

生 物

〔問 1〕 次の(1)~(18)の問いに、選択肢から適切なものを選び、記号で答えよ。

(1) S-S 結合について、誤っているものはどれか、1つ選べ。

- A. 硫黄原子どうしが結合する。
- B. 別名をジスルフィド結合という。
- C. 1分子の水が取り除かれて結合する。
- D. タンパク質の三次構造や四次構造の形成に関与する。
- E. 近接したシステインどうしの間でみられる結合である。

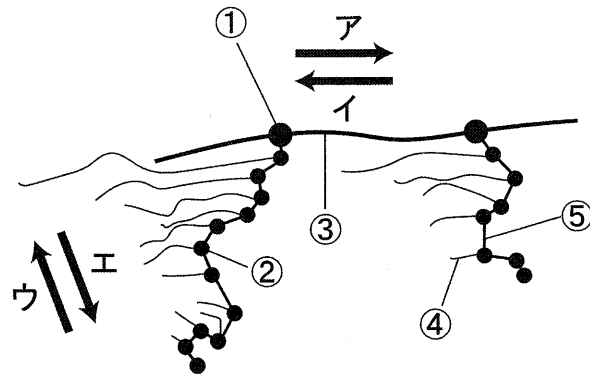
(2) オオカナダモの葉を用いた、光学顕微鏡による細胞の原形質流動の観察とそのための操作について、最も適切なものはどれか、1つ選べ。

- A. 葉を70%エタノールで固定したあと観察する。
- B. 葉を酢酸オルセイン溶液で染色したあと観察する。
- C. 原形質流動はリボソームが移動する様子を探して観察する。
- D. スライドガラスの上に葉をおき、水を一滴落としてからカバーガラスをかぶせる。
- E. 葉をのせたスライドガラスの上にカバーガラスをのせたあと、親指で強く押しつぶす。

(3) 植物細胞を蒸留水に浸したとき、吸水力と細胞内の浸透圧・膨圧の関係で正しいのはどれか、1つ選べ。

- A. 吸水力 = 浸透圧 + 膨圧
- B. 吸水力 = 浸透圧 - 膨圧
- C. 吸水力 = 浸透圧 ÷ 膨圧
- D. 吸水力 = 膨圧 ÷ 浸透圧
- E. 吸水力 = 膨圧 × 浸透圧

- (4) 次の図は、原核生物の転写と翻訳の様子を模式的に示したものである。①～⑤の名称で正しい組み合わせを選べ。



- A. ①リボソーム ②RNA ポリメラーゼ ③ポリペプチド ④DNA ⑤mRNA
 B. ①リボソーム ②RNA ポリメラーゼ ③DNA ④ポリペプチド ⑤mRNA
 C. ①リボソーム ②RNA ポリメラーゼ ③DNA ④mRNA ⑤ポリペプチド
 D. ①リボソーム ②RNA ポリメラーゼ ③mRNA ④ポリペプチド ⑤DNA
 E. ①RNA ポリメラーゼ ②リボソーム ③ポリペプチド ④DNA ⑤mRNA
 F. ①RNA ポリメラーゼ ②リボソーム ③DNA ④ポリペプチド ⑤mRNA
 G. ①RNA ポリメラーゼ ②リボソーム ③DNA ④mRNA ⑤ポリペプチド
 H. ①RNA ポリメラーゼ ②リボソーム ③mRNA ④ポリペプチド ⑤DNA

- (5) 前問(4)の矢印ア、イは①の移動する方向、矢印ウ、エは②の移動する方向を示す。正しい組み合わせを選べ。

- A. ①の移動方向：ア ②の移動方向：ウ
 B. ①の移動方向：ア ②の移動方向：エ
 C. ①の移動方向：イ ②の移動方向：ウ
 D. ①の移動方向：イ ②の移動方向：エ

- (6) 大腸菌では、ラクトースを分解してグルコースを作るための3種類の酵素が隣接して存在し、オペロンを構成している。このラクトースオペロンが発現するときの状態として次の空欄に入る正しい語句の組み合わせを選べ。

培地にグルコースがなく、ラクトースが (①) とき、リプレッサーがオペレーターに結合 (②)、RNA ポリメラーゼはプロモーターに結合 (③)。

- A. ①ある ②でき ③できる
 B. ①ある ②でき ③できない
 C. ①ある ②できず ③できる
 D. ①ある ②できず ③できない
 E. ①ない ②でき ③できる
 F. ①ない ②でき ③できない
 G. ①ない ②できず ③できる
 H. ①ない ②できず ③できない

(7) ある植物には葉の形を決める一組の対立遺伝子があり、優性の遺伝子のはたらくと並葉、劣性の遺伝子のはたらくと丸葉となる。並葉となる対立遺伝子の遺伝子頻度が 80%、丸葉となる対立遺伝子の遺伝子頻度が 20%の自然集団でハーディー・ワインベルグの法則が成り立つ場合、遺伝子型がヘテロ接合体の個体は全体の何%か。

A. 10% B. 16% C. 20% D. 32% E. 40% F. 64% G. 80%

(8) 次の動物のうち、一生のどの段階にも脊索をもたないのはどれか、1つ選べ。

A. サメ B. ヒト C. ホヤ D. ヒドラ E. ナメクジウオ

(9) 細胞周期について、正しいものはどれか、1つ選べ。

- A. G_1 期と G_2 期をあわせて間期という。
- B. G_0 期の細胞が G_1 期にもどることはない。
- C. S期はDNA複製の準備をする期間である。
- D. M期では細胞質分裂より先に核分裂が始まる。
- E. G_1 期の細胞あたりのDNA量は、 G_2 期の2倍である。

(10) ヒトの臓器の説明で正しいのはどれか、1つ選べ。

- A. 胆のうは胆汁を合成する。
- B. 胸腺には造血幹細胞が多い。
- C. 腎臓はビリルビンを排出する。
- D. 肝臓はアルブミンを合成する。
- E. ぼうこうはバソプレシンを分泌する。

(11) ヒトの十二指腸から分泌されるホルモンはどれか、1つ選べ。

A. グルカゴン B. セクレチン C. チロキシン D. パラトルモン E. インスリン

(12) 本州中部の丘陵帯において、植生が極相に達した照葉樹林に見られる優占種はどれか、1つ選べ。

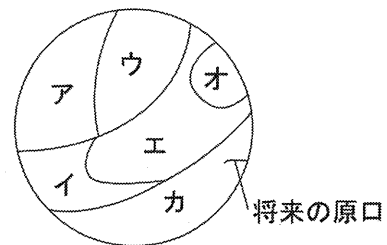
A. アラカシ B. エゾマツ C. シラビソ D. トチノキ E. ブナ

(13) アカミミガメはミドリガメとも呼ばれ、2023年6月1日より条件付特定外来生物に指定されている。ある池に生息するアカミミガメの個体数を推測するため、標識再捕法による調査を行った。面積が2 km²の池の任意の数カ所で30匹のアカミミガメを捕獲し、これらすべての個体に標識をつけ、再び池に放した。2日後に、同様の方法で60匹のアカミミガメを捕獲したところ、標識をつけた個体は15匹であった。この池における個体群密度（個体/km²）に近いものを選び。

- A. 60 B. 120 C. 600 D. 900 E. 1200 F. 1800

(14) 図はイモリの胞胚期の原基分布図である。ア～カより何が発生するかについて、誤っているものはどれか、2つ選べ。

- A. アより角膜が発生する。
 B. イより脊髄が発生する。
 C. ウより網膜が発生する。
 D. エより骨格筋が発生する。
 E. オより血球が発生する。
 F. カより肝臓が発生する。



(15) カール・ウーズはある遺伝子の塩基配列の類似性から、生物は細菌、アーキア、ユーカリアの3つのドメインに分けられるという説を提唱した。ある遺伝子とはどれか。

- A. ヒストン遺伝子 B. ルビスコ遺伝子 C. ホメオティック遺伝子
 D. 免疫グロブリン遺伝子 E. リボソームRNA遺伝子

(16) 以下の日本人研究者のうち、ノーベル医学生理学賞受賞者を2人選べ。

- A. 岡崎令治 B. 北里柴三郎 C. 木村資生 D. 利根川進
 E. 野口英世 F. 山中伸弥

(17) ツベルクリン反応について誤っているのはどれか、1つ選べ。

- A. ツベルクリン反応は細胞性免疫が関係している。
 B. BCG接種の経験があるとツベルクリン反応は陽性となる。
 C. 結核菌に感染したことがあるとツベルクリン反応は陽性となる。
 D. ツベルクリン反応により結核菌に対する記憶細胞の有無がわかる。
 E. ツベルクリン反応は弱毒化した結核菌を注射し、免疫の有無をみる。

(18) 以下の文章の空欄（ア）～（オ）に当てはまる正しい語の組み合わせを選べ。

血糖濃度が高い場合、血液が（ア）の血糖調節の中枢を刺激すると、その刺激は（イ）を経て、すい臓のランゲルハンス島のB細胞に伝えられ、インスリンが分泌される。インスリンは血流により身体の各部へ運ばれ、標的細胞での（ウ）の取り込みと消費を高める。また肝臓や（エ）が（ウ）を取り込んで、（オ）を合成するように促す。これにより、血糖濃度が低下する。

	ア	イ	ウ	エ	オ
A.	脳下垂体前葉	交感神経	グルコース	副腎	グリコーゲン
B.	脳下垂体前葉	副交感神経	アミノ酸	筋肉	グルコース
C.	脳下垂体前葉	副交感神経	グルコース	腎臓	グリコーゲン
D.	視床下部	交感神経	アミノ酸	副腎	グルコース
E.	視床下部	副交感神経	グルコース	筋肉	グリコーゲン
F.	視床下部	副交感神経	グルコース	筋肉	タンパク質

〔問2〕以下の文章を読み、あとの問いに答えよ。

呼吸は細胞内の異なる場所で起こる3つの反応過程から成り立っている。第一の反応過程は(a)解糖系とよばれる。この過程では、基質レベルのリン酸化により1分子のグルコースから最終的に2分子のATPが合成される。

第二の反応過程では、はじめに解糖系で生じた(ア)から脱炭酸反応により(イ)が取り除かれた後に、コエンザイムAが結合して(ウ)が生成される。このときに酸化還元酵素のはたらきによってNADHが生じる。次に、(ウ)が(エ)と結合してクエン酸となるため、これ以後の反応系は(b)クエン酸回路と呼ばれる。クエン酸回路は何段階もの反応を経て(エ)へもどる過程で、酸化還元酵素のはたらきによって、NADHとFADH₂を生じる。(c)この第二の反応過程では1分子のグルコースから2分子のATPが生じる。

第三の反応過程は電子伝達系と呼ばれる。解糖系とクエン酸回路で生じたNADHやFADH₂は電子(e⁻)とH⁺を放出して(d)タンパク質複合体に受け渡す。(e)タンパク質複合体が膜を横切ってH⁺を移動させる結果、膜の内外にH⁺の濃度勾配が生じる。これを利用して(f)ATP合成酵素によりATPが合成される。これを酸化的リン酸化という。

以上の3つの過程をあわせた(g)呼吸の一般式は以下の通りである。

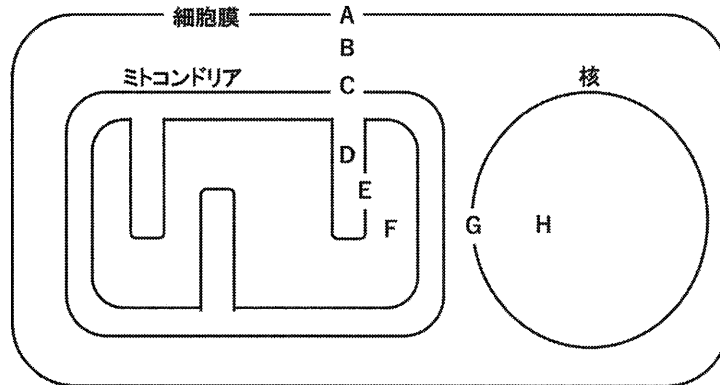
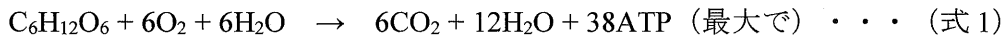


図 細胞と細胞内のミトコンドリアと核を模式的に示した図。それぞれの実際の大きさの比は無視している。

- (1) 下線部(a)は上図のA~Hのどこで起こるか。
- (2) 下線部(a)について、解糖系で最初にリン酸化される基質は何か。

- (3) 文中の空欄（ア）～（エ）にあてはまる語を答えよ。
- (4) 下線部(b)は図のA～Hのどこで起こるか。
- (5) 下線部(c)の過程で2個のピルビン酸からNADHやFADH₂が生じる過程の分子式を以下に示す。空欄を埋めて式を完成せよ。
- $$2 \boxed{\text{①}} + 6 \boxed{\text{②}} + 8 \boxed{\text{③}} + 2\text{FAD} \rightarrow 6\text{CO}_2 + 8\text{NADH} + 8\text{H}^+ + 2\text{FADH}_2$$
- (6) 下線部(d)の局在場所は図のA～Hのどこか。
- (7) 下線部(e)の過程はどのようなエネルギーを利用して行われるか。
- (8) 下線部(f)のATP合成酵素は運動エネルギーを化学エネルギーに変換する装置であるといえる。そのしくみを60文字以内で説明せよ。
- (9) 下線部(g)が成り立つとき、(式1)の通りに呼吸によりグルコースが完全に分解されて最大量のATPが生成するとして、100gのグルコースからは(①)gの二酸化炭素が発生し、(②)molのATPが生成され、(③)Lの酸素が吸収されることになる。①～③の値を求めよ。ただし、解答の小数点以下は四捨五入して答えよ。また、原子量はH=1.0、C=12、O=16とし、気体1molの体積は22.4Lとする。

〔問3〕以下の文章を読み、あとの問いに答えよ。

脊椎動物の配偶子は生殖巣で形成されるが、(a)生殖細胞になる細胞は個体発生の初期から他の体細胞になる細胞とは区別されて存在しており、それが未分化な卵巣や精巣に移動して、そこで卵原細胞や精原細胞に分化する。

精巣では精原細胞は体細胞分裂により増殖するが、精原細胞の一部は一次精母細胞となって減数分裂を開始し、1個の一次精母細胞からは4個の精細胞が形成される。
(b)精細胞は形を変えて精子となる。

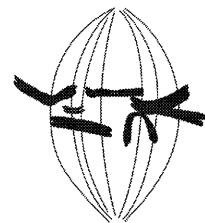
卵巣内では卵原細胞は体細胞分裂によって増殖し、一次卵母細胞となり、減数分裂を開始する。多くの動物では、(c)一次卵母細胞の期間に卵黄やリボソーム、タンパク質、RNAなどを細胞質にためこみ、大きく成長する。ホルモン刺激により、減数分裂を再開した一次卵母細胞は(d)排卵されるが、(e)二次卵母細胞と第一極体に分裂する。二次卵母細胞は、引き続き第二減数分裂を行い、卵と第二極体に分裂する。第一極体と第二極体はその後消滅する。両生類と多くの哺乳類においては、排卵後、二次卵母細胞は第二減数分裂中期で減数分裂を停止しており、この状態で受精することが知られている。

アフリカツメガエルの卵巣より、十分成長した一次卵母細胞（成長した未成熟卵と呼ぶ）を取り出しホルモンを投与すると、この未成熟卵は正常な排卵時と同様に減数分裂を再開する。そして一定時間培養すると、自然に産卵された成熟未受精卵と同じ状態になる。この卵はゼリー層を持たないが一定の条件下で人為的に受精させることができ、受精すると正常に発生する。

このようなアフリカツメガエルの卵を用いて、以下の実験を行い、結果を得た。

I. 成熟未受精卵に精子の核を移植したところ、卵は受精した時と同じ状態（卵の活性化と呼ぶ）になり、移植した精子核は卵内で精核となった。この時、卵の核も減数分裂を終了して卵核となっていた。

II. Iと同様に精子核を移植したが、移植と同時に卵が活性化しないよう処理を行い、一定時間培養後、移植した精子核を調べたところ、精子核は染色体化し、分裂装置も観察できた（右図）。



III. 成熟未受精卵より細胞質を少量取り出し、卵巣から取り出した成長した未成熟卵に注入したところ、未成熟卵は減数分裂を再開し、成熟未受精卵と同じ状態になった。この卵は条件を整えて受精させると、正常に発生する。

IV. 成熟未受精卵より細胞質を少量取り出し、このカエルの2細胞期の割球の片方に注入したところ、細胞質を注入した割球は卵割を停止したが、注入されなかった割球は卵割を続けた。

- (1) 下線部(a)のような細胞を何と呼んでいるか。
- (2) 下線部(b)に関して、精細胞および精子について誤っている文章を1つ選べ。
- A. 精子の先体はゴルジ体によって作られる。
B. 完成した精子の頭部には核と先体が存在する。
C. 精細胞は体細胞分裂により数を増やすことができる。
D. 精子形成過程では精細胞の中心体から鞭毛が伸びてくる。
E. 完成した精子の中片部にはミトコンドリアが集まっている。
- (3) 卵原細胞の核相を $2n$ とした場合、卵形成過程の以下の細胞の核相をそれぞれ答えよ。
- A. 一次卵母細胞 B. 二次卵母細胞 C. 卵 D. 第一極体 E. 第二極体
- (4) 下線部(c)に関して、成長している一次卵母細胞の核は減数分裂のどのような段階か、簡潔に答えよ。
- (5) 下線部(d)に関して、ヒトの卵巣と排卵、受精、初期発生について正しいのはどれか、1つ選べ。
- A. 排卵時には卵は減数分裂を終了している。
B. 卵は等黄卵で、第一卵割は不等割である。
C. 思春期になった女性の卵巣には卵原細胞がある。
D. 女性が生まれた時、卵巣内では減数分裂が開始している。
E. 排卵された卵は腹腔から子宮に入り、そこで精子と受精する。
- (6) 下線部(e)に関して、一次卵母細胞が二次卵母細胞と第一極体に、二次卵母細胞が卵と第二極体に不等分裂することにはどのような利点があると考えられるか、60文字以内で説明せよ。
- (7) 実験Iと実験IIでは、どちらも卵内に精子を入れたところ、精子核は卵細胞質の影響を受けたと考えられた。実験IIにおいて、移植した精子核が前ページの図のようになったのはなぜだと考えられるか75文字以内で説明せよ。
- (8) 実験IIIと実験IVはどちらも成熟未受精卵の細胞質が移植先の卵母細胞または割球の細胞質に影響を与えたと考えられた。実験IVにおいて、卵割を停止した割球の核はどのようになっていると考えられるか、理由と共に60文字以内で答えよ。

〔問4〕以下の文章を読み、あとの問いに答えよ。

ヒトを含む、多くの生物の体細胞には、大きさと形が同じ染色体が2本ずつ対になって存在する。これを（ア）という。ヒトの23組の染色体のうち、22組は男女に共通してみられる染色体で、（イ）という。残り1組は（ウ）といい、そのうち男女に共通してみられるものをX染色体、男性にしか見られないものをY染色体という。ヒトなど多くの哺乳類の性決定は（ウ）の組み合わせによって決まり、XY型とよばれる。Y染色体には性別の決定に重要な役割を果たす遺伝子SRYが存在し、この遺伝子が存在すると性別はオスとなる。一方、多くの哺乳類のメスはX染色体を2本もつが、複数のX染色体が存在する場合、発生途中にどちらか一方のX染色体がランダムに不活性化されてはたらきを失うしくみがある。いったん不活性化されれば、その後は何度分裂しても不活性化されたX染色体は変わらない。

三毛猫の毛色（黒、オレンジ、白）には複数の遺伝子座が関与しているが、ここでは便宜上、次の3つの遺伝子座によって決まるものとする。遺伝子Dは劣性の対立遺伝子dに対して優性で、他の遺伝子の作用に関係なく全身の毛を白くする。劣性のホモ接合体となった場合は他の遺伝子のはたらきに応じた毛色となる。遺伝子Eは劣性の対立遺伝子eに対して優性で、黒やオレンジの遺伝子の存在に関係なく主に腹側に白斑をつくる。劣性のホモ接合体となった場合は白斑が生じない。これらD遺伝子座とE遺伝子座はそれぞれ異なる（イ）上に存在する。遺伝子Fの遺伝子座はX染色体上にあり、遺伝子Fはオレンジ色を生じさせる。劣性の対立遺伝子fは黒色を生じる。なお、猫の性決定様式はヒトと同じXY型である。

- (1) 文中の空欄（ア）～（ウ）に当てはまる適当な語を答えよ。
- (2) 下線部について、①バツタではオスの体細胞（2n）の染色体の数は奇数、②ミノガ（ミノムシ）のメスの体細胞（2n）の染色体数は奇数である。①、②の場合の性決定の様式を下線部にならってそれぞれ記せ。
- (3) 全身が白毛のオス猫と、全身が黒毛のメス猫からメスの子猫が1匹生まれ、この子猫の毛色は三毛であったとする。考えられる両親の遺伝子型と子猫の遺伝子型をすべて記せ。ただし、遺伝子型の表記はアルファベット順とし、X染色体上の遺伝子は染色体の組み合わせとともに表記すること（例 AABbCcX^{SY}）。
- (4) 上記の両親から2回目の妊娠を経て、黒色とオレンジ色の2色の毛色をもつメスの子猫が生まれたとする。この子猫の遺伝子型と、上問(3)の段階では可能性があったが棄却できる両親の遺伝子型をすべて記せ。
- (5) 上記の両親から3回目の妊娠を経て子猫が生まれる場合、その子猫が三毛である確率を%で示せ。

- (6) 上記の両親から4回目の妊娠を経て一卵性双生児の三毛のメス猫が生まれたとする。しかし模様のおおきさや位置などが互いに同じになることはない。これはなぜか。解答欄に収まるように説明せよ。
- (7) 三毛猫は通常メスであり、オスであることはほとんどない。ただし、ごくまれに外見がオスの三毛猫が生まれる場合があり、多くは染色体の数の異常によるものである。この場合、①どのような染色体と遺伝子の組み合わせの場合にオスの三毛猫となりうるか簡潔に記せ。また、②そのしくみを解答欄に収まるように説明せよ。なお、遺伝子D、Eについては説明を省略してよい。

〔問5〕以下の文章を読み、あとの問いに答えよ。

光を受容する微生物には、光の刺激に対して一定の方向へ移動する（ア）とよばれる行動をするものがある。^(a)緑藻類のクラミドモナスは、微生物型ロドプシンにより光を受容して（ア）を示す。微生物型ロドプシンは、哺乳類の細胞に発現させると光で活性化される陽イオンチャンネルとして機能するため、チャンネルロドプシンと呼ばれる。チャンネルロドプシンは、（イ）というタンパク質に^(b)レチナールという物質が結合したもので、その点では^(c)ヒトの（ウ）細胞に多く存在するロドプシンと共通しているが、進化的に同じ祖先をもつ分子ではない。緑藻類の^(d)チャンネルロドプシン2（ChR2）は青色光で活性化する非選択的陽イオンチャンネルである。このロドプシンは光エネルギーを取り込む性質を持つ、より古いロドプシンを祖先とする。その祖先の一つである^(e)ハロロドプシン（HR）は黄色光により活性化して細胞内にCIを取り込むCIポンプである。

利根川進のグループは、2012年にChR2のトランスジェニックマウスを用いた行動実験により、記憶が特定の脳神経細胞のネットワークに存在することを証明した。行動実験に用いた系は、古典的条件付けの一種の^(f)文脈的恐怖条件付けテストで、^(g)マウスをあるケージに入れて足に痛覚をともなう電気ショックにさらすことで、恐怖によるすくみ行動を生じさせ、ケージと恐怖の関連性を学習させる。利根川らは、^(h)脳のある部位の神経細胞が活性化状態になるとChR2を発現するマウスを作製して実験を行い、記憶形成時に強く興奮した神経細胞集団が、同じ組み合わせでふたたび興奮することにより記憶の想起が引き起こされることを示した。

- (1) 下線部(a)のうち、細胞群体を形成する生物を1つ挙げよ。
- (2) 下線部(b)の物質をヒトの体内で合成するために食事から摂取する必要のある物質は何か。また、この物質の摂取が不足したヒトではどのような症状が生じるか。20文字以内で答えよ。
- (3) 文中の空欄（ア）～（ウ）にあてはまる語を答えよ。
- (4) 下線部(c)の明順応の際の変化についての以下の文の空欄①～③の正しい組み合わせをA～Dから選べ。
レチナールが光を吸収すると（イ）とレチナールが（①）ロドプシンの量が（②）する。その結果、（ウ）細胞の光に対する反応の感度が（③）。

- A. ① 結合して ② 増加 ③ 上がる
- B. ① 結合して ② 増加 ③ 下がる
- C. ① 分離して ② 減少 ③ 上がる
- D. ① 分離して ② 減少 ③ 下がる

- (5) 下線部(d)を人為的に哺乳類の神経細胞に発現させて青色光をあてると神経細胞を興奮させることができる。青色光を当ててから神経細胞が興奮するまでの間におこることを、「閾値」「脱分極」「電位依存性ナトリウムチャンネル」の語を用いて80文字以内で説明せよ。
- (6) 下線部(e)を人為的に哺乳類の神経細胞に発現させて黄色光をあてると神経細胞ではどのようなことがおこると考えられるか。50文字以内で説明せよ。
- (7) 下線部(f)の条件付けにおいて、下線部(g)のどの部分がそれぞれ①条件刺激、②無条件刺激、③無条件反応に該当するか答えよ。
- (8) 下線部(h)の脳のある部位とは、(①)の一部である(②)とよばれる部位である。(②)はヒトでは記憶形成・学習・空間認識にかかわる部位とされている。(①)は(②)の部位の他に欲求・感情などの動物の基本的な生命活動に関係した部位を含む、より広い部位である。(①)と(②)にあてはまるものをそれぞれ以下のA~Hから選んで答えよ。

- A. 海馬
- B. 間脳
- C. 視床
- D. 新皮質
- E. 側頭葉
- F. 頭頂葉
- G. 扁桃体
- H. 辺縁皮質