

機械的単位操作

【問1】分子量が十分に大きな固体高分子の粘弾性に関する以下の文章を読み、設問1)～6)に答えよ。

非結晶性のポリ塩化ビニル($-\text{CH}_2-\text{CHCl}-$)_nを対象に動的剛性率(剛性率は弾性率の一種)の温度依存性を調べ、貯蔵剛性率 G' と損失剛性率 G'' を得た。貯蔵剛性率 G' は、図1に示すように測定温度 $T = T_X$ 近傍において急激に低下する傾向が見られた。また、

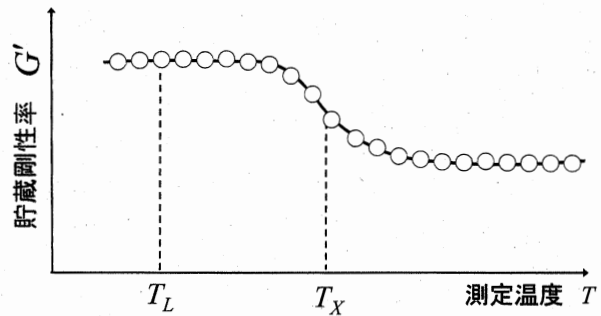


図1 貯蔵剛性率の測定結果

(1) 損失剛性率は温度 T_X 近傍において、貯蔵剛性率とは異なる変化を示した。

- 1) ポリ塩化ビニルは代表的な熱可塑性樹脂である。プラスチックの成型加工における熱可塑性樹脂の流動性の特徴を、熱硬化性樹脂と対比しながら、60字以内で説明せよ。
- 2) 図1の測定結果から、ポリ塩化ビニルのガラス転移温度は T_X 近傍にあると推定できる。図中の温度 T_L における貯蔵剛性率が、 T_X ($T_X > T_L$) における貯蔵剛性率より大きくなる理由を高分子鎖の運動の観点から50字以内で説明せよ。
- 3) ポリ塩化ビニルとポリエチレン($-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$)_n のガラス転移温度を比較したい。両者の分子構造からガラス転移温度を推定し、その高低を比較して答えよ。また、ポリ塩化ビニルとポリ塩化ビニリデン($-\text{CH}_2-\text{CCl}_2-$)_n のガラス転移温度も比較して答えよ。解答は以下の例にならって答えよ。

(解答例) 高分子 X のガラス転移温度が高分子 Y よりも高い場合
 高分子 X > 高分子 Y

- 4) 下線(1)に関して、損失剛性率 G'' が温度 T_X 近傍においてどのような変化を示すか、図示せよ。解答は、横軸を測定温度 T 、縦軸を損失剛性率 G'' とするグラフにして示せ。
- 5) 損失正接 ($\tan\delta$) を表す数式として最も適切なものを次の選択肢から1つ選べ。

- (a) $\tan\delta = G' + G''$ (b) $\tan\delta = G' - G''$ (c) $\tan\delta = G'' - G'$
 (d) $\tan\delta = G' \times G''$ (e) $\tan\delta = G'/G''$ (f) $\tan\delta = G''/G'$

- 6) ポリ塩化ビニルに可塑剤を加えると、高分子間の相互作用を弱めることができる。高分子間相互作用を十分に弱めたときに見られる剛性率の変化を、横軸を測定温度 T 、縦軸を貯蔵剛性率 G' とするグラフにして示せ。また、同様に可塑剤を加えたときに見られる損失剛性率 G'' の変化もグラフにして示せ。

【問2】以下の文章を読み、空欄 **ア** ~ **サ** に当てはまる適切な語句や文字式を答えよ。

固気や固液の分離操作においては、流体中の粒子の挙動が重要な意味をもつ。例として、粒子が静止流体中を自由沈降する場合、粒子には重力、浮力および **ア** 力が作用する。粒子に作用する力のバランスを考えると、粒子の運動方程式は上記の3つの力を考慮すればよい。ここで、**ア** 力を R 、粒子速度を u 、粒子直径を D_p 、粒子の密度を ρ_p 、流体の密度を ρ_f 、時間を t 、重力加速度の大きさを g 、円周率を π とすれば、粒子の運動方程式は式 (1) となる。

$$\frac{\pi}{6} D_p^3 \rho_p \frac{du}{dt} = \text{イ} - R \quad (1)$$

ここで、

$$R = C_D \cdot \left(\frac{\pi D_p^2}{4} \right) \cdot \text{ウ} \quad (2)$$

式 (2) 中の C_D は **エ** 係数であり、 μ_f を流体の粘性係数とすると、式 (3) に示す粒子レイノルズ数 Re_p の関数として式 (4) ~ 式 (6) で与えられる。

$$Re_p = \text{オ} \quad (3)$$

ストークス領域 $C_D = \frac{24}{Re_p} \quad (Re_p \leq 2) \quad (4)$

アレン領域 $C_D = \frac{10}{\sqrt{Re_p}} \quad (2 < Re_p \leq 500) \quad (5)$

カ 領域 $C_D = 0.44 \quad (500 < Re_p \leq 10^5) \quad (6)$

以上の関係式より、式 (1) を u について解くことで、時間 t における粒子の速度を求めることができる。粒子レイノルズ数がストークス領域にある場合、式 (4) を式 (2) に代入することにより、式 (1)は次式のように整理できる。

$$\frac{du}{dt} = \frac{\rho_p - \rho_f}{\rho_p} g - \text{キ} \cdot u \quad (7)$$

ここで、右辺第2項の $\boxed{\text{キ}}$ の逆数は時間の次元をもつ。この時間は $\boxed{\text{ク}}$ 時間とよばれる。 $\boxed{\text{ク}}$ 時間は、流体の運動、たとえば、流れの急変や乱流による速度変動に対する粒子の応答性を表している。実際の集塵操作においても、この原理を応用して、固気混相流の壁への衝突や流れの反転を利用する $\boxed{\text{ケ}}$ 集塵機が用いられている。

式 (7) について、静止した流体中に、静止した粒子を置いた後の運動を考えると、右辺第1項は一定であり、第2項は粒子速度の増加とともに大きくなるが、やがて第1項の値と等しくなり、粒子は流体中を一定の速度で沈降することになる。この速度を $\boxed{\text{コ}}$ 速度とよび、次式で表される。

$$u_t = \boxed{\text{サ}} \quad (8)$$

$\boxed{\text{コ}}$ 速度は、水平流型沈降槽やシックナーなどの、重力を利用した分離装置を設計する上で、重要なパラメーターとして用いられる。