

入学試験問題

理科



(配点 120 点)

平成 23 年 2 月 26 日 9 時 30 分—12 時

注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
- 2 この問題冊子は全部で 69 ページあります(本文は物理 4～15 ページ, 化学 16～31 ページ, 生物 32～53 ページ, 地学 54～69 ページ)。落丁, 乱丁または印刷不鮮明の箇所があったら, 手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 3 解答には, 必ず黒色鉛筆(または黒色シャープペンシル)を使用しなさい。
- 4 解答は, 1 科目につき 1 枚の解答用紙を使用しなさい。
- 5 物理, 化学, 生物, 地学のうちから, あらかじめ届け出た 2 科目について解答しなさい。
- 6 解答用紙の指定欄に, 受験番号(表面 2 箇所, 裏面 1 箇所), 科類, 氏名を記入しなさい。指定欄以外にこれらを記入してはいけません。
- 7 解答は, 必ず解答用紙の指定された箇所に記入しなさい。
- 8 解答用紙表面上方の指定された()内に, その用紙で解答する科目名を記入しなさい。
- 9 解答用紙表面の上部にある切り取り欄のうち, その用紙で解答する科目の分を 1 箇所だけ正しく切り取りなさい。
- 10 解答用紙の解答欄に, 関係のない文字, 記号, 符号などを記入してはいけません。また, 解答用紙の欄外の余白には, 何も書いてはいけません。
- 11 この問題冊子の余白は, 草稿用に使用してもよいが, どのページも切り離してはいけません。
- 12 解答用紙は, 持ち帰ってはいけません。
- 13 試験終了後, 問題冊子は持ち帰りなさい。

地 学

第1問 地球から星や銀河などの天体までの距離を測る方法に関連して、次の問Ⅰ～Ⅲに答えよ。

問Ⅰ 比較的近い星に対しては年周視差を用いて距離を求めることができる。星Aの年周視差が $0.05''$ のとき、この星までの距離は何パーセクであるか答えよ。ただし、 $''$ は角度の単位で秒をあらわす。

問Ⅱ セファイド型(ケフェウス型)変光星には種族Ⅰと種族Ⅱに属するものがあり、それぞれの変光周期と絶対等級の間には図1のような関係がある。また星の絶対等級 M 、見かけの等級 m と距離 d [パーセク]の間には、

$$M = m + 5 - \boxed{\text{ア}} \times \log_{10} d$$

という式が成り立つ。なお、絶対等級とは天体を10パーセクの距離におき直したときの等級である。以下の(1)～(5)に答えよ。

(注) 種族Ⅱのセファイド型変光星は、おとめ座W型変光星とも呼ばれる。

- (1) 上式の空欄 $\boxed{\text{ア}}$ に入る適切な数字を記せ。
- (2) 種族Ⅰに属するセファイド型変光星Bは年周視差が $0.01''$ で、見かけの等級が1等である。変光星Bの変光周期[日]を最も近い整数値で答えよ。
- (3) 周期21日、見かけの等級が12.4等のセファイド型変光星Cが10000パーセクの距離にある。どちらの種族に属するか、計算過程とともに1行程度で記せ。

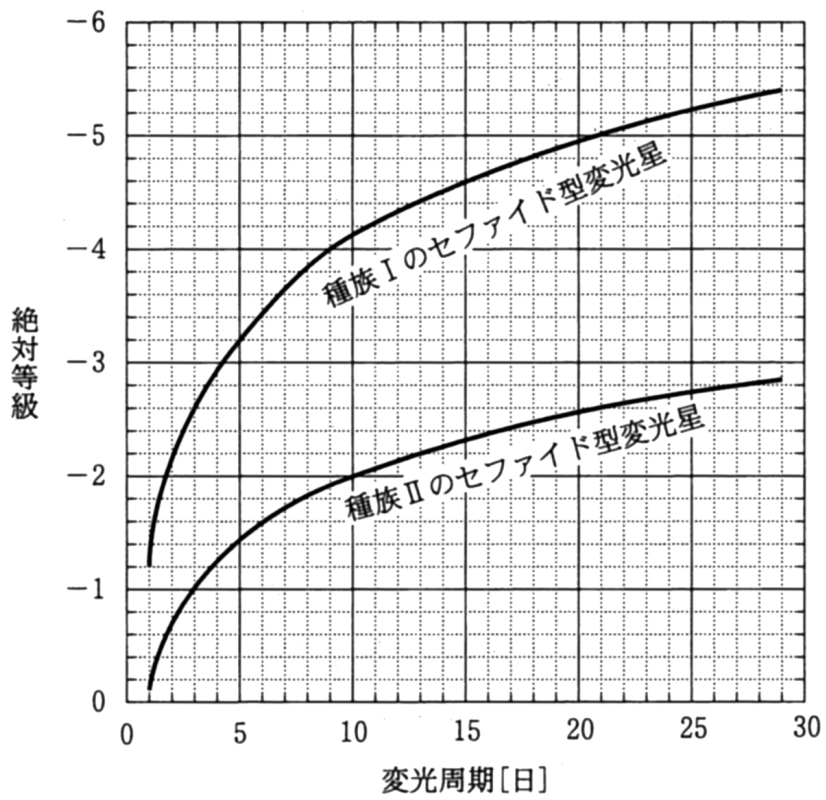


図1 セファイド型変光星の周期光度関係

(4) 前問(3)のセフィイド型変光星 C が属する種族の星の特徴としてあてはまるものを以下の(a)~(e)の中からすべて選べ。

- (a) 太陽と同じ種族である。
- (b) 銀河形成と同じ頃に誕生した古い星である。
- (c) 散開星団に属している。
- (d) 球状星団に属している。
- (e) 銀河の円盤部に多い。

(5) 種族 II の星は種族 I の星と比べてヘリウムより重い元素の割合が少ない。その理由を 2 行程度で述べよ。

問Ⅲ 銀河までの距離を測る方法を 1 つあげ、その原理を 1 ~ 2 行で説明せよ。ただし、年周視差および変光星の周期光度関係を用いる方法を除く。

第2問 大気海洋のエネルギー輸送，高さ構造に関連する以下の問Ⅰ～Ⅲに答えよ。

問Ⅰ 図2—1は，ある日の静止気象衛星「ひまわり」の赤外面像である。温度が低い雲ほど，色がより白く写っている。領域Aの雲の温度は領域Bの雲の温度より低い。以下の(1)～(3)に答えよ。

- (1) 領域Aと領域Bの雲の高度はどちらが高いか。理由をつけて1～2行程度で答えよ。
- (2) 領域Aと領域Bの雲から宇宙空間に向けて放出される単位面積当たりの赤外放射の強度はどちらが大きいか。理由をつけて1～2行程度で答えよ。
- (3) 図2—1の雲がない場所での単位面積当たりの赤外放射の強度はどのような要因によって決まるか。1～2行程度で答えよ。

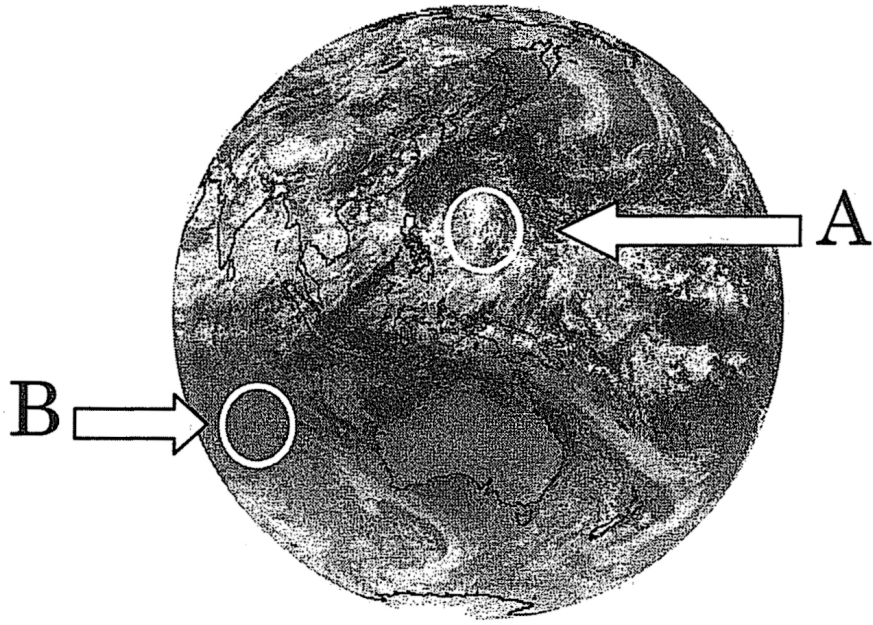


図 2—1 静止気象衛星「ひまわり」による赤外画像

問Ⅱ 地球によって吸収される太陽放射のエネルギー量と地球から放出される赤外放射のエネルギー量は地球全体で見るとほぼつりあっている。地球大気の上端での太陽光線に垂直な面上で受けるエネルギー(太陽定数)は 1.37 kW/m^2 であり、地球全体で平均すると雲や地表面などにより太陽放射エネルギーの30%が反射されている。大気上端での太陽放射と赤外放射を年平均・東西平均すると、緯度37度より低緯度では太陽放射の方が赤外放射より大きく、逆にこれより高緯度では赤外放射の方が太陽放射より大きい。このような緯度方向のエネルギー流入量の差は大気および海洋による高緯度方向への熱輸送により補われている。以下の(1)~(3)に答えよ。

- (1) 大気中の水蒸気は、低緯度では赤道向きに輸送されている。大気中の低緯度での水蒸気輸送、降水分布、大気の循環の関係を2行程度で説明せよ。
- (2) 地球全体で平均したときに、大気中の水蒸気が凝結する際に放出される潜熱は、地球から放出される赤外放射のエネルギー量の3分の1であるとする。地球全体で平均した降水量は1日あたり何mmか、有効数字1桁で求めよ。単位質量の水の潜熱を $2.5 \times 10^6 \text{ J/kg}$ 、水の密度を $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ とする。途中の計算過程もあわせて示せ。

(3) 図 2—2 は海洋全体での北向き熱輸送量と緯度との関係を描いたものである。この熱輸送は大気と海洋の間の熱交換と密接に関係する。海面において、海洋が放出する熱量が吸収する熱量を上回るのはどの緯度の範囲か答えよ。ただし、海底では熱の出入りが存在しないものとする。また、南緯 75 度より南には海洋はない。

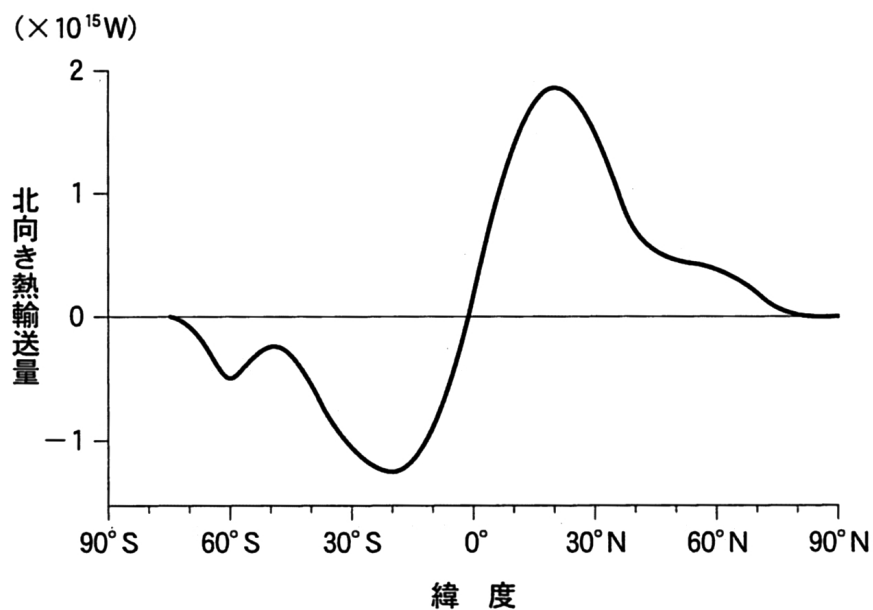


図 2—2 海洋全体での北向き熱輸送量の緯度分布

問Ⅲ 雲底の高度は地上付近の大気温度や湿度に大きく影響される。図2-3のように地面付近にある温度 T_a [°C]、露点 T_d [°C] の空気塊が上昇すると、乾燥断熱減率に従って 100 m につき 1 °C という一定の割合で温度が下がり、水蒸気が飽和に達すると雲がきはじめる。しかしその高度 h [m] は空気塊の温度が T_d [°C] まで下がる高度 $h_0 = 100(T_a - T_d)$ [m] より高くなる。以下の(1)と(2)に答えよ。

- (1) 空気塊が上昇して気圧が下がると、それに比例して水蒸気圧も下がる。地面付近の空気塊の気圧を p [Pa]、水蒸気圧を e [Pa]、地面から高度 h [m] の間の空気の平均密度を ρ [kg/m³]、重力加速度を g [m/秒²] として、空気塊が高度 h [m] まで上昇したときの水蒸気圧を p , h , ρ , g , e で表せ。
- (2) 空気塊が上昇すると、水蒸気圧とともに露点も下がる。露点が高度とともに下がる割合が一定であるとすれば、雲底高度 h [m] と T_a [°C]、 T_d [°C] の間には $h = A(T_a - T_d)$ [m] という関係が成り立つ。空気塊が 500 m 上昇するごとに露点が 1 °C 下がるものとして、 A [m/°C] の値を求めよ。途中の計算過程もあわせて示せ。

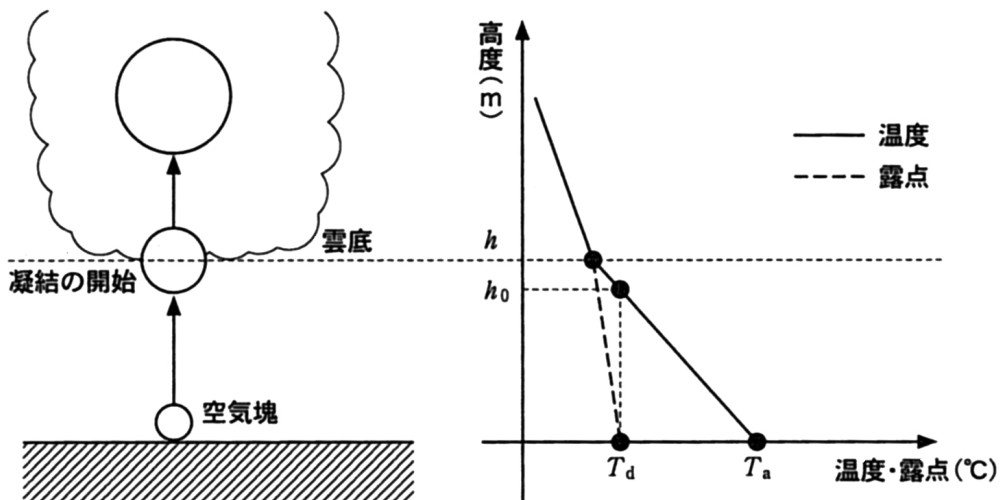


図 2—3 地面付近の空気が断熱的に上昇し，飽和に達して雲を作る様子と，
そのときの空気塊の温度と露点の変化

第3問 図3—1は日本のある地域における地質図である。地層Aは、図3—2の露頭断面スケッチに示されるような見かけを呈し、色は黒色であった。図3—2のaの部分を通り観察すると、図3—3のようであった。地層Bは、赤色の層状チャートからなっていた。地層Cは、灰色のケイ質な泥岩からなり、その上部には、砂岩、れき岩や凝灰岩の薄層がしばしばはさまれ、れき岩中には、花こう岩や安山岩のれきが見られた。地層AからCにかけては、堆積作用の中断を示す証拠は見られなかった。地層Dは砂岩からなり、標高250 mより高い所に分布していた。以下の問I～VIに答えよ。

問I 図3—3をもとに、地層Aを構成する岩石名を答えよ。

問II 図3—2のbの部分についても薄片で観察すると、aに比べてbの方が石基を構成するガラスの割合が大きく、石基中の斜長石の結晶の大きさが小さかった。こうした違いは、どういう理由で生じたものか。1行程度で説明せよ。

問III 図3—2に示される地層Aを構成する岩石が示す構造を何と呼ぶか。また、地層Aは、どのような場所で堆積したと考えられるか。根拠も含めて1～2行程度で説明せよ。

問IV 地層AとBの境界、地層BとCの境界の走向および傾斜をそれぞれ5度単位で答えよ。

問V 図3—1のX地点で掘削を行った。掘削を進めることによって見出されることが期待される地層境界とその地表からの深度を、上から順に50 m単位で答えよ。

問VI 地層 A の放射年代は、約 2 億年前を示した。地層 B の基底部からは三疊紀末(約 2 億年前)の放散虫化石が、地層 B の最上部からはジュラ紀末(約 1 億 5 千万年前)の放散虫化石が発見された。地層 C の上部には含まれるれき岩中には、花こう岩や安山岩のれきがしばしば見られ、凝灰岩の放射年代は、約 1 億 4 千万年前を示した。これらの情報をもとに、地層 A から地層 C にかけてその堆積環境がどう変遷したか、またその原因は何か、プレートテクトニクスの視点を入れて 3 行程度で説明せよ。

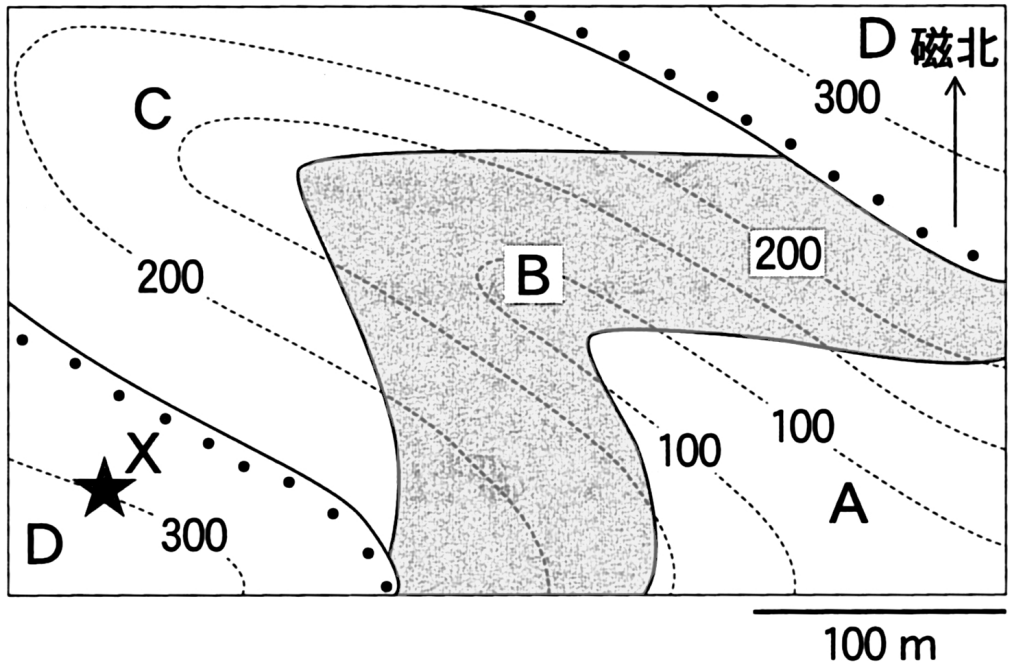


図 3—1 日本のある地域の地質図。破線は 50 m 間隔の等高線を示している。実線は地層の境界を表わす。★印は X 地点を表す。

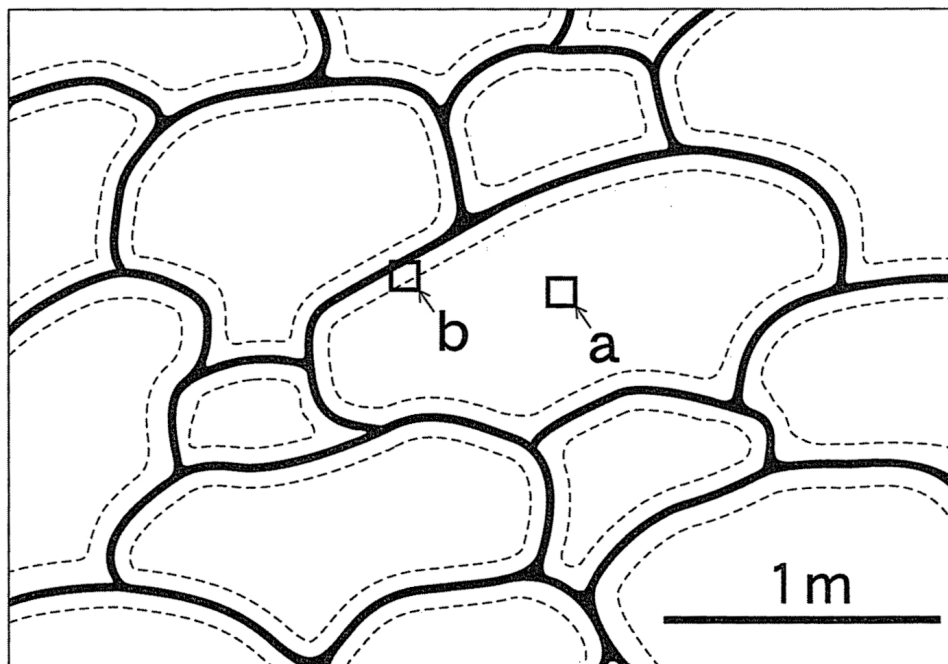


図 3—2 地層 A の露頭断面スケッチ

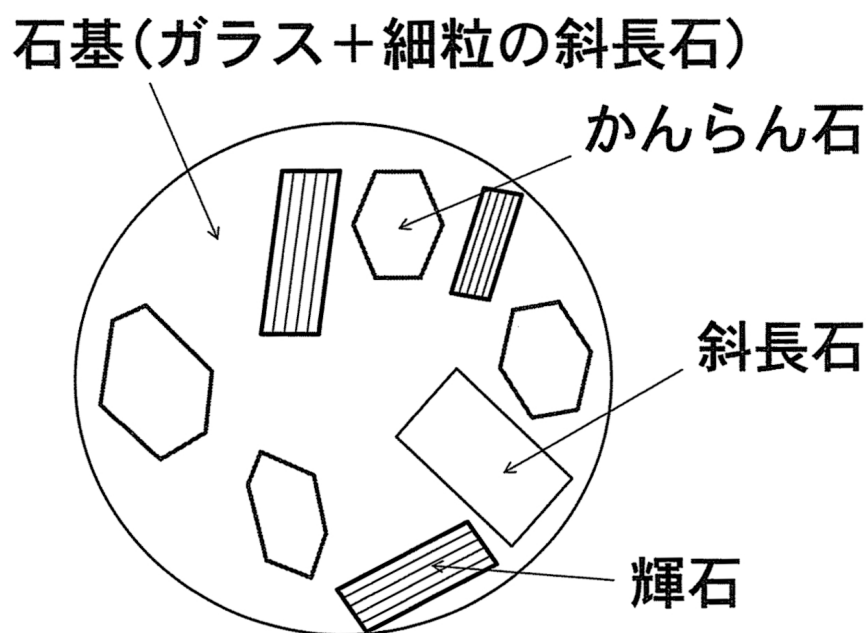


図 3—3 図 3—2 の a の部分から採取した試料の薄片の模式的スケッチ