

## 生 物

I. 次の〔文A〕と〔文B〕を読み、それぞれ下の各問に答えよ。

〔文A〕

(a) 空気を伝わった音波(振動)が聴覚を生じるまでの経路や (b) 聴覚中枢に障害があると難聴をきたす。自動車やケーブルカーなどに乗って山を登ると音が聞こえにくくなることがある。外耳道の気圧が外気圧とともに変化するのに対して、通常は閉鎖空間になっている中耳の気圧は変化しないため、外気圧が低下すると鼓膜の内外で気圧差が生じて鼓膜が外側へ押されて自由に振動できなくなるためである。中耳は耳管(耳小管、エウスタキオ管、ユースタキ管)によって鼻の奥につながっているが、ふだんは耳管は周囲の組織により押しつぶされて閉じていることが多い。唾液を飲み込んだりする動作で一時的に耳管が開通すると、これを通じて高压側から低压側へ空気が流れて中耳と外気圧が等しくなり、また、ふつうに聞こえるようになる。潜水中は外部の圧力が急激に大きく変化する。顎を動かしたり、指で鼻をつまんだまま鼻をかむような動作をすると耳管が開いて空気が高压側から低压側に流れ込む。これを「耳抜き」という。なんらかの理由で「耳抜き」ができないまま強引に潜水もしくは浮上すると、鼓膜内外の圧力差が大きくなりすぎて鼓膜が破れることがある。すると、(c) 鼓膜の破れた箇所から水が流入して内耳を冷やし、内耳の機能が障害されて「めまい」を覚える。

ヒトは直立の姿勢で左右どちらか一方へ等速で回転しているとき、多くの場合、周囲の風景の一点を見つめたのち、回転先にある別の一点へ瞬間的に視線を移す。視線は体の回転につれて回転と逆向きに動いた後、回転と同じ向きに急速に動くことをくりかえし、眼球は左右に振動するように動いているのである。回転を急に止めた直後はこの眼球運動が継続し、このときに「めまい」を感じる。回転をやめた直後の眼球運動は回転中に目を開けていた場合でも目を閉じていた場合でも同じように起きることから、これには視覚以外のメカニズムが働いていることがわかる。潜水中に「耳抜き」がうまくできずに鼓膜が破れて水が流入したとき、同じように眼球が左右に動く。鼓膜が破れた耳の側へ眼球がゆっくり動き、急速にもとに戻ることを繰り返す。

問1. 文Aの下線部 (a) について、音波の伝わる主要な順序として適切なものを1つ選べ。ただし、いずれの選択肢にも経路のすべてが記されているとは限らない。(解答番号 )

- ア. 外耳道 → 中耳 → 内耳 → 鼓膜
- イ. 外耳道 → 中耳 → 鼓膜 → 内耳
- ウ. 外耳道 → 中耳 → 鼓膜 → 脳
- エ. 外耳道 → 鼓膜 → 中耳 → 内耳
- オ. 外耳道 → 鼓膜 → 内耳 → 脳

問2. 耳小骨の存在する部位はどこか。(解答番号 )

- ア. 外耳道      イ. 中耳      ウ. うずまき管      エ. 前庭      オ. 半規管 (三半規管)

問3. 耳小骨の機能として適切なものを1つ選べ。(解答番号 )

- ア. 鼓膜の振動を内耳へ中継する。
- イ. 頭部の傾きを受容する受容器の部分としてはたらく。
- ウ. 頭部の回転運動を受容する受容器の部分としてはたらく。

問4. 耳石 (聴砂、平衡砂) の存在する部位はどこか。(解答番号 )

- ア. 外耳道      イ. 中耳      ウ. うずまき管      エ. 前庭      オ. 半規管 (三半規管)

問5. 耳石 (聴砂、平衡砂) の機能として適切なものを1つ選べ。(解答番号 )

- ア. 鼓膜の振動を内耳へ中継する。
- イ. 頭部の傾きを受容する受容器の部分としてはたらく。
- ウ. 頭部の回転運動を受容する受容器の部分としてはたらく。

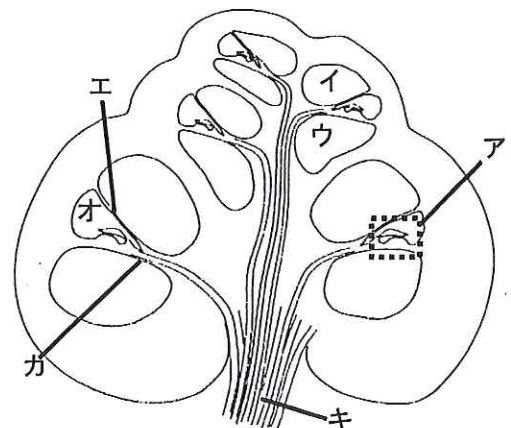
問6. 音波を受容して興奮する細胞はどの部位にあるか。(解答番号 )

- ア. 鼓膜      イ. うずまき管      ウ. 前庭      エ. 半規管 (三半規管)

問7. 右の図は耳の内部構造の一部の断面模式図である。次の (あ)、(い) はどこか。図中のア～キの記号で答えよ。

(あ) 鼓室階 (解答番号 )

(い) コルチ器 (解答番号 )



問8. 文Aの下線部 (b) について、ヒトの聴覚中枢が存在するのはどこか。(解答番号 )

ア. 大脳      イ. 中脳      ウ. 小脳      エ. 延髄      オ. 脊髄

問9. 文Aの下線部 (c) について、「めまい」の原因になっている障害は、下のア～オのどの部分に生じたと考えられるか、1つ選べ。(解答番号 )

ア. うずまき管      イ. 三半規管 (半規管)      ウ. 耳小骨      エ. 中枢神経系の聴覚中枢  
オ. 間脳の視床下部

[文B]

ヒトの中枢神経系は脳と脊髄からなる。脊髄の同じ高さの左右からそれぞれ2本の神経が出る。

は途中が膨らんでおり、その内部には  の神経細胞の細胞体がある。一方、脊髄内部には  の神経細胞の細胞体があり、そこからのびる軸索は  を通る。  と  は合流したのち、分枝しながら体の各部分へのびる。高い椅子に腰掛けて膝から下をだらりと下げた状態で、膝のすぐ下を前側から叩くと、蹴り上げるように足が無意識に動く。このように大脳による高次の調節を受けない反応を  といい、膝下を叩いたときの  の中枢は脊髄である。神経繊維には、髄鞘をもつ  と髄鞘をもたない  があり、興奮を伝導する速さは  の方が速い。

問10. 文Bの空所11～17を補うのに適切な語句を下のア～コから選べ。(解答番号  ～ )

ア. 散在神経系      イ. 集中神経系      ウ. 有髄神経繊維      エ. 無髄神経繊維      オ. 感覚神経  
カ. 運動神経      キ. 腹根 (前根)      ク. 背根 (後根)      ケ. 反射      コ. 刷り込み

II. 下の文章を読み、以下の各問に答えよ。

生態系を構成している生物群集の中で、炭酸同化を行なう生物は [ 1 ] とよばれる。陸上における [ 1 ] のほとんどは、炭酸同化のうちの [ 2 ] を行なう緑色植物などである。

大洋の水深 1000 メートルを越える海底には、硫化水素やメタンなどを溶かし込んだ熱水や冷水が噴出している噴出孔があり、その付近には炭酸同化を行なう硫黄（いおう）細菌が生息していることがよくある。硫黄細菌は、硫化水素を酸化して硫黄に変える際に得られるエネルギーを使用して、生体内のエネルギー担体物質である [ 3 ] と還元力 ( $X \cdot 2[H]$ ) を生産し、この2つを用いて、外部から取り込んだ二酸化炭素を有機物に変える。反応経路として、緑色植物が持っているものと同様の [ 4 ] 回路が使われるが、硫黄細菌による炭酸同化は、 [ 2 ] でなく、 [ 5 ] である。

海底の熱水あるいは冷水噴出孔の付近に住むハオリムシ（チューブワーム）やシロウリガイは、体内に硫黄細菌を生息させて、硫黄細菌が生産した有機物をエネルギー源として受け取るという利益を得ている。ハオリムシやシロウリガイと、硫黄細菌との関係は、硫黄細菌がハオリムシやシロウリガイから何らかの利益を得ていれば [ 6 ]、何も利益を得ていなければ [ 7 ] である。噴出孔の付近では、ハオリムシやシロウリガイを捕食するエビやカニなども見つかっている。熱水や冷水の噴出孔付近の生態系では、硫黄細菌は [ 1 ]、ハオリムシやシロウリガイ、およびエビやカニは [ 8 ] である。

ある種のシロウリガイの鰓（えら）の細胞内に生息する硫黄細菌は、遺伝子の総数が他の細菌に比べ著しく少なく、通常の細菌の生存に必要ないくつかのタンパク質の遺伝子を欠いていることがわかった。この硫黄細菌はシロウリガイの細胞の外で独立して生活することが難しくなっているようだ。真核細胞の細胞小器官には、太古の昔に真核細胞の祖先細胞に取り込まれて生活し続けた原核生物に由来すると考えられているものがある。シロウリガイの細胞内で生活する硫黄細菌は、細胞内で生活を始めた原核生物がしだいに細胞小器官へと変わっていく過程の早い段階の様相を示しているのかもしれない。

問1. 文中の空所1～8を適切な語で埋めよ。

問2. 文中の硫黄細菌における炭酸同化では、酸素が発生すると考えられるか。解答欄の《 発生すると考えられる 発生すると考えられない 》のどちらかに○をつけよ。

問3. 文中下線部の真核細胞の細胞小器官を2つ挙げよ。

Ⅲ. 次の〔文A〕と〔文B〕を読み、以下の各問に答えよ。

〔文A〕

MN 式血液型は、常染色体上にある M と N の 2 つの対立遺伝子により決定される。M 遺伝子あるいは N 遺伝子のホモ接合体は、それぞれ M 型、N 型となり、M 遺伝子と N 遺伝子のヘテロ接合体は MN 型となる。3 つの表現型はどれも胎児期および生後の生存において有利でも不利でもない。

ある無人の土地へ、青年期の男女 500 名ずつがやってきて暮らし始めたとする。男女それぞれの MN 式血液型の人数は下の表の通りであった。

血液型	男性 (人数)	女性 (人数)
M 型	150	400
MN 型	300	0
N 型	50	100

問 1. 1) この土地における男性集団の M 遺伝子、および N 遺伝子の遺伝子頻度は、それぞれいくらか。ある集団の M 遺伝子の遺伝子頻度とは、その集団内の M 遺伝子の数を、M 遺伝子を含むすべての対立遺伝子の数の合計（この場合は、M 遺伝子と N 遺伝子の数の合計）で割ったものである。

2) この土地における女性集団の M 遺伝子、および N 遺伝子の遺伝子頻度は、それぞれいくらか。

〔文B〕

この男女がこの土地で自由に配偶して暮らしたところ、2 年目までに次の世代の子どもたち ( $F_1$  世代) が 300 人 (男子が 150 人、女子が 150 人) 誕生したとする。

問 2.  $F_1$  世代の M 型の男子は、確率に基づくとなると何人になると期待されるか。

問 3.  $F_1$  世代の MN 型の人、確率に基づくとなると男女合わせて何人になると期待されるか。

問 4. 1)  $F_1$  世代の男子における、M 遺伝子および N 遺伝子の遺伝子頻度は、理論上、それぞれいくらになるか。

2)  $F_1$  世代の女子の場合は、それぞれいくらになるか。

IV. 以下の文章を読んで次の各問に答えよ。

カビの仲間のある菌は、生活環のほとんどを単相で過ごす。体を構成する菌糸は細長い細胞が多数連なってできており、1つの細胞には数個の核（通常は単相）が含まれる（実際には隣接した細胞間の隔壁には小穴が開いて細胞質は連続しているが、便宜的には隔壁で区切られた小区画を細胞とみなすことができる）。この菌は、菌糸の一部から形成された胞子柄の先に核を1個持つ分生胞子（他と細胞質が連続することのない1個の細胞である）が多数つくられる無性生殖で主に増える。胞子柄から飛び散った分生胞子は発芽して菌糸を形成して成長していくが、伸長する2本の菌糸の先端がぶつかると細胞同士が融合し両方の細胞に由来する核が混在する細胞となることがある。ぶつかった細胞同士が遺伝的に異なる核を持っていた場合、融合した細胞には遺伝的に異なる2種類の核が含まれ、これをヘテロカリオンと呼ぶ。ヘテロカリオンでは、しばしば2種類の核が融合して1つになり複相の核を含む細胞となって成長していくことがあり、この場合複相の核を持つ分生胞子も形成される。

問1. 野生型のこの菌の分生胞子は緑色をしており、この緑色色素は無色の前駆物質から中間物質である黄色色素を経て合成される。前駆物質から黄色色素への反応を触媒する酵素の遺伝子を  $y$ 、黄色色素から緑色色素への反応を触媒する酵素の遺伝子を  $g$  とし、これらが突然変異により機能を失った遺伝子をそれぞれ  $y^-$ 、 $g^-$  と表す。機能を持つそれぞれの酵素がつくられれば、ほぼ全ての前駆物質が黄色色素に、あるいは、ほぼ全ての黄色色素が緑色色素に合成される。また、黄色色素も緑色色素もつくられない場合、分生胞子は白色となる。次の遺伝子型を持つ分生胞子は白色、黄色、緑色のどれか。

- 1)  $y g$  (単相の分生胞子)
- 2)  $y g^-$  (単相の分生胞子)
- 3)  $y g^- / y^- g^-$  (複相の分生胞子)
- 4)  $y^- g$  (単相の分生胞子)
- 5)  $y^- g / y^- g$  (複相の分生胞子)
- 6)  $y^- g / y g^-$  (複相の分生胞子)

問2. この菌には、緑色色素合成には全く無関係だが生存には必須な物質 A、B、C を細胞内でつくりえない突然変異体がある。A、B、C の合成酵素の遺伝子はそれぞれ  $a$ 、 $b$ 、 $c$  である。 $a$ 、 $b$ 、 $c$  のどれかが機能を失った突然変異体では、その遺伝子が正常であればつくられるはずだった酵素により合成される物質のみがつかられなくなる。この突然変異体は、野生型が生育できる最小限の栄養素を含む基本培養液に突然変異体がつくりえない物質が加わった培養液でつくった寒天培地上では生育することができるが、その物質を含まない培地では死滅する。

問1の遺伝子  $y$ 、 $g$ 、および、遺伝子  $a$ 、 $b$ 、 $c$  の5つの遺伝子のうちいくつかが機能を失った2種類の異なる突然変異体（単相）がある。それぞれの突然変異体から得られた分生胞子を等量とり、基本培養液に混ぜた。分生胞子を含む基本培養液を少量とって、基本培養液に物質 A、B、C を加えた培養液あるいは基本培養液のみでつくった次の表に示すような寒天培地上に薄く広げて育てた。すると、いくつかの種類の培地上では菌が増殖して、次の表に示すような色の分生胞子が形成された。この結果から、2種類の突然変異体のそれぞれについて機能を失っている遺伝子を推定せよ。なお、死滅した菌のDNAが他の細胞に取り込まれること、および、実験中に突然変異が起こる可能性は考えなくてよい。また、緑色色素合成の前駆物質と中間物質（黄色色素）、物質 A、B、C は細胞外に出ることはない。

培地の種類	培地をつくった培養液中の物質 A、B、C の有無			白色の分生胞子形成	黄色の分生胞子形成	緑色の分生胞子形成
	A	B	C			
1	×	×	×	×	×	×
2	×	○	○	×	○	×
3	○	×	○	○	×	×
4	○	○	×	×	○	×
5	○	○	○	○	○	○

○：あり                      ×：なし

問3. 問2の実験の5の培地ではなぜ緑色の分生胞子が形成されたのだろうか。簡潔に説明せよ。

問4. 問2の実験において用いた、突然変異体から得られた分生胞子を含む基本培養液を、基本培養液で50倍に希釈した。これを問2の実験と同じ量とり、問2の実験と同じようにして5の培地に薄く広げて育て、問2の実験と同じ時間たった後観察した。すると、量は少ないが白色や黄色の分生胞子の形成は見られたものの、緑色の分生胞子の形成は見られなかった。なぜだろうか。簡潔に説明せよ。

V. ヒドラに関する以下の文章を読んで次の各問に答えよ。

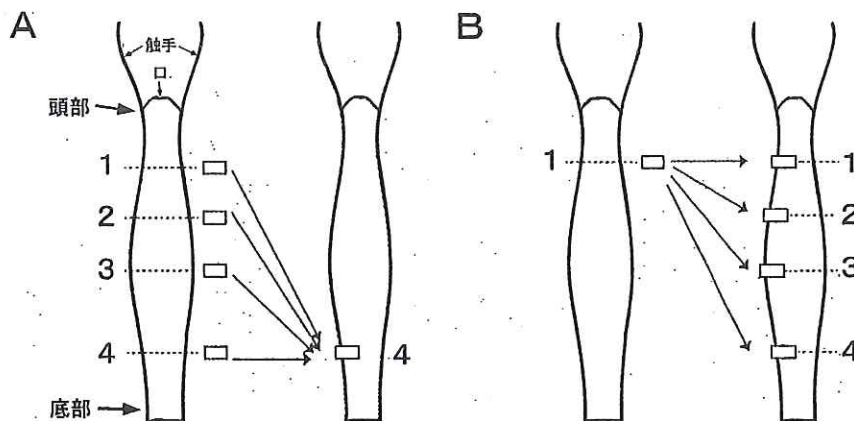
ヒドラは、無脊椎動物のイソギンチャクやクラゲと同じ（ア）と呼ばれるグループの仲間であり、水中で生活する。円筒形の体を持ち、底部で固い基質に付着し、反対側の頭部に触手が周りに生えた口を持ち、触手で捕えたエサを食べて生活する。有性生殖も行なうが、親個体の体の一部から小さな突起が生じてそれが新しい個体となって親個体から分離して増える無性生殖もよく行なわれ、高い再生能力も持つ。

実験室の中で育てて長年無性生殖で増え続けているヒドラを使い、ほぼ同じ大きさの個体を用意して、以下のような体の一部の移植実験を行なった。

A) 下図Aのように、1匹の個体の1～4のどれかの部位から体の組織の小片を切り取り移植片とし、これを別個体の4の部位から同じ大きさの組織を除去してそこに移植して育てた。すると、1から取った組織片の移植を行なった個体の91%で、2から取った組織片の移植を行なった個体の47%で、3から取った組織片の移植を行なった個体の29%で、4から取った組織片の移植を行なった個体の0%で、移植部位に頭部の形成が見られた。

B) 下図Bのように、1匹の個体の1の部位から体の組織の小片を切り取り移植片とし、これを別個体の1～4のどれかの部位から同じ大きさの組織を除去してそこに移植して育てた。すると、1の部位に移植した個体の2%で、2の部位に移植した個体の35%で、3の部位に移植した個体の57%で、4の部位に移植した個体の91%で、移植部位に頭部の形成が見られた。

以上の実験においては、移植片を取った個体あるいは移植先となった個体のどちらか一方は必ず無害の青色色素で生体染色したものをを用いた。全ての移植において移植片は移植先の個体にすみやかに生着し、移植部位に頭部形成が起った場合その頭部の色は移植片の色と同じであった。実験結果はどちらかを生体染色したかによって違いが無かったので、両方のケースをまとめてある。



問1. 文中のアに当てはまる適切な分類学上の名称を答えよ。

問2. 文中の下線部のような無性生殖の方法の名称を答えよ。



問3. 以下の可能性のうち、上の実験から否定出来ると思われるものを全て選べ。

- a. ヒドラの体の組織には別のヒドラ個体に移植された時に頭部を形成する能力があるが、その能力は頭部に近い部位の組織ほど強い。
- b. ヒドラ個体の体の組織は移植された別個体のヒドラの組織の頭部形成を抑える作用を持つが、その作用は頭部に近いほど強い。
- c. ヒドラ個体の体の組織は移植された別個体のヒドラの組織に働きかけて頭部形成を引き起こす作用を持ち、その作用は底部に近いほど強い。
- d. ヒドラの体の組織には別のヒドラ個体に移植された時に、移植先のヒドラ個体の組織が持つ頭部形成を引き起こす作用に反応して頭部を形成する能力があるが、その反応能力は底部に近い部位の組織ほど弱い。
- e. ヒドラの体の組織は別のヒドラ個体に移植された時に、移植先のヒドラ個体の組織に働きかけて頭部形成を引き起こす作用を持つが、その作用は頭部に近い部位の組織ほど強い。
- f. ヒドラ個体の体の組織には移植された別のヒドラの組織が持つ頭部形成を引き起こす作用に反応して頭部を形成する能力があるが、その反応能力は底部に近いほど弱い。
- g. ヒドラ個体の体の一部を切除すると切除の影響で必ず頭部が形成される。