「溶解度」は物質の定数ではない——定数なのは、積のほうである

— 塩化銀は純水では 1.330413×10^{-5} M 溶けるが、塩化物イオンが 0.001 M 居るだけで 1.770000×10^{-7} M、海水の 0.55 M では 3.218182×10^{-10} M になる — 分離子は、同じイオンが周りに居るかどうかである — [論文677]

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)
Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan｜山岸勇輝ラボ
2026年9月

— From thinking to syncing. —

要旨

溶解度は物質の性質として表に載っている。だが同じ物質でも、周りに同じイオンが居るだけで、溶ける量は四桁動く。何が定数で何が定数でないのかを、溶解度積から数える。新しい定理も法則も主張しない。 第一に、これが本稿の芯である。同じ塩が、周りによって四桁違う量しか溶けない——塩化銀は純水で 1.330413×10^{-5} M 溶けるのに、海水（塩化物イオン 0.55 M）では 3.218182×10^{-10} M、純水の 2.418934×10^{-5} 倍にとどまる（第2節）。 第二に、わずかな共通イオンで、すでに桁が動く——塩化物イオンが 0.001 M あるだけで 1.770000×10^{-7} M、0.01 M で 1.770000×10^{-8} M と、濃度に反比例して落ちる（第2節）。 第三に、定数なのは積のほうである——どの場合も、銀イオンと塩化物イオンの濃度の積は溶解度積 1.770×10^{-10} に保たれている。動いているのは配分だけである（第2節）。 第四に、同じ数値の溶解度積でも、型が違えば溶解度は違う——AB 型なら 1.330413×10^{-5} M だが、同じ数値を AB_2 型が持てば 3.537022×10^{-4} M で、26.585885 倍になる（第3節）。 第五に、逆向きの効きもある——共通でないイオンが増えると活量係数が下がり、イオン強度 0.1 M では 1 価イオンで 0.690303、見かけの溶解度は 1.448638 倍に増える（第3節）。 第六に、分離子は、同じイオンが周りに居るかどうかである——居れば下がり、居ない塩が増えれば上がる（第4節）。 キーワード：溶解度積、共通イオン効果、溶解平衡、活量係数、イオン強度、難溶性塩。

> 本稿の射程（射程注記）：新しい定理も法則も主張しない——溶解度積、共通イオン効果、デバイ＝ヒュッケルの極限則は、いずれも既知である（アトキンス＆デ・パウラ 2014、ハリス 2015）。錯イオンを扱わない——塩化物が過剰になると錯イオンを作って再び溶ける現象は入れない。単純な溶解度積の範囲だけを見る。温度依存を扱わない——25 ℃ の値だけを使う。溶解度積は温度で動く。活量係数を導出しない——デバイ＝ヒュッケルの極限則は前提として置き、その範囲（薄い溶液）の外は論じない。分析法を論じない——沈殿滴定や重量分析の手順、実際の海水の組成は主題ではない。既刊との関係：論文443 は、反応の速さが温度よりも水分活性（周りの状態）で決まることを示し、水を 1.0 から 0.65 に落とすと 11.9334 倍になることを数えた——そこでは速さが周りで決まり、ここでは平衡が周りで決まる。どちらも「物質の表に載っている値」が周りの関数であることを示す。加えたのは、共通イオンの濃度ごとに溶ける量を並べたこと、海水と純水の比を 41340.5 分の 1 と数にしたこと、同じ数値の溶解度積でも型で溶解度が 26.585885 倍違うことを示したこと、活量係数による逆向きの効きを境目の反対側として置いたこと、分離子を「同じイオンが周りに居るか」に置いたことである。

1. 記法と問い

設定：難溶性の塩 AB が水に溶けて $\mathrm{A^+}$ と $\mathrm{B^-}$ になる。平衡では、二つの濃度の積が一定に保たれる。

$$K_{sp} = [\mathrm{A^+}][\mathrm{B^-}], \qquad s_{\text{純水}} = \sqrt{K_{sp}}, \qquad s_{\text{共通イオン}} = \frac{K_{sp}}{[\mathrm{B^-}]}$$

塩化銀の溶解度積は 1.770×10^{-10}（25 ℃）である。

問い：「溶解度」は物質の定数か、それとも周りの関数か。

2. 周りが変われば、四桁動く

計算 2.1：塩化物イオンの濃度ごとに、溶ける銀の濃度を出した。

塩化物イオン	溶ける銀	純水に対する比
0 M（純水）	1.330413×10^{-5} M	1
0.001 M	1.770000×10^{-7} M	1.330413×10^{-2}
0.01 M	1.770000×10^{-8} M	1.330413×10^{-3}
0.1 M	1.770000×10^{-9} M	1.330413×10^{-4}
0.55 M（海水）	3.218182×10^{-10} M	2.418934×10^{-5}

海水では純水の 41340.5 分の 1 になる。質量で言えば、1 リットルあたり 1.906749×10^{-3} g が 4.612298×10^{-8} g になる。

> **観察 2.2**
>
> これが本稿の芯である。動いているのは配分で、積は動いていない。どの行でも、銀イオンと塩化物イオンの濃度の積は 1.770×10^{-10} に保たれている。周りに塩化物イオンが多ければ、その積を満たすために銀の側が下がる——定数なのは積であって、溶解度ではない。

3. 型と、逆向きの効き

計算 3.1：同じ数値の溶解度積を $\mathrm{AB_2}$ 型が持つ場合、溶解度は $(K_{sp}/4)^{1/3}$ で 3.537022×10^{-4} M になる。AB 型の 26.585885 倍である。

> **観察 3.2**
>
> 溶解度積の数値だけでは、溶けやすさを比べられない。同じ 1.770×10^{-10} という数字でも、イオンが何個に分かれるかで溶解度は 26.585885 倍違う——表の数字を並べて「こちらのほうが溶けにくい」と言えるのは、型が同じときだけである。

計算 3.3：共通でないイオンが増えたとき、デバイ＝ヒュッケルの極限則による 1 価イオンの活量係数は、イオン強度 0.001 M で 0.963616、0.01 M で 0.889406、0.1 M で 0.690303 になる。見かけの溶解度はそれぞれ 1.037758、1.124346、1.448638 倍になる。

> **観察 3.4**
>
> 周りは、二つの向きに効く。同じイオンが増えれば溶解度は下がり、無関係な塩が増えれば（イオン強度が上がって）溶解度は上がる——どちらも「周りの関数」であることの現れで、向きが逆なだけである。

4. 分離子

> **観察 4.1**
>
> 分離子は、同じイオンが周りに居るかどうかである。居れば積の条件が銀の側を押し下げ、居ない塩なら活量が下がって溶けやすくなる——「溶解度」という一語は、この二つの効きをまとめて隠している。

> **観察 4.2**
>
> 論文443 と並べる。443 は、褐変の速さが温度よりも水分活性で決まり、水を 1.0 から 0.65 に落とすと 11.9334 倍になることを示した——そこでは速さが周りの関数だった。ここでは平衡が周りの関数である。どちらも、表に載っている値が単独では意味を持たない例である。

> **観察 4.3**
>
> 言わないこと。錯イオンも温度依存も扱っておらず、活量係数は極限則の範囲だけである——示したのは、定数なのが積のほうであり、溶解度は周りで四桁動くことである。

5. 点呼と結び

1. 純水で $\mathbf{1.330413 \times 10^{-5}\ M}$（計算 2.1）：表に載る値。
2. 海水で $\mathbf{3.218182 \times 10^{-10}\ M}$（計算 2.1）：本稿の芯。
3. 比は $\mathbf{2.418934 \times 10^{-5}}$（計算 2.1）：41340.5 分の 1。
4. 0.001 M でも $\mathbf{1.770000 \times 10^{-7}\ M}$（計算 2.1）：わずかな共通イオンで。
5. 積は $\mathbf{1.770 \times 10^{-10}}$ のまま（観察 2.2）：定数なのは積。
6. $\mathbf{AB_2}$ 型なら $\mathbf{3.537022 \times 10^{-4}\ M}$（計算 3.1）：同じ数値でも型が違う。
7. その比 **26.585885**（計算 3.1）：表を並べて比べられない。
8. 活量係数 **0.690303**（計算 3.3）：イオン強度 0.1 M。
9. 見かけは **1.448638** 倍（計算 3.3）：逆向きの効き。
10. 同じイオンが居るか（観察 4.1）：分離子・論文443。

結び：溶解度は、物質の定数ではない。塩化銀は純水で 1.330413×10^{-5} M 溶けるのに、海水では 3.218182×10^{-10} M、純水の 41340.5 分の 1 しか溶けない。どの場合も二つのイオンの濃度の積は 1.770×10^{-10} に保たれており、動いているのは配分だけである——定数なのは積のほうである。同じ数値の溶解度積でも、AB_2 型なら溶解度は 26.585885 倍になり、無関係な塩が増えれば活量係数が 0.690303 に下がって見かけの溶解度は 1.448638 倍になる——表の数字は、周りを言わなければ意味を持たない。分離子は、同じイオンが周りに居るかどうかである。既刊との位置——論文443 では速さが周りの関数だった。ここでは平衡が周りの関数である。正直に言えば——錯イオンも温度依存も扱っておらず、活量係数は極限則の範囲だけである。

参考文献

1. Atkins, P., & de Paula, J. (2014). *Atkins' Physical Chemistry*. Oxford University Press.

2. Harris, D. C. (2015). *Quantitative Chemical Analysis*. W. H. Freeman.

3. 山岸勇輝 (2026). 『温度を上げるより、水を減らすほうが効く』[論文443]. Zenodo. 10.5281/zenodo.22732419

— From thinking to syncing. —

山岸 勇輝 (Yuuki YAMAGISHI)

© 2026 Yamagishi Complexity Torus Lab, Japan · Licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)