

情報科学部A方式I日程・デザイン工学部A方式I日程
理工学部A方式I日程・生命科学部A方式I日程

3 限 理 科 (75 分)

科 目	ページ
物 理	2～9
化 学	10～18
生 物	20～37

〈注意事項〉

1. 試験開始の合図があるまで，問題冊子を開かないこと。
2. 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
3. 志望学部・学科によって選択できる科目が決まっているので注意すること。

志望学部(学科)	受験科目
情報科学部(デジタルメディア)	物理
デザイン工学部(都市環境デザイン工・システムデザイン)	物理または化学
理工学部(機械工〔機械工学専修〕・応用情報工)	
生命科学部(生命機能)	物理，化学または生物

4. 科目の選択は，受験しようとする科目の解答用紙を選択した時点で決定となる。
一度選択した科目の変更は一切認めない。
5. 問題冊子のページを切り離さないこと。

(生 物)

注意：生命科学部生命機能学科を志望する受験生のみ選択できる。

解答はすべて解答用紙の指定された解答欄に記入せよ。

〔 I 〕 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

新型コロナウイルス感染症(病気の正式名称は COVID-19)のパンデミックが深刻化するなか、感染予防の切り札と期待されたワクチンが、これまでの常識を覆すスピードで開発された。その 1 つに、複数の会社が開発した mRNA を用いるワクチンがある。このワクチンは、従来のワクチンとは異なる原理に基づいて設計されている。⁽ⁱ⁾すなわち、接種された mRNA から、特定のウイルスタンパク質だけを細胞でつくらせ、そのタンパク質に対する抗体の産生を促して、ウイルス感染を防ぐというものである。

一般に、遺伝子の発現において、まず、DNA の塩基配列情報が mRNA の塩基配列に写し取られる。この過程を ア という。つぎに、mRNA の塩基配列情報をもとにタンパク質のアミノ酸配列がつくられる。この過程を イ という。この「遺伝情報は DNA から RNA を介してタンパク質へと一方向に流れる」という原則は、ウ とよばれている。

先に述べた mRNA ワクチンの作用も、この原則に従っている。すなわち、新型コロナウイルス(正式名称は SARS-CoV-2)の表面に突出した S タンパク質のアミノ酸配列を指定する mRNA をヒト細胞に取り込ませれば、その細胞は S タンパク質をつくるようになる。つくられた S タンパク質が免疫系に認識されれば、S タンパク質に対する抗体が産生されることになる。⁽ⁱⁱ⁾ただし、単純に人工合成した RNA を接種しても、自然免疫系により異物として認識され、速やかに分解・排除されてしまう。⁽ⁱⁱⁱ⁾mRNA ワクチンには、これを回避するためのさまざまな工夫が施されている。その主要な技術を開発した業績が評価され、2023 年のノーベル生理学・医学賞がカタリン・カリコ博士とドリュー・ワイスマン博士に

授与されたのである。

1. 空欄 ～ に入る最も適切な語句を記せ。
2. 空欄 および に関連する記述として正しいものを、以下の文(a)～(h)から**すべて**選び、記号で答えよ。
 - (a) の反応は DNA ポリメラーゼにより触媒される。
 - (b) の反応は RNA ポリメラーゼにより触媒される。
 - (c) 開始にはプライマーとよばれる RNA が必要である。
 - (d) 開始にはプロモーターとよばれる DNA 領域が必要である。
 - (e) mRNA の 5' 末端側には されない塩基配列がある。
 - (f) mRNA の 3' 末端側には されない塩基配列がある。
 - (g) 装置であるリボソームには、DNA が含まれている。
 - (h) 装置であるリボソームには、RNA が含まれている。
3. 真核細胞では、 の反応生成物は mRNA そのものではなく、mRNA 前駆体であり、その一部の領域が切り出されることによって mRNA となる。この mRNA 前駆体から mRNA ができる過程に関連する以下の 1)～3) の問いに答えよ。
 - 1) mRNA 前駆体の一部領域が切り出される過程の名称、およびこの過程で切り出され除去される RNA 領域の名称をそれぞれ記せ。
 - 2) この過程は細胞のどこでおこなうか。適切な語句を記せ。
 - 3) この過程を利用して、1つの遺伝子からアミノ酸配列が一部異なる複数種のタンパク質がつくられることがある。そのしくみについて、4行以内で説明せよ。

〔解答欄〕 1行：14.0cm

生物

4. 下線部(i)の「従来の」方法で、RNA ウイルスに対するワクチンをつくる場合、主成分として用いるのに適切なものを、以下の(a)～(e)から**すべて**選び、記号で答えよ。

- (a) 強毒性をもつウイルスの粒子
- (b) 弱毒化されたウイルスの粒子
- (c) 不活性化されたウイルスの粒子
- (d) ウイルスゲノム RNA
- (e) ウイルスに感染させた動物の血清

5. 抗体および下線部(ii)に関連する以下の1)～3)の問いに答えよ。

1) 抗体などの関与する下線部(ii)の「免疫」のしくみを、下線部(iii)の「自然免疫」に対して何とよぶか。適切な語句を記せ。

2) 抗体について述べた以下の文①, ②を読み、下線部が正しければ○を、間違っていれば適切な語句を記せ。

① ミオグロビンと総称されるタンパク質で、B細胞受容体も似た構造をもつ。

② H鎖とL鎖とよばれる2種類のポリペプチド2本ずつからなり、H鎖とL鎖の末端にある定常部とよばれる領域が抗原と結合する。

3) ヒトは、さまざまな病原体を認識する多種多様な抗体をつくる。限られた遺伝情報から多種多様な抗体をつくることができるしくみとして最も適切なものを以下の語句(a)~(h)から **1つ** 選び、記号で答えよ。ただし、化学修飾とは、アセチル化、メチル化、リン酸化、脂質付加、糖鎖付加などの総称である。

- (a) ゲノム (DNA) の塩基配列の再編
- (b) クロマチン立体構造の再編
- (c) 産物 (RNA) の塩基配列の再編
- (d) 産物 (ポリペプチド) のアミノ酸配列の再編
- (e) ゲノム (DNA) の化学修飾
- (f) ヒストンの化学修飾
- (g) 産物 (RNA) の化学修飾
- (h) 産物 (ポリペプチド) の化学修飾

6. 下線部(iii)の「自然免疫」の過程で、病原体の認識に関わる受容体を以下のタンパク質(a)~(d)から **1つ** 選び、記号で答えよ。

- (a) BCR(B 細胞受容体)
- (b) MHC(主要組織適合遺伝子複合体)分子
- (c) TCR(T 細胞受容体)
- (d) TLR(トル様受容体)

7. ワクチンは感染予防に有用であるが、感染が疑われる場合の治療方針の決定や感染流行状況を踏まえた対策の立案には、検査が重要である。新型コロナウイルスの検査に関連する以下の 1)~3)の問いに答えよ。

1) ウイルスゲノム RNA を検出するために、いわゆる「PCR 検査」が広く用いられているが、PCR 法を用いて RNA を検出するためには、まず RNA から DNA(これを相補的 DNA, cDNA とよぶ)を合成する必要がある。

の提唱時には発見も想定もされていなかったこの過程の名称を記せ。

生物

- 2) 上述の検査と同様にして新型コロナウイルスゲノム RNA から合成された cDNA のうち, S タンパク質中央部分のアミノ酸配列を指定する遺伝子のアンチセンス鎖(二本鎖のうち mRNA の鋳型となる方)の塩基配列の一部を以下に示す。また, 遺伝暗号表を表 1 に示す。この塩基配列に関連する以下の ①, ②の問いに答えよ。

5' ACTAAATTAATAGGC 3'

表 1 遺伝暗号表

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

- ①この領域に対応する mRNA の塩基配列を，左側が 5′ 末端側となるように記せ。
- ②この塩基配列から S タンパク質のアミノ酸配列の一部が推定できる。その配列を記せ。ただし，表 1 の括弧内に示した略号を用いて左側がアミノ末端側となるように記すこと（例：－Ala－Arg－Asn－Asp－）。
- 3) PCR 検査では，検査を受けた人が「その時点でウイルスに感染しているかどうか」がわかる。これに対し，ある人が「過去にそのウイルスに感染したかどうか」を知る検査も，流行の状況を知る上で重要である。その検査の内容として適切な記述を，以下の(a)～(f)から**すべて**選び，記号で答えよ。
- (a) ウイルス粒子があるかどうか調べる。
 - (b) ウイルスゲノム RNA があるかどうか調べる。
 - (c) ウイルスタンパク質があるかどうか調べる。
 - (d) ウイルスに対する抗体があるかどうか調べる。
 - (e) ウイルスに対する抗体が認識する抗原があるかどうか調べる。
 - (f) ウイルスの認識に関わる自然免疫系の受容体があるかどうか調べる。

生物

〔Ⅱ〕 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

ヒトを含む多くの動物では、からだの表面をおおう皮膚などの細胞を除き、大部分の細胞は体外環境に接していない。からだの内側の細胞は液体に囲まれており、体内の温度や pH、酸素や栄養分などの濃度が一定の範囲に保たれている。⁽ⁱ⁾
⁽ⁱⁱ⁾このような体内環境の維持のために、心臓の拍動によって血液が体内を循環している。この心臓を中心とした循環系において、心臓から送り出された血液は動脈⁽ⁱⁱⁱ⁾を通ってからだ全体へ運ばれ、静脈を通って心臓にもどる。心臓は心筋細胞が収縮と弛緩を繰り返すことにより規則正しく拍動する。心筋細胞には6つのコネキシンからなるコネクソンがあり、隣接する細胞のコネクソンとつながって ア 結合を形成し、イオンや低分子などを通過させる。また、心臓から送り出される血液は液体成分である血しょうと、有形成分である赤血球、白血球、 イ とからなる。これらの有形成分は形や大きさが異なるが、すべて骨髓に存在する ウ 細胞からつくられる。ヒトの赤血球は核やミトコンドリア^(iv)をもたない扁平な形の細胞で、狭い毛細血管内を変形したり重なり合ったりして通過するのに適した性質をもっている。

赤血球には、その表面に存在する抗原によりいくつかの分類方法があり、その1つが ABO 式血液型^(v) である。この血液型は、3つの対立遺伝子(A, B, O)の組み合わせでメンデルの法則にしたがって規則的に遺伝する。遺伝子 A と B は遺伝子 O に対し顕性(優性)であり、遺伝子 A と B の間には顕潜関係(優劣関係)がない。そのため、血液型は A 型、B 型、AB 型、O 型の4種類になる。これらの遺伝子からつくられた酵素によって、A 型には A 抗原、B 型には B 抗原、AB 型には A と B の両方の抗原がつくられ、O 型にはどちらの抗原もつくられない。一方、それらの抗原に特異的に結合する抗 A 抗体または抗 B 抗体が存在し、自分がもっていない抗原に反応する抗体を血しょう中にもつため、輸血できる血液型の組み合わせが限られる。例えば、血しょう中に抗 A 抗体をもつ人に A 型の赤血球を輸血すると、血管内で凝集反応をおこすので生命の危機につながる。

血管が損傷して出血すると、血管の破れたところに イ が集まって塊をつくる。 イ から放出される血液凝固因子のはたらきで、 エ とい

うタンパク質が集まった繊維が形成される。 は血球と絡みあって をつくることによって出血が止まる。血管の損傷が修復される頃になると は とよばれる作用で取り除かれる。このように凝固と という相反するしくみのバランスをとることによって血管系が守られる。

1. 空欄 ～ に入る最も適切な語句を記せ。
2. 下線部(i)の液体の総称と、それを構成する3種類の液体のうち、血液(血しょう)以外の2つの名称を記せ。
3. 下線部(ii)のように、体内環境を一定に保って生命を維持する性質を何とよぶか。その名称を記せ。
4. 下線部(iii)のように、血液は体内を循環する。ヒトの左前腕正中皮静脈に薬剤を注射した後、体内の様々な部位で血液中の薬剤濃度を継続的に測定した。このとき、薬剤が検出される順番として正しいものを下記(a)～(f)からすべて選び、記号で答えよ。
 - (a) 左心房→左心室→肺動脈→右心房→右心室
 - (b) 右心房→右心室→肺静脈→左心房→左心室
 - (c) 左心室→肺動脈→肺静脈→右心室→左心房
 - (d) 右心室→肺動脈→肺静脈→左心房→左心室
 - (e) 左心室→肺静脈→肺動脈→右心房→右心室
 - (f) 右心房→肺静脈→肺動脈→左心房→左心室
5. 下線部(iv)のヒトの赤血球は破壊された数と同じだけ新たにつくられて、常に総数が一定に保たれる。ある人では毎日1,800億個の赤血球が新たにつくられるとすると、この人の赤血球の平均寿命は何日か。答えは整数で記せ。ただし、この人の体重は65 kg、全血液の重量は体重の13分の1で常に一定、血液の比重は1.0、血液1 mm³中に含まれる赤血球は平均で414万個とする。

生物

6. 下線部(iv)に示した性質以外にもヒトの赤血球の形状がもつ利点がある。この利点について句読点を含め 40 字以内で述べよ。
7. 下線部(v)について、以下の問いに答えよ。
- 1) O 型の母親と AB 型の父親から生まれる子の血液型として可能性のあるものを**すべて**答えよ。
 - 2) ある大学の学生 500 人について血液型を調べるため、血液型が A 型または B 型とわかっている 2 種類の血しょうを用意して凝集反応を観察した。205 人の学生の赤血球が A 型の血しょうに、186 人の学生の赤血球が B 型の血しょうに反応して凝集した。また、赤血球が両方の血しょうに反応した学生と、いずれにも反応しなかった学生の合計は 155 人であった。この 500 人における各血液型の人数を答えよ。
8. ヒトの心臓と血管に関するつぎの文(あ)～(お)について、内容が正しいものには○を、誤っているものには×を記せ。
- (あ) 心臓の拍動リズムは洞房結節によってつくられ、自律神経を介して心室に伝わる。
- (い) 副腎髄質から分泌されるアドレナリンは、心臓に作用して心拍数を上げる。
- (う) 血圧値は心臓から送り出された血液中に含まれる血糖の濃度を示している。
- (え) 静脈は心臓に血液を送り込まなければならないので、動脈よりも平滑筋の層が発達している。
- (お) 毛細血管の血管壁は一層の内皮細胞からなり、血液と組織の間で物質の移動が行われる。

〔Ⅲ〕 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

真核生物の鞭毛は、細胞から突き出た微細な構造で、高速で波打つように動くことで細胞の遊泳などにはたらく。電子顕微鏡で鞭毛の横断面をみると、膜の近くに ア 本の特殊な微小管(二連微小管)があつて、その上にモータータンパク質などが整然と並んでいる。この鞭毛が形成されるしくみを調べるため、2本の鞭毛で遊泳する単細胞緑藻のクラミドモナスを用いて実験が行われた。クラミドモナスは一度鞭毛を失っても、時間が経つともと同じ長さの鞭毛を再生する。半分の長さまで再生した鞭毛をもつクラミドモナス細胞に、微小管の構成タンパク質である イ に蛍光顕微鏡で観察できるような標識をつけて導入し、 本来の長さまで再生した鞭毛を観察した。その結果から、鞭毛が伸長するとき、イ は根もとに付加されるのではなく、先端に付加されていくことがわかった。

その後、再生中の鞭毛では イ の多くは能動的に輸送されることがわかり、この輸送機構は鞭毛内輸送機構 (IFT) と名づけられた。IFT は複数のタンパク質からなる複合体がはたらく機構で、その複合体には神経細胞の軸索などではたらくものと同じモータータンパク質が含まれている。突然変異によって複合体のタンパク質が1つでも欠失すると、多くの場合、IFT は機能できずに鞭毛は形成されなくなる。

IFT タンパク質の1つをコードする遺伝子 A に突然変異が生じ、泳がずに沈むようになった変異株を A 株とする。この遺伝子 A の染色体地図上の位置を決めたい。クラミドモナスは単相のまま分裂・増殖する生物で、有性生殖過程では細胞の形と核相を変えずに配偶子へ分化し、接合型の異なる相手と接合子を形成する。接合子は休眠期間と DNA 複製期を経た後に減数分裂して4つの細胞となり、それぞれがそのまま増殖して次世代となる(これらを次世代株とよぶ)。遺伝子 A が他のどの遺伝子と連鎖するかを調べるため、A 株を、遺伝子 B に突然変異が生じて薬剤 X に耐性となったクラミドモナス株(B 株)と交配した。複数の接合子からそれぞれ生じる4つの次世代株の表現型を調べたところ、遺伝子 A と B は連鎖していないと結論された。同様に、遺伝子 C に突然変異が生じて薬

生物

剤 Y に耐性を持つようになったクラミドモナス株(C 株)と A 株を交配したところ、連鎖していることがわかった。これにより、遺伝子 A は遺伝子 C と同じ染色体上にあることがわかった。

1. 空欄 と に入る最も適切な語句を記せ。

※アについては、出題範囲外であることが判明したため、全員正解として扱う措置が取られたことが大学から公表されている。

2. 下線部(i)のモータータンパク質を何とよぶか。適切な語句を記せ。
3. 図 1 は、下線部(ii)の実験を模式的に表したものである。グレーの部分、蛍光標識した の存在を表す。この実験の結果として最も適切なものを図 1 の(a)～(d)から 1 つ選び記号で答えよ。

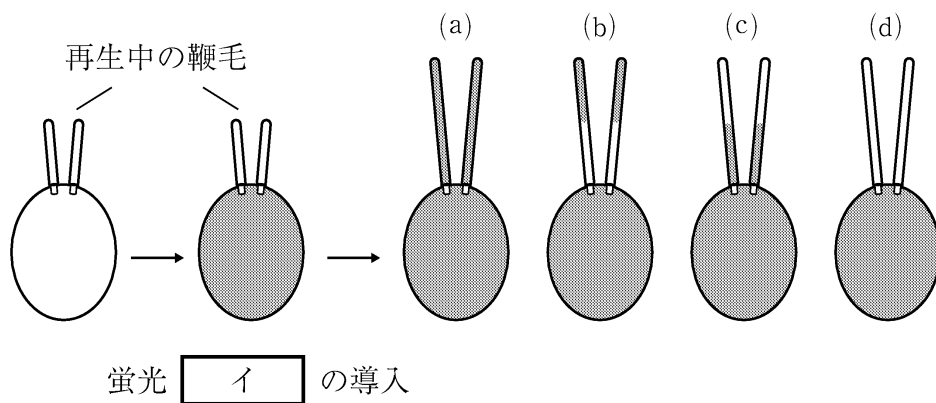


図 1 クラミドモナス鞭毛における蛍光の観察結果

4. 下線部(iii)のモータータンパク質は複数種類あって、鞭毛内の微小管に沿って IFT 複合体を動かしている。鞭毛内のすべての微小管は方向性がそろっており、先端側がプラス端である。IFT 複合体を根もとから先端へ動かしているモータータンパク質の名称を記せ。

5. 下線部(iv)のクラミドモナスの生活環と有性生殖過程について、単相で増殖しているときの細胞当たりの DNA 量を 1 としたときの DNA 量の変化を解答用紙にある図 2 に記せ。

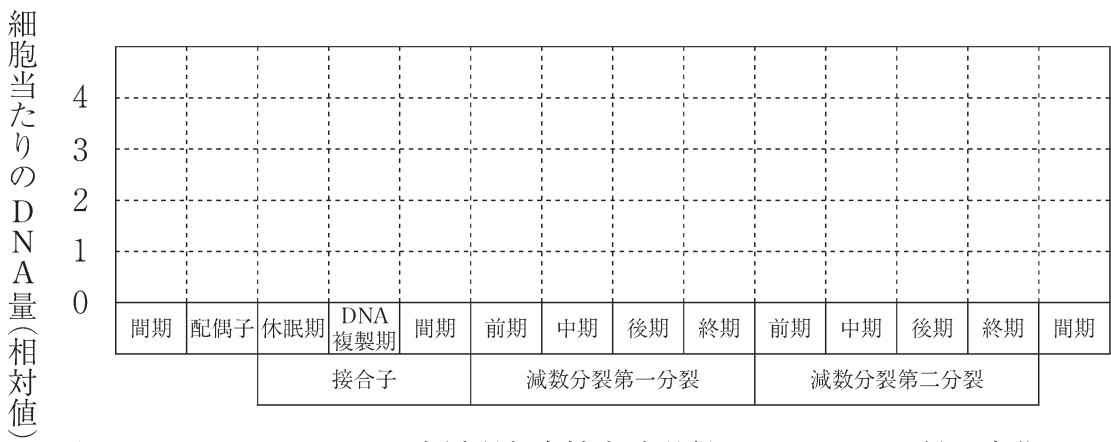


図 2 クラミドモナスの生活環と有性生殖過程における DNA 量の変化

6. 下線部(v)について、以下の問いに答えよ。

1) 複相で増殖する生物の場合、突然変異体同士を交配して得られる雑種第 1 代の表現型は野生型になることがほとんどであるため、突然変異の起きた 2 つの遺伝子が連鎖しているかどうかを知るためには、雑種第 1 代の遺伝子型を調べる必要がある。その操作の概要について、句読点も含め 40 字以内で述べよ。

生物

2) A株とB株の交配によって生じた4つの次世代株の表現型のあらわれ方について、正しい記述を以下の(a)～(g)から**すべて**選んで記号で答えよ。ただし、泳ぐかまたは泳がないで沈むかを「泳」または「沈」、薬剤Xに感受性か耐性かを「感X」または「耐X」とあらわすものとする。

- (a) どの接合子を調べても、そこから生じた4つの次世代株はすべて泳・感Xとなった。
- (b) どの接合子を調べても、そこから生じた4つの次世代株は泳・感Xと沈・耐Xが3 : 1の比率になった。
- (c) どの接合子を調べても、そこから生じた4つの次世代株は沈・耐Xと泳・感Xが3 : 1の比率になった。
- (d) どの接合子を調べても、そこから生じた4つの次世代株は泳・感Xと沈・感Xが1 : 1の比率になった。
- (e) 一部の接合子に、泳・感Xと沈・耐Xが1 : 1の比率の次世代株の組があらわれた。
- (f) 一部の接合子に、泳・感X, 沈・感X, 泳・耐X, 沈・耐Xが1 : 1 : 1 : 1の比率の次世代株の組があらわれた。
- (g) 一部の接合子に、沈・感Xと泳・耐Xが1 : 1の比率の次世代株の組があらわれた。

7. 下線部(vi)について，以下の問いに答えよ。

1) A 株と C 株の交配の過程で組換えが全く起こらないと仮定すると，この交配によって生じる 4 つの次世代株の表現型のあらわれ方はどのようにになると推測されるか。最も適切なものを以下の(a)～(g)から **1 つ**選んで記号で答えよ。ただし，泳ぐかまたは泳がないで沈むかを「泳」または「沈」，薬剤 Y に感受性か耐性かを「感 Y」または「耐 Y」とあらわすものとする。

- (a) どの接合子を調べても，そこから生じる 4 つの次世代株はすべて泳・耐 Y となる。
- (b) どの接合子を調べても，そこから生じる 4 つの次世代株はすべて沈・感 Y となる。
- (c) どの接合子を調べても，そこから生じる 4 つの次世代株は泳・耐 Y と沈・感 Y が 3 : 1 の比率になる。
- (d) どの接合子を調べても，そこから生じる 4 つの次世代株は沈・感 Y と泳・耐 Y が 3 : 1 の比率になる。
- (e) どの接合子を調べても，そこから生じる 4 つの次世代株は泳・感 Y と沈・耐 Y が 1 : 1 の比率になる。
- (f) どの接合子を調べても，そこから生じる 4 つの次世代株は泳・耐 Y と沈・感 Y が 1 : 1 の比率になる。
- (g) どの接合子を調べても，そこから生じる 4 つの次世代株は泳・感 Y，沈・感 Y，泳・耐 Y，沈・耐 Y が 1 : 1 : 1 : 1 の比率になる。

生物

2) 実際にはクラミドモナス株を交配すると遺伝子間の距離に応じた頻度で組換えが起こり、その組換え価から遺伝子の染色体上の相対的な位置を知ることができる。

遺伝子 A は遺伝子 C に加えて遺伝子 D と連鎖していることがわかった。遺伝子 D に突然変異が生じたクラミドモナス株 (D 株) は薬剤 Z に耐性になる。これら 3 つの遺伝子の染色体上の相対的な位置を調べるため、A 株、C 株、D 株の間でそれぞれ交配を行い、表現型ごとの次世代株の数を計測した。各次世代株の合計数を示す以下の表 2 から、それぞれの遺伝子間の組換え価を計算し、図 3 の空欄(い)～(は)に遺伝子名を、(に)と(ほ)に組換え価を記せ。ただし、図 3 の遺伝子の位置はおおよその相対的な位置を反映しているものとする。

※ 7 の 2) については、表 2 に誤りがあり、解答を導き出すことができない問題となっていたため、全員正解として扱う措置が取られたことが大学から公表されている。

表 2 突然変異株 A, C, D 株をそれぞれ交配して得られた次世代株の表現型

A 株 × C 株

表現型	次世代株の合計数
泳・感 Y	120
沈・感 Y	30
泳・耐 Y	30
沈・耐 Y	120

A 株 × D 株

表現型	次世代株の合計数
泳・感 Z	92
沈・感 Z	8
泳・耐 Z	8
沈・耐 Z	92

C 株 × D 株

表現型	次世代株の合計数
感 Y・感 Z	132
耐 Y・感 Z	18
感 Y・耐 Z	18
耐 Y・耐 Z	132

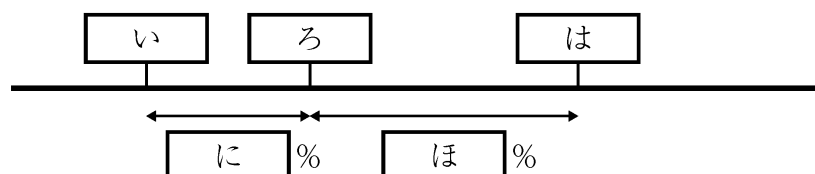


図 3 遺伝子 A, C, D の位置関係と組換え価

〔Ⅳ〕 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

植物を取り巻く光環境は時々刻々と変化するため、植物は光に対する応答機構をもつ。例えば、光照射下で植物は気孔を開く。葉に光が当たると、その情報は光受容体のフォトリポピンによって感知され、ア細胞の細胞膜に存在するカリウムチャネルを開きカリウムイオンの流入をイする。その影響でア細胞内のウ圧が高まり、細胞内に水がウしてエ圧が生じる。その結果、ア細胞が変形して気孔が開き、光合成に必要なオが取り込まれる。フォトリポピンは光の強さに応じて葉緑体⁽ⁱⁱⁱ⁾が細胞内の配置を変える定位運動にも関わっている。弱光下では、葉緑体は細胞の表面に配置して多くの光を受けるが、強光下では、葉緑体は光から逃避して細胞の側面に移動する。このような葉緑体の定位運動は、光環境の変化に対応して光合成を適切に制御するしくみであると考えられている。^(v)

光は光合成に必須であるが、過剰に強い光は逆に光合成速度を低下させることが知られており、この現象は光阻害とよばれている。チラコイド膜でおこる反応のうち、光化学系Ⅱの反応が選択的に阻害されることが光阻害の要因である。^(vi)このとき光化学系Ⅱを構成する反応中心タンパク質のD1が光損傷を受け変性し、機能を失う。光化学系Ⅱの不活性化に伴い、電子伝達系の電子伝達速度が低下する。その結果、オを固定する反応に必要とされるエネルギー通貨であるカと還元物質であるキの生成速度が低下し、糖の生成速度も低下する。なお、光損傷を受けた光化学系Ⅱを修復するためには、D1が新規に合成される必要がある。^(vii)

1. 空欄 ア ～ キ に入る最も適切な語句を記せ。
2. 下線部(i)と同様に、光の情報を伝達する光受容体としてはたらくものを以下の(a)～(f)からすべて選び、記号で答えよ。

- | | | |
|------------|-------------|-------------|
| (a) カロテン | (b) キサントフィル | (c) クリプトクロム |
| (d) クロロフィル | (e) フィコシアニン | (f) フィトクロム |

生物

3. 下線部(i)が検知するおおよその光の波長について、最も適切なものを以下の(a)～(g)から **1 つ** 選び、記号で答えよ。

- (a) 450 nm (b) 450 nm と 660 nm (c) 550 nm
(d) 550 nm と 660 nm (e) 660 nm (f) 660 nm と 730 nm
(g) 730 nm

4. 下線部(ii)を構成するリン脂質二重層はカリウムイオンをほとんど通過させることができない。その理由をリン脂質分子の構造と特性に基づき、以下の2つの語句を用いて2行以内で説明せよ。

語句：尾部 疎水性

〔解答欄〕 1行：14.7cm

5. 下線部(ii)と下線部(iii)について、以下の文章の空欄 **あ** , **い** に入る適切な単位を記せ。

文章：

細胞膜のおおよその厚さは10 **あ** , 植物の葉緑体のおおよその直径は10 **い** である。

6. 下線部(iv)の運動には、真核生物がもつ3種の細胞骨格のうち、繊維状構造の直径が最も小さいものが関わっている。その細胞骨格の名称を記せ。

7. 下線部(v)について、葉緑体の定位運動はどのように光合成を制御しているか。

「弱光」「強光」にわけて、それぞれ1行で述べよ。 〔解答欄〕 1行：14.7cm

8. 下線部(vi)の光合成反応について、以下の語句を**すべて**用いて、2行以内で説明せよ。

語句：水 NADP^+ 光化学系 I 光化学系 II 電子

〔解答欄〕 1行：14.7cm

9. 光合成の光阻害に関連した実験1～実験4を、液体培地中で培養したシアノバクテリアの細胞を用いて行った。いずれの実験においても、活性をもつ光化学系Ⅱの量と活性をもたない光化学系Ⅱの量の和は一定であった。以下の1), 2)の問いに答えよ。

(実験1)細胞に弱光を60分間照射したのち、光化学系Ⅱの電子伝達速度を測定したところ、弱光照射前に測定した速度と同じになった。

(実験2)タンパク質合成を阻害する試薬を加えて、細胞に弱光を60分間照射したのち、光化学系Ⅱの電子伝達速度を測定したところ、弱光照射前に測定した速度の75%に低下した。

(実験3)細胞に強光を60分間照射したのち、光化学系Ⅱの電子伝達速度を測定したところ、強光照射前に測定した速度の70%に低下した。

(実験4)タンパク質合成を阻害する試薬を加えて、細胞に強光を60分間照射したのち、光化学系Ⅱの電子伝達速度を測定したところ、強光照射前に測定した速度の10%に低下した。

- 1) 実験1～実験4のうち、光化学系Ⅱの修復の関与を排除して、光照射が光化学系Ⅱの光損傷のみに与える影響を調べた実験はどれか。該当する実験を**2つ**選び、それらの番号を記せ。また、それら2つの実験結果を比較検討することで導き出される光化学系Ⅱの光損傷の特徴を1行で述べよ。

〔解答欄〕 1行：13.0cm

- 2) 実験3で、強光を60分間照射した細胞に対して、さらに弱光を60分間照射したとき、強光照射60分後に比べて、光化学系Ⅱの電子伝達速度が増加した。電子伝達速度が増加した理由を1行で述べよ。

〔解答欄〕 1行：14.0cm

10. 下線部(vii)について。光化学系Ⅱの修復には、D1の新規合成以外にどのような過程が必要と考えられるか。以下の(a)～(e)から適切なものを**すべて**選び、記号で答えよ。

- (a) 新規合成されたD1の光化学系Ⅱへの挿入
- (b) 光損傷を受けたD1の分解・除去
- (c) 新規合成されたD1へのバクテリオクロフィルの結合
- (d) ストロマトライトの形成
- (e) アミラーゼによるデンプンの分解