

令和7年度

お茶の水女子大学 理学部 化学科

後期日程 論述試験問題

次の文を読み、問1～5について答えよ。

1800年代、鯨油の熱分解から単離された未知化合物Xは、非常に安定性が高い分子であった。

①化合物中の炭素、水素、酸素の構成比を調べる元素分析の結果、化合物Xは炭素と水素が1:1の比率で構成されていることが判明した。この化合物Xが分子式 $C_7H_6O_2$ である安息香酸の分解からも生じたことから、Xの分子式は C_6H_6 であると予測され、様々な構造が提案された(図1)。

現代の化学知識では、②アルカン、アルケン、アルキンの結合長、結合角および構造的特徴を考慮することで、図1の各推定構造の妥当性を議論できる。しかし、当時は分子の三次元構造に関する知見は不十分であった。そこで、化合物Xの構造決定を目指した様々な研究の結果、下記の知見1～3が得られた。これらの知見に基づき、化合物Xの真の構造が予測された。

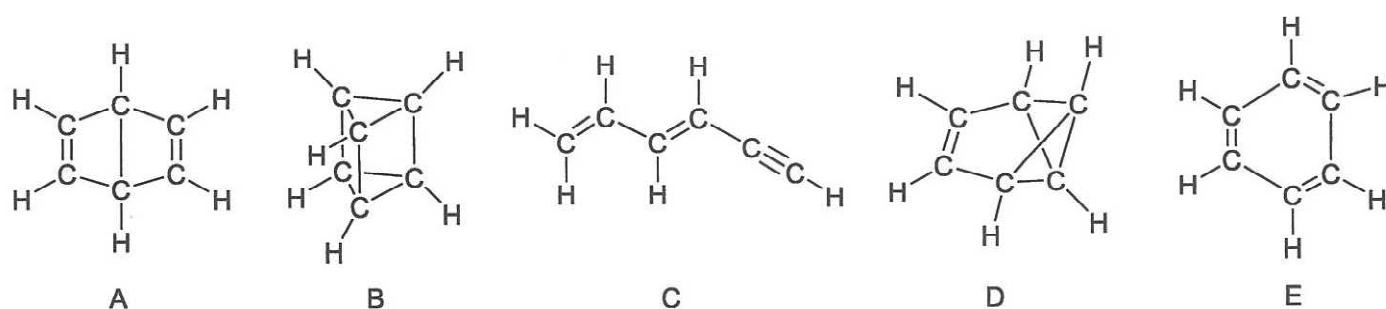


図1 提案された化合物Xの推定構造

知見1 Xの水素原子1つが塩素原子に置換した化合物 C_6H_5Cl は、1種類のみ存在する。

知見2 Xの隣接した2つの炭素に結合した水素原子が塩素原子に置換した化合物 $C_6H_4Cl_2$ は、1種類のみ存在する。

知見3 Xに対し臭素を作用させようと試みたところ、反応は進行しなかった。

問1 下線部①の分析を行う際、ソーダ石灰、酸化銅(II)、乾燥空気(または乾燥酸素)、塩化カルシウムが必要となる。これら4種類の試薬、ガスの役割を答え、この分析の原理を簡潔に述べよ。

問2 下線部②の観点のみから、図1の推定構造A～Dのうち、Xの構造として可能性が低いものを全てあげ、その理由を述べよ。

問3 知見1から、図1の推定構造A～EのうちXの構造として相応しくないものがある。全てあげ、その理由を述べよ。

問4 単結合と二重結合が交互に並ぶ歪んだ六角形構造をもつEをXの構造と仮定すると、知見1～3のどれと矛盾するか。全てあげ、その理由を述べよ。

問5 問4で答えた矛盾を解消するために、Eの構造に対しどのような仮説を提唱すればよいか述べよ。

次の文を読み、問1～7について答えよ。

直流電力の放電のみが可能な電池を①一次電池というのに対して、放電と充電が可能な電池を二次電池という。現在広く利用されている二次電池にリチウムイオン電池がある。リチウムイオン電池は大容量の電力を蓄えることができるため、スマートフォンやノートパソコン、電気自動車など幅広い製品に利用されている。②リチウムイオン電池の正極にはコバルト酸リチウムなど遷移金属酸リチウム、負極にはグラファイトなど炭素系材料が使用されている。電解質溶液には、③有機溶媒に六フッ化リン酸リチウムなどのリチウム塩を溶解させた溶液が使用されている。リチウムイオン電池は④他の二次電池と比べて環境負荷が小さいという側面がある一方で、⑤総合的には環境負荷は決して小さくないという意見もある。環境負荷が小さいとされている他の電池の例として、二次電池とは原理の異なる⑥燃料電池や太陽電池がある。

問1 下線部①に関して、一次電池の例を一つ挙げ、なぜ充電できないかを説明せよ。

問2 下線部②に関して、リチウムイオン電池のトータルの反応は次のように表される。



リチウムイオン電池の原理を正極、負極の各役割が分かるように説明せよ。

問3 下線部③に関して、リチウムイオン電池では、なぜ水ではなく有機溶媒を用いるのか。理由を述べよ。

問4 下線部④に関して、鉛蓄電池があげられる。鉛蓄電池の正極および負極で起こる反応とトータルの反応を記述し、リチウムイオン電池より環境負荷が大きいと考えられる理由を述べよ。反応式は、右向きを放電反応とすること。

問5 下線部⑤に関して、リチウムイオン電池の環境負荷が小さくない理由として、どのようなことが考えられるかを述べよ。

問6 下線部⑥に関して、燃料電池の原理について、正極および負極で起こる反応とトータルの反応を記述し、燃料電池の環境負荷について論述せよ。

問7 化学の力で環境負荷を小さくするには、どのような考えがあるかを論述せよ。