

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

川村 教一*・鈴木 創*・山下 清次*・山谷 美樹**

Results of a Science Lesson for the Special-needs School Students : Studies of River Processes and Flood Disaster Measures Utilizing the Model Experiment Apparatus

KAWAMURA, Norihito*; SUZUKI, Sou*; YAMASHITA, Seiji*; YAMAYA, Miki**

Abstract

When special-needs students need to learn science concepts, conducting a science class for them will be fruitful. In such a case, we conducted a lesson for studying river processes in a cross-curricular program.

These classes comprised Japanese, Social Studies, Science, and natural disaster prevention for fifth and sixth graders. In a science class, the students learned the processes of running water, such as erosion, transportation, and deposition, which are contents of science class for sixth grader in the Course of Study, Japan. The experimental apparatus can make meandering rivers. Most observations showcase that a meandering river merges at the beginning of the experiment. By modeling a flood in the experimental apparatus to simulate a real flooding disaster, the authors expected the students to easily understand what happens when a river floods. By placing toy houses in the apparatus, the students can easily realize that flooding may cause a disaster.

During the class, the students remained focused on the experimental apparatus, maintained observations, and noted the change in the rivers and the toy houses. These responses of the students exceeded our expectations. By collaborating with the special-needs school and the university, we will be able to carry out such unique classes, which are advantageous.

キーワード：小学校，特別支援教育，理科，防災教育，教育課程，モデル実験，EMriver

Keywords: elementary school, special-needs education, science, disaster prevention education, curriculum, model experiment, EMriver

1. はじめに

小学校の特別支援学級の児童などには理科は個別に特別な配慮をしながら教育されるが（文部科学省，2008），知的障害者である児童に対する教育を行う特別支援学校小学部の教科には，理科が設定されていない（文部科学省，2009b）。また，近年の小学部児童対象の理科研究報告例は見当たらない。類似の例には，特別支援学校小学部児童も対象とした森林環境教育の事例紹介があり，体験活動として評価が高いという（中川，2013）。しかし，特別支援学校に入学した児童で自然科学の概念獲得が可能な資質・能力を持っていた場合，そのような児童のた

めに理科を含む教育課程を編成することが有意義であると考え。ところで筆者のうちの一名が，小学部児童に対し，理科の学習内容を含む教科横断的な川についての学習単元を編成し，筆者らが共同で理科に関する授業を実践した。これは安全教育における災害安全の要素を含むものである。本実践のように，大学と地域の特別支援学校が連携し，大学の教職員が理科の教材について専門的な立場から助言するとともに，共同で授業実践を行うことで，これまでない教育活動が可能である。本研究では，特別支援学校小学部での理科に関する授業実践の成果について，授業記録をもとに議論する。併せて，使用した川のモデル実験装置について，これまで川村（2016，2017），川村ほか（2016a，2016b）で紹介してきたが，データを充実させて改めて解説する。

* 秋田大学教育文化学部
Faculty of Education and Human Studies, Akita University

** 秋田県立能代支援学校
Noshiro Special-needs School, Akita prefecture

なお、本研究のうち教育実践に関する部分は、The 8th Pacific Rim Conference on Education において発表した内容 (Kawamura et al., 2017) に加筆したものである。

2. 「流水の働き」の学習で使用するモデル実験装置の改善

川村 (2016) は小学校理科第5学年の学習項目「流水の働き」の学習における縮尺モデル実験の問題点を、以下のように挙げた。

「流水の働き」において教科書 (例えば毛利ほか, 2014) ではモデル実験が取り上げられ、砂から構成される人工的な地質体に流水を供給して、侵食・運搬・堆積の様子を観察させることになっている。このために各種実験装置が使用されているが、問題点の一つは河川の蛇行を自発的に起こすことが、理科の授業時間内では困難なことである (例えば大瀧・川村, 2006)。この問題点は、軽量粒子を使用することで解決できることが指摘されている (例えば山本・坂野, 1982)。そこで、米国 Little River Research & Design 社 (以下L社と呼称する) 製のメラミン粒子を用いた卓上型実験装置を製作したところ、河川の蛇行の再現をすることができた (川村, 2016)。その際の蛇行河川の特徴については、川村ほか (2016a, 2016b) で簡単に報告した。

先述の小学校教科書などでは、教材となる河川には蛇行河川が取り上げられている。そのような学習において、流水の作用の再現はもちろん、蛇行形成も可能にするのが、このモデル実験装置である。

3. 使用したモデル実験装置の特徴

(1) 学校等で EMriver 実験装置を使用する場合の課題

七山 (2015) ですでにわが国に紹介されている EMriver であるが、これはL社により製作・販売されている河川の実習用モデル実験装置である (<http://www.EMriver.com/>, 2017年10月17日閲覧, 以下同じ)。このモデル実験装置には複数のタイプがあるが、いずれも実験槽、碎屑物粒子モデルのメラミン粒子、実験槽内の流水循環装置から主に構成される。本装置の最大の特徴は、碎屑物粒子モデルとしてメラミン粒子を使用している点にある。

川村 (2016) は、EMriver をわが国の学校での実験に導入する際、次のような課題を挙げた。

1) 可搬性の向上

L社の最もコンパクトな Em2 モデルでも頑丈な造りのアルミニウム製の実験槽は重く、持ち運ぶには小型トラックが必要となる。筆者らがこれまで行ってきたアウトリーチ活動は一般的に自家用車により物資の運搬をし

ていたので、トラックを使用しなければならないとしたら使用頻度は極端に制限されることが予想される。このため学校の教室へ搬入することを考えると、当該モデルの可搬性を一層高める必要を感じる。そのためには実験槽の小型化・軽量化が求められる。

2) メラミン粒子の乾燥作業の軽減化

日本のような湿度の高い気候では、実験後に水でぬれたメラミン粒子をよく乾燥させてから保管しないと、カビ類や細菌類の繁殖が懸念され、実習用素材として不衛生になる恐れがある。このことを解決するためには、実験において不必要にメラミン粒子を多量に使用せず、乾燥しやすくすることが求められる。

(2) 自作した実験槽

上記のような課題に加え、EMriver の実験槽は高価で購入が困難であるため、川村 (2016, 2017), 川村ほか (2016a, 2016b) の報告に示したように、小型の実験槽を自作した。

学校の理科室で実験を実施することを想定した場合、実験台に設置できる大きさが理想的である。そこでホームセンターで市販されているプラスチック製コンテナを実験槽として使用して、メラミン粒子を入れて水を流し、流水による作用を観察できる実験装置とした (図1, 2)。

実験装置は、自作した実験槽 (長さ約 50cm × 幅約 38.5cm × 深さ約 9 cm), 碎屑物粒子モデルとしてのメラミン粒子、給水タンクなどから構成される。給水タンクには、500mL ペットボトル等の底部を切り取り、キャップに直径 5 mm の穴をあけ、ほぼ一定量の水を実

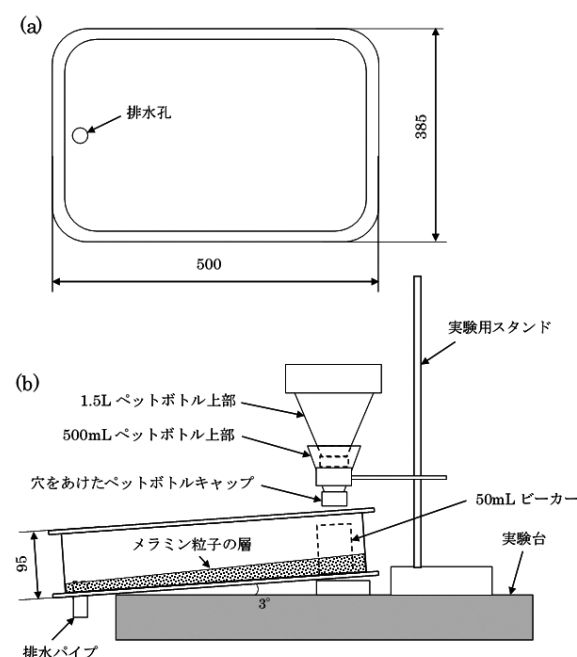


図1 実験装置の構成 (単位 mm)
(a) 実験槽の平面図, (b) 実験装置の側面図

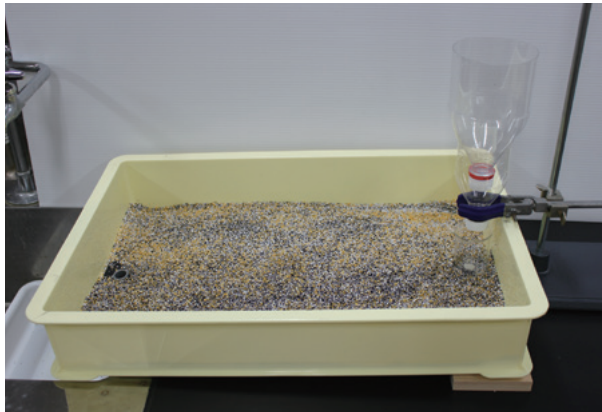


図2 実験装置の概観



図3 実験に使用したL社製メラミン粒子

験槽内に供給した。流量は約 19.0mL/s である。下流側には排水孔（直径約 1.6cm）を設けた。

（3）碎屑物粒子モデルとしてのメラミン粒子

L社が販売しているメラミン粒子には、粒径によって色分けしたもの（Color-Coded Modeling Media）と、色分けしていないもの（Non-Color-Coded Modeling Media）がある（http://www.EMriver.com/?page_id=2351）。本研究では、Color-Coded Modeling Mediaを使用した。これらの粒子は粒径別に色分けされている（黄色：平均粒径 1.4 mm，白色：1.0 mm，茶色：0.7 mm，暗赤色：0.4 mm；図3）。このため、色で識別することにより、粒径ごとの作用の違いを容易に観察できる利点がある。

（4）実験準備

川村ほか（2016b）を引用しながら以下に述べる。

①粒子の水洗

メラミン粒子は、実験前日～直前に一度水洗いをして湿らせた状態にしておく。乾燥した粒子を用いて水を流すと、粒子間が水で飽和するまで時間がかかるので、その時間を短縮するためである。

②粒子の敷き詰め

メラミン粒子は、実験槽内に約 3 cm（上流側）～ 2 cm（下流側）と、厚さが徐々に薄くするように敷き詰める（図1（b））。

③実験槽設置時の傾斜

実験槽は長辺方向を流下方向とし、上流側から下流側にむけて約 3 度で傾斜させる（図1（b））。この設定はL社の実験マニュアル（Little River Research & Design, 2015）に基づいている。

（5）性能試験結果

このモデル実験装置でどのような河川の形状が観察できるかを明らかにするため、性能試験を1回5分間で10回行った。

1）結果

実験槽内の画像例を図4、5に示す。画像には蛇行した1条の流路が観察できる（川村，2016）。一般的に、比較的短時間で蛇行河川が見られる（川村ほか，2016）。実験開始5分後の蛇行度（SI：蛇行長／蛇行波長）は、平均 1.21（10回平均，範囲 1.07～1.55）で、流路の分岐や中洲（図4）の形成が見られることが多い（川村ほか，2016b）。また、流路は側方に移動することが多く、河岸の側方侵食が見られる。

2）性能評価

流路の側方移動は、河川の外水氾濫につながる増水時の現象に対比でき、実験を観察した児童は洪水発生直前に河川地形の変化があることがわかと期待できる。モデルの家屋を実験槽内の氾濫原上に置けば、洪水災害の再現をすることが可能になる。

4. カリキュラム設計の背景と単元設定

（1）児童観

筆者のうち山谷は、小学部の高学年児童に、第5学年理科「流水の働き」等について指導をしたいと考えた。対象とする児童は知的障害を持つが、工夫して指導すれば、次のような知識を獲得することができそうだと考えた。

- ・水は蒸発をすること
- ・蒸発した水は雲になって雨になること

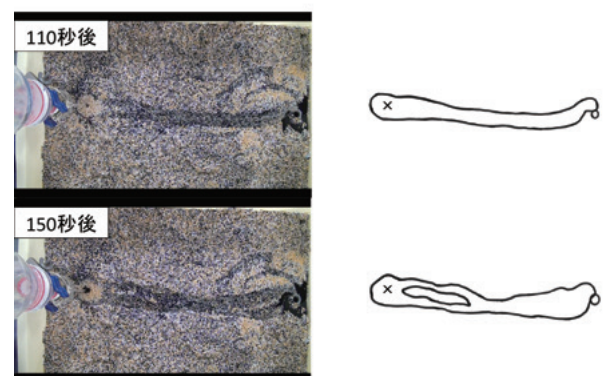


図4 モデル実験装置で再現される河川流路の中洲（左列）画像；時刻は実験開始後、（右列）流路の形状（×は給水点，○は排水孔）

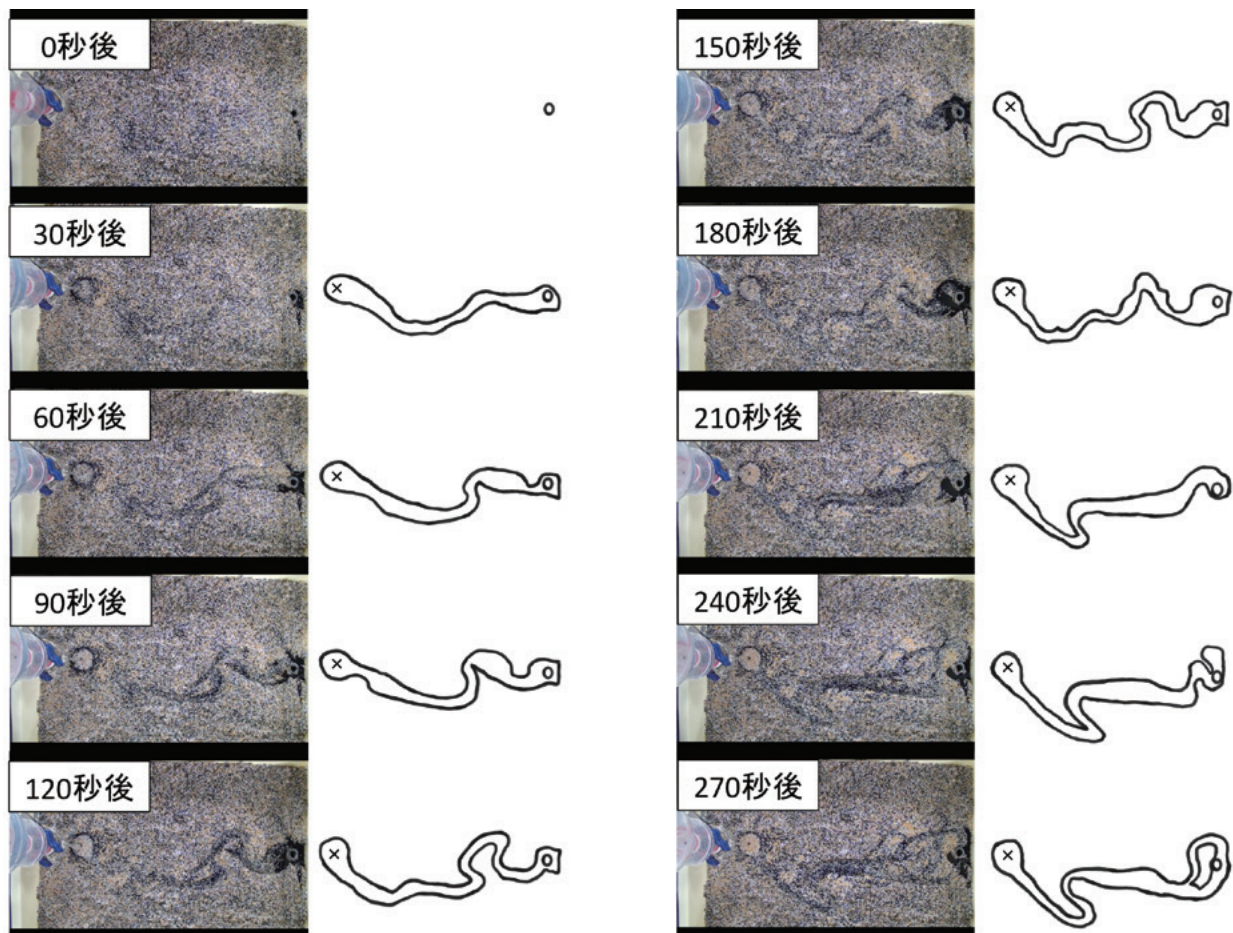


図5 モデル実験装置で再現される蛇行する河川流路
(左列) 実験開始後 30 秒ごとの画像, (右列) 流路の形状 (×は給水点, ○は排水孔)

・水は有限であること

・上・下水道など生活用水の簡単なくみ

また、小学部高学年に理科や図工が好きな児童が在籍しており、実験に興味を持つことが予想された。

(2) 教材観

安全教育の目標の一つに「イ 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。

ところで、指導対象の児童が居住する地域は、一級河川の米代川流域にあたる。日本海に向かって平野を流下するこの川は、特に下流域において蛇行し、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(国土交通省東北地方整備局, 2010)。実践対象の児童にとって、将来起こりうる自然災害の一つが米代川の洪水であり、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。

(3) 背景としての安全教育における指導観

文部科学省は、障害のある児童生徒等に対する安全教育として、「自ら安全に行動するためには、冷静に考える力、前後の事情を総合して物事をどうするのかを決める力を育てること(中略)のほか、一人一人のニーズに対応した技術や能力などの育成を図ることが必要であり、学校生活や社会生活の中で安全に行動できる態度を身に付けていくことが大切となる」と述べている(文部科学省, 2010)。安全教育のために自然災害を取り上げようとするとき、先に示したように特別支援学校では、教育課程に理科の授業が設定されていない。しかし、児童の実態に基づいて、自然科学について学習させようとするとき、体験的な学習、つまり実験が必要であると筆者の一人、山谷は考えた。

(4) 教科横断型学習単元の設定

上記の児童観、教材観、指導観をもとに、安全教育としての防災教育も含め、高学年児童向けの川に関する授業を、国語、社会、理科および防災学習で構成した。この単元のうち理科を主とした授業では、小学校理科(文部科学省, 2009a)の第5学年の学習内容である「流水

の働き」で扱う，侵食，運搬，堆積作用を児童に学ばせることにした。

5. 実践研究の方法

開発したモデル実験装置を用いた授業実践を行い，授業に参加した児童の実験中における発言内容の聴取や行動観察をした。特に，一部児童の発言についてはすべて記録した。児童の観察及び授業記録を主に担当したのは筆者のうち川村である。記録をもとにプロトコル分析を行い，学習のねらいの達成状況について検討し，授業の成果を議論する。

6. 教育実践の記録

実施日時：理科に関する授業は，2017年6月15日に秋田県立A支援学校で実施した。

配当時間：1単位時間

授業テーマ：「流れる水のはたらきについてしらべてはっぴょうしよう」

めあて：「すなのようすをかんさつして流れる水のはたらきをかくにんしよう」

授業のねらい：

- ①実験を通じて川における流水の働きを見出すことができる（理科教育の視点）。
- ②実験において災害を防ぐための工夫をすることができる（防災教育の視点）。

対象児童：5年生児童2名（児童A・C），6年生児童2名（児童B・D），計4名。授業においては，児童の資質・能力を勘案してペア学習とし，その編成は5年生児童1名・6年生児童1名（児童A・B，C・D）とした。

教材：モデル実験装置とモデルの家屋・水田・堤防2セット（3章で記載した装置一式，及び同じメラミン粒子を使用するが大きさの異なる実験槽の装置一式）。なお，堤防のモデルには約10cmの長さに切断した自在曲線定規を用いた。これは形状を自由に変えられるものである。

指導者：筆者のうち山谷が授業計画・実施を統括するとともに，主指導者として授業の導入・終結部において進行を担当した。副指導者として，実践校の教員1名が児童の指導に当たった。また，筆者のうち鈴木，山下がモデル実験の指導者を務めた。

授業の構成：授業は，外部指導者の紹介（実験指導者2名，参与観察者1名），前時の復習，児童実験，まとめ（分かったこと及び面白かったことの児童発表）の順で実施した。詳細は表1の通りである。

実験結果：授業で行った，洪水から家屋を守るために堤防を置いた実験の結果を図6に示す。いずれも児童の

表1 授業の実施記録

時間 [分]	区分	学習活動	指導上の留意点
10	導入	挨拶 外部指導者・自己紹介 前回の学習の復習 ①蛇行部の川の水の速さ ②流水の三作用	本日の学習の流れをあらかじめ板書しておく。 児童に内容を想起させ，発言させる。 用語はフラッシュカードで提示。
25	展開	モデル実験装置による観察 ①粒子の動きと流水の作用 ②蛇行部の川の水の速さ ③家屋と水田の防災	ペアを組んで観察 必要に応じ，どのような様子が見られたか，質問をして発言を促す。 再実験をさせて，実験結果の定着を図る。
10	終結	発表 ①分かったこと ②面白かったこと お礼	全員に発表させる。 指導者がホワイトボードに発言を板書して視覚化する。 代表児童による。

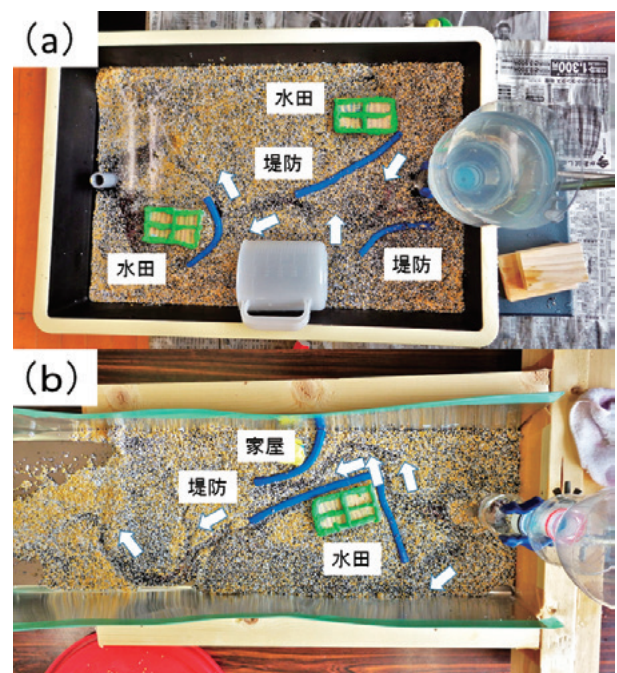


図6 児童によるモデル実験の結果

家屋や田を洪水から守るために設置した自在曲線定規の堤防，白矢印は実験終了直前の流路の流れの向き。(a)：児童C・Dのペア（図1の実験装置を使用），(b)：児童A・Bのペア（図1とはサイズの異なる実験槽を使用）

判断で堤防は置かれている。

7. 児童の言動の記録と分析

(1) 記録の区分

実験中のモデル地形や児童の行動の状況，児童の発言の主旨と併せ，発言記録を表2に示す。

以下，授業での展開順，実験項目（粒子の動きの観察，土地の侵食の観察，モデル堤防の設置）ごとの特徴的な発言とその分析を述べる。

(2) 粒子の動きの観察状況

本実験では，通水すると最も粒径の大きい黄色粒子（平均粒径1.4mm）が移動する様子が良く見られ，一方，

最も粒径の小さい暗赤色粒子（平均粒径 0.4 mm）はほとんど動かない。

実験指導者は、実験開始後に児童に観察した粒子の動きを説明させた。このときの児童の発言（表2のプロトコル番号（以下No.）2～4, 6）では、粒径による動きの有無の指摘が見られる（No. 2～4）。また、流路蛇行部では、流速の違いについての質問（No. 5）に対して児童Aは適切な答えで発言している（No. 6）。流速は測定していないので、この発言は移動する粒子の様子から判断して答えたものと思われる。

以上のことから、侵食作用の有無や流速の違いを、実験を通じて見出ししていることがわかる。

（3）土地の侵食の観察状況

実験では、流路近くに置いたモデルの家屋を載せた土地が、側方侵食されたり、流路が移動して侵食される様子を観察することができる。本実験中の児童の発言のうち、No. 8, 10, 11がこのときのものである。No. 8, 10では、土地ではなく家屋が動く様子を表現しているように思われる。

（4）堤防設置計画とその評価

児童自身の判断により、実験槽内の土地にモデルの堤防を設置させ、堤防による外水氾濫防止が成功するかどうか、実験結果で評価させた。

No.15～20の発言があったときは、洪水を予想して設置した堤防が、浸水を防いでいる様子を見いだしている。No.18, 20, 23の発言内容から、指導者の助言により堤防の有無と洪水発生の有無に関係があることを、児童Aは気づいていると思われる。一方、児童Bはこのことについての発言は少なく、児童Aと同様の認識をしていたとは判断できない。

再実験では、児童A, Bは実験槽内の流路の様子を観察し（No.31～32）、児童Aは流水の向きを予測してから堤防を設置している。その後、実験結果を基に、堤防の置き方を再検討している（No.38～40）。

（5）流水の作用の観察状況

堤防による洪水防災の実験の後半において、児童Aから、侵食、運搬、堆積についての作用を認識した発言があった（No.25）。No. 8, 10, 11の侵食作用が働いたときの家屋の動きへの着目に対し、粒子の動きに着目するようになっていていると思われる。

（6）授業のまとめにおける発表内容

1）分かったこと

児童発言の概要は以下の通りである。

児童A「白と黄色動いている。」

児童B「赤動いていない。つもる。水はこっちに流れるかも。」

児童C「異変が起きた。流れ分かれた。家を高台へ。

カーブを作った。大洪水。」

児童D「（うち：注 教員による補足）倒れた」

児童A, Bは、侵食・運搬・堆積の各作用について述べている。また、児童Cは川の流路変化や洪水発生について述べている。

2）面白かったこと

児童A「堤防どこにおけば。向き。どう流れるか。」

この児童は、堤防設置に試行錯誤する場面を挙げている。

8. 成果

（1）理科教育の成果

前章の（2）、（3）、（5）の児童の発言の分析で見たように、児童は粒子や流路などに注意を向け、観察を続け、川の流路の変化やモデルの家屋についての発言を繰り返し行っていた。（6）1）の児童C, Dの発表内容も同様である。発言内容を見ると粒子の動きの観察（（2）、（6）1）の児童A, B）や流水の作用の観察（（5）の児童A）がきちんとなされていた。

授業のねらいの一つは、実験を通じて川における流水の働きを見出すことであったが、前章（5）で記したように、実験を通じて児童Aは自発的に侵食・運搬・堆積の各作用に気づいた。児童Bについては実験中にはそのような発言は見られなかったが、まとめの発表では言及している。これらの児童の反応は、指導者が事前に予想していた以上に活発なものであった。

以上のことから、これらの児童には授業のねらいを達成できたことが、本実践の成果の一つである。一方、児童C, Dのまとめの発表内容は断片的で、これだけからは授業のねらいの評価は困難である。

（2）防災教育の成果

防災教育の視点からの授業のねらいは、「実験において災害を防ぐための工夫をすることができる」であった。実験では洪水防災のための堤防設置という課題を達成するために、児童は試行錯誤しながら取り組んでいた（前章の（4））。児童AによるNo.41の「家と田んぼが堤防で守れた」の発言は、堤防の洪水災害を防ぐことが実験で成功し、達成感を感じていると思われる。このことから、この児童はこの授業のねらいを達成できたと思われる。児童Bについては防災に関わる発言がなく、ねらいの達成状況は不明である。

9. 課題

（1）モデル家屋への注目度の高さ

7（3）で述べたように、実験中に堤防や家屋などを置いて通水させたとき、児童は土地の変化ではなく、家屋に流水が当たるか、家屋が動くかなど、観察の視点が

表2 実験中の指導者および児童の発言・行動記録

No. : プロトコル番号		No.		指導者発言・行動	実験の状況、児童の認識等		21	「(堤防を) とってみる?」			
内容・指導者の支援							22		A「うわー」		浸水発生に対する発声
実験装置セット								(堤防を置く)			
通水開始							23		A「(水が) いってない」		浸水が止められたことの指摘
粒子の動きの観察	1	「どんな色の粒が動くか」					24	「田んぼにも水が来てない」			
	2						25		A「こっちいってる、おーうごいてる、けずる? あつてもるかも、運んでる気がする。黒と白が積もってる。」		流路方向、侵食作用、堆積作用、運搬作用の指摘。
	3										
	4										
	5	「どっちが速い?」					26	「こちら辺にたまってるのが」			
	6						27		A「黄いろ」		堆積物の色の指摘
侵食作用の観察	7	「内側は? やってみるか?」				28	「こちらへん」				
	8						29		A「けずってる、ぼく水くんでくる」		侵食作用の指摘 実験用の水の補給。
再実験の準備		(実験方法説明し、実験槽内の砂の表面をならす。)					30	「これでおうちを守っている、また2人でやろうか、1回ならそうか。」(子どもに家と田を置かせる。子どもにも水を流させる。)			
	9	「おうちと田んぼどこに置く? やってみようか、どうなるかな。」					31		A「あつ、こっちいってる。田んぼの方に」		流路の指摘
	10						32		B「こっちも動いてる。」		侵食作用の指摘
	11						33		A「じゃあ、堤防を」(堤防を置く)		
	12	「おうちを守りたい、どうしよう。」					34		A「こっち行きそうな気がする。ここ可能性が高い、こうして(堤防を両岸に設置) やばいかも。」		流路の変化の予想
	13						35		B「やばいかも。」		
侵食に対する堤防による防災	14	「堤防見たことある? おうちを守りたい、どうしよう。」					36		A「こっちはぜんぜん。」		浸水がないことの指摘
	15						37		B「いってる。」		別方向に流水がある指摘
	16						38		A「こっちいってる、でもこっちはいっちゃってる。」		干渉外の箇所での浸水が見られたことの指摘
	17						39		B「しっぱいねまつつぐにしよう。」		土地をならして行う再実験の提案
	18						40		A「うちは大丈夫、よし水入れて、こういって、こういって。(水流す)」		再実験開始
	19										
	20										
							41		A「(家や田んぼを) 守れた。」		達成感の表出

家屋に固定される傾向にあり、水や粒子の動きに注意が向かなかった。家屋のモデルは私たちの住む土地を実験槽内にモデルで再現したことを理解させやすいと思われるが、実験中の視点が広がらないことが明らかになった。このことについての指導法の改善が求められる。

(2) 流水の働きの理解と防災の理解の統合

本報告では詳細に述べなかった、もう一方の学習ペア(児童C・D)の行動では、家屋を洪水から守るために、堤防として与えた自在定規を、流路を横断するように設置したが、実験では流水は溢流して防災には成功しなかった。このことは、堰やダム堰堤のような流水の障害物があるとどのような影響があるか想像できなかったためだと考えられる。このことは、蛇行部の攻撃部側に側方侵食が起こりうることの理解と堤防設置に適切な場所の理解が別個のものとされ、知識の統合が行われなかったためではないかと考えられる。

流水の作用の知識を洪水防止の場面で生かすためには、どのような指導上の改善が必要なのか、今後検討したい。

10. おわりに

本授業後に担任と保護者間でやりとりされた連絡帳の記述によると、本実践は保護者から喜ばれたという。想像ではあるが、児童が保護者に対して理科実験について肯定的に話していたようである。

今回のように、特別支援学校と大学間の連携を進めることは、これまでにない授業を可能にする。特別支援学校で実施されることが少ない理科の授業は、今後さらに開発される余地があるだろう。

謝辞

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。本研究をご支援くださった関係各位に感謝の意を表する。

引用文献

- 川村教一 (2016) : EMriver Color-Coded Modeling Media を用いた流水の働きのモデル実験例. 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

の働きの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., and 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 8th Pacific Rim Conference on Education, 155-156.

国土交通省東北地方整備局 (2010) : 米代川水系河川整備計画(国管理区間). 国土交通省東北地方整備局, 107p.

(http://www.thr.mlit.go.jp/noshiro/kasen/seibi_henkou/02gaiyou.pdf)

Little River Research & Design (2015) : EMriver Lab Manual, 49p.

文部科学省 (2008) : 小学校学習指導要領解説総則編. 東洋館出版社, 133p.

文部科学省 (2009a) : 小学校学習指導要領解説理科編. 大日本図書, 105p.

文部科学省 (2009b) : 特別支援学校幼稚部教育指導要領解説 小学部・中学部学習指導要領解説 高等部学習指導要領解説. 海文堂出版, 263p.

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.

(http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/afieldfile/2010/10/26/1289314_03.pdf)

毛利 衛ほか (2014) : 新編新しい理科5年. 東京書籍, 168p.

中川宏治 (2013) : 特別支援学校における体験型の森林環境教育の導入—滋賀県の森林体験学習「やまのこ」事業を事例として—. 林業経済研究, 59, 92-101.

七山 太 (2015) : 地学教育教材 EMriver ジオモデルのご紹介と若干の水理学的考察. GJSJ 地質ニュース, 4 (5), 138-141.

大瀧 学・川村寿郎 (2006) : 川の流れとはたらきを知るための流水モデル実験器の再検討. 宮城教育大学環境教育研究紀要, 9, 67-76.

山本晃一・坂野 章 (1982) : 河川移動床模型実験材料としての石炭粉の移動特性と斐伊川模型への応用. 土木研究所資料, 1802.