

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	20～31

〈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
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。

DNA はヌクレオチドが多数つながってできている。ヌクレオチドは糖にリン酸と塩基が結合した分子である。DNA の糖は である。塩基はアデニン(A)、 (G)、チミン(T)、シトシン(C)の4種類存在する。シャルガフにより、生物のDNAに含まれるAとT、GとCの比がそれぞれ ことが示された。

近年、塩基配列決定法が確立したことにより、多くの生物種のDNAの塩基配列が決定された。その結果、大腸菌とヒトのゲノムDNAの塩基対数はそれぞれ約460万と約30億、⁽ⁱ⁾ 遺伝子数は約4,200と約22,000であることが明らかになった。

ある種の細菌は自らのゲノムDNAの他に、独立して複製するプラスミドとよばれる環状のDNAをもつ。このプラスミドを として用いることにより、外来DNAを細菌に導入することが可能である。一般に、 として用いられるプラスミドは、細菌自体のゲノムDNAよりも遥かに塩基対数が少ない。したがって、アガロースゲル電気泳動により、制限酵素処理により生じた各DNA断片の分離と長さの測定が容易である。⁽ⁱⁱ⁾ それぞれのDNA断片は、長さのわかった とよばれるDNA断片のセットを同時に電気泳動し、それと比較することで長さを測定することができる。

DNA断片の塩基配列決定には、サンガー法が用いられる。 この方法では、⁽ⁱⁱⁱ⁾ 配列を決定したいDNAと、基質である4種類のヌクレオシド三リン酸を用いて相補的にDNAを合成させるが、この溶液中に、DNA合成に必要な4種類のヌクレオシド三リン酸中の糖のある部分の構造が異なる特殊なヌクレオシド三リン酸^(iv)

も加えておく。この特殊なヌクレオチドが取り込まれると合成が止まり、1ヌクレオチドずつ長さの異なる DNA 断片が得られる。つぎにそれらの断片を電気泳動により分離し、その泳動パターンから塩基配列を決定することができる。

1. 空欄 ～ に入る最も適切な語句を記せ。
2. DNA 複製において、基質となるのはヌクレオシド三リン酸である。この中に含まれる3つのリンを糖に近い方から α , β , γ とすると、複製後に DNA 鎖中に残るリンはどれか、下記の(a)～(f)から選び、記号で答えよ。
 - (a) α
 - (b) β
 - (c) γ
 - (d) α と β
 - (e) β と γ
 - (f) α と β と γ
3. 下線部(i)のようにヒトのゲノム DNA 上に存在する遺伝子数は大腸菌の約5倍である。しかし、ヒトの mRNA の種類は遺伝子数よりも多いため、遺伝子数よりも多くの種類のタンパク質を合成させることができる。転写によって1種類の mRNA 前駆体から2種類以上の mRNA がつくられる現象を何とよぶか、その名称を記せ。

生物

4. あるプラスミド A を *Sma*I とよばれる制限酵素で完全に切断し、下線部(ii)の電気泳動で分離した結果、下記の図 1 のレーン 2 に示す 3,000 塩基対の大きさの 1 本のバンドが得られた。一方、プラスミド B は、プラスミド A と DNA 断片 C をつなげてできたプラスミドである。このプラスミドを *Sma*I で切断するとレーン 3 に示す 3 本のバンドが得られた。レーン 1 は大きさの分かった オ であり、バンドの隣にそれぞれの塩基対数を記している。なお、プラスミド A と DNA 断片 C とのつなぎ目の塩基配列は、*Sma*I では切断されないものとする。また、*Sma*I による切断で生じるバンドはすべて電気泳動で検出できるものとする。

- (1) DNA 断片 C に存在する *Sma*I 切断部位の数を答えよ。
- (2) DNA 断片 C の塩基対数として最も近いものを下記の(a)~(f)から選び、記号で答えよ。

- | | | |
|-----------|-----------|-----------|
| (a) 4,000 | (b) 3,000 | (c) 2,000 |
| (d) 1,000 | (e) 500 | (f) 200 |

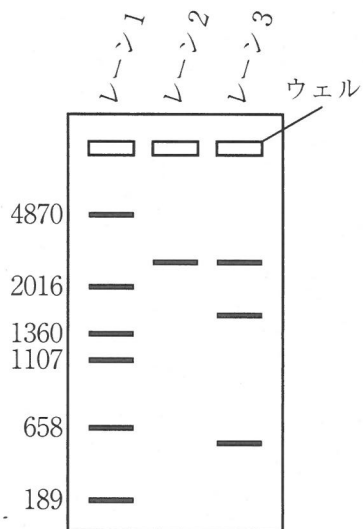
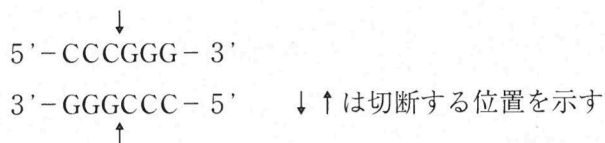


図 1. 電気泳動結果

5. 制限酵素 *Sma*I は下記の配列を認識して切断する。



ある生物の、塩基対数が600万のゲノム DNA を *Sma*I で完全に切断した。この切断された DNA を用いてアガロース電気泳動を行った結果、多数のバンドが検出された。これらのバンドの大きさの平均値(単位は塩基対)として最も近い数値を、下記の(a)~(g)から選び記号で答えよ。なお、ゲノム DNA の塩基配列の塩基の出現頻度には偏りが無いものとする。

- (a) 150,000 (b) 40,000 (c) 4,000
 (d) 2,000 (e) 400 (f) 150
 (g) 40
6. 下線部(iii)のサンガー法において、反応液に加える必要がないものを下記の(a)~(e)から選び記号で答えよ。
- (a) プライマー (b) DNA ポリメラーゼ
 (c) ヌクレオシド三リン酸 (d) DNA ヘリカーゼ
 (e) 鋳型 DNA
7. 細胞内の DNA 複製に必要な基質の中に含まれる糖と、下線部(iv)に用いられる合成を終結させる基質の中に含まれる糖の構造の違いを、句読点を含め60字以内で述べよ。
8. 現在、数多くの生物種のゲノムが解読されている。(あ)ヒト、(い)酵母、(う)マイコプラズマ、(え)シロイヌナズナ、(お)大腸菌のゲノム DNA の塩基対数を大きい方から小さい方へ順に並べる場合、下記の(a)~(e)のうち最も適切なものを選び記号で答えよ。
- (a) (う)→(あ)→(お)→(い)→(え) (b) (あ)→(え)→(い)→(お)→(う)
 (c) (う)→(え)→(あ)→(お)→(い) (e) (あ)→(え)→(お)→(い)→(う)
9. 1つの生物種の個体間において、ゲノム上のある一定の範囲の塩基配列のうち1塩基のみが異なっている状態を何とよぶか、その名称を記せ。

生物

〔Ⅱ〕 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

陸上植物の葉緑体内で行われる光合成の過程には、チラコイド膜でおこる反応と でおこる反応がある。チラコイド膜でおこる反応では、光化学系Ⅰが NADP^+ を して NADPH を生成し、光化学系Ⅱが水を分解する。光化学系Ⅰと光化学系Ⅱでは、数百分子のクロロフィルなどの光合成色素が と一緒になって形成された色素 複合体が働いている。これらの複合体の中の光合成色素のうち、ごく少数のクロロフィル分子が反応中心の機能を担う。反応中心のクロロフィルが光エネルギーにより活性化されると電子を放出し、電子の受容体を する。光化学系Ⅱの場合、 された反応中心のクロロフィルは水の分解によって生じた電子を受け取って、 された状態に戻る。

光合成の電子伝達に伴い、水素イオンがチラコイド膜の 側から内側に輸送される。チラコイド膜内外の水素イオン濃度勾配が大きくなると、水素イオンが濃度勾配に従い 側に戻ろうとする。この水素イオンのエネルギーを利用して ATP 合成酵素が ADP とリン酸から ATP を合成する。

でおこる反応では、二酸化炭素を取り込んで有機物が合成される。この反応は発見者の名をとって 回路とよばれる。

1. 空欄 ～ に入る適切な語句を記せ。
2. 空欄 ～ に入る適切な語句を、「酸化」「還元」のいずれかより選んで記せ。

3. 陸上植物, シアノバクテリア, 緑色硫黄細菌の光合成の特徴について,
- (1) 陸上植物とシアノバクテリアの2者に共通する特徴,
 - (2) シアノバクテリアと緑色硫黄細菌の2者に共通する特徴,
- を以下の(a)~(j)からそれぞれすべて選んで記号で記せ。
- (a) クロロフィル a をもつ。
 - (b) クロロフィル a とクロロフィル b をもつ。
 - (c) クロロフィル a とクロロフィル c をもつ。
 - (d) バクテリオクロロフィルをもつ。
 - (e) 酸素を生成する。
 - (f) 硫黄を生成する。
 - (g) 二酸化炭素を取り込み, 有機物を合成する。
 - (h) 葉緑体をもつ。
 - (i) 1つの光化学系のみをもつ。
 - (j) 2つの光化学系をもつ。
4. 下線部(i)について, クロロフィル以外の光合成色素の例として, 適切なものを以下の(a)~(e)からすべて選び, 記号で記せ。
- (a) カロテン
 - (b) キサントフィル
 - (c) クリプトクロム
 - (d) フィトクロム
 - (e) フォトトロピン
5. 下線部(i)について, 光化学系 I と光化学系 II には反応中心以外の機能をもつ光合成色素が多く結合している。これらの光合成色素の機能を, 句読点を含めて 30 字以内で述べよ。
6. 下線部(ii)について, 光照射下でチラコイド膜の内外で 1,000 倍の水素イオン濃度差が生成し, ア の pH が 8 となったときのチラコイド膜内側の pH の値を記せ。
7. チラコイド膜と同様に, ミトコンドリア内膜の電子伝達系でも水素イオンの輸送がおこる。電子伝達に伴う水素イオンの輸送の結果, ミトコンドリア内で水素イオン濃度が (1) 高くなる領域, (2) 低くなる領域, をそれぞれ 1 つ記せ。

生物

8. 水の分解を選択的に阻害する試薬で陸上植物の葉緑体を処理したのち、各種光合成速度を測定した。阻害処理した葉緑体では、水の分解速度が低下したが、それに加えて、NADPHの生成速度とATPの合成速度が低下していた。この現象について、以下の問いに答えよ。

- (1) NADPHの生成速度が低下した理由を「光化学系Ⅰ」「光化学系Ⅱ」という2つの用語を用いて句読点を含め80字以内で述べよ。
- (2) ATPの合成速度が低下した理由を「電子伝達」「水素イオン」という2つの用語を用いて句読点を含め80字以内で述べよ。

〔Ⅲ〕 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

ヒトのからだは様々な種類の細胞でできており、同じような形と機能をもった細胞が集合して **ア** を構成し、 **ア** が組み合わさってまとまりのある働きをする器官をつくる。各々の器官は他の器官と密接に連携しながら働くことにより、個体としての生命活動が維持される。ヒトの主な器官には、血液を全身に送り出す心臓、さまざまな化学反応を通して血液中の物質の濃度を調節する肝臓、老廃物の排出や体液中の塩類濃度をほぼ一定に保つ腎臓などがある。

ヒトの心臓は2心房2心室⁽ⁱ⁾でできており、血液の循環⁽ⁱⁱ⁾は静脈血を肺に送り出す肺循環と、動脈血を全身に送り出す **イ** とからなる。心房と心室の壁は、心筋とよばれる特殊な筋肉でできており、動脈や静脈の血管内皮を覆っている筋肉⁽ⁱⁱⁱ⁾とは異なる。心臓から送り出された血液は、からだの各部の毛細血管や肝臓、小腸、腎臓などに酸素を供給する。しかし、肝臓は他の臓器とは異なり、動脈だけではなく、消化管から出る静脈が合流した **ウ** から血液が流れこみ、消化管から吸収された様々な物質を処理する。肝臓は血糖濃度の調節^(iv)や血しょう中のタンパク質合成、胆汁の合成^(v)の他に、アミノ酸の分解によって生じた有害なアンモニアを、低毒性の尿素に変えて、腎臓から体外に排出する。腎臓に入った血液は、毛細血管の糸玉状のかたまりである糸球体でろ過されて、これを取り囲む **エ** にこし出されて原尿となる。原尿は、腎細管を流れる間に必要な物質が毛細血管中に再吸収^(vi)されて尿となり、体外に排出される。

1. 空欄 **ア** ~ **エ** に入る適切な語句を記せ。
2. 下線部(i)と同じ心臓の構造をもつ動物を以下の(a)~(f)からすべて選び、記号で答えよ。

(a) アメリカザリガニ	(b) カモノハシ	(c) カワセミ
(d) ゾウガメ	(e) ニホンアマガエル	(f) ブルーギル

生物

3. 下線部(ii)において、肺から出た血液が心臓によってからだの各部を通して心臓に戻り、再び肺に送られるまでの経路を、以下の(a)~(h)から選び、順に並べ、記号で答えよ。ただし、必ずすべての記号を一度だけ使用すること。
- (a) 右心房 (b) 右心室 (c) 左心房 (d) 左心室
(e) 肺動脈 (f) 肺静脈 (g) 大動脈 (h) 大静脈
4. 下線部(iii)と(iv)の筋肉の特徴を説明する以下の(あ)~(え)の文章について、正しいものには○、間違っているものには×を記せ。
- (あ) 心臓の筋肉である心筋は意志によって収縮を起こすことができる。
(い) 心筋の細胞を顕微鏡で観察すると横紋が観察できる。
(う) 血管内皮を覆っている筋肉は意志によって収縮を起こすことができる。
(え) 血管内皮を覆っている筋肉の細胞を顕微鏡で観察すると横紋が観察できる。
5. 下線部(v)において、健康なヒトが食事をした後に血液中の濃度が上昇するホルモンは何か、その名称を記せ。
6. 問5のホルモンが作用した時の肝細胞では、どのようなことがおこっているか、句読点を含めて25字以内で述べよ。
7. 下線部(vi)において、赤血球の主成分であるヘモグロビンが分解されてできる胆汁の成分は何か、その名称を記せ。
8. 問7の物質が体内に過剰に蓄積した時にあらわれる皮膚や眼球の白い部分が変色する症状を何とよぶか、その名称を記せ。
9. 下線部(vii)において、鉍質コルチコイドはどのような働きをしているか、句読点を含めて20字以内で述べよ。

10. 健康なヒトの腎臓の働きを調べるために、ヒトの血しょう・原尿・尿の主な成分の濃度を調べたところ表1のようになった。表中のイヌリンは腎細管や集合管で再吸収や分泌されない多糖類の一種で、腎臓でろ過される血しょう量を調べるために静脈に注射されたものである。なお、尿は1時間に60 mL生成されるものとする。以下の問いに答えよ。

- (1) 原尿は1分間あたり何 mL生成されたか、整数で答えよ。
- (2) 原尿中から1時間当たり再吸収される水は何 Lか答えよ。ただし、小数第2位まで答えよ。
- (3) ナトリウムイオンと尿素の再吸収率は何%か、それぞれ整数で答えよ。
- (4) 血しょう中にはタンパク質とグルコースが存在するが、尿中にはほとんど存在しない。これらの物質が尿中に存在しない理由を、それぞれ句読点を含めて25字以内で述べよ。

表1 血しょうと原尿と尿に含まれる主な物質の成分

成分	血しょう(質量%)	原尿(質量%)	尿(質量%)
タンパク質	8	0	0
グルコース	0.1	0.1	0
ナトリウムイオン	0.3	0.3	0.34
尿素	0.03	0.03	1.8
イヌリン	0.01	0.01	1.2

※ただし、血しょう、原尿、尿の密度は1 g/mLとする。

生物

〔IV〕 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

無性生殖では、雌雄に関係なく、出芽、分裂、栄養生殖によってからだの一部から新しい個体が生まれる。一方、⁽ⁱ⁾有性生殖では雌雄で作られる卵と精子が接合し、新しい個体が生まれる。有性生殖を行うキイロショウジョウバエの体細胞には、雌雄の配偶子から運ばれた、形や大きさが同じ2本ずつの染色体が8本含まれる。相同染色体の対の数を n で表すと、キイロショウジョウバエの体細胞の染色体は $2n = 8$ と表される。8本の染色体のうち、本は雌雄に共通して見られる常染色体で、その他の本は雌雄で構成の異なる性染色体である。キイロショウジョウバエやヒトの性染色体の場合、雌はX染色体を本もち、雄はX染色体とY染色体を本ずつもつ。しかし、バッタの性染色体の場合、雌はX染色体を本もち、雄はX染色体を本もつ。

キイロショウジョウバエにおいて、翅(はね)が小型になる変異の遺伝子(対立遺伝子 M, m)、眼の色が朱色になる変異の遺伝子(対立遺伝子 V, v)、眼の形が棒状になる変異の遺伝子(対立遺伝子 B, b)はすべてX染色体上にあり、 b と m の組換え価は21%、 b と v の組換え価は24%であった。また、 m と v の組換え価は5%未満であった。翅が小型かつ眼が朱色で棒状の雄の変異体と翅および眼の色と形が正常な雌のホモ接合体を交配し、得られた子(F1)ののすべては正常な眼の形をもつ個体だった。さらに、このF1の雄の検定交雑を行ったところ、得られた子ののすべては眼の形が棒状の個体だった。

1. 下線部(i)の栄養生殖を行う生物を1つあげ、その名称を記せ。
2. 下線部(i)の出芽を行う酵母の染色体は $2n = 32$ である。この酵母から出芽で生まれた新しい個体に含まれる染色体数を記せ。
3. 空欄 ~ に入る適切な数字を記せ。
4. 1個の精母細胞から、減数分裂によって形成されるキイロショウジョウバエ精子の個数と精子あたりに含まれる染色体数を記せ。

5. キイロショウジョウバエにおいて、減数分裂の第一分裂中期の細胞あたりに含まれる染色体数を記せ。
6. バッタの精子は、精子あたりに含まれる染色体数の違いで2種類存在する。その理由を、句読点を含め30字以内で述べよ。ただし、環境変化など外部からの影響はないこととする。
7. 空欄 , に入る適切な語句を「雄」、「雌」、「雄と雌」から選択して記せ。
8. 下線部(ii)の対立遺伝子 B , b , 対立遺伝子 M , m , 対立遺伝子 W , w の X 染色体上での位置について、それらの並びの2番目に位置する対立遺伝子を記せ。

※解答を導き出すことができない設問のため、全員正解とする。

9. 下線部(iii)の F1 の雌の検定交雑によって、「翅が小型で眼の色が正常」と「翅が正常で眼の色が朱色」の子を合わせて15匹得た。検定交雑で得られた子の全個体数を記せ。
10. 染色体の基本数が7の生物は $2n = 14$ の染色体数をもつ。この生物において、同じ種でありながら $2n = 28$ の染色体数が倍化した個体が存在する。この四倍体が生じた理由を、有性生殖の過程から考察し、句読点を含め50字以内で述べよ。