

火山灰堆積実験装置「はい、そうなんです」の開発

成田 一之慎

小学校6年「土地のつくりと変化」の学習では、流水の働きで地層をつくる実験は行われているが、火山の噴火で地層をつくる実験が行われていない。そこで今回、火山噴出物が堆積して地層ができる様子を再現する実験装置「はい、そうなんです」を開発した。

[キーワード] 土地のつくりと変化 噴火モデル 防災教育 教材・教具 地学

はじめに

小学校学習指導要領の第6学年「土地のつくりと変化」に、「地層は、流れる水の働きや火山の噴火によってでき、化石が含まれているものがあること」とあり、小学校では、流水の働きによってできた地層と、火山の噴火によってつくられた地層の2種類を取り扱うことになっている^{*1)}。

また、小学校学習指導要領解説「理科編」には、「火山灰や多くの穴をもつ石が地層の中に含まれていることから、火山の噴火によってつくられた地層もあることをとらえるようにする」、「地層に含まれる構成物と関連付けて、地層が流れる水の働きや火山の噴火によってできたことについて推論を通してとらえるようにする」とある^{*2)}。

近年、日本各地で小規模な噴火が発生し、噴火警戒レベルが引き上げられており、火山の防災教育の必要性が高まっている。このような中、中央教育審議会の初等中等教育分科会教育課程部会においても、次期小学校学習指導要領改訂に向け、「身近な地域における自然災害の危険性の理解に関する指導の充実」が論点して挙げられている^{*3)}。

1 教科書の分析

今年度、小学校の教科書が改訂になった。そこで、教科書上で火山の噴火によってつくられた地層がどのように扱われているのか、北海道内で採択されている東京書籍、教育出版、啓林館に加え、学校図書、大日本図書、信教出版の6社で教科書の比較を行った。

火山灰の地層のでき方については、ほとんどの教科書会社が、火山灰と砂を顕微鏡で観察し

て比較させ、堆積岩の地層と異なることを見いだし、噴火と地層を関連付ける構成になっている。

しかし、なかには、火山灰の観察を行わず、火山噴火の図と実際の地層の写真とを並べて掲載し、「地層は、火山の噴火によって、火山灰などが繰り返し積み重なってできることもあります。」と強引に結論付ける会社もあった。

小学校理科では、観察・実験を通し、実感を伴った理解を図ることが基本であり、図や写真のみで推論させ、理解を促す学習展開は非常に珍しい。このような学習展開になったのは、火山灰の地層をモデル実験で再現することが難しいためではないかと筆者は考えた。

そこで、「火山の噴火によって、火山灰が堆積して地層ができる」という学習内容をモデル実験の結果から考察させ、実感の伴った理解を図ることを目的に、火山灰堆積実験装置の開発に取り組むことにした。

2 開発のコンセプト

(1) 実験結果の分かりやすさ

実験装置は、結果が一目瞭然であることが重要である。横山(2013)の堆積実験装置「ち・そうなんです」は、薄型水槽を用いて流水の働きで堆積した地層の断面を分かりやすく再現している^{*4)}。そこで、「ち・そうなんです」と同様に薄型水槽で再現することにした。

(2) 準備と片付けの負担軽減

小学校理科教育実態調査によると、小学校教員の約6割が準備や片付けの時間が不足し、観察・実験を行う際の障害となっていると回答している^{*5)}。そこで、準備や片付け

を短時間で行うことができる構造を目指した。

(3) 再現性

授業中に、一度しか実験を行うことができないならば、偶然都合のよい結果になった可能性が残る。そこで、条件を変えて複数回行って同一の実験条件下では同じ結果が得られるように「再現性」を重視した。

(4) 条件制御

第5学年で培った条件制御の能力を生かし、児童が自由に条件を変えて繰り返し実験できる構造にした。

(5) 作りやすさ

特殊な加工技術を要する実験装置では、教員が気軽に作製することができない。そこで、入手しやすい材料を用い、シンプルな構造を目指した。

3 実験装置の作製

(1) 薄型水槽

「ち・そうなんです」を参考に、A4版の硬質カードケースで10mm厚のスチレンボードを挟む構造にした。作製の手間を省くため、側面はあえて囲まず、最小限のスチレンボードで支えている（図1）。



図1 薄型水槽

噴出物が噴き出す火道部分は、8mmの穴をコルクボーラーで開け、ストローを通した。

また、硬質カードケースに方眼紙を入れることにより、噴火後の高さの変化を確認しやすくなった。

(2) 噴出ユニット

昨年度、筆者が開発した火山噴火実験装置「火山Bye(バイ)」と同様に、マグマ溜りから噴出物を空気で押し出し、噴火させる方法とした^{※6)}。

マグマ溜りには、チャック付きフリーザーバッグを使用し、開口部から噴出物を自由に入れることができるようにした。

また、噴出物の勢いを自由にコントロールできるように、小型の空気入れを使用することにした。空気入れは、ポンプを押したときも引いたときも空気が入るタイプを選択し、断続的に噴出するようにした。

火道部分は、直径8mmの曲がるストローをフリーザーバッグに接続した（図2）。

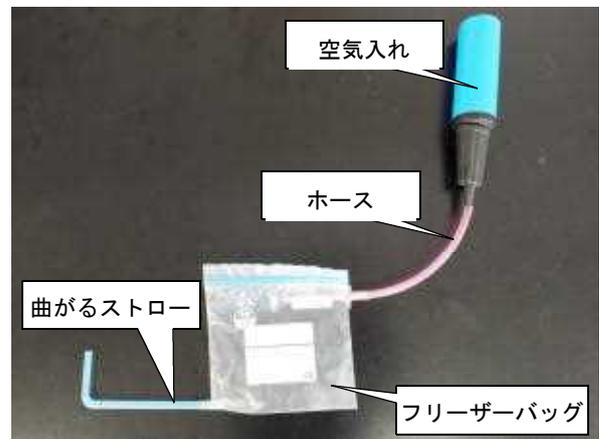


図2 噴出ユニット

(3) 噴出物

噴出物を選定する際は、堆積の様子だけでなく、コストや入手のしやすさなどを考慮しながら様々な素材を試した（図3）。

素材	結果
砂糖	山体が崩れやすい
コーヒーシュガー	山体が崩れやすい
食塩	山体が崩れやすい
小麦粉	静電気で水槽に付着してしまう
片栗粉	静電気で水槽に付着してしまう
ココア	静電気で水槽に付着してしまう
きな粉	静電気で水槽に付着してしまう
パン粉	ストロー内で詰まる
すりゴマ	崩れずに堆積する
黒糖(顆粒)	崩れずに堆積する
カラーサンド	ストロー内で詰まる
珪砂(5号)	山体が崩れやすい
珪砂(7号)	山体が崩れやすい

図3 噴出物の実験結果

様々な素材を試した結果、次のような理由により、すりゴマが最適なことが分かった。

- 適度な油分が含まれているため、連続し噴火させても山体が崩れにくい。
- 黒ゴマと白ゴマを交互に噴出させることで、縞模様を再現することができる。
- 粒が大きなものを軽石や火山弾、細かいのを火山灰に想定することができる。

実際の火山では、噴火した際に流出した溶岩が冷えて固まり、新たな地面ができる。小学校では火山灰や軽石による地層のみを扱うことになっているため、溶岩は想定せず、火山灰や軽石のみを噴出させることにした。



図4 完成した「はい、そうなんです」

4 実験方法

- ①薄型水槽を立て、ストローを接続する。
- ②フリーザーバッグにすりゴマを入れる(図5)。



図5 ゴマを入れる

- ③チャックを閉め、空気を送り込む(図6)。



図6 空気を送り込む

- ④違う色のゴマを使って何度か繰り返す。
- ⑤ゴマが堆積した様子を観察する(図7)。

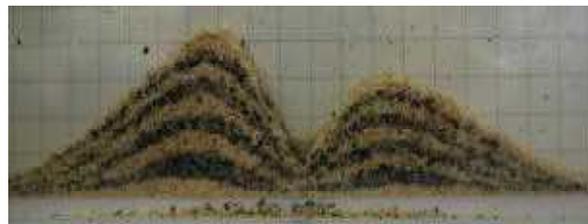


図7 ゴマが堆積した様子

- ⑥ゴマの量、空気の勢い、噴火の回数などの条件を変え、再実験を行う。
- ⑦実験結果から考察を行う。

5 結果の検証

ゴマの量、空気の勢い、噴火の回数の条件を変え、山体がどのように変化するかを調べた(図8)。

変化させる条件	変え方	結果
ゴマの量	多い	急な傾斜の火山になる。
	少ない	なだらかな傾斜の火山になる。
空気の勢い	強い	遠くまでゴマが飛び、低い火山になる。
	弱い	火口周辺にゴマが集まり、高い山になる。
噴火の回数	多い	標高が高くなる。
	少ない	標高は低くなる。

図8 条件を変えた実験結果

様々に条件を変えて噴火させた場合、山体が実際の火山噴火に近い変化を示すことが分かった(図9)。

火山灰堆積実験装置「はい、そうなんです」の開発

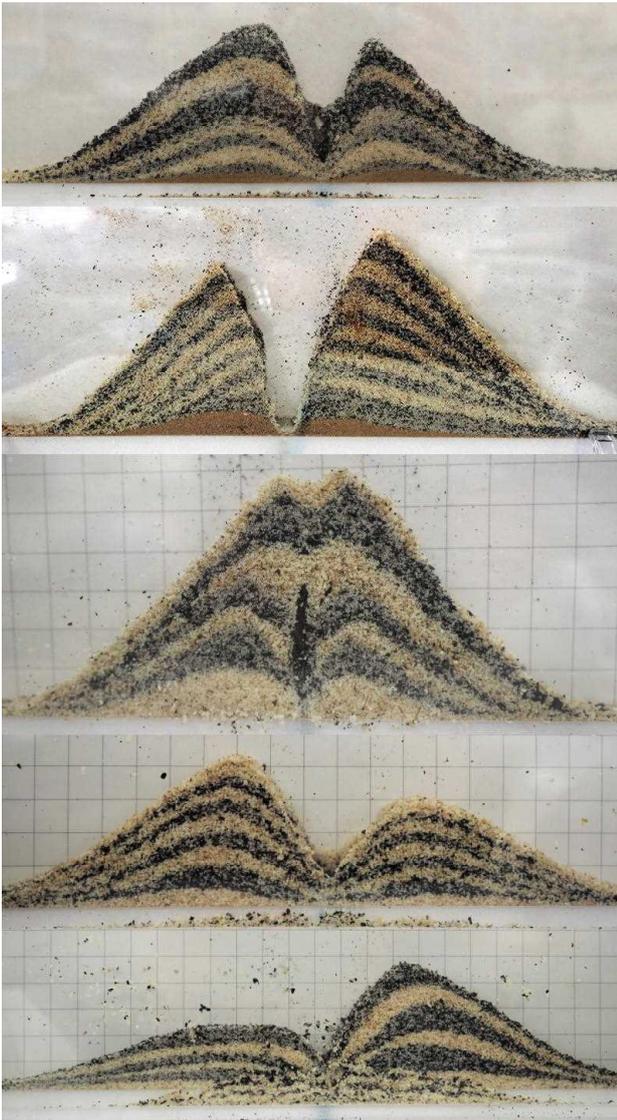


図9 条件によって様々に変化する山体

6 成果と課題

様々な形状や素材を試行錯誤して作製した結果、児童が自由に条件を制御しながらモデル実験の結果と実際の地層を比較し、土地のつくりを推論することができる実験装置が完成した。

開発した教材について、成果と課題をまとめると、次のようになる。

成果

- 白ゴマと黒ゴマを交互に噴出させることで、教科書の写真に近い縞模様の地層を再現することができた。
- 準備、片付け、再実験を簡単に行うことがで

- き、教員の負担軽減につなげることができた。
- 児童が何度も条件を変えながら、実験を繰り返すことで、条件制御の能力や探究する能力の基礎を育むことができる教材になった。
- 噴出物を全方向に噴出させる実験装置では、多くの量が必要となるが、薄型水槽を使用することで少ない量で実験可能になった。
- 空気の勢いや、すりゴマの量など、少しの条件の違いで火山の形が変わることなどから、自然のもつ雄大さや偉大さを実感させることができる教材になった。

課題

- 溶岩による火山の形成を考慮して設計していないため、実際の噴火でつくられた地層と異なる場合がある。
- 実際に学校で実践を行い、教材の有効性を検証する必要がある。

まとめ

本研究で開発した実験装置により、火山の噴火によってつくられた地層について、実感を伴った理解を図るための一助となることを期待する。

今後は、作製方法を当センターのハンズオン教材に掲載し、児童に土地のつくりを推論させる教材として、研修講座などで紹介していきたいと考えている。

今後も、児童が主体的に活動しながら、実感を伴った理解を図る教材の開発に尽力する所存である。

参考文献

- 1) 文部科学省 小学校学習指導要領 2008
- 2) 文部科学省 小学校学習指導要領解説「理科編」 2008
- 3) 文部科学省 中央教育審議会初等中等教育分科会教育課程企画特別部会論点整理 2015
- 4) 横山光 堆積実験装置「ち・そうなんです」の開発 北海道立理科教育センター研究紀要 第25号 2013
- 5) 科学技術振興機構 平成20年度小学校理科教育実態調査 2008
- 6) 成田一之慎 火山噴火実験装置「火山Bye」の開発 北海道立理科教育センター研究紀要 第27号 2015

(なりた いちのしん 地学研究班)