

# 生 物

## 注 意 事 項

1. 「解答始め」の合図があるまでこの冊子を開かないこと。
2. この冊子は 11 ページである。
3. 学部名と受験番号は、必ず 4 枚の解答用紙のそれぞれに記入すること。
4. 解答は、必ず解答用紙の指定された所に横書きで記入すること。

1

次の文章を読み、問1～問10に答えなさい。

- (1) 細胞膜は、膜状に広がった脂質の二重層のなかに、タンパク質がモザイク状に分布してできている。このうち、細胞膜に小孔を開けているタンパク質は、物質の輸送に関与している。このタンパク質の代表的なものとして、神経細胞などで見られるナトリウムチャンネルがある。細胞膜には、濃度差に逆らって物質を輸送するポンプと呼ばれる機構も存在する。代表的なものとして、Na<sup>+</sup>とK<sup>+</sup>の輸送に関するナトリウムポンプがある。

問1 神経細胞が刺激を受けて引き起こされる細胞膜の電位(膜電位)の変化は、下線①のナトリウムチャンネルでのNa<sup>+</sup>の移動が大きな役割を担っている。刺激を受けたときのナトリウムチャンネルと膜電位の関係について、100字以内で答えなさい。

問2 下線②のナトリウムポンプの働きにより、細胞内に多く存在するようになるのは、Na<sup>+</sup>とK<sup>+</sup>のどちらか答えなさい。

問3 下線②のナトリウムポンプのように、濃度勾配に逆らって特定の物質を移動させる働きを何というか答えなさい。

- (2) 生物は糖(炭水化物)、脂肪、タンパク質などの有機物を分解して、生命活動を行うための化学エネルギーである(ア)を合成している。このような異化の働きを呼吸といい、嫌気呼吸と好気呼吸に分けられる。呼吸による反応の材料であるグルコースは、細胞質中に存在するさまざまな酵素の働きによって段階的に分解され、中間生成物であるピルビン酸を生じる。嫌気呼吸ではピルビン酸は還元され、乳酸になる。好気呼吸ではピルビン酸は脱水素反応で徐々に分解され、二酸化炭素を生じる。この反応系は回路を形成している。この回路で、基質から奪われて水素受容体で運ばれた[H]は、H<sup>+</sup>と電子に分かれ、電子はシトクロムなどのタンパク質に次々と伝達され、最終的には酸化酵素の働きで電子、H<sup>+</sup>および酸素が結合し、水となる。この間にエネルギー物質である(ア)が生成される。

問 4 (ア)に省略しない名称を入れなさい。

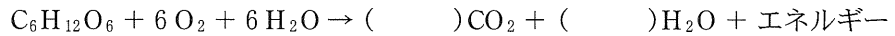
問 5 下線③にある，還元とは一般的にどのような反応か，40字以内で述べなさい。

問 6 下線④の回路の名称を書きなさい。

問 7 下線⑤の反応系の名称を書きなさい。

問 8 下線④，⑤の2つが存在する細胞小器官の名称を書きなさい。

問 9 次は好気呼吸によってグルコースが完全に分解されるとき化学反応式である。解答欄中の( )に適切な数字を入れなさい。



問10 生物が好気呼吸を行うとき，放出する二酸化炭素と外界から吸収する酸素との体積比( $\text{CO}_2/\text{O}_2$ )を呼吸商といい，グルコースが呼吸の材料として用いられた場合は1.0，脂肪が用いられた場合は約0.7，タンパク質が用いられた場合は約0.8となる。下の表は，さまざまな動物の呼吸商の値を示す。ウマの呼吸商がネコよりも大きい理由を90字以内で述べなさい。

表

動物	呼吸商
ウマ	0.96
ヒツジ	0.90
ブタ	0.86
イヌ	0.79
ネコ	0.74

2 次の文章を読んで、問1～問5に答えなさい。

突然変異には、遺伝子突然変異と(ア)突然変異がある。自然に起こる突然変異の発生率は非常に低いが、X線、放射線、紫外線、あるいは、ある種の化学物質で突然変異の発生率を著しく高めることができる。突然変異により、遺伝子の本体である(イ)の(ウ)配列が変化すると、タンパク質の(エ)配列が変化する場合がある。タンパク質は、多数の(エ)が(オ)結合により連結されてできている高分子であり、部分的にらせん状構造やジグザグ状の構造をとりながら、全体としてそれぞれのタンパク質に特有の(カ)を保っている。タンパク質の(エ)配列の変化は、タンパク質の(カ)を変化させ、その結果、タンパク質の性質を大きく変化させることがある。

生体内では、さまざまな化学反応がおだやかな条件のもとで進行しているが、これは、酵素と呼ばれるタンパク質が、化学反応を促進する(キ)として機能しているからである。酵素が働きかける相手の物質を(ク)という。酵素反応が進行するとき、まず、(ク)は、酵素の(ケ)に結合して酵素との複合体を形成する。(ク)と酵素の関係は、よく「かぎ」と「かぎあな」の関係にたとえられ、酵素はある特定の(ク)にのみ働きかける。このような酵素の性質を(コ)という。

微生物に人為的に突然変異を起こさせ、有用な物質の生産に利用することもあつた。そのためには、物質の生合成経路とその調節機構について、あらかじめ理解することが重要である。たとえば、人間や家畜にとって重要な(エ)のひとつであるリシンの生合成経路とその調節機構について、プレバクテリウムという細菌を材料として調べたところ図1に示す通りであつた。その特徴を整理すると、以下の4点である。

- (1) トレオニンの合成が、まず優先的に進行する。
- (2) トレオニンが過剰となると、トレオニンが、アスパラギン酸セミアルデヒドからホモセリンの合成反応を阻害する。(図1の矢印A)
- (3) ホモセリンの合成反応が阻害された結果、反応はリシン合成の方向へのみ進行する。

(4) リシンも過剰となると、リシンとトレオニンが協調して、アスパラギン酸からアスパラチルリン酸の合成反応を阻害する。(図1の矢印③)

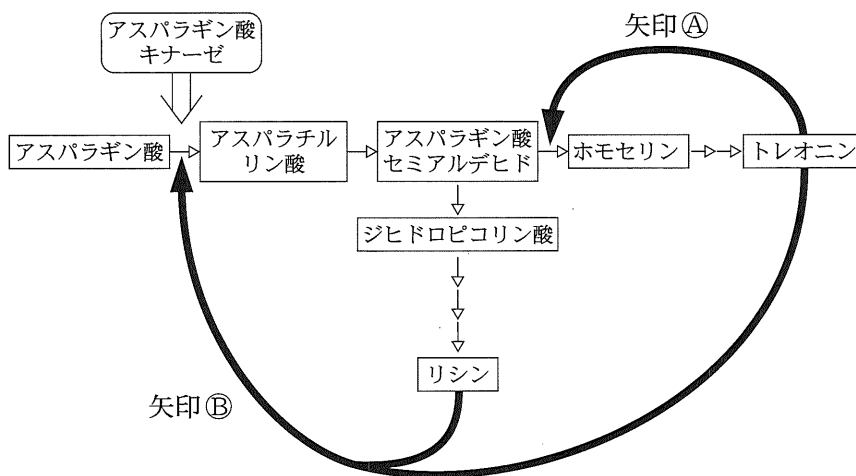
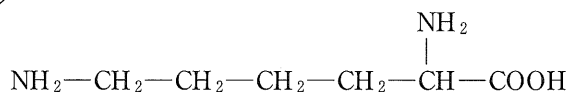


図1 リシンの生合成経路とその調節機構

次に、この細菌のリシン合成における調節機構が機能しなくなった変異株を人為的に作りだし、リシンを大量に生産することを考えた。まず、リシンと分子構造が非常によく似ているアミノエチルシステイン(以下AECと省略する)を化学合成した。リシンとAECの構造式は図2に示したとおりであり、互いによく似ている。しかし、AECは、リシンの代りとしてタンパク質合成に用いられることはない。プレバクテリウムの野生株は、最少培地では生育することができたが、<sup>①</sup>トレオニンとAECの両方を添加した最少培地では生育することはできなかった。そこで、野生株を変異処理して突然変異を誘発したところ、トレオニンとAECの両方を添加した最少培地でも生育する変異株が見つかった。変異株は、5日間培養すると、培養液1リットル当たり30g以上の大量のリシンを生産する能力を示した。

リシン



アミノエチルシステイン(AEC)

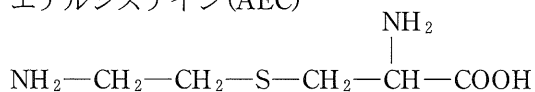


図2 リシンとアミノエチルシステイン(AEC)の構造式

この変異株より、アスパラギン酸からアスパラチルリン酸の合成反応を行う酵素であるアスパラギン酸キナーゼを抽出して、反応液中に様々な濃度のリシンとトレオニンを追加した場合のアスパラギン酸キナーゼの酵素活性を測定した。野生株からもアスパラギン酸キナーゼを抽出して、同じように酵素活性を測定した。それらの結果をあわせて図3に示した。

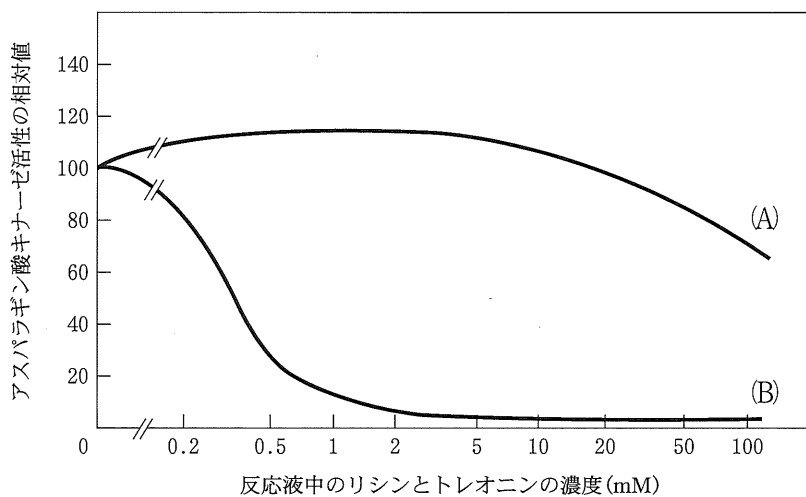


図3 反応液中のリシンとトレオニンの濃度とアスパラギン酸キナーゼ活性

リシンとトレオニンの濃度は1 : 1とした。横軸は、対数目盛りで表示してある。

問 1 文中の(ア)から(コ)に適切な語を入れなさい。

問 2. リシン生合成経路の特徴の(2)および(4)に示したような阻害様式を何というか答えなさい。

問 3 下線部①について、野生株がトレオニンと AEC の両方を添加した最少培地では生育できない理由を 60 字以内で答えなさい。

問 4 図 3 のグラフ中の(A)と(B)のうち、変異株のアスパラギン酸キナーゼ活性を示しているのはどちらか答えなさい。

問 5 変異株がリシンを大量に生産できるようになった理由を 60 字以内で説明しなさい。

3

微生物と動物に関する次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

微生物は、地球上の大気圏、地圏、水圏のいずれの領域にも存在するのみならず、動物の体表面や消化管内にも多数生息している。生態系における微生物は食物連鎖の中で(ア)者として重要な役割を担っている。微生物の中には人間にとって有用な細菌や菌類として食品製造に用いられるものがある。微生物のはたらきにより食品中の有機物が人にとって有用な物質に変化する現象を(イ)とよぶが、多くの場合は人間にとって不都合な物質が生成され、この現象を腐敗とよんでいる。動物の皮膚、粘膜や消化管内に生息している細菌群は常在細菌叢とよばれる。通常、これらの細菌は動物に対し目に見える形では害を及ぼすことはなく、むしろ利益を与える。

② 生体に感染して害を与える菌は、病原細菌として位置付けられる。哺乳動物は病原細菌に対する感染防御の仕組みをあらかじめ備えており、感染後直ちに作動するものを自然免疫、感染数日後から異物に特異的にはたらくものを獲得免疫という。自然免疫の最も重要な担い手は(ウ)や(エ)などの食細胞である。(ウ)は直ちに感染の場に現れ、病原体を貪食する。やや遅れて(エ)が現れ、病原体を貪食したシグナルを(オ)細胞に伝達し、ここから獲得免疫の仕組みが作動する。(オ)細胞は受け取った情報を変換し、(カ)細胞に信号を送る。③ (カ)細胞は(オ)細胞からの信号を受け取ると、増殖して抗体を産生する。抗体は(キ)ともよばれるタンパク質である。抗体が結合した細菌は(ウ)や(エ)などの白血球によって速やかに排除される。抗体を介したこの仕組みは(ク)性免疫とよばれる。また、(オ)細胞は異物に直接作用してこれを排除し、過去に侵入した病原体の種類を(ケ)して速やかにこれを排除する。これを細胞性免疫とよぶ。④ これらの仕組みは生体を防御するために重要であるが、時として生体に不利な状況を生み出すこともある。自己のタンパク質や細胞に対して抗体が産生されたり細胞性免疫が発揮されたりして起こる(コ)疾患や、花粉症などの原因であるアレルギー反応はその例である。

問 1 文中の(ア)～(コ)に当てはまる語を入れなさい。

問 2 下線①の食品製造に用いられる細菌と菌類はそれぞれどれか、次の1～5の中から一つずつ選び番号で答えなさい。

1：大腸菌      2：乳酸菌      3：古細菌      4：根粒菌      5：酵母菌

問 3 下線②のような利益として、常在細菌叢<sup>そう</sup>が動物の免疫系を刺激し感染に対する抵抗力を付与すること、また腸管内に生息する常在細菌の一部が代謝の結果としてビタミンなどを産生することが考えられている。これら以外に、常在細菌叢<sup>そう</sup>の存在が、平衡状態を保つことによってもたらされる利益を20字以内で答えなさい。

問 4 下線③のように、白血球が産生し、信号の役割を果たして他の細胞に作用を及ぼす物質の総称を何というか、次の1～5の中から一つ選び番号で答えなさい。

1：フィブリン                      2：mRNA                      3：サイトカイン  
4：アセチルコリン                  5：ホルモン

問 5 臓器や皮膚の移植における拒絶反応は、下線④のように細胞性免疫によって移植片が非自己すなわち異物と認識されて起こる反応である。この反応を理論的に克服できると思われる技術はどれか、次の1～5の中から一つ選び番号で答えなさい。

1：ワクチンによる予防接種  
2：胚性幹細胞を用いた代替臓器の作製  
3：組換えウイルス投与による遺伝子治療  
4：ポリエチレングリコールを用いた細胞融合  
5：制限酵素による移植片細胞 DNA の切断

4 屋久島の陸上植物と海藻の植生に関する下記の文章を読み、問1～問7に答えなさい。

屋久島は佐多岬の南南西約60 kmに位置する面積約500 km<sup>2</sup>の島である。九州最高峰である標高1936 mの宮之浦岳をはじめ、島の中央部は山岳が占めることから、海拔0 mの海岸より山頂まで様々な植生が見られる。

海岸付近の志戸子<sup>しとこ</sup>地区などではガジュマルの林が見られ、栗生<sup>くりお</sup>地区には小規模ながらメヒルギのマングローブ林が生育するなど、(ア)林の植生が見られる。海岸付近から内部の山岳に入ると、タブノキやスダジイなど、冬でも葉を落とすことのない(イ)林が見られ、標高1000 m付近まで広がっている。標高500 mを越えると、ツガや屋久杉の名で知られるスギなど、温帯性の(ウ)林が見られるようになり、800 mを越えると(ウ)林の方が多くなる。標高1000 m付近からは、ヤマグルマなどに混じって、ナナカマドなど、冬に落葉する(エ)林が見られるようになるが、(エ)林の代表的な種であるブナは屋久島に見られない。標高2000 mに近い山頂付近に森林はなく、ヤクシマシャクナゲなどの点在する植生になっている。このように屋久島では、高度に応じて植生が変化する森林の垂直分布が顕著に観察できる。また、標高の低い(イ)林帯の中には、垂直分布に反してヤクシマオナガカエデなどの(エ)が点在する場所がある。これは土砂崩れによって生じた裸地に生育していることが多い。

② 場所による植生の変化は、春田浜<sup>はるたはま</sup>などの海岸付近における海浜植物群落でも見ることが出来る。群落内は、高度の変化よりも、海岸線からの距離に応じて植生が変化しており、海水の波しぶきや潮風の影響、植物間の生育場所を巡る競争等が植生に強く影響を与えている。

一方、垂直分布は海中の海藻でも見ることができる。海面の高さは、潮汐によって定期的に変化する。海岸付近の岩礁では、波浪等で波しぶきのかかる程度の場所を飛沫帯(潮上帯)と呼び、潮汐によって定期的に乾燥にさらされたり、海面下に没したりする場所を潮間帯と呼ぶ。また、潮汐にかかわらず常に海面下にある場所を潮下帯(漸深帯)と呼ぶ。干潮(引き潮)によって乾燥する時間は潮間帯のわずかな高低差でも異なり、同じ場所でも月の周期や季節で変化する。

海藻は飛沫帯から潮下帯まで見られるが、潮間帯で特に多くの海藻を見ることが出来る。潮間帯の上部には緑藻のヒトエグサ、紅藻のマルバアマノリ<sup>④</sup>、フクロフノリなどが見られ、下部には紅藻のテングサ類が見られる。また、潮下帯には、褐藻のシマオオギや紅藻のソゾ類が多く見られる。海藻の垂直分布は、飛沫帯から潮下帯にかけての数メートルの高低差に顕著に見られることが特徴である。最も狭い部分では数センチメートルや十センチメートル間隔の高低差で帯状<sup>⑤</sup>に群落が変化する。しかし、潮間帯にできる潮だまり(タイドプール)の内部は、干潮時でも海水で満たされており、潮下帯に生育するような海藻類も観察することができる。

このように、陸上植物と海藻の分布は、その種類や生育場所によって多様である。屋久島は、森林から海浜、海中に至るまで様々な植生変化を観察できる場所として大変興味深い。

問 1 文章中の(ア)から(エ)に適切な語を答えなさい。

問 2 下線①に関して、森林の植生が文章のような垂直分布になる理由について50字以内で答えなさい。

問 3 下線②に関して、植物相の時間的変化に関する下記の文のうち、正しいものを番号で答えなさい。

- (1) 二次遷移の初期に現れる先駆種は、一次遷移と同じである。
- (2) 土砂崩れや山火事でできた裸地を極相と呼ぶ。
- (3) 二次遷移は、耕作地を放棄した場所でも見られる。
- (4) 一次遷移の木本植物の侵入では、成長の速い陰樹が先に優勢になる。
- (5) 溶岩台地の一次遷移では、地衣類やコケ植物が見られない。

問 4 下線③に関して、下記(1)~(3)の海藻の光合成色素の組み合わせとして正しいものを(ア)~(カ)の中から答えなさい。また、陸上植物と同じ光合成色素の組み合わせを持つ海藻を(1)~(3)の中から番号で答えなさい。

- (1) ワカメ(褐藻)
- (2) ヒトエグサ(緑藻)
- (3) アサクサノリ(紅藻)

- (ア) クロロフィル *a*, クロロフィル *b*,
- (イ) クロロフィル *a*, クロロフィル *c*, フィコキサンチン
- (ウ) クロロフィル *a*, フィコエリトリン(フィコビルン)
- (エ) クロロフィル *b*, クロロフィル *c*, フィコキサンチン
- (オ) クロロフィル *b*, フィコエリトリン(フィコビルン)
- (カ) クロロフィル *c*, フィコエリトリン(フィコビルン)

問 5 下線③に関して、海藻には、一生の中で、有性生殖をおこなう個体と無性生殖をおこなう個体が交互に出現する種がある。このような生活環で、有性生殖と無性生殖の個体が交互に繰り返されることを何というか、漢字4字で答えなさい。

問 6 下線④のマルバアマノリの学名に関して、下記の問題に答えなさい。

和名：マルバアマノリ 学名：*Porphyra* suborbiculata Kjellman  
(ア) (イ)

- (1) リンネによって確立されたこの命名法の名称を答えなさい。
- (2) この命名法における下線(ア)と(イ)は何を表しているか答えなさい。
- (3) ホイタッカーらにより提唱された生物の分類体系は、生物を5つの界に分けている。動物界、植物界以外の三界の名前を書きなさい。

問 7 下線部⑤に関して、潮間帯の海藻が文章のような垂直分布になる理由を60字以内で答えなさい。