

(平 16 前)

理 科

	ページ
物 理	1～ 5
化 学	6～14
生 物	15～24
地 学	25～30

・ ページ番号のついていない紙は下書き用紙である。

注意 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

物 理	75 点
化 学	75 点
生 物	75 点
地 学	75 点

生 物

I 細胞に関する次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点18点)

細胞は生物を構成する基本単位である。生物の中には、一個の細胞だけで生活している単細胞生物もいれば、形、大きさやはたらきの異なる多数の細胞から構成されている多細胞生物もいる。これらの細胞は、核膜で包まれた核は存在せず、簡単な構造のものと、核が核膜で包まれて周りの細胞質から仕切られ、細胞質内に複雑な構造が見られるものに⁽¹⁾二大別される。前者の細胞では、遺伝物質 **ア** は細胞質中に存在している。後者の細胞は、遺伝物質 **ア** を含む核と、細胞質と呼ばれる核以外の部分からなる。

核膜に包まれた核を持つ細胞の細胞質中には、好気呼吸に関与する **イ** やタンパク質などを細胞外へ分泌する **ウ** などがある。また植物の細胞には **エ** を行う葉緑体や、糖類や有機酸などを含む **オ** などがみられる。それらは **カ** と呼ばれ、その周囲は **キ** と呼ばれる液状の成分で満たされている。細胞内と外界を仕切る細胞膜は、水や一部の小さな溶質は通すがスクロース(ショ糖)のような分子量の大きな溶質は通さないという半透膜に近い性質を持っている。しかし、単なる半透膜ではなく、エネルギーを使って生命活動に必要な物質を細胞内に取り込み、不要な物質を細胞外に排出している。⁽³⁾

問1 空欄 **ア** ～ **キ** にあてはまる最も適切な語句を解答欄に記入しなさい。

問2 下線部(1)と(2)が示す細胞名を記入しなさい。また、それぞれの細胞に分類されるすべての生物を次から選び、()内にアルファベットで答えなさい。
(a) ラン藻 (b) 酵母菌 (c) 大腸菌 (d) アメーバ

問3 下線部(3)の細胞膜が示すはたらきを何というか記しなさい。

問 4 植物細胞の葉緑体を調べるために、オオカナダモの葉を生きたまま光学顕微鏡で観察していたところ、観察中に細胞中の葉緑体が図1(a)から図1(b)のように移動した。

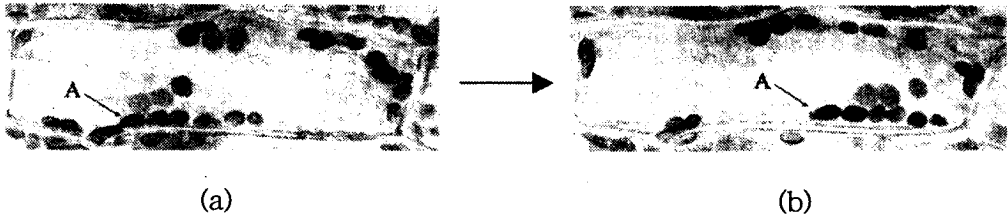


図 1

- (1) この細胞で観察された、葉緑体が細胞内を移動するような現象を何というか解答欄(a)に記しなさい。

- (2) ある倍率の対物レンズと接眼レンズの組み合わせで、対物マイクロメーターの目盛りと接眼マイクロメーターの目盛りが図2のように見えた。同じ条件で、葉緑体Aの移動した距離を測定したところ、接眼マイクロメーターの4目盛り分だけ移動していた。葉緑体Aの実際の移動距離を解答欄(b)に答えなさい。ただし対物マイクロメーターの1目盛りは $10\mu\text{m}$ である。

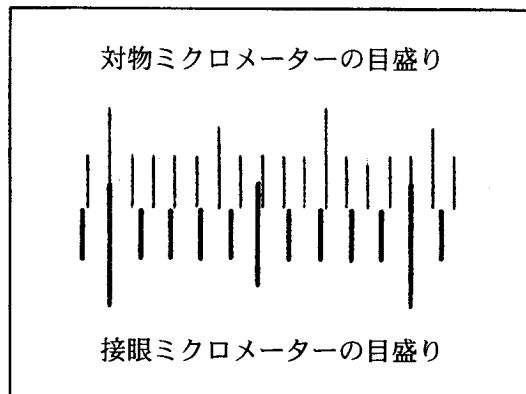


図 2

II 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点18点)

植物の吸水力について、ジャガイモの組織片を用いた次の2つの実験を通して考えてみよう。

実験1. 皮をむいたジャガイモから同じ大きさのサイコロ状の組織片を6個切り出し、 $0 \sim 0.5 \text{ mol/l}$ の6段階に濃度を変えたソルビトール水溶液(細胞には無害で、ほとんど吸収・分解されることのない糖の一種)を入れた試験管に、 20°C で1時間それぞれ浸けた。図1のグラフは、6個の組織片を浸けた前後における重量変化の割合をソルビトール濃度に対してプロットしたものである。

実験2. 乾燥の程度が異なる6個のジャガイモ(A～F)を用いて、実験1と同じ実験を繰り返し行った。図2のグラフは、実験から得られた吸水圧(白丸と点線)と、それぞれのジャガイモの浸透圧(黒丸と実線)を、浸ける前の組織片重量に対してプロットしたものである。

ただし、いずれの実験においても、ジャガイモ組織片を浸けている間に試験管からの水分の蒸発はないものとし、またジャガイモ組織片からの可溶性物質の溶出や、呼吸による重さの変化は無視できるものとする。

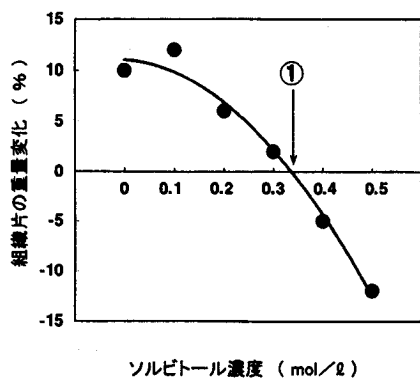


図1

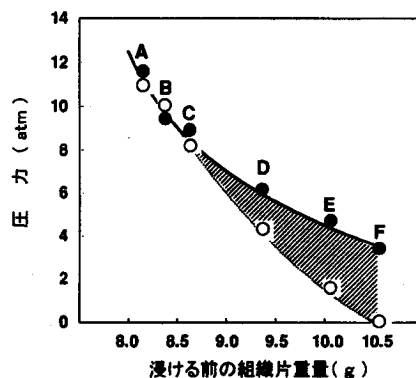


図2

問1 図1で、組織片を浸けた前後での重量変化が見られなかったソルビトール濃度①は、近似線から 0.34 mol/l と求められた。この組織の細胞における吸水圧の計算式を解答欄(a)に記入し、その値を小数点1位まで求め解答欄(b)に記入しなさい。計算のために必要があれば、次の値を用いなさい。(気体定数： $0.0821 \text{ atm} \cdot \ell / (\text{K} \cdot \text{mol})$ ，絶対零度： -273°C)

問 2 実験 1 で、 0.5 mol/l のソルビトール水溶液の入った試験管に²浸けておいた組織片を取り出した。残った液をよく攪拌したものに、極微量の色素で着色した 0.5 mol/l のソルビトール水溶液を吸ったスポイトを図 3 のように静かに差し入れて、ゆっくりと数滴押し出した。着色液はしばらくしてどのように拡散するだろうか、次の中から選んで解答欄(a)に記号で記入しなさい。また、そのように答えた理由を 50 字程度で解答欄(b)に記入しなさい。

- (ア) 上方へ
- (イ) その場を中心に
- (ウ) 下方へ

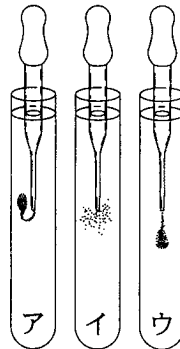


図 3

問 3 図 2 に関して、以下の小問(1)と(2)に答えなさい。

- (1) 浸透圧と吸水圧とがほぼ等しくなっているジャガイモ組織(AおよびB)の細胞はどのような状態にあるか 30 字程度で解答欄(1)に記入しなさい。
- (2) 次の文章中の空欄 ~ にあてはまる最も適切な語句または数字を解答欄(2)に記入しなさい。

「ジャガイモ組織片D, E, Fの細胞の吸水圧は浸透圧よりも低くなっていた。これは植物細胞では、細胞膜の外側が弾力性の少ない で囲まれていることより、吸水による細胞の膨張に対して反作用的圧力である が生じるためである(図中の斜線部で示す)。この が最大値を示したジャガイモ組織(F)の細胞の吸水力は、ほぼゼロとなり、浸透圧は 4 atm であった。この組織の細胞の最大 は atm であった。」

問 4 図 1 は、実験 2 の C に相当するジャガイモを用いて実験した場合の結果である。それではジャガイモ(F)を用いた場合には、重量変化の見られないソルビトール濃度は図 1 の①に比べどのようになるだろうか、次の中から選んで記号で答えなさい。

(ア) 高い

(イ) 低い

(ウ) 同じ

Ⅲ 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点19点)

カルシウムイオン(Ca^{2+})は細胞にとってたいへん大切なイオンである。細胞の外側の Ca^{2+} 濃度は 10^{-3} mol/l程度であるのに対し、細胞内の Ca^{2+} 濃度は普通 10^{-7} mol/l以下に保たれている。⁽¹⁾細胞内の Ca^{2+} 濃度は細胞膜を通して流入した Ca^{2+} や、細胞内の小胞体などから流出する微量の Ca^{2+} で大きく変動する。このような細胞内 Ca^{2+} 濃度の変化は外部からの様々な信号の入力によっても起こり、細胞の機能調節に活用されている。

(2) 神経細胞で興奮が起こると細胞内 Ca^{2+} の増加が見られる。 Ca^{2+} と結合すると蛍光を発生する物質を細胞内に取り込ませ、蛍光顕微鏡で観察すると、神経細胞が興奮しているかどうかを時間を追って観測できる。この方法を使って、動物の嗅細胞^{きゅうさいぼう}がにおい物質を受容するメカニズムを調べるために次の実験を行った。

ラットの鼻腔内の嗅上皮に Ca^{2+} 結合性蛍光物質を取り込ませた後、蛍光顕微鏡観察によってこれらの細胞がにおい物質A、Bに反応して興奮する様子を調べた。

図1 aは、上皮の一部分を観測したときの嗅細胞の分布を示しており、におい物質を与えなければこの視野にある全ての嗅細胞は光っていない。適当な濃度のにおい物質AまたはBを嗅上皮に与えると、それぞれ違う嗅細胞が蛍光を発生した(図1 bとc)。におい物質Aでは図1 aの細胞5が光り、物質Bでは図1 aの細胞9が光った。におい物質がなくても嗅細胞を興奮させることのできる細胞外高濃度塩化カリウム⁽³⁾条件では全ての嗅細胞が発光した(図1 d)。

さらに、濃度の違うにおい物質Aを細胞5に10秒間ずつ与え、発光強度を調べたところ、図2のような結果が得られた。

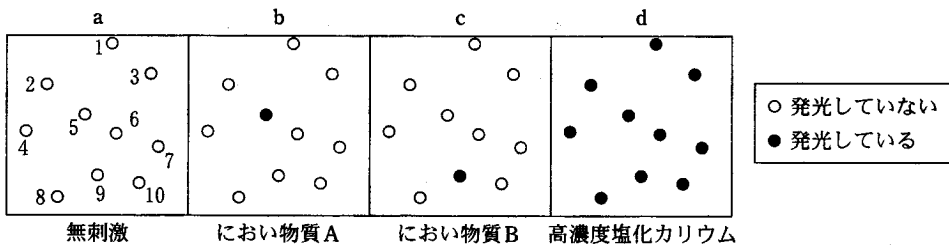


図1

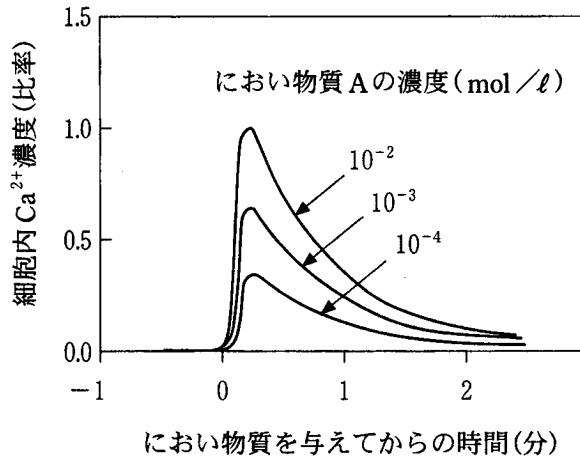


図 2

問 1 下線部(1)のように、細胞内部の Ca^{2+} 濃度を細胞外の濃度より極めて低く維持するには恒常的にエネルギーを供給する必要がある。また、興奮によって一旦上昇した細胞内 Ca^{2+} 濃度を元に戻すにもエネルギーが必要である。

- (1) このような分子機構に直接エネルギーを供給する目的で細胞内に多量に生産される分子は何か。
- (2) その分子の中にエネルギーはどのような形態で保存されているか、以下から一つ選んで記号で答えなさい。

(a) 熱エネルギー	(b) 光エネルギー
(c) 化学結合のエネルギー	(d) 機械的エネルギー
- (3) ブドウ糖からその分子を多数生産するために細胞内には 3 段階の複雑な過程が用意されている。3 段階はそれぞれ何と呼ばれているか。

問 2 下線部(2)で述べられているように、細胞内 Ca^{2+} 濃度変化によって様々な細胞機能が調節を受けているが、組織全体の機能が細胞内 Ca^{2+} 濃度変化によって調節されている組織を一つあげなさい。

問 3 実験では、細胞 5 と細胞 9 がそれぞれ異なるにおい物質に感受性を示した。

これに関して以下の仮説の中で最も妥当と思われるものを一つ選んで記号で答えなさい。

- (ア) におい物質分子は嗅細胞の核内に侵入して、特定の DNA 部分と結合し、細胞膜上で Ca^{2+} を通す孔の機能をもつタンパク質の合成を促進する。
- (イ) におい物質は外液中の Ca^{2+} と直接結合して、 Ca^{2+} の細胞膜透過性を上げる能力があるものと推定される。におい物質分子と Ca^{2+} の複合体の形の違いで、選択性が生まれる。
- (ウ) 異なる嗅細胞には異なるにおい物質に結合する DNA が細胞表面に露出している。におい物質分子が結合すると DNA の構造変化が起こって細胞膜に Ca^{2+} を通す孔を形成する。
- (エ) 異なる嗅細胞には異なるにおい物質に結合するタンパク質が発現しており、嗅細胞表面にはそのタンパク質のにおい物質結合領域が露出している。このタンパク質とにおい物質分子が特異的に結合すると、細胞膜の Ca^{2+} 透過性を高める分子的仕組みが働く。

問 4 下線部(3)のような実験がなぜ必要なのかを 30 字程度で述べなさい。

問 5 嗅細胞の興奮(細胞内電位の上昇)の大きさは細胞内 Ca^{2+} 濃度変化の大きさと正比例すると考えると、図 2 は細胞内電位上昇がにおい物質の濃度の対数にほぼ比例して増加することを示している。このような嗅細胞での興奮と神経軸索での活動電位に見られる興奮の違いを 50 字程度で述べなさい。

IV 次の文章を読んで、問1～6に答えなさい。(配点20点)

生物群集とそれを取りまく無機的環境を合わせて構成されるシステムを生態系と呼ぶ。生態系は、緑色植物のように無機物から有機物を合成する生産者、それを食べる消費者、そして生産者や消費者の排泄物や死体を無機物に戻す分解者からなる。このうち消費者は、の一次消費者から肉食の高次消費者まで何段階かの食物連鎖をなすのがふつうである。

生態系は、物質とエネルギーの流れから理解すると次のようになる。例えば炭素に着目すると、生産者が二酸化炭素からを合成するように、炭素の存在の形態は変わるが、他の生態系からの移入や移出がない限り、炭素がシステムから失われることなくそれぞれのの間をする。一方、エネルギーは太陽の光エネルギーを生産者である緑色植物が化学エネルギーに変換して貯えるが、呼吸などの結果、として放出され、が進むにしたがいシステムの外へ失われていく。

このような特徴を持つ生態系の機能の中で、物質のを担う上でもっとも重要な役割を果たすのは分解者である。健全な生態系とは、分解者が正常に働くことのできる環境に支えられると言っても過言ではない。

現在、人間活動によってもたらされるさまざまな環境問題が健全な生態系を脅かしている。ダイオキシンなどに代表される有害物質による環境汚染、大気中の二酸化炭素やメタンの増加によってもたらされる地球温暖化、極端に低いpH値を示す雨が降る、多様な生物種の絶滅など、問題は多岐にわたる。これらの問題の多くが生態系の仕組みや機能を通じて人間の健康や生命にも影響を与える。環境問題の解決には生態系の成り立ちを正しく理解して取り組むことが不可欠である。

問1 空欄～にあてはまる最も適切な語句を解答欄に記入しなさい。

問2 下線部(1)の分解者に該当する生物を二つ上げなさい。

問 3 下線部(2)は、生態系が完全な閉鎖システムではないことを示唆している。森林の中に河川が存在する場合、森林生態系と河川生態系は二つの生態系として成り立っているが、互いに無関係ではない。これら二つの生態系の間で起こる物質の移動の例を 50 字程度で説明しなさい。

問 4 下線部(3)とは逆に、分解者が正常に働くことのできない環境として、河川生態系で考えられる例を一つ示しなさい。

問 5 下線部(4)の有害物質のうち、幾つかの生物種において生殖器の異常をもたらすなどの影響が注目されている物質を何と呼んでいるか答えなさい。

問 6 下線部(5)の地球温暖化によって生物界にはさまざまな変化がおこると考えられるが、予想される現象を次の中から二つ選び、解答欄に記号で答えなさい。

- (ア) 植物の純生産量が上昇し、すべての作物の増収が期待される。
- (イ) 温度上昇とともに移動することができず、絶滅する生物が現れる。
- (ウ) 移動能力のある生物は南下または低地に移動して生き延びる。
- (エ) 北半球では、北上する生物と既存種の間で生態的地位をめぐる競争が起こる。
- (オ) 地球上の生物の多様性は増大する。