二成分系溶液に関する希釈式の誘導と 小学校、中学校および高等学校理科への応用

○中川 徹夫^A, 片山 豪^B, 吉國 忠丞^A
NAKAGAWA Tetsuo, KATAYAMA Takeshi, YOSHIKUNI Tadatsugu
群馬大学教育学部^A, 群馬県立中央高等学校^B

【キーワード】 二成分系溶液, 質量分率, モル濃度, 希釈

1. はじめに

溶液は, 幅広い校種で用いられる教材である. 濃厚水溶液を希釈して所定濃度の希薄水溶液を調製する場合, 煩雑な計算を実行しなければならない. しかし, 普遍的に利用できる計算式は, 報告されていない.

本報では, 二成分系溶液に関する希釈式を誘導した. そして, これらの式の学校教育現場における具体的な活用方法についても検討した.

2. 溶液の希釈式の誘導

(1) 質量分率に関する希釈式

いま, 溶質 (成分 1) の質量分率 w_1 の溶液が W [kg] あり, これを $w_{1,dil}$ ($w_1 > w_{1,dil}$) まで希釈する場合を考える. 希釈後の溶液の質量を W_{dil} [kg] とすると, 希釈の前後で溶質の質量が保存されるから,

$$\begin{aligned} (W_{dil} - W) / \text{kg} \\ = W(w_1 / w_{1,dil} - 1) / \text{kg} \end{aligned} \quad (1)$$

が成立する. 式(1)の左辺は, 希釈に伴う質量の増分, すなわち, 加える溶媒の質量を表す. よって, $w_{1,dil}$ まで希釈するには, 希釈前の溶液 W [kg] に溶媒 $W(w_1 / w_{1,dil} - 1)$ [kg] を加えればよい.

(2) モル濃度に関する希釈式

いま, 溶質 (成分 1) のモル濃度 c_1 [$\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$] の溶液が V [m^3] あり, これを $c_{1,dil}$ [$\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$] ($c_1 > c_{1,dil}$) まで希釈する場合を考える. 希釈後の溶液の体積を V_{dil} [m^3] とすると, 希釈の前後で溶質の物質量が保存されるから,

$$\begin{aligned} (V_{dil} - V) / \text{m}^3 \\ = V(c_1 / c_{1,dil} - 1) / \text{m}^3 \end{aligned} \quad (2)$$

が成立する. ここで式(2)の左辺は, 希釈に伴う体積の増分を表す. 質量や物質量とは異なり, 体積に関しては加成性が成立しない. すなわちこれは, 加える溶媒の体積ではない. 溶液を希釈する場合には, 希釈前の溶液を正確に V [m^3] 測り, 溶液の全量が $Vc_1/c_{1,dil}$ [m^3] になるまで溶媒を加えなければならない.

濃度変換式 [1, 2] より, 式(1)は,

$$\begin{aligned} (W_{dil} - W) / \text{kg} \\ = W(c_1 d_{dil} / c_{1,dil} d - 1) / \text{kg} \end{aligned} \quad (3)$$

となる. ここで, d [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$] および d_{dil} [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$] は, それぞれ希釈前後の溶液の密度である. 式(3)の両辺を d で割ると,

$$\begin{aligned} [(W_{dil} - W) / d] / \text{m}^3 \\ = [W(c_1 d_{dil} / c_{1,dil} d - 1) / d] / \text{m}^3 \end{aligned} \quad (4)$$

となる. 希釈前後の溶液の密度が一定であると近似できる場合, $d \approx d_{dil}$ だから, 式(4)は

$$\begin{aligned} (V_{dil} - V) / \text{m}^3 \\ \approx V(c_1 / c_{1,dil} - 1) / \text{m}^3 \end{aligned} \quad (5)$$

となり, 式(2)と一致する. 式(5)の左辺は, 希釈に伴う体積の増分を表す. $d \approx d_{dil}$ の条件下では, V は W に比例し, 体積に関しても加成性が成立するようになる. この場合, 式(5)の左辺は, 加える溶媒の体積を意味する. よって, $c_{1,dil}$ [$\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$] まで希釈するには, 希釈前の溶液 V [m^3] に, 溶媒 $V(c_1 / c_{1,dil} - 1)$ [m^3] を加えればよい.

3. 溶液の希釈式の応用

溶液の希釈式は, さまざまな場面で利用が可能である. 具体的な活用事例をつぎに示す.

(事例) 20%の塩化ナトリウム水溶液 10 g がある. これを希釈して 5.0%の水溶液を調製する. このときに, 加える水の質量を求めたい.

(解説) 式(1)の右辺に, $W = 10$ g, $w_1 = 0.20$, $w_{1,dil} = 0.050$ を代入して,

$$10 \text{ g} (0.20 / 0.050 - 1) = 30 \text{ g}$$

すなわち, 水を 30 g 加えればよい.

既知の値を代入するだけで, 希釈に必要な水の質量が即座に算出できる. 学校教育現場において, 理科を指導する教員や化学を学ぶ高校生が, 実際に溶液を希釈する場合に有用であると思われる.

文献

- [1] T. Nakagawa, *Educ. Chem.*, **35**(4), 108-109 (1998).
- [2] 中川徹夫, 科教研報, **14**(5), 1-4 (2000).