



平成 16 年 度 入 学 試 験 問 題

理 科

200 点満点

《配点は、学生募集要項に記載のとおり。》

物 理	(1～10 ページ)	化 学	(11～24 ページ)
生 物	(25～40 ページ)	地 学	(41～48 ページ)

(注 意)

1. 問題冊子および解答冊子は係員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 48 ページ、解答冊子は表紙のほかに、物理：8 ページ、化学：12 ページ、生物：12 ページ、地学：12 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. 筆答開始後、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. ◇工学部志願者並びに農学部食品生物科学科を第 1～第 3 志望のいずれかとする志願者は、物理・化学の 2 科目を解答すること。
◇医学部(医学科)・医学部(保健学科「検査技術科学専攻」・「理学療法学専攻」)・薬学部志願者は、物理・化学・生物のうちから 2 科目を選択すること。
◇医学部(保健学科「看護学専攻」・「作業療法学専攻」)志願者は、生物 1 科目と物理・化学のうちから 1 科目の計 2 科目を解答すること。
◇総合人間(理系)・理・農学部志願者は、物理・化学・生物・地学のうちから 2 科目を選択すること。(ただし、農学部食品生物科学科を第 1～第 3 志望のいずれかとする志願者を除く。)
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

以下の実験 1, 2 に関する文を読み, 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。

実験 1 : ある植物において草丈が著しく低い形質は矮性^{わいせい}と呼ばれ, 正常個体と容易に区別できる。遺伝的矮性は通常 1 ないし少数の遺伝子によって支配されていることが知られている。矮性個体は倒れにくく収穫に都合がよいなどの利点もあり, イネなどにおいて育種材料として用いられる。ある自家受精植物の種子に放射線をあてた(これを S_0 世代と呼ぶ)。 S_0 世代を育てて自家受精を行い, 個体ごとに種子を集めた(これを S_1 世代と呼ぶ)。 S_1 世代のある個体(個体 A)を育てて自家受精を行い, 2,000 粒の種子を得た^①(これを S_2 世代と呼ぶ)。これらの種子をまいたところ, 発芽したもののうち矮性のもの, 発芽したもののうち正常のもの, 発芽しなかったものの比は, 2 : 1 : 1であった。

問 1 下線部①に関して, 以下の(あ)~(え)の記述のうち, 正しいものを 1 つ選べ。

- (あ) 個体 A は矮性を示さず, 正常であった。
- (い) 個体 A のもつ矮性遺伝子は劣性である。
- (う) 正常な S_2 世代を自家受精して得られた種子には, 発芽しないものが $1/4$ の割合で生じる。
- (え) 個体 A の矮性遺伝子がホモ接合である種子は発芽しない。

実験 2：実験 1 の個体 A とは異なる正常個体を自家受精させて S_2 世代を得た。そのなかの矮性の 1 個体を個体 B とする。個体 B の矮性遺伝子の遺伝様式を解析するため、以下の実験を行った。個体 B と、単一の劣性遺伝子に支配される矮性のホモ接合体であることが知られている個体 C を交配し、後代における矮性個体の分離比を調べた。雑種第一代 (F_1) はすべて正常形質を示した。 F_1 の 5 個体を選び、これらを自家受精させて、雑種第二代 (F_2) の種子をおのおの 2,000 粒ずつ得た。これら F_2 の種子をまき、矮性の出現頻度に関して次の表 1 に示す結果を得た。

表 1 F_2 における矮性と正常の個体数

F_1 個体の番号	矮性個体	正常個体
1	930	1,070
2	935	1,065
3	937	1,063
4	928	1,072
5	940	1,060
合 計	4,670	5,330

問 2 自家受精植物において個体間の交配を行うためには、ある処理が完全になされなければならない。実験 2 では、個体 B と個体 C のどちらかを適切に処理して交配したので、処理した個体より得られた種子は発芽・生育させたところ、すべて正常であった。しかし、この処理が不完全な場合には、処理した個体より得られる種子にも矮性のものが生じる。この処理とはどのようなものか、具体的に 30 字以内で説明せよ。

問 3 実験 2 の観察結果に関して、**個体 B** の矮性と **個体 C** の矮性を支配する遺伝子が、次の (a)、(b) および (c) それぞれの場合について、 F_2 で期待される矮性：正常の分離比を計算せよ。答は整数比で示せ。

(a) 独立に遺伝する別の遺伝子であると仮定した場合

(b) 同じ染色体上にあり、全く組換えをおこさないほど密接に連鎖している場合
(組換え価または組換え率は 0%)

(c) 同じ染色体上にあり、組換え価が 40% である場合

問 4 実験 2 における F_1 および F_2 の結果と問 3 で計算した分離比から、**個体 B** に生じた新しい矮性遺伝子について分かることを 100 字以内で記述せよ。

生物問題 II

次の文を読み、問1～問5に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

植物の種子は、細胞内にデンプンやタンパク質などを蓄積している。ヒトはこれらの貯蔵物質を食糧源として利用している。種子の中に蓄積されている貯蔵タンパク質に注目して、ヒトのからだの中での分解と植物の芽生えにおける分解とを考えてみよう。

大豆のようにタンパク質を蓄積している種子をヒトが食べた場合、タンパク質は、胃で作用するペプシンや小腸で作用するトリプシンなどのタンパク質分解酵素のはたらきによって、最終的にアミノ酸にまで分解され、吸収される。一方、植物における芽生えの場合は、貯蔵タンパク質の分解は細胞小器官の1つである液胞の中で行われる。ヒトのタンパク質分解酵素と植物の芽生えのタンパク質分解酵素の性質を以下のようにして調べた。

タンパク質分解酵素の基質として、人工的に合成した化合物(以下、これを合成基質と呼ぶ)を用いた。この合成基質は以下の実験に用いた pH や温度の範囲内では安定である。この基質のもつペプチド結合がタンパク質分解酵素によって切断されると、発色性の生成物ができる。37℃で反応後、発色の度合いを測定し、反応生成物を定量した。反応混合液の pH を一定に保つために緩衝液 A (pH 2.0)、緩衝液 B (pH 6.0)、緩衝液 C (pH 8.0)のいずれかを用いたが、ペプシンの反応速度は緩衝液

ア

 を用いた場合にもっとも速く、トリプシンの反応速度は緩衝液

イ

 を用いた場合にもっとも速かった。

ある植物の芽生えより分離した液胞の内容物と合成基質をさまざまな pH の緩衝液中で反応させたところ、合成基質分解の反応速度と pH の関係は図 1 のようになった。

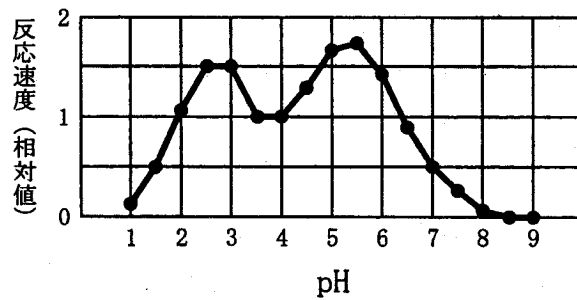


図 1

問 1 文中の と に A, B, C のいずれか適切な文字を入れよ。

問 2 図 1 から、液胞に存在するタンパク質分解酵素について考えられることを 50 字以内で記せ。

問 3 図 2 は、トリプシンによる合成基質の分解における、反応時間と生成物量との関係を示したものである。図 2 の反応における、トリプシンと合成基質が結合した複合体(酵素・基質複合体)の濃度変化の曲線として適切なものを図 3 の(あ)~(お)の中から 1 つ選び、記号を記せ。37℃での反応時間中はトリプシンの活性は安定しているものとする。

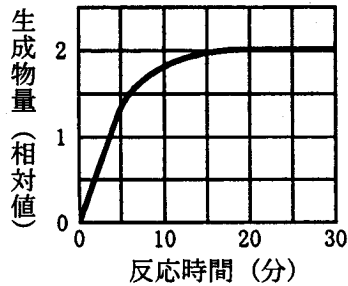


図 2

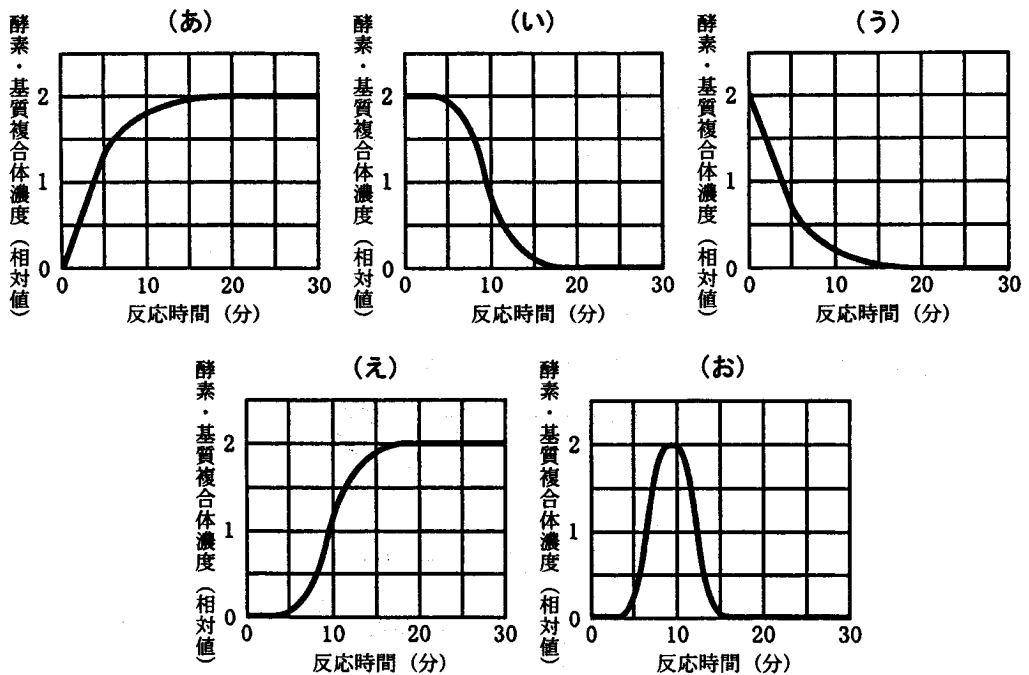


図 3

問 4 図 4 は、トリプシンをさまざまな濃度の合成基質と反応させたときの、合成基質の濃度と反応速度の関係を示したものである。

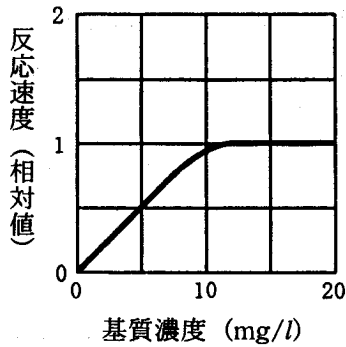


図 4

(a) 基質の濃度を一定の値以上に上げてても反応速度が上昇しなくなるのはなぜか。その理由を 80 字以内で記せ。

(b) 図 4 と同様の実験をトリプシンの濃度を半分にして行ったとき、合成基質の濃度と反応速度の関係はどのようになるか。その関係を図 4 にならって図示せよ。解答図には、図 4 の曲線も破線で描き、目盛も書き入れること。

問 5 トリプシンと合成基質を 20℃、37℃ および 55℃ の温度条件下で反応させた。反応のごく初期の時間と生成物量の関係を図 5 に示した。55℃ における反応曲線が図のようになる理由を 80 字以内で記せ。

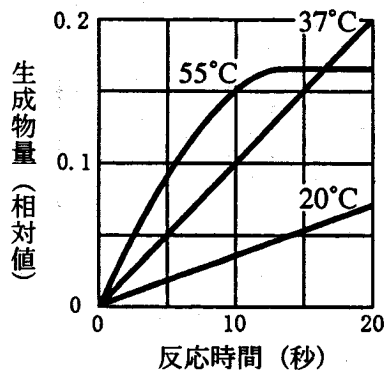


図 5

生物問題 III

次の文(A)~(C)を読み、問1~問5に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

- (A) 脊椎動物では、抗原が体内に侵入すると、血液中にその抗原と特異的に結合する物質(抗体)が作られて抗原を排除する働きがある。抗体は、 と呼ばれるリンパ球がつくる免疫グロブリンで、多くの種類があるが基本的には4本のポリペプチド鎖からなり、 と と呼ばれるポリペプチド鎖が対になったものが2組結合して、全体としてY字型の分子構造をもっている。 と の先端部分は抗体ごとにアミノ酸配列がきわめて異なっており、 と呼ばれる。 以外の部分は と呼ばれる。1個の はそれぞれ1種類の抗体しか作らないために、多様な抗原に対応するに は、きわめて多種類の が必要である。

問1 文中の ~ に適切な語句を記入せよ。

問2 下線部①の多種類の が形成される機構について100字程度で説明せよ。

問3 ある抗体(分子量15万)が結合する抗原の分子量を5万、抗体と結合できる抗原分子の部位は1カ所のみであるとする。この抗体0.45mgが結合できる抗原の最大量は何mgか計算せよ。

(B) 抗原と抗体が結合することを抗原抗体反応という。抗原と抗体はともに複数の結合部位をもつことが多いため、抗原と抗体がある濃度比のとき、多数の抗原と抗体がたがいに結びつき、大きな抗原抗体複合体となって凝集して、目でみえる沈降線を形成することがある。この沈降線の形成を利用して、抗原抗体反応を調べる方法に、ゲル内二重拡散法がある。具体的には、図1に示すように、スライドガラス上にうすい寒天ゲル層を作り、それに小孔(ウェル)をあけて、隣接するウェルにそれぞれ抗原および抗体を含む血清を入れる。時間経過とともに、抗原と抗体は濃度勾配を形成しながらそれぞれゲル内を拡散する。抗原と抗体が反応する場合、両者が最適な濃度比となったところで沈降線が形成される。そのことから抗原抗体反応が起こったことがわかる。

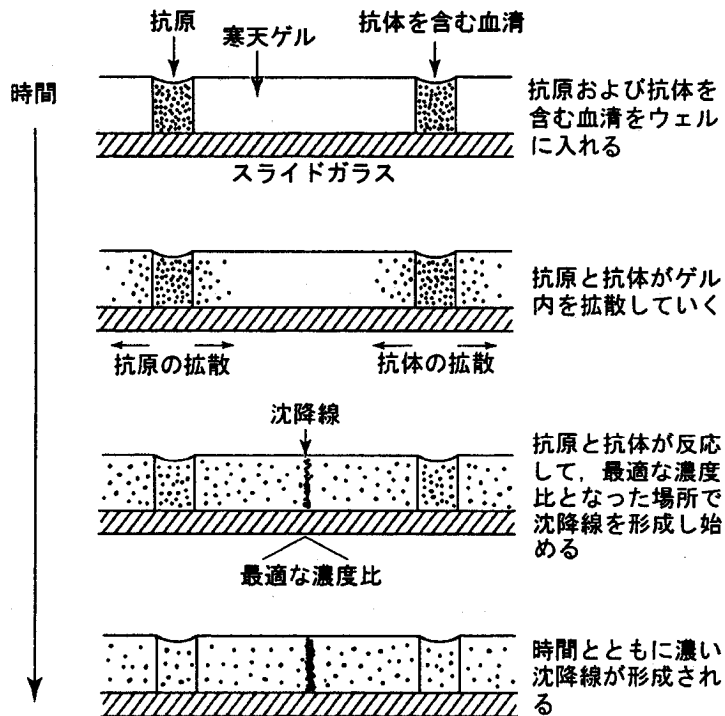


図1

問 4 ゲル内二重拡散法では、抗原と抗体の濃度が沈降線の形成に影響することが知られている。図 2 は、この方法を用いて観察される沈降線をゲルの上方から見たパターンを示したものである。パターン(あ)はある抗原とそれに対する抗体の濃度が等しい場合に形成される沈降線を示しており、抗原と抗体のウェルのほぼ中間に沈降線が形成された。以下の条件のときには沈降線はどうか。パターン(あ)~(え)から 1 つ選び記号で答えよ。

- (a) 抗原の濃度を変えずに、抗体の濃度を 2 倍にしたとき
- (b) 抗原と抗体の濃度をともに 2 倍にしたとき

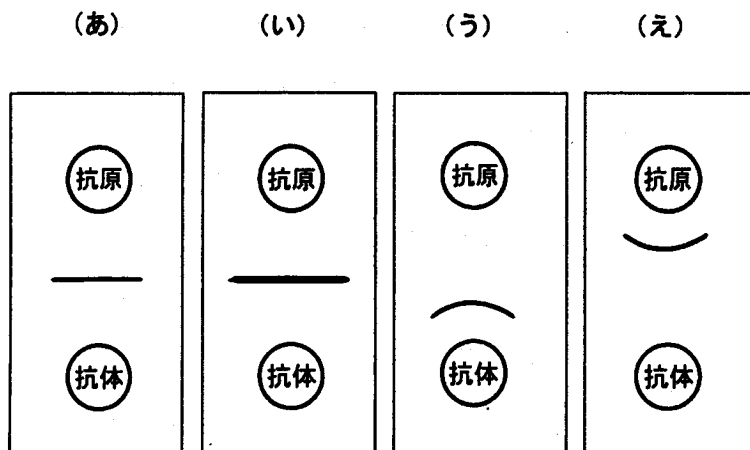


図 2

(C) ゲル内二重拡散法では、抗体を入れるウェルの周りに複数の抗原のウェルを配置して沈降線を観察することにより、複数の抗原抗体反応を同時に判定することが可能である。いま、ウサギ、ヤギおよびウマのアルブミン(血液中に含まれるタンパク質で、分子量は約7万)の性質を比較するために、それぞれの動物から血液を採取後、アルブミンを精製して3本の試験管に入れ、保存しておいた。ところが、試験管のラベルがはがれて、どの試験管にどの動物のアルブミンを入れたのかが分からなくなった。そこで、抗原抗体反応を利用して試験管に入っているアルブミンがどの動物のものかを決定するために抗体を作製することを考えた。利用できる動物は血液を採取したウサギ1羽とヤギ1頭だけである。注射の組合せを簡単にするために、3本の試験管(仮にX、Y、Zとする)に含まれるアルブミンの一部を取り出して混合後、適量をウサギとヤギに注射して血清を得た。得られた血清と試験管X、YおよびZのアルブミンとの反応を、ゲル内二重拡散法を用いて調べた。沈降線のパターンは図3のとおりであった。

血清1：ウサギ血清

血清2：ヤギ血清

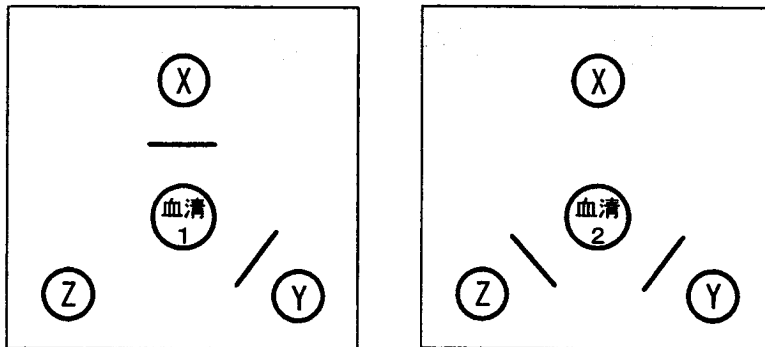


図3

- 問5 (a) 試験管X、YおよびZに含まれるアルブミンはウサギ、ヤギおよびウマのどの動物に由来するか。解答欄X、Y、Zに適切な動物名を記入せよ。
- (b) そのように判断した理由を150字程度で記せ。

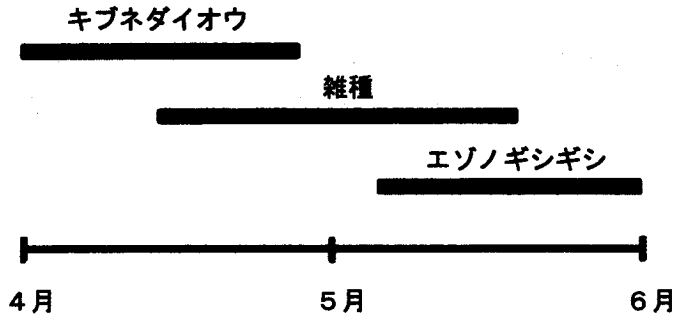
生物問題 IV

次の文(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) 京都の洛北を流れる貴船川の河原には、日本の固有植物であるキブネダイオウと北米原産の帰化植物であるエゾノギシギシ、ならびに両種間の雑種が生育している。この3種類はいずれも根茎が何年間も生き続ける多年草である。これらの植物について次の(1)～(6)の観察結果を得た。

- (1) 体細胞分裂における染色体数を数えたところ、キブネダイオウは120本、エゾノギシギシは90本であった。
- (2) キブネダイオウとエゾノギシギシでは開花した花の95%以上で種子が形成されるのに対して、雑種では種子が全く形成されなかった。
- (3) ある地点で3種類の植物の開花期を2年にわたって調べたところ、図1のようになった。なお、初年度は季節の推移が通常どおりだったが、次年度においては4月に入っても寒さが続いていた。
- (4) キブネダイオウとエゾノギシギシの花は、風によって花粉を散布して他個体の雌しべに受粉させる、風媒の様式をとっていた。
- (5) キブネダイオウでは上部を樹木の枝などで覆われた環境下で光合成をすることに適しており、反対にエゾノギシギシでは直射日光が差し込む河原などで光合成をすることに適していることが分かった。
- (6) 3種類の植物の葉緑体DNAと核DNAの塩基配列を調べたところ、キブネダイオウとエゾノギシギシではどちらのDNAの塩基配列も異なっていたが、雑種では全ての個体の葉緑体DNAがキブネダイオウと全く同じ塩基配列であった。一方、雑種の核DNAは、キブネダイオウとエゾノギシギシの両方の塩基配列をもっていた。なお、これらの植物では、葉緑体DNAは母系遺伝(母から子に形質が受け継がれること：この場合は雌しべ側の個体から種子に葉緑体DNAが受け継がれること)をしている。

初年度における開花期



次年度における開花期

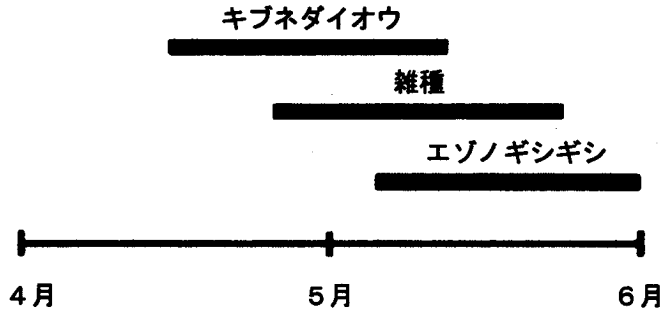


図 1

問 1 雑種の染色体数を推定せよ。

問 2 雑種では開花しても種子が形成されない理由を簡潔に記述せよ。

問 3 キブネダイオウとエゾノギシギシの間の雑種は、自然条件下でどのように形成されるかを 100 字程度で記述せよ。

(B) 6月末の晴天日に、河原に生育していたキブネダイオウとエゾノギシギシの蒸散速度、光合成速度および葉温を、同じ条件下で測定した。それらの日変化は、図2、3、4のとおりであった。図中の植物Xおよび植物Yは、キブネダイオウとエゾノギシギシのどちらかである。なお、この日の気温と日射量の日変化は図5のとおりであった。

問4 図2、3、4の結果から、(a)植物Xはキブネダイオウとエゾノギシギシのどちらか。また、(b)その理由は何かを簡潔に説明せよ。

問5 図2、3をみて以下の量を計算せよ。ただし、1植物体当たりの葉面積を 250 cm^2 、日長を14時間とし、結果を有効数字2けたで示せ。

(a) 植物Xのこの日の蒸散量(1植物体当たり蒸散によって失われる水の量、 $\text{gH}_2\text{O}/\text{日}$)。ただし、図2で植物Xの日中の平均蒸散速度は、 $2.5\text{ gH}_2\text{O}/(100\text{ cm}^2\cdot\text{時間})$ だった。

(b) 植物Xのこの日の光合成量(1植物体当たりの炭酸ガス固定量、 $\text{gCO}_2/\text{日}$)。ただし、図3で植物Xの日中の平均光合成速度は、 $7.7\text{ mgCO}_2/(100\text{ cm}^2\cdot\text{時間})$ だった。

(c) 植物Xで1日の光合成の(i)明反応に使われる水の量($\text{gH}_2\text{O}/\text{日}$)と、(ii)暗反応でできる水の量($\text{gH}_2\text{O}/\text{日}$)。(b)で計算した1日の光合成量と、光合成の反応式から計算せよ。ただし、原子量は $\text{H} = 1$ 、 $\text{C} = 12$ 、 $\text{O} = 16$ とする。

問6 植物によって土壌から吸収される水は、蒸散、光合成などの代謝活動および植物体の成長に消費される。蒸散以外に消費される水の量は、光合成に消費される水の量の10倍程度である。(i)このことと、問5(a)で計算した1日の蒸散量、問5(c)で計算した1日の光合成に使われる水の量から分かることは何か、簡潔に記述せよ。(ii)このことと図4を参考に、植物が蒸散により排出する水の、植物体にとっての役割について考えられることを、100字以内で記述せよ。

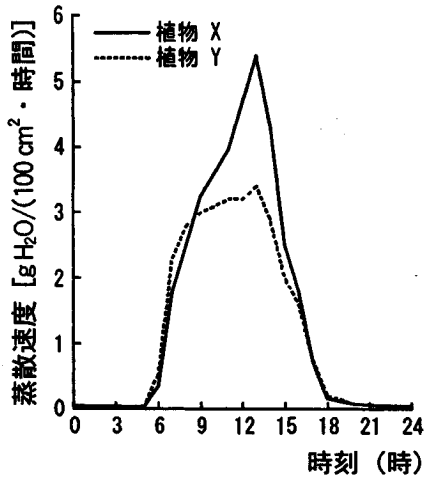


図 2

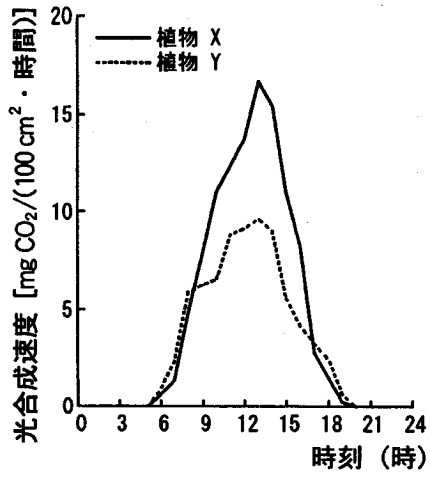


図 3

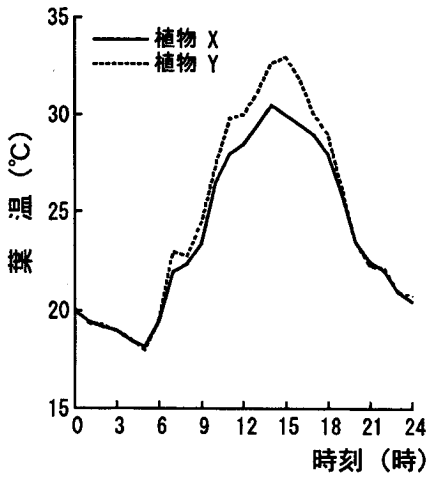


図 4

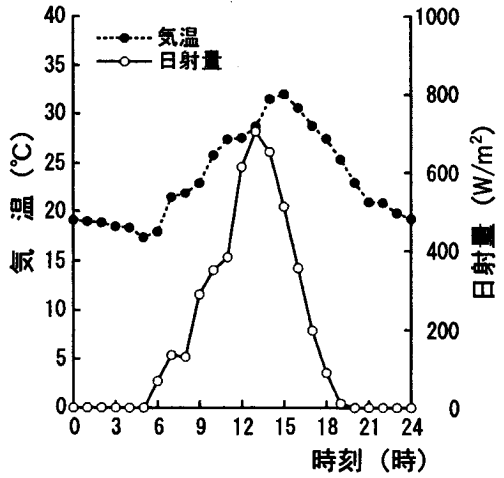


図 5

生物問題は、このページで終わりである。