

## 岩石の中の隙間 - 岩石の多孔率 岩石の模型を使って、粒子の間の空隙の大きさを調べる

適当な容器（例えば小さいバケツ）に同じ大きさの球体を入れ、堆積‘岩’の模型をつくる。使用する物体は果物、球形の豆、ボールベアリングの玉などで、それらは砂岩の砂粒子のように堆積岩を構成する粒子のようなものである。

物体の一番上の高さのところ、バケツの内側に線を引き、‘粒子’間の隙間に水を注ぐ（物体が浮いてしまう場合は、下の写真のように手でおさえるか、金網を使って沈める）。

容積がわかる容器、例えばメスシリンダーや2リットルの飲料用ボトルに水を移し替え、注いだ水の量 ( $W_1$ ) を記録する。球体を取り除き、線のところまで水を注ぎ、その総容量 ( $W_2$ ) を測定する。

空隙率（多孔度）とは、全体の体積に対する粒子間の隙間の割合で、百分率、すなわち  $W_1/W_2 \times 100\%$  で表す。写真のバケツに入れたオレンジの例では、 $W_1=700\text{ml}$ 、 $W_2=1900\text{ml}$  で、空隙率は **36.8%** である。

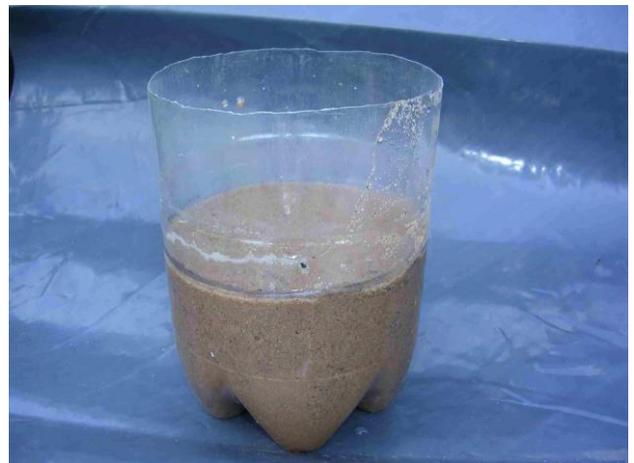
プラスチック製容器に入れた乾燥した未固結の砂を使って再度この作業を行う。今回は、予め水の量を量っておく。その水を砂の上部まで入れ、しみ込むまでしばらく時間をおく。残った水量から砂を飽和させるのに必要とした水量を求める。写真の場合では、 $W_1=160\text{ml}$ 、 $W_2=500\text{ml}$  で、空隙率は **32.0%** である。



容器に入ったオレンジの空隙率の測定



容器に入ったガラスビーズの‘空隙率’の測定



容器に入った乾燥した未固結な砂の空隙率の測定  
(写真：P. Kennett)

この演示では、以下のようにして生徒の関心を引き出すことができる。容器を球体で満たし、「いっぱいか？」と尋ねる。生徒が「はい」と答えた後で、水を加え、まだ隙間がたくさんあることを示す。

同様に、水を注ぐ前に、水がどのくらい入るか生徒に予想させる。ほとんどの場合、注がれる水の量に驚くだろう。固体の物質では隙間は3分の1以上になる。

天然の砂岩は最大約50%の空隙率を示すので、水や石油/ガスを保有するのに十分な隙間がある。天然の粘土では80%以上の空隙率も可能だが、隙間があまりにも小さいので水が通り抜けられず、不浸透性であることが多い。

### 指導の要領：

**題名：**岩石の中の隙間 - 岩石の多孔率

**対象年齢：**11 - 18 歳

**副題：**岩石の模型を使って、粒子の間の空隙の大きさを調べる

**活動時間：**20 分

**概要：**‘粒子’間の隙間に注いだ水量から、堆積岩の‘模型’の空隙率を調べる

### 学習効果：

- 教室で模型の空隙率を試験することができる
- 隙間の割合を計算することができる
- いくつかの岩石が多孔質な理由を説明できる
- 岩石の空隙に関する知識を、石油とガスの貯蔵岩や水を含む岩石（帯水層）などの実際の状況に適用することができる
- （Earthlearningidea の他活動と関連して）多孔性と浸透性の違いを説明することができる

### 活動内容と関連事項：

地下水の供給および石油とガスの貯蔵は、流体を隙間に保持する多孔質な岩石の存在に依存する。この活動は、理科や地理の調査に関する授業の一部として行える。あるいは、自分の国に地下水、石油とガスがある、またはない理由を理解するのに役立つ。

### 発展的な活動：

様々な岩石の表面にゆっくりと水を垂らし、水が浸透するのにどのくらい時間がかかるかを観察し、実際の岩石の空隙率について調べる。ここでは、岩石を空隙率の順に並べることができる。装置が利用可能であれば、次のようにして岩石試料の空隙率をより正確に測定できる。試料をオーブンなどで完全に乾燥させ、水に浸ける前と数日間水に浸けた後の重さ（グラム）を測る。水の密度は 1 g/ml なので、岩石試料の増加分の体積値は水に浸ける前後の質量差と同じである。岩石試料の体積は、水を半分ほど入れたメスシリンダーに、薄いプラスチック製のシートで包んだ岩石を浸し、増加した分の値（ml）を読み取ればよい。

### 活動に関する原理・原則：

- 空隙率とは物体中の隙間の割合のことであり、石油/ガスや水を保有する岩石の空隙率は 15%ほどであることが多い
- （単純立方格子に）球体を詰め込んだときの理論上の最大空隙率は 48%である
- 最も空隙の多い岩石は淘汰の良い（同程度の大きさの粒子からなる）砂岩である

- 石油とガス、水は隙間のある岩石中に含まれ、一般的に、地下にある湖のような状態では見つからない
- 貯蔵岩として有用であるには、岩石中を流体が移動できるように、隙間同士がつながっていなければならない。これを‘有効空隙率’という
- 空隙率は岩石中の隙間の割合である。一方、浸透性は流体が岩石を通過できる割合の尺度である

### 思考力の発達：

- 複数の異なる物体について調べることで空隙率に関するパターンが確立される
- 空隙率の測定結果が予想と異なるときに認知の矛盾が生じる
- 生徒が理由を調べることでメタ認知技能が効果を発揮する
- 得られた結果を石油や水供給などの経済状況に適用することで、関連付けの思考が促される

### 準備するもの：

- 小さなバケツおよびオレンジ、豆、ボールベアリングの玉などの球体
- 飲料用のプラスチック製ボトルの底の部分と乾燥した砂（約 500g）
- メスシリンダーあるいは容積がわかる飲料用のプラスチック製ボトル
- 水
- 任意で - 量りおよびメスシリンダー
- 任意で - 数種類の岩石試料

参考になるサイト：Earthlearningidea の活動「岩石のモデル化 - 何が隠れていて、それはなぜ？」（2007 年 12 月 1 日発行）と「土壌の浸透率 - 大土壌レース」（2008 年 4 月 28 日発行）

原典：この活動はより厳密な方法が記載されている 'Experiments on porosity and permeability: Part 1', by D.B. Thompson in *Geology Teaching (Now Teaching Earth Sciences)* Vol 4.1 March 1979 pp 26 – 31 をもとにしている

©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](mailto:info@earthlearningidea.com)