

2006年
国際生物学オリンピック（IBO）
日本国内1次予選 問題

試験時間 90分

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26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・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 解答用紙には解答欄以外に次の記入欄があるので、監督者の指示に従ってそれぞれ正しく記入しマークしなさい。
 - ① 学校名欄、氏名、学年、組欄
学校名、氏名、学年、組を記入しなさい。
 - ② 受験番号欄
受験番号(数字)を記入し、さらにその下のマーク欄にマークしなさい。
正しくマークされていない場合は、採点できないことがあります。
- 5 問題数は、問1)～問51)の51問です。**問題はすべて、それぞれ最も適当な解答を選択肢の中から1つずつ選び、記号で答えなさい。**
- 6 配点は1点から3点で、各設問の最後に示してあります。51題合計で100点満点です。
- 7 解答は、解答用紙の問題番号に対応した解答欄にマークしなさい。例えば、問1)の問いに対してAと解答する場合は、次の(例)のように問1)の解答欄のAにマークしなさい。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)

▼解答欄

1	<input checked="" type="radio"/>	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
2		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
3		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O

- 8 問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離してはいけません。
- 9 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。

国際生物学オリンピック日本委員会 (JBO)

問1) 光学顕微鏡の分解能(R)は、以下の式で表される。

$$R = 0.61 (\lambda / NA)$$

λ :観察に用いる光の波長, NA:開口数

光学顕微鏡では、解像度よりも小さなものはほとんど観察することができない。開口数 1.2 の高性能顕微鏡を用いたとき、以下の(1)～(5)の中で観察が可能なものの組合せはどれか。なお、可視光線の波長は $0.4 \sim 0.7 \mu\text{m}$ である。(2点)

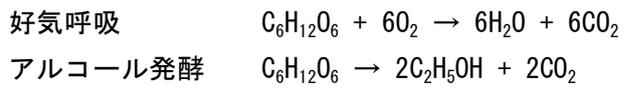
- (1) パン酵母 ($5 \mu\text{m}$)
- (2) 黄色ブドウ球菌 ($0.8 \mu\text{m}$)
- (3) マイコプラズマ ($0.4 \mu\text{m}$)
- (4) インフルエンザウイルス ($0.1 \mu\text{m}$)
- (5) リボソーム ($0.025 \mu\text{m}$)

- A. (1) のみ
- B. (1) (2)
- C. (1) (2) (3)
- D. (1) (2) (3) (4)
- E. (1) から (5) のすべて

問2) DNA を細胞に導入する形質転換の方法には、生物や細胞の種類に応じて様々な方法がある。次の中で形質転換の方法として適切でないものはどれか。(2点)

- A. 土壌細菌の一種であるアグロバクテリウムによる植物への感染を利用して、植物細胞に DNA を導入する方法。
- B. 塩化カルシウムを用いて細胞膜の性質を変化させることにより、DNA を導入する方法。
- C. 顕微鏡下で細いガラス針を用いて DNA を注入する方法。
- D. DNA 合成酵素を用いて温度変化により DNA を導入する方法。
- E. 金属粒子に DNA を塗りつけたものを、ガス圧により細胞に直接打ち込む方法。

問 3) ~4) 酵母は酸素が豊富にあるときは好気呼吸を行っているが、酸素が不足するとアルコール発酵も行う。それぞれの反応式は以下の通りである。ただし、原子量は C=12, H=1, O=16 とする。



いま、一定時間に発生する気体の量を計測したところ、128 mg の酸素が消費され、352 mg の二酸化炭素が発生していた。

問 3) 好気呼吸で消費されたブドウ糖は何mgか。(2 点)

- A. 64 mg
- B. 120 mg
- C. 128 mg
- D. 240 mg
- E. 720 mg

問 4) 生成したアルコールは何mgか。(2 点)

- A. 46 mg
- B. 88 mg
- C. 92 mg
- D. 128 mg
- E. 184 mg

問 5) ~6) 細胞は細胞膜に傷害を受けると、傷害部位にリソソームが集合して細胞膜との融合が起こり、細胞膜を修復することがわかっている。この細胞膜の修復機構を解析するため、以下の実験を行った。

【実験】

蛍光色素を結合したデキストラン（蛍光デキストラン）を加えた緩衝液中でウニの卵細胞を針で傷つけ、細胞内への蛍光デキストランの流入と、その後の受精と卵割を観察した。同じ実験を Ca^{2+} の存在下および非存在下で行った。ただし、蛍光デキストランが細胞死を誘導することはない。

【結果】

- ・ Ca^{2+} の存在下では、蛍光デキストランの流入はほとんど観察されなかった。その後、細胞は正常に受精し、卵割を行った。
- ・ Ca^{2+} の非存在下では、細胞内に蛍光デキストランが流入し、細胞死に至った。
- ・ 針で傷つけていない細胞では、 Ca^{2+} の存在・非存在に関係なく、蛍光デキストランの流入は見られなかった。

問 5) リソソームに関して、正しい記述はどれか。(2 点)

- A. 内部が疎水性の環境になっており、加水分解酵素を多く含む。
- B. 内部がアルカリ性の環境になっており、酸化還元酵素を多く含む。
- C. 二重膜の細胞内小器官である。
- D. エンドソームと融合し、細胞内消化を行う。
- E. 内部に独自の DNA を持ち、転写を行っている。

問 6) この実験の結果から、傷害を受けた細胞膜の修復には Ca^{2+} が必要であることは容易に導ける。その他に、この実験の結果から言えることとして正しい記述はどれか。(2 点)

- A. 細胞膜の修復は、傷害が細胞死を誘発するより短い時間で完了する。
- B. 蛍光デキストランがなければ、 Ca^{2+} が存在しなくても細胞膜を迅速に修復することができる。
- C. 蛍光デキストランは細胞膜の修復に重要な役割を果たしている。
- D. 傷害を受けた細胞膜を修復しなくても、細胞は受精などの活動を行うことができる。
- E. Ca^{2+} は蛍光デキストランの細胞内への取り込みを活性化する。

問 7)～9) 下の遺伝子地図に示したように、大腸菌の 2 つのプラスミド A (3000 塩基対:bp), B (5500 塩基対:bp) は、制限酵素 EcoRI および BamHI による認識部位を 1 箇所ずつ持っている。この図では制限酵素 BamHI による切断部位を 1 とし、プラスミド上での制限酵素 EcoRI による切断部位を塩基対 (bp) の番号で示している。ただし両プラスミドの遺伝子地図の縮尺は同一ではない。

なお、図に書かれている領域の記号の意味は以下のとおりである。

ori: プラスミドの複製が開始される領域。この領域があれば大腸菌内で複製される。

tet: 抗生物質テトラサイクリン (Tc) に対する耐性を与える遺伝子。

amp: 抗生物質アンピシリン (Ap) に対する耐性を与える遺伝子。

gfp: 紫外線照射により緑色の蛍光を発するタンパク質 (GFP) の遺伝子。

lacI: P-lac の制御遺伝子 (調節遺伝子)。

P-con: 常時発現型のプロモーター。

P-lac: lac プロモーター。ラクトースにより発現が誘導されるプロモーター。

注: プロモーターは各遺伝子が伝令 RNA へ転写されるために必要な領域で、各遺伝子の上流 (5'側) に存在する。ここでは常時転写を開始する P-con と、lacI 遺伝子産物により発現が抑制され、ラクトース存在下で抑制が解除されて発現が誘導される P-lac がある。

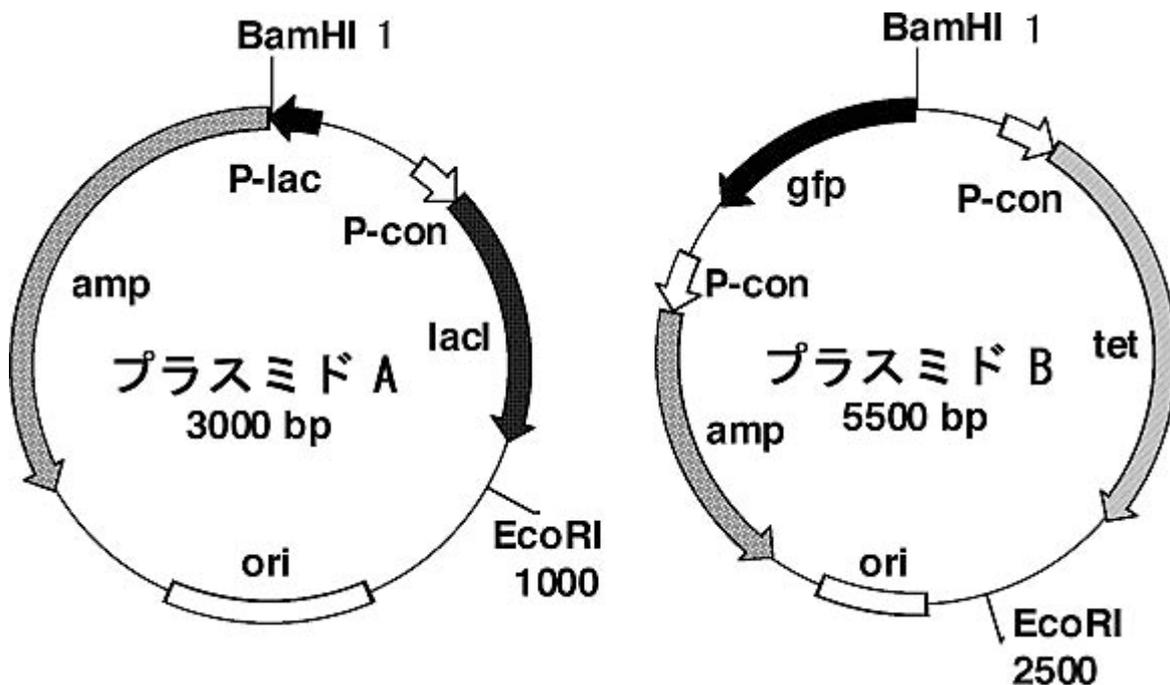


図 プラスミド A・B の遺伝子地図

問 7) プラスミド A または B のみを持つ大腸菌の形質として、適当なものはどれか。(2 点)

- A. プラスミド A のみを持つ大腸菌は、Ap とラクトースを含む培地で生育する。
- B. プラスミド A のみを持つ大腸菌は、Ap を含み、ラクトースを含まない培地で生育する。
- C. プラスミド A のみを持つ大腸菌は、Ap, Tc の両方を含む培地で生育する。
- D. プラスミド A のみを持つ大腸菌は、紫外線を照射したとき Tc を含む培地で生育する。
- E. プラスミド B のみを持つ大腸菌は、紫外線を照射すると緑色蛍光を発する。
- F. プラスミド B のみを持つ大腸菌は、Ap, Tc の両方を含む培地でのみ、生育する。
- G. プラスミド B のみを持つ大腸菌は、ラクトースを含む培地でのみ、生育する。

問 8) ~9) プラスミド A, B の両方を含む混合溶液に制限酵素 EcoRI と BamHI を加え、十分に切断反応を行った。次に、これらの制限酵素反応の産物に DNA リガーゼを加えて連結反応を行い、その反応産物を大腸菌に導入する形質転換実験を行った。その後、この大腸菌を Ap または Tc を含む寒天培地に塗布し、37°Cで一晩、培養したところ、両方ともに多数の大腸菌のコロニー（集落）が得られた。

ただし、この実験において 2 つ以上の ori を持つプラスミドは大腸菌内で複製されない。また 2 つ以上のプラスミドが同時に一つの大腸菌に入ったり、3 つ以上の DNA 断片が連結する確率は低く、今回の実験では無視できるものとする。

問 8) この形質転換実験で、Ap を含むがラクトースを含まない培地、および Ap とラクトースの両方を含む培地に生育した大腸菌が持つプラスミドは、それぞれ何通り考えられるか。(2 点)

- A. ラクトースを含む場合も含まない場合も 2 通り。
- B. ラクトースを含む場合も含まない場合も 3 通り。
- ~~C. ラクトースを含む場合も含まない場合も 3 通り。~~
- D. ラクトースを含まない場合は 2 通り、含む場合は 3 通り。
- E. ラクトースを含まない場合は 3 通り、含む場合は 4 通り。

問 9) この形質転換実験により得られた大腸菌のコロニーから、ラクトース存在下で紫外線を照射したとき緑色蛍光を発するものを選抜した。この遺伝子組換え大腸菌の性質として、(1) ~ (6) の中で正しいものの組合せはどれか。(2 点)

- (1) Ap を含まず、Tc を含む培地で生育する。
- (2) Tc を含まず、Ap を含む培地で生育する。
- (3) Ap, Tc の両方を含む培地で生育する。
- (4) この大腸菌のプラスミドの大きさを測定すると、プラスミド A より小さい。
- (5) この大腸菌のプラスミドの大きさを測定すると、プラスミド B より大きい。
- (6) この大腸菌のプラスミドの大きさを測定すると、プラスミド A とプラスミド B の中間の大きさである。

- A. (1) (4)
- B. (1) (5)
- C. (1) (6)
- D. (2) (4)
- E. (2) (5)
- F. (2) (6)
- G. (3) (4)
- H. (3) (5)
- I. (3) (6)

問 10) ~14) 図 1 はある藻類の葉緑体内部のチラコイド膜にある、光合成の反応系を模式的に表している。光合成色素を含む 2 つの反応系(ア)・(イ)を、別の反応系(ウ)がつないでおり、(ウ)を通じて(ア)へ電子が伝えられ、(ウ)の末端にシトクロム c が位置している。

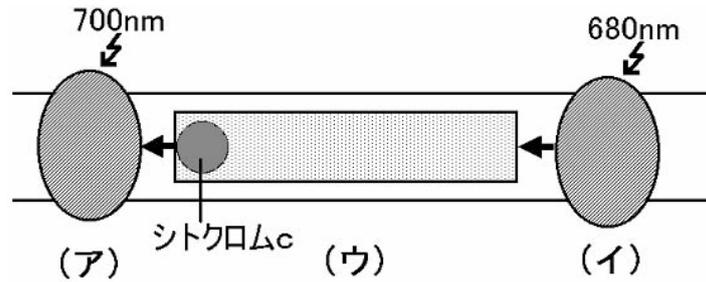


図 1

問 10) (ウ) と同じ反応系を持つ細胞小器官はどれか。(2 点)

- A. 核
- B. 小胞体
- C. 中心体
- D. リボソーム
- E. リソソーム
- F. ミトコンドリア

問 11) 反応系(ア)で起こる反応と、反応系(イ)で起こる反応の正しい組合せはどれか。(2 点)

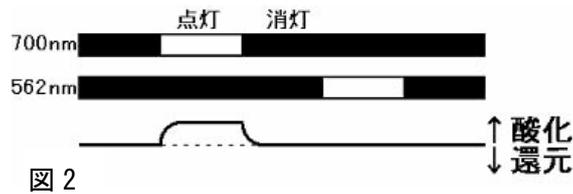
- (1) ATP の合成
- (2) NADP の還元
- (3) 二酸化炭素の固定
- (4) 水の分解

(ア) - (イ)

- A. (1) - (4)
- B. (4) - (1)
- C. (2) - (4)
- D. (4) - (2)
- E. (2) - (3)
- F. (3) - (1)
- G. (3) - (2)
- H. (3) - (4)

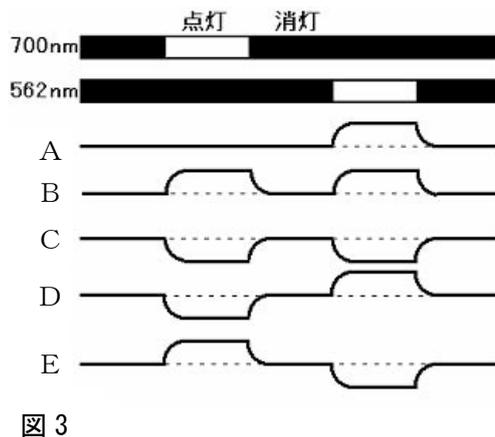
問 12) ~14) 反応系(ア)は波長 700 nm, 反応系(イ)は波長 680 nm の光をよく吸収して活性化する。また, ある種の紅藻では, このまわりにある他の光合成色素が 560~570 nm など, より波長の短い光を吸収し, 反応系(ア)・(イ)はそのエネルギーも受け取って活性化する。

この紅藻を用い, 波長 700 nm および 562 nm の光を別々に照射し, シトクロム c の酸化・還元状態を調べた(図 2)。

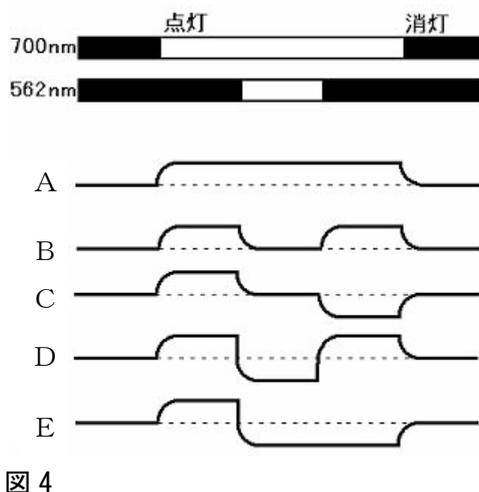


700 nm 照射時には, 反応系(ア)のみが活性化してシトクロム c から電子を奪うので, シトクロム c は酸化されるが, 562nm 照射時には, 反応系(ア)(イ)の両方が共に活性化され, シトクロム c から奪われた電子が補われていることを示している。

問 12) 除草剤として使われる DCMU (ジクロロフェニルジメチル尿素) は, 反応系(ウ)を阻害する物質として知られている。DCMU 存在下では, 同じように波長 700 nm および 562 nm の光を照射した場合に, シトクロム c の酸化・還元状態は, 図 3 のうちどのように測定されると考えられるか。(3 点)



問 13) 図 4 のように, 波長 700 nm の点灯下で 562 nm の光を同時に照射した。DCMU がない場合, シトクロム c の酸化・還元状態は図 4 のいずれのように測定されると考えられるか。(3 点)



問 14) この紅藻に波長 562 nm や 700 nm の光を照射したときの、反応系 (ア) (イ) が受け取るエネルギー量を E、光合成速度を P とする。その比 P/E は、それぞれの波長でどのようになると考えられるか。(3 点)

- A. どちらの波長でも、P/E の値はほとんど変わらない。
- B. 562 nm の光では、700 nm の光を照射したときに比べて、受け取るエネルギー量が相対的に大きくなるため、P/E の値は小さくなる。
- C. 700 nm の光では、562 nm の光を照射したときに比べて、受け取るエネルギー量が相対的に大きくなるため、P/E の値は小さくなる。
- D. 562 nm の光では、700 nm の光を照射したときに比べて、光合成速度が相対的に小さくなるため、P/E の値は小さくなる。
- E. 700 nm の光では、562 nm の光を照射したときに比べて、光合成速度が相対的に小さくなるため、P/E の値は小さくなる。

問 15) 次の各植物組織を構成する細胞について、正しいものの組合せはどれか。ただし、表中の記号の意味は、以下のとおりとする。(1 点)

- ◎ : 生きた細胞からなり、分裂が盛んな細胞を含む。
- : 生きた細胞からなるが、細胞分裂はほとんど行われない。
- × : 死んだ細胞からなる。

表

	柵状組織	海綿状組織	道管	篩管	形成層	茎頂	茎の柔組織
A.	◎	◎	×	○	◎	◎	×
B.	◎	◎	×	○	◎	○	◎
C.	◎	◎	○	×	○	○	×
D.	○	○	×	○	◎	◎	○
E.	○	○	○	×	○	◎	×

問 16) 植物は、オーキシンの作用によって茎を屈曲させる性質を持っている。これに関して正しい記述はどれか。(1 点)

- A. 茎に横から光が当たると、当たった側でオーキシンの濃度が高くなる。
- B. 茎の一部を切断してから再接着させると、オーキシンはその切断面を通過できない。
- C. 茎ではオーキシンの作用により、細胞が縦に長く伸長する。
- D. オーキシンの作用により、茎の細胞の膨圧が大きくなる。
- E. オーキシンは、道管を通過して運ばれる。
- F. オーキシンは、茎の基部より先端部に向かって運ばれる。

問 17) アブラナについていたアリマキ（アブラムシ）の頭部と胸部の間を切断したところ、吻を通じて植物体内から出てきた液体が得られた。これに関して正しい記述はどれか。（2 点）

- A. 出てきたのは師管中を運ばれる液で、スクロースに富む。
- B. 出てきたのは道管中を運ばれる液で、スクロースに富む。
- C. 出てきたのは柔細胞の細胞液で、スクロースに富む。
- D. 出てきたのは柔細胞の細胞質基質で、スクロースに富む。
- E. 出てきたのは師管中を運ばれる液で、無機塩類に富む。
- F. 出てきたのは道管中を運ばれる液で、無機塩類に富む。
- G. 出てきたのは柔細胞の細胞液で、無機塩類に富む。
- H. 出てきたのは柔細胞の細胞質基質で、無機塩類に富む。

問 18) ~19) アネハヅルやインドガンなど、酸素濃度が地上の約 1/3 しかない高度 8,000m のヒマラヤ山脈を越える渡り鳥では、酸素と結合するヘモグロビンに特徴がある。

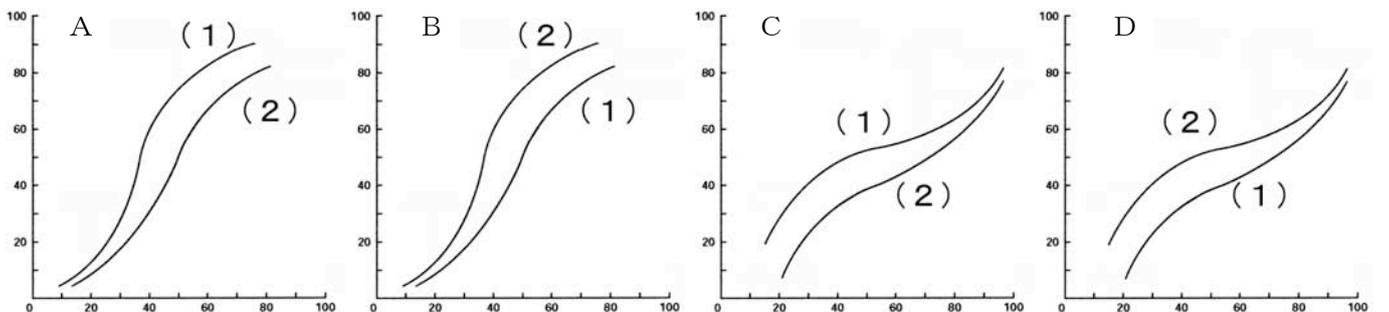
問 18) ヘモグロビンの一般的な特徴として正しい記述はどれか（2 点）。

- A. ヘムは、植物の持つクロロフィルと類似した化学構造を持つ。
- B. ほ乳類のヘモグロビンでは、鉄を含むヘムが核酸のグロビンに結合している。
- C. 酸素と結合したオキシヘモグロビンは暗赤色になる。
- D. ほ乳類のヘモグロビンは、酸素とも一酸化炭素とも同程度に結合しやすい。
- E. 胎児のヘモグロビンは母親のものとは比べて、同じ酸素分圧で酸素との親和性が低い。

問 19) 高地性鳥類のインドガンは、低地性鳥類のシジュウカラガンにくらべて低酸素状態でもより多くの酸素を体内に取り込める。

縦軸を酸素ヘモグロビンの割合（%），横軸は酸素の分圧（mmHg）にしてヘモグロビンの酸素解離曲線を描いた。インドガン（1）とシジュウカラガン（2）のものとしてもっとも適当と考えられるグラフはどれか。なお、それぞれのグラフの両端は、なめらかな曲線で続くものとする。

ただし、地上での酸素分圧は 150 mmHg，高度 8,000 m では 50 mmHg，体内組織では 25 mmHg とし、二酸化炭素分圧による違いは考えないものとする。（3 点）



（グラフは、野本茂樹「ヒマラヤ山脈を越える渡り鳥がいる」老人研情報 No.200：東京都老人総合研究所 (1994) を一部改変して転載。なお原図は以下の論文より引用されている。Reprinted from *Respir. Physiol.*, 39, Black, C.P. & Tenney, S.M., Oxygen transport during progressive hypoxia in high-altitude and sea-level waterfowl., 217-239, Copyright (1980), with permission from Elsevier)

問 20) カエルのある筋肉は ATP を収縮の直接のエネルギー源とするが (反応 1), この ATP はクレアチンキナーゼの触媒作用により, クレアチンリン酸からエネルギーを受け取っている (反応 2)。

また筋肉中で AMP が増加するのは反応 3 による。この筋肉に電気刺激を行い, 収縮させたところ (処理無し), 収縮の前後で筋肉中の ATP, ADP, AMP の量に変化がなかった。一方, クレアチンキナーゼの阻害剤処理を行ったもの (処理有り) では, 収縮前後の筋肉中の ATP, ADP, AMP の量に変化がみられた (表)。

この表から考えて, 筋肉 1 g の収縮のエネルギー源として使われた ATP 量として正しいものはどれか。(3 点)

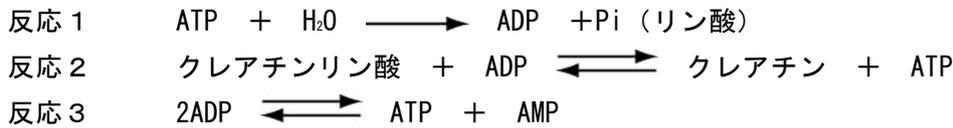


表 筋肉 1 g あたりの ATP, ADP, AMP の量 ($\times 10^{-6}$ モル)

	処理無し		処理有り	
	収縮前	収縮後	収縮前	収縮後
ATP	1.30	1.30	1.30	0.75
ADP	0.60	0.60	0.60	0.95
AMP	0.10	0.10	0.10	0.30

- A. 0.55×10^{-6} モル
- B. 0.75×10^{-6} モル
- C. 0.95×10^{-6} モル
- D. 1.15×10^{-6} モル

問 21) ヒトの性周期に関する以下の記述のうち, 正しいものはどれか。(2 点)

- A. 脳下垂体前葉から分泌されたろ胞ホルモンは, 子宮内膜の肥厚を促進する。
- B. 出産時には, 脳下垂体前葉から分泌されたろ胞ホルモンによって, 子宮が収縮する。
- C. 黄体ホルモンは, 排卵後急激に分泌量が減少する。
- D. 受精卵が着床した場合は, ろ胞刺激ホルモンによって次の排卵は抑制される。
- E. 黄体形成ホルモンは, ろ胞を成熟させ排卵を促進する。

問 22) エイズウイルス (HIV) に関する以下の記述のうち, 正しいものはどれか。(1 点)

- A. 核酸として DNA を含んでいる。
- B. B リンパ球に感染して免疫不全を起こす。
- C. RNA の配列をもとに DNA を合成する酵素を持っている。
- D. 細胞の外側に吸着して, 核酸だけを細胞内へ注入する。
- E. 血小板中に存在するため, 汚染された血液製剤で感染者が増えた。
- F. 蚊では伝染しないが, エイズ患者をさしたダニによって伝染することがある。

問 23) ~24) 免疫には、胸腺で成熟した T 細胞が抗原を認識し直接抗原を攻撃する細胞性免疫と、B 細胞が血液の血しょう中に放出した抗体が抗原と結合する体液性（液性）免疫が存在する。

問 23) 以下のような病気・症状のうち、細胞性免疫が原因で起こるのものはどれか。

(1 点)

- A. Rh 式血液型による不適合
- B. スギやヒノキによる花粉症
- C. ツベルクリン反応
- D. ピーナッツやダニによるアレルギー
- E. ハチに刺されておきるアナフィラキシーショック

問 24) 抗体に関する以下の記述のうち、正しいものはどれか。(1 点)

- A. 抗体分子の基本単位には、抗原と結合する部位が 2 箇所存在する。
- B. 抗体は免疫グロブリンと呼ばれる成分からなり、タンパク質と脂質からできている。
- C. 抗体分子の可変部のアミノ酸配列は、約 150 種類である。
- D. ウマが作った抗体分子は、ヒトの体内で抗原と結合することはできない。

問 25) あるハツカネズミの 2 つの系統（純系 A と純系 B）を使って移植実験を行った。ただし、ハツカネズミの臓器や組織の移植の際の拒絶反応は、主要組織適合性抗原（MHC）の一致性のみに依存し、MHC の遺伝は単一遺伝子（常染色体上に存在）によるメンデルの法則に従うものとする。純系 A と B は異なる MHC 遺伝子を持っているとき、以下の移植実験の結果について正しい記述はどれか。

(2 点)

- A. 純系 A（成熟したもの）の皮膚を、純系 B（成熟したもの）に移植すると移植片は生着した。その逆の場合も生着した。
- B. 純系 A（成熟したもの）の脾臓の組織（T 細胞含む）を、純系 B（新生児）に注射した。この純系 B が成熟した後、純系 A（成熟したもの）の皮膚を移植すると移植片は生着しなかった。
- C. 純系 A と純系 B を交配して F₁ をつくり、親から子へ皮膚を移植すると移植片は生着しなかった。
- D. 純系 A（成熟したもの）の皮膚を、あらかじめ胸腺を取り除いた純系 B（成熟したもの）に移植すると、移植片は生着した。

問 26) ~27) ヒトの網膜には、錐体細胞と桿体細胞の 2 種類の視細胞がある。

図 1 は、ヒトの右眼の錐体細胞 (3 種類の合計) と桿体細胞の分布を表している。縦軸は視細胞の数 ($\times 10^4$ 個/ mm^2)、横軸は網膜の中心部を 0° として表している。

図 2 は、いろいろな波長の光に対するヒトの錐体細胞 (赤) と桿体細胞の感度の違いを表わしている。縦軸は相対的な視覚の感度、横軸は光の波長で単位は nm である。

なお、図 1 と図 2 の点線、実線は、錐体細胞と桿体細胞のいずれかを示している。

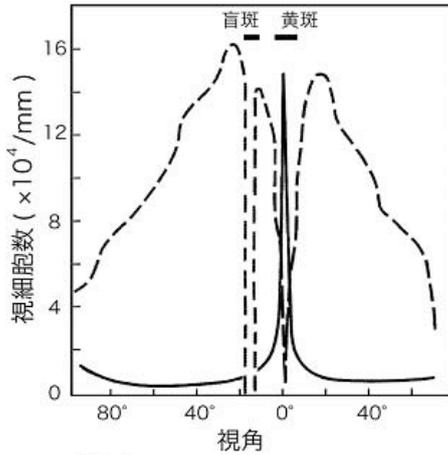


図 1

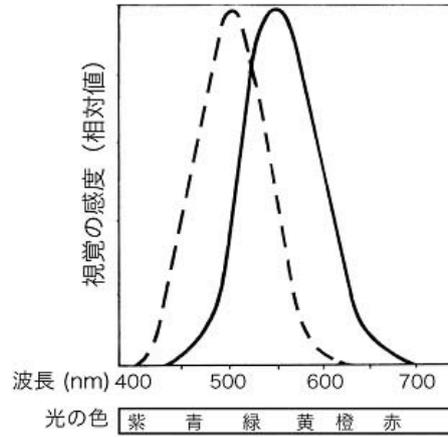


図 2

問 26) 薄暗い場所でのヒトの視覚に関する以下の記述のうち、正しいものはどれか。(2 点)。

- A. 桿体細胞の働きにより、色彩が視野の周辺部でよく見える。
- B. 錐体細胞の働きにより、ものの形の輪郭が視野の中心部でよく見える。
- C. 赤色が暗く見え、青色が明るく見える。
- D. 赤いフィルターをしたライトをみるとまぶしく感じる。

問 27) 図 3 はヒトの暗順応の時間的経過を表している。横軸は明るい場所にいたヒトが暗い場所に移動してからの時間、縦軸は網膜での光閾値を対数で表している。光閾値とは、網膜の広範囲に白色光を当てた時に、見分けることができる最小の光の強さである。

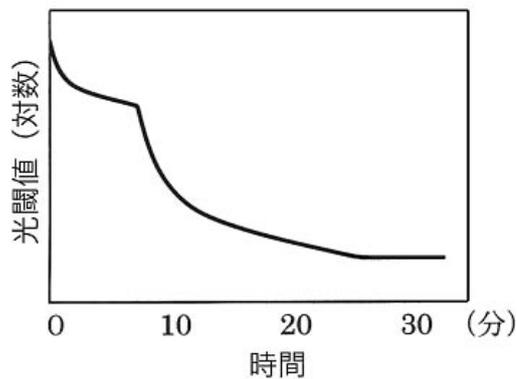
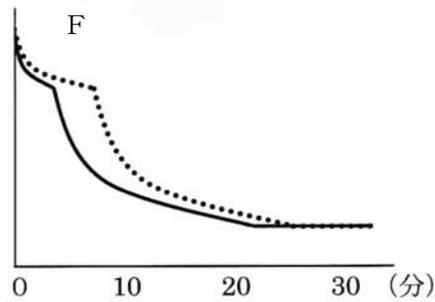
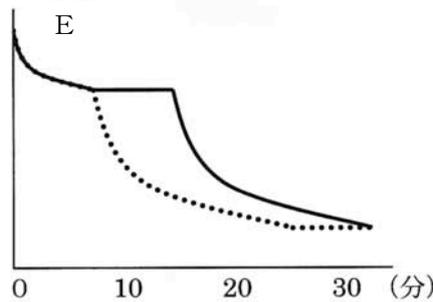
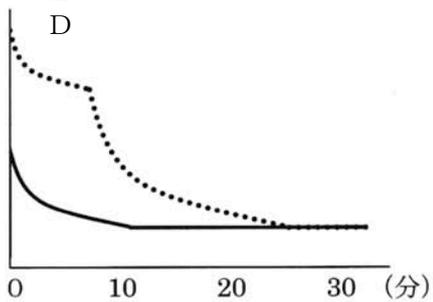
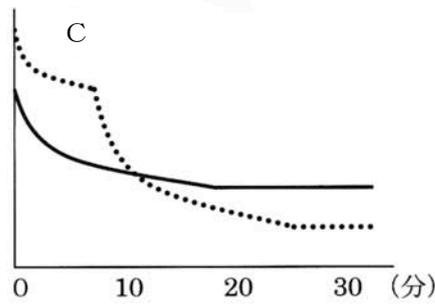
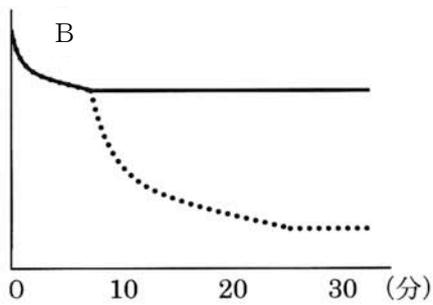
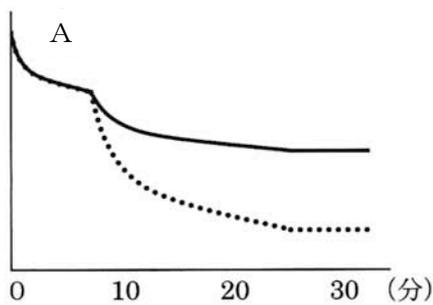


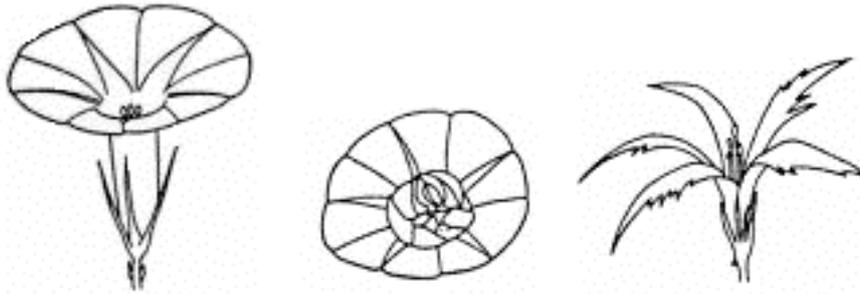
図 3

しばらく薄暗い場所にいた人が暗い場所に移動した場合、暗順応の時間的経過は、下のどの図のように表されるか。ただし、瞳孔の拡大・縮小の影響はないものとし、各図の点線は図 3 における光閾値の変化の過程を示す。(3 点)



問 28) ~29) アサガオには突然変異を起こした形質をもつ系統が、「変化朝顔」として江戸時代より保存・維持されている。その中で「出物（でもの）」と呼ばれる葉や花が複雑に変異し種子の採れない不稔の形質は、「親木（おやき）」と呼ばれる種子のできる（稔性がある）系統により維持されている。

【実験】 突然変異形質である牡丹（遺伝子記号：d）や柳（w）は劣性であり、それぞれに対する優性形質は丸咲（野生型）で遺伝子記号を D または W で表す。親木である丸咲の系統を自家受精したところ，出物である柳牡丹が 1/16 で分離してきた。



丸咲（並咲）

牡丹

柳

（図は、米田芳秋、竹中要「原色朝顔検索図鑑」：北隆館（1981）より転載）

問 28) 出物である柳牡丹は、種子が採れない不稔性であり、牡丹も柳も不稔性である。柳牡丹が現れる系統を維持していくために親木として適当な遺伝子型はどれか。（2 点）

- A. ddww
- B. DDWW
- C. ddWW
- D. DDww
- E. DdWw

問 29) 実験の結果、下線部で使われた親木と同じ遺伝子型の個体の割合は、親木と同じ表現型のものの中で理論上いくつか。（2 点）

- A. 1/16
- B. 1/9
- C. 1/8
- D. 1/4
- E. 4/9

問 30) ~31) ヒトの ABO 血液型は、9 番染色体上の ABO 血液型遺伝子座位にある遺伝子により決定される。ABO 血液型遺伝子には A 遺伝子・B 遺伝子・O 遺伝子の 3 種類が存在する。A 遺伝子・B 遺伝子はそれぞれ O 遺伝子に対して優性であり、A 遺伝子を持つ人は A 型抗原を有するため A 型となり、B 遺伝子を持つ人は B 型抗原を有することにより B 型となる。A 遺伝子と B 遺伝子の間には優劣の関係はないので、A 遺伝子と B 遺伝子の両方を持つ人の血液型は AB 型となる。

問 30) 通常の場合、O 型と AB 型の両親から生まれる可能性のある子供の血液型はどれか。(1 点)

- A. AB 型のみ
- B. O 型のみ
- C. O 型と AB 型
- D. A 型と B 型
- E. すべての型

問 31) 血液型をめぐる親子関係の係争の原因として最も多いのが、cis AB (シス AB)に関連するものである。cis AB とは、A 遺伝子と B 遺伝子が連鎖して同一染色体の ABO 血液型遺伝子座位に存在することであり、この遺伝子を持つともう一方の遺伝子に関わらず血液型は AB 型となる。O 型と cis AB 型の両親から生まれる可能性のある子供の血液型は、以下のどれか。(2 点)

- A. AB 型のみ
- B. O 型のみ
- C. O 型と AB 型
- D. A 型と B 型
- E. すべての型

問 32) ~33) ある地域に、同一種に属するガの白色型（野生型）と、黒色型（突然変異型）とが生息している。このガを無作為に 1,000 個体捕獲し、それらの比率を調べた（表）。

表 白色型（野生型）・黒色型（突然変異型）の捕獲数

	表現型		
	白色型	黒色型	合計
個体数	840	160	1,000

このガの体色は 1 対の対立遺伝子により決定され、体色を白色にする野生型遺伝子 A は、体色を黒色にする突然変異型遺伝子 a に対して優性である。このガの集団において、ハーディーワインベルグの法則が適用できるものとする。

問 32) 野生型遺伝子 A の遺伝子頻度はいくつか。（2 点）

- A. 0.2
- B. 0.3
- C. 0.4
- D. 0.5
- E. 0.6

問 33) この地域で、ある期間内に 1,000 個体あたり 120 個体のガが鳥に捕食され、その割合は、白色型が黒色型の 2 倍であったとする。残りのガの集団から次の代のガが 1,000 個体生じていく場合、白色型・黒色型の割合はどのように変わっていくか。（3 点）

- A. 白色型は黒色型よりも増加していく。
- B. 黒色型は白色型よりも増加していく。
- C. 白色型と黒色型の比率は同じになっていく。
- D. 白色型はやがて絶滅していく。
- E. 白色型と黒色型との比率は変動しつつ一定値をとる。

問 34) ~35) 次の文章を読み、問に答えよ。

ほ乳類の霊長類は原始的な食虫類から分化し、樹上生活に適応して進化したと考えられている。この適応に伴って、①大部分の霊長類には主として前肢と視覚器に他のほ乳類と異なる特徴がみられる。人類はテナガザルやオランウータンなどの類人猿と共に、ヒト上科に属しているが、人類と類人猿は直立二足歩行を行う点で大きく異なっている。

現在、世界中に分布している現代人（新人）の起源に関する有力な説にアフリカ単一起源説がある。これは主として近年急速に発展して人類の系統の解明に大きな貢献をするようになった、②分子生物学的研究から導かれた。

問 34) 下線①について、大部分の霊長類が持つ他のほ乳類と異なる前肢と視覚器の特徴として、(1) ~ (5)のうち正しい記述の組合せはどれか。(2点)

- (1) 前肢にかぎ爪と平爪の両方を持つ。
- (2) 前肢に肉球を持つ。
- (3) 前肢の親指は他の4本と向き合っている。
- (4) 両眼視によって立体視ができるようになった。
- (5) 視交差によって視野が360°近くまで広がった。

- A. (1)(2)
- B. (2)(3)
- C. (3)(4)
- D. (4)(5)
- E. (1)(3)
- F. (2)(4)
- G. (3)(5)

問 35) 下線②について、その1つにDNAの塩基配列を比較する方法がある。母系の祖先を探るためにDNAを調べる細胞小器官はどれか。(1点)

- A. 核
- B. ミトコンドリア
- C. リボソーム
- D. ゴルジ体
- E. 小胞体

問 36) ~38) r-K 選択説は、種内競争が強いときや弱いときに、生物のどのような形態や生活史などの特徴が進化するかを大まかに予測する仮説である。

r 選択とは、種内競争が激しくない時に作用する自然選択で、逆に、K 選択は、種内競争が激しくなった時、種内競争を勝ち抜くように作用する自然選択のことである。これらの選択によって進化した形質のセットを、それぞれ r 戦略、K 戦略と呼ぶ。

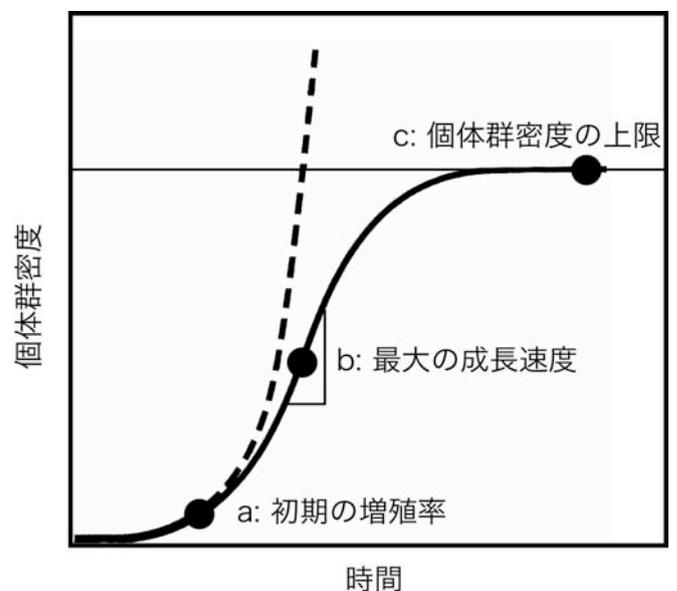
問 36) 種内競争の強さに影響を与える条件で、種内競争が激しくない場合の例として当てはまるものの組合せはどれか。(2 点)

- (1) 安定しているか周期的に変化する環境
- (2) 不規則に大きく変化する環境
- (3) えさや生活場所などの資源が豊富
- (4) えさや生活場所などの資源が不足
- (5) 捕食圧が強い
- (6) 捕食圧が小さい

- A. (1) (3) (5)
- B. (1) (3) (6)
- C. (1) (4) (5)
- D. (1) (4) (6)
- E. (2) (3) (5)
- F. (2) (3) (6)
- G. (2) (4) (5)
- H. (2) (4) (6)

問 37) この仮説の元には、個体群の成長を表すロジスティック曲線があり、r や K という文字は、この曲線を表す数式中の係数である。下の図は、個体群が指数関数的に成長する時の曲線とロジスティック曲線を示している。図中の a、b、c のどれが r や K の係数と最も関係が深いか。(3 点)

- r - K**
- A. a - b
 - B. a - c
 - C. b - a
 - D. b - c
 - E. c - a
 - F. c - b



図

問 38) K 戦略と比べた r 戦略の特徴の適切な組合せはどれか。(2 点)

	成長の速さ	成体の大きさ	寿命
A.	速い	大きい	長い
B.	速い	大きい	短い
C.	速い	小さい	長い
D.	速い	小さい	短い
E.	遅い	大きい	長い
F.	遅い	大きい	短い
G.	遅い	小さい	長い
H.	遅い	小さい	短い

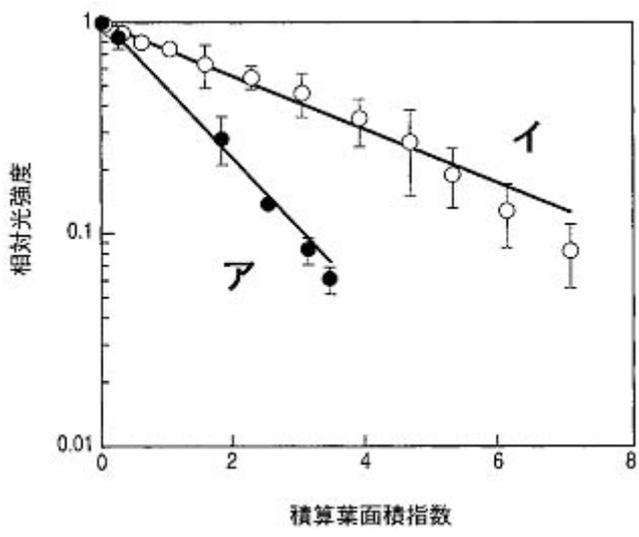
問 39) 生物は、砂漠のような厳しい環境にも適応して生活している。その適応の仕方は、質的に大きく二つに分けて考えることができる。下の例の中で、(1)と同じ適応の仕方に分類されるのはどれか。(2 点)

<適応の例>

- (1) 砂漠に住むカエルは、乾燥時に休眠し、大雨が降った時だけ活動する。
- (2) 砂漠には貯水組織の発達した多肉植物が多く見られる。
- (3) カンガルーネズミは、必要な水分を食物から得ることができる。
- (4) 砂漠には一年草が多い。
- (5) 砂漠には夜行性の動物が多い。

- A. (2) (3)
- B. (2) (4)
- C. (2) (5)
- D. (3) (4)
- E. (3) (5)
- F. (4) (5)
- G. (2) (3) (5)
- H. (3) (4) (5)

問 40) 植物は光合成のために光強度環境に対して適応する必要がある。下の図は、ある二つの草本群落の最上部の光強度を 1 とした時の、相対光強度と積算葉面積指数の関係を示したものである。ただし、積算葉面積指数とは、群落の光強度を測定した点より上に存在する葉の総面積を調査面積で割った値であり、群落最上部が 0 となる。このグラフから、イの群落と比較した場合の、アの群落の特徴として正しいものはどれか。(2 点)



図

- A. アの群落の方が、葉が水平に出ていて、陽地での群落あたりの光合成速度が大きい。
- B. アの群落の方が、葉が水平に出ていて、陽地での群落あたりの光合成速度が小さい。
- C. イの群落の方が、葉が水平に出ていて、陽地での群落あたりの光合成速度が大きい。
- D. イの群落の方が、葉が水平に出ていて、陽地での群落あたりの光合成速度が小さい。

(グラフは、日本生態学会編「生態学入門」：東京化学同人(2004)より転載)

問 41) 水に種子を運ばせる種子を水散布種子と呼ぶ。特に海水が仲介するものとして有名な植物がマングローブである。マングローブの特徴として正しいものはどれか。(2 点)

	細胞内の 浸透圧	呼吸根	種子が落下する 前に発芽する
A.	低い	あり	あり
B.	低い	あり	なし
C.	低い	なし	あり
D.	低い	なし	なし
E.	高い	あり	あり
F.	高い	あり	なし
G.	高い	なし	あり
H.	高い	なし	なし

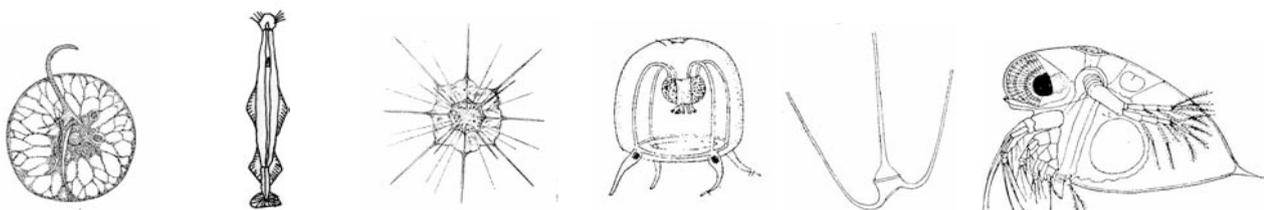
問 42) 地衣は菌類と藻類の共生体である。次の文章は、地衣類の特徴を示したものである。この中で、正しいものの組合せはどれか。(2点)

- (1) 地衣は藻類が光合成をしているので、暗黒では生育できない。
- (2) 地衣は藻類と菌類の共生であるため、乾燥に弱い。
- (3) 地衣では、藻類が特殊な生殖細胞を作ってこれを散布し、新しい場所で周辺の菌類を取り込んで繁殖する。
- (4) 地衣は過酷な環境にも生育し、ツンドラから熱帯まで分布している。

- A. (1) (2)
- B. (1) (3)
- C. (1) (4)
- D. (2) (3)
- E. (2) (4)
- F. (3) (4)

問 43) ~45) 臨海実習でプランクトンを採集し、顕微鏡で観察して分類した。ただし、図の拡大率は同じではない。

問 43) 次のうちで動物界に属する多細胞生物の、正しい組合せはどれか。(2点)



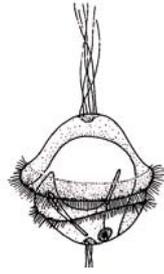
ヤコウチュウ (1) ヤムシ (2) ハウサンチュウ (3) タマクラゲ (4) ツノモ (5) エボシミジンコ (6)

- A. (1) (2) (6)
- B. (2) (4)
- C. (1) (3) (4)
- D. (2) (4) (6)
- E. (3) (4) (5)
- F. (2) (5) (6)

(ヤコウチュウ、ハウサンチュウ、タマクラゲ、ツノモ、エボシミジンコの各図は、岡田要ほか「新日本動物図鑑 上」：北隆館(1965)より転載。 ヤムシの図は、今堀宏三ほか「生物観察実験ハンドブック」：朝倉書店 (1985)より転載。なお、著作権の都合により、ヤムシの図は実際の試験問題冊子とは異なる図を掲載している。)

問 44) 次の図は、トロコフォアと呼ばれる幼生である。複数の動物門がこのような幼生期をもつことから、系統分類学上近縁であるとされてきた。次のうちで、トロコフォア幼生をもつ動物門の組合せはどれか。(2点)

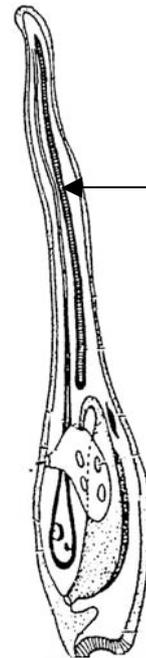
- A. 扁形動物と環形動物
- B. 環形動物と節足動物
- C. 環形動物と軟体動物
- D. 節足動物と軟体動物
- E. 扁形動物と軟体動物
- F. 環形動物と軟体動物と節足動物



(図は、「岩波生物学辞典 第4版」：岩波書店(1998)より転載。なお著作権の都合により、ここでは試験問題冊子の図とは異なる図を掲載している。)

問 45) 次の図に示した、おたまじゃくしに似た形をしたプランクトンは、ある動物の幼生である。この幼生は変態をして成体になるが、この動物を含む門には、この幼生のような形で一生を送る動物も存在する。この幼生について正しい説明はどれか。(1点)

- A. ホヤの幼生で、矢印で示した器官は脊索である。
- B. ゴカイの幼生で、矢印で示した器官は脊索である。
- C. ナマコの幼生で、矢印で示した器官は脊索である。
- D. ゴカイの幼生で、矢印で示した器官は脊髄である。
- E. ホヤの幼生で、矢印で示した器官は脊髄である。
- F. ナマコの幼生で、矢印で示した器官は脊髄である。

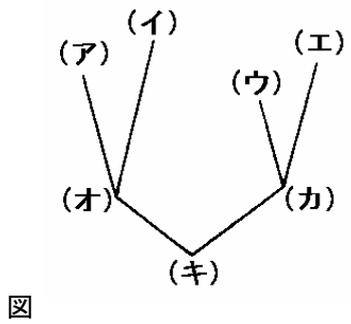


(図は、石原勝敏ほか「生物学データ大百科事典 下」：朝倉書店(2002)より転載)

問 46) ~47) 野外で採集した生物(1)~(4)から得られた DNA のある相同な領域について、2 つの生物同士で塩基が異なっている場所の数をそれぞれ調べたところ、表のような結果が得られた。この結果をもとに、図のような系統樹を作成した。

DNA 中の塩基の相違の数

表	生物(1)	生物(2)	生物(3)	生物(4)
生物(1)	—	5	11	10
生物(2)	—	—	10	9
生物(3)	—	—	—	7



問 46) 図の(ア)~(エ)のいずれかには、生物(1)~(4)があてはまる。(ア)~(エ)に該当する生物(1)~(4)の組合せはどれか。(3点)

- (ア) (イ) (ウ) (エ)
- A. (1) (3) (2) (4)
- B. (4) (3) (2) (1)
- C. (1) (2) (3) (4)
- D. (3) (4) (1) (2)
- E. (3) (2) (1) (4)
- F. (2) (1) (4) (3)

問 47) 図の系統樹について、正しい記述はどれか。(2点)

- A. (ア)と(イ)の共通の祖先は、(ア)と(ウ)との共通の祖先より最近に存在した。
- B. (オ)・(カ)は(キ)よりも、高等な生物である。
- C. (オ)・(カ)・(キ)は、同じ時代に存在することが推定できる。
- D. (ア)~(キ)のうち、最も環境の変化に弱いのは(キ)である。
- E. (ア)~(エ)のうち、最も下等なのは(ウ)である。
- F. (ア)~(キ)のいずれも、現存する。

問 48) ~51) 動物の雌雄には大きさや形態・色彩などの点で性差が存在することが多い。例えば、①ゴリラでは雄の平均体重は雌の約1.8倍であり、シカやカブトムシは雄にのみ角が見られる。また、クジャクなどの鳥類では雄のみが派手な色彩を持つ。

アフリカの草原に住むコクホウジャクという鳥の雄は、雌よりはるかに長い尾羽が発達する。コクホウジャクの雄は縄張りをもち、②そこへ訪れる雌に尾羽をなびかせて求愛する。雌はいくつかの縄張りを訪れ、その中から配偶者を選ぶと、その縄張り内で巣をつくり繁殖する。この鳥の雄が長い尾羽をもつように進化してきた理由を調べるために、以下の実験が行われた。

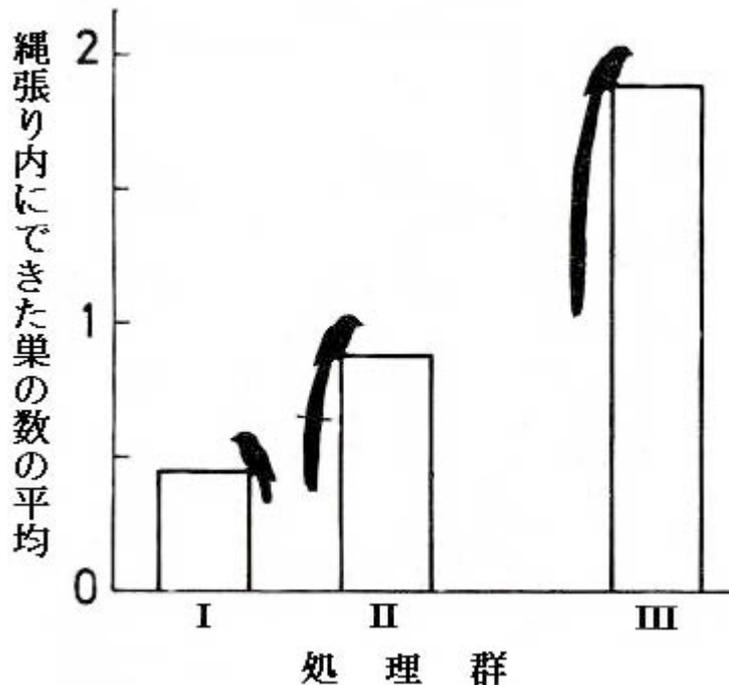
【実験方法】

繁殖期において縄張り内の繁殖巣の数がほぼ等しい27羽の雄を捕獲し、それらを任意に三つのグループに分け、以下に示すような処理を行った。

- I. 尾羽を真ん中で切り取り、極端に尾羽を短くした。
- II. 尾羽を真ん中で切り取った後、すぐに接着剤で貼り戻した。
- III. Iのグループで切り取った尾羽を接着剤で継ぎ足し、極端に尾を長くした。

これら3つのタイプの雄をもとの縄張りに戻した後、各雄の縄張り内にできた雌による繁殖巣の数を調べた。

【実験結果】



(図は、Andersson, M., Female choice selects for extreme tail length in a widowbird. *Nature* 299: p818-820 (1982) を一部改変して転載
Reprinted by permission from *Nature* Vol. 299, 818-820, 1982. Copyright: Macmillan Magazines Ltd.)

問48) 下線部①に示されるような性差が生じる原因について, (1) ~ (4) のうち適切なものの組合せはどれか。(1点)

- (1) 雄どうしは雌の獲得をめぐって激しく競争する。
- (2) 雌どうしは雄の獲得をめぐって激しく競争する。
- (3) 雌は配偶者を選び好みする。
- (4) 雄は配偶者を選び好みする。

- A. (1)(2)
- B. (1)(3)
- C. (1)(4)
- D. (2)(3)
- E. (2)(4)
- F. (3)(4)

問 49) 下線部②のような尾羽をなびかせる雄の行動は雌の配偶行動を引き起こす。このように, ある行動を引き起こす特定の刺激を一般に何というか。(1点)

- A. 条件刺激
- B. 視覚刺激
- C. 感覚刺激
- D. 信号刺激(鍵刺激)

問 50) 下線部②に示されたコクホウジャクの雄のような行動を一般に何というか。(1点)

- A. 走性
- B. 本能行動
- C. 学習
- D. 刷り込み

問 51) 以上の実験結果から言えることとして (1) ~ (4) のうち適切なものの組合せはどれか。
(2 点)

- (1) 尾羽を切り取る際に加わるダメージは配偶者獲得に際してマイナス効果を及ぼす。
- (2) 雄の縄張り内の繁殖巣の数は、尾の短い雄では減少し、尾の長い雄では増加した。
- (3) 尾の長い雄は、生存上有利なので雌に好まれる。
- (4) 雌は雄の尾の長さを基準にして配偶者を選んでいる。

- A. (1) (2)
- B. (1) (3)
- C. (1) (4)
- D. (2) (3)
- E. (2) (4)
- F. (3) (4)

国際生物学オリンピック
日本国内1次予選問題 解答

分野	問	配点	答
細胞生物学	1	2	C
	2	2	D
	3	2	B
	4	2	E
	5	2	D
	6	2	A
	7	2	A
	8	2	D
	9	2	F
	10	2	F
植物解剖・生理	11	2	C
	12	3	B
	13	3	B
	14	3	E
	15	1	D
	16	1	C
	17	2	A

分野	問	配点	答
動物解剖・生理	18	2	A
	19	3	A
	20	3	B
	21	2	E
	22	1	C
	23	1	C
	24	1	A
	25	2	D
	26	2	C
	27	3	D
	28	2	E
	29	2	E
	30	1	D
	31	2	E
遺伝学・進化学	32	2	E
	33	3	A
	34	2	C
	35	1	B

分野	問	配点	答
生態学	36	2	E
	37	3	B
	38	2	D
	39	2	F
	40	2	B
	41	2	E
	42	2	C
生物系統学	43	2	D
	44	2	C
	45	1	A
	46	3	B
	47	2	A
行動学	48	1	B
	49	1	D
	50	1	B
	51	2	E