

生化学 (1 / 2)

(注意) 問題 [1] [2] はそれぞれ別の答案用紙に解答すること。

- [1] 細胞やオルガネラ内のイオン濃度はエネルギー産生、神経伝達等の細胞の機能に重要な役割を果たすが、細胞の脂質膜に埋め込まれた膜タンパク質がその調節を担っている。細胞内のカリウムイオン濃度の調節に関与する膜タンパク質に関する以下の文章を読み、設問 (1) ~ (3) に答えなさい。(計 50 点)

細胞内のカリウムイオン濃度は $\text{Na}^+\text{-K}^+$ ポンプやカリウムチャネルなどの膜タンパク質により調節されている。これらの膜タンパク質の膜貫通領域はタンパク質の主要な二次構造の 1 つである (ア) により主に構成されている。

$\text{Na}^+\text{-K}^+$ ポンプは (イ) の加水分解により放出されるエネルギーを利用し、(ウ) イオンと (エ) イオンを、膜を挟んで反対側に移動させる酵素である。この酵素の働きにより、たいていの動物細胞では細胞外液よりも細胞内の (ウ) イオンの濃度は低く、(エ) イオンの濃度は高い。一方、カリウムチャネルはカリウムイオンを選択的に通過させる膜タンパク質であり、カリウムイオンを膜のどちらの側からも反対側に通過させることができるが、(オ) によりカリウムイオンの移動の方向性は決定される。カリウムチャネルの膜貫通領域にはカリウムイオンを選択的に通過させる親水性の小孔があり、その中に選択フィルターと呼ばれる領域が存在する。この領域はカリウムイオンが通過するため、脂質膜と接する領域と異なり親水性が高い。^(a)典型的なカリウムチャネルの選択フィルターのアミノ酸配列は一文字表記で TVGYG であり、伸びた構造を取っている。この選択フィルターのアミノ酸配列は、すべての生物のカリウムチャネルで進化的にほぼ完全に保存されている。カリウムチャネルの選択フィルターの直径は 3 Å であり、カリウムイオンは通過することができるが、イオン半径が 1.5 Å 以上のイオンはまず通過できない。一方、カリウムチャネルは、カリウムイオンよりもイオン半径の小さなナトリウムイオンの通過も妨げる。これは以下の理由による。カリウムイオンやナトリウムイオンは (カ) 分子と相互作用し、(キ) した状態で水溶液中に存在する。(キ) したイオンから (カ) 分子を取り除くためのギブズの自由エネルギーはカリウムイオンでは約 55 kcal/mol、ナトリウムイオンでは約 72 kcal/mol である。カリウムイオンは選択フィルターがいくつかの方向から同時に結合できる大きさであり、選択フィルターとの結合によりこのエネルギーを補えるが、ナトリウムイオンは小さすぎるため補えない。

- (1) 文中の (ア) ~ (キ) に入る適切な語句を答えなさい。(30 点)

(2) 下線(a)に示した選択フィルターを構成するアミノ酸残基のうち芳香族の側鎖を持つアミノ酸残基を三文字表記で答え、そのアミノ酸残基について、その両側のペプチド結合を含めた構造式を書きなさい。(15 点)

(3) 下線(a)に示した選択フィルターを構成するアミノ酸残基の側鎖は必ずしも親水性が高いものだけではないが、その代わりにそれぞれのアミノ酸残基の単位ユニットに含まれる、ある共通の官能基がカリウムイオンの親水性の小孔を構成している。陽イオンであるカリウムイオンと直接結合できる、この官能基の名称を答えなさい。(5 点)

生化学 (2 / 2)

(注意) 問題 [1] [2] はそれぞれ別の答案用紙に解答すること。

[2] 下図は真核生物の解糖系で生成したピルビン酸とクエン酸サイクルを示した略図である。(1) ~ (7) の問いに答えなさい。(計 50 点)

(1) 化合物 A、B、C の名称、および化合物 B の構造式を答えなさい。(8 点)

(2) 酵素 A、B の名称を答えなさい。(4 点)

(3) リボン型矢印 (イ) ~ (ニ) にふさわしい語句を以下の中から選びなさい。(8 点)

GTP 合成、GTP 分解、NADH 合成、NADH 分解、FADH₂ 合成、FADH₂ 分解、NADH 合成と CO₂ 放出、NADH 合成と O₂ 放出、NADH 分解と CO₂ 放出、NADH 分解と O₂ 放出

(4) クエン酸サイクルの反応を制御する 4 種の物質を下に示す。これら 4 種を反応の促進または抑制する働きの 2 通りに分類しなさい。(8 点)

物質名 [ATP、ADP、NADH、Ca²⁺]

(5) 解糖系やクエン酸回路中の酵素の多くは複数の酵素からなる複合体を形成している。このような多酵素複合体の存在が有利と考えられる理由を簡潔に説明しなさい。(8 点)

(6) 解糖系、クエン酸サイクル、脂肪酸酸化 (β-酸化)、脂肪酸合成、は真核細胞内のどこで起こる反応かを答えなさい。(8 点)

(7) 脂肪酸酸化 (β-酸化) は、動物細胞において脂肪酸からエネルギーを取り出すための重要な代謝経路である。奇数炭素脂肪酸の分解過程では、偶数炭素脂肪酸の分解では得られない化合物が得られる。この化合物がクエン酸サイクルの活性を上昇させる理由を簡潔に説明しなさい。(6 点)

