

2026 年度 東北工業大学大学院 博士（前期）課程 入学試験（1期）  
工学研究科 専門科目（環境応用化学 I ）

【解答例】

問題 1

(1)

$x + 2 = u$  とおき、両辺を  $x$  で微分すると、 $dx = du$

また、 $x = u - 2$ 、これから

$$\begin{aligned} \text{与式} &= \int (u - 2) u^{-\frac{1}{2}} du = \int \left( u^{\frac{1}{2}} - 2u^{-\frac{1}{2}} \right) du \\ &= \frac{2}{3} u^{\frac{3}{2}} - 4u^{\frac{1}{2}} + C = \frac{2}{3} u^{\frac{1}{2}} (u - 6) + C = \frac{2}{3} (x - 4) \sqrt{x + 2} + C \end{aligned}$$

(2)

$$f(x) = (1 + 3x)(1 - x)^{-1}, \quad f'(x) = 3(1 - x)^{-1} + (1 + 3x)(1 - x)^{-2}$$

$$f''(x) = 3(1 - x)^{-2} + 3(1 - x)^{-3} + (1 + 3x) 2(1 - x)^{-3} = 6(1 - x)^{-2} + 2(1 + 3x)(1 - x)^{-3}$$

これから、 $f(0) = 1, f'(0) = 4, f''(0) = 4$

マクローリン展開から

$$f(x) \approx f(0) + f'(0)x + \frac{1}{2}f''(0)x^2 + \dots = 1 + 4x + 4x^2 + \dots$$

これから、求めるべき 2 次関数は  $g(x) = 1 + 4x + 4x^2$  となる。

【出題意図】

微分積分学の基本的な計算ができるかを問う問題である。

- (1) 置換積分法、または部分積分法を使った基本的な積分計算ができるかを問う問題である。
- (2) 関数のマクローリン展開により、関数の近似式を求めることができるかを問う問題である。

## 問題 2

(1)-0.763 V

(2)+0.337 V

(3)負極の亜鉛の溶解により電子は正極に動き、正極の銅の析出が生じる。さらに、寒天から正極室へ  $K^+$  の供給され、寒天から負極室へ  $Cl^-$  の供給が起こる。

(4)1.10 V

(5)1.04 V

(6)放電時の電気量量 (C) = 19300, 亜鉛の溶解重量 = 6.54g

### 【出題意図】

環境応用化学の無機分野において研究遂行するには溶液化学とくに電気化学の知識は不可欠である。本問はネルンストの式をもとにして銅-亜鉛電池について問うている。

(1)本文に示されたネルンストの式に亜鉛の電気化学反応式を当てはめることにより、亜鉛の電極電位  $E$  を導く式を導出できる。さらに亜鉛および亜鉛イオンの活量から電極電位を導くことができ、その値は亜鉛の標準電極電位  $E_0$  と等しくなる。

(2)(1)と同様に求める。

(3)銅-亜鉛電池セル内でどのように電子およびイオンが移動しているかを覚問題である。

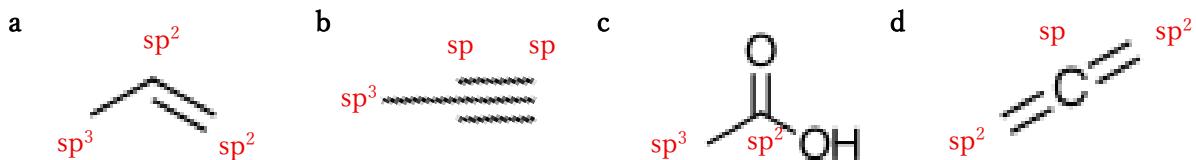
(4)放電初期の起電力は(1)で求めた亜鉛の電極電位と(2)で求めた銅の電極電位との差となる。

(5)(1)、(2)で導出した式ネルンストの式から亜鉛および銅の電極電位を導き、その差をとる。

(6)ファラデーの法則に関する知識を問うている。

問題3

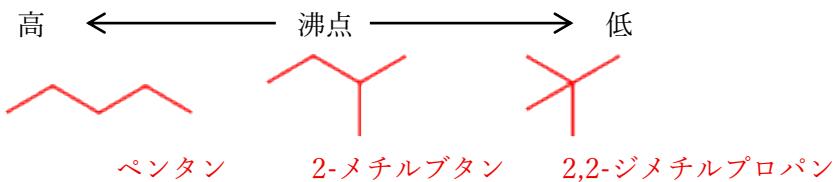
(1) (i)



(ii)

	a	b	c	d
分子式	$\text{C}_3\text{H}_6$	$\text{C}_3\text{H}_4$	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	$\text{C}_3\text{H}_4$
IUPAC名	プロペン	プロピン	エタン酸	プロパジエン

(2)



説明

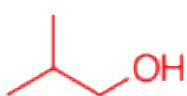
ファンデルワールス力は分子間の接触面積が広いほど強く働くため、枝分かれが多い異性体のほうが分子間相互作用が小さくなるので沸点は低くなる。

(3)

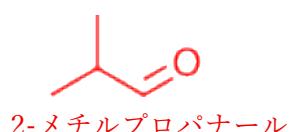
	(a) 酢酸	(b) ギ酸	(c) 安息香酸
$\text{p}K_a$	4.76	3.75	4.20



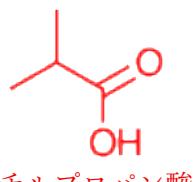
(4) (1)



(2) (アルデヒド)



(カルボン酸)



【出題意図】

化学および環境分野における専門的な研究遂行にあたり必要な有機化学分野の基礎的な理解をみることを目的として、有機化合物の結合、構造、性質、反応について問っています。有機化合物が示す性質や反応性は、化合物で形成されている結合や構造により生み出されます。化合物の結合様式及び構造と、それらによりたらされる性質や反応性との関係を理解することにより、非常に多くの種類が存在する有機化合物に対して体系的に把握すること

とが可能となります。その基礎を確認する問題を出題しました。また、有機化合物の基盤情報を探るための、体系的物質名称と骨格構造式を記述する問題を出題しました。

問題 4

(1)

(a) 64%

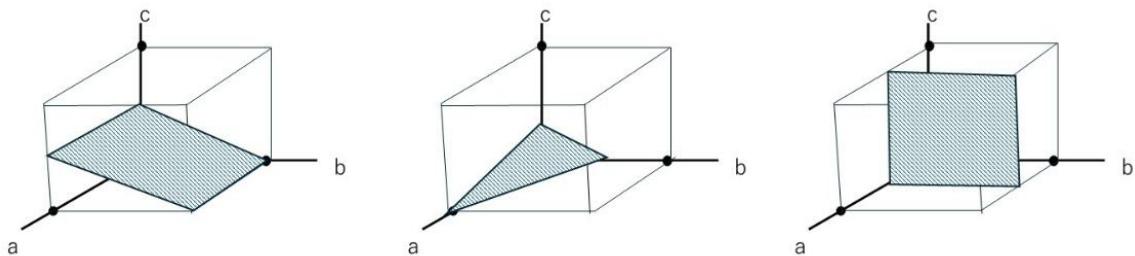
(b) 0.5 cm

(c)  $[\text{NO}_2^-]: 3.13 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$

$[\text{NO}_3^-]: 9.92 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$

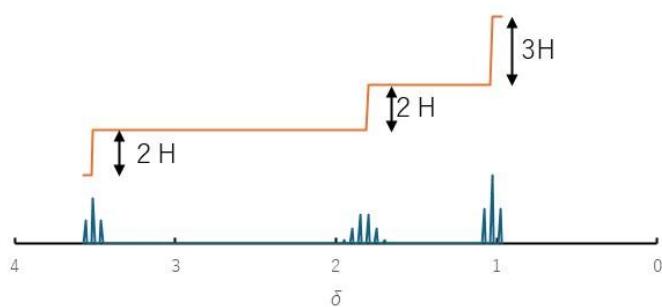
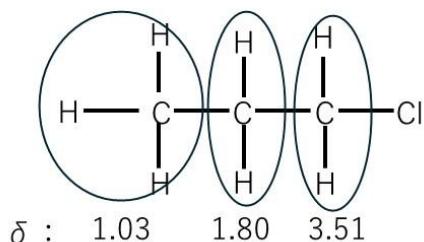
(2)

(a)



(b)  $6.37 \text{ \AA}, 4.08 \text{ \AA}$

(3)



### 【出題意図】

応用化学およびバイオ情報における専門的な研究遂行にあたり必要な分析化学の理解をみることを目的として、吸光光度法、X線回折法、ならびに核磁気共鳴法について問うています。これらは応用化学の研究で用いる機器分析の基盤となるものです。

- (1) 吸光度と透過率の関係ならびにランベルト・ペールの法則が理解できているかを問うています。また吸光光度法の加成性を理解しているか問うています。
- (2) X線回折の基礎であるブラックの条件式を理解しているか問うています。また面方位を正しく理解しているか問うています。
- (3) 核磁気共鳴スペクトルの化学シフトならびにスピノースピン結合を理解しているか問うています。

## 問題 5

(1)

$$D=0.100 \text{ m}, 6.00 \times 10^2 \text{ g/min} = 1.00 \times 10^{-2} \text{ kg/s}$$

(a)  $1.00 \times 10^{-2} \text{ kg/s} / 1000 \text{ kg/m}^3 = \underline{1.00 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}$

(b)  $1.00 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} / (\pi 0.100^2/4) = \underline{1.27 \times 10^{-3} \text{ m/s}}$

(c)  $Re = Dv/\mu = 0.100 \text{ m} \times 1.27 \times 10^{-3} \text{ m/s} / 1000 \text{ kg/m}^3 \times 0.00100 \text{ Pa}\cdot\text{s} = \underline{127}$

(d)  $Re < 2300$  なので層流

(2)

$x_i, y_i, P_{vp_i}$  をそれぞれ  $i$  成分の液相モル分率、気相モル分率、蒸気圧とする。

(a) ラウールの法則より  $P = P_{vp1}x_1 + P_{vp2}(1 - x_1) = 179.1x_1 + 74.51 - 74.51x_1 = 101.3$

$x_1 = \underline{0.2561}$

(b) ラウールの法則より  $P_{y1} = P_{vp1}x_1$  なので  $y_1 = P_{vp1}x_1 / P = 179.1 \times 0.2561 / 101.3 = 0.4526$   $y_1 = \underline{0.4528}$

(3)

$$aA + bB \rightarrow cC \quad a=1, b=4, c=2 \quad \theta_B = C_{B0}/C_{A0} \quad \theta_C = C_{C0}/C_{A0},$$

$$x_A = 0.6, \quad C_{A0} = 20 \text{ mol/m}^3, \quad \text{なので}$$

(a)  $C_A = (1 - x_A) C_{A0} = (1 - 0.6) 20 = \underline{8 \text{ mol/m}^3},$

$$C_B = C_{A0}(\theta_B - (b/a)x_A) = 20 (120/20 - (4/1)0.6) = \underline{72 \text{ mol/m}^3}$$

$$C_C = C_{A0}(\theta_C + (c/a)x_A) = 20 (0/20 + (2/1)0.6) = \underline{24 \text{ mol/m}^3}$$

(b)  $C_C = C_{A0}(\theta_C + (c/a)x_A)$  より  $x_A = (C_C/C_{A0} - \theta_C) (a/c)$

$$x_A = (30/20 - 0/20) / (1/2) = \underline{0.75}$$

### 【出題意図】

化学工学分野の基礎の理解力をるために流体輸送、相平衡、物質収支について問うています。これらは化学工学の基盤となるものです。

(1)では質量流量から平均速度を求めレイノルズ数により流れの状態を判定する問題であり、正しく計算ができるかを問うています。

(2)では気液平衡計算で一番簡単なラウールの法則が正しく適用できるかを問うています。

(3)では反応を含む物質収支を正しく求めることができるかを問うています。