

冬期講習

解答

Z会東大進学教室

東大・医学部・難関大生物

東大生物



1 章 動物の反応

問題

■ 演習

【1】

解答

問1 ②－ウ ④－オ

問2 適刺激：体の回転

理由：回転を立体的に受容するには、3本の直角に位置している管が必要になる。

問3 ア

問4 自律神経の名称：交感神経 色素名：ロドプシン

問5 右目

問6 a

問7 盲斑

問8 A：イ B：オ

解説

問1 ①エ ②ウ ③ア ④オ ⑤イ

問2 三次元の回転覚は、縦、横、高さの3本の直行する軸があれば受容することができる。

問3 基底膜の幅は基部では狭く、先端部ほど広がっている。よって高音は基部側で共鳴し、低音は先端部側で共鳴する。このように振動する基底膜の範囲が異なることで、音の高低を聞き分けている。

問4 光が弱いときには交感神経が興奮して瞳孔が開き、光が強くと副交感神経が興奮して瞳孔が閉じる。桿体細胞にあるロドプシンは視物質として働き、光が当たることで分解される。

問5 盲斑は鼻側にある。図では、盲斑が中心窩よりも左側にあるので右目である。

問6 錐体細胞は黄斑に集中的に存在する。

問7 盲斑には視細胞が存在しない。

問8 A：右目からの視神経がすべて切断されているので、右目からの視野が失われる。

B：左右の目の網膜の左側には、視野の右側から入った光が像を結び、網膜の右側には、視野の左側から入った光が像を結ぶ。よって、右目からの右視野と左目からの左視野（両目の外側視野）が欠損する。

【2】

解答

問1 (ア)－軸索 (イ)－樹状突起 (ウ)－活動電位 (エ)－ナトリウム
(オ)－カリウム (カ)－抑制 (キ)－弛緩

問2 感覚ニューロンB：60m/秒
感覚ニューロンC：2m/秒

理由：感覚ニューロンBは髄鞘をもち、感覚ニューロンCは髄鞘をもたないから。もしくは、感覚ニューロンBは軸索が太く、感覚ニューロンCは軸索が細いから。

(71字)

問3 シナプスの数：2
伝達時間：0.8ミリ秒

解説

問1 神経を構成する単位をニューロンという。ニューロンには核のある細胞体があり、そこから長い突起である軸索と、短く枝分かれした多数の樹状突起が伸びている。

活動電位は Na^+ が細胞内に流入することで生じる。そしてその後 K^+ が流出することで活動電位は降下する。

問2 Bは0.6mの距離を10ミリ秒で興奮が伝導しているので、伝導速度は60m/秒。Cは0.8mの距離を400ミリ秒で興奮が伝導しているので、伝導速度は2m/秒である。

有髄神経繊維は跳躍伝導を行うので、無髄神経繊維よりも伝導速度は速い。また軸索が太いほど伝導速度は上昇する。さらに温度が高くても伝導速度は速くなる。

問3 図2の電極1より感覚ニューロンBの伝導には10ミリ秒かかることがわかる。また、運動ニューロンAの興奮伝導速度は50m/秒であるので1mある運動ニューロンAを伝導するには20ミリ秒かかる。したがって伝達には

$$31.6 - (10 + 20) = 1.6 \text{ [ミリ秒]}$$

かかる。ここでシナプスはBとAの間、Aと筋肉の間の2つ存在するので、1つのシナプスを通過するのに0.8ミリ秒かかることになる。さらに実験2の図3より、伝達にかかる時間が

$$401.6 - 400 = 1.6 \text{ [ミリ秒]}$$

であるので、ここには2個のシナプスが存在することがわかる。

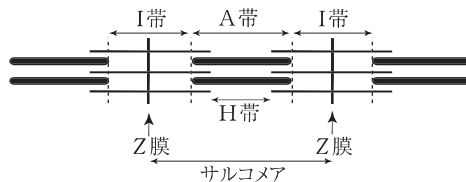
【3】

解答

問1 筋細胞の発生過程で、複数の前駆細胞が融合して筋細胞になるから。

問2 (a) ミオシン (b) アクチン

問3 (下図)



問4 20mm/s

問5 ATPは細胞膜を通過できないため、骨格筋に直接与えても利用できず、収縮は起こらない。しかし、グリセリン筋には細胞膜が存在しないため、ATPを利用して収縮することができる。

問6 skinned fiberには筋小胞体が存在するため、電気的な刺激を与えることで、カルシウムイオンが筋小胞体から放出されるから。

問7-1 タンパク質

問7-2 アクチンフィラメントとミオシンフィラメントの結合を阻害する。

問8 筋収縮によりできたADPは、筋肉中にあるクレアチンリン酸をクレアチンにすることで再びATPとなるから。

解説

問1 筋芽細胞が細胞融合を起こして、最終的に筋細胞を形成する。

問2 基本事項。

問3 サルコメアの両端にI帯(明帯)がある。中央部分にA帯(暗帯)が存在し、その中央にミオシンフィラメントだけでできたH帯が存在する。

問4 1個のサルコメアの両端に明帯があるので、1個のサルコメアの収縮速度は $20\mu\text{m/s}$ となる。この筋原繊維は1000個のサルコメアがつながっているため、その収縮速度は $20 \times 1000 = 20000[\mu\text{m/s}] = 20[\text{mm/s}]$ となる。

問5 グリセリン筋は膜構造が壊れているが、アクチンフィラメントやミオシンフィラメントなどの収縮に必要な構造は残っている。

問6・7 カルシウムイオンがないときには、タンパク質(トロポニン+トロポミオシン)によりアクチンフィラメントとミオシンフィラメントの結合が阻害されている。しかし、カルシウムイオンがトロポニンと結合するとトロポミオシンの構造が変化して、アクチンフィラメントとミオシンフィラメントが結合できるようになる。

問8 筋肉中にはATPを供給するためのクレアチンリン酸が存在する。

【4】

解答

問1 円形

問2 (a)－C (b)－B (c)－A

問3 えさ台の記号：C

理由：図3より、太陽に見立てた光源から反時計まわりに 45° の方向に直進している。

太陽は南東にあるのでCのえさ台から戻ったハチだと考えられる。

問4 経過時間：3時間

理由：AとCは反対方向のえさ台なので、図4の(d)と(e)によって表される。よって、Bに相当するものが(f)になる。(f)は太陽と同じ方向にえさ台があることを示しているの
で、太陽は南にある。図2の観察時には太陽は南東にあることから、太陽が 45° 西に
移動しているので3時間後となる。

解説

問1 えさ場までの距離が近いと、ダンスが速くなり円形ダンスになる。

問2 太陽が南東にあるので、図2の上が南東。

(a)は南東の左まわり 45° なので東となる。

(b)は南東の右まわり 45° なので南となる。

(c)は南東の右まわり 135° なので西となる。

問3 光源の方向を太陽とし、図2で太陽は南東の方向にあるからCである。

問4 各ダンスは左まわりに 45° ずつずれている。(e)は(a)の、(f)は(b)の、(d)は(c)の3時間後の
ダンスである。

【5】

解答

- I 問1 ・色が異なる場合はすぐに、同じ場合は約4分後から米粒を食べ始める。(32字)
 ・食べる速度は、色が異なる場合は一定であり、同じ場合は徐々に上昇する。
 (34字)
 ・食べる速度は、時間をかければ色が同じ場合も異なる場合も等しくなる。(33字)
- 問2 (4)
- 問3 連続して同じ羽の模様のガが映し出されないため、学習が成立しないから。
 (34字)
- II 問4 模型1の頻度が上昇したことで、模型2・3の学習頻度が減ったから。(32字)
- 問5 頻度が高くなった一方は見分けられて捕食されやすくなるため、もう一方の個体数が増加する。この変化が周期的に起こるから。(58字)
- 問6 初期数が少なく模型4についての学習が成立するのに10日かかったから。(34字)
- 問7 (3)
- III 問8 工業暗化
- 問9 この集団におけるCとcの遺伝子頻度は $\frac{1}{2}$ ずつなので、次世代の遺伝子型の頻度は
- $$\left(\frac{1}{2}C + \frac{1}{2}c\right)^2 = \frac{1}{4}CC + \frac{1}{2}Cc + \frac{1}{4}cc$$
- よって野生色：黒化色 = 1：3である。
- 問10 集団内に多様な形質の違いが存在し、形質に応じて生存率や繁殖率に違いがある。
 そのため、より環境に適した個体のみが生き残ること。(62字)
- 問11 (3)

解説

- I
- 問1 グラフの横軸が時間なので、傾きが速さである。テストAとBで同じ条件の傾きは同じなので、どちらかの色に対して忌避行動を示すことはない。
- 問2 動物を用いるときは、個体差が出ないように配慮する。
- 問3 RとLが無作為に映し出されると、羽模様とよく似た模様の背景の中からガを探し出す、という学習が成立しにくくなる。
- II
- 問4～7 このグラフが学習の結果を示していることに気づくことが重要である。被食者－捕食者相互関係でみられる増減の曲線と形が似ていることにも注目しよう。
- III
- 問9 自由交配(任意交配)なので、ハーディー・ワインベルグの法則が成り立つ。
- 問10 文3のリード文をまとめながら考えていこう。オオシモフリエダシャクには2つの表現

型があり、これは環境変異ではなく突然変異なので遺伝する。また、この表現型の間で、その環境に適応しているものと適応していないものが存在する。そのため、環境に適応している個体は子孫が残しやすく、個体数の増加がみられる。

問11 地衣類が繁茂した状態では黒化型は目立つために捕食されやすい。そのため、個体数は減ってしまうが、図4で考察したように、見つけられやすいものでも完全に消滅してしまうとは考えにくい。

添削課題

解答

- I 問1 1－平滑 2－横紋 3－副交感 4－交感 5－間脳視床下部
- II 問2 心房筋標本a：右心房
理由：右心房にはペースメーカーとしてはたらく洞房結節があり，これにより自発的な収縮・弛緩のリズムが生まれるから。
- 問3 物質名：アドレナリン
名称：ホルモン
- 問4 Yの反応：(2)
Yの名称：アセチルコリン
Zの反応：(3)
Zの名称：ノルアドレナリン
- 問5 ①特徴：収縮と弛緩の振幅が増大する。
変化：一回の拍動で血液の押し出される量が増加するため，血圧が増大する。
②特徴：収縮の頻度が増加する。
変化：心臓の拍動数が増加するため，血流量が増大する。

解説

- I
- 問1 副交感神経の動眼神経は中脳から，顔面神経と舌咽神経，迷走神経は延髄から直接出ている。
- II
- 問2 右心房にある洞房結節がペースメーカーとしてはたらいっている。ここで生じた電気信号がまず左右の心房を収縮させる。その信号が房室結節を通り，左右の心室を収縮させる。
- 問3 アドレナリンは副腎の髄質で分泌される。
- 問4 Yは小腸の収縮を起こすので副交感神経，Zは弛緩させるので交感神経の末端から放出される神経伝達物質である。副交感神経は消化系の活動を活発にし，呼吸系の活動を抑制する。
- 問5 (3)のグラフの縦方向は収縮と弛緩の大きさを表しているので振幅を，横方向は時間を表しているので拍動数を示している。

2章 植物生理

問題

■ 演習

【1】

解答

- 問1 (ア)－プロモーター (イ)－RNA ポリメラーゼ
- 問2 A－ジベレリン B－アブシシン酸
- 問3 ・茎の伸長を促進する。
・子房の肥大を促進する(単為結実を促進する)。 などから1つ
- 問4 温度・pH・基質濃度
- 問5 植物ホルモン A は胚から分泌され、糊粉層に作用してアミラーゼを合成させる。
- 問6 (B)
- 問7 植物ホルモン A はアミラーゼ遺伝子の転写を促進する。しかし、植物ホルモン B は植物ホルモン A を阻害し、アミラーゼ遺伝子の転写を抑制する。そのため、植物ホルモン A・B がともに存在する場合、アミラーゼ遺伝子の mRNA 合成の誘導はみられなくなる。
- (118 字)

解説

- 問1 DNA のプロモーター領域に RNA ポリメラーゼが結合することで転写が起こる。
- 問2 基本事項。発芽の促進はジベレリン、抑制はアブシシン酸。気孔を閉じるのはアブシシン酸、開くのはサイトカイニンなのは要チェック事項。
- 問3 イネの馬鹿苗病は、ジベレリンを作るカビがイネの上部の伸長を促進することで起こる。開花前のブドウの花にジベレリンを塗布すると、受粉なしで子房の肥大が起こり(単為結実)、種無しブドウができる。
- 問4 最適温度・最適 pH 条件下で基質濃度が過剰のとき、最大速度($V_{\max}$)となる。
- 問5 実験からわかることを書く必要がある。まず胚のない半切種子より、植物ホルモン A は胚から分泌されることがわかる。糊粉層を除去するとデンプンが分解されないことから、糊粉層がアミラーゼを分泌することがわかる。
- 問6 (A) 細胞壁については実験をしていない。
(C) 植物ホルモン B は発芽を抑制しているが、糊粉層で合成されているわけではない。
(D) アミラーゼの合成は糊粉層であり胚乳ではない。
- 問7 植物ホルモン B は植物ホルモン A によるアミラーゼ遺伝子の転写を抑制する因子として働いていると考えられる。

【2】

解答

- 問1 (1) 1-胚 2-胚乳 3-精細胞 4-休眠 5-液胞 6-膨圧
 (2) 細胞小器官
 (3) ゴルジ体
 (4) 温度, 酸素
 (5) (a)- アブシシン酸 (b)- ジベレリン
 (6) (a)- セルロース (b)- A
- 問2 (1) 1-頂芽優勢 2-オーキシン 3-負 4-重力屈 5-正
 (2) 頂芽で作られ, 下方へ移動して側芽の成長を促進するサイトカイニンの合成を抑制する。(40字)
 (3) E
 (4) 下側
 (5) (a)- 下側
 (b)- 茎でも根でも, オーキシンは下側の濃度が高くなる。しかし, 茎と根ではオーキシンの最適濃度が異なるため, 茎では下側の成長が促進されて上方向に伸長するが, 根では下側の成長が抑制されて下方向に伸長する。(97字)

解説

- 問1 (4) 温度は酵素反応を保つために重要な条件である。また, 酸素がないと呼吸が行えず, 効率的に ATP が生成できなくなってしまう。
 (6) A: セルロースはグルコースを構成単位とする多糖類である。
 B: 発芽後に光合成を行うには, 子葉が展開する必要がある。
 C: 水と一緒に移動するのは無機塩類であり, これから細胞壁を直接合成することはできない。
 D: 種皮が何かに変わることはない。
- 問2 (1) 茎は正の光屈性をもつが「暗所で」とあることから, ここではそれを答えることはできない。
 (2) 基本事項。
 (3) オーキシンには, 離層の形成・発達を抑制する働きがある。
 (4), (5) 根はオーキシンに対する感受性が強いので, オーキシン濃度が高いと伸長が抑制され, 正の重力屈性が起こる。

【3】

解答

問1 L光：エ) M光：オ)

問2 ウ)

問3 L光は発芽を促進するが、M光は発芽を抑制する。この2種類の光の作用は何度でも打ち消し合うため、最終的に当たった光で発芽するかどうかが決まる。(70字)

問4 型：X_M型

理由：種子Rに最終的にL光が当たれば発芽をしている。色素タンパク質XはL光を吸収するとX_M型になるとあるため、X_M型が種子Rの発芽を促進すると考えられる。(74字)

問5 イ

問6 X_M型の色素タンパク質Xが、植物ホルモンYとは無関係に発芽を制御している可能性を否定するため。(47字)

問7 エ)

問8 植物ホルモンZの働きを阻害する作用をもつ。(21字)

問9 一定温度より低い場合、種子Rに赤色光を含む光が当たると、色素タンパク質XがX_M型となり、植物ホルモンYの合成が促進されて発芽が促される。しかし光が当たっても、一定温度より高い場合には植物ホルモンZが作られて、発芽は抑制される。(113字)

解説

問1 L光は光合成に有効な赤色光である。発芽後すぐに光合成ができるため、赤色光があたる条件下では発芽が促進される。

問2 表1より暗所では発芽率が15%となっている。よって、図1より白色光を照射しなかった種子の発芽率が15%となっている25℃を選べばよい。

問3 赤色光であるL光は発芽を促進させ、遠赤色光であるM光は発芽を抑制する。葉を通過した光や反射した光は赤色光が少ない。このため、自然界では他の植物に被陰されている環境で発芽をしないですむ。

問4 フィトクロムが色素タンパク質Xにあたる。

問5 Y₂とY₁の量はそれぞれの条件で変わらないが、Yの量は光条件Lの場合でのみ上昇している。

問6 暗所において植物ホルモンYを与えて発芽が起これば、植物ホルモンYは発芽を促進させているホルモンだと結論できる。

問7 物質Wを与えなかった種子の15日目の発芽率は0%である。図1の条件と比較すると、30℃の場合の発芽率と一致する。

問8 「植物ホルモンZはこの高温での発芽の抑制に関わっていると考えられている」とある。発芽をした、ということは植物ホルモンZの働きは阻害されている。

問9 「種子Rは、高温では光よりも温度の影響を強く受け」とあるので、植物ホルモンZが存在する場合には、植物ホルモンYは働くことができない。

【4】

解答

- 問1 (1) (c), (f), (h)
(2) (b), (g), (j)
(3) (a), (f)
(4) (b), (d), (e)
(5) (d), (e), (i)

のうちから2つずつ選ぶ。

- 問2 アー全能性(分化全能性) イーカルス ウー不定根(根)
エー不定芽(芽) オー不定胚(胚)

- 問3 エチレンは一般に植物の成長に抑制的に働き、高濃度では胚形成を抑制するが、濃度によっては胚形成を促進する。また、胚形成には葉切片自身が合成するエチレンが関わっていると考えられる。(88字)

解説

- 問1 気孔を閉じる→アブシシン酸
気孔を開く→サイトカイニン
種子や芽の休眠打破→ジベレリン
種子や芽の休眠維持→アブシシン酸
離層形成の促進→エチレン・アブシシン酸
離層形成の抑制→オーキシン

- 問2 オーキシンには発根作用がある。
オ：不定胚とは、体細胞から形成される胚様の器官である。通常の胚発生と同様の過程をたどって、完全植物体に戻る性質をもっている。

- 問3 図3より、エチレンガスは濃度によって胚形成に異なる影響を及ぼす。また、図4より生合成されたエチレンが胚形成に関与していると考えられる。

【5】

解答

- I 問1 mRNAへ：転写 タンパク質へ：翻訳 原則：セントラルドグマ
問2 UGG中のグアニンがアデニンに変化すると、UAG, UGA, UAAという終止コドンが生じ、野生型よりアミノ酸配列が短く、野生型と同じ機能をもたないタンパク質ができる可能性が高いため。(90字)
問3 64種類のコドンによって20種類のアミノ酸が指定されており、複数のコドンが同一のアミノ酸を指定する場合があるため。(57字)
問4 1-ホメオティック 2-葉
問5 (2)
問6 A: 1と2 B: 4 C: 3と4
問7 1-花卉 2-花卉 3-おしべ 4-おしべ
A-すべての領域で機能を欠損させた。 C-すべての領域で機能するようにした。
II 問8 フロリゲン
問9 遺伝子Pには花成を促進する機能がある。遺伝子Qは花成を引き起こす反応系において遺伝子Pより前段階の反応に関与し、遺伝子Pの機能を促進する。(69字)
問10 (1), (6)
問11 3-正常 4-早咲き 5-早咲き
問12 シロイヌナズナの遺伝子Qは遺伝子Pの機能を促進するが、イネの遺伝子Q'は遺伝子P'の機能を抑制する。(48字)

解説

- I
問1 基本事項。
問2 塩基の置換が起こっても、そのコドンが指定するアミノ酸が同じである場合や、指定するアミノ酸に変化が起きても、タンパク質の構造や機能に影響しない部位のアミノ酸である場合は、表現型は変化しないことが多い。しかし、塩基の置換によって終止コドンが生じる場合は、その部分で翻訳が終わり、正常よりも短いポリペプチドとなるため、タンパク質の構造・機能が大きく変わり、野生型と異なる表現型を示すことが多い。
問3 たとえばアラニンを指定するコドンには、GCU, GCC, GCA, GCGの4種類がある。
問4 基本事項。
問5 表1から、野生型の領域1～4において働く調節遺伝子と形成される花器官は、1～4の順に、(A→がく)・(A+B→花卉)・(B+C→おしべ)・(C→めしべ)である。A突然変異体では領域1でめしべ、領域2でおしべが形成されたことから、調節遺伝子Aの機能欠損により、調節遺伝子Cが領域1、領域2でも機能するようになったと推測される。
問6 がく・がく・めしべ・おしべとなるので、A・A・C・B+Cの発現となる。
問7 すべての領域がおしべになるので、B+Cの発現だけになる。

II

問8 基本事項。

問9 遺伝子 P・Q の産物にはいずれも花成を促進する働きがある。また、Q 突然変異体の葉で遺伝子 P を発現させれば「早咲き」になるが、P 突然変異体の葉で遺伝子 Q を発現させても「遅咲き」のままであることから、「遺伝子 Q → 遺伝子 P → 花成」という反応系が考えられる。

問10 遺伝子 Q を茎頂部で発現させても「早咲き」にはならないことから、花成にはタンパク質 Q が葉で機能することが必要と考えられる。一方、遺伝子 P は葉および茎頂部のいずれかで発現させると「早咲き」になることから、花成が起こるには、タンパク質 P が茎頂部でつくられて機能するか、葉でつくられて茎頂部に移動して機能する可能性が考えられる。花成は光刺激が葉で感知されることにより、茎頂部で起こる現象であることに着目しよう。

問11 台木もしくは穂木でタンパク質 P が過剰に存在すれば、早咲きとなる。3 ではタンパク質 P が過剰に存在するわけではないので正常となる。

問12 問題文中に「Q' 突然変異体は早咲きで」とある。P' の過剰発現体は早咲きとなり、Q' の過剰発現体は遅咲きなので、Q' は P' を抑制している。

添削課題

解答

- I 問1 1－正 2－負 3－負 4－正
問2 (a)：インドール酢酸 (b)：ジベレリン，エチレン
問3 茎では上側に比べオーキシン濃度が高くなる下側の伸長が促進されるが，根では上側に比べオーキシン濃度が高くなる下側の伸長が抑制されるため。(67字)
- II 問4 平衡石
問5 アミロプラストの比重が高まり，重力に反応して沈降しやすくなる。(31字)
問6 内皮細胞は茎の重力屈性には必要だが，根の重力屈性には必要ない。(31字)
問7 ・浸透圧の調節を行う。
・不要な物質をいったん貯蔵する。
問8 アミロプラストが細胞内で重力方向に沈降すること。(24字)
問9 細胞質糸は，液胞を横切って細胞内をスムーズに移動するための連絡通路として働いており，細胞質糸があればアミロプラストの沈降も容易に起こる。細胞質糸がない場合，液胞によってアミロプラストの沈降が妨げられてしまう。(104字)
- III 問10 (2),(5)

解説

- I
問1 基本事項。
問2 基本事項。(b)は他にサイトカイニン，アブシシン酸，ブラシノステロイドも可。
問3 オーキシンに対する感受性は器官によって違う。
- II
問4 平衡石は前庭に存在する。
問5 重力屈性は完全には失われていないが，重力の受容能が低くなっている。
問6 根ではコルメラ細胞が重力を受容するのに必要である。
問7 基本事項。
問8 アミロプラストの「挙動」について述べればよい。
問9 野生株には細胞質糸が存在するが，変異株zには細胞質糸が存在せずにアミロプラストの移動が起こらない。
- III
問10 アミロプラストが発達して正常に重力方向に沈降し→(1),(3),(4)は正常
光屈性は正常であった→(6)は正常

3章 生態①

問題

■ 演習

【1】

解答

- 問1 多い生態系：D, $1029 \times 10^{12} \text{kg}$ 少ない生態系：A, $1.0 \times 10^{12} \text{kg}$
問2 多い生態系：A, $43333.3 \times 10^{-3} \text{kg/年}$ 少ない生態系：F, $40 \times 10^{-3} \text{kg/年}$
問3 A：⑤ B：① C：⑥ D：③ E：② F：④
問4 熱帯多雨林：現存量は大きい純生産量は小さいから。(19字)
外洋域：現存量は小さい純生産量は大きいから。(19字)
問5 G－イ H－ア I－ウ
問6 若い人工林は光合成が活発であり総生産量が高いが、非同化器官の割合が小さいために呼吸量が小さく、純生産量が高くなる。また、十分に発達した安定した森林では極相林となり、非同化器官の割合が大きいため呼吸量も大きく、純生産量は0に近づく。森林が伐採された直後の跡地では、光合成は行われず、分解者による分解が盛んであるため、二酸化炭素の放出源となる。(171字)

解説

- 問1 A： $332 \times 0.003 = 0.996$ B： $42 \times 0.3 = 12.6$ C： $29 \times 0.1 = 2.9$
D： $24.5 \times 42 = 1029$ E： $15 \times 4 = 60$ F： $12 \times 20 = 240$
問2 A： $0.13 \div 0.003 = 43.3333\cdots$ B： $0.04 \div 0.3 = 0.13333\cdots$ C： $0.47 \div 0.1 = 4.7$
D： $2 \div 42 = 0.04761\cdots$ E： $0.9 \div 4 = 0.225$ F： $0.8 \div 20 = 0.04$
問3, 4 熱帯多雨林の生産者は木本なので、非同化器官量が多いため現存量は大きい、現存量あたりの純生産量はそれほど大きくない。外洋域の生産者は植物プランクトンなので、現存量は小さいが、現存量あたりの純生産量は大きい。あるいは、面積がいちばん大きいところから判断したと答えてもよい。
問5, 6 若い森林は非同化器官量が少ないので呼吸量が小さく、純生産量が多い。しかし、極相林になると非同化器官量が増えるため、呼吸量が大きくなって純生産量が小さくなる。

【2】

解答

問1 1－生物群集 2－個体群 3, 4, 5－食物・生活空間・配偶個体

問2 (1) $D = \frac{N}{S}$

(2) 16(個体/m²)

(3) 196 個体

(4) 300 個体

(5) ・区画ごとに環境が異なり、分布している個体数にばらつきがある可能性があるから。
・捕獲個体とその他の個体の間で、再捕獲の際の捕獲されやすさや生存率の違いが大きい可能性があるから。

問3 (1) 1, 2, 3: 日長・気温・降水量

(2) ウサギの個体群密度が高くなると、ウサギの捕食者であるヤマネコの捕食量が増え、出産数も増加し、ヤマネコの個体群密度は高くなる。しかし、ヤマネコの捕食量が増え続けると、ウサギの個体群密度が低下するため、ヤマネコの捕食量は減り、ヤマネコの個体群密度は低下する。(128 字)

解説

問1 前後の文章とのつながりなどを考えながら入れていく。

1: 入れにくい。次の2が個体群であることから、生物の集まりとして生物群集が適する。

2: 同種の集団なので個体群である。

3～5: 食物、生活空間、配偶個体といった生活要求は、種内関係を考えるうえでの重要な要素となる。

問2 (1) 基本事項。

(2) 5つの調査区での総個体数は、20 個体。したがって、1つの区画では平均4 個体。
1m² 中では16 個体となる。

(3) $4 \times 49 = 196$

(4) 標識再捕法は、全体と部分の比は一定であるという仮定に基づいた個体数の調査法である。移動力が高く、頻繁に行動が変わるが、時期によって死亡率や捕獲率が変わらない動物の総数を推定するのに適した方法である。 $x:20=30:2 \quad \therefore x=300$

(5) 区画ごとに環境が大きく異なり、生物種によって分布の仕方に違いがあるためデータのばらつきが大きく出るような場合は、区画法は適していない。一方、マーキングした個体としていない個体の間で捕獲されやすさや生存率などに差がある場合は、標識再捕法は適していない。どちらかの方法が適していない状態のときは、推定値が一致しないことが多い。

問3 (1) 生物は環境からの影響を受ける。これを環境から生物への作用と呼ぶ。

(2) 被食者の個体数の上昇の後、捕食者の個体数の上昇が起こり、被食者の個体数の減少の後、捕食者の個体数の減少が起こる。捕食者の個体数の変動が被食者の個体数の変動より遅れるのは、被食者の個体数の変動が捕食者の繁殖に影響するまでに時間がかかるためである。

【3】

解答

- 問1 a-降水量 b-気温(年平均気温) c-サバンナ
d-ステップ e-熱帯多雨林 f-雨緑樹林 g-水平分布
h-垂直分布 i-亜熱帯多雨林 j-夏緑樹林
- 問2 (1) 20.6 トン/ha・年
(2) 5.2 トン/ha・年
- 問3 二次遷移では開始時点ですでに土壌が形成されており、また種子や根なども残っている
ので、一次遷移の初期過程がないから。(57 字)
- 問4 陽樹は、光補償点が高く光の弱い所では十分に成長できないため、暗い陽樹林の林床で
は成長できない。一方、陰樹は、光補償点が低く暗い陽樹林の林床でも成長でき、陽樹が枯
れたときに最も有利に生育できるから。(98 字)
- 問5 A-風化 B-枯死体(遺体)
- 問6 A-② B-③ C-③ D-② E-①
- 問7 ③, ⑤
- 問8 (A) 陽樹の幼木の年輪数を調べる。
(B) 陽樹は、高木が倒れて林床が明るくなった直後に発芽・成長したものと考えられる
から。

解説

- 問1 基本事項。
- 問2 (1) 純生産量＝総生産量－呼吸量である。
 $73.1 - 52.5 = 20.6$
(2) 純生産量＝成長量＋被食量＋枯死量である。
 $20.6 - (15.1 + 0.3) = 5.2$
- 問3 もともとあった植物群落が、山火事・人間の活動などで大部分失われたあとに起こる遷
移を二次遷移という。残っていた根株や土壌中の種子などからの植物の再生が主となる。ま
た、周辺の植生からの侵入も同時に起こる。一次遷移との大きな違いは、既存の植物群落の
一部が残っている点、土壌がすでに形成されていて、窒素、リンなどの栄養塩が土壌中に存
在する点である。
- 問4 林床が暗いので陽樹の実生(種子から発芽した幼植物)は育たないが、陰樹の実生は育
つ。
- 問5 土壌有機物の全体を腐植といい、いろいろな分解段階にある動植物の遺骸および土壌動
物の遺体、土壌動物が合成する物質などを含む。腐植の量は保水・通気・pH・イオンの吸
着など、土壌のさまざまな性質に影響を与える。
- 問6 遷移が進むにつれて、根や幹など非同化器官が増えるので、呼吸量は増える。しかし、
全体に対する同化器官の割合は減少する。
- 問7 ③：遷移が進行すると、一般に生物量は増大し、生物量あたりの生産速度は低下し、植
物群落の安定性は高まるとされている。

⑤：陽生植物は明るくないと育たない。

問 8 森林において，林冠に生じた空隙とその再生にかかわる動的な過程をギャップダイナミクスという。森林には，倒木，高木の立ち枯れ，幹折れなどによってできた林冠の穴，すなわちギャップがみられる。このギャップは光が射し込み，明るいので，新たな実生が育つ場となる。これをギャップ更新とよぶ。

【4】

解答

問1 ア－陽樹 イ－陰樹 ウ－遷移 エ－夏緑樹

問2 (1) 光補償点

(2) 種 α －陰樹 種 β －陽樹

問3 B－c D－d

理由：aの光の強さでは、種 α も種 β も枯死してしまう。bでは種 α は生育できるが、種 β は枯死してしまうので、ここではあてはまらない。cでは種 α の方が成長量が多いので、種 α が成長するBの場合である。dでは種 β の方が成長量が多いので、種 β が成長するDの場合である。(127字)

問4 小さなギャップができると、林床はあまり明るくならず、種 α のような陰樹林がギャップで発達する。しかし、台風などで攪乱が起こり多数の大木が倒れて大きなギャップができると、林床が明るくなるので、種 β のような陽樹林がギャップで発達する。したがって、極相林である陰樹林の中に陽樹林がモザイク状に発達する。(147字)

解説

問1 基本事項。エは陰樹でもあてはまるが、イと重複するうえ冷温帯なので夏緑樹林とする。

問2 陽樹は光補償点も光飽和点も高い葉を持ち、陰樹は光補償点も光飽和点も低い葉を持つ。

問3 種 α は光補償点以上の光強度であるb・c・dであれば、生育することができる。種 β はc・dの光強度であれば、生育することができる。cの光強度では種 α の方が生育速度が大きく、dの光強度では種 β の方が生育速度が大きい。

問4 森林には、倒木、高木の立ち枯れなどによって生じる林冠の穴であるギャップがみられる。このギャップに光が射し込むと、新たな実生が成長する。よく発達した森林では、こうしたギャップに始まる植物群落がモザイク状に生育している。

【5】

解答

問1 (a) 突然変異 (b) 自然選択

問2 T が同じなので、単位時間あたりの純生産量が大きくなる利益よりも、生殖成長に費やす期間が短くなる不利益の方が大きくなるから。(61字)

問3 A：窒素は光合成に必要な酵素やクロロフィルの成分であり、その合成量が減ると光合成速度が減少するため。(48字)

B： r が小さくなると $1/r$ は大きくなり、結果として t_s は小さくなるため、切り替え時期は早くなる。(43字)

問4 寒冷地では初秋でも気温が低いので、それから生殖成長を行うと十分な種子を作れず、また枯死するものも出てくるため、生殖成長と栄養成長を同時に行い、夏のうちから種子を散布する方が、多くの子孫を残せる。つまり、寒冷地に適応したものと考えられる。

(118字)

解説

問1 基本事項。

問2 栄養成長の時間を長くすると、その分生殖成長の時間が短くなるので結果として生殖器官の重量は少なくなる。

問3 窒素はさまざまなアミノ酸を合成する材料として必要である。したがって不足すると酵素や光合成色素を作ることができず、光合成速度は低下する。

問4 「夏のうちに散布される種子もでてくる」とあるので、秋にできるものもある。よって時期をずらすことで子孫を残す可能性を高めている。解答では寒冷地のみについて述べた。他にも、河川敷では台風による氾濫が起こるので、夏の時期から種子を散布したほうがよい。また、人の手の入る林道や農地でも夏に草刈りが行われるので、夏と秋と長い期間で種子を作るほうがよい。

添削課題

解答

- 問1 1-植物 2-無機物 3-微生物 4, 5-細菌, 菌 6-降水量
問2 光, 水, 温度, 土壌, 空気
問3 $6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{H}_2\text{O} + 6\text{O}_2$
問4 表より, 生物量に対する純生産量の割合は森林では約 0.04, 疎林・草原では約 0.16 とわかる。疎林・草原の方が非同化器官の割合が低いため, 生産効率が高くなる。(78 字)
問5 重量: $242 \times 10^{12} \text{kg}$ 割合: 9%
問6 海洋の植物の大部分は植物プランクトンであり, からだのほぼすべての細胞で光合成を行うことができる。一方, 陸上の植物では, 乾燥や重力などに耐えるために根や茎などの器官や表皮などを発達させたが, これらの細胞の多くは光合成を行うことができない。よって, 海洋の植物の方が, 生物量に対する純生産量の割合が高い。(149 字)

解説

- 問1 生物のうち, 無機物から有機物を合成する生物を生産者といい, 生産者が合成した有機物を利用して生活する生物を消費者という。また, 生産者や消費者の枯死体や遺体, 排出物を分解する生物を分解者という。
問2 基本事項。
問3 基本事項。
問4 草原の生産者は, 同化器官の割合が非常に高く, 非同化器官の割合は低いので, 生産効率は高い。森林の生産者は, 生物量が大きいものの, そのほとんどは非同化器官なので相対的に同化器官は少なくなる。また, 非同化器官も呼吸を行うので, 生産効率は低下する。
問5 森林の生産者の生物量の総量は, $1650.0 \times 10^{12} \text{kg}$ で, その 1 割は, $165.00 \times 10^{12} \text{kg}$ となる。1 モルのブドウ糖(180g)から 6 モルの CO_2 ($44 \times 6 = 264 \text{g}$)ができるので, CO_2 量に換算するには, 264/180 倍すればよい。

$$165.00 \times 10^{12} \times \frac{264}{180} = 242 \times 10^{12} (\text{kg})$$

この量は, 現在の大气中に含まれる CO_2 の重量の,

$$\frac{242 \times 10^{12}}{2800 \times 10^{12}} \times 100 = 8.6 \cdots \div 9 (\%) \quad \text{である。}$$

- 問6 水には陸上と違い浮力があるため, 海洋の生産者は同化器官を支えるための支持体を必要としない。したがって, 陸上の生産者と違い, 非同化器官がほとんどない。

4章 生態②

問題

■ 演習

【1】

解答

- 問1 アー二次遷移 イー極相 ウーコケ植物(地衣類) エー陰樹林
 オー生産構造図 カー総生産 キー呼吸 クー光飽和点
- 問2 裸地から始まる遷移は一次遷移であり、土壌がまだ形成されていないので水が不足し、栄養塩もほとんど存在しない状態である。一方、休耕田から始まる遷移は二次遷移であり、土壌はすでに形成されており水や栄養塩も豊富にある。また土壌中に種子や地下茎も存在しているため、植物の生育にとって適した環境になっている。(148字)
- 問3 2
- 問4 記号：a
理由：太陽光の平均値は双方の光飽和点を超えており、aはcの3倍近いみかけの光合成速度となるため、aの成長速度はcよりも非常に大きいものになる。また、背丈もaの方が高く、光を効率よく得られるから。(94字)
- 問5 記号：c
理由：地表面に届く光は太陽光の平均値の3%となるため、aにとっては光補償点を下回る光の強さとなり枯死する。一方、光補償点の低いcにとっては光補償点を上回る光の強さであるため、生育が可能だから。(93字)
- 解説**
- 問1 一次遷移では土壌が存在しないため、根の発達していないコケ植物や地衣類がまず生育する。
- 問2 一次遷移は裸地から始まるので土壌形成に時間がかかり、極相に達するには二次遷移よりも長く時間がかかる。
- 問3 aはイネ科型であり、相対照度が急激に低下することはないので、2となる。bは上部に同化器官が多いので、上部で急激に相対照度の低下する1、cはまだ高さが低いので、相対照度の低下が小さい3である。
- 問4 明るい環境では光合成速度の大きいaのほうが優勢になる。
- 問5 極相林の地表面近くには太陽光の平均値の3%の光しか到達せず、その光の強さはaにとっては光補償点以下、cにとっては光補償点以上である。したがって、極相の状態では、aは枯死し、cは生育する。

【2】

解答

問1 a - 窒素固定 b - 窒素同化 c - 硝化 d - 窒素同化
e - 脱窒(脱窒素作用)

問2 レンゲソウはマメ科植物であり、その根に共生する根粒菌が空中の窒素を固定し、マメ科植物に提供するので、これを植えると土地の窒素分が増し、肥料となるから。

問3 亜硝酸菌はアンモニウムイオンを亜硝酸イオンに、硝酸菌は亜硝酸イオンを硝酸イオンに変える。いずれも窒素化合物を酸化するという性質をもち、そのときに生じる化学エネルギーで炭酸同化を行う化学合成細菌である。

問4 f - 呼吸 g - クエン酸回路 h - CO_2 i - 電子伝達系
j - H_2O k - ATP l - N_2

解説

問1 aの過程は空中窒素固定であり、マメ科植物に共生する根粒菌や好気性のアゾトバクテリア、嫌気性のクロストリジウム、原核生物のシアノバクテリアなどが行う。cの硝化には硝化細菌、eの脱窒(脱窒素作用)には脱窒素細菌が働く。

問2 空気中には約80%も窒素があるが、植物は直接それを使用することができない。そこでレンゲソウなどに共生する根粒菌に空気中の窒素を固定させて、それを田の中にすき込んで、イネなどの作物の成長に利用させる。

問3 亜硝酸菌は、アンモニウムイオンを酸化することで亜硝酸イオンをつくる。硝酸菌はこの亜硝酸イオンを酸化して硝酸イオンをつくる。植物は硝酸イオンを吸収して窒素同化を行う。

亜硝酸菌や硝酸菌は、基質を酸化することで得られる化学エネルギーを使用して、炭酸同化を行う。そうして合成したグルコースなどの有機物は、呼吸基質にしたり体を構成する物質の材料にしたりする。

問4 脱窒素細菌は、硝酸または亜硝酸を窒素ガスに変えて放出する作用、脱窒を行う。ここで放出される窒素ガスは、すべて土壌中の硝酸または亜硝酸に由来する。リード文中に、「最終的に水素を受けとるものが硝酸イオンであり、反応式3にしたがって窒素を生じる。」とあるのが読みとれただろうか。つまり、呼吸における電子受容体として、酸素ではなく硝酸を用いて、エネルギーの調達を行っていると思われる。

通常的高等植物や他の細菌類の体内での硝酸や亜硝酸の還元過程は、酵素を使用したエネルギーの放出がみられる同化の過程であるのに対し、脱窒はエネルギーの吸収がみられる異化の過程である。

【3】

解答

- 問1 転写と翻訳が細胞質で同時に行われる。
- 問2 食物の不足や空間の減少などが原因で、増殖速度が低下したから。
- 問3 薬剤①：大腸菌の分裂を阻害する薬剤。
薬剤②：大腸菌を死滅させる薬剤。
- 問4 少数存在していた、薬剤②に対する耐性をもった大腸菌が増殖したから。
(別解：薬剤②に対する耐性をもった大腸菌が現れ、増殖したから。)
- 問5 アルコール発酵では解糖系のみでATPを生産するため、1分子のグルコースから生産されるATPは2分子である。呼吸では解糖系・クエン酸回路・電子伝達系といった過程を利用するため、1分子のグルコースから生産されるATPは最大38分子である。よって、同量のATPを生産しようとした場合、アルコール発酵の方がグルコースの消費量は多くなる。
- 問6 呼吸により効率よくATPが生産されている場合、効率の悪いアルコール発酵を抑制する、という意味をもつ。

解説

- 問1 原核生物である大腸菌は核膜をもたないが、真核生物である酵母は核膜に囲まれた核をもち、転写を核内で行う。上記解答の他に「転写後のスプライシングが行われない。」でも可。
- 問2 曲線Aではなく曲線Bのようになることを密度効果とよぶ。
- 問3 薬剤①は大腸菌数が増えないが減ることもない。しかし、薬剤②の場合には減少しているため、大腸菌にとって有害な物質であったと考えられる。
- 問4 細菌は短時間で分裂するために突然変異が起きやすく、さまざまな形質をもつものが発生しやすい。薬剤②は分解されておらず、他の菌の混入もないことから、増殖したのは薬剤②に対する耐性をもった大腸菌であるとわかる。
- 問5 同じだけのATPを生産するためには、アルコール発酵では呼吸の最大19倍のグルコースが必要となる。
- 問6 呼吸の方がATPの生産効率が高いので、酸素が十分に利用できる条件下では呼吸を優先させた方が、生存に有利となる。

【4】

解答

問1 X種－6546 Y種－1045

問2 記号：オ

理由：X種は被食者でY種は捕食者であることから、X種はY種よりも個体数が多い。
また、被食者を捕食して捕食者が増加するので、被食者の個体数が最大になった後
でしか、捕食者の個体数は最大にならない。このような変動を表しているのはオで
ある。(113字)

問3 a：特定の地域に生育するものでないとその地域への流入や流出が起こる。よって標識
をつけた個体が地域外に出たり、標識のついていない個体の大量の流入が起こる可能
性があるため適用できない。(88字)

b：縄張りを離れないということは地域の中で自由に移動しなくなることを示す。した
がってある部分で捕獲されたものが偶然たくさん出た場合には、全体の値に反映され
てしまうことがあり、適用できない。(92字)

c：活発に移動するが地域から流出することは無い。また、個体が地域内を活発に移動
するので部分による誤差が全体に反映されることもないので適用できる。(70字)

問4 死亡率が高く生存日数の短いⅠ型に感染している個体が、他個体に感染させる前にⅠ型
ごと死滅して、死亡率の低いⅢ型やⅣ型に感染している個体が増加したから。(74字)

問5 ウイルス耐性をもたないW種は淘汰され、ウイルス耐性をもつW種のみが生き残り増
加しているから。(46字)

別解：どの型のウイルスもより弱毒性の個体が自然選択され、W種が生き残りやすくなっ
たから。(41字)

解説

問1 $X : 294 = 334 : 15$ $X = 6546.4$

$Y : 107 = 127 : 13$ $Y = 1045.3 \dots$

問2 一般に被食者の個体数は捕食者の個体数より多い。また、被食者を捕食すると捕食者が
繁殖して捕食者の個体数が増加できるので、必ず被食者の個体数のピークが先に訪れる。ま
た、被食者が減少したあと増加に転じても、捕食者の個体数はしばらく減少し続けるので、
被食者の個体数が減少しすぎることはない。

問3 問1で述べた方法のことを標識再捕法という。標識再捕法は、移動性をもつ動物の個体
数を調べる方法である。調査区域内で、個体の分布に大きな偏りがあったり、他地域との移
出入があったりすると、この方法は適さない。

問4 Ⅰ型やⅡ型に感染している個体は、死亡率が高く生存日数も短いので、他個体に感染さ
せる前に死亡した。一方、死亡率が低いⅢ型やⅣ型に感染している個体は、他個体に感染さ
せながら比較的長い期間生存するため、感染個体数を増加させた。

問5 ウイルス耐性をもたない W 種は、一時的に個体数が大きく減少したときに死滅した。

その後生息している W 種は、ある程度のウイルス耐性をもつと考えられる。

また、ウイルス側の突然変異と自然選択について考えてもよい。W 種の死亡個体を介してウイルスの感染が起こることはないため、宿主である W 種を死なせないような弱毒性のウイルスが繁殖しやすいと考えられる。つまり、20 年の間に、どの型のウイルスも徐々に弱毒化し、W 種が生き残りやすくなったとも考えられる。

【5】

解答

- 問1 深い層に到達する青緑色光で光合成作用スペクトルの極大を示す種 A が、より深い層に生息分布域の中心がみられる。(53 字)
- 問2 栄養素 A は他の栄養素とともに働くことで成長に関わっている。(29 字)
- 問3 最初はプランクトンの分布が均一なので、透過光が多く光飽和に達する深度が深かったが、徐々に表層面のプランクトンが増加することで、透過光が減少し光飽和に達する深度が浅くなったから。(89 字)
- 問4 光の強い昼間は海面付近に移動して光を効率よく吸収し、夜間は深所に多い栄養素の吸収を行うことで、光合成量を多くしている。(59 字)

解説

- 問1 赤色光は光合成効率が高いので、表層にいる植物に吸収されてしまい透過光には含まれにくい。深所でも生存する植物は、透過光の中に多く含まれる緑色光を光合成に使用できる。
- 問2 栄養素 A のみを添加した場合には一緒に働く栄養素が少なかったので、成長が制限されたと考えられる。また、栄養素 A を除いてしまった複合栄養素添加実験は、栄養素 A がないので成長が抑制されたと考えられる。
- 問3 植物プランクトンの鉛直分布の変化について、図3より考える。観察1日目は鉛直分布が均一であるが、10日目には表層付近に多くなる。表層付近に植物プランクトンが多くなると、透過光が減少してしまう。よって、光飽和点に達する深度は非常に浅くなる。
- 問4 栄養素は重いので下に沈む。海水の対流が起こると、この栄養素が光の豊富な表層に上昇して生物量を増加させることができる。しかし、表層と下層が混ざりにくい状態のときは、運動性をもつ植物プランクトンでないと、光と栄養素の両方を獲得することはできない。

添削課題

解答

- I 問1 アブシシン酸
- 問2 温度は適温であり，光量や湿度は十分である。また，気孔の開閉によって二酸化炭素濃度が変動するので，二酸化炭素濃度が限定要因となっている。(67字)
- 問3 (3)
- 問4 $c > d > b > a$
- II 問5 (a)－① (b)－③
- 問6 (a)は広葉型の草本であり，下層の葉では相対照度の減少が著しい。下層の葉は光補償点以下になって呼吸量が光合成量を上回るので，脱落した方が成長に有利であり，物質生産の効率が上がる。(87字)
- 問7 下層の光合成器官は少なく，上層の光合成器官は多いという違い。(30字)
- 問8 (1)－(a) (2)－(b) (3)－(b) (4)－(a)
- III 問9 クロロフィルは青紫色光や赤色光をよく吸収するが，緑色光付近の波長の光はあまり吸収しない。そのため，葉の反射光や透過光が緑色に見える。(66字)
- 問10 節間を長くして背を高くすることにより葉を群落の外部へと展開させ，光合成に有効な青紫色光や赤色光をより多く吸収することができる。(63字)
- 問11 光発芽種子
- 問12 (1), (2)
- 問13 群落の下層に届く光の条件では光補償点以下になって発芽しても生育困難になる。そのような条件で発芽して枯死する可能性を低くすることができる。(68字)

解説

- I
- 問1 アブシシン酸は葉の水分欠乏に伴う気孔の閉鎖に重要な役割をしている。植物体が水分欠乏になると急速に合成されて気孔を閉ざす働きをする。これはアブシシン酸がイオン輸送に影響を与えるからである。気孔は細胞に K^+ がとり込まれ，細胞の膨圧が大きくなることにより開く。アブシシン酸はこれを阻害し，気孔の閉運動を促進する。植物の耐乾性および耐寒性，また種子の乾燥からの保護，休眠の維持などにも関与している。
- 問2 気孔が閉じることで供給が減少するものは二酸化炭素である。
- 問3 光が限定要因になるような条件では，気孔の開閉状態による光合成速度の変化は少ない。
- 問4 気孔が「閉」状態になっている葉では，光条件が良好ならば細胞内の二酸化炭素濃度は下降する。また，大気中には二酸化炭素は約 0.04% しか存在しない。

II

問5 (a)は光合成器官が上層に集中している広葉型の生産構造図であり、(b)は光合成器官が下層にもあるイネ科型の生産構造図である。

問6 広葉型は上層で多く光が使われ、下層に達する光は少ないため、下層に存在する光合成器官では光合成量よりも呼吸量の方が多くなる。

問7 下層に到達する光が少なくなるので、下層の光合成器官が減少する。

問8 広葉型は非光合成器官の量が多いので上に伸びることが可能であり、上層にのみ光合成器官が存在する。イネ科型は非光合成器官の量が少ないので上に伸びることが難しく、光をめぐる競争に不利となる。

III

問9 葉が緑色に見えるのは、緑色光が反射または透過されるからである。

問10 背の高い形状をとれば、他の木々に優先して光を吸収することができる。

問11 光発芽種子は、赤色光を吸収し、フィトクロムの型がPfr型(遠赤外光吸収型)になると発芽をする。

問12 フィトクロムがPfr型になる条件を選ぶ。

問13 種子が休眠することのできる期間は長いので、条件の悪いときには発芽しない方がよい。

5章 進化・分類

問題

■ 演習

【1】

解答

- 問1 (A)－(ウ) (B)－(シ) (C)－(エ) (D)－(ス) (E)－(サ)
- 問2 ア－個体発生 イ－系統発生
- 問3 語句：(A) 図：(う)
- 問4 (1) 誘導
(2) I－(オ) II－(ウ) III－(イ) IV－(ア)
(3) a－(ウ) b－(イ) c－(エ) d－(ア)
- 問5 (1) 原基分布図(予定運命図)
(2) (A) 1－表皮 12－神経
(B) 1－神経 12－表皮
(3) 骨格筋、骨格、腎臓、心臓、血管、内臓筋 などから3つ
- 問6 旧口動物は原口が口になる。一方、新口動物は原口やその付近に肛門ができ、原口の反対側に口ができる。
- 問7 a－(お) b－(え) c－(あ) d－(い) e－(う)
f－(ホ) g－(ロ) h－(ハ) i－(イ) j－(ヘ) k－(ニ)
1－(D) 2－(E) 3－(B) 4－(C) 5－(A)

解説

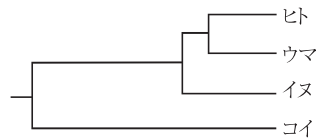
- 問1 (ア) 10億5千万年前は先カンブリア時代である。
(イ) 7億5千万年前は先カンブリア時代である。
(オ) バージェス動物群はカンブリア紀に出現した。
(カ) ジュラ紀は中生代であり、約2.0億年前から1.5億年前である。
(キ) ドリーシュはウニの2細胞期胚、または4細胞期胚の割球を分離して完全な胚が生じることを示した。
(ク) デボン紀は古生代であり、約4.2億年前から3.6億年前である。
(ケ) エディアカラ生物群は先カンブリア時代末期に出現した。
(コ) シュペーマンは形成体の概念を確立した。
- 問2 ヘッケルの説は「発生反復説」や「生物発生原則」と呼ばれる。
- 問3 (あ)は原腸胚だが三胚葉化したもの。(い)は胞胚。(え)は桑実胚である。
- 問4 眼の形成は誘導の連鎖の代表例である。
- 問5 (2) 予定運命は初期原腸胚期には決定されていないが、神経胚期には決定されている。
- 問6 「解答」参照。

【2】

解答

- 問1 シアノバクテリアやその代謝物が堆積して、層状の構造をもつ岩石となったもの。
- 問2 それまで大気中に酸素はほとんどなかったが、シアノバクテリアによる水を水素源とした光合成により酸素が増加した。
- 問3 原核生物の一部から真核生物が出現したこと。
- 問4 先カンブリア時代
- 問5 三葉虫
- 問6 (1) 酸素濃度の増加によりオゾン層が形成され、有害な紫外線の地表到達量が減少したこと。
- (2) 乾燥に耐えやすい表皮組織を発達させたこと。
- 問7 例：ペルム紀末の生物の大量絶滅。
- 原因：大規模な地殻変動に伴い気候が急変したことや、火山活動の増加により、火山灰などで太陽光が遮られ光合成が抑制されたことで海中の酸素濃度が激減したこと。
- 別解
- 例：白亜紀末の恐竜やアンモナイトの絶滅。
- 原因：メキシコのユカタン半島に衝突した巨大隕石の粉じんにより太陽光が遮られ、地球全体が寒冷化して、食物連鎖に大きな影響を与えたこと。

問8 (1)



(2) 3.0 億年前

- 問9 ミトコンドリア DNA の塩基配列を各人種で比べると、アフリカでは遺伝的多様性が他地域よりも高かった。よって、アフリカの人種が最も古く、そこから他地域の人種に分かれていった、ということが推測されるから。

解説

- 問1 ストロマトライトは、約 27 億年前のオーストラリアの地層からも見つかった。
- 問2 シアノバクテリア(ラン藻類)はクロロフィル a をもつために、水を分解して水素を取り出し、残った酸素を放出する。
- 問3 原核生物の一部に細胞小器官をもつものが出てきて、それが真核生物になったと考えられている。共生説では好気性細菌がミトコンドリアに、シアノバクテリアが葉緑体になったと考えられている。
- 問4 「解答」参照。
- 問5 三葉虫は古生代の示準化石である。
- 問6 オゾン層が形成されることで、有害な紫外線を防ぐことができるようになった。また、植物は水中では乾燥する心配もなく、浮力で浮いていればよかったのだが、陸上への進出に際し、乾燥と重力に耐えられる構造をもつ必要が出てきた。その後、維管束をもつことで植

物体の支持が強固なものとなり、植物の大型化が可能となった。

問7 ペルム紀末にはパンゲア大陸が形成され、大規模な火山活動があったと考えられている。

中生代から新生代にかけて、裸子植物が被子植物に取って代わられている。

問8 ヒトとウマは、共通する祖先からそれぞれ9個のアミノ酸が置換したことになるので、1個の置換には $0.8 \div 9$ (億年) かかることになる。ヒトとコイの場合は共通する祖先からそれぞれ34個置換したので、 $0.8 \div 9 \times 34 \div 3.02$ (億年)

問9 多地域並行進化説とは、ホモ・サピエンスの祖先種であるホモ・エレクトスが地球上の各地に移住した後、独立に進化したとするものである。

【3】

解答

問1 ア - $a_x a_x$ イ - Aa_x ウ - $a_x a_y$ エ - $a_y a_y$ オ - Aa_y

問2 $AA - p^2$ ア - q^2 イ - $2pq$ $q - 0.09$

問3 3

問4 $a_x a_x$, $a_x a_y$

問5 $r - 0.80$ $s - 0.09$ $t - 0.11$

解説

問1 a_x は劣性の突然変異であるので、 $a_x a_x$ で発病する。ヘテロでは発病しないが酵素活性は減少する。

集団 Y には a_y という劣性遺伝子が存在する。表 1 の酵素活性を表す遺伝子型は、

酵素活性	0	2.0	4.0	6.0	8.0	12.0
遺伝子型	$a_x a_x$	$a_x a_y$	$a_y a_y$	Aa_x	Aa_y	AA

となる。

問2 $(pA + qa_x)^2 = p^2 AA + 2pqAa_x + q^2 a_x a_x$

$$q^2 = \frac{80}{10000} \quad q = \sqrt{\frac{80}{10000}} \doteq 0.09$$

問3 集団 Y での発症者は 1 万人あたり 280 人だから、1000 人あたりだと 28 人、したがって表より、2.0—2.5 までは発病する。正の整数で答えるので「3 以下」である。

問4 0.0 ~ 0.5 は $a_x a_x$ 。1.5 ~ 2.5 は $a_x a_y$ 。

問5 $(rA + sa_x + ta_y)^2 = r^2 AA + s^2 a_x a_x + t^2 a_y a_y + 2rsAa_x + 2rtAa_y + 2sta_x a_y$

$$s^2 = \frac{8}{1000} \quad s = \sqrt{\frac{8}{1000}} \doteq 0.09$$

$$r^2 = \frac{640}{1000} \quad r = \sqrt{\frac{640}{1000}} = 0.80$$

$$t = 1 - (0.80 + 0.09) = 0.11$$

【4】

解答

- 問1 (ア)－植物食性(草食) (イ)－動物食性(肉食) (ウ, (エ)－菌類, 細菌類
 (オ)－食物連鎖 (カ)－バイオーム (キ)－照葉樹林
 (ク)－生態系 (ケ)－形態 (コ)－発生(発生様式)
 (サ)－卵 (シ, (ス)－シアノバクテリア, 藻類
 (セ)－オゾン層 (ソ)－気孔 (タ)－腎臓
 (チ)－肺 (ツ)－消化管(腸) (テ)－造卵器
 (ト)－羊膜
- 問2 (1) $9.0 \times 10^7 \div (17 \div 2) \div 1.1 \times 10^7$ 年 答: 1.1×10^7 年
 (2) $\{9.0 \times 10^7 \div (17 \div 2)\} \times (62 \div 2) \div 3.3 \times 10^8$ 年 答: 3.3×10^8 年前
 (3) 突然変異の多くは生存にとって有利でも不利でもなく, 中立的なものである。こうした突然変異は蓄積し, 自然選択を受けずに遺伝子プール内に残る。この遺伝子が偶然に起こる遺伝的浮動によって, 集団内に固定されることで進化が起こる。
- 問3 花粉は花粉室の壁に付着し, 花粉管を伸ばす。花粉管の中では精子が形成される。その後, 花粉室に水が溜まると精子は放出されて泳ぎだす。精子が胚嚢内の卵細胞にまで到達すると受精が行われる。胚乳は受精前に形成され, 重複受精は行われない。

解説

- 問1 (ク), (ケ), (ツ)は入れにくい。なお, ドジョウは腸の上皮細胞で酸素を吸収する。
 (テ) 卵を保護するとある。
 (ト) 「胚膜類」という言葉もないわけではないが, 一般的には「羊膜類」である。
- 問2 (1), (2) 共通祖先からの変異は2種間で同程度起こると考えられるため, 変異数の半分を使用して計算する。
 (3) 中立とはある遺伝子座の対立遺伝子にみられる変異が, 個体の適応度に関して有利・不利の差をもたさないことをいう。機能的な重要性が低い分子や分子の一部で起こる変異は中立的になりやすい。中立説における進化の原動力は, 突然変異と遺伝的浮動である。遺伝的浮動とは集団内の遺伝子頻度が世代間で偶然的に変動することをいう。
- 問3 イチョウには精子が存在する。裸子植物では受粉から受精までに数ヶ月～1年以上と長い時間がかかる。

【5】

解答

- I 問1 1-ATP 2-クリステ 3-PCR法(ポリメラーゼ連鎖反応法)
- 問2 ・核のDNAとは異なる，独自のDNAをもつ。
・外膜と内膜の二重膜構造になっている。
- 問3 遺伝子をコードしていないDループに生じた突然変異は表現型につながらない。
したがって，自然選択によって淘汰されず突然変異が蓄積していくため。(69字)
- 問4 (1), (5)
- 問5 Y染色体(のDNA)
- II 問6 縄文系集団よりA型をあらわす遺伝子の頻度が高い渡来系集団が，九州北部から次第に北上して勢力を拡大し，全国へ広がっていったため。(63字)
- 問7 片方の親がAB型の場合，その子供にはO型が生まれない。
別解：両親がAB型とO型の場合，その子供にはAB型が生まれない。
- 問8 $4 - p_\beta^2 + 2p_\beta p_o$ $5 - 2p_a p_\beta$
- 問9 (a)-29人 (b)-0.10 (c)-18人

解説

- I
- 問1・2 「解答」参照。
- 問3 コード領域の遺伝子に突然変異が起こると，表現型が変わるような大きな変化が起こる可能性がある。一方，Dループの塩基配列が突然変化によって変化しても，表現型の変化は起こらない。そのため，Dループ中で起きた突然変異は世代を重ねても排除されることなく，塩基配列中に蓄積していく。
- 問4 (1) ミトコンドリアは減数分裂をしないため，組換えは起こらない。
(5) ミトコンドリアDNAは母方のみを通して受け継がれるため，1人の女性に由来する。
- 問5 父親からのみ遺伝するものを考えればよい。
- II
- 問6 図1から，A型遺伝子の頻度は，渡来系集団があらわれた九州北部の周辺部ほど多く，東海地方，関東地方，東北地方と東方へ，また太平洋沿岸へと向かうにつれて少なくなっている。このことから，九州北部にあらわれた渡来系集団では縄文系集団よりA型遺伝子の頻度が高く，その集団が縄文系集団と交配しながら移住し，全国に生活域を拡大していくにつれ，A型遺伝子も全国に広まっていったことが推測できる。
- 問7 仮説1では，たとえばAB型とO型の両親の遺伝子型が $AaBb$ と $aabb$ の場合，O型の子が生まれる可能性があるが，実際はO型の子は生まれない。
- 問8 空欄4については，仮説2に従うと，B型の人の遺伝子型は $\beta\beta$ または βo である。また，空欄5についても同様に考えると，AB型の人の遺伝子型は $a\beta$ である。
- 問9 (a) 表2から，仮説1に従うと，AB型の血液型頻度は， $(1 - p_a^2)(1 - p_b^2)$ である。これに，遺伝子 a の遺伝子頻度 p_a に0.7を，遺伝子 b の遺伝子頻度 p_b に0.9を代入すればよい。

- (b) 表 2 から、仮説 2 に従った場合の A 型の血液型頻度は、 $p_a^2 + 2p_ap_o$ 、O 型の血液頻度は p_o^2 である。仮説 1 の場合と同様に、これら 2 つの数式を合計すると

$$p_a^2 + 2p_ap_o + p_o^2 = \frac{243}{300}$$

$$(p_a + p_o)^2 = \frac{81}{100}$$

$$p_a + p_o = \frac{9}{10} (=0.9)$$

となる。また、文 2 より、 p_a 、 p_β 、 p_o の合計は 1 となる。

- (c) (b) より、 $p_\beta = 0.10$ であるので、 p_a の値を求める。 p_a の値は (b) と同様に求めればよい。

$$p_\beta^2 + 2p_\beta p_o + p_o^2 = \frac{147}{300}$$

$$(p_\beta + p_o)^2 = \frac{49}{100}$$

$$p_\beta + p_o = \frac{7}{10} (=0.7)$$

よって、 $p_o = 0.6$ 、 $p_a = 0.3$ である。

したがって、AB 型の血液型頻度である $2p_ap_\beta$ は、 $2 \times 0.3 \times 0.1 = 0.06$ であり、300 人中の人数なので、 $300 \times 0.06 = 18$ [人] となる。