

生 物 (問題用紙 1)

< 問題用紙は3枚ある >

< 漢字の生物用語は、原則として正しい漢字を用いて解答すること。 >

I.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

ヒトの循環系は心臓と血管系から構成される。左心室から拍出された血液は、① 動脈系 → ア → 静脈系 → 右心房 → 右心室 → 肺動脈 → 肺 ア → 肺静脈 → 左心房 → 左心室と流れる。血圧は、流れる血液が血管を押し力で定義され、心臓のポンプ作用の強さや血管の イ によって変わる。血管の イ は、ア のすぐ上流にあたる動脈の ウ が減少すると増加する。運動時には、エ 神経の働きが優位になる結果、右心房にある オ で作られる心拍リズムが カ なり、心筋の収縮力が キ する。このため、ク の血流量は、安静時の最大20倍にも変化する。② 血管外 に出て、静脈系を通して心臓に戻れない血液の液体成分(血しょう)は、リンパ管を通じて体循環に戻る。

血液をガラスの試験管に採取し、室温に放置すると凝固する。一方、③ クエン酸ナトリウムを加えた試験管に血液を採取し、遠心分離すると、赤血球・白血球・血小板からなる有形成分と血しょうに分離することができる。

- 問 1. 文章中の ア ~ ク に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。
- 問 2. 下線部①について、肺静脈に比べて、肺動脈の血液の酸素ヘモグロビンの割合は高いか低いのか。
- 問 3. 下線部①について、右心室と左心室の間に穴が開いたとすると、肺循環血液量はどうなるか。
- 問 4. 血管の イ が急激に減少した際に、心臓に戻ってくる血液量はどうなるか。
- 問 5. 運動時には、グルコースの需要が高まる。この時、どのようなしくみでグルコースが供給されるか、75字以内で述べよ。
- 問 6. 下線部②について、リンパ管に入った血しょうが体循環に戻るのに重要な役割を果たすものは何か。
- 問 7. 下線部③について、クエン酸ナトリウムを添加することにより、血しょうを分離できる理由は何か。
- 問 8. 血しょうと血清の違いを述べよ。
- 問 9. ガラスの試験管に採取した血液を、4℃に保つと、血液凝固はどうなるか。

II.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

生体を維持するためには多くの化学反応が必要とされる。細胞内で起こるほとんど全ての化学反応では酵素が ア として働き、① 反応が促進される。個々の化学反応で、酵素が作用する物質を イ と呼び、② イ は、酵素の立体構造上の特定の部位である ウ に結合する。③ 酵素活性は反応系の pH(水素イオン指数)、温度、塩濃度などの影響を受けるが、その程度は酵素により異なる。

酵素は生体内で多様な役割を果たしている。例えば、カタラーゼは赤血球、肝臓などに多く含まれ、④ 生体内の過酸化水素を無毒化する反応を ア する。また、酵素は生体内でさまざまな調節を受ける。その例として、イ と立体構造が似た物質により酵素反応が阻害される場合がある。これを エ 阻害と呼ぶ。実際に、このような阻害物質が医薬品に用いられている。

アスパラギン酸カルバモイルトランスフェラーゼ(ATCアーゼ)は、アスパラギン酸を材料としてピリミジン合成を行う経路の最初の反応を ア する酵素であり、最終的にシチジン三リン酸(CTP)のようなピリミジンヌクレオチドを生成する。John GerhartとArthur Pardeeは、⑤ ATCアーゼがCTPにより調節されることを発見した。この例ではアスパラギン酸とCTPの立体構造は全く異なり、CTPはATCアーゼの ウ とは別の部位に結合する。このような調節を、酵素反応の オ 調節と呼ぶ。

- 問 1. 文章中の ア ~ オ に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。
- 問 2. 下線部①のように、酵素が存在すると化学反応が促進される。生体内物質は安定したものが多く、化学反応が進行するためには、物質は反応しやすい状態(遷移(せんい)状態)となる必要がある。解答欄の図は、一般的な化学反応における酵素非存在下の イ、遷移状態、生成物の持つエネルギーの変化を破線で示している。酵素存在下の、イ、イ と酵素の複合体、および生成物のエネルギーの変化を、その特徴が明確となるように、解答欄の図に実線で記入せよ。また、図の ΔG で示された、イ と遷移状態の間のエネルギーの差を何と呼ぶか。

(次頁に続く)

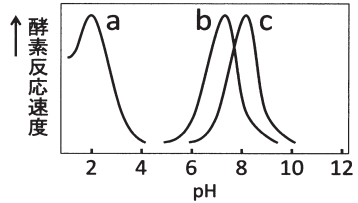
生 物 (問題用紙 2)

(Ⅱの続き)

問 3. 下線部②に関して、ほとんどの酵素は結合する イ に対して高い選択性を示す。酵素の持つこの特性を何と呼ぶか。

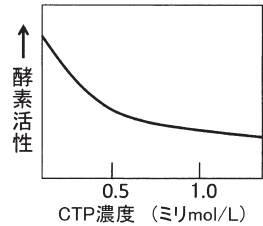
問 4. 下線部③に関して、それぞれの酵素反応速度が最大の時のpHを何と呼ぶか。

右上の図は、唾液アミラーゼ、ペプシン、トリプシンの酵素反応速度とpHとの関係を模式的に示している。図の a ~ c に相当する酵素はそれぞれどれか、解答欄に名称を記入せよ。



問 5. 下線部④に関して、試験管内で過酸化水素水にカタラーゼを加えると気体が発生する。過酸化水素水に肝臓から抽出したカタラーゼを加え、10秒間に発生する気体の体積を測定したところ、標準状態で 72.0 mL (ミリリットル) であった。

過酸化水素水にカタラーゼを加えた際に起こる反応の反応式を解答欄に書け。また、上の実験で発生した気体の生成速度を mol/sec (モル/秒) で示せ。ただし、標準状態における気体 1 mol の体積は 22.4 L とする。



問 6. 下線部⑤に関して、ATCアーゼの酵素活性とCTPの濃度との関係を右の図に示す。反応経路の最終産物であるCTPにより、ATCアーゼの酵素活性が図のような調節を受けることに、どのような生物学的意義があるか。60字以内で答えよ。

Ⅲ.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

被子植物の花は、同心円状の4領域からなり、外側から順に ア、花弁、おしべ、めしべがつくられる。めしべの基部では、将来種子になる イ が、果皮となる ウ に包まれている。おしべでは、先端にある エ の中で多く花粉が形成される。花粉は雄原細胞とそれを包む花粉管細胞からできている。これがめしべに運ばれて柱頭に付着すると、発芽して花柱内部に花粉管を伸ばす。やがて、雄原細胞から生じる2個の精細胞が、花粉管の先端から胚のう中に放出される。このうち1個は オ と融合して受精卵となり、もう1個は カ 細胞と融合して キ 細胞となる。こうした現象は ク と呼ばれ、被子植物だけにみられる特徴である。

サクランボなどバラ科の果樹では、自家受精せず他品種の花粉によるのみ受精・結実する、いわゆる ケ 性を示す種が多い。そのため果樹栽培では花粉を提供する受粉樹を混植する。①受粉樹としての適性は主にS遺伝子座にある対立遺伝子によって決まる。例えば、二倍体のサクランボのS遺伝子型は、右の表に示した対立遺伝子 ($S_1, S_2, S_3 \dots$) 2つの組み合わせで表される。佐藤錦のめしべは、佐藤錦のほか南陽の花粉も自己とみなして花粉管の伸長を阻害し、受精を妨げる一方、ナポレオンや高砂の花粉のうち異なるS遺伝子をもつものを非自己として受け入れる。S遺伝子座には、めしべの花柱の細胞(染色体数 $2n$)

品 種	S遺伝子型
高砂	S_1S_6
ナポレオン	S_3S_4
ステラ	S_3S_4'
佐藤錦	S_3S_6
南陽	S_3S_6

で発現する分泌タンパク質Pの遺伝子と、花粉管細胞(染色体数 n)で発現する細胞内タンパク質Qの遺伝子がセットで存在している。例えば、ナポレオンのめしべには S_3 がつくるタンパク質Pと S_4 がつくるタンパク質Pが共に発現し、花粉には S_3 か S_4 のいずれか一方がつくるタンパク質Qが発現している。

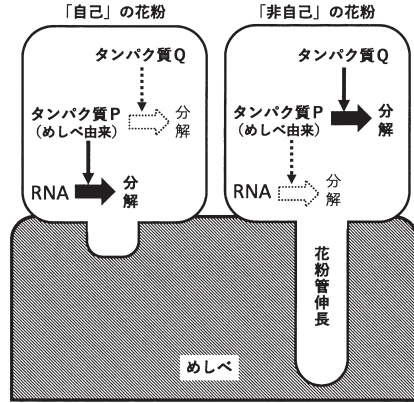
次頁の図は、タンパク質PとQの働きを模式的に示したものである。タンパク質PはRNA分解酵素であり、花粉管に取り込まれて細胞内のRNAを分解することで花粉管の伸長を阻害し、受精できなくする。一方、タンパク質Qは花粉管内でタンパク質Pの分解を促し、結果として花粉管の伸長を助ける。しかし、花粉管がもつと同じS遺伝子がつくるタンパク質Pだけは、タンパク質Qにより認識されずに分解を免れる。そのため、自家受精した花粉管内ではタンパク質Pの活性が維持され、花粉管の伸長が阻害されると考えられている。

(次頁に続く)

生 物 (問題用紙 3)

(Ⅲの続き)

こうしたしくみの理解は、有用な品種の開発に役立つ。例えば、ステラは② サクランボの花粉形成の減数分裂第1分裂中期に放射線を照射することで生み出された品種で、変異 S_4 遺伝子 S_4 を持ち、変異したタンパク質Qが非自己のタンパク質Pだけでなく自己のタンパク質Pも認識して分解を促すことで、自家受精する。



問 1. 文章中の [ア] ~ [ケ] に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。

問 2. 下線部①に関し、受粉樹となる品種を選定する際には、 S 遺伝子型以外にも重要視すべき性質がある。自然に結実させるために受粉樹がもつべき性質として最も重要と思われることを15字以内で答えよ。

問 3. 佐藤錦の受粉樹として高砂を混植した場合に得られる種子の S 遺伝子型の分離比を答えよ。ただし、 S 遺伝子型の違いは、めしべと花粉管による自己・非自己の認識だけに関わり、その他の形質に影響はないため、例えば高砂とナポレオンを掛け合わせた場合にできる種子の S 遺伝子型の分離比は、 $S_1S_2 : S_1S_3 : S_2S_3 : S_4S_5 : S_4S_6 = 1:1:1:1$ となる。

問 4. 下線部②の時期にあてはまる記述を、次の a ~ fの中から全て選び、解答欄に記号を記せ。

- a. 二価染色体が赤道面に並ぶ
- b. 細胞のDNA量は分裂前の4倍になっている
- c. 2つの相同染色体は、コヒージンによって対合している
- d. 各相同染色体の動原体領域のコヒージンは解離しない
- e. 頻繁な染色体の乗換えが起こる
- f. 中心体から伸びた紡錘糸が染色体の動原体に結合する

問 5. ステラが自家受精して得られる種子の S 遺伝子型の分離比を答えよ。

問 6. もしも佐藤錦の遺伝子に変異が起こり、 S_3 がつくるタンパク質Qと S_6 がつくるタンパク質Qの両方をひとつの花粉管細胞に発現するような花粉が生じたとしたら、自家受精するだろうか。結果を予想し、その理由を120字以内で答えよ。

(以上)