

選択問題 (先端膜工学分野)

指導教員群記号 : B

(1) 以下の (a) ~ (d) の項目は, 分離に関する用語の組み合わせである。これらから 2 つの項目をアルファベットで選択し, それぞれの項目に含まれる 2 つの用語の意味と関連性を 150 字程度で述べよ。なお, 図や式を用いてもよいが使用する記号は全て説明せよ。ただし字数には含めない。

(a) 平衡分離と速度差分離, (b) 自由度と Gibbs の相律,

(c) 精密ろ過と限外ろ過, (d) スパイラルモジュールと中空糸型モジュール

(2) 温室効果ガスの削減や水素エネルギー社会の構築など, 環境およびエネルギー問題の解決に向けて, 気体分離膜は欠かせない分離技術である。多孔質膜での気体の透過において, 多孔質膜を細孔半径  $r$  の毛細管の集合と考えるとき, 細孔半径  $r$  と気体分子の平均自由行程  $\lambda$  との比 ( $r/\lambda$ ) が気体分子の透過機構を規定する。毛細管内での気体の移動は, (i)  $r/\lambda$  が十分に大きい場合は粘性流が支配的, (ii)  $r/\lambda$  が小さくなると Knudsen 拡散が支配的, (iii)  $r$  がさらに小さくなり細孔径が気体分子の大きさ程度になると分子ふるいが支配的となる。

(ii) の Knudsen 拡散が支配的となる領域では, 気体分子 A の物質移動係数  $k_A$  は式 (1) で表現できる。 $\varepsilon$  は空孔率,  $\tau$  は屈曲係数,  $\delta$  は膜厚,  $R$  は気体定数,  $T$  は温度である。また  $D_A$  は Knudsen 拡散係数であり, 気体分子 A の分子量を  $M_A$  とすると式 (2) で表現できる。

$$k_A = \frac{\varepsilon}{\tau \delta} \cdot \frac{D_A}{RT} \quad (1), \quad D_A = \frac{4}{3} r \sqrt{\frac{2RT}{\pi M_A}} \quad (2)$$

以上を踏まえて, 気体分子の透過機構に関して以下の設問に答えよ。なお, 図や式を用いてもよいが使用する記号は全て説明せよ。ただし字数には含めない。

① (i) ~ (iii) の各領域における気体分子の透過挙動の違いについて説明せよ。(日本語 200 字程度)

② (i) ~ (iii) の各領域において実用的な分離が期待できるかをその理由とともに述べよ。(日本語 200 字程度)