

化 学 $\frac{1}{10}$

[解答にあたっての注意]

必要があれば、次の値を用いること。

原子量：H 1.0, C 12, O 16, Ca 40

酢酸の電離定数 K_a ： 2.7×10^{-5} mol/L

水のモル凝固点降下： $1.85 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$

ファラデー定数： $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

$\log_{10} 2.7 = 0.43$

大問Ⅰと大問Ⅱは選択問題である。いずれか一方を解答すること。

解答用紙も大問Ⅰ用と大問Ⅱ用の2種類があるので、間違えないように注意すること。

化 学 $\frac{2}{10}$

I 次の文を読んで、問 1～7 に答えよ。

酢酸は弱酸であり、水に溶かすとその一部は電離し（式 1）の電離平衡が成り立つ。



このとき、酢酸の電離定数 K_a は $K_a = \frac{\boxed{\text{ア}}}{\boxed{\text{イ}}}$ (式 2)

で表される。この溶液に酢酸ナトリウムを溶かすと、a 酢酸ナトリウムの電離度が大きい
ため多量の酢酸イオンを生じる。このとき、b 共通イオン効果により（式 1）の平衡が（ウ）
し、水素イオン濃度が減少するため、酢酸はほとんど電離していない状態となる。したが
って、水溶液中には酢酸と酢酸イオンが多量に存在する。

この混合溶液に少量の塩酸を加えると水素イオンが液中に増えるが、増えた水素イオン
は（エ）と結合し、解離していない（オ）となる。このようにして（式 1）の平衡
は左に移動する。これにより、c 水素イオン濃度はほとんど変化しない。また、強塩基で
ある a 水酸化ナトリウムを少量加えた場合も、水素イオン濃度はあまり変化しない。

問 1 空欄ア、イ を埋めて、（式 2）を完成せよ。

問 2 下線 a の変化を表す式を示せ。

問 3 下線 b の共通イオン効果とは何か。簡潔に説明せよ。

問 4 （ウ）、（エ）、（オ）に入る語句を答えよ。

問 5 下線 c のような溶液を何というか。名称を答えよ。

問 6 下線 d の理由を簡潔に説明せよ。

問 7 0.20 mol/L の酢酸水溶液と 0.20 mol/L 酢酸ナトリウム水溶液を等量混合した溶液
がある。この溶液の pH を（式 2）を使って有効数字 2 桁で答えよ。

Ⅱ 次の文を読んで，問 1～6 に答えよ。

図 1 に示すホフマン電解装置に 2.0 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を入れ， 0.20 A の電流で 10 分間，電気分解を行った。

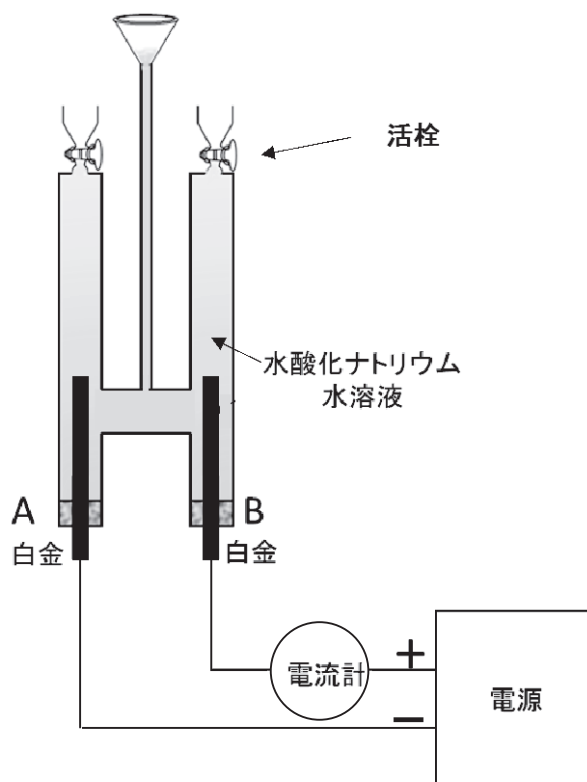


図 1

- 問 1 ホフマン電解装置の上部には活栓が取り付けられており，その開閉によって外部と通じたり遮断したりすることができる。活栓が取り付けられている目的は何か。簡潔に説明せよ。
- 問 2 電極 **A** と電極 **B** はそれぞれ正極、負極、陽極、陰極のどれか。
- 問 3 電極 **A** と電極 **B** で起こる反応を化学反応式で示せ。

問 4 電極 **A** と電極 **B** で発生する気体の物質質量変化はどのようなになるか。図 2 に示したグラフの中から最もふさわしいものを一つ選び、番号で答えよ。

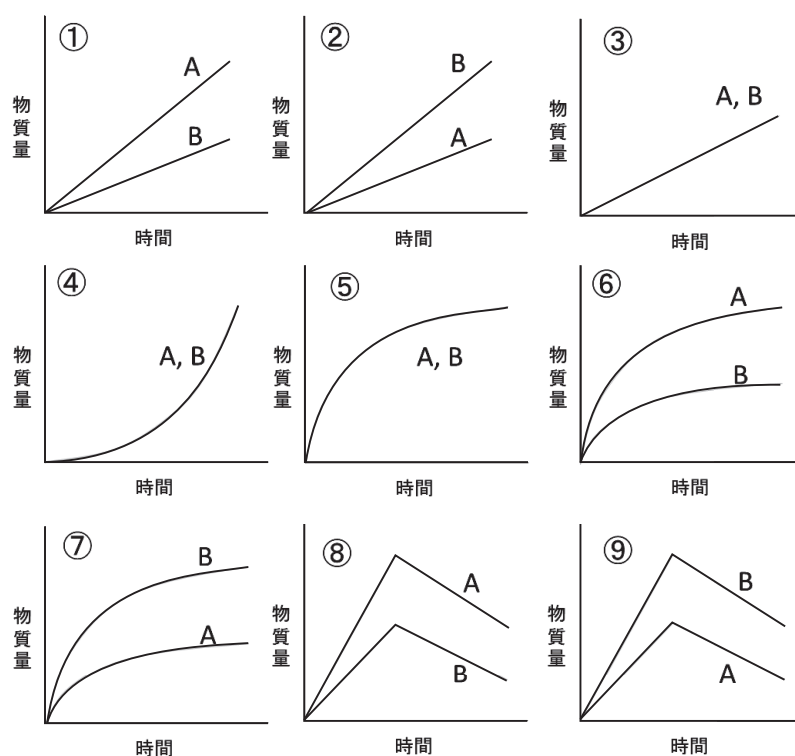


図 2

問 5 この電気分解で流れた電子の物質質量は何 mol か。有効数字 2 桁で答えよ。

問 6 10 分間電気分解を行った後の電極 **A** と電極 **B** で発生した気体の体積はそれぞれ何 mL か。有効数字 2 桁で答えよ。ただし、気体の体積は標準状態として計算せよ。

Ⅲ 図1を参照しながら、次の文を読んで問1～8に答えよ。

カルシウムは銀白色の金属であり、a 気体を発生しながら b 常温の水と容易に反応して Aを生じる。その飽和水溶液に二酸化炭素を通じると、c 白色沈殿 Bが生じる。さらに過剰の二酸化炭素を通じると、d 沈殿 Bは溶解して Cに変化するが、この溶液を加熱すると再び Bが生じる。高知工科大学の近くにある f 鍾乳洞も Bで形成されている。Bを強熱すると Dが生成する。また、g Bに塩酸を加えると Eが生成するが、EはDに塩酸を加えても得ることができる。Eは h 凍結防止剤として用いられる。

カルシウムイオンやマグネシウムイオンを含む水を用いて洗濯すると、i 洗浄力が低下する。その問題を解決し洗浄力を向上させるために、かつては j リン酸塩が用いられていたが、近年は k ゼオライトという粘土鉱物が添加されている。

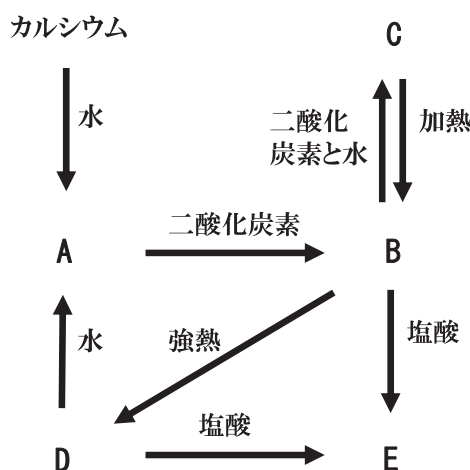


図1

- 問1 下線 b, c, d, g の反応を化学反応式で示せ。
- 問2 カルシウム 10 g が完全に反応したとき、下線 a の気体は標準状態換算で何 L 発生するか。有効数字2桁で答えよ。
- 問3 物質 D の化学式を示せ。
- 問4 下線 e で沈殿が生じる理由を簡潔に述べよ。
- 問5 自然界で起こる反応では加熱されることがない。その一方で、下線 f のように鍾乳洞が形成される理由を簡潔に述べよ。

化 学 $\frac{6}{10}$

- 問 6 下線 h に関連して、 0.10 mol/kg の **E** の水溶液を冷却したとき、予想される凝固点はいくらになるか。小数第 2 位まで答えよ。
- 問 7 下線 i の現象が起こる理由を簡潔に説明せよ。
- 問 8 下線 j の添加剤の役割を簡潔に説明せよ。

化 学 $\frac{7}{10}$

Ⅳ 次の文を読んで、問 1～7 に答えよ。

a 炭素原子のみで共有結合により立体的な構造を形成した単体として、ダイヤモンドや黒鉛（グラファイト）等の（ア）が知られている。これらはそれぞれ b 異なる特徴を示す。それ以外にも炭素の（ア）として分子式 C_{60} 、 C_{70} など示される（イ）が知られている。

ケイ素の単体は c 二酸化ケイ素（ SiO_2 ）を強熱し、炭素で還元すると得られる。金属のような光沢を示す共有結晶であり、d コンピューターの集積回路や太陽電池にも利用される。一方、二酸化ケイ素は水晶やケイ石として産出され、水酸化ナトリウムや炭酸ナトリウムとともに加熱すると e ケイ酸ナトリウムを生じる。ケイ酸ナトリウムに水を加えて加熱すると（ウ）と呼ばれる無色透明な液体が得られる。（ウ）に塩酸を加えると f 白色ゲル状沈殿（ケイ酸）が生成し、さらに加熱脱水するとシリカゲルが得られる。これは無色であるが、g 青色の塩化コバルト(Ⅱ)を含む製品が市販されている。

問 1 下線 a について、炭素原子の原子価を答えよ。

問 2 （ア）、（イ）、（ウ）に入る語句を答えよ。

問 3 下線 b について、ダイヤモンドと黒鉛の特徴の違いを 3 つ答えよ。

問 4 下線 c の反応を化学反応式で示せ。

問 5 下線 d に示した用途への利用を可能にする性質を答えよ。

問 6 下線 e, f の物質を化学式で示せ。

問 7 下線 g について、塩化コバルト(Ⅱ)の役割を簡潔に説明せよ。

V 次の文を読んで、問 1～6 に答えよ。

樹脂は高分子の中でも特に、熱や圧力で加工・成形できるものを指し、我々の生活に幅広く用いられている。発泡スチロール容器などに加工・成形されるポリスチレンは a スチレンの付加重合 によって合成される。スチレンの重合を行う際に、少量の *p*-ジビニルベンゼンと共重合することで、架橋構造ポリスチレンが得られる。これを b 濃硫酸と加熱 すると陽イオン交換樹脂が得られる。この樹脂を、純水の入ったビーカーと塩化ナトリウム水溶液が入ったビーカーにそれぞれ入れて、c pH を測定したところ、異なる値を示した。また、使用済みの陽イオン交換樹脂は d 再生可能 である。

陽イオン交換膜は、陽イオン交換樹脂を膜状に加工・成形したものであり、陽イオンを選択的に透過させることができる。したがって、塩化ナトリウムの電気分解による水酸化ナトリウムの生産に利用されている（陽イオン交換膜法）。具体的には、e 純度の高い水酸化ナトリウムを得るために、両極を仕切る隔膜として用い、陽極側から塩化ナトリウム水溶液を注いで電気分解が行われている。

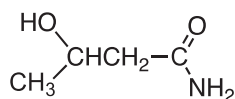
- 問 1 下線 a の合成反応を、重合度を n として反応式で示せ。
- 問 2 平均分子量 7400 のポリスチレンの重合度を有効数字 2 桁で答えよ。
- 問 3 下線 b では、どのような反応が進行しているか。簡潔に説明せよ。
- 問 4 下線 c では、どちらの液が大きい値を示したか。また、その理由を簡潔に述べよ。
- 問 5 下線 d の再生方法を簡潔に説明せよ。
- 問 6 下線 e において、陽イオン交換樹脂を隔膜として用いることによる利点を簡潔に述べよ。

化 学 $\frac{9}{10}$

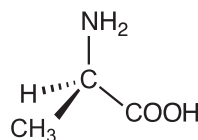
Ⅵ 次の文を読んで、問 1～6 に答えよ。

$C_4H_{10}O$ の分子式を有する化合物 **A**～**D** について以下の実験を行った。

- 実験 1 乾燥した状態で金属ナトリウムの小片を加えると、**A** には変化が見られなかったが、それ以外の化合物からは気体の発生が観察された。
- 実験 2 濃硫酸を加えて加熱すると、**A** には変化が見られなかったが、それ以外の化合物は a C_4H_8 の分子式を有する化合物 に変化した。
- 実験 3 硫酸酸性で二クロム酸カリウム ($K_2Cr_2O_7$) を作用させたところ、**B** には変化が見られなかったが、**C** は **E** に変換され、**D** は **F** を経由して **G** に変換された。
- 実験 4 硝酸銀の水溶液にアンモニア水を加えると、b 褐色沈殿 が生じた。さらにアンモニア水を加えると沈殿が溶解し、c 無色の溶液 になった。この溶液を 3 本の試験管に分け、化合物 **D**, **F**, **G** を加えたところ、1 本の試験管だけに d 変化 が見られた。
- 実験 5 化合物 **A**～**G** にヨウ素と水酸化ナトリウムを作用させると、e 黄色沈殿 が生じる場合があった。



構造式の例



立体構造の例

- 問 1 化合物 **A**, **B**, **C**, **D** の構造式を例にならって示せ。ただし、複数の可能性がある場合は全て示せ。
- 問 2 下線 a の反応で複数種類の異性体を与える化合物がある。その生成物の構造式を例にならって全て示せ。ただし、立体異性体が存在する場合は、その違いを明確にすること。
- 問 3 下線 b と c では、銀はどのような状態になっているか。化学式で答えよ。
- 問 4 下線 d で、試験管に変化が生じた化合物はどれか。**D**～**G** の記号で答えよ。

化 学 $\frac{10}{10}$

問 5 下線 e で，化合物 **A**～**G** のうち，黄色沈殿を生じるものを全て記号で答えよ。

問 6 化合物 **A**～**G** のうち，鏡像異性体が存在するものはいくつあるか。そのうちの 1 組の構造を例にならって立体構造の違いが分かるように示せ。