

A 3 物理

A 4 化学

A 5 生物

この冊子は、**物理**、**化学** および **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 16 ページまであります。

化学の問題は、17 ページより 31 ページまであります。

生物の問題は、32 ページより 58 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、解答用紙に志望学科と受験番号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、さらに受験番号と志望学科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上部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 植物の発芽と成長、環境適応、他の生物とのかかわりについての以下の設問に答えなさい。(33点)

(1) 植物の種子は吸水と同時に光、温度、酸素などの環境条件が整うと発芽を始める。胚乳をもつイネやコムギの種子では、発芽の環境が整うと、胚でつくられる (ア) が種皮の内側にある糊粉層へ移動して、そこで (イ) の合成が誘導される。すると、胚乳に貯蔵されているデンプンが分解され、胚に栄養として吸収されることで発芽が引き起こされる。発芽した植物は環境の影響を受けながら成長を続ける。植物の成長に欠かせない植物ホルモンは、体内で適切な濃度になるように調整されており、植物の成長だけでなく、植物が環境に反応するための制御機構においても重要な働きを担う。植物ホルモンの生理作用に関しては、20世紀初頭から現代にかけて精力的に研究されており、中でも、最近の遺伝子組換え技術などのバイオテクノロジーの発展は植物ホルモンの多様な機能の解明に大きく役立っている。また植物ホルモンは、葉でガス交換を行うための気孔の開閉を調節する働きも行っている。水分が不足すると、(ウ) が合成され、孔辺細胞内の浸透圧を (エ) させることで気孔を閉じる。一方、(オ) は気孔を開かせる働きをしている。

- (A) 文章中の空欄 (ア) ~ (オ) 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。ただし、同じ番号を何度使ってもよい。

解答群A

- | | | |
|-----------|---------|----------|
| ① オーキシン | ④ グルコース | ⑦ グルタミン酸 |
| ② サイトカイニン | ⑤ エチレン | ⑧ アブシシン酸 |
| ③ ジベレリン | ⑥ アミラーゼ | ⑨ カタラーゼ |
| ④ グルタミン | ⑦ 増 加 | ⑧ 低 下 |

(B) レタスのような光発芽種子は、下線部(i)の記述にある環境条件の中でも光による発芽の制御が強く現れる。下記(a)~(e)のうち、レタスの種子を発芽させるための光条件として適切なものには①を、適切でないものには②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。ただし、レタスの種子はシャーレの上に置き、暗所で2時間置いて十分に吸水させた後、発芽に適切な温度でそれぞれの光を1時間照射した。照射後は暗所に置き、2日後に発芽の有無を調べた。

- (a) 種子に遠赤色光を照射し、次に青色光を照射し、さらに赤色光を照射した。
- (b) 種子に青色光を照射し、次に太陽光を照射した。
- (c) 種子に太陽光を照射し、次に赤色光を照射し、さらに遠赤色光を照射した。
- (d) 種子に赤色光を照射し、次に太陽光を照射した。
- (e) 種子に太陽光を照射し、次に遠赤色光を照射した。

(C) 文章中の下線部(ii)における茎や葉の成長に関わる植物ホルモンのうち、成長に促進的もしくは抑制的に関わるものの正しい組み合わせを**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 促進的：オーキシン，エチレン
抑制的：アブシシン酸
- ① 促進的：サイトカイニン，エチレン
抑制的：ジベレリン
- ② 促進的：エチレン，オーキシン
抑制的：アブシシン酸
- ③ 促進的：ジベレリン，アブシシン酸
抑制的：サイトカイニン
- ④ 促進的：ジベレリン，サイトカイニン
抑制的：エチレン

(D) 文章中の下線部(iii)の環境の影響の1つに乾燥ストレスが含まれる。極端な乾燥地に生息する CAM 植物(サボテン等の多肉植物)は、水分の消失を防ぐための特殊な光合成を行う。下記の(a)~(c)のうち、CAM 植物で起こっている光合成に関する説明として適切ものには①を、適切でないものには②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) 昼間に二酸化炭素を取り込み、夜間に高濃度に濃縮された二酸化炭素を用いてカルビン・ベンソン回路を回す。
- (b) 二酸化炭素の濃縮は葉肉細胞で行われ、炭酸固定は維管束鞘細胞で分かれて行われる。
- (c) 取り込まれた二酸化炭素は C_4 化合物として一時貯蔵される。

(E) 文章中の下線部(iv)の植物のバイオテクノロジーに関する記述(a)~(e)を読んで、適切なものには①を、誤りを含むものには②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) プラスミドは、細菌等の細胞内で、細胞自体の DNA とは独立に存在する環状 DNA であり、遺伝子の単離や増幅に頻繁に使われる。
- (b) ある特定の遺伝子を増幅するためのプライマーを用いて、植物組織から抽出したペプチドを鋳型にして PCR を行うことで、目的の遺伝子を増幅できる。
- (c) 植物の遺伝子組換え手法として、アグロバクテリウムと呼ばれる細菌が一般的に利用されている。
- (d) 植物の細胞壁をリパーゼを用いて分解し、プロトプラストにすることができ、これを用いて交配不可能な植物同士の雑种植物を作ることができる。
- (e) ニンジンの根はオーキシンを含む栄養分を与えて組織培養するとカルスを形成する。これに適当な濃度のサイトカイニンなどの植物ホルモンを与えることで、葉や根などを再分化させることができる。

(2) 一定面積内の生態系において、植物(生産者)が一定期間内に によって生産される の総量を総生産量という。総生産量から 量を差し引いたものが生産者の純生産量となり、純生産量から 量と 量を差し引いたものが成長量になる。一方、消費者である動物の成長量は、同化量から 量と 量と 量を差し引いたものである。

陸上生態系において、消費者の生産量は摂食量の10%程度と仮定した場合、生産者による純生産量の10%が摂食され、かつ、一次消費者は二次消費者によってすべて摂食された場合、二次消費者の生産量は純生産量の %程度になる。さらに、この生態系の1年間の純生産量が100トンである場合、平均重量2kgの二次消費者が平均重量5kgの三次消費者によって50%が摂食されるならば、三次消費者により摂食された二次消費者の個体数は 個体と予測される。

(A) 上記の説明文中の空欄 から 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。ただし、同じ番号を何度使ってもよい。

解答群C

- | | | | |
|---------|---------|-------|--------|
| ① 無機物 | ② 枯死・死滅 | ③ 被食 | ④ 現存 |
| ⑤ 光合成 | ⑥ 炭化水素 | ⑦ 酸化 | ⑧ 還元 |
| ⑨ 不消化排出 | ⑩ 分解 | ⑪ 酵素 | ⑫ 呼吸 |
| ⑬ 窒素 | ⑭ 有機物 | ⑮ ATP | ⑯ アミノ酸 |
| ⑰ タンパク質 | ⑱ 脂質 | | |

- (B) 空欄 ケ にあてはまる数値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。ただし、得られた解答は小数第二位を四捨五入し、1桁の数の場合は、十の位に⑩をマークしなさい。また小数点以下の数の場合は、十の位と一の位に⑩をマークしなさい。

(a) (b) .
↑
小数点 (c) %

- (C) 空欄 コ にあてはまる数値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。ただし、解答が2桁の場合は百の位に⑩を、1桁の場合は百の位と十の位に⑩をマークしなさい。

(d) (e) (f)
 ↑ ↑ ↑
 百の位 十の位 一の位

- (3) 生物間の相互作用に関する以下の実験およびその結果に関する記述を読み、設問に答えなさい。

実験

マメ科植物であるリママメは、害虫であるハダニの食害をうけると、匂い物質 X を放出する。この匂い物質 X は、ハダニを餌とする、ある種の捕食性のカブリダニを惹(ひ)きつけることが分かっている。一方、同じマメ科植物であるミヤコグサも、ハダニの食害をうけると匂い物質 Y を放出するが、匂い物質 X は放出しない。ミヤコグサに匂い物質 X の合成酵素遺伝子を導入したところ、得られた遺伝子組換え植物(組換え植物 A)は、匂い物質 X を常に出すようになった。このミヤコグサの非組換え植物と組換え植物 A を用いて以下の実験を行った。なお、匂い物質 X と匂い物質 Y の生産はお互い独立に起こり、匂い物質 X が生産されることによって匂い物質 Y の放出量に影響は生じない。

未被害およびハダニに食害されたこれらのミヤコグサの近くに、2 種のカブリダニ(ミヤコカブリダニとチリカブリダニ)を放し、これらの植物から放出される匂いがそれぞれのカブリダニを惹きつける効果を調べた。未被害の非組換え植物、食害された非組換え植物、未被害の組換え植物 A、食害された組換え植物 A の、4 種の中から 2 種を選び、植物の組み合わせを変えた実験 1 から実験 4 でのそれぞれのカブリダニの行動を評価し、この結果を表 1 と表 2 にそれぞれまとめた。

表1 ミヤコカブリダニの行動

実験1	未被害の非組換え植物	<	食害された非組換え植物
実験2	未被害の組換え植物 A	<	食害された組換え植物 A
実験3	未被害の非組換え植物	<	未被害の組換え植物 A
実験4	食害された非組換え植物	=	食害された組換え植物 A

表2 チリカブリダニの行動

実験1	未被害の非組換え植物	<	食害された非組換え植物
実験2	未被害の組換え植物 A	<	食害された組換え植物 A
実験3	未被害の非組換え植物	=	未被害の組換え植物 A
実験4	食害された非組換え植物	<	食害された組換え植物 A

上記の表において、甲<乙の場合は、乙が甲よりも多く惹きつけたことを意味する。甲>乙の場合は、甲が乙よりも多く惹きつけたことを意味する。甲=乙の場合は、甲と乙に惹きつけた数はほぼ同じであったことを意味する。

(A) 表1と表2に示す結果から考察される(a)~(d)のうち、適切なものには①を、適切ではないものには②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、組換え植物 A から出る匂い物質 X の量は一定であり、食害の有無にかかわらず量的な変化を起こさないものとする。

- (a) ミヤコカブリダニとチリカブリダニの両者とも未被害の組換え植物 A よりも食害をうけた組換え植物 A の匂いに惹きつけられる。
- (b) 組換え植物 A から出る匂い物質 X は、単独ではミヤコカブリダニを惹きつける効果はないが、チリカブリダニを惹きつける効果をもつ。
- (c) ミヤコカブリダニは、食害をうけた植物から出る匂い物質 Y に惹きつけられるが、匂い物質 X が加わることでさらに強く惹きつけられるようになる。
- (d) チリカブリダニは、食害をうけた植物から出る匂い物質 Y に惹きつけられるが、匂い物質 X が加わることでよりさらに強く惹きつけられるようになる。

(B) 突然変異により、ハダニの食害をうけても匂い物質 Y を放出しなくなったミヤコグサの変異体植物に、匂い物質 X の合成酵素遺伝子を導入した。得られた遺伝子組換え植物(組換え植物 B)はハダニの食害の有無に関わらず、常に匂い物質 X を放出するようになった。そこで、変異体植物とその組換え植物 B を用いて、カブリダニを惹きつける効果について調べた。この結果を表 1 と表 2 と同様の形式で表 3 と表 4 にまとめる場合、予測される結果を考察しなさい。表中の(ア)~(ク)にあてはまる適切な等号もしくは不等号を解答群 D 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、組換え植物 B から出る匂い物質 X の量は一定であり、食害の有無により量的な変化を起こさないものとする。

表 3 ミヤコカブリダニの行動

実験 1	未被害の変異体植物	(ア)	食害された変異体植物
実験 2	未被害の組換え植物 B	(イ)	食害された組換え植物 B
実験 3	未被害の変異体植物	(ウ)	未被害の組換え植物 B
実験 4	食害された変異体植物	(エ)	食害された組換え植物 B

表 4 チリカブリダニの行動

実験 1	未被害の変異体植物	(オ)	食害された変異体植物
実験 2	未被害の組換え植物 B	(カ)	食害された組換え植物 B
実験 3	未被害の変異体植物	(キ)	未被害の組換え植物 B
実験 4	食害された変異体植物	(ク)	食害された組換え植物 B

解答群 D

① > ② < ③ =

2

細胞の構造とタンパク質の分泌に関する以下の設問に答えなさい。(35 点)

真核生物の細胞は核とそれ以外の細胞質に大きく分けられ、細胞質は細胞膜で囲まれている。細胞質には特定の機能をもつ細胞小器官がある。タンパク質は、細胞内のさまざまな場所ではたらいっているが、細胞の内部で合成された一部のタンパク質は細胞外へと分泌される。細胞内でタンパク質の合成を行うのは、細胞質に存在するリボソームである。リボソームは大小二つのサブユニットからなる細胞小器官で、タンパク質と (ア) とで構成された複合体である。リボソームの小サブユニットは (イ) と結合する。そして、リボソームはその位置を移動させながら、コドンが指定するとおりに次々とアミノ酸をつないでいく。

(イ) のコドンのアミノ酸への変換は (ウ) を介して行われる。

(ウ) の種類はアミノ酸の種類よりも多い。これは、同じアミノ酸を指定するのに複数のコドンが存在する場合があるからである。リボソームには、(エ) とよばれる細胞小器官に結合しているものもあり、このようなリボソームで合成される一部のタンパク質は合成された後、(エ) の内部へと運ばれ、その後細胞外に分泌されたり、細胞膜などの膜の構成成分になったりする。

細胞小器官の間を、分泌されるタンパク質が移動するときは、輸送小胞とよばれる膜で囲まれた小さな小胞に入れられて運ばれる。図 1 は輸送小胞によるタンパク質の輸送方法を模式的に示している。タンパク質が膜で囲まれた細胞小器官 A から細胞小器官 B に運ばれるとき、タンパク質は、まず細胞小器官 A の膜が突出して作られる輸送小胞に入れられる。この時、輸送されるタンパク質は、輸送小胞にあるタンパク質と結合することで輸送小胞に取りこまれる。このことを輸送小胞の出芽とよぶ。次に、輸送小胞は細胞小器官 B の近くへ運ばれ、細胞小器官 B の膜と融合することでタンパク質を細胞小器官 B へと移動する。さらに細胞小器官 B も出芽により、輸送小胞を形成する。輸送小胞は作られる細胞小器官ごとに異なり、タンパク質を分泌する経路においては輸送小胞 1 と輸送小胞 2 が関わっていることが分かっている。輸送小胞 1 と輸送小胞 2 は大きさの違いから区別することができる。細胞内で合成されたタンパク質が分泌される際、

タンパク質はいくつかの細胞小器官を経由して細胞外へと運ばれる。

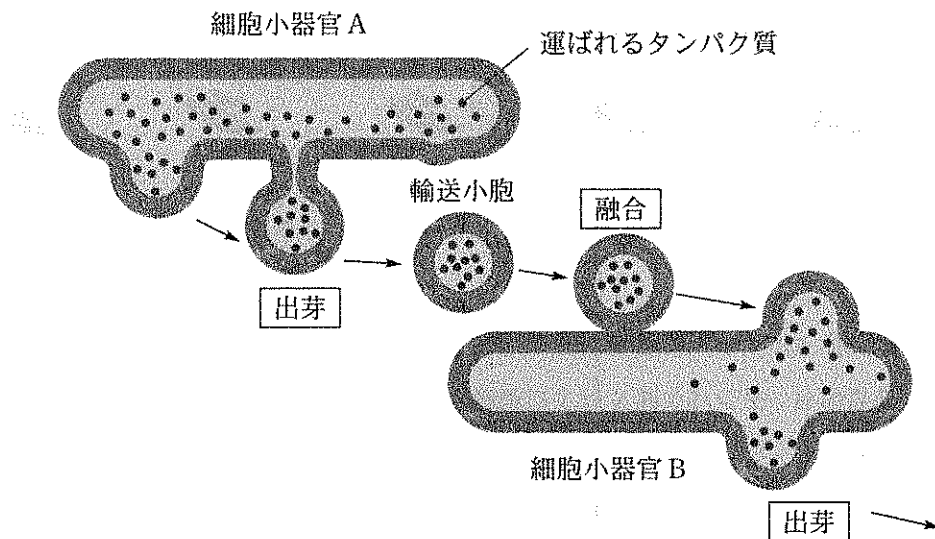
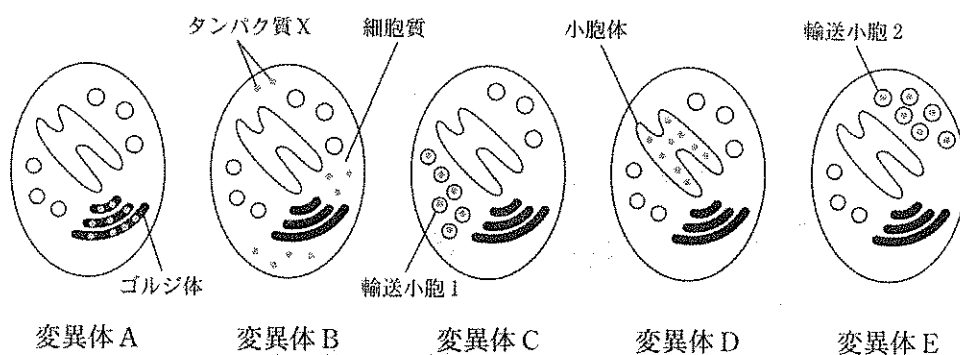


図1 輸送小胞の出芽と融合による細胞小器官の間でのタンパク質の輸送方法の模式図

このタンパク質の細胞外への分泌のしくみは、ほとんどの真核生物で類似していることが分かっている。酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*) を用いて、細胞内で合成されたタンパク質 X が、どのようにして細胞外へ分泌されるかを調べた。⁽ⁱⁱ⁾

正常な酵母(野生型の酵母)に突然変異を起こさせて、増殖にとって最適な温度である 25℃ で培養したときはよく生育し、タンパク質 X を分泌するが、高温 (37℃) にすると生育が止まり、タンパク質 X を分泌することができない性質を持つ数種類の突然変異体(以下、変異体とよぶ)を得た。このような変異体の性質を温度感受性とよぶ。これらの変異体内では、25℃ から 37℃ に移して培養したときに、突然変異により障害が生じているところでタンパク質 X の輸送が停止し、タンパク質 X が蓄積することが分かった。これらの温度感受性の変異体においてタンパク質 X が蓄積している場所を調べた結果、図 2 のように変異体 A～E に分類された。これらの各変異体ではタンパク質 X の生産に関する遺伝子には突然変異は生じていなかった。また、タンパク質 X の遺伝子自身にも突然変異は生じていなかった。これらのことをもとに、以下の設問に答えなさい。



変異体 A：タンパク質 X は主にゴルジ体に蓄積

変異体 B：タンパク質 X は主に細胞質に蓄積

変異体 C：タンパク質 X は主に輸送小胞 1 に蓄積

変異体 D：タンパク質 X は主に小胞体に蓄積

変異体 E：タンパク質 X は主に輸送小胞 2 に蓄積

図 2 タンパク質 X の分泌に異常がみられた変異体の種類

- (1) 文中の空欄 (ア) から (エ) を埋めるのに最も適切な語句を解答群Aの中から選び、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 中心体 | ① DNA | ② 葉緑体 |
| ③ アンチコドン | ④ 脂質 | ⑤ mRNA |
| ⑥ アミノ酸 | ⑦ 液 胞 | ⑧ ゴルジ体 |
| ⑨ tRNA | ⑩ グルカゴン | ⑪ ミトコンドリア |
| ⑫ rRNA | ⑬ 小胞体 | ⑭ 核 |

- (2) 下線部(i)の細胞膜について述べた以下の(a)～(d)の記述のうち、内容的に正しいものは①を、誤りを含むものは②を、どちらともいえないものは③を選び、解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。

- (a) 植物細胞を蒸留水に浸すと、細胞膜がもつ半透性の性質のため、細胞は吸水により膨張する。この状態において、細胞膜にかかる浸透圧は細胞壁を押し広げようとする膨圧よりも大きい。
- (b) 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通して、濃度の高い方から低い方へと拡散しようとする。このような輸送を能動輸送という。
- (c) 細胞は必要な物質を細胞内に吸収し、不要な物質を細胞外に排出しながら活動している。このために、細胞膜は特定の物質のみを通す性質をもっており、このような性質を選択的透過性という。
- (d) 赤血球の細胞膜には細胞外のナトリウムを、エネルギーを使って細胞内へと移動させるしくみがあり、細胞内に運ばれたナトリウムは拡散により細胞外へと移動する。

- (3) 下線部(ii)について、細胞内で合成されたタンパク質 X の細胞外への分泌を調べるために以下の実験を行った。図 3 に示す実験結果をもとに、設問(ア)～(ウ)に答えなさい。

実験 1

野生型の酵母を、2 % グルコースを含む培養液で 25 ℃ で一晩培養した後、0.01 % から 0.5 % までのさまざまな濃度のグルコースを含む培養液に移し、さらに 40 分間培養した。タンパク質 X の分泌量を調べたところ、図 3 (A) に示す結果が得られた。また、培養液のグルコース濃度を 2 % にしたときにはタンパク質 X の分泌量はさらに減少した。

実験 2

野生型の酵母を、2 % グルコースを含む培養液で 25 ℃ で一晩培養した後、0.01 % グルコースを含む培養液に移した。その後、5 分ごとに培養液の一部を採取して時間経過にともなう培養液中に含まれるタンパク質 X の分泌量を調べたところ、図 3 (B) の白丸(○—○)で示す結果が得られた。また、同様に 2 % グルコースを含む培養液で 25 ℃ で一晩培養した野生型の酵母を、0.01 % グルコースを含む培養液に移し、さらにその 15 分後にタンパク質の合成阻害剤を添加して培養したところ、図 3 (B) の黒丸(●---●)で示す結果が得られた。

実験 3

酵母の変異体 A を、2 % グルコースを含む培養液で 25 ℃ で一晩培養した後、0.01 % グルコースを含む培養液に移した。その後、5 分ごとに培養液の一部を採取して時間経過にともなうタンパク質 X の分泌量を調べたところ、図 3 (C) の白丸(○—○)で示す結果が得られた。また、同様に 2 % グルコースを含む培養液で 25 ℃ で一晩培養した変異体 A を、0.01 % グルコースを含む培養液に移し、さらにその 15 分後に培養液の温度を 37 ℃ に変更したところ、図 3 (C) の黒丸(●---●)で示す結果が得られた。

実験 4

酵母の変異体 A を、2 % グルコースを含む培養液で 25 °C で一晩培養した後、0.01 % グルコースを含む培養液に移した。15 分間培養後に培養液の温度を 37 °C に変更し、さらに 15 分間培養した後、タンパク質合成阻害剤を加え、タンパク質 X が細胞内のどの部分に蓄積しているかを調べたところ、図 3 (D) の結果が得られた。

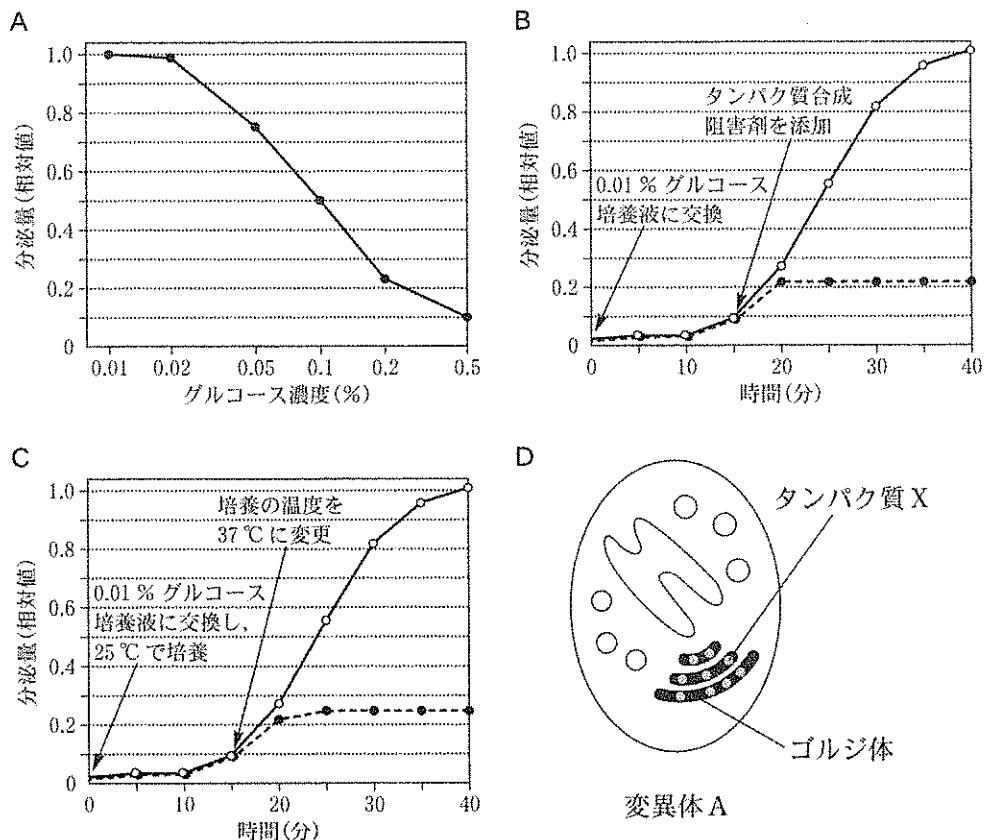


図 3 (A) 野生型の酵母におけるグルコース濃度とタンパク質 X の分泌量の関係を示すグラフ。(B) 野生型の酵母におけるタンパク質 X の分泌量とタンパク質合成阻害剤の影響を示すグラフ。(C) 変異体 A における 25 °C もしくは 37 °C でのタンパク質 X の分泌量。各グラフにおけるタンパク質 X の分泌量はグラフ (A) の 0.01 % グルコース濃度における分泌量を 1.0 とした相対値で示してある。(D) 変異体 A において、タンパク質 X が蓄積する部位を調べた実験結果の模式図。タンパク質 X はゴルジ体に蓄積していた。

(ア) 以下の(a)~(d)の記述は、実験 1 ~ 4 で得られた結果にもとづいた考察である。内容的に正しいものは①を、誤りを含むものは②を、どちらともいえないものは③を選び、**解答用マークシート**の指定された欄にマークしなさい。

- (a) タンパク質 X の分泌量は、酵母をグルコース濃度の低い培養液で培養することにより高めることができると考えられる。
 - (b) 変異体 A は 0.01 % グルコースを含む培養液で、25℃ および 37℃ のどちらの温度で培養した場合も、タンパク質 X の細胞外への分泌に異常があると考えられる。
 - (c) 25℃ で一晩培養した野生型の酵母を、0.01 % グルコースを含む培養液に移して培養を開始すると、タンパク質合成阻害剤の有無にかかわらず 15 分後あたりからタンパク質 X の分泌量が増加し続ける。
 - (d) 25℃ で一晩培養した変異体 A を、0.01 % グルコースを含む培養液に移し、15 分間培養後に培養液の温度を 37℃ に移しても、タンパク質合成阻害剤を加えなければ、タンパク質 X はゴルジ体に蓄積せずに細胞外へ分泌すると考えられる。
- (イ) 野生型の酵母を、2 % グルコースを含む培養液で 25℃ で一晩培養した後、0.1 % グルコースを含む培養液に移し、その後の時間経過にともなう培養液中に含まれるタンパク質 X の分泌量を、実験 2 のタンパク質の合成阻害剤を加えない場合の実験と同様の方法で調べた。予想される結果を示すグラフを、図 3 を参考にして図 4 に描きなさい。解答は解答用紙の該当する解答欄に記入しなさい。

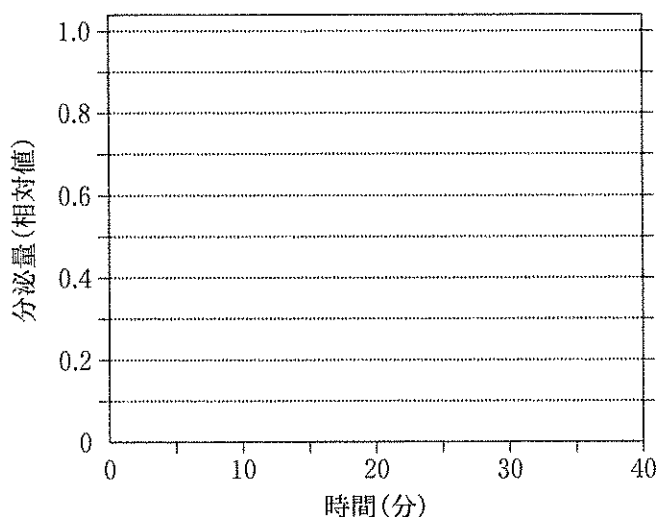


図4 タンパク質 X の分泌量

横軸は培養時間(分)を、縦軸はタンパク質 X の分泌量を示すものとする。縦軸は図3 グラフ(A)の0.01 % グルコース濃度におけるタンパク質 X の分泌量を1.0とした相対値とする。

- (ウ) 変異体 A では、なぜタンパク質 X がゴルジ体にたまると考えられるか。その理由として可能性があると考えられるものは①を、可能性がないと考えられるものは②を、どちらともいえないものは③を選び、**解答用マークシート**の指定された欄にマークしなさい。
- (a) 変異体 A は輸送小胞をゴルジ体に輸送することができない。
 - (b) 変異体 A のタンパク質 X に対する mRNA はリボソームに結合することができない。
 - (c) 変異体 A はゴルジ体から輸送小胞を出芽することができない。
 - (d) 変異体 A のゴルジ体は輸送小胞と融合することができない。
 - (e) 変異体 A は小胞体から輸送小胞を作ることができない。
 - (f) 変異体 A はゴルジ体から輸送小胞にタンパク質を運び込むことができない。

(4) 変異体 B について詳細に調べたところ、タンパク質 Y の先頭のメチオニンから 7 番目のアミノ酸を指定する mRNA のコドンの中の 2 番目の塩基がアデニンからウラシルに置換していた。さらに、タンパク質 Y の全アミノ酸配列を調べたが、この 7 番目のアミノ酸以外の部分には変異はみられなかった。タンパク質の合成は一般的にメチオニン(開始コドン)からはじまり、終止コドンで終わる。図 5 は変異体 B のタンパク質 Y の 1 番目のメチオニンを含む先頭付近のアミノ酸配列を指定する mRNA の配列を示している。表 1 のコドン表を参考にして、設問(ア)、(イ)に答えなさい。

タンパク質の合成の方向→

...UUCAAGGAUGCUAUGUUAUGUUAAGUGGGGACAUCCC...

図 5 変異体 B におけるタンパク質 Y の mRNA 配列の一部

		第 2 文字					
		U	C	A	G		
第 1 文字	U	UUU } フェニルアラニン UUC } UUA } ロイシン UUG }	UCU } UCC } セリン UCA } UCG }	UAU } チロシン UAC } UAA } (終止) UAG }	UGU } システイン UGC } UGA } (終止) UGG } トリプトファン	U C A G	第 3 文字
	C	CUU } CUC } ロイシン CUA } CUG }	CCU } CCC } プロリン CCA } CCG }	CAU } ヒスチジン CAC } CAA } グルタミン CAG }	CGU } CGC } アルギニン CGA } CGG }	U C A G	
	A	AUU } イソロイシン AUC } AUA } AUG } メチオニン (開始)	ACU } ACC } トレオニン ACA } ACG }	AAU } アスパラギン AAC } AAA } リシン AAG }	AGU } セリン AGC } AGA } アルギニン AGG }	U C A G	
	G	GUU } GUC } バリン GUA } GUG }	GCU } GCC } アラニン GCA } GCG }	GAU } アスパラギン酸 GAC } GAA } グルタミン酸 GAG }	GGU } GGC } グリシン GGA } GGG }	U C A G	

表 1 mRNA のコドンに対応するアミノ酸の種類

- (ア) mRNA にはアミノ酸に翻訳される部分とされない部分があり、開始コドンの前にある塩基配列は、アミノ酸には翻訳されない。図 5 に示す mRNA の配列の中で、タンパク質 Y に翻訳されない配列として最も適切なものを解答群 Bの中から選び、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 ...UUCAAGG | ① ...UUCAAGGA |
| ② ...UUCAAGGAU | ③ ...UUCAAGGAUG |
| ④ ...UUCAAGGAUGC | ⑤ ...UUCAAGGAUGCU |
| ⑥ ...UUCAAGGAUGCUAUGUU | |
| ⑦ ...UUCAAGGAUGCUAUGUUAUGUAAA | |
| ⑧ ...UUCAAGGAUGCUAUGUUAUGUUAAGUGGGGAC | |

- (イ) 突然変異により、タンパク質 Y の 7 番目のアミノ酸は何から何に変わったと考えられるか。下の空欄 (a) と (b) を埋めるのに最も適切なアミノ酸を解答群 Cの中から選び、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。

(a) から (b) に変わった。

解答群 C

- | | | |
|------------|-----------|----------|
| ① アラニン | ① システイン | ② グリシン |
| ③ アスパラギン酸 | ④ ヒスチジン | ⑤ リシン |
| ⑥ ロイシン | ⑦ グルタミン酸 | ⑧ メチオニン |
| ⑨ プロリン | ⑩ セリン | ⑪ イソロイシン |
| ⑫ アルギニン | ⑬ バリン | ⑭ チロシン |
| ⑮ フェニルアラニン | ⑯ アスパラギン | ⑰ トレオニン |
| ⑱ グルタミン | ⑲ トリプトファン | |

(5) 合成されたタンパク質がどのような経路をたどって細胞外へと分泌されるかを調べるために、2種類の変異体の変異をあわせ持つ二重変異体を用いて以下の実験を行なった。変異体 A と変異体 D の変異をあわせ持つ酵母を用いて、培養液の温度を 25℃ から 37℃ に移して培養したときにタンパク質 X が主にどこに蓄積するかを調べたところ、タンパク質 X は小胞体に蓄積した。このようにして変異を二重にもつ変異体のすべての組み合わせを用意して、タンパク質 X が主にどこに蓄積するかを調べたところ、表 2 のような結果が得られた。

(ア) 表 2 中の(a)と(b)にあてはまるものとして、最も適切なものを解答群 Dの中から選び、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 D

- ① ゴルジ体 ① 細胞質 ② 輸送小胞 1
③ 小胞体 ④ 輸送小胞 2

表 2 二重変異体におけるタンパク質 X が主に蓄積する場所

	A	B	C	D	E
A		細胞質	ゴルジ体	小胞体	輸送小胞 2
B			細胞質	細胞質	(a)
C				(b)	輸送小胞 2
D					小胞体
E					

A～E は図 2 の変異体 A～E に対応する変異を持つことを示し、表中の両者の交点はこの二重変異体でのタンパク質 X が蓄積する場所を表す。

(イ) 実験の結果からタンパク質 X が細胞質で合成された後、細胞膜を経て細胞外へと分泌されるまで、どのような経路をたどるかについて考え、図示を試みた。図 6 はタンパク質 X が細胞質から「あ」「い」「う」「え」で示す小器官を通して、細胞膜へ輸送されることを示している。

表 2 の結果と、図 6 の模式図の例にならって、タンパク質 X の細胞質から細胞膜までのもっとも適切な輸送経路を、解答用紙の該当する部分に矢印を記入しなさい。

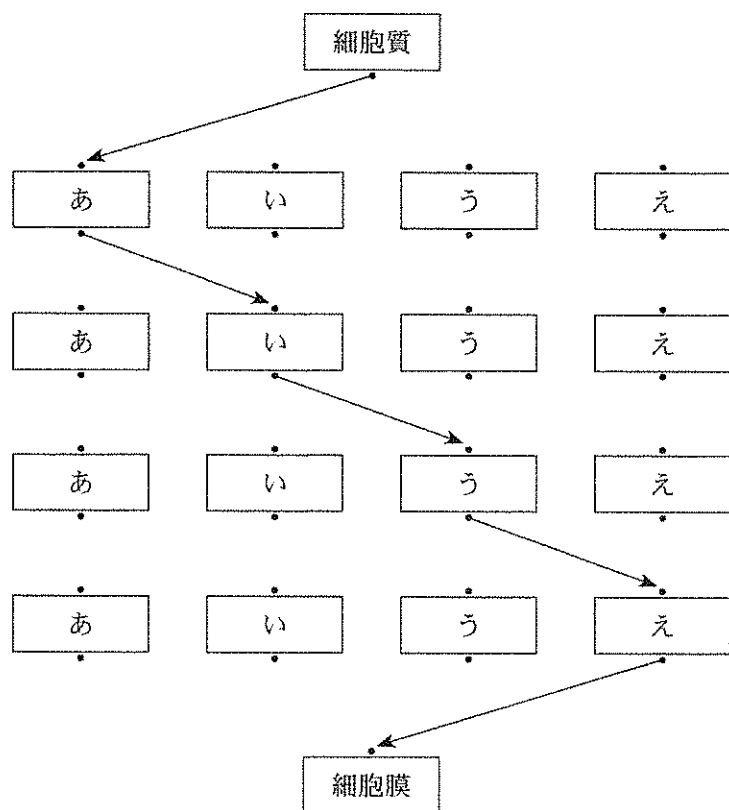


図 6 タンパク質 X の細胞質から細胞膜への輸送経路を示す模式図

3

遺伝と遺伝子に関する以下の設問に答えなさい。

(32 点)

- (1) エンドウの交配実験をもとにして、メンデルは現在では遺伝子と呼ばれているものを仮定し、遺伝の現象を説明した。エンドウの種子の形は丸いか、しわがあるかのいずれかで、このように対になっている形質を対立形質という。純系の親を交配して得られる F_1 (雑種第 1 代) には、親の持つ対立形質の片方だけが現れる。このことは優性の法則と呼ばれる。 F_1 どうしの交配で生じた F_2 (雑種第 2 代) では、 の法則によって親の持つ対立形質が の割合で現れる。

エンドウの種子の形と子葉の色の 2 つの遺伝的形質を同時に調べるために、純系の種子が丸くて子葉が黄色の個体と、種子にしわがあつて子葉が緑色の個体を交配した。 F_1 はすべて種子が丸くて子葉が黄色であつた。 F_1 どうしの交配で生じた F_2 には 種類の表現型が現れ、遺伝子型は 種類となった。このとき、2 つの形質はそれぞれ の割合で分離し、これを の法則という。

の法則に従う 4 個の形質に注目し同様な交配実験を行ったところ、 F_2 には 種類の表現型が現れ、遺伝子型は 種類となった。その後の研究で遺伝子は染色体上にあり、しかも対立遺伝子は相同染色体の同じ位置にあることがわかった。生物が持つ遺伝子の数は染色体の数に比べてはるかに多いため、1 本の染色体上に複数の遺伝子が位置していることになる。配偶子ができる減数第一分裂の前期で、一对の相同染色体が対合する。染色体はすでに複製されており、4 本の棒状のものがひとかたまりになっている。そのうちの 2 本が交差し、染色体の一部を交換することがある。これを染色体の乗換えといい、相同染色体の間で乗換えが起こると遺伝子の一部が組換えられる。

- (a) 上の文章の の空欄を埋めるのに最も適切な語句を解答群 A より選び、その番号を解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。ただし、同じ番号を何度使っても良い。

解答群 A

- | | | |
|-----------------|---------|-------------|
| ① 対立遺伝子 | ① 対立形質 | ② 検定交雑 |
| ③ 分離 | ④ 優性 | ⑤ 独立 |
| ⑥ 二遺伝子雑種 | ⑦ 3 : 1 | ⑧ 1 : 2 : 1 |
| ⑨ 9 : 3 : 3 : 1 | | |

(b) 上の文章の空欄

(ウ)

(エ)

(キ)

(ク)

 にあてはまる最も適切な数字を求めなさい。解答は 3 桁の整数とし、解答用マークシートの指定された欄にマークしなさい。ただし、得られた解答が 2 桁の場合は百の位に⑩を、1 桁の場合は百の位と十の位に⑩をマークしなさい。

(2) キイロショウジョウバエのはねの形状、体色、眼の色の 3 つの遺伝形質に注目して交配実験を行った。純系の正常はね、黒たん色、褐色眼のハエと、純系のこん跡はね、正常体色、赤色眼のハエを交配したところ F_1 (雑種第 1 代) のすべてが正常はね、正常体色、赤色眼であった。 F_1 どうしを交配して得られた F_2 (雑種第 2 代) の表現型は下記のように分離して現れた。

(正常はね、正常体色、赤色眼) : (正常はね、黒たん色、赤色眼) :

(正常はね、正常体色、褐色眼) : (正常はね、果たん色、褐色眼) :

(こん跡はね、正常体色、赤色眼) : (こん跡はね、黒たん色、赤色眼) :

(こん跡はね、正常体色、褐色眼) : (こん跡はね、黒たん色、褐色眼)

の比が 603 : 201 : 297 : 99 : 297 : 99 : 3 : 1 であった。

(a) 1 本、あるいは複数の常染色体上に存在するはねの形状、体色、眼の色の 3 つの形質にかかわる遺伝子の連鎖に関する記述のうち正しいものを解答群 B より選び、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 はねの形状、体色、眼の色の3つの遺伝子はすべて連鎖している。
- ① はねの形状と体色の遺伝子は連鎖するが、眼の色と他の遺伝子は連鎖しない。
- ② 体色と眼の色の遺伝子は連鎖するが、はねの形状と他の遺伝子は連鎖しない。
- ③ はねの形状と眼の色の遺伝子は連鎖するが、体色と他の遺伝子は連鎖しない。
- ④ はねの形状、体色、眼の色の3つの遺伝子はすべて連鎖しない。

(b) 下記の(ア)~(ウ)の遺伝子間の組換え価を求めなさい。解答は小数点以下を四捨五入し、**解答用マークシート**の指定された欄にマークしなさい。ただし、解答が1桁の場合は十の位に⑩をマークしなさい。また連鎖しないと考えられる場合は両方の位とも⑩をマークしなさい。ただし、組換え価は次の式で定義される。

$$\text{組換え価} = \frac{\text{組換えの起こった配偶子数}}{\text{全配偶子数}} \times 100(\%)$$

- (ア) はねの形状—体色
- (イ) 体色—眼の色
- (ウ) はねの形状—眼の色

右のページは白紙です。

(3) 遺伝子の本体は DNA であり、遺伝情報としての DNA の塩基配列はタンパク質を構成するアミノ酸の種類と配列順序を決定している。DNA は伝令 RNA (mRNA) に転写され、リボソーム上でタンパク質へと翻訳される。アミノ酸は中心にある 1 個の炭素原子にアミノ基、カルボキシル基、水素原子および側鎖が結合した構造を持っている。生体中のタンパク質を構成するアミノ酸は 20 種類あり、それぞれのアミノ酸は側鎖の構造が異なっている。タンパク質は隣り合うアミノ酸がペプチド結合で多数結合した高分子でポリペプチドともよばれている。タンパク質の一方の端にはペプチド結合に参加しないアミノ基を持ったアミノ酸が存在し、このアミノ酸がある端はタンパク質のアミノ末端とよばれる。もう一方の端にはペプチド結合に参加しないカルボキシル基を持つアミノ酸が存在し、このアミノ酸がある端はカルボキシ末端とよばれる。リボソーム上で翻訳されるとき、ポリペプチド鎖がどちらの末端から合成されるのか調べるために実験 1～3 を行った。これらの実験結果から、ポリペプチド鎖はアミノ末端にあるアミノ酸からカルボキシ末端へ向って順番にアミノ酸が結合し合成されることが明らかになった。

実験 1

小麦の胚芽をすりつぶしてリボソームや各種の酵素、アミノ酸などのタンパク質合成に必要な構造体や物質を含む液を作った。この液を「無細胞タンパク質合成系」とした。これにマウスの β グロビンの mRNA を加えてポリペプチドの合成反応を開始し、10 分後に急速に凍結することによって反応を止めた。その結果、反応液中には加えた mRNA の塩基配列に対応したポリペプチドが合成されていた。合成されたポリペプチドには完成された全長ポリペプチドとともに、合成途中の様々な長さのポリペプチドが含まれていた。

実験 2

中心にある 1 個の炭素原子を放射性同位体である ^{14}C で放射性標識した 20 種類のアミノ酸を添加した「無細胞タンパク質合成系」を用いて β グロビンの合成を行った。その結果、標識されたアミノ酸がタンパク質合成に使われ、放射性標識されたポリペプチドが合成された。

実験 3

「無細胞タンパク質合成系」に β グロビンの mRNA を加えポリペプチド合成反応を開始した。それから 10 分後に放射性標識した 20 種類のアミノ酸を添加し、1 分間の反応後に急速に凍結しポリペプチド合成反応を止めた。つぎに、反応液から完成された全長ポリペプチドだけを分離した。全長ポリペプチドを図 1 に示すように長さがほぼ均等になるような位置でペプチド結合を切断し、ペプチド断片 1～7 を得た。それぞれのペプチド断片を単離し、そのペプチド 1 mg あたりの放射性標識の強さ(放射活性)を測定した。横軸にペプチド断片の番号、縦軸は放射活性を示すグラフを描いた。縦軸は最も放射活性が強いペプチド断片の放射活性を 100 とした相対値を表している。

ただし、リボソーム上で β グロビンの完全長ポリペプチドが合成されるのに、およそ 1 分間かかるものとする。また、合成されたポリペプチドに取り込まれる標識されたアミノ酸の量は、標識アミノ酸を加えて反応させた時間に比例するものとする。

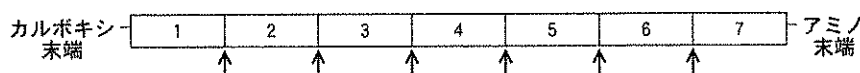


図 1 全長ポリペプチドの切断位置(矢印)とペプチド断片の番号

- (a) 実験 3 で得られたペプチド断片の放射活性を表すグラフとして最も適切なものを解答群 Cの中から選び、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。
- (b) 実験 3 の反応液から合成途中のポリペプチドも含め、すべてのポリペプチドを回収した。図 1 の切断位置でペプチド結合を切断し、単離後それぞれのペプチド断片の放射活性を測定した。ペプチド断片 1 mg あたりの放射活性を表すグラフとして最も適切なものを解答群 Cの中から選び、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。

- (c) 実験 3 において放射性標識したアミノ酸を加えて反応させる時間を 10 秒間に短縮し、その反応液から完成された全長ポリペプチドだけを分離した。
- 図 1 の切断位置でペプチド結合を切断し、単離後それぞれのペプチド断片の放射活性を測定した。ペプチド断片 1 mg あたりの放射活性を表すグラフとして最も適切なものを解答群 C のの中から選び、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

