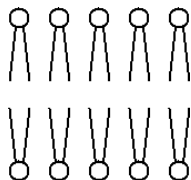


略解

- ① [1] ①：二次 ②：能動 [2] (ア)



[3] (図は WEB 上で見つからなかったため自作)

[4] (ア)・(イ)・(オ)

[5] 非極性で疎水性を示す。 [6] 2.3×10^5 個

[7] 1) Na^+ 濃度が増加し、 K^+ 濃度が減少する。

2) K^+ 濃度は変化しない。

3) Na^+ 濃度が増加し、 K^+ 濃度が減少する。

- ② [1] ①：緑藻類 ②：維管束 ③：造精器 ④：造卵器 ⑤：子房

[2] (あ)・(い) [3] クロロフィル a、クロロフィル b

[4] ・維管束をもつことにより、植物体を直立させることが可能となる。

・維管束をもつことにより、土中の水分を上方へ輸送できる。

[5] (ア)：花粉（または、花粉管） (イ)：胚のう

[6] 花粉四分子、胚のう細胞

[7] 1) Aa 2) モチ：25 % ウルチ：75 %

3) AAA：25 % AAa：25 % Aaa：25 % aaa：25 %

4) Aa：100 %

[8] 1) 子葉 2) (え)・(か)・(さ)

- ③ [1] (ウ)

[2] 1) ①：1.0 ②：1.56 ③：1.56（または、②：1.75 ③：1.75）

④：1.0 ⑤：1.0 2) (ウ)

[3] 1) (ウ) 2) (オ) 3) 半保存的複製 4) (オ)

5)* 名称：DNA ポリメラーゼ 場所：核

[4] 1) ①：P ②：E 2) 変異前：E 変異後：V

3) AA：0.64 (64 %) Aa：0.32 (32 %)

4) マラリア感染の起きにくいヘモグロビンを作る。

* [3] の 5) は、真核生物を念頭に置いた設問であったが、原核生物についての設問とも解釈できるため、後日、大学側より本設問を採点対象外とする旨の発表があった。

- ④ [1] (ア)・(イ)・(エ)・(キ) [2] (エ)・(カ)

[3] (ア): A (イ): ○ (ウ): B (エ): A (オ): B

[4] 嫌気呼吸とは、酸素を使わずに有機物を分解して ATP をつくる働きを言う。
酵母菌ではグルコースよりピルビン酸を経てエタノールをつくる過程で、解糖や乳酸菌による乳酸発酵では乳酸をつくる過程でそれぞれ ATP をつくる。

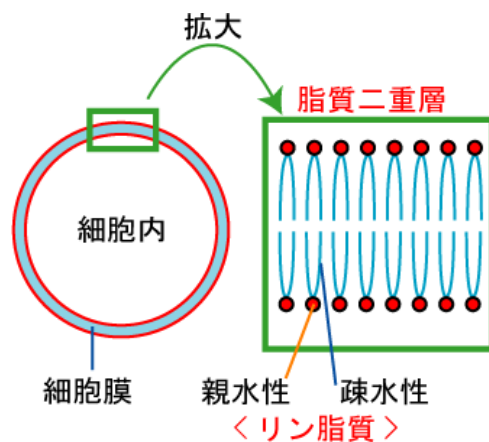
1

原則 1. タンパク質の一次構造～四次構造 → [1]・[5] に利用

タンパク質は主にポリペプチド鎖（多数のアミノ酸がペプチド結合によりつながったもの）からできているが、このポリペプチド鎖を構成するアミノ酸の配列順序のことを、タンパク質の一次構造と言う。また、 α -ヘリックス構造（ねじれたらせん構造）や β -シート構造（折れ曲がったびょうぶの様な構造）のようなペプチド結合の水素結合にもとづく構造や β -ターン構造のことを、タンパク質の二次構造と言う。そして、 α -ヘリックス構造をもつポリペプチド鎖が複雑に折りたたまれてできた特有な立体構造のことを、タンパク質の三次構造と言う。さらに、この三次構造をもつポリペプチド鎖がいくつか集まってできた構造のことを、タンパク質の四次構造と言う。なお、システインなどのイオウを含むアミノ酸どうしがつくるS-S結合も、タンパク質の立体構造に関わるペプチド鎖中の結合やペプチド鎖間の結合に使われている。

原則 2. 細胞膜の構造とナトリウムポンプ → [1]～[4]・[7] に利用

細胞膜は、主にリン脂質（親水性部分（リン酸等）と疎水性部分（脂肪酸）からなる物質）とタンパク質から構成され、リン脂質は下図のように二重層を形成している。



（図は http://file.chemieaula.blog.shinobi.jp/ph_double_layer.png より引用）

なお、細胞膜を通過できるものとしては、窒素、酸素などの疎水性分子、ステロイドホルモン、炭化水素などの脂溶性分子、水、エタノール、二酸化炭素、尿素、グリセロールなどの極性のある小分子が挙げられるが、一般に、分子量が大きくなると通過しにくくなる。一方、細胞膜を通過できないものとしては、グルコース等の単糖類、二糖類以上の糖類など、極性のある大分子や、 H^+ 、 K^+ 、 Na^+ 、 HCO_3^- 、アミノ酸など、イオンや電荷をもつ分子が挙げられる。

ところで、細胞膜には輸送タンパク質があり、そのうちで濃度勾配に逆らって物質の輸送を行うタンパク質のことをポンプと呼んでいる。例えば、ナトリウムポンプにより、細胞内と細胞外のイオン濃度は、以下のように保たれている。なお、ポンプが働く際には細胞

内にある ATP が使われるので、ポンプが行う輸送は能動輸送と呼ばれる。

Na^+ 濃度……細胞内<細胞外

K^+ 濃度 ……細胞内>細胞外

原則 3. 物質量とモル質量 → [6] に利用

物質を構成している粒子（原子、分子、イオン等）の個数をもとに表現した物質の数量を、物質量と呼ぶ。物質量は、次式で表される。

$$\text{物質量 [mol]} = \frac{\text{粒子の個数}}{\text{アボガドロ定数}} = \frac{\text{粒子の個数}}{6.02 \times 10^{23} \text{ [/mol]}}$$

また、同一種類の粒子 1 mol あたりの質量のことをモル質量と呼ぶ。原子（分子、イオン）のモル質量は、原子量（分子量、式量）に単位 g/mol をつけたものである。例えば、 CO_2 の分子量は 44 であるから、 CO_2 のモル質量は 44 g/mol となる。また、次式のように、物質の質量をモル質量で割ったものは物質量となる。

$$\text{物質量 [mol]} = \frac{\text{物質の質量 [g]}}{\text{モル質量 [g/mol]}}$$

例えば、 CO_2 88 g の物質量は、 CO_2 のモル質量が 44 g/mol であるから、 $\frac{88 \text{ [g]}}{44 \text{ [g/mol]}} =$

2 [mol] と計算できる。

[1] ~ [5]

【方針】

いずれの設問もタンパク質やナトリウムポンプなどについての知識問題であると気づく。したがって、「原則 1. タンパク質の一次構造～四次構造」や「原則 2. 細胞膜の構造とナトリウムポンプ」の知識などを利用して順に解いてゆく。

【解説】

[1]

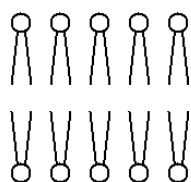
「原則 1. タンパク質の一次構造～四次構造」や「原則 2. 細胞膜の構造とナトリウムポンプ」より、解答は、①：二次、②：能動である。

[2]

「原則 2. 細胞膜の構造とナトリウムポンプ」より、解答は、(ア) である。

[3]

「原則 2. 細胞膜の構造とナトリウムポンプ」より、解答は、下図のようになる。



(図は WEB 上で見つからなかったため自作)

[4]

「原則 2. 細胞膜の構造とナトリウムポンプ」より、解答は、(ア)・(イ)・(オ) である。

[5]

非極性で疎水性のアミノ酸で構成されるタンパク質の内側には、アミノ酸側鎖が集まりやすいため、膜貫通型タンパク質の細胞膜貫通部は α ヘリックス構造をとる。ゆえに、解答は、「非極性で疎水性を示す。」である。

[6]

【方針】

問題文中に記載の分子量やアボガドロ数などを用いて解く計算問題であると気づく。この点を踏まえて、「原則 3. 物質質量とモル質量」の知識を利用して解く。

【解説】

赤血球 10^{10} 個の細胞膜にある膜タンパク質の総重量が 5 mg で、そのうちの 2.3% を膜タンパク質 A が占めるから、その重量は、

$$5 \times 10^{-3} \times \frac{2.3}{100} = 11.5 \times 10^{-5} [\text{g}]$$

となる。問題文中の条件より、この膜タンパク質 A の分子量は 30000 であるから、 6×10^{23} 個 (アボガドロ数個) あれば 30000 g になる。したがって、 $11.5 \times 10^{-5} \text{ g}$ になるときの分子量を X 個とおくと、

$$30000 : 6 \times 10^{23} = 11.5 \times 10^{-5} : X$$

$$\therefore X = \frac{11.5 \times 10^{-5} \times 6 \times 10^{23}}{3 \times 10^4} = 2.3 \times 10^{15} \text{ 個}$$

となる。よって、赤血球 10^{10} 個の細胞膜に 2.3×10^{15} 個の膜タンパク質 A が存在するから、赤血球 1 個当たり、 2.3×10^5 個の膜タンパク質 A が存在することがわかる。ゆえに、解答は、 2.3×10^5 個である。

[7]

【方針】

「1) と 2) では、ナトリウムポンプの本来の細胞内側が小胞の外側を向いて埋め込まれている」という文言より、1) と 2) では小胞の内側は本来の細胞膜の外側に相当することに気づく。この点を踏まえて、「原則 2. 細胞膜の構造とナトリウムポンプ」の知識を利用して順に解いてゆく。

【解説】

1) : ナトリウムポンプにより、小胞の内側では、 Na^+ 濃度が増加し、 K^+ 濃度が減少する。

2) : Na^+ が存在しないため、ナトリウムポンプは働かず、 K^+ 濃度も変化しない。

3) : 小胞内に ATP が存在しないため、1) とは逆の向きに埋め込まれたナトリウムポンプは働かない。よって、1) と同じ向きに埋め込まれたナトリウムポンプだけが働くことになり、1)と同様に、小胞の内側では、 Na^+ 濃度が増加し、 K^+ 濃度が減少する。

以上より、解答は、1) : 「 Na^+ 濃度が増加し、 K^+ 濃度が減少する。」、2) : 「 K^+ 濃度は変化しない。」、3) : 「 Na^+ 濃度が増加し、 K^+ 濃度が減少する。」である。

2

原則 4. 植物界に属する生物と緑藻類 → [1]・[3]・[4] に利用

植物界に属する生物（種子植物、シダ植物、コケ植物）は、クロロフィル a やクロロフィル b という光合成色素をもつ。多細胞生物の緑藻類も、同様にクロロフィル a やクロロフィル b をもつから、緑藻類に近縁な種が植物界に属する生物との共通の祖先と考えられる。なお、種子植物とシダ植物をあわせて維管束植物と呼び、陸上に進出した植物はこの維管束植物とコケ植物に分けられる。種子植物は、子房に胚珠が包まれた被子植物と胚珠が露出している裸子植物に分類される。

ところで、維管束植物では、根・茎・葉の区別があって維管束が発達している。維管束をもつことで、地上に植物体を直立させることが可能となり、直立させることで十分な光の照射を受けて光合成が可能となる。また、水中とは異なり水分の不足する陸上では、維管束をもつことで、根から吸収された水分や無機塩類を上方にある葉などへ輸送することも可能となる。

原則 5. コケ植物やシダ植物の生活環 → [1]・[5]・[6] に利用

まず、コケ植物の場合、核相が n の配偶体が本体であり（本体は維管束をもたない）、核相が $2n$ の孢子体は配偶体の上で生活し、減数分裂をして核相が n の孢子をつくる。孢子は発芽し、原糸体を経た後、核相が n の雌雄の配偶体となる。雄の配偶体の造精器で作られた精子と雌の配偶体の造卵器で作られた卵が受精して受精卵となり、この受精卵が孢子体となる。

また、シダ植物の場合、核相が $2n$ の孢子体が本体であり（本体は維管束をもち、根・茎・葉ができる）、葉の孢子のうで減数分裂によって核相が n の孢子をつくる。孢子は発芽し、核相が n の前葉体（＝配偶体）になる。前葉体の造精器と造卵器で作られた精子と卵が受精して受精卵となり、この受精卵が孢子体となる。

ちなみに、種子植物の生活環においても、配偶体をもつ時期がある。例えば、被子植物では、雄性配偶体に相当するものは花粉（または花粉管）で、雌性配偶体に相当するものは胚のうである。より詳しく説明すると、シダ植物の孢子は減数分裂により生じるが、同様に被子植物において減数分裂で生じるものは、花粉四分子と胚のう細胞である。花粉母細胞が減数分裂すると花粉四分子になるから、花粉四分子はシダ植物の小孢子に相当する。また、胚珠の中での胚のう母細胞の減数分裂で生じる胚のう細胞はシダ植物の大孢子に相当する。

原則 6. 染色体と遺伝子について → [7] に利用

有性生殖をする生物の場合、父方の染色体は精細胞（精子）より、母方の染色体は卵細胞（卵）よりもたらされるから、子の体細胞は一对の同形同大の染色体をもっている（注 1）。

これを、相同染色体と言う。また、遺伝子座とは、染色体上の遺伝子の位置のことである（注 2）。1 つの遺伝形質に対して、相同染色体の同じ遺伝子座に異なる遺伝子がそれぞれ存在するとき、それらを対立遺伝子と言う。同じ対立遺伝子の対（例. AA や aa）になっているとき、ホモ接合と言う。また、異なる対立遺伝子の対（例. Aa）になっているとき、ヘテロ接合と言う。ところで、ヒトの体細胞には 46 本（23 対）の染色体があり、44 本（22 対）は男女共通の常染色体で、2 本（1 対）は男女で異なる性染色体である。この 2 本の性染色体は、女性ではホモ型（XX）、男性ではヘテロ型（XY）となる。

（注 1）核 1 個あたりの DNA 量は、配偶子（精子や卵）では体細胞の約半分になる。

（注 2）遺伝子の位置を染色体上に示した地図のことを、染色体地図または遺伝子地図と言う。

また、AA、Aa、aa の様な形質を決める遺伝子の組合せを遺伝子型と言い、通常、A 等の大文字は優性遺伝子、a 等の小文字は劣性遺伝子をそれぞれ表す。したがって、優性遺伝子 A と劣性遺伝子 a からは、3 通りの遺伝子型 AA、Aa、aa が生じ得るが、AA、Aa をもつ個体にはいずれも [A] の表現型（優性形質）が現れ、aa をもつ個体だけに [a] の表現型（劣性形質）が現れる。

また、複数の遺伝子が 1 本の染色体上に連なっているとき、連鎖していると言う。連鎖している複数の遺伝子は、その染色体と行動をともにするため、メンデルの独立の法則は成り立たない。なお、連鎖している各遺伝子間の距離がごく近い場合、その遺伝子間では染色体の乗換え（遺伝子の組換え）は起こりにくい。

〔1〕～〔6〕

【方針】

いずれの設問も植物やその生殖様式などについての知識問題であると気づく。したがって、「原則 4. 植物界に属する生物と緑藻類」や「原則 5. コケ植物やシダ植物の生活環」の知識などを利用して順に解いてゆく。

【解説】

〔1〕

「原則 4. 植物界に属する生物と緑藻類」や「原則 5. コケ植物やシダ植物の生活環」より、解答は、①：緑藻類、②：維管束、③：造精器、④：造卵器、⑤：子房である。

〔2〕

選択肢の中で、(あ)のアオサと (い)のアオノリが緑藻類である。緑藻類には他に、クラミドモナス、アオミドロ、ボルボックス、ミルなどがある。

ゆえに、解答は、(あ)・(い) である。

〔3〕

「原則 4. 植物界に属する生物と緑藻類」より、解答は、クロロフィル a、クロロフィル b で

ある。

〔4〕

「原則 4. 植物界に属する生物と緑藻類」より、解答は、「・維管束をもつことにより、植物体を直立させることが可能となる。」と、「・維管束をもつことにより、土中の水分を上方へ輸送できる。」である。

〔5〕

「原則 5. コケ植物やシダ植物の生活環」より、解答は、(ア)：花粉（または、花粉管）、(イ)：胚のうである。

〔6〕

「原則 5. コケ植物やシダ植物の生活環」より、解答は、花粉四分子、胚のう細胞である。

〔7〕・〔8〕

【方針】

いずれの設問も植物の胚や胚乳とその遺伝子型などに関する問題である。また、〔7〕の問題文にある「ウルチ性を示す遺伝子 A は、モチ性を示す遺伝子 a に対して優性である」と言う文言より、A は優性遺伝子で a は劣性遺伝子であると気づく。これらの点を踏まえて、「原則 6. 染色体と遺伝子について」の知識や胚乳などに関する知識を利用して順に解いてゆく。

【解説】

〔7〕

1)：AA のウルチ品種と aa のモチ品種より得られる種子 (F₁ 種子) の胚の遺伝子型は Aa となるから、この種子から育った F₁ 植物の遺伝子型も Aa となる。ゆえに、解答は、Aa である。

2)：胚乳の形質により、ウルチかモチかが決まるから、胚乳の遺伝子型を考えればよい。胚乳は精細胞の精核と中央細胞の 2 個の極核の受精により生じる。その結果、胚乳核（中央細胞の核）は、 $3n$ となり、下表のようになる。

精核 \ 極核	AA	aa
	AAA (ウルチ)	Aaa (ウルチ)
A	AAA (ウルチ)	Aaa (ウルチ)
a	AAa (ウルチ)	aaa (モチ)

上表より、モチが 25 % で、ウルチが 75 % となる。ゆえに、解答は、モチ：25 %、ウルチ：75 % となる。

3)：上表より、胚乳の遺伝子型とそれぞれの出現比率は、AAA が 25 %、AAa が 25 %、Aaa が 25 %、aaa が 25 % となる。ゆえに、解答は、AAA：25 %、AAa：25 %、Aaa：25 %、aaa：25 % である。

4)：籾殻は雌しべの組織の一部であるから、遺伝子型は全て Aa となる。

ゆえに、解答は、Aa：100 % である。

〔8〕

無胚乳種子は、栄養分を子葉に蓄える。エンドウ、ナズナ、ダイズ、クリなどが代表的な無胚乳種子である。無胚乳種子の場合、いったん胚乳ができるが、胚がその栄養分を吸収して子葉に蓄える。ゆえに、解答は、1)：子葉、2)：(え)・(か)・(さ)である。

3

原則 6. 染色体と遺伝子について (前述) → [1] に利用

原則 7. DNA・RNA と遺伝暗号表 → [2] ～ [4] に利用

遺伝情報は、DNA から mRNA へ、mRNA から tRNA へと伝達される。また、rRNA は、タンパク質と結合することでリボソームを形成している。これらの DNA や RNA は、いずれも塩基、リン酸、糖の 3 つからなるヌクレオチド (※ 塩基は糖に結合している) を構成要素とするヌクレオチド鎖 (※ リン酸と糖が交互に結合して鎖を形成している) からなるが、DNA が 2 本のヌクレオチド鎖からなるのに対し、RNA は 1 本のヌクレオチド鎖からなる。また、DNA の糖がデオキシリボースであるのに対し、RNA の糖はリボースである。なお、RNA の構成要素であるリボースは DNA の構成要素であるデオキシリボースよりも水酸基 (OH 基) が 1 つ多いので、RNA は DNA よりも化学反応性に富んでいるが、その分、RNA は分解されやすく不安定である。

DNA では、2 本のヌクレオチド鎖の塩基どうしが弱く結合することで二重らせん構造を作っている (通常、DNA の二重らせんは右巻きである)。ただし、90℃以上の高温になると、DNA の 2 本鎖は 1 本鎖にほどける。なお、DNA はエチルアルコール (エタノール) には溶けないので、DNA を含む溶液にエチルアルコールを加えたとき、DNA は沈殿するだけで壊れることはない。ちなみに、原核生物の DNA は環状の 2 本鎖 DNA であるが、通常、真核生物の DNA は直鎖状の 2 本鎖 DNA である。

DNA の複製においては、DNA を構成する 2 本のヌクレオチド鎖のそれぞれが鋳型となって、2 つの新しい DNA 分子を複製する (注 1)。このとき、新しい DNA ヌクレオチド鎖の形成は DNA ポリメラーゼ (DNA 合成酵素) (注 2) 等により行われる。なお、DNA のヌクレオチド鎖形成に使われる塩基は、A (アデニン)、T (チミン)、C (シトシン)、G (グアニン) の 4 種類 (注 3) であるが、RNA では、T (チミン) の代わりに U (ウラシル) が用いられる。そのため、tRNA の塩基配列は、DNA の塩基配列の T を U に置き換えたものと等しくなる。

(注 1) これを半保存的複製と言う。メセルソンとスタールは、DNA の複製様式が半保存的複製であることを実験により証明した。

(注 2) DNA ポリメラーゼは、真核細胞の場合は核内に存在し、原核細胞の場合は細胞質に存在する。

(注 3) 塩基のうちで分子量が大きいものは、プリン塩基 (アデニン (A) とグアニン (G)) である。なお、T (チミン)、C (シトシン)、U (ウラシル) はピリミジン塩基である。ところで、DNA 中にあるチミンが 2 個連続している部分に紫外線が当たった場合、2 つのチミンが化学的に結合し、チミンの 2 量体であるチミンダイマーに変化してしまう。ただし、光回復酵素によって

チミンダイマーは修復される。

タンパク質形成に関与するアミノ酸は 20 種類あるが、tRNA における 4 種類の塩基（A、U、C、G）が 3 個で 1 組となり、1 つのアミノ酸を指定する（塩基 3 個ごとに順番に翻訳され、翻訳において重なりや飛びは起こらない）。この対応関係を表したものが、遺伝暗号表（下表）である。なお、下表に記載したように、UAA、UAG、UGA は、タンパク質合成の終点を指定する「終止コドン」であるため、アミノ酸を指定しない。また、メチオニンを指定する AUG は、タンパク質合成の始点を指定する「開始コドン」でもある。ちなみに、タンパク質合成が終わった後、先頭のメチオニンは取り除かれる。

UUU=F	UCU=S	UAU=Y	UGU=C	CUU=L	CCU=P	CAU=H	CGU=R
UUC=F	UCC=S	UAC=Y	UGC=C	CUC=L	CCC=P	CAC=H	CGC=R
UUA=L	UCA=S	UAA=*	UGA=*	CUA=L	CCA=P	CAA=Q	CGA=R
UUG=L	UCG=S	UAG=*	UGG=W	CUG=L	CCG=P	CAG=Q	CGG=R
AAU=I	ACU=T	AAU=N	AGU=S	GUU=V	GCU=A	GAU=D	GGU=G
AUC=I	ACC=T	AAC=N	AGC=S	GUC=V	GCC=A	GAC=D	GGC=G
AUA=I	ACA=T	AAA=K	AGA=R	GUA=V	GCA=A	GAA=E	GGA=G
AUG=M	ACG=T	AAG=K	AGG=R	GUG=V	GCG=A	GAG=E	GGG=G

*は終止コドンを表わす

（表は問題冊子より抜粋）

ところで、mRNA のコドン（遺伝暗号）に対し相補的な塩基配列を有する部分が tRNA には存在し、その部分をアンチコドンと言う。なお、DNA (RNA) においては、A と T (U)、C と G がそれぞれ相補の塩基ペアとなる。また、DNA は相補の塩基ペアで構成されるため、DNA を構成する塩基の量は、A と T、C と G がそれぞれ等しくなる（注 4）。

（注 4）シャルガフの経験則と言う。

また、真核生物の DNA においては、エキソンと呼ばれるタンパク質合成に関わる塩基配列と、イントロンと呼ばれるタンパク質合成に関わらない塩基配列の両方が含まれている。そのため、DNA の塩基配列が転写されたヌクレオチド鎖よりイントロンの部分を取り除く過程（スプライシング）を経て、mRNA はつくられる。なお、遺伝子によっては、遺伝子 1 つから転写される mRNA 前駆体に選択的スプライシングが行われて複数種の mRNA が生成されることがある。ところで、DNA 内の片側の 1 本鎖から RNA への転写（注 5）は RNA ポリメラーゼにより行われるが、転写を始めるために RNA ポリメラーゼが結合する DNA の領域をプロモーターと呼んでいる（注 6）。

（注 5）転写においては、DNA を構成する 2 つのヌクレオチド鎖の片方だけが使われる。なお、パフでは、DNA の一部において二重らせんがほどけた状態で転写が行われる。

（注 6）真核生物の遺伝子発現の場合、基本転写因子（調節タンパク質）がプロモーターに結合することにより、RNA ポリメラーゼの結合が可能となる。一方、原核生物の遺伝子発現の場合、RNA ポリメラーゼはプロモーターに単独で

結合できる。

なお、DNA がヒストンに巻き付いた構造はヌクレオソームと呼ばれ、真核生物の染色体の基本構造となっている。

原則 8. ハーディー・ワインベルグの法則 → [4] に利用

ハーディー・ワインベルグの法則とは、「メンデル集団では何代も代を経ても遺伝子頻度が変化しない」と言う法則である。また、このように代を経ても遺伝子頻度が変わらず安定していることを遺伝子平衡と言う。なお、メンデル集団とは、以下の条件 (1)~(5) を満足する集団のことである。

[メンデル集団の条件]

- (1) 多数の同種個体からなる。
- (2) 個体間の生存能力の差はない。
- (3) 全ての個体が自由に交雑し、子孫を残す。
- (4) 他の同種集団とは、個体の移出入がない。
- (5) 集団内で突然変異は起こらない。

ハーディー・ワインベルグの法則が成り立つ集団（個体群）においては、対立遺伝子 A、a の遺伝子頻度をそれぞれ p 、 q （ただし、 $p + q = 1$ とする）とおいたとき、遺伝子型頻度は次式のように表される。

$$(pA + qa)^2 = p^2AA + 2pqAa + q^2aa$$

[1]・[2]

【方針】

いずれの設問も DNA についての考察問題や知識問題であると気づく。したがって、「原則 7. DNA・RNA と遺伝暗号表」や「原則 6. 染色体と遺伝子について」の知識を利用して順に解いてゆく。

【解説】

[1]

「原則 6. 染色体と遺伝子について」より、核 1 個あたりの DNA 量は、配偶子（精子や卵）では体細胞の約半分になるから、正解は (ウ) の 1.3 と考えられる。ゆえに、解答は、(ウ) である。

[2]

1) : 「原則 7. DNA・RNA と遺伝暗号表」のシャルガフの経験則より、 $A=T$ 、 $C=G$ となるから、①・④・⑤の数値はいずれも 1.0 と考えられる。一方、表 2 より、 $A/G=1.56$ 、 $T/C=1.75$ であり、 $A=1.56G$ 、 $T=1.75C$ となるが、 $A=T$ 、 $C=G$ より、 A/G と T/C は等しくなるべきである。よって、測定誤差などの原因により、1.56 と 1.75 という差異が生じてい

ると解釈せざるを得ない。したがって、②・③の数値はいずれも 1.56（または、いずれも 1.75）が正解になると考えられる。ゆえに、解答は、①：1.0、②：1.56、③：1.56（または、②：1.75、③：1.75）、④：1.0、⑤：1.0 である。

2)：「原則 7. DNA・RNA と遺伝暗号表」より、(ウ) のシャルガフが正解である。ゆえに、解答は、(ウ) である。

[3]

【方針】

いずれの設問も DNA の複製についての考察問題や知識問題であると気づく。したがって、「原則 7. DNA・RNA と遺伝暗号表」の知識を利用して順に解いてゆく。

【解説】

1)：1 回目の複製終了後は中間の重さの DNA のみが生じるから、 ^{14}N -DNA と ^{15}N -DNA の中間にバンドが 1 本出現する。ゆえに、解答は、(ウ) である。

2)：2 回目の複製終了後は、1 回目の複製後に生じた中間の重さの DNA が鋳型となるから、 ^{14}N -DNA と ^{15}N -DNA が解離して鋳型となって、それぞれで相補的な塩基配列を有する ^{14}N -DNA がつくられる。その結果、 ^{14}N -DNA と ^{15}N -DNA からなる中間の重さの DNA と ^{14}N -DNA だけからなる軽い DNA が同じ割合で生じる。よって、 ^{14}N -DNA のバンド、 ^{14}N -DNA と ^{15}N -DNA の中間のバンドの計 2 本のバンドが現れる。ゆえに、解答は、(オ) である。

3)：「原則 7. DNA・RNA と遺伝暗号表」より、解答は、半保存的複製である。

4)：「原則 7. DNA・RNA と遺伝暗号表」より、解答は、(オ) である。

5)：DNA ポリメラーゼが DNA 複製を行う酵素である。DNA ポリメラーゼは、真核細胞の場合は核内に存在し、原核細胞の場合は細胞質に存在する。ゆえに、解答は、名称：DNA ポリメラーゼ、場所：核である。

[4]

【方針】

いずれの設問も DNA や遺伝子についての考察問題や計算問題などである。また、3) では、「ハーディ・ワインベルグの平衡にある」という文言より、遺伝子頻度は変化しないことがわかる。これらの点を踏まえて、「原則 7. DNA・RNA と遺伝暗号表」や「原則 8. ハーディ・ワインベルグの法則」の知識を利用して順に解いてゆく。

【解説】

1)・2)：鎌状赤血球貧血症の遺伝子は、正常遺伝子と比べたとき、1 個の塩基が他の塩基に変わったものであるから、正常な塩基がどのように変わったかを調べればよい。まず、問題文にある 2 つの塩基配列を比較すると、下記のように、下線部の塩基 1 つだけが変異していることがわかる。

正常な β 鎖遺伝子 : ……ACTCCTGAGGAG……

鎌状赤血球貧血症 β 鎖遺伝子 : ……TCCTGTGGAG……

また、問題文より、正常な β 鎖遺伝子からできるアミノ酸配列は「T-①-②-E」であり、表 3 より、アミノ酸 T はトリプレット ACT (tRNA の ACU)、アミノ酸 E はトリプレット GAG (tRNA の GAG) に対応しているから、上記の塩基配列は DNA のセンス鎖の配列であるとわかる。したがって、表 3 より、①はトリプレット CCT (tRNA の CCU) に対応するアミノ酸 P であり、②はトリプレット GAG (tRNA の GAG) に対応するアミノ酸 E であるとわかる。また、上記の塩基配列より、1 塩基変異 (A→T) を含むトリプレットは、変異前が GAG (tRNA の GAG) で変異後が GTG (tRNA の GUG) であるから、表 3 より、変異前のアミノ酸は E で変異後のアミノ酸は V であることがわかる。

以上より、1)の解答は、① : P、② : E、2)の解答は、変異前 : E、変異後 : V である。

3) : ハーディー・ワインベルグの法則に従っており、遺伝子頻度は変化しない。よって、正常遺伝子を A、変異した β 鎖の遺伝子を a とおき、その遺伝子頻度をそれぞれ p 、 q (ただし、 $p + q = 1$ とする) とおいたとき、遺伝子型頻度は次式のように表される。

$$(pA + qa)^2 = p^2AA + 2pqAa + q^2aa$$

まず、鎌状赤血球貧血症の患者は 4 % であるから、 $q^2aa = \frac{4}{100}$ となって、 $q = 0.2$ となる。よって、これと $p + q = 1$ から、 $p = 0.8$ となる。したがって、遺伝子型 AA の頻度は、 $p^2AA = 0.8^2 = 0.64$ (64 %) となる。また、遺伝子型 Aa の頻度は、 $2pqAa = 2 \times 0.8 \times 0.2 = 0.32$ (32 %) となる。ゆえに、解答は、AA : 0.64 (64 %)、Aa : 0.32 (32 %) である。

4) : マラリアで死亡した子供の遺伝子型は、AA が 99 % で、Aa は 1 % に過ぎない。このことより、遺伝子 a はマラリアに対し抵抗性のあるヘモグロビンをつくる働きをもつと推定される。ゆえに、解答は、「マラリア感染の起きにくいヘモグロビンを作る。」である。

4

原則 7. DNA・RNA と遺伝暗号表 (前述) → [2] に利用

原則 9. 原核生物について → [1]・[2] に利用

核やミトコンドリアをもたない原核生物の代表的なものは、細菌とシアノバクテリアである。細菌には、大腸菌、乳酸菌、根粒菌、硝酸菌、亜硝酸菌、クロストリジウム、アゾトバクターなどがある。また、シアノバクテリアには、ユレモ、ネンジュモ、アオコなどがある。この原核生物においては、タンパク質合成を行っている mRNA にリボソームが結合して、遺伝情報の転写と翻訳は同時並行で行われる。よって、転写中の mRNA であっても翻訳が開始する。また、原核生物においては、スプライシングはふつう行われない。なお、原核生物においては、機能的に関連している遺伝子が隣り合って存在し、転写がまとめて行われることが多い。この様な遺伝子群のことをオペロンと言う。このオペロンは、オペレーター（プロモーター中の遺伝子調節配列）とプロモーター（転写開始に関わる遺伝子の領域）がセットになったものである。また、調節遺伝子が生成したタンパク質であるリプレッサーは、オペレーターに結合して転写の抑制を行う。なお、原核生物の遺伝子発現の場合、RNA ポリメラーゼはプロモーターに単独で結合できる。

原則 10. ES 細胞と iPS 細胞の比較 → [3] に利用

ES 細胞と iPS 細胞を比較すると、下図のようになる。

	ES 細胞	iPS 細胞
ベースとする細胞	胚	体細胞
幹細胞 (※) としての能力	あり	あり
分化全能性の有無	あり	なし
複数の遺伝子を導入する必要性	なし	あり
移植用臓器に用いた場合の拒絶反応	あり	なし

(※) 自己複製能力をもち、色々な種類の細胞に分化する能力を有する細胞

原則 11. 嫌気呼吸について → [4] に利用

細胞の呼吸活動のうち、酸素を使わずに有機物を分解して ATP をつくる働きを嫌気呼吸と言う。代表的な嫌気呼吸としては、乳酸菌が行う乳酸発酵や、酵母菌などが行うアルコール発酵がある。乳酸発酵では、グルコースを分解して ATP と乳酸を生成する。また、アルコール発酵では、グルコースを分解して ATP とエタノール（エチルアルコール）と二酸化炭素を生成する。なお、いずれの発酵の場合も、その途中過程でピルビン酸をいったん生成する。ちなみに、筋肉中の解糖においても、乳酸発酵と同様に ATP と乳酸を生成する。

〔1〕・〔2〕

【方針】

いずれの設問も原核生物の種類や真核生物と原核生物の違いについての知識問題であると気づく。したがって、「原則 9．原核生物について」や「原則 7．DNA・RNA と遺伝暗号表」の知識を利用して順に解いてゆく。

【解説】

〔1〕

「原則 9．原核生物について」より、解答は、(ア)・(イ)・(エ)・(キ) である。

〔2〕

「原則 7．DNA・RNA と遺伝暗号表」と「原則 9．原核生物について」より、(エ) の基本転写因子と (カ) のヒストンは、真核生物の遺伝子発現のみに関係するもので、原核生物の遺伝子発現には無関係である。ゆえに、解答は、(エ)・(カ) である。

〔3〕

【方針】

ES 細胞と iPS 細胞についての知識問題であると気づく。したがって、「原則 10．ES 細胞と iPS 細胞の比較」の知識を利用して解く。

【解説】

(ア) : ES 細胞は胚由来、iPS 細胞は体細胞由来であるから、ES 細胞のみに該当する。

(イ) : ES 細胞と iPS 細胞はいずれも幹細胞であるから、両方に該当する。

(ウ) : 複数の遺伝子が導入されるのは iPS 細胞であって、ES 細胞ではない。

(エ) : 分化全能性を有するのは ES 細胞だけである。iPS 細胞の分化全能性は確認されていない。

(オ) : 「細胞培養して、拒絶反応のない移植用臓器をつくることができる」のは、自分自身の体細胞への初期化遺伝子導入により作られた iPS 細胞だけである。ES 細胞は他人の細胞より作られるため、拒絶反応を起こす。

以上より、解答は、(ア) : A、(イ) : O、(ウ) : B、(エ) : A、(オ) : B である。

〔4〕

【方針】

嫌気呼吸（発酵）についての知識を問うていることに気づく。したがって、「原則 11．嫌気呼吸について」の知識などを利用して解く。

【解説】

はじめに嫌気呼吸（発酵）の一般的説明をした後に、キーワードを盛り込みながら個々の事例の説明をすればよい。よって、解答の文例としては、「嫌気呼吸とは、酸素を使わずに

有機物を分解して ATP をつくる働きを言う。酵母菌ではグルコースよりピルビン酸を経てエタノールをつくる過程で、解糖や乳酸菌による乳酸発酵では乳酸をつくる過程でそれぞれ ATP をつくる。」となる。