

## 埼玉医 2014 生物

### 略解

- ① 1-①・③    2-③・⑤    3-①    4-④    5-③    6-①    7-②・③  
8-②・④    9-③    10-⑤    11-③    12-③・④    13-1    14-0  
15-①    16-2    17-①・②    18-①    19-2    20-5    21-1  
22-2    23-6
- ② 24-②    25-⑥    26-⑦    27-⑧    28-⑤    29-④    30-②  
31-④    32-①    33-②・④    34-②・⑤    35-②・⑤    36-②  
37-⑥    38-④    39-②    40-①    41-②・③
- ③ 42-①    43-④    44-⑤    45-③    46-④    47-⑤    48-④  
49-⑤    50-⑧
- ④ 51-②・⑤    52-①・③    53-①・④    54-②・③    55-①・②  
56-②・⑤    57-①・④    58-①・④    59-②・③    60-②・④

### 配点

- ① 各 2 点 ((13)(14)などは一つで 1 問  $2 \times 17$ )  
② 問 24~30、32 各 1 点 問 31、33~41 各 2 点 ( $1 \times 8 + 2 \times 10$ )  
③ 各 2 点 ( $2 \times 9$ )  
④ 各 2 点 ( $2 \times 10$ )

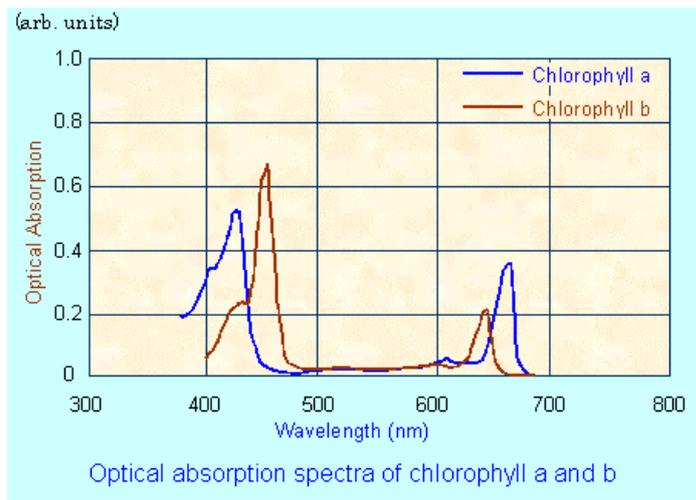
# 1

## 原則 1. 光合成と葉緑体

→ 問 1～問 3・問 1 4 に利用

光エネルギーを用いて二酸化炭素 ( $\text{CO}_2$ ) と水 ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 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  $3 \sim 10\mu\text{m}$  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が存在している。緑色植物の葉緑体には、クロロフィル a、クロロフィル b、カロテン、キサントフィルと言う光合成色素がある。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。

(※) 参考までに、クロロフィル a、クロロフィル b の光吸収スペクトルを下図に示す。  
クロロフィル b は、約  $450\text{nm}$  (青色) の光を最もよく吸収する。



(図は <http://www.sasrc.jp/chlorophyll.gif> より引用)

光合成は、下記に示した 4 つの過程に分かれて行われる (下図参照 (注 1))。

- (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) (注 2)
- (2) NADPH (注 3) (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 (注 4) 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  $\text{CO}_2$  の還元と有機物の合成 (ストロマでの反応)

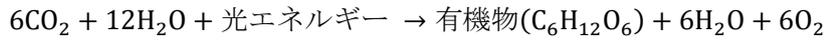
(注 1) : 下図中のグリセリン酸リン酸はホスホグリセリン酸 (PGA) とも言う。

(注 2) : 酵素反応でないため、温度の影響を受けない。

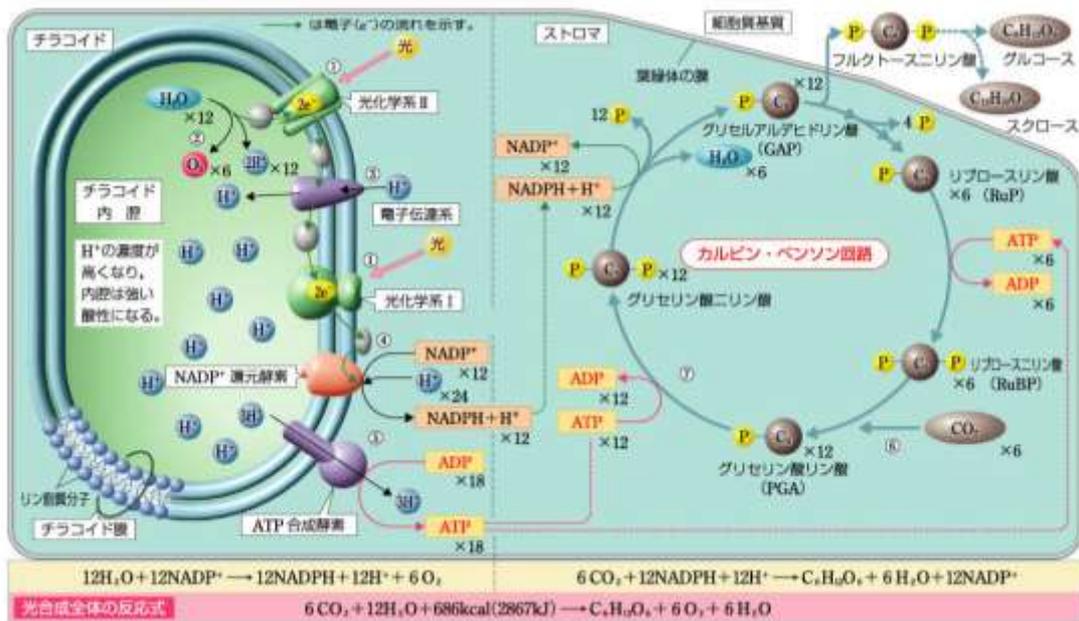
(注 3) : 脱水素酵素 (デヒドロゲナーゼ) の補酵素で、NADPH はニコチンアミドアデニンジヌクレオチドリン酸の略である。

(注 4) :  $\text{H}^+$  の濃度勾配と ATP 合成酵素により、ATP が生成される。

なお、光合成全体の反応式は、



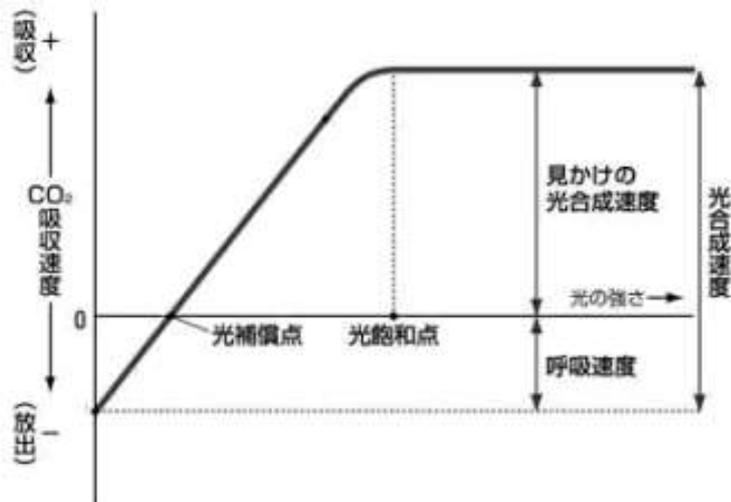
となる。



(図は <http://livedoor.blogimg.jp/crazybio/imgs/d/3/d3a2766f.jpg> より引用)

原則 2. 光合成速度について → 問 4 に利用

光の強さと光合成速度



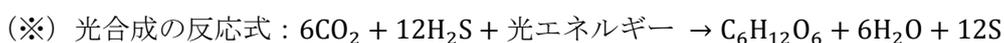
(図は <http://kou.benesse.co.jp/nigate/science/images/A13R08BB01/pic02.gif> より引用)

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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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。

**原則 3. 光合成細菌・化学合成細菌など** → 問 1・問 6 に利用

光合成細菌とは、紅色硫黄細菌や緑色硫黄細菌などの光合成を行う細菌のことである。光合成細菌は、バクテリオクロフィルをもち、酸素を発生しない光合成を行う (※)。また、化学合成細菌とは、亜硝酸菌、硝酸菌、鉄細菌、硫黄細菌などの無機化合物の酸化を行う細菌のことである。例えば、亜硝酸菌は NH<sub>4</sub><sup>+</sup> から NO<sub>2</sub><sup>-</sup> をつくり、硝酸菌は NO<sub>2</sub><sup>-</sup> から NO<sub>3</sub><sup>-</sup> をつくる。なお、光合成細菌も化学合成細菌も原核生物である。また、光合成を行うシアノバクテリア (ラン藻) も原核生物であるが、クロロフィル a をもち、光合成の際に酸素を発生するので、通常、光合成細菌には分類されない。



ところで、海中の熱水噴出孔などに存在する化学合成細菌が最初の生物と考えられており、シアノバクテリア (ラン藻) の出現よりも早い。

**原則 4. 窒素固定を行う生物** → 問 5 に利用

窒素固定を行う生物としては、クロストリジウム、アゾトバクター、ネンジュモ、アナベナ、根粒菌 (フランキア、リゾビウム)、紅色硫黄細菌、緑色硫黄細菌などが挙げられる。

**原則 5. 呼吸の過程と反応式** → 問 8～問 14 に利用

酸素を用いて有機物を分解することで生じるエネルギーを ATP (アデノシン三リン酸) として取り出すことを、呼吸と言う。この呼吸の過程は、(1) 解糖系→(2) クエン酸回路→(3) 電子伝達系の順で進行する。各過程の反応する場所や反応式などを下表に示す。

呼吸の過程	反応する場所	反応式 (注 1)
(1) 解糖系	細胞質基質	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 2\text{NAD}^+ \rightarrow 2\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3 + 2\text{NADH} + 2\text{H}^+ + 2\text{ATP}$ ※グルコースを分解しピルビン酸等を生成 (注 2)
(2) クエン酸回路	ミトコンドリアのマトリックス (基質)	$2\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3 + 6\text{H}_2\text{O} + 8\text{NAD}^+ + 2\text{FAD} \rightarrow 6\text{CO}_2 + 8\text{NADH} + 8\text{H}^+ + 2\text{FADH}_2 + 2\text{ATP}$ ※上記反応の途中、クエン酸等に変化する (注 3)
(3) 電子伝達系	ミトコンドリアのクリステ (内膜)	$10\text{NADH} + 10\text{H}^+ + 2\text{FADH}_2 + 6\text{O}_2 \rightarrow 10\text{NAD}^+ + 2\text{FAD} + 12\text{H}_2\text{O} + \text{最大 } 34\text{ATP}$ ※ H <sup>+</sup> の濃度勾配と ATP 合成酵素により、ATP が生成される。酸化リン酸化と言う。

(注 1) : NAD と FAD は脱水素酵素 (デヒドロゲナーゼ) の補酵素である。また、NADH や FADH<sub>2</sub> は NAD や FAD の還元型である。なお、NAD はニコチンアミドアデニンジヌクレオチド、FAD はフラビンアデニンジヌクレオチドの略である。

(注 2) : 解糖系では、グルコース (ブドウ糖) 1 分子当たり、まず、2 分子の ATP が消費され、その後、発生したエネルギーにより 4 分子の ATP が作られるから、解糖系全体としては差し引き 2 分子の ATP が生成される。

(注 3) : クエン酸回路においては ATP の消費はない。

なお、呼吸全体の反応式は、



となる。

## 原則 6. 嫌気呼吸について → 問 8・問 9 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。乳酸発酵・アルコール発酵のいずれの場合も、1 分子のグルコースあたり 2ATP が作られ、発酵の途中過程でピルビン酸をいったん生成する。なお、アルコール発酵では、1 分子のグルコースから 2 分子の二酸化炭素が生じる。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。

## 問 1～問 3

### 【方針】

いずれの設問も光合成や葉緑体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. 光合成と葉緑体」や「原則 3. 光合成細菌・化学合成細菌など」の知識を利用して順に解いてゆく。

### 【解説】

(問 1)

- ① : 適切である (「原則 1. 光合成と葉緑体」参照)。
- ② : 不適切である (「原則 1. 光合成と葉緑体」参照)。
- ③ : 適切である (「原則 1. 光合成と葉緑体」参照)。
- ④ : 不適切である (「原則 3. 光合成細菌・化学合成細菌など」参照)。
- ⑤ : 不適切である (「原則 1. 光合成と葉緑体」参照)。

以上より、解答は、1-①・③である。

(問 2)

「原則1. 光合成と葉緑体」より、解答は、2-③・⑤である。

(問3)

「原則1. 光合成と葉緑体」より、解答は、3-①である。

#### 問4

##### 【方針】

光合成速度についての考察問題であると気づく。したがって、「原則2. 光合成速度について」の知識を利用して解く。

##### 【解説】

図1より、CO<sub>2</sub>濃度がC<sub>1</sub>の場合の光合成速度は、光の強さがL<sub>2</sub>、L<sub>1</sub>のとき、それぞれ4.5、4.2である。L<sub>2</sub>のときは、光合成速度が最大値に達しているから、限定要因はCO<sub>2</sub>濃度になっていると考えられる。一方、L<sub>1</sub>のときは、最大値に到達する前であり、限定要因は光の強さになっているから、CO<sub>2</sub>濃度を高くしても光合成速度は上がらないと考えられる。すなわち、図2で光の強さをL<sub>2</sub>からL<sub>1</sub>に変えたとしても、最大値に達するまでの光合成速度上昇の傾きは変わらないと考えられる。ゆえに、解答は、4-④である。

#### 問5～問7

##### 【方針】

いずれの設問も窒素固定を行う生物や硝酸菌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. 窒素固定を行う生物」や「原則3. 光合成細菌・化学合成細菌など」の知識などを利用して順に解いてゆく。

##### 【解説】

(問5)

「原則4. 窒素固定を行う生物」より、5-③である。

(問6)

「原則3. 光合成細菌・化学合成細菌など」より、6-①である。

(問7)

①：不適切である。根から取り込まれた窒素化合物が通るのは、主に道管である。

②：適切である。グルタミン酸からアミノ基が各種の有機酸に受け渡されることで、各種のアミノ酸が生じる。

③：適切である。タンパク質や核酸の他、ATPやクロロフィル等もある。

④：不適切である。根や地下茎等の貯蔵組織に貯蔵デンプンは蓄えられる。

⑤：不適切である。イネやオオムギが発芽する際のエネルギー源はデンプンである。

以上より、解答は、7-②・③である。

#### 問8

### 【方針】

呼吸（嫌気呼吸と好気呼吸）についての知識問題であると気づく。したがって、「原則 6. 嫌気呼吸について」や「原則 5. 呼吸の過程と反応式」の知識を利用して解く。

### 【解説】

- ①：不適切である（「原則 6. 嫌気呼吸について」参照）。  
②：適切である（「原則 6. 嫌気呼吸について」参照）。  
③：不適切である（「原則 5. 呼吸の過程と反応式」参照）。  
④：適切である（「原則 6. 嫌気呼吸について」参照）。  
⑤：不適切である（「原則 6. 嫌気呼吸について」参照）。  
以上より、解答は、8-②・④である。

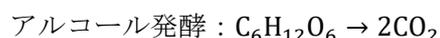
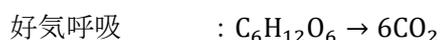
## 問 9

### 【方針】

好気呼吸やアルコール発酵についての計算問題であると気づく。したがって、「原則 5. 呼吸の過程と反応式」や「原則 6. 嫌気呼吸について」の知識を利用して解く。

### 【解説】

図 3 より、2 時間（相対値）あたり  $\frac{1}{2}$  分子（相対値）のグルコースが消費されている。よって、好気呼吸、アルコール発酵で、それぞれ  $\frac{1}{4}$  分子のグルコースが消費されたとすると、グルコースと  $\text{CO}_2$  の比は、以下ようになる。



したがって、好気呼吸では  $\text{CO}_2$  が  $\frac{1}{4} \times 6 = \frac{3}{2}$  分子、アルコール発酵では  $\text{CO}_2$  が  $\frac{1}{4} \times 2 = \frac{1}{2}$  分子、それぞれ発生する。よって、その合計は  $\frac{3+1}{2} = 2$  分子となり、2 時間あたり  $\text{CO}_2$  が 2 分子増えることがわかる。ゆえに、解答は、9-③である。

## 問 10～問 14

### 【方針】

いずれの設問も呼吸に関するさまざまな知識問題や計算問題であると気づく。したがって、「原則 5. 呼吸の過程と反応式」の知識などを利用して順に解いてゆく。

### 【解説】

（問 10）

「原則 5. 呼吸の過程と反応式」より、解答は、10-⑤である。

（問 11）

「原則 5. 呼吸の過程と反応式」より、解答は、11-③である。

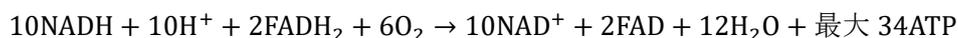
（問 12）

①：不適切である（「原則 5. 呼吸の過程と反応式」参照）。

- ②：不適切である。酵母菌は真核生物であるから、ミトコンドリアをもつ。
- ③：適切である。 $\alpha$ -ケトグルタル酸よりコハク酸ができる。
- ④：適切である。オキサロ酢酸 ( $C_4$ 化合物) とアセチル CoA ( $C_2$ 化合物) よりクエン酸 ( $C_6$ 化合物) ができる。
- ⑤：不適切である (「原則 5. 呼吸の過程と反応式」参照)。
- 以上より、解答は、12-③・④である。

(問 1 3)

「原則 5. 呼吸の過程と反応式」より、 $X_1$  は  $NAD^+$ 、 $X_2$  は  $FAD$ 、 $X_1 \cdot 2[H]$  は  $NADH + H^+$ 、 $X_2 \cdot 2[H]$  は  $FADH_2$  である。よって、「原則 5. 呼吸の過程と反応式」より、



であるから、 $X_1 \cdot 2[H]$  は 10 分子、 $X_2 \cdot 2[H]$  は 2 分子となる。なお、1 分子の  $X_1 \cdot 2[H]$  より 3 分子の ATP が、1 分子の  $X_2 \cdot 2[H]$  より 2 分子の ATP がそれぞれ作られるから、合計で  $10 \times 3 + 2 \times 2 = 34$  分子の ATP が作られることになり、題意とも合致する。ゆえに、解答は、13-1、14-0、15-①、16-2 である。

(問 1 4)

- ①：適切である (「原則 1. 光合成と葉緑体」参照)。
- ②：適切である (「原則 5. 呼吸の過程と反応式」参照)。
- ③：不適切である。酵素反応であるから、温度の影響を受ける。
- ④：不適切である。クレアチンリン酸は筋肉等でクレアチンと ATP より合成される。
- ⑤：不適切である。ヒトも電子伝達系をもつ。
- 以上より、解答は、17-①・②である。

## 問 1 5

### 【方針】

いずれの設問も呼吸基質や呼吸商についての計算問題であると気づく。したがって、呼吸基質や呼吸商に関する知識にもとづいて順に解いてゆく。

### 【解説】

(1)：求めるタンパク質の量を  $x$  [g] とおくと、1 g のタンパク質から 163 mg の尿中窒素が生成されるので、次式のようなになる。

$$1 : 163 = x : 407.5 \quad \therefore x = 407.5 \div 163 = 2.5 \text{ [g]}$$

ゆえに、解答は、18-①、19-2、20-5 である。

(2)：呼吸基質として使用された炭水化物の量を  $y$  [g]、脂肪の量を  $z$  [g] とおくと、次の連立方程式が得られる。

$$\cdot \text{酸素} \quad : 0.8y + 2.0z + 0.6 \times 2.5 = 20.98$$

$$\cdot \text{二酸化炭素} : 0.8 \times 1.0 \times y + 2.0 \times 0.7 \times z + 0.6 \times 0.8 \times 2.5 = 17.86$$

これを解くと、 $y = 12.6$  [g] と求まる。ゆえに、解答は、21-1、22-2、23-6 である。



**2**

**原則7. カエルの発生の過程**

→ 問1・問2・問6～問9・問11に利用

受精卵から尾芽胚までのカエルの発生の過程を、以下に示す（下図参照）。

1：受精卵から4細胞期に至るまでは等割を行う（第1卵割と第2卵割は等割である）。なお、第1卵割と第2卵割の卵割面は、動物極と植物極を結ぶ面である。

2：8細胞期（第3卵割）から不等割を行う。なお、16細胞期には、8個の大きな割球と8個の小さな割球になる。

3：桑実胚では、卵割腔が動物極側にできる。卵割腔は胞胚の胞胚腔となる。

4：原腸胚の初期に原腸が胞胚腔内に貫入して原口が形成される（赤道よりもやや植物極よりに原口は形成される）。なお、原腸は押しつぶされずに広がっていく。また、このときに内胚葉、中胚葉、外胚葉に分かれる。植物極側の細胞塊（予定内胚葉域）は、その接する動物極側の細胞塊（予定外胚葉域）を中胚葉組織に誘導する（注1）。赤道付近の原口背唇部が中胚葉となり、植物極側の内胚葉と動物極側の外胚葉の中間に位置する。なお、胞胚腔は原腸の陥入によって押しつぶされて、やがて消失する。

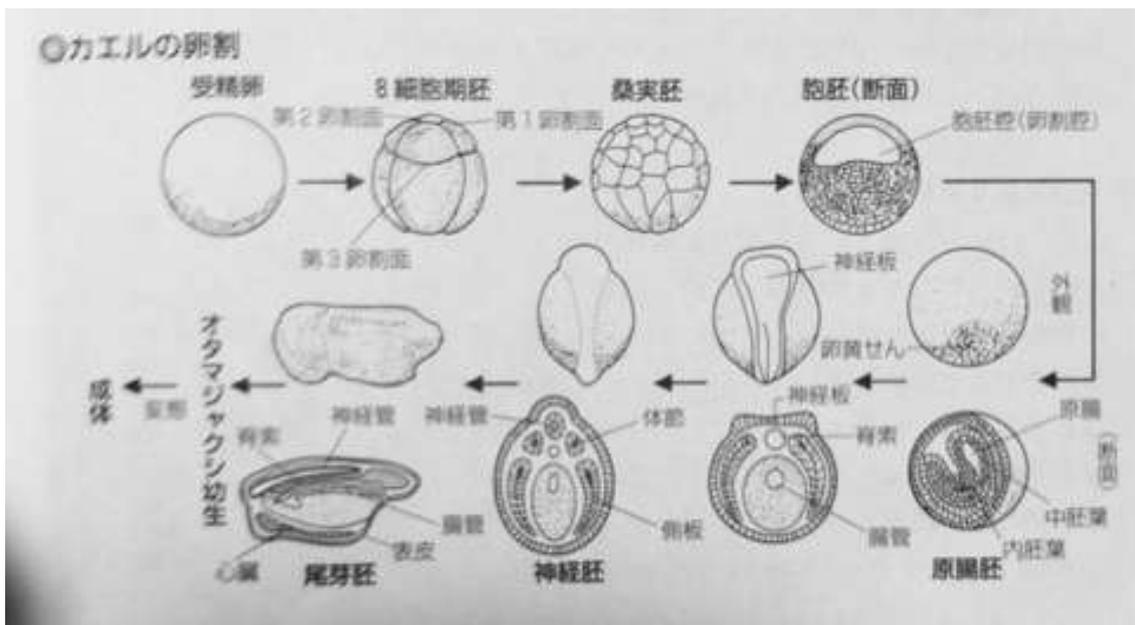
（注1）植物極側の細胞が放出する誘導物質によって、動物極側の細胞が分化し、中胚葉が形成される。

5：原口は最終的に内胚葉により埋められ、卵黄栓となる。

6：神経胚では、背側の外胚葉から神経板、中胚葉から脊索と側板、内胚葉から腸管がそれぞれできる。

7：神経胚が進むと、側板は腎節・体節・側板に分化する。また、神経板から神経溝、神経溝から神経管へと変化する。

8：尾芽胚になると、脳が発達し、口と肛門ができる。また、様々な器官ができてくる。



(図は

[http://stat.ameba.jp/user\\_images/20110412/01/centerseibutu/43/d7/j/o0480026611161161279.jpg](http://stat.ameba.jp/user_images/20110412/01/centerseibutu/43/d7/j/o0480026611161161279.jpg) より引用)

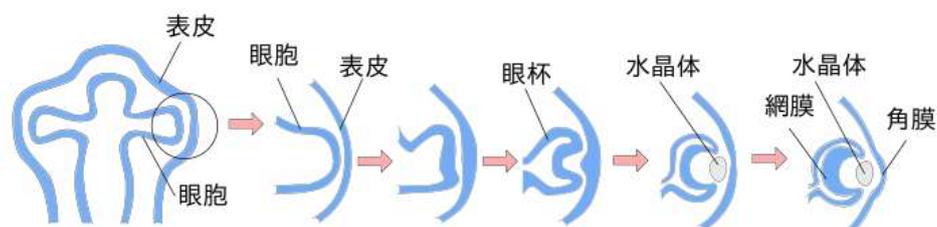
なお、カエルの未受精卵における動物極・植物極の極性はオタマジャクシになったときの背腹軸とほぼ一致する。また、精子の進入により灰色三日月環ができる(注2)ことで、将来のオタマジャクシの受容体が決まってくる。

(注2) 精子進入点は動物極側である。卵は減数第二分裂の途中段階で受精して、受精の後に第二極体が動物極側に放出され、精子進入点の反対側に灰色三日月環ができる。

#### 原則8. イモリの眼のできる過程 → 問3・問4・問12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](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。ちなみに、シュペーマンとマンガルドは、イモリの胚を使った実験を行い、原口背唇部の働きを調べた。

#### 原則9. 外胚葉・中胚葉・内胚葉からできる器官 → 問10に利用

外胚葉・中胚葉・内胚葉からできる器官（組織）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

(※) 胃の結合組織は中胚葉由来である。

#### 問1～問14

##### 【方針】

いずれの設問も発生のおしぐみに関する知識問題や考察問題であると気づく。したがって、「原則7. カエルの発生のおしぐみ」や「原則8. イモリの眼のおしぐみ」、「原則9. 外胚葉・中胚葉・内胚葉からできる器官」の知識などを利用して順に解いてゆく。

##### 【解説】

(問1)

ショウジョウバエの未受精卵においては、受精後に前端になる側、後端になる側に、それぞれ、ビコイド mRNA (②)、ナノス mRNA (②) が局在している。これらは受精後に発現し、調節タンパク質 (⑥) となって、胚の頭尾軸 (⑦) を決定する。

カエルの未受精卵における動物極・植物極の極性はオタマジャクシになったときの背腹軸 (⑧) とほぼ一致する。また、精子の進入により灰色三日月環ができることで、将来のオタマジャクシの受容体 (⑤) が決まってくる。

以上より、解答は、24-②、25-⑥、26-⑦、27-⑧、28-⑤である。

(問2)

①：不適切である（「原則7. カエルの発生のおしぐみ」参照）。

②：不適切である。動物極側は、胚全体を包み込む様に広がる。

③：不適切である。動物極側細胞の方が陥入の速度は速いが、植物極側でもゆっくりと進む。

④：適切である（「原則7. カエルの発生のおしぐみ」参照）。

⑤：不適切である（「原則7. カエルの発生のおしぐみ」参照）。

以上より、解答は、29-④である。

(問3)

「原則 8. イモリの眼のできる過程」より、解答は、30-②である。

(問 4)

移植片は原口背唇部であって、後に脊索と体節の一部になる。これら以外は移植を受けた方の胚に由来し、脊索の誘導によって外胚葉から神経管が分化して、誘導の連鎖によって二次胚の頭部が形成される。ゆえに、解答は、31-④である。

(問 5)

1990年に浅島が発見した誘導物質はアクチビンである。ゆえに、解答は、32-①である。

(問 6)

①：不適切である。植物極側から出る物質により動物極側の細胞が誘導されて、表皮や神経管に分化する。

②：適切である。実験 3 において腹側 A と背側 B の誘導によって、別の中胚葉組織が分化した。

③：不適切である。脊索は背側 B の誘導による。

④：適切である（「原則 7. カエルの発生の過程」参照）。

⑤・⑥：不適切である（「原則 7. カエルの発生の過程」参照）。

以上より、解答は、33-②・④である。

(問 7)

①：不適切である（「原則 7. カエルの発生の過程」参照）。

②：適切である（「原則 7. カエルの発生の過程」参照）。

③：不適切である（「原則 7. カエルの発生の過程」参照）。

④：不適切である。卵の卵黄膜から受精膜ができる。

⑤：適切である。卵の細胞膜と寒天質の間にすきま（囲卵腔）ができて、回転が起きる。

以上より、解答は、34-②・⑤である。

(問 8)

①：不適切である。間期は短い、きちんと DNA の複製は行われる。

②：適切である。卵割の特徴のひとつが同調性である。

③：不適切である。確かに直交して起きるが、赤道面ではなくて、動物極と植物極を結ぶ面である。

④：不適切である（「原則 7. カエルの発生の過程」参照）。

⑤：適切である。割球の成長を伴わずに速く分裂が進むことも卵割の特徴である。

⑥：不適切である（「原則 7. カエルの発生の過程」参照）。ウニの場合に当てはまることで、カエルの場合には 8 個の大きな割球と 8 個の小さな割球から構成される。

⑦：不適切である。ウニの場合に当てはまることで、カエルの場合は尾芽胚の後にふ化する。

以上より、解答は、35-②・⑤である。

(問 9)

①：正しい。

②：誤っている。赤道よりもやや植物極よりに原口は形成される。

③・④・⑤：正しい。

以上より、解答は、36-②である。

(問10)

「原則9. 外胚葉・中胚葉・内胚葉からできる器官」より、解答は、37-⑥である。

(問11)

図2のAとBを結ぶ線上には、A側より、外胚葉(将来神経に分化する部分)→中胚葉(脊索)→原腸→内胚葉→胞胚腔→内胚葉→外胚葉(表皮)の順で各部位が存在している。外胚葉はAからBまでの部分の周囲を包んでいることや、原腸と胞胚腔の位置や大きさから考えると、④の図が最も適切である。ゆえに、解答は、38-④である。

(問12)

イモリの場合、陥入が起きた後、神経板が神経溝となって下方に落ち込むから、初期神経胚で神経板上にあった①の部分は後期神経胚ではやや下方の位置にくる。一方、②の部分は原口背唇であり、陥入で内部に入り脊索を形成している。すなわち、尾芽胚のA(脊索)は、胞胚の②の部分(原口背唇)から分化したものである。ゆえに、解答は、39-②である。

(問13)

ウニの受精においては、精子は卵のゼリー層(オ)に達すると先体(カ)から突起を伸ばして卵膜(キ)と融合し、その周囲の部分は盛り上がり受精丘(ク)をつくる。受精丘においては、細胞膜と受精膜(ケ)が分離して、この分離はその周囲に広がっていく。ゆえに、解答は、40-①である。

(問14)

①：不適切である。ウニは調節卵であるから、2細胞期では調節性が保たれており、発生運命は決まっていない。

②：適切である。クシクラゲはモザイク卵であるから、2細胞期の胚を分割した場合、くし板の数が半分の個体が発生する。

③：適切である。8細胞期の分離実験の場合、植物極側と動物極側がそろった際に完全な個体になる。

④：不適切である。クシクラゲは最初の卵割のときから不均等であり、ウニも途中から不均等になる。

⑤：不適切である。8細胞期の動物極側の細胞より、くし板が生じる。

⑥：不適切である。クシクラゲはモザイク卵であるから、2細胞期の胚を分割した場合、くし板の数が半分の個体が発生する。

以上より、解答は、41-②・③である。

### 3

原則 8. イモリの眼のできる過程 (前述) → 問 2 に利用

原則 10. 動物の組織 → 問 1 に利用

生物学では、何種類かの細胞がある一定のパターンで集まった構造のことを「組織」と呼んでいる。動物の組織は、上皮組織、結合組織、筋組織、神経組織の 4 つに大別される。例えば、汗腺は上皮組織、血液や軟骨は結合組織、筋肉は筋組織、脊髄は神経組織である。

原則 11. 染色体と減数分裂について → 問 3・問 4 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。

ところで、精原細胞 (卵原細胞) から配偶子の精子 (卵) がつくられるとき、染色体の数を半分にする減数分裂が行われる。この減数分裂は第 1 分裂と第 2 分裂の 2 段階で行われる。まず、第 1 分裂では、相同染色体どうしが対合した二価染色体がつけられた後、この二価染色体が分離して染色体数が半分にになる ( $2n \rightarrow n$ )。なお、二価染色体ができたときに、相同染色体の間での染色体の乗換え (遺伝子の組換え) (注 3) が起こることがある。第 1 分裂の対合後、分離後には、それぞれ一次精母細胞 (一次卵母細胞)、二次精母細胞 (二次卵母細胞と第一極体) ができる。また、第 2 分裂では、体細胞と同じ形式で分裂が行われるので、染色体数は変化しない ( $n \rightarrow n$ )。第 2 分裂後、精細胞 (卵と第二極体) ができ、精細胞は変形して精子となる。また、第一極体と第二極体は、やがて消失する。したがっ



**原則 15. 生態系と物質収支について** → 問 9 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。

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

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

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

**問 1・問 2**

**【方針】**

問 1、問 2 は、それぞれ上皮組織、眼の形成過程についての知識問題であると気づく。したがって、「原則 10. 動物の組織」や「原則 8. 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 1）

「原則 10. 動物の組織」より、解答は、42-①である。

（問 2）

「原則 8. イモリの眼のできる過程」より、解答は、43-④である。

**問 3・問 4**

**【方針】**

いずれの設問も遺伝子型の比などに関する計算問題であると気づく。したがって、「原則 11. 染色体と減数分裂について」や「原則 12. 組換え価」の知識を利用して順に解いてゆく。

**【解説】**

（問 3）

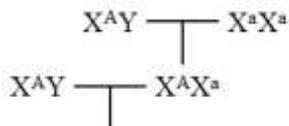
「A と B, a と b は同一染色体にあり, 組換え価が 20%である」から, Ab と aB はそれぞれ 10%存在するとわかる。また, 残りの 80%は AB と ab であるから, AB と ab はそれぞれ 40%存在する。よって,

$$AB : Ab : aB : ab = 4 : 1 : 1 : 4$$

となる。ゆえに, 解答は, 44-⑤である。

(問 4)

a を赤緑色覚異常の遺伝子, A を正常遺伝子とすると, この交配図と表は次のようになる。



(図は WEB 上で見つからなかったため自作)

	$X^A$	$X^a$
$X^A$	$X^A X^A$	$X^A X^a$
Y	$X^A Y$	$X^a Y$

したがって, 赤緑色覚異常の男性 (遺伝子型:  $X^a Y$ ) の生まれる確率は 25%となる。ゆえに, 解答は, 45-③である。

## 問 5 ~ 問 9

### 【方針】

これらの設問は原核生物のオペロン, 五界説, 生態系の物質収支などに関するさまざまな知識問題や計算問題であることに気づく。したがって, 「原則 1 3. 原核生物とオペロンについて」や「原則 1 4. 五界説」, 「原則 1 5. 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 5)

ラクトースオペロンの発現はグルコースにより阻害される。また, ラクトースは発現を促すから, ラクトースがあつてグルコースがない場合, 調節タンパク質にラクトースより誘導される物質が結合して, 調節タンパク質が外れるから, 転写が開始され, ラクターゼが発現する。よって, 最も適切な記述は④である。ゆえに, 解答は, 46-④である。

(問 6)

海水生硬骨魚類は, 海水よりも体液のほうが低張であるから, 浸透圧差によって水が出てゆく。そのため, 多量の海水を飲んで水分を補給するとともに, 塩類過多にならない様にえらから無機塩類を排出し, 体液と等張の少量の尿を排出する。よって, 最も適切な記述は⑤である。ゆえに, 解答は, 47-⑤である。

(問 7)

「原則 1 4. 五界説」より, 解答は, 48-④である。

(問8)

高山帯は森林限界よりも上であるから、低木や草本が主となり、代表的な種はハイマツやコケモモである。ゆえに、解答は、49-⑤である。

(問9)

「原則15. 生態系と物質収支について」より、成長量=純生産量- (枯死量+被食量) であるから、純生産量=成長量+枯死量+被食量である。よって、

$$500 + 30 + 670 = 1200 \text{ [g/(m}^2 \cdot \text{年)]}$$

となる。ゆえに、解答は、50-⑧である。

## 4

### 原則 16. 主要なホルモン → 問2に利用

ホルモンは、内分泌腺と呼ばれる器官から血液中へ分泌される物質のことで、他の器官（標的細胞）へ運ばれて情報を伝達する役割をもつ。主要なホルモンについて、内分泌腺名・ホルモン名・働きをまとめると、下表のようになる。

内分泌腺名		ホルモン名	働き
視床下部		放出ホルモン	脳下垂体のホルモン分泌の調整
脳下垂体	前葉	成長ホルモン*	成長やタンパク質合成の促進。血糖値上昇。
		甲状腺刺激ホルモン	チロキシンの分泌の促進
		副腎皮質刺激ホルモン	糖質コルチコイドの分泌の促進
	後葉	バソプレシン*	腎臓での水分再吸収の促進。血圧の上昇。
甲状腺		チロキシン	体内の化学反応の促進
副甲状腺		パラトルモン	血液中のカルシウムイオン濃度の増加
すい臓	A細胞	グルカゴン	血糖値を上げる
	B細胞	インスリン*	血糖値を下げる
副腎	髄質	アドレナリン	血糖値を上げる
		糖質コルチコイド**	血糖値を上げる
	皮質	鉱質コルチコイド**	血液中の Na <sup>+</sup> 濃度・K <sup>+</sup> 濃度の調節
生殖器等	エストロゲン**		女性ホルモン
	テストステロン**		男性ホルモン

\* ペプチド系ホルモン。ペプチド系ホルモンは水溶性ホルモンであり、標的となる細胞の表面にある受容体と結合することで信号を伝える。

\*\* ステロイド系ホルモン。ステロイド系ホルモンは脂溶性ホルモンであり、細胞膜を通り抜けて細胞内部にある受容体と結合することによって信号を伝える。

### 原則 17. DNA・RNA・遺伝暗号表 → 問1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、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 組のトリプレット（コドン、アンチコドン）（※  $4^3=64$  種類ある）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	チロシン (終止)	システイン (終止)		A
		ロイシン	セリン	チロシン (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。

原則 18. 神経の種類 → 問3に利用  
神経の種類を、下表に示す。

中枢神経系	脳 (注 1)		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
末梢神経系	体性神経系	感覚神経 (注 2)	感覚器官 (受容器) からの刺激を大脳へ伝達
		運動神経	大脳からの命令を筋肉 (効果器) へ伝達
	自律神経系	交感神経 (注 2)	体が活発に活動するときに働く (注 3)
		副交感神経 (注 2)	体がゆったりとしているときに働く (注 4)

(注 1) 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。

(注 2) 感覚神経の細胞体は、脊髄背根側の神経節にある。また、脊髄の胸髄・腰髄より交感神経、中脳・延髄や脊髄の仙髄より副交感神経が出る。

(注 3) 例えば、瞳孔の散大、血圧の上昇、気管支の拡張、心臓の拍動促進、発汗の促進、排尿の抑制、等の際に働く。なお、交感神経の興奮を起こす神経伝達物質は、アドレナリンやノルアドレナリンである。

(注 4) 例えば、胃酸の分泌、胃腸のぜん動促進、瞳孔の縮小、血圧の低下、気管支の収縮、ぼうこうの収縮、等の際に働く。なお、副交感神経の末端からは、神経伝達物質のアセチルコリンが分泌される。このアセチルコリンは、副交感神経だけでなく、運動神経と骨格筋の接合部などにおける神経伝達物質と

しても使われている。

**原則 19. 動物の分類** → 問5に利用

動物を分類すると、下表のようになる。

無胚葉性の動物（胚葉が分化しない）		海綿動物
二胚葉性の動物（外胚葉と内胚葉が分化）		刺胞動物
三胚葉性の動物 （外胚葉・中胚葉・内胚葉が分化）	旧口動物 （原口が口になる）	冠環動物
		扁形動物
		輪形動物
		環形動物
	新口動物 （原口が肛門になる）	脱皮動物
		→
		脊索動物
		脊椎動物

**原則 20. 一次遷移** → 問10に利用

全く生物を含まない裸地からの植生の遷移のことを、一次遷移と言う。一次遷移では、火山の噴火等で生じた裸地には地衣類やコケ類が侵入し、その後、土壌ができてきた段階で草本の種子が発芽して草原となった後、低木林を経てから日なたに強い陽樹林ができる。陽樹林の林床は暗いので次代の陽樹は育たず、暗い場所でも生育可能な陰樹が育つことになって、極相（クライマックス）に達する。なお、一次遷移の初期には、乾燥に適応した植物や短い世代時間の植物が多く、これらの植物は小さくて軽い種子（散布力の大きい種子）をつくる。

**問1～問8**

**【方針】**

これらの設問（小問群）はRNA、ホルモン、神経、動物の分類など、多岐にわたる知識問題であることに気づく。したがって、「原則17. DNA・RNA・遺伝暗号表」や「原則16. 主要なホルモン」、「原則18. 神経の種類」、「原則19. 動物の分類」の知識などを利用して順に解いてゆく。

**【解説】**

（問1）

「原則17. DNA・RNA・遺伝暗号表」より、解答は、51-②・⑤である。

（問2）

「原則16. 主要なホルモン」より、解答は、52-①・③である。

(問3)

「原則18. 神経の種類」より、解答は、53-①・④である。

(問4)

血液凝固を防止するには、フィブリンの合成を阻害する(②)、カルシウムイオンを除く(③)、と言った方法が効果的である。ゆえに、解答は、54-②・③である。

(問5)

「原則19. 動物の分類」より、解答は、55-①・②である。

(問6)

ナウマンゾウ(④)は新生代、アンモナイト(①)と始祖鳥(③)は中生代、三葉虫(②)とフズリナ(⑤)は古生代の生物である。ゆえに、解答は、56-②・⑤である。

(問7)

人類の直立二足歩行による変化の代表的なものは、骨盤が横に広がって全体重を支えられるようになったこと(①)、大後頭孔が真下を向く様になり脊柱が頭全体を下から支える構造になったこと(④)、などである。ゆえに、解答は、57-①・④である。

(問8)

①と④は片利共生の関係、②と③は相利共生の関係、⑤は寄生の関係にある。ゆえに、解答は、58-①・④である。

## 問9

### 【方針】

図1の生産構造図より、植物Aはイネ科型、植物Bは広葉型であるとわかる。この点を踏まえて、生産構造図などに関する知識にもとづいて解く。

### 【解説】

Aはイネ科型であるから、イネ(②)とススキ(③)が該当する。Bは広葉型であるから、アカザ(①)、ソバ(④)、ダイズ(⑤)が該当する。ゆえに、解答は、59-②・③である。

## 問10

### 【方針】

植生の一次遷移についての知識問題であると気づく。したがって、「原則20. 一次遷移」の知識などを利用して解く。

### 【解説】

①：不適切である。遷移の後期に現れる植物の特徴である。

②：適切である(「原則20. 一次遷移」参照)。

③：不適切である。一次遷移の初期は、土壌がまだできあがっていないため、有機物量も

少ない。

④：適切である（「原則20. 一次遷移」参照）。

⑤：不適切である。一次遷移の初期は、階層構造が単純である。

以上より、解答は、60-②・④である。