

## 受験区分コード52

### 専門科目問題冊子

受験番号	
------	--

分野	物理化学	有機化学	化学工学	環境浄化技術
問題番号	【1】	【2】	【3】	【4】
選択欄 (2つに○)				

#### ※注意事項

- ① 物理化学，有機化学，化学工学，環境浄化技術の4分野の中から2分野を選択し，対応する問題を解答して下さい。各分野 150 点満点です。
- ② 選択した分野を上記の表に○で示して下さい。また，解答用紙には問題番号を記入して下さい。
- ③ 各分野それぞれ1枚の解答用紙を使用して下さい。なお，解答用紙の裏も使用可能です。
- ④ この表紙で選択した問題番号と解答用紙の問題番号が一致しない場合は採点できませんので，十分確認して下さい。

（配点 150点）

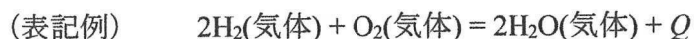
## 物理化学

【1】 次の文章を読み、問いに答えなさい。

氷 2.00 mol を体積変化が可能な容器に入れ、大気圧下で $-30^{\circ}\text{C}$ からゆっくり加熱した。加えた熱量に対する温度変化を下図に示す。温度 $t_1$ は水の「ア」であり、BからCの間に加えられる熱量 $Q_1$ は「a」と呼ぶ。また、温度 $t_2$ は水の「イ」であり、DからEの間に加えられる熱量 $Q_2$ は「b」と呼ぶ。

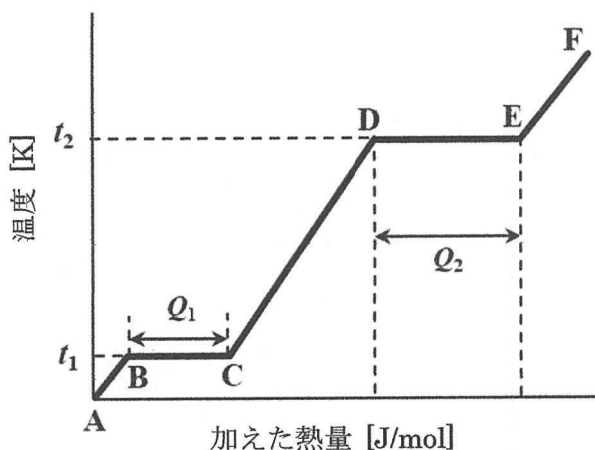
定圧下における物質 1 mol の温度を $1^{\circ}\text{C}$ 上げるのに必要な熱量をモル定圧熱容量と呼ぶ。各状態の水におけるモル定圧熱容量と $Q_1$ 、 $Q_2$ を用いることで、状態変化に要する熱量を求めることができる。

- 文中の「ア」、 「イ」の中に入る適切な語句を答えなさい。
- 文中の「a」、 「b」の中に入る適切な語句を答えなさい。
- プロパンの燃焼熱は、液体の水が得られる場合と水蒸気得られる場合で異なり、これは $Q_2$ に起因する。下表に示す種々の結合エネルギーより、水蒸気が生成する場合のプロパンの燃焼熱が算出できる。その熱化学方程式を表記例に従って示しなさい。



- プロパンから液体の水が得られる場合のプロパン 1 mol あたりの燃焼熱は、温度によらず $2220 \text{ kJ mol}^{-1}$ とする。 $Q_2$ を算出しなさい。
- A から D に至るまでに加えた熱量を算出しなさい。水のモル定圧熱容量 $C_p$ は下記の値を用い、 $Q_1$ は 1 mol あたりの必要熱量である $6.01 \text{ kJ mol}^{-1}$ を用いて求めなさい。  
 $C_p(\text{固体}) = 37.6 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ,  $C_p(\text{液体}) = 75.3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ,  $C_p(\text{気体}) = 33.6 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

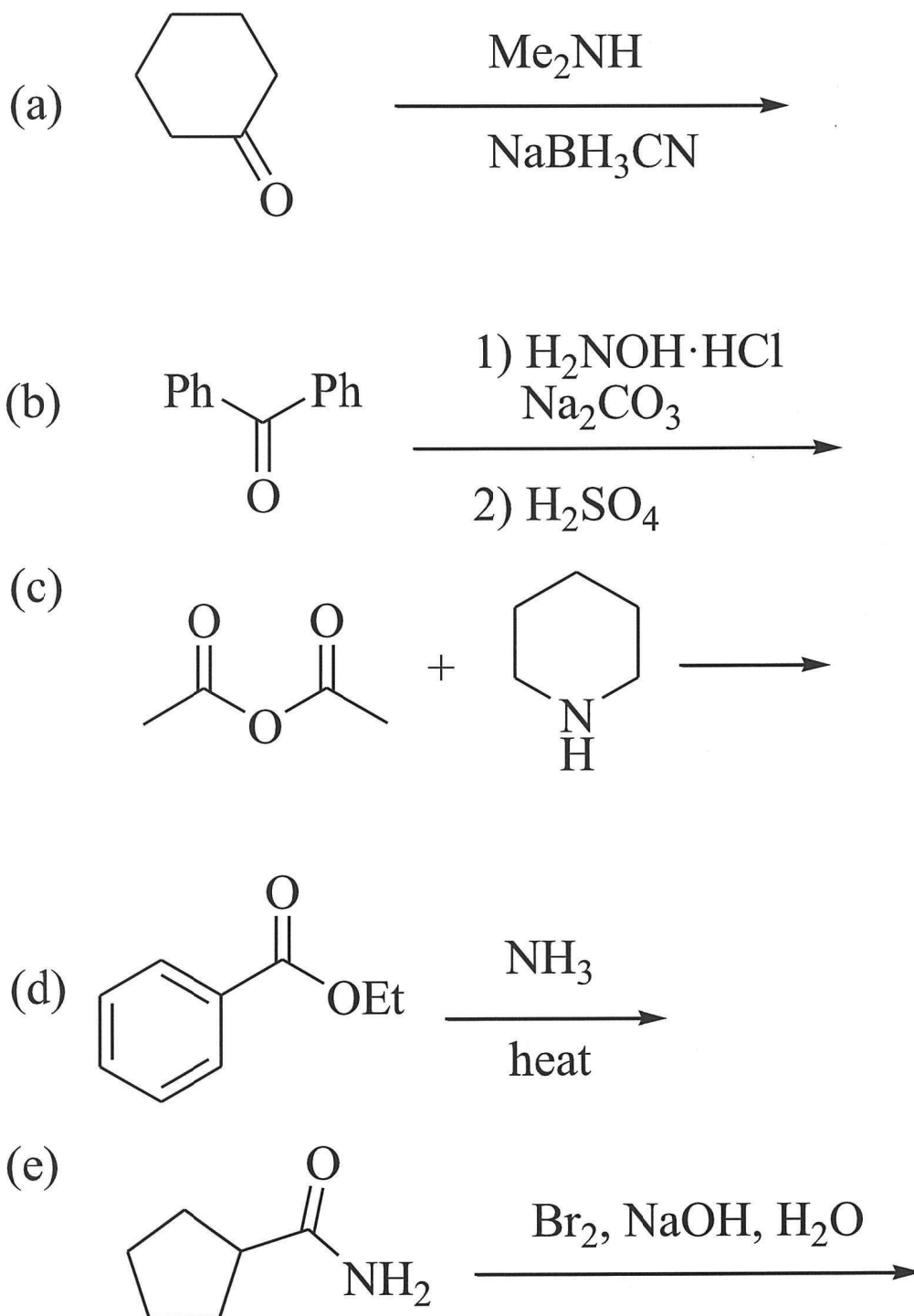
結合	結合エンタルピー [kJ mol <sup>-1</sup> ]
H-H	436
C-C	331
C-H	416
O-H	463
C=O	804
O=O	498



(配点 150点)

## 有機化学

【2】最も適切な生成物を答えなさい。



## 化学工学(その1)

【3】次の設問【3-1】および【3-2】に答えなさい。ただし、計算問題では計算過程も示し、有効数字3桁で答えなさい。

【3-1】次の設問に答えなさい。

(1) 以下の(A)～(I)にふさわしい語句を答えなさい。また、①に入る適当な語句を選択肢より選んで書きなさい。

(A)の粘性法則は、せん断応力が(B)勾配に比例する形の式で示される。せん断応力の単位は(C)であり、これを以下の(1)式のように単位時間・単位面積当たりの形に変換すると、分子の単位は(D)となる。この物理量は(E)を意味する。

$$(C) = \frac{(D)}{s \cdot m^2} \quad (1)$$

(A)の粘性法則の比例定数を(F)と呼ぶ。さらに(F)を密度で割った値が動粘度であり、その単位は(G)となる。これは、伝熱における熱拡散率、物質移動における拡散係数と同じ次元である。このように、(E)、熱エネルギー、および物質の移動を対象とし、それらが相似的に起こることを体系づけて論ずる学問を(H)(Transport Phenomena)という。

流体が円管内を流れるとき、層流速度分布は以下の(2)式が理論的に導かれる。

$$u = u_{\max} \left\{ 1 - \left( \frac{r}{r_0} \right)^2 \right\} \quad (2)$$

ここで、 $u_{\max}$ 、 $r_0$ 、 $r$ 、 $u$ はそれぞれ、円管の中心軸における流速(最大流速)、円管の半径、中心軸からの半径方向の位置、およびその位置における流速である。この式はハーゲン・ポアズイユの速度分布とよばれ、その外形は(I)の形状をしている。一方、乱流の場合には、理論式は得られておらず、実験式として(①)が提案されている。

(選択肢)

ブラシウスの式	ファニングの式	カルマン・プラントルの1/7乗則
ラウールの法則	ストークスの式	リッチンガーの法則

(2) 内径 20 mm の鋼管内を 25°C のエチルアルコールが流れている。流量を測定したところ、 $10 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$  であった。エチルアルコールの密度を  $785 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ 、粘度を  $1.1\times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$  とする。このとき、以下の問いに答えなさい。

- a) 体積流量  $[\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}]$  を求めなさい。
- b) 平均流速  $[\text{m}\cdot\text{s}^{-1}]$  を求めなさい。
- c) レイノルズ数を計算し、流れの状態を判定しなさい。
- d) 次の文章の括弧内の番号で、ふさわしいものを選びなさい。

レイノルズ数は無次元数であり、(①慣性力と粘性力の比, ②質量力と粘性力の比, ③慣性力と質量力の比) を表したものである。レイノルズ数を求めることにより、流れの状態に相似則が適用できる。

(3) 比熱  $3.9 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  の油が外径 100 mm で厚さ 4 mm の管内を  $2000 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$  で流れている。管長は 5 m で、外側は 110°C の水蒸気で加熱されている。油の入口温度は 15°C で、出口温度は 80°C である。このとき、以下の問いに答えなさい。

- a) 内面基準の総括伝熱係数  $[\text{kW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$  を求めなさい。
- b) 加熱蒸気温度を 120°C としたときの油の出口温度を求めなさい。ただし、総括伝熱係数と伝熱面積は 110°C の場合と変わらないものとする。

## 化学工学（その2）

【3-2】次の設問に答えなさい。

(1) 粒子径の平均や粒子形状について、以下の文章 a), b)中の空欄ア～カを求めなさい。

a) 測定した粒子径の平均値の算出方法にはいくつか種類がある。例えば、平均体積径  $D_V$  は粒子の体積の平均値から平均径を求める手法であり、(3)式で表される。ここで、粒子径  $x_i$  が 1.00, 2.00, 4.00, 6.00  $\mu\text{m}$  の4つの真球状粒子の平均値を算出する場合、数平均径は(ア)  $\mu\text{m}$ 、平均体積径は(イ)  $\mu\text{m}$  である。

$$D_V = \left( \sum_i^n \frac{n_i}{N} x_i^3 \right)^{1/3} \quad (3)$$

ただし、 $x_i$  は粒子径

b) 粒子形状を示す指標のひとつに実用球形度  $\Psi$  がある。これは粒子の投影面積と同じ面積を持つ円の直径  $D_S$  (面積円相当径) を粒子に外接する最小円の直径  $D_C$  で割った値であり、真球状の粒子の  $\Psi$  は(ウ) である。ここで撮影した粒子が1辺 1.50  $\mu\text{m}$  の正方形の形状であるときの  $\Psi$  を求める場合を考える。この粒子の投影面積(エ)  $\mu\text{m}^2$  と同じ面積の円の直径  $D_S$  は(オ)  $\mu\text{m}$ 、また  $D_C$  はこの粒子の対角線の長さであるから、 $\Psi$  は(カ) である。

(2) 重力沈降について、以下の問いに答えなさい。

重力場における粒子の終末(沈降)速度  $u_t$  の計算式は、粒子レイノルズ数 ( $Re_p$ ) により異なる。 $Re_p \leq 2$  ではストークス域の速度式が、 $2 < Re_p \leq 500$  の場合は(4)式に示すアレン域の速度式が適用される。

$$u_t = d_p \times \sqrt[3]{\frac{4(\rho_p - \rho)^2 g^2}{225\rho\mu}} \quad (4)$$

雨滴が大気中を自由沈降することを考える。雨滴の形状は真球状とし、その径  $d_p$  が 0.500 mm であるとき、終末(沈降)速度  $u_t$  を求めなさい。ストークス域およびアレン域を仮定してそれぞれ計算してどちらが適当か示すこと。雨滴の密度  $\rho_p$  は  $997 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ 、大気の密度  $\rho$  および粘度  $\mu$  はそれぞれ  $1.30 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  および  $1.80 \times 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ 、重力加速度  $g$  は  $9.80 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  とする。

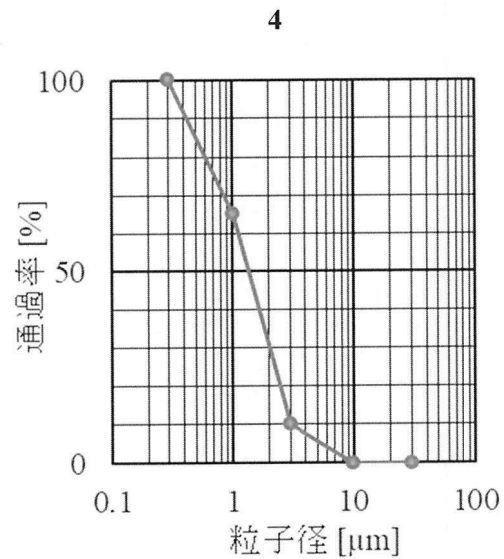
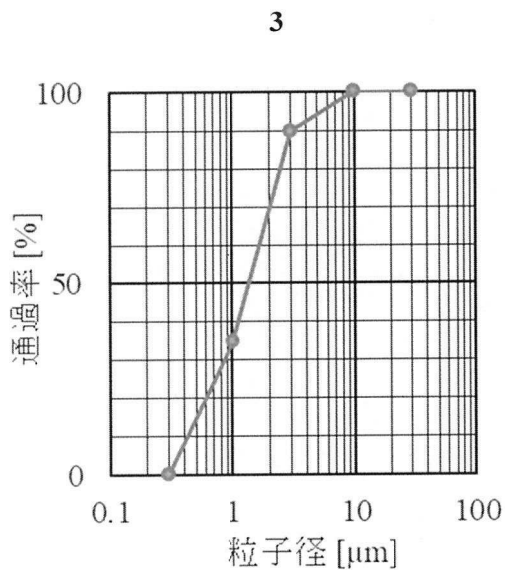
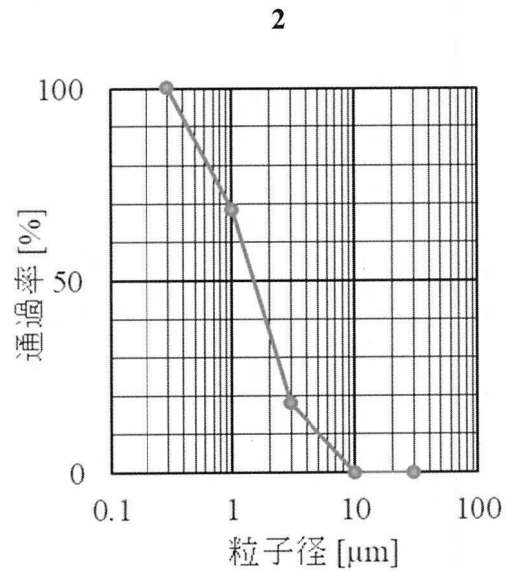
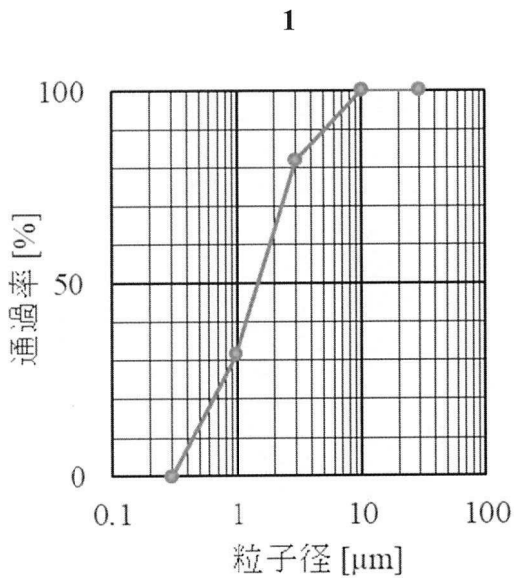
(3) 粒子径分布について、以下の問いに答えなさい。

a) ある粒子粉末の粒子径分布を測定したところ、右表に示す結果を得た。これより、粒子径 1.0~3.0  $\mu\text{m}$  の区間の頻度および、粒子径 3.0  $\mu\text{m}$  における通過率を求めなさい。

b) 表の通過率曲線を示すグラフを、下図 1~4 から選びなさい。

表 粒子径分布

粒子径 [ $\mu\text{m}$ ]	重量 [g]
~ 0.3	0
0.3~ 1.0	35
1.0~ 3.0	55
3.0~ 10	20
10~ 30	0



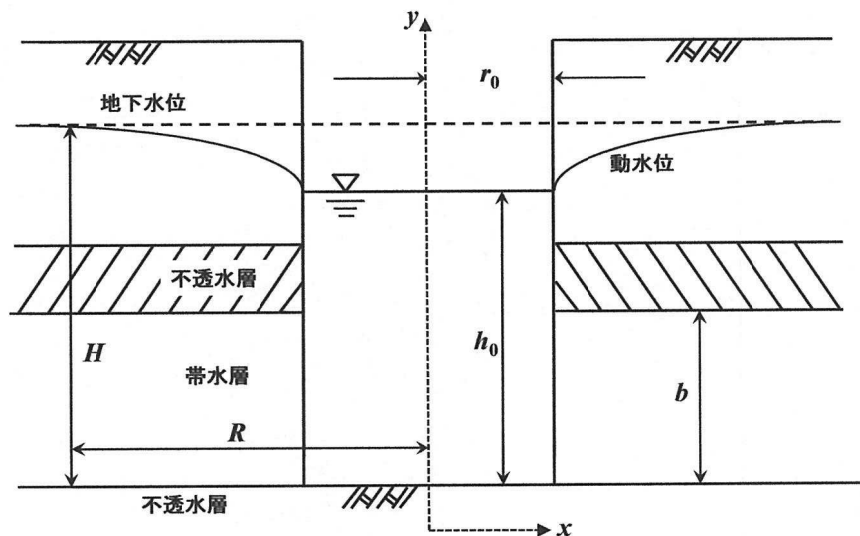
（配点 150 点）

## 環境浄化技術

【4】 次の設問【4-1】および【4-2】に答えなさい。

【4-1】 上水道に関連して、以下の設問に答えなさい。

- (1) マグネシウム 50.00 (mg/L), カルシウム 30.00 (mg/L) を検出した水の硬度を求めなさい。  
解答には、式と単位も記しなさい。なお、各原子量は次の通りとする。Mg:24.31, Ca:40.08, C:12.01, O:16.00
- (2) 1.0 (mol/L) の塩酸溶液の pH を求めなさい。
- (3) 1.0 (mol/L) の水酸化ナトリウム水溶液の pH を求めなさい。
- (4) 次の図に示す被圧地下水の井戸の揚水量  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) の式を導きなさい。ただし、透水係数を  $k$  (m/s) とする。また、半径  $r_0=0.20$  (m), 地下水位  $H=80.0$  (m), 揚水量  $Q=0.20$  ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), 井戸の水深  $h_0=70.0$  (m), 帯水層の水深  $b=3.0$  (m), 影響半径  $R=200$  (m) のとき、透水係数  $k$  (m/s) を求めなさい。解答には、式と単位も記しなさい。



(ただし、 $r_0$  は井戸の半径であり、 $y$  軸は井戸の中心線とする。)

【4-2】 下水道に関連して、活性汚泥法について以下の設問に答えなさい。

ある都市の下水は汚水量 40,000 ( $\text{m}^3/\text{day}$ ), BOD は 200 (mg/L), SS は 300 (mg/L) である。最初沈殿池での BOD および SS 除去率が 30% であり、曝気槽の容積が 10,000 ( $\text{m}^3$ ), MLSS が 1,500 (mg/L) である。解答には、式と単位も記しなさい。

- (1) BOD-SS 負荷と BOD 容積負荷を求めなさい。
- (2) 汚泥返送率が 30% であったときの返送汚泥濃度を求めなさい。