

溶液の性質 04 気体の溶解度

A. 気体の溶解度

気体の溶解度の表し方の基準は明確には決まっておらず、
溶媒 1L (または 1mL) に溶けることができる気体の質量[g]または物質量[mol]または
標準状態換算体積[mL]などで表すようです。
気体の溶解度は溶媒や気体の種類によって異なり、また、温度や圧力によって変化します。
気体の水に対する溶解度は、多くの固体の場合とは逆に、温度が上昇すると小さくなります。
これは温度上昇に伴い、溶媒分子および気体分子の熱運動が激しくなり、
気体分子が水溶液の外に飛び出しやすくなるためと考えられます。

B. いろいろな気体の水への溶解

1. 水素 H₂, 窒素 N₂, 酸素 O₂ などの無極性分子

これらの気体は水溶液中で分子（無極性分子）のままの状態に溶解していて、
その溶解度はとても小さいです（非常に溶けにくい）。

2. 二酸化炭素 CO₂

二酸化炭素が水に溶けると、一部は次のように電離してイオンになりますが、
$$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$$

大部分は分子（無極性分子）のままの状態に溶解しています。
二酸化炭素の溶解度は小さいです（少し溶ける）。

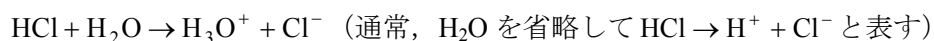
3. アンモニア NH₃

アンモニアが水に溶けると、一部は次のように電離してイオンになりますが、
$$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$$

大部分は分子（極性分子）のままの状態に溶解しています。
アンモニアの溶解度は大きいです（よく溶ける）。

4. 塩化水素 HCl

塩化水素は電離度が大きい強電解質で、そのほとんどが電離してイオンになって溶解し、
溶解度はとても大きいです（とてもよく溶ける）。



C. ヘンリーの法則

イギリスの化学者ヘンリーは、溶解度が小さい気体の溶解度とその気体の圧力との間に、
次のような関係を見出しました。

温度一定の条件下において、溶解度の小さい気体の溶媒に溶ける質量（または物質量
または標準状態換算体積）は、その気体の圧力（混合気体の場合はその気体の分圧）
に比例する。

※ただし、圧力があまり大きくないときに成り立つ。

この法則は溶解度の小さい気体にのみ成り立つので、
塩化水素やアンモニアについては成立しません。

D. 溶媒に溶ける気体の体積と圧力の関係についての注意

ある一定温度条件下で、1atm の気体 A は水 1mL に n [mol] まで溶解できるとします。
 すると、気体 A の圧力が 2atm のとき、ヘンリーの法則より、 $2n$ [mol] まで溶解できます。
 問題は、溶けた気体の体積です。

1atm のとき溶けた気体の体積を V_1

2atm のとき溶けた気体の体積を

同温 1atm で表した体積を V_2 ,

同温 2atm すなわち溶かした圧力で表した体積を V_3

とすると、

$$\frac{PV}{n} = \text{一定より,}$$

$$\frac{1\text{atm} \cdot V_2}{2n} = \frac{1\text{atm} \cdot V_1}{n} \quad \therefore V_2 = 2V_1$$

$$\frac{2\text{atm} \cdot V_3}{2n} = \frac{1\text{atm} \cdot V_1}{n} \quad \therefore V_3 = V_1$$

となります。

これを一般化すると、

温度一定の条件下において、

気体の圧力と溶解する気体の体積の関係は、

溶解した気体の体積を同温・同圧条件で表すと溶かした圧力に比例する。

すなわちヘンリーの法則が成り立つ。

ところが、溶解した気体の体積を同温・気体と溶かしたときの圧力という条件で表すと、
 気体の圧力に関係なく一定となる。

すなわちヘンリーの法則が成り立たない。

ということになります。

例題

温度 0°C の条件の下、水 1.0L に対し 1.0atm の酸素（分子量 32）は 50mL まで溶ける。

同じ温度で水 2.0L に 3.0atm の空気を接触させた。次の問いに答えよ。

ただし、標準状態における気体 1mol の体積を $22.4 \times 10^3 \text{ mL}$ 、

空気中には体積比で酸素を 20% 含むものとする。

- (1) 溶解した酸素の質量
- (2) 溶解した酸素の体積
- (3) 溶解した酸素の標準状態換算体積

解答と解説

(1)

0°C 、1.0atm の酸素は標準状態だから、これが水 1.0L に 50mL まで溶けるということは、

$\frac{50}{22.4 \times 10^3} \text{ mol}$ まで溶けるということである。

また、3.0atm の空気中の酸素の分圧は $3.0 \times \frac{20}{100} = 0.60 \text{ atm}$ だから、

0°C で 2.0L の水に 3.0atm の空気を接触させたということは、

0°C で 2.0L の水に 0.60atm の酸素を接触させたということになる。

よって、溶解した酸素の物質量は $\frac{50}{22.4 \times 10^3} \text{ mol} \times \frac{2.0\text{L}}{1.0\text{L}} \times \frac{0.60\text{atm}}{1.0\text{atm}} = \frac{60}{22.4 \times 10^3} \text{ mol}$

ゆえに、 $\frac{60}{22.4 \times 10^3} \times 32 \approx 8.6 \times 10^{-2} \text{ g}$

(2)

同体積の水に溶解する体積は酸素の分圧に関係なく一定だから、

求める体積は $50 \times \frac{2.0}{1.0} = 100 \text{ mL}$

(3)

0°C で 1.0L の水に対し標準状態で 50mL まで溶けるから、

0°C で 2.0L の水に対し、0.60atm では $50 \times \frac{2.0}{1.0} \times \frac{0.60}{1.0} = 60 \text{ mL}$ まで溶ける。

確認問題

次の文章の正誤を判断せよ。

1. 一般に、気体の水に対する溶解度は温度が高いほど大きい。
2. アンモニアはヘンリーの法則に従わない気体である。
3. 一定温度下で、溶解度の小さい気体が溶媒に溶ける質量はその気体の圧力に比例する。
4. 一定温度下で、溶解度の小さい気体が溶媒に溶ける体積は、気体の圧力に比例する。
5. 混合気体の場合、成分気体の溶解質量は全圧に比例する。

解答

1. 誤
2. 正
3. 正
4. 誤 (ボイルの法則より, 体積は一定)
5. 誤 (成分気体の分圧に比例する)

ことわり

本編はメルマガ高校化学の部屋 <http://www.geocities.co.jp/HeartLand-Poplar/8632/>
バックナンバー中の記載「このメルマガは, 転載・複写自由です。」に甘え,
内容を保ったまま, 整理・加筆し, 転載したものです。

大学理系入試問題・受験問題集を解いてみた <http://www.toitemita.sakura.ne.jp/>