

試験開始の指示があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。

生 物

(100点)
(60分)

注 意 事 項

1 解答用紙に、正しく記入・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。特に、解答用紙の解答科目欄にマークされていない場合又は複数の科目にマークされている場合は、0点となります。

2 この問題冊子は、39 ページあります。

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、手を高く挙げて監督者に知らせなさい。

3 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、第2問の と表示のある問いに対して③と解答する場合は、次の(例1)のように問題番号 の解答番号1の解答欄の③にマークしなさい。

(例1)

2	解 答 欄											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	a	b
1	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	Ⓐ	Ⓑ

また、「すべて選べ」や「二つ選べ」などの指示のある問いに対して、複数解答する場合は、同じ解答番号の解答欄に複数マークしなさい。例えば、第3問の と表示のある問いに対して①、④と解答する場合は、次の(例2)のように問題番号 の解答番号2の解答欄の①、④にそれぞれマークしなさい。

(例2)

3	解 答 欄											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	a	b
2	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	Ⓐ	Ⓑ

4 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。

5 問題冊子は最後に回収します。監督者の指示に従って返却しなさい。

生 物

(全 問 必 答)

第 1 問 次の文章を読み、下の問い(問 1～3)に答えよ。

〔解答番号 ～ 〕

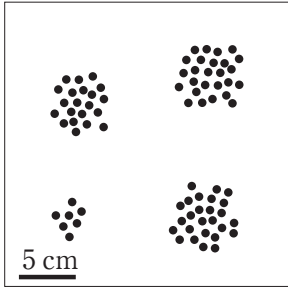
ナオキさんとサクラさんは、干潮時に河川の下流部の岸辺近くに現れた干潟の生物調査を行った。干潟は砂でできており、その表面には_(a)直径 2～3 mm の小さい穴が多数見られ、この穴には生物が生息していることがわかった。

問 1 下線部(a)に関連して、干潟の砂の中にいる生物の密度や分布を調べるには、方形枠が用いられる。次の表 1 は、この干潟に 3 種類の大きさの方形枠を重ねられないようランダムに 10 個ずつ置いたときに、その中にいたある生物の個体数を示したものである。表 1 から推察される、この生物の個体の分布を示す図として最も適当なものを、下の①～⑨のうちから一つ選べ。

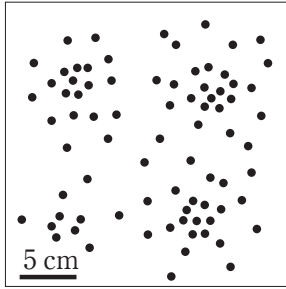
表 1

5 cm 四方	1	0	2	0	3	1	1	0	0	2
10 cm 四方	5	3	1	4	8	2	5	4	3	0
20 cm 四方	16	18	17	12	14	15	13	15	18	19

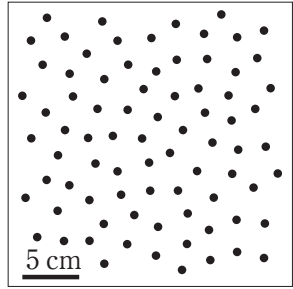
①



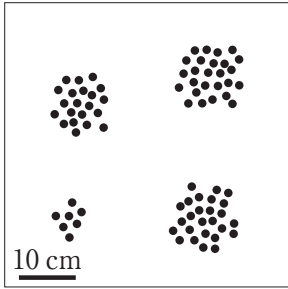
②



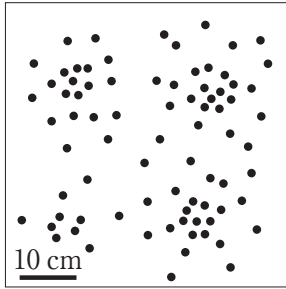
③



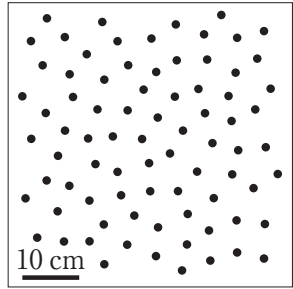
④



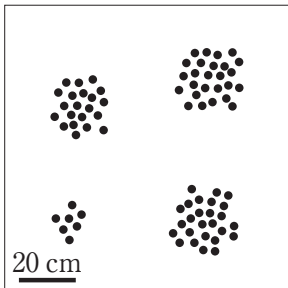
⑤



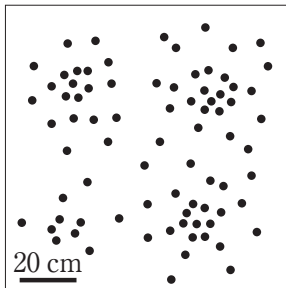
⑥



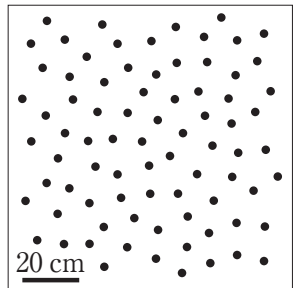
⑦



⑧



⑨



問 2 下線部(a)に関して、ナオキさんとサクラさんがこれらの穴に生息している生物を採集して図鑑で調べたところ、ゴカイの一種であることがわかった。そこで、このゴカイの生息密度と成長の関係を調べるために、次の**実験 1**を行ったところ、下の表 2 の結果が得られた。**実験 1**の結果から導かれる考察として適当なものを、下の①～⑥のうちから二つ選べ。 2

実験 1 体重が 350～500 mg のゴカイ(小型個体)と 700～1000 mg のゴカイ(大型個体)を多数用意し、同じ量の砂を入れた 8 個の同じ形・大きさの容器に、小型個体または大型個体をそれぞれ 3 匹、7 匹、15 匹、または 30 匹入れた。各容器にそれぞれ同じ量の餌を入れて飼育し、14 日後に再び各個体の体重を測定して、成長の目安として 1 日当たりの体重増加量を求めた。

表 2

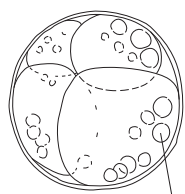
個体の 大きさ	容器当たり の個体数	ゴカイの平均体重 (mg/個体)		1 日当たりの 体重増加量 (mg/個体)
		実験前	実験後	
小型個体	3	442	1506	76
	7	449	1300	61
	15	409	987	41
	30	435	813	27
大型個体	3	873	1727	61
	7	833	1639	58
	15	813	1303	35
	30	867	1025	11

- ① 小型個体は生息密度が高いほど成長が遅いが，大型個体は生息密度が低いほど成長が遅い。
- ② 大型個体は生息密度が高いほど成長が遅いが，小型個体は生息密度が低いほど成長が遅い。
- ③ 小型個体も大型個体も，生息密度が高いほど成長が遅い。
- ④ どの生息密度でも，小型個体よりも大型個体の方が成長が遅い。
- ⑤ どの生息密度でも，大型個体よりも小型個体の方が成長が遅い。
- ⑥ どの生息密度でも，小型個体と大型個体の成長速度は同じである。

問 3 ナオキさんとサクラさんは、このゴカイの発生過程を顕微鏡で観察した。次の①～⑥の図は、そのときのスケッチとメモである。これらを発生順に並べたらどうなるか。並べ方として最も適当なものを、下の①～⑧のうちから一つ選べ。

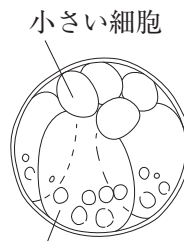
3

①



細胞内に丸い粒

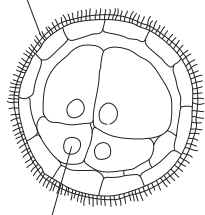
②



大きい細胞内に丸い粒

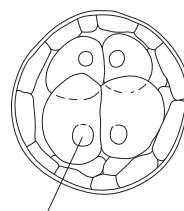
③

周囲に繊毛



内側の大きい細胞内に丸い粒

④



内側の大きい細胞内に丸い粒

⑤



⑥



- ① a → b → c → d → e → f
- ② a → b → c → d → f → e
- ③ a → b → d → c → e → f
- ④ a → b → d → c → f → e
- ⑤ b → a → c → d → e → f
- ⑥ b → a → c → d → f → e
- ⑦ b → a → d → c → e → f
- ⑧ b → a → d → c → f → e

第2問 次の文章(A・B)を読み、下の問い(問1～6)に答えよ。

〔解答番号 ～ 〕

A 生体における機能が未知の遺伝子のはたらきを知るために、(a) 遺伝子改変によりその遺伝子の機能を欠損させたマウス(ノックアウトマウス)を作製し、野生型(正常)のマウスと比較して表現型の違いを調べることがある。

受精研究における遺伝子機能解析の実例を見てみよう。哺乳類であるマウスでは、交尾によって雌の体内に送り込まれた精子が卵管まで進入し、卵巣から放出された卵と受精する。(b) 受精前の成熟したマウス卵は、次の図1のようになっている。受精が成立するためには、精子は卵丘細胞層および透明帯を通過し、卵細胞膜に結合する必要がある。卵細胞膜に結合後、精子は卵細胞内へ進入して精核を形成し、卵核と融合することで受精が完了する。

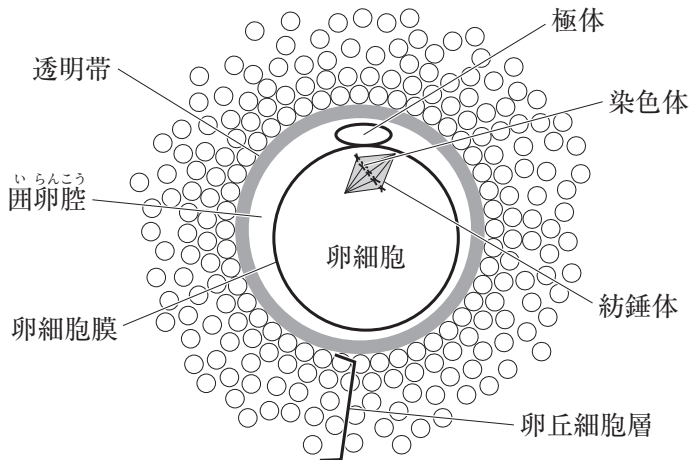


図1 成熟したマウス卵の模式図

マウスの配偶子ではたらき、受精の成立に関与すると考えられるタンパク質として、タンパク質Xとタンパク質Yが見つかった。これらのタンパク質のはたらきを調べるために、それぞれのタンパク質をコードする遺伝子Xまたは遺伝子Yの機能を欠損させたノックアウトマウスを作製し、次の**実験1・実験2**を行った。なお、遺伝子Xの機能を欠損した変異遺伝子をx、遺伝子Yの機能を欠損した変異遺伝子をyとする。

実験 1 様々な遺伝子型のマウスを交配したところ、次の表 1 のように、子が生まれた組合せと生まれなかった組合せとがあった。どの遺伝子型のマウスも正常に卵および精子を形成しており、配偶子の形態や精子の運動性は正常であった。

表 1

		雌マウス		
		XXYY	xxYY	XXyy
雄マウス	XXYY	生まれた	生まれなかった	生まれた
	xxYY	生まれた	生まれなかった	生まれた
	XXyy	生まれなかった	生まれなかった	生まれなかった

実験 2 表 1 のマウスについて、精子と卵を取り出し、培養液内で卵に精子を加え(体外授精)、卵を観察した。その結果、子が生まれた組合せでは、次の図 2 のように正常に卵核および精核が形成された。一方、子が生まれなかった組合せでは、いずれの場合も次の図 3 のように、精子は囲卵腔に進入しているものの、卵細胞膜との結合が見られなかった。

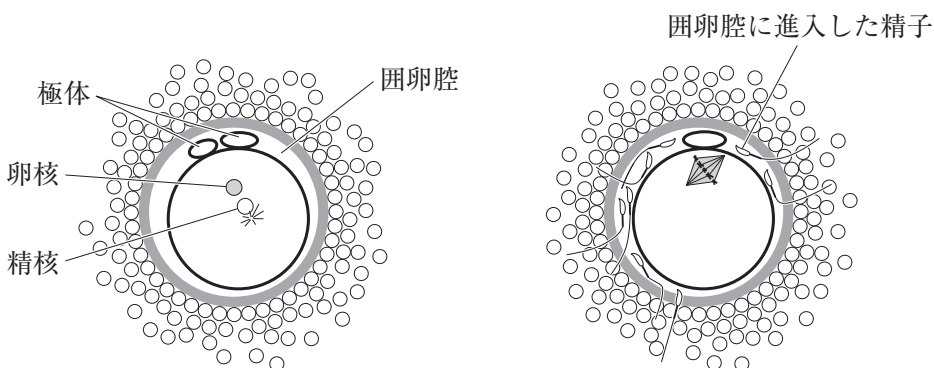


図 2 子が生まれた組合せで体外授精した卵

図 3 子が生まれなかった組合せで体外授精した卵

問 1 下線部(a)に関して、機能するタンパク質をつくらないように遺伝子の塩基配列に変異を入れる方法として**適当でないもの**を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① 開始コドンの直前に終止コドンの3塩基を挿入する。
- ② 開始コドンの3塩基を欠失させる。
- ③ 開始コドンの直後に1塩基を挿入する。
- ④ イントロンとエキソンの両方にまたがるように6塩基を欠失させる。
- ⑤ タンパク質をコードしているエキソンの塩基配列を全て欠失させる。

問 2 下線部(b)の卵では、減数分裂がどの時期まで進行していると考えられるか。図1を参考にして、最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。

- ① 第一分裂前期
- ② 第一分裂中期
- ③ 第一分裂後期
- ④ 第一分裂終期
- ⑤ 第二分裂前期
- ⑥ 第二分裂中期
- ⑦ 第二分裂後期
- ⑧ 第二分裂終期
- ⑨ 減数分裂は完了している。

問 3 実験 1・実験 2 の結果より、遺伝子 X と遺伝子 Y は、それぞれどこでのようなはたらきをされると考えられるか。最も適当なものを、次の①～⑧のうちからそれぞれ一つずつ選べ。遺伝子 X ・遺伝子 Y

- ① 精子ではたらき、精子の卵丘細胞層および透明帯の通過に必要である。
- ② 精子ではたらき、精子と卵細胞膜との結合に必要である。
- ③ 精子ではたらき、精子の卵細胞への進入を阻害する。
- ④ 精子ではたらき、精核の形成を阻害する。
- ⑤ 卵ではたらき、精子の卵丘細胞層および透明帯の通過に必要である。
- ⑥ 卵ではたらき、精子と卵細胞膜との結合に必要である。
- ⑦ 卵ではたらき、精子の卵細胞への進入を阻害する。
- ⑧ 卵ではたらき、精核と卵核の融合を阻害する。

B 「被子植物の花では、A、BおよびCの三つのクラスの遺伝子のはたらきで、がく、花弁、おしべ、めしべの4つの花器官が、それぞれ領域1、2、3、4に形成される」という花器官形成のABCモデルを習ったカズさんとハナさんは、身近にある植物の花を観察することにした。

カズ：授業で習ったABCモデルは本当に全ての植物に当てはまるのか疑問なんだ。

ハナ：どういうことかな。

カズ：ほら、例えば、そもそもチューリップ(図4左)には、がくがないようなんだ。さらに、花弁が3枚セットで二重になっているように見えるんだ。

ハナ：本当だね。でも、チューリップでは **ア** と考えれば、ABCモデルで説明できないかな。

カズ：そうか、チューリップの花器官の構成はそれで説明できるね。

ところで、スイレンの花(図4右)を分解してみたら、がくと花弁の中間的な花器官や花弁とおしべの中間的な花器官が見られるんだ。これはどう考えたらいいかな。

ハナ：遺伝子のはたらきをちゃんと調べてみないと断定できないけど、スイレンの場合は **イ** と考えられないかしら。

カズ：なるほどね。僕もそれに賛成だよ。あれ、スイレンの花を分解している間に、チューリップの花が閉じてきた。しおれちゃったのかな。

ハナ：まだ元気そうだし、しおれたわけじゃないと思うけど。(c)光や重力で茎が曲がる時と同じようなしくみで、花弁が曲がって花が閉じたんじゃないかな。

カズ：そうかなあ、(d)気孔の開閉と同じようなしくみで、花が開いたり閉じたりしているのかもしれないよ。

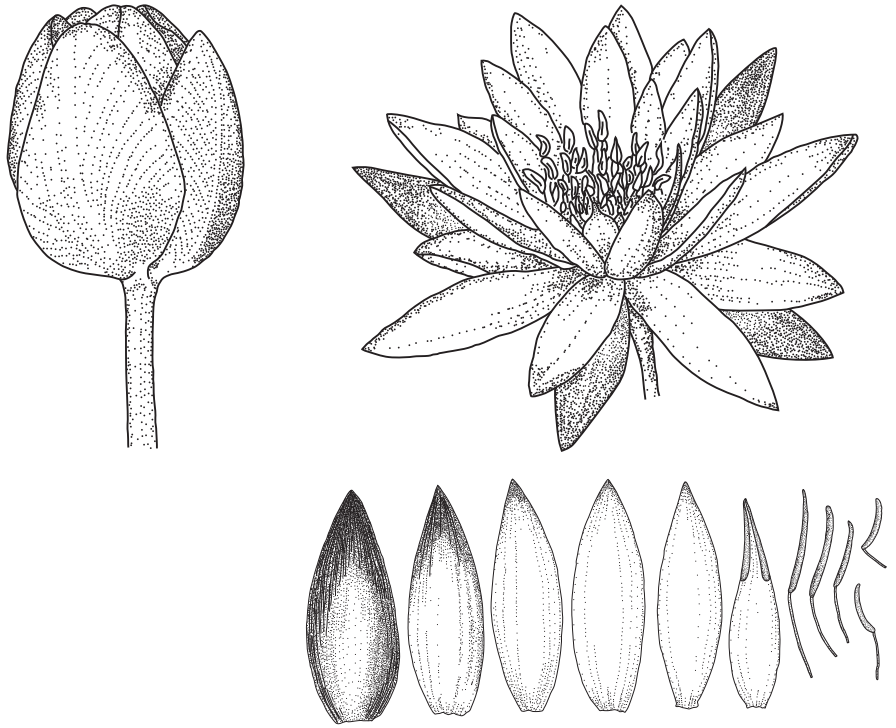


図4 チューリップ(左)とスイレン(右)の花。スイレンの下のスケッチは、花を分解してめしべ以外の花器官を外側から内側に並べたものである。

問 4 A, B および C の各クラスの遺伝子のはたらきから考えて、会話文中の
ア に入る文として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選
べ。 5

- ① A 遺伝子が、領域 3 でもはたらいている
- ② A 遺伝子が、領域 4 でもはたらいている
- ③ B 遺伝子が、領域 1 でもはたらいている
- ④ B 遺伝子が、領域 4 でもはたらいている
- ⑤ C 遺伝子が、領域 1 でもはたらいている
- ⑥ C 遺伝子が、領域 2 でもはたらいている

問 5 A, B および C の各クラスの遺伝子のはたらきから考えて、会話文中の
イ に入る文として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選
べ。 6

- ① A 遺伝子が、領域 1 ではたらかなくなっている
- ② A 遺伝子が、領域 2 ではたらかなくなっている
- ③ B 遺伝子が、領域 2 ではたらかなくなっている
- ④ B 遺伝子が、領域 3 ではたらかなくなっている
- ⑤ 領域の境界が、あいまいになっている

問 6 チューリップの花の開閉は、温度の影響で起こることが知られている。チューリップの花弁の内側と外側から同じ長さの表皮片を剥ぎ取って水に浮かべ、温度を変えて各表皮片の長さを測定したところ、次の図5に示す結果が得られた。このグラフには、チューリップの花の開閉が下線部(c)と(d)のどちらのしくみによるかを考えるために必要な情報が含まれている。グラフのどのような特徴に注目することで、どちらのしくみであると判断できるか。しくみと注目点の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 7

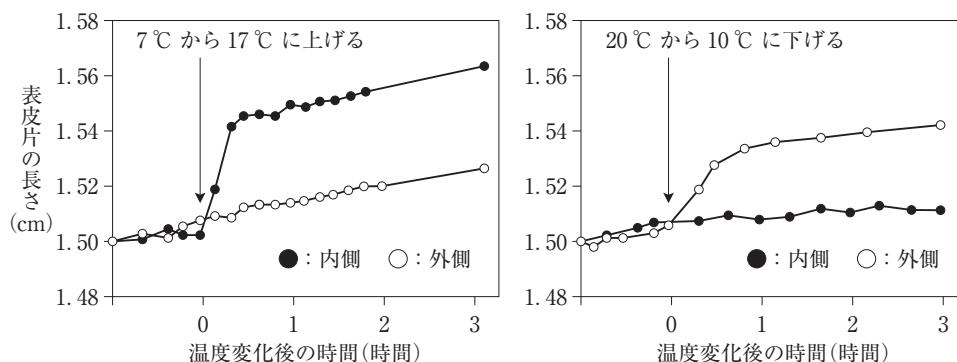


図 5

	しくみ	注目点
①	(c)	内側と外側の表皮片を比べると、 温度上昇後は「内側の長さ > 外側の長さ」、
②	(d)	低下後は「内側の長さ < 外側の長さ」と、 温度条件によって長さの大小が逆になっていること
③	(c)	温度変化の影響が一時的で、温度を変えてしばらくすると内側と外側の表皮片の長さの差が一定となっていること
④	(d)	
⑤	(c)	変化しているのが表皮片の伸び具合であって、どの温度条件のどの表皮片も縮んではないこと
⑥	(d)	

第3問 次の文章(A・B)を読み、下の問い(問1～5)に答えよ。

〔解答番号 ～ 〕

A 植物は、大気中の二酸化炭素(CO₂)を取り込み、光合成によって有機物に変換して自らの生育に役立っている。植物のCO₂の吸収速度は、光合成器官である葉の量と葉の光合成速度の積に比例する。したがって、植物の葉の量が変わらない場合、葉の光合成速度は、植物のCO₂吸収速度から見積もることができる。例えば、(a)熱帯や亜熱帯を原産地とする多くの植物は、低温にさらされるとCO₂の吸収速度が大きく低下することから、低温により葉の光合成速度が低下することがわかる。

植物がCO₂を吸収すれば、それに伴って植物体の周囲のCO₂濃度は低下し、同時に、光合成によって酸素(O₂)濃度は上昇する。そして、この変化は、地球の大気のCO₂濃度やO₂濃度にも反映される。次の図1は、ハワイのマウナロア山で測定された大気中のCO₂濃度の季節変動のグラフである。(b)このCO₂濃度の変動は、地球規模での光合成の季節変動を反映していると考えられる。植物の光合成では、CO₂の吸収とO₂の放出が起こるため、(c)O₂濃度についても季節変動がみられる。

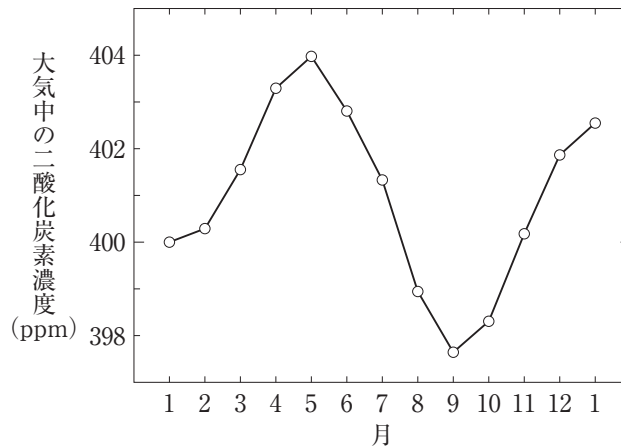


図 1

問 1 下線部(a)に関連して、低温による CO_2 吸収速度の低下の原因が、気孔の閉鎖によるものなのか、それとも葉緑体の機能の低下によるものなのかを明らかにするためには、低温処理の前後で何を比較するのがよいか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 1

- ① 葉の面積
- ② 暗所においた葉の中の ATP の量
- ③ 光照射時の葉の周囲の CO_2 濃度
- ④ 光照射時の葉の周囲の O_2 濃度
- ⑤ 光照射時の葉の細胞の間の CO_2 濃度

問 2 下線部(b)に関連して、大気中の CO_2 濃度が光合成による影響を最も大きく受けているのは、上の図 1 から考えるとどの時期か。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 2

- ① 1月から2月 ② 2月から3月 ③ 3月から4月
- ④ 4月から5月 ⑤ 5月から6月 ⑥ 6月から7月
- ⑦ 7月から8月 ⑧ 8月から9月 ⑨ 9月から10月
- ⑩ 10月から11月 ⑩ 11月から12月 ⑪ 12月から1月

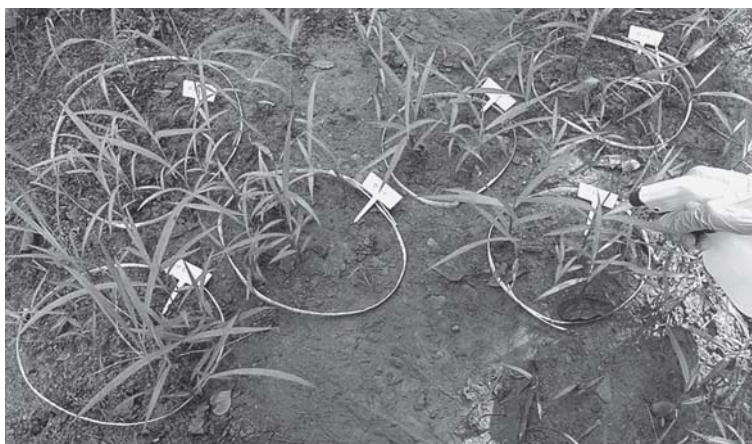
問 3 下線部(c)に関連して、もし地球上の光合成をする生物が、次の①～⑥の生物のいずれかだけになったと仮定した場合、大気中の O_2 濃度の季節変動が最も小さくなるのは、どの生物の場合だと考えられるか。最も適当なものを、①～⑥のうちから一つ選べ。 3

- ① 被子植物 ② 裸子植物
- ③ コケ植物 ④ 緑藻類
- ⑤ シアノバクテリア ⑥ 緑色硫黄細菌などの光合成細菌

B あるクラスで、探究活動のテーマとして、除草剤が植物を枯らすしくみを取り上げるようになった。除草剤の一つである X について、有効成分の作用をインターネットで調べてみたら、グルタミン合成酵素を阻害するとあった。グルタミン合成酵素は、アンモニウムイオン(NH_4^+)とグルタミン酸からグルタミンをつくる反応を触媒する。できたグルタミンはケトグルタル酸との反応で、2分子のグルタミン酸となる。そして、グルタミン酸からのアミノ基の転移が、様々な有機窒素化合物の生成につながっていく。このため、グルタミン合成酵素が阻害されると、(d)有機窒素化合物ができなくなって欠乏するとともに、(e) NH_4^+ が蓄積する。これらの情報を踏まえて、X についてさらに探究を進めた。

問 4 探究の手始めに、 NH_4^+ の濃度を簡単に測定できる市販の試薬キットを使って、植物を X で処理したときに実際にグルタミン合成の阻害が起きているかどうかを確かめてみることにした。計画した実験の手順は、次の(1)~(4)のとおりである。

- (1) 同じ場所に生えている同じ種類の植物を 6 つの実験区に分けて、三つには X の水溶液を、残り三つには水を噴霧する。



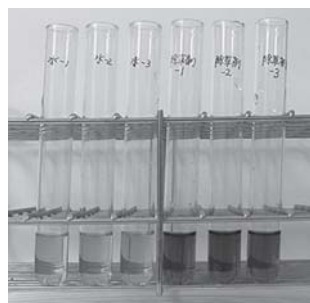
- (2) 一定時間後に各実験区から全ての植物個体の地上部を回収する。



- (3) NH_4^+ がアンモニア(NH_3) になって揮発するのを防ぐために植物を希塩酸に浸し、すりつぶして抽出液を得る。



- (4) 得られた抽出液の NH_4^+ 濃度を試薬キットを使って測定する。



全実験区の結果を直接比較するためには、どのようにして抽出すればよいか。その方法として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

4

- ① 生のままの植物に、一定量の希塩酸を加える。
- ② 植物の重さを生のまま測って、重さに比例した量の希塩酸を加える。
- ③ 植物を乾燥させた後に、一定量の希塩酸を加える。
- ④ 植物を乾燥させてから重さを測って、重さに比例した量の希塩酸を加える。

問 5 図書館で調べてみたら、 NH_4^+ から生じる NH_3 は植物にとって有害であることがわかった。このことから、下線部(d)と(e)のどちらも、Xで植物が枯れる原因となり得ると考えた。これらの可能性を念頭において、Xによる植物枯死の主な原因を調べるための実験についてクラスで議論をしたところ、5つの班から異なる実験の案が出た。

次のA班案～E班案のそれぞれについて、主な原因が下線部(d)と(e)のどちらであるかを判定するための根拠となる情報が得られる場合は①を、得られない場合は②をマークせよ。

A班案 : 十分に高い濃度の X の水溶液を噴霧し、同時にグルタミン酸を与えた場合と与えない場合とで、植物が枯れるまでの時間を比べる。

B班案 : 十分に高い濃度の X の水溶液を噴霧し、同時にグルタミンを与えた場合と与えない場合とで、植物が枯れるまでの時間を比べる。

C班案 : 十分に高い濃度の X の水溶液を噴霧し、同時にケトグルタル酸を与えた場合と与えない場合とで、植物が枯れるまでの時間を比べる。

D班案 : 土壌に窒素肥料を施した条件と施していない条件とで、いろいろな濃度の X の水溶液を噴霧し、植物を枯らすのに必要な X の濃度を比べる。

E班案 : X の水溶液を噴霧せずに、高濃度の NH_3 水溶液を植物に与えて、 NH_3 の処理だけで枯れるかどうかを調べる。

(下書き用紙)

生物の試験問題は次に続く。

第4問 次の文章(A・B)を読み、下の問い(問1～5)に答えよ。

〔解答番号 ～ 〕

A 種子植物の花粉は、細胞壁が丈夫であり、湖沼や湿地などに堆積する土砂の中で分解されずに残りやすい。堆積物中の花粉の種類と量を分析することで、当時のバイオームに関する情報を得ることができる。

問1 次の図1は、中部地方の標高1000m付近にある湿地の堆積物から産出した、常緑針葉樹であるコマツガ・オオシラビソと、夏緑樹(落葉広葉樹)であるブナ・ミズナラの花粉の量の相対的な変化を示している。約1万年前は地球が寒冷な時期から温暖な時期に変化する過渡期で、温暖化は最初の約1000年で進んだ。にもかかわらず、その後、図1のように、常緑針葉樹の花粉が検出できなくなるまでに約5000年、夏緑樹の花粉が出現するまでに約2000年かかり、両方の花粉がともに見られる期間は約3000年間も続いた。このようなデータが得られた原因に関する下の推論①～③のうち、合理的でない推論はどれか。それらを過不足なく含むものを、下の④～⑥のうちから一つ選べ。ただし、この期間では、植物の性質に変化はなかったものとする。

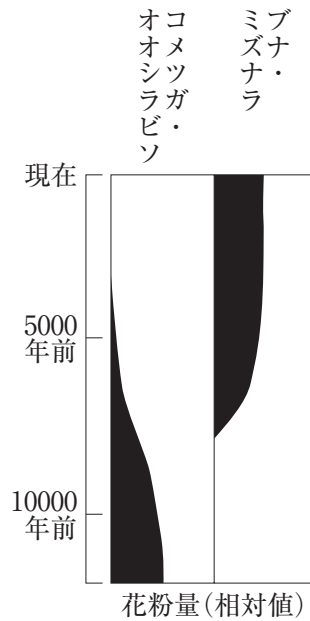


図 1

- ① 湿地付近のバイオームが変化した後も、コメツガ・オオシラビソの花粉が標高の低い、暖かい場所から飛散してきたため
- ② コメツガ・オオシラビソとの競争が激しかったので、ブナ・ミズナラが湿地付近でなかなか優占できなかったため
- ③ 種子の散布距離の制約により、バイオームがゆっくりと入れ替わったため

① a

② b

③ c

④ a, b

⑤ a, c

⑥ b, c

問 2 次の図 2 は、同じ湿地の堆積物における約 800 年前から現在までの産出物の推移のなかで、特徴的なものを示している。この場所に堆積した微粒炭は、人間が行った火入れ(森林や草原を焼き払うこと)によって生じたと考えられている。花粉量の推移からわかるように、微粒炭の堆積した場所では、その後、草本からアカマツへと優占種が入れ替わった。しかし、これが典型的な二次遷移ならば、遷移が始まって数十年で、草原からアカマツの優占する陽樹林へと遷移が進行し、現在では既に陰樹の優占する森林となっているはずである。このように、この場所での遷移の進行が二次遷移としては遅いのはなぜか。その原因の合理的な推論として適当なものを、下の①～⑤のうちから二つ選べ。

2

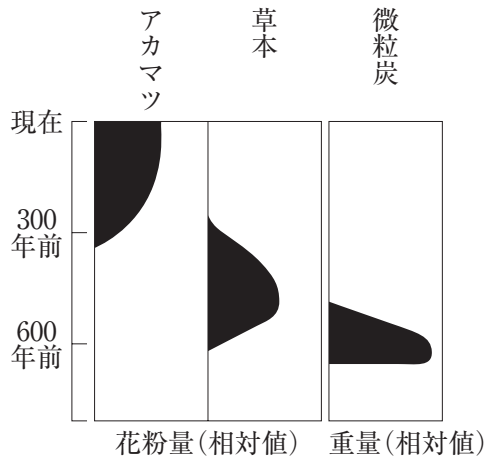


図 2

- ① 約 100 年間火入れを続けたことによって、土壤有機物の多くが失われたため
- ② 微粒炭のために、草本の成長が抑制されたため
- ③ 火入れのために日照がさえぎられて、草本の成長が抑制されたため
- ④ 極相林を構成する夏緑樹の種子が、火入れのために供給されなかったため
- ⑤ 微粒炭が大量に堆積した時期以降も、人間の活動によるかく乱が続いたため

(下書き用紙)

生物の試験問題は次に続く。

B 被子植物の多様化の過程を調べるため、8種の現生の被子植物に見られる花粉を調べたところ、花粉管が発芽する孔(発芽孔)の数について、次の表1に示す多様性が観察された。また、それら8種について分子系統樹を作成したところ、下の図3に示す結果が得られた。

表 1

被子植物の種	発芽孔の数(個)
アカザ	4以上
ウド	3
オニユリ	1
クルミ	4以上
ジュンサイ	1
ハス	3
ブナ	3
モクレン	1

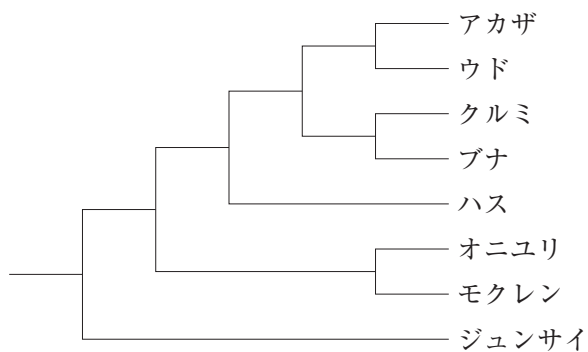


図 3

問 3 発芽孔の数が進化した過程について，表 1 と図 3 の結果から導かれる考察として最も適当なものを，次の①～⑨のうちから一つ選べ。

3

- ① 3 個， 1 個， 4 個以上の順に進化した。
- ② 3 個， 4 個以上， 1 個の順に進化した。
- ③ 3 個から， 4 個以上と 1 個が同時に進化した。
- ④ 4 個以上， 1 個， 3 個の順に進化した。
- ⑤ 4 個以上， 3 個， 1 個の順に進化した。
- ⑥ 4 個以上から， 3 個と 1 個が同時に進化した。
- ⑦ 1 個， 3 個， 4 個以上の順に進化した。
- ⑧ 1 個， 4 個以上， 3 個の順に進化した。
- ⑨ 1 個から， 3 個と 4 個以上が同時に進化した。

問 4 被子植物が出現した時代の花粉の化石について、発芽孔の数、生育した年代、および生育していた場所の当時の緯度を調べたところ、次の表 2 の結果が得られた。被子植物の分布の変化について述べた記述のうち、表 1・表 2 および図 3 の結果から導かれる推論として最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。 4

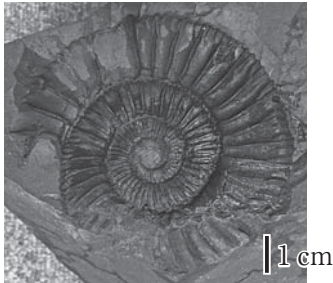
表 2

試料番号	発芽孔の数(個)	年代(百万年前)	当時の緯度
1	3	67	北緯 60°
2	3	90	南緯 40°
3	1	67	北緯 60°
4	1	110	南緯 20°
5	1	135	北緯 5°
6	1	130	南緯 10°
7	3	110	北緯 25°
8	1	110	北緯 30°
9	1	100	南緯 35°
10	1	120	北緯 10°
11	3	90	南緯 20°
12	3	80	北緯 40°
13	4 以上	67	北緯 60°
14	4 以上	67	南緯 55°

- ① 当時の赤道付近に出現し、高緯度方向に分布を広げた。
- ② 当時の北極付近に出現し、南方向に分布を広げた。
- ③ 当時の南極付近に出現し、北方向に分布を広げた。
- ④ 当時の北緯 30° 付近に出現し、南北方向に分布を広げた。

問 5 次の写真①～⑤はそれぞれ、アウストラロピテクス、アンモナイト、イチョウ、恐竜、三葉虫のいずれかの化石である。これらの中で、被子植物が出現する以前に絶滅した生物として最も適当なものを、①～⑤のうちから一つ選べ。 5

①



②



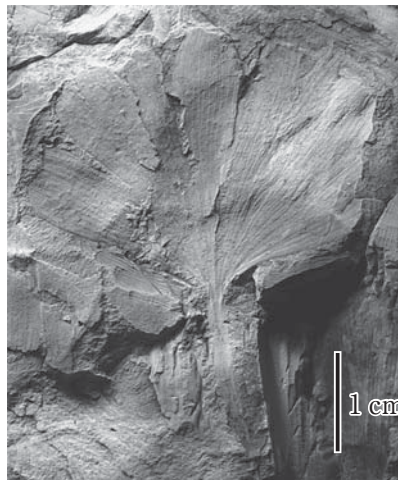
③



④



⑤



第5問 次の文章(A・B)を読み、下の問い(問1～5)に答えよ。

〔解答番号 ～ 〕

A ホタルのルシフェラーゼは、ATPの存在下でルシフェリンを分解することにより発光させる酵素である。このルシフェラーゼを大腸菌に合成させることにした。そこで、(a)ホタルのルシフェラーゼ遺伝子の発現を行うことのできるプラスミドを導入した大腸菌をつくり、寒天培地上で培養した。

問1 下線部(a)に関して、この大腸菌におけるルシフェラーゼの合成を検出することにした。まず、寒天培地上の大腸菌のコロニーをつまようじの先でかきとり、少量の溶解液に入れて溶かし、ルシフェリン溶液を加えたところ、微弱な発光が確認できた。合成されたルシフェラーゼの検出をより明確にするための手法として適当でないものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

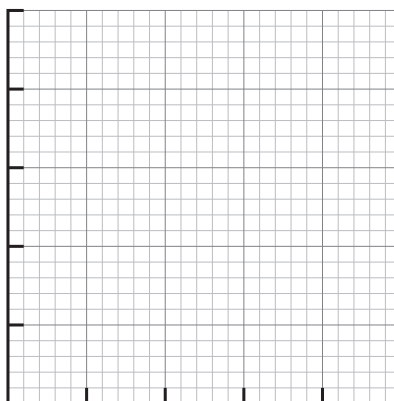
- ① できるだけ大きいコロニーを使用する。
- ② 反応時に濃度の高いルシフェリン溶液を使用する。
- ③ 反応時にホタルから抽出したルシフェラーゼを加える。
- ④ 反応時にATP溶液を加える。
- ⑤ 発光を確認するときに部屋を暗くする。

問 2 DNA の溶液は 260 nm の波長の光を吸収するので、その吸収を測定することによって DNA の濃度を推定できる。このことを利用し、下線部(a)を大量培養して得たプラスミドを定量することにした。得られたプラスミドを 100 μL の水に溶かし、ここから 1 μL をとって 99 μL の水で希釈した。この希釈液と、あらかじめ濃度のわかっている複数の DNA 溶液とについて、260 nm の波長の光の吸収を測定したところ、次の表 1 の結果が得られた。表 1 のデータをもとに、得られたプラスミド DNA の総量を推定したときの値として最も適当なものを、下の①～⑨のうちから一つ選べ。 2 μg

表 1

DNA 溶液	260 nm の光の吸収の測定値
0 $\mu\text{g}/\text{mL}$	0.00
5 $\mu\text{g}/\text{mL}$	0.08
10 $\mu\text{g}/\text{mL}$	0.25
20 $\mu\text{g}/\text{mL}$	0.35
30 $\mu\text{g}/\text{mL}$	0.65
50 $\mu\text{g}/\text{mL}$	0.98
プラスミド	0.52

グラフ用紙



- | | | |
|--------|--------|--------|
| ① 2.5 | ② 12.5 | ③ 25 |
| ④ 62.5 | ⑤ 125 | ⑥ 250 |
| ⑦ 625 | ⑧ 1250 | ⑨ 2500 |

B ヒトの^{みみあか}耳垢の性質は ABCC 11 という遺伝子の多型と関連しており、遺伝子型 AA では乾いた耳垢、遺伝子型 GA と GG では湿った耳垢になる。集団における対立遺伝子頻度は、地域によって異なっている。ある高校の生徒たちが、生徒自身、両親および祖父母の耳垢の性質について調べたところ、次の表 2 のデータが得られた。なお、生徒が調べた家族は、3 世代以上にわたって同じ地域に住み続けているものとする。

表 2

対象	乾いた耳垢	湿った耳垢
自分(生徒)	90 人	21 人
両親	164 人	不明*
祖父母	234 人	55 人

*：両親における湿った耳垢の人数は示していない。

問 3 生徒が調べた集団における対立遺伝子 G の頻度の推定値として最も適当なものを、次の①～⑧のうちから一つ選べ。 3

- | | | |
|---------|---------|---------|
| ① 0.081 | ② 0.100 | ③ 0.150 |
| ④ 0.190 | ⑤ 0.810 | ⑥ 0.850 |
| ⑦ 0.900 | ⑧ 0.919 | |

問 4 生徒の両親集団における遺伝子型 GA の人数の推定値として最も適当なものを、次の①～⑧のうちから一つ選べ。 4

- | | | |
|------|------|------|
| ① 2 | ② 13 | ③ 16 |
| ④ 19 | ⑤ 21 | ⑥ 36 |
| ⑦ 39 | ⑧ 44 | |

問 5 次の表 3 は、世界の各地域に現在住んでいるヒト集団における対立遺伝子 A の頻度を示す。表 3 の結果から考え得る合理的な推論として適当なものを、下の①～⑥のうちから二つ選べ。 5

表 3

地域	対立遺伝子 A の頻度
東アジア(大陸北部)	0.977
東南アジア(北部)	0.696
東南アジア(南部)	0.175
ヨーロッパ(南部)	0.103
ヨーロッパ(西部)	0.208
ヨーロッパ(東部)	0.246
ヨーロッパ(北部)	0.093
東シベリア	0.786
アラスカ	0.515
中南米	0.167
中東	0.276
西アフリカ	0.000
東アフリカ	0.010

- ① 対立遺伝子 A をもつヒトは、より温暖な気候に適応している。
- ② 対立遺伝子 A をもつヒトは、より湿度が低い地域に適応している。
- ③ 対立遺伝子 A をもつヒトは、より海拔の低い地域に適応している。
- ④ 対立遺伝子 A は、中東で生じ、人類の移動に伴って分布を広げた。
- ⑤ 対立遺伝子 A は、東アジアから遺伝的交流によって分布を広げた。
- ⑥ 対立遺伝子 A は、世界の各地域で様々な頻度で独立に生じた。

第6問 次の文章を読み、下の問い(問1～3)に答えよ。

〔解答番号 ～ 〕

オオカミを祖先とするイヌは、オオカミとは異なり、1万年以上前から人間との^{きずな}絆を形成している。この絆は、見つめ合い行動によって形成される。見つめ合い行動と視床下部で産生されるオキシトシンというホルモンの分泌との間に、互いに効果を強め合う関係があるという仮説を立てて、次の**実験1**・**実験2**を行った。なお、オキシトシンは、血液中に分泌されて作用し、最終的に尿に排出される。

実験1 家庭で飼われているイヌまたは飼育されて人間によく馴れたオオカミと、それぞれの飼主とをペアで実験室に入れ、30分間にわたって行動を観察した。まず、実験開始後の5分間における行動を観察したところ、次の図1のように、イヌには飼主を見つめる時間が長いイヌ(長イヌ)と短いイヌ(短イヌ)がいる一方で、オオカミは飼主を見つめないことがわかった。次に、飼主と動物のそれぞれから、30分間の行動観察の前後に尿を採取し、尿中のオキシトシン量を測定したところ、下の図2の結果が得られた。

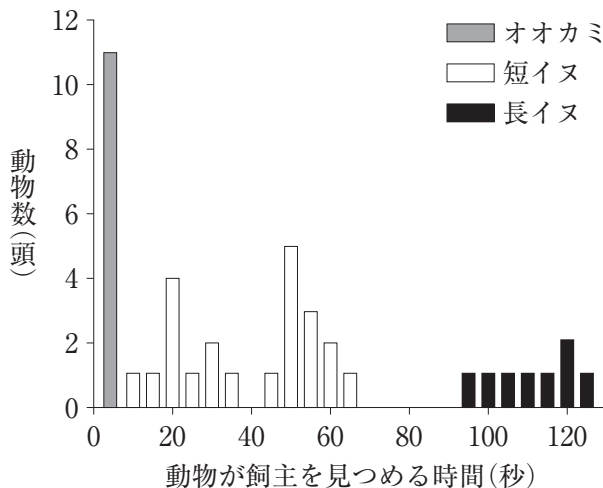


図 1

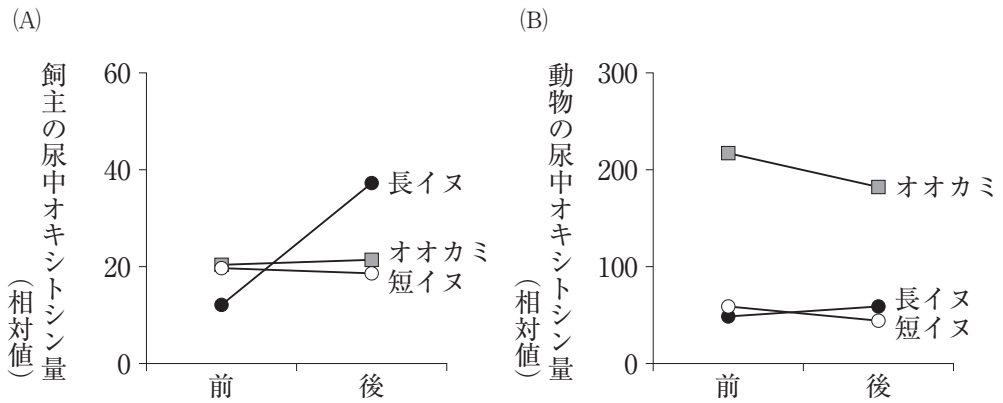


図 2

問 1 上の図 2 の実験結果の記述として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① 飼主を見つめると、イヌもオオカミも、尿中オキシトシン量が増加する。
- ② 尿中オキシトシン量が多い動物ほど、飼主を見つめる時間が長い。
- ③ 飼主の尿中オキシトシン量は、イヌに見つめられる時間の長い方が多い。
- ④ イヌの尿中オキシトシン量は、飼主に見つめられる時間の長い方が少ない。
- ⑤ オオカミの尿中オキシトシン量は、飼主に見つめられる時間の長い方が多い。

実験 2 オキシトシンと見つめ合い行動との因果関係を調べるために、家庭で飼われているイヌ、その飼主、およびこのイヌにとって初対面の人間(以下、飼主以外とよぶ。)と一緒に実験室に入った状況で、30分間の行動を観察した。この実験では、行動観察の直前に、同じ量のオキシトシンまたは生理食塩水をイヌの鼻粘膜に噴霧した。オキシトシンは鼻粘膜から速やかに吸収され、イヌの血中オキシトシン濃度を上昇させる。そのうえで、**実験 1**と同様に、飼主およびイヌのそれぞれから、行動観察の前後の尿を採取し、尿中のオキシトシン量を測定したところ、次の図3・図4の結果が得られた。

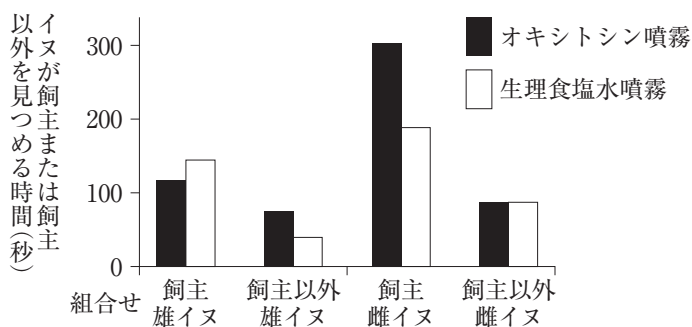


図 3

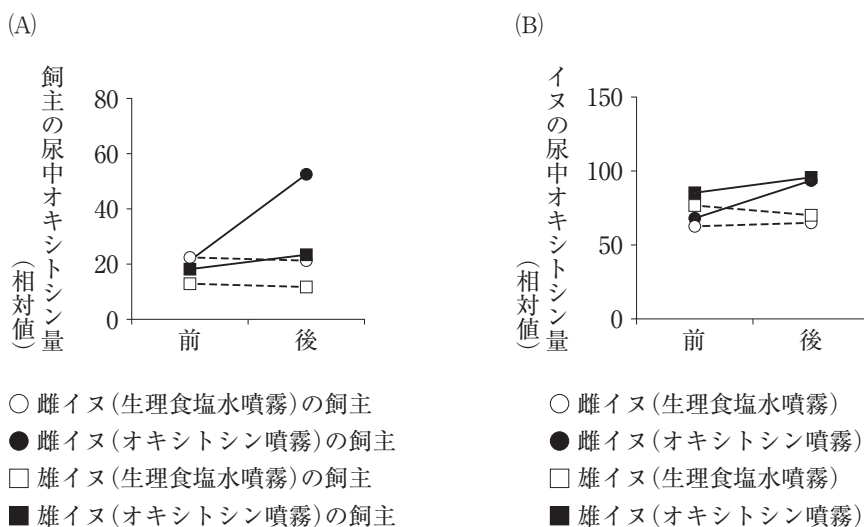


図 4

問 2 実験 2 の結果から導かれるオキシトシンの効果として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① 雄イヌが飼主を見つめる時間を，増加させる。
- ② 雌イヌが飼主以外を見つめる時間を，減少させる。
- ③ 飼主を見つめる雄イヌの尿中オキシトシン量を，減少させる。
- ④ 飼主を見つめる雌イヌの尿中オキシトシン量を，増加させる。
- ⑤ 飼主以外を見つめるイヌの尿中オキシトシン量を，減少させる。

問 3 見つめ合い行動とオキシトシンの分泌との間に，互いに効果を強め合う関係があると証明するためには，上の実験 1 ・実験 2 の結果に加えて，他にどのような情報が必要か。必要な情報として最も適当なものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① 飼主の血中オキシトシン量が，飼っているイヌを見つめる時間に与える影響
- ② 飼主がない条件で，長イヌに見つめられたことが，飼主以外の尿中オキシトシン量に与える影響
- ③ 飼主とだけいる条件で，鼻粘膜に噴霧されたオキシトシンが，オオカミが飼主を見つめる時間と尿中オキシトシン量に与える影響
- ④ 飼主とだけいる条件で，鼻粘膜に噴霧されたオキシトシンが，イヌが飼主を見つめる時間と尿中オキシトシン量に与える影響
- ⑤ 飼主以外とだけいる条件で，鼻粘膜に噴霧されたオキシトシンが，イヌが飼主以外を見つめる時間と尿中オキシトシン量に与える影響