

生 物

1 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点 20)

私たちが食物として取り入れた炭水化物(でんぷん)は、まず、液中の という酵素によって麦芽糖になり、次に、小腸で という酵素によってグルコース(ブドウ糖)に分解される。グルコースは、小腸で吸収された後、血液を介して体の各組織へ運ばれる。一部は細胞を構成する成分の素材となり、残りは細胞内で呼吸の基質となって分解作用を受ける。酸素を利用した分解過程では、最終的に二酸化炭素と に分解され、同時に、1分子のグルコースから 分子の を生成する。また、急激な運動を行ったとき、筋肉では大量のエネルギーを必要とするが、酸素供給が間に合わないため、酸素を必要としない代謝が行われて が蓄積する。

細胞で発生した二酸化炭素は、血液中に含まれる赤血球の中に入り、肺に運ばれて体外へ放出される。このとき、赤血球中のヘモグロビンは、酸素と結合して酸素ヘモグロビンとなり、全身の組織に酸素を運ぶ役割を担う。このヘモグロビンと酸素の結合は可逆的に行われ、生体では主に酸素分圧(肺胞中は 100 mmHg, 筋肉中は 30 mmHg とする)や二酸化炭素分圧(肺胞中は 40 mmHg, 筋肉中は 70 mmHg とする)に依存する。

問 1 ～ に最も適切な語句または数字を入れなさい。

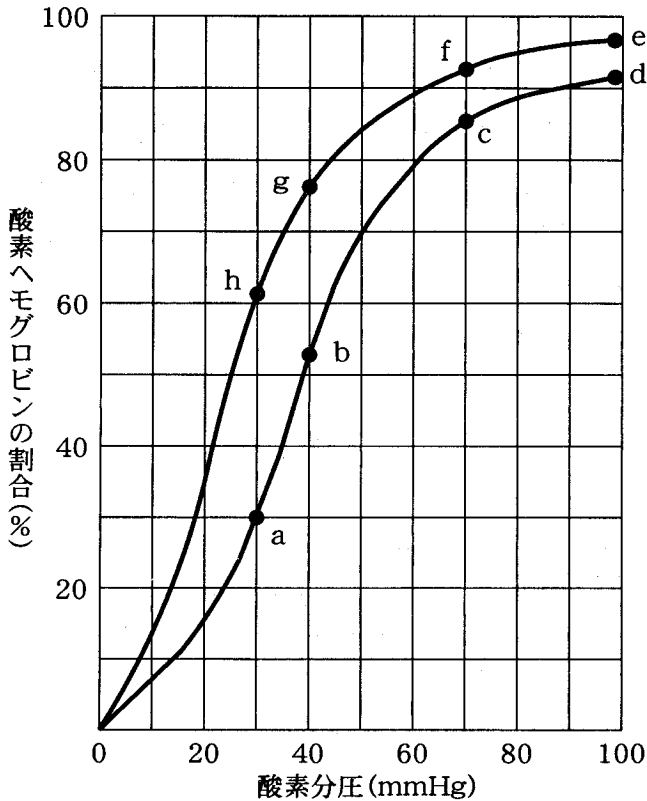
問 2 酵素の反応速度は、温度を上げると増大するが、ある温度をこえると急に低下する。この低下の理由を答えなさい。

問 3 下線①は三つの中心的な代謝経路を必要とする。それぞれの名称と役割を答えなさい。

問 4 下線②について、酵母菌でグルコースの嫌気性代謝が行われた場合の化学反応式を示しなさい。

問 5 下図の二つの曲線は、二酸化炭素分圧が 40 mmHg と 70 mmHg での、酸素分圧と酸素ヘモグロビンの割合との関係(酸素解離曲線)を示している。

- (1) 下線③の条件のとき、曲線上の a～h から肺静脈中の血液の状態を示す点を選び、記号で答えなさい。
- (2) 下線③の条件のとき、肺静脈中の酸素ヘモグロビンのうち、何%が解離して酸素を筋肉に供給するか。計算式を示し、小数点以下を四捨五入して答えなさい。



2 以下の文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点 20)

脊椎動物の骨格筋は、1つの細胞内に多くの核を持つ多核細胞で、細胞質には筋収縮に必要な **ア** を供給する筋小胞体と、ATPを供給する **イ** などの小器官が存在する。また、細胞質には多くの **ウ** が規則正しく束になって並んでおり、横縞模様が観察されることより、骨格筋は **エ** と呼ばれる。**ウ** は、図1の模式図で示すように、Z膜により区画された **オ** という繰り返しの単位からなり、細い **カ** フィラメントと太い **キ** フィラメントから構成される。

図2は神経筋標本を用いた収縮実験の模式図を示している。電気刺激を行うための刺激点Aを、筋から9cm離れた神経繊維上に配置した。刺激を受ける前は、神経繊維の細胞膜の内側の電位は外側に対して低く、電気的に負になっている。刺激点Aで適当な強さの電気刺激を与えると、刺激部位に活動電位が発生し、細胞膜内外の電位に一過性の逆転が生じる。この状態は興奮と呼ばれ、神経繊維に沿ってその末端まで伝導されていく。そして、神経繊維末端と骨格筋の接合部である **ク** を介して、興奮は筋細胞に伝達される。神経繊維に対する1回の刺激で、骨格筋は1回収縮し、その後弛緩する。この収縮を **ケ** という。このような骨格筋の収縮は、収縮曲線として記録装置(キモグラフ)上に記録される。

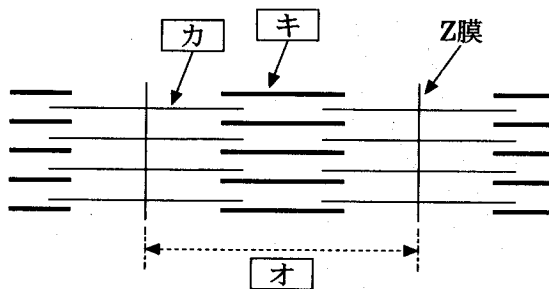


図1

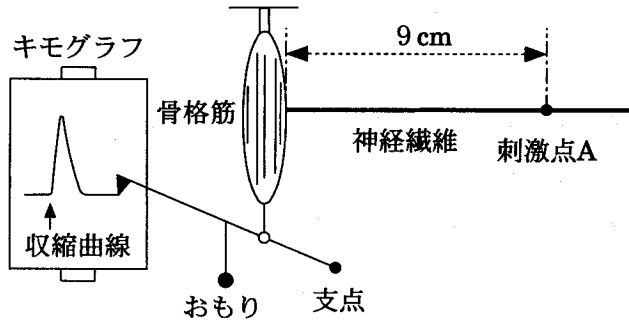


図2

問 1 文章中の ア ~ ケ に適切な語句を記入しなさい。

問 2 解答欄には、図 1 に基づいて弛緩時の模式図が示してある。弛緩時との違いがわかるように、収縮時の構造の変化を模式図で示しなさい。

問 3 下線部について、以下に示した三つの語句をすべて用い、興奮が有髄神経繊維を伝導するしくみを説明しなさい。

語句：ランビエの絞輪、電流、細胞の膜電位

問 4 図 2 の刺激点 A の他に、筋から 10.5 cm 離れた神経繊維上に刺激点 B を配置した。刺激点 A と B に、それぞれ適当な強さの 1 回の電気刺激を行ったとき、得られた収縮曲線を図 3 に示した。

- (1) 興奮が神経繊維に沿って伝導される速度(メートル/秒)を求めなさい。
- (2) 興奮が神経繊維末端に達してから、筋収縮が発生するまでに要する時間(ミリ秒)を求めなさい。

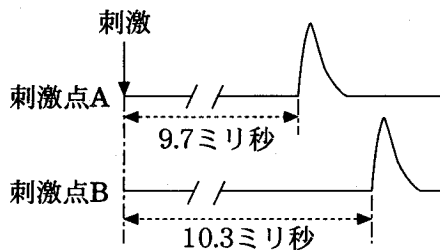


図 3

解答欄
2

問 2

弛緩時



収縮時

3 次の文章を読んで、問1～7に答えなさい。(配点 20)

ヒトなどの哺乳動物において、個々の細胞は、周辺の細胞と連絡を取り合うだけでなく、全身の遠く離れた細胞と神経系や血管系を通じて、電気・化学的に情報を交換し合っている。これら情報のやり取りがフィードバックとして、体内の恒常性維持や状態変化に重要な役割を果たすことになる。

例えば、運動をして血糖値が減少すると、すい臓は、直接これに反応して、血糖値を上昇させる を分泌する。視床下部も血糖値の減少に反応していくつかのホルモンを分泌し、脳下垂体前葉から副腎皮質刺激ホルモンや甲状腺刺激ホルモンなどの分泌を促す。副腎皮質刺激ホルモンと甲状腺刺激ホルモンはそれぞれ副腎皮質と甲状腺に働き、 と の分泌を促して、グリコーゲンをグルコースに分解する反応を促進する。ただし は、同時に細胞内でエネルギーの消費も増大させる。視床下部は、また、自律神経系を介してすい臓と に作用し、それぞれ の分泌と の分泌を誘導する。これらも肝臓や筋肉のグリコーゲンの分解を促し、血糖値を上昇させる。一方、血糖値の減少が間脳から大脳に伝わると、これを空腹と感じ、大脳は脳幹や脊髄に食事を摂ることを指令して血糖値を増やそうとする。

また、成熟女性の体内では常に性周期に伴う状態変化が起っている。脳下垂体前葉からろ胞刺激ホルモンの分泌が促進されると、卵巣内のろ胞が発達しはじめ、ろ胞ホルモンの分泌が増大してくる。ろ胞ホルモンの増大は、脳下垂体前葉からの黄体形成ホルモン分泌を急激に増大させ、これが排卵を誘発することになる。

問1 ～ に当てはまる適切な語句を答えなさい。

問2 下線部①で、血糖値が上昇した場合に反応して分泌されるホルモンの名称とそのホルモンを分泌する細胞名を答えなさい。

問3 下線部②の自律神経系とはどういう自律神経系か、その名称を答えなさい。

問 4 すい臓を取り除いた犬に関する記載のうち、正しいものを二つ選び、記号で答えなさい。

- (a) グルコースを分解する反応が促進されている。
- (b) 体内のグリコーゲンの貯蔵が増加してくる。
- (c) 水をたくさん欲しがすが、尿量は減り、浸透圧の高い濃縮された尿ができる。
- (d) 多尿となり、水をたくさん欲しがらる。
- (e) 多尿ではあるが飲水量が少なく、やがて死んでいく。
- (f) 尿量も飲水量も少なく、やがて死んでいく。
- (g) 尿にハエやアリがたくさん集まってくる。

問 5 ラットに ウ を多量に投与し続けた場合の状態変化について、正しいものを二つ選び、記号で答えなさい。

- (a) 呼吸数が減り、体温は低下し、動作が緩慢になる。
- (b) 体重が増え、体温は上昇し、動作が緩慢になる。
- (c) 活発な活動を示し、体重が増加する。
- (d) 活発な活動を示すが、体重減少が著しく、やがて衰弱する。
- (e) 活動に変化はないが、体温が上昇する。
- (f) グルコースを分解する反応が促進されている。
- (g) 細胞内へのグルコースの取り込みに障害が出てきている。

問 6 卵巣の機能が衰えた女性では、その機能が正常な女性に比べて、ろ胞刺激ホルモンの分泌が高い値を示す。この理由を 40 字以内で述べなさい。

問 7 排卵のしくみが恒常性維持のしくみと違う点について、フィードバックの観点から 100 字以内で説明しなさい。

4 生物は外界のさまざまな刺激に反応する。植物の幼葉鞘は、より強い光がくる方向に屈曲することが知られている。この現象に関する以下の一連の実験結果をよく読んで、問1～6に答えなさい。(配点 20)

(実験1) 幼葉鞘の先端を水平に切り取ると、光の方向に曲がらなくなった。

(実験2) 幼葉鞘の先端におおいをして、その部分に光が当たらないようにすると、光の方向に曲がらなくなった。

(実験3) 幼葉鞘の先端を切り取り、寒天片をのせ、その上に切り取った先端を戻すと、光による正常な屈曲が観察された。

(実験4) 実験3で、寒天片のかわりにプラスチックのうすい板をはさむと、屈曲は観察されなかった。

(実験5) プラスチックの板を光に当たらない側だけ半分さしはさむと、屈曲は観察されなかった。

(実験6) プラスチックの板を光に当たる側だけ半分さしはさむと、屈曲が観察された。

(実験7) 実験3でしばらくはさんだ寒天片を取り出し、先端を除いた別の幼葉鞘の断面の半分をおおうようにのせ、暗所におくと、幼葉鞘は寒天片をのせなかった側に屈曲した。

(実験8) 対照実験として暗所においた幼葉鞘では、屈曲は観察されなかった。

問1 幼葉鞘が光に反応して屈曲する性質を何というか、名称を答えなさい。

問2 屈曲反応を引き起す上で、光を感じる部位が幼葉鞘の先端部のみにあることをはっきり示すには、実験1と2以外にさらにどのような実験をすればよいかを書きなさい。

問3 実験4の結果から、実験3で幼葉鞘が屈曲した理由を説明しなさい。

問4 実験5と6からどのようなことがわかるかを書きなさい。

問 5 実験7で、寒天片は幼葉鞘の屈曲にどのような役割を果たしたかを書きなさい。

問 6 幼葉鞘が屈曲するとき、光が当たっていない側の屈曲部で、細胞にどのような変化が起っているかを書きなさい。また、それを確認する方法を述べなさい。

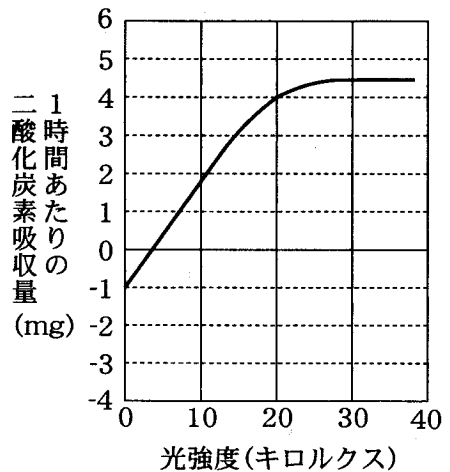
5 次の文章を読み、以下の問1～4に答えなさい。(配点 20)

大気中や水中の二酸化炭素は、光合成を行う生物によって有機化合物中に固定され、食物連鎖によって上位の栄養段階へと移動する。また、生物は呼吸によって体内の有機物を分解しているが、このとき生じる二酸化炭素が体外に放出され、再び大気中や水中などに戻される。光合成で合成される有機化合物中の炭素量と、生物の呼吸によって放出される二酸化炭素中の炭素量とはおおまかにはつり合っている。しかし、南極大陸の水中に閉じ込められた気泡中の二酸化炭素の量を測定した結果などから、近年、急速に大気中の二酸化炭素量が増加する傾向にあることがわかった。この原因として、人口増加にともなう、化石燃料の大量燃焼や熱帯多雨林の乱伐などが指摘されている。

問1 下線①について、(1)～(3)に答えなさい。

- (1) 植物以外で光合成を行う生物名一つと、その生物が光合成に用いる色素名を一つあげなさい。
- (2) 植物の光合成過程を化学反応式で表わしなさい。

(3) 右図は、ある種の植物の葉一枚の1時間あたりの二酸化炭素吸収量と光強度との関係を表わしたグラフである。この葉を1日のうち16時間を20キロルクスの光にあて、残りの8時間を暗室に置いたとき、この葉が1日のうちに光合成によってつくる有機物の量はグルコースに換算して何mgか。計算式を示し、小数点以下を四捨五入して答えなさい。ただし、呼吸量は光の強さに関係なく一定とし、原子量はC = 12, H = 1, O = 16とする。



問 2 下線②, ③の作用をそれぞれ何というか, 名称を答えなさい。

問 3 下線④による地球の温暖化が心配されている。地球温暖化の原因となる二酸化炭素の効果を何というか, 名称をあげ, その内容を説明しなさい。

問 4 下線⑤の特徴について述べた次の文のうち, 誤っているものを二つ選び, 記号で答えなさい。

- (a) 地表に落ちた葉や枝はすぐに分解され植物体に吸収されるので, 土壌に含まれる有機物の割合が少ない。
- (b) ラワンなどの巨大な高木が林冠をつくって光を吸収するため, 森林下層部へ届く光が少なく, そのため植物群落の階層構造は貧弱である。
- (c) 生物が活動を休止する時期が無く, 生産者の生産量や現存量も多いので, 消費者も多い。
- (d) 多様な常緑広葉樹が高密度に生育し, つる植物やランなどの着生植物も多いが, 特定の優占種はない。
- (e) 植物がよく繁茂して物質の生産量が多いので, 有機物を大量に貯蔵している。
- (f) 光・温度・降水量に恵まれ, 植物は急速に成長するので, 伐採されても比較的早く再生する。