

2017年度

M_b 生 物 問 題

注 意

1. 試験開始の指示があるまでこの問題冊子を開いてはいけません。
2. 解答用紙はすべてHBの黒鉛筆またはHBの黒のシャープペンシルで記入することになっています。HBの黒鉛筆・消しゴムを忘れた人は監督に申し出てください。(万年筆・ボールペン・サインペンなどを使用してはいけません。)
3. この問題冊子は16ページまでとなっています。試験開始後、ただちにページ数を確認してください。なお、問題番号はI～Vとなっています。
4. 解答用紙にはすでに受験番号が記入されていますので、出席票の受験番号が、あなたの受験票の番号であるかどうかを確認し、出席票の氏名欄に氏名のみを記入してください。なお、出席票は切り離さないでください。
5. 解答は解答用紙の指定された解答欄に記入し、その他の部分には何も書いてはいけません。
6. 解答用紙を折り曲げたり、破ったり、傷つけたりしないように注意してください。
7. 計算には、この問題冊子の余白部分を使ってください。
8. この問題冊子は持ち帰ってください。

マーク・センス法についての注意

マーク・センス法とは、鉛筆でマークした部分を機械が直接よみとって採点する方法です。

1. マークは、下記の記入例のようにHBの黒鉛筆で枠の中をぬり残さず濃くぬりつぶしてください。
2. 1つのマーク欄には1つしかマークしてはいけません。
3. 訂正する場合は消しゴムでよく消し、消しきずはきれいに取り除いてください。

マーク記入例：

A	1	2	3	4	5
	○	○	●	○	○

 (3と解答する場合)

I. 次の文を読み、下記の設問1～7に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

ホルモンは生体内のある組織や細胞で合成されたあと分泌され、全身に拡散する。その後、特定の組織や器官に作用し、その働きを調節する。例えば、(イ)ホルモ¹⁾ンは、(ロ)に作用し(ロ)からの³⁾チロキシンの分泌を促す。チロキシンは、その濃度が高くなると間脳⁴⁾の(ハ)とその下に位置する(ニ)に働きかけ、(ホ)ホルモンと(イ)ホルモンの分泌をそれぞれ抑制する。すると、チロキシンの分泌は抑制されるようになる。チロキシン濃度が低下するとチロキシンの分泌を抑制する効果は薄れ、再びチロキシン濃度が高まる。このように、ある一連の過程を経て最終的に生じる結果が、もとの過程に作用して、結果の強さを弱める⁵⁾効果を負の(ヘ)という。

1. 文中の空所(イ)～(ヘ)それぞれにあてはまるもっとも適当な語句をしるせ。
2. 哺乳類において、文中の下線部1)のように細胞が作り出す物質を分泌する際には、内分泌腺と外分泌腺が働く。内分泌腺にはないが、外分泌腺にはある特有の構造は何か、その名称をしるせ。
3. 文中の下線部2)のように、ホルモンは血管を²⁾通って全身に拡散する。このような性質に基づいて最初に発見されたホルモンは何か、その名称をしるせ。
4. 文中の下線部3)に存在し、ホルモンが作用する細胞を総称して何と呼ぶか、その名称をしるせ。
5. 文中の下線部4)のチロキシンは全身の細胞に作用する。哺乳類の細胞ではチロキシンによってどのような生理応答が起こるか、1行で説明せよ。

6. 文中の下線部 5) のような仕組みは、生体内の様々な現象でも観察される。また、生物以外でも様々な機械や人間の生活の中で利用されている。文中の下線部 5) の仕組みが含まれるものを、次の a ~ f からすべて選び、その記号をしるせ。
- a. ある商店で商品 A の売れ行きがよくなかったので、翌日の A の仕入れ数を減らし、在庫が増えすぎないようにした。
 - b. ある貯水槽とその上流、下流につながる水路を考える。水があふれないように、ある水位以上になるとそれにセンサーが反応する。センサーが反応している間は、上流の水路が閉鎖される。
 - c. あるマラソン大会の参加者数が例年より非常に多かったため、安全面に問題が生じた。そこで、翌年の大会は、より広い道路をマラソンコースに選び、より多くの選手が参加できるようにした。
 - d. 遺伝子 X の産物は特定の遺伝子の発現を抑制するタンパク X をコードしており、タンパク質 X は時間とともに分解される。また、タンパク質 X は遺伝子 X の発現を抑制する。
 - e. 遺伝子 V、遺伝子 W はタンパク質 V、タンパク質 W をそれぞれコードしている。タンパク質 W はタンパク質 V の分解を促す。一方、タンパク質 V は遺伝子 V の転写を活性化する。
 - f. 温泉の湯船に常に源泉からのお湯をかけ流しているので、お湯の温度がほぼ一定に保たれる。
7. 文中の下線部 5) のような効果が観察される、ある多細胞生物 O を用いた次の実験 1・2 を行った。多細胞生物 O ではペプチドホルモン H1、H2 について次のような関係がある。細胞 P はホルモン H1 を合成する。細胞 Q はホルモン H1 を受容体 R1 により受容すると、それに応答してホルモン H2 を合成する。ホルモン H2 は様々な生理応答を引き起こすと同時に、細胞 P にも受容体 R2 を通じて受容される。その結果、細胞 P はホルモン H1 の合成を抑制する。

【実験 1】

多細胞生物 O のホルモン H1 または H2 の量が増減した変異体 m1 ~ m4 を単離した。それらの変異体と野生型を用いて、体液中のホルモン量を測定した。その結果が図 1 である。

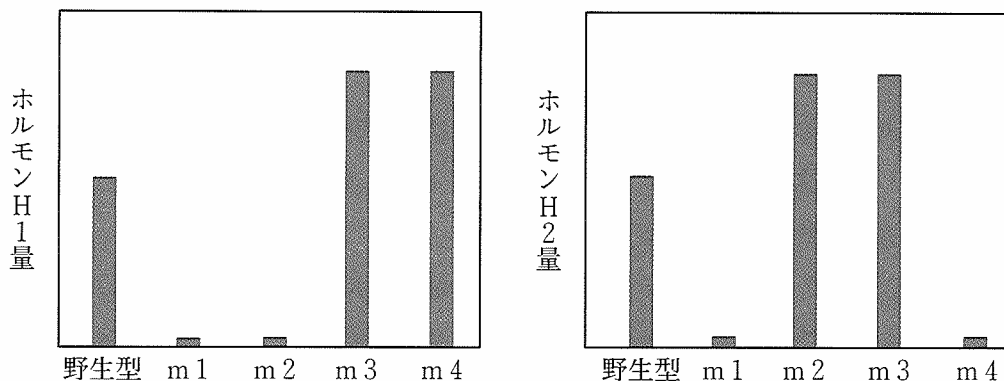


図1

【実験2】

野生型と変異体 m1 ~ m4 に人工的に合成したペプチドホルモン H1 を過剰に投与した。このとき、新しく合成されるペプチドホルモン H1 または H2 を標識するために放射性同位体を含むアミノ酸を投与した。野生型でホルモン H1 の効果が現れる時間まで待って、それぞれの系統から一定量の体液を採取した。その体液からホルモン H1, H2 を単離し、それらに含まれる放射線量を測定した。その結果が図2である。なお、アミノ酸の投与により、ペプチドホルモン H1, H2 の合成量や受容は影響を受けないものとする。

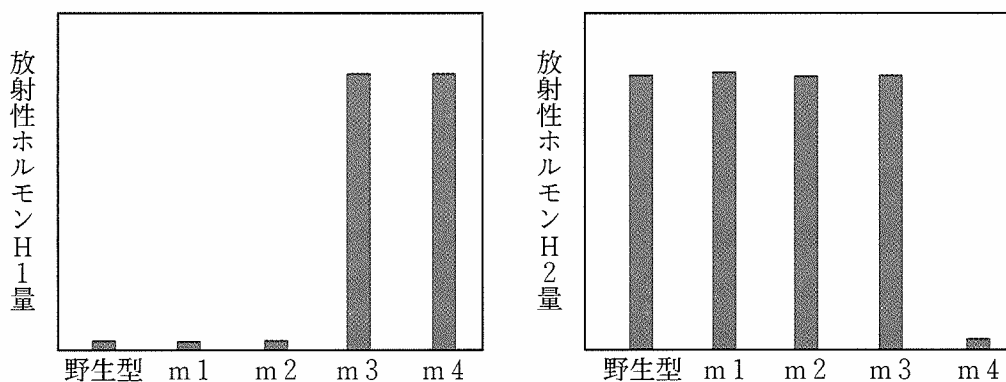


図2

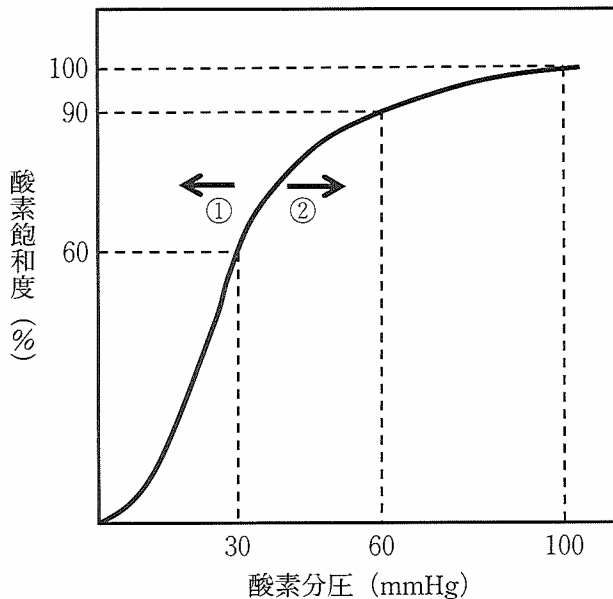
実験1 2の結果から考えられる変異体 m1 ~ m4 それぞれの説明として適当なものを、次の a ~ f から選び、その記号をしるせ。複数ある場合はすべてしるせ。

- a. ホルモン H1 を合成できない変異体である。
- b. ホルモン H2 を合成できない変異体である。
- c. ホルモン H1 の受容体 R1 を欠損する変異体である。
- d. ホルモン H2 の受容体 R2 を欠損する変異体である。
- e. 受容体 R1 がホルモン H1 の有無にかかわらず常に活性化状態になる変異体である。
- f. 受容体 R2 がホルモン H2 の有無にかかわらず常に活性化状態になる変異体である。

Ⅱ. 次の文を読み、下記の設問1～8に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

哺乳類の赤血球は酸素を運ぶ細胞として特殊化した細胞で、核やミトコンドリアをもたない扁平な形をしており、狭い毛細血管内であっても、形を変えて通過しやすい性質をもっている。扁平な形には、表面積を大きくして細胞内外への酸素の移動を起しやすくする利点がある。赤血球の内部には、ヘモグロビンと呼ばれる鉄をもったタンパク質が大量に含まれ、血液中のタンパク質の中ではもっとも多い成分である。ヘモグロビンは酸素と強く結合する性質をもつので、肺から他の体内の組織へ酸素を運搬し供給するうえで、大切な役割をしている。

ヘモグロビンが酸素と結合する力は、血液中の酸素や二酸化炭素の濃度によって大きく変化する。何%のヘモグロビンが酸素と結合しているかを示す数値を酸素飽和度と呼び、この値が、酸素分圧によってどのように変わるかを示した曲線を酸素解離曲線と呼ぶ。ヘモグロビンは、酸素消費の激しい組織で酸素をより多く離す性質がある。活発に酸素を消費する組織は二酸化炭素の生成が盛んでその濃度が高いため、血液は酸性に片寄る。この条件下では、酸素を含むヘモグロビンの割合を示す曲線は右方向に移動する。このようなヘモグロビンの性質によって、赤血球は活動の盛んな組織に効果的に酸素を供給することができる。



図

1. 文中の下線部 1) のように、真核細胞の内部で特定の機能を担い、生体膜で囲まれた構造体を総称して何と呼ぶか、その名称をしるせ。
2. 文中の下線部 2) について、酸素が肺から血液に拡散していく場所を何と呼ぶか、その名称をしるせ。
3. ミトコンドリアで酸素が消費される反応系を何と呼ぶか、その名称をしるせ。
4. 文中の下線部 3) について、酸素は最終的に何に変換されるか、その名称をしるせ。
5. 文中の下線部 4) の原因となる二酸化炭素に由来する物質名をしるせ。
6. 低体温になった場合、および、より高地の環境に適応した場合、酸素解離曲線は図の①あるいは②のどちらの方向に移動するか、その組み合わせとしてもっとも適当なものを、次の a ~ d から 1 つ選び、その記号をマークせよ。
 - a. 低体温①—高地①
 - b. 低体温①—高地②
 - c. 低体温②—高地①
 - d. 低体温②—高地②
7. 動脈血では、酸素分圧 95 mmHg、酸素飽和度が 95 %、静脈血では酸素分圧 40 mmHg、酸素飽和度 75 % であるとき、ヘモグロビンによって組織に供給される酸素は血液 100 ml あたり何 ml かをしるせ。ただし、すべてのヘモグロビンが酸素と結合すると、血液 100 ml あたり 20 ml の酸素を運ぶことができるものとする。
8. 血液 100 ml あたり 20 ml の酸素を運ぶためには、血液 100 ml あたり何 g のヘモグロビンが必要か、有効数字 3 桁でしるせ。ただし、ヘモグロビンの分子量を 66000、気体 1 mol の体積は 22.4 l とする。また、1 分子のヘモグロビンには 4 分子の酸素が結合できるものとする。

Ⅲ. 次の文を読み、下記の設問 1～8 に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

食物は、口、食道、胃、十二指腸、小腸、大腸と移動して行き、その間に消化管の運動による機械的消化を受けるとともに、唾液腺、胃、すい臓、胆のうから分泌される唾液、胃液、すい液、胆汁（胆液）の作用を受け、¹⁾吸収可能な物質に変換された後、小腸から吸収される。

食物に含まれる栄養素のうち、糖質には、グルコース、デンプン、スクロース、マルトース、ラクトース、フルクトースなどがあり、²⁾二糖類や多糖類は消化酵素の作用で単糖類に分解されてから小腸で吸収される。タンパク質は³⁾消化酵素でペプチドに切断され、さらにペプチダーゼによって構成単位のアミノ酸に分解されてから吸収される。脂肪は消化吸収された後、(イ)と(ロ)に分解され、(イ)は解糖系で、(ロ)はアセチル CoA に変換されてクエン酸回路で利用される。

1. 文中の下線部 1) について、次の問 i・ii に答えよ。
 - i. 唾液中に含まれるデンプンを分解する酵素、胃液に含まれるタンパク質を分解する酵素、およびすい液に含まれる脂肪を分解する酵素の名称をそれぞれしるせ。
 - ii. 胆汁に含まれる胆汁酸の機能を、1行で説明せよ。
2. 文中の下線部 2) の糖質のうち、消化酵素で分解されることなく小腸から吸収できる糖質はどれか、2つを選び、その名称をそれぞれしるせ。
3. 文中の下線部 3) の消化酵素について、弱アルカリ性の条件下で作用する酵素は何と呼ばれるか、その名称をしるせ。
4. 文中の空所(イ)・(ロ)それぞれにあてはまるもっとも適当な語句をしるせ。
5. 体内で利用されずに余ったグルコースは何につくり変えられて、どこに蓄えられるか、1行で説明せよ。

6. タンパク質の分解過程で生じる物質のうち、糖質や脂肪からは生じないものを、次の a～f から 1つ選び、その記号をマークせよ。

a. アンモニア

b. クエン酸

c. 二酸化炭素

d. 乳酸

e. ピルビン酸

f. リンゴ酸

7. 糖質、タンパク質、脂肪の分解に酵素が働くことで反応が進みやすくなる理由を、1行でしるせ。

8. 食物に含まれるタンパク質がその構成単位であるアミノ酸に分解されてから体内に吸収されるのはなぜか、食物が異種生物由来であることを踏まえて、1行でしるせ。

IV. 次の文を読み、下記の設問1～6に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

塩基配列で表される遺伝情報は、遺伝暗号表にしたがって翻訳され、タンパク質となる。遺伝暗号を解読したいと考え、大腸菌細胞抽出液より調製した試験管内タンパク質合成系を用いて、次の実験1～6を行った。なお、DNAおよびRNAの塩基配列は5′末端から3′末端の方向に示すこととする。また、この実験では開始コドンがなくてもランダムな位置からわずかなポリペプチドが合成されるものとする。

【実験1】

ウラシル (U) が100塩基つながった配列からなるRNAを用いて反応を行った。その結果、フェニルアラニンだけがつながったポリペプチドがわずかに生じた。

【実験2】

実験1で用いたRNAの13番目と15番目の塩基をそれぞれアデニン (A) とグアニン (G) にしたところ、メチオニンをアミノ末端 (N末端) とするポリペプチドが生じるようになった。

【実験3】

実験2で用いたRNAの1番目から10番目までの配列をランダムな塩基に置換したものを作成し、ポリペプチドの合成量増加を導くような配列を探索した。その結果、5′-AGGAGGA-3′を含む配列が、メチオニンをN末端とするポリペプチドの合成量を飛躍的に増加させる配列として見つかった。そして、この段階で合成されたポリペプチドのほぼすべてがメチオニンをN末端とするものとなっており、それ以外のポリペプチドは無視できるほど少なくなっていた。

【実験4】

実験3でメチオニンをN末端とするポリペプチドの合成量増加を導いたRNA配列をもとに、さらに調査を進めた。この配列の44番目と45番目塩基をともにアデニン (A) に置換したところ、合成されるポリペプチドのほぼすべてが、実験3で合成された主要なポリペプチドよりも短い、均一なサイズのポリペプチドとなった。

【実験5】

実験4で用いたRNAに、さらにウラシル (U) を1塩基挿入したところ、ロイシンとイソロイシンの順番で隣接する部分を1箇所もつポリペプチドが生じた。なお、この挿入部位にはウラシル (U) が隣接しており、また、挿入による開始コドン配列の変化はなかった。

【実験6】

実験4で用いたRNAからウラシル (U) を1塩基欠失させたところ、アスパラギンを1箇所ふくむポリペプチドが生じた。なお、この欠失による開始コドン配列の変化はなかった。

1. アミノ酸とコドンに関する次の問 i ~ iii に答えよ。
 - i. 一般的にタンパク質に含まれるアミノ酸は何種類あるか、その数をしるせ。
 - ii. 開始コドン、終止コドンを含め、コドンは全部で何種類あるか、その数をしるせ。
 - iii. もし遺伝情報として使用できる塩基が6種類であった場合、コドンは最大何種類まで拡張することが可能となるか、その数をしるせ。
2. 実験1で用いるRNAを試験管内転写反応によってDNAから作成することにした。このとき、次の問 i・ii に答えよ。
 - i. このDNAに関して、RNA合成の鋳型として使われる部分の塩基配列にはどのような特徴があるか、1行でしるせ。
 - ii. この反応に必要な酵素は何か、その名称をしるせ。
3. 実験3について、5'-AGGAGGA-3' からなる配列はある因子の結合配列として機能する、その因子の名称をしるせ。
4. 実験4において合成されたポリペプチドはいくつのアミノ酸からなるか、その数をしるせ。

5. 実験2から実験6までの結果から推測される①終止コドン, ②メチオニン, ③フェニルアラニン, ④ロイシン, ⑤イソロイシン, ⑥アスパラギン, それぞれに対応するコドンをしるせ。
6. 実験6では, 実験4で用いたRNAの塩基配列のどの領域に欠失が導入されたと考えられるか, その領域(～番目から～番目の領域)をしるせ。

V. 次の文を読み、下記の設問1～5に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

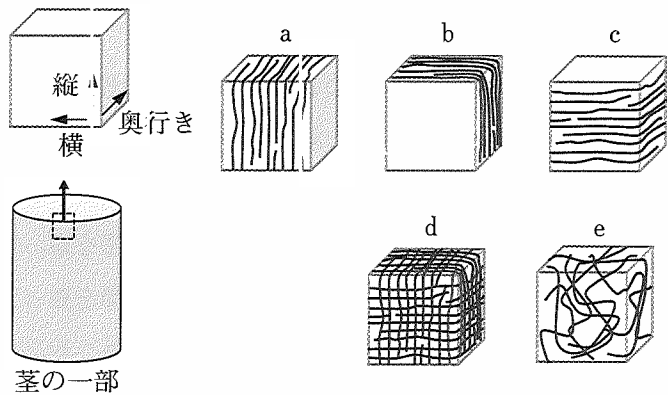
植物ホルモンには様々な種類があり、それぞれが特有の生理応答を引き起こす。例えば、ブラシノステロイドは細胞骨格の制御を通じて、草丈が高くなるように調節している。このとき、細胞骨格の並び方¹⁾に沿った形で細胞壁のセルロース繊維の並び方が決まる。ジベレリンもブラシノステロイドと同様に草丈を制御しているが、それ以外にもいくつかの生理現象を制御している。フロリゲンはシロイヌナズナでFTタンパク質として発見されている。

1. シロイヌナズナを含む被子植物の説明として正しくないものを、次のa～gからすべて選び、その記号をしるせ。

- a. $1n$ の細胞は卵細胞と精細胞のみである。
- b. $3n$ からなる組織を持つ発生段階がある。
- c. 維管束植物である。
- d. 種子植物である。
- e. 受精に植物体外の水を必要としない。
- f. 配偶体に相当する部分の方が孢子体に相当する部分よりも生活環が長い。
- g. 孢子で増える。

2. 文中の下線部1)の直径25 nm程度の細胞骨格の種類は何か、その名称をしるせ。

3. 右の図は、これから大きくなるとうとする植物の茎の表皮細胞を模式的に示したものである。この細胞は、図中の茎の点線で囲んだ部分から抜き出して示してある。さらに図a～eでは、細胞骨格を線で示している。ブラシノステロイドが作用した場合、文中の下線部1)の細胞骨格はどの



図

ように配置しているか、もっとも適当なものを、図のa～eから1つ選び、その記号を

しるせ。

4. 文中の下線部 2) のようなジベレリンが制御している生命現象のうちの 1 つを、10 字以内でしるせ。
5. シロイヌナズナの野生型を長日条件 (16 時間明条件, 8 時間暗条件), 短日条件 (8 時間明条件, 16 時間暗条件) で育て、花芽が形成されるまでに何枚の葉ができるかを測定し、その平均値を表 1 にまとめた。花芽形成までに形成される葉の枚数が多いほど、花成に時間がかかるものとする。このとき、次の問 i ~ iii に答えよ。

表 1

	野生型の葉の枚数
長日条件	10
短日条件	40

- i. シロイヌナズナの花成に関する性質としてもっとも適当なものを、次の a ~ e から 1 つ選び、その記号をしるせ。
- a. シロイヌナズナは短日条件で花成が促進されるので短日植物である。
 - b. シロイヌナズナは短日条件で花成が抑制されるので短日植物である。
 - c. シロイヌナズナは短日, 長日どちらの条件でも花成が起こるので中性植物である。
 - d. シロイヌナズナは長日条件で花成が促進されるので長日植物である。
 - e. シロイヌナズナは長日条件で花成が抑制されるので長日植物である。
- ii. シロイヌナズナの FT タンパク質の性質としてもっとも適当なものを、次の a ~ g から 1 つ選び、その記号をしるせ。
- a. FT は茎頂で合成されたあと、細胞外へ放出され葉に運ばれる。
 - b. FT は茎頂で合成されたあと、師部を通過して葉に運ばれる。
 - c. FT は茎頂で合成されたあと、木部を通過して葉に運ばれる。
 - d. FT は葉で合成されたあと、細胞外へ放出され茎頂に運ばれる。
 - e. FT は葉で合成されたあと、師部を通過して茎頂に運ばれる。
 - f. FT は葉で合成されたあと、木部を通過して茎頂に運ばれる。
 - g. FT は全身で合成される。

iii. シロイヌナズナの FT 遺伝子の機能を喪失した *ft* 変異体のホモ接合体と、遅咲きになる変異体 *g* のホモ接合体を交配し F1 系統を得た。その F1 系統を長日条件で育て、花芽が形成されるまでに何枚の葉ができるかを測定し、その平均値を表 2 にまとめた。これらの F1 を自家受粉させて得られる F2 系統についても個体ごとに葉の枚数を測定し、表 3 にまとめた。表 3 の遅咲きになった系統を 1 個体選び、自家受粉させ F3 種子を得た。また、このとき同時に、この遅咲き個体に *ft* あるいは *g* と交配した F1 種子を得た。これらの種子を蒔いて花成までに作った葉の枚数を調べると、すべて同程度に遅咲きであった。なお、FT の野生型遺伝子は FT、変異型対立遺伝子は *ft* と表し、同様に、G の野生型遺伝子は G、変異型対立遺伝子は *g* と表すこととする。このとき、次の問①・②に答えよ。

表 2

	野生型	<i>ft</i> 変異体	変異体 <i>g</i>	<i>ft</i> と <i>g</i> の F1
葉の枚数	10	25	25	10

表 3

葉の枚数	8 ~ 12	13 ~ 17	18 ~ 22	23 ~ 27
F2 の個体数	5625	0	0	4375

- ① iii の文中の下線部 3) で選ばれた個体の遺伝子型をしるせ。
- ② 表 3 の F2 のうち、遅咲きになる個体の遺伝子型をすべてしるせ。

【以下余白】