

Q1 生体内に含まれる以下の元素について、どのような場所や物質に見られるか、また、その役割は何か、簡潔に解説しなさい。

● セレン [Selenium]

元素記号 **Se**。一般に硫化物中にセレン化物として混入している。電子配置や構造が硫黄(S)に類似しており、**H₂S** 同様 **H₂Se** も猛毒の気体である。ヒトの体重の約 2×10^{-5} %ほどの微量含まれる必須の生体元素。アミノ酸のシステインの **S** の代わりに **Se** に置き換わったセレンシステインとして、原核生物から真核生物まで普遍的に見られる。セレンシステインを持つタンパク質 (セレンタンパク質) としては、酸化還元反応、セレン輸送、脱ヨウ素反応などに関わる酵素が知られている。タンパク合成の上では、システインのコドン (**TGT/TGC**) に対応した場所で組み込まれるのではなく、終止コドンの位置で翻訳される点はユニークである。

● ナトリウム [Sodium]

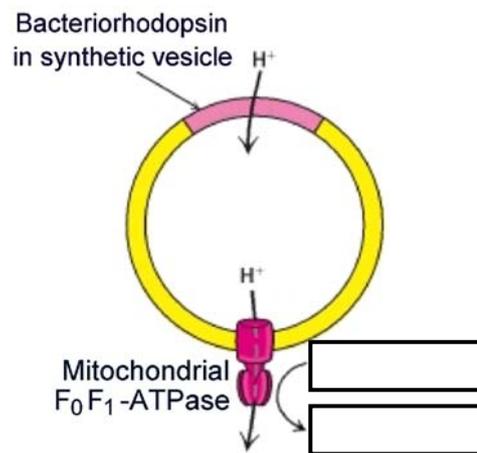
元素記号 **Na**。アルカリ金属。**Na⁺**の形で生体内に含まれ、ヒトの体重の約 **0.15%**を占める。おもに細胞外液に存在し、細胞質中には少ない。この細胞内外の濃度勾配は、**Na⁺K⁺-ATP** 加水分解酵素の能動輸送によるもので、神経細胞における活動電位の発生には不可欠である。また、この **Na⁺**濃度勾配は、**Na⁺H⁺**アンチポート (**Na⁺H⁺ exchanger, NHE**) による細胞内 **pH** 制御、**Na⁺Ca²⁺**のアンチポートによる **Na⁺**細胞内 **Ca** 濃度制御、**Na⁺I⁻**シンポート、グルコースシンポートによる **I⁻**や糖の細胞内への取り込みなどでも使われている。脊椎動物の血しょう中の **Na⁺**濃度は、腎臓や鰓による浸透圧調節機構によって一定に保たれている。

Q2 ミトコンドリアに関する、以下の設問に答えなさい。

(1) ミトコンドリアと真核生物の核は、ともに膜構造 (脂質二重層膜) を二重に持つ点で似ているが、その膜の性質・構造・機能等を観察すると、大きく異なっている。どのような点で、異なるかを簡潔に述べなさい。

構造上、内外の膜の性質や脂質組成がミトコンドリアの膜では異なる点が、同質の核の膜との大きな違いと言える。特に、内膜に呼吸に関わる重要な酵素 (電子伝達系や **ATP** 合成酵素) が集まっている点が機能の上で非常に重要である。**H⁺**の透過性が低い脂質組成 (カルジオリピンを含む) になっている点も特徴である。対して、核の膜は、内外の差がなく、核分裂・細胞質分裂の時に崩壊し、再構築されるのは、ミトコンドリアの二重膜には決してみられない特徴である。

(2) 右の図は、1973年にストケニウスが行った実験を模式的に示した図である。図の中の には、ある化学反応の反応物と生成物が入る。適切な物質名を入れ、その後、彼の行った実験は、どのようなものか、簡潔に説明しなさい。



ADP + リン酸 → **ATP** が図中の に入る。詳細は、

人工的に作成した右図のような膜小胞に、バクテリアから精製した **H⁺ポンプ** (光エネルギーで駆動) とミトコンドリア由来の **ATP** 合成酵素 (**F₀F₁-ATP** 合成酵素) を取り込ませた。この膜小胞に、光を照射すると、**ATP** が合成されることがわかったのである。2つの反応をつなぐものは、唯一、**H⁺**である。

参考文献

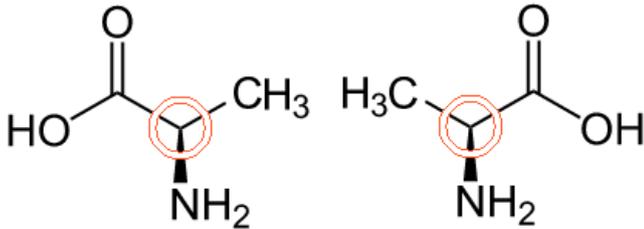
<http://www.jbc.org/content/249/2/662.long>

(3) この実験で、ストケニウスは何を証明しようとしたか、簡潔に述べなさい。

重要な事実が二つある。一つは、バクテリア由来のタンパク質を使えば、光エネルギーを吸収させ、水素イオンを移動できること（ポンプ作用）。もう一つは、ミトコンドリア由来の酵素を使って、水素イオン濃度勾配から ATP が合成できることである。しかし、この実験でもっとも重要な点、Stoeckenius が示したかったことは、2つの由来のまったく異なるものが、同じ脂質膜の上で同時に機能できる点である。水素イオン濃度勾配という物理化学的なエネルギー（プロトン濃度勾配）が、この二つのしくみを間接的に連結しているだけである。細胞呼吸における、電子伝達系と ATP 合成酵素の間を連繋するしくみもまったく同じある点を明確にした点で、斬新で画期的な実験である。

Q3 アミノ酸について以下の設問に答えよ。

1) 多くのアミノ酸に鏡面对称な2種類の立体構造（光学異性体）が存在する理由を、アラニン(A)を例にあげて、図式しながら、簡潔に説明しなさい。



上がアラニンの構造式であるが、4つの共有結合がすべて異なる不斉炭素（赤丸の位置）が一箇所存在する。この炭素を中心に各頂点位置に共有結合する他の4つの元素・官能基があることを考えると、立体構造の異なる2種類の分子（互いに重なることのない2種類の分子）が存在することがわかる。

2) 生体のタンパク質を作るアミノ酸の中で、光学異性体を持たない物を上げて、その名称をアミノ酸の略称で示しなさい。

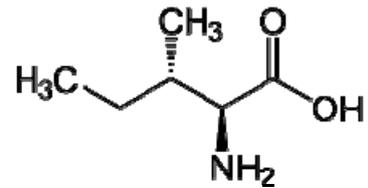
<省略>

3) N 端側がアラニンで、ANPF の構造を持つペプチド（オリゴペプチド）の化学構造式を書きなさい。ただし、メチル基、アミノ基、カルボキシル基など、ひとまとまりの基は、それぞれ、 $-\text{CH}_3$ 、 $-\text{NH}_2$ 、 $-\text{COOH}$ などと記載して良い。

<省略>

4) 右の構造を持つアミノ酸の名称はなにか、その特徴は何か、簡潔に述べなさい。

<省略>



Q4 赤血球の膜には、血液（血漿）の中のグルコースが赤血球内へ拡散するのを促進する膜タンパク質がある。このタンパク質に関する以下の設問に答えなさい。ただし、次に上げる語句を、いずれかの解答の中で必ず1回は使い、その箇所には下線を引きなさい。

（語句：疎水性、親水性、親和性、水酸基、D-グルコース、L-グルコース、飽和、拡散）

(1) 赤血球の細胞膜に、このような輸送タンパク質がある場合とない場合、どのような違いが生じるか。

赤血球の細胞膜は、内部に疎水性の部分を持つ。そのため、水酸基を持つ糖など、高い親水性を持つ分子は、細胞膜を自由に出入りできない。細胞膜は、このような分子の拡散に対して大きな障壁となっている。赤血球細胞は細胞内へグルコースを取り込むには、特異的に分子を認識して細胞内への拡散を加速する酵素が必要となる。この酵素なしでは、細胞内への糖の取り込みができない。

- (2) 赤血球におけるグルコースの取り込み速度と血漿中のグルコース濃度との間には、ある密接な関係がある。その関係とは何か、簡潔に文章で（計算式は使わずに）説明しなさい。

輸送酵素が運ぶことのできる糖の種類が決まっている。血液中の D-グルコース 濃度は約 5 mM あり、輸送酵素の D-グルコースに対する 親和性 (K_m 値、1.5 mM) を考えると、輸送速度は十分に 飽和 した高い速度になっていると考えられる。対照的に、光学異性体の L-グルコース は、血液中にほとんど含まれていないが、親和性 も低いので、あったとしても輸送速度は非常に遅い。