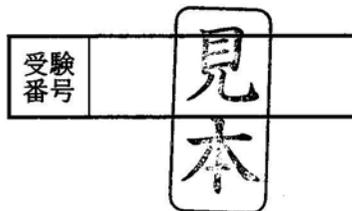


'13

前期日程



生物問題

(理工学部)

注意事項

全問題(①~④)を解答してください。

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子のページ数は19ページです。問題に落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所等があった場合にはすぐに申し出てください。
3. 解答は指定の答案用紙に記入してください。
4. 下書きには問題冊子の余白を利用してください。
5. 答案用紙を持ち帰ってはいけません。
6. 問題冊子は持ち帰ってください。

◇M23(707—144)

- 1 動物の生殖と器官の発生およびその機能について、次の文章を読んで、問1～問10の答を解答欄に記入せよ。

動物の雄は配偶子として精子を形成し、雌は配偶子として卵をつくる。精巣では、の一部が、やがて多数のになる。は、減数分裂のにより、2個のとなり、減数分裂のをへて、4個の同じ形・同じ大きさのになる。は、その後、成熟にともなって細胞質のほとんどを失い、変形して精子となる。一方、卵巣では、の一部が肥大・成熟して、になる。は、減数分裂ので、細胞質が極端に不均等に分かれ、小さなと、とほぼ同じ大きさのになる。さらに減数分裂のをへて、大形の卵と小さなが形成される。

卵に到達した精子は卵内に入り、やがて卵の核と精子の核が合体し、受精がおこる。受精卵は、細胞分裂によって細胞の数をふやし、親と同じからだをつくり、この過程は発生とよばれる。カエルの卵は、卵黄の分布が植物極側にかたよる端黄卵で、不等割を行う。カエルの原腸胚形成では、胚(後期胞胚)の赤道からやや植物極より原口が形成され、原腸の陥入が始まる。その後、神経胚期から尾芽胚期へと発生が進むにつれて、さまざまな器官が分化する。

ヒトの心臓の拍動リズムは、心臓にあるによって制御されているが、運動中や休息中のの制御には、脳のにある心臓拍動中枢が作用し、血液中の濃度が上昇すると、心臓拍動中枢からを介して、に拍動の促進が伝えられ、さらにの活動により体表の血管が収縮するので、血圧が上がり筋肉への血液の供給が促進される。一方、は心臓の拍動を抑制し、血管を拡張させるなど、とは逆の作用をおよぼす。一般的に、からだをめざめて活動しているときにはの活動が活発になり、休息しているときにはの活動が高まる。

筋肉は、筋繊維という細長い筋細胞が集まってできている。手足の筋肉と心臓の筋肉を観察すると、筋繊維中に多数の横縞よこじまが見える。このような筋肉を

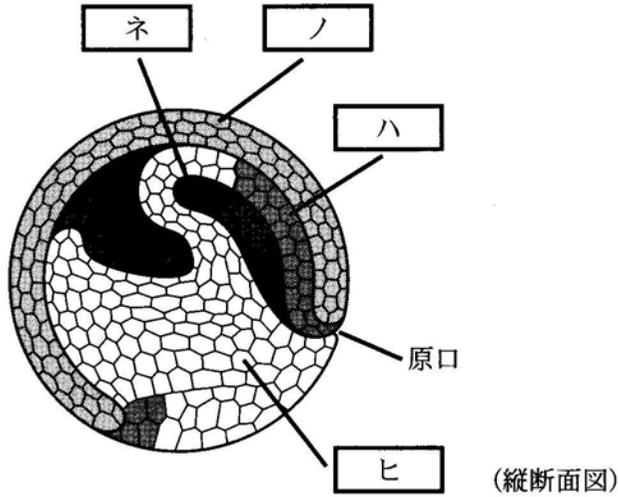
という。一方、心臓以外の胃・腸などの内臓の筋肉には横縞がなく、
 とよばれる。筋繊維は直径約 の筋原繊維の束からなり、筋原繊維では、太いフィラメントと細いフィラメントが規則的に配列している。細いフィラメントはZ膜から両側に突き出し、太いフィラメントは隣り合うZ膜の中央に位置している。Z膜から隣りのZ膜までを といい、そのくり返し構造によって横縞が形成される。

骨格筋を50%グリセリン溶液に浸したものをグリセリン筋^eといい、刺激を加えただけでは収縮は起こらないが、ATPを含む溶液に入れると収縮が起こる。一方、生きた骨格筋から筋繊維をとり出して細胞膜^fだけを取り除いた標本では、ATPだけを与えても収縮は起こらない。この筋の標本の場合、ATPのほかに イオンを加えると収縮が起こり、 イオンを取り除くとすみやかに弛緩^{しかん}する。弛緩状態では、 イオンは筋原繊維をとりまく に蓄えられている。運動神経からの 電位によって筋繊維が興奮すると、その興奮が細胞膜から に伝えられ、 イオンが細胞質中に放出される。 への イオンのとり込みは、 の膜にある ポンプの能動輸送^gによって行われている。骨格筋は、収縮する際にも弛緩する際にもATPのエネルギーを必要とするので、筋繊維内では、絶えずATPが供給されていなければならない。好気呼吸や解糖によるATPの供給は、 によるATPの供給よりも遅い。このため、激しい運動をすると10秒ほどで はなくなる。

問1 空欄 ~ にあてはまる適当な語句を記せ。

問2 下線部aにおいて、カエルの卵の不等割は何回目の分裂から始まるか。数字を記せ。

問 3 下線部 b について，図の原腸胚に示された各部分の名称を記せ。



問 4 下線部 c にあるようにさまざまな器官はそれぞれの胚葉から分化する。骨格筋と心臓はそれぞれどの胚葉から分化するか。例にならって記せ。

	胚葉名	→	神経胚後期の部分名	→	器官名
例：	外胚葉	→	神経管	→	脳
	中胚葉	→	腎節	→	腎臓

問 5 と からなる自律神経系のはたらきについて，正しい組み合わせをすべて選び，記号で答えよ。

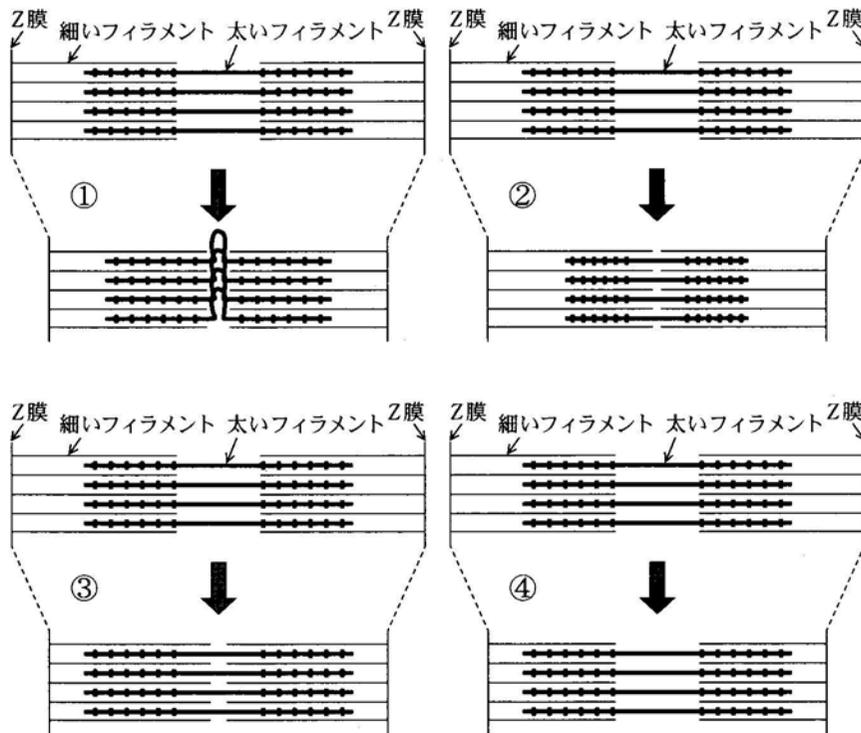
- | <input type="text" value="ソ"/> | <input type="text" value="タ"/> |
|--------------------------------|--------------------------------|
| ① 瞳孔を縮小させる | 排尿を抑制する |
| ② 瞳孔を拡大させる | 気管を拡張させる |
| ③ 気管を拡張させる | 胃腸の運動を促進する |
| ④ 排尿を促進する | 胃腸の運動を抑制する |
| ⑤ 瞳孔を拡大させる | 排尿を促進する |

問 6 A に当てはまる数値をその単位も含めて書いた場合、下記のいずれが最も適当であるか。記号で答えよ。

- ① 1 mm ② 30 μm ③ 1 μm ④ 50 nm ⑤ 4 nm

問 7 下線部dの細いフィラメントと太いフィラメントを構成する主なタンパク質の名称を記せ。

問 8 下線部eのグリセリン筋の収縮の模式図として最も適当なものを選び、記号で答えよ。



問 9 下線部fの細胞膜の構成成分として最も適切な組合せを選び、記号で答えよ。

- ① リン脂質とタンパク質 ② 脂肪とタンパク質
③ リン脂質とセルロース ④ セルロースとタンパク質

問10 下線部gの能動輸送について、30文字以内で説明せよ。

2

(1) 次の文章を読んで、問1～問6の答を解答欄に記入せよ。

A. グリフィスとアベリーらの肺炎双球菌を用いた研究によって、遺伝情報を担うものが何であるかが解明された。肺炎双球菌は、^{さや}鞘をもつS型菌と鞘をもたないR型菌に分類できる。S型菌は、ネズミに注射すると肺炎を発症するが、R型菌では発症しない。グリフィスは、S型菌を加熱殺菌し、R型菌と混ぜて注射したところ、肺炎を発症したことから、R型菌がS型菌の形質をもつように変化することを見出した。^a アベリーらは、この現象がペトリ皿で培養した菌でも起きることを見つけた。そして、どのような物質が^bこの現象を起こすかを調べた。

問1 下線部aの現象は何とよばれるか、答えよ。

問2 下線部bに関して次の実験を行った。

[実験] S型菌をすりつぶして得た抽出液を、次のように処理した後に、それぞれR型菌と混ぜて培養した。

- ① タンパク質分解酵素でタンパク質を分解した。
- ② DNA分解酵素でDNAを分解した。
- ③ RNA分解酵素でRNAを分解した。
- ④ 炭水化物分解酵素で炭水化物を分解した。
- ⑤ セロハン膜の袋で透析し、その内液を使った。
- ⑥ セロハン膜の袋で透析し、その外液を使った。

これらの実験において、培養物にS型菌が現れないと予想されるのはどれか。①～⑥の処理の中からすべて選び、記号で答えよ。

B. DNA は、塩基としてアデニン(A)、チミン(T)、グアニン(G)、シトシン(C)をもつ4種類のヌクレオチドで構成されている。ワトソンとクリックは、シャルガフの見出した規則や、ウィルキンスらの研究などにもとづいて、DNA が 構造をとることを報告した。その構造は、すべての生物において共通である。

DNA の情報をもとにしてタンパク質がつくられることを遺伝情報の という。DNA の情報に従って合成されたタンパク質は、細胞の構成成分として生物体を形づくったり、細胞のはたらきを調節したりする。このように、生物は自らの遺伝情報にもとづいてさまざまな形質を している。タンパク質の合成過程では、DNA の塩基配列が RNA に転写され、伝令 RNA (mRNA) となる。伝令 RNA はリボソームと結合し、翻訳という過程でその塩基配列がアミノ酸配列に読みかえられる。タンパク質を構成する 20 種類のアミノ酸は、 と結合した形でリボソームに運ばれてくる。 はアンチコドンと呼ばれる塩基配列をもち、それと相補的な伝令 RNA 上のコドンとよばれる塩基配列と結合する。

問 3 空欄 ~ にあてはまる適当な語句を記せ。

問 4 あるタンパク質合成の過程で生じた伝令 RNA を分析した結果、その塩基の数の割合は、 $A : G : C : U = 18.2 : 24.9 : 32.1 : 24.8$ であった。ウラシル(U)をチミン(T)として考えた場合、この塩基の数の割合は、シャルガフが DNA について見出した規則に当てはまらない。これは RNA では、糖はリボースであり、塩基にはチミンがなく、ウラシルがあること以外に、DNA のもつ特徴的な構造をとらないためである。DNA の構造と比較して、この伝令 RNA の塩基の数の割合が、シャルガフの見出した規則にあてはまらない理由を 30 文字以内で説明せよ。

問 5 一般に、細胞には、その細胞内で合成されるタンパク質に含まれるアミノ酸の種類よりも多くの種類の ウ が含まれる。その理由として最も適切なものを①～⑤の中から選び、記号で答えよ。

- ① 一遺伝子一酵素説を成り立たせるため
- ② フェニルケトン尿症を防ぐため
- ③ 同じアミノ酸を指定するのに複数のコドンが存在するため
- ④ 遺伝暗号表の中に開始コドンと終止コドンがあるため
- ⑤ スプライシングにより伝令 RNA が完成する場合があるため

問 6 下線部 c に関連した次の実験を行った。

[実験 1] UG の塩基配列をくり返しもつ伝令 RNA からは、システインとバリンが交互に配列したポリペプチドができた。

[実験 2] UGG の塩基配列をくり返しもつ伝令 RNA からは、グリシン、バリン、トリプトファン of どれかのアミノ酸だけからなる 3 種類のポリペプチドができた。

実験 1 と 2 の結果から、伝令 RNA のある塩基配列があるアミノ酸のコドンであることが決められる。ここで決められた塩基配列とアミノ酸の組み合わせをすべて答えよ。解答は例にならって記せ。対応する塩基配列とアミノ酸を横線で結ぶこと。

	伝令 RNA の塩基配列	アミノ酸
例	UUU	———— フェニルアラニン

(2) 次の文章を読んで、問1～問7の答を解答欄に記入せよ。

農業や畜産業では、生産性を向上させる目的でより質の高い新しい品種を作り出す試みが行われてきている。しかし、伝統的な手法では、目的とする品種を得るためには、偶然に頼らざるを得ず長い時間がかかる。そこで、人為的な^a突然変異を利用した品種改良が行われてきた。さらに、1970年代に遺伝子を人為的に操作する手法が開発され、細胞や胚を操作する手法も格段に向上したことから、これらの技術を利用して、望ましい形質をもった生物を効率的に得ることが可能になった。

ある生物から遺伝子を取り出して、他の生物のDNAに組み込むことを といい、このとき、目的とする遺伝子を含むDNA断片を他の細胞に運び、そこで増殖させる役割をするものを という。 は大腸菌ではプラスミドの他に、細菌に感染するウイルスの一種である も用いられる。この技術を用いれば、ヒトのインスリンの遺伝子を大腸菌に入れて、ヒトのインスリンを大量に生産することが可能である。また、酵素を用いて、試験管内でDNAの特定の領域だけを多量に増幅する手法も開発されており、これをポリメラーゼ連鎖反応(PCR)法という。

PCR法は、以下のような手順を1サイクルとして行われる。

手順1 *反応液を15秒間95℃で熱する。

手順2 温度を55℃に急速に下げて1分間保つ。

手順3 温度を72℃に上げて3分間保つ。

*反応液中に含まれるもの：二本鎖DNA、2種類のプライマー、DNAポリ^bメラーゼ、4種類の塩基のヌクレオチドなど

このサイクルをくり返すことで、特定のDNA断片のみを増幅することができる。

問1 空欄 ～ にあてはまる適当な語句を記せ。

問 2 下線部 a に関して、以下の①～④に示した手法のうち、人為的に突然変異を誘発する可能性が最も低いものを一つ選び、記号で答えよ。

- ① ガンマ線を照射する
- ② 紫外線を照射する
- ③ 赤色光を照射する
- ④ エックス線を照射する

問 3 遺伝子を操作する場合、さまざまな酵素が用いられる。次に示す機能をもつ酵素の名称を記せ。

- (1) 断片化された DNA 同士を連結させる
- (2) DNA の特定の塩基配列を認識して切断する

問 4 下線部 b に関して、この PCR 法で用いられる DNA ポリメラーゼは、大腸菌ではたらいっている DNA ポリメラーゼとは異なる性質を有している。その性質について説明した以下の①～④の記述の中から最も適切なものを一つ選び、記号で答えよ。

- ① 試験管内でも利用することができる
- ② 補酵素を必要とする
- ③ 高温でも活性を失わない
- ④ RNA を合成することができる

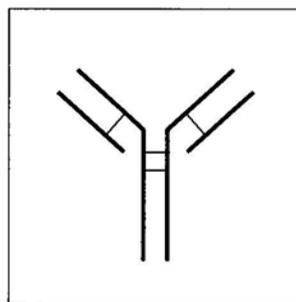
問 5 PCR 法の手順 1 において、反応液を 15 秒間 95 °C で熱したとき、二本鎖 DNA 中でおこる変化として、以下の①～④の中から最も適切なものを一つ選び、記号で答えよ。

- ① 糖と塩基の結合が切れる
- ② 塩基同士の結合が切れる
- ③ 糖同士の結合が切れる
- ④ 糖とリン酸の結合が切れる

3

(1) 次の文章を読んで、問1～問7の答を解答欄に記入せよ。

抗体である免疫グロブリンは2本のH鎖と、H鎖より小さな2本のL鎖からなるY字状のタンパク質である(右図)。どの抗体も基本的には同じような立体構造をしているが、ある特定の領域の 配列は抗体ごとに変化に富んでおり立体構造が異なる。この領域は可変部^aとよばれ、可変部



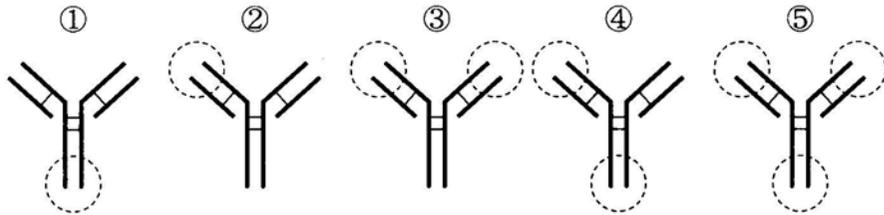
の立体構造の多様性が、多種多様な抗原の中から特定の抗原の認識を可能にしている。このような多様性がうまれるしくみは次のように説明される。

未分化なB細胞^bでは、H鎖とL鎖の可変部に相当する遺伝子の配列がH鎖ではV、D、Jという3つの領域、L鎖ではVとJという2つの領域に分断されており、それぞれの領域は多数の遺伝子断片から構成されている。B細胞が成熟するにつれて、それぞれの領域から1つずつ遺伝子断片が選ばれ、遺伝子の再編成^cがおこる。この遺伝子再編成はB細胞ごとに異なるので、B細胞ごとに可変部の 配列の異なる抗体が生成されることになる。

このような遺伝子再編成は、T細胞の細胞表面にある受容体の生成過程でもおき、この過程をへてT細胞は成熟・分化^dする。成熟・分化したT細胞は、マクロファージや に取り込まれ分解された抗原の情報を受け取り、活性化され増殖する。そのT細胞は とよばれる生理活性物質を分泌^eし、B細胞を活性化する。活性化されたB細胞は分裂して増殖したのち、抗体産生細胞^fに分化して大量の抗体を産生する。産生された抗体は抗原と反応^gして抗原抗体複合体をつくり、抗原抗体複合体はマクロファージの によって排除される。このような抗体による免疫作用^hを とよぶ。

問1 空欄 ～ にあてはまる適切な語句を記せ。

問 2 下線部 a に関して、抗体の変換部の位置を点線で囲んだ図として、最も適切なものは①～⑤の中のどれか。記号で答えよ。



問 3 下線部 b, d, g に関して、未分化な B 細胞が存在する器官、T 細胞が成熟・分化する器官、抗体産生細胞が存在する器官として正しい組み合わせはどれか。①～⑥のうち正しい組み合わせの記号を答えよ。

	未分化な B 細胞 が存在する器官	T 細胞が成熟・分化 する器官	抗体産生細胞が 存在する器官
①	骨 髄	胸 腺	胸 腺
②	骨 髄	骨 髄	胸 腺
③	骨 髄	胸 腺	脾 臓
④	脾 臓	胸 腺	脾 臓
⑤	脾 臓	骨 髄	胸 腺
⑥	脾 臓	骨 髄	脾 臓

問 4 下線部 c の遺伝子の再編成に関して、次のことを仮定した場合、何種類の抗体が生成可能と考えられるか、計算結果を答えよ。

[仮定]

- ・ H 鎖の V, D, J 領域に遺伝子断片がそれぞれ 50, 25, 6 種類ずつある。
- ・ L 鎖の V, J 領域に遺伝子断片がそれぞれ 70, 5 種類ずつある。

問 5 下線部 e において、多種多様な抗原と反応する T 細胞集団の中で、ある特定の抗原を認識できる受容体をもつ細胞はごくわずかにしか存在しない。それにもかかわらず、生体内でそのような少数の T 細胞がマクロファージや と効率よく出会い、活性化されるのはなぜか。T 細胞が活性化される場所に着目して、60 文字以内で説明せよ。

問 6 下線部 f において、増殖した T 細胞はすべての B 細胞を活性化するわけではなく、特定の B 細胞のみを活性化する。活性化される確率が最も高い B 細胞の特徴を表す記述として適切なものは①～⑤の中のどれか。記号で答えよ。

- ① 抗体産生細胞に分化することが決定している B 細胞
- ② 記憶細胞に分化した B 細胞
- ③ T 細胞が最初に出合った B 細胞
- ④ T 細胞が認識する抗原と同じ抗原を認識する抗体を産生する B 細胞
- ⑤ 自己の細胞や組織と反応しない B 細胞

問 7 下線部 h に関して、抗体の免疫作用では細胞に感染した病原体を除去できない。その理由を 15 文字以内で説明せよ。

(2) 次の実験 1～3 に関する文章を読んで、問 1～問 5 の答を解答欄に記入せよ。

[実験 1] ウサギの静脈に、ニワトリの卵からとったアルブミンとよばれるタンパク質を 2 週間間隔で 2 回注射した。2 回目の注射の 1 週間後、このウサギの血液をとり、その血清にニワトリの卵のアルブミンを加えたところ、沈殿が生じた。

[実験 2] ニワトリの卵のアルブミンをあるタンパク質分解酵素を用いて完全に分解した。酵素を失活させたのち、この分解物を [実験 1] で得られた血清に加えたところ、分解物の濃度にかかわらず、沈殿は生じなかった。

[実験 3] [実験 1] のニワトリの卵のアルブミンの代わりに、ウサギ自身からとった血清アルブミンを用いて同様な実験をおこなったところ、加えた血清アルブミンの濃度にかかわらず、沈殿は生じなかった。

問 1 下線部 a に関して、①～④のウサギの静脈に関する記述で誤りのあるものを記号で答えよ。

- ① 静脈の血管壁は動脈のそれよりも薄い。
- ② 静脈には血液の逆流を防ぐための弁がある。
- ③ 肺静脈を流れる血液は肺動脈を流れる血液より二酸化炭素量が多い。
- ④ 静脈は毛細血管で動脈とつながっているので、ウサギの血管系は閉鎖血管系である。

問 2 [実験 2] で沈殿が生じなかった理由を 25 文字以内で説明せよ。

問 3 [実験 3] で沈殿が生じなかった理由を 25 文字以内で説明せよ。

問 4 [実験 1]のような抗原抗体反応は、ヒトの ABO 式血液型の判定にも使われる。血液型がわからないヒトの血液に凝集素 α (抗 A 血清)を混ぜたとき、凝集が観察された。また、凝集素 β (抗 B 血清)と混ぜたときも凝集が観察された。このヒトの血液型は A 型, B 型, AB 型, O 型のどれか。血液型を答えよ。

問 5 ヒトの ABO 式血液型において、表現型は A 型, B 型, AB 型, O 型の 4 つである。一方、血液型を決定する対立遺伝子は A, B, O の 3 つである。これら 3 つの対立遺伝子で 4 つの表現型が生じるしくみを 50 文字以内で説明せよ。

4

(1) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

細胞が、グルコースなどの有機物を分解してエネルギーを取り出し、ATPを生成するはたらきを呼吸といい、酸素を使う好気呼吸^aと酸素を使わない嫌気呼吸^bがある。

グルコースが好気呼吸の材料となる場合、グルコースは、解糖系^c、クエン酸回路^d、電子伝達系^eという3つの反応過程を経ながら段階的に分解され、最終的にアとイにまで分解される。ATPは、これらの3つの反応過程でそれぞれ生成される。一方、動物の筋肉中では、激しい運動により酸素が不足すると、解糖系でグルコースがウを経て、最終的にはエとなる。この過程でATPがつくられる。また、酒類に含まれるエタノール^fは、酵母の嫌気呼吸の結果、グルコースより生じる。

問1 空欄ア～エにあてはまる適当な語句を記せ。

問2 下線部a、bについて、グルコースを唯一の呼吸基質として一定時間、酵母を培養したところ、呼吸商は、4.0となった。このとき、酵母が、嫌気呼吸の呼吸基質として使ったグルコースと、好気呼吸の呼吸基質として使ったグルコースとの比を求めよ。解答欄には、この場合の酵母による好気呼吸と、嫌気呼吸の反応式を示し、途中の計算過程も記せ。反応式において発生するATPについては、書かなくてもよい。

問 3 下線部 c, d, e の反応場所の組み合わせとして適切なものを選び、記号で答えよ。

	c	d	e
①	細胞質基質	ミトコンドリア マトリックス	ミトコンドリア内膜
②	細胞質基質	ミトコンドリア内膜	ミトコンドリア外膜
③	細胞質基質	チラコイド	ストロマ
④	細胞膜	ストロマ	ミトコンドリア内膜
⑤	ミトコンドリア内膜	ミトコンドリア内膜	ミトコンドリア内膜

問 4 下線部 d, e について、電子伝達系では電子の最終受容体が酸素であるために、酸素がないとはたらかない。一方、クエン酸回路は、直接酸素を必要とする反応はないが、酸素がないと反応が進行しない。この理由について、60 文字以内で説明せよ。

問 5 下線部 f に関して、ビールを製造するためには、大麦を発芽させた麦芽に酵母を加える。ここで、大麦を発芽させた理由について 60 文字以内で説明せよ。

(2) 次の文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

酵素活性に関する実験をおこなった。

[実験]

1. プタの心筋を乳鉢にとり、少量のリン酸緩衝液(pH 7.2)を加えてよくすりつぶした後、ガーゼでろ過して、ろ液(酵素液 I)を集めた。酵素液 I の一部をアルコールランプで加熱して沸騰させたものを酵素液 II とした。酵素液 I の一部をセロハン膜の袋に入れて、リン酸緩衝液(pH 7.2)に浸して透析した。その袋の内液を回収し、これを酵素液 III とした。透析外液は、回収して、酵素液 III と同じ体積まで濃縮した。
2. 表のように、ツンベルク管 A～F の主室と副室にそれぞれの溶液を入れた。
3. ツンベルク管をアスピレーターで減圧し、主室を 40℃ の温湯で 5 分間保温した。
4. ツンベルク管内で副室の溶液を主室に移して混合し、40℃ の温湯に 20 分間保温し、色の変化を観察した。その結果を表に示した。

表

ツンベルク管	主室	副室	反応後の色
A	酵素液 I, 5 ml	8% コハク酸ナトリウム溶液, 1 ml 0.02% メチレンブルー溶液 [*] , 0.5 ml 精製水, 0.5 ml	無色
B	酵素液 I, 5 ml	8% コハク酸ナトリウム溶液, 1 ml 0.02% メチレンブルー溶液, 0.5 ml 30% マロン酸ナトリウム溶液, 0.5 ml	うすい青色
C	酵素液 II, 5 ml	8% コハク酸ナトリウム溶液, 1 ml 0.02% メチレンブルー溶液, 0.5 ml 精製水, 0.5 ml	青色
D	酵素液 I, 5 ml	8% 乳酸ナトリウム溶液, 1 ml 0.02% メチレンブルー溶液, 0.5 ml 精製水, 0.5 ml	無色
E	酵素液 III, 5 ml	8% 乳酸ナトリウム溶液, 1 ml 0.02% メチレンブルー溶液, 0.5 ml 精製水, 0.5 ml	青色
F	酵素液 III, 5 ml	8% 乳酸ナトリウム溶液, 1 ml 0.02% メチレンブルー溶液, 0.5 ml 濃縮した透析外液, 0.5 ml	無色

※メチレンブルーは、青色の色素であり、水素と結合して無色の物質になる。

問 1 ツンベルク管 A において、はたらいている酵素とその基質および生成物の名称をそれぞれ記せ。

問 2 ツンベルク管 B において、混合液の色の変化にかかる時間は、ツンベルク管 A の場合と比較すると長くなった。これは、ツンベルク管 B ではたらく酵素の基質と類似した立体構造をもつマロン酸が、酵素の作用を抑えたためである。この酵素の作用を抑えるしくみとして最も適切な記述を、①～⑤の中から一つ選び、記号で答えよ。

- ① マロン酸は、酵素—基質複合体に特異的に結合する。
- ② マロン酸は、酵素の活性部位に結合して、基質に結合する酵素の割合を減らす。
- ③ マロン酸は、酵素の活性部位に結合して、生成物を酵素から離れにくくする。
- ④ マロン酸は、酵素の活性部位とは異なる場所に結合して、基質に結合する酵素の割合を減らす。
- ⑤ マロン酸は、酵素の活性部位とは異なる場所に結合して、生成物を酵素から離れにくくする。

問 3 ツンベルク管 C において、混合液の色の変化が観察されなかった理由を 20 文字以内で説明せよ。

問 4 ツンベルク管 D では、混合液の色は無色になったが、一方で、ツンベルク管 E では色の変化が観察されなかった。これは酵素液Ⅲでは補酵素が失われていたためであると考えた。これを確認するために、ツンベルク管 F の実験をおこなったところ、混合液の色が変化した。これらの結果をもとに、この補酵素の特徴を、下記の語群のすべての語を使って、60 文字以内で説明せよ。

【語群】 セロハン膜、低分子物質、遊離