

ク ラ ス		受験番号	
出席番号		氏 名	

2012年度

第2回 全統記述模試問題

理 科

2012年9月実施

(1科目 60分)

試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開かず、下記の注意事項をよく読むこと。

注 意 事 項

1. 問題冊子は73ページである(物理 1～12ページ, 化学 13～33ページ, 生物 35～55ページ, 地学 57～73ページ)。
2. 解答用紙は別冊になっている。(解答用紙冊子表紙の注意事項を熟読すること。)
3. 本冊子に脱落や印刷不鮮明の箇所及び解答用紙の汚れ等があれば, 試験監督者に申し出ること。
4. I・II選択者とI選択者では一部解答すべき問題が異なる。下表に従って解答すること。

	I・II選択者	I選択者
物 理	123	145
化 学	1234	1256
生 物	1234	1256
地 学	12345	12346

5. 各科目ともにI・II選択者用(1枚)とI選択者用(1枚)の2種類の解答用紙があるので間違えないように解答すること。
6. 試験開始の合図で解答用紙冊子の理科の解答用紙を切り離し, 下段の所定欄に **氏名・在・卒高校名・クラス名・出席番号・受験番号** (受験票の発行を受けている場合のみ) を明確に記入すること。なお, 氏名にはフリガナも必ず記入のこと。
7. 解答には, 必ず黒色鉛筆を使用し, 解答用紙の所定欄に記入すること。解答欄外に記入された解答部分は, 採点対象外となる。
8. 試験終了の合図で上記6.の事項を再度確認し, 試験監督者の指示に従って解答用紙を提出すること。

物 理

(①は必答。Ⅰ・Ⅱの選択者は②, ③を, Ⅰのみの選択者は④, ⑤を選択し, 計3問解答。)

① 【共通問題】 (配点 33点)

図1のように, 密閉容器Ⅰ, Ⅱ内にそれぞれ両端の開いたガラス管 AB および CD を置く。ガラス管 AB には, 自由に移動させることができるピストンが挿入されている。AB の長さは L , CD の長さは $\frac{4}{3}L$ である。それぞれのガラス管の A 端および C 端の近くにはスピーカーが置かれ, これらのスピーカーは同じ発振器に接続されており, 常に同じ振動数の音を出すことができる。また, 容器内にはマイクが設置されており, 共鳴の様子を調べることができるようになっている。はじめ, 2つの容器は同じ空気で満たされている。空気中の音速は一定として, 以下の間に答えよ。

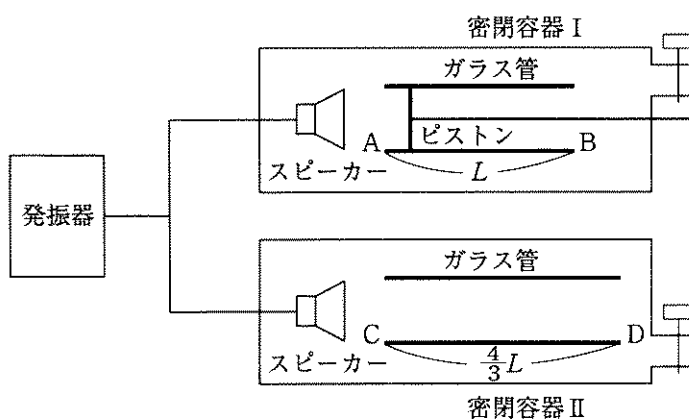


図1

問1 次の文章の空欄(a), (b)には「腹」または「節」を, (c)には正しい数値を, (d)～(f)には正しい数式を入れよ。

容器 I の中で, スピーカーから出す音の振動数やピストンの位置を適当に選ぶと, ガラス管 AB 内の気柱が共鳴して音が大きくなる。このときガラス管 AB 内では, ピストンに向かう音波と, ピストンで固定端反射した音波とが干渉し, 定常波ができています。ピストンの位置は定常波の (a) となる。また, 開口部は (b) となるが, この (b) の位置は管口 (A 端) よりわずかに外側となり, このずれを開口端補正という。

スピーカーから一定の振動数 f の音を出した状態で, ピストンを A 端の位置から B 端に向かってゆっくりと移動させていく。このとき, A 端とピストンとの距離が l_1 となったときに 1 回目の共鳴が, l_2 となったときに 2 回目の共鳴が起こった。2 回目に共鳴が起こったとき, ガラス管内の (a) の数は (c) 個である。また, l_1 , l_2 , f のうち適当なものを用いて, 音波の波長は (d), 開口端補正は (e), 空気中の音速は (f) と表される。

問2 スピーカーから出す音の振動数を f にしたまま, ピストンを B 端に向けてさらに移動させる。次に共鳴したときの A 端とピストンとの距離はいくらか。 l_1 , l_2 を用いて答えよ。ただし, ピストンは B 端に達しないものとする。

問3 A 端からピストンまでの距離を l_2 に固定し, スピーカーから出す音の振動数を f から少しずつ大きくしていく。開口端補正は一定とする。

(a) 次に共鳴するときの振動数はいくらか。 f を用いて答えよ。

(b) 振動数が f から $4f$ となるまでの間に, 共鳴する振動数は f 以外にいくつあるか答えよ。

以下の問では開口端補正は無視できるものとする。

ガラス管 AB 内のピストンを B 端に固定する。スピーカーから出す音の振動数を 0 からしだいに大きくしていくと、密閉容器 I，II 内のガラス管内の気柱が同時に共鳴する振動数がいくつかあった。容器内の空気中の音速を V とする。

問 4 同時に共鳴する最小の振動数を， L ， V を用いて表せ。

問 5 $L=0.75$ [m]， $V=340$ [m/s] とする。スピーカーから出す音の振動数を 0 から 2000 Hz まで変化させるとき，同時に共鳴する振動数はいくつあるか。

密閉容器 II 内をヘリウムガスで満たす。スピーカーから出す音の振動数を 0 から少しずつ大きくしていき，密閉容器 II 内のガラス管 CD がはじめて共鳴した振動数で固定する。このとき，密閉容器 I 内のピストンの位置を調節して共鳴する位置を探したところ，A 端とピストンとの距離が 0.17 m の位置と 0.51 m の位置の 2 か所だけで共鳴した。 $L=0.75$ [m] とする。

問 6 容器 II 内のヘリウムガス中での音速は，容器 I 内の空気中での音速の何倍か。有効数字 2 桁で答えよ。

物理の問題は次のページに続く。

2 【I・II選択者用問題】 (配点 34点)

図1のように、一辺の長さが $2L$ の水平な板の両端に小さな滑車をつけて糸をかけ、糸の両端に質量 M の同じおもりをつるす。また、滑車と滑車の間の糸の midpoint に質量 m の小物体Pを取り付ける。2つの滑車の midpoint を原点Oとし、2つの滑車を結ぶ線分の垂直二等分線を x 軸とする。以下の問に答えよ。ただし、重力加速度の大きさを g とし、糸の質量は無視できるものとする。

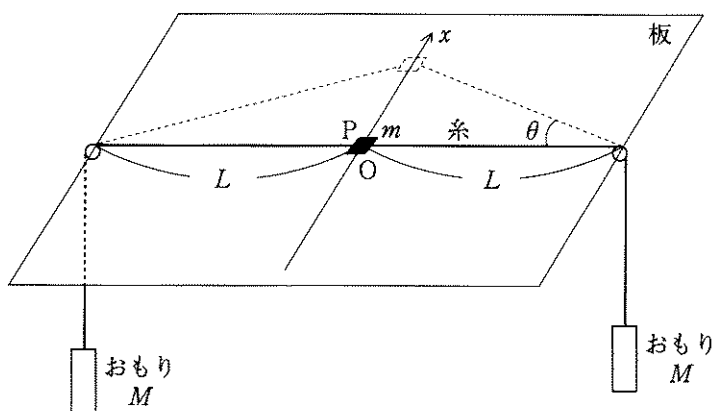


図1

はじめに、小物体Pと板との間に摩擦力がはたらく場合を考える。小物体Pと板との間の静止摩擦係数を μ ($\mu < \frac{2M}{m}$) とする。

小物体Pを x 軸上のある位置に静かに置いたところ、Pは静止したままであった。このとき、2つの滑車を結ぶ線分と糸とのなす角は θ であった。

問1 糸の張力の大きさ F はいくらか。

問2 小物体Pにはたらく糸の張力の合力の x 軸方向の大きさを、 F 、 θ を用いて表せ。

問3 小物体Pが静止できるための $\sin\theta$ の最大値を、 μ 、 M 、 m を用いて表せ。

次に、小物体 P と板との間の摩擦力が無視できる場合を考える。

小物体 P を x 軸上の $x=A$ ($A>0$) の位置で静かに放したところ、P は $-A\leq x\leq A$ の範囲で往復運動をした。以下では、 A は L に比べて十分に小さく ($A\ll L$)、糸につるされたおもりの運動は無視でき、糸の張力は一定としてよいものとする。また、角 θ が小さいときに成り立つ近似式 $\sin\theta\approx\tan\theta$, $\cos\theta\approx 1$ を用いよ。

問 4 小物体 P の位置 x ($-A\leq x\leq A$) での加速度を a (x 軸の正の向きを正とする) として、この位置での小物体 P の運動方程式を、 a , m , M , g , L , x を用いて書け。

問 5 問 4 の運動方程式から小物体 P は単振動をすることがわかる。この単振動の周期を、 m , M , g , L を用いて表せ。ただし、円周率は π とする。

小物体 P を $x=A$ ($A>0$, $A\ll L$) の位置に固定し、原点 O に質量 $2m$ の小物体 Q を置く。小物体 P を静かに放すと、P は小物体 Q と衝突し、その後一体となって x 軸上を運動した。小物体 P, Q と板との間の摩擦力は無視できるものとする。

問 6 衝突直後の一体となった小物体 P, Q の速さは、衝突直前の P の速さの何倍か。

問 7 一体となった小物体 P, Q は単振動をする。

(a) この単振動の周期は、問 5 の単振動の周期の何倍か。

(b) この単振動の振幅は、問 5 の単振動の振幅の何倍か。

③ 【I・II選択者用問題】 (配点 33点)

クーロンの法則の比例定数を k とし、重力の影響は無視できるものとして、以下の問に答えよ。

図1のように、真空中に x - y 座標平面をとり、 y 軸の正の向きに強さ E の一様な電場(電界)をかける。

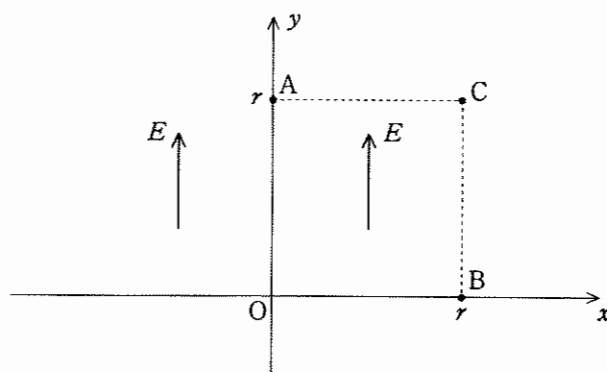


図1

問1 原点 O と点 $A(0, r)$ ($r > 0$) との間の電位差はいくらか。

問2 原点 O で質量 m 、電気量 q ($q > 0$) の荷電粒子 P を静かに放すと、 P は点 A に向かって運動を始めた。この粒子 P が点 A を通過するときの速さはいくらか。答だけでなく、導出過程も示せ。

次に、一様な電場はかけたままにしておき、点 $B(r, 0)$ に点電荷 Q を固定すると、 x - y 平面には一様な電場と点電荷による電場とが合成された電場が生じた。このとき、原点 O での合成電場の向きと x 軸の正の向きとのなす角が 45° となった。

問3 点電荷 Q の電気量はいくらか。符号も含めて答えよ。

問4 点 $C(r, r)$ での電場の強さはいくらか。

問5 原点 O と点 $A(0, r)$ との間の電位差はいくらか。

続いて、一様な電場を取り除き、点電荷 Q を点 $B(r, 0)$ に固定したまま、別の点電荷 R を x 軸上のある点 D (点 B とは異なる) に固定する。点電荷 Q の電気量の大きさ (絶対値) を Q とすると、点電荷 R の電気量の大きさ (絶対値) は aQ (a は正の定数) である。以下の問において、電位の基準を無限遠とする。

問6 x - y 平面上で電位が 0 となる点を X とする (無限遠は除く)。点 B と点 X との距離 BX と、点 D と点 X との距離 DX との比 $\frac{BX}{DX}$ はいくらか。 a を用いて答えよ。

問7 x - y 平面上で電位が 0 となる点を結んでいったところ、その線 (電位 0 の等電位線) は、図2のような点 $\left(\frac{3}{2}r, 0\right)$ を中心とした半径 r の円となった。

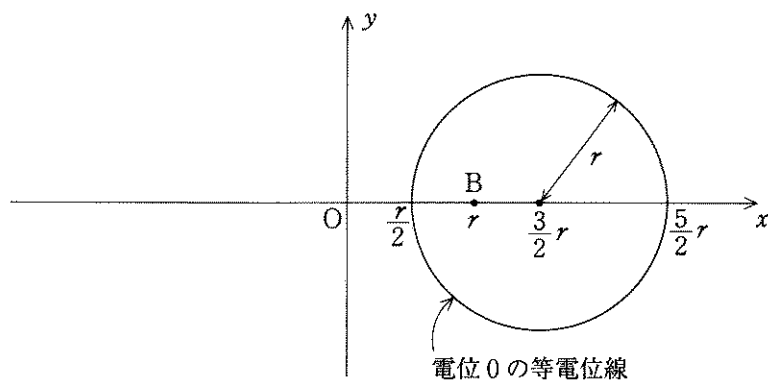


図2

- (a) a の値を数値で求めよ。分数 (既約分数) や無理数は小数にする必要はない。
- (b) 点 D の x 座標を求めよ。

4 【I 選択者用問題】 (配点 34点)

なめらかな水平面上に、一様でない(重心が中央にない)質量 M 、長さ L のまっすぐな棒 PQ が置かれている。重力加速度の大きさを g とし、棒の太さは無視できるものとして、以下の問に答えよ。

まず、図1のように、ばね定数 k の軽いばねの一端を棒の P 端に取り付ける。ばねの上端を鉛直上向きに静かに持ち上げて、P 端は水平面からわずかに離れ、Q 端のみ水平面に接している状態とした。このとき、ばねは自然長から d だけ伸びていた。



図1

問1 次の力の大きさを、 M 、 g 、 k 、 d のうち必要なものを用いて表せ。

- (ア) 棒 PQ にはたらく重力
- (イ) 棒 PQ がばねから受ける力
- (ウ) 棒 PQ が水平面から受ける力

問2 棒 PQ の重心 G と Q 端との距離が l であるとする。このとき、次の(ア)～(ウ)の力の点 Q のまわりのモーメントを、 M 、 g 、 k 、 d 、 L 、 l のうち必要なものを用いて表せ。ただし、棒 PQ は水平であるとしてよく、力のモーメントが図1において反時計回りであるときには正の値、時計回りであるときには負の値で答えよ。

- (ア) 棒 PQ にはたらく重力
- (イ) 棒 PQ がばねから受ける力
- (ウ) 棒 PQ が水平面から受ける力

次に、図2のように、ばねをP端から取り外しQ端に取り付け、ばねの上端を鉛直上向きに静かに持ち上げ、Q端が水平面からわずかに離れた状態にする。このとき、ばねは自然長から $2d$ だけ伸びていた。

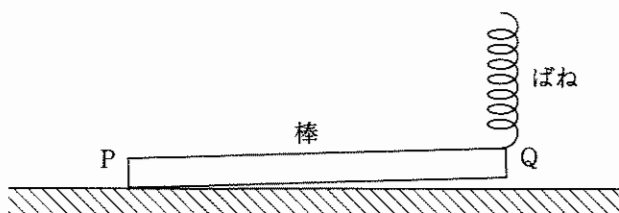


図2

問3 Q端と重心Gとの距離 l は L の何倍か。答だけでなく、導出過程も示せ。

問4 d を、 M 、 g 、 k を用いて表せ。

ばねの一端をQ端に取り付けたまま、ばねを鉛直に保つ。ばねの上端をゆっくりと鉛直上方に持ち上げていき、ばねの自然の長さからの伸び x を $0 \leq x \leq 2d$ の範囲で変化させる。このとき、棒PQは全体が水平面に接しているが、棒PQが水平面から受ける垂直抗力の大きさや作用点の位置は変化していく。

問5 垂直抗力の作用点が棒PQの midpointにある場合を考える。

- (a) 垂直抗力の大きさを、 M 、 g を用いて表せ。
- (b) ばねの伸び x を、 d を用いて表せ。

問6 ばねの伸びが x ($0 \leq x \leq 2d$) のときを考える。

- (a) 垂直抗力の大きさを、 M 、 g 、 k 、 x を用いて表せ。
- (b) 垂直抗力の作用点とQ端との距離を、 M 、 g 、 k 、 L 、 x を用いて表せ。

5 【I 選択者用問題】 (配点 33点)

熱量計を用いた次の実験について、以下の間に答えよ。熱量計(容器、かきまぜ棒などの水以外の部分)が 1K 温度上昇するときに必要な熱量を 108 J とし、水 1 g が 1K 温度上昇するときに必要な熱量を 4.2 J とする。また、熱は熱量計、水、金属球の間のみでやりとりされ、外部への熱の移動はないものとする。

操作 I 40.0 °C に熱した水 150 g を熱量計に入れ、かき混ぜたところ、全体の温度が 37.6 °C となった。

操作 II 操作 I に引き続き、37.6 °C になっている熱量計(水を含む)に、90.0 °C に熱した質量 100 g の金属球を入れ、かき混ぜたところ、熱量計の水温が 2.0K 上昇し、全体が同じ温度になった。

問 1 次の文章の空欄に適切な語句を入れよ。

ある物体が 1K 温度上昇するときに必要な熱量を、この物体の (a) という。この値が (b) い物体ほど温まりやすく冷めやすい。また、ある物質 1 g が 1K 温度上昇するときに必要な熱量を、この物質の (c) という。

問 2 操作 I において、水が失った熱量はいくらか。有効数字 2 桁で答えよ。

問 3 操作 I で、水を入れる前の熱量計の温度は何 °C であったか。小数第 1 位まで求めよ。

問 4 操作 II で水の入った熱量計全体の温度を 1K 上昇させるのに必要な熱量はいくらか。有効数字 2 桁で答えよ。

問 5 この金属球の金属 1 g を 1K 温度上昇させるのに必要な熱量 c_1 はいくらか。有効数字 2 桁で答えよ。

問 6 もし、操作Ⅱにおいて熱が外部に逃げているとすると、この金属 1 g を 1K 温度上昇させるのに必要な熱量の真の値 c_0 は、問 5 の値 c_1 とは異なる。 c_0 は c_1 に比べて大きいか、小さいか。解答欄の正しいほうに○(丸)を付けよ。

操作Ⅱに続いて、次の操作Ⅲ a またはⅢ b を行う。

操作Ⅲ a 金属球を取り出し、再び 90.0 °C に熱した後、熱量計に戻し、かき混ぜる。

操作Ⅲ b 熱量計内の水を半分捨て、75 g にする。その後、金属球を取り出し、再び 90.0 °C に熱した後、熱量計に戻し、かき混ぜる。

問 7 操作Ⅲ a および操作Ⅲ b において、水温の上昇はそれぞれどうなるか。正しいものを、下の選択肢からそれぞれ一つずつ選び、番号で答えよ。

- ① 2.0K より小さい
- ② 2.0K
- ③ 2.0K より大きく 4.0K より小さい
- ④ 4.0K
- ⑤ 4.0K より大きい

化 学

1) I・II選択者は ①, ②, ③, ④ の計 4 題を解答すること。I 選択者は ①, ②, ⑤, ⑥ の計 4 題を解答すること。

2) 問題文中の体積の単位記号 L は, リットルを表す。

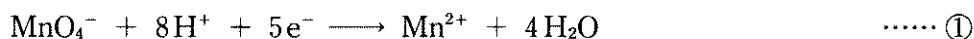
1 【共通問題】 (配点 25点)

次の I, II に答えよ。

I 次の文を読んで, 問 1 ~ 問 4 に答えよ。

酸化と還元は電子の授受により定義することができる。ある物質が電子を得たとき, その物質は (ア) されたといい, 電子を失ったときは (イ) されたという。

過マンガン酸カリウムは酸性の水溶液中で強い酸化剤としてはたらき, そのときの反応は次の ① 式で表される。



一方, 過酸化水素は酸化剤としても還元剤としてもはたらく。過酸化水素が酸性の水溶液中で (ウ) 剤としてはたらくときの反応は次の ② 式で表され, (エ) 剤としてはたらくときの反応は ③ 式で表される。



問 1 空欄 (ア) ~ (エ) には「酸化」または「還元」のいずれかが入る。

(ア) ~ (エ) のうちから「酸化」が入るものをすべて選び, その記号を記せ。

問2 次の(1)、(2)の原子の酸化数の変化を例にならって記せ。

例) $+6 \rightarrow -3$

(1) ① 式中の Mn (2) ③ 式中の O

問3 硫酸を加えて酸性にした水溶液中での過酸化水素とヨウ化カリウムの反応を，化学反応式で表せ(イオン反応式は不可)。

問4 濃度がわからない過酸化水素水 10.0 mL を三角フラスコにはかりとり，硫酸を加えて酸性にして， $2.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定したところ，終点までに 15.0 mL を要した。これについて，次の(1)～(3)に答えよ。

(1) 酸性条件下における過マンガン酸イオンと過酸化水素の反応を，イオン反応式で表せ。

(2) 上記の滴定において，終点の前後で三角フラスコ内の溶液の色はどのように変化するか。最も適当なものを次の(ア)～(エ)のうちから一つ選び，その記号を記せ。

(ア) 黄色 → 赤色 (イ) 無色 → 淡赤色

(ウ) 赤紫色 → 無色 (エ) 青紫色 → 無色

(3) 過酸化水素水のモル濃度は何 mol/L か。四捨五入により有効数字 2 桁で記せ。

II 次の文を読んで、問5～問7に答えよ。ただし、原子量は $O = 16.0$ とする。

化学的酸素要求量 (COD) は、湖沼などの有機物による水質汚濁の程度を示す指標の一つである。COD は、試料水に過マンガン酸カリウムなどの酸化剤を加えて試料水に含まれる有機物を酸化し、このとき (a)消費された酸化剤の量を酸素 O_2 の量に換算して、試料水 1 L あたりの有機物の酸化に要する酸素の質量 [mg/L] で表したものである。

ある試料水の COD を求めるために、次の操作 1～3 を行った。

(操作 1) 試料水 50.0 mL に蒸留水を加えて 100 mL とし、これに十分な量の硫酸と (b)硫酸銀水溶液を加え、さらに 5.00×10^{-3} mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液 10.0 mL を加えたのち、おだやかに加熱した。この操作の終了後、溶液は赤紫色を呈していた。

(操作 2) ついで、この溶液に 1.25×10^{-2} mol/L のシュウ酸ナトリウム水溶液 10.0 mL を加えると溶液は無色になった。

(操作 3) さらに、この溶液を約 $60^\circ C$ に保ちながら、 5.00×10^{-3} mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定したところ、終点までに 4.3 mL を要した。

問5 下線部 (a) について、次の (1)、(2) に答えよ。

- (1) 酸素 O_2 が酸性水溶液中で酸化剤としてはたらくとき、 O_2 は H_2O に変化する。このときの O_2 の変化を、電子 e^- を含むイオン反応式で表せ。
- (2) 酸化剤のはたらきとして、過マンガン酸カリウム 1 mol に相当する酸素 O_2 の物質質量は何 mol か。小数第 2 位まで記せ。

問6 試料水の COD は何 mg/L か。四捨五入により有効数字 2 桁で記せ。

問7 下線部 (b) は、試料水中の塩化物イオンを取り除くための操作である。次の文中の空欄 あ ～ う に適する語句を記せ。ただし、あ には物質名を、う には、大きくなる、小さくなる、変わらない、のいずれかを記せ。

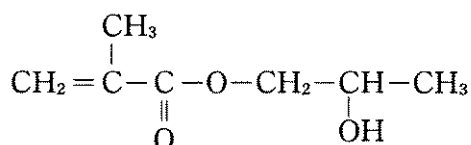
試料水中の塩化物イオンを取り除かなかった場合、塩化物イオンにより あ が い されるので、塩化物イオンを取り除いた場合に比べて、算出される COD の値は う。

化学の問題は次ページに続く。

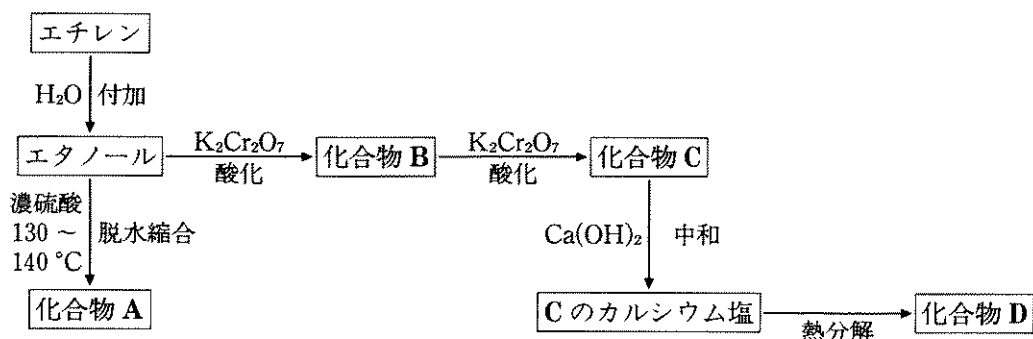
2 【共通問題】（配点 25点）

次の文を読んで、問1～問8に答えよ。ただし、構造式は次の例にならって記せ。

構造式の例



有機化合物の性質は、主に官能基によって決まる。たとえば、エチレン $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ に水を付加させて得られるエタノールは あ 基をもつため、これに金属ナトリウムを加えると気体 い が発生する。また、エタノールを原料として、様々な化合物を合成することができる。次の図は、その一例を示したものである。



問1 空欄 あ に適する語、い に適する化学式を記せ。

問2 化合物 A の名称を記せ。

問3 化合物 B, C に該当する記述を次の (ア)～(エ) のうちからそれぞれ二つずつ選び、それらの記号を記せ。

- (ア) アンモニア性硝酸銀水溶液を加えて加温すると、銀が析出する。
- (イ) 炭酸水素ナトリウム水溶液に加えると、気体が発生する。
- (ウ) エタノールと反応すると、エステルが生成する。
- (エ) 水に溶け、中性の水溶液となる。

問4 化合物 C のカルシウム塩から化合物 D が得られる変化を、化学反応式で表せ。ただし、D は構造式または示性式で記せ。なお、D は 2-プロパノールを酸化しても得られる。

化合物 **E**, **F**, **G** は、いずれも分子式が $C_5H_{12}O$ で表され、不斉炭素原子をもつ。**E**, **F** はいずれも 金属ナトリウムと反応して気体を発生したが, **G** は反応しなかった。また、硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化すると、**E** からは不斉炭素原子をもつ化合物が、**F** からは不斉炭素原子をもたない化合物がそれぞれ生成したが、**G** は酸化されなかった。

F 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、黄色沈殿 う が生成した。黄色沈殿をろ過したのち、ろ液に塩酸を加えると、化合物 **H** が得られた。また、**F** に濃硫酸を加えて加熱すると、複数のアルケンが得られたが、生成したアルケンにはいずれも幾何異性体が存在しなかった。

問 5 下線部について、分子式が $C_5H_{12}O$ である構造異性体のうち、金属ナトリウムと反応して気体を発生するものは、化合物 **E**, **F** を含めて何種類あるか。

問 6 空欄 う に適する化学式を記せ。

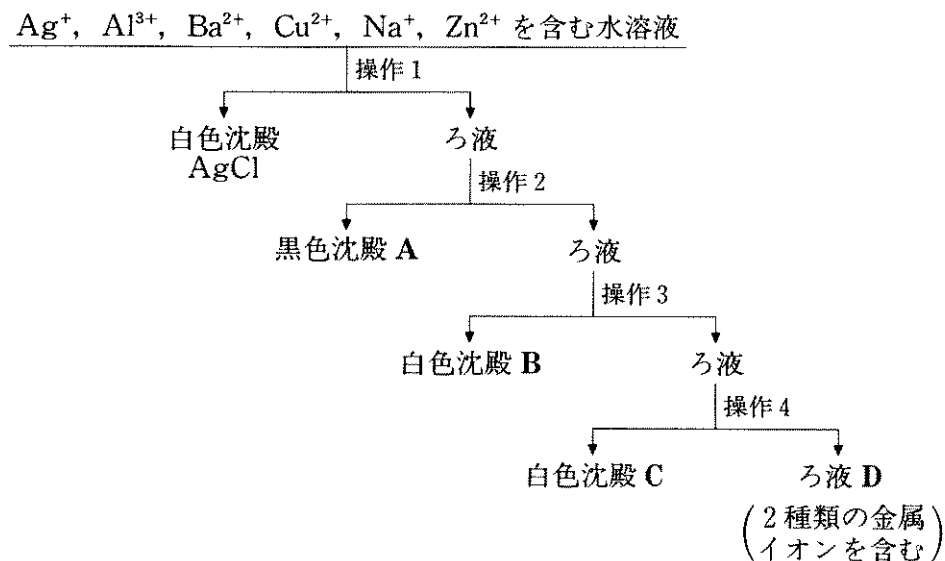
問 7 化合物 **F**, **G** の構造式を記せ。

問 8 分子式が $C_6H_{12}O_2$ のエステル **X** と分子式が $C_9H_{18}O_2$ のエステル **Y** の混合物を完全に加水分解したところ、化合物 **E**, **H**, および、還元性を示す化合物 **Z** の 3 種類だけが得られた。**X**, **Y** の構造式を記せ。

③ 【I・II選択者用問題】（配点 30点）

次のI，IIに答えよ。

I 6種類の金属イオン Ag^+ ， Al^{3+} ， Ba^{2+} ， Cu^{2+} ， Na^+ ， Zn^{2+} を含む水溶液を用いて，次の分離操作1～4を行った。これに関して，問1～問6に答えよ。



（操作1） 塩酸を加えたのち，生じた塩化銀 AgCl の白色沈殿をろ別した。

（操作2） 硫化水素を通じたのち，生じた黑色沈殿 A をろ別した。

（操作3） 煮沸したのち，アンモニア水を十分に加え，生じた白色沈殿 B をろ別した。

（操作4） 希硫酸を加えたのち，生じた白色沈殿 C をろ別した。

問1 沈殿 A，C の化学式を記せ。

問 2 塩化銀に関して、次の (1), (2) に答えよ。

(1) 塩化銀の性質として最も適当なものを、次の (ア) ~ (エ) のうちから一つ選び、その記号を記せ。

(ア) 熱湯を加えると溶けて、無色の溶液になる。

(イ) 水酸化ナトリウム水溶液を加えると溶けて、無色の溶液になる。

(ウ) 希硫酸を加えると溶けて、気体が発生する。

(エ) 光が当たると分解して、灰~黒色になる。

(2) 塩化銀にアンモニア水を加えると、錯イオンになって溶ける。このとき生じる錯イオンの化学式を記せ。

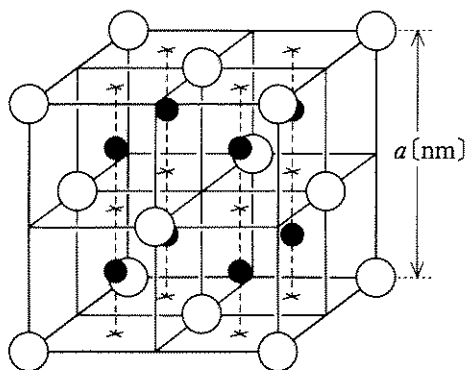
問 3 沈殿 **A** を硝酸に溶かしたのち、この溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えると青白色沈殿が生じる。この青白色沈殿を加熱すると、黒色に変化する。下線部の反応を化学反応式で表せ。

問 4 沈殿 **B** に水酸化ナトリウム水溶液を加えると、錯イオンになって溶ける。このときの変化をイオン反応式で表せ。

問 5 ろ液 **D** は特有の炎色反応を示した。その色を記せ。

問 6 操作 3 で煮沸するのは硫化水素を除くためである。この操作を行わずに、硫化水素が溶けている溶液にアンモニア水を加えると、沈殿 **B** とともに他の化合物も沈殿する。この化合物の化学式を記せ。

II 次の図はあるイオン結晶の単位格子である。この単位格子中で n 価の陽イオン X^{n+} は立方体の各頂点と各面の中心に位置し、 m 価の陰イオン Y^{m-} は立方体を 8 等分した 8 個の小立方体の中心に位置している。このイオン結晶について、問 7 ～ 問 11 に答えよ。



(○は陽イオン X^{n+} 、●は陰イオン Y^{m-} を表す。)

問 7 この単位格子 1 個あたりに、 X^{n+} は正味何個含まれるか。整数で記せ。

問 8 X^{n+} と Y^{m-} の価数の比 $n : m$ を最も簡単な整数比で記せ。

問 9 1 個の X^{n+} に対して最も近い位置に存在する Y^{m-} は何個か。整数で記せ。

問 10 X^{n+} と Y^{m-} の最短距離(イオンの中心間距離)を l [nm]、単位格子の一边の長さを a [nm] とするとき、 l を a を用いた式で表せ。ただし、式中に平方根が含まれる場合、それを小数で近似しなくてよい。

問 11 この結晶の密度を d [g/cm³]、X の原子量を x 、Y の原子量を y 、アボガドロ定数を N_A [mol⁻¹] とするとき、 N_A を、 a 、 d 、 x 、 y を用いた式で表せ。ただし、 $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ である。

化学の問題は次ページに続く。

4 【Ⅰ・Ⅱ選択者用問題】（配点 20点）

次のⅠ，Ⅱに答えよ。

Ⅰ 次の文を読み，問1～問3に答えよ。

理想気体では，物質量 n と絶対温度 T が一定のとき，気体の体積 V は圧力 P に反比例する。これを **あ** の法則という。また，圧力 P が一定のとき，理想気体の体積 V は，気体の物質量 n と絶対温度 T に比例する。これらをまとめると，次の①式の理想気体の状態方程式が得られる。

$$PV = nRT \quad (R; \text{気体定数}) \quad \cdots \cdots \text{①}$$

理想気体では①式が厳密に成立するが，実在気体では常に①式が適用できるわけではない。たとえば，アンモニアは分子の極性が **い** いため，常温常圧では，分子間にはたらく引力の効果が大きくなり，理想気体にくらべて体積が **う** くなる。しかし，実在気体でも，**え** の条件では理想気体に近づき，①式を適用することができる。

問1 空欄 **あ** に適する人名を記せ。

問2 空欄 **い**，**う** に適する語の組合せを，次の(ア)～(エ)のうちから一つ選び，その記号を記せ。

	い	う
(ア)	大き	大き
(イ)	大き	小さ
(ウ)	小さ	大き
(エ)	小さ	小さ

問 3 空欄

え

 に適する条件を次の(ア)～(エ)のうちから一つ選び、その記号を記せ。

- (ア) 高温・高圧 (イ) 高温・低圧 (ウ) 低温・高圧 (エ) 低温・低圧

II 次の文を読み、問 4～問 7 に答えよ。答の数値は四捨五入により有効数字 2 桁で記せ。ただし、気体は理想気体として扱い、液体の体積や液体への気体の溶解は無視できるものとする。また、気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。

内容積と温度を自由に変えられる容器 A を用いて、次の操作 1～5 を行った。

(操作 1) A に水素 0.080 mol と酸素 0.20 mol を封入し、温度を 350 K、体積を 8.3 L にした。

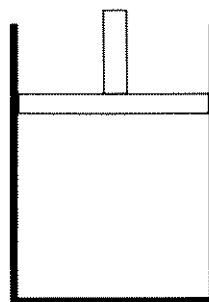
(操作 2) ついで、適当な方法で点火し、水素を完全に燃焼させた。

(操作 3) さらに、A 内の温度を 350 K、体積を 8.3 L にした。

このとき容器内に液体の水は存在しなかった。

(操作 4) A 内を真空にしたのち、あらたに水素 0.20 mol と酸素 0.20 mol を封入し、適当な方法で点火した。水素が完全に燃焼したのち、A 内の温度を 350 K、体積を 8.3 L にしたところ、圧力が $7.7 \times 10^4 \text{ Pa}$ になった。

(操作 5) ついで、A 内の温度を 350 K に保ったまま、圧力を $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ にした。



容器 A

問 4 操作 1 終了後の A 内の圧力は何 Pa か。

問 5 操作 3 終了後について、次の (1)、(2) に答えよ。

(1) A 内に存在する酸素の物質量は何 mol か。

(2) A 内の圧力は何 Pa か。

問 6 350 K における水の飽和蒸気圧は何 Pa か。

問 7 操作 5 終了後について、次の (1)、(2) に答えよ。

(1) A 内の気体の体積は何 L か。

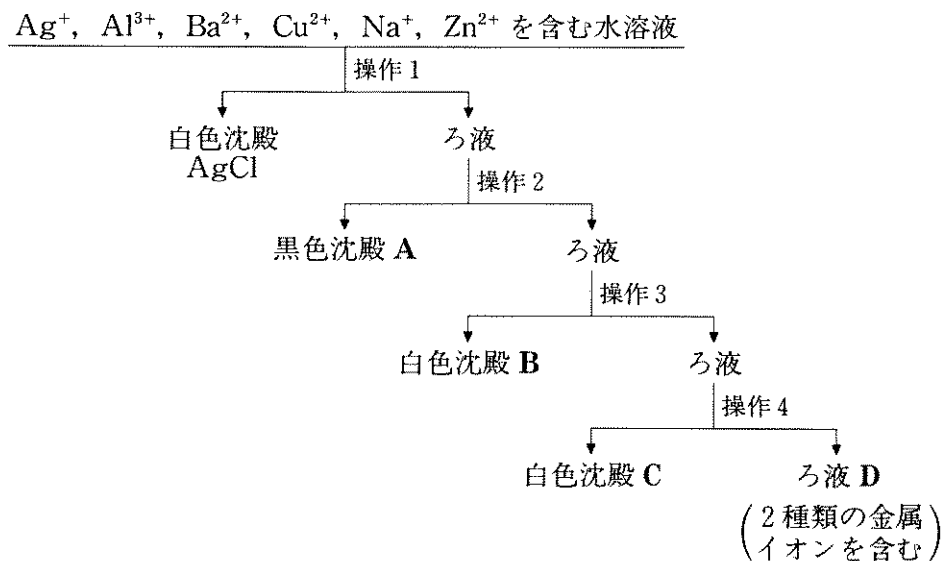
(2) A 内に存在する水のうち、凝縮している水の割合は何 % か。ただし、凝縮している水がない場合には 0 % と答えよ。

化学の問題は次ページに続く。

5 【Ⅰ選択者用問題】（配点 30点）

次のⅠ，Ⅱに答えよ。

Ⅰ 6種類の金属イオン Ag^+ 、 Al^{3+} 、 Ba^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Na^+ 、 Zn^{2+} を含む水溶液を用いて、次の分離操作1～4を行った。これに関して、問1～問6に答えよ。



（操作1） 塩酸を加えたのち、生じた塩化銀 AgCl の白色沈殿をろ別した。

（操作2） 硫化水素を通じたのち、生じた黑色沈殿 A をろ別した。

（操作3） 煮沸したのち、アンモニア水を十分に加え、生じた白色沈殿 B をろ別した。

（操作4） 希硫酸を加えたのち、生じた白色沈殿 C をろ別した。

問1 沈殿 A、C の化学式を記せ。

問 2 塩化銀に関して、次の (1)、(2) に答えよ。

(1) 塩化銀の性質として最も適当なものを、次の (ア) ~ (エ) のうちから一つ選び、その記号を記せ。

(ア) 熱湯を加えると溶けて、無色の溶液になる。

(イ) 水酸化ナトリウム水溶液を加えると溶けて、無色の溶液になる。

(ウ) 希硫酸を加えると溶けて、気体が発生する。

(エ) 光が当たると分解して、灰～黒色になる。

(2) 塩化銀にアンモニア水を加えると、錯イオンになって溶ける。このとき生じる錯イオンの化学式を記せ。

問 3 沈殿 **A** を硝酸に溶かしたのち、この溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えると青白色沈殿が生じる。この青白色沈殿を加熱すると、黒色に変化する。下線部の反応を化学反応式で表せ。

問 4 沈殿 **B** に水酸化ナトリウム水溶液を加えると、錯イオンになって溶ける。このときの変化をイオン反応式で表せ。

問 5 ろ液 **D** は特有の炎色反応を示した。その色を記せ。

問 6 操作 3 で煮沸するのは硫化水素を除くためである。この操作を行わずに、硫化水素が溶けている溶液にアンモニア水を加えると、沈殿 **B** とともに他の化合物も沈殿する。この化合物の化学式を記せ。

II 次の二つの水溶液 **X** と **Y** がある。

水溶液 **X** : 水酸化ナトリウム NaOH 水溶液

水溶液 **Y** : 塩化水素 HCl と硫酸 H_2SO_4 の混合水溶液

水溶液 **X** と **Y** を用いて、次の操作 1 ～ 3 を行った。これに関して、問 7 ～ 問 9 に答えよ。

(操作 1) 0.020 mol/L の希硫酸 10.0 mL を水溶液 **X** で滴定したところ、中和点までに mL を要した。この結果から、水溶液 **X** の濃度が 0.10 mol/L であることがわかった。

(操作 2) 水溶液 **Y** 10.0 mL を水溶液 **X** で滴定したところ、中和点までに 7.0 mL を要した。

(操作 3) 水溶液 **Y** 10.0 mL に塩化バリウム BaCl_2 を十分に加えたところ、 2.0×10^{-4} mol の白色沈殿が生じた。この沈殿をろ別してろ液をすべて集めた(これをろ液 **Z** とする)。

問 7 操作 1 について、次の (1), (2) に答えよ。

- (1) 操作 1 で起こる反応を化学反応式で表せ。(イオン反応式は不可)
- (2) 空欄 に適する数値を、四捨五入により有効数字 2 桁で記せ。

問 8 水溶液 **Y** 中の HCl の濃度を a mol/L, H_2SO_4 の濃度を b mol/L として、次の (1), (2) に答えよ。

- (1) 操作 2 の結果から、 a を b を用いた式で表せ。
- (2) 操作 2 と 3 の結果から、 a と b の比 $a:b$ を最も簡単な整数比で記せ。

問 9 ろ液 **Z** に含まれる酸を中和するのに必要な水溶液 **X** の体積は何 mL か。四捨五入により有効数字 2 桁で記せ。

化学の問題は次ページに続く。

6 【I 選択者用問題】（配点 20点）

次の文を読み、問 1～問 7 に答えよ。ただし、原子量は $C = 12.0$ 、 $O = 16.0$ 、 $Ca = 40.0$ とし、標準状態における気体 1 mol の体積は 22.4 L とする。

炭酸カルシウムを塩酸に加えると、(i) 式の反応により二酸化炭素が発生する。



一定量の塩酸に対して加えた炭酸カルシウムの質量と発生する二酸化炭素の質量の関係を調べる目的で、次の操作 1～3 を行った。ただし、(i) 式以外の反応は起こらず、また、発生した二酸化炭素はすべて大気中に放出されるものとする。

(操作 1) ある濃度の塩酸 20.0 mL をコニカルビーカーにはかりとり、塩酸が入ったコニカルビーカー全体の質量 W_0 [g] を測定したところ、 $W_0 = 91.76$ g であった。

(操作 2) 5 枚の薬包紙を用意し、それぞれに炭酸カルシウムの粉末を 1.00 g ずつはかりとった。

(操作 3) (操作 1) の塩酸が入ったコニカルビーカーに、(操作 2) ではかりとった炭酸カルシウムの粉末 1.00 g を加えた。反応が完全に終了したのち、コニカルビーカー全体の質量 W [g] を測定した。

さらに、炭酸カルシウムの粉末 1.00 g を加えてはコニカルビーカー全体の質量 W [g] を測定する操作を繰り返し、(操作 2) ではかりとった合計 5.00 g の炭酸カルシウムをすべて加えた。

以上の操作の結果から、加えた炭酸カルシウムの質量の合計 X [g] と、反応終了後のコニカルビーカー全体の質量 W [g]、そのときまでに発生した二酸化炭素の質量の合計 Y [g] をまとめたところ、次の表のようになった。ただし、 $X = 0$ g のときの W の値は W_0 に等しい。

表

加えた炭酸カルシウムの質量 X [g]	0	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
コニカルビーカー全体の質量 W [g]	91.76	92.32	92.88	93.44	94.22	95.22
発生した二酸化炭素の質量 Y [g]	0	0.44	0.88	①	②	1.54

問 1 (i) 式中の空欄 a , b に適する化学式を記せ。

問 2 加えた炭酸カルシウムの質量 X [g] が 1.00 g のとき、発生した二酸化炭素の体積は標準状態で何 L か。四捨五入により有効数字 2 桁で記せ。

問 3 表中の ①, ② に適する数値を、四捨五入により有効数字 3 桁で記せ。

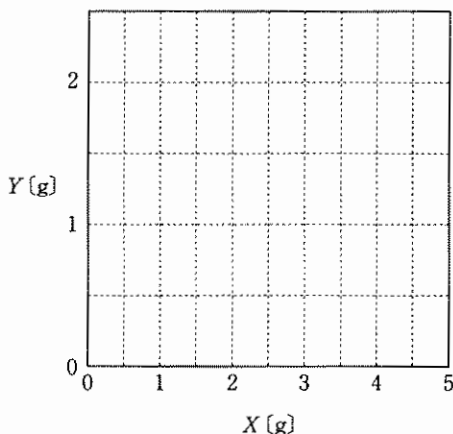
問 4 問 3 で、①, ② に適する数値を求める際に最も関連が深い法則を、次の (ア) ~ (オ) のうちから一つ選び、その記号を記せ。

(ア) アボガドロの法則 (イ) 気体反応の法則 (ウ) 質量保存の法則

(エ) ファラデーの法則 (オ) 倍数比例の法則

問 5 この実験において、加えた炭酸カルシウムの質量 X [g] と発生した二酸化炭素の質量 Y [g] の関係を表すグラフを描け。ただし、端点や折れ曲がり点などの座標値を記す必要はない。

(下書き用)



問 6 この実験に用いた塩酸の濃度は何 mol/L か。四捨五入により有効数字 3 桁で記せ。

問 7 この実験に用いた塩酸を水で 2 倍に希釈した塩酸 30.0 mL に炭酸カルシウム 3.00 g を加えて完全に反応させるとき、発生する二酸化炭素の質量は何 g か。四捨五入により有効数字 3 桁で記せ。

生物の問題は次ページから始まる。

生 物

(Ⅰ・Ⅱの選択者は ①, ②, ③, ④ の, Ⅰのみの選択者は ①, ②, ⑤, ⑥ の計 4 題を解答せよ。)

1 【共通問題】 (配点 25点)

植物の生殖に関する次の文章を読み、下の各問に答えよ。

多くの生物では生殖に雌雄の性が関係しており、雌と雄はともに特別に分化した 1 と呼ばれる生殖細胞をつくる。雌雄の 1 の合体によって新個体が生じる生殖を、有性生殖という。

被子植物では、^a 花粉管の内部に 2 個の精細胞が生じ、胚のうの内部に 1 個の卵細胞が生じる。 2 個の精細胞のうち、^b 一方の精細胞は卵細胞と受精して受精卵となり、他方の精細胞は 2 個の極核をもつ 2 細胞と受精して、将来、胚乳をつくる細胞となる。 このような受精の様式を、3 受精という。

被子植物でも、ジャガイモやサツマイモなどでは、地下茎や根などの植物体の一部が成長・独立して新個体がつくられる。このような生殖の方法を 4 生殖という。^c 4 生殖や分裂、出芽などのように、個体の一部が新たに独立して新個体が生じる生殖を、無性生殖という。

問 1 文章中の 1 ～ 4 に入る適当な語を記せ。

問2 下線部 a について、被子植物における精細胞と卵細胞の形成過程に関する記述として誤っているものを次のア～カから2つ選び、記号で答えよ。

ア 花粉母細胞から花粉四分子が生じる過程で、減数分裂が行われる。

イ 花粉管内で精原細胞が分裂して、2個の精細胞が生じる。

ウ 胚のう母細胞の核相は $2n$ であり、胚のう細胞の核相は n である。

エ 胚のう細胞の核が4回分裂して、8個の核をもつ胚のうとなる。

オ 卵細胞の核と極核の遺伝子構成は同じである。

カ 胚のうにおいては、卵細胞の反対側に3個の反足細胞が生じる。

問3 下線部 b に関する次の文章を読み、下の(1)・(2)に答えよ。

ニホンナシには、黄褐色の果皮をもつ品種(長十郎、幸水など)と淡黄緑色の果皮をもつ品種(二十世紀、秋麗など)がある。長十郎(染色体数は $2n=34$)の雌しべに二十世紀(染色体数は $2n=34$)の花粉を受粉させた。

(1) 上記の交配で生じる種子の、胚乳を構成する細胞の染色体数は何本か。

(2) (i) 上記の交配で生じる果実の果皮の色を答えよ。また、(ii) そのように答えた理由を、果皮の由来に着目して、40字以内で説明せよ。

問4 下線部 c について、ニホンナシは交配によって種子を形成できるにもかかわらず、果樹栽培では、収量を高めるために接ぎ木による繁殖が行われる。接ぎ木による繁殖の利点を、「遺伝子」と「形質」の語を用いて、40字以内で説明せよ。

問 5 ニホンナシは通常同じ品種の個体間では受精・結実しない性質(自家不和合性)をもち、この自家不和合性には $S_1 \sim S_9$ の 9 種類の複対立遺伝子が関係している。たとえば、遺伝子型が S_5S_6 の個体の体細胞は S_5 と S_6 の遺伝子をもち、この個体がつくる花粉と卵細胞はいずれも S_5 と S_6 のどちらか一方の遺伝子をもつ。花粉が雌しべの柱頭に受粉したとき、花粉の遺伝子が雌しべの細胞のもつ 2 つの遺伝子のいずれとも異なる場合には、花粉管が伸長して受精が成立する。一方、花粉の遺伝子が雌しべの細胞のもつ 2 つの遺伝子のどちらか一方と同じ場合には、その花粉は花粉管の伸長が停止し、受精が成立しない。

ニホンナシの長十郎、二十世紀、秋麗、品種 X の 4 品種を用いて、以下のような**交配実験**を行った。長十郎の遺伝子型は S_2S_3 、二十世紀の遺伝子型は S_2S_4 、秋麗の遺伝子型は S_3S_4 である。また、品種 X はこれら 3 つの品種のうちの 1 つが変異したもので、品種 X どうしの個体間では受精・結実が可能である。

交配実験

各品種の雌しべの柱頭に各品種の花粉を受粉させ、発芽した花粉のうち花粉管の伸長が停止した花粉の割合を調べて、その結果を表 1 にまとめた。表中の○は発芽した花粉のすべてで花粉管が伸長したことを、△は発芽した花粉の半数で花粉管の伸長が停止したことを、×は発芽した花粉のすべてで花粉管の伸長が停止したことを、それぞれ示している。

表 1

花粉 雌しべ	長十郎	二十世紀	秋麗	品種 X
長十郎	×	△	△	△
二十世紀	△	×	△	×
秋麗	△	△	×	△
品種 X	△	△	○	△

前ページの**交配実験**について、次の(1)～(3)に答えよ。なお、花粉管が伸長した場合は受精が成立するものとする。

- (1) 長十郎の雌しべに二十世紀の花粉を受粉させた場合、受精可能な花粉の遺伝子型を記せ。
- (2) 二十世紀の雌しべに長十郎の花粉を受粉させた場合、交配によって生じる次代の個体の遺伝子型として可能性のあるものをすべて記せ。
- (3) 次の文章は、品種 X について説明したものである。文章中の①～③の { } 内のア～ウからそれぞれ適当なものを1つずつ選び、記号で答えよ。

品種 X の遺伝子型は① {ア S_2S_3 イ S_2S_4 ウ S_3S_4 } であるが、
② {ア 花粉 イ 雌しべ ウ 花粉と雌しべの両方} で
③ {ア S_2 イ S_3 ウ S_4 } 遺伝子をはたらかないため、品種 X どうしの個体間でも受精が可能となる。

2 【共通問題】 (配点 25点)

神経に関する次の文章を読み、下の各問に答えよ。

神経系を構成するニューロンは、核を含む 1，樹状突起，および軸索からなる。ニューロンは受容器から興奮を受け取り，別のニューロンや，筋肉などの 2 器に興奮を伝える。ニューロンとニューロンの接続部やニューロンと 2 器の接続部をシナプスと呼ぶ。シナプスでは，シナプス小胞から ^a アセチルコリン などの 3 が放出され，これが次のニューロンや 2 器の細胞膜に存在する 4 に結合することで興奮の伝達が起こる。

^b ニューロンの細胞内は，通常，細胞外に対して負に帯電しており，この電位を静止電位と呼ぶ。ニューロンが刺激を受けると，細胞内外の電位が逆転して細胞内が細胞外に対して正になる。このときの静止電位からの電位変化の大きさを活動電位と呼ぶ。

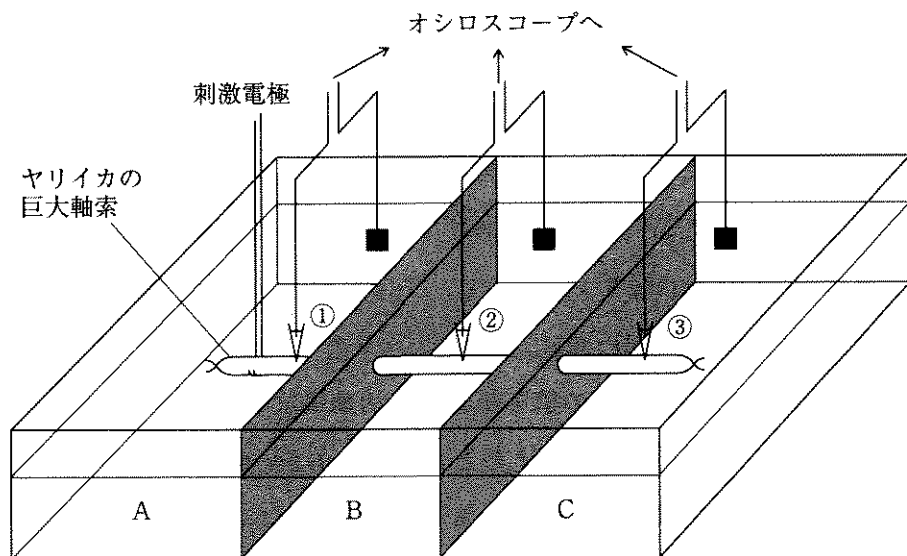
無脊椎動物のヤリイカは無髄神経繊維のみをもつ。ヤリイカの巨大軸索(直径約1 mm)を取り出してその両端をしばり，体液と等張の人工海水の入った容器に入れて，次ページの図1のように仕切り板をつけてA，B，Cの3つの部屋に分けた。**実験1～3**に示すようにBの部屋にそれぞれの処理を行い，Aの部屋の軸索を1回だけ電気刺激して，①～③の部位で軸索内に刺入した記録電極を用いて，細胞外を基準にした細胞内の電位(膜電位)の変化をそれぞれ測定した。

実験1 Bの部屋に体液と等張の人工海水を入れたままにして電気刺激をしたところ，①，②，③ではともに図2のaのような電位変化が記録された。

実験2 Bの部屋の軸索の表面にワセリンを塗り，Bの部屋の溶液を体液と等張のスクロース溶液に入れかえて電気刺激をしたところ，①では図2のa，②では図2のb，③では図2のaのような電位変化が記録された。

実験3 Bの部屋の軸索の表面にワセリンを塗らずに，Bの部屋の溶液を体液と等張のスクロース溶液に入れかえて電気刺激をしたところ，①では図2のa，②では図2のc，③では図2のdのような電位変化が記録された。

図2において、図中aのように膜電位がPの値を超えると活動電位が発生するが、cやdのように膜電位がPの値を超えないと活動電位は発生しない。一方、**実験2**の②で膜電位がbのようにPの値を超えても活動電位が発生していないのは、外液がスクロース溶液であるため、 Na^+ が軸索内に流入しないからである。



(■は基準電極で人工海水中にある。▽は①～③ともに記録電極で軸索内に刺入する。)

図1

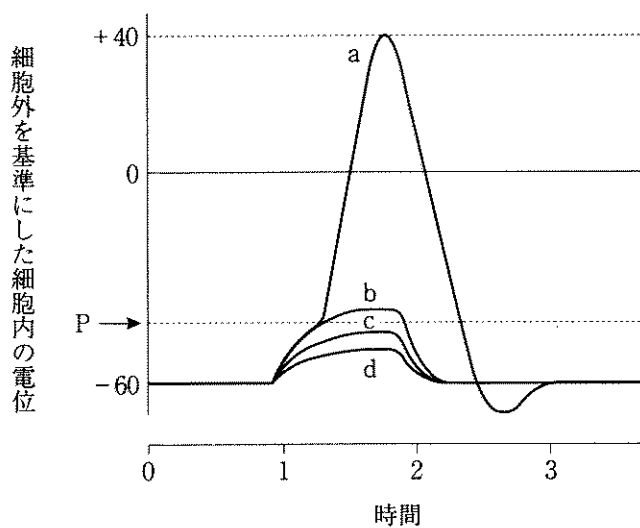


図2

問 1 文章中の 1 ～ 4 に入る適当な語を記せ。

問 2 下線部 a について、アセチルコリンを軸索末端から放出する神経の組合せとして最も適当なものを次のア～エから 1 つ選び、記号で答えよ。ただし、交感神経および副交感神経については、最終的に標的器官に作用する物質を考えるものとする。

- | | |
|-------------|--------------|
| ア 運動神経・交感神経 | イ 運動神経・副交感神経 |
| ウ 感覚神経・交感神経 | エ 感覚神経・副交感神経 |

問 3 下線部 b について、細胞内外では 2 種類のイオンについて濃度差が生じており、これがもとになって静止電位が発生する。細胞内外で 2 種類のイオンの濃度差が生じるしくみについて、イオン名をあげて 60 字以内で説明せよ。なお、イオン名はたとえば H^+ のようにイオン式で示し、1 字と数えるものとする。

問 4 図 2 について、次の (1)・(2) に答えよ。

- (1) 矢印 P は、膜電位がこの値を超えると活動電位が発生することを示している。刺激を与えて膜電位が P を超えるときの最も小さい刺激の強さを何と呼ぶか。
- (2) 横軸の数値は時間を、縦軸の数値は電位を示しているが、それぞれの数値の単位として適当な組合せを次のア～エから 1 つ選び、記号で答えよ。

	横軸	縦軸
ア	秒	V
イ	秒	mV
ウ	ミリ秒	V
エ	ミリ秒	mV

問 5 実験 2 について、次の (1)・(2) に答えよ。

- (1) ワセリンはどのようなはたらきをしているか、15 字以内で説明せよ。
- (2) ワセリンと同じはたらきをする構造は、神経繊維においては何と呼ばれるか。その名称を記せ。

問 6 実験 2 を実験 1 と比較したとき、①で図 2 の a のような電位変化が記録された後、③で図 2 の a のような電位変化が記録されるまでに要する時間はどのようになるか。20 字以内で説明せよ。

生物の問題は次のページに続く。

3 【Ⅰ・Ⅱ選択者用問題】(配点 25点)

遺伝子に関する次の文章を読み、下の各問に答えよ。

DNA は、塩基、糖(デオキシリボース)、および 1 からなる 2 を構成単位とし、これらが鎖状につながるとともに 2 本の鎖が ^a 相補的な塩基どうしの間で 3 結合により結びついて、二重らせん構造を形成している。 ^b DNA のもつタンパク質の情報を遺伝子といい、DNA の塩基配列が伝令 RNA に写しとられる過程を 4 という。

伝令 RNA の情報をもとにしてタンパク質を合成する過程を翻訳といい、伝令 RNA の塩基配列はリボソームにおいて ^c コドンと呼ばれる 3 つ組塩基 の配列に対応するアミノ酸の配列に置き換えられる。このとき、1 つのコドンは特定の 1 種類のアミノ酸を指定する。この対応関係を明らかにするため、**実験 1 ～ 3** を行った。各実験では、大腸菌を適当な溶液中で破碎し、ATP やアミノ酸を添加した抽出液に、人工的に合成した伝令 RNA を加え、合成されたポリペプチドのアミノ酸組成を分析した。なお、各実験における A は塩基としてアデニンをもつ 2 を、U は塩基としてウラシルをもつ 2 を示す。

実験 1 AUAUAUAUAU・・・と AU がくり返された伝令 RNA を抽出液に加えたところ、チロシンとイソロイシンが交互に連結した 1 種類のポリペプチドが合成された。

実験 2 AUUAUUAUU・・・と AUU がくり返された伝令 RNA を抽出液に加えたところ、ロイシンだけ、チロシンだけ、あるいはイソロイシンだけからなる 3 種類のポリペプチドが、同量合成された。

実験 3 AAUAAUAAU・・・と AAU がくり返された伝令 RNA を抽出液に加えたところ、アスパラギンだけ、あるいはイソロイシンだけからなる 2 種類のポリペプチドが、同量合成された。

問 1 文章中の 1 ～ 4 に入る適当な語を記せ。

問 2 DNA 研究の歴史に関する記述として誤っているものを、次のア～エから 1 つ選び、記号で答えよ。

ア グリフィスとアベリー(エイブリー)は、バクテリオファージを用いた実験から、遺伝子の本体が DNA であることを示した。

イ ワトソンとクリックは、DNA の X 線回折などの知見をもとに、DNA の二重らせんモデルを提唱した。

ウ メセルソンとスタールは、密度勾配遠心法を利用して、DNA が半保存的に複製されることを証明した。

エ ビードルとテータムは、栄養要求性を示すアカパンカビを用いた実験から、一遺伝子一酵素説を提唱した。

問 3 下線部 a について、ヒトの体細胞の DNA に含まれる 4 種の塩基のうち、アデニンの含有率が 31 % であったとき、グアニンの含有率は何 % となるか、答えよ。

問 4 下線部 b について、ヒトの生殖細胞がもつ DNA の全塩基対数を 3.0×10^9 、この DNA がもつ遺伝子数を 2.2×10^4 、1 つのタンパク質を構成するアミノ酸数を 5.0×10^2 としたとき、ヒトの生殖細胞がもつ DNA の全塩基対に占める遺伝子領域の割合は何 % となるか。小数第一位まで求めよ。ただし、1 つの遺伝子からは 1 種類のタンパク質が合成されるものとする。

問 5 下線部 c について、コドンが 2 つ組の塩基配列からなる場合は、タンパク質を正しく合成することができない。この理由を、アミノ酸の種類数に着目して 50 字以内で説明せよ。

問 6 実験 1～3 に関して、次の (1)・(2) に答えよ。ただし、コドンごとのポリペプチドの合成効率にちがいはないものとする。

(1) **実験 1～3** の結果から、2 組のコドンについて指定されるアミノ酸が決定できる。この 2 組のコドンとアミノ酸の組合せを、次の例のように記せ。

[例] GGG：グリシン

(2) **実験 3** では、読み取りが可能なコドンが 3 種類あるにもかかわらず、合成されたポリペプチドは 2 種類しかなかった。なぜ 3 種類のポリペプチドが合成されなかったのか、その理由を考察し、30 字以内で説明せよ。

4 【Ⅰ・Ⅱ選択者用問題】(配点 25点)

呼吸に関する次の文章を読み、下の各問に答えよ。

生物は、有機物を分解して生命活動に必要なエネルギーを獲得している。このような反応を呼吸といい、呼吸によって分解されてエネルギーを生じるもととなる物質を呼吸基質という。呼吸基質には炭水化物、脂肪、タンパク質があり、ヒトの場合、どの呼吸基質をどの程度利用するかは状況によって異なる。

ヒトの細胞が好気呼吸によってグルコースを分解してエネルギーを獲得する反応を模式的に示すと、次ページの図1のようになる(図中のC₆などの右下の数字は、各物質の炭素数を示す)。まず、グルコースは細胞質基質において 1 (C₆)になる。この過程を解糖系という。次に、1 はミトコンドリアのマトリックスに移動して活性酢酸(C₂)になり、活性酢酸が 2 (C₄)と結合してクエン酸(C₆)になる。クエン酸は脱炭酸反応や脱水素反応を経て、再び 2 となる。この過程をクエン酸回路という。解糖系やクエン酸回路では水素([H])が生じ、水素は補酵素と結合してミトコンドリアの内膜に運搬される。水素は最終的に 3 と反応して 4 になる。この過程を電子伝達系という。

脂肪やタンパク質が好気呼吸の呼吸基質として利用される場合は、以下のような反応経路を経る。脂肪は、5 と脂肪酸に分解される。5 は解糖系の途中に入り、脂肪酸は活性酢酸に分解されてクエン酸回路に入る。b タンパク質は最終的にアミノ酸に分解され、アミノ酸はさらに有機酸となってクエン酸回路に入る。しかし、アミノ酸はさまざまな生体分子の材料となるため、呼吸基質として利用される割合は小さい。

ヒトがどの呼吸基質をどの程度利用しているかは、吸収された酸素量や放出された二酸化炭素量を測定することで推定できる。次ページの表1は、それぞれの呼吸基質1gを分解したときに吸収される酸素量(L)、放出される二酸化炭素量(L)、および得られるエネルギー量(kcal)を示したものである。

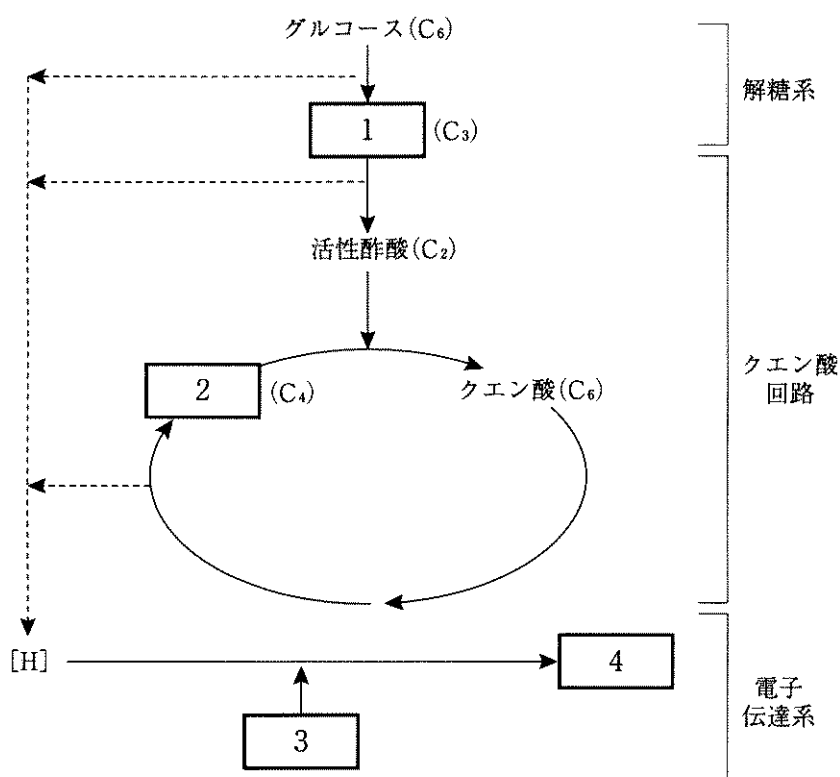


図 1

表 1

	炭水化物	脂肪	タンパク質
1 g を分解したときに 吸収される酸素量(L)	0.75	2.0	0.95
1 g を分解したときに 放出される二酸化炭素量(L)	0.75	1.4	0.76
1 g を分解したときに 得られるエネルギー量(kcal)	4.1	9.3	4.1

問 1 文章中の 1 ～ 5 に入る適当な語を、次の語群から選んでそれぞれ記せ。なお、図 1 中の空欄の番号は文章中の空欄の番号と同じである。

[語群] フマル酸 コハク酸 オキサロ酢酸 乳酸 ビルビン酸
リンゴ酸 二酸化炭素 酸素 窒素 水 グリセリン

問 2 1 分子のグルコースをもとにして、(1) 解糖系、(2) クエン酸回路、(3) 電子伝達系の各過程で得られる ATP はそれぞれ何分子か、答えよ。

問 3 下線部 a, b について、それぞれの過程に関与する酵素と同様なはたらきをする消化酵素の名称として適当なものを、次のア～クから、(1) a については 1 つ、(2) b については 3 つ選び、それぞれ記号で答えよ。

ア ペプチダーゼ	イ カタラーゼ	ウ アミラーゼ
エ トリプシン	オ リパーゼ	カ ペプシン
キ マルターゼ	ク デヒドロゲナーゼ	

問 4 ヒトが運動を行うとき、運動開始直後には、筋肉中に貯えられている物質 A を用いて直接 ATP を再生する。また、物質 A は筋肉中に一定量しか存在しないため、これと並行して、運動強度や持続時間に応じて呼吸基質を変化させて、呼吸により ATP を生成する。これに関して、次の (1) ～ (3) に答えよ。

(1) 物質 A の名称を答えよ。

(2) 動物が脂肪を呼吸基質として貯蔵する利点を、表 1 を参考にして 50 字以内で述べよ。

(3) 好気呼吸のエネルギー源としては、脂肪よりも炭水化物のほうが有利である。その理由を、表 1 を参考にして 40 字以内で述べよ。

問 5 ヒトは運動をしていなくてもエネルギーを消費する。このとき必要なエネルギー量を基礎代謝量という。ある被験者の基礎代謝量を推定するために、安静時の酸素吸収量と二酸化炭素放出量を測定したところ、それぞれ 1 分間あたり 0.195 L と 0.159 L であった。これに関して、次の (1) ～ (3) に答えよ。ただし、安静時に呼吸基質として利用されるタンパク質の量は無視できるものとする。

(1) この被験者の安静時の呼吸商はいくらか。四捨五入により小数第二位まで求めよ。

(2) この被験者が 1 分間に消費した、(i) 炭水化物の量 (g) と、(ii) 脂肪の量 (g) は、それぞれいくらか、表 1 をもとに計算せよ。

(3) (2) の結果と表 1 より、この被験者の 1 日あたりの基礎代謝量 (kcal) を計算し、四捨五入により整数値で答えよ。

生物の問題は次のページに続く。

5 【I 選択者用問題】（配点 25点）

排出に関する次の文章を読み、下の各問に答えよ。

動物には、外部環境が変化しても、体液の組成や浸透圧を一定の状態に保つしくみをもつものが多い。a 海水中や淡水中で生活する魚類の多くは、外液の浸透圧に応じて体液の浸透圧調節を行うしくみをもち、b 陸上で生活するほ乳類では、主に腎臓において、ホルモンによる調節を受けて浸透圧調節が行われる。

ヒトの腎臓はソラマメのような形をした臓器で、腹部の背側に左右一対ある。腎臓の内部は、皮質と髄質、および腎うからなる。皮質には毛細血管が球状にからみあった **1** とこれを包むボーマンのうからなる **2** があり、髄質にはボーマンのうに続く細尿管(腎細管)や集合管がある。**2** と細尿管をあわせて **3** と呼び、これが1つの腎臓あたり約 100 万個存在する。腎臓では、腎動脈から入った血液が **1** でろ過され、c ろ過によって生じた原尿から生体に必要な物質が細尿管や集合管で再吸収され、残りが尿となって排出される。腎臓は、このような過程を通じて、毒性の高い **4** から肝臓において合成された尿素などの老廃物を排出したり、体液の浸透圧調節を行ったりしている。

次ページの図1は、**3** および集合管を模式的に示したものである。また図2は、ボーマンのうへろ過された水、 Na^+ 、イヌリン(静脈に注射した人体に無害な物質)、および血液中に存在するある物質Xの残留量を、細尿管や集合管の各部位で測定し、グラフにして示したものである。なお、残留量は、ろ過によって生じた原尿中の物質の量を1.0として、相対値で表してある。また、図2中のA～Eは、図1のA～Eのそれぞれの区間に対応している。

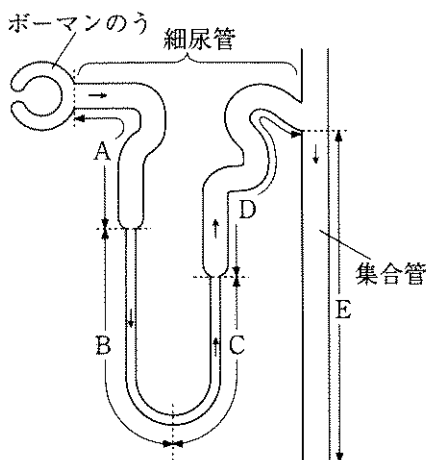


図1

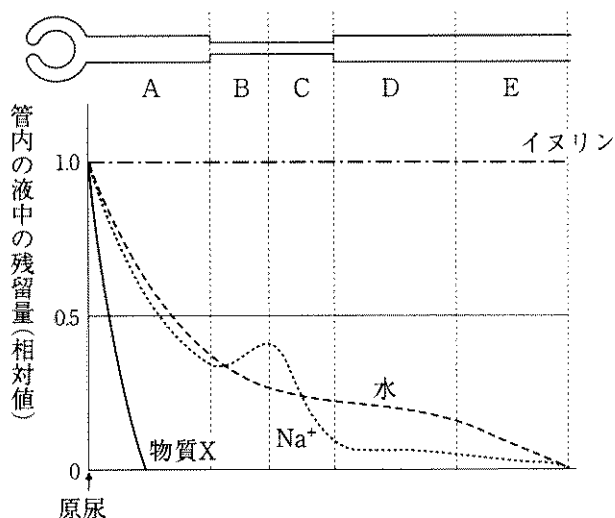


図2

問1 文章中の 1 ~ 4 に入る適当な語を記せ。

問2 下線部aについて、魚類の浸透圧調節に関する記述として適当なものを次のア～カから2つ選び、記号で答えよ。

- ア 海産硬骨魚類は、体液よりも高張な尿を排出している。
- イ 海産硬骨魚類は、塩類をえらから能動輸送によって吸収している。
- ウ 海産軟骨魚類は、体液中に尿素を貯えることで、体液の浸透圧を海水の浸透圧とほぼ等しくしている。
- エ 海産軟骨魚類は、海水を積極的に飲むことで、体液の浸透圧を海水の浸透圧とほぼ等しくしている。
- オ 淡水産硬骨魚類は、体液よりも低張な尿を多量に排出している。
- カ 淡水産硬骨魚類は、淡水を積極的に飲むことで、体液の浸透圧を淡水の浸透圧とほぼ等しくしている。

問3 下線部bについて、ヒトが大量の発汗後に水分を補給する場合、スポーツドリンク(糖や塩類などを含む体液と等張な液体)を飲んだときと比べて、同量の水を飲んだときのほうが、あるホルモンの分泌量が減少するため、尿量が増加する。このことに関して、次の(1)・(2)に答えよ。

- (1) このホルモンの名称を答えよ。
- (2) このホルモンのはたらきを、15字以内で答えよ。

問 4 下線部 c について、一定時間に生成される原尿量は、原尿中および尿中のイヌリン濃度と一定時間に生成された尿量から求められる。たとえば、1 時間あたりに生成された原尿量と尿量をそれぞれ C mL, V mL とし、原尿中および尿中のイヌリン濃度をそれぞれ P mg/mL, U mg/mL とすると、イヌリンはろ過された後にまったく再吸収されないので、1 時間に生じた原尿と尿に含まれるイヌリンの量は等しくなり、 $P \times C = U \times V$ の関係が成り立つ。

いま、ある人で、1 時間あたりに生成された尿量が 60 mL、原尿中および尿中のイヌリン濃度がそれぞれ 0.1 mg/mL, 12.0 mg/mL であるとき、1 時間あたりに生成された原尿量 (mL) を求めよ。

問 5 図 2 について、次の (1)・(2) に答えよ。

(1) 図 2 の物質 X は何か。適当なものを次のア～エから 1 つ選び、記号で答えよ。

ア タンパク質 イ グルコース ウ 尿素 エ K^+

(2) A～E の各区間における各物質の濃度変化に関する記述として適当なものを次のア～カから 2 つ選び、記号で答えよ。

ア A の区間では、 Na^+ の濃度はほとんど変化しない。

イ A の区間では、イヌリンの濃度はほとんど変化しない。

ウ Na^+ は、B の区間では濃縮され、C の区間では希釈される。

エ C の区間では、水が再吸収される割合は Na^+ が再吸収される割合よりも高い。

オ 水は、D の区間で最も多量に再吸収される。

カ Na^+ は、E の区間で最も多量に再吸収される。

生物の問題は次のページに続く。

6 【I 選択者用問題】(配点 25点)

光合成に関する次の文章を読み、下の各問に答えよ。

光合成は、光エネルギーを用いて二酸化炭素と水から有機物を合成する反応で、陸上植物では、葉の表側にある 1 組織と裏側にある海綿状組織の細胞内に多数存在する細胞小器官である 2 で行われる。このときに用いられる二酸化炭素は、葉の裏側に多く存在する 3 を通じて大気中から取り込まれる。

光合成の反応過程は、光の強さ、二酸化炭素濃度、および温度の影響を受け、これらのうち最も不足している条件は光合成の限定要因と呼ばれる。また、同じ陸上植物でも、陽生植物と陰生植物では、光の強さに対する光合成特性に大きなちがいがみられ、生育環境も異なる。

図1は、ある植物の葉について、温度が10℃で二酸化炭素濃度が十分な条件で、光の強さと二酸化炭素吸収量の関係を調べた結果である。光の強さは0～40キロルクスに変化させ、単位葉面積あたり1時間あたりの二酸化炭素吸収量(マイナスの場合は放出量)の相対値を示した。また、次ページの図2は、二酸化炭素濃度が十分な条件で、光の強さを0キロルクス(暗黒)または40キロルクスにして、温度と二酸化炭素吸収量の関係を調べた結果である。温度は5～40℃に変化させ、単位葉面積あたり1時間あたりの二酸化炭素吸収量(マイナスの場合は放出量)の相対値を図1と同様に示した。

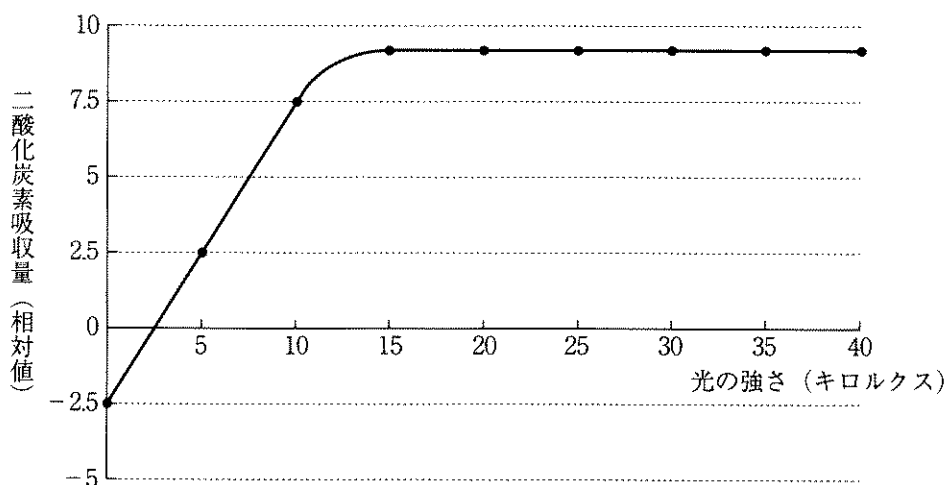


図1

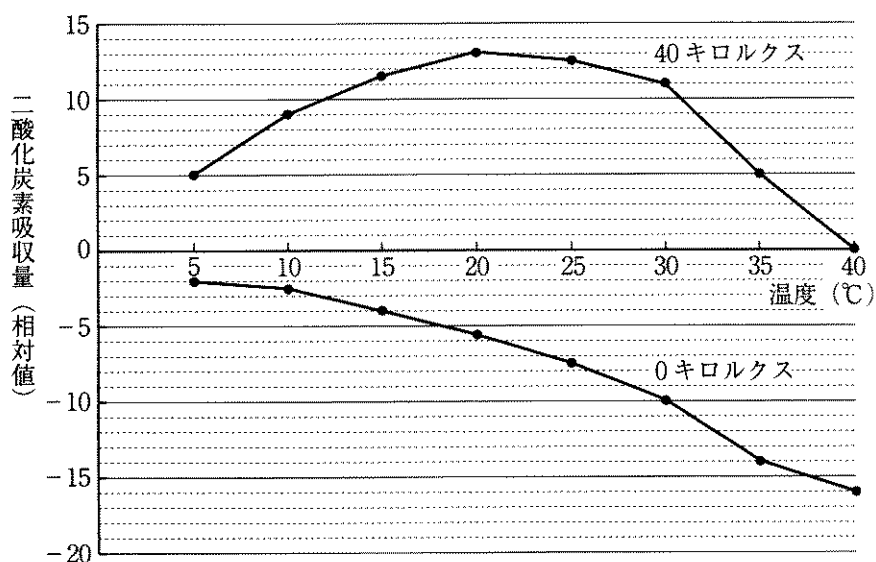


図 2

問 1 文章中の 1 ～ 3 に入る適当な語を記せ。

問 2 下線部について、次の (1)・(2) に答えよ。

- (1) 陽生植物と陰生植物の組合せの例として最も適当なものを次のア～エから 1 つ選び、記号で答えよ。

	陽生植物	陰生植物
ア	ススキ	タンポポ
イ	イヌワラビ	タンポポ
ウ	ススキ	アオキ
エ	イヌワラビ	アオキ

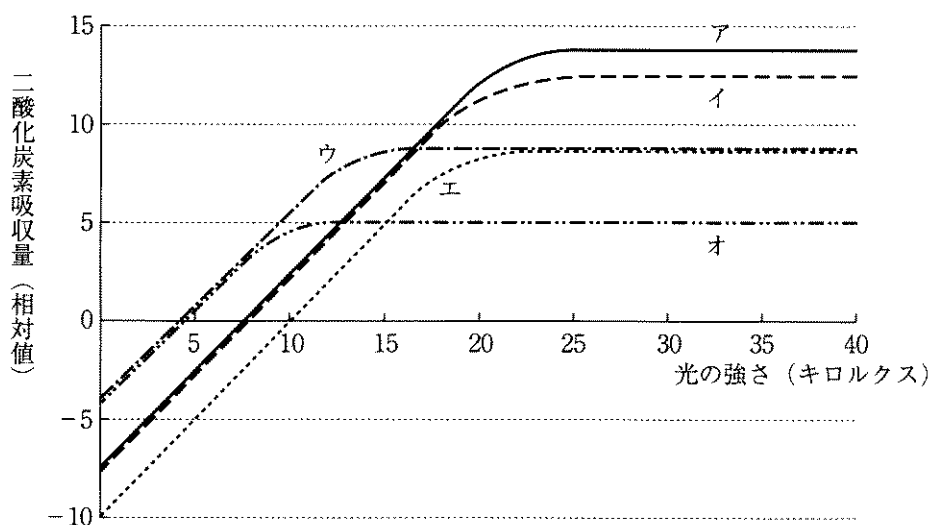
- (2) 陽生植物と比較したときの、陰生植物の光合成特性および生育環境の相違点について、「補償点」と「光飽和点」の語を用いて、40 字以内で説明せよ。

問3 図1について、次の(1)～(3)に答えよ。

- (1) 5キロルクスの強さの光を照射したときの光合成の限定要因は何か。
- (2) 30キロルクスの強さの光を照射したときの光合成の限定要因は何か。
- (3) この植物の葉に10キロルクスの強さの光を照射して10℃の条件においた場合、1日の光合成量が呼吸量を上回り、この植物の葉の乾燥重量が増加するには、1日のうち光を照射する時間を何時間より多くすればよいか、整数値で答えよ。なお、光合成産物はすべて葉で呼吸に利用されるか、あるいは葉に蓄積するものとし、光を照射していないときの光の強さは0キロルクス(暗黒)とする。

問4 図2について、次の(1)～(3)に答えよ。

- (1) 光合成速度が最も大きくなるのは、何℃のときか。次のア～クから適当なものを1つ選び、記号で答えよ。
 ア 5℃ イ 10℃ ウ 15℃ エ 20℃ オ 25℃
 カ 30℃ キ 35℃ ク 40℃
- (2) この植物の葉に、二酸化炭素濃度が十分な条件で40キロルクスの強さの光を照射したとき、単位時間あたりに最も乾燥重量が増加するのは何℃のときか。
 (1)のア～クから適当なものを1つ選び、記号で答えよ。
- (3) 図2をもとにして描いた25℃のときの光－光合成曲線として適当なものを次図のア～オから1つ選び、記号で答えよ。



地学の問題は次ページから始まる。

地 学

(I・IIの選択者は、①, ②, ③, ④, ⑤の、Iのみの選択者は、①, ②, ③, ④, ⑥の計5題を解答せよ。)

① 【共通問題】 (配点 20点)

地球内部の構造と組成に関する次の文章を読み、以下の問に答えよ。

走時曲線の解析によって、地球内部は地殻、マントル、外核、内核に区分されている。最近では、地球内部における地震波速度の平均値からのずれを三次元的に表す 1 という手法によって、マントルの構造が詳しくわかるようになってきた。

マントル内で地震波速度が周囲よりも小さい部分の温度は高く、地震波速度が周囲よりも大きい部分の温度は低いと考えられる。このような地震波速度の地域的な違いを見ると、海溝から沈み込んだ海洋プレートは、深さ 2 km 付近に滞留していると考えられる。このような海洋プレートの沈み込む下限は、3 と呼ばれる深発地震面の深さに下限があることから推測されていた。また、ハワイ島や東アフリカ大地溝帯直下のマントルには、4 と呼ばれる高温の領域が広がり、深さ 2900 km 付近のマントルと外核の境界付近から高温の物質が上昇していると考えられている。

地球創成期に地球表面を覆っていたマグマオーシャン(マグマの海)中の鉄成分などの高密度の物質が地球内部に沈み込んでいき、中心部に核が形成された。現在の地球の核は、深さ 5100 km 付近で固体の内核と液体の外核に分かれている。

地球内部の化学組成は、地球の起源物質と同じ成分と考えられる ^{いんせき}隕石などから推定されており、地球全体では 5 が最も多く、核は Fe、マントルと地殻では 6 が最も多いと推定されている。

問1 文章中の空欄 1 ～ 4 にあてはまる適切な語または数値を答えよ。

問 2 文章中の空欄 5 ・ 6 にあてはまる適切な元素記号を答えよ。

問 3 内核は核全体の体積のうち何%を占めているか。小数点以下を四捨五入し、整数値で答えよ。

問 4 地球の 2900 km 以深が液体の状態であることは、どのような観測結果からわかったか。1 行程度で簡潔に答えよ。

問 5 次の図 a~d は地球内部の諸量の深さ分布を表している。それぞれの図がどのような量を表しているのかを【解答群 A】から、図の縦軸の単位を【解答群 B】からそれぞれ一つ選んで記号で答えよ。ただし、【解答群 B】の単位は、繰り返し用いてよい。

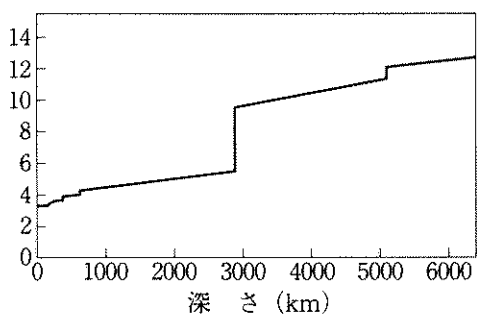


図 a

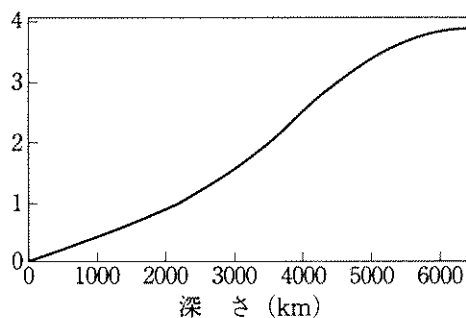


図 b

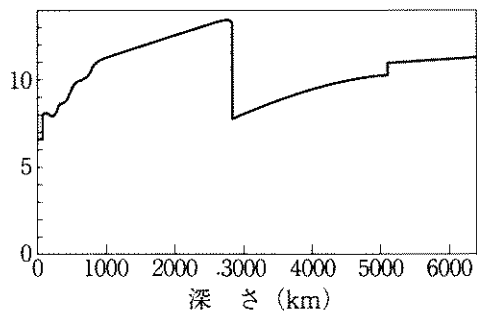


図 c

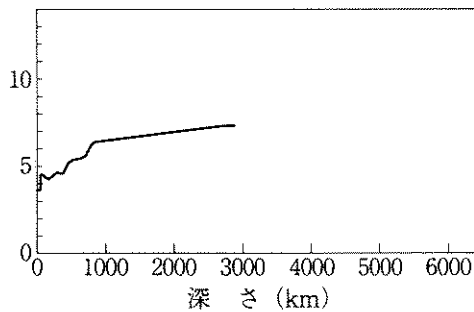


図 d

【解答群 A】 ア P波速度 イ S波速度 ウ 密度 エ 圧力 オ 温度

【解答群 B】 カ m/s キ km/s ク kg/m³ ケ g/cm³ コ 10¹¹Pa

サ 10²Pa シ m/s² ス cm/s² セ K ソ °C

2 【共通問題】 (配点 20点)

地殻を構成する岩石に関する次の文章を読み、以下の問に答えよ。

岩石が温度変化による膨張・収縮を繰り返したり、岩石の割れ目に入った水が凍結・膨張したりすると、岩石は次第に破碎されて細粒化していく。このような作用を 1 という。これ以外に岩石が化学変化によって分解されていくこともあるが、これも 1 の一つである。大陸表層にはこうしてできた^{さいせつ}砕屑物が広く分布している。このうち砂を主たる構成粒子とする砂岩は、石英、長石などの鉱物を含み、岩石学的には、石英、長石、岩片(砂の粒径をもたない砕屑粒子)の3種の組成によって細分される。^(a)

ところで、大陸地殻における砕屑物の化学組成を分析すると、質量比で最も多い成分は SiO_2 であり、その割合は約 60 % である。この値は火成岩では 2 岩質の岩石に近いものである。しかし、この結果は大陸地殻表層の化学組成を示すにすぎず、大陸地殻全体の組成を表しているわけではない。より詳細な結果を得るためには大陸地殻の構造も考慮した地殻深部の情報が必要となるであろう。大陸地殻の構造は、地震波速度の違い、地下の温度分布、地殻熱流量から見積もられる放射性同位体の含有量などから推定されており、地殻下部には火成岩や^{たいせき}堆積岩だけでなく、変成作用を受けた岩石も^(b)多数含まれていると考えられている。

問1 文章中の空欄 1 ・ 2 にあてはまる適切な語を答えよ。

問 2 文章中の下線部(a)に関連して、3種の構成要素の組成を表すには、次の図1の三角ダイヤグラムが用いられる。例えば、3種の鉱物 A, B, C からなる岩石が図中の黒丸で示される組成をもつとき、その組成は黒丸から各辺(頂点の対辺)までの距離の比(%)で表される。図1はその例を示したものであり、この場合、鉱物 A, B, C の組成比はそれぞれ 25 %, 20 %, 55 % である。下の(1)～(4)に答えよ。

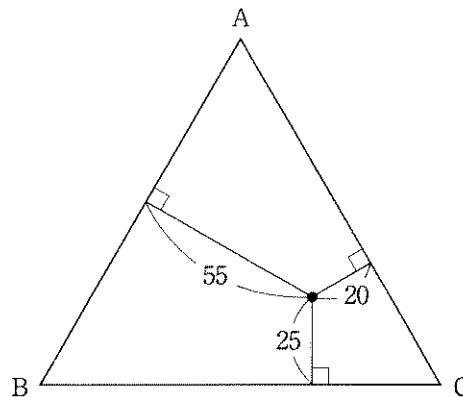


図 1

(1) 碎屑物の大きさについて、砂の粒径に該当するものを、次のア～エのうちから一つ選び、記号で答えよ。

ア 0.003 mm イ 0.03 mm ウ 0.3 mm エ 3 mm

(2) 三角ダイヤグラムによる砂岩の分類では、石英が 75 % 以上のものを「石英質砂岩」、石英が 75 % 未満で長石 > 岩片のものを「長石質砂岩」、石英が 75 % 未満で長石 < 岩片のものを「石質砂岩」と呼んでいる。図1で A を石英、B を長石、C を岩片とすると、図1の黒丸で示される砂岩は上記のどの砂岩に分類されるか。

(3) (2)の基準によって砂岩を石英質砂岩、長石質砂岩、石質砂岩の3種類に分類する場合、これらの領域は2本の境界線によって三つの領域に分けられる。その境界線を解答欄に記せ。なお、解答欄の三角形には各辺を四等分した目盛りを入れてある。また、石英質砂岩、長石質砂岩、石質砂岩の領域はそれぞれ X, Y, Z と記すこと。

(4) 砂岩中の「岩片」の組成からはどのようなことが推定されるか。5～15字で答えよ。

問3 文章中の下線部(b)に関連して、次の図2は多形の関係にある3種の鉱物P、Q、Rの安定な温度・圧力領域を示したものである。変成作用が起こる条件は図2のような地下の温度と圧力の関係を表す図を用いて調べられることが多い。下の(1)・(2)に答えよ。

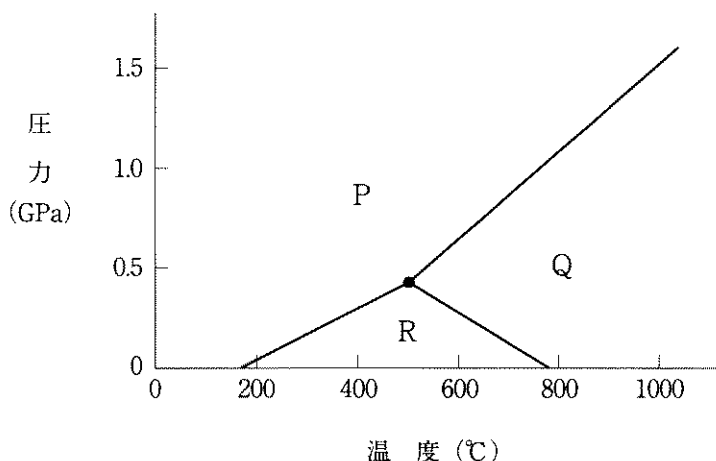


図 2

縦軸の単位 GPa の G (ギガ) は 10^9 倍を表す。

- (1) ある変成岩 M には鉱物 R が含まれていた。図 2 中の P、Q、R の領域の境界線が交わる点(図中の黒丸)の温度・圧力がそれぞれ 500°C 、 0.4 GPa であるとき、この変成岩 M が生成した場所の地温勾配(または地下増温率：単位は $^{\circ}\text{C}/\text{km}$)は少なくともどれくらいであったか。小数点以下を四捨五入し、整数値で答えよ。なお、求める地温勾配は地表(図 2 の原点)からの平均勾配とし、 1.0 GPa は深さ 30 km に相当するものとする。
- (2) 広域変成岩に分類される結晶片岩と片麻岩は、それぞれ生成する温度・圧力条件が異なっている。結晶片岩と比較したときに片麻岩が生成しやすい条件を地下の地温勾配の違いに触れながら簡潔に述べよ。

地学の問題は次のページに続く。

③ 【共通問題】 (配点 20点)

地質図に関する次の文章を読み、以下の問に答えよ。

次の図1は、ある地域を調査して得られた地質図である。破線は等高線で、数字は標高(m)を示し、実線は地層の境界線である。

図1中のA～C層は整合に積み重なっており、A層は泥岩、B層は砂岩泥岩互層、C層は砂岩である。図中のP点で^(a)クリノメーターを用いて層理面の走向と傾斜を測定し、偏角補正を加えると、走向はN45°W、傾斜角は30°であった。D層は石灰岩層であり、A～C層との境界では接する両側の地層に由来する角ばった^{れき}礫が観察された。

また、A層からはカヘイ石(ヌムリテス)が、D層からは^{ぼうすい}紡錘虫(フズリナ)が^(b)示準化石として産出した。

なお、この地域で各々の地層の走向や層厚は一定であるものとする。

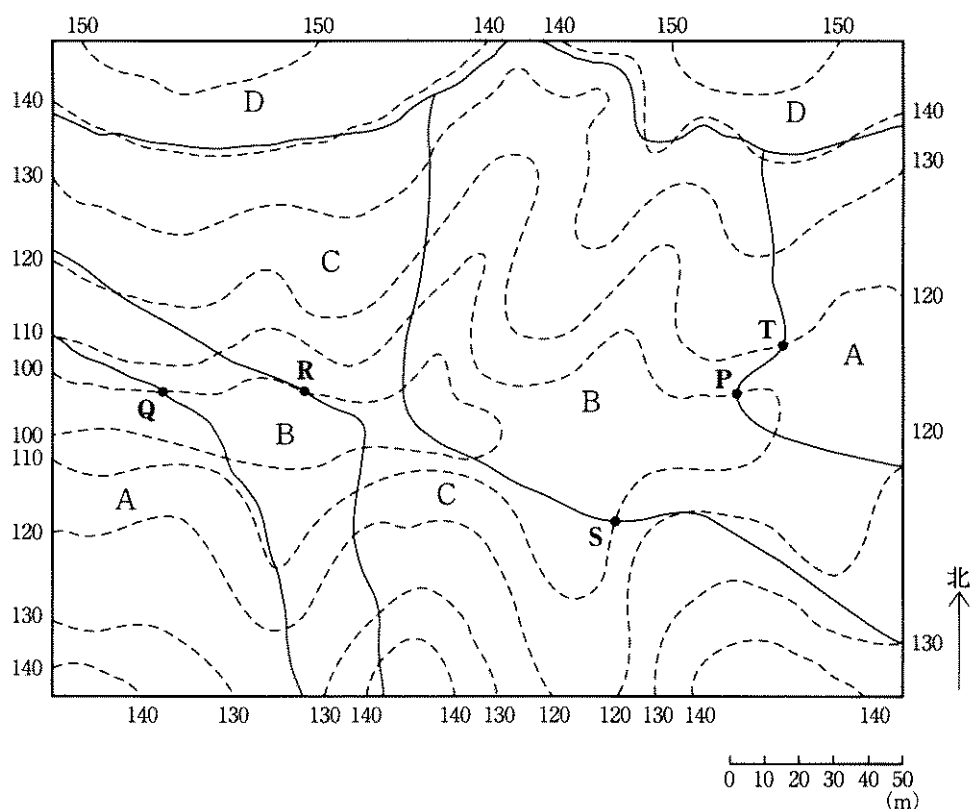


図 1

問 1 文章中の下線部(a)に関連して、偏角補正を加える前のクリノメーターの磁針がどの方向を指し示していたか、解答欄の図中に描け。ただし、解答欄の円をクリノメーターの盤面とし、方角を示す E, W の文字、磁針(N 極を矢印の矢先で示すこと)、走向を示す角度をそれぞれ記すこと。また、調査地域の偏角は西に 7° とする。

問 2 B 層の層厚を求めるためには、図 1 中の P 点と、Q 点、R 点、S 点、T 点のうちどの点との間の水平距離を用いる必要があるか。その区間を答えよ。また、B 層の層厚を有効数字 2 桁^{けた}で答えよ。

ただし、P-Q 間の水平距離は 168 m、P-R 間は 126 m、P-S 間は 52 m、P-T 間は 18 m とし、Q-R-P は東西方向に、S-P-T は北東-南西方向に一直線に並んでいるものとする。必要ならば、 $\sqrt{2}=1.4$ 、 $\sqrt{3}=1.7$ 、 $\sqrt{5}=2.2$ を使用せよ。

問 3 文章中の下線部(b)に関連して、示準化石として利用するために化石が満たしていると望ましい条件を三つあげ、それぞれ簡潔に答えよ。

問 4 A~C 層と D 層は形成年代に違いがある。次の(1)・(2)に答えよ。

(1) 形成年代の欠落部分にあたる年代として最も適当なものを、次のア~エのうちから一つ選び、記号で答えよ。

ア オルドビス紀 イ デボン紀 ウ ジュラ紀 エ 新第三紀

(2) A~C 層と D 層の関係として最も適当なものを、次のア~エのうちから一つ選び、記号で答えよ。

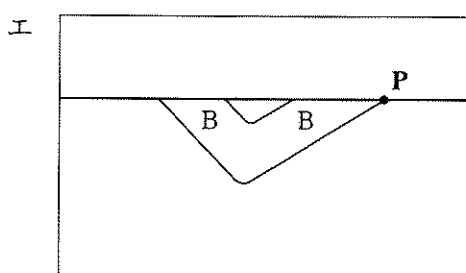
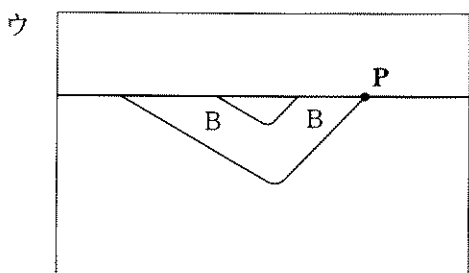
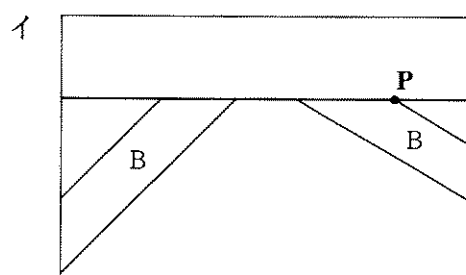
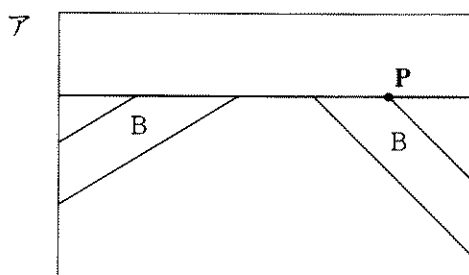
ア 平行不整合 イ 傾斜不整合 ウ 断層 エ 貫入

問5 A～C層の地質構造を把握するため、P点を通る地質断面図を作成することにした。次の(1)・(2)に答えよ。

(1) 断面図を作成する方向として最も適当なものを、次のア～エのうちから一つ選び、記号で答えよ。

ア 南－北 イ 北東－南西 ウ 東－西 エ 北西－南東

(2) A～C層のうち、B層の地質断面の模式図として最も適当なものを、次のア～エのうちから一つ選び、記号で答えよ。ただし、各図とも地表面は水平に描いてあり、P点のみ記入してある。



地学の問題は次のページに続く。

4 【共通問題】 (配点 20点)

大気中の水蒸気に関する次の文章を読み、以下の問に答えよ。

大気中に含まれる水蒸気量の上限值は気温によって決まっており、このときの水蒸気圧を 1 という。図1は気温ごとの 1 をグラフで示したものである。大気の相対湿度は、大気の水蒸気圧が、その気温における 1 の何%に相当するかで表される。

図2は、ある地域における気温の高度分布をグラフで示したものである。この地域において、地表の気温と等しい温度の空気塊に外から何らかの力がはたらいたために上昇気流が起こり、地上 0 m の空気塊が 2 して、高度 1000 m で露点に達して雲が発生したとする。上昇した空気塊は、地上 0 m から 1000 m までは 3 に従って $1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ の割合で温度が下がり、1000 m より上空では 4 に従って約 $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ の割合で温度が下がる。そして、この空気塊は、高度 5 m より上空では外から力がはたらかなくても空気塊が上昇し続ける。

また、6 m より上空では、雲の中で過冷却水滴と氷晶が共存し、それが原因となって氷晶雨が降る。
(b)

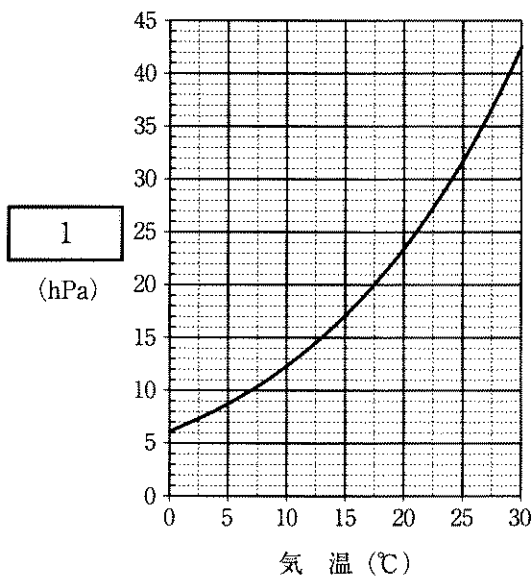


図 1

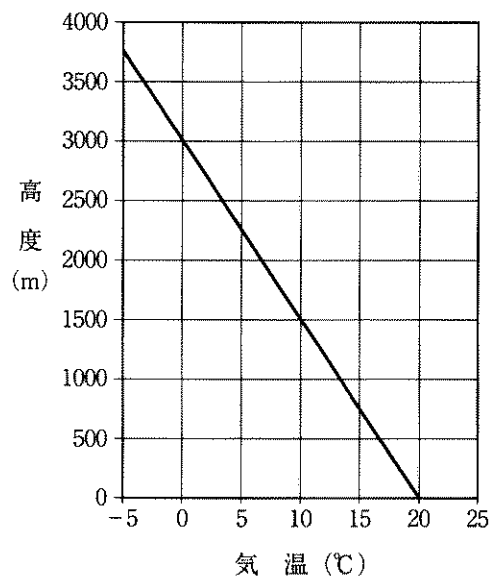


図 2

問1 文章中の空欄 1 ～ 4 にあてはまる適切な語を、次のア～ケのうちから一つずつ選び、それぞれ記号で答えよ。

- | | | |
|--------|----------|--------|
| ア 温室効果 | イ 湿潤断熱減率 | ウ 断熱膨張 |
| エ 断熱圧縮 | オ 乾燥断熱減率 | カ 潜熱放出 |
| キ 潜熱吸収 | ク 飽和水蒸気圧 | ケ 放射冷却 |

問2 文章中の空気塊の上昇に伴う温度変化を、解答欄の図に記入せよ。なお、解答欄の破線は図2の気温分布である。

問3 文章中の空欄 5 ・ 6 にあてはまる適切な数値を答えよ。

問4 図2で示される地域の気温減率(単位は $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$)はいくらか。四捨五入して小数第2位まで答えよ。

問5 図2で示される地域の大気はどのような状態か。「絶対安定」、「絶対不安定」、「条件つき不安定」のうちから一つ選べ。

問6 文章中の下線部(a)に関連して、上昇した空気塊が地表(高度0 m)にあったときの相対湿度(%)を整数値で答えよ。ただし、高度変化による露点の変化はないものとして計算せよ。

問7 文章中の下線部(b)に関連して、次の(1)・(2)に答えよ。

(1) 氷晶雨の形成と関係が深い事象として最も適当なものを、次のア～エのうちから一つ選び、記号で答えよ。

- ア 過冷却水滴の方が氷晶よりも表面の飽和水蒸気圧が高い。
- イ 過冷却水滴の方が氷晶よりも表面の飽和水蒸気圧が低い。
- ウ 過冷却水滴の方が氷晶よりも密度が小さい。
- エ 過冷却水滴の方が氷晶よりも密度が大きい。

(2) 上空の雲の中で、氷晶が成長するしくみを、「氷晶」、「過冷却水滴」、「蒸発」、「昇華」の語を使って簡潔に説明せよ。

【Ⅴ】 【Ⅰ・Ⅱ選択者用問題】 (配点 20点)

宇宙の構造に関する次の文章を読み、以下の問に答えよ。

銀河系は、アンドロメダ銀河や大・小マゼラン銀河など 30 個ほどの銀河とともに、一つの銀河群を構成しており、この銀河群は 1 と呼ばれている。銀河はその形状によって分類されており、例えば、アンドロメダ銀河は渦巻銀河に分類される。宇宙空間では、複数の銀河群や銀河団が直径 1 億光年以上の大きな超銀河団をつくり、同様のスケールで広がる銀河がほとんどない空洞の領域(ボイドまたは超空洞と呼ばれる)とともに、大規模な 2 構造を形成している。

比較的近傍の銀河までの距離は、各銀河内に存在する 変光星の周期光度関係 ^(a) を利用して求めることができる。また、遠方の銀河までの距離 ^(b) は、ドップラー効果によって、銀河の連続スペクトル中に現れる吸収線(暗線)が長い方にずれる現象である 3 の観測から、ハッブルの法則を用いて求めることができる。これらの情報からは宇宙の起源や進化などのさまざまな情報も得ることができる。

問 1 文章中の空欄 1 ～ 3 にあてはまる適切な語を答えよ。

問 2 次の図 1 は銀河系の断面を模式的に表したものである。このうち太陽系が存在する領域を x～z のうちから一つ選び、記号で答えよ。また、その領域の名称も答えよ。

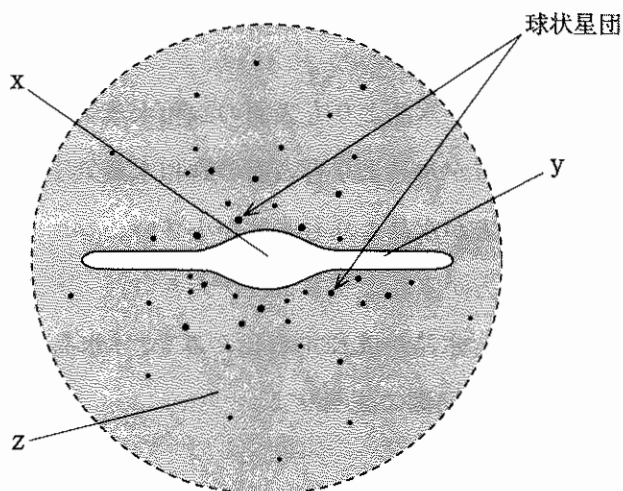


図 1

問 3 次の図 2 は、セファイド型変光星の周期光度関係を表したグラフである。文章中の下線部 (a) に関連して、銀河系近傍の銀河 P にあるセファイド型変光星を観測した結果、変光周期が 21 日、見かけの等級が 20 等であることがわかった。下の (1)・(2) に答えよ。

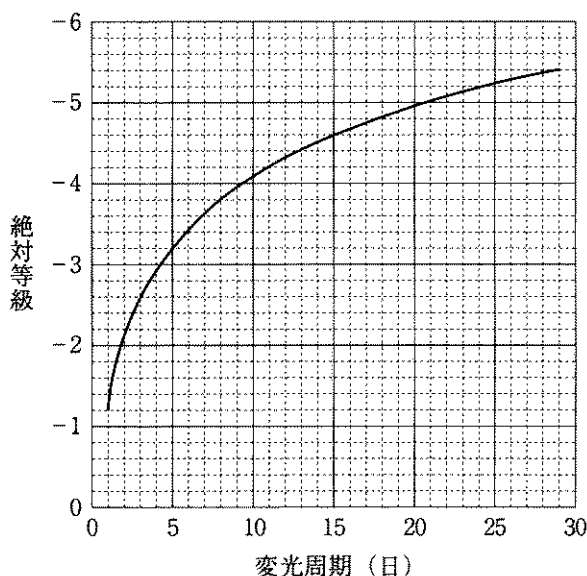


図 2

- (1) 銀河 P までの距離は何光年か。有効数字 2 桁^{けた}で答えよ。
- (2) 銀河 P までの距離は銀河系の直径の何倍か。有効数字 1 桁で答えよ。

問 4 文章中の下線部 (b) に関連して、活動的な銀河であるクェーサー(準恒星状天体)は、現在数万個ほど見つかったが、すべて非常に遠方にあることがわかっている。そのうち、あるクェーサー Q の後退速度は $2.8 \times 10^5 \text{ km/s}$ であった。次の (1)・(2) に答えよ。

- (1) クェーサー Q の距離と後退速度の間にはハッブルの法則が適用できるものとする。このとき、ハッブル定数を 10^6 パーセクあたり $7.1 \times 10 \text{ km/s}$ とすると、クェーサー Q までの距離は何光年になるか。有効数字 2 桁で答えよ。
- (2) クェーサー Q は宇宙誕生の初期に形成された非常に古い原始銀河と考えられている。このように考えられる理由を (1) の結果に基づいて 1 行程度で説明せよ。

⑥ 【Ⅰ 選択者用問題】 (配点 20点)

恒星の進化に関する次の文章を読み、以下の問に答えよ。

星間空間は真空ではなく、希薄な星間物質が漂っている。星間物質は星間ガスと星間塵(宇宙塵)からなる。星間物質は一様に分布しているわけではなく、(a) ところどころに密度の高い星間雲と呼ばれる部分が存在する。星間雲が重力によって収縮すると内部の温度が上昇し、赤外線を放射する 1 が誕生する。さらに重力による収縮が進んで内部の温度がやがて 2 K に達すると、水素の核融合反応(水素燃焼反応)が始まり、1 から主系列星へと進化する。(b) 主系列星は安定した状態にあり、恒星はその進化の過程において、最も長い時間を主系列星として過ごす。それゆえ、恒星の寿命は主系列星としての時間と見なしてよい。恒星の寿命は質量が大きいほど短く、太陽の寿命は約 100 億年であると考えられている。

恒星の中心部の水素が消費されると、中心部は収縮するが外層は膨張して、主系列星から巨星(赤色巨星)へと進化する。中心部は収縮して温度が上昇し、やがて水素の核融合反応で形成された (c) ヘリウムが核融合反応を起こして、より重い元素を合成していく。このあとの恒星の進化は恒星の質量によって異なるが、太陽質量程度の恒星であれば、(d) 外層部のガスを放出し、中心部だけが白色矮星として残ると考えられている。太陽質量の数倍以上の大質量星は、最終段階で恒星全体が吹き飛ぶような大爆発を起こし、もとの 1 億倍以上も明るい 3 として観測される。

問 1 文章中の空欄 1 ～ 3 にあてはまる適切な語または数値を答えよ。ただし、2 は、次の数値から一つ選べ。

1 万 10 万 100 万 1000 万

問 2 文章中の下線部 (a) に関連して、星間雲の特に密度が高く温度の低いところでは原子が結合して分子が形成される。これらの分子の中で、単位体積あたりの個数が最も多い分子の名称を答えよ。

問 3 文章中の下線部 (b) に関連して、主系列星の内部では重力とある力とがつり合っ
て安定な状態にある。この重力とつり合う力を簡潔に答えよ。

問4 文章中の下線部(c)に関連して、ヘリウム原子核 3 個の反応によって合成される元素として最も適当なものを、次のア～エのうちから一つ選び、記号で答えよ。

ア 金 イ 鉄 ウ ウラン エ 炭素

問5 文章中の下線部(d)に関連して、中心の白色矮星のまわりに放出されたガスが広がり、白色矮星に照らされて輝いている天体を何というか。

問6 次の図1は、主系列星の質量光度関係である。横軸は太陽質量を1とした場合の数値、縦軸は太陽の光度を1とした場合の数値で目盛りを入れてある。図1を参考にして、太陽質量の10倍の質量をもつ恒星の絶対等級を整数値で答えよ。ただし、太陽の絶対等級を5等とする。

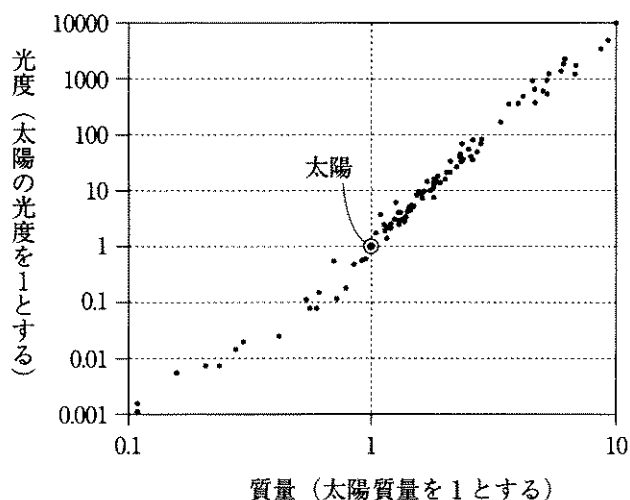


図1 質量光度関係

問7 次の図2は、横軸にスペクトル型、縦軸に光度を取り、太陽から10パーセク以内の距離にある恒星(図2中の●)と、太陽(図2中の⊙)、および見かけの等級が1.5等より小さい(明るい)恒星(図2中の+)について記入したHR図である。太陽から10パーセク以内の距離にあり、かつ、見かけの等級が1.5等より小さい恒星は+で表してある。図2について述べた文として適当なものを、下のア～オのうちから二つ選び、記号で答えよ。

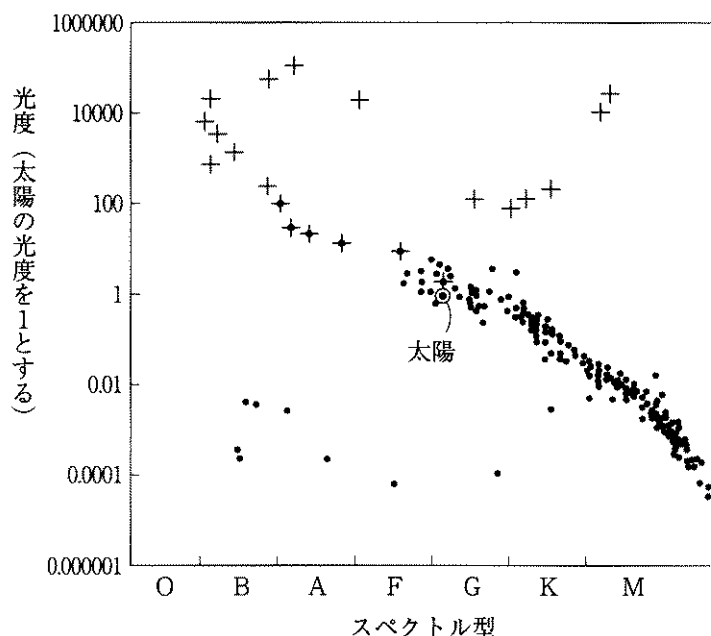


図2 HR図

- ア 太陽から10パーセク以内の領域にある主系列星については、太陽より質量の大きい星の方が太陽より質量の小さい星よりも数が少ない。
- イ 太陽から10パーセク以内の領域にある恒星は、いずれも年周視差が0.1秒(″)より小さい。
- ウ 見かけの等級が1.5等より小さい(明るい)恒星は、いずれも太陽よりも絶対等級が大きい。
- エ 図2で最も表面温度が高い恒星は、スペクトル型がM型の巨星(図中の最も右上に位置する恒星)である。
- オ 図2の白色矮星は、いずれも見かけの等級から絶対等級を引いた値が0より小さくなる。

