

東邦 2015 生物

略解

① 問1 d・e 問2 b・c・e 問3 ①:h ②:a 問4 e

② 問5 d・e 問6 b・d 問7 b・f

③ 問8 g 問9 f 問10 b 問11 c

④ 問12 d・e 問13 f 問14 c 問15 a 問16 a

問17 b・d・e 問18 g

⑤ 問19 D:e E:c F:d 問20 b・c・d・i

問21 ①:a ②:i ③:i ④:d 問22 ①:a ②:h ③:a

問23 ①:a ②:b ③:d ④:c 問24 c・g 問25 a・f

問26 ①:g ③:d

⑥ 問27 a 問28 c 問29 f 問30 a 問31 c 問32 c

問33 d

⑦ 問34 d 問35 f 問36 d 問37 a・d 問38 d・i

配点

①各2点 (2×4) ②各3点 (3×3) ③各2点 (2×4)

④問12~16、18 各2点 問17 3点 (2×6+3)

⑤各3点 (3×8) ⑥各3点 (3×7) ⑦各3点 (3×5)

1

原則 1. 細胞膜について → 問 1 に利用

細胞膜の主成分はリン脂質とタンパク質である。リン脂質分子には親水性の部分と疎水性の部分があり、二重層構造をとる細胞膜の外側に、この親水性部分が並んでいる。また、細胞膜内にあるタンパク質分子やリン脂質分子は、膜内の中を比較的自由に動き回っている。この膜モデルのことを流動モザイクモデルと言う。なお、小胞体、ゴルジ体、ミトコンドリア、葉緑体等の細胞小器官の膜の構造も細胞膜と同じであるが、これらを合わせて生体膜と呼んでいる。

ところで、細胞内外に物質を移動させる方法としては、膜輸送タンパク質が挙げられる。この膜輸送タンパク質の種類には、チャネルとトランスポーター（輸送体）の2つがあり、トランスポーターは、さらにキャリア（担体）とポンプに分類される。例えば、グルコースの輸送を行うのは、ポンプでなくキャリアである。

原則 2. ニューロン（神経細胞）について → 問 2 に利用

神経系を構成する単位であるニューロン（神経細胞）には、以下の3種類がある。

- ・感覚ニューロン：受容器から中枢へ興奮を伝達
- ・運動ニューロン：中枢から効果器へ興奮を伝達
- ・介在ニューロン：感覚ニューロンと運動ニューロンを介在（連絡）。中枢を構成。

なお、ニューロン（神経細胞）においては、神経伝達物質の合成や、神経伝達物質を分解する酵素等のタンパク質の合成が活発に行われているため、分泌小胞や粗面小胞体が発達している。また、神経細胞の細胞膜表面には、他の体内組織からの情報を受け取る受容体が多数配置されている。

原則 3. 母性因子について → 問 4 に利用

母性因子とは、卵母細胞に蓄積されている mRNA やタンパク質のことである。母性因子により引き起こされる代表的な例として、キイロショウジョウバエの体軸の決定がある。初期発生するとき、未受精卵の細胞質中にある母親由来の mRNA は、受精後に母性因子のタンパク質に翻訳され、胚の頭部・胸部・腹部の体軸の決定を制御する、ということが知られている。

問 1

【方針】

細胞膜についての基本的知識を問うていることに気づく。したがって、「原則 1. 細胞膜について」の知識などを利用して解く。

【解説】

- a: 正文である。例えば、ホルモン等が血液によって運ばれ、受容体に結合することにより、細胞外情報が細胞内に伝わる。
- b: 正文である。これ以外に、ゴルジ体、葉緑体、小胞体等を構成する膜も生体膜と言う。
- c: 正文である。細胞膜等の生体膜は、リン脂質二重層の内部でモザイク状にタンパク質が分布する「流動モザイクモデル」で表される。
- d: 誤文である。細胞どうしの結合は、カドヘリンなどの接合の役割を担うタンパク質により行われる。
- e: 誤文である（「原則1. 細胞膜について」参照）。
- f: 正文である。このことにより、生体膜を「流動モザイクモデル」と呼ぶ。
- 以上より、dとeが誤っている。ゆえに、解答は、d・eである。

問2

【方針】

神経細胞（ニューロン）についての基本的知識を問うていることに気づく。したがって、「原則2. 神経の種類とニューロンについて」の知識を利用して解く。

【解説】

「原則2. 神経の種類とニューロンについて」より、解答は、b・c・eである。

問3

【方針】

減数分裂についての基本的知識を問うていることに気づく。したがって、配偶子形成における減数分裂に関する知識にもとづいて解く。

【解説】

$2n=10$ であるなら、相同染色体は5対ある。乗り換えを考えない場合には、減数分裂第一分裂後、相同染色体の対合面で分離するから、その種類は 2^5 通り（=32通り）となる。減数分裂第二分裂後は、第一分裂でできた染色体の組合せのままで変わらないから1通りである。ゆえに、解答は、①-h、②-aである。

問4

【方針】

母性因子に関する知識問題であると気づく。したがって、「原則3. 母性因子について」の知識を利用して解く。

【解説】

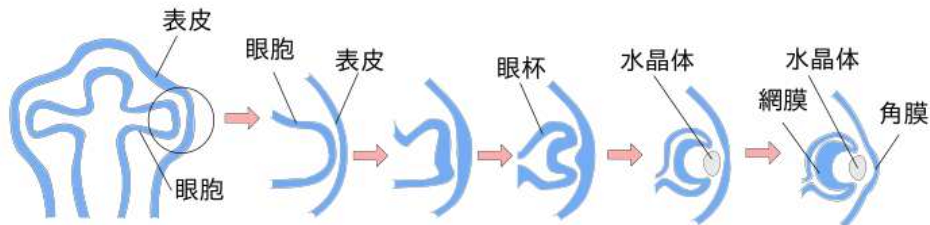
「原則3. 母性因子について」より、解答は、eである。

2

原則4. イモリの眼のできる過程 → 問5～問7に利用

発生過程における眼の形成の仕組みを理解するため、イモリの眼のできる過程を以下に示す（下図参照）。

- 1：神経管の前端が脳に分化して、脳の左右両側に眼胞（がんぼう）ができる。
- 2：眼胞がくぼんで眼杯（がんぱい）ができる。
- 3：眼杯は、形成体として働いて表皮から水晶体を誘導し、自らは網膜に分化する。
- 4：水晶体も、形成体として働いて表皮から角膜を誘導し、眼ができる。



（図は

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/af/%E7%9C%BC%E3%81%AE%E5%BD%A2%E6%88%90%E9%81%8E%E7%A8%8B_%E3%82%A4%E3%83%A2%E3%83%AA.svg/700px-%E7%9C%BC%E3%81%AE%E5%BD%A2%E6%88%90%E9%81%8E%E7%A8%8B_%E3%82%A4%E3%83%A2%E3%83%AA.svg.png より引用)

ここで、上記の説明に出て来た形成体と誘導について、簡単に説明しておく。まず、誘導とは、周囲の未分化な組織に働きかけて、ある組織や部位等に分化させる働きのことである。また、形成体とは、誘導作用をもつ胚域のことである。例えば、原口背唇部（げんこうはいしんぶ）は、自らは脊索に分化するとともに、形成体となって、接する外胚葉を神経管へ誘導する。なお、この神経管は脳や脊髄などに分化してゆく。

問5

【方針】

「成体のイモリ」と言う文言より、虹彩の色素細胞は分化した後の細胞であるから、bは誤りと気づく。この点を最初の手掛かりとして、「原則4. イモリの眼のできる過程」の知識などを利用して解く。

【解説】

水晶体と虹彩の色素細胞とは異なる分化をした細胞であるから、bは誤りである。水晶体の

抽出により、この色素細胞は色素を失って脱分化した後に細胞分裂して水晶体を再生した。よって、色素細胞内には水晶体へ分化する細胞と同一の遺伝子が存在している。また、分化した後の細胞も、脱分化して他の細胞へ再分化できる能力を備えていると推測される。したがって、d と e が適切な記述と考えられる。ゆえに、解答は、d・e である。

問 6

【方針】

シュペーマンが行った二次胚形成実験についての問題であり、2 つ目の神経管 (= 二次胚の神経管) の由来を明らかにする実験としては誤っているものを選べばよいことに気づく。この点を踏まえて、「原則 4. イモリの眼のできる過程」の知識などを利用して解く。

【解説】

a : 正しい。発生した 2 つの神経管から DNA を抽出して遺伝子型判定をすることで、一次胚と二次胚の各神経管の DNA が同じか否かの判断がつく。

b : 誤りである。タンパク質翻訳阻害剤で処理した原口背唇部を移植すると、原口背唇部でできる誘導物質が合成されなくなり 2 つ目の神経管が発生しない、ということになって、題意を反映しない。

c : 正しい。移植されるイモリ胚 (= 宿主胚) に GFP 遺伝子等を遺伝子導入することで、発生した神経管が宿主胚由来なら蛍光を発するし、原口背唇部由来なら蛍光を発しないので、どちらに由来するかがわかる。

d : 誤りである。移植前後の原口背唇部のそれぞれから RNA を抽出して比較をしても、原口背唇部の発生時期による形質発現の違いを調べる実験にしかならず、2 つ目の神経管の由来は明らかにならない。

e : 正しい。メッシュシートを用いた場合、細胞の移動はできないが、その細胞からの分泌物質の移動はできる。したがって、神経管ができた場合、原口背唇部にある細胞自身の移動・分化により神経管が形成されたのではなく、何かの物質がメッシュシートを移動したことで形成されたとすれば、2 つ目の神経管の由来を知ることができる。ゆえに、解答は、b・d である。

問 7

【方針】

(文 2) では、原口背唇部の移植により神経管が 2 つできたことを述べている。(文 3) では、i) で胚胚期における動物極側の細胞を何も加えず培養すると神経に分化した、と述べている。すなわち、この動物極側の細胞は誘導により神経になるのではなく、はじめから神経に分化する運命にあることがわかる。この点を踏まえて、「原則 4. イモリの眼のできる過程」の知識などを利用して解く。

【解説】

まず、胞胚期における動物極側の細胞は、はじめから神経に分化する運命にある。また、iii) よりタンパク質 B の添加により表皮に分化するから、タンパク質 B には動物極側の細胞を表皮へ分化させる働きがある。iv) よりタンパク質 B とタンパク質 N の添加により神経に分化するから、タンパク質 B の働きが阻害されたことでタンパク質 N のもともとの予定運命であった神経への分化が起きたものと考えられる。以上の結果より、タンパク質 B は外胚葉で発現して表皮への誘導を行っているものと考えられる。しかしながら、原口背唇部で発現したタンパク質 N は、陥入により外胚葉に作用してタンパク質 B の働きを阻害するので、神経への分化が生じる。このことより、胚の腹側にタンパク質 N を注入すると神経が分化し、二次胚が形成されるとわかる。ゆえに、解答は、b・f である。

3

原則 5. 相同染色体と遺伝子座など → 問 8～問 11 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。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。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 本の染色体があり、44 本は男女共通の常染色体で、2 本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。

原則 6. 組換え価 → 問 9～問 11 に利用

組換え価とは、組換えが起きた配偶子の割合のことで、次式で表される（ただし、組換え価 < 50 % とする）。

$$\text{組換え価 [\%]} = \frac{\text{組換えが起きた配偶子の数}}{\text{全配偶子の数}} \times 100$$

問 8

【方針】

「この疾患の患者で Xg 抗原を欠く父親」と言う文言より、父親の X 染色体上には魚鱗癬（ぎよりんせん）遺伝子と a 遺伝子の両方が存在すると気づく。この点を最初の手掛かりとして、「原則 5. 相同染色体と遺伝子座など」の知識などを利用して解く。

【解説】

X 染色体上の Xg 遺伝子座に存在する Xg 抗原を形成する遺伝子を A、形成しない遺伝子を a とする。同様に、X 染色体上の Sts 遺伝子座に存在するステロイドスルファターゼが正常な活性をもつための遺伝子を S、その活性を失った遺伝子を s とする（s は魚鱗癬遺伝子である）。父親の X 染色体上には魚鱗癬遺伝子と a 遺伝子の両方が存在するから、父親の遺伝子型は X^{as}Y である。また、母親の表現型は [AS] である。この両親の娘は健常で Xg 抗原をもっていることと、娘は父親から X^{as}をもらうことから、この娘は母親から X^{AS}をもらっているとわかる。よって、この娘の遺伝子型は X^{AS}X^{as}である。この娘が健常で Xg 抗原をもつ男性（遺伝子型：X^{AS}Y）と結婚したとき、生まれてくる子の遺伝子型は、乗り換えが起きないと言う前提より、下表のようになる。生まれてくる男子が魚鱗癬を発症する場合は表の右下であるから、その確率は $\frac{1}{2}$ である。ゆえに、解答は、g である。

	娘		
男性		X^{AS}	X^{as}
	X^{AS}	$X^{AS}X^{AS}$	$X^{AS}X^{as}$
	Y	$X^{AS}Y$	$X^{as}Y$

問 9～問 11

【方針】

「生まれてくる男子が Xg 抗原を欠き魚鱗癬を発症する」という文言より、この男子の X 染色体上には魚鱗癬遺伝子と a 遺伝子の両方が存在すると気づく。この点を踏まえて、前問の結果と「原則 5. 相同染色体と遺伝子座など」や「原則 6. 組換え価」の知識などを利用して順に解いてゆく。

【解説】

(問 9)

娘の遺伝子型が $X^{AS}X^{as}$ で組換え価は 10%とあるから、この娘の配偶子の遺伝子型は、 $X^{AS} : X^{As} : X^{aS} : X^{as} = 9 : 1 : 1 : 9$ という分離比になる。一方、健常な男性の配偶子の遺伝子型は、 $X^{AS} : Y = 1 : 1$ という分離比になるから、子の遺伝子型の分離比は、下表のようになる。

	娘				
男性		$9X^{AS}$	$1X^{As}$	$1X^{aS}$	$9X^{as}$
	X^{AS}	$9X^{AS}X^{AS}$	$1X^{AS}X^{As}$	$1X^{AS}X^{aS}$	$9X^{AS}X^{as}$
	Y	$9X^{AS}Y$	$1X^{As}Y$	$1X^{aS}Y$	$9X^{as}Y$

「生まれてくる男子が Xg 抗原を欠き魚鱗癬を発症する」場合は、表の右下(下線部)である。よって、生まれてくる男子のうち [as] (上表の下線部) となる確率は、 $\frac{9}{20} = 45\%$ となる。ゆえに、解答は、f である。

(問 10)

「生まれてくる男子が Xg 抗原を有し魚鱗癬を発症する」場合は、前問の解説での表の波線部になる。よって、その確率は、 $\frac{1}{20} = 5\%$ となる。ゆえに、解答は、b である。

(問 11)

「魚鱗癬を発症する男子のうち」と書かれているので、[s] の中で Xg 抗原を有する場合の確率を求めればよい。すなわち、[As] を [As]+[as] で割ればよい。よって、 $\frac{1}{10} = 10\%$ となる。ゆえに、解答は、c である。

4

原則7. ABO式血液型の遺伝について → 問12～問16に利用

ABO式血液型とは、赤血球表面にある凝集原（抗原）A、Bおよび血しょう中にある凝集素（抗体） α 、 β の組合せにより、A型・B型・O型・AB型と言う4種類に分ける血液型のことである。この血液型の遺伝には、3種類の対立遺伝子A、B、Oが関係する。遺伝子Oは遺伝子A、Bに対して劣性であり、遺伝子A、B間には優劣はないので、血液型（表現型）と遺伝子型の関係は、下表のようになる。

血液型（表現型）	A型	B型	AB型	O型
遺伝子型	AA または AO	BB または BO	AB	OO

A、B、Oの各遺伝子の遺伝子頻度を、それぞれ p 、 q 、 r とする（ただし、 $p+q+r=1$ ）と、各遺伝子型の頻度は、次式で表される。

$$(pA + qB + rO)^2 = p^2AA + q^2BB + r^2OO + 2pqAB + 2prAO + 2qrBO$$

原則8. ハーディー・ワインベルグの法則 → 問17・問18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。

問12

【方針】

図2の9(夫)がA型、10(娘)がAB型であることから、8(本人)はB型かAB型であることに気づく。この点を最初の手掛かりとして、「原則7. ABO式血液型の遺伝について」の知識を利用して解いてゆく。

【解説】

8(本人)はB型かAB型である。6(母)がA型であるから、8(本人)はBOもしくはABと言う遺伝子型をもつことが考えられる。また、7(兄)がB型、6(母)がA型であ

ることから、5 (父) は遺伝子 B をもつので、その遺伝子型は AB、BO、BB のいずれかである。また、3 (伯父) は O 型で、5 (父) は遺伝子 B をもつので、1 (祖父) の遺伝子型は BO と確定し、2 (祖母) が AO であるとわかる。よって、5 (父) の BB は否定されるから、5 (父) の遺伝子型は BO または AB である。ゆえに、解答は、d・e である。

問 13～問 15

【方針】

いずれの設定も遺伝子頻度を求める計算問題であると気づく。したがって、「原則 7. ABO 式血液型の遺伝について」の知識を利用して順に解いてゆく。

【解説】

(問 13)

A、B、O の各遺伝子の遺伝子頻度を、それぞれ p 、 q 、 r とする(ただし、 $p+q+r=1$)と、「原則 7. ABO 式血液型の遺伝について」より、各遺伝子型の頻度は、次式で表される。

$$(pA + qB + rO)^2 = p^2AA + q^2BB + r^2OO + 2pqAB + 2prAO + 2qrBO \cdots\cdots\textcircled{1}$$

O 型の遺伝子頻度は 36% であり、O 型の遺伝子型は OO だけであるから、式①より、 $r^2 = \frac{36}{100}$ となり、これを解くと、 $r = 0.6$ と求まる。ゆえに、解答は、f である。

(問 14)

A 型の遺伝子頻度は 45% であり、A 型の遺伝子型は AA と AO であるから、式①より、

$$p^2 + 2pr = 0.45 \cdots\cdots\textcircled{2}$$

となる。式②に前問で求めた $r = 0.6$ を代入すると、

$$p^2 + 1.2p = 0.45 \cdots\cdots\textcircled{3}$$

となり、これを解くと、 $p = 0.3$ と求まる。ゆえに、解答は、c である。

(問 15)

$p = 0.3$ 、 $r = 0.6$ 、 $p+q+r=1$ の 3 式より、 $q = 0.1$ と求まる。ゆえに、解答は、a である。

問 16

【方針】

「DD : Dd = 8 : 2」と言う文言より、Dd の遺伝子型は 20% の確率で現れることに気づく。この点を踏まえて、「原則 7. ABO 式血液型の遺伝について」の知識などを利用して解く。

【解説】

父親は AB 型で Rh⁻ であるから遺伝子型は ABdd であり、母親は O 型で Rh⁺ であるから遺伝子型は OODD もしくは OODd である。また、DD : Dd = 8 : 2 であるから、Dd の遺伝子型が現れる確率は、 $\frac{2}{10}$ となる。Rh⁻ の子は母親が Dd の場合にしか生まれないから、その条件が成り立つ確率は、 $\frac{2}{10}$ である。また、父親が AB 型で母親が O 型であるから、A 型の子が生まれる確率は、 $\frac{1}{2}$ である。そして、dd の父親と Dd の母親から dd (Rh⁻) の子が生

まれる確率は、 $\frac{1}{2}$ である。以上より、A 型で Rh⁻の子が生まれる確率は、

$$\frac{2}{10} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{20} = 0.05$$

となる。ゆえに、解答は、a である。

問 17・問 18

【方針】

下線部 (1) の「一定の条件」を満たす集団とは、メンデル集団のことであると推測できる。この点を踏まえて、「原則 8. ハーディー・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】

(問 17)

「原則 8. ハーディー・ワインベルグの法則」のメンデル集団の条件 (1)~(5) を満たすか否かを調べると、b は (2) に、d は (5) に、e は (3) にそれぞれ反する。よって、解答は、b・d・e である。

(問 18)

「原則 8. ハーディー・ワインベルグの法則」より、ハーディー・ワインベルグの法則 (g) が答えである。ゆえに、解答は、g である。

5

原則 9. 生態系と物質収支について → 問 19・問 21・問 22・問 24 に利用

ある地域で生きている全ての生物群集とその周囲の非生物的環境を合わせたものを生態系と言う。また、生態系を構成する生物群集は、生産者と消費者に分かれる。生産者は、無機物から有機物を生成する能力をもつ生物で、緑色植物、藻類や化学合成細菌などが該当する。一方、消費者は、生産者が生成した有機物を直接的もしくは間接的に取り込んで栄養源とする生物で、動物、菌類、細菌類などが該当する。なお、菌類や細菌類などは、分解者とも呼ばれる。

生産者の物質収支で重要となる純生産量と成長量は、次の 2 式で表される。

$$\text{純生産量} = \text{総生産量} - \text{呼吸量}$$

$$\text{成長量} = \text{純生産量} - (\text{枯死量} + \text{被食量})$$

また、消費者の物質収支で重要となる同化量、生産量、成長量は、次の 3 式で表される。

$$\text{同化量} = \text{摂食量} - \text{不消化排出量}$$

$$\text{生産量} = \text{同化量} - \text{呼吸量}$$

$$\text{成長量} = \text{同化量} - (\text{被食量} + \text{死滅量} + \text{呼吸量})$$

原則 10. 日本の森林分布 → 問 26 に利用

日本では、沖縄において亜熱帯多雨林が分布し、九州から四国、中国、近畿、東海、関東までは照葉樹林が分布し、東北と北海道の札幌以南において夏緑樹林が分布し、札幌以北の北海道においては針葉樹林が分布する。

問 19・問 20

【方針】

いずれの設問も生態系についての基本的知識を問うていることに気づく。したがって、「原則 9. 生態系と物質収支について」の知識などを利用して順に解いてゆく。

【解説】

(問 19)

図 3 の A～F に当てはまるものは、A—生産者、B—一次消費者、C—二次消費者、D—遺体や排出物、E—分解者、F—栄養塩類である。ゆえに、解答は、D—e、E—c、F—d である。

(問 20)

熱エネルギーの形で生態系外へ出ていくものは、(イ)・(ウ)・(エ)・(ケ)である。なお、(ア)は光エネルギーである。ゆえに、解答は、b・c・d・i である。

問 21～問 23

【方針】

いずれの設問も生態系の物質収支に関する計算問題であると気づく。したがって、「原則 9. 生態系と物質収支について」の知識などを利用して順に解いてゆく。

【解説】

(問 21)

(A の純生産量)=(A の総生産量)-(A の呼吸量) であるから、

$$111.8 - 23.5 = 88.3 \text{ [cal/(cm}^2 \cdot \text{年)]}$$

となる。ゆえに、解答は、①-a、②-i、③-i、④-d である。

(問 22)

(B の成長量)=(B の純生産量)-(B の被食量)-(B の枯死・死滅量) であるから、

$$(14.8 - 4.4) - 3.1 - 0.3 = 7.0 \text{ [cal/(cm}^2 \cdot \text{年)]}$$

となる。ゆえに、解答は、①-a、②-h、③-a である。

(問 23)

(B のエネルギー効率)=(B の同化量)÷(A の総生産量)×100 であるから、

$$14.8 \div 111.8 \times 100 = 13.23 \approx 13.2 \text{ [%]}$$

となる。ゆえに、解答は、①-a、②-b、③-d、④-c である。

問 24**【方針】**

図 3 より、A に当てはまるものは光合成を行う生物であると気づく。この点に着目して、「原則 9. 生態系と物質収支について」の知識などを利用して解く。

【解説】

ケイソウ (c) とシアノバクテリア (g) は、光合成を行う生物であるから生産者となる。メタン生成菌 (e) は、嫌気性の化学合成細菌で、 H_2 と CO_2 または酢酸・メタノール等の有機物からメタンを生成し、取り出したエネルギーにより炭酸同化を行うから生産者であるが、太陽エネルギーを用いないため、本問の解答としては適さない。ゆえに、解答は、c・g である。

問 25・問 26**【方針】**

いずれの設問も森林 (生物群系) の種類についての基本的知識を問うていることに気づく。したがって、「原則 10. 日本の森林分布」の知識などを利用して順に解いてゆく。

【解説】

(問 25)

硬葉樹林 (a) と照葉樹林 (f) が当てはまる。ゆえに、解答は、a・f である。

(問 26)

「原則10. 日本の森林分布」より、①：亜熱帯多雨林→②：照葉樹林→③：夏緑樹林→④：針葉樹林という順番になる。ゆえに、解答は、①-g、③-d である。

6**原則 1 1. 神経の種類とニューロンについて** → 問 27～問 33 に利用

まず、神経の種類を、下表に示す。

中枢神経	脳 (※)	感覚の知覚・判断・命令、等
	脊髄	脳・末梢神経間の中継、反射の命令、等
末梢神経	感覚神経	感覚器官からの刺激を中枢神経へ伝達
	運動神経	中枢神経からの命令を筋肉へ伝達

(※) 人間の脳は、大脳・間脳 (視床・視床下部)・脳幹 (中脳・後脳・延髄)・小脳からなる。

また、神経系を構成する単位であるニューロン (神経細胞) には、以下の 3 種類がある。

- ・感覚ニューロン：受容器から中枢へ興奮を伝達
- ・運動ニューロン：中枢から効果器へ興奮を伝達
- ・介在ニューロン：感覚ニューロンと運動ニューロンを介在 (連絡)。中枢を構成。

なお、刺激を受けていない状態 (静止状態) でのニューロンの膜外との電位差 (約 $-50 \sim -90 \text{ mV}$) を静止電位と言い、刺激を受けたとき瞬間的に (1 ミリ秒程度) 生じる膜外との電位差 (約 $+20 \sim +40 \text{ mV}$) を活動電位と言う。また、活動電位が生じることを興奮と言う。この興奮のメカニズムを簡単に説明する。ニューロン細胞に閾値以上の刺激を与えると、 Na^+ チャネルが開き、 Na^+ が細胞内に流入して、細胞内外の電位が逆転して、静止電位から活動電位になる。この電位逆転後、 Na^+ チャネルは即座に閉じる。 K^+ チャネルは Na^+ チャネルよりやや遅れて開き、細胞内から K^+ が流出する。これに伴い、電位はもとの静止電位にもどる。また、興奮の伝導速度は、神経繊維の太さ (軸索の直径)、髄鞘の有無、温度の影響を受ける。有髄神経繊維においては、髄鞘が電流を通しにくいので、興奮はランビエ絞輪よりランビエ絞輪へと跳躍伝導を行うため、伝導速度は速い。しかし、強い刺激の場合、興奮頻度は増すものの、伝導速度には関係しない。

問 27**【方針】**

イオンチャネルについての基本的知識を問うていると気づく。したがって、「原則 1 1. 神経の種類とニューロンについて」の知識を利用して解く。

【解説】

「原則 1 1. 神経の種類とニューロンについて」より、解答は、a である。

問 28**【方針】**

興奮伝導についての基本的知識を問うていると気づく。したがって、「原則 1 1. 神経の種類とニューロンについて」の知識を利用して解く。

【解説】

「原則 1 1. 神経の種類とニューロンについて」より、解答は、c である。

問 29

【方針】

シナプスの興奮伝達についての問題であると気づく。したがって、「原則 1 1. 神経の種類とニューロンについて」の知識などを利用して解く。

【解説】

a：誤りである。神経伝達物質には、セロトニン、ノルアドレナリン、アセチルコリン、グリシン、グルタミン酸など、多数の種類がある。

b：誤りである。神経伝達物質を用いる化学的な興奮の伝達の手速度は、電気的な興奮の伝達の手速度より遅い。

c：誤りである。神経伝達物質は軸索の末端のシナプス小胞に蓄えられている。

d：誤りである。通常の興奮性シナプスにおいては、神経伝達物質の結合により、膜内の電位は上昇する。なお、抑制性シナプスにおいては、膜内の電位が静止電位よりも低くなることがあるが、シナプス全般には当てはまらない。

e：誤りである。神経伝達物質が少量のとき、刺激は閾値を超えず、活動電位が生じない。逆に多量のときは、興奮の発生頻度は上がり、細胞膜全体の電位の変化は大きくなる。

f：正しい。細胞内にカルシウムイオンが流入すると、シナプス小胞とシナプス前膜が融合し神経伝達物質を放出する。

以上より、解答は、f である。

問 30～問 32

【方針】

図 5 より、E1 に対して波形 A は現れず波形 B しか現れないので、波形 A を記録するニューロンの閾値は波形 B の方よりも高いことに気づく。この点を最初の手掛かりとして、「原則 1 1. 神経の種類とニューロンについて」の知識などを利用して順に解いてゆく。

【解説】

(問 30)

神経 N は、運動神経と感覚神経の両方を含む。E1 (弱い刺激電圧) での刺激に対し、波形 A は現れないが波形 B は現れるから、波形 A を記録するニューロンの閾値の方が高い。図 5 では、波形 B に比べて波形 A は短時間で出現している。この理由は、運動神経においては、刺激電極から骨格筋 M の向きに興奮が直接伝わるのに対し、感覚神経においては、興奮はその反対の脊髄の向きへ伝導して脊髄で運動神経へ伝達されてから、運動神経を伝導

し骨格筋 M に達するからである。ゆえに、解答は、a である。

(問 31)

図 5 より、刺激電圧が E1 から E2 に増大すると、波形 A が現れ、波形 B の振幅が大きくなることからわかる。この実験で記録される波形 A、B は、骨格筋 M に発生した活動電位である。この活動電位が刺激を強めたときに大きくなる理由は、強い刺激によって、運動ニューロン、感覚ニューロンの活動電位が生じる頻度が増加して、それがシナプスを經由して骨格筋に伝わる神経伝達物質の分泌量の増加をもたらしたためと考えられる。ゆえに、解答は、c である。

(問 32)

興奮したニューロンの頻度（数）に波形の振幅は比例するから、運動ニューロンの興奮する頻度が上限に達するとそれ以上は大きくなる。ゆえに、解答は、c である。

問 33

【方針】

「図 4 で刺激位置を S から 33 cm 離れた S' に移し」という文言より、この 33 cm を用いて速度が計算できることに気づく。この点を踏まえて、「原則 1 1. 神経の種類とニューロンについて」の知識を利用して解く。

【解説】

測定 1 の E2 においては、刺激を与えてから 5 ミリ秒後に波形 A が、30 ミリ秒後に波形 B がそれぞれ観察されている。測定 2 は、33 cm 脊髄側に刺激位置を寄せた場合である。この測定 2 では、感覚ニューロンを通して生じる波形 B は測定 1 のときよりも伝導・伝達経路が短いため、波形は短い時間（30 ミリ秒後→27 ミリ秒後）で観察される。一方、運動ニューロンから骨格筋へ直接伝わる興奮の伝導・伝達経路は長くなるため、時間がかかる（5 ミリ秒後→9 ミリ秒後）。この時間差から、運動ニューロンの興奮についての伝導速度は、

$$\frac{330 \text{ mm}}{(9-5) \text{ ミリ秒}} = 82.5 \text{ [mm/ミリ秒]}$$

となる。一方、感覚ニューロンの興奮についての伝導速度は、

$$\frac{330 \text{ mm}}{(30-27) \text{ ミリ秒}} = 110 \text{ [mm/ミリ秒]}$$

となる。

以上より、解答は、d である。

7

原則 1 2. 原核生物のタンパク質合成 → 問 34～問 38 に利用

大腸菌などの核をもたない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。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。このよう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。

問 34

【方針】

「大腸菌」のような原核生物に当てはまる遺伝子群であると気づく。この点を踏まえて、「原則 1 2. 原核生物のタンパク質合成」の知識を利用して解く。

【解説】

「原則 1 2. 原核生物のタンパク質合成」より、この遺伝子群はオペロン（d）と呼ばれる。ゆえに、解答は、d である。

問 35

【方針】

問題文中の培地にラクトースがある場合の該当箇所は、従来通りのオペロン説であり理解しやすい。また、図 7 より、(ウ) がオペレーターであると気づく。これらの点を踏まえて、「原則 1 2. 原核生物のタンパク質合成」の知識などを利用して解く。

【解説】

ラクトースがある場合、ラクトースの代謝産物と結合することで構造が変わった (ウ) のオペレーターに、調節タンパク質 B が結合できなくなる。そのため、(ア) の RNA ポリメラーゼは、(イ) のプロモーターに結合できるようになる。この仕組みによって、培地内のグルコースが枯渇した後、ラクトースの分解のための 3 つの酵素遺伝子の転写は活性化する。ゆえに、解答は、f である。

問 36

【方針】

図 6 より、Ⅲでは大腸菌数が一定であることに気づく。この点に着目して、「原則 1 2. 原

核生物のタンパク質合成」の知識などを利用して解く。

【解説】

図 6 のⅢにおいて、大腸菌数は変化せず一定数となっている。この理由は、最初にグルコースを消費したことでグルコースが枯渇した結果、残っているラクトースの分解を行う酵素を誘導している時期がⅢに当たるからである。ラクトースの分解により得られたグルコースを利用して大腸菌が再び増殖を始めるのは、Ⅳ以降の時期である。ゆえに、解答は、d である。

問 37

【方針】

問題文の記述内容より、以下のことがわかる。

グルコースがない場合、下記の流れ：

cAMP が蓄えられる

→調節タンパク質 A に cAMP が結合する

→DNA の特定部位 X に cAMP が結合した調節タンパク質 A が結合する

→RNA ポリメラーゼを引き寄せ、プロモーターとの結合を促進する

を経ることで、ラクトースの分解酵素の形質は発現する。

また、調節タンパク質 B は、ラクトースがない場合には、下記の流れ：

オペレーターに結合する

→RNA ポリメラーゼとプロモーターの結合を抑制する

により、ラクトース分解酵素が発現することを抑制し、ラクトースがある場合には、下記の流れ：

ラクトースの代謝産物との結合により、調節タンパク質 B は構造変化を起こす

→調節タンパク質 B とオペレーターは結合できなくなる

→RNA ポリメラーゼとプロモーターが結合する

により、ラクトース分解酵素が発現することを促進する。

以上のことから、正常に転写が起こるためには、cAMP と結合した調節タンパク質 A は特定部位 X に結合して、調節タンパク質 B はオペレーターと結合できなくなり、RNA ポリメラーゼはプロモーターと結合することがそれぞれ必要であるとわかる。これらの点を踏まえて、「原則 1 2. 原核生物のタンパク質合成」などの知識を利用して解く。

【解説】

変異体 1 から取り出してきた調節タンパク質 A と配列 X との結合性や、調節タンパク質 B とオペレーターとの結合性は、野生型と全く同じである。変異体 1 と変異体 2 はいずれも、グルコースのある培地では正常に増殖できるが、ラクトースのみの培地では正常に増殖できない。この理由は、変異体 1 においては調節タンパク質 A や B に関する大きな変異はないが、調節タンパク質 A の結合ができない塩基置換変異が配列 X 中に生じた可能性がある

ためである。よって、cは否定できない。また、変異体1におけるラクトース分解酵素の中に分解活性を失う変異が発生した可能性があり、その結果としてラクトースだけの培地で生育できなくなったことが考えられるので、bも否定できない。また、変異体1における調節タンパク質AがプロモーターとRNAポリメラーゼの結合を促進する機能を喪失した可能性もある。よって、fは否定できない。一方、変異体1のオペレーター内部に調節タンパク質Bと結合できない変異が発生しているなら、ラクトース分解酵素の遺伝子の転写が起こるから、ラクトースだけを含む培地でも生育するはずである。よって、dは否定される。変異体2は、野生型と比べると、グルコースとラクトースを含む培地でもオペレーターと調節タンパク質Bが結合できている。また、ラクトースだけを含む培地であってもオペレーターと調節タンパク質Bが結合している。このことから、変異体2の調節タンパク質Bにおいてラクトースの代謝産物とは結合できないアミノ酸変異が発生した可能性がある。その結果、調節タンパク質Bとオペレーターが結合した状態となったために転写が起こらない、と言う可能性があるから、eは否定できない。また、変異体2における調節タンパク質Bにはラクトースの有無とは無関係にオペレーターと結合する変異が発生した可能性がある。よって、gも否定できない。一方、調節タンパク質Aに関しては、野生型と同じ結合を変異体2はしているから、調節タンパク質Aの中でのcAMPと結合できないアミノ酸変異は考えられない。よって、aは否定される。以上より、解答は、a・dである。

問 38

【方針】

問題文の記述内容より、プラスミド pUC19 は、 β -ラクタマーゼ遺伝子および β -ガラクトシダーゼ遺伝子を含むが、外来性 DNA がプラスミド pUC19 に挿入された場合、 β -ガラクトシダーゼの不活性化が起こる、ということがわかる。この点を最初の手掛かりとして、「原則 1 2. 原核生物のタンパク質合成」の知識などを利用して解く。

【解説】

β -ガラクトシダーゼは、その基質の X-gal を分解して、青色の物質を生じる。ラクトース類似物質の IPTG は、リプレッサーと結合し、 β -ガラクトシダーゼ遺伝子が発現するのを誘導する。しかし、外来性遺伝子の挿入がされている場合、 β -ガラクトシダーゼは不活性化してしまうから、白色のコロニーが生じることになる。したがって、白色のコロニーをつくる大腸菌には、目的とする遺伝子が導入されていると判断できる。また、この実験では、プラスミド pUC19 が正常に導入されなかったために β -ラクタマーゼ遺伝子を有しない大腸菌を除去するために、アンピシリンが加えられている。よって、アンピシリンは、IPTG や X-gal とともに添加が必要なものである。

以上より、解答は、d・i である。