

問題 13. 硫酸を生成し、爆発させることなく希釈する方法

日本は硫黄資源が豊かな国である。硫化銅、硫化鉄、硫化鉛といった硫化鉱資源から硫酸を合成することができる。

1. 酸素の存在下、溶鉱炉にて高温で黄銅鉱 (CuFeS_2) とケイ砂 (SiO_2) の混合物を融解すると、 Cu_2S と FeSiO_3 とともに二酸化硫黄が生成する(反応 1)。反応 1 で生じた Cu_2S は高温条件下で酸素と反応し、銅と二酸化硫黄を生成する(反応 2)。反応 1 と反応 2 についての反応式を書け。
2. 問 1 で説明した方法によって、100 kg の純粋な黄銅鉱から得られる銅の質量と二酸化硫黄の 25 °C, 1.00 bar 条件下での体積を計算し、銅の質量は kg 単位、二酸化硫黄の体積は L 単位で答えよ。ただし、全ての反応は完全に進行し、全ての気体は理想気体であるとみなせ。
3. 酸化バナジウム(V)のような触媒を使うことにより、二酸化硫黄は空気酸化されて三酸化硫黄となる。酸化は発熱的に進行する。また、この反応は可逆反応であるため、最終的に化学平衡に至る。以下の条件の中で、最も三酸化硫黄の生成率を上げるのに適しているものはどれか。(1) ~ (4) の中から 1 つ選べ。
 - (1) 低温 / 低圧
 - (2) 低温 / 高圧
 - (3) 高温 / 低圧
 - (4) 高温 / 高圧
4. 二酸化硫黄 (7.00 mol) と酸素 (3.00 mol) の混合物を、容量が 50.0 L の耐熱・耐圧容器の中に触媒とともに入れた。容器を 350°C まで温めると、圧力は 8.60 bar まで上昇した。この反応で生成した三酸化硫黄の物質量を計算し、mol 単位で答えよ。
5. 濃硫酸に三酸化硫黄を吸収させることで、発煙硫酸が生成する。その後、発煙硫酸を希硫酸で希釈することで、所望の濃度の硫酸を得ることができる。20.0 kg の 32% 発煙硫酸(質量比で 32% の SO_3 と 68% の H_2SO_4 を含む)を希釈して、98% 硫酸を得るために必要な 60% 硫酸の質量を計算し、kg 単位で答えよ。希釈の過程における成分の揮発は無視できると仮定せよ。

6. 8.0 kg の 98%硫酸を水で希釈し 60%硫酸が得られた。希釈の過程で発生した希釈熱 Q [J] を計算せよ。ただし、1 mol の硫酸が n mol の H_2O で希釈された場合に発生する希釈熱 Q_0 [J] は以下の式で表される。

$$Q_0[\text{J}] = \frac{7.47 \times 10^4 \times n}{n + 1.80}$$

1 g の水の温度を 1 °C 上昇させるために必要な熱量は 4.18 J (1 cal) である。希釈熱 Q [J] によって 10 kg の水 (0 °C) の温度が何°C 上昇するか計算せよ。