

生 物

第 1 問 (25点)

ペニシリンと酵素の働きに関する次の文章を読み、以下の問に答えよ。

細菌の細胞壁は、糖やペプチドなどを含む複雑な化合物からできている。抗生物質の一種であるペニシリンは、何種類か存在する細胞壁合成酵素のうちペプチド成分どうしをつなぎ合わせる酵素（以下、細胞壁合成酵素と略す）の働きを阻害する。これは、ペニシリンの構造が細胞壁合成酵素の基質の構造に似ているためである。ペニシリンを投与された細菌の細胞壁には傷が生じ、その傷がもとで細菌は死んでしまう。それにもかかわらず、ペニシリンの一つであるペニシリン G が細菌感染症の治療に使われ始めてまもなく、ペニシリン G が効かない“ペニシリン G 耐性菌”が現れた。ペニシリン G 耐性菌は、ペニシリン G を分解するペニシリナーゼという酵素をもっていた。

ペニシリン G とは少しずつ構造が異なる新しいペニシリンが発見されたり、ペニシリン G をもとに合成されたりしている。このようなペニシリンの一つであるメチシリンがペニシリン G 耐性菌に対してもかなり効果があり、広く使用されるようになった。ところが、やがてメチシリンも効かないやっかいな細菌が現れるようになった。院内感染で問題になっている“メチシリン耐性黄色ブドウ球菌”もそのような細菌の例である。

問1 図1は、ある細菌をペニシリン G の有無の条件で培養したのち、薄い切片にして電子顕微鏡で観察したものである。ペニシリン G の作用で細菌の形が図のように変化した理由を記せ。

問2 図2は、細胞壁合成酵素の反応をペニシリン G の有無の条件で行い、反応速度と基質濃度との関係を調べた結果である。

(1) ペニシリン G 無しの場合、合成反応の速度がある基質濃度で最大値に達したあとそれ以上大きくならなかった理由を記せ。

(2) ペニシリン G は、どのようにして細胞壁合成酵素の働きを阻害したのか、記せ。

問3 ペニシリナーゼをペニシリン G, メチシリンおよびインスリンのそれぞれに作用させ、これらの物質の分解反応の速度と濃度との関係を調べたところ、図3に示すような違いがみられた。この違いの原因となった酵素に特有の性質を何と呼ぶか、記せ。

問4 メチシリンが効くある細菌の細胞集団に紫外線を一定時間あてたところ、メチシリンが効かないメチシリン耐性細胞が生じた。このメチシリン耐性細胞ともとのメチシリン感受性細胞のそれぞれを培養して増やし、細胞壁合成酵素を分離、精製した。図4は、これらの細胞から得た細胞壁合成酵素の反応をそれぞれメチシリンの有無の条件で行い、反応速度と基質濃度との関係を調べた結果である。

メチシリン耐性細胞の酵素が図のような性質をもつようになった理由を記せ。ただし、解答の文章中に「DNA」、「アミノ酸」、「活性部位」の各用語を用いること。



図1 ペニシリン G 有無の条件で培養された細菌の形態

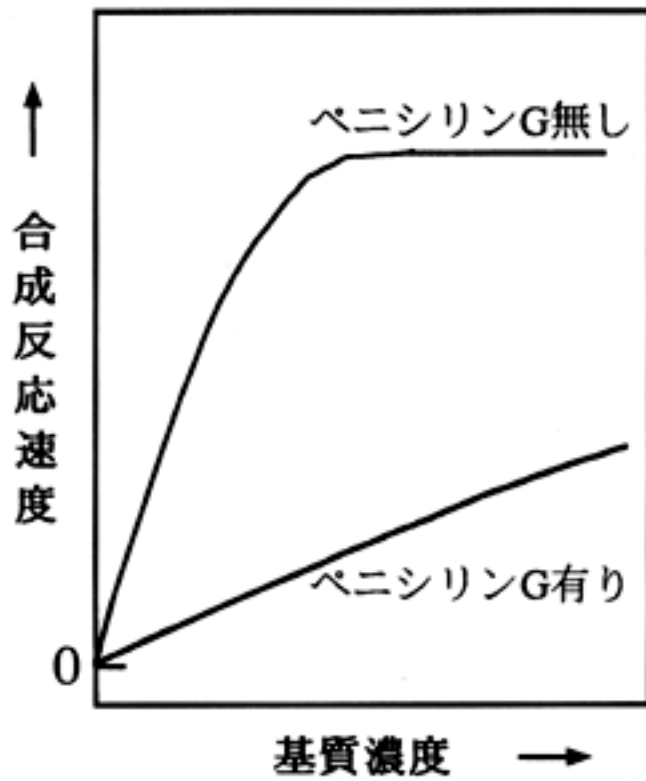


図2 細胞壁合成酵素の反応速度と基質濃度との関係

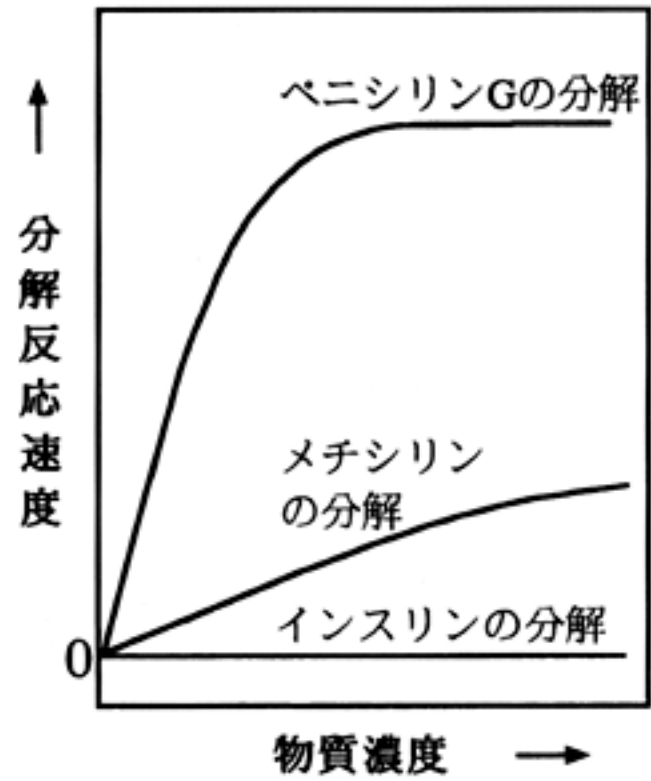


図3 ペニシリナーゼの反応速度と物質濃度との関係

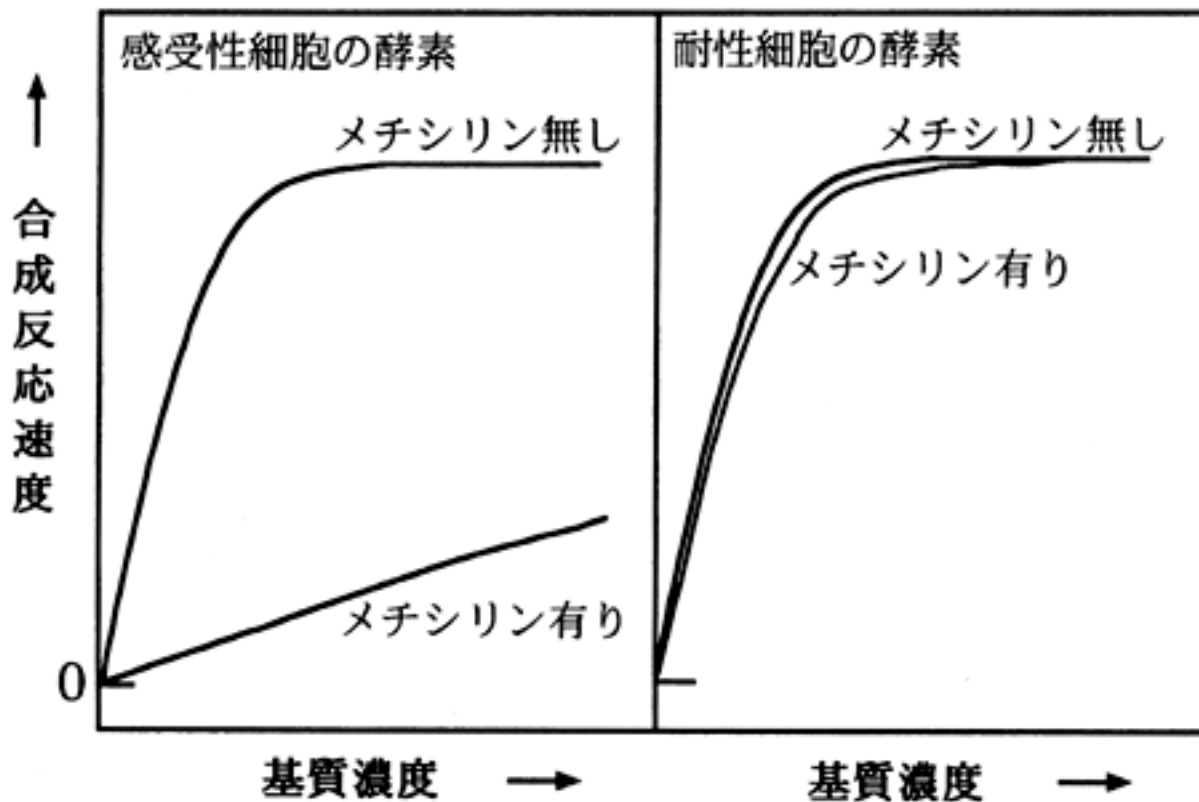


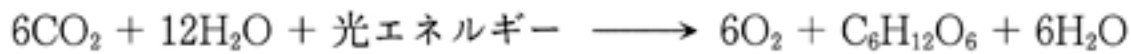
図4 細胞壁合成酵素の反応速度と基質濃度との関係

生 物

第 2 問 (25点)

次の文章を読み、以下の問に答えよ。

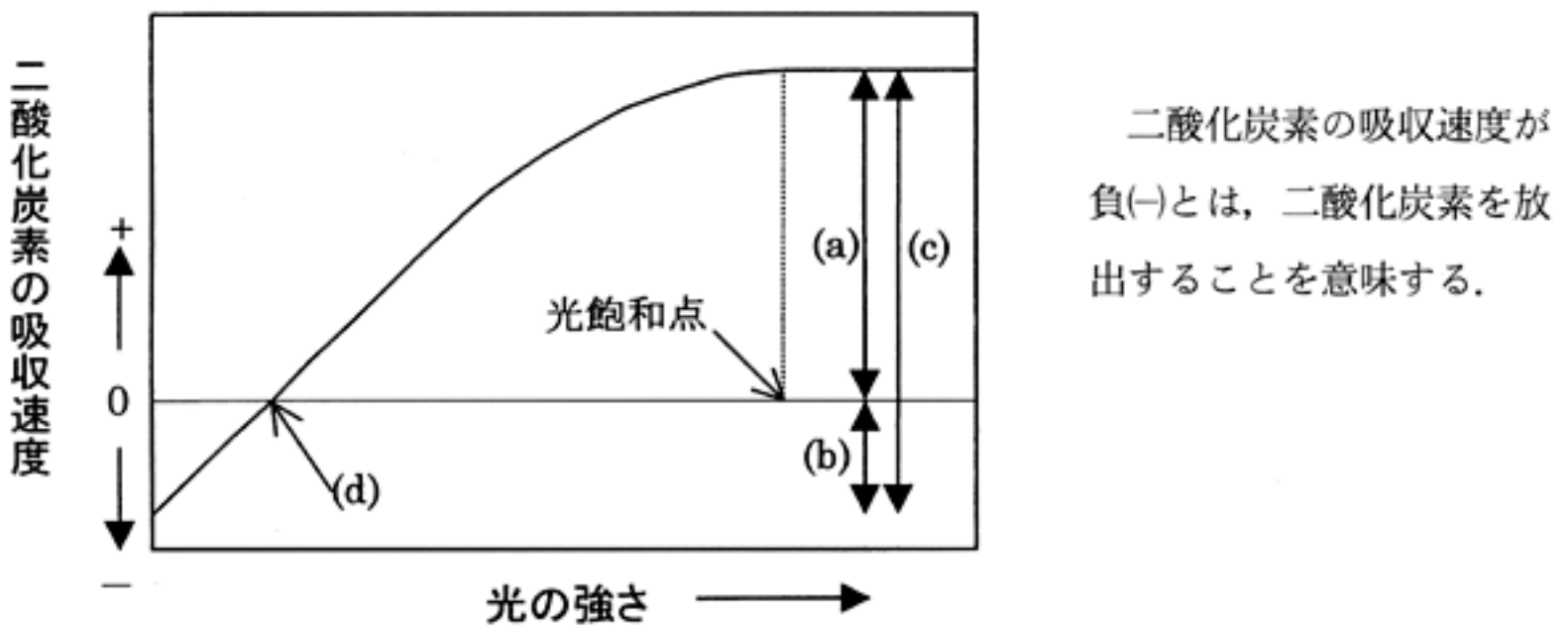
陸上植物の葉緑体中では、光のエネルギーを利用して、吸収した二酸化炭素を有機物にする光合成が行われている。この光合成によってブドウ糖が作られる場合の反応全体をまとめると、



となる。

光合成は、光合成色素である葉緑素が光エネルギーを吸収して水を還元物質〔H〕と O_2 とに分解し、ATPを合成する反応と、ATPと〔H〕を利用して、二酸化炭素を還元して有機物を合成する反応とに分けられる。

光合成速度は、光の強さ、二酸化炭素の濃度、温度、水などの外界の要因によって変化する。光の強さと二酸化炭素の吸収速度との関係を表わすと、図のようになる。



問1 文中の下線①と②の反応が行われている葉緑体の部分の名称を記せ。

問2 ある植物が光合成の過程で二酸化炭素を 35.2 mg 吸収し、そのすべてをブドウ糖の合成に用いた。この時合成されたブドウ糖の量を記せ。ただし、炭素、酸素、水素の原子量はそれぞれ、12、16、1とせよ。

問3 図の矢印に示される (a), (b) の値の名称を記せ。ただし, (c) は光合成速度である。
また, 二酸化炭素の吸収速度が 0 になる光の強さ (d) の名称を記せ。

問4 図において, 二酸化炭素の吸収速度と置き換えてもグラフの形がほとんど変化しないものは何か。下記の中から最も適当なものを一つ選び記号を記せ。

- (a) 水の蒸散速度
- (b) 酸素の放出速度
- (c) 単位葉面積当たりの葉緑素量

問5 解答用紙の図の破線は, 陽生植物の光の強さと二酸化炭素吸収速度との関係を表わすグラフである。陰生植物はどのようなグラフとなるか。解答用紙の図に実線で描き加えよ。ただし, 陰生植物の飽和した光合成速度は, 陽生植物の飽和した光合成速度より低いものとする。

問6 陽生植物が生育できないような弱い光でも, 陰生植物が生育できる理由を記せ。

生 物

第 3 問 (25点)

次の文章を読み、以下の問に答えよ。

アフリカツメガエルの初期卵割期胚の割球にセイヨウワサビの過酸化酵素（以下、酵素と略す）を注射して、尾芽胚期に固定し、作製した連続切片を酵素の基質液と反応させると、注射した割球の分裂により生じた子孫の細胞が着色されることから、その割球が尾芽胚期にどのような組織や器官に分化するかを知ることができる。なお、酵素は注射された割球全体にすみやかに拡散し、発生にはほとんど影響を与えないし、注射された割球の分裂によって生じる子孫の細胞中で分解されない。

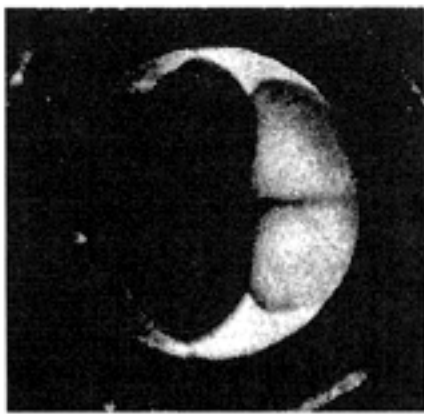
図1 Aは8細胞期胚を動物極側から撮影した写真で、Bはその模式図である。動物極側のa～dと名づけられた4割球は表面に色素粒が密に存在するため黒く見えるが、割球a、cは割球b、dに比べて細胞表面の色素粒の分布密度が高いためにより黒く見えている。8細胞期に図1のような色素粒の分布を示す胚を用いて、実験1、2を行った。

実験1 図1のb割球やd割球に酵素を注射した胚は、尾芽胚期に基質液と反応させると、眼胞や脊索および神経管の大部分や、体節の一部が着色された。

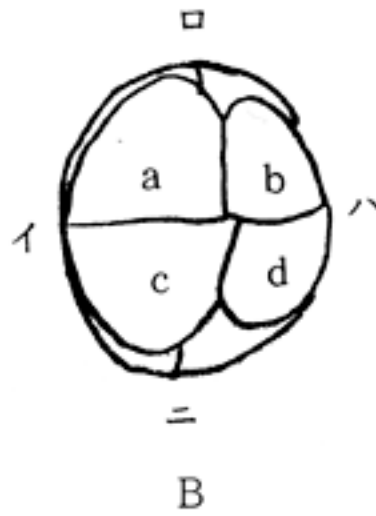
実験2 図1のa割球やc割球に酵素を注射した胚は、尾芽胚期に基質液と反応させると、表皮と神経管の一部が着色された。

問1 実験1と2の結果から、注射した胚が原腸胚期に達したときに原口は、図1 Bのイ～ニのどこの側に出現したと考えられるか、記号で答えよ。

問2 細胞の標識に用いられた酵素は胚の発生に影響を及ぼさないことや、細胞中で分解されないことは既に述べたが、この実験が成り立つためにそれら以外に細胞膜との関連で備えていなければならない性質を1つあげ、その理由を答えよ。



A



B

図 1

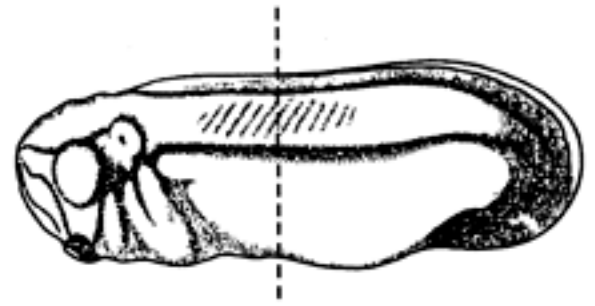


図 2

問 3 図 2 は尾芽胚を側面から見た模式図で、左右が胚の前後を、上下が背腹を示す。図の点線部の横断面には、表皮、神経管、脊索、体節、腎節、側板、腸管と断面の大部分を占める内胚葉細胞塊が観察される。横断面に見られる組織や器官はカエルの種が異なっても基本的には同じである。横断面の表皮の輪郭と内胚葉細胞塊が描かれている解答欄の図に、上に述べた神経管から腸管までの組織や器官の断面の輪郭を適切な位置に描き、それぞれの名称を記せ。

問 4 表皮、神経管、脊索、体節、腎節、側板、腸管のうち中胚葉起源のものをすべて答えよ。

生 物

第 4 問 (25点)

問1 次の文章を読み、(ア)～(ケ)に適切な用語、または数値を記入せよ。

メンデルの遺伝の法則は(ア)の法則、(イ)の法則、(ウ)の法則の3つの法則からなる。このうち、前の2つの法則には多くの例外が知られている。たとえば、(ア)の法則は対象としている2対以上の遺伝子が同じ染色体の上であれば、成り立たない。これらに対して、(ウ)の法則は例外なく成り立つ。(イ)遺伝子と(エ)遺伝子をそれぞれホモ接合の状態を持つ親個体間の雑種が(オ)分裂を経て(カ)ができる時に、対をなしていた(キ)遺伝子はそれぞれ(ウ)して別々の(カ)に入る。これらの(カ)がそれぞれ任意に交雑した結果、(イ)形質と(エ)形質とがほぼ(ク)：1の比で現れる。

今、(キ)遺伝子をそれぞれホモ接合の状態を持つ親個体間の雑種第1代があって、それぞれの個体は自家受精だけを行って次世代に十分な個体数を残すとする。それらの子孫も自家受精だけを行って次世代の個体数を十分残すということを繰り返すと、雑種第4代でその遺伝子に関してヘテロ接合体は全体の(ケ)%になる。

問2 図はある家系の ABO 式の血液型を示したものである。(ア)～(サ)に遺伝子型をそれぞれ記入せよ。ただし、両親の血液型の組み合わせから生じる可能性のある全ての表現型、および遺伝子型を1人ずつ示している。また、図中の“?型”の部分は血液型をあえて伏せていることを示している。

