーションを家族・地域に向けて学習成果発表会で発表した。この結果、地域住民は、地域で発生する内水氾濫及び都市型内水氾濫について理解するとともに、水害から地域を守る遊水地としての働きをもつ水田の重要性について再認識し、水害に強い街作りについて再考する機会を得た。

(3) 本水害防災教育プログラムの成果

児童は地表面には浸透域・不浸透域があり、それらは雨水のしみ込み方が異なることを理解し、内水氾濫や都市型内水氾濫の発生の原因や危険性をイメージするようになった。また、「都会で大雨が降ったら地下には入らない。」と具体的な行動も想定できるようになった。さらに、地域の水田や畑の価値を理解し、地域の土地利用について考えるようになった。一方、保護者や地域住民も、都市型内水氾濫による水害について理解し、水害被害軽減のための土地利用について考える機会をもった。これらのことから、本水害防災教育プログラムは、効果が見られたと考えられる。

(4) 本水害防災教育プログラムの課題

土の構成粒子間にできるすきまによる透水性が、地表面の浸透域・不浸透域に影響する。したがって、都市型内水氾濫の発生原因を理解するためには、土の構成粒子間にできるすきまの大きさと透水性の関係を理解する必要がある。しかし、本水害防災教育プログラムの実践中に、土の構成粒子間にできるすきまに気づいた児童は1、2名いたが、その他の児童は気づかなかった。

これは、小学校理科4学年「雨水の行方と地面の様子」の「(イ) 水のしみ込み方は、土の粒の大きさによって違いがあること」が学習内容と示されていることが要因である。この学習では、土の構成粒子の大きさに着目した観察・実験を行うため、児童は土の構成粒子の大きさが水のしみ込み方と関連しているという理解に留まっている。一方で、実践中、土の構成粒子間にできるすきまの大きさと透水性の関係を観察したいと発言した児童もいた。具体的には、「土と砂に水

を入れて水のしみ込み方の違いを調べる実験方法は、水が茶色く濁るため、「吸収すると予想した部分」に水がしみ込む様子が観察できない」と発言した。「吸収すると予想した部分」とは土の構成粒子間にできるすきまを指していると推察されたが、その他の児童は関心を示さなかった。このことから、土や砂の手触りの違いを体感した後、虫眼鏡で土や砂を観察し、実際の土や砂を活用した透水実験を実施しても、土の構成粒子間にできるすきまに気づく児童はほとんどいなかったといえる。

(5) 課題解決のための対応策

①観察方法の改良

まず、児童が土の構成粒子間にできるすきまの大きさに気づくことができるように、虫眼鏡での観察や手触りによる土や砂の観察から、両面テープ上に土と砂を固定した観察へと改良した(図1)。両面テープ上に土の粒を固定した観察では、弁当箱のふたなどに使われている透明プラスチックを活用する。透明プラスチックの表面に両面テープを2枚貼り、その上に土と砂を置き、上から指で押さえ固定したものを観察する方法である。

この観察方法により、児童は、土と砂場の砂の構成粒子の特徴に気付くことができた。運動場の土の粒径は小さく、ばらつきが小さいこと、砂場の砂の構成粒子の粒径は大きい、ばらつきも大きいことに気づいた。また、土粒子間にできるすきまと砂粒子間にできるすきまの大きさが異なっていることも気づいた。その結果、土や砂の構成粒子間にできるすきまの大きさが、透水性に関係すると予想するようになった。(表1:第4時)



図1 両面テープ上に土と砂を固定した観察

② 実験器具の開発

次に、土の構成粒子間にできるすきまが透水性に関係していることを理解させるために、ビー玉を活用したモデル実験器具を開発した(図2)。土と砂を用いた透水実験では、水がしみ込む時間や流量の違いは観察できたが、水が濁ったため、その違いの原因が土の構成粒子間にできるすきまであることは観察できなかった。そこで、水を流しても水が濁らず構成粒子間のすきまとその間を流れる水の様子が観察できるビー玉を活用したモデル実験器具を開発した。これには、粒径の異なるビー玉を用い、円磨度(球形度)は同一となるようにした。また、ペットボトル内は同一粒径のビー玉のみを用い、淘汰度(粒径のバラツキ)の影響が出ないようにした。



図2 ビー玉を活用したモデル実験器具

児童は、砂はビー玉(粒径大)に、土はビー玉(粒径小)に対応させ実験した。その結果、ビー玉(粒径大)の間にできるすきまは大きく、そこを流れる水量は多いこと、ビー玉(粒径小)の間にできるすきまは小さく、そこを流れる水量は少ないことという実験結果を得た。このことから、児童は、「水のしみ込み方は、土の粒の大きさによってできるすきまの違いに関係している」と結論付けた。(表1:第5時)

(5) 改良した水害防災教育プログラム(全13時間)の効果

改良した水害防災教育プログラムは小学校理科4学年「雨水の行方と地面の様子」(6時間)、理科発展「水がしみ込みにくい地表面の水の行方」(4時間)、総合的な学習の時間(3時間)の全13時間からなる。改良点は、小学校理科4学年「雨水の行方と地面の様子」の時数が5時間から6時間となったところである。その他の変更はない。

表1に、改良した水害防災教育プログラムの13時間の時数、学習活動、使用教材・観察・実験、本時の評価のポイントを時数ごとに示した。

改良した水害防災教育プログラムの実践により5点の効果が見られた。1点目は、児童が主体的に問題を見だし、観察・実験を通して法則を理解できたことである。2点目は、理科で学習した法則を活用し地域で発生する内水氾濫の原因を理解し、適切に行動しようとする児童が育つことである。3点目は、都市型内水氾濫の原因を理解し、地表面の透水性の視点から地域の田畑の重要性に気づき、地域の開発に関心をもつ児童が育つことである。4点目は、総合的な学習の時間を活用し、学習内容を統合し地域へ発信することにより、児童が学習の価値を自覚し、地域に貢献しようとする態度を養えることである。5点目は、児童と地域・保護者との対話が始まり、地域全体として水害防災に対する関心が高まることである。

(6) 今後の課題

改良した水害防災教育プログラムでは表1の第4時・第5時において、①両面テープ上に固定した土と砂の観察、②土と砂を用いた透水実験、③ビー玉を用いたモデル実験の順に実施した。一方で、①土と砂を用いた透水実験、②両面テープ上に固定した土と砂の観察、③ビー玉を用いたモデル実験の順に展開したならば、児童は自ずと土の構成粒子間にできるすきまと透水性の関係に気づくのではないだろうか。今後の検証が必要である。

表 1 都市型内水氾濫に対応した水害防災教育プログラム

時	学習活動	使用教材・観察・実験	本時の評価のポイント
1	・雨天時の運動場や砂場の様子の観察と問題づくり	○運動場と砂場の雨水の様子の観察 ○雨水マップ	・雨水の流れ方やしみ込み方の違いを比較し問題をつくることができたか
2・3	・地面の傾きと水の流れ方の理解	○実験器具作成の材料 地面に見立てる材料 トレー、段ボール等 水に見立てる材料 球体であるビー玉等 水準器の入れ物に見立てる材料 ペットボトル等の容器	・水の流れ方と地面の傾きとを調べる実験器具が作成できたか ・地面には高い所と低い所があることを理解できたか ・水は高い所から、低いところへ流れて集まる規則性が理解できたか
4・5	・土の粒の大きさの把握 ・土の粒と粒の間のできるすきまの気づき ・土の粒の大きさによる水のしみ込み方の理解	○両面テープ上に固定した土と砂の観察 ○土と砂を用いた透水実験 ○ビー玉を用いたモデル実験	・土の粒と粒の間のできるすきまに気付いたか ・土の粒と粒の間のできるすきまと水のしみ込み方の違いが理解できたか
6	・水害に強い街作り	○運動場と砂場の模型 ○家の模型等	・水の流れ方やしみ込み方を活用して水害に強い街づくりの説明ができたか
7	・水がしみ込まない地面の水の流れ方の把握	○アスファルト上の水の流れ方としみ込み方	・アスファルトの水の流れ方としみ込み方を観察できたか
8	・水がしみ込む地面としみ込まない地面があることの理解	○アスファルトと運動場の水の流れ方としみ込み方の比較	・アスファルトと運動場の水の流れ方やしみ込み方の違いを理解できたか
9	・水がしみ込まないところでの水の行方	○水がしみ込まない立体地形図	・水がしみ込まない場所に降った雨の行方を理解できたか
10	・都市型内水氾濫の原因理解	○地域で発生した内水氾濫による水害の写真 ○駅で発生した都市型内水氾濫の写真	・アスファルトやコンクリートでの水のしみ込み方と流れ方を根拠に都市型内水氾濫の原因が説明できたか
11~13	・発表内容の作成と発表 ・学習の振り返り	○学習成果発表会の準備と発表 ○学習の振り返りワークシート	・学習内容を統合し、伝えられたか

5. 主な発表論文等

「雑誌論文」(計1件)

- ① 村田守、川真田早苗、自然災害(地震・火山噴火・水害)の減災教育用実験教材の開発、鳴門教育大学研究紀要、第36、2021、263-280、DOI:10.24727/00028986

「学会発表」(計3件)

- ① 川真田早苗、小学校における都市型水害に着目したESDの実践、日本環境教育学会第32回年次大会(北九州&オンライン)、2021
- ② 川真田早苗、理科で自然災害をどう取り扱うか(VI)都市型水害を理解させるためのモデル教材の開発 小学校理科での地表の透水状況を可視化する基礎的実験、日本理科教育学会、第71回全国大会(群馬大会)、2021、
- ③ 川真田早苗、理科で自然災害をどう取り扱うか(V)TIMSS2011 TIMSS 2015から見た水害防災教育の現状と課題、日本理科教育学会、第70回全国大会(岡山大会)、2020

「図書」(計2件)

- ① 川真田早苗、村田守、運動場の土と砂場の砂を用いた水害防災教育プログラム2021の実践—小学校理科4年「雨水の行方と地面の様子」に準拠して—、近年の自然災害と学校防災(Ⅲ)、協同出版、2022、118-129、
- ② 川真田早苗、都市型内水氾濫に対応した内容を追加した小学校における水害防災教育プログラムの開発、近年の自然災害と学校防災(Ⅱ)、協同出版、2021、178-189、

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 村田守、川真田早苗	4. 巻 36
2. 論文標題 自然災害（地震・火山噴火・水害）の減災教育用実験教材の開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 鳴門教育大学研究紀要	6. 最初と最後の頁 263 - 280
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.24727/00028986	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 川真田早苗
2. 発表標題 小学校における都市型水害に着目したESDの実践
3. 学会等名 日本環境教育学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川真田早苗
2. 発表標題 理科で自然災害をどう取り扱うか（ ）都市型水害を理解させるためのモデル教材の開発 小学校理科での地表の透水状況を可視化する基礎的実験
3. 学会等名 日本理科教育学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川真田早苗
2. 発表標題 理科で自然災害をどう取り扱うか（ ）TIMSS2011 TIMSS 2015 から見た水害防災教育の現状と課題
3. 学会等名 日本理科教育学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 兵庫教育大学連合大学院・防災教育研究プロジェクトチーム	4. 発行年 2022年
2. 出版社 協同出版	5. 総ページ数 207
3. 書名 近年の自然災害と学校防災	

1. 著者名 藤岡達也、村田守、吉水裕也、加藤内藏進、阪根健二、宮下敏江、山縣耕太郎、坂上弘彬、川真田早苗、佐藤克士、齊藤由美子、澁谷友和、佐藤真太郎、堀道雄、行薫浩司	4. 発行年 2021年
2. 出版社 協同出版	5. 総ページ数 208
3. 書名 近年の自然災害と学校防災	

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------