

科学的な土砂害減災教育ツールとしての模型教材の製作

○ 三重大学 山田 孝 北海道大学 丸谷知己

1, 防災教育における模型教材の意義

近年、土砂害減災のためのソフト対策メニューの一つとして、「防災教育」の重要性が指摘され、全国的に出前講義や砂防教室などが実施されるようになった。今後は、その効果的な教育手法の構築が課題であると思われる。土砂害の場合には、土砂移動現象の理解、行政機関による土砂災害対策事業の内容、ハード対策の効果と限界、ソフト対策の役割、住民が自ら行うべきことを正しく理解させることができて初めて、住民が自分でもやらなければならないという意識が高揚し、防災教育を効果的に進めるための基本条件が形成され则认为する。土砂移動現象やハード対策の効果と限界を教育する場合、平時に「静的な現場」の見学といったメニューのみで教育することは限界がある。現場見学に組み合わせて、映像資料やCGなどで「土砂の動的な流れ」を見せて説明する手法はそれなりに役立つと思われるが、例えば、泥流はどのように発生・流下・氾濫・堆積するのか？砂防施設があるとそれらのプロセスにどのような変化があるのか？などを理解させるには、難しい場合もある。そのような理解を効果的に促進できるツールのひとつとして、土砂移動現象を動的に再現できる模型教材が有効である则认为する。

平成 20 年度から火山地域での防災教育支援推進のための基盤構築を目的とした文部科学省防災教育支援事業研究プロジェクトが始まった(サテライトを活用した火山防災教育ネットワークの構築(研究代表者：丸谷知己))。このプロジェクトでは、まず始めに、火山地域で土砂災害をもたらす危険の高い現象である火砕流や火山泥流などの科学的理解のための模型教材を製作し、それを活用したモデル授業・実習、研修プログラムの開発、モデル校での十背による教育効果評価、実践的な防災教育プログラムの開発などを行い、火山防災教育ネットワークを構築することを目的としている。本稿では、このプロジェクトで製作した火山泥流と火砕流の模型教材について紹介する。

2, 模型教材を用いてなにを教育すべきか

模型教材の製作にあたり、まず始めに、模型を用いて現象の素過程を再現させ、なにを教育すべきかを検討した。教育対象は、大学院生、小中学校の教職員、住民である。火山泥流については、以下の6点を教育目標に設定した。

- ・積雪期の噴火により発生が懸念される融雪型火山泥流をイメージできるようにする。
- ・噴火に伴う融雪によって、短時間に泥流が発生する場合があることを認識させる。
- ・発生した泥流は、急勾配の谷を流下し、谷出口から下流の比較的勾配が緩くなり、地形的に広がったところで氾濫・堆積することを認識させる。
- ・泥流の氾濫・堆積する場に家屋や道路などがあると土砂による甚大な災害を受けることを認識させる。
- ・砂防施設(えん堤、遊砂地など)を建設した場合は、泥流の到達時間が遅くなり、泥流の氾濫・堆積範囲が縮小するなどの効果があることを理解させる。
- ・砂防施設の規模が泥流の規模に対して十分でない場合、砂防施設が土砂を捕捉した状態の後に、火山泥流が流れてくる場合などは砂防施設からあふれてしまうなど、施設の効果には「限界」があることを認識させる。

火砕流については、以下の4点を教育目標とした。

- ・火砕流は、熱い「雲」ではないことを理解させる。
- ・雲仙普賢岳で発生したような小規模の火砕流は、重力に支配されて地形沿いに流下する本体部と、その上部の乱流状態を呈する熱風部からなることを理解させる。
- ・雲仙普賢岳で発生したような小規模の火砕流の本体部は、勾配が緩くなると堆積するが、熱風部は、本体部が停止した後や流路の屈曲部などで本体部から分離し、単独である程度の距離は流下でき、大きな災害をもたらしてきたことを理解させる(プレー1902, 雲仙1991, マヨン1993, メラピ1994など)
- ・本体部は基本的には谷地形に支配され谷の中を流れるが、熱風部は谷の外側まで流れることがあり、それによる危険が広域に及ぶことを理解させる。

3, 過去の教材の特徴

模型教材の要件としては、現象を科学的に再現できるという前提条件を踏まえたうえで、ビジュアル性、面白さ(ここでは、現象の変化を見ることができる、様々な条件でできる、手で触れることと定義する)、臨場感(災害を仮想できる)、簡便性(繰り返し何回もできる)、搬送性(どこにでも移動させて実演できる)、ローコスト(教育現場へ普及させやすい)であることが求められると考える。そのような観点からこれまで全国の砂防関係機関が製作したり、関係資料館などに設置された模型教材(火山泥流、火砕流)の特徴を整理した(表-1)。土砂、水を流すタイプは、豪雨によって発生する土石流のようなイメージであり、融雪による火山泥流を対象としたものではない。また、水理模

表-1 既往の模型教材(火山泥流, 火砕流)の特徴								
模型教材のタイプ	事例	科学性以外の要件						その他の問題点
		ビジュアル性	面白さ	簡便性	臨場感	搬送性	ローコスト	
火山泥流	①土砂、水を実際に流すタイプ	・岩手山火山防災情報センター	○	○	○	○		・豪雨によって発生する土石流のようなイメージである。 ・融雪による火山泥流は対象としていない。
	②土砂、水を実際に流すタイプ	・北海道大学農学部流域砂防学研究室	○	○	○	○		・地形をイメージしにくい。 ・豪雨によって発生する土石流のようなイメージである。 ・融雪による火山泥流は対象としていない。
	③鉄球で土砂の動きを代用させるタイプ	・十勝岳火山砂防情報センター ・雲仙岳災害記念館 ・その他	△		○			・ゲーム感覚のデメリット。 ・土砂の流れを理解させにくい。
	④鉄球で土砂の動きを代用させるタイプ(簡易タイプ)	・国土技術政策総合研究所	△	△	○		○	
	④身近な食材(アイスクリームと熱いご飯など)を使ったタイプ	・林信太郎(2006)	○	○	○		○	・災害の「怖さ」を伝えるにくい
火砕流	⑤水槽内で密度流(ミルクや岩石研削剤混濁液、チョークの粉など使用)を発生させるタイプ(火砕流)	・日本大学文理学部 ・岐阜県立各務原高校 ・神奈川県高等学校教科研究会理科部会	○	○	○		○	・火砕流本体部、熱風部の運動特性の違いを理解させにくい
※ 評価は厳密なものではなく、筆者らの印象などに基いた定性的なものである								

型実験流路を模した教材は、山地地形をイメージしにくいなどの問題がある。鉄球で土砂の流れを表現する模型は、ゲーム感覚が強くなること、身近な食材を用いた模型では、災害の恐ろしさを伝えることが難しいことなどが指摘される。また、火砕流の模擬実験として、水槽内で密度流を発生させる方法では、勾配(重力)の影響を示すことはできても、本体部と熱風部の運動特性の違いを理解させることは困難であると思われる。

4. 製作した模型教材の概要

前述の火山泥流、火砕流についての教育目標と過去の教材の特徴などを踏まえて製作した模型教材を示す(写真-1, 2)。今年度は、モデル校での実践・教育効果の評価結果をもとに、適宜、改良を行っていく予定である。

○火山泥流模型教材

・スケール：(幅 1m, 長さ 2.9m(発生・流下部：1.5m 氾濫・堆積部：1.4m), 高さ：1.3m, 発生・流下部と氾濫・堆積部の二つに分解して小型トラックで搬送可) ・流下部の勾配：20 度 氾濫・堆積部の勾配：3 度・河道部は固定床，移動床のいずれも設定可・部材の特徴：山腹斜面，氾濫・堆積部は，ガラス繊維強化プラスチック(FRT)を用いて耐熱仕様とした。・火山泥流の発生の方：最上部の回転ローラーから熱砂を，発生部(鉄製の箱)に入れたクラッシャーアイスに供給することにより融解させ，ゲートを一気に引き上げて火山泥流を発生させる。・砂防施設：流下部⇒えん堤(透過型，不透過型) 氾濫・堆積部⇒遊砂地，導流堤，えん堤，流路工など

○火砕流模型教材

・スケール：(幅 1m, 長さ 2.9m(発生・流下部：1.5m 氾濫・堆積部：1.4m), 高さ：1.3m, 発生・流下部と氾濫・堆積部の二つに分解して小型トラックで搬送可) ・流下部の勾配：20 度 氾濫・堆積部の勾配：3 度 ・部材の特徴：山腹や河道，氾濫・堆積部は，ガラス繊維強化プラスチック(FRT)を用いて耐熱仕様とした。・火砕流の発生の方：発生部(鉄製の箱)に入れたフライアッシュと砂の混合材料(絶乾状態)をゲートを一気に引き上げることに

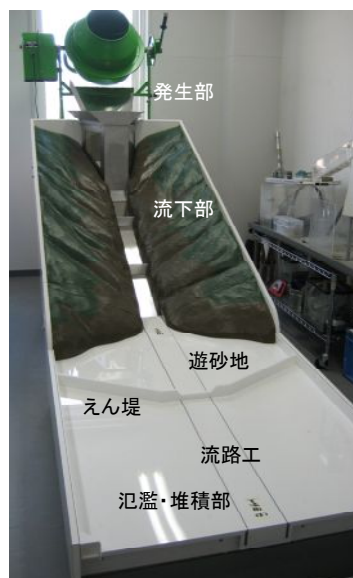


写真-1 火山泥流模型教材



写真-2 火砕流模型教材

より流下部に供給する。流下部・氾濫・堆積部(河道のみ)は，ステンメッシュで製作したエアスライダー構造(固定床)となっており，コンプレッサーからの鉛直上向きの圧縮空気が供給され，揚圧力が作用し，混合材料の流動化を容易にする。

○製作費用(2 つの模型教材の材料費・制作費・経費の計)：約 150 万円(外部の製作専門業者に委託)

○製作日数：約 3 ヶ月(2009 年 1 月～3 月末)