

砂の城と傾斜

どのようにその砂城と斜面は崩壊するか？

生徒に今までに大きな砂の城を作ったことがあるか尋ねる。城の斜面はどのくらい急な角度だったか？砂が湿っていたらより急な斜面が作れるだろうか？

このような質問は運動場や砂浜でよく行われ、多くの人が石ころや砂で作った不安定な斜面がくずれた経験をもつ。



乾燥した砂の傾斜角の測り方。（注記：写真のように分度器を使うと簡単に測定でき、分度器の90度の目盛りをテーブルの面と垂直に、0度の線はテーブルの面と平行にする。）

以下の手順で、生徒に乾燥した砂の安息角を測定させる。

乾燥した砂が半分ほど入ったガラス製またはプラスチック製の瓶を生徒に渡し、以下の指示をだす。

- テーブルの上に瓶を水平に置き、砂がむらなくひろがるまで瓶を転がす。
- 砂の上面が水平になるように瓶の位置を調整する。
- 砂が滑り落ち始めるまで瓶を静かに回転させる。
- 分度器を使って砂の斜面の傾斜角を測定する。
- 上記を5～6回くり返し、測定した角度の平均を計算する。この値が乾燥した砂の安息角である。

粗い砂や小石などの他の物質を使うとどのような違いがみられるかを生徒に尋ね、これらの異なる物質についても実験を繰り返す。



がれ場の斜面、斜面に落ちているのは凍結で砕けた石灰岩。最も大きな塊ががれ場の基部にあり、遠くから落ちてきたものの。

(写真: P. Kennett)

最後に、砂やその他の物質が湿っていたらどのような違いがみられるかを質問し、予想したことをもともと瓶に入っている物質を使って調べるように指示する。

指導の要領

題名：砂の城と傾斜

副題：どのようにその砂城と斜面は崩壊するか？

概要：固まっていない（ばらばらな）物質が滑り始める角度に影響を与える要因を調査する。

対象年齢：11-18 歳

活動時間：数種類の物質について調べる場合は30分

学習効果：

- 慣れない状況でもある程度正確に角度を測ることができる。
- 複数回測定を行い、平均値を計算することができる。
- 斜面の傾斜が増したときの固まっていない物質の動きを観察することができる。
- 実験中に、不安定な物質の変化を予測することができる。
- 斜面が崩壊する理由とそれが危険な理由とを説明することができる。

活動内容と関連事項：この活動は堆積物が移動する仕組みに関する授業の一貫で、がれ場の地層で

斜面が崩壊する仕組みへの理解を促す。急斜面で生活する危険や安全対策を行っていない労働現場で働く危険を正しく評価できるようになるだろう。

発展的な活動：

乾燥した砂が入った瓶を水で満たして実験を繰り返して、水中での斜面崩壊の様子と乾いた土地での様子とを比較する。水中下では大量の物質が移動することや水塊が津波を発生させて更なる災害を引き起こす可能性に気づく生徒もいるかもしれない。有史以前の約 8000 年前にノルウェー沿岸で起こった地滑り（the Storegga Slide）は津波を引き起こし、北海の海岸沿いを水没させたと考えられている。

関連した内容を扱った Earthlearningidea の別の活動には、「窓から見た地滑り」や「ダム決壊の危険」などがある。

この活動に関する原理・原則：

斜面の安定性と固まっていない物質が安定する角度については、以下の要因が含まれる。

- 粒子同士の詰め具合—固まっていないばらばらな粒子は固く押し固められた粒子ほど支えあわないので、ばらばらな粒子でできている斜面は緩やかになる。
- 粒子の形—細長い粒子は球形のものよりも簡単にかみ合うので、斜面の安定性は増す。
- 粒子のなめらかさ—でこぼこした粒子同士にはより大きな摩擦が働くので、なめらかな粒子よりもより大きな斜面を維持できる。
- 水の存在—少量の水では粒子同士が凝集して急斜面を形成できるが、水の量が多くなると粒子の浮遊や粒子同士の摩擦の減少が起こる。

同じ物質について、乾燥した状態と水中下の状態とでは、最大傾斜角はたいがいわずかな違いはなく、その角度は約 34° と見積もられている。がれ場に岩塊のような大きな物体が混じっている場合、それらは斜面を転がって元あった場所からかなり遠くに移動したものである。

思考力の発達：

固まっていない物質の移動を調べることは建設的な思考を必要とする。測定結果が生徒の予想と反すると認知の矛盾が生じ、得られた結果を説明することで客観的な把握につながる。調べたことを実物の斜面にあてはめて考えるようになり、日常生活に影響を与えることもあるだろう。

準備するもの：

- ふたつきの空のガラスかプラスチック製の瓶
- 乾燥した砂
- 固まっていない乾燥した物質、例えば大きさの違う砂や小石、レンズ豆やエンドウ豆などの食料品など
- 分度器
- 水

参考になるサイト：

<http://www.throughthesandglass.com> この個人のウェブサイトでは、透明な容器に二種類の粒子を混ぜて実験した時の結果について説明している。

原典：Adapted from an idea by Simon Elsy and published by the Earth Science Teachers' Association (1988), *Science of the Earth, 'Moving Ground'*, Sheffield, Geo Supplies Ltd.

© Earthlearningidea team. The Earthlearningidea team は、学校教育程度の地理や科学を通じて地学を教える教員指導者や教員のために、最小限の資金と手段で、毎週、教材開発をしようと努めるとともに、国際的な支援ネットワークを発展させるために各教材についてオンラインでの議論も行っています。'Earthlearningidea' はほとんど資金提供を受けていませんが、自発的な努力によって大きな成果を上げています。

この活動に含まれる著作物の著作権は、教室や実験室での授業に使用する場合に限り、放棄されており、一緒に掲載されている他の発行者からの著作物についても同様です。この著作物の利用を希望する場合は、いかなる組織の方も、the Earthlearningidea team に連絡をお願いします。

この活動に含まれる著作物の著作権者には許可を得よう努めていますが、万が一、著作権を侵害している可能性がある場合は改訂などを行いますので、我々に連絡をおねがいします。どのような情報でも構いませんので、お気づきの点がありましたら情報をお寄せください。

また、これらの文書に関して不明な点などございましたら、the Earthlearningidea team にご連絡ください。

The Earthlearningidea team の連絡先：info@earthlearningidea.com