

## 高等学校 理科（生物）

### 解答についての注意点

- 1 解答用紙は、マーク式解答用紙と記述式解答用紙の2種類があります。
- 2 大問 **1** ~ 大問 **4** については、マーク式解答用紙に、大問 **5** については、記述式解答用紙に記入してください。
- 3 解答用紙が配付されたら、まずマーク式解答用紙に受験番号等を記入し、受験番号に対応する数字を、鉛筆で黒くぬりつぶしてください。  
記述式解答用紙は、全ての用紙の上部に受験番号のみを記入してください。
- 4 大問 **1** ~ 大問 **4** の解答は、選択肢のうちから、**問題で指示された解答番号**の欄にある数字のうち一つを黒くぬりつぶしてください。  
例えば、「解答番号は  」と表示のある問題に対して、「**3**」と解答する場合は、解答番号  の欄に並んでいる ① ② ③ ④ ⑤ の中の ③ を黒くぬりつぶしてください。
- 5 間違ってぬりつぶしたときは、消しゴムできれいに消してください。二つ以上ぬりつぶされている場合は、その解答は無効となります。
- 6 その他、係員が注意したことをよく守ってください。

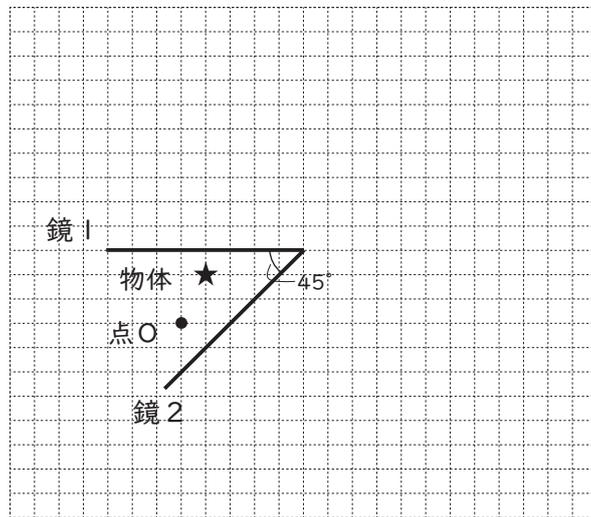
指示があるまで中をあけてはいけません。

1 次の(1)～(6)の問いに答えよ。

(1) A階で停止しているエレベーターが鉛直上向きに上昇を始めた。時刻  $t=0$  sのときにエレベーターが上昇を始めた。時刻  $t=0\sim 5.0$  sの間は鉛直上向きに  $0.60\text{ m/s}^2$ の加速度で上昇し、時刻  $t=5.0\sim 7.5$  sの間は時刻  $t=5.0$  sのときの速さのままで上昇を続けた。時刻  $t=7.5\sim 15.5$  sの間は一定の加速度で減速してB階で停止した。エレベーターはA階から停止したB階に到着するまで何m上昇したか。最も適切なものを1～5から一つ選べ。解答番号は

- 1 25 m      2 26 m      3 27 m      4 28 m      5 29 m

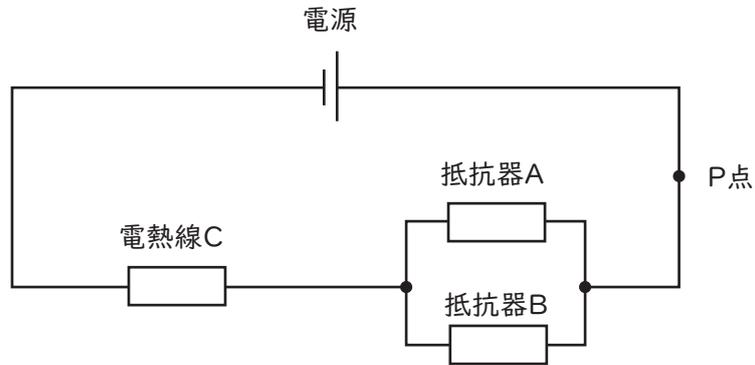
(2) 長方形の同じ鏡を2枚用いて、物体の像を見る観察を行った。図は、観測者が点Oから2枚の鏡にうつる物体の像を観察している様子を真上から見たものである。床に対して垂直に立てた鏡1と鏡2の同じ長さの1辺どうしを図のように組み合わせ、図中の★の位置に物体を置いて、点Oから観測者が2枚の鏡にうつる物体の像を観察した。2枚の鏡のなす角が $45^\circ$ のとき、鏡にうつる物体の像の数として最も適切なものを1～5から一つ選べ。ただし、鏡1および鏡2は平面鏡であり、十分な高さがあり、観測者の目の高さよりも低い物体を用いて観察するものとする。解答番号は



図

- 1 3個      2 6個      3 7個      4 9個      5 11個

- (3) 電気抵抗が $6.0\ \Omega$ の抵抗器Aと、電気抵抗が $12\ \Omega$ の抵抗器B、電気抵抗が分からない電熱線Cを以下の図のように回路につないだ。電源の電圧が $42\ \text{V}$ のとき、P点を流れる電流は $3.0\ \text{A}$ であった。ただし、抵抗器及び電熱線以外に電気抵抗はないものとする。以下の①、②の問いに答えよ。



図

- ① 電熱線Cの電気抵抗は何 $\Omega$ であると考えられるか。最も適切なものを1～5から一つ選べ。

解答番号は

- 1  $9.0\ \Omega$       2  $10\ \Omega$       3  $11\ \Omega$       4  $12\ \Omega$       5  $13\ \Omega$

- ② 図の回路で電源の電圧を $35\ \text{V}$ にし、12秒間電流が流れたときに、電熱線Cで発生したジュール熱は何Jであると考えられるか。最も適切なものを1～5から一つ選べ。解答番号は

- 1  $3.0 \times 10^2\ \text{J}$   
 2  $4.5 \times 10^2\ \text{J}$   
 3  $6.0 \times 10^2\ \text{J}$   
 4  $7.5 \times 10^2\ \text{J}$   
 5  $9.0 \times 10^2\ \text{J}$

(4) 次の記述①～④は、音の性質について述べたものである。正誤の組み合わせとして正しいものはどれか。最も適切なものを1～5から一つ選べ。解答番号は

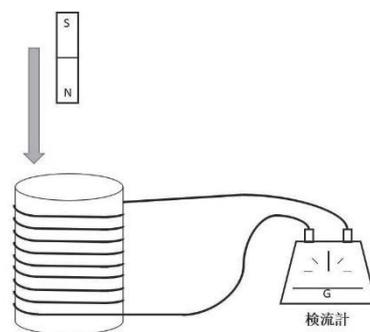
- ① 夏の昼間(35℃)と冬の朝(5℃)を比較して音が空気中を伝わる速さは、常に一定である。
- ② 振動数が一定の条件では大きな音ほど振幅が大きい。
- ③ 400 Hzの音波と600 Hzの音波では400 Hzの音波のほうが音の高さは高い。
- ④ 振動数が400 Hzのおんさと振動数が402 Hzのおんさを同時に鳴らすと1秒あたり2回のうなりが生じる。

	①	②	③	④
1	正	正	誤	誤
2	正	誤	正	誤
3	誤	正	誤	誤
4	誤	誤	正	正
5	誤	正	誤	正

(5) 次の記述①～④は、図のようにコイルに棒磁石を近づけた場合のコイルに流れる電流について述べたものである。正誤の組み合わせとして正しいものはどれか。最も適切なものを1～5から一つ選べ。解答番号は

- ① 誘導電流は、誘導電流のつくる磁界がコイルの内部の磁界の変化を打ち消すような向きに流れる。
- ② コイルの巻き数が大きいほど誘導電流は大きくなる。
- ③ 磁石の磁力が強いほど誘導電流は大きくなる。
- ④ 磁石を動かす速さが速いほど誘導電流は小さくなる。

	①	②	③	④
1	誤	誤	誤	正
2	誤	正	誤	正
3	正	誤	正	誤
4	誤	正	正	正
5	正	正	正	誤



図

(6) 密度 $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ の水に、密度 $6.0 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$ の立方体の物体が浮いて静止している。物体の体積は $5.0 \times 10^2 \text{ m}^3$ であり、重力加速度の大きさを $9.8 \text{ m/s}^2$ とすると、物体の水中に沈んでいる部分の体積は何 $\text{m}^3$ と考えられるか。最も適切なものを1～5から一つ選べ。ただし、立方体の物体の密度は一律であるものとする。解答番号は

- 1  $2.0 \times 10^2 \text{ m}^3$
- 2  $2.5 \times 10^2 \text{ m}^3$
- 3  $3.0 \times 10^2 \text{ m}^3$
- 4  $3.5 \times 10^2 \text{ m}^3$
- 5  $4.0 \times 10^2 \text{ m}^3$

2 次の(1)～(7)の問いに答えよ。

(1) 原子に関する次の説明(A～C)について、正誤の組合せとして最も適当なものはどれか。

1～5から一つ選べ。解答番号は

A 原子は、化学変化で新しくできたり、種類が変わったり、なくなったりせず、種類によって大きさが決まっている。

B 原子は、+ (プラス) の電気をもつ陽子と電気をもたない中性子からできている原子核と、- (マイナス) の電気をもつ電子からできている。また、陽子と電子の数は元素によって決まっているが、同じ元素でも中性子の数が異なる原子が存在する。

C ヘリウムHe、ネオンNe、アルゴンArは、すべて周期表18族の元素であり、貴ガスという。また、これらの最外殻電子の数はすべて同じ8個であり、安定した電子配置により化合物をつくりにくい。

	A	B	C
1	正	正	誤
2	誤	正	誤
3	正	誤	誤
4	誤	誤	正
5	正	誤	正

(2) 1種類の分子のみからなる物質の大気圧下での三態に関する記述(A~C)について、正誤の組合せとして最も適当なものはどれか。1~5から一つ選べ。

解答番号は

- A 気体の状態より液体の状態の方が分子間の平均距離は長い。
- B 液体中の分子は熱運動によって相互に位置を変えている。
- C 液体の表面では常に蒸発が起きている。

	A	B	C
1	正	正	正
2	誤	誤	正
3	正	誤	誤
4	誤	正	正
5	正	正	誤

(3) イオンに関する記述(A~C)について、(ア)~(エ)にあてはまる語の組合せとして最も適当なものはどれか。1~5から一つ選べ。解答番号は

- A 価電子の少ない原子は、(ア) になりやすく、価電子の多い原子は、(イ) になりやすい。
- B 原子から電子1個を取り去って、1価の陽イオンにするために必要なエネルギーを、イオン化エネルギーという。一般に、イオン化エネルギーの (ウ) 原子ほど陽イオンになりやすい。
- C 原子が電子1個を受け取って、1価の陰イオンになるときに放出されるエネルギーを電子親和力という。一般に、電子親和力が (エ) 原子ほど陰イオンになりやすい。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
1	陽イオン	陰イオン	大きい	小さい
2	陽イオン	陰イオン	小さい	大きい
3	陽イオン	陰イオン	小さい	小さい
4	陰イオン	陽イオン	小さい	大きい
5	陰イオン	陽イオン	大きい	小さい

(4) 化学結合に関する記述として誤りを含むものを、次の1~5から一つ選べ。解答番号は

- 1 化学結合の中には、分子内の結合に極性があるが、分子全体では無極性分子になるものがある。
- 2 塩化ナトリウムは、ナトリウムイオン $\text{Na}^+$ と塩化物イオン $\text{Cl}^-$ が静電気力によって結合してできている。このような、陽イオンと陰イオンの間の静電気力による結合を、イオン結合という。
- 3 金属が展性・延性を示すのは、自由電子が特定の原子に固定されることなく、金属原子を結びつけ、金属原子の配列が変化しても金属結合が保たれるためである。
- 4 水素分子 $\text{H}_2$ は、2個の水素原子がそれぞれ電子を1個ずつ出し合い、2個の電子を共有して結合している。
- 5 分子間力によって分子が集合してできた分子結晶は、イオン結晶や金属結晶と比べ、やわらかく、融点が高いものが多い。

(5) 質量パーセント濃度8.0%、密度 $1.1\text{g/cm}^3$ の水酸化ナトリウム水溶液がある。この水溶液 $100\text{cm}^3$ に含まれる水酸化ナトリウム $\text{NaOH}$ の物質量を物質量Aとする。次のア~ウで示される物質量a~cのうち、物質量Aより値が大きいものはどれか。正しく選択しているものを、1~5から一つ選べ。解答番号は

なお、原子量は、 $\text{H}=1.0$ 、 $\text{C}=12$ 、 $\text{O}=16$ 、 $\text{Na}=23$ とする。また、気体はすべて $0^\circ\text{C}$ 、 $1.013\times 10^5\text{Pa}$ の標準状態とする。

ア  $1.5\times 10^{23}$ 個の二酸化炭素 $\text{CO}_2$ の物質量a

イ 4.8gの酸素 $\text{O}_2$ の物質量b

ウ 8.4Lのメタン $\text{CH}_4$ の物質量c

- 1 aのみ      2 a、b      3 a、c      4 b、c      5 a、b、c

(6) 0.20mol/L 希硫酸25mLに、0.30mol/Lのアンモニア水を完全に反応させて、少量の指示薬を加えた。これに0.10mol/L水酸化ナトリウム水溶液を滴下したところ16mLで過不足なく中和した。最初に希硫酸と反応したアンモニア水の体積として適切なものを1～5から一つ選べ。解答番号は

- 1 14mL      2 28mL      3 35mL      4 42mL      5 56mL

(7) ある電解質の水溶液に、電極として2種類の金属を浸して電池をつくった。この電池に関する次の記述(A～C)について、(ア)～(ウ)にあてはまる語の組合せとして最も適当なものはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は

- A イオン化傾向のより小さい金属が (ア) 極となる。  
B 銅板と亜鉛板を用いた電池では、銅板で (イ) 反応が起こる。  
C 放電によって電極上で水素が発生する電池では、水素が発生した電極が (ウ) 極である。

- |   | (ア) | (イ) | (ウ) |
|---|-----|-----|-----|
| 1 | 正   | 還元  | 正   |
| 2 | 負   | 酸化  | 負   |
| 3 | 正   | 酸化  | 正   |
| 4 | 負   | 酸化  | 正   |
| 5 | 正   | 還元  | 負   |

3 次の(1)～(7)の問いに答えよ。

(1) 次の表は、火山岩の分類と岩石を構成する鉱物の成分のうち、 $\text{SiO}_2$ と $\text{MgO}$ と $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ の割合(質量%)を示した表である。

火山岩	(A)	安山岩	(B)
$\text{SiO}_2$	少ない ←		→ 多い
$\text{MgO}$	(C) ←		→ (D)
$\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$	(E) ←		→ (F)

表中の(A)～(F)に入る語句の組合せとして最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。

解答番号は

	A	B	C	D	E	F
1	玄武岩	流紋岩	多い	少ない	多い	少ない
2	流紋岩	玄武岩	多い	少ない	少ない	多い
3	玄武岩	流紋岩	少ない	多い	多い	少ない
4	玄武岩	流紋岩	少ない	多い	少ない	多い
5	流紋岩	玄武岩	多い	少ない	多い	少ない

(2) 地震の観測と対策について述べた次の文の(ア)～(エ)に入る語句の組合せとして最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は

日本では、地震が発生したとき先に到達する(ア)をとらえ、あとに続く激しいゆれをもたらす(イ)のおおよその到達時刻とゆれの強さを知らせる(ウ)が発表される。また人工衛星を用いた(エ)による地殻変動の観測が1200か所以上で行われている。

	ア	イ	ウ	エ
1	P波	S波	緊急地震速報	VLBI
2	S波	P波	地震ハザードマップ	VLBI
3	P波	S波	地震ハザードマップ	GPS
4	S波	P波	緊急地震速報	GPS
5	P波	S波	緊急地震速報	GPS

(3) 化石について示した文のア～エの答えとして最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。

解答番号は

- ア 生物が生息した場所の自然環境がわかる化石。
- イ 種の生存期間が短く、分布範囲が広い生物の化石。
- ウ 生物の歯が化石となったもの。
- エ 生物が生活していた巣穴が化石となったもの。

	ア	イ	ウ	エ
1	示準化石	示相化石	体化石	生痕化石
2	示相化石	示準化石	生痕化石	体化石
3	示相化石	示準化石	生痕化石	生痕化石
4	示準化石	示相化石	生痕化石	体化石
5	示相化石	示準化石	体化石	生痕化石

(4) 中生代について述べた文の①～⑤の空欄に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

1～5から一つ選べ。解答番号は

- ① (ア) は、古生代に現れ中生代に大繁栄した。
- ② 中生代の海には、イノセラムス、トリゴニアなどの(イ)も繁栄した。
- ③ 中生代ジュラ紀に繁栄した恐竜は(ウ)である。
- ④ (エ) は、古生代後期に出現し、中生代にかけて繁栄した。
- ⑤ 中生代末期の生物の大量絶滅の原因は、(オ)だという説が有力である。

	ア	イ	ウ	エ	オ
1	三葉虫	頭足類	は虫類	シダ植物	スーパープルームの活動
2	三葉虫	二枚貝類	鳥類	シダ植物	巨大隕石の衝突
3	アンモナイト	二枚貝類	は虫類	裸子植物	巨大隕石の衝突
4	アンモナイト	頭足類	鳥類	裸子植物	スーパープルームの活動
5	アンモナイト	二枚貝類	は虫類	シダ植物	スーパープルームの活動

(5) 温度30℃、水蒸気圧23.4hPaの空気がある。次の表は、それぞれの温度における飽和水蒸気圧を表している。ア～ウの文章の答えとして最も適切なものを1～5から一つ選べ。

解答番号は

温度 (℃)	10	20	30
飽和水蒸気圧 (hPa)	12.3	23.4	42.4

ア この空気の相対湿度は何%か。

イ この空気の露点は何℃か。

ウ この空気を10℃まで下げる間に発生した液体の水を除去し、再び30℃まで上げたときの相対湿度は何%か。

	ア	イ	ウ
1	55.2%	10℃	29.0%
2	55.2%	20℃	29.0%
3	55.2%	20℃	55.2%
4	18.1%	10℃	55.2%
5	18.1%	20℃	34.4%

(6) エルニーニョ現象が発生しているときの特徴について、エルニーニョ現象が発生していない時と比較して述べた文①～⑤の空欄に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は

- ① 貿易風が(ア)。
- ② 赤道太平洋の東部の海面水温が(イ)している。
- ③ 赤道太平洋の西部では、大気の大気対流活動が(ウ)。
- ④ 日本では、夏季の気温が(エ)なる傾向がある。
- ⑤ 日本では、冬季の気温が(オ)なる傾向がある。

	ア	イ	ウ	エ	オ
1	強まる	下降	弱まる	低く	低く
2	強まる	下降	強まる	低く	高く
3	強まる	上昇	強まる	高く	低く
4	弱まる	上昇	弱まる	低く	高く
5	弱まる	上昇	強まる	高く	高く

(7) 金星・地球・火星について、ア～オの文章の答えとして最も適切なものを1～5から一つ選べ。

解答番号は

ア 赤道半径の最も大きい惑星。

イ 赤道半径の最も小さい惑星。

ウ 表面温度が最も高い温度に達する惑星。

エ 大気中の窒素が約78%、酸素が約21%の構成である惑星。

オ 自転周期が最も長い惑星。

	ア	イ	ウ	エ	オ
1	火星	地球	火星	火星	地球
2	金星	火星	金星	地球	地球
3	金星	地球	火星	地球	金星
4	地球	火星	金星	地球	金星
5	地球	金星	地球	火星	火星

4 次の(1)～(7)の問いに答えよ。

(1) ミツバチは、餌場を見つけると、巣に帰ってから巣板の垂直面でダンスを踊ることで、巣にいる仲間に餌場の位置を伝える。餌場が近いときは円形ダンスを、遠くにあれば、8の字ダンス(図1)をすることが知られている。8の字ダンスには、餌場までの距離と方向に関する情報が含まれており、単位時間あたりの8の字ダンスの回数が餌場までの距離を表している(図2)。次の文章の(ア)と(イ)に入る解答の正しい組合せを1～5から一つ選べ。解答番号は

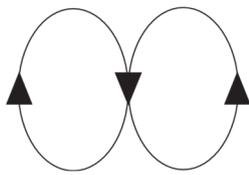


図1

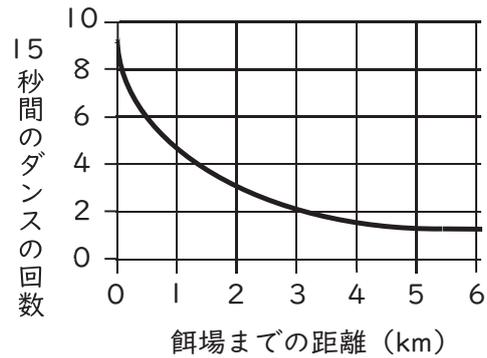


図2

図2から判断すると、8の字ダンスの回数が1分あたり12回の場合、巣箱から餌場までの距離は約(ア) kmと考えられ、働きバチが地面に対して垂直な巣板で下の図3の8の字ダンスを踊った場合、餌場の方向は、図4の(イ)であるとわかる。

※図4は巣箱を真上から見た際の太陽の方角を黒丸で示している。

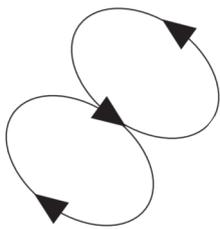


図3

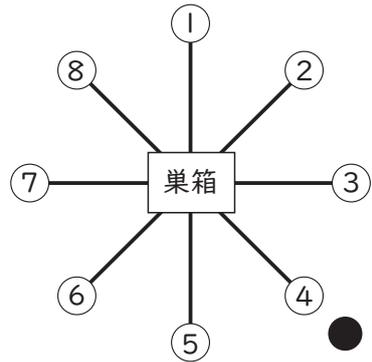
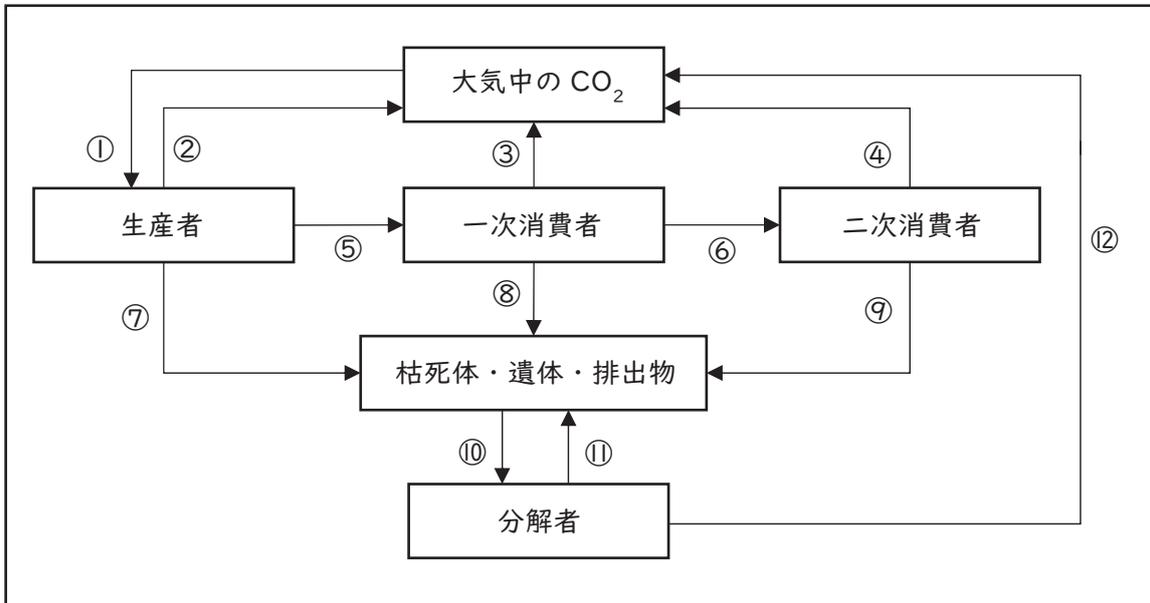


図4

	ア	イ
1	2	③
2	2	⑦
3	12	③
4	12	④
5	12	⑦

(2) 下の図は森林生態系における炭素循環を模式的に示している。矢印は炭素の移動の方向を表している。次の文章の(ア)～(ウ)に入る解答の正しい組合せを1～5から一つ選べ。

解答番号は



図

図の②と同じ反応に該当する番号は、③と④と(ア)である。また、この図において①～⑫が矢印の方向に移動した物質の量を表すとすると、純生産量は(イ)で表せ、二次消費者の成長量は(ウ)で表せる。

	ア	イ	ウ
1	⑩	①-②-⑦	⑥-④
2	⑫	①-②-⑦	⑥-④
3	⑫	①-②	⑥-④-⑨
4	⑩	①-②-⑦	⑥-④-⑨
5	⑫	①-②	⑥-④

(3) おしべのやくの内側にある花粉母細胞が減数分裂により花粉四分子となる。花粉四分子の細胞が、成熟した4つの花粉となる過程で、体細胞分裂を1回行い、花粉管細胞と雄原細胞となる。花粉管細胞は雄原細胞を取り込んで花粉となり、雄原細胞はさらに分裂して、精細胞となる。一方、胚のう細胞は3回の核分裂により8個の核をもつ細胞となる。このうち6個の核は、それぞれ細胞膜で仕切られて、3個の反足細胞、2個の助細胞、1個の卵細胞となる。残りの2個の核は胚のうの大部分の細胞質を含む中央細胞の極核となる。図1は、被子植物の花粉母細胞と胚のう母細胞の減数分裂と体細胞分裂の過程、さらに受精後の果実と種子の構造を模式的に示している。次の文章の(ア)～(ウ)に当てはまる解答の正しい組合せを、1～5から一つ選べ。

解答番号は

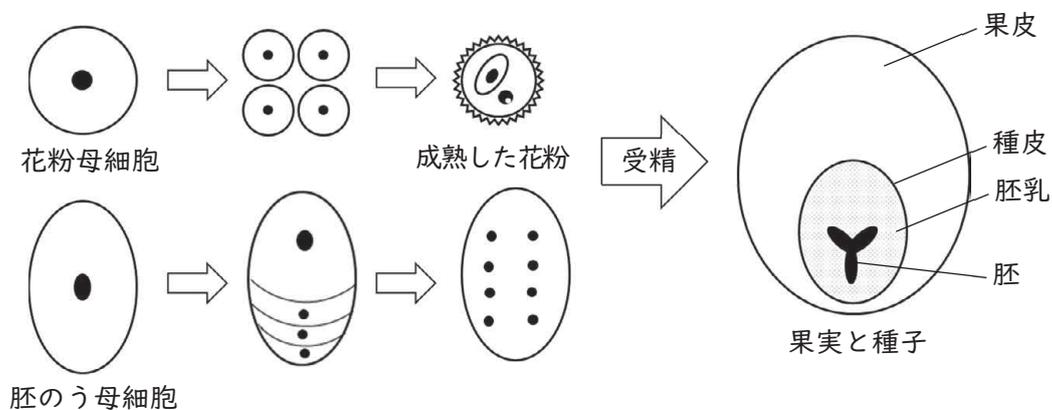


図1

減数分裂直前の花粉母細胞から精細胞が生じるまでの、核あたりのDNA量変化について、精細胞の核あたりのDNA量をCとしてあらわしたグラフは図2の(ア)である。また、受精後の果皮は、受精前のめしべの構造である(イ)に由来し、種皮は(ウ)に由来する。

- |   | ア | イ   | ウ   |
|---|---|-----|-----|
| 1 | ① | 珠皮  | 子房壁 |
| 2 | ② | 子房壁 | 珠皮  |
| 3 | ② | 珠皮  | 子房壁 |
| 4 | ③ | 子房壁 | 珠皮  |
| 5 | ③ | 珠皮  | 子房壁 |

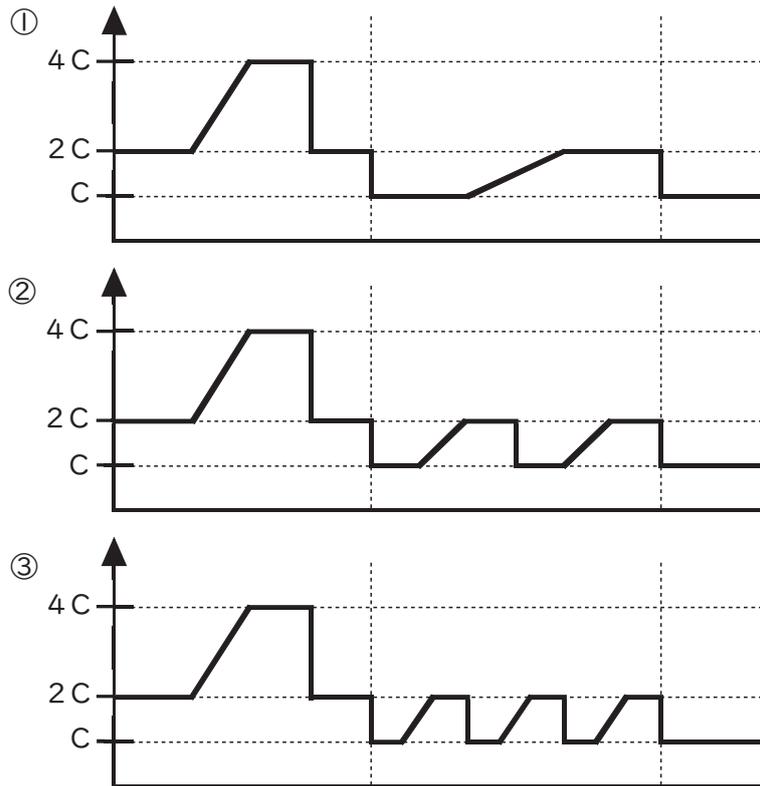
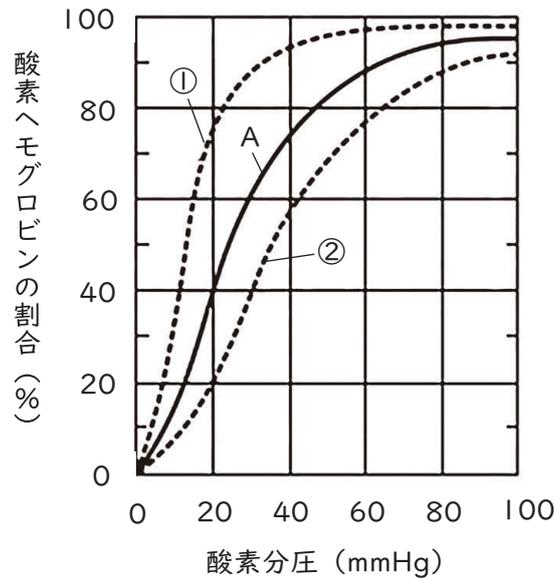


図 2

(4) カイコガの幼虫の斑紋には、正常と虎蚕とらこがある。正常の雄と虎蚕の雌を交雑すると、 $F_1$ の雄はすべて正常、雌はすべて虎蚕となった。この $F_1$ どうしを交配して得られる $F_2$ の表現型とその比として正しい組合せを 1 ~ 5 から一つ選べ。ただし、カイコガの性決定様式はZW型であり、虎蚕の遺伝子はW染色体上にあることが知られている。解答番号は

	雄	雌
1	虎蚕のみ	正常のみ
2	正常のみ	虎蚕のみ
3	正常：虎蚕 = 1 : 1	虎蚕のみ
4	虎蚕のみ	正常：虎蚕 = 1 : 1
5	正常：虎蚕 = 1 : 1	正常：虎蚕 = 1 : 1

(5) 下の図は、ヘモグロビンの酸素飽和度と酸素分圧との関係を表したグラフである。ある組織を通過する前後の動脈血の酸素分圧を100mmHg、二酸化炭素分圧を40mmHg、静脈血の酸素分圧を20mmHg、二酸化炭素分圧を70mmHgとして次の文章の(ア)～(ウ)に入る解答の正しい組合せを1～5から一つ選べ。解答番号は



図

肺胞での酸素解離曲線をAとしたとき、二酸化炭素分圧が肺胞より高い組織における酸素解離曲線は、図の(ア)である。ある組織を通過する間に酸素を解離したヘモグロビンは、動脈血によって運ばれた酸素ヘモグロビンの約(イ)%である。ヘモグロビンは血液100mL中に10g存在し、1gのヘモグロビンは最大1.5mLの酸素と結合できるものとする、組織で解離される酸素は血液100mLあたり(ウ)mLである。

	ア	イ	ウ
1	①	58	1.13
2	①	79	11.3
3	②	79	1.13
4	②	58	11.3
5	②	79	11.3

(6) DDTなどの残留性有機汚染物質は、かつて農薬として大量に散布されていた。DDTや絶縁体として使われたPCB（ポリ塩化ビフェニル）などの物質は、毒性があるうえに分解されにくく、高次の消費者へ移るごとに高濃度に蓄積され、高次消費者の生命に重大な影響を与えることがある。次の文章の（ア）～（ウ）に入る解答の正しい組合せを1～5から一つ選べ。

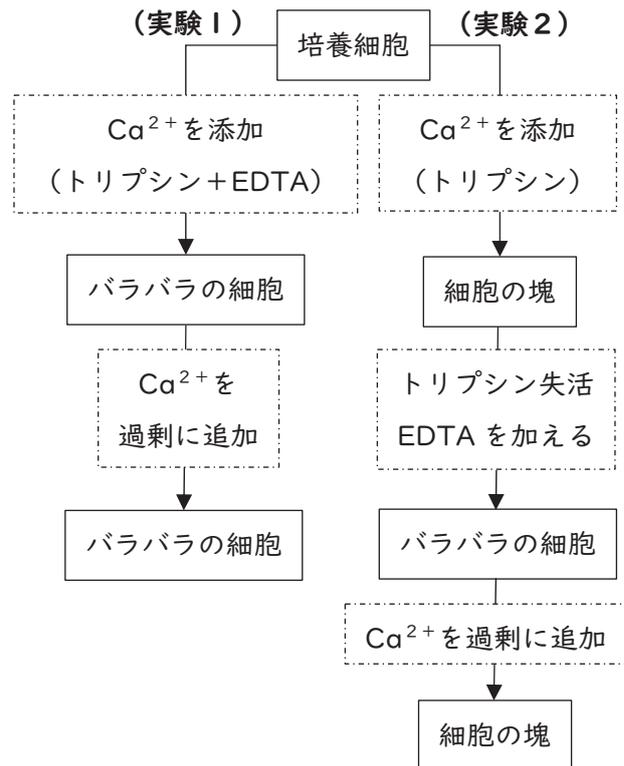
解答番号は

DDTは、（ア）に溶けやすく、生態系での食物連鎖の過程を通じて、より高濃度で高次消費者の体内に蓄積される。この現象を生物濃縮という。このような化学物質の生物濃縮の例はヒトでも知られており、（イ）によるイタイタイ病など、日本で大きな社会問題になった。ある河川で高次の消費者であるセグロカモメの体内から高濃度のDDT量が検出された。セグロカモメに含まれるDDT量は、100gあたり1.85mgであった。河川の水のDDT濃度を0.00005ppmとすると、河川の水からセグロカモメへのDDTの濃縮率は（ウ）倍である。

※ 1 ppmは100万分の1を表す。

	ア	イ	ウ
1	水	有機水銀	37万倍
2	水	カドミウム	3万7千倍
3	脂肪	有機水銀	37万倍
4	脂肪	有機水銀	3万7千倍
5	脂肪	カドミウム	37万倍

(7) 細胞が体液とは異なる状態を維持できるのには、細胞膜の構造が関係している。細胞膜は、親水性の部分と疎水性の部分からなるリン脂質がつくる脂質二重層にタンパク質が埋め込まれた構造をしている。タンパク質は膜の中を水平に移動したり、回転したりできる。多細胞生物では秩序だった構造や機能を実現するために、細胞どうしが接着し合ったり、情報を伝達し合ったりするしくみが必要である。これら細胞間の接着や情報伝達には、細胞膜に埋め込まれたタンパク質が関わっている。そこで、細胞間の接着や情報伝達のしくみについて調べるために、以下の実験を行った。右の図は、左側が**実験1**の過程を、右側が**実験2**の過程を表している。



図

**準備実験** シャーレの中に栄養液を入れて、動物から取り出した細胞を加えて数日間培養した。すると、細胞はシャーレの底に接着し、さらに分裂を繰り返して増えながら、細胞どうしも接着しあってシャーレの底一面に広がった。続いて以下の**実験1～3**をそれぞれ行った。なお、ここで用いるトリプシンはタンパク質を分解する酵素であり、EDTAはカルシウムイオン( $\text{Ca}^{2+}$ )を捕獲できる分子である。

**実験1** 栄養液を取り除き、 $\text{Ca}^{2+}$ を含む緩衝液を加えた。さらに、トリプシンと同時にEDTAを加えたところ、細胞はシャーレの底面からはがれて個々の細胞にバラバラに分離した。ここにEDTAが捕獲できる以上に $\text{Ca}^{2+}$ を加えても、細胞はバラバラに分離したままであった。

**実験2** 栄養液を取り除き、 $\text{Ca}^{2+}$ を含む緩衝液を加えた。まずトリプシンを加えると、細胞は互いに接着しあった塊の状態ではがれた。続いて、トリプシンの働きを失活させてからEDTAを加えると、細胞の塊は個々の細胞にバラバラに分離した。さらにEDTAが捕獲できる以上に $\text{Ca}^{2+}$ を加えると、細胞は再度集まって塊を形成した。

**実験3** 2種類の細胞を別々のシャーレで培養し、**実験2**と同様の方法でトリプシンで処理し、続いてトリプシンを失活させた後にEDTAを加え、それぞれの細胞をバラバラにした。続いて、これら細胞を含む2種類の液をひとつに混ぜ合わせ、ここにEDTAが捕獲できる以上に $\text{Ca}^{2+}$ を加えると、同じ種類の細胞どうしが再度集まってそれぞれ塊を形成した。

実験1～3で分かることとして、記述の正しい組合せを1～5から一つ選べ。

解答番号は

- ア トリプシンには、細胞接着分子が細胞どうしを接着できるようにする働きがある。
- イ  $\text{Ca}^{2+}$ には、細胞接着分子が細胞どうしを接着できるようにする働きがある。
- ウ トリプシンには、 $\text{Ca}^{2+}$ が存在していないという条件下で、細胞接着分子を分解する働きがある。
- エ  $\text{Ca}^{2+}$ には、トリプシンが存在していないという条件下で、細胞接着分子を分解する働きがある。
- オ トリプシンには、 $\text{Ca}^{2+}$ 存在下でも、細胞接着分子を分解する働きがある。
- カ  $\text{Ca}^{2+}$ には、トリプシン存在下でも、細胞接着分子を分解する働きがある。
- キ 異なる種類の細胞膜にも同じ種類の細胞接着分子が存在する。
- ク 異なる種類の細胞膜には異なる種類の細胞接着分子が存在する。

- 1 ア カ ク
- 2 イ ウ キ
- 3 ア エ キ
- 4 イ ウ ク
- 5 エ オ キ

5 次の〔Ⅰ〕、〔Ⅱ〕の問いに答えよ。

〔Ⅰ〕神経系についての以下の文章を読み、(1)～(7)の各問いに答えよ。

神経系は①受容器と効果器の間をつなぐ経路であり、また判断の中枢でもある。神経系中のニューロンが興奮をどのように伝えるかということについては、20世紀中ごろにホジキンとハクスリーがイオンチャンネル仮説を提唱し、その仮説を(ア)の巨大な軸索を用いた電位を測定する方法にて証明した。ニューロンの細胞膜上には、イオンポンプやイオン②チャンネルが存在しており、これらのタンパク質がイオンを選択的に通すことによって膜電位となる。ニューロンが興奮していないときは、一般に③内部の電位は外部より低くなっているが、ニューロンが興奮したときは膜電位が逆転する。この時に発生する膜電位を活動電位という。

髄鞘が存在する軸索を有髄神経繊維と呼ぶ。髄鞘を構成する成分のうち、最も多いものは(イ)であり、興奮は髄鞘と髄鞘の間隙である(ウ)をとびとびに伝導する。このような興奮の伝わり方は(エ)と呼ばれる。

④神経系の発達は生物ごとに大きく異なっており、神経系の分布も様々である。高等学校では、脊椎動物の⑤脳を観察する実験として、鶏頭の解剖がしばしば実施される。

(1) 空欄(ア)～(エ)に当てはまる語句を答えよ。ただし、(ア)には生物の名称を、(イ)には以下の語群から最も適するものを一つ選べ。

語群：糖　タンパク質　脂質　核酸　無機質

(2) 下線部①に関して、受容器は特定の刺激のみ受容する。このような刺激は何と呼ばれる刺激か答えよ。

(3) 下線部②に関して、細胞膜上には水を選択的に通すチャンネルも存在する。この水を通すチャンネルの名称を答えよ。

(4) 下線部③に関して、静止電位が負である理由を述べた以下の文章中の( X )に当てはまる適切な説明を50字程度で答えよ。

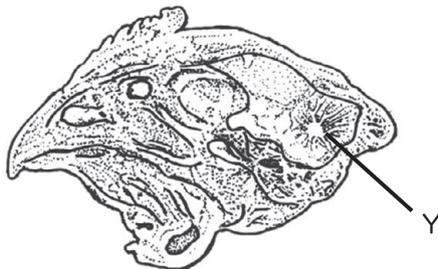
ニューロンの細胞膜上に存在するナトリウムポンプのはたらきにより、軸索の内外でイオンの濃度勾配が生じている。この状態で、( X )ため、軸索外の電位が上がり、静止電位は負になる。

(5) 下線部④に関して、以下の生物のうち、神経を有していないものはどれか。すべて選び記号で答えよ。

- |              |          |         |
|--------------|----------|---------|
| A　ダイダイイソカイメン | B　ミズクラゲ  | C　マボヤ   |
| D　ムラサキウニ     | E　マラリア原虫 | F　プラナリア |

(6) 下線部⑤に関して、以下の各問いに答えよ。

a) 鶏頭の断面図のスケッチを以下に示す。図中のYの部位の名称を答えよ。



b) ヒトの脳はニューロンの数よりも、ニューロンのはたらきを助けたり保護したりする細胞の数のほうが多い。このような細胞は一般に何細胞とよばれるか、答えよ。

(7) 以下に示す**実験1**～**3**を行い、膜電位を測定した。以下の各問いに答えよ。

**実験1** ある動物の髄鞘のない軸索を切り取り、軸索の内側及び外側に組成の異なる一定の溶液を流し続けることができる標本を作製した。軸索外液と内液は以下の表1に示す濃度（相対値）にし、膜電位を測定しながら閾値以上の刺激を与えると、図1の実線に示すグラフが得られた。なお、浸透圧を保つために適宜スクロース溶液を添加している。

**実験2** ふぐ毒は電位依存性 $\text{Na}^+$ チャンネルに作用し、 $\text{Na}^+$ チャンネルを不活性化する。ふぐ毒を加えて、他の条件は**実験1**と同様にして膜電位を測定したところ、図2の実線に示すグラフが得られた。

**実験3** ある薬品は電位依存性 $\text{K}^+$ チャンネルに作用し、 $\text{K}^+$ チャンネルを不活性化する。このような薬品を加えて、他の条件は**実験1**と同様にして膜電位を測定した。

表1 **実験1**の実験条件

	$\text{Na}^+$ 濃度 (相対値)	$\text{K}^+$ 濃度 (相対値)
軸索内	3.3	31.1
軸索外	31.1	1.0

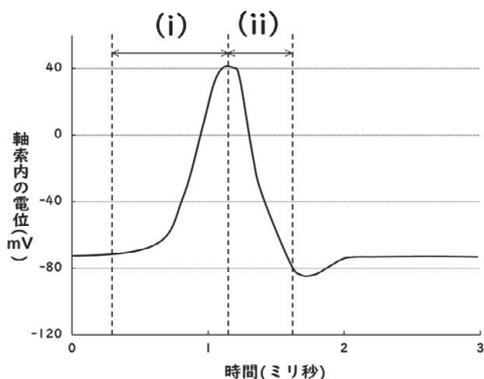


図1 **実験1**で得られたグラフ

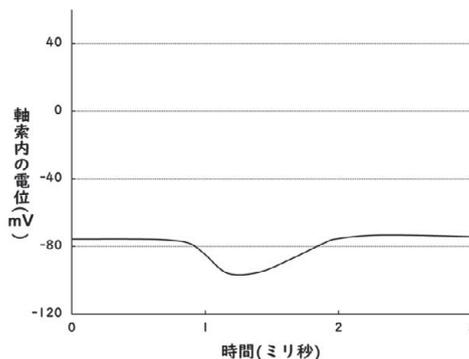


図2 **実験2**で得られたグラフ

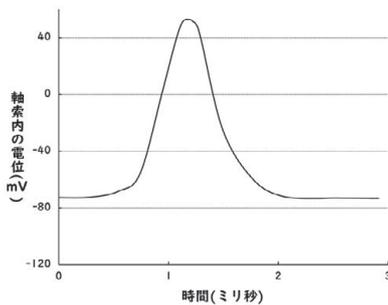
a) 図1中に示されている区間(i)で電位が上昇する理由と、区間(ii)で電位が低下する理由として適切なものを以下のA~Dから一つずつ選び記号で答えよ。

- A 軸索外の $\text{Na}^+$ が軸索内に流れ込むため。
- B 軸索外の $\text{K}^+$ が軸索内に流れ込むため。
- C 軸索内の $\text{Na}^+$ が軸索外に流れ出すため。
- D 軸索内の $\text{K}^+$ が軸索外に流れ出すため。

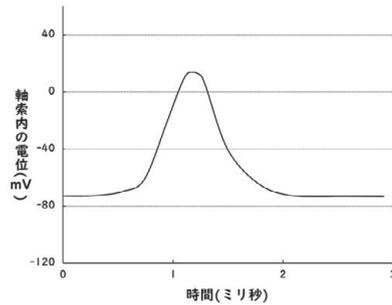
b) 以下の実験条件で**実験1**と同様に刺激を与えて膜電位を測定したとき、その記録の概形が**実験2**で得られた図2に最も近くなるのはどれか、一つ選び記号で答えよ。

- A 軸索外の $\text{K}^+$ 濃度を0 mol/Lにする。
- B 軸索外の $\text{Na}^+$ 濃度を、軸索内と同じにする。
- C 軸索内の $\text{K}^+$ の半分を、 $\text{Na}^+$ に置き換える。
- D 軸索外の $\text{Na}^+$ すべてを、 $\text{K}^+$ に置き換える。

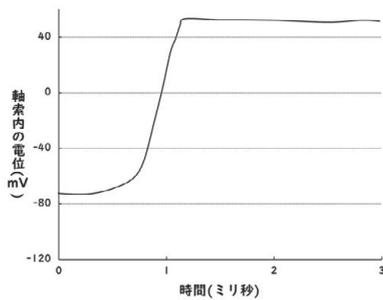
c) **実験3**で得られるグラフの概形を描いたものとして最も適切な図を以下のA~Fから一つ選び記号で答えよ。



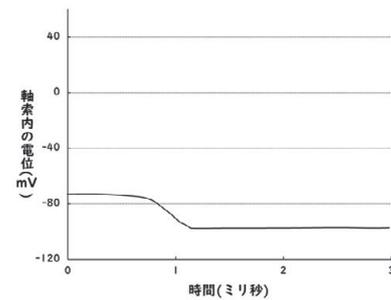
A



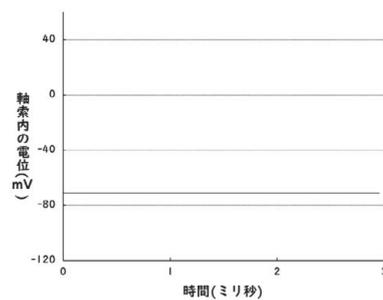
B



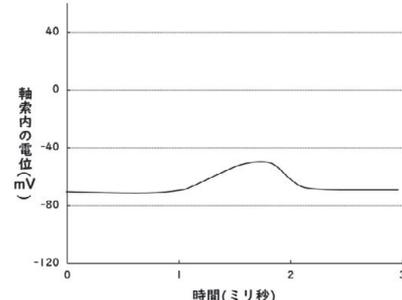
C



D



E



F

〔Ⅱ〕大腸菌についての以下の文章を読み、(8)～(13)の各問いに答えよ。

大腸菌は重要なモデル生物の一つである。ウーズの提唱した3ドメイン説に従うと、大腸菌は(ア)ドメインに属しており、(イ)ドメインに属するメタン生成菌などとは異なるドメインに属している。ウーズはこれらの生物の(ウ)に含まれるRNAの塩基配列に着目し、これらの特徴の違いから分類を行った。大腸菌とメタン生成菌は、ホイッタカーらが提唱した五界説では双方とも(エ)界に属しており、互いに近い種と考えられていたことから、この2種の生物が異なるドメインに属していることは大きな衝撃をもたらした。生物の分類は、現在も様々な観点から見直しや再検討が行われている。

大腸菌には核が存在せず、①核のある生物とはDNAの複製や転写の仕組みが部分的に異なる。また、ゲノムのサイズが小さく、②DNAの複製や個体の増殖の速度は大きい。このような特徴がある大腸菌は、生物学の基礎研究や③遺伝子組み換え実験、④ゲノム編集など、様々な場面で利用されている。

(8) 空欄(ア)～(エ)に当てはまる語句を答えよ。

(9) 大腸菌の学名として最も適切なものを一つ選び記号で答えよ。

- A *Mus musculus*      B *Saccharomyces cerevisiae*  
C *Danio rerio*      D *Escherichia coli*

(10) 下線部①に関して、大腸菌のDNAの複製や転写について述べた以下の文のうち、不適切なものをすべて選び記号で答えよ。

- A 複数箇所ではDNAの複製が起こるため、個体の増殖速度が速い。  
B 末端にテロメアと呼ばれる構造があり、複製のたびに短くなる。  
C オペロンと呼ばれる転写の単位があり、遺伝子発現の調整がされる。  
D 転写されてできたRNAは、スプライシングにより大部分が取り除かれる。

(11) 下線部②に関して、ある大腸菌は分裂を開始してから20分で分裂を完了する。

3個の大腸菌が同時に、かつ分裂速度を変えずに増殖し続けた場合、分裂を開始してから12時間後の個体数として最も近い数を以下から一つ選び記号で答えよ。ただし、 $\log_{10}2 = 0.3$ 、 $\log_{10}3 = 0.5$ とする。

- A  $2 \times 10^9$       B  $8 \times 10^9$       C  $2 \times 10^{10}$   
D  $8 \times 10^{10}$       E  $2 \times 10^{11}$       F  $8 \times 10^{11}$

(12) 下線部③に関して、以下のような遺伝子組み換え実験を行った。

pGLOと呼ばれる合成プラスミドを用意した。pGLOは緑色蛍光タンパク質遺伝子（GFP遺伝子）、アンピシリン耐性遺伝子、アラビノースオペロンと同様の調節遺伝子（*araC*遺伝子）、プロモーターが組み込まれている。GFP遺伝子はアラビノース存在下で発現し、作られた緑色蛍光タンパク質は紫外線照射で強く光る。また、pGLOを取り込んだ大腸菌は抗生物質であるアンピシリンに耐性があり、アンピシリン存在下でも生育できる。

大腸菌の膜の透過性を高め、pGLOを取り込みやすくする溶液で大腸菌を処理した後、遺伝子組み換え用プラスミドを用いて形質転換操作を行った。また、対照実験として、形質転換操作にpGLOを用いないものも用意した。これらの形質転換操作を行った大腸菌を、用意した寒天培地にそれぞれ一様に塗布した。

寒天培地はアンピシリンが含まれているものと、アラビノースが含まれているものを用意した。以下に示す4つの条件で大腸菌を培養し、白色光の下で観察した結果と暗室の中で紫外線を照射して観察した結果をまとめた。

表中の－はその物質が寒天培地に含まれていないことを、＋は寒天培地に含まれていることを示す。また、－DNAは形質転換操作にpGLOを用いなかった大腸菌を寒天培地に塗布したことを、＋DNAは形質転換操作にpGLOを用いた大腸菌を寒天培地に塗布したことを示す。

表 実験条件と結果

	実験1	実験2	実験3	実験4
アンピシリン	－	＋	＋	＋
アラビノース	－	－	－	＋
大腸菌	－DNA	－DNA	＋DNA	＋DNA
<b>観察結果1</b> 白色光の下で観察	培地全体に コロニー観測	コロニーは 観測されない	部分的に コロニー観測	部分的に コロニー観測
<b>観察結果2</b> 暗室の中で紫外線 を照射して観察	光ったコロニー は観測されない	光ったコロニー は観測されない	<b>結果X</b>	<b>結果Y</b>

a) プラスミドに特定の遺伝子を導入するには元のDNAを切断したり、導入したいDNA断片と切断されたプラスミドとを接続したりする必要がある。それぞれに用いられるものとして適切な語句を以下から一つずつ選び記号で答えよ。

- A DNAヘリカーゼ      B DNAリガーゼ      C DNAポリメラーゼ  
D 制限酵素              E リプレッサー      F プライマー

b) プラスミドを切断する酵素のうち、下図のように特定の塩基配列を切断することで、DNAの二本鎖のうち片方の末端が突出したような形になるものがある。このような酵素を用いてプラスミドを切断した際、導入する遺伝子を含むDNAを切断する際にも同じ種類の酵素を用いる必要がある。その理由を40字程度で説明せよ。



図 酵素による DNA の切断例

c) アラビノース存在下で *GFP* 遺伝子が発現する仕組みを説明した文として、適切なものを一つ選び記号で答えよ。ただし、調節タンパク質とは、*ara C* 遺伝子から作られたタンパク質である。

- A アラビノースが調節タンパク質に結合することで、RNAポリメラーゼがプロモーターに結合できる。
- B アラビノースがRNAポリメラーゼに結合することで、調節タンパク質がプロモーターに結合できる。
- C アラビノースがプロモーターに結合することで、調節タンパク質がRNAポリメラーゼに結合できる。

d) 表中の**結果X**と**結果Y**について、それぞれの結果として適切に説明しているものを以下からそれぞれ選び記号で答えよ。同じ記号を複数回選択してもよい。

- A 光ったコロニーは観測されない。
- B 白色光の下で観察したコロニーのうち半数ほどが光って見える。
- C 白色光の下で観察したコロニーすべてが光って見える。
- D 培地全体に光ったコロニーが見える。

e) **実験3**や**実験4**で培養したシャーレを白色光の下で観察したときに、**実験1**のように全体にコロニーが広がらず、部分的なコロニーが観察される理由を30字程度で説明せよ。ただし、説明には「pGLO」と「形質転換操作」という語句を用いること。

(13) 下線部④について述べた以下の文の (a) と (b) に当てはまる語句と年代の組み合わせとして最も適切なものはどれか、一つ選び記号で答えよ。

ゲノム編集は、ゲノムの特定部位を切断できる人工制限酵素を用いて任意のゲノム配列を挿入、削除できる技術である。シャルパンティエとダウドナは、(a) と呼ばれる遺伝子編集を行うためのツールを開発した。この遺伝子編集技術は画期的な手法であり、両名は西暦 (b) にノーベル化学賞を受賞している。

- A (a) CRISPR-Cas9 (b) 2008年
- B (a) MALDI-TOFMS (b) 2008年
- C (a) CRISPR-Cas9 (b) 2020年
- D (a) MALDI-TOFMS (b) 2020年

