第 1 問

問 5　空気の水への溶解は，水中生物の呼吸(酸素の溶解)やダイバーの減圧症(溶解した窒素の遊離)などを理解するうえで重要である。1.0×10^5 Pa の N_2 と O_2 の溶解度(水 1 L に溶ける気体の物質量)の温度変化をそれぞれ図 1 に示す。N_2 と O_2 の水への溶解に関する後の問い(**a** ・ **b**)に答えよ。ただし，N_2 と O_2 の水への溶解は，ヘンリーの法則に従うものとする。

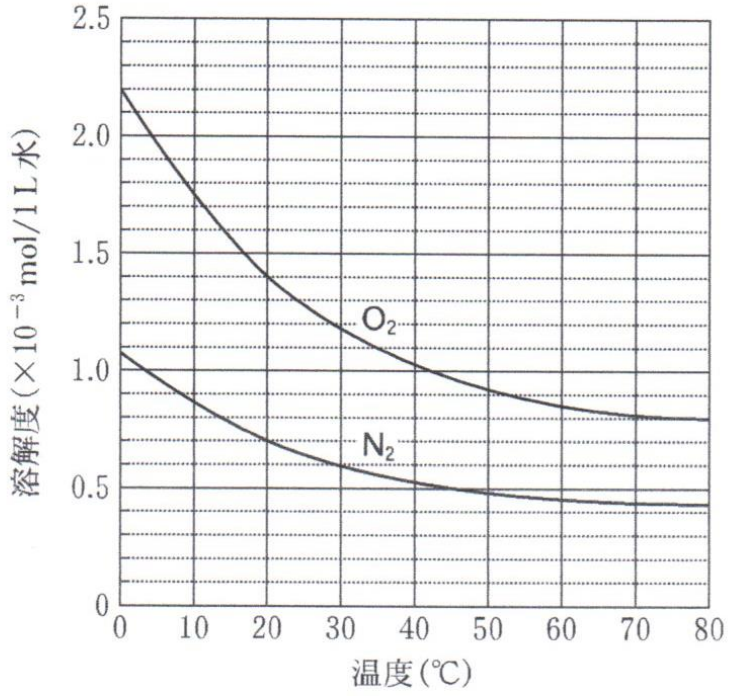


図 1　1.0×10^5 Pa の N_2 と O_2 の溶解度の温度変化

a　1.0×10^5 Pa で O_2 が水 20 L に接している。同じ圧力で温度を 10 ℃ から 20 ℃ にすると，水に溶解している O_2 の物質量はどのように変化するか。最も適当な記述を，次の①～⑤のうちから一つ選べ。 **5**

① 3.5×10^{-4} mol 減少する。
② 7.0×10^{-3} mol 減少する。
③ 変化しない。
④ 3.5×10^{-4} mol 増加する。
⑤ 7.0×10^{-3} mol 増加する。

b　図2に示すように，ピストンの付いた密閉容器に水と空気(物質量比 $N_2 : O_2 = 4 : 1$)を入れ，ピストンに 5.0×10^5 Pa の圧力を加えると，20 ℃で水および空気の体積はそれぞれ 1.0 L，5.0 L になった。次に，温度を一定に保ったままピストンを引き上げ，圧力を 1.0×10^5 Pa にすると，水に溶解していた気体の一部が遊離した。このとき，遊離した N_2 の体積は 0 ℃，1.013×10^5 Pa のもとで何 mL か。最も近い数値を，後の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし，気体定数は $R = 8.31 \times 10^3$ Pa·L/(K·mol) とする。また，密閉容器内の空気の N_2 と O_2 の物質量比の変化と水の蒸気圧は，いずれも無視できるものとする。 [6] mL

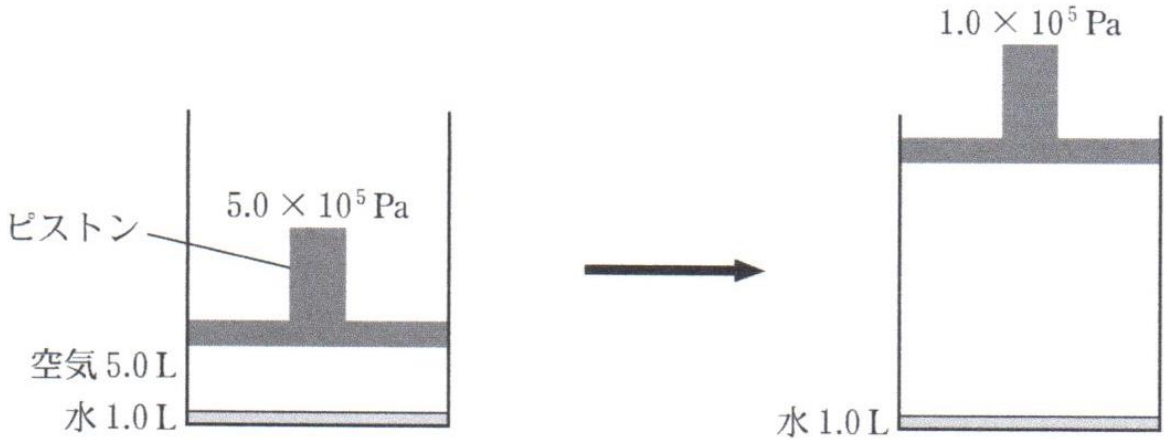


図2　水と空気を入れた密閉容器内の圧力を変化させたときの模式図

① 13　② 16　③ 50　④ 63　⑤ 78

第2問

問 3 溶液中での，次の式(1)で表される可逆反応

$$\mathrm{A} \rightleftharpoons \mathrm{B} + \mathrm{C} \qquad (1)$$

において，正反応の反応速度 v_1 と逆反応の反応速度 v_2 は，$v_1 = k_1[\mathrm{A}]$，$v_2 = k_2[\mathrm{B}][\mathrm{C}]$ であった。ここで，k_1，k_2 はそれぞれ正反応，逆反応の反応速度定数であり，[A]，[B]，[C]はそれぞれ A，B，C のモル濃度である。反応開始時において，[A] = 1 mol/L，[B] = [C] = 0 mol/L であり，反応中に温度が変わることはないとする。$k_1 = 1 \times 10^{-6}$/s，$k_2 = 6 \times 10^{-6}$ L/(mol·s) であるとき，平衡状態での[B]は何 mol/L か。最も適当な数値を，次の①～④のうちから一つ選べ。 **9** mol/L

① $\frac{1}{3}$　② $\frac{1}{\sqrt{6}}$　③ $\frac{1}{2}$　④ $\frac{2}{3}$

第3問

問 2　ある金属元素Mが，その酸化物中でとる酸化数は一つである。この金属元素の単体Mと酸素O_2から生成する金属酸化物M_xO_yの組成式を求めるために，次の**実験**を考えた。

実験　Mの物質量とO_2の物質量の和を3.00×10^{-2} molに保ちながら，Mの物質量を0から3.00×10^{-2} molまで変化させ，それぞれにおいてMとO_2を十分に反応させたのち，生成したM_xO_yの質量を測定する。

実験で生成するM_xO_yの質量は，用いるMの物質量によって変化する。図1は，生成するM_xO_yの質量について，その最大の測定値を1と表し，他の測定値を最大値に対する割合(相対値)として示している。図1の結果が得られるM_xO_yの組成式として最も適当なものを，後の①～⑤のうちから一つ選べ。

14

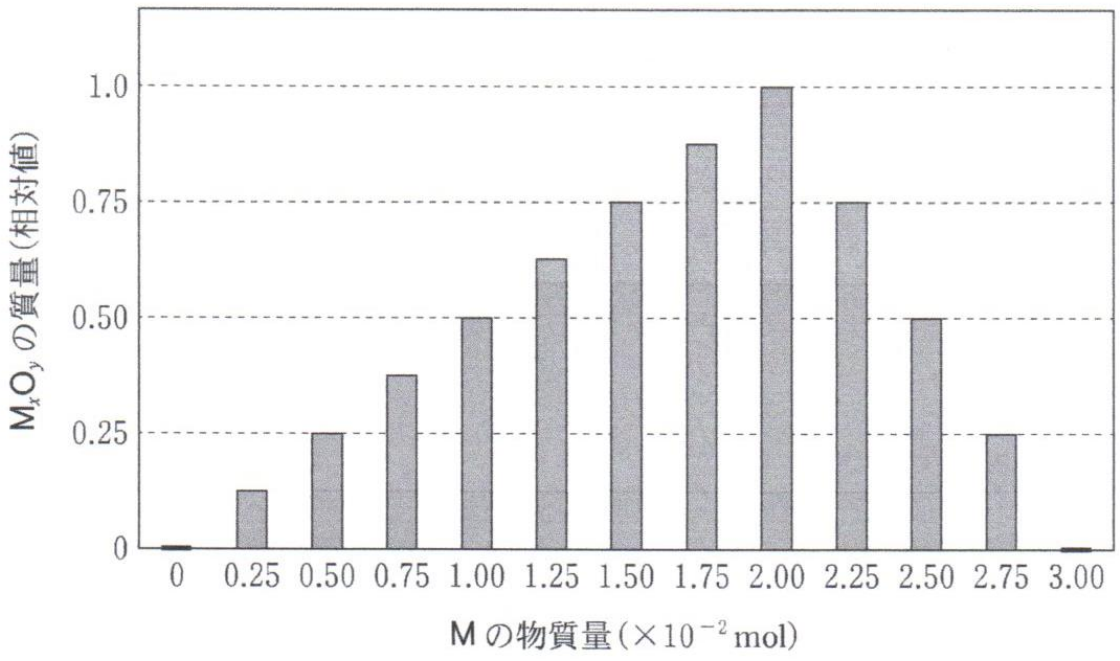


図1　Mの物質量とM_xO_yの質量(相対値)の関係

① MO　② MO_2　③ M_2O　④ M_2O_3　⑤ M_2O_5

第 4 問

問 4　カルボン酸を適当な試薬を用いて還元すると，第一級アルコールが生成することが知られている。カルボキシ基を 2 個もつジカルボン酸（2 価カルボン酸）の還元反応に関する次の問い（**a** ～ **c**）に答えよ。

a　示性式 $HOOC(CH_2)_4COOH$ のジカルボン酸を，ある試薬 X で還元した。反応を途中で止めると，生成物として図 1 に示すヒドロキシ酸と 2 価アルコールが得られた。ジカルボン酸，ヒドロキシ酸，2 価アルコールの物質量の割合の時間変化を図 2 に示す。グラフ中の A～C は，それぞれどの化合物に対応するか。組合せとして最も適当なものを，後の①～⑥のうちから一つ選べ。 22



ヒドロキシ酸　　2 価アルコール

図 1　ヒドロキシ酸と 2 価アルコールの構造式

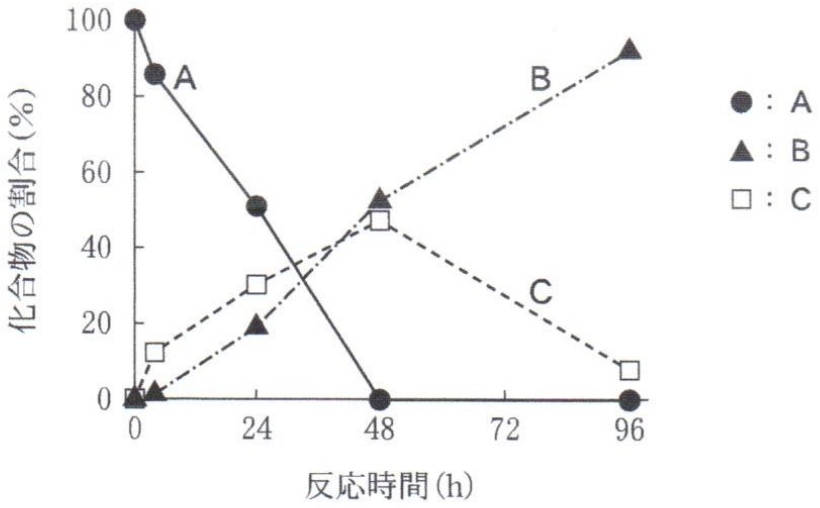


図 2　$HOOC(CH_2)_4COOH$ の還元反応における反応時間と化合物の割合

	ジカルボン酸	ヒドロキシ酸	2価アルコール
①	A	B	C
②	A	C	B
③	B	A	C
④	B	C	A
⑤	C	A	B
⑥	C	B	A

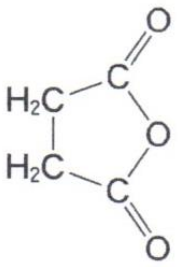
b　示性式 $HOOC(CH_2)_2COOH$ のジカルボン酸を試薬 X で還元すると，炭素原子を 4 個もつ化合物 Y が反応の途中に生成した。Y は銀鏡反応を示さず，$NaHCO_3$ 水溶液を加えても CO_2 を生じなかった。また，86 mg の Y を完全燃焼させると，CO_2 176 mg と H_2O 54 mg が生成した。Y の構造式として最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。 23

① $OHC-(CH_2)_2-CHO$

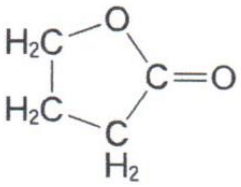
② $HO-(CH_2)_3-COOH$

③ $CH_2=CH-CH_2-COOH$

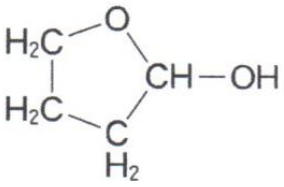
④



⑤



⑥



c　分子式 $C_5H_8O_4$ をもつジカルボン酸は，図3に示すように，立体異性体を区別しないで数えると4種類存在する。これら4種類のジカルボン酸を還元して生成するヒドロキシ酸 $C_5H_{10}O_3$ は，立体異性体を区別しないで数えると［ア］種類あり，そのうち不斉炭素原子をもつものは［イ］種類存在する。空欄［ア］・［イ］に当てはまる数の組合せとして最も適当なものを，後の①～⑧のうちから一つ選べ。［24］

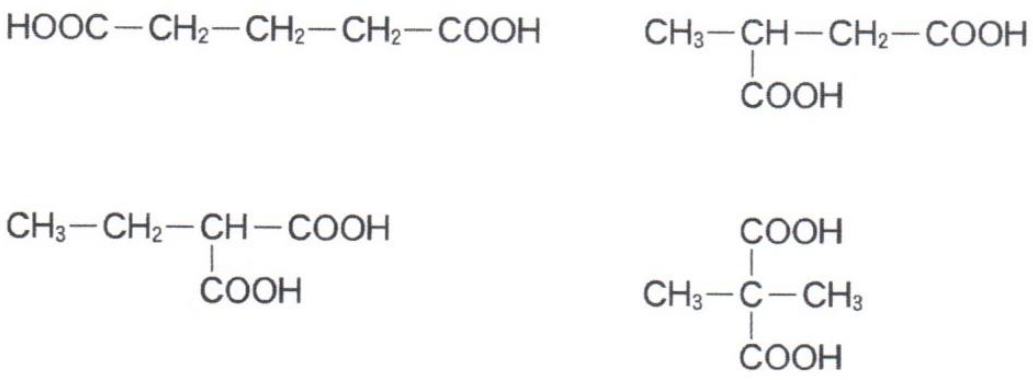


図3　4種類のジカルボン酸 $C_5H_8O_4$ の構造式

	ア	イ
①	4	0
②	4	1
③	5	2
④	5	3
⑤	6	4
⑥	6	5
⑦	8	6
⑧	8	7

第 5 問

c　式(1)のアルケン A と O_3 から化合物 X が生成する反応の反応速度を考える。図 1 は，体積一定の容器に入っている 5.0×10^{-7} mol/L の気体のアルケン A と 5.0×10^{-7} mol/L の O_3 を，温度一定で反応させたときのアルケン A のモル濃度の時間変化である。反応開始後 1.0 秒から 6.0 秒の間に，アルケン A が減少する平均の反応速度は何 mol/(L・s) か。その数値を有効数字 2 桁の次の形式で表すとき，［28］～［30］に当てはまる数字を，後の①～⓪のうちから一つずつ選べ。ただし，同じものを繰り返し選んでもよい。

アルケン A が減少する平均の反応速度

［28］.［29］$\times 10^{-}$［30］mol/(L・s)

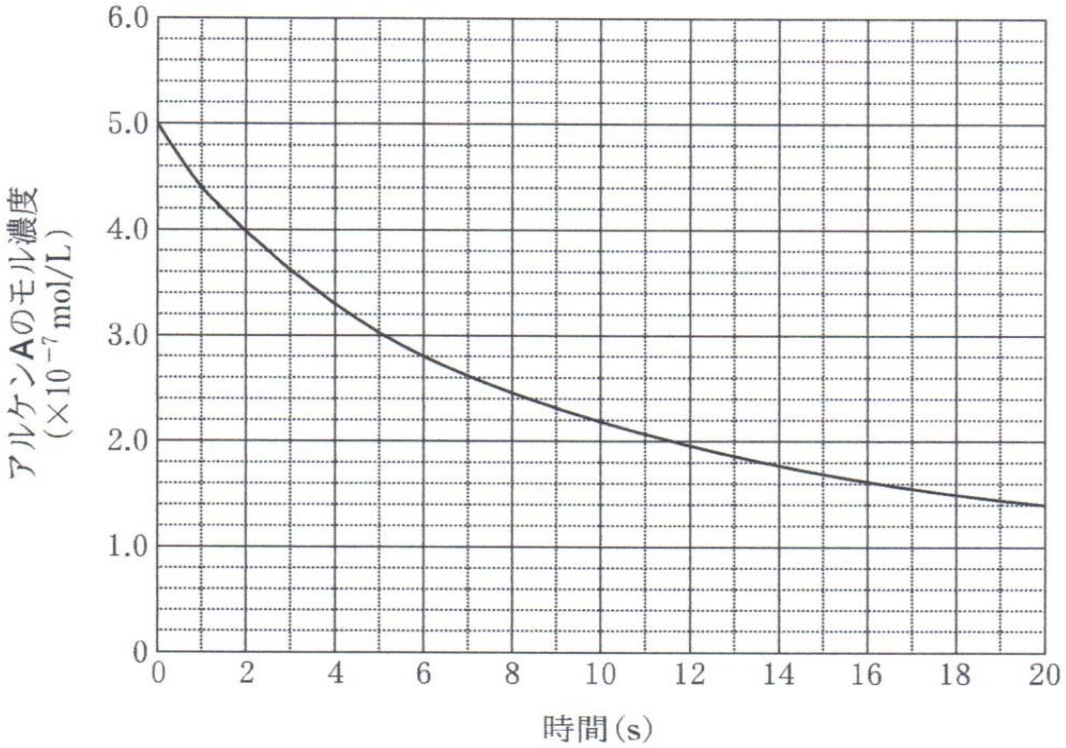


図 1　アルケン A のモル濃度の時間変化

① 1	② 2	③ 3	④ 4	⑤ 5
⑥ 6	⑦ 7	⑧ 8	⑨ 9	⓪ 0

d　アルケン A と O_3 から化合物 X が生成する式(1)の反応を，同じ温度でアルケン A のモル濃度[A]と O_3 のモル濃度[O_3]を変えて行った。反応開始直後の反応速度 v を測定した結果を表 2 に示す。

表 2　アルケン A と O_3 のモル濃度と反応速度の関係

実　験	[A] (mol/L)	[O_3] (mol/L)	反応速度 v (mol/(L・s))
1	1.0×10^{-7}	2.0×10^{-7}	5.0×10^{-9}
2	4.0×10^{-7}	1.0×10^{-7}	1.0×10^{-8}
3	1.0×10^{-7}	6.0×10^{-7}	1.5×10^{-8}

この反応の反応速度式を $v = k[A]^a[O_3]^b$（a，b は定数）の形で表すとき，反応速度定数 k は何 L/(mol・s)か。その数値を有効数字 2 桁の次の形式で表すとき，［31］～［33］に当てはまる数字を，後の①～⓪のうちから一つずつ選べ。ただし，同じものを繰り返し選んでもよい。

アルケン A と O_3 の反応の反応速度定数

$k =$ ［31］.［32］$\times 10^{[33]}$ L/(mol・s)

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5
⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9　⓪ 0