



地球

ハンドブック





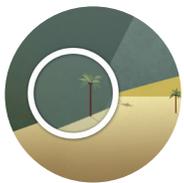
地球は私達の足元で刻々と変化しています！たとえ変化を目で見ることが出来なくても山や海岸の地形は常に変化しています。山や海岸は昔から現在の位置にあったのではなく、将来も永遠にそこに留まるわけではありません。

一瞬で起こる変化もあります。地滑りの時の岩石や堆積物の移動などがそうで、このような変化は見たり聞いたり感じたりすることが出来ます。なかには氷河の流動や火山の形成のようにゆっくり進行するものや地球の深部で起こるために目で見ることの出来ない変化もあります。

地球は地表や地下をわずか数分で、あるいは何百万年もかけて変化させる地質学的現象を研究し、観察することのできるモデルです。

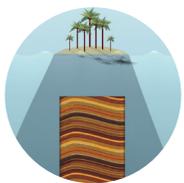
アプリの中で

開き、遊び、発見しましょう。スワイプ、タップ、スクロール操作で地球のさまざまな眺めを探検することができ、驚くような発見で学習するのが楽しくなります。



掘り下げる

虫眼鏡をタップして、地質学の力の場面を詳しく見てみよう。

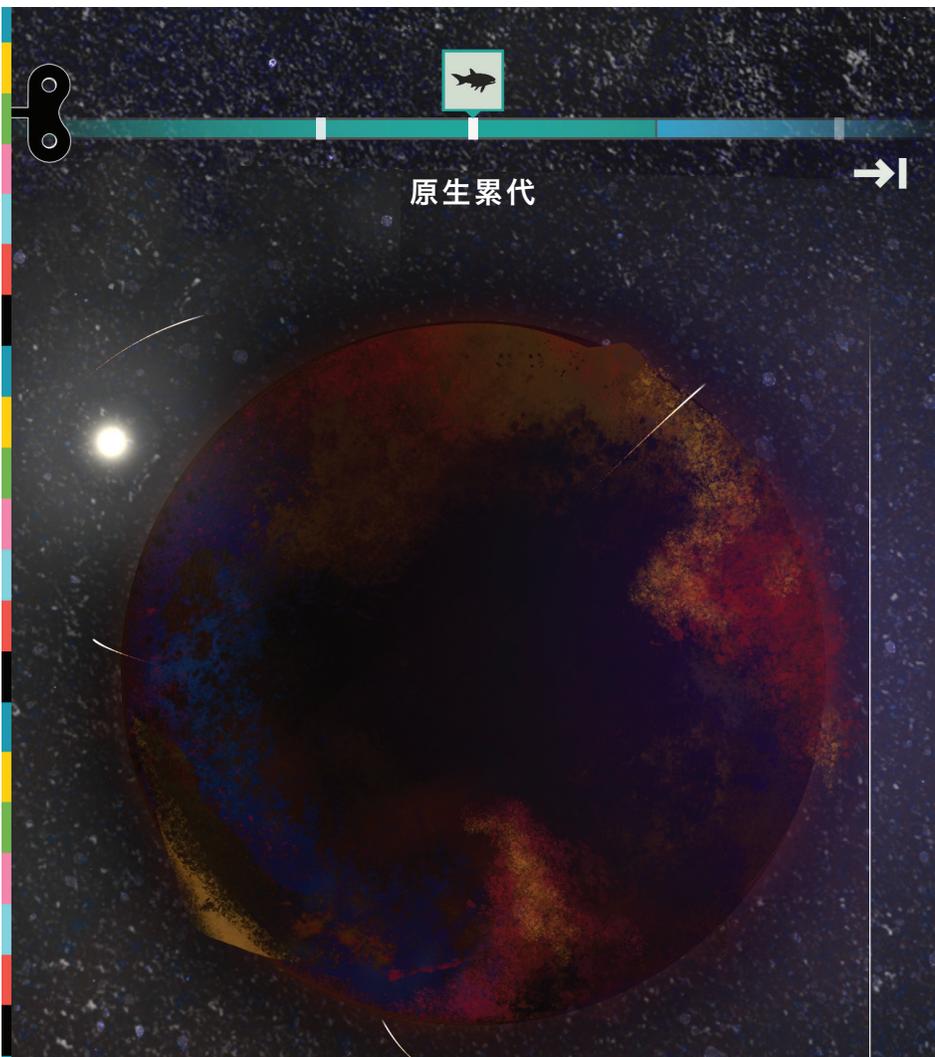


ドアをタップして、地質の場面を詳しく見てみよう。

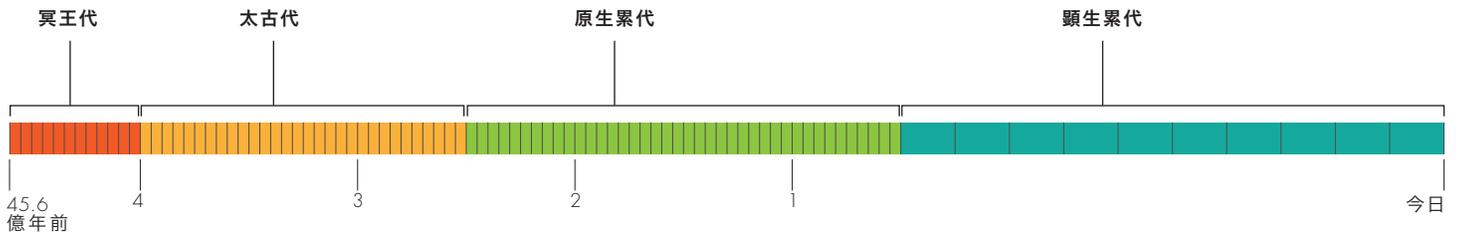
地球を探検しながら、地球がどのように変化しているのか、その変化の原因は何なのか、あるいは地球の内部で作用する力がどのように地表に影響を及ぼすのかを考えてみましょう。

時間の旅

地球の変化は私達の一生と同じくらいの時間をかけて起こるものもあれば、目で見ることのできる短時間で起こる変化もあります。何百年、何千年、あるいは何百万年もかかるような変化もあります。時間と共に起こった地球の変化を簡単に見てみましょう。



画面上部を左右にスクロールして地球の40億年の歴史を宇宙から眺め、地球が時と共に形成されてきた様子を見てみましょう。



冥王代初期の地球

約46億～40億年前の冥王代の頃の地球は、形成されたばかりの熱く煮えたぎる岩石の球でした。それが冷え固まるにつれ、いくつもの層に分かれました。表面が固まって岩だらけの陸地になりました。水蒸気が凝縮して原初の海が誕生しました。

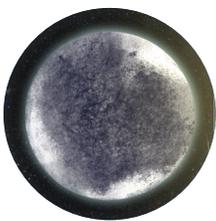
後期重爆撃期

冥王代中期から約40億年前の太古代にかけて地球にいくつもの巨大な隕石が落下しました。地表に衝突した隕石は、誕生して間もない地球の地殻を融解させ、沈下させました。

プレートテクトニクス

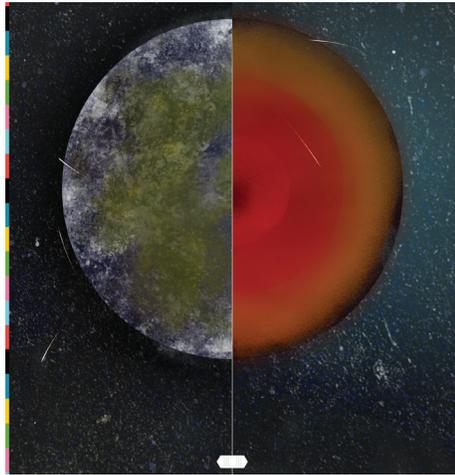
冥王代の頃からすでに陸地が形成され始めていましたが、地殻がプレートに分かれたのはそれよりも後です。40億～25億年前の太古代から現在に至るまで、プレートは常に移動し続け、大陸を近づけたり遠ざけたり結合して超大陸を形成したり、それをまた引き離したりしてきました。

パンゲア大陸は最後の超大陸でした。それは今日私達が知っている全ての大陸をまるでジグソーパズルのようにはめ合わせたような形をしていました。大陸は今も動き続けているので、もしかすると将来新たな超大陸が形成されるかもしれません。



氷河期とスノーボールアース (雪球地球)

およそ25億～5億年前の原生累代の後期から現在に至るまで、地球は長い冷寒期に入ります。この氷河期の中に極地氷床 (氷河) が広がって地球の諸大陸の表面を覆います。氷床が地球の赤道にまで達したこの時期はスノーボールアース (雪球地球) と呼ばれています。氷河は広がったり後退したりしながら地表を刻んでいきます。



宇宙から見た地球を眺めながら、画面下部のスライダーを左右にドラッグして地球の中を探検してみましょう。

地層を調べてみよう

地表の変化の多くは地球の内部から始まります。これを見ると地球が単なる1つの石の塊ではないことが分かります。

地球は異なる岩石の層から出来ています。まず地殻が表面にあります。その下がマントルです。その更に下、地球の中心にあるのがコア(核)です。地球の奥深くに行けば行くほど、層はより熱くなり、密度を増してゆきます。

地殻

地殻は地球の薄い表面で、マントルの上に浮かぶプレートに分かれています。地殻には2種類あります：

大陸部分の地殻の厚みは約45キロメートルで、主に花崗岩からできています。地殻には地表の山々やその他の地形も含まれます。目に見える最上部の薄い地層のほとんどが堆積岩です。

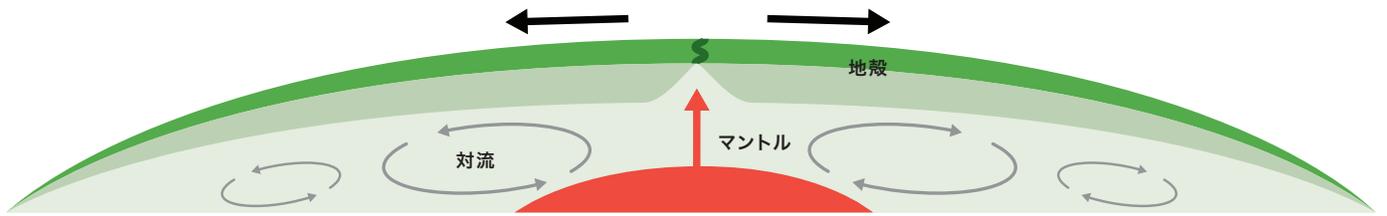
他の地層に比べ海洋地殻は非常に薄い層です。主に玄武岩と呼ばれる高密度の火山岩から構成され、その厚みは約8キロメートルです。堆積物と岩石の層がその表面を覆っています。海洋地殻は地表の2/3に相当する海の下にある部分を覆っています。

マントル

マントルは厚さ約2900キロメートルの更に密度の高いケイ酸塩岩の層です。マントルは地球の体積のおよそ80%を占めています。マントルには上層と下層があります。より低温で脆いマントル上層に比べ、マントル下層は堅固ですが熱くて弾力性があります。

コア(核)

コア(核)と呼ばれる地球の中心は一番密度が高く、最も温度の高い部分です。コアの温度は摂氏5000度～7000度にまで達します。コアにも2つの層があります。外側のコア(外核)は液状ですが、内側のコア(内核)はマントルと地殻から非常に高い圧力を受けるため固体状です。



地球を変化させる力を観察してみよう

地球の内部と外部からの両方の力が地表を変化させます。ですが地表が変化しても地球が大きくなったり小さくなったりするわけではありません。岩石や堆積物がある場所から消えても、また別のところに現れるからです。

内部

地球の中心の奥深くにあるコアは、地球のエンジンのようなものです。コアは熱や放射エネルギーを放出し、マントル下層を温めます。マントル下層は高温になると地殻に向かって上昇し、より温度の低いマントル上層の岩石を下降させます。これらの岩石が加熱されて再び上昇し、より温度の低い岩石を下降させます。このような加熱、上昇、冷却、沈降のサイクルを対流とよびます。

マントル内の対流の動きは上に浮いているプレートにずれを引き起こし、ついには大陸を動かして地表を変化させます。さらに地球の熱い内部の移動によって山が隆起し、新しい海底が形成され、岩石が融解してマグマとなり火山を形成します。

これらのプロセスの多くは非常に緩やかに進行するため知覚することはできませんが、移動するプレートが互いにぶつかって地震が起きた時などはそれを感じることができます。

外側

水、風、氷が重力と合わさり、地球の表面全体の岩や堆積物を動かします。これらの力は風化、浸食、堆積という過程の中で地殻を形成したり移動させたりすることで陸地を変化させます。その各プロセスで岩石が破壊され、移動し、堆積します。

プレートが移動して山岳を押し上げる一方で、重力や風、水、氷がその山岳の形状を長い時間をかけて変化させます。

トピックに関する質問

地球の表面の姿はいつも同じでしたか？

時間と共に地球の表面を変える力にはどのようなものがありますか？

どのようにして地球の内部の活動が地球の表面の変化に影響を及ぼすのでしょうか？

なぜ科学者たちは地球を「生きる惑星」と呼ぶのでしょうか？？

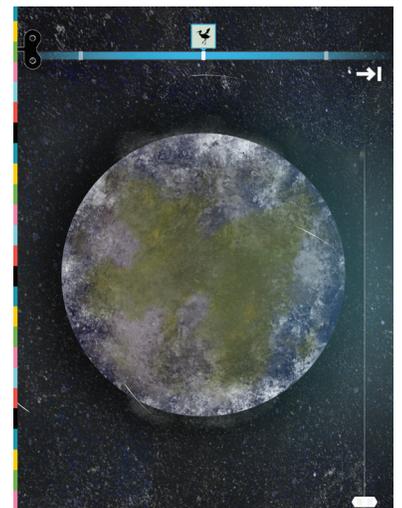
プレートテクトニクス

遠い昔、大陸はすべて繋がっていました。現在では、アフリカ大陸と南米大陸のみがかつて隣り合っていたように見えます。この2大陸の形状が、初期のプレートテクトニクス研究のきっかけとなりました。

プレートテクトニクスとは、地殻が長い時間をかけて絶えず移動し形を変える個々のプレートに分割されるという考えのことです。地球内部の対流はプレートを一年で約35ミリメートル動かします (指の爪が伸びる速さとほぼ同じ程度)。ほんの僅かなように思えますが、これが百万年の間には35キロメートルも移動することになります。

発散境界、収束境界、トランスフォーム断層とよばれる3つの異なる地質構造学的境界があります。これらの境界部でプレートが動くと、火山や地震が発生し、山脈や海溝が形成されます。

画面上部を左右にスクロールして地球の40億年の歴史を宇宙から眺め、地球が時と共に形成されてきた様子を見てみましょう。





発散境界では プレートは互いに離れていきます。プレートが動くにつれ、山脈や火山、平断層（地殻がマントル上層から引き離されてできる割れ目）、新しい海洋底が形成されます。

(1) 海底の大洋中央海嶺をタップしてみよう。何が起こるかな？



プレートが互いに離れて行くにつれてマグマ（溶けた岩石）が地球内部から上昇してその隙間を埋め、新たな海洋底（海洋地殻）を形成します。これらの小規模火山は絶えず噴火して、海底に沿って小高い大洋中央海嶺を形成します。火山噴火の80パーセントは海底で起きています。

収束境界では プレートが互いに押し合います。プレートの片方が海洋性でもう一方が大陸性の場合、海洋性プレートが大陸性プレートの下に沈み込みます。この過程を沈み込みと呼びます。沈み込み帯に沿って、火山と山が上昇することがあります。

2つのプレートが大陸性プレートである場合、陸塊がつぶれ、重なって最終的に山岳を形成します。これには数百万年かかることもあります。一例として、ヒマラヤ山脈の最高峰、エベレスト山は毎年約4 ミリ成長しています。

(2) ドアをタップして収束境界上に形成された山岳の内部を見てみよう。



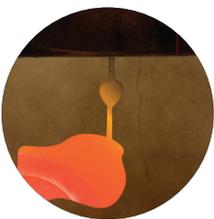
折り重なり合って山岳の上に積み上げられた地殻が見えるでしょう。

トランスフォーム断層では、プレートが互いの方向に向かって通常は海洋底の上を移動します。新たな地形が形成されるわけではありませんが2つのプレートの間に緊張が生まれ、その緊張が最後には地震として放出されます。

火山

火山は地球内部の溶岩や岩石の瓦礫、ガスなどが噴き出す火道で、形や大きさは様々です。

(3) 大陸プレートの下に沈み込む海洋プレートを探してみよう。



ヒントはこれ。火山を探そう！ この火山では、海洋プレートが大陸プレートの下に沈み込むと、加熱して溶解しマグマとなります。この過程で水分が放出されることでさらに多くのマグマが溶解し、上昇してマグマ溜りに蓄積されます。最終的にこれが火山噴火になります。

沈み込み帯にある火山には、セント・ヘレンズ山 レーニア山、ピナツボ山、富士山、ムラピ山、ガレラス山、コトパクス山などがあります。地球上の火山で最も多いのがこの種類の火山です。このような火山の爆発的噴火は、あらゆる火山の中で最も多くの犠牲者を出してきました。



(4) 4種類の火山をトグルしてみよう。各火山をタップして噴火させてみよう。

火山の形状や噴火形式は様々です。火山の形状や噴火力は放出されるマグマの種類によって決まります。マグマが地上に達したものが溶岩です。

楯状火山 は爆発的噴火をしません。そのマグマは流動性でガスがほとんど含まれていません。

噴石丘火山 は爆発的噴火をしません。マグマは流動性ですが多くのガスが含まれています。

岩栓ドーム火山 は通常 爆発的噴火を起こしません。マグマは厚く粘着性でガスはほとんど含まれていません。

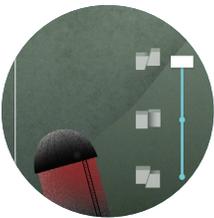
成層火山 のマグマは厚く粘着性でガスが多量に含まれ、爆発的噴火を起こします。



(5) ホットスポット火山をタップしてみよう。何が起こるかな？

ホットスポットはプレートの下に極度に熱い場所で、地殻の亀裂を通して噴火します。これらの小さな噴火は海山として知られる海面下の山を作ります。海山は成長し、海面上に隆起して火山島となります。

時間の経過と共にホットスポット上のプレートが移動し、島も一緒に移動します。ホットスポットを離れた島の火山は死火山となります。ただしホットスポットの同じ場所には新しい火山島が形成され始めます。その結果ハワイ島のような列島が形成されます。



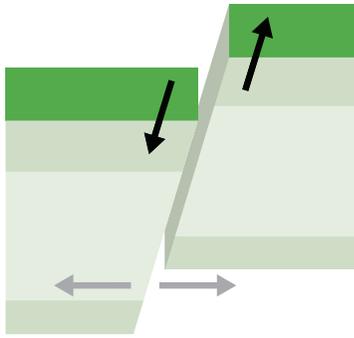
地震

(6) 3つの異なる地震をトグルしてみよう。それぞれの地震をタップして地震を起こしてみよう。

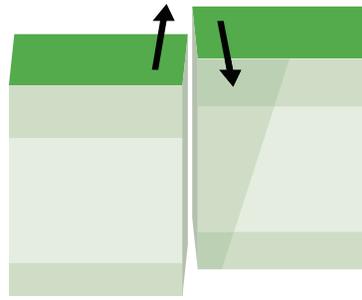
プレートの境界や縁は、滑らかではありません。そこには断層 (岩石の亀裂) があります。プレートが移動するにつれ、プレートの縁は互いに隣り合って滑ります。プレートの縁が断層につかまり、プレートはの残りの部分だけが移動し続けることもあります。動きを止められた部分が滑るようになるまで、張力とエネルギーが増大し続け、その全てのエネルギーが地震波 (池の波紋のように広がる) として放出され、地震を引き起こします。

地震の規模は、地震から放出されるエネルギーに数字を割り当てるマグニチュードで表わされます。この数が大きいほど、強い地震になります。

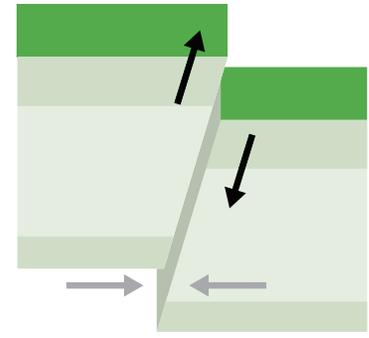
地震の震源 は地震が発生する地表下の地点です。地震は地表から800キロも離れた地殻内やマントル上層で発生することもあります。地震は地面を通して伝わる間に弱まります。このため震源から遠く離れば離れるほど、地震を感じなくなります。また震源が深ければ深いほど、地表では地震を感じなくなります。地震源地 は震源の真上にあたる地表の地点です。



正断層



横ずれ断層



逆断層

地震には3つの種類があります。プレート同士の関係の中でプレートが移動する方向によってその違いが生じます。

通常の断層では、プレートや岩石の塊が地殻を広げて盆を形成しながら、互いに遠ざかったり他のプレートの下に沈下します。盆の両側から山脈と呼ばれる地形が隆起します。このような断層は通常発散プレート境界で生じ、弱い地震が発生します。

横ずれ断層では、プレートや岩石の塊が互いに反対方向にすれ違うことで地殻にずれが生じたり場所が移動したりします。これはトランスフォーム断層のプレート境界で起こり、中程度の地震や強い地震が発生します。

逆断層では、プレートや岩石が互いに衝突して他方を押し上げたり地殻を圧縮したりすることで山の形成や津波が生じます。これは通常収束型プレート境界で起こり、強度の地震が発生します。

トピックに関する質問

何が火山や地震を引き起こすのでしょうか？

なぜ火山の形はそれぞれ違うのでしょうか？

地球の内部で起こっていることは地震の時、地表にどのように影響しますか？

地球の内部で起こっていることは火山では地表にどのように影響しますか？

風化、浸食、 堆積

風化、浸食、堆積は、地球の表面を変化させます。例えば、アメリカ西部の比較的若いロッキー山脈のように、形成されたばかりの山は高く尖っているかもしれませんが。時間と共に、アメリカ東海岸のアパラチア山脈のように低くなだらかになってゆきます。地表の変化を起こすプロセスは風化、浸食、堆積の3つです。

風化 は岩石を破壊し、砕き、粉々にします。あるいは岩石を変形させる場合もあります。水、風、氷、植物、動物のどれもが岩石を破壊して堆積物にすることができます。

浸食 は岩石や堆積物を移動させます。水、氷、風は岩をばらばらにし、拾い上げて運び去ることができます。岩石が動くのは重力による影響もあります。

堆積 では、岩石が別の場所に降下します。氷河や凍結した水流が溶けて移動すると、岩石をその場所に残してゆきます。このようにして岩石や堆積物が新しい場所に集まり、新たな地形を作ることがあります。

自然力

風、水、氷は重力と組み合わせることで岩石や堆積物を風化、浸食、堆積させる力となります。重力は全てのを地球の中心に向かって移動させます。風が弱い時は重い粒子が地面の方に引き寄せられます。重力は水の流れを作り、氷河を山の頂上から下に向かって流れさせます。また重力は岩石や堆積物を素早く下に引っ張ります。地滑りがそうです。



(7) 岩石をタップして岩くずれを起こしてみよう。

岩石全体が落下するため、このような地滑りは岩くずれと呼ばれます。風化により岩石が分解されます。気候変動(通常は気温の上昇)や突然のかく乱により岩石が破壊されます。落下し始めた岩石は他の岩石も打ち砕いてゆきます。さらに多くの岩石が重力に引っ張られて落ちます。落下して下に堆積した岩石は崖錐と呼ばれます。

水

水は波や川、地下水などの形を取る時、浸食を起こす主な力となります。海岸では岩や砂を運ぶ波が陸を打つことで浸食が起こり、崖やアーチ、洞窟が形成されます。



(8) 水をタップして浸食が砂を移動させ海岸を変化させる様子を見てみよう。

海岸の形は常に変化します。海岸の砂は絶えず増えたり減ったりします。特に暴風雨の多い海岸では目に見える変化がたびたび起こります。

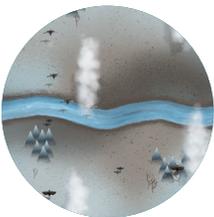
夏の小波は海岸に堆積物を堆積させて浜を拡大させます。冬の大波は砂を運び去り、浜を浸食して縮小させます。

(9) 水をタップして波を起こしてみよう。何が起きるかな？

波は崖を風化させ砕いて砂にします。波は段丘、台地、V字溪谷、天然橋、岩柱などのさまざまな自然的地形を作り出すことができます。

(10) 岩をタップして河川の中に落とし、岩石が大洋に辿り着くまでの旅を追ってみよう。

河川は重量に従って水を高い所から低い所に運びながら地表を削り、岩石や堆積物を拾い上げます。そうするとまず浸食が起こり、その結果河川が岩石を海や河床に落とす時に堆積が起こります。



(11) 河川をタップして流れの速度を上げてみよう。何が起きるかな？

生まれたばかりの溪流は高所から低所に向かう単なる直線に過ぎない場合もありますが、時間が経つにつれて次第に曲がりくねってゆきます。河川は長い年月のうちに洪水と枯渇を繰り返して周囲の土地の地形を変化させます。洪水になると河川の力が周辺の陸地を浸食します。河川が干上がると、岩石や堆積物が河床に堆積します。洪水と枯渇を何度も繰り返すうちに、河川の形状そのものが変化してゆきます。

(12) 地下の洞窟を見つけよう。

水が石灰岩を化学的に風化させると、地下洞窟が形成されることがあります。水が地面に浸透して空気中の二酸化炭素と結合すると、酸性の液体となり石灰岩を土台から溶かします。

洞窟では、水が天井の鉱質沈着物を溶かし、その水滴により鍾乳石が作られます。これらの鉱質沈着物の水滴が下まで落ちると、地面に石筍が形成されます。鍾乳石が2,5センチメートル成長するのに100年かかることもあります。

風

風は岩石を風化させ、岩石や堆積物を浸食し、岩石や堆積物を堆積させます。速い風が、堆積物を拾い上げます。風の速度が弱まるにつれて、風に飛ばされたものが下に落ち堆積します。大きな粒子は地面に沿ってクリープ（滑動）し、中規模の粒子は飛びはね、細かい粒子は風に乗って移動します。



(13) 砂丘をタップして風を起こしてみよう。何が起きるかな？

風は砂丘に砂を堆積させます。砂丘は風の吹き方によって形状や大きさが変化します。新しい砂丘は私達の目の前で何十年かの間に変わったり移動したりします。

氷

氷は岩石を風化させます。水が凍り亀裂に広がると岩石を砕くためです。氷は氷河という形でも、ゆっくりと移動する間に岩石を浸食し、堆積させます。



(14) 雲をタップして雨を降らせ亀裂を水で満たしてみよう。何が起きるかな？

岩石の亀裂に水が入って凍ると氷が膨張し隙間を押し広げて最後には岩が割れます。これが凍結風化です。凍結風化が何度も繰り返されると硬い岩石でも瓦礫と化します。

山頂で霜食が起これると風化して砕かれた岩石が重力により移動します。これが岩くずれです。

(15 または 16) ドアをタップして氷河の中の氷の層を見てみよう。

氷河は長い年月をかけて形成される巨大な氷の塊です。長年の間に降り積もった雪が圧縮されて結合した氷の結晶となり、最終的に硬くて明るい青い氷床になります。

その結果、硬い氷の塊は水のように下降し始めますが、通常は1日に僅か数センチ、または1年に約300メートル進むだけです。氷河は陸地の岩、堆積物を剥ぎ取り、大地を削りながら地表面の地形を作り変え、氷河が溶ける際に堆積物、岩石、巨礫を堆積させます。氷河は大昔の氷河時代から、今日私達が見ることのできる湖や丘、渓谷などのさまざまな地形を形成してきました。



(17) 右にスワイプして氷河を前進させてみよう。左にスワイプして氷河を後退させてみよう。

気候が寒冷になると氷河は前進し、融解する以上の氷や雪が集積します。

氷河が前進するとき、その下にある岩石や堆積物が拾い上げられます。

気候が温暖化して新雪や氷の集積が溶ける氷よりも少なくなると、氷河は収縮して後退します。氷河が後退すると、氷河に拾い上げられてきた物質や氷河の下で変形した土壌が現れます。

トピックに関する質問

水はどのように山岳を変形させますか？

重力はどのように地球の表面を変形させるのでしょうか？

氷河はどうして川のように振舞うのでしょうか？

風はどのように砂漠を形成しますか？

私達がすぐに見ることができる地球表面の変化にはどのようなものがありますか？私達が生きている間に見られるものは？

あまりにもゆっくり起こるので私達が見ることのできない地球表面の変化にはどのようなものがありますか？

出典：

CHRISTOPHERSON, ROBERT W. [Geosystems](#). PRENTICE HALL, 2011年

MURCK, BARBARA W. [Geology, A Self-Teaching Guide](#). WILEY, 2001年

[National Geographic: Earth](#), 2015年8月にアクセス

[National Park Service Geologic Illustrations](#), 2015年8月にアクセス

[OSU's Volcano World](#), 2015年8月にアクセス

PALMER, DOUGLAS 等. [Earth: The Definitive Visual Guide](#), 2ND EDITION. デンマーク、2013年

[Smithsonian: Geologic Time](#), 2015年8月にアクセス

[USGS](#), 2015年8月にアクセス

以下の方々に深く感謝の意を表します。アメリカ大気研究センターのアリソン・D・ヌーゲント氏、ワシントン大学のエリン・ワース氏、ハーバード大学のカレン・アリン・マキノン氏。



ご利用いただき有難うございます 地球ハンドブックに関するフィードバックや質問等がございましたら support@tinybop.com までご連絡ください。より詳しく知りたい方は、[Twitter](#)、[Facebook](#)、[Instagram](#)、[YouTube](#)でフォローしてください。当社のブログもご覧ください。

