

## 9. 造山運動と変成作用

### 9-1 造山運動

**造山運動** 延長数百 km を越えるような大規模な山脈や列島ができる地殻変動。造山運動の起きている場所を**造山帯**といい、その位置はプレートの収束型境界に対応している。

**沈み込み帯型造山運動** 火成活動・堆積作用・付加により島弧が成長。これによって大陸地殻の体積が増える。増えた体積の内容を大別すると以下の通り。

島弧で生じた火成岩

陸源堆積物 (島弧の岩石が侵食・堆積作用によりリサイクルされたもの)

**付加体** (プレート運動で運ばれてきた遠洋性堆積物・海洋地殻の一部が機械的に付着したもの)

環太平洋造山帯：太平洋を取り囲む沈み込み帯型の造山帯の総称。

沈み込む方向から見たときに島弧の裏側に位置する海を背弧海盆という。島弧がはじめから大陸の沖合いで成長したり、はじめ大陸の縁で成長していた島弧が移動する (海盆が拡大する) ことによって生じる。日本海は後者の例。またアンデス山脈のように沈み込み帯型造山運動が起こっているが背弧海盆が存在しない場所もある。何が違いを決めているのかはあまり分かっていない。

**衝突帯型造山運動** 大陸プレート同士の衝突によって大陸地殻が水平方向に収縮して厚くなり、隆起が起こる。その代表例がヒマラヤ造山帯。大陸プレート同士の衝突の前には海洋プレートの沈み込みが先行して起こる。そのため海底堆積物が非常に大きく持ち上げられる。例えばエベレストの山頂も堆積岩 (約 5 億年前の生物化石を含む) で出来ている。また堆積層には褶曲構造や逆断層構造が豊富に見られ、このことも水平方向の大陸地殻の収縮が隆起をもたらしたことを物語っている。

大陸衝突が起こると高くそびえる山脈が形成され、風化や浸食が進みやすくなり、地球の物質循環や気候に影響する。

**過去の造山運動** 過去の造山帯は侵食を受けて低い山地・山脈や丘陵に。北米のアパラチア山脈やスカンジナビア半島などが代表例。ちなみに両者は古生代前期のカレドニア造山運動で生じた一連のもの。

過去の造山運動で形成され、現在は安定した大陸地殻を**安定地塊**という。安定地塊からなる地域は楕を伏せた形をしており楕状地と呼ばれる。

**超大陸サイクル** 大陸がほぼ一つに集合したものを超大陸という。もっとも新しい超大陸は2億年～3億年前に存在したパンゲア大陸である。それ以前にはパノティア大陸(6億年前)、ロディニア大陸(7.5億年前～11億年前)、コロンビア大陸(15億～18億年前)、ケノーランド大陸(27～21億年前)、ウル大陸(36億～28億年前)が存在したと推定されている。大陸の集合・分裂のサイクルを超大陸サイクル、あるいはウィルソンサイクルという。超大陸サイクルも地球の表層環境の変動に大きく影響したと見られている。

## 9-2 変成作用

**変成** 岩石が形成時と異なる物理化学条件下に長時間置かれると鉱物の変質・交代・再結晶などが起き、鉱物の種類や岩石の組織が変化する。これを岩石の**変成**といい、変成した岩石を**変成岩**、変成を起こす働きを**変成作用**と言う。

似た概念に変質作用がある。変質作用は任意の鉱物学的変化(続成作用・風化作用・熱水作用なども含む)を指す。変成作用には続成作用・風化作用・熱水作用などは含めないことが多い。

**重要性** 岩石を大別すると火成岩・堆積岩・変成岩のどれかに当てはまる

- 変成岩は地殻体積のかなりを占める
- 地球の物質循環に寄与
- 岩石の経た温度圧力条件の履歴の推定

**接触変成作用** 貫入マグマに接触し、高熱のために変成。砂岩や泥岩は硬く緻密なホルンフェルス<sup>1</sup>、石灰岩は粗粒の大理石になる。

**広域変成作用** 沈み込み帯で広範囲にわたって起こる変成作用。さらに2つのタイプに分類される。

**低温高圧型** 結晶片岩(厚さ1mm程度の層状結晶の集合体。母岩は堆積岩や玄武岩など)沈み込むプレートの直上で変成。物質的には高圧鉱物や水和鉱物<sup>2</sup>の生成が起こる。

**高温低圧型** 片麻岩(明暗が縞状の組織を示す。これを片麻構造とか片理という。母岩は花崗岩など)大陸プレート内で変成。

<sup>1</sup>hornfels ドイツ語でhornは角、felsは岩石の意味でたたくと硬く角状に割れることから

<sup>2</sup>水和鉱物のできる変成作用を水質変成という。水質変成は中央海嶺でも起きており、沈み込み帯へ水分(島弧火成活動の原因)を供給している。

**変成条件** 化学組成は同じだが結晶構造が異なる鉱物を**多形**あるいは同質異像という。結晶構造は温度圧力によって変わるので、多形鉱物の種類から変成のおきた条件が分かる。温度圧力条件によって2種類以上の鉱物へ分解する現象も変成条件の推定に用いられる。

代表例 (化学式を見出しに示したものは多形の例)

**Al<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub>** 紅柱石 (低温低圧)・珪線石 (高温低圧) ⇔ 藍晶石 (高圧)

**C** 石墨 (低圧) ⇔ ダイヤモンド (高圧)

**SiO<sub>2</sub>** 石英 (低圧) ⇔ コース石 (高圧)

**高圧分解** Na 長石 (NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) → ひすい輝石 (NaAlSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>) + 石英 (SiO<sub>2</sub>)

特にコース石のできるような非常に高圧の条件でできる鉱物を含む変成岩を超高压変成岩という。ダイヤモンドやざくろ石(ガーネット)など高圧鉱物には宝石として利用されているものが多い。

## 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。

**9.1** ダイヤモンドなどの高圧下で生じる鉱物が1気圧下で存在できるのはなぜか。またどのようにすると不安定になるか。

**9.2** インド半島とアジア大陸の衝突について以下の問いに答えよ。なお双方とも陸地部分は大陸プレートである。

(1) インド半島を乗せたプレートは約1億年前に北上をはじめ、4000万年で緯度にして36度動いた。その移動速度は年平均何cmになるか

(2) アジア大陸との衝突が始まったのは5000万年前である。その後の移動速度ははじめの移動速度の半分になった。この5000万年間でアジア大陸の下へもぐり込んだプレートの移動距離は何kmか。ただしアジア大陸を乗せたプレートは動かないものとする。

(3) 大陸地殻は密度が小さいために沈み込むことなく衝突帯に取り残されるとする。衝突帯の幅が衝突後もぐりこんだプレートの移動距離に等しい場合、大陸地殻の厚さは平均して衝突前のその何倍になるか。またそのときアイソスタシーの関係が成り立つとすると標高は何mになるか。衝突前の両大陸地殻の厚さを30km、大陸地殻とマンツルの密度をそれぞれ2.7g/cm<sup>3</sup>、3.3g/cm<sup>3</sup>、衝突前の標高を1000mとして計算せよ。またその結果と現在のヒマラヤ山脈付近の標高と比較し、違いがあればその理由を考察せよ。