

生 物

学 部	学 科	配 点
農 学 部	食料農学科，生命科学科，地域環境科学科，動物科学・水産科学科	300 点
獣医学部	共同獣医学科	200 点

注 意 事 項

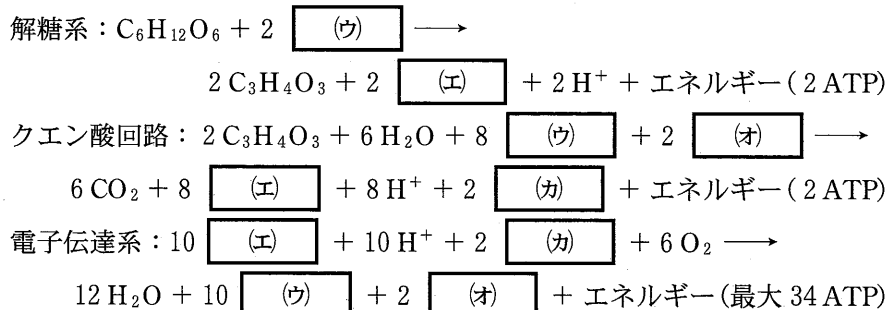
1. 問題は，**1** から **5** までの計 5 問です。
2. **1** から **5** までのすべてを解答しなさい。
3. 解答用紙は，（5 の 1）から（5 の 5）までの計 5 枚です。解答は，すべて解答用紙の指定欄に記入しなさい。
4. 必ず解答用紙のすべてに，本学の受験番号を記入しなさい。
5. 印刷不鮮明およびページの落丁・乱丁等に気づいた場合は，手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. 問題冊子の余白等は適宜利用してよい。
7. 試験終了後，問題冊子および計算用紙は持ち帰りなさい。

1 問1～問3に答えよ。

問 1. 以下の文章を読み、空欄 (ア) ～ (カ) に入る適切な語句を答えよ。

体内で行われる化学反応を代謝といい、(ア) と (イ) に大別される。(ア) は、複雑な物質を単純な物質にする反応であり、呼吸や発酵は (ア) の代表例である。(イ) は、単純な物質から複雑な物質を合成する反応であり、光合成は (イ) の代表例である。

酸素を用いて有機物を分解し、得られるエネルギーを利用して ATP を合成する反応を呼吸という。呼吸の過程は、解糖系、クエン酸回路、電子伝達系の3つの反応系に大別され、以下のように表すことができる。



問 2. 以下の(ア)～(サ)の説明から正しいものを4つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 解糖系ではグルコースが酸化・分解されてピルビン酸になる。
- (イ) 解糖系はミトコンドリアのマトリックスで進行する。
- (ウ) クエン酸回路ではピルビン酸が段階的に分解される。
- (エ) クエン酸回路はミトコンドリアの内膜で進行する。
- (オ) 電子伝達系では e^- の移動によって生じた H^+ の濃度勾配を ATP 合成に利用する。
- (カ) 電子伝達系は細胞質基質(サイトゾル)で進行する。
- (サ) ATP を用いて乳酸やアミノ酸からグルコースを合成する反応を解糖という。

- (ク) 酸素を用いずに有機物を分解して ATP を合成する反応を発酵という。
- (ケ) アルコール発酵における反応の最終産物は乳酸である。
- (コ) 乳酸発酵における反応の最終産物はエタノールである。
- (サ) 酸素を使わずに筋肉中のグルコースを分解して ATP を合成する反応を糖新生という。

問 3. 以下の文章を読み、(ア) ~ (カ) に入る語句を以下の選択肢から選び、記号で答えよ。

光合成は光エネルギーを利用して (ア) と NADPH を合成し、その (ア) と NADPH を利用して (イ) から有機物を合成する反応である。

真核生物の光合成は葉緑体で行われ、チラコイドで起こる反応とストロマで起こる反応に分けられる。チラコイドでは (ア) と NADPH が合成され、また、(ウ) が分解され (エ) が生じる。ストロマでは、(オ) で (イ) から有機物を合成する。

原核生物である細菌の中にも光合成を行うものがあり、このような細菌は光合成細菌とよばれる。光合成細菌のうち、シアノバクテリアは植物と同様にクロロフィルをもち、光合成によって (ウ) を分解し (エ) を発生する。一方、緑色硫黄細菌や紅色硫黄細菌は、バクテリオクロロフィルという光合成色素をもち、光合成によって (カ) を分解し硫黄を生成する。

選択肢：(a) 酸素(O ₂)	(b) 二酸化炭素(CO ₂)	(c) 水(H ₂ O)
(d) 硫化水素(H ₂ S)	(e) DNA	(f) RNA
(g) ATP	(h) カルビン回路	(i) 光リン酸化

2 次の文章を読み、問 1 ～問 6 に答えよ。

PCR 法は、DNA ポリメラーゼと、2つのプライマー(短い1本鎖DNA)、塩基(A, G, C, T)をそれぞれ持つ4種類のヌクレオチドを含む反応液中で、微量のDNA試料から目的の領域を増幅する技術である。1サイクルの反応「95℃に加熱し、55℃に冷却し、72℃に加熱する」を繰り返すことにより目的の領域をDNA断片として増幅することができる。1サイクルの反応過程でDNAは2本のヌクレオチド鎖(1本鎖のDNA)になり、次にそれらにプライマーが結合し、次いでDNAポリメラーゼがそれぞれの鎖を鋳型にして新生鎖を合成し2本鎖DNA^①を作る。

1000塩基対のDNA断片を出発材料として同じ塩基対数のDNA断片をPCR法により増幅するために、DNA断片のそれぞれの末端に結合する人工的に合成した2種類のプライマーを反応に用いた。上記の1サイクルの反応を30回繰り返して行った後、反応液の一部をアガロースゲル電気泳動に供してDNAを染色した^②ところ、増幅産物として1000塩基対のDNA断片が単一の明瞭なバンドとして検出された。

問 1. PCR 法に使われる DNA ポリメラーゼには通常、大腸菌の DNA ポリメラーゼには無い特性が求められる。それはどのような特性か、10 文字程度で答えよ。

問 2. 一般に、生物の細胞内で DNA 複製の際に使われるプライマーは DNA ではない。何という物質がプライマーとして機能しているか答えよ。

問 3. 下線①のような DNA 複製様式は、原核生物の DNA 複製や真核生物の核内での DNA 複製で見られる。この複製様式は何と呼ばれるか答えよ。

問 4. 下線②に関して、反応液の一部をアガロースゲルのウェルに注入し、その隣のウェルには塩基対数の分かっている複数の DNA 断片をマーカーとして注入して電気泳動したとして、(ア)~(カ)から電気泳動、およびその解析方法の説明として正しいものを全て選び記号で答えよ。

- (ア) DNA は水溶液中では正に荷電しており、水溶液に電圧をかけると陰極側に移動する。
- (イ) DNA は水溶液中では負に荷電しており、水溶液に電圧をかけると陽極側に移動する。
- (ウ) アガロースゲルは細かな網目状の構造をしており、短い DNA 断片ほどゲルの中を早く移動する。
- (エ) アガロースゲルは細かな網目状の構造をしており、長い DNA 断片ほどゲルの中を早く移動する。
- (オ) 電気泳動後のマーカーの各 DNA 断片の移動距離を測定し、片対数グラフ用紙(縦軸が対数目盛り)の縦軸を移動距離、横軸を DNA 断片の塩基対数としてグラフを描くと、移動距離と塩基対数の関係がほぼ直線となる。
- (カ) 電気泳動後のマーカーの各 DNA 断片の移動距離を測定し、片対数グラフ用紙(縦軸が対数目盛り)の縦軸を DNA 断片の塩基対数、横軸を移動距離としてグラフを描くと、移動距離と塩基対数の関係がほぼ直線となる。

問 5. 連鎖反応が進行して 1000 塩基対の DNA 断片が増幅する過程で、反応液中の DNA 断片のうち出発材料を含む DNA 鎖の割合は低下する。その割合が 1 % 以下になるのは何サイクル目か、計算の過程を含めて答えよ。連鎖反応は理想的に進行したとする。

問 6. 反応液中には、始めに出発材料の DNA 断片が 60 分子あったとする。連鎖反応が理想的に進行した場合、30 サイクル後の反応液中の 1000 塩基対の DNA 断片の質量は合計で何 g になるか、計算の過程を含めて答えよ。DNA の 1 塩基対の平均分子量を 660、アボガドロ数を 6.0×10^{23} とし、 2^{10} を便宜的に 10^3 として求めよ。

3

次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

光は野外で生育する植物にとって、季節を感知するための重要な情報である。日長が一定以上(暗期が一定以下)になると花芽形成をする植物を長日植物、日長が一定以下(暗期が一定以上)になると花芽形成をする植物を短日植物といい、このような日長の変化に応答して起こる性質を (ア) と呼ぶ。長日植物の花芽形成が起こる最長の暗期の長さ、および短日植物の花芽形成に必要な最短の暗期の長さを (イ) という。(イ) には赤色光受容体である (ウ) や青色光受容体である (エ) が主に関与している。花芽形成は葉で合成されたある物質が師部を通して移動し、茎頂分裂組織で作用することで促進される。このように花芽形成を促進する物質は (オ) と名付けられ、その実体であるタンパク質がイネやシロイヌナズナで報告されている。

問1. 文中の (ア) ～ (オ) に入る適切な用語を答えよ。

問2. キクとアヤメに対して図1のような明暗処理を行い、花芽形成の有無を調査した。(a)～(f)の条件において、キクとアヤメそれぞれについて花芽が形成されるものに○、形成されないものに×を解答欄に記入せよ。なお、図中の (イ) には問1と同じ用語が入る。

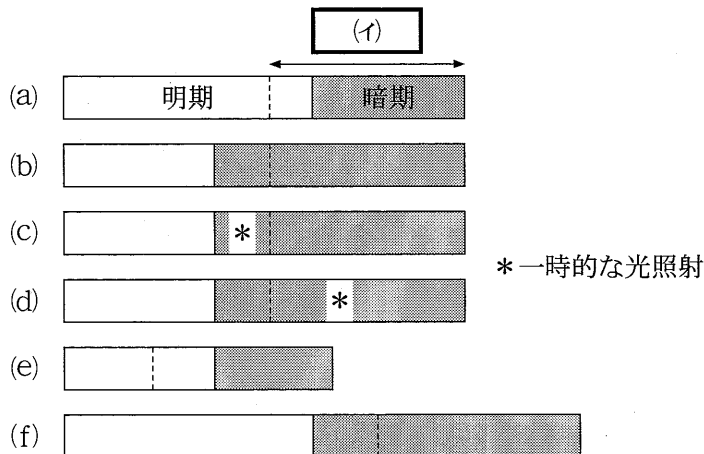


図1. 明暗処理の条件

問 3. 一般に高緯度で寒冷な地域には、長日植物が多い。長日植物であることの利点について短日植物と対比しながら説明せよ。

問 4. イネは日本において北海道から沖縄まで広い範囲で栽培されているが、品種により日長や温度に対する花芽形成の応答が異なり、各地の環境に適した品種が選択され栽培されている。以下の実験では、北海道で栽培されているイネ品種 A と福岡で栽培されているイネ品種 B を、本来の地域および逆の地域で栽培した時の出穂日について調べ、日長および温度に対する花芽形成の応答性を調査した。図 2、表 1 および栽培メモを参考にし、品種 A および B の特性として以下①～⑤で記した文章のうち妥当なものをすべて選び番号を解答せよ。

なお、イネの花芽形成は出穂(イネの穂が最上位の葉から出現すること)の 1 か月前に起こること、両品種とも出穂に至るために必要な田植えから出穂までの日平均気温の総和(積算気温)は 1400℃ であることとし、いずれも田植えは 5 月 15 日に行ったと仮定する。また、日射や養分などの生育環境は好適条件であったものとする。

- ① 品種 A は日長が長い時期に花芽形成ができる。
- ② 品種 A を福岡で栽培すると出穂が早まったのは、夏の福岡の日長が北海道よりも短いからである。
- ③ 品種 A を福岡で栽培すると栄養成長期間が長くなるため、北海道で栽培したときに比べて出穂時期の物質生産は多くなる。
- ④ 品種 B の花芽形成は温度よりも日長への応答性が高い。
- ⑤ 品種 B を北海道で 6 月 1 日に田植えを遅らせても、出穂時期は 5 月 15 日に田植えした場合とおよそ同時期になる。

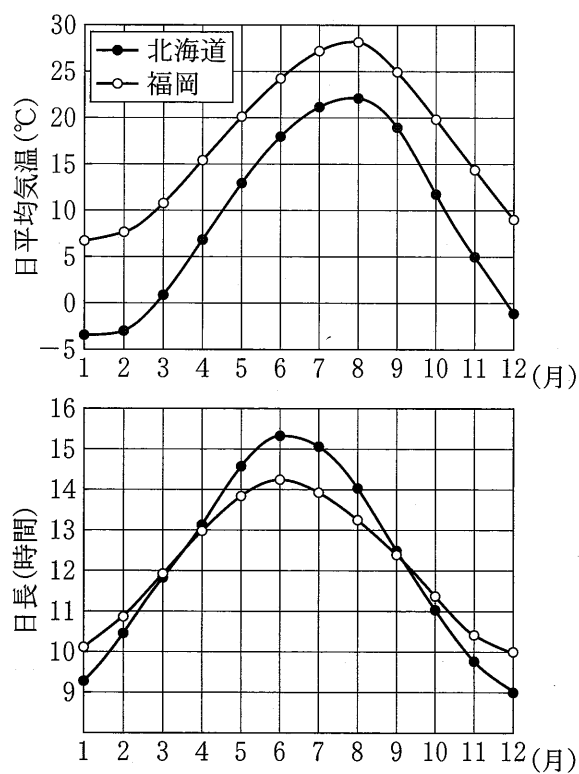


図 2. 各地の日平均気温および日長の季節変化

表 1. 田植え後の月ごとの積算気温(°C)

	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
北海道	230	540	630	660	570	360
福 岡	340	720	810	840	750	600

【栽培メモ】

北海道の品種 A

品種 A は北海道で栽培すると 8 月 1 日に出穂した。

品種 A を福岡で栽培すると 7 月 15 日に出穂した。

福岡の品種 B

品種 B は福岡で栽培すると 8 月 1 日に出穂した。

品種 B を北海道で栽培すると 9 月 15 日に出穂した。

4 次の文章を読み、問 1 ～ 問 6 に答えよ。

ある一定の地域に生息する同じ生物種の個体の集まりを (ア) といい、その生物が生活する面積や体積などの単位生活空間あたりの個体数を (イ) という。同種であっても、山脈や大きな川などによって隔てられ、互いに遺伝的な交流をもたない個体どうしは、別の (ア) に属しているとみなされる。植物や固着性の動物の個体数推定は、(ウ) 法がよく用いられる。これは調べたい生物が生息している区域に一定の広さ(面積)の (ウ) をつくり、その中の個体数を調べて、生息場所全体の面積の比率をもとにして推定する方法である。一方、動き回る動物や行動範囲の広い動物では (エ) 法を用いて推定する。まず捕獲した全ての個体に印を付けて放し、しばらく時間をおいて印を付けた個体が十分に分散した後、再び同様の条件のもとで捕獲する。そして捕獲した個体に含まれる印を付けた個体数から、全体の個体数を推定する方法である。

ある小さな池に生息するフナ^{しるし}の生息数を、(エ) 法を用いて推定することとした。5 月に投網を使ってフナを 70 匹捕獲し、その全個体の背びれに特殊な赤い塗料で印を付けてその場で放流した。翌日、印を付けた個体が十分に分散した後、前日と同様の方法で 40 匹捕獲すると、そのうち 15 匹に赤い印が付いていた。捕獲した個体は全て池に放流し、3 ヶ月後の 8 月に、投網を使って同じ池でフナを 80 匹捕獲した。そのうちの 25 匹に赤い印が付いていた。捕獲した 80 匹のフナの背びれに塗料で青い印を付けてその場で放流し、翌日に 40 匹捕獲すると、そのうちの 20 匹に青い印が付いていた。なお、印は調査期間中に取れることはないと仮定している。また印を付けた個体の行動は、印のない個体の行動と変わらないこと、また印を付けることによる投網での捕獲率(捕獲効率)に影響を与えないことがそれぞれ仮定されている。

問 1. 文中の (ア) ～ (エ) に入る適切な用語を答えよ。

問 2. 5 月におけるこの池のフナの全個体数を推定せよ。ただし、小数第 1 位を四捨五入して整数で答えよ。

問 3. 8 月におけるこの池のフナの新個体数を推定せよ。ただし、小数第 1 位を四捨五入して整数で答えよ。

問 4. この (エ) 法を用いて個体数を推定する場合、問題文に記載されている以外の条件もあと 2 つ満たす必要がある。その条件をそれぞれ 25 字以内で答えよ。

問 5. 5 月に赤い印を付けた個体は、8 月までに死亡した個体も発生して数が減少している可能性がある。8 月におけるこの池の赤い印の付いたフナの新個体数を推定せよ。ただし、小数第 1 位を四捨五入して整数で答えよ。

問 6. 下線で示されている仮定が満たされず、背びれに付けた青い印が翌日までに消える個体は何匹かに見られた場合、(エ) 法によって推定される個体数はどのような結果になるか。その理由も含めて 40 字以内で説明せよ。

5

次の文章を読み、問 1 ～ 問 3 に答えよ。

被子植物の中には遺伝的な多様性を担保する機構として自家不和合性を持つ種が存在する。自家不和合性とは、雌雄同花(または同株異花)で両性の生殖器官が同時に成熟し、受粉が行われても受精が正常に行われず、種子ができない現象と定義されている。自家不和合性の種類は、同型不和合性と異型不和合性に分けられ、同型不和合性はさらに配偶体型不和合性と孢子体型不和合性に分類される。配偶体型不和合性は、その花粉および雌ずい^{しゅい}が持つ自家不和合性対立遺伝子(S 対立遺伝子)がそのまま花粉および雌ずいの表現型として現れるタイプで、S 複対立遺伝子間の関係はすべて共顕性である。したがって、花粉と雌ずいの持つ S 遺伝子が一致した場合には花粉管の伸長が阻害され受精に至らない。一方、孢子体型不和合性は花粉や雌ずいが持っている S 遺伝子型がそのまま表現型として現れるのではなく、花粉および雌ずいを形成した親個体が持っていた S 遺伝子型が表現型となり、しかも S 複対立遺伝子間に顕性、潜性、共顕性の関係がある。孢子体型不和合性の場合も花粉と雌ずいの表現型が一致した場合には受精に至らない。

問 1. “配偶体型不和合性”に関する下記の文章の中の空欄 (ア) ～

(オ) に入る適切な用語を答えよ。

雌ずい側品種(P_1)の S 遺伝子型が(S_1, S_2)、花粉側品種(P_2)の S 遺伝子型が(S_2, S_3)の場合、花粉側の S_2 は雌ずい側の S_2 と一致しているため受精できない。花粉側の S_3 は受精し、したがって、次世代(F_1)の S 遺伝子型は (ア) または (イ) となる。

この次世代(F_1)の個体群を花粉親として P_1, P_2 にそれぞれを戻し交雑を行うと、 P_1 と交配した次世代の個体群では、和合性の個体と不和合性の個体が (ウ) に分離する。一方、 P_2 と交雑した次世代の個体群では、和合性の個体と不和合性の個体が (エ) に分離する。この現象は F_1 個体群を雌ずい側にして P_1, P_2 の花粉を戻し交雑しても現れる。言い換えると、 F_1 個体群を戻し交雑した場合、(オ) 側個体との間で和合性の個体と不和合性の個体が (カ) に分離した場合は、 P_1 と P_2 が S 遺伝子一つ共有していることがわかる。

問 2. 第 1 表に“胞子体型不和合性”における雌ずいおよび花粉での S 対立遺伝子の顕性，潜性，共顕性の関係を上段に示し，それに対応する S 遺伝子型が $S_1, S_1, S_1, S_2, S_2, S_2$ の個体の交雑組み合わせにおける和合性，不和合性の関係の一部を例示した。空欄になっている部分に和合性(+)，不和合性(-)を記入しなさい。

表 1 雌ずいおよび花粉での S 対立遺伝子の顕性，潜性，共顕性の関係と各交雑組み合わせの和合性，不和合性の関係

♀ × ♂ 雌 ず い 花 粉	$S_1 = S_2$	$S_1 < S_2$	$S_1 > S_2$	$S_1 = S_2$	$S_1 = S_2$	$S_1 < S_2$	$S_1 < S_2$	$S_1 > S_2$	$S_1 > S_2$
	$S_1 = S_2$	$S_1 = S_2$	$S_1 = S_2$	$S_1 < S_2$	$S_1 > S_2$	$S_1 < S_2$	$S_1 > S_2$	$S_1 < S_2$	$S_1 > S_2$
$S_1, S_1 \times S_1, S_1$	—	—							
$S_1, S_1 \times S_1, S_2$	—	—							
$S_1, S_2 \times S_1, S_1$	—	+							
$S_2, S_2 \times S_1, S_1$	+	+							
$S_2, S_2 \times S_1, S_2$	—	—							
$S_1, S_2 \times S_2, S_2$	—	—							
$S_2, S_2 \times S_2, S_2$	—	—							

凡例 $S_1 = S_2$: 共顕性， $S_1 < S_2$: S_2 が顕性，♀ : 雌ずい側，♂ : 花粉側，+ : 和合性，— : 不和合性

問 3. 作物が自家不和合性を持つことで栽培上不都合なことを 60 字以内で記入しなさい。