

洪水災害とその水防に関する教育実践の成果と課題[†]

—河川モデル実験と野外実習を中心とした中学生向け学習の例—

鈴木 創*

秋田大学教育文化学部学部長

川村 教一・山下 清次**

秋田大学教育文化学部

秋田県雄物川流域の中学1年生を対象に、流水の働きの知識を活かし、モデル実験装置を用いて、洪水を防ぐことについて考えさせる学習を行った。モデル実験で生徒が考えた対策は、水防のための護岸堤防設置と、流路変更のための堰の設置に分かれた。前者のグループでは議論が多様で、流水の働きの知識を活かし、水防に成功した。一方、後者のグループは議論が単調で、知識を活かさず、水防に成功しない場合があった。

キーワード：防災教育，理科教育，蛇行河川，雄物川，プロトコル分析，協調学習

1. はじめに

学校で行う防災教育は、安全教育の一環に位置づけることができる。安全教育の目標の一つに「日常生活の中に潜む様々な危険を予測し、自他の安全に配慮して安全な行動をとるとともに、自ら危険な環境を改善することができるようにする。」があり、また安全教育の領域のうち、災害安全に関する内容の一つに、「エ 風水（雪）害、落雷等の気象災害発生時における危険の理解と安全な行動の仕方」（文部科学省，2010）がある。また、文部科学省は、「学校安全の推進に関する計画」において、安全教育によって児童生徒等自身に安全を守るための能力を身に付けさせる具体例の一つとして、「日常生活における事件・事故、自然災害などの現状、原因及び防止方法について理解を深め、現在や将来に直面する安全の課題に対して、的確な思考・判断

に基づく適切な意思決定や行動選択ができるようにすること」を挙げている（文部科学省，2012）。総合的、教科横断的な学習でこの能力を身につけさせることが期待されるが、自然災害を取り扱う理科教育では、自然災害につながる現象の学習を通じて、自然災害の現状および原因について理解を深め、それをもとに思考・判断に基づく災害防止のための適切な意思決定や行動選択ができるようにすることが可能であると考えられる。

平成29年に告示された学習指導要領では、小学校理科、中学校理科ともに、災害に関する学習内容が追加されている。例えば中学校学習指導要領解説理科編（文部科学省，2017b）においては、「全学年で自然災害に関する内容を扱うこと」としており、第2分野の内容には「身近な自然環境や地域の自然災害などを調べる観察、実験などを行い、自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について、科学的に考察して判断すること」が新たに追加されている。このように災害に関する教育の重要性が強調されている。

そこで秋田県に在住する筆者らが注目した自然災害の一つが洪水である。後述するように、洪水は秋田県の平野部における主要な自然災害の一つである。

2017年11月27日受理

[†]Results and Issues of Educational Practices with Regard to Flood Control: Science Classes Utilizing Model Experiments of River Processes and Field Observation for Lower Secondary School Students

*Sou SUZUKI, Undergraduate students of Course for Compulsory School Teachers, Akita University

**Norihiro KAWAMURA and Seiji YAMASHITA, Faculty of Education and Human Studies, Akita University

水害に関する最近の防災教育について見ると、川真田ほか（2014）は小学校を例として、「単に水害についての知識や情報収集のためのスキルを習得するだけでなく、児童自身が自ら考え、判断し、危険を回避する力を身に付け、自分事として安全で安心な地域づくりに貢献しようとする意識を高める」ことが重要とし、これは文部科学省（2012）の安全教育において身につけさせる能力の一つを、水防の学習で達成しようとしていると思われる。河川災害の防災についての教育実践では、大鹿・山田（2016）は理科学習の一環として児童の防災に関する意識や理解を促すことを目的として、水害を実感させる河川のモデル教材の開発を行い、授業実践を通してそれらの効果について検証しているが、実験装置が大きいことや、河川の形状を変更できないこと等を問題点として挙げている。

ところで筆者らは、米国の Little River Research & Design 社により販売されているメラミン粒子（Color-coded Modeling Media）を用いて、卓上型川の地形モデル実験装置を工夫し、河川の蛇行の再現に成功した（川村，2016）。このモデル実験装置について、これまでに川村（2016）、川村ほか（2016）、川村ほか（2018）などで紹介した。川村（2017）では実験装置を用いて中学生対象に行った理科の授業の概要について述べ、鈴木ほか（2017a）ではこの授業により中学生が流水の動きの理解を深め、地形の変化との関係を見出せることを明らかにした。

水防を取り上げた防災の学習を行うとき、災害につながる現象を実地に再現することはできないので、理科の学習において修得した流水の動きに関する知識を活用して、モデル実験を通じて指導することが考えられる。先の実験装置により、児童に洪水防止のための堤防の設置場所を検討させる水防の授業を特別支援学校小学部の児童に実践した例を、Kawamura et al.（2017）、川村ほか（2018）で紹介した。この例では、モデル実験を通じて水防を考えさせる活動に児童を従事させ、試行錯誤させることができた。

同様に、この実験器具を用いて流水の動きの知識をもとに、洪水を防ぐことについて中学生に考えさせる授業を展開することができた（鈴木ほか，2017b）。本研究では、中学生に対して行ったこの授業実践の概要と生徒の実験結果を紹介するとともに、生徒の実験記録や認識調査をもとに、生徒の思

考過程について考察する。なお、本研究の一部は、鈴木ほか（2017a, b）において発表した内容に加筆したものである。

2. 実践対象生徒と水防学習の必要性

本実践は、秋田県大仙市内の雄物川流域に立地する A 中学校の第 1 学年 1 クラス 33 名を対象とした。対象の生徒が居住する地域は、一級河川の雄物川の中流域にあたる。中流域のこの川は秋田県南部の横手平野を北上したあと、平野の北西部、大仙市西部地域からは日本海に向かって、出羽山地を横断するように西流する。大仙市西部地域付近を流れる雄物川は低地部を蛇行するが、融雪や大雨によって増水した際に洪水災害を発生させてきた（例えば、国土交通省東北地方整備局，2017）。実践対象の生徒にとって、将来起こりうる自然災害の一つが雄物川の洪水である。この地域在住の生徒には、災害安全の視点から、河川の洪水災害の危険性の理解が必要であると筆者らは考えた。

3. 研究方法

(1) 生徒の理解状況の変容の調査

小学校第 5 学年の理科で学習した流水の働きや洪水に関して生徒がどの程度理解しているのか、また本実践によって理解状況が変化するかを調べるために授業前後に質問紙調査を行った。

設問内容は、侵食・運搬・堆積の各作用の説明をさせるもの（調査項目①）、それら作用と地形との関わりについて記述させるもの（調査項目②）、蛇行した流路の図に堤防を記入させ、設置した理由を記述させるもの（調査項目③）である。解答方式はすべて文もしくは描画による自由記述である。

事前調査は 7 月 14 日（欠席者は 18 日）、事後調査は 7 月 20 日の授業直後に行った。ともに設問内容・解答方式は同一である。回収率は事前調査、事後調査ともに 100%（33 名全員）である。

(2) 生徒の学習記録の収集

生徒が実験結果の予想や観察記録等を記入したワークシート全員分を、堤防設置理由等の分析のために複写した。

(3) 生徒の実験中の発言記録

モデル実験装置を用いた生徒実験中の学習班での生徒の発言内容を IC レコーダーで記録した。また、ビデオカメラ 2 台で実験中の生徒の行動を記録

した。音声記録をもとにプロトコル分析を行い、実験中の議論の様子から実験条件設定における学習班メンバーの意志決定の状況を考察した。なお機器の不具合により、10班中1班は音声記録を再生できなかった。

4. 学習前の生徒の認識状況

(1)調査項目①：流水の働き

流水の働きのうち侵食作用について、生徒の記述に「土地が削られる」のように「土地」など侵食対象が表現されているものを正答、それ以外を非正答として評価を行った。75.8%（33名中25名）の生徒は正答であり、生徒の多くは事前調査の段階から侵食作用について理解していた。運搬作用については、「けずられた土を運ぶ」「土や砂などを運ぶ」などを正答、それ以外を非正答として評価を行った。90.9%（33名中30名）の生徒は正答であり、ほとんどの生徒は、運搬作用について理解していた。堆積作用については、「運搬された土を積もらせる」「土や砂を積もらせる」などを正答、それ以外を非正答として評価を行ったところ93.9%（33名中31名）の生徒は正答であり、ほとんどの生徒は、事前調査の段階から堆積作用について理解していた。

(2)調査項目②：流水の働きと地形の関わり

侵食作用と川の地形に関わりに関して、侵食作用により「川の流が変化する」など地形の変化について記述しているものを正答、それ以外を非正答として評価を行ったところ、12.1%（33名中4名）の生徒のみが正答であった。調査項目①では生徒の多くは侵食作用の言葉を知ってはいたが、それと比べ河川地形とのかかわりで理解している生徒の割合は低い。

堆積作用についても侵食作用と同様に、「川の形が変わる」などの地形の変化について記述しているものを正答、それ以外を非正答として評価を行ったところ、9.1%（33名中3名）の生徒のみが正答であり、堆積作用と河川の地形の関わりについてほとんどの生徒が理解していなかったと言える。

調査項目①の正答率の高さと乖離が大きいことから、対象生徒は流水の働きに関する断片的な知識を持ってはいるが、地形の理解には関係づけていなかったと考えられる。

(3)調査項目③：洪水を防ぐための堤防の設置場所

この問題では、蛇行流路の攻撃部側に堤防を設置

し、なおかつ理由において攻撃部側での侵食について触れているものを正答、それ以外を非正答として評価を行ったところ、51.5%（33名中17名）の生徒は正答であった。この問題と関係の深い調査項目②の正答者の割合は12%程度だったが、ここでは半数強の生徒が侵食作用の知識を活用して記述していた。

5. 教育実践

(1)概要

本授業は理科第2分野「大地の成り立ちと変化」の導入として単元「雄物川中流域における流水の作用と洪水災害の防止」と題して平成29年7月19・20日の2日間行った。単元のねらいは、地域の治水対象である雄物川を例として、中流域の河川流路の形成過程と洪水の関係を観察、実験を通じて理解させるとともに、洪水災害を低減するために実験結果を生かそうとさせることである。このため授業は、洪水災害被災経験地域における河川地形と堤防の築造状況の野外観察と、蛇行河川形成のモデル実験から構成した。

第1日前半には雄物川の地形や堤防の野外観察、後半には川の地形のモデル実験、第2日には洪水災害のモデル実験を行った。

(2)第1日前半：野外観察の概要

授業主題：洪水災害被災経験地域における河川地形と堤防の築造状況の野外観察

本時の目標：雄物川中流域の強首および刈和野における河川地形と築造された堤防の^{こかわび}関係について、観察を通じて見いだす。

配当時間：2単位時間

学習内容：学習過程と活動内容の概要を表1に示す。

①大仙市強首での観察

- ・雄物川の堤防上で、地形図と地形観察により現在位置を確認する。【思考・判断・表現；評価の観点、以下同様】
- ・同地点で堤防の分布を地形図に色ペンで記入する。【技能】
- ・同地点で過去の水害（増水時に対岸側は山地であるため集落が水没）と水防（輪中提）の効果についての解説を聞く。【知識・理解】

②大仙市刈和野での観察

- ・雄物川の堤防上で、地形図と地形観察により現在位置を確認する。【思考・判断・表現】

表1 第1日前半の学習過程の概要

| 過程 | 活動内容 | 学習形態 |
|----|-----------------|------|
| 導入 | アンケートを記入 | 個 |
| | 単元内容、本時の課題の把握 | 全体 |
| | 野外観察地点と川、沼の確認 | 全体 |
| | 過去の雄物川での洪水災害の解説 | 全体 |
| 展開 | ①で地図上に堤防の位置を記入 | 個 |
| | 洪水発生時の流路の予想 | 個 |
| | 両岸の堤防の違いの観察 | 個 |
| 終末 | 別の場所(②)に移動し、活動 | 個 |
| | 川の流れる方向の確認 | 全体 |
| | 観察した堤防の振り返り | 全体 |

観察地点…①大仙市強首、②大仙市刈和野
 学習形態…個：個人活動、全体：クラス活動

- ・同地点で堤防の分布を地形図に色ペンで記入する。【技能】
- ・堤防の高さに違いがあることを観察し、低い堤防の効果を予測する。【思考】
- ・同地点で過去の水害（低い堤防区間では水田が水没、特殊堤区間では被害軽減）についての解説を聞く。【知識・理解】

(3)第1日後半：川の地形モデル実験の概要

授業主題：流水の働きと川の地形の変化
 本時の目標：平野を流れる川の地形についてのモデル実験を通じて流水の働きの理解を深めさせる。
 配当時間：2単位時間
 指導者：講師1名、指導助手2名
 学習内容：学習過程の概要を表2に示す。
 ・実験装置内に流れる流路の予想を、図と言葉を用いてワークシートに記入する。【思考・判断・表現】

表2 第1日後半の学習過程の概要

| 過程 | 活動内容 | 学習形態 |
|----|---------------------|------|
| 導入 | 学習目標と課題の把握 | 全体 |
| 展開 | 実験手順の確認 | 全体 |
| | 実験結果の予想 | 個 |
| | 実験の実施と結果の記録 | 班 |
| | (休憩) | |
| | 流水の働きと地形の変化との関わりの考察 | 個 |
| | 再実験計画の立案 | 班 |
| 終末 | 再実験の実施と結果の記録 | 班 |
| | 流水の働きと地形の変化との関わりの考察 | 班 |

学習形態…個：個人活動、班：学習班活動、全体：クラス活動

- ・流水の働きモデル実験を行い、流路ができる過程をワークシートに記録する。【技能】
- ・実験結果から気づいた、流水の三作用と地形の変化との関係についての自分の考えを記入する。【思考・判断・表現】
- ・観察の視点を明確にして再実験の計画を立てる。【思考・判断・表現】

(4)第2日：洪水災害のモデル実験の概要

1) 授業方針

授業主題：流水の働きと洪水災害
 本時の目標：蛇行している流路の変遷と洪水の関係を理解し、河川の氾濫を防止する適切な方法を考えさせる。

学習課題：どのようなところが洪水の被害が大きいのかを考え、被害を防ぐために堤防を設置する場所を、モデル実験を通じて見出す。

配当時間：2単位時間

指導者：講師1名、指導助手4名

- 学習内容：学習過程と活動内容の概要を表3に示す。
- ・実験装置内に流れる流路の変化を予想し、洪水災害を防ぐ手立てを、図と言葉を用いてワークシートに記入する。【思考・判断・表現】
 - ・モデル実験を行い、結果をワークシートに記録する。【技能】
 - ・実験結果をもとに、洪水災害を防ぐ手立てを流水の三作用と関係づけて説明する。【思考・判断・表現】

2) 教材

実験装置は、川村ほか(2018)で紹介したもので、自作した実験槽（長さ約53cm×幅約34cm×深さ約9cm）、碎屑物粒子モデルとしてのメラミン粒子（粒径別に色分け；黄色：平均粒径1.4mm、白色：1.0mm、茶色：0.7mm、暗赤色：0.4mm）、給水タンクなどから構成される。実験槽は約3度で傾斜させる。給水タンクからはほぼ一定の水を実験装置内に供給できる。モデル実験装置とモデルの家屋（2軒分）・堤防（1本分）を、各学習班に1セット用意した。実験手順の詳細は後述する。

3) 指導観

生徒同士の意見交換を通じてよりよい考えを持てるよう、学習形態は主として学習班（メンバー数3～4名）での活動とした。

4) モデル実験の手順

第2日の授業では、前日のモデル実験同様、河川

表3 第2日の学習過程の概要

| 過程 | 活動内容 | 学習形態 | 指導・支援 | | |
|------------|--|---------------|--|---|--|
| 導入 (31) | 1 野外観察の答え合わせと解説を聞く。 | 全体 | <ul style="list-style-type: none"> 野外での活動や、前時のモデル実験で洪水時の河川の氾濫を再現し、流水の働きと河川の地形について考えたことを踏まえて説明をする。 | | |
| | 2 本時のねらいを知る。 | 全体 | | | |
| | 3 学習課題を知る。 | 全体 | | | |
| 展開 (42) | 4 実験手順を確認する。 | 全体 | <ul style="list-style-type: none"> 堤防をむやみに設置するのではなく、根拠を持って設置する場所を考えることを伝える。 蛇行しない場合は平らに均して再実験を促す。 蛇行流路両岸に家のモデルを設置する。 自在定規を配布し、議論を促す。 議論が活発に行われていない班には設置場所の理由を尋ねる。 | | |
| | 5 実験装置に蛇行河川を形成し、流路の形など観察事項を図と言葉を用いて記入する。 | 班 | | | |
| | 6 指導者が設置した家のモデルの位置をワークシートに記入する。 | 個 | | | |
| | 7 堤防を設置する場所を議論する。 | 班 | | | |
| | 8 堤防を設置する場所と理由を図と言葉を用いてワークシートに記入する。 | 個 | | | |
| | 9 新しい流路がどうなるかを予想し、図に記入する。 | 個 | | | |
| | (休憩) | | | | |
| | 10 堤防を設置して再び水を流し、観察する。 | 班 | | | |
| | 11 流路の変化について図や言葉を用いて記録する。 | 個 | | | |
| | 12 堤防の設置場所に関する結論を記入する。 | 個 | | | |
| | 13 実験結果と結論をホワイトボードに記入する。 | 班 | | | |
| | 14 実験結果と結論をクラス内で発表する。 | 全体 | | | |
| | 終末 (3) | 自己評価と感想を記入する。 | | 個 | |

() 内は所要時間 [分], 学習形態は表2に同じ。

の流路が蛇行した様子を観察させた後、流路を挟んで攻撃部側、滑走部側の両岸近くに家のモデルをそれぞれ1軒ずつ、指導者が設置した。次に、自在定規をカットして製作した長さ約11cmの堤防モデルを各学習班に1本渡し、変化するかも知れない流路から家を守るように指示をした。堤防を設置する場所は生徒同士で話し合っ決めてさせた。なお、攻撃部側に堤防を1本設置すれば、基本的には洪水を防ぐことができる。滑走部側は、実験の水量を増やして蛇行河川の蛇行度を小さくしない限り、洪水とはならない。自在定規設置後に再び通水し、流路の変化に伴う洪水発生の有無を観察させた。実験中の様子を図1に示す。

5) 生徒実験の成果

実験の結果と生徒の記録例を図2にそれぞれ示す。

全10班中5班(生徒計18名)は、図2(a)のように蛇行流路の攻撃部側に沿って堤防を設置し、堤防外側からの外水氾濫を防ぐことに成功していた。そ



図1 卓上型流水の働きモデル実験装置を用いた洪水災害のモデル実験(流路の観察)の様子

の他5班(15名)は、図2(b)のように流路を横断する堰として自在定規を設置し、そのうち3班(9名)では実験において河川流路が大きく変わった。

生徒がもくろんだ効果(生徒群A:攻撃部における侵食防止, 生徒群B:川の流路変更)があったのは10班中8班(達成率80.0%)であった。このうち生徒群Aの達成率は100%(5班中5班), 群Bでは

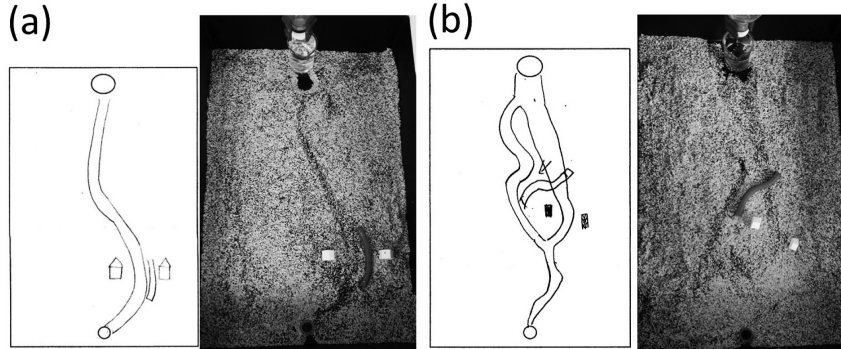


図2 生徒実験の結果例（左：生徒スケッチ，右：写真）
 (a) 流路に沿って堤防を設置した例，(b) 流路を横断するように堰を設置した例

60.0%（5班中3班）であった。

6. 分析

(1) 流水の働きに関する認識の変化

事前・事後調査の結果をもとに、中学生が実践を通して流水の働きと河川地形との関わりに関する理解状況が変化したのかを検討した。

1) 調査項目①：流水の働きについての理解の変化

まず、今回行った洪水災害のモデル実験に最も関係の深い侵食作用について事前・事後調査の正答者数（表4）の割合を比較するために、フィッシャーの直接確率検定（両側検定，有意水準5%，以下同様）を行ったが，有意差は見られなかった。運搬，堆積の両作用についても同様に正答者数の割合を比較したが，有意差は見られなかった（表4）。

各作用についての基本的知識は，学習前からよく知られていたため，運搬・堆積の両作用については，仮に授業後に全員正答になったとしても有意差は見られないことになり，肯定的な変化を見出すことができない状況であった。

表4 調査項目①の事前・事後調査の結果

| | | 事前調査 | 事後調査 |
|----|-------|------|------|
| 侵食 | 正答者数 | 25 | 28 |
| | 非正答者数 | 8 | 5 |
| 運搬 | 正答者数 | 30 | 28 |
| | 非正答者数 | 3 | 5 |
| 堆積 | 正答者数 | 31 | 32 |
| | 非正答者数 | 2 | 1 |

侵食作用： $p=.3761$ ($p>.05$)，
 運搬作用： $p=.7085$ ($p>.05$)

2) 調査項目②：流水の働きと地形の関わり

本項目においてもまず侵食作用について比較した（表5）。事前・事後調査の正答者数の割合を比較したところ有意差が見られ（ $p=.0057$ ， $p<.05$ ），正答者数の割合が高くなった。侵食作用と河川地形のかかりについて理解した生徒が授業後には増えた可能性がある。堆積作用についても同様に正答者数の割合を比較したが，こちらには有意差は見られなかった（表5）。

表5 調査項目②の事前・事後調査の結果

| | | 事前調査 | 事後調査 |
|----|-------|------|------|
| 侵食 | 正答者数 | 4 | 15 |
| | 非正答者数 | 29 | 18 |
| 堆積 | 正答者数 | 3 | 6 |
| | 非正答者数 | 30 | 27 |

侵食作用： $p=.0057$ ($p<.05$)，
 堆積作用： $p=.4752$ ($p>.05$)

3) 調査項目③：洪水を防ぐための堤防の設置場所

【クラス全体】

本項目について，事前・事後調査の正答者数の割合を比較したところ有意差は見られなかった（表6）。

【堤防設置生徒・堰設置生徒の差異】

①生徒群間の同等性の検討

次に，洪水災害のモデル実験において，堤防を設置した生徒18名を「生徒群A」，堰を設置した生徒15名を「生徒群B」に分類した。なお，両群は事前調査の調査項目①，②においては正答者数の割合に有意差はなく（表7，8），学習前は流水の働きやそれらと河川地形の関わりについての理解状況は同等

表6 調査項目③の事前・事後調査の結果

| | 事前調査 | 事後調査 |
|-------|------|------|
| 正答者数 | 17 | 19 |
| 非正答者数 | 16 | 14 |

$p=.8050$ ($p>.05$)

表7 生徒群A, B間の同等性の検討
(調査項目①)

| | | 生徒群A | 生徒群B |
|----|-------|------|------|
| 侵食 | 正答者数 | 15 | 10 |
| | 非正答者数 | 3 | 5 |
| 運搬 | 正答者数 | 18 | 12 |
| | 非正答者数 | 0 | 3 |
| 堆積 | 正答者数 | 18 | 13 |
| | 非正答者数 | 0 | 2 |

侵食作用： $p=.4184$ ($p>.05$)，運搬作用： $p=.0834$ ($p>.05$)，堆積作用： $p=.1989$ ($p>.05$)

表8 生徒群A, B間の同等性の検討
(調査項目②)

| | | 生徒群A | 生徒群B |
|----|-------|------|------|
| 侵食 | 正答者数 | 3 | 1 |
| | 非正答者数 | 15 | 14 |
| 堆積 | 正答者数 | 2 | 1 |
| | 非正答者数 | 16 | 14 |

侵食作用： $p=.6074$ ($p>.05$)，
堆積作用： $p=1.000$ ($p>.05$)

の集団であったとみなせる。

②生徒群間の比較

事前・事後調査それぞれにおいて両群の正答者数を比較したところ事後調査では有意差が見られ、群Aは正答者数、群Bは非正答者数の割合がそれぞれ高くなった(表9)。このことから、学習後には、生徒群AはBよりも正答者の割合が高くなった可能性がある。

(2)ワークシートの記述

生徒が流水の働きの知識を活用して堤防や堰(以下、堤防等)の設置場所を決めることができたかを検討するために、ワークシートの堤防設置理由の記述の分類を行った(表10)。

モデル実験において、蛇行流路の攻撃部に沿って堤防を設置していた生徒群A(5グループ)の18名中15名は、設置した理由に、「しん食が外側のほうが大きいから」「カーブになっている部分が侵食の働きがあるので、こう水になる可能性があるから。」

表9 調査項目③における各生徒群の事前調査と事後調査の正答者・非正答者数の集計結果

| | | 生徒群A | 生徒群B |
|----|-------|------|------|
| 事前 | 正答者数 | 10 | 7 |
| | 非正答者数 | 8 | 8 |
| 事後 | 正答者数 | 14 | 5 |
| | 非正答者数 | 4 | 10 |

事前調査： $p=.7319$ ($p>.05$)，
事後調査： $p=.0152$ ($p<.05$)

表10 生徒群Aと生徒群Bにおける堤防等設置理由の分類

| 生徒群 | 侵食作用の知識を活用した記述 | 上流側で流れを弱める記述 | 上流側で流路を変える記述 | 記述未完成 |
|-----|----------------|--------------|--------------|-------|
| A | 15 | 2 | 0 | 1 |
| B | 0 | 0 | 15 | 0 |

「曲がる所の外側は水の流れる速度が速くて、しんしょくの働きが大きくなるから」といった侵食作用の知識をもとに記述をしていた。

一方、堰を設置した生徒群B(5グループ)の15名の生徒は、理由に、「少し曲げて右に全てよせる」「水路をずらす位置におけば家が流されないから」「左右にわかれるように堤防を置いた」「大きい川のところに家があるので家がある方の川の流れを止めると家が守れると思うから」といった記述をしており、流水の働きには触れずに流路変更を理由として全員が記述していた。

これらのことから、生徒群Aの生徒のほとんどは、流水の働きの知識をもとに洪水発生を防ぐことを目的として堤防を設置していたと言える。また、生徒群Bの生徒たちは、流水の働きの知識を活用せずに2軒の家両方を守ることを目的として、流路全体を変えるように考えたと言える。

(3)モデル実験中の音声記録のプロトコル分析

1) 議論内容とその多様性

各学習班のプロトコルを、堤防として設置することの議論に関わる発話、堰として設置することに関わる議論の発話、その他に分類した。班内で堤防や堰の設置について両面から話し合いが行われたのかどうかを検討するため、内容(堤防設置、堰設置、その他の3カテゴリー)ごとの発話数と生徒群(A, Bの2カテゴリー)内の総発話数の χ^2 検定を行った。その結果、生徒群の違いによる発話内容数の偏りは有意であった($\chi^2(2)=177.056$, $p<.01$)。残差

分析の結果によると、生徒群Aは「堤防設置」に関する発話が多く、生徒群Bは「堰設置」、「その他」に関するが有意に多い(表11)。

堤防として設置することの議論に関わる発話、堰として設置することに関わる議論の発話を、さらに表象的トランザクションと操作的トランザクション(Berkowitz and Gibbs, 1983)に分類した(表11)。A1, A2, B6, B8, B10の5班は当初から一つの設置方法について議論していた。A3, A4, A5, B9の4班は様々な意見が議論の中で出たものの、最終的には議論が活発に行われた設置方法を採用した。

2) 堤防を設置した学習班(生徒群A)の事例分析

次に、生徒群A, Bについてそれぞれ代表的な発話例を挙げて、その議論の過程の特徴の抽出を行う。

以下のある学習班(A1)での発話記録は、蛇行河川の攻撃部の岸に沿って堤防を設置した例である。以下に示すように、議論において生徒 β は、攻撃部における侵食作用(発話番号⑤, ⑬)と滑走部

における堆積作用(⑳)を理解したうえで、侵食作用を防ぐために堤防を設置していることが分かる。生徒 a は β に同意している(⑥, ⑦, ⑬, ㉑)。また、 a と β は流水の働きを予想する意見交換(⑱～㉒)を行っている。これらのことから、主要メンバー合意の上で堤防を設置した可能性があることがわかる。

A1班の発話記録

丸付き番号：発話番号, $a \sim \gamma$ ：学習班メンバー記号, T：指導助手記号。下線は筆者らによる。

u>

- ① a こう流れて来るから。
 ② β 家を守るためには、こうする？
 ③ a まさか、川がここにあるからさあ。こうじゃないかな、多分。
 ④ T 堤防曲げれるので好きなように。
 ⑤ β この方がいいよ。なぜかという、ほら、こうカーブするから、こっちはあまりないわけよ。こっちから削られるから、こっちの方守る。
 ⑥ a そうだね。そういうこと。
 ⑦ a 外側が削られやすいから。
 ⑧ a 外側ってどっち？ こっち？
 ⑨ β 削られる働きだから、外側だと。
 ⑩ a 外側ってどっち？
 ⑪ γ 本当に〇〇(音声再現不能)
 ⑫ β そうなんだよね。それ一番手っ取り早いけど。
 ⑬ a あ、カーブの外側ってことか。
 ⑭ β カーブになっている部分は、えっと。
 ⑮ β カーブになっている部分が、侵食の働きがあるから。
 ⑯ a 特に削られている。
 ⑰ β 漏れる可能性がある。水が漏れる、流れる。
 ⑱ β こうじゃダメなの？
 ⑲ a 形的にはこうでしょ。カーブに合わせる。
 ⑳ γ こっちの家は見捨てる？
 ㉑ a いや捨てない。
 ㉒ β だって、こっちは削られる働き。

表11 発話内容によるプロトコル分類結果

| 学習班 | 堤防として設置することの議論に関わる発話数 | | | 堰として設置することに関わる議論の発話数 | | | その他発話数 | 総発話数 |
|-----|-----------------------|-------------|-------------|----------------------|-------------|-------------|-------------|------|
| | 表T | 操T | | 表T | 操T | | | |
| A | 24 | 17 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 |
| 1 | 100 | 70.8 | 29.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | — |
| A | 25 | 17 | 8 | 0 | 0 | 0 | 13 | 38 |
| 2 | 65.8 | 68.0 | 32.0 | 0 | 0 | 0 | 34.2 | — |
| A | 30 | 20 | 10 | 5 | 4 | 1 | 0 | 35 |
| 3 | 85.7 | 66.7 | 33.3 | 14.3 | 80.0 | 20.0 | 0 | — |
| A | 21 | 14 | 7 | 2 | 1 | 1 | 3 | 26 |
| 4 | 80.8 | 66.7 | 33.3 | 7.7 | 50.0 | 50.0 | 11.5 | — |
| A | 26 | 17 | 9 | 6 | 2 | 4 | 0 | 32 |
| 5 | 81.3 | 65.4 | 34.6 | 18.8 | 33.3 | 66.7 | 0 | — |
| B | 0 | 0 | 0 | 12 | 8 | 4 | 9 | 21 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 57.1 | 66.7 | 33.3 | 42.9 | — |
| B | 0 | 0 | 0 | 29 | 22 | 7 | 0 | 29 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 100 | 75.9 | 24.1 | 0 | — |
| B | 3 | 3 | 0 | 10 | 6 | 4 | 0 | 13 |
| 9 | 23.1 | 100 | 0 | 76.9 | 60.0 | 40.0 | 0 | — |
| B | 0 | 0 | 0 | 29 | 15 | 14 | 9 | 38 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 76.3 | 51.7 | 48.3 | 23.7 | — |

表T：表象的トランザクション、操T：操作的トランザクション。太斜体字：総発話数に対する割合 [%]、細斜体字：太斜体字の数値に対する表象的・操作的トランザクションの割合 [%]。B7班は記録装置不具合により音声記録なし。

- ②③ a こっち削られて、こっちは特にカーブしてる。
 ②④ β で、積もる働きがあるから別にほら水ある程度遮られるから。
 ②⑤ a だから大丈夫。

3) 堰を設置した学習班（生徒群B）の事例分析

次の発言記録は、家の立地場所よりも上流側の流路に堰を設置したグループの例である。以下に示すように、まず、実験結果の観察内容を踏まえた推測（①、③）に関する議論が初期には見られる。その後は流路や水の動きの推測（⑥～⑧）をもとにした検討がなされているが、流水の働きについての言及はなく、科学的な議論としては生徒群Aと比べると内容が浅い。結局、流路の変化について見通しが持てないまま、当初から意見を述べていた一人の生徒（δ）が堰の設置を決定している（⑬）。意見の対立が見られるが、解消しないまま議論は時間切れとなっている。

B9班の発話記録

丸付き番号：発話番号，δ～ς：学習班メンバー記号。下線は筆者らによる。

- ① δ だから堤防これどうやって止めればいいと思う？ 今の俺たちの流れ的に、こう来て、多分ここでぶつかるから、ここでやると溜まっちゃって、逆にこう来るでしょ。
 ② ε じゃあここ。ああ、わかんねえよ。斜めは？ こう、斜め。
 ③ δ とき、さっき微妙にわかったけどさ、俺たちさ、最初はこう来て、直角にこう曲がってたんだけどさ、確か、少しはこっち来たんだよ、少しだけこっちに来るやつもあったから。
 ④ δ これでよくね？
 ⑤ ε それでもいいと思う。
 ⑥ ς そこに溜まるじゃん。
 ⑦ δ 多分溜まって、溢れて、ガーって一気に、それでいいと思うよ。
 ⑧ ς なにそれ。そんなそっちに水いくんだから。
 ⑨ δ これでいいと思うよね。こっちはいい？
 ⑩ ς うん、縦。あ、貸して貸して。
- ⑪ δ 絶対そうじゃない。絶対こうだろ。
 ⑫ δ いやあなんか沈みそう。一気に沈みそう。これじゃダメだ。
 ⑬ ε もうそれで行こう。もうそれで行こうよ。それで行こう。

7. 考察

本時の目標は、蛇行している流路の変遷と洪水の関係を理解し、河川の氾濫を防止する適切な方法を考えさせることであった。また、学習課題は、どのようなところが洪水の被害が大きいのかを考え、被害を防ぐために堤防を設置する場所を、モデル実験を通じて見出すことであった。これらの達成状況について検討する。

(1) 河川流路の形成過程の理解の変化

流水の働きについての理解状況は、授業前後での認識調査において有意差は見られず、変化が認められなかった。これは事前調査の段階で既に正答率が高かったためであると考ええる。

また、流水の働きと地形の関わりについての理解状況は侵食作用のみ、正答者数の割合が有意に増えた。これは、モデル実験で洪水が発生する場所について考える際、侵食作用に注目して観察したが、蛇行流路の内側で起こる堆積作用にはほとんど注目していないことが要因であると考ええる。

(2) 洪水災害低減方法に関する理解の変化

事前調査の段階では、侵食・堆積・運搬の各作用の理解に関して生徒群AとBは同等とみなせた。このことから、学習前に持っている知識は、堤防設置場所の選択に影響していないと考えられる。

プロトコル分析結果を見ると、堰を設置した生徒（生徒群B）は、流水の働きに関する知識は身につけているものの、それを活用したり、モデル実験での現象と結びつけて考えたりすることができなかった可能性がある。一方、適切な位置に堤防を設置した生徒群Aの生徒は、堤防設置理由として侵食作用について触れて記述しており、学習で習得した知識を活用していた。これらのことから、既習の知識を活用する能力があった生徒が複数いたグループでは、河川の氾濫を防止する適切な方法を考えることができた可能性がある。両群とも、自分たちで実験を行うことで、生徒の考えが強化された可能性がある。特に生徒群Bは、実験の成否にかかわらずその

ような傾向を示しているかもしれない。

8. 課題

生徒群Bは、既習事項の知識を生かさずに実験条件を決めてしまい、成功率が良くなかった。時間があれば実験後に異なる自在定規の設置方法を再検討させて再実験する指導が考えられる。あるいは、自在定規の設置方法について、クラスで議論させる指導を取り入れて、再検討させる場面を取り入れることも考えられる。その他に、実験に用いた器具等の改善と教育実践を重ね、教育目標の達成度の向上を図ることが必要である。

謝辞

この実践研究の実施にあたり、秋田県大仙市立平和中学校の校長および理科教員の方々には、本研究の趣旨をご理解いただき、校務ご多忙な中にもかかわらず研究の実施に当たりご高配賜った。野外実習場所については、国土交通省東北地方整備局 湯沢河川国道事務所 調査第一課課長 木村博英氏ほか職員の皆様からご教示いただいた。教育実践においては、秋田大学教育文化学部地学研究室の石水英梨花さんにお手伝いいただいた。本研究の費用の一部は、河川財団平成29年度研究助成事業によった。また、匿名の査読者のご指摘により、本稿の改善を図ることができた。ご支援を賜った関係各位に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- Berkowitz, M. W. and Gibbs, J. C. (1983) : Measuring the Developmental Features of Moral Discussion. *Merrill-Palmer Quarterly*, 29(4), 399-410.
- 川真田早苗・香西 武・村田 守 (2014) : 水害から命を守る地域防災教育プログラムの実践: 地域の特色を考え、危険を判断し、回避する力の育成をめざして。日本理科教育学会全国大会要項, **64**, 76-77.
- 川村教一 (2016) : EMriver Color-Coded Modeling Mediaを用いた流水の働きモデル実験例。日本地学教育学会第70回全国大会徳島大会講演予稿集, 113-114.
- 川村教一 (2017) : EMriver Color-coded Mediaを利用した流水の働きモデル実験学習の試み。日
- 本地球惑星科学連合2017年大会, G04-P05.
- 川村教一・鈴木 創・山下清次 (2016a) : EMriver Color-Coded Modeling Mediaを用いた卓上型流水の働きモデル実験装置の考案。日本理科教育学会第55回東北支部大会論文集, 21.
- 川村教一・鈴木 創・山下清次 (2016b) : メラミン粒子を利用した流水の働きモデル実験装置の基本性能。日本科学教育学会研究会研究報告, **31**(3), 81-84.
- Kawamura, N., Suzuki, S., Yamashita, S., Yamaya, M. (2017) : A Science Lesson in Special-needs School in Cooperation with University: Case of Study of Running Water Utilizing the Model Experiment Apparatus. *The Eighth Pacific Rim Conference on Education*, 155-156.
- 川村教一・鈴木 創・山下清次・山谷美樹 (2018) : 特別支援学校児童に対する理科の授業実践の成果: モデル実験装置を用いた流水の働きと洪水対策の学習。秋田大学教育文化学部研究紀要 教育科学部門, **73**, 79-86.
- 国土交通省東北地方整備局 (2017) : 雄物川水系河川整備計画 (大臣管理区間)。国土交通省東北地方整備局, 161p.
- 文部科学省 (2010) : 学校安全参考資料「生きる力」をはぐくむ学校での安全教育。文部科学省, 111p.
- 文部科学省 (2012) : 学校安全の推進に関する計画。文部科学省初等中等教育局健康教育・食育課, 32p.
- 文部科学省 (2017a) : 中学校学習指導要領。文部科学省初等中等教育局教育課程課, 152p.
- 文部科学省 (2017b) : 中学校学習指導要領解説理科編。文部科学省初等中等教育局教育課程課, 125p.
- 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**, 101-107.
- 鈴木 創・川村教一・山下清次 (2017a) : EMriver Color-coded Modeling Media を利用した川の地形モデル実験学習の中学校理科での試行。日本理科教育学会全国大会発表論文集第15号, 501.
- 鈴木 創・川村教一・山下清次 (2017b) : 川の地形モデル実験装置を用いた洪水災害学習の試行。日

本理科教育学会第56回東北支部大会論文集, 13.
鈴木 創・川村教一・山下清次 (2017c) : 川の地形
モデル実験に見る流水の三作用の理解の実態 : 中
学生対象の洪水学習を例として. 日本科学教育学
会研究会報告, **32**(3), 79-84.

Summary

The authors conducted science classes for first graders of a junior high school to study flood disaster measures of the Omonogawa River by utilizing the model experiment apparatus. One of the measures that some students designed was

to build a levee along the undercut slope of a meandering river. While discussing the measures, those students would have to think of river processes.

Key Words : disaster prevention education, science class, meandering river, the Omonogawa River, protocol analysis, collaborating learning

(Received November 27, 2017)