

2020 年度入学試験問題

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	10～19
生 物	20～32

〈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。

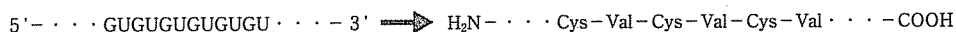
解答はすべて解答用紙の指定された解答欄に記入せよ。

〔I〕 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

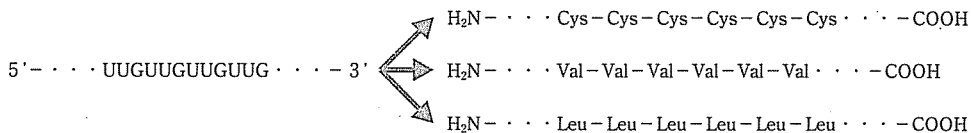
mRNA の塩基配列情報は、タンパク質のアミノ酸配列情報へ変換される。この過程を翻訳という。具体的には、塩基配列上の つの塩基の並びが、タンパク質を構成する 種類のアミノ酸のなかから1つを指定する規則に従って翻訳される。このような情報を担う単位としてのトリプレットをコドンという。全部で 通りあるトリプレットのうち、 つはアミノ酸を指定せず、翻訳を停止させるという情報をもつ。そのため、これらのトリプレットは終止コドンとよばれる。トリプレットのうち はタンパク質合成開始の信号にもなり、開始コドンとよばれる。このような、トリプレットとそれらをもつ情報の対応関係を総称して遺伝暗号という。

遺伝暗号の解釈には、 が開発した人工的な翻訳反応が用いられた。 は大腸菌をすりつぶし、リボソーム・各種酵素・各種アミノ酸・各種 tRNA などの翻訳反応に必要な構造体や物質を含む溶液をつくり、これに人工合成 RNA を加えてポリペプチド鎖を合成した。その後に行われた3種類の人工合成 RNA を用いた実験の結果を、つぎの(実験結果1)～(実験結果3)に示す。これら3つの結果のみで確定できるシステインのコドンは ，バリンのコドンは である。

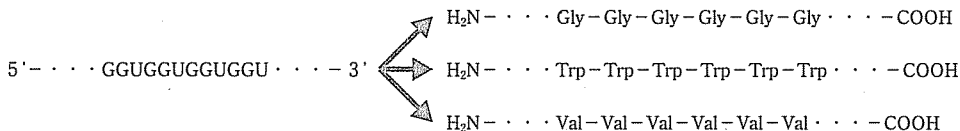
(実験結果1)GU の塩基配列を繰り返す人工合成 RNA を添加すると、システイン(Cys)とバリン(Val)が交互に並ぶポリペプチド鎖が合成された。



(実験結果2)UUGの塩基配列を繰り返す人工合成RNAを添加すると、システイン、バリン、ロイシン(Leu)のいずれかだけからなる3種類のポリペプチド鎖が合成された。



(実験結果3)GGUの塩基配列を繰り返す人工合成RNAを添加すると、グリシン(Gly)、トリプトファン(Trp)、バリンのいずれかだけからなる3種類のポリペプチド鎖が合成された。



- 空欄 ~ に入る適切な数字を記せ。
- 空欄 に入る適切な人物を、以下の(a)~(f)から選び記号で答えよ。

(a) クリック	(b) ニーレンバーゲ	(c) ビードル
(d) メセルソン	(e) メンデル	(f) モーガン
- RNAを構成する糖および塩基として適切なものを、以下の(a)~(h)からそれぞれ選び記号で答えよ。ただし、複数当てはまる場合はそれらすべて答えよ。

(a) シトシン	(b) チアミン	(c) チミン
(d) デオキシリボース	(e) ヌクレオシド	(f) ヌクレオソーム
(g) ヌクレオチド	(h) リボース	

生物

4. タンパク質への翻訳について、以下の(1)～(3)の問いに答えよ。
- (1) 翻訳を担うリボソーム分子は概ね球状の構造をもつ。この球状分子のおおよその直径について適切なものを、以下の(a)～(f)から選び記号で答えよ。
- (a) 25 mm (b) 25 μ m (c) 25 nm
(d) 250 mm (e) 250 μ m (f) 250 nm
- (2) リボソームが付着した小胞体の名称を記せ。また、この小胞体で合成されたタンパク質を細胞外へ分泌する作用の名称を記せ。
- (3) 以下の a～j の記述に当てはまるものを、mRNA, rRNA, tRNA から選んで記せ。ただし、複数当てはまる場合はそれらすべてを記し、どれも当てはまらない場合には「×」を記せ。
- a. 炭素原子を含む。
b. 窒素原子を含む。
c. アミノ酸をリボソームに運ぶ。
d. タンパク質合成酵素の一部としてはたらく。
e. アンチコドンを含む。
f. リーディング鎖を含む。
g. エキソンを含む。
h. プロモーターを含む。
i. 大腸菌では合成されない。
j. DNA 複製反応で合成される。
5. 空欄 ～ に入る適切なコドンを書け。
6. 一般に、遺伝情報は DNA → RNA → タンパク質の一方向に流れる。HIV(ヒト免疫不全ウイルス)のようなレトロウイルスの増殖には、この流れにしたがわない逆転写とよばれる反応が関与する。逆転写を触媒する酵素のはたらきを、句読点を含め 30 字以内で述べよ。
7. (実験結果 1)～(実験結果 3)に加え、GGUU の塩基配列を繰り返す人工合成 RNA を用いた追加実験を行った結果、ロイシン - - - トリプトファンが繰り返すポリペプチド鎖のみが合成された。UUG がロイシンを指定することがわかっているとき、空欄 と に入る適切なアミノ酸の名称を書け。

〔Ⅱ〕 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

葉緑体のストロマでは、カルビン・ベンソン回路により、二酸化炭素(CO_2)を還元して有機物を合成する。気孔より取り込まれた6分子の CO_2 は、6分子の C^{a} 化合物であるリブローズ二リン酸と結合し、それが2つに分解され12分子の C_3 化合物であるホスホグリセリン酸になる。この反応はリブローズ二リン酸 ア /オキシゲナーゼ(RubisCO)とよばれる酵素が担っている。⁽ⁱ⁾ つぎに、12分子のホスホグリセリン酸はATPのエネルギーとNADPHの還元作用により、12分子の C_3 化合物である イ になる。この イ のうちの2分子は有機物の合成に使われ、残り10分子はATPのエネルギーを用いたリブローズ二リン酸の再生に使われる。⁽ⁱⁱ⁾ RubisCOの CO_2 固定反応は非常に遅く、 C_3 植物では、光合成速度の制限要因となる場合が多い。 C_3 植物の場合、現在の大気中の CO_2 濃度(ウ%)では、RubisCOの CO_2 固定活性は最大活性の約50%程度であり、最大活性を得るためにはさらに高い濃度の CO_2 が必要である。

C_4 植物は、カルビン・ベンソン回路に入る前段階で、 CO_2 を濃縮する独自のしくみをもつ。 C_4 植物では、 CO_2 を エ 細胞の葉緑体内でリング酸などの C^{b} 化合物として固定する。この C^{b} 化合物は オ 細胞に輸送され、そこで分解され CO_2 として放出される。このしくみにより、オ 細胞の葉緑体内で CO_2 濃度が高く保たれ、RubisCOによる効率的な CO_2 固定反応が可能になっている。そのため、 C_4 植物では、 CO_2 ではなく、温度や カ が光合成速度の制限要因となる場合が多い。高温で乾燥した条件では、 CO_2 吸収速度を指標とした光合成活性は、 C_3 植物では低下するのに対し、 C_4 植物では低下しない。⁽ⁱⁱⁱ⁾ 砂漠地帯に育つCAM植物は C_4 植物と似た CO_2 を濃縮するしくみをもつが、異なっている点もある。^(iv)

生物

1. 空欄 ～ に入る最も適切な語句や数字を以下の(a)～(m)から選び、記号で記せ。

- | | |
|--------------|------------------|
| (a) 維管束鞘 | (b) 酸素 |
| (c) カルボキシラーゼ | (d) カルボキシキナーゼ |
| (e) カタラーゼ | (f) 0.004 |
| (g) 0.04 | (h) 0.4 |
| (i) 4 | (j) グリセルアルデヒドリン酸 |
| (k) 葉肉 | (l) クエン酸 |
| (m) 光 | |

2. 空欄 と に入る適切な化合物の炭素数をそれぞれ記せ。

3. C₄植物とCAM植物に該当するものを以下の(a)～(j)からすべて選び、それぞれ記号で記せ。

- | | | |
|------------|----------|------------|
| (a) サトウキビ | (b) タバコ | (c) ベンケイソウ |
| (d) サボテン | (e) イネ | (f) トウモロコシ |
| (g) ハネケイソウ | (h) スギゴケ | (i) アサクサノリ |
| (j) シャジクモ | | |

4. 下線部(i)の酵素, RubisCO は1つの分子が大小異なる2種のポリペプチド鎖が各々8本ずつ, 計16本が結合した大きなタンパク質複合体になっている。あるC₃植物のRubisCO分子1つの質量は 1.0×10^{-18} gであった。大きなポリペプチド鎖1本の質量は小さいポリペプチド鎖1本の4倍であるため, 大きなポリペプチド鎖1本の質量は $\times 10^{\text{d}}$ gである。以下の問いに答えよ。

- (1) 一般に, 複数のポリペプチド鎖が組み合わさってつくられる立体構造をタンパク質の階層構造の観点から何とよぶか。その名称を記せ。
- (2) 大きなポリペプチド鎖1本の質量を計算して, 空欄 と に入る適切な数値をそれぞれ記せ。空欄 については, 必要であれば小数点第2位を四捨五入して, 小数点第1位まで記せ。

5. 下線部(ii)について、再生反応の効率を 100 % と仮定したときに、リブローズ二リン酸は何分子再生するか。その分子数を記せ。
6. ある C_3 植物に光合成の反応を進めるのに十分な強い光を数時間照射したのち、これを暗条件に移した。暗条件に移してから、葉内のホスホグリセリン酸とリブローズ二リン酸の量はその後どのように変化し始めるか。以下の(a)~(d)から選び、記号で記せ。さらに、そのように変化する理由について、4行以内で述べよ。
- (a) ホスホグリセリン酸は増加し始め、リブローズ二リン酸も増加し始める。
 - (b) ホスホグリセリン酸は増加し始め、リブローズ二リン酸は減少し始める。
 - (c) ホスホグリセリン酸は減少し始め、リブローズ二リン酸も減少し始める。
 - (d) ホスホグリセリン酸は減少し始め、リブローズ二リン酸は増加し始める。
7. 下線部(iii)について、高温で乾燥した条件では、 C_3 植物と C_4 植物で光合成活性が異なる理由を、「気孔」と「 CO_2 」という用語を用いて、4行以内で述べよ。
8. 下線部(iv)について、CAM 植物が C_4 植物と異なる点として、CAM 植物が夜と昼で異なる反応をおこなっていることがあげられる。それぞれの反応を「気孔」と「 CO_2 」という用語を用いて、2行以内で述べよ。

生物

〔Ⅲ〕 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

細胞膜の特定の場所や細胞小器官の膜には固有のタンパク質が存在し、様々な役割を担っている。核膜は生体膜が二重の構造になっており、それらを貫くように が多数存在する。これは1つあたり数百個のポリペプチドからなるタンパク質複合体で、そこを(i)通って mRNA が核内から細胞質へ移動したり、タンパク質が行き来したりする。また、動物や植物の細胞の核膜は、分裂する際に一度消失してから再形成される。

(ii) ミトコンドリアも二重の生体膜からなる細胞小器官で、効率のよい ATP 生産の場となっている。解糖系で生成されたピルビン酸は、ミトコンドリアのマトリックスに入り、アセチル CoA (C₂ 化合物) に変換された後に、 (C₄ 化合物) と結合する。その結果生成されたクエン酸 (C₆ 化合物) は脱炭酸反応によって C₅、C₄ 化合物へと変換され、最終的にまた が生成される。しかしこのクエン酸回路では、直接 ATP を合成する反応はわずかにしかおこらず、(iii) 効率のよい ATP 合成はこのあとの電子伝達系でおこる。

骨格筋細胞の神経と接する細胞膜表面には と結合する受容体があって、神経の興奮が伝わると、この受容体を介して筋細胞に活動電位が発生する。活動電位が細胞深部に伸びる T 管に伝わると、(iv) Ca²⁺ を貯蔵する筋小胞体から筋細胞内に Ca²⁺ が放出され、筋原繊維が活性化して筋収縮がおこる。 (v) 神経からの興奮がなくなると (vi) Ca²⁺ は筋小胞体に回収され、 (vii) 筋肉は弛緩する。

1. 空欄 ～ に入る適切な語句を記せ。

2. 下線部(i)の「二重の構造」を最も正しく説明しているものはどれか。以下の(a)～(d)から選び、記号で答えよ。

- (a) リン脂質が疎水性部分を向き合わせて平面状に並び、二重の層を形成している。
- (b) リン脂質が疎水性部分を向き合わせて平面状に並び、その外側にタンパク質がもう1つの層を作っている。
- (c) リン脂質が疎水性部分を向き合わせて平面状に並んだものが2つ重なっている。
- (d) リン脂質が疎水性部分を向き合わせて平面状に並び、その外側に水分子がもう1つの層を作っている。

3. 下線部(ii)の核膜の消失と形成は、それぞれ細胞分裂過程のどの時期に起こるか。以下の(a)～(e)から選んで記号を記せ。

- (a) 間期 (b) 前期 (c) 中期 (d) 後期 (e) 終期

4. 下線部(iii)について以下の問いに答えよ。

- (1) クエン酸回路でピルビン酸から取り出されたエネルギーは電子伝達系に移る。このエネルギーの移行を担う2つの物質の名称を記せ。
- (2) 電子伝達系に移ったエネルギーはどのような段階を経てATP合成に用いられるか。最も正しいものを以下の(a)～(d)から選び、記号で答えよ。
 - (a) 電子伝達系では電子が複数のタンパク質の間を受け渡され、その酸化還元反応を通してATP合成酵素に蓄えられた還元力がエネルギー源となってATPが合成される。
 - (b) 電子伝達系では電子が複数のタンパク質の間を受け渡され、その間にマトリックスから内膜と外膜の間へ K^+ が輸送される。ATP合成酵素は内膜を介して生じた K^+ の濃度差をエネルギー源としてATPを合成する。
 - (c) 電子伝達系で受け渡された電子は最終的にADP分子に受け渡され、これがリン酸と結合することでATPが合成される。
 - (d) 電子伝達系では電子が複数のタンパク質の間を受け渡され、その間にマトリックスから内膜と外膜の間へ H^+ が輸送される。ATP合成酵素は内膜を介して生じた H^+ の濃度勾配をエネルギー源としてATPを合成する。

生物

5. 下線部(iv)の活動電位について以下の問いに答えよ。

- (1) 活動電位が生じる前に細胞膜内外に常に生じている電位差を何というか。
また、その電位は、細胞の内側が外側に対して正か負かを答えよ。
- (2) 活動電位が生じるときのイオンチャネルのはたらきについて、最も正しいものを以下の(a)~(d)から選び、記号で答えよ。
 - (a) 電位変化に依存して開閉する K^+ チャネルが一瞬開いて K^+ が細胞内に流入することで電位が逆転し、続いて電位変化に依存して開閉する Na^+ チャネルが開いて電位がもとに戻る。
 - (b) 電位変化に依存して開閉する Na^+ チャネルが一瞬開いて Na^+ が細胞内に流入することで電位が逆転し、続いて電位変化に依存して開閉する K^+ チャネルが開いて電位がもとに戻る。
 - (c) 電位変化に依存して開閉する K^+ チャネルが一瞬開いて K^+ が細胞内に流入することで電位が逆転し、電位変化に依存せずに開いている Na^+ チャネルのはたらきで電位がもとに戻る。
 - (d) 電位変化に依存して開閉する Na^+ チャネルが一瞬開いて Na^+ が細胞内に流入することで電位が逆転し、電位変化に依存せずに開いている K^+ チャネルのはたらきで電位がもとに戻る。

6. 下線部(v)と(vii)のように、筋小胞体からの Ca^{2+} の出入りが筋肉の収縮を制御する。筋小胞体の膜の Ca^{2+} の通り道には、チャネルタンパク質(Ca^{2+} チャネル)と Na^+ ポンプに似た構造とはたらきをもつタンパク質(Ca^{2+} ポンプ)がある。それらのはたらきについて最も正しいものを以下の(a)~(d)から選び、記号で答えよ。

- (a) 筋肉の収縮にともなう筋小胞体からの Ca^{2+} の放出と回収には Ca^{2+} チャネルがはたらく。
- (b) 筋肉の収縮にともなう筋小胞体からの Ca^{2+} の放出と回収には Ca^{2+} ポンプがはたらく。
- (c) 筋肉の収縮にともなう筋小胞体から Ca^{2+} が放出されるときには Ca^{2+} チャネルがはたらき、筋小胞体に戻るときには Ca^{2+} ポンプがはたらく。
- (d) 筋肉の収縮にともなう筋小胞体から Ca^{2+} が放出されるときには Ca^{2+} ポンプがはたらき、筋小胞体に戻るときには Ca^{2+} チャネルがはたらく。

7. 下線部(vi)の筋収縮について、表1に示すような、サルコメアの長さが異なる2種類の筋原繊維を考える。表に示した長さ以外は、筋原繊維全体の長さと同面積、ミオシンフィラメントとアクチンフィラメントの密度、構成タンパク質の種類と性質などに違いはない。

(1) サルコメア1つあたりに生じる力はどちらが大きいと考えられるか。以下の(a)~(c)から選び、記号で答えよ。さらに、その理由を句読点を含めて45字以内で記せ。

(a) Aの方が大きい (b) Bの方が大きい (c) 生じる力は等しい

(2) 各サルコメアが収縮し始めるときの速度が、上記の筋原繊維AとBで同じだとすると、筋原繊維全体が収縮し始めるときの速度はどちらが大きいと考えられるか。以下の(a)~(c)から選び、記号で答えよ。さらに、その理由を句読点を含めて30字以内で記せ。

(a) Aの方が大きい (b) Bの方が大きい

(c) 収縮し始めるときの速度は等しい。

表1 2種類の筋原繊維

	サルコメアの長さ	ミオシンフィラメント の長さ	アクチンフィラメント の長さ
筋原繊維 A	2.0 μm	1.0 μm	0.7 μm
筋原繊維 B	4.0 μm	2.0 μm	1.4 μm

生物

〔IV〕 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

精子が卵と接触して融合することを受精とよび、受精卵が発生を始めたものを胚とよぶ。発生の過程は生物の種類によって大きく異なる。

両生類では、精子が卵の動物半球に入ると、卵細胞の表層が細胞質に対して回転して、精子進入点の反対側に周囲と色の濃さが異なる **ア** が生じる。この表層回転は、胚の内側で精子に由来する中心体から微小管が伸長することでおこる。そして、表層回転にともなって、植物極付近にあったディシェベルドタンパク質が動物半球と植物半球の境界付近に運ばれる。そのタンパク質のはたらきの結果、背側に特徴的な遺伝子群が発現して、胚の背側構造の形成が進行する。

一方、ショウジョウバエの発生過程では、母親由来の **イ** によって受精前から体の前後軸が決定している。未受精卵の前端と後端には、それぞれ **イ** の mRNA が蓄えられており、受精がおこるとこの mRNA の翻訳が始まる。合成されたタンパク質は、胚の中で拡散して濃度勾配が生じる。これらの濃度に応じて分節遺伝子の発現が調節されて、胚は前後軸に沿って頭部、胸部、腹部と並ぶように発生が進む。体節が形成された後に器官が形成されるが、ここで **ウ** 遺伝子とよばれる一群の調節遺伝子がはたらいている。これらの調節遺伝子に突然変異がおこると、触角が肢に置き換わるような異常がおこる。これを **ウ** 突然変異体とよぶ。また、一群の **ウ** 遺伝子はそれぞれ 180 塩基対からできた相同性の高い **エ** という配列をもつ。

1. 空欄 **ア** ～ **エ** に適切な語句を記せ。

2. カエルの受精卵は卵割をして桑実胚となる。桑実胚から成体になるまでの過程を正しく示すように下記の空欄 ～ に入る適切な語句を語群(a)～(h)から選んで記号で記せ。

桑実胚 → → → → → 幼生 → 成体
語群

- (a) 原腸胚期 (b) 8細胞期 (c) 16細胞期
(d) プリズム胚期 (e) 神経胚期 (f) プルテウス幼生期
(g) 尾芽胚期 (h) 胞胚期

3. 下線部(i)に関して以下の問いに答えよ。

- (1) 微小管はあるタンパク質が集合した管状の構造体である。このタンパク質の名称を記せ。
(2) 微小管と相互作用して動きを生み出すモータータンパク質の名称を1つ記せ。
(3) 下線部(i)のように、微小管やアクチンフィラメントなどの細胞の形態保持や運動に関与するタンパク質の構造体を一般に何とよぶか記せ。

4. 下線部(ii)のように、生物ではさまざまな遺伝子発現調節のしくみがある。タンパク質 P, Q, R と遺伝子 S のみで構成される仮想的な遺伝子発現調節システムを考える。このシステムについて、以下の(A)～(E)の事実がわかっているとき、これらから導き出されるタンパク質 P の作用を、句読点を含めて 30 字以内で記せ。

- (A) Q は DNA に直接結合して、S の発現を促進する。
(B) R は Q の分解作用をもつ。
(C) P の濃度が高いと、S の発現が促進される。
(D) R がないと、S の発現は促進される。
(E) R がないと、P の濃度を高くしても S の発現がさらに促進されることはない。

生物

5. 下線部(iii)について、胚の前端で合成されたビコイドタンパク質が重要なはたらきをすることが知られている。このタンパク質の濃度が、ある一定以上の部位では頭部、ある一定以下の部位では腹部、それらの中間の部位では胸部へと発生が進む。以下の問いに答えよ。

(1) 前端のビコイド遺伝子の mRNA の量を人為的に増大させたとき、胚はどのような形態になるか。体軸に着目して、句読点を含めて 30 字以内で記せ。

(2) 受精卵の後端に、別の受精卵の前端から抜き取った細胞質を移植したとき、移植胚はどのような形態になるか。体軸に着目して、句読点を含めて 30 字以内で記せ。