

生 物

〔I〕 次の文章を読み、各問に答えよ。

ヒトの腎臓は、左右一対あり、1個当たり約100万個、イヌでは1個当たり約40万個、ネコでは1個当たり約20万個の(①)と呼ばれる尿を生成する構造がある。(①)は腎小体と細尿管からなる。腎小体では、糸球体からボーマンのうへ、血液の一部がろ過され原尿になる。原尿中には生体の生命活動の維持に有用な成分も多く含まれており、原尿が細尿管や集合管を流れる過程で、さまざまなものが再吸収された後、残りが尿となる。集合管での水の再吸収量は、脳下垂体(②)から分泌されるホルモンである(③)によって、細尿管でのナトリウムイオンの再吸収は、(④)から分泌される(⑤)によって促進される。

図1はある健康なヒトの測定値から求められた血しょう中のグルコース濃度と原尿中のグルコース濃度の関係を示したものであり、図2は同じヒトの血しょう中のグルコース濃度と1分間当たりに生成される原尿や尿に含まれるグルコース量の関係を示したものである。

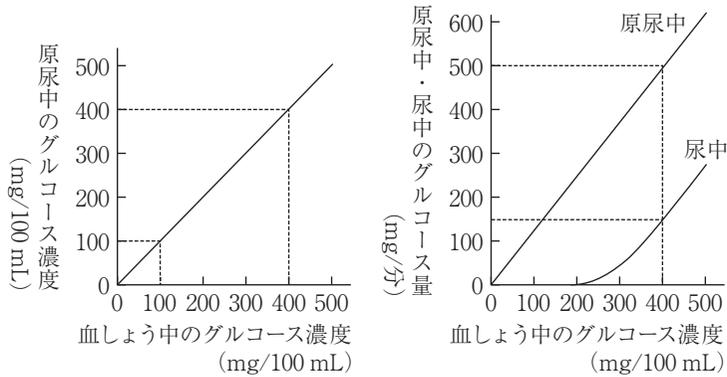


図1

図2

問1 文中の空欄(①)～(⑤)に最適な語を入れよ。同じ番号には同じ語が当てはまる。

問2 下線部の過程で健全な状態ではろ過されないものとして最適なものを次のア)～オ)からすべて選び、記号で答えよ。

ア) カリウムイオン イ) アミノ酸 ウ) タンパク質 エ) 尿素 オ) 血小板

問3 図1, 2について次の小問1～3に答えよ。

小問1 このヒトの体内で1分間にろ過されて生じる原尿量(mL)を答えよ。

小問2 血しょう中のグルコース濃度が400 mg/100 mLのとき, 1分間に再吸収したグルコース量(mg)を答えよ。

小問3 図1, 2に関する記述として適切でないものを次のア)～エ)の中から1つ選び、記号で答えよ。

ア) 血しょう中のグルコース濃度が150 mg/100 mLのとき, グルコースの再吸収率は100%である。

イ) 図1, 2の範囲において血しょう中と原尿中のグルコース濃度は等しい。

ウ) 血しょう中のグルコース濃度が200 mg/100 mLから400 mg/100 mLに上昇していくと, グルコースの再吸収量は徐々に低下していく。

エ) 血しょう中のグルコース濃度の上昇とともに, 再吸収されるグルコース量も徐々に増加していくが, 血しょう中のグルコース濃度が十分に高くなると再吸収されるグルコース量は一定である。

問4 極度の飢餓状態に陥った場合, 血しょう中や尿中で尿素が増大することがある。その理由について解答欄の「飢餓状態では,」に続けて60～80字で答えよ。

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、各問に答えよ。

文章：^(a)シヨウジョウバエの発生では、未受精卵にて体の^(b)前後軸が決定され、その後（ア）遺伝子が働いて体節が形成される。（ア）遺伝子にはいくつかの種類があり、次々に発現する。各体節にはそれぞれ眼や触角、はねなどが^(c)ホメオティック遺伝子の機能により、適切に形成される。

問1 文章中の空欄（ア）に当てはまる語を答えよ。

問2 下線部 a のシヨウジョウバエに関する記述として、正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- ① 発生の過程における口のでき方から、新口動物に分類される。
- ② エビと同様に外骨格の脱皮により成長する。
- ③ 成虫の細胞で転写が起こると、転写途中の mRNA に次々とリボソームが付着する。
- ④ 通常、細胞の核膜近くの細胞質基質中に中心体がある。
- ⑤ 染色体の DNA は線状で長く、複製起点は1本の DNA につき1箇所のみ存在する。
- ⑥ 性染色体として Z 染色体と W 染色体を持ち、雄は Z 染色体を2本持つ。

問3 下線部 a について、次の小問に答えよ。

小問1 シヨウジョウバエを含む様々な生物のゲノムの塩基対数と遺伝子数を次の表に示した。これに基づき、表中のア～カに当てはまる最適な数値を解答群からそれぞれ1つずつ選び、記号で答えよ。

表

生物名	ゲノムの塩基対数 (およその数)	遺伝子数 (推定値)
ヒト	ア	イ
大腸菌	ウ	エ
酵母	オ	カ
シヨウジョウバエ	1億6500万	14000

【解答群】

- ① 4400 ② 6300 ③ 20500 ④ 460万 ⑤ 1200万 ⑥ 30億 ⑦ 500億

小問2 表中の大腸菌はプラスミドDNAを持つ。ヒトのインスリン遺伝子を含むDNA断片を導入したプラスミドを大腸菌に取り込ませ、インスリンを生産させたい。このときに必要な操作について述べた次の文について、(ア)と(イ)に当てはまる最適な語をカタカナで答えよ。

文章：大腸菌では(ア)が起こらないので、インスリン遺伝子の塩基配列から(イ)を除いた後、プラスミドに導入する必要がある。

問4 下線部aのショウジョウバエについて、同一染色体上にそれぞれ眼の色、はねの形、剛毛の長さに関わるM遺伝子座、H遺伝子座、G遺伝子座が存在する。それぞれには紫色の眼色、湾曲したはね、短い剛毛に関わる対立遺伝子があり、いずれも野生型の形質に関わる対立遺伝子に対して潜性(劣性)である。いま、これらの潜性の対立遺伝子がホモ接合になった突然変異型の雌をとり、野生型の形質を持つ雄と交配した。その結果、F₁の表現型はすべて野生型となった。さらにこのF₁の雌と上述の潜性の対立遺伝子がホモ接合になった突然変異型の雄を交配し、得られた次世代集団の表現型と観察数を次の表に示した。M遺伝子座、H遺伝子座、G遺伝子座の染色体上の位置関係を次の模式図に表したとき、図中のア、イ、ウに当てはまる遺伝子座の名称の最適な組み合わせを次の解答群から1つ選び、記号で答えよ。また図中のアとイに当てはまった遺伝子座間、及びイとウに当てはまった遺伝子座間の組換え価をパーセントで答えよ。ただし必要があれば、最終的な解答は小数点以下を切り捨て、整数とすること。

表

表現型			観察数
眼の色	はねの形	剛毛	
+	+	+	302
紫色	湾曲	短い	298
+	湾曲	短い	173
紫色	+	+	167
+	湾曲	+	26
紫色	+	短い	24
+	+	短い	6
紫色	湾曲	+	4
			合計 1000

※表中の+は野生型の表現型を示す。

※表中の湾曲とは曲がった形のはねのことである。

模式図



【解答群】

- ① ア. M 遺伝子座 イ. H 遺伝子座 ウ. G 遺伝子座
- ② ア. M 遺伝子座 イ. G 遺伝子座 ウ. H 遺伝子座
- ③ ア. H 遺伝子座 イ. M 遺伝子座 ウ. G 遺伝子座
- ④ ア. H 遺伝子座 イ. G 遺伝子座 ウ. M 遺伝子座
- ⑤ ア. G 遺伝子座 イ. M 遺伝子座 ウ. H 遺伝子座
- ⑥ ア. G 遺伝子座 イ. H 遺伝子座 ウ. M 遺伝子座

問5 下線部bについて、ショウジョウバエの発生初期の受精卵の細胞質では、いずれ体の前側となる部分でピコイドというタンパク質の濃度が高く、反対側に向かって低下する濃度勾配を形成する。このピコイドタンパク質の濃度勾配が受精卵内の位置情報として用いられるとき、不可欠な要因を表す最適な記述を次の①～⑥から1つ選び、記号で答えよ。

- ① 発生初期の受精卵では、ナノスというタンパク質がいずれ体の後ろ側となる細胞質で高く、その反対側で低い濃度勾配を作っている。
- ② ノギンやコーディンといった調節タンパク質が原口背唇の形成体に近い領域ほど高くなる濃度勾配を形成する。
- ③ 発生初期の受精卵では細胞質は分裂せず、まず核だけが分裂して複数の核が卵内に散らばって存在する。
- ④ 受精に伴う表層回転により、ディシェベルドという調節タンパク質が灰色三日月環付近に移動する。
- ⑤ 未受精卵の植物極側には内胚葉への分化を促す調節タンパク質である VegT が存在する。
- ⑥ 発生初期の卵の中央と端には、それぞれ卵黄と極細胞が存在する。

問6 下線部cのホメオティック遺伝子の1つに *Ubx* 遺伝子 (*Ubx*) がある。この *Ubx* の突然変異体では *Ubx* がはたらかず、胸の3つの体節のうち、はねを持たない第3体節（後胸部）が、2枚のはねを持つ第2体節（中胸部）と同じ性質を持つようになり、4枚のはねを持つ。*Ubx* に関し、その野生型の個体ではたらしきとして最適な記述を次の①～⑥から1つ選び、記号で答えよ。

- ① 胸のすべての体節で発現し、はねの形成を促進する。
- ② 胸のすべての体節で発現し、はねの形成を抑制する。
- ③ 胸の第2体節で強く発現し、はねの形成を促進する。
- ④ 胸の第2体節で強く発現し、はねの形成を抑制する。
- ⑤ 胸の第3体節で強く発現し、はねの形成を促進する。
- ⑥ 胸の第3体節で強く発現し、はねの形成を抑制する。

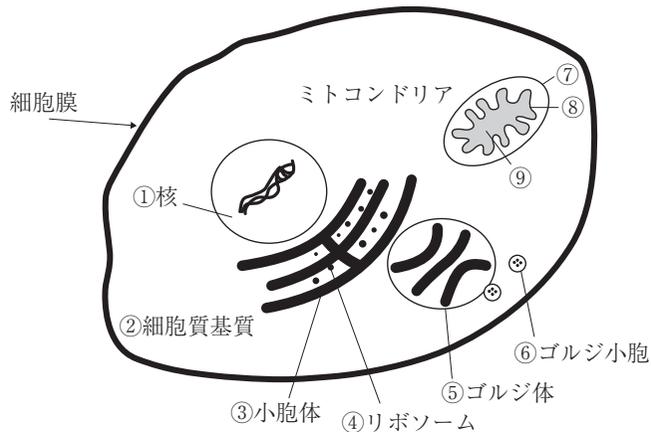
〔Ⅲ〕 次の文章を読み、各問に答えよ。

生物は呼吸や発酵により有機物を分解することで、有機物のもつエネルギーの一部をアデノシン三リン酸 (ATP) として取り出す。呼吸によってグルコースが分解される過程は、^(a)解糖系、クエン酸回路および電子伝達系に分けられる。第一段階の解糖系では1分子のグルコースが (A) 分子のピルビン酸に分解される。この過程で1分子のグルコースが分解されるごとに2分子のATPが消費され、(B) 分子のATPが合成されるので、差し引き (C) 分子のATPが合成される。また、この過程で水素原子がグルコースから離れ、(ア) に受け渡される。

こうして生成されたピルビン酸はクエン酸回路に入る。解糖系とクエン酸回路で生じたNADHやFADH₂は電子伝達系に渡される。電子伝達系では、NADHやFADH₂から水素イオン(H⁺)や電子(e⁻)が遊離し、それぞれの分子はそれぞれ(ア)と(イ)に戻る。遊離したH⁺は、くみだされたのち、ATP合成酵素を介して拡散する。この時、グルコース1分子あたり最大34分子のATPが合成される。

^(b)NADHやFADH₂から遊離したe⁻は最終的に酸素(O₂)を受け渡され、さらにH⁺と結合して水を生じる。

発酵はその最終産物によっていくつかの種類に分けられる。例えば酵母は呼吸と^(c)アルコール発酵の両方を行うが、環境中の酸素濃度などの諸条件により、その割合を変化させる。また、^(d)最終産物として乳酸を生成する場合は乳酸発酵という。



図

問1 文中の(ア)と(イ)に当てはまる最適な語についてアルファベットと記号を用いて答えよ。

問2 文中の(A)~(C)に当てはまる最適な数字を答えよ。

問3 文中の下線部aについて、解糖系、クエン酸回路、電子伝達系の反応が起こる最適な場所を図の①~⑨からそれぞれ1つ選び、記号で答えよ。

問4 文中の下線部bについて、脂肪が呼吸基質になる場合でも同様にNADHやFADH₂から遊離したe⁻が最終的に酸素(O₂)に受け渡される。この過程を説明した次の文の(a)~(d)に当てはまる最適な語または数字を答えよ。ただし、同じアルファベットには同じ答えが当てはまる。

説明：脂肪は加水分解されて(a)と脂肪酸になる。その後、(a)は解糖系に入って分解される。脂肪酸はミトコンドリアで、脂肪酸の端から炭素(b)個を含む部分が切り取られ、これがコエンザイムAと結合して(c)となる。これが繰り返されて脂肪酸は(c)となるが、この過程のことを(d)と呼ぶ。(c)はクエン酸回路に入り、さらに代謝されNADHやFADH₂が生成する。

問5 文中の下線部cについて、次の説明を読み、(e)および(f)に当てはまる最適な語を答えよ。また、(X)および(Y)に当てはまる最適な語の組み合わせとして次の①~⑧から選び、記号で答えよ。

説明：アルコール発酵では、解糖系で生じたピルビン酸は脱炭酸されて(e)になる。(e)はNADHを(X)すると同時に自身は(Y)され最終的に(f)となる。

- ① X：還元……………Y：酸化
- ② X：酸化……………Y：酸化
- ③ X：酸化……………Y：還元
- ④ X：還元……………Y：還元
- ⑤ X：アセチル化……………Y：リン酸化
- ⑥ X：リン酸化……………Y：アセチル化
- ⑦ X：メチル化……………Y：リン酸化
- ⑧ X：脱炭素……………Y：脱窒素

問6 文中の下線部dについて、激しい運動をしている骨格筋では解糖からエネルギーを得ている。この時、骨格筋においてピルビン酸から乳酸を合成する意義をNADHの語句を用いて40字以内で説明せよ。ただし、アルファベットや記号はそれぞれを1字と数える。

〔IV〕 次の文章を読み、各問に答えよ。

地球上にはさまざまな環境に数千万種ともいわれる多種多様な生物が生活している。これらの生物には、外形的な違いや、場所に応じた生活のしかたなどに多様性が見られる。^(a)また一方で、生物には共通性も見られる。生物のもつ多様性と共通性が生じたのは、共通の祖先から受け継いできた基本的な特徴は維持されながら、さまざまな形質が変化してきたためだと考えられている。集団を形成している個体の形質が、世代を経るにしたがって、変化することを(①)といい、生物が(①)してきた道筋を(②)という。そして、^(b)形態などに共通の特徴をもつ個体の集まりで、交配によって生殖能力をもつ子孫を残すことができる生物の分類の基本的な単位を(③)という。

(②)を表す樹木状の図は、従来、生物の形態などを手がかりに類縁関係を調べて作成されていたが、現在では、^(c)DNAの塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列などに見られる違いをもとに推定する方法が開発されている。

問1 文中の(①)～(③)に当てはまる最適な語を答えよ。ただし、同じ番号には同じ語が当てはまる。

問2 下線部aについて、生物の共通性に関するア)～エ)の記述のうち、適切なものをすべて選び、記号で答えよ。

- ア) 生物は、植物をエネルギー源とする。
- イ) 生物は、細胞内でのエネルギーの受け渡しにATPを用いる。
- ウ) 生物は、遺伝物質として核酸を利用し、自分と同じ構造をもつ個体をつくる。
- エ) 生物を構成する物質には、タンパク質や銀が含まれる。

問3 下線部bについて、生物の分類のうち階層的分类では、同じような特徴をもった個体の集まりを基本的な単位として、似ているものをグループ化してより大きなまとまりに位置付ける方法がとられている。ヒトの階層的な分類を表す次の記述につき、(X)と(Y)に当てはまる最適な名称を答えよ。

動物界→脊索動物門→哺乳(X)→霊長目→ヒト科→ヒト(Y)→ヒト

問4 下線部cについて、この方法で作成される樹木状の図の最適な名称を答えよ。

問5 生物の分類にはrRNAの塩基配列の違いを用いる方法もある。この方法では生物を、

- ア) 真核生物ドメイン
- イ) アーキア(古細菌)ドメイン
- ウ) 細菌ドメイン

の3つのグループに分けることができる。次に示すA)～F)の生物はそれぞれア)～ウ)のどのドメインに属するか、最適なものをそれぞれ1つずつ選び、記号で答えよ。

- A) イネ B) 酵母 C) ネンジュモ D) ゾウリムシ
- E) メタン生成菌 F) 大腸菌

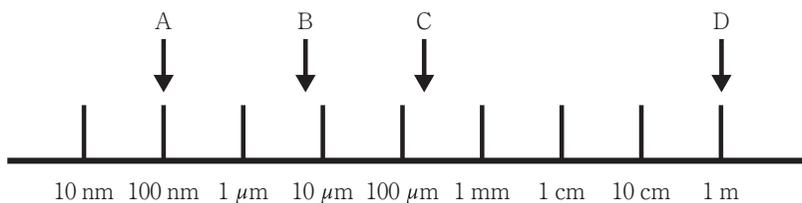
〔V〕 次の文章を読み、各問に答えよ。

ヒトの体は数十兆個の細胞よりできており、筋細胞、上皮細胞、神経細胞、脂肪細胞など、その種類は（①）種類にもなるといわれている。^(a)細胞には役割に応じてさまざまな形や大きさがある。

生体膜は、（②）とタンパク質を主成分とする膜であり、^(b)核膜や細胞膜をはじめ、多くの^(c)細胞小器官に存在する。細胞は、細胞膜によって外界と仕切られており、細胞外から必要な物質を取り込んだり、細胞内の不要な物質を排出したりして、物質の出入りを調節している。細胞膜の二重層は、イオンや親水性の分子などを通過させにくい性質を持っている。これらの物質は、細胞膜に存在する膜タンパク質、チャネルやポンプなどを介して細胞に出入りする。

ヒトの細胞を構成する物質の割合としては水が最も多く、水分子は細胞膜の二重層を通過しにくい。そこで、水分子の大部分は（③）とよばれるチャネルの一種を通過して細胞膜を通過している。異なる濃度の溶液に細胞を浸すと、水が細胞膜を介して細胞内外を移動し細胞体積が変化する。ある溶液に細胞を浸した時、水の移動はなく、細胞の体積に変化がみられない場合、その溶液は細胞内液に対して（④）であるといい、その溶液を（④）液という。細胞内液と（④）な食塩水は（⑤）食塩水とよばれる。ヒトの赤血球を蒸留水に浸すと、水を吸収して赤血球体積が増し、ついには細胞膜が破れ、ヘモグロビンが放出される。この現象を（⑥）といい、子牛の水中毒などでは同様の現象が生体で生じている。

物質の出入りに関して、細菌などの異物や高分子は、細胞膜が内部に陥入することによって、細胞内に取り込まれる。一方、^(d)細胞内の小胞の内容物は、小胞が細胞膜と融合することにより細胞外へ放出される。このように、細胞膜の二重層や膜タンパク質を通過できない高分子は、細胞陥入や融合などを介した方法で輸送される。



図

問1 文中の(①)に入る最適な数字を次のア)～オ)から1つ選び、記号で答えよ。

ア) 20 イ) 200 ウ) 2,000 エ) 20,000 オ) 200,000

問2 文中の空欄(②)～(⑥)に最適な語を入れよ。ただし、同じ番号には同じ語が当てはまる。

問3 下線部 a について、図の A～D の大きさに最も近い細胞などを、次のア)～カ)からそれぞれ1つ選び、記号で答えよ。

ア) ヒト免疫不全ウイルス (HIV) イ) ゾウリムシ
ウ) ダチョウの卵 (卵黄) エ) ニワトリの卵 (卵黄)
オ) ヒトの坐骨 (座骨) 神経の神経細胞 カ) ヒトの赤血球

問4 光学顕微鏡の分解能について、最も近い値を図の A～D から1つ選び、記号で答えよ。

問5 下線部 b について、核膜に多数存在し、核内と細胞質を連絡する穴について最も適切な名称を答えよ。

問6 下線部 c について、動物細胞になく植物細胞にみられる二重の生体膜からなる細胞小器官について最適な名称を答えよ。

問7 下線部 d について、消化酵素やホルモンなどの細胞外への分泌に利用されるこの現象は何とよばれるか、最適な名称を答えよ。