

生物基礎・生物

(全問必答)

第1問 生物の体内環境の維持および動物の反応と行動に関する次の文章(A・B)を読み、各問い(問1～8)に答えよ。〔解答番号 ～ 〕(配点 30)

A ア 血糖濃度の高い状態が続き、悪化すると尿中にグルコースが排出され、さまざまな合併症を起こす病気が糖尿病である。健康なヒトの血糖濃度は %であり、ウ 食後に血糖濃度が上昇しても、インスリンのはたらきで元に戻る。エ 糖尿病はI型とII型に大別されており、I型はすい臓ランゲルハンス島B細胞の破壊によりインスリンが分泌されないこと、II型はそれ以外の原因でインスリンの分泌量が低下すること、もしくは、標的細胞でのインスリンの感受性が低下することにより引き起こされる。

問1 下線部アに関して、血糖濃度が約200mg/100mLの状態が持続すると、腎臓でのグルコースのろ過量が再吸収量の限界値を上回ってしまい、尿中にグルコースが排出されるようになる。いま、血糖濃度が200mg/100mL、原尿量が120mL/分の糖尿病患者がいるものとし、次の問い(1)・(2)に答えよ。

(1) 腎臓において、グルコースの再吸収はどこからどこへ向けて行われているか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 糸球体からボーマンのう ② 集合管から細尿管
③ 細尿管から毛細血管 ④ 輸尿管から毛細血管

(2) この患者のグルコースの再吸収量の限界値が210mg/分である場合、尿中に排出される1分間当たりのグルコース量(mg)はいくらであるか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 10 ② 30 ③ 80 ④ 240

問2 前ページ文章中の に入る数値として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 0.1 ② 0.9 ③ 1.0 ④ 100

問3 下線部ウに関する記述として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 血糖濃度の増加は、血糖調節中枢がある脳下垂体前葉で感知される。
- ② 血糖調節中枢で血糖濃度の増加が感知されると、交感神経のはたらきにより、すい臓ランゲルハンス島B細胞からインスリンが分泌される。
- ③ インスリンを受容した肝細胞では、グリコーゲンの分解が促進される。
- ④ 標的細胞におけるインスリンの受容体は、細胞膜に存在する。

問4 下線部エについて、I型糖尿病とII型糖尿病に関する記述として誤っているものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 日本での糖尿病患者の多くは、II型糖尿病である。
- ② I型糖尿病患者では、インスリン投与が治療に必須である。
- ③ II型糖尿病患者の治療にはインスリン投与は不要で、運動療法を行う。
- ④ II型糖尿病は、生活習慣病の一つに区分される。

生物基礎・生物

B 動物は、外界からの刺激に応じて、適切な反応や行動を起こす。これには、さまざまなニューロン(神経細胞)から構成される 神経系 が重要なはたらきを果たしている。ある動物のニューロンの束(以下、神経X)を用いて、次の **実験1・2** を行った。ただし、神経Xには、数種類のニューロンが多数含まれており、同じ種類のニューロンの閾値および興奮の伝導速度は同じであり、種類が異なるとそれらは互いに異なるものとする。

実験1 神経Xに、刺激電極Yと記録電極Zを設置した(図1)。まず、Xにある強さの刺激を与えると、3ミリ秒後にある大きさの活動電位が計測された。

実験2 次に、Xに**実験1**よりも強い刺激を与えると、3ミリ秒後に**実験1** キ活動電位が、3.5ミリ秒後に**実験1**より小さな活動電位が計測された。

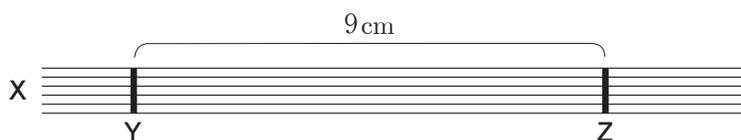


図 1

問5 下線部オに関する記述として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 6

- ① 脊髄反射の反射弓において、感覚ニューロンは腹根を通過して脊髄に入る。
- ② 運動ニューロンは、効果器である骨格筋にノルアドレナリンを分泌する。
- ③ 延髄は、呼吸運動や心臓拍動の中樞である。
- ④ 大脳皮質は、軸索が集まって白色をしているため、白質と呼ばれる。

問6 下線部カに関して、次の問い(1)・(2)に答えよ。

- (1) 活動電位の発生時に、膜電位の逆転(脱分極)にはたらく細胞膜上の輸送タンパク質とその輸送タンパク質により運ばれるイオンの移動方向についての組合せとして最も適当なものを、次の①～⑧のうちから一つ選べ。 7

| 輸送タンパク質 | 移動方向 |
|---------------------|-----------|
| ① 電位依存性ナトリウムチャンネル | 細胞外から細胞内へ |
| ② 電位依存性カリウムチャンネル | 細胞外から細胞内へ |
| ③ 伝達物質依存性ナトリウムチャンネル | 細胞外から細胞内へ |
| ④ 伝達物質依存性カリウムチャンネル | 細胞外から細胞内へ |
| ⑤ 電位依存性ナトリウムチャンネル | 細胞内から細胞外へ |
| ⑥ 電位依存性カリウムチャンネル | 細胞内から細胞外へ |
| ⑦ 伝達物質依存性ナトリウムチャンネル | 細胞内から細胞外へ |
| ⑧ 伝達物質依存性カリウムチャンネル | 細胞内から細胞外へ |

- (2) この活動電位が発生したニューロンにおける興奮の伝導速度(m/秒)として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、刺激部位において興奮が発生するのに要した時間は考慮しなくてもよい。 8

- ① 0.3 ② 3 ③ 30 ④ 300

問7 前ページ文章中の キ に入る語句として最も適当なものを、次の①～③のうちから一つ選べ。 9

- ① 同じ大きさの ② より大きな ③ より小さな

生物基礎・生物

問 8 下線部カの活動電位を生じたニューロン(カ'とする)と下線部クの活動電位を生じたニューロン(ク'とする)に関して、実験 1 と実験 2 からわかることとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 10

- ① 興奮の伝導速度はカ'が大きく、閾値もカ'が大きい。
- ② 興奮の伝導速度はカ'が大きく、閾値はク'が大きい。
- ③ 興奮の伝導速度はク'が大きく、閾値はカ'が大きい。
- ④ 興奮の伝導速度はク'が大きく、閾値もク'が大きい。

第2問 被子植物の生殖と遺伝などに関する次の文章(A～C)を読み、各問い(問1～7)に答えよ。〔解答番号 ～ 〕(配点 24)

A 被子植物のイ配偶子形成において、精細胞は花粉管の中で生じ、卵細胞は胚珠の中に存在する。花粉管は、雌しべの柱頭に付着した花粉から胚のうへ向かって伸長するが、その際、胚のうの が分泌する化学物質に誘引される。花粉管が胚のうへ達すると、重複受精が起こり、種子が形成される。

問1 下線部Aについて、被子植物の特徴に関する記述として誤っているものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 陸上での乾燥に耐えられるよう、表皮がクチクラ層で覆われている。
- ② 根で吸収した水分を、道管や仮道管によりからだ全体に運んでいる。
- ③ 胚珠の周りに子房をもち、子房は受精後に発達して果実になる。
- ④ コケ植物と同様、孢子体よりも配偶体が発達している。

問2 下線部イについて、被子植物の配偶子形成に関する記述として最も適切なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① ある成熟花粉において、花粉管細胞の核と雄原細胞の核がもつ遺伝情報は同じである。
- ② ある花粉母細胞から生じる成熟花粉は、最大で8個生じる。
- ③ 一つの胚のうは、8個の細胞から構成される。
- ④ 胚のう母細胞の核と胚のう細胞の核がもつDNA量は同じである。

問3 上の文章中の に入る語として最も適切なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 卵細胞 ② 助細胞 ③ 中央細胞 ④ 反足細胞

B ある薬品Xは、細胞分裂の際、染色体の **工** に結合し、生じる娘細胞への染色体の分配にはたらく **オ** 紡錘糸の形成を阻害する。いま、 **カ** ある植物種Y(2倍体)の幼植物を薬品Xで処理し、4倍体の植物体を作製した。

問4 上の文章中の **工** に入る語と下線部 **オ** を構成するタンパク質の名称の組合せとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 **4**

- | 工 | オ |
|-------|--------|
| ① 動原体 | グロブリン |
| ② 動原体 | チューブリン |
| ③ 星状体 | グロブリン |
| ④ 星状体 | チューブリン |

問5 下線部 **カ** に関して、染色体数が「 $2n = 12$ 」の植物から作製した4倍体植物の花の雌しべに、2倍体($2n = 12$)の植物体から採取した花粉を受粉させ、種子を形成させた。この種子の胚の子葉、種皮、胚乳を構成する各細胞がもつ染色体数として最も適当なものを、次の①～⑤のうちからそれぞれ一つずつ選べ。ただし、この植物は有胚乳種子を形成する植物である。なお、解答は同じものを繰り返し選んでもよい。

子葉 **5** 本 種皮 **6** 本 胚乳 **7** 本

- ① 6 ② 12 ③ 18 ④ 24 ⑤ 30

生物基礎・生物

C 被子植物のエンドウがもつ形質の一つに、種子の形(丸としわ、丸がしわに対して優性(顕性))がある。いま、丸の純系の雌しべにしわの純系の花粉を受粉させ、F1を得た。そして、F1を自家受精し、F2を得た。

問6 F2を自家受精して得られるF3の表現型とその比として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 8

① 丸：しわ = 3 : 1

② 丸：しわ = 3 : 2

③ 丸：しわ = 5 : 3

④ 丸：しわ = 7 : 3

問7 F2からしわの個体をすべて取り除き、残った丸の個体を用いて自由交配(配偶子の総当たり)を行った。この場合に得られる次世代の表現型とその比として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 9

① 丸：しわ = 3 : 1

② 丸：しわ = 8 : 1

③ 丸：しわ = 15 : 1

④ 丸：しわ = 24 : 1

第3問 遺伝情報とタンパク質に関する次の文章(A・B)を読み、各問い(問1～6)に答えよ。〔解答番号 ～ 〕 (配点 29)

A 遺伝情報の流れは、DNAからRNAへ、更にRNAから^アタンパク質へと一方向であり、この原則は と呼ばれる。真核生物の遺伝子DNAの塩基配列には、翻訳される配列である と翻訳されない配列である があり、真核生物の多くの遺伝子は、複数の が で分断された構造をとっている。そして、転写の際には、まずmRNA前駆体が合成され、その後、 が除去されてmRNA(伝令RNA)ができる。この過程を といい、真核生物では核の中で行われる。一方、^カ原核生物では、一般に はみられない。

問1 下線部^アに関して、次の(1)・(2)に該当するタンパク質の名称として最も適当なものを、下の①～⑥のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

(1) 血液凝固時にはたらく酵素であり、その前駆物質は肝臓で合成される。

(2) 微小管の上を移動するモータータンパク質である。

- | | | |
|---------|------------|---------|
| ① アルブミン | ② キネシン | ③ トロンビン |
| ④ ミオシン | ⑤ フィブリノーゲン | ⑥ アクチン |

問2 上の文章中の ～ に入る語として最も適当なものを、次の①～⑨のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

イ ウ エ オ

- | | | |
|------------|----------|--------------|
| ① イントロン | ② 形質発現 | ③ スプライシング |
| ④ キャップ | ⑤ エキソン | ⑥ 選択的スプライシング |
| ⑦ セントラルドグマ | ⑧ 遺伝子再編成 | ⑨ リン酸化 |

問3 下線部力に関して、図1は、原核生物におけるタンパク質合成の様子を模式的に示したものである。下の問い(1)～(3)に答えよ。

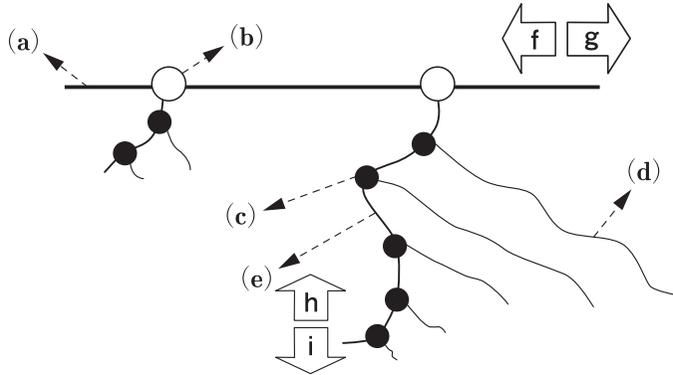


図 1

(1) 図1の(a)～(e)のうち、mRNAおよびRNAポリメラーゼに相当するものとして最も適当なものを、次の①～⑤のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

mRNA RNAポリメラーゼ

① (a) ② (b) ③ (c) ④ (d) ⑤ (e)

(2) 図1のf～iのうち、転写の方向として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

① f ② g ③ h ④ i

(3) 大腸菌のある遺伝子領域から合成されるタンパク質の分子量が 1.08×10^5 、アミノ酸(残基)の平均分子量が120であった場合、この遺伝子領域は何塩基対からなると計算できるか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

塩基対

① 300 ② 900 ③ 2700 ④ 5400

生物基礎・生物

B ヒトの赤血球に含まれるヘモグロビンは、2本の α 鎖と2本の β 鎖が結合(会合)した **キ** 構造をとるタンパク質である。図2は、ヒトの正常な β 鎖のアミノ酸配列をコードする遺伝子DNAの塩基配列の一部を示したものである。図2の下線で示す塩基TがAに置換すると、コドンが指定するアミノ酸が グルタミン酸 から異なるアミノ酸の **ケ** に変化し、赤血球が鎌状に変化して酸素結合能力が低下する。これを鎌状赤血球貧血症と呼ぶ。

・・・ACTCCTGAGGA・・・
 ・・・TGAGGACTCCT・・・

図 2

| | | | |
|---|------------------------------------|---|---|
| UUU) フェニルアラニン UUC) | UCU) セリン UCC) UCA) UCG) | UAU) チロシン UAC) UAA) (終止) UAG) | UGU) システイン UGC) UGA) (終止) UGG) トリプトファン |
| UUA) ロイシン UUG) | CCU) プロリン CCC) CCA) CCG) | CAU) ヒスチジン CAC) CAA) グルタミン CAG) | CGU) アルギニン CGC) CGA) CGG) |
| CUU) ロイシン CUC) CUA) CUG) | ACU) トレオニン ACC) ACA) ACG) | AAU) アスパラギン AAC) AAA) リシン AAG) | AGU) セリン AGC) AGA) アルギニン AGG) |
| AUU) イソロイシン AUC) AUA) AUG) メチオニン | GCU) アラニン GCC) GCA) GCG) | GAU) アスパラギン酸 GAC) GAA) グルタミン酸 GAG) | GGU) グリシン GGC) GGA) GGG) |

図 3

問4 上の文章中の **キ** に入る語として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 **11**

- ① 一次 ② 二次 ③ 三次 ④ 四次

第4問 次の各問い(問1～3)に答えよ。〔解答番号 ～ 〕 (配点 17)

問1 哺乳類の雌の体細胞では、X染色体上の遺伝子の発現量を雌雄で等しくするため、2本のX染色体のうち一方が不活性化される。その際、どちらのX染色体が不活性化されるかは、父親由来のX染色体か母親由来のX染色体かによらずランダムである。発生の初期に、体細胞において不活性化されたX染色体は、その後一生を通じて不活性化されたままである。次の問い(1)・(2)に答えよ。

(1) 哺乳類と同じ性決定様式を示す動物として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① ショウジョウバエ
- ② ニワトリ
- ③ バッタ
- ④ カイコガ

(2) X染色体に存在するある対立遺伝子に関する病気がある。病気の原因遺伝子は劣性(潜性)遺伝子であり、優性(顕性)遺伝子は、ある特定の器官だけに発現して機能する酵素の遺伝子であった(劣性遺伝子も同じく特定の器官でのみ発現するが、合成される酵素タンパク質は正常な機能をもたない)。この病気の表現型は、雌では「正常・軽症・重症」の3種類である。次の雌雄の表現型に関する記述として適当なものを、次の①～⑤のうちから二つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。

- ① 雄には、正常もしくは重症の二つの表現型しかみられない。
- ② 雄には、正常、重症、軽症の三つの表現型がみられる。
- ③ 雌の優性ホモ接合体のなかに、軽症の症状に近い個体もみられる。
- ④ 雌のヘテロ接合体のなかに、軽症の症状に近い個体もみられる。
- ⑤ 雌の劣性ホモ接合体のなかに、正常の症状に近い個体や重症の症状に近い個体もみられる。

問2 葉緑体とミトコンドリアに関する記述として誤っているものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4

- ① 一般に、ミトコンドリアより葉緑体の方が大きい。
- ② 共にDNAを保有する。
- ③ 電子伝達系における電子受容体は、ミトコンドリアでは酸素、葉緑体では NAD^+ である。
- ④ 共に分裂して増殖する。

生物基礎・生物

問3 有酸素下で行われる異化反応を呼吸といい、ア解糖系・クエン酸回路・イ電子伝達系の三つの段階からなる。次の問い(1)~(3)に答えよ。

(1) 下線部アに関する記述として最も適当なものを、次の①~④のうちから一つ選べ。 5

- ① 解糖系もクエン酸回路も、有酸素条件下でのみ進行し、無酸素条件下では停止する。
- ② 解糖系では脱水素反応、クエン酸回路では脱水素反応と脱炭酸反応が行われる。
- ③ 解糖系は細胞質基質で、クエン酸回路はミトコンドリアの内膜で進行する。
- ④ 解糖系でもクエン酸回路でもATP合成は行われ、ATP分解は行われない。

(2) 下線部イにおける電子伝達で得られたエネルギーを用いてATP合成を行う反応の名称として最も適当なものを、次の①~④のうちから一つ選べ。 6

- ① 酸化還元反応
- ② 基質レベルのリン酸化
- ③ 光リン酸化
- ④ 酸化的リン酸化

(3) 1モルのグルコースが完全に酸化分解されたとき、理論上は2876kJのエネルギーが発生する。このエネルギーが38モルのATP合成に用いられた場合、何%のエネルギーがATPに移行したと計算できるか。最も適当なものを、次の①~④のうちから一つ選べ。ただし、1モルのATP合成には30.5kJのエネルギーを必要とする。 7 %

- ① 40
- ② 50
- ③ 60
- ④ 70