

I ~ **VI** の解答は,

すべて解答用紙の所定の欄に記入しなさい。

I

次の文章を読み、問 1～問 4 に答えなさい。

【配点 24】

肝臓は、血液によって運ばれてくるさまざまな物質を、からだに合ったものにつくり変える化学反応を行っている。肝臓には、**a** と **b** という異なる血管から血液が流れ込んでいる。**a** は小腸やひ臓などからくる血管で、小腸で吸収されたグルコースやアミノ酸などが運ばれてくる。**b** は心臓から直接くる血管で、酸素が運ばれてくる。肝臓が機能する単位は **c** である。**c** は直径 1 mm ほどの角柱状の形をしており、ヒトの肝臓には約 50 万個存在する。肝臓でつくられたビリルビンなどを含む **d** は、**e** を通って胆のうへ送られる。

肝臓には、小腸で吸収され運ばれてきたグルコースの一部を **f** として蓄えたり、**f** を分解してグルコースとして血中に戻したりするはたらきがある。また、血液中の物質の運搬や水分の保持に関係する血しょうタンパク質である **g** がアミノ酸から合成される。アミノ酸の分解などで生じるアンモニアは、毒性の低い **h** に変えられ血流により腎臓に運ばれる。また、アルコールや薬物などを酵素により分解し、無害な物質に変える **i** 作用も有している。

問 1 文中の **a** ～ **i** に入る最も適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部について、その目的を簡潔に述べなさい。

問 3 下線部について、すい臓ではグルコースから **f** への合成を促進するホルモンと **f** からグルコースへの分解を促進するホルモンが分泌される。

- (1) これらのホルモンが産生されるすい臓の部位の名称を答えなさい。
- (2) (1)の部位から分泌され、グルコースから **f** への合成を促進するホルモンの名称と、それを産生する細胞の名称を答えなさい。
- (3) (1)の部位から分泌され、**f** からグルコースへの分解を促進するホルモンの名称と、それを産生する細胞の名称を答えなさい。

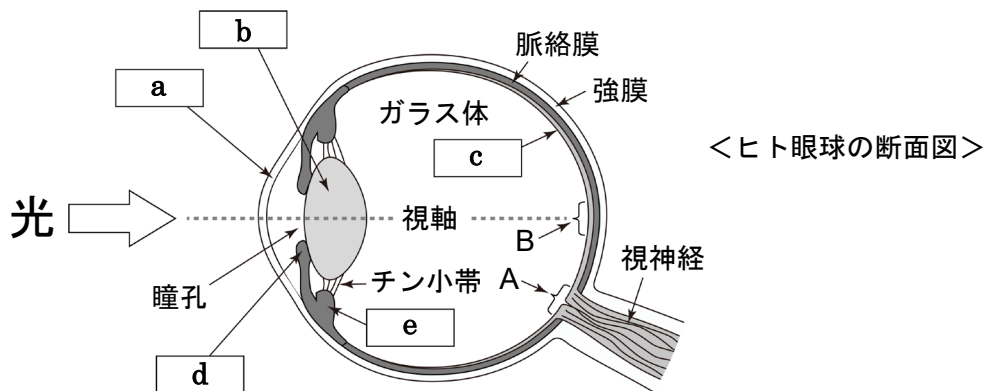
問 4 発生過程の原腸胚期に生じる 3 つの胚葉のうち、肝臓はどの胚葉に由来するか答えなさい。

II

次の文章を読み、問1～問6に答えなさい。

【配点 28】

ヒトでは、眼から入った光は **a** と **b** で屈折し、ガラス体を通して、**c** 上に像を結ぶ。**b** の前方にある **d** は、瞳孔の大きさを調節して **c** に達する光の量を変える。例えば、(A) 明るい場所から暗い場所に移ると、**d** は瞳孔を拡大し、取り入れる光の量を増やす。さらに、(B) **c** において光を受容する視細胞の感度が上昇することで、弱い光でも感知できるようになり、暗さに眼が慣れてくる。また、ヒトの眼は **b** の厚みを変えて焦点距離を調節することで、さまざまな距離の物体の焦点を合わせている。例えば、近くのものを見るときは、**e** にある筋肉が **ア** してチン小帯と呼ばれる結合組織がゆるみ、**b** は **イ** なる。それにより焦点距離は **ウ** なり、近くのものに焦点が合うようになる。



問1 文中および図中の **a** ～ **e** に入る最も適切な語句を答えなさい。

問2 文中の **ア** ～ **ウ** にあてはまる適切な組み合わせを次の①～⑧のうちから選び、記号で答えなさい。

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
ア	収縮	収縮	収縮	収縮	弛緩	弛緩	弛緩	弛緩
イ	厚く	厚く	薄く	薄く	厚く	厚く	薄く	薄く
ウ	長く	短く	長く	短く	長く	短く	長く	短く

問3 下線部(A)について、瞳孔の拡大や縮小は自律神経によって調節されている。下記の文章中の (1) ~ (3) に入る最も適切な語句を次の①~⑦のうちから1つずつ選び、記号で答えなさい。

『光が照射されると (1) のはたらきによって、図の d にある瞳孔括約筋が収縮して、瞳孔が縮小する。これを瞳孔反射(対光反射)といい、反射中枢は (2) にある。また、有毒ガスや一部の農薬に含まれる有機リンによる中毒では、アセチルコリン分解酵素のはたらきが阻害されるため、瞳孔は (3) する。』

- ① 交感神経 ② 副交感神経 ③ 脊髄 ④ 延髄
⑤ 中脳 ⑥ 拡大 ⑦ 縮小

問4 下線部(B)について、

- (1) 暗さに眼が慣れてくる現象を何というか答えなさい。
(2) 主にうす暗い場所ではたらき、明暗の識別に関与する視細胞の名称を答えなさい。
(3) (2)の細胞に含まれる感光物質(視物質)の名称を答えなさい。
(4) (3)の感光物質(視物質)は、光の吸収にはたらく物質と、オプシンというタンパク質から構成されている。光の吸収にはたらく物質の名称を答えなさい。

問5 図中の c 上にある部位 A および B について、

- (1) それぞれの部位の名称を答えなさい。
(2) 部位 A は視神経が束になって c を貫いている場所である。部位 A について、光受容における c の他の部位との違いと、その違いが生じる理由を簡潔に述べなさい。

問6 図中の部位 B には、主に明るい場所ではたらき、色の識別に関与する視細胞が集中している。この視細胞は、吸収する光の色によって感度の異なる 3 種に分けられ、それぞれの細胞の興奮の度合いにより色の識別に関与する。

- (1) この視細胞の名称を答えなさい。
(2) 視細胞が反応する「光の三原色」は ^{なにいろ}何色 かすべて答えなさい。

Ⅲ

次の文章を読み、問 1～問 5 に答えなさい。

【配点 26】

血液は、血球などの有形成分と血しょうと呼ばれる液体成分からなる。ヒトでは、血液は体重の約 13 分の 1 をしめ、水分の保持、体温調節、細胞の呼吸に必要な酸素や栄養分の運搬、細胞が放出した二酸化炭素や老廃物の運搬などを行っている。(A)ヒトの赤血球の寿命は約 120 日であり、古くなった赤血球は破壊されて新しくつくられた赤血球と入れ替わる。(B)他人の血液を混ぜ合わせると赤血球が凝集することがある。これは、血しょう中に含まれる抗体(凝集素)と赤血球の表面にある凝集原と呼ばれる物質が反応することによって凝集が起こるからである。ヒトの ABO 式血液型の場合、凝集素には α と β の 2 種類が、凝集原には A と B の 2 種類があり、 α と A または β と B が共存すると赤血球が凝集する。それぞれの血液型の凝集素と凝集原を下表にまとめた。

血液型	A 型	B 型	AB 型	O 型
凝集素	β	α	なし	α, β
凝集原	A	B	A, B	なし

問 1 次の文中の **a** ～ **d** に入る最も適切な語句または数字を答えなさい。

抗体は免疫グロブリンと呼ばれるタンパク質で、H 鎖 **a** 本と L 鎖 **b** 本のポリペプチドが共有結合の一種である **c** 結合でつながっている。免疫グロブリンには抗原と結合する **d** 部が 2 か所ある。

問 2 下線部(A)について、成人において、

- (1) 赤血球が破壊される臓器を 2 つ答えなさい。
- (2) 赤血球がつくられる器官を答えなさい。

問3 下にヒトの血液の有形成分表を示す。

(1) ア～カに入る最も適切な語句を答えなさい。

(2) キに入る最も適切な数値はどれか。次の①～⑤のうちから 1 つ選び、記号で答えなさい。

- ① 4 千～5 千 ② 4 万～5 万 ③ 40 万～50 万
④ 400 万～500 万 ⑤ 4000 万～5000 万

有形成分	核の有無	主なはたらき	個(/mm ³)
赤血球	ウ	オ	キ
ア	エ	免疫	4 千～9 千
イ	無	カ	20 万～40 万

問4 下線部(B)について、1000 人の集団からそれぞれ血しょうを採取し凝集反応を調べたところ、500 人の血しょうが A 型の赤血球を凝集させ、700 人の血しょうが B 型の赤血球を凝集させた。両方の赤血球を凝集させた血しょうと、どちらの赤血球も凝集させなかった血しょうの合計は 400 人であった。この集団の血液型はそれぞれ何人か答えなさい。

問5 抗原 X と結合できる免疫グロブリンが 30 μg あるとき、結合できる抗原 X の最大量(μg)を答えなさい。ただし抗原 X の分子量を 50,000 とし、免疫グロブリンの分子量を 150,000 とする。また、免疫グロブリンが結合する部位は抗原 X 上に 1 か所しかなく、抗原 X どうしは結合しないものとする。

IV

次の文章を読み、問 1～問 9 に答えなさい。

【配点 25】

現代では、生物のゲノム DNA の塩基配列に人為的な変異 (突然変異) を起こさせるゲノム編集技術が開発されており、中でも 2020 年のノーベル化学賞の対象となったクリスパー・キャス 9 法が急速に普及しつつある。この方法では、図 1 に示すように、ある条件を満たす 20 塩基対の DNA 配列 (これを標的 DNA 配列と呼ぶ) を選び、その配列に相補的な塩基配列をもつガイド RNA を設計する。そして、キャス 9 という特殊な DNA 切断酵素を、ガイド RNA とともに細胞内で発現させると、標的 DNA 配列内の特定の位置 (黒三角の位置) で両方の DNA 鎖が切断される。通常は、切断された (A) DNA の末端どうしが連結されることで二本鎖 DNA に修復されるが、その際に切断部位から何個かのヌクレオチドが欠失したり、逆に、切断部位に何個かのヌクレオチドが挿入されたりする変異が引き起こされることが知られている。

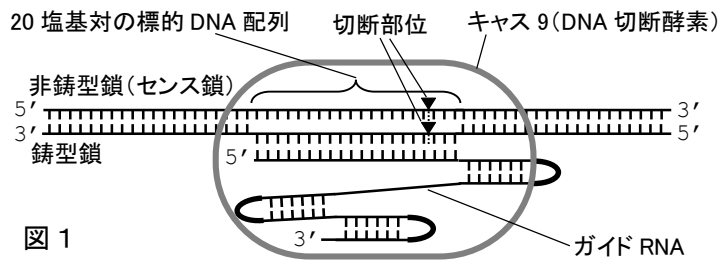


図 1

図 2 は、ある真核生物の遺伝子 X に変異を起こさせる実験を行う目的で、その最初のエクソンの塩基配列の一部と、その中に選定したクリスパー・キャス 9 法の標的 DNA 配列を示した模式図である。塩基配列は転写の鋳型となる DNA 鎖 (鋳型鎖) のみを左から 3'→5' の方向に示し、キャス 9 による切断点を矢印で示した。(B) この標的 DNA 配列は、転写される mRNA 上で翻訳が開始する部位を含んでおり、翻訳されるタンパク質の 1 番目から 5 番目までのアミノ酸配列を表の 3 文字略号で示すと Met-Ala-Leu-His-Tyr である。この標的配列に対するガイド RNA をキャス 9 とともに多数の細胞で発現させ、その後に細胞からゲノム DNA を取り出した。(C) 得られた DNA の塩基配列を調べたところ、DNA によっていろいろな変異が生じたことがわかった。

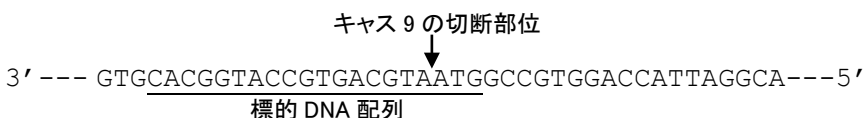


図 2

問1 下線部(A)のように、DNAの末端どうしを連結させる酵素の一般的な名称を答えなさい。

問2 一般に、DNAの塩基配列の変異には、欠失と挿入の他に何かあるか。その用語を答えて、どのような変異が簡潔に述べなさい。

		コドンの2番目の塩基					表
		U	C	A	G		
コドンの1番目の塩基	U	UUU Phe	UCU Ser	UAU ③	UGU Cys	U	アミノ酸の3文字略号 Ala アラニン Arg アルギニン Asn アスパラギン Asp アスパラギン酸 Cys システイン Gln グルタミン Glu グルタミン酸 Gly グリシン His ヒスチジン Ile イソロイシン Leu ロイシン Lys リシン Met メチオニン Phe フェニルアラニン Pro プロリン Ser セリン Thr トロネン Trp トリプトファン Tyr チロシン Val バリン
		UUC	UCC	UAC	UGC	C	
		UUA Leu	UCA	(a) 終止	(c) 終止	A	
	C	UUG	UCG	(b) 終止	UGG Trp	G	
		CUU	CCU	CAU His	CGU	U	
		CUC	CCC Pro	CAC	CGC	C	
	A	CUA	CCA	CAA Gln	CGA	A	
		CUG	CCG	CAG	CGG	G	
		AUU	ACU	AAU Asn	AGU Ser	U	
	G	AUC Ile	ACC Thr	AAC	AGC	C	
		AUA	ACA	AAA Lys	AGA	A	
		AUG ①	ACG	AAG	AGG	G	
G	GUU	GCU	GAU Asp	GGU	U		
	GUC	GCC ②	GAC	GGC	C		
	GUA	GCA	GAA Glu	GGA	A		
	GUG	GCG	GAG	GGG	G		

問3 図2の標的DNA配列の非鋳型鎖(センス鎖)を5'→3'の方向に答えなさい。

問4 表の(a)~(c)に適切な終止コドンに答えなさい。

問5 下線部(B)について、この mRNA の翻訳が開始される最初のアミノ酸から3番目のアミノ酸までのコドンを含む RNA 配列を、5'→3'の方向に答えなさい。

問6 表の①~③に適切なアミノ酸の3文字略号を答えなさい。

問7 下線部(B)について、このタンパク質の6番目と7番目のアミノ酸を3文字略号で答えなさい。

問8 下線部(C)について、ある変異をもつ DNA では、キヤス9による切断部位(図2の矢印の位置)に1つのCが挿入されていた。この変異遺伝子から合成されるタンパク質の5番目と6番目のアミノ酸を3文字略号で答えなさい。

問9 下線部(C)について、問8とは別の変異をもつ DNA では、切断部位から9塩基以内の欠失が起きており、その結果、わずか7個のアミノ酸からなるタンパク質を指定する配列となっていた。この変異遺伝子から合成されるタンパク質の7番目(最後)のアミノ酸を3文字略号で答え、何塩基の欠失が起きたのか答えなさい。

V

次の文章を読み、問 1～問 4 に答えなさい。

【配点 20】

1962 年にガードンは、あらかじめ紫外線 (UV) で核を不活性化にしたアフリカツメガエルの未受精卵に、オタマジャクシの小腸の細胞から取り出した核を移植する実験を行った(図 1)。移植を受けた卵のうち、卵割を開始してオタマジャクシ、そして正常な成体まで発生するものがあった。この結果は、分化した動物細胞の核でも、ある条件下では全能性をもつ核に戻すこと(初期化)が可能であることを示している。図 2 は、いろいろな発生段階にある胚やオタマジャクシから移植する核を取り出す時期と成体まで発生を続けた割合の関係を示している。

一方、1996 年のウィルモットとキャンベルらの実験によって、哺乳類の体細胞の核を用いた未受精卵への核移植が初めて成功し、クローン羊ドリーが誕生した。

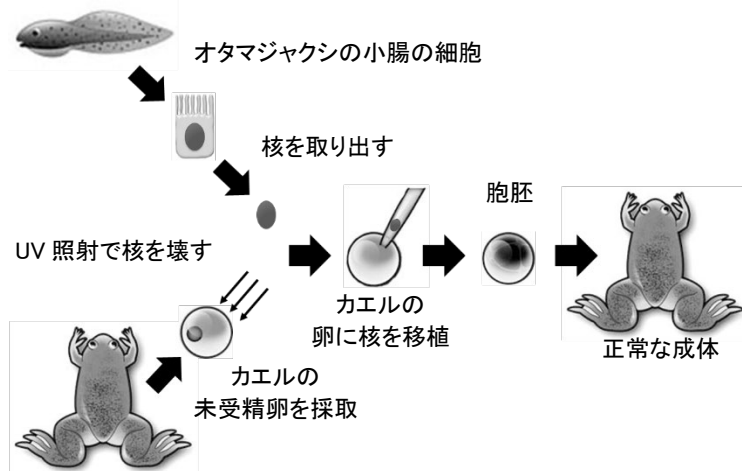


図1 ガードンの核移植実験

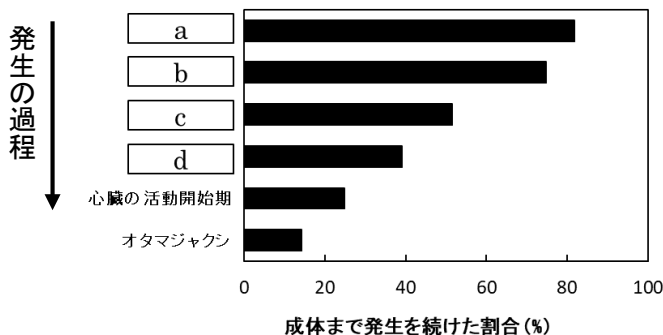


図2 移植する核を取り出す時期と成体まで発生を続けた割合

問1 図2の結果について、

(1) ~ に入る最も適切な胚の時期を、次の①~④のうちから1つずつ選び、記号で答えなさい。

- ① 尾芽胚期 ② 原腸胚期 ③ 胞胚期 ④ 神経胚期

(2) 図2の結果から、核の全能性について考えられることを、簡潔に述べなさい。

問2 ガードンが核移植で作製したカエルはクローンと呼ばれる個体である。

(1) クローンとはどのような生物か、簡潔に述べなさい。

(2) もとの個体のクローンでないものを次の①~⑤のうちから1つ選び、記号で答えなさい。

- ① 挿し木で成長したバラ ② 塊茎から成長したジャガイモの新個体
③ 出芽した酵母菌の新個体 ④ 分裂したゾウリムシの新個体
⑤ 接合して生じたアオミドロの新個体

問3 下線部について、核を取り出す細胞としてさまざまな体細胞が利用可能である。

(1) ある個体のクローンを得るために、核を取り出す体細胞として適切でないものを、次の①~④のうちから1つ選び記号で答えなさい。

- ① 線維芽細胞 ② 形質細胞 ③ 心筋細胞 ④ 小腸上皮細胞

(2) (1)で答えた細胞が適切でない理由を簡潔に述べなさい。

問4 現在では、ヒトやマウスの体細胞を初期化して、さまざまな種類の細胞に分化する能力をもつ幹細胞を人工的に作製することが可能になった。

(1) このようにして得られる幹細胞の名称を答えなさい。

(2) (1)で答えた細胞の作製法を簡潔に述べなさい。

VI

次の文章を読み、問 1～問 8 に答えなさい。

【配点 27】

地球上で最古の岩石ができてから今日までを **a** 時代という。**a** 時代は、地層に残された生物化石の出現状況によって区分されている。生物化石が多く現れる約 5 億 4 千万年前以降の時代は、古い順に、**b**、**c**、**d** の(A)3つの代に分けられている。それより前の、化石があまり出現しない時代は、**e** 時代と呼ばれている。特定の時代区分に出現し、その時代を特徴づける化石は **f** 化石と呼ばれる。これに対して、サンゴなどその生育環境を特徴づける化石は **g** 化石と呼ばれる。

化石と現生の生物の形態や、現生の生物どうしの形態を比較することで、進化の過程を推測できる。種類が異なる動物の間で、外形は異なるが基本的な構造のよく似た器官が見つかる例が多い。このように、(B)外形やはたらきが大きく異なっても起源が等しいと考えられる器官を **h** 器官という。一方、(C)形は似ていて機能も同じだが起源の異なる器官を **i** 器官という。

問 1 文中の **a** ～ **i** に入る最も適切な語句を答えなさい。

問 2 約 6 億 5 千万年前、比較的大型で、軟らかくて扁平なからだをもつ多細胞生物が生息したとされている。これらの生物群は、化石が発見されたオーストラリアの丘陵名をとって何と呼ばれているか答えなさい。

問 3 約 5 億 4 千万年前以降の地層からは、多細胞生物の化石の産出が飛躍的に増加し、現在みられるほとんどの門(グループ)の動物の化石がみられるが、現生のもとは大きく異なる動物の化石もみられる。これらの動物群は、化石が発見されたカナダのロッキー山脈の地層の名前をとって何と呼ばれているか答えなさい。

問4 下線部(A)について、各代はさらにいくつかの紀に細かく分けられる。以下の①～⑦には一部の紀を年代順に古いものから並べている。それぞれにあてはまるものを記号で答えなさい。

- (1) **c** に含まれる紀はどれか。すべて答えなさい。
(2) 両生類が出現した紀はどれか。
(3) 哺乳類が出現した紀はどれか。

① シルル紀	② デボン紀	③ 石炭紀	④ ペルム紀	⑤ 三畳紀	⑥ ジュラ紀	⑦ 白亜紀
-----------	-----------	----------	-----------	----------	-----------	----------

問5 以下の①～⑥のうち、**b** の **f** 化石とされるものはどれか。1つ選び、記号で答えなさい。

- ① 三葉虫 ② アンモナイト ③ 始祖鳥
④ マンモス ⑤ ビカリア ⑥ ティラノサウルス

問6 大気中の酸素濃度が増加し大気圏上層にオゾン層が形成されたことによって生物の陸上進出が可能になったと考えられている。オゾン層によって陸上生物の生存できる環境になった理由を簡潔に述べなさい。

問7 下線部(B)について、両生類、は虫類、鳥類、哺乳類の前肢は、原始的な四足動物の前肢がそれぞれの環境に適応した。また、オーストラリア大陸では、有袋類が多様な環境に応じて、小型のフクロネズミから肉食のフクロオオカミまで、多様な種がみられるようになった。このように、生物が共通の祖先から異なる環境へ適応して多様化することを何というか答えなさい。

問8 下線部(C)について、有袋類であるフクロオオカミと真獣類であるオオカミのように、生活様式が似ること、異なる系統の生物が、同じような環境への適応として、よく似た特徴をもつことがある。このように、異種の生物が同じような環境に適応する過程で形態や機能が類似することを何というか答えなさい。