

お茶の水女子大学 令和7年度一般選抜(後期日程)
理学部化学科 論述試験 解答例

1

解答例：

問 1

ソーダ石灰： CO_2 を吸収する。(原理かここで CaCl_2 との順番にも言及が必要)

酸化銅(II)：試料を完全燃焼させる。

乾燥空気：試料を燃焼させる際の酸素源となる。試料中の水素原子量を決定するために、水を含まない状態でなければならない。

CaCl_2 ： H_2O を吸収する。

原理

有機化合物を燃焼させた際に生じる水と二酸化炭素の量を定量し、そこから試料中の炭素と水素の量を決定する。

問 2 A：エチレンの平面性とアルカンの結合角(109.5°)を考慮すると歪みが大きく不安定であると予測されるので可能性は低い。

B：結合角が 60° の三員環が2つあるので歪みが大きく不安定であると予測されるので可能性は低い。

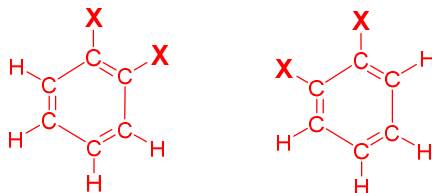
D：三員環が2つあるので歪みが大きく不安定であると予測されるので可能性は低い。

問 3 A、C、D

知見 1 から妥当なのは、6つの炭素が等価なBおよびEのみである。他の推定構造における $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$ には2個以上の異性体が存在する。

問 4 知見 2 と 3 と矛盾する。

知見 2：Eにおいて連続する2つの置換基がXに置き換わった場合、下図の通り、二重結合を挟むように置換した化合物と単結合を挟むように置換した化合物の2つの異性体が存在するはずである。



知見 3：一般に二重結合をもつ化合物に塩素や臭素を作用させると付加反応が進行することが知られている。Eは二重結合を3つもつが、臭素と付加反応をしないのは意外である。

問 5

二重結合と単結合がすばやく交換していると考えればよい。すなわち、6つの炭素が全て等価な環境となる正六角形構造を考えれば、知見 2・知見 3 との矛盾は解消する。

2

出題の意図：燃料電池を中心に、環境問題について多面的に捉え議論できるかを問うた。

解答例：

問 1

例：ボルタの電池

正極反応・負極反応が可逆ではないため、電極材料の分解・腐食や電解質溶液の分解してしまう。そのために有毒ガスが発生したり、電池の筒体が腐食したりする。

問 2

放電時には、負極 LiC_6 から溶け出した Li^+ を正極 $\text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2$ で受け取る。このとき正極で起こる還元反応の還元電位と負極で起こる酸化反応の酸化電位の差がリチウムイオン電池の起電力となり、一般に 3.7 V である。一方、充電時には正極と負極の間に 3.7 V 以上の電圧をかけて、正極 LiCoO_2 から溶け出した Li^+ を負極 $\text{Li}_{1-x}\text{C}_6$ で受け取る。

問 3

水を構成している水素とリチウムのイオン化傾向を比較すると、リチウムの方が圧倒的に大きい。そのため、リチウム塩を溶かした水溶液では水素ガスが発生して、電池反応が進まないから。

問 4

正極： $\text{PbO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ （右向きが放電、左向きが充電）

負極： $\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{PbSO}_4 + 2\text{e}^-$ （右向きが放電、左向きが充電）

トータル： $\text{Pb} + \text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{SO}_4^{2-} \rightleftharpoons 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

（環境負荷が大きくなる理由の例）鉛は人および動物に対して有毒であるため。

問 5

炭素系電極を作る際に大量の二酸化炭素を放出する。

充電する電力を作るのに火力発電等、環境負荷の大きな発電システムを利用する。など

問 6

正極： $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

負極： $2\text{H}_2 \rightarrow 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$

トータル： $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

燃料電池のトータルの反応は、酸素と水素から水ができる反応である。酸素は空気中から得ることができ、排出物は水だけである。水素の生成や輸送における環境負荷を除けば、環境負荷はゼロであり、したがって燃料電池はクリーンな発電デバイスであると言える。

問 7

例えば、太陽電池のような自然エネルギーを用いて水素を作り、その水素を用いて燃料電池で発電する。または、太陽電池や燃料電池の電極材料や電解液を作る際に、環境負荷が大きくなならないよう、材料合成の段階から化学的に工夫する。など、化学に根ざした環境負荷の軽減について論述できるかを問うた。