

生 物

第 1 問 (25点)

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

植物の光合成で、大気中の CO_2 がどのようにして有機物に取り込まれるのかという問題は、炭素の放射性同位元素 ^{14}C を含む二酸化炭素 $^{14}\text{CO}_2$ を用いて研究された。

まず、植物に $^{14}\text{CO}_2$ を含む空気を与え、光合成反応を一定時間行わせてから反応を停止すると同時に有機物を抽出して、 $^{14}\text{CO}_2$ の放射活性がどの物質に移行するのかを調べた。 $^{14}\text{CO}_2$ を与えてから抽出するまでの時間をできるだけ短くすると、炭素数 3 すなわち 3 個の炭素を含む特定の有機物（以下 C_3 と略す）だけが放射活性を持つことがわかった。そこで、「炭素数 2 の物質と CO_2 の結合による C_3 の合成が光合成の初期段階である」という仮説がたてられ、炭素数 2 の物質を探す試みがなされたが、そうした物質は見つからなかった。

ところが、 CO_2 の投与にともなって、興味深い挙動を示す炭素数 5 の物質（以下 C_5 と略す）が見つかった。図 1 は光照射中に $^{14}\text{CO}_2$ を含む 1% CO_2 濃度の空気を供給したあと、 CO_2 分圧を下げた（全 CO_2 中の $^{14}\text{CO}_2$ の割合は変えない）ときの植物体中の C_3 および C_5 の変化を示したものである。この図から、 CO_2 の供給が著しく減少すると C_3 は速やかに減少する一方、 C_5 は急激に増加することがわかる。また、図 2 は C_3 および C_5 に対する光の効果を示す。実験開始（時間 0 分）とともに $^{14}\text{CO}_2$ を空気に供給しはじめ、 C_3 と C_5 の量が安定してから、 $^{14}\text{CO}_2$ の供給を維持しながら光照射を停止した。 C_5 は光照射の停止によって速やかに減少する一方、 C_3 は増加した。

以上のことから、 CO_2 は C_5 に取り込まれて炭素数 6 の物質となり、次いで C_3 に分解されることが推定された。そのあと、カルビンらの研究によって、 C_5 への CO_2 の取込みと C_5 の再生が環状の反応経路から成り立つことが明らかとなった。

図 1

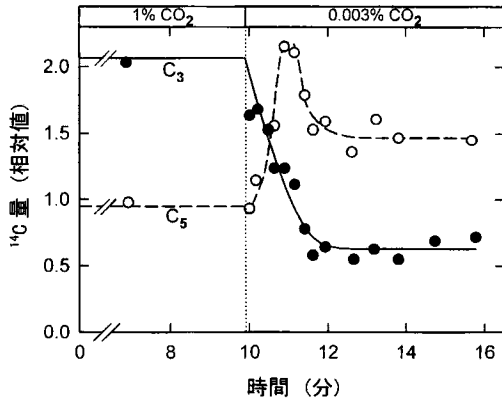
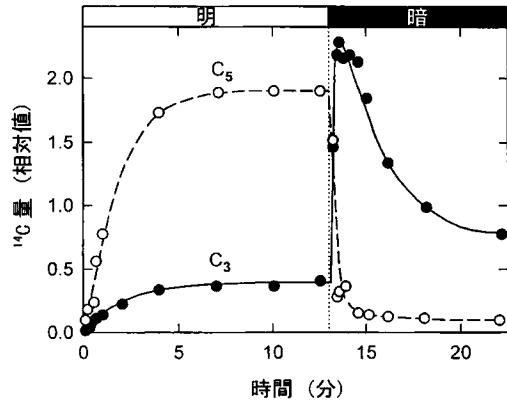


図 2



問 1 高等植物の光合成は葉緑体のグラナ（チラコイド）で行われる反応 A と、ストロマで行われる反応 B とに大きく分けられる。この 2 つの反応を、以下の適当な語を用いてそれぞれ 50 ～ 70 字で説明せよ。

水、酸素、クロロフィル、ATP、CO₂、酵素、光、温度、有機物

問 2 光合成によって植物が空気中から 22 g の CO₂ を吸収した。このとき合成された有機物は何 g か。合成された有機物をすべてグルコースとして計算せよ。原子量は C = 12, H = 1, O = 16 とする。

問 3 図 1 で CO₂ の供給を著しく減少させると、C₅ が急激に増加するのはなぜか、50 ～ 80 字で説明せよ。

問 4 解答用紙の図はカルビン回路を簡略化したものである。矢印は反応の方向を示す。CO₂ と ATP は、それぞれ図の中のどこに入るべきか。例にならって適当な位置に描き加えよ（例は C₃ がつくられたあと、物質 a がカルビン回路に加えられて、C₅ がつくられることを示す）。

生 物

第 2 問 (25点)

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

キイロショウジョウバエの眼の色は遺伝的に決定されている。野生型の赤眼を表す遺伝子は優性で、白眼は劣性形質である。野生型のこの遺伝子の塩基配列を調べたところ、そのはじまりの部分は以下のものであった ($-3'$ 、 $-5'$ は配列の方向性を表している)。

$3' - \text{AGGGCCGTTACCCGGTTCTCCTA} \dots - 5'$

問1 この DNA を鋳型としたときに転写される mRNA (伝令 RNA) の塩基配列は、以下ようになる。解答用紙の空欄に塩基を記入し、配列を完成せよ。

$5' - \square \text{CCCGGC} \square \text{A} \square \text{GGGCCAA} \square \text{AGGA} \square \dots - 3'$

問2 この mRNA をもとに $5'$ 側からタンパク質が合成される。タンパク質合成に際しては、最初に出現するメチオニンに対応する AUG が翻訳開始点となる。遺伝暗号表を参照し、上記の mRNA から翻訳されるタンパク質のアミノ酸配列を解答用紙の空欄に記入せよ。

問3 白眼の個体のこの遺伝子の配列は下線部分 (18 番目) が C から A に変化していたとする。この場合、翻訳されるタンパク質のアミノ酸配列がどのように変化するかを解答用紙の空欄に記入せよ。翻訳停止の場合は停止と記し、その後の配列もすべて停止と記入せよ。

問4 野生型の翻訳産物は問2で解答したアミノ酸配列のうしろに、およそ 600 個のアミノ酸がつながったタンパク質として合成される。その結果キイロショウジョウバエの眼で赤い色素が合成される。劣性形質の個体はなぜ眼の色が赤くないのか、60～80 字で答えよ。

問5 この遺伝子はキイロショウジョウバエの性染色体である X 染色体上に存在している。白眼の雌と赤眼の雄とを交配した場合、 F_1 の表現型を雄と雌にわけて答えよ。

遺 伝 暗 号 表

第1塩基	第2塩基				第3塩基				
	U	C	A	G					
U	UUU	フェニル	UCU	セリン	UAU	チロシン	UGU	システイン	U C A G
	UUC	アラニン	UCC		UAC		UGC		
	UUA	ロイジン	UCA		UAA	停 止	UGA	停 止	
	UUG		UCG		UAG	停 止	UGG	トリプトファン	
C	CUU	ロイシン	CCU	プロリン	CAU	ヒスチジン	CGU	アルギニン	U C A G
	CUC		CCC		CAC		CGC		
	CUA		CCA		CAA	グルタミン	CGA		
	CUG		CCG		CAG		CGG		
A	AUU	イソロイシン	ACU	トレオニン	AAU	アスパラギン	AGU	セリン	U C A G
	AUC		ACC		AAC		AGC		
	AUA		ACA		AAA	リジン	AGA	アルギニン	
	AUG	メチオニン	ACG		AAG		AGG		
G	GUU	バリン	GCU	アラニン	GAU	アスパラギン酸	GGU	グリシン	U C A G
	GUC		GCC		GAC		GGC		
	GUA		GCA		GAA	グルタミン酸	GGA		
	GUG		GCG		GAG		GGG		

生 物

第 3 問 (25点)

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

地球上には多様な生物がさまざまな場所に生息している。それぞれの生物は、その生息環境で生き残り、子孫を残す上で都合の良い性質をもっている。これら適応的な性質は、生物の進化の結果もたらされたものである。現在、進化のしくみについては、次の考えが広く受け入れられている。生物では資源をめぐり個体間で(ア)が生じる。遺伝子に(イ)が生じ、そのうち個体の生存力や繁殖力を高めるものがあると、その遺伝子タイプが時間とともに集団中に増えることになる。このような過程、すなわち(ウ)によって進化が起こる。この理論の基礎は、「種の起源」を著した(エ)により提唱された。また、高次の分類群の進化と対比させて、このような進化は(オ)と呼ばれている。

動物には、雌雄で形態に違いのあるものが少なくない。例えば、ライオンの雄にはたてがみがあるが、雌にはない。コクホウジャクという鳥の雄は、雌よりはるかに長い尾羽をもつ。しかし、この長い尾羽は、餌をとったり捕食者から逃れたりすること、つまり、雄の生存には不利であると考えられる。ではこの鳥の雄が長い尾羽をもつように、進化してきたのはなぜだろうか。このことを調べるためになされた実験の方法や結果(図)を右の頁に示す。

問1 文章中の(ア)～(オ)に適切な語句や人名を入れよ。

問2 ラマルクの唱えた用不用説は、現在受け入れられていない。この説の問題点は何か、10～30字で具体的に述べよ。

問3 この実験で得られた主要な結果を40～70字で述べよ。

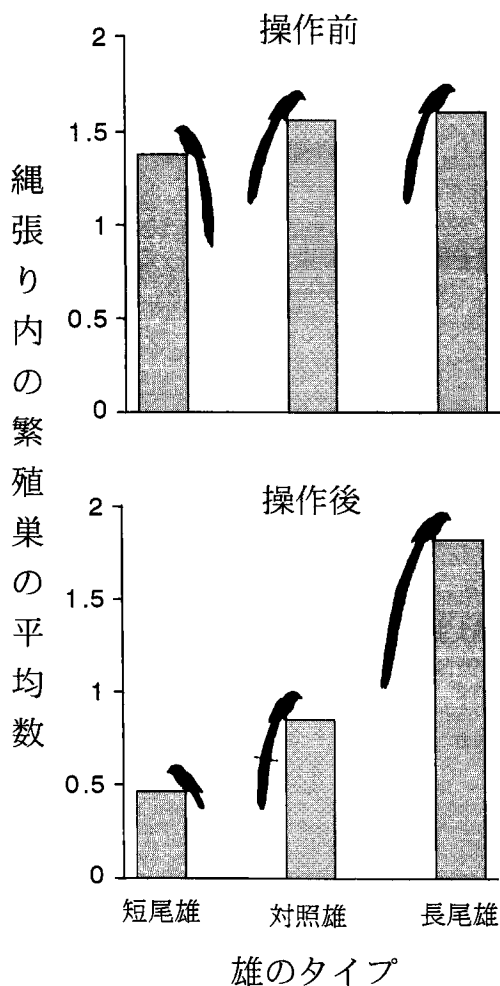
問4 なぜこの鳥の雄が長い尾羽をもつように進化したのか。この実験の結果から考えられる理由を、80～120字で述べよ。

コクホウジャクの繁殖について

コクホウジャクの雄は縄張りをもち、そこへ訪れる雌に尾羽をなびかせて求愛する。雌はいくつかの縄張りを訪れ、その中から配偶者を選び、その縄張り内で巣をつくり繁殖する。

実験方法の説明

まず、27羽の雄の縄張りとその中の繁殖巣の数を調べた。そのあと、9羽の雄を任意に捕まえ、その尾羽を切り取る操作を施し「短尾雄」とした。切った尾羽を別の9羽の雄につけ「長尾雄」をつくった。残りの9羽では、一度切った尾羽をその雄につけもどし「対照雄」とした。これら3つのタイプの雄をもとの縄張りにもどし、十分な期間が過ぎたあと、各雄の縄張り内の繁殖巣の数を調べた。操作後も各雄の縄張り行動や求愛行動に大きな変化は見られなかった。



生 物

第 4 問 (25点)

植物に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

陸上で生活するコケ植物、シダ植物および種子植物では、生活環の中で生殖法や核相の異なる配偶体と孢子体とが交互に現れる。これらの配偶体と孢子体を比較してみると、(ア)では核相（染色体数）が(a)で有性世代の配偶体がよく発達しており、核相が(b)で無性世代の孢子体は栄養を配偶体に依存している。これとは対照的に、(イ)では孢子体がよく発達しており、配偶体は栄養的には独立しているが小形で目立たない。種子植物では孢子体はさらに大きく発達し、配偶体は孢子体に付着しているだけの小さな存在となっている。種子植物の配偶体は(A)や(B)であり、これらは孢子体にできる花でつくられる。

種子植物のうち、被子植物や多くの裸子植物では、(C)が花粉管によって(B)へ運ばれ、そこで受精が起こって種子が形成される。しかし、裸子植物の中の(ウ)では、花粉管内で繊毛をもった精子がつくられ、これが卵細胞と受精する。このような(ウ)の生殖法は、(イ)の生殖法と類似している。

シダ植物や種子植物の孢子体では維管束が発達し、これらの植物は陸上での生活に適応した植物群である。

問1 空欄(A)～(C)に最も適した語句を下から選べ。

花粉母細胞、胚のう母細胞、成熟した花粉、胚のう、精細胞、卵細胞、反足細胞

問2 空欄(a)と(b)に当てはまる核相（染色体数）を下から選べ。

n, 2n, 3n, 4n, 8n

問3 空欄(ア)～(ウ)に当てはまる植物を下から2つずつ選べ。

アカマツ, アブラナ, アヤメ, イチョウ, イネ, コスギゴケ, ゼニゴケ, ソテツ, ヒマワリ, ベニシダ, メタセコイア, ワラビ

問4 種子植物のうち, 被子植物では重複受精が行われる。重複受精とはどのような受精形式か。30～40字で説明せよ。

問5 植物がはじめて水中より陸上に進出したのはいつ頃と推定されているか。最も近いものを下から選べ。

約40万年前, 約400万年前, 約4000万年前, 約4億年前, 約40億年前

問6 維管束は陸上生活に適応した組織系と考えられるが, どのような点でそう考えられるのか。30～40字で説明せよ。

問7 現在までに何種程度の維管束植物が記載(記録)されているか。最も近い数を下から選べ。

約2万5千種, 約25万種, 約250万種, 約2500万種, 約2億5千万種