

問 4 19世紀後半、肥料の原料であるアンモニア NH_3 の大量製造が必要となり、窒素 N_2 と水素 H_2 から直接 NH_3 を得ることが化学者の課題であった。この課題は、ハーバー・ボッシュ法によって解決され、有用な NH_3 の合成方法となっている。この反応は、次の式(3)で表される。また、 N_2 と H_2 を 1 : 3 の物質量の割合で反応させ、平衡状態に達したときの NH_3 の体積百分率と温度の関係を図 1 に示した。 NH_3 の合成に関する後の問い合わせ(a～c)に答えよ。ただし、反応に用いる密閉容器中では、 N_2 、 H_2 と NH_3 は気体として存在するものとする。

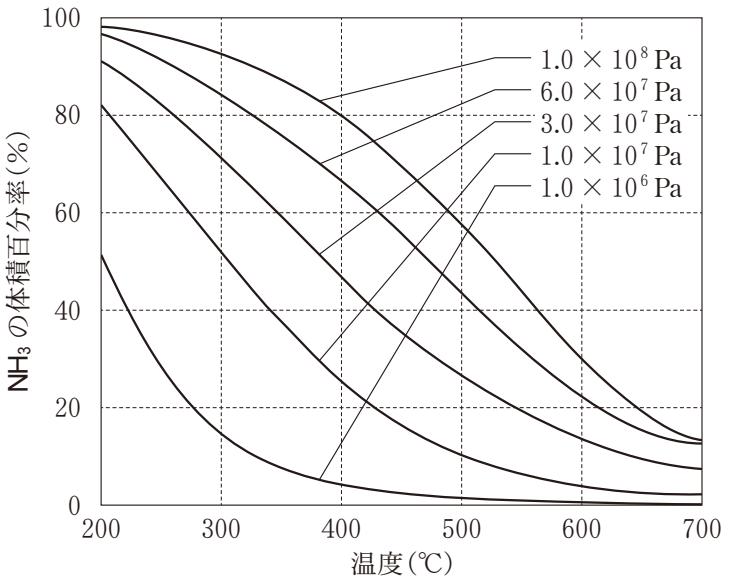


図 1 NH_3 の体積百分率と温度の関係(図中の圧力は全圧である)

化 学

a 式(3)の反応に対して、圧平衡定数 K_p と濃度平衡定数 K_c の関係を表したものとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、気体定数を R 、絶対温度を T とする。

$$K_p = \boxed{10}$$

① $K_c RT$

② $K_c (RT)^2$

③ $K_c (RT)^3$

④ $\frac{K_c}{RT}$

⑤ $\frac{K_c}{(RT)^2}$

⑥ $\frac{K_c}{(RT)^3}$

b 密閉容器に N_2 2.0 mol と H_2 6.0 mol を入れ反応させたところ、平衡状態に達した。このとき、 NH_3 は 3.0 mol 生成し、全圧は 1.0×10^8 Pa であった。このときの反応温度は何℃であったか。最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 $\boxed{11}$ °C

① 350

② 420

③ 490

④ 560

⑤ 650

化 学

c ある温度と圧力において、 NH_3 の生成反応における NH_3 の体積百分率の時間変化は図2の破線のようであった。この反応条件から、温度のみを100 K上げたときの NH_3 の体積百分率の時間変化を、図2に重ねて実線で示したものとして最も適当なものを、後の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、反応の活性化エネルギーは温度によって変化しないものとする。

12

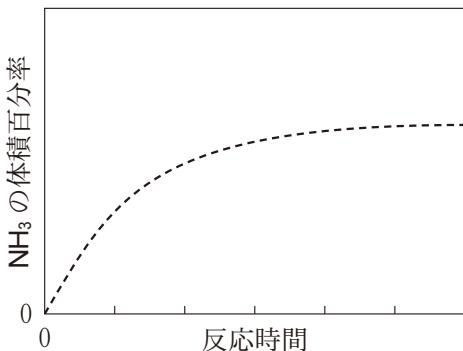
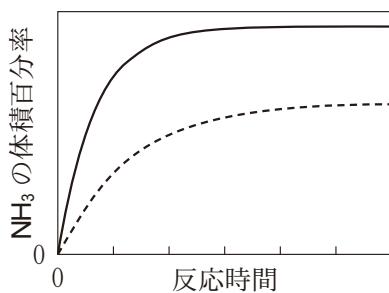
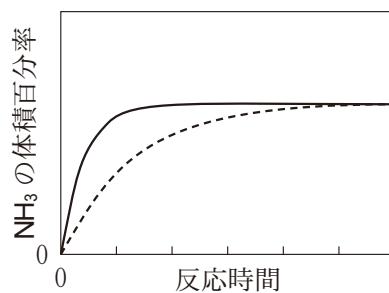


図2 NH_3 の生成反応における NH_3 の体積百分率の時間変化

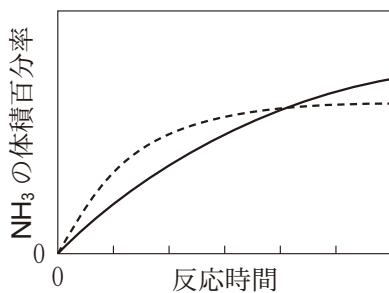
①



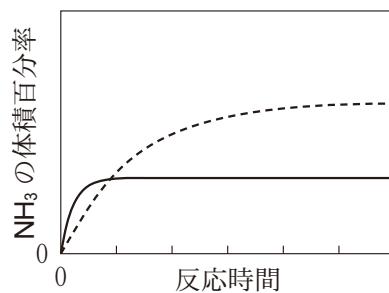
②



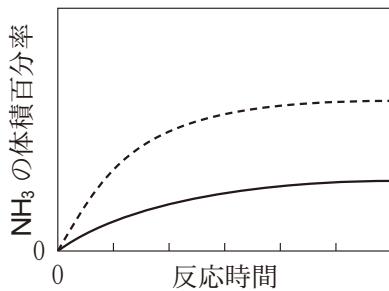
③



④



⑤



化 学

第 3 問 次の問い(問 1 ~ 4)に答えよ。(配点 20)