

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	10～17
生 物	18～30

〈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 を鋳型に RNA を合成する転写反応は RNA ポリメラーゼ が触媒する。<sup>(i)</sup>  
DNA ポリメラーゼ の発見とほぼ同時期に、RNA 合成を触媒する酵素 E が細菌<sup>(ii)</sup>の抽出物から発見された。当初はこれが RNA ポリメラーゼだと考えられたが、後に誤りであることがわかった。酵素 E は試験管の中で、ヌクレオチドから RNA を合成する活性をもっていた。この活性を利用して、塩基組成が U のみの RNA が合成され、<sup>(iii)</sup>大腸菌の抽出物と混合してタンパク質合成実験が行われた。これにより  が  をコードする遺伝暗号であることが初めて証明され、酵素 E は歴史的な大発見にも貢献した。しかし、酵素 E による RNA 合成反応は DNA を必要とせず、転写反応を担う酵素ではないことがわかった。DNA 依存的な RNA 合成反応を触媒する真の RNA ポリメラーゼが単離されたのは、その数年後のことである。

転写反応は、RNA ポリメラーゼ が DNA に結合することから始まる。その後、DNA 上を移動する RNA ポリメラーゼが RNA を伸長 させ、<sup>(iv)</sup>転写反応が完了すると RNA と RNA ポリメラーゼが DNA から離れる。<sup>(v)</sup>この転写は、調節タンパク質が RNA ポリメラーゼの DNA 結合を促進または抑制することによって調節される場合がある。

例えば、大腸菌の  $\beta$ -ガラクトシダーゼ遺伝子を含むラクトースオペロンの 転写開始領域付近には、<sup>(vi)</sup>調節タンパク質であるリプレッサーが結合しており、RNA ポリメラーゼによる転写反応は抑制されている。しかし、ラクトースの代謝産物が存在するとリプレッサーの DNA 結合能が抑制され、RNA ポリメラーゼが DNA に結合できるようになって、<sup>(vii)</sup>転写反応が始まる。以上のような ラクトー

スオペロン発現調節は、つぎのような実験で確認できる。グルコースのみを炭素源として含む培地で培養した大腸菌を、ラクトースのみを炭素源として含む培地に移した時間を0分とすると、1分後には $\beta$ -ガラクトシダーゼ遺伝子の mRNA 量が最大となり、3分後には $\beta$ -ガラクトシダーゼ活性が最大となる。

このような遺伝子発現調節は、原核生物と真核生物の両方にあるが、真核生物では調節のしくみがさらに複雑になっている。例えば、真核生物の DNA は  を形成し、そのつながりが折りたたまれて  構造を形成するが、転写反応が起こる DNA 領域付近ではその折りたたみ構造が弛緩する必要がある。

1. 下線部(i)と下線部(ii)に関する以下の(a)~(j)について、下線部(i)にのみ当てはまるものを「R」、下線部(ii)にのみ当てはまるものに「D」、両方に当てはまるものに「O」、どちらにも当てはまらないものに「×」を記せ。

- (a) 真核生物の細胞では核に局在する
- (b) 1細胞に1分子だけ存在する
- (c) 核酸を構成分子として含む
- (d) 酵素反応開始にプライマーが必要である
- (e) デオキシヌクレオチドが基質である
- (f) DNA 2本鎖を開く
- (g) アミノ酸を重合する
- (h) 合成後のポリマーは2本鎖を形成する
- (i) 岡崎フラグメントを合成する
- (j) DNA 修復の過程ではたらく

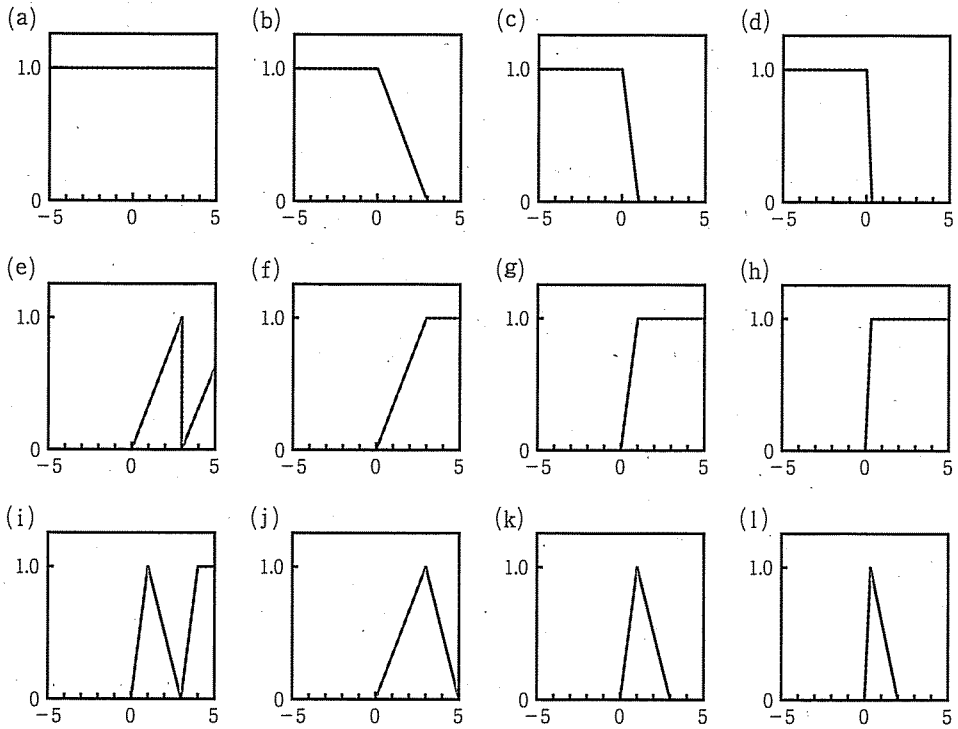
2. 下線部(iii)の構成成分として適切なものを以下の(a)~(g)よりすべて選び、記号で答えよ。

- (a) アデニン
- (b) チミン
- (c) シトシン
- (d) ウラシル
- (e) リボース
- (f) デオキシリボース
- (g) ヘキソース

## 生物

3. 空欄  に適当なコドンを、空欄  に適切なアミノ酸名を記せ。
4. RNA ポリメラーゼが、転写の始めに DNA を認識して結合する下線部(iv)の領域の名称を記せ。
5. 下線部(iv)の DNA 領域には、多くの細菌に TATAAT という塩基配列が共通して存在し、特に -10 配列とよばれている。大腸菌ゲノム ( $4.0 \times 10^6$  塩基対) 上のすべてのヌクレオチド出現確率が等しいと仮定すると、この 6 ヌクレオチドからなる配列はいくつ出現すると期待できるか。もっとも近い数値を以下の (a)~(e) より一つ選び、記号で答えよ。
- (a) 1,000                      (b) 2,000                      (c) 3,000  
(d) 4,000                      (e) 5,000
6. 下線部(v)について、RNA が伸長していく向きは、どちらの末端からどちらの末端へか。
7. 下線部(vi)の DNA 領域を何とよぶか。その名称を記せ。

8. 下線部(vii)において、大腸菌を炭素源としてグルコースのみを含む培地からラクトースのみを含む培地に移す前後で、リプレッサー量と $\beta$ -ガラクトシダーゼ活性の変化を示す適当なグラフを以下の(a)~(l)より一つ選び、記号で答えよ。



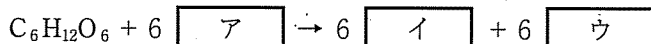
(注) グラフ縦軸は最大を 1.0 とした相対値を、横軸はラクトースを含む培地に移した前後の時間(分)を示す。

## 生物

9. 下線部(vii)において、大腸菌をラクトースのみを炭素源として含む培地に移した後、 $\beta$ -ガラクトシダーゼ遺伝子の mRNA 量が最大になる時間と  $\beta$ -ガラクトシダーゼ活性が最大になる時間との間に差が生じた。その理由を、句読点を含めて 30 字以内で述べよ。ただし、 $\beta$ -ガラクトシダーゼの分解や化学修飾などによる変化は起こらないものとする。
10. 空欄  と  に適切な語句を記せ。
11.  の形成に必要な DNA の長さを 140 塩基対とし、すべての DNA が  を形成する場合、ヒト体細胞 1 つに含まれるヒストンの数は何個になるか。ただし、このヒトのゲノムサイズは  $3.0 \times 10^9$  塩基対とし、答えは有効数字 2 桁で記せ。

〔Ⅱ〕 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

18世紀フランスの化学者A.L.ラヴォアジエは、「呼吸はゆっくりと起こる燃焼である」と表現した。例えば、ブドウ糖が完全燃焼するときの反応式



は、好気呼吸の反応をまとめた式と同じである。ただし、好気呼吸は大きく3段階に分けられる多数の反応の連続であり、燃焼とは異なり **エ** と光の発生を抑えて、効率よくエネルギーを取り出している。第一の反応系では、異化で放出されたエネルギーの一部がATPとして取り出され、酸化還元反応によって還元型補酵素 **オ** が生じる。第二の反応系では、第一の反応系で生じた **カ** を **イ** にまで分解する。この過程では、酸化還元反応により、多くの還元型補酵素 **オ** と **キ** が生み出される。また、反応と連動したATP合成も行われる。第三の反応系では、酸化還元反応のエネルギーを利用して、細胞小器官膜を隔てて **ク** が能動輸送され、濃度勾配が生じる。この濃度勾配に従ってATP合成酵素内を流れる **ク** のエネルギーを利用して、ATPの合成が行われる。第三の反応系に **ケ** を与えるのは、第一と第二の反応系で生産される還元型補酵素である。**ケ** は最終的には **ア** に受け渡され、**ク** と反応して **ウ** が生じる。

ただし、**ア** を用いないATP合成が優勢となることもある。例えば、筋肉の細胞は、**コ** を分解して生じたブドウ糖を呼吸基質に用いるが、激しい運動などで **ア** の供給が間に合わないときには、第一の反応系でATPを合成し、生じた **カ** が **サ** に変換され、還元型補酵素が酸化型に変換される。

第二・第三の反応系に共通な構成因子であるコハク酸脱水素酵素は、コハク酸をフマル酸に、補酵素を酸化型から還元型(すなわち **キ**)に変換する。この酵素の活性を、青色色素メチレンブルーが **シ** されると透明になることを利用して、以下のような手順で測定できる。

## 生物

- (1) ブドウ糖を含む緩衝液に乾燥酵母を溶かし、30分保温する(以下、この試料を酵母液とよぶ)。
- (2) ツンベルク管(図)の主室に酵母液5 mLを入れ、副室に2% コハク酸ナトリウム水溶液1 mLと0.8% メチレンブルー5滴を入れる。
- (3) アスピレーターまたは真空ポンプを用いてツンベルク管内の空気を抜く。これは、還元型補酵素が  されることを防ぐためである。
- (4) 副室を回してツンベルク管を密閉し、副室の溶液を主室に流し込み、よく攪拌した後、40℃で保温する。
- (5) 溶液(メチレンブルー)の色の変化を観察する。

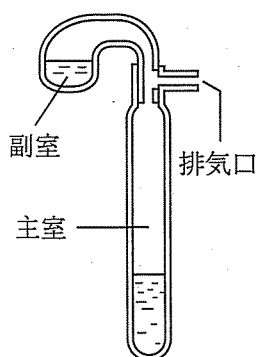


図 ツンベルク管の模式図

副室を回転すると排気口が閉じ、内部が密閉されるが、主室と副室はつながっており、管を傾けると両方の液を混合できる。

1. 空欄  ~  に適切な語句を記せ。
2. 第一・第二・第三の反応系の名称を記せ。また、真核細胞において、各反応系の酵素(二つの反応系に共通なコハク酸脱水素酵素を除く)がはたらく場所として適切なものを、以下の(a)~(n)からそれぞれ1つずつ選び、記号で答えよ。

(a) 細胞膜	(b) 細胞質基質
(c) 核膜	(d) 核内腔
(e) 小胞体膜	(f) 小胞体内腔
(g) ゴルジ体膜	(h) ゴルジ体内腔
(i) リソソーム膜	(j) リソソーム内腔
(k) ミトコンドリア外膜	(l) ミトコンドリア内膜
(m) ミトコンドリア膜間腔	(n) ミトコンドリアマトリックス



3. 第三の反応系の酵素は、細菌では細胞膜に存在する。このことから、真核細胞の細胞小器官はどのように進化してきたと考えられるか。句読点を含めて40字以内で述べよ。
4.  を用いる呼吸によってブドウ糖 3.6 g の異化が行われるとき、吸収される  と放出される  の量はそれぞれ何 g か。計算過程も示して答えよ。ただし、原子量は、 $H = 1$ 、 $C = 12$ 、 $O = 16$  とし、答えは有効数字 2 桁で記せ。
5. コハク酸脱水素酵素をつくるポリペプチド鎖の一つの分子量は  $7.3 \times 10^4$  であった。このポリペプチド鎖のアミノ酸配列を指定する遺伝子領域の塩基対はいくつになるか。計算過程も示して答えよ。ただし、アミノ酸残基の平均分子量を 110 とし、答えは有効数字 2 桁で記せ。
6. この酵素をつくる別のポリペプチド鎖は脂質二重膜を貫通している。以下の(a)~(g)のタンパク質のうち、脂質二重膜を貫通しているものを1つ選び、記号で答えよ。
- |                |                |
|----------------|----------------|
| (a) ミオシン       | (b) トリプシン      |
| (c) ヘモグロビン     | (d) 免疫グロブリン    |
| (e) ナトリウムポンプ   | (f) DNA ポリメラーゼ |
| (g) リボソームタンパク質 |                |
7. 実験手順(5)で見られた溶液の色の変化が、確かにコハク酸脱水素酵素の触媒作用によるものであることを示すための対照実験として、最も適切な2つを以下の(a)~(h)から選び、記号で答えよ。
- (a) 酵母液を倍量用いる
- (b) コハク酸ナトリウム水溶液を倍量用いる
- (c) メチレンブルーを倍量用いる
- (d) 酵母液の代わりに蒸留水を用いる
- (e) 酵母液の代わりに大根の汁を用いる
- (f) コハク酸ナトリウム水溶液の代わりに蒸留水を用いる
- (g) メチレンブルーの代わりに蒸留水を用いる
- (h) ツンベルク管内の空気を抜かずに液を混合する

## 生物

8. コハク酸と構造の似ているマロン酸は、この酵素に対して競争的阻害作用を示す。すなわち、実験手順(2)で、さらに2% マロン酸ナトリウム水溶液を加えると、実験手順(5)でマロン酸を加えないときと比べて溶液の色は濃くなった。これと同じ濃度のマロン酸存在下でコハク酸の濃度を高くして実験を行うと、実験手順(5)での溶液の色は、下線部のときと比べてどうなるか。以下の(a)~(c)の選択肢から適切なものを選び、記号で答えよ。また、マロン酸が結合する酵素の部位を推定し、その名称を記せ。

(a) より濃くなる            (b) 変わらない            (c) より薄くなる

9. 実験手順(4)で、保温する温度を70℃にすると溶液の色はどうなるか。理由とともに、句読点を含めて40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。

生物は無性生殖や有性生殖をおこない、新しい個体を作り出している。無性生殖には分裂、栄養生殖の他に、からだにできた小さなふくらみが成長して増殖する **ア** などがあり、生じる子は親と全く同じ遺伝形質をもつ。有性生殖では雌雄それぞれの親から卵や精子などの配偶子<sup>(i)</sup>が<sup>(i)</sup>つくられ、それらが接合して新しい個体<sup>(i)</sup>が生まれる。多くの生物では、配偶子を形成する過程で染色体を半減させる減数分裂<sup>(ii)</sup>が起こるために、接合して生じる子の染色体数は親の体細胞の染色体数と同じになる。減数分裂の第一分裂では相同染色体どうしが対合して **イ** を形成する。この時、相同染色体の間で交さが起こって、染色体の一部が交換される **ウ** が起こる場合がある。

動物の卵は受精すると活発な細胞分裂を始め、発生を開始する。動物の受精卵は短い周期で次々と細胞分裂を繰り返して細胞数を増やしていく。しかし、発生過程における形態形成には細胞が増殖するだけでなく、決められた時期に決められた細胞が死んで失われていくことも重要である。例えば、ヒトの手足の指の形成において、指と指の間の細胞が失われて、残った部分から指の形ができる。

ヒトの発生過程では、受精から約1週間で内部細胞塊<sup>(vii)</sup>と栄養外胚葉からなる胚盤胞になり、子宮内膜に着床し、胚盤胞の外側の胚膜の細胞が子宮内膜と結合して **エ** を形成する。その後、複雑な形態形成を経て、約8週間で胎児となり、約38週目に出産される。

1. 空欄 **ア** ～ **エ** に適切な語句を記せ。
2. 下線部(i)のような個体の集団を何とよぶか。適切な語句を記せ。
3. 下線部(ii)の減数分裂が始まる前の間期から減数分裂第二分裂の終期までに起きていることを以下の(a)～(e)から選択し、順に並べ、記号で答えよ。ただし、同じ記号を何度使用しても構わない。
 

(a) 細胞質が分かれる	(b) 染色体が赤道面に並ぶ
(c) 相同染色体どうしが対合する	(d) DNAが複製される
(e) 染色体が両極に移動する	

## 生物

4. 染色体数  $2n = 8$  の1つの母細胞において、下線部(ii)の過程で、1組の相同染色体で下線部(iii)による新たな遺伝子の組合せができたとする。このとき、この1つの母細胞からは何種類の配偶子が生じる可能性があるか、適切な数字を記せ。
5. 下線部(iv)が生じる際には、偶然2個の精子が卵内に進入することを防止する複数の多精拒否機構が働く。ウニではこの機構がよく研究されており、初期に起こる多精拒否機構では、卵の膜電位が急速に変化し、受精前とは逆に卵の内側が正(+)となるような受精電位が発生する。その時、細胞外から細胞内に流入する主なイオンの名称を記せ。
6. 問5の受精電位が発生した後、卵の細胞膜直下にある表層粒の内容物が卵膜の内側に放出される表層反応が起こる。このような細胞内の小胞が細胞膜と融合して小胞内部の物質を細胞外に放出する現象の名称を記せ。
7. 下線部(v)において、細胞間の接着は組織の形成にとって重要である。組織のなかの同じ種類の細胞を互いに接着するために重要な膜貫通タンパク質の名称を記せ。
8. 下線部(vi)のように、細胞死する多くの細胞はDNAが断片化し、まわりの細胞に影響を与えることなく縮小する。このような細胞死の名称を記せ。
9. 下線部(vii)を取り出して、多能性と分裂能を維持したまま培養細胞として確立した細胞の名称を記せ。
10. 問9の細胞は培養条件によって分化し、様々な組織や器官をつくりだすことができるので、再生医療への応用が期待されている。しかし、ヒトへの応用には大きな問題点がある。そのうち2つの問題点をそれぞれ句読点を含めて30字以内で述べよ。
11. 発生に関連した以下の(a)~(d)を、小さいものから大きいものへと順に並べ、記号で答えよ。
  - (a) 分裂中期のヒトX染色体
  - (b) 紡錘体の微小管を構成するチューブリン
  - (c) 精子の鞭毛を動かすためのエネルギー源である ATP
  - (d) アフリカツメガエルの桑実胚

〔IV〕 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

ある地域に生息する同種の個体のまとまりは個体群とよばれる。個体群の特徴を考える上で、個体群密度と個体群の大きさが重要な尺度となる。

植物などのほとんど動かない生物については、個体群が存在する地域の面積(A)を小さな区画面積(B)に区切る  によって、個体群密度と個体群の大きさを推定する。まず個体群が存在する地域に個体が一様に存在するかランダムに存在する場合を考える。小さな区画内の個体数がCであるとき、個体群密度は  とあらわされ、個体群の大きさは  と推定できる。つぎに、個体が集中して分布する場合を考える。個体群が存在する地域の中で、個体が集中している場所の合計面積はDであった。また、小さな区画内に見つかる個体数は、密度が高い場所ではE、密度が低い場所ではFであった。つまり、密度が高い場所の個体数の合計は 、密度が低い場所の個体数の合計は  であるため、集中して分布する個体群の合計は  と  の和である。

一方、動きが激しく見つけにくい動物の個体群の大きさの推定には、 を用いる。この方法で、孤立した島にいるバツタの個体群の大きさを推定した。まずバツタをG個体捕獲し、それぞれに標識をつけて放った。ある期間の後に、同様の方法でH個体のバツタを捕獲したところ、I個体に標識がついていた。このとき、この島におけるバツタの個体群の大きさは  と推定することができる。ただし、この方法を用いるにあたり、複数の前提が成立しなければならぬ<sup>(i)</sup>ため注意が必要である。

個体群密度は、個体の形態や行動などに影響を与えることが知られている。例えば、トノサマバツタを卵から低密度で飼育すると体が緑色の成虫となる。これは孤独相とよばれ、後脚は頑丈で飛び跳ねるのに適している。一方、数世代にわたって高密度で飼育すると飛翔能力が高く集合性が高い群生相となる。しかし、群生相の産んだ卵を低密度で飼育すると、成虫は孤独相に戻る。このような個体密度によって生じる形態や行動が変化する現象を  とよぶ。

## 生物

1. 空欄 

a
---

 ～ 

c
---

 に適切な語句を記せ。
2. 空欄 

ア
---

 ～ 

オ
---

 に入る適切な式を、A～Iを用いて記せ。
3. 下線部(i)について、つぎの(あ)～(え)の文章が正しければ○を、間違っていれば×を記せ。
  - (あ) 1回目の捕獲から2回目の捕獲までの期間は、バツタの世代交代ができる十分な時間をとる必要がある
  - (い) 1回目の捕獲から2回目の捕獲までの期間はできるだけ短くして、1回目と2回目で島の別の場所で捕獲を行うことが必要である
  - (う) バツタの行動が標識によって影響を受けない必要がある
  - (え) 1回目の捕獲と2回目の捕獲の個体数が等しい、つまり  $G = H$  である必要がある
4. トノサマバツタの孤独相と群生相は、行動や形態は大きく異なるが同じ種である。この事実を確認するための実験を考案し、句読点を含めて60字以内で述べよ。

