

10. 好気呼吸の過程

解糖系

グルコースを脱水素酵素によりピルビン酸（示性式 $\text{CH}_3\text{COCO}_2\text{H}$ ）に酸化
グルコース 1 分子あたり 2 分子の ATP が生成する。

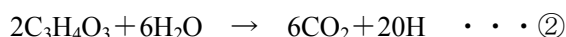


クエン酸回路

解糖系で生成したピルビン酸を二酸化炭素に酸化する。

解糖系でグルコース 1 分子から 2 分子のピルビン酸が生成するから、

反応式①と関連させた反応式は、

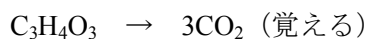


尚、 CO_2 の生成は脱炭酸酵素、 H の生成は脱水素酵素の働きによる。

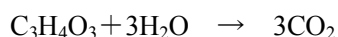
また、ピルビン酸 2 分子の CO_2 への酸化により 2 分子の ATP が生成する。

反応式の覚え方

半反応式の作り方で覚えればよい。



↓O の数を H_2O で合わせる。



↓H の数を H で合わせる。



電子伝達系

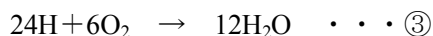
解糖系とクエン酸回路で生成した H を酸化して水にする。

H を酸化したとき生成する電子がエネルギーを放出する過程でマトリックス中の H^+ が膜間スペースに能動輸送され、膜間スペースとマトリックス間に H^+ の濃度勾配ができる。

この濃度勾配に従って、膜間スペースの H^+ が内膜を貫通している ATP 合成酵素を通過してマトリックスに受動輸送されるとき、ATP 合成酵素のマトリックス側で ADP とリン酸から ATP が合成される。

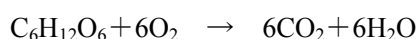
①と②より、グルコース 1 分子あたり 24H が生成し、電子伝達系で H_2O に酸化される。

またこの過程で生成する ATP の分子数はグルコース 1 分子あたり 34 分子である。

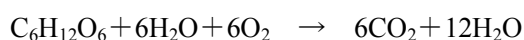


全体の反応

①+②+③より、



または、クエン酸回路で消費される $6\text{H}_2\text{O}$ と電子伝達系で生成する $12\text{H}_2\text{O}$ を区別して



と表せる。

また、グルコース 1 分子あたり 38 分子の ATP が合成される。

問 5

$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$ より, グルコース 1mol (180g) が完全に酸化分解される
とき酸素が 6mol (192g) 消費されることがわかる。

よって, グルコース 30g が完全に酸化分解される時消費される酸素は

$$192g \times \frac{30g}{180g} = 32g$$

11. 呼吸商

問 2・問 3

(a)が表すもの

左方向への移動距離を正, すなわち気体の消費量を正としているから,

$$\begin{aligned} \text{移動距離(a)} &= \text{酸素消費量} + \text{二酸化炭素消費量} \\ &= \text{酸素消費量} - \text{二酸化炭素生産量} \end{aligned}$$

(b)が表すもの

水酸化カリウムは酸性気体を吸収するから,

三角フラスコ内に CO_2 が存在しない条件下での移動距離測定となる。

よって, 移動距離(b) = 酸素消費量

問 4・問 5

$$\text{二酸化炭素生産量} = \text{酸素消費量} - \text{移動距離(a)} = \text{移動距離(b)} - \text{移動距離(a)}$$

$$\text{酸素消費量} = \text{移動距離(b)}$$

より,

$$\text{呼吸商} = \frac{\text{移動距離(b)} - \text{移動距離(a)}}{\text{移動距離(b)}}$$

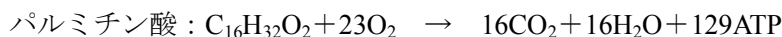
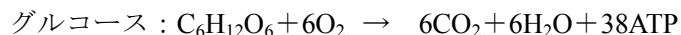
$$\text{問 4 : コムギの呼吸商} = \frac{10 - 0}{10} = 1.0$$

$$\text{問 5 : トウゴマの呼吸商} = \frac{10 - 3}{10} = 0.7$$

12. 呼吸商

問 4

同じ運動強度でこいでいるから、「A 君の ATP 生産量=B 君の ATP 生産量」としてよい。



より、

1mol の ATP を生産するのに必要とする酸素の物質量は、

$$\text{グルコースを呼吸基質とするとき} \quad \frac{6}{38} \approx 0.16 \text{ mol}$$

$$\text{パルミチン酸を呼吸基質とするとき} \quad \frac{23}{129} \approx 0.18 \text{ mol}$$

よって、ATP の生産量が等しい場合、パルミチン酸の割合が高いほど酸素消費量が多い。

呼吸商より、パルミチン酸の割合が高いのは A 君だから、

消費された酸素量は A 君の方が大きい。

問 6

1g のタンパク質が酸化されたときの尿中の窒素量が 163mg だから、

$$\text{C 君の体内で酸化されたタンパク質の質量} = \frac{489\text{mg}}{163\text{mg}} \times 1\text{g} = 3.0\text{g}$$

また、このときの

$$\text{O}_2 \text{ の消費量} = \frac{3.0\text{g}}{1.0\text{g}} \times 1.0\text{L} = 3.0\text{L}, \quad \text{CO}_2 \text{ の放出量} = \frac{3.0\text{g}}{1.0\text{g}} \times 0.8\text{L} = 2.4\text{L}$$

よって、

炭水化物と脂肪の酸化での O_2 の消費量と CO_2 の放出量は、

$$\text{O}_2 \text{ の消費量} = 29.4 - 3.0 = 26.4\text{L}$$

$$\text{CO}_2 \text{ の放出量} = 25.2 - 2.4 = 22.8\text{L}$$

一方、酸化された炭水化物の質量と酸化された脂肪の質量をそれぞれ $x\text{g}$ 、 $y\text{g}$ とすると、

炭水化物と脂肪の酸化での O_2 の消費量と CO_2 の放出量は、

$$\text{O}_2 \text{ の消費量} = 0.8x + 2.0y$$

$$\text{CO}_2 \text{ の放出量} = 0.8x + 1.4y$$

とも表せる。

よって、

$$\begin{cases} 0.8x + 2.0y = 26.4 \\ 0.8x + 1.4y = 22.8 \end{cases} \quad \therefore x = 18.0, y = 6.0$$

ゆえに、

炭水化物 18.0g, 脂肪 6.0g, タンパク質 3.0g

13. 化学浸透圧節

問 1

酸素が消費されるから水溶液中の酸素濃度は時間とともに減少していく。

よって、選択肢は D, E, F に絞られる。

反応速度で考えると、基質濃度が低下していくに従い基質濃度の減少速度も小さくなる。

したがって、反応物である酸素の濃度減少速度も小さくなる。

グラフの接線の傾きの大きさは酸素の濃度減少速度を表すから、

時間の経過に従い傾きの大きさが小さくなっていくものを選べばよい。

よって、D

14. 好気呼吸と ATP 生成

問 2

(1)

1 モルのグルコースが好気呼吸で分解されたときのエネルギー効率

$$= \frac{38 \text{モルのATP生成に使われたエネルギー}}{\text{発生したエネルギー}} \times 100\%$$

$$= \frac{33.5 \times 38 \text{J}}{2867.5 \text{J}} \times 100\%$$

$$\approx 44.394\%$$

よって、

$$44.39\%$$

(2)

図より、1 分子のピルビン酸がクエン酸回路で分解される時、

NAD と結合するのは 8H, FAD と結合するのは 2H であり、

それぞれ 4NADH₂ と FADH₂ となる。

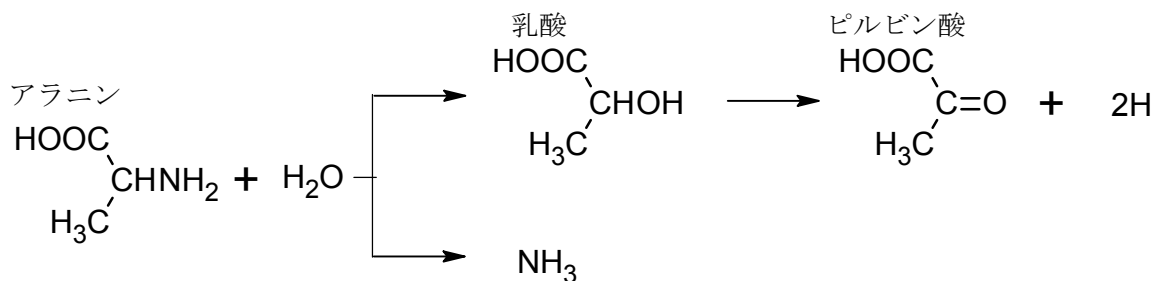
よって、

$$\text{生成される ATP の分子数} = 4 \times 3 + 2 = 14$$

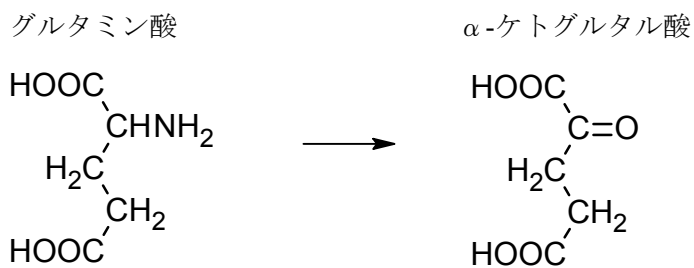
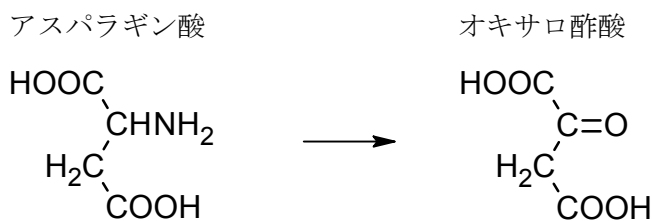
15. 三大栄養素の代謝

問 1

(a)

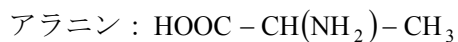
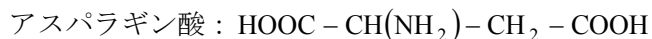
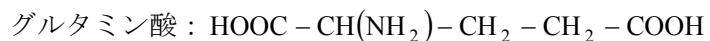
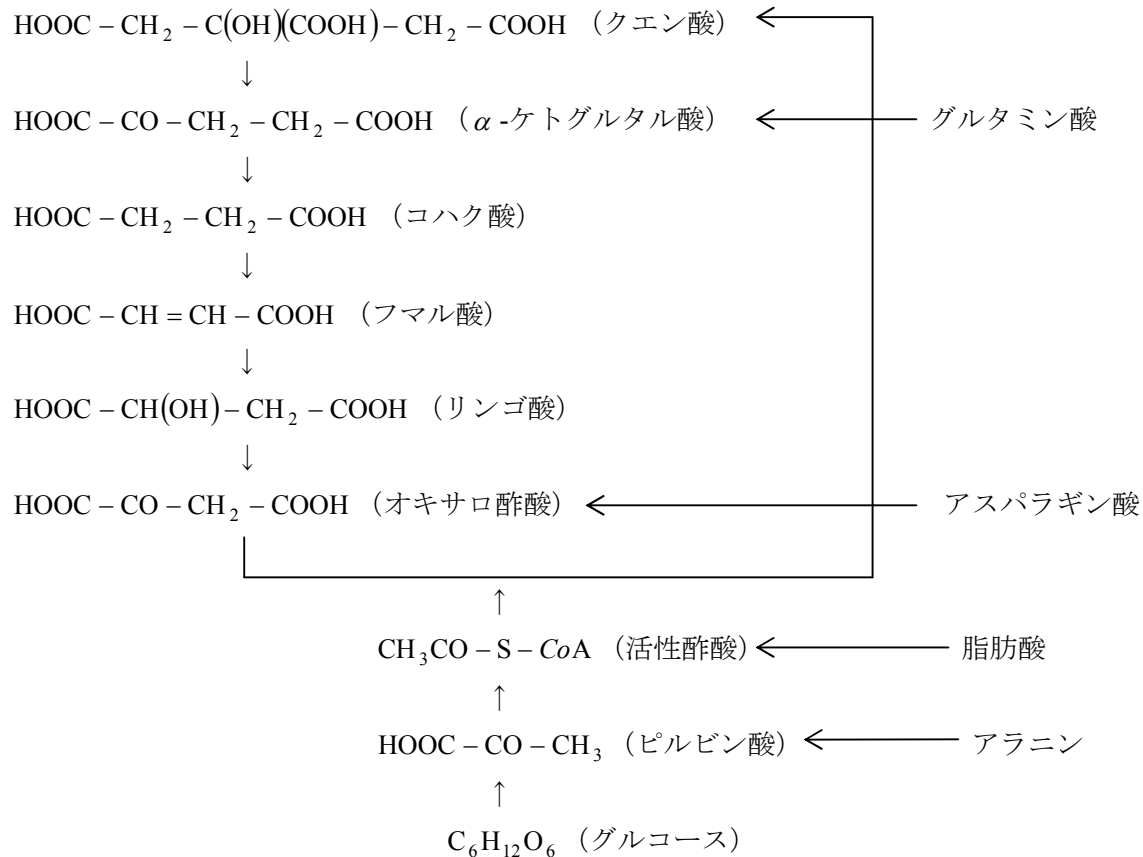


同様に,



となって、クエン酸回路に入る。

解糖系とクエン酸回路



問 2

①, ②, ③

消化酵素による加水分解だから (ケ) 細胞外

④

解糖系は (ア) 細胞質基質

⑤

脂肪酸の β 酸化だから (ウ) ミトコンドリア基質

⑥

解糖系で生成したピルビン酸は (ウ) ミトコンドリア基質に運ばれ、
活性酢酸 $\text{CH}_3\text{CO-SCoA}$ になる。

⑦

クエン酸回路の酸化分解反応で二酸化炭素が放出される。

クエン酸回路は (ウ) ミトコンドリア基質

⑧

電子伝達系だから (オ) ミトコンドリア内膜

⑨

オルニチン回路は (ア) 細胞質基質と (ウ) ミトコンドリア基質にまたがっている。

問 4

アミノ酸の基本構造: $\text{H}_2\text{NCHRCOOH}$ (R はアミノ酸の側鎖)

オルニチンの側鎖 $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$

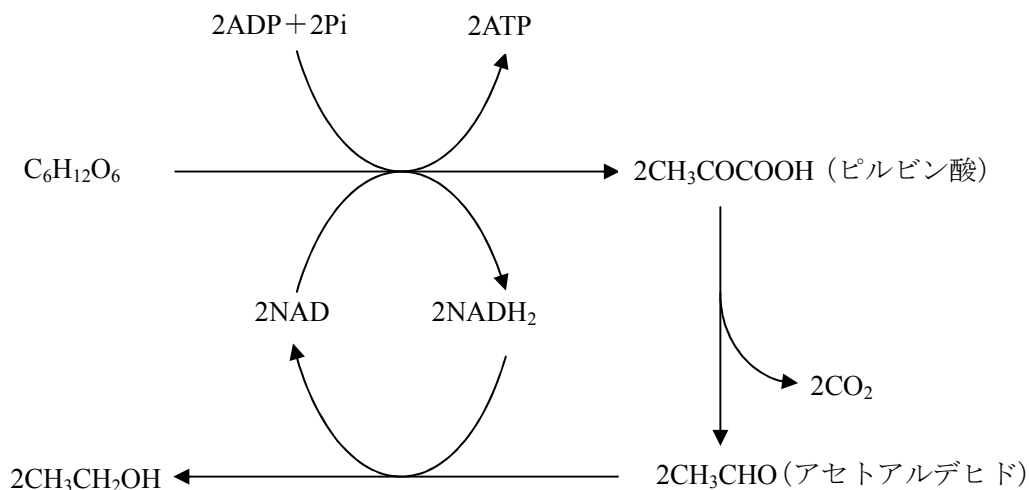
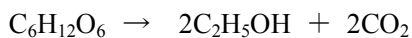
リシンの側鎖 $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$

シトルリンの側鎖 $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NHCONH}_2$

アルギニンの側鎖 $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NHC}(\text{NH}_2)\text{NH}_2^+$

16. アルコール発酵の実験

アルコール発酵



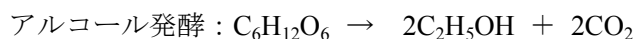
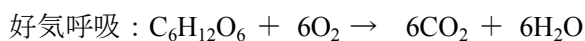
問5



グルコースを1モル(180g)消費したとき、二酸化炭素が2モル(88g)発生するから、

$$18mg \text{ のグルコースを消費したとき発生する二酸化炭素は } 18mg \times \frac{88}{180} = 8.8mg$$

問6

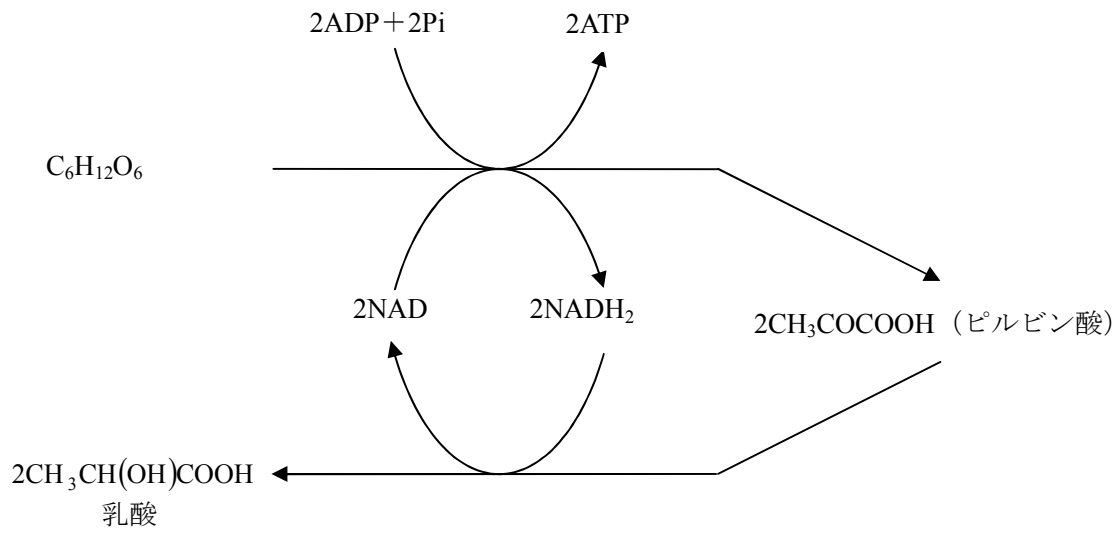


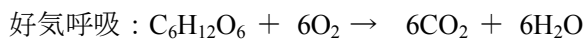
好気呼吸で酸素を1モル(32g)消費したとき、二酸化炭素を1モル(44g)放出するから、

$$\text{好気呼吸で } 96mg \text{ の酸素を消費したとき放出する二酸化炭素は } 96 \times \frac{44}{32} = 132mg$$

よって、嫌気呼吸で放出する二酸化炭素は $176 - 132 = 44mg$

補足
乳酸発酵



18. 酵母菌の呼吸(2)**問 1****(1)**

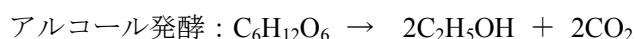
好気呼吸ではグルコース 1 モル (180g) を消費するとき、酸素を 6 モル (192g) 消費し、二酸化炭素を 6 モル (264g) 放出する。

よって、96g の酸素を消費したとき

$$\text{消費したグルコース} = 180\text{g} \times \frac{96}{192} = 90\text{g} \quad \dots \textcircled{1}$$

$$\text{放出した二酸化炭素} = 264\text{g} \times \frac{96}{192} = 132\text{g}$$

よって、アルコール発酵で放出した二酸化炭素は $264 - 132 = 132\text{g}$



グルコースを 1 モル (180g) 消費するとき、二酸化炭素を 2 モル (88g) 放出する。

放出した二酸化炭素が 132g だから、アルコール発酵で消費したグルコースは、

$$180\text{g} \times \frac{132}{88} = 270\text{g} \quad \dots \textcircled{2}$$

①+②より、

消費されたグルコースの総量は 360g

(2)

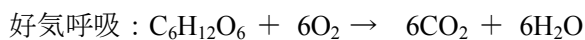
$$\text{好気呼吸で生成される ATP の物質質量} = 38 \times \frac{90}{180} = 19 \text{ モル}$$

$$\text{アルコール発酵で生成される ATP の物質質量} = 2 \times \frac{270}{180} = 3 \text{ モル}$$

よって、22 モル

問 2

(1)



好気呼吸ではグルコース 1 モル (180g) を消費するとき、

酸素を 6 モル (6×22.4L) 消費し、

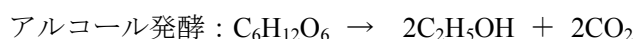
二酸化炭素を 6 モル (6×22.4L) 放出する。

酸素の消費量が 0.336L だから、

$$\text{好気呼吸で消費したグルコース} = 180\text{g} \times \frac{0.336}{6 \times 22.4} = 0.450\text{g} \quad \dots \textcircled{3}$$

放出した二酸化炭素 = 0.336L

よって、アルコール発酵で放出した二酸化炭素は $0.784 - 0.336 = 0.448\text{L}$



グルコースを 1 モル (180g) 消費するとき、二酸化炭素を 2 モル (2×22.4L) 放出する。

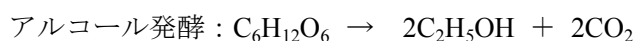
放出した二酸化炭素が 0.448L だから、

$$\text{アルコール発酵で消費したグルコース} = 180\text{g} \times \frac{0.448}{2 \times 22.4} = 1.80\text{g} \quad \dots \textcircled{4}$$

③+④より、

消費されたグルコースは 2.25g

(2)



二酸化炭素を 1 モル (22.4L) 放出するとき、

エタノールが 1 モル ($\frac{46\text{g}}{0.8\text{g/mL}} = 57.5\text{mL}$) 生成する。

放出した二酸化炭素が 0.448L だから、

$$\text{エタノールの生成量} = 57.5\text{mL} \times \frac{0.448}{2.4} = 1.15\text{mL}$$

(3)

好気呼吸で酸素を 6 モル (6×22.4L) 消費したときの ATP の生成量は 38 モル

アルコール発酵で二酸化炭素を 2 モル (2×22.4L) 放出したときの ATP の生成量は 2 モル

よって、

$$38\text{mol} \times \frac{0.336}{6 \times 22.4} + 2\text{mol} \times \frac{0.448}{2 \times 22.4} = 0.0950 + 0.0200 = 0.115\text{mol} = 115 \text{ ミリモル}$$