

令和 2 年度 入学 試験 問題

理 科

各科目 100 点満点

《配点は、一般入試学生募集要項に記載のとおり。》

物 理	(1～16 ページ)	化 学	(17～34 ページ)
生 物	(35～52 ページ)	地 学	(53～65 ページ)

(注 意)

1. 問題冊子および解答冊子は監督者の指示があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は表紙のほかに 65 ページである。また、解答冊子は表紙のほかに、物理：20 ページ、化学：20 ページ、生物：16 ページ、地学：16 ページ、である。
3. 問題は物理 3 題、化学 4 題、生物 4 題、地学 4 題である。
4. 試験開始後、選択した科目の解答冊子の表紙所定欄に学部名・受験番号・氏名をはっきり記入すること。表紙には、これら以外のことを書いてはならない。
5. ◇総合人間学部(理系)・理学部・農学部受験者は、物理・化学・生物・地学のうちから 2 科目を選択すること。
◇教育学部(理系)受験者は、物理・化学・生物・地学のうちから 1 科目を選択すること。
◇医学部・薬学部受験者は、物理・化学・生物のうちから 2 科目を選択すること。
◇工学部受験者は、物理・化学の 2 科目を解答すること。
6. 解答は、すべて解答冊子の指定された箇所に記入すること。
7. 解答に関係のないことを書いた答案は無効にすることがある。
8. 解答冊子は、どのページも切り離してはならない。
9. 問題冊子は持ち帰ってもよいが、選択した科目の解答冊子は持ち帰ってはならない。

生 物

(4 問題 100 点)

生物問題 I

次の文章(A), (B)を読み, 問 1 ~ 問 8 に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

- (A) ヒトにおいて, タンパク質をコードする遺伝子は, 通常, 複数のエキソンと, その間にある から成り立っている。遺伝子の DNA から転写されてできた mRNA 前駆体は, という過程により が取り除かれ, mRNA になる。そして, この mRNA は, 細胞質でポリペプチドに翻訳される。

いま, ある常染色体優性遺伝性の疾患 X について検討する。この疾患をつかさどる遺伝子 Y は 4 つのエキソンをもつ。遺伝子 Y のエキソン 1 から 4 のそれぞれに存在するコード領域は 1600, 430, 1941, 1510 塩基長であり, コードされているポリペプチド Y は, 1826 個のアミノ酸から構成されている。図 1 にそれらコード領域の開始点と終点近傍の塩基配列を示す。

エキソン 1		エキソン 2		エキソン 3		エキソン 4	
1	1600	1	430	1	1941	1	1510
ATGTT	CTCAG	GGCGG	ATGAG	GGTCT	GTGAG	GGAAA	TGTAA

塩基上の数字は各コード領域の最初の塩基を 1 番とした塩基番号を表す。

図 1

ここで、疾患 X 発症の原因として、遺伝子 Y の **ア** の突然変異により、**イ** が正常に行われず、一部のエクソンが欠失した mRNA が合成される 2 つの変異 (I 型変異, II 型変異) を考える。I 型変異ではエクソン 1, 3, 4 の, II 型変異ではエクソン 1, 2, 4 の全長に対応した mRNA が合成され、それぞれ、ポリペプチド Y-i と Y-ii が産生される。Y-i と Y-ii は、一次構造は互いに異なるものの、いずれも 1179 個のアミノ酸から構成されている。

一般的なタンパク質の分泌過程では、**ウ** によって翻訳されたポリペプチドが、シグナルペプチドの働きによって **エ** に入り、折りたたまれる。その後、このポリペプチドは **オ** へ輸送されて濃縮された後に、細胞外へと運ばれる。

ポリペプチド Y は、**エ** で前駆型三量体を形成した後、安定な三重らせん構造をもつ成熟型三量体となり、細胞外に分泌される (図 2)。前駆型三量体が形成されるためには、3 つのポリペプチド Y における、エクソン 4 によってコードされているアミノ酸配列が必要で、エクソン 1 ~ 3 によってコードされているアミノ酸配列は前駆型三量体の形成には影響しない。

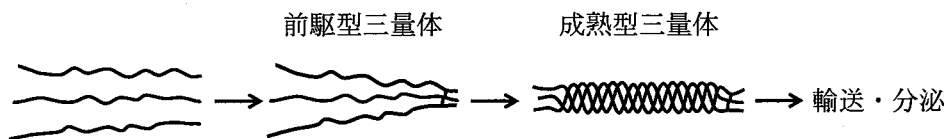


図 2

問 1 文中の **ア** ~ **オ** に当てはまる適切な語句を解答欄に記せ。

問 2 UAA, UAG, UGA は終止コドンである。遺伝子 Y の I 型変異, II 型変異の mRNA の翻訳において、終止として働くコドンが存在するエクソンの番号をそれぞれ解答欄 I と II に記せ。

問 3 ポリペプチド Y のエキソン 3 がコードする領域を抗原とする抗体 A 3 がある。この抗体 A 3 とポリペプチド Y-i の結合を調べたところ、ポリペプチド Y-i には抗体 A 3 と特異的に結合する部位は存在しないことがわかった。結合する部位が存在しない理由を解答欄の枠の範囲内で説明せよ。

問 4 I 型変異のヘテロ接合体細胞が産生するポリペプチド Y と Y-i に関する適切な記述を以下の(あ)～(え)からすべて選び、記号を解答欄に記せ。

- (あ) 分泌された成熟型三量体は Y-i を含む。
- (い) 分泌された成熟型三量体は Y を含む。
- (う) 細胞内の前駆型三量体は Y-i を含む。
- (え) 細胞内の前駆型三量体は Y を含む。

問 5 II 型変異のヘテロ接合体細胞が産生するポリペプチド Y と Y-ii について調べたところ、分泌された成熟型三量体はポリペプチド Y のみからなること、および、前駆型三量体がポリペプチド Y-ii を含んでいる場合は、成熟できないまま細胞小器官内に蓄積し分泌されないことがわかった。

正常な遺伝子 Y をホモでもつ細胞が分泌するポリペプチド Y の成熟型三量体の量を 1 としたときに、I 型変異のヘテロ接合体細胞と、II 型変異のヘテロ接合体細胞が、それぞれ分泌する成熟型三量体の量を推定し、解答欄 I と II に既約分数で記せ。ただし、遺伝子 Y の転写・翻訳の効率は遺伝子型にかかわらず同一とする。

この問題は、次のページに続いている。

(B) 放射線や化学物質などは DNA 損傷を引き起こし、突然変異の要因となる。そのため、細胞には DNA の損傷を修復する機構が備わっている。DNA 損傷の 1 つに、シトシン(C)が化学変化してウラシル(U)となるものがある。この損傷は、主に塩基除去過程を経て修復されることが知られている。この過程を図 3 に示す。まずウラシルがグリコシラーゼという酵素により除去された後、残ったデオキシリボースの 5' 側および 3' 側のリン酸基の結合が AP エンドヌクレアーゼなどにより切断される。その後、相補鎖を利用した反応によって、除去された部位に正しいヌクレオチドが挿入され、正常な塩基対へと修復される。

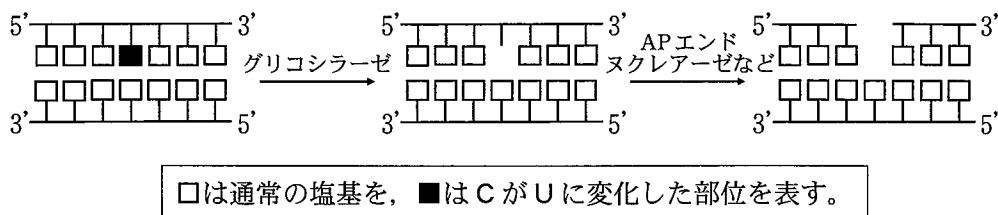
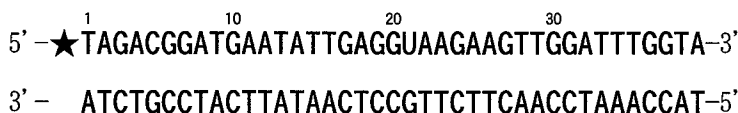


図 3

このウラシルの塩基除去修復に関連する実験を行うために、まず、以下に示す塩基配列のように 5' 末端側から 21 番目にウラシルをもつ 39 塩基長の DNA を合成し、5' 末端を放射性同位体で標識した(★印)。



次に、ウラシルと向き合う塩基以外は、上記の標識 DNA とすべて相補的になる DNA を合成し、標識 DNA と合わせて下記の 2 本鎖 DNA を作製した。



この 2 本鎖 DNA を用い、次の 2 つの実験を行った。

実験 1 : 2 本鎖 DNA に損傷塩基部分を除去する関連タンパク質(グリコシラーゼ, AP エンドヌクレアーゼなど)と除去部位の修復を行うタンパク質 A, タンパク質 B, および化合物 Z を異なる組み合わせで加え, さらに酵素反応に必要な ATP を加えた 5 種類の試料を用意し, 37 °C で 1 時間反応を行った。反応後, 各試料中の DNA を 1 本鎖にして電気泳動を行い, 5' 末端の放射性同位体標識(★)を利用して検出した結果を模式図にしたものが図 4 である。図 4 中の+は, タンパク質または化合物が試料中に含まれることを, - は含まれないことを意味する。

	試料 1	2	3	4	5
損傷塩基除去関連タンパク質	-	+	+	+	+
タンパク質 A	-	-	+	+	+
タンパク質 B	-	-	-	-	+
化合物 Z	-	-	-	+	+

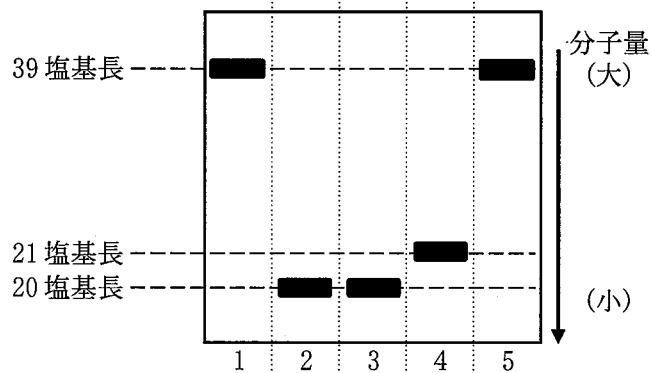


図 4

実験 2 : 前頁の 2 本鎖 DNA をプラスミドに組みこみ, ウラシルの修復機構が損なわれた大腸菌に取り込ませた。この大腸菌を培養してプラスミドを増殖させた後, そのプラスミドを回収した。

問 6 タンパク質 A とタンパク質 B として最も適切なものを、次の(あ)～(お)から 1 つずつ選び、それぞれ解答欄 A1 と B1 に記せ。また、それらのはたらきを、それぞれ解答欄 A2 と B2 の枠の範囲内で記せ。

- | | |
|----------------|----------------|
| (あ) DNA ポリメラーゼ | (い) DNA ヘリカーゼ |
| (う) DNA リガーゼ | (え) RNA ポリメラーゼ |
| (お) ヒストン | |

問 7 化合物 Z として最も適切なものを、次の(あ)～(き)より 1 つ選び、解答欄に記せ。

- | | |
|-------------------|------------------|
| (あ) デオキシアデノシン三リン酸 | (い) デオキシシチジン三リン酸 |
| (う) デオキシグアノシン三リン酸 | (え) デオキシチミジン三リン酸 |
| (お) シチジン三リン酸 | (か) グアノシン三リン酸 |
| (き) ウリジン三リン酸 | |

問 8 実験 2 で回収したプラスミドには、配列が異なるものが 2 種類あり、いずれも、組みこんだ 2 本鎖 DNA のウラシル(U)が他の塩基に置き換わったものであった。どの塩基に置き換わったと考えられるか、解答欄 I に記せ。また、その理由を解答欄 II の枠の範囲内で述べよ。

白 紙

生物問題 II

次の文章を読み、問1～問4に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

ショウジョウバエの雌個体の卵巣では、体細胞分裂により、卵原細胞から卵母細胞が形成される。次いで、減数分裂により、卵母細胞から卵が形成される。いま、卵母細胞でのみ転写される遺伝子 G を考える。その転写産物は卵母細胞の細胞質基質に蓄積し、胚の正常な背腹軸の形成に必須である。また、遺伝子座 G には、野生型の対立遺伝子 G に加えて変異型の対立遺伝子 g が存在し、対立遺伝子 g からは機能的な転写産物がまったく産生されない。一方、成熟したショウジョウバエ個体の体色を決定する遺伝子座 E には、野生型の対立遺伝子 E および変異型の対立遺伝子 e が存在する。遺伝子型 EE および Ee の個体の体色は正常色(黄褐色)であり、遺伝子型 ee の個体は暗黒色になる。なお、遺伝子座 G と遺伝子座 E は常染色体上で連鎖しており、その間の組換え価は10%である。

実験：対立遺伝子 G と対立遺伝子 E が一つの染色体上に存在している遺伝子型 $Gg Ee$ の雌個体と、遺伝子型 $gg Ee$ の雄個体を交配したところ、産卵されたすべての受精卵がふ化し、多数の F_1 個体を得られた。次に、生育した多数の F_1 雌個体の中から1個体を無作為に選び、遺伝子型 $gg Ee$ の雄個体と交配し F_2 個体を得る実験を行った。この実験を繰り返したところ、一部の交配において、 F_1 雌個体が産卵した受精卵はすべてふ化しなかった。なお、一連の実験では新たな突然変異は生じないものとする。

問1 下線部①に関連して、一般的な減数分裂において、卵母細胞から卵とともに形成される細胞の名称を記せ。

問2 下線部②の雌個体の卵巣内に形成されるすべての卵のうち、対立遺伝子 g と E を同時にもつ卵が占める比率として期待される値を、既約分数で答えよ。ただし、二重組み換えは生じないものとする。

問 3 下線部③の F_1 雌個体について、対立遺伝子 (G, g) と対立遺伝子 (E, e) に関する出現可能な遺伝子型は下記の表 1 に示すように 6 つある。表 1 中の ア ~ カ は、それぞれの遺伝子型が F_1 雌個体全体に占める比率として期待される値である。これらを計算して、既約分数で答えよ。

表 1

遺伝子型	F_1 雌個体全体に占める比率として期待される値
$Gg EE$	ア
$Gg Ee$	イ
$Gg ee$	ウ
$gg EE$	エ
$gg Ee$	オ
$gg ee$	カ

問 4 下線部④に関連して、得られた F_2 個体のなかには、「体色が暗黒色、かつ産卵した受精卵がすべてふ化しない雌個体」が出現すると予想される。この個体が、 F_2 個体全体に占める比率を、導出過程とともに記せ。ただし、すべての F_1 雌個体が同数の卵を産み、雄個体と雌個体が同一の比率で出現すると仮定せよ。

生物問題 III

次の文章を読み、問1～問3に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

植物は環境からの様々なストレスを受けている。陸上での深刻なストレスの1つが乾燥である。一部の植物は、養水分を効率よく吸収するために根を、吸収した養水分を効率よく輸送するために維管束を発達させた①。また、体の表面からの水分の損失を防ぐためにクチクラ層を形成するようになった。その一方で、外界とのガス交換を行うために気孔を発達させた。一般に、気孔は明暗の環境変化にตอบสนองして開閉する②。しかし、気孔が開くとそこから水分が失われるため、乾燥ストレスを受けている植物は、明暗にかかわらず気孔を閉じなければならない③。この乾燥ストレスに対する気孔の応答は、明暗に対する応答とは異なるものである。

問1 下線部①に関連して、根および維管束をいずれももたない植物を以下の(あ)～(き)よりすべて選び、記号で解答欄に記せ。

- | | | |
|-----------|--------------|----------|
| (あ) セン類 | (い) ヒカゲノカズラ類 | (う) タイ類 |
| (え) ツノゴケ類 | (お) シダ類 | (か) 裸子植物 |
| (き) 被子植物 | | |

問2 下線部②に関連して、以下の(1)、(2)に答えよ。

- (1) 気孔の開閉は、ある受容体が特定の波長領域の光を吸収して促進される。
(a)この光受容体タンパク質の名称は何か、また、(b)この受容体はおもに何色の光を吸収するか、解答欄に記せ。

(2) 光受容後の気孔が開口するまでの過程を、(c)孔辺細胞の細胞質基質の浸透圧が上昇するまでと、(d)その後、気孔が開口するまでに分けて、(c)と(d)のそれぞれについて以下の用語をすべて用いて、解答欄の枠の範囲内で説明せよ。なお、用いる用語の順番や回数は問わない。

(c) ポンプ, チャネル

(d) 膨圧, 細胞壁

問 3 下線部③に関連して、一般に、植物が乾燥ストレスを受けている場合、光があたっている方が、光があたっていない場合に比べて障害が発生しやすい。

C₃植物において、その理由は次の文章のように説明できる。

文中の ~ に入る適切な語句を(あ)~(け)より1つずつ選び、記号で解答欄に記せ。

光合成では、葉緑体のチラコイドで作られた化学物質が、ストロマでの炭素同化の反応に使われる。植物には、強光下で、光合成色素によって吸収された光エネルギーの過剰分を エネルギーのかたちで安全に放散する調節防御機構が備わっている。気孔が閉じて葉肉組織の二酸化炭素濃度が低下し、カルビン・ベンソン回路の反応速度が低下すると、チラコイドでの電子伝達反応の最終的な電子受容体である の供給量が低下する。そのため、乾燥ストレス下で光があたっている場合、吸収された光エネルギーの過剰分が調節防御能力を超えてしまい、活性酸素を生じさせる。植物に含まれるアスコルビン酸や光合成色素である は活性酸素を消去するはたらきをもつ抗酸化物質である。しかし、植物のもつ消去能力を上回る量の活性酸素が生じると、細胞や葉緑体に障害を及ぼす。

(あ) 電気

(い) 熱

(う) 化学

(え) NADP⁺

(お) NAD⁺

(か) ADP

(き) アントシアニン

(く) カロテン

(け) フィトクロム

生物問題 IV

次の文章(A)、(B)を読み、問1～問6に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

(A) 紅藻は、様々な水深に分布している。潮間帯(水深0m付近)から紅藻Aを、水深8mから紅藻Bを採取し、石英ガラス板に挟んで吸収スペクトルを測定した(図1)。次に、それぞれの紅藻に、白色光を照射した際の光合成速度を、光強度を変えて測定した(図2)。さらに、紅藻Bの光合成の作用スペクトルを測定したところ図3のようになった。これらの実験結果と、図4に示す、水中に到達する太陽光の波長と強度の関係から、紅藻Bは生育場所の光環境に適応していると考えることができた。

問1 一般的な植物の緑葉や緑藻類細胞が示す光合成の作用スペクトルは、図3のスペクトルとどのように異なるか、解答欄の枠の範囲内で説明せよ。

問2 下線部のように考えた理由を、図1～図4から読み取れることを個々に述べながら、以下の用語をすべて用いて、解答欄の枠の範囲内で説明せよ。なお、用いる用語の順番や回数は問わない。

光合成、 緑色光、 光飽和点、 吸収、 弱い光

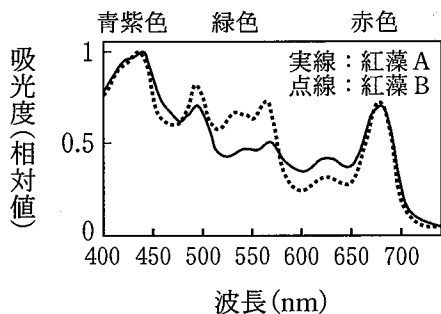


図1 縦軸は、最大の吸光度を1としたときの相対値である。(横浜, 1973の図を改変)

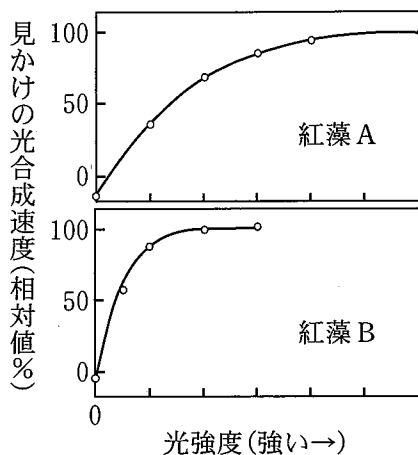


図2 縦軸は、光飽和点における見かけの光合成速度に対する相対値(%)である。上下の図の横軸の目盛は同じである。(横浜, 1973の図を改変)

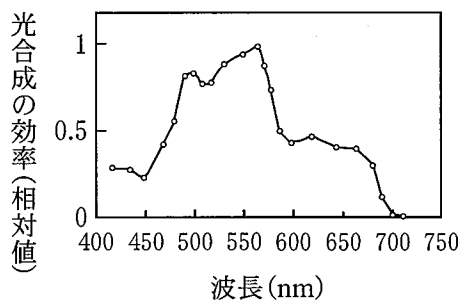


図3 縦軸は、波長570 nmにおける値を1としたときの相対値である。(Haxo and Blinks, 1950の図を改変)

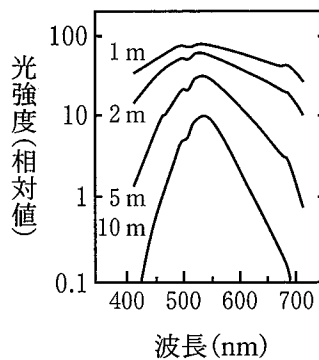


図4 縦軸は、海水面(0 m)での太陽光の最大の光強度を100としたときの相対値, 図中の数字は水深を示している。(Wozniak and Dera, 2007の図を改変)

(B) 生物群集を構成している植物の集団を植物群落という(以下、群落と呼ぶ)。いま、群落を構成する2種の個体群間の種間競争を実験的に調べるために、広葉型の葉(水平葉)をもつクローバーと、イネ科型の葉(傾斜葉)をもつライグラスの種子を混合し、一定面積をもつ3つの区画で栽培した。は種(種まき)後20日目に両種がすべて同じ個体密度になるように間引きをした。36日目から52日目にかけて、それぞれの区画に0, 7.5, 22.5 g/m²の量の窒素肥料を与えた。そして67日目から133日目まで、個体群の成長を葉の面積を指標として調べた。その結果は図5のとおりである。図5では、鉛直方向3.5 cm 間隔の各層にある葉の面積がグラフ中央から左右方向に横向き棒グラフで示されている(左側:クローバー, 右側:ライグラス)。葉の面積は区画の面積に対する相対値で表し、以下、葉面積と呼ぶ(非光合成器官の面積は含まない)。なお、は種時の土壌中には根粒菌が含まれていた。また、窒素肥料以外の条件については、区画間で同一になるように管理されたものとする。113日目以降、ライグラスでは茎が伸長し穂が生じた。

問 3 クローバーなどマメ科植物の根に共生する根粒菌は、空気中の窒素を固定して宿主植物に窒素化合物を供給する。窒素固定生物には他にどのようなものがあるか。具体的な生物名を2つ挙げて、解答欄に記せ。

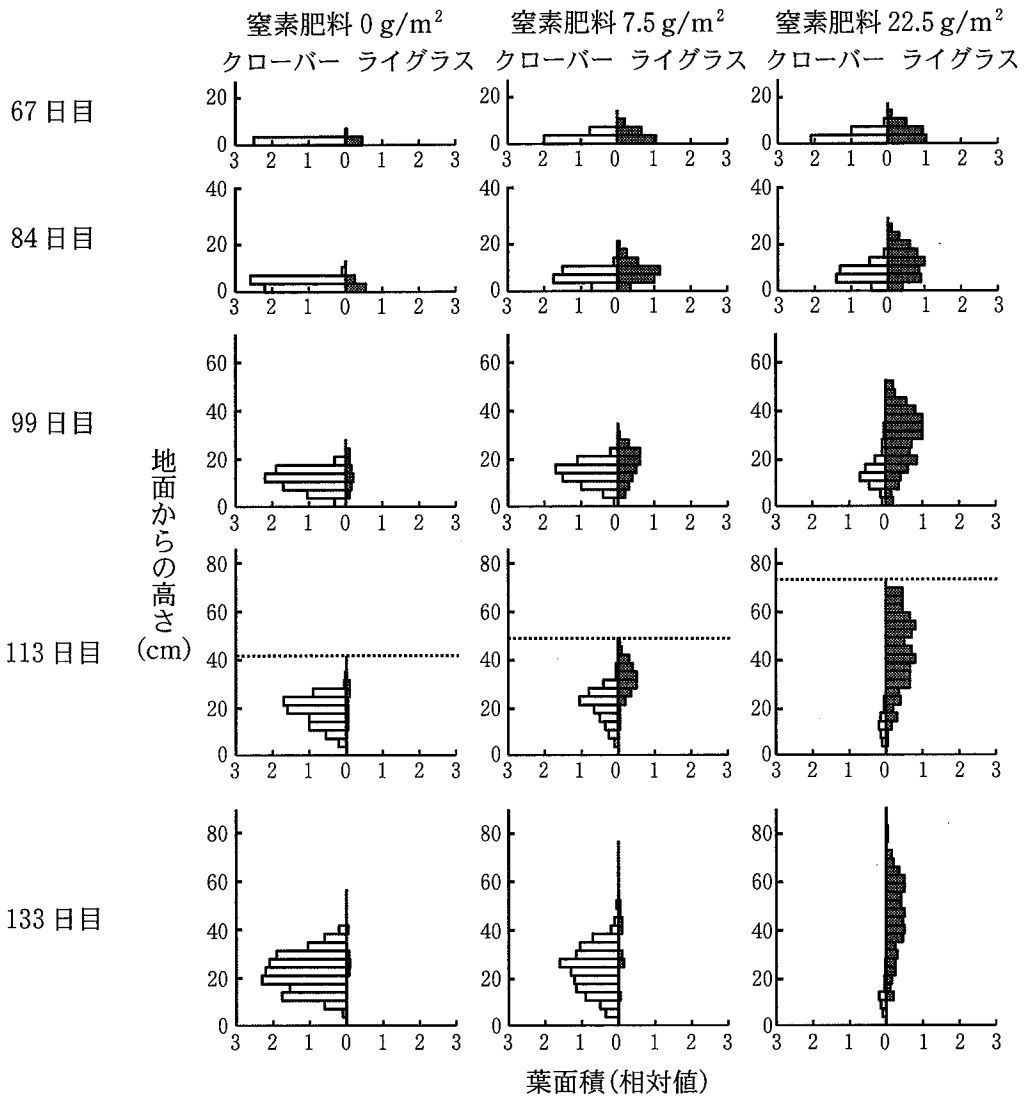


図5 113日目における点線は群落の最上面を示す。□ はクローバーを、■ はライグラスを表す。(Stern and Donald, 1962 の図を改変)

問 4 113 日目の窒素肥料条件が 0 g/m^2 と 22.5 g/m^2 の群落について、地面からの高さ(相対値)と群落内部の光強度(相対値)の関係調べた。図 6 のグラフ A~F のうち、各群落の結果として最も適切な組み合わせを下表の(あ)~(し)の中から 1 つ選び、記号を解答欄に記せ。

	(あ)	(い)	(う)	(え)	(お)	(か)	(き)	(く)	(け)	(こ)	(さ)	(し)
0 g/m^2	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F
22.5 g/m^2	D	C	A	C	A	D	E	F	B	F	B	E

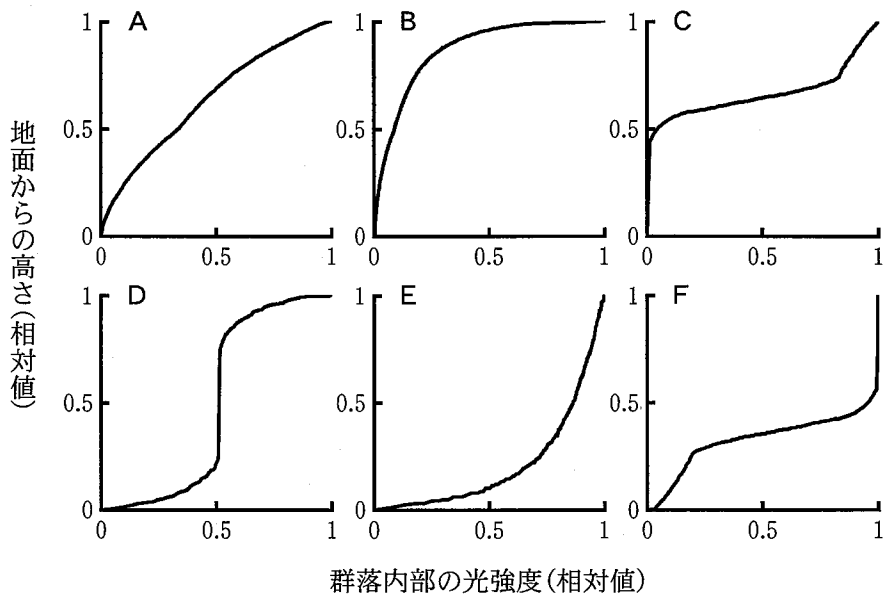


図 6 地面からの高さ(相対値)と群落内部の光強度(相対値)は、群落の最上面(図 5 の点線)における高さ(相対値)と光強度(相対値)をそれぞれ 1 とした時の相対値で示す。
(Stern and Donald, 1962 の図を一部改変)

問 5 99 日目では葉面積が拡大し、3つの群落の生産構造に明らかな差異が認められる。一般に葉面積が十分大きい場合、イネ科型の草本の生産構造をもつ個体群は広葉型の草本の生産構造をもつ個体群よりも、物質生産が有利であると考えられる。その理由として適切なものを以下の(あ)～(え)の中からすべて選び、記号を解答欄に記せ。

- (あ) イネ科型個体群では、葉を支えるための茎の割合が少なくてすむ。
- (い) 広葉型個体群では葉が群落上層に局在するため、弱光下での個体群呼吸量が多い。
- (う) 群落下層に当たる光は弱いので、イネ科型個体群の方が蒸散が少なく、水の損失が少ない。
- (え) 群落内部の光強度以外の条件が個体群間で等しいとき、群落下層まで光が入り込むイネ科型個体群の方が、強光下での個体群光合成量が多い。

問 6 84 日目までは、 7.5 g/m^2 と 22.5 g/m^2 の窒素肥料条件ともに、クローバーとライグラスの間で葉面積は大きく変わらない。しかし、133 日目の両植物の葉面積は大きく異なる。このように 133 日目では差が生じた理由を、「競争」という用語を用い、 7.5 g/m^2 と 22.5 g/m^2 の窒素肥料条件のそれぞれで優占種となる植物名およびそれらの特性を踏まえて解答欄に記せ。なお、ライグラスの穂形成に伴う葉の枯死については考慮しないものとする。

生物問題は、このページで終わりである。