

生 物

生物 問題 I

DNA の複製に関する次の文章を読み、下の問に答えよ。

DNA は半保存的複製とよばれる方法により複製される。DNA の構造は 2 本のヌクレオチド鎖が互いに逆向きに配列しており、複製時には両方の鎖が同時に合成されていくが、①連続的に合成される鎖と不連続に合成される鎖が存在する。不連続に合成される鎖では、一定の間隔で②プライマーが合成され、それをもとに複数の短い DNA 断片が合成されていく。この短い DNA 断片は (あ) とよばれ、最終的に (い) という酵素によりつながれ 1 本の DNA 鎖となる。そのため、直鎖状の DNA の場合、③DNA 複製は正確に行われるが、末端部分までは完全に複製できず、DNA 鎖は細胞分裂で DNA 複製を繰り返すたびに短くなっていく。そこで DNA の遺伝情報を保護するため、④DNA の末端部には特定の塩基の繰り返し配列が存在する。

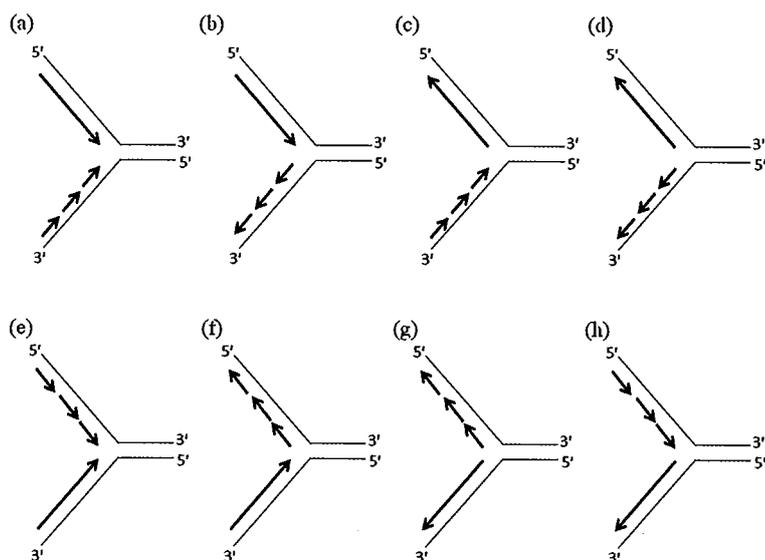
問 1. (あ), (い) に入る語句をそれぞれ記せ。

問 2. DNA の複製がはじまる領域を何というか、名称を記せ。

問 3. 下線部①のように DNA 鎖の方向によって複製方法が異なるのは、DNA 合成酵素 (DNA ポリメラーゼ) にどのような性質があるためか。簡潔に説明せよ。

問 4. 下線部②のプライマーを構成する糖と 4 種類すべての塩基の名称を記せ。また、このプライマーは DNA 複製終了時にはどのようにになっているか、簡潔に記せ。

問 5. DNA 複製時のようすを正しく示しているのはどれか、下の図 (a) ~ (h) から 1 つ選び、記号を記せ。ただし、矢印は新しく合成されている DNA の鎖を、矢印の向きは DNA の合成方向を示している。



問 6. 下線部③について、その理由を記せ。

問 7. 下線部④の繰り返し配列を何というか、名称を記せ。また、ヒトの正常細胞を培養しているとき、この繰り返し配列が短くなっていくと細胞はどうなるか、簡潔に記せ。

生 物

生物 問題 II

代謝に関する次の文章を読み、下の問に答えよ。

有機物が微生物によって嫌氣的に分解されることを発酵という。発酵は食品の製造に広く利用されている。乳酸発酵はヨーグルトや漬物、アルコール発酵はワイン、ビールなどの酒類、パンの製造などに利用されている。①乳酸発酵では、グルコースから生じたピルビン酸が（あ）によって、還元されて乳酸に変わる過程でATPが産生される。アルコール発酵では解糖系で生じたピルビン酸が脱炭酸酵素の働きで（い）となり、（い）は（あ）によって還元されて最終的にエタノールが生成される。

②パン製造などに利用される酵母は、このアルコール発酵をおこなう。この酵母をグルコース溶液とともに、下の図のガラス容器の盲管部に空気が入らないように満たし、開口部に綿栓をして35℃に保温すると、さかんに気体が発生し盲管部の液面が下がった。その後、この気体の性質を調べるために、開口部からこの容器に（う）溶液を加えて開口部を親指でふさいでゆるやかに攪拌すると（A）が観察された。さらにこの盲管内の液を取り出してろ過し、（え）溶液を加えて加熱すると特有のにおいを持った黄色沈殿が生じた。このことから、エタノールが生成されたことが確認された。酵母では、③酸素がない条件下ではこのアルコール発酵が進行するが、酸素が多い条件下では呼吸が行われこの発酵は抑制される。

問1. 本文中の（あ）～（え）に入る適切な語句を記せ。

問2. 下線部①の一連の反応をあらわす反応式を記せ。

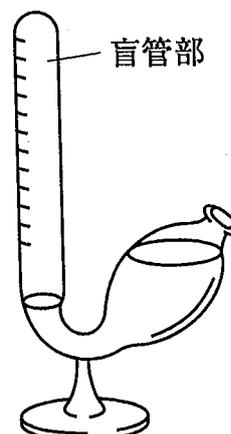
問3. 下線部②の酵母についての説明で誤っているのはどれか。下記の（ア）～（オ）から1つ選び、記号を記せ。

- （ア）酵母は一生を単細胞で過ごす
- （イ）酵母は菌類に含まれる真核生物である
- （ウ）酵母は細菌の仲間なので核膜はもたない
- （エ）酵母は生物の種名ではなく、分類学上も1つの生物群ではない
- （オ）酵母はカビの仲間であり、子のう菌類や担子菌類に属すものもある

問4. 右の図の容器を何というか。また、文中（A）で観察された現象は次のうちどれか。

下記の（ア）～（エ）から1つ選び、記号を記せ。

- （ア）指が開口部に吸いつけられるという現象
- （イ）指が開口部から強く圧力を受けるとい現象
- （ウ）指が開口部で感じる溶液温度が急激に低下するという現象
- （エ）指が開口部で感じる溶液温度が急激に上昇するという現象



生 物

問5. 下線部③の現象は、発見者の名前にちなんで何と呼ばれるか。

問6. 下線部③のうち、酸素の多い条件下で、大きな変化が起こる細胞小器官は何か。また、どのような変化が起こるのか。

問7. グルコースをほとんど含まない白米を使って日本酒ができるのはなぜか。

問8. 酵母をある条件下にてグルコース溶液中で培養したところ、18 g のグルコースを消費し、17.6 g の二酸化炭素を生成した。以下の(1)、(2)の間に答えよ。ただし、原子量は C=12, H=1, O=16 とし、答えが割り切れない場合は、小数第1位まで求めよ。

(1) 生成したアルコールの重さを求めよ。

(2) 全体で何 mol の ATP が生成されたか求めよ。最大量が生成されたと考える。

問9. 有機物の分解によって生じた全エネルギーに対する ATP に捕えられたエネルギーの割合をエネルギー利用効率と呼ぶ。

以下の(1)、(2)の間に答えよ。ただし、1 mol の ADP から 1 mol の ATP を生成するのに 30 kJ を必要とする。

呼吸、乳酸発酵、アルコール発酵それぞれの反応で発生するエネルギー量(熱量)は、呼吸 2,870 kJ、乳酸発酵 197 kJ、アルコール発酵 234 kJ として計算し、答えが割り切れない場合は、小数第1位まで求めよ。

(1) グルコース 1 mol を利用するとき、その分解によるエネルギー利用効率は、呼吸、乳酸発酵、アルコール発酵でそれぞれ何パーセントか。

(2) 問8の条件下で、この酵母が代謝したエネルギー利用効率は何パーセントか。

生 物

生物 問題 III

聴覚に関する次の文を読み、下の問に答えよ。

ヒトの耳は、①外耳、中耳、内耳の3つの部分からなる。外耳と中耳を隔てる（あ）は楕円形で斜めに張り、真珠様の光沢をもった薄い膜である。中耳の鼓室には（い）個の耳小骨がある。また（A）は鼓室から伸びる長さがおおよそ3cmの管で咽頭の開口部とつながる。内耳は側頭骨の岩縁部と呼ばれる領域の内側にある極めて複雑な形や構造で、骨の中に閉じこめられた複雑な骨性の管である骨迷路と、その中にある膜性の管である膜迷路から構成される。この構造をうずまき管と呼ぶ。②うずまき管は、入り口に近い部分は幅が狭くて固く、頂部（奥）に向かうにつれて幅が広く柔らかくなる性質をもつ。内耳の中の空隙は、すべて（う）液で満たされ、膜迷路と骨迷路の間にあるものを外（う）、膜迷路の内部にあるものを内（う）という。内耳には2枚の長い膜によって仕切られた管が存在し、その管は前庭階、（え）、鼓室階の3つで構成される。このうち音を受感する聴細胞は（え）の基底膜上にある（B）に存在する。③音が内耳の（う）液の振動として伝わると、その振動に応じて基底膜が上下に振動する。その結果、聴細胞の感覚毛（不動毛）が（お）と接触し、機械的刺激として感知され、電位が発生する。この電位が聴神経の興奮を引き起こし、④複数のニューロンを介して、⑤大脳で音として知覚される。

問1. 上の文の（あ）～（お）に入る適切な語句を記せ。

問2. 上の文の（A）に入る名称を答えよ。また、この（A）の機能を簡潔に説明せよ。

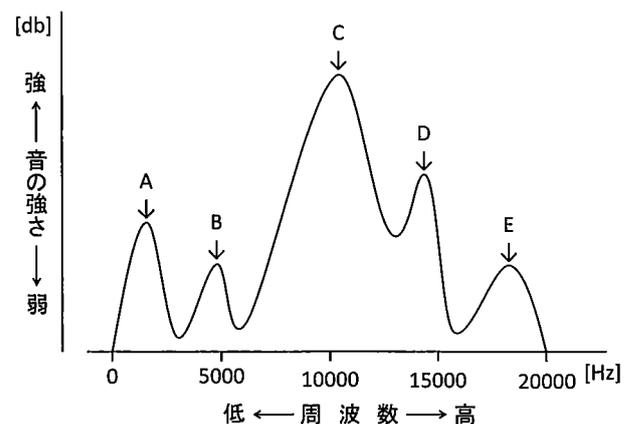
問3. 下線部①について、次の（ア）～（オ）より正しいものを3つ選び、記号を記せ。

- （ア） 卵円窓は鼓室に面している
- （イ） 耳殻は中耳の構成要素である
- （ウ） 外耳道は頭蓋骨に囲まれる部位まで到達している
- （エ） 前庭神経は平衡覚を受容する器官につながっている
- （オ） 耳小骨によって増幅された振動は、まず正円窓へ到達する

問4. 右の図はある音を周波数解析した結果を示す。下線部②

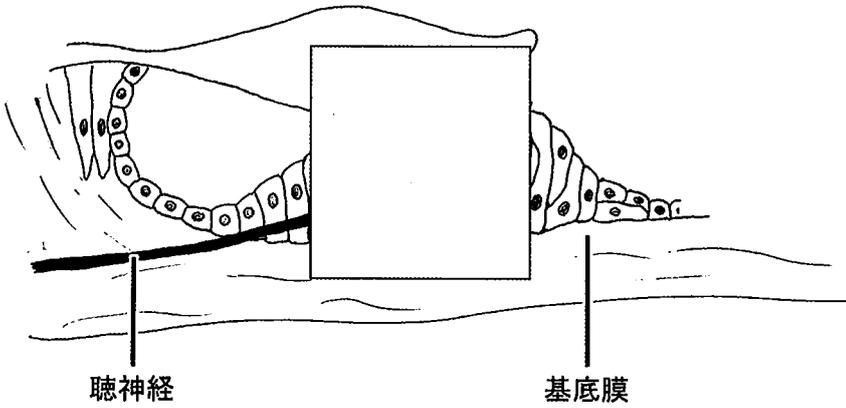
の性質をふまえ、(1)～(3)の設問について、A～Eより正しいものをそれぞれ1つ選び、記号を記せ。

- (1) 老人が最も聞こえにくい音はどれか。
- (2) 最も低音として知覚されるのはどれか。
- (3) うずまき管の入り口近くを最も振動させる音はどれか。



生 物

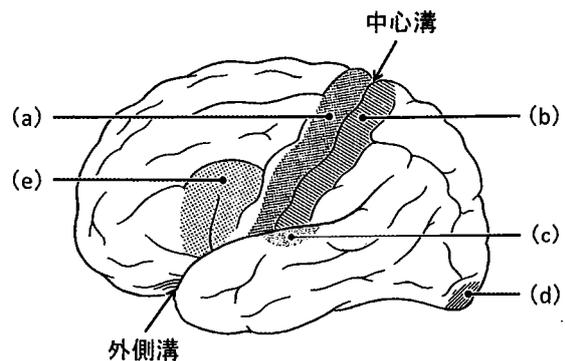
問5. 下線部③をつかさどる部位 (B) の名称を答えよ。また、下図は部位 (B) を示す。空白になっている部分の構造を、聴神経と聴細胞との繋がりと位置に注意して、図示せよ。



問6. 下線部④について、次の (ア) ~ (オ) より正しいものを3つ選び、記号を記せ。

- (ア) 神経細胞間の情報伝達はシナプスで行われる
- (イ) 神経伝達物質はシナプス後細胞から放出される
- (ウ) 受容体と特異的に結合する化学物質をリガンドと呼ぶ
- (エ) クロライド (Cl) チャネルが開くと、興奮性シナプス後電位が生じる
- (オ) 活動電位がシナプス前細胞の神経終末に到達すると、電位依存性カルシウムチャネルが開く

問7. 右の図は大腦を外側から見た模式図を示す。下線部⑤について、その中枢部位は次の (a) ~ (e) のうちどれか、記号を記せ。

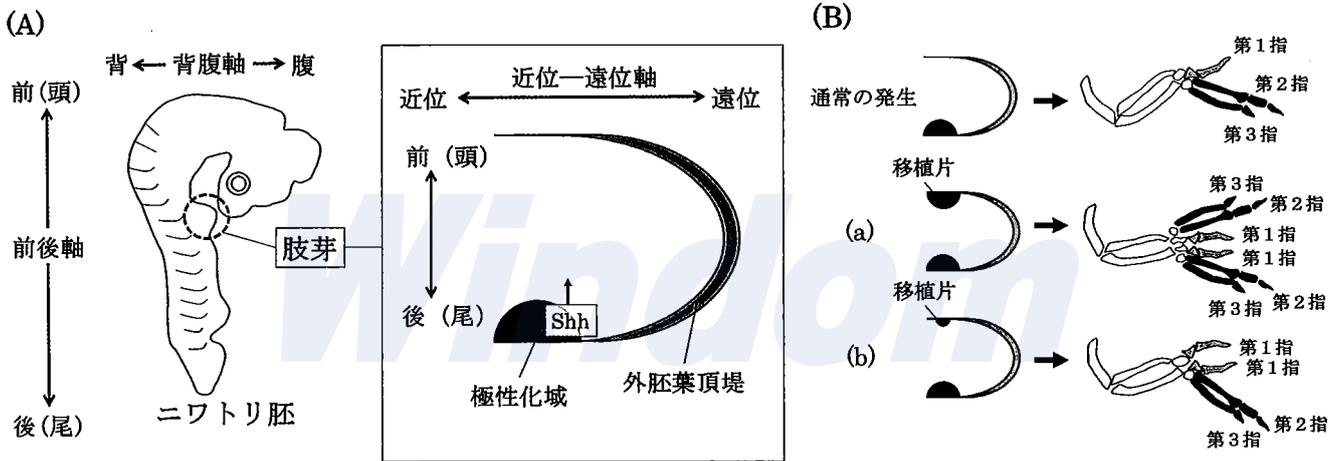


生物 問題 IV

四肢の形成、再生実験に関する次の文章を読み、下の間に答えよ。

【実験 1】

下の図はニワトリ胚（3 日胚）と拡大した枝芽の模式図である。下の図に示すように、ニワトリの前肢（翼）の形成における極性化域の役割を調べるために移植実験を行った。下の図（A）に示すように枝芽の後方（尾側）にある極性化域からはソニックヘッジホッグ（Shh）タンパク質が分泌されていることが分かっている。下の図（B）に示すように、ニワトリ胚（3 日胚）の前肢枝芽にある極性化域を切り出し、別のニワトリ胚（3 日胚）の前肢枝芽の前側に移植した。移植片の大きさを、後部にある極性化域と同じ大きさにした場合（a）と、小さくして移植した場合（b）で、形成される指の数と並び方が図のように異なっていた。第 1～3 指はニワトリ前肢の指の並びを表している。また、近位は体に近い側、遠位は指先に近い側を示しており、近位－遠位軸は手を伸ばした際の体から指先に沿った軸である。



問 1. ニワトリ胚は発生研究によく用いられるが、ニワトリ胚の特徴として正しいものを（ア）～（オ）の中から1つ選び、記号を記せ。

- (ア) 10℃前後の低温でも正常に胚発生が進む
- (イ) 無精卵でも胞胚期までは発生が進行する
- (ウ) 無精卵の卵黄に外部から精子をかけると受精が起こり、発生過程を全て観察することができる
- (エ) 卵黄上部の表面で卵割が起こり、胚発生が進行する
- (オ) 枝芽の移植は可能であるが、その他の組織では生着が難しいため移植はできない

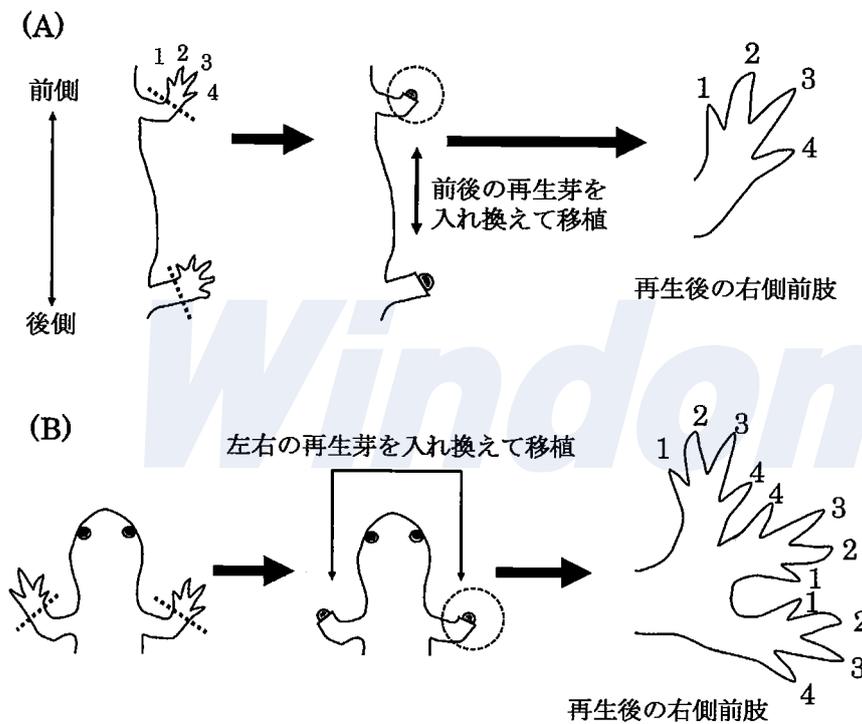
問 2. 実験 1 の結果から、指の並びに最も影響を与えている体軸を（ア）～（オ）の中から1つ選び、記号を記せ。

- (ア) 背腹軸 (イ) 前後軸 (ウ) 近位－遠位軸 (エ) 左右軸 (オ) 上下軸

問 3. 実験 1 の結果から、ニワトリ前肢の指の並び方はどのように決められていると考えられるか、簡潔に記せ。

【実験2】

イモリは成体でも四肢の再生能力を持っている。四肢を切断すると、切断面には再生芽と呼ばれる未分化な状態の細胞が集まった組織が形成され、これを元に四肢の発生と同様の過程を経て再生が起こる。①再生芽に含まれる未分化な状態の細胞集団には、真皮や軟骨、筋肉を形成していた細胞が含まれていることが分かっている。下の図(A)に示すように同一個体の右側前肢、右側後肢を切断すると7日後に再生芽が形成された。その再生芽を切り出し、前後の再生芽を入れ換えて移植する実験を行った結果、前肢、後肢ともに元通りの肢が再生した。さらに下の図(B)に示すように左右の前肢を切断して7日後に形成された再生芽を切り出し、左右を入れ換えて移植したところ、図(B)に示すような3本の前肢が再生した。指に付した番号は第1指～第4指の並びを表している。なお、再生芽を入れ換える際に背腹軸、近位-遠位軸は入れ換わらないように移植した。



問4. イモリは分類上、(あ)動物門-脊椎動物亜門-(い)綱-(う)目に属する生物である。(あ)～(う)に当てはまる語句を(ア)～(コ)の中から選び、記号を記せ。

- (ア) 尾索 (イ) 脊索 (ウ) 節足 (エ) 哺乳 (オ) 無尾
(カ) 有尾 (キ) トカゲ (ク) イモリ (ケ) 爬虫 (コ) 両生

問5. 実験2の下線部①のように、発生過程で細胞分化によって特定の形態や機能を持っていた細胞が、未分化な状態の細胞に戻る現象を何というか記せ。

問6. 実験2において、左右前肢の再生芽を入れ換えた後、再生した3本の前肢のうち中央の前肢は移植した再生芽に由来したものである。この前肢の指の並びが通常とは逆の向きになっている理由を簡潔に記せ。

問7. 実験2において、3本の前肢が再生した理由を考察し、簡潔に記せ。