

《ATP 1》

(25点)

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

(a)呼吸は、材料(呼吸基質)の炭水化物(糖類)、脂肪、タンパク質を酸化分解することにより、エネルギーを得る反応といえることができる。呼吸基質としては主に炭水化物、とくにグルコース(ブドウ糖、 $C_6H_{12}O_6$)が利用され、獲得されたエネルギーは、大半がATPの形で生体内に蓄えられる。生物は、必要に応じてATPを分解してエネルギーを取り出し、さまざまな生命活動に利用している。

1918年、マイヤーホフは、筋収縮にともなって(b)筋肉中に乳酸が生じることから、乳酸の発生が筋収縮のエネルギー供給に関係すると提唱した。しかし、1930年、ルンズゴールは、無酸素条件下で解糖阻害剤中に浸しておいた筋肉でも筋収縮が起こることを実証し、マイヤーホフの考えを否定した。さらに、この筋収縮が起こらなくなったときにクレアチンリン酸含有量がゼロになることから、この物質が筋収縮のエネルギー源であると考えた。1929年、ローマンはATPを発見し、さらに1934年、ADPとクレアチンリン酸の間でリン酸をやりとりするクレアチンキナーゼという酵素を発見した。1939年、エンゲリガルトは筋肉中のタンパク質 [1] がATP分解酵素(ATPアーゼ)としての作用をもつことを示した。1941年、リップマンは細胞内のエネルギー転移機構についての一般的な仮説を導き出した。すなわち、すべての細胞に共通するATPは [2] 結合をもち、これによって細胞内のエネルギー生成機能とエネルギー消費機能を結びつけていると提唱した。この仮説は直ちに支持された。しかし、(c)筋収縮にともなうATPの消費を実験的に示すことは簡単ではなかった。1962年になってやっと、(d)ある阻害剤を用いた実験により筋収縮にともなうATPの消費が実証された。このとき、筋肉1.0gを1回収縮させるのに 6.0×10^{-7} molのATPがADPに分解され、筋肉は 1.25×10^{-2} J分の仕事を行うことが測定された。この測定結果から、筋肉が高いエネルギー変換効率をもつことも示されたのである。一方、1954年にはハンソンとハクスリーによって筋収縮の仕組みに関する新しい仮説である [3] 説が提唱された。これは電子顕微鏡写真とX線回折法によって裏打ちされた仮説であった。思いもよらぬ説であるとともに、直感的にその正しさが理解できるものであったため大きな反響をよんだ。

問1 文中の空欄1～3に入る最も適当な語を答えよ。

(6点)

問2 下線部(a)に関連して、細胞内には解糖系やクエン酸回路における脱水素反応で生じる水素イオンと電子を受け取る補酵素が存在する。補酵素には還元型と酸化型があり、水素イオンと電子を受け取ることで還元型補酵素となる。一方、電子伝達系で水素イオンと電子を放出した補酵素は、再び水素イオンと電子を受け取ることができる酸化型補酵素となる。なお、細胞内で酸化型補酵素が不足すると、脱水素反応が進まなくなる。これについて、次の(1)、(2)の問いに答えよ。

- (1) 呼吸の中で酸素が直接関わるのは電子伝達系だけだが、酸素がない状態では、電子伝達系だけではなくクエン酸回路も進まなくなる。この理由を、電子伝達系で起こる反応を踏まえて説明せよ。(3点)

- (2) 発酵など酸素を用いない代謝系においてグルコースが分解される際にも、還元型補酵素が生じる。代謝の際に酸素を用いない（電子伝達系をもたない）生物ではどのようにして還元型補酵素を再び酸化型補酵素に戻しているか。乳酸発酵を行う乳酸菌を例に挙げて、簡潔に述べよ。（3点）

問3 下線部(b)について、この乳酸はどのような反応により生じたか。反応名やもとなる物質名を挙げて、簡潔に述べよ。（3点）

問4 下線部(c), (d)について、次の(1), (2)の問いに答えよ。

- (1) 下線部(c)について、「ATP含有量自体が少ないこと」以外にも、筋肉に備わったある仕組みのために筋収縮にともなうATPの消費は実証されにくかった。それはどのような仕組みか。リード文の内容を踏まえ、簡潔に述べよ。（3点）
- (2) (1)より、下線部(d)で用いた阻害剤はどのような作用をもつと考えられるか。簡潔に述べよ。（3点）

問5 1.0 molのATPがADPに分解されると、30.5kJのエネルギーが放出される。このことと、リード文中の数値をもとに、筋肉1.0gが1回収縮したときのエネルギー変換効率(%)を求め、計算式とともに示せ。なお、答が割り切れない場合は、小数第2位を四捨五入して小数第1位まで求めること。（4点）