

東北大学大学院環境科学研究科

秋季入学試験（令和7年8月26日～28日実施）出題意図

エネルギー環境群 基礎科目

化 学

大問1

出題意図

化学の基本となる「元素の性質，化学結合論，化学熱力学，反応速度論」に関して，基本的な理解を総合的に問うことを目的としています。

解答について

(1) 化学熱力学に関する理解を問う問題です。

(1-1) $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ を使い，与えられた条件下で反応が自発的に進むかを問う問題です。

(a) $\Delta H < 0$ ， $T\Delta S > 0$ より， $\Delta G < 0$ となり，この反応は自発的に進みます。

(b) $\Delta H > 0$ ， $T\Delta S < 0$ より， $\Delta G > 0$ となり，この反応は自発的に進みません。

(c) $\Delta H > 0$ ， $T\Delta S > 0$ ， $\Delta H < T\Delta S$ より， $\Delta G < 0$ となり，この反応は自発的に進みます。

(1-2) メタンとアンモニアの反応を例にとり，化学熱力学に関する理解を問う問題です。

(a) 298 K での水素分子の標準生成エンタルピー $\Delta_f H^\circ$ は $0 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ です。

(b) 反応エンタルピー変化 $\Delta_r H^\circ$ と反応エントロピー変化 $\Delta_r S^\circ$ の値を計算で問う問題です。また，この反応は $\Delta_r H^\circ > 0$ となり，「吸熱反応」になります。

(c) $\Delta_r G^\circ = \Delta_r H^\circ - T\Delta_r S^\circ$ を計算することで標準ギブズ自由エネルギー変化の値を問う問題です。また， $\Delta_r G^\circ > 0$ より，この反応は自発的に進みません。

(2) シアン化水素を例にとり，元素の性質，化学結合論に関する理解を問う問題です。

(2-1) 孤立電子対の理解を問う問題です。シアン化水素が持つ孤立電子対の数は1対になります。

(2-2) 炭素原子の作る混成軌道の理解を問う問題です。炭素原子が直線状である sp 混成軌道を持ち，炭素原子と窒素原子は3組の共有電子対による3重結合の共有結合，炭素原子と水素原子は1組の共有電子対による単結合の共有結合した直線の分子構造を持ちます。

(2-3) 原子の電気陰性度と，分子の極性の理解を問う問題です。水素原子，炭素原子，窒素原子の電気陰性度はそれぞれ 2.20，2.55，3.04 であり，C と N の間の電気陰性度の差が大きく，シアン化水素は窒素原子側が負に帯電する極性分子です。

(3) 五酸化二窒素の気相分解反応を例にとり，反応速度論に関する理解を問う問題です。

(3-1) 反応における中間体について問う問題です。中間体は NO ， NO_3 です。

(3-2) 中間体の濃度の正味の变化速度を問う問題です。

$$\text{解答： } \frac{d[\text{NO}]}{dt} = k_2[\text{NO}_2][\text{NO}_3] - k_3[\text{NO}][\text{NO}_3]$$

$$\text{解答： } \frac{d[\text{NO}_3]}{dt} = k_1[\text{N}_2\text{O}_5] - k_1'[\text{NO}_2][\text{NO}_3] - k_2[\text{NO}_2][\text{NO}_3] - k_3[\text{NO}][\text{NO}_3]$$

(3-3)中間体の濃度の正味の変化速度に対して，定常状態近似を用いて

$$\frac{d[\text{NO}]}{dt} = 0, \quad \frac{d[\text{NO}_3]}{dt} = 0 \quad \text{として，} \text{N}_2\text{O}_5 \text{の濃度の正味の変化速度を問う問題です.}$$

大問 2

出題意図

溶液の化学平衡に関して，基本的な理解を総合的に問うことを目的としています。

解答について

(1) 様々なイオンが共存する水溶液中において，溶解度と滴定，当量点の相関に関する基本的な理解を総合的に問う問題です。

(1-1) 当量点における特定の金属イオン(銀イオン)の挙動を問う問題です。

解答例：4.8

(1-2) 溶液添加量の変化に伴う銀イオンの挙動変化を問う問題です。

(1-3) 溶液添加量の変化をパラメータとして沈殿滴定曲線がどのように変化するのか検討することを問う問題です。

(2) 配位子と金属イオンが共存する溶液中において，各金属イオンがどのように変化するか，その理解を問う問題です。

(2-1) 溶液中に存在する金属イオンの濃度と錯生成定数の相関について問う問題です。

解答例： $C([\text{Zn}(\text{NH}_3)]^{2+}) = k_1 C(\text{Zn}^{2+}) C(\text{NH}_3)$

(2-2) 錯体の全安定度定数について問う問題です。

解答例： $10^{9.1}$

(2-3) 溶液中の各種錯体の相対的な存在比について検討することを求める問題です。

(2-4) 溶液中に含まれる配位子の存在量の変化が金属錯体の存在量に与える影響について考察することを求める問題です。