

〔 I 〕 以下の(1)~(10)について、それぞれ解答を一つ選び、A~Dの記号で答えよ。

- (1) ヒトが体内で合成できないアミノ酸はどれか。  
 A. アスパラギン酸                      B. グリシン  
 C. グルタミン酸                        D. フェニルアラニン
- (2) mRNA 前駆体のスプライシングが起こるのはどこか。  
 A. 核                      B. 細胞質基質      C. 小胞体              D. リボソーム
- (3) 光合成色素はどれか。  
 A. アントシアン                      B. カロテン  
 C. メラニン                              D. ロドプシン
- (4) ヒト免疫不全ウイルスが影響を及ぼす細胞はどれか。  
 A. キラーT細胞                      B. 樹状細胞  
 C. B細胞                                D. ヘルパーT細胞
- (5) 体の回転を感知するのはどれか。  
 A. コルチ器              B. 前庭                      C. 半規管              D. 網膜
- (6) 旧口動物でないのはどれか。  
 A. 棘皮動物              B. 節足動物              C. 線形動物              D. 軟体動物
- (7) 日本の夏緑樹林にみられるのはどれか。  
 A. スダジイ              B. タブノキ              C. トドマツ              D. ミズナラ

- (8) 生態系における消費者の同化量に含まれないのはどれか。  
 A. 呼吸量              B. 死滅量              C. 成長量              D. 不消化排出量
- (9) 相似器官の組合せはどれか。  
 A. ウマの前足と後ろ足              B. 魚の胸びれとイルカの胸びれ  
 C. 鳥の翼とコウモリの翼              D. 哺乳類の眼とタコの眼
- (10) 自然選択が働かないことによって生じる現象や性質はどれか。  
 A. 形質置換                              B. 工業暗化  
 C. 細菌の薬物耐性                      D. 分子時計

〔 II 〕 つぎの文章を読み、以下の問に答えよ。

呼吸によってグルコースからATPを得る過程は、解糖系、クエン酸回路、電子伝達系という3つの段階に大別される。解糖系は、1分子のグルコースからピルビン酸2分子が生成される過程で、その際にグルコース1分子当たりNADHが  分子、ATPは正味で  分子生じる。

解糖系によって生成されたピルビン酸は、アセチルCoAという物質を経てクエン酸回路へと入り分解される。このとき、炭素原子は  として放出される。また脱水素反応によりNADHやFADH<sub>2</sub>ができる。ピルビン酸1分子がアセチルCoAを経てクエン酸回路に入り、クエン酸回路が一周する過程で、NADHとFADH<sub>2</sub>はそれぞれ  分子、  分子できる。またクエン酸回路ではピルビン酸1分子当たり  分子のATPが産生される。

電子伝達系は、ミトコンドリア内膜に存在するタンパク質や補酵素で構成されている。NADHやFADH<sub>2</sub>から電子伝達系に渡された電子は、電子伝達系を構成する物質を次々に移動し、最後に酸素の還元に使われて水を生じる。この電子移動に伴ってH<sup>+</sup>が一定方向に輸送され、ミトコンドリア内膜を挟んでH<sup>+</sup>の濃度勾配が形成される。電子伝達系によって輸送されたH<sup>+</sup>は、濃度勾配に従ってATP合成酵素を通る。これによって、ATP合成酵素はATPを合成している。この過程でグ

ルコース 1 分子当たり最大で 34 分子の ATP が合成される。電子伝達系は、NADH や FADH<sub>2</sub> を酸素によって酸化しながら ATP を合成しているので、このような ATP 産生を  という。

ミトコンドリアは DNA を持ち、核に存在する DNA をもとにした遺伝子発現系とは別に、独自の転写・翻訳系をもっている。環状構造をしたミトコンドリア DNA は、1 つの細胞に多数含まれている。ミトコンドリア DNA 上の遺伝子は、ミトコンドリア内で用いられるタンパク質などをコードしている。従って、ミトコンドリア DNA に起こる変異は、ミトコンドリアの機能に影響を及ぼし、ヒトの疾患の原因となり得る。また一般にミトコンドリア DNA の変異によって起こる疾患の患者の細胞では、野生型と変異型のミトコンドリア DNA が混在していて、変異型ミトコンドリア DNA の割合によって発症の有無や症状の重さに違いがみられる。

問 1 文中の空欄  ～  に入る適切な数字や語を答えよ。

問 2 ① 解糖系と、② クエン酸回路は真核細胞のどこで起こる反応か、それぞれ答えよ。

問 3 酸素の供給が十分でない環境で培養していた酵母に酸素を供給したところ、グルコースの消費量が大幅に減った。その理由を述べよ。

問 4 ジニトロフェノールは、ミトコンドリア内膜の H<sup>+</sup> の透過性を高める作用がある。この薬品はミトコンドリアの ATP 産生にどのような影響を及ぼすか、理由と共に述べよ。

問 5 ミトコンドリア DNA 上に遺伝子変異がある場合、細胞内に含まれる変異型ミトコンドリア DNA の割合が少なくても、他の部位に比べて中枢神経系、筋肉に障害がまず現れることが多い。その理由を述べよ。

〔Ⅲ〕 つぎの文章を読み、以下の間に答えよ。

一般に体細胞は形や大きさが同じ染色体を 2 本ずつ含んでいる。この対になっている染色体のことを  という。 は両親それぞれに由来する。ある生物について、その生物を形成・維持させるのに必要な最小限の遺伝情報の一揃いを  とよぶ。 はその生物の生殖細胞 1 個がもつ遺伝情報に相当し、従って体細胞は一般に 2 組の  をもつことになる。

ヒトの正常 2 倍体細胞には 46 本の染色体がある。44 本 (22 対) は男女に共通してみられる染色体で、常染色体という。他の 2 本は性染色体で、女性は X 染色体を 2 本もち、男性は X 染色体と Y 染色体を 1 本ずつもつ。それぞれの染色体の塩基対数と含まれる遺伝子数は表 1 のようにまとめられる。

X 染色体が複数あるとき、発生初期に 1 本を残して他が不活性化されるという現象が細胞ごとにランダムに起こる。ただし、X 染色体の不活性化は、その染色体の全領域に及ぶわけではなく、不活性化された X 染色体でも一部は機能している。

表 1

染色体の種類	塩基対数	遺伝子数	染色体の種類	塩基対数	遺伝子数
1	2 億 7900 万	2610	13	1 億 1800 万	496
2	2 億 5100 万	1748	14	1 億 700 万	1173
3	2 億 2100 万	1381	15	1 億	906
4	1 億 9700 万	1024	16	1 億 400 万	1032
5	1 億 9800 万	1190	17	8800 万	1394
6	1 億 7600 万	1394	18	8600 万	400
7	1 億 6300 万	1378	19	7200 万	1592
8	1 億 4800 万	927	20	6600 万	710
9	1 億 4000 万	1076	21	4500 万	337
10	1 億 4300 万	983	22	4800 万	701
11	1 億 4800 万	1692	X	1 億 6300 万	1141
12	1 億 4200 万	1268	Y	5100 万	255

(出典：GENOME MAP ヒトゲノムマップ <http://www.lif.kyoto-u.ac.jp/genomemap/>)

ある染色体が1～数本多かったり少なかったりする個体を異数体という。異数体が生じる主な原因は、減数分裂時の染色体不分離によって染色体数に異常のある配偶子が作られ、それが受精することにある。このような染色体数の異常によって遺伝子発現の量的バランスが崩れると、多くは個体に致命的な影響が及ぼされる。実際、ヒトの常染色体の異数体のうちで、出生にまで至ることができるのは13番、18番、21番染色体のいずれかを3本もつ場合（トリソミー）だけである。これに対して性染色体の異数体は、ヒト集団においてはXXY、XXXなどが知られていて、常染色体の異数体よりも個体に与える影響が少ない。

問1 文中の空欄  および  に入る適切な語を答えよ。

問2 減数分裂の結果形成される配偶子には遺伝的な多様性がみられる。遺伝的多様性が生じる仕組みを説明せよ。

問3 常染色体の異数体のうち13番、18番、21番染色体のトリソミーのみが出生に至るのはなぜだと考えられるか、説明せよ。

問4 X染色体の異数性の影響が、常染色体の異数性の影響より小さいのはなぜだと考えられるか、説明せよ。

#### 〔IV〕 つぎの文章を読み、以下の問に答えよ。

ある場所でリスの1種について調査を行った。下の表は、ある年（調査を始めた年）に生まれたリスの個体をすべて区別（個体識別）し、それぞれの個体を死亡するまで追った結果を、メスの個体についてまとめたものである。

年齢	個体数	平均産子数
0	180	0.0
1	45	1.1
2	27	1.9
3	16	2.5
4	9	2.5
5	5	2.5

問1 個体数の欄の数字は、個体識別したメスのうち、その年齢のときに生きていた個体の数を示しているとする。たとえば0歳のときの数字（180）は調査を始めた年に生まれたメスの数であり、また、6歳になる前にメスはすべて死亡したことがわかる。以下の問に答えよ。

- 1歳になるまでの死亡率（%）を計算し、四捨五入して小数点以下第1位までを答えよ。
- 平均産子数の欄の数字は、1頭のメスがその年齢のときに産むメスの子の数の平均値である。この調査地で2歳のメスが産んだメスの子の数は合計で何頭と推定されるか。
- この調査地で調査を始めた年に生まれたメスが一生の間に産んだメスの子の数は合計で何頭と推定されるか。
- この調査地でメスの数が増えているか減っているかを、どのように判断できるか説明せよ。

問2 個体数の欄の数字が、その年齢のときに生きていた個体の数ではなく、その年齢のときに死亡した個体の数を示しているとする。また、問1と同じく、6歳になる前にメスはすべて死亡したものとする。以下の問に答えよ。

- この調査地で調査を始めた年に生まれたメスの数は合計何頭か。
- 1歳になるまでの死亡率（%）を計算し、四捨五入して小数点以下第1位までを答えよ。

問3 リスが死亡する原因（死亡要因）について以下の問に答えよ。

- リスの個体群密度が高くなるほど強く作用する死亡要因をつぎの中から一つ選び、A～Dの記号で答えよ。なお、以下の選択肢のうち、そのような死亡要因は一つだけとは限らない。  
A. 食物不足      B. 低温      C. 感染症      D. 捕食
- 選んだ死亡要因は、なぜ個体群密度が高くなるほど強く作用するのか説明せよ。

## [I]

## 出題のねらい

本問は、高校生物のさまざまな分野にわたる基本的な知識を試す問題である。

## 解答例

- (1) D
- (2) A
- (3) B
- (4) D
- (5) C
- (6) A
- (7) D
- (8) D
- (9) D
- (10) D

## 解 説

- (1) ヒトが体内で合成できないアミノ酸には、フェニルアラニンのほかにトリプトファン、リシン、メチオニン、トレオニン、バリン、ロイシン、イソロイシンがある。これに合成速度の違いヒスチジンを含め、必須アミノ酸と呼ばれる。
- (2) 真核生物では、転写部位にあるDNA塩基配列のすべてがRNAに転写されるが、それからアミノ酸配列に対応しない部分(イントロン)が除かれ、対応部分(エキソン)がつなぎあわされてmRNAとなる。この過程をスプライシングといい、核内で行われる。
- (3) 光合成色素の主なものはクロロフィル、カロテン、キサントフィルである。アントシアンは植物の花や果実などにある色素、メラニン(黒色)は動物植物に広くみられる色素、ロドプシンは網膜の桿体細胞にある色素である。
- (4) ヒト免疫不全ウイルスは、ヘルパーT細胞に感染して、その内部で増殖し、細胞を破壊する。
- (5) コルチ器は音波を、前庭は体の傾きを、互いに直交する面に配置されている3個の半規管は体の回転を、それぞれ感知する。
- (6) 節足動物、線形動物、軟体動物は原口が口になる旧口動物で、棘皮動物は原口とは別の部分が口になる新口動物である。
- (7) スダジイとタブノキは照葉樹林の、ミズナラはブナとともに夏緑樹林の、トドマツは北海道に分布する針葉樹林の代表的構成種である。
- (8) 消費者の同化量は、食物として体内に取り込まれた摂食量のうち、消化吸収されない不消化排出量を除いたもので、この同化量から呼吸量を差し引いたものが生産量、生産量から死滅量や被食量として失われた残りが成長量である。
- (9) 魚とイルカの胸びれ、鳥とコウモリの翼のように発生上の起源が同一である器官を相同器官、哺乳類とタコの眼のように、形や働きは似ているが、発生上の起源が異なる器官が相似器官である。ウマの前足と後ろ足は繰り返し構造である。
- (10) 自然選択を受けない中立的な突然変異は一定の速度で蓄積するため、種が分かれてからの期間が長いほどDNA塩基配列の違いが大きくなる。このような変化の速度を分子時計といい、これを利用することで、種のあいだの類縁関係や種が分かれた時期などを推定することができる。

## [II]

## 出題のねらい

呼吸に関する基本的知識と論理的思考力を問うた。

## 解答例

- 問1 ア 2 イ 2 ウ 二酸化炭素 エ 4 オ 1  
カ 1 キ 酸化的リン酸化
- 問2 ① 細胞質基質 ② ミトコンドリアのマトリックス
- 問3 酸素があるとグルコース1分子当りに産生できるATPが多いので、グルコースを多く消費しなくても必要量のATPを産生できるから。
- 問4 内膜をはさんだ $H^+$ の濃度勾配が失われるので、ATP合成が阻害される。
- 問5 中枢神経系や筋肉はエネルギー要求度が高いため(ATPを多く必要とするため)、変異の影響を受けやすい。

## 解 説

- 問2 ②問題本文中には、電子伝達系がミトコンドリアの内膜に存在することが詳細に述べられている。従って、クエン酸回路がどこで起こるかについても正確に解答すべきである。
- 問3 酵母は酸素濃度が低いとアルコール発酵を中心に行うので、同じ量のグルコースから合成できるATPは呼吸に比べて少ない。酸素が供給された条件では、グルコースを多く消費しなくても必要量のATPを産生できることになる。
- 問4 本文中にあるように、 $H^+$ がミトコンドリア内膜に存在するATP合成酵素を濃度勾配に従って通ることにより、ATPが産生される。ジニトロフェノールによりミトコンドリア内膜の $H^+$ の透過性が高められると、電子伝達系によって形成された $H^+$ の濃度勾配が失われ、結果として $H^+$ がATP合成酵素を通らなくなる。答案には逆にATP産生が促進されるとする答案が散見された。

[III]

出題のねらい

減数分裂に関する基本的知識と、減数分裂の異常（染色体不分離）による影響に関する論理的思考力を問うた。

解答例

- 問1 ア 相同染色体 イ ゲノム  
 問2 相同染色体のランダムな分配と遺伝的組換え  
 問3 遺伝子数が少なく、遺伝子発現の量的バランスが崩れる程度が小さいから  
 問4 X染色体は1本を残して不活性化を受けるから

解説

問2 減数分裂によって遺伝的多様性が生じる仕組みには、相同染色体のランダムな分配と遺伝的組換えの2つがある。答案には一方しか書いていないものが多かった。

問3 染色体の数的異常は、遺伝子発現の量的不均衡をもたらし、その個体に影響を及ぼす。ある染色体が1本だけの場合をモノソミー、ある染色体が1本余分な場合（3本の場合）をトリソミーという。ヒトにおいて常染色体のモノソミーは影響が大きく、原則として致死となる。ヒトの常染色体のトリソミーも有害で、遺伝子数の多い大きな常染色体のトリソミーはほぼ確実に自然流産となる。13、18、21番染色体は表1のデータに示されているとおり他の染色体に比べて遺伝子数が少ない。そのためこれら3種類の染色体のトリソミーは生存への悪影響が比較的小さいと考えられる。

問4 本文中に述べられているように、X染色体は1本を残して不活性化されるので、余分なX染色体を持っていても、遺伝子発現の量的不均衡の影響はそれほど大きくならない。ただし、X染色体の不活性化はX染色体の全領域に及ぶわけではないので、不活性化を免れた領域にある遺伝子について、遺伝子発現の量的不均衡がみられることになる。

[IV]

出題のねらい

生命表からいろいろなことを読み取る力、また、個体群に影響を及ぼす要因についての一般的知識を問うた。なお、この生命表に示した数値は北アメリカ西部の草原に生息するコロンビアジリスについての調査結果を参考にしている。

解答例

- 問1 1)  $100 \times 135 \div 180 = 75.0$     2)  $27 \times 1.9 = 51.3$   
 3) 175.8  
 4) 180頭のメスが一生のあいだに産んだ子の数の合計が175.8頭なので、メスは減っていると判断できる。  
 問2 1) 282    2)  $100 \times 180 \div 282 = 63.8$   
 問3 1) A (C, Dも正解)  
 2) 生息密度が高いほど、個体当たりの食物量が少なくなるから。

解説

問1

- 1) 表から1歳までに180頭のうちの135頭が死亡することが分るので、死亡率は75.0%となる。  
 2) 27頭が平均1.9頭の子を出産するので、合計は51.3頭と推定される。なお、表に示した平均産子数は、このリスについての一般的な数値としたため、計算結果は必ずしも整数にはならない。  
 3) 各年齢のメスについて、上の2)と同様の計算をしたときの合計値は175.8となる。

問2

- 1) 調査を始めた年に生まれたメスの数は、各年齢で死亡した個体数の合計値である282頭になる。  
 2) 282頭のうちの180頭が1歳までに死亡するので、死亡率は63.8%となる。

問3

- 1) A, C, Dのいずれもこのような死亡要因と考えることができる。Bは死亡要因の一つであるが、その作用は個体群密度とは関係がない。多くの個体がいると低温の影響が緩和されることも考えられるが、その場合は作用が弱まることになる。  
 2) Cについては生息密度が高いほど個体のあいだで病気が感染しやすくなるから、Dについては生息密度が高いほどより多くの捕食者を引き付けるからなど、理由が説明されていれば正解とした。