

B 3 物理 B 4 化学 B 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。

電子応用工学科は物理指定

材料工学科は、物理または化学のどちらかを選択

生物工学科は、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 19 ページまであります。
化学の問題は、20 ページより 37 ページまであります。
生物の問題は、38 ページより 68 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、解答用紙に受験番号と氏名を記入してください。また、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、所定の解答用紙に記入したもの及び解答用マークシートにマークしたも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で、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 DNA の構造と細胞周期に関する以下の設問に答えなさい。 (33 点)

(1) DNA は多数のヌクレオチドが直鎖状に結合した有機化合物である。RNA は DNA と同様にヌクレオチドより構成されるが、塩基と (ア) の種類が異なっている。RNA を構成する塩基はチミンの代わりに (イ) が含まれる。DNA の二重らせんを形成するそれぞれの鎖はお互いに相補的な関係にあり、塩基対は (ウ) によって安定化される。DNA は遺伝情報として機能し、半保存的に複製される。すなわち二重らせんの一方を鋳型として新しい鎖が合成される。DNA 合成は染色体上の複製起点より始まり、DNA ポリメラーゼの⁽ⁱ⁾はたらきによりヌクレオチドが結合され、新しいヌクレオチド鎖がつくられる。

(a) 前記の文章の (ア) から (ウ) に入る最も適切な語句を解答群 A から選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。なお、同じ語句を複数回選択しても構わない。

解答群 A

- | | | |
|--------|--------|--------|
| ① アミノ酸 | ① リン酸 | ② 糖 |
| ③ ウリジン | ④ アラニン | ⑤ ウラシル |
| ⑥ 水素結合 | ⑦ 共有結合 | ⑧ 疎水結合 |

(b) 次の記述は下線部(i)の DNA ポリメラーゼの機能について記述したものである。正しいものは①を、正しくないものは②を、どちらともいえないものは③を解答用マークシートの該当欄にマークしなさい。

- (ア) DNA ポリメラーゼはプライマーがないと合成反応を開始できない。
- (イ) DNA ポリメラーゼは 3' から 5' 方向に合成反応を進める。
- (ウ) DNA ポリメラーゼによる複製反応は 1 ヌクレオチドずつ進む。
- (エ) DNA ポリメラーゼは鋳型となるアデニンにはグアニンを、チミンにはシトシンを相補鎖の末端に結合させる。
- (オ) DNA ポリメラーゼは 2 つの異なるヌクレオチド鎖を連結できる。

(c) 単細胞真核生物である分裂酵母の 3 本の染色体は、それぞれ 560 万塩基対、450 万塩基対、350 万塩基対のゲノム DNA より構成されている。通常、二重らせん構造をとる DNA では、隣り合う塩基の間隔は 0.34 ナノメートル (10^{-9} メートル) である。それぞれの染色体を直線状に並べた時、最も大きな染色体と最も小さな染色体の長さの差は何マイクロメートル (10^{-6} メートル) になるか。 内の (ア) から (エ) にあてはまる 0 から 9 までの数字を求め、その数字を解答用マークシートにマークせよ。なお三桁の数の場合は 1000 の位に 0 を、二桁の数の場合には 1000 の位と 100 の位に 0 を、一桁の数の場合には 1000 の位と 100 の位と 10 の位に 0 を記入すること。なお、解答の数が小数点を含む場合は、小数点以下を切り捨てること。

1000 の位	100 の位	10 の位	1 の位	
(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	マイクロメートル

- (2) 真核生物の細胞は、染色体を複製し、細胞分裂時に娘細胞へと染色体を分配する。分裂酵母は、細長い細胞が長軸方向に伸長し、細胞分裂により、ほぼ均等に分割される(図1)。

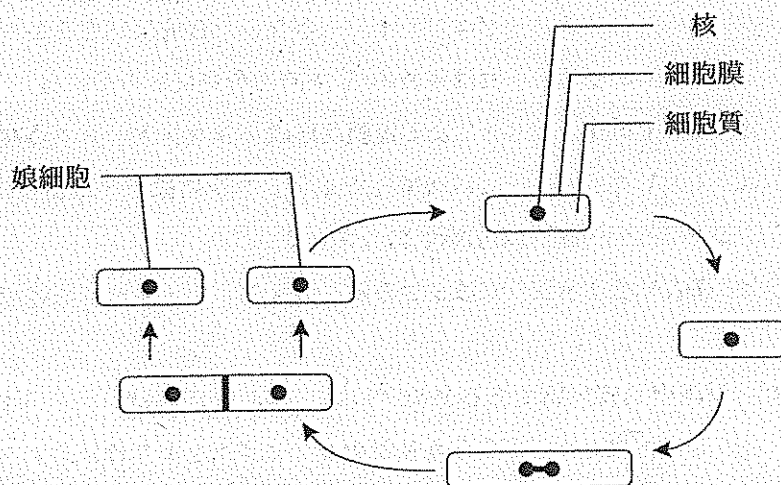


図1 分裂酵母の細胞周期

これまでに分裂酵母の細胞周期温度感受性変異体(変異体)が多数報告されている。このような変異体は、特定の遺伝子に変異が生じることにより、25℃においては野生型細胞(野生型)と同じように生育できるが、35℃では生育に異常が生じる。一方、野生型は35℃においても25℃とほぼ同じように生育できる。野生型を一定時間25℃で培養し、細胞周期がG2期(細胞分裂準備期)にそろったものを集めて35℃で培養し、一定の培養液中の細胞数、DNA量、RNA量、タンパク質量、および細胞の平均長を計測した。35℃で培養を開始した後の計測結果を図2(グラフ1, 2, 3)に示す。

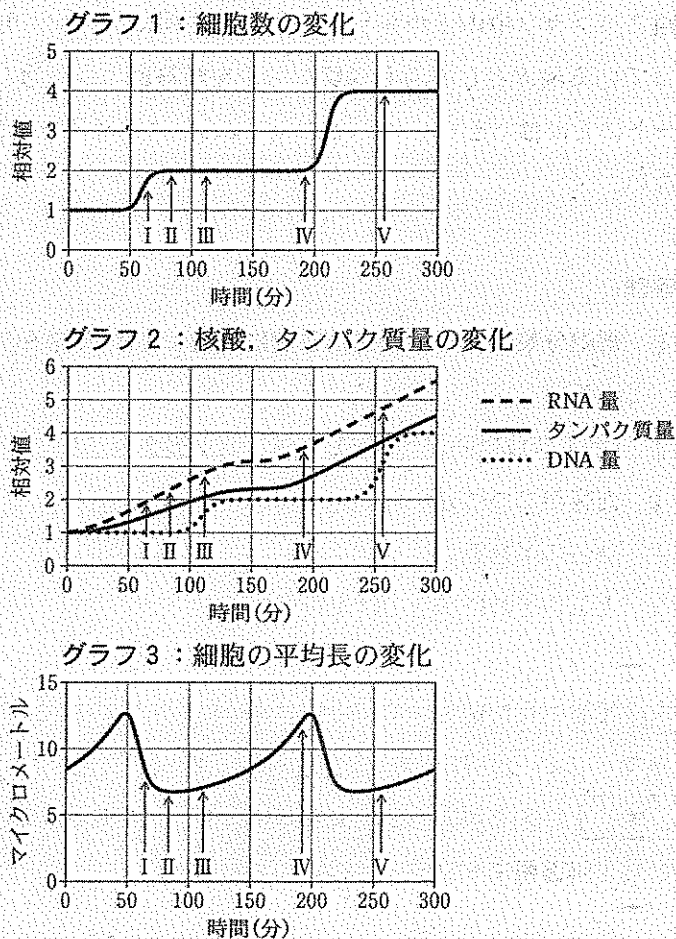


図 2 野生型を 35℃ で培養した計測結果

(a) 図 2 より 1 回の細胞周期にかかる時間として, 最も適切な値を解答群 B から選び, 解答用マークシートにその番号をマークしなさい。

解答群 B

- | | | | |
|---------|---------|---------|---------|
| ① 25 分 | ② 50 分 | ③ 75 分 | ④ 100 分 |
| ⑤ 125 分 | ⑥ 150 分 | ⑦ 175 分 | ⑧ 200 分 |
| ⑨ 225 分 | ⑩ 250 分 | ⑪ 275 分 | ⑫ 300 分 |

- (b) 図2のグラフ中のIからVの計測した時間において、野生型の細胞で起きている現象として最も適切なものを解答群Cから選び、解答用マークシートにその番号をマークしなさい。なお、同じ番号を複数回選択しても構わない。

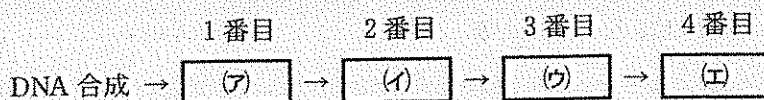
解答群C

- ① 細胞分裂に向けて細胞が急速に伸長し、RNA やタンパク質を合成している。
 - ② DNA 合成に向けてRNA やタンパク質を合成している。
 - ③ 細胞が二つに分かれる。
 - ④ 染色体が複製される。
 - ⑤ 上記のどれにも当てはまらない。
- (c) 次の記述は真核細胞の細胞分裂のときに起こる現象について記述したものである。これらの現象を起こる順番に並べ替えた時に、ア から エ に入る現象として最も適切なものを解答群Dから選び、それぞれの番号を解答用マークシートの該当する部分にマークしなさい。

解答群D

- ① 染色体が両極へ移動する。
- ② 赤道面に染色体が整列する。
- ③ 染色体がゆるんで糸状になる。
- ④ 染色体が凝縮してひも状になる。

細胞分裂における現象の順序



右のページは白紙です。

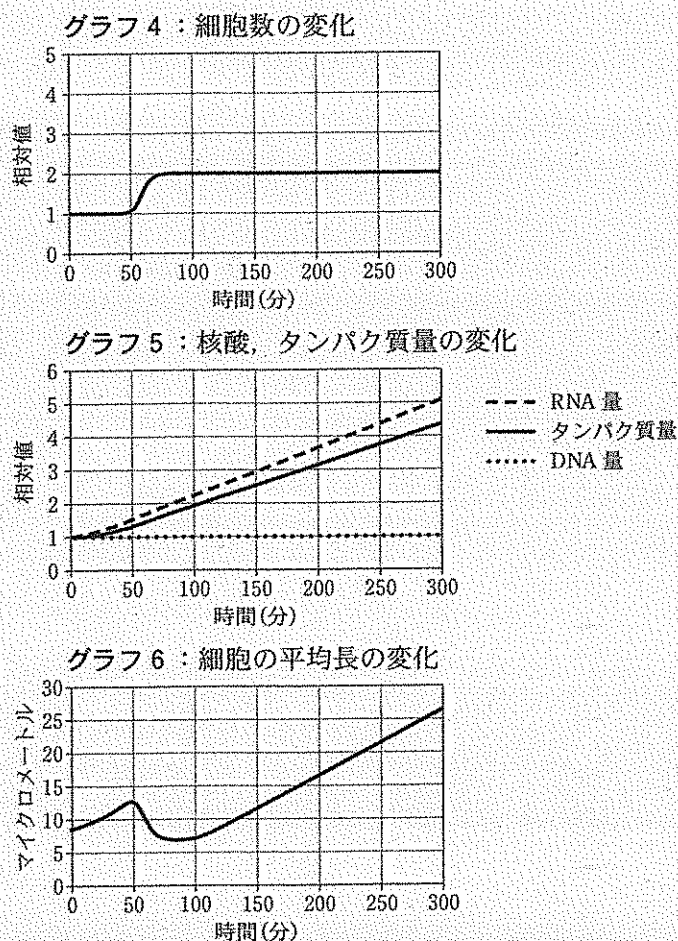


図 3 変異体 A を 35 °C で培養した計測結果

- (d) 変異体の一つである変異体 A を野生型と同様に一定時間 25 °C で培養し、細胞周期が G 2 期にそろったものを集めて 35 °C で培養し、一定の溶液中の細胞数, DNA 量, RNA 量, タンパク質量, および細胞の平均長を計測した。35 °C で培養した結果を図 3 のグラフ 4, 5, 6 に示す。

35℃で培養した変異体 A の性質に関する以下の(ア)から(オ)の記述のうちで、正しいものは①を、正しくないものは②を、どちらともいえないものは③を解答用マークシートの該当欄にマークしなさい。

- (ア) RNA が合成されている。
- (イ) DNA が合成されている。
- (ウ) タンパク質が合成されている。
- (エ) 変異体 A の細胞周期は野生型よりも短い。
- (オ) 200 分後の変異体 A の細胞の平均長は野生型よりも短い。

- (e) 変異体 A を 35℃ で長時間培養していたところ、細胞形態や細胞周期が変異体 A と異なる細胞があらわれた。この変異体を変異体 B とよぶことにした。変異体 B を一定時間 25℃ で培養し、細胞周期が G₂ 期にそろったものを集めて 35℃ で培養した。一定時間後の変異体 B の細胞形態を図 4 に示す。なお、この変異体を 25℃ で培養したところ、細胞形態や細胞周期は変異体 A と同じ様子を示した。

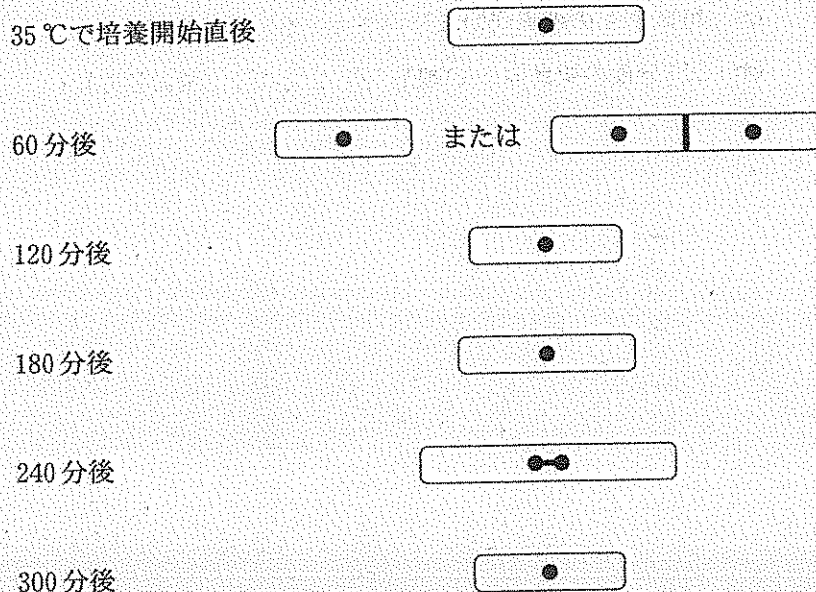
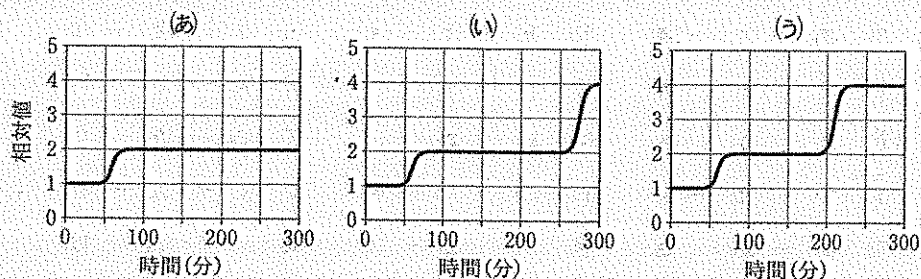


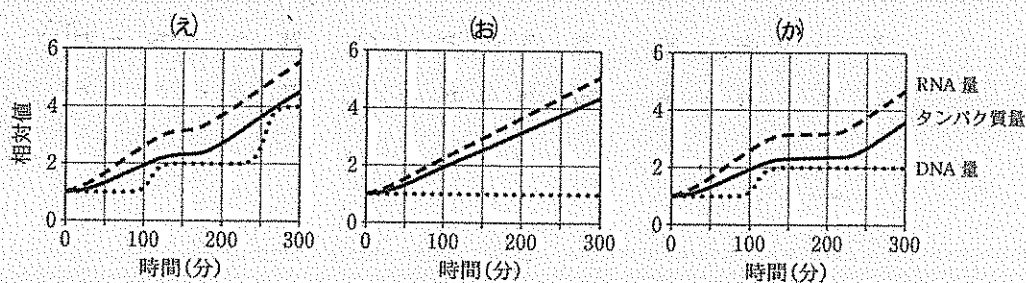
図 4 変異体 B の細胞形態

細胞形態から予想される変異体 B の細胞数の変化、核酸とタンパク質量の変化、細胞の平均長の変化のグラフを細胞数(図 5(あ), (い), (う)), 核酸とタンパク質量(図 5(え), (お), (か)), 細胞の平均長(図 5(き), (く), (け))の中から一つずつ選び、最も適切と思われる組み合わせを解答群 E から選び、解答用マークシートにマークしなさい。

細胞数の変化



核酸とタンパク質量の変化



細胞の平均長の変化

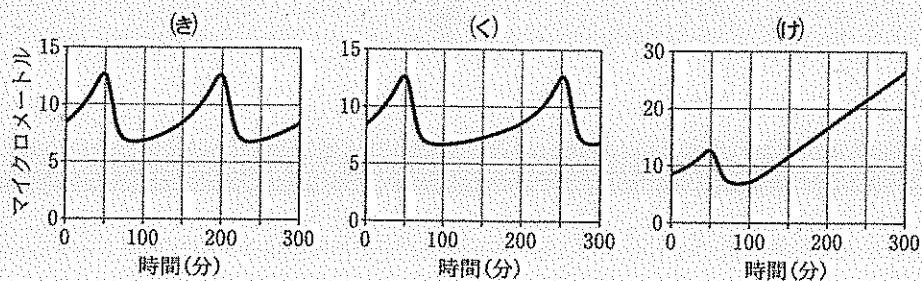


図5 変異体Bを35℃で培養した計測結果

解答群E

- | | | |
|---------------|---------------|---------------|
| ① (あ — え — き) | ② (あ — え — く) | ③ (あ — え — け) |
| ④ (あ — お — き) | ⑤ (あ — お — く) | ⑥ (あ — お — け) |
| ⑦ (あ — か — き) | ⑧ (あ — か — く) | ⑨ (あ — か — け) |
| ⑩ (い — え — き) | ⑪ (い — え — く) | ⑫ (い — え — け) |
| ⑬ (い — お — き) | ⑭ (い — お — く) | ⑮ (い — お — け) |
| ⑯ (い — か — き) | ⑰ (い — か — く) | ⑱ (い — か — け) |
| ⑲ (う — え — き) | ⑳ (う — え — く) | ㉑ (う — え — け) |
| ㉒ (う — お — き) | ㉓ (う — お — く) | ㉔ (う — お — け) |
| ㉕ (う — か — き) | ㉖ (う — か — く) | ㉗ (う — か — け) |

右のページは白紙です。

2 刺激に対する反応と体内環境の調節に関する以下の設問に答えなさい。

(33 点)

- (1) 運動神経は骨格筋の筋細胞とシナプスを形成している。運動神経の興奮が引き金となり、神経終末に存在するシナプス小胞から興奮性の神経伝達物質である [ア] を放出する。受け手側の筋細胞には [ア] と結合すると Na^+ を通すイオンチャネルが存在する。この Na^+ の流入により活動電位が発生する。電位の変化を感知して、筋 [イ] から Ca^{2+} が細胞質へと放出される。これらの反応によって筋収縮⁽ⁱ⁾が起きる。一方、筋収縮には ATP も必要である。筋肉が急激に収縮するとき酸素の供給が不十分であると、酸素を用いない ATP 合成がおき、解糖によって [ウ] が生成され、[ウ] は還元されて、最終的に [エ] になる。解糖において、グルコース 1 分子は [オ] 分子の ATP を消費し、[カ] 分子の ATP が新たに生じるので、差し引き [キ] 分子の ATP がつくられる。

- (a) 文中の [ア] にあてはまる最も適切な語句を解答群 A から選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

解答群 A

- | | | |
|---------|-----------|---------------------|
| ① グリシン | ① アセチルコリン | ② γ -アミノ酪酸 |
| ③ セロトニン | ④ ドーパミン | ⑤ α -ケトグルタル酸 |

- (b) 文中の イ にあてはまる最も適切な語句を解答群Bから選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

解答群B

- | | | |
|---------|-----------|--------|
| ① 小胞体 | ① ミトコンドリア | ② ゴルジ体 |
| ③ リソソーム | ④ 核 | ⑤ 液 胞 |

- (c) 文中の ウ エ にあてはまる最も適切な語句を解答群Cから選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

解答群C

- | | | |
|----------|---------|---------------------|
| ① コハク酸 | ① クエン酸 | ② アセチル CoA |
| ③ 乳 酸 | ④ リンゴ酸 | ⑤ コハク酸 |
| ⑥ オキサロ酢酸 | ⑦ ピルビン酸 | ⑧ α -ケトグルタル酸 |

- (d) 文中の オ から キ にあてはまる最も適した数字を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。なお、解答は一桁の整数とする。

(e) 下線部(i)のイオンチャネルに関する記述として(ア)から(エ)の中で、正しいものは①を、正しくないものは②を、どちらともいえないものは③を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

(ア) イオンチャネルは特定のイオンを通し、細胞内外のイオン濃度差と電位差に従った能動輸送を行う。

(イ) 細胞膜内の電位(膜電位)の変化によってイオンの透過性が変化するイオンチャネルが存在する。

(ウ) 神経の静止電位の形成には、イオンチャネルを介してカリウムイオンが細胞内から細胞外に移動することが寄与する。

(エ) イオンチャネルは細胞膜の選択的透過性を決めている一因である。

(f) 下線部(iii)の筋収縮のしくみには、以下の(ア)から(オ)で示される各過程がある。(ア)から筋収縮が始まると仮定した場合、この後の過程が最も適切な順序でなっているものを解答群Dから選び、解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

- (ア) ATPがミオシン頭部に結合する。
- (イ) ADPとリン酸を放出したミオシン頭部は屈曲し、ミオシンがアクチンフィラメントを動かす。
- (ウ) Ca^{2+} によって構造が変化したアクチンフィラメントとミオシン頭部が結合する。
- (エ) ミオシンがアクチンフィラメントから離れる。
- (オ) ミオシン頭部の酵素活性によりATPが分解され、ミオシン頭部の角度が変わる。

解答群D

- ① (ア) → (ウ) → (イ) → (エ) → (オ)
- ② (ア) → (ウ) → (オ) → (イ) → (エ)
- ③ (ア) → (エ) → (オ) → (イ) → (ウ)
- ④ (ア) → (エ) → (オ) → (ウ) → (イ)
- ⑤ (ア) → (オ) → (エ) → (イ) → (ウ)
- ⑥ (ア) → (オ) → (エ) → (ウ) → (イ)

(g) 筋収縮は様々な刺激に反応して起こり、反射もその一つである。反射に関する記述として(ア)から(エ)の中で、正しいものは①を、正しくないものは②を、どちらともいえないものは③を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

(ア) しつがい腱反射の伸筋収縮は、感覚神経と運動神経が一つのシナプスだけを介して伝えられる反射である。

(イ) 脳の機能に障害が起きた場合には、反射は起きなくなる。

(ウ) ヒトの反射のうち、熱いものにさわると瞬間的に手を引っ込める反応を伸筋反射とよぶ。

(エ) 反射と自律神経による調節は、刺激に対して無意識に反応が起きるという点において類似している。

右のページは白紙です。

(h) 骨格筋は主に運動神経によって支配されているが、心筋や平滑筋も類似した機構によって支配されている。これらの筋組織も骨格筋と同様に筋細胞で活動電位が生じた場合、筋収縮がおきる。図1は3つの筋細胞の活動電位と筋組織の単収縮の大きさについて表したものである(横軸の時間の幅がそれぞれ異なることに注意せよ)。一般に、単収縮が完了する前に次の活動電位が筋肉で発生すると、単収縮が重なりあって強縮が起きる。ただし、筋細胞の活動電位が静止電位に戻っていない場合は、外部から刺激が与えられても新たに筋細胞で活動電位を生じることにはできない。このような条件のもとで、1秒間に6回の割合で刺激を与えた。このときに強縮が起きる筋組織はどれか。最も適切なものを解答群Eから選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。なお、不完全強縮も強縮とみなす。

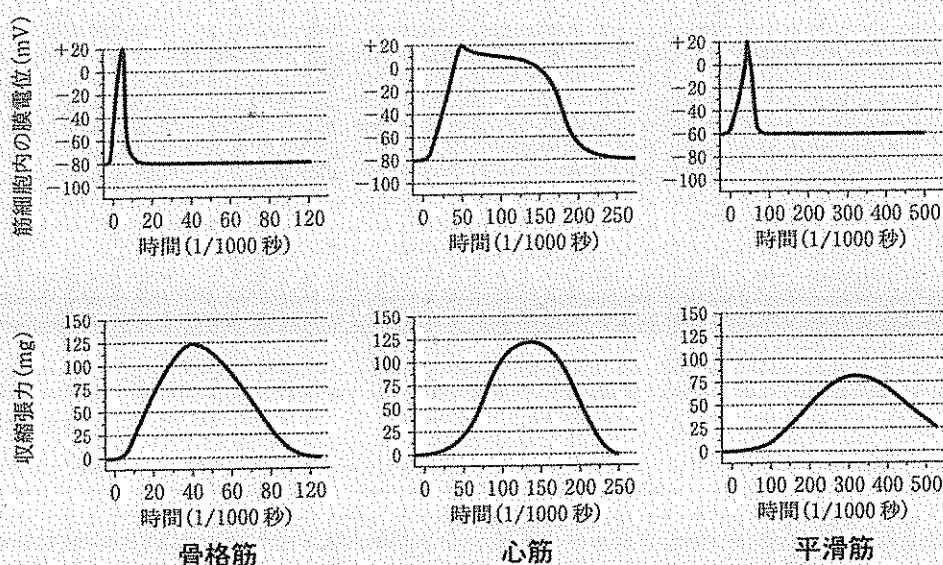


図1 それぞれの筋細胞の活動電位と筋組織の単収縮の大きさ

解答群E

- ① 骨格筋
- ② 心 筋
- ③ 平滑筋
- ④ 骨格筋と心筋
- ⑤ 骨格筋と平滑筋
- ⑥ 心筋と平滑筋
- ⑦ 骨格筋と心筋と平滑筋
- ⑧ すべての筋で強縮は起きない

(2) 赤血球は血液内で酸素を運ぶために特殊化した細胞である。赤血球中のヘモグロビンは酸素と結合することで、酸素ヘモグロビンになり、これにより血液では酸素を豊富に含むことができる。一方で、一酸化炭素(CO)もヘモグロビンと結合が可能であり、一酸化炭素ヘモグロビンを生成する。一酸化炭素と酸素はヘモグロビンの結合部位が同じであるが、一酸化炭素はヘモグロビンに対して、酸素より 250 倍薄い濃度で、同じ量が結合する。ヘモグロビンに対する酸素の結合量は、酸素濃度や一酸化炭素濃度によって大きく変化する。したがって、血液中に酸素がどれだけ含まれるかも、これらの変化に依存する。

図2は、一酸化炭素を含まない血液と一酸化炭素を含む血液について、酸素濃度(相対値)とそのときの 100 mL あたりの血液中に含まれる酸素量を表したものである。どちらの血液でも血液中のヘモグロビンの濃度は 100 mL あたり 14 g であり、一酸化炭素の有無以外の条件は全て一定である。

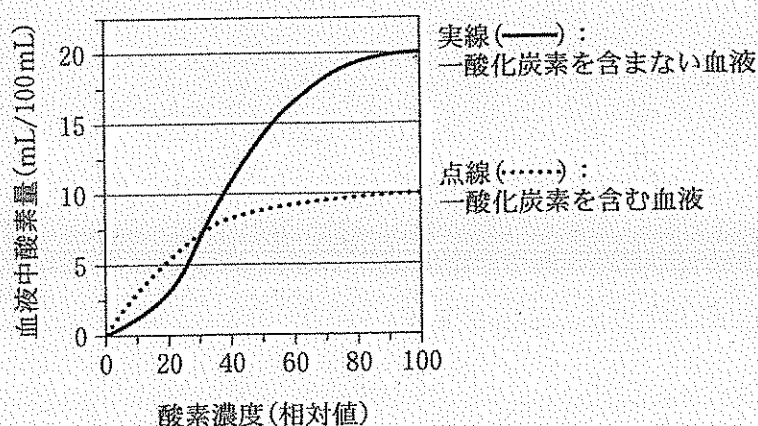


図2 酸素濃度と血液中の酸素含有量の関係

- (a) 図2において、実線で示した一酸化炭素を含まない血液では酸素濃度(相対値)が100のとき、ヘモグロビンには酸素が100%飽和しているとみなす。このような条件で、点線で示した一酸化炭素を含む血液における一酸化炭素濃度(相対値)として最も近い数字を解答群Fから選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。なお、ヘモグロビンに結合せずに血液に溶解している酸素量や一酸化炭素量については考えなくてよいとする。

解答群F

- | | | |
|-------|--------|---------|
| ① 10 | ② 4 | ③ 2.5 |
| ④ 1 | ⑤ 0.4 | ⑥ 0.25 |
| ⑦ 0.1 | ⑧ 0.04 | ⑨ 0.025 |

- (b) 図2のグラフの結果から(a)から(e)の考察を行った。正しいと思われる記述には①を、正しくないと思われる記述には②を、どちらともいえないものには③を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

(a) ヘモグロビンの濃度が100 mLあたり7 gの貧血患者の血液では点線のグラフと同様のパターンを示す。

(i) 一酸化炭素を含む血液でも酸素濃度が低い状態では、血液に含まれる酸素は、一酸化炭素がない場合と比べて増えているので、酸素濃度が低い組織への影響は少ない。

(u) 一酸化炭素が存在すると、ヘモグロビンと酸素の親和性が変化し、酸素を解離しにくくなる。

(e) 一酸化炭素ヘモグロビンを酸素ヘモグロビンへ置換するためには、100%酸素による吸入の方より、一酸化炭素を含まない空気の吸入の方が望ましい。

(3) 次の文章を読み、以下の設問(a), (b)に答えなさい。

血しょうは二酸化炭素の運搬に大切な役割をもつ。肺胞以外の組織で生じた二酸化炭素は血しょうに取り込まれ、その後赤血球に入る。赤血球内に入った二酸化炭素の大部分は、赤血球に含まれている酵素の作用により、炭酸水素イオン(HCO_3^-)と水素イオン(H^+)に変換され、その後、炭酸水素イオンは血しょうに移動する。水素イオンは赤血球内で酸素を放出したヘモグロビンと結合する。肺ではこれと逆の反応が起こり、炭酸水素イオンが再び気体の二酸化炭素となって体外に放出される。この反応は以下の式に示すことができ、血しょう中で、平衡状態が保たれている。



二酸化炭素濃度を $[\text{CO}_2]$ 、炭酸水素イオン濃度を $[\text{HCO}_3^-]$ 、水素イオン濃度を $[\text{H}^+]$ と表すと、通常の状態における血しょうの $[\text{CO}_2]$ 、 $[\text{HCO}_3^-]$ 、 $[\text{H}^+]$ は以下に表される。単位はモル濃度である。モル濃度とは、単位体積の溶液中の溶質の物質質量である。1モルの物質質量とは、物質を構成する要素粒子を 6.02×10^{23} 個集めたものと定義する。ミリモルは、 10^{-3} モルを示す。

$$[\text{H}^+] = 4.0 \times 10^{-5} \text{ (ミリモル/L)}$$

$$[\text{CO}_2] = 1.2 \text{ (ミリモル/L)}$$

$$[\text{HCO}_3^-] = 24.0 \text{ (ミリモル/L)}$$

血しょう中の炭酸水素イオンは、pHの変化を最小限に抑えるはたらきをしている。もし、水素イオンが外部から追加されたとき、炭酸水素イオンの濃度より十分低い場合は、そのほとんどが炭酸水素イオンと反応し、二酸化炭素と水に変換する。

上記の通常状態の血しょう1Lに、水素イオンが瞬間的に0.3ミリモル追加されたとする。この水素イオンの増加分は、炭酸水素イオンの1Lあたりの量(24.0ミリモル)より十分小さいと考えられる。したがって、平衡後の二酸化炭素の濃度は ア (ミリモル/L)、炭酸水素イオンの濃度は イ (ミリモル/L)になり、新たな平衡状態となる。

- (a) 文中の ア にあてはまる最適な数値を解答群Gから、文中の イ にあてはまる最適な数値を解答群Hから選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

解答群G

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| ① 0 | ② 0.3 | ③ 0.6 | ④ 0.9 |
| ⑤ 1.2 | ⑥ 1.5 | ⑦ 1.8 | ⑧ 2.1 |

解答群H

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| ① 21.0 | ② 23.3 | ③ 23.7 | ④ 24.0 |
| ⑤ 24.3 | ⑥ 24.7 | ⑦ 27.0 | ⑧ 29.0 |

- (b) 水素イオンが加えられた血しょうにおける新たな平衡後の水素イオン濃度(ミリモル/L)を計算しなさい。

なお、平衡状態では、水濃度を $[\text{H}_2\text{O}]$ (ミリモル/L)と表すと、定数である $K[\text{H}_2\text{O}]$ は、以下の式で表される。

$$K[\text{H}_2\text{O}] = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{H}^+]}{[\text{CO}_2]}$$

解答は有効数字2桁となるように四捨五入し、次の形式で解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。指数(E)がゼロの場合には符号(U)は+をマークしなさい。ただし、代償機構(変化を元に戻そうとする機構)は考えないものとする。

$$\text{水素イオン濃度} = \frac{\text{ア}}{\text{イ}} \times 10^{\text{ウ エ}}$$

↑

小数点

↑

正負の符号

3

イネの遺伝に関する以下の文を読み、設問に答えなさい。

(34 点)

- (1) 品種 A のイネと品種 B のイネを交配(掛け合わせ)して雑種 1 代目(F1 という)を得た(これを AB-F1 と名付けた)。AB-F1 を栽培し自家受粉により多数の雑種 2 代目(F2)を得た。品種 A はモチ米の品種であり、植物体の背が高く、イモチ病に強いという特徴をもつ。品種 B はウルチ米の品種であり、植物体の背が低く、イモチ病に弱いという特徴をもつ。AB-F1 の植物体は背が⁽ⁱ⁾高くイモチ病に強い性質を示した。ところで、通常のイネ(ウルチ米)の穀粒のデンプンは、アミロースとアミロペクチンの 2 種類の構造の異なるデンプン成分から構成される。モチ米はある遺伝子の突然変異によりアミロースが作られず、アミロペクチンのみのデンプンとなった劣性の形質である。⁽ⁱⁱ⁾モチ米は白く濁った穀粒となるためウルチ米との見分けは容易である。

- (a) 下線部(i)に関する以下の文中の ア , イ に当てはまる適切な語句を解答群 A から選び、解答用マークシートにその番号をマークしなさい。同じ記号を複数回選択してもよい。

品種 A と品種 B が有する遺伝形質のうち、品種 A が持っている背の高さに関する形質は品種 B が持っている背の高さの形質に対して ア の形質である。品種 A のイモチ病に強い形質は品種 B のイモチ病に弱い形質に対して イ の形質である。

解答群 A

- | | | | |
|-------|-------|------|-------|
| ① 優 性 | ② 劣 性 | ③ 連鎖 | ④ 共優性 |
| ⑤ 独立 | ⑥ 従 属 | ⑦ 共存 | ⑧ 分離 |

- (b) 下線部(ii)に関する以下の文章中の (カ) から (サ) に当てはまる最も適当な数字を解答用マークシートの該当欄にマークしなさい。なお、2桁の数の場合は100の位に0を、1桁の数の場合は100および10の位に0を、数が0の場合はすべての位に0をマークしなさい。

AB-F1植物では実った種子のうち、

	100の位	10の位	1の位	
およそ	(カ)	(キ)	(ク)	%がウルチ米の、
	(ケ)	(コ)	(サ)	%がモチ米の形質を示した。

- (2) 日本でもっとも多く栽培されているイネであるコシヒカリは、農林1号と農林22号というイネの品種を交配することによって得られた。一般に、新しいイネの品種は2種類のイネを交配し、それによって得られた雑種1代目(F1)を栽培して自家受粉させて2代目(F2)を得る。この中から望ましい形質を有するF2を選抜し、これを栽培して自家受粉してF3を、さらにこれを栽培してF4を得る。この過程を数回繰り返すことで安定した形質を有するイネが得られる。

ある遺伝子座に関して、優性の遺伝子を持つ品種とこの対立遺伝子が劣性の遺伝子である品種を交配して得られたF1を自家受粉して得られたF2では、この遺伝子座において優性の遺伝子と劣性の遺伝子のヘテロ接合体型となっている個体の割合は (ア) %であると予測される。F2の中から無作為に複数の個体を選択して栽培し、これを自家受粉してF3を得た場合、このF3の中でヘテロ接合体型ゲノムを持っているものの確率は (イ) %である。一方、F3植物の中で優性の遺伝子がホモ接合体型で存在する確率は (ウ) %である。また、劣性の遺伝子は (エ) %での確率でF3植物に含まれると予想される。

上記のF2のうち、複数個体を無作為に選び、これらを自家受粉してF3を得た。このF3より無作為に1個体を選んで自家受粉してF4を、さらにこれと同様の操作を繰り返すことにより複数系統のF8を得た。これらのうちの任意のF8の植物を栽培し、得られたF9の種子を栽培したところ、同じ系統の

(i)

F9 植物はいずれも同じ表現型を示した。すなわち、これらの F9 植物の表現型は F8 と同じであると考えられ、両者の違いは通常の方法では検出することができなかつた。この場合、これらの植物は純系であると見なすことができる。純系となった系統は新しい品種としての登録が可能である。

- (a) 上記の文章中の (ア) から (エ) に当てはまる数を解答群 B から選び、その番号を解答用マークシートの該当欄にマークしなさい。同じ番号を複数回選択してもよい。ただし小数点 2 桁目以下は四捨五入するものとする。

解答群 B

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| ① 0 | ② 12.5 | ③ 25.0 | ④ 37.5 |
| ⑤ 50.0 | ⑥ 62.5 | ⑦ 75.0 | ⑧ 87.5 |
| ⑨ 100 | | | |

- (b) 下線部(i)および(ii)に関する(カ)から(コ)の記述のうちで、正しいものは①を、正しくないものは②を、どちらともいえないものは③を解答用マークシートの該当欄にマークしなさい。

- (カ) 同じ系統の F8 植物どうしを交配した場合は、それぞれを自家受粉して得られた F9 とは異なる表現型を示す個体を得られる。
- (キ) 自家受粉を繰り返すうちに劣性遺伝子は突然変異により淘汰されて消え、F8 植物では、ゲノムに含まれる遺伝情報は優性遺伝子のホモ接合体型になっている。
- (ク) 劣性の遺伝子は、自家受粉を繰り返しても優性の遺伝子と同等に遺伝して、最終的にこれがホモ接合体となった個体も得られる。
- (ケ) F8 植物では、ある遺伝子座において優性遺伝子のホモ接合体と劣性遺伝子のホモ接合体のゲノムがおよそ 3 : 1 の割合で得られる。
- (コ) F8 植物は、遺伝子座によりホモ接合体型、ヘテロ接合体型が含まれる割合が異なる。

(c) F8植物のうち表現型の異なる2つの系統(F8-A系統とF8-B系統)を選び、これらから得られた種子を同じ条件で栽培してそれぞれの植物の背丈(草丈)を測定した。その結果、図1に示すような分布を示した。このことから何がいえるか。(㍑)から(㍷)の記述のうちで、正しいものは①を、正しくないものは②を、どちらともいえないものは③を解答用マークシートの該当欄にマークしなさい。

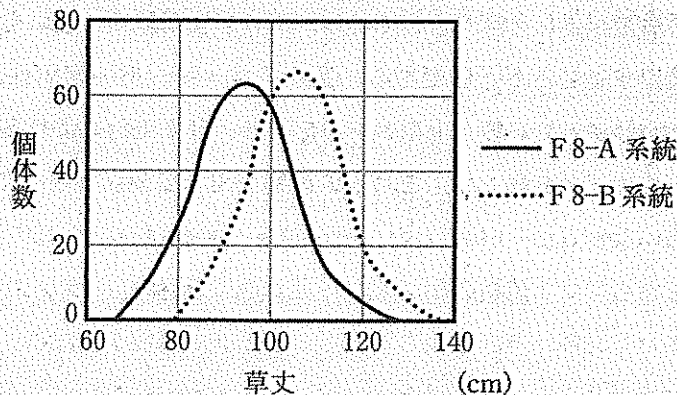


図1 F8-A系統とF8-B系統の草丈の分布

- (㍑) F8-A系統の植物の草丈の平均値とF8-B系統の植物の草丈の平均値が異なるのは、草丈に関する遺伝子の表現型が異なるためである。
- (㍒) F8-A系統、F8-B系統のそれぞれの系統で草丈の異なる個体が現れるのは、遺伝的浮動によるものである。
- (㍓) F8-A系統のうち、草丈が高い個体から得られた次世代の植物はF8-A系統の草丈と同様にさまざまな草丈の分布を示し、その平均値はF8-A系統の平均値とほぼ同じになる。

- (3) イモチ病はカビが原因のイネの病気である。イモチ病に対する抵抗性(耐病性)を持つことは農業的に有用な形質であり、この形質は耐病性遺伝子による。この耐病性遺伝子を持っているかどうかを遺伝子診断するための基本的な情報を得る実験を行った。

品種 A と品種 C を交配して得られた F1 を得た。品種 C はインディカ型のイネであり、品種 A が属するジャポニカ型のイネ(日本国内で一般的に栽培されているイネ)とはゲノムの構造が大きく異なる。また品種 A、品種 C はゲノムの構造が詳しく調べられており、両者の塩基配列の違いを遺伝子診断法により検出することが可能である。品種 C はイモチ病の耐病性がなく病気に弱いことがわかっている。上記の F1 を栽培し自家受粉により多数の F2 を得た。これらの F2 を栽培し、これらの植物を用いて耐病性を有するかどうか(病気に強いかどうか)を検定した。その結果、耐病性のある 100 個体を選抜した。

これらの F2 植物のゲノムは、品種 A と品種 C のゲノムがモザイク状態で含まれており、それぞれの植物によりゲノム構成が異なる。しかし耐病性遺伝子は品種 A に由来するため、これらの 100 個体のすべてにおいて、ゲノムのうち、耐病性遺伝子が含まれる領域は、品種 A 型であると考えられる。100 個体すべてのゲノム構造を調べ、これらのすべてに共通して存在する品種 A 型ゲノムの領域があれば、この中に耐病性遺伝子が含まれることが予想される。

そこでこれらの 100 個体すべてのゲノム構成について遺伝子診断を行った。この診断では、それぞれの部位における品種特有のゲノムの構造を検出することができる。これらについて詳細な遺伝子診断と耐病性遺伝子との連鎖分析を行ったところ、これらの個体には、ある染色体領域(PCR により遺伝子診断を行った DNA 領域 M1 ~ M9 を含む)に品種 A 型ゲノムが共通して存在することがわかった。これらの 100 個体から AC1 ~ AC10 の 10 個体を選び、それぞれのゲノムが品種 A 型か品種 C 型ゲノムかを示したのが図 2 である。図中で灰色の領域は品種 A 型ゲノムが存在することを、白色の領域は品種 C 型ゲノムが存在することを示している。F2 個体の AC1 では、対となる染色体の 2 本とも M1 ~ M9 のすべての部位が品種 A 型であることを示している。AC5 では、対となる染色体の 1 本が品種 A 型、1 本が品種 C 型であることを

示す。その他の系統では片方の染色体の一部が品種 A 型から品種 C 型に置き換わった組換え型であることを示している。たとえば AC2 では, M1, M2, M3 のそれぞれの DNA 領域では品種 A 型と品種 C 型のヘテロ接合体型, M4, M5, M6, M7, M8, M9 のそれぞれの DNA 領域では品種 A 型のホモ接合体型であることを示す。

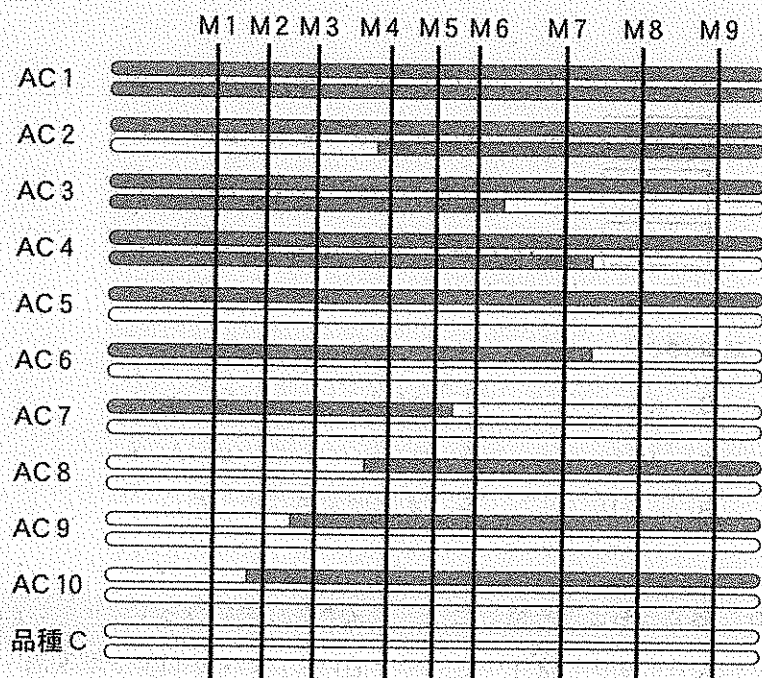


図2 遺伝子診断の結果のまとめ

2本の横棒は対となる染色体を表す。灰色の領域は染色体の当該領域が品種 A 型のゲノムであることを示し、白色の領域は品種 C 型のゲノムであることを示している。縦線は M1 ~ M9 の位置を示す。

- (a) M1～M9のそれぞれのDNA領域において、品種A型の場合には「A」を、品種C型の場合には「C」を記すとすると、2本の染色体のいずれもが品種A型の場合はA/A、品種C型の場合はC/C、ヘテロ接合体型の場合はA/Cと表記できる。以下の ア から ウ の遺伝型を示すものは、図2のAC2～AC10の中のどれにあたるか。あてはまるものを解答群Cから選び、その番号を解答用マークシートの該当欄にマークしなさい。

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
ア	A/A	A/A	A/A	A/A	A/A	A/A	A/C	A/C	A/C
イ	C/C	C/C	C/C	A/C	A/C	A/C	A/C	A/C	A/C
ウ	A/C	A/C	A/C	A/C	C/C	C/C	C/C	C/C	C/C

解答群C

- ① AC2 ① AC3 ② AC4 ③ AC5
 ④ AC6 ⑤ AC7 ⑥ AC8 ⑦ AC9
 ⑧ AC10 ⑨ あてはまるものはない
- (b) 図2をもとに考察した以下の文(カ)から(ケ)のうちで、正しい記述は①を、正しくないものは②を、どちらともいえないものは③を解答用マークシートの該当欄にマークしなさい。

- (カ) AC6は耐病性遺伝子をヘテロ接合体型として持っている。
 (キ) AC5はM1～M9のすべての領域が品種A型ゲノムのホモ接合体型である。
 (ク) 耐病性遺伝子がM1～M9の領域内に存在することをいうためには、品種Aについて調べた遺伝子診断(PCR)の結果が必要である。
 (ケ) 耐病性遺伝子がM1～M9の領域内に存在することをいうためには、品種Cについて調べた遺伝子診断(PCR)の結果が必要である。

- (c) 耐病性遺伝子は図3のどの部位に存在すると予測されるだろうか。解答用紙の図に示す横線上のあてはまる最小部位に○をマークしなさい。

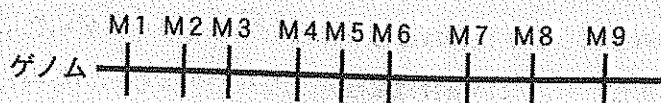


図3 M1～M9領域のゲノムを線で示す

- (d) 品種Aの耐病性遺伝子を同定するために実験を進めた。耐病性遺伝子が存在する最小部位のゲノム構造を詳細に調べたところ、この中に新たに見つかったDNA領域M101とM102の間に3つの遺伝子(X, Y, Z)が存在することがわかった(図4)。一方、品種Cについて、対応する部位の塩基配列を調べたところ、遺伝子Zで、タンパク質をコードする領域で2塩基の欠失が生じていた。品種Aと品種Cのそれ以外の塩基配列は全く同じであった。

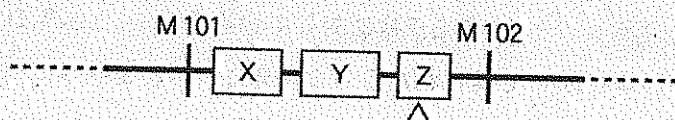


図4 イモチ病に対する耐病性遺伝子が含まれるゲノム領域の構造
品種Aと品種CゲノムにおけるM101とM102の間の塩基配列の欠失が見られた部位をΔで示す。

品種 A より M 101～M 102 の DNA 領域のさまざまな DNA 断片を調製した。これらの DNA 断片を品種 C に導入し、形質転換体を作出した。以下に示す(㍉)から(㍌)の DNA 断片を導入した形質転換体のうち、イモチ病に対して耐病性になると思われるものはどれであろうか。耐病性になる場合は①を、耐病性にならない場合は②を、どちらの可能性もある場合は③を解答用マークシートの該当欄にマークしなさい。

- (㍉) M 101 から M 102 のすべての領域のゲノムを含む DNA 断片
 - (㊀) 遺伝子 X に含まれるタンパク質をコードする領域、およびこの遺伝子の発現に関わる制御領域を含む DNA 断片
 - (㊁) 遺伝子 Y に含まれるタンパク質をコードする領域、およびこの遺伝子の発現に関わる制御領域を含む DNA 断片
 - (㊂) 遺伝子 Z に含まれるタンパク質をコードする領域、およびこの遺伝子の発現に関わる制御領域を含む DNA 断片
- (e) 品種 A のイネ(イモチ病に対して耐病性品種)と品種 D(耐病性でない)のイネを交配して得られた F1 は耐病性の形質を持っていた。一方、品種 C と品種 D を交配して得られた F1 は耐病性を示さなかった。品種 A と品種 C を交配して得られた F1 を栽培し、これに品種 D を交配して種子を得た(AC/D-1 とよぶことにする)。AC/D-1 を栽培し、これらと品種 D を交配して種子を得た(AC/D-2 とよぶことにする)。さらにこの AC/D-2 から無作為に複数の個体を選択して栽培し、これらを遺伝子診断して M 101 と M 102 の両方が品種 A 型の個体を選抜した。この後、これらを品種 D と交配して AC/D-3 を得た。AC/D-3 についても同様の遺伝子診断を行って M 101 と M 102 の両方の部位で品種 A 型の個体を選抜した後、これらを品種 D と交配して AC/D-4 を得た。AC/D-4 についても同様の操作を行い、さらに、この操作を繰り返して AC/D-8 を得た。AC/D-8 を栽培し、同様に遺伝子診断による選抜を行った後、自家受粉させて複数の種子を得た(AC/D-9 とよぶことにする)。

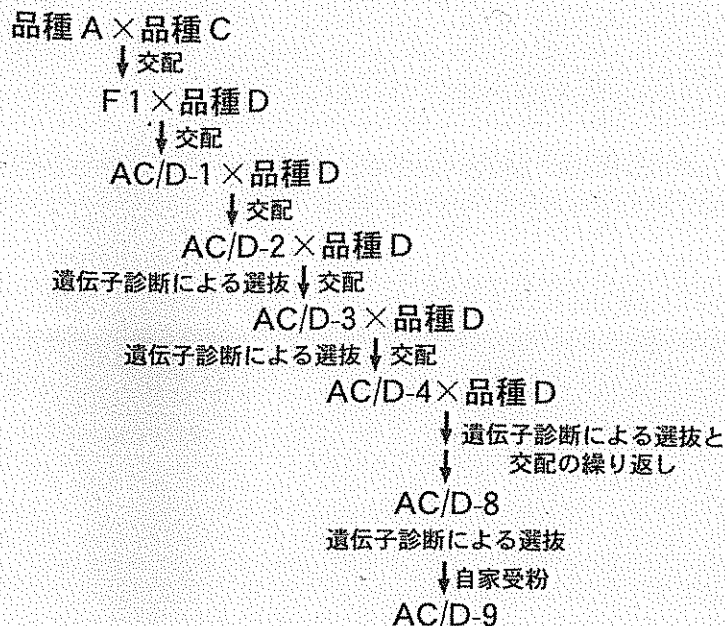


図5 実験の概略

AC/D-8およびAC/D-9に関する(タ)~(ト)の記述のうち、正しいものは①を、正しくないものは②を、どちらともいえないものは③を解答用マークシートの該当欄にマークしなさい。

- (タ) AC/D-8のうち、イモチ病の耐病性を示す確率は50%である。
- (チ) AC/D-9のうち、イモチ病の耐病性を示す確率は50%である。
- (ツ) AC/D-8のうち、遺伝子診断により選抜された個体の遺伝子Zは品種D型のヘテロ接合体型である。
- (テ) AC/D-8では、品種C型のゲノムはほとんど消失している。
- (ト) AC/D-9では、M101~M102の領域以外のゲノムの大部分は品種D型のホモ接合体型である。