

## 東邦 2014 生物

### 略解

- ① 問1 b・f 問2 c 問3 b・c・f・g・i 問4 ①-a ②-g ③-i  
④-c 問5 c 問6 ア-c イ-a 問7 b・d
- ② 問8 b 問9 h 問10 a 問11 d 問12 d 問13 a 問14 d
- ③ 問15 c・d 問16 d 問17 a・d 問18 e 問19 c 問20 b
- ④ 問21 f 問22 d・e 問23 a・e 問24 c・e 問25 d・f  
問26 a・d・e
- ⑤ 問27 f 問28 a 問29 b・c・d・i 問30 L-b S-a T-c  
U-d 問31 b・c 問32 X-a Y-c ⑦の生物：g  
問33 ア-g イ-e 問34 j
- ⑥ 問35 b・d 問36 a・c・d 問37 c・d・e 問38 b・d・e

### 配点

- ① 問1~3 各2点 問4~7 各3点 (2×3+3×4)  
② 問8~10 各2点 問11~14 各3点 (2×3+3×4)  
③ 各3点 (3×6) ④ 各3点 (3×6) ⑤ 各2点 (2×8)  
⑥ 各3点 (3×4)

# 1

## 原則 1. 光合成と葉緑体 → 問 4 に利用

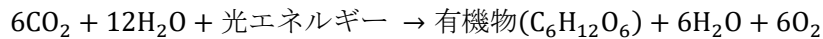
光エネルギーを用いて二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) と水 (H<sub>2</sub>O) から有機物をつくる過程のことを光合成と言う。光合成をする生物としては、緑色植物、光合成細菌、シアノバクテリアなどが挙げられる。光合成が行われる葉緑体は、二重膜で包まれた 3 ~ 10μm の大きさの細胞小器官で独自の DNA を有する。この葉緑体の内部には、チラコイドと言う袋状構造があり、その膜の中に光合成色素 (クロロフィル a、クロロフィル b、カロテン、キサントフィル、等) が存在している。また、葉緑体の中でチラコイドの間にある液状部分をストロマと言う。また、チラコイドが重なり合った箇所をグラナと言う。

光合成は、下記に示した 4 つの過程に分かれて行われる。

- (1) 光合成色素を用いた光エネルギーの捕集 (チラコイドでの反応)
- (2) NADPH (注) (還元物質) の生成 (チラコイドでの反応)
- (3) 電子伝達系での光リン酸化による ATP の生成 (チラコイドでの反応)
- (4) カルビン・ベンソン回路による CO<sub>2</sub> の還元と有機物の合成 (ストロマでの反応)

(注) : 脱水素酵素 (デヒドロゲナーゼ) の補酵素で、NADPH はニコチンアミドアデニンジヌクレオチドリン酸の略である。

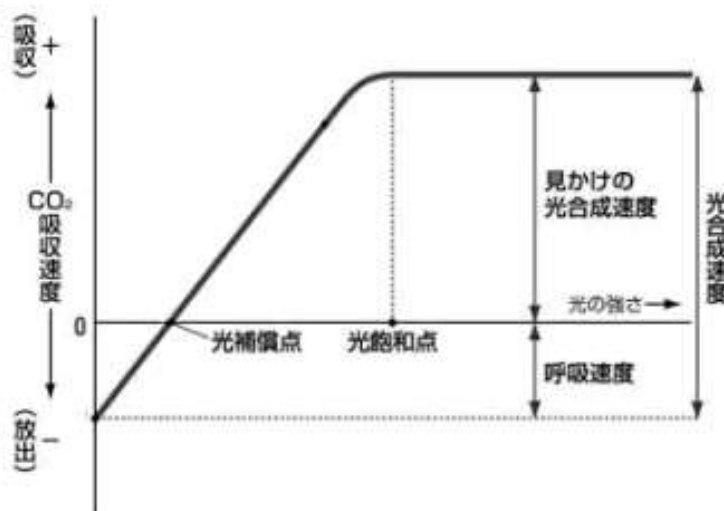
また、光合成全体の反応式は、



となる。

## 原則 2. 光合成速度と葉の構造 → 問 1 ~ 問 7 に利用

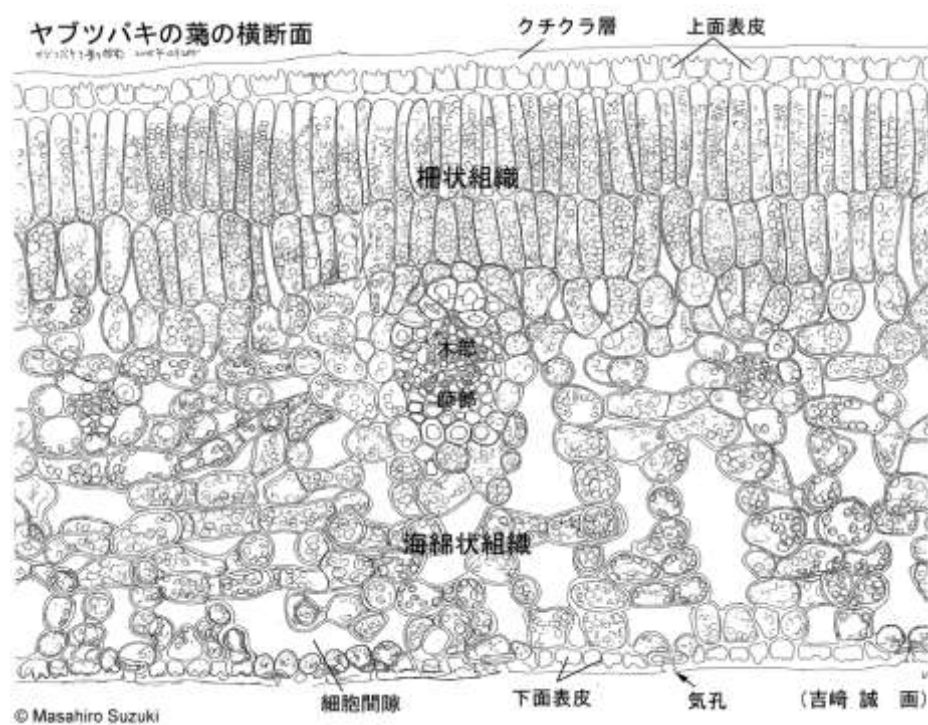
光の強さと光合成速度



(図は <http://kou.benesse.co.jp/nigate/science/images/A13R08BB01/pic02.gif> より引用)  
植物の葉は、昼間は光合成を行っているが、昼夜にわたり呼吸も行っている。すなわち、

明るいときは光合成が活発に行われて  $\text{CO}_2$ （二酸化炭素）を吸収しているが、暗いときは光合成が行われないため  $\text{CO}_2$  を排出している。このことをグラフに表すと、上図のようになる（横軸は光の強さ、縦軸は  $\text{CO}_2$  吸収速度である）。この図からわかる様に、光合成速度（光合成による  $\text{CO}_2$  吸収速度）は、光の強さに比例して増えてゆく。一方、呼吸速度（呼吸による  $\text{CO}_2$  排出速度）は、光の強さとは関係なく一定値を保つ。なお、光合成速度と呼吸速度が等しくなるときの光の強さを、光補償点と言う。また、光の強さに関係なく光合成速度が一定になるときの光の強さを、光飽和点と言う。

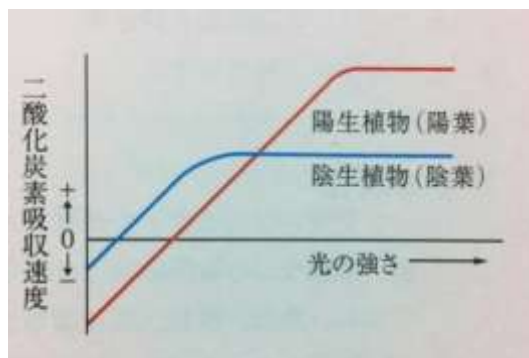
つぎに、葉の構造を下図に示す。図に示す様に、植物の葉は、クチクラ層、表皮、柵（さく）状組織、海綿状組織、気孔などから構成されている。なお、海綿状組織より柵状組織の方が細胞密度が高いから、葉緑体密度も高くなって、光飽和点は高くなる。また、海綿状組織に入る光量は柵状組織に入る光量より少ないため、光補償点は低くなる。



（図は [http://natural-history.main.jp/Education/Plant\\_anatomy/Leaves/answer.jpg](http://natural-history.main.jp/Education/Plant_anatomy/Leaves/answer.jpg) より引用）

ところで、同じ種類の植物でも、光が十分に当たる場所にある葉（陽葉）は、弱い光だけしか当たらない場所にある葉（陰葉）と比べて、葉が厚く、柵（さく）状組織（柱状の細胞からなる組織）や水の蒸散を防止するクチクラ層が発達している。なお、光が十分に当たる場所に適応した植物を陽生植物と言い、弱い光だけしか当たらない場所に適応した植物を陰生植物と言う。参考までに、陽生植物（陽葉）と陰生植物（陰葉）の  $\text{CO}_2$  吸収速度のグラフを下図に示す。この図より、光補償点や光飽和点は、陽生植物（陽葉）より陰生植物（陰葉）の方が低いことがわかる。また、陰生植物（陰葉）より陽生植物（陽葉）の

方が呼吸速度は大きいこともわかる。



(図は

[http://stat.ameba.jp/user\\_images/20110528/22/centerseibutu/3c/92/j/o0480032411256642309.jpg](http://stat.ameba.jp/user_images/20110528/22/centerseibutu/3c/92/j/o0480032411256642309.jpg) より引用)

#### 問 1・問 2

##### 【方針】

いずれの設問も光補償点についての知識問題であると気づく。したがって、「原則 2. 光合成速度と葉の構造」の知識を利用して順に解いてゆく。

##### 【解説】

(問 1)

「原則 2. 光合成速度と葉の構造」より、解答は、b・f である。

(問 2)

「原則 2. 光合成速度と葉の構造」より、解答は、c である。

#### 問 3

##### 【方針】

「光の弱い環境下でも生育できる」という文言より、陰性植物を選べばよいことに気づく。この点を踏まえ、「原則 2. 光合成速度と葉の構造」の知識も参考にして、陰性植物に該当するものを選ぶ。

##### 【解説】

陰性植物であるから、日陰に生息する植物を選べばよい。コケ植物、一般のシダ植物、ドクダミは陰性植物である。樹木については、極相林を形成する陰性植物（陰樹）であるシイ、カシ、ブナが該当する。ゆえに、解答は、b・c・f・g・i である。

#### 問 4

##### 【方針】

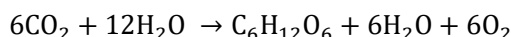
図 2 より、「6000 ルクス」における光合成速度は  $8+2=10 \text{ mg}/100 \text{ cm}^2/\text{時間}$  となることがわかる。この点を踏まえて、「原則 1. 光合成と葉緑体」や「原則 2. 光合成速度と葉の構造」の知識を利用して解く。

**【解説】**

10 時間、6000 ルクスの光を照射したとき、光合成で吸収される二酸化炭素の量は、

$$(8 + 2) \times 10 = 100 \text{ [mg]}$$

となる。光合成の反応式：



より、グルコース（ブドウ糖）は二酸化炭素の  $\frac{1}{6}$  の物質量となり、 $\text{CO}_2=44$ 、 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6=180$  であるから、求めるグルコースの量は、

$$\frac{100}{44} \times \frac{1}{6} \times 180 = 68.18 \approx 68.2 \text{ [mg]}$$

となる。ゆえに、解答は、①-a、②-g、③-i、④-c である。

**問 5～問 7**

**【方針】**

いずれの設問も葉の構造や光補償点等についての知識問題であると気づく。したがって、「原則 2. 光合成速度と葉の構造」の知識を利用して順に解いてゆく。

**【解説】**

(問 5)

「原則 2. 光合成速度と葉の構造」より、解答は、c である。

(問 6)

「原則 2. 光合成速度と葉の構造」より、①：クチクラ層、②：表面表皮、③：柵（さく）状組織、④：海綿状組織、⑤：裏面表皮、⑥：気孔である。ゆえに、解答は、ア-c、イー a である。

(問 7)

a：誤文である（「原則 2. 光合成速度と葉の構造」参照）。

b：正文である（「原則 2. 光合成速度と葉の構造」参照）。

c：誤文である（「原則 2. 光合成速度と葉の構造」参照）。

d：正文である（「原則 2. 光合成速度と葉の構造」参照）。

e：誤文である。光は上から来るから、海綿状組織の中の葉緑体は、柵状組織を透過してきた光を利用する。

f：誤文である。柵状組織は、光強度が大きい場所に適応しているから、光補償点よりも弱い光強度においては、呼吸速度の方が大きくなるため、全体として  $\text{CO}_2$  吸収は起こらない。

以上より、解答は、b・d である。

**2**

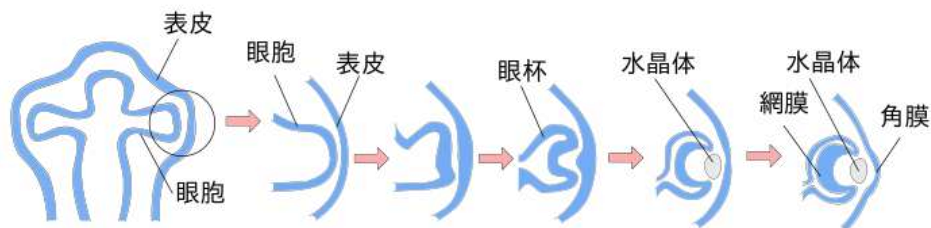
**原則 3. 外胚葉・中胚葉・内胚葉からできる器官** → 問 8 に利用  
 外胚葉・中胚葉・内胚葉からできる器官を、下表に示す。

外胚葉	表皮	皮膚の表皮、目の水晶体や角膜
	神経管	脳、脊髄、目の網膜
	神経冠細胞	末梢神経、色素細胞
中胚葉	脊索	(退化)
	体節	骨格、骨格筋、皮膚の真皮
	腎節	腎臓
	側板	心臓、血管、血球、内臓筋
内胚葉	呼吸器官	えら、肺
	消化器官	食道、胃、腸、肝臓、すい臓

**原則 4. イモリの眼のできる過程** → 問 8～問 10 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%A%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](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/af/%E7%9C%BC%E3%81%A%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 8

##### 【方針】

「原則 4. イモリの眼のできる過程」より、原口背唇部は外胚葉の一部を神経管へと誘導するから、 は外胚葉であると気づく。この点を踏まえて、「原則 3. 外胚葉・中胚葉・内胚葉からできる器官」の知識を利用して解く。

##### 【解説】

は外胚葉である。よって、中胚葉や内胚葉から分化するものを選ばばよい。すい臓 (b) は内胚葉由来である。神経 (e) や表皮由来のもの (a, d) は外胚葉から分化したものである。なお、副腎髄質 (c) は神経性組織であるから外胚葉由来である。ちなみに、選択肢にはないが、副腎皮質は中胚葉由来、副甲状腺は内胚葉由来である。ゆえに、解答は、b である。

#### 問 9・問 10

##### 【方針】

いずれの設問も眼の発生についての知識問題であると気づく。したがって、「原則 4. イモリの眼のできる過程」の知識を利用して順に解いてゆく。

##### 【解説】

(問 9)

問題文の内容と「原則 4. イモリの眼のできる過程」より、以下のことが言える。まず、原口背唇部が陥入して外胚葉を裏打ちすることにより、接触した外胚葉は神経管に分化する。生じた神経管の前端部が脳胞となり、その一部分が眼胞を経て眼杯になる。眼杯に接触した表皮より水晶体が誘導され、この誘導された水晶体は表皮に作用し角膜を誘導する。ゆえに、解答は、h である。

(問 10)

「原則 4. イモリの眼のできる過程」より、解答は、a である。

#### 問 11

##### 【方針】

実験 1 の「水晶体上皮細胞が後方になるように水晶体を前後反転して眼内に戻した」結果、図 5 からわかる様に、水晶体繊維への分化が著しく進行していることに気づく。この点に着目して、適切な記述がどれであることを考える。

### 【解説】

実験 1 の結果より、水晶体上皮細胞は、眼房水側にあるケースとガラス体側にあるケースでは、水晶体繊維に分化する度合いが異なることがわかる。すなわち、水晶体の周囲環境により、水晶体上皮細胞の分化は制御されると考えられる。ゆえに、解答は、d である。

### 問 12

#### 【方針】

(実験 2) の「ガラス体の抽出液を含む培地で培養した細胞はタンパク質 C を産生し細長い形態へと変化した」という文言より、ガラス体の抽出物が何らかの作用を及ぼしていることに気づく。この点を踏まえて、各記述の正誤を考える。

#### 【解説】

a：誤文である。眼房水の成分は、上皮細胞の分化を制御しているかもしれない。しかし、増殖を制御しているとは言えない。

b：誤文である。ガラス体の抽出物の働きは、タンパク質 C の産生の促進であって抑制ではない。

c：誤文である。培養条件によって分化は異なり、一定ではない。

d：正文である。実験 2 の「ガラス体の抽出液を含む培地で培養した細胞はタンパク質 C を産生し細長い形態へと変化した」ことより、水晶体上皮細胞にガラス体の抽出物が何らかの作用を及ぼし、水晶体繊維へ形態変化するのを促進していると考えることができる。

e：誤文である。水晶体上皮細胞は、ガラス体の抽出物を含む培地での培養により、細長い形態の水晶体繊維へと分化している。

以上より、解答は、d である。

### 問 13

#### 【方針】

一般に、細胞の増殖と細胞の分化は同時には起こらず、どちらか一方だけが起こる。また、実験 3 より、次の 3 つのことがわかる。

- ・タンパク質 F が低濃度のとき、水晶体繊維への分化はせず、増殖だけを行う。
- ・タンパク質 F が高濃度のとき、水晶体繊維への分化が起こるが、増殖はしない。
- ・タンパク質 F は、受容体と結合することにより、水晶体上皮細胞に作用する。

以上のことを踏まえて、各記述の正誤を考える。

#### 【解説】

a：正文である。実験 2 と実験 3 より、正しい記述である。

b：誤文である。タンパク質 F を除去した実験を行っていないので、判断できない。

c：誤文である。実験 3 の ii の結果と iii の結果は異なるから、受容体をもっているとわかる。

d：誤文である。脱分化でなく、分化にとって重要なものである。



e : 誤文である。(文 2) の「増殖しながら赤道部方向へ移動する」と言う記述のように、濃度の低いタンパク質 F の刺激を受けた水晶体上皮細胞は、増殖して赤道部へ移動する。  
以上より、解答は、a である。

#### 問 14

##### 【方針】

(実験 4) の「遺伝子を操作し、タンパク質 F に対する受容体の機能を水晶体だけで弱めたハツカネズミ」の水晶体には、「遺伝子操作をしていないハツカネズミの水晶体とを比べると、……水晶体後部ではっきりした違いが認められた」と言う特徴があることに気づく。この点を踏まえて、文中の空欄に入るべき語句を考える。

##### 【解説】

上記【方針】に記述した特徴より、本来は後部の細胞の受容体とタンパク質 F が結合するのであるが、この結合が起きにくくなったため、水晶体上皮細胞では分化でなく主に増殖が起きてその細胞数が「多く」なったので、分化により形態変化した細長い細胞は結果として「少なかった」と考えられる。また、あまり水晶体繊維への分化が進行していないため、タンパク質 C の重量は結果として「少なかった」と考えられる。ゆえに、解答は、d である。

### 3

#### 原則 5. HLA について → 問 15・問 17・問 18 に利用

細胞膜の表面には、自己と非自己の識別に関与する糖タンパク質が存在する。個体ごとにこの糖タンパク質は異なり、この差異が自己・非自己の識別に関係する。このような糖タンパク質のことを、MHC 抗原（主要組織適合抗原）と言う。そして、ヒトの MHC 抗原（主要組織適合抗原）は、HLA（ヒト白血球型抗原）と呼ばれており、この HLA は第 6 染色体上の 6 対の HLA 遺伝子により決定される。なお、6 対の HLA 遺伝子は、A、C、B、DR、DQ、DP という名称が付いており、それぞれ 26 種類、10 種類、55 種類、24 種類、9 種類、6 種類の対立遺伝子が存在している。よって、ヒトの HLA 遺伝子の組合せは無数に多いことがわかる。なお、HLA の 6 対の遺伝子の間の距離は近いいため、ほとんど組換えは起こらない。

#### 原則 6. ABO 式血液型 → 問 18～問 20 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） $\alpha$ 、 $\beta$  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。A 型の血液には A と  $\beta$ 、B 型の血液には B と  $\alpha$ 、AB 型の血液には A と B、O 型の血液には  $\alpha$  と  $\beta$  がそれぞれ存在するが、A と  $\alpha$ 、B と  $\beta$  が混ざった場合、凝集反応が起こる。すなわち、凝集反応の起こる血液型の組合せは、下表のようになる。なお、「+」記号は「凝集反応あり」、「-」記号は「凝集反応なし」をそれぞれ示す。

血清 \ 赤血球	A 型 (A)	B 型 (B)	AB 型 (A, B)	O 型 (なし)
A 型 ( $\beta$ )	-	+	+	-
B 型 ( $\alpha$ )	+	-	+	-
AB 型 (なし)	-	-	-	-
O 型 ( $\alpha, \beta$ )	+	+	+	-

参考までに、赤血球や白血球などは、骨髄にある造血幹細胞により作られる。また、骨髄移植（骨髄の造血幹細胞の移植）によって、血液を再度作り直すことを造血再構築と呼んでいる。

#### 問 15～問 17

##### 【方針】

いずれの設問も HLA についての知識問題であると気づく。したがって、「原則 5. HLA について」の知識などを利用して順に解いてゆく。

## 【解説】

(問 15)

- a : 誤文である。遺伝子によって白血球型は決まり、後天的に変わることはない。
- b : 誤文である。常染色体 (第 6 染色体) 上に白血球型の決定をする遺伝子があり、男女間で大きな差異はない。
- c : 正文である。「原則 5. HLA について」より、ほとんど組換えは起こらない。よって、父よりクラス I 遺伝子 (A、B、C の各遺伝子) およびクラス II 遺伝子 (DR、DQ、DP の各遺伝子) の各 3 種類を、同様に母からも各 3 種類を受け継ぐから、合計で 12 種類の HLA 遺伝子をもつ。よって、クラス I とクラス II の遺伝子の組合せにより、子の HLA 遺伝子の組合せは最大で 4 通りとなるから、この型が兄弟間で一致する確率は 25%となる。
- d : 正文である。移植拒絶反応は、一種の細胞性免疫である。
- e : 誤文である。HLA 遺伝子が同じなら、その遺伝子がつくる HLA が同じになるから、拒絶反応は起こらない。父と母は血縁関係にないから、通常はこれらの遺伝子が異なるので、親子間ではほとんど一致しない。
- 以上より、解答は、c・d である。

(問 16)

自己と非自己を T 細胞が識別できる理由は、T 細胞の表面に存在する抗原受容体 (TCR : T 細胞レセプター) が、移植臓器の細胞の表面にある HLA 抗原のわずかな違いをも非自己として識別できるためである。ゆえに、解答は、d である。

(問 17)

- a : 正文である。HLA 抗原は、親子間で一致する確率は非常に低い、兄弟間で一致する確率は 25%と比較的高い。
- b : 誤文である。親子で一致しない場合でも、兄弟で一致する場合がある。
- c : 誤文である。HLA の遺伝子どうしは互いに極めて近い位置にあるから、遺伝子の再構成 (遺伝子の組換え) はほとんど起こらない。なお、「他人との間で一致する確率は低い」と言う記述は正しい。
- d : 正文である。「原則 5. HLA について」より、他人との間で HLA 遺伝子の組合せが一致する確率は極めて低い。
- e : 誤文である。一生の間に HLA 遺伝子が変化することはない。
- 以上より、解答は、a・d である。

問 18～問 20

## 【方針】

いずれの設問も HLA や血液型等についての知識問題であると気づく。したがって、「原則 5. HLA について」や「原則 6. ABO 式血液型」の知識などを利用して順に解いてゆく。

## 【解説】

(問 18)

a : 誤文である。「原則 6 . ABO 式血液型」より、赤血球の細胞膜の表面にあるのは、HLA でなく、血液型の凝集原である。

b : 誤文である。白血球の細胞膜の表面には血液型抗原はない。

c : 誤文である。HLA 抗原と血液型抗原は全く異なっている。

d : 誤文である。ABO 型の抗原と Rh 型の抗原は別のものであって、これらの一致は HLA 抗原とは無関係である。

e : 正文である。血液型が異なっても HLA 抗原が一致しているなら、移植については拒絶反応は起きないし、また骨髄提供者にもなれる。

以上より、解答は、e である。

(問 19)

骨髄移植に先立って、大量の抗がん剤治療、全身の放射線照射を行う。こう言った前治療を行う目的は、がん化した細胞、造血幹細胞を死滅させることにある。ゆえに、解答は、c である。

(問 20)

二郎君の本来の血液型は B 型であったが、2 年後に AB 型に変化したのは、移植された骨髄により造血幹細胞が安定的に増殖や分化を行って血液を作り出してきた結果である。ゆえに、解答は、b である。

## 4

### 原則 7. 血液と白血球について → 問 21～問 24 に利用

血液は有形成分と液体成分からなり、有形成分には赤血球、白血球、血小板があり、液体成分は血しょう（血漿）と呼ばれる。なお、白血球とは、生体防御に関与する免疫担当細胞のことで、好中球、好酸球、好塩基球、単球（マクロファージ）、リンパ球（B 細胞・抗体産生細胞・T 細胞など）の総称である。体内に異物が侵入した場合、マクロファージ、樹状細胞、好中球等が食作用により異物を排除する。

なお、未成熟の B 細胞においては抗体を作るための多数の遺伝子断片があつて、これらの遺伝子断片は DNA 上でいくつかの集団を形成して並んでいる。B 細胞が成熟する過程で、それぞれの集団のうちから遺伝子断片が 1 つずつ選ばれて再構成されることで、可変部を作る遺伝子となる。その結果として、それぞれが異なる可変部をもつ抗体を生成する多様な B 細胞ができる。

また、1 つの抗体産生細胞が産生する抗体は 1 種類だけであり、抗体は自身の可変部と合致する抗原とのみ結合する。よって、抗原の種類と同数の抗体が存在し、抗体を作り出す抗体産生細胞も全て異なる。

ところで、一般に抗原の侵入に対しては、一部の B 細胞や T 細胞は免疫記憶細胞となり長期にわたって体内に存在し続ける。その結果、同じ抗原が再び侵入した場合、直ちに免疫記憶細胞が活性化して増殖することで、最初の侵入のときに比べて短時間に多量の抗体を作り出すことができる。このような 2 回目以降の侵入に対する免疫反応を二次応答と言う。

### 問 21・問 22

#### 【方針】

いずれの設問も白血球や免疫等についての知識問題であると気づく。したがって、「原則 7. 血液と白血球について」の知識などを利用して順に解いてゆく。

#### 【解説】

（問 21）

「原則 7. 血液と白血球について」より、マクロファージ、樹状細胞、好中球等が該当する。このうちマクロファージが選択肢にあるから、これを選べばよい。ゆえに、解答は、f である。

（問 22）

a：誤文である（「原則 7. 血液と白血球について」参照）。

b：誤文である。抗体の可変部以外は定常部と呼ばれており、アミノ酸配列はほぼ同じである。

c：誤文である。「原則 7. 血液と白血球について」より、抗体は自身の可変部と合致する抗

原とのみ結合するから、「どのような種類の抗原とでも反応する」と言うことはない。

d : 正文である（「原則 7. 血液と白血球について」参照）。

e : 正文である（「原則 7. 血液と白血球について」参照）。

以上より、解答は、d・e である。

## 問 23・問 24

### 【方針】

いずれの設問も免疫反応の二次応答についての知識問題であると気づく。したがって、「原則 7. 血液と白血球について」の知識を利用して順に解いてゆく。

### 【解説】

（問 23）

「原則 7. 血液と白血球について」より、解答は、a・e である。

（問 24）

本問では、マウス群に抗原 A を投与してから 3 週間後、マウス群を 2 つに分け、一方の群に抗原 A を投与し、他方の群に抗原 B を投与した。よって、抗原 A を投与した群では二次応答（前問参照）が起こるが、抗原 B を投与した群では一次応答しか起きないので、抗原 A を投与した群に比べると少量の抗体しか産生されない。ゆえに、解答は、c・e である。

## 問 25

### 【方針】

図 9 の沈降線は図 7 と似ており、図 10 と図 11 の沈降線は同じであることに気づく。これらの特徴を踏まえて、抗原 A、B、C、D の間の関係について考察し、正しい記述を選ぶ。

### 【解説】

抗原 A に対する抗体を a とし、抗原 B に対する抗体を b とすると、(a, b) が抗血清 G がもつ抗体となる。図 9 では沈降線が共通であり、両者が交わった箇所での図 8 の角の様なものが現れないので、抗原 C は抗原 A と同一のエピトープ（＝抗体が認識する抗原分子の一定の部分）をもつことがわかる。図 10 では、抗原 D は抗原 A と同一のエピトープをもつが、その他に抗体 b に対するエピトープもあることがわかる。図 11 より、抗原 D は抗体 b と同じエピトープをもち、抗体 a に対するエピトープもあることがわかる。ゆえに、解答は、d・f である。

## 問 26

### 【方針】

抗血清 H は抗原 E と抗原 F の投与により得られたものであるから、H は E と F に対する抗体を含んでいる。この E、F に対する抗体をそれぞれ e、f とおくと、抗血清 H（抗体 e、f 含む）と書ける。次に、抗原 A、抗原 E を抗血清 G（抗体 a、b 含む）と反応させたとき、

抗原 E との間では沈降線は見られなかったから、抗原 E は抗体 a、b と反応するエピトープをもたない。一方、抗原 A、抗原 F を抗血清 G (抗体 a、b 含む) と反応させたとき、図 9 と同じになるので、抗原 A と抗原 F は同じ構造をもつことがわかる。したがって、抗体 f = 抗体 a である。すなわち、抗血清 H (抗体 e、a (=f) 含む) となる。以上のことを踏まえて、各記述の正誤を考える。

**【解説】**

a・b: 抗原 A、抗原 E は全く異なる抗原であるから、沈降線は図 8 の様な角を出した形になる。ゆえに、a が正しく、b は誤っている。

c・d: 抗原 A、抗原 F は同一の構造をもつから、抗血清 H と反応させたとき、抗体 a (=f) によって図 9 の様な角の部分のない沈降線を描く。ゆえに、d が正しく、c は誤っている。

e・f: 抗原 E、抗原 F は全く異なる抗原であり、抗血清 H は E と F のそれぞれの抗体 e と f (=a) を含むから、図 8 の様な角を出した形になる。ゆえに、e が正しく、f は誤っている。

g・h・i・j: 抗原 A と抗原 E は全く異なる。すなわち、抗血清 H に対して共通のエピトープをもたないから、図 10 に見られる様に一部が共通の角をもつ沈降線は生じない。また、抗原 A と抗原 F でも同一のエピトープだけをもつから、抗血清 H に対しては図 10 で見られる様な飛び出た部分の沈降線は現れない。ゆえに、g、h、i、j は、いずれも誤っている。以上より、解答は、a・d・e である。

## 5

### 原則 8. 生態系と物質収支について → 問 27～問 29・問 32 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。

（※）化学合成細菌には、亜硝酸菌、硝酸菌、鉄細菌、硫黄細菌などがある。亜硝酸菌は  $\text{NH}_4^+$  から  $\text{NO}_2^-$  をつくり、硝酸菌は  $\text{NO}_2^-$  から  $\text{NO}_3^-$  をつくる。

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 9. 共生的窒素固定細菌 → 問 31 に利用

放線菌の一種のフランキア（※宿主：ハンノキ、ドクウツギ、ヤマモモ）や、リゾビウム属の根粒菌（※宿主：マメ科植物）等は共生的窒素固定細菌である。これらの細菌は共生植物に固定された窒素を供給するから、宿主にとって重要な微生物となる。

### 原則 10. 空気の構成 → 問 34 に利用

空気中には、水蒸気を除外すると、窒素：78%、酸素：21%、アルゴン：約 1%、二酸化炭素：0.04% が含まれている。

## 問 27～問 29

### 【方針】

いずれの設問も図 12 の上側の炭素の循環に関係した知識問題であると気づく。したがって、「原則 8. 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 27）

図 12 より、植物食性動物群は②であり、C=呼吸量、E=摂食量、F=被食量、H=不消化



排出量+死滅量である。また、「原則 8. 生態系と物質収支について」より、成長量=同化量- (被食量+死滅量+呼吸量)、同化量=摂食量-不消化排出量である。よって、年間成長量= $E-(C+F+H)$  となる。ゆえに、解答は、f である。

(問 28)

図 12 より、純生産量を生み出すのは①の生産者で、A=総生産量、B=呼吸量である。また、「原則 8. 生態系と物質収支について」より、純生産量=総生産量-呼吸量である。よって、純生産量=A-B である。ゆえに、解答は、a である。

(問 29)

「異化の過程で生じた炭素」は、呼吸や発酵の過程で発生した二酸化炭素に相当する。よって、図 12 における①~④から「地球上の CO<sub>2</sub>」への B、C、D、K が該当する。ゆえに、解答は、b・c・d・i である。

### 問 30~問 34

#### 【方針】

いずれの設問も図 12 の下側の窒素の循環に関係した知識問題であると気づく。したがって、「原則 8. 生態系と物質収支について」や「原則 9. 共生的窒素固定細菌」、「原則 10. 空気の構成」の知識などを利用して順に解いてゆく。

#### 【解説】

(問 30)

L は生物群⑤に取り込まれることを表すから、窒素固定 (b) である。S は Z (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) を窒素 (N<sub>2</sub>) に変えて空気中に放出することを表すから、脱窒作用 (a) である。T は NO<sub>3</sub><sup>-</sup>を植物体内へ取り込むことを表すから、窒素同化 (c) である。U は雷などによって窒素の一部が NO<sub>3</sub><sup>-</sup>に変化する (植物が利用可能な物質になる) ことを表すから空中放電 (d) である。ゆえに、解答は、L-b、S-a、T-c、U-d である。

(問 31)

「原則 9. 共生的窒素固定細菌」より、解答は、b・c である。

(問 32)

X は NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (アンモニウムイオン)、Y は NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (亜硝酸イオン)、Z は NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (硝酸イオン) である。⑦の生物は NO<sub>2</sub><sup>-</sup>を NO<sub>3</sub><sup>-</sup>に酸化するから、硝酸菌である («原則 8. 生態系と物質収支について」参照)。ゆえに、解答は、X-a、Y-c、⑦の生物 : g である。

(問 33)

多くの植物では Z の NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (硝酸イオン) を取り込んで、それを植物体内で再び硝酸還元酵素や亜硝酸還元酵素により NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (アンモニウムイオン) にする。NH<sub>4</sub><sup>+</sup>は ATP 存在下において、グルタミン合成酵素によってグルタミン酸と反応しグルタミンをつくる。ゆえに、解答は、ア-g、イ-e である。

(問 34)

「原則10. 空気の構成」より、解答は、jである。

**6**

**原則 1 1. DNA・RNA と遺伝暗号表**

→ 問 35～問 38 に利用

遺伝情報は、DNA から mRNA へ、mRNA から tRNA へと伝達される。なお、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。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 本の新しい DNA 分子を複製する（注 1）。このとき、新しい DNA ヌクレオチドの形成は DNA ポリメラーゼ（DNA 合成酵素）により行われる。なお、DNA のヌクレオチド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 2）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）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。

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。

		2 番目の塩基					
		U	C	A	G		
1 番目の塩基	U	フェニルアラニン	セリン	チロシン	システイン	3 番目の塩基	U
		フェニルアラニン	セリン	チロシン	システイン		C
		ロイシン	セリン	(終止)	(終止)		A
		ロイシン	セリン	(終止)	トリプトファン		G
	C	ロイシン	プロリン	ヒスチジン	アルギニン		U
		ロイシン	プロリン	ヒスチジン	アルギニン		C
		ロイシン	プロリン	グルタミン	アルギニン		A
		ロイシン	プロリン	グルタミン	アルギニン		G
	A	イソロイシン	トレオニン	アスパラギン	セリン		U
		イソロイシン	トレオニン	アスパラギン	セリン		C
		イソロイシン	トレオニン	リシン	アルギニン		A
		メチオニン(開始)	トレオニン	リシン	アルギニン		G
G	バリン	アラニン	アスパラギン酸	グリシン	U		
	バリン	アラニン	アスパラギン酸	グリシン	C		
	バリン	アラニン	グルタミン酸	グリシン	A		
	バリン	アラニン	グルタミン酸	グリシン	G		

(表は <http://www.neg-threequarters.jp/namazu/genetics/genetic-code01.png> より引用)

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。

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。

#### 原則 1 2. 原核生物のタンパク質合成 → 問 37 に利用

大腸菌などの核やミトコンドリア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。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。

#### 問 35・問 36

##### 【方針】

いずれの設問も DNA・RNA や DNA の複製についての知識問題であると気づく。したがって、「原則 1 1. DNA・RNA と遺伝暗号表」の知識などを利用して順に解いてゆく。

##### 【解説】

(問 35)

- a: 誤文である (「原則 1 1. DNA・RNA と遺伝暗号表」参照)。
- b: 正文である (「原則 1 1. DNA・RNA と遺伝暗号表」参照)。
- c: 誤文である (「原則 1 1. DNA・RNA と遺伝暗号表」参照)。

d : 正文である。DNA はヒストンと巻き付くことでヌクレオソームを作る。さらにヌクレオソームが折りたたまれ、クロマチン構造ができる。

e : 誤文である。塩基間の結合は、水素結合であり、共有結合ではない。

f : 誤文である。核酸はイオウ (S) を含まない。核酸を構成する元素は、炭素 (C)、酸素 (O)、水素 (H)、窒素 (N)、リン (P) の 5 つである。

g : 誤文である。ゲノムは複相でなく、単相の細胞が含む遺伝情報に相当する。

以上より、解答は、b・d である。

(問 36)

a : 正文である。真核生物の DNA の複製が行われるのは間期 S 期である。

b : 誤文である。複製の終了後、直ちに M 期に入ることはなく、G2 期に入る。G2 期では、DNA の複製がきちんと行われたかどうかチェックされる。

c : 正文である。DNA の複製に際しては、塩基対間の結合が特定の部分で切断され、一本鎖の DNA になる。

d : 正文である。減数分裂においては、第一分裂と第二分裂の間には間期はなく（当然 S 期もなく）、連続して分裂が行われるから、娘細胞での DNA 量は母細胞の半分になる。

e : 誤文である。鋳型鎖と同じ塩基を有するヌクレオチドでなく、鋳型鎖と相補の塩基配列を有するヌクレオチドが連結される。

f : 誤文である（「原則 1 1. DNA・RNA と遺伝暗号表」参照）。

以上より、解答は、a・c・d である。

## 問 37・問 38

### 【方針】

いずれの設問も DNA・RNA の転写や翻訳についての知識問題であると気づく。したがって、「原則 1 1. DNA・RNA と遺伝暗号表」や「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順に解いてゆく。

### 【解説】

(問 37)

a : 誤文である（「原則 1 1. DNA・RNA と遺伝暗号表」参照）。

b : 誤文である（「原則 1 1. DNA・RNA と遺伝暗号表」参照）。

c : 正文である（「原則 1 1. DNA・RNA と遺伝暗号表」参照）。

d : 正文である（「原則 1 2. 原核生物のタンパク質合成」参照）。

e : 正文である。真核生物においては、転写とスプライシングを経て生じた mRNA が核膜孔より細胞質へ出た後、リボソームで翻訳が行われる。

f : 誤文である（「原則 1 1. DNA・RNA と遺伝暗号表」参照）。

以上より、解答は、c・d・e である。

(問 38)

- a : 誤文である（「原則 1 1. DNA・RNA と遺伝暗号表」参照）。
- b : 正文である（「原則 1 1. DNA・RNA と遺伝暗号表」参照）。
- c : 誤文である（「原則 1 1. DNA・RNA と遺伝暗号表」参照）。
- d : 正文である（「原則 1 1. DNA・RNA と遺伝暗号表」参照）。
- e : 正文である（「原則 1 1. DNA・RNA と遺伝暗号表」参照）。
- f : 誤文である。真核生物においてリボソームが付着しているのは、ゴルジ体でなく、粗面小胞体の表面である。
- 以上より、解答は、**b・d・e** である。