

生物基礎・生物

(全問必答)

第1問 次の各問い(問1～5)に答えよ。〔解答番号 ～ 〕 (配点 23)

問1 動物の組織では、多くの細胞どうしが接着し、情報伝達を行う。その機能を担う一つにギャップ結合がある。ギャップ結合は、例えば、ヒトでは中胚葉の側板から発生する の構成細胞にみられ、ギャップ結合があることで構成細胞どうしが同期してはたらくことができる。ギャップ結合は、コネキシンと呼ばれるタンパク質が六つ集まった 構造を形成しており、中空のチャンネルのような構造をとって細胞間をつないでいる。次の問い(1)・(2)に答えよ。

(1) 上の文章中の と に入る語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。

	ア	イ
①	心臓	三次
②	心臓	四次
③	脊椎	三次
④	脊椎	四次

(2) 細胞の接着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 血液では、構成細胞どうしは接着せず、離れて存在する。
- ② 小腸の上皮組織では、消化液を分泌しやすいように、構成細胞どうしは接着せず、離れて存在する。
- ③ 接着結合では、細胞内の微小管に結合したカドヘリンが細胞外に伸び、隣接細胞からのカドヘリンとつながる。
- ④ カドヘリンは、動物の種類ごとに1種類ずつ存在する。

問2 ヒトの内分泌系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。 3

- ① 血糖濃度が上昇すると、間脳視床下部の血糖濃度調節中枢が刺激され、これにより興奮した交感神経がすい臓ランゲルハンス島B細胞を刺激する。
- ② インスリンを受容した標的細胞では血液中のグルコースの取り込みと消費が促進されるが、標的細胞が肝臓の場合、取りこんだグルコースからのグリコーゲン合成が促進される。
- ③ 健康なヒトにチロキシンを注射すると、間脳視床下部と脳下垂体前葉が刺激され、放出ホルモンと刺激ホルモンの分泌が促進される。
- ④ 体液の減少が間脳視床下部で感知されると、脳下垂体後葉から分泌されたバソプレシンが腎臓の細尿管にはたらき、水の再吸収を促進する。

問3 ある池に生息する ウ の個体数を推定するため、2021年8月1日に ウ を80個体捕獲し、捕獲個体に赤い印をつけて池に戻した。翌日再び ウ をX個体捕獲すると、そのうち40個体に赤い印がついていた。この結果より、2021年8月1日における ウ の個体数は、エ 個体と推測される。次の問い(1)・(2)に答えよ。

(1) 上の文章中の ウ と エ に入る語と数値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

	ウ	エ
①	タニシ	$\frac{1}{2}X$
②	タニシ	2X
③	フナ	$\frac{1}{2}X$
④	フナ	2X

生物基礎・生物

(2) (1)による個体数測定法を行える前提条件として誤っているものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5

- ① 調査区域において、個体の出入りがある。
- ② 標識が脱落したり、消えたりしない。
- ③ 標識により捕獲率や死亡率に差が生じない。
- ④ 個体間での捕獲率に差がない。

問4 生物の系統と分類による次の問い(1)・(2)に答えよ。

(1) 図1は、植物の系統樹の一部を模式的に示したものである。植物の進化において、図中の**オ**、**カ**の位置で獲得された特徴として最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。 6

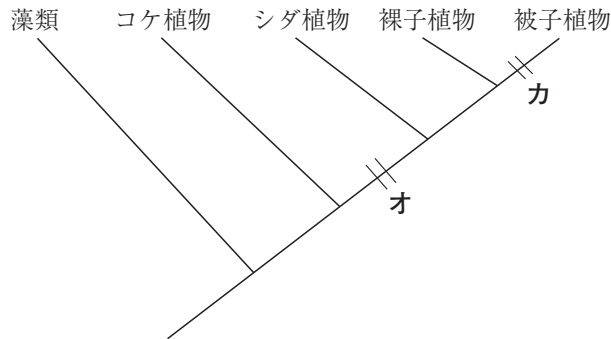


図 1

	オ	カ
①	胞子をつくる	種子をつくる
②	胞子をつくる	子房をもつ
③	維管束をもつ	種子をつくる
④	維管束をもつ	子房をもつ

(2) 新口動物の例として誤っているものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

7

- ① ウニ ② カエル ③ ミミズ ④ ホヤ

問5 ハーディ・ワインベルグの法則が成立するあるヒトの集団において、ABO式血液型の各対立遺伝子の頻度は、 A 遺伝子が0.4、 B 遺伝子が0.3、 O 遺伝子が0.3であった。この集団中のA型の血液型を示すヒトの割合(%)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 16 ② 24 ③ 27 ④ 40

第2問 DNAの構造と複製に関する次の文章(A・B)を読み、各問い(問1～8)に答えよ。〔解答番号 ～ 〕 (配点 26)

A 遺伝情報を担うDNAは、細胞周期の過程で正確に複製され、娘細胞に分配される。この仕組みは精緻で、DNAの分子構造に由来する。DNAは、ヌクレオチド鎖2本が向き合い、内側に突き出た塩基どうしが 結合し、ねじれた二重らせん構造をとる。ヌクレオチド鎖の主鎖は、五炭糖である とリン酸のくり返しでできている。ヌクレオチド鎖には方向性があり、リン酸側の末端を 末端、五炭糖側の末端を 末端という。DNAの複製過程でヌクレオチド鎖を伸長していく際には、ヌクレオチドは の向きにつながっていく。また、相補的な塩基をもつヌクレオチドどうしが塩基を介して 結合する際には、その向きは 向きとなる。

問1 上の文章中の と に入る語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。

	ア	イ
①	疎水	デオキシリボース
②	疎水	リボース
③	水素	デオキシリボース
④	水素	リボース

問2 前ページ文章中の **ウ** ~ **カ** に入るもの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。 **2**

	ウ	エ	オ	カ
①	3'	5'	3' → 5'	同じ
②	3'	5'	3' → 5'	逆
③	3'	5'	5' → 3'	同じ
④	3'	5'	5' → 3'	逆
⑤	5'	3'	3' → 5'	同じ
⑥	5'	3'	3' → 5'	逆
⑦	5'	3'	5' → 3'	同じ
⑧	5'	3'	5' → 3'	逆

問3 ヒトゲノムは30億ヌクレオチド対からなり、10ヌクレオチド対の長さは3.4nmである。ヒトゲノムを構成するDNAの長さ(m)として最も適当なものを、次の①~④のうちから一つ選べ。 **3** m

- ① 0.1 ② 0.2 ③ 1.0 ④ 2.0

問4 真核生物のDNAは、細胞の核内であるタンパク質Xと結合し、ヌクレオソームを形成し、折り畳まれている。タンパク質X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。 **4**

- ① ヒストン ② アルブミン ③ クロマチン ④ チューブリン

生物基礎・生物

B DNAの複製では、母細胞のDNAを構成する2本のヌクレオチド鎖それぞれが鋳型となり、相補的な塩基配列をもつ新しいヌクレオチド鎖(新生鎖)が合成される。このような複製様式は **キ** と呼ばれ、 **ク** の実験により証明された。その実験を次に示す。

実験

最初に、普通の窒素 ^{14}N より質量の大きい窒素 ^{15}N をもつ塩化アンモニウム($^{15}\text{NH}_4\text{Cl}$)のみを窒素源として含む培地で大腸菌を何世代も培養した。そして、大腸菌の窒素がほぼ ^{15}N に置き換わったところで、 $^{14}\text{NH}_4\text{Cl}$ のみを窒素源として含む培地に大腸菌を移し、数世代にわたり培養を続けた。その際、世代ごとに大腸菌からDNAを抽出し、密度勾配遠心分離法により、 ^{15}N のみを含むDNA($^{15}\text{N}\cdot^{15}\text{N}$)、 ^{15}N と ^{14}N を含むDNA($^{15}\text{N}\cdot^{14}\text{N}$)、 ^{14}N のみを含むDNA($^{14}\text{N}\cdot^{14}\text{N}$)に分けた。

問5 上の文章中の **キ** と **ク** に入る語句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。 **5**

	キ	ク
①	保存的複製	メセルソンとスタール
②	保存的複製	ハーシーとチェイス
③	半保存的複製	メセルソンとスタール
④	半保存的複製	ハーシーとチェイス

問6 実験で、複製における新生鎖の合成で、 ^{14}N や ^{15}N が取り込まれた化合物の名称として最も適当なものを、次の①～③のうちから一つ選べ。 **6**

- ① リン酸 ② 五炭糖 ③ 塩基

問7 実験で、 $^{14}\text{NH}_4\text{Cl}$ のみを窒素源として含む培地に大腸菌を移して3回分裂後の大腸菌において、次の(1)と(2)の割合(%)はとなると予想されるか。最も適当なものを、下の①～⑤のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

(1) 全DNAにおける $^{15}\text{N} \cdot ^{15}\text{N}$ の割合 %

(2) 全DNAにおける $^{15}\text{N} \cdot ^{14}\text{N}$ の割合 %

- ① 0 ② 25 ③ 50 ④ 75 ⑤ 100

問8 大腸菌のDNAは環状であり、真核生物のDNAよりはるかに小さく(460万塩基対)、複製起点は1か所である。次の問い(1)・(2)に答えよ。

(1) 複製の仕組み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 複製起点と呼ばれる特定の塩基配列の領域で、DNAリガーゼにより塩基間の水素結合が切れ、二重らせん構造がほどかれる。
- ② DNAがほどけていく方向に連続的に合成される新生鎖をリーディング鎖という。
- ③ 一般に、新生鎖の合成開始時には、鋳型鎖に相補的な塩基配列をもつDNAプライマーが合成される。
- ④ ラギング鎖がつなぎ合わされた新生鎖を岡崎フラグメントと呼ぶ。

(2) 大腸菌のDNAポリメラーゼの新生鎖の合成速度は毎秒850ヌクレオチドである。この数値を用いて求めた大腸菌のDNAの複製に要する時間(分)として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 分

- ① 22.5 ② 45 ③ 90 ④ 180

第3問 神経系に関する次の文章(A・B)を読み、各問い(問1～7)に答えよ。

〔解答番号 1 ～ 10〕 (配点 26)

A 神経系を構成する基本単位はニューロン(神経細胞)である。ニューロンは、核をもつ細胞体と多数の突起からなり、突起には、枝分かれした短い突起である樹状突起と長く伸びた突起である軸索がある。軸索は神経繊維とも呼ばれ、ア細胞の細胞膜が軸索に何重にも巻きついてできたイがみられる神経繊維とイがみられない神経繊維がある。

図1は、刺激を受けたニューロンにおける膜電位の経時的な変化である。刺激を受けていないニューロンでは、細胞膜の内側は外側に対して負の電位であり、この膜電位を静置電位という(図1のa)。ニューロンの一部に閾値以上強さの刺激を与えると、その部位では細胞膜内外の電位が一時的に逆転し(図1のb)、やがて元に戻る(図1のcとd)。この一連の電位変化を活動電位といい、活動電位が発生することを興奮と呼ぶ。膜電位は、軸索における細胞膜上の輸送タンパク質によるイオンの移動により形成されており、この輸送タンパク質にはナトリウムポンプ、電位依存性ナトリウムチャネル、電位依存性カリウムチャネル、電位非依存性カリウムチャネルがある。

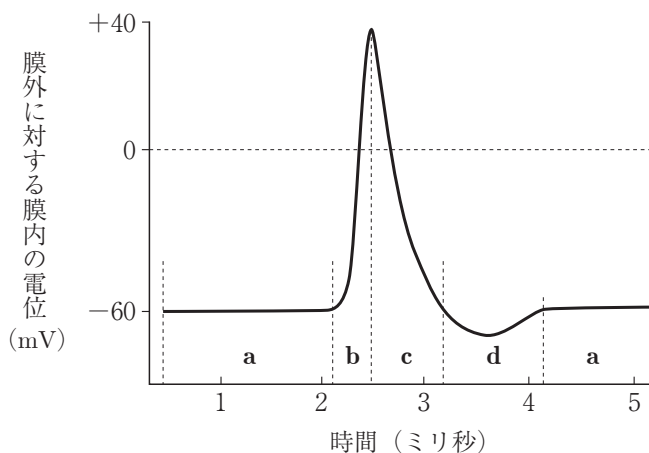


図 1

問1 前ページ文章中の **ア** と **イ** に入る語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。ア **1** イ **2**

- ① 髄鞘
- ② iPS
- ③ テロメア
- ④ シュワン
- ⑤ ランビエ絞輪

問2 図1における活動電位の最大値(mV)として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 **3** mV

- ① -60
- ② -20
- ③ 40
- ④ 100

問3 下線部ウに関して、ニューロンの一部に与える刺激強度を(i) 閾値をやや超える強さ、(ii) 閾値を大きく超える強さとした場合に生じる活動電位の大きさと発生頻度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。

4

- ① 活動電位の大きさは(i)より(ii)の方が大きくなるが、活動電位の発生頻度はともに同じである。
- ② 活動電位の大きさはともに同じであるが、活動電位の発生頻度は(i)より(ii)の方が多くなる。
- ③ 活動電位の大きさは(i)より(ii)の方が大きくなり、活動電位の発生頻度は(i)より(ii)の方が多くなる。
- ④ 活動電位の大きさと発生頻度はともに変化しない。

生物基礎・生物

問4 次の文章は、図1の**b**でみられる膜電位の変化と下線部**エ**の輸送タンパク質との関連を述べたものである。文章中の **オ** ~ **キ** に入るものとして最も適当なものを、下のそれぞれの解答群①~④のうちから一つずつ選べ。

オ **5** カ **6** キ **7**

ニューロンが閾値を超える刺激を受けると、刺激部位で **オ** がはたらき、**カ** し、図1の**b**でみられる膜電位の変化が起こる。**b**の膜電位の変化を引き起こすイオンの細胞膜内外の濃度差を小さくした場合、**キ**。

オの解答群

- ① ナトリウムポンプ
- ② 電位依存性ナトリウムチャネル
- ③ 電位依存性カリウムチャネル
- ④ 電位非依存性カリウムチャネル

カの解答群

- ① ナトリウムイオンが流入
- ② ナトリウムイオンが流出
- ③ カリウムイオンが流入
- ④ カリウムイオンが流出

キの解答群

- ① イオンが移動しやすくなり、**b**の膜電位の変化量は小さくなる
- ② イオンが移動しやすくなり、**b**の膜電位の変化量は大きくなる
- ③ イオンが移動しにくくなり、**b**の膜電位の変化量は小さくなる
- ④ イオンが移動しにくくなり、**b**の膜電位の変化量は大きくなる

B 運動神経と骨格筋がつながる神経筋標本を用いて、次のような**実験**を行った。

実験

筋肉から神経側へ2cm離れた部位を刺激すると、6.5ミリ秒後に筋収縮がみられた。筋肉から神経側へ8cm離れた部位を刺激すると、8.0ミリ秒後に筋収縮がみられた。軸索末端を刺激すると、ミリ秒後に収縮がみられた。

問5 この神経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。 m/秒

- ① 10 ② 25 ③ 30 ④ 40

問6 上の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 3.0 ② 4.0 ③ 5.0 ④ 6.0

問7 問6で求めた時間の中で起こる現象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 筋小胞体からカルシウムイオンが放出される。
 ② 軸索末端にカルシウムイオンが流入する。
 ③ アクチン頭部のATPアーゼ活性が高まる。
 ④ 軸索末端からアセチルコリンが放出される。

第4問 被子植物の生殖および植物の環境応答に関する次の文章(A・B)を読み、各問い(問1～8)に答えよ。〔解答番号 ～ 〕 (配点 25)

A 被子植物では、雌しべの胚珠にある胚のう母細胞が減数分裂を行い、4個の細胞となる。このうち、3個は退化し、残った1個が となる。 は 回核分裂を行い、卵細胞や中央細胞など 個の細胞からなる となる。一方、雄しべでは、葯に含まれる花粉母細胞が減数分裂を行い、花粉四分子となる。花粉四分子を構成するそれぞれの細胞は体細胞分裂を行い、大きな花粉管細胞とその中に含まれる 細胞からなる成熟花粉となる。成熟花粉は、雌しべの柱頭に受粉すると花粉管を伸長し、 細胞は 分裂により2個の精細胞になる。花粉管が胚珠の珠孔に到達すると、花粉管の中の精細胞のうち1つが に含まれる卵細胞と合体し受精卵となり、もう1つの精細胞は中央細胞と融合し胚乳核となる。受精卵は胚となり、一般に胚乳核は発達して胚の成長に必要な栄養を蓄える胚乳となるが、 や カエンドウなどの被子植物では胚乳は発達せず、別の場所に栄養が蓄えられる。

問1 上の文章中の ～ に入る語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。

	ア	イ	ウ	エ
①	胚のう細胞	胚のう	雄原	体細胞
②	胚のう細胞	胚のう	雄原	減数
③	胚のう細胞	胚のう	精原	体細胞
④	胚のう細胞	胚のう	精原	減数
⑤	胚のう	胚のう細胞	雄原	体細胞
⑥	胚のう	胚のう細胞	雄原	減数
⑦	胚のう	胚のう細胞	精原	体細胞
⑧	胚のう	胚のう細胞	精原	減数

問2 前ページ文章中の **i** と **ii** に入る数値として最も適当なものを、次の①～⑧のうちからそれぞれ一つずつ選べ。 i **2** ii **3**

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4
 ⑤ 5 ⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8

問3 前ページ文章中の **オ** に入る植物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。 **4**

- ① イチョウ ② ワラビ ③ カキ ④ ナズナ

問4 有胚乳種子を形成するイネを用いて、遺伝子型 Aa の雌しべに遺伝子型 aa の雄しべに生じた花粉を受粉させた。生じる胚乳の遺伝子型として可能性がある遺伝子型を過不足なく含むものとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 **5**

- ① AAa ② Aaa ③ aaa
 ④ AAa, aaa ⑤ Aaa, aaa ⑥ AAa, Aaa, aaa

問5 下線部**力**に関して、エンドウを用いて、遺伝子型 Aa の雌しべに遺伝子型 aa の雄しべに生じた花粉を受粉させた。次の問い(1)・(2)に答えよ。

(1) 生じる種子において、栄養を蓄えている部分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 幼芽 ② 胚軸 ③ 子葉 ④ 幼根

(2) (1)で答えた部分の遺伝子型を過不足なく含むものとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 **7**

- ① Aa ② aa ③ Aa, aa
 ④ A ⑤ a ⑥ A, a

生物基礎・生物

B 高等植物は、さまざまな場面で外部環境の刺激に応答している。例えば、キ 暗中に横たえて置かれたマカラスムギの芽生えでは、根は重力方向に、茎は重力方向とは逆向きに屈曲する。また、ク マカラスムギの幼葉鞘に一定方向から光を照射すると、光の照射側へ屈曲する。ケ 日長変化を受容し、花芽形成を行う植物もある。

問6 下線部キ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。

8

- ① 横たえた芽生えの上側ではオーキシン濃度が高くなり、最適濃度の高い根では上側の成長が促進され、最適濃度の低い茎では下側の成長が促進される。
- ② 横たえた芽生えの下側ではオーキシン濃度が高くなり、最適濃度の低い根では上側の成長が促進され、最適濃度の高い茎では下側の成長が促進される。
- ③ 横たえた芽生えの上側ではジベレリン濃度が高くなり、最適濃度の高い根では上側の成長が促進され、最適濃度の低い茎では下側の成長が促進される。
- ④ 横たえた芽生えの下側ではジベレリン濃度が高くなり、最適濃度の低い根では上側の成長が促進され、最適濃度の高い茎では下側の成長が促進される。

問7 下線部クの応答に関わる光受容体と、その光受容体が受容する光の波長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。

9

- ① フォトリポピン・青色光 ② クリプトクロム・青色光
- ③ フィトクロム・赤色光 ④ クロロフィル・赤色光

問8 下線部ケの性質を示す植物体を用いて、次の**実験**を行った。

実験 この植物体にA～Eのような処理を行い、その後の花芽形成の有無を調べた。

- A 葉のついた植物体を長日条件(明期16時間・暗期8時間の24時間周期)においた結果、花芽形成はみられなかった。
- B 葉のついた植物体を短日条件(明期8時間・暗期16時間の24時間周期)においた結果、花芽形成はみられた。
- C 植物体の葉を1枚だけ残してそれ以外の葉はすべて取り除き、長日条件においた。
- D 植物体の茎の真ん中あたりだけ師管を除去する処置を行い、処置部分よりも上部だけ葉を残し、植物体全体を短日条件においた。
- E 葉のついた植物体を長日条件においた。ただし、1枚の葉だけは実験期間中ずっとアルミホイルで覆っておいた。

実験C～Eの結果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。 10

	C	D	E
①	○	処置部分より上部でのみ花芽形成がみられた	○
②	○	処置部分より上部でのみ花芽形成がみられた	×
③	○	処置部分より下部でのみ花芽形成がみられた	○
④	○	処置部分より下部でのみ花芽形成がみられた	×
⑤	×	処置部分より上部でのみ花芽形成がみられた	○
⑥	×	処置部分より上部でのみ花芽形成がみられた	×
⑦	×	処置部分より下部でのみ花芽形成がみられた	○
⑧	×	処置部分より下部でのみ花芽形成がみられた	×

※○は植物体全体で花芽形成がみられたことを、×は花芽形成がみられなかったことを示す。