

本科 1 期 5 月度

解答

Z会東大進学教室

選抜東大・医学部化学



4章 溶液②

問題

■ 演習

【1】

解答

問1 ア…電解質 イ…負 ウ…正 エ…水素 オ…水和

問2 (1) $2.0 \times 10^{-3} P_0$

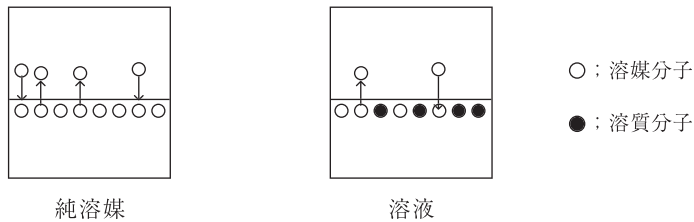
(2) A…24g B…12g (計算の過程は「解説」参照)

(3) C…22g D…32g E…0.0g

解説

問題を解く前に蒸気圧とはなにかを確認しておこう。密閉空間中に揮発性の液体を置いた状態を考える。液体の一部は徐々に蒸発し、気体分子となる。蒸発した気体分子の一部は再び凝縮し、液体へと戻る。一定時間が経つと液体が蒸発し気体分子になる速度と、気体分子が凝縮し液体になる速度が同じになり、見た目上は変化がない平衡状態になる(気液平衡)。このとき密閉空間中に存在する気体分子の数は一定であるから、気体分子がまわりにおよぼす力、つまり蒸気の圧力は定まる。この気液平衡下における蒸気の圧力を蒸気圧という。平衡状態における気体分子の数が増えるほどに蒸気圧は増す。したがって液体が蒸発しやすい状況であるほど蒸気圧は大きくなる。たとえば、温度が高い場合、液体の沸点が低い場合、蒸気圧は大きくなる。

それではもし液体に不揮発性の物質が溶けている場合、何が起こるのであろうか。液体は沸点以下の温度では界面(液体と気体の境界面)で蒸発が起こる。しかし、不揮発性物質が混じっている場合、界面にいる液体分子の数が、不揮発性物質の分だけ減り、このため蒸発する液体分子の数が減る。



これは気液平衡下における気体分子の数が減るということであり、このため蒸気圧は低くなる。これが本問で取り扱う蒸気圧降下という現象である。以上の考えを元に具体的に問題をみていこう。

問1 ある溶媒に物質が溶けるということの定義を確認しておこう。ある溶媒に物質が溶けるということは、均一溶液が得られる、つまり分子レベルで溶媒と物質が混ざり合うということである。NaClを水にいった場合、問題文にあるように、 Na^+ と Cl^- に電離し、 Na^+ のまわりに負電荷を帯びた酸素原子が、 Cl^- のまわりに正電荷をおびた水素原子が取り囲んだ状態に

なり（水和という）、均一な溶液となる。これが、NaClが水に溶解しているという状態である。
問2

(1) NaClを水に溶かすということは、問1にあるように構成される各イオンが水和されるということである。したがって、NaClが水に溶解する様子を、水和水を除いて書くと $\text{NaCl} \longrightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ となる。つまり、水溶液中にはNaClの物質量の2倍のイオンが存在することに注意しよう。問題では塩化ナトリウム 0.585g を水に溶かしたとあるので、水溶液中に含まれるイオンの物質量は $\frac{0.585}{58.5} \times 2 = 2.00 \times 10^{-2} [\text{mol}]$ となる。これは溶媒である水

の物質量 $\frac{180}{18.0} = 10 [\text{mol}]$ に比べきわめて小さい。よって、蒸気圧降下 ΔP を求める際に、

問題文で与えられている希薄水溶液中での式 $\Delta P = \frac{n}{N} P_0$ を使うことができる。以上より、問題で与えられた条件下における蒸気圧降下度 ΔP は、次のようになる。

$$\Delta P = \frac{\frac{0.585}{58.5} \times 2}{\frac{180}{18.0}} P_0 = 2.0 \times 10^{-3} P_0$$

(2) 上述したように蒸気圧とは、溶媒が蒸発して気体になるスピードと気体が凝縮して液体になるスピードが同じになった際の（つまり気液平衡になった際の）、気体分子がまわりにおよぼす圧力のことである。

問題のように密閉空間に2つの異なる蒸気圧を示す溶液がある場合を考える。各々の気液平衡状態に達した際、容器は同じ密閉空間内にあるから、溶液まわりの気体分子の数は均一化し等しくなると考えられる。各々の溶液まわりでの気体分子の数が等しいのだから、凝縮して液体になる速度も平均化され等しくなる。一方、蒸発の速度は、含まれている溶質の割合、すなわち溶液の濃度に依存するから、蒸気圧の高い方、つまり液体分子が気体分子になるスピードが速い方の溶媒が減り、逆に蒸気圧の低い方の溶媒の量は増えることになる。この結果、最終的に2つの溶液の蒸気圧は等しくなる。

以上より、水が移動し、蒸気圧が等しくなった際のビーカー A, B の水の質量を考えればよい。求めるビーカー A, B の水の質量をそれぞれ $x[\text{g}]$, $y[\text{g}]$ とし、それぞれの蒸気圧を P_A , P_B とすると、ラウールの法則 $P = \frac{N}{N+n} P_0$ を用いて、次の二つの式が立てられる。

$$P_A = \frac{\frac{x}{18.0}}{\frac{x}{18.0} + \frac{0.0585}{58.5} \times 2} P_0$$

$$P_B = \frac{\frac{y}{18.0}}{\frac{y}{18.0} + \frac{0.0293}{58.5} \times 2} P_0$$

$P_A = P_B$ より上の2式から $x = 2y$ が求められ、 $x + y = 36.0$ であることから、連立方程式を解くと、 $x = 24[\text{g}]$, $y = 12[\text{g}]$ が求まる。

(3) (2) で述べたように、密閉容器内で複数の異なる蒸気圧を示す溶液がある場合、蒸気圧が等しくなるまで、蒸気圧の高い溶液から低い溶液へと溶媒が移動する。冒頭で述べたように、溶質が存在すると蒸気圧が下がることを考えると、溶液と純水とでは、つねに純水の方が蒸気圧は高い（水がいくら溶液側に移っても純水は純水であり、蒸気圧は一定）。したがって、(3) の状況のように水溶液と純水が密閉容器内に存在する場合は、純水容器中の水はすべて水溶液側に移る。つまりビーカー C, D の水の総量は最終的に 54.0g になる（このときビーカー E の水は 0 g）。このことと、 CaCl_2 が水に溶解すると、 $\text{CaCl}_2 \longrightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{Cl}^-$ と電離し、 CaCl_2 の物質量の 3 倍のイオンが水溶液中に存在するという事に注意すれば (2) と同じ解法で解ける。以下、解法を示す。

水が移動し、蒸気圧が等しくなった際のビーカー C, D の水の質量を考えればよい。ビーカー C, D の水の質量をそれぞれ $u[\text{g}]$, $v[\text{g}]$ とし、それぞれの蒸気圧を P_C , P_D とすると、

ラウールの法則 $P = \frac{N}{N+n} P_0$ を用いて

$$P_C = \frac{\frac{u}{18.0}}{\frac{u}{18.0} + \frac{0.0585}{58.5} \times 2} P_0$$

$$P_D = \frac{\frac{v}{18.0}}{\frac{v}{18.0} + \frac{0.111}{111.0} \times 3} P_0$$

$P_C = P_D$ であることより $3u = 2v$ が求められ、 $u + v = 54.0$ となることから、連立方程式を解けば、 $u = 21.6[\text{g}]$, $v = 32.4[\text{g}]$ が求まる。

【2】

解答

問1 ア…蒸発 イ…凝縮 ウ…気液平衡

問2 ②, ⑤

問3 エ…c オ…a カ…b キ…a

問4 100.10℃

問5 0.52K·kg/mol

問6 754.4mmHg

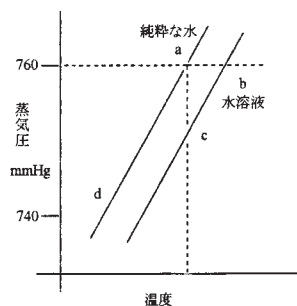
解説

沸騰について考えよう。蒸気圧は温度を上げれば上げるほど大きくなる（本問の蒸気圧曲線をもててもわかるであろう）。温度を上げてゆき、蒸気圧が外圧と等しいところまで大きくなった場合どうなるであろうか。このとき、それまでは液体表面からしか蒸発が起こらなかったのが、液体内部で蒸気になった分子の蒸気圧が高く外圧につぶされにくくなるため、液体内部から蒸気の泡が発生し、蒸発していく。この状態が沸騰である。

不揮発性の物質が溶媒に溶解するとその溶液の蒸気圧は低くなる。したがって、より熱を加えて温度を高くしなければ、蒸気圧は外圧と等しくならない。つまり、不揮発性物質を溶かした溶液において、沸点は上昇する。本問では、蒸気圧降下に加え、この沸点上昇に関する問題をみていく。

問3 問題に与えられているように760mmHgが大気圧である。

上述したように純水の蒸気圧と大気圧が等しくなる点が純水の沸点である。右図で純水の蒸気圧が760mmHgとなっているのは点aであることがわかる。したがって、点aにおける温度は100℃である。これより、100℃での水溶液の蒸気圧を示す点はcであることがわかる。つまり、100℃では純水であれば点aの蒸気圧であるが、水溶液では点cの蒸気圧へと蒸気圧降下していることがわかる。水溶液の沸



点の水溶液の蒸気圧が大気圧と同じ760mmHgとなるときの温度をみればよく、それは点bである。点aが水の沸点であるから、点bと点aとの温度差が沸点上昇度となる。

問4 問題の図の範囲では、蒸気圧曲線は直線であると与えられている。よって蒸気圧曲線を $y=ax+b$ と表すことができる (y には蒸気圧, x には温度の値が入る)。ここで、直線の式 $y=ax+b$ に問題文で与えられている蒸気圧および沸点の値をそれぞれ代入した以下の連立方程式を解くと、水の蒸気圧曲線の傾き a が求められる。

$$\begin{cases} 760=100a+b \\ 733.2=99a+b \end{cases}$$

$$\therefore a=26.8$$

さらに問題文では、図の範囲では溶液の蒸気圧曲線は水の蒸気圧曲線が平行移動したものとみなせる、としている。つまり溶液の蒸気圧曲線は、水の蒸気圧曲線と傾きが同じで切片のみ異なるということであるから、 $y=26.8x+b'$ と表すことができる。以下のように問題で与

えられている蒸気圧および沸点の値を代入し、連立方程式を解くことで、大気圧 760mmHg における溶液の沸点を求めることができる。

$$\begin{cases} 757.2=26.8 \times 100+b' \\ 760=26.8x+b' \end{cases}$$

$$\therefore x=100.104[^\circ\text{C}]$$

問5 問4において大気圧における溶液の沸点が 100.104 $^\circ\text{C}$ と求まった。一方、大気圧における水の沸点は 100 $^\circ\text{C}$ である。したがって $\Delta t_b=100.104-100=0.104[\text{K}]$ である。このショ糖水溶液のモル濃度が 0.200mol/kg であるから、問題で与えられている $\Delta t_b=K_b m$ の式より

$$0.104=0.200 \times K_b$$

$$\therefore K_b=0.52$$

問6 塩化ナトリウムは水溶液中で電離し、 Na^+ と Cl^- になる。したがって、水溶液中に存在する不揮発性物質の質量モル濃度は 0.400mol/kg である。問5の $\Delta t_b=0.52m$ の式より、塩化ナトリウム水溶液中における沸点上昇度 $\Delta t_b=0.52 \times 0.400=0.208[\text{K}]$ である。したがって、この水溶液の沸点は 100.208 $^\circ\text{C}$ 、いいかえれば、100.208 $^\circ\text{C}$ における水溶液の蒸気圧は 760mmHg である。100 $^\circ\text{C}$ 付近における塩化ナトリウム水溶液の蒸気圧曲線の式は $y=26.8x+b''$ と表されるので、与えられた条件を代入して

$$\begin{cases} 760=26.8 \times 100.208+b'' \\ y=26.8 \times 100+b'' \end{cases}$$

$$\therefore y=754.42[\text{mmHg}]$$

【3】

解答

問1 ア…B イ…過冷却 ウ…凝固

問2 d)

問3 1) 1.8×10^2 (計算式は「解説」参照)

2) 0.28°C (計算式は「解説」参照)

問4 1) $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$

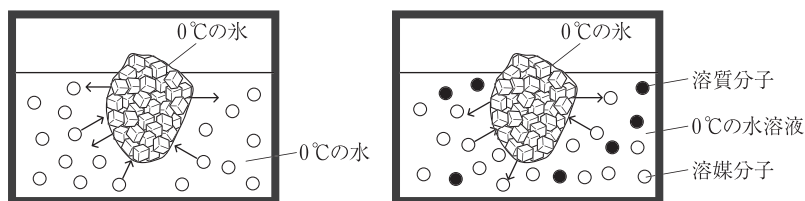
2) 0.15 (計算式は「解説」参照)

解説

不揮発性の物質が溶けているとき、液体の蒸気圧が下がることをみてきた。蒸気圧はある物質が気体と液体の平衡下にあるときの気体の圧力である。これに対し、本問では、ある物質が固体と液体の間で平衡状態(固液平衡)になっている場合どのように考えるかをみていく。

ある物質が液体から固体になる、すなわち凝固に関する問題であり、固体から液体になる融解に関する問題でもある。

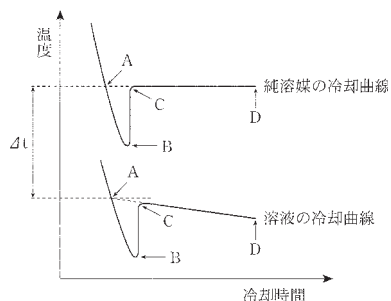
水の場合をみていこう。断熱容器内、 0°C において水と氷が共存する状況を考える。断熱であり、水の凝固点である 0°C は保たれているから、見かけ上、水と氷の状態に変化はない。しかし、この状態を詳しくみてみると、固体になる水分子の数と、液体になる水分子の数が同じであるという固液平衡の状態になっている。



それでは、なんらかの物質が溶けている場合、すなわち溶質が存在する場合どうなるであろうか。溶けて液体になる水分子の数は変わらない。しかし、溶質に邪魔されて、凍って氷になる水分子の数が減る。したがって、固液平衡の状態にする、すなわち凝固点に到達させるためには、 0°C より温度を下げなくてはならない。つまり、溶質が存在すると凝固点降下が起こる。溶質の数が減ると、すなわち溶液の濃度が増すと、邪魔が増え、より凍る分子が減り、凝固点降下度は大きくなることは容易に想像がつくであろう。

このことをベースに問題をみていく。

問1, 2 冷却曲線の説明をする。純溶媒の場合を考えよう。冷却をはじめると、液体の温度は時間とともに低下する(点Aまで)。凝固点である点Aに達すると溶媒は凝固しはじめるはずだが、凝固点に達しても液体のまま温度が下がり続ける。これは液体分子の運動などのために凝固が妨げられている、過冷却とよばれる状態である。



この状態で温度が下がり続けると液体分子の運動が段々と抑制され、ある点で一気に固体になる。これがB点である。このとき凝固熱が発生し、凝固点と同じ温度であるC点まで上昇する。C点からD点までは物質から発生した熱量（凝固熱）は寒剤に吸収され、温度は一定となる。

つぎに溶液の場合を考えよう。純溶媒と顕著に異なるのは、過冷却を脱して凝固がはじまると、液温がゆっくり下がっている点である（C-D点）。これは、溶液の凝固では、溶媒だけが凝固し、溶質はそのまま溶媒に溶けているので、凝固するにつれて、残った溶液の濃度が大きくなることに由来する。上述したように濃度が大きくなると凝固点降下度が大きくなるので、段々と温度が下がり続けることになるのである。したがって、過冷却がなく理想的に凝固がはじまったとみなせる温度、すなわち凝固点は直線CDを延長したときの冷却曲線との交差点Aである。

問3

1) 凝固点降下度も沸点上昇度と同様、質量モル濃度 m [mol/kg] に比例する。すなわち沸点上昇度を、定数 K_b を用いて $\Delta t_b = K_b m$ と表すことができるのと同様に、凝固点降下度 Δt_f は、定数 K_f を用いて $\Delta t_f = K_f m$ と表すことができる (K_f はモル凝固点降下とよばれ、各溶媒によって値が異なる。本問ではすべて水を溶媒として扱っているので、 K_f は同じであることに注意する)。以下解法を示す。

非電解質の分子量を M とおく。 5.0×10^{-2} mol のスクロースを水 500g に溶かした溶液と非電解質 9.0g を水 500g に溶かした溶液を混合した溶液の凝固点は、 1.0×10^{-1} mol/kg のスクロース水溶液の凝固点と等しいと問題文にある。凝固点降下度は $\Delta t_f = K_f m$ と表すことができ、溶媒はいずれも水、すなわち K_f は同じであるから、これらの溶液の質量モル濃度は等しい。以上から次式が導かれる。

$$\left(5.0 \times 10^{-2} + \frac{9.0}{M}\right) \times \frac{1000}{500+500} = 1.0 \times 10^{-1}$$

$$\therefore M = 180$$

2) 混合水溶液の凝固点降下度を Δt とおく。食塩は、水中で Na^+ と Cl^- に電離することに注意すると、スクロースと食塩の混合溶液の濃度は

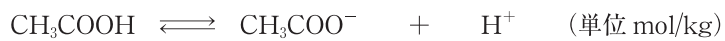
$$(5.0 \times 10^{-2} + 2 \times 5.0 \times 10^{-2}) \times \frac{1000}{500+500} = 1.5 \times 10^{-1} \text{ [mol/kg]}$$

となる。これと 1.0×10^{-1} mol/kg のスクロース水溶液の凝固点降下度が 0.185°C であること、および凝固点降下度と質量モル濃度が比例することを考えると、次式が導かれる。

$$\Delta t : 0.185 = 1.5 \times 10^{-1} : 1.0 \times 10^{-1}$$

$$\therefore \Delta t = 0.2775 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

問4 塩化ナトリウムは水溶液中で完全に電離する。一方で、酢酸のような弱酸はその一部が電離し、溶液中には、酢酸 (CH_3COOH)、酢酸イオン (CH_3COO^-)、水素イオン（プロトン、 H^+) の3種類が共存することになる。各分子およびイオンの質量モル濃度は、酢酸の質量モル濃度を c [mol/kg]、電離度を α とおくと、次のようになる。



反応前

c

平衡時

$c(1-\alpha)$

$c\alpha$

$c\alpha$

したがって平衡時の CH_3COOH , CH_3COO^- , H^+ の質量モル濃度の和は

$$c(1+\alpha) = 1.0 \times 10^{-3}(1+\alpha) \text{ [mol/kg]}$$

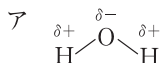
凝固点降下度と質量モル濃度は比例するので

$$1.15 = \frac{1.0 \times 10^{-3}(1+\alpha)}{1.0 \times 10^{-3}}$$

$$\therefore \alpha = 0.15$$

【4】

解答



イ 水分子中の負に帯電した酸素原子と正電荷をもつ Na^+ が電氣的に結びつき、いくつかの水分子が1個の Na^+ を取り囲んでいる。

ウ NaCl 水溶液の濃度を m [mol/kg] とする。塩化ナトリウムは水溶液中で電離して $\text{NaCl} \longrightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ となることから、溶質粒子の濃度は $2m$ [mol/kg] となる。凝固点降下度について次の式を解く。

$$1.85 \times 2m = 3$$

$$\therefore m = 0.810 \text{ [mol/kg]}$$

これを質量パーセント濃度にとすると

$$\frac{58.5 \times 0.810}{1000 + 58.5 \times 0.810} \times 100 = 4.52 [\%]$$

(答) 4.5%

エ 溶媒の水のみが凝固するため、凝固の進行とともに水溶液の濃度が次第に大きくなり、凝固点降下も次第に大きくなるから。

オ 図1-2より、 NaCl 水溶液、氷、 NaCl (固)が共存するとき -21°C となり、それより低温では水溶液が存在しないから、この温度が最低の凝固点である。

解説

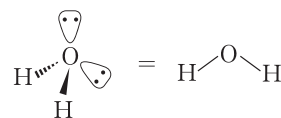
凝固点降下・冷却曲線に関する問題である。通常こうした問題では、過冷却が図に示されている。しかし、本問では過冷却が起らず、凝固点において即座に固体になり始めている。過冷却は液体分子の運動により、凝固ができない過渡的な状態である。ゆっくり冷やし、過冷却を引き起こす液体分子の運動がおさまるのを待つことで、過冷却なしで凝固点において凝固させることは可能である。

さて、固液平衡の過程では、純水の場合、凝固している間、温度は変化しない。しかし本問のグラフで表されているように、水がすべて固体になった後は、さらに温度が下がっていくことに注意しよう。

また、溶液の冷却曲線についても一般的な問題とは異なる点がある。固液平衡の状態において、凝固が進む過程で溶液の温度が段々と下がっていくことをみてきた。溶媒が凝固するにつれ、溶液の濃度が上がり、凝固点降下度が大きくなることに起因する現象である。一方で、本問では、BC間で温度が一定になっている。これはある程度濃度が上がると飽和溶液となり、それ以上溶質が溶けなくなり、溶媒である水といっしょに固体として析出して、濃度が一定に保たれるようになることに起因している。濃度が一定であるということは、それ以上凝固点降下が起らないということであり、図のように温度が一定になるのである。

点Cを越えて完全に固体になると、純水の場合同様に、さらに温度が下がっていく。

ア 分子の構造を推測する最も簡単な方法は、電子対の反発を考慮することである。共有電子対と非共有電子対が最も遠ざかるような構造が答となる。水の場合、非共有電子対も考えると、右図のよ



うに四面体型が最安定構造となり、非共有電子対をのぞくと折れ線形になる。また、酸素は水素に比べ電気陰性度が大きく、酸素原子の方に共有電子対が偏ることになる。

イ アで示したように、水はO原子が δ^- に、H原子が δ^+ に帯電した極性分子である。したがって、NaClを水に溶かすと正電荷をもつ Na^+ のまわりには、負の電荷をもつO原子が、負の電荷をもつ Cl^- のまわりには正の電荷をもつH原子が取り囲むことになる。このことを水和といい、NaClは水和されることで水に溶解する。

ウ 凝固点降下度は、溶質の質量モル濃度 m [mol/kg] とモル凝固点降下 K_f [K·kg/mol] を用いて $\Delta t_f = K_f m$ と表すことができる。水のモル凝固点降下が 1.85K·kg/mol と与えられており、また図1-2から凝固点は -3°C 、すなわち凝固点降下度は 3K とわかる。したがって、「解答」のように立式できる。

エ 薄いNaCl水溶液を冷却すると、 -3°C (A点)で氷が生じ始める。このとき、溶媒の水だけが凝固するため、凝固の進行に伴って水溶液の濃度が増大し、凝固点降下度も大きくなるので、水溶液の温度は一定とならず、次第に低下する。

オ 「解説」の冒頭でも述べたように、B点からC点まで温度が変化しないのは、B点で水溶液が飽和濃度に達したためである。飽和水溶液では、溶媒の水が氷になると、その水に溶解していたNaClも同時に析出することになるので、氷が生じて濃度は変化せず、凝固点降下度は大きくなる。C点で水はすべて氷になり、氷とNaClの固体だけが存在する状態となって、これ以降は冷却により固体全体の温度が低下する。

すなわち、NaCl水溶液、氷、NaCl(固)の三者が共存するとき(B-C点)、温度は -21°C で一定であり、それ以下の温度では水溶液が存在しないことがわかる。また、下線部②の記述から、そのときのNaClの濃度が23%であることがわかる。

添削課題

解答

問1 B

問2 過冷却

問3 濃度が増大し、凝固点降下の度合いが大きくなるため。(25字)

問4 128

解説

水を溶媒とした冷却曲線・凝固点降下の問題に対し、本問では有機溶媒であるシクロヘキサン(融点 6.47°C)を溶媒にした場合の問題である。

水と有機溶媒の違いの一部を簡単に説明する。極性分子である水の場合、液体状態で水素結合のネットワークをつくっている。一方、有機物は一般に極性が小さく、ファンデルワールス力で引き合うことで液体や固体になっていることが多い。したがって、水に有機物を入れた場合、水の水素結合を切るほどに静電的に相互作用する(水和する)ということができないため、水と有機物は混ざりにくいことがある(水と油を考えよう)。一方、異なる化合物でも有機物同士であれば、引き合う力は同じファンデルワールス力が支配的であるから、簡単に分子レベルで混ざりあう、すなわち溶解することが多い。このような有機溶媒系でも水で考えたような冷却曲線・凝固点降下の考え方をそのまま適用できることを本問でみていく。

なお、本問では有機化合物の分子量を求めるためとのイントロがあるが、実際に有機化学の研究室では、 10^{-6}g スケールで行える、より実際的な分子量測定法を用いることを念のためい添えておく。

問1 A, Bにおけるイの部分に注目しよう。グラフAでは段々と温度が下がっている。これは溶質が存在するときに特徴的な振る舞いである。すなわち、溶媒が凝固することで溶液の濃度が増し、このため凝固点降下度が段々と大きくなっていくために、温度が下がっていく。一方、純物質では、このような温度変化はみられない。したがって、イの状態では温度変化しないBが純粋なシクロヘキサンである。

問2 イでの直線を延長したものと冷却曲線が交わった温度が凝固点だが、アでは凝固点より低い温度でも液体状態になっている。この状態は過冷却状態といわれる状態である。

問3 問1でも説明したように、溶媒であるシクロヘキサンが凝固するため、溶液の濃度が増加する。凝固点降下度 Δt は溶液の質量モル濃度に比例するので、必然的に凝固点が降下することになる。

問4 質量モル濃度を m [mol/kg]、モル凝固点降下を k [K·kg/mol] とすると、凝固点降下度 Δt は $\Delta t = km$ と表すことができる。0.100gの化合物Xをシクロヘキサン10.0gに溶かした溶液において、凝固点降下度は1.58Kであったとある。したがってXの分子量を M とすると、以下の式が成り立つ。

$$1.58 = k \times \frac{0.100}{M} \times \frac{1000}{10.0} \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

一方、有機化合物Y $5.00 \times 10^{-4}\text{mol}$ をシクロヘキサン10.0gに溶かした溶液において、凝固

点降下度は 1.01K であったとある。したがって以下の式が成り立つ。

$$1.01 = k \times 5.00 \times 10^{-4} \times \frac{1000}{10.0} \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

①, ②式より k を消去し, M について解くと, $M=127.8$ と求まる。