

2013年度

U_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20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、消しきら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1～5に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

脊椎動物の体液は、血管内を流れる血液と、リンパ管内の（イ）と、組織や細胞の間にある（ロ）に分けられる。血液は赤血球、白血球、血小板などの有形成分と液体成分¹⁾である血しょうからなる。脊椎動物の血管系は、エラや肺といった呼吸器官と協調し、心臓がポンプの役割をはたし、効率よく酸素や二酸化炭素などを運搬できる構造²⁾となっている。血管からしみ出した血液は細胞に酸素と栄養分を与え、大部分は毛細血管にもどるが、一部はリンパ管に入り（イ）となる。（イ）中に見られるリンパ球は白血球の一種で、生体防御に働く。

病原体が体内に侵入すると、まず、白血球の一種であるマクロファージがこれを取り込み分解する。マクロファージは病原体を抗原として認識し、その一部を細胞表面に出す。この反応は（ハ）と呼ばれる。その後は小型の白血球であるT細胞とB細胞³⁾が抗原の無毒化に働く。まず、この抗原と相補的な結合部位を細胞表面にもつT細胞が接着する。抗原と結合したT細胞は（ニ）とよばれる物質を放出する。この物質は、その抗原に対する受容体をもつB細胞に対して、抗体をつくるように刺激する。刺激されたB細胞は増殖・分化して抗体を産生するため、この抗体と抗原が特異的に結合して抗原抗体反応⁴⁾が起こる。

B細胞によってつくられる抗体は（ホ）というY字状をしたタンパク質で、2本のH鎖と2本のL鎖がS-S結合により連結した4本のポリペプチドからなる（図1）。H鎖のアミノ酸配列を指定する遺伝子は4つの領域から構成されていて、V領域、D領域、J領域は成熟したB細胞ごとに異なるが、残りの部分は共通のアミノ酸配列を指定している。同様に、L鎖を指定する遺伝子においても、V領域とJ領域はB細胞ごとに異なる

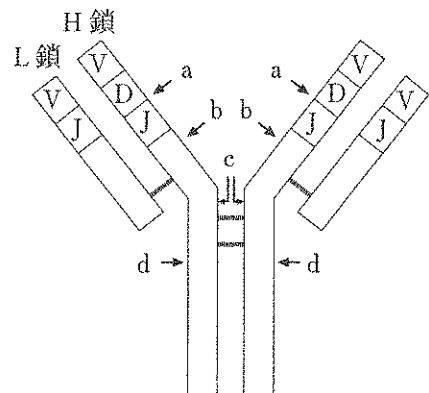


図1

が残りの部分は共通である。その結果、Y字状に開いた側の先端部はアミノ酸配列が変化に富んでいて、（ヘ）と呼ばれ、この先端部の立体構造の違いによって、抗体タンパク質は抗原と特異的に結合する。（ヘ）より内側（Y字状タンパク質の基部側）の領域は同じアミノ酸配列をもち、（ト）と呼ばれる。Y字状の抗体には（ヘ）が2ヶ所あるため、1分子の抗体は同時に2分子の抗原と結合することができ、抗原が集まって巨大な複合体を形成する。こうした抗原と抗体の複合体形成により病原体は無毒化される。

1. 文中の空所(イ)～(ト)それぞれにあてはまるもっとも適切な語句をしるせ。
2. 文中の下線部 1) は血液に含まれる有形成分を示している。このうち、血小板は出血時に凝固因子を放出して血液を凝固し、傷口をふさぐ働きをする。血小板から放出された凝固因子により形成される繊維状のタンパク質は何と呼ばれるか、また、繊維状のタンパク質が血球をからめてできた凝固物は何と呼ばれるか、その名称をそれぞれしるせ。
3. 文中の下線部 2) について、心臓による血液の運搬経路は、脊椎動物の場合、動脈と静脈の間が毛細血管でつながる閉鎖血管系である。血管系と心臓に関する次の問 i ～ iv に答えよ。
 - i. 酸素を多く含む静脈の名称をしるせ。
 - ii. 栄養分を多く含む静脈の名称をしるせ。
 - iii. リンパ管とつながる静脈の名称をしるせ。
 - iv. 両生類の心臓は 2 心房 1 心室であるのに対して、ほ乳類の心臓は 2 心房 2 心室の構造をもっている。両生類の心臓と比較し、ほ乳類の心臓が備える機能上の利点を 1 行でしるせ。

4. 文中の下線部 3) の T 細胞と B 細胞は生体の特定器官について生成、成熟・分化する。このとき、次の問 i ～ iii に答えよ。

- i. 図 2 中の a ～ d の免疫担当器官の名称をそれぞれしるせ。
- ii. T 細胞と B 細胞が生成される器官を、図 2 中の a ～ d から 1 つ選び、その記号をマークせよ。
- iii. T 細胞が成熟する器官を、図 2 中の a ～ d から 1 つ選び、その記号をマークせよ。

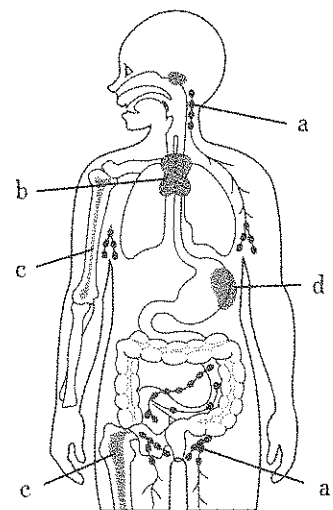


図 2

5. 文中の下線部 4) における抗原抗体反応について、次の問 i ～ iii に答えよ。
 - i. S-S 結合を切る薬剤で処理した抗体タンパク質は L 鎖 2 本と H 鎖 2 本になり、抗原との結合能力が失われた。抗原と結合できなくなった理由を 1 行でしるせ。

- ii. 抗体をタンパク質分解酵素であるパパインで消化すると、抗体はH鎖の1ヶ所で切断されることがわかった。消化後の抗体は抗原結合能力を保持していたが、同時に2分子の抗原と結合する能力は失われてしまった。パパインが切断すると予想される抗体の位置を、図1中のa～dから1つ選び、その記号をマークせよ。
- iii. 抗体をペプシンで消化した場合にも、抗体はH鎖の1ヶ所で切断が起こることがわかった。消化後の抗体は抗原結合能力を保持しており、同時に2分子の抗原と結合することもできた。ペプシンが切断すると予想される抗体の位置を、図1中のa～dから1つ選び、その記号をマークせよ。

II. 次の文を読み、下記の設問1～3に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

細胞膜は完全な半透膜ではなく、水分子以外にもいくつかの物質を通す。細胞膜がどの物質を通すかは、細胞の種類や状態によって異なる。このように、細胞膜が特定の物質を選んで透過させる性質を選択的透過性という。ある物質の濃度が細胞膜の内外で異なっている場合、この物質は細胞膜を¹⁾通って、濃度の高い方から低い方へ拡散しようとする。たとえば、生きている細胞は、その呼吸によって細胞内部の酸素が消費され、二酸化炭素が増える。その結果、酸素濃度の高い細胞の外から酸素を取り込み、濃度が高くなった二酸化炭素は細胞の外へ出て行く。これらの物質の移動は、濃度差による拡散に伴って物質が細胞膜を透過することにより行われる。²⁾その一方で、細胞はエネルギーを使って特定の物質を積極的に移動させることも行っている。たとえば、赤血球の細胞内外におけるナトリウムイオン (Na^+) とカリウムイオン (K^+) の濃度を調べると、表1のようになる。赤血球細胞の内側と外側ではイオン濃度が異なった状態で維持されていることがわかる。これは、赤血球の細胞膜が、これらの物質をエネルギーを使って低濃度の側から高濃度の側へ積極的に移動させているからである。³⁾

	細胞内	細胞外
Na^+	2	140
K^+	155	4.5

表1：数字は相対値を示している

1. 文中の下線部1)の選択的透過性について、次の実験を行った。

3本の試験管に蒸留水をいっぱいに入れ、そこに半透膜を通過できないフェノールフタレイン液を数滴加え、試験管の口をラップフィルム、ろ紙、セロハン膜でそれぞれおおい、輪ゴムでしばった。試験管を上下逆さにし、輪ゴムでしばった試験管の口を、5%アンモニア水の入ったビーカーの中に入れ、試験管とビーカーの液の色の変化を観察した。

このとき、フェノールフタレインがアンモニアと反応して赤くなった溶液を、次のa～fからすべて選び、その記号をしるせ。

- a. ラップフィルムで口をふさいだ試験管の溶液
- b. ラップフィルムをつけた試験管を入れたビーカーの溶液
- c. ろ紙で口をふさいだ試験管の溶液
- d. ろ紙をつけた試験管を入れたビーカーの溶液
- e. セロハン膜で口をふさいだ試験管の溶液
- f. セロハン膜をつけた試験管を入れたビーカーの溶液

2. 文中の下線部 2) の現象を何と呼ぶか、その名称をしるせ。

3. 文中の下線部 3) に関する次の問 i ~ iii に答えよ。

i. この働きを何と呼ぶか、その名称をしるせ。

ii. この働きを詳しく調べるために、ヒトの赤血球を生理的塩類溶液に入れて実験を行った。このとき、次の問①~③に答えよ。

① 生理的塩類溶液の濃度を間違えて低張液に赤血球を入れたところ、赤血球は大きく膨れ、破裂した。この現象を何と呼ぶか、その名称をしるせ。

② 赤血球を等張液に入れて一定時間放置すると、表 1 のイオン濃度にはどのような変化が予想されるか、その説明としてもっとも適当なものを、次の a ~ f から 1 つ選び、その記号をマークせよ。

a. K^+ と Na^+ の濃度差がともに減少する。

b. K^+ と Na^+ の濃度差がともに増大する。

c. Na^+ の濃度差は変わらなかったが、 K^+ の濃度差が減少する。

d. Na^+ の濃度差は変わらなかったが、 K^+ の濃度差が増大する。

e. K^+ の濃度差は変わらなかったが、 Na^+ の濃度差が減少する。

f. K^+ の濃度差は変わらなかったが、 Na^+ の濃度差が増大する。

③ ②の変化が起きた後に、赤血球内に物質 X を注入したところ、赤血球の細胞の内側と外側のイオン濃度は表 1 の値に近い状態まで戻った。この物質 X は何か、その名称をしるせ。

iii. この働きは、腎臓の尿形成にもみられる。図 1 はヒトの腎臓の模式図、表 2 は血しょう、原尿、尿に含まれる各物質の濃度を示したものである。イヌリンは、ろ過されるがヒトの体内へ再吸収されることがない多糖類である。ヒトは 1 日に 1.5 l の尿を生成するとして、次の問①~⑥に答えよ。

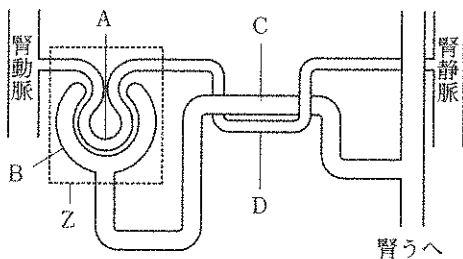


図 1

成分	血しょう (mg/ml)	原尿 (mg/ml)	尿 (mg/ml)
タンパク質	72	0	0
グルコース	1.2	1.2	0
ナトリウム	3	3	3.4
カルシウム	0.08	0.08	0.14
尿素	0.3	0.3	20
クレアチニン	0.01	0.01	0.75
イヌリン	0.1	0.1	12

表 2

- ① 図1中のA, B, およびAとBを含めたZの名称を, それぞれをしるせ。
- ② 図1中のCに働きかけてCからDへナトリウムの再吸収を促進するホルモンの名称をしるせ。
- ③ 表2の数値からイヌリンの濃縮率を求めよ。
- ④ 1日にこし出された原尿の量は何lか求めよ。
- ⑤ 1日に再吸収されたグルコースの量は何gか求めよ。
- ⑥ 1日にこし出された尿素の何%が再吸収されるか, 小数点以下は切り捨て整数でしるせ。

Ⅲ。 次の文を読み、下記の設問1～4に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

タンパク質を合成するために必要な遺伝情報は遺伝子としてDNAに書き込まれている。多くの遺伝子は常に発現しているわけではなく、状況に応じて発現する遺伝子の種類や発現レベルが調節されている。このような調節は遺伝子の転写の段階で行われることが多く、原核生物においては、調節タンパク質とこれが結合するオペレーターと呼ばれるDNA領域が重要な役割を果たしている。オペレーターはプロモーターに隣接している例が多い。大腸菌におけるこのような調節の例を2つ見てみよう。¹⁾

【ラクトース代謝における転写調節 (図1)】

培地に炭素栄養源としてラクトースだけが存在する場合、これを分解する酵素が作られる。この調節は次のように行われる。ラクトースがない培地で生育している大腸菌においては、ラクトース分解酵素遺伝子ZのオペレーターO_Zに調節タンパク質が結合し、その結果、遺伝子ZのプロモーターP_Zからの転写は抑制されている。培地にラクトースを加えると、ラクトースが構造変化して生じた誘導物質が調節タンパク質に結合する。すると、調節タンパク質はオペレーターO_Zに対する結合能力がなくなり、遺伝子Zの転写が起こるようになる。調節タンパク質の遺伝子Iは、遺伝子Zとは別の場所にあり、プロモーターP_Iから常に転写されている。²⁾

【トリプトファン合成における転写調節 (図2)】

トリプトファンはアミノ酸の一種であるが、培地にトリプトファンが大量に存在するとトリプトファン合成酵素は作られなくなる。この調節は次のように行われる。トリプトファンがない培地で生育している大腸菌においては、トリプトファン合成酵素遺伝子EのオペレーターO_Eに調節タンパク質が結合できず、その結果、遺伝子EのプロモーターP_Eからの転写が起こる。培地にトリプトファンを大量に加えると、トリプトファンが調節タンパク質に結合する。すると、調節タンパク質はオペレーターO_Eに対して結合できるようになり、遺伝子Eの転写が抑制されるようになる。調節タンパク質の遺伝子Rは、遺伝子Eとは別の場所にあり、プロモーターP_Rから常に転写されている。³⁾

ラクトースがない条件で生育している大腸菌に途中でラクトースを与えた場合の調節タンパク質遺伝子Iとラクトース分解酵素遺伝子Zの転写速度の時間変化を図3に、トリプトファンがない条件で生育している大腸菌に途中でトリプトファンを与えた場合の調節タ

ンパク質遺伝子 R とトリプトファン合成酵素 E の転写速度の時間変化を図 4 に示す。

図 1

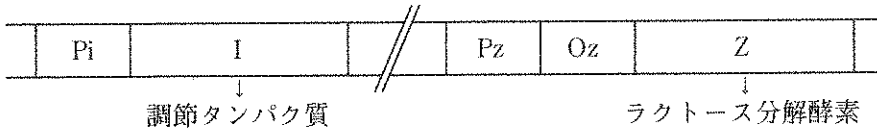


図 2

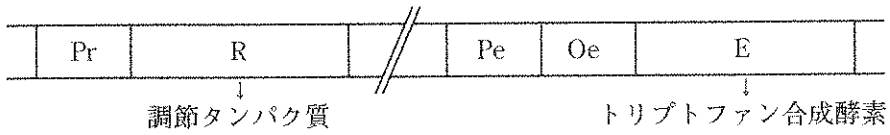


図 3

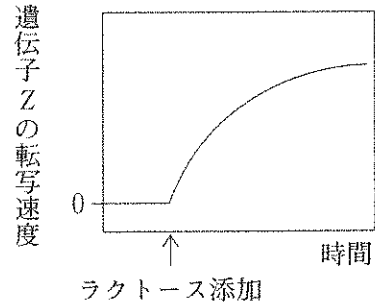
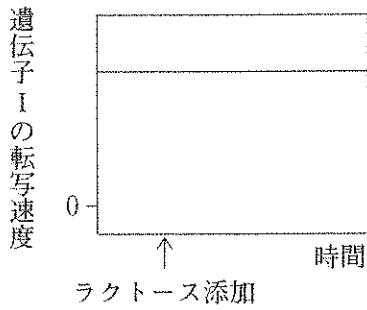
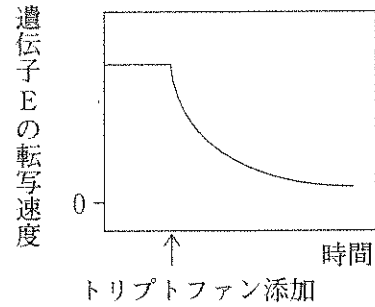
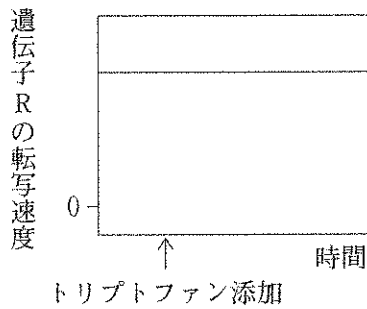


図 4

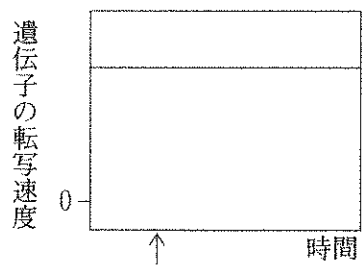


1. 文中の下線部 1) のプロモーターに結合する酵素は何と呼ばれるか、その名称をしるせ。
2. 文中の下線部 2) のように転写を抑制する調節タンパク質は何と呼ばれるか、その名称をしるせ。
3. 文中の下線部 3) に関する次の記述 a ~ g のうち、正しくないものを 1 つ選び、その記号をマークせよ。
 - a. アルギニンもヒスチジンもアミノ酸である。
 - b. アミノ酸は一般的にカルボキシル基とアミノ基を持つ。
 - c. タンパク質の合成において、ペプチド結合ができる際には水が 1 分子除かれる。
 - d. ヒトもイネもタンパク質を構成するための 20 種類のアミノ酸のうち、いくつかは体内で合成できない。
 - e. アミノ酸の側鎖はタンパク質の二次構造だけでなく、三次構造の形成にも重要な役割を果たす。
 - f. クロロフィルはアミノ酸の一種を材料にして合成される。
 - g. 体内でアミノ酸が分解されるとアンモニアが生じるが、アンモニアは有害なので、より毒性の弱い物質（ほ乳類では尿素、ほ虫類では尿酸）に変換されたり、グルタミン酸に取り込まれてグルタミンに変換されたりする。
4. 図 1・2 に示した遺伝子を両方とも持っている野生型の大腸菌の DNA に、次のア ~ ウのような変異を導入した。
 - ア. PeOe 配列を PzOz 配列に置き換える。
 - イ. Pi 配列を PeOe 配列に置き換える。
 - ウ. Pr 配列を PzOz 配列に置き換える。

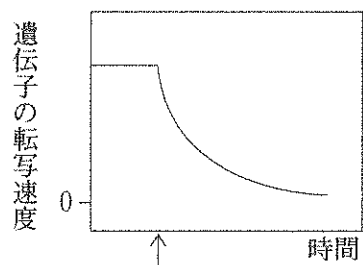
上記ア ~ ウについて、ラクトースもトリプトファンもない条件で生育しているこれらの変異型大腸菌に途中で、ラクトースを与えた場合、トリプトファンを与えた場合それぞれの、①ラクトース分解酵素遺伝子 Z、②トリプトファン合成酵素遺伝子 E の転写速度の時間変化のグラフの概形を、次の a ~ d からそれぞれ 1 つずつ選び、その記号をマークせよ。ただし、グラフでは、縦軸は各酵素遺伝子の転写速度を、横軸は時間を示し、矢印の時点でラクトースまたはトリプトファンを加えたことを示す。同じグラフを何度選んでもかまわない。なお、両遺伝子ともに、文中に述べてあるような調節タンパク質による調節以外にも、別の種類の調節を受けることが知られているが、それらの別の調節

はここでは考えないものとする。

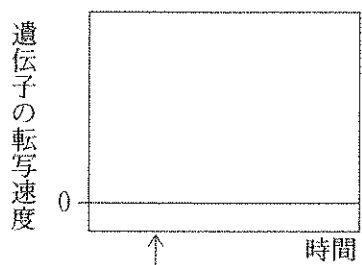
a.



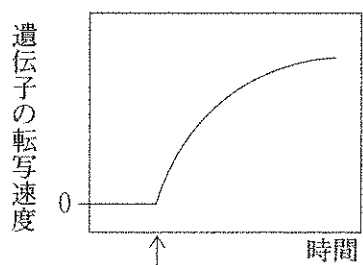
b.



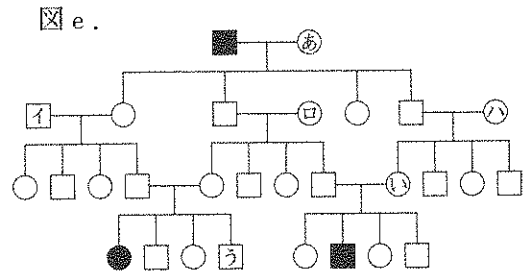
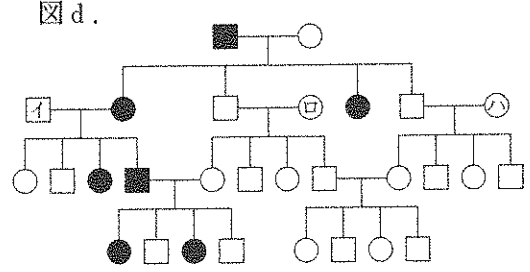
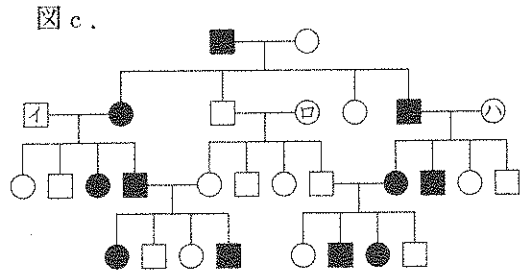
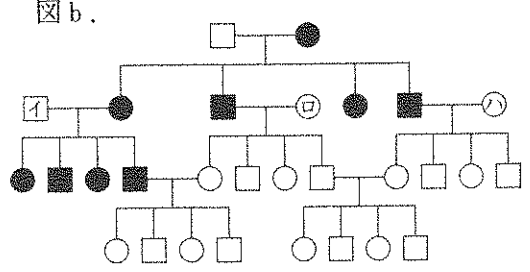
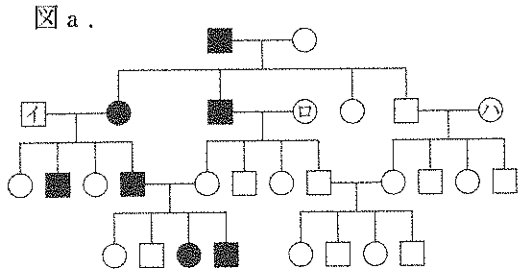
c.



d.



IV. 次の図 a ~ e は遺伝性疾患を発症している患者の家系図である。□と■は男、○と●は女を、□と○は遺伝性疾患を発症していない人を、■と●は患者を表す。なお、イ~ハはこれらの遺伝性疾患の保因者ではないものとし、新たに変異を起こした人はいなかったものとする。これについて、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。



1. 次の①～③の遺伝形式を表すもっとも適当な家系図はどれか。図 a ～ e からそれぞれ 1 つずつ選び、その記号をしるせ。
 - ① 伴性優性遺伝
 - ② 伴性劣性遺伝
 - ③ 細胞質遺伝 (核染色体以外の細胞質に存在する遺伝因子による遺伝)

2. 図 a ～ e の中で、常染色体優性遺伝の可能性が捨てきれない家系図はどれか、その記号をすべてしるせ。

3. 図 e の家系図に関する次の問 i ・ ii に答えよ。ただし、正常な遺伝子を A、疾患に関わる遺伝子を a とする。
 - i. ㉞ ・ ㉟ それぞれの遺伝子型として考えられるものを、すべてしるせ。
 - ii. ㉡ の遺伝子型が AA である確率を分数でしるせ。

4. ヒトの細胞質遺伝に関わる細胞小器官の名称をしるせ。

5. 一般的に、伴性劣性遺伝の遺伝性疾患の発症者は男性に多い。その理由を 1 行でしるせ。

V. 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。

東南アジアのデルタ地帯では、毎年、雨期になると河川が氾濫し長期間にわたって大規模な洪水が発生する。このような環境下では、通常の栽培イネは水没して死んでしまう。「浮きイネ」と呼ばれるイネは、水位の上昇に合わせて、茎の節の間の部分（節間）の長さを急激に伸長させることができる。その結果、すばやい草丈の伸長が起こり、植物体全体が水没することを免れ、このような環境でも生き延びることができる。

浮きイネが示す急激な節間伸長に関して、次の実験1～4を行った。すべての実験はイネの成長に適した光条件で行った。

【実験1】

根だけ水に浸した条件で栽培した浮イネの植物体（全長約100 cm）を、下から60 cmまで水に浸るような容器に移した（この時点を目0日目とする）。このような状態にすることを、以降では、イネを「冠水させる」と表現する。2日目以降、1日あたり10 cmずつ水位を上げていき（図1 a）、イネの茎の水没している部分にある節の間の長さ（節間長）を毎日測定した（図1 b、実線）。また水没している節間の空気で満たされた部分のエチレン濃度を測定した（図1 c、実線）。対照実験として、冠水させずに栽培した植物体についても同様の測定を行った（図1 b・1 c、破線）。

【実験2】

冠水させずに栽培していた浮イネの植物体（全長約100 cm）を、下から60 cmまで水に浸るように、次の4種類の容器にそれぞれ移した（この時点を目0日目とする）。

- ①細胞内でのエチレンの合成を阻害する薬剤Xを含む水
- ②薬剤Xとエチレン合成の前駆体Pを含む水
- ③薬剤Xとエチレン合成の前駆体Qを含む水
- ④何も含まない水

これらの植物体を2日間栽培し、水没している部分の節間長の増加率を求めた（表1）。

【実験3】

冠水させずに栽培していた浮イネの植物体を密閉した容器に入れ、容器中の空気を0.4 $\mu\text{l/l}$ のエチレンを含む空気に置換し（この時点を目0日目とする）、節間長を毎日測定した（図2、実線）。対照実験として、エチレンを含まない通常の空気のままで栽培し

た植物体の節間長を測定した (図2, 破線)。

【実験4】

エチレンによる節間の伸長と、イネの成長を効率的に増大させるジベレリンとの関係を調べるために、冠水させずに栽培していた浮イネの植物体の節間を含む茎の切片に各種濃度のジベレリンを与え、 $1\mu\text{l/l}$ のエチレンを含む空気 (図3, 実線) とエチレンを含まない通常の空气中 (図3, 破線) でそれぞれ3日間置き、節間長の増加を測定した。なお、実験に用いた植物体には、細胞内でのジベレリンの合成を阻害する薬剤をあらかじめ与えてあり、その効果は実験中も持続しているものとする。

図1

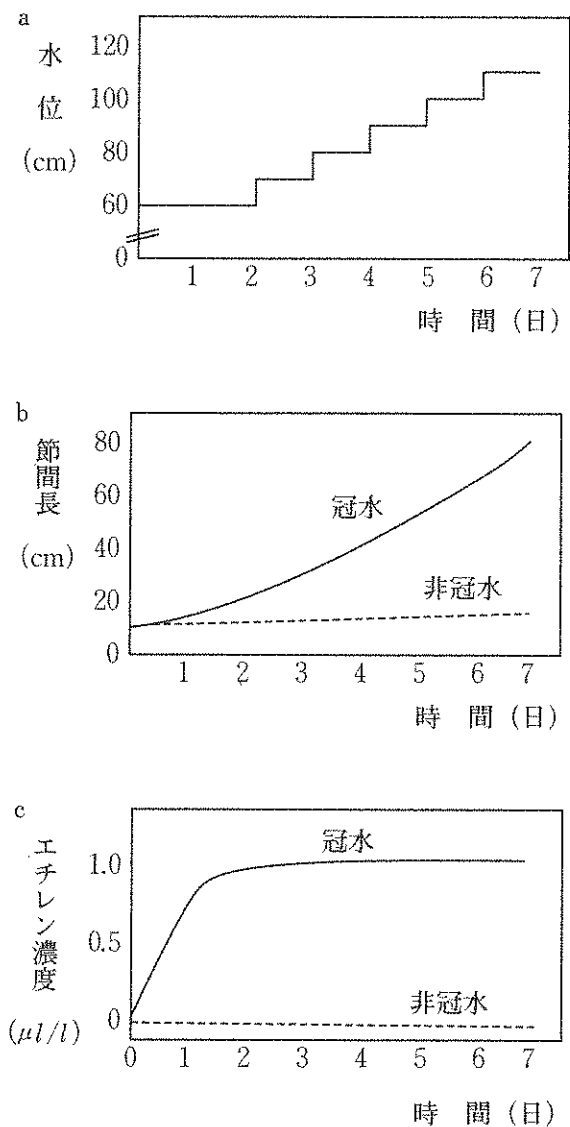


表 1

容器中の水	節間長の増加率 (%)
①	0.5
②	33.0
③	1.0
④	30.0

図 2

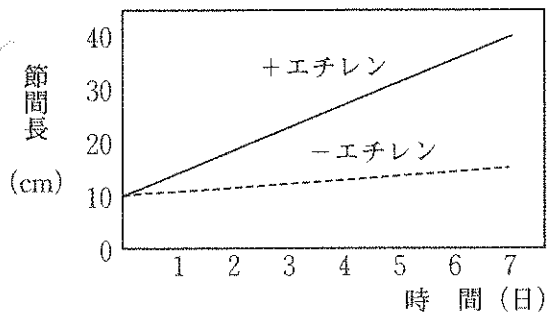
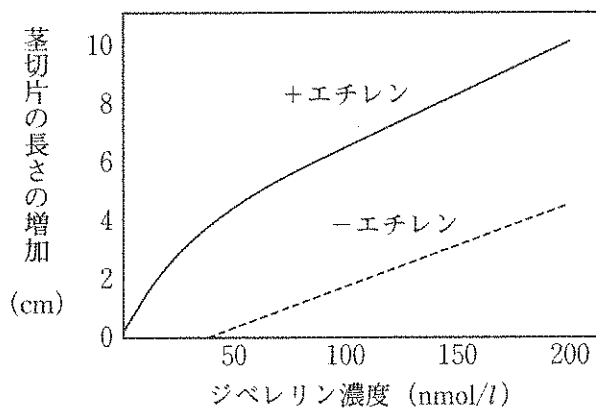


図 3

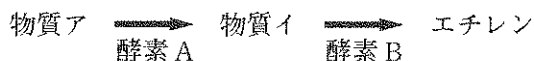


1. 文中の下線部について、なぜ通常の栽培イネは水没して死んでしまうのか、その理由を 10 字以内でしるせ。

2. 実験 1～3 の結果から導かれる結論として正しいものを、次の a～f からすべて選び、その記号をしるせ。順序は問わない。
 - a. 冠水すると節間の空隙のエチレン濃度が上昇する。
 - b. 冠水すると節間の空隙の酸素濃度が上昇する。
 - c. 水位が上昇しても植物体の上部は常に水面よりも上にある。
 - d. 節間が伸長すると節間の空隙のエチレン濃度が上昇する。

- e. 節間が伸長すると節間の空隙の酸素濃度が上昇する。
- f. 節間の伸長のためには、節間空隙のエチレン濃度の上昇だけでなく、節間が冠水することが必要である。

3. 細胞内でのエチレンの合成経路を次に示す。このとき、下記の間 i・ii に答えよ。



- i. 実験 2 で使った前駆体 P・Q はそれぞれ、物質アまたはイのいずれかに該当する。前駆体 P は物質ア・イのどちらかに該当するのかをしるせ。
 - ii. 実験 2 で使った薬剤 X が阻害する酵素は、酵素 A と酵素 B のうちどちらかをしるせ。
4. 実験 4 の結果から考えられるものを、次の a～j から 3 つ選び、その記号をしるせ。順序は問わない。
- a. エチレンの存在下でのみ、ジベレリンは節間伸長の効果を示す。
 - b. ジベレリンの存在下でのみ、エチレンは節間伸長の効果を示す。
 - c. エチレンはジベレリンの合成を促進する。
 - d. エチレンはジベレリンの合成を抑制する。
 - e. エチレンはジベレリンの活性を高める。
 - f. エチレンはジベレリンの活性を低下させる。
 - g. ジベレリンはエチレンの分解を促進する。
 - h. ジベレリンはエチレンの分解を抑制する。
 - i. エチレンは、イネのジベレリンに対する感受性を増大させる。
 - j. エチレンは、イネのジベレリンに対する感受性を減少させる。

5. 植物ホルモンとしてのエチレンの特徴の 1 つは気体であることがあげられる。この特徴がよく表れているエチレンのもたらす作用の具体例を、1 行でしるせ。

6. 冠水により伸長し、水中から空気中に出た節間の伸長はどのようになると考えられるか。エチレンが気体であること、水中と空気中でのエチレンの拡散速度の違いに注意して、2 行以内で説明せよ。なお、植物体内でのエチレンの合成速度は、冠水している状態と冠水していない状態では変わらないものとする。

【以下余白】