

〔I〕 次の文章を読み、問い(1)～(5)の答えを解答用紙(一)の〔I〕の該当する欄に記入せよ。

肝臓は物質の合成や分解にかかわる各種の機能を持ち、血液の恒常性に重要な役割を果たす。肝臓に血液を供給する血管は(ア)と(イ)で、(イ)はすい臓、小腸や(A)から流れ出る血液を肝臓に供給する。また肝臓から流れ出る血液は(ウ)と呼ばれる血管を通り、下半身などから心臓の方向へかえる血液が流れる血管の(エ)に合流して心臓へとかえる。ア～エの血管の中で最も酸素に富む血液が流れている血管は(B)である。

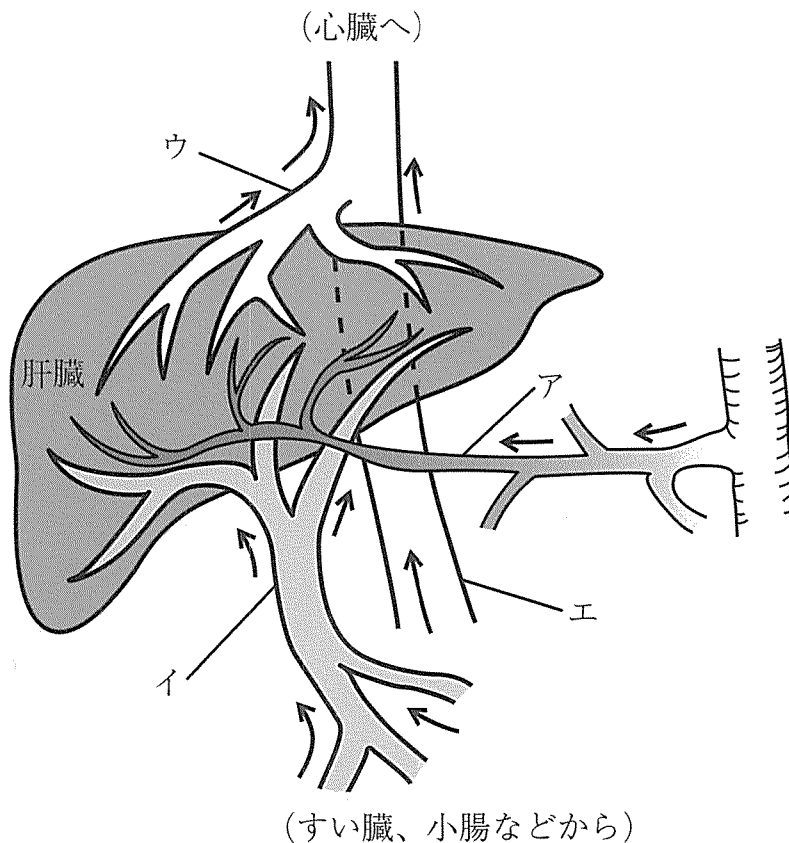


図1 肝臓の血管の模式図

図1の記号ア～エは、本文中の(ア)～(エ)に対応する。
 図中の→(矢印)は血液の流れる方向を示す。

食物中のデンプンは消化されてグルコースとなり小腸で体内に吸収される。吸収されたグルコースは小腸壁内の血管に入り、(イ)を通過して肝臓へ運ばれ、(C)の一種であるグリコーゲンとして肝細胞に貯蔵される。残りのグルコースは肝臓を通過して(ウ)を流れる血液にのって肝臓から流出し、全身の血液中に分布し、全身の筋肉細胞や脂肪細胞などへ取り込まれる。すい臓のランゲルハンス島の(オ)細胞から分泌されるインスリンは、グルコースがグリコーゲンとして肝細胞などに貯蔵される反応や、全身の筋肉細胞や脂肪細胞などへのグルコースの取り込みを促進する。インスリン分泌は血液中のグルコースの量(血糖値)が高くなると促進される。これらの作用により食後に血糖値が急激に上昇することが抑えられる。次に、激しい運動や長時間の絶食などで血糖値が低下した場合は、ランゲルハンス島の(カ)細胞からグルカゴンの分泌が促される。グルカゴンは、肝細胞に貯蔵されているグリコーゲンがグルコースに分解されるのを促進する。このグルコースは(ウ)を通る血液にのって肝臓から流れ出し、やがて全身の血液中に分布して血糖値を上昇させる。このようにして血糖値は一定の範囲内に維持される。

食物中のタンパク質の一部は、腸管内で腸内細菌などにより腐敗分解され、アンモニアなど意識障害や運動機能障害を引き起こす有害物質となる。これら有害物質の一部は、腸管から体内に吸収され、腸管壁の血管から(イ)を通過して肝臓に運ばれて解毒される。例えばアンモニアは肝臓で比較的有害性が低い(キ)へと解毒された後、(ウ)を流れる血液にのって肝臓外へ流れ出し、全身を循環する血液中に分布して(D)から(E)として体外へ排泄される。

(1) 本文中の(ア)～(キ)に最も適切な語句を解答欄に記入せよ。

(2) 本文中の(A)～(E)に当てはまる最も適切な語句を一つ選び、その番号を解答欄に記入せよ。

- (A) ①大腸, ②副腎, ③腎臓, ④甲状腺, ⑤唾液腺
 (B) ①ア, ②イ, ③ウ, ④エ
 (C) ①脂肪酸, ②タンパク質, ③脂肪, ④単糖類, ⑤多糖類
 (D) ①胃, ②肺, ③肝臓, ④すい臓, ⑤腎臓
 (E) ①呼吸ではき出す息, ②胃液, ③尿, ④胆汁, ⑤すい液

(3) 肝臓の機能を調べるために、イヌにある種の薬剤を投与し、肝細胞の糖の代謝機能や解毒機能だけが衰えてそれ以外の内臓機能は正常な状態にした。この状態のイヌ(障害肝のイヌ)と、同種のイヌで肝臓機能を含めてすべての内臓機能が正常なイヌ(正常肝のイヌ)を用いて次の実験を行った。

デンプンが大部分を占めるエサをとらせた5分後、15分後、30分後、45分後に、イヌの脚の静脈血の血糖値を測定した。正常肝のイヌでは、食後5分から食後45分までの期間、比較的緩やかに血糖値が上昇した。ところが障害肝のイヌでは、食後45分まで血糖値はより顕著に上昇してどの時点でも正常肝のイヌより高い値を示した(図2)。この実験について述べた次の文章(a)～(d)について、内容が正しい文章には○を、誤っている文章には×を、該当する解答欄に記入せよ。

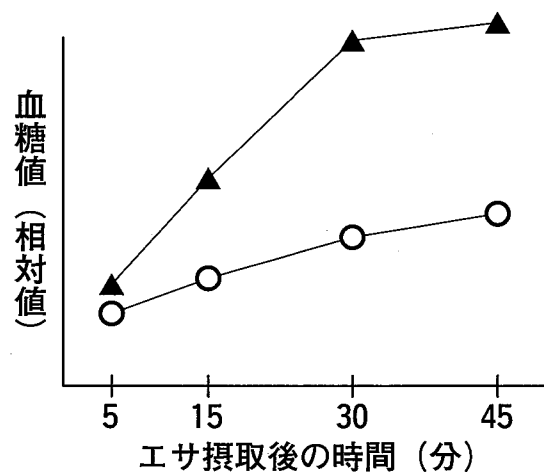


図2 イヌの血糖値の時間変化

○ 正常肝のイヌ ▲ 障害肝のイヌ

- (a) 食後45分の血糖値が、障害肝のイヌでは正常肝のイヌより高くなったのは、障害肝のイヌでは正常肝のイヌに比べてインスリン分泌量がこの時点で減少しているからである。
- (b) 障害肝のイヌでは、食後45分の尿中にグルコースが排出される可能性がある。
- (c) 食後45分の血糖値が、障害肝のイヌでは正常肝のイヌより高くなったのは、障害肝のイヌでは正常肝のイヌに比べて、食事開始から食後45分までの期間に小腸から体内に吸収されたグルコース量が多いからである。
- (d) 食事開始から食後45分までの期間にグリコーゲンとして肝細胞に貯蔵されたグルコースの量は、障害肝のイヌでは正常肝のイヌより少ない。

- (4) 前述の正常肝のイヌと障害肝のイヌに、タンパク質を非常に多量に含むエサを1週間食べさせ続けた。すると、障害肝のイヌは呼びかけでも反応が鈍く、息はアンモニアのようなにおいがした。この障害肝のイヌの症状はアンモニア等の有害物質による中毒症状と考えられた。一方、正常肝のイヌは呼びかけると元気に反応し、息はアンモニアのにおいがしなかった。この現象を説明するのに適切な内容の文章を、次の四角で囲んだa, b, cの文章の内から選べ。その際、最適な選択肢を①～⑧の中から一つ選び、その番号を解答欄に記入せよ。

- a 障害肝のイヌでは有害物質が肝臓で十分に解毒されなかったため、全身を循環する血液中の有害物質の濃度が異常に高くなった。
- b 正常肝のイヌでは有害物質が肝臓で十分に解毒されたため、全身を循環する血液中の有害物質の濃度は異常な高さにはならなかった。
- c 障害肝のイヌの静脈血液中のアンモニア濃度は、正常肝のイヌよりも高くなっている。

- ① aのみ適切 ② bのみ適切 ③ cのみ適切
 ④ aとbが適切 ⑤ bとcが適切 ⑥ aとcが適切
 ⑦ a, b, c全て適切 ⑧ a, b, c全て不適切

- (5) 次に(4)の実験に用いた障害肝のイヌに下剤(下痢を引き起こす薬品)と消化管内の細菌の活動を低下させる薬品を3日間毎日飲ませ、同時にタンパク質が非常に少ないエサを与えた。すると障害肝のイヌも反応が良好で元気な状態に回復し、息もアンモニアのにおいがしなかった。

上記の障害肝のイヌが元気になった現象について、その理由を説明するのに適切な内容の文章を、次の四角で囲んだa, b, cの3つの文章の内から選べ。その際、最適な選択肢を①～⑧の中から一つ選び、その番号を解答欄に記入せよ。

- | |
|--|
| <p>a タンパク質が非常に少ないエサにすると、腸管内の細菌類により腐敗分解されるタンパク質が少なくなり、アンモニア等の有害物質の腸管内での産生量が減った可能性がある。</p> <p>b 細菌の活動を抑える薬品により腸内細菌等によるタンパク質の腐敗分解が抑制され、腸管内でのアンモニア等の有害物質の産生量が減った可能性がある。</p> <p>c アンモニア等の有害物質を含む腸管内容物が下痢によって排泄され、腸管から体内に吸収されるアンモニア等の有害物質が減った可能性がある。</p> |
|--|

- ① aのみ適切 ② bのみ適切 ③ cのみ適切
 ④ aとbが適切 ⑤ bとcが適切 ⑥ aとcが適切
 ⑦ a, b, c全て適切 ⑧ a, b, c全て不適切

(50点)

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、問い(1)～(6)の答えを解答用紙(一)の〔Ⅱ〕の該当する欄に記入せよ。

動物は、自身を取り巻く外部環境の変化に反応しながら生きている。外部からの刺激を受け取る器官・組織を、受容器(感覚器)とよぶ。受容器にはそれぞれ受け取る事のできる刺激の種類が決まっている。このような刺激を(ア)という。それぞれの受容器には刺激を受け取る(イ)細胞があり、(イ)細胞が刺激を受け取り興奮するとその情報が脳に伝えられ、刺激に応じた感覚が生じる。ヒトがにおいを感じる場合は、空气中の揮発性の化学物質が(ア)となる。におい物質が鼻腔の奥の(ウ)に存在する(エ)で受け取られると、(a)活動電位が発生する。(b)発生した電気信号は軸索に沿って中枢へ伝わり、嗅覚が生じる。(エ)の繊毛の表面には(c)におい物質が結合する受容体(におい受容体)が存在する。(d)ヒトでは約350種類、マウスでは約1000種類のおい受容体が発見されている。動物の中には、におい物質を体内から分泌し、同種の他の個体に特有の反応をおこさせることがある。このような場合のにおい物質を(オ)という。カイコガでは、(e)メスの尾部にある分泌腺から(オ)が分泌され、オスを誘引することにより交尾行動がおきる。

(1) (ア)～(オ)に入る最も適切な語句を解答欄に記せ。

(2) 下線部 (a) について、下記の設問 1), 2) に答えよ。

設問 1) 活動電位が生じると図 1 のような電位変化がおこる。このとき細胞内外のナトリウムイオン (Na^+) とカリウムイオン (K^+) の細胞膜の透過性が変化する。以下の (あ) ~ (え) の文章のうち 内容が誤っているものをすべて 選び、解答欄に記せ。

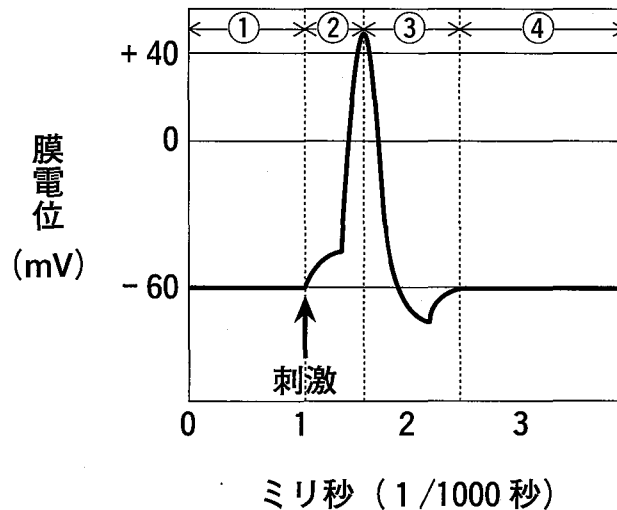


図 1 細胞内の電位変化

- (あ) 図中①ではナトリウムチャネルが開き、細胞内へ Na^+ が流入する。
- (い) 図中②ではナトリウムチャネルが閉じ、細胞内への Na^+ の流入がとまる。
- (う) 図中③ではカリウムチャネルが開き、細胞外へ K^+ が流出する。
- (え) 図中④では流入した Na^+ がナトリウムチャネルを通過して細胞外へ流出する。

設問2) 以下の文章を読み、文章中の(カ)、(キ)の{ }内の選択肢から最も適切なものを選び、解答欄に記せ。

細胞が興奮していない状態では、細胞外は細胞内より Na^+ 濃度が高く、 K^+ 濃度が低く維持されている。この濃度差が維持される現象には細胞膜の輸送タンパク質が関係している。このタンパク質は(カ){ ATP 、 K^+ の濃度差、 Na^+ の濃度差}をエネルギー源とする。このときの Na^+ の細胞外への移動と K^+ の細胞内への移動には(キ){同一、別々}のタンパク質が関与する。

- (3) 下線部(b)について、刺激によって軸索が興奮すると、興奮した部分と隣接した静止状態の部分との間に活動電流が流れる。活動電流は次々と隣接部に活動電位をおこし、興奮は軸索上を伝わっていく。図2をみて以下の設問1)~3)の答えを該当する解答欄に記せ。

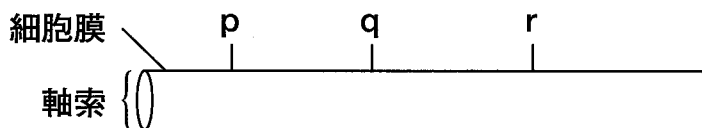


図2 軸索の模式図

- 設問1) 軸索のp地点を活動電位が通過した後、1.5ミリ秒後にq地点、4.5ミリ秒後にr地点でそれぞれ活動電位が生じた。このときの興奮の伝導速度が時速12キロメートルのとき、q-r間の距離は何ミリメートルかを答えよ。また、この軸索上のp地点から150ミリメートル先の地点に活動電位が到達する時間は何ミリ秒後かを答え、該当する解答欄にそれぞれ記せ。小数点以下四捨五入すること。

設問2) 以下の文章のうち、内容が正しいものを(あ)～(う)から1つ選んで解答欄に記せ。

- (あ) p地点を刺激するとq地点が興奮し、その興奮は再びp方向に伝導する。
- (い) q地点を刺激すると、r方向にのみ興奮が伝導する。
- (う) q地点を刺激すると、p方向とr方向に興奮が伝導する。

設問3) 有髄神経繊維と無髄神経繊維では興奮の伝導速度が大きく異なる。神経繊維の太さが同じ時、どちらの伝導速度が速くなるかを答えよ。またその伝導速度の速さを生み出している伝導方法を何というか。該当する解答欄にそれぞれ記せ。

(4) 下線部(c)について、以下の文章を読み、(ク)に入る数値を小数点以下四捨五入し、解答欄に記せ。

におい受容体は図3 aのように細胞膜を貫通した領域をもっており、この領域は図3 bのようならせん構造をしている。らせん構造を構成するそれぞれのアミノ酸は次のアミノ酸とらせん軸に沿って 100° の回転角の位置関係にある(図3 b)。らせんの1ピッチ(らせん1回転の軸方向の長さ)は $5.4 \times 10^{-10} \text{ m}$ で、この長さはアミノ酸によらず、一定であるとする。らせん構造が膜を貫通するのに24アミノ酸が必要であるとする、図3 aに示すらせん構造の軸の長さXは(ク) $\times 10^{-10} \text{ m}$ となる。

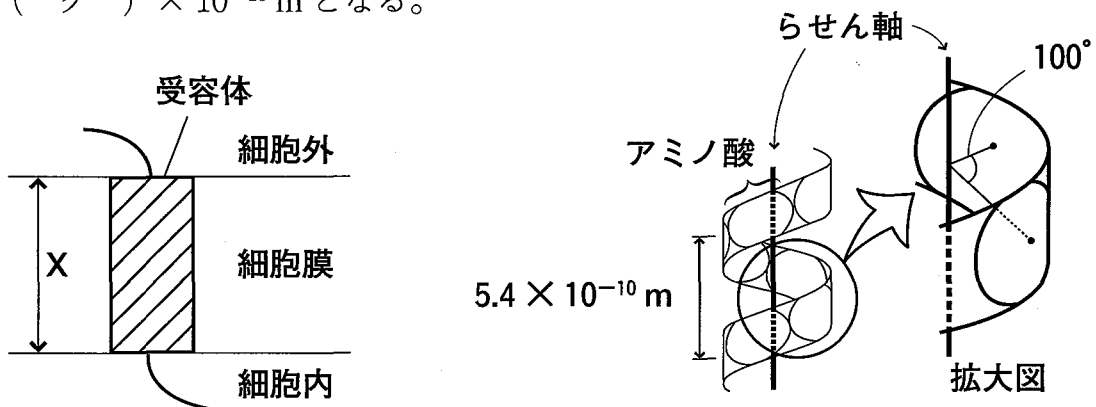


図3 a. におい受容体の細胞膜貫通領域の模式図

b. らせん構造の模式図

- (5) 下線部 (d) について、以下の文章を読み、(ケ) に入る最も適切なものを (あ) ~ (う) の中から1つ選び解答欄に記せ。

受容体は特定の物質に対し高い特異性をもつ。このことから考えると、動物は自身がつにおい受容体の種類の数だけ、においをかぎわけることになる。この考えを検証するために、以下の実験を行った。マウス由来のにおい受容体 v ~ z をそれぞれ発現した細胞と、マウスが異なるにおいとして受容する、構造が類似した10種類のにおい物質 A ~ J との結合の有無を調べた。受容体 v を発現した細胞に、におい物質 A を添加すると、におい物質 A は受容体 v に結合した。また受容体 y を発現した細胞に、におい物質 B を添加すると、におい物質 B は受容体 y に結合しなかった。このようににおい物質 A ~ J と受容体 v ~ z の結合の有無を調べ、図4に示す結果を得た。この結果から、(ケ) と推測される。

- (あ) 1種類のにおい物質は1種類のにおい受容体にのみ特異的結合するため、マウスはにおい受容体の種類と同数種類のにおいだけを感じ取る
- (い) におい物質は複数のにおい受容体に結合するため、受容体の種類の組み合わせを換えることによりにおい物質が区別され、マウスはにおい受容体の種類より多くの種類のにおいを感じ取る
- (う) 類似構造をもつにおい物質は、同じにおい受容体に結合するため、マウスはにおい受容体の種類と同数種類のにおいだけを感じ取る

類似構造をもつにおい物質 (A ~ J)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
v	○	○		○	○	○		○		○
w		○	○			○		○	○	
x		○	○		○		○			○
y			○	○	○		○	○	○	
z	○				○		○		○	

図4 におい物質とにおい受容体の結合の有無を示した図
におい物質がにおい受容体に結合した場合を○印で示す。

- (6) 下線部 (e) について、成虫になったばかりの未交尾のカイコガのオスとメスを用いた次の実験を読み、以下の (あ) ~ (え) のうち内容が正しいものには○を、誤っているものには×をそれぞれ解答欄に記せ。

カイコガのメスを机の上に置き、メスから約 10 cm 離れたところに以下の①~④のオスをそれぞれ置き、オスの行動を観察した。①正常なオス、②触角を片方切除したオス、③触角を両方切除したオス、④両方の翅を切除したオス。その結果、①は翅をばたつかせジグザグに移動しながらメスにたどりついた。②は残った触角の方に回転し続け、メスにたどりつかなかった。③、④は反応を示さず、メスにたどりつかなかった。しかしメスの背後から③、④に向かって風を送ったところ、④のみがメスにたどりついた。

- (あ) オスは翅を使って空気の流れをつくりメスが分泌するにおい物質を引きよせている。
- (い) オスの翅には、メスが分泌するにおい物質を感知する受容器が存在し、オスは翅をばたつかせることで、におい物質を感知している。
- (う) オスは両方の触角を使ってメスのいる方向を定めている。
- (え) オスは触角を片方失うだけでメスが分泌するにおい物質を感知できず、メスの存在に気がつかない。

(50点)

〔Ⅲ〕 問い(1)～(6)の答えを解答用紙(二)の〔Ⅲ〕の該当する欄に記入せよ。

私たちヒトの体は、約60兆個もの細胞からできている。細胞はそれぞれ特色のある形と機能をもっており、その種類は200以上に及ぶ。特有の構造や機能をもった細胞の集まりを組織という。ヒトの組織は、その分布や役割から、大きく4つに分類される。^(A)ヒトの体では、いくつかの組織が集まって、胃や腸、皮膚、脳、肝臓などの(ア)をつくる。さらに、いくつかの(ア)が集まって、全体としてまとまったはたらきをする場合、それらをまとめて(イ)という。例えば、胃、肝臓、すい臓、小腸、大腸などは、消化に関する機能を担っており、これらをまとめて(ウ)という。

生物学において、最もよく用いられる実験装置の1つが、顕微鏡である。顕微鏡にはいろいろな種類があり、見える仕組みや観察できるものの大きさが異なる。可視光線を用いる^(B)光学顕微鏡の分解能は、およそ $0.2\mu\text{m}$ であり、細胞内の比較的大きな構造体を観察できる。一方、電子線を用いた電子顕微鏡の分解能はおよそ0.2(エ)であり、より微細な構造まで観察することができる。これらの顕微鏡の発達により、細胞内部の構造が次々と明らかにされ、生物学は大きな発展を遂げた。

(1) 文章中の(ア)～(エ)にふさわしい語句を入れよ。(エ)は長さの単位である。

(2) 下線部(A)について、(a)~(d)のような特徴をもつ組織の名称を答えよ。また、(a)と(b)の形態的な相違点を80字以内で述べよ。

(a) 動物の体の表面や体内臓器の内表面などをおおって、内側と外側の境界となっている。

(b) 動物体内のさまざまな組織と組織の間にあって、それらを支持したり、結びつけたりしている。

(c) 体を動かす運動機能を担う。細長い細胞が集まって、強い収縮性をもつ。

(d) 動物体内における情報伝達を担う。刺激により興奮し、その興奮を伝えるはたらきをする細胞と、これらに養分を与える細胞で構成されている。

(3) 血液および骨は問い(2)の(a)~(d)のいずれに分類されるかを記号で答えよ。

(4) 以下の文章は、下線部(B)の使い方を説明している。文章中の①~⑤にあてはまる適切な語句を選べ。また、①、④の解答を選んだ理由を、それぞれ20字以内で述べよ。

顕微鏡にレンズをつけるときは①(接眼, 対物)レンズを先につける。対物レンズは最も倍率の②(高い, 低い)ものにし、視野の明るさを③(レボルバー, しぼり)を動かして調節する。プレパラートをステージにのせたら、ステージを横から見ながら、対物レンズとの距離を④(ぎりぎりまで近づけ, できるだけ遠ざけ), その距離を変えらることで大まかにピントを合わせる。さらに⑤(粗動, 微動)ねじでピントを調節する。

- (5) 図1は、ある倍率で観察したマイクロメーターの目盛りを表している。対物マイクロメーターには1 mmを100等分した目盛りがふつである。
- (i) 図1のとき、接眼マイクロメーター1目盛りは何 μm になるかを答えよ。
- (ii) 図1と同じ倍率で、ある細胞を観察したところ、図2のように見えた。この細胞の長径は何 μm かを答えよ。
- (iii) 図2と同じ倍率で、ある植物細胞を観察していたところ、細胞内の顆粒がゆっくり動くのが観察された。この現象を何というかを答えよ。
- (iv) 顆粒が接眼マイクロメーターの10目盛り分を動くのに7.5秒かかった。直線的に移動したと仮定したときの、この顆粒の平均移動速度を答えよ。単位を $\mu\text{m}/\text{秒}$ とし、必要なら四捨五入して整数で答えよ。

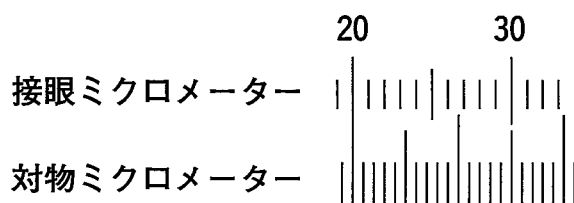


図1 マイクロメーターの目盛り

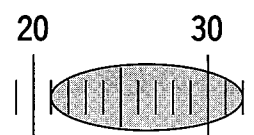


図2 顕微鏡で観察した細胞の像

- (6) 光学顕微鏡を用いた実験・観察について、次の(a)~(d)のテーマに対して、それぞれもっともふさわしい実験材料を①~④のなかから選べ。ただし、同じ数字を2回以上選択しないこと。
- (a) 骨格筋の筋繊維 (b) 食胞 (c) 減数分裂
- (d) 体細胞分裂
- ① ムラサキツユクサのやく
- ② タマネギの根端
- ③ ニワトリの手羽先
- ④ ゾウリムシ

(50点)