

# 名古屋市立大学

## 平成 27 年度・入学試験問題

### 理 科 (前)

#### 注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は 43 ページあります。
3. 試験開始後、落丁・乱丁・印刷不鮮明の箇所があったら申し出なさい。
4. 解答はすべて解答用紙に、それぞれの問題の指示にしたがって記入しなさい。
5. この冊子のどのページも切り離してはいけません。ただし、余白等は適宜利用してかまいません。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。
7. 受験科目選択上の注意(重要)

「物理」、 「化学」、 「生物」のうち 2 科目を選択して解答しなさい。

選択しなかった科目の解答用紙は試験開始後、90 分で回収します。それ以後は選択の変更は認めません。

全科目の解答用紙 5 枚ともに受験番号を記入しなさい。

平成27年度個別学力検査

医学部 前期日程  
理 科 問 題

名古屋市立大学 入試広報課 052-853-8020

許可なしに転載、複製  
することを禁じます。

◇M9(863—59)

# 問題訂正

科目名： 生物

<訂正> 生物問題4 39ページ 文章 上から6行目

(誤) … まず酵素は ② とよばれる部分で …

(正) … まず酵素は活性部位とよばれる部分で …

<訂正> 生物問題4 39ページ 文章 下から2行目

(誤) … 結合すると, ① の立体構造が …

(正) … 結合すると, 活性部位の立体構造が …

<訂正> 理科 (前) 生物解答用紙 問題4

(誤)

|      |     |   |  |   |  |   |  |
|------|-----|---|--|---|--|---|--|
| 問題 4 |     | ① |  | ② |  | ③ |  |
|      | 問 1 | ④ |  |   |  |   |  |

(正)

|      |     |   |  |   |  |   |  |
|------|-----|---|--|---|--|---|--|
| 問題 4 |     | ① |  | ② |  | ③ |  |
|      | 問 1 | ④ |  |   |  |   |  |

# 生 物

## 生物問題 1

次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

葉緑体を細胞内に持つ植物の葉では、光合成が行われている。光合成は、2つの過程に分けて説明することができる。第一過程では、光のエネルギーを利用して化学エネルギーであるATPと還元力であるNADPHを合成し、第二過程では、それらを使って $\text{CO}_2$ を有機物に固定する。

図1は、第一過程の概略図である。光エネルギーは、光化学系Ⅱと光化学系Ⅰの反応中心にある (1) を活性化させて電子( $\text{e}^-$ )を放出させる。この反応は、光化学反応と呼ばれる。光化学系Ⅰから放出された電子は $\text{NADP}^+$ に渡ってNADPHの合成に利用され、光化学系Ⅱから放出された電子は光化学系Ⅰに渡って (1) の再還元利用される。また、第一過程では水の分解や電子伝達系によりプロトン( $\text{H}^+$ )の濃度勾配が (2) を介して形成され、それがATP合成酵素の駆動力となっている。このATP合成過程は (3) と呼ばれる。

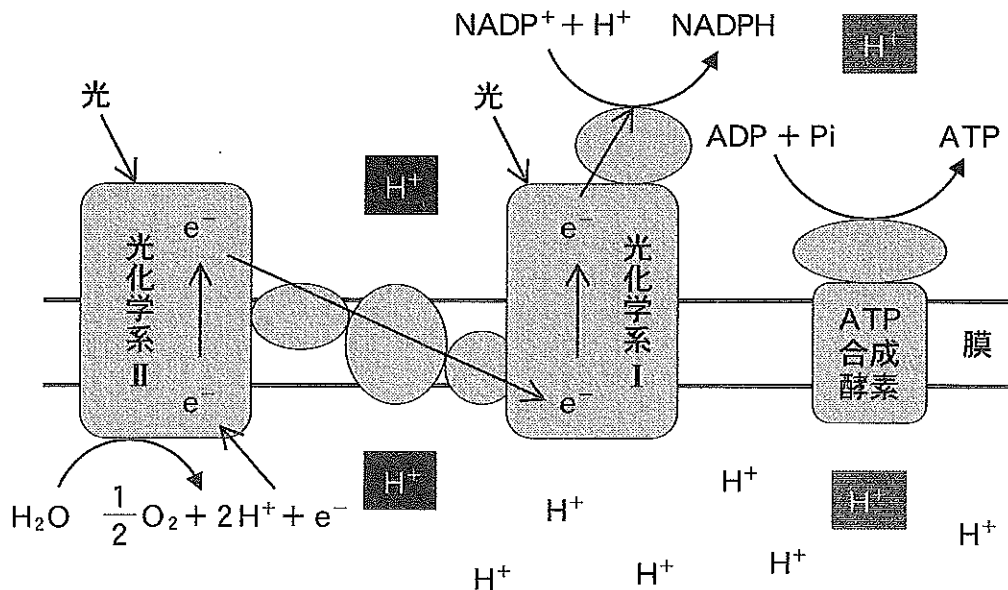


図1

図2は、第二過程の概略図である。カルビン・ベンソン回路と呼ばれるこの反応経路では、 $\text{CO}_2$  がルビスコ (リブローズ-1,5-ビスリン酸カルボキシラーゼ/オキシゲナーゼ) と呼ばれる酵素の働きで炭素5個からなる  $\text{C}_5$  化合物に結合した後、2分子の  $\text{C}_3$  化合物に分解される。その後、還元反応などを経て別の  $\text{C}_3$  化合物となり、その一部が回路から出る。そして、 $\text{C}_6$  化合物を経て各種有機物に代謝され、植物の成長を支えている。また、回路に残った  $\text{C}_3$  化合物は  $\text{C}_5$  化合物に再生され、再び  $\text{CO}_2$  の固定に利用される。このようなしくみで大気中の  $\text{CO}_2$  を固定する植物を、 $\text{C}_3$  植物と呼ぶ。

一方、熱帯原産植物の一部は、カルビン・ベンソン回路に加えて  $\text{CO}_2$  を炭素4個からなる  $\text{C}_4$  化合物 (オキサロ酢酸) に固定するしくみを備えている。 $\text{C}_4$  植物と呼ばれるそれら植物は、オキサロ酢酸をリンゴ酸に変換して維管束鞘細胞に運び、その場で  $\text{CO}_2$  を取り出してカルビン・ベンソン回路による  $\text{CO}_2$  の固定を行っている。

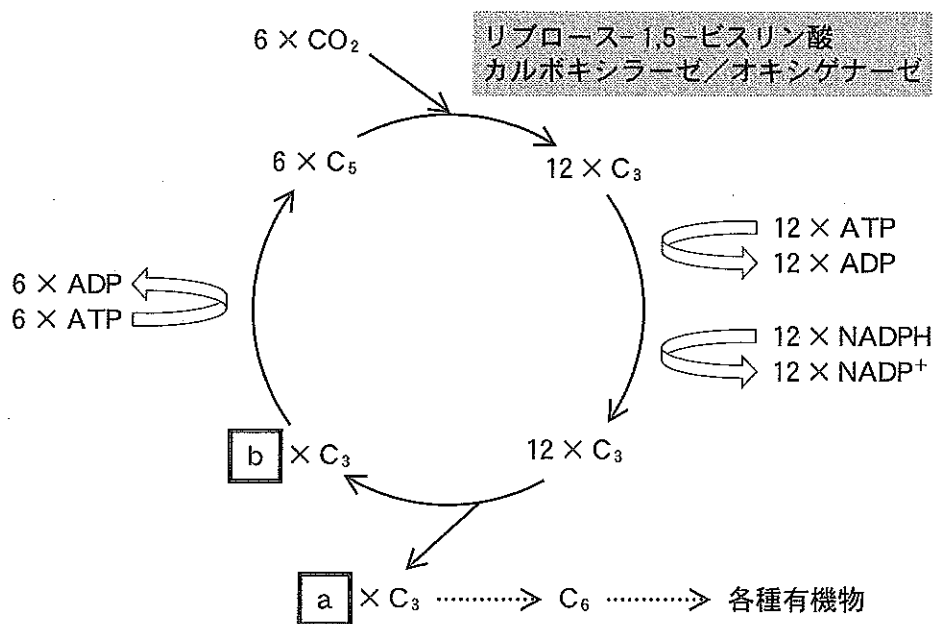


図2

問 1 空欄  ～  に適切な用語を入れよ。

問 2 図 1 に描かれているプロトン(  $\text{H}^+$  および  $\text{H}^+$  )は、膜タンパク質を介して一定方向に移動する。各々のプロトンを矢印線で結び、その流れを図示せよ。

問 3 第二過程の反応が行われる葉緑体の場所を答えよ。

問 4 図 2 のカルビン・ベンソン回路では、6 分子の  $\text{CO}_2$  が固定されている。その場合に回路から出て行く  $\text{C}_3$  化合物の分子数  と、回路に残って  $\text{C}_5$  化合物の再生に使われる  $\text{C}_3$  化合物の分子数  を答えよ。

問 5 下記は  $\text{C}_3$  植物についての説明文である。正しい文をすべて選択し、記号で答えよ。

- a. 維管束鞘細胞が発達している。
- b.  $\text{C}_4$  植物と比較して、光飽和点が低い。
- c.  $\text{C}_4$  植物と比較して、最大光合成速度が一般的に大きい。
- d. 乾燥した環境での生育に適している。
- e. カルビン・ベンソン回路以外に  $\text{CO}_2$  を固定する回路を持たない。
- f. 主に夜間にカルビン・ベンソン回路による  $\text{CO}_2$  の固定を行う。

問 6 盛んに光合成をしている植物を暗所に移したところ、その直後にカルビン・ベンソン回路の2つの化合物の濃度が図3のように変化した。図中の  $C_3$  化合物の名称を答えるとともに、2つの化合物の相対濃度が図のように変化した理由を説明せよ。

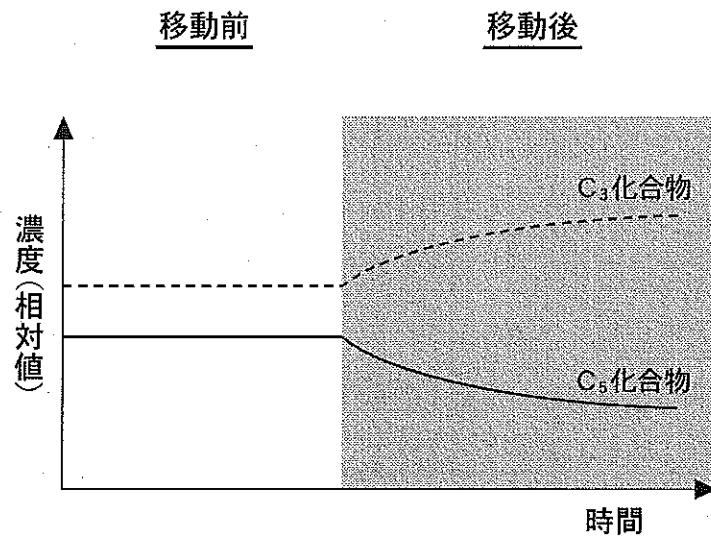


図 3

問 7 下線部(ア)は、 $C_4$  植物にとってどのような利点があるか説明せよ。

## 生物問題 2

次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

脊椎動物には3種類の筋肉があり、運動器官である骨格筋や心臓の壁をつくる心筋を光学顕微鏡で観察すると、明暗のしま模様(横紋)が見られる。一方、消化管や血管の壁をつくる(①)<sup>A</sup>では横紋を認めない。

意思による(随意)運動に関わる骨格筋の収縮は、運動神経からの情報伝達により起こる。運動神経終末から放出される神経伝達物質である(②)が、骨格筋細胞膜の受容体に結合することにより活動電位が発生し、細胞内カルシウム濃度が上昇して筋収縮を生じる。一方、心筋と(①)の収縮は不随意であり、心臓や消化管は、神経のはたらきによらない自動性を有する。これらの臓器のはたらきは、拮抗的に作用する2種類の神経からなる(③)<sup>C</sup>系により調節されている。<sup>D</sup>

筋収縮に必要なエネルギーはATPから供給されるが、細胞内のATPはごく微量であるため、合成される必要がある。ATPの合成経路としては、高エネルギー貯蔵物質である(④)を使った経路、細胞質で起こる解糖系、およびミトコンドリアで起こるクエン酸回路と電子伝達系がある。ATP産生の主な基質であるグルコースは細胞膜をほとんど透過しないため、インスリンの作用により活性化されるグルコース輸送体により、細胞内への取り込みが促進される。好気呼吸に必要な酸素は、赤血球内のヘモグロビンに結合して、肺胞から酸素貯蔵タンパク質である(⑤)<sup>F</sup>が存在する筋組織まで運搬される。

問 1 空欄( ① )～( ⑤ )に適当な用語を入れよ。

問 2 下線部Aについて、骨格筋を電子顕微鏡で観察すると、収縮した状態では弛緩した状態に比べて、暗帯と明帯の長さはそれぞれどのように変化しているか。サルコメア(筋節)のフィラメント構造を考慮して 75 字程度で答えよ。

問 3 下線部Bについて、正しい記述の組み合わせを選び、記号で答えよ。

- a：静止電位では細胞内は負に帯電しており、カリウムイオン濃度は細胞外より細胞内で高い。
- b：この受容体はイオンチャネルとしてはたらき、ナトリウムイオンが流入して膜電位はゼロに近づく。
- c：活動電位は、カルシウムチャネルが開くことにより発生する。
- d：筋収縮に必要なカルシウムイオンは、主にミトコンドリアに蓄えられている。
- e：カルシウムイオンがトロポニンに結合すると、2つのフィラメントの相互作用により筋収縮が起こる。

- ア) a—b—d,                      イ) a—b—e,                      ウ) a—c—e,
- エ) b—c—e,                      オ) b—d—e

問 4 下線部Cについて、心臓の自動性は洞房結節のペースメーカー部位から生じる興奮が、電氣的に結合した心筋細胞間を伝導することにより起こる。この伝導が一方向性に起こる理由を 75 字程度で答えよ。

問 5 下線部Dの神経系のうち、( ② )の物質を伝達物質とする神経の名称を答えよ。また、心臓と消化管それぞれの運動に対するこの神経の作用を答えよ。

問 6 下線部Eについて、糖尿病の予防や改善には運動が有用である。図1は、あらかじめ筋肉内のインスリンを枯渇させた摘出筋肉標本を用いて、筋肉を浸した溶液中のグルコース濃度とグルコースの筋肉への取り込み速度の関係を、異なる条件下で調べた結果を示している。

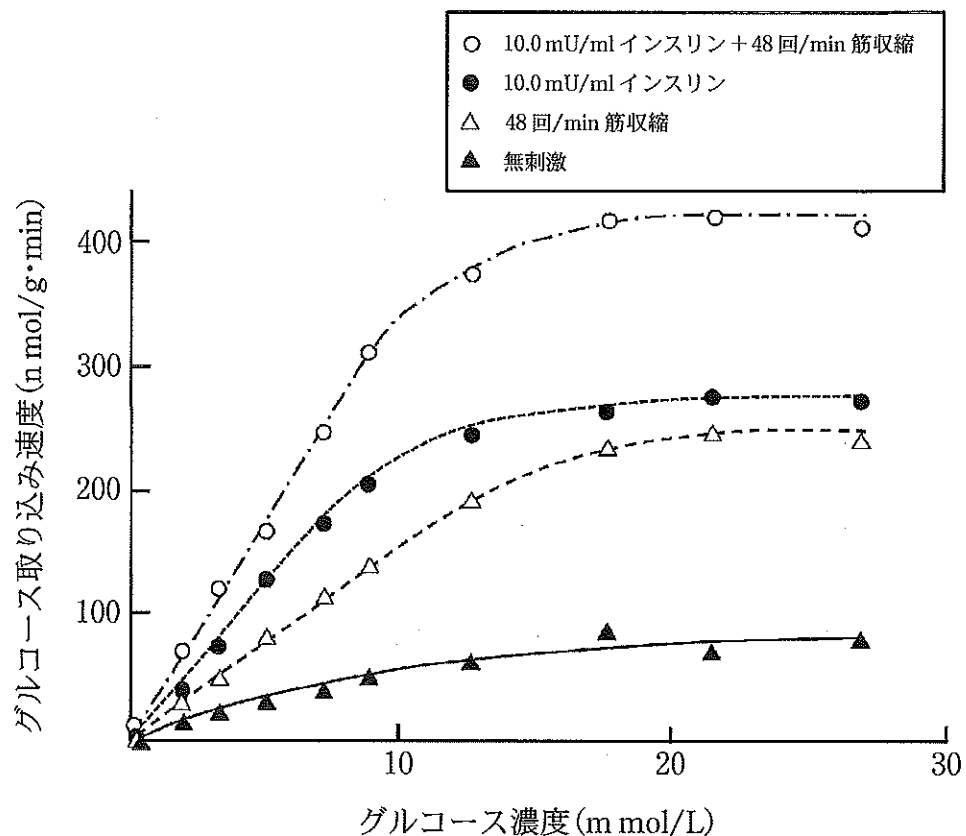


図1

インスリンの溶液中への投与、あるいは電気刺激による繰り返し筋収縮を、単独もしくは同時に行い、いずれの刺激も与えない条件(無刺激)と比較した。

この実験結果から考えられる記述として、正しいものの組み合わせを選び、記号で答えよ。なおグルコース輸送体は、インスリン受容体とは独立したタンパク質であり、細胞内情報伝達物質のはたらきにより活性化される。

- a : グルコース取り込み速度は、溶液中のグルコース濃度に比例して増加する。
- b : 筋収縮とインスリンの、グルコース取り込みに対する効果は相加的である。
- c : 無刺激の筋においても、グルコース輸送体は一部活性化されている。
- d : グルコースの取り込みには、インスリンの存在が不可欠である。
- e : 筋収縮は、インスリン受容体とは異なる細胞内情報伝達経路により、グルコース輸送体を活性化する。

- ア) a—b—c,                      イ) a—c—d,                      ウ) b—c—d,
- エ) b—c—e,                      オ) c—d—e

問 7 下線部Fについて、以下の問に答えよ。

図 2 はヘモグロビンの酸素解離曲線である。図中に肺胞と筋組織における、酸素ヘモグロビンの割合と酸素分圧の関係を示す点を、肺胞(○)および筋組織(■)として記入せよ。また、ヘモグロビンに結合した酸素のうち、筋組織で放出される酸素の割合を小数点以下 1 桁まで求めて答えよ。

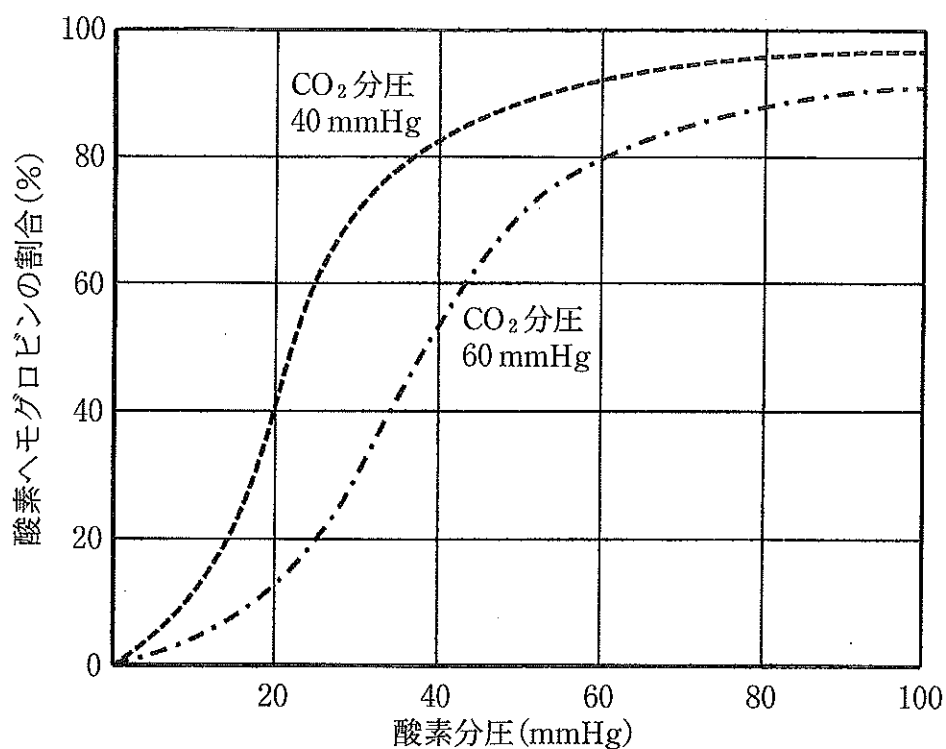


図 2

# 草 稿 用 紙

## 生物問題 3

次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

細胞のしくみや遺伝子の働きなど、生物の持つ機能を人為的に操作改良して利用する技術はバイオテクノロジーと呼ばれる。昔ながらの発酵や品種改良から、組織培養、核移植、細胞融合および遺伝子操作などの先端技術まで、多種多様な技術が開発されている。

農業分野では、植物の器官あるいは個々の細胞から完全な植物体を再生できる性質<sup>A</sup>を利用して、植物体そのものを改変してきた。植物の組織片をオーキシンなどの植物ホルモンや栄養分を含んだ寒天培地で培養すると(①)が形成される。その後、植物ホルモンの組成を変えて培養すると(①)<sup>B</sup>から根や芽が再分化し、完全な植物体を誘導できる。また、セルラーゼなどの酵素で細胞壁を分解し、細胞膜のみに囲まれた(②)を用いて2種類の細胞を融合し、雑種を作成することも可能となった。ポテトとトマトを融合したポマトはその代表例である。一方、遺伝子操作の代表例には青色のバラがある。これは(③)のプラスミドにデルフィニジンを発現させる遺伝子を組み込み、バラの細胞に導入して作成したものである。

動物細胞は、植物細胞と異なり、培養で個体をつくることはできない。しかし、核を未受精卵に移植する核移植<sup>C</sup>を行えば、核を提供した個体と同じ遺伝子を持つクローンを生み出すことができる。哺乳類においても、核移植による個体発生に成功したが、最初は受精卵の核を他の卵に移植したものであった。しかし、1996年にヒツジの乳腺細胞核の核移植でも発生が進み、世界初の体細胞クローンヒツジが誕生し、ドリーと名付けられた。

バイオテクノロジーの発展は、農業のみならず、医学的にも大きな進歩をもたらしている。例えば、抗体医薬品は、抗体を産生するB細胞とB細胞ががん化したミエローマ細胞を融合する細胞融合の技術<sup>D E</sup>と、遺伝子操作の技術を利用し、がんやリウマチといった病気の治療にすでに用いられている。また、遺伝子操作の技術はiPS細胞などを利用する再生医学<sup>F</sup>への応用といった新しい治療法の開発にも大きく貢献している。

問 1 文中の空欄( ① )～( ③ )に当てはまる適切な語句を記入せよ。

問 2 下線部Aの性質を何と呼ぶか、記述せよ。

問 3 下線部Bについて、再分化には、オーキシンに加え、もう一種類の植物ホルモンが必要となる。この植物ホルモンは何か、記述せよ。

問 4 下線部Cについて以下の問いに答えよ。

ジョン・ガードンはアフリカツメガエルの核移植実験を行い、核を壊した未受精卵にオタマジャクシの小腸細胞から取り出した核を移植し、成体にまで成熟させることに成功した。この研究でどのようなことが明らかにされたか、30字程度で記述せよ。

問 5 下線部Dについて以下の(1)、(2)に答えよ

(1) 抗体の模式図を描き、以下の用語を用いて各部位を指示せよ。

H 鎖、L 鎖、抗原認識部位、定常部、可変部

(2) 抗体形成における S-S 結合の役割を調べるために、S-S 結合を切断する薬剤 A で抗体を処理し、電気泳動を行った。薬剤 A 未処理の抗体を電気泳動した結果は図 1 のレーン①であった。薬剤 A で抗体を処理した時の電気泳動結果として最もふさわしいものはどれか、図 1 の a～eの中から選び記号で答えよ。ただし、薬剤 A は抗体の S-S 結合のみを完全に切断するものとする。

(注) 電気泳動とは、ゲルと呼ばれる高分子の媒体を使って、大きさの異なる核酸の混合物もしくはタンパク質の混合物を、それぞれの分子量に応じて分離する技術である。

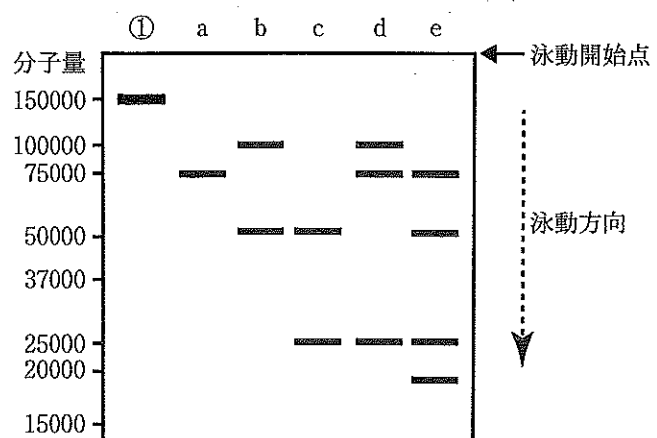


図 1

問 6 下線部Eの細胞融合について以下の問いに答えよ。

抗体産生B細胞は正常な体細胞であるため、1週間程度の培養で死滅してしまい、わずかな量の抗体しか得ることができない。大量の抗体を得るために、抗体産生B細胞をミエローマ細胞と融合して雑種細胞(ハイブリドーマ)を作製する。この際、ハイブリドーマとともに、もとのB細胞とミエローマ細胞が混在することになる。

細胞増殖にはヌクレオチド合成が必要で、ヌクレオチド合成経路には新規にヌクレオチドを合成する新生経路と、核酸塩基を細胞外から取り込んで利用する再生経路がある(図2)。通常、体細胞はこの二つの経路を持っているが、ミエローマ細胞には再生経路を持たない細胞が用いられている。

ハイブリドーマのみを選択的に増殖させるためには、ヌクレオチド合成経路のどの部分を阻害する必要があるか、図2の(a)~(c)の中から選び、選んだ理由を60字程度で説明せよ。

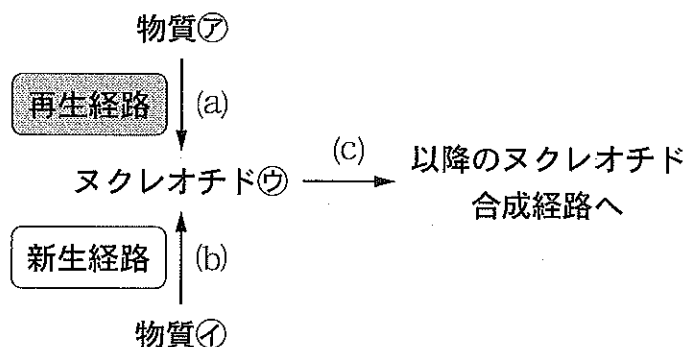


図2 ヌクレオチド合成経路

問 7 下線部Fの再生医学とは、機能がなくなった組織や器官を再生し、その機能を回復させる医学である。その一つとして、ES細胞(胚性幹細胞)を用いた方法がある。このES細胞は、初期胚のどのような細胞を取り出し、培養したものか、記述せよ。

# 草 稿 用 紙

## 生物問題 4

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

私たち動物の細胞をつくっている物質のうち、水についで多い成分はタンパク質である。タンパク質の重要なはたらきの一つは、化学反応を円滑に進める酵素としてのはたらきである。酵素のように、それ自身は変化することなく、化学反応を促進する物質を触媒<sup>(ア)</sup>という。酵素がはたらきかける物質は基質とよばれ、酵素はその種類によって特定の基質にしかはたらかない。この性質を ① と呼ぶ。酵素が化学反応を進めるときには、まず酵素は ② とよばれる部分で基質に結合する。結合した基質は、酵素反応によって生成物に変化し酵素から離れる。その後、新たな基質が結合して、再び反応が繰り返されることによって、化学反応が促進される。

酵素の存在は、酵母菌を用いた研究からも明らかにされている。グルコースを含む培養液を用いて酵母菌を ③ の少ない条件で培養するとエタノールと二酸化炭素が作られる。これをアルコール発酵という。この現象は最初、生命の存在によって起こると考えられていたが、酵母菌を破碎して得られた液にグルコースを加えても反応が起こることから<sup>(イ)</sup>、生きた細胞ではなく酵母菌の中に含まれる酵素のはたらきが重要なことが証明された。

酵素には、その作用を現すために補酵素と呼ばれる分子量の小さな有機物や、金属イオンを必要とするものがある。また、細胞内の代謝における反応速度は、細胞内の状況に応じて、酵素の活性が変化することによって調節<sup>(ウ)</sup>されている。ある種の酵素は、活性部位のほかに、反応生成物が結合する ④ 部位をもっている。反応生成物が ④ 部位に結合すると、① の立体構造が変化して基質に結合できなくなることで、酵素の活性が調節されている。

問 1 空欄①～④に適当な語句を入れよ。

問 2 下線部(ア)について、酵素はどのように化学反応を促進しているのか、活性化エネルギーという言葉を使って 80 字程度で説明せよ。

問 3 下線部(イ)について、アルコール発酵の作用を調べるため、酵母菌を破碎して得られた液を図 1 のように半透膜であるセロハンの袋に入れて密封し、水の中にしばらくおいてから内液と外液に分けた。この外液と内液を使って行った実験に関して以下の問いに答えよ。

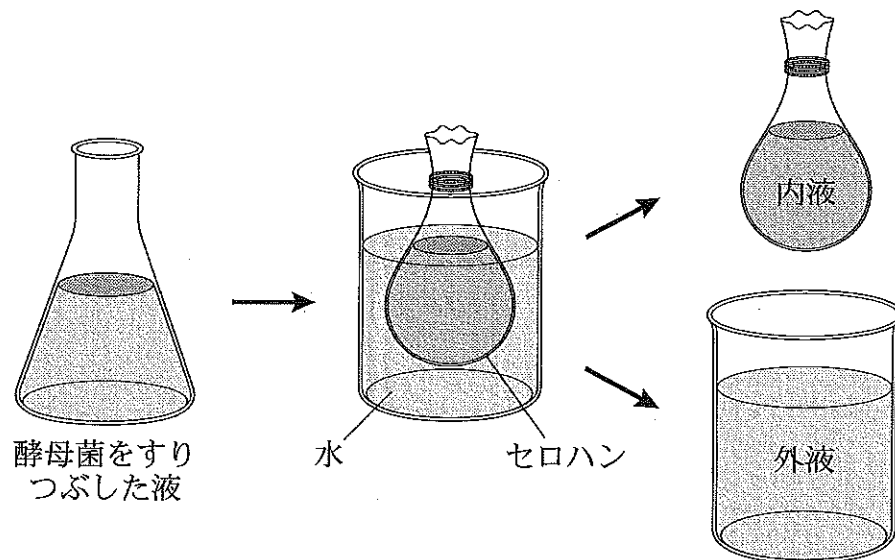
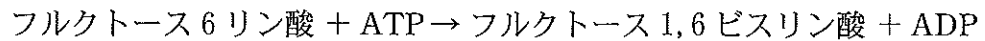


図 1

- 1) グルコース溶液と内液、濃縮した外液を混合したところ発酵が起きた。次に、内液を事前に加熱処理してから同じ実験を行ったところ発酵は起こらなかった。なぜ発酵が起こらなかったのか、その理由を述べよ。
- 2) 次に、濃縮した外液の方を事前に加熱処理して、グルコース溶液、未処理の内液と混合して同じ実験を行った。このとき発酵が起こるかどうか、予想される結果を理由とともに 50 字程度で述べよ。

問 4 下線部(ウ)について、以下の問に答えよ。

解糖系で重要な働きをする酵素、ホスホフルクトキナーゼは以下の反応を触媒する酵素である。



ホスホフルクトキナーゼについて、高濃度の ATP と低濃度の ATP 存在下で、基質であるフルクトース 6 リン酸 (F-6 P) の濃度を変えてその反応速度の変化を調べたところ、図 2 左のような結果になった。次に、基質である F-6 P の濃度を一定にして ATP の濃度を変化させて反応速度を調べたところ、図 2 右のような結果になった。

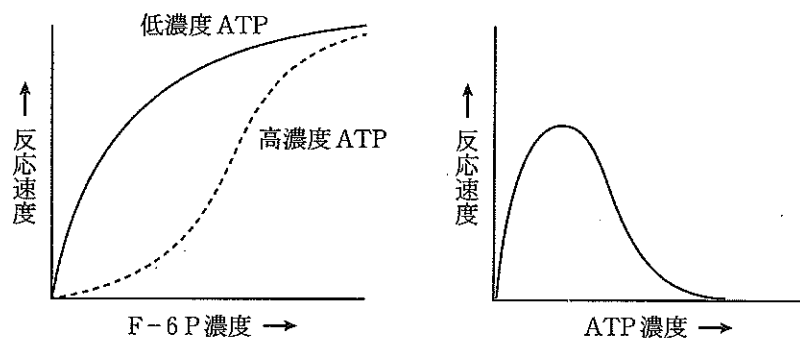
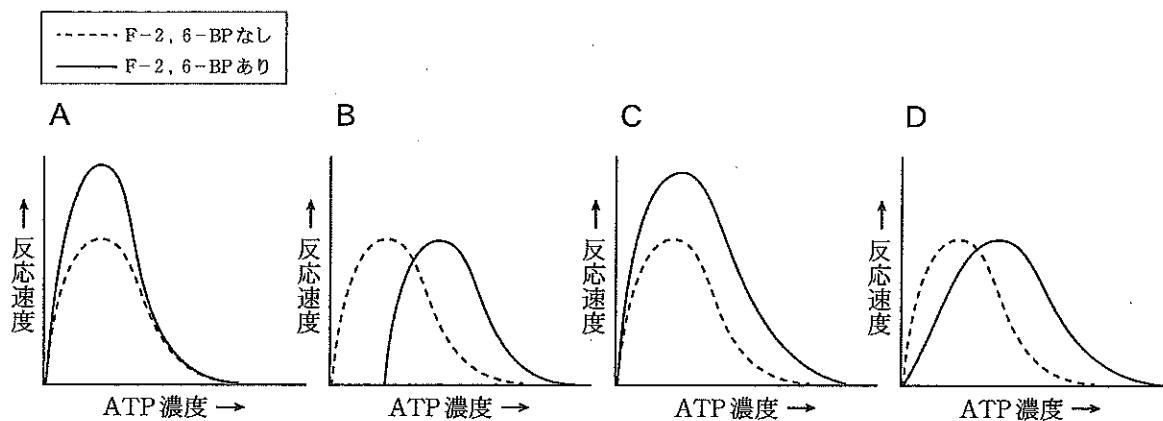


図 2

- 1) ATP 濃度の違いで反応速度が変化することにどのような生物学的意義があるのか、80 字程度で述べよ。

2) 血中のグルコース濃度が上昇すると、F-6 P からフルクトース 2,6 ビスリン酸 (F-2, 6-BP) という別の化合物が合成される。F-2, 6-BP がホスホフルクトキナーゼに結合すると、F-6 P への結合親和性を高めると同時に、高濃度 ATP による効果を弱めることが知られている。F-2, 6-BP を添加して図 2 右と同じ実験を行ったとき、反応速度の変化を表した図として適当なものを記号で答えよ。



問 5 フェニルケトン尿症は、先天的な酵素の異常によっておきる遺伝病である。

この主な原因となるフェニルアラニン水酸化酵素 (PAH) は、フェニルアラニンからチロシンを作るのに必要な酵素であり、この酵素の異常によってフェニルアラニンが蓄積し、さらにその副産物が生成されることで精神遅滞などの症状が引き起こされる。この PAH の活性には、テトラヒドロbiopterin ( $\text{BH}_4$ ) とよばれる補酵素が必要なことが知られている。興味深いことに、異常な PAH を発現している一部の患者では、補酵素である  $\text{BH}_4$  を投与することで血中のフェニルアラニンの濃度が減少することが報告されている。その理由を調べるため、正常な患者の PAH 酵素 (PAH-WT),  $\text{BH}_4$  投与によって血中のフェニルアラニンが減少した患者 A の PAH 酵素 (PAH-A),  $\text{BH}_4$  投与によって血中のフェニルアラニンが変化しなかった患者 B の PAH 酵素 (PAH-B) を培養細胞中で合成して、その酵素の安定性を  $\text{BH}_4$  の有無で調べたところ図 3 のような結果になった。これらの結果をもとに次の設問に答えよ。

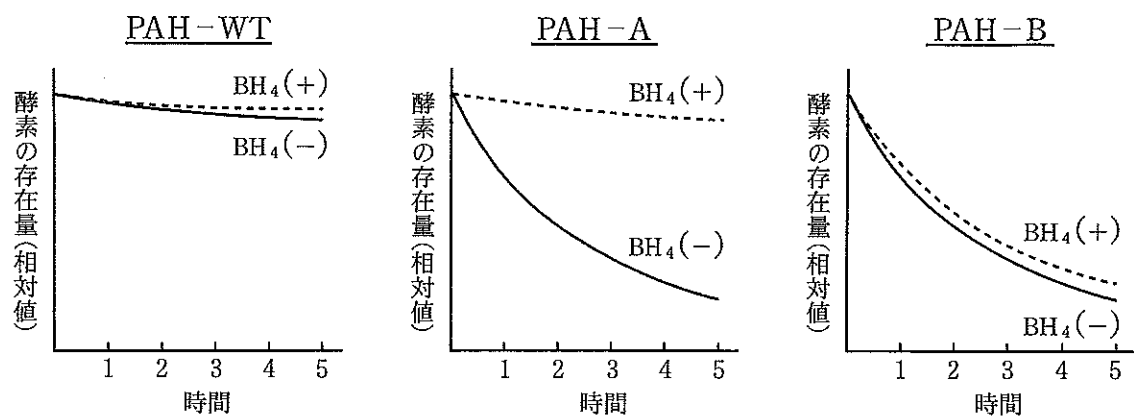


図 3

- 1) 遺伝病の患者の酵素 PAH-A と PAH-B の共通点と相違点を、それぞれ 25 字程度で答えよ。
- 2) 患者 A に補酵素である  $\text{BH}_4$  を投与するとなぜ血中のフェニルアラニンの濃度が減少するのか、考えられる理由を 50 字程度で説明せよ。