

情報科学部A方式Ⅱ日程・デザイン工学部A方式Ⅱ日程
理工学部A方式Ⅱ日程・生命科学部A方式Ⅱ日程

3 限 理 科 (75 分)

科 目	ページ
物 理	2～9
化 学	10～18
生 物	20～35

〈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. 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
3. 志望学部・学科によって選択できる科目が決まっているので注意すること。

志望学部(学科)	受験科目
情報科学部(コンピュータ科)	物理
デザイン工学部(建築)	物理または化学
理工学部(電気電子工・経営システム工・創生科)	
生命科学部(環境応用化・応用植物科)	物理，化学または生物

4. 科目の選択は，受験しようとする科目の解答用紙を選択した時点で決定となる。
一度選択した科目の変更は一切認めない。
5. 問題冊子のページを切り離さないこと。

(生 物)

注意：生命科学部環境応用化学科または応用植物科学科を志望する受験生のみ選択できる。解答はすべて解答用紙の指定された解答欄に記入せよ。

〔 I 〕 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。また、解答にあたっては表 1 のコード表を参考にせよ。

現在、全世界で栽培されるダイズの 80 % 以上が除草剤に対して耐性をもつトランスジェニックダイズ(除草剤耐性ダイズ)である。除草剤耐性ダイズには、グリホサートという除草剤を散布しても枯れない性質が付与されている。グリホサートは芳香族アミノ酸⁽ⁱ⁾の生合成に関わる酵素(EPSP 合成酵素)を阻害する。芳香族アミノ酸⁽ⁱ⁾はほとんどのタンパク質に含まれるため、グリホサートを散布すると通常の植物はタンパク質の翻訳⁽ⁱⁱ⁾ができず枯れる。一方、除草剤耐性ダイズには、細菌由来の EPSP 合成酵素の遺伝子⁽ⁱⁱⁱ⁾が遺伝子組換え技術によって導入されている。グリホサートは植物の EPSP 合成酵素⁽ⁱⁱⁱ⁾を阻害するが、細菌由来の EPSP 合成酵素を阻害しない。そのため、除草剤耐性ダイズ^(iv)はグリホサートが散布されても芳香族アミノ酸を生合成できるので枯れない。

また、遺伝子工学を利用した新たな育種技術として、ゲノム編集技術が近年注目されている。ゲノム編集技術を使えば、植物ゲノム上の狙った位置^(v)を切断することができる。植物は切断された箇所の DNA を自発的に修復するが、その際に DNA 塩基の欠失や挿入が生じることがあり、結果として狙った遺伝子の機能を喪失させることが可能となる。

図 1 はダイズにおける脂肪酸の生合成経路を示したものである。これらの脂肪酸のうち、リノール酸やリノレン酸は酸化され易く、ダイズ油から発生する不快臭の原因となる。この不快臭を低減するために、*FAD2* 遺伝子を標的としてゲノム編集を行った。図 2 は *FAD2* 遺伝子の一部を示したものである。図 2 の矢印の箇所をゲノム編集技術で切断し、次世代のダイズ種子を調べたところ、四角で^(vi)

囲った2塩基が欠失していた。

表1 コドン表

UUU フェニルアラニン (F)	UCU	UAU チロシン (Y)	UGU システイン (C)
UUC	UCC	UAC	UGC
UUA	UCA セリン (S)	UAA 終止コドン	UGA 終止コドン
UUG	UCG	UAG 終止コドン	UGG トリプトファン (W)
CUU ロイシン (L)	CCU	CAU ヒスチジン (H)	CGU
CUC	CCC	CAC	CGC アルギニン (R)
CUA	CCA	CAA グルタミン (Q)	CGA
CUG	CCG	CAG	CGG
AUU	ACU	AAU アスパラギン (N)	AGU セリン (S)
AUC イソロイシン (I)	ACC	AAC	AGC
AUA	ACA	AAA リシン (K)	AGA アルギニン (R)
AUG メチオニン (M)	ACG	AAG	AGG
GUU	GCU	GAU アスパラギン酸 (D)	GGU
GUC バリン (V)	GCC	GAC	GGC
GUA	GCA	GAA グルタミン酸 (E)	GGA
GUG	GCG	GAG	GGG

かっこ内はアミノ酸の1文字表記を示す。

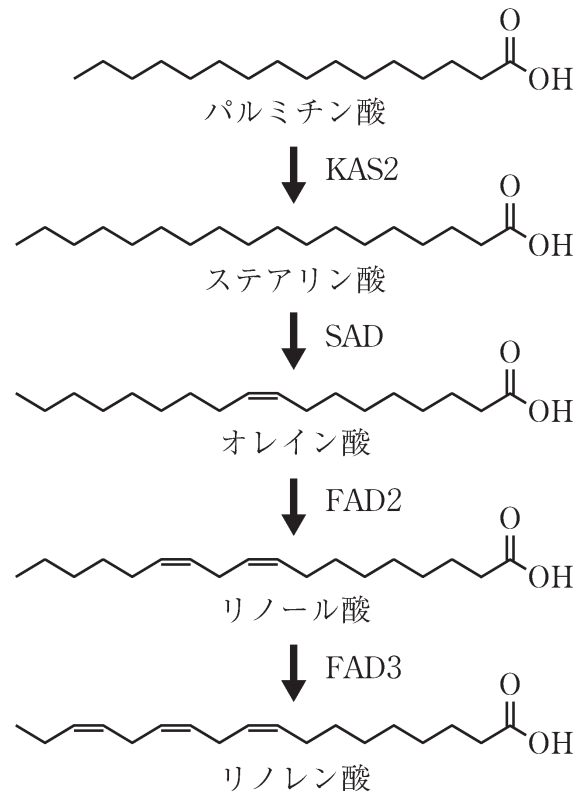


図1 ダイズにおける脂肪酸の生合成経路
矢印の右に各段階ではたらく酵素名が記してある。

1. 下線部(i)のうち、側鎖にベンゼン環をもつアミノ酸の名称を **2つ** 記せ。
2. 下線部(ii)に関する以下の(ア)～(エ)の文章について、内容が正しいものには○を、誤っているものには×を記せ。
 - (ア) コドンのうち、AUG はメチオニンを指定するとともに、タンパク質合成の開始を指示する開始コドンとしてもはたらく。
 - (イ) tRNA にはアミノ酸をリボソームへ運ぶ役割がある。どの生物もタンパク質を構成するアミノ酸の種類と同じ数である 20 種類の tRNA をもっている。
 - (ウ) どの tRNA にもアンチコドンとよばれる塩基配列が含まれている。例えばトリプトファンを運ぶ tRNA のアンチコдонは UGG である。
 - (エ) rRNA はリボソームタンパク質のアミノ酸配列をコードする RNA である。

3. 下線部(iii)の植物の遺伝子組換え技術にはアグロバクテリウムを用いる方法が一般的である。アグロバクテリウムを用いてトランスジェニック植物を作製する方法について、以下の3つの語句を用いて4行以内で説明せよ。

語句：遺伝子，感染，プラスミド

〔解答欄〕 1行：14.7cm

4. 下線部(iv)の除草剤耐性ダイズを使用することには栽培管理上どのような利点があるのか、2行以内で説明せよ。

〔解答欄〕 1行：14.7cm

5. 下線部(v)のゲノム編集技術が登場する以前にも DNA を切断する酵素として制限酵素が知られていたが、ゲノムの1箇所だけを切断することはできなかった。例えば制限酵素 *EcoRI* は 5' -GAATTC- 3' という配列を認識してすべての箇所を切断してしまう。*EcoRI* を使って 800 万塩基対の長さのゲノムを切断したら、およそ何箇所が切断されると考えられるか。以下の(ア)～(ク)の中から最も近いものを選び、記号で答えよ。ただし、ゲノムの塩基組成に偏りはないものとする。

(ア) 100 箇所 (イ) 1,000 箇所 (ウ) 2,000 箇所 (エ) 4,000 箇所

(オ) 1 万箇所 (カ) 10 万箇所 (キ) 30 万箇所 (ク) 100 万箇所

6. *FAD2* 遺伝子は本来 387 個のアミノ酸からなるタンパク質をコードする遺伝子である。下線部(vi)のダイズの *FAD2* 遺伝子から転写・翻訳されてできるタンパク質のアミノ酸の個数はいくつか、記せ。

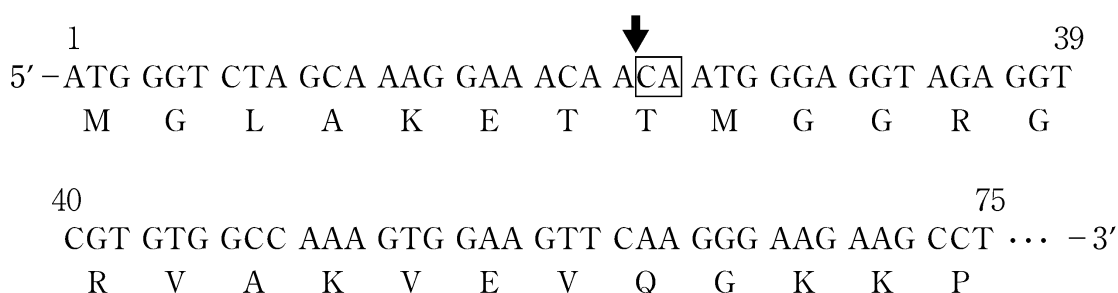


図2 *FAD2* 遺伝子の部分塩基配列と対応するアミノ酸配列

FAD2 遺伝子の最初の75塩基のセンス鎖を示している。塩基配列の下段には、タンパク質に翻訳された時のアミノ酸配列が1文字表記で記されている。

生物

7. 図3の左上のグラフは通常のダイズに含まれる脂肪酸の含有率を示している。

下線部(vi)で作出したダイズの脂肪酸含有率はどのようにになると予想されるか。

図3の選択肢(ア)～(オ)の中から最も適切なものを選ぶとともに、選んだ理由を3

行以内で説明せよ。

〔解答欄〕 1行：14.7cm

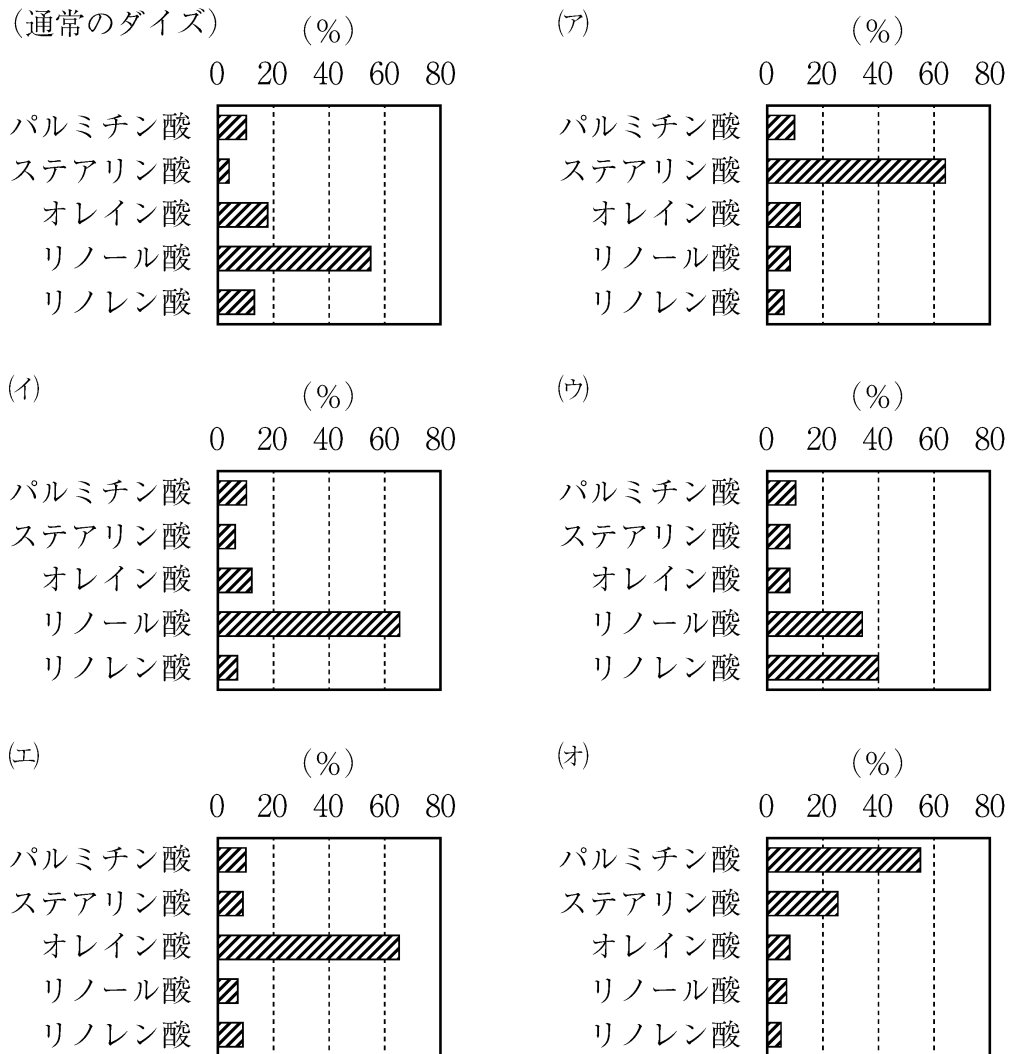


図3 ダイズに含まれる脂肪酸の含有率

〔Ⅱ〕 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

植物成長の調節には複数の植物ホルモンがはたらいており、そのうち、オーキシンは茎の成長を調節する。オーキシン是一群の化学物質の総称であり、植物が合成する天然のオーキシンは ア という物質である。オーキシンには イ の構造をゆるめるはたらきがあり、これにより細胞の吸水・膨潤が容易になる。オーキシンは幼葉鞘や茎では先端部で合成され、基部側へ移動する。このようにオーキシンが方向性をもって移動することを ウ 移動とよぶ。茎の先端部に片側から光を照射すると、茎は光の方向に曲がって成長する。この現象を正の エ という。また、植物の芽生えを暗黒下で水平に置くと、茎は上方向に、根は下方向に曲がって成長する。このしくみもオーキシンのはたらきによるとされている。

一方、茎の成長の調節にはブラシノステロイドのかかわりも知られている。ブラシノステロイドはセイヨウアブラナの花粉抽出物中から発見され、ステロイド骨格を持つ物質であることからこの名前がついている。野生型のシロイヌナズナを暗所で育てると、明所で育てたときと比べて胚軸が伸長した。そこで、植物体内でブラシノステロイドの合成にかかわる遺伝子を見出すために、野生型と比べて暗所で背丈が低くなる突然変異体を探索した。その結果、3つの突然変異体 x , y , z が見つかり、これらの突然変異体ではタンパク質をコードする遺伝子 X , Y , Z にそれぞれ変異が生じていた。ブラシノステロイドは物質 A から複数の酵素による連続した反応により合成され、その合成過程で中間産物の物質 B, C, D がつくられる。突然変異体 x , y , z にこれらの中間産物を投与する実験を行ったところ、各突然変異体の胚軸伸長の様子は表 2 のようになった。

さらに、ブラシノステロイドに対する応答反応にかかわる遺伝子を見出すために、合成遺伝子を見出したときと同様に野生型と比べて暗所で背丈が低くなる突然変異体を探索した。その1つとして突然変異体 o が見つかり、突然変異体 o では遺伝子 O の中に変異が生じていることが判明した。野生型遺伝子 O の塩基配列を決定したところ、その遺伝子産物(遺伝子からできるタンパク質)は受容体機能をもつことが予想された。

生物

表2 投与した物質と各突然変異体の胚軸伸長との関係

	投与した物質				
	物質 A	物質 B	物質 C	物質 D	ブラシノステロイド
突然変異体 x	－	－	－	－	＋
突然変異体 y	－	＋	－	－	＋
突然変異体 z	－	＋	＋	－	＋

＋は胚軸が伸長したことを，－は胚軸の伸長が抑制されていたことを表す

- 空欄 ア ～ エ に適切な語句を記せ。
- 下線部(i)について，このしくみを以下の2つの語句を用いて，句読点を含め80字以内で述べよ。
語句：オーキシン，細胞伸長
- 下線部(ii)について，このしくみをオーキシンのはたらきを含めて，5行以内で説明せよ。〔解答欄〕 1行：14.7cm
- 下線部(iii)について，ステロイドに分類される物質を以下の(a)～(d)より **1つ** 選び，記号で答えよ。
(a) アミロース (b) コレステロール
(c) ヘモグロビン (d) アデノシン三リン酸
- 下線部(iv)について，植物が暗所において胚軸を伸長させることにはどのような利点があると考えられるか。句読点を含め80字以内で述べよ。

6. 下線部(v)について, これらの遺伝子の塩基配列からアミノ酸配列を推定したところ, その1つは酸化還元酵素活性をもつことが予想された。以下の(a)~(d)のうち, 基質となる物質が還元される反応を**すべて**選び, 記号で答えよ。

- (a) 根粒菌により大気中の N_2 がアンモニウムイオンになる反応
- (b) 硝化菌(亜硝酸菌)によりアンモニウムイオンが亜硝酸イオンになる反応
- (c) 乳酸菌によりピルビン酸が乳酸になる反応
- (d) 葉緑体内でホスホグリセリン酸(PGA)がグリセルアルデヒドリン酸(GAP)になる反応

7. 表2の結果から, 以下の1), 2)の問いに答えよ。

1) 物質B, C, Dは物質Aからブラシノステロイドが合成される過程で, どの順序でつくられると考えられるか。適切なものを以下の(a)~(f)より**1つ**選び, 記号で答えよ。

- (a) 物質A → 物質B → 物質C → 物質D → ブラシノステロイド
- (b) 物質A → 物質B → 物質D → 物質C → ブラシノステロイド
- (c) 物質A → 物質C → 物質B → 物質D → ブラシノステロイド
- (d) 物質A → 物質C → 物質D → 物質B → ブラシノステロイド
- (e) 物質A → 物質D → 物質B → 物質C → ブラシノステロイド
- (f) 物質A → 物質D → 物質C → 物質B → ブラシノステロイド

2) 遺伝子X, Y, Zからつくられる酵素タンパク質をそれぞれX, Y, Zとする。X, Y, Zは, ブラシノステロイドの合成過程においてそれぞれどの物質からどの物質を合成する反応を促進すると考えられるか。語群から物質の名称を選び, 解答欄にそれぞれ記せ。

語群: 物質A, 物質B, 物質C, 物質D, ブラシノステロイド

生物

8. 下線部(vi)について、以下の1)～2)の問いに答えよ。

- 1) 突然変異体 *o* ではブラシノステロイドの応答反応にかかわる遺伝子の機能が失われている。このことをシロイヌナズナの形態を観察する実験から示したい。それには、どのような実験をしてどのような結果が得られればよいと考えられるか。句読点を含め100字以内で述べよ。
- 2) 野生型遺伝子 *O* からつくられるタンパク質 *O* がブラシノステロイドの受容体であることを証明するために、つぎの実験を行った。

実験：タンパク質 *O* とブラシノステロイド、およびブラシノステロイドと競争的にタンパク質 *O* と結合すると予想される物質 *P* を用いて、それらを混合して十分な時間が経過したのち、ブラシノステロイドを結合したタンパク質 *O* の量を測定した。

タンパク質 *O* がブラシノステロイドの受容体であり、物質 *P* が競争的阻害剤であった場合、実験結果として最も適切なものを図4中のグラフ(a)～(d)より1つ選び、記号で答えよ。

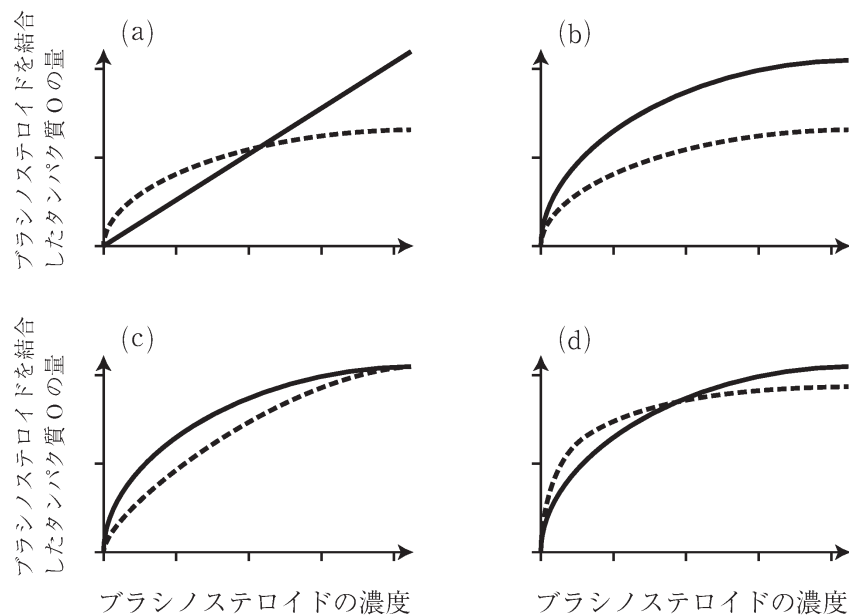


図4 ブラシノステロイド濃度を変えたときの、ブラシノステロイドを結合したタンパク質 *O* の量

横軸には用いたブラシノステロイドの相対的濃度を、縦軸にはブラシノステロイドを結合したタンパク質 *O* の量を示し、実線は物質 *P* を加えない場合、破線は一定濃度の物質 *P* を加えた場合の測定値を示す。

〔Ⅲ〕 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

植物は、地域ごとで異なる環境に適した種が繁栄する。ある地域で繁栄した植物の集まりを植生という。植物がそのような環境へ生活を反映させた形態を という。また、植生が形成する外観の特徴は とよばれ、これにより地域の植生は荒原、草原、森林などに大別される。植生を構成する植物の中で個体数が多く、占有している面積が最も大きな種は とよばれる。

遷移は時間とともに植生が変化する過程である。溶岩流や山崩れで生じた裸地⁽ⁱ⁾に最初に生育する種を⁽ⁱⁱ⁾先駆種(パイオニア)とよぶ。これらの先駆種が点在することで荒原が形成され、その後、植生の拡大と増加により荒原は草原へと変わる。さらに植生が発達するとともに、草原から低木林、そして高木林へと段階的に移行する。森林では様々な植物が立体的に空間を利用し、高さによって高木層、⁽ⁱⁱⁱ⁾亜高木層、低木層、草本層に区分できる階層構造を形成する。そのため、森林の最上層である林冠から、最下層である^(iv)にかけて光の強さが減少し、森林にある植物の光合成に影響を与えている。^(v)高木林の形成により、陽樹林から混交林を経て陰樹林に遷移する。陰樹林は構成種の変化が少なく、この状態を^(vi)極相(クライマックス)とよぶ。

1. 空欄 ～ に入る最も適切な語句を記せ。
2. 下線部(i)には一次遷移と二次遷移があり、二次遷移の方が進行は早い。その理由を、句読点を含め 50 字以内で述べよ。
3. 下線部(ii)で示した先駆種(パイオニア)の特徴として、下記の(a)～(d)の中から、適切なものをすべて選び、記号で答えよ。
 - (a) 先駆種の多くは、直射日光が当たる高温環境や乾燥環境にも侵入できる。
 - (b) 先駆種となることができるのは草本植物のみである。
 - (c) 先駆種の種子の多くは重く、遠くまで飛散できない。
 - (d) 先駆種の中には、空気中の窒素を利用できる細菌と共生することで、栄養分の少ない土壌に生育できるものもある。

生物

4. 下線部(iii)の森林の土壌は垂直方向に層状の構造になっている。下記の(a)～(d)の層を**地表面から地中方向への順**となるように記号を並びかえよ。
- (a) 岩石の層 (b) 腐食土の層
- (c) 落葉や落枝の層 (d) 風化した岩石の層
5. 亜寒帯の森林では、熱帯や温帯と比較して下線部(iv)が発達しにくい。その理由を、句読点を含め 30 字以内で述べよ。
6. 下線部(v)について、以下の問い 1)～3)に答えよ。

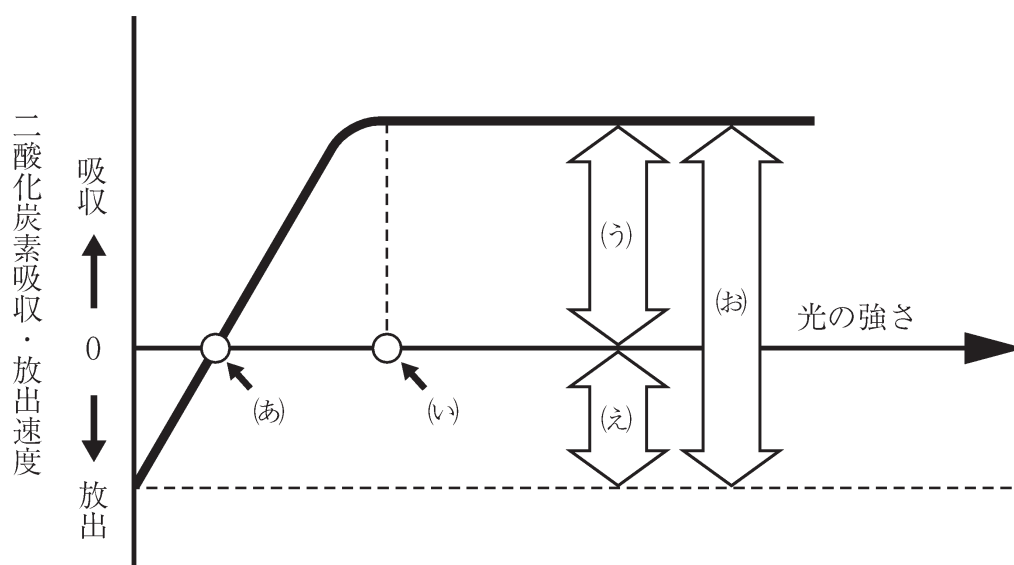


図5 光の強さと光合成速度の関係

- 1) 図5の光の強さと光合成速度の関係を参考にして、光の強さ(あ)と(い)を示す適切な語句を記せ。

2) 図5の(う)～(お)を示す語句の組み合わせとして適切なものを下記(a)～(f)の中から1つ選び、記号で答えよ。

	(う)	(え)	(お)
(a)	呼吸速度	見かけの光合成速度	真の光合成速度
(b)	呼吸速度	真の光合成速度	見かけの光合成速度
(c)	見かけの光合成速度	呼吸速度	真の光合成速度
(d)	見かけの光合成速度	真の光合成速度	呼吸速度
(e)	真の光合成速度	呼吸速度	見かけの光合成速度
(f)	真の光合成速度	見かけの光合成速度	呼吸速度

3) 図6は、陽生植物と陰生植物の光合成速度を示したものである。図中のグラフで陽生植物にあたるものを(か)、(き)から選び、記号で答えよ。

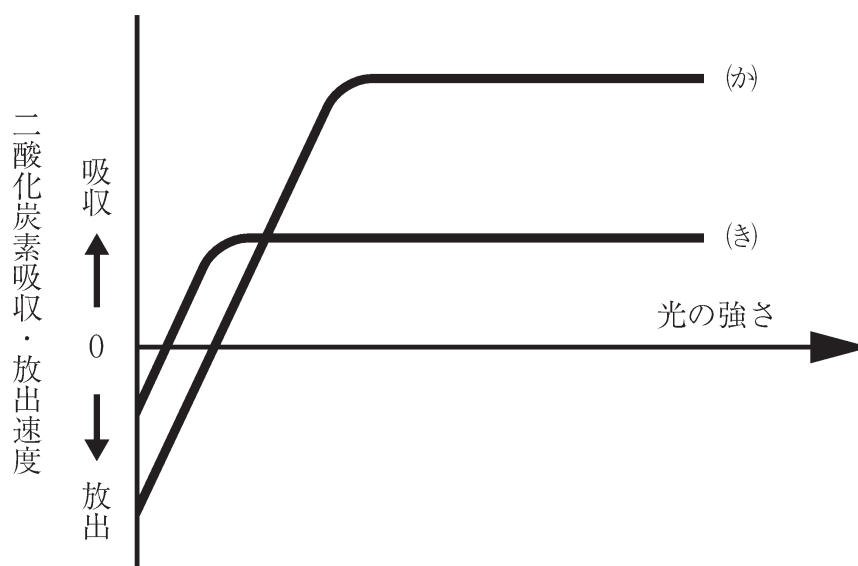


図6 陽生植物と陰生植物の光合成速度

7. 下線部(vi)について、以下の問い1)～2)に答えよ。

1) 下線部(vi)に達しても、樹木の枯死や台風などで樹木が倒れて、林冠に空所ができることがある。この空間を示す適切な語句を記せ。

2) 1)のような空間があることで、森林の生物多様性が保持されていると考えられている。その理由を、句読点を含め50字以内で述べよ。

生物

〔Ⅳ〕 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

同じ種の生物であっても、その集団の中の個体は多様である。一方、生物を取り巻く環境も変化に富んでいるため、これらの個体には、生息する環境に応じて生存や繁殖に有利なものと不利なものがある。生存や繁殖に有利な形質をもつ個体が、次の世代により多くの子を残し、一方で不利な形質をもつ個体が減る現象を ア という。その結果、さまざまな違いをもつ個体で構成される集団は、世代を重ねる中で環境の変化に応じてその環境に有利な形質をもつ集団へと変化する。これを イ という。

ア の過程で イ が起こった例として有名なものが、イギリスに生息するガの一種、オオシモフリエダシヤク⁽ⁱ⁾の、工業地帯における体色変化である。この種の成虫は白っぽい地衣類が生えた樹皮に生息し、本来は白っぽい明色型であるが、産業が急速に発展した19世紀後半になると、体色に関する遺伝子の ウ により生じた黒っぽい暗色型が急速に増加した。この現象はその社会背景から、 エ とよばれている。これは オ 色として機能する色が環境変化にともなって変化し、以前とは異なる色の個体が ア された結果である。

田や畑では、植食性昆虫(害虫)による作物の食害を防ぐために色々な種類の殺虫剤が用いられるが、それらに対する「殺虫剤抵抗性」も ア された結果として生じるものである。一般的に、害虫の集団の中にはそれぞれの殺虫剤に対してさまざまな程度の抵抗性をもつ個体が存在し、抵抗性の程度は遺伝的に受け継がれる。図7は、ある害虫の集団の殺虫剤Aの成分に対する抵抗性の程度ごとの個体数の分布を、殺虫剤Aが使われ始める前に調べた結果の概略図である。この図では、抵抗性の程度は個体ごとにさまざまであったが、その程度がXの個体が最も多かったことを示している。⁽ⁱⁱ⁾

ア による イ の対象は非生物的な環境だけではなく他の生物に対して生じる場合もある。例えば、ミツバチに似るハナアブのように、動物には捕食を逃れるために捕食者が食物としない生物の形態や色彩をもつものがみられる。⁽ⁱⁱⁱ⁾ また、異種間で ア がはたらき、互いに イ が起こる場合もある。

る。このような種間の相互的な変化を カ という。カ は2種間とは限らず、例えば、植食性昆虫とそれに寄生する蜂(寄生蜂)、および植食性昆虫の食物となる植物のように 3種以上で複雑に関係しあう こともある。この関係には、植食性昆虫によって傷つけられた植物が合成する匂い物質が、空气中に揮発・放散されて関与することが知られている。

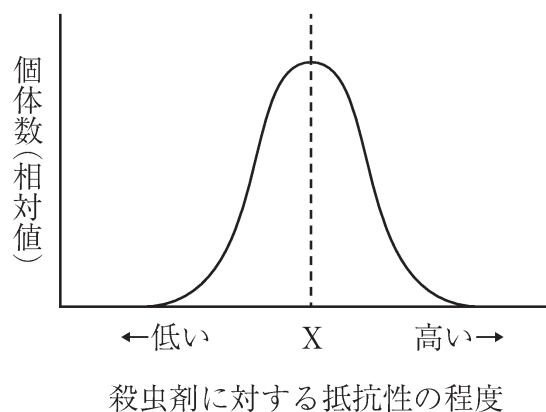
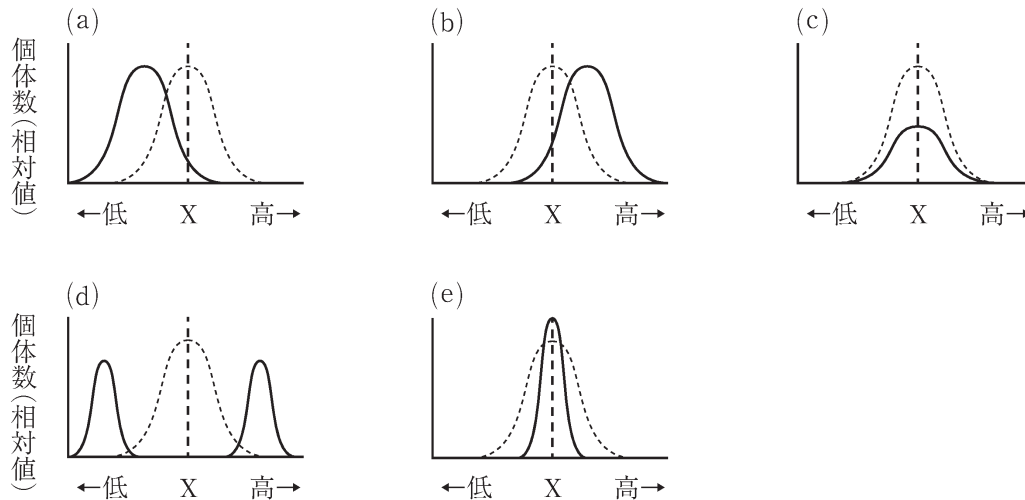


図7 害虫集団の殺虫剤Aの成分に対する抵抗性の程度の個体数分布

1. 空欄 ア ～ カ に入る最も適切な語句を記せ。
2. 以下の問い1)～4)に答えよ。
 - 1) 下線部(i)が生じた理由を、以下の3つの語句を用いて、句読点を含め100字以内で述べよ。
語句：ばい煙、捕食者、地衣類

生物

2) 下線部(ii)を示す図7について、殺虫剤 A を使い続けた場合、この個体数分布はどのように変化するか。殺虫剤 A を使い続けたあとの害虫集団における個体数分布を示すものとして、図8の選択肢(a)～(e)から最も適切なものを1つ選び、記号で答えよ。



殺虫剤に対する抵抗性の程度

図8 殺虫剤 A を使い続けたあとの個体数分布の変化

実線の曲線が殺虫剤 A 使用後の個体数分布であるとする
参考として、殺虫剤 A 使用前の個体数分布を破線の曲線で示している

3) 下線部(iii)の現象の名称を記せ。また、この現象が生じた結果起こったと考えられることに関し、ハナアブの体表模様の場合について、以下の5つの語句を用いて、句読点を含め80字以内で述べよ。

語句：捕食者，毒，しま模様，ハナアブ，ミツバチ

4) 下線部(iv)について、例として挙げた3種間のうち、植食性昆虫に寄生する寄生蜂と植食性昆虫の食物となる植物の間で知られている相互の関係について、以下の6つの語句を用いて、句読点を含め80字以内で述べよ。

語句：植食性昆虫，寄生蜂，植物，食害，誘引，物質

3. ア は育種，すなわち野生種の植物から人為的な選抜を繰り返して栽培品種を作り出すことなどにも応用されている。近年，害虫駆除(害虫防除)に利用する天敵昆虫の育成にも応用された。具体的には，アブラムシの捕食者であるナミテントウの集団を対象に，個体ごとの飛翔距離を測定する装置を活用し，飛翔距離の短い個体を多くの世代にわたって選ぶことによる系統選抜が行われ，作物への定着性を高めた「飛ばないナミテントウ」として商品化された。しかし，このような天敵昆虫を長期間人工飼育条件で維持していると，近交弱勢などの問題が生じる可能性もある。そこで商品化にあたっては，このような問題を生じにくくするために，ナミテントウの飼育系統管理には工夫が取り入れられている。害虫防除に必要な形質を維持しつつ，近交弱勢を回避する工夫として適切であると考えられるものを下記の(a)～(c)の中から **1つ** 選び，記号で答えよ。
- (a) 数世代ごとに，野外で捕獲したナミテントウを飼育系統の個体群に混ぜる。
 - (b) 飛翔距離を測定する装置を定期的に利用し，飼育系統から飛翔距離の長い個体を選抜する。
 - (c) 飛翔距離の短いナミテントウの飼育系統を 3 個体群以上確立し，いずれかの系統の雌と別系統の雄を交雑させて次世代を得る。