

岩石や地層の自然情報を読む

やっ！
これは
驚き！

教科書には
のっていない話

石の声を聞こう

石の特徴は
石の生い立ちを
物語っている

石なんてどれも同じ
…って思っていない？

岩石や地層にはどれも個性的な顔つきがある

石が話をしてくれるって本当？

全30テーマ！

- 石の中に別の石が入っている
溶岩は周囲を巻き込む
- 石の色が変わる
風化した石の色の正体とは？
- 火山岩と深成岩のハーフ
教科書に出ていないナソの構造の石！
- ポツポツみたいなの
石をポツポツに変える実験
- 溶岩の髪の毛
これは髪の毛か？石なのか？
- とすると光る石
平凡な石ころにこんな意外なパワーが！
- において成分がわかる石
あつー！のにおい知ってるよー！
- 石の孔の秘密
石の孔から何がわかるの？
- フランスパンみたいな石
溶岩のひび割れが語る真実
- 傾きがちがう地層
大地の巨大なパワーと時間の長さ
- ルビーを見分けられるか？
これを知っていたらスマイルだねー！

etc

石や地層の見方が変わる！

ゼノリス（捕獲岩）を読む！

火山岩の中に別の岩石が入っていることがある

流紋岩の中に見られる閃緑岩（北海道余市町）



火山岩の中に、なにか別の岩石が入っているよ！

◆これはなに？

この岩石は、火山の溶岩が地表などで冷え固まった岩石です。

◆よ〜く見て！

おや？よく見ると、火山岩の中に、色の違う別の岩石が入っていますよ。こういうものをゼノリス（捕獲岩）といいます。

なぜこんなものが？【ヒント】溶岩は高温のときはドロドロにとけていて、火山が噴火するときには流れ出すことがありますね。



安山岩に見られるゼノリス（北海道榊前山）

石垣の岩石にもゼノリスが見つかることがあるよ。鉄平石は火山岩（安山岩）なので、ゼノリスを探してみよう。山でもゼノリスを探してみよう。火山岩の見られる山かどうかを調べてから山に行ってみようね！



あつた〜!

ここにゼノリスが!

どうして?

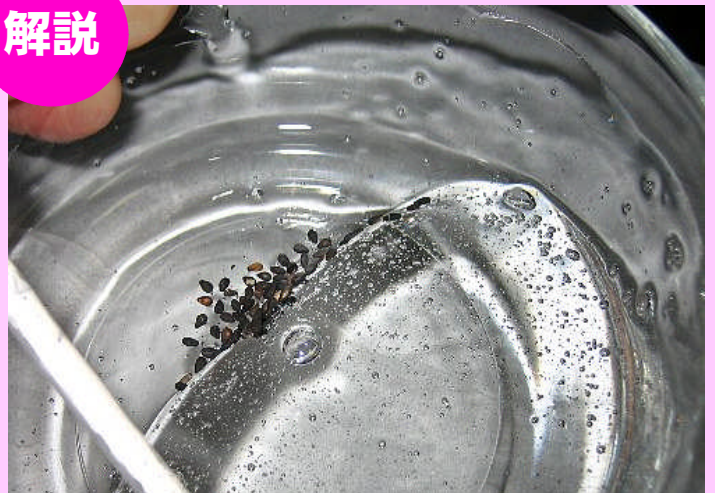
このような構造はどうしてできたのでしょうか？

解説

溶岩はまわりを巻き込む？

溶岩が火山内部の火道を上昇したり、噴火して流れ出すなど、溶岩が流動するとき、周囲にあった岩石などは溶岩の内部に巻き込まれてしまう。熱い溶岩に巻き込まれた岩石はいい迷惑だ。写真の岩石の構造は、このようにしてできたものだと考えられるのだ。このようなものを「ゼノリス（捕獲岩）」という。外側の岩石が溶岩であり、内部の岩石は巻き込まれた岩石ということなので、内部の岩石の方が古いということもわかる。このように、ゼノリスの観察から、火山の周囲がどのような地質であったのかを推定することができるというわけだ。ゼノリスは見逃されがちだが、多くの火山岩に普通に見られる構造だ。火山岩を見るときは、「ゼノリスはないか？」という目で、気をつけて見てみよう。案外身近なところで見つかるかも。

ゼノリスのでき方は、水飴や蜂蜜など、粘性の高いものを、ゴマのような粒状のものの上に流したとき、水飴の内部にゴマが巻き込まれるのと同じだ。実際にやってみるのもいいのでは。



水飴に取り込まれるゴマの“ゼノリス”

半深成岩の構造 を読む！

火山岩なのか深成岩なのか わからない岩石がある

石英斑岩（札幌市定山溪）



大きな鉱物の間に、
わずかに石基（茶色
の部分）が見られま
す。

◆これはなに？

この岩石は、火成岩
の一種（石英斑岩）で
す。

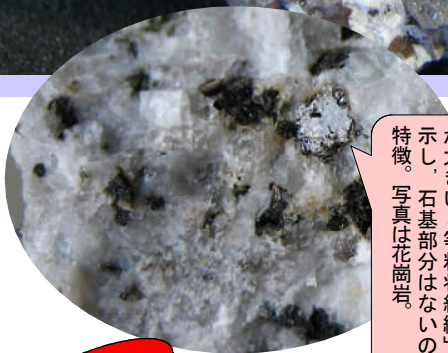
◆よ〜く見て！

おや？全体に鉱物が
大きいけど、ほんの少
しだけ石基（茶色の部
分）があるみたいだ
よ。

この石は火山岩か？深成岩か？
【ヒント】火山岩は、溶岩が地表や
地表付近で早く冷えたために「石
基」ができますが、深成岩は、マグ
マが地下深くでゆっくりと冷えたた
めに石基がなく、鉱物は大きく成長
します。



半深成岩のランプロフ
アイアー。黒雲母の大き
な斑晶をもつ（北海
道浦河町）



深成岩は、すべての鉱物
が大きい「等粒状組織」を
示し、石基部分はないのが
特徴。写真は花崗岩。



火山岩は、大きめの鉱物（斑
晶と、「石基」と呼ばれる、
その間を埋める小さな粒からな
る「斑状組織」をもっている。
写真は安山岩。

どうして？

この岩石はどのようにしてできたのでしょうか？

解説

火山岩と深成岩のハーフ？



チオ硫酸ナトリウム結晶の“薄片”

火成岩には火山岩と深成岩があり、火山岩は比較的大きめの鉱物（斑晶）と、その間を埋める石基からできていて、深成岩はすべてが大きな鉱物からできている。このことは中学校の理科の教科書にも書いてある、いわば日本人のジョーシキなのである。しかしこの岩石は、ほとんどが大きな鉱物からできていて、わずかに石基があるのだ。ジョーシキはずれのこの石、その正体は火山岩なのか？深成岩なのか？

全体に鉱物が大きく成長していることから、深成岩のようにある程度ゆっくりと鉱物が成長していった岩石であることがわかるが、石基があるとすると、深成岩ではない。実はこの岩石は、火山岩と深成岩の中間の性質を持った火成岩と考えられるのだ。火山岩と深成岩のハーフの岩石ということ、**「半深成岩」**と呼ばれている。なんと微妙なネーミングだろう。マグマが「ある程度ゆっくり」冷えたということは、この岩石ができた場所としては、岩脈や浅いマグマだまりなどが考えられる。

チオ硫酸ナトリウムや明バンなどを用いて、冷やす条件をいろいろ変えて結晶形成モデル実験を行い、鉱物の成長と冷却状態との関係についての検証を行うと理解が進むだろう。

火山岩の発泡孔を読む！

丸い孔だらけの火山岩がある

火山岩に見られる多数の丸い発泡孔（熊本県阿蘇中岳）

多くの丸い発泡孔が見られます。

◆これはなに？

火山にあった溶岩です。

◆よ〜く見て！

岩石全体に、たくさんの丸い形をした孔がありますよ。割っても内部に孔があります。

岩石の孔はどうしてできたのかな？

【ヒント】コーラの栓を抜くと、泡がたくさん出てきます。これは、栓を抜くことでビンやカンの内部の圧力が下がったため起きる現象です。



こんな風に、孔がたくさんある岩石は、河原でもたくさん見られますよ。溶岩だったんですね。



細長く伸びた発泡孔は、溶岩がどのような方向に流れたのかを教えてください。



栓を抜くと、たちまち発泡するビール

どうして？

丸い孔はどのようにしてできたのでしょうか？

解説

溶岩はカルメ焼き？

実は溶岩（マグマ）には、多量の水や気体や揮発成分が含まれている。火山の地下にあったマグマが上昇すると、圧力が急激に下がるため、マグマに含まれていた水蒸気や気体が膨張して発泡するのだ。丸い孔はこのときの泡で、「発泡孔」という。コーラやビールのフタを取ると、圧力が下がって溶けていた二酸化炭素が泡になって出てくるのと同じだ。つまり、発泡孔の多い火山岩は、溶岩が地表に噴出したためにできたものだ。とわかるのだ。しかし、地下深いところや、深海底などの圧力の高いところで冷え固まった溶岩やマグマは、減圧されていないため、発泡孔はあまり見られない。孔のようすで冷え固まった場所の環境がわかるのだ。また、細長く伸びた形の発泡孔は、溶岩がどの方向に流れたのかを教えてください。

液体内部で発泡が起きて、固まったときに穴だらけになるという意味では、溶岩はカルメ焼きと同じだ。カルメ焼きをつくってみたい、圧力を変化させたときのコーラの発泡の様子を観察などによって理解が深まるだろう。

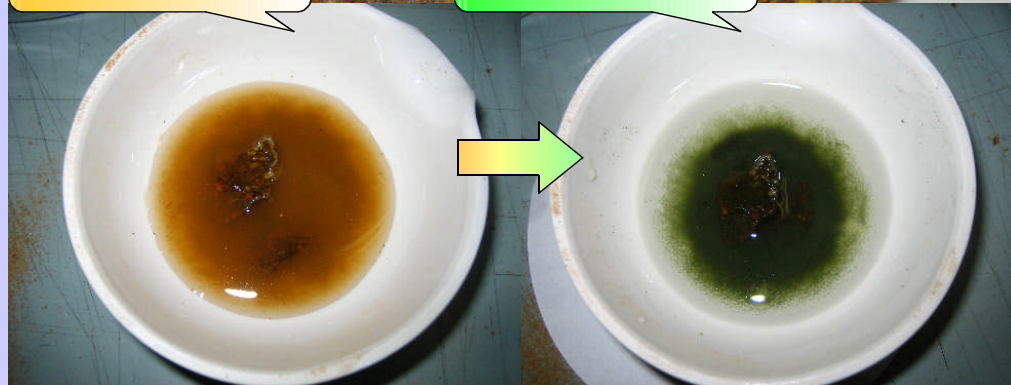


これがスコリアだよ

カルメ焼きとスコリアの構造の比較観察（中央がスコリア）

風化した岩石の色を読む！

赤茶色の岩石が緑色になっちゃう実験がある？



還元処理で風化岩が緑色に変化

◆これはなに？

この岩石は風化して赤茶色になった火山岩（安山岩）です。削って薬品で還元処理をしました。

◆よ〜く見て！

赤茶色だった岩石が、緑色に変化してしまいました。

岩石が赤茶色になるのはどうしてなのかな？

【ヒント】この色は、鉄さびの色に似ていますね。ホントに鉄さびなのかな？



風化した岩石の色と、洪水のときの川の水の色はよく似ていますね。何か関係があるのでしょうか？

どうして？

風化した岩石はどうして赤茶色なのでしょう？

赤茶色に風化した岩石の表面を削り、ハイドロサルファイトナトリウムという薬品とお湯を入れると（還元処理）、緑色に変化する。なぜ緑色に変化したのだろうか？

やや難しい話になるが、鉄が酸素と結びついたりするときは、鉄は銀色の金属ではなく、「イオン」という状態になっている。そして鉄のイオンには何種類もあり、それぞれの発色がちがうのだ。例えば3価の鉄のイオンの色は赤茶色、2価の鉄イオンの色は緑色である。鉄クギがさびると赤茶色（赤さび）になるが、これは3価の鉄イオンの色なのだ。

この実験の赤茶色の岩石は、実は3価の鉄イオンになっていて、風化岩が還元されたことにより、2価の鉄イオン（緑色）になった。このように、岩石中の鉄が還元されたら、赤茶色から緑色になる。これは、陸水や海水に多量に鉄の成分が含まれている岩石が、風化によって鉄の成分が多量に溶け出し、水に溶け出す。鉄クギの赤さびで同じ実験を行ったり、右の写真のように鉄を含む火山灰を還元した状態で、加熱して緑色のガラスをつくるものなど、いろいろ試せる。赤茶色が鉄によるものであつたことが、検証できる。

解説

犯人は鉄の色？



火山灰（軽石）の粉末を七輪で融かすと緑色のガラスになる

柱状節理を 読む！

規則的な割れ目のある岩石 がある

規則的な節理が見られる安山岩の崖（札幌市簾舞）

岩石に規則的な柱状のひび割れができています

◆これはなに？

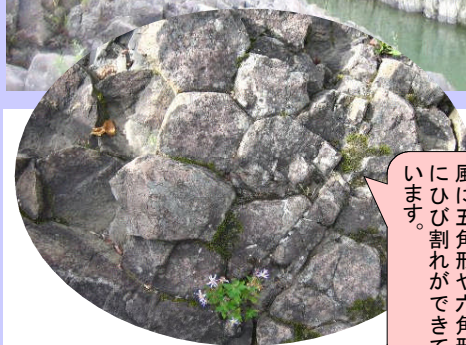
この崖は火山岩（安山岩）でできています。

◆よ〜く見て！

岩石全体に、規則的な柱のようなひび割れができていますね。

ひび割れはどうしてできたのかな？

【ヒント】溶岩や高温の火砕流には、内部に多量のガスが含まれています。これが冷えるとどうなるでしょうか。



柱状節理の断面を上からみるとこんな風に五角形や六角形にひび割れができています。



兵庫県玄武洞の柱状節理。福井県の東尋坊など、節理は各地で天然記念物に指定されている。



横方向に板のように割れる安山岩の板状節理（北海道下川町）。石材で有名な長野県の鉄平石も同様のものだ。

どうして？

柱状の割れ目（節理）はどのようにしてできたのでしょうか？

解説

節理の原因は急激なダイエットか？



片栗粉で作った“柱状節理”

高温の溶岩や火砕流（火山灰）には、多量のガスや水蒸気が含まれている。溶岩や火砕流が冷やされるとき、含まれていたガスの体積が減少するため、減少した分の割れ目（節理）ができるのだ。節理は、溶岩や火砕流の急激なダイエットの結果というわけだ。

節理の方向は、冷却の方向と垂直となり、上の写真の柱状節理は、溶岩の上方にあった空気と、下方にあった地表面の両方向から冷却されたために垂直な方向に節理ができたものである。こんなわけで、節理の方向を観察することで、溶岩や火砕流が流れたときの、地表面と溶岩表面の空気と触れあっていた面がどのように配置されていたのがわかるのだ。例えば、放射状節理の場合は、もともと溶岩が丸い形をしていたために、様々な方向から冷却されたということがわかるというわけだ。

片栗粉に水を混ぜたものをコップに入れて乾燥させてからそと取り出すと、水の体積が減少した分だけ縦に柱状節理のようなひび割れができる。上から見ると、ちゃんと本物の柱状節理のように、六角形や五角形になっている。

パン皮状溶岩 (火山弾) を読む！

フランスパンのようなひび割れのある岩石がある

パン皮状溶岩（北海道樽前山）

岩石全体にフランスパンのようなひび割れができています

◆これはなに？

この岩石は、火山に落ちていた火山岩（安山岩）です。

◆よ〜く見て！

岩石全体に、フランスパンやお餅のようなひび割れができていますね。これが「パン皮状溶岩（火山弾）」です。

パンみたいなひび割れはどうしてできたのかな？

【ヒント】フランスパンやお餅と、溶岩の共通点は何でしょうか。



この岩石は、樽前山の山肌にかかと落ちていました。周囲には似たような岩石がいくつも見つかりましたよ。



餅を焼くと表面は固くなりませんが、同時に内部はやわらかくなり、ふくらんでいきます。



ひび割れをよく見ると、方向が不規則で直線的ではなく、しかも全部途中で止まっています。これって、普通のことだと思いますか？

どうして？

表面のひび割れはどうしてできたのでしょうか？

解説

溶岩が空を飛ぶ？



ダッチブレッドのひび割れ

溶岩が冷えてできた岩石の表面全体にひび割れができるのは、ドロドロしていた溶岩の表面が急冷されて固まるときに、内部がまだ高温状態であったことを示している。表面は空気に冷やされて固まっても、内部は空気とは触れていないためまだ熱く、固まっていなかったため流動し、また、内部のガスも膨張し、体積が増えるため、岩石の表面はバリッと割れてしまうということがある。モチを焼いたときにできるヒビ割れと同じイメージだ。

岩石の表面全体にひび割れがあるということは、岩石全体が冷やされたことを示しており、その岩石が、ちぎれた溶岩の固まりであり、溶岩噴出の直後に**空中**に吹き飛ばされ、表面が冷却されたということがわかるのだ。ひび割れの方向が不規則で直線的でなかったり、中途半端に止まっていたりすることから、節理や外力によるひび割れとは区別できる。

ひび割れの多いフランスパンやダッチブレッドを観察したり、作り方を調べたり、餅を焼いて、表面にひび割れができる様子を観察してみよう。

地層の不整合を読む！

上下で傾きがちがう地層がある

上下で傾きがちがう地層（北海道士別市）



上の地層（礫岩層）は右下にゆるく傾いています

下の地層（泥岩層と砂岩層）は垂直になっています

◆これはなに？

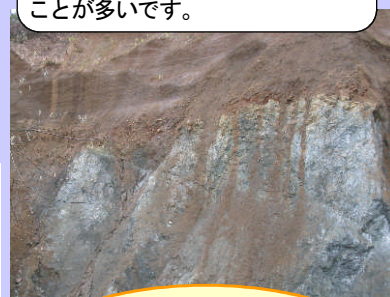
下の方は黒っぽい泥岩層と白っぽい砂岩層で、上の方は茶色っぽい礫岩層です。

◆よ〜く見て！

上の礫岩層はゆるい右下がりですが、下の砂岩層は垂直になっていますよ。

上下の傾きはなぜちがうのかな？

【ヒント】地層は基本的には水平に堆積しますが、長い時間の中で「地殻変動」によって傾いていくことが多いです。

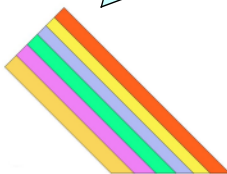


下の地層は1億年前の地層で、上は数万年前の地層。大きな時代のギャップがある（北海道士別市）。

①地層が水平に堆積します



②地殻変動で地層が傾きます



③その上に地層が堆積します



「不整合」っていうんだよ。

どうして？

上下の地層の傾きは どうしてちがうのでしょうか？

解説

地殻変動の仕業か？

普通に地層が堆積し続けたときは、地層はすべて同じ傾きになるはずなので、「上下で地層の傾きがちがう」ということは、そこで何か大きな事件が起きたということだ。これは、下の地層が地殻変動によって傾いた後で、上の地層が堆積したためだと考えられる。ということは、上の地層と下の地層が堆積した時代には、大きなギャップがあるということになる。地殻変動には長い時間が必要だからだ。このような地質構造を「不整合」という。近代地質学の祖と呼ばれるジェームズ・ハuttonは、不整合に対して初めて科学的な解釈を行った。スコットランドのシッカー岬の不整合露頭は、「ハuttonの不整合」と呼ばれ、地質学者には有名な露頭だ。野外の露頭の不整合面を詳しく観察し、下部の地層が削り込まれている様子や、上位層の下部に、下位層が削り込まれたブロック（偽礫）が含まれている様子を確認してみよう。また、化石を探し、上下の地層の形成年代について考えてみよう。



スコットランドの「ハuttonの不整合露頭」（平松和彦氏提供）

岩石の熱伝導を読む！

熱の伝わりやすさにちがいがある



真っ赤に熱した岩石をさわってる！

うわ！さわってる！

こげて煙が出た！

◆これはなに？

凝灰岩の石材をレンガの上に置き、ガス torch であぶり、反対側を手でさわっています。

◆よ〜く見て！

あぶった部分が真っ赤になっているのに、反対側は全然熱くありません。

どうしてさわれるのかな？
【ヒント】この岩石は熱を通しにくい性質があるようです。身の回りで、熱を通しにくい材質のものにはどんなものがあるでしょうか。

凝灰岩を加熱する実験（北海道札幌市石山）



岩石の表面を熱くして、内部は熱くありません。これは、凝灰岩の性質です。熱を通しにくい性質があるため、表面は熱くても内部は冷たいままです。



凝灰岩の内部構造。すき間が多いことがわかる。

どうして？

熱の伝わり方はどうしてちがうのでしょうか？

解説

空気が熱を遮断する

上の実験で、凝灰岩は驚異的な断熱性を見せられた。しかし、花崗岩などの深成岩ではあまり断熱性は高くない。このちがいの原因は何だろうか。

凝灰岩の内部構造は、右上の写真のように、すき間が非常に多いことだ。つまり、空気を多量に含んでいるということだ。これは、凝灰岩が軽いことから実感できることだ。実は空気は非常に熱を伝えにくい性質がある。意外な感じもするが、千℃もあるストーブに手をかざすことができるのは、**空気が熱を伝えにくいから**こそ。寒いときに着るダウンジャケットも空気が多くなっているし、七輪も内部の熱を逃がさないようにして高温をつくりだすために、「珪藻土」というすき間の多い材質でつくられている。もちろん凝灰岩は、右の写真のように、収蔵物を火事から守るため、倉庫の石材として古くから利用されてきた。

いろいろな岩石を加熱して、熱の伝わり方を比べてみよう。手で触る実験には十分注意し、熱伝導変色シートを小さく切って石に貼るなど工夫してみよう。



溶結凝灰岩（札幌軟石）のできた倉庫（北海道小樽市）

ペレの髪の毛 を読む！

髪の毛のように細い溶岩 がある

「ペレの髪の毛」と呼ばれる細長い溶岩（阿蘇火山博物館）

髪の毛よりも細い
かも…

◆これはなに？

ハワイで採取された、非常に細い溶岩（玄武岩）です。「ペレの髪の毛」と呼ばれています。

◆よ〜く見て！

まるで髪の毛のように細長くて、引きちぎられたようになっています。

どうしてこんなに細い溶岩が？
【ヒント】溶岩はドロドロしていますが、硬いものや液体状のものなど、さまざまです。ハワイの溶岩は液体状です。

こちらは
「ペレの涙」



ハワイのキラウエア火山の噴火。液体のような溶岩が噴出している（Encyclopaedia Britanica より）。

北海道羊蹄山周辺の溶岩。内部には繊維状の部分が見られ、火山毛との共通点がある。

ワタアメは火山毛によく似ている。ワタアメの作り方と、火山毛のでき方の関係を考えてみよう。

どうして？

火山毛はどのようにしてできたのでしょうか？

解説

天然のワタアメか？



砂糖を融かしてつくった「ペレの髪の毛」

ハワイや伊豆大島の三原山の溶岩は、玄武岩質で流動性が高いのが特徴だ。噴火の際には勢いよく流れ出し、しぶきをあげることもある。当然溶岩は細かくちぎれて冷え固まることがある。火山毛はそのようにしてできた、引きちぎれた溶岩であり、溶岩が**液体状**であったことを物語っているのだ。火山毛によるものと思われる、「空から髪の毛が降ってきた！」という不思議な伝承は、世界各地に存在している。

ハワイには、「パホイホイ溶岩」という、表面が滑らかで丸みのある溶岩が見られる。これも溶岩が液体のように流れた証拠である。同様なものは日本の火山（三原山など）にも観察される。ちなみに「ペレ」は、火山の神様の名前である。

綿アメは、融かした砂糖を細い穴から出して細長いアメをつくり、それを割り箸で絡め取ったものだ。まさに火山毛のでき方そのものである。砂糖に少しだけ水を入れ、電子レンジで融かし、スプーンで引き延ばすと右の写真のように「火山毛」をつくることができる。簡単だけど、意外とおもしろいよ。

岩石の反射光のちがいを読む！

岩石に光を当てたときの反射光にはちがいがあ

光を当てるとキラキラ輝く斑れい岩



ライトを当てると部分的にキラキラ輝く

◆これはなに？

深成岩に光を当てて観察したものです。

◆よ〜く見て！

キラキラとよく光を反射していますね。どんな岩石でもこうなるのでしょうか。

どうしてキラキラするの？

【ヒント】光を反射するということは、平らな面があるということですね。岩石の中の平らな面とはなんのでしょうか。



LEDライトなどで岩石の反射光を調べることによって、岩石の構造をよく理解することができます。



石材も角度を変えながら観察すると、日光を反射しやすいものがある。反射する部分をよく観察してみよう。



少し暗い中で光を当てた方が、反射光を観察しやすい。ココはポイントですね。

どうして？

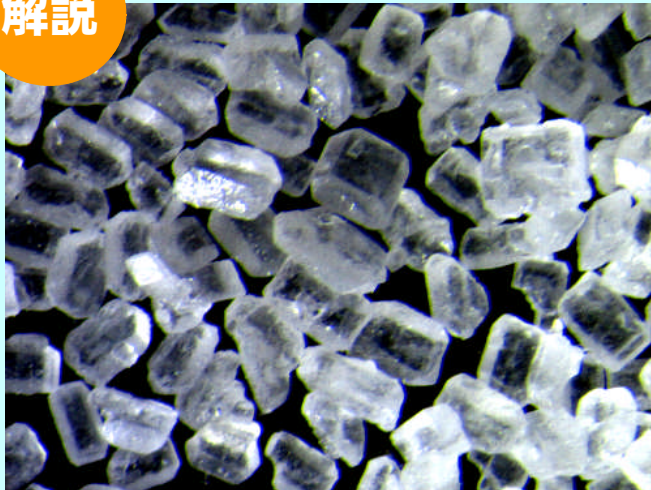
岩石の反射光はどうしてちがうのでしょうか？

解説

「キラキラ」は火山の石の証拠

光がキラキラと反射するということは、そこに平坦な面があるということだ。右の写真は、グラニュー糖に光を当てたものだが、角張った形のグラニュー糖は光をよく反射する。岩石の中の平坦な面とは、鉱物の結晶面ということになる。鉱物は結晶であり、結晶は基本的に平面で構成される。鉱物はマグマの中でつくり出されていき、地表で岩石が割れて初めて見ることが出来るものだ。したがって、マグマが固まった岩石（火成岩）は基本的にできたときのままの鉱物があるため、結晶面も平坦で、光をよく反射する。一方、堆積岩に含まれる粒（砂など）は摩耗していき、平坦な面が少なく、反射しにくい傾向がある。キラキラは、火成岩と堆積岩を見分ける大きな手がかりとなるのだ。しかし、火成岩でも鉱物が非常に小さかったりすると光りにくかったり、堆積岩でも古いものでは新たに内部に鉱物が生じたりしてよく光るものもある。

様々な岩石の反射光の差異を調べ、含まれる鉱物の大きさや形状等との関係について調べてみよう。

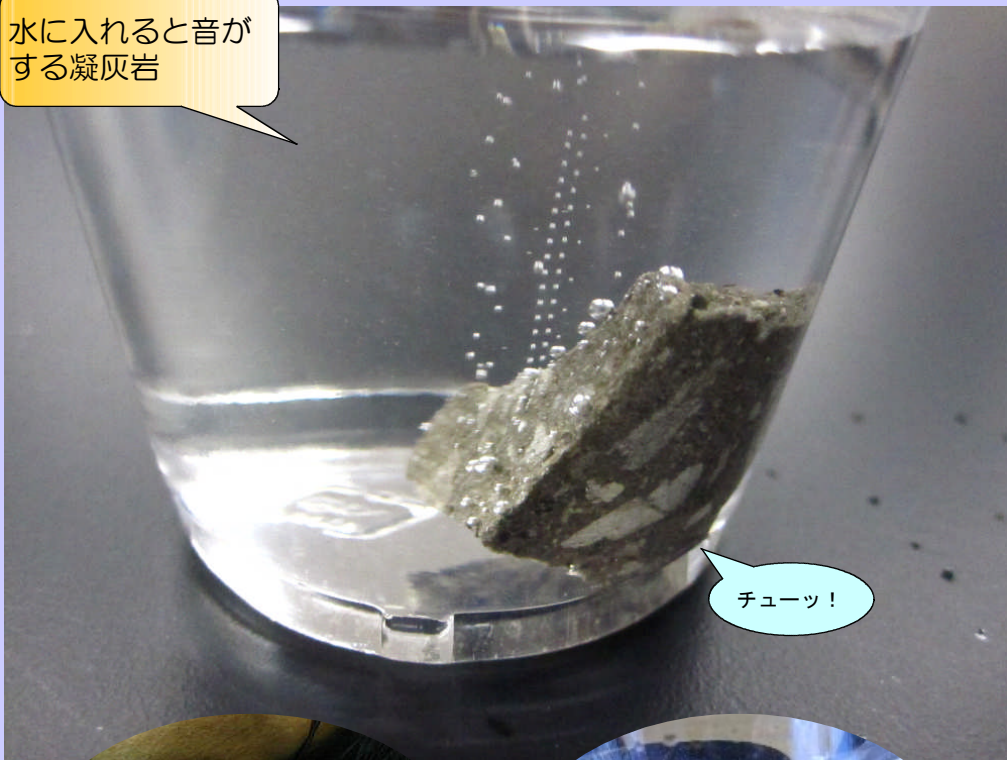


グラニュー糖に光を当てると・・・

水に入れたときの音を読む！

岩石の水のしみ込みにはちがいがあ

水に入れると音がする凝灰岩



◆これはなに？

水の中に岩石を入れて、発泡の様子を観察します。

◆よ〜く見て！

コップに耳を当てると、「チューツ」という音が聞こえます。石によって高さや持続時間がちがいます。

どうして音が出るのかな？
【ヒント】泡が出ているということは、音の原因は空気の入りと出ることのようですね。なぜ石から空気が出てくるのかな？

チューツ！



コップに耳をつけると、「チューツ」という「石の声」を聞くことができますよ。「ほさな いまじいね」



ほとんど泡も音も出でてこない岩石もある。このちがいの原因は何でしょうか。



水をかけると、しみ込みやすい岩石と、しみ込みにくい岩石があります。

どうして？

岩石の水のしみ込みはどうしてちがうのでしょうか？

右の写真は、水に入れると泡がたくさん出て音がよく鳴る、軽い泥岩の拡大写真だ。軽いで、すき間（孔）がたくさんあるはずだが、小さすぎて見ることができない。石を水に入れたときの音の原因は、この見えない孔にある。孔の多い岩石を水に入れると、水が岩石内部にしみ込むと同時に、岩石内部の空気が外に出ようとする。小さな孔で水と空気の出入りが起きるのだ。このとき孔の内部の圧力が高まり、「石の声」が発生（発声？）する。

ピッコロのように細くて小さな管楽器は音が高いが、チューバのように太くて大きな管楽器は音が低い。これと同じように、石の声も管楽器の大きさによって高低の差が出ると考えられる。また、孔が大きいとすぐに水が入り込んでしまいい、音の持続時間も短くなる。こうしたことから、石の声を調べることによって、目には見えない岩石の内部構造を見ていることになるのだ。いろいろな岩石の水のしみ込みのちがいを、音の高さや持続時間から調べ、内部の空隙率を考えてみよう。また、岩石の成因と空隙率の関係について探究してみよう。

解説

見えない内部構造を見る



泥岩の拡大写真。拡大しても穴は見えない

岩石の磁石との反応を読む！

磁石につく岩石がある



普通の岩石に磁石がくっついている

磁石

◆これはなに？

黒っぽい火山岩に、強力な磁石（ネオジム磁石）がくっついています。

◆よ〜く見て！

いろいろな岩石で調べてみると、磁石につくものとつかないものがあります。

どうして磁石につく石があるのかな？

【ヒント】磁石によくつくものとして、鉄やニッケルのほかに「砂鉄」がありますね。砂鉄は「磁鉄鉱」という鉱物です。



ピラミッドを重ねたような形をしている磁鉄鉱（マグネタイト）



小さなネオジム磁石に糸をつけてぶら下げると、弱い磁性でもよくわかるようになる。



野外に磁石を持ち出して、露頭の岩石の磁性を調べてみよう。

どうして？

岩石の磁石との反応はどうしてちがうのでしょうか？

解説

磁石で火成岩を見分ける

火成岩は磁石につくことが多い。これは、火成岩の中に磁性を持つ鉱物が含まれているためだ。よく知られているものとして、磁鉄鉱（マグネタイト）があるが、これ以外にも自然界にはいろいろな磁性鉱物がある。マグマや溶岩の中に含まれる磁鉄鉱は、冷えるときに地球の磁場を記録して、岩石全体が磁性を持つようになる（熱残留磁気）。そんなわけで、**磁鉄鉱**を多く含む火成岩は、磁石によくつくのだ。一方、堆積岩は磁鉄鉱が少なく、磁石への反応は弱い傾向にある。それは、磁鉄鉱（砂鉄のことだ）は非常に重たい鉱物で、地層がつくられるときに分離されてしまうことが多いからだ。こうしたわけで、磁石を使うことは、火成岩と堆積岩を見分ける手だてとなる。ただし、火成岩であっても風化が進行すると磁性は弱くなる。火成岩と堆積岩の磁石との反応の差異を調べ、磁鉄鉱の含有量や、火成岩と地磁気との関係について探究してみよう。



方位磁針が反応する玄武岩

砂岩泥岩互層 を読む！

砂岩層と泥岩層がリズムカ ルに重なる地層がある

中生代の付加体に見られる砂岩泥岩互層（北海道比布町）



規則正しく砂岩層と泥岩層が積み重なっています

◆これはなに？

赤っぽい層は砂岩層、黒っぽい層は泥岩層です。規則的に積み重なった砂岩泥岩互層です。

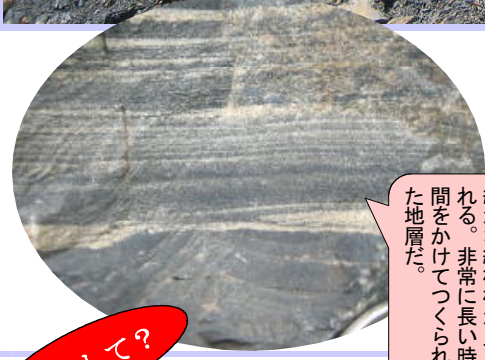
◆よ〜く見て！

砂岩層が一番上の方は粒が小さく変化し、泥岩となっていくます。砂岩と泥岩はワンセットのようです。

どうして砂と泥が交互に重なるのかな？
【ヒント】水の中で大きな粒と小さな粒を同時に落としたりしたら、どっちが先に沈むかな？



非常に細かな地層の縞模様。この模様も粒度のちがいにによるものだ



深海底の堆積物にも細かな縞模様が見られる。非常に長い時間をかけてつくられた地層だ。



このようなリズムミカルな地層は、全体に非常によく厚くなっている場合が多い。

どうして？

規則正しいリズムはどうしてできるのでしょうか？

解説

水中での堆積の証拠？



アクリルパイプでつくった“地層”

海底に砂や泥などが堆積してできる地層は、洪水のときに河川で砂や泥が多く運ばれてできる。つまり、台風などがやってきて増水したときに河川から海底に砂や泥が多量に運び込まれ、地層ができるということだ。通常の穏やかなときは地層はほとんどできない。海の地層は台風のとときにつくられるというわけだ。

なぜ砂岩と泥岩が繰り返されるのだろうか。地層をよく観察すると、一枚の砂岩層では、上の方ほど粒が小さくなっている。これは、**水中**では粒の大きいものの方が先に沈むためだ。すると、砂と泥が同時に水中に運び込まれると、砂が先に泥が後に堆積することになる。つまり砂岩層と泥岩層は、一回の洪水時にセットできるといふことになり、必ず「砂・泥・砂・泥」というリズムができることになるのだ。

深海底に堆積するリズムミカルな砂岩泥岩互層は、タービダイトと呼ばれるが、タービダイトの場合には、地震による海底の土砂崩れが関わると言われている。上の比布町の写真の露頭はこの深海底タービダイトである。

右の写真のように、水を入れたパイプに小石や砂を同時に投入して地層をつくるモデル実験をみよう。砂岩泥岩互層のでき方について考えて

礫岩層のインブリケーションを読む！

礫岩層の礫の配置には規則性がある

礫が同じ方向に傾いている礫岩層（北海道士別市）



礫がほとんど右側に傾いています

◆これはなに？

過去の河川でつくられたと考えられている礫岩層です。

◆よ〜く見て！

礫が右側に傾いて堆積しています。上下の地層から判断して、礫岩層自体はほとんど水平であることがわかります。

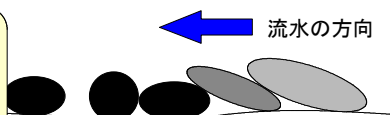
どうして礫が同じ方向に傾いているのかな？

【ヒント】扁平な形のものの流れる水の中に入れると、どのようなことが起きるか考えてみましょう。

扁平な形のを転がしていくと、どのようなようになっていくかを、実際に観察してみよう。



ひとつひとつの礫の傾きを調べてみると、やはり規則性があることがわかる。



どうして？

インブリケーションはどうしてできるのでしょうか？

昔の水流の方向がわかる

解説



現生の河原の礫のインブリケーション（右側が上流）

河原の礫を観察してみよう。右の写真のように、上流側（右側）に傾いていることが多い。礫は、洪水時に川底をゴロゴロと転がり、洪水が終わるとその場に堆積する。ゴロゴロと転がるわけなので、互いにぶつかったりする。ゴロゴロととき、ピタッと止まるとき、その礫は下流側の礫を「枕」にして寝てしまうのだ。ほとんどすべての礫がそのようにして静止する（右上の図参照）。結果として礫の上流側が下がった傾きで堆積するというわけだ。このような構造を「インブリケーション（伏臥構造）」という。地層中の礫の傾きを調べると、過去の水の流れた方向がわかる。上の写真の露頭では、右側が上流ということになる。

北陸地方にある、中生代の河川堆積物（手取層群）の地層に見られる礫のインブリケーションを調べると、当時の河川の流向は、不思議なことに北から南であったことがわかっている。北側は現在では日本海であり、このことは、中生代の北陸地方は中国大陸の一部であった証拠のひとつともなっている。

地層の褶曲を読む！

地層にはグンニヤリと曲がっているものがある

褶曲した地層（北海道剣淵町）



「へ」の字のように
褶曲しています

◆これはなに？
砂岩層と泥岩層の積み重なった地層です。

◆よ〜く見て！
ひらがなの「へ」の字のように大きく曲がっています。このように地層が曲がることを褶曲（しゅうきよく）といいます。

どうして地層が曲がるの？
【ヒント】ものをグニャッと曲げるにはどのようにしたらいいか、考えてみましょう。



庭石のチャートに見られる褶曲。探してみると、意外と庭石には褶曲が見られることが多いので、注意して探してみよう。



小さな石ころにも、ちゃんと褶曲は見られます。一人ひとりの“My 褶曲”なんてどうでしょうか（旭川市伊野川の結晶片岩の礫）。

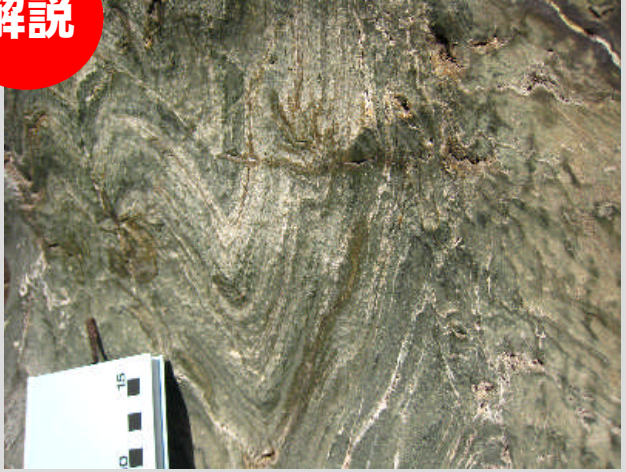


地層の褶曲を再現するモデル実験のようす（北海道教育大学釧路校 境界研究室のHPより）。

どうして？ 地層の褶曲はどうしてできるのでしょうか？

解説

大地の巨大な力でグニャグニャに



非常に細かな褶曲（北海道旭川市神居古潭）

地殻変動によって地層に力が加わるとグニャリと変形してしまう。これが褶曲だ。褶曲は、大地が我々の見えないところで活動している証拠なのだ。断層を伴った褶曲も多く、上の剣淵町の褶曲も断層が多い。右の写真は、高圧変成作用を受けた地層（結晶片岩）で、地下深くで海底の地層が猛烈な圧力を受けて片理という縞模様ができ、さらに激しく細かな褶曲ができたものだ。

地層の褶曲を観察し、どのような方向から、どのくらいの大きさの力が地層に加わったのかを考え、なぜそのような力が加わったのか、その原因を考えてみよう。実際に褶曲している地層を観察するのは難しいかもしれないが、左上の写真のように、褶曲構造の見られる小石や庭石を観察するという手もある。また、モデル実験を通して、褶曲のでき方について考えてみるとよいだろう。

地層や岩石の断層を読む！

地層や岩石にはひび割れてズレているものがある

地層に見られる断層（北海道小樽市）



ここに断層がありますね

◆これはなに？

地層の中に、斜めの「切れ目」があります。これが「断層」です。

◆よ〜く見て！

左右の地層の様子から、右側が少し下がっているように見えますね。

断層はどうしてできる？
【ヒント】この地層に加わる力が、横方向からだけだったと考えると、「引っ張り」と「圧縮」のどちらだったと考えられるでしょうか？。



河原で拾った石ころにも小さな地層と断層が見られることがある（北海道上ノ国町）。



礫岩層に見られる小さな断層。「食い違い礫」と呼ばれる。室内でゆっくり断層を調べることができる（宮城県仙台市）



この写真のように、連続的に階段のようにズレている断層もめずらしくない。

どうして？

断層はどうしてできるのでしょうか？

解説

加わった力がわかる

断層とは、岩石や地層に周囲から大きな力が加えられたときにできる割れ目のことだ。断層のズレの様子から、どのような力が加わったのかわかることができる。断層の左右の地層が、断層ができる前はどのようなつながりだったのかを考え、加えられた力の方向や大きさ、形成された順序などを読み取っていく作業は楽しいものだ（ムズカシイけど）。上の写真は、左右が引き離されているため、「引っ張り」の力を受けた「正断層」だ。

しかし、露頭の表面の観察だけでは本当の力の方向を知ることはできないため、詳しく知るためには断層を三次元的に観察する必要がある。本気で調査するのは非常に難しい作業なのだ。また、単純な断層ばかりではなく、多くの断層は縦横無尽に走っているため、露頭の前でも「わけがわからん」と立ちすくんでしまうことも多い。って言うか、ほとんどがそうだ。

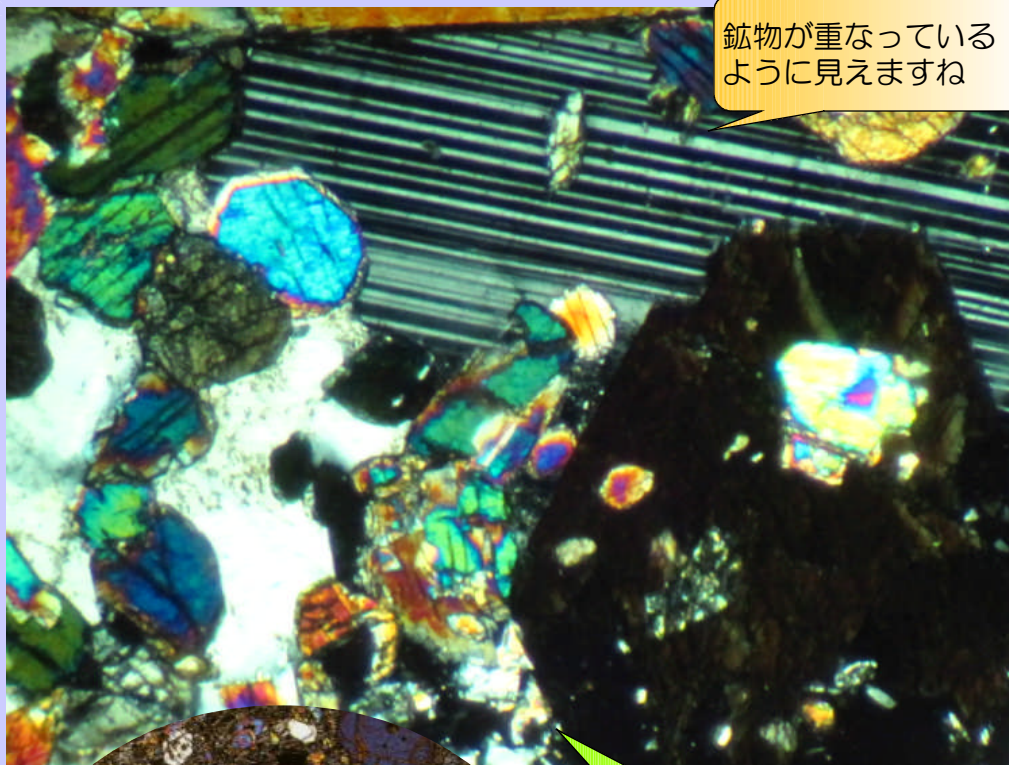
右の写真は、ココアパウダーと小麦粉を使った断層形成モデル実験だ（大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎・岡本義男教諭考案）。この「断層」は、圧縮の力を受けた「逆断層」だ。このようなモデル実験を通して、断層の向きについて探究・検証してみよう。※「逆断層」「正断層」の謂われについては、面白い話があるので、紙面の関係で割愛。



ココアと小麦粉の“断層”

鉱物のできた 順番を読む！

火成岩の鉱物はできた順番 がわかる



鉱物が重なっている
ように見えますね

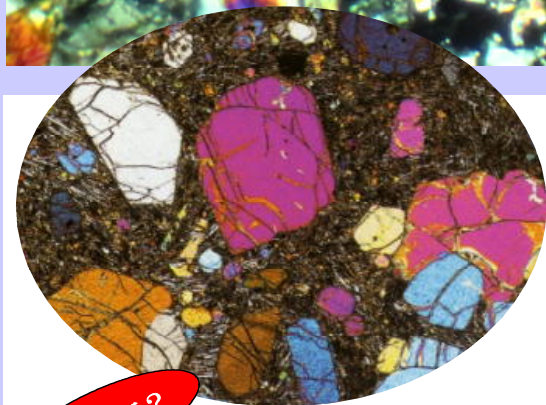
◆これはなに？

岩石の薄片を偏光顕
微鏡で観察したもので
す。きれいですね！

◆よ〜く見て！

鉱物が鉱物に食い込
んでいるように見え
るところがありますね。
これはいったい？

どの鉱物が先にできたのかな？
【ヒント】鉱物にはその鉱物独特の
形があります。また、すべての鉱物
が同時にできるわけではありません。



はっきりとした形をした鉱
物と，“じゃま”されて形
が崩れている鉱物があるよ
うです。



鉱物にはそれぞれ本来の
形がある。写真は方解石
の結晶。

どうして？

鉱物のできた**順番**はどうしてわかるのでしょうか？

解説



薄片からどの鉱物が先にできたのかを考える

先にできたもん勝ち？

鉱物は結晶だ。結晶にはそれぞれの決まった形がある。例えばおなじみの食塩の結晶が立方体であるように。ドロドロのマグマの中では、いろんな鉱物（結晶）がつかられていくときには、先にできた鉱物は本来の形（自形という）をつくることができるが、後にできる鉱物は、先にできた鉱物が**ジヤマ**になってしまい、いびつな形（他形という）になってしまうのだ。つまり、本来の形の鉱物の方が先にでき、いびつな形の鉱物が後にできたということになるのだ、岩石全体を観察していくと、個々の鉱物がどのような順にできたのかを知ることができるといふわけだ。後でできた鉱物は、かわいそうなおとに肩身の狭い思いをしているのだ。

火成岩の薄片を偏光顕微鏡で観察して、火成岩の自形鉱物と他形鉱物の関係から、各鉱物の晶出した順序を読みとってみよう。また、地殻の深さと、いろいろな深成岩に含まれる鉱物の種類との関係について探究・検証してみよう。

枕状溶岩を 読む！

枕状溶岩の形状はそのでき 方を示している

枕状溶岩の露頭（北海道積丹半島）



◆これはなに？

丸い形をした、「枕状溶岩」と呼ばれる海底で噴出した溶岩です。

◆よ〜く見て！

丸い塊の内部に、放射状に広がる節理（放射状節理）が観察されます。

どうしてこんなものができたのかな？

【ヒント】5ページに書いたように、節理は溶岩の熱の逃げた方向を示しています。写真のような放射状節理から、もともとの形がわかりますね。

放射状節理の発達する枕状溶岩



放射状節理の見られない枕状溶岩もある（北海道比布町）

北海道小樽市の枕状溶岩。たれさがり構造から上下判定ができる。

北海道日高町の枕状溶岩。足下のミミズの頭のような部分が溶岩末端である（北海道高等学校理科研究會地学部会HPより）。

どうして？

形状からどうしてでき方がわかるのでしょうか？

解説

ドロドロと流れた証拠



海底での枕状溶岩のイメージ

枕状溶岩とは、丸い枕を重ねたような形状の溶岩だ。実はこれ、海底火山の噴火などで水中に熱い溶岩が流れ出してつくられたものなのだ。ドロドロとした「ゆるい」溶岩が水中で**チューブ状**に流れだし、表面が水冷されて固まり硬い「表皮」をつくってから、内部の熱い溶岩がその表皮を突き破って流れ出すことにより、それらが多数重なっているものだ（右図）。その断面が丸い枕が重なっているように見えるため枕状溶岩と呼ばれている。中央海嶺では次々と枕状溶岩が生み出され、それが海底の岩盤（海洋地殻）となっていく。つまり、海底は枕状溶岩だらけなのだ。

枕状溶岩の断面には、上の写真のように、同心円状の放射状の割れ目があることが多く、これは溶岩が冷却する際の収縮のためにできた節理だ。

枕状溶岩の節理の様子から、枕状溶岩形成時の溶岩の形状を知ることができる。また、枕の垂れ下がり構造からは、枕状溶岩の上下関係を判定することもできる。

花崗岩の風化実験 を読む！

岩石を加熱すると ボロボロに崩れる実験

花崗岩をガスストーチで加熱すると…

加熱したらくずれてきたぞ！



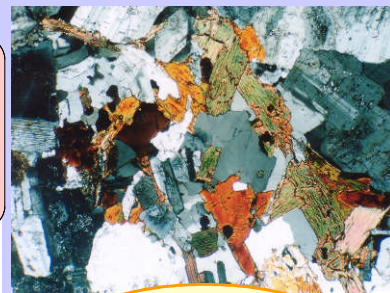
◆これはなに？

深成岩の一種の花崗岩を、ガスストーチで加熱しています。

◆よ〜く見て！

部分的に真っ赤になり、ボロボロと崩れてきました。

花崗岩はなぜ崩れやすいのかな？
★ヒント★同じ事をして崩れやすい石と崩れにくい石があります。くずれやすい岩石の構造は？



花崗岩の構造は、すべての鉱物が大きくて密着している「等粒状組織」です（北海道士別市）。

加熱しても崩れにくいときは、水にジュッと入れると崩れることがある

どのような岩石が崩れやすいかを探してみよう



どうして？

加熱するとボロボロになるのはなぜでしょうか？

解説

「ゆがみの原因は「くっつきすぎ」か？」



風化した花崗岩（北海道士別市上士別）

花崗岩をガスストーチで加熱したとき、最初に真っ赤になるのは黒雲母だ。黒雲母は薄い結晶が積み重なっており、加熱によって膨張している。それと連動するように花崗岩は崩れ始めるのだ（これ、実は岡山県の万成石が一番なんですよ！）。

花崗岩のような深成岩は、数種類の鉱物が仲良くスキマなくびっしりつまっているが、それぞれの「熱膨張率」や「熱収縮率」は異なっている。そのため、加熱や冷却によって鉱物の間に「ひずみ」が生じて、岩石全体が崩れることになるのだ。鉱物が密着しているのが原因というわけで、何事も「くっつきすぎ」はよろしくないということか？

兵庫県の六甲山地が風化した花崗岩であることは有名だが、このように花崗岩帯は大規模に風化によって崩れていることが多い。そのおかげで我々はおいしいミネラルウォーターが飲めるわけであるが、他の岩石を用いて、同じように実験をしてみよう。

溶結凝灰岩の でき方を読む！

レンズ状のガラスを含む 岩石がある

レンズの見える溶結凝灰岩（熊本県阿蘇山）



中の黒っぽいところが
レンズのような形をして
いるよ

◆これはなに？

火砕流が固まった溶結凝灰岩です。内部につぶれた形のガラスが入っています。

◆よ〜く見て！

この凝灰岩を上から見たら、ガラスは平たい形をしていました。細長いのではなく、レンズのように扁平な形なんですね。

ガラスはどうしてつぶれたのかな？

【ヒント】ガラスは元々は扁平な形をしているわけではありません。すると、これは後でつぶされたことになりますね。



柱状節理の発達した溶結凝灰岩の崖（北海道上川町層雲峡）。溶結凝灰岩はもともと火砕流だったものであり、大規模に分布することがある。

溶結凝灰岩のガラスは、黒曜石であることがあり（北海道恵庭市漁川）。



拡大してみると、小さなつぶれたガラスがたくさん入っています。

どうして？

どうしてレンズ状のガラスがあるのでしょうか？

溶結凝灰岩は、火山噴火の際の高温の多量の火山灰の流れである「火砕流」が固結したものだ。1991年、長崎県の雲仙普賢岳の噴火の際に四十三名もの死者をだしたアレだ。千度近い高温と時速百キロ近いスピードを持ち、数多くの火山被害をもたらす現象の中で最も脅威的なものだ。イタリアのポンベイがこの火砕流で埋められてしまったのは有名な話。

平地で停止して積もった火砕流の上部は空気に、底部は大地に冷却されていくことになるが、中央部にはまだまだ自分の熱がこもっており、ガラスでできた軽石などを溶融し、自分の重みでそれらをつぶしていく。これがレンズ状のガラスの正体だ。火砕流が水中に堆積した場合は温度が下がり、このようなレンズ構造はできないため、レンズはこの火砕流が陸上を流れたことの証拠にもなる。

右の写真は中央部だけが硬くなっている火砕流堆積物であり、硬い部分だけを石材として採石している（札幌軟石）。中央に熱がこもった結果だ。

溶結凝灰岩に含まれるレンズ状のガラスを観察し、また、火山灰を強熱・溶融して、溶結凝灰岩の形成時の温度について探究してみよう。

解説

自分の熱で自分を融かす？



中央部だけが溶結している火砕流堆積物（札幌市石山）

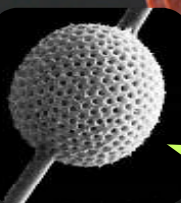
チャートのでき方を 読む！

多数の放射虫化石が 含まれている石がある

赤色チャート（北海道旭川市）



典型的な赤色チャート



福井市自然史博物館HPより

放射虫化石



緑色チャート（北海道剣淵町）



灰色チャート（北海道下川町）

◆これはなに？

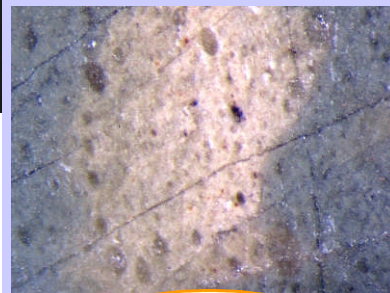
チャートと呼ばれる岩石で、赤色、灰色、緑色など、様々な色のものがあります。

◆よ〜く見て！

高倍率の実体顕微鏡で見ると、丸い粒々が見えます。

チャートのできた環境は？

【ヒント】放射虫は海のプランクトンで、硬いガラス質の殻を持っています。ガラスは水には溶けません。



中生代のチャートの双眼実体顕微鏡像。丸く見えているのは放射虫化石（北海道剣淵町）。

どうして？

チャートはどんな環境でつくられたのでしょうか？

解説



中生代の緑色層状チャート（北海道剣淵町）

チャートはほとんどが二酸化珪素からできている。放射虫の殻は珪酸でできているので、深海底には放射虫の殻が堆積して、それが固まったものがチャートだ。つまるところ、チャートは「深海底」でつくられたものだ。チャートのように、「この石が見つかったら、そこは深海底だ」という環境を語る自然素材として、チャートは大変貴重なものなのだ。チャートの堆積速度は大変遅く、千年に2〜4ミリくらいだ。すると、1メートル堆積するには、なんと25万年〜50万年かかっていることになる！

チャートの放射虫の種類を調べることによって、時代を決定することもできるが、高度な専門的知識が必要だ。

深〜い海底の証拠

黒色頁岩の作り方を 読む！

薄く剥離して割れる 堆積岩がある

板状に割れる黒色頁岩（北海道剣淵町）



板のように
割れます

◆これはなに？

これは、「黒色頁岩」という石です。黒い泥が固まった堆積岩の仲間です。

◆よ〜く見て！

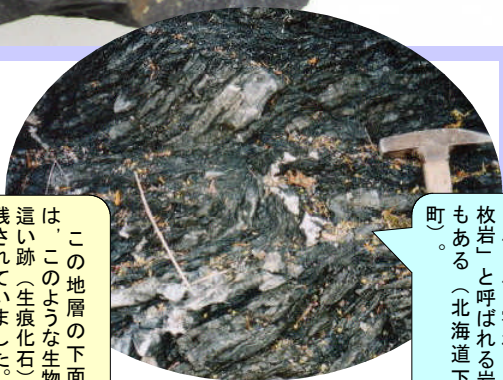
ハンマーで割るとその名の通り、本のページのように薄く割れていきます。

黒色頁岩はどのような環境でできたのか？

【ヒント】もともとは地層であったものです。深いか、浅いか？なぜ黒いのか？なぜ薄く板のように割れるのか？う〜む...



この地層の下面には、このような生物の這い跡（生痕化石）が残っていました。海底に生息していた生物が残したものです。



黒色頁岩よりも、もっとパリパリ割れる「千枚岩」と呼ばれる岩石もある（北海道下川町）。



黒色頁岩をよく見ると、細かい地層の縞模様が見えます。

どうして？

黒色頁岩がつくられた環境はなぜわかるのでしょうか？

解説

ミクロの地層？

「黒色頁岩の特徴は、「色が黒い」「薄く割れる」「粒が小さい」などである。こんなものが、いったいどのような環境でつくられるのだろうか？我々が海水浴に行くような海底ではどうもそんな地層はつくられそうにない。

まず、黒色頁岩は粒が小さく、泥岩の仲間であり、ぶ厚い地層であることから、深い海の地層だと推定できる。黒色頁岩は、**深海底**に泥がゆっくり堆積したミクロの薄い地層の重なりだ。板状に割れるのは、このミクロの地層が長い時間をかけて地下で圧力を受け、硬い岩石に変化したためだ。

では、色が黒いのはなぜだろうか？ 黒色頁岩には、小さな黄鉄鉱が多量に含まれており、黄鉄鉱の小さな粒は黒く見える。この黄鉄鉱は、鉄と硫黄が結びついた鉱物であり、**酸素のない還元**性の環境でないとできない鉱物だ。このようなことから、黒色頁岩の生成場所の環境は、ただの深海底ではなく、金属や硫黄が吹き出す「ブラック・スモーカー」が近くにあるような環境であったということがある。

金属を紙やすりなどで削り、その粉末が黒色になることを確かめ、泥岩が黒色になることについて探究・検証してみよう。



黒色頁岩の地層（北海道比布町）

パラサイト隕石の でき方を読む！

かんらん石と金属が 混在している隕石がある

パラサイトと呼ばれる隕石

金属と鉱物が混在
しているよ

◆これはなに？

これは、「パラサイト」と呼ばれる隕石です。

◆よ〜く見て！

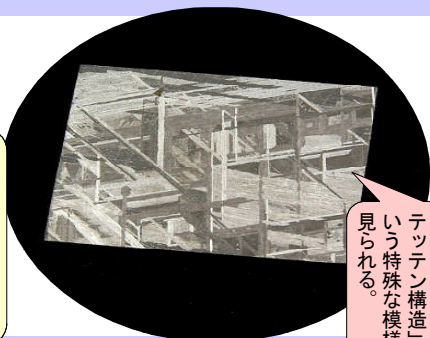
パラサイト隕石は、金属とかんらん石が混在しています。

隕石に金属と鉱物が混在している理由は？

【ヒント】隕石は、破壊された天体の破片です。地球やその他の惑星は、金属でできた「核」と、岩石でできた「マントル」や「地殻」から成ります。



ガラス質の隕石。天体の地殻部分と見られる。大気圏突入の際の熱で表面が融けている。



金属のみでできた隕鉄（ギベオン隕石）。天体の核の部分と見られる。「ワイドマンシュテッテン構造」という特殊な模様がみられる。



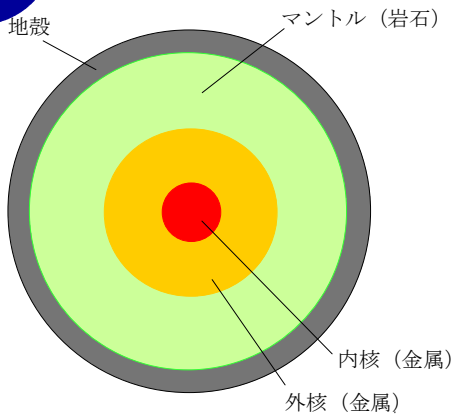
宝石のペリドット。かんらん石のことだ。地球の地殻の下のマントルは、かんらん石でできている。

どうして？

なぜかんらん石と金属が混在しているのでしょうか？

解説

重力の小さな小天体の破片？



惑星の内部構造

かんらん石は鉱物であり、金属である鉄やニッケルとは比重が大きくちがっている。パラサイトは、全く比重の異なるものが混在している不思議な隕石なのだ。惑星などの天体では、普通はその重力によって、軽い物質は上に、重い物質は下に分離していく。その結果、右の図のように、マントル（岩石）や核（金属）が分かれた比重の違いによる層構造ができあがる。そのような層構造を持った惑星が粉碎されると、「岩石でできた隕石」と、「金属でできた隕鉄」ができるはずであり、比重の異なる物質が混在した隕石はあり得ない。しかし、実際にパラサイト隕石が存在しているわけで、これを科学的に説明するためには、岩石と金属が分離する原因となる「重力」が非常に小さい場でできた核とマントルが分離していないかのような、非常に小さな天体の破片ではないかと考えられているのだ。

パラサイトの裏側から光を当てて鉱物の色を観察したり、金属に磁石がつくかどうかを調べ、パラサイトがかんらん石と鉄からできていることを確かめてみよう。

パーライト(真珠岩)の作り方を読む!

ポップコーンのような構造をしている石がある

黒曜石を加熱してつくったパーライト (北海道奥尻町)

ポップコーンみたいだね



◆これはなに?

これは、黒曜石をガストーチで加熱したものです。

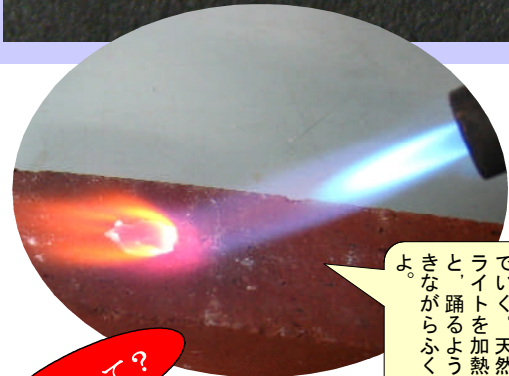
◆よ〜く見て!

白く発泡していて、まるでポップコーンのようになっていますよ。

どうしてふくらむのかな? 【ヒント】ポップコーンがふくらむのは中の水や空気がふくらむからだよね。



天然のパーライト(真珠岩)。真っ白で多孔質である(北海道奥尻島)。



どうして?

黒曜石をガストーチで加熱すると、どんどんふくらんでいく。天然パーライトを加熱すると、踊るように動きながらふくらむよ。



焼成した人工パーライトは、園芸用としてホームセンターなどで販売され、広い用途で利用されている。

ポップコーンのように孔だらけなのはなぜでしょうか?

黒曜石は天然のガラスである。加熱することによって激しく発泡してふくらむのは、ポップコーンと同じように、黒曜石の内部に水が入っているためと想像できる。黒曜石に含まれる水の量は様々であり、いくらか加熱しても全くふくらまないものもある。どちらかというと見た目がやや不透明な石の方がふくらむ傾向があるようだ。

「パーライト」は、「真珠岩」の英語名だ。黒曜石や天然パーライトを高温で焼成することによって、人工のパーライトが製造され、販売されている。発泡パーライトは、焼成パーライトと比べると、このように熱処理をしたパーライトの総称だ。真珠岩パーライトは保水力があり、水はけの良すぎる土の土壌改良には保水力があり、水はけの悪い土の土壌改良に用いられる。最近販売されている、リサイクルガラスを焼成して発泡させた防犯用の軽石(踏むとシャリシャリ音が出る)も同じようなものだ。

土壌改良の他にも、排水ろ過、食品添加物、充填剤、耐火物用、製造用、製鉄用、油吸着材等に幅広く使用されている(日本パーライト協会HPより)。

石の中に水がある?

解説



多孔質なポップコーン

フラッシュストーン を読む！

強くこすると光る石がある

ピエゾ効果で発光する石英の礫



◆これはなに？

川原で拾ってきた白い石を、暗い部屋で強くこすりあわせたら、オレンジ色に光ったんだよ。

◆よ〜く見て！

同じような白い石でも、光るものと光らないものがあります。

白い石はなぜ光るのかな？
【ヒント】水晶をこすったり、石英の粒をつぶしても同じようにオレンジ色に光るんだよ。

ピカッ



水晶をこすっても同じように光るよ！



石英の粒をペンチでつぶしても光るんだよ。



川原に、白っぽくて硬い石があったら、拾ってきてもよ！

どうして？

強くこすると光るのはなぜでしょうか？

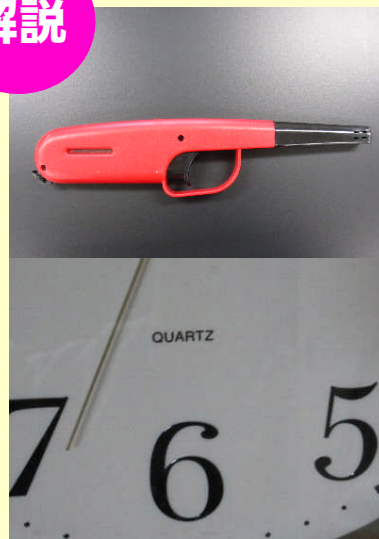
解説

石に電圧が生じる？

この実験では、白い石を強くこすり合わせるとオレンジ色に光るといふ現象が確認された。このような石をフラッシュストーンという。水晶や石英の粒でも同じ現象が起きることから、この白い石は石英の固まりであり、石英は圧力をかけると発光することがわかる。この光は、火打ち石のような火花によるものと考えられがちだが、暗い水中でも発光することから、火花ではなく、電気発光であることがわかる（真つ暗にしてお風呂の中でやってみるといいよ）。

この発光現象、「**ピエゾ効果**」と呼ばれるもので、圧力などによって結晶がゆがむ際に電圧が生じる現象なのだ。電子ライターやガスコンロなどには、このピエゾ効果を高めた「圧電素子」というものが使われている。一見同じように見える白い石の数々も、「光るかどうか」を調べることによって、その石の主体が石英かどうかを知ることができるのだ。

ところでこのピエゾ効果、逆の効果も知られている。結晶に電圧をかけると結晶がひずむものがある。この効果を「逆ピエゾ効果」といい、例えば水晶に電圧をかけると一定の周期で結晶がひずみ、振動を起す。このときの振動の周期が非常に正確で一定であることから、「水晶振動子」として時計などに利用されている。時計に「Quartz」とかかっているのは、水晶発振子を使っているという意味だ。実はピエゾ効果は非常に身近なものなのだ。

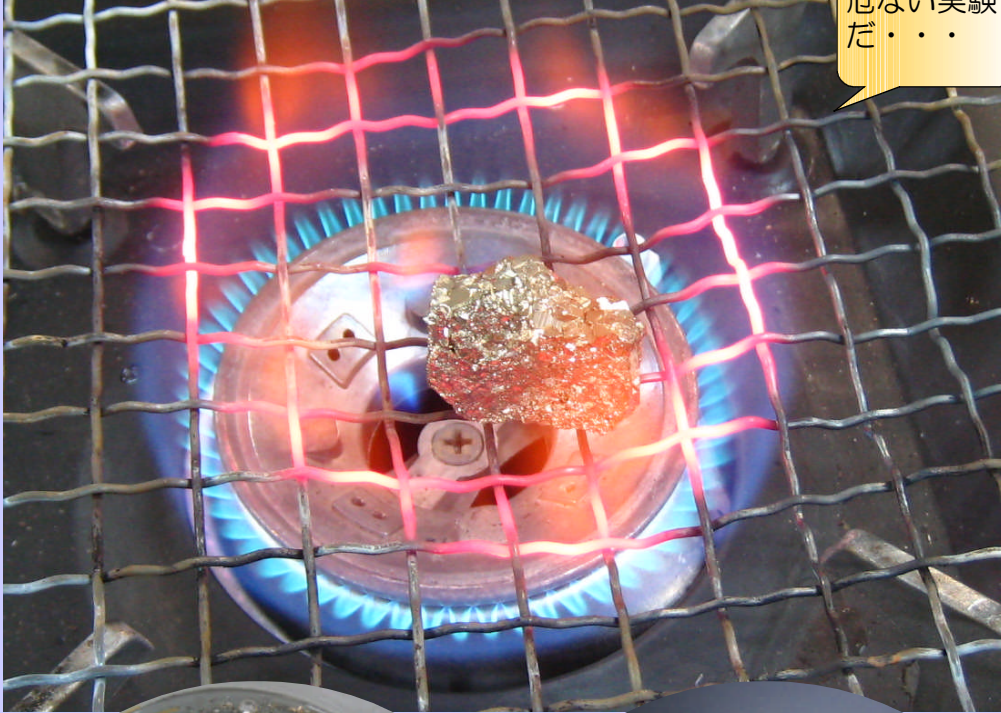


黄鉄鉱のにおい を読む！

加熱すると独特なにおい がする石がある

黄鉄鉱を加熱すると・・・（数秒ですよ）

危ない実験
だ・・・



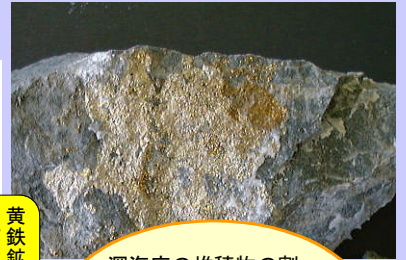
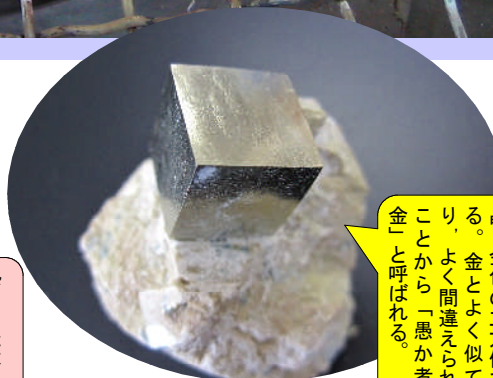
◆これはなに？

黄鉄鉱を火であぶっ
ています。パチッと
はねますので、危険
です。

◆よ〜く見て！

あれ？なにかに臭っ
てきたぞ？どこかで
いたことがあるよう
な臭いだな・・・

どうしてにおいがするのかな？
【ヒント】黄鉄鉱は昔、たたくと
火花が出る石ということで、ギリ
シャ語の「火」を意味する「pyr」に
ちなんで「pyrite：パイライト」と
名付けられたものです。燃えやす
い物質が入っているのかな？



熱した後は水に
ジュツと入れる
と、そこはまさ
に温泉の世界！

黄鉄鉱 (Pyrite) の結
晶。金色の立方体であ
る。金とよく似てお
り、よく間違えられ
ることから「愚か者の
金」と呼ばれる。

深海底の堆積物の割
れ目に生じた黄鉄
鉱。かつてのブラッ
クスモーカー周辺の
地層だったものか？

どうして？

加熱するとにおいがするのはなぜでしょうか？

温泉の硫黄臭はなぜカリラックスさせてくれる
ものだが、この硫黄臭は、硫化水素の臭いだ。上
の実験は加熱された黄鉄鉱を水に入れるという
のだが、入れた瞬間から「うわっ！温泉だ」とい
う臭いがする。この実験から、黄鉄鉱には**硫黄**が
含まれており、水と反応して硫化水素ができてい
る（らしい）ことがわかる。黄鉄鉱は、化学式が
FeS₂であり、鉄と硫黄からできているためだ。
この実験、加熱した黄鉄鉱がはじけ飛んだり、
有毒ガスが発生するため、実は危険な実験である。
黄鉄鉱の量を少なくし、加熱時間を短くし、換気
を十分に行うするなど、十分に気をつけてほしい。
鉄は非常に活性の高い元素であり、すぐに周囲
の物質と結びつくが、その相手として最もポピュ
ラーなのが酸素である。黄鉄鉱のように鉄が硫黄
と結びついているのは、周囲には酸素が無く、硫
黄があつたことがわかり、そのような状況は深
底や地下深くや火山地帯など、特殊な環境である
と考えられる。

右上の写真の深海底堆積物（黒色頁岩）には黄
鉄鉱が多く含まれており、無酸素（還元）的の環
境で鉄と硫黄が噴出して堆積した地層だったと推定できる
のだ。

臭いで石の成分がわかる

解説



自然硫黄（北海道十勝岳）

オニオンクラック のでき方を読む！

地層がタマネギのように ひび割れることがある

砂岩層中のオニオンクラック（北海道士別市）



砂岩がタマネギ
みたいに割れて
いる！

◆これはなに？

砂岩の地層の表面が丸くひび割れていません。

◆よ〜く見て！

タマネギの皮をはがすように割れているようです。こうした構造を「オニオンクラック（タマネギ状風化）」といいます。

どうしてタマネギみたいに割れるのかな？

【ヒント】ひび割れは、体積が増加したり減少したりすることによって起こります。では、体積の変化はどういうときに起きるでしょうか。



乾燥した泥のひび割れ。マッドクラック（乾烈）という。泥から水が乾燥して抜けて、ひび割れたものだ。



安山岩のオニオンクラックはいろいろな岩石で見られます。



タマネギ（オニオン）の断面、何層にも皮が重なっている様子が、オニオンクラックそっくりですね！

どうして？

タマネギのようにひび割れるのはなぜでしょうか？

解説

水がタマネギをつくった？



実験でつくった「オニオンクラック」

地層や岩石が、まるでタマネギのようにひび割れているものを「オニオンクラック（タマネギ状風化）」という。泥が乾燥すると、含まれていた水が蒸発することによる体積の変化によりひび割れが生じるが、乾燥した地層や岩石に水が浸透することによってもひび割れが生じる。オニオンクラックは、地表で乾燥した地層や岩石に雨水が外からジワジワと浸透して、ふくらみながら（膨潤）ひび割れが生じたものなのだ。右の写真は、泥ダンゴをつくって十分に乾燥させてから水に浸したもので、みるみるオニオンクラックができあがるという実験である。オニオンクラックは、地層や岩石の、「乾燥↓地表への露出↓水の浸透」という歴史を物語っていると考えられる。

ルビーの発光を読む！

ルビーとガラスを見分ける方法がある

自然光を当てたときのルビー



◆これはなに？

赤いルビーです。赤いガラスと区別が付きにくいですね。

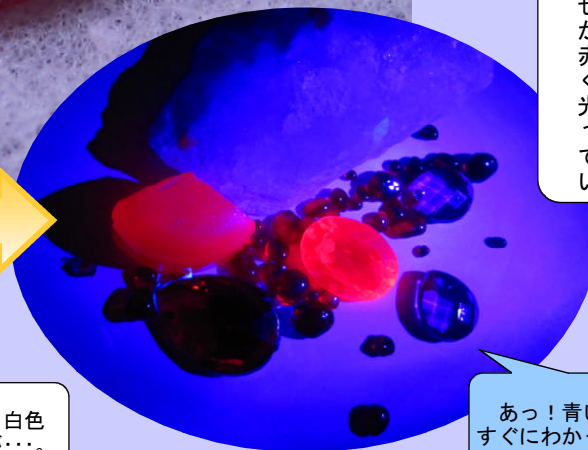
◆よ〜く見て！

紫外線や青い光を当てると、ガラスは赤く光りませんが、ルビーは赤く光ります。

白色の光を当てたときは、いろいろな色で輝きます。青い光を当てると、赤い光が輝きます。ルビーはなぜか赤く光ります。



ルビーはどれだ？白色光ではわからないが…。



あっ！青い光を当てるとすぐにわかったよ！

どうして？

ルビーの光り方がちがうのはなぜでしょうか？

ルビーに限らず、いろいろな鉱物はそれぞれの光学的な性質から、ほかの鉱物とは区別することができる。上のルビーの実験では、ルビーは青い光を当てても赤く光る、という性質から、ルビーを見分けることができることがわかった。

さて、物体の「色」というのは、「その色を反射している」ということなので、普通は赤色のものに青色の光を当てても、黒く見えるはずだ。赤色の物体は「赤色の光を反射するもの」であり、青色の光を当てても反射すべき赤い色がないので、光ることができないためだ。しかし、実験では、青い光を当ててもルビーは赤く光った。紫外線を当てると、もっと明るく輝く。これは、ルビーが、「青い光や紫外線を当てると、そのエネルギーを内部で赤い光に変換してしまふ」という性質のためだ。実はこれ、ホタル石などでもおなじみの、「蛍光」の一種なのである。ルビーは光が当たると、赤色の蛍光を発するため、常に赤く光るといふわけだ。

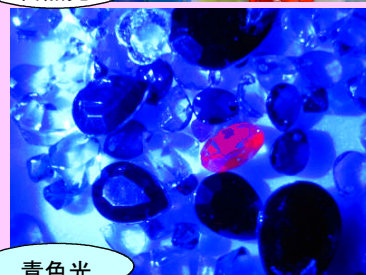
また、赤色のレーザー光線は、ルビーが用いられており、ルビーレーザーは1960年にメイマン博士が発明したものである。

解説

ルビーは赤い光を発する



自然光



青色光

鉱物の美しい色を読む！

様々な美しい色をした鉱物がある

薬品の鮮やかな色

鉱物の鮮やかな色



レッドスピネル



インカローズ



アメジスト (紫水晶)



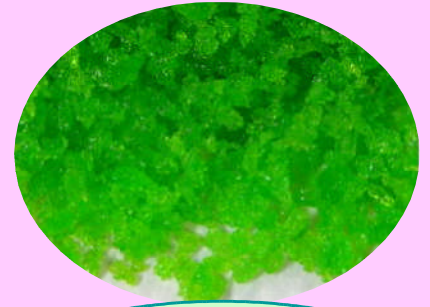
トルコ石



エメラルド (緑柱石)



ペリドット (かんらん石)



上から、塩化マンガン、硫酸銅、第二シュウ酸鉄

どうして？

鉱物が美しい色を示すのなぜでしょうか？

上の写真のように、鉱物にはカラフルで美しいものがたくさんある。昔から人間はこの美しさに惹かれ、特に美しいものは宝石として扱ってきた。なぜ鉱物はこのように美しい色を示すのだろうか。

右上の3枚の写真を見てほしい。塩化マンガン（ピンク）、硫酸銅（青）、シュウ酸鉄（緑）であるが、これらはいずれも**金属**を含む物質である。金属という鉄や金のようにギラギラと反射するものをイメージするが、他の元素と結びついていてる状態（イオン）では、金属はそれぞれ独特のカラフルな色を示すことが多いのだ。写真の薬品のように、鉄は緑色、マンガンはピンク色、銅は青色というように。

しかし、同じ金属でも、入る鉱物の結晶の構造や金属のイオンの状態などによって、示す色は様々に異なる。例えばクロムという金属は、コランダムという鉱物に入ると赤くなる（ルビー）が、ひすいという鉱物に入ると緑色になる。また、アメジスト（紫水晶）は紫色をしているが、この発色の原因はまだよくわかっていないらしい（鉄の含有量や放射線の影響など）。単純に「この金属が入っているから」と片付けるわけにはいかないのだ。

解説

美しさの秘密は金属イオン



クロムで緑色に発色したリヒター閃石

■ 探究活動を通して地質素材の自然情報を読解する学習プログラム ■

あらゆる自然の事物は、その姿形から、その生い立ちを我々に語りかけてきている。そのことに気づき、想像力を働かせ、自然情報の読解を試みることによって、自然に対する興味・関心が向上し、科学的な思考力が育成され、論理的にものごとを考えることができるようになる。また次に同じような自然情報と出会ったとき、一度経験した情報読解を応用することができるため、さらに高度な総合的な思考へと発展していくことが期待される。これは、知識だけで進めていく学習だけでは決して到達することのない領域である。また、正しい自然情報読解のためには、知識もまた必要となるが、知識の上に立った深い科学的思考力を高め、想像力豊かな、自然を愛する人間の育成を行いたいものである。なお、本冊子をまとめるにあたり、平成20年度日本学術振興会科学研究費補助金（奨励研究）を使用した。

【課題番号】20908032

【課題名】探究活動を通して地質素材の自然情報を読解する教育プログラムの研究

【研究者名】岡本 研

自然情報読解のプロセス

教師の動き	生徒の動き	生徒の変化
PROCESS 1 ◇地質素材の提示	○地質素材の観察	○地質素材への興味・関心 ○漠然とした観察
PROCESS 2 ◇地質素材に対しての基本的な説明	○教師の説明を受けての地質素材の観察	○素材に関する基本的な理解 ○観察の観点が不明瞭
PROCESS 3 ◇構造や性質など、観察すべき視点	○教師に示された視点に沿った詳細な観察	○素材の持つ自然情報の認識
PROCESS 4 ◇質問による自然情報読解への誘導	○自然情報の読解の試み	○認識した情報の活用 ○情報読解の根拠が希薄
PROCESS 5 ◇読解のためのヒント	○ヒントをもとにした読解の深化	○科学的な思考による根拠ある情報の意欲的な読解
PROCESS 6 ◇情報についての理論に基づく解説	○自らの読解結果との照合	○自然情報を読解できたことの実感と現象の理解
PROCESS 7 ◇成因に関する実験等による探究と検証	○素材の成因と関連する観察、実験の実施	○現象の実感を伴った理解と新たな情報読解への意欲と読解力の向上

参考・提供資料

- 北海道旭川東高等学校・定時制課程 平松和彦教諭：不整合露頭の写真
 阿蘇火山博物館：火山毛の写真
 北海道高等学校理科研究会地学部会HP：枕状溶岩の写真（<http://www.geocities.jp/hokurikenchigaku/>）
 北海道教育大学釧路校 境研究室HP：褶曲の実験（<http://cs.kus.hokkyodai.ac.jp/>）
 福井市自然史博物館：放散虫の写真（<http://www.nature.museum.city.fukui.fukui.jp/index.html>）
 エンサイクロペディア ブリタニカ：ハワイの噴火の写真（<http://www.britannica.com/>）
 日本パーライト協会HP：パーライトの解説（<http://www.jp-perlite.org/kyoukai/index.html>）
 岡本義雄（1999）：ココアと小麦粉で断層を作ろう，日本地震学会広報紙なみふる，13。
 岡本 研（2009）：探究活動を通して地質素材の自然情報を読解する学習プログラム，北海道立理科教育センター研究紀要21。
 岡本 研（2008）：石の面白実験「石って面白い」の実践，北海道立理科教育センター研究紀要20。
 岡本 研（2007）：石の面白実験「石って面白い」，北海道立理科教育センター発行物。
 岡本 研（2007）：地質素材から自然情報の読解力を育成する学習プログラム，都道府県指定都市教育センター所長協議会地学部会（第45回）研究発表大会要旨集。
 岡本 研（2007）：理科教育における“岩石の風化作用”の重要性，日本地質学会第114年学術大会講演要旨。
 岡本 研（2007）：岩石の比較観察で科学的思考力を育成する，北海道立理科教育センター研究紀要19。
 岡本 研（2006）：自然に興味を持つ子供達を育成するための岩石・鉱物の実験の研究，日産科学振興財団理科・環境教育助成成果報告書。
 岡本 研（2006）：岩石の風化現象から何を学ぶか，北海道立理科教育センター研究紀要18。