

## 8. 風化・侵食・堆積

### 8-1 地表を変化させる過程

**おおまかな分類** 地球の内部の活動によるもの(地殻変動), 大気海洋の働きによるもの(風化・侵食・堆積), 地球外部からの天体衝突によるもの(クレーター形成)

地球の地表の変化は主に地殻変動と風化・侵食・堆積によっている。より小さな天体(例えば月)とは大きく異なる。

**風化** 地殻の大部分は岩石でできている。これが砂や土へ変化する過程を風化という。

- 物理的風化：機械的風化とも言う。水の凍結膨張や寒暖の繰り返しによって岩石が次第にこまかく砕けてゆく過程。寒冷地域・乾燥地域で起こりやすい。
- 化学的風化：雨水や地下水と化学反応を起こして岩石が変質。具体的には石灰岩の溶食、長石類からの粘土鉱物の生成など。温暖湿潤地域で起こりやすい。

**侵食作用・運搬作用・堆積作用** 地球の物質循環の担い手として非常に重要である。陸地の高さや面積、大気・海洋の成分はプレートテクトニクスによる物質移動と風化侵食の釣り合いで決まっている。

- 侵食作用：水・氷・空気の流れによって、地表が削られる
- 運搬作用：岩石や土砂、それらの一部が溶解したものが運ばれる
- 堆積作用：岩石や土砂、溶解物を堆積・沈殿させる..

### 8-2 河川・海・氷河・大気の働き

**河川** 雨水や雪解け水が流れる。河川の運搬には土砂や岩屑を押し流す機械的運搬と、化学的に岩石成分を溶解させる溶解運搬がある。

川の底を河床。河床の水平面からの傾きを河床勾配という。一般に上流部ほど河床勾配が大きい。上流部では流れが速いので主に侵食、下流部では逆に流れが遅く堆積が起こる。

特徴的な地形

- V字谷：河床勾配が急なところができる。土地の隆起が著しく、岩盤が硬いほど細く深い谷ができる。「ブイじこく」と発音する。
- 河岸段丘：隆起や海水準の低下などで、過去の河床面より低い河床面が作られることのできる。
- 扇状地：山麓など河床勾配が急減するところで砂礫が堆積して生じる扇形の地形。
- 蛇行地形：下流の河床勾配の小さなところで発達。洪水時に新しい流路ができると旧流路が三日月湖になる..
- 三角州：河口付近で砂泥が堆積して生じる洲。デルタとも言う。

**海** 波浪や海流が海岸を侵食したり逆に土砂を堆積したりする。海水による陸地の侵食を海食と言う。

特徴的な地形

- 海食崖：波の侵食の強い海岸にできる崖。
- 波食台：海食台とも言う。海食のおきているところにある、海面とほぼ同じ高度の平坦な地形。陸地の隆起や海水準の変化があると海岸段丘となる。
- 砂嘴・砂州・陸繋島：いずれも沿岸流で運ばれた土砂が堆積してできる地形。

**氷河** 積雪が圧密によって氷になったものが斜面をゆっくり流れくだる。巨大な岩石を遠方まで運搬することがある。

特徴的な地形

- カール(圏谷)：氷河で山頂付近が大きくえぐられた地形。
- U字谷：氷河の流路にそってできた侵食地形。フィヨルドはこれに海水が浸入したもの。「ユーじこく」と発音する。
- 擦痕：氷河に取り込まれた岩石が河床を引っかいてできる傷跡。
- モレーン(氷堆石)：氷河の先端や淵の部分にみられる運ばれてきた岩片の堆積物。

**大気** 雨水が風化と侵食を引き起こす。また風によって起こる侵食を風食とよぶ。砂丘や砂漠の形成には風による砂礫の運搬と堆積が重要。

### 8-3 地層の形成

**地層** 層状に堆積物がたまった構造。地球と生命の歴史の記録媒体として重要

**堆積による地層形成** 一連の地層では上部にあるものほど新しい(地層累重の法則)。  
また地層は、はじめ、ほぼ水平にできる(重力の働きのため)。

形成の場には海・陸どちらもある(陸成層・沿岸成層・海成層)。物質はより低いところに移動した方が安定なので海が主要な場となっている。

また堆積物は1万年以上の時間をかけて粒子同士が化学的に結びつき硬い岩石へと変化する。これを**続成作用**といい、こうしてできる岩石を**堆積岩**とよぶ。

**堆積岩の種類** 堆積物の起源と粒子の大きさによって分類される

岩石の総称	起源堆積物質	より細かい分類
砕屑岩	砕屑物	
	泥 粒径 $\frac{1}{16}$ mm 以下	泥岩
	砂 粒径 2mm 以下	砂岩
	礫 粒径 2mm 以上	礫岩
火山砕屑岩	火山噴出物	
	火山灰 粒径 2mm 以下	凝灰岩
	火山礫 粒径 64mm 以下	火山礫凝灰岩
	火山岩塊 粒径 64mm 以上	凝灰角礫岩・火山角礫岩
生物岩	生物の遺骸	
	CaCO <sub>3</sub> 貝殻・フズリナ・有孔虫・サンゴ等	石灰岩
	SiO <sub>2</sub> 放射虫・珪藻	チャート
	C, H, N, O 植物	石炭
化学岩	化学的堆積物	
	CaCO <sub>3</sub>	石灰岩
	SiO <sub>2</sub>	チャート
	CaCO <sub>3</sub> ・MgCO <sub>3</sub>	苦灰岩
	NaCl・KCl	岩塩
	CaSO <sub>4</sub> ・2H <sub>2</sub> O	石膏

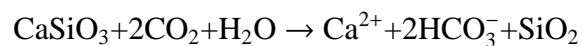
**地層の変化** 実際に観察される地層は傾いていたり(褶曲)、途中で連続性が途切れていたり(不整合)する。これは過去の地殻変動や海水準変動が原因で起こる。

## 8-4 炭素循環

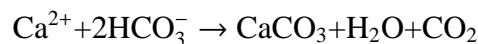
風化・侵食作用とプレートテクトニクスは地球表層と内部の物質循環を引き起こしている。その一例として大気中の  $\text{CO}_2$  濃度の問題を考える。(この他にも大陸の体積や大気中の酸素濃度なども物質循環でコントロールされている)

**大気  $\text{CO}_2$  の供給** 火山ガスの主成分は  $\text{H}_2\text{O}$  と  $\text{CO}_2$ 。現在の割合で放出し続け、そのまま大気海洋系に蓄積したとすると、大気  $\text{CO}_2$  濃度はおよそ 50 万～100 万年で倍増する。つまり大気から  $\text{CO}_2$  を除去する働きがなければ、地球大気には  $\text{CO}_2$  がもっと大量に存在し、もっと高温の惑星になっていたはず。

**化学風化による  $\text{CO}_2$  除去** 大気中の  $\text{CO}_2$  は雨水に溶け、大陸の岩石の化学風化を引き起こす。特に岩石中の  $\text{Ca}$  がこの重要な風化反応である。



こうして雨水に溶解したカルシウムイオンと重炭酸イオンは、河川を通じて海へ運搬される。海では徐々にカルシウムイオン濃度が増し、溶解度積を超えて濃度が増すと、炭酸カルシウムとして沈殿する。



この両式から大気中の  $\text{CO}_2$  が石灰岩  $\text{CaCO}_3$  として海洋底に固定されることが分かる。

風化反応は気温が高いほど良く進む。もし何らかの理由で大気中に  $\text{CO}_2$  がたまって温暖化すると、大気  $\text{CO}_2$  は急速に取り除かれるようになり、気温は下がる。一方で逆に大気中に  $\text{CO}_2$  が不足するようになると寒冷化が生じて風化反応が弱まり、火山ガスの放出が勝って大気に  $\text{CO}_2$  が蓄積して、温暖化が進む。

ちなみに火山ガス中の  $\text{CO}_2$  は、海洋底に固定された石灰岩がプレート運動によって地球内部へ運び込まれ、再加熱されることによってもたらされる。

つまり炭素は地球の表層と内部を循環し、これが地球の気温をほぼ一定に保つサーモスタット(自動温度調節器)の役割をしている。

## 問題

問題番号に★が一つ付けてあるものは難しいが現在の知識でもきちんと考えれば解ける問題。★が二つのものは現在の知識+アルファが必要な挑戦問題。

**8.1** 河川水が地球表面の全水量に占める割合は 0.0001% しかない。にもかかわらず、地球表面の侵食にもっとも寄与しているのは河川である。その理由を述べよ。

- 8.2** 地球全体で平均した河川水による一年あたりの陸から海への堆積物の運搬量は次のように見積もられている。機械的運搬量= $13.5 \times 10^9$ t/年，溶存運搬量= $3.9 \times 10^9$ t/年。もしも新たな地殻を作る働きがなかったとして，この割合で陸地が侵食され続けた場合に陸地は何年たつと消滅するか。計算に必要な陸地の面積・平均高度・大陸地殻の密度などは教科書を調べよ。
- 8.3 ★** 教科書 56 ページの海底における堆積物の分布図と海底地形図を比較し，石灰質軟泥 ( $\text{CaCO}_3$  に富む堆積物) はどのようなところに分布しているか，またなぜそのようなになっているのか述べよ。
- 8.4 ★** 海洋での石灰岩 ( $\text{CaCO}_3$ ) の堆積は大気から海に溶けた二酸化炭素と海水中の  $\text{Ca}^{2+}$  イオンが結びつくことによって起こっている。つまり石灰岩の堆積が起こればその分大気から二酸化炭素が取り除かれる。これを二酸化炭素の固定と言う。現在，河川から海へ運搬される  $\text{Ca}^{2+}$  イオンの量は一年当たり  $7 \times 10^{12}$  mol と見積もられている。この  $\text{Ca}^{2+}$  イオンがすべて石灰岩の形成に使われたとして，1年あたりに何 kg の二酸化炭素が大気から除去されるか求めよ。また大気への二酸化炭素の供給がないと仮定した場合，この割合で二酸化炭素が除去されると何年で大気から二酸化炭素がなくなるか求めよ。地球大気の種類や二酸化炭素の割合は教科書等から調べよ。
- 8.5** 地球大気の種類起源における堆積作用の役割を述べよ。ヒント：酸素は酸素発生型光合成生物の働きにより作られている。酸素発生型光合成では二酸化炭素と水から炭水化物と酸素が合成される。しかし生物が死んで炭水化物が再び酸素と結びつくと二酸化炭素と水にもどる。