



# 理 科 問 題 紙

工学部（生命工学科）

2023 年 2 月 11 日

11 : 50 ~ 12 : 50 (60分)

## 注 意 事 項

— 注意事項は裏表紙にもある。問題紙を裏返して必ず読むこと。 —

1. 理科の問題紙は全16ページである。解答は、 ,  ,  ,  ,  ,  の6問から任意の2問を選んでおこなうこと。
2. 解答用紙は問題紙の中に折り込まれている。その他に計算用紙が1枚入っている。
3. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入すること。
4. 選択した問題番号を解答用紙上部の「選択した問題番号」欄に記入すること。  
ここに書かれた問題番号に対応する解答のみ採点されるので注意すること。
5. 試験開始の合図があるまで問題紙を開いてはいけない。  
試験終了まで退室してはいけない。
6. 受験番号の記入については裏表紙を参照すること。

# 理

## 1

### (物理基礎)

図1のように水平面となす角度が  $\theta$  ( $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ ) である斜面上の点 A において、質量が  $M$  の小さな物体が水平方向の外力を受けて静止している。図中の長さが  $L$  の水平な区間 BC には一様な摩擦が存在し、それ以外の場所はなめらかであるとする。物体は水平面や斜面から離れることがないものとし、重力加速度の大きさを  $g$  として以下の文中の空欄を適切な数式または数値で埋めよ。

1. 点 A において物体が斜面から受ける垂直抗力の大きさは  であり、外力の大きさは  である。
2. 水平方向の外力をゼロにすると物体は斜面を点 A から初速度ゼロで静かにすべり出した。その後、物体は速さ  $v$  で点 B を通過すると、摩擦が存在する区間 BC を進み、速さ  $\frac{4}{5}v$  で初めて点 C に到達した。このことから区間 BC での物体の加速度の大きさが  であり、区間 BC における物体と水平面との間の動摩擦係数が  であることがわかる。また、この最初の BC 間の移動にかかる時間は  である。
3. 物体は点 C を通過した後、斜面を上昇して点 D まで到達し、再び下降を開始した。力学的エネルギー保存則より、この点 D の高さは点 A の高さの  倍である。また、下降した物体が再び点 C を通過するときの速さは  である。
4. 物体は区間 BC を 1 回通過するごとに運動エネルギーを  だけ失う。その結果、物体は運動を開始してから点 B を合計 3 回通過した後、点 B から点 C に向かって  だけ離れた場所で停止する。物体が動き出してから最後に停止するまでに摩擦力が物体にした仕事は  である。

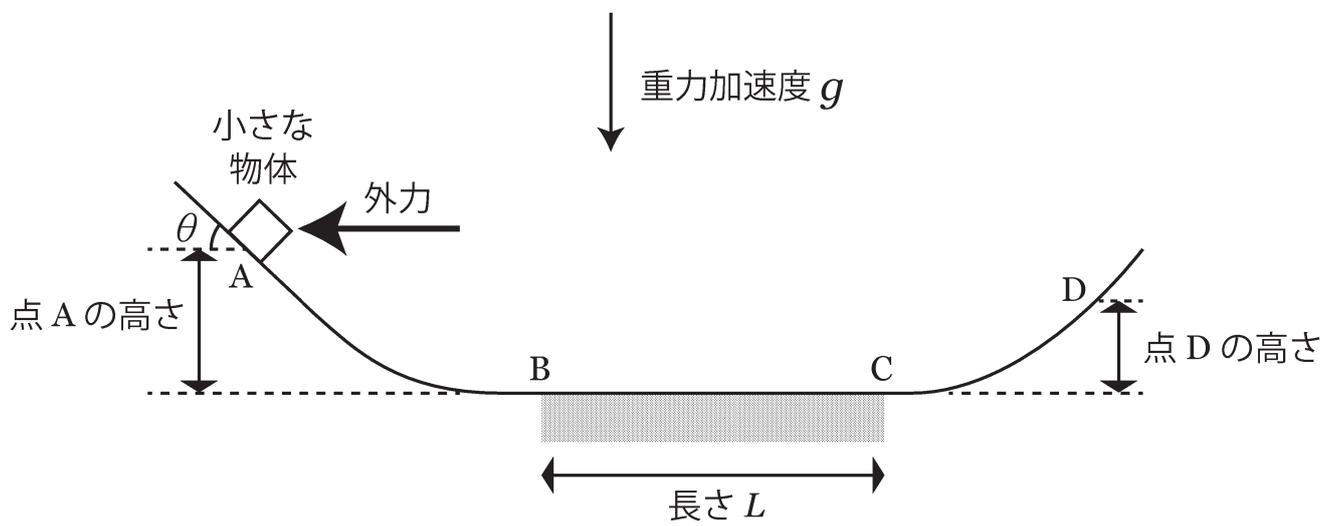


図 1

**理****2**

(物理)

真空中で図2のように、 $xy$ 平面上の1辺の長さ $r$ の正三角形OPQの各頂点に、十分に長いまっすぐな導線を紙面に垂直に通過させて固定する。各導線には大きさ $I$ の直流電流が紙面の裏から表に向かって流れている。導線の太さを無視し、真空の透磁率を $\mu_0$ として、以下の問いに答えよ。ただし、向きを答える場合は図中の $30^\circ$ ずつ異なる向きを表す矢印イ～ヲの中から最も適切な1つを選び記号で答えよ。

- (1) 点Pを通る電流1が点Oにつくる磁場の大きさと向きを求めよ。
- (2) 点Qを通る電流2が点Oにつくる磁場の大きさと向きを求めよ。
- (3) (1)の磁場の磁束密度の大きさと向きを求めよ。

以下では、点Oを通る導線上の長さ $L$ の部分が磁場から受ける力を考える。

- (4) 電流1がつくる磁場から受ける力の大きさと向きを求めよ。
- (5) 電流1と電流2がつくる磁場から受ける力の合力の大きさと向きを求めよ。
- (6) 点Pを通る電流1の向きを逆(紙面の表から裏)にした場合、電流1と電流2がつくる磁場から受ける力の合力の大きさと向きを求めよ。

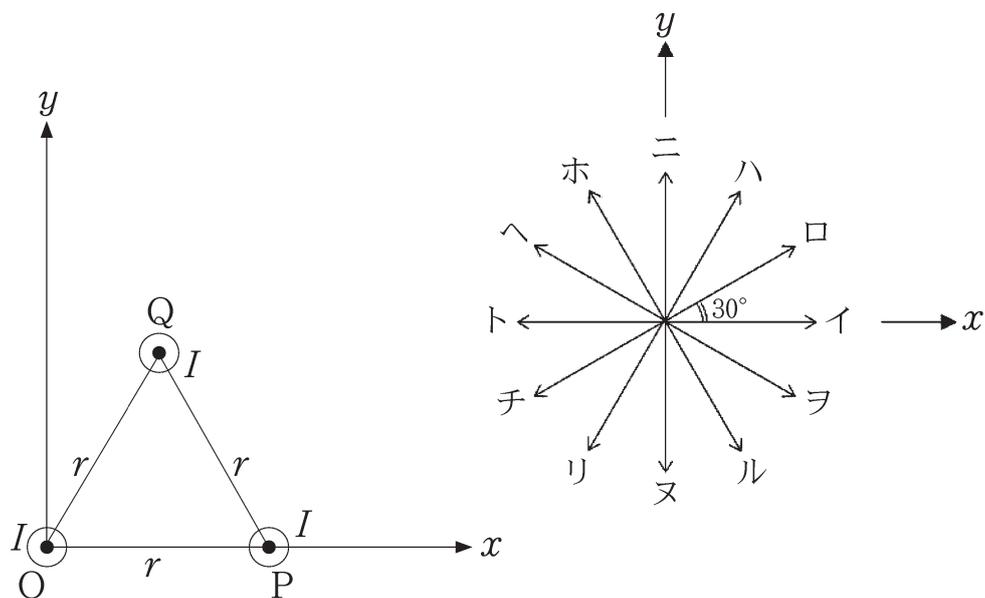


図2

## (化学基礎)

次の各設問に答えよ。

1. 次の(1)～(6)の各設問に記号で答えよ。ただし、原子量は  $H = 1.0$ ,  $C = 12$ ,  $N = 14$ ,  $O = 16$ , 標準状態 ( $0^\circ\text{C}$ ,  $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ ) における  $1 \text{ mol}$  の気体の体積は  $22.4 \text{ L}$  とする。

(1) 次の a ～ e の組み合わせのうち、純物質と混合物の組み合わせのものを記号で答えよ。

- a. 塩素と塩化ナトリウム    b. 食塩水と海水    c. 塩化水素と塩酸  
d. 水素と水    e. 酸素と二酸化炭素

(2) 次の a ～ e の原子またはイオンのうち、最外殻電子の数が  $\text{Ca}$  と同じものを記号で答えよ。

- a.  $\text{He}$     b.  $\text{B}$     c.  $\text{Ne}$     d.  $\text{P}$     e.  $\text{K}^+$

(3) 次の a ～ e の組み合わせのうち、極性分子と無極性分子の組み合わせでないものを記号で答えよ。

- a.  $\text{HF}$  と  $\text{H}_2$     b.  $\text{HCl}$  と  $\text{Cl}_2$     c.  $\text{NH}_3$  と  $\text{CH}_4$     d.  $\text{H}_2\text{O}$  と  $\text{O}_2$     e.  $\text{CO}_2$  と  $\text{CCl}_4$

(4) 次の a ～ e の気体のうち、標準状態における気体の体積がもっとも小さいものを記号で答えよ。

- a.  $48 \text{ g}$  の  $\text{O}_2$     b.  $60 \text{ g}$  の  $\text{CO}_2$     c.  $2.0 \text{ mol}$  の  $\text{CH}_4$   
d. 標準状態で気体の体積が  $40 \text{ L}$  の  $\text{N}_2$     e.  $1.8 \text{ mol}$  の  $\text{NH}_3$

(5) エタノール  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  を完全燃焼させたところ、 $5.4 \text{ g}$  の水  $\text{H}_2\text{O}$  が生成した。このとき、燃焼した  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  の質量としてもっとも適当なものを、次の a ～ e のうちから記号で答えよ。

- a.  $3.4 \text{ g}$     b.  $4.6 \text{ g}$     c.  $5.4 \text{ g}$     d.  $8.8 \text{ g}$     e.  $9.6 \text{ g}$

(6) 溶媒に対する物質の溶けやすさの違いを利用して、混合物から特定の物質を溶媒に溶かし出して分離する操作がある。この操作の名称としてもっとも適当なものを、次の a ～ e のうちから記号で答えよ。

- a. ろ過    b. 吸着    c. 再結晶    d. 蒸留    e. 抽出

2. 次の(1)～(4)の各設問に答えよ。ただし、原子量は  $H = 1.0$ ,  $C = 12$ ,  $O = 16$ ,  $Na = 23$  とし、計算結果はいずれも有効数字 2 桁で答えよ。

- (1) シュウ酸二水和物  $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$  の結晶  $0.630\text{ g}$  を水に溶かし、 $100\text{ mL}$  の水溶液にした。このシュウ酸水溶液のモル濃度は何  $\text{mol/L}$  か答えよ。
- (2) (1) のシュウ酸水溶液  $10.0\text{ mL}$  を濃度未知の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、中和点までに  $12.0\text{ mL}$  を要した。この水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度は何  $\text{mol/L}$  か答えよ。
- (3) 食酢を正確に 10 倍に薄めた水溶液をつくり、その  $10.0\text{ mL}$  を  $0.100\text{ mol/L}$  の水酸化ナトリウム水溶液で滴定すると、中和点までに  $6.60\text{ mL}$  を要した。薄める前の食酢中の酢酸のモル濃度 ( $\text{mol/L}$ ) と質量パーセント濃度 (%) をそれぞれ答えよ。ただし、食酢中の酸はすべて酢酸とし、食酢の密度は  $1.0\text{ g/cm}^3$  とする。
- (4) 質量パーセント濃度が  $20.0\%$  の水酸化ナトリウム水溶液の密度は  $1.22\text{ g/cm}^3$  である。この水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度は何  $\text{mol/L}$  か答えよ。

3. 次の文章を読み、(1)～(3)の各設問に答えよ。

図 1 に示すように、希硫酸に銅板と亜鉛板を浸し導線で結んだ電池をボルタ電池という。この電池がはたらくとき、亜鉛板は ① [(a) 正極 (b) 負極] となり、亜鉛が ② [(a) 酸化 (b) 還元] される。また、銅板は ③ [(a) 正極 (b) 負極] となり、希硫酸中の水素イオンが ④ [(a) 酸化 (b) 還元] される。

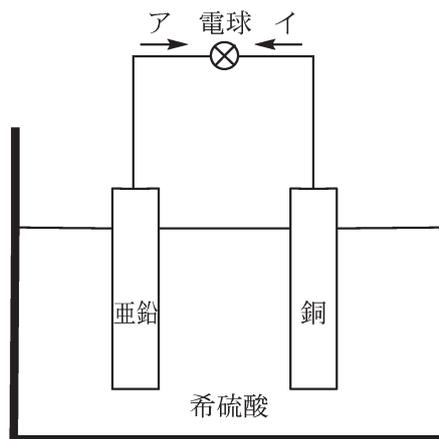


図 1

- (1) 文中の ①～④の [ ] 内にあてはまる適切な語句を選び記号で答えよ。
- (2) この電池がはたらくとき、図 1 の導線中の電子の流れる方向は矢印 ア, イ のどちらか答えよ。
- (3) この電池がはたらくとき、図 1 の導線中の電流の流れる方向は矢印 ア, イ のどちらか答えよ。

# 理

## 4

(化学)

次の各設問に答えよ。

1. 次の文章を読み, (1) および (2) の各設問に答えよ。

炭酸ナトリウムは, 工業的には, 食塩 (塩化ナトリウム) と石灰石 (炭酸カルシウム) から次のように製造される。

- ① 塩化ナトリウムの飽和水溶液に, アンモニアと [ a ] を吹き込むと, 比較的溶解度の小さい [ b ] が沈殿する。
- ② [ b ] を取り出して加熱すると, 炭酸ナトリウムと [ a ] と [ c ] に分解する。
- ③ 石灰石 (炭酸カルシウム) を強く熱すると, [ a ] と [ d ] に分解する。この [ a ] は①の反応に利用される。
- ④ [ d ] に水を加えると, 発熱して反応し [ e ] になる。
- ⑤ ①の操作後, [ b ] を除いた溶液に [ e ] を加えて加熱すると, アンモニアが発生する。アンモニアは再び, ①で利用される。

(1) 文中の [ a ] ~ [ e ] の空欄にあてはまる適切な物質を化学式で答えよ。

(2) ①から⑤までの反応をまとめると, 一つの化学反応式になる。この化学反応式を答えよ。

2. 次の (1) ~ (3) の各設問に答えよ。ただし, 原子量は  $N = 14$ ,  $O = 16$ , 気体定数は  $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$  とし, すべての気体は理想気体として振る舞うものとする。なお, 計算結果はいずれも有効数字 2 桁で答えよ。

(1)  $27^\circ\text{C}$ ,  $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  で  $5.0 \text{ L}$  の気体がある。この気体を  $87^\circ\text{C}$ ,  $4.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  とすると, 体積は何  $\text{L}$  になるか答えよ。

(2) ある気体  $0.54 \text{ g}$  をとり,  $47^\circ\text{C}$ ,  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  のもとで体積を測定したところ,  $0.20 \text{ L}$  であった。この気体の分子量を答えよ。

(3) 一定容積の容器に, 窒素  $2.52 \text{ g}$  と酸素  $1.60 \text{ g}$  からなる  $27^\circ\text{C}$  の混合気体が入っている。この混合気体の全圧が  $1.4 \times 10^5 \text{ Pa}$  のとき, 混合気体中の窒素の分圧と酸素の分圧はそれぞれ何  $\text{Pa}$  か答えよ。

3. 分子式が  $C_3H_8O$  の化合物には, A, B, C の 3 種類がある。これらに関する次の ① ~ ③ の各文章を読み, 文中の化合物 A, B, C, D, E に該当する有機化合物をそれぞれ構造式で答えよ。

- ① 化合物 A, B, C それぞれに少量の金属ナトリウムを加えると, 化合物 A と化合物 B はいずれも水素ガスを発生したが, 化合物 C は水素ガスを発生しなかった。
- ② 化合物 A を硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化すると, 銀鏡反応を示す化合物 D が生成した。化合物 D をさらに酸化すると, プロピオン酸  $CH_3CH_2COOH$  が生成した。
- ③ 化合物 B を硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化すると, 芳香のある無色の液体 E が生成した。化合物 E にヨウ素と水酸化ナトリウムの水溶液を加えて温めると, 特有の臭気をもつヨードホルム  $CHI_3$  の黄色沈殿が生成した。

ある河川の生態系調査に関する次の文章を読み、下記の設問（問1～6）に答えよ。

図1は、有機物を多く含む生活排水（污水）が継続的に流入しているある河川の生物の個体数と水質の変化を調査したものである。上のグラフは水中に生息する微生物の個体数を示し、下のグラフはBODや化学物質などの量を示している。BODは微生物が水中の有機物を分解するときに必要な酸素量のこと、水中に含まれる有機物量の指標と考えてよい。NH<sub>4</sub><sup>+</sup>とO<sub>2</sub>は、それぞれ無機栄養塩類であるアンモニウムイオンと溶存酸素量の変動を示している。污水が流れ込む地点は上流付近の1カ所（污水流入点）で、河川の流速および污水から流入する化学物質の量は一定とみなす。

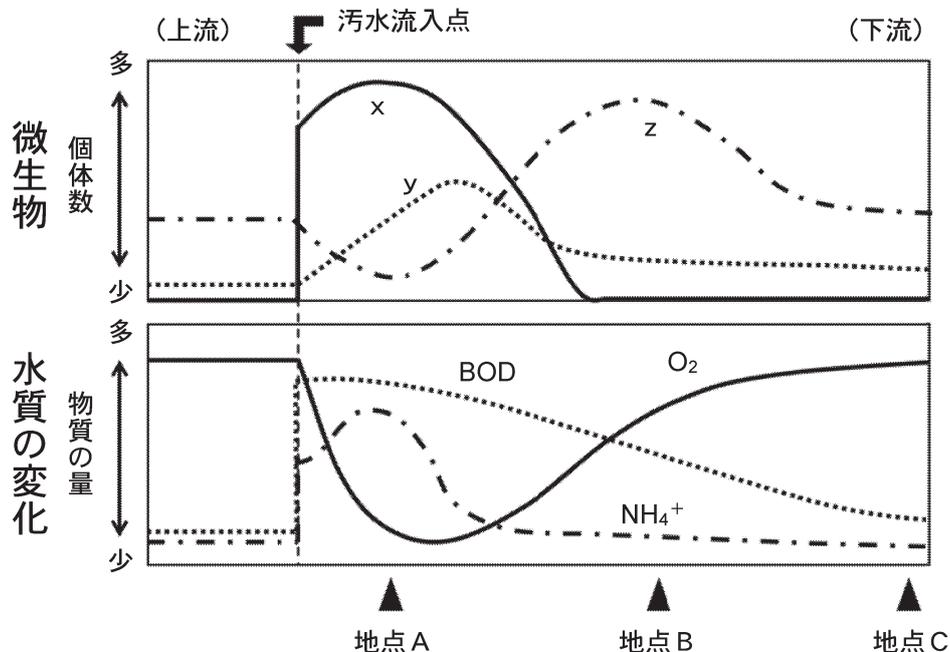


図1

この河川では、下流に行くにしたがって、各地点で以下のようなことが起こったと考えられる。地点Aでは、生物xが汚水中の有機物を栄養分として取り込み、急激に増加する。このとき、生物xの代謝反応である（ア）によって酸素が減少する。また有機物の分解が進み、アンモニウムイオンが増加する。生物xが増加すると、生物xを捕食する生物yが増加する。その結果、生物xは生物yに捕食されて減少する。地点Aでアンモニウムイオンが増加すると、生育にそれらを必要とする生物zが増加してくる。その結果、地点Bでは生物zの代謝反応である（イ）によって酸素が増加し、アンモニウムイオンが消費されて減少する。アンモニウムイオンが減少すると、やがて生物zも減少する。こうして下流の地点Cでは、生物の個体数や物質の量、BODは污水流入前の状態に近づいていく。このように河川や湖沼などに有機物などを含む污水が流入すると、その量が少ないときは大量の水による希釈や、岩や水底の泥な

どへの吸着、微生物のはたらきなどにより汚濁物が減少する。このような現象は(ウ)と呼ばれ、生態系のバランスを保つはたらきの1つである。

問1 文章中の空欄(ア)～(ウ)に入る適切な語句を答えよ。

問2 この河川の調査で調べられた3種の微生物は、藻類、細菌、原生動物<sup>注)</sup>であった。それぞれx、y、zのどれに対応するか、微生物の個体数変化を示すグラフを参考にして、記号で答えよ。

注) ゾウリムシのような単細胞で運動性がある従属栄養生物を原生動物という。

問3 下線部1のような食う食われるの関係によって引き起こされる現象について述べた次の(1)と(2)に答えよ。

- (1) 汚水中に生物によって分解あるいは排出されにくい物質が含まれていた場合、食物連鎖を通じて濃縮され、栄養段階の上位の生物で毒性が現れることがある。このように特定の物質が生体内に取り込まれて、外部の環境よりも高濃度で蓄積される現象を何というか。
- (2) 生物の間に見られる食う食われるの関係が、複雑な網状になったものを何というか。

問4 下線部2のような生物によるアンモニウムイオンの利用は、生態系における窒素の循環の一部を構成している。これに関連した次の(1)と(2)に答えよ。

(1) 窒素は、生命活動に必要な有機物を合成するために不可欠な元素である。このような窒素を構成成分とする有機物を、次の①～⑤の中からすべて選び、番号で答えよ。

① DNA ② RNA ③ タンパク質 ④ 脂肪 ⑤ 炭水化物

(2) 生態系における物質の循環とエネルギーの流れについて述べた以下の①～⑤の文章のうち、誤っているものをすべて選び、番号で答えよ。

- ① 生産者である植物は、土壌中にある硝酸イオン( $\text{NO}_3^-$ )やアンモニウムイオンを根から吸収し、タンパク質や核酸などの有機窒素化合物を合成しており、このはたらきを窒素固定という。
- ② 分解者である脱窒素細菌のはたらきによって、土壌中の窒素化合物の一部は窒素( $\text{N}_2$ )に変えられ、大気中に戻る。
- ③ 大気中や水中の二酸化炭素( $\text{CO}_2$ )は、生産者である植物の異化作用によって糖を合成する際に吸収され、食物連鎖によりすべての生物体の有機物を構成している炭素(C)の原料となる。
- ④ 太陽の光エネルギーは生産者によって、その一部が有機物中の化学エネルギーに変換され、食物連鎖を通し消費者や分解者に移動する。
- ⑤ 炭素と同様に、エネルギーは生態系内を循環し、生態系外には放出されない。

問5 下線部3について、大量の汚水が流れ込むなどして、このはたらきをこえる大きなく乱が生じた場合、生態系のバランスが崩れてしまい、容易にはもとにもどらなくなることがある。これについて(1)と(2)に答えよ。

- (1) 生態系バランスを崩す原因の1つである河川や湖沼の栄養塩類の増加現象を何というか。
- (2) 気温の高い夏などに、(1)の進行によって湖沼と海洋で発生するプランクトンの異常増殖現象をそれぞれ何というか。

問6 図2は、(ア)と(イ)の代謝反応において、エネルギーの受け渡しに使われている物質を模式的に示したもので、ⓐはリン酸を示している。この物質について、以下の問(1)～(5)に答えよ。

- (1) この物質の名称を答えよ。
- (2) 図中の(エ)は糖の1種、(オ)は塩基の1種、(カ)は(エ)と(オ)が結合した物質である。それぞれの物質名を答えよ。
- (3) A～Cの矢印の中で、高エネルギーリン酸結合であるのはどれか。当てはまる記号をすべて答えよ。
- (4) A～Cの矢印の中で、生命活動に使われるエネルギーが発生するのは、一般的にどの位置のリン酸結合が分解されるときか。当てはまる記号を1つ答えよ。

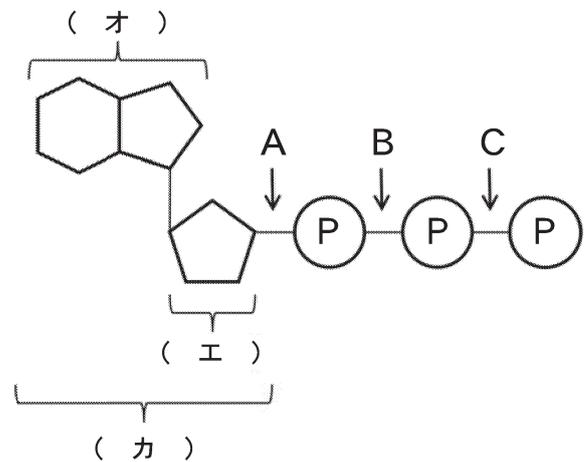


図2

- (5) 次の①～⑥の中から、この物質の消費をともなう生命活動を3つ選び、番号で答えよ。
  - ① 植物が根毛から水分を吸収する。
  - ② ホタルがルシフェラーゼを使って発光する。
  - ③ 赤血球中のヘモグロビンが酸素と結合する。
  - ④ だ液に含まれるアミラーゼがデンプンを分解する。
  - ⑤ 動物が動くときに筋肉を収縮させる。
  - ⑥ 植物が二酸化炭素からデンプンを合成する。

## 6 (生物)

カエルの発生に関する次の文章を読み、下記の設問（問1～8）に答えよ。

カエルでは、精子が卵の（ア）極側から進入すると、卵の表層<sup>1</sup>がその下の細胞質に対して回転し、これによって精子進入点の反対側に周囲と色の濃さの異なる領域である（イ）が生じる。受精卵<sup>2</sup>は卵割<sup>3</sup>が進むと桑実胚を経て胞胚となり、胞胚期を過ぎると細胞が胚の内部に入り込む陥入が起こり、やがて原腸が形成される。この時期の胚を原腸胚といい、陥入する部分は原口<sup>4</sup>と呼ばれる。原腸胚期には、胚を構成する細胞群が外胚葉<sup>5</sup>、内胚葉、中胚葉の3つに区別できるようになる。原腸胚期後、神経胚、尾芽胚をへて幼生<sup>6</sup>（オタマジャクシ）となり、やがて成体となる。

生物の体において方向性がみられるとき、それを示す線を体軸<sup>7</sup>といい、背中と腹を通る体軸は背腹軸という。カエルの背腹軸は精子の進入位置によって決まり、（イ）が生じた側は将来の背側になる。

問1 本文中の（ア）および（イ）に当てはまる適切な語句をそれぞれ答えよ。

問2 下線部1について、卵の表層はその下の細胞質に対しておよそ何度回転するか。次の①～⑤から最も適切なものを1つ選び、番号で答えよ。

- ① 約10度    ② 約20度    ③ 約30度    ④ 約40度    ⑤ 約50度

問3 下線部2について、受精卵のように、その種の個体のあらゆる細胞に分化し得る細胞があれば再生医療などに役立つ。そのような細胞の候補の1つとして、2006年に山中伸弥らの研究グループが、マウスの皮膚組織から得た細胞に4つの遺伝子を人為的に導入することによって、多分化能を備える細胞を作り出すことに成功した。この細胞の名称を答えよ。

問4 下線部3について、動物の受精卵の卵割に関して述べた次の文章①～④のうち、正しいものをすべて選び、番号で答えよ。

- ① ウニの卵は等黄卵で、16細胞期までは等割である。  
 ② カエルの受精卵では、卵割の3回目は、動物極と植物極を結ぶ軸に直交するように不等割が起こる。  
 ③ ハエの卵割は、初めは核の分裂しか起きず、1つの細胞に多数の核がある状態になる。  
 ④ 動物の受精卵の卵割の時に見られる細胞周期は、通常の体細胞分裂の細胞周期よりも長い。

問5 下線部4について、原口がそのまま成体の口になるような動物を旧口動物という。旧口動物に当てはまるものを次の選択肢①～⑥からすべて選び、番号で答えよ。

- ① プラナリア    ② ヒト    ③ ミミズ    ④ ヒトデ  
⑤ センチュウ    ⑥ カニ

問6 下線部5について、次の①～④の文章は両生類における外胚葉、内胚葉、中胚葉のいずれかについて説明したものである。各胚葉に当てはまる説明文をそれぞれすべて選び、番号で答えよ。

- ① この胚葉からは、心臓や骨格筋などができる。  
② この胚葉からは、表皮や神経管が分化する。  
③ この胚葉から最初に分化する脊索は、形態形成の中心的な役割を果たし、のちに退化する。  
④ 食道や胃、腸などの消化管の内壁の上皮は、この胚葉から分化する。

問7 下線部6について、次の設問(1)および(2)に答えよ。

- (1) 動物の幼生が形態や性質を大きく変えて成体になる過程を何というか、その名称を答えよ。  
(2) オタマジャクシの尾はオタマジャクシがカエルの成体になる際に消失するが、これは発生段階においてあらかじめ死ぬようにプログラムされている細胞死（プログラム細胞死）によるものである。プログラム細胞死では多くの場合、細胞のDNAが断片化し、それが引き金になって細胞が死滅する。このような細胞死を特に何というか、その名称を答えよ。

問8 下線部7に関して、ショウジョウバエの体軸の決定について述べた下記の文章を読み、設問(1)および(2)に答えよ。

ショウジョウバエの胚の前後軸の形成において、卵の前後に局在する（ウ）は重要な役割を果たしている。卵の前方にはピコイドという遺伝子の（ウ）が局在している。この（ウ）は母親の体内で卵形成中に合成され、卵に蓄積する。受精後、（ウ）が翻訳されてタンパク質が作られるが、その過程で拡散が起こりタンパク質の濃度勾配が生じる。この濃度勾配が卵における相対的な位置情報となり、胚の前後軸が形成される。ピコイドタンパク質が欠失すると胚の前方部は形成されなくなる。

- (1) （ウ）に当てはまる最も適切な語句を答えよ。  
(2) ピコイドをコードする正常な対立遺伝子を  $B$ 、そのRNAが転写されない異常な対立遺伝子を  $b$  とする。ショウジョウバエの雄（遺伝子型  $Bb$ ）と雌（遺伝子型  $bb$ ）を交配した場合、受精卵のうち次世代  $F_1$  が正常に発生できる確率は何%か、数字で答えよ。

(このページは白紙です)

《注 意》

採点・集計などのさいに受験番号の読み間違いが生じないように、受験番号はつぎの点に注意して記入すること。

1. 受験番号は2箇所記入する。
2. HBの鉛筆・シャープペンシルを使って、1マス1字ずつはっきり書く。
3. ほかの数字とまぎらわしくないように書く。

良い例	1	3	4	5	6	7
悪い例	1(7)	3(8)	4(6) 4(9)	5(6)	6(4)	7(1) 7(9)

それぞれ（ ）内の数字と誤解されやすい。