

平成31年度入学試験問題(前期)

理 科

| | |
|-----|-----------|
| 物 理 | 1~9 ページ |
| 化 学 | 10~26 ページ |
| 生 物 | 27~37 ページ |
| 地 学 | 38~46 ページ |

【注意事項】

- 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いて見てはならない。
- あらかじめ選択を届け出た科目について解答すること。それ以外の科目について解答しても無効である。
- 各科目のページは上記のとおりである。落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所等がある場合には、申し出ること。
- 解答用紙を別に配付している。解答は、問題と同じ科目、同じ番号の解答用紙に記入すること。指定の箇所以外に記入したものは無効である。
- 各科目の問題は、学部・学科・専攻等によって異なる点があるから、下に表示する。

(1) 物理を選択した受験者

教育学部 ①②③④

医学部保健学科 ①②③

理工学部 ①②③④

農学生命科学部 ①②③④

(2) 化学を選択した受験者

教育学部 ①②③④⑤⑥

医学部保健学科 ①②③④

理工学部 ①②③④⑤⑥

農学生命科学部 ①②③④⑤⑥

(3) 生物を選択した受験者

教育学部 ①②③④

医学部保健学科 ①②③

理工学部 ①②③④

農学生命科学部 ①②③④

(4) 地学を選択した受験者

該当する学部学科すべて ①②③④

- 解答用紙の指定された欄に、学部名及び受験番号を記入すること。
- 提出した解答用紙以外は、すべて持ち帰ること。

物 理

1

大きさが無視できる質量 m [kg]の小球が水平面を直進し、点 A を通過した後、図に示すような点 Oを中心とする半径 R [m]の半円筒の内面にそって運動する。半円筒内面の点 Oと同じ高さの位置を点 B、点 Aの真上の位置を点 Dとする。半円筒内面の点 Bと点 Dの間に点 Cがあり、点 Oを通る水平線 OBと OCとのなす角を θ とする。重力は図の下向きに作用し、重力加速度の大きさは g [m/s²]とする。小球は紙面に垂直な方向には運動しないものとし、水平面および半円筒の内面と小球の間には摩擦はなく、空気抵抗も無視できるものとする。以下の問いに、 m 、 g 、 R 、 θ から必要な記号を用いて答えなさい。

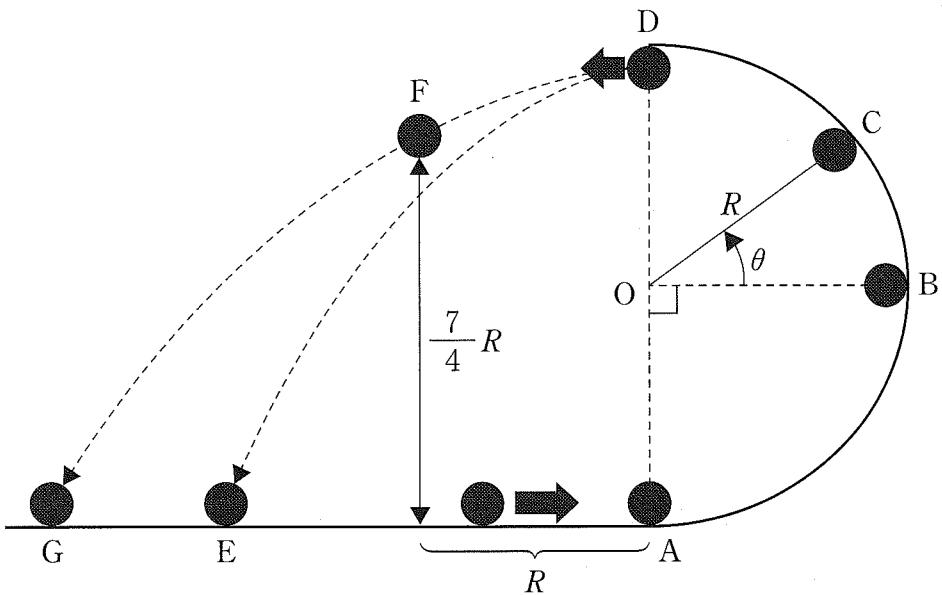
問 1 点 A を速さ V_A [m/s]で通過した小球が半円筒の内面にそって運動し、点 Bに到達するためには、 V_A は V_{A1} [m/s]以上である必要がある。 V_{A1} を求めなさい。

問 2 小球が問 1 で求めた V_{A1} よりも大きな速さで運動をはじめ、点 Cを速さ V_C [m/s]で通過する。小球が半円筒の内面から離れないように運動するためには、 V_C は V_{C1} [m/s]以上である必要がある。 V_{C1} を求めなさい。

問 3 小球が半円筒の内面から離れることなく運動し、点 Dに到達するためには、点 Aを通過する時の速さ V_A は V_{A2} [m/s]以上である必要がある。小球がこの速さ V_{A2} で点 Aを通過し、点 Dから水平方向に飛び出した後、点 Aと同じ高さの水平面上の点 Eに到達した。点 Eに到達する直前の小球の速さ V_E [m/s]を求めなさい。

問 4 点 Eと点 Aの間の距離 L_{AE} [m]を求めなさい。

問 5 点 A を通過する速さ V_A を変えて運動させたところ、小球は点 D から水平方向に飛び出した後、点 A から水平方向に $R[m]$ 離れ、 $\frac{7}{4}R[m]$ の高さにある点 F を通過し、点 G に到達した。点 G と点 A の間の距離 $L_{AG}[m]$ を求めなさい。



2

焦点距離 f [mm]の凸レンズLと物体ABおよびスクリーンを図1のように置いた。ここで、レンズLと物体との距離を x [mm]、レンズLとスクリーンとの距離を y [mm]として、レンズLの中心点Oを通る光軸上に物体上の点Bがあり、スクリーンの面は光軸に対して垂直、レンズLの厚さは十分に薄く、物体とスクリーンは光軸上を平行に動くものとする。以下の問い合わせに答えなさい。

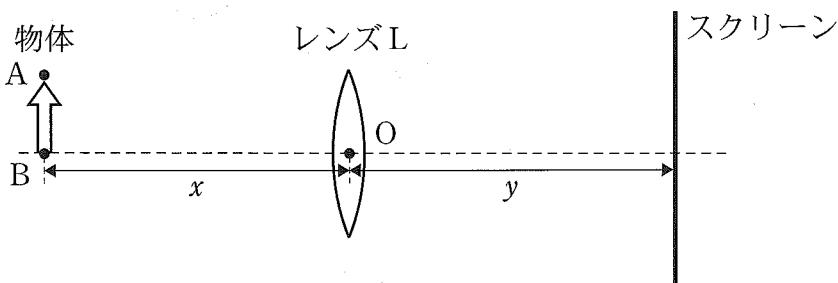


図1

問 1 $x > f$ の範囲で物体を動かしたところ、物体の像がスクリーン上にはっきりと映った。 f と x を用いて、このときの y と倍率 m を書きなさい。

問 2 問1において倍率が1となるときの x と y を、 f を用いて書きなさい。このとき焦点で物体側の点をF、像側の点をF'とする。点Fと点F'および物体上の点Aと点Bに対応する像の点A'と点B'を図示しなさい。さらに、点Aから発した光が、点Fと点F'および点Oを通過して、点A'に達するまでのそれぞれの光線(光の経路)を作図しなさい。

問 3 ここで、レンズLの上半分を紙でおおった。スクリーン上の像はどのように見えるか、適切なものを以下の(ア)~(オ)の中から選びなさい。また、その理由を説明しなさい。

- (ア) 像の位置が変わった
(ウ) 像が暗くなった
(オ) 変わらなかった

- (イ) 像の大きさが変わった
(エ) 像は映らなかった

次におおった紙やレンズを取り除き、図 2 のように 2 枚の凸レンズと物体を置いた。凸レンズ L_1 の焦点距離は 60 mm, 凸レンズ L_2 の焦点距離は 150 mm, レンズ L_1 と物体の距離は 100 mm, レンズ L_1 とレンズ L_2 の距離は 225 mm である。

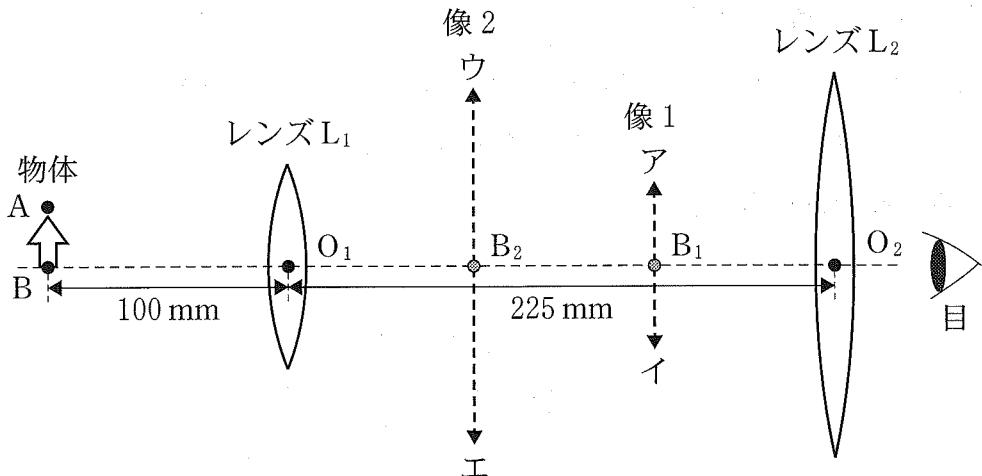


図 2

問 4 このとき、レンズ L_1 により点 B_1 の位置に物体の像 1 ができる。像 1 の向きはア、イのどちらかを答えなさい。また物体に対する像 1 の倍率を求めなさい。ただし、物体の点 B, 2 つのレンズの中心点 O_1 と点 O_2 は同じ光軸上にあり、2 つのレンズは物体よりも十分に大きく、厚さは十分に薄いものとする。

問 5 この状態で、点 B_1 の位置にスクリーンを置くと像 1 が映るが、スクリーンがなくても、像 1 がそこにあるとみなすことができる。そのため、図 2 のようにレンズ L_2 を通して見ると、点 B_2 の位置に拡大された物体の像 2 が見えることになる。点 B_2 の位置にできる像 2 の向きはウ、エのどちらかを答えなさい。また物体に対する像 2 の倍率を求めなさい。

3 図1に示すように、なめらかに動くピストンと温度調節器の付いた円筒形状のシリンダー内に、単原子分子からなる理想気体が密封されている。シリンダーの側面とピストンには断熱材が用いられており、これらを通した熱の出入りはないものとする。シリンダーの断面積は $S[m^2]$ で、ピストンにはばねが取り付けられている。そのばねの右端はAの位置にあり、ばねは自然の長さになっている。理想気体の温度は $T_A[K]$ 、体積は $V_A[m^3]$ である。ばねのはね定数は $k[N/m]$ で、これらの装置は圧力 $p_0[Pa]$ の大気圧下におかれている。以下の問いに答えなさい。ただし、気体定数を $R[J/(mol \cdot K)]$ とし、シリンダーとピストンの間の摩擦は無視できる。

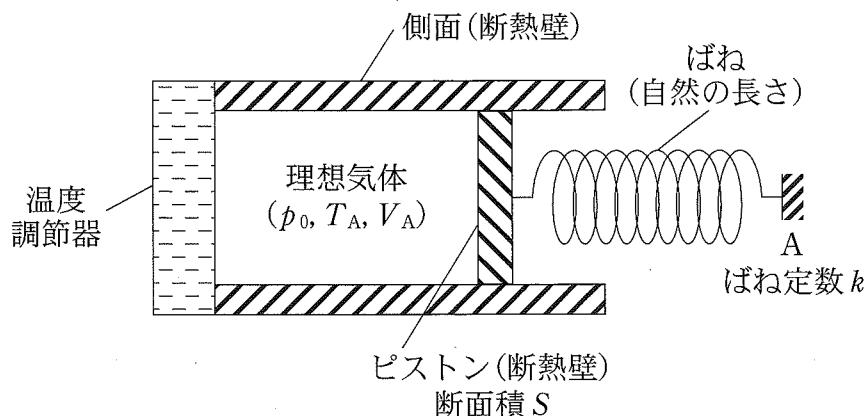


図1

問 1 以下の問い合わせに答えなさい。

- (1) 以下の文は理想気体について説明している。 [] に適切な語句を代入しなさい。

理想気体とは、気体を構成する分子の [ア] やその間に働く [イ] が無視できる気体であり、 [ウ] の法則にしたがう気体をいう。

- (2) 単原子分子からなる理想気体の定積モル比熱を、 R を用いて表しなさい。
- (3) 単原子分子からなる理想気体の定圧モル比熱を、 R を用いて表しなさい。

問 2 図 1 に示す状態から図 2 に示すように、理想気体の温度を一定に保ちつつ、ばねの右端を A から B の位置まで水平左方向に移動させた結果、ばねは自然の長さから L [m] 縮んだ。以下の問い合わせに答えなさい。

- (1) 理想気体の物質量 n を、 p_0 , R , T_A , V_A を用いて表しなさい。
- (2) ばねの右端が A から B の位置まで移動した後の理想気体の圧力 p_B を、 k , L , p_0 , S を用いて表しなさい。
- (3) ばねの右端が A から B の位置まで移動した後の理想気体の体積 V_B を、 p_0 , p_B , V_A を用いて表しなさい。

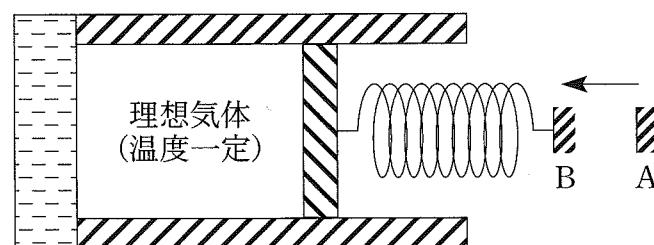


図 2

問 3 図 1 に示す状態から、図 3 に示すように温度調節器から理想気体に熱が伝わり、ピストンが水平右方向に N [m]だけ移動した。理想気体が外部にした仕事を W_C 、ピストンが移動する前後の理想気体の内部エネルギーの変化を ΔU として、以下の問い合わせに答えなさい。ただし、ばねの右端は図 1 の A の位置から動かないものとする。

- (1) 温度調節器から理想気体に伝わった熱量 Q を ΔU , W_C を用いて表しなさい。
- (2) W_C を, k , N , p_0 , S を用いて表しなさい。
- (3) ピストンが移動した後の理想気体の温度 T_C を, k , n , N , p_0 , R , S , V_A を用いて表しなさい。
- (4) ΔU を, n , R , T_A , T_C を用いて表しなさい。

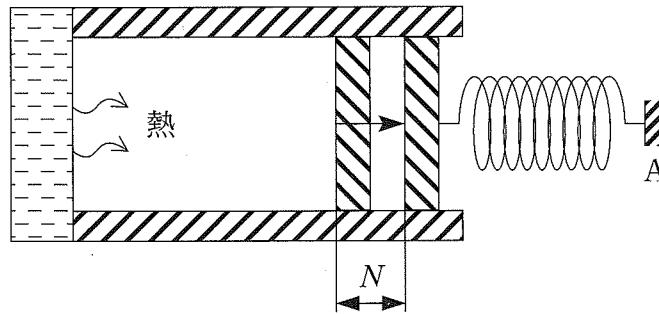


図 3

4 図のような回路を考える。3枚の平行な極板A, B, Cからなるコンデンサーと、2枚の平行な極板D, Eからなるコンデンサーがあり、コンデンサーの極板はすべて面積 $S[m^2]$ である。極板間隔は、極板A, B間は $d[m]$ 、極板B, C間は $3d[m]$ 、極板D, E間は $2d[m]$ である。はじめは、すべてのスイッチが開いた状態であり、極板は帯電していない。それぞれの極板は十分に広く、端の効果や厚さは無視できるものとする。誘電率はすべての極板間で一定であるとする。それぞれの極板につながれた導線が、コンデンサーやその他に与える電気的な影響は無視できるものとする。極板A, C間の電気容量は $C_0[F]$ 、抵抗①、抵抗②の抵抗値は $R[\Omega]$ 、電池の電圧は $V_0[V]$ であり、電池の内部抵抗は無視できるとする。このとき、以下の問い合わせに答えなさい。

問 1 極板B, Cからなるコンデンサーの電気容量を、 C_0 を用いて求めなさい。

問 2 スイッチ①を閉じた。閉じた瞬間に流れる電流の大きさを求めなさい。

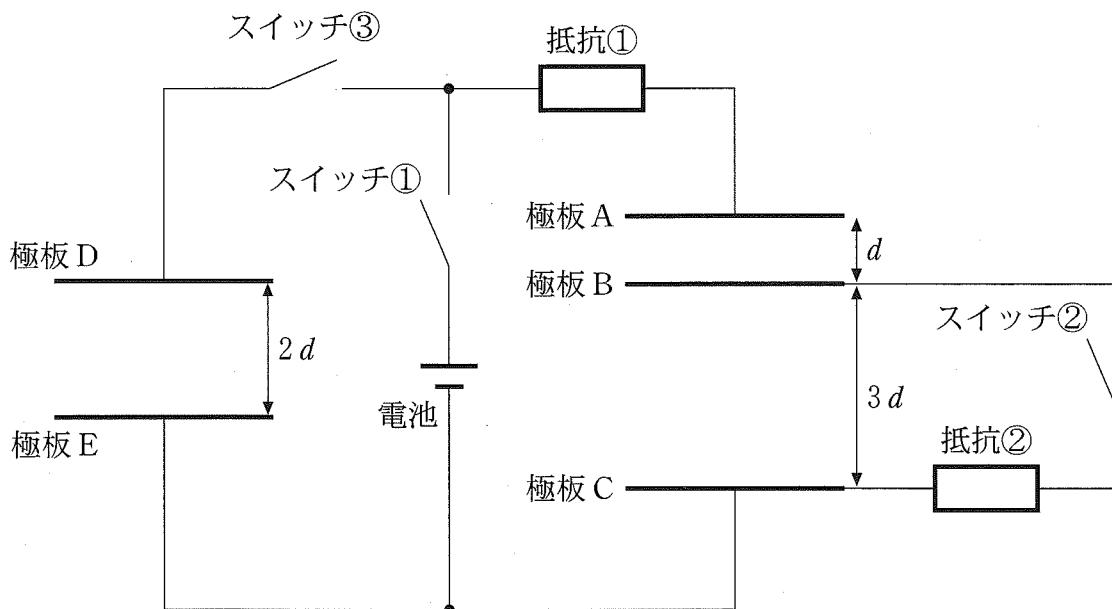
問 3 十分に時間が経過し、電流が流れなくなったためスイッチ①を再び開いた。このとき、以下の問い合わせに答えなさい。

- (1) 極板A, Cからなるコンデンサーに蓄えられた電気量を求めなさい。
- (2) 極板A, Cからなるコンデンサーに蓄えられた静電エネルギーの値を求めなさい。
- (3) スイッチ①を再び聞くまでの間に抵抗①で発生したジュール熱の総量を求めなさい。

問 4 次に、スイッチ①、スイッチ②をそれぞれ閉じた。十分な時間が経過し電流が流れなくなったため、スイッチ①のみを再び開いた。以降、スイッチ②は閉じたままにする。このとき、以下の問いに答えなさい。

- (1) 極板 A, B からなるコンデンサーの電気容量を、 C_0 を用いて求めなさい。
- (2) 極板 A, B からなるコンデンサーに蓄えられた電気量を求めなさい。

問 5 次に、スイッチ②は閉じたまま、スイッチ③を閉じた。このとき、極板 A, B からなるコンデンサーに蓄えられた電荷の一部が電流として流れ、極板 D, E からなるコンデンサーに移動した。十分な時間が経過して電流が流れなくなり、極板 A, B 間の電位差と、極板 D, E 間の電位差は等しくなった。このときの電位差を求めなさい。



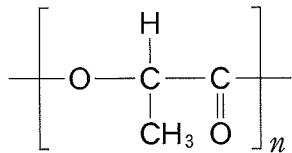
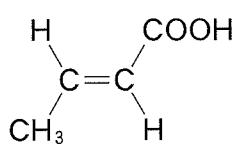
化 学

必要があれば、原子量および定数は次の値を使うこと。なお、構造式は下の例にならって記せ。

$$H = 1.00 \quad C = 12.0 \quad O = 16.0 \quad Na = 23.0 \quad S = 32.0$$

$$\text{ファラデー定数 } F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$$

(例)

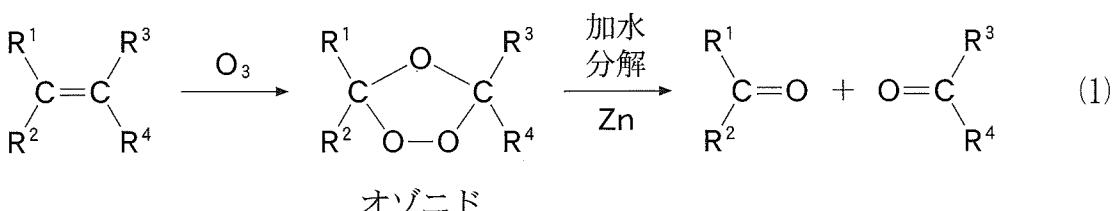


1

以下の文章を読み、各問い合わせよ。

炭素原子間に二重結合を1個もつ鎖式不飽和炭化水素は〔ア〕と呼ばれ、一般式 C_nH_{2n} ($n \geq 2$) で表される。炭素原子間の二重結合は回転できないため、二重結合に対する置換基の空間配置が異なる立体異性体が存在することがある。このような立体異性体を〔イ〕という。〔ア〕の二重結合は、他の原子や原子団と結合しやすく、例えば、エテン(エチレン)は臭素と〔ウ〕反応して無色の化合物^①を生成する。この反応は、臭素の赤褐色が消失することによる脱色を伴うので、不飽和結合の検出に用いることができる。不飽和結合をもつ塩化ビニルは、適当な条件下では、同じ分子同士が次々と〔ウ〕反応を起こして高分子化合物^②になる。プロパン(プロピレン)は分子構造が二重結合に対して対称でないことから、HClが〔ウ〕する場合、2種類の化合物^③が生成する。

〔ア〕を低温でオゾン O_3 と反応させると、 $C=C$ 結合が完全に切れて、オゾニドと呼ばれる不安定な化合物を生成する。オゾニドを亜鉛などの還元剤とともに加水分解すると、アルデヒドまたはケトンを生成する〔式(1)〕。ただし、 R^1 から R^4 は炭化水素基または水素を示す。この一連の反応はオゾン分解とよばれ、〔ア〕の構造決定に利用できる。



化合物 A, B, C は、炭素、水素のみからなる分子量 100 以下の〔ア〕であり、互いに異性体の関係にある。

化合物 A をオゾン分解すると、カルボニル化合物 D と炭素鎖に枝分かれ構造をもたないカルボニル化合物 E が生成した。カルボニル化合物 D にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、^④特有のにおいをもつ黄色のヨードホルムを生成した。また、酢酸カルシウムを乾留(熱分解)する^⑤とカルボニル化合物 D が得られた。一方、カルボニル化合物 E にアンモニア性硝酸銀水溶液を加えて、穏やかに加熱すると器壁に銀が付着して鏡のようになった。また、カルボニル化合物 E について、元素分析を行ったところ、各元素の質量百分率は炭素 66.7 %、水素 11.1 %、酸素 22.2 % であった。

化合物 B, C についてもオゾン分解すると、式(2)と(3)のように化合物 B, C は、ともに 2 つのカルボニル化合物を生成した。生成した 2 つのカルボニル化合物の一方は、いずれもカルボニル化合物 D であった。また、化合物 B から得られた 2 つのカルボニル化合物 D と F は、両者ともにアンモニア性硝酸銀水溶液を加えて穏やかに加熱しても、器壁は鏡のようにはならなかった。



問 1 〔 〕内のアからウにあてはまる適切な語を入れよ。

問 2 下線①から③の化合物の構造式を記せ。なお、下線③については 2 種類の化合物の構造式を記せ。

問 3 カルボニル化合物 E の組成式を求めよ。計算の過程も示せ。

問 4 カルボニル化合物 D と E の構造式を記せ。

問 5 下線④と⑤の反応を化学反応式で記せ。

問 6 化合物 A, B, C にあてはまる構造式を記せ。

2

(I), (II)の各問い合わせに答えよ。

(I) 物質の構成粒子である原子、分子、イオンが規則正しく配列してできた固体を結晶という。結晶は構成している粒子間の結合の違いにより、表1のように分類される。

表1 結晶の分類

| 結晶の分類 | 結合力(結合の種類) | 一般的性質 | 物 質 例 |
|-------|------------|-------|-----------------|
| 分類 A | ア | オ | マグネシウム、アルミニウム |
| 分類 B | イ | カ | 塩化ナトリウム、炭酸ナトリウム |
| 分類 C | ウ | キ | 二酸化ケイ素、ダイヤモンド |
| 分類 D | エ | ク | 二酸化炭素、ヨウ素 |

問 1 表1中のアからエに入る最も適切な語を記せ。

問 2 表1中のオからクに入る一般的な性質として正しい組み合わせを、次の(a)から(d)の選択肢の中からすべて選び、記号で答えよ。

- (a) オ —— 熱や電気の良導体である。
- (b) カ —— 常温で結晶の状態で電気を通す。
- (c) キ —— 融点が非常に高い。
- (d) ク —— 升華するものもある。

問 3 マグネシウムとアルミニウムについての記述として、次の(a)から(d)の選択肢の中から正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- (a) マグネシウムの水酸化物は水に溶けやすい。
- (b) マグネシウムは炎色反応を示さない。
- (c) 硫酸アルミニウムと硫酸カリウムからミョウバンの結晶が作られる。
- (d) マグネシウムもアルミニウムも合金の材料として用いられている。

問 4 黒鉛の結晶についての記述として、次の(a)から(d)の選択肢の中から正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- (a) 表1中の分類Aに分類される。
- (b) 電気を通す。
- (c) ある炭素原子に最も近接している原子の個数は4である。
- (d) 平面層状構造をとる。

(II) 炭酸ナトリウムをお湯に大量に溶かし、徐々に冷やして 20 °C に保ったところ、無色透明の結晶が析出した。この炭酸ナトリウムの結晶は十水和物である。この結晶を乾燥した空気中に放置すると水和水の一部を失い、白色の粉末状態になり、一水和物になった。

問 1 水和水を失い粉末になるこのような現象の名称を記せ。

問 2 得られた純粹な炭酸ナトリウム一水和物を用いて、100 mL の 0.200 mol/L 炭酸ナトリウム水溶液をつくるために必要な炭酸ナトリウム一水和物の質量を求めよ。答えは有効数字 3 桁で求めよ。なお、水に溶かす前に一水和物以外の水和物や無水物は含まれないものとする。

問 3 問 2 でつくった水溶液の密度を 1.06 g/mL として、この水溶液の質量パーセント濃度を求めよ。計算の過程を示し、答えは有効数字 3 桁で求めよ。

問 4 表 2 は、炭酸ナトリウムの溶解度(水 100 g 当たりに溶けている炭酸ナトリウムの無水物の質量)を実際に測定して得られた結果である。炭酸ナトリウムの溶解度曲線を解答欄に作図せよ。なお、各点を線で結ぶこと。

表 2 炭酸ナトリウムの溶解度

| 温度 [°C] | 0 | 5 | 10 | 20 | 25 | 30 |
|-----------------|---|---|----|----|----|----|
| 溶解度 [g/100 g 水] | 7 | 9 | 12 | 22 | 29 | 40 |

問 5 作図した溶解度曲線から、15 °C での溶解度を読み取り、整数で答えよ。

問 6 得られた純粋な炭酸ナトリウム一水和物を再び 15 °C の水 100 g に溶かして飽和水溶液をつくるのに必要な炭酸ナトリウム一水和物の質量を、問 5 で解答した値を用いて求めよ。計算の過程を示し、答えは整数で求めよ。なお、水に溶かす前に一水和物以外の水和物や無水物は含まれないものとする。

3

以下の文章を読み、各問い合わせよ。

酸化還元反応にともなって放出されるエネルギーを、電気エネルギーにして取り出す装置のことを電池と呼ぶ。電池の構成は、負極 | 電解質 | 正極と書く。

問 1 $(-) \text{Zn} | \text{ZnSO}_4\text{aq} | \text{CuSO}_4\text{aq} | \text{Cu}(+)$ の電池では、電解質水溶液が素焼き板によって ZnSO_4aq と CuSO_4aq の二つに分けられている。

- (1) この電池において、負極、正極で起こる反応を、それぞれ電子 e^- を用いたイオン反応式で答えよ。
- (2) 酸化反応が起こるのはどちらの極か答えよ。

問 2 問 1 の電池の負極活物質である Zn を別の金属に変えて、起電力を増加させたい。負極活物質の候補として、まずは、 Li , K , Ca , Na , Mg , Al が挙げられた。

- (1) これらの金属が候補として挙げられた理由を説明せよ。
- (2) $(-) \text{Mg} | \text{MgSO}_4\text{aq} | \text{CuSO}_4\text{aq} | \text{Cu}(+)$ の電池は動作するが、 $(-) \text{Li} | \text{Li}_2\text{SO}_4\text{aq} | \text{CuSO}_4\text{aq} | \text{Cu}(+)$ の電池は作製できない。その理由を説明せよ。

問 3 問 1 の電池における素焼き板を、ガラスの板に変えた装置を新たに作製した。この装置は電池として動作するか。問 1 の電池と比較して、理由とともに答えよ。

問 4 $(-) \text{Pb} | \text{H}_2\text{SO}_4\text{aq} | \text{PbO}_2(+)$ の電池を放電させると、両極ともに同じ物質で覆われてくる。

- (1) 放電させると両極を覆う物質の組成式を答えよ。
- (2) 負極、正極で起こる反応を、それぞれ電子 e^- を用いたイオン反応式で答えよ。

問 5 問 4 の電池を放電させたとき、両極の質量は合計で 160 mg 変化した。このとき回路を流れた電気量は何 C か。計算の過程を示し、答えは有効数字 3 術で求めよ。

問 6 問 4 の電池における電解質水溶液を、質量パーセント濃度 30.0 %、密度 1.25 g/cm³ の希硫酸 1.00 L とした。放電によって、回路を 0.500 mol の電子が流れたとする。

- (1) 放電後の電解質水溶液中に含まれる H₂SO₄ の質量は何 g か。計算の過程を示し、答えは有効数字 3 術で求めよ。
- (2) 放電後の電解質水溶液の質量は何 g か。計算の過程を示し、答えは有効数字 3 術で求めよ。ただし、放電の過程における電解質水溶液の体積変化は無視できるものとする。

問 7 水素の燃焼反応で得られるエネルギーを利用する電池を、水素-酸素燃料電池と呼ぶ。

- (1) 電解質として H₃PO₄ を用いた燃料電池において、発電するときに負極、正極で起こる反応を、それぞれ電子 e⁻ を用いたイオン反応式で答えよ。
- (2) 3.86 × 10³ C の電気量を得るために消費される水素は、標準状態で何 mL か。計算の過程を示し、答えは有効数字 3 術で求めよ。

4

[I], [II]の各問い合わせよ。

[I] 以下の文章を読み、各問い合わせよ。

单糖類はアルデヒド基またはケトン基を有するため、それらの水溶液にフェーリング液を加えて加熱すると赤褐色沈殿を生じる性質がある。2つの单糖が^①縮合した二糖類のうち、特にサトウキビなどに多く含まれるAはこの沈殿を生じない。^②Aの水溶液に少量の濃硫酸を加えて加熱すると单糖であるBおよびグルコースが生じる。一方、①の沈殿を生じる二糖類には水あめの主成分であるCなどがある。多数の单糖が縮合重合してできた多糖類には、自然界に最も多量に存在し植物細胞壁の主要成分であるDや、特に動物の肝臓や筋肉に存在しているEなどがある。これらはいずれもグルコースのみから構成されている。

問 1 文中のAからEにあてはまる糖の名前を記せ。

問 2 下線①の沈殿の物質名と分子式を記せ。

問 3 下線②の糖どうしの縮合により生じた結合は特に何結合と呼ばれるか記せ。

問 4 グルコースがアルコール発酵されるときの化学反応式を記せ。

問 5 Dの648gが酸加水分解によりすべて单糖に分解されたと仮定する。このとき得られた单糖をすべてアルコール発酵させると何gのエタノールが得られるか。計算の過程を示し、答えは有効数字3桁で求めよ。

[II] 以下の文章を読み、各問い合わせに答えよ。

タンパク質は約20種類の α -アミノ酸が多数縮合した高分子化合物である。^① α -アミノ酸は H^+ を放出する〔ア〕基と H^+ を受け取る〔イ〕基を有しているので、その溶液のpHによって陽イオンとしても陰イオンとしても挙動する。このような性質をもったイオンを〔ウ〕という。このとき正と負の電荷の総和が0になるときの溶液のpHを〔エ〕という。さて、〔エ〕がそれぞれ6.0, 9.7, 3.2, および7.6であるアラニン, リシン, グルタミン酸, およびヒスチジンの各アミノ酸を混合した溶液がある。^②これをpH 7.0の緩衝液で湿らせたろ紙上に塗布し、10分間電気泳動を行った。電気泳動後、^③検出試薬を噴霧しドライヤーで加熱したところ、図1のような結果を得た。

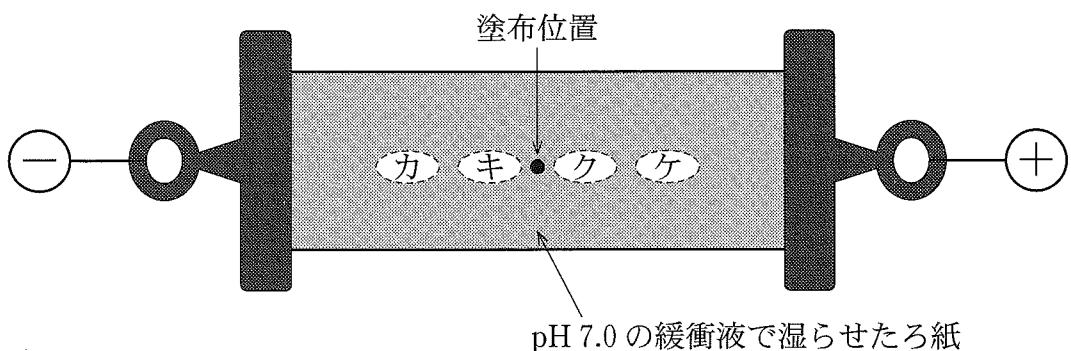


図 1

問 1 []内のアからエにあてはまる語を記せ。

問 2 下線①の構造式を記せ。ただし側鎖(置換基)はRで表すこと。

問 3 下線②について、図1のアからケの位置に泳動されると考えられるアミノ酸を文中から選び、それぞれの名前を記せ。

問 4 下線③として最も適切なものを次の(a)から(d)の選択肢の中から選び、記号で記せ。

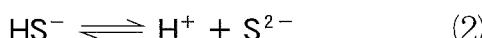
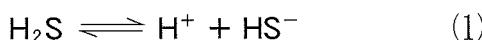
- (a) 濃硝酸
- (b) アルカリ性硫酸銅(II)水溶液
- (c) ニンヒドリン水溶液
- (d) アルカリ性酢酸鉛(II)水溶液

5 硫黄に関する以下の文章を読み、各問い合わせよ。

硫黄の単体として主に3種類の〔ア〕が知られており、常温では環状の分子である〔イ〕が安定に存在している。硫黄を燃焼させて得られる二酸化硫黄を酸化バナジウム(V)触媒のもとで空気酸化すると〔ウ〕が得られる。〔ウ〕を濃硫酸に吸収させて〔エ〕とし、これに希硫酸を加えて濃硫酸にしている。このような硫酸の工業的製法を〔オ〕という。

濃硫酸の沸点は約300℃と高く、气体になりにくいため、揮発性の酸の生成に用いられる。例えば、塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて加熱すると塩化水素が生成するが、このとき塩化水素は揮発性、濃硫酸は不揮発性のため、塩化水素のみを气体として取り出すことができる。また、濃硫酸はヒドロキシ基をもつ有機化合物から、HとOHを脱離させる〔カ〕作用があるため、例えばグルコースに濃硫酸を加えると、炭素が遊離して黒くなる。なお、濃硫酸の水への〔キ〕熱は極めて大きいので、濃硫酸に水を注ぐと容器から硫酸が飛び散る危険がある。そこで濃硫酸を薄めるときには、水に濃硫酸を少しずつ加えていく必要がある。このようにして得られる希硫酸は亜鉛や鉄などの金属と反応して〔ク〕を発生する。

二酸化硫黄は、実験室では亜硫酸ナトリウムに希硫酸を加えるか、銅に熱濃硫酸を加えることで得られる。二酸化硫黄は亜硫酸ガスとも呼ばれる刺激臭がする有毒な气体であるが、紙や纖維などの漂白剤として用いられている。硫化水素は腐卵臭のする有毒气体で、実験室では硫化鉄(II)に希硫酸を加えて発生させる。硫化水素は水に溶けると式(1)および(2)にしたがって2段階で電離し、弱酸性を示す。



式(1)、(2)の電離定数 K_1 、 K_2 はそれぞれ $1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ 、 $4.0 \times 10^{-13} \text{ mol/L}$ である。式(2)で得られる硫化物イオン S^{2-} は多くの金属イオンと反応して硫化物の沈殿を生成することが知られており、例えば中性や塩基性溶液中で亜鉛イオンと反応すると、〔ケ〕色の硫化亜鉛が沈殿する。

問 1 []内のアからケにあてはまる適切な語を入れよ。

問 2 下線①から④に関わる反応を化学反応式で答えよ。

問 3 硫化水素が溶解している水溶液中の $[HS^-]$ を K_1 , $[H_2S]$, $[H^+]$ を用いて表せ。また, $[S^{2-}]$ を K_2 , $[H_2S]$, $[H^+]$ を用いて表せ。ただし, $[H_2S]$, $[HS^-]$, $[S^{2-}]$, $[H^+]$ は各成分のモル濃度(mol/L)を表すものとする。

問 4 硫化水素は, 常温常圧で水に飽和させると, 水溶液中の濃度は 0.10 mol/L となる。硫化水素飽和水溶液の pH を計算せよ。計算の過程を示し, 答えは有効数字 2 柱で求めよ。ただし, 硫化水素の電離度は 1 に比べて極めて小さいと仮定してよい。また, K_2 は K_1 に比べ無視できるほど小さいので, 式(1)の反応のみを考えればよい。

問 5 0.10 mol/L の硫化水素水溶液を pH = 2.0 としたときの $[S^{2-}]$ を求めよ。
計算の過程を示し, 答えは有効数字 2 柱で求めよ。

問 6 Cu^{2+} と Zn^{2+} の混合水溶液を酸性にして硫化水素を通じると CuS のみが沈殿し, 水溶液を中性や塩基性にすると, 溶液中に残った Zn^{2+} も ZnS として沈殿するようになる。その理由を, 「溶解度積」および「硫化物イオン濃度」という語を用いて説明せよ。なお, 「硫化物イオン濃度」は $[S^{2-}]$ と記載してよい。

6

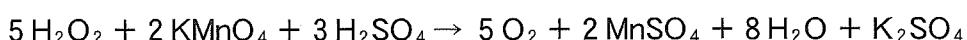
過酸化水素に関する〔I〕, 〔II〕の文章を読み, それぞれ各問いに答えよ。

〔I〕 過酸化水素 H_2O_2 は酸化剤として働くことが多いが, 還元剤として働くこ
① ともある。過酸化水素のもつこののような性質のため, 過酸化水素の水溶液は
殺菌消毒剤などとして使われている。また過酸化水素は不安定で分解しやす
② く, 分解すると酸素が発生する。分解はさまざまな物質によって促進され,
その過程では分子内のO-O 結合が切断されることもある。
③

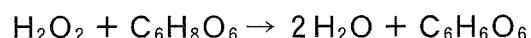
問 1 過酸化水素の電子式を記せ。

問 2 下線①に関して, 以下の 2 つの反応について, それぞれ酸化剤の化学式を記せ。また, 還元される原子の反応前後の酸化数を記せ。

(1) 過酸化水素と過マンガン酸カリウムの硫酸酸性溶液での反応



(2) 過酸化水素とビタミン C(アスコルビン酸, $C_6H_8O_6$)の反応



問 3 下線②の反応について, 化学反応式を記せ。

問 4 下線②の反応について, 過酸化水素 1 mol が分解するときの反応熱を求めよ。計算の過程を示し, 答えは整数で求めよ。ただし, 反応物および生成物は全て気体とする。過酸化水素(気体)の生成熱を 136 kJ/mol とし, H_2 (気), O_2 (気), $O-H$ の結合エネルギーを, それぞれ 436 kJ/mol, 498 kJ/mol, 463 kJ/mol とする。 H_2O_2 と H_2O で $O-H$ の結合エネルギーは変わらないものとする。

問 5 下線③に関して, 過酸化水素の $O-O$ 結合の結合エネルギーを求めよ。計算の過程を示し, 答えは整数で求めよ。なお, 計算に必要なエネルギーは問 4 で与えられた値を用いること。

(II) 過酸化水素分解の反応速度について調べるために、次のような実験を行った。温度を一定に保った環境で、3.0 % の過酸化水素水溶液 10.0 mL にさまざまな物質を加えた。温度、および加える物質とその量や状態については、表 1 に示す 7 つの条件を用いた。発生した酸素の体積を一定時間ごとに測定することによって、それぞれの条件で酸素の発生速度 v_{O_2} [mol/s] および過酸化水素の分解速度 $v_{H_2O_2}$ [mol/(L·s)] を求めた。実験の結果、過酸化水素の分解速度は過酸化水素の濃度に比例することが分かり、それぞれの条件における過酸化水素分解反応の速度定数 k [s⁻¹] を求めることができた。

表 1 温度、および加える物質とその量や状態に関する条件

| 条件 | 温度(°C) | 加える物質とその量や状態 |
|----|--------|-----------------------------|
| 1 | 35 | なし |
| 2 | 80 | なし |
| 3 | 35 | 酸化マンガン(IV) の粉末 0.2 g |
| 4 | 80 | 酸化マンガン(IV) の粉末 0.2 g |
| 5 | 35 | 1 cm 程度の塊状の酸化マンガン(IV) 0.2 g |
| 6 | 35 | 酵素カタラーゼが含まれた肝臓片 1 g |
| 7 | 80 | 酵素カタラーゼが含まれた肝臓片 1 g |

問 1 過酸化水素の分解速度 $v_{H_2O_2}$ [mol/(L·s)] を、酸素の発生速度 v_{O_2} [mol/s] を用いた式で表せ。ただし、過酸化水素水溶液の体積は反応の前後で変わらないものとする。

問 2 酸素の発生速度 v_{O_2} [mol/s] を、過酸化水素分解反応の速度定数 k [s⁻¹] と過酸化水素水溶液のモル濃度 $[H_2O_2]$ [mol/L] を用いた式で表せ。

問 3 温度や加える物質とその量や状態についての条件を、以下の(a)から(f)のように変更した場合に、それぞれ過酸化水素分解の反応速度がどのように変化するか調べた。条件の番号は表1で用いたものと同じである。

| | 変更前 | 変更後 |
|-----|------|--------|
| (a) | 条件 1 | → 条件 2 |
| (b) | 条件 1 | → 条件 3 |
| (c) | 条件 3 | → 条件 4 |
| (d) | 条件 3 | → 条件 5 |
| (e) | 条件 1 | → 条件 6 |
| (f) | 条件 4 | → 条件 7 |

- (1) (a)から(f)の中から、条件の変更によって、反応の速度定数が大きくなるものをすべて選べ。
- (2) (a)から(f)の中から、条件の変更によって、反応物が活性化状態になるために必要な最小のエネルギーが小さくなるものをすべて選べ。

生 物

1

次の文章を読み、問(1)～(5)に答えよ。

タンパク質はアミノ酸が多数結合したものであり、遺伝子の情報をもとにつくられる。まずDNAの塩基配列情報がmRNAの配列に写し取られ、次にmRNA^Aの塩基配列情報をもとにタンパク質がつくられる。前者の過程を(①)，後者を(②)とよび、遺伝情報がDNA→RNA→タンパク質へと一方向に流れる原則を(③)とよぶ。

合成されたタンパク質は生体においてさまざまな働きをしている。例えば、細胞間の情報伝達にもタンパク質がかかわっている。細胞膜か細胞内に存在し、特定の情報を受け取るタンパク質は(④)とよばれる。(④)にはさまざまなものがあり、ホルモン、神経伝達物質などの情報伝達物質が(④)と結合することで情報が伝わる。細胞膜に存在する(④)は以下の3つの型に大別される。(⑤)型では、情報伝達物質が結合すると構造が変化して特定のイオンが通過できるようになり、それが引き金となってその後の応答が起こる。酵素型では、情報伝達物質が結合すると活性化して、タンパク質のリン酸化を促進する酵素などとして働き細胞内に情報が伝えられる。GDP(グアノシン二リン酸)やGTP(グアノシン三リン酸)に結合するタンパク質は(⑥)と総称されるが、(⑥)共役型では、情報伝達物質が結合すると(⑥)に結合していたGDPがGTPに入れかわり、その後の応答が引き起こされる。細胞膜に存在する^B(④)で受け取られた情報は、通常、細胞内の情報伝達系を通じて増幅される。

問(1) 文章中の空欄(①)～(⑥)に当てはまる語句を答えよ。なお、同じ番号は繰り返し使用されていることを示す。

問(2) 以下の(a)～(e)は下線部Aの過程について順に説明したものである。文章中の空欄(⑦)～(⑩)に当てはまる語句を答えよ。なお、同じ番号は繰り返し使用されていることを示す。

- (a) 核でつくられた mRNA は核膜孔から出て細胞質に移動し、mRNA に(⑦)が付着する。
- (b) mRNA の(⑧)に対応するアミノ酸を結合した tRNA が、(⑨)の部分で mRNA の(⑧)と結合する。
- (c) tRNA によって運ばれたアミノ酸は、合成中のタンパク質の末尾のアミノ酸と(⑩)結合によってつなげられる。
- (d) (⑦)と mRNA の位置が 3 塩基分ずれ、アミノ酸の外れた tRNA は mRNA から離れる。
- (e) 上記(b)～(d)の過程が繰り返されることにより、アミノ酸が連結されてタンパク質が合成される。

問(3) タンパク質の一次構造について、句読点を含めて 10 字以内で説明せよ。
また、タンパク質の二次構造、三次構造、四次構造について、それぞれ句読点を含めて 30 字以内で説明せよ。

問(4) タンパク質の立体構造はその機能と密接な関係をもっている。タンパク質が正しく折りたたまれるように補助をする一群のタンパク質を何というか答えよ。

問(5) 下線部Bに関して、cAMP(サイクリックアデノシン一リン酸)のように、細胞外の情報伝達物質とは別の物質で、細胞内における情報伝達を担っている物質を何というか答えよ。

2

血液と免疫系に関する次の問(1)~(6)に答えよ。

問(1) 以下の文章の空欄(①)~(⑥)に当てはまる語句を答えよ。

ヒトの血液は血球と血しょうで構成されている。血球は骨髄の(①)細胞からつくられる。リンパ球の分化・成熟の場である骨髄や胸腺は一次リンパ器官、ひ臓や(②)は二次リンパ器官と呼ばれる。血液中に存在する血小板は血液凝固に関係する。血小板に含まれる 12 種類の血液凝固因子と(③)イオンの働きにより血しょう中に(④)という酵素がつくられ、血しょう中の(⑤)が纖維状の(⑥)に変化する。

問(2) 脊椎動物の個体発生において、原腸胚期に形成される 3 つの胚葉から、発生の進行とともにさまざまな細胞や器官が形成される。血管と血球はそれぞれ 3 つの胚葉のいずれから分化するか、胚葉の名称を答えよ。

問(3) ヒトの主要組織適合性複合体(MHC)はヒト白血球抗原(HLA)と呼ばれ、これをコードする遺伝子には多数の対立遺伝子が存在するため、血縁関係のない他人と HLA の型が一致する確率は非常に低い。親または兄弟姉妹から骨髄移植を受けようとする場合、HLA の型が一致する確率(%)をそれぞれ答えよ。

ただし両親の HLA 遺伝子がヘテロ接合で、対立遺伝子のすべてが大きく異なるものとする。また兄弟姉妹が一卵性双生児の場合を除く。

問(4) 通常、免疫系は自己の成分を異物と認識して攻撃することはない。このような免疫寛容が成立する過程において、胸腺ではどのようなことが行われているのか、簡単に説明せよ。

問(5) 病原微生物など多様な抗原に対応するため、体の中には膨大な種類のB細胞が存在しているが、1個のB細胞は1種類の抗体しか產生することができない。体内に侵入したある抗原に対して、B細胞が特異的な抗体を產生するようになる過程について、下記の語群を用いて説明せよ。

形質細胞 ヘルパーT細胞 樹状細胞

問(6) ヒトのABO式血液型は赤血球表面の血液型抗原(A糖鎖、B糖鎖)の違いに基づくもので、輸血の際の適合判定に用いられる。ヒトの腸内にはヒトの血液型抗原と同一か極めて類似した糖鎖抗原をもつ腸内細菌が存在することにより、それらに対する抗体がその人の血液型に応じて自然につくられている。下記の(a)~(d)に示した組み合わせで混合実験を行った場合、抗原抗体反応が起こる場合は+、起こらない場合は-の記号を解答欄に記せ。

- (a) A型の赤血球とO型の人の血しょう
- (b) O型の赤血球とB型の人の血しょう
- (c) AB型の赤血球とO型の人の血しょう
- (d) B型の赤血球とAB型の人の血しょう

3

生物の体内環境の調節に関する次の文章を読み、問(1)～(4)に答えよ。

A 生物の外部環境はさまざまに変化する。その際、諸器官が連携してはたらくことにより、体内環境の状態を一定の範囲に維持している。自律神経系と内分泌系B Cは、変化する外部環境の情報を受け取り、体内環境の恒常性を維持している。

問(1) 下線部Aに関する以下の文章を読み、設問(a)および(b)に答えよ。

寒冷環境下で体温が低下すると、ヒトなどの恒温動物では、間脳の(①)にある体温調節中枢から(②)を通して立毛筋や皮膚の毛細血管が(③)し、放熱量が(④)する。また、甲状腺や副腎髄質から分泌されるホルモンにより、熱の産生量が増加する。その結果体温が上昇する。

(a) 文章中の空欄(①)～(④)に入る語の組合せとして最も適当なものを、下の表のア～クのうちから一つ選べ。

| | ① | ② | ③ | ④ |
|---|------|-------|----|----|
| ア | 脳下垂体 | 交感神経 | 拡張 | 減少 |
| イ | 脳下垂体 | 交感神経 | 収縮 | 増加 |
| ウ | 脳下垂体 | 副交感神経 | 拡張 | 増加 |
| エ | 脳下垂体 | 副交感神経 | 収縮 | 減少 |
| オ | 視床下部 | 交感神経 | 拡張 | 増加 |
| カ | 視床下部 | 交感神経 | 収縮 | 減少 |
| キ | 視床下部 | 副交感神経 | 拡張 | 減少 |
| ク | 視床下部 | 副交感神経 | 収縮 | 増加 |

(b) 二重下線部のホルモン名をそれぞれ答えよ。

問(2) 下線部Bに関する以下の文章を読み、設問(a)～(c)に答えよ。

ヒトの中枢神経系は(①)とそれに続く(②)からなる。(②)の内側には灰白質が外側には白質がみられる。末梢神経系には、運動と感覺に関係する(③)神経系と内臓や血管平滑筋、心筋、腺などを支配する自律神経系がある。自律神経系には交感神経と副交感神経があり、互いに(④)的に作用し、体温調節、循環、呼吸、消化、分泌などのからだの基本的なはたらきを調節している。

(a) 文章中の空欄(①)～(④)に当てはまる語句を答えよ。なお、同じ番号は繰り返し使用されていることを示す。

(b) 自律神経系の特徴で副交感神経に当てはまる記述をすべて選び、記号で答えよ。

- ア. 神経の末端からアセチルコリンが分泌される。
- イ. 中脳や延髄、脊髄の下部から出て、内臓や分泌腺に分布している。
- ウ. 気管支を拡張させる。
- エ. 汗腺には促進的にはたらく。
- オ. 瞳孔を収縮させる。

(c) 二重下線部の循環調節に対する自律神経系のはたらきについて、運動を行った時を例に、句読点を含めて90字以内で説明せよ。

問(3) 下線部Cに関して、以下の(a)および(b)に当てはまる語句を答えよ。

- (a) 内分泌腺から分泌されるホルモンが作用してそのはたらきが調節される
器官
- (b) 下垂体前葉ホルモンの分泌量を調節するしくみ

問(4) 以下の1～5のホルモンに関連する記述をア～カからそれぞれ一つ選び、
記号で答えよ。

1. パラトルモン 2. バソプレシン 3. グルカゴン
4. 糖質コルチコイド 5. インスリン

ア. すい臓のランゲルハンス島A細胞から分泌され、グリコーゲンの分解
を促進する。

イ. 血液中のカルシウムイオン濃度により分泌が調節される。

ウ. 視床下部の神経分泌細胞で產生され、下垂体後葉に分泌される抗利尿ホ
ルモンで、体液浸透圧の調節に関わる。

エ. 副腎皮質で分泌され、血糖濃度を上昇させる。

オ. 体液量の増加で分泌量が増し、集合管での再吸収を抑制することにより
尿量が増加する。

カ. I型糖尿病患者では、ほとんど分泌されないため、治療にはこのホルモ
ンの投与が不可欠である。

4

生物の系統に関する次の文と系統関係を模式的に表した次の図について、以下の間に答えよ。なお、図では①～⑥の下に各系統群の代表的な種または生物群を示してある。

ホイッタカーは、生物が5つの界からなると提唱した。それは、核膜や細胞小器官のない原始的なくA界>から、<B界>～<E界>に所属する4界の生物が進化したという考え方である。一方、ウーズらはrRNAの塩基配列データから、全ての生物が3つのグループからなることを見いだした。すなわち、<B界>～<E界>の生物が【X】として系統樹上で1群にまとまるのに対し、<A界>の生物は2つの大きな系統群に分かれるということを発見したのである。後者の2群については、大腸菌のような比較的なじみ深い生物を含む系統群を【Y】、超好熱菌のような極限環境に生息する生物を含む系統群を【Z】とそれぞれ名付けた。このように全生物を、【X】～【Z】のように界よりさらに上位の分類階級である3つの【V】に分ける説をウーズらは提唱した。その後の研究から、【X】は系統的に【Y】よりも【Z】に近縁であることが判明している。【X】に所属する多細胞生物のうち、従属栄養生物である<B界>や独立栄養生物の<C界>は2界説の時代から認識されてきた生物群である。<D界>の生物は形態的特徴から<C界>的一群と見なされていたこともあるが、系統的には<B界>に近縁であることが判明している。<E界>はおもに単細胞生物で構成されるが、祖先が異なる多様な系統群を含んでおり、今後の検討が必要である。以上のように38～40億年前に誕生した生物は、長い時間をかけ多様な生物群へと進化し、
A
多数の種へと分かれてきた。現在では約175万種の生物が把握されており、形態やDNAの塩基配列データを基に分類されている。
B

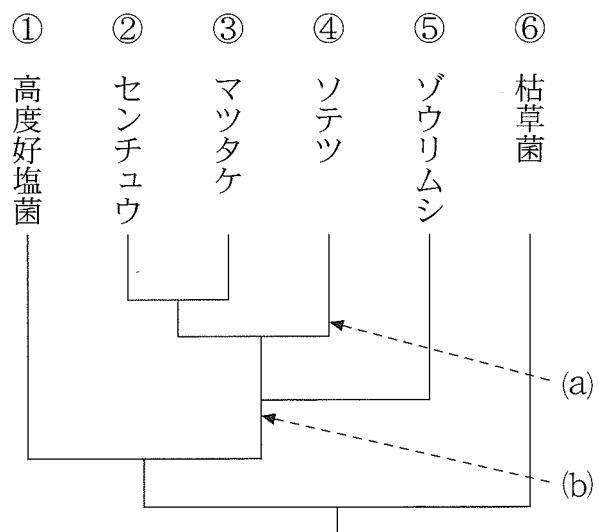


図 生物の系統関係

問(1) A～E に当てはまる用語を答えよ。

問(2) X, Y, Z, V に当てはまる用語を答えよ。

問(3) B～E および Y, Z が所属する系統樹上の位置を、図の①～⑥の中から選び記号で答えよ。

問(4) 次の生物が所属する系統樹上の位置を、図の①～⑥の中から選び記号で答えよ。

ア. コウジカビ

イ. 変形菌

ウ. メタン菌

エ. 乳酸菌

オ. ゼニゴケ

問(5) 図のうち(a)と(b)の矢印は、細胞内共生によりある生物が【X】のある細胞小器官になったことを示している。(a), (b)の生物名およびそれぞれがなった細胞小器官について、正しいものをア～エから選び記号で答えよ。

- ア. (a) 好気性細菌→ミトコンドリア
(b) シアノバクテリア→葉緑体
- イ. (a) 好気性細菌→葉緑体
(b) シアノバクテリア→ミトコンドリア
- ウ. (a) シアノバクテリア→ミトコンドリア
(b) 好気性細菌→葉緑体
- エ. (a) シアノバクテリア→葉緑体
(b) 好気性細菌→ミトコンドリア

問(6) < B 界 > および < C 界 > の生物に関する i～iv の出来事がおこった地質時代を、ア～サから選び記号で答えよ。

i. 四肢の獲得 ii. 胎生の獲得 iii. 子房の獲得 iv. 維管束の獲得

- | | | | |
|-----------|---------|---------|--------|
| ア. オルドビス紀 | イ. シルル紀 | ウ. デボン紀 | エ. 石炭紀 |
| オ. ペルム紀 | カ. 三疊紀 | キ. ジュラ紀 | ク. 白亜紀 |
| ケ. 古第三紀 | コ. 新第三紀 | サ. 第四紀 | |

問(7) 下線部 A のように新たな生物種が生じる要因として、ある生物種が複数の集団に隔離され、集団ごとに遺伝子構成が変化し、やがて異なる集団の個体間で交配できなくなることが考えられる。あるいはその集団が地理的に隔てられなかった場合でも、生殖に関わる形質の突然変異により、子孫を残せなくなることも考えられる。これらのような状態を何と呼ぶか答えよ。

問(8) 下線部Bの解析から、センチュウとマツタケの祖先は約12億年前に分岐したと推定されている。分子時計として利用できる遺伝子の塩基配列を比較し、両者間で60塩基の違いが見られた場合、1塩基の置換がおこるのに必要となる年数について、以下のア～カから選び記号で答えよ。

- ア. 200万年 イ. 400万年 ウ. 720万年 エ. 2000万年
オ. 4000万年 カ. 7200万年

問(9) 生物を分類する場合、基本単位である種以上については、属、(あ)、目、綱、(い)、界のように整理する。(あ)および(い)に当てはまる分類階級を答えよ。

地 学

1

次の文章を読んで、以下の設問(1)～(5)に答えよ。

地上の物体には重力が働いている。これは(①)と(②)の合力である。(①)はすべての物体間に働く力で、2つの物体の(③)の(④)に比例し、物体間の(⑤)の(⑥)乗に反比例する。一方、(②)は、地球の自転軸からの距離に比例して大きくなる。

地球の形を地球楕円体と仮定した時の(①)と(②)の合力を標準重力とよぶ。地球内部では密度の不均質があるので、重力の測定値は標準重力からずれる。このずれを(⑦)と呼び、密度の分布を推定することに利用されている。

- (1) 文中の(①)～(⑦)に適切な語句または数値を入れよ。
- (2) 地球を半径 R の球と考え、ある点の緯度を θ で表す(図1)。地球の自転軸からの距離が θ とともにどのように変化するか。距離を表す式を書き、概略を図に示せ。
- (3) 地球を密度一様で半径 R の球と考える。同じ密度で半径が2倍になったとすると、地上の物体に働く(①)は何倍になるか。計算の過程も示して答えよ。
- (4) 異なる場所での重力の実測値を比較する場合、ある面上での値に変換する。その面を何と呼ぶか。また、その面は地球の何の形に一致するか。

(5) (4)の「ある面」の説明に関する以下の文章の中で、下線をつけた語句の中に誤りが2つある。誤りの語句と正しい語句を答えよ。

ある面は地球橙円体に対して凹凸をもっている。周囲よりも密度の大きい物質があると、重力はその物質から遠ざかる方向を向く。ある面は重力の方向に直交するので、その物質の上では面は下に凸となる。ある面の地球規模での大規模な凹凸には、マントル内での対流現象も影響している。

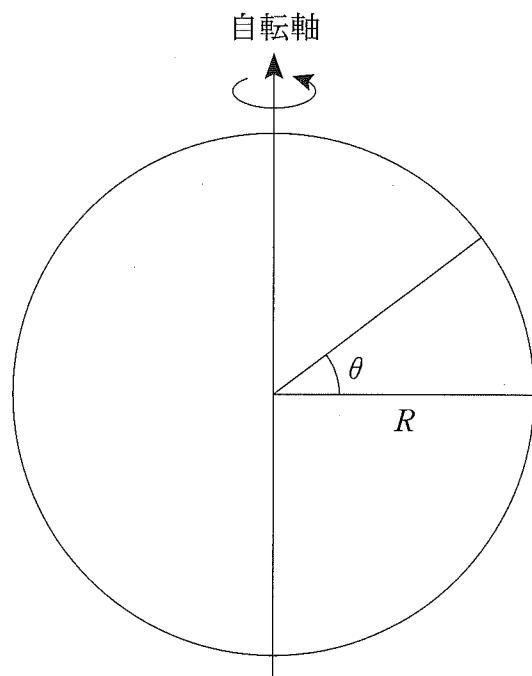


図1 地球の半径と緯度

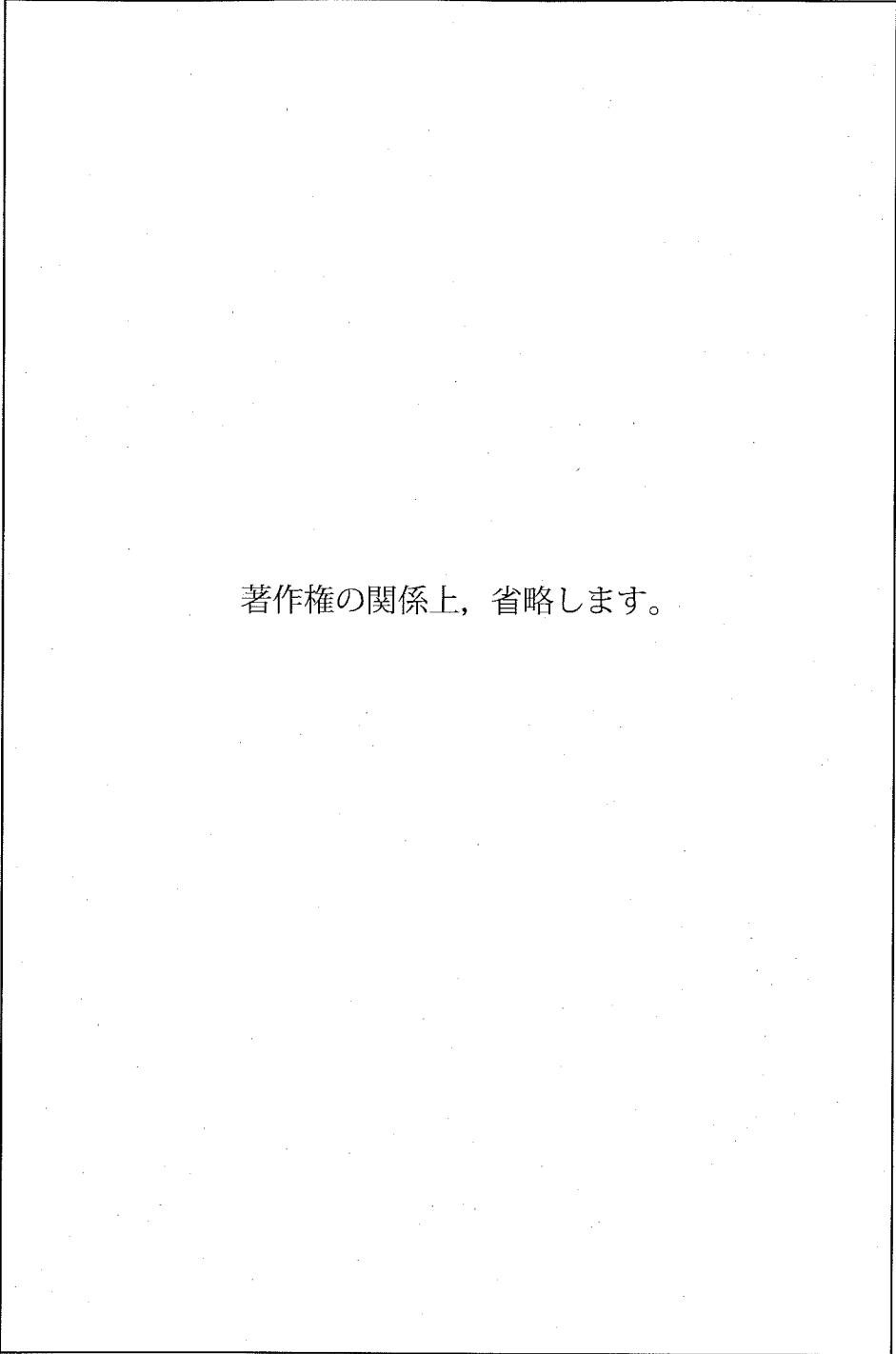
2

次の文章を読んで、以下の設問(1)～(4)に答えよ。

海溝型地震の震源域の多くは海域にあるため、大きな地震動とそれに伴う変動は海域で生じる。このような地震によって、(ア)の末端や大陸斜面上部に堆積している不安定な土砂が(イ)を引き起こすことがある。これをきっかけに、泥、砂、礫などの碎屑粒子を高密度で含み重力によって高速で流れ下る(ウ)が発生する。(ウ)は大陸斜面下部から深海底に再堆積するが、このような堆積物を(エ)という。(エ)には、下方ほど粗粒で上方ほど細粒となる堆積構造を特徴とする(オ)が形成される。

一方、海溝型地震ではしばしば津波が発生する。大きな津波は遡上流となって陸域を遡上し、あるいは内湾に流入して津波堆積物を形成する。2011年東北地方太平洋沖地震の際にも津波によって運ばれた砂や泥が地表を覆い、九十九里海岸の片貝漁港では図1のような津波堆積物が観察された。一般に、過去に発生した津波の年代については、津波堆積物そのものや、その上位や下位の堆積物に含まれる木炭や植物片などの有機物に含まれる放射性同位体の(カ)を利用した年代測定法によって推定することができる。

- (1) (ア)～(カ)に当てはまる語句を答えよ。
- (2) 図1の写真(A)では堆積時に表面に作られる微地形(ベッドフォーム)が見られるが、このような波形のベッドフォームのうち波長が数cm～15cmのものを何というか。
- (3) 図1の写真(B)は、地表面から10cm程度掘り下げた地点(写真(A)の破線部)を撮影したものである。(B)に示された津波堆積物の断面には白っぽい砂層と黒い細粒の泥の層(マッドドレイプ)が交互に繰り返している。このような砂と泥の互層がどのように形成されるかを、粒径と流速による侵食・運搬・堆積の関係図(図2)を参考に説明せよ。なお、図2の曲線Ⅰは徐々に水の流れが速くなつていった時に、静止している碎屑粒子が動きだす流速を示す。曲線Ⅱは流れが遅くなつていった時に、動いている粒子が停止する流速を示す。



著作権の関係上、省略します。

図1 九十九里海岸の片貝漁港で観察された津波堆積物

藤原治ほか「2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波により九十九里海岸中部に形成された堆積物」(第四紀研究)より作成

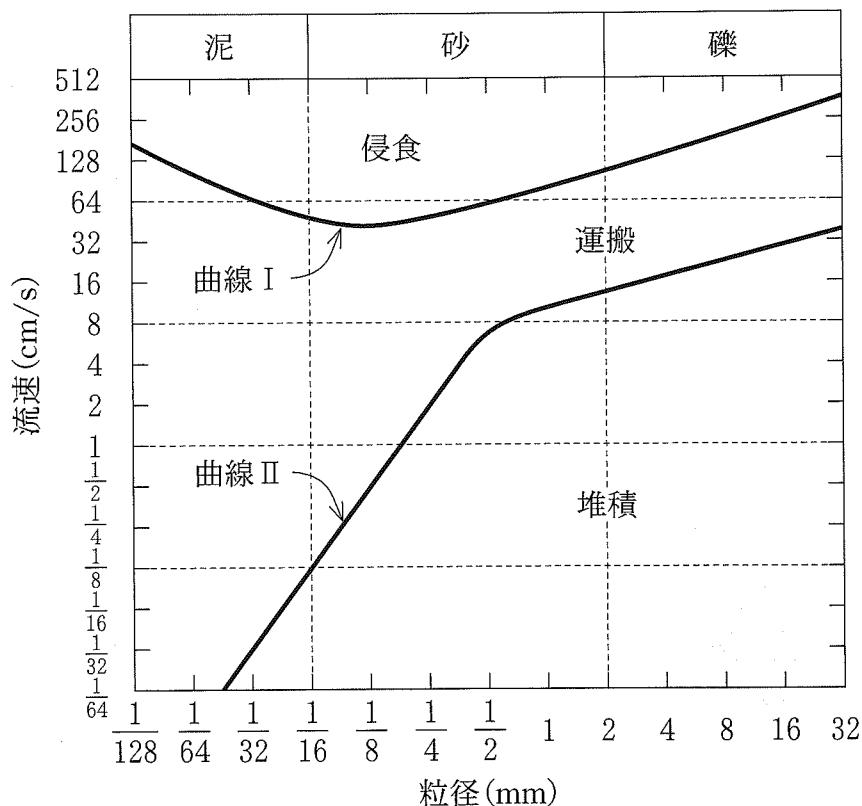


図2 粒径と流速による侵食・運搬・堆積の関係図

(4) 下線部は放射性炭素(^{14}C)を利用した放射年代測定法であるが、その原理について以下のすべての語句を使って説明せよ。

半減期 木片 二酸化炭素 地層

3

次の文章を読んで、以下の設問(1)～(6)に答えよ。

大気と海洋で生じる下記の4つの現象は、波動現象とみることができる。現象の変動が大きくなると、異常気象や災害につながることもある。

- ・中緯度上空では、偏西風と呼ばれる強い西風が吹いている。偏西風の強いところは、冬よりも夏の方が(①)に位置している。偏西風は、時々大きく南北に蛇行することがあり、この現象は偏西風波動と呼ばれる。偏西風波動が持続すると、気温や降水が平年とは異なる状態になることがある。図1は、偏西風波動が北半球で顕著に現れた2010年7月について、(ア)面の高度を平均したものである。
- ・対流圏での空気の塊(空気塊)の運動を考える。今、気温減率が一定の大気中に、水蒸気を含まない仮想的な空気塊があり、断熱的に運動すると仮定する。空気塊を強制的に少し上昇させたとき、高度に対して空気塊の温度が減少する割合は、約(イ)である。上昇した空気塊の温度が、その高さにおける周囲の空気の温度に比べて(②)ときは、この空気塊は下降する。
(A)
- ・海洋表面の波(波浪)の運動の特徴は、波の波長に対する水深の相対的な大きさによって変わる。波の波長よりも水深が十分に大きいときは、波が進むのに伴って海面付近の水が円運動しているだけで、波は海底の影響を受けない。このような条件では、波長が長い波ほど(③)進む。一方、波の波長に対する水深の比が(ウ)よりも小さくなってくると、波は海底の影響を徐々に受け始める。
(B)そのため、沿岸域では場所によって波の高さや向きが大きく変わることがある。
- ・海面の水位は、月や太陽に起因する起潮力によって規則的に変化している。しかし、台風や低気圧が接近・通過するときには、沿岸の水位が大きく上昇し、
(C)浸水被害を引き起こすことがある。また、海流の流路が変化することによっても、沿岸の水位が変化する。たとえば、黒潮を挟んだ沿岸と沖合では、約(エ)の水位差がある。そのため、黒潮の流路の変化により、黒潮起源の水が岸に近づくと、その岸付近の水位は(④)なる。

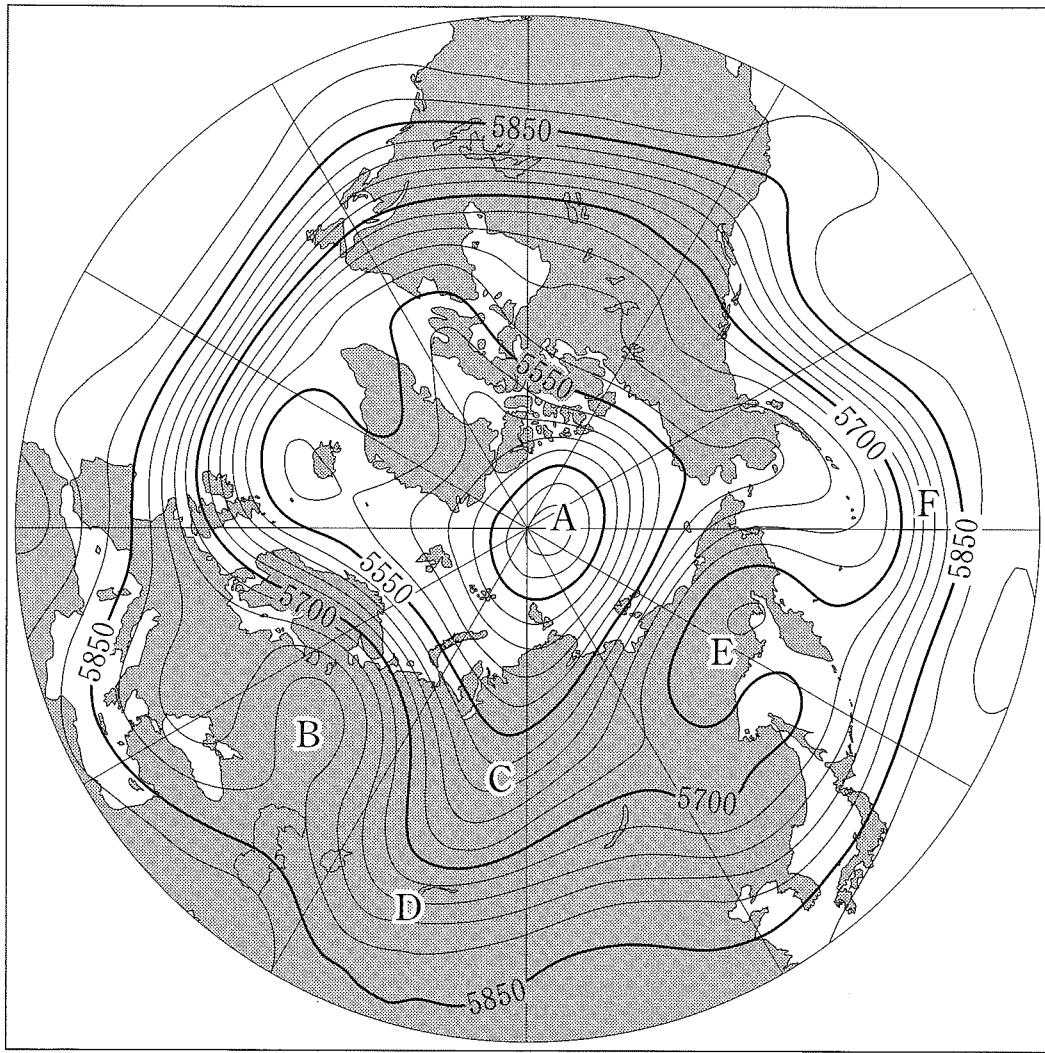


図1 ある等気圧面の高度分布(m)。2010年7月の平均。

(1) (ア)～(エ)に入る数量として、下記のそれぞれの選択肢から、最も適切なものを答えよ。

| | | | |
|------------------|--------------|------------|------------|
| ア : 1000 hPa | 850 hPa | 500 hPa | 300 hPa |
| イ : 0.1 °C/100 m | 0.5 °C/100 m | 1 °C/100 m | 5 °C/100 m |
| ウ : 1 / 2 | 2 | 20 | 200 |
| エ : 0.01 m | 0.1 m | 1 m | 2 m |

(2) (①)～(④)に、下記のそれぞれの選択肢から、適切なものを答えよ。

- | | |
|--------|-----|
| ①：赤道寄り | 極寄り |
| ②：低い | 高い |
| ③：速く | 遅く |
| ④：高く | 低く |

(3) 図1のA～Fの記号が示す地域の中で、対流圏下層の月平均気温が平年より高くなった地域として、適切なものを2つ選び記号で答えよ。

(4) 下線部(A)について、空気塊が下降し始めた後は、どのように運動するか。下記のa～cの中から適切なものを1つ選び記号で答えよ。

- a : 空気塊が最初にあった高度を通過して下向きに加速していく。
- b : 空気塊が最初にあった高度に静止する。
- c : 空気塊が最初にあった高度を通過した後に減速し、やがて上昇し始める。

(5) 下線部(B)について、波の波長に対して水深が十分に小さい海域では、波が進むのに伴って水はどのような運動をするのかを説明せよ。

(6) 下線部(C)について、台風や低気圧が接近・通過するときに、沿岸の水位が大きく上昇する原因を2つ説明せよ。

4

次の文章を読んで、以下の設問(1)～(3)に答えよ。

恒星の明るさは等級を使って表される。5等級の差が明るさの(①)倍に対応している。また、恒星の実際の明るさを比較するには絶対等級を用いる。これは恒星を(②)パーセクの距離においてと仮定したときの等級である。ある恒星の絶対等級を M 、見かけの等級を m とし、その恒星までの距離を d パーセクとすると、これらの間には、

③

の関係式が成り立つ。

恒星が宇宙空間に毎秒放射する光のエネルギーの総量を光度という。光度は、恒星までの距離と見かけの明るさから知ることができ、恒星の半径の(④)乗に(a)、表面温度の(⑤)乗に(b)している。見かけの明るさは恒星までの距離の(⑥)乗に(c)している。また、表面温度 $T[\text{K}]$ は、恒星から最も強く放射される光の波長 $\lambda[\mu\text{m}]$ と

⑦

の関係があるので、光の波長と恒星までの距離、みかけの明るさを測定すれば、その恒星の半径を求めることができる。ただし、 $1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{ m}$ である。

- (1) ①～⑦に入る数値または数式を答えよ。
- (2) (a)～(c)には「比例」または「反比例」のどちらかが入る。それに当てはまるものを答えよ。
- (3) 距離100パーセクのところにある恒星Aについて、放射エネルギーが最大になる波長を測定したところ、 $0.58\mu\text{m}$ であった。また、そのみかけの等級は5等であった。
 - (イ) 恒星Aの絶対等級を求めよ。
 - (ロ) 恒星Aの表面温度を求めよ。
 - (ハ) 太陽の絶対等級を5等級、表面温度を 6000 K とする。恒星Aの半径は太陽半径の何倍か、有効数字2桁で求めよ。必要ならば $1.2^4 \approx 2.0$ と近似してよい。