

機械的単位操作

【問1】以下の文章を読み、設問に答えよ。なお、解答する際には導出過程も示し、数値の場合は有効数字3桁とせよ。

攪拌や混合は、反応、抽出、吸収、分散、乾燥などを行うときに用いられる単位操作である。以下では、図1に示すように、円筒状の攪拌槽に密度 ρ [kg・m⁻³]、粘度 μ [Pa・s]の流体を満ちし、パドル翼（翼径： d [m]）を使って一定の攪拌速度（回転数： n [s⁻¹])で攪拌する場合を考える。翼径 d は、攪拌槽の内径（ D [m]）の1/3とする。

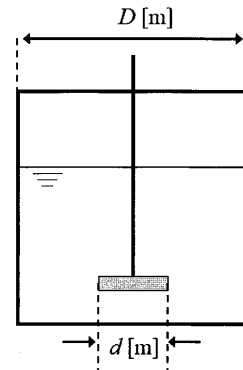


図1 攪拌装置の構成

1) 攪拌槽内の流動状態を表す指標として攪拌 Re （レイノルズ数）があり、攪拌槽の代表長さとして翼径 d と回転数の逆数 n^{-1} がそれぞれ採用される。攪拌 Re を d, n, ρ, μ を使って表せ。

2) 攪拌モーターから流体に与えられる単位時間あたりのエネルギーは、攪拌所要動力 P [W]で表すことができる。それぞれの単位に注意して、攪拌所要動力を無次元化して得られる動力数 N_p を P, d, n, ρ を使って表せ。

3) 図1の攪拌装置を攪拌装置(a)とし、攪拌 Re と動力数 N_p の関係、すなわち動力特性を調べた。次いで、攪拌槽の内壁に板状構造体を鉛直に複数枚取り付け付けた。それを攪拌装置(b)とし、その動力特性も調べた。その結果、図2の実線と破線でそれぞれ示すように、攪拌 Re が 10^2 付近を超える範囲で両動力特性に明確な差異が生じた。攪拌装置(b)で得られる動力特性として適するものを、「実線」か「破線」のいずれかで答えよ。

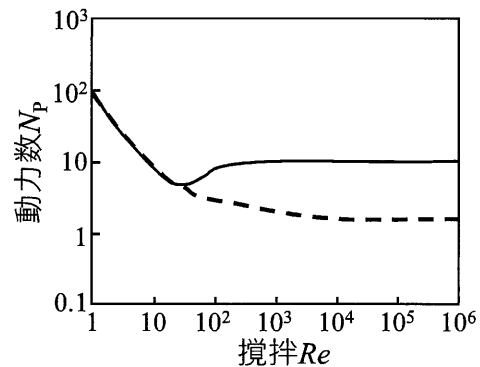


図2 攪拌装置による動力特性の差異

4) 設問3)において攪拌槽の内壁に取り付けた板状構造体の名称を答えよ。

5) 図2の攪拌 $Re < 10$ の領域では、攪拌槽に板状構造体を設置しても動力数 N_p に明確な差異は見られなかった。板状構造体の影響が動力数 N_p に表れにくい理由を、低攪拌 Re 領域の流動の特徴を述べながら、100文字以内で説明せよ。

6) 内径 0.300 m の円筒型攪拌槽（試験機）に液深 0.300 m まで、ある流体を満ちし、さらに板状構造体を設置した状態で 300 rpm で攪拌試験を実施した。このときの攪拌状態は良好であり、攪拌所要動力は 50.0 W であった。この試験結果をもとに、大型の攪拌槽（実機）での攪拌に必要な攪拌所要動力を求めたい。実機は試験機と幾何学的に相似であり、単位体積あたりの攪拌所要動力は両機において同じであるとする。実機に同じ流体 12.0 m³ を満ちし攪拌する場合、試験機と同等の攪拌状態を得るために必要な所要動力（攪拌所要動力）を求めよ。ただし、両攪拌槽においてパドル翼および板状構造体の体積は考慮しなくてよいものとする。

【問2】以下の文章を読み、設問に答えよ。

1) からみ合いの分子量より大きな分子量を有する非晶質ポリマーA の引張緩和弾性率の温度依存性を測定したところ、図3に示すような結果が得られた。

a) 図3の温度領域(A), (C), (D)の状態を示す用語として、適切なものを語群からそれぞれ一つ選べ。

語群：オストワルド、ガラス、
ゴム、ダイラタント、
ニュートン、ビンガム、流動

b) この非晶質ポリマーのクリープコンプライアンスは、測定温度に対してどのように変化するか。図3の測定結果をもとに、その概形を、横軸を温度、縦軸をクリープコンプライアンスとするグラフとして図示せよ。

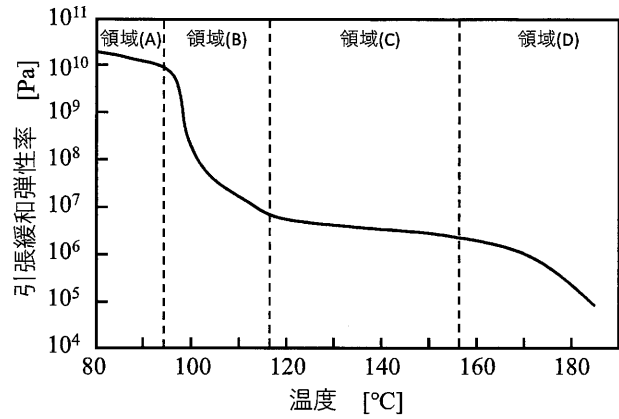


図3 引張緩和弾性率の温度依存性

c) ポリマーA に比べ分子量が 1/10 のポリマーB を調製した。このとき、ポリマーB の分子量はからみ合い分子量より大きかった。ポリマーA の引張緩和弾性率 (図3) から予想されるポリマーB の引張緩和弾性率の概形を、横軸を温度、縦軸を引張緩和弾性率とするグラフとして実線で図示せよ。ただし、両ポリマーの弾性率の差異がわかるように、ポリマーA の引張緩和弾性率を破線で同じ図に書き入れること。

2) 動的な粘弾性測定は、異なる組成からなるポリマーの相状態を評価する際にも利用される。図4は、あるホモポリマーCとホモポリマーDの測定周波数 1 Hz における貯蔵弾性率 (E') の温度依存性を示したものである。なお、図4の貯蔵弾性率の変化は、各ホモポリマーの主分散を反映したものとす

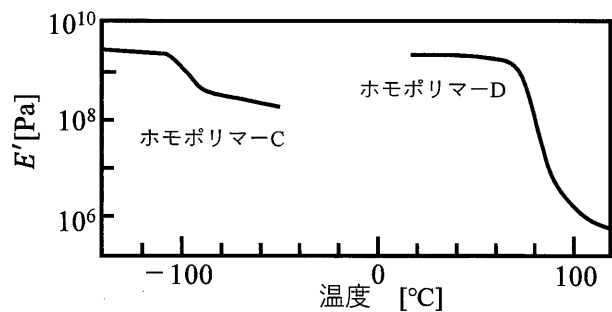


図4 ホモポリマーCおよびDの貯蔵弾性率

a) 損失正接 ($\tan\delta$) の温度依存性を調べたときに、損失正接にピークが観測されるおよその温度を、ホモポリマーCとホモポリマーDのそれぞれについて答えよ。

b) ホモポリマーCとホモポリマーDの組成が 1 : 1 になるように、ホモポリマーCとホモポリマーDのランダム共重合体を調製した。図4の2種ホモポリマーの貯蔵弾性率から予想されるランダム共重合体の $\tan\delta$ の概形を、横軸を温度、縦軸を $\tan\delta$ とするグラフとして図示せよ。グラフには設問2) の a) で答えた温度も書き入れよ。