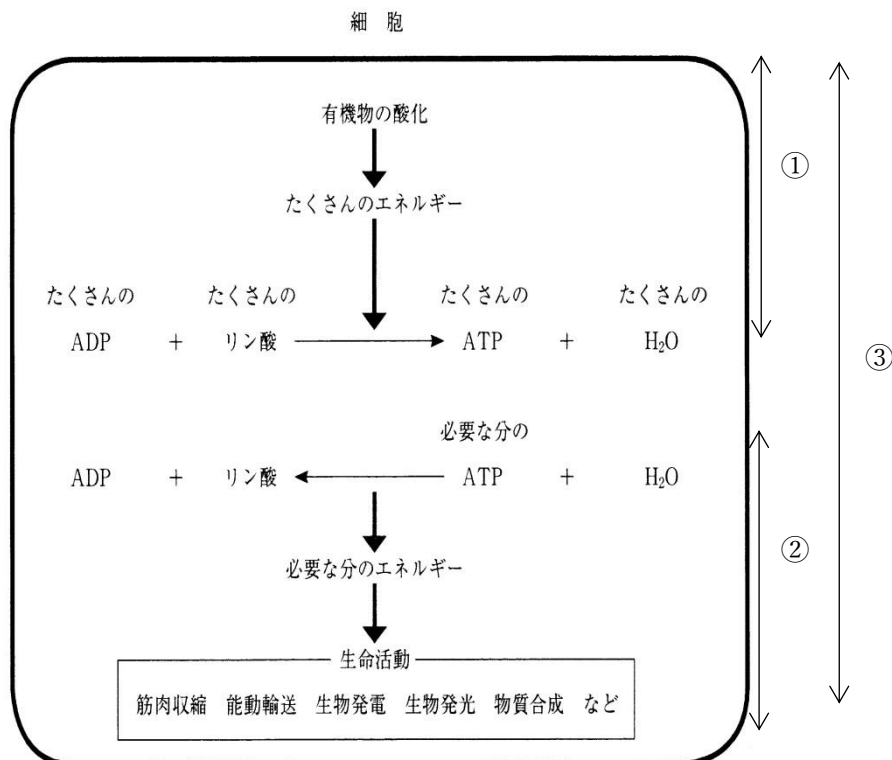


第1問 ATPと発酵・呼吸

下の図は細胞内でおこなわれている代謝・エネルギー代謝を表した模式図である。この図において発酵・呼吸とはどの部分のことか。図中の①～③からそれぞれ選べ。



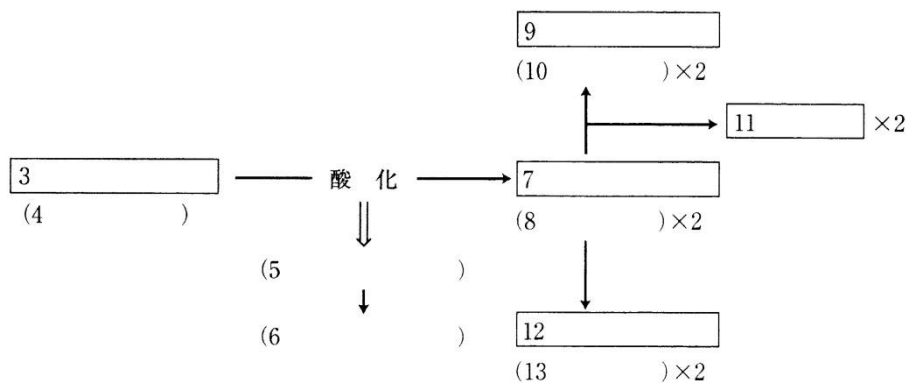
<第1問の解答>

発酵：① 呼吸：①

第2問 発酵

問1 次の文章中の空欄(1～16)に適する語句を入れよ。なお、文章中の空欄の番号と図中の空欄の番号は一致しており、同じ語句が入る。

(1)を酸化したときに生じる(5)を使って(2)を合成するのが発酵であるが、例としてよく出る(1)が(3) (= 4)である。一分子の(3)が酸化されたときに生じる(5)によって(6)を得る。生物たちはこの(6)によって生命活動を行うが、(3)を酸化した結果、破片である(7) (= 8)が生じる。(7)は必要ないため体外に排出されるが、(14)などの生物は(7)を(9) (= 10)と(11)に変換してから排出するし、(15)などは(7)を(12) (= 13)に変換してから排出する。なおこれら(9)や(12)を(16)と表現する。



問2 アルコール発酵と乳酸発酵の化学反応式を書け。なお ATP とその数も書き加えよ。

<第2問の解答>

問1

1. 有機物 2. ATP 3. グルコース 4. $C_6H_{12}O_6$ 5. エネルギー
 6. 2 ATP 7. ピルビン酸 8. $C_3H_4O_3$ 9. エタノール 10. C_2H_5OH
 11. CO_2 12. 乳酸 13. $C_3H_6O_3$ 14. 酵母菌 15. 乳酸菌
 16. 代謝産物

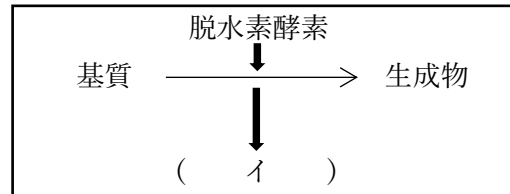
問2

アルコール発酵: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + CO_2 + 2ATP$

乳酸発酵: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_3H_6O_3 + 2ATP$

第3問 補酵素と発酵

脱水素とは基質から水素を奪うことであるが、これは言い方を換えると基質を(ア)することである。正確には基質から H^+ だけでなく e^- もはずれるため、図のようになる。

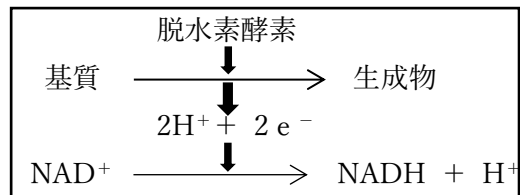


ところで、(ア)と(ウ)は表裏一体で、(ア)が起これば必ず同時に(ウ)が起こる。つまり、ある物質から H^+ と e^- がはずれる(=ある物質が(ア)される)と、また別の物質が必ずこれら H^+ と e^- を受け取らなければならない(=(ウ)されなければならない)。そこで脱水素酵素はそれらの受容体として(=(ウ)され役)として(エ)を伴っている。この(エ)には $NAD^+ \cdot FAD \cdot NADP^+$ などがある。ここで、 NAD^+ を例にして H^+ と e^- の受容を見てみると・・・

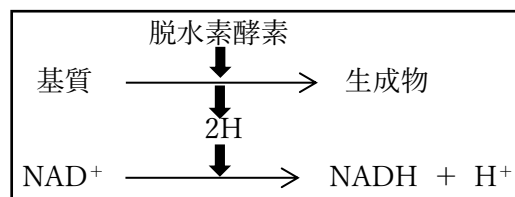


・・・となる。

このとき NAD^+ を(オ)、 $NADH$ を(カ)と表現することもある。以上をまとめると次のように図示することになる。



しかし e^- を省いて次のように描き表わすこともある。



<第3問の解答>

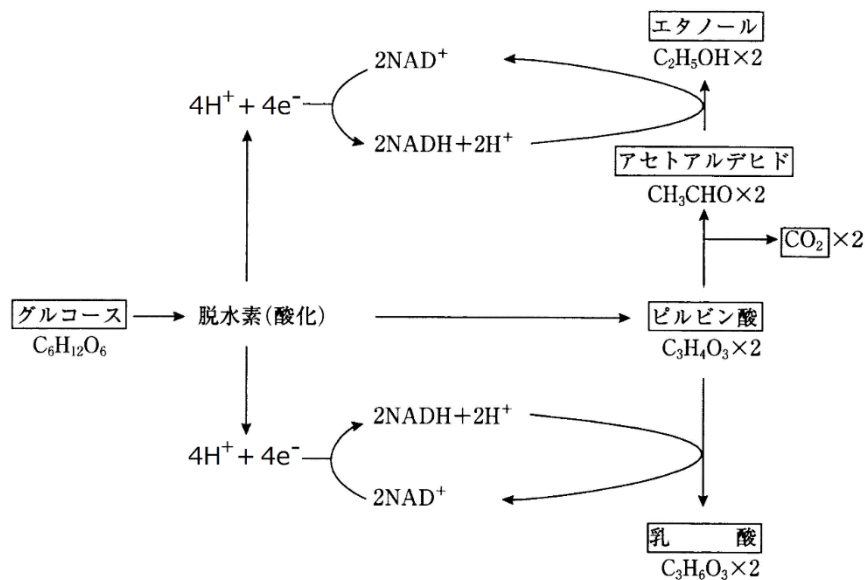
ア - 酸化 イ - $2H^+ + 2e^-$ ウ - 還元 エ - 補酵素 オ - 酸化型補酵素
カ - 還元型補酵素

第4問 発酵と補酵素

問 ピルビン酸がエタノールまたは乳酸になる反応が停まると、グルコースがピルビン酸になる反応が停まる。この理由を説明した次の文章中の空欄(ア・イ)に適する語句を入れよ。なお、下の図を参考にする。

[理由]

ピルビン酸がエタノールや乳酸になる過程では、(ア)が(イ)に変化する。また、グルコースがピルビン酸になる過程では(イ)が(ア)に変化する。ピルビン酸がエタノールや乳酸になる過程が停まると、(イ)の供給が停まってしまうので、これを必要とするグルコースがピルビン酸になる過程も停まってしまう。



<第4問の解答>

ア-NADH イ- NAD^+

第5問 呼吸の過程(その1)

呼吸の過程を説明した下の文章の空欄(ア・イ)を埋めよ。

問1 ア・イを埋めよ。なお、「ア」には反応系の名称を入れよ。

●

ア

グルコースが酸化されることでピルビン酸が生じる。この過程では生じたエネルギーによって2分子のATPを得、また $4\text{H}(=4\text{H}^++4\text{e}^-)$ が生じるため、これらを 2NAD^+ が受容して $2\text{NADH}+2\text{H}^+$ が生じる。なおこのグルコースからピルビン酸までの過程を(ア)といい、ここまでの反応は(イ)でおこなわれる。

<第5問の解答>

ア - 解糖系 イ - 細胞質基質

第6問 呼吸の過程(その2)

問 ウ〜クを埋めよ。なお、「ウ」「キ」には反応系の名称を入れよ。

ウ

- 発酵ではピルビン酸を“破片”として捨ててしまったが、このピルビン酸はまだ(エ)であり、酸化すればまだエネルギーを取り出すことができる。そこでこのピルビン酸をさらに酸化していく過程が(ウ)であり、これが発酵との違いである。なおピルビン酸の酸化は(オ)の(カ)でおこなわれる。
- まずピルビン酸を酸化(=脱水素)して $2\text{H}(=2\text{H}^++2\text{e}^-)$ を得る。これらは NAD^+ に受容されて $\text{NADH}+\text{H}^+$ となる。この脱水素と同時に脱炭酸が起こって CO_2 が生じる。このように脱水素と脱炭酸を受けたピルビン酸はアセチル CoA となる。
- アセチル CoA はオキサロ酢酸(C_4)と反応してクエン酸(C_6)となる。クエン酸は脱水素・脱炭酸されてもとのオキサロ酢酸になる過程で $8\text{H}^++8\text{e}^-$ と 2CO_2 を生じる。 $8\text{H}^++8\text{e}^-$ は 3NAD^+ と FAD に受容されて $3\text{NADH}+3\text{H}^+$ と FADH_2 が生じる。つまり(ウ)はピルビン酸を酸化した結果、ピルビン酸が 2CO_2 と $8\text{H}^++8\text{e}^-$ になってしまう過程である。またピルビン酸を酸化したときに生じるエネルギーによって ATP を合成すると、ピルビン酸1分子あたり1分子の ATP が得られる。

キ

(ア)・(ウ)では、グルコース1分子あたり合計で $10\text{NADH}+10\text{H}^+$ と 2FADH_2 が生じる。これらが(オ)の(ク)にある(キ)にやってきて、合計で $24\text{H}(=24\text{H}^++24\text{e}^-)$ を置いて 10NAD^+ と 2FAD となって帰っていく。 24H は 6O_2 と反応して $12\text{H}_2\text{O}$ となる。この反応は簡単に言えば「水素の酸素による燃焼」であり、このため大量のエネルギーが放出され、グルコース1分子当たり最大で34分子の ATP が得られる。

<第6問の解答>

ウ - クエン酸回路 エ - 有機物

オ - ミトコンドリア カ - マトリックス キ - 電子伝達系 ク - 内膜

第7問 呼吸の過程(その3)

問1 酸素がなくなるとどうなるかを説明した次の文章の空欄(ケ～ソ)に適語を入れよ。

酸素がなくなると(キ)が停止する。すると(ケ)・(コ)の(サ)が停止まるので(ウ)も停止する。(ア)は(シ)に切り替わるので停止しない。なお植物の場合は(ス)型の、動物の場合は(セ)型のものに切り替わるが、筋肉内など動物体内でおこなわれる(セ)型の反応は特に(ソ)と呼ばれる。

問2 (ア)の過程では最初にグルコース1分子が2ATPによってリン酸化され、ピルビン酸が2分子生じるまでの間に4ATPが合成される。このため差し引き2ATPが得られる。ではなぜ最初にグルコースのリン酸化がおこなわれるのか。これを説明した次の文章の空欄に適語を入れよ。

グルコースは(タ)な物質で化学反応を(チ)。そのため、ATPの(ツ)に存在するエネルギーをグルコースに注入して(テ)にして、化学反応を開始させるのである。

<第7問の解答>

問1

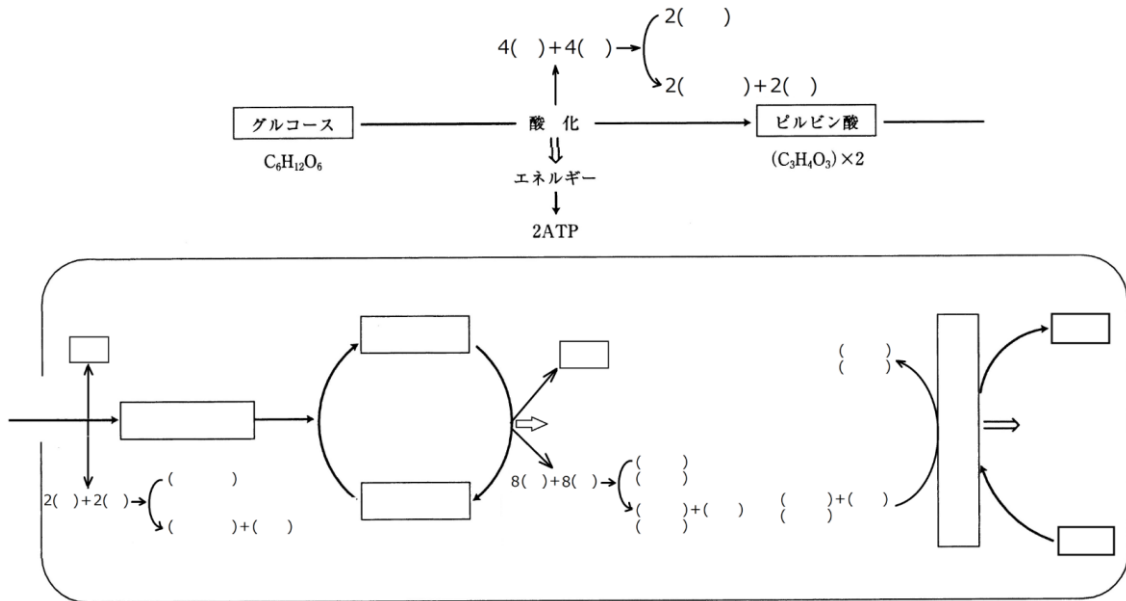
ケ・コ - NAD^+ ・FAD サ - 供給 シ - 発酵 ス - アルコール発酵 セ - 乳酸発酵
ソ - 解糖

問2

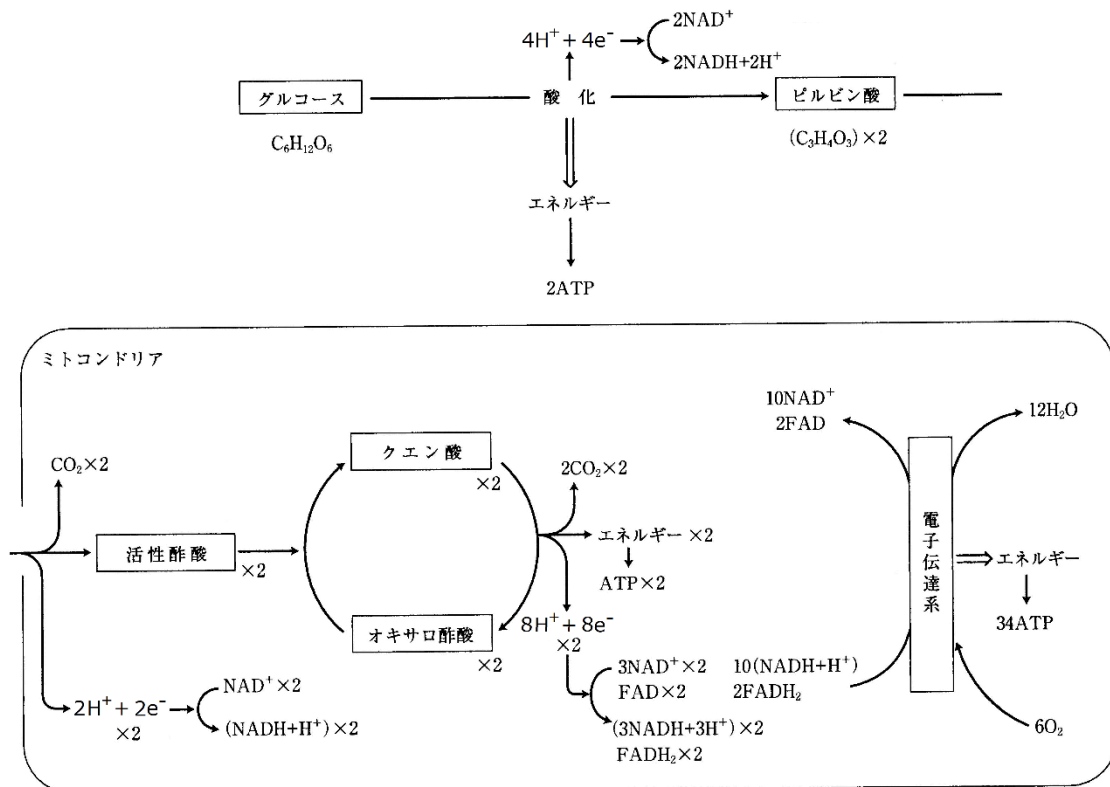
タ - 安定 チ - 起こしにくい ツ - 高エネルギーリン酸結合 テ - 不安定

第8問 呼吸の過程(その4)

問 次の図の空白部分を埋めよ。



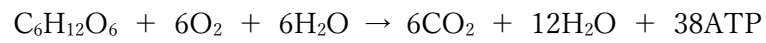
<第8問の解答>



第9問 呼吸の反応式

問 呼吸全体の化学反応式を書け。

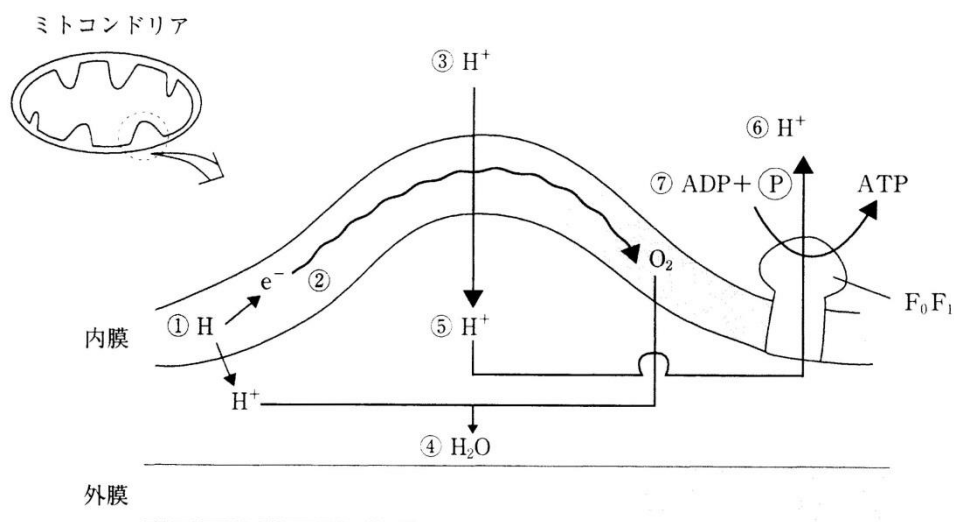
<第9問の解答>



第10問 電子伝達系

ミトコンドリアの電子伝達系の図を参考にして、下の文の空欄(ア～コ)に適語を入れよ。

- ① NAD^+ や FAD によって運ばれてきた H は H^+ と e^- になる。
- ② e^- は(ア)が高い O_2 に引き寄せられて移動していくが、ここが(イ)である。
 なお、正確にはこの(ア)には(ウ)a・(ウ)b・(ウ)cという3種類のタンパク質が(ア)が高くなる順に並んでおり($\text{b} \rightarrow \text{c} \rightarrow \text{a}$)、電子はこれらの順に受け渡され、最終的に(エ)という酵素によって O_2 に受け取られるのである。
- ③ e^- が移動するときに生じるエネルギーで H^+ が(オ)される。
- ④ e^- を受け取った O_2 は H^+ と反応して H_2O となる。
- ⑤ 内膜と外膜の間の(カ)が上昇する(=pHが低下する)。
- ⑥ H^+ が濃度勾配に従って F_0F_1 複合体(=キ)を通るときにエネルギーが生じる(物質が高濃度側から低濃度側に移動するときに生じるエネルギー=浸透エネルギー)。
- ⑦ このエネルギーによって ADP が(ク)されて ATP が生じる。この(ク)反応はもとをたせば e^- が移動するときのエネルギー(=(ケ)のエネルギー)によっておこなわれたことになるので、この(ク)反応を(コ)という。



<第10問の解答>

ア - 電子親和性 イ - 電子伝達系 ウ - シトクロム エ - シトクロムオキシダーゼ
 オ - 能動輸送 カ - H^+ 濃度 キ - ATP 合成酵素 ク - リン酸化 ケ - 酸化
 コ - 酸化的リン酸化

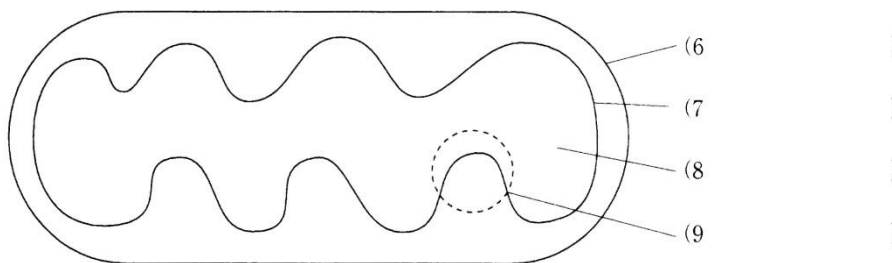
第11問 ミトコンドリア

ミトコンドリアに関する以下の各問に答えよ。

問1 ミトコンドリアを説明した文章の空欄(1～5)に適語を入れよ。

ミトコンドリアはもともと(1)という原核生物であったと考えられている。その証拠として(2)構造であること、内部に環状の(3)や(4)が存在し(5)の合成がおこなわれていること、自律的に分裂増殖することなどがあげられる。

問2 ミトコンドリアの模式図中の空欄(6～7)に適語を入れよ。



問3 問2の図中の6～9でおこなわれていること、または存在するものはどれか。次の①～④のうちから1つずつ選べ。

- ① 解糖系 ② クエン酸回路 ③ 電子伝達系 ④ 該当なし

<第11問の解答>

問1

1. 好気性細菌 2. 二重膜 3. DNA 4. リボソーム 5. タンパク質

問2

6. 外膜 7. 内膜 8. マトリックス 9. クリステ

問3

6. ④ 7. ③ 8. ② 9. ④

第 12 問 呼吸基質

次の文章の空欄(ア～ソ)に適語を入れよ。

呼吸で酸化される有機物を(ア)といい、これにはグルコースなどの炭水化物以外にも(イ)や(ウ)がある。(イ)が(ア)となった場合、まず酵素(エ)によって(オ)と(カ)に分解される。(オ)はグリセルアルデヒドリン酸となって(キ)に入っていく。(カ)は(ク)によって炭素2個分ずつが(ケ)となって(コ)に入っていく。(ウ)が(ア)となった場合は、まずアミノ酸にまで分解される。アミノ酸は(サ)作用によって各種(シ)と(ス)になる。各種(シ)は(コ)に入っていく。(ス)は(セ)で(ソ)になり、尿として排出される。

<第 12 問の解答>

ア - 呼吸基質 イ - 脂肪 ウ - タンパク質 エ - リパーゼ オ - グリセリン
カ - 脂肪酸 キ - 解糖系 ク - β 酸化 ケ - アセチル CoA コ - クエン酸回路
サ - 脱アミノ シ - 有機酸 ス - アンモニア セ - 肝臓 ソ - 尿素

第 13 問 呼吸商

対象となる生物の(ア)を(イ)で割った値を呼吸商といい、その生物の(ウ)を推定するのに利用できる。炭水化物を(ウ)として呼吸をおこなえば、その呼吸商は一般に(エ)付近となり、また脂肪なら(オ)・タンパク質なら(カ)付近となる。従って、例えばある生物の呼吸商を測定して、その値が 1.0 付近であればその生物の(ウ)は(キ)であると推定できる。

<第 13 問の解答>

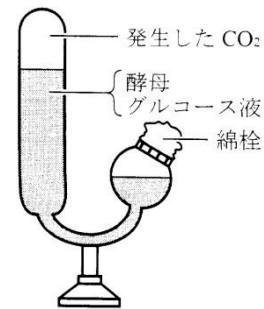
ア - 二酸化炭素放出量(体積(L)またはmol) イ - 酸素放出量(体積(L)またはmol)

ウ - 呼吸基質 エ - 1.0 オ - 0.7 カ - 0.8 キ - 炭水化物

第 14 問 発酵の実験

問 右図をヒントにして、次の文章の空欄(ア～ク)に適語を入れよ。

図の実験器具を(ア)といい、(イ)の実験に用いる。まずグルコース液を作りそこに酵母菌を加え、器具に入れる。やがて酵母菌は(イ)によって(ウ)と(エ)を発生させる。(ウ)は気体であるため盲管部分にたまり、この量を測定することで(ア)がどの程度起こっているのかを推測するのである。なお発生した気体が(ウ)であることを確かめるためには、(ア)に(オ)を入れ(ウ)が消失することを観察したり、(カ)に通すとそれが白濁することを確認すればよい。また(エ)が生じていることを確かめるには(キ)反応により(ク)が生じ、(キ)の臭いがすることを確認すればよい。



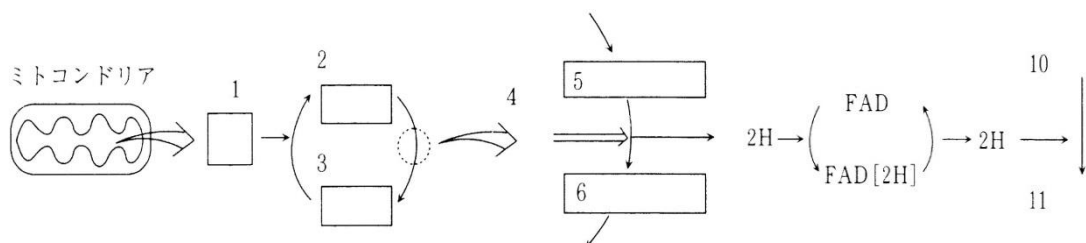
<第 14 問の解答>

ア - キューネ発酵管 イ - アルコール発酵 ウ - 二酸化炭素 エ - エタノール
オ - NaOH カ - 石灰水 キ - ヨードホルム ク - 黄色い沈殿

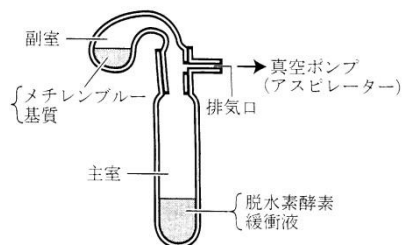
第 15 問 呼吸の実験

問 ミトコンドリア内でおこなわれている反応を説明した文章の空欄(1～11)に適語を入れよ。

ミトコンドリアのマトリックスではクエン酸回路があり、(1)が(3)と反応して(2)が生じる。(2)は様々な反応を経て再び(3)になる。(2)と(3)の間の物質として(5)がある。これは(4)による酸化反応によって(6)になる。(5)が酸化されたときに生じた $2H$ は FAD に受容されて $FAD[2H](=FADH_2)$ が生じる。この一連の反応を視覚化するために用いられるのが(10)である。(10)は青色をしているが、 $FAD[2H](=FADH_2)$ から $2H$ を受容して(11)になると(9)になる。つまり溶液が青から(9)に変化するのを観察することで(4)の活性の程度を測ることができるのである。



右の図は(7)と呼ばれ、(4)の活性を測定する場合に用いられる。なお実験の際には真空ポンプで(7)内の空気を抜く。これは空気中に含まれる(8)によって、(11)が(10)に戻ってしまうのを防ぐためである。



<第 15 問の解答>

- | | | | |
|-------------|---------------------|------------------------------------|--------------|
| 1. アセチル CoA | 2. クエン酸 | 3. オキサロ酢酸 | 4. コハク酸脱水素酵素 |
| 5. コハク酸 | 6. フマル酸 | 7. ツンベルグ管 | 8. 酸素 |
| 9. 無色 | 10. 酸化型メチレンブルー(=Mb) | 11. 還元型メチレンブルー(=MbH ₂) | |