

塩化ナトリウムの結晶の長さを操る

宮城県仙台第三高等学校

08 班

先行研究より、貧溶媒法を用いると針状結晶が多く析出されることが分かっている¹⁾。また、使用するエタノールの濃度が大きいほど針状結晶の長さが大きくなることが分かっている。そこで私たちはエタノールの濃度以外にも結晶の長さを決める要因があるのではないかと考え、「エタノール滴下後の混合液の深さ」が独立変数となるように実験を行った。混合液の深さが1 cm、2 cm、3 cmのビーカーからは針状結晶が多く取り出された。6 cm ビーカーからはサイコロ状や板状の結晶が多く取り出された。また、1 cm、2 cm、3 cmのビーカーからはサイズの小さい結晶が、6 cmのビーカーからはサイズの大きい結晶が多く取り出された。それぞれの深さから析出された結晶の長さを測ると、深さが大きいほど針状結晶の長さが大きくなることが分かった。私たちは、混合液の深さが大きいほどエタノールが溶けきる時間が長くなるため結晶の成長方向が多方向になり、その結晶が成長する方向によって生成される結晶の形が決まると考えた。今回の実験は1回しか行えていないので、今後同様の実験を何回か行い、より大きいビーカーを用いて実験を行うことで混合液の深さと針状結晶の長さの関係性を明らかにしたい。

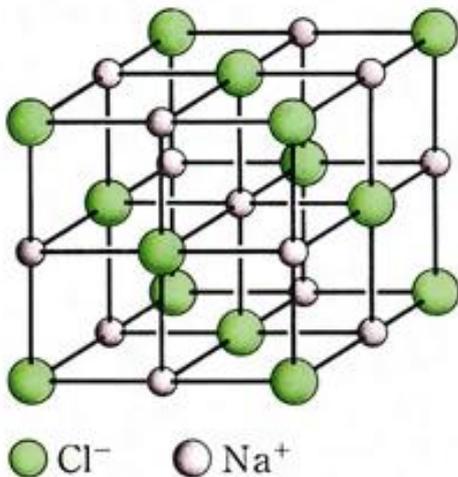
1 背景

塩化ナトリウムの結晶は塩化物イオンが面心立方構造をとり、その八面体型六配位の位置にナトリウムイオンが入る結晶である。(図1)

一般に飽和塩化ナトリウム水溶液の濃縮により再結晶させることで析出される結晶の形はサイコロ状で知られている¹⁾。これは結晶を構成

するナトリウムイオンとナトリウムイオンが電気的に結合し、イオン同士の結合がどの方向にも等しく働き、整った形になるからである。しかし、先行研究より結晶が成長する時の環境や、条件の違いによって様々な形の結晶が析出されることが分かっている。

貧溶媒法は電解質水溶液にアルコールを滴下させて結晶を析出させる方法である。貧溶媒法を用いて塩化ナトリウムの結晶を析出すると針状や柱状、板状など様々な形が見られること



(図1) 塩化ナトリウムの結晶構造



(図2)板状

(図2)(図3) 飽和塩化ナトリウム水溶液に対してのエタノールの濃度が大きくなるほど結晶の伸長の度合いが増すことが分かっている。²⁾



(図3) 針状・柱状

我々は結晶の形を変える条件を明らかにするために貧溶媒法を用いて飽和塩化ナトリウムとエタノールの濃度を一定とし、水溶液の量を変えて水溶液の深さが結晶生成とどのような関係があるかを調べた。

我々は電解質水溶液を塩化ナトリウム水溶液、アルコールをエタノールとして貧溶媒法を用いて実験を行った。電解質である塩化ナトリウムは水によく溶ける。これは塩化ナトリウムを水に入れるとナトリウムイオンには水分子の酸素原子が、塩化物イオンには水分子の水素原子がそれぞれ静電気力によって引き付けられ水和されるからである。これに対して極性分子であるエタノールはエチル基と親水性のヒドロキシ基が結合した構造で非電解質であるにも関わらず、水に溶けやすいという性質を持っている。エタノールを水に滴下するとヒドロキシ基の水素原子に水分子の酸素原子が、酸素原子に水分子の水素原子が水素結合によって水和する。そのため飽和塩化ナトリウム水溶液にエタノールを滴下するとナトリウムイオンと塩化物イオンが持っていた水分子がエタノールによって奪われ、その結果ナトリウムイオンと塩化物イオンが結合し結晶として析出される。

2 材料と方法

先行研究より、様々な濃度のエタノールで実験したところ30パーセントという濃度でははっきりと結晶が析出され、また最小のエタノール水溶液の量で実験できるということが分かったことから、実験は300mlビーカーを4つ用意し、塩化ナトリウム水溶液とエタノール水溶液の割合は変えずに、それぞれのビーカーの溶液の量を変えた。そして、濃度30%のエタノールを一定の速さで滴下するためにビュレットを用い、ゆっくりどのビーカーにも同じ速さで滴下した。また、エタノール水溶液を滴下する際に勢い良く入ってしまうと、はっきりとした形の結晶が析出されないことが先行研究により分かっていたため、滴下した後の溶液の深さが1cm、2cm、3cm、6cmとなるように調節しビュレットを用いて滴下した。(図4) 6cmでも実験をした理由は300mlビーカーで測れる最大の深さが6cmではどのような析出のされ方をするのかを調べるためである。滴下した後は、図3のように、ラップをして1週間静置する。このような方法で析出された結晶を調べる方法を貧溶媒法と呼ぶ。この方法は一般的に知られている蒸発晶析法や冷却法では不可能な常温・恒温での結晶の析出が可能になる。ここで塩化ナトリウム水溶液を用いたのは、安全かつ気温による溶解度の変化がとても小さい結晶だからである。したがって、ここでは温度の変化は考慮しないこととする。どのような原理で塩化ナトリウムの結晶が析出されるのかを説明したいと思う。塩化ナトリウムというものは水によく溶ける。これは、水はイオンを安定化する能力が大きいので塩化ナトリウムなどのイオン性の物質を溶かしやすくなっているためである。しかし、エタノールはその能力が低いために塩化ナトリウムを溶かしにくく、その結果エタノールを滴下すると飽和塩化ナトリウム水溶液の溶解度が下がり、結晶が析出される。

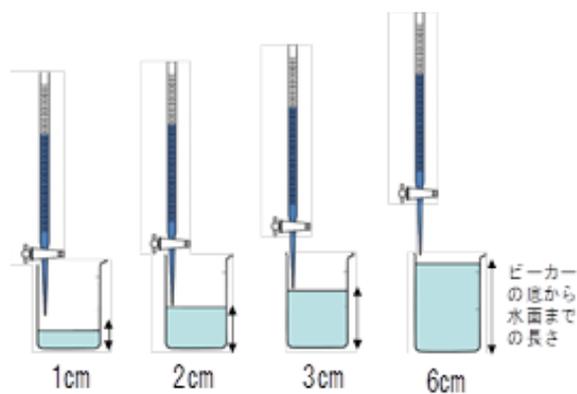


図4 滴下している様子

3 結果と考察

一週間静置した後、析出された結晶の質量や長さを計測し表を作成した(表1)結晶の平均の長さとはそれぞれで析出された結晶の長さが一番目に大きいものから五番目に長いものの長さの平均である。その後一部の結晶をシャーレに移し観察した。

深さが1cmの結晶では殆どの結晶が微小な粒状で析出され、針状などの結晶は僅かであった。深さが2cmの結晶では1cmの時と比べ針状結晶の数が増え、板状や柱状の結晶も観察できた。深さが3cmの結晶は針状、柱状の結晶が殆どであり稀に板状の結晶も観察できた。深さが6cmの結晶を観察すると針状、柱状の結晶よりもサイコロ状の結晶が多く見られ、他の3つと比べて針状結晶などが太く、長いものが観察できた。

析出された結晶の質量を溶液量(使用した飽和塩化ナトリウム水溶液とエタノールの液量の和)でそれぞれ割ると0.052~0.066とほぼ一定の値になった。(表1)このことから、液量が増加しても析出される結晶の割合は一定と考えられる。

結果から溶液の深さが大きいと結晶の長さが増えることが分かった。これは溶液の深さが大きいと、結晶が生成出来るスペースが広くなり結晶が長く成長するのではないかと考える。さらに深さが6cmを超えると針状結晶や柱状の結晶の他にもサイコロ状の結晶が多く析出されることが分かった。これは溶液の深さが1cm,2cm,3cmの時と比べて溶液の深さが6cmの時はエタノールが塩化ナトリウム水溶液に溶けきるまでの時間が長く、結晶の核に多くの結晶が付着し結晶の成長が多方向になるのではないかと考えた。このことから結晶が一方向にしか成長しない場合は、柱状や針状の結晶が、二方向に成長した場合は板状の結晶が、三方向に結晶が成長するとサイコロ状の結晶が析出されると推測する。

深さ (cm)	結晶の長さの 平均値(cm)	溶液量 (ml)	結晶量 (g)	結晶量/溶液量 (g/ml)
1.0	0.52	29	1.17	0.058
2.0	1.46	83	4.89	0.059
3.0	1.50	110	5.73	0.052
6.0	2.18	260	17.19	0.066

4 まとめ・結論

本研究では塩化ナトリウムの結晶の形状を決定させる条件を明確にするために貧溶媒法を用いてビーカーの大きさと飽和塩化ナトリウム水溶液に対するエタノールの濃度を固定し、溶液の深さを1 cm、2 cm、3 cm、6 cmとしてそれぞれ実験を行った。結果は溶液の深さが大きいほど結晶が生成出来るスペースが広がるため結晶の伸長の度合いが増し、更に溶液の深さが1 cm～3 cmだと主に析出される結晶の形が針状や柱状であるのに対して6 cmを超えるとサイコロ状の結晶が多く析出されることが明らかになり、溶液の深さが大きいほど結晶の成長が多方向になりサイコロ状の結晶が析出されやすいということが明らかになった。

5 参考文献

- 1) 公益財団法人塩事業センター 塩百科 結晶の形
- 2) 平成 29 年度仙台第三高等学校課題研究
「塩化ナトリウムの針状結晶」