

論文

堤防決壊のメカニズムを学ぶ防災教育教材の開発とその評価 —小学校理科及び総合的な学習の時間での活用に向けて—

澤柿 教淳・小山 拓朗

Development and Evaluation of Educational Materials for Disaster Prevention to Learn
the Mechanism of Levee Breakage:
Towards Utilization in Primary School Science Class and “Comprehensive Learning
Period” Class

SAWAGAKI Kyojun and KOYAMA Takuro

要 旨

本研究の目的は、小学校理科及び総合的な学習の時間等の防災教育の場において、堤防決壊のメカニズムを学ぶことができる教材を開発し、その特徴を評価するとともに、これを用いた授業デザインを提案することである。

まず、防災教育に関わる先行研究を概観し、越水による堤防決壊など地域の実情に即した防災教育教材が不足していることを指摘した。次に、堤防決壊の3つの要因に着目した「堤防決壊観察装置」を開発した。本教材は、「越水モデル」、「浸透モデル」、「侵食・洗掘モデル」の3モデルからなる。次に、本教材が具備する特徴について、「教材の発展がコンフリクトの自立的生成に及ぼす影響」(澤柿、2020)の枠組みを援用して評価した。最後に、本教材を活用した授業デザインを提案した。今後は、地域の実情に即した防災教育に必要となる教材の不足を解消していくことが課題である。

キーワード

防災教育 水害 堤防決壊 教材開発 授業デザイン

目 次

- I. 研究の背景と問題の所在
 - II. 研究の目的
 - III. 研究の方法
 - IV. 研究の結果と考察
 - V. 研究のまとめ
- 附記
文献

I. 研究の背景と問題の所在

1. 防災教育の重要性

「災害対策基本法」第2条¹⁾では、災害とは「暴風、竜巻、豪雨、豪雪、洪水、崖崩れ、土石流、高潮、地震、津波、噴火、地滑りその他の異常な自然現象または大規模な火事もしくは爆発その他その及ぼす被害の程度においてこれらに類する政令で定める原因により生ずる被害」と定義される。一般的には、地震や津波、台風や洪水、火山の噴火や火砕流などの自然現象によって生じる「自然災害」、原子力事故など自然現象以外の要因によって生じる「特殊災害」、交通事故などの人為的な要因によって生じる「人為災害」の3つに分類される。

自然災害に対する防災教育に関する近年の指摘を概観すると、文部科学省による「東日本大震災を受けた防災教育・防災管理等に関する有識者会議」²⁾の中間とりまとめにおいて、防災教育の方向性として、①自らの危険を予測し、回避する能力を高める防災教育の推進、②支援者としての視点から、安全で安心な社会づくりに貢献する意識を高める防災教育の推進の2点が示されている。とりわけ①では、「主体的に行動する態度」の育成や、防災教育の基礎となる基本的な知識に関する指導充実が指摘されている。防災教育において危険回避行動につながる思考力や判断力を高めたり、災害発生のメカニズムを科学的に理解したりすることの重要性が示唆される。

このような防災教育を理科教育において行う提案もみられる。高橋(2004)³⁾は「①地域の自然環境や自然災害を知る、②自然災害のメカニズムを知る、③自然災害が発生した時、状況に応じて自らの安全を確保できる、④常日頃から災害に対する備えを万全にし、他の人々と協力して災害を乗り越えることのできる能力を身に付けることが肝要」であり、「これらは理科教育のねらいそのものである」と述べている。さらに、此松(2018)⁴⁾は「基本的に理科では災害としての発生理由のメカニズムを学ぶ」とし、「理科において自然災害を多く取り上げる機会が増えることは、イメージづくりに貢献することになり、より避難行動を起こす児童・生徒が増える可能性が高くなる」と指摘する。

このように、防災教育として自然災害のメカニズ

ムを学ぶことは、個々の危機感を高めたり、より確実な避難行動を促したりする効果があることが示唆される。

2. 学習指導要領理科編における防災教育の変遷

川真田(2017)⁵⁾は、小学校学習指導要領理科編の改訂の変遷について、自然災害の取り扱いに着目して4期に区分している。第1期は理科の内容に自然災害が反映されていた昭和26年と33年の改訂、第2期は理科で自然災害を取り扱わなくなった昭和43年、52年及び平成元年の改訂、第3期は再び自然災害が取り扱われるようになった平成10年と19年の改訂、第4期は自然災害を明示的に扱う平成29年の改訂がそれぞれ該当する。

第1期を概観すると、昭和26年改訂の小学校学習指導要領(1951)⁶⁾では、高学年(5~6年)の学習内容として「自然の保護と利用」を示しつつも自然環境についての深い理解については中学校以降に位置付けられている。その後の昭和27年の改訂版⁷⁾では、理解の目標VI-2に、「天然の災害は、いろいろな方法で軽くすることができる」等の記載がみられる。次の昭和33年改訂の小学校学習指導要領(1958)⁸⁾では、全学年で気象や地質等に触れる内容があり、「指導計画作成および学習指導の方針」には、その地域の実情や地質などを考慮しつつ、自然の事物や現象に接する機会を多くすることが付記されている。しかしながら、自然災害や防災という視点での明示的な記述は見当たらないようである。

第2期を概観すると、昭和43年改訂の小学校学習指導要領(1968)⁹⁾では、全学年の理科で気象や地質等に触れる内容があり、「指導計画作成および学習指導の方針」において、その地域の地質などを考慮したり、自然の保護や資源の開発などに関心をもつように配慮したりすることが付記されている。昭和52年改訂の小学校学習指導要領(1977)¹⁰⁾では、第5学年の気象や地質等に触れる内容は他学年に移行した。平成元年改訂の小学校学習指導要領(1989)¹¹⁾では、低学年理科がなくなるが、ここでもやはり自然災害や防災という視点での記述は見当たらないようである。

第3期を概観すると、平成10年改訂の小学校学習

指導要領(1999)¹²⁾では、内容の改善として「実感を伴う理解を図るため、ものづくりや自然災害に関する内容を充実した」と明記され、自然災害や防災という視点が位置付けられた。具体的には、第5学年の目標(3)「自然災害などに目を向けながら調べ」及び第6学年の目標(3)「自然災害などに関係付けながら」のように明記されている。しかしながら、教科の学習内容を自然災害と関連させることで充実させてはいるものの、防災教育の学習を行う時間は十分に保障されているとはいえない。平成19年改訂の小学校学習指導要領(2007)¹³⁾では、OECDのPISA調査の結果¹⁴⁾などから得られた課題を踏まえて理数教育を充実させ理科の時間数が増加している。そして、2 理科の改訂の趣旨の(ii)改善の具体的事項(小学校)(ウ)では、「諸現象について観察やモデルなどを通して探究したり、自然災害などの視点と関連付けて探究したりすることについての指導に重点を置いて内容を構成する」ことが記載された。具体的には、第5学年「流水の働き」で川の上流、下流の様子や川原の石の違いについての内容が設けられている。また、第6学年「土地のつくりと変化」では、「火山」と「地震」の両方を学習することとされている。

第4期を概観すると、平成29年改訂の小学校学習指導要領(2018)¹⁵⁾では、自然災害や防災との関連を図った学習も想定し、第4学年で「雨水の行方と地面の様子」が新設された。また、第5学年「流れる水の働きと土地の変化」及び第6学年「土地のつくりと変化」の内容の取扱いにおいて「自然災害に触れるようにする」と記載されるなど、人間生活との関連の中で自然現象を捉える視点がより明確になった。

このように、理科の学習指導要領の変遷からも防災教育の視点が重視されるようになってきたことがわかる。文部科学省「学校防災のための参考資料『生きる力』を育む防災教育の展開」¹⁶⁾においても、2011年3月の東日本大震災を契機として防災教育・防災管理等の見直しが行われていることはそれを裏付けるものである。さらに、小学校学習指導要領第1章総則¹⁷⁾に「災害」という言葉が使われたことで、理科だけでなく教科等横断的な取組として防災を学ぶ視点が明確化されたといえる。具体的には、小学校学習指導要領(平成29年告示)では、社会、理科、保健体育、特別活動等、様々な教科等を通して災害に関する内容を扱うようになっている。

3. 小学校第5学年理科「流水の働き」と防災教育の実践事例と諸問題

一般的な防災教育では、これまでに起きた自然災害のビデオ視聴や資料等を用いて学習が行われてきた(例えば、埴岡・吉富ら2004¹⁸⁾、片田・桑沢2006¹⁹⁾、桑沢・片田ら2008²⁰⁾)。防災教育に関する観察・実験を取り入れた実践事例としては、例えば、大鹿・山田(2016)²¹⁾が、小学校第5学年理科「流水の働き」において河川のモデル教材を用いて児童の防災に関する意識や理解を促した先行研究がある。そのモデル教材では、4つの条件(平常時 堤防あり、平常時 堤防なし、大雨時 堤防あり、大雨時 堤防なし)で観察・実験を行うことができ、河川の流量が河川敷に及ぼす影響並びに堤防の役割や効果などを視覚的に理解することができるという。実際に、愛知県内の小学校第5学年を対象にモデル教材の効果を検証した結果、9割以上の児童が具体的なイメージをもって理解できたことを報告している。さらに、「災害時に各種情報を入手する必要性」や「防災教育を学ぶ必要性」などの項目でも授業前に比べて授業後の方が防災意識が高まったとしている。

また、林・藤川ら(2020)²²⁾は、流水による砂や礫の動きの観察・実験に焦点化したモデル装置を開発している。①小型、軽量で扱いやすく理科室の教卓上に据えて実験ができること、②適量の水で安定した流れが得られること、③モデルの水路上での砂や礫等の動きが観察しやすいこと、の3点を要件として開発され、土石流、津波、洪水の再現実験が可能であるとした。

小学校理科における実践上の問題点としては、例えば、相当量の水が必要になること、目的に沿った結果を得ることが難しいこと、装置の設置に場所や時間を取ること、保管場所が必要であること、費用がかかること、形状の変化ができないこと、演示実験教材となることが多いため主体的な学びになりにくいこと、天候に左右されること等が挙げられている(例えば、大鹿・山田(2016)^{21)再掲)}、林・藤川ら(2020)^{22)再掲)})。

4. 堤防決壊に着目した教材の開発

これまで小中学校の理科授業において、堤防決壊

のメカニズムについて明示的に学ぶ場はほとんどなかった。その主な理由の1つは、前項で述べた通り、小学校理科では流水の3つの働き「侵食、運搬、堆積」について学ぶものの、自然災害や防災という視点から明示的に扱っていた期間は限定的であったことが挙げられる。もう1つは、地域の実情に即した防災教育教材が不足していることが考えられる。

平井(2020)²³⁾は、「自然災害を教訓とするには、その教材化が必要である。」と指摘する。また、文部科学省「現在の防災教育における課題(2)防災教育の内容についての課題」²⁴⁾では、「多くの種類の防災教育の素材やコンテンツを作るとともに、自由に選択できるようにすることが有益であるが、これまでの素材やコンテンツの多くは『担い手』・『つなぎ手』が活用できるようなものにはなっておらず、作成した人が自ら活用するのにとどまっておき、成果の水平展開や共有が不十分であるとの指摘がある。」と述べている。さらに、文部科学省「東日本大震災を受けた防災教育・防災管理等に関する有識者会議」最終報告²⁵⁾では、「各地域により災害の特徴は異なる。各地域ごとでも、自然災害や地域の気象特性を熟知した都道府県や市町村の防災担当部局や気象台、消防機関等と連携し、地域の実情に応じた教材を開発することなどの対応が必要である。」と指摘するなど、防災教育のための地域性を考慮した教材が不足している現状が浮き彫りにされている。

実際に、2019年10月に発生した「令和元年東日本台風」では、地域を流れる千曲川が越水によって氾濫し堤防が決壊した。長野県他によると「令和元年東日本台風(台風19号)人的被害・住家被害の状況」^{26, 27)}によると、人的被害が死者、重傷、軽傷合わせて173人(災害関連死を含む)、住家被害に関しては全壊、半壊、一部損壊、床上浸水、床下浸水合わせて9298世帯、22998人に被害が発生した。また、非常災害対策本部「令和元年台風第19号等に係る被害状況等について」²⁸⁾によると、JR東日本の北陸新幹線長野車両センターでも新幹線車両10編成が浸水するなどの被害が発生した。

堤防決壊には、主に越水、浸透、侵食・洗掘の3つの要因がある。越水とは河川水が堤防を越流し、越流水により土で出来た川裏(河川と反対側)の法尻が洗掘され、堤防の裏法尻が洗掘され、最終的に崩壊に至る現象のことである。浸透とは降雨や高い河

川水位により水が浸透し、堤防内の水位が上昇し、土の強さ(せん断強度)が低下し、川裏側の法面がすべり、最終的に崩壊に至る現象のことである。侵食・洗掘とは河川水に堤防の河川側が侵食・洗掘され最終的に崩壊に至る現象のことである(国土交通省²⁹⁾)。越水による堤防決壊のメカニズムに関しては、二瓶らが大規模な公開実験³⁰⁾を行っている。この実験では、実物大スケールの水路(長さ20m、幅1m、高さ1.8m)に高さ1mの土堤を設置して堤防決壊時の越水状況を再現した。映像では、越水してから土が削られ崩壊していく様子を観察できる。しかしながら、これを学校の理科授業で行うことは容易ではない。

地域の実情に即した防災教育教材が不足し、実際に越水による堤防決壊が身近で発生したことを踏まえると、堤防決壊のメカニズムについて学ぶことができる教材を開発することは喫緊の課題の一つであるといえる。

II. 研究の目的

本研究は、小学校理科及び総合的な学習の時間等の防災教育の場において、堤防決壊のメカニズムを学ぶことができる教材を開発し、その特徴を評価するとともに、これを用いた授業デザインを提案することを目的とする。

III. 研究の方法

前項の目的を達成するために、次の手続きをとった。

まず、小学校第理科及び総合的な学習の時間等において、防災教育の観点から堤防決壊のメカニズムについて学ぶことができる教材「堤防決壊観察装置」を開発した。

次に、教材「堤防決壊観察装置」が具備する特徴について、「教材の発展がコンフリクトの自立的生成に及ぼす影響」(澤柿, 2020)³¹⁾の枠組みを援用して評価した。

最後に、教材「堤防決壊観察装置」を活用した防災教育の授業デザインを構想し提案した。

IV. 研究の結果と考察

1. 教材「堤防決壊観察装置」の基本構造

本教材「堤防決壊観察装置」は、低水路、高水敷、堤防(川表法面・川裏法面)、法尻からなる複断面堤防の右岸(または左岸)部分をもつ。その断面図を図1に示す。これを基本構造として「越水モデル」、「浸透モデル」、「侵食・洗掘モデル」の3モデルを開発した。

児童らの個別学習またはグループ学習で容易に扱えるよう模型の外枠サイズは底面270×180(mm)、高さ130(mm)として小型化を図るとともに、堤防等は発泡スチロールブロックを加工して軽量化を図った。透明ポリスチレン素材のため内部の視認性も確保されている。法勾配はおよそ1:0.33である。接着剤には防水用透明シーラントを用い、砂にはセキユリティーサンド(販売元 株式会社住若DIY事業部)を用いた。本製品は、適度な湿り気があることで形が一定程度保持できる点が特徴で、泥水も発生しないことが利点である。さらに、給水部分には、USB電源の水中モータを用いることでプログラミングツールMESHで制御することを可能とした。なお「越水モデル」では、堤防中央を周囲より低くすることで越水させるようにするとともに、川裏法面を砂で成形する。「浸透モデル」では、堤防の川表法面の一部に園芸用給水スポンジを加工して埋め込むことで浸透させるようにするとともに、川裏法面を砂で成形する。「侵食・洗掘モデル」では、それとは反対に、川表法面を砂で成形することで侵食・洗掘させるようにする。

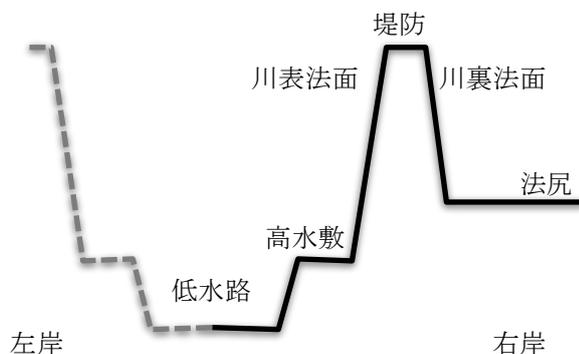


図1. 教材「堤防決壊観察装置」の基本構造
参考 国土交通省「河川構造物」³²⁾

2. 越水モデルの開発

越水による堤防決壊の状況を明示的に再現するために、「越水モデル」を開発した。図2にその概略を示す。

平常時には低水路にあった河川水が増し、高水敷(河川敷)に至り、さらに堤防を越水すると、川裏法面が崩壊する様子が観察できる。

越水が始まると、川裏法面の強度が低下するとともに、法尻の洗掘が進み(図3)、川裏法面の崩壊に至る(図4)。

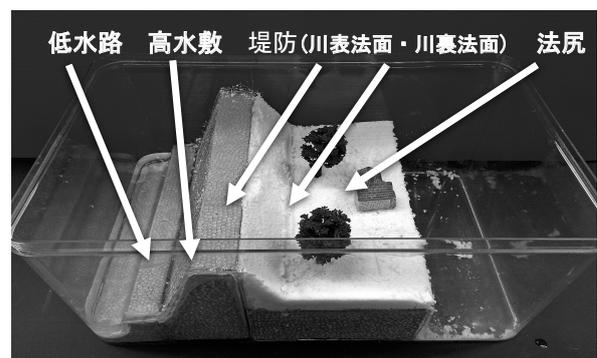


図2. 越水モデル

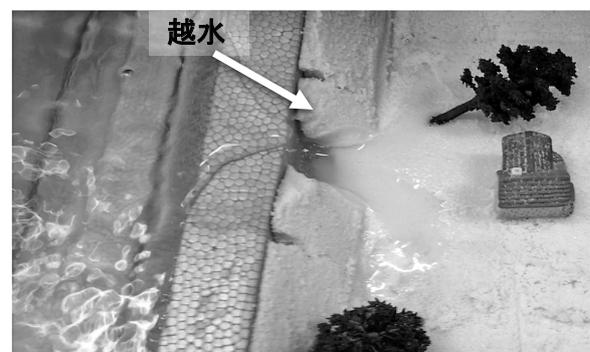


図3. 越水と川裏法面の強度低下



図4. 越水による川裏法面の崩壊

3. 浸透モデルの開発

同様に、浸透による堤防決壊の状況を明示的に再現するために、「浸透モデル」を開発した。図5にその概略を示す。

平常時には低水路にあった河川水が増し、高水敷(河川敷)を越えたあたりで、川表法面から浸透した水によってしだいに川裏法面が崩壊する様子が観察できる。

浸透が始まると、川裏法面の強度が低下するとともに、法尻の土砂が流動して(図6)、川裏法面の崩壊に至る(図7)。

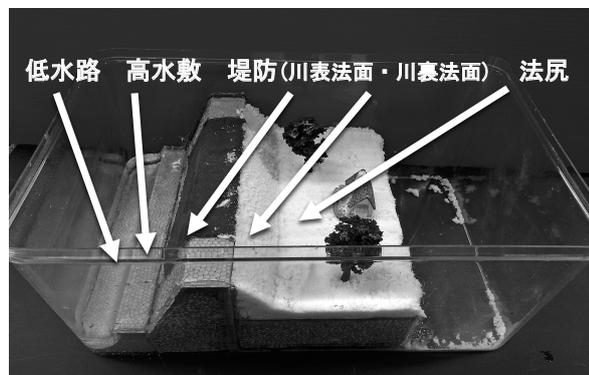


図5. 越水モデル

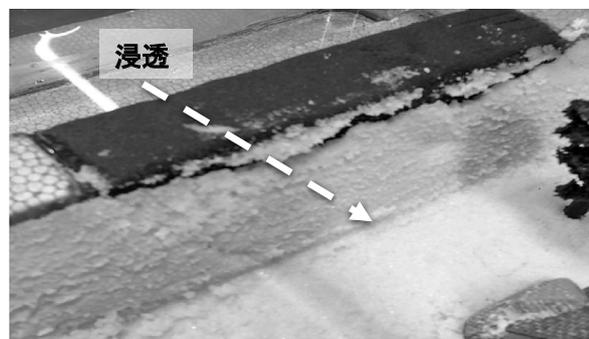


図6. 浸透と川裏法面の強度低下

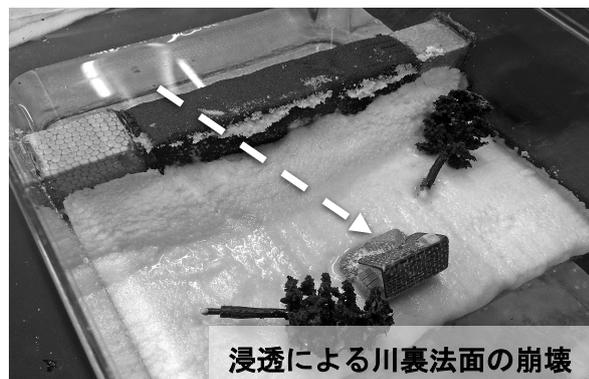


図7. 浸透による川裏法面の崩壊

4. 侵食・洗掘モデルの開発

同様に、侵食・洗掘による堤防決壊の状況を明示的に再現するために、「侵食・洗掘モデル」を開発した。図8にその概略を示す。

平常時には低水路にあった河川水が増し、高水敷(河川敷)を越えると、川表法面の直接的な洗掘や滑りによって川表法面が崩壊する様子が観察できる。

侵食・洗掘が始まると、川表側の法尻の崩壊や川表法面の滑り(図9)などにより、川表法面の崩壊に至る(図10)。



図8. 侵食・洗掘モデル

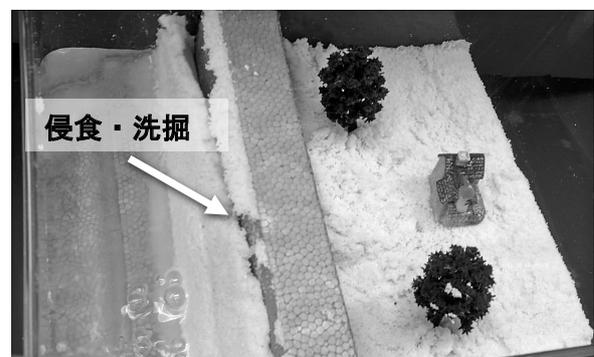


図9. 河川水による侵食・洗掘の進行

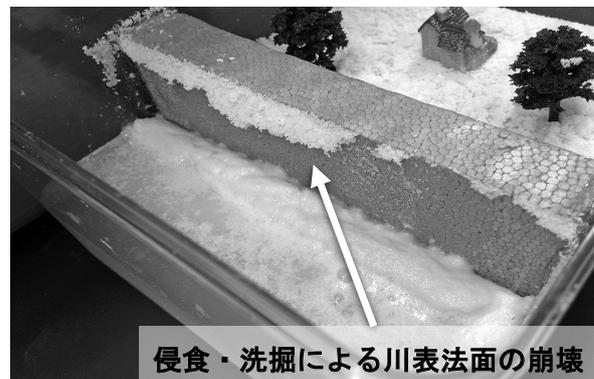


図10. 侵食・洗掘による川表法面の崩壊

5. 教材「堤防決壊観察装置」の評価

教材「堤防決壊観察装置」が具備する特徴を、澤柿(2020)^{31再掲}の「教材の発展がコンフリクトの自立的生成に及ぼす影響」の枠組みを援用して評価した。これを表1に示す。

まず、本教材では、モデル内に水(約1リットル程度)を注ぐだけの簡便な作業で堤防決壊の様子が観察できる。素材には軽量で扱いやすいものを用いているため比較的安全に目的に応じた観察・実験を行うことができる。これらことから、本教材には、i：児童からのアクセスを容易にするシンプルな構造が具備されているといえる。

次に、本教材は「越水」、「浸透」、「侵食・洗掘」の3モデルが1セットとなっている。基本構造はいずれも共通しているため、それぞれの事象を容易かつ、同時に比較することが可能である。また、児童らの堤防決壊に対する固定化した心象、例えば、「流水の主な働きは侵食・運搬・堆積の3つである」という既習事項を多面的に見直す契機になると考えられる。これらことから、本教材には、ii：相反す

ような複数の心象を想起させるマルチプルな構造が具備されているといえる。しかしながら、それぞれのモデルは、「越水」、「浸透」、「侵食・洗掘」による堤防決壊の状況を明示的に再現することに主眼が置かれているため、やや説明的な要素が強く、教材の活用場面によっては、児童らのコンフリクトを自立的に生成・解消させるとまではいえない可能性がある。

次に、本教材は先述のように3モデルが1セットとなっていたり、給水量をプログラミングで制御したりすることが可能なことから、児童らは自らの問題意識に応じて条件を変えながら試行することが可能だといえる。これらことから、本教材には、iii：問題意識に応じてトランスフォームできるフレキシブルな構造が具備されているといえる。しかしながら、「越水」、「浸透」、「侵食・洗掘」のそれぞれのモデルにおいて、例えば、堤防の高さや、川表法面の浸透具合、法勾配等を部分的に調整できるような構造は具備していない。児童らのコンフリクトを自立的に生成・解消させることができるように機能するためには、より改善が必要だといえる。

表1 教材「堤防決壊観察装置」が具備する特徴

教材の構造の発展過程	コンフリクトの自立的生成過程に及ぼす影響	本教材と児童らの関わり方の例
a： 児童からのアクセスを容易にするシンプルな構造	i： コンフリクトの生成準備	安全で単純なつくりの「越水」、「浸透」、「侵食・洗掘」のそれぞれのモデル教材を児童らが比較的容易に操作することを通して、具体的な事実や事象等に触れながら問題を把握したり、これまでの経験や既習事項を想起したりして、自分の考えを率直に表現する。
b： 相反するような複数の心象を想起させるマルチプルな構造	ii： コンフリクトの自立的生成とその自覚化	児童らが、「越水」、「浸透」、「侵食・洗掘」による堤防決壊の多様な事実や事象等に触れることを通して、それぞれの災害の特徴や、避難の方法、防災の手段等の異同に気付く。
c： 問題意識に応じてトランスフォームできるフレキシブルな構造	iii： コンフリクトの解消	児童らが、川の水量の変化や土地(堤防)の変化との関係について条件を制御して調べる活動を通して、「侵食・洗掘」以外にも、「越水」、「浸透」という新たな視点を導出するなど教材を変形・選択しながら検証可能な方法を立案したり、実際に立案した方法で観察・実験を行ったりする。

「教材の発展がコンフリクトの自立的生成に及ぼす影響」(澤柿、2020)を援用して、筆者作成

以上から、本教材には、コンフリクトの自立的生成過程に有効に働くような3つの特徴が具備されていることが示唆された。一方、児童らのコンフリクトを自立的に生成・解消させるには、教材のさらなる改善に加えて、本教材の特徴を最大限に生かすような授業デザインの工夫が併せて求められる。この点については、次項で詳述する。

6. 教材「堤防決壊観察装置」を用いた授業デザイン

本教材は、小学校理科及び総合的な学習の時間等の防災教育の場において活用できることを志向して開発した。本項では、本教材を用いた授業デザインについて述べる。表2に小学校第5学年理科「流水の働き」で用いた場合の本単元の主な学習内容³³⁾を、表3に総合的な学習の時間で防災教育をトピックで扱った場合の一単位時間のねらいを、表4に授業中に発現することが想定されるコンフリクトの例を示す。

なお、小学校第5学年理科「流水の働き」(全10時間)において扱う場合については、通常の理科としての単元(1/10時～9/10時)のまとめの1時間に位置付けた。したがって、前時(9/10時)までに、内容ア-(ア)、(ウ)については既習事項となっている。総合的な学習の時間で防災教育をトピックで扱う場合については、小学校第6学年または中学校での活用を想定した。授業デザインを構想するにあたっては、露木(2007)³⁴⁾及び国立教育政策研究所(2010)³⁵⁾の二重否定を取り入れた学習指導案の事例が参考になる。露木は、「事象に『矛盾』があるのではなく、人間の認識と事象の間に『矛盾』は存在する」と指摘する。具体的には、当初は矛盾(コンフリクト)に感じられたものが矛盾(コンフリクト)でなくなるような二重否定による再構成の場面を意図的に学習指導案の中に組み入れることを提案している。本時では、コンフリクトの例1「おや?川裏法面が崩壊したよ、まだ川表法面が侵食されていないのに。」の発現とその解消による二重否定の構造をもつ授業デザインを想定した。

まず、授業序盤で、児童らは、まず「川裏裏面が崩壊している事象」についてその要因を互いに考える。この時、児童らは既習事項をもとに「(川裏法面は)川の水で侵食されたのではないか」と予想する。

授業中盤では、児童らは、「まだ川表法面が侵食されていない」という事実に触れる。このことで、「川表法面が侵食されていないのに川裏法面は侵食されるはずがない」という矛盾(コンフリクト)を自覚し葛藤していくようになる。

授業終盤では、「越水」、または、「浸透」したのではないか、という新たな視点を導く。その仮説から、児童らは自分の考えを見直し始める。そして、堤防の条件を変えながら互いの予想を確かめる観察・実験に没頭していく(図11)。そして、本教材を用いた観察・実験を通して、自らの矛盾(コンフリクト)を解消させていく。その結果として、児童らは、既習事項の「侵食・洗掘」以外にも、「越水」、「浸透」という堤防決壊のメカニズムがあることに理解を深め

表2 第5学年理科単元「流水の働き」の主な学習内容

<p>内容ア。</p> <p>(ア)流れる水には、土地を侵食したり、石や土などを運搬したり堆積させたりする働きがあること。</p> <p>(ウ)雨の降り方によって、流れる水の速さや量は変わり、増水により土地の様子が大きく変化する場合があること。</p>
--

表3 防災教育としてのねらい

<p>・堤防決壊のメカニズムについて、雨が多量に降ったときの川の水量の変化や土地(堤防)の変化との関係から予想や仮説をもち、検証方法を発想したり条件を制御したりしながら調べる活動を通して、「越水」、「浸透」、「侵食・洗掘」による堤防決壊の多様な事実や事象等に触れ、それぞれの災害の特徴や避難行動の在り方、事前の防災手段等について考えることができる。</p>
--

表4 本時で発現が想定されるコンフリクトの例

<p>コンフリクトの例1：(10/10時)</p> <p>おや?川裏法面が崩壊したよ、まだ川表法面が侵食されていないのに。</p> <p>コンフリクトの例2：(10/10時)</p> <p>あれ?堤防の外にある住宅が流され始めたよ、川裏法面も川表法面もまだ侵食されていないのに。</p>

ていく。また、それぞれの災害の特徴を理解することで、今後の避難行動のあり方や事前の防災手段等について考えを深めていく。

以上、本時の授業デザインの例を表5に示す。本授業デザインでは、「堤防が決壊していないのに川裏法面は侵食されるはずがない」という矛盾(コンフリクト)が顕在化する場面が保障されていることに加えて、「越水」、または、「浸透」という新たな視点が獲得されることで、最終的には「侵食・洗掘」以外にも堤防が決壊するメカニズムがあるという見方に至るといった二重否定による再構成の場面が保障されているといえる。

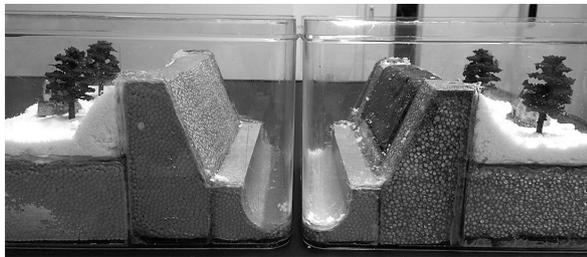


図11. 越水モデルと侵食・浸透モデルの比較(断面図)

表5 コンフリクト1の発現と解消を想定した防災教育の授業デザイン(例)

*小学校第5学年理科「流水の働き」(全10時間)の学習のまとめとして防災教育をトピック(10/10時)で取り扱う。学習内容(ア)、(ウ)は既習事項である状態から授業が始まる。

児童の学習活動	指導上の留意点 等
川裏法面が崩壊している要因について考える ・川の水が増水したのかな ・川の水が侵食したのだろうか	コンフリクトの生成準備の局面 ・既習事項を想起できるようにする。
川表法面が侵食されていないのに川裏法面が侵食される矛盾について考える ・おや、川表法面は侵食されていないぞ ・川裏法面が侵食されるはずがない	コンフリクトの自立的生成と自覚化の局面 ・まだ川表法面が侵食されていない事象を提示する。
矛盾を解消するための仮説とその検証方法を考える。 ・堤防を水が超えてきたのかな ・堤防から水が浸透したのかな	コンフリクトの解消の局面 ・イメージを言葉で説明できるようにする。 ・条件を変えて確かめられるように複数のモデルを用意する。
観察・実験を行い、考察する ・越水すると川表法面の前に川裏法面が侵食されたよ ・浸透すると川裏法面が崩壊していくよ ・侵食だけではないのだね	

V. 研究のまとめ

1. 研究の成果

本究の目的の第一は、小学校理科及び総合的な学習の時間等の防災教育の場において、堤防決壊のメカニズムを学ぶことができる教材を開発することであった。その結果、「越水モデル」、「浸透モデル」、「侵食・洗掘モデル」の3モデルで1組となる教材「堤防決壊観察装置」を開発した。本教材では、それぞれの要因による堤防決壊の状況を明示的に再現できることが確認された。堤防決壊のメカニズムについてこれまで明示的に学ぶ教材はほとんどなく、今後の防災教育の進展に寄与できるものと考えられる。

本研究の目的の第二は、開発した教材が具備する特徴を評価することであった。澤柿(2020)^{31再掲}の「教材の発展がコンフリクトの自立的生成に及ぼす影響」の枠組みを援用して評価した結果、本教材には、コンフリクトの自立的な生成を促すことに機能する3つの特徴がみられることが確かめられた。一方、やや説明的な要素が強く、教材の活用方法によっては児童らのコンフリクトを自立的に生成させるとまで

はいえない可能性があることや、例えば、堤防の高さや、川表法面の浸透具合、法勾配等を調整できるような構造は具備しておらず、より改善すべき点があることが浮き彫りとなった。

本研究の目的の第三は、本教材を活用した具体的な授業デザインを構想し提案することであった。第5学年理科単元「流水の働き」(全10時間)及び総合的な学習の時間において防災教育をトピックで扱う一単位時間の授業デザインを構想した結果、コンフリクトが自立的に生成・解消される局面を想定することが可能であることが示唆された。また、この授業デザインは、理科だけでなく総合的な学習の時間等において防災教育をトピックで扱う一単位時間にも対応できるものと考えられた。

なお、冒頭で述べた通り、本単元の教材の問題点として、相当量の水が必要であること、目的に沿った結果を得ることが難しいこと、装置の設置に場所や時間を取ることで、演習実験教材となる傾向があること等が課題として挙げられていた。本教材では、1リットル程度の水で行えること、目的にあった結果を得られること、装置は小型化・軽量化が図られていること、設置や片付けが簡便であること、個別やグループでの実験ができること等の点で改善がみられる。

以上、結果の含意として、本教材「堤防決壊観察装置」は、堤防決壊のメカニズムに着目した防災教育教材として小学校理科及び総合的な学習の時間等において有効に活用できることが示唆された。

(2021)の継続研究であり、その内容に新たなデータや分析を加えて大幅に加筆・修正を加えたものである。

2. 残された課題

今後は、地域の小中学校と連携し、地域の実情に即した防災教育の視点を見いだすとともに、そのために必要となる教材の不足を解消していくことが課題である。

附記

附記

本論文は、第二著者である小山拓郎氏が松本大学教育学部に卒業論文として提出した「小学校理科での使用を想定した堤防決壊観察装置の開発と実験」

文献

- 1) 「災害対策基本法」第2条
<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=36AC000000223>, 閲覧日2021.9.26.
- 2) 文部科学省, 「東日本大震災を受けた防災教育・防災管理等に関する有識者会議」中間とりまとめ, p.2(2011).
- 3) 高橋治郎, 「防災教育のための理科教育」愛媛大学教育科学部紀要, 教育科学 第50巻, 第2号, pp.105-113(2004).
- 4) 此松昌彦, 「理科新学習指導要領からの防災教育」和歌山大学災害科学教育研究センター研究報告, 第2巻, pp.29-34(2018).
- 5) 川真田早苗, 「徳島県吉野川駐留水害頻発地域の小学校における「生きる力」を育成する防災教育の実践学的研究」兵庫教育大学大学院連合学校教育研究科博士論文, pp.6-10(2017).
- 6) 文部科学省, 「昭和26年改訂の小学校学習指導要領一般編(試案)」(1951).
<https://erid.nier.go.jp/guideline.html> 閲覧日2021.9.26.
- 7) 文部科学省, 「昭和27年改訂の小学校学習指導要領理科編(試案)」(1952).
<https://erid.nier.go.jp/guideline.html> 閲覧日2021.9.26.
- 8) 文部科学省, 「昭和33年改訂の小学校学習指導要領」(1958).
<https://erid.nier.go.jp/guideline.html> 閲覧日2021.9.26.
- 9) 文部科学省, 「昭和43年改訂の小学校学習指導要領」(1968).
<https://erid.nier.go.jp/guideline.html> 閲覧日2021.9.26.
- 10) 文部科学省, 「昭和52年改訂の小学校学習指導要領」(1977).
<https://erid.nier.go.jp/guideline.html> 閲覧日2021.9.26.
- 11) 文部科学省, 「平成元年改訂の小学校学習指導要領」(1989).
<https://erid.nier.go.jp/guideline.html> 閲覧日2021.9.26.
- 12) 文部科学省, 「平成10年の小学校学習指導要領」(1999).
<https://erid.nier.go.jp/guideline.html> 閲覧日2021.9.26.
- 13) 文部科学省, 「平成19年の小学校学習指導要領」(2007).
<https://erid.nier.go.jp/guideline.html> 閲覧日2021.9.26.
- 14) 文部科学省・国立教育政策研究所「OECD 生徒の学習到達度調査2018年調査(PISA2018)のポイント」(令和元年12月3日).
https://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/2018/01_point.pdf 閲覧日2021.9.26.
- 15) 文部科学省, 「平成29年改訂の小学校学習指導要領」(2018).
<https://erid.nier.go.jp/guideline.html> 閲覧日2021.9.26.
- 16) 文部科学省, 「学校防災のための参考資料『生きる力』を育む防災教育の展開」
<https://anzenkyouiku.mext.go.jp/mextshiryoyou/data/saigai03.pdf> 閲覧日2021.9.26.
- 17) 文部科学省, 「平成29年改訂の小学校学習指導要領 第1章 総則」p19.
- 18) 植岡靖司・吉富友恭・今井亜湖・前迫孝憲, 「河川実験施設との連携による動画コンテンツを用いた理科教育の実践」日本教育工学会大会論文誌, 28(3), pp.275-280(2004).
- 19) 片田敏孝・桑沢敬行¹⁸⁾, 「津波に関わる危機管理と防災教育のための津波災害総合シナリオ・シミュレータの開発」土木学会論文集, Vol.62, No.3, pp.250-261(2006).
- 20) 桑沢敬行・片田敏孝・及川康・児玉真¹⁹⁾, 「洪水を対象とした災害総合シナリオ・シミュレータの開発とその防災教育への適用」土木学会論文集, Vol.64, No.3, pp.354-366(2008).
- 21) 大鹿聖公・山田陽子, 「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」教職キャリアセンター紀要, Vol.1, pp.101-107(2016).
- 22) 林武広・藤川義範・土井徹・磯崎哲夫, 「流水の働きと関連の災害事象に焦点化した流水モデル実験装置の開発と活用」比治山大学・比治山大学短期大学部教職課程研究, 第6巻, pp.20-26(2020).
- 23) 平井史生, 「西日本の豪雨と東日本の台風被害」日本地理学会発表要旨集, p.120(2020).
- 24) 文部科学省, 「現在の防災教育における課題(2) 防災教育の内容についての課題」²⁸⁾
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/kaihatu/006/shiryoyou/attach/1367196.htm 閲覧日2021.6.26.
- 25) 文部科学省, 「東日本大震災を受けた防災教育・防災管理等に関する有識者会議」最終報告, p9(2012).
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/sports/012/toushin/_icsFiles/afieldfile/2012/07/31/1324017_01.pdf 閲覧日2021.6.26.
- 26) 長野県ホームページ
 令和元年東日本台風(台風19号)人的被害・住家被害の状況, 令和3年6月19日現在²²⁾
<https://www.pref.nagano.lg.jp/bosai/kurashi/shobo/bosai/bosai/r1typhoon19/documents/210629typhoon19higai.pdf> 閲覧日2021.6.26.
- 27) 国土交通省, 「令和元年台風第19号による被害等」
https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouiinkai/kikouhendou_suigai/1/pdf/11_R1T19niyoruhigai.pdf 閲覧日2021.6.26.
- 28) 非常災害対策本部, 「令和元年台風第19号等に

- 係る被害状況等について」令和元年12月12日15時00分現在²⁴⁾
https://www.kantei.go.jp/jp/content/r1typhoon19_42.pdf 閲覧日2021.6.26.
- ²⁹⁾ 国土交通省四国地方整備局, 「河川堤防が破壊に至るメカニズム」<http://www.skr.mlit.go.jp/tokushima/river/yoriyoi/yoriyoikawa/teibou/teibou040823/160823-1-2.pdf> 閲覧日2021.6.26.
- ³⁰⁾ 二瓶泰雄らによる堤防決壊の公開実験²⁶⁾
<https://www.youtube.com/watch?v=jiuuJ0WcPq4&feature=youtu.be> 閲覧日2021.6.26.
- ³¹⁾ 澤柿教淳, 「教材の発展がコンフリクトの自立的生成に及ぼす影響」教材学研究, 第31巻, pp.19-28(2020).
- ³²⁾ 国土交通省, 「河川構造物」
https://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/kasen/jiten/yougo/03_04.htm 閲覧日2021.6.26.
- ³³⁾ 文部科学省, 「学習指導要領解説理科編(平成29年度)」pp.71-73(2017).
- ³⁴⁾ 露木和男, 「矛盾をうまく取り入れて学力を伸ばす学習指導案」学事出版, pp.2-6(2007).
- ³⁵⁾ 国立教育政策研究所, 「教育課程研究指定校事業平成22年度研究成果報告書〈教育課程〉(2010).
https://www.nier.go.jp/kaihatsu/shidou/report/kyouiku/21&22/shougaku/4_s_rika.pdf#search=%27露木+二重否定%27 (閲覧日2018.8.28)