

令和2年度 入学試験問題

理 科

	ページ
物 理.....	1～15
化 学.....	16～28
生 物.....	29～56
地 学.....	57～65

注 意 事 項

試験開始後、選択した科目の問題冊子及び解答用紙のページを確かめ、落丁、乱丁あるいは印刷が不鮮明なものがあれば新しいものと交換するので挙手すること。

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開かないこと。
2. 試験開始後は、すべての解答用紙に受験番号（2か所）・氏名を記入すること。
3. 解答は、必ず解答用紙の指定されたところに記入すること。
4. 解答する数字、文字、記号等は明瞭に書くこと。
5. 解答用紙は持ち出さないこと。

生 物

1 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

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

生体膜は、 とタンパク質を主成分とする膜であり、核膜や細胞膜をはじめ、多くの細胞小器官に存在する。^②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。^③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もっている。これらの物質は、細胞膜に存在する膜タンパク質、チャンネルやポンプ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、 とよばれるチャンネルの一種を通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の体積が変化する。ある溶液に細胞を浸した時、水の移動がなく、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 であるといい、その溶液を 液という。細胞内液と な食塩水は とよばれる。ヒトの赤血球を蒸留水に浸すと吸水して赤血球の体積が増し、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 という。

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、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に放出される。^④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、細胞膜の陥入や融合などを介した方法で輸送される。

多細胞生物の細胞は、細胞どうしの直接結合や、細胞と細胞外基質との結合^⑤により器官や組織などの構造が形成されるため、細胞接着機構は多細胞体制を形成・維持するうえで欠かせない。

問 1 文章中の 1 に最も適当な数字を以下の(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 文章中の 2 ～ 6 に最も適当な語句を記せ。

問 3 下線部①について、以下の図 1 における A ～ D の大きさに最も近い細胞などを、以下の(ア)～(カ)から 1 つ選び、それぞれ記号で答えよ。

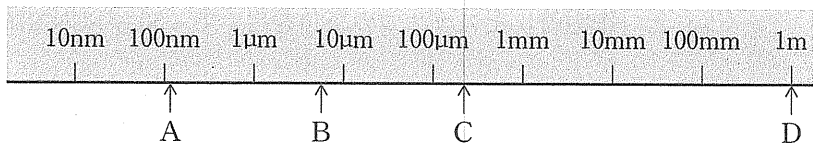


図 1 細胞などの大きさ

- | | |
|-----------------|----------------|
| (ア) インフルエンザウイルス | (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) ヒト座骨神経の神経細胞 | (カ) ヒトの赤血球 |

問 4 下線部②について、以下の問に答えよ。

(1) 核の外膜表面に多数存在し、核内と細胞質を連絡する穴は何か、その名称を記せ。

(2) 核の外膜の一部とつながった袋状、管状の構造をもつ細胞小器官は何か、その名称を記せ。

問 5 下線部③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は何か、その名称を記せ。

問 6 下線部④について，消化酵素やホルモン等の細胞外への分泌に利用されるこの現象は何とよばれているか，その名称を記せ。

問 7 下線部⑤について，以下の問に答えよ。

(1) 細胞接着タンパク質として，カドヘリンが知られている。カドヘリンの機能を調べるために次の実験を行った。複数の組織の細胞を個々の細胞にまで互いに解離させた。その後，複数の組織由来の細胞を混ぜ培養を行った。その結果，同じ組織由来の細胞どうしは接着し，異なる組織由来の細胞どうしは接着しなかった。このような現象が生じた理由を「カドヘリン」と「細胞膜」という2つの語句を用いて，50字以内で説明せよ。

(2) カドヘリン以外の細胞接着タンパク質として，最も適当なものを以下の(ア)～(エ)から1つ選び，記号で答えよ。

(ア) ケラチン

(イ) インテグリン

(ウ) クリスタリン

(エ) ミオシン

2 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

近年、遺伝子操作技術の進歩により、目的に応じた遺伝子を細胞や個体に導入することが可能となっている。この遺伝子導入の際、外来の遺伝子を細胞に運ぶ役割を担うものを [1] とよぶ。[1] は、遺伝子治療や遺伝子組換え生物の作製に利用される。例えば、アグロバクテリウムやバクテリオファージなどは遺伝子組換え生物の作製に^①使用される。また、遺伝子組換え技術の発展には、様々な生物の遺伝情報を解読することが重要である。生物のもつ全遺伝情報をゲノムとよぶ。ヒトゲノム計画により、ヒトの染色体中の約30億塩基対にもなるゲノム配列情報の解読が完了した。多くのヒトのゲノム配列情報を解読した結果、同じヒトという種の中でも、個体間でゲノム配列に一定の割合で違いがあることが分かった。このうち、ある一定の範囲の塩基配列中で、一塩基のみに違いがあることを [2] とよぶ。この状態は、ある生物集団の多数のゲノム配列を調べて、その生物集団全体の中で1%よりも多い割合でそれをもっているという定義により、突然変異とは区別される。

ある種のタンパク質を産生するための遺伝子に突然変異をもち、そのタンパク質が正常に産生されないことで引き起こされる遺伝病の場合、その患者を根本的に治すためには遺伝子治療が有効となる。ADA(adenosine deaminase)欠損症は、リンパ球の発達や生存能力に障害が出ることで免疫不全を引き起こす遺伝病である。^③1990年の米国において、世界初のレトロウイルス [1] を利用した遺伝子治療がこの ADA 欠損症の患者を対象に試みられた。レトロウイルスは RNA をゲノムとしてもつウイルスの1群である。レトロウイルスは、逆転写酵素によって RNA から DNA を合成して宿主のゲノム DNA に遺伝子を組み込むことができる。したがって、レトロウイルスは [3] の概念にあてはまらない遺伝情報の流れをつくる。患者の血液からリンパ球を取り出し、レトロウイルス [1] を利用して正常な ADA 遺伝子をこのリンパ球の核 DNA に組み込んだ後、患者の体内に戻した。その結果、患者のリンパ球では正常な ADA タンパク質が産生され、患者の免疫機能が回復した。

問 1 文章中の 1 ～ 3 にあてはまる語句を記せ。

問 2 下線部①について、以下の問に答えよ。

- (1) 遺伝子組換え植物の作製には、アグロバクテリウムという植物の病原菌が主に利用されている。アグロバクテリウムはプラスミドをもち、そのプラスミドを利用して植物細胞に目的遺伝子を組み込むことができる。この遺伝子導入過程について、「プラスミド」と「目的遺伝子」という2つの語句を用いて、50字以内で説明せよ。
- (2) バクテリオファージに関する説明で適当なものを以下の(ア)～(オ)からすべて選び、記号で答えよ。
- (ア) バクテリオファージはウイルスである。
 - (イ) バクテリオファージは大腸菌に感染する。
 - (ウ) バクテリオファージはヒト細胞に遺伝子導入できる。
 - (エ) バクテリオファージの感染様式はトランスジェニックマウスの作製に利用されている。
 - (オ) バクテリオファージの感染様式は除草剤耐性遺伝子をもつ農作物の作製に利用されている。

問 3 下線部②について、以下の問に答えよ。

(1) ヒトのゲノム中にはタンパク質の情報を含んだ遺伝子はどのくらいあるか、現在分かっているおおよその数を以下の(ア)～(オ)から1つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 約 5,000 (イ) 約 20,000 (ウ) 約 80,000
(エ) 約 320,000 (オ) 約 1,280,000

(2) ヒトの細胞は、核以外のある細胞小器官にも DNA を含んでおり、そのゲノム配列情報の解読も既に完了している。その細胞小器官の名称を答えよ。

問 4 遺伝子の DNA 配列情報をもとにしてタンパク質が産生される一連の過程を遺伝子発現という。この遺伝子発現の過程について、以下の問に答えよ。なお、mRNA は伝令 RNA を、tRNA は転移 RNA をそれぞれ表す。

(1) 細胞内において、mRNA に結合したりボソームにアミノ酸を運ぶのは tRNA である。この tRNA に含まれている mRNA のコドンに相補的な塩基 3 つの配列を何とよぶか、その名称を答えよ。

(2) 真核生物は、その生物がもつ遺伝子の総数よりも多くの種類の mRNA を合成する。その理由を、「mRNA 前駆体」と「エキソン」という 2 つの語句を用いて、45 字以内で説明せよ。

(3) 転写において、RNA の鋳型として使われる DNA 鎖をアンチセンス鎖、鋳型として使われない DNA 鎖をセンス鎖という。ある RNA 配列の一部が 5' -AUGC-3' であった場合、これに対するアンチセンス鎖とセンス鎖の塩基配列をそれぞれ 5' 末端から記せ。

問 5 下線部③について、以下の問に答えよ。

- (1) ADA 欠損症は常染色体劣性遺伝形式をとる。ADA 遺伝子突然変異をもっているが ADA 欠損症を発症していない両親から生まれた子供は、ある一定の確率で ADA 欠損症を発症することがわかった。その確率を%で答えよ。

- (2) mRNA のうち、タンパク質を合成するための開始コドンから終止コドンまでの塩基配列をコード領域とよぶ。遺伝子組換え技術により正常 ADA 遺伝子の mRNA からタンパク質を合成して解析したところ、363 個のアミノ酸から構成されていることがわかった。この正常 ADA 遺伝子の mRNA におけるコード領域の総塩基数はいくつか、その数を記せ。

問 6 遺伝子の突然変異は、タンパク質への翻訳に様々な影響を与える。図1は、ある遺伝子の mRNA のうち開始コドンから 21 塩基分の配列を示している。この図1の配列に、一塩基置換が起こった結果、以下の(A)、(B)のような変化が起こった。それぞれの条件を満たす一塩基置換の場所を図1中に記載されている塩基配列上の番号で記せ。その際、表1の遺伝暗号表を参考にせよ。

- (A) 図1の mRNA 配列に対応する7個のアミノ酸配列に、グルタミン酸が含まれるようになった。
- (B) 図1の mRNA 配列に終止コドンが生じた。

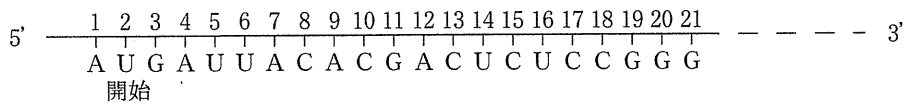


図 1

表 1 遺伝暗号表

1つ目の塩基	2つ目の塩基				3つ目の塩基
	U	C	A	G	
U	UUU } フェニルアラニン	UCU } セリン	UAU } チロシン	UGU } システイン	U
	UUC } アラニン	UCC } セリン	UAC } チロシン	UGC } システイン	C
	UUA } ロイシン	UCA } セリン	UAA } 終止	UGA } 終止	A
	UUG } ロイシン	UCG } セリン	UAG } 終止	UGG } トリプトファン	G
C	CUU } ロイシン	CCU } プロリン	CAU } ヒスチジン	CGU } アルギニン	U
	CUC } ロイシン	CCC } プロリン	CAC } ヒスチジン	CGC } アルギニン	C
	CUA } ロイシン	CCA } プロリン	CAA } グルタミン	CGA } アルギニン	A
	CUG } ロイシン	CCG } プロリン	CAG } グルタミン	CGG } アルギニン	G
A	AUU } イソロイシン	ACU } トレオニン	AAU } アスパラギン	AGU } セリン	U
	AUC } イソロイシン	ACC } トレオニン	AAC } アスパラギン	AGC } セリン	C
	AUA } メチオニン	ACA } トレオニン	AAA } リシン	AGA } アルギニン	A
	AUG } メチオニン(開始)	ACG } トレオニン	AAG } リシン	AGG } アルギニン	G
G	GUU } バリン	GCU } アラニン	GAU } アスパラギン酸	GGU } グリシン	U
	GUC } バリン	GCC } アラニン	GAC } アスパラギン酸	GCC } グリシン	C
	GUA } バリン	GCA } アラニン	GAA } グルタミン酸	GGA } グリシン	A
	GUG } バリン	GCG } アラニン	GAG } グルタミン酸	GGG } グリシン	G

3 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

動物の卵は、受精すると活発な細胞分裂をはじめ、発生を開始する。動物の発生初期にみられる体細胞分裂を卵割という。動物の卵では [1] の生じる側を動物極、反対側を植物極という。ウニや哺乳類などの卵は、卵黄が卵全体に均一に分布することから等黄卵とよばれる。等黄卵では、8細胞期まではほぼ等しい割球を生じる等割がみられる。両生類の卵では、8細胞期になるときに植物極側の割球が動物極側に比べて大きくなる^①不等割がみられる。

カエルの卵は、卵割が進むと桑実胚を経て^②胞胚になる。胞胚腔は、動物極に偏った位置に生じる。胞胚期を過ぎると、灰色三日月環の植物極側に [2] が形成され、そこから陥入がはじまり、原腸胚となる。 [2] によって囲まれた植物極の部分を卵黄栓という。原腸胚期には胚を構成する細胞群が外胚葉、中胚葉、内胚葉の3つの胚葉に分かれる。原腸胚後、 [3] ^③尾芽胚を経て幼生(オタマジャクシ)となる。

発生の段階では、細胞の分化だけでなく、特定の時期にある細胞群が自発的に死んでいくことによって器官が形成されることがわかっている。発生段階において、ある段階であらかじめ死ぬように決められている細胞死を [4] という。たとえば、カエルの変態における尾の衰退も、 [4] によって引き起こされる生命現象の一つである。 [4] のうち、アポトーシスとよばれる細胞死^④は、発生過程や、すでに形成された組織の恒常性の維持に関与している。

このような細胞の増殖と分化のメカニズムは近年、再生医療へと応用されている。通常は、ある器官から取り出した細胞は増殖後もその器官の細胞のままである。しかし、より未分化な細胞はより多様に分化する能力がある。そのような能力に着目して人工的に作製した細胞として、ES細胞や^⑤iPS細胞が知られている。

問1 文章中の [1] ～ [4] にあてはまる最も適切な語句を記せ。

問 2 カエルと同じ動物(門)に分類される生物はどれか，以下の(ア)~(ク)からすべてを選び，記号で答えよ。

- (ア) バフンウニ (イ) ムラサキカイメン (ウ) センチュウ
- (エ) メダカ (オ) マダコ (カ) マウス
- (キ) プラナリア (ク) イソギンチャク

問 3 下線部①について，カエル卵の不等割が生じる理由について最も適当なものどれか，以下の(ア)~(エ)から1つを選び，記号で答えよ。

- (ア) 卵の植物極側に，卵割を妨げる卵黄が多く含まれているため。
- (イ) 卵の動物極側に，卵割を妨げる卵黄が多く含まれているため。
- (ウ) 卵の植物極側に，卵割を促進する卵黄が多く含まれているため。
- (エ) 卵の動物極側に，卵割を促進する卵黄が多く含まれているため。

問 4 下線部②について、胚葉の形成機構を調べるために、以下に示すような実験をおこなった。アフリカツメガエルの胞胚から動物極側の領域 A と植物極側の領域 B をそれぞれ点線に沿って切り出し、(a)~(d)の異なる条件で培養した。(a)は領域 A のみを培養し、(b)は領域 A と B を接着させ培養した。(c)は領域 A と B の間に薄いビニールシートを挟んで培養し、(d)は領域 A と B の間に「小さな穴の開いたフィルター」を挟んで培養した。領域 A からどのような組織が分化するか観察したところ、図 1 の矢印の下に示した結果を得た。

- (1) 図 1 の(a)~(d)の実験結果からわかることを、「分泌」と「低分子」という 2 つの語句を用いて、50 字以内で説明せよ。ここで、「低分子」とは図 1 (d)で用いた「小さな穴の開いたフィルター」を通過することができるサイズの分子のことを指す。

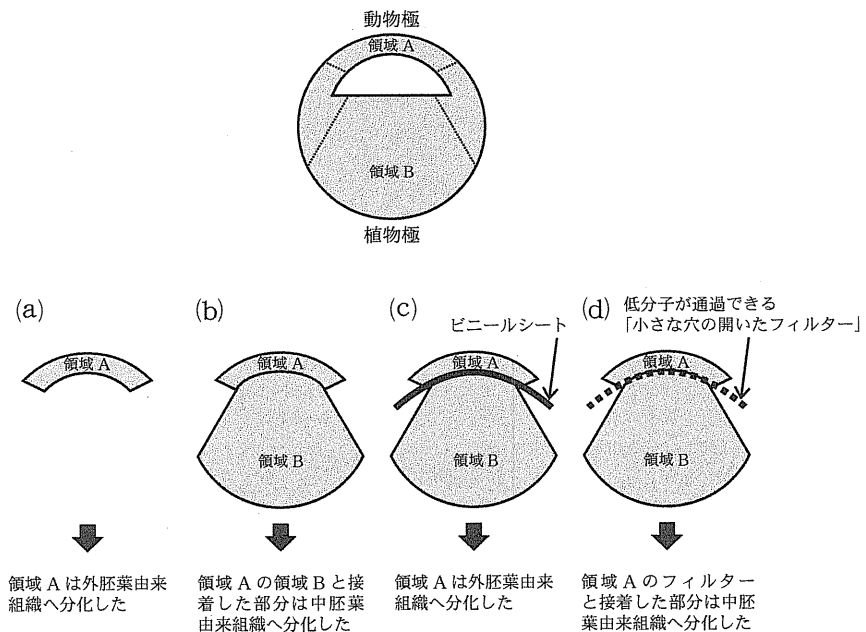


図 1

(2) 領域 B のみを単独で培養すると、領域 B はどのように変化するか、最も適当なものを以下の(ア)~(カ)から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 領域 B から外胚葉由来組織が分化する。
- (イ) 領域 B から中胚葉由来組織が分化する。
- (ウ) 領域 B から内胚葉由来組織が分化する。
- (エ) 領域 B から外胚葉由来と中胚葉由来組織の両者が分化する。
- (オ) 領域 B から外胚葉由来と内胚葉由来組織の両者が分化する。
- (カ) 領域 B から中胚葉由来と内胚葉由来組織の両者が分化する。

(3) 図 1 (a) に示すように、領域 A を単独培養すると外胚葉由来組織が分化してくる。

この領域 A にヒトのがん細胞の培養液から抽出されたタンパク質 P を加えて培養したところ、領域 A は筋肉、心臓などに分化した。一方、領域 B にタンパク質 P を加えて培養すると、領域 B を単独培養した際と同じ組織が分化した。

このタンパク質 P の作用として、最も適当なものを以下の(ア)~(カ)から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 領域 A に作用し、外胚葉性の組織や器官への分化を誘導する。
- (イ) 領域 B に作用し、中胚葉性の組織や器官への分化を誘導する。
- (ウ) 領域 A に作用し、内胚葉性の組織や器官への分化を誘導する。
- (エ) 領域 B に作用し、外胚葉性の組織や器官への分化を誘導する。
- (オ) 領域 A に作用し、中胚葉性の組織や器官への分化を誘導する。
- (カ) 領域 B に作用し、内胚葉性の組織や器官への分化を誘導する。

問 5 下線部③について，カエルの尾芽胚の横断面を図 2 に示す。以下の問に答えよ。

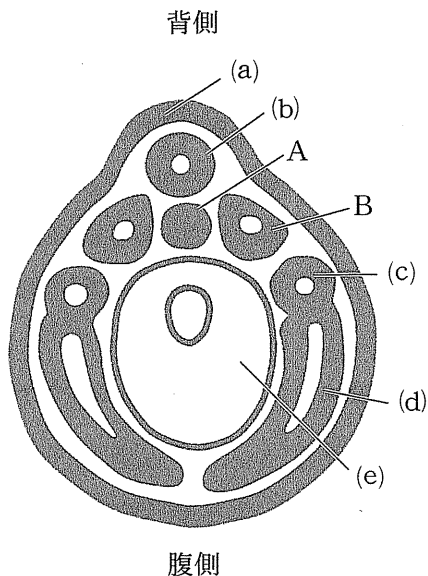


図 2

(1) 図 2 の(a)~(e)の各構造から形成される組織・器官について，最も適切な組み合わせを以下の(ア)~(カ)から 1 つ選び，記号で答えよ。

図 2 記号	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
(ア)	網膜	脳	肝臓	心臓	すい臓
(イ)	角膜	真皮	腎臓	血管	肝臓
(ウ)	つめ	脊髄	肝臓	血管	腎臓
(エ)	網膜	真皮	腎臓	心臓	すい臓
(オ)	つめ	脳	腎臓	血管	すい臓
(カ)	角膜	脊髄	肝臓	真皮	腎臓

(2) 図 2 の A および B はそれぞれ何か，名称を記せ。

問 6 下線部④について、以下の問に答えよ。

(1) アポトーシスにおける細胞の状態を示すものはどれか、最も適当なものを以下の(ア)~(オ)から1つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 細胞膜の物理的損傷による破裂 (イ) DNA の修復
(ウ) 細胞分裂の促進 (エ) 小胞体とゴルジ体の膨張
(オ) DNA の断片化

(2) アポトーシスを起こした細胞は何によって取り込まれ貪食されるのか、最も適当なものを以下の(ア)~(オ)から1つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 赤血球 (イ) リンパ球 (ウ) 血しょう
(エ) マクロファージ (オ) 血小板

問 7 下線部⑤について、iPS細胞の説明として適当なものはどれか、以下の(ア)~(オ)からすべて選び、記号で答えよ。

- (ア) 体細胞に4種類の遺伝子を導入して作製された。
(イ) 哺乳類の初期胚内部にある細胞塊より作製された。
(ウ) がん化する可能性があるため、安全性の確認が課題である。
(エ) シュペーマンによりイモリ初期原腸胚の実験から発見された。
(オ) ある個体から取り出した核を、核を除去した未受精卵に移植して作製された。

4 次の文章を読み、問1～問8に答えよ。

動物は環境から情報を集め、情報に応じた反応をするためのしくみをもっている。情報を刺激として感知するしくみは、眼や耳や鼻などの [1] が担い、^① 応答するしくみは筋肉などの [2] が担う。

ヒトの眼は、角膜、水晶体、ガラス体、網膜などから構成され、単に光の明暗^②を感じるだけでなく、物体の形や色を感じることができる。網膜に光が当たると、まず網膜に存在する視細胞で電気信号が生じる。この信号は、網膜にある別の神経細胞を介して視神経細胞に受け渡される。視神経細胞から出る軸索は、網膜上の [3] に集まり、ここで網膜を内から外へと貫いて視神経とよばれる軸索の束になり、視覚的な信号を視覚中枢へ向かって送る。^③

眼に入る光の量は虹彩によって調節される。この機能は、虹彩に存在する2種類の筋肉のはたらきによる。輪状に走る筋肉が収縮すると、 [4] が狭くなり、眼に入る光量は減少する。放射状に走る筋肉が収縮すると [4] が広がり、眼に入る光量は増大する。これにより視細胞が適切に反応できるように光量が調節される。

眼には水晶体の厚みを変えるしくみがある。水晶体の周囲には [5] とい^④う輪状の筋肉があり、これは [6] という放射状の構造を介して水晶体を引っ張るようにつながっている。 [5] が弛緩すると、水晶体が [6] により引っ張られることで薄くなり、 [5] が収縮すると、 [6] は緩み、水晶体は自らの弾性により厚くなる。

網膜に存在する視細胞には、光を効率よく吸収できるようにする視物質が含まれる。視細胞のはたらきにより、網膜の中央部にある黄斑では外界の像の主要部^⑤分を捉え、認識することができる。さらに、明るい場所から暗い場所へ急に移動すると、最初は何も見えないがやがて見えるようになることができる暗順応とい^⑥う現象がみられる。

問 1 文章中の 1 と 2 にあてはまる最も適当な語句を記せ。

問 2 文章中の 3 ~ 6 にあてはまる最も適当な語句を、以下の(ア)~(ク)からそれぞれ1つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 視索 (イ) 瞳孔 (ウ) 脈絡膜 (エ) 毛様筋
(オ) 結膜 (カ) 盲斑 (キ) チン小帯 (ク) 強膜

問 3 下線部①について、眼や耳や鼻などはそれぞれ特定の刺激に対して反応する。この特定の刺激を何とよぶか。その名称を記せ。

問 4 下線部②について、ヒトの眼はカメラに似た構造をとる。カメラのレンズ、フィルムやイメージセンサー、絞りに相当するヒトの視覚器の部位について最も適当な組み合わせを以下の(ア)~(カ)から1つ選び、記号で答えよ。

	レンズ	フィルムや イメージセンサー	絞り
(ア)	ガラス体	虹彩	網膜
(イ)	ガラス体	角膜	虹彩
(ウ)	角膜	網膜	水晶体
(エ)	角膜	虹彩	水晶体
(オ)	水晶体	網膜	虹彩
(カ)	水晶体	角膜	網膜

問 5 下線部③について、図1はヒトの脳の側面を表す。視覚中枢のはたらきを示す部位として、図1の(ア)～(オ)から最も適当なものを1つ選び、記号で答えよ。

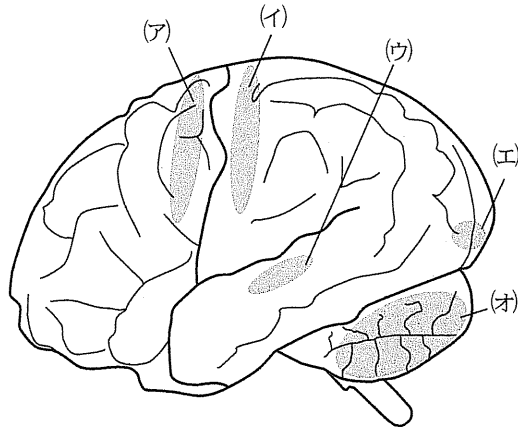


図 1

問 6 下線部④について、以下の文を読み、水晶体のしくみについて答えよ。

建造物 10 階(高さ約 30 メートル)の一室で講演会が開催されており、ある 20 歳代青年が、講師の 3 メートル後方で会に参加した。講演会中に、その参加者は自身の講演会資料を熟読した。また講演会終了後には部屋の窓からわずかに小さく見える山(標高約 500 メートル)を眺望した。その参加者の眼の水晶体の厚みは、講演会中の講師を見ていたときの厚さに比べて、講演会資料を熟読したとき(近くを見るとき)と、山を眺望したとき(遠くを見るとき)で、それぞれどのようになるか。最も適当な組み合わせを次ページの(ア)～(キ)から 1 つ選び、記号で答えよ。

ただし、講演会参加者 20 歳代青年の眼の機能に異常が無いことは確認されている。

	近くを見るとき	遠くを見るとき
(ア)	厚くなる	厚くなる
(イ)	厚くなる	薄くなる
(ウ)	厚くなる	変化しない
(エ)	薄くなる	厚くなる
(オ)	薄くなる	薄くなる
(カ)	薄くなる	変化しない
(キ)	変化しない	変化しない

問 7 下線部⑤について、網膜上の黄斑の部位は、他の部位と比べて物体の細かい形や色彩がより良く見える、という特徴がある。この特徴が生じる理由を、25字以内で説明せよ。

問 8 下線部⑥について、暗順応について眼のはたらきを調べるために、ヒトが明るい場所(明所)から暗い場所(暗所)に移動したときの眼における光の感受性について調べた。図 2 は、ヒトが明所から暗所に移動後、眼に光を当てて、感知できる光の強さについて測定し、ヒトにおける暗順応での網膜の感度変化を示したグラフである。以下の問に答えよ。

- (1) 図 2 の曲線上の点 B から点 C では、暗所での時間経過に依存して、より弱い光でも見えるようになる。この理由について、関与する視細胞名および視物質名をそれぞれ 1 つずつ含め、35 字以内で説明せよ。
- (2) 明所から暗所に移動してから 25 分後、暗順応によって、ヒトの眼が光を感知できる能力は何倍に増加したか、最も適当な数値を以下の(ア)~(オ)から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 1 (イ) 10 (ウ) 100 (エ) 1,000 (オ) 10,000

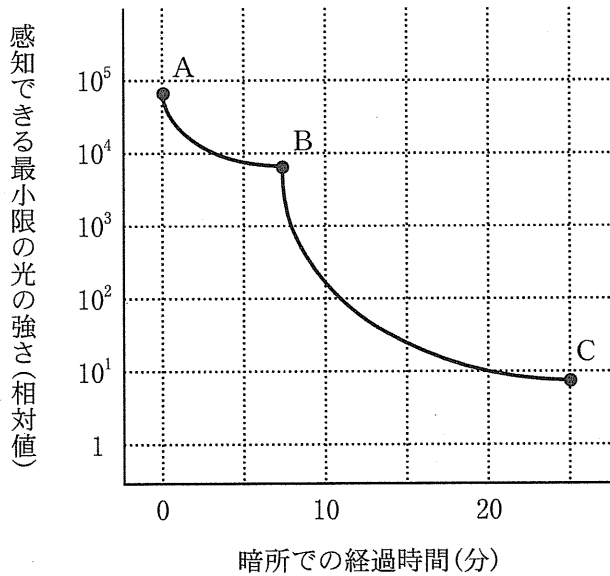


図 2

(3) 明所から暗所に移動したヒトの黄斑にだけ光を当てて、暗順応での網膜の感度変化を調べた。その結果を表す曲線あるいは直線(実線)について、最も適当なグラフを図3の(ア)~(カ)から1つ選び、記号で答えよ。ただし、グラフ中の点線は明所から暗所に移動したヒトの眼全体に光を当てたときの図2と同じ結果を表す。また、測定に用いた光の種類とその強さは、図2と同じである。

感知できる最小限の光の強さ(相対値)

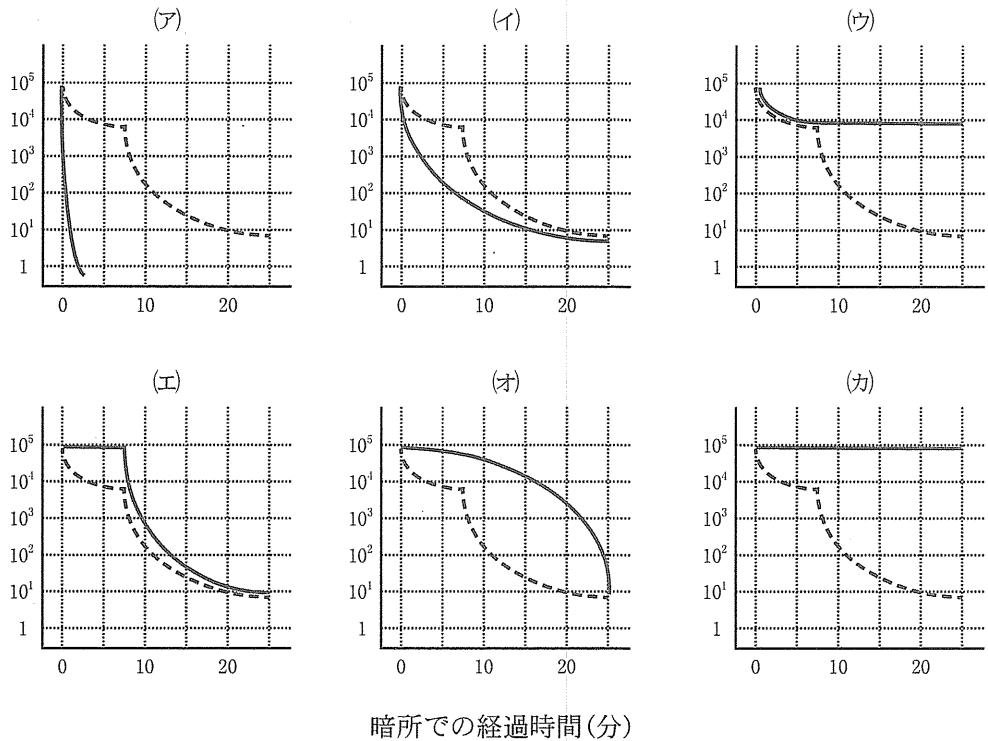


図 3

5 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

動物は、同種他個体と集合して、相互に影響を与えながら生活することがある。このような集団を群れとよぶ。シマウマやジュズカケバトなどでみられる群れ^①での生活は、群れの参加者に様々な利益をもたらすことがある。一方で、同じ資源を消費する個体が集まっているため、が生じることがある。また、群れの個体群密度によってバツタなどは個体の特徴を大きく変化させることがあり、これをとよぶ。例えば、トノサマバツタは個体群密度が低いときには後脚が長く、体長に対し前翅^{まえばね}の短いとよばれる飛び跳ねることに適した成虫に成長する。一方で、個体群密度が高くなると、体長に対し前翅が長く体内に多くの脂肪を蓄えた飛翔能力に優れたとよばれる成虫に成長する。

トノサマバツタに限らず様々な昆虫で、多数の個体が集まって共同で生活している場合がある。これらの昆虫の中で、分業がみられるものは社会性昆虫と定義されており、この中で子供を生むメス個体は一般に^②とよばれている。一方で、や自身の兄弟姉妹の世話、外敵からの防衛を行なう個体は一般にとよばれている。同じような他の個体の繁殖を助けるような行動は、一夫一妻制の鳥類でもみられる。例えば、シジュウカラは前年に生まれた個体が自身の妹や弟の世話をすることがあり、このような利他的な行動をする個体はとよばれている。これらの分業や利他的な行動が進化してきた背景として、共同で暮らしている個体間の遺伝子の共有度合いを示す血縁度^③の高さが関係しているということが考えられている。これは、一緒に暮らす個体間の血縁度^④が高く、自身で子供を産まなくても血縁個体の繁殖の手助けを通じて自身の遺伝子を増やすことに成功しているという考えにもとづいている。

問1 文章中の～にあてはまる最も適当な語句を記せ。

問2 下線部①について、群れに参加することで得られる利益を個体の適応度の観点から2つ、それぞれ15字以内で具体的に述べよ。

問 3 下線部②について、以下の間に答えよ。

(1) 社会性昆虫を以下の(ア)~(オ)からすべて選び、記号で答えよ。

- (ア) イエシロアリ (イ) イナゴ (ウ) セイヨウミツバチ
 (エ) モンシロチョウ (オ) クロオオアリ

(2) 図1は、ある半倍数性を示す社会性昆虫における染色体の遺伝様式を示している。この社会性昆虫においてメス(母親)はオス(父親)の精子を使わずにオス(息子)を産むことができる。そのため、オスが一倍体となる半倍数性を示し、メス(母親)の産んだオス(息子)はメス(母親)がもつ2本の染色体のうちどちらか一方のみを1本だけ受け継いで生まれてくる。また、メス(母親)の産んだ次世代のメス(娘)はメス(母親)がもつ2本の染色体のうちどちらか一方とオス(父親)がもつ1本の染色体を受け継いで生まれてくることになる。

このような社会性昆虫における姉妹間、兄弟間、息子から見た場合の母息子間の血縁度を小数第2位まで記せ。ただし、図1にあるオス(息子)とメス(娘)に受け継がれている染色体では、組換えや突然変異が生じないものとする。また、必ずしも図1にあるような組み合わせになるとは限らない。

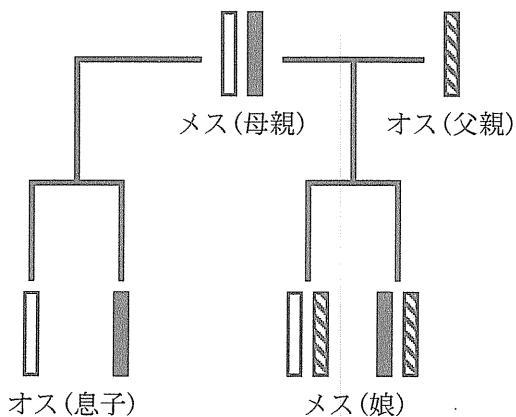


図1 半倍数性を示す社会性昆虫における染色体の遺伝様式

問 4 下線部③について、半倍数性を示す社会性昆虫における母と娘間の血縁度と等しい血縁度を以下の(ア)~(オ)からすべて選び、記号で答えよ。

- (ア) ライオンの兄弟間の血縁度
- (イ) イヌの祖母と孫間の血縁度
- (ウ) ヒトのいとこ間の血縁度
- (エ) ネコの母子間の血縁度
- (オ) ヒトの姉妹間の血縁度

問 5 下線部④について、自分の子供をどれだけ残せたかではなく、遺伝子をどれだけ残せたかに注目した尺度として最も適当なものを、以下の(ア)~(オ)から1つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 遺伝子頻度 (イ) 類似度 (ウ) 進化速度
- (エ) 包括適応度 (オ) 被度

6 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

タンパク質のアミノ酸配列やDNAの塩基配列には、生物の進化の痕跡が残っている。例えば、あるタンパク質のアミノ酸配列を種間で比較すると、近縁種間ではアミノ酸配列の違いが少ないのに対して、類縁関係の遠い種間ではアミノ酸配列の違いが多くなる。これはタンパク質には、種が分かれてからの時間に比例してアミノ酸の置換を蓄積するという性質があるからである。このように、タンパク質やDNAなどの分子に生じる変化は時を刻む時計のように一定の速さで起こることから、分子時計という概念が生まれた。

① ウーズらは分子時計の概念に従って、すべての生物がもつ の塩基配列を解析することで、生物を , , 真核生物の 3つのグループ ^②に分けることを提唱した。三者は共通の祖先をもち、約38億年前に は ・真核生物と分岐し、さらに約24億年前に と真核生物が分岐した。

の提唱した五界説では、真核生物は 界、植物界、菌界、動物界に分類される。 界は、単細胞生物やからだの構造が簡単な多細胞生物が含まれ、多様性の高い分類群である。その一群である 藻類 ^③は、光合成をおこなう独立栄養生物のうち、植物を除く真核生物の総称である。動物界には、多細胞で運動性のある従属栄養生物が含まれ、胚葉の分化の違いにより、海綿動物(側生動物)、二胚葉動物、 動物に大別される。このうち 動物には、旧口動物と 新口動物 ^④の系統がある。

問 1 下線部①について、分子時計の概念で説明できる最も適当なものを以下の(ア)～(オ)から1つ選び、記号で答えよ。

- (ア) シロイヌナズナの葉緑体に含まれる DNA 上の遺伝子 A と、シアノバクテリアのゲノム DNA 上の遺伝子 A の塩基配列は類似している。
- (イ) ヒトとウシとサメのヘモグロビン α 鎖のアミノ酸配列を比較すると、ヒトとウシとの間よりもヒトとサメとの間の方が異なるアミノ酸が多い。
- (ウ) ヒト赤血球中のヘモグロビン β 鎖のアミノ酸配列は、健常者と鎌状赤血球貧血症患者との間で1箇所異なる。
- (エ) 染色体を構成する DNA の塩基対数は、ヒトとハツカネズミとは異なる。
- (オ) ナメクジウオではホメオティック遺伝子群を1群もつのに対して、マウスでは4群もつ。

問 2 文章中の ～ にあてはまる最も適当な語句を記せ。

問 3 下線部②のグループとは、界よりも上位に位置する生物の分類階級のことである。その名称を答えよ。

問 4 文章中の にあてはまる最も適当な人物名を以下の(ア)～(カ)から選び、記号で答えよ。

- (ア) 下村脩
- (イ) パスツール
- (ウ) マーグリス
- (エ) マリス
- (オ) メセルソン
- (カ) 岡崎令治

問 5 下線部③の藻類を祖先として進化した植物の系統について図 1 に示す。図 1 中の(a)~(c)にあてはまる形質として最も適当なものを以下の(ア)~(キ)からそれぞれ選び、記号で答えよ。

- (ア) 葉緑体をもつ
- (イ) 発達した維管束をもつ
- (ウ) クチクラ層をもつ
- (エ) 気孔をもつ
- (オ) 子房を形成する
- (カ) 種子を形成する
- (キ) 遊走子を形成する

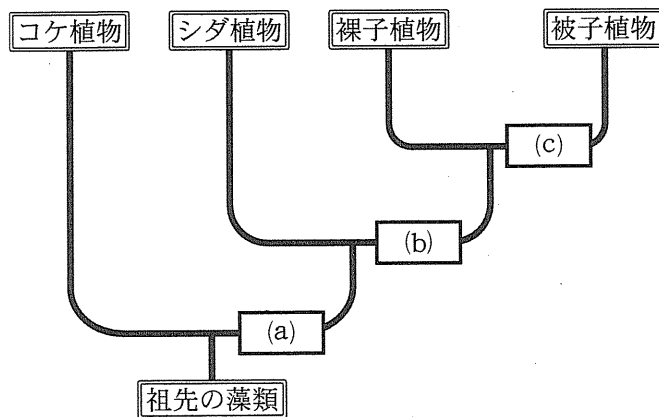


図 1 植物の系統

問 6 3種の光合成生物の系統関係を調べるために、光合成色素を薄層クロマトグラフィー(TLC)により分離する以下の実験をおこなった。以下の間に答えよ。

ホウレンソウ、ワカメ、アナアオサを試料として、それぞれ乳鉢に入れ、粉末シリカゲルを加えてすりつぶした。すりつぶした各試料をマイクロチューブに少量とり、0.5 mL のジエチルエーテルを加えてよく振って混合した後、静置した。得られた上澄みを試料抽出液として、毛細管に取り、長さ 10 cm の TLC シートの下端から約 2 cm の位置につけて原点とした。各試料をつけた TLC シートを、下端 1 cm が展開液(石油エーテル：アセトン = 7 : 3)に浸るようにそれぞれ試験管に入れ、ゴム栓をした。展開後、直ちに試験管から TLC シートを取り出したところ、図 2 のような結果が得られた。ただし、展開液、TLC シート、温度はすべて一定の条件下でおこなった。

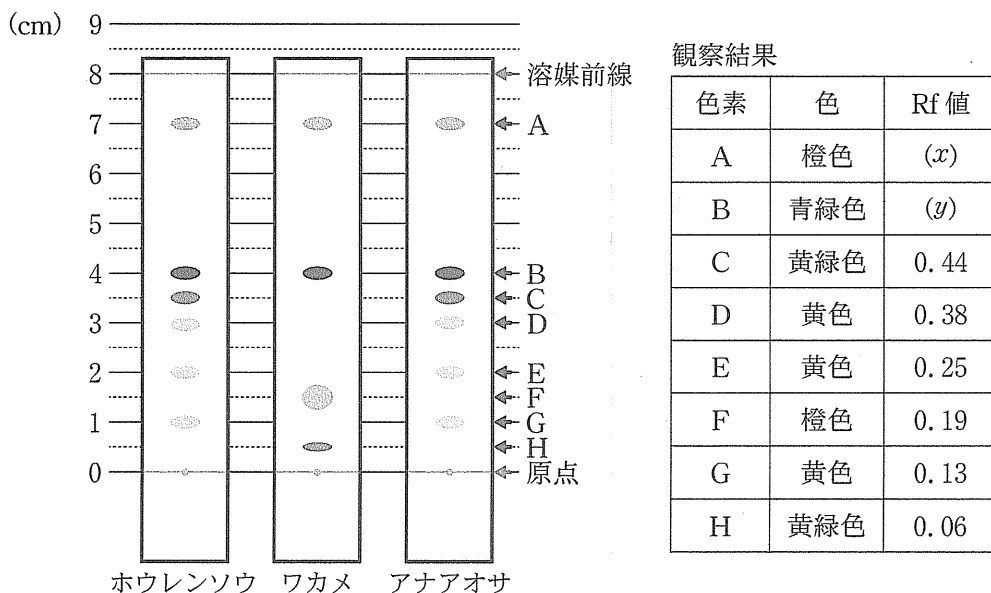


図 2 薄層クロマトグラフィーによる光合成色素の分離と観察結果

(1) 図2の観察結果中の(x)および(y)にあてはまる数値をそれぞれ算出せよ。数値は四捨五入して小数第2位まで記せ。

(2) 試料3種のうちワカメのみに含まれていた光合成色素Fとは何か。その名称を答えよ。ただし、光合成色素Fはキサントフィルの一種である。

(3) アナアオサは以下の(ア)~(オ)のうちどのグループに属するか。最も適切なものを1つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 褐藻類 (イ) 紅藻類 (ウ) 緑藻類
(エ) 渦べん毛藻類 (オ) ケイ藻類

(4) 図2の実験結果からハウレンソウとアナアオサは近縁であると推察されるが、それはなぜか。その理由として最も適当なものを以下の(ア)~(オ)の中から1つ選び、記号で答えよ。

- (ア) カロテンを共にもつから
(イ) ルテインを共にもたないから
(ウ) クロロフィルaを共にもたないから
(エ) クロロフィルbを共にもつから
(オ) クロロフィルcを共にもつから

問7 下線部④について、新口動物に含まれる種を以下の(ア)~(ク)からすべて選び、記号で答えよ。

- (ア) クロイソカイメン (イ) マボヤ (ウ) オワンクラゲ
(エ) エゾリス (オ) ミヤマクワガタ (カ) センチュウ
(キ) シーラカンス (ク) アオウミウシ