

選択問題(先端膜工学分野)

指導教員群記号: B

気体分子の混合と拡散現象について以下の問いに答えよ。

(1) 図1(a)に示すように、時刻 $t = 0$ においてある大きさの容器の中に二酸化炭素分子(○)とメタン分子(●)がいずれの分子も通り抜けることができない仕切り板で隔てられた2つの領域に存在している。この仕切り板を取り除いた後に十分な時間が経過すると($t = \infty$)、各分子は図1(b)のように混ざり合い、元のように2つの領域にそれぞれの分子が分かれた状態に戻ることはない。ただし、この変化の過程で温度は一定とする。このように、分子が容器の中を移動し混合する現象を以下のキーワードを用いて物質移動と熱力学の観点から説明せよ。(日本語 350 字程度)

キーワード: 濃度勾配, 拡散, 非平衡状態, エントロピー,
平衡状態, 熱力学の第2法則

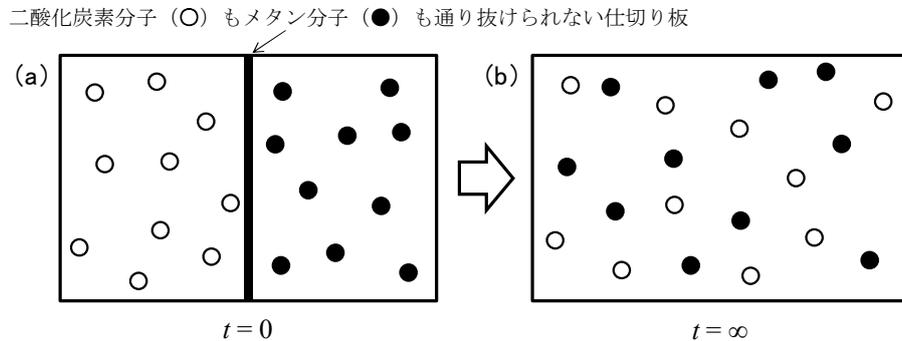


図1 二酸化炭素分子(○)とメタン分子(●)が拡散し混合する様子

(2) 図2(a)~4(a)に示すように、時刻 $t = 0$ においてある大きさの容器の左側半分領域に同数の二酸化炭素分子(○)とメタン分子(●)の混合気体がいずれの分子も通り抜けることができない仕切り板によって閉じ込められている。その仕切り板のすぐ隣には以下に示すそれぞれ性質の異なる膜が容器の容積をちょうど半分に区切る位置に設置してあるものとする。

(裏面に続く)

図 2 の膜：二酸化炭素分子のみが拡散可能でありメタン分子が拡散できない膜

図 3 の膜：二酸化炭素分子もメタン分子も拡散できるが、二酸化炭素分子がメタン分子の 100 倍の速度で拡散可能な膜

図 4 の膜：二酸化炭素分子とメタン分子がクヌッセン拡散*)する膜

*) 分子の平均自由行程に比べて細孔径が十分に小さい細孔内を分子が拡散する現象であり、分子の拡散速度は分子量の平方根に反比例する。

図 2～4 について、時刻 $t=0$ に分子が通り抜けられない仕切り板を取り除いた。時刻 $t=0$ から時間が経過しているがまだ平衡状態には至っていない状態(b)，および十分に時間が経過した後の平衡状態 ($t=\infty$) (c)における容器内の分子の存在状態の概略図を描き、なぜそのようになるのかをそれぞれ 150 字程度で説明せよ。なお、各図の(b)は同一の時刻でなくともよい。ただし、この変化の過程で温度は一定とする。

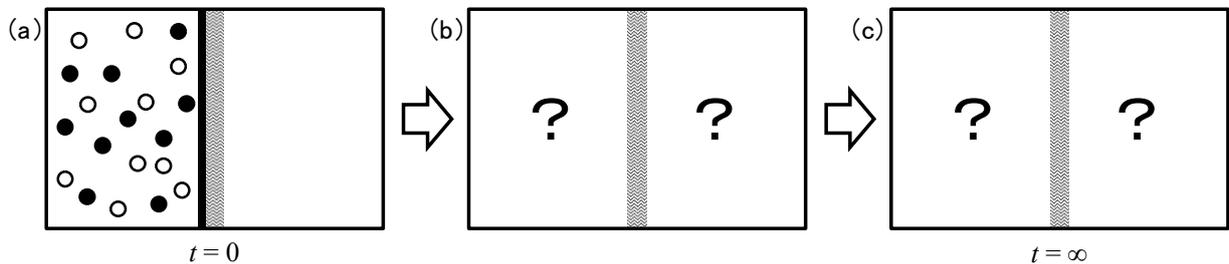


図 2 二酸化炭素分子 (O) のみが拡散可能でメタン分子 (●) が拡散できない膜を介した分子の拡散

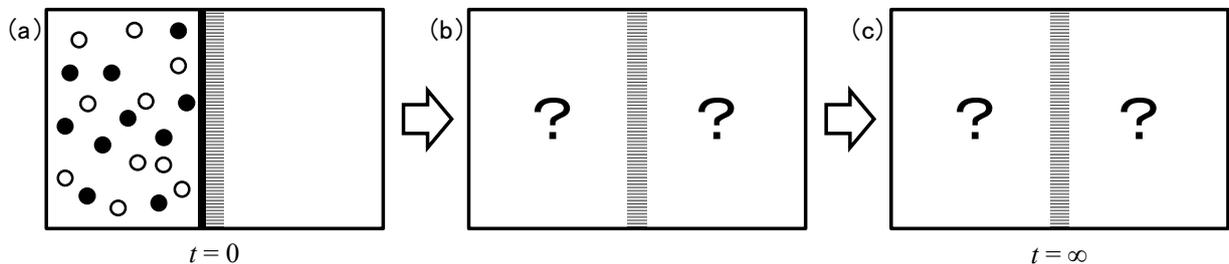


図 3 二酸化炭素分子 (O) がメタン分子 (●) の 100 倍の速度で拡散可能な膜を介した分子の拡散

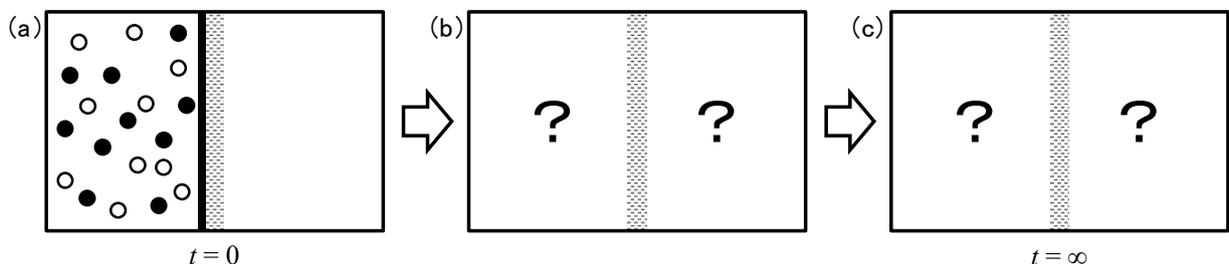


図 4 二酸化炭素分子 (O) とメタン分子 (●) がクヌッセン拡散する膜を介した分子の拡散