

## 機械的単位操作

【問1】 流体の流動特性に関する以下の設問1)～3)に答えよ。

1) 図1は、せん断場におかれた流体が示すせん断応力の変化を模式的に示したものである。問(A)および(B)に答えよ。

(A) 室温における空気のせん断応力の特徴を表すものとして最も適切なものを、図1の(a)～(e)の中から1つ選べ。

(B) 降伏応力以上のせん断応力で流動し始める流体を表すものを、図1(a)～(e)の中からすべて答えよ。

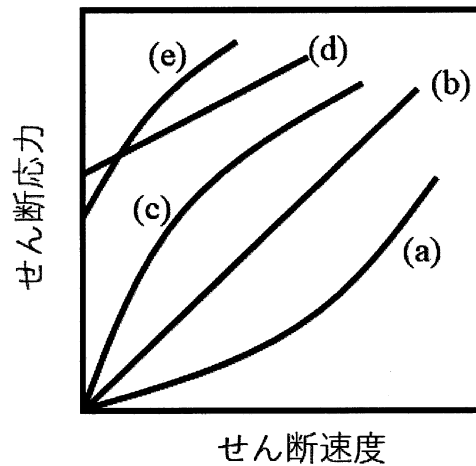


図1 流体が示すせん断応力の変化

2) 気体の粘度について、問(A)および(B)に答えよ。

(A) 気体の分子運動論に基づくと、気体粘度  $\eta$  の温度依存性は多くの場合、式(1)で表すことができる。式(1)の  $T$  は絶対温度を示す。その温度依存性を表す指数  $X$  として最も適切なものを次の選択肢(a)～(d)の中から1つ選べ。

$$\eta \propto T^X \quad (1)$$

[選択肢] (a) -2 (b) -0.5 (c) 0.5 (d) 2

(B) 気体は、条件によっては完全な剛体球と見なせなくなる。二酸化炭素の粘度は常圧下、温度  $T=273\text{ K} \sim 373\text{ K}$  において、式(1)から予想される粘度よりも大きくなるか、それとも小さくなるか？

3) 表1は、水に対して種々の濃度の塩化カリウム(KCl)を添加した溶液の粘度を、10℃～60℃において測定した値をまとめた表である。

表1 種々の濃度で測定した KCl 水溶液の粘度<sup>1)</sup> (単位: mPa・s)

KCl 濃度[重量%]	10℃	30℃	60℃
0	1.307	0.797	0.4667
5	1.27	0.8	0.48
10	1.25	0.81	0.49
15	1.24	0.83	0.52
20	1.25	0.85	0.54

<sup>1)</sup> 化学便覧 基礎編 (改訂5版)

図2は、表1の測定値をもとにプロットしたグラフである。問(A)～(C)に答えよ。

(A) 溶液の粘性を比較するため、様々な粘度が定義され、用いられる。図2中の空欄  に当てはまる適切な粘度を答えよ。

(B) 液体状態の水は、水素結合によって氷に類似した構造を形成する。図2中の低温状態(10℃)において水(液体)に KCl を添加することによって水の粘度が低下する理由を60字以内で説明せよ。

(C) 塩化カリウムに代わり、塩化リチウム(LiCl)を水に添加した場合、図2のような粘度低下は見られない。同じ一価のアルカリ金属塩にもかかわらず、このような違いが生じる理由を60字以内で答えよ。

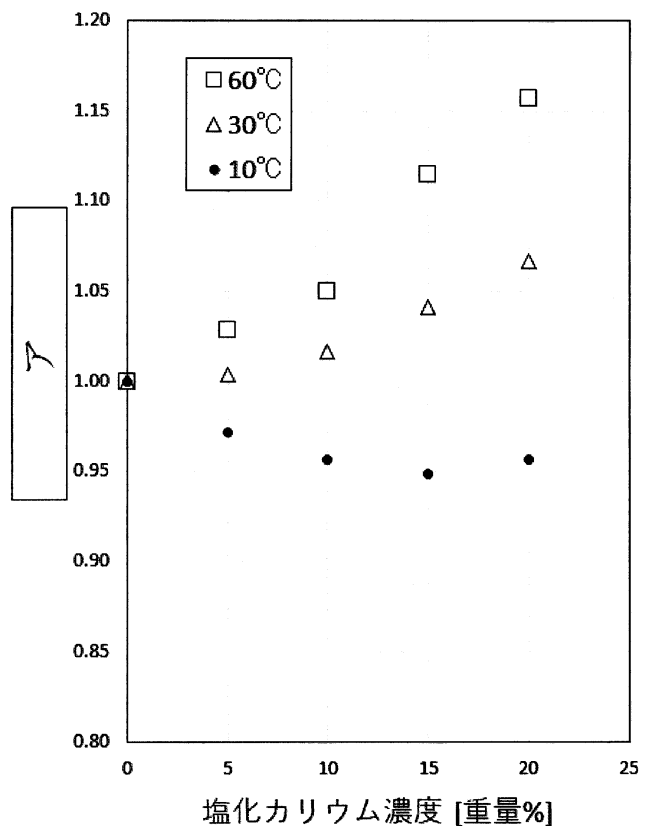


図2 塩化カリウム水溶液の

【問2】以下の文章を読み、設問1), 2) に答えよ。

流体中で同一密度の粒子を落下させると、大きい粒子は速やかに沈降するが、小さい粒子はゆっくりと沈降する。この性質を利用すれば、さまざまな粒径で構成される粒子群を分級することができる。

一般に、密度  $\rho_p$  , 直径  $D_p$  の球形粒子が密度  $\rho_f$  の流体中を相対速度  $u$  で流動するとき、粒子に作用する流体の抵抗力  $R$  は、式(1)に示すニュートンの抵抗則で表される。

$$R = CA \boxed{\text{ア}} \quad (1)$$

ここで  $C$  は抵抗係数、 $A$  は粒子の投影面積である。 $C$  は次式に示す粒子レイノルズ数の関数として与えられる。

$$Re = \boxed{\text{イ}} \quad (2)$$

ここで  $\mu$  は流体の粘度である。粒子レイノルズ数が小さい層流域( $Re < 2$ )では  $C = \boxed{\text{ウ}}$  であり、この場合、 $\pi$  を円周率とすると

$$R = \boxed{\text{エ}} \quad (3)$$

となる。広大な静止流体中を1個の粒子が沈降する際には、粒子の運動は重力方向となるため、粒子に作用する力(重力、 $\boxed{\text{オ}}$ 、抵抗力)のバランスを考えると、粒子の運動を記述する運動方程式は、次式で表すことができる。

$$\frac{\pi}{6} D_p^3 \rho_p \frac{du}{dt} = \boxed{\text{カ}} - R \quad (4)$$

ここで  $g$  は重力加速度の大きさを表す。抵抗力は流体と粒子の相対速度の増加に伴い大きくなり、やがて一定速度で沈降することになる。このときの粒子の沈降速度を終末沈降速度とよび、層流域における沈降の場合は

$$u_t = \boxed{\text{キ}} \quad (5)$$

で表される。この値を用いて種々の分級器を設計することになる。

粒子の濃度が高い懸濁液において、粒子間相互作用が十分に小さいと見なせる場合には、終末沈降速度は式(5)で求められる速度よりも  $\boxed{\text{ク}}$  なる。これは  $\boxed{\text{ケ}}$  ためである。このような沈降様式を  $\boxed{\text{コ}}$  沈降という。

- 1)  ~  および  に当てはまる適切な語句または文字式を答えよ。
- 2)  に入る適切な説明を，下記の語句をすべて用いて 100 字以内で記述せよ。ただし，語句は何回使用してもよく，語句の使用順は問わない。

粒子，液体，相対速度，置換