

平成 30 年度(前期日程)

入学者選抜学力検査問題

生 物

〔注意事項〕

1. 監督者の指示があるまで、この冊子と解答用紙を開いてはいけません。
2. この冊子の問題は 8 ページからなっています。また、解答用紙は 4 枚、下書用紙は 3 枚あります。監督者から解答開始の合図があったら、この冊子、解答用紙、下書用紙を確認し、落丁・乱丁および印刷の不鮮明な箇所などがあれば、手をあげて監督者に知らせなさい。
3. 解答用紙には、受験番号を記入する欄がそれぞれ 2 箇所ずつあります。監督者の指示に従って、すべての解答用紙(合計 4 枚)の受験番号欄(合計 8 箇所)に受験番号を必ず記入しなさい。
4. この冊子の白紙と余白は、適宜下書きや計算などに使用してよい。
5. 解答は、必ず別紙「解答用紙」の指定された場所(問題番号や設問の番号・記号などが対応する解答欄の中)に記入しなさい。なお、指定された場所以外や、裏面への解答は採点対象外です。
6. 解答用紙は、持ち帰ってはいけません。
7. この冊子と下書用紙は、持ち帰りなさい。

I

細胞に関する次の文章を読み、以下の間に答えなさい。

(配点率 25 %)

真核細胞は、細胞膜で包まれ、細胞内部は核と細胞質からなっている。細胞膜は(ア)とタンパク質からなり、膜内外の物質の拡散を防ぐはたらきや膜内外の物質の輸送、また外部からの情報の受容や細胞間の情報伝達に関与している。核の内部には染色体があり、その主な成分はDNAとタンパク質である。細胞質には、ミトコンドリアやゴルジ体そしてリソソームなどの細胞小器官と呼ばれる様々な構造体が存在する。葉緑体は、植物細胞に特徴的に見られる細胞小器官で、光合成を行なっている。また(イ)は、成熟した植物細胞でよく見られ、細胞液で満たされており、(ウ)や無機塩類の貯蔵や濃度の調節などのはたらきをしている。また植物細胞の種類によっては、花の色や紅葉などのもとになる(エ)という色素を含んでいることがある。植物細胞の細胞壁の主な成分は(オ)であり、細胞の形を決める働きや、細胞どうしを結び付けるはたらきをしている。原核生物は、約35億年前に出現し、真核生物は約21億年前になつて出現している。かつては、真核細胞は、原核細胞が細胞内の構造を発達させて進化してきたと考えられていたが、最近では、真核細胞の起源に関する細胞内共生説が提唱されている。
c)

問 1. 文章中の(ア)～(オ)に入る適切な語句を書きなさい。

問 2. 下線部a)の物質輸送に関して、細胞膜は選択的透過性という大きな特徴を持つ。この選択的透過性の例を三つあげて150字以上200字以内で説明しなさい。

問 3. 下線部b)のリソソームの構造と機能について50字以上100字以内で書きなさい。

問 4. 下線部c)の細胞内共生説を支持する証拠を50字以上100字以内で書きなさい。

II 次の文章を読み、以下の間に答えなさい。

(配点率 25 %)

A. 1938 年にイギリスのヒルが発表した実験を考える。植物の葉を緩衝液中で破碎して葉緑体懸濁液を作り、これに光を照射しても何も起こらないが、溶液中にシュウ酸鉄(Ⅲ)を加えておくと、光を照射したとき酸素が発生した。このとき、シュウ酸の鉄イオンは還元されてシュウ酸鉄(Ⅱ)を生じた。この現象は、あらかじめ溶液中から二酸化炭素を除去しておいても起つた。今日の知識をもとに理解すると、この反応は、葉緑体の(ア)という場所でおこる電子伝達反応である。発生した酸素は、(イ)分子の分解により生じた。シュウ酸鉄が還元されたということは、光照射により発生した電子が鉄イオンに受容されたことを示している。酸素を発生する反応には外部からの多くのエネルギーを要するが、電子伝達系を構成する 2 つの複合体(ウ)と(エ)，およびそれらの近傍に配置された(オ)という色素化合物が光を吸収して励起されることによりこれを可能としている。

問 1. (ア)～(オ)に、適切な語句を書きなさい。

問 2. 下線部 a) では、溶液中にヘモグロビンを添加することにより、酸素の発生を検出した。なぜヘモグロビンで酸素を検出できるのか、その原理を 40 字以内で説明しなさい。

問 3. 下線部 b) の反応式を書きなさい。

問 4. 下線部 c) の反応は、実際の光合成のどの反応に相当するか。反応式を書きなさい。

問 5. 葉緑体では電子伝達反応に伴って、あるイオンの濃度勾配が膜をへだてて形成され、これにより ATP が合成される。このイオンは何か。また、その濃度勾配が形成される要因を 3 つあげなさい。

B. 図1は、温度、光、CO₂濃度に対する、ある植物の葉における1m²あたりのCO₂吸収速度の変化を示している。

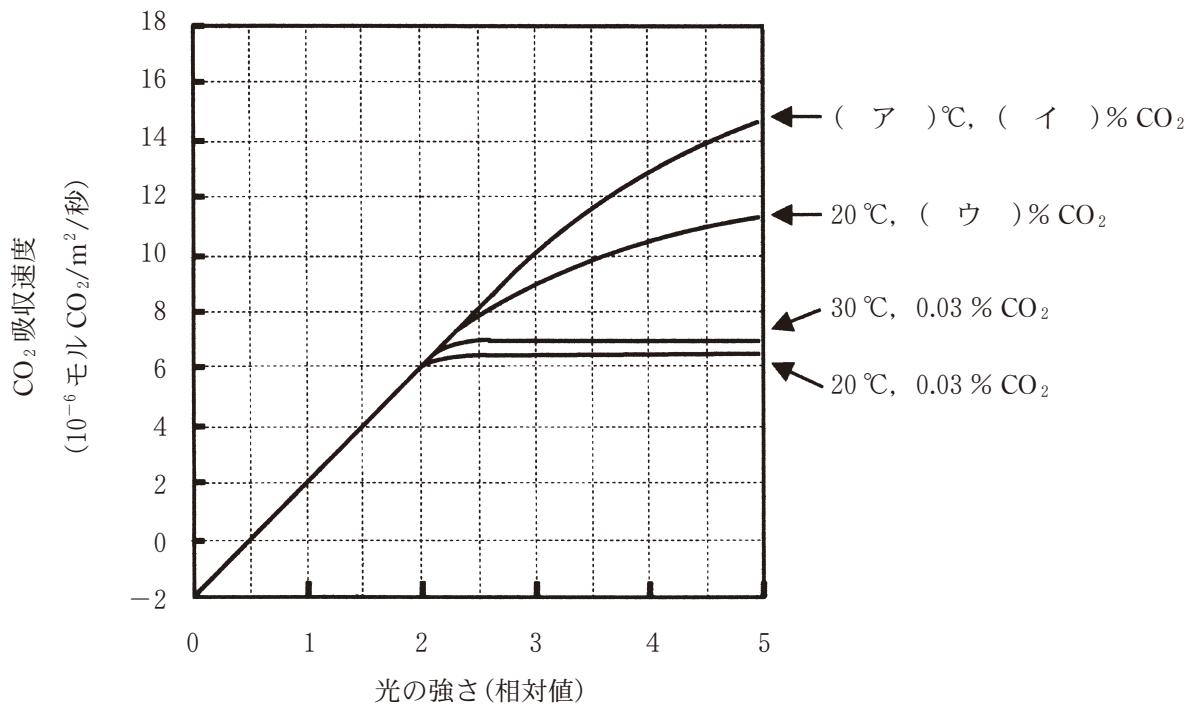


図1 植物の葉のCO₂吸収速度の変化

問 6. (ア)～(ウ)に入る適切な数値は、次のどれか。

- | | |
|----------|------|
| (ア) 20 | 30 |
| (イ) 0.03 | 0.13 |
| (ウ) 0.03 | 0.13 |

問 7. 20 °C, 0.03 % CO₂, 光の強さが2の条件下で、1時間光合成をしたとする。この間に、光合成によって固定されたCO₂と、呼吸によって放出されたCO₂の量はそれぞれ1 m²の葉あたり何モルか。

問 8. 20 °C, 0.03 % CO₂の条件下で、光の強さが一定の割合で3時間かけて0から2まで上がったとする。この間に、光合成によって固定されたCO₂の量から呼吸によって放出されたCO₂の量を差し引いた、正味のCO₂固定量は1 m²の葉あたり何モルか。

問 9. 問8で求めた正味の固定されたCO₂がすべてグルコースの合成に使われたとすると、1 m²の葉あたり何グラムのグルコースが合成したことになるか。H, C, Oの原子量はそれぞれ1.0, 12.0, 16.0として、有効数字3桁で答えなさい。

III 次のA, Bの文章を読み、以下の間に答えなさい。

(配点率 25 %)

A. 骨格筋の筋原纖維には、収縮性のタンパク質でできたフィラメントが規則正しく配列し、その筋原纖維の周りには(ア)やミトコンドリアが多数存在している。^{a)}筋原纖維を顕微鏡で観察すると、明るく見える明帯と暗く見える暗帯が交互に連なっており、明帯の中央は(イ)膜で仕切られている。この(イ)膜と(イ)膜で仕切られた間を(ウ)という。また、筋原纖維は、太い(エ)フィラメントと細い(オ)フィラメントから構成されている。骨格筋の運動は、運動神経によって制御されている。運動神経末端から分泌された神經伝達物質を筋細胞の膜にある受容体が受け取ると、(ア)から(カ)イオンが放出される。すると暗帯にある(エ)は、ATPを分解し、そのエネルギーによって(エ)フィラメントと(オ)フィラメントの間の相互作用により滑り運動が引き起こされて、筋収縮が生じる。^{b)}筋収縮に使用されるATPは主にグルコースを呼吸によって分解する過程で作られるが、急激な筋収縮に備えて、ATPのほかにクレアチニン酸というエネルギー物質を筋細胞内に蓄えている。^{c)}さらに激しい運動をしているときなど酸素の供給が不十分である場合には、グリコーゲンを分解してグルコースに変化させて、グルコースを用いてATPを生成する。^{d)}

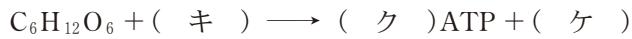
問 1. (ア)～(カ)に適切な語句を答えなさい。

問 2. 下線部a)について、筋原纖維の周りにミトコンドリアが多数存在しているということは、筋収縮の際にどのような利点があるか。40字以内で答えなさい。

問 3. 下線部b)について、筋収縮の際の明帯および暗帯の幅はそれほどどのように変化するか答えなさい。

問 4. 下線部c)のクレアチニン酸をエネルギーとして蓄える利点はなにか。50字以内で答えなさい。

問 5. 下線部d)について、下式の(キ)～(ケ)をうめて反応式を完成させなさい。



B. 生物には、異物が体内に侵入するのを防いだり、体内に侵入してきた異物を排除するしくみが備わっている。このしくみは免疫とよばれ、白血球の1種であるリンパ球が中心的な役割をしている。リンパ球にはT細胞とB細胞の2種類がある。T細胞は、ウイルスなどに感染した細胞を直接攻撃して排除する。このしくみは(ア)性免疫とよばれる。一方、B細胞は抗体を生成する。抗体に対して細菌、ウイルス、毒素などの異物は、抗原とよばれる。抗体は抗原と特異的に結合し、無毒化して排除する。このようなしくみで、抗体が関与する免疫を(イ)性免疫という。抗体は、(ウ)というタンパク質分子であり、2本の長いポリペプチド鎖(H鎖)と2本の短いポリペプチド鎖(L鎖)からできている。(ウ)分子中で抗原が結合する部分は、抗体の種類によってアミノ酸配列が異なり(エ)とよばれる。(エ)以外の部分は、(オ)とよばれ、アミノ酸配列はほとんど同じである。また、(ア)性免疫は、臓器移植をしたときに起こる拒絶反応という医療上の現象とも深く関係している。これは

a)T細胞が個体ごとに異なるヒト白血球型抗原(HLA)とよばれるタンパク質を異物として認識するからである。

問6. (ア)～(オ)に適切な語句を答えなさい。

問7. (ウ)分子の模式図を示しなさい。ただし、図中に[H鎖], [L鎖], [抗原と結合する領域], [(エ)の領域], [(オ)の領域]の位置も記しなさい。

問8. 下線部a)のHLAは、連鎖している6対の遺伝子群によって構成される。突然変異や組換えが起こらないものとすると、兄弟どうしてHLAが一致する確率は何%か。計算過程を含めて答えなさい。

IV

次の文章A～Cを読んで、以下の間に答えなさい。

(配点率 25 %)

A. 近年、バイオテクノロジーの技術が急速に進歩してきた。研究の対象となる DNA 配列を二本鎖 DNA でできたプラスミドのベクターにつないで、この組換えプラスミドを大腸菌に取り込ませる。プラスミドは、大腸菌の中でコピーを増やし、さらに大腸菌が培養によって増殖するので、このプラスミドは DNA として大量に回収することができる。プラスミドにつないだ目的の配列によっては、大腸菌の中で重要なタンパク質を発現させることもできる。また、増えたプラスミドを真核生物の細胞の中に取り込ませることで、細胞や個体の性質を変えることもできる。つまり、この技術を用いて、改変した遺伝子を生物個体の中に導入したり、細胞内の遺伝子の働きを外部の遺伝子で補ったり、または抑制することができるようになった。

以下の図1のように、プラスミドに組み込まれているある特別な転写調節領域の配列の後に、クラゲからとってきた緑色蛍光タンパク質遺伝子(GFP 遺伝子)を連結させた。まず、制限酵素 EcoRIと HindIIIで切断したプラスミドと、同じ制限酵素で切断した GFP 遺伝子の DNA を用意した。これらを、試験管の中で DNA リガーゼと反応させた。図中の左側は EcoRI で切れた末端どうし、右側は HindIII で切れた末端どうしをつないでいるところである。この操作を経た DNA を大腸菌に取り込ませた。うまくつなぎ合わせたプラスミドを大腸菌の中で大量に増やし、サンガー法により配列を調べた。



図1 EcoRI と HindIII で切断したベクターに同じ制限酵素で切断してできる DNA を連結する様子。

問 1. 下線部 a) にあるプラスミドの性質に関する記述として正しいものを、以下の(ア)～(オ)からすべて選び、記号で答えなさい。

- (ア) プラスミドは、それ自体が持つ酵素の働きで複製する。
- (イ) 制限酵素で生じた切り口を持つプラスミドは、大腸菌内でコピーを増やすことができない。
- (ウ) プラスミドは、大腸菌自体のゲノム DNA に比べて短い。
- (エ) プラスミドの働きで、宿主大腸菌に薬剤耐性を与えることができる。
- (オ) プラスミドの複製は、多数の箇所から始まる。

問 2. 下線部 b) に制限酵素とあるが、制限酵素 EcoRI は、DNA の片方の鎖の配列が GAATTTC のところを切断する。ある生物のゲノム DNA 中で EcoRI が認識する配列は、平均すると何塩基対の配列中に 1 回の頻度で出現するのか、答えなさい。

問 3. 下線部 c) の DNA リガーゼが働く前に、制限酵素で切れた DNA の末端どうしが水素結合している。水素結合に関する記述として正しいものを、以下の(ア)～(オ)の中からすべて選び、記号で答えなさい。

- (ア) 水素結合は、沸騰水中では切れる。
- (イ) DNA ポリメラーゼの働きで、ヌクレオチドの間で起こる結合は水素結合である。
- (ウ) PCR 法における録型とプライマーとの結合は、水素結合である。
- (エ) 翻訳の際の mRNA と tRNA との間で起こる結合は、水素結合である。
- (オ) tRNA の働きでリボソームに運搬されたアミノ酸と、合成中のポリペプチド鎖との間で起こる結合は水素結合である。

問 4. 下線部 d) にあるサンガー法において、DNA 合成の材料となる通常のヌクレオチドのほかに、特殊なヌクレオチドを加える。特殊なヌクレオチドはこの方法の中でどのように働くのか。100 字以内で答えなさい。

B. このプラスミドを、カイコの発生中の卵に取り込ませると、プラスミドの配列がカイコの第二染色体へと挿入された。このカイコ個体では、エクジステロイドの分泌に反応して、ある特別な転写調節領域の働きにより、繭糸タンパク質を作る組織の中で GFP が発現した。また、このカイコは GFP を含む繭を作った。

問 5. 得られたカイコが GFP 遺伝子を転写させる仕組みを、以下の語句をすべて使って、100 字以内で説明しなさい。

(語句：受容体、細胞膜、標的細胞、転写調節領域、核、細胞質、エクジステロイド、GFP 遺伝子の転写)

C. Bで得られた GFP を含む繭を作るカイコの第二染色体には、幼虫期の皮膚を白くさせる劣性遺伝子 a と GFP 遺伝子が連鎖していた。このカイコの表現型を [a, GFP +] と表すことにする。このカイコと、a の対立遺伝子で幼虫期皮膚を黒くさせる優性の A を持つが GFP 遺伝子を持たないカイコとを交配させたところ、得られた F_1 個体の表現型はすべて [A, GFP +] となり、幼虫皮膚が黒色で GFP を含む繭を作った。この F_1 と、白色皮膚で GFP を含まない繭を作る表現型 [a, GFP -] の個体とを交配させると、 F_2 個体として [a, GFP +] が 160 頭、[A, GFP +] が 35 頭、[a, GFP -] が 33 頭、そして [A, GFP -] が 165 頭ずつ出現した。

問 6. 下線部 e) にあるような F_2 個体が得られたことから、 F_1 の配偶子形成の過程で、連鎖している遺伝子間の組換えが起きていたことがわかる。組換えは、染色体の乗換えによって起こったものである。組換えや乗換えに関する記述として正しいものを、以下の(ア)～(オ)の中からすべて選び、記号で答えなさい。

- (ア) 乗換えは、減数分裂の第二分裂の過程で起こる。
- (イ) 組換えを利用して作る染色体地図のことを、細胞学的地図という。
- (ウ) 対合する相同染色体の間で、乗換えが起こる。
- (エ) 組換えは、配偶子の種類を減少させる。
- (オ) 組換えが起こった配偶子では、親と異なった遺伝子の連鎖が遺伝する。

問 7. 下線部 e) の記述をもとにして、組換え率を小数点第一位まで求めなさい。また、組換え率の大きさに与える要因について答えなさい。

(以 上)