

生 物

1 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

出生時のヒト女兒の卵巣内には約 200 万個のろ胞と呼ばれる構造が存在する。ろ胞の中にはすでに減数分裂を開始した卵母細胞が含まれているが、その減数分裂は (ア) の段階で停止した状態になっている。女兒が成長して思春期をむかえると、ホルモンのほたらきによって調節される月経周期が始まる。安定した月経周期においては、まず脳下垂体から分泌されたる胞刺激ホルモンが卵巣のろ胞にはたらきかけ、それに応答したろ胞が成長を始める。これと同時にそのろ胞中の卵母細胞が減数分裂を再開し、成長する。卵母細胞が排卵可能な程度まで成長すると、減数分裂は (イ) でふたたび停止する。一方、成長中のろ胞からはエストロゲンというホルモンが分泌され、エストロゲンの血中濃度が一定以上になると脳下垂体からの黄体形成ホルモンの大量の分泌を促す。一過性に大量に分泌された黄体形成ホルモンは、十分に成長したろ胞にはたらきかけて排卵を引き起こす。排卵は十分に成長した卵母細胞が卵巣壁を突き破ってろ胞から輸卵管へと飛び出す現象である。排卵後のろ胞は黄体に変化し、エストロゲンに加えてプロゲステロンも分泌するようになる。これら 2 つのホルモンは脳下垂体にはたらきかけ、ろ胞刺激ホルモンと黄体形成ホルモンの分泌を抑制するとともに子宮にもはたらきかけて、子宮内膜を肥厚させて受精卵の着床に備える。このとき、排卵されて輸卵管中にある卵母細胞に精子が進入して受精が起こると、その刺激によって卵母細胞の減数分裂が再開・完了する。もし、卵母細胞が受精しなければ着床することもなく、卵巣内の黄体も退化する。黄体が退化するとエストロゲンとプロゲステロンの分泌量が低下し、子宮内膜がはがれ落ちる。これが月経である。

問 1 下線部 a について，以下の問(1)~(4)に答えよ。

(1) 減数分裂と体細胞分裂について述べた次の文章のうち間違っているものを以下の(A)~(E)からすべて選び，記号で答えよ。

(A) 減数分裂では第一分裂中期になって初めて相同染色体の対合が起きるが，体細胞分裂では相同染色体の対合は起こらない。

(B) 生殖細胞は減数分裂をするが体細胞分裂をすることはない。

(C) 減数分裂第一分裂，減数分裂第二分裂，体細胞分裂のいずれでも，中期に細胞の赤道面に並んだ染色体が後期に分かれる。

(D) 体細胞分裂と減数分裂第二分裂では，分裂によって核相が変化しない。

(E) 体細胞分裂でみられる間期は減数分裂第一分裂終了後にもみられる。

(2) と に入る減数分裂の時期をそれぞれ答えよ。

(3) 減数分裂完了直後の細胞の核 1 個あたりの DNA 量を 1 としたとき， と の時期の核 1 個あたりの DNA 量はそれぞれいくらになるか答えよ。

(4) 精子形成時および卵形成時の減数分裂にはそれぞれ特徴的な点がある。それはどのような点か，精子形成については 20 字以内で解答欄(ウ)に，卵形成については 30 字以内で解答欄(エ)に解答せよ。なお，(ウ)の説明には「精原細胞」，(エ)の説明には「極体」というキーワードを必ず用いること。

問 2 下線部 b について、以下の問(1)~(5)に答えよ。

- (1) 下線部 c のように、ホルモンが特異的にはたらくために標的となる細胞が持っている、そのホルモンとだけ結合するものは何か、答えよ。
- (2) 次の図は文中に出てきた 4 つのホルモンの月経周期における分泌量の変動を示したものである。図中のグラフとホルモンの組み合わせとして適切なものを以下の(A)~(E)から選び、記号で答えよ。

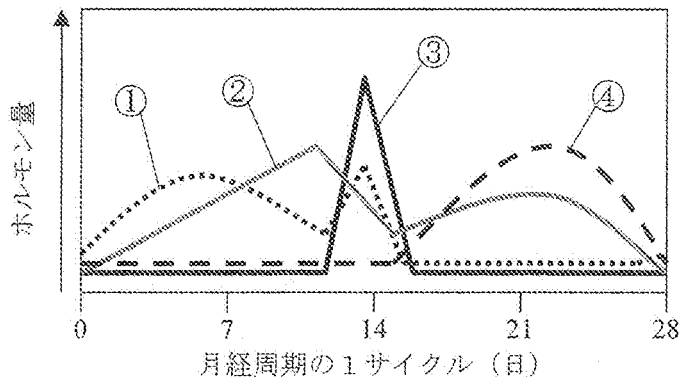


図 月経周期におけるホルモン分泌量の変動

- | | |
|----------------|------------|
| (A) ① エストロゲン | ② ろ胞刺激ホルモン |
| ③ 黄体形成ホルモン | ④ プロゲステロン |
| (B) ① 黄体形成ホルモン | ② エストロゲン |
| ③ ろ胞刺激ホルモン | ④ プロゲステロン |
| (C) ① 黄体形成ホルモン | ② プロゲステロン |
| ③ ろ胞刺激ホルモン | ④ エストロゲン |
| (D) ① ろ胞刺激ホルモン | ② エストロゲン |
| ③ 黄体形成ホルモン | ④ プロゲステロン |
| (E) ① ろ胞刺激ホルモン | ② プロゲステロン |
| ③ 黄体形成ホルモン | ④ エストロゲン |

- (3) 下線部 d のように，ホルモンのはたらきの効果が前の段階に戻って抑制的な作用を及ぼすことを何とよぶか，解答欄のマス目を埋めるかたちで答えよ。
- (4) 下線部 d の現象を利用した薬のひとつが，望まない妊娠を防ぐために女性が服用する経口避妊薬（通称ピル）である。経口避妊薬にはエストロゲンとプロゲステロンが含まれており，通常それを 3 週間程度服用した後に，服用しない（あるいはホルモンを含まない「偽薬」を服用する）期間を 1 週間程度もうける。このとき，服用を開始してから最初の 3 週間に経口避妊薬は卵巣にどのような効果をもたらすか，20 字以内で述べよ。
- (5) (4) で経口避妊薬を服用しない 1 週間に子宮ではどのような変化が見られるか。最初の 3 週間に子宮で起きる変化を考慮しながら，20 字以内で述べよ。

2 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

口に入った食物はさまざまな酵素によって分解されていく。たとえば、白米の主成分であるデンプンは口の中をかみくだかれながらだ液に含まれるアミラーゼ^aによって [ア] に分解されていく。 [ア] は小腸でグルコースにまで分解され、小腸上皮から吸収される。吸収されたグルコースは、血中に入ったのち、体内にあるさまざまな器官や組織の細胞に取り込まれ、ATP^b合成の源として利用される。酸素が十分に存在する場合、細胞に取り込まれたグルコースは、^c3つの反応経路を経て、最終的に水と二酸化炭素にまで分解されるとともにATPを生じる。 [イ] とよばれる最初の経路では、グルコースがピルビン酸まで分解される。ピルビン酸はミトコンドリア内に取り込まれ、2つめの反応経路であるクエン酸回路^dに入る。 [イ] とクエン酸回路で生じた水素原子 [H] は、補酵素と結合して3つめの反応経路である電子伝達系^eに運ばれる。電子伝達系では、[H]を受容した補酵素から放出された電子が、3種類のプロトン (H⁺) ポンプにつぎつぎ運ばれる。H⁺ ポンプは電子のもつエネルギーの一部を利用してH⁺をミトコンドリアの膜間腔へくみ出す。その結果生じたH⁺の濃度差を利用して、 [ウ] がATPを生成する。このように、有機物(グルコース)を酸化して得られた[H]を利用して、電子伝達系でATPがつけられる反応を [エ] とよぶ。

一方、酸素がない状態でもグルコースからATPは生成される。たとえば、筋肉では、酸素の供給が間に合わなくなると、 [イ] によってグルコースがピルビン酸に分解されたのち、いったん [イ] で奪われた[H]が戻され、ピルビン酸は [オ] に変化する。また、酵母菌では、グルコースから生じたピルビン酸は、脱炭酸反応によってアセトアルデヒドに変化する。アセトアルデヒドは[H]を受け取り、 [カ] を生じる。これら酸素のない状態でのグルコース異化^fによって得られるグルコース1分子あたりのATP量は、酸素存在下でのグルコース異化によって得られるそれに比べ少ない。

問 1 文章中の ア ~ カ に適切な語句を入れよ。

問 2 下線部 a に関する以下の問に答えよ。

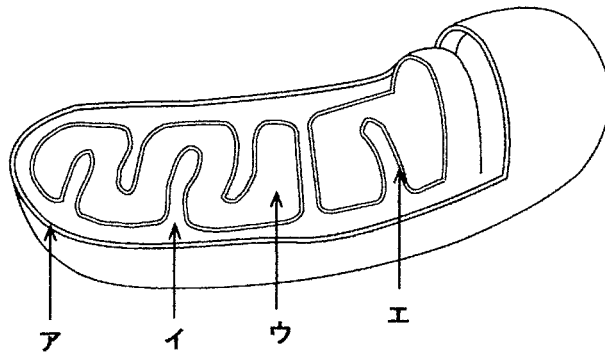
- (1) アミラーゼは食物とともに食道を経て胃に到達すると、その酵素活性を失う。その理由を 30 字以内で述べよ。
- (2) 胃にはペプシンとよばれる酵素が存在する。この酵素はタンパク質を分解するが、デンプンを分解することはない。このように酵素が特定の物質のみにはたらきかける性質を何とよぶか。

問 3 下線部 b に関する記述で正しいものを下より選び、記号ですべて答えよ。

- (A) ATP を含む塩類溶液に、ニワトリの胸筋より作製したグリセリン筋を入れると収縮する。
- (B) 赤血球中のヘモグロビンが酸素と結合する際、ATP が消費される。
- (C) ATP 分子内にあるリン酸とリボースとの間の結合は大きなエネルギーを蓄積しており、高エネルギーリン酸結合とよばれる。
- (D) ヒトの細胞では、ATP はミトコンドリア以外で生成されない。
- (E) クレアチンリン酸の働きのひとつは、筋収縮にともない分解された ATP を補充するため、ADP から ATP を再合成することである。

問 4 下線部 c のように、生物が酸素を用いて、炭水化物などの有機物を分解して、生命活動に必要な ATP を生成することを何とよぶか記せ。

問 5 下線部 d, e に関する以下の問に答えよ。



ミトコンドリアの断面の模式図

- (1) 上の図はミトコンドリアの断面を簡略に描いた模式図である。下線部 d, e それぞれ一連の反応は、ミトコンドリアのどこで行われるか、その名称を記すとともに、対応する部位を図のア～エより選べ。
- (2) 下線部 d の一連の反応では、ピルビン酸 1 分子あたり何分子の二酸化炭素が生じるか。

問 6 下線部 f の記述に関する以下の問に答えよ。

酸素が十分に利用できる条件では、グルコース異化によってグルコース 1 分子あたり 38 個の ATP 分子が生成されるとする。酸素が利用できない状態で同量の ATP をグルコース異化によって生成するためには、何分子のグルコースが必要か。

3 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

栄養要求株とは、突然変異などによって生存に必要な生体物質を合成できなくなったために、外部からその物質を補わなければ生きていけなくなった変異株のことである。栄養要求株を単離し、その原因となった遺伝子を解析することは、生体物質の生合成経路を解明するための有効な手段のひとつである。

植物では、シロイヌナズナのビタミン B₁ 要求株の解析から、ビタミン B₁ の生合成経路の多くの部分が明らかにされてきた。下の図は、シロイヌナズナのビタミン B₁ 生合成経路の概略図である。この図から、ビタミン B₁ は前駆物質 Z から合成され、前駆物質 Z の合成には前駆物質 W と前駆物質 Y の両方が必要であることがわかる。

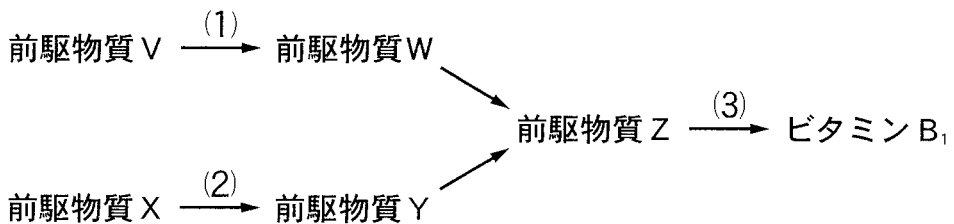


図 シロイヌナズナのビタミン B₁ 生合成経路

ビタミン B₁ 要求性を示すシロイヌナズナの 3 つの変異系統 (系統 1 ~ 系統 3) は、図中に示されたビタミン B₁ 生合成経路の (1) ~ (3) のいずれかの段階に異常が生じており、ビタミン B₁ やその前駆物質を含まない最少培地 (栄養要求株ではない植物ならば生育することができる最少限の養分しか含まれない培地) では正常に生育することができず、発芽後しばらくすると枯死する。一方、ビタミン B₁ を含む培地ではいずれの系統も正常に生育することができる。系統 1 では、そのようなビタミン B₁ 要求性のほかに、花弁が無い異常な形態の花をつけるという表現型もみられる。また、系統 2 と系統 3 は、次ページの表に示すように最少培地にそれぞれ異なる前駆物質を添加した培地で生育することができる。系統 4 は、ビタミン B₁ 要求性も花の形態異常も示さず、最少培地においても正常に

生育することができる。系統1と系統2，系統1と系統4，系統2と系統4の交雑により得られたF₁はいずれも最少培地において正常に生育し，花の形態異常もみられなかった。さらに，それぞれのF₁の自家受粉により得られたF₂種子を，ビタミンB₁を含む培地にまいたところ，すべての個体が生育した。また，そのほかの様々な培地(最少培地，あるいは最少培地にビタミンB₁の前駆物質WまたはYを添加した培地)にF₂種子をまいたところ，生育する個体と致死性を示す個体の分離比が下の表のようになった。

表 各系統の様々な培地における表現型

系 統	生存個体と致死個体の分離比		
	最少培地	前駆物質 W 添加培地	前駆物質 Y 添加培地
系統1	0 : 1	0 : 1	0 : 1
系統2	0 : 1	0 : 1	1 : 0
系統3	0 : 1	1 : 0	0 : 1
系統4	1 : 0	1 : 0	1 : 0
系統1 × 系統4 の F ₂	3 : 1	(ア)	(イ)
系統2 × 系統4 の F ₂	3 : 1	(ウ)	(エ)
系統1 × 系統2 の F ₂	9 : 7	(オ)	(カ)

問 1 系統1～系統3に含まれるビタミンB₁要求性変異は，それぞれ図中の(1)，(2)，(3)のいずれの段階に影響を与えていると考えられるか。

問 2 表の空欄 (ア) ～ (カ) に当てはまる生存個体と致死個体の分離比を記せ。

問 3 系統 1 と系統 2 の交雑により得られた F_2 種子を最少培地にまいた中で、正常に生育した個体の中から選んだ 1 個体 を系統 2 と交雑したところ、次世代において最少培地で致死性を示す個体がある割合で現れた。この実験に関する以下の問いに答えよ。

(1) 系統 1, 系統 2 のビタミン B_1 要求性に関する対立遺伝子をそれぞれ Q と q , R と r とすると(ただし, Q , R は q , r に対してそれぞれ優性であるものとする), 下線 a の F_2 個体の遺伝子型として考えられるものを以下の例にならってすべて記せ。

例) $QQRR$

(2) 下線 b の「ある割合」とは, どのような割合(%)であったと考えられるか。

問 4 系統 1 の花の形態異常に関する対立遺伝子の遺伝子座と系統 2 のビタミン B_1 要求性に関する対立遺伝子 R , r の遺伝子座は同一染色体上に存在し, 5% の組換え価で連鎖していることがわかっている。

系統 1 と系統 2 の交雑により得られた F_2 種子をビタミン B_1 添加培地にまいた場合には, すべての個体が生育し, その中で正常な花をつける個体と異常な形態の花をつける個体の分離比は 3 : 1 であった。同じ F_2 種子を最少培地にまいた場合には, 死なずに生育した個体の中で正常な花をつける個体と異常な形態の花をつける個体の分離比はどのようになると期待されるか。以下の(A)~(I)の中から最も近いものを選び, 記号で答えよ。

- | | | |
|------------|------------|-------------|
| (A) 0 : 1 | (B) 1 : 1 | (C) 2 : 1 |
| (D) 3 : 1 | (E) 15 : 1 | (F) 19 : 1 |
| (G) 30 : 1 | (H) 63 : 1 | (I) 399 : 1 |

問 5 上述のシロイヌナズナの3つのビタミン B₁ 要求性変異では、それぞれの系統で突然変異を生じた遺伝子はビタミン B₁ 生合成経路で働く異なる酵素に対応しており、ピードルらが1945年に提唱した一遺伝子一酵素説にあてはまると考えられる。しかし、現在ではこの一遺伝子一酵素説にあてはまらない例もみつかっており、一遺伝子一酵素説は必ずしも正しくないと考えられるようになっている。一遺伝子一酵素説にあてはまらない例としてどのような場合が考えられるか。一例をあげ、簡潔に述べよ。

4

I およびIIの文章を読み、それぞれの間に答えよ。

I 次の文章を読み、以下の間に答えよ。

神経系の構造は動物によって異なっている。ヒドラは散在神経系をもち、その行動は単純な (ア) だけからなり、それほど複雑な行動はみられない。これに対し、集中神経系をもつ動物では、刺激に応じた多様で複雑な反応や行動がすみやかにおこる。プラナリアは前方部に (イ) が集まった神経節をもち、神経束がからだの中をかご状に分布している。バツタでは (ウ) ごとに神経節が1対存在し、これらと脳が前後左右につながってはしご状の神経系を形成している。脊ついで動物の中枢神経系は、大脳、 (エ) 、 (オ) 、 (カ) 、延髄および脊髄から構成され、それぞれ異なつたはたらきをしている。 (エ) は視床と視床下部とに分けられ、 (オ) は (エ) と (カ) の連絡通路となっている。また、 (エ) 、 (オ) 、延髄をまとめて (キ) という。脳の各部位の発達の程度は動物によって異なり、鳥類の脳は両生類やハチュウ類の脳に比べてとくに (カ) が発達している。ほ乳類では新皮質が著しく発達し、とくにヒトでは新皮質が大脳表面の大半を占め、辺縁皮質(古い皮質)は新皮質に押しやられるかのように大脳の内部に閉じ込められている。

問 1 上記文章の空欄 (ア) ~ (キ) に入る適切な語句を記せ。

問 2 下線部 a の (エ) ~ (カ) は中枢としてどのようなはたらきを担っているか。解答用紙の各欄に以下の中から該当するものをすべて選び記号で答えよ。

- | | | |
|----------|-----------|-------------|
| A 筋運動の調節 | B 姿勢保持 | C からだの平衡保持 |
| D 体温の調節 | E 眼球運動の調節 | F 呼吸運動の調節 |
| G 血糖量の調節 | H 心臓拍動の調節 | I 瞳孔の大きさの調節 |
| J 摂食 | | |

問 3 下線部 b の辺縁皮質(古い皮質)はどのような行動と関係が深いか、2つ答えよ。

II 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

眼から得られた情報は視覚の中枢に伝えられて物の形や色が見分けられる。ヒトの眼はカメラに似た構造をしており、眼の水晶体はフィルムカメラのレンズ、(ク) はしぼり、(ケ) はフィルムと同様の役割をしており、光は角膜、瞳孔、水晶体、(コ) を通って (ケ) に達する。焦点距離は、毛様体、チン小帯と水晶体によって調節されている。 (ケ) ^cには視細胞や視神経細胞が層状に存在し、視力は黄斑で最高となる一方、盲斑では光を受容することができない。 視神経細胞の興奮は、図1のように視神経、視交さ、視索を経て ^d 大脳の視覚野に達する。(ケ) ^eから出る神経繊維のうち、両眼の内側(鼻側)の神経繊維だけが視交さで交さして反対側の視索に入り、外側(耳側)の (ケ) から出た繊維は交させずに同じ側の視索に入る。このため、両眼の (ケ) の右半分に写った像は大脳の右視覚野へ、左半分に写った像は大脳の左視覚野へと伝えられる。また、視覚の経路の各部位では神経繊維は常に一定の配列をとり、(ケ) 上の1点から出た繊維は視覚野のある特定の部位に投射する。

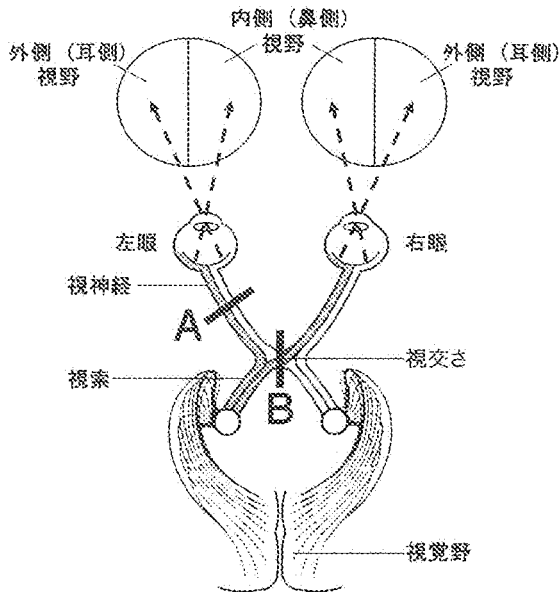


図1

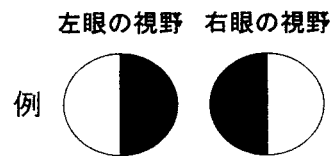


図2

問 4 上記文章の空欄 (ク) ~ (コ) に入る適切な語句を記せ。

問 5 下線部 c は視覚の遠近調節に関与する。遠くを見るとき、毛様筋(毛様体の筋肉)の弛緩が起こるとチン小帯と水晶体にはどのような変化が起こるか。25 字以内で説明せよ。

問 6 下線部 d の盲斑には視細胞が存在しないためここでは光を受容することができない。盲斑はどのような構造になっているか、20 字以内で説明せよ。

問 7 下線部 e の視覚経路の一部がなんらかの原因で切断されると、その部分に対応した視野が見えなくなってしまう。図 1 の中に示された A あるいは B が切断された場合、見え方はどのようなになると考えられるか。図 2 の例にならって、それぞれ見えなくなる領域を解答用紙の図の中に黒塗りして示せ。