

地域住民の土砂災害回避能力向上のための 科学的かつ実践的な防災教育手法

Education Method for Sediment-Related Disaster Prevention Based on the Combination of Field Seminar and Teaching Hydraulic Apparatus Use for Public

山田 孝
Takashi YAMADA

北海道大学大学院農学研究院助教授

Abstract

Scientific and practical education method for sediment-related disaster prevention was presented for schoolchildren. This method was based on the combination of seminar in debris flow prone torrents and teaching hydraulic apparatus use in a classroom. We conducted three-hours classes in May and June, 2005, based on the above-mentioned method for each three elementary schools in the Appetsu River watersheds, Hokkaido, where was damaged by the 2003 typhoon No.10. We taught the schoolchildren conception of watershed, occurrence of sediment-related disaster due to slope failure and debris flow in watershed, role and its criteria of Sabo facilities, critical rainfall amount for debris flow generation, importance of early evacuation. Changes in the schoolchildren understanding of the contents of the class were investigated through three times questionnaire.

Key Words: education method, sediment-related disaster prevention, schoolchildren, field seminar, teaching hydraulic apparatus, questionnaire

1. はじめに

土砂災害回避のためには、将来の地域社会を担う地域住民としての次世代層が、行政や地域との連携の基に自分の判断で、適格な警戒・避難活動を行なえるようにすることが今後の防災教育に科せられた大きな課題のひとつである。そのためには、子供の頃から、土砂災害の実態やメカニズム、警戒・避難手法などについて、科学的かつ実践的に学習することが望まれる。しかしながら、現行の小学校、中学校、高等学校の学習指導要領(理科)には、土砂災害という言葉は見当たらず、土砂災害に特化した項目は存在しない¹⁾²⁾³⁾。土砂災害は、洪水災害や噴火災害、地震災害の一部として取り扱われているか、あるいは全く触れられていないように思える。

最近では、学校現場において、国、都道府県の治山、砂防部局による出前講義や現地見学会のようなイベント的な行事(たとえば、樽前山覚生川自然探検隊(北海道開発局主催))として実施されているものが多い。このような行政による諸活動は、住民の防災意識の高揚、砂防や治山事業への理解度の向上などの面で有意であると思われる。反面、これらの取り組みによって、土砂移動現象の科学的理解度、警戒避難の認識とその実践的技術がどの程度、向上したかについての教育評価はなされていない。

筆者らは、平成15年8月の台風10号により、山崩れや土石流、洪水による甚大な被害を受けた北海道日高地方厚別川流域内に位置する新冠町管内の三つの小学校の児童を対象として、平成17年2月にアンケートを実施した。その結果、8割強の児童が学校や親から土砂災害について教えてもらったことはないと回答した。土砂

災害をもたらす土砂移動現象、土砂災害の発生機構についての認識はかなり低く、危機時の心構えと適格な警戒避難行動に結びつけるための実践的な技術を保持していないと判断される⁴⁾。土砂災害危険区域に住みながら、災害の経験をもたない児童の意識、認識度については未調査であるが、被災経験をもつ児童と同程度かそれよりも低いものと推定される。

一方、最近は、自然災害を取り扱った児童向けの書籍も発行されている。社団法人土木学会では、小学校用に土砂災害を含む自然災害全般について解説したDVDを製作した⁵⁾。山本は、小学生向けに、土石流、がけ崩れ、地すべりの危険区域、過去の被害の実態、前兆現象、避難の方法などを平易に解説している⁶⁾。また、NPO法人砂防広報センターでは、小学校高学年を対象とした砂防副読本—ふるさと安全探検隊—とその指導用手引書を作成した⁷⁾。さらに、「土石流対策模型」などを制作し、全国的に販売している。前述の砂防副読本には、自然災害全般の知識の習得、町民へのインタビュー、砂防事務所、工事現場への訪問などを通じて、児童が自分たちで危険区域マップを作成するなどの学習ができるように工夫された構成となっている。

ただし、将来、児童が、行政との連携のもとに、自分の判断で的確な警戒避難活動を実施できるようになるためには、山地での流域の認識、溪流での様々な土砂の移動原理や土砂移動履歴の把握による溪流の土砂移動頻度、規模の認識、土砂災害の発生原理、様々な砂防施設の効果と限界などを学習する必要がある。そのためには、土砂災害の防災教育手法について、さらなる改良が必要と思われる。例えば、まず始めに、「流域」の認識なくして、土砂の生産・流出・氾濫・堆積現象と人家などの保全対象の空間分布特性、災害発生との係わり合いを理解することはできない。山崩れや土石流が起きる前、起きた後の溪流中は、土砂や流木はどうなっているのか、それらはどのように生産され、流下、氾濫、堆積して土砂災害をもたらすのかなどの疑問を抱いて、実際に溪流の中を歩くことがまず始めに重要であると思われる。模型教材についても、砂防堰堤があると土砂が捕捉された、砂防堰堤がないと下流域で氾濫して災害が発生するといったことだけではなく、どのような条件であれば砂防堰堤のどのような効果を期待できるのか、どこまで効果を期待できるのか、砂防堰堤のみならず、様々な砂防工種の組み合わせによって、土砂はどのように制御されるのか、などをより総合的な視点から科学的に認識する必要がある。

児童に、どのような教材や言語を使って、どのようなメニューの構成で教育することが、土砂災害についての科学的知識を養い、いざというときの適格な警戒避難活動の実施につながるのか、その教育学的な方法論を構築することが重要となるが、そのような研究はこれまでなされていない。本研究は、そのための基本的な考え方と手法(案)を提案し、その方法に基づいて小学校で授業を実施した効果について検討したものである。

2. 土砂災害教育の目標

キャサリーン・レニエらは、子供への科学教育において、子供の脳の発達に合わせたプログラムを用意することの重要性を示唆している。例えば、小学生には、具体的な経験をさせる「概念を教える活動やゲーム」、「実際に操作することが可能な装置」、などが効果的であるとしている。中学生には、思考展開、論理性の理解ができることから、「ディスカッションや賛否に分かれて行う討論コンテスト」、「探検と発見」、「シミュレーション」などが効果的であるとしている⁹⁾。

土砂災害教育においても、子供の脳の発達段階を意識し、対象に応じて教育の目標、方法、メニューを変えていく必要がある。例えば、小学生を対象とした土砂災害教育としては、まずは、山崩れが発生した山腹斜面、土石流が流れた沢の中、沢出口下流の土石流氾濫区域、防災施設を自分の目で見ながら体験学習することが必要であると考えられる。さらに、実験教材を使って遊びながら、山崩れ、土石流の発生状況、治山・砂防施設の役割と限界を目で見て学習することは、現場での体験学習を補完するうえで効果的であると思われる。中学生においては、現場体験学習に加えて、実験教材を用いた実験演習によって、例えば、土砂移動現象の変化(例

例えば、勾配と土砂量、土砂濃度、土砂ハイドログラフとの関係)、砂防施設の効果評価などの研究課題を与えて、データを取らせ、それを解析させて、グループごとに発表し、皆で議論することによって理解を深めていくなどの方法が効果的であるように思われる。

それらの学習プロセスを経て、以下の事項について児童が実践していけるようになることを土砂災害教育の目標とすることを提案する。

- ①自宅の周りの土石流危険渓流などの土砂災害の危険な箇所を知っていて、普段からなにげなく気にする。
- ②大雨が降ると、土石流危険渓流という「流域」の中で、山が崩れ、土石流が発生する危険がある事、土石流が発生した場合、どのあたりまで氾濫し、どのような危険があるのかを認知している。
- ③どのくらいの雨が降れば、そのような現象がおきる危険が高まるかという認識をもっている。
- ④簡易雨量計を製作して、家の周りに設置し、大雨時にはどのくらいの雨が降っているか自分で測る。

⑤雨の状況などを見て、早めの避難をしようという意識をもち、いつ、どこに、どのような手段で避難するのがよいのか、を日ごろから家族と積極的に話し合う。

3. 土砂災害教育方法(案)

前述の考え方に基づく土砂災害教育を実行するために、図-1に示す教育方法を提案した。まず、「総合的な学習」などの時間において、対象とする学校(小学校、中学校)近辺の土石流危険渓流(近年、土石流などが発生した小流域が望ましい)などで、崩壊、土石流による土砂、流木の氾濫・堆積状況などを見学させるためのフィールドゼミを行うこととし、児童に「生の現場」を体感させる。砂防堰堤などの効果や、災害後の復旧状況も合わせて見学できる現場であることが望ましい。表-1に、フィールドゼミでの課題(案)を示す。授業の目的と時間、現場の状況などに応じて、適宜、課題を変えていけばよいと思われる。

その後は、教室で授業を実施し、フィールドゼミで体感した事象に関わる要因やメカニズムについて、模型教材を活用した実

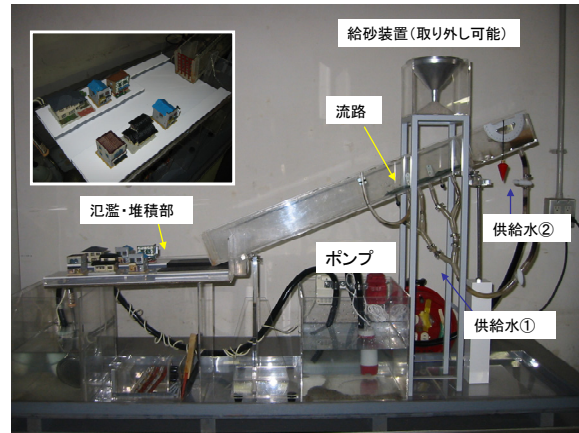


写真-1 模型流域教材(左上の写真は、氾濫・堆積部に遊砂地と流路工を組み合わせた事例)

Photo-1 Teaching hydraulic apparatus of debris flow torrent

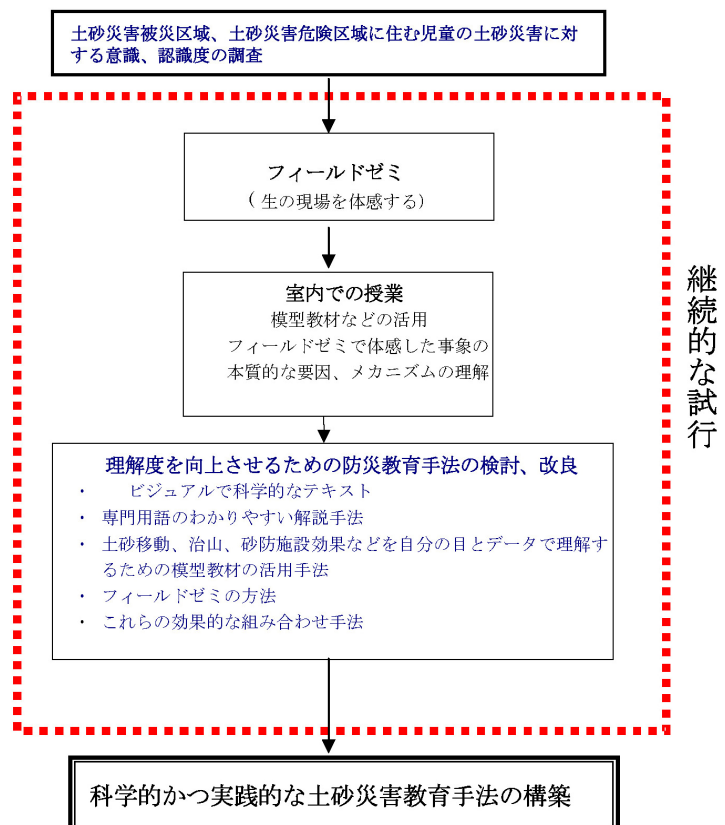


図-1 土砂災害教育手法(案)

Fig-1 Educational method for sediment-related disaster prevention(draft)"

表-1 フィールドゼミの課題と内容(例)

Table-1 Contents of field seminar (example)

	課題(例)	内容
課題1	流域とは何か	流域界を認識させるために、地形図にゼミの対象とする流域の境界線を書かせる。ついで、流域の中で山、河道、扇状地、家屋、畑・酪農地などの生産地、道路などがどのように分布しているのかを認識させる。
課題2	流域の中でも特に山の中はどのようになっているのか	山の主要な地形構成要素である「河道」と「山腹斜面」(勾配など)を認識させる。山腹斜面の構造(樹木と草本、森林土壌、基岩の存在)、山腹斜面の土層構造、崩壊した山腹斜面の実際、沢での土砂、流木の堆積状況(土砂の粒度のひろさ、流木の長さや径)を実感させる。
課題3	山ではどのような土砂移動現象が発生するのか	山腹斜面での土砂移動(表層崩壊、深層崩壊、地すべり)、沢での土砂移動(土石流)の実態を観察させる。山腹斜面で発生した土砂が河道にも流れ込み、河道内を流下している場合があることを認識させる。
課題4	発生した土砂、流木はどのように流れて、どのようにに氾濫しているのか	土砂の発生区域、流下区域、堆積区域の認識(縦断勾配との関係)、沢の中での土石流堆積物の露頭観察(大小様々な石がランダムに堆積している状況など)、土石流の発生区域近傍や下流の流下区域で溪床の堆積物が侵食され基岩が露出している状況(土石流後続流による溪床の侵食実態)、流木ダム形成実態、流木の氾濫実態、扇状地での土石流堆積物の侵食によるさらなる下流への土砂流出(土砂流)などを実感させる。
課題5	土砂や流木の移動によってどのような危険が生じるか	扇状地での土石流、土砂流の堆積状況(堆積深)、家屋、道路の埋没などによる被害状況を観察する。
課題6	自分の家近くの流域で過去に発生した土砂移動現象の種類、履歴、規模を現場でどのように読み取るか	樹木の年代指標(一斉林、不定根など)を活用した土砂移動履歴と規模の認識方法、土砂の堆積物の見方(土石流、土砂流などの堆積物の認識方法、自分の住んでいるところ、毎日利用しているところでの土砂移動の歴史の認識方法について説明する。
課題7	治山・砂防施設役割	治山・砂防堰堤などの見学時に、「なぜこのような施設が必要なのか」、「流域の中でどのような効果を発揮することが期待されるのか」などを説明する。

験演習により理解させる。写真-1に、筆者が製作した模型流域教材を示す。砂防教材としては、既に、流砂形態と砂防ダムの機能を科学的にかつ視覚的に容易に理解させるためのものが提案されているが¹⁰⁾、扇状地などでの土砂の氾濫・堆積過程、災害形態までは対象としていない。本教材は、小規模な土石流危険溪流をモデル化したもので、土砂生産部、土砂流下部、土砂氾濫堆積部からなる。土砂生産部、土砂流下部は、流路高：9.5cm、流路幅6.7cmの矩形断面を呈した長さ100cmの流路で、その勾配を0°~40°まで変えることができる。氾濫・堆積部は長さ：50cm、幅30cm、勾配3°である。流路の最上端ならびに上流区間の流路底面より、最大約170cm³/secの水(単位幅流量：約25cm³/sec/cm)を小型ポンプで供給できる。水供給によって、所定の区間に設置した土砂が崩壊したり、あるいは流動化し、土石流となって流下し、下流域の土砂氾濫・堆積部に流入、氾濫、堆積する。様々な種類の治山、砂防施設の模型(床固工群、不透過型堰堤、透過型堰堤など)を土砂流下部ならびに土砂氾濫・堆積部に設置することができる。

「科学性」、「ビジュアル性」、「可搬性」がポイントである。様々なタイプの砂防施設によって土砂の制御効果はどのように異なるのか、流出土砂の濃度(写真1に示す土砂供給装置下端の排出口の開口程度を変えることによって変化させる)によって砂防堰堤の調節効果の程度が変わることなどを、視覚的に容易に理解できる。また、バンに積載できる大きさとして、実験演習の場を選ばないようにした(ただし、ポンプ駆動のためにはAC100V電源が必要)。

本教材を用いた様々な演習としては、表-2に示す内容(児童の学年のレベルに応じて課題を変える)が考えられる。特に重要なことは、「エンターテインメント的な見世物」を目的として、過度な量の土砂や水を与えたり、異様に長い時間で水を供給し続けたりするなど、非現実的な現象を作り出さないことである。例えば、流路内で土石流を発生させ、それが下流域に土石流堆積地を形成した後も、長い時間で水を供給し続けると(上流から土砂を与えない限りにおいて)、堆積面はどんどん侵食されていくが、現実の小溪流で発生する土石流の土砂ハイドログラフの継続時間は極めて短い。不透過型砂防堰堤を未満砂状態で流路下端に設置した後、土石流を発生させて、堰堤を満砂状態(洪水勾配で堆砂)にした状態で、上流から水のみを与え続けると、洪水勾配で堆砂した面は侵食され続け、静的平衡勾配まで低下する。現実には、土石流堆積直後の後続流によって洪水勾配で堆積した面が、平衡勾配まで一気に低下することはなく、土石流は堰堤に堆積した直後の状態で残存している場合が多い。また、表-2の演習2で対象とする山崩れは最もシンプルな条件下での事例であって、現実的には、透水係数、粒度の三次元的な異方性による浸透水の挙動の非定常性、浸透水の岩盤への染み込みと土層への復帰、土中パイプの閉塞、間隙水圧の局所的な上昇や土中パイプからの地下水の噴出しによる浸食などの複雑な要因が絡み合っている。そのようなことまでは、本流路教材では再現できないので、あくまでもひとつの

簡略化された条件における演習であることを認識させることが必要である。

フィールドゼミ、授業の中で、アンケートを実施し、それらの授業の効果を評価し、問題点の抽出、改善点の整理を行う。このようなフィールドゼミと授業を継続的(例えば、毎年一回の頻度)に繰り返し、児童の理解度変化のモニタリングを行っていくことで、防災教育手法のレベルアップを図る。

4. 土砂災害被災区域での授業研究の実施と評価

平成15年8月の台風10号によって甚大な被害が発生した北海道日高地方厚別川流域内新冠町管内の三つの小学校(美宇小学校、東川小学校、太陽小学校)を対象として、平成17年5月と6月に、前述の教育手法に基づく授業を学校ごとに実施した。各小学校ともに、フィールドゼミは1.5時間、室内での実験演習1.5時間、計3時間の時間割とし、総合学習として実施した。

4.1 フィールドゼミの内容と方法

フィールドゼミのメニューとしては、「流域」、「土砂流出・氾濫・堆積の理解」、「表層崩壊の理解」、「土砂、流木の堆積状況の理解」、「治山施設、砂防施設の理解」とした。

「流域」、「土砂流出・氾濫・堆積の理解」については、まず始めに、斜め写真を用いて、対象とする溪流の「流域」の形、大きさについて説明した。ついで、流域モデル(集水域と氾濫域を組み合わせたもの)を用いた簡易な降雨実験(写真-2)により、集水域に降った雨は、その中の土砂とともに氾濫域に流出すること、集水域外に降った雨は氾濫域への流出に寄与しないことを観察させたうえで、「流域」は「お盆」にたとえられることを説明した。そして、そのような流域の中で、山腹崩壊、土石流が発生し、土砂が下流に流出して、谷出口より氾濫・堆積すること、そのような土砂氾濫・堆積が何回も繰り返して発生し、扇状地ができたこと、扇状地は、人間の生活、生産の場として利用されてきたこと、従って、扇状地は、土砂災害の危険があることを斜め空中写真(崩壊、土砂流出、土石流扇状地の形成を示すもの)を用いながら理解させることを試みた。



写真-2 流域認識のための流域モデルを用いた簡易な降雨実験

Photo-2 Exercise for understanding of watershed by simple rainfall test

表-2 実験演習による課題と内容(例)

Table-2 Contents of exercise using the teaching hydraulic apparatus (example)

	課題	内容
演習1	土石流扇状地の形成	上流から土砂を流して、流路末端での勾配変化点下流に扇状地が形成されていく状況(首ふり現象による流路変更、扇状地の拡大)
演習2	山崩れ(崩壊)	山崩れの一つの発生形態として、地下水位上昇による山腹斜面土層内部の間隙水圧の増大、含水率の増大による山腹斜面土層の重量増加などによって、山腹斜面土層のせん断抵抗力が低下し、崩壊する。
演習3	山崩れ→土石流の発生、流下、氾濫・堆積現象	山が崩れて土石流(泥流)が発生し、下流の勾配が緩くなったところで氾濫・堆積する。流路の勾配が緩いと土石流として流下せず、土砂の濃度の低い土砂流(洪水のような流れ)になる。
演習4	流路勾配による土砂の流れ方の変化(各個運搬→集合運搬)	水と土砂が渾然一体になって流れる集合運搬の形態と、石礫が水中を転動、滑動、跳躍しながら流れる各個運搬の形態を、河道での堆積物の露頭から理解する。同じ流域でも勾配の違いによって、二つの運搬形態があることを理解する。
演習5	土石流による災害形態(土石流本体部、後続流、流木、流水)	本体部による直撃、堆積した土石流本体部の二次浸食による土砂流出、流水による被害
演習6	治山、砂防施設空間(様々な施設の組み合わせ)による土石流の制御	<ul style="list-style-type: none"> ・床固工群による渓床堆積物の侵食軽減 ・様々な砂防施設の効果と限界 ・不透過型堰堤が満杯になった後(洪水勾配形成後)の土砂流出に対して、ある程度役割を果たす場合(調節効果が発揮される場合)と果たさない場合があることの認識 ・土石流を捕捉し、通常時は魚などの移動に支障を与えることのない「透過型堰堤(格子型堰堤)」の土砂捕捉効果 ・掃流区間に設置される堰上げタイプの透過型砂防ダムの土砂調節効果

「表層崩壊の理解」については、児童にクリノメーターで斜面の勾配を計測させるとともに、滑落崖側面から森林の土層構造(基岩の上に表層土がのっている構造)を観察させ、表層崩壊は、傾斜の急な基岩を境にその上の表層土壌が崩れる場合が多いことを説明した。日高地方で発生した表層崩壊の場合、崩れた表層土の深さは平均で数 10 cmからせいぜい 50 cm程度であることを児童に計測させた。さらに、崩れた土砂の一部は崖錐を形成し、それ以外は、河道に流出していることを説明した。また、森林区域でも、崩壊は発生していることを災害前後の空中写真の比較によって理解させた。また、2003 年台風 10 号の雨(累積雨量：

343mm)では、表層土は飽和に近い状態になってしまい、崩壊が発生する危険が高まることを理解するための簡易な野外実験演習を行った。崩壊斜面の滑落崖近傍の表層土(地山)から採土缶で不攪乱試料を採取し、土(液相、気相の質量を含む)の質量を料理用計量秤で計測した。それを水浸させて飽和状態に近い状態とした。ついで、その試料をフライパンに移し、飽和状態に近くなると、土砂は容易に流動化して流れることをフライパンを傾けることによって見せた(写真-3)。ついで、フライパン内の土砂をキャンプ用バーナーで熱して絶乾状態とし、土だけの質量を測り、採土缶で採取した土を飽和状態にした場合の水の質量と体積、採土缶で採取した土の体積に占める水の体積の割合(含水率)を計算させた。ついで、表層土の平均的な厚さから、それが飽和状態になる場合に必要の雨の量を計算させた。最後に、2003 年 8 月の台風時の推定崩壊発生時刻までの累積雨量(災害後の住民からのヒアリングから求めた値：200~250 mm¹¹⁾)と比較させた。水浸させた土壌試料の含水率は約 50% となり、表層土の厚さを約 40 cm とすると、大まかには、約 200mm の雨で表層土が飽和状態に近くなると考えられること、このように試算した雨量の値は、実際の崩壊発生時刻までの累積雨量値に近いことを説明した。ただし、表層土層内の空隙を充填するだけの雨が降っても、現実には、斜面の表層土は飽和状態になることはないこと、土質力学的な視点からの崩壊メカニズムは説明しておらず、土砂は水を沢山含むと流動化しやすくなることを実演しただけに留まっている。

土砂、流木の堆積状況の理解については、崩壊によって流動化した土砂の一部が河道沿いに堆積している場所で、堆積物をスコップで流れ方向に掘削し、土石流堆積物を観察させた。土石流の場合は、大きな石も小さな石も渾然一体となって堆積している場合が多いことを説明した。さらに、児童にクリノメーターで河道の勾配を計測させ、土石流が流れた溪流の勾配を認識させ、室内での実験演習「勾配による土砂の流れ方」と関連させるように説明した。治山施設、砂防施設の理解については、対象とした流域の下流に設置されていた治山ダム、砂防堰堤を見学し、それらの堆砂地に土砂や流木が堆積し満砂状態になっていること、土砂や流木の一部はそれらの施設を乗り越えて流下していることを認識させた。



写真-4 実験演習の状況

Photo-4 Exercise of the debris flow generation, flowing, spreading, and deposition using teaching hydraulic apparatus



写真-3 森林表層土の保水性と飽和時の流動化の野外実験(上；実験状況、下；飽和土の流動化実験)

Photo-3 Field exercise for understanding rough critical rainfall amount for the saturation of forest soil and mobilization of saturated soil

ちなみに、児童への説明はできうる限り平易にかつ簡潔に行うことように心がけたが、専門用語(砂防ダム、崩壊、土砂、土砂災害など)は意味を教えたうえで、あえてそのまま使用した。たとえば、「流域と生活・生産空間としての土石流扇状地」については、下記のように説明した。「皆さんは、”流域”というお盆の中に住んでいます。昔から、大雨や台風によって、お盆である流域の中では、山の斜面が崩れ、崩れた土砂、流木が、”土石流”となってふもとで氾濫し、土砂のたまった場所である”扇状地”が作られてきました。そのような扇状地は、皆さんの生活や農業、酪農などの場所として利用されてきました。皆さんは、土石流がつくった扇状地のうえで生活しているのです。そのため、扇状地で土砂が氾濫した場合は、大きな”土砂災害”に結びつく危険があります」。

崩壊斜面近傍から採取した土の試料の空隙率を大まかに調べる際には、小学校教員の助言をもとに、たとえば、空隙、飽和状態、体積(小学校では教えていない)と言う言葉は使用せず、各々、「穴」、「土の穴に水が全部はいつた状態」、「かさ」といった表現を用いた。

4.2 室内での実験演習の内容と方法

室内(各小学校の教室)では、流域教材を用いた実験演習と自分ですぐにでもできる実践的な警戒避難手法についての講義を実施した。実験演習では、フィールドゼミとの関連性をもたせるために、崩壊、土石流の発生、土砂の氾濫・堆積による土砂災害、治山、砂防施設の効果と限界について、下記の実験1から実験5からなるメニューの構成とした。

実験演習の状況の事例を写真-4に示す。

実験1 ; 「山崩れの発生のしかた」

実験2 ; 「土石流の発生、流下、氾濫のしかた」(土石流のビデオ映像による補足説明を付加)

実験3 ; 「土砂の流れ方(勾配の増加による土砂移動形態の変化)」

実験4 ; 「無施設の場合の土石流、土砂流による災害」

実験5 ; 「施設の効果と問題点」

ケース1 ; 不透過型砂防堰堤の容量が流出土砂量に比して小さい場合、土砂は溢れてしまう実験

ケース2 ; 谷の出口に不透過型砂防堰堤だけが設置されている場合、その容量が流出土砂量に比して大きければ土石流は捕捉されるが、後続流は堰堤を越流し、下流域で氾濫してしまう実験

ケース3 ; 不透過型砂防堰堤が満砂状態のまま放置すれば、次の土石流は捕捉されないの、除石による維持管理が必要なることを認識するための実験

ケース4 ; 不透過型砂防堰堤と流路工を組み合わせた場合、後続流の氾濫は防止できるが、土砂の流出量が多い場合は、流路工内で土砂が堆積し、河積が小さくなって後続流が氾濫する実験

ケース5 ; 不透過型砂防堰堤とその直下に遊砂地、流路工を組み合わせると、土石流を制御できる実験

ケース6 ; 不透過型砂防堰堤よりも透過型砂防堰堤のほうが、堰堤の容量維持の面で有利であり、開口部の適切な設定によって、土石流の捕捉効果も十分に発揮される実験

次いで、砂防堰堤などの建設によるハード対策のみでは物理的に限界があるために土砂災害を防止できない場合があるので、これらの対策とあわせて一人一人の警戒避難が重要であることを説明した。警戒避難としては、平常時から心構えとして、危険区域であることの普段からの認識と避難場所、避難路の確認、緊急時でのラジオ、テレビなどによる行政からの情報(大雨情報、土砂災害警戒情報、行政の警戒避難、避難勧告情報)の集め方、崩壊や土石流などの前兆現象らしき異変情報について説明した。さらに、行政からの情報のみに頼るのではなく、自分で雨を計測し、早めの避難をすることの重要性を強調した。この際、牛乳ビンでも雨量計として利用できることを実演し(写真-5)、フィールドゼミで学習した表層崩壊の発生限界雨量として例えば200mmの雨は、牛乳ビンに20cmの深さで水がたまった状態であることを実演し、説明した。さらに、避難するときの注意点として、例えば、途中の小沢、支川から土砂や水が流出して道路が不通になり、孤立して避難



写真-5 簡易雨量計の事例
Photo-5 simple rainfall gauge
(example)

できなくなる場合があるので、普段から避難場所までの経路を調べておくこと、避難場所まで避難できない場合の手段として近隣の高台や2階へ避難するなどの方法があることを説明した。

4.3 アンケートによる授業の評価

フィールドゼミの直前と直後、室内での実験演習の直後にアンケートを実施し、児童の理解度の変化などを調べた(質問1については、フィールドゼミの直前と直後のみ)。対象とした児童は、3校の3年生以上の小学生、計24名(3年生:6名、4年生:6名、5年生:10名、6年生:2名)である(回収率:100%)。

質問事項は、以下のとおりである。質問1~5は、選択式で、「わかるようになった」、「なんとなくわかるようになった」、「わからない」の三つから選ばせて回答させた(質問1については、フィールドゼミ直前には、踏査の対象とする溪流の斜め写真上に流域界を書かせ、チェックした)。質問6~8は記入式(複数回答)とし、それ以外は、質問1~5と同じ内容の選択式とした。

質問1 ; 山崩れ、土石流は流域の中で発生し、人は流域の中で暮らしていることを理解できますか?

質問2 ; 山はどのようにして崩れるかわかりますか?

質問3 ; 崩れた土砂はどのように流れて土砂災害を起こすのかわかりますか?

質問4 ; 堰堤の役割はわかりますか?

質問5 ; 土砂災害を防ぐためには堰堤だけでは十分でない場合があります。なぜだかわかりますか?

質問6 ; フィールドゼミで印象的だったことはなんですか?

質問7 ; 室内の授業で印象的だったことはなんですか?

質問8 ; フィールドゼミと室内の授業を受けたことで印象的だったことはなんですか?

児童によって同じ回答をしても、理解度には違いがあると考えられる。現段階ではそれを評価することができないので、「わかるようになった」、「なんとなくわかるようになった」と回答した児童については、理解度が「向上した」とみなした。さらに、その理解度が、「フィールドゼミで向上」したのか、「実験演習により向上」したのか、フィールドゼミと実験演習の「双方で向上」したのかを区分した。最後まで「わからない」と回答した児童ならびに三回のアンケートの回答の内容に変化がみられない児童は、本授業による「向上が認められない」と判断した。

各質問に対する結果を図-2~9に示す。質問1については、フィールドゼミ直前では、斜め写真上に流域界を適格に示すことができた児童は1名のみで、それ以外の児童全員が「わからない」と回答した(流域界を適格に示すことはできなかった)。フィールドゼミ直後のアンケートでは、約9割の児童に理解度の向上が認められた。

ちなみに、学年による理解度の変化は特に認められない。児童の多くは、等高線入りの地図上で谷と尾根との違いを識別できないため、二次元の地形図を見せただけでは流域の大きさ、形状を把握できないが、本手法のように、斜め写真で大まかなお盆の形を認識し、簡易な流域モデル実験によって、大雨が降ると流域の集水域から水、土砂が流出することを視覚的に理解できたように思える。

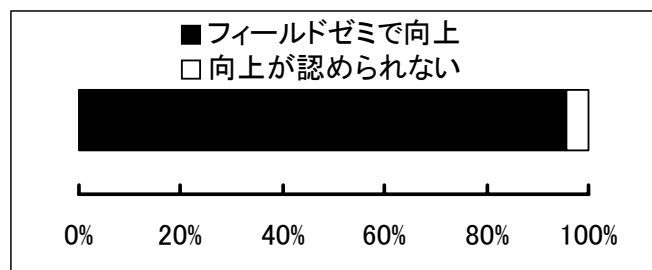


図-2 質問1のアンケート結果

Fig-2 Results of questionnaire on slope failure, debris flow generation in watershed etc.

質問2については、約6割の児童がフィールドゼミによって理解度が向上した。今回の実験演習の内容によって飛躍的に理解度が高まったということではなく、フィールドでのゼミによるところが大きい。実際に自分の目で、崩壊地と表層土の構造を観察したこと、地山から不攪乱土砂試料を採取し、飽和度100%に近い状態にした場合の水の量からどのくらいの雨量で森林の表層土は飽和状態に近くなるのかを自分で試算したこと、表層土が飽和状態に近くなると、不安定となって流動化しやすくなることをフライパンに入れた土砂の流れで実感したことなどが効果的であったと考えられる。室内授業では、崩壊実験として、急勾配斜面に堆積した土層内を水が浸透し、崩壊に至るプロセスを見せたが、多くの児童はフィールドでそのような状況をイメージできていたものと思われる。

質問3については、約5割の児童がフィールドゼミによって理解度が向上した。フィールドでは、扇状地などでの堆積土砂は殆どが取り除かれており、また、被災家屋なども撤去されていたため、土砂による被害の実態を見ることはできなかったが、溪流の中には沢山の土砂や流木がたまっており(質問6でそのような印象がもっとも多かった)、それらが流れた場合、大きな被害に結びつくであろうことは、比較的容易にイメージしやすかったのと思われる。さらに、実験演習では、崩壊⇒土石流⇒氾濫・堆積、災害のプロセスをビジュアルに観察できたので、実験によって理解度が向上した児童は約2割と質問2の場合よりも大目であったと考えられる。

質問4については、約3割の児童がフィールドゼミによって理解度が向上した。実験演習によって理解度が向上したと考えられる児童は、約1割である。不透過型砂防堰堤の土砂捕捉効果については、現地で土砂を捕捉している実態を観察したので、比較的容易に理解できたものと思われる。ただし、土石流区間での透過型砂防堰堤の役割については、実験演習を行うまでは、理解できる児童はいなかった。これは、現地に土砂、流木を捕捉している透過型砂防堰堤の事例がなかったことによるものと思われる。中小規模の土砂移動時には、堰堤の容量を確保し、土石流時にはそれを捕捉する効果については、実験演習で理解させるのが最も効果的であると考えられる。また、今回の授

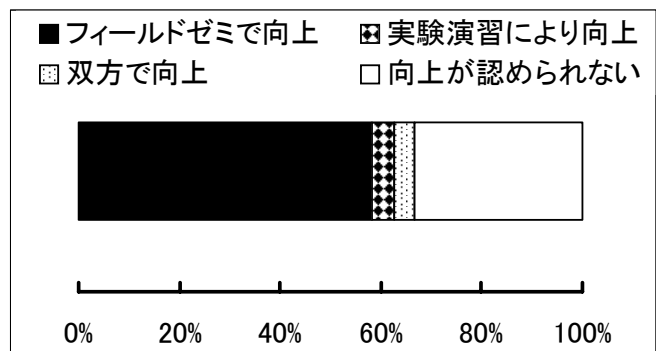


図-3 質問2のアンケート結果

Fig-3 Results of questionnaire on the mechanism of slope failure

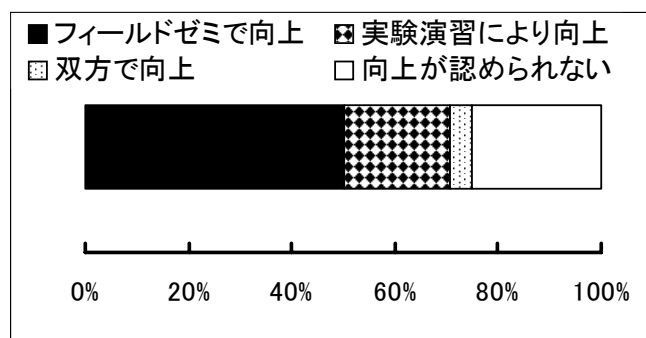


図-4 質問3のアンケート結果

Fig-4 Results of questionnaire on the process of sediment-related disaster occurrence

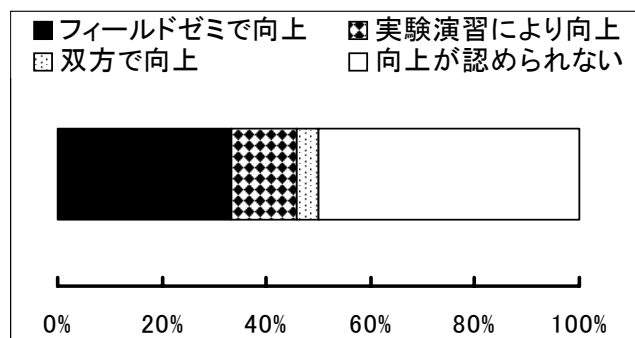


図-5 質問4のアンケート結果

Fig-5 Results of questionnaire on the role of sabo dam

業では時間の都合上、実施できなかったが、砂防堰堤の土砂調節機能(堰堤に流入する土砂の濃度によって変わるので、満砂の砂防堰堤の効果と限界の理解に係わる)についても、実験演習により視覚的にみせながら説明するのが効果的であると思われる。

質問5については、約8割の児童に理解度の向上が認められた。フィールドゼミ直後では、児童の約8割は「わからない」と回答したが、実験演習を行うことで、かれらの全員が「わかるようになった」と回答した。実験演習で、堰堤だけでは堰堤下流域での後続流の制御ができないこと、堰堤、遊砂地、流路工を組み合わせると、土石流本体のみならず後続流をも制御できるようになることなどについて、土砂や水の氾濫状況を比較することで理解度が飛躍的に深まったものと考えられる。

質問6については、土砂や流木が沢山たまっていることという回答が16事例と多かった。その他としては、数は多くはないが、「山崩れによる土砂が下流まで土石流となって流れる場合があること」、「日高では雨が200mmも降れば山崩れの危険があること」、「山の斜面の土の半分くらいは空気と水からなっていること」という回答があった。

なお、質問1~6について、学年による回答の違いの傾向は特に認められなかった。

質問7については、「堰堤の役割と堰堤だけではなく様々な施設を組み合わせることが効果的であること」という回答が21事例と多かった。「自分でも雨を測ること」、「早めに避難の準備をすること」という回答事例も数は多くはないが認められた。

質問8については、「テレビやラジオから情報を得て早めに安全な場所に避難すること」、「山の斜面の土の半分は空気と水からなっている」、「日高では雨が200mmもふれば山崩れの危険があること」という回答例が多かった。「テレビやラジオから情報を得て早めに安全な場所に避難する

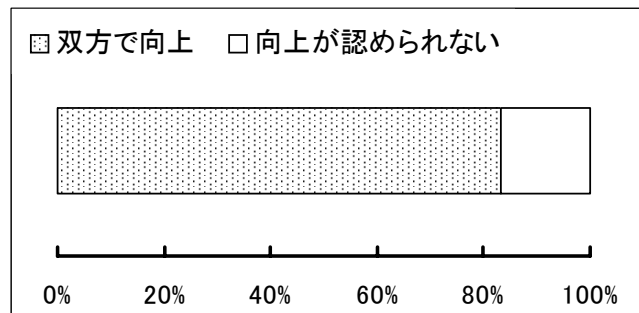


図-6 質問5のアンケート結果

Fig-6 Results of questionnaire on the insufficiency reason of sole sabo dam installation

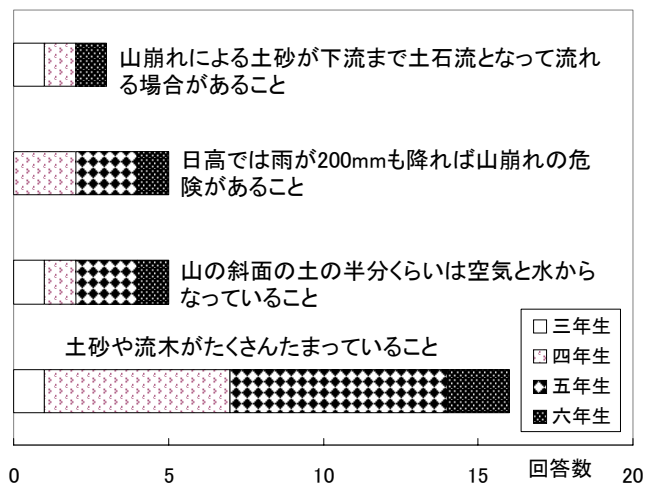


図-7 質問6; のフィールドゼミで印象的だったこと(複数回答)

Fig-7 Impressive points of the field seminar

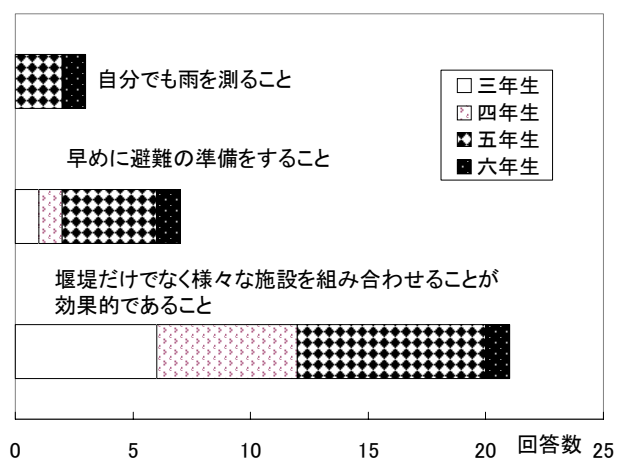


図-8 質問7; 室内での授業で大切だと感じたこと(複数回答)

Fig-8 Impressive points of the class in the schoolroom

こと」という回答例については、5年生の5割、4年生の7割、3年生の3割がそのように回答した。理由は良くわからないが、6年生は、「堰堤だけでは土砂災害を防げない場合があること」と回答した。

今回のアンケートでは、児童の理解度の定量的な評価、児童による理解度の比較、統計学的な評価はできないが、傾向としては、フィールドゼミと実験演習を組み合わせた本教育手法により、児童の理解が進んだように考えられること、質問8の回答が示すように、児童の多くが、山崩れの危険を雨と関連づけて意識し、早めに避難することの重要性を認識できるようになったと評価される。そのような意味で、今回の授業では、前述の土砂災害教育の目標の②、③、⑤について、ある程度教育することができたと考えている。①

の危険箇所の周知、④自身による雨量計測の必要性、については、行政と連携して土石流危険渓流などの意味と自分の家周辺での分布を認識させる(そのうち危険度の高いものについては実際に現場を観察する)、簡易雨量計を作って雨のときに雨量を測り、山腹斜面に雨水が浸透し、崩壊、土石流の危険が高まっていくことをイメージする演習を行う、などの教育が必要である。さらに、定期的にこのような試みを継続して実施し、児童が科学的知識、実践的技術を習得できるようにする教育システムが必要である。

5. おわりに

次世代への科学的かつ実践的な土砂災害教育手法として、フィールドゼミと模型教材を活用した授業の組み合わせによる方法(案)を提案した。その方法に基づいて、地域住民としての小学生を対象に授業研究を実施し、フィールドゼミ、実験演習の組み合わせが効果的であることが考えられた。今後は、本手法によって学習した児童の大雨時の警戒避難活動実態の調査、その結果を踏まえてのフィールドゼミでのわかりやすい言葉による説明手法へのさらなる改善、フィールドゼミで体験学習した生の事象と現象の本質的な要因に絞った模型教材での説明事項との関係についての解説手法の構築、児童用テキスト、ビデオの製作、治山・砂防教材の開発・改良(小・中学校で製作できる教材の開発)が必要と思われる。

岩手大学農学部の井良沢道也教授、北海道立林業試験所の佐藤創防災林科長には、研究協力者として始終ご指導、ご協力を賜った。新冠町立美宇小学校の清水長男校長、太陽小学校の朝井弘章校長、東川小学校の池田昌校長をはじめとする多くの先生方、新冠町教育委員会の横井敏晴氏に多大なご支援とご協力を賜った。北海道大学砂防学分野の染谷哲久氏、鮫島梨世氏、高嶋亜希氏、岩手大学森林防災工学研究室の窪寺洋介氏、角田皓史氏には、助手として授業をご支援いただいた。本研究を実施するうえで、平成17年度(財)北海道河川防災研究センターの助成を受けた。

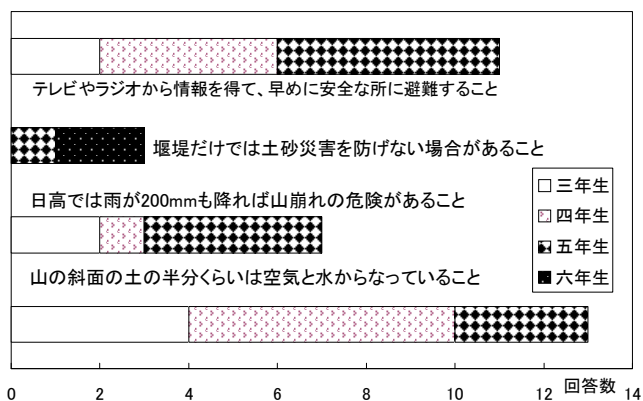


図-9 質問8; フィールドゼミと室内授業を受けた中で印象的だったこと(複数回答)

Fig-9 Impressive points of the field seminar and the class in the schoolroom

参考文献

- 1) 文部省：小学校学習指導要領解説 理科編，東洋館出版社，p.1-122，1999.
- 2) 文部省：高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編，大日本図書，p.1-310，1999.
- 3) 文部科学省：中学校学習指導要領(平成10年12月)解説—理科編—，大日本図書，pp.1-164，2004.
- 4) 山田孝・佐藤創・井良沢道也：次世代への科学的かつ実践的な砂防教育手法の考え方，平成17年度砂防学会研究発表会概要集，pp.452-453，2005.
- 5) 社団法人土木学会：DVD 日本に住むための必須!! 防災知識，2005.
- 6) 山本哲朗：防災授業 僕たち自然災害を学び隊，電気書院，pp.85-94，2005.
- 7) NPO 法人砂防広報センター：砂防副読本—ふるさと安全探検隊—，2003.
- 8) NPO 法人砂防広報センター：砂防副読本—ふるさと安全探検隊—(指導用手引書)，2003.
- 9) キャサリン・レニエ、ロン・ジーマン著，日本環境教育フォーラム監訳：インタープリテーション入門，小学館，pp.159-165，1994.
- 10) 水山高久・Untung Budi SANTOSA・福原隆一：砂防流砂実験水路による流砂形態と砂防ダムの機能に関する実習，砂防学会誌(新砂防)，第45巻第4号(通巻183号)，pp.30-32，1992.
- 11) 山田孝：厚別川山地での土砂・流木生産とそれらの支川・本川河道への供給実態と特性，平成15年台風10号北海道豪雨災害調査団報告書，土木学会水工学委員会，pp.66-82，2004.