

受験番号	
------	--

2025 年度 神戸大学大学院工学研究科博士課程前期課程

一般入試 (応用化学専攻) 試験問題

専門科目 (三) 化学工学

問題・解答用紙 その1 ～ その7

注意事項：

1. 試験中は、試験監督の指示に従うこと。
従わない場合は、不正行為と見なすことがあります。
2. 解答開始の合図があるまで、この冊子を開かないこと。
3. この冊子を綴じているステープラー (ホッチキス) の針を外してはいけません。
4. 「学生募集要項」で持ち込みが認められたもの以外は、机の上に置かず、カバンの中に
しまうこと。
5. 時計のアラーム、時報、目覚まし音の設定をしている人は解除してください。
6. 携帯電話・スマートフォン等の電子機器類を時計として使用することはできません。
これらを持っている場合は、アラームを設定している人は解除し、必ず電源を切って
から、カバンの中にしまうこと。
アラームの解除の仕方が分からない場合は、監督者に申し出ること。
計時機能以外の機能が付いた時計の使用は認めません。
試験時間中にこれらの機器に触れている場合もしくは机の上あるいは中に置かれてい
た場合は、不正行為と見なすことがあります。
7. カバンなどの持ち物は、椅子の下に置くこと。
8. 机の下への物入れは、使用しないこと。
9. 答案は、黒鉛筆またはシャープペンシルで解答すること。
10. 答案は、問題・解答用紙の所定の解答欄に解答すること。
11. 試験時間中に質問等がある場合は、手を挙げて試験監督に申し出ること。
12. 試験途中の退室は認めません。
ただし、トイレに行きたい場合や気分が悪くなった場合は、手を挙げて試験監督に申
し出てください。
13. 解答開始の合図の後、まず、問題・解答用紙の所定欄すべてに、受験番号を記入するこ
と。
14. 配布した用紙 (問題・解答用紙) は、試験時間終了後にすべて回収します。持ち帰るこ
とはできないので、注意すること。

専門科目（三）： 化学工学（その１）

I 以下の問いに答えなさい。解答は化学工学（その２）の解答欄に記入しなさい。

球体（半径 $R_0[\text{m}]$ ）に成型された物質Aを水中に吊るして、次に示す2つのケースの溶解挙動について調べた。なお、いずれの場合も、球体表面における物質Aの濃度は、飽和濃度にあると考えてよい。

ケース1 水が完全に静止している場合（図1）

- (1) このような状況において、静止液体中で分子運動によって物質が輸送される現象の呼称を答えなさい。
- (2) 球中心からの距離が $r \sim r + dr[\text{m}]$ の微小空間における物質Aの物質収支を考えたい。半径位置 r における、物質Aの濃度を $C_A[\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}]$ 、半径方向の物質移動流束を $N_A[\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}]$ とし、濃度の時間変化を考慮した物質収支式を答えなさい。なお、物質Aの分解や生成は考えなくてよい。
- (3) 物質Aの濃度と物質移動流束 N_A の間に式[1]の関係がある。この法則の名称、定数 D_A の名称を答えなさい。

$$N_A = -D_A \cdot \frac{\partial C_A}{\partial r} \quad [1]$$

- (4) 定常状態を仮定できるとき、物質Aの半径方向濃度分布を計算過程も含めて求めなさい。なお、物質Aの飽和濃度を $C_A^*[\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}]$ とする。

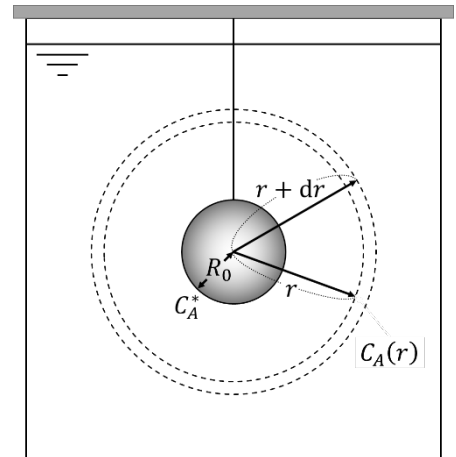


図1 静止水中における溶解過程

ケース2 水が完全混合状態にある場合（図2）

- (5) 物質Aの溶解速度 $v_A[\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}]$ が式[2]で表された。

$$v_A = m_A k S (C_A^* - \bar{C}_A) \quad [2]$$

ここで、 $k[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$ は溶解速度定数、 $S[\text{m}^2]$ は溶解が生じる面積、 $m_A[\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}]$ は物質Aの分子量、 $\bar{C}_A[\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}]$ は水溶液のバルク濃度である。

ある時刻において、微小時間 $\Delta t[\text{s}]$ の間に球体半径が $R[\text{m}]$ から $R + \Delta R[\text{m}]$ に変化した。このとき、球体半径 R の変化速度 $-dR/dt$ を計算過程も含めて求めなさい。なお、物質Aの密度は $\rho[\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$ とする。

- (6) 球体半径が R_0 から R まで減少した時、バルク濃度 $\bar{C}_A$ を求めなさい。なお、水溶液の体積 $V[\text{m}^3]$ は一定と見なしてよい。
- (7) 溶解初期においてバルク濃度は飽和濃度に比べて十分に低いので、バルク濃度の経時変化は式[3]で表される。

$$\bar{C}_A(t) = C_A^\infty \left\{ 1 - \left(1 - \frac{t}{\tau} \right)^3 \right\} \quad [3]$$

式[3]の導出過程を示すとともに、定数 C_A^∞ 、 τ を求めなさい。

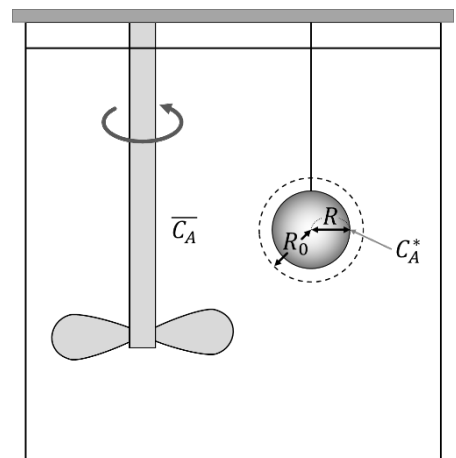


図2 完全混合槽中における溶解過程

ここには答案を記入しないこと。

2025年度 神戸大学大学院工学研究科博士課程前期課程一般入試（応用化学専攻）試験問題

専門科目（三）： 化学工学（その2）

I 解答欄

(1)				
(2)				
(3)	式の 名称		D_A の 名称	
(4)				
(5)				
(6)	$\bar{C}_A(t) =$			
(7)				

ここには答案を記入しないこと。

専門科目（三）： 化学工学（その3）

II 以下の問いに答えなさい。解答は下の解答欄に記入しなさい。

- (1) 回分反応器を用いて $A \rightarrow C$ で表される液相反応を行う。成分 A の濃度を C_A 、反応開始時の A の濃度を C_{A0} とする。反応速度が $-r_A = kC_A$ で表される場合、反応時間 t を C_A の関数として表す式を求めなさい。ただし、 k は反応速度定数である。
- (2) 上の(1)に示した反応において、 C_A が C_{A0} の 1/2 になる時間 $t_{1/2}$ を測定したところ、 $t_{1/2} = 1.30 \times 10^3 \text{ s}$ であった。 k を有効数字 3 桁で求めなさい。
- (3) 成分 A と成分 B を含む反応液を管型反応器（押し出し流れ反応器）に供給し、 $A + B \rightarrow C$ で表される液相反応を行う。成分 A、B の濃度をそれぞれ C_A 、 C_B 、反応速度定数を k とすると、反応速度は $-r_A = kC_A C_B$ で表される。A の初濃度 C_{A0} が B の初濃度の 1/2 であるとき、反応速度 $-r_A$ を A の反応率（転化率） x_A の関数として表す式を求めなさい。
- (4) 上の(3)に示した反応において、 C_{A0} が $100 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$ 、B の初濃度が $200 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$ である反応液を $500 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ の体積流量で管型反応器に供給した。 k が $1.90 \times 10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ であるとき、反応器出口における x_A を 0.990 にするには反応器の体積を何 L にすればよいか、有効数字 3 桁で答えなさい。

解答欄

(1)	
(2)	
(3)	
(4)	

ここには答案を記入しないこと。

専門科目（三）： 化学工学（その4）

III 以下の問いに答えなさい。解答は化学工学（その5）の解答欄に記入しなさい。余白は計算に用いてよい。

問1 ウィットマンの二重境膜説は界面を通しての物質の吸収を取り扱う場合に用いられる。いま、成分Aが気相から液相へ流束 N_A [$\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$]で吸収されており、図1にこのときの両相における成分Aのモル分率が界面からの位置に対して示されている。図1では、液相と気相の各バルクにおけるモル分率がそれぞれ x_A , y_A と示されているが、境膜内の分布は伏せられている。

(1) 界面におけるモル分率 $x_A^{(i)}$ と $y_A^{(i)}$ をそれぞれ解答欄のグラフに点で示し、両境膜内の成分Aのモル分率分布を描きなさい。さらに、バルクの x_A と平衡にあるとした気相中のモル分率 y_A^* 、同様にバルクの y_A と平衡にあるとした液相中のモル分率 x_A^* を、それぞれ解答欄のグラフに示しなさい。

(2) 液相側と気相側の境膜物質移動係数をそれぞれ k_x , k_y [$\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$]、また気相基準の総括物質移動係数を k_{oy} [$\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$]と表すとき、各係数を用いて流束 N_A を表す式をそれぞれ答えなさい。

さらに、成分Aの気液平衡関係が $y_A = m x_A$ と表されるとき、総括物質移動係数 k_{oy} と境膜物質移動係数 k_x , k_y の間に成り立つ関係式を答えなさい。

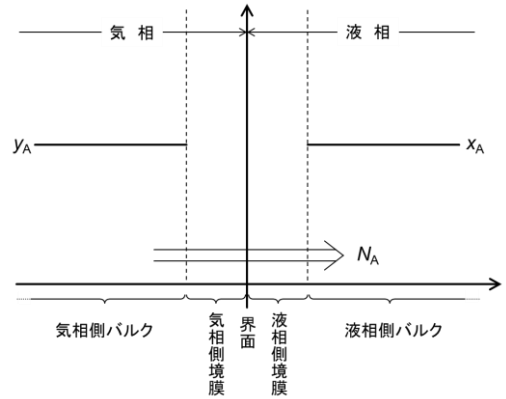


図1 気液界面付近のモル分率分布

問2 ヘンリー一定数は気相と液相の組成の表し方によって異なる値をとる。いま、ある溶質について $H = 3.40 \times 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{Pa}^{-1}$ なるヘンリー一定数が与えられた。この値は、気相の組成を分圧 p [Pa]、液相の組成をモル濃度 c [$\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$]で表した次式に適用される。

$$p = \frac{c}{H}$$

このヘンリー一定数 H から、気相と液相の組成をいずれもモル分率で表した式に適用されるヘンリー一定数 m を求めたい。液相の溶質は希薄、すなわち液相における溶質のモル分率を x とすると $1-x \approx 1$ が成り立つとし、気相の全圧は $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、液相の溶媒は純水で分子量は18.0、密度は $997 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ とすると、 m の値を有効数字3桁で答えなさい。

<問題は裏面に続きます>

問3 ガスに0.800 mol%含まれる成分Aを向流ガス吸収塔により 2.00×10^{-3} mol%となるまで吸収する。吸収液にはあらかじめ成分Aは含まれず、ガス流量と吸収液流量はそれぞれ $250 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$ と $3.00 \times 10^4 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$ 、塔断面積は 5.00 m^2 とする。また、成分Aの気液平衡関係は $y_A = 40x_A$ と表されるとする。このとき、次の文中の空欄①にはあてはまる数式を、また、②と③には、あてはまる数値を有効数字3桁でそれぞれ答えなさい。

向流ガス吸収塔では、吸収される成分が両相で希薄と見なせるとき、その操作線の式は、塔内任意の位置と塔頂との間のモル分率差に注目して物質収支をとることにより、

$$y_A = \boxed{\text{①}}$$

と表される。

操作線の傾きはガス流量に対する吸収液流量の比 L/G によって変化するが、上記の条件下で操作線の傾きが最も小さくなる最小液／ガス流量比 $L/G_{\min}$ は、

$$L/G_{\min} = \boxed{\text{②}}$$

となる。

向流ガス吸収塔により、ガスに含まれる成分Aがモル分率 $y_{A,\text{in}}$ から $y_{A,\text{out}}$ となるまで吸収するのに要する吸収塔の高さ Z は、

$$Z = \frac{G}{k_{oy}a S} \int_{y_{A,\text{out}}}^{y_{A,\text{in}}} \frac{dy_A}{y_A - y_A^*}$$

と表される。ここで、 G はガス流量 $[\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}]$ 、 $k_{oy}a$ は総括物質移動容量係数 $[\text{mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}]$ 、 S は吸収塔の断面積 $[\text{m}^2]$ を示す。 $k_{oy}a = 25.0 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ のとき、この式より上の条件を満たす吸収塔の高さは、

$$Z = \boxed{\text{③}} \text{ m}$$

と求まる。

ここには答案を記入しないこと。

専門科目（三）： 化学工学（その5）

III 解答欄

問 1	(1)		
	(2)	(k_x を用いた数式) $N_A =$	(k_y を用いた数式) $N_A =$
		(k_{oy} を用いた数式) $N_A =$	$\frac{1}{k_{oy}} =$
問 2	(数値, 有効数字3桁) $m =$		
問 3	①	(数式) $y_A =$	
	②	(数値, 有効数字3桁) $L/G_{\min} =$	
	③	(数値, 有効数字3桁) $Z =$	

ここには答案を記入しないこと。

専門科目（三）： 化学工学（その6）	
--------------------	--

IV

以下の文章を読んで問いに答えなさい。解答は化学工学（その7）に記入しなさい。

代謝は、タンパク質、核酸などの高分子化合物や複雑な化合物をより簡単な分子から合成する と、高分子化合物や複雑な化合物をより簡単な分子に分解する からなる。生体内における高分子の合成などのエネルギーを必要とする反応のほとんどは、 の加水分解と共役することによって進行する。

グルコースが まで嫌氣的に分解される代謝経路を解糖系という。解糖系では全体として、グルコース 1 mol あたり を 2 mol 生成し、2 mol の を還元する。好氣的条件下ではクエン酸回路が活性化する。 から変換された を最終的には完全に酸化して、 CO_2 、 H_2O および と を生成する。

解糖系やクエン酸回路で生じる と は、ミトコンドリア の で酸化される。開放された自由エネルギーは の輸送に用いられ、電子は に最終的に伝達される。膜の内外に形成された H^+ の電気化学ポテンシャル差を利用して、 を合成する。

問 1 から に入る語句を以下から選びなさい。

同化作用， 異化作用， H^+ ， OH^- ， NAD^+ ， NADH ， GTP ， ADP ， ATP ， cAMP ，
Heme， FAD ， FADH_2 ， 内膜， 外膜， トランスポーター， オペロン

問 2 から に入る語句を答えなさい。

問 3 は、嫌氣的条件下では異なる代謝を受ける。酵母で生成される物質，筋肉で生成される物質をそれぞれ答えなさい。

問 4 上述の代謝においてはそれぞれの反応を担う酵素が触媒として作用する。ここで、至適条件下で 1 min に 1 μmol の基質を変化させることができる酵素量を 1U と定義する。酵素 1U を緩衝液に溶かし、十分量の基質を加えて反応を行った。反応全容量が 50 mL のとき、この反応溶液の最大反応速度を単位とともに答えなさい。また、この酵素の比活性を 10 U/mg-protein としたとき、反応溶液中のタンパク質の濃度を単位とともに答えなさい。

ここには答案を記入しないこと。

専門科目（三）： 化学工学（その7）	
--------------------	--

IV 解答欄

問1	a	b	c
	d	e	f
	g	h	

問2	(あ)	(い)
	(う)	(え)

問3	酵母	筋肉
----	----	----

問4	最大反応速度	濃度
----	--------	----

ここには答案を記入しないこと。