

生 物

医学部・応用生物科学部

問 題 冊 子

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。
2. 問題冊子は 16 ページで、解答用紙は 8 枚である。乱丁、落丁、印刷不鮮明の箇所などがある場合は、ただちに試験監督者に申し出ること。
3. 受験番号は、8 枚の解答用紙のそれぞれ指定の欄すべてに必ず記入すること。
4. 解答は、解答用紙の指定箇所に記入すること。
5. 問題は 6 題ある。応用生物科学部の受験生は 6 題すべてに解答すること。医学部の受験生は問題 1, 2, 3, 4 に解答すること。解答しない問題 5, 6 の解答用紙には、全紙にわたり大きく×印を 1 つ記すこと。
6. 解答用紙は持ち帰らないこと。
7. 問題冊子は持ち帰ること。
8. 大問ごとに、満点に対する配点の比率(%)を表示してある。

1 次の文章を読み、問1～5に答えよ。(配点比率 医：25%，応生：17%)

誕生当時の原始地球表面はマグマでおおわれ、非常に高温であった。大気成分は、**ア**が大部分で、残りは窒素や**イ**が占め、酸素はほとんどなかった。やがて、地表が冷却し始めると、大気中の**イ**が雨となって降り注ぎ、原始海洋が形成された。原始海洋には簡単な構造の有機物が存在しており、化学進化の過程を経て原始生命体が誕生したと考えられている。

原始海洋に誕生した生命体から、独立栄養を行う**ウ**細菌や光合成細菌が現れた。光合成を行い、酸素を放出するラン藻により、海水中に大量の酸素が放出された。約20億年前からは大気中の酸素も増加し始め、約5億年前には大気中酸素濃度が現在の10%に達するほどになった。大気中の酸素が増加したことにより、成層圏に**エ**が形成され、地上に到達する**オ**が減少して、陸上への生物進出が可能になった。

動物が、水中生活から陸上生活に移行するためには種々の適応が必要であった。皮膚の乾燥を防ぐ仕組み、窒素化合物の排泄方法、重力に抗して体重を支え移動する運動能力の獲得、空気呼吸できる呼吸器官、重力に抗して血液を駆出する心臓などである。

心臓は、拡張と収縮を繰り返すことにより、血液に圧というエネルギーを与える。このエネルギーにより、哺乳動物では心臓より高い位置にある脳に血液を送ることが可能になる。ポンプとしての心臓の働きは、左心室の容積を横軸に、左心室の圧を縦軸にとって表した、圧-容積曲線を用いると理解しやすい。圧-容積曲線は、以下の4つの部分に分けて考えることができる(図1)。

- a. 房室弁が開き、左心房の血液が左心室に流入。
- b. 房室弁が閉じ、左心室筋が収縮。このとき左心室容積は変わらずに、左心室圧が急上昇。
- c. 大動脈弁が開き、大動脈に向けて血液が駆出される。このとき左心室圧と大動脈圧が等しくなる。
- d. 大動脈弁が閉じ、左心室筋が弛緩。このとき左心室容積は変わらずに、左心室圧が急低下。

左心室は1回収縮することにより、70 ml (130-60)の血液を大動脈に駆出する。

ヒトの大動脈圧は収縮期で120 mmHg、拡張期で80 mmHg程度である。しかし、首の長いキリン(身長

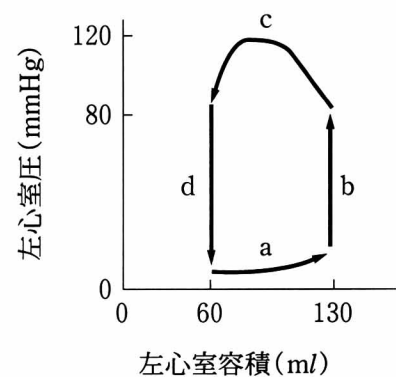


図1 身長170 cm、体重70 kgのヒトの左心室圧-容積曲線

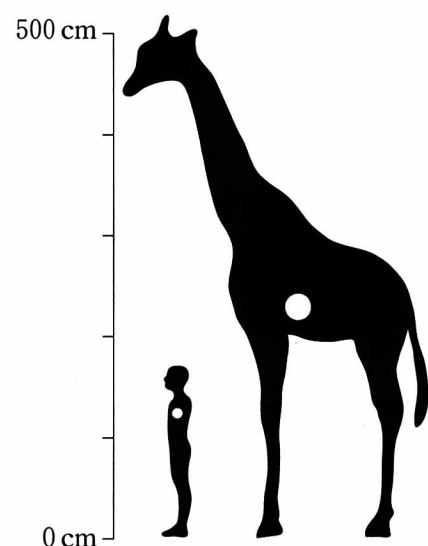


図2 ヒトとキリンの身長と心臓位置の比較

500 cm, 体重 700 kg, 図 2)では, 頭部に血液を灌流するために, より高い圧が必要となる。

(注釈: mmHg は血圧の単位。100 mmHg とは 100 mm の水銀柱を支えることができる圧に相当する。水銀の重さは血液の 13.6 倍であり, 100 mmHg の圧で 1.36 m の血液を支えることができる。)

問 1. ~ に適切な語を入れよ。

問 2. 下線部①の の生物に対する作用を 80 字以内で記せ。

下書き用(80字)

問 3. 下線部②の窒素化合物の排泄方法について, 硬骨魚類, 爬虫類, 鳥類, 哺乳類の排泄物質を記せ。

問 4. 下線部③のキリンの収縮期大動脈圧は, 何 mmHg と推測されるか記せ。また, そのように推測した理由を 80 字以内で記せ。

下書き用(80字)

問 5. キリンの左心室圧—容積曲線を描くと図3のようになった。 ～ に入る適切な数値を推測し記せ。また、そのように推測した理由を80字以内で記せ。

下書き用(80字)

5					10					15					20				

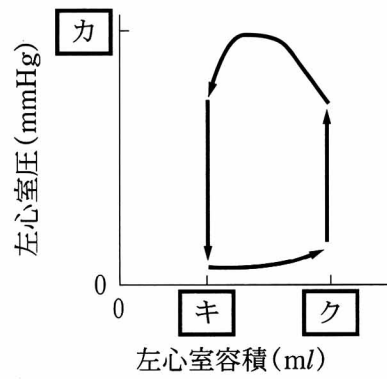


図3 キリンの左心室圧—容積曲線

2 次の文章を読み、問1～4に答えよ。(配点比率 医：20%，応生：13%)

赤血球の表面には多数の糖鎖がある。そこに「A型抗原」「B型抗原」と呼ばれる糖鎖があり、これによってABO式血液型が決定される。H型抗原(別名：O型抗原)のガラクトースにA酵素によりN-アセチルガラクトサミンが結合すると、A型抗原が形成される。また、H型抗原のガラクトースにB酵素によりさらにガラクトースが1つ結合すると、B型抗原が形成される。わずか糖1つの違いが、ABO式血液型を決定している(図1)。A酵素とB酵素に翻訳される遺伝子をそれぞれA遺伝子とB遺伝子とする。これらの遺伝子は第9染色体上にあり、共に354個のアミノ酸からなる転移酵素に翻訳されている。A遺伝子とB遺伝子は4カ所の塩基配列の違いがあるため、結果的に4つのアミノ酸が異なることがわかっている^①。O型血液の個体も、第9染色体上にA遺伝子の塩基配列のひとつに突然変異が生じたO遺伝子を持っている。A、B、O遺伝子エキソン領域の塩基配列の違いの一部を図2に示す。

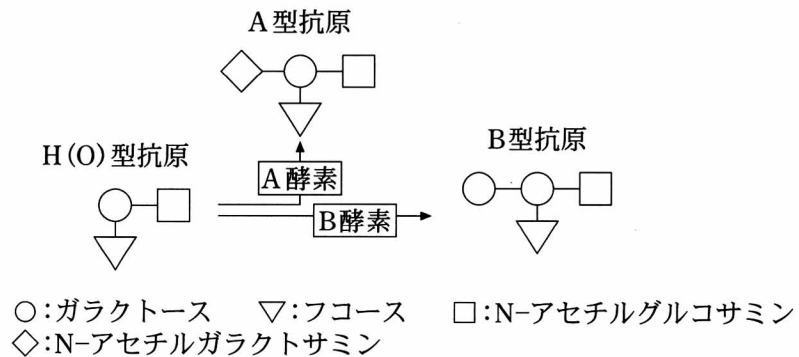


図1 A型抗原B型抗原のできかた

	1		790
A 遺伝子	ATG //	TACTACCTGGGGGGGTTCTT .	
B 遺伝子	ATG //	TACTACATGGGGGCGTTCTT .	
	1		255
A 遺伝子	ATG //	CGTGGTGACCCCTTGGCTGGC .	
O 遺伝子	ATG //	CGTGGTACCCCTTGGCTGGCT .	

図2 A、B、O 遺伝子の塩基配列の比較

ある人の血液型を調べるために検査を行った。

- ① 3本の試験管にそれぞれI、II、IIIと記入し、A、B、O型血球浮遊標準液*を1滴ずつ滴下した。

3 次の文章を読み、問1～4に答えよ。(配点比率 医：30%，応生：19%)

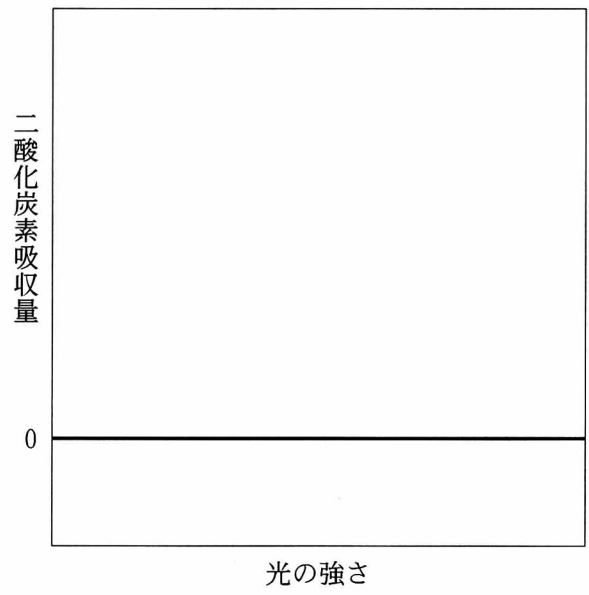
森林は台風、伐採、山火事など様々なく乱を受け、頻繁に破壊されている。しかし、多くの場合、森林の破壊部分は人の手を借りずとも、林内に生育している稚樹や土壌中の植物や種子の発芽によって自然に再生する。このような植生の遷移は 遷移と呼ばれる。自然林では、樹木が階層的に分布しており、上層から 層、 層、 層、 層が発達することが多い。森林のかく乱は、上層木の単木的な枯死による小さな林冠ギャップから、山火事や森林伐採など数百ヘクタールにおよぶものまでである。

樹木は、光合成の特性から、陰樹と陽樹に大別される。陰樹は陽樹と比較して、暗い環境下に耐えて生育する性質である耐陰性が が、明るい環境下での成長速度は 。林冠層が閉鎖した林内では、暗いため陽樹の芽ばえは生育できないが、陰樹の芽ばえは生育し、ゆっくりとではあるが成長を続けることができる。陽樹には、風によって散布される微小な種子を大量に生産する樹種が多い。また、陽樹の種子は、土の中で長期間生存し、光があたると発芽するものが多い。陽樹は陰樹と比較して、遷移の 段階に出現し、 樹種となる。陰樹は安定した環境下で 林の構成樹種となる。

問 1. ～ に適切な語句を入れよ。

問 2. 下線部に相当する陰樹と陽樹の光—光合成曲線(光の強さと二酸化炭素吸収量の関係を示す曲線)を図中に描き入れ、それぞれの曲線について「光補償点」と「光飽和点」の位置を示せ。

下 書 き 用



問 3. 階層構造の発達したある自然林において、

- (1) 台風によって数本の上層木が倒れた場合、
- (2) 山火事によって広い面積の森林全体が焼き払われた場合、

その後どのように森林が再生するか。その過程をそれぞれ、100字以内で記せ。ただし、(1)、(2)を通じて、一度は必ず「陰樹」、「陽樹」、「耐陰性」、「成長速度」、「林冠ギャップ」という用語を用いること。

(1) 下書き用(100字)

5					10					15					20				

(2) 下書き用(100字)

5					10					15					20				

問 4. わが国では降水量が十分なので、森林帯および樹種の分布を気温因子によってうまく説明することができる。その代表的な環境指数として温量指数(Warmth index: WI 吉良龍夫(1949)日本の森林帯, 林業解説シリーズ 17, 日本林業技術協会)が知られており、次の式によって計算される。

$$WI = \sum_{i=1}^{12} \Delta Ti \quad (Ti \text{ 月別平均気温, } \Delta Ti = Ti - 5, \text{ ただし } Ti - 5 < 0 \text{ のとき } \Delta Ti = 0)$$

温量指数とわが国の森林帯および主要樹種の分布範囲との関係は次の表1、および図1のようである。いま、ある森林の環境調査をすることとなった。当地点の月別平均気温は、表2に示すとおりである。この資料を用いて、以下の(1)~(3)について解答せよ。

表1 日本の森林帯

	温量指数	(月・℃)
常緑針葉樹林帯	WI 15~45	
温帯落葉樹林帯	WI 45~85	
照葉樹林帯	WI 85~180	
亜熱帯	WI 180~240	

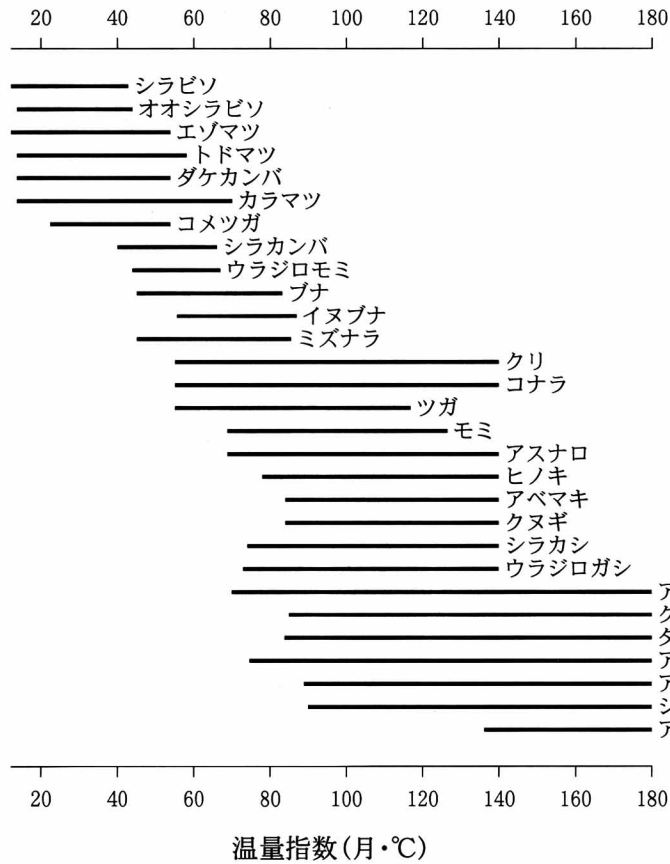


図1 わが国の主要樹種の分布範囲と温量指数との関係(吉良 1949より改変)

表2 ある森林における月別平均気温

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
月別平均気温(°C)	1.9	2.7	5.8	11.9	16.6	20.5	24.5	25.4	21.5	15.4	9.7	4.4	13.4

- (1) 当地点の温量指数を記せ。
- (2) 当地点の温量指数から、当地点が属する森林帯の名称を記せ。
- (3) 当地点に生育する陰樹、および陽樹をそれぞれ3種ずつ挙げよ(図1から選べ)。

4 次の文章を読み、問1～6に答えよ。(配点比率 医：25%，応生：18%)

昆虫にはフェロモンとよばれる化学物質が存在し、それを使って個体間の情報伝達を行っている。フェロモンには、性フェロモン、集合フェロモン、警報フェロモン、階級分化フェロモンなどが存在する。

性フェロモンは農作物の害虫駆除に利用されている。最もよく利用されている方法は交信かく乱法である。ここでは、人工的に合成された性フェロモン成分をほ場内に充満させる。それによって、オスが未交尾メスから放出された性フェロモンを頼りにメスを見つけ出すことができなくなり、メスが未交尾のまま寿命を迎える。結果として、ほ場内の害虫密度が低下する。

下の表は日本に生息する近縁の蛾4種のメスの性フェロモン成分と、それぞれが主に寄生する植物を示したものである。例えば、種Aの地点1で採集された個体は、フェロモン成分4と成分5を38：62の比率で持っていたことを示している。また、種Aと種Bにはフェロモン成分に地理的な変異が存在したことを示している。また、この変異は遺伝的違いを反映したものであることも分かっている。4種の蛾はこれらのフェロモン成分の違いで交尾相手を見分けており、種間の交雑個体はほとんど観察されていない。

種	メスの性フェロモン成分(%)					寄主植物
	成分1	成分2	成分3	成分4	成分5	
A(地点1)	—	—	—	38	62	トウモロコシ
A(地点2)	—	—	—	46	54	
B(地点3)	—	99	1	—	—	ダイズ
B(地点4)	—	3	97	—	—	
C	70	22	8	—	—	ゴボウ
D	45	5	50	—	—	フキ

Ishikawa et al. (1999) *Entomologia Experimentalis et Applicata* 91, 237—244 を改編

問1. 次の現象を説明するものが、フェロモンの働きと関係する番号をすべて選べ。

1. スズメバチに刺された人の周りの人もスズメバチに刺された。
2. 死臭のするサトイモ科の植物に、ハエが誘引された。
3. 水銀灯に蛾が誘引された。
4. ミツバチの女王がいると、働き蜂は、卵巣があるにもかかわらず、産卵が抑制された。
5. アリが一行をなして歩いていた。

問 2. 問 1 で選んだフェロモンの中には、一つだけ他のフェロモンと働きが異なる物がある。その番号を記し、選択した理由を 60 字以内で記せ。

下書き用(60字)

問 3. フェロモンとホルモンの違いを 80 字以内で記せ。

下書き用(80字)

問 4. 表の種 C と種 D では、フェロモン成分は重複するが、交雑個体は認められていないし、寄主植物も異なっている。一般に、同じ地域でも、利用する植物や生息場所が生物ごとに異なる状況を、何が異なると呼ぶか記せ。

問 5. 下線部の様に、集団間に行動の違いが生じて交配できない関係にあることを何と呼ぶか記せ。

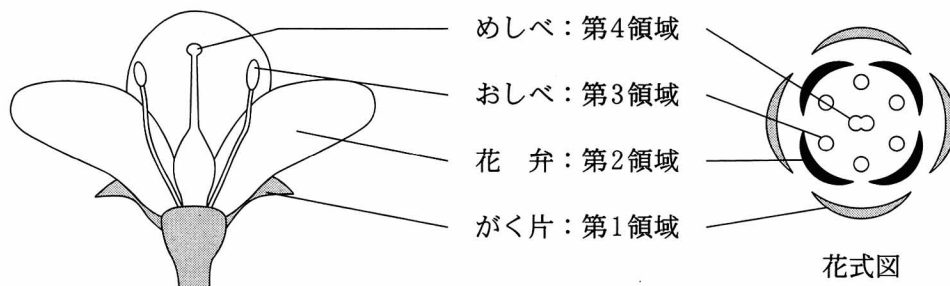
問 6. 種 B のメスのフェロモン成分を地点 3 や 4 以外の様々な地点で採集された個体について分析した結果が図 1 である。この図から明らかのように、種 B にはフェロモンの 2 成分に関して大きな個体変異が存在する。この様な個体変異の存在する種 B の集団に対して、成分 2 と成分 3 が 50% ずつ含まれる人工性フェロモンで、何世代にもわたって交信かく乱法を継続した場合、種 B のメスのフェロモン成分の分布はどのように変化すると予想されるか、図 2 の A~E から最も適当なものを選び。また、その理由を 140 字以内で記せ。なお、性フェロモン成分とそれに対するオスの反応性は遺伝し、子供の形質値が親を超えることはない。メスの個体間に産卵数の差はないと仮定する。

5 次の文章を読み、問1～4に答えよ。(配点比率 応生：16%)

多くの被子植物の花器官は、がく片、花弁、おしべ(雄ずい)、めしべ(雌ずい)の4器官によって構成されている。これらの器官は、いずれも葉の発生機構の変化により形成されてくると考えられている。外見や機能が異なっているが、葉と花のように起源が等しく構造上同じ位置付けにあると考えられる器官がある。^①

シロイヌナズナの花は4つの同心円状の領域より構成されており、正常な花では花の外側の第1領域から内側の第4領域に向かって「がく片・花弁・おしべ・めしべ(心皮2つが融合している)」の順に構成されている(下図)。シロイヌナズナの花の形態形成には、ショウジョウバエのホメオティック遺伝子と同様のA、B、Cの3つのホメオティック遺伝子が関与し、次のように働いているとされている。

- A 遺伝子のみが発現する領域ではがく片が形成される。
- A 遺伝子と B 遺伝子が発現する領域では花弁が形成される。
- B 遺伝子と C 遺伝子が発現する領域ではおしべが形成される。
- C 遺伝子のみが発現する領域ではめしべが形成される。



(注釈：ホメオティック遺伝子とは胚発生における器官分化を正しい位置に起こさせる遺伝子である。突然変異によって1つの器官が別の器官、例えば、触角が足に置き換えられる。)

問 1. 下線部①について、このような器官を何と呼ぶか。また、葉と花以外の具体例を1つ記せ。

問 2. B 遺伝子の働きを失った個体では、花の形状はどのようになると考えられるか。第1領域から順に記せ。また、B 遺伝子が第1領域と第4領域でも発現した花の形状はどのようになると考えられるか。第1領域から順に記せ。

問 3. A 遺伝子の働きを失った個体では、花の形状は第 1 領域から順に「めしべ・おしべ・おしべ・めしべ」となった。また、C 遺伝子の働きを失った個体では、花の形状は第 1 領域から順に「がく片・花卉・花卉・がく片」となった。それぞれの個体の花について各領域で発現していた遺伝子をすべて記せ。また、この結果を基に A 遺伝子と C 遺伝子の関係について 40 字以内で記せ。

下 書 き 用 (40 字)

5					10					15					20				

問 4. A 遺伝子の働きを失った個体の遺伝子型は aa (A は a に対し優性) となっている。また、同様に B、もしくは C 遺伝子の働きを失った個体の遺伝子型は、それぞれ bb, cc と表す。遺伝子型 AAbbCC 個体に遺伝子型 aaBBCc 個体の花粉を受粉させて雑種第一代 (F_1) 個体を得た。この F_1 個体を自家受粉させて得られた雑種第二代 (F_2) 個体において、花の形状が第 1 領域から「がく・がく・がく・がく」となる個体の遺伝子型とその割合 (%) を記せ。また、花の形状が第 1 領域から「めしべ・めしべ・めしべ・めしべ」となる個体の遺伝子型とその割合 (%) を記せ。ただし、割合は小数点以下第 2 位まで記せ。

6 次の文章を読み、問1～5に答えよ。(配点比率 応生：17%)

植物のある部分で作られ体の他の部分に運ばれ、ごくわずかの量で植物の成長や反応を調節する物質を **ア** という。マカラスムギの幼葉鞘の先端で作られる **イ** は茎や根などの成長調節をする。**イ** は、植物体の先端部から基部に向かって能動輸送されるが、ふつう逆方向には輸送されない。こういった方向性のある物質の移動を **ウ** という。イネの苗を異常に伸長成長させるカビから発見された **エ** は種子の発芽促進や単為結実の促進にも作用し、種なしブドウの作成にも利用されている。

ア は、植物の環境に応じた発育や成長に深くかかわっている。植物の種子には光があると発芽しやすい **オ** 種子と光を必要としない種子がある。^① **オ** 種子では特定の波長の光によって **エ** が合成され、胚が成長できるようになると考えられている。このよう^② な光に対する種子の反応は、その種子が生育する環境への適応の一つと考えられる。

植物には、日長が限界日長よりも短くなると花芽を形成するオナモミなどの **カ** 植物と、逆にそれよりも長くなると花芽を形成する **キ** 植物がある。また、日長に関係なく花芽を形成する **ク** 植物もある。このように日長の変化によって引き起こされる生物体の反応を **ケ** という。植物の芽以外の部分で合成され、芽に輸送されて花芽形成を導くと考え^③ られる物質は、 **コ** とよばれ、 **ア** の一種と考えられてきたが、近年その実体が明らかにされつつある。

問 1. 文中の **ア** ～ **コ** に適切な語を入れよ。

問 2. 下線部①について、**オ** 種子を下からすべて選び記号を記せ。

- a. シロイヌナズナ
- b. セロリ
- c. タバコ
- d. ペチュニア
- e. カボチャ

問 3. 下線部②について、光があると発芽しやすいという種子の性質は、その個体の発芽後の生活にどのような意味をもつか 20 字以内で記せ。

下書き用(20字)

5				10				15				20			

問 4. 下線部③について、コ の性質を知るために、オナモミを 16 時間以上の長日条件下で栽培し、さまざまな処理を施して花芽の形成について調べ、以下の結果を得た。これを実験 a～f とした。葉が短日条件を感知していることを示すための実験の組み合わせとして、不十分なものを下の選択肢(あ)～(お)よりすべて選べ。

- a. オナモミ個体をそのまま長日条件下で生育させたところ、花芽の形成は観察されなかった。
- b. オナモミ個体全体に短日処理を施したところ、花芽の形成が観察された。
- c. オナモミ個体に着生する一枚の葉に短日処理を行ったところ、花芽の形成が観察された。
- d. オナモミ個体の葉を一枚残し、ほかの葉を切り落とし、植物個体全体に短日処理を施したところ、花芽の形成が観察された。
- e. オナモミ個体の葉を一枚残し、ほかの葉を切り落とし、そのまま長日条件下で生育させたところ、花芽の形成は観察されなかった。
- f. オナモミ個体の葉をすべて切り落とし、短日処理を施したところ、花芽の形成は観察されなかった。

選択肢

- (あ) a と b (い) a と c (う) a と d (え) d と e (お) b と f

問 5. 次のページの図のようにオナモミ個体に環状除皮を施すことにより、表皮、柔組織、師部を取り除き、さらに、個体の一部(灰色の部分)に短日処理を施したところ、点線で囲まれたアの範囲では、花芽の形成が観察された。しかし、実線で囲まれたイの範囲では、花芽の形成が観察されなかった。これに対し、環状除皮を行わず、同様の短日処理を行った場合には、ア、イの両方の範囲で花芽の形成が観察された。結果を見て、A 君は、「環状除皮を施した個体では、短日処理を感知した葉からの情報が、除皮部分より先端側に伝わらなくなったために、イの部分で花芽が形成されなかった。」と主張し、B 君は、「環状除皮により、除皮部分より先端側の芽は、花芽を形成する機能を失ったために、イの部分で花芽が形成されなかった。」と主張した。B 君の主張が誤りであることを示すには、どのような実験を行えばよいか。予測される結果とともに、100 字以内で記せ。

