

オンライン理科実験教室

# もののとけかた・再結晶の実験

お茶の水女子大学  
サイエンス&エデュケーション研究所

ものがどのようにとけるのか？

どのように結晶ができるのか？



# どのようにとけるのか？ どのように結晶ができるのか？

結 晶	化学式	用途、その他
① 塩化ナトリウム (食塩)	$\text{NaCl}$	調味料、寒剤、 化学薬品原料
② 塩化アンモニウム (塩安)	$\text{NH}_4\text{Cl}$	サルミアッキ、肥料、医薬 品原料、 乾電池の電解液
③ 酢酸ナトリウム (酢酸ソーダ)	$\text{CH}_3\text{COONa}$	塩味料、エコカイロ、 漬物の保存料



※ 試薬がついた手で目を触らない！  
※ 流しで手を洗いましょう

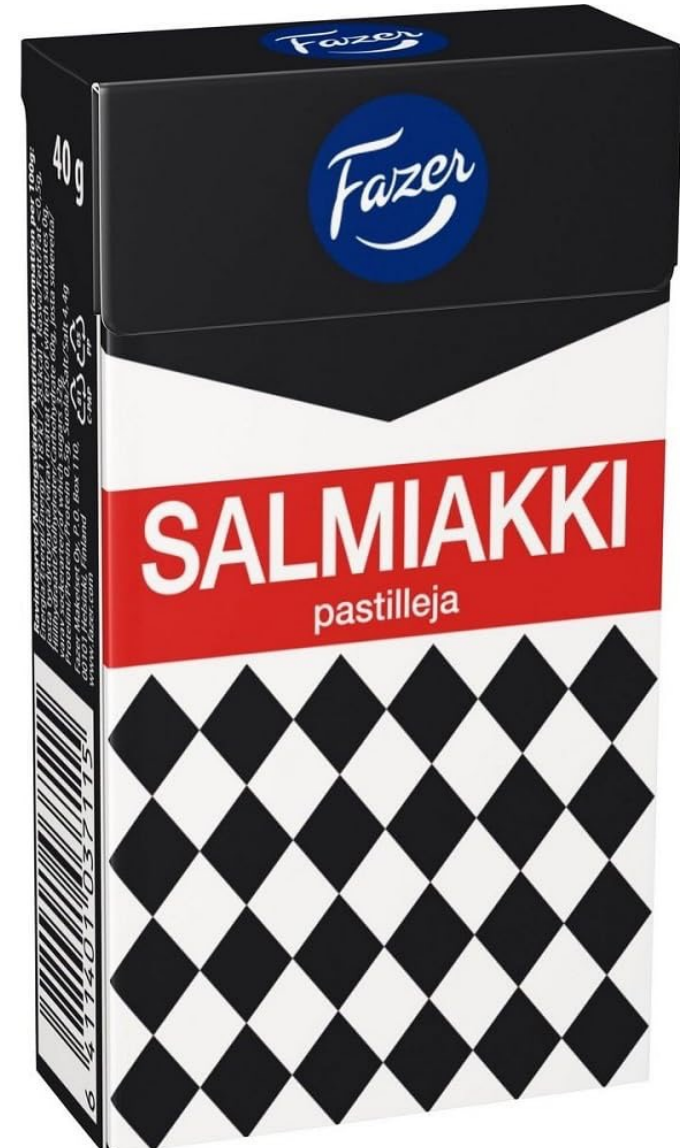


# 塩化アンモニウムが入った食品

## サルミアッキ

- 塩化アンモニウムとリコリス（甘草）の入ったフィランドのお菓子
- 甘くない、ゴムのような食感

<https://www.amazon.co.jp/Fazer-%E3%82%B5%E3%83%AB%E3%83%9F%E3%82%A2%E3%83%83%E3%82%AD-SALMIAKKI-40g%E3%975%E7%AE%B1%E3%82%BB%E3%83%83%E3%83%88/dp/B00LP55Y28>

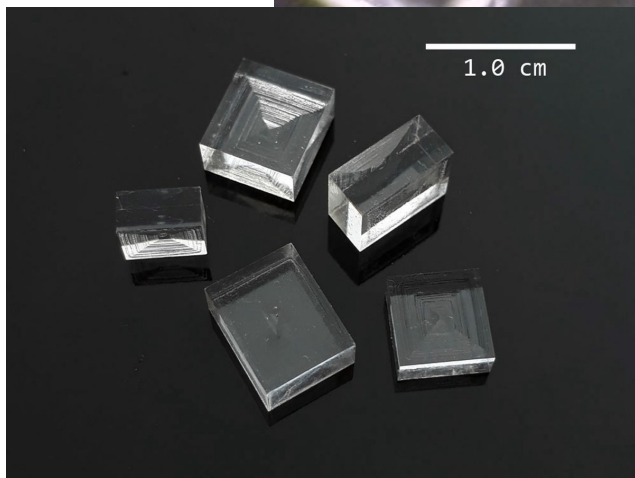
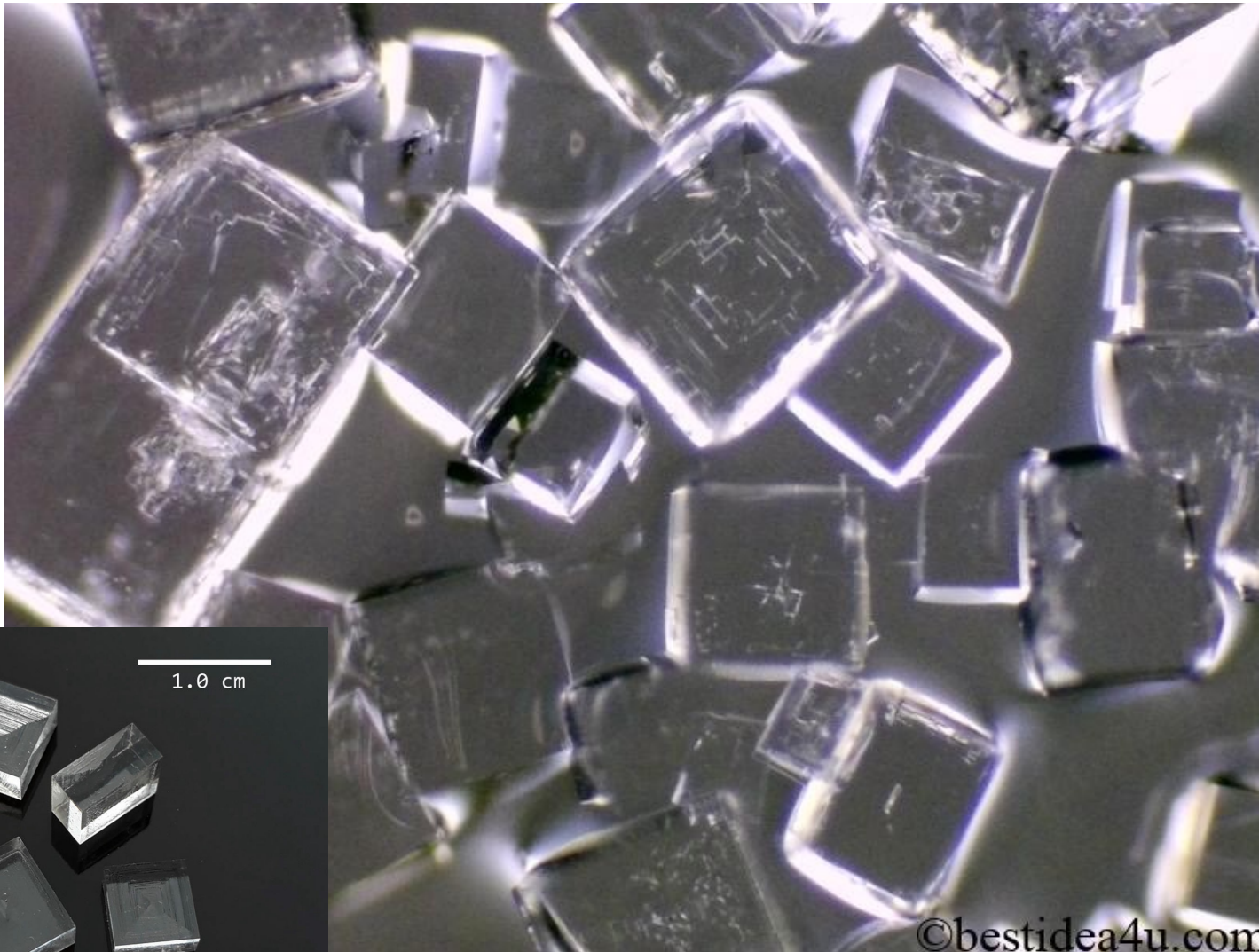


# 結晶ってどんなもの？

- どんな色かな？
- どんな形かな？



# 食塩の結晶

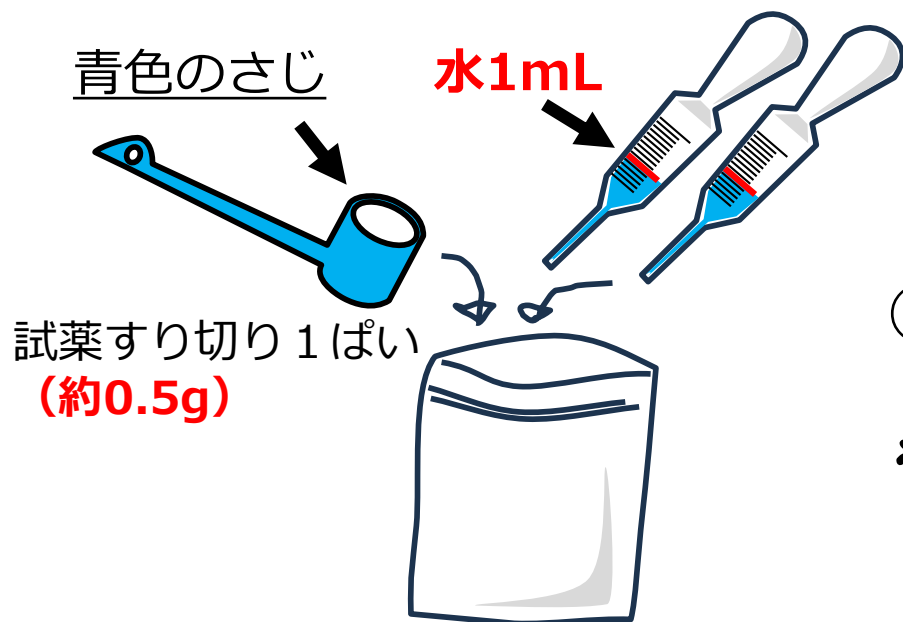


WEBページ「顕微鏡ナビ」より  
<https://bestidea4u.com/optical-microscope-images-of-salt-crystals/>

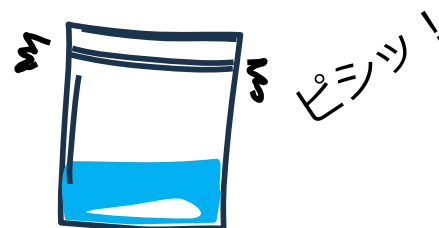


# ① 実験手順（食塩）

① 試薬**0.5g**と水**2mL**を袋に入れる



② チャックを閉じる



③ 試薬を溶かす



もみもみして溶かす  
破れないように注意!

**どのようにしたら溶けるのかな？**



# どれぐらい水に溶けるんだろう？

## 水100gに溶ける各物質の量 g

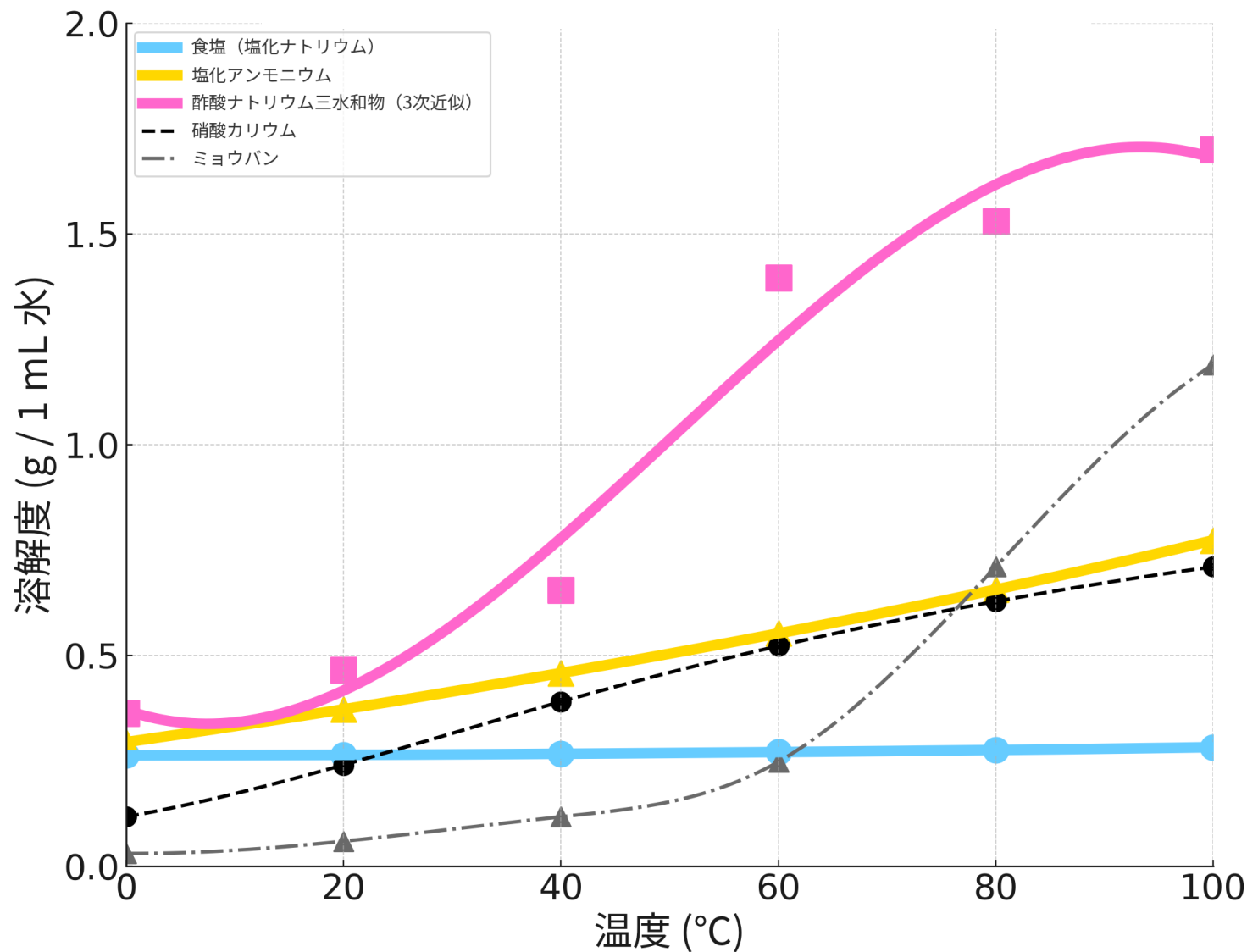
温度 ℃	0	20	40	60	80	100
食塩（塩化ナトリウム）	26.28	26.38	26.65	27.05	27.54	28.2
塩化アンモニウム	29.4	37.2	45.8	55.2	65.6	77.3
酢酸ナトリウム三水和物	36.3	46.5	65.5	139.5	153	170
硝酸カリウム	11.7	24	39	52.2	62.8	71
ミョウバン	3	5.9	11.7	24.75	71	119
しょ糖	179.2	203.9	238.1	287.3	362.1	485.2

酢酸ナトリウム三水和物以外は理科年表より

酢酸ナトリウム三水和物は以下

Seidell, Atherton; Linke, William F. (1952). *Solubilities of Inorganic and Organic Compounds*. ,p.626, Van Nostrand.

# どれぐらい水に溶けるんだろう？



各物質の水1gに対する溶解度曲線

**食塩はどこにいったのかな？**

食塩が出てくる（**結晶**）ところを  
観察しよう！

# プレパレートに 水滴をつけよう

「日々の理科」(第2042号) 2020,-2,11

「食塩の再結晶の一瞬を観る(2)」

お茶の水女子大学附属小学校教諭

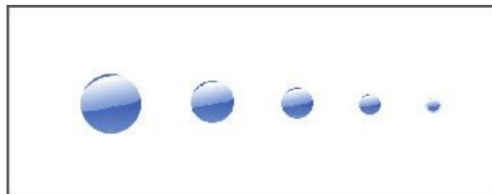
お茶の水女子大学サイエンス&エデュケーションセンター研究員

田中 千尋 Chihiro Tanaka

顕微鏡を使った、「再結晶の一瞬」を観察するには、スライドに水溶液の水滴を落とす時に、ちょっとしたコツが必要である。

水溶液(例えば食塩水)は飽和水溶液を使うのが一番確実のように思える。しかし、必ずしもそうとは言えない。実は飽和液だと、すぐに蒸発乾固が始まってしまい、「再結晶が始まる一瞬」を見逃してしまうのである。食塩の場合、常温 100g の水に約 36g を溶かすと飽和になる。いろいろと試した結果、食塩水で再結晶の一瞬を観察させたい場合、100g の水に 25g 程度を溶かした溶液が一番成績が良い。

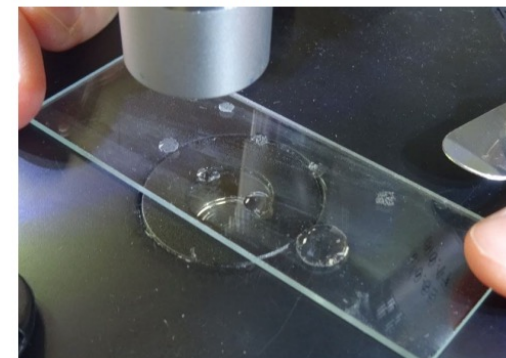
しかし、化合物によって水の蒸発の速度がちがうようなので、予備実験しておいたほうが良い。例えば、塩化アンモニウムは非常に美しい結晶が見られるが、あっという間に再結晶が始まるので、薄い溶液のほうがうまくいく。一方で、塩化コバルトの場合は、飽和に近いほうが大きくて美しい結晶が成長する。ホウ酸やミョウバンの場合、溶液の濃さで、できる結晶の様子がちがって面白い。



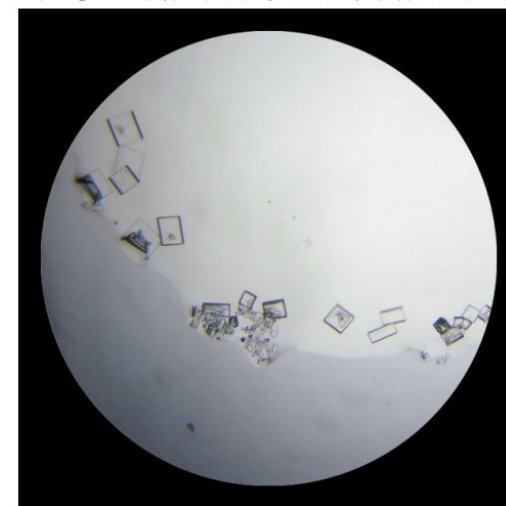
スライド上につくる水滴の作り方にもコツがある。ガラス棒につけた溶液をスライドにつける時に、さまざまな大きさの水滴を作ると良い。最初つけた水滴が一番大きくなるが、そのままガラス棒に溶液を「補給」せずに、続けてつけ続けると、いろいろな大きさ(直径)の水滴を短時間で作れる。この作業は最初は教師がやってあげても良い。しかし、演示をしながら丁寧に説明しておけば、子どもたちはすぐにコツをつかんで、自分たちでもできるようになる。

このようにさまざまな大きさの水滴を作っておくと、小さな水滴ほど蒸発が速く、すぐに再結晶が見ら

れる。これは、小さな水滴ほど、体積(容積)に対して表面積が大きいからで、ガラスの曇りが小さな水滴から消えてゆくと同じ現象だ。



実際の顕微鏡観察の様子がこの写真である。これは食塩ではなく、塩化アンモニウムの溶液だが、小さな水滴ほど速く再結晶が起きている様子がわかる。大きな水滴はゆっくり水が蒸発するので、美しく大きな結晶が現れる。塩化アンモニウムは食品添加物にも使われ、フィンランドではこれを多量に使用した「サルミアッキ」という飴が人気だ。しかし、世界一まずい。



食塩の再結晶の場合、最大の特徴である、「美しい四角形」が現れる。一番最初に結晶が現れるのは、溶液の縁(水滴の一番外側)である。結晶の成長速度は結晶面(向き)によってちがうので、必ずしも立方体(見た目の正方形)にはならない。最初は長方形のものが多い。しかしどの結晶を見ても、角(頂点)は正確に  $90^\circ$  で、まぎれもなく塩化ナトリウムである。この形が、化合物によって全く異なるのが面白い。

[https://kitakaruizawa.net/rika/2020\\_0210-saikesshou-2.pdf](https://kitakaruizawa.net/rika/2020_0210-saikesshou-2.pdf)

**どんな形の結晶だったかな？**



「日々の理科」(第2043号) 2020,-2,12

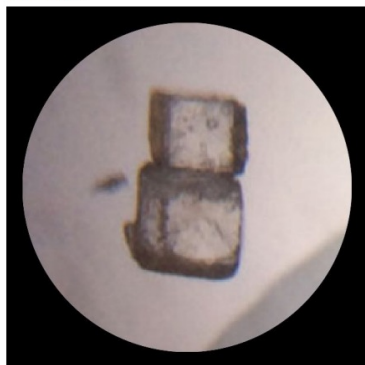
### 「食塩の再結晶の一瞬を観る(3)」

お茶の水女子大学附属小学校教諭

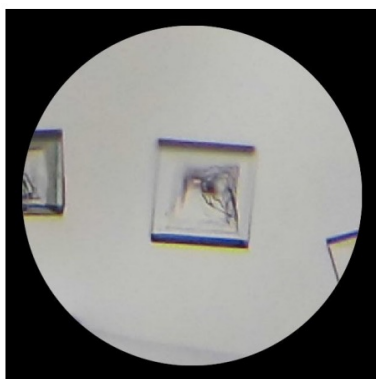
お茶の水女子大学サイエンス&エデュケーションセンター研究員

田中 千尋 Chihiro Tanaka

「もののとけ方」の単元では、食塩を溶解させる実験の前後で、実際に実験に使った食塩の結晶を顕微鏡で観察する活動はよく取り入れる。これは大切なことである。塩化ナトリウムの特有の立方体の結晶を実感できるからだ。

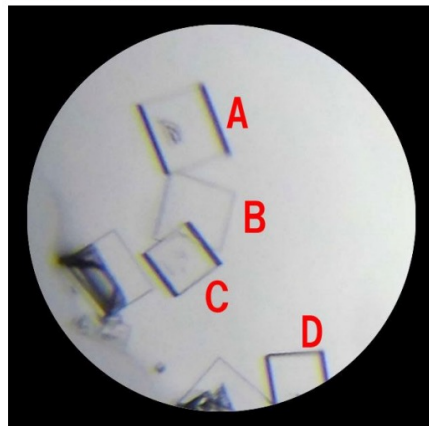


これは、溶解前の食塩の結晶を顕微鏡で観察した様子である。確かに立方体の結晶が多いが、角(頂点)が摩耗して、完全な立方体にはなっていない。

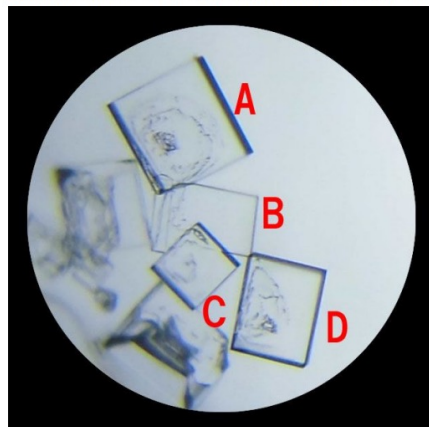


ところが、再結晶したものは完全な自形を呈し、頂点は驚くほど直角になる。89°でも91°でもなく、正確に90°だ。これは「超直角」と呼んでも良い。

この顕微鏡を使った再結晶の観察方法でも、本当に何も見えない透明な溶液中から結晶が現れる一瞬を見出すのは容易ではない。しかし、実はもっと素晴らしいのは「結晶が成長する過程」なのだ。



写真は、食塩の結晶が出現してから約20秒後の写真顕微鏡像である。A~Dの形の良い結晶が現れている。



これはその30秒後の様子である。それぞれの結晶がかなり大きく成長している。特にAとDの結晶は、辺の長さで約2倍、体積では8倍に成長している。恐るべき「成長力」だ。

「再結晶前」と「再結晶後」の比較や、「結晶の成長前」と「成長後」の比較は容易である。しかし大切なことは「結晶が成長している一瞬、一瞬」をとらえようとする営み(探究)だと思う。

「日々の理科」(第2044号) 2020,-2,13

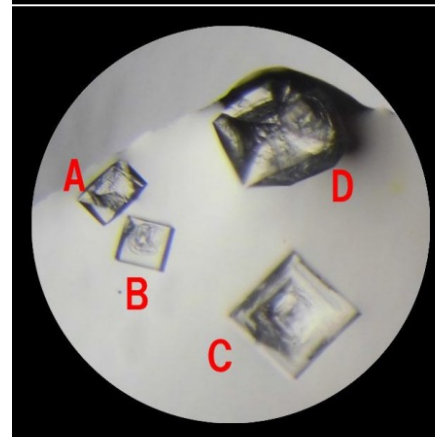
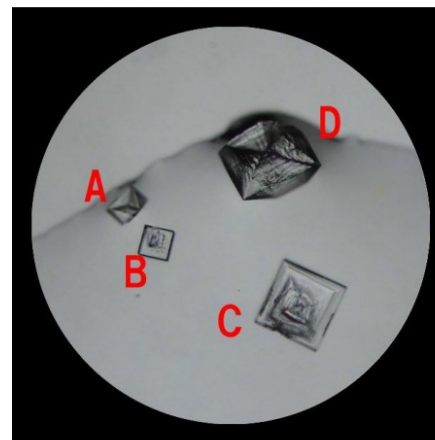
### 「食塩の再結晶の一瞬を観る(4)」

お茶の水女子大学附属小学校教諭

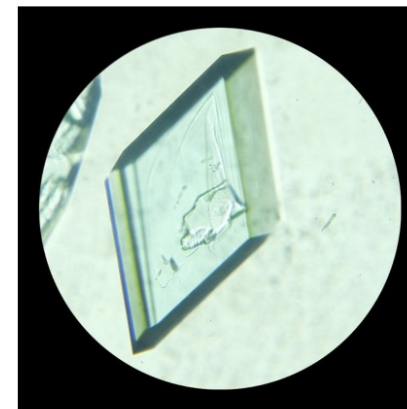
お茶の水女子大学サイエンス&エデュケーションセンター研究員

田中 千尋 Chihiro Tanaka

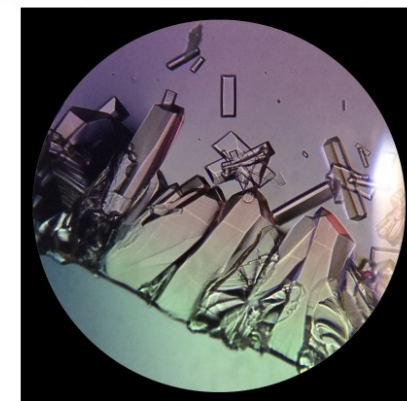
濃い食塩水から再結晶してくる様子を顕微鏡で観察するのは、実に面白い。こんなに簡単な実験なのだから、どの教科書にも載っていて良さそうなのだが、残念ながら採用している教科書はない。



食塩の場合、再結晶の時に圧倒的に「単結晶」で現れることが多いのが特徴だ。出てきた結晶が「塩化ナトリウム」であることがわかるし、それぞれの結晶の成長も非常に観察しやすい。



例えば硫酸銅の場合、ほとんどの結晶は互にくっつくか邪魔し合って「群晶」になってしまう。この写真のような美しい単結晶はなかなかできない。



塩化コバルトも同じだ。ほとんどは群晶で、この写真のように「廃墟のビル群」になってしまう。しかし塩化コバルトの場合、最初桃色だった溶液が、水分が蒸発するにつれ紫→青と変化し、顕微鏡を覗いている子どもたちからも歓声があがる。まだまだ「教材研究のし甲斐」がある、再結晶の探究である。

#### 【子どものノートから】

「今日はさい結晶の観察をしました。ピーカーの塩水がさい結晶するのは、家でやったことがあります。でもけんび鏡で見たら、どんどん四角い結晶が大きくなってきて、結晶が生きてるみたいでした。ほかのやく品のさい結晶もかんさつしたいです」

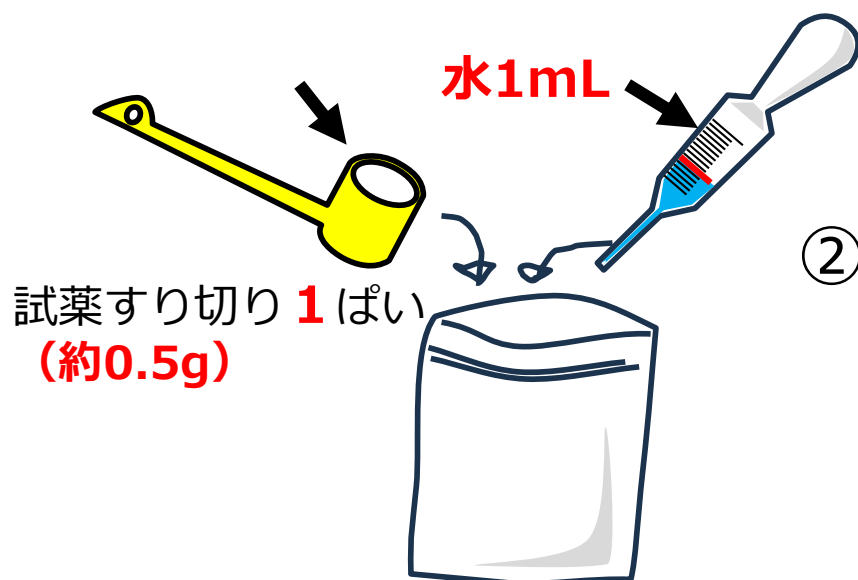
[https://kitakaruizawa.net/rika/2020\\_0210-saikesshou-3.pdf](https://kitakaruizawa.net/rika/2020_0210-saikesshou-3.pdf)

[https://kitakaruizawa.net/rika/2020\\_0210-saikesshou-4.pdf](https://kitakaruizawa.net/rika/2020_0210-saikesshou-4.pdf)

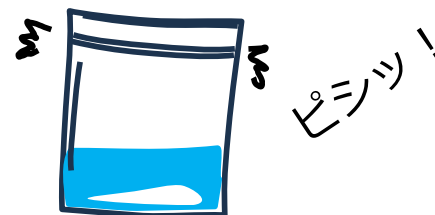


## ② 実験手順（塩化アンモニウム）

① 試薬**0.5g**と水**1mL**を袋に入れる



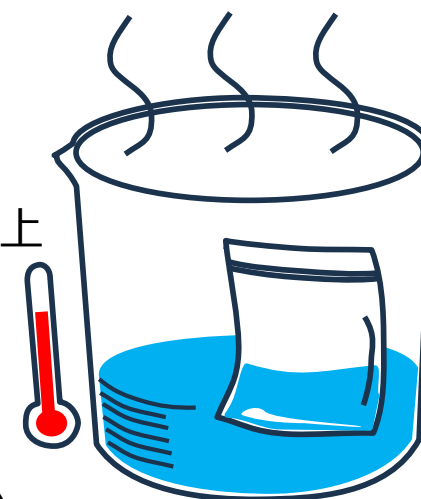
② チャックを閉じる



③ 温めて溶かす

※60℃の1gの水に、約0.5g溶ける。

60℃ 以上

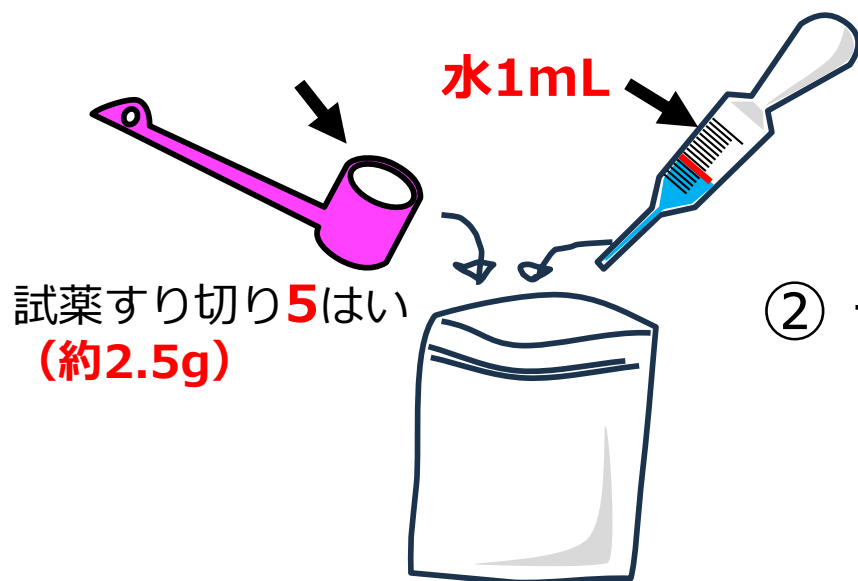


袋がつかる程度の湯  
冷めたら交換してください

**どんな形の結晶だったかな？**

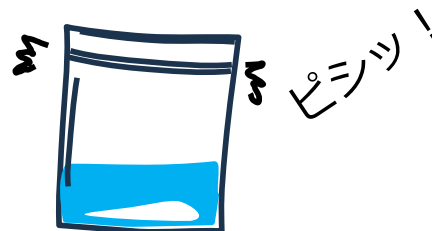
### ③ 実験手順（酢酸ナトリウム三水和物）

① 試薬**2.5g**と水**1mL**を袋に入れる



触ると冷たい！  
(吸熱反応)

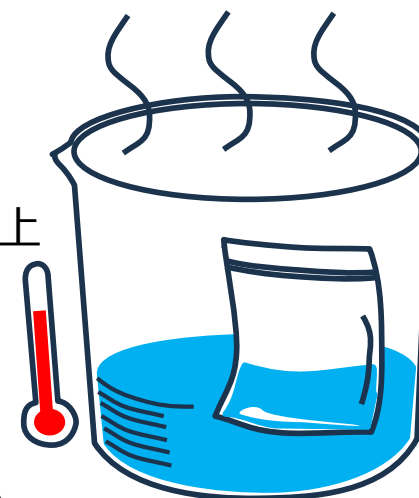
② チャックを閉じる



③ 温めて溶かす

※酢酸ナトリウム三水和物は58℃で融解する。

**60℃** 以上



袋がつかる程度の湯量  
冷めたら交換してください

# どうして一瞬で固まったの？

## 過冷却

- **凝固点**より温度が下がっているのに固まらない状態
- 酢酸ナトリウムは約60℃で**凝固**する。  
けれど、ゆっくり冷ましていくと、  
常温（約20℃）になっても固まらない性質を持っている。

# どうして一瞬で固まったの？

この状態の液体は、固体になりやすい状態



刺激を与えると、一気に結晶が始める！

# どうして一瞬で固まったの？

- 急激に結晶が出てくると、  
大量の熱が放出される（発熱反応）
- 凝固点の約60℃まで温度が上昇する
- この性質を利用 → 再利用可能なエコカイロ



大王製作所  
[https://www.daiomfg.co.jp/products/detail/view/77?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.daiomfg.co.jp/products/detail/view/77?utm_source=chatgpt.com)



たくさん販売されています（楽天サイトの検索結果より）  
<https://search.rakuten.co.jp/search/mall/%E3%83%AA%E3%82%B5%E3%82%A4%E3%82%AF%E3%83%AB%E3%82%A8%E3%82%B3%E3%82%AB%E3%82%A4%E3%83%AD/>

**どんな形の結晶だったかな？**



# 結晶はどのように生まれるのか？

結 晶	化学式	結晶構造	用途、その他
塩化ナトリウム (食塩)	NaCl	<b>NaCl型構造</b>	調味料、寒剤、 化学薬品原料
塩化アンモニウム (塩安)	NH <sub>4</sub> Cl	<b>立方晶系 樹枝状結晶</b>	サルミアッキ、肥料、 医薬品原料、 乾電池の電解液
酢酸ナトリウム (酢酸ソーダ)	CH <sub>3</sub> COONa	<b>単斜晶系 柱状結晶</b>	塩味料、エコカイロ、 漬物の保存料



# 「とける」？「再結晶」？

- 「溶ける」とは？
  - 水（溶媒）の中で大きな**固体**がバラバラの小さな粒（**固体**）になって広がって見えなくなる  
(食塩、塩化アンモニウム)
- 「融ける」とは？
  - **固体**が熱で**液体**になる（酢酸ナトリウム）
- 再結晶
  - 温度低下による
  - 蒸発による



# 結晶って何？

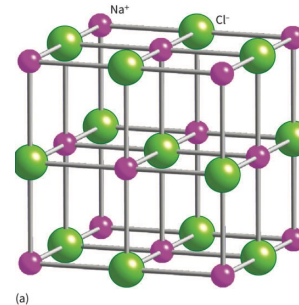
- この世界のすべてのものは「**原子**」からできている  
(原子は“ものの最小の粒”。)
- 原子どうしが結びついて「**分子**」になることもあるし、  
正負の電気を帯びた「**イオン**」になることもある。
- **固体**には
  - ①原子が並んだもの（金属、ダイヤモンド）
  - ②イオンが並んだもの（今回の試薬）
  - ③分子が並んだもの（氷、ドライアイス）

があり、これらが規則正しく並んだものを **結晶** という。



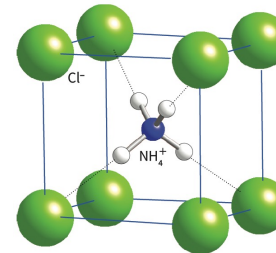
## なぜ、こんな形をしているのだろう？

- 食塩  $\text{NaCl}$  : 上下左右に **イオン** が等しくひきつけられ、はまっていく。



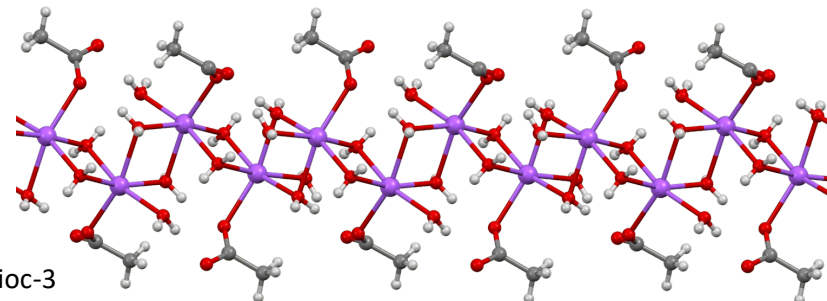
[https://www.chemtube3d.com/\\_rocksaltfinal/](https://www.chemtube3d.com/_rocksaltfinal/)

- 塩化アンモニウム  $\text{NH}_4\text{Cl}$  : 温度で溶ける量が大きく変わりむらができやすく、 $\text{NH}_4$  イオンの構造が四面体で成長しやすいところと成長しにくい向きがある。



<https://www.chemtube3d.com/ssnh4cl/>

- 酢酸ナトリウム  $\text{CH}_3\text{COONa}$  : 温度で溶ける量が大きく変わり、かつイオンの構造が細長く縦に並びやすい。



[https://en.wikipedia.org/wiki/Sodium\\_acetate#cite\\_note-sioc-3](https://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_acetate#cite_note-sioc-3)

固体のうち、原子や分子、イオンが規則正しく並んでいるものを結晶と呼んでいる



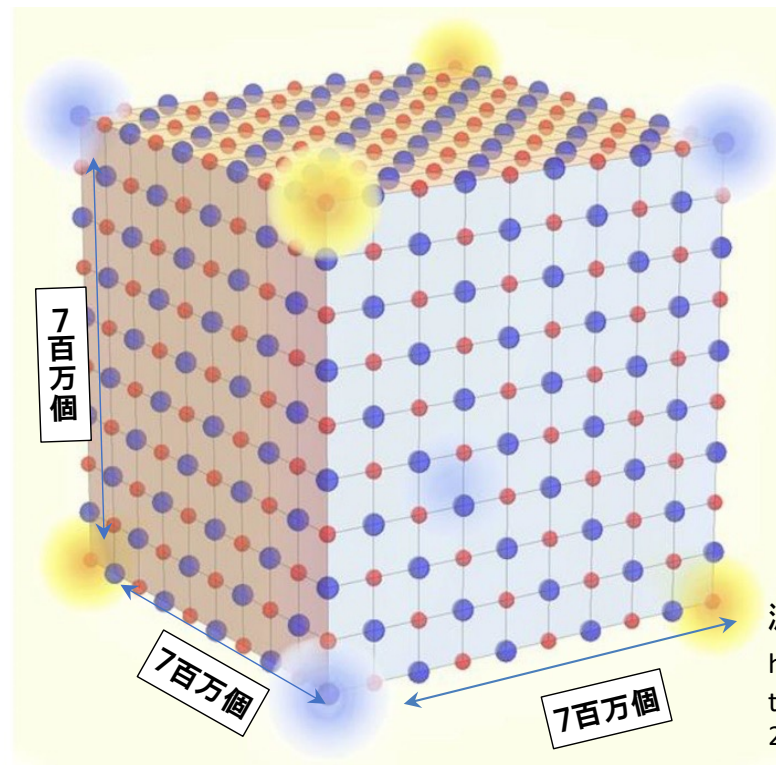
食塩の結晶は、

1mmの長さに約七百万個（7,700,000個）

のイオンが並んで、立方体を作っている。

食塩の結晶 $1\text{mm}^3$ の中には約四千四百京個

（44,000,000,000,000,000,000,000個）のイオンが規則正しく並んでいる！



渡邊悠樹氏（東大）のリリース（WEB）より  
[https://www.t.u-tokyo.ac.jp/press/foe/press/setnws\\_202201051049197414627111.html](https://www.t.u-tokyo.ac.jp/press/foe/press/setnws_202201051049197414627111.html)