

岩手医 2015 生物

略解

1 問 1 呼吸基質

問 2 (1) (A) : ウ (B) : ネ (C) : ヒ (2) (D) : ト (E) : ス
(3) (F) : キ (G) : タ (4) (H) : カ (I) : コ (J) : チ

問 3 酸素が使われる過程 : 電子伝達系

細胞小器官内の部位 : 内膜 (ミトコンドリア内膜)

問 4 二酸化炭素が生じる過程 : クエン酸回路

細胞小器官内の部位 : マトリックス (ミトコンドリアマトリックス)

問 5 ヤ

2 問 1 (1) 問 2 (コ) 問 3 時期 : 第一分裂前期 図 : (ク)

問 4 64 通り 問 5 タ

3 1 : エ 2 : ウ 3 : エ 4 : エ 5 : イ

6 : ア 7 : ア 8 : ア 9 : イ 10 : ウ

配点

1 問 1、2 各 3 点 問 3、4 各 3 点 問 5 5 点 ($3 \times 11 + 3 \times 4 + 5$)

2 各 4 点 (4×5)

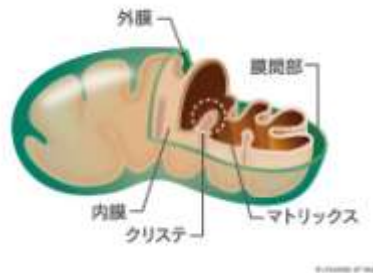
3 各 3 点 (3×10)

1

原則 1. 呼吸のしくみ → 問 1・問 3～問 5 に利用

炭水化物・タンパク質・脂肪などの有機物を、酸素を使って二酸化炭素や水などの無機物に分解して、エネルギー（ATP）をつくり出す反応を呼吸という。また、呼吸によって分解される炭水化物・タンパク質・脂肪などの有機物を呼吸基質という。（注 1）

呼吸は、細胞質基質およびミトコンドリアで行われる。ミトコンドリアの構造は次の図のようになっている。



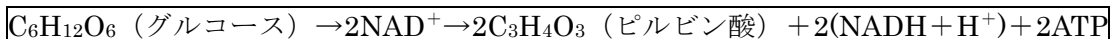
（図は http://cslls-db.c.u-tokyo.ac.jp/search/detail?image_repository_id=144 より引用）

グルコース（炭水化物）を呼吸基質とする呼吸の過程は、大きく次の 3 つに分けられる。

【解糖系（エムデン・マイヤーホフ経路）】（細胞質基質）

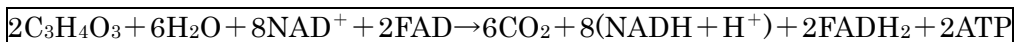
1 分子のグルコースを 2 分子のピルビン酸に分解する。

- ①脱水素酵素の働きで、大きなエネルギーをもつ [H] が 4 個つくられる。[H] は補酵素である NAD⁺ と結合し、電子伝達系へと運ばれる。
- ②解糖系全体で 2 分子の ATP がつくられる。



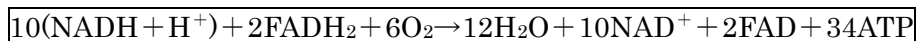
【クエン酸回路（クレブス回路、TCA 回路）】（ミトコンドリアマトリックス）

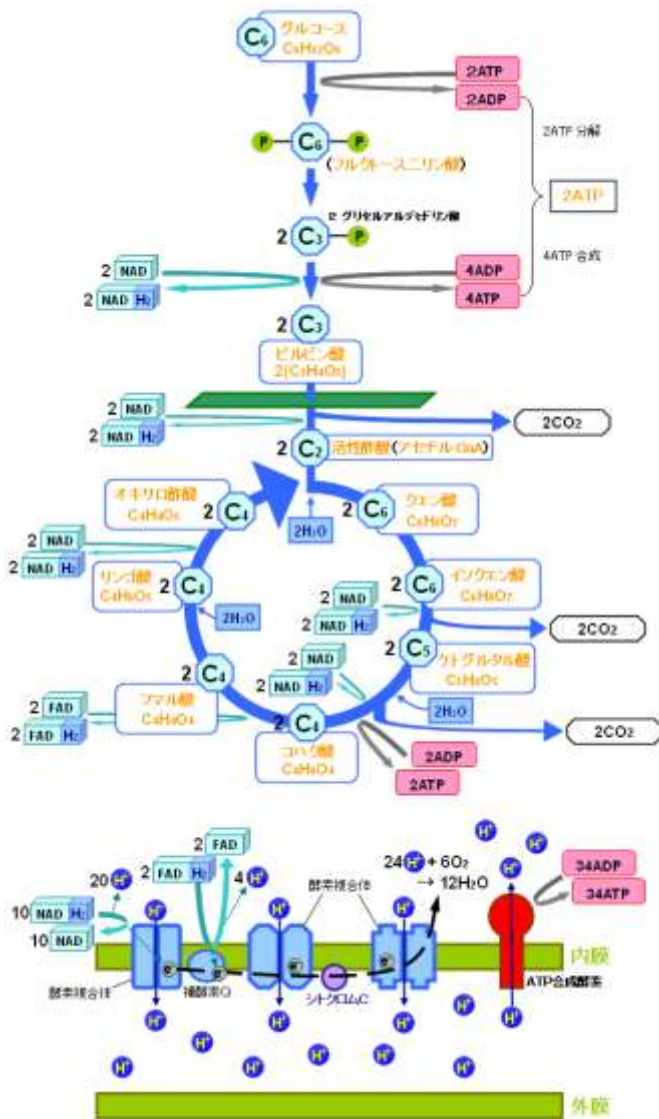
- ①解糖系でつくられたピルビン酸がミトコンドリアに運ばれ、脱水素酵素によって [H] が外され、さらに二酸化炭素も外される。これによってピルビン酸はアセチル CoA になり、クエン酸回路に入る。
- ②クエン酸回路に入ったアセチル CoA は、オキサロ酢酸と結合してクエン酸になる。クエン酸は、クエン酸回路内の脱水素酵素によって [H] と二酸化炭素が外され、最終的にオキサロ酢酸に戻る。
- ③クエン酸回路において、2 分子の ATP がつくられる。（注 2）



【電子伝達系】（ミトコンドリア内膜）

- ①解糖系とクエン酸回路で生じた NADH や FADH₂ は、電子伝達系に運ばれる。
- ②NADH や FADH₂ は高いエネルギーをもっている。NADH や FADH₂ は、脱水素酵素によって [H] が外される。このときに生じるエネルギーを利用して、H⁺ポンプを駆動させ、ミトコンドリア内膜と外膜の間（膜間部）に H⁺を能動輸送する。
- ③②によって、ミトコンドリアマトリックスと膜間部の間に H⁺の濃度差が生じる。この濃度差を利用して、ATP を合成する酵素（ATP 合成酵素）が駆動し、ATP がつくられる。このときにつくられる ATP は最大で 34 分子である。





解糖系

クエン酸回路

電子伝達系

(図は <http://biolokii.web.fc2.com/files2/006.html> から引用)

(注1) タンパク質を呼吸基質とした場合、最終的にアンモニアも発生する。

(注2) ピルビン酸 1 分子につき 1 回、クエン酸回路を 1 周する。グルコース 1 分子からはピルビン酸は 2 分子生じるので、グルコース 1 分子につき、クエン酸回路を 2 周する。

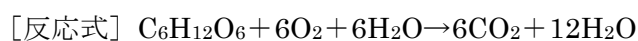
原則 2. 呼吸商 → 問 2 に利用

呼吸商は、吸収された酸素の量 (物質質量や体積) に対する排出された二酸化炭素の量 (物質質量や体積) で求めることができる。呼吸商の値によって、呼吸基質は炭水化物・タンパク質・脂肪のいずれであるかを推測することができる。

$$\text{呼吸商} = \frac{\text{排出された二酸化炭素の量}}{\text{吸収された酸素の量}}$$

なお、呼吸商が 1 に近ければ炭水化物、0.7 に近ければ脂肪、0.8 程度であればタンパク質であると推測できる。

【炭水化物】

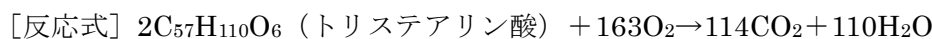


$$[\text{呼吸商}] \frac{6}{6} = 1$$

[呼吸に必要な無機物] 水・酸素

[呼吸によって生じる物質] 水・二酸化炭素

【脂肪】

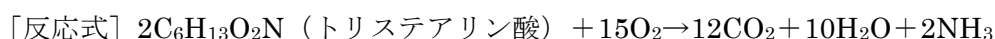


$$[\text{呼吸商}] \frac{114}{163} \approx 0.7$$

[呼吸に必要な無機物] 酸素

[呼吸によって生じる物質] 水・二酸化炭素

【タンパク質】



$$[\text{呼吸商}] \frac{12}{15} = 0.8$$

[呼吸に必要な無機物] 酸素

[呼吸によって生じる物質] 水・二酸化炭素・アンモニア

問 1・問 2

【方針】

「原則 1. 呼吸のしくみ」「原則 2. 呼吸商」の知識を利用して問題を解いていく。問 2(2)～(4)では、問題文中の「 $aX + bO_2 + cH_2O \rightarrow dCO_2 + eH_2O + fY$ 」にそれぞれの値や条件を当てはめて、「呼吸の反応時に水を必要とするか」「呼吸によって生じる生成物は何か」という 2 点に注目して呼吸基質を推測する。呼吸商の理論値は、「原則 2. 呼吸商」の知識を利用する。

【解説】

(問 1)

「原則 1. 呼吸のしくみ」より、呼吸によって分解される物質を呼吸基質という。呼吸基質には、炭水化物・タンパク質・脂肪などがある。

(問 2)

(1)(A)～(C)

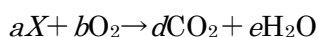
「原則 2. 呼吸商」より、呼吸商は、吸収された酸素の量（体積、分子数）に対する排出された二酸化炭素の量（体積、分子数）で求めることができる。化学反応式の係数の比は、その物質の体積（分子数）の比と等しいので、問題文中の「 $aX + bO_2 + cH_2O \rightarrow dCO_2 + eH_2O + fY$ 」から、

$$\text{呼吸商} = \frac{\text{排出された二酸化炭素の量}}{\text{吸収された酸素の量}} = \frac{d}{b}$$

よって、解答は、(A)：ウ、(B)：ネ、(C)：ヒである。

(2)(D)・(E)

問題文中の「 $aX + bO_2 + cH_2O \rightarrow dCO_2 + eH_2O + fY$ 」に、「 $b > 0$ 、 $c = 0$ 、 $f = 0$ 」という条件を当てはめると、

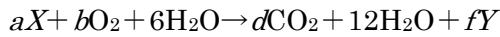


となる。この反応について、「呼吸の反応時に水を必要とするか」「呼吸によって生じる生成物は何か」

という 2 点に注目すると、呼吸の反応時には水を必要とせず、呼吸によって生じるのは二酸化炭素と水であることがわかる。「原則 2. 呼吸商」より、この反応の呼吸基質は脂質であり、呼吸商の理論値は 0.7 であることが推測できる。よって、解答は、(D) : ト、(E) : スである。

(3)(F)・(G)

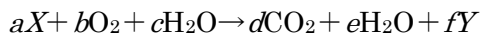
問題文中の「 $aX + bO_2 + cH_2O \rightarrow dCO_2 + eH_2O + fY$ 」に、「 $b > 0$ 、 $c = 6$ 、 $e = 12$ 、 $f = 0$ 」という条件を当てはめると、



となる。この反応について、「呼吸の反応時に水を必要とするか」「呼吸によって生じる生成物は何か」という 2 点に注目すると、呼吸の反応時には水を必要とし、呼吸によって生じるのは二酸化炭素と水であることがわかる。「原則 2. 呼吸商」より、この反応の呼吸基質は炭水化物であり、呼吸商の理論値は 1 であることが推測できる。よって、解答は、(F) : キ、(G) : タである。

(4)(H)～(J)

問題文中の「 $aX + bO_2 + cH_2O \rightarrow dCO_2 + eH_2O + fY$ 」に、「 $b > 0$ 、 $f > 0$ 」という条件を当てはめると、



となる。この反応について、「呼吸の反応時に水を必要とするか」「呼吸によって生じる生成物は何か」という 2 点に注目すると、呼吸の反応時には水を必要とし、呼吸によって二酸化炭素と水以外の物質 Y が生成されていることがわかる。「原則 2. 呼吸商」より、この反応の呼吸基質はタンパク質であり、呼吸商の理論値は 0.8 であることが推測できる。よって、解答は、(H) : カ、(I) : コ、(J) : チである。

問 3～問 5

【方針】

いずれも呼吸の過程についての知識問題である。呼吸の各過程（解糖系・クエン酸回路・電子伝達系）はどこで行われるか、また、どのような物質が関与するかといった点について、「原則 1. 呼吸のしくみ」の知識を利用して解いていく。

【解説】

(問 3)

呼吸において、酸素が使われる過程は、「原則 1. 呼吸のしくみ」より、電子伝達系である。電子伝達系の反応は、ミトコンドリアの内膜で行われる。

(問 4)

呼吸において、二酸化炭素が生じる過程は、「原則 1. 呼吸のしくみ」より、クエン酸回路である。クエン酸回路の反応は、ミトコンドリアのマトリックスで行われる。

(問 5)

「原則 1. 呼吸のしくみ」より、電子伝達系とクエン酸回路の両方に存在する酵素は、脱水素酵素である。脱水素酵素は、電子伝達系では NADH や FADH₂ から [H] が外される際に利用され、クエン酸回路では、ミトコンドリアに運ばれてきたピルビン酸から [H] が外される際などに利用される。

なお、酸化酵素は電子伝達系にある酵素で、水素イオンと酸素を結びつけて水をつくる働きをしている。ATP 合成酵素は、電子伝達系で H⁺ の濃度勾配を利用して ATP を合成する働きをもつ。よって、解答はヤである。

2

原則 3. 動物の配偶子の形成 → 問 1 に利用

動物の配偶子には、卵と精子がある。

(ヒトの場合)

【卵形成】

1 個の卵原細胞 (2n) から、1 個の卵 (n) ができる。

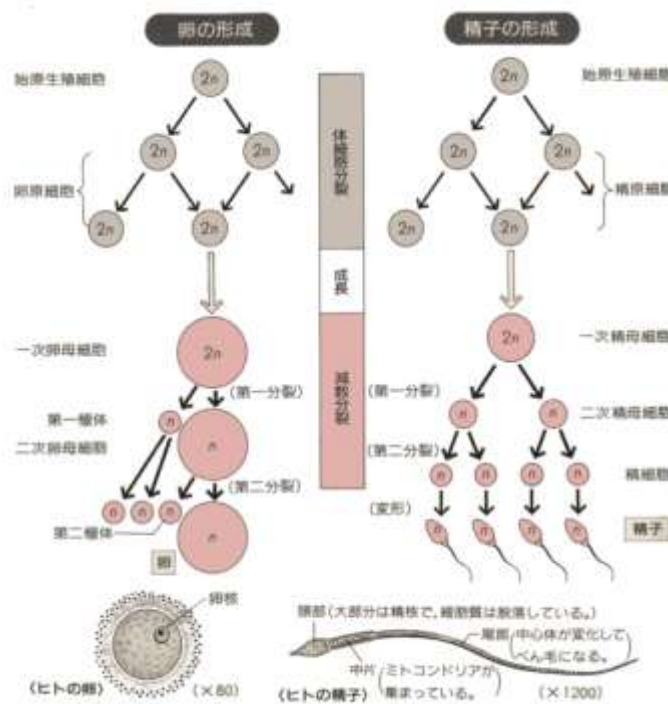
- ① 始原生殖細胞 (2n) が卵巣へ移動する。
- ② 卵巣内で始原生殖細胞が体細胞分裂を繰り返し、卵原細胞 (2n) となる。
- ③ 卵原細胞が卵黄を蓄えて成長し、一次卵母細胞 (2n) となる。(注 1)
- ④ 減数分裂の第一分裂を経て、一次卵母細胞は二次卵母細胞 (n) と第一極体 (n) に分かれる。
- ⑤ 二次卵母細胞は第二分裂を経て、卵 (n) と第二極体 (n) に分かれる。第一極体と第二極体は退化する。

【精子形成】

1 個の精原細胞 (2n) から 4 個の精子 (n) ができる。

- ① 始原生殖細胞 (2n) が精巣へ移動する。
- ② 精巣内で始原生殖細胞が体細胞分裂を繰り返し、精原細胞 (2n) となる。
- ③ 精原細胞は、一次精母細胞 (2n) となる。
- ④ 減数分裂の第一分裂を経て、一次精母細胞 (2n) は 2 個の二次精母細胞 (n) に分かれる。
- ⑤ 二次精母細胞は第二分裂を経て精細胞 (n) をつくる。1 個の精原細胞から、最終的に 4 個の精細胞がつくられ、精細胞は精子 (n) に分化する。

なお、ヒトの場合、 $n=23$ ($2n=46$) である。



(図は <http://www.tmd.ac.jp/artsci/biol/textlife/develop.htm> から引用)

原則 4. 体細胞分裂と減数分裂の過程と DNA 量の変化 → 問 2・問 3・問 5 に利用

【体細胞分裂】(染色体の数： $2n \rightarrow 2n$)

体細胞が分裂するときに行われる細胞分裂である。分裂する前の細胞を母細胞、分裂後にできる細胞を娘細胞という。体細胞分裂では、1 個の母細胞から 2 個の娘細胞がつくられ、母細胞と娘細胞のそれぞれがもつ DNA の量や、染色体の数は変わらない。

[間期]

形態的に大きな変化は見られない。DNA 量が 2 倍になる (DNA の複製)。

- ・ G₁ 期 (DNA 合成準備期) : DNA 合成の準備を行う。
- ・ S 期 (DNA 合成期) : もとの DNA を鋳型としてまったく同じ塩基配列の DNA をつくる。その結果、細胞 1 個あたりの DNA 量は 2 倍になる (DNA の複製)。
- ・ G₂ 期 (分裂準備期) : 細胞の分裂の準備を行う。

[分裂期 (M 期)]

細胞分裂が行われる。

- ・ 前期 : 核内に散在していた DNA が凝縮し、太く短い染色体が現れる。核膜が消失する。
- ・ 中期 : 染色体が細胞の赤道面に並ぶ。
- ・ 後期 : 染色体が分かれ、両極へ移動する。
- ・ 終期 : 染色体が両極へ完全に移動し、核膜が現れる。DNA は分裂前のように核内に散在するようになる。細胞質分裂が行われ、動物細胞では赤道面でくびれが生じ、植物細胞では赤道面で細胞板ができることによって、細胞質が二分される。

【減数分裂】(染色体の数： $2n \rightarrow n$)

減数分裂は、配偶子をつくるときに行われ、連続した 2 回の分裂 (第一分裂、第二分裂) からなる。減数分裂では、1 個の母細胞から 4 個の娘細胞ができ、1 個の娘細胞がもつ DNA 量や染色体の数は、母細胞の半分になる。

[間期]

体細胞分裂と同様。S 期に DNA が合成され (DNA の複製)、DNA 量が 2 倍になる。

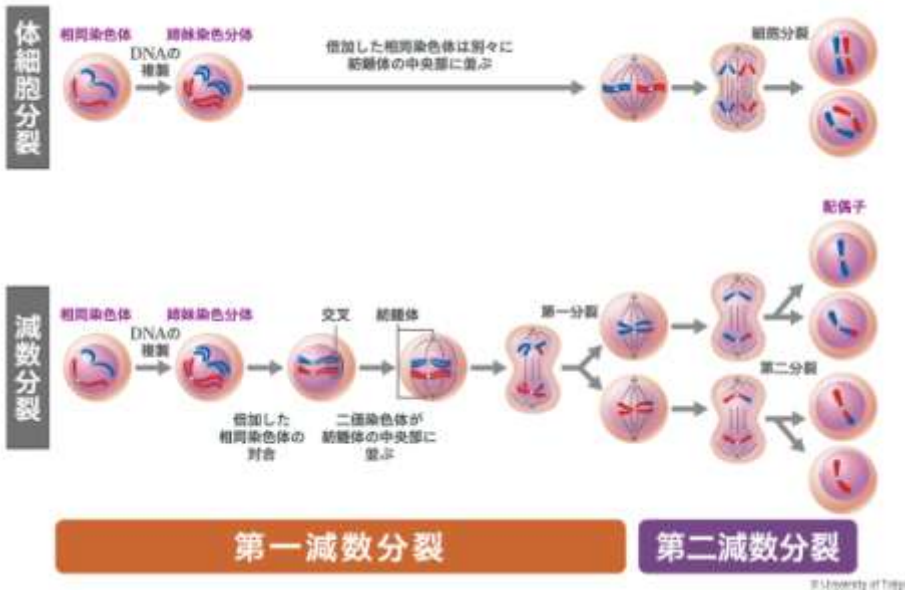
[第一分裂]

前期で相同染色体どうしが対合し、二価染色体を形成する。相同染色体間で乗換えが起こる。

- ・ 前期 : DNA が凝縮し、太く短い染色体となる。相同染色体どうしがたがいに接着し (対合)、二価染色体となる。このとき、相同染色体間で一部が交差し、染色体の一部が交換される現象 (乗換え) が起こる。
- ・ 中期 : 二価染色体が細胞の赤道面に並ぶ。
- ・ 後期 : 二価染色体が対合面で 2 本の相同染色体に分かれ、そのそれぞれが両極へ移動する。
- ・ 終期 : 染色体が両極へ完全に移動する。細胞質分裂が行われる。(細胞 1 個あたりの DNA 量や染色体の数は半減する。)

[第二分裂]

- ・ 前期 : 染色体数が半減したまま第二分裂が始まる。
- ・ 中期 : 染色体が細胞の赤道面に並ぶ。
- ・ 後期 : 染色体が分かれ、両極へ移動する。
- ・ 終期 : 染色体が両極へ完全に移動する。核膜が現れ、細胞質分裂が行われる。



(図は http://csls-db.c.u-tokyo.ac.jp/search/detail?image_repository_id=831 から引用)
 また、体細胞分裂と減数分裂における各期での細胞あたりの DNA 量は、次の図のように変化する。

【体細胞分裂】



(図は https://ja.wikibooks.org/wiki/%E9%AB%98%E7%AD%89%E5%AD%A6%E6%A0%A1%E7%94%9F%E7%89%A9_%E7%94%9F%E7%89%A9%E2%80%90%E9%81%BA%E4%BC%9D%E6%83%85%E5%A0%B1%E3%81%AE%E5%88%86%E9%85%8D から引用して改変)

【減数分裂】



(図は <http://www.jukendou.jp/articles/148> から引用して改変)

原則 5. 配偶子の染色体の組合せの数 → 問 4 に利用

ある生物 ($2n=6$) がもつ染色体のうち、A と a、B と b、C と c がそれぞれ相同染色体であるとき、減数分裂によってつくられた配偶子には、A または a、B または b、C または c の染色体が入る。つまり、1 対の相同染色体のうち、いずれか 1 本の染色体が配偶子に入る。1 対の染色体につき、1 個の配

偶子に入る染色体は2通りである。これを、Aとa、Bとb、Cとcの3回試行するので、

$$2 \times 2 \times 2 = 2^3 = 8 \text{ 通り (通り)}$$

試行する回数はnに等しいので、乗換えが起こらない場合、配偶子の染色体の組合せは 2^n で求めることができる。

問1

【方針】

動物の配偶子形成についての知識問題である。ヒトの体細胞の核相（複相）と染色体の数が $2n=46$ であることと、「原則3. 動物の配偶子の形成」から、どの段階で減数分裂が行われ、核相と染色体の数が $n=23$ となるのかを考える。

【解説】

(問1)

(a)

精子は、減数分裂してできた精細胞（n）が分化したものである。したがって $n=23$ であるので、解答はアである。

(b)

精原細胞は、精巣に移動した始原生殖細胞（2n）が体細胞分裂を繰り返してつくった細胞である。したがって $2n=46$ であるので、解答はイである。

(c)・(d)

二次卵母細胞および第一極体は、一次卵母細胞（2n）が減数分裂第一分裂を経てつくる細胞なので、染色体の数は半減する。したがって $n=23$ であるので、解答はイである。

以上から、解答は(1)である。

問2・問3

【方針】

減数分裂の各期の特徴についての知識問題である。「原則4. 体細胞分裂と減数分裂の過程とDNA量の変化」【減数分裂】の知識を利用して、問2では、第一分裂後期の特徴である「二価染色体が、対合面で相同染色体に分離し、そのそれぞれが細胞の両極へ移動する」に当てはまる図を選び、問3では、問題文中の「染色体の一部が交換される乗換えが起こる」という文言に注目して解いていく。

【解説】

(問2)

「原則4. 体細胞分裂と減数分裂の過程とDNA量の変化」【減数分裂】より、第一分裂後期では、前期に対合してできた二価染色体が、対合面で相同染色体に分離し、そのそれぞれが、細胞の両極へ移動する。したがって、解答は(コ)である。

なお、(オ)は対合した相同染色体が細胞の赤道面に並んでいるので第一分裂中期、(カ)は相同染色体が2本に分かれた染色体（染色分体）の数が $n=3$ となっているので第二分裂終期、(キ)はそれぞれの相同染色体が2本に分かれ、細胞の両極に移動しているので第二分裂後期、(ク)は相同染色体が対合し、二価染色体をつくっているので第一分裂前期、(ケ)は相同染色体が2本に分かれておらず、染色体の数が $n=3$ となっているので第一分裂終期、(サ)は染色体の数が $n=3$ で、染色体が細胞の赤道面に並んでいるので第二分裂中期である。

(問 3)

「原則 4. 体細胞分裂と減数分裂の過程と DNA 量の変化」【減数分裂】より、染色体の乗換えは、減数分裂の第一分裂前期で相同染色体どうしが対合し、二価染色体を形成するときに起こる。問 2 の図より、相同染色体が対合し、二価染色体をつくっている(ク)の図が、第一分裂前期の細胞を表した図である。したがって、解答は(ク)である。

問 4

【方針】

問題文中の「 $2n=12$ 」から、「 $n=6$ 」であることに気づき、「原則 5. 配偶子の染色体の組合せの数」を利用して解く。

【解説】

(問 4)

「原則 5. 配偶子の染色体の組合せの数」から、乗換えが起こらない場合、配偶子の染色体の組合せは 2^n 通りになる。問題文中の「 $2n=12$ 」より、「 $n=6$ 」であるので、配偶子の染色体の組合せは、

$$2^n = 2^6 = 64 \text{ (通り)}$$

したがって、解答は 64 通りである。

問 5

【方針】

一般に、体細胞と言われた場合、細胞周期から外れている体細胞 (G_0 期とよばれる) を指す。これが細胞周期に入り、間期の S 期になると DNA が複製され、DNA 量が 2 倍になることに気づく。つまり、体細胞の DNA 量を $2C$ とすると、間期の S 期に DNA が複製され、DNA 量は $4C$ になる。これをきっかけとして、「原則 4. 体細胞分裂と減数分裂の過程と DNA 量の変化」の体細胞分裂と減数分裂の DNA 量の変化のグラフについての知識や、それぞれの分裂様式での染色体のようすについての知識を利用して解く。

【解説】

(問 5)

(a)

体細胞分裂では、細胞あたりの DNA 量は終期に細胞質分裂が行われるまで変わらないので、体細胞分裂後期での細胞あたりの DNA 量は $4C$ である。

(b)

減数分裂第一分裂では、細胞あたりの DNA 量は終期に細胞質分裂が行われるまで変わらないので、減数分裂第一後期での細胞あたりの DNA 量は $4C$ である。

(c)

減数分裂では、細胞あたりの DNA 量は第一分裂終期に細胞質分裂が行われることで、 $4C$ から $2C$ に半減する。第二分裂では、第二分裂終期に細胞質分裂が行われるまで細胞あたりの DNA 量は変わらないので、減数分裂第二分裂中期での細胞あたりの DNA 量は $2C$ である。

したがって、解答はタである。

3

原則 6. 原核生物の特徴 → (1)・(8)に利用

生物とは、大腸菌やシアノバクテリアなどといった細菌類や、古細菌類のことである。原核生物は原核細胞からできている。

[原核生物の特徴]

- ・核膜や分化した細胞小器官をもたない。(注1)
- ・細胞壁はおもにプロテオグリカンからなる。(注2)
- ・ゲノム DNA は環状 DNA である。
- ・ゲノム DNA 以外に、小型の環状 DNA (プラスミド) をもつことがある。
- ・DNA 中にイントロンをもたない。(注3)

(注1) シアノバクテリアは葉緑体(分化した細胞小器官)はもたないが、チラコイドはもっており、クロロフィルももっているため、光合成が可能である。

(注2) 植物の細胞壁はおもにセルロースからなる。

(注3) イントロンとは、DNA の転写の際に mRNA 前駆体から取り除かれる(スプライシングされる)部分である。真核生物にはあるが、原核生物にはない。

原則 7. DNA 研究の歴史・DNA の構造 → (3)・(8)に利用

【DNA 研究の歴史】

1869 年 : DNA の発見 (ミーシャー)

1928 年 : 形質転換の発見 (グリフィス)

1944 年 : 形質転換の原因物質の解明 (エイブリー)

形質転換を起こす物質は DNA であることを明らかにした。

1949 年 : DNA の塩基組成の解明 (シャルガフ)

アデニン (A) とチミン (T)、グアニン (G) とシトシン (C) の数がそれぞれ等しいことを明らかにした (シャルガフの規則)。

1952 年 : DNA が遺伝子の本体であることを解明 (ハーシー、チェイス)

放射性同位体とバクテリオファージ(細菌に感染するウイルス)を用いた分子追跡実験で、遺伝子の本体はタンパク質ではなく DNA であることを明らかにした。

1952 年 : X 線回折による DNA の構造の解明 (ウィルキンス、フランクリン)

1953 年 : DNA の二重らせん構造を提唱 (ワトソン、クリック)

DNA は、2 本のヌクレオチド鎖が塩基対をつくって結合し、らせん構造をとっているというモデルを提唱した。

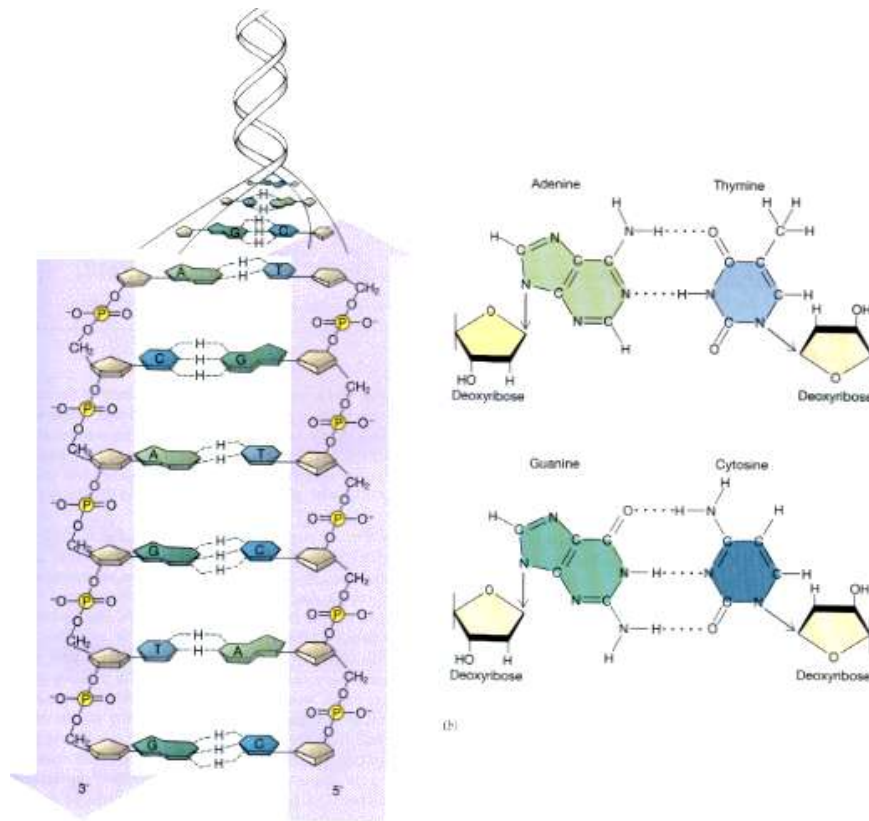
【DNA の構造】

ヌクレオチドは、リン酸、糖、塩基からなる DNA の基本単位である。DNA はヌクレオチドが多数連なった構造をしている。

- ・2 本のヌクレオチド鎖が反対向きに結合し、二重らせん構造をとっている。塩基はらせんの内側に位置する。
- ・アデニン (A) とチミン (T)、グアニン (G) とシトシン (C) が相補的に結合している。アデニン (A) とチミン (T) は 2 本の水素結合で、グアニン (G) とシトシン (C) は 3 本の水素結合で結ばれている。この結合によって、2 本のヌクレオチド鎖は結びついている。



(図は <http://www.mls.sci.hiroshima-u.ac.jp/smg/education/DNA.html> から引用)



(図は <http://www.tmd.ac.jp/artsci/biol/textbook/nucleus.htm> から引用)

原則 8. セントラルドグマ → (1)・(2)・(9)・(10)に利用

生物の遺伝情報は、DNA→RNA→タンパク質という方向で伝達される。これをセントラルドグマという。遺伝情報をもとにタンパク質が合成されることを発現という。



(図は <http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/tsukahara-www/research/> から引用)

【複製】

DNA の複製では、2 本あるヌクレオチド鎖の両方を鋳型として、もとの DNA と全く同じ 2 本鎖 DNA を 2 本つくる。細胞周期の間期の S 期に行われ、真核細胞では核内で行われる。

①DNA ヘリカーゼによって、DNA の二重らせんがほどける。

②プライマーとよばれる短い RNA 鎖が、相補的な塩基配列をもつ DNA 鎖に結合する。

③プライマーに DNA ポリメラーゼが結合し、鋳型となる DNA の塩基配列に相補的な DNA が合成されていく。(注4)

このしくみを利用して、人工的に DNA を増幅する方法を PCR 法という。増幅したい DNA 領域と相補的な塩基配列をもつプライマーを用いることで、特定の DNA 断片を短時間で増幅することができる。PCR 法では、DNA の 2 本鎖を分離させるために 95℃程度まで反応温度を上げる必要があり、それを何度も繰り返さなければならない。DNA を合成する DNA ポリメラーゼはタンパク質を主成分とする酵素であるため、失活してしまう。そのため、PCR 法では、好熱菌由来の DNA ポリメラーゼを用いている。(注5)

【転写】

転写は、タンパク質合成のために DNA から RNA をつくる過程である。真核細胞では核内で行われる。

①2 本鎖 DNA のうちの 1 本の DNA (アンチセンス鎖という) を鋳型として、DNA に相補的な RNA をつくる。(注6)

②RNA の合成は、RNA ポリメラーゼが DNA 上のプロモーターという部位に結合することから開始される。

一般に、原核細胞にはイントロンがなく、スプライシングが行われないので、転写によってできた RNA が mRNA として働く。

【スプライシング】*真核細胞のみ。

真核細胞で転写されてできた RNA は、スプライシングという過程を経て、相当量の RNA が取り除かれる。スプライシングによって取り除かれる部分をイントロン、mRNA に残る部分をエクソンという。スプライシングのあと、RNA がさまざまな修飾を受けることで、成熟した mRNA になる。

【翻訳】

翻訳は、mRNA の情報をもとにタンパク質を合成する過程であり、細胞質で行われる。

①mRNA にリボソームが結合する。

②リボソームが mRNA の塩基配列を読み取り、mRNA が指定するアミノ酸を運ぶ tRNA を招集する。

mRNA は、3 つの塩基の配列 (コドン) によって 1 個のアミノ酸を指定する。

③②を繰り返し、ペプチド結合によってアミノ酸が多数つながったポリペプチド (タンパク質) を合成する。

(注4) DNA には 3'→5'方向、5'→3'方向という方向性がある。DNA ポリメラーゼは 5'→3'方向にしか DNA を合成できないため、連続的に合成することができる DNA 鎖はもともになる 2 本の DNA のうち一方のみである。この DNA 鎖をリーディング鎖という。もう一方の DNA 鎖は、ポリメラーゼによって連続的に合成できないが、プライマーを複数用いて不連続複製を行う。プライマーを開始点として 5'→3'方向に合成された短い DNA 断片どうしを、DNA ヘリカーゼによってつなぎ合わせることで、3'→5'方向の DNA の合成を行っている。このときにできる短い DNA 断片のことを岡崎フラグメントという。このような不連続な複製を行う DNA 鎖をラギング鎖という。

(注5) 生体内での DNA の複製で使用されるプライマーは RNA であるが、PCR 法で用いられるプライマーは DNA である。

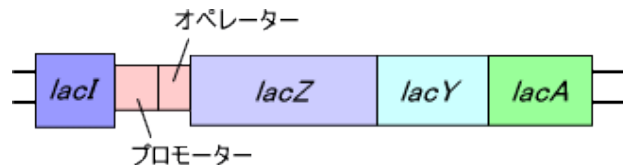
(注6) 鋳型とならない DNA 鎖をセンス鎖という。

原則 9. 原核生物の発現調節 → (9)に利用

原核生物の遺伝子は、同じ調節領域により発現が調節される遺伝子一群であるオペロンを構成していることが多い。転写される遺伝子群の近くには、プロモーター (RNA ポリメラーゼが結合する部位)、オペレーター (転写を抑制するリプレッサーとよばれる調節タンパク質が結合する部位)、調節タンパク質がコードされている遺伝子 (調節遺伝子) などが存在する。

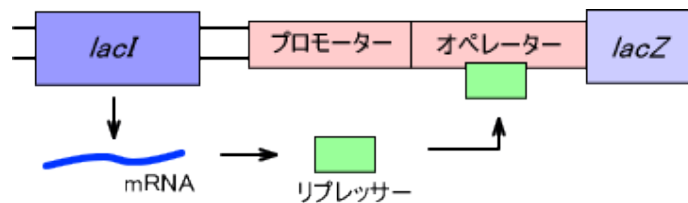
【大腸菌のラクトースオペロン】

lacI はリプレッサーの遺伝子を、*lacZ*、*lacY*、*lacA* はラクトース代謝に関わる遺伝子をコードしている。



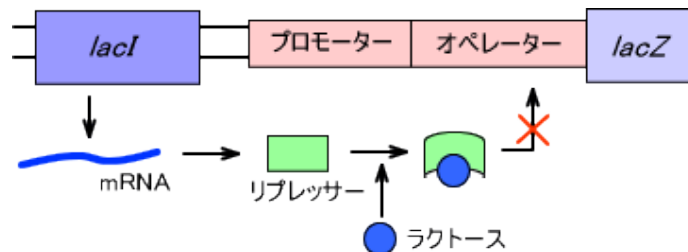
(図は <http://kusuri-jouhou.com/creature2/expression.html> から引用)

lacI は常に発現しており、ラクトースがない条件下では、リプレッサーはオペレーターに結合している。これによって、プロモーターに RNA ポリメラーゼが結合できなくなるため、*lacZ*、*lacY*、*lacA* は転写されない。



(図は <http://kusuri-jouhou.com/creature2/expression.html> から引用)

ラクトースがあると、リプレッサーにラクトースが結合し、リプレッサーの構造を変化させるので、リプレッサーはオペレーターに結合できなくなる。これによって、プロモーターに RNA ポリメラーゼが結合できるようになるため、*lacZ*、*lacY*、*lacA* が転写され、これらの遺伝子が発現する。



(図は <http://kusuri-jouhou.com/creature2/expression.html> から引用)

原則 10. 神経の伝導 → (4)に利用

ニューロン (神経細胞) の軸索では、刺激は両方向へ伝わる。このような情報の伝わり方を伝導という。(注7) 伝導における刺激は電気的な変化によるものである。

【伝導】

① 静止 (刺激前) : 細胞膜のナトリウムポンプによって、 Na^+ は細胞外に多く、 K^+ は細胞内に多く分布している。このようなイオンの分布の違いによって、細胞内外には電位差が生じており、細胞外に対して細胞内が負の状態になっている。このときの電位差を静止電位と

いう。

②興奮：刺激によって、細胞膜のナトリウムチャンネルが開き、 Na^+ が細胞内に流入する。これによって細胞内の電位は上昇し、細胞内外の電位差が逆転する（興奮）。このときの電位差を活動電位という。活動電位は隣り合う部分への刺激となる。

③回復：カリウムチャンネルが開き、 K^+ が細胞外へ流出し、電位が下がる。この間に刺激を受けても活動電位を発生できない。この時期を不応期という。その後、能動輸送によってもとの電位差（静止電位）に戻る。

（注7）神経細胞間で、化学物質を利用して興奮を伝えることを伝達という。興奮は一方方向に伝わる。

原則11. ホルモン → (5)~(7)に利用

ホルモンは体の恒常性の維持に働く物質である。内分泌腺でつくられ、血液によって全身に運ばれる。以下の表は、脊椎動物で見られる主なホルモンについてまとめたものである。

ホルモンには、ペプチドホルモン（タンパク質からなるホルモン）とステロイドホルモンがあり、表中ではペプチドホルモンは無印、ステロイドホルモンは★印で示した。

内分泌腺	ホルモン	作用する部位	主な働き	
間脳視床下部	放出ホルモン 放出抑制ホルモン	脳下垂体前葉 ・中葉	脳下垂体前葉ホルモン・中葉ホルモンの分泌を促進または抑制	
脳下垂体	前葉	成長ホルモン	全体	タンパク質合成、成長促進、血糖量の増加
		甲状腺刺激ホルモン	甲状腺	チロキシンの分泌を促進
		副腎皮質刺激ホルモン	副腎皮質	副腎皮質ホルモンの分泌を促進
		ろ胞刺激ホルモン (生殖腺刺激ホルモン)	卵巣・精巣	(卵巣) ろ胞の発育、エストロゲンの分泌を促進 (精巣) 精子形成の促進
		黄体形成ホルモン (生殖腺刺激ホルモン)	卵巣・精巣	(卵巣) 排卵・黄体形成・プロゲステロンの分泌を促進 (精巣) テストステロンの分泌を促進
		プロラクチン (黄体刺激ホルモン)	乳腺・黄体	乳腺の発育・乳分泌の促進
	中葉	インテルメジン (色素細胞刺激ホルモン)	黒色素胞	体色の黒化を促進
	後葉	バソプレシン (抗利尿ホルモン)	毛細血管・腎臓	腎臓の集合管での水の再吸収を促進 血圧上昇
		オキシトシン (子宮収縮ホルモン)	子宮・乳腺	乳分泌の促進
甲状腺	チロキシン (甲状腺ホルモン)	全体	代謝の促進（両生類では変態、鳥類では換羽を促進）	
副甲状腺	パラトルモン (副甲状腺ホルモン)	骨・腎臓	骨中のカルシウムを血液中に放出	
副腎	髄質	アドレナリン	毛細血管・肝臓 ・骨格筋	グリコーゲンの分解による血糖量の増加を促進 血圧上昇
		皮質	糖質コルチコイド★	全体
	鉱質コルチコイド★		全体・腎臓	腎臓の細尿管でのナトリウムイオンの再吸収とカリウムイオンの排出を促進
精巣	テストステロン★ (雄性ホルモン)	全体・精巣	雄の二次性徴の発現	
卵巣	ろ胞	エストロゲン★ (雌性ホルモン)	全体・卵巣・乳腺	雌の二次性徴の発現 ろ胞刺激ホルモンの分泌抑制
	黄体	プロゲステロン★ (雌性ホルモン)	子宮・乳腺	雌の二次性徴の発現 黄体形成ホルモンの分泌抑制 妊娠の維持
すい臓のランゲルハンス島	A細胞 (α細胞)	グルカゴン	肝臓・骨格筋	グリコーゲンを分解して血糖量の増加を促進
	B細胞 (β細胞)	インスリン	全体・肝臓 ・骨格筋	グリコーゲンの合成を促進して血糖量の減少を促進

(図は WEB 上で見つからなかったため自作)

(1)~(3)

【方針】

原核細胞の特徴、DNA の構造、セントラルドグマについての知識問題である。「原則 6．原核生物の特徴」「原則 7．DNA 研究の歴史・DNA の構造」「原則 8．セントラルドグマ」の知識を利用して解いていく。

【解説】

(1)

(a) : 「原則 6．原核生物の特徴」より、シアノバクテリアは原核生物である。シアノバクテリアはチラコイドをもち、クロロフィルをもつが、葉緑体といった分化した細胞小器官をもたない。よって誤り。

(b) : 「原則 6．原核生物の特徴」「原則 8．セントラルドグマ」【転写】より、一般に原核生物の DNA にはイントロンはない。よって誤り。

したがって、解答は(エ)である。

(2)

(a) : 「原則 8．セントラルドグマ」【転写】より、転写は 2 本鎖 DNA のうちの 1 本の DNA (アンチセンス鎖) を鋳型として、DNA に相補的な RNA をつくる過程である。よって誤り。

(b) : 「原則 8．セントラルドグマ」【転写】より、真核細胞では転写は核内で行われる。転写してできた RNA がスプライシングなどの修飾を受けて mRNA になると、翻訳のために核外へと運搬される。よって正しい。

したがって、解答は(ウ)である。

(3)

(a) : 「原則 7．DNA 研究の歴史・DNA の構造」【DNA の構造】より、DNA の塩基は水素結合によって結びつき、2 本鎖となっている。なお、高エネルギーリン酸結合は、ATP などの分子でみられるリン酸とリン酸の間の結合である。よって誤り。

(b) : 「原則 7．DNA 研究の歴史・DNA の構造」【DNA の構造】より、DNA 中のヌクレオチドは、糖の 3 番目の炭素と 5 番目の炭素がリン酸を介してつながっている。なお、ペプチド結合はアミノ酸とアミノ酸が結合するとき水 1 分子が取れてできる結合である。よって誤り。

したがって、解答は(エ)である。

(4)

【方針】

神経の伝導についての知識問題である。「原則 10．神経の伝導」の知識を利用して解いていく。

【解説】

(4)

(a) : 「原則 10．神経の伝導」より、ナトリウムポンプは Na^+ を細胞外へ能動輸送している。よって誤り。

(b) : 「原則 10．神経の伝導」より、細胞外に対して細胞内が負の状態になっている (静止電位)。したがって、細胞内は細胞外と比べて負電荷となる。よって誤り。

したがって、解答は(エ)である。

(5)～(7)

【方針】

いずれもホルモンについての知識問題である。「原則 1 1. ホルモン」の知識を利用して解いていく。

【解説】

(5)

(a) : 「原則 1 1. ホルモン」の表より、アドレナリンの内分泌腺は副腎髄質である。よって正しい。

(b) : 「原則 1 1. ホルモン」の表より、バソプレシン (抗利尿ホルモン) は脳下垂体後葉から分泌される。よって誤り。

したがって、解答は(イ)である。

(6)

(a) : 「原則 1 1. ホルモン」の表より、グルカゴンの内分泌腺は副腎皮質である。よって正しい。

(b) : すい臓は「原則 1 1. ホルモン」に示されている内分泌腺のほか、消化酵素を含むすい液を分泌するための外分泌腺ももつ。よって正しい。

したがって、解答は(ア)である。

(7)

(a) : 「原則 1 1. ホルモン」の表より、インスリンは血糖量を減少させるホルモンである。なお、血糖量を増加させるホルモンは、アドレナリン、糖質コルチコイド、グルカゴンである。よって正しい。

(b) : 「原則 1 1. ホルモン」の表より、インスリンはペプチドホルモンであるのでタンパク質である。よって正しい。

したがって、解答は(ア)である。

(8)～(10)

【方針】

「原則 6. 原核生物の特徴」「原則 7. DNA 研究の歴史・DNA の構造」「原則 8. セントラルドグマ」「原則 9. 原核生物の発現調節」を利用した知識問題である。

【解説】

(8)

(a) : 「原則 6. 原核生物の特徴」より、原核生物はゲノム DNA とは別にプラスミド (小型の環状 DNA) をもつことがある。なお、プラスミドは、形質転換に用いられることも多い。よって正しい。

(b) : 「原則 7. DNA 研究の歴史・DNA の構造」ハーシーとチェイスの実験からわかるように、バクテリオファージは細菌に感染するウイルスである。よって正しい。

したがって、解答は(ア)である。

(9)

(a) : 「原則 8. セントラルドグマ」【転写】より、DNA 上のプロモーターは、RNA ポリメラーゼが結合する部位である。よって正しい。

(b) : 「原則 9. 原核生物の発現調節」より、大腸菌のラクトースオペロンは、ラクトースがあるときにリプレッサーが結合できなくなり、RNA ポリメラーゼがプロモーターに結合できるようになる。したがって、ラクトースがあるときにラクトースオペロンは発現する。よって誤り。

したがって、解答は(イ)である。

(10)

(a) : 「原則 8. セントラルドグマ」【複製】より、PCR 法では好熱菌由来の耐熱性の DNA ポリメラーゼを用いる。なお、DNA ヘリカーゼは DNA の二重らせんをほどく際に働く酵素である。よって誤り。

(b) : 「原則 8. セントラルドグマ」【複製】より、PCR 法は DNA を増幅する技術であり、タンパク質を合成することはできない。よって誤り。

したがって、解答は(エ)である。