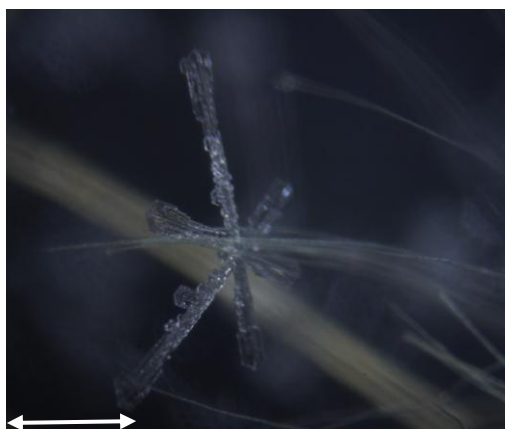


**＜25年度日本郵便年賀寄附金の助成事業＞  
「理科教育推進のための科学教育映画収集・活用  
ならびに関連する理科実験実施の支援事業」**

平成25年12月 21（土）13：30～15：30

場所：（春山公民館、福井市）

**映画「マリン・スノー－石油の起源－」  
実験「タンポポの毛に作る人工雪」**



タンポポの毛にできた樹枝状結晶  
矢の長さは1 mm



タンポポの毛にできた広幅六花

＜主催＞：NPO 科学映像館を支える会（埼玉県、川越市）  
NPO ふくい科学学園（福井県、福井市）

＜協力＞：春山公民館 （福井県、福井市）

「この冊子は平成25年度日本郵便の年賀寄付金の助成を受けて製作しました」

なまえ  
名前

## ＜映画：「マリン・スノー－石油の起源－＞

製作：東京シネマ 企画：丸善石油、1960 年 イーストマンカラー 25 分(内 20 分映写)

撮影監督：小林米作

受賞：1960 年：教育映画祭学術科学映画優秀作品賞及び NHK 賞、日本紹介映画コンクール朝日新聞社賞、芸術祭文部大臣奨励賞ほか、1964 年：モントリオール映画祭名誉賞など

・石油は現代を支配するエネルギー源であり、また多種多様な化学製品の原料になります。それは地底に眠る太陽エネルギーです。その石油はどうして生成されたのか、今日もっとも有力と考えられている有機説をもとに、その成因を探ります。



海は全ての生命のふるさとです。



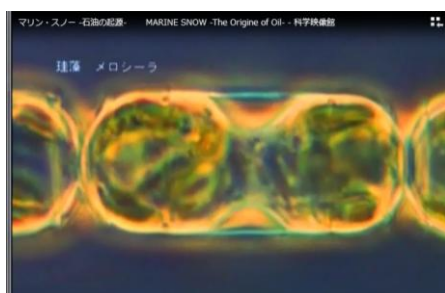
太陽はものすごいエネルギーを放出しています。



海の中に住む（海面下 20－30 m）いろいろな植物プランクトン。



植物プランクトンの中には葉緑体があり、太陽のエネルギーによって光合成がおこります。



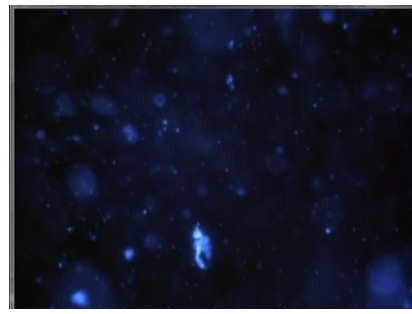
夜の間に細胞分裂がくりかえされます。



植物プランクトンをえさに、動物  
2 プランクトンは増え続ける



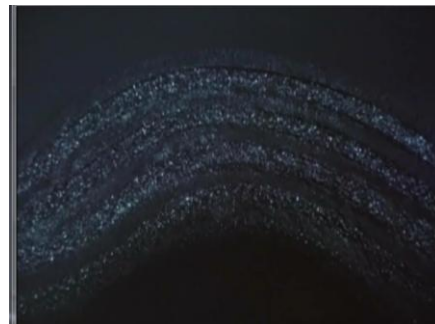
食われても、食われても海の微生物は大量に増え続けます。



莫大な量のプランクトンの死がいや雪のように海底に向かって降り続く



海底の泥の中にいるバクテリアによって分解され、油状の物質となり、泥にとける。



泥の層に含まれる原油のもとになる物質は圧力、地熱、放射能の影響で原油に変わり、砂の層に蓄えられる。

## <実験：タンポポの毛に作る人工雪>

### 1. 中谷博士の人工雪の実験

- ・雪の結晶は自然の美の象徴（しょうちょう）です。雪を人工的に作ることは1936年北海道大学の中谷宇吉郎博士によって世界で初めて行われました。その実験は、 $-30^{\circ}\text{C}$  近くの低温室内に、長さ1mほどのガラスの2重管を置き、ガラス管の下方から対流を用いて水蒸気を上方に送り、ガラス管の上部につるした低い温度[マイナス $15^{\circ}\text{C}$ 付近]のウサギの毛に人工雪が作られました。
- ・この人工雪の研究により、雪の結晶の形が、温度や湿度によってきまることが明らかになりました。
- ・石川県、片山津温泉にある、「雪の科学館」では、中谷博士の雪の研究を紹介しています。
- ・これまで、教育現場で使用できるような簡単な人工雪生成装置はありませんでした。我々

は塩と氷を用いる簡単な装置で、人工雪ができることを見出し、これを教材として利用することを試みています。

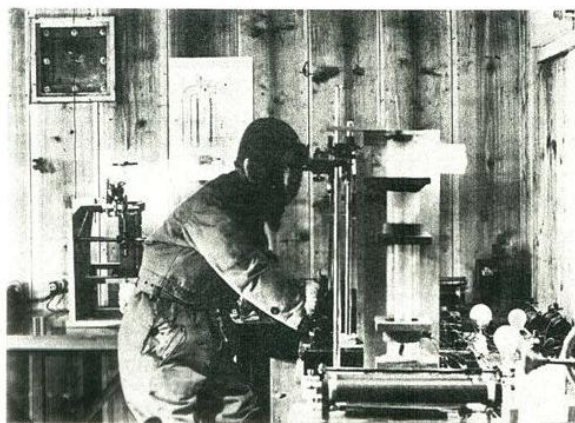
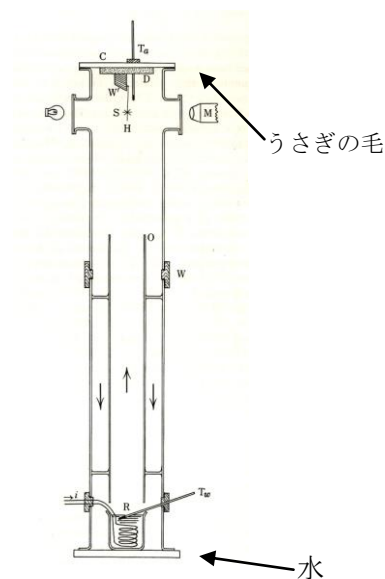


FIG. 267. The author and the snow-manufacturing apparatus in the cold chamber.

低温室で人工雪を作っているところ

Snow Crystals, U. Nakaya, Harvard Univ. Press. より



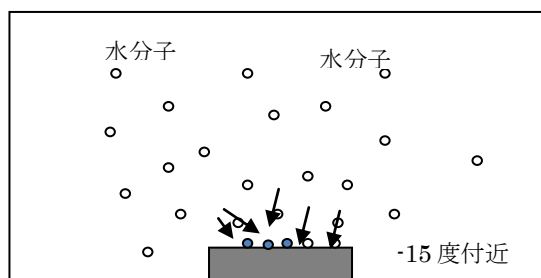
中谷博士らが用いた人工雪を作る装置  
(Snow Crystals, ハーバード大学出版、  
1954 年) より

## 2. 氷と塩でできる低温を使って人工雪を作る

- 雪は空気中の水蒸気が $-15^{\circ}\text{C}$ から $-20^{\circ}\text{C}$ 付近の温度で昇華凝結（しょうかぎょうけつ）してできるものです。

- 雪ができるためには、温度、湿度（水蒸気の量）、核（結晶の種）の3つの条件を整えれば低温室でなくても、人工的に作ることができます。

**雪ができるための条件——>温度 ・ 湿度 ・ 核(種)**



水蒸気は水分子からなる

**水分子が集まって雪の結晶ができる。**

（上空では空気中のごみなどを核にして水分子が集まり、雪結晶ができます）

- シャーベット状にくだいた氷に塩を約7:3の割合で混ぜ冷却材（れいきゃくざい）として

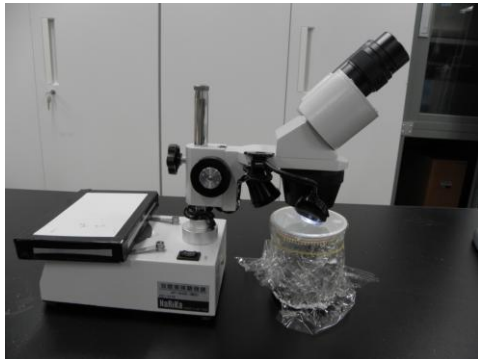
用いると（これをブラインと言う） $-20^{\circ}\text{C}$ 近くの安定した低温を作ることができ、それが**人工雪生成に適した条件**を与えてくれます。

### ①. 顕微鏡の使い方

・今回の実験のために、各グループに2台の顕微鏡を準備しました。1台は市販の実体顕微鏡です（20倍と40倍の切りかえができます）。もう1台は手作りの簡易顕微鏡です。倍率は約45倍です。実体顕微鏡は作動距離（レンズの先端と観察試料との距離）が6cmと長いですが、**手作り簡易顕微鏡は3.5cmと短い**ことに注意して下さい。

・プラスチックシャーレに取り付けた青のプラスチック板の上の白いティッシュの切れはしを置き、観察して下さい。雪を観察する練習となります。

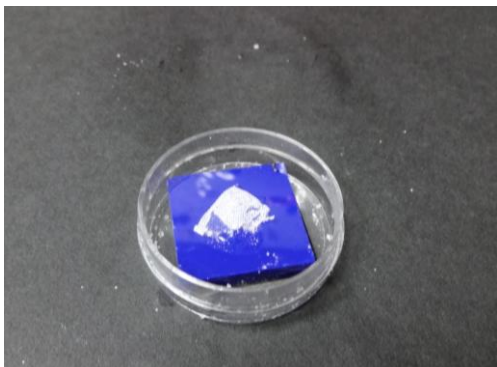
**注意：ピントを合わせるとき、プラスチック板のはしを使って合わします。その方が確実です人工雪の場合は、こうしてピント合わせをしてください。**



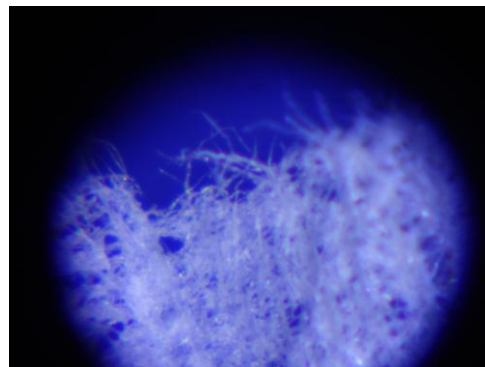
タンポポの毛に作る人工雪の  
観察に用いる市販の顕微鏡



ルーペと接眼レンズを組み合わせた  
手作り簡易顕微鏡  
（ヨーグルトの容器に作る人工雪の  
観察に用いる）



顕微鏡の使い方の練習に用いる試料



ティッシュペーパーの繊維（せんい）

## ②. 温度の測定方法

- ・この実験では3種類の温度計を使います。温度計の使い方を説明します。下の写真は左から、アルコール温度計・デジタル温度計・非接触光温度計です。



いろいろな温度計

アルコール温度計とデジタル温度計で水と氷の温度をはかる

- ・アルコール温度計は、温度を測（はか）りたいものにさし、温度が変化しなくなったら温度を水平の位置から読みます。デジタル温度計はスイッチを入れ、測りたいものにさすと、温度が表示されます。しばらくすると温度が変化しなくなるので、そのときの温度を記録します。非接触光温度計は、オレンジ色のボタンを押すと光が出ます。温度を測りたいものにこの光を当てると、温度が表示されます。

- ・温度の測り方がわかったら、ビーカーに入った水と氷の温度を測りましょう。それぞれの温度計ではかった水と氷(雪)の温度を記録しましょう。

|         | アルコール温度計 | デジタル温度計 | 非接触光温度計 |
|---------|----------|---------|---------|
| 水の温度    |          |         |         |
| 氷(雪)の温度 |          |         |         |

## ③. 容器の準備

- ・人工雪を作る容器は、カップラーメンの容器を利用して作ります。カップラーメンの容器のまわりに、荷物のクッションに使う、プチプチをまき、さらに、アルミホイルで包みます。こうすることで、断熱が良くなります。これで約40分間マイナス20度が維持できます。

- ・ 1 グループに 2 個の容器を用意しています。あとで容器の上から 4 cm のところまでブラインを入れます



人工雪生成に用いる容器



水を送るために使用する綿棒

- ・ 容器の上の方に小さな穴が 6 個あいています。あとで、その穴に綿棒綿（めんぼう）をさしこみ、必要に応じて、綿棒に水を与えます。

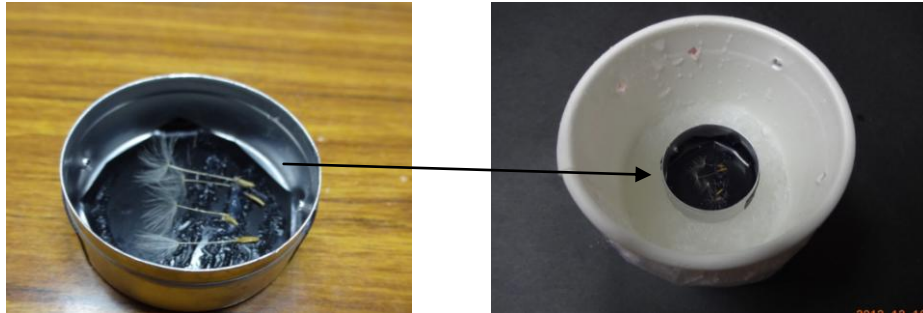
#### ④ タンポポの毛の準備

- ・ タンポポの毛は半分を取り除き、半分を残してあります。
- ・ オレンジ色のシートを乾燥（かんそう）したティッシュで強くこすります。そうするとシートの表面に強い静電気がおこります。このとき手袋を使って下さい。
- ・ 各班の小さい容器に入っているタンポポの毛をプラスチックのピンセットでつまみ強い静電気を持ったオレンジ色のシートに、タンポポの毛がへばりつくように置きます。こうするとタンポポの毛に静電気が移ります。電気が移った証拠にタンポポの毛を検電器の上に乗せると検電器のハクがわずかに開きます。



タンポポの毛を固定するためにグリスをぬっておきます。

- ・小さいアルミ缶の底に黒のビニールテープをはって絶縁し、その上にタンポポを乗せます。  
タンポポは軽くて、少しの風ですぐに飛んでしまいます。毛が動かないように、タンポポのくきをグリスに触（ふれ）させて固定します。（グリスはすでにぬってあります）。



電気がにげないように、すばやくブラインの上に置く必要があります。  
**従ってブラインを先に作って下さい。**

#### ⑤. 氷と塩をまぜ、ブラインを作る

- ・氷は通常（大気圧の中では） $0^{\circ}\text{C}$ ですが、塩と氷を混（ま）ぜるとマイナス $20^{\circ}\text{C}$ ちかくまで温度下がります。氷と塩を混ぜたものを**ブライン**と言います。
- ・**ブラインを作るために、かき氷(雪)と塩の重さを約7対3とします。**
- ・雪がない時は、“電動氷かき機”に氷を入れてシャーベット状に細かくします。電動かき氷機の上の容器に氷を入れて、ふたをかぶせた後、上から押し付けます。するとスイッチが入り、モーターが回転して氷が細かくシャーベット状にけずれて行きます。



デジタルはかり



電動かき氷機

氷を入れる



雪があるときは、かき氷を作らなくても雪をかき氷としてそのまま使用できます。

- ・かき氷（雪）を１６０グラムはかり、塩を７０グラムはかります。それぞれ別のスチロール容器に入れます。これは容器２個分の量です。

(注意：デジタルはかりは容器をのせたあと、ゼロをおすと容器の重さを引いて示します)。

- ・ジャンボラーメンの容器に、かき氷１６０グラムと、塩７０グラム入れます。入れて良くかき混ぜます。この塩と小さい氷を混ぜたものをブラインといいます。



雪と塩をよくまぜる。次に飽和食塩水を約３０ｃｃ加える



ブラインの温度をすばやく測定

- ・ブラインがべとべとになるように飽和食塩水（溶けきれないほど塩をふくむ水）を（約３０ｃｃ）入れます。注射器（はりがないもの）に目盛が付いているのでそれで量を測って下さい。ブラインをべとべとにするのは、ケースとブラインの間に熱がよく伝わるようにするためです。がさがさの水のないブラインだと、ケースにふれる面積が小さく、熱は全体として伝わりにくくなります。
- ・ここで、ブラインの温度を、デジタル温度計と非接触温度計ではかってみましょう。

Q：ブラインの温度は何度でしたか？

デジタル温度計＝

非接触温度計＝

・できたブラインを用意してあるカップラーメンの**2個の容器に入れると**、それぞれ容器の上から約4 c mの高さにブラインの表面がきます。

**注意：つぎの準備ができるまで、カップラーメン容器の上にアルミホイルをかけて外から輻射熱（ふくしゃねつ）が入らないようにしておきます。**

・ピンセットでタンポポの毛を取りつけたアルミケースをつまみ、ブラインの上に乗せます。

このとき、ブラインにアルミケースが少しめりこむように手で下に押し付けます。ブラインとアルミケースの間の熱接触（ねつせつしょく）が悪いと、タンポポの温度が十分下がらないので結晶ができません。

・アルミケースをブラインの上に乘せたら、ドーナツ状の“しきり”を入れます。これは下の低温部分と水蒸気を送る上の高温部分を分離させるためです。



アルミケースをブラインにおしこむ(水が入らないように)



ドーナツ状の“しきり”を入れる

・綿棒を6つ取り付け、クッキングラップでおおい、輪ゴムで固定します。



**注意：綿棒は抜けないように、太い方を容器の内側にして強くさしこんでください！！**

- ・ クッキングラップでおおった後、注射器を使ってそれぞれの綿棒に水を数滴送ります。

(注意)：注射器の使い方を、あらかじめ練習しておいて下さい。  
注射器の針はきけんですから、チューターがあつかって下さい。



綿棒に水を与えます。



外から熱が入らないようにアルミホイルでふたをします。

- ・ 10分経過したとき、もう一度水を綿棒に送ります。その後10分~15分間待つて顕微鏡観察します。

(注意)：アルミホイルの上に手をあて、水蒸気が十分下に行くように容器の上をたえず温（あたた）めてください。

### ＜プラスチックの表面に雪を作る＞

- ・ タンポポの毛に作る人工雪は少し難しいので、もう1つの簡単な方法で人工雪を作っておきましょう。それはプラスチックの表面に人工雪を作る方法です。

#### プラスチック板の準備

- ・ 今回の人工雪は、青のプラスチック板（3mm厚、約24mm角）の上に作ります。
- ・ 購入したプラスチックの板には表面を保護（ほご）するための薄い紙が貼（は）ってあります。これをはがすとプラスチック表面は強く帯電（電気を帯びること）します。プラスチックの板は帯電した状態でブラインの上に置きます。この静電気が雪の結晶の核を作りやすくします。
- ・ 黒のプラスチック板を検電器（けんでんき）の上に置いて、じっさい、紙をはがすと電気

がおこることを確かめて下さい。電気があると検電器のハクが開きます。



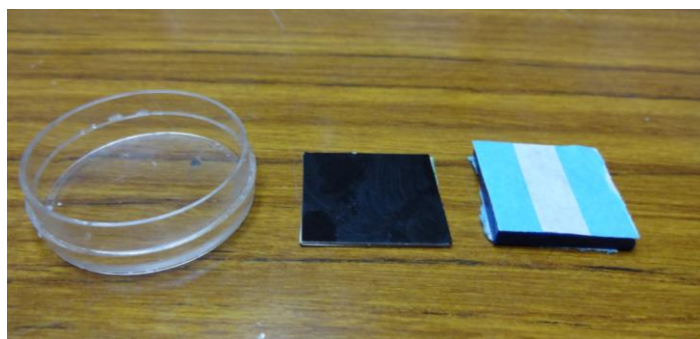
紙をはがす前



ピンセットで紙をはがした後

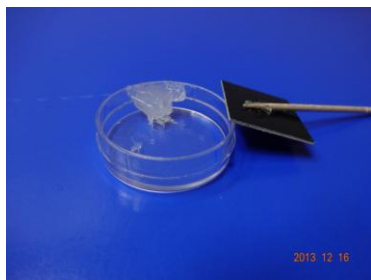
検電器を使うと、  
目に見えない電  
気が見えます

- ・プラスチック板と小さいプラスチックシャーレの間にスペーサーとして、画用紙を2枚はりあわせた紙を入れます。これは熱の伝わり方をゆっくりさせるためです。



左のプラスチックケースに紙と右側の板をはります

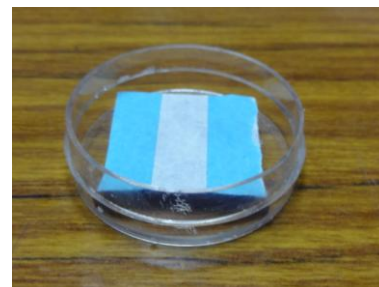
- ・黒プラスチック板の一方の紙をピンセットではがし、はがした方の面にグリスをぬって、アルミケースの中にはり付けます。グリスをぬることで、プラスチックの板とブラインの熱の伝わりがよくなります。こうした物を各グループ2個用意して下さい。



グリスをぬり、プラスチックシャーレにはる



はりつけた黒の紙に、さらにグリスをぬる



グリスのついた黒の紙に、青プラスチック板をおしつける

- ・ **グリスは全体に均一にぬってください！！**

**注意：黒プラスチック板の上側の紙はまだはがさないようにして下さい。容器の中に入れる**

直前にはがします。

ブラインはタンポポの場合と同じようにして作ってください。  
かき氷 106 グラムと塩 46 グラム、飽和食塩水は 20℃ 程度入れます。  
**ブラインはべとべとの状態にしてください！**

- できたブラインを用意してあるヨーグルトの容器 2 個に入れると、容器の上から約 2 cm の高さにブラインの表面がきます。



ブラインをヨーグルトの容器に入れます。ブラインは少し水が出た状態にして下さい。

**注意：つぎの準備ができるまで、ヨーグルト容器の上にアルミホイルをかけて外から熱（ふくしゃねつ）が入らないようにしておきます。**

- ピンセットでプラスチックシャーレをつまみ、  
ブラインの上に乗せます。このとき、シャー  
レがブラインに少しめりこむようにピンセッ  
トで押し付けます。

- ブラインとプラスチックシャーレの間の熱接  
触（ねつせつしょく）が悪いと、板の温度が  
十分下がらないので結晶ができません。



プラスチックシャーレをブラインに、少しめり込むようにおしこみます。

- プラスチックシャーレをブラインの上に乗せたら、クッキングラップでおおい、輪  
ゴムで固定します。さらにアルミホイルでカバーして熱が容器に入らないようにします。



クッキングラップでおおう。  
これには露（つゆ）がつかない



アルミホイルでおおい、熱が外から  
入らないようにする

・この装置では、雪結晶に使われる水蒸気を特別に与えていませんが、装置のふたをしたときにとじ込められた空気中の水蒸気が、プラスチック板の表面に集まり雪になります。従って、室内の**温度・湿度**が結晶生成に大きく影響します。

**室温が15℃のときは、湿度60%程度、  
室温が20℃のときは、湿度40%程度  
が適当です。**

・部屋の室温・湿度を記入しましょう

|     |    |
|-----|----|
| 室温＝ | ℃、 |
| 湿度＝ | %  |



・室内の湿度が高すぎるときは、板をブライ  
ンにのせたあと、窒素ガス（中村理科、

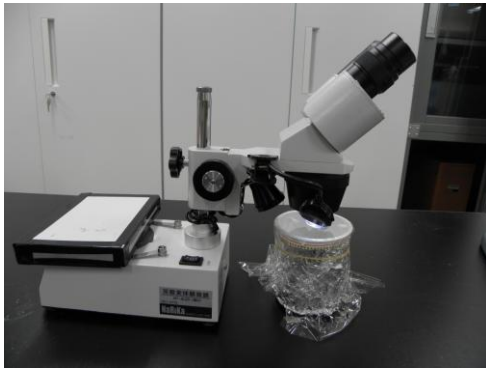
F35-1906）を流して容器の水蒸気を一部追い出します。

湿度が高すぎるときは、チッソガスを  
流して、一度空気を追い出します。

・ブラインの上にプラスチックシャーレをのせてから約10分したら、アルミホイルを取り顕微鏡観察します。**クッキングラップはとらないでください。**クッキングラップの表面に露（つゆ）がついて雲っているときは乾いたティッシュで拭（ふ）いて下さい。

## ⑥. 結晶の顕微鏡観察

- ・ブラインの上にタンポポの毛をのせたアルミケースを置いてから約20分~25分したら容器を実体顕微鏡に移し、結晶の様子を観察しましょう。再び、クッキングホイルでおおって、さらに5分間待つて、その結晶がどのように成長するか観察します。



市販の顕微鏡で人工雪観察



LED 照明

- ・人工雪は時間とともに大きくなっていきます。下の写真はタンポポの毛にできた人工雪の成長を示しています。



3分



10分



20分

＜黒のプラスチック表面にできたいろいろな形の人工雪＞



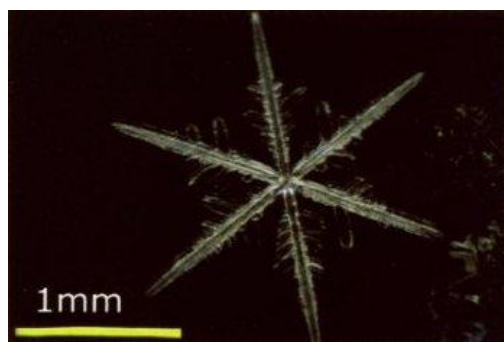
星状（ほしじょう）



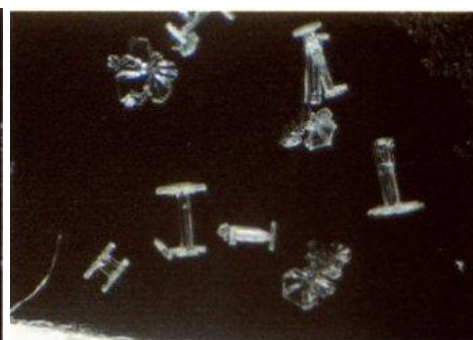
扇形（おおぎがた）



角板（かくばん）



樹枝状（じゅしじょう）



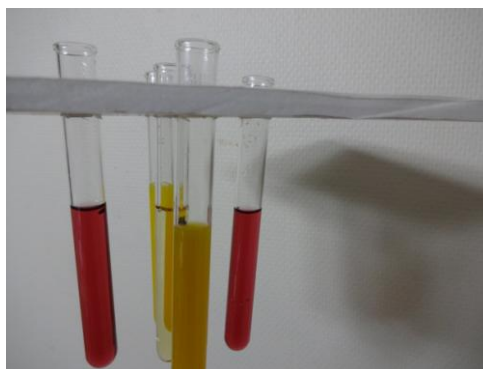
つまみ型

### 3. 氷と塩でできる低温を使ってアイスクャンデーを作る

- ・最後に、氷と塩でできる低温を使ってアイスクャンデーを作りましょう。
- ・一度に5人分のアイスクャンデーを作るので、容器は大きなジャンボカップヌードルの容器を使います。これに、氷（雪）400グラムと塩172グラムを入れて良くかき混ぜます。しかし、今回のはかりは200グラムしかはかれませんので、氷(雪)200グラムと、塩86グラムを測って、容器に入れてスプーンでよくかき混ぜて下さい。これを2回くりかえして下さい。
- ・氷と塩を全部入れてよくかきまぜたら、飽和食塩水を少し加えてべとべとにします。
- ・各グループに試験管が5本配ってありますので、その試験管にオレンジ、グレープ、リンゴなどのジュースを、下から7cmのところまで入れます。7cmのところにはマジックでしるしが付いています。



ブラインの温度をもう一度  
はかりましょう



5本の試験管に書いてあるしるし  
の高さまで、ジュースを入れます

- ・ ジュースをたくさん入れすぎると、ジュースの上の方が凍（こお）りません。
- ・ 試験管がたてられるように、スチロールの白い板に穴があけてあります。それに、5本の試験管をさしこんで下さい。
- ・ ジュースの入った試験管に割りばしを入れて下さい。そして、ブラインの入った容器に入れます。その上から、外から熱がはいらないようにアルミホイルをかけます。これで、15分程度すると、アイスクャンデーが出来上がります。



試験管にはしを入れる



アルミホイルでおおう

- ・ 試験管を引き上げ、試験管の下部分を手ににぎり、試験管をあたためます。すると、アイスクャンデーの外側が少し溶（と）けるので、割りばしを回しながら引きぬく事が出来ます。これでアイスクャンデーの出来上がりです。



出来上がったアイスクャンデー