

ク ラ ス		受験番号	
出席番号		氏 名	

# 2014 年度

## 第 3 回 全統記述模試問題

# 理 科

2014年10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59ページである(物理 1～12ページ, 化学 13～24ページ, 生物 25～42ページ, 地学 43～59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. 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, 氏名には必ずフリガナも記入のこと。
5. 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。
6. 試験終了の合図で上記 4. 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 (配点 33点)

図1のように、ばね定数が  $k$  で軽いばねの両端に、質量  $m$  の小物体 P の付いた糸と質量  $M (\geq 2m)$  の小物体 Q の付いた糸を取り付ける。P とばねの間の糸を、水平な床をもつ実験室内の天井からつるされた滑車にかける。はじめ、実験室は静止していて、Q は床に接している。このときの P が静止している位置を、実験室内に固定した鉛直上向きの  $x$  軸の原点 O とする。滑車は滑らかで、糸の質量は無視できるものとする。実験室内で静止した観測者が P の運動を観測する。運動は鉛直なばねを含む鉛直面内で起こり、滑車が P やばねの運動を妨げることはなく、重力加速度の大きさを  $g$  として、次の問に答えよ。

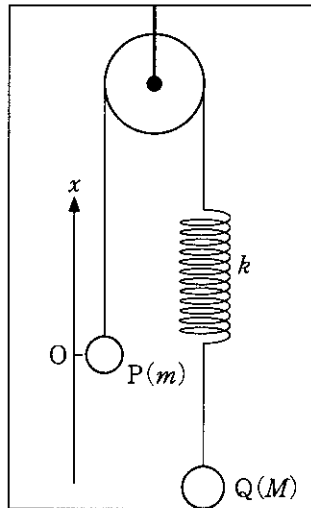


図1

問1 小物体 P が原点 O で静止しているとき、

- (1) ばねの伸びを求めよ。
- (2) 小物体 Q が床から受ける垂直抗力の大きさを求めよ。

**問 2** 次に、小物体 P を鉛直下向きに引き、 $x = -A$  ( $A > 0$ ) の位置で静かに放したところ、糸がたるむことなく P は単振動をおこなった。このとき、小物体 Q は床上に静止したままであった。

- (1) P がおこなう単振動の周期を求めよ。
- (2) P が原点 O を通過するときの速さを求めよ。
- (3) P が最高点  $x = A$  に達したときの加速度を求めよ。ただし、鉛直方向上向きを正とする。
- (4) バネが自然長になると、糸の張力の大きさが 0 になることに注意して、糸がたるまないための  $A$  の条件を求めよ。
- (5) 単振動している P の位置が  $x$  ( $-A \leq x \leq A$ ) のとき、Q が床から受ける垂直抗力の大きさを求めよ。

小物体 P が最下点  $x = -A$  に達したとき (時刻  $t = 0$ ) に、実験室が鉛直上方に動き始め、図 2 の速度－時刻グラフのように運動した。この間、小物体 Q は床上に静止したままで、糸はたるむことがなかった。実験室の加速度は鉛直上向きを正として、時刻  $t$  が  $0 \leq t \leq t_1$  のとき  $\alpha$ 、 $t_1 \leq t \leq t_2$  のとき  $-\frac{\alpha}{2}$  であるものとする。

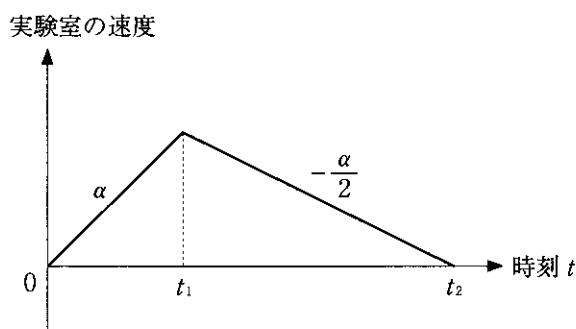


図 2

**問 3** 時刻  $t$  が  $0 \leq t \leq t_1$  のとき、小物体 P は実験室内の  $x = -A$  の位置で静止していた。 $\alpha$  を  $A$ 、 $k$ 、 $m$  を用いて表せ。

**問 4** 時刻  $t$  が  $t_1 \leq t \leq t_2$  のとき、小物体 P は問 2 のときと振幅が異なる単振動を続けた。

- (1) この間に糸がたるまなかったことから、 $A$  が満たす条件を求めよ。
- (2) このとき小物体 Q が床から受ける垂直抗力の大きさの最小値を  $A$ ,  $k$ ,  $M$ ,  $m$ ,  $g$  を用いて表せ。

物理の問題は次のページに続く。

**2** (配点 34点)

図1のように、2本のレールABCDとA'B'C'D'が間隔 $l$ で平行に固定されている。BB'およびCC'はレールと垂直で、ABとA'B'の部分はそれぞれ水平面より角度 $\theta$  ( $0 < \theta < 90^\circ$ )だけ傾いており、他の部分は水平面に固定されている。レールABとA'B'の部分には質量 $m$ の導体棒Pが、レールCDとC'D'の部分には質量 $m$ の導体棒Qが、それぞれレールに垂直にのせてある。P、Qは常にレールに接したまま、それぞれのレールに垂直な姿勢を保って運動できる。これら全体は、鉛直上向きで磁束密度の大きさが $B$ の様な磁場中にある。レールABCDのBC間には抵抗値 $R$ の抵抗Rが接続されているが、他の部分の電気抵抗は無視できる。重力加速度の大きさを $g$ とし、レールとP、Qの間の摩擦および、回路を流れる電流のつくる磁場は無視できるものとして、次の問に答えよ。

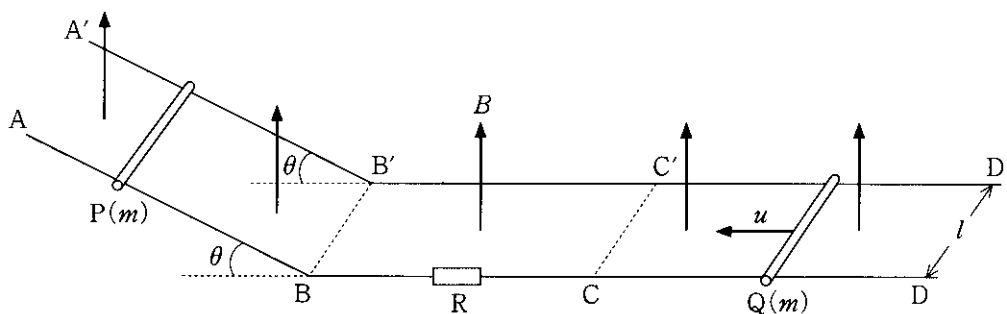


図1

**問1** はじめ、導体棒Pを動かさないようにして、導体棒Qに外力を加えて一定の速さ $u$ でレールCD、C'D'上を左向きに動かした。

- (1) Qに生じる誘導起電力の大きさ $V$ を $l$ 、 $u$ 、 $B$ を用いて表せ。
- (2) 抵抗Rを流れる電流の向きは図の $B \rightarrow C$ 、 $C \rightarrow B$ のどちらの向きか。また、その大きさを $V$ と $R$ を用いて表せ。
- (3) Qに加えている外力の水平成分の大きさ $F$ を $l$ 、 $u$ 、 $B$ 、 $R$ を用いて表せ。
- (4) 抵抗Rでの消費電力を $F$ と $u$ を用いて表せ。

以下の問題では，図2のように，2本のレールのCDとC'D'の部分それぞれ水平面より角度 $\theta$ だけ傾けて固定する。

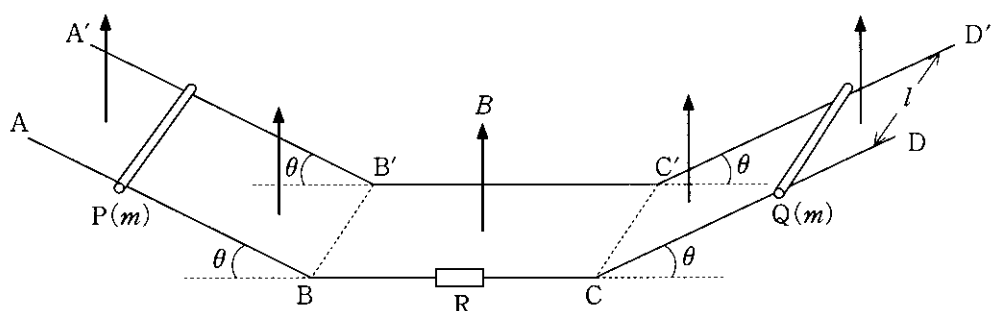


図2

**問2** 導体棒Pを固定したまま，導体棒Qを静かに放した。

- (1) レールCD, C'D'上でQの速さが $v$ になったとき，Qに生じる誘導起電力の大きさを $l$ ,  $v$ ,  $B$ および $\theta$ を用いて表せ。
- (2) (1)のとき，Qの加速度の大きさを求めよ。
- (3) しばらくすると，レールCD, C'D'上でQの速さが一定になった。この速さ(終端速度) $v_0$ を求めよ。
- (4) (3)のとき，抵抗Rを流れる電流の大きさ $i_0$ を $m$ ,  $g$ ,  $l$ ,  $B$ および $\theta$ を用いて表せ。
- (5) (3)のとき，Pの固定を静かに外した。この後のPの運動として正しいのは以下のうちのどれか。記号で答えよ。ただし，QがレールCD, C'D'上を運動している間を考える。
  - (ア) レールに沿って上昇する。
  - (イ) 静止し続ける。
  - (ウ) レールに沿って下降する。

(6) (3)において、Pを固定したままの状態ですばらく時間が経過すると、Qが水平面上のCC'を速さ $v_0$ を変えずに通過する。この直後にPの固定を静かに外すと、Pはどのような運動を始めるか。正しいものを以下のうちから選び、記号で答えよ。

(ア) レールに沿って上昇し始める。

(イ) レールに沿って下降し始める。

(7) (6)において、Pの固定を外した瞬間のPの加速度の大きさを $g$ と $\theta$ を用いて表せ。

**問3** 次に、導体棒Pと導体棒Qを水平面から測って同じ高さの位置に置き、同時に静かに手を放した。しばらくすると、P、Qは水平面上に達する前に一定の速さになった。

(1) このとき抵抗Rを流れる電流の大きさを問2(4)の $i_0$ を用いて表せ。

(2) このときのP、Qの速さを問2(3)の $v_0$ を用いて表せ。



物理の問題は次のページに続く。

**3** (配点 33点)

図1のように、空気中で、格子定数(スリット間隔) $d$ の回折格子 $G$ を幅 $2L$ の容器と中央が一致するようにして容器の底から高さ $h$ の位置に水平に固定した。容器の底の中央の点 $O$ の真上の光源 $S$ から波長 $\lambda$ の単色光を入射させたところ、水平な容器の底面にしま模様が現れた。 $L$ に比べて $h$ は十分に大きく、空気の屈折率を1として、次の問に答えよ。

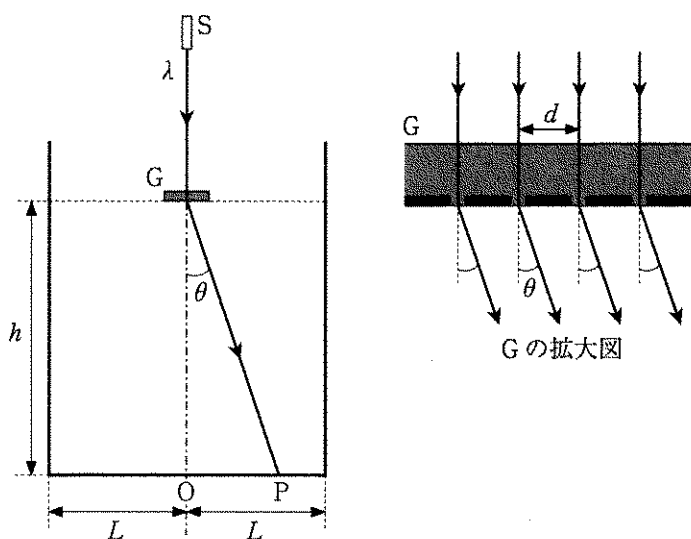


図1

問1 以下の文中の   には適切な式を、{   }は下の選択肢から適切なものを選びその番号を、それぞれ記せ。

回折格子Gの各スリットの位置において、角度 $\theta$ の向きに{ (ア) }した多数の光は、容器の底の点Pに向かって進む。スリット間隔 $d$ に比べ $h$ が十分に大きい  
ため、これらの光は平行とみなせる。したがって、隣り合うスリットを通過した光  
の光路差は (イ) であるから、点Pで{ (ウ) }して、明線となる条件は  
(イ)  $= m\lambda$  ( $m$ は整数)と表せる。このときの明線を $m$ 次の明線と呼ぶ。角度  
 $\theta$ が小さいため、 $\sin \theta \approx \tan \theta$ と近似できることを用いて、 $OP = x_m$ を $d$ 、 $h$ 、 $\lambda$   
および $m$ を用いて表すと、 $x_m =$  (エ) となる。したがって、隣り合う明線の  
間隔 $\Delta x$ を $d$ 、 $h$ 、 $\lambda$ を用いて表すと、 $\Delta x = x_{m+1} - x_m =$  (オ) となり、ほぼ等  
間隔のしま模様が容器の底面に現れる。

選択肢：(1) 反射、(2) 屈折、(3) 回折、(4) 干渉

次に、光源Sから波長 $\lambda_1$ の青色の単色光と波長 $\lambda_2 (> \lambda_1)$ の赤色の単色光を同時に回折格子Gに入射させる。

問2 容器底面の青色の単色光による1次の明線の位置に印を付け、この状態のまま回折格子Gだけを鉛直方向に平行移動させたところ、赤色の単色光による1次の明線の位置が印の位置に重なった。

- (1) Gを移動させた向きは上向き、下向きのどちらか。上または下で答えよ。
- (2) Gを移動させた距離を $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $h$ を用いて表せ。(答だけでなく、式・説明も書け。)

次に、図2のように、回折格子Gを初めの位置に戻し、容器内を屈折率  $n$  の液体で高さ  $h$  まで満たす。

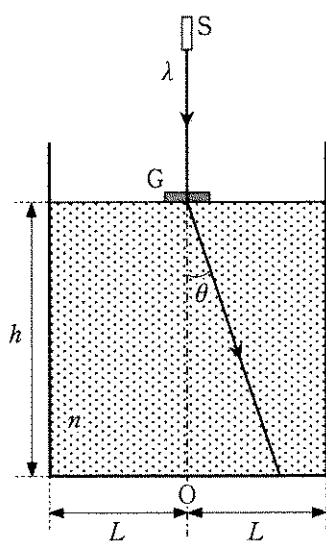


図2

**問3** 光源Sから波長 $\lambda$ の単色光を回折格子Gに入射させると、容器の底面にほぼ等間隔のしま模様が現れた。

- (1) この液体中の光の波長はいくらか。
- (2) このときの隣り合う明線の間隔は、問1で求めた明線の間隔 $\Delta x$ の何倍になるか。

さらに、図3のように、光源Sを点Oの真上から左方に移動させる。

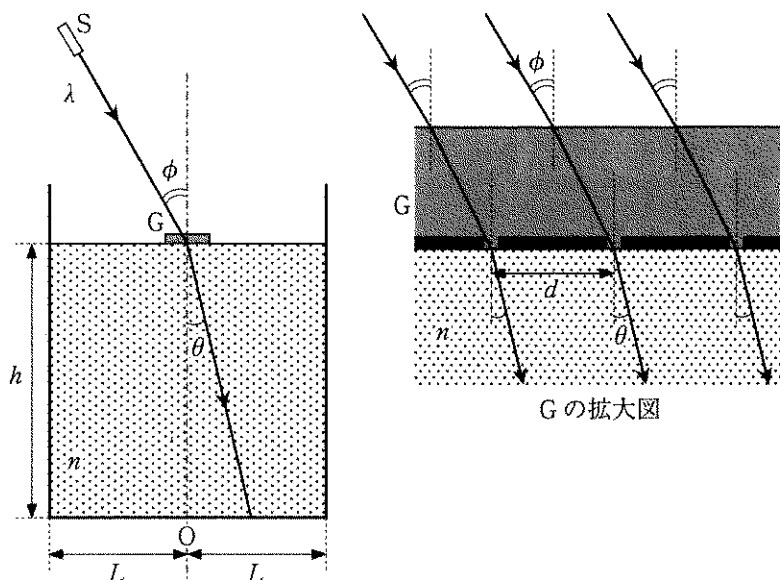


図3

**問4** 光源Sから回折格子Gの中央に向けて波長 $\lambda$ の単色光を入射角 $\phi$ で入射させる。

- (1) 図3の拡大図中の隣り合う光の光路差を $d$ ,  $n$ ,  $\phi$ および角度 $\theta$ を用いて表せ。
- (2) 容器底面において、0次の明線が現れる点を $P_0$ 、この点の右側に観測される1次の明線の点を $P_1$ とする。距離 $P_0P_1$ を $d$ ,  $n$ ,  $h$ ,  $\lambda$ を用いて表せ。

# 化 学

## 1 (配点 20点)

次の文を読み、問 1 ～問 6 に答えよ。答の数値は四捨五入により有効数字 3 桁で記せ。ただし、原子量は  $O = 16.0$ ,  $S = 32.0$ ,  $Fe = 56.0$  とする。

不純物として少量の硫酸鉄(III)  $Fe_2(SO_4)_3$  を含む硫酸鉄(II)  $FeSO_4$  (以下、試料とよぶ)の純度を求めるために、次の操作 1 ～ 3 を行った。

### 操作 1 過マンガン酸カリウム水溶液の濃度の決定

あらかじめ調製しておいたシュウ酸標準溶液の一定量をコニカルビーカーにとり、これに十分量の硫酸を加えたのち、過マンガン酸カリウム水溶液で滴定した。この実験の結果、用いた過マンガン酸カリウム水溶液のモル濃度は  $5.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  と決定された。

### 操作 2 試料の溶液(以下、溶液 S とよぶ)の調製

試料 4.00 g を純水に溶かして、100 mL の溶液 S を調製した。

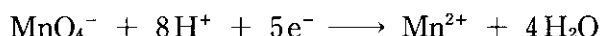
### 操作 3 溶液 S 中の鉄(II)イオンの定量

操作 2 で調製した溶液 S 10.0 mL をコニカルビーカーにとり、硫酸を加えて酸性としたのち、 $5.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  の過マンガン酸カリウム水溶液を滴下し、終点までの滴下量を測定した。

この操作を 3 回行って平均滴下量を求める予定であったが、次の表のように、3 回目まで測定した段階で、3 つの滴下量のうちの 1 つは除外すべきと判断した。そこで、4 回目の測定を行い、適切な 3 つの滴下量を用いて平均を求めた。

	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目
滴下量 [mL]	10.82	10.18	10.20	10.22

問1 操作1において、シュウ酸(COOH)<sub>2</sub>と過マンガン酸イオン MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>はそれぞれ次のように反応する。これについて、下の(1)、(2)に答えよ。



(1) 空欄  ,  に適する化学式、係数をそれぞれ記せ。

(2) マンガン原子の酸化数は、この反応の前後でどのように変化するか。次の例にならって記せ。

例 +4 → -2

問2 操作1の滴定の終点は、コニカルビーカー内の溶液の色の変化に基づいて決定する。これについて述べた次の文中の空欄  に適するイオン式、 に適する色、 に適する7文字以内の語句をそれぞれ記せ。

の  色が  ところを終点とする。

問3 下線部において、硫酸の代わりに塩酸を加えた場合、正確な滴定が困難となる。これについて述べた次の文中の①、②に適する語を{ }内の(ア)、(イ)のうちからそれぞれ一つずつ選び、その記号を記せ。

塩酸を加えた場合、塩化物イオンが①{(ア)酸化 (イ)還元}されるため、終点までに必要な過マンガン酸カリウム水溶液の滴下量が②{(ア)増加 (イ)減少}する。

問4 操作3における鉄(II)イオンと過マンガン酸イオンの反応をイオン反応式で記せ。

問5 溶液S中の鉄(II)イオンのモル濃度は何 mol/L か。ただし、溶液S中で過マンガン酸イオンと反応するものは鉄(II)イオンのみとする。

問6 試料中の硫酸鉄(II)の純度は何 % か。ただし、試料中の硫酸鉄(II)の純度は次の式で表されるものとする。

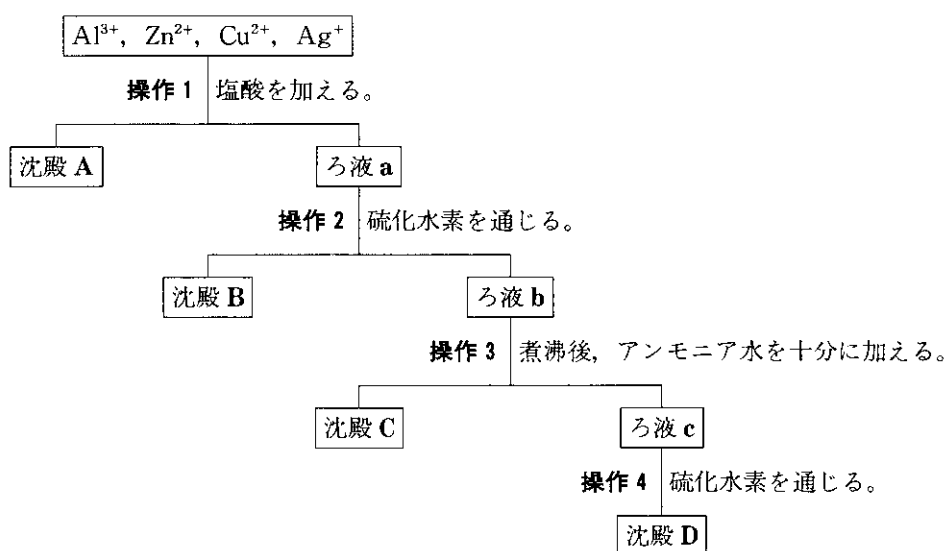
$$\text{硫酸鉄(II)の純度} = \frac{\text{硫酸鉄(II)の質量}}{\text{試料の質量}} \times 100 [\%]$$

**2** (配点 33点)

次のⅠ～Ⅲに答えよ。

Ⅰ 次の文を読み、問1～問6に答えよ。

4種のイオン  $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Ag}^{+}$  を含む水溶液がある。この水溶液に次の図に示す操作1～操作4を行い、これら4種のイオンを沈殿A～Dとして分離した。



問1 沈殿Aの化学式を記せ。

問2 沈殿Bの色として最も適するものを、次のうちから一つ選んで記せ。

白, 黒, 黄, 青白, 緑白, 赤褐

問3 ろ液cにはアンモニア分子を配位子とする錯イオンが含まれている。この錯イオンの名称を記せ。また、その形として最も適するものを、次のうちから一つ選んで記せ。

直線, 正方形, 正四面体, 正八面体

問4 沈殿Cに濃水酸化ナトリウム水溶液を加えると、沈殿は溶解する。このとき起こる変化をイオン反応式で記せ。



**問 5** 沈殿 A ～ D に関する次の記述 (ア) ～ (エ) のうちから誤りを含むものを一つ選び、その記号を記せ。

(ア) 沈殿 A に濃アンモニア水を加えると、沈殿は溶解して無色の溶液になる。

(イ) 沈殿 B に希塩酸を加えると、沈殿は溶解して青色の溶液になる。

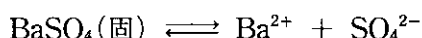
(ウ) 沈殿 C に希硫酸を加えると、沈殿は溶解して無色の溶液になる。

(エ) 沈殿 D に希硫酸を加えると、沈殿は溶解して無色の溶液になる。

**問 6** 操作 2 および操作 4 で使用した硫化水素は、硫化鉄(II)に希硫酸を加えることにより発生させることができる。このとき起こる変化を化学反応式で記せ。

II 次の文を読み、問 7、問 8 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、水溶液の温度は一定とする。

硫酸バリウムは水に難溶の塩であるが、水に硫酸バリウムを加えるとわずかに溶解して、水溶液は飽和水溶液となり、次式の溶解平衡の状態になる。



この溶解平衡が成り立つとき、水溶液中のバリウムイオンのモル濃度  $[\text{Ba}^{2+}]$  と硫酸イオンのモル濃度  $[\text{SO}_4^{2-}]$  の積は、一定の温度のもとでは一定の値になる。

$$K_{\text{sp}} = [\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}]$$

この  $K_{\text{sp}}$  を溶解度積といい、硫酸バリウムの  $K_{\text{sp}}$  の値は  $1.0 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2$  である。

問 7 硫酸バリウムの飽和水溶液中のバリウムイオンのモル濃度は何 mol/L か。

問 8  $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  の塩化バリウム水溶液 500 mL と  $2.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  の硫酸ナトリウム水溶液 500 mL を混合したところ、硫酸バリウムの白色沈殿が生じた。これについて次の (1)、(2) に答えよ。

(1) 生じた沈殿の質量は何 g か。ただし、硫酸バリウムの式量は 233 とする。

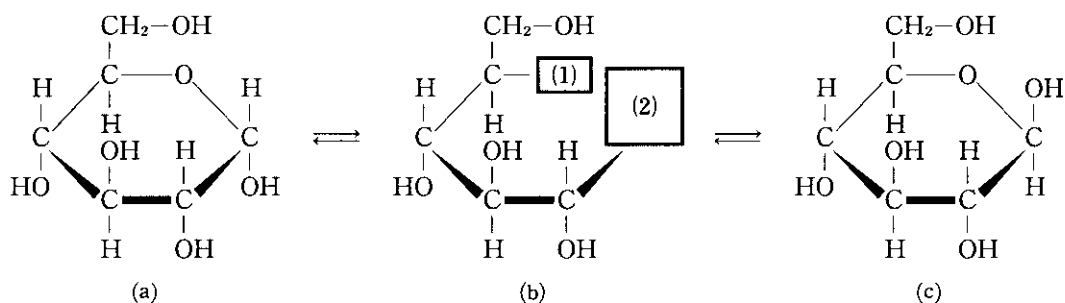
(2) 上澄み液中のバリウムイオンのモル濃度は何 mol/L か。ただし、上澄み液の体積は 1.0 L とする。

III 次の文を読み、問9、問10に答えよ。

植物の光合成でつくられた **あ** は、その重合体であるデンプンとして植物の体内に貯蔵される。ヒトがデンプンを摂取すると、デンプンは唾液などに含まれる酵素 **い** により加水分解されてマルトースになり、マルトースはさらに腸液などに含まれる酵素マルターゼにより加水分解されて **あ** となって体内に吸収される。吸収された **あ** の一部は、肝臓や筋肉中で多糖 **う** (動物性デンプン) として貯蔵される。

問9 空欄 **あ** ～ **う** に適する語を記せ。

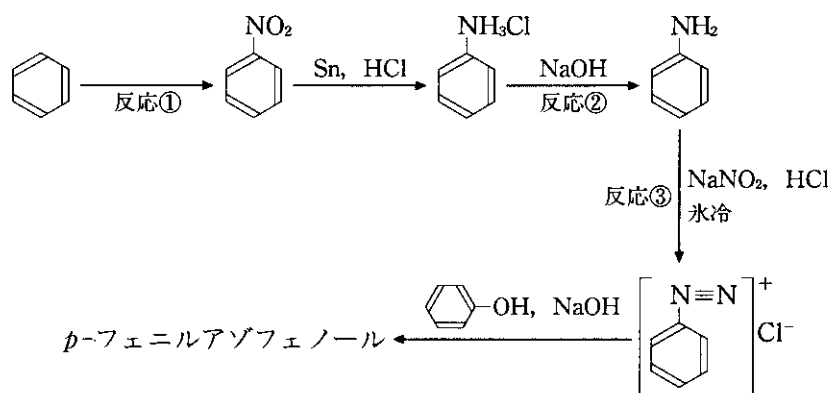
問10 **あ** は、水中で次の3種の構造(a)～(c)の平衡混合物になっている。(b)の構造式中の **(1)**，**(2)** に適する部分構造を記し、構造式を完成させよ。



**3** (配点 26点)

次のⅠ～Ⅲに答えよ。

Ⅰ 次の図は、ベンゼンから *p*-フェニルアゾフェノール(*p*-ヒドロキシアゾベンゼン)を合成する経路を示したものである。これについて、問1～問4に答えよ。



問1 反応①で用いる試薬として最も適するものを次の(ア)～(エ)のうちから一つ選び、その記号を記せ。

- (ア)  $\text{N}_2, \text{H}_2\text{SO}_4$       (イ)  $\text{NH}_3, \text{NH}_4\text{Cl}$       (ウ)  $\text{NH}_3, \text{H}_2\text{SO}_4$   
 (エ)  $\text{HNO}_3, \text{H}_2\text{SO}_4$

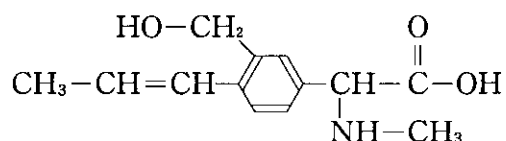
問2 反応②で起こる変化を化学反応式で記せ。ただし、有機化合物は図中の構造式にならって記せ。

問3 反応③の生成物である塩化ベンゼンジアゾニウムの水溶液を温めると、塩化ベンゼンジアゾニウムは加水分解して、ある芳香族化合物が生成する。このとき生成する芳香族化合物の名称を記せ。

問4 *p*-フェニルアゾフェノールの構造式を、図中の構造式にならって記せ。

II 次の文を読み、問5～問7に答えよ。ただし、構造式は次の例にならって記せ。また、原子量は  $H = 1.0$ ,  $C = 12$ ,  $N = 14$ ,  $O = 16$  とする。

## 構造式の例



化合物 **A** は分子式が  $\text{C}_{17}\text{H}_{15}\text{NO}_5$  の酸性の芳香族化合物である。**A** を塩酸で加水分解したところ、化合物 **B** と化合物 **C**、および化合物 **D** の塩酸塩が生成した。**B** はトルエンを過マンガン酸カリウムで酸化することにより得られる化合物と同じであった。**C** 1.80 g を完全燃焼させたところ、二酸化炭素 2.64 g と水 1.08 g が生成した。また、**C** の分子量は 90 であり、**C** は不斉炭素原子をもっていた。**A**、**B**、**C** に炭酸水素ナトリウム水溶液を加えたところ、いずれからとも気体が発生した。**D** はベンゼンのパラ二置換体であり、塩酸にも水酸化ナトリウム水溶液にも溶けた。また、**D** に塩化鉄(III)水溶液を加えても、呈色しなかった。

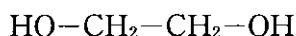
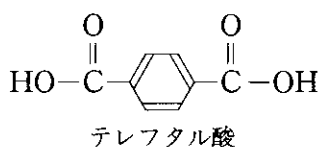
問 5 化合物 C の分子式を記せ。

問 6 化合物 D の構造式を記せ。

**問 7** 化合物 **A** に該当する化合物は複数考えられる。そのうちの一つの化合物の構造式を記せ。ただし、光学異性体は考慮しなくてよい。

III 次の文を読み、問 8、問 9 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、アボガドロ定数  $N_A = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ ，原子量は  $\text{H} = 1.0$ ， $\text{C} = 12$ ， $\text{O} = 16$  とする。

ポリエステル繊維やペットボトルなどに用いられるポリエチレンテレフタレート (PET) は、テレフタル酸(分子式  $\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4$ ，分子量 166)とエチレングリコール(分子式  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ ，分子量 62)が多数エステル結合してできた直鎖状の合成高分子化合物である。



エチレングリコール  
(1,2-エタンジオール)

問 8 テレフタル酸とエチレングリコールを物質質量比 1 : 1 で重合させて、平均分子量  $9.6 \times 10^4$  のポリエチレンテレフタレートを得た。このポリエチレンテレフタレート 1 分子中には平均何個のエステル結合があるか。

問 9 ある反応条件下で得られたポリエチレンテレフタレート 96.0 g 中にはカルボキシ基が  $9.0 \times 10^{20}$  個，ヒドロキシ基が  $1.5 \times 10^{21}$  個含まれていた。このポリエチレンテレフタレートの平均分子量はいくらか。

化学の問題は次のページに続く。

**4** (配点 21点)

次の文を読み、問 1 ～ 問 5 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、気体定数  $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ ,  $\sqrt{5} = 2.24$  とする。

四酸化二窒素  $\text{N}_2\text{O}_4$  (無色の気体) が二酸化窒素  $\text{NO}_2$  (赤褐色の気体) に分解する反応は可逆反応であり、次の ① 式で表される。① 式の反応が平衡状態にあるとき、 $\text{N}_2\text{O}_4$  と  $\text{NO}_2$  のモル濃度  $[\text{mol/L}]$  をそれぞれ  $[\text{N}_2\text{O}_4]$ ,  $[\text{NO}_2]$  とすると、② 式が成り立ち、 $K_c$  を濃度平衡定数という。一定温度の下では  $K_c$  の値は一定となる。



$$K_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} \quad \dots \text{②}$$

気体反応が平衡状態にあるとき、反応に関与する物質の分圧の間にも一定の関係が成り立つ。平衡時の  $\text{N}_2\text{O}_4$  と  $\text{NO}_2$  の分圧  $[\text{Pa}]$  をそれぞれ  $P_{\text{N}_2\text{O}_4}$ ,  $P_{\text{NO}_2}$  とすると、次の ③ 式が成り立ち、 $K_p$  を圧平衡定数という。一定温度の下では  $K_p$  の値も一定となる。

$$K_p = \frac{(P_{\text{NO}_2})^2}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}} \quad \dots \text{③}$$

容積可変の密閉容器に  $\text{N}_2\text{O}_4$  を  $n$   $[\text{mol}]$  封入し、温度を  $T$   $[\text{K}]$ , 全圧を  $P$   $[\text{Pa}]$  に保って放置すると、やがて ① 式の反応が平衡状態に達する。このときの  $\text{N}_2\text{O}_4$  の解離度を  $\alpha$  とすると、反応前後の気体の物質量は、 $n$  と  $\alpha$  を用いて次のように表される。

	$\text{N}_2\text{O}_4$	$\rightleftharpoons$	$2\text{NO}_2$	合計
反応前	$n$		0	$n$
平衡時	$n(1-\alpha)$		$2n\alpha$	$n(1+\alpha)$ [単位; mol]

よって、平衡時の  $\text{N}_2\text{O}_4$  と  $\text{NO}_2$  の分圧  $[\text{Pa}]$  は、 $P$  と  $\alpha$  を用いてそれぞれ次のように表される。

$$P_{\text{N}_2\text{O}_4} = \boxed{\text{あ}}$$

$$P_{\text{NO}_2} = \boxed{\text{い}}$$

したがって、 $T$   $[\text{K}]$  における ① 式の圧平衡定数  $K_p$  は、 $P$  と  $\alpha$  を用いて次のように表される。

$$K_p = \boxed{\text{う}}$$



問 1 空欄 

あ
---

 ～ 

う
---

 に適する文字式をそれぞれ記せ。

容積可変の密閉容器を用いて次の操作 1 ～ 3 を行った。ただし、すべての操作において、温度は  $67^{\circ}\text{C}$  で一定とする。

**操作 1** 容器に  $\text{N}_2\text{O}_4$  1.0 mol を封入し、容積を 8.3 L に保つと、やがて ① 式の反応が平衡状態に達した(状態 1)。このときの全圧は  $5.1 \times 10^5 \text{ Pa}$  であった。

**操作 2** 操作 1 に続いて、容積を小さくして全圧を  $6.8 \times 10^5 \text{ Pa}$  に保つと、やがて ① 式の反応が新しい平衡状態に達した(状態 2)。

**操作 3** 操作 2 に続いて、不活性ガスであるヘリウム He を 1.0 mol 加えたのち、容積を大きくして全圧を  $5.1 \times 10^5 \text{ Pa}$  に保つと、やがて ① 式の反応が新しい平衡状態に達した(状態 3)。

問 2 状態 1 について、次の (1), (2) に答えよ。

- (1)  $\text{NO}_2$  の物質量は何 mol か。
- (2)  $\text{N}_2\text{O}_4$  の分圧は何 Pa か。

問 3  $67^{\circ}\text{C}$  における ① 式の圧平衡定数  $K_p$  の値を求めよ。また、単位も付記せよ。

問 4 状態 2 における  $\text{NO}_2$  の分圧は何 Pa か。

問 5 状態 1, 2, 3 における  $\text{NO}_2$  のモル濃度  $[\text{mol/L}]$  をそれぞれ  $c_1, c_2, c_3$  とする。 $c_1 \sim c_3$  の大小関係として適切なものを次の (ア) ～ (カ) のうちから一つ選び、その記号を記せ。

- (ア)  $c_1 > c_2 > c_3$     (イ)  $c_1 > c_3 > c_2$     (ウ)  $c_2 > c_1 > c_3$
- (エ)  $c_2 > c_3 > c_1$     (オ)  $c_3 > c_1 > c_2$     (カ)  $c_3 > c_2 > c_1$

# 生 物

## 1 生殖に関する次の文章を読み、下の各問に答えよ。(配点 25点)

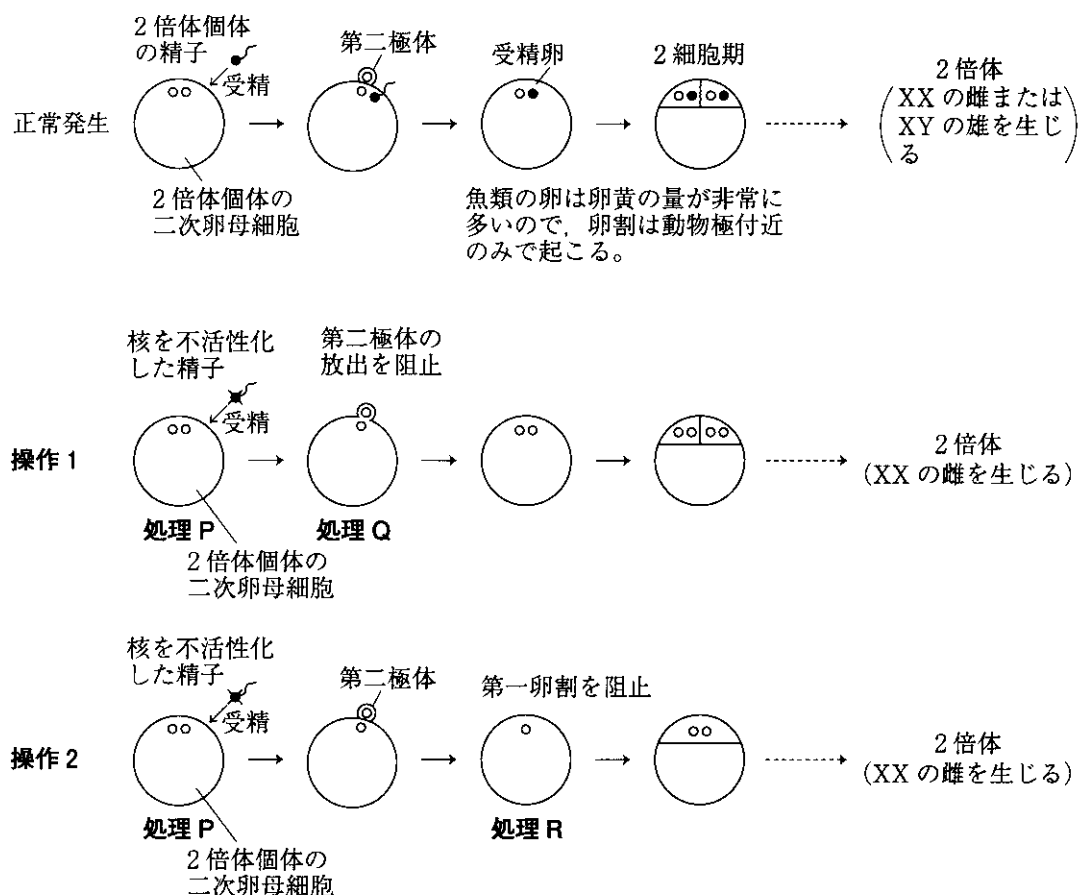
生物は生殖によって次世代の個体をつくる。生殖は、卵や精子などの 1 と呼ばれる生殖細胞による有性生殖と、1 によらない無性生殖に分けられる。動物では、1 は減数分裂によって生じる。減数分裂では a 相同染色体が対合して 2 染色体を形成し、その後、相同染色体が分離してランダムに別々の娘細胞に分配されるため、b さまざまな遺伝子の組合せをもつ卵や精子ができる。有性生殖では、このようにして生じた 1 が合体することで新たな個体が生じるため、子の遺伝的な多様性が高くなる。一方、無性生殖では個体の一部から新たな個体が生じるため、親と子の遺伝的な性質は同じになる。

動物では、卵や c 精子のもとになる細胞は 3 細胞と呼ばれ、発生の初期に分化する。その後、雌では 3 細胞は将来卵巣となる部域へと移動して 4 細胞になり、体細胞分裂により数を増やした後に、それらの一部が一次卵母細胞となる。脊椎動物の多くでは、一次卵母細胞は減数分裂の第一分裂前期で分裂が停止し、d 初期発生に必要な物質の蓄積が起きる。その後、減数分裂が再開されて二次卵母細胞となるが、減数分裂は第二分裂中期で再び停止する。さらに、精子が進入すると、二次卵母細胞は第二極体を放出して、減数分裂が完了する。

魚類では性別の違いにより大きさや肉質に差が生じ、商品としての価値に大きな差が出ることもある。例えば、ニジマス(染色体構成  $2n = 60$ )では、雄より雌の方が早く成長するので、商業的に価値の高い大型の個体を生産するには雌の方が適している。ニジマスの性決定様式はヒトと同じXY型であり、Y染色体をもつ個体が雄となり、Y染色体をもたない個体が雌となる。このため、図1に示した操作1や操作2の方法を用いると、人為的に雌のみを得ることができる。また、人為的な操作により、e すべての遺伝子についてホモ接合である個体をつくり出すことも可能である。

雌は大型の個体の生産には適しているが、卵を形成するとからだの栄養分が卵形成に使われ、肉質の劣化が起こる。そこで、f 2倍体( $2n$ )の個体どうしを交配し、図1に示

した**処理 P**、**Q**、**R**のいずれかを行うことで染色体数が90本の3倍体( $3n$ )の雌をつくり、これによって減数分裂を阻止して卵形成を阻害し、肉質の劣化を防ぐ試みが行われている。



細胞内に描かれた○は雌由来、●は雄由来の1組のゲノムを示す。

**処理 P** 核を不活性化した精子を用いて受精を行う。この精子を用いても、正常な精子と受精したときと同様に減数分裂が再開し、その後、卵割を開始する。

**処理 Q** 受精後の第二極体の放出を阻止する。

**処理 R** 受精卵の第一卵割を阻止する。

図 1

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、相同染色体の対合が起こる減数分裂の時期を答えよ。解答は「第二分裂終期」のように記せ。

問3 下線部 b について、さまざまな遺伝子の組合せをもつ卵や精子が生じること以外に、減数分裂が行われることの生物学的意義を 40 字以内で説明せよ。

問4 下線部 c について、1 個の精子がもつ DNA 量を 1 としたとき、次の(1)および(2)の細胞 1 個あたりの DNA 量を、それぞれ整数で答えよ。

(1) 分裂直後の精原細胞      (2) 第一分裂中期の一次精母細胞

問5 下線部 d について、この時期に一次卵母細胞の細胞質に蓄積される物質や構造体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 卵黄    イ DNA    ウ RNA    エ リボソーム

問6 下線部 e について、図 2 は一次卵母細胞において相同染色体が対合し、乗換えが起こっている様子を模式的に示したものである。なお、各染色体には対立遺伝子  $A$  と  $a$  が、図 2 に示した位置に存在している。

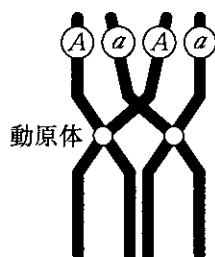


図 2

図 2 の位置で染色体の乗換えが起きた一次卵母細胞から生じた二次卵母細胞を用いて、図 1 の(1) **操作 1** を行って得た個体、および(2) **操作 2** を行って得た個体の遺伝子型はそれぞれどのようなと考えられるか。次のア～ウから可能性のあるものをすべて選び、それぞれ記号で答えよ。

ア  $AA$       イ  $Aa$       ウ  $aa$

**問 7** 下線部 f について、ニジマスでは、適切な時期に性ホルモンを投与して性転換を引き起こすことで、性染色体構成が XY であるにもかかわらず卵巢をもち、卵を形成する個体(雌化雄)や、性染色体構成が XX であるにもかかわらず精巣をもち、精子を形成する個体(雄化雌)をつくることができる。これらの性転換処理と、図 1 に示した**処理 P**、**Q**、**R**のいずれか 1 つを組合せることで、2 倍体の個体どうしの交配から、性染色体構成が XXX である 3 倍体の雌のみを得ることができる。どのような処理を行えばよいか、40 字以内で説明せよ。

**2** 遺伝子の発現に関する次の文章を読み、下の各問に答えよ。(配点 25点)

a 多細胞生物は多様な種類の細胞から構成されているが、基本的にすべての細胞は同じゲノムをもつ。ゲノム中には多数の遺伝子が含まれるが、すべての遺伝子が常に発現しているわけではない。

被子植物では、花粉管内の2つの精細胞のうち、一方は胚珠内の **1** に存在する卵細胞と受精して受精卵となり、もう一方は中央細胞と受精する。このような受精様式を **2** という。受精卵は体細胞分裂をくり返して胚球と胚柄となり、胚球は **3** , 幼芽, 胚軸, 幼根からなる胚となる。このような植物の発生過程においても、特定の部位で特定の遺伝子がはたらくように遺伝子発現が調節されている。

遺伝子の発現部位や発現時期を調べる場合、緑色の蛍光を発する緑色蛍光タンパク質(GFP)がよく利用される。b 遺伝子組換え技術を利用して、発現を調べたい目的の遺伝子に GFP 遺伝子を連結し、これを特定の生物に導入すると、目的の遺伝子が発現した細胞では、目的の遺伝子がコードするタンパク質と GFP が結合した融合タンパク質が合成される。この融合タンパク質中の GFP 部分が蛍光を発するため、蛍光の有無から目的の遺伝子が発現している部位や時期を知ることができる。

問1 文章中の **1** ~ **3** に入る適当な語を記せ。

問2 下線部 a について、分化した細胞も受精卵と同様に個体発生に必要なすべての遺伝子をもつ。このことは植物においては、植物ホルモンを用いた組織培養により示される。(1)このとき用いる植物ホルモンの名称を2つ記し、(2)分化した細胞が脱分化して生じる細胞塊の名称を答えよ。

問3 バイオテクノロジー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 DNA 断片を電気泳動すると、分子量が大きい DNA 断片ほど移動距離が長くなる。

イ 真核生物の遺伝子を原核生物に導入する場合は、まず、導入する遺伝子の mRNA を鋳型として逆転写酵素により DNA を合成して、これを原核生物に導入する。

ウ アグロバクテリウムがもつプラスミドを用いると、特定の遺伝子を植物細胞の染色体 DNA に組込むことができる。

エ 特定の外来遺伝子をゲノム DNA に組込み、この遺伝子が発現するようになった生物を、トランスジェニック生物と呼ぶ。

問 4 下線部 b に関して、PCR 法で増幅した *F* 遺伝子と、*GFP* 遺伝子を含むプラスミドを用いて、図 1 に示す方法で *F* 遺伝子と *GFP* 遺伝子が連結した遺伝子(*F*-*GFP* 遺伝子)を作成した。まず、*GFP* 遺伝子を含むプラスミドをある制限酵素で 1 ヲ所切断するとともに同じ制限酵素で *F* 遺伝子の両側を切断し、*F* 遺伝子を含む DNA 断片を得た(図 1 中の↓は制限酵素による切断部位を示す)。次に、両者を DNA 断片を連結する酵素を用いて連結した。なお、この実験で用いた *F* 遺伝子の終止コドンに対応する部分は、あらかじめ除去してある。これについて、次の(1)～(4)に答えよ。

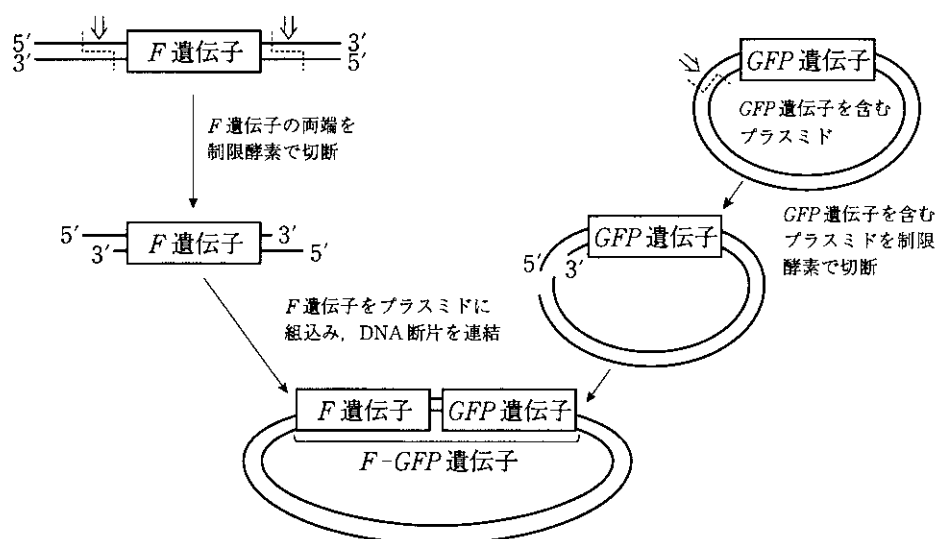


図 1

- (1) 図2は、*GFP* 遺伝子のセンス鎖(DNA の2本鎖のうち転写される鋳型鎖と相補的な鎖)の塩基配列のうち、開始コドンに対応する部分を含む領域を示したものである。表1に示したコドン表を参考にして、この *GFP* 遺伝子から合成される *GFP* のアミノ酸配列を、タンパク質が合成される順に3つ目まで答えよ。ただし、翻訳後のタンパク質の修飾については考慮しないものとし、解答はセリンーグリシンーロイシンのように記せ。

5'... GTCGACTCTAGAGGATCCATGGTGAGCAAG ...3'

図2

表1

2 番 目 の 塩 基					
U		C		A	
1 番 目 の 塩 基	U	UUU } フェニル UUC } アラニン UUA } ロイシン UUG }	UCU } UCC } セリン UCA } UCG }	UAU } チロシン UAC } UAA 終止 UAG 終止	UGU } システイン UGC } UGA 終止 UGG トリプトファン
	C	CUU } CUC } ロイシン CUA } CUG }	CCU } CCC } プロリン CCA } CCG }	CAU } ヒスチジン CAC } CAA } グルタミン CAG }	CGU } CGC } アルギニン CGA } CGG }
	A	AUU } AUC } イソロイシン AUA } AUG メチオニン(開始)	ACU } ACC } トレオニン ACA } ACG }	AAU } アスパラギン AAC } AAA } リシン AAG }	AGU } セリン AGC } AGA } アルギニン AGG }
	G	GUU } GUC } バリン GUA } GUG }	GCU } GCC } アラニン GCA } GCG }	GAU } アスパラギン酸 GAC } GAA } グルタミン酸 GAG }	GGU } GGC } グリシン GGA } GGG }
					3 番 目 の 塩 基

- (2) 問題文中の下線部cについて、この酵素の名称を答えよ。
- (3) PCR法では耐熱性のDNAポリメラーゼが用いられるが、このかわりにヒトのDNAポリメラーゼを用いると、DNAがうまく増幅されない。その理由を40字以内で説明せよ。



(4) 制限酵素である *EcoR* I, *Sal* I, *Xba* I, *Nco* I は、それぞれ図 3 に示す DNA の 6 塩基対からなる塩基配列を認識して図中の破線の部分で DNA を切断する。*F* 遺伝子に *GFP* 遺伝子を連結して *F-GFP* 遺伝子を作成したところ、この遺伝子から合成されたタンパク質では正常な蛍光が観察された。図 2 の塩基配列を参考にして、次の (i)・(ii) に答えよ。

(i) *F* 遺伝子の下流側の塩基配列として適当なものを下のア～カから 1 つ選び、記号で答えよ。

(ii) *F* 遺伝子の両端、およびプラスミドの 1 ヲ所を切断する際に用いた制限酵素として適当なものを図 3 の中から 1 つ選び、その名称を答えよ。

ただし、ア～カの「*F* 遺伝子のアミノ酸を指定する領域」の一番右端の塩基は、*F* 遺伝子がコードするタンパク質の最後のアミノ酸を指定するコドンの 3 番目の塩基に対応するものとする。また、選択肢中の塩基配列はセンス鎖のものであり、「\*」は任意の 1 つの塩基を示し、「\*…\*…」で示される部位に終止コドンに対応する塩基配列や図 3 で示した 4 種の制限酵素で切断される塩基配列は存在しないものとする。

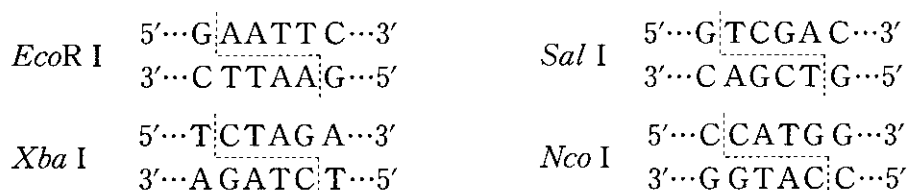


図 3

ア	5'...	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">F 遺伝子のアミノ酸を指定する領域</span>	*****GTCGAC...3'
イ	5'...	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">F 遺伝子のアミノ酸を指定する領域</span>	*****GTCGAC...3'
ウ	5'...	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">F 遺伝子のアミノ酸を指定する領域</span>	*****TCTAGA...3'
エ	5'...	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">F 遺伝子のアミノ酸を指定する領域</span>	*****TCTAGA...3'
オ	5'...	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">F 遺伝子のアミノ酸を指定する領域</span>	*****CCATGG...3'
カ	5'...	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">F 遺伝子のアミノ酸を指定する領域</span>	*****CCATGG...3'

**問 5**  $F$  遺伝子は種子で発現する遺伝子であり、 $M$  遺伝子は  $F$  遺伝子の発現を調節している。 $F$  遺伝子が種子のどの部位でどのような条件で発現するかを調べるために、 $M$  遺伝子が正常に機能する個体を用いて以下の**実験 1・2**を行った。また、 $M$  遺伝子が機能しない個体( $M$  変異体)を用いて以下の**実験 3・4**を行った。

**実験 1**  $F$ -GFP 遺伝子をホモ接合となるように導入した個体が形成した花粉を野生型個体の雌しべに受粉させて、種子を得た。

**実験 2** 野生型個体が形成した花粉を  $F$ -GFP 遺伝子をホモ接合となるように導入した個体の雌しべに受粉させて、種子を得た。

**実験 3**  $F$ -GFP 遺伝子をホモ接合となるように導入した  $M$  変異体が形成した花粉を野生型個体の雌しべに受粉させて、種子を得た。

**実験 4** 野生型個体が形成した花粉を  $F$ -GFP 遺伝子をホモ接合となるように導入した  $M$  変異体の雌しべに受粉させて、種子を得た。

**実験 1～4** で得られた種子での GFP に由来する蛍光の分布を、図 4 に模式的に示す。なお、図中の灰色の部分が蛍光がみられた部分を示している。次の (1)・(2) に答えよ。

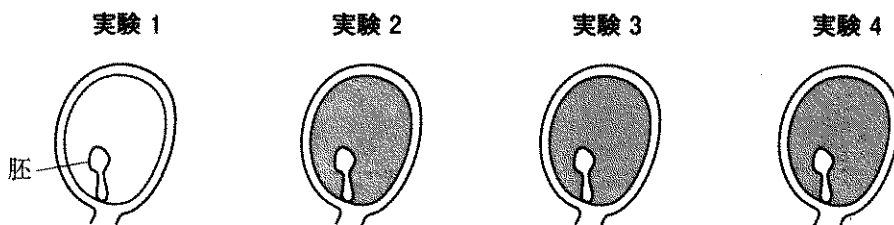


図 4

- (1)  $F$  遺伝子は種子のどの組織で発現するか，名称を答えよ。
- (2) 実験結果からわかる  $M$  遺伝子のはたらきとして最も適当なものを次のア～カから 1 つ選び，記号で答えよ。
- ア 雄親と雌親から遺伝する  $F$  遺伝子の種子における発現をともに促進する。
  - イ 雄親と雌親から遺伝する  $F$  遺伝子の種子における発現をともに抑制する。
  - ウ 雄親から遺伝する  $F$  遺伝子の種子における発現を促進する。
  - エ 雄親から遺伝する  $F$  遺伝子の種子における発現を抑制する。
  - オ 雌親から遺伝する  $F$  遺伝子の種子における発現を促進する。
  - カ 雌親から遺伝する  $F$  遺伝子の種子における発現を抑制する。

**3** 神経系に関する次の文章を読み、下の各問に答えよ。(配点 25点)

神経系を構成する基本単位をニューロンという。ニューロンの細胞膜では、能動輸送によって細胞外に  が多く、細胞内に  が多い状態が作りだされているが、一部の  は細胞外に流出するため、細胞内が細胞外に対して相対的に負(マイナス)の電位をもつ。この電位を  電位という。ニューロンの軸索に閾値以上の大きさの刺激を与えると、 が細胞内に流入することで細胞内の電位が正(プラス)となり、その後、すぐにもとにもどる。この一連の電位変化を活動電位という。このとき細胞内に流入する  の量は一定なので、ニューロンで生じる活動電位の大きさは  の法則にしたがって一定になる。

ニューロンの軸索の末端は、狭いすき間を隔てて他のニューロンや筋繊維などと接しており、この部分を <sup>a</sup> シナプス という。ニューロンの軸索末端が接続する次のニューロンや筋繊維の細胞膜には神経伝達物質の受容体が存在し、受容体は伝達物質依存性のイオンチャネルとしてはたらく。イオンチャネルから  が細胞内に流入すると、受容体側の細胞内の電位は正の方向に変化する。一方、ここから  が細胞内に流入するものもあり、この場合は受容体側の細胞内の電位は負の方向に変化する。このとき流入するイオンの量は放出される神経伝達物質の量や受容体との結合の程度によって決まる。このような受容体側の細胞膜に生じる電位変化を <sup>b</sup> シナプス後電位 と呼び、細胞内の電位が正の方向に変化する電位変化を興奮性のシナプス後電位、負の方向に変化する電位変化を抑制性のシナプス後電位という。

問1 文章中の  ～  に入る適当なイオンを次のア～オから1つずつ選び、記号で答えよ。

ア  $\text{Na}^+$       イ  $\text{K}^+$       ウ  $\text{H}^+$       エ  $\text{Cl}^-$       オ  $\text{OH}^-$

問2 文章中の  ・  に入る適当な語を記せ。

**問 3** 下線部 a について、シナプス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 シナプスを形成する軸索末端には、多数のシナプス小胞が存在する。

イ 興奮が軸索末端に伝わると、神経伝達物質がシナプス小胞からシナプス間隙に放出される。

ウ シナプスでは、興奮は樹状突起や細胞体から軸索末端に一方向に伝達される。

エ 運動神経末端から放出される神経伝達物質は、ノルアドレナリンである。

オ グリシンやグルタミン酸などのアミノ酸が、神経伝達物質としてはたらくことがある。

カ 神経伝達物質は、受容体に結合した後、すみやかに分解されたり、軸索末端側に回収されたりする。

問4 下線部bについて、図1は、あるニューロンに3つのニューロンN1、N2、およびN3がシナプスを形成して接続するようすを示している。いま、N1をある強さで刺激したところ、記録電極に図2Aのようなシナプス後電位が観察された。また、N2を図2Aのときと同じ強さで刺激したところ、記録電極に図2Bのようなシナプス後電位が記録された。さらにN1とN3を図2Aのときと同じ強さで同時に刺激したところ、閾値を超えて、図2Cのような活動電位が観察された。これについて、次の(1)・(2)に答えよ。

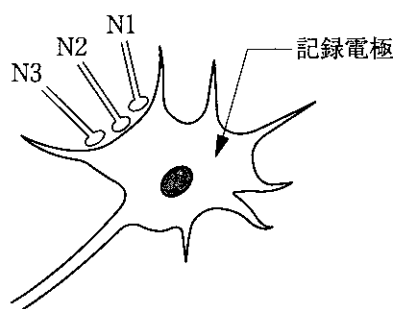


図1

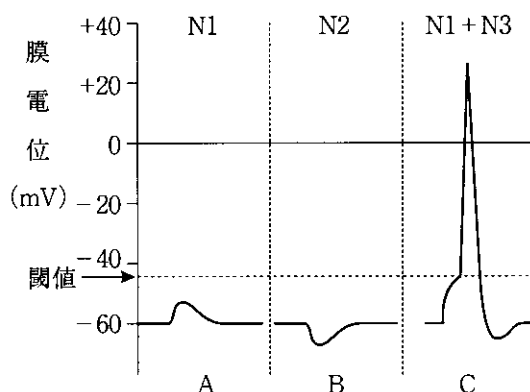


図2

- (1) N1とN2とN3を図2Aのときと同じ強さで同時に刺激したところ、記録電極に図2Cのような活動電位は観察されなかった。この理由を、シナプス後電位に着目して、70字以内で説明せよ。
- (2) N2とN3を図2Aのときと同じ強さで同時に刺激したときの活動電位の発生の有無を(1)の結果をもとに予測し、発生すると思われる場合はアを、発生しないと思われる場合はイを選び、記号で答えよ。

問5 ニューロンとシナプスから構成される単純な神経回路として、脊髓反射の反射弓があげられる。図3はその一例を示しており、伸筋が引き伸ばされると張力の変化が筋肉内の受容器で検出され、感覚神経を介して伸筋に接続する運動神経にこの情報が伝えられるとともに、介在ニューロンを介して屈筋に接続する運動神経にも情報が伝えられる。これについて、次の(1)～(3)に答えよ。



**4** 植物の反応に関する次の文章を読み、下の各問に答えよ。（配点 25点）

植物にとって、a 光は光合成のためのエネルギー源となるだけでなく、さまざまな反応を調節するための重要なシグナルとなっている。植物が光をシグナルとして感知する光受容体は色素タンパク質である。光発芽種子は赤色光の照射により発芽が促進され、直後に  光を照射すると赤色光の効果が打ち消される。これは色素タンパク質である  が赤色光を吸収することで活性化され、これにより、b 発芽を促進する植物ホルモンが種子内に合成されるが、 が  光を吸収すると不活性型にもどるために起こる反応である。また、気孔の開閉には  とは異なる色素タンパク質であるフィトクロピンが関与しており、気孔が開く反応はフィトクロピンが青色光を受容することで誘導される。気孔は2つの孔辺細胞の間につくられるすき間で、c 孔辺細胞内の  $K^+$  濃度の変化により膨圧の変化が起こり気孔の開閉が調節される。また、土壌水分の不足などにより、植物体内で植物ホルモンである  の濃度が上昇すると、気孔が閉じる。さらに、近年、気孔の開閉には  $H^+$  を細胞膜を介して能動的に輸送するポンプである  $H^+$ -ATP アーゼが関与していることが明らかになった。

光の受容による気孔の開閉と  $H^+$ -ATP アーゼの関係を調べるために、次の**実験1**～**3**を行った。

**実験1** 正常個体の孔辺細胞からプロトプラストを作成し、これに青色光を短時間照射した。このときのプロトプラスト懸濁液(孔辺細胞のプロトプラストを浸している外液)のpHは図1のように変化した。

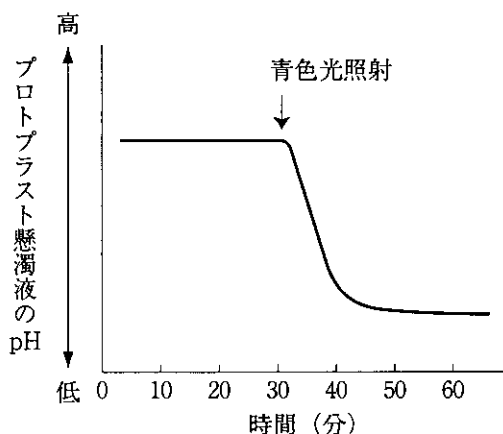


図1



**実験 2** 実験 1 において、 $\text{H}^+$ -ATP アーゼの阻害剤を加えた場合には pH の変化はみられなかった。

**実験 3** 孔辺細胞の細胞膜には電位依存性カリウムチャネルが存在する。孔辺細胞の膜電位(細胞外に対する細胞内の電位)と電位依存性カリウムチャネルを介した  $\text{K}^+$  の流入量および流出量(相対値)の関係を調べ、図 2 の結果を得た。

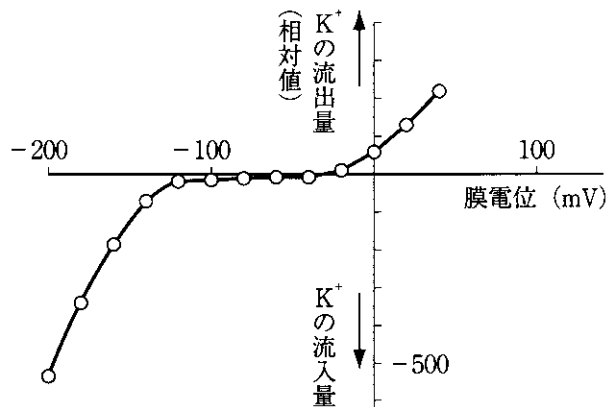


図 2

**問 1** 文章中の 1 ~ 3 に入る適当な語を記せ。

**問 2** 下線部 a について、光による植物の反応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 暗所でもやし状に成長していた植物に青色光があたると茎の伸長成長が抑制され、葉の展開が促進される。

イ 芽ばえに横から青色光をあてると芽ばえは光屈性を示すが、赤色光ではこの反応は起こらない。

ウ 森林の林冠の葉を透過して林床に届く光は光発芽種子の発芽を促進するので、林床にある光発芽種子は発芽することができる。

エ 緑色植物の葉では、緑色光に比べて赤色光や青色光の方がよく吸収され、これらの光が光合成に有効に利用される。

問3 下線部bについて、次の(1)・(2)に答えよ。

- (1) この植物ホルモンの名称を答えよ。
- (2) この植物ホルモンの発芽を促進する以外のはたらきとして適当なものを、次のア～エから1つ選び、記号で答えよ。
- ア 離層の形成と落果や落葉を促進する。
- イ 子房の成長を促進し、単為結実を誘導する。
- ウ 茎の成長を促進し、側芽の成長を抑制する。
- エ 果実の成熟と肥大成長を促進する。

問4 下線部cについて、次の(1)～(3)に答えよ。

- (1) 気孔の開閉と同様に、膨圧運動によって起こる植物の反応を次のア～エから1つ選び、記号で答えよ。

ア チューリップの花の開閉                      イ キュウリの巻きひげの巻きつき  
ウ マカラスムギの幼葉鞘の光屈性              エ オジギソウの就眠運動

- (2) 気孔が開く過程について述べた次の文章の A ～ C にあてはまる語の組合せとして最も適当なものを下のア～クから1つ選び、記号で答えよ。

孔辺細胞の細胞壁は、内側(気孔側)と外側で厚さが異なっている。 $K^+$ の移動により細胞内の $K^+$ 濃度が上昇すると、細胞は A して膨圧が B する。これにより、細胞壁の薄い C がより押し広げられて気孔が開く。

	A	B	C		A	B	C
ア	脱水	上昇	内側	イ	脱水	上昇	外側
ウ	脱水	低下	内側	エ	脱水	低下	外側
オ	吸水	上昇	内側	カ	吸水	上昇	外側
キ	吸水	低下	内側	ク	吸水	低下	外側

- (3) 気孔を閉じることができない変異体と気孔を閉じることができる正常個体とでは、葉温に差がみられた。

(i) 変異体の葉温は、正常個体と比較するとどのようになっていると考えられるか、次のア・イから適当なものを1つ選び、記号で答えよ。

ア 正常個体より高い              イ 正常個体より低い

- (ii) (i)のように答えた理由を、40字以内で述べよ。

問 5 実験 1 ～ 3 に関して，次の (1)・(2) に答えよ。

- (1) 実験の結果について述べた次の文章中の ①・② についてそれぞれ適当なものを{ }内から 1 つずつ選び，記号で答えよ。

フォトリポシンが青色光を受容すると， $H^+$ -ATP アーゼの活性が①{ア 上昇 イ 低下}する。これにより， $H^+$  が②{ア 細胞内 イ 細胞外}へ移動する。

- (2) 実験 1 ～ 3 の結果から， $H^+$  の移動により孔辺細胞の  $K^+$  濃度が上昇するしくみについて，60 字以内で説明せよ。

# 地 学

## 1 プレート運動に関する次の文章を読み、以下の間に答えよ。(配点 20点)

地球の表層は十数枚のプレートで覆われている。プレートの直下には、プレートと<sup>(a)</sup>は物理的性質の異なる岩石層があり、プレートはこの上をすべるように移動している。個々のプレートがそれぞれ異なる運動をしているため、とくにプレートの境界付近では、地震や火山、地盤の隆起や沈降といった地学現象が多く見られる。

次の図1は、日本列島付近のプレートの位置を表したものである。図1中の太い破線はプレート境界で、海溝やトラフ<sup>(b)</sup>とほぼ一致している。細い実線は、深発地震の震源の等深度線<sup>(c)</sup>を表している。この等深度線は、日本海溝や伊豆・小笠原海溝に並行しており、大陸側ほど深くなっている。また、太い実線で表された火山前線(火山フロント)<sup>(d)</sup>X-X'とY-Y'が日本海溝や南海トラフにほぼ並行していることから、火山活動もプレート運動に関係していると考えられる。

大規模な地盤の隆起はプレート境界以外でも起きている。例えば、北ヨーロッパのスカンジナビア半島付近では地盤の隆起が続いている(図2)。この地域は、氷期終了後に地表を覆っていた氷床が融けてアイソスタシーが成立しなくなり、現在はアイソスタシーを回復する途中にあるためである。スカンジナビア半島のフリーエア異常の絶対値<sup>(e)</sup>が大きいことは、その裏付けの一つである。

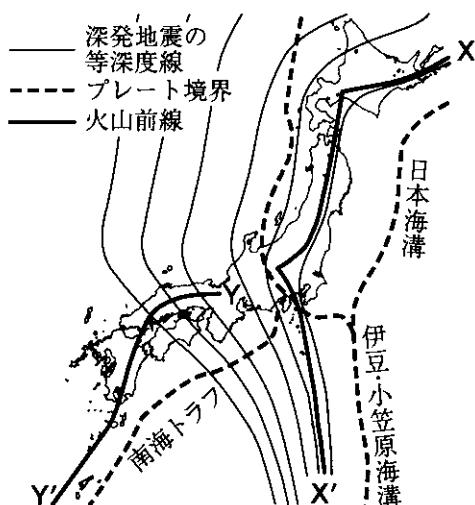


図1 日本付近のプレートの位置関係  
設問の都合上、深発地震面の深さは記していない。

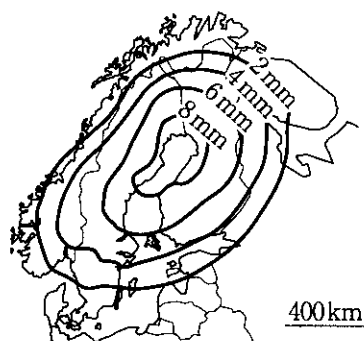


図2 スカンジナビア半島付近  
の年間隆起量

問1 文章中の下線部(a)に関連して、プレートとプレートより下の部分は、物理的(力学的)性質の違いから、それぞれ何と呼ばれるか。ただし、同じ名称を繰り返し答えてはならない。

問2 問1の物理的性質の違いは地震波速度の観測から明らかになってきた。プレートより下の岩石層を伝播する地震波速度は、プレート内を伝播するときと比べて、どのようなになるか。

問3 文章中の下線部(b)に関連して、日本列島周辺の高溝やトラフ付近を震源とする高溝型地震について述べた文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 高溝型地震の震源のほとんどは日本列島の陸地の地下浅部に分布し、地表に大きな被害をもたらすことが多い。

イ 高溝型地震の発生には周期性が見られず、同一の震源域で繰り返し地震が起こることはない。

ウ 高溝型地震の震源は100 kmよりも深いため、マグニチュードが大きくても地表に大きな被害をもたらすことはない。

エ マグニチュードが8.0を超える巨大地震の多くは、高溝型地震によるものである。

問 4 文章中の下線部(c)に関連して、以下の(1)・(2)に答えよ。

(1) 沈み込む海洋プレートの内部には深発地震の震源が分布している。この深発地震面を、発見者の名前をとって何というか。

(2) こうした深発地震はどのくらいの深さまで起きているか。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 深さ 200 km 付近まで      イ 深さ 700 km 付近まで

ウ 深さ 2900 km 付近まで      エ 深さ 5100 km 付近まで

問 5 文章中の下線部(d)に関連して、以下の(1)～(3)に答えよ。

(1) 火山前線について述べた文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 火山前線は、活火山が存在する領域の海溝側の限界線を表している。

イ 火山前線は、活火山が存在する領域の大陸側の限界線を表している。

ウ 火山前線は、活火山が最も集中しているところを表している。

エ 火山前線は、溶岩流や火砕流、降灰による被害が発生する限界線を表している。

(2) 図 1 中の火山前線 X-X' と Y-Y' は、それぞれどの海洋プレートの沈み込みに起因するものか。最も適当な海洋プレートの名称を一つずつ答えよ。ただし、同じ名称を繰り返し答えてはならない。

(3) 海洋プレートの沈み込みに伴うマグマの発生は、地下の温度上昇や圧力低下だけでは説明できない。それでは、どのようなしくみでマグマが発生しているか。そのしくみについて 1 行程度で説明せよ。

**問 6** 文章中の下線部(e)に関連して、日本海溝付近もフリーエア異常の絶対値が大きいことを踏まえ、以下の(1)・(2)に答えよ。

(1) スカンジナビア半島と日本海溝付近のフリーエア異常の正負について述べた文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 スカンジナビア半島では正、日本海溝でも正の値を示す。

イ スカンジナビア半島では正、日本海溝では負の値を示す。

ウ スカンジナビア半島では負、日本海溝では正の値を示す。

エ スカンジナビア半島では負、日本海溝でも負の値を示す。

(2) 日本海溝付近でフリーエア異常の絶対値が大きいのは、ここでプレートが沈み込んでいるからである。プレートの沈み込みは、おもにどのような力がはたらいて起こるのか、その原因とともに1～2行程度で説明せよ。

**2** 岩石に関する次の文章を読み、以下の間に答えよ。(配点 20点)

岩石は、火成岩、堆積岩<sup>たいせき</sup>、変成岩に大別される。これらの岩石は、さまざまな作用を受けて別の岩石に変化することがある。

火成岩は、マグマが冷えてできた岩石である。高温になるなどして岩石が融けると、マグマが形成される。このマグマが地表近くで急激に冷えると斑状組織<sup>はん</sup>を示す 1 岩になり、地下深くでゆっくりと冷えると等粒状組織を示す深成岩になる。玄武岩や花こう岩は代表的な火成岩である。

堆積岩は、堆積した碎屑物<sup>さいせつ</sup>などが続成作用によってかたい岩石になったものである。地表に露出した岩石が 風化<sup>(a)</sup>を受け、生じた碎屑物が流水によって侵食・運搬されて海底などに堆積していく。その後、堆積物の重みによって粒子間の 2 が抜け出ていき、粒子間の隙間を新しい鉱物が埋めて堆積岩に変化する。礫岩、砂岩、泥岩はこのようにして形成される。堆積岩には、この他にも、堆積した火山灰から形成される凝灰岩<sup>(c)</sup>や、生物の骨格や殻<sup>(d)</sup>などから形成される石灰岩やチャートなどがある。

変成岩は、岩石が高温・高圧の状態に長時間おかれ、固体のまま組織が変化して形成されたものである。変成岩には、貫入したマグマによる熱で変成した接触変成岩と造山運動に伴って形成された広域変成岩がある。変成時の温度や圧力は、変成岩に含まれる鉱物の種類を調べることによって推定できる<sup>(e)</sup>。

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、地表の7割を占める海洋では、表層の堆積物などを取り除くと、海洋底の大部分は玄武岩でできている。なぜ海洋底の大部分は玄武岩でできているのか、形成過程を含めて1行程度で説明せよ。

問3 文章中の下線部(b)に関連して、火成岩を構成する主要造岩鉱物のうち、花こう岩に多く含まれるある鉱物は、風化に対して強く、海岸などで堆積した砂の中にも多く見られる。この鉱物の名称と化学式を答えよ。



問4 文章中の下線部(c)に関連して、地質調査を行うとき、凝灰岩層は地層の対比に用いられることが多い。その理由として適当なものを、次のア～エのうちから**すべて**選び、記号で答えよ。

- ア 比較的短時間に堆積するため。
- イ 他の地層と区別がしやすいため。
- ウ 比較的広い範囲に堆積するため。
- エ 高温の状態で堆積するため。

問5 文章中の下線部(d)に関連して、次のア～カの生物の骨格や殻などは、石灰岩またはチャートを形成する。これらのうち、チャートを形成するものとして適当なものを**すべて**選び、記号で答えよ。

- |                          |                                     |                |
|--------------------------|-------------------------------------|----------------|
| ア サンゴ                    | イ イノセラムス                            | ウ 放散虫          |
| エ <small>けいそう</small> 珪藻 | オ フズリナ( <small>ぼうすいちゅう</small> 紡錘虫) | カ カヘイ石(ヌンムリテス) |

問6 文章中の下線部(e)に関連して、次の図1は、<sup>こうちゅうせき</sup>紅柱石・<sup>けいせんせき</sup>珪線石・<sup>らんしょうせき</sup>藍晶石の安定領域を示した図である。以下の(1)～(3)に答えよ。

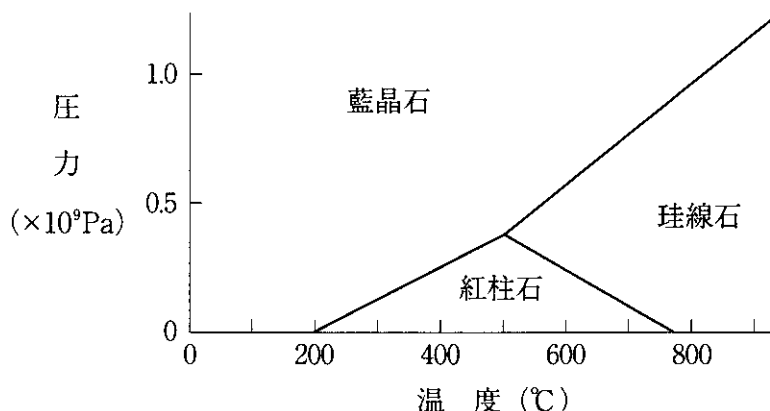


図1 紅柱石・珪線石・藍晶石の安定領域

- (1) 紅柱石，珪線石，藍晶石のように，化学組成は同じであるが，結晶構造が異なる鉱物どうしの関係を何というか。
- (2) 紅柱石，珪線石，藍晶石の化学式を答えよ。
- (3) 変成岩 A～D を調査したところ，次の結果が得られた。A～D を変成したときの圧力が，低いものから高いものへ順に並べよ。
  - A 変成したときの温度は約 700 °C であり，変成岩中に紅柱石を含む。
  - B 変成したときの温度は約 600 °C であり，変成岩中に藍晶石を含む。
  - C 変成したときの温度は約 400 °C であり，変成岩中に，ほぼ同時期に形成された紅柱石と藍晶石が混在している。
  - D 変成岩中に，ほぼ同時期に形成された紅柱石と珪線石と藍晶石が混在している。

地学の問題は次のページに続く。

**③ 地球の歴史と生物の進化に関する次の文章を読み、以下の問に答えよ。**

(配点 20点)

地球は、約 46 億年前、原始太陽系星雲中の微惑星から形成された。原始地球が形成された当時、地球の表層は高温のため岩石が融けた状態であった。地球の生命は、約 38 億年前に誕生したと考えられている。約 27 億年前には、光合成を行って酸素を発生する生物が出現し、海洋中にも大気中にも酸素が増加した。約 23 億～22 億年前と約 7.5 億～6 億年前には、低緯度地域にまで氷河が拡大して地球全体が寒冷化する、いわゆる全球凍結の状態となり、多くの生物が絶滅したと推定されている。全球凍結後の温暖期には、生物に大きな進化が見られ、約 5.7 億～5.5 億年前の地層からはエディアカラ生物群の化石が発見されている。

(c) 古生代に入ると多種多様な動物が突然出現した。このときの突然の生物の出現は  
1 紀の爆発(生物爆発)と呼ばれている。この時期の代表的な示準化石としては、アノマロカリスやオパビニアなどを含むバージェス動物群や、三葉虫などがある。約 4.4 億～4.2 億年前の 2 紀には、成層圏に形成されたオゾン層のはたらきによって地表に届く紫外線が減少し、陸上にシダ植物が上陸した。その後、シダ植物は大型化し、地表に大森林を形成して、現在、世界各地で産出する 3 の起源となった。

中生代は温暖な気候が続き、海洋ではアンモナイト、陸上では恐竜類が繁栄した。そして、4 紀末、巨大隕石の衝突による環境の変化が原因で、多くの生物が絶滅した。

新生代初期の温暖な時期には、哺乳類、鳥類、被子植物が飛躍的に発展し、進化していった。古第三紀頃まではアジア大陸の東縁に位置していた日本であったが、新第三紀には日本海が誕生し、日本は島弧となった。また、新第三紀には人類がアフリカに出現し、百数十万年前にはユーラシア大陸から東南アジア周辺にまで分布を広げた。第四紀は、氷期と間氷期が数万～10 万年の周期で繰り返された。約 2 万年前には、アジア大陸から日本列島にナウマンゾウやオオツノジカが渡ってきたと推定されている。

問 1 文章中の空欄 

1
---

 ～ 

4
---

 にあてはまる適切な語を答えよ。

問 2 文章中の下線部 (a) に関連して、以下の (1)・(2) に答えよ。

- (1) このような表層の状態を何というか。
- (2) 地表が高温となった要因を二つ答えよ。

問 3 文章中の下線部 (b) に関連して、以下の (1)・(2) に答えよ。

- (1) 光合成生物のシアノバクテリアが形成したドーム状の構造物の名称を答えよ。
- (2) 光合成によって放出された酸素が海洋中の鉄イオンと結合し、おもに 25 億～20 億年前に海底に広く堆積して形成された地層の名称を答えよ。

問 4 文章中の下線部 (c) に関連して、古生代以降の化石の数が圧倒的に多いのは、生物が急増したことに加えて、化石として残りやすい体になったことも原因の一つである。先カンブリア時代の生物とは大きく異なる、この体の特徴を答えよ。

問 5 文章中の下線部 (d) に関連して、日本海が形成された頃の日本列島の様子を述べた文として適当なものを、次のア～オのうちから二つ選び、記号で答えよ。

- ア 日本海拡大のときは、海底の熱水噴出によって黒鉱鉱床が形成された。
- イ 日本海形成時は気温が高く、ハチノスサンゴやクサリサンゴが繁栄した。
- ウ 日本海は、大陸内部に深い海溝ができて形成された。
- エ 日本海は、超大陸パンゲアが分裂することによって形成された。
- オ 日本海は拡大とともに深くなり、海底に厚く堆積した地層に含まれたプランクトンが石油や天然ガスの起源となった。

問 6 文章中の下線部 (e) に関連して、大陸から動物が渡ってこられる背景となった約 2 万年前の日本列島付近の地形について、当時の気候と関連させて 1 行程度で説明せよ。

**4** 海洋に関する次の文章を読み、以下の問に答えよ。(配点 20点)

(a) 海洋は地球の表面積の約 70 % を占め、地球表層に存在する水の約 97 % が海水として存在している。海洋表層では、その上を吹いている風の力によって、海水が水平方向に運動し、やがて一定方向に流れる海流が形成される。低緯度～中緯度にかけては海流が循環しており、北半球・南半球ともに環流(亜熱帯環流)が形成されている。このうち、南半球の環流は  回りの循環になっている。環流の形成に大きく関係する風は、低緯度域を吹く  風と中緯度域を吹く  風である。環流を構成する海流の流速は一定ではない。黒潮や湾流(メキシコ湾流)のような、環流の西側の海流の流れはとくに強くなっており、この現象を西岸強化という。西岸強化は、地球の自転に伴う  の大きさが  ことが原因で起こる。

海水は水平方向だけでなく鉛直方向にも運動している。これは海水の密度差が原因で生じる。海水の密度は概ね  $1.02 \sim 1.04 \text{ g/cm}^3$  の範囲にあり、この小さな密度の差によって鉛直方向の運動が生じ、海洋の深層循環(鉛直循環)が形成される。海水の密度を <sup>(b)</sup>決めるおもな要因は水温と塩分の二つであることから、海水の深層循環は  循環ともいわれる。海水中にはさまざまな塩類が溶け込んでおり、電離してイオンの形で存在している。海水中に存在する塩類のイオンのうち、存在比が最も大きい陽イオンは  であり、存在比が最も大きい陰イオンは  である。これらの塩類のほかに、酸素や二酸化炭素なども海水中に溶け込んでおり、海水中に生息する生物に影響を及ぼしている。

問1 文章中の空欄 1 ～ 6 にあてはまる適切な語を答えよ。ただし、5 ・ 6 については、 $H^+$  のようにイオン式で答えること。また、同じ語を繰り返し答えてはならない。

問2 文章中の空欄 A ・ B にあてはまる語と語句の組合せ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。

	A	B
ア	転向力(コリオリの力)	低緯度ほど大きい
イ	転向力(コリオリの力)	高緯度ほど大きい
ウ	遠心力	低緯度ほど大きい
エ	遠心力	高緯度ほど大きい

問3 文章中の下線部(a)に関連して、以下の(1)・(2)に答えよ。

- (1) 地球表層に分布する水のうち、海水以外の水は大気中に含まれる水蒸気と陸上にある陸水である。この陸水のうち、水に換算した体積の値が最も多いものは何か。漢字2字で答えよ。
- (2) (1)で答えた陸水の地球における全体積(水に換算した値)は  $2.4 \times 10^7 \text{ km}^3$  である。海水の全体積は(1)で答えた陸水の何倍になるか。有効数字2桁<sup>けた</sup>で答えよ。ただし、陸地と海洋の面積比はちょうど3:7であり、海洋の平均水深は3800 m、地球の表面積は  $5.1 \times 10^8 \text{ km}^2$  であるとする。

問4 文章中の下線部(b)に関連して、次の図1は、北太平洋と北大西洋を流れるおもな海流を示したものである。北大西洋グリーンランド沖では海面水温が $5\sim 6^{\circ}\text{C}$ 程度であるが、北太平洋の同じ緯度帯の海面水温は $0^{\circ}\text{C}$ 程度である。また、北大西洋グリーンランド沖の海面塩分は $34\sim 35\text{‰}$ ( $=34\sim 35\text{ g/kg}$ )程度であるのに対し、北太平洋の同じ緯度帯の海面塩分は $32\sim 33\text{‰}$ ( $=32\sim 33\text{ g/kg}$ )程度である。以下の(1)～(3)に答えよ。



図1 北太平洋と北大西洋を流れるおもな海流(理科年表の図を改変)

- (1) 北大西洋グリーンランド沖では、北太平洋の同じ緯度帯に比べて海面塩分が高い。これは、海面塩分の高い湾流が亜熱帯の海域から北上して北大西洋海流へと続くためである。この湾流の海面塩分が高い理由を1行程度で説明せよ。



- (2) 次の図 2 は、海水の密度を水温と塩分の関数として示したものであり、図 2 中の曲線が海水の密度( $\text{g}/\text{cm}^3$ )を表している。北大西洋グリーンランド沖の表層海水と、北太平洋の同じ緯度帯の表層海水とでは、どちらの方が深層への沈み込みが起こりやすくなっているか。図 2 に基づいて、理由とともに 1 ～ 2 行程度で説明せよ。ただし、深層の海水の密度は海域によらずほぼ一定であるとしてよい。

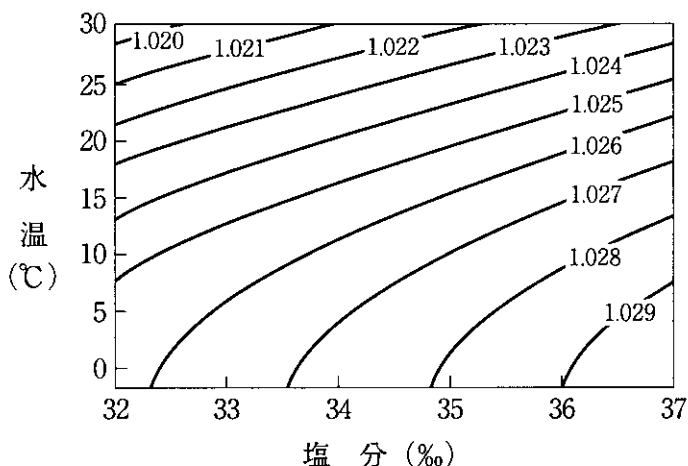


図 2 海水の密度と水温・塩分の関係

- (3) 深層に沈み込んだ海水は、再び表層へと戻ってくる。深層に沈み込んでから再び表層へ戻ってくるまでに要する時間はどのくらいか。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 10 ～ 20 年     | イ 100 ～ 200 年     |
| ウ 1000 ～ 2000 年 | エ 10000 ～ 20000 年 |

5 銀河とクェーサーに関する次の文章を読み、以下の問に答えよ。(配点 20点)

われわれの太陽系が属している銀河系は、約 2000 億個の恒星と星間物質を含んでいる円盤状の銀河である。銀河には、さまざまな偏平率をもつ 1 銀河や、渦巻き銀河、棒渦巻き銀河、および不規則銀河がある。銀河系は、渦巻き銀河または棒渦巻き銀河に属すると考えられている。銀河系は、恒星や星間物質からなる円盤部、中心部の膨らみであるバルジ、それらを取り囲む少数の恒星や球状星団が分布するハローから構成されている。銀河系の全質量は、恒星と星間物質の他にいまだに直接観測されていない 2 が大量に含まれているため、詳しい値はわかっていない。

中心で高いエネルギーの活動が起きている銀河を活動銀河と総称している。活動銀河のうち、強い電波を放射しているものは電波銀河、銀河中心が銀河全体に匹敵する明るさで光っているものは 3 銀河と呼ばれている。また、銀河中心が銀河全体よりはるかに明るく光り、あたかも恒星状の天体に見えるものはクェーサーと呼ばれている。

銀河のスペクトル線は、一般に本来の波長より長い方にずれている。この現象を赤方偏移といい、その大きさは、本来の波長を  $\lambda$ 、波長の増加分を  $\Delta\lambda$  とすると、 $z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$  と表される。クェーサーは大きな赤方偏移を示すものが多い。大きな赤方偏移は後退速度  $v$  が大きいことを示すので、 $v = Hr$  ( $H$  は比例定数) で表される 4 の法則から計算した距離  $r$  が大きいことも意味している。

クェーサーのスペクトルは、水素原子のものをはじめとするさまざまな輝線が中心となっているが、遠方のクェーサーではスペクトル中に多数の吸収線が現れることがある。これらの吸収線はクェーサー自体のものではなく、われわれとクェーサーとの間に存在する水素の雲がクェーサーの光を吸収したことによって生じたものが多い。これらの吸収線は、直接には観測が難しい銀河間物質の情報源となっている。

問1 文章中の空欄 1 ～ 4 にあてはまる適切な語を答えよ。

問2 銀河系のハロー、バルジ、円盤部、球状星団のうち、銀河系の形成過程で最後につくられたものはどれか。また、最後につくられた部分に特徴的に含まれる恒星の種族を答えよ。

問3 銀河系が渦巻き構造をもつと推測される根拠として**適当でないもの**を、次のア～エのうちから一つ選び、記号で答えよ。

ア 水素原子の電波観測によると、円盤部の水素が渦巻き状に分布していること。

イ 銀河系の中心にブラックホールがあって、円盤部で公転している恒星やガスを吸い込んでいること。

ウ 近距離の高温の主系列星が、円盤部内で数本の帯状の領域に集中していること。

エ 他の円盤状の銀河には、ほとんどの場合、渦巻き構造が見られること。

問4 文章中の下線部(a)に関連して、 $z=7$ のクエーサーではスペクトル線の波長は元の何倍になっているか。整数値で答えよ。

問5 地球に最も近いクエーサーである3C273の赤方偏移は、 $z=0.158$ である。3C273の距離をパーセク単位、有効数字2桁<sup>けた</sup>で求めよ。ただし、光速は $3.0 \times 10^5$  km/s、比例定数  $H$  は  $10^6$  パーセクあたり 71 km/s である。

問6 3C273の見かけの等級は12.9等級であるが、銀河系の中心に3C273があったとすると、見かけの等級は-12.1等級となり、満月(-12.7等級)とあまり変わらないほど明るく見える。しかし、3C273はクエーサーとしては平均的な明るさであり、最も明るいクエーサーの $\frac{1}{100}$ ほどでしかない。最も明るいクエーサーが銀河系の中心にあった場合、地球から見たときの見かけの等級は、太陽と比較してどちらが何等級明るい。小数点以下第1位までの値で答えよ。ただし、太陽の見かけの等級は-26.8等級であり、3C273の光度は最も明るいクエーサーの $\frac{1}{100}$ であるとして計算せよ。

**問 7** 文章中の下線部 (b) に関連して、以下の (1)・(2) に答えよ。

- (1) 水素の雲によってつくられた吸収線の波長は、対応するキューサーのスペクトル線の波長と比較して、短波長と長波長のどちら側に現れるか。
- (2) (1) のように考えられる根拠を 1 ～ 2 行程度で説明せよ。







