

## Y 3 物理      Y 4 化学      Y 5 生物

この冊子は、**物理**、**化学** 及び **生物** の問題を 1 冊にまとめてあります。

数学科は、物理または化学のどちらかを選択

物理学科は物理指定

情報科学科、応用生物科学科及び経営工学科は、物理、化学、生物のいずれかを選択

物理の問題は、1 ページより 18 ページまであります。  
化学の問題は、19 ページより 29 ページまであります。  
生物の問題は、30 ページより 59 ページまであります。

### 〔注 意〕

- (1) 試験開始の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
- (2) 監督者から受験番号等記入の指示があったら、解答用マークシートに受験番号と氏名を記入し、さらに受験番号をマークしてください。
- (3) 解答は、所定の解答用マークシートにマークしたもののだけが採点されます。
- (4) 解答用マークシートについて
  - ① 解答用マークシートは、絶対に折り曲げてはいけません。
  - ② マークには黒鉛筆(HBまたはB)を使用してください。  
指定の黒鉛筆以外でマークした場合、採点できないことがあります。
  - ③ 誤ってマークした場合は、消しゴムで丁寧に消し、消しくずを完全に取り除いたうえ、新たにマークしてください。
  - ④ 解答欄のマークは、横 1 行について 1 箇所に限ります。  
2 箇所以上マークすると採点されません。  
あいまいなマークは無効となるので、はっきりマークしてください。
  - ⑤ 解答用マークシートに記載されている解答上の注意事項を、必ず読んでから解答してください。
- (5) 試験開始の指示があったら、初めに問題冊子のページ数を確認してください。  
ページの落丁・乱丁、印刷不鮮明等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- (6) 問題冊子は、試験終了後、持ち帰ってください。





## 生 物

- 1** 細胞膜や細胞小器官などの生体膜を介した物質輸送に関する問題(1)～(3)に答えなさい。解答はそれぞれの指示に従って**解答用マークシート**の所定欄にマークしなさい(番号の中の0という数字も必ずマークすること)。(26点)

(1) 次の問題(a)～(d)に答えなさい。

(a) 多くの動物細胞では、細胞膜を境にして外側と内側でイオンの濃度に差(勾配)がある。細胞内外の $\text{Na}^+$ と $\text{K}^+$ の濃度勾配を生み出すしくみに、イオン輸送タンパク質の一種であるナトリウムポンプが関係している。次の①～⑦の中から、ナトリウムポンプについて正しい記述をすべて含むものを**解答群A**から一つ選び、その番号をマークしなさい。

- ① 細胞内の $\text{Na}^+$ と $\text{K}^+$ を細胞外へ輸送する。
- ② 細胞外の $\text{Na}^+$ と $\text{K}^+$ を細胞内へ輸送する。
- ③ 細胞内外の $\text{K}^+$ の濃度勾配を利用し、 $\text{Na}^+$ を輸送する。
- ④ 細胞内外の $\text{Na}^+$ の濃度勾配を利用し、 $\text{K}^+$ を輸送する。
- ⑤ 細胞外のATPを利用し、濃度勾配に逆らって $\text{Na}^+$ を輸送する。
- ⑥ 細胞内のATPを利用し、濃度勾配に逆らって $\text{K}^+$ を輸送する。
- ⑦ 細胞内外のATPを利用し、濃度勾配に従って $\text{Na}^+$ と $\text{K}^+$ を輸送する。

### 解答群 A

|    |         |    |         |    |         |    |      |    |      |
|----|---------|----|---------|----|---------|----|------|----|------|
| 00 | ①, ③, ⑤ | 01 | ①, ③, ⑥ | 02 | ①, ③, ⑦ |    |      |    |      |
| 03 | ①, ④, ⑤ | 04 | ①, ④, ⑥ | 05 | ①, ④, ⑦ |    |      |    |      |
| 06 | ②, ③, ⑤ | 07 | ②, ③, ⑥ | 08 | ②, ③, ⑦ |    |      |    |      |
| 09 | ②, ④, ⑤ | 10 | ②, ④, ⑥ | 11 | ②, ④, ⑦ |    |      |    |      |
| 12 | ①, ③    | 13 | ①, ④    | 14 | ①, ⑤    | 15 | ①, ⑥ | 16 | ①, ⑦ |
| 17 | ②, ③    | 18 | ②, ④    | 19 | ②, ⑤    | 20 | ②, ⑥ | 21 | ②, ⑦ |
| 22 | ③, ⑤    | 23 | ③, ⑥    | 24 | ③, ⑦    | 25 | ④, ⑤ | 26 | ④, ⑥ |
| 27 | ④, ⑦    | 28 | ①       | 29 | ②       | 30 | ③    | 31 | ④    |
| 32 | ⑤       | 33 | ⑥       | 34 | ⑦       |    |      |    |      |

(b) 細胞は水を豊富に含む。細胞膜の水分子の透過にはアクアポリンがはたらく。次の①～⑥の中から、アクアポリンについて正しい記述をすべて含むものを解答群 B から一つ選び、その番号をマークしなさい。

- ① アクアポリンは、水分子とともにイオンも透過する。
- ② アクアポリンが、水分子を透過すると、膜電位が発生する。
- ③ アクアポリンは、浸透圧に従って水分子を輸送する
- ④ アクアポリンは、膨圧に逆らって水分子を輸送する。
- ⑤ アクアポリンは、水分子を能動輸送する。
- ⑥ アクアポリンは、水分子を受動輸送する。

### 解答群 B

|    |            |    |            |    |            |    |      |    |      |
|----|------------|----|------------|----|------------|----|------|----|------|
| 00 | ①, ②, ③, ⑤ | 01 | ①, ②, ③, ⑥ | 02 | ①, ②, ④, ⑤ |    |      |    |      |
| 03 | ①, ②, ④, ⑥ | 04 | ①, ②, ③    | 05 | ①, ②, ④    |    |      |    |      |
| 06 | ①, ②, ⑤    | 07 | ①, ②, ⑥    | 08 | ①, ③, ⑤    |    |      |    |      |
| 09 | ①, ③, ⑥    | 10 | ①, ④, ⑤    | 11 | ①, ④, ⑥    |    |      |    |      |
| 12 | ②, ③, ⑤    | 13 | ②, ③, ⑥    | 14 | ②, ④, ⑤    |    |      |    |      |
| 15 | ②, ④, ⑥    | 16 | ①, ②       | 17 | ①, ③       |    |      |    |      |
| 18 | ①, ④       | 19 | ①, ⑤       | 20 | ①, ⑥       | 21 | ②, ③ | 22 | ②, ④ |
| 23 | ②, ⑤       | 24 | ②, ⑥       | 25 | ③, ④       | 26 | ③, ⑤ | 27 | ③, ⑥ |
| 28 | ④, ⑤       | 29 | ④, ⑥       | 30 | ①          | 31 | ②    | 32 | ③    |
| 33 | ④          | 34 | ⑤          | 35 | ⑥          |    |      |    |      |

(c) アクアポリンを発現している動物培養細胞を用いて、次の実験A～Eを行った。なお、アクアポリンのはたらきは、塩化水銀溶液の処理でほぼ完全に、ただちに阻害されるものとする。

実験A 細胞を培養液よりも低張な溶液に入れた。

実験B 遺伝子導入技術によって人工的にアクアポリンタンパク質の発現量を増やし、その細胞を培養液よりも低張な溶液に入れた。

実験C 細胞を培養液よりも低張な、塩化水銀を含む溶液に入れた。

実験D 細胞を培養液よりも高張な溶液に入れた。

実験E アクアポリン遺伝子の RNA 干渉によりアクアポリンタンパク質の発現量を変化させ、その細胞を培養液よりも低張な溶液に入れた。

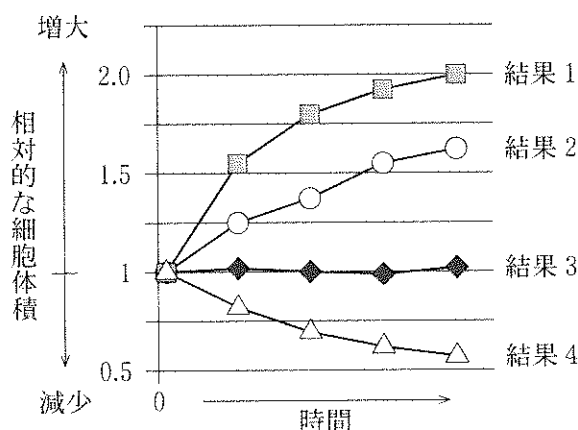


図 1

図 1 は、実験 A～D で観察された相対的な細胞体積(縦軸)と時間(横軸)との関係(結果 1～4)をグラフに示す。実験 A～D の結果として最も適切なものを解答群 C から一つ選び、その番号をマークしなさい。ただし、同じ番号を複数選んではいけない。

解答群 C

- 1 結果 1                      2 結果 2                      3 結果 3                      4 結果 4

- (d) 実験Eの結果を図1に示すようなグラフにした場合、どのような結果になるか。最も適切なものを解答群Dから一つ選び、その番号をマークしなさい。

**解答群D**

- |             |             |
|-------------|-------------|
| 1 結果1よりも増大  | 2 結果1と結果2の間 |
| 3 結果2と結果3の間 | 4 結果3と結果4の間 |
| 5 結果4よりも減少  |             |

- (2) 次の文章を読み、問題(a)と(b)に答えなさい。

生体膜を介したタンパク質の輸送には、転送装置を利用するしくみや生体膜由来の小胞を利用するしくみがある。小胞体のタンパク質の場合、小胞体上に付着したリボソームによって mRNA からポリペプチド鎖に翻訳され、転送装置によって小胞体内へ運ばれる。転送されたポリペプチド鎖は、最初ほぐれたままの状態で、ア というタンパク質のはたらきによって、活性をもった正しい折りたたみの立体構造となる。小胞体からゴルジ体へ輸送されるタンパク質は、小胞体膜の一部がくびれてできる小胞の中に取り込まれ、次に細胞質基質に遊離したこの小胞がゴルジ体膜と融合することでゴルジ体内へと運ばれる。細胞外へ分泌される消化酵素や イ などは、ゴルジ体で濃縮されて再び小胞に取り込まれ、この小胞が細胞膜と融合することで細胞外へ分泌される。こうした小胞と細胞膜の融合による分泌を ウ という。

- (a) 空欄(ア)～(ウ)に入る最も適切な語句を解答群Eから選び、その番号をマークしなさい。

解答群E

- |    |           |    |             |    |       |
|----|-----------|----|-------------|----|-------|
| 00 | イントロン     | 01 | オペロン        | 02 | シャペロン |
| 03 | オートファジー   | 04 | ファゴサイトーシス   |    |       |
| 05 | エキソサイトーシス | 06 | エンドサイトーシス   |    |       |
| 07 | アポトーシス    | 08 | リソソーム       |    |       |
| 09 | ペプチドホルモン  | 10 | セカンドメッセンジャー |    |       |
| 11 | モータータンパク質 |    |             |    |       |

- (b) 小胞体内に輸送されるタンパク質 X の合成と合成後の細胞内分布を調べる実験を行った。細胞内の小胞体成分を次のように調製した。最初に、細胞を破碎装置ですりつぶし、核などの大きな成分を低速遠心法で沈殿させて除去した。次に、残りの上澄み液(遠心後の上層の成分)を密度勾配超遠心法でさらに分画し、小胞体が細断された小胞状の成分(以下、「小胞状サンプル」とよぶ)だけを調製した。この小胞状サンプルの内部には、小胞体内に輸送されたタンパク質(タンパク質 X も含む)がそのまま含まれているものとする。

この小胞状サンプルを用いて、タンパク質 X に関する実験 F ~ H を行った。

実験 F    タンパク質分解酵素で小胞状サンプルを処理したのちに、サンプル中に残ったタンパク質を調べた。

実験 G    膜を溶かすがタンパク質を変性させない試薬(中性洗剤の一種)で小胞状サンプルを処理したのちに、サンプル中に残ったタンパク質を調べた。

実験 H    実験 G と同じく膜を溶かす処理をしたサンプルを、さらにタンパク質分解酵素で処理したのちに、サンプル中に残ったタンパク質を調べた。

実験 F ~ H の処理によって、サンプル中のタンパク質 X が分解されるか否か、適切なものを解答群 F から一つ選び、その番号をマークしなさい。

#### 解答群 F

0    分解されない

1    分解される

(3) 次の文章を読み、問題(a)～(c)に答えなさい。

シナプス結合をしている2つの培養ニューロンAとBの間の情報伝達について調べた。ニューロンAは、閾値以上の脱分極刺激を与えられると、それによって活性化するイオン輸送によって活動電位を発生する。この活動電位はシナプス小胞輸送を誘導し、その結果、ニューロンAから神経伝達物質Yが放出される。ニューロンBは、このYと結合して活性化するY受容体のイオン輸送によって、シナプス後電位という電気信号を発生する。

脱分極刺激後のニューロンAの活動電位の発生からニューロンBのシナプス後電位の発生までの情報伝達について、神経毒素を使用した実験I～Kを行った。

実験I 破傷風菌のテタヌス毒素でシナプス小胞と細胞膜の融合を阻害した。

実験J フグ毒のテトロドトキシンで電位依存性  $\text{Na}^+$  チャネルを選択的に阻害した。

実験K 実験Jと同じテトロドトキシンの存在下で、神経伝達物質Yを作用させた。

(a) 実験Iの結果として最も正しい記述を解答群Gから一つ選び、その番号をマークしなさい。

(b) 実験Jの結果として最も正しい記述を解答群Gから一つ選び、その番号をマークしなさい。

(c) 実験Kの結果として最も正しい記述を解答群Gから一つ選び、その番号をマークしなさい。

解答群G

- 0 ニューロンAは興奮し、ニューロンBはシナプス後電位を発生しない。
- 1 ニューロンAは興奮し、ニューロンBはシナプス後電位を発生する。
- 2 ニューロンAは興奮せず、ニューロンBはシナプス後電位を発生する。
- 3 ニューロンAは興奮せず、ニューロンBはシナプス後電位を発生しない。
- 4 ニューロンAはYを放出し、ニューロンBはシナプス後電位を発生する。
- 5 ニューロンAはYを放出し、ニューロンBはシナプス後電位を発生しない。

- 2 哺乳動物の血糖の恒常性維持に関する問題(1)～(3)に答えなさい。解答はそれぞれの指示に従って**解答用マークシート**の所定欄にマークしなさい(番号の中の0という数字も必ずマークすること)。(28点)

- (1) 次の文章の空欄(ア)～(オ)を埋めるのに最も適切な語句を**解答群A**より選び、その番号をマークしなさい。ただし同じ記号には同じ語句が入る。

哺乳動物の血糖値(血液中のグルコースの濃度)の調節は自律神経とホルモンのはたらきによって行われている。血糖値が増加すると、間脳の (ア) に存在する血糖値を調節する中枢が感知し、 (イ) 神経を通じて膵臓のランゲルハンス島の (ウ) を刺激する。また (ウ) は血液から直接血糖値の増加を感知する。これらの血糖値の感知システムによって、 (ウ) からインスリンが分泌される。インスリンは (エ) などにおいてグルコースの細胞内への取り込みを促し、呼吸によるグルコースの分解を促進するとともに、肝臓などにおいて、グルコースから (オ) への合成を促す。その結果血糖値は減少する。

**解答群A**

- |               |           |          |
|---------------|-----------|----------|
| 00 スクロース      | 01 グリコーゲン | 02 グルカゴン |
| 03 アドレナリン     | 04 デンプン   | 05 骨     |
| 06 筋 肉        | 07 副腎皮質   | 08 副腎髄質  |
| 09 海 馬        | 10 視床下部   | 11 視 床   |
| 12 下垂体        | 13 A 細胞   | 14 B 細胞  |
| 15 NK 細胞      | 16 交 感    | 17 副交感   |
| 18 副腎皮質刺激ホルモン |           |          |

右のページは白紙です。



(2) 糖尿病に関する次の文章を読み(a)～(c)の問題に答えなさい。

血糖値の恒常性が保たれなくなると健康が害されることがある。例えば、ヒトの場合、膵臓から分泌されるインスリンがうまくはたらかなくなると血糖値が高くなりすぎて糖尿病になることがある。糖尿病は大きく二つに分けられる。インスリンを分泌する細胞が若年時に破壊される場合(I型糖尿病)と、長年の生活習慣などによる体の変化により、インスリンの分泌量が低下したり、インスリンの応答性が悪くなる場合(II型糖尿病)である。

(a) 獲得免疫(適応免疫)においてはたらくT細胞の表面に存在するT細胞受容体は抗体と同じように可変部があり、この可変部で主要組織適合抗原(MHC)に結合した抗原と特異的に反応する。T細胞受容体が非自己のタンパク質断片を抗原として認識した場合は、T細胞から免疫反応を活性化する物質が分泌され免疫反応が活性化する。一方、T細胞受容体が自己のタンパク質断片を抗原として認識した場合は、T細胞上の細胞膜タンパク質Zによって、T細胞から免疫反応を不活性化する物質が分泌され免疫反応が抑えられるしくみが知られている。I型糖尿病では、この抑制性の細胞膜タンパク質Zのはたらきが不十分であるため、自己のタンパク質断片が非自己のタンパク質断片と認識され自己のランゲルハンス島が免疫細胞に攻撃されることが、発症の原因の一つと考えられている。

あるI型糖尿病患者のDNAを調べたところ、下線部(i)に述べた細胞膜タンパク質Zに翻訳される遺伝子の塩基配列に、一塩基多型(SNP)が認められた。このSNPによる塩基置換により、細胞膜タンパク質Zの機能が低下することが知られている。細胞膜タンパク質Zの作用を記した次の①～④の中から、適切な記述をすべて含むものを解答群Bから選び、その番号をマークしなさい。

- ① 自己のタンパク質断片を認識したT細胞で、細胞膜タンパク質Zが正常にはたらくと、T細胞から免疫反応を活性化する物質が分泌されと考えられる。
- ② 自己のタンパク質断片を認識したT細胞で、細胞膜タンパク質Zが正常にはたらくと、T細胞から免疫反応を不活性化する物質が分泌されと考えられる。
- ③ 自己のタンパク質断片を認識したT細胞で、左記のSNPが存在すると、T細胞から免疫反応を活性化する物質が分泌されと考えられる。
- ④ 自己のタンパク質断片を認識したT細胞で、左記のSNPが存在すると、T細胞から免疫反応を不活性化する物質が分泌されと考えられる。

解答群B

- |            |               |            |         |         |
|------------|---------------|------------|---------|---------|
| 00 ①       | 01 ②          | 02 ③       | 03 ④    | 04 ①, ② |
| 05 ①, ③    | 06 ①, ④       | 07 ②, ③    | 08 ②, ④ | 09 ③, ④ |
| 10 ①, ②, ③ | 11 ①, ②, ④    | 12 ①, ③, ④ |         |         |
| 13 ②, ③, ④ | 14 ①, ②, ③, ④ |            |         |         |

(b) ある種のⅡ型糖尿病ではインスリンに応答しにくくなり、インスリンが通常よりも多量に分泌されることが知られている。正常なマウスと、ヒトのⅠ型糖尿病と同じような病態を示すマウス(Ⅰ型糖尿病マウス)、またヒトのⅡ型糖尿病と同じような病態を示すマウス(Ⅱ型糖尿病マウス)の合計3種類のマウスの腹部に、10% グルコース溶液を注射し、その後、30分ごとに採血し、血糖値を測定した。その結果を図1㉗に示す。また、同じマウスを使って、別の日に体重あたり同じ量のインスリンを腹部に注射し、同様に30分ごとに採血し、血糖値を測定した。その相対値をグラフ㉘に示す。グルコースやインスリンを注射した時間を0分とする。

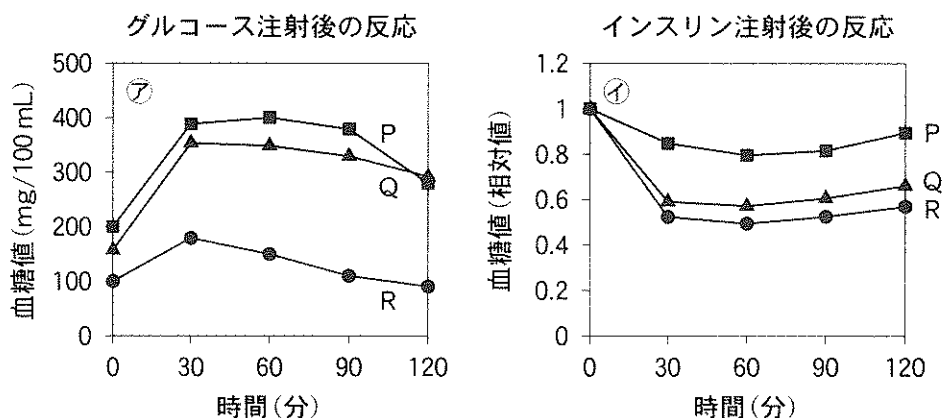


図 1

この実験結果 P, Q, R は、それぞれどのマウスの結果であると考えられるか。最も適切なものを解答群 C から選び、マークしなさい。

解答群 C

- 0 正常なマウス      1 I 型糖尿病マウス      2 II 型糖尿病マウス

- (c) 同じ3種類のマウス(P, Q, R)の腹部に10%グルコース溶液を注射し、その後30分ごとに採血し、血中インスリン濃度を測定した結果を図2に示す。P, Q, Rのマウスの測定結果として最も適切なものを、図2のグラフからそれぞれ1つずつ選び、そのグラフの番号をマークしなさい。

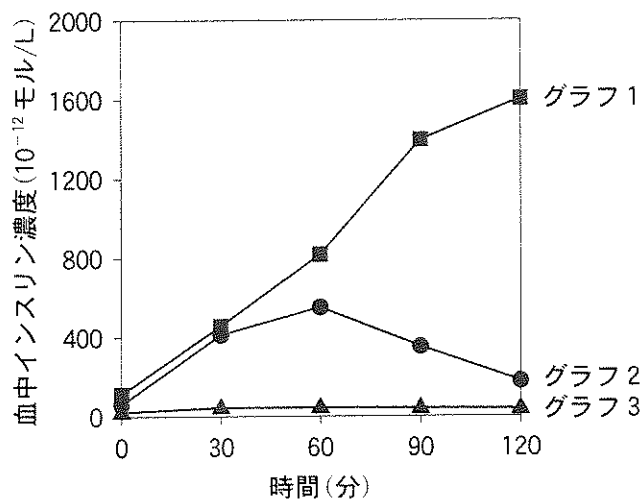


図2

- (3) ヒトの腎臓におけるグルコースの再吸収に関する次の文章を読み(a)～(e)の問題に答えなさい。

- (a) 空欄(ア)、(イ)を埋めるのに最も適切な語句を解答群Dより選び、その番号をマークしなさい。

グルコースなど水に溶けた成分は腎臓の糸球体の毛細血管ではたらいっている高い血圧によって、毛細血管から (ア) の中へろ過され原尿となる。(ア) につながった (イ) はループ状の部分を経由して、集合管へつながっている。原尿には、グルコース、無機塩類、アミノ酸、水分など生きていくために必要な成分が多く含まれている。これらの成分は、(イ) や集合管を通過するときに再吸収され、最終的に腎臓の静脈の血しょうへと戻される。

解答群D

- |          |        |             |        |
|----------|--------|-------------|--------|
| 0 腎皮質    | 1 腎髄質  | 2 腎単位(ネフロン) |        |
| 3 ボーマンのう | 4 膝 臓  | 5 血 球       | 6 細尿管  |
| 7 集合管    | 8 毛細血管 | 9 門 脈       | 10 肝 臓 |

- (b) 糖尿病になると持続的な高血糖により、様々な臓器不全をひき起こすことが知られている。そのため、血糖値を適切に維持するために、様々な糖尿病治療薬が開発されている。図3 Aはある糖尿病患者Sさんの、1分間あたりにつくられる原尿中のグルコースの量⑦(グラフの左の縦軸に記載)と、1分間あたりに再吸収されるグルコースの量⑧(グラフの右の縦軸に記載)を示したグラフである。Sさんがある糖尿病治療薬を服用したところ、再吸収されるグルコースの量は、図3 B⑧のように変化した。

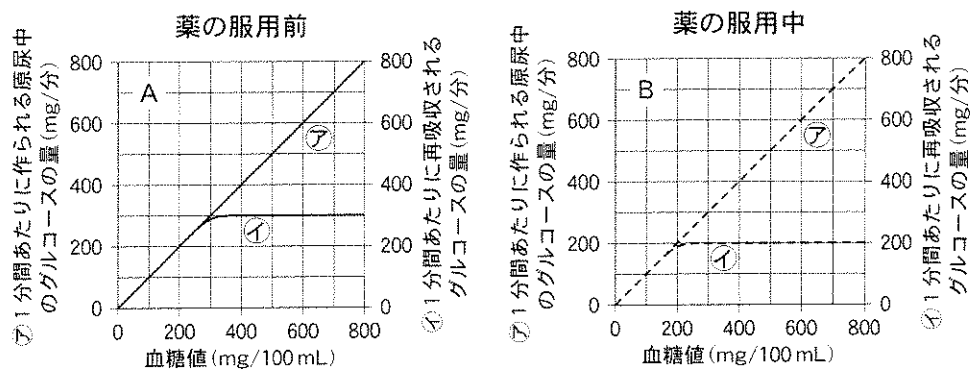


図 3

次の①～⑥の記述は、図 3 A の解釈として正しいか。正しい場合は 0、誤っている場合は 1 をマークしなさい。

- ① 血糖値が 100 mg/100 mL のとき、原尿中のグルコースはすべて再吸収され、尿中にはグルコースは排出されない。
- ② 血糖値が 400 mg/100 mL のとき、原尿中のグルコースはすべて再吸収され、尿中にはグルコースは排出されない。
- ③ 血糖値が 200 mg/100 mL のとき、原尿中のグルコースは一部再吸収されず、1 分間に約 100 mg のグルコースが尿中に排出される。
- ④ 血糖値が 400 mg/100 mL のとき、原尿中のグルコースは一部再吸収されず、1 分間に約 100 mg のグルコースが尿中に排出される。
- ⑤ 血糖値が 600 mg/100 mL のとき、原尿中のグルコースは一部再吸収されず、1 分間に約 300 mg のグルコースが尿中に排出される。
- ⑥ 血糖値が 600 mg/100 mL のとき、原尿中のグルコースは 1 分間に約 300 mg 再吸収される。

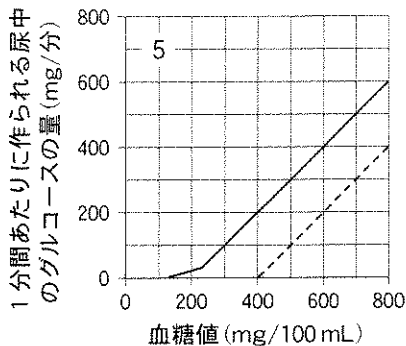
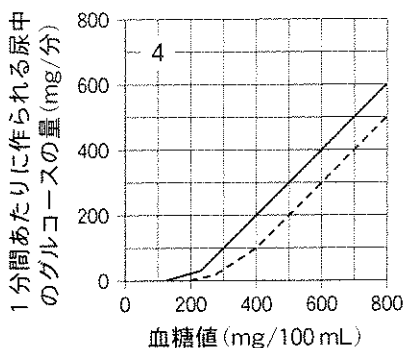
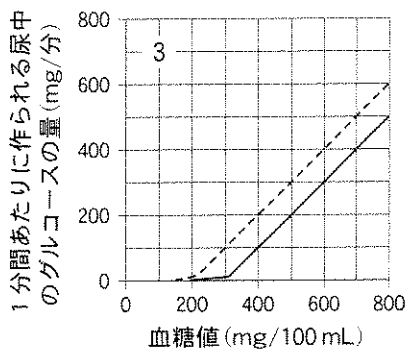
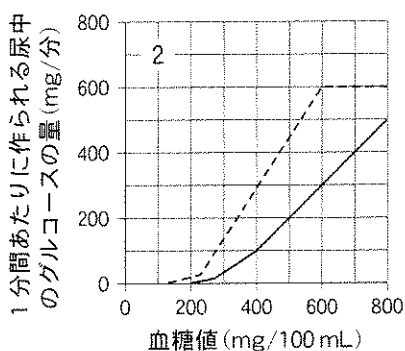
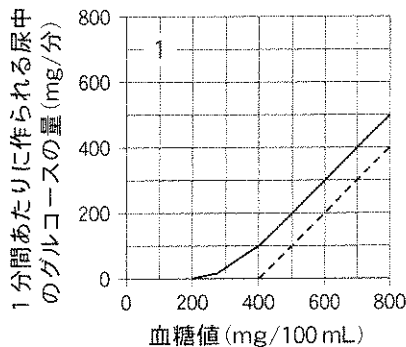
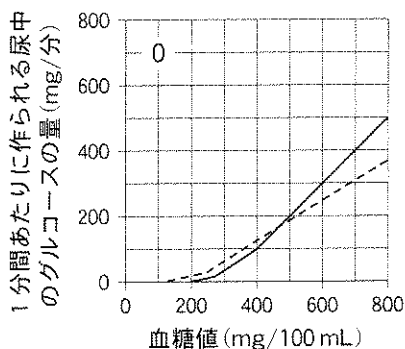
- (c) 図3の結果から、この薬はどのような作用をもつと考えられるか。最も適切と考えられる記述を解答群Eから一つ選び、その番号をマークしなさい。ただし、薬は服用中安定的に作用し、その作用は一定に保たれているものとする。

**解答群E**

- 0 腎臓におけるグルコースの再吸収能が高まり、尿中に排泄されるグルコースの量が増え、その結果、血糖値が低く抑えられる。
- 1 腎臓におけるグルコースの再吸収能が低くなり、尿中に排泄されるグルコースの量が増え、その結果、血糖値が低く抑えられる。
- 2 腎臓におけるグルコースの再吸収能が高まり、尿中に排泄されるグルコースの量が減り、その結果、血糖値が低く抑えられる。
- 3 腎臓におけるグルコースの再吸収能が低くなり、尿中に排泄されるグルコースの量が減り、その結果、血糖値が低く抑えられる。

- (d) Sさんが薬を服用する前(図3 A)および服用中(図3 B)に、グルコース溶液を摂取する検査を行った。このとき、グルコースが再吸収された後、尿中に排出されるグルコースの量を示すグラフはどのようになると考えられるか。この薬を服用する前のグルコース量は実線で、薬を服用中のグルコース量は点線で示している。次の解答群Fから正しいものを一つ選び、その番号をマークしなさい。ただし、薬は服用中安定的に作用し、その作用は一定に保たれているものとする。

解答群 F



- (e) 血糖値が 500 mg/100 mL のとき、腎臓におけるグルコースの濃縮率は、この薬の服用前と比べて服用中は、何倍になったか。(ア)、(イ)に当てはまる 0～9 の数字をマークしなさい。ただし、腎臓でつくられる尿量は、薬の服用前と服用中とで等量であるとする。解答が、小数第 2 位以下の数値を含む場合には、小数第 2 位を四捨五入し、小数第 1 位までの数字をマークしなさい。

倍  
 ↑  
 小数点

- 3 植物の発芽の制御に関する次の文章を読み、問題(1)～(4)に答えなさい。解答はそれぞれの指示に従って解答用マークシートの所定欄にマークしなさい(番号の中の0という数字も必ずマークすること)。(21点)

種子の発芽におけるホルモンのはたらきを調べるために、以下の実験を行った。

<実験>

ある単子葉植物の野生型や各種突然変異体の種子の種皮をはいだ後、胚と胚乳<sup>(i) (ii)</sup>を取り除き、種皮と胚乳との間に挟まれた糊粉層の部分を得た。この試料を殺菌し、下の表に示すように、ホルモン A、B や、化合物 C、D、E 等を含む水溶液に数日間浸した。その後、これらの試料から調製した抽出液をデンプンの水溶液と混合して反応させた。最後にヨウ素液を加えて、呈色反応の有無を調べた。なお、化合物 C、D、E は、ホルモン B が合成される過程の前駆物質であり、いずれも細胞内によく吸収される。

<実験結果>

野生型及び、それぞれ遺伝子 1～4 が単独で欠損した突然変異体 1～4 の種子を用いて実験した結果を下の表に示した。表中の+は、青色の呈色反応が見られたこと、－は、青色の呈色反応が見られなかったことを示す。また、表中の水とは、蒸留水に浸した場合を、A、B、C、D、E とは、それぞれホルモン A、B、化合物 C、D、E のみを含む水溶液に浸した場合を、A + B とは、ホルモン A と B の双方を含む水溶液に浸した場合を示す。

|         | 水 | A | B | A + B | C | D | E |
|---------|---|---|---|-------|---|---|---|
| 野生型     | + | + | － | +     | － | － | － |
| 突然変異体 1 | + | + | － | +     | + | + | + |
| 突然変異体 2 | + | + | + | +     | + | + | + |
| 突然変異体 3 | + | + | － | +     | + | － | + |
| 突然変異体 4 | + | + | － | +     | － | － | + |

また、それぞれの抽出液をデンプンと反応させる前に煮沸したところ、いずれの場合も青色の呈色反応が見られた。

右のページは白紙です。



- (1) 下線部 胚、胚乳の核相として最も適切なものを解答群Aから選び、それぞれその番号を解答欄にマークしなさい。(i)(ii) 同じ番号を何度用いてもよい。

**解答群A**

- |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| 1 $n$                   | 2 $2n$                  |
| 3 $3n$                  | 4 $4n$                  |
| 5 $n$ の細胞と $2n$ の細胞がある  | 6 $2n$ の細胞と $3n$ の細胞がある |
| 7 $2n$ の細胞と $4n$ の細胞がある |                         |

- (2) ホルモンA、ホルモンBのはたらきに関する以下の文章中の空欄(ア)～(キ)に入る最も適切な語句を、解答群Bからそれぞれ一つ選び、解答欄にマークしなさい。同じ記号の空欄には同じ語句が入る。

ホルモンBは、種子の発芽過程において [ア] で合成され、  
 [イ] の細胞に作用して、デンプン [ウ] 酵素の [エ] を  
 [オ] する。この酵素が [カ] の中のデンプンを [ウ] すること  
 は、種子の発芽の重要なステップとなる。種子の休眠に関与するホルモンA  
 は、 [イ] の細胞に作用して、デンプン [ウ] 酵素の [エ] を  
 [キ] することにより、ホルモンBのはたらきを [キ] する。

**解答群B**

- |        |          |        |        |
|--------|----------|--------|--------|
| 00 胚   | 01 胚 嚢   | 02 胚 軸 | 03 胚 盤 |
| 04 胚 乳 | 05 胚 珠   | 06 胚 葉 | 07 葯   |
| 08 糊粉層 | 09 デンプン粒 | 10 種 皮 | 11 子 葉 |
| 12 子 房 | 13 子 嚢   | 14 胞 子 | 15 合 成 |
| 16 分 解 | 17 促 進   | 18 抑 制 |        |

- (3) ホルモンA、ホルモンBの名称として最も適切なものを解答群Cから選び、それぞれ解答欄A、Bにマークしなさい。

### 解答群C

- |          |           |             |
|----------|-----------|-------------|
| 0 オーキシシン | 1 ジベレリン   | 2 ブラシノステロイド |
| 3 コルチコイド | 4 アブシシン酸  | 5 エチレン      |
| 6 フロリゲン  | 7 サイトカイニン | 8 サイトカイン    |
| 9 ジャスモン酸 | 10 アドレナリン |             |

- (4) 実験結果に基づいて、ホルモンB、化合物C～E、遺伝子1～4のはたらきについて推論した。空欄(ク)～(セ)に入れる最も適切な語句を解答群Dからそれぞれ一つ選び、解答欄にマークしなさい。同じ記号の空欄には同じ語句が入る。

ホルモンBが合成される際には、前駆物質C、D、Eが (ク) → (コ) → ホルモンBの順序で反応が進む。(サ) は、  
(ク) → (ケ) の化学反応を触媒する酵素の遺伝子である。  
(シ) は、(ケ) → (コ) の化学反応を触媒する酵素の遺伝子である。  
(ス) は、(コ) → ホルモンBの化学反応を触媒する酵素の遺伝子である。  
(セ) は、ホルモンBの合成ではなく、ホルモンBの作用を媒介する因子の遺伝子である。

### 解答群D

- |         |         |
|---------|---------|
| 0 前駆物質C | 1 前駆物質D |
| 2 前駆物質E | 3 遺伝子1  |
| 4 遺伝子2  | 5 遺伝子3  |
| 6 遺伝子4  |         |

- 4 地球上の様々な環境に生息する生物には多様性があり、同じ種でも遺伝子の構成が異なった個体群が存在している。ある長日植物の様々な個体群Ⅰ～Ⅷに関して、問題(1)～(4)に答えなさい。解答はそれぞれの指示に従って解答用マークシートの所定欄にマークしなさい(番号の中の0という数字も必ずマークすること)。

(25 点)

- (1) この植物の個体群ⅠおよびⅡは図1で示した北部ヨーロッパのそれぞれの地理的な環境の違いに適応している。図2ではそれぞれの個体群が分布する地域における、1年間の気温変動を示した。花芽形成促進のためには一定期間の低温状態を経験する必要があるとされ、その低温処理期間は適応した環境に依存する。

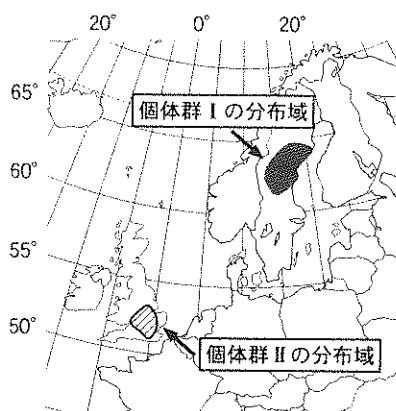


図1

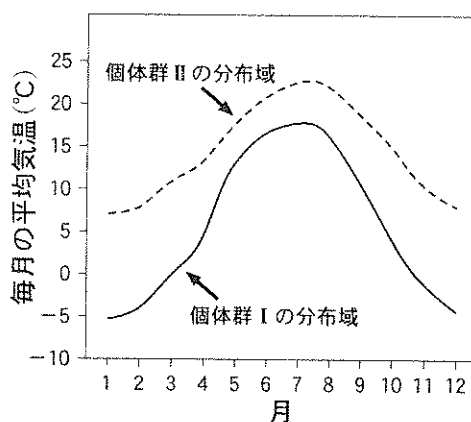


図2

- (a) 下線部(i)の現象について最も適切に示した語句を解答群Aから選び、その番号をマークしなさい。

解答群A

- |        |       |         |          |
|--------|-------|---------|----------|
| 0 群生相  | 1 光周性 | 2 休眠    | 3 環境形成作用 |
| 4 種内競争 | 5 春化  | 6 フロリゲン |          |

- (b) 個体群ⅠおよびⅡの種子を低温処理した期間と花芽形成率との関係として、最も適切なグラフを図3の中から選び、それぞれグラフの番号をマークしなさい。なお、低温処理では花芽形成以外に植物体への影響はないものとする。

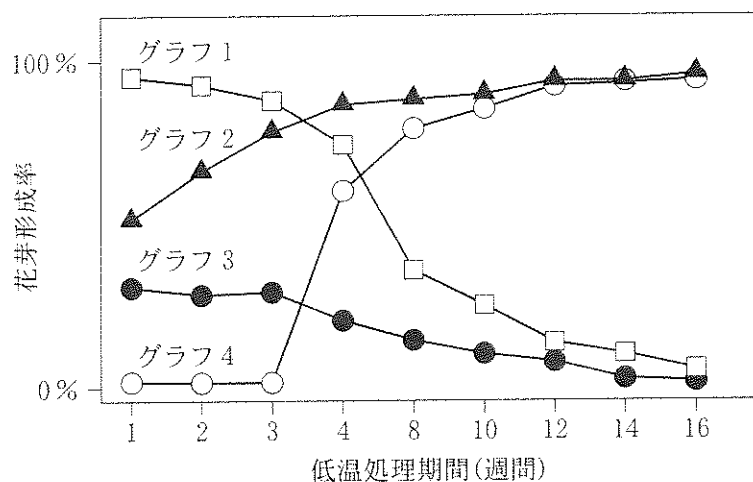


図 3

- (2) 個体群Ⅰ～Ⅷの、ある遺伝子のアミノ酸に翻訳される領域の塩基配列について、比較解析を行った。図4の塩基配列中の下線で示したNは調査したすべての個体群において一塩基置換がみられた位置を示している。N以外の塩基配列は同一であった。6箇所のNのうち、どの塩基に置換してもアミノ酸置換が起こらない一塩基置換はいくつあるか。遺伝暗号表を参考にして、その個数にあたる番号をマークしなさい。なお、四角で囲ったATGは開始コドンに対応しており、6箇所のNでは、終止コドンへの塩基置換は生じないものとする。

```
ATGGGAAGAN AAAAAGTAGA AATCAAGCGA ATTGAGAACA
AAAGTAGCCG ACAAGTCACC TTCTCCAANC GTCGCAACGG
TCTCATCGAG AAAGCTCGTC AGCTTTCTGT NCTCTGTGAN
GCATCCGTCG CTCTTCTCGT CGTCTCCGCC TCCGGCAAGC
TCTACAGCTT NTCCTCCGGC GATAACCTGG TCAAGATCCT
TGATCGATAT GGGAAACAGC ATGCTGATGA TCTTAAAGNC
```

図4

第二番目の塩基

第一番目の塩基

|   | U        | C     | A       | G       |   |
|---|----------|-------|---------|---------|---|
|   | アミノ酸     | アミノ酸  | アミノ酸    | アミノ酸    |   |
| U | フェニルアラニン | セリン   | チロシン    | システイン   | U |
|   | フェニルアラニン | セリン   | チロシン    | システイン   | C |
|   | ロイシン     | セリン   | 終止      | 終止      | A |
|   | ロイシン     | セリン   | 終止      | トリプトファン | G |
| C | ロイシン     | プロリン  | ヒスチジン   | アルギニン   | U |
|   | ロイシン     | プロリン  | ヒスチジン   | アルギニン   | C |
|   | ロイシン     | プロリン  | グルタミン   | アルギニン   | A |
|   | ロイシン     | プロリン  | グルタミン   | アルギニン   | G |
| A | イソロイシン   | トレオニン | アスパラギン  | セリン     | U |
|   | イソロイシン   | トレオニン | アスパラギン  | セリン     | C |
|   | イソロイシン   | トレオニン | リシン     | アルギニン   | A |
|   | メチオニン    | トレオニン | リシン     | アルギニン   | G |
| G | バリン      | アラニン  | アスパラギン酸 | グリシン    | U |
|   | バリン      | アラニン  | アスパラギン酸 | グリシン    | C |
|   | バリン      | アラニン  | グルタミン酸  | グリシン    | A |
|   | バリン      | アラニン  | グルタミン酸  | グリシン    | G |

第三番目の塩基

遺伝暗号表

(3) 次の問題(a)～(f)に答えなさい。

真核生物の遺伝子には発現制御に関与する調節領域が存在する。この領域にはリプレッサーや活性化因子などの調節タンパク質が結合する。1つの遺伝子に対して複数の調節領域があり、環境に応じて発現が制御されている。個体群Ⅰ～Ⅶを様々な環境条件(乾燥、高塩濃度土壌、低温)において生育させ、遺伝子の発現レベルを調べた。その結果、それぞれの個体群によって発現レベルが異なる遺伝子Xを見出した。それぞれの個体群を、様々な環境条件において生育させた際の遺伝子Xの発現レベルを、表1にまとめた。+ および－は遺伝子発現レベルの程度を示しており、+ の数が多いほど遺伝子Xの発現レベルが高く、－は遺伝子の発現がほとんど検出できないことを意味する。

各個体群の遺伝子Xの転写開始点の近傍1,000塩基対の配列(ここでは上流配列と記す)を決定したところ、図5のように、調節領域1～5が見出された。この種において、遺伝子Xの発現は、調節領域1～5によってのみ制御されているものとする。

|      | 乾 燥 | 高塩土壌 | 低 温 |
|------|-----|------|-----|
| 個体群Ⅰ | +   | +    | +++ |
| 個体群Ⅱ | +   | +    | ++  |
| 個体群Ⅲ | +   | ++   | ++  |
| 個体群Ⅳ | +   | +    | +   |
| 個体群Ⅴ | +++ | +    | +   |
| 個体群Ⅵ | +++ | +++  | +   |
| 個体群Ⅶ | －   | －    | －   |

表1

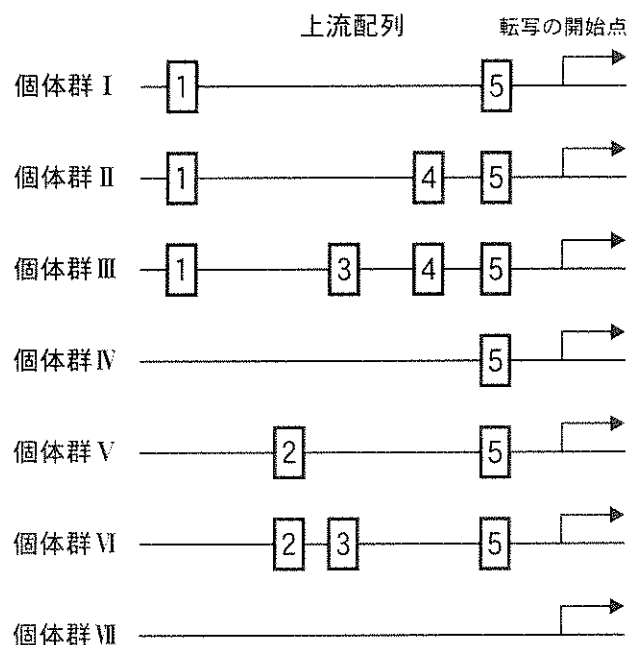


図 5

- (a) 調節領域 1 ～ 5 のうち、乾燥条件で特に強く遺伝子 X の発現を促進するために必要な領域として、最も適切なものを解答群 B から一つ選び、その番号をマークしなさい。
- (b) 調節領域 1 ～ 5 のうち、低温条件で特に強く遺伝子 X の発現を促進するために必要な領域として、最も適切なものを解答群 B から選び、その番号をマークしなさい。
- (c) 調節領域 1 ～ 5 のうち、遺伝子 X の発現の抑制に関与する領域として、最も適切なものを解答群 B から選び、その番号をマークしなさい。

解答群 B

- |          |          |          |
|----------|----------|----------|
| 1 調節領域 1 | 2 調節領域 2 | 3 調節領域 3 |
| 4 調節領域 4 | 5 調節領域 5 |          |

- (d) 個体群Ⅰ～Ⅶとは別に、個体群Ⅷの遺伝子Xを見出し、その上流配列を図6に示した。様々な環境条件における遺伝子Xの発現レベルはどのようになると推論されるか。最も適切なものを解答群Cから選び、その番号をマークしなさい。

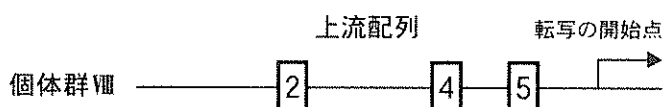


図 6

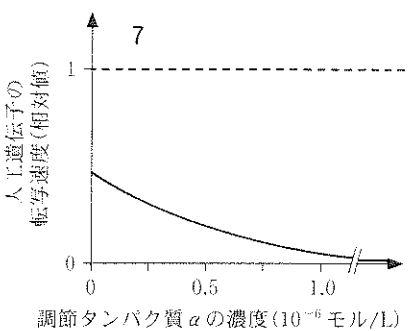
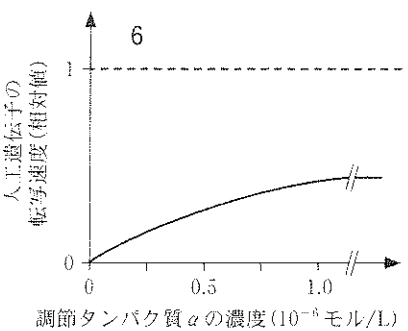
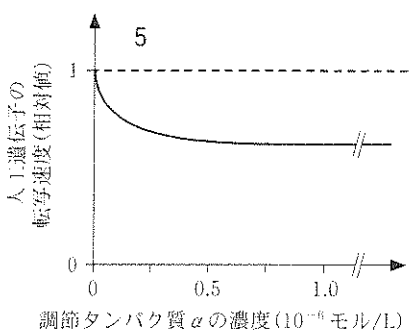
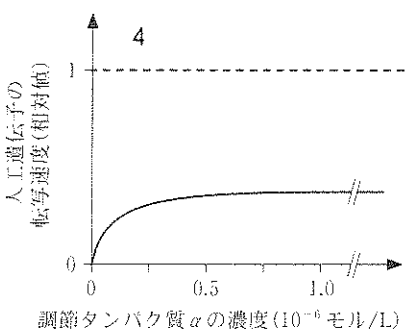
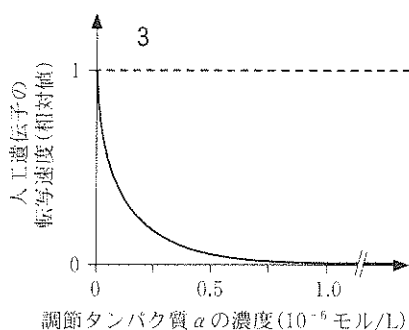
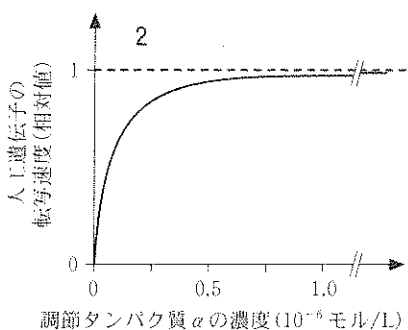
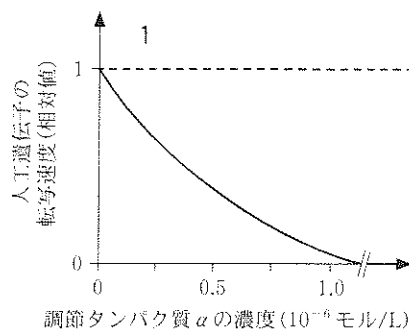
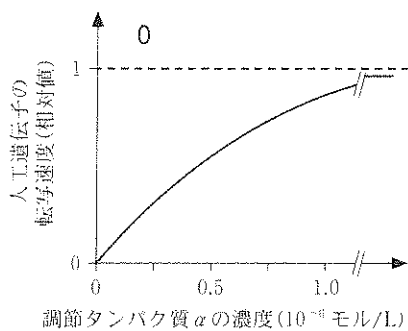
解答群C

|   | 乾 燥 | 高塩土壌 | 低 温 |
|---|-----|------|-----|
| 0 | ++  | ++   | +++ |
| 1 | +   | +    | ++  |
| 2 | ++  | +    | +   |
| 3 | +   | ++   | +   |
| 4 | +   | +++  | +   |
| 5 | ++  | ++   | +   |
| 6 | +   | +++  | ++  |

- (e) 図5および図6に示した調節領域5には、調節タンパク質 $\alpha$ が結合し、発現を促進することがわかっている。遺伝子発現における調節タンパク質と調節領域との関係は、酵素反応における酵素と基質との関係に似ている。つまり、遺伝子の転写速度(単位時間あたりの mRNA の合成量)は、酵素の反応速度と同様に考えることができる。

調節領域5を一つだけ上流配列にもつ人工遺伝子を作成し、 $\alpha$ の濃度を人為的に制御できる実験系において、 $\alpha$ の濃度と人工遺伝子の転写速度の関係を調べる実験(A)を行った。また、 $\alpha$ に加えて調節領域5のみを含む短い二本鎖 DNA 断片を大量に反応系に加えた実験(B)を行った。実験(A)および(B)における、 $\alpha$ の濃度と人工遺伝子の転写速度との関係として予想される最も適切なグラフを解答群Dから選び、それぞれ、グラフの番号をマークしなさい。ただし、実験(A)における最大転写速度を1とする。

解答群D



- (f) 実験Ⅱにおいて、調節領域 5 のみを含む短い二本鎖 DNA 断片を大量に加えた際の実験結果の解釈として、最も適切なものを解答群 E から選び、その番号をマークしなさい。

**解答群 E**

- 0 調節領域 5 の短い二本鎖 DNA 断片による非競争的阻害によって、人工遺伝子の転写が促進した。
- 1 調節領域 5 の短い二本鎖 DNA 断片による競争的阻害によって、人工遺伝子の転写が促進した。
- 2 調節領域 5 の短い二本鎖 DNA 断片によるアロステリック効果によって、人工遺伝子の転写が促進した。
- 3 調節領域 5 の短い二本鎖 DNA 断片による非競争的阻害によって、人工遺伝子の転写が抑制された。
- 4 調節領域 5 の短い二本鎖 DNA 断片による競争的阻害によって、人工遺伝子の転写が抑制された。
- 5 調節領域 5 の短い二本鎖 DNA 断片によるアロステリック効果によって、人工遺伝子の転写が抑制された。

- (4) 個体群間の系統関係を調べるために、図5の上流配列を基にした分子系統樹を作成した。その結果として、最も適切なものを解答群Fから選び、その番号をマークしなさい。ただし、突然変異は一塩基置換のみが起こったものとし、さらに元の塩基には戻らなかったものとする。

解答群F

