

地 学

第1問

星は星間ガスが重力によって収縮して生まれる。しかし、ガスさえあればどんな場所でも星が生まれるわけではない。ガスのかたまりは、十分に大きな質量を持ち、重力が強い場合に収縮することができる。質量が小さすぎたり、ガス粒子(原子や分子)の運動速度が大きすぎるとガスは圧力によって膨張してしまう。太陽系の近くではオリオン星雲が星形成領域の例である。では、星が形成される条件、すなわち星間ガスが重力収縮する条件(重力不安定性)について考察し、どのような状態の星間ガスから星が生まれるかについて考えてみよう。

問 1 半径 r 、一様な密度 ρ 、ガス粒子の運動速度 v のガス球を考えよう。ガス球の質量を M とすると、ガス球表面の単位体積あたりの重力エネルギー

$$U = -G \frac{\rho M}{r}$$

と運動エネルギー

$$K = \frac{1}{2} \rho v^2$$

の和

$$E = U + K$$

が負の場合はガス球は収縮し、逆に正の場合は膨張する。 $E = 0$ のときガス球はつりあいの状態で静止する。ここで G は重力定数である($G = 7 \times 10^{-8}$ cgs 単位系とする)。

- (a) ガス球がつりあいの状態にあるときの r を ρ と v で表せ。また ρ と v が一定のとき、ガス球が重力収縮するためには、半径はこの r よりも大きくなければならないか、小さくなくてはならないか。

- (b) このときの質量 M (重力収縮の臨界質量) を ρ と v で表せ。また、このガス球が重力収縮するための条件を示せ。

問 2 次に星がどのようなガスから生まれるかを考えよう。銀河系の星間ガスには大別して、分子ガス (分子雲)、中性水素ガス、電離ガスが存在する。それぞれの密度、粒子の運動速度は表のようであるとする。なお、以下の計算の有効数字は 1 桁でよい。

ガスの種類	密度 ρ	粒子の速度 v
分子ガス	$10^{-20} \text{ g cm}^{-3}$	0.1 km s^{-1}
中性水素ガス	$10^{-24} \text{ g cm}^{-3}$	1 km s^{-1}
電離ガス	$10^{-26} \text{ g cm}^{-3}$	10 km s^{-1}

- (a) 分子ガスの場合、重力収縮できる天体 (ガス球) の臨界質量はどれほどか。太陽質量を $2 \times 10^{33} \text{ g}$ として、太陽質量で表せ。また、ここで生まれる天体の質量は、臨界質量よりも大きくなければならないか、小さくなければならないか。
- (b) 中性水素ガスの場合、重力収縮できる天体の臨界質量を求めよ。
- (c) 電離ガスの場合、重力収縮できる天体の臨界質量を求めよ。

問 3 上記の考察から、恒星はどのような場所で生まれ、またその質量についてどのようなことがわかったか、100~120 字程度で述べよ。

第2問

海洋プレートは生まれてから数千 km もの距離を移動し、ついにはマントル中に帰っていく。その移動の過程でどのようなことが起こるだろうか。図1は、ある海洋プレートの平面図である。図2はA—Dに沿った海底地形断面図、図3はA—Cに沿った海底下で起こった地震の震源の深さの断面図である。これらの図を見て以下の問いに答えよ。

問1

- (a) A、Dで起こっていると考えられる現象として最も適当なものを、以下の語群の中からそれぞれ3つずつ選べ。

造山運動	エルニーニョ	火成活動	海山の形成
巨大地震	熱水活動	オゾンホール	プレートの沈み込み
ホットスポット活動		海洋地殻の生産	
付加体の形成		氷河の流出	

- (b) 以下の に適当な語句を入れよ。

地震は、岩石が流動性を持ち、強度が保持できない場所では起こらない。図3で地震が起こっている層1は、したがって ア と呼ぶことができる。その下の層2は、柔らかいので地震が起こらず、したがって イ と呼ぶことができる。この図は、海底の年代が増加すると層1の厚さが ウ することを示している。

- (c) 地震には、プレート境界で起こるものとプレート内で起こるものがある。この観点から、層1で起こる地震ともっとも性格に近い地震を下から1つ選べ。

ア 1906年サンフランシスコ地震
イ 1923年関東地震
ウ 1995年兵庫県南部地震

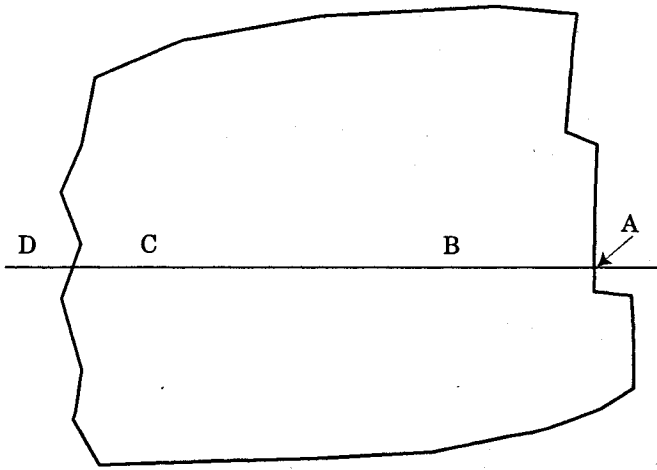


图 1

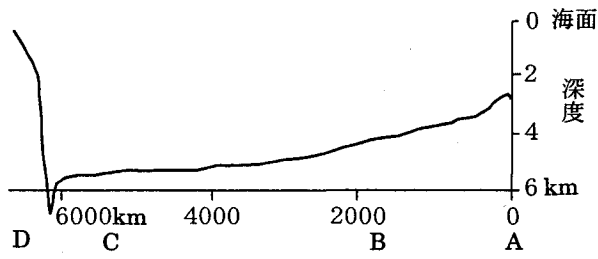


图 2

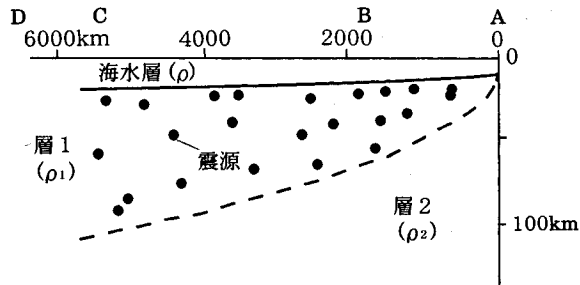


图 3

問 2 A から離れるにしたがって海底の深度は増加しているが、これは層 1 の厚さの変化と関係がある。層 1 の密度を ρ_1 、層 2 の密度を ρ_2 、海水層の密度を ρ とし、図 3 を参照して以下の問いに答えよ。

(a) A から離れたある地点 X における層 1 の厚さを h_1 、海水深度を h として、層 1 の底における圧力 P を、 h 、 ρ 、 h_1 、 ρ_1 で表せ。ただし重力加速度を g とする。

(b) A における海水層の厚さを h_A とする。A において、X における層 1 の底と同じ深さにおける圧力 P_A を h_A 、 h 、 ρ 、 h_1 、 ρ_2 で表せ。

(c) アイソスタシーが X、A の両地点間で成り立っているとすると $P = P_A$ である。これと (a)、(b) の結果をもちいて $h - h_A$ を ρ 、 ρ_1 、 ρ_2 、 h_1 で表せ。

(d) C において $h = 5.3 \text{ km}$ 、 $h_1 = 100 \text{ km}$ である。 $h_A = 2.5 \text{ km}$ 、 $\rho = 1.000 \text{ g/cm}^3$ 、 $\rho_2 = 3.300 \text{ g/cm}^3$ とした場合、 ρ_1 を小数点以下 3 桁まで求めよ。

(e) B において $h_1 = 40 \text{ km}$ である。この地点における h を求めよ。

(f) 層 1 と層 2 は、同じマントルの岩石からなるが、層 1 の平均温度は層 2 の平均温度より低いことが知られている。この事実にもとづいて、(d) で求めた ρ_1 が ρ_2 と異なる原因を 50 字以内で述べよ。

(g) 以上の結果を総合し、海底深度が A から離れるにしたがって図 2 に示されるように増加する理由を 200 字以内で述べよ。

第3問

I 岩石の分類に関して以下の問いに答えよ。

問 1 岩石の分類に際しては、さまざまな分類基準がもちいられるが、構成物の粒径はその代表的なものである。火成岩および堆積岩について、大きな粒径の岩石と小さな粒径の岩石の例を、それぞれ一つずつ示せ。

	粒径大	粒径小
火成岩	ア	イ
堆積岩	ウ	エ

問 2 このような粒径の違いが生じる原因は、火成岩と堆積岩では異なっている。火成岩および堆積岩について、粒径の違いを生じる主たる原因を比較して250字以内で説明せよ。

問 3 岩石の色調も分類の主要な基準の1つである。とくに粗粒の火成岩の肉眼鑑定の場合、岩石の白っぽさ、黒っぽさが重要視される。一方、化学組成にもとづく厳密な分類においては、 SiO_2 の含有量が分類基準としてもちいられる。岩石の中にはその他の化学成分も含まれるが、なぜ SiO_2 に注目するのか、その理由を色調と関連させて250字以内で説明せよ。

問 4 岩石の色は二次的に変化することがある。どのような地学的作用が原因と考えられるのか。例を2つ挙げよ。

II 次ページの図4はある地域の地形の鳥瞰図と、東西方向および南北方向の垂直断面図を示したものである。この地域には西方に山地が、東方に平野があり、平野には川が流れている。地層Aと地層Bは堆積岩で、それぞれ一定の走向・傾斜を示している。またCは石灰岩、DとEは断層である。地層Aは、南北方向の断面では水平より 45° 南へ傾き、東西方向の断面では水平より 30° 西へ傾いているように観察された。以下の問いに答えよ。

問1 地層Aの走向・傾斜を求めよ。傾斜についてはその大きさ θ に対する $\tan \theta$ の値と傾斜の方向を示せ。

問2 断層Dは活断層である。そのように判断される理由を50字程度で答えよ。またこの断層の動きはどのようなものであると推定されるか。南側のブロックに対する北側のブロックの動き方を10字程度で答えよ。

問3 Cの石灰岩には地層Aを構成する砂岩がレキとして含まれていた。A～Cの地層の堆積および断層DとEの形成はどのような順に行われたか。記号で答えよ。

