

2007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、氏名、学年欄  
学校名、氏名、学年を記入しなさい。
  - 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、それぞれ最も適切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、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) 細胞で行われる呼吸と光合成の共通点について、最も適切な記述はどれか。(2 点)

- A. 両者とも、ミトコンドリアにおいて行われる。
- B. 両者とも、ATP を合成する。
- C. 両者とも、全体として発熱反応である。
- D. 両者とも、二酸化炭素を発生する。

問 2) 通常の状態では、陸上植物の根から吸収された水の大部分はどうかについて、最も適切な記述はどれか。(2 点)

- A. 葉から蒸散する。
- B. 光合成で使われる。
- C. 呼吸で使われる。
- D. 細胞内に保持される。

問 3) 植物が進化の過程で水中から陸上へ進出するために大きく変えなければならなかった点として、最も適切なものはどれか。(2 点)

- A. 体表面の構造
- B. 光合成のしくみ
- C. 呼吸のしくみ
- D. 細胞内部の構造

問 4) 植物で細胞分裂が盛んに行われていないのは、次のうちではどこか。(2 点)

- A. 茎の先端部
- B. 根の先端部
- C. 花の中の受精した胚の内部
- D. 盛んに光合成をしている葉の組織の内部

問 5) 抗生物質は、フレミングによって発見されたが、現在までに多くの微生物から得られた多種類のものが医薬品として用いられてきている。抗生物質について、最も適切な記述はどれか。(2 点)

- A. 抗生物質は、ウイルスの増殖を抑えることはできないが、細胞へのウイルス感染を阻害する。
- B. 抗生物質は一般に、細菌に対しては効果があるが、ウイルスには効果がない。
- C. 抗生物質は免疫細胞を活性化することで、カゼなどの治療に役立っている。
- D. 抗生物質は、カゼを引き起こすウイルスを殺すことはできるが、インフルエンザウイルスには効果が無い。

問6) 次の料理は動物の筋組織を主に食べるものであるが、筋組織以外の部分も含まれている。それぞれの筋組織以外の部分についての説明で、誤っているものはどれか。(2点)

	料理	筋組織以外	筋組織以外の部分の説明
A	ウナギの蒲焼き	皮	中胚葉性組織である真皮と外胚葉性組織である表皮
B	エビの塩焼き	エビの殻	外胚葉性組織である表皮の分泌物
C	ポークスペアリブ焼肉	骨	外胚葉性組織である硬骨
D	サザエのつぼ焼き	貝殻とふた	外胚葉性組織である外套(がითう)膜の分泌物
E	ビーフステーキ	脂身	中胚葉性組織である脂肪組織

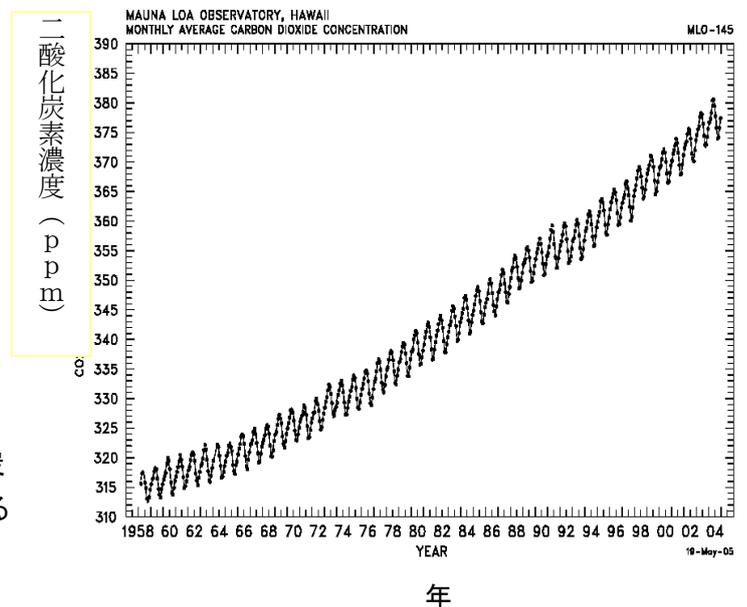
問7) ヒトのホルモンについて、最も適切な記述はどれか。(1点)

- A. すべてのホルモンはペプチドである。
- B. すべてのホルモンは、分泌する組織と標的細胞のある組織が別である。
- C. すべてのホルモンは、標的細胞の細胞内に入り、さらに核に入って直接DNAに作用する。
- D. すべてのホルモンは種特異的で、異なる種のホルモンは全く効果がない。

問8) ニューロンにおける、興奮の伝導と伝達について、最も適切な記述はどれか。(1点)

- A. 有髄神経の軸索では、髄鞘でおおわれていない部分を興奮が跳び跳びに伝導する現象が見られる。
- B. すべてのシナプスにおける伝達物質は、アセチルコリンである。
- C. コリンの分解を阻害する神経毒物質の作用により、シナプスにおけるアセチルコリンの分泌ができなくなる。
- D. 有髄神経の方が無髄神経より伝導速度が速い主な理由は、髄鞘の電導性がきわめて高いからである。

問9) ~11) 右の図はハワイ島マウナ・ロア山で1958年以来観測されている大気中のCO<sub>2</sub>濃度の経年変化を示している。この図から2つの重要な特徴を読み取ることができる。その第一の特徴は年々CO<sub>2</sub>濃度が上昇し続けていることである。第二の特徴はCO<sub>2</sub>濃度が毎年、春の極大と秋の極小を規則正しく繰り返していることである。この図を見ながら、問9~問11に答えよ。



問9) 第一の特徴の最大の要因は人類が石油や石炭などの化石燃料を大量に燃焼しているからであるが、それに次ぐ第二の要因は次のうちのどれか。(2点)

- A. 熱帯林の大規模な伐採
- B. ステップ草原地域での草の再生力を超えた過放牧
- C. ツンドラ地帯での永久凍土の融解
- D. 南極大陸での氷河の融解

図1. 大気中の二酸化炭素濃度の変化

問 10) 第二の特徴である大気中のCO<sub>2</sub>濃度が春の極大から秋の極小に向かって減少する主な理由は次のうちのどれか。(2点)

- A. 北半球に分布している植生が夏に乾燥して、植物の呼吸が抑制されるから。
- B. 北半球に分布している陸上植物が夏に光合成によって活発にCO<sub>2</sub>を固定するから。
- C. 南半球の低いCO<sub>2</sub>濃度の大気が北半球に輸送されるから。
- D. 南半球では冬に向かって寒くなり、冷えた海水にCO<sub>2</sub>が吸収されるから。

問 11) 大気中のCO<sub>2</sub>濃度が増加するほど地球の表面温度は上昇する。この地球温暖化の進行によってもたらされる陸域生態系の変化の中で、地球環境に与える最も重要な変化は次のうちのどれか。(2点)

- A. 熱帯林の成長が加速される。
- B. 温帯や亜寒帯地域の森林の成長が加速される。
- C. 植物の呼吸や土壌有機物の分解が加速される。
- D. 土壌中への有機物の蓄積が加速される。

問 12) トウモロコシなどは、一般の植物とは異なりカルビン・ベンソン回路の前に、二酸化炭素をホスホエノールピルビン酸(PEP)と反応させ、炭素を4つ持つ有機酸に変換する代謝系を持つ。このような反応系を持つ植物をC<sub>4</sub>植物と呼び、一般の植物をC<sub>3</sub>植物という。C<sub>4</sub>植物の持つPEPカルボキシラーゼという酵素は、カルビン・ベンソン回路に二酸化炭素を取り込むRubiscoと呼ばれる酵素に比べて高い二酸化炭素親和性を持つという特徴がある。C<sub>4</sub>植物のもつ生態的特徴について、最も適切な記述はどれか。(2点)

- A. 森林の林床に多く分布する。
- B. 高原の草地に多く分布する。
- C. 湿潤な地域に多く分布する。
- D. 熱帯の乾燥地に多く分布する。

問 13) 発生に関して、最も適切な記述はどれか。(1点)

- A. ほ乳類では、卵のもつ染色体によって、受精卵から発生した個体の性別が決定される。
- B. すべての脊椎動物において、性別は染色体によって決定され、環境に影響されることはない。
- C. 両生類の初期発生過程では、卵割の際にほとんどの細胞が同じ染色体を受け継ぐ。
- D. 両生類の初期発生過程では、卵割の際にほとんどの細胞が同じ細胞質を受け継ぐ。

問 14) リン・マーギュリスの五界説によれば海藻はすべて原生生物界に所属すると考えられ、海藻の分類の基準として光合成色素が用いられている。私たちが食生活で利用している海藻には紅藻・褐藻・緑藻があるが、本来の色を失っているもの、着色されたもの、加熱で特有の色素が変化したものなどがあり、分類の基準となる色と異なっている場合がある。

以下の海藻の種または分類群の組み合わせとして正しいものはどれか。ただし、現在私たちが普段食べている海苔の大部分はスサビノリから作られている。(2点)

紅藻	褐藻	緑藻
A. アサクサノリ	ワカメ	アオサ類
B. マクサ (テングサ類)	コンブ	アサクサノリ
C. スサビノリ	ヒジキ	コンブ
D. ワカメ	アラメ	アオノリ類
E. コンブ	アサクサノリ	ワカメ

問 15) 生物の類縁関係(系統)を調べるために、近年は生体分子の情報も用いられる。下の表の I 群はその類縁関係を調べる対象の生物名(または人種)を、II 群は I 群の生物(または人種)の中での類縁関係を調べるのに一般的に用いられる生体分子の情報を示している。表中の A~D の中で組み合わせとして適切なものはどれか。(2点)

	I 群(調べる対象)	II 群(生体分子の情報)
A	モンゴロイド, コーカソイド, ニグロイド	ヘモグロビン $\alpha$ 鎖のアミノ酸配列
B	ヒト, マツタケ, ジャガイモ, 大腸菌	ミトコンドリアDNAの塩基配列
C	ヒト, 種子植物, 繊毛虫, 乳酸菌	rRNA 遺伝子の塩基配列
D	緑藻類, シダ植物, ケイ藻類, 緑色硫黄細菌	クロロフィル a 遺伝子の塩基配列

問 16) ~18) 生体に比べて、より単純な実験系で生命現象を解析するために、細胞を動物の組織から取り出して容器の中で生育させる細胞培養という技術が用いられている。以下の問 16~問 18 に答えよ。

問 16) 細胞培養に用いる培地は、細菌やウイルスの混入を避けるために滅菌して用いる必要がある。以下に挙げる代表的な滅菌法①~④のうち、熱に不安定な成分を含む培地の滅菌に適しているものの正しい組み合わせは A~F のうちのどれか。(2点)

①オートクレーブ滅菌    ②乾熱滅菌    ③ろ過滅菌    ④紫外線滅菌

A. ①, ②    B. ①, ③    C. ②, ③    D. ③, ④    E. ②, ③, ④    F. ①, ②, ③, ④

問 17) 培地の滅菌法の一つである濾過滅菌では、培地をメンブレンフィルタで濾過することで、細菌・カビ・酵母などの微生物を完全に除去することができるが、ウイルスやマイコプラズマの一部は除去することができない。通常用いられているメンブレンフィルタのおよその孔径は、次のうちのどれか。(2点)

- A. 20  $\mu\text{m}$
- B. 2  $\mu\text{m}$
- C. 0.2  $\mu\text{m}$
- D. 0.02  $\mu\text{m}$

問 18) この細胞培養に関して、DMEM培地が使われている。細胞培養の際に表 1 のDMEM培地に加えるべき成分について、最も適切な記述はどれか。(2点)

- A. タンパク質を構成する 20 種類のアミノ酸は細胞内では合成不可能であるので、細胞培養の際にはアミノ酸をすべて添加する必要がある。
- B. エネルギー源としての糖が含まれていないので、細胞培養の際には糖を添加する必要がある。
- C. ビタミンが全く含まれていないので、細胞培養の際にはビタミンを添加する必要がある。
- D. 細胞の増殖には表に含まれる成分では不十分で、細胞培養の際には細胞成長因子を添加する必要がある。

表 1 DMEM培地の組成 (mg/l)

CaCl <sub>2</sub> (anhyd.) 無水塩化カルシウム	200.00	L-methionine L-メチオニン	30.00
Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> · 9H <sub>2</sub> O 硝酸鉄(III)	0.10	L-phenylalanine L-フェニルアラニン	66.00
KCl 塩化カリウム	400.00	L-serine L-セリン	42.00
MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O 硫酸マグネシウム	200.00	L-threonine L-トレオニン	95.20
NaCl 塩化ナトリウム	6400.00	L-tryptophan L-トリプトファン	16.00
NaHCO <sub>3</sub> 炭酸水素ナトリウム	3700.00	L-tyrosine(disodium salt) L-チロシン (2ナトリウム塩)	104.20
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> · H <sub>2</sub> O リン酸1ナトリウム	125.00	L-valine L-バリン	94.00
D-glucose グルコース	1000.00	D-Ca pantothenate D-パントテン酸カルシウム	4.00
sodium pyruvate ピルビン酸ナトリウム	110.00	choline chloride 塩化コリン	4.00
L-arginine · HCl L-アルギニン塩酸	84.00	folic acid 葉酸	4.00
L-cystine · 2HCl L-システイン塩酸	62.57	inositol イノシトール	7.00
L-glutamine L-グルタミン	584.00	Nicotinamide ニコチンアミド	4.00
Glycine グリシン	30.00	pyridoxal · HCl ピリドキシサル塩酸	4.00
L-histidine · HCl · H <sub>2</sub> O L-ヒスチジン塩酸	42.00	Riboflavin リボフラビン	0.40
L-isoleucine L-イソロイシン	105.00	thiamine · HCl チアミン塩酸	4.00
L-leucine L-ロイシン	105.00	フェノールレッド	15.00
L-lysine · HCl L-リジン塩酸	146.00		

問 19) 生物の細胞は物質を選択的に通す細胞膜に覆われており、地球上に 38 億年以上前に発生した生物の細胞膜も現在の生物とほぼ同じと推定される。現在の真核生物の細胞に含まれているミトコンドリアは、かつては独立して生活を営んでいた好気性細菌と考えられている。好気性細菌は酸素を利用する呼吸鎖を持っているため、非常に効率よく ATP を生産して活発に活動することができる。

真核生物がいまだ出現していない 25 億年前の原始の海で、あなたは真核細胞の祖先となる 1 個の元祖真核細胞であると考えよう。そこには数億年前に出現した光合成細菌のため酸素が少量存在するが、あなたは酸素を利用できないため、ゆっくりとしか動くことができない。あなたは海中を漂ううちに、酸素を用いて活発に活動する好気性細菌 Naboo を見つけた。Naboo の ATP 生産システムが欲しくなったあなたは、Naboo にそっと忍び寄って自分の細胞内に取り込んだ。あなたが周囲から集めた栄養分を Naboo に与えたところ、Naboo もあなたの細胞の中の環境になじんでくれた。しかし、相変わらずあなたはゆっくりとしか活動することができなかつた。

この理由として考えられるものとして、最も適切な記述はどれか。(2 点)

- A. 酸素は細胞膜をほとんど通らないので、あなたの細胞内では Naboo に十分な酸素を供給することができなかつた。
- B. 二酸化炭素は細胞膜をほとんど通らないので、Naboo が好気呼吸によって生成した二酸化炭素があなたの細胞内に蓄積してしまった。
- C. 酸素と二酸化炭素は細胞膜を通るが、ATP は細胞膜をほとんど通らないので、Naboo が生産した ATP を Naboo から取り出すことができなかつた。
- D. ATP は細胞膜を通るが、ADP は細胞膜をほとんど通らないので、Naboo が ATP を生産するのに必要な ADP を供給することができなかつた。
- E. ATP と ADP は膜を通るが、電荷を持つリン酸イオンが細胞膜をほとんど通らないので、Naboo が ATP を生産するのに必要なリン酸イオンを供給することができなかつた。

問 20) ~21) ある植物の種子発芽の実験に関して、次の問いに答えよ。

【実験】 水でぬらしたろ紙を皿に入れ、そこに種子をまいて吸水させ、暗黒条件に 12 時間置き、その後、下の表に示すような条件に置いた。ただし、R は赤色光の短時間の照射を、FR は遠赤色光(近赤外光)の短時間の照射を表している。その後、暗黒条件に戻して、50 時間後に種子の発芽率 (%) を調べたところ、下の表のようになった。

実験	光の照射順序	種子の発芽率 (%)	
		18°C	26°C
1	暗所 (光を照射しない)	78	6
2	R	72	70
3	R→FR	75	6
4	R→FR→R	77	76
5	R→FR→R→FR	76	6
6	R→FR→R→FR→R	75	74
7	R→FR→R→FR→R→FR	78	9

問20) 26°Cにおける実験でこの種子の発芽と光の照射との関係を正しく説明している記述はどれか。(2点)

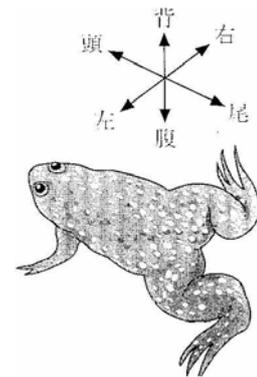
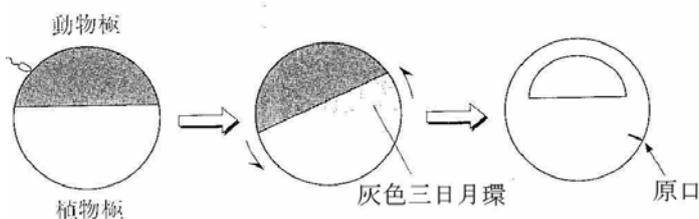
- A. 最初の赤色光の照射によって発芽が促進される。
- B. 最後の遠赤色光の照射によって発芽が促進される。
- C. 後の照射によって、前の照射の効果がなくなる。
- D. 赤色光の照射の効果は蓄積される。
- E. 遠赤色光の照射の効果は蓄積される。

問21) この種子が発芽する際に、赤色光と遠赤色光の効果は温度とどのような関係にあるかについて、最も適切な記述はどれか。(2点)

- A. 温度が高いと発芽が促進されるが、赤色光により発芽は抑制される。
- B. 温度が高いと発芽が促進されるが、遠赤色光により発芽は抑制される。
- C. 温度が高いと発芽が抑制されるが、赤色光により発芽は促進される。
- D. 温度が高いと発芽が抑制されるが、遠赤色光により発芽は促進される。
- E. 温度が高いと照射の繰り返しが発芽に与える効果が大きくなる。

問22) ~24) アフリカツメガエルの発生について、次の各問に答えよ。

問22) アフリカツメガエルの卵が受精すると、図のように卵の外側に近い層が約30° 移動し、その結果、精子の侵入した場所の反対側に灰色三日月環という部分ができる。その後卵割が進むと、灰色三日月環のあった場所の中央植物極寄りに原口ができる。カエルの体には図のように、頭と尾、背と腹、左と右の軸がある。アフリカツメガエルの発生について、①~⑤のうちで正しく述べている文を組み合わせているものはどれか。(2点)



- ① 卵形成の時期に、頭と尾の軸も背と腹の軸も決定している。
- ② 受精直後には、頭と尾の軸も背と腹の軸も決定している。
- ③ 頭と尾の軸も、背と腹の軸も原口から陥入が始まるときに決定する。
- ④ 灰色三日月環の部分は将来脊索となる。
- ⑤ 灰色三日月環の部分は将来神経管となる。

- A. ①, ④      B. ①, ⑤      C. ②, ④      D. ②, ⑤      E. ③, ④      F. ③, ⑤

<図の出典：浅島 誠「新しい発生生物学」講談社>

問 23) 最近では、非常に多くのタンパク質が両生類の中胚葉形成や神経管の誘導にかかわっていることがわかってきており、誘導や形態形成の仕組みが徐々に明らかになりつつある。

あるタンパク質を仮にXとする。タンパク質Xが、胚葉を分化させたり、誘導を引き起こしたりしていることを確かめる証拠として適切なものを、次のうちから3つ選択するとすれば、正しいのはA~Fのうちのどれか。(3点)

- ① タンパク質Xの量を調べると、卵形成のときに急激に量が増え、卵黄のタンパク質と結合し、発生が始まるとしだいに減少する。
- ② 本来外胚葉になる胞胚期の動物極付近の一部を切り取り、タンパク質Xを加えて培養すると中胚葉の組織ができる。
- ③ タンパク質XをつくるmRNAを本来神経管の形成されない部分に注入すると、そこから二次胚ができる。
- ④ タンパク質Xのはたらきを阻害するタンパク質を神経管の形成される部分に注入すると、神経管は形成されない。
- ⑤ タンパク質XをつくるmRNAは、神経管ができてから神経管の中で盛んに合成され、タンパク質Xが多量に蓄積される。

A. ①, ②, ③    B. ①, ②, ④    C. ①, ③, ⑤    D. ②, ③, ④    E. ②, ④, ⑤    F. ③, ④, ⑤

問 24) 形成体の誘導により外胚葉の背側の部分に神経管ができる。この現象について、次のような実験結果が得られている。

- ① 表皮をつくる予定の外胚葉の一部を取り出して培養すると、表皮になった。
- ② 表皮をつくる予定の外胚葉の一部を取り出し、細胞をばらばらにしてお互いに接触しないようにした状態で培養したら、神経細胞に分化した。
- ③ 細胞の増殖や分化を促進するはたらきがある細胞増殖因子の一種、BMPというタンパク質をつくる遺伝子は原腸胚の時期には表皮をつくる予定の部分だけで発現している。
- ④ 表皮をつくる予定の外胚葉の一部を取り出し、細胞をばらばらにしてお互いに接触しないようにした状態でBMPを加えて培養したら、表皮になった。
- ⑤ 形成体に現れる特有のタンパク質(ノギン・コーディン・フォリスタチンと呼ばれる)は、BMPと結合する性質がある。

次のうちで、正しいと考えられるのはどれか。(3点)

- A. 表皮になる部分も神経管になる部分も、形成体からの誘導をうけると表皮になる。
- B. 外胚葉の表皮になる予定の細胞は、本来神経組織をつくる性質があるが、形成体から分泌されるタンパク質により神経組織になるのを阻害される。
- C. 外胚葉の表皮になる予定の細胞は、本来神経組織をつくる性質があるが、BMPにより神経組織への分化を阻害され、表皮になる。
- D. 形成体に現れる特有のタンパク質は、BMPを活性化させ神経組織をつくらせる。

問 25) ~26) 筋肉の収縮について、次の各問に答えよ。

問 25) 脊椎動物の筋肉には横紋筋と平滑筋がある。横紋筋と平滑筋について、最も適切な記述はどれか。

(2 点)

- A. 横紋筋は主に好気呼吸、平滑筋は主に嫌気呼吸を行っている。
- B. 横紋筋も平滑筋もアクチンとミオシンという収縮性タンパク質のはたらきで収縮することには変わらない。
- C. 横紋筋はすべて随意筋であり、平滑筋はすべて不随意筋である。
- D. 横紋筋の細胞も平滑筋の細胞も他の多くの組織と同じように、一つの細胞に一つの核が存在する。
- E. 横紋筋と平滑筋において、刺激を受けたとき収縮する速さや再び弛緩するまでの時間はほとんど変わらない。

問 26) 筋肉を冷やした 50%グリセリンに長時間浸したものをグリセリン筋と呼ぶ。グリセリン筋では小胞体などの膜構造は消失している。未処理の筋肉を電気刺激すると収縮するが、グリセリン筋を電気刺激しても収縮しない。一方、グリセリン筋にカルシウムイオンの存在下で ATP を加えると、収縮する。

筋肉の収縮のしくみについて、最も適切な記述はどれか。(2 点)

- A. 小胞体にカルシウムイオンが入ることにより筋肉が収縮する。
- B. 筋肉の収縮性タンパク質には代謝により ATP を生成するはたらきがある。
- C. ATP を分解する酵素は筋肉の小胞体にのみ存在する。
- D. 筋肉の収縮性タンパク質にはカルシウムイオンの量を調節するはたらきがある。
- E. 筋肉の収縮性タンパク質自体に ATP を分解するはたらきがある。

問 27) ~29) ウニの発生と系統について、次の各問に答えよ。

問 27) 棘皮動物について述べた次の文の  ~  に当てはまる語句の正しい組み合わせは下の A~E のうちのどれか。(2 点)

ウニの属する棘皮動物は、特徴的な  相称の形態をしており、かつてはクラゲなどととも放射相称動物として分類されていた時期もあった。しかし、幼生期には  幼生と呼ばれる左右相称の形態を示し、また原口が肛門に分化することから、むしろわれわれ脊椎動物と近縁な  動物の一員として現在は分類されている。

- A. a: 8 放射    b : プルテウス    c: 新口 (後口)
- B. a: 8 放射    b : トロコフォア    c: 新口 (後口)
- C. a: 6 放射    b : トロコフォア    c: 旧口 (前口)
- D. a: 5 放射    b : プルテウス    c: 新口 (後口)
- E. a: 5 放射    b : ゴエア    c: 旧口 (前口)

問 28) ウニは、中割球 8 つ、大割球 4 つ、小割球 4 つからなる 16 細胞期を経て発生する。幼生の骨片はこのうち 4 つの小割球に由来する中胚葉性の一次間充織細胞から形成されることがわかっている。

そこで幼生骨格の形態の異なる 2 種間で一次間充織細胞を移植した場合に、どのような幼生骨格ができるかを調べる実験を行った。その結果、A 種の一次間充織細胞を、一次間充織細胞を除去した B 種の胚に移植したところ、A 種とよく似た骨格を持つ幼生に発生した。この結果から導き出される結論として①～⑤のうちで適切な記述を組み合わせたものはどれか。(2 点)

- ① ウニの幼生骨格の形態は外胚葉細胞の影響によって決められる。
- ② ウニの幼生骨格は外胚葉がなくても形成される。
- ③ ウニの幼生骨格の形態は一次間充織細胞のもっている遺伝プログラムによって形成される。
- ④ この実験結果からは B 種の一次間充織細胞を、一次間充織細胞を除去した A 種の胚に移植した場合には、A 種の骨格形態と似ることが予想される。
- ⑤ この実験結果からは B 種の一次間充織細胞を、一次間充織細胞を除去した A 種の胚に移植した場合には、B 種の骨格形態と似ることが予想される。

- A. ①, ③, ④    B. ①, ③, ⑤    C. ②, ③, ⑤    D. ③, ④    E. ③, ⑤

問 29) ウニの幼生の骨片の形態は、図 1 のように多様である。このようなウニの幼生の骨片の多様性に関する説明で正しいものの組み合わせはどれか。ただし、図 1 は幼生の左側半身の骨片形態を系統関係とともに示している。(2 点)

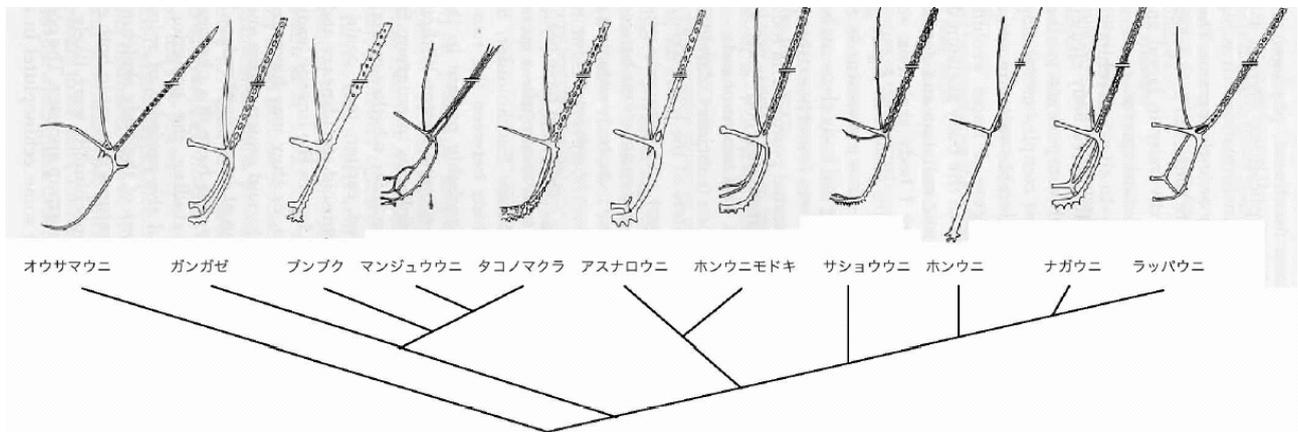


図 1

Wray 1992 より改変

- ① 幼生の形態は、成体の形態に直接的な影響があることから、適応的な進化はしないと考えられる。
- ② 幼生期にも捕食などの選択圧がかかるため、幼生の形態は適応的な進化をとげる。
- ③ 「個体発生は系統発生を繰り返す」という言葉があるように、幼生の骨格の形態は近縁な種間ほどよく似ている。
- ④ 幼生の骨片の形態に種間で違いが見られるということは、骨片の形態を作るための遺伝子のプログラムにも種間で違いが見られることを示している。

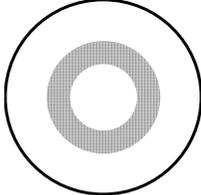
- A. ①, ③, ④    B. ②, ③, ④    C. ②, ③    D. ②, ④

問30) ~31) ゾウリムシの行動について、次の各問に答えよ。

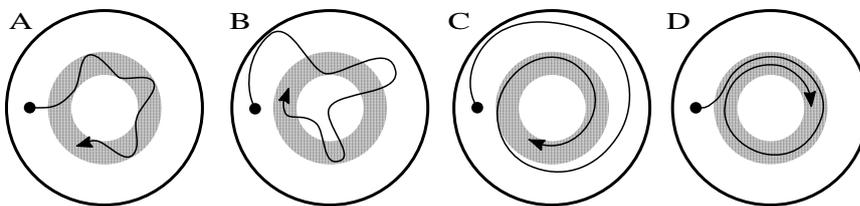
生物には、生得的に危険を回避したり好適環境を探索する能力があるが、その中に、走性と呼ばれる生得的な能力があることが知られている。

**実験：**ゾウリムシには酢酸に向かう走性があるが、濃度が高すぎる酢酸を回避する走性もある。これを前提に次のような実験をした。

**方法：**円形の濾紙をしきつめたペトリ皿を用意し、その濾紙上にゾウリムシを培養した液を一樣に薄く広げ、濾紙の中央に濃度0.2%の酢酸溶液を滴下した。

**結果：**しばらくして、ペトリ皿を上から観察したところ、ゾウリムシは、右図の の部分に集中していた。

問30) この結果から、ペトリ皿の左の位置(黒点「●」)にいるゾウリムシがとる行動を示したものととして、最も適する図はA~Dのうちのどれか。(2点)



URL : [wwwsoc.nii.ac.jp/jsproto/journal/jjp38/115-132.pdf](http://wwwsoc.nii.ac.jp/jsproto/journal/jjp38/115-132.pdf) p.115 より

**実験：**ゾウリムシには電界に対する走性がある。これを前提に次のような実験をした。

**方法：**図1のように、各短辺の中央に電極を付したスライドガラスの上に7個体のゾウリムシを培養液ごと滴下した。電極Ⅱを+、電極Ⅰを-にして4Vの電圧を加え、その4秒後に電圧の方向を逆転させた。

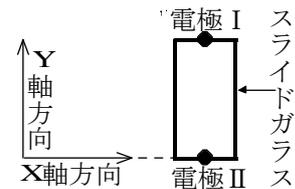


図1

**結果：**電圧の方向を逆転させた後の4秒間にゾウリムシが描いた軌跡は図2のようになった。ただし図中の黒点「●」は、各ゾウリムシの移動開始位置である。

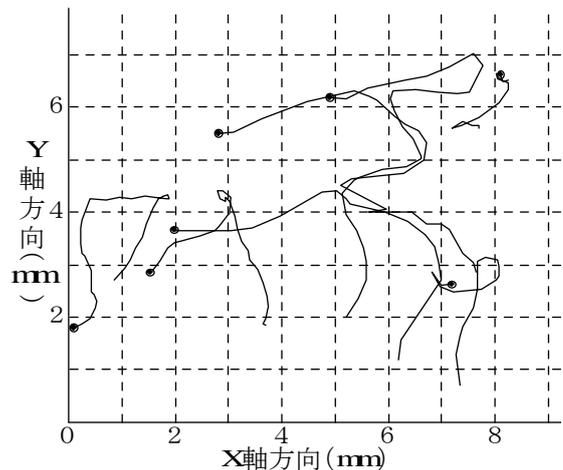


図2

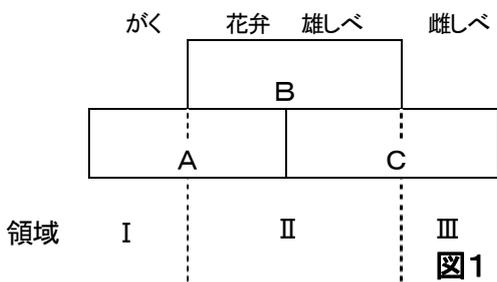
問31) この結果から考えられるゾウリムシの走性の特徴を説明したものととして最も適切な記述はどれか。(2点)

- A. 反応時間は各個体によって異なるが、+極に向かう。
- B. 反応時間は各個体によって異なるが、-極に向かう。
- C. 反応時間はどの個体も変わらないが、+極に向かう。
- D. 反応時間はどの個体も変わらないが、-極に向かう。
- E. 反応時間は各個体によって異なるが、全個体が+極と-極の間に向かう。

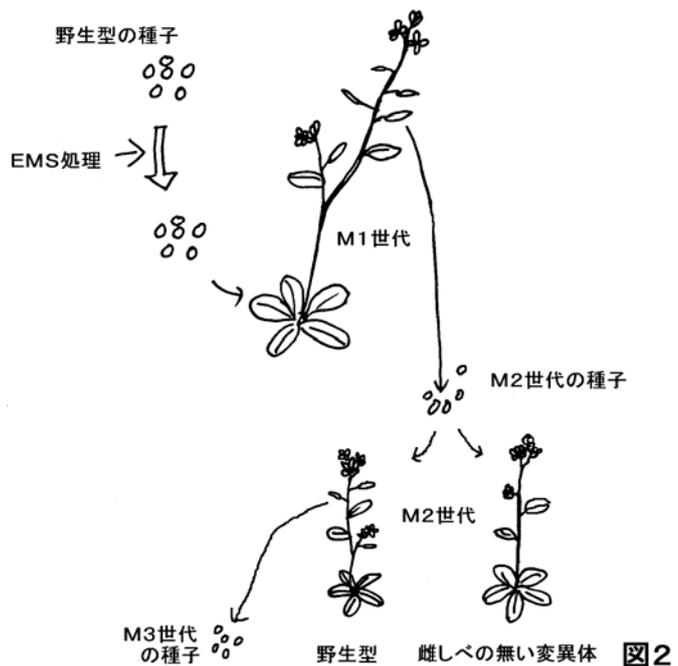
URL : [www.k2.t.u-tokyo.ac.jp/members/naoko/PAPERS/ogawa\\_robomec03.pdf](http://www.k2.t.u-tokyo.ac.jp/members/naoko/PAPERS/ogawa_robomec03.pdf) より

問 32)～35) シロイヌナズナはアブラナ科の植物で自然状態では自家受精する。シロイヌナズナの野生型の花は外側から中心に向かって、がく、花弁、雄しべ、雌しべと順番に配列しているが、この花の構造が変化したさまざまな変異体が見つかっており研究に用いられている。変異体は栽培中、偶然見つけられたものの他に、突然変異誘発剤処理によって作られたものがある。

花の形の変異体の研究からシロイヌナズナの花の形は3種類の遺伝子（A、B、C）の相互作用によって決まるというABCモデル(図1)が広く支持されている。ABCモデルによると、領域ⅠではA遺伝子のみが働き「がく」が形成され、領域Ⅱでは遺伝子AとBが同時に働く部分には「花弁」が、遺伝子BとCが働く部分には「雄しべ」が形成され、領域Ⅲでは遺伝子Cが働き「雌しべ」が形成される。花の形に生じたさまざまな変異は、A、B、Cの遺伝子が働かなくなったためと解釈された。また、このABCモデルではA遺伝子とC遺伝子は互いに競争関係にあり、例えばA遺伝子が働かなくなると領域Ⅰ～Ⅲ全域でC遺伝子が働くようになると考えられている。



【実験】 大量の野生型系統の種子を吸水させた直後に突然変異誘発剤（EMS）処理をおこなったところ、その種子が育ってできた植物体（M1世代）はすべて野生型であった。さらにこのM1世代を自家受精させてできた種子（M2世代の種子）をまいてM2の個体をつくった。あるM1世代の個体から得られたM2世代の個体には、野生型以外に雌しべが無い変異体が混じっていた。その後の変異体の解析により、C遺伝子に変異があることが判明した。（図2）



問 32) 雌しべが無いという変異について、最も適切な記述はどれか。

(2点)

- A. 雌しべを持つという形質に対して遺伝的に優性形質である
- B. 雌しべを持つという形質に対して遺伝的に劣性形質である
- C. この突然変異は2代あとに遅延して生じる変異である
- D. この変異は突然変異なので遺伝的性質は不明である

問 33) 図2の中のM1世代個体から得られたM2世代の中で雌しべの無い変異体の出現の割合に近いものは、次のうちのどれか。ただし、この変異体の生育の状況は野生型と同じであるとする。(2点)

- A. 20%以下
- B. 25%
- C. 50%
- D. 75%
- E. 80%以上

問 34) 雌しべの無い変異体の維持に関して適切な記述はどれか。(2 点)

- A. M2 世代に野生型と変異体を生じる M1 世代個体を選び出し、その個体から生じた野生株 (M2 世代) より、M3 世代の種子を取る。M3 世代以降も同様の操作を繰り返すことにより、変異体を維持できる。
- B. 変異体を得たときと全く同一の条件で野生株の種子を突然変異誘発剤処理して、M1 世代を作製し、さらに自家受精により M2 世代を作製して、その中から目的の変異体を選抜することにより維持できる。
- C. 雌しべの無い変異体の茎に野生株の茎を接ぎ木して、そこから種子を得ることにより維持できる
- D. 雌しべが無い変異体から種子を採取することができないので、この変異体を維持することはできない。

問 35) ABCモデルから考えたとき、次のうち存在しない変異体はどれか、あり得ないものをA~Eのうちから選べ。なお、表中の+はその器官が存在することを示し、-はその器官が欠損していることを示している。(2 点)

	がく	花弁	雄しべ	雌しべ
A	+	+	-	-
B	-	-	+	+
C	+	-	-	+
D	-	+	-	+
E	-	-	-	+

問 36~38) ABO式血液型は、赤血球の細胞膜にある糖鎖の構造によって決定されている。その3種類の糖鎖の構造を図1に示すが、この糖鎖の構造の違いによって血液型を決定の際の赤血球凝集反応が生じるかどうかが決まる。

ABO式血液型を決める遺伝子は特定の単糖を糖脂質や糖タンパク質に付加する糖転移酵素をつくる。遺伝子の解析によってA遺伝子とB遺伝子がつくる酵素ではアミノ酸配列が4か所違っていることがわかった。

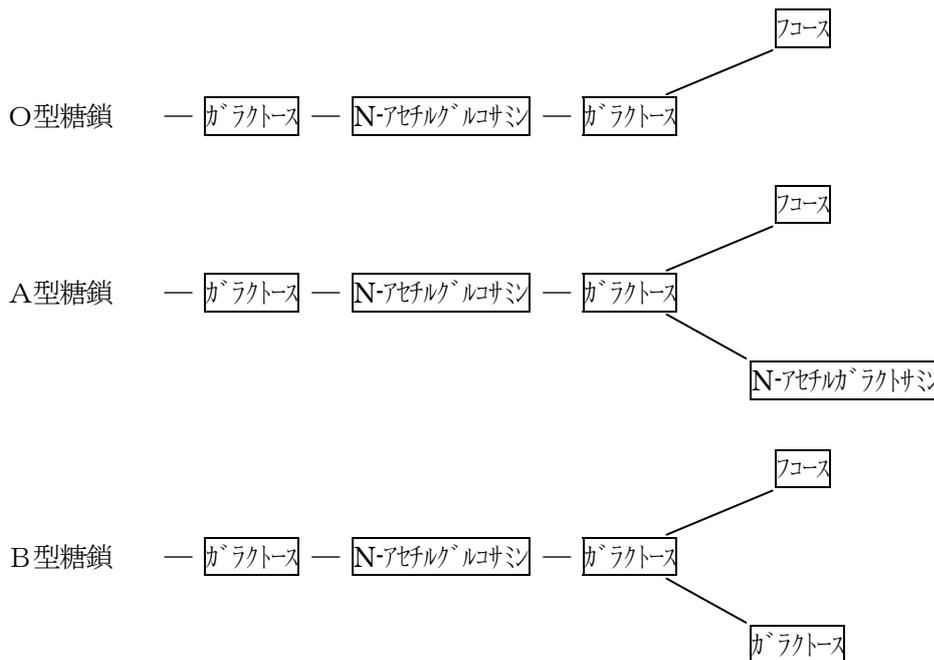


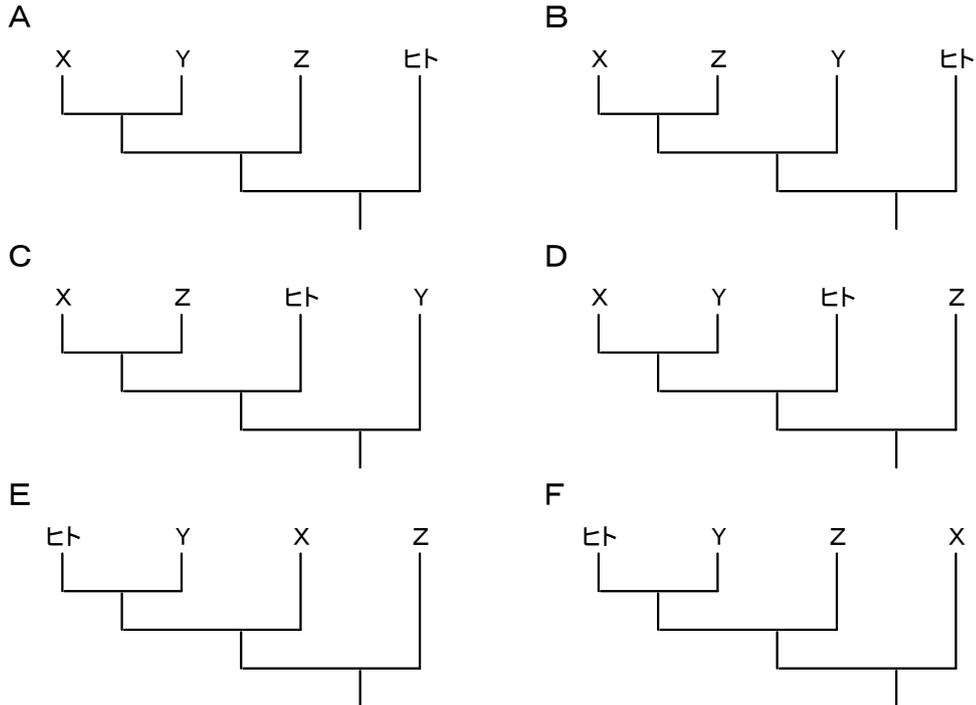
図1 ABO式血液型の糖鎖



問 39) ヘモグロビン ( $\alpha$ グロビン) の遺伝子の塩基配列を、ヒト、動物X, Y, Zの間で比較した。その結果、各動物の間で違いが見られた塩基配列の数が下の表 1 のようになった。ヒト、動物X, Y, Zの系統樹を図で示すとき、最も適切なものはどれか。(2点)

			36	X
		39	16	Y
68	72	68		Z
Y	X	ヒト		

表 1



問 40) ヒトの ABO 式血液型を決める遺伝子には、O 遺伝子、A 遺伝子、B 遺伝子の 3 つの対立遺伝子がある。各遺伝子の、ある遺伝子プールにおける割合 (遺伝子頻度) は、O 遺伝子は約 55%、A 遺伝子は約 17%、B 遺伝子は約 28% である。この遺伝子プールにおいて、次の血液型の表現型の頻度について、最も近いものはどれか。(ただし、ハーディ・ワインベルグの法則に従うものとする。) (3点)

表現型	O 型 (%)	A 型 (%)	B 型 (%)	AB 型 (%)
A	55	25	15	5
B	55	15	25	5
C	40	30	15	15
D	30	40	20	10
E	30	20	40	10

問41) 生物を分類する場合は、生物名にとらわれず、それぞれの特徴を正しく理解することが大切である。

そこで以下の5種類の植物の特徴を示す文章①～⑤をもとに、それぞれの植物の所属する分類群について判断したとき、最も適切な記述はA～Fのどれか。(2点)

- ① サルトリイバラは、茎に刺があり、巻きひげを伸ばして他の植物にからみつく。葉脈は分岐少なく縦方向に走っている。
- ② オケラ(昆虫のケラではない)は秋に白い頭状花を咲かせ、山菜としても利用されている。花は小さな筒状花が集まったものである。
- ③ ヤナギランは山地帯から亜高山帯に良く見られ、網状の葉脈を持ち、花弁は4枚である。
- ④ ツチアケビは、腐植土が厚く堆積する場所に生育する腐生植物で、同化のための葉はほとんどない。3枚の花弁と3枚のがく片を持っている。
- ⑤ ミツバツチグリは、春に5枚の花弁を持つ黄色い花をつけ、葉は3裂した掌状複葉である。

- A. ヤナギランは語尾にランとあるから単子葉植物である。
- B. サルトリイバラは語尾にバラとあるから双子葉植物である。
- C. サルトリイバラとミツバツチグリは共に双子葉植物である。
- D. オケラとミツバツチグリだけが双子葉植物である。
- E. サルトリイバラとツチアケビだけが単子葉植物である。
- F. ヤナギランとツチアケビは単子葉植物である。

問42)～45) 細胞外に分泌される分泌タンパク質と液胞内に局在する液胞タンパク質は、リボソームで合成された後、細胞内で共通の経路をたどり、ゴルジ体で仕分けされて、細胞外または液胞へと輸送される。(図参照)

酵母の分泌タンパク質・液胞タンパク質は、細胞質のリボソームで前駆体として合成され、小胞体膜を通過するとともにタンパク質の末端が切断される(A)。この時にタンパク質の分子量は2 kDa減少する。小胞体内腔では、コア糖鎖と呼ばれる糖鎖が0～3個付加される(B)。コア糖鎖の分子量は、1個につき2 kDaである。次に、タンパク質はゴルジ体へと輸送されて、コア糖鎖にさらに4 kDaの外糖鎖が付加されて、糖鎖は1個につき6 kDaとなる(C)。液胞タンパク質は、ゴルジ体から液胞へと運ばれてプロセッシングと呼ばれる切断が起こって成熟体となる。この時、分子量は12 kDa減少する(D)。分泌タンパク質は、ゴルジ体で成熟体となり、分泌小胞を経て、培養液中へと分泌される(E)。

こうした細胞内のタンパク質輸送系が、(A)～(E)の特定の段階で停止した変異株では、直前の段階で分泌タンパク質・液胞タンパク質の前駆体が蓄積することとなる。

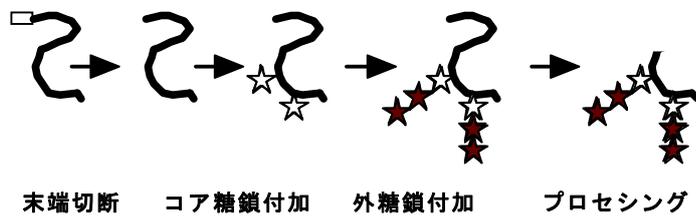
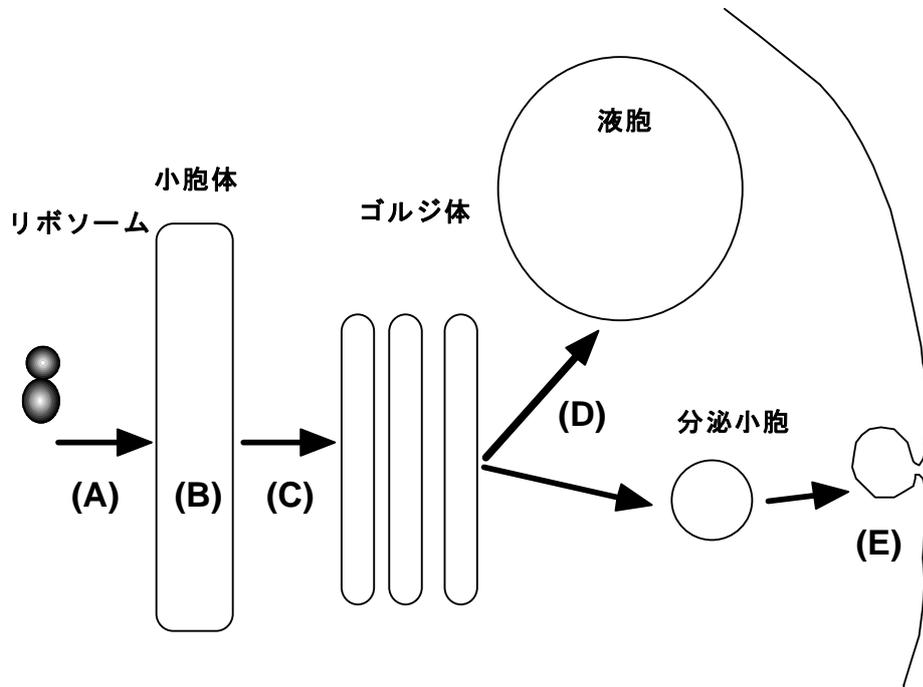
タンパク質 Mercury, Venus, Earth は、それぞれ酵母の分泌タンパク質または液胞タンパク質のいずれかである。酵母菌株(1)～(5)について、培養液を除き、菌体成分に対して Western 解析を行って、タンパク質 Mercury, Venus, Earth のそれぞれを検出し、分子量を調べた。菌株(5)は野生型株であり、菌株(1)～(4)は(A)～(E)のいずれかの段階が停止した変異株である。

(注: kDa はタンパク質の分子量を表す単位。想定外のタンパク質の分解などは起こらなかった)

実験結果は以下の通りであった。

タンパク質	菌株(1)	菌株(2)	菌株(3)	菌株(4)	菌株(5)
Mercury	38 kDa	40 kDa	40 kDa	44 kDa	32 kDa
Venus	38 kDa	42 kDa	40 kDa	検出せず	検出せず
Earth	38 kDa	44 kDa	40 kDa	56 kDa	44 kDa

- 問42) 菌株(1)では(A)～(E)のどの段階が停止しているか。(1点)  
 問43) 菌株(2)では(A)～(E)のどの段階が停止しているか。(1点)  
 問44) 菌株(3)では(A)～(E)のどの段階が停止しているか。(1点)  
 問45) 菌株(4)では(A)～(E)のどの段階が停止しているか。(1点)



問 46) ~47) 動物のある組織を使い、以下の実験を行った。

操作 1 : 低温の緩衝液の中に組織を入れ、低温に保ちながらホモジェナイザーによりすりつぶした。

操作 2 : 操作 1 で得られたホモジェネートを遠心分離機にかけて、不溶性画分を取り除いた。

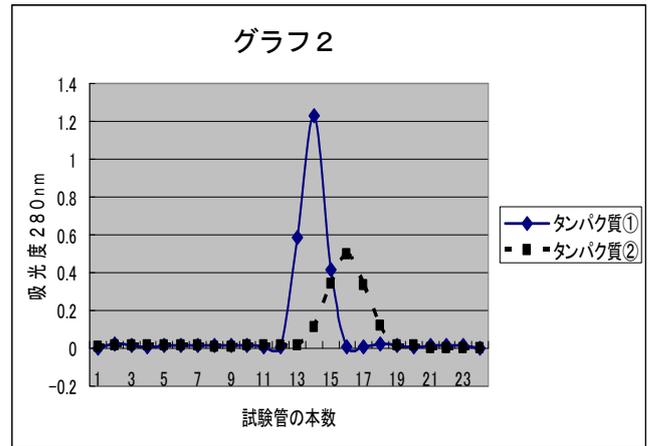
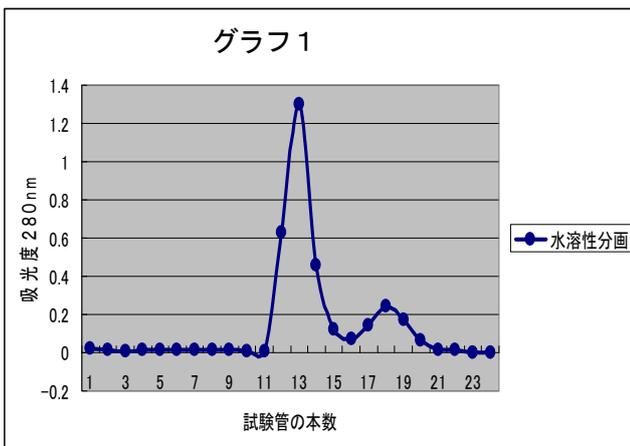
操作 3 : 操作 2 の水溶性画分を、分子量で分画できるクロマトグラフィーにかけ、試験管に集めた。

(グラフ 1)

操作 4 : 操作 3 の結果得られたピーク 13 本目と 18 本目の試験管からそれぞれ 100  $\mu$ l を取り、電気泳動 (SDS-PAGE) にかけて (図 1)。分子量マーカーには、既知のタンパク質混合液を用いた。(kDa はタンパク質の分子量を表す単位)

操作 5 : 分子量の分かっているタンパク質①, ②を含む水溶液についてもそれぞれ操作 3, 4 を行った。

(グラフ 2, 図 1)



SDS-PAGE	マーカー	試験管 13 本目	18 本目	タンパク質①	タンパク質②
(移動距離)			(28 mm)	(15 mm)	(23 mm)

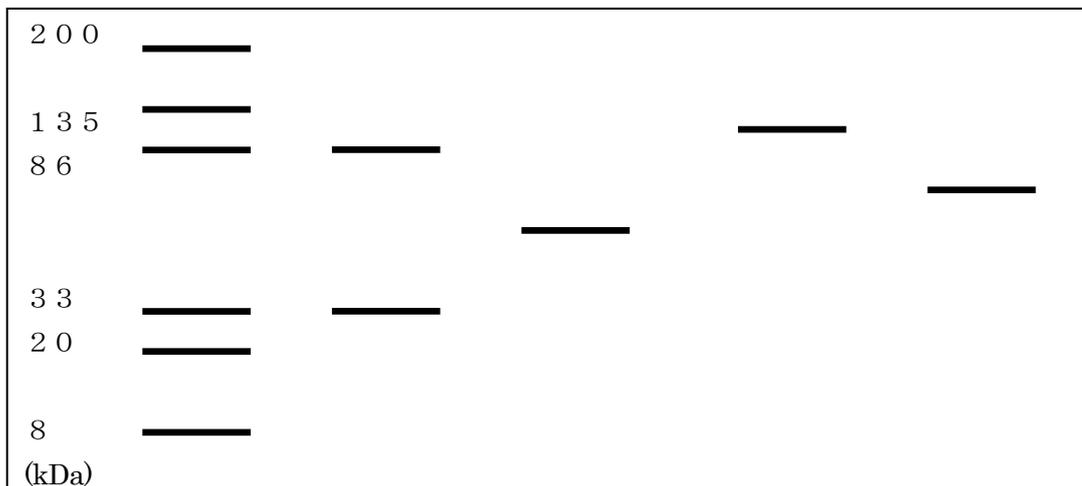


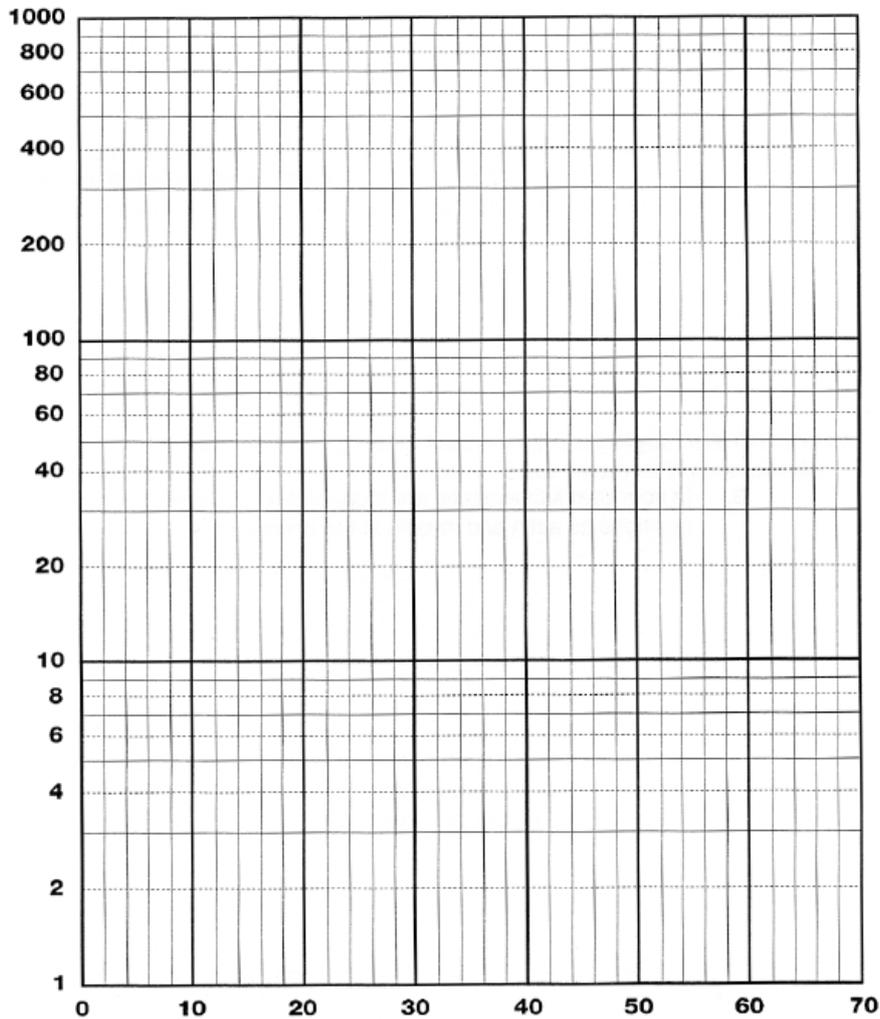
図 1

問 46) マーカーに使ったタンパク質の移動距離は右の表のようになっている。片対数グラフを使い検量線（縦軸に分子量 (kDa), 横軸に移動距離 (mm)）を作成したとき、試験管 18 本目のバンド（移動距離 28 mm）の分子量 (kDa) として適切なものはどれか。(3 点)

分子量(kDa)	移動距離 (mm)
200	3.5
135	12
86	20
33	38
20	47
8	64

- A. 100
- B. 83
- C. 70
- D. 52
- E. 36
- F. 20

片対数グラフ



問 47) グラフ 1 の試験管 13 本目に含まれているタンパク質に関して、最も適切な記述はどれか。(3 点)

- A. 分子量の異なる 2 種類のタンパク質が含まれている。
- B. 分子量が等しい 2 種類のサブユニットからなるタンパク質が含まれている。
- C. 分子量の異なる 2 種類のサブユニットからなるタンパク質が含まれている。
- D. 分子量の異なる 3 種類のサブユニットからなるタンパク質が含まれている。

問 48) ~51) 観賞魚としてしばしば飼育されるグッピーのオスは尾が長く、目立つ色をしている。この形質は捕食者に見つかりやすく、生存に不利であるが、このような形質がなぜ進化してきたのであろうか。これについて、次の各問に答えよ。

問 48) メスは特にオレンジ色の斑紋が鮮やかなオスを配偶相手として好んでいることが知られている。一方、オレンジ色の斑紋の鮮やかさは、ある栄養素を含む餌をどれだけたくさん食べたかによって決まっている。このことから、メスは間接的に餌をたくさんとることのできるオスを選択していたと考えられる。では、ある栄養素とはどのようなものか。斑紋の色から考えて、最も適切なものはどれか。(1点)

- A. カロテノイド
- B. プロテイン
- C. グルコース
- D. アントシアン
- E. リピッド

問 49) オスの斑紋が同じ場合、グッピーのメスはどのような形態のオスを好むのであろうか。それをはっきりさせるために、以下のような、一つの条件以外は全く同じ形質のオスを用いて実施した二つの実験(図1)で、好んでオスに接近していた時間(メスの好み)を測定したところ、図2のようになった。これらの実験結果から導き出される結論として最も適切な記述はA~Eのうちのどれか。

- 実験 1 比較したオスは、尾びれの長さは等しいが、全長が異なる。
  - 実験 2 比較したオスは、全長は等しいが、尾びれの長さが異なる。
- (2点)

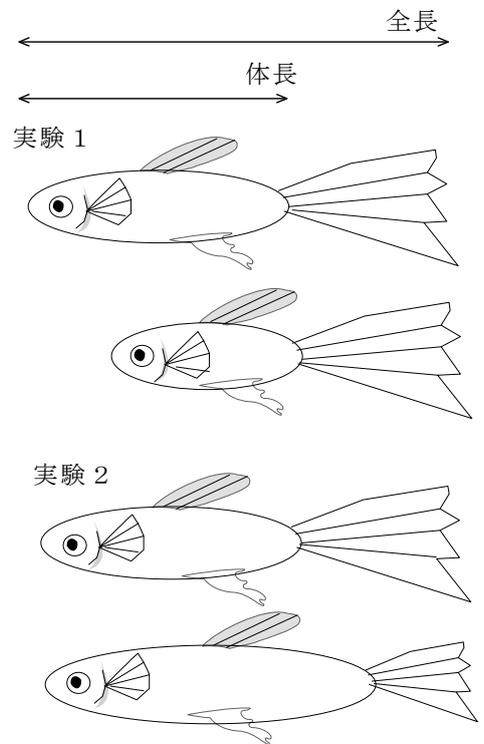


図1 実験に用いたオスの形態(模式図)

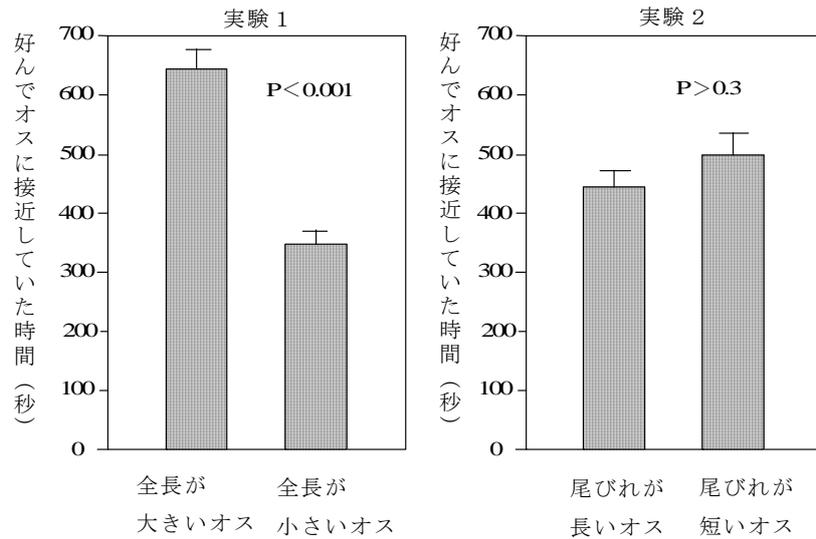


図2 メスの配偶者選択の好みに関する実験の結果  
 (棒グラフ上の線は標準偏差を、Pは有意確率で、値が小さいほど結果が有意であることを示す。)

- A. メスは全長の大きいオスを選ぶ。
- B. メスは尾びれの長いオスを選ぶ。
- C. メスは全長と尾びれの両方が大きいオスを選ぶ。
- D. メスは全長または尾びれのどちらかが大きいオスを選ぶ。
- E. メスは体長が大きいオスを選ぶ。

(次ページに続く)

問 50) メスの選択は、子孫にどのような影響を与えるのであろうか。それを調べるために、全長が等しく尾びれの長さが異なる以外は同じオスを用いて（実験 2 と同じ）、体長も全長も同じメスとつがいにして稚魚を出産させた。各つがいの稚魚が成長した後にメス（つまり娘）の体長を測定した。さらに、それぞれの娘と、体長も全長も同じオスとのつがいを作り、生まれてくる稚魚の数を測定したところ、図 3 のようになった。この実験と前の二つの実験の結果から導き出される最も適切な結論はどれか。（3 点）

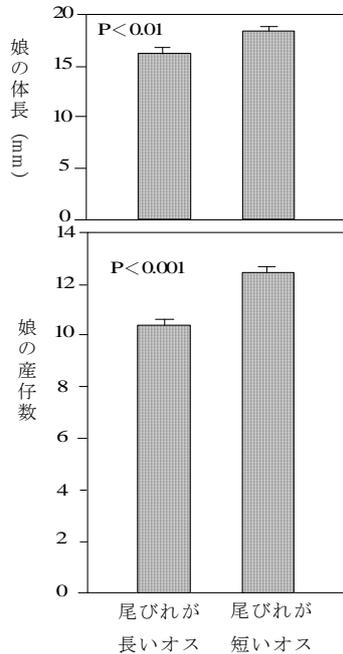


図 3 メスの配偶者選択の娘に与える影響  
（棒グラフ上の線は標準偏差を、Pは有意確率で、値が小さいほど結果が有意であることを示す。）

- A. 全長の大きいオスの方が娘の繁殖力が高いので、これを選んだメスは有利となる。
- B. 全長の小さいオスの方が娘の繁殖力が高いので、これを選んだメスは有利となる。
- C. 体長の大きいオスの方が娘の繁殖力が高いので、尾びれの長いために全長が大きいオスを選ぶメスは不利となる。
- D. 体長の小さいオスの方が娘の繁殖力が高いので、尾びれの長いために全長が大きいオスを選ぶメスは不利となる。

問 51) 前問までの実験結果などから判断すると、グッピーのオスの尾が長いことは、多くの子孫を残す上で不利のように思われる。しかし、現実にはグッピーのオスは尾が長く、目立つ色をしている。このような形質がなぜ現存するのであろうか。このしくみとして、最も適切な記述はどれか。（2 点）

- A. この形質は、適応面で有利でも不利でもなく、自然選択とは無関係に偶然現在まで保存されたもので、いわゆる遺伝的浮動と呼ばれる現象である。
- B. この形質は、環境の違いによってもたらされる変異で、人類がたまたま観賞用としたために、人為選択としてこのような形質がもたらされた。
- C. この形質は、体長が短いオスでも全長の長いオスであるとメスに勘違いさせる形質として、適応面で有利となり現在まで保存された。
- D. この形質は、突然変異で生じたものであり、いずれは自然淘汰される形質である。