

化 学 $\frac{1}{6}$

[解答にあたっての注意]

必要があれば、次の値を用いよ。

原子量 H 1.0, C 12, N 14, O 16, Al 27, S 32, Fe 56, Br 80, Ba 137

気体定数 $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$, アボガドロ定数 $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$,

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

I 次の文を読んで、問1～5に答えよ。

25°Cにおいて $1.00 \times 10^{-1} \text{ g}$ の硫酸バリウム粉末を10.0 Lの水に加え、よくかき混ぜてから十分な時間静置すると、容器の底に沈殿した溶解していない硫酸バリウムの量が変化しない(ア)状態になった。そこで、溶解しなかった硫酸バリウムを回収したところ、その質量は $7.6 \times 10^{-2} \text{ g}$ であった。同様の実験を90°Cで行ったところ、溶解しなかった硫酸バリウムは $6.0 \times 10^{-2} \text{ g}$ であった。

硫酸バリウムは強塩基である水酸化バリウムと強酸である硫酸の塩であることから、溶解した硫酸バリウムは完全に(イ)して(ウ)と(エ)になっている。(ウ)と(エ)のモル濃度の積は(オ)と呼ばれ、温度が変わらなければ常に一定である。それゆえ、(ウ)とナトリウムイオンからなる塩の水溶液を(エ)を含む水溶液に加えると硫酸バリウムが沈殿として生じる。

このような現象は、(a)硫化水素を用いた金属イオンの分離・検出などに用いられている。たとえば、(b)鉛(II)イオンと亜鉛イオンの混合水溶液を酸性にして硫化水素を通じると一方のみが沈殿し、生じた沈殿を除いてから溶液を塩基性にして硫化水素を通じると溶液中に残ったもう一方を沈殿させることができる。

問1 (ア), (イ), (オ)に入る語句を答えよ。

問2 (ウ), (エ)に入る物質の名称とイオン式を答えよ。

問3 25°C および 90°C における硫酸バリウムの(オ)をそれぞれ有効数字2桁で答えよ。ただし、得られた水溶液の体積は溶媒として用いた水の体積と等しいとする。

問4 下線(a)の化合物は弱酸であり、水溶液状態で2段階に(イ)している。各段階のイオン反応式を示せ。

問5 下線(b)の分離例では、それぞれの段階でどちらの金属イオンが沈殿するか。また、このような違いが生じる理由を説明せよ。

化 学 $\frac{2}{6}$

Ⅱ 次の文を読んで、問1～5に答えよ。

エネルギーは身の回りで様々な形で利用されている。反応とともに出入りするエネルギーとしては熱エネルギーが最も一般的であり、酸素とメタンの反応はエネルギーの（ア）を伴う（イ）反応であり、窒素と酸素の混合物から一酸化窒素を生じる反応はエネルギーの（ウ）を伴う（エ）反応である。また、化学反応には光エネルギーの出入りを伴うものもあり、(a)ルミノールと過酸化水素の反応は、その例である。近年では、(b)電池や電気分解のような電気エネルギーを利用する反応も重要になっている。(c)燃料電池は水素を燃料として稼働し、生成物として水しか生じないクリーンなエネルギー源として期待されている。また、(d)電気分解は金属を単体として取り出す方法としても用いられ、銅やアルミニウムの工業的な製造方法として重要である。

問1 （ア）～（エ）に入る適切な語句を答えよ。

問2 下線(a)と類似した現象は、一酸化窒素（NO）とオゾン（O₃）の反応でも見られる。これらの現象の名称と下線(a)の反応でどのように観察されるか説明せよ。

問3 下線(b)について、電池内で起こる反応と電気分解にはどのような違いがあるか、説明せよ。

問4 下線(c)について、電極上で起こる水素の反応の名称を答えよ。また、1分子の水素の反応に関わる電子数はいくつか。

問5 下線(d)を何というか。また、融解した酸化アルミニウムを 20 A の一定電流で 12 時間電気分解した場合、得られるアルミニウムの質量を有効数字 2 桁で答えよ。

化 学 $\frac{3}{6}$

Ⅲ 問1～6に答えよ。

- 問1 標準状態において 1.0 m^3 の理想気体に含まれる分子数を、有効数字2桁で答えよ。なお、 1 m^3 は 1000 L に等しい。
- 問2 容積 10 L の高圧ガスボンベには、メタンが $1.17 \times 10^7 \text{ Pa}$ の圧力で密封されている。容器内におけるメタンの質量を、 298 K の理想気体として有効数字2桁で答えよ。
- 問3 実際にメタンを 298 K において容積 10 L の高圧ガスボンベに、圧力 $1.17 \times 10^7 \text{ Pa}$ で封じたところ、容器内部におけるメタンの質量は 1.50 kg であった。問2で求めた値と異なる理由を述べよ。
- 問4 メタンを完全燃焼させたときの化学反応式を示せ。
- 問5 下の(ア)～(カ)から、メタンの完全燃焼によって得られる分子の説明として、どの分子にも当てはまらないものを全て選べ。
- (ア) 単体である
 - (イ) 無色・無臭の気体である
 - (ウ) 昇華性がある
 - (エ) 折れ線形の構造をしている
 - (オ) 極めて有毒である
 - (カ) 水に加えると弱い酸性を示す
- 問6 ともに理想気体のメタンおよび酸素分子を、メタンの完全燃焼に必要な物質質量比となるように容積 10 L の密閉容器に封じた。そのとき、容器内の温度は 273 K 、全圧は $1.50 \times 10^5 \text{ Pa}$ であった。容器内に存在する気体の質量の合計を有効数字2桁で答えよ。

化 学 $\frac{4}{6}$

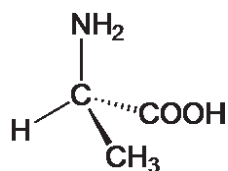
IV 次の文を読んで、問1～6に答えよ。

鉄は金属元素の中で、地殻中に（ア）の次に多く存在する。鉄には酸化数+2と+3の化合物が存在するが、空気中では+3の方が安定である。鉄(III)イオンは水溶液状態では（イ）個の^(a)水分子が配位している。（イ）個の水分子のうちの2個を塩化物イオンで置換した場合、有機分子のように^(b)異性体が生じる。

鉄の単体は（ウ）を主成分とする赤鉄鉱を高炉内でコークスから^(c)発生する（エ）と反応させて得る。こうして得られた鉄を（オ）という。（オ）は炭素などの不純物を4%程度含んでいる。これを転炉で融解した後に、酸素を吹き込み、炭素の含有量を減らすと（カ）になる。鉄を湿った空气中で放置していると（ウ）を生じる。鉄は塩酸には溶解するが、^(d)濃硝酸には溶解しない。

問1 （ア）～（カ）に入る語句を答えよ。ただし、（ウ）は化学式で答えよ。

問2 下線(a)の状態を例にならって、立体構造が分かるように図示せよ。紙面上にある結合は実線で、紙面より手前に出ている結合はくさび型の実線で、奥にある結合はくさび型の点線で表せ。



例：立体構造の表し方

問3 下線(b)において何種類の異性体が存在するか。ただし、鉄(III)イオンと酸素原子の間の距離は全て等しいものとする。

問4 下線(c)の化学反応式を示せ。

問5 （オ）（カ）はどのような性質を持つか。また、その性質を利用してどのような用途に用いられているか。

問6 下線(d)の理由を説明せよ。

化 学 $\frac{5}{6}$

V 次の文を読んで、問1～6に答えよ。

有機化合物の中でも、(a)不飽和結合を有する炭化水素のうち、アセチレンとエチレンは様々な化合物に変換することができる。アセチレンとエチレンを用いて以下の実験を行った。

(実験1) ニッケル触媒の存在下で水素と反応させた。

(実験2) 触媒(リン酸や硫酸水銀(II)など)の存在下で水と反応させた。

(実験3) 臭素を含む溶液に吹き込んだ。

(実験4) 塩化パラジウム(II)と塩化銅(II)を触媒に用いて、酸素と反応させた。

(実験5) 鉄触媒の存在下、高温で加熱した。

問1 下線(a)の不飽和結合とは何か。

問2 実験1において過剰量の水素を用いると、エチレン、アセチレンのどちらを用いても同じ生成物が得られた。生成物の名称と示性式を示せ。また、同じ生成物が得られる理由を説明せよ。

問3 エチレンを用いた実験2の生成物を濃硫酸とともに加熱すると、反応温度の違いで異なる化合物が得られた。(A) 160~170°Cでの反応と(B) 130~140°Cでの反応で得られる有機化合物の名称と示性式を示せ。

問4 実験3において、1.0 gの臭素を含む溶液にアセチレンを70 mL吹き込んだところ溶液は完全に無色になった。反応生成物の名称と示性式を示せ。また、エチレンを用いて同じ実験を行った場合、反応後の溶液にはどのような様子が観察されるか。ただし、反応に用いた気体は標準状態とする。

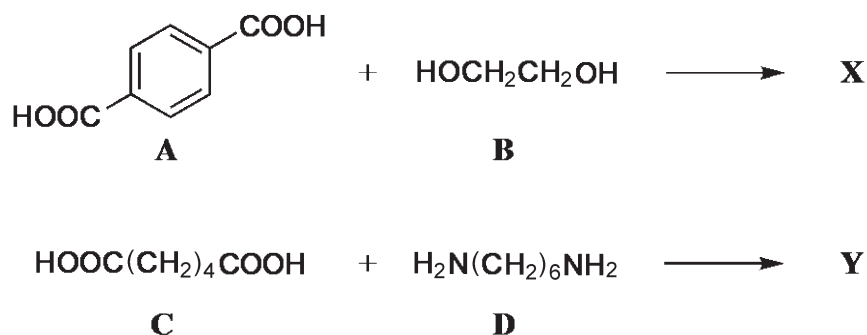
問5 アセチレンを用いた実験2とエチレンを用いた実験4を行ったところ、同じ生成物が得られた。その名称とそれぞれの反応式を示せ。

問6 アセチレンを用いた実験5で得られる生成物とは何か。

VI 次の文を読んで、問1～7に答えよ。

図に示したように、**A**と**B**から水を取り除きながら加熱することにより、高分子**X**を得た。また、同様の操作で**C**と**D**からは高分子**Y**を得た。高分子**X**には、分子鎖が比較的規則正しく配列した（ア）部分と分子鎖が不規則に配列した（イ）部分が入り混じっている。(a)高分子**Y**は高分子**X**に比べて強度や耐久性に優れている。

高分子**X** 10 g をアルカリ水溶液中で加熱すると、表面が加水分解されて(b)質量に減少が見られた。また、反応後の水溶液を酸性にしたところ、0.83 g の**A**が析出した。水溶液からは析出した**A**と同じ物質量の**B**が回収された。



図

- 問1 高分子**X**や**Y**を得る反応を何というか。
- 問2 図の過程で新たに生成する結合の名称をそれぞれ答えよ。
- 問3 平均分子量 6.0×10^5 の高分子**Y**がある。1分子の**Y**には問2で答えた結合が何個含まれているか。有効数字2桁で答えよ。
- 問4 （ア）および（イ）に適切な語句を入れよ。
- 問5 （ア）部分が多くなった時に、高分子**X**の性質がどのように変化するか。2つ示せ。
- 問6 下線(a)のような性質の違いが生じる理由を説明せよ。
- 問7 下線(b)において、高分子**X**の質量はいくらになったか。有効数字2桁で答えよ。