

溶液の性質 02 溶解平衡と固体の溶解度

固体を水などの溶媒に溶かすとどうなるか? どれだけ溶けるか? という学習です。

A. 溶解平衡と飽和溶液

ある温度で、一定量の水などの溶媒に固体溶質を溶かしていき、徐々に溶けていき、やがてそれ以上は溶けない状態が訪れます。つまり溶ける量には限界があります。

果たしてそれは、もう溶けない状態なののでしょうか?

私たちの眼には「もう溶けない限界」と映る現象ですが、

実は見えないところで、次のような攻防を繰り返し続けているのです。

現象 1 : 溶質が溶媒に溶ける。

↓↑

現象 2 : 溶けた溶質分子・イオンが再び結晶に戻る (これを析出といいます)

溶解がおこなわれるときは、常に現象 1 と現象 2 が同時進行で起こっているのです。

溶かしはじめのときは、現象 1 が現象 2 より優勢なので、

つまり、溶解する速さが析出する速さより大きいので、

相対的に「溶けている」ように見えます。

しかしあるとき、現象 1 と現象 2 がつり合ったとき、

つまり、溶解する速さと析出する速さが等しくなったとき、

見かけ上、「もう溶けない限界」となるわけです。

「溶けない」のではなく「溶解する速さと析出する速さがつり合っている」状態なんです。

この状態を**溶解平衡**といいます。

溶解平衡に達した溶液を**飽和溶液**と呼んでいます。

以前学習した気液平衡と (飽和) 蒸気圧の関係と全く同じ考え方ができます。

気体の分圧が蒸気圧以上にはならないのと同様、

溶液の濃度は飽和溶液以上にはなりません。

また、気液平衡における蒸気圧が液体の種類や温度に左右されるように、

溶解平衡における飽和溶液の濃度も溶媒・溶質の種類や温度に左右されます。

溶解平衡

ある溶液において、**溶解の速さ = 析出の速さ** となった状態。

※見かけ上、溶解が限界に達した状態。

飽和溶液

溶解平衡に達した溶液。

※見かけ上、溶解が限界に達した溶液。

※溶媒・溶質の種類や温度によって決まる。

B. 固体の溶解度

ある温度における固体溶質の溶媒への溶けやすさの尺度を**溶解度**といいます。

固体の溶解度は溶媒 100g に溶かすことができる溶質の最大グラム数で表すのが一般的です。

溶解度の単位はありませんが、「g/100g 溶媒」とすることもあります。

一般に、固体物質は温度が高くなるほど溶解度が大きくなりますが、

水酸化カルシウムのように温度上昇とともに溶解度が小さくなる例外もあります。

※石灰水は水酸化カルシウムの飽和水溶液です。

C. 固体の溶解度と比例式

ある固体物質 A の t °C における溶解度が s のとき、

t °C, Q (g) の水に溶かすことができる A の質量を P (g) とします。

すると、質量の関係は次の表のようになります。

温度 (°C)	物質A(g)	水(g)	溶液(g)
t	s	100	$100 + s$
t	P	Q	$P + Q$

このとき、次の比例式が成り立ちます。

$$\frac{P}{s} = \frac{Q}{100} = \frac{P+Q}{100+s}$$

したがって、たとえば P が既知で Q が未知のとき、 Q は次のようにして求められます。

$$\frac{P}{s} = \frac{Q}{100} \text{ より, } Q = \frac{P}{s} \times 100$$

固体の溶解度の問題は、このように比例式を立てて解くことになります。

補足

$$\frac{P}{s} = \frac{Q}{100} \text{ が成り立つのは明らかだから,}$$

$$\frac{P}{s} = \frac{Q}{100} = k \text{ とおくと, } P = ks, \quad Q = k \times 100 \text{ より, } P + Q = k(100 + s) \quad \therefore \frac{P+Q}{100+s} = k$$

$$\text{ゆえに, } \frac{P}{s} = \frac{Q}{100} = \frac{P+Q}{100+s}$$

例題

硝酸カリウム KNO_3 は 100g の水に対して、 20°C では 32g まで、 60°C では 167g まで溶ける。
次の計算をせよ。

- (1) 20°C の水 250 g に最大何 g の KNO_3 を溶かすことができるか。
- (2) 60°C の飽和溶液 70g に何 g の KNO_3 が溶けているか。
- (3) 60°C の飽和溶液 350g を 20°C に冷却すると、何 g の KNO_3 が析出するか。

解答と解説

(1)

x [g] 溶かすことができるとすると、下表のようになる。

温度 ($^\circ\text{C}$)	KNO_3 (g)	水 (g)	溶液 (g)
20	32	100	132
20	x	250	$250 + x$

比例式 $\frac{x}{32} = \frac{250}{100}$ を使うと計算が楽なので、これを使うことにより $x = 32 \times \frac{250}{100} = 80$

よって、80g …… (答)

(2)

x [g] 溶けているとすると、下表のようになる。

温度 ($^\circ\text{C}$)	KNO_3 (g)	水 (g)	溶液 (g)
60	167	100	267
60	x	$70 - x$	70

比例式 $\frac{x}{167} = \frac{70}{267}$ を使うと計算が楽なので、これを使うことにより、 $x = 167 \times \frac{70}{267} \approx 43.7$

よって、44g …… (答)

(3)

解法 1

温度 ($^\circ\text{C}$)	KNO_3 (g)	水 (g)	溶液 (g)
60	167	100	267
20	32	100	132

60°C の飽和水溶液 267g を 20°C に冷却すると、 KNO_3 が $167 - 32 = 135$ g 析出する。

したがって、 60°C の飽和水溶液 350g を 20°C に冷却したときの析出量を x [g] とすると、

$\frac{x}{135} = \frac{350}{267}$ より、 $x = 135 \times \frac{350}{267} \approx 176.9$ g

よって、177g …… (答)

解法 2

60°Cの飽和溶液 350g に溶けている KNO_3 の質量は,

$$(2)\text{の解法を使うことにより, } 167 \times \frac{350}{267} \approx 218.9 \text{ g}$$

よって, 60°Cの飽和溶液 350g 中の水 (溶媒) の質量は,

$$350 - 218.9 = 131.1 \text{ g}$$

したがって, 析出した KNO_3 の質量を x [g] とすると,

20°Cの飽和溶液は下表のようになる。

温度 (°C)	KNO_3 (g)	水(g)	溶液(g)
20	32	100	132
20	$218.9 - x$	131.1	$350 - x$

比例式 $\frac{218.9 - x}{32} = \frac{131.1}{100}$ を使うと計算が楽なので, これを使って x を求めると $x \approx 176.9$

よって, 177g …… (答)

補足 1

析出量を求める問題においては, 解法 1 は万能ではありません。

60°Cの水溶液が飽和水溶液でない場合などでは, 解法 1 は使えません。

解法 2 の方が解法 1 より応用が効くので, 解法 2 も是非習得しましょう。

鉄則：析出量問題では析出量を x [g] とおけ！

補足 2

よくある誤答例

60°Cの飽和溶液 350 g に溶けている硫酸銅 (II) の質量を x_1 とすると,

$$\frac{x_1}{40} = \frac{350}{140} \text{ より, } x_1 = 40 \times \frac{350}{140} = 100 \text{ g}$$

20°Cの飽和溶液 350 g に溶けている硫酸銅 (II) の質量を x_2 とすると,

$$\frac{x_2}{20} = \frac{350}{120} \text{ より, } x_2 = 20 \times \frac{350}{120} \approx 58.3 \text{ g}$$

よって, 求める析出量は $x_1 - x_2 = 42 \text{ g}$

どこがいけないのかわかりますか?

20°Cのとき, 飽和溶液は 350 g ではありませんネ。

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/>