

埼玉医 2013 生物

略解

- 1 1-⑫ 2-⑳ 3-㉑ 4-㉒ 5-⑮ 6-⑩ 7-⑧ 8-⑲
9-⑯ 10-④ 11-㉓ 12-㉔ 13-㉕ 14-② 15-⑭
16-㉖ 17-⑬ 18-2 19-8 20-1 21-0 22-④
23-① 24-③ 25-① 26-7
- 2 27-⑫ 28-⑨ 29-⑮ 30-① 31-② 32-⑲ 33-㉓
34-⑧ 35-⑱ 36-㉔ 37-⑤ 38-⑩ 39-⑦ 40-⑥
41-③ 42-① 43-③ 44-① 45-③ 46-② 47-②
48-① 49-③ 50-④ 51-④ 52-④
- 3 53-② 54-③ 55-⑤ 56-⑤ 57-① 58-③ 59-②
60-③ 61-③
- 4 62-②・④ 63-①・⑤ 64-①・③ 65-②・④ 66-②・⑤
67-①・⑤ 68-③・⑤ 69-②・⑧ 70-③・④ 71-③・⑤
72-①・③ 73-①・②

配点

- 1 問1 各1点 問2 3点 問3 4点 問4、5 各2点
($1 \times 17 + 3 + 4 + 2 \times 4$)
- 2 各1点 (1×26)
- 3 各2点 (2×9)
- 4 各2点 (2×12)

1

原則1. DNA・RNAと遺伝暗号表 → 問1～問5に利用

遺伝情報は、DNAから mRNA へ、mRNA から tRNA へと伝達される。この伝達の過程で、mRNA は核から核膜孔を通り細胞質へ移動してリボソームと結合する。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	U C A G
		フェニルアラニン	セリン	チロシン	システイン	
		ロイシン	セリン	(終止)	(終止)	
		ロイシン	セリン	(終止)	トリプトファン	
	C	ロイシン	プロリン	ヒスチジン	アルギニン	U C A G
		ロイシン	プロリン	ヒスチジン	アルギニン	
		ロイシン	プロリン	グルタミン	アルギニン	
		ロイシン	プロリン	グルタミン	アルギニン	
	A	イソロイシン	トレオニン	アスパラギン	セリン	U C A G
		イソロイシン	トレオニン	アスパラギン	セリン	
		イソロイシン	トレオニン	リシン	アルギニン	
		メチオニン(開始)	トレオニン	リシン	アルギニン	
	G	バリン	アラニン	アスパラギン酸	グリシン	U C A G
		バリン	アラニン	アスパラギン酸	グリシン	
		バリン	アラニン	グルタミン酸	グリシン	
		バリン	アラニン	グルタミン酸	グリシン	

(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 (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、エク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 前駆体を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。

ところで、バイオテクノロジーにおいては、制限酵素 (特定の塩基配列を認識し切断する酵素)、DNA リガーゼ (DNA の切断面をつなぐ酵素)、ベクター (遺伝子を運び込む役割をするもの) などが利用される。なお、ほとんどの制限酵素では、認識する塩基配列が回文構造となっていて、DNA の 2 本鎖を効率よく切断できる。また、ポリメラーゼ連鎖反応法 (PCR 法) の場合、耐熱性の DNA ポリメラーゼやプライマー (短い 1 本鎖 DNA) などが用いられる。なお、PCR 法では、下記の 3 つのプロセスを 1 つのユニットにして、これを繰り返す。

- (a) 約 94°C に設定して 2 本鎖 DNA を解離する。
- (b) 約 60°C に設定してプライマーを結合する。
- (c) 約 72°C に設定して新たな DNA 鎖を合成する。

問 1

【方針】

DNA や RNA についての知識問題であると気づく。したがって、「原則 1. DNA・RNA と遺伝暗号表」の知識を利用して空欄に入るべき語句を順に考えてゆく。

【解説】

「原則 1. DNA・RNA と遺伝暗号表」より、解答は、1-⑫、2-⑭、3-⑰、4-⑱、5-⑲、6-⑩、7-⑧、8-⑱、9-⑯、10-④、11-⑳、12-㉓、13-㉒、14-②、15-⑭、16-⑵、17-⑬である。

問 2・問 3

【方針】

いずれの設問も DNA や RNA に関連した計算問題であると気づく。したがって、「原則 1. 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】

(問 2)

アミノ酸 26 個を指定する 2 本鎖 DNA の塩基の数は、 $26 \times 3 \times 2 = 156$ 個となる。一方、題

意より T が 50 個であるから、シャルガフの経験則から A も 50 個になる。したがって、C の個数は、

$$\frac{156-(50+50)}{2} = 28 \text{ 個}$$

となる。ゆえに、解答は、18-2、19-8 である。

(問 3)

5つのエキソンから3つが選択されるから、組合せの公式を用いて計算すると、

$${}^5C_3 = \frac{5 \times 4 \times 3}{3 \times 2 \times 1} = 10 \text{ 種類}$$

となる。ゆえに、解答は、20-1、21-0 である。

問 4

【方針】

酵素 a～酵素 e の切断部位（2本鎖 DNA の塩基配列）を見ると、いずれも、上の鎖を逆向きにすると下の鎖になることに気づく。この点を踏まえて、「原則 1. 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)：いずれも、上の鎖と下の鎖がちょうど反対の配列になっている（制限酵素が認識する箇所が回文構造となっている）。ゆえに、解答は、22-④である。

(2)：上の鎖には、酵素 a の -GAATTC- という配列が 2 箇所あるから、酵素 a を使った結果、3 つに分断されたことがわかる。ゆえに、解答は、23-①である。

問 5

【方針】

いずれの設問も PCR 法についての知識問題や計算問題であると気づく。したがって、「原則 1. 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 1. DNA・RNA と遺伝暗号表」より、解答は、24-③である。

(2)： $10 \text{ ng} = 0.01 \mu\text{g}$ であるから、 $1.28 \div 0.01 = 128 = 2^7$ 倍となって、7 回増殖したことがわかる。ゆえに、解答は、25-①、26-7 である。

2

原則 2. 神経の種類とニューロンについて

→ 問 1・問 2 に利用

まず、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。なお、アセチルコリンが拡散によってシナプス間隙を通過する時間は、0.1~0.2 ミリ秒程度である。ところで、アセチルコリンが細胞表面にある受容体と結合すると、受容体に連結しているナトリウムチャンネルが開くことでナトリウムイオンの流入が起きて、細胞膜に活動電位 (膜電位) が生じる。なお、ナトリウムイオン濃度は細胞内より細胞外の方が高いから、ナトリウムチャンネルを通るナトリウムイオンの流入は、能動輸送ではなくて受動輸送である。

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 (注 5)
- ・運動ニューロン：中枢から効果器へ興奮を伝達 (注 6)
- ・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。

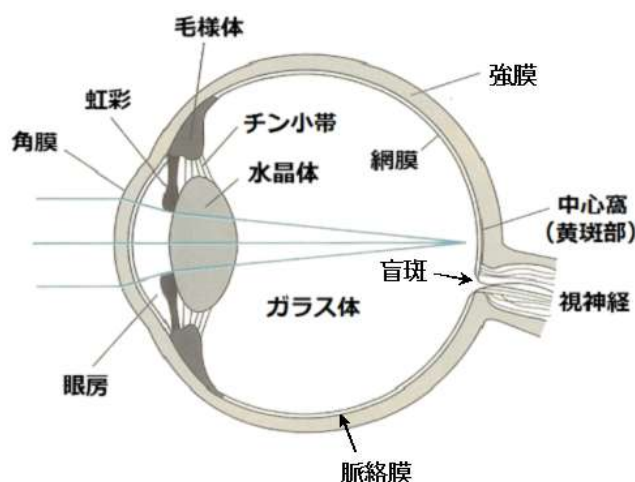
(注 5) 例えば、足で画鋲を踏んだ際に瞬間的に足を上げる反応は、脊髄反射の一種の屈筋反射と呼ばれ、痛みを感じた足の受容器の興奮を伝える感覚ニューロンは背根を通過して脊髄に入るの、脊髄内の運動ニューロンが興奮して、足の骨格筋が収縮する、と言うものである。なお、このような反射を生じる神

経路を反射弓と言う。また、この感覚ニューロンは脊髄で交差して（左右が入れ替わって）から白質を上行し、間脳を経て大脳感覚野にも興奮（足の痛み）を伝える。ちなみに、脊髄反射の他の例としては、しつがい腱反射がある。この場合は、筋紡錘が刺激されて筋肉の収縮が起きる。なお、筋紡錘からの感覚ニューロンは、骨格筋を動かす運動ニューロンと同様、延髄で交差して（左右が入れ替わって）から大脳に至る。

(注6) 随意運動では、大脳の運動野にある運動ニューロンの軸索が延髄で左右に交差したあと、脊髄の白質を下行し、脊髄の運動ニューロンとの間でシナプスを形成する。この脊髄の運動ニューロンの軸索は腹根を通過して出てゆき、骨格筋へ興奮を伝える。

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。

原則3. 眼の構造について → 問1に利用



(図は <http://optica.cocolog-nifty.com/photos/uncategorized/2012/02/06/50101.png> を引用し、一部加筆)

ヒトの眼の構造を、上図に示す。なお、網膜は、視神経繊維・視神経の細胞・連絡の細胞・視細胞（錐体細胞や桿（かん）体細胞）・色素細胞（注：この順で光が到達する）から構成される。また、網膜の中心にある黄斑部には、色を識別する錐体細胞が密に分布しており、明るい状態での視力は主に錐体細胞の働きに依存している。しかし、錐体細胞は弱い光に反応しないため、暗い状態では色の識別ができなくなる。一方、白黒しか識別できないが弱い光にも反応する桿体細胞は、黄斑の周辺部に多く分布している（黄斑には分布していない）。なお、視神経細胞の軸索の束が眼球外へ出て行く箇所である盲斑には、視細胞（錐体細胞や桿体細胞）は存在しない。また、眼の網膜上に結ばれた像は、視神経によって間

脳を経て大脳の視覚の感覚野へ伝えられる。

問 1

【方針】

ヒトの神経系や視覚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 2. 神経の種類とニューロンについて」や「原則 3. 眼の構造について」の知識を利用して空欄に入るべき語句を順に考えてゆく。

【解説】

「原則. 神経の種類とニューロンについて」や「原則. 眼の構造について」より、解答は、27-⑫、28-⑨、29-⑮、30-①、31-②、32-⑰、33-㉓、34-⑧、35-⑱、36-⑳、37-⑤、38-⑩、39-⑦、40-⑥、41-③である。

問 2

【方針】

前問の結果より、34=屈筋、38=しつがい腱であるから、本問では、屈筋反射としつがい腱反射の違いに関する知識などを問うていることに気づく。この点を踏まえて、「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】

「足を支配している脊髄神経が発する部位よりも上で、脊髄の左側の半分だけが切断された」場合、(1)～(5)については、以下のようなになる。

(1)：右足だけで起こる。骨格筋を動かす運動神経は脊髄では交さしないから、意識して筋肉を動かせる足は右足だけである。

(2)：両足とも起こる。しつがい腱反射の反射弓が通るのは切断箇所より下であるから、影響を受けない。

(3)：右足だけで起こる。筋紡錘からの感覚神経は延髄で交さするから、その感覚神経の興奮は、右足の場合、脊髄の右側を伝わる。

(4)：両足とも起こる。屈筋反射の反射弓が通るのは切断箇所より下であるから、影響を受けない。

(5)：左足だけで起こる。皮膚の痛覚を伝達する感覚神経は脊髄で交さするから、左足だけが知覚できる。

以上より、解答は、42-①、43-③、44-①、45-③、46-②である。

問 3

【方針】

図 1 および問題文の記述より、視野の右半分、左半分にある物体は、それぞれ網膜の左半

分、右半分で像を結ぶことに気づく。この点を踏まえ、図1のa~cの箇所などをよく見て、適切な選択肢が何かを考える。

【解説】

aの障害のとき：左眼からの全ての神経が切断されている。一方、右眼は問題ない。ゆえに、解答は、47-②、48-①である。

bの障害のとき：右眼の右側視野と左眼の左側視野からの情報を伝達する神経が切断されている。ゆえに、解答は、49-③、50-④である。

cの障害のとき：右眼の右側視野と左眼の右側視野からの情報を伝達する神経が切断されている。ゆえに、解答は、51-④、52-④である。

3

原則4. 染色体と減数分裂について → 問2・問3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、それらに対立遺伝子と言う。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。したがって、1個の一次精母細胞から精子は4個できるが、1個の一次卵母細胞から卵（卵子）は1個しかできない。なお、配偶子形成の際に正常に染色体が分配されないとき、正常な個体と比べて染色体数が1本～数本増減している個体（異数体）が生じることがある。

（注3）染色体の乗換え（遺伝子の組換え）は、2つの染色体が交さることにより起こる。なお、まれではあるが、2箇所ですべて染色体が交さる二重乗換え（二重組換え）が起こることがある。二重組換えの場合、結果として染色体の両端にある遺伝子間では組換えが起こらない。

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。

原則 5. ABO 式血液型 → 問 3 に利用

同一形質を決める複数の遺伝子が同一の遺伝子座に存在するとき、それらの遺伝子を複対立遺伝子と言う。複対立遺伝子の例としては、ヒトの ABO 式血液型がある。この ABO 式血液型では、A 型、B 型、AB 型、O 型と言う 4 種類があつて、A と B とは不完全優性、A、B は O に対し完全優性である。よつて、遺伝子型と表現型は、下表のようになる。

表現型	A 型	B 型	AB 型	O 型
遺伝子型	AA AO	BB BO	AB	OO

原則 6. 組換え価 → 問 4 に利用

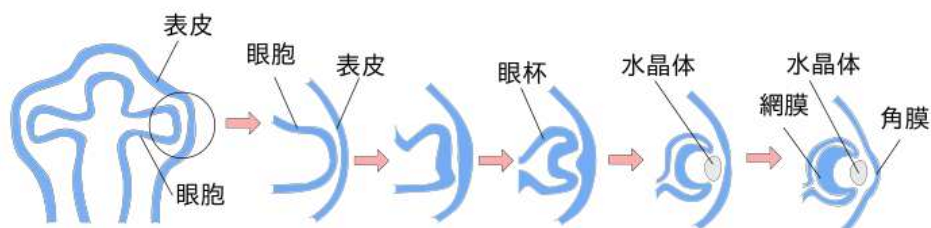
組換え価とは、組換えが起きた配偶子の割合のことで、次式で表される（ただし、組換え価 < 50 % とする）。なお、同一染色体上の 2 つの遺伝子間の組換え価は、その染色体上での 2 つの遺伝子間の距離に比例する。

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

原則 7. イモリの眼のできる過程 → 問 5 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 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ゴルドは、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 8. 主要なホルモンについて → 問 6・問 7 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* (注 1)	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 (注 4)	A 細胞	グルカゴン	血糖値を上げる
	B 細胞	インスリン* (注 2)	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** (注 3)	血液中の Na ⁺ 濃度・K ⁺ 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。産生器官より血液中へ分泌されたステロイド系ホルモンは、肝臓において速やかに不活性化と分解をされて排泄される。なお、ヒト以外のステロイド系ホルモンには、節足動物のエクジステロイド等がある。

- (注 1) バソプレシンは視床下部の神経分泌細胞で合成され、脳下垂体後葉から分泌される（バソプレシンの分泌を行う神経分泌細胞は、その細胞体が視床下部に、その軸索末端（＝神経終末）が脳下垂体後葉にそれぞれ存在する）。また、腎臓の集合管がバソプレシンの標的器官である。例えば、血しょうの浸透圧が高くなるとバソプレシンが分泌される。その結果、腎臓の集合管における水の再吸収が促進され、血液中に水が戻ることにより、血しょうの浸透圧は正常範囲まで低下する。
- (注 2) インスリンが受容体と結合すると、標的細胞において糖の取り込みやグリコーゲンの合成が促進される。
- (注 3) 鉱質コルチコイドはコレステロールから生成される。また、鉱質コルチコイドの受容体は、標的器官の細胞の内部に存在する。なお、鉱質コルチコイドにより、腎臓の細尿管における Na^+ の再吸収が促進される。
- (注 4) すい臓はホルモンと消化酵素の両方を分泌する器官である。

原則 9. 一次遷移 → 問 9 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、土壤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

【方針】

植物細胞についての知識を問うていることに気づく。したがって、植物細胞に関する知識などにもとづいて解く。

【解説】

高張液に植物細胞を浸すと、浸透圧差によって細胞内の水が流れ出して細胞体積が減った結果、原形質分離の状態となる。ゆえに、解答は、53-②である。

問 2

【方針】

減数分裂についての知識問題であると気づく。したがって、「原則 4. 染色体と減数分裂について」の知識を利用して解く。

【解説】

染色体の乗換え（遺伝子の組換え）は減数第一分裂の前期に起きる。よって、図 2 において、①は G₁ 期、②は S 期、③は G₂ 期と減数第一分裂期、④は減数第二分裂期であるから、染色体の乗換えが起きる時期は、③である。ゆえに、解答は、54-③である。

問 3

【方針】

ABO 式血液型の遺伝についての考察問題であると気づく。したがって、「原則 5. ABO 式血液型」や「原則 4. 染色体と減数分裂について」の知識を利用して解く。

【解説】

①・②・③：可能性あり。O 型の父の遺伝子型は OO、B 型の母の遺伝子型は BB もしくは BO であるから、子の遺伝子型は OO か BO になる。すなわち、子の血液型は O 型か B 型になる。

④：可能性あり。まず、母の遺伝子型が BO の場合、AB 型の祖父から B をもらい、B 型の祖母から O をもらうから、祖母の遺伝子型は BO である。また、母の遺伝子型が BB の場合、祖父から B をもらい、祖母から B をもらうから、祖母の遺伝子型は BB もしくは BO である。

⑤：可能性なし。O 型の父の遺伝子型は OO であるから、A 型の祖父から O をもらい、A 型の祖母から O をもらう。よって、祖父の遺伝子型は AO だけであり、AA となる可能性はない。

以上より、解答は、55-⑤である。

問 4

【方針】

組換え価についての計算問題であると気づく。したがって、「原則 6. 組換え価」の知識を利用して解く。

【解説】

「原則 6. 組換え価」より、

$$\text{組換え価} [\%] = \frac{\text{組換えが起きた配偶子の数}}{\text{全配偶子の数}} \times 100 = \frac{1+1}{3+1+1+3} \times 100 = 25 [\%]$$

となる。ゆえに、解答は、56-⑤である。

問 5

【方針】

イモリなどの両生類の眼のできる過程に関する知識を問うていることに気づく。したがって、「原則 7. イモリの眼のできる過程」の知識を利用して解く。

【解説】

「原則 7. イモリの眼のできる過程」より、解答は、57-①である。

問 6・問 7

【方針】

いずれの設問もホルモンについての知識問題であると気づく。したがって、「原則 8. 主要なホルモンについて」の知識を利用して順に解いてゆく。

【解説】

(問 6)

「原則 8. 主要なホルモンについて」より、解答は、58-③である。

(問 7)

「原則 8. 主要なホルモンについて」より、解答は、59-②である。

問 8

【方針】

植物ホルモンについての知識問題であると気づく。したがって、ジベレリンなどの植物ホルモンに関する知識にもとづいて解く。

【解説】

ブドウの花の房を開花の前と後に各 1 回ジベレリン溶液に浸すと、種子の発達が抑制されるとともに果肉の成長が促進され、種なしブドウができる。ゆえに、解答は、60-③である。

問 9

【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 9. 一次遷移」の知識を利用して解く。

【解説】

「原則 9. 一次遷移」より、解答は、61-③である。

4

原則 2. 神経の種類とニューロンについて (前述) → 問 6 に利用

原則 8. 主要なホルモンについて (前述) → 問 5・問 7 に利用

原則 10. ネフロン (腎単位) と原尿について → 問 2・問 3 に利用

腎臓の基本的な機能単位をネフロン (腎単位) と言う。ネフロンを構成するものは、糸球体と、ボーマンのう、細尿管であり、このネフロンで尿がつくられる。なお、糸球体とボーマンのうは、合わせて腎小体 (マルピーギ小体) と呼ばれており、この腎小体においてろ過が行われ、ろ過によって血球やタンパク質成分 (アルブミン等) が取り除かれる。すなわち、このろ過された液が原尿であり、通常、血球や血しょう成分中のタンパク質などを含まない。原尿には、ナトリウムイオン、グルコース、イヌリン、クレアチニン、尿素、カリウムイオン、カルシウムイオン、塩化物イオンなどが含まれている。なお、この原尿が細尿管における再吸収と分泌を受けることによって、尿ができる。

原則 11. 尿素回路 (オルニチン回路) → 問 4 に利用

生物の体内では、タンパク質が加水分解されて生じるアミノ酸から、脱アミノ反応によりアンモニアが生じる。両性類や哺乳類では、この有害なアンモニアを肝臓にある尿素回路 (オルニチン回路) により毒性の低い尿素につくりかえている。なお、ここでつくられた尿素は、腎臓を通じて尿の一部として体外に排出される。ちなみに、軟骨魚類の体液には、尿素が多く含まれている。

原則 12. 外胚葉・中胚葉・内胚葉からできる器官 → 問 4 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。

原則 13. 光合成と葉緑体 → 問 9・問 11 に利用

光エネルギーを用いて二酸化炭素 (CO₂) と水 (H₂O) 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。

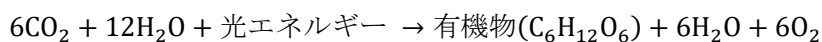
光合成は、下記に示した 4 つの過程に分かれて行われる (下図参照)。

- (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) 水の分解 (2H₂O→O₂+4e⁻+4H⁺) と NADPH (注 1) (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 2) 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 CO₂ の還元と有機物の合成 (ストロマでの反応)

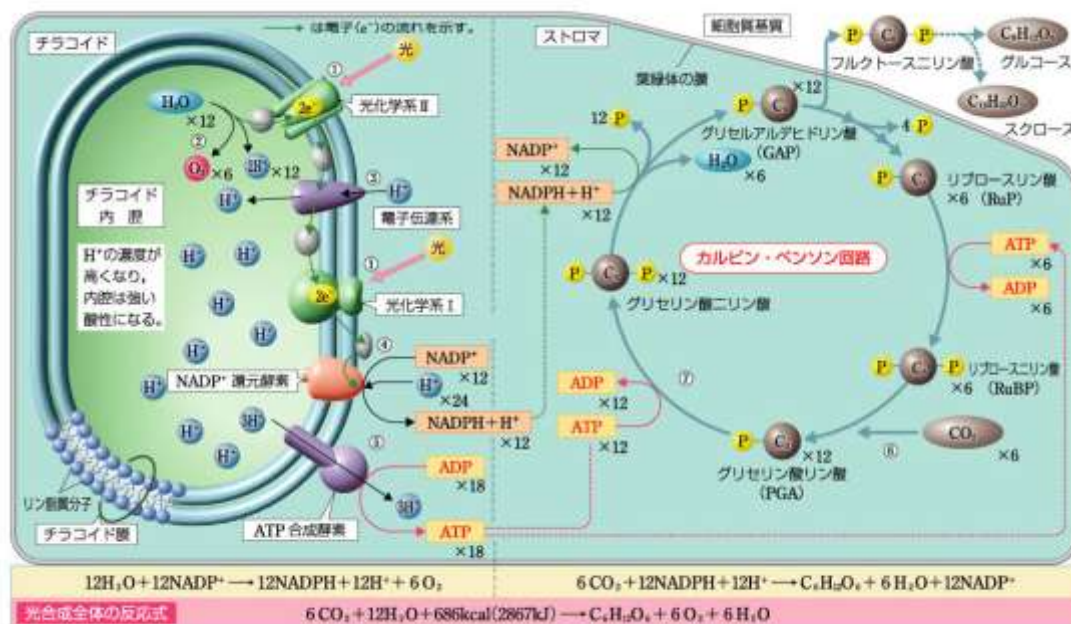
(注 1) : 脱水素酵素 (デヒドロゲナーゼ) の補酵素で、NADPH はニコチンアミドアデニンジヌクレオチドリン酸の略である。

(注 2) : H⁺の濃度勾配と ATP 合成酵素により、ATP が生成される。

また、光合成全体の反応式は、



となる。



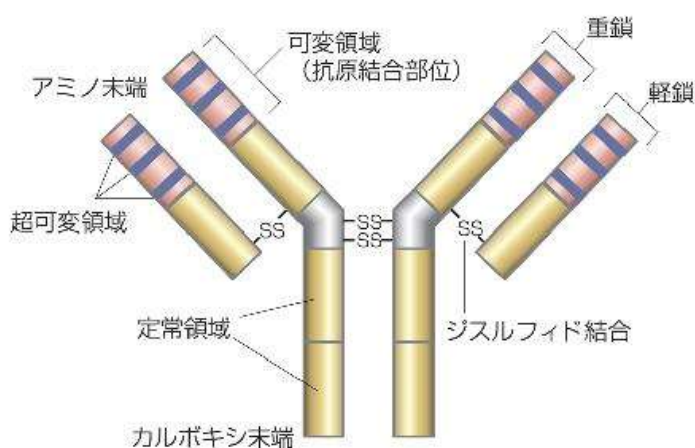
(図は <http://livedoor.blogimg.jp/crazybio/imgs/d/3/d3a2766f.jpg> より引用)

原則 1 4. 白血球と免疫グロブリン → 問 1 0 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・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。よつて、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。なお、すべての抗体は、免疫グロブリンと言う物質でできている。この免疫グロブリンは、下図に示すように、4 つのポリペプチド鎖（2 つの重鎖（H 鎖）と 2 つの軽鎖（L 鎖））が Y 字型に結合した構造を持っており、重鎖と軽鎖にある可変領域（可変部）は抗原と結合する箇所で、抗原に対して特異的な構造（特異的なアミノ酸配列）を有する。また、B 細胞には抗体の可変部の構造を決める 5 つの遺伝子群（L 鎖：2 群、H 鎖：3 群）があつて、それぞれ多数の遺伝子を含む。未熟な B 細胞から成熟した B 細胞に分化する際は、各群から遺伝子が 1 つずつ選択されて遺伝子が再構成される。よつて、さまざまな抗体の産生が可能となる。ちなみに、この遺伝子の再構成の仕組みを解き明かしたのが利根川進博士である。



© CSLS University of Tokyo

(図は <http://csls-db.c.u-tokyo.ac.jp/ird/1138.jpg> より引用)

原則 1 5. 光合成細菌・化学合成細菌など → 問 9・問 1 2 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_4^+ から NO_2^- をつくり、硝酸菌は NO_2^- から NO_3^- 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。

（※）光合成の反応式： $6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{S} + \text{光エネルギー} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{H}_2\text{O} + 12\text{S}$

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。

問 1

【方針】

無性生殖と有性生殖についての知識問題であると気づく。したがって、無性生殖と有性生殖に関する知識にもとづいて解く。

【解説】

- ①：誤文である。ジャガイモやオランダイチョ等の被子植物は栄養生殖も行う。
 - ②：正文である。無性生殖で生じた細胞は、いずれも同じ遺伝子のセットをもつ。
 - ③：誤文である。アカパンカビ等では、無性生殖によって増えた分生胞子から生じた菌糸が有性生殖を行うことがある。
 - ④：正文である。酵母菌は出芽によって増えることができる。
 - ⑤：誤文である。クラミドモナス等は同形配偶子接合を行う。
- 以上より、②と④が正しい。ゆえに、解答は、62-②・④である。

問 2 ・ 問 3

【方針】

いずれの設問もネフロンや原尿についての知識問題であると気づく。したがって、「原則 10. ネフロン（腎単位）と原尿について」の知識を利用して順に解いてゆく。

【解説】

（問 2）

「原則 10. ネフロン（腎単位）と原尿について」より、解答は、63-①・⑤である。

（問 3）

「原則 10. ネフロン（腎単位）と原尿について」より、解答は、64-①・③である。

問 4

【方針】

肝臓の機能や特徴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 1. 尿素回路（オルニチン回路）」や「原則 1 2. 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解く。

【解説】

- ①：誤文である（「原則 1 2. 外胚葉・中胚葉・内胚葉からできる器官」参照）。
 - ②：正文である。アルコールの分解は解毒作用に該当する。
 - ③：誤文である。胆汁は肝臓でつくられた後、胆のうに貯蔵される。
 - ④：正文である（「原則 1 1. 尿素回路（オルニチン回路）」参照）。
 - ⑤：誤文である。小腸で吸収した栄養物質は、肝門脈を經由して肝臓へ送られる。
- 以上より、②と④が正しい。ゆえに、解答は、65-②・④である。

問 5

【方針】

ホルモンについての知識問題であると気づく。したがって、「原則 8. 主要なホルモンについて」の知識を利用して解く。

【解説】

「原則 8. 主要なホルモンについて」より、解答は、66-②・⑤である。

問 6

【方針】

図 4 から、アは中脳・延髄、イは脊髄の胸髄・腰髄、ウは脊髄の仙髄であり、イより交感神経、アとウより副交感神経が出ることに気づく。この点を踏まえて、「原則 2. 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】

- ①：正文である。迷走神経（副交感神経）は延髄より出て心拍数を減少させる。
 - ②：誤文である。迷走神経（副交感神経）はすい臓のインスリン分泌を促進する。
 - ③：誤文である。胃腸の運動を促進するのが迷走神経で、アから出る。
 - ④：誤文である。グリコーゲンの分解を促すグルカゴンやアドレナリンは交感神経の支配を受ける。
 - ⑤：正文である（「原則 2. 神経の種類とニューロンについて」参照）。
- ゆえに、解答は、67-①・⑤である。

問 7

【方針】

ホルモンの一つであるバソプレシンについての知識問題であると気づく。したがって、「原

則 8. 「主要なホルモンについて」の知識を利用して解く。

【解説】

①・②：誤文である（「原則. 主要なホルモンについて」参照）。

③：正文である（「原則. 主要なホルモンについて」参照）。

④：誤文である（「原則. 主要なホルモンについて」参照）。

⑤：正文である（「原則. 主要なホルモンについて」参照）。

以上より、③と⑤が正しい。ゆえに、解答は、68-③・⑤である。

問 8

【方針】

長日植物の栽培についての知識問題であると気づく。したがって、長日植物や長日処理に関する知識にもとづいて解く。

【解説】

限界暗期が 12 時間の長日植物において花芽が形成されないためには、連続暗期を 12 時間以上とすればよいので、②と⑧がそれに該当する。ゆえに、解答は、69-②・⑧である。

問 9

【方針】

光合成ではグルコースが生成されることに気づく。この点を踏まえて、「原則 1 5. 光合成細菌・化学合成細菌など」や「原則 1 3. 光合成と葉緑体」の知識などを利用して解く。

【解説】

①：亜硝酸菌が行う硝化作用の式である。

②：アルコール発酵の式である。

③：紅色硫黄細菌の光合成の式である。

④：緑色植物の光合成の式である。

⑤：好気呼吸の式である。

以上より、光エネルギーを利用するものは、③と④である。ゆえに、解答は、70-③・④である。

問 1 0

【方針】

免疫グロブリンについての知識問題であると気づく。したがって、「原則 1 4. 白血球と免疫グロブリン」の知識を利用して解く。

【解説】

①・②：誤文である（「原則 1 4. 白血球と免疫グロブリン」参照）。

③：正文である（「原則 1 4. 白血球と免疫グロブリン」参照）。

④：誤文である（「原則14．白血球と免疫グロブリン」参照）。

⑤：正文である（「原則14．白血球と免疫グロブリン」参照）。

以上より、③と⑤が正しい。ゆえに、解答は、71-③・⑤である。

問11

【方針】

葉緑体についての知識問題であると気づく。したがって、「原則13．光合成と葉緑体」の知識を利用して解く。

【解説】

「原則13．光合成と葉緑体」より、グラナ（①）とチラコイド（③）にクロロフィルが存在する。ゆえに、解答は、72-①・③である。

問12

【方針】

ラン藻類についての知識問題であると気づく。したがって、「原則15．光合成細菌・化学合成細菌など」の知識などを利用して解く。

【解説】

①：正文である。シアノバクテリア（ラン藻類）は真正細菌に分類される。

②：正文である（「原則15．光合成細菌・化学合成細菌など」参照）。

③：誤文である。シアノバクテリア（ラン藻類）の光合成によって地球に酸素が蓄積された結果、好気性生物が出現してきた。

④：誤文である（「原則15．光合成細菌・化学合成細菌など」参照）。

⑤：誤文である。シアノバクテリア（ラン藻類）に由来する細胞小器官は葉緑体である。

以上より、①と②が正しい。ゆえに、解答は、73-①・②である。