愛知医科大学

2022 年度　一般選抜　生物

（2 科目　100 分）

I 図 1 に示す動物の系統樹を参考に，次の文章を精読し，下の問に答えよ。

新口動物は，脊索動物と水腔動物に大別され，水腔動物には半索動物と棘皮動物が含まれる。水腔動物は幼生期を経て成体へと発生し，半索動物に属するギボシムシの幼生をトルナリア幼生という。棘皮動物に属するウニの幼生は骨片をもち，プルテウス幼生とよばれ，ナマコの幼生はオーリキュラリア幼生とよばれる。これらの幼生は共通した体制をもつことから，ディプリュールラ型幼生と総称され，水腔動物の共通祖先（Last common ancestor）も同様の幼生をもっていたという説が長く提唱されてきた。一方，旧口動物は冠輪動物と①脱皮動物に大別され，冠輪動物の中でも，軟体動物と環形動物はトロコフォア幼生をもつ。このトロコフォア幼生とディプリュールラ型幼生の基本的な体制がよく似ていることから，この 2 種類の幼生は相同なのではないかと，広く考えられてきた。

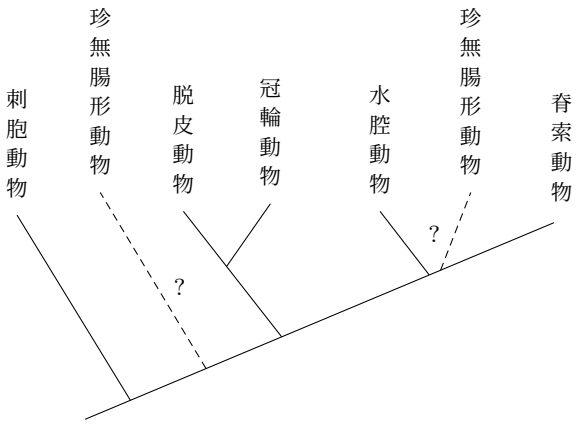


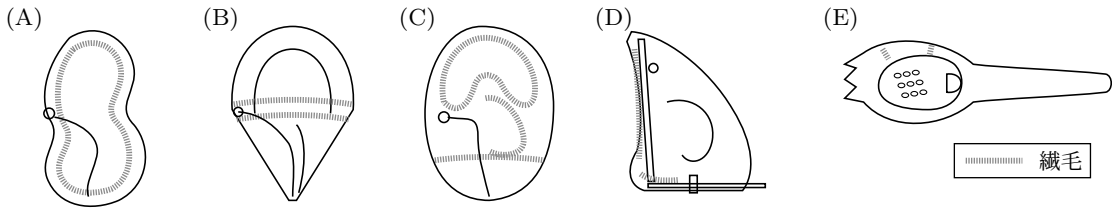
図 1．動物の系統樹

しかし，この説に対する反対意見も根強い。トロコフォア幼生とディプリュールラ型幼生の幼生体制全体をパターン化する遺伝子発現の共通性はほとんどわかっていない。さらに，新口動物では脊索動物からディプリュールラ型幼生は見つかっておらず，旧口動物では脱皮動物からトロコフォア幼生は見つかっていない。また，ディプリュールラ型幼生は口を取り囲むような繊毛帯をもつのに対して，環形動物のトロコフォア幼生の多くは口の前後に二列の繊毛環をもち，繊毛の動く方向が正反対である。これらのことから，②ディプリュールラ型幼生は水腔動物の共通祖先で獲得され，トロコフォア幼生は冠輪動物の共通祖先で独自に獲得されたが，似た特徴をもつようになったのではないか，という説も提唱されている。

刺胞動物はディプリュールラ型幼生やトロコフォア幼生のような幼生をもたないため，このような幼生は左右相称動物の進化の過程で獲得されたと考えられている。それでは左右相称動物の進化のどの過程で獲得されたのか，この問題の解決の糸口として近年注目されている動物門が存在する。珍無腸形動物とよばれる動物門である。珍無腸形動物には珍渦虫動物と無腸動物が含まれ，前者は軟体動物，後者は扁形動物に分類されていた歴史がある。近年の全ゲノム情報や③ミトコンドリアゲノムを用いた分子系統学的解析によって，珍渦虫動物と無腸動

物は近縁であり，独立した動物門，珍無腸形動物門を構成することが明らかとなった。注目すべきはこの動物門の系統的位置である。2011 年，Philippe らは，珍無腸形動物は新口動物に含まれ，水腔動物に近縁であると報告した。一方で，2016 年には Rouse らと Cannon らの 2 つのグループが珍無腸形動物は左右相称動物の中で初期に分岐した動物門であると発表した。この論争は現在も続いており，これと並行して発生学的研究も進められている。④珍無腸形動物の系統的位置と，発生過程においてディプリュールラ型幼生やトロコフォア幼生のような幼生をもつかどうかが明らかとなれば，左右相称動物の進化過程でのこのような幼生の獲得時期について新たな知見が得られると考えられている。

問 1. 以下の幼生 (A)〜(E) はそれぞれオーリキュラリア幼生，トルナリア幼生，トロコフォア幼生，プルテウス幼生，ホヤ幼生のいずれかである。トロコフォア幼生とプルテウス幼生を (A)〜(E) から選び，それぞれ記号を記せ。



問 2. 下線部①について，この動物群に含まれる動物門を 2 つ記せ。

問 3. 下線部②について，以下の問に答えよ。

(i) 系統的に独立した生物がよく似た形質をもつように進化する現象を何というか記せ。

(ii) ヒトとイカ・タコはこのような現象の結果，同じような構造の眼を獲得したと考えられている。以下の文の（ ア ）〜（ ウ ）に当てはまる最も適切な語句を記せ。

ヒトとイカ・タコの眼は，どちらの眼もピント調節が可能な眼であり，虹彩，（ ア ），網膜などは似た構造をもつが，多くの違いもある。例えば，ヒトでは（ ア ）の厚みを変えてピント調節を行うが，イカ・タコでは（ ア ）を前後させ，網膜との距離を変えてピント調節を行う。また，ヒトでは神経管由来の（ イ ）から網膜が生じるが，イカ・タコでは表皮の一部が陥没して網膜を形成する。さらに，ヒトの眼では網膜の表面に視神経があるので，視神経が網膜を貫く出口として（ ウ ）が必要だが，イカ・タコでは網膜の奥に視神経があり，そのまま脳へとつながるため，（ ウ ）が存在しない。

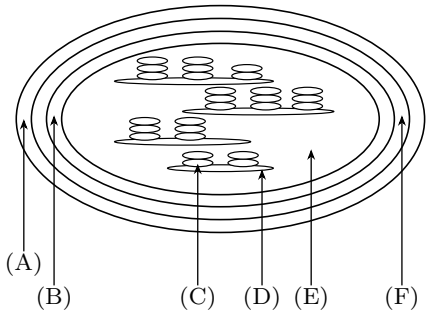
問 4. 下線部③について，以下の問に答えよ。

(i) ミトコンドリアは独自の DNA をもっており，分裂によって増えることなどから，好気性細菌に由来する構造だと考えられている。このような説を何というか記せ。

(ii) 葉緑体もミトコンドリアと同様に他の生物に由来すると考えられているが，葉緑体の起源となったと考えられている生物は何か記せ。

(iii) ある種の藻類は 4 枚の生体膜に包まれた葉緑体をもつことが知られている。この葉緑体の DNA を解析したところ，2 種類の生物に由来する DNA が見つかった。この 2 種類の DNA が存在する領域はそれぞれどこか。解答欄の四重膜葉緑体の模式図中の矢印が示す (A)〜(F) の領域から 2 つ選び，記号に丸印（○）をつけよ。

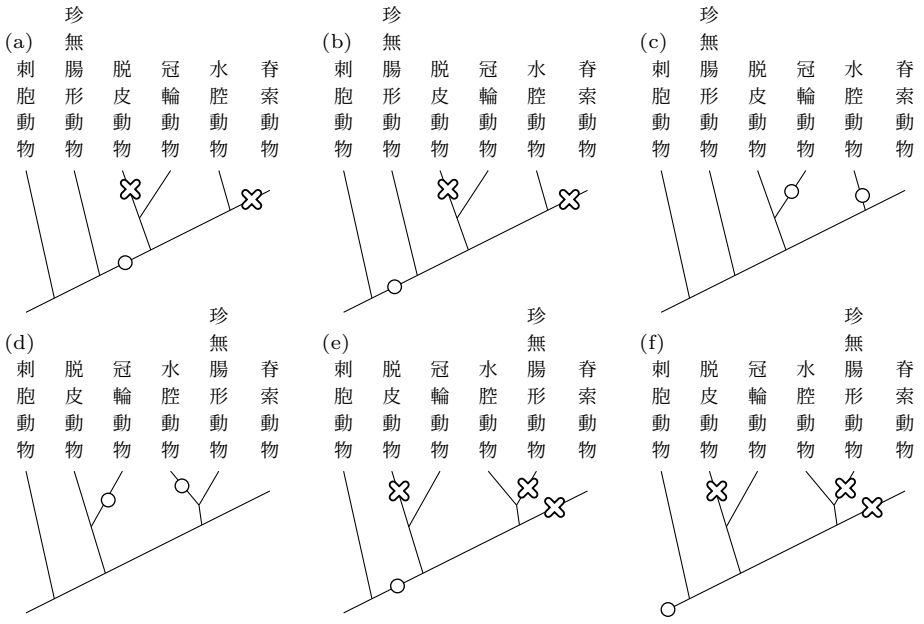
（注）解答欄には次の図が与えられている。



問 5. 下線部④について，今後の研究成果として以下のことが明らかとなった場合，ディプリュールラ型幼生もしくはトロコフォア幼生のような幼生の獲得時期または消失時期はどのように推測されるか。(i)，(ii) それぞれに対して適当なものを (a)〜(f) からすべて選び，記号を記せ。なお，このような幼生の獲得を○，消失を⊠で示す。

(i) 珍無腸形動物は左右相称動物の中で初期に分岐した動物門であり，珍無腸形動物の共通祖先はディプリュールラ型幼生もしくはトロコフォア幼生のような幼生をもっていた。

(ii) 珍無腸形動物は水腔動物と近縁な動物門であり，珍無腸形動物の共通祖先は幼生をもっていなかった。



II 次の文章を読み，下の問に答えよ。

愛さんと医太郎さんは夏休みに内科を受診しました。

医太郎 「愛さんは異常がなくて良かったね」

愛 「今年も血液検査，尿検査の数値はすべて正常値よ」

医太郎 「僕は尿のグルコース値と血しょう中の①クレアチニン濃度が正常値より高かった。心配になってきたから健康のために走って帰るよ」

愛 「②水分と塩類の補給を忘れずに」

医太郎 「喉が渇いてるのになんで塩類の補給が必要なの？」

愛 「体液と細胞の間の浸透圧が問題になるからでしょう。生物の基本よ」

医太郎 「あ〜あれか。そうなると，魚が淡水と海水で普通に生きていられるのも不思議だなぁ」

愛 「場所によって異なるけど，海水の塩類濃度はだいたい 3.3〜3.5%，淡水は 0.5% 以下くらいかな。魚の細胞はヒトとおおよそ同じ塩類濃度だから，③淡水や海水で生きるためには特別なしくみが必要ね」

表 1 は愛さんと医太郎さんの検査結果を表している。医太郎さんの尿中グルコース値が高いのは，血液グルコース濃度（血糖濃度）が高いために腎臓の（ ❶ ）における再吸収が間に合わず，尿中に排出されるからである。医太郎さんの場合，食後の血糖濃度上昇に応答して，すい臓の（ ア ）の B 細胞で産生されるインスリンの分泌が促進される機能は正常であった。しかし，インスリンの応答能が低下しているため，血糖濃度が正常に戻りにくい状態と判明した。細胞はインスリンに応答して細胞膜上にグルコースの（ イ ）を大量に発現させて，細胞内にグルコースを取り込んで血糖濃度を低下させる。このような濃度勾配に依存した物質輸送を（ ウ ）という。肝臓の細胞ではグルコースから（ エ ）の合成を促して，血糖濃度を低下させている。

（ オ ）から排出される老廃物であるクレアチニンは原尿中に完全にろ過され，腎臓の（ ❷ ）において再吸収されずに尿中にすべて排出される。そのため，尿中のクレアチニンの濃縮率を知ることによって，（ ❸ ）から（ カ ）にろ過される原尿量と腎臓において再吸収される液量を調べることができる。

表 1．愛さんと医太郎さんの検査結果

	成分	(mg/mL)	
		血しょう	尿
愛さん	グルコース	1.0	0.0
	クレアチニン	0.01	0.8
医太郎さん	グルコース	1.5	1.0
	クレアチニン	0.02	0.8

問 1. 文章中の（ ❶ ）～（ ❸ ）に当てはまる部位を図 1 の (a)～(e) からすべて選び，記号を記せ。解答には同じ記号を複数回選択してもよい。

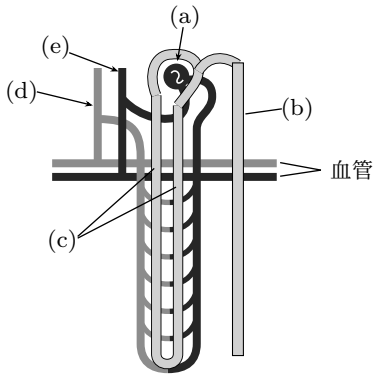


図 1．腎臓のネフロン周辺組織の模式図

問 2. 文章中の（ ア ）～（ カ ）に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問 3. 表 1 を参考にして，愛さんの腎臓において原尿中から 1 日あたり何リットル（L）の水が再吸収されるか計算し，小数第 1 位まで記せ。なお，1 日の尿量は 1.5 L とする。

問 4. 表 1 を参考にして，医太郎さんの腎臓における 1 分あたりのグルコースの再吸収量（mg）を計算し，整数で記せ。なお，尿の生成量は毎分 2 mL とする。

問 5. 下線部①について，血しょう中のクレアチニン濃度が上昇する場合，図 1 の (a)～(e) のうち，いずれかで異常が生じている可能性が考えられる。図 1 の (a)～(e) からその部位を 2 つ選び，記号を記せ。また，生じている異常についてそれぞれ簡潔に説明せよ。ただし，血液中の水分量は変化していないものとする。

問 6. 下線部②について，下の文章は多量に発汗した際と，その後，水分のみを摂取した場合に起こる体内での変化を説明したものである。（ あ ）～（ お ）に当てはまる最も適切な語句を記せ。

多量に発汗すると，水とともに体液中の塩類が失われる。体液中の水と塩類が減少すると，脳下垂体後葉から（ あ ）が分泌され，腎臓の（ い ）における水の再吸収が促進される。また，副腎皮質から分泌される（ う ）は腎臓における（ え ）の再吸収を促進する。発汗時に水やお茶などの水分だけを摂取すると，体液の塩類濃度がさらに低下し，体液中の水が（ お ）に移行するため，体液量がさらに減少し，脱水症となる場合がある。

問 7. 下線部③について，淡水産硬骨魚類が淡水で生息するために鰓（えら）と腎臓でおこなっている体液の濃度調節をそれぞれ簡潔に説明せよ。

III 問 1. 下の文章の（ あ ）〜（ か ）に当てはまる最も適切な語句を記せ。

DNA は遺伝情報を担う物質である。DNA の複製が始まる場所は（ あ ）とよばれている。DNA 複製の際には（ い ）という酵素により二重らせん構造がほどかれ，DNA ポリメラーゼにより DNA が合成される。このとき，（ う ）鎖は連続的に，（ え ）鎖は短い DNA が不連続に複製される。短い DNA 断片は（ お ）という酵素によってすべて連結され，最終的に 1 本の長い DNA 鎖となる。DNA 合成の開始にはプライマーとよばれる短い RNA が必要である。そのため，真核生物の染色体のような直鎖状 DNA の場合には，その先端部は完全に複製することができない。DNA の末端部には（ か ）とよばれる特定の塩基配列の繰り返しが存在し，この長さが一定以下になると細胞分裂が停止する。

以下に DNA 複製（合成）のしくみとその利用に関する実験 1〜3 を示す。文章を読み，各問に答えよ。

【実験 1】大腸菌を窒素原子 ^{14}N の同位体である ^{15}N のみを窒素源として含む培地で培養し，DNA の複製過程で ^{15}N を DNA に取り込ませた。何世代も培養すると，DNA のすべての窒素原子が ^{15}N に置き換わった大腸菌が得られた。次に，この大腸菌を ^{14}N のみを窒素源として含む培地で培養を始めて，1 回，2 回，$\cdots$ n 回と細胞分裂させ，それぞれの分裂回数の大腸菌から DNA を回収した。得られた DNA のうち，それぞれ同量の DNA を塩化セシウムの密度勾配遠心法により解析した。その結果を図 1 に示す。^{14}N のみを窒素源として含む培地で培養する前は重い（密度が大きい）DNA だけが検出されたが，1 回分裂後には中間の重さの DNA のみが検出された。さらに，2 回分裂後には中間の重さの DNA と軽い DNA が 1：1 の割合で検出された。この実験の結果より，①DNA は半保存的に複製されることが明らかになった。

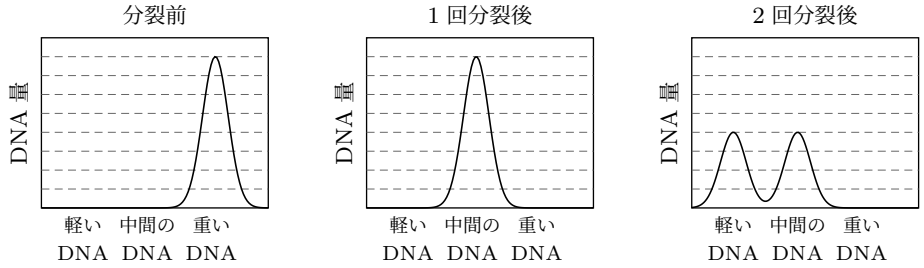


図 1．密度勾配遠心分離により得られた結果

問 2. 次の (a)〜(d) のうち，窒素原子を含む生体分子はどれか。すべて選び，記号を記せ。
(a) 炭水化物　(b) 核酸　(c) 脂質　(d) タンパク質

問 3. 実験 1 を考案した 2 人の人物名を記せ。

問 4. 下線部①について，「新たに複製される DNA 鎖」がどのようにして合成されるのか，簡潔に説明せよ。

問 5. 実験 1 において，n 回目の細胞分裂後に，重い DNA，中間の重さの DNA，軽い DNA の量比はどうなるか。その割合について n を用いて記せ。

【実験 2】放射性同位元素で標識されたチミジン（チミンを塩基にもつヌクレオチド）を培地に加え，大腸菌を増殖させた。このとき，非常に短い時間で DNA 合成を止め，その間に合成された DNA について調べた。放射性同位元素で標識されたチミジンを含む DNA には，非常に長い DNA と 1,000 塩基程度の短い DNA 断片が確認された。このことは，DNA が複製される際には，一方は非常に長い DNA 分子が連続して合成され，もう一方は

比較的短い DNA がいくつも合成されることを示しており，この②短い DNA 断片は発見者の名前から岡崎フラグメントとよばれている。

問 6. DNA 複製の際には，下線部②のような小さな DNA 断片をともなって DNA 複製を進めざるを得ない。二重らせん構造を構成する 2 本のヌクレオチド鎖の方向性，DNA ポリメラーゼの DNA 合成の特性などを考慮し，その理由を記せ。

問 7. ある DNA の複製の際（図 2），矢印の部分に下線部②の短い DNA 断片が見つかった。同じ場所の DNA に RNA ポリメラーゼが結合し B 鎖を鋳型に mRNA が転写されるとき（図 3），RNA ポリメラーゼはどちらの方向に移動し，mRNA は合成されるか，(a)〜(d) より選び，記号を記せ。またその理由も記せ。

(a) 両方向に移動しながら mRNA を合成する。
(b) ①の方向に移動しながら mRNA を合成する。
(c) ②の方向に移動しながら mRNA を合成する。
(d) この DNA 鎖からは転写できない。

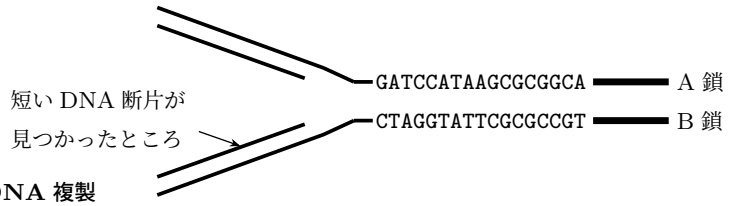


図 2．DNA 複製

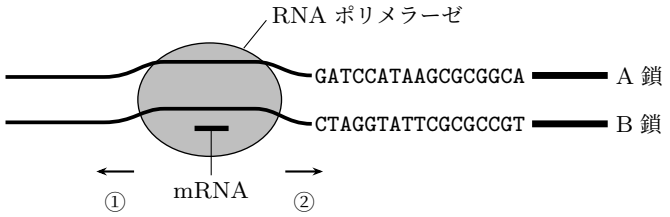


図 3．転写

【実験 3】頬の内側から上皮細胞を採取し，DNA を精製した。それを用いて，ある遺伝子を PCR 法により増幅した。精製した DNA に，4 種類のヌクレオチド（デオキシリボヌクレオシド三リン酸），その遺伝子を増幅するための DNA プライマー，③特別な DNA ポリメラーゼを加え，(i) 94 ℃　30 秒　(ii) 60 ℃　30 秒　(iii) 72 ℃　60 秒，の (i)〜(iii) を 1 サイクルとし，このサイクルを 30 回繰り返した。反応終了後，④アガロースゲルを用いた電気泳動により確認すると，予想される大きさの DNA 断片を得ることができた。

問 8. 実験 3 において，(i)〜(iii) のそれぞれの操作は，生体内での DNA 複製時におけるどの過程に相当するか。(a)〜(f) よりそれぞれ選び，記号を記せ。

(a) DNA の伸長　　(b) DNA 断片の連結
(c) RNA プライマーの合成　　(d) RNA プライマーの除去
(e) 二重らせん構造の解離　　(f) ヌクレオソームの形成

問 9. 実験 3 において，下線部③の酵素の代わりに，大腸菌の DNA ポリメラーゼが利用できないのはなぜか，理由を記せ。

問 10. 下線部④について，なぜ DNA は電圧を加えると移動するのか。また，なぜ DNA の長さにより分離できるのか，それぞれの理由を記せ。