

本科 0 期 1 月度

解答

Z 会東大進学教室

東大・医学部・難関大生物

東大生物



1 章 細胞・タンパク質①

問題

■ 演習

【1】

解答

A 問1 1-A 2-F

問2 大腸菌, ヒトの赤血球, ミドリムシ, ゾウリムシ

問3 (1) 構造体①-核 構造体②-ミトコンドリア 構造体③-小胞体

(2) クエン酸回路-分画Ⅱ 解糖系-分画Ⅳ

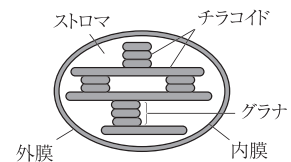
B 問4 A-核: 遺伝物質である DNA をもち細胞の活動を支配する。

B-葉緑体: 光合成の場。

C-ミトコンドリア: 呼吸の場。

ア-核小体 イ-核膜 ウ-核膜孔

細胞小器官 B の断面-右図



葉緑体

問5 ゴルジ体, リソソーム, 小胞体, 液胞のうちから3つ

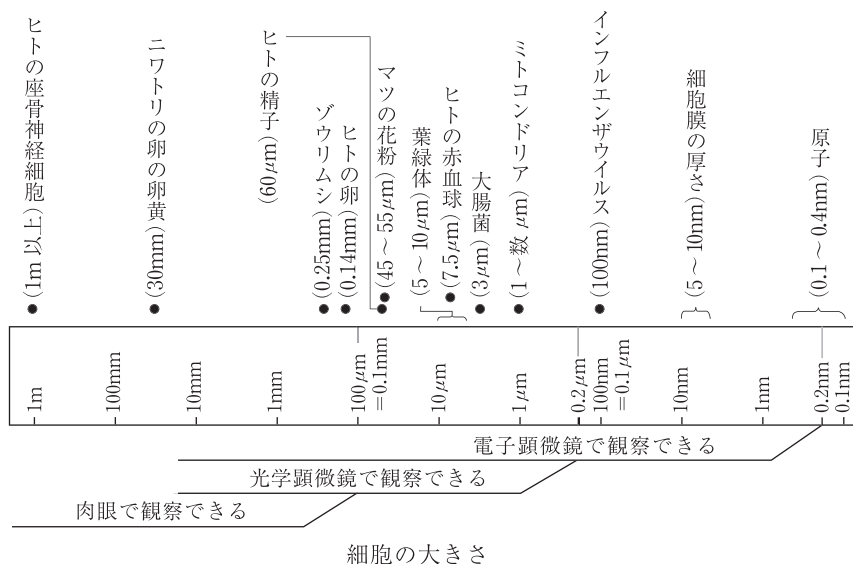
問6 細胞内に存在する分解酵素の活性を抑えることで, 細胞内構造の分解を防ぐ。

解説

A 動物細胞を試料とした細胞分画法である。

問1 「生物の構造と機能の基本単位は細胞である」という説を細胞説という。細胞説は, 植物についてシュライデン(ドイツ)が, 動物についてシュワン(ドイツ)が提唱した。これらをまとめ, さらに細菌類も含みすべての生物について細胞からなることを提唱したのがフィルヒョーである。

問2 細胞の大きさについては, すべての細胞の大きさを覚えておく必要はないが, 一般的な傾向として 原核生物<真核生物で多細胞生物の細胞<真核生物で単細胞生物の細胞 という順になる。なお, 入試で問われるものとして, ヒトの赤血球 $8\mu\text{m}$ 前後, ゾウリムシの長さ $200\mu\text{m}$ 程度がある。



問3

- (1) 動物細胞を用いた細胞分画法なので、核→ミトコンドリア→小胞体の順となる。分画Ⅲにはもちろんゴルジ体などの膜構造も含まれると考えられるが、構造体③について述べた文章が小胞体を述べている。
- (2) クエン酸回路は呼吸の過程で、ミトコンドリア内の酵素によって反応が進行する。解糖系も呼吸の過程であるが、これは発酵でも共通する。この過程は酸素がなくても進む。また、ヒトの成熟した赤血球のように、ミトコンドリアをもたない細胞においてエネルギー源である ATP を合成するのも解糖系による。

B 植物細胞を試料とした細胞分画法である。

問4 植物細胞を用いた細胞分画法なので、核→葉緑体→ミトコンドリア→小胞体の順となる。酢酸カーミンによく染まる染色体を含むことから、細胞小器官 A は核とわかる。それぞれ細胞小器官のはたらきとしては、核は遺伝情報をもつことが書かれていればよい。

細胞小器官 B は葉緑体である。内部の構造としては、チラコイドがいくつか重なってできたグラナと、基質部分であるストロマを必ずかくこと。

問5 生体膜をもつ細胞小器官として、2重膜をもつものが核・葉緑体・ミトコンドリアで、1重膜をもつものがゴルジ体、リソソーム、小胞体、液胞である。植物細胞ではゴルジ体はあまり発達していないが、ここでは解答に含めても問題ない。

問6 ホモジナイザーで細胞を破碎すると、摩擦によって熱が発生する。この熱によってタンパク質が変性する可能性もあるが、それよりもさまざまな酵素を含むリソソームが壊れたことで、酵素が破碎液中に出て細胞小器官を分解するのを防ぐ方を答えるとよい。

なお、本問にはなかったが、破碎液の pH が変化することを防ぐために緩衝液を用いること、細胞と等張かあるいはやや高張な浸透圧に保つことも大切である。

【2】

解答

- 問1 a. 1—③ 2—① b. ⑧
 問2 a. 3—① 4—⑧ b. ⑤
 問3 a. A—① B—② C—④ b. ③

解説

問1 a. 1：動物細胞では、水に次いで多い物質はタンパク質である。タンパク質は酵素やホルモンのほか、筋肉などからだをつくる上でも重要な物質である。細胞膜の主成分であるリン脂質やエネルギーを蓄えるはたらきをもつ脂肪などの脂質はタンパク質に次いで多い。

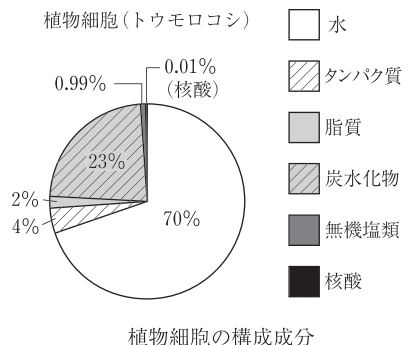
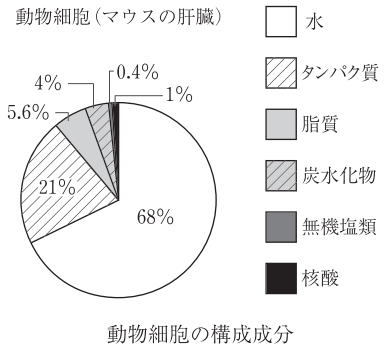
2：植物細胞では、水に次いで多い物質は炭水化物である。動物細胞には細胞壁はないが、植物細胞は細胞膜の外側に細胞壁をもつ。細菌類も細胞壁をもつが、主成分は異なる。

b. 植物細胞の細胞壁は、セルロースやペクチンなどの多糖類（炭水化物）が主成分である。セルロースはグルコースが多数結合したものであるが、結合の仕方がアミロースとは異なる。なお、ペクチンは植物細胞どうしをつなぎ合わせる「のり」のようなはたらきをしている。ジャムの粘り気はペクチンによる。

光合成で直接合成されるのはフルクトースであるが、何段階か経てデンプンになる。デンプンの成分は構造の違いで、アミロースとアミロペクチンに分けられる。イネにおいて胚乳にウルチ性とモチ性があるが、これは胚乳に含まれるデンプンの違いによる。アミロースを合成する遺伝子がなくアミロペクチンのみからなるデンプンをもつとモチ性となる。

問2 a. 3：細胞を構成する主要物質は、タンパク質・炭水化物・脂質で、これらに共通する元素は、炭素(C)、水素(H)、酸素(O)である。

4：植物は土壤中から無機化合物を吸収し、そこから有機化合物を合成している。CHOの他にタンパク質は窒素(N)を、DNAやRNAといった核酸はリン(P)を含んでいる。また、植物ではカリウム(K)が重要で、細胞の浸透圧や膜電位の形成などに参与している。



- b. クロロフィルは構造の中心にマグネシウム (Mg) をもつ物質である。植物はクロロフィルを自ら合成しているので、Mg が不足するとクロロフィルを合成できなくなるため、光合成が進まなくなる。また、植物に限らず動物においても電子伝達系ではたらくシトクロムは、鉄 (Fe) を含む物質である。呼吸において電子伝達系が進行しないと、それ以前の過程であるクエン酸回路も進行が抑制されるため、Fe が不足すると呼吸全体の進行に影響が出る。

問3 a. A: ゴルジ体は、タンパク質に糖を付加する。これは、そのタンパク質がどこに運ばれていけばよいのか目印としての糖をもち、よってゴルジ体には糖転移酵素が含まれる。

B: リボソームはタンパク質合成の場である。アミノ酸どうしを結合するのは、リボソームのもつ酵素作用による。

C: リソソーム中にはさまざまな分解酵素が含まれる。細胞内で古くなった物質は、リソソームがもつ酵素によって分解される。これを細胞内消化という。

- b. ナトリウムポンプとは、細胞膜に存在する膜タンパク質で、細胞外へ Na^+ を汲みだし、 K^+ を細胞内へ取り込んでいる。これは ATP のエネルギーを必要とする能動輸送である。

【3】

解答

A 問1 原形質流動

問2 $72\mu\text{m}$

問3 $3\mu\text{m/秒}$

B 問4 アー細胞骨格 イーアクチン ウーチューブリン

エーモーター オーキネシン カーミオシン

キーグリセリン

解説

A ミクロメーターの計算問題である。

問1 細胞内では、モータータンパク質が細胞骨格にそって細胞小器官や物質を運ぶ。光学顕微鏡で観察すると、葉緑体などの細胞小器官が動く様子が見える。この現象を原形質流動という。液胞の発達した植物細胞では原形質流動が観察しやすい。オオカナダモの葉のほか、ムラサキツユクサの雄しべの毛、シャジクモの節間細胞などがよく観察試料として用いられる。

問2 接眼ミクロメーターの5目盛り分と対物ミクロメーターの3目盛り分が一致しているので、このときの接眼ミクロメーターの1目盛りがあらわす長さは、 $3 \times 10 \div 5 = 6[\mu\text{m}]$ となる。細胞の長辺は12目盛り分なので、

$$6 \times 12 = 72[\mu\text{m}]$$

問3 $6\mu\text{m} \times 9$ 目盛り分の距離を、18秒で進んだので

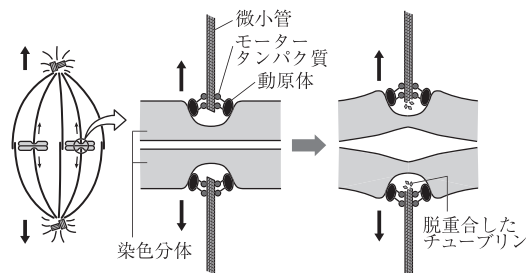
$$6 \times 9 \div 18 = 3[\mu\text{m/秒}]$$

B 細胞骨格についての問題である。

問4 ア：細胞内に見られる繊維状の構造で、細胞の形態の維持や細胞分裂などさまざまな現象に関わる物質の総称を、細胞骨格という。

イ：アクチンという球状のタンパク質が結合した繊維で、微小繊維（マイクロフィラメント）ともいう。筋収縮、アメーバ運動などに関与する。体細胞分裂では、細胞質分裂のときに収縮環とよばれる構造をつくり、細胞を2つに分ける。

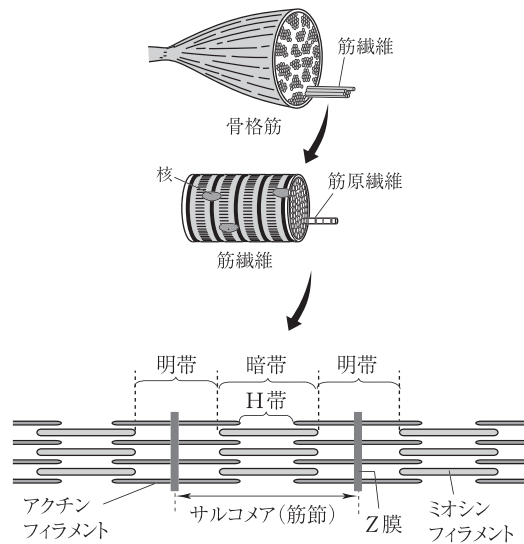
ウ：微小管はチューブリンという球状のタンパク質が結合した、管状構造となっている。細胞分裂のときには、染色体の動原体と呼ばれる部位に付着し、染色体を両極に移動するのにはたらく。



細胞分裂における染色体の移動

エ、オ：ATP を用いて物質を輸送するタンパク質をモータータンパク質という。

カ：筋肉の細胞中には、筋原繊維というフィラメントがある。主成分はミオシンとアクチンで、これらのタンパク質からなるフィラメントが滑り合うことで、筋肉が収縮する。



キ：筋肉を 50% のグリセリン (3 価のアルコール) に浸して 0℃ で数日放置すると、細胞膜が壊れて細胞内の水溶性の物質が流れ出る。しかし、アクチンやミオシンはそのまま残るため、ATP を与えると収縮する。これをグリセリン筋という。

添削課題

解答

問1 Xに対応する酵素Aが得られたので、ゴルジ体での修飾は受ける。よって、ゴルジ体から分離した膜小胞が細胞膜と融合し分泌される過程に異常がある。(69字)

問2 変異体b：肥大したゴルジ体が蓄積していることから、ゴルジ体から膜小胞が形成される過程に異常がある。よって、修飾は受けているので、Xの分子量となる。

(68字)

変異体c：小胞体が大量に蓄積していることから、小胞体からゴルジ体への輸送過程に異常がある。よって、修飾はまだ受けていないので、Yの分子量となる。(67字)

問3 (1) ②

(2) 変異体aよりも変異体cの異常の方が前の段階にある。よって、変異体cと同様の結果になると考えられるので、小胞体が主に蓄積していると予測できる。(70字)

解説

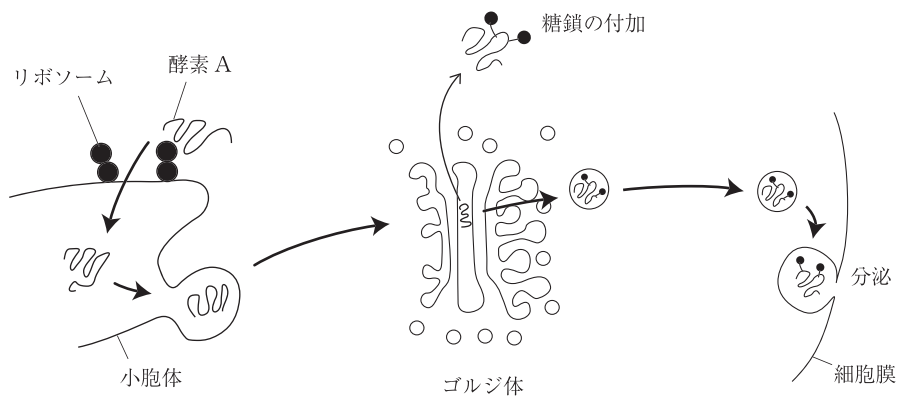
東大(前期)の問題である。特別な知識がなくても、問題文をよく読み取ることと、細胞小器官のはたらきなど基本事項が理解していれば解ける問題である。

問1 まず、問題を考えるうえでポイントとなる電気泳動について説明する。電気泳動とは、電荷をもつ物質の溶液に電場をかけると、一方の電極に移動する現象を利用して、物質を分離する実験方法である。生物の実験では、DNAやタンパク質を電気泳動にかけることが多い。アガロースやポリアクリルアミドなどのゲルは、網目状の構造となっている。そのゲルに電流を流すと、タンパク質やDNAはその網目をすり抜けるように移動する。このとき、分子量が大きいものよりも小さいものの方が移動速度は大きいので、分子量の違いによってゲル中にバンドがあらわれる。

さて、問題であるが、放射性同位体³⁵Sを含む酵素Aは、細胞内で0分ではYの位置に1つだけバンドがあらわれている。しかし、30分後にはバンドがない。これは、酵素Aは30分後には細胞外へ分泌されたからである。よって、細胞外では30分でXの位置に複数のバンド(=いろいろな分子量の酵素Aである=ゴルジ体での修飾を受けた)があらわれている。

酵素Aの合成と輸送について、問題文の内容をまとめると以下のようなものである。

- ・ 酵素Aは小胞体表面にあるリボソーム上で合成され、小胞体内腔へ取り込まれる。
 - ・ 酵素Aは小胞体から膜小胞の内部に取り込まれてゴルジ体へ輸送される。
 - ・ 酵素Aはゴルジ体で特異的な修飾を受ける。
 - ・ 酵素Aはゴルジ体から膜小胞の内部に取り込まれて細胞膜へ運ばれ、細胞外へ分泌される。
- この流れのうち、変異体a～cは輸送の部分に異常が生じている。



変異体 a では、X の位置にバンドがあらわれていることから、ゴルジ体での修飾を受けていることがわかる。しかし、酵素 A は細胞外へ分泌されずに細胞内にあることから、ゴルジ体→細胞外の過程に異常があるとわかる。

問 2 変異体 b：ゴルジ体が肥大しているのは、酵素 A が蓄積しているからと考えられる。

つまり、ゴルジ体から膜小胞が形成されずにとどまっていることになる。よって酵素 A はゴルジ体での修飾は受けているので、X の位置に対応する。

変異体 c：酵素 A はゴルジ体に輸送される前の段階にあるので、まだ修飾は受けていない。よって Y の位置に対応する。

問 3 ある反応が $E \rightarrow F \rightarrow G$ と進んでいくとする。もし、 $E \rightarrow F$ の過程が進まないとすれば、 $F \rightarrow G$ も進めないはずである。ここで得られた二重変異体は、一連の反応にかかわるものなので、反応の流れの上流にある異常がポイントとなる。

- (1) 変異体 a の異常(ゴルジ体→細胞外)より、変異体 c の異常(小胞体→ゴルジ体)の方が先に起こる反応である。よって、変異体 c と同じ結果になると考えられるので、Y の位置に検出されるはずである。
- (2) 「理由とともに」と設問文にある場合は、理由と結果がはっきりわかるように答えるとよい。ここでの理由は「変異体 c の異常の方が前の段階」であること、結果は「小胞体が蓄積」である。

2章 細胞・タンパク質②

問題

■ 演習

【1】

解答

- A 問1 1-拡散 2-全透膜 3-半透膜 4-浸透 5-浸透圧
6-選択的透過性 7-高張液 8-低張液 9-原形質分離 10-膨圧
- 問2 吸水力 = 浸透圧 - 膨圧
- 問3 受動輸送とは、濃度の高い方から低い方へと物質の濃度勾配に従って、ATPのエネルギーを用いずに行う物質輸送である。一方、能動輸送は濃度の低い方から高い方へと物質の濃度勾配に逆らって、ATPのエネルギーを用いて行う物質輸送である。(113字)
- B 問4 感覚上皮, 吸収上皮, 絨毛上皮 などから2つ
- 問5 イ
- 問6 a, c, d, f
- 問7 植物は細胞→組織→組織系→器官という階層構造で、動物は細胞→組織→器官→器官系という階層構造である。

解説

- A 細胞膜の性質に関する基本問題である。
- 問1 水溶液中において、溶質が均一の濃度になるように溶媒の中を散らばる現象を拡散という。水の中にインクを1滴たらすと、インクが徐々に広がっていくのは拡散による。膜を通して物質が移動することを浸透という。
- 膜は、次のような性質がある。
- ・全透性…溶液の溶質も溶媒も通す性質。
 - ・半透性…溶液の溶質は通さないが溶媒は通す性質。
 - ・不透性…溶液の溶質も溶媒も通さない性質。
- 細胞膜は、半透性に近い性質をもつが、すべての溶質を通さないのではなく、グルコースやイオンなど特定の物質を選択的に透過させる。この性質を選択的透過性という。
- 半透膜を物質が透過するときに生じる圧力を、浸透圧という。細胞もそれぞれ浸透圧があり、細胞よりも浸透圧の高い溶液（高張液）に浸すと、浸透圧の低い方から高い方へ、つまり細胞から溶液へと水が移動する。反対に、細胞を細胞よりも浸透圧の低い溶液（低張液）に浸すと、溶液から細胞へと水が移動する。
- 動物細胞を極端な低張液に浸すと、吸水して膨張し、最終的には破裂してしまう。赤血球の場合をとくに、溶血という。植物細胞は強固な細胞壁があるため、細胞膜内が膨張できる限界があるので破裂することはあまりない。そのかわり、細胞内から細胞壁を押す圧力である膨圧が生じる。また、高張液に植物細胞を浸すと、細胞膜とその内部だけ体積が小さくなり、細胞膜と細胞壁が離れる原形質分離が起こる。

- 問2 植物細胞を低張液中に浸すと、浸透圧差に従って水は細胞外から細胞内へと移動する。水が細胞内に入るに従い細胞の体積が増加するので、膨圧が生じる。水の移動の向きは互いに逆になるので、実際に細胞が吸水できる力は、細胞の浸透圧と膨圧の差となる。
- 問3 受動輸送と能動輸送の大きな違いは、ATPのエネルギーを用いるかどうか、輸送の方向が濃度勾配に従うかどうか、の2点である。この2点の比較がわかるように解答をまとめよう。
- B 動物の組織と器官についての問題である。
- 問4 上皮組織は、動物のからだで内外表面を覆う細胞の集まりで、ふつう細胞どうしが密に接着している。構造的には単層上皮と多層上皮に分けられる。はたらきによっては、保護上皮(表皮組織など)、腺上皮(汗腺など)、吸収上皮(小腸の絨毛の表面など)、感覚上皮(網膜など)、絨毛上皮(気管の表面など)に分けられる。
- 問5 結合組織は、体内のいろいろな組織や器官を結びつける役割をもつ。骨組織や血液などが結合組織に該当する。皮膚では、表皮は上皮組織であるが、真皮は結合組織である。結合組織は発生的には中胚葉に由来するので、イが誤りである。
- 問6 筋組織は構造の違いで、横紋筋と平滑筋に分けられる。骨格筋と心筋は横紋筋、内臓筋は平滑筋である。平滑筋を顕微鏡で観察しても横縞は見られない。また、横紋筋に比べて収縮力は弱い疲労しにくいという特徴がある。
- 問7 「系」がつくのは、動物では器官、植物では組織である。

【2】

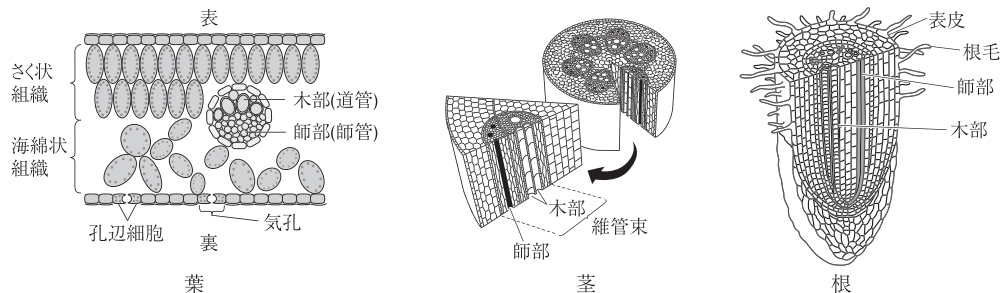
解答

- A 問1 1-③ 2-①
 問2 3-①
 問3 4-② 5-① 6-② 7-②
 問4 ②, ⑤
- B 問5 A-緊張状態 B-膨圧を生じさせることで、植物体を支持できる。
 問6 $b=a-c$
 問7 4.6 気圧

解説

A 植物の組織と器官に関する問題である。

問1 双子葉類においては、とくに葉と茎、根の断面における各組織の分布は覚えたい。



単子葉類では、維管束系は双子葉類のようにはまとまっておらず、散在している。しかし、茎で内側に木部、外側に師部という関係は共通である。

問2 植物では、分裂組織は茎・根の先端部にある頂端分裂組織と、根や茎の内部にある形成層がある。頂端分裂組織は伸長成長を、形成層は肥大成長を行っている。樹木の年輪は、形成層における分裂速度が夏季と冬季で異なることによってできたものである。

問3 葉の表側にさく状組織、裏側に海綿状組織がある。この2つの組織には葉緑体が多く含まれており光合成を活発に行っているため、まとめて同化組織とも呼ぶ。

1本の木でも、光がよく当たるところの葉とあまり当たらないところの葉では、構造に違いが生じてくる。光がよく当たるところの葉を陽葉といい、さく状組織が発達している。そのため、光があまり当たらないところの葉(陰葉)よりも厚みがある。

問4 ふつう表皮組織の細胞には葉緑体は含まれないが、孔辺細胞(①)は葉緑体を含んでいる。道管(②)は死細胞であるので、葉緑体などの細胞小器官はなく、細胞壁だけが残り筒状となっている。クチクラ(⑤)は細胞ではなく、表皮細胞が分泌した脂肪酸とロウでできた構造体である。

B 植物の浸透圧に関する問題である。

問5 陸上で生活する植物がピンと立っているのは、細胞は膨圧を生じた緊張状態となっているからである。

問6 aは浸透圧, bは吸水力, cは膨圧のグラフである。

問7 限界原形質分離の状態とは、等張液中に細胞がある場合で、このときの細胞の体積は1.0である(膨圧が生じるぎりぎりのところ)。等張液中と高張液中にあるとき、細胞の浸透圧は外液の浸透圧とつりあっている。よって、この植物細胞の浸透圧は0.25モルのショ糖水溶液に等しい。溶液のモル濃度と浸透圧は以下の関係が成り立つ。

$$\Pi = cRT \left[\begin{array}{ll} \Pi : \text{浸透圧 [気圧]} & c : \text{モル濃度 [mol/L]} \\ T : \text{絶対温度 [K]} & R : \text{気体定数} = 8.3 \times 10^3 [\text{Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})] \end{array} \right]$$

本問では温度は一定と考えてよいので、TとRは定数としてよい。よって、浸透圧はモル濃度に比例することになる。よって、0.25モルショ糖水溶液の浸透圧をPとすると、

$$1 \text{ モル} : 24.0 \text{ 気圧} = 0.25 \text{ モル} : P \text{ 気圧}$$

の式が成り立つ。よって $P = 6.0$ 気圧となる。

細胞の体積と浸透圧の積は一定の関係が成り立つので、蒸留水中(細胞の体積は1.3)の浸透圧をP'とすると、

$$1.0 \times 6.0 = 1.3 \times P' \quad \therefore P' \doteq 4.61$$

【3】

解答

問1 H_2O , CO_2

問2 陽電荷をもつ水素イオンが細胞外に出たため、細胞内は細胞外に比べて負となる。その差を解消するために陽電荷をもつナトリウムイオンが、細胞内へと引き込まれる。

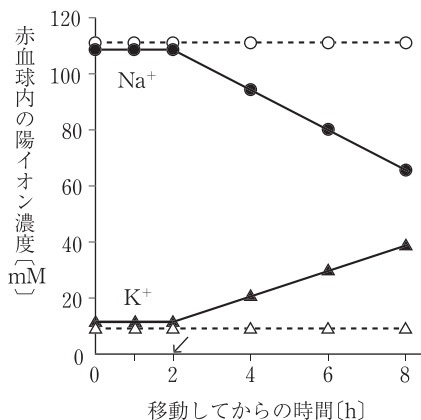
問3 ミトコンドリア

問4 受動輸送(あるいは拡散)

ナトリウムイオンは増加して、カリウムイオンは減少する。

問5 生理食塩水中にはカリウムイオンが含まれていないので、P1 がはたらかない。よって、ナトリウムイオンもカリウムイオンも移動しない。

問6 (下図)



解説

問1 内容としてはこの分野の問題ではないが、問題文から推測可能である。まず、鰹の細胞でのガス交換(外呼吸)について、問題文の最初に述べられている。また、「細胞に豊富に存在」とあるのもヒントである。呼吸によって生じた CO_2 が塩類細胞に多いこと、また水素源としては豊富に存在する H_2O であろうこと、に気が付けばよい。

なお、呼吸で発生した CO_2 は赤血球中で炭酸水素イオン (HCO_3^-) となり、血しょう中でナトリウムと結合して炭酸水素ナトリウムとなって呼吸器官に運ばれる。



炭酸 炭酸水素イオン

問2 ナトリウムイオンはC1を通る、つまり受動輸送によって細胞内に入る。一般に、溶液中では電気的には中性である。水素イオンは陽電荷をもち、それが細胞外に出ていけば細胞内は細胞外に対して電気的に負となる。そこで、細胞外の陽電荷が引き寄せられることとなる。しかし細胞膜のリン脂質部分はイオンが透過しにくいので、他の陽電荷をもつイオンではなく、専用のチャネルがあるナトリウムイオンが細胞内に引き込まれると考えられる。

問3 ATPを大量に消費する組織の細胞では、ミトコンドリアが発達している。細胞質基質中でも解糖系によってATPは得られるが、ミトコンドリア内で起こる反応の方が、より多くのATPを得ることができるからである。

問4 4℃という低温にすると、酵素の活性が低下するので呼吸(赤血球はミトコンドリアがないので解糖系という過程による呼吸)による ATP 合成が行われなくなる。ポンプ P1 はナトリウムポンプである。ATP があるときはナトリウムポンプのはたらきによって、細胞内はカリウムイオンが多く、ナトリウムイオンが少なくなっている。しかし、ATP がなくナトリウムポンプが止められてしまえば、それぞれのイオンは濃度勾配に従って移動することになる。細胞外液は生理食塩水なのでナトリウムイオンが含まれている。よって、ナトリウムイオンは細胞外から細胞内へ移動する。カリウムイオンは濃度勾配に従って、細胞内から細胞外へと移動する。

問5 37℃にすれば、ATP 合成は行われるようになる。しかし、ナトリウムポンプによるナトリウムイオンの排出とカリウムイオンの取り込みは、同時に起こる共役輸送である。前にも述べたように、生理食塩水中にはカリウムイオンが含まれないので、共役輸送は行われない。

問題とは関係ないが、細胞外から細胞内へのグルコースの取り込みも、ナトリウムイオンの取り込みと同時に起こる共役輸送である。この輸送はナトリウムポンプによってナトリウムイオンが細胞外に多いために起こるので、二次的に ATP を必要としている。

問6 問題文中にあるように「ナトリウムイオン濃度の減少とカリウムイオン濃度の増加の比率は3:2」なので、そうなるようにグラフをかけばよい。ナトリウムイオン濃度はおよそ110mM から8時間で60mM まで、50mM 減少している。よって、カリウムイオンは8時間で $50 \times \frac{2}{3} \approx 33\text{mM}$ 増加する。

添削課題

解答

問1 ア-K⁺ イ-Na⁺

問2 名称：ナトリウムポンプ(またはNa⁺-K⁺ATPアーゼ)

説明：ATPが分解されてADPになるときに放出される化学エネルギー (30字)

問3 (1) $[H^+] = 1.0 \times 10^{-7} - 9.9 \times 10^{-8} = 1.0 \times 10^{-9}$ (mol/L)

$$pH = -\log_{10}[H^+] = -\log 10^{-9} = 9.0 \quad \therefore pH \text{ は } 9.0$$

(2) H⁺が内腔側に放出されるとき炭酸水素イオンは血管側へ放出される。すると、炭酸がH⁺と炭酸水素イオンに電離する反応が進み、H⁺ができるから。(66字)

問4 細胞膜はリン脂質が二重の層になっている。内側は極性のない脂肪酸であるが、外側は極性をもつリン酸なので、電荷をもつイオンは透過しにくい。(67字)

問5 ③のしくみを阻害すると、内腔側へとH⁺が分泌されなくなる。すると③と連動してはたらく①と②も抑制されるので、胃酸の分泌を抑えることができる。(70字)

解説

大阪大(前期)の問題である。難関大の生物では、化学で学習する内容について出題されることも多い。

問1, 2 これは基本的な問いである。ナトリウムポンプ(Na⁺-K⁺ATPアーゼ)は、ATP分解酵素としての活性をもつ。ATPはアデノシン三リン酸の略で、3つのリン酸が連続して結合しており、この結合が切れると多くのエネルギーが放出される。

問3

(1) pHの定義や計算方法については生物ではなく、化学の分野で扱う内容である。

pH(水素イオン指数)は、水溶液中では水素イオン濃度[H⁺] (単位はmol/Lまたはmol/dm³) にほぼ等しい。

$$pH = -\log_{10}[H^+]$$

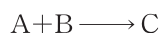
pHが7とは、 $pH = 7 = -\log_{10}[H^+]$ より、 $[H^+] = 1.0 \times 10^{-7}$ である。ここから、H⁺が 9.9×10^{-8} mol/L 減少したので、

$$\begin{aligned} [H^+] &= 1.0 \times 10^{-7} - 9.9 \times 10^{-8} = 10.0 \times 10^{-8} - 9.9 \times 10^{-8} \\ &= 0.1 \times 10^{-8} = 1.0 \times 10^{-9} \text{ (mol/L)} \end{aligned}$$

これをpHに直すので

$$pH = -\log_{10}[H^+] = -\log_{10} 10^{-9} = 9.0$$

(2) これも、化学で学習する化学反応の平衡に関する知識が必要である。化学反応において、



が右方向へ進むためには、① AあるいはBを加える、② Cを除く、の2つがある。本問では



の反応でH⁺とHCO₃⁻は細胞外へと運び出されるため、細胞内では右方向への反応が進む。

よって、胃酸が分泌されても炭酸の電離によって H^+ が補充されることになるため、細胞内の pH はほとんど変化しないことになる。

問4 細胞膜は脂質二重層であるので、その構造とイオンの透過性について述べればよい。この問いも化学の基礎知識が必要である。

問5 ③はプロトンポンプと呼ばれるものである。プロトンポンプのはたらきが阻害されれば、細胞内に H^+ が増えたままの状態となる。すると、 $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \longrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ の右向きの反応もあまり進まなくなるため、①の陰イオン交換系のはたらきが弱まる。そのため Cl^- が細胞内に取り込まれる量が減少するので、②のはたらきも弱くなる。

④のナトリウムポンプは、①～③とは別にはたらいっている。③を阻害してもナトリウムポンプは正常にはたらいっているので、膜電位には異常は起こらない。よって、治療薬として用いることが可能である。実際に、こうしたはたらきをもつ薬が使われており、PPI(プロトンポンプインヒビター)という。

3章 細胞・タンパク質③

問題

■ 演習

【1】

解答

- A 問1 炭素原子に、水素、カルボキシ基、アミノ基が結合している構造。
- 問2 (i) らせん状やジグザク状などの規則的な構造
(ii) ポリペプチドが折りたたまれて複雑な立体構造をつくっている
(iii) 複数本のポリペプチドが集まってできている
- 問3 立体構造ができるには水素結合やジスルフィド結合などが重要である。アミノ酸の配列が変わると、そうした結合の位置も変わってくるため。
- 問4 (i) 失活
(ii) 高温、pHの変化 などから1つ
- 問5 (ア) コラーゲン
(イ) カタラーゼ、アミラーゼ、リパーゼ などから1つ
(ウ) ヘモグロビン
(エ) アクチン、ミオシン から1つ
(オ) 免疫グロブリン
- B 問6 ① キネシン ② トル様受容体
③ カドヘリン ④ バソプレシン
⑤ Gタンパク質 ⑥ シャペロン
- 問7 ① MHC(あるいは主要組織適合性複合体)
② インテグリン
③ 電位依存性チャネル

解説

A アミノ酸、タンパク質の基礎事項の確認問題である。

問1 アミノ酸の基本構造は右図のようである。中心にある炭素は、4カ所それぞれ結合している基が異なる不斉炭素である(グリシンを除く)。



問2 タンパク質の構造は、次のように定義されている。

- ・一次構造…タンパク質のアミノ酸配列。
- ・二次構造…水素結合により規則的に形成された構造。 α ヘリックス、 β シートなど。
- ・三次構造…二次構造が組み合わさり、折りたたまれた立体構造。
- ・四次構造…複数のポリペプチドからなる立体構造。

三次構造については「部分構造が～立体構造」の部分を書いてもらおう。

問3 たとえば、ジスルフィド結合は含硫アミノ酸であるシステインの側鎖間の結合である。システインの場所が変われば、ジスルフィド結合の場所も変わるために、立体構造は変化することになる。

問4 失活とは、タンパク質が本来もつ機能が失われることである。タンパク質はそれぞれ特有の立体構造をもつが、それが壊れると本来の機能を失う。高温にさらされると水素結合などが切断される。また、アミノ酸の側鎖にはカルボキシ基やアミノ基をもつものがあり、これらはpHの変化によってイオンの状態であったりイオンの状態ではなくなったりする。こうした違いも、タンパク質の機能に大きく影響する。

問5

- (ア) コラーゲンは繊維状のタンパク質である。
- (イ) 酵素はほかにもマルターゼやペプチダーゼといった消化に関係する酵素や、脱水素酵素、転移酵素などさまざまである。
- (ウ) 生命活動に必要な物質はいろいろあるが、「運搬」という語に注目するとそれは酸素を指すと考えてよい。
- (エ) 筋肉を考えるとわかりやすい。
- (オ) 免疫にかかわるタンパク質も複数ある。ここでは、体液性免疫でメインにはたらく抗体(免疫グロブリン)をあげればよい。

B さまざまなタンパク質に関する問題である。

問6

- ① モータータンパク質であるダイニンやキネシンは、細胞小器官や物質の運搬にはたらく。
- ② 自然免疫に働く好中球やマクロファージなどの細胞は、ウイルスや細菌などに特有の成分を認識するトル様受容体をもつ。
- ③ カドヘリンやインテグリンを細胞接着タンパク質という。
- ④ 副腎皮質ホルモンなど一部を除くと、多くのホルモンはタンパク質である。
- ⑤ Gタンパク質は特定の酵素などに作用し、細胞外からの情報に従って細胞内の特定の反応が起こるよう、情報を伝達する。
- ⑥ シャペロンはタンパク質のフォールディングにかかわる。

問7

- ① MHCは、ヒトの場合HLAという。臓器移植での拒絶反応にかかわる。
- ② 細胞表面または細胞外に存在する物質の総称を細胞外マトリックスという。インテグリンは、細胞と細胞外マトリックスを接着する膜タンパク質である。
- ③ 神経における膜電位の変化によって開閉するチャンネルには、ナトリウムチャンネルとカリウムチャンネルがある。

【2】

解答

問1 1 → 4 → 6 → 3 → 5 → 2 → 7 → 8

問2 g

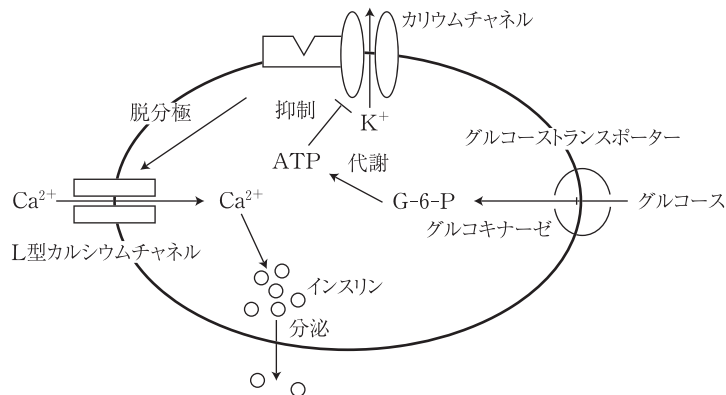
問3 d

解説

問1 インスリンはすい臓から分泌されるペプチドホルモンで、血糖を下げる等の作用がある。ホルモンは他にもいろいろあり、さまざまな作用をもつが、詳細は別章で扱うのでここでは割愛する。

1からスタートするので、次は取り込まれたグルコースがどうなるのか、と考える。すると、4 → 6が呼吸の反応なので1 → 4 → 6の順となる。呼吸が行われればATPが合成されるので、ATP感受性カリウムチャンネルが反応すると考えられるので、次は3とわかる。カリウムチャンネルは膜電位に影響を与えるので、5の細胞膜の脱分極が起こる。この膜電位の変化により、2の電位依存性カルシウムチャンネルの活性化が起こる。すると、7のカルシウムの流入が起こる。以上より、1 → 4 → 6 → 3 → 5 → 2 → 7 → 8の順とわかる。

この流れを図にすると、以下のようになる。



問2 問題文に反応の流れが示されている。それに合わない内容がないか、選択肢を1つ1つ確認する。

- a: 酵素Aが活性化すれば、一連の流れは進むのでグルコースは放出され则认为られる。
- b: 酵素Aが活性化しないとcAMPは増加しない。
- c: 酵素Bが活性化しないと酵素Cが活性化されない。
- d: cAMPの増加は、酵素Bの活性化前に起こる。
- e: cAMPによって酵素Bは活性化される。
- f: cAMPによって酵素Bは活性化されると、続いて酵素Cも活性化される。
- g: 酵素Bは直接cAMPによって活性化される。よって、gは知見と矛盾する。
- h: 酵素Cは酵素Bによって活性化させるため、精製されて酵素Cしか含まない液中にcAMPを添加しても、酵素Cは活性化しない。

問3 問2同様、問題文の流れをしっかりと追っていけばよい。

- a: タンパク質 G は膜に埋まっている受容体と隣接しているので、細胞膜分画から精製される。
- b: 酵素 A については、問2の問題文の方に書かれているように、細胞膜に埋め込まれていることがわかる。
- c: グルカゴンが直接酵素 A を活性化させるわけではない。活性化したタンパク質 G が GTP との交換反応が起こらないと、酵素 A は活性化しない。
- d: グルカゴンが受容体に結合すれば、タンパク質 G は活性化される。よって、d は知見と矛盾する。
- e: 活性化したタンパク質 G が GTP との交換反応が起こるので、酵素 A は活性化する。
- f: タンパク質 G が活性化すれば、酵素 A も活性化する。

【3】

解答

問1 (え)

問2 アドレナリンの濃度が 10^{-9} mol/L から 10^{-6} mol/L までは、濃度が10倍になるにつれて cAMP 量は2倍に増加する。 10^{-6} mol/L を超えると cAMP 量は増加せずに一定となる。

問3 試薬 X はアドレナリンと受容体との結合、またはアデニル酸シクラーゼの活性化を阻害する。また、試薬 Y は cAMP が活性化する酵素を阻害する。

解説

問1 図1と表1に共通している測定値をもとにみていく。測定値が 4.5×10^3 cpm のときは、図1より cAMP の量は 1×10^{-12} mol で、表1よりアドレナリンの濃度は 10^{-9} mol/L とわかる。同様に、測定値が 3.5×10^3 cpm のときは、cAMP は 2×10^{-12} mol で、アドレナリンは 10^{-8} mol/L となる。このようにすべてプロットしていく。

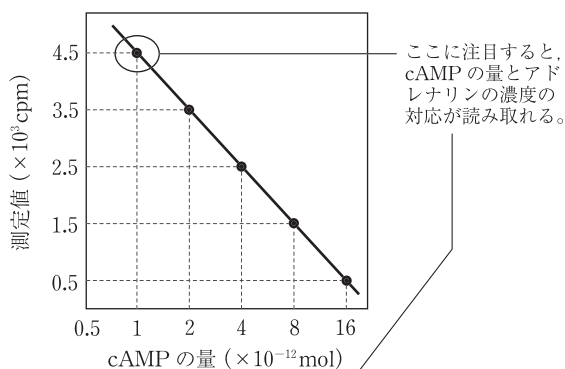
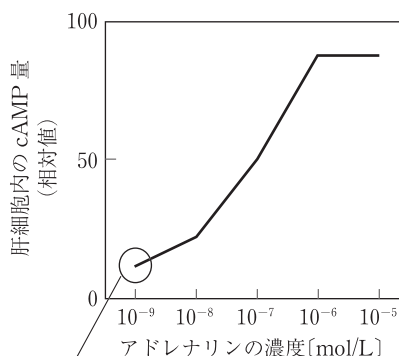


図1

表1

アドレナリンの濃度[mol/L]	10^{-9}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}
測定値 ($\times 10^3$ cpm)	4.5	3.5	2.5	1.5	1.5



上の表とグラフから求めた点をプロットする

問2 (え)のグラフの特徴を述べることになる。単純に「アドレナリンの濃度が高くなるにつれ cAMP 量が増加する」とすると、(あ)、(お)、(か)のグラフとの区別ができない。この場合は、具体的な数値を盛り込むこと。また、ずっと増加し続けたのではなく、 10^{-6}mol/L を超えると cAMP 量は増加せずに一定となる点が重要なので、必ず解答には入れなければならない。

問3 問題文を簡単にまとめる。

アドレナリンと受容体の結合→アデニル酸シクラーゼの活性化

→ cAMP 合成→別の酵素の活性化→グリコーゲンの分解

試薬 X では cAMP の生成が起こらなかったのも、その前に起こるべき反応が起こらなかった、と考える。一方、試薬 Y では cAMP は生成されているので、その後のグリコーゲンの分解を引き起こす酵素がはたらかなくなったと考える。

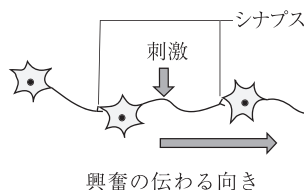
添削課題

解答

- 問1 リボソーム上で合成されたタンパク質を取り込み、小胞中にタンパク質をうつしてゴルジ体に輸送する。
- 問2 アポトーシス
- 問3 アクチビン
- 問4 シナプ스에서興奮を伝えるのは神経伝達物質で、それを放出する側と受け取る側がそれぞれ決まっているから。
- 問5 (1) モータータンパク質
(2) ダイニン, ミオシン
- 問6 クレアチンリン酸
- 問7 10^{-9}

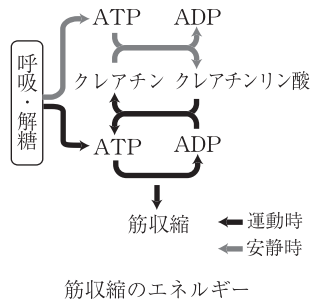
解説

- 問1 小胞体のはたらきとしては、タンパク質の輸送路としてののはたらきをメインで述べればよい。構造については聞かれていないので、はたらきだけでよい。
- 問2 ヒトの発生の過程において、四肢の指が5本に分かれていくのは、遺伝情報にプログラムされている細胞死による。これをアポトーシスという。他にも、古くなった細胞は自らアポトーシスによって死に、食作用をもつ白血球に処理してもらうようなシグナルを出す。
- 問3 アクチビンは発生過程において、細胞がどのような組織に分化していくのかを誘導する物質の1つである。もともと、アクチビンはホルモンとしてののはたらきが知られていたが、日本の研究者によって、アクチビンに誘導物質としてののはたらきがあることが明らかにされた。
- 問4 生体内での情報の受け渡しは、細胞どうしが直接接着している場合を除くと、何らかの物質が細胞から細胞へと移動することで行っている。ニューロンでは、ニューロンとニューロンの隣接部(シナプス)に神経伝達物質を放出し、受け取る側の細胞膜表面には神経伝達物質の受容体がある。神経伝達物質は一方からしか放出されないし、また、受け取る受容体も一方にしかない。よって、興奮は一方向に伝達される。



- 問5 モータータンパク質として、ダイニン, キネシン, ミオシンなどがある。
- 問6 詳細は、動物の効果器についての分野で学習する。

筋肉中にエネルギー源として存在する ATP はわずかであるので、収縮によってすぐに枯渇してしまう。そこで、呼吸や解糖によって ATP を生産し利用するが、それさえも間に合わないこともある。そのときのために、ATP ではなく他の物質がリン酸を蓄えておき、その物質からリン酸を ADP に渡すことで、ATP を合成している。



問7 m(ミリ)は 10^{-3} 、 μ (マイクロ)は 10^{-6} 、n(ナノ)は 10^{-9} 、p(ピコ)は 10^{-12} である。このように、1000分の1ずつ単位が変わる。

B3/B3J

東大・医学部・難関大生物
東大生物



会員番号

氏 名

不許複製