

# 多級萃取的實驗

許 薊

高雄市立中正高級工業職業學校

溶劑萃取在高職化學是一基本而重要的操作。一般而論，有機化合物在有機溶劑中之溶解度大於其在水中之溶解度，故可利用有機溶劑將其自水溶液中抽出。假設最初有  $V_\alpha$  升溶液含  $W$  克溶質，加入  $V_\beta$  升第三不互溶之溶劑，並反覆振盪此混合物，使溶質分布達於平衡。設此溶液為理想溶液，在定溫下溶質均為 nonassociation 或 nondissociation 者，又溶液之 activity 亦不予考慮。並假設原溶液中殘餘重  $W_1$  克，則由分布比定義：

$$D = \frac{C_\beta}{C_\alpha} \dots\dots\dots (1)$$

得 
$$\frac{C_\beta}{C_\alpha} = \frac{\frac{W - W_1}{V_\beta}}{\frac{W_1}{V_\alpha}} = D \quad \therefore W_1 = W \cdot \frac{V_\alpha}{V_\alpha + DV_\beta} \dots\dots\dots (2)$$

式中  $C$ ：代表濃度，下標  $\alpha$ 、 $\beta$  分別代表原溶液及萃取液

$D$ ：分布比  $V$ ：代表體積  $W$ ：溶質原來重量  $W_1$ ：萃取一次後溶質殘餘重  
此種萃取步驟重覆  $n$  次，溶質殘餘量  $W_n$  為

$$W_n = W \left( \frac{V_\alpha}{V_\alpha + DV_\beta} \right)^n \quad \text{或} \quad \frac{W_n}{W} = \left( \frac{V_\alpha}{V_\alpha + DV_\beta} \right)^n \dots\dots\dots (3)$$

其中  $W_n$ ： $n$  次萃取後溶質殘餘量。

今若將此  $V_\beta$  升的第二種溶劑分為  $n$  等分後，則(3)式可修正為：

$$W_n = W \left( \frac{V_\alpha}{V_\alpha + D \frac{V_\beta}{n}} \right)^n \quad \text{或} \quad \frac{W_n}{W} = \left( \frac{V_\alpha}{V_\alpha + D \frac{V_\beta}{n}} \right)^n \dots\dots\dots (4)$$

一般的教科書都會說少量多次萃取，其效果會比一次多量萃取要好。於是我們在想，到底好到什麼程度？是否可以把原來的  $W$  克物質萃取完全呢？請見下列：

例：有 25.0mL 水溶液含 1.00 克  $H_3BO_3$  (硼酸)，今欲以 150.0mL 戊醇 (amyl alcohol) 萃取它，硼酸在萃取液 (戊醇) 與在原溶液 (水) 中的分布比為 0.298 (即  $\frac{C_{(戊醇)}}{C_{(水)}} = 0.298$ )，求(a)以全部戊醇一次萃取後，原溶液中殘餘硼酸若干比例？

(b)若以等量溶劑分 100 次，1000 次萃取，原溶液中殘餘硼酸若干比例？

解：
$$D = \frac{C_\beta}{C_\alpha} = 0.298$$

(a)  $n=1$        $w=1g$ ,       $V_\alpha=25.0mL$ ,       $V_\beta=150.0mL$

$$\therefore \frac{W_1}{W} = \frac{V_\alpha}{V_\alpha + DV_\beta} = \frac{25.0}{25.0 + (0.298) \times 150.0} = 0.359$$

(b)  $n=100$  , 餘同前

$$\frac{W_{100}}{W} = \left( \frac{V_\alpha}{V_\alpha + DV_\beta/n} \right)^n = \left( \frac{25.0}{25.0 + (0.298) \times (150.0/100)} \right)^{100} = 0.170$$

$n=1000$  , 餘同前

$$\frac{W_{1000}}{W} = \left( \frac{V_\alpha}{V_\alpha + DV_\beta/n} \right)^n = \left( \frac{25.0}{25.0 + (0.298) \times (150.0/1000)} \right)^{1000} = 0.168$$

以此看來，不像可以萃取完全。茲證明如下：

由(4)式，令  $n \rightarrow \infty$ ,  $W_\infty$  表經無限多次萃取後殘餘量，

$$\begin{aligned} \text{則 } \frac{W_\infty}{W} &= \lim_{n \rightarrow \infty} \left( \frac{V_\alpha}{V_\alpha + D \frac{V_\beta}{n}} \right)^n = \lim_{n \rightarrow \infty} \left( \frac{1}{1 + \frac{DV_\beta}{nV_\alpha}} \right)^n = \frac{1}{\lim_{n \rightarrow \infty} \left( 1 + \frac{DV_\beta}{nV_\alpha} \right)^n} \\ &= \frac{1}{\lim_{n \rightarrow \infty} \left[ \left( 1 + \frac{DV_\beta}{nV_\alpha} \right)^{\frac{nV_\alpha}{DV_\beta}} \right]^{\frac{DV_\beta}{V_\alpha}}} = \frac{1}{\lim_{n \rightarrow \infty} \left[ \left( 1 + \frac{1}{\frac{nV_\alpha}{DV_\beta}} \right)^{\frac{nV_\alpha}{DV_\beta}} \right]^{\frac{DV_\beta}{V_\alpha}}} \\ &= \frac{1}{e^{\frac{DV_\beta}{V_\alpha}}} \quad \left( \text{利用公式 } \lim_{n \rightarrow \infty} \left( 1 + \frac{1}{n} \right)^n = e \right) = e^{-\frac{DV_\beta}{V_\alpha}} \dots \dots \dots (5) \end{aligned}$$

即以上例而論，當  $n$  為無窮多次時， $\frac{W_\infty}{W} = e^{-\frac{DV_\beta}{V_\alpha}} = e^{-\frac{(0.298) \times 150.0}{25.0}} = e^{-1.79} \approx 0.167$  可見無論萃取多少次，都無法萃取完全。當然，在(5)式中，若①D 很大或②  $V_\beta / V_\alpha$  很大，則  $(W_\infty / W) \rightarrow 0$  是無庸置疑的。（也就是幾乎可萃取完全！）

### 參考文獻

杜逸虹，物理化學，三民書局，台北（民 74）。