

(2018年度)

2 生物問題 (60分)

(この問題冊子は17ページ、5問である。)

受験についての注意

1. 試験監督者の指示があるまで、問題冊子を開いてはならない。
2. 試験開始前に、試験監督者から指示があったら、解答用紙の右上の番号が自分の受験番号と一致することを確認し、所定の欄に氏名を記入すること。次に、解答用紙の右側のミシン目にそって、きれいに折り曲げてから、受験番号と氏名が書かれた切片を切り離し、机上に置くこと。
3. 試験監督者から試験開始の指示があったら、この問題冊子が、上に記したページ数どおりそろっていることを確かめること。
4. 筆記具は、HかFかHBの黒鉛筆またはシャープペンシルに限る。万年筆・ボールペンなどを使用してはならない。時計に組み込まれたアラーム機能、計算機能、辞書機能やスマートウォッチなどのウェアラブル端末を使用してはならない。
5. 解答は、解答用紙の各問の選択肢の中から正解と思うものを選んで、そのマーク欄をぬりつぶすこと。
6. マークをするとき、マーク欄からはみ出したり、白い部分を残したり、文字や番号、○や×をつけたりしてはならない。また、マーク箇所以外の部分には何も書いてはならない。
7. 訂正する場合は、消しゴムでていねいに消すこと。消しきずはきれいに取り除くこと。
8. 解答用紙を折り曲げたり、破ったりしてはならない。
9. 試験監督者の許可なく試験時間中に退場してはならない。
10. 解答用紙を持ち帰ってはならない。
11. 問題冊子、計算用紙は必ず持ち帰ること。

1 以下の問1～問5についてa)～e)のうちから正しいものを全て選べ。ただし、正しいものがない場合はf欄にマークせよ。

問1 細胞小器官について

- a) 液胞は、無機塩類を貯蔵している。
- b) 小胞体は、細胞内の Ca^{2+} 濃度を調節している。
- c) ミトコンドリアは、タンパク質の分泌を抑制している。
- d) リソソームは、異常タンパク質の分解に関わっている。
- e) リソソームは、ゴルジ体から生じる。

問2 受精について

- a) 精子の頭部には先体とよばれる細胞小器官があり、受精時に先体反応を起こす。
- b) 精子が卵の細胞膜に到達すると、細胞内の Na^+ 濃度が急速に下降する。
- c) 精子が卵の細胞膜に接すると、細胞膜と卵黄膜の間にある表層粒がこわれて内容物が放出される。
- d) 卵に侵入した精子の中片部から精核が放出され、卵の核と融合して受精が完了する。
- e) 卵に最初の精子が侵入すると他の精子は侵入できない。このような多精拒否のしくみは受精膜の形成のみで行われる。

問3 細胞内外のイオンについて

- a) 活動電位の発生時には、 Na^+ が細胞内に移動する。
- b) 跳躍伝導では、髄鞘に包まれた部分において Na^+ が軸索内に移動する。
- c) 活動電位が軸索の末端に到達すると、 Ca^{2+} が細胞外から軸索内に移動する。
- d) 抑制性シナプス後電位は、 Ca^{2+} がシナプス後細胞内に移動することによって起こる。
- e) 骨格筋のアセチルコリン受容体は、アセチルコリンと結合すると Ca^{2+} を通過させる。

問4 体温が低下した場合の調節について

- a) 体温調節中枢は視床下部にある。
- b) 運動神経が立毛筋を収縮させる。
- c) 視床下部からは甲状腺刺激ホルモンが分泌される。
- d) 副腎皮質からはアドレナリンが放出され、心拍数が増加する。
- e) 甲状腺からはチロキシンが分泌され、肝臓や筋肉などで物質分解が促進される。

問5 生殖について

- a) 無性生殖でも有性生殖でも親と子の遺伝情報は全て同一である。
- b) ある遺伝子がホモ接合体であれば、2本の染色体のその遺伝子の塩基配列は同一である。
- c) 減数分裂の第一分裂中期には染色体のクロマチン繊維の高次構造がゆるんでいる。
- d) 染色体の乗換えが起こるのは減数分裂の第二分裂中期である。
- e) 同じ染色体上にある2つの遺伝子間の距離が大きいと、組換えが起こる頻度が高くなる。

2

植物の環境応答に関する次の文章を読み、以下の問6～問12に答えよ。

文章 植物は、重力、光、水分、接触などの刺激を感知して、成長や屈曲の方向を調節している。⁽¹⁾ 1913年頃、ボイセン イェンセンは、マカラスムギの幼葉鞘を用いて、光刺激に対する応答(光屈性)を調べた。幼葉鞘の様々な部位に雲母片を差し込み、一方向から光を照射したところ、幼葉鞘の先端部は雲母片の位置に応じて光に向かって屈曲する場合と屈曲しない場合の二通りを示した。これらの実験結果より、光屈性は植物体内で作られる物質が引き起こしている⁽³⁾ことが予想された。後年、この物質は と名付けられ、光屈性だけでなく様々な作用を示す植物ホルモンである⁽⁴⁾ことがわかった。

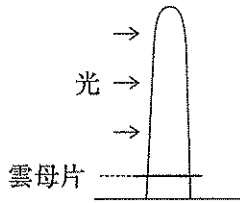
1990年代になると、光屈性などの植物の応答メカニズムが分子レベルで解き明かされるようになった。 光を感知する光受容体 を欠くシロイヌナズナ変異体は光屈性を示さなかった。このことから、光屈性には 光がシグナルとして重要であることが明らかになった。

問6 下線部(1)について、オジギソウの葉に特徴的な反応として最も適切なものをa)～f)のうちから1つ選べ。

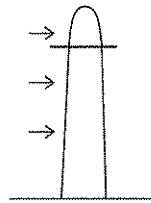
- a) 化学屈性 b) 化学傾性 c) 接触屈性 d) 接触傾性
e) 温度屈性 f) 温度傾性

問7 下線部(2)について、幼葉鞘が光に向かって屈曲した実験の模式図として適切なものをa)～e)のうちから全て選べ。

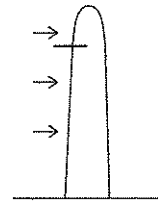
a)



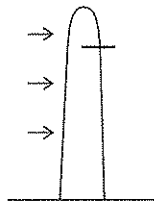
b)



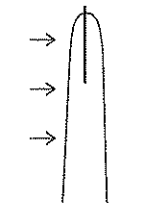
c)



d)

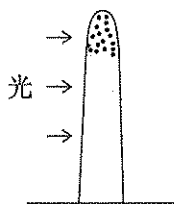


e)

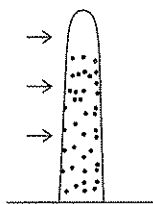


問8 下線部(3)について、光照射後の幼葉鞘でこの物質はどのような分布を示すと予想されるか。a)～g)のうちから最も適切なものを1つ選べ。

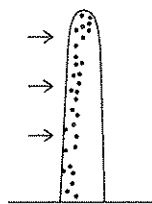
a)



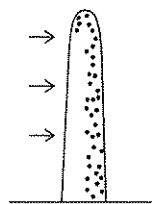
b)



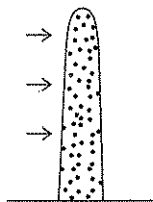
c)



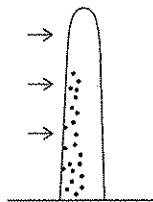
d)



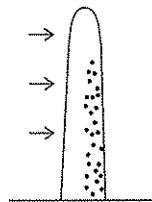
e)



f)



g)



問9 にあてはまる語として最も適切なものを a) ~ g) のうちから
1つ選べ。

- a) アブシシン酸 b) エチレン c) オーキシン
- d) サイトカイニン e) ジベレリン f) ブラシノステロイド
- g) フロリゲン

問10 下線部(4)について、光屈性以外にこの物質が示す作用として適切なものを
a) ~ e) のうちから全て選べ。

- a) 種子の発芽の促進 b) 果実の肥大の促進 c) 気孔の開口の促進
- d) 側芽の成長の抑制 e) 落葉の抑制

問11 にあてはまる語として最も適切なものを a) ~ e) のうちから
1つ選べ。

- a) 遠赤色 b) 赤色 c) 緑色 d) 青色 e) 赤色および青色

問12 にあてはまる語として最も適切なものを a) ~ e) のうちから
1つ選べ。

- a) カロテン b) クリプトクロム c) クロロフィル
- d) フィトクロム e) フォトトロピン

3

遺伝子に関する次の文章を読み、以下の問 13～問 18 に答えよ。

文章 あるほ乳類の遺伝子Aは4つのエクソンからなり、各エクソンの大きさはエクソン1が450塩基対(以降bpと記す)、エクソン2が270bp、エクソン3が420bp、エクソン4が660bpであるとする。開始コドン(ATG)はエクソン1の121～123番目の位置にあり、終止コドン(TAA)はエクソン4の511～513番目の位置にある。遺伝子Aは選択的スプライシングにより、3種類の mRNA に転写される。各 mRNA から合成されるタンパク質 A1, A2, A3 はそれぞれ 420, 370, 280 個のアミノ酸からなる。遺伝子Aの各エクソン内に図1のようにプライマーを設計し、そのほ乳類のDNAを鋳型にPCRを行うと、得られる産物の大きさは表1のようになる。

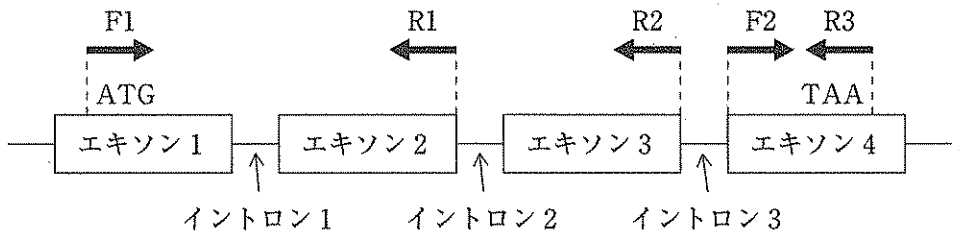


図1 プライマーの位置を示す模式図

F1 は開始コドンの位置から、R3 は終止コドンの位置から始まる。

表1

プライマーの組み合わせ	PCR 産物の大きさ
F1 と R1	830 bp
F1 と R2	1490 bp
F1 と R3	2250 bp

問13 下線部(1)について、選択的スプライシングは細胞内のどこで行われるか。

最も適切なものを a) ~ h) のうちから1つ選べ。

- a) ゴルジ体 b) ミトコンドリア c) 核
d) リボソーム e) 小胞体 f) リソソーム
g) 細胞質基質 h) 中心体

問14 イントロン3の大きさは何 bp か。下の四角にあてはまる数字をマークせよ。ただし、空欄となる四角には0をマークせよ。

百の位 十の位 一の位
 bp

問15 エキソン1~エキソン4のそれぞれがコードするアミノ酸配列を別々に認識する4つの抗体がある(選択肢 a ~ d)。タンパク質 A1~A3 を認識するものはどれか。それぞれ a) ~ d) のうちから全て選べ。ただし、適切なものがない場合は e 欄にマークせよ。

タンパク質 A1 を認識するもの:
タンパク質 A2 を認識するもの:
タンパク質 A3 を認識するもの:

- a) エキソン1がコードするアミノ酸配列を認識する抗体
b) エキソン2がコードするアミノ酸配列を認識する抗体
c) エキソン3がコードするアミノ酸配列を認識する抗体
d) エキソン4がコードするアミノ酸配列を認識する抗体

問16 遺伝子Aのエキソン1の5'末端の塩基対を1番目として、600, 1000, 1600, 2400番目の4か所の塩基対が同時に欠失したとする。この時、欠失前と比べてアミノ酸配列が変化しないタンパク質として適切なものを a) ~ c) のうちから全て選べ。ただし、適切なものがない場合は d 欄にマークせよ。

- a) タンパク質 A1 b) タンパク質 A2 c) タンパク質 A3

問17 受精前の卵(100個)と精子(100個)からDNAを抽出した後、それぞれを鋳型としてF1とR1プライマーの組み合わせでPCRを行い、電気泳動を行った。遺伝子Aが、そのほ乳類のX染色体上にあった場合とY染色体上にあった場合について、どのような結果が得られると考えられるか。最も適切なものをそれぞれa)～e)のうちから1つずつ選べ。

遺伝子AがX染色体上にあった場合：

遺伝子AがY染色体上にあった場合：

- a) 卵から抽出したDNAと精子から抽出したDNAとでバンドの濃さは変わらない。
- b) 卵から抽出したDNAの方が精子から抽出したDNAよりもバンドが濃い。
- c) 精子から抽出したDNAの方が卵から抽出したDNAよりもバンドが濃い。
- d) 卵から抽出したDNAでのみバンドが得られる。
- e) 精子から抽出したDNAでのみバンドが得られる。

問18 遺伝子Aの全長をプラスミドベクターに挿入してプラスミドDNAとした後、大腸菌に形質転換した。遺伝子Aを持つほ乳類と、プラスミドDNAが導入された大腸菌からそれぞれDNAを抽出した。プライマーF2とR1の組み合わせでPCRを行った後に電気泳動を行うと、どのような結果が得られるか。最も適切なものをa)～d)のうちから1つ選べ。

- a) そのほ乳類から抽出したDNAからはバンドが検出されるが、プラスミドDNAが導入された大腸菌から抽出したDNAからはバンドが検出されない。
- b) そのほ乳類から抽出したDNAからはバンドが検出されないが、プラスミドDNAが導入された大腸菌から抽出したDNAからはバンドが検出される。
- c) そのほ乳類から抽出したDNAからもプラスミドDNAが導入された大腸菌から抽出したDNAからもバンドが検出されない。
- d) そのほ乳類から抽出したDNAからもプラスミドDNAが導入された大腸菌から抽出したDNAからもバンドが検出される。

4

腎臓の機能に関する次の文章を読み、以下の問 19～問 24 に答えよ。

文章 腎臓には毎分約 1200 mL の血しょうを含む血液が流れ込み、毎分約 1 mL の尿が排出される。血液中の物質は糸球体においてこし出されて原尿となる。原尿は毎分約 125 mL 作られる。血液中の物質にはこし出されるものと、こし出されないものがある。ある物質の原尿中濃度の血しょう中濃度に対する割合を、ここではろ過係数とよぶことにする。糸球体の中から外へ自由に通過できる物質は、原尿中濃度が血しょう中濃度と変わらないのでろ過係数は 1、全く通過できない物質のろ過係数は 0 となる。

また、原尿中の物質は、その後の経路において血液中に再吸収されることがある。再吸収は経路を取り囲む細胞によって行われ、その再吸収速度には限界があるので、限界を超えた量は尿中に排出される。その限界値をここでは再吸収限界速度とよぶことにする。全く再吸収されない物質の再吸収限界速度は 0 となる。

問19 糸球体でこし出され、その後再吸収されない物質の通り道として最も適切なものを a) ～ f) のうちから 1 つ選べ。

- a) 細尿管 集合管 腎う 輸尿管
- b) 細尿管 輸尿管 腎う 集合管
- c) 集合管 細尿管 腎う 輸尿管
- d) 集合管 輸尿管 腎う 細尿管
- e) 輸尿管 細尿管 腎う 集合管
- f) 輸尿管 集合管 腎う 細尿管

問20 次の物質ア～ウのろ過係数と再吸収限界速度の組み合わせとして最も適切なものをそれぞれ a)～d) のうちから1つずつ選べ。ただし、重複して選んでもよい。

- ア) アミノ酸
- イ) グルコース
- ウ) 尿素

- a) ろ過係数はほぼ0, 再吸収限界速度はほぼ0
- b) ろ過係数はほぼ0, 再吸収限界速度は十分に大きい
- c) ろ過係数はほぼ1, 再吸収限界速度はほぼ0
- d) ろ過係数はほぼ1, 再吸収限界速度は十分に大きい

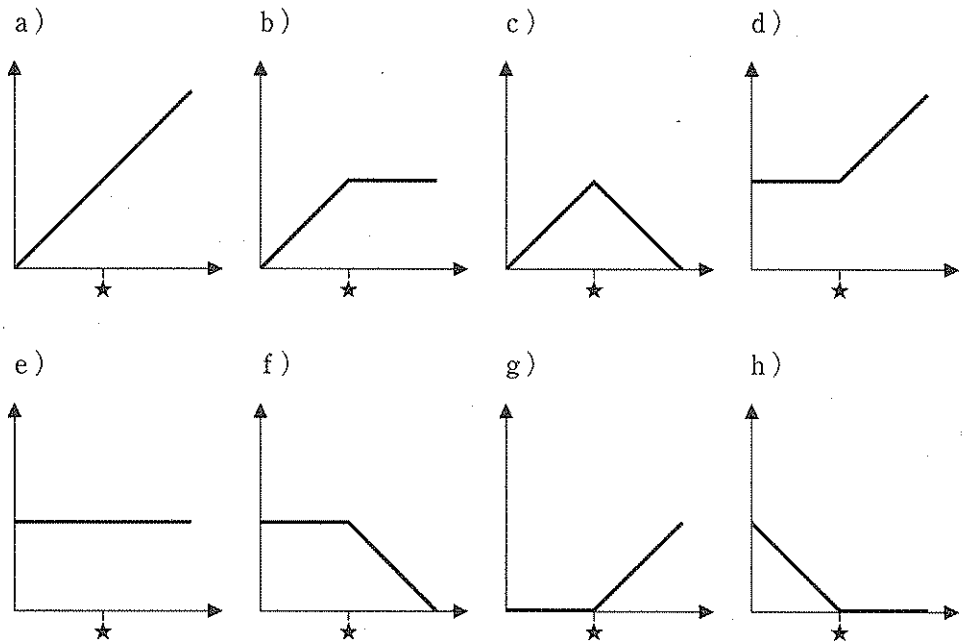
問21 ある物質Aのろ過係数は1であり、再吸収限界速度は毎分50 mgであるとする。この物質の血しょう中濃度を0 mg/mLから徐々に上昇させた時、ある値を超えると尿中に物質Aが検出された。その値を文章中の値も用いて求め、下の四角にあてはまる数字をマークせよ。ただし、必要があれば小数第三位を四捨五入し、空欄となる四角には0をマークせよ。

一の位 小数第一位 小数第二位
 . mg/mL

問22 問 21 の物質 A の血しょう中濃度を様々に変化させた時、1 分間に物質 A が糸球体においてこし出される量、およびその後の経路において再吸収される量はどのように変化すると考えられるか。それらの変化を表したグラフとして最も適切なものをそれぞれ a) ~ h) のうちから 1 つずつ選べ。ただし、グラフの横軸は物質 A の血しょう中濃度を表し、横軸中の星印で示した値は問 21 で求めた値である。

エ) 糸球体においてこし出される量

オ) その後の経路において再吸収される量



問23 ある物質Bのろ過係数は1であり，再吸収限界速度は0であるとする。この物質の血しょう中濃度が2 mg/mLの時，尿中の濃度はいくらか。文章中の値も用いて求め，下の四角にあてはまる数字をマークせよ。ただし，必要があれば小数点以下は四捨五入し，空欄となる四角には0をマークせよ。

百の位 十の位 一の位
 mg/mL

問24 ある物質Cのろ過係数は0.7であり，再吸収限界速度は毎分50 mgであるとする。この物質の血しょう中濃度が1 mg/mLの時，尿中の濃度はいくらか。文章中の値も用いて求め，下の四角にあてはまる数字をマークせよ。ただし，必要があれば小数点以下は四捨五入し，空欄となる四角には0をマークせよ。

百の位 十の位 一の位
 mg/mL

5 タンパク質の構造と機能に関する次の文章を読み、以下の問 25～問 31 に答えよ。

文章 タンパク質の種類は非常に多く、生体の構造と機能に密接に関わっている。ヒトの場合、タンパク質をコードする遺伝子は約 万個あると考えられているが、実際のタンパク質の種類はそれよりもずっと多いと考えられている。つまり、1つの遺伝子から複数のタンパク質が作られる場合がある⁽¹⁾ことになる。

タンパク質は多数のアミノ酸が⁽²⁾ペプチド結合によって鎖状に連結したポリペプチドからなる分子であり、1つのポリペプチドは短いもので数十個、長いもので数千個のアミノ酸が結合している。ポリペプチドを構成するアミノ酸は 種類あり、アミノ酸の配列の順序によって様々な立体構造をもつタンパク質ができる。アミノ酸には側鎖とよばれる部分があり、この側鎖の違いによってアミノ酸の性質が決まる。側鎖に硫黄(S)を含み、ジスルフィド結合(S-S 結合)を作るアミノ酸は である。

ポリペプチドの分子内には、アミノ酸の並び順に依存して⁽³⁾部分的な二次構造が形成される。ポリペプチドはさらに折りたたまれて複雑な立体構造をとる。複数のポリペプチドが組み合わさってできたタンパク質もある⁽⁴⁾。

問25 と にあてはまる数字として適切なものをそれぞれ

a) ~h) のうちから選べ。ただし、重複して選んでもよい。

- a) 1 b) 2 c) 4 d) 10 e) 20 f) 40 g) 80
h) 200

問26 にあてはまるアミノ酸を a) ~e) のうちから1つ選べ。

- a) アルギニン b) グルタミン酸 c) システイン
d) フェニルアラニン e) メチオニン

問27 下線部(1)の例には免疫グロブリン遺伝子がある。生体内では、抗原に結合する部位である可変部のアミノ酸配列が異なる多様な抗体(免疫グロブリン)が作られる。これは、可変部をコードする遺伝子がいくつかの集団の遺伝子断片に分かれており、それぞれから1つずつ遺伝子断片が選ばれて再構成されるからである。抗体のH鎖の可変部の遺伝子断片としてV遺伝子断片が40種類、D遺伝子断片が25種類、J遺伝子断片が6種類あるとすると、遺伝子断片の再構成によって可能なH鎖の可変部のアミノ酸配列は何通りになるか求め、下の四角にあてはまる数字をマークせよ。ただし、空欄となる四角には0をマークせよ。

万の位	千の位	百の位	十の位	一の位	
					通り

問28 抗体はY字状のタンパク質であり、H鎖とL鎖が2本ずつ、計4本のポリペプチドからできている。抗体に関する記述として適切なものをa)～e)のうちから全て選べ。ただし、適切なものがない場合はf欄にマークせよ。

a) 1つのB細胞が作るH鎖の可変部のアミノ酸配列は、L鎖の可変部のアミノ酸配列と同じである。

b) 2本のH鎖どうしと、2本のL鎖どうしは、それぞれジスルフィド結合(S-S結合)で互いに結合している。

c) 1分子の抗原には、可変部の立体構造が異なる複数の抗体が結合する場合がある。

d) 抗原を、それに対する抗体を含む血清に加えると、沈殿が生じる。

e) 免疫グロブリン遺伝子の再編成は、未成熟なB細胞が成熟したあとで起こる。

問29 下線部(2)の結合では、2つのアミノ酸がどの原子間で結合するか。適切なものをa)～e)のうちから1つ選べ。

a) C-H間 b) C-C間 c) C-N間 d) C-O間 e) O-O間

問30 下線部(3)の構造にあてはまるものを a) ~ f) のうちから全て選べ。

- a) α シート構造 b) α ヘリックス構造 c) α ループ構造
d) β シート構造 e) β ヘリックス構造 f) β ループ構造

問31 下線部(4)の例にはヘモグロビンがある。ヘモグロビンは α 鎖 2 本と β 鎖 2 本の合計 4 本のポリペプチドからなる。ヘモグロビンに関する記述として適切なものを a) ~ e) のうちから全て選べ。ただし、適切なものがない場合は f 欄にマークせよ。

- a) 4 本のポリペプチドが結合して全体として球状になる。このような立体構造を三次構造という。
b) 4 本のポリペプチドに対して 1 分子のヘムが結合している。
c) 1 本のポリペプチドに酸素が結合すると、ほかのポリペプチドにも酸素が結合しやすくなる。
d) かま状赤血球症のヒトでは、 α 鎖と β 鎖の両方においてアミノ酸配列がそれぞれ 1 カ所変化している。
e) かま状赤血球症のヘモグロビンは、正常なヘモグロビンとは異なった立体構造をもつ。

