

第1問 生物の進化に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

真核生物の起源は、原核生物のうち（ア）に属するメタン菌などに、プロテオバクテリアが細胞内共生したことに由来すると考えられている。プロテオバクテリアが⁽¹⁾ミトコンドリアという細胞小器官となったことにより、真核生物は（イ）を利用して多くのエネルギーを産生できるようになった。真核生物誕生以前から（ウ）が（イ）を作り出していたが、さらにその（ウ）が原初の真核生物に取り込まれて⁽²⁾（エ）という細胞小器官となったことで、太陽の光エネルギーの恩恵を受けられる植物が出現した。植物の繁栄は、大気中にさらに大量の（イ）を放出する結果になった。（イ）の増加は⁽³⁾成層圏にオゾン層を形成することになり、動物が陸上に進出する素地になった。動物の中で、進化の早い段階で多細胞生物となったカイメンは、組織とよべるものは持たないが、水中の栄養を取り込む細胞や運ぶ細胞など、細胞の⁽⁴⁾機能分化が起こっている。このように単細胞から多細胞に進化する過程で、それぞれの細胞間の相互作用や⁽⁵⁾情報伝達をするための分子の出現が必須であった。

多細胞動物の基本的なからだの体制として、外胚葉と内胚葉という二胚葉を持つ⁽⁶⁾刺胞動物が出現し、クラゲなどは内胚葉におおわれた胃腔を持つようになった。これらの動物の細胞間の接着には（オ）の祖先遺伝子の産物が関わっており、その働きはカルシウムイオンに依存している。（オ）は、進化の過程で⁽⁷⁾遺伝子の重複が起こり、さらにその⁽⁸⁾遺伝子座で新たな遺伝子変異が起こることにより、機能が分化していった。この機構でさまざまに変化した（オ）は、組織間で使い分けされることで、組織特異的な細胞間接着を担っていく。一般的に、重複した遺伝子の一方に変異が入っても生存に影響しないので、木村資生博士の学説にあるように自然選択に対して（カ）であり、次の進化に備えることができる。事実、細胞間の情報伝達分子などは、⁽⁹⁾「カンブリア紀の爆発」に先立って遺伝子の重複が繰り返されており、その後の進化への準備がなされたと考えられている。

さらに、⁽¹⁰⁾二胚葉動物から中胚葉を持つ三胚葉動物が出現し、複雑な臓器形成が起こっていく。アフリカツメガエルの実験から、胞胚の（キ）極側の細胞が予定（ク）胚葉から中胚葉を誘導することが明らかにされた。中胚葉から分化した（ケ）がさらに（ク）胚葉に作用して神経管を誘導する。管状神経系を持つ脊椎動物にいたる複雑なからだの体制は、単純な分節構造を繰り返すことによって始まったと考えられている。分節のそれぞれの位置に応じた固有情報が（コ）遺伝子によって与えられることで、分節の機能分化が起こり、昆虫などの体節に見られるような複雑な体制が作り出された。⁽¹¹⁾この位置情報を決めるきっかけはすでに卵の時期に与えられていることが、ショウジョウバエなどの研究で明らかにされている。からだの前後軸に沿った（コ）遺伝子の発現パターンは脊椎動物まで共通していて、環形動物や節足動物で獲得された体節構造はヒトでも脊椎などにその名残をとどめている。

問1 文中の（ア）～（コ）に適語を記せ。

問2 下線部（1）について、ミトコンドリアで二酸化炭素を産生する代謝回路名を記せ。

問3 下線部（2）について、

i) 細胞小器官が光を受けて最初に起こる分解反応の化学式を記せ。

ii) i) が起こる細胞小器官内の部位はどこか記せ。

問4 下線部（3）について、なぜ動物が陸上に進出できるようになったのか、理由を簡潔に記せ。

問5 下線部（4）について、同じゲノムを持つ細胞間で形質が異なっているのはなぜか。「細胞ごとに」に続けて簡潔に記せ。

問6 下線部（5）について、ヒトにおいて血液で運ばれる情報伝達分子群を一般に何とよぶか、名称を記せ。

問7 下線部（6）について、この門には他にどんな種があるか。次の①～⑤から1つ選び、番号で記せ。

① プラナリア ② ナメクジウオ ③ ヒドラ ④ バフンウニ ⑤ ヤマビル

問8 下線部（7）について、配偶子を形成するとき起こり得るが、それは相同染色体間で何が起こるときと考えられるか、現象名を記せ。

問9 下線部（8）について、この用語の意味を簡潔に記せ。

問10 下線部（9）について、この現象が見つかるきっかけになったカナダの頁岩層^{リフガン}を何とよぶか、次の①～⑤から1つ選び、番号で記せ。

① オルドビス ② アノマロカリス ③ バージェス ④ エディアカラ ⑤ シルル

問11 下線部（10）について、ヒトの器官のうち中胚葉のみに由来するものを1つ記せ。

問12 下線部（11）について、ショウジョウバエのからだの前後軸は卵の時期に決定されている。

i) この決定に関与している因子を一般に何とよぶか、名称を記せ。

ii) i) の因子はどのような物質として卵に存在するか記せ。

第2問 ヒトデの受精に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。ただし、文中の記号は図中のものに対応する。

ヒトデの精子は、球形をした頭部と長い鞭毛を持ち、鞭毛の付け根にある中片のミトコンドリアで産生されるエネルギーを使って泳ぐ。頭部先端には先体とよばれる小胞があり、未受精卵のゼリー層に接触すると、⁽¹⁾小胞の中身が放出されると同時に(ア)が形成される(図1)。この現象を先体反応とよび、精子は伸びた(ア)の先端で卵の(イ)と融合して受精にいたる。⁽²⁾最初の精子が融合した刺激は、卵の(イ)に電気的な変動をもたらし、しばらくのあいだ他の精子は卵と融合できなくなる。そのあいだに(ウ)は(イ)から遊離して持ち上がり、(エ)に変化することで、他の精子の進入は完全に阻止される。

これらの受精現象の観察から、未受精卵のゼリー層中に先体反応を引き起こす物質があると考えられ以下の実験を行った。ゼリー層は酸性にすると溶けるので、酸性海水でゼリー層を溶かした後、卵を除き中和して、これをA液とした。受精前の精子にA液を加えたところ、先体反応が起こった。次にA液を⁽³⁾半透膜の袋に入れて蒸留水中に浮遊させ、ゆるやかにかくはんした。外液の蒸留水を新しいものに交換しながらこの処理を1日間行い、その後、袋の中の液を集め、これをB液とした。また、この処理に使用した外液をすべて集めてB液と同じ体積まで濃縮し、これをC液とした(図2)。B液やC液を単独で精子に加えても先体反応は起こらなかったが、B液とC液を混ぜて精子に加えたところ、先体反応が起こった。一方、B液を精子に加えてから1分後にC液を加えたり、逆にC液を精子に加えてから1分後にB液を加えたりしても、先体反応は起こらなかった。このような前処理をした精子では、その後にA液を加えても、先体反応は起こらなかった。なお、実験ではA～C液中のイオン組成はすべて海水と同じになるように調整してから用いた。

図1

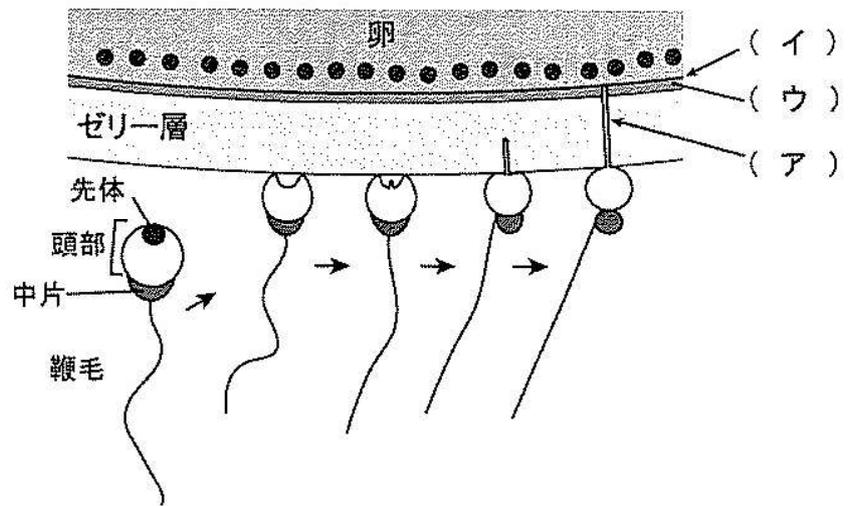
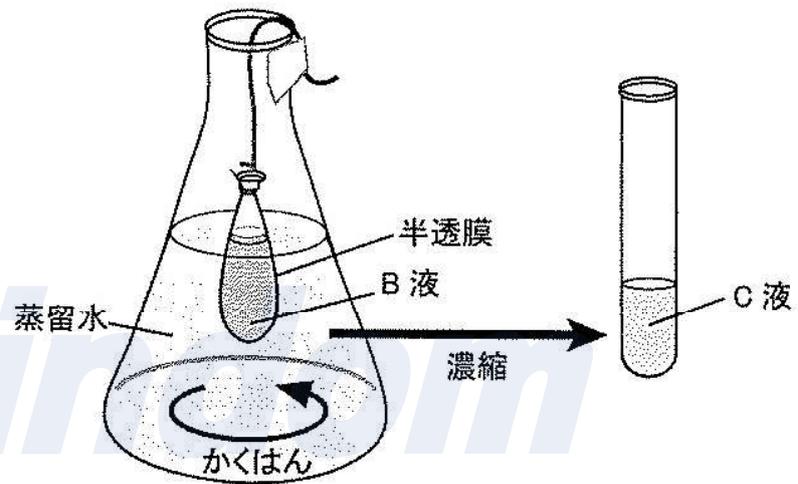


図2



問1 文中の(ア)～(エ)に適語を記せ。

問2 下線部(1)について、

- i) このような小胞の膜融合による分泌過程を一般に何とよぶか、名称を記せ。
- ii) (ア)を形成している細胞骨格タンパク質は何か、名称を記せ。

問3 下線部(2)について、

- i) (イ)の電気的な変動には海水中のあるイオンが関係する。そのイオンの名称を記せ。
- ii) このようにして他の精子の進入を防ぐ現象を何とよぶか、名称を記せ。

問4 受精は精子と卵という遺伝的に異なった異個体由来の細胞同士の接着により開始する。ほ乳類では受精後にも異個体間での細胞接着が起こるが、その現象を何とよぶか記せ。

問5 ヒトデの卵は受精に伴って減数分裂を再開し、極体を複数放出する。ヒトデの未受精卵は減数分裂のどの段階で停止しているか記せ。

問6 下線部(3)について、このような処理を何とよぶか、名称を記せ。

問7 実験の結果からB液とC液に含まれる先体反応を引き起こす物質に関してどのようなことがいえるか。次の①～⑤から適当なものを2つ選び、番号で記せ。

- ① B液に含まれる物質は、C液に含まれる物質より小さい。
- ② B液に含まれる物質とC液に含まれる物質は、それぞれ単独では先体反応を阻害する。
- ③ B液に含まれる物質とC液に含まれる物質が結合していることが、先体反応に必要である。
- ④ B液に含まれる物質がまず精子に結合することで、C液に含まれる物質が、先体反応を引き起こす。
- ⑤ B液に含まれる物質とC液に含まれる物質が同時に作用することが、先体反応に必要である。

問8 その後の詳しい研究で、C液に含まれる活性物質はペプチドであることがわかった。B液に含まれる活性物質がタンパク質であるかどうかを調べるためには、どのような実験を行って確認すればよいか、簡潔に記せ。

第3問 動物の身体に備わる反応に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

(1) イヌにベルの音を聞かせた後で餌を与えることを何度も繰り返すと、イヌは餌を与えなくてもベルの音を聞かせるだけで、だ液を出すようになる。ヒトにおいても、梅干しやレモンを見ただけでだ液がわいてくる。これは梅干しやレモンを食べるという経験を繰り返すことで脳がこれらをすっぱいと記憶し、その記憶によってだ液が出るようになったもので、意識的に脳が命令して起こる反応ではない。しかし、生まれつき備わっている反応でもない。この反応には経験や記憶が必要であるが、無意識に起こるようになる。

一方、(2) 床に落ちている画びょうを踏みつけたときには、とっさにあしを引き上げるような反応が起こる。また、(3) 両あしが床につかないような高い椅子に座っているときに、膝の少し下あたりをハンマーでたたかれると、あしが跳ね上がるという反応が起こる。これらの反応は経験や記憶がなくても起こり、生まれつき備わっている反応である。また、脳からの命令を待たずに起こるため反応がすばやく、身体を危険から守るのに重要である。

これらの反応が起こるしくみを調べるために、次のような処置を施したカエル1～3を用意し(図3)、実験1と2を行った。

処置

カエル1：頭部を眼の後ろにある左右鼓膜の前端を結ぶ線で切断し、脳の一部を切り離した。

カエル2：頭部を左右鼓膜の後端を結ぶ線で切断し、脳の一部を切り離した。

カエル3：鼓膜より後ろの正中部分から、脊椎骨の管の中に柄つき針を差し込んで内部を壊した。

実験1

カエル1～3をそれぞれ垂直につり下げ、カエルが落ちつくまでしばらく放置した。その後、つり下げたカエルに次の刺激1～3を加え(図4)、反応を観察した。

刺激1：ピンセットで右後ろあしの先端を軽くつまんだ。

刺激2：ピンセットで右後ろあしの先端を強くつまんだ。

刺激3：右後ろあしの先端を薄い酢酸液に浸した。

実験2

カエル1～3をそれぞれアクリル板の上に腹ばいに座らせた後、尾部側を持ち上げるようにアクリル板をゆっくりと傾けて、カエルの反応を観察した。

図3

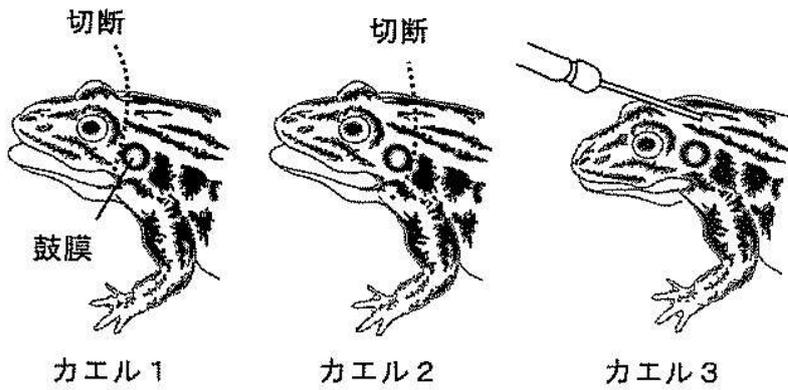
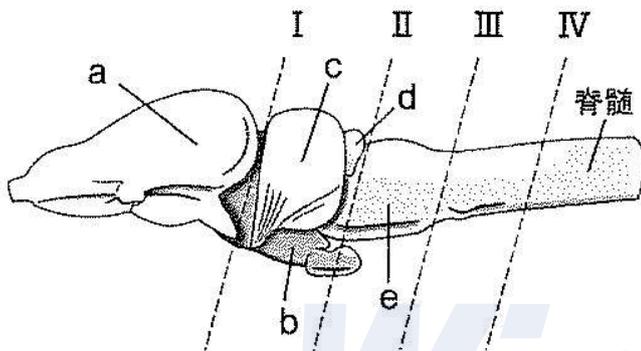


図4



図5



結果

表1に結果を示す。表中のA, D, G, Hは下の反応の記号に対応している。

表1

	実験1			実験2
	刺激1	刺激2	刺激3	
カエル1	A	D	A	G
カエル2	(ア)	(イ)	(ウ)	H
カエル3	(エ)	(オ)	(カ)	(キ)

反応

- A 右後ろあし全体を胴体に向けて折りたたむ運動を起こした。
- B 右後ろあし全体を突っ張るように伸ばす運動を起こした。
- C 右後ろあし全体を小刻みに震わせた。
- D 両後ろあし全体を胴体に向けて折りたたむ運動を起こした。
- E 両後ろあし全体を突っ張るように伸ばす運動を起こした。
- F 両後ろあし全体を小刻みに震わせた。
- G 板の傾きに逆らうように姿勢を制御した。
- H 何も反応を示さなかった。

問1 下線部(1)について、

- i) この反応を特に何とよぶか、名称を記せ。
- ii) だ液の分泌中枢は脳のどの領域にあるか、名称を記せ。

問2 下線部(2)について、

- i) この反応を特に何とよぶか、名称を記せ。
- ii) あし裏の皮膚に与えた刺激があしの筋肉の収縮を引き起こす経路について、次の(1)～(3)に適語を下の①～⑧から選び、それぞれ番号で記せ。

あし裏の皮膚 → (1) → (2) → (3) → あしの筋肉

- ① 小脳 ② 中脳 ③ 延髄 ④ 脊髄 ⑤ 運動神経 ⑥ 感覚神経
⑦ 交感神経 ⑧ 副交感神経

- iii) ii) のような反応の興奮の経路を一般に何とよぶか記せ。
- iv) i) と同じ反応を次の①～⑦からすべて選び、番号で記せ。

- ① 急に寒い場所に出ると、心拍数が増える。
- ② 熱いやかんに手が触れ、思わず手を引く。
- ③ 尿意をもよおし、用をたす。
- ④ 恐怖のあまり、鳥肌がたつ。
- ⑤ 食物を口に入れると、だ液が出る。
- ⑥ 明るいところでは、瞳孔が収縮する。
- ⑦ 目の前にものが飛んできて、まぶたを閉じる。

問3 下線部(3)について、

- i) この反応を特に何とよぶか、名称を記せ。
- ii) この反応における感覚受容器は何か、名称を記せ。
- iii) この反応の中枢はどこにあるか、名称を記せ。
- iv) この反応が下線部(2)の反応と経路上異なる点を簡潔に記せ。

問4 実験1と2について、

- i) 図5に側面から見たカエルの中樞神経を示す。領域 a～e の名称をそれぞれ記せ。
- ii) 表1の(ア)～(キ)にあてはまる反応を A～H から選び、それぞれ記号で記せ。ただし、記号は重複して選んでもかまわない。
- iii) 実験終了後にカエルを解剖してみると、カエル1と2とでは図5の I～IVのいずれかの位置で脳が切断されていた。カエル1はどこで切断されていたと考えられるか。I～IVから最も適当なものを選び、記号で記せ。
- iv) カエル1に加えた刺激1と刺激2のあいだで結果が異なったのはなぜか、その理由を簡潔に記せ。