

入学試験問題

理科



(配点 120 点)

平成 19 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 75 ページあります(本文は物理 4～17 ページ、化学 18～37 ページ、生物 38～59 ページ、地学 60～75 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(第 1 面 2 箇所、第 2 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 解答用紙第 1 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 解答用紙第 1 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 解答用紙および問題冊子は、持ち帰ってはいけません。

受験番号						
------	--	--	--	--	--	--

上欄に受験番号を記入しなさい。

地 学

第 1 問

恒星(以下では星と書く)はその寿命の大半を主系列星として過ごす。主系列星のエネルギー源、寿命、および星の質量分布に関する以下の文章を読み、問に答えよ。数値は有効数字 1 桁で答えよ。

問 1 主系列星のエネルギー源はその星の中心部で起こる水素核融合反応である。

つまり、4 個の水素原子核が核融合反応を起こし 1 個のヘリウム原子核になる際、質量が 0.7 % 減少する。この質量差がアインシュタインの式 $E = mc^2$ に従い、星から放射されるエネルギーに変わる。主系列星である太陽はその質量のうちの 75 % (重量 %) が水素で、残りの大部分がヘリウムであることがわかっている。主系列星である期間に、この水素の 10 % が上記の核反応を起こしてヘリウムに変換すると仮定する。光速は $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ である。

- (a) 太陽において、この核融合反応で発生するエネルギーの総量を求めよ。ここで太陽質量は $2.0 \times 10^{30} \text{ kg}$ である。
- (b) 太陽の主系列星における寿命が何年になるかを求めよ。ここで、太陽のエネルギー放射率は $3.9 \times 10^{26} \text{ J/s}$ であり、主系列星である期間、エネルギー放射率は変化しないと仮定する。
- (c) 主系列星の光度(エネルギー放射率)、すなわち単位時間あたりの核燃料の消費量はその星の質量の 4 乗に比例する。このことから、主系列星における星の寿命はその質量の何乗に比例すると考えられるかを答えよ。
- (d) 質量が太陽の 20 倍の主系列星の寿命を求めよ。

問 2 星は宇宙空間に漂うガスが収縮して生まれる。銀河系には星形成の母体となる分子雲(暗黒星雲)があちこちに存在しており、そこでは様々な質量の星が生まれている。ある分子雲で様々な質量の星が生まれ、ある時刻($t = 0$ とする)に同時に主系列星になったとする。その分子雲では太陽質量の m 倍の質量を持つ星が $N(m) = N_0 \times m^{-2.5}$ 個生まれたと仮定する。ここで、 N_0 は太陽質量の星が生まれた個数で、 1.0×10^5 個とし、星の質量は太陽質量の 0.1 倍から 50 倍まで上記の関係式に従って連続的に分布していると仮定する。

(a) この分子雲では $m = 20$ の星は何個生まれたかを求めよ。

(b) $t = 1000$ 万年でこの分子雲に存在している質量の最も大きな主系列星の質量は太陽質量の何倍かを求めよ。

(c) 星は進化の最終段階で超新星爆発を起こす場合がある。超新星は大別すると 2 種類あるが、ここでは、質量が太陽質量の約 10 倍より大きな星の最期を考える。 $t = 0$ から $t = 1000$ 万年までに起こる超新星爆発の総数を求めよ。なお、ある質量範囲の星の総個数を求めるには、上記の $N(m)$ を質量の下限値から上限値まで m について積分すればよい。

ただし、 $m^{-2.5}$ の不定積分は、 $-\frac{m^{-1.5}}{1.5} + \text{積分定数}$ である。

(d) 銀河系内に上記と同じ分子雲が 100 個あり、同時に同様の星形成が起こったとする。 $t = 0$ から $t = 1000$ 万年までに、銀河系全体では平均して何年に 1 個の超新星爆発が発生するかを求めよ。

計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

第2問

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

地球を生命溢れる豊かな惑星としている理由として、海が存在が地球の気候を安定させる効果を持つことが挙げられる。海に存在する大量の水は莫大な熱量を貯め込むと同時に、^(ア)大気と同様に海流が極向きに熱を輸送し高緯度と低緯度の温度差を緩和する。^(イ)また、大気中の二酸化炭素を吸収して急激な気候の変化を抑えている。二酸化炭素や熱の循環に関わる海洋内部の流れを直接測定することは難しいが、海水成分の分布から海洋内部の循環が推測^(ウ)されている。

問 1 下線部(ア)に関連して、次の問いに答えよ。

単位面積あたりの大気質量 $M_a = 1 \times 10^4 \text{ kg/m}^2$ 、大気比熱 $C_a = 1 \times 10^3 \text{ J/(K}\cdot\text{kg)}$ (大気 1 kg を温度 1°C 上昇させるのに必要な熱量)、海水密度 $\rho_s = 1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、海水比熱 $C_s = 4 \times 10^3 \text{ J/(K}\cdot\text{kg)}$ 、海底深度 $D = 4 \times 10^3 \text{ m}$ 、地表に占める海洋の面積比を7割 ($R = 0.7$)、地球の表面積を S とする。

- (a) 海水の平均温度を 1°C 上昇させるのに必要な熱量を、 ρ_s 、 C_s 、 R 、 S 、 D を用いて表せ。
- (b) 大気温度を $x^\circ\text{C}$ 上昇させるのに必要な熱量を、 M_a 、 C_a 、 S 、 x を用いて表せ。
- (c) 海水の平均温度が 1°C 上昇することに使われる熱量がすべて大気の温度上昇に使われたとしたら、大気平均温度は何度上昇するか。有効数字1桁で求めよ。

問 2 下線部(イ)に関連する大気の熱輸送について、次の問いに答えよ。

低緯度では、日射によって暖められて上昇した空気を運ぶ 循環に伴って熱が高緯度方向に運ばれている。地球の回転のため北半球では流れの方向に対して右向き 力が働いて、 循環の低緯度側下層では西向きの 風が、高緯度側上空では東向きの 風がそれぞれ吹いている。中緯度では 風が上空で蛇行しており、これに伴う低気圧の発達などの大気下層の擾乱によって熱が輸送されている。

- (a) 文中の ~ に最もふさわしい語句を答えよ。
- (b) 熱帯域では、雨季と乾季がある。このような気候をもたらす原因を、「 循環」という言葉を含めて 100 字程度で説明せよ。
- (c) 北半球中緯度の低気圧に伴う前線と等圧線を描き、暖気と寒気の水平方向の流れの構造を矢印で示せ。
- (d) 中緯度の低気圧の発達と移動に伴い、低緯度側の熱はどのようにして高緯度側に輸送されるか。暖気と寒気の水平方向及び上下方向の流れに留意して、150 字程度で説明せよ。

問 3 下線部(ウ)に関連して次の文を読み、問いに答えよ。

海面から約 100 m 深までの太陽光が到達する表層では、光合成により、海水中に溶けているリン酸等栄養物質や炭素を使って植物プランクトンが有機物を作る。表層で作られた有機物の一部は粒子となって沈降する。沈降する間に、海水中の酸素を消費して有機物が分解され、リン酸や炭素が海水中に溶け出す。粒子は分解しながら沈降し、一部は数日から数ヶ月で海底にまで達する。これら一連の過程は、植物プランクトンの働きがきっかけになって表層水

の炭素やリン酸が鉛直下方に輸送されることから、生物ポンプと呼ばれている。

南北高緯度域の海では、大気に冷却される効果と、海水の形成に伴い表層の海水の塩分濃度が高くなる効果によって、密度が高くなり下降流が生じる。この沈み込みに伴って 2000～3000 m 深の深層での流れが生ずることになる。海底の地形の影響等から、北大西洋高緯度域での沈み込みに伴う流れは、地球全体の規模のものとなり、世界の海洋大循環になると考えられている。この深層流を追跡すると、生物ポンプの働きによって、時間とともに酸素濃度は減少し、リン酸濃度は増加することになる。

- (a) 図 2—1 に基づき、深さ 2500 m 付近での酸素濃度について北太平洋と北大西洋における違いを述べよ。同様に、リン酸濃度における違いを述べよ。
- (b) 図 2—1 に基づき、深さ 2500 m 付近での酸素濃度とリン酸濃度の緯度方向の変化傾向とそれから推測される緯度方向の流れの向きを、太平洋と大西洋のそれぞれについて述べよ。
- (c) 図 2—1 (a) の酸素濃度分布に着目すると、深さ 2500 m 付近での大西洋から太平洋への流れはどこを通過していると考えられるか。理由を付けて 50 字程度で述べよ。
- (d) 深さ 2500 m 付近において北大西洋 A 点(北緯 55 度, 西経 45 度)にあった深層水が同じ深さの北太平洋 B 点(北緯 40 度, 西経 170 度)に移動したとする。放射性炭素同位体の分析から、移動に要した時間は約 1000 年とわかったとする。酸素濃度の変化率(1 年あたりの変化量)を求めよ。また、深層水の移動速度は時速何メートルかを求めよ。それぞれ有効数字 1 桁で答えよ。A 点と B 点の間の移動距離は地球の赤道一周分とする。

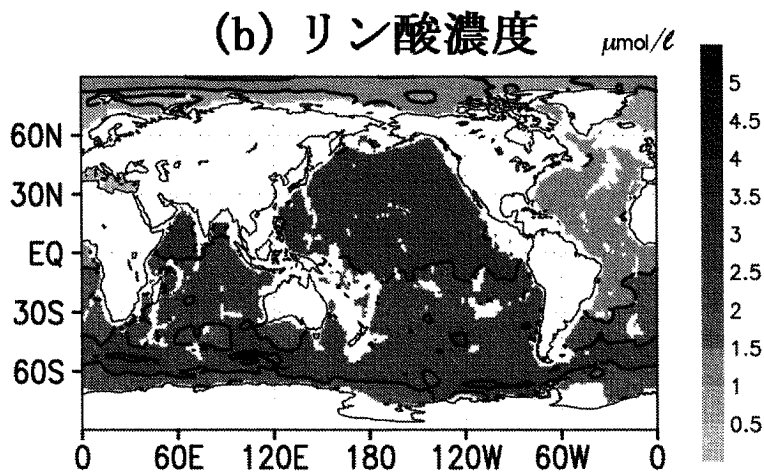
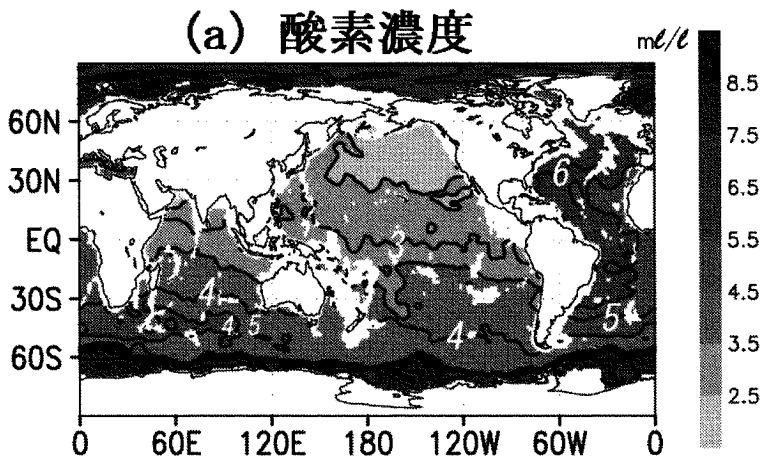


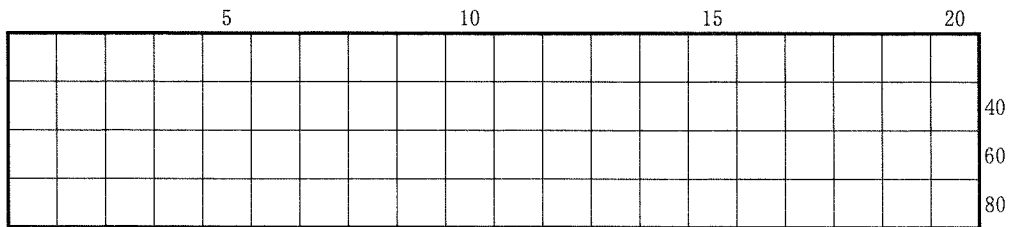
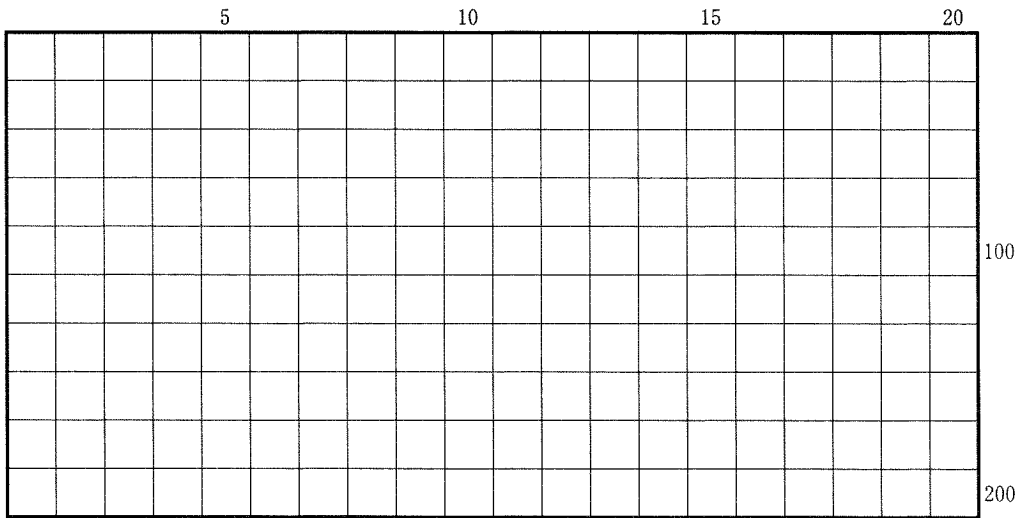
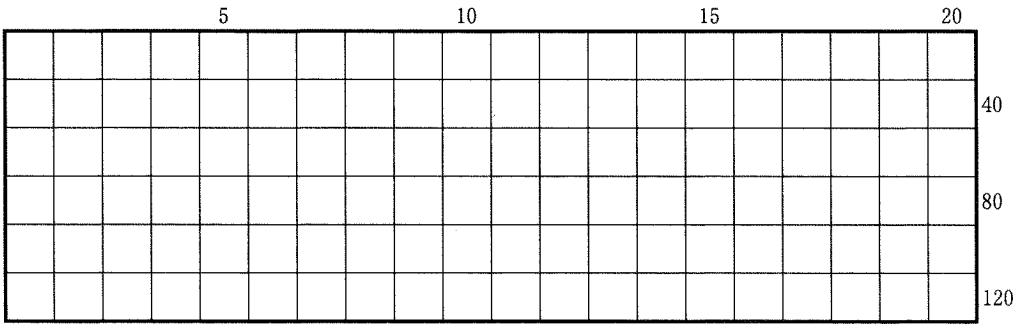
図2—1 深さ2500 m付近における(a)酸素濃度(ml/l)と(b)リン酸濃度($\mu\text{mol/l}$)の分布。等値線間隔は0.5で表示されている。

計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)

草稿用紙

(切り離さないで用いよ。)



第3問

次の文章を読み、下の問いに答えよ。

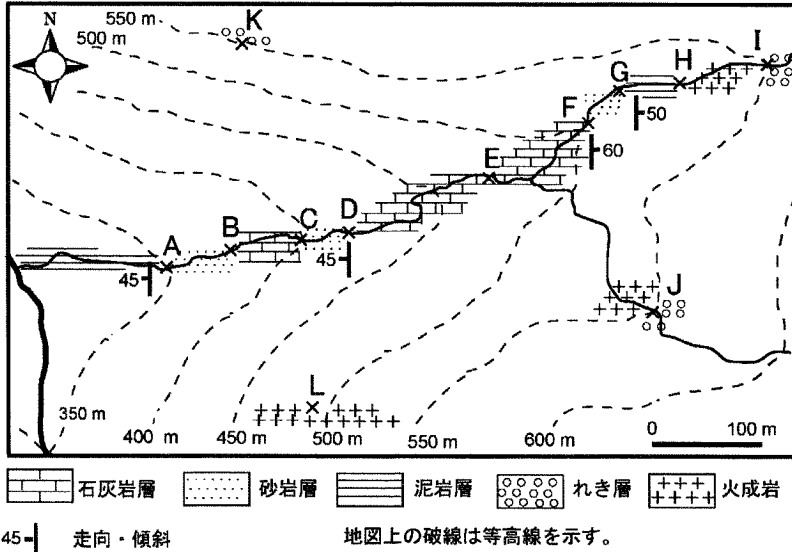


図3-1

上の図3-1は、東西に延びる谷に沿って作成した地質探査図(ルートマップ)である。このルートで得られた地質調査の観察結果は次のようにまとめられる。

沢の入り口から上流に向かってアンモナイトや二枚貝のイノセラムスの化石を含む泥岩層が約150m続いた後、A地点で砂岩層に変わった。そこでの泥岩層と砂岩層の地層境界面(層理面)の走向と傾斜をクリノメーターで測定したところ、それぞれNS、 45° Wであった。A地点から80mほど二枚貝のモノチスの化石を含む砂岩層が続いたが、B地点でフズリナ(紡錘虫)やサンゴの化石を多く含む石灰岩層ぼうすいちゅうに変わった。B地点から上流に向かってしばらくこの石灰岩層が続いた後、C地点では断層を挟んで東側にモノチスの化石を含む砂岩層が認められた。この断層面の走向はNSで、傾斜は垂直であった。C地点からしばらく砂岩層が続いた後、D地点では砂岩の下位にB-C間に分布していた石灰岩層中のものと同じ種類の化石を含む石灰岩層が観察された。この石灰岩層の走向・傾斜はNS、 45° Wであった。D地点から上流側約250mにわたり石灰岩層の連続的な露出が認められた。この

間、地層の走向は NS で変化しなかったが、地層の傾斜は次第に緩くなり、E 地点ではほぼ水平であった。

E 地点を過ぎると地層の傾斜の向きは東側に変わり、F 地点では $60^{\circ} E$ であった。F 地点では石灰岩層とモノチス化石を含む砂岩層の境界が、また G 地点ではモノチス化石を含む砂岩層とイノセラムスやアンモナイトの化石を含む泥岩層の境界が、それぞれ観察された。H 地点では、泥岩層と火成岩体との境界部が確認され、火成岩体の周囲の泥岩は黒っぽく硬く緻密な岩石に変わっていた。火成岩の新鮮な部分をハンマーで割って、その表面をルーペで観察したところ、全体として灰白色で、大きさのそろった粗粒の鉱物からなり、無色鉱物として長石と石英が、また有色鉱物として黒雲母が確認できた。最上流の I 地点や支流の J 地点では、ほぼ水平なれき層が不規則な境を持って火成岩の上に重なり、その中には下位の火成岩に由来するれきが多く含まれていることが観察された。沢の北側の K 地点でも、れき層の基底部が認められ、そこからマンモス象の臼歯の化石が発見された。また、H 地点や J 地点で認められたものと同じと考えられる火成岩は C 地点から 200 m 南の L 地点でも観察され、そこでは C 地点から延びる断層により火成岩が切られていることが確認された。

問 1 A 地点での砂岩層と泥岩層の地層境界線は地形図上でどのように現れるか。

下の図 3—2 の 1 から 4 の中で、最も適当なものを選び、その理由を 70 字程度で述べよ。ただし、A 地点の高度を 350 m とする。

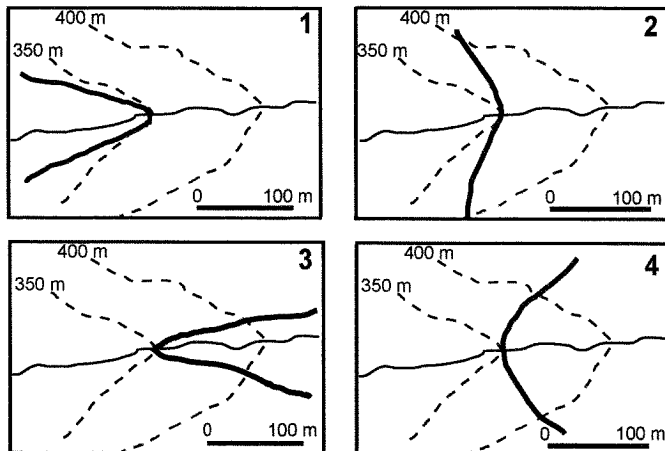


図 3—2

問 2 C 地点で確認された断層の垂直方向のずれ(落差)は何メートルか。東側が何メートル下がった,あるいは上がったというように答えよ。ただし, B 地点での地層の走向と傾斜は A 地点での値と同じで, B 地点, C 地点, D 地点の高度をそれぞれ 375 m, 400 m, 425 m, B—C 間, C—D 間の水平距離をそれぞれ 70 m, 50 m とする。

問 3 下線部(ア)で述べている泥岩から変わった硬く緻密な岩石とは何か。また,このような変化をもたらした作用を何とよぶか。

問 4 下線部(イ)で述べている火成岩の種類は何か。また,この岩石に特徴的な組織を何とよぶか。

問 5 この地域で過去に起きた以下の地学的事象を時代順に並べ替え,その根拠を 200 字以内で記せ。なお,地層については産出化石に基づく地質時代も記すこと。

- | | | |
|------------|------------|-------------|
| (a) 泥岩層の堆積 | (b) 砂岩層の堆積 | (c) 石灰岩層の堆積 |
| (d) れき層の堆積 | (e) 火成岩の形成 | (f) 断層の形成 |
| (g) 不整合の形成 | | |

計 算 用 紙

(切り離さないで用いよ。)