

日本生物学オリンピック 2011

予選問題

2011 年 7 月 17 日（日） 13:30～15:00

試験時間 90 分間

注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 問題は、この冊子の 1 ページから22ページまでです。
- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁、試験解答用紙（マークシート用紙）の汚れ等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- 4 試験解答用紙の所定の欄に、学校名、学年、氏名と受験番号を記入し、受験番号は、数字にもマークしてください。
- 5 問題数は、問 1)～問 30)までの 30 問です。
- 6 配点は、1 問あたり 3 点または 4 点で、各設問の末尾に示してあります。合計で100 点満点です。問題によっては、正解でない解答にも部分点（配点の1/10）が与えられます。
- 7 解答は、試験解答用紙の問題番号に対応した解答欄の選択肢にマークしてください。たとえば、問 1) の問題に対して A と解答する場合は、次の（例）のように解答欄の A にマークしてください。複数の選択肢にマークされている場合は 0 点となります。

(例)

問	解 答 欄
1	☒ A ☐ B ☐ C ☐ D ☐ E ☐ F ☐ G ☐ H ☐ I ☐ J
2	☐ A ☐ B ☐ C ☐ D ☐ E ☐ F ☐ G ☐ H ☐ I ☐ J
3	☐ A ☐ B ☐ C ☐ D ☐ E ☐ F ☐ G ☐ H ☐ I ☐ J

- 8 この問題冊子の余白等は適宜利用してもかまいませんが、どのページも切り離してはいけません。
- 9 試験終了後、この問題冊子は持ち帰ってください。
- 10 正解と解説は、JBOのウェブページ <http://www.jbo-info.jp/> で公開します。

国際生物学オリンピック日本委員会



問1) ウイルスには、遺伝物質としてDNAをもつものとRNAをもつものがある。またともに1本鎖の核酸をもつものと2本鎖の核酸をもつものがある。いろいろなウイルスから核酸を抽出し、その塩基組成（モル%）を調べたところ、次の表のようになった。

サンプル名	モル (%)				
	A	T	G	C	U
①	26.9	23.3	30.1	19.7	0.0
②	22.7	22.6	21.9	32.8	0.0
③	20.5	0.0	25.5	28.9	25.1
④	19.3	0.0	30.2	25.4	25.1
⑤	23.1	23.0	27.0	26.9	0.0
⑥	22.4	0.0	27.7	27.5	22.4

これらのウイルスの中から1本鎖のDNAをもつウイルスと1本鎖のRNAをもつウイルスを組み合わせたものとしてもっとも適当なものをA～Iから選べ。(3点)

	1本鎖のDNAをもつウイルス	1本鎖のRNAをもつウイルス
A	①②	③④
B	①②	③⑥
C	①②	④⑥
D	②⑤	③④
E	②⑤	③⑥
F	②⑤	④⑥
G	①⑤	③④
H	①⑤	③⑥
I	①⑤	④⑥

問 2) 単一細胞に由来する細胞の集団をクローンといい、クローンは遺伝的に同一である。一般に、植物は成体の体細胞にも個体を構成するすべての細胞に分化しうる「全能性」が保持されているので、組織培養による個体再生を通して、さまざまな体細胞からクローンを作製できる場合が多い。

一方、哺乳動物のような高等動物では、卵子や受精卵などごく限られた細胞にしか「全能性」がないので、クローンの作製はきわめて困難である。1997 年に発表された世界初のクローンヒツジであるドリーの作製手順は以下のとおりである。

手順 1：系統 1 のヒツジの乳腺の細胞を採取して特殊な条件で培養する。

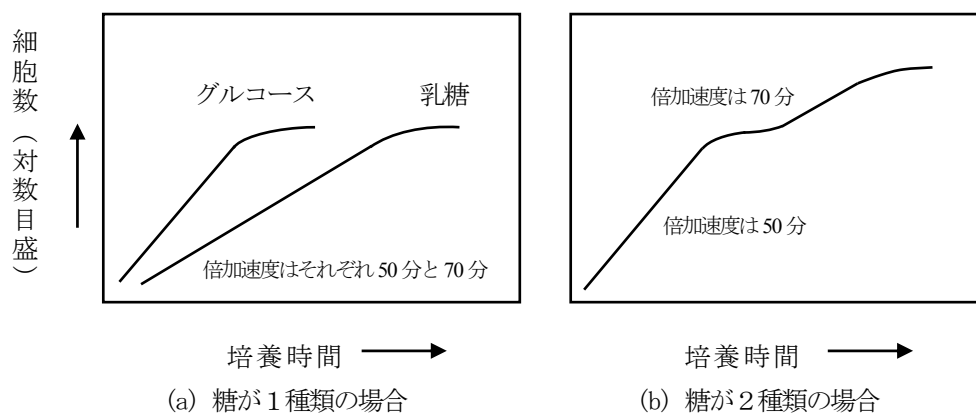
手順 2：系統 2 のヒツジの未受精卵から核を除去する。

手順 3：手順 1 と手順 2 で作製した細胞を融合し、正常に卵割が開始した細胞を系統 3 のヒツジの子宮に入れて妊娠させる。

数多くの失敗の後、ドリーが誕生した。ドリーの遺伝子の組成として正しいものを A～I から選べ。(3 点)

- A. 系統 1 のヒツジと完全に遺伝的に同一である
- B. 系統 2 のヒツジと完全に遺伝的に同一である
- C. 系統 3 のヒツジと完全に遺伝的に同一である
- D. 系統 1 のヒツジと遺伝的にほぼ同一だが、系統 2 のヒツジのミトコンドリア遺伝子が混入している
- E. 系統 1 のヒツジと遺伝的にほぼ同一だが、系統 3 のヒツジのミトコンドリア遺伝子が混入している
- F. 系統 2 のヒツジと遺伝的にほぼ同一だが、系統 1 のヒツジのミトコンドリア遺伝子が混入している
- G. 系統 2 のヒツジと遺伝的にほぼ同一だが、系統 3 のヒツジのミトコンドリア遺伝子が混入している
- H. 系統 3 のヒツジと遺伝的にほぼ同一だが、系統 1 のヒツジのミトコンドリア遺伝子が混入している
- I. 系統 3 のヒツジと遺伝的にほぼ同一だが、系統 2 のヒツジのミトコンドリア遺伝子が混入している

問 3) 大腸菌はグルコースや乳糖を炭素源にすることができる。それぞれの糖を (a) 単独に含む培地で培養したときと (b) 2 種類の糖を一緒に含む培地で培養したときの増殖曲線が下の図である。縦軸は細胞数を対数で表している。それぞれの糖は同じ濃度 (0.2%) になるように同じ重量ずつ加えたとする。



「大腸菌によるグルコースと乳糖の利用」に関して、実験結果から示唆される記述の組合せとしてもっとも適当なものを A～I から選べ。(3 点)

- ① 2種の糖を混合してから培養を始めると、それぞれの糖は同時に利用され始める。
 ② 2種の糖を混合してから培養を始めると、グルコースが先に利用され始める。
 ③ 2種の糖を混合してから培養を始めると、乳糖が先に利用され始める。
 ④ 2種の糖を混合した培養で複雑な増殖曲線を示すのは、はじめにグルコースによって乳糖の利用が促進されるためである。
 ⑤ 2種の糖を混合した培養で複雑な増殖曲線を示すのは、はじめにグルコースによって乳糖の利用が抑制されるためである。
 ⑥ 2種の糖を混合した培養で複雑な増殖曲線を示すのは、乳糖よりもグルコースを炭素源として利用する増殖の方が速いためである。

A. ①④ B. ①⑤ C. ①⑥ D. ②④ E. ②⑤ F. ②⑥ G. ③④ H. ③⑤ I. ③⑥

問4) A～Jの10人の生徒が、DNAの塩基配列とタンパク質のアミノ酸配列の対応を参考にして作った暗号を解いて、さらに暗号文を作るというゲームをおこなった。10人がおこなったゲームは次のとおりである。

この暗号は4種類の記号●○■□からできている。たとえば、下の「i」のように●を連続して並べると、その暗号文は「ゲ」という文字の連続になる。さらに、「ii」～「v」のように連続して並べると、その解読文はそれぞれの右に書かれたようになる。なお、……の部分には、記号が書かれている部分が何度も繰り返していることを意味している。また、「iii」と「v」の解読文は1種類には決まらず、3種類存在する。

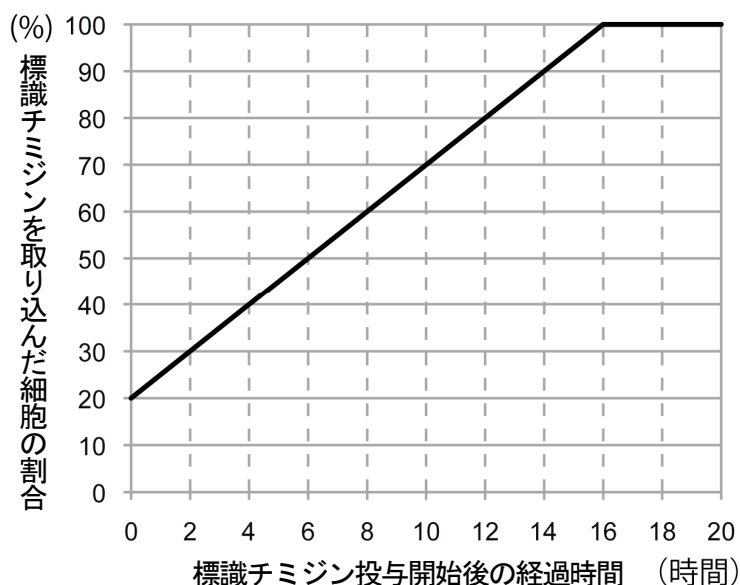
i	……●●●●●●●●●●●●●●●●……	→	1種類の解読文	……ゲゲゲゲゲゲ……
ii	……●○●○●○●○●○●○●○●○●○……	→	1種類の解読文	……トムトムトム……
iii	……●○●●○●●○●●○●●○●●○●●○●●○●●○……	→	3種類の解読文	……アアアアアア…… ……トトトトトト…… ……ナナナナナナ……
iv	……□■□■□■□■□■□■□■□■□……	→	1種類の解読文	……ヒノヒノヒノ……
v	……□□■□□■□□■□□■□□■□□■□□■……	→	3種類の解読文	……フフフフフフ…… ……ホホホホホホ…… ……ノノノノノノ……

上のi～ivをもとにして、10人の生徒は「ヒトゲノム」という言葉を暗号文にしてみた。正しく作れた生徒をA～Jから選べ。(3点)

- A. □■●○●●□□○●
 B. ■□○●●●□■●○
 C. ■□■●○●●●□■□○●○
 D. ■□■○●○●●●□■□○●●
 E. □■□○●●●●■□■○●○
 F. □■□○●●●●■□■○●●
 G. □■□■●○●○●●●■□□■○●○●●
 H. ■□■□○●○●●●●□□■□○●●○
 I. ■□■□○●○●●●●□■□■○●○●
 J. □■□■●○●○●●●■□■□○●○●●

問 5) 哺乳類大脳皮質の発生過程においては、脳の深部に神経幹細胞が存在し、その細胞分裂により神経幹細胞自身と神経細胞を産生する。神経幹細胞の細胞周期を解析するため、マウスの胎児をモデルとして、その母マウスに放射性同位元素で標識したチミジンを投与した。標識チミジンは胎盤を通り、DNA 合成過程の胎児の神経幹細胞に取り込まれる。標識チミジンは常に代謝されるため、連続的に投与した。最初に標識チミジンを投与した時間を 0 とし、標識チミジンを核 DNA に取り込んだ細胞の神経幹細胞全体に占める割合が下の図のように時間経過とともに変化したとすると、神経幹細胞の細胞周期に関してどのようなことが言えるか。A～I から選べ。

ただし細胞周期の長さはすべての神経幹細胞で一定であるとする。また、細胞分裂の結果産生された神経細胞はすぐに移動して観察部位から離れてしまうため、観察期間中における観察部位の細胞全体の集団の大きさの変化は無視できるとする。また、標識チミジンはわずかに取り込んでいた場合でも取り込んだ細胞として数える。(3 点)



標識チミジンを取り込んだ細胞の神経幹細胞中における割合の時間変化

- A. 全細胞周期は 16 時間であり、S 期は 4 時間である。
- B. 全細胞周期は 20 時間であり、S 期は 4 時間である。
- C. 全細胞周期は 20 時間であり、S 期は 16 時間である。
- D. 全細胞周期の時間はこれだけではわからないが、S 期は 4 時間である。
- E. 全細胞周期の時間はこれだけではわからないが、S 期は 16 時間である。
- F. 全細胞周期の時間はこれだけではわからないが、S 期は 20 時間である。
- G. 全細胞周期は 4 時間であるが、S 期の時間はこれだけではわからない。
- H. 全細胞周期は 16 時間であるが、S 期の時間はこれだけではわからない。
- I. 全細胞周期は 20 時間であるが、S 期の時間はこれだけではわからない。

問 6) PCR (ポリメラーゼ連鎖反応) 法をもちいると、DNA による種の判別がある程度可能である。その応用の一つに、「青のり」の判別がある。アオノリ属の海藻は、その代用品として使用されるアオサ属と判別しなければならない場面がある。しかし、商品形態がおもに粉末であることから、顕微鏡観察において両者を区別することは困難である。そこで、アオノリ属特有の塩基配列部分を PCR 法により増幅し、電気泳動で確認すれば、容易に判別できる。

次の手順で、ある「青のり」を検査し、下記の結果をえた。「この試料はアオノリ属ではない」と結論するために、この検査に加えて必要なことは何か。正しいものの組合せを A～J から選べ。(3 点)

【手順と結果】

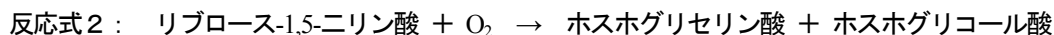
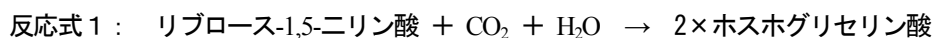
- (1) 試料からDNAを抽出する。
- (2) アオノリ属に特有の塩基配列に対応したプライマーを加え、PCR法によりその塩基配列部分を増幅した。
- (3) これを電気泳動により確認したが、当該塩基配列に対応するバンドはみられなかった。

【加えて必要なこと】

- ① アオノリ属のものだとわかっているDNAを同様に処理して、バンドが出ることを確認する。
- ② アオノリ属のものだとわかっているDNAを同様に処理して、バンドが出ないことを確認する。
- ③ アオサ属のものだとわかっているDNAを同様に処理して、バンドが出ることを確認する。
- ④ アオサ属のものだとわかっているDNAを同様に処理して、バンドが出ないことを確認する。
- ⑤ アオノリ属のものでもアオサ属のものでもないとわかっているDNAを同様に処理して、バンドが出ることを確認する。
- ⑥ アオノリ属のものでもアオサ属のものでもないとわかっているDNAを同様に処理して、バンドが出ないことを確認する。

A. ①③ B. ①④ C. ①⑤ D. ①⑥ E. ②③ F. ②④ G. ②⑤ H. ③⑤ I. ③⑥ J. ④⑥

問 7) ルビスコ (Rubisco) は、光合成において炭酸固定にはたらくカルボキシル化酵素であり、リブロース-1,5-二リン酸と CO_2 から 2 分子のホスホグリセリン酸を合成する反応 (反応式 1) を触媒する。しかし一方で、ルビスコは、酸素化酵素の活性ももち、リブロース-1,5-二リン酸と O_2 が結びつく反応 (反応式 2) も触媒する。



どちらの反応が優先するかは、反応現場での CO_2 濃度や O_2 濃度のほか、温度などの条件で決まる。このうち温度の効果は、「温度が高くなると CO_2 に対する親和性が著しく低下するが、 O_2 に対する親和性はあまり変わらない」というルビスコの特性によるところが大きい。

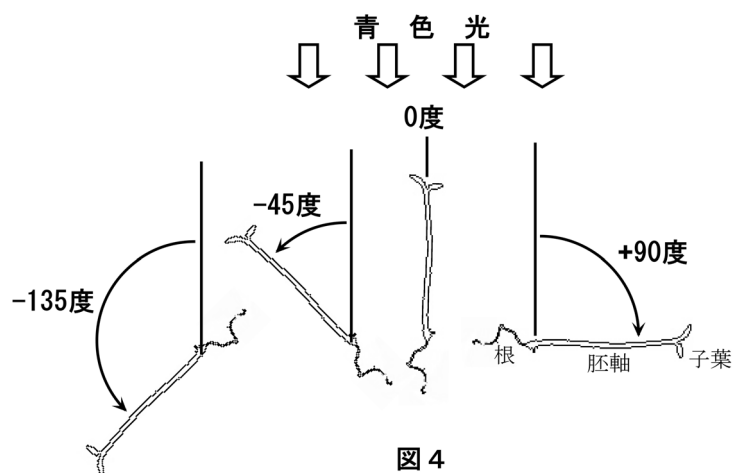
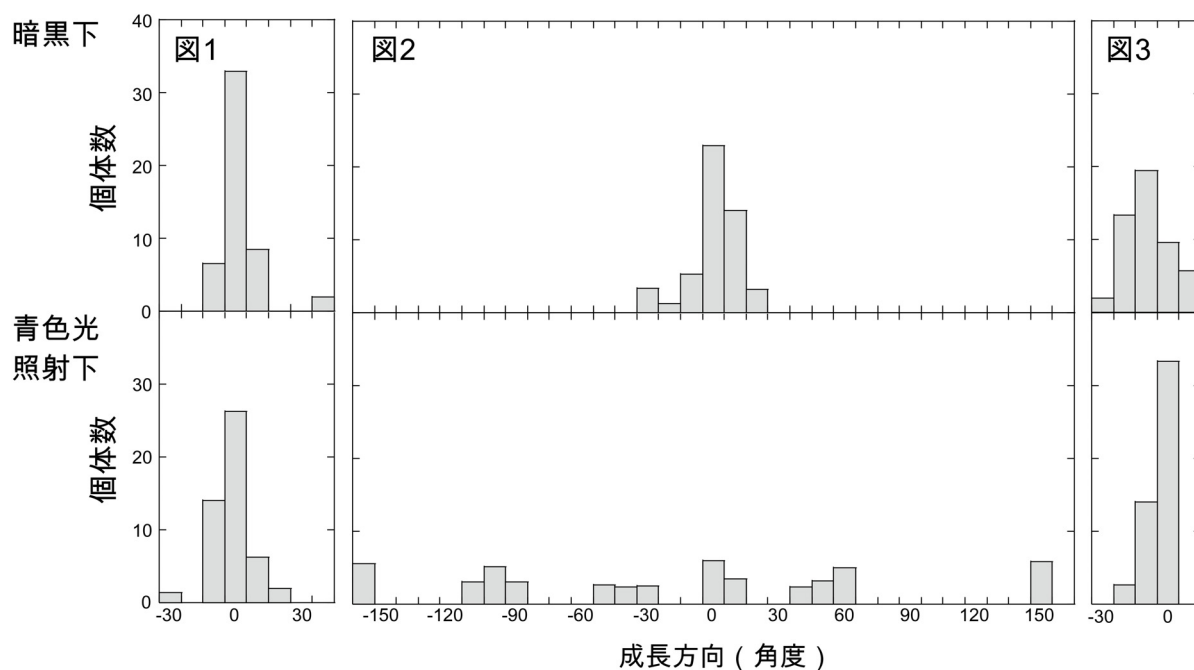
さて今、植物のルビスコの性質だけが現実世界と異なる、もう一つの世界を考えてみよう。この仮想世界のルビスコは、「 CO_2 に対する親和性も、 O_2 に対する親和性と同様に、温度の影響を受けない」ものとする。このような世界では、 C_4 型光合成をおこなう C_4 植物や、ベンケイソウ型酸代謝 (CAM) をおこなう CAM 植物の分布は、現実世界とくらべてどうなるだろうか。標準的な光合成をおこなう C_3 植物に対し、 C_4 植物や CAM 植物が有利になる環境がルビスコの性質によってどう変わるかを考えて、仮想世界での C_4 植物と CAM 植物の分布を推測し、もっとも適当な記述を A~I から選べ。(4 点)

- A. C_4 植物の分布、CAM 植物の分布とも拡大する。
- B. C_4 植物の分布は拡大するが、CAM 植物の分布はあまり変わらない。
- C. C_4 植物の分布は拡大するが、CAM 植物の分布は縮小する。
- D. C_4 植物の分布はあまり変わらないが、CAM 植物の分布は拡大する。
- E. C_4 植物の分布、CAM 植物の分布ともあまり変わらない。
- F. C_4 植物の分布はあまり変わらないが、CAM 植物の分布は縮小する。
- G. C_4 植物の分布は縮小するが、CAM 植物の分布は拡大する。
- H. C_4 植物の分布は縮小するが、CAM 植物の分布はあまり変わらない。
- I. C_4 植物の分布、CAM 植物の分布とも縮小する。

問 8) 植物には光の方向に成長する光屈性と呼ばれる現象があって、光屈性をひき起こしている光は青色光であることが古くから知られている。生物がある特定の色の光に応答するという事は、その色の光だけを選択的に吸収して生理現象をひき起こさせる光受容物質をもっているということにほかならない。青色光を吸収して光屈性をひき起こしているのはフォトトロピンという光受容タンパク質であることが、15 年ほど前に明らかになった。植物では光合成ではたらく光受容物質の他に、青色光を吸収する光受容物質としてフォトトロピン以外にクリプトクロムも存在するので、クリプトクロムも植物の成長方向の調節に関わっているかどうか、高等植物の一つ、シロイヌナズナをもちいて調べてみた。

シロイヌナズナの種子を 50 個、暗黒中（図 1～3、上段）または上方から青色光を照射する条件のもと（図 1～3、下段）で 4 日間栽培し、芽生えの胚軸（芽生えの茎にあたる器官）の成長方向を測定して、その結果をヒストグラムで示した。胚軸の成長方向は図 4 のように計測したので、0 度は垂直上方への成長を表し、-90 度と +90 度は水平方向への成長を表すことになる。野生型の個体（図 1）の他にフォトトロピン欠損突然変異体（図 2）とクリプトクロム欠損突然変異体（図 3）についても調べた。

実験結果から判断してもっとも適当な記述の組合せを A～I から選べ。（4 点）



- ① フォトリドミンは、青色光を受容すると、胚軸の負の重力屈性を抑制する作用をもつ。
- ② クリプトクロムは、青色光を受容すると、胚軸の負の重力屈性を抑制する作用をもつ。
- ③ フォトリドミンもクリプトクロムも胚軸の負の重力屈性には関与しない。
- ④ 野生型が青色光照射下で垂直上方に成長するのは、フォトリドミンの作用によってである。
- ⑤ 野生型が青色光照射下で垂直上方に成長するのは、クリプトクロムの作用によってである。
- ⑥ 野生型が青色光照射下で垂直上方に成長するのは、フォトリドミンの作用でもクリプトクロムの作用でもない。

A. ①④ B. ①⑤ C. ①⑥ D. ②④ E. ②⑤ F. ②⑥ G. ③④ H. ③⑤ I. ③⑥

問 9) 光合成器官である葉の老化では、通常バランスを保っている葉緑体タンパク質の合成と分解の平衡状態が分解の方に傾くため、クロロフィルが減少して黄化が起こる。植物体から切り離した葉は暗所に置いておくと急速に老化するが、その際、サイトカイニンに葉に与えると老化が抑制される。また、ダイズでは秋に種子が成熟してくると葉の老化が進むが、受粉後に育ってくる若い鞘（果実）を順次摘み取ってしまうと葉の老化が遅くなる。この葉の老化は根で合成されるサイトカイニンによって抑制されると考えられている。ダイズをもちいた老化の実験に関する記述として適当と考えられるものの組合せを A～H から選べ。なお、道管中を流れる液を道管液とよぶ。(4 点)

- ① 道管液に含まれるサイトカイニンの量は、鞘がつく前は高いが、鞘が育ってくると減少する。
- ② 道管液に含まれるサイトカイニンの量は、鞘がつく前は低い、鞘が育ってくると増加する。
- ③ 鞘をとると、道管液に含まれるサイトカイニンの量の減少が抑制される。
- ④ 鞘をとると、道管液に含まれるサイトカイニンの量の減少が促進される。
- ⑤ 鞘をとると、道管液に含まれるサイトカイニンの量の増加が抑制される。
- ⑥ 鞘をとると、道管液に含まれるサイトカイニンの量の増加が促進される。

A. ①③ B. ①④ C. ①⑤ D. ①⑥ E. ②③ F. ②④ G. ②⑤ H. ②⑥

問 10) つる植物には、巻きひげを発達させるものが少なくない。多くの巻きひげは葉が変形したものとみなされているが、茎が変形したものと考えられている巻きひげもある。あるつる植物の巻きひげについて、葉の一種なのか茎の一種なのかを知るために、細胞や組織の観察をおこなうことにした。この観察では、巻きひげについてどのような情報がとくに有効だろうか。A～E から選べ。(3 点)

- A. 内部組織における葉緑体の有無
- B. 表面における気孔の有無
- C. 表面における毛の有無
- D. 内部の維管束の分岐パターン
- E. 横断面における木部と師部の配置

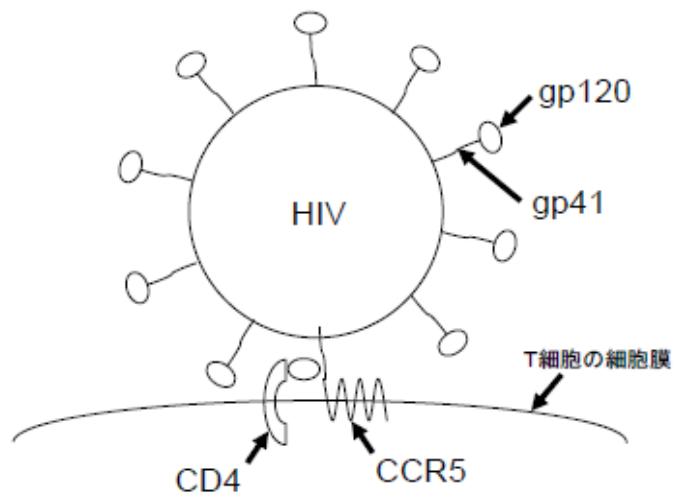
問 11) 扁形動物のプラナリアは高い再生能力をもつ。プラナリアの再生については以下のことがわかっている。

- (1) 正常なプラナリアの体には、活発に DNA 合成をおこなう細胞群が存在する。この細胞を S 細胞とよぶ。
- (2) 高い増殖能力をもつ細胞を破壊する X 線のある個体に照射すると、S 細胞が減少した。
- (3) X 線を照射された個体の再生を観察したところ、ほとんど再生しなかった。

これらのことから「S 細胞は少なくとも再生に必要な幹細胞である」という仮説をたてた。その仮説をさらに検証するために必要な実験としてもっとも適当なものを A～F から選べ。(3 点)

- A. 正常個体に X 線を照射した個体の組織の一部を移植して、再生能力があるかどうかを調べる。
- B. X 線を照射した個体に正常個体の組織の一部を移植して、再生能力が回復するかどうかを調べる。
- C. X 線を照射した個体に X 線を照射した個体の組織の一部を移植して、再生能力が回復するかどうかを調べる。
- D. X 線を照射した個体に正常個体の S 細胞を移植して、再生能力が回復するかどうかを調べる。
- E. 正常個体に正常個体の S 細胞を移植して、再生能力が変化するかどうかを調べる。
- F. X 線を照射した個体を長期間飼育し、その後再生能力が回復するかどうかを調べる。

問 12) ヒト免疫不全ウイルス (HIV) が T 細胞のような免疫担当細胞に感染するときには、HIV の gp120 というタンパク質と免疫細胞の細胞膜にある CD4 というタンパク質が結合し、さらに HIV がもつ gp41 と免疫細胞の細胞膜上の CCR5 が結合することにより、ドアが開くようにウイルスの膜と細胞の膜が融合する。HIV はこの 2 種類の鍵を同時に開けないと細胞内に侵入できない。右の図は、このことを模式的に示したものである。



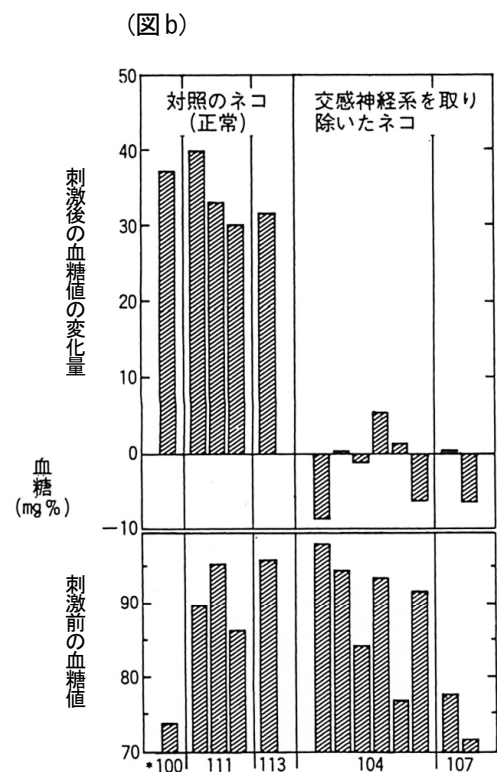
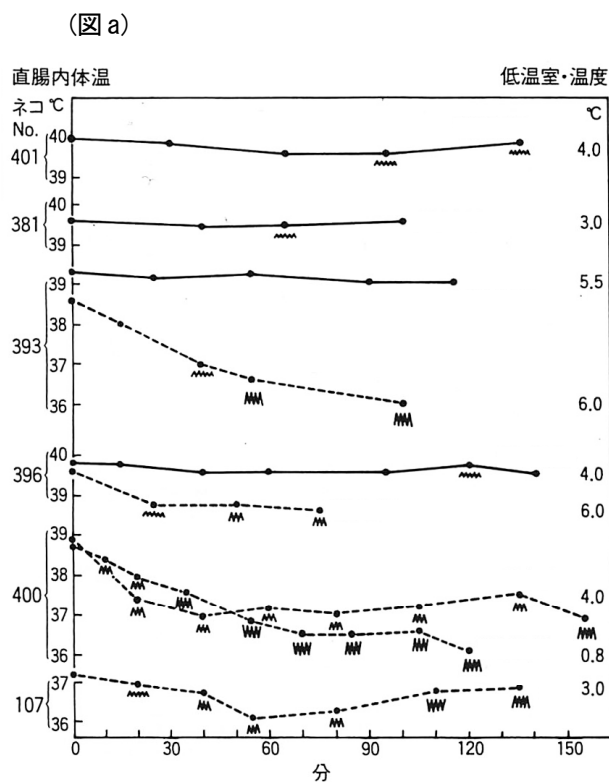
次のうち、HIV の予防・治療に効果が期待できるものをすべて選んでいるのは、A～H のどれか。ただし、実際の予防・治療における副作用などの問題点は無視するものとする。(3 点)

- ① CCR5 が正常な人から骨髄移植をおこなう。
- ② CCR5 と結合するタンパク質を大量に体内（血液内）に導入する。
- ③ CCR5 を発現させる遺伝子をノックアウトする（はたらかなくする）DNA を T 細胞に導入する。
- ④ CCR5 を発現させる遺伝子を分解する酵素（CCR5 特異的 DNA 分解酵素）を体内（血液内）に導入する。
- ⑤ CD4 を発現させる遺伝子を分解する酵素（CD4 特異的 DNA 分解酵素）を体内（血液内）に導入する。
- ⑥ gp41 と結合する CCR5 類似のタンパク質を大量に体内（血液内）に投入する。

- A. ①②⑤ B. ①③⑤ C. ①④⑥ D. ①⑤⑥ E. ②③⑤ F. ②③⑥ G. ③④⑥ H. ④⑤⑥

問 13) 動物のからだには外部環境の変化に対して内部環境の恒常性（ホメオスタシス）を維持する仕掛けが備わっており、環境の変化に大きく影響されことなく活動する能力をもっている。米国の生理学者キャノン（Cannon, W. B.）は、交感神経系の恒常性維持に関する機能を調べるために、ネコの右側の胸部および腹部の交感神経幹を切除した。このネコをさまざまな環境下に置き、その反応をみたところ、次のような結果をえた。

- (1) 交感神経切除ネコを寒冷下にさらすと、脊柱から左半分の毛は逆立ったが、右半分の毛は逆立たなかった。
- (2) 寒冷下でのネコの体温を記録すると、図 a のような結果をえた。実線は対照群の直腸内温度を示し、破線は交感神経除去群の直腸内温度を示す。またそれぞれの記録の下ジグザク（MMM）はネコの震え反応の強度を示す。
- (3) 対照群のネコ（3匹）と交感神経除去群のネコ（2匹）に、それぞれ同程度の刺激を与えて、怒りの感情をひき起こした。このときの血糖値の変化量と刺激前の血糖値の記録が図 b である。
- (4) 交感神経除去群のネコは、特別な刺激を与えないかぎり、とくに目立った障害をひき起こすことなく、健康な状態のまま3年以上実験室内の安定した環境で生存した。



(図は、W・B・キャノン「からだの知恵」：講談社（1981）より改変）

①～⑥は交感神経系の恒常性維持に関する記述である。この中で、実験結果から推測可能なものはどれか。正しい組合せを A～H から選べ。（4 点）

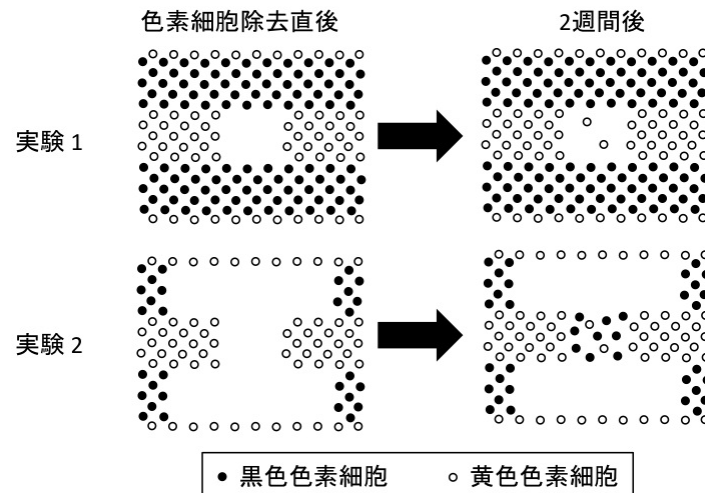
- ① 交感神経系の活動は、立毛筋の収縮に必要である。
- ② 交感神経系は、神経が存在する側とは反対側の効果器を支配している。
- ③ 交感神経切除動物では、からだから熱が失われることに対して無防備になっている。
- ④ 交感神経系が刺激されると、血中へのグルコースの放出量が増加する。
- ⑤ 交感神経系は、からだの代謝を高め、からだを活性化させる方向にはたらく。
- ⑥ 交感神経系は、生命の維持に大きな役割を果たしているとはいえない。

A. ①③⑤ B. ①③⑥ C. ①④⑤ D. ①④⑥ E. ②③⑤ F. ②③⑥ G. ②④⑤ H. ②④⑥

問 14) ゼブラフィッシュの黒色と黄色の縞模様は、黒色色素細胞と黄色色素細胞の分布によってできている。これらの色素細胞は共通の色素幹細胞から分化するが、どちらの色素細胞になるかは周囲からの影響により決定される。そこで、既存の色素細胞からの影響を調べるため、顕微レーザー照射によって一つひとつの色素細胞を焼き殺して除去する方法をもちいて、次の実験をおこなった。実験を模式的に下図に示す。

実験 1：黄色縞の一面において黄色色素細胞をすべて除去した。2週間後、わずかな黄色色素細胞が出現した。

実験 2：黄色縞の一面において黄色色素細胞をすべて除去した。さらにその周囲の黒色色素をすべて除去した。2週間後、黄色色素細胞が除去された部分にわずかな黄色色素細胞と多数の黒色色素細胞が出現した。



色素細胞除去直後と2週間後の色素細胞の分布の模式図

以上の実験結果から推測できることとしてもっとも適当なものをA～Hから選べ。(3点)

- A. 既存の黄色色素細胞は、新たな黄色色素細胞の分化を促進する。
- B. 既存の黄色色素細胞は、新たな黒色色素細胞の分化を促進する。
- C. 既存の黄色色素細胞は、新たな黄色色素細胞の分化を抑制する。
- D. 既存の黄色色素細胞は、新たな黒色色素細胞の分化を抑制する。
- E. 既存の黒色色素細胞は、新たな黄色色素細胞の分化を促進する。
- F. 既存の黒色色素細胞は、新たな黒色色素細胞の分化を促進する。
- G. 既存の黒色色素細胞は、新たな黄色色素細胞の分化を抑制する。
- H. 既存の黒色色素細胞は、新たな黒色色素細胞の分化を抑制する。

問 15) ヒトの心臓は2心房2心室から構成され、心臓の右側には体循環から還流してきた酸素に乏しい血液が、心臓の左側には肺循環から還流してきた酸素に富んだ血液が流れる。両者は混じりあうことなく、効率よく末梢組織に酸素を運搬できるように構築されている。心臓の壁の厚さを比較すると、両心房では右＝左で、両心室では(①)となっている。これは、肺循環と体循環の血管床面積(血管の内腔総面積)とそこに血液を送るために必要な収縮力の差を考えてみると容易に理解される。このように合目的的に構築された心臓も発生異常や後天的な疾患によってその基本構築が破壊された場合、その機能を十分に発揮することができなくなる。たとえば左右の心室を隔てている心室中隔に先天的に孔が開いている子供がいる。このような子供では、(②)の心室から(③)の心室へ血液が逆流するため、(④)循環での血圧が高くなる。

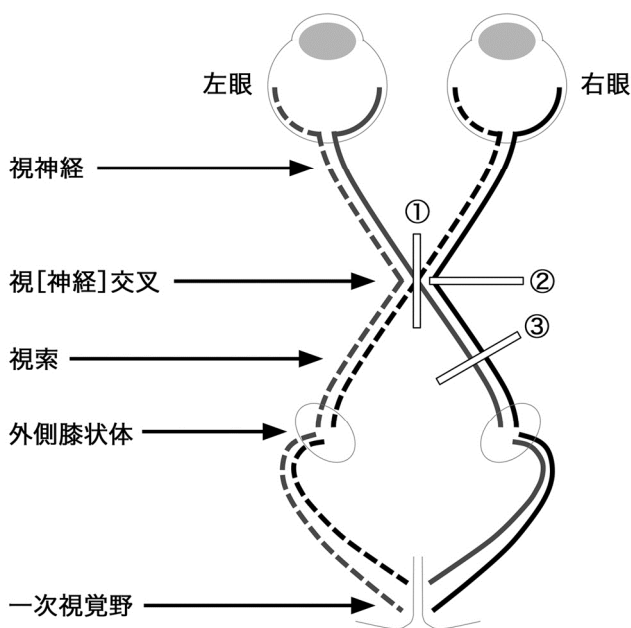
() 内の①～④に当てはまる語句の組合せとしてもっとも適当なものを A～H から選べ。(4 点)

	①	②	③	④
A	右=左	右	左	肺
B	右=左	左	右	体
C	右>左	右	左	肺
D	右>左	左	右	体
E	右>左	右	左	体
F	右<左	左	右	肺
G	右<左	右	左	肺
H	右<左	左	右	体

問 16) 左下の図にはヒトの視覚情報が眼球から脳の一次視覚野へどのように伝えられるか(視覚伝導路)が記されている。網膜は眼球内部の後ろ 5/6 を覆っているが、ここに投影される映像(視野)は瞳孔というピンホールを通るために上下・左右反転している。また左右それぞれの眼球について、鼻側(内側)の網膜に投影された視覚情報を伝える視神経線維は左右の交叉を経て脳の一次視覚野へ到達するが、耳側(外側)の網膜に投影されたものは左右の交叉をおこなわない。

さて、視覚伝導路の傷害は視野欠損として現れる。図中の白線①、②、③のそれぞれの部位で傷害を受けたときの視野欠損の様式を正しく説明しているものは、A～H のどれか。

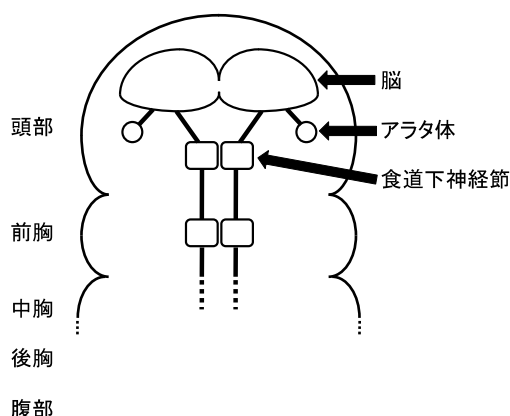
なお、①では視[神経]交叉において交叉線維のみが、②では視[神経]交叉において右側の非交叉線維のみが、③では右側の視索がそれぞれ傷害を受けている。(4 点)



	①での傷害	②での傷害	③での傷害
A			
B			
C			
D			
E			
F			
G			
H			

選択肢中の左右 1 対の円はそれぞれ左眼と右眼の視野を示し、視野が損なわれた領域を黒で示す。

問 17) 昆虫では、頭部にある脳とそれに連結したアラタ体および食道下神経節（下図）が、脱皮・変態・休眠等の内分泌制御の中心的な役割を担っている。



昆虫頭部の中樞神経とアラタ体の模式図

アワヨトウという蛾の六齢（終齢）幼虫は、五齢幼虫の間に個体密度が低いと黄緑色になり、五齢幼虫の間に個体密度が高いと黒色になる。個体密度が高いことに応答して体色を黒化させるホルモンがあると考えて、次の実験をおこなった。

実験 1： 個体密度が高い条件の五齢幼虫をもちい、次の脱皮の9時間前に胸部と腹部との間を糸で縛って体液の移動を遮断し、これをドナー（供与体）とした。このドナーを放置したところ、腹部は脱皮して黄緑色になった。

実験 2： ドナーの腹部に個体密度が高い条件の五齢幼虫の食道下神経節を移植したところ、脱皮した腹部は黒色になった。

実験 3： 実験 2 の後に、移植した食道下神経節を取り出して新たなドナーの腹部に移植したところ、脱皮した腹部は黒色になった。

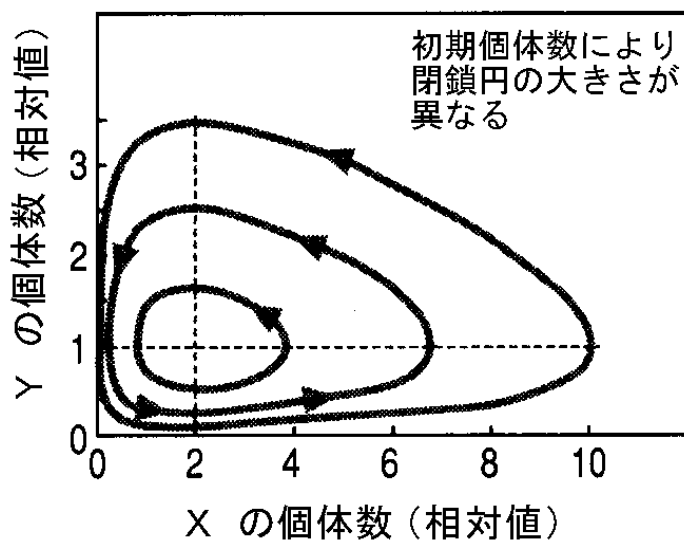
実験 4： ドナーの腹部に個体密度が高い条件の五齢幼虫の脳・アラタ体を一体のまま移植したところ、脱皮した腹部は黒色になった。

実験 5： 実験 4 の後に、移植した脳・アラタ体を取り出して新たなドナーの腹部に移植したところ、脱皮した腹部は黄緑色になった。

以上の実験結果から、体色を黒化させるホルモンはどの器官で産生と分泌がおこなわれると考えられるか。もっとも適当なものを A～F から選べ。（4 点）

- A. 脳で産生され、脳から分泌される。
- B. アラタ体で産生され、アラタ体から分泌される。
- C. 食道下神経節で産生され、食道下神経節から分泌される。
- D. 脳で産生され、食道下神経節から分泌される。
- E. 脳で産生され、アラタ体から分泌される。
- F. 食道下神経節で産生され、アラタ体から分泌される。

問 18) 捕食者と被食者の個体数変動は数学的なモデルで考えることができる。下の図は、捕食者と被食者の数の変化を同時に示すことで、双方の瞬間的な変化を描いている。XとYの個体数は曲線上を矢印で示す方向に変化する。曲線は反時計回りに回る閉鎖円となるが、図には初期個体数の違いにより大きさの異なる3つの閉鎖円が示してある。たとえば、初期個体数が $X=10$ と $Y=1$ であるとき、もっとも大きい閉鎖円になる。このグラフについて述べた①～⑥の記述について、正しいものの組合せをA～Hから選べ。(4点)



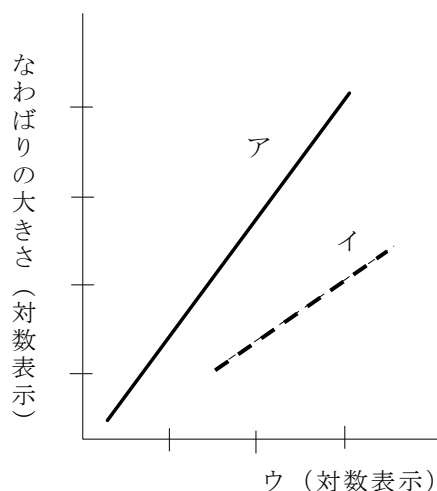
(図は、日本生態学会編「生態学入門」：東京化学同人(2004)より改変)

- ① Xは捕食者、Yは被食者である。
- ② Xは被食者、Yは捕食者である。
- ③ Xの個体数が2より大きいとき、Yの個体数は減少する。
- ④ Yの個体数が1より大きいとき、Xの個体数は減少する。
- ⑤ Xの個体数が最大になるのは、Yの個体数が最大になってから1/4周期後である。
- ⑥ Yの個体数が最大になるのは、Xの個体数が最大になってから1/4周期後である。

A. ①③⑤ B. ①③⑥ C. ①④⑤ D. ①④⑥ E. ②③⑤ F. ②③⑥ G. ②④⑤ H. ②④⑥

問 19) 右の図は、北アメリカ産鳥類のなわばりの大きさに影響を与える要因について調べる目的で描かれたものである。図中の2本の直線（ア、イ）と横軸の要因（ウ）がそれぞれ示している内容について、もっとも適当な組合せはA～Fのどれか。（3点）

	直線（ア）	直線（イ）	横軸（ウ）
A	動物食	植物食	体の大きさ
B	動物食	植物食	生息密度
C	動物食	植物食	つがいあたりの産卵数
D	植物食	動物食	体の大きさ
E	植物食	動物食	生息密度
F	植物食	動物食	つがいあたりの産卵数



問 20) 昆虫の色学習能力を調べるため、ハエをもちいて次の実験をおこなった。

実験 a : 黒画用紙の上に小さな色紙を貼ったカラープレート（図 1）を準備し、その上で翅を切ったハエを歩かせ、訪れる色を順に 10 個数えた。

実験 b : 黒画用紙の上に貼られた黄色、緑色あるいは青色の色紙（図 1 : 訓練プレート）の上でショ糖溶液を飲ませ、その後再びカラープレート上でハエを歩かせ、訪れる色を順に 10 個数えた。

1 回の実験 a とこれに続く 3 回の実験 b で一つのまとまった実験のシリーズとし、各シリーズでは同じ色の訓練プレートをもちいた。なお、個体差がある可能性を考慮し、シリーズごとに 2 個体のハエ（A、B）で実験をおこなった。えられた結果を図 2 に示す。

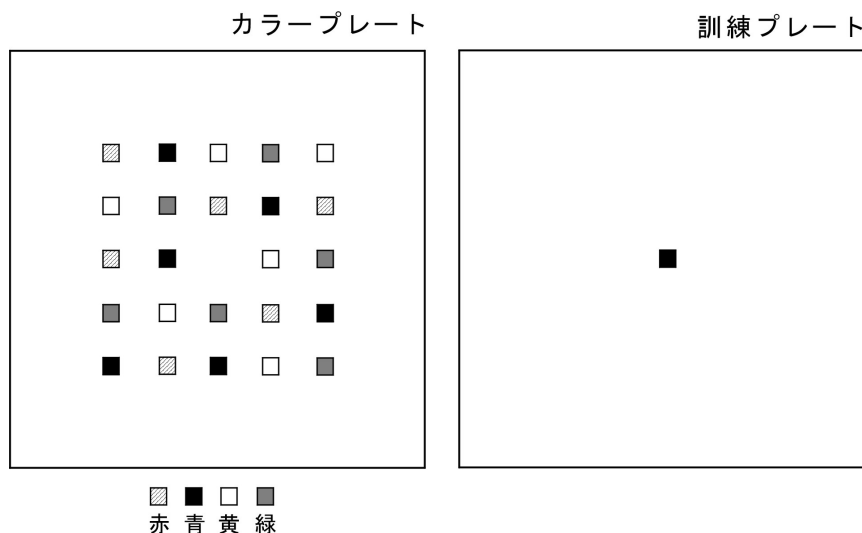


図 1 実験に用いたカラープレートと訓練プレート
いずれも背景は黒色

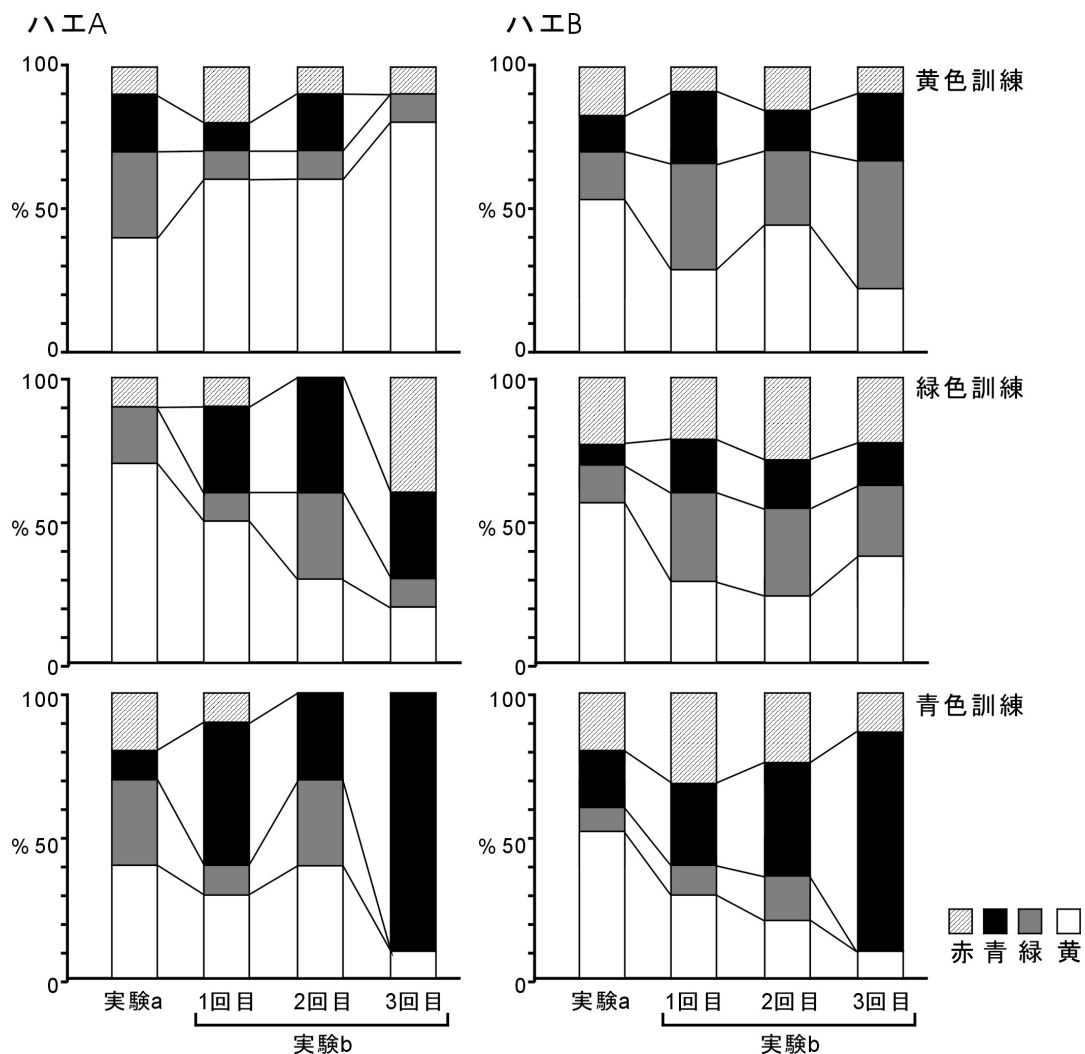


図2 ハエAとハエBの実験結果

実験 a, b の 10 回の色訪問における各色の訪問回数を割合で示している。

①～⑥の記述のうち、実験結果から考えられることとして正しい組合せは、A～Jのどれか。(3点)

- ① ハエには色の好みが存在しない。
- ② ハエには色の好みが存在し、黄色を好む。
- ③ ハエには色の好みが存在し、緑色を好む。
- ④ ハエには色の好みが存在し、青色を好む。
- ⑤ ショ糖と色の連合学習は、黄、緑、青色いずれにおいても同様に成立する。
- ⑥ 3色の中でショ糖と色の連合学習が成立しやすいのは、黄色である。
- ⑦ 3色の中でショ糖と色の連合学習が成立しやすいのは、緑色である。
- ⑧ 3色の中でショ糖と色の連合学習が成立しやすいのは、青色である。
- ⑨ 連合学習が成立する場合、訓練回数を増やすごとに学習率が上がる。
- ⑩ 連合学習が成立する場合、たった一回の訓練で連合学習が成立する。

- A. ①⑤⑨ B. ①⑥⑩ C. ②⑤⑨ D. ②⑦⑩ E. ②⑧⑨
- F. ③⑤⑩ G. ③⑥⑩ H. ③⑧⑨ I. ④⑥⑩ J. ④⑦⑨

問 21) カイコガの成虫では、雄が雌の発するフェロモンに反応して、羽ばたきながら歩き始め、雌に近づいていく。この羽ばたきは婚礼ダンスとよばれる独特の行動である。すなわち、普通みられる昆虫の羽ばたきは脚が接地したままでは起こらないが、フェロモンによる羽ばたき（婚礼ダンス）では脚が接地し歩きながらでも起こる。この行動を調べるため、次のような実験をおこなった。

【実験と結果】

- I. 雄の触角を切り取ってみると、フェロモンに対する行動をまったく示さなくなる。
- II. フェロモンに反応して羽ばたき始めた雄の触角を切り取っても、羽ばたきは続けたままであった。
- III. IIの羽ばたきをしている雄の頭部を切り取ると、羽ばたきはすぐに止まった。
- IV. IIIの頭部を切り取った雄の翅を持って吊り下げると、羽ばたきを開始し、再び床に戻すと羽ばたきをやめた。
- V. フェロモンの刺激を与えない雄を吊り下げると、羽ばたきをしたが、床に戻すと羽ばたきをやめた。

フェロモンによる羽ばたき行動についての記述と実験 I ～ V の結果をから考えて、明らかに否定される説明はどれか。
否定される記述の組合せになっているものを A ～ I から選べ。(3 点)

- ① カイコガの雄はフェロモンの刺激を触角で感知する。
- ② フェロモンによる雄の羽ばたき行動は、フェロモンを刺激とする反射行動である。
- ③ フェロモンによる雄の羽ばたき行動は、中枢神経（脳）からの指令によりおきる。
- ④ 普通みられる（フェロモンによらない）昆虫の羽ばたきが脚からの刺激で抑制されるのは、反射行動と考えられる。
- ⑤ フェロモンによる羽ばたきは、脚からの抑制を受けない。
- ⑥ 脚からの刺激による抑制とフェロモンによる行動では、脚からの抑制のほうが優先される。

A. ①④ B. ①⑤ C. ①⑥ D. ②④ E. ②⑤ F. ②⑥ G. ③④ H. ③⑤ I. ③⑥

問 22～23) 多くの被子植物には自家受精を防ぐ仕組みが備わっており、その一つが自家不和合性である。自家不和合性の植物では、同じ植物（個体）からの花粉が柱頭に付着すると、その花粉による受精が阻害される。

問 22) 次の自家不和合性に関する説明のうち、至近要因と究極要因について直接述べているものの組合せとしてもっとも適当なものを A～J から選べ。(3 点)

- ① 自家不和合性の植物においても、つぼみの段階で人工受粉をすることで自家受精をさせることができる場合が多い。
- ② 自家不和合性には、近親交配による後代の生存率低下を防ぐはたらきがある。
- ③ 自家不和合性を決定する S 遺伝子座には花粉とめしべではたらく因子が共に座位しており、花粉側の対立遺伝子とめしべ側の対立遺伝子が合致したときに花粉管の成長が阻害される。
- ④ 配偶体型の自家不和合性はナス科の植物にみられ、孢子体型の自家不和合性はアブラナ科にみられる。

	至近要因	究極要因
A	①	②
B	①	③
C	①	④
D	②	③
E	②	④
F	③	①
G	③	②
H	③	④
I	④	①
J	④	②

問 23) 配偶体型の自家不和合性では、不和合性は次のように 1 つの遺伝子座 (S 遺伝子座) によって決定される。 S 遺伝子座の複対立遺伝子を $S_1, S_2, S_3, \dots$ とする。花粉のもつ S 遺伝子とめしべのもつ 2 つの S 遺伝子に共通のものがあるとき、花粉管の伸長が阻害され、受精が起きない。たとえば、対立遺伝子 S_1 をもつ花粉と遺伝子型 S_1S_2, S_1S_3 などの対立遺伝子 S_1 をもつめしべとの間では、受精が成立しない。

遺伝子型 S_1S_2 のめしべに遺伝子型 S_1S_3 の個体からの花粉で受粉して種子をえた。この種子から得られた個体の遺伝子型とその分離比はどうなるか。A～I から選べ。(3 点)

- A. $S_1S_1 : S_1S_2 : S_1S_3 : S_2S_3 = 1 : 1 : 1 : 1$
- B. $S_1S_1 : S_1S_2 : S_1S_3 : S_2S_3 = 1 : 3 : 3 : 9$
- C. $S_1S_2 : S_1S_3 : S_2S_3 = 1 : 1 : 1$
- D. $S_1S_2 : S_1S_3 : S_2S_3 = 1 : 1 : 2$
- E. $S_1S_2 : S_2S_3 = 1 : 1$
- F. $S_1S_2 : S_2S_3 = 1 : 3$
- G. $S_1S_3 : S_2S_3 = 1 : 1$
- H. $S_1S_3 : S_2S_3 = 1 : 3$
- I. すべて S_2S_3

問 24) ある遺伝子座 G についてヘテロ接合の植物 (遺伝子型 Gg) をコルヒチンで処理し、4 倍体 ($GGgg$) をえた。この 4 倍体植物に生じた花粉の遺伝子型を調べると、 $GG : Gg : gg$ の分離比はどうなっていると期待されるか。A～I から選べ。なお、4 倍体の減数第一分裂では、4 本ある相同染色体が 2 本ずつ、ランダムな組合せで対合することに注意して計算すること。(3 点)

- A. $GG : Gg : gg = 1 : 0 : 1$
- B. $GG : Gg : gg = 2 : 1 : 2$
- C. $GG : Gg : gg = 1 : 1 : 1$
- D. $GG : Gg : gg = 1 : 2 : 1$
- E. $GG : Gg : gg = 1 : 4 : 1$
- F. $GG : Gg : gg = 1 : 6 : 1$
- G. $GG : Gg : gg = 1 : 10 : 1$
- H. $GG : Gg : gg = 1 : 14 : 1$
- I. $GG : Gg : gg = 0 : 1 : 0$

問 25) ヒトの ABO 血液型に関し、ある集団では O 型の人の割合が 36% を占めた。この集団の ABO 血液型遺伝子の頻度がハーディ・ワインベルグの平衡にあるものとし、以下の文中の (イ) ～ (ハ) に該当する数値の組合せとして正しいものを A～H から選べ。(4 点)

- (1) O 型遺伝子の頻度は (イ) % と推定される。
- (2) O 型遺伝子をまったく持っていない人の割合は (ロ) % と推定される。
- (3) O 型の人が相手の血液型を気にせずに結婚した場合に、子供が同じ O 型になる確率は (ハ) % になる。

	(イ)	(ロ)	(ハ)
A	36	16	72
B	36	32	100
C	60	16	60
D	60	16	64
E	64	40	36
F	64	40	64
G	80	32	72
H	80	40	50

問 26) ヒトはアセトアルデヒド脱水素酵素 (ALDH) をもっていて、この酵素の活性が十分でないと飲酒の際にアセトアルデヒドの分解が不十分となり酒に弱い体質となる。

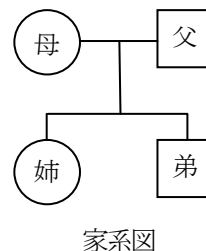
ALDH はサブユニットが4つ結合してはたらく4量体の酵素タンパク質で、サブユニットには活性をもつAタイプと活性をもたないGタイプがある。この酵素は4つのサブユニットがともにAタイプで構成されているときだけ活性をもつ。サブユニットは合成された後ランダムに結合し、4量体の酵素タンパク質となる。Aタイプのサブユニットの対立遺伝子を A 、Gタイプのサブユニットの対立遺伝子を G としたとき、遺伝子型が AA で酒に強いタイプの母親と遺伝子型が GG で酒が飲めないタイプの父親を両親にもつ子のアルデヒド分解活性は、母親に対しておよそどの程度であると考えられるか。A～H から選べ。(3 点)

- A. 母親 : 子 = 1 : 0
- B. 母親 : 子 = 1 : 1
- C. 母親 : 子 = 2 : 1
- D. 母親 : 子 = 4 : 1
- E. 母親 : 子 = 8 : 1
- F. 母親 : 子 = 16 : 1
- G. 母親 : 子 = 32 : 1
- H. 母親 : 子 = 64 : 1

問 27) 3つの遺伝子座 (P , R と S) について、右下の図のような母、父、姉、弟の4人家族の遺伝子型を調べたところ、次のような結果をえた。

結果 (各個体の遺伝子型)

遺伝子座	個体 1	個体 2	個体 3	個体 4
P	$P_I P_I$	$P_I P_2$	$P_I P_2$	$P_2 P_2$
R	$R_I R_I$	$R_I R_I$	$R_I R_I$	$R_I R_2$
S	S_I	S_I	$S_I S_2$	$S_I S_2$



この結果から個体1～4はそれぞれ誰と考えられるか。正しい組合せをA～Jから選べ。ただし、突然変異はなかったものとする。(3 点)

	個体 1	個体 2	個体 3	個体 4
A	母	父	姉	弟
B	母	姉	父	弟
C	母	弟	姉	父
D	父	母	弟	姉
E	父	姉	母	弟
F	父	弟	姉	母
G	姉	父	弟	母
H	姉	母	父	弟
I	弟	姉	母	父
J	弟	父	姉	母

問 28) ショウジョウバエの野生型系統の中に、剛毛の形態に異常のみられる雄が 1 個体出現した。その表現型は、すでに知られている X 染色体上の劣性突然変異 *forked* (f と表す) とよく似ていたことから、同じ遺伝子座に生じた突然変異であるかどうかを確かめるため、この雄を f 系統の雌と交配したところ、予想に反して F_1 の雌はすべてが野生型であった。このことから、新たに出てきた突然変異 (x と表す) は、 f とは別の遺伝子座に生じた劣性突然変異であると考えられた。 F_1 どうしの交配から得られた F_2 世代を表現型別に数えたところ、下の表のような結果となった。なお、 f と x の表現型は区別がつかないので、あわせて m で表し、野生型の表現型は $+$ で表わしてある。

結果 (観察された個体数)

表現型	雌	雄
$+$	112	32
m	103	168
合計	215	200

以下の文中の (イ), (ロ) にあてはまる数値の組合せとして正しいものを A~J から選べ。(3 点)

- (1) x の遺伝子座が常染色体上にあるとすると、 F_2 の $m : +$ の比は雌雄とも (イ) になるはずだから、 x は X 染色体上の突然変異であることがわかる。
- (2) f と x の間の組換え価は、およそ (ロ) % と推定される。

	(イ)	(ロ)
A	1 : 1	16
B	1 : 1	32
C	1 : 3	16
D	1 : 3	32
E	3 : 1	16
F	3 : 1	32
G	3 : 5	16
H	3 : 5	32
I	5 : 3	16
J	5 : 3	32

問 29) ある昆虫の性は染色体構成で決まり、XY型であることが知られている。この昆虫ではいろいろな染色体異常の個体が見つかり、その性との関係は以下のとおりである。この結果から判断して、正しい記述の組合せになっているものをA～Hから選べ。(3点)

染色体構成	性
2 A + X X	雌
2 A + X Y	雄
2 A + X	雄
2 A + Y	*
2 A + X X X	雌
2 A + X Y Y	雄
2 A + X X Y	雌
3 A + X X X	雌
3 A + X X	間性

Aは常染色体の1セット。

XはX染色体, YはY染色体を表す。

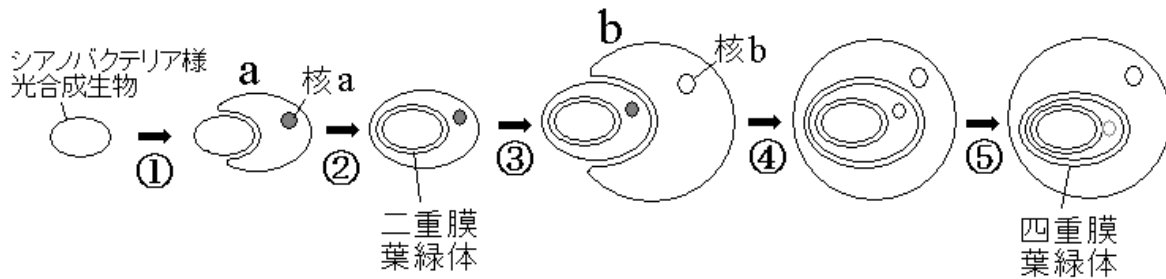
*は発生途中で死亡し、生まれてこないことを表す。

間性：雌雄の形質の入り混じった個体

- ① X染色体には生存にとって重要な遺伝子が乗っている。
- ② Y染色体には生存にとって重要な遺伝子が乗っている。
- ③ 常染色体は性の決定に関係ない。
- ④ Y染色体は性の決定に関係ない。
- ⑤ 常染色体とY染色体は性の決定に関係ない。
- ⑥ 常染色体, X染色体, Y染色体の中で性の決定に関係しない染色体はない。

A. ①③ B. ①④ C. ①⑤ D. ①⑥ E. ②③ F. ②④ G. ②⑤ H. ②⑥

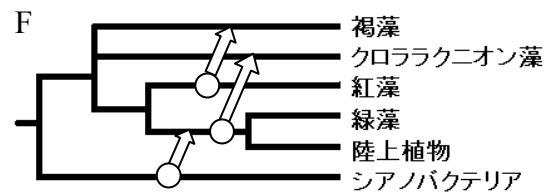
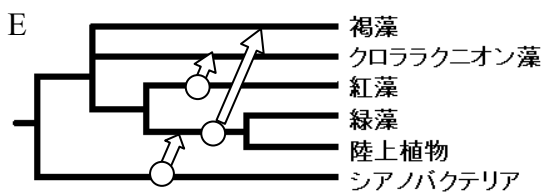
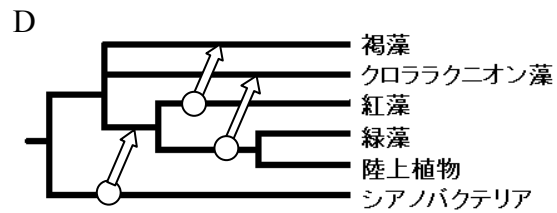
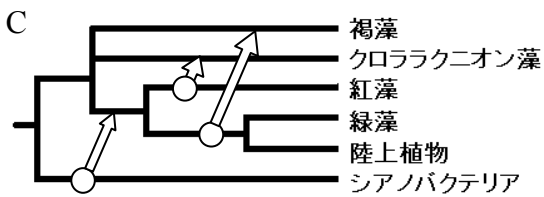
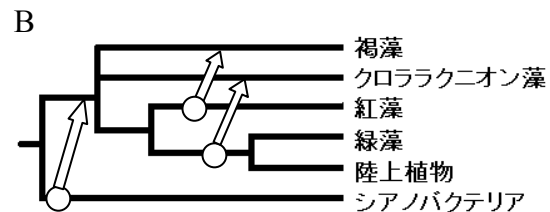
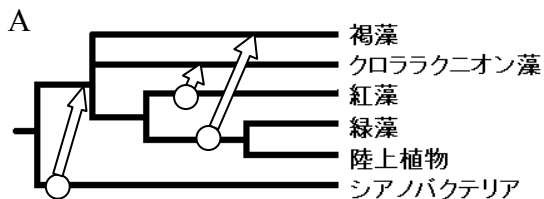
問 30) 陸上植物、緑藻、紅藻の葉緑体は二重膜でおおわれている。これは、シアノバクテリア様の光合成生物（原核生物）が共生した結果であると考えられている（一次共生、下図の①と②）。しかし、藻類でも褐藻やクロララクニオン藻などの葉緑体は四重膜をもっている。これらの四重膜をもつ葉緑体は下の図のように二次共生で生じたと考えられている（下図の③～⑤）。



- ① シアノバクテリア様の光合成生物が生物 a に取り込まれる。
- ② 生物 a の中で二重膜の葉緑体が形成される。
- ③ 二重膜の葉緑体をもつようになった生物 a が生物 b に取り込まれる。
- ④ 生物 b の中で、生物 a の核（核 a）などが退化していく。
- ⑤ 生物 b の中で四重膜の葉緑体が形成される。

また、陸上植物、緑藻、クロララクニオン藻の葉緑体にはクロロフィル a とクロロフィル b が含まれているが、紅藻や褐藻の葉緑体にはクロロフィル a とクロロフィル c が含まれている。

以上のことから系統樹に一次共生や二次共生を書き込んだ図として正しいものを A～F から選べ。ただし、図では○が入りこむ生物を示し、 $\hookrightarrow$ はどの生物の細胞に入りこんだかを示している。（4 点）



メモ

メモ