

「SEA NPO ふくい科学学園

野外の科学実験教室活動報告書

平成27年 2月 7日(土) 11:00~14:15 (場所:和泉地区福祉センター(大野市))

雪の顕微鏡観察

独立行政法人国立青少年教育振興機構「子どもゆめ基金助成活動」



[実験指導] ふくい科学学園理事長:香川喜一郎

ふくい科学学園理事 : 横井貞弘

[実験補助] ふくい科学学園:伊藤文雄、山田博英、森川照男、森川けいこ

山本江津子、香川弘子

ふくい科学学園ボランティア:田仲美保、村田武夫

<協力>大野市和泉公民館

NPO 科学映像館(埼玉県、川越市)

<科学映画鑑賞:「花と昆虫」>

製作:日映科学映画製作所 (1956年、カラー20分)

指導:千葉大学 野村健一

・多くの植物と昆虫はお互いに助け合って生きています。自分が動くことのできない植 物は、美しい色やあまい蜜 (みつ)、高いかおりなどで昆虫をさそいます。



ねぎのミツを吸(す)う紅(べに) しじみ蝶(ちょう)



ミツバチを飼う(かう)巣箱



しりふりダンスで仲間(なかま)に みつのある場所を知らせる



花粉はだんごにして運び、みつばちの 大事な食糧(しょくりょう)となる



花粉から根のような花粉管が出てめし 虫を食べる植物もある べの頭につきささる



<実験:雪の顕微鏡観察>

1. 自然雪の顕微鏡観察

- ・雪の結晶は自然の美の象徴です。しかし、この美しい雪を顕微鏡で見ることは、これまで 北陸地方ではほとんど行われていません。それは雪がすぐに溶と)けてしまうからです。 北海道のように気温がマイナス15度以下の所では、雪を顕微鏡の試料台に置いても溶 けないので、比較的簡単に雪の顕微鏡観察ができます。
- ・我々は、十数年前から、"局所冷却法"を用いて、雪を溶かさない状態に保って顕微鏡観察を行い、福井県のような比較的気温の高いところでも美しい雪の顕微鏡写真が得られることを示してきました。特に、大野市和泉・朝日の付近では、気温がマイナス5度ぐらいに下がる時、とても美しい雪結晶が見られます。それは、近くに大野富士とも言われる高い山、"荒島岳"(あらしまだけ、標高1523m)、があることに関係しています。この山に北西から吹く季節風があたり上昇気流が起こり、断熱膨張によって上空の気温がぐんと下がり、その結果雪の種となる"氷晶"がたくさんできるためと考えられます。

<ドライアイスを用いる観察方法>

- ・ドライアイスを容器に入れると容器の内部は雪を溶かさないほどの十分な低温になると同時に、容器の中は炭酸ガスで満たされます。そのため雪結晶に水滴が付着することはありません。従ってかなり長い時間雪結晶を美しい状態に保つことが出来ます。
- ・保冷ボックスの底にドライアイスを入れ、新聞紙をはさんでその上に黒い布(ビロード) をおき、そこに自然雪をとらえます。雪をとらえたら保冷ボックスにふたをして室内に 持ち込み、形の良い結晶を探して、ドライアイスで冷やしたピンセットを使い観察箱に 移します。
- ・このドライアイスを用いる方法は、温かい部屋でも結晶の観察が出来ます。下の写真は 和泉村朝日の民宿で、夜に雪の顕微鏡観察を行っている様子です。右は自然雪結晶の顕 微鏡写真です。



外は寒いが、部屋の中で顕微鏡観察ができる 旧和泉村で撮影した美しい (旧和泉村、民宿「木嶋」にて)

自然雪の顕微鏡写真

<(雪と塩を用いる方法>

・ドライアイスを用いる方法はすぐれていますが、いくつかの欠点もあります。特に都市部 以外ではドライアイスを手に入れるのは困難です。また、ドライアイスは長時間保存す ることはできません。これに対して、雪(氷)と塩をまぜればマイナス20度の低温が簡 単に得られ、どこでも雪の顕微鏡観察ができます。この場合は断熱性の良い容器を用い る必要があります。

参加児童1人に1個の雪観察装置を作り、各自ルーペや顕微鏡で雪を観察する予定 です。雪がふらない場合は、保冷ボックスに作った霜を使って観察方法の練習をし ます。この方法を使って、実際に雪が降るとき、家でやって下さい。この装置は各 自お持ち帰りできます!!

<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℃ですが、塩と氷を混(ま)ぜるとマイナス20℃近くま で温度が下がります。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、雪と塩の重さの割合を約7対3とします。(注意:しかしこの割 合が少しぐらい変わっても下がる温度は大きく変わりませんので、大雑把に雪:塩=2: 1程度に考えてください)
- ・・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。



デジタルはかり



電動かき氷機



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。

氷を入れる

- ・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。飽和食塩水は10CC~30CC程度入れます。
- ・ジャンボラーメン (**ごつ盛り**) の容器に、雪**160グラム**と、**塩70グラム**入れて、木の スプーンで良くかき混ぜます。**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10cc程度加える



ブラインの温度をすばやくデジタル 温度計で測定する

・ブラインが少し軟らかく成るように**飽和食塩水(溶けきれないほど塩をふくむ水**)を約1 0 C C)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。ブラインを少しべとつかすのは、上にのせる基板とブラインの間で熱接触がよくな

るようにするためです。

・ここで、ブラインの温度を、デジタル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=

注意:つぎの準備ができるまで、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。

このブラインの量で、2人分の小型雪観察装置ができます

各グループ5人として、全員が雪観察を持つためには、ブラインを3回作りま す。3回目の1人分の残ったブラインはアルミ缶を冷やして、中にピンセット やはさみ、子筆などを入れてひやすのに使用します。



ピンセット、はさみ、子筆などを冷やすの 上部にアルミホイルをかけ に使います。



熱が入るのをふせぎます。

雪が降らない場合使用する霜



保冷ボックスの中の黒い布に霜を作る 20倍の顕微鏡で見た霜



A. 簡単な観察方法

①雪をのせる青いプラスチックシートを用意する

下の写真のように青のプラスチックシート(厚み 0.5 mm)(または青色工作用紙)を直径 5.5 c m ぐらいの円にはさみで切ります。水がまわりから入らないようにアルミホイルをまいて、まわりに壁(かべ)を作ります。

[参考]:青のプラスチックシートの購入: アクリサンデー[株]:サンデーシート

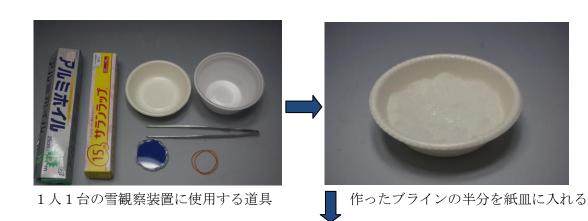


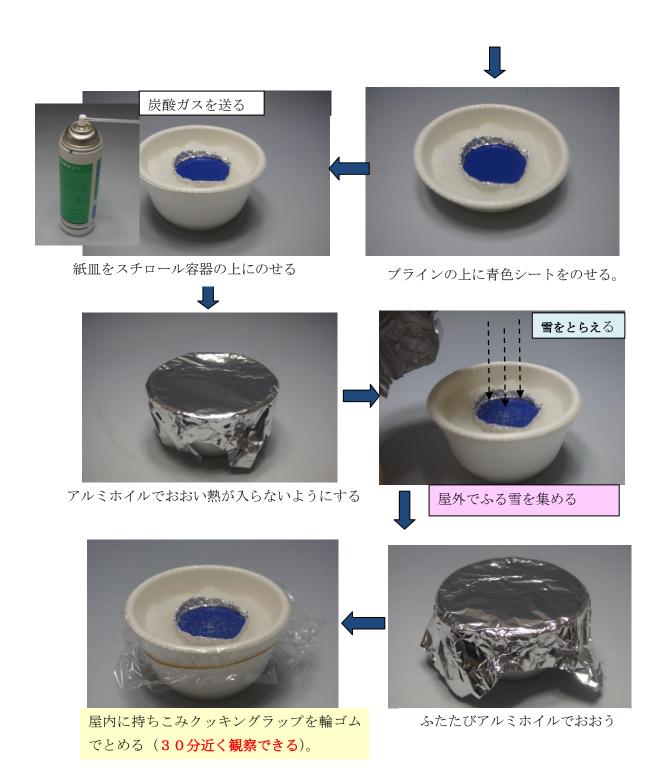


青色シートをアルミ ホルの中央に置き、 巻いて円板のまわり に壁を作ります (今回はすでに作っ ています)。

②1人1個の雪観察装置の準備

- ・顕微鏡は各班1台しかありません。雪が沢山降(ふ)ってくるとき、だれもが雪を採集 して、ルーペで雪の観察が楽しめるように、1人1台の観察装置を準備しましょう。
- ・紙皿は直径 125mm, 高さ 30mm, スチロール容器は直径 130mm, 高さ 70mm です。





・今回、紙皿を使って雪観察装置を製作したのは、ルーペと観察する雪の間隔(かんかく)を短くするためです(15倍のルーペの焦点距離は1.5cm 程度と短いので、ルーペをうんと雪に近づけなければなりません)。

雪が降っていない時は、ドライアイスを使って保冷ボックス内の黒い布の上に作った 霜を冷やした子筆の毛を使って青色シートの上にのせます。

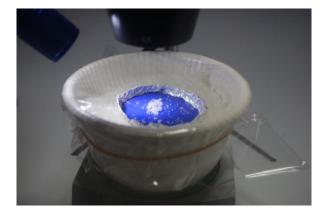


<各自順番に顕微鏡で観察します>

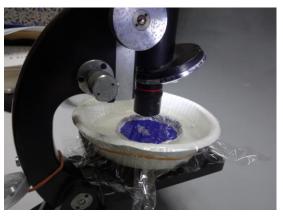
15倍、または10倍のルーペを使って雪の結晶を観察しましょう! 窓際(まどぎわ)の明るい所では照明がなくても見えます。

冷やした子筆の毛ではらって、新た に雪をとらえましょう!

カメラのマクロレンズを使っても 撮影できます。



実体顕微鏡付属の照明で明るさが十分でない場合は、手持ち LED で照明します。

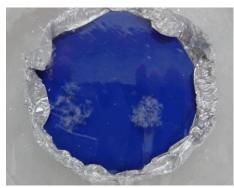


通常の顕微鏡も使用できます(約40倍) (ラップが曇るとき、ティッシュでふく)

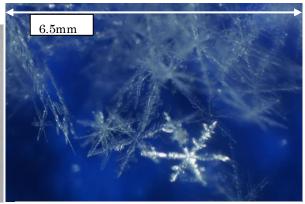
・実体顕微鏡の場合、レンズの先と観察する試料の間隔は約6 c m も長いです。従って、 ルーペで観察した装置をそのまま実体顕微鏡のレンズの下に置けば観察出来ます。

通常の顕微鏡で観察する場合は、スチロール容器の上に乗せた紙皿をはずして、直接顕

微鏡の下に置いて下さい。



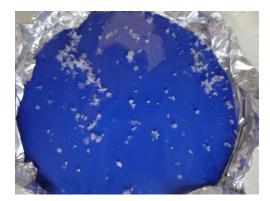
福井市内で、ボタン雪を直接観察 器でとらえる(外気温 1.1℃)



左の一部を実体顕微鏡[20倍]」で観察 ボタン雪の中に美しい樹枝状結晶がります

<青色シート表面をカメラで接写する>

雪をとらえた紙の表面をカメラの接写機能を用いて撮影すると、全体としての雪の形の分布を知ることができます。中谷ダイヤグラムで示されるように、上空の気温と湿度によって雪の形がきまります。逆に、雪の形から上空の気象状態がわかります。



カメラの接写で雪の形の分布を記録する

B. 冷やした黒い布にとらえた雪を観察装置に移して観察

雪の降る量が少ない時は、直接雪観察装置に雪をとらえるのは困難です。一度保 冷ボックス内の大きな雪採集装置に雪をためて、冷やした筆を使って、筆の先に 雪をくっつけて雪観察装置に移します

- ・インスタント焼きそばなどの容器にブラインを入れ、その上に黒の布(ビロード、大きさ約 10cm角)をのせれば、より広い範囲の雪を一度に集められます。黒の布の裏にはアルミホイルを両面テープではります。これで布にブラインの水がしみこむのを防ぎます。
- ・雪採集用の黒い布はマイナス10度近くまで温度を下げれば、しばらくの間、雪は安定に 保存できます。だからブラインとの密着がそれほど良くなくてもかまいません。

ブラインの水は減らし、あまりベトベトにしないでおきます。

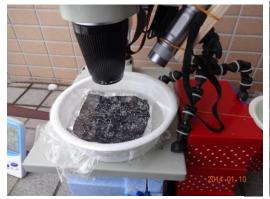
・黒い布の表面に雪を集めたらサランラップでおおい輪ゴムで固定します。



インスタントやきそばの容器と黒い布 を用いる雪の採集装置



塩70グラム、雪160グラム、飽和食塩水 を約5CCを混ぜて屋外でブラインを作る



黒い布の上にとらえた雪を直接実体 顕微鏡で観察することもできます



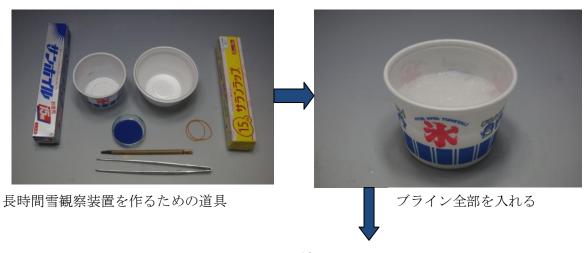
黒い布の上の雪結晶(20倍)。 雪の結晶とともに布の網目が見える。

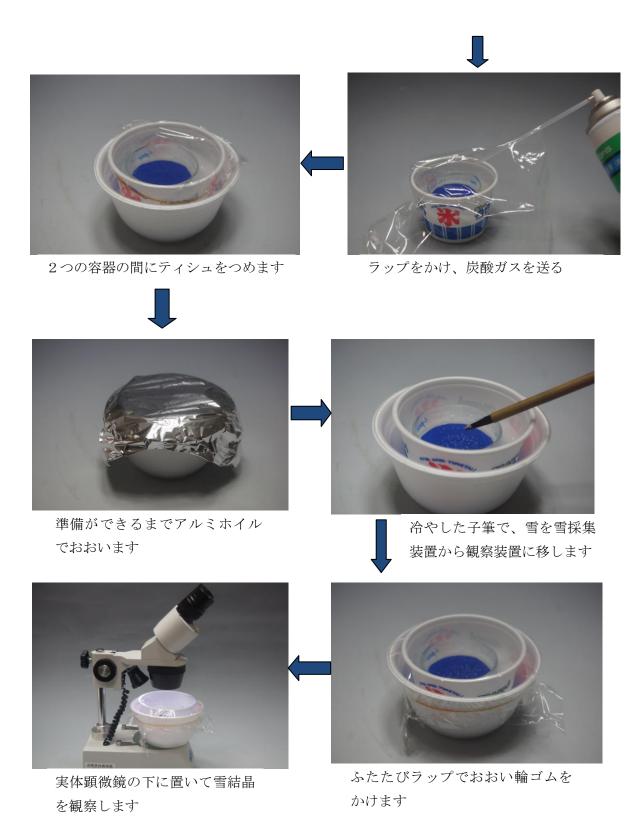
屋外に雪採集装置を持ち出し、数分間(たくさん降る時は数十秒間)ふたを開いて降って 来る雪を黒い布にとらえます。雪をとらえたら、保冷ボックスのふたをして運びます。



保冷ボックスの中に 雪採集装置を入れ、 雪を集めたら蓋(ふ た)をして持ち帰る。 **雪捕集前に黒の布の** 表面に炭酸ガスを吹 き付けておきます。

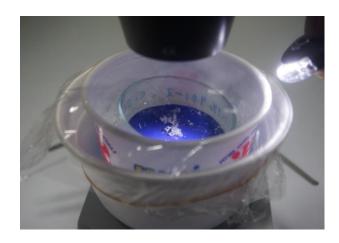
<長時間使用できる雪観察装置の製作>





- ・雪観察用の容器はスチロール製のおわん(上側の直径12cm、高さ6cm)を2個重ねて使用します。または、インスタントうどんなどの容器でも十分代用できます。
- ・雪をのせる基板には、青色の0.5mmのプラスチックシートをはさみで円板状に切って

それをガラスシャーレの中に入れます。



雪結晶を雪観察装置 に移してしまえば、 20度近くの室内で も顕微鏡観察ができ ます。照明がたらない 時は手持ちのLEDで 照らします。

・雪観察装置のプラスチックの基板の温度はマイナス15℃近くまで下がっていますので、 雪の結晶は約1時間、形をほとんどくずすことなく保存できます。だから顕微鏡でゆっく り観察が出来ます。実体顕微鏡を20倍にして全体の雪結晶の状態を見た後、顕微鏡を 40倍に切りかえて、ねらった雪結晶を観察しましょう。



扇形結晶と樹枝状結晶が見られる。 これらは異なる高度で生成されています。



福井市内で観察された樹枝状の雪結晶、 粉雪が混じっている(40倍)

(注意): 雪観察装置を外に持ち出し、直接雪を採集すると、青プラスチックの 基板表面に空気中の水蒸気が付着して表面が汚れてしまいます!しかし、雪観 察装置の中に炭酸ガスを入れておけば直接基板表面に雪を受けることができ ます。雪が比較的沢山降っているときは、この方法が使えます。 雪の量が少ないときは、上で述べたように一度雪採集装置に雪を集めます。

雪の量が少ないときは、上で述べたように一度雪採集装置に雪を集めます。 降る雪の状況にしたがい、適切な方法をとりましょう!

<北陸地方の雪の特徴>

・北陸地方は北海道などと異なり、上空から地上にわたって水蒸気量が多く、雪結晶ガ生成 して落下してくる間に空気中の水蒸気が雪表面に小さな氷の粒として付着します。これ を雲粒(うんりゅう)と言います。しかし、夜や早朝、気温が零下に下がり、たくさん でなくチラチラと降る雪は北海道などで観測される雪と殆ど変らず素晴らしい結晶です。



雲粒付きの樹枝状結晶(雪採集装置で受けた物を直接顕微鏡40倍で観察)



福井県奥越で夜観察できた美しい雪結晶 (顕微鏡40倍で撮影)。

雪結晶の6本の主枝には2本の溝が走っています。しかし、霜にはこの溝はありません。



寒波が襲来して多量の雪が降る時は、か えって雪結晶の顕微鏡観察には適しませ ん。ほとんど無定形の粉雪となります。 これは上空の温度が低すぎ、そこ多量の 水蒸気が入り、急激に水蒸気が氷るため です。しかし、夜になり、水蒸気量が下 がるときれいな結晶に変わってきます。

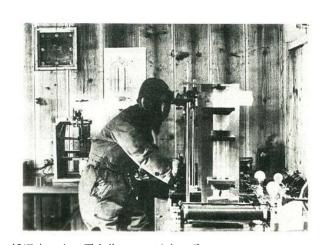




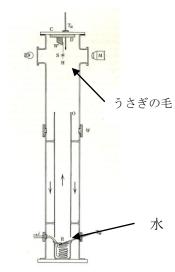
奥越のスキー場でスキーの合間に自然雪の結晶観察を楽しむことができます。

2. 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℃ 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などが明らか 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。



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

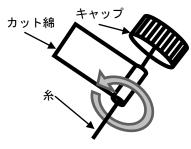


中谷博士らが用いた人工雪を作る装置 (Snow Crystals, ハーバード大学出版、 1954年)より

3. 人工霜生成実験

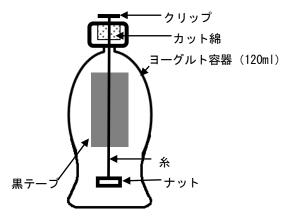
- ・人工雪の実験をする前に、人工雪生成をすることは教育的に意味があります。霜と雪の違いを明確にすることも大変重要です。短時間に人工霜を作るにはドライアイスを使います。

- ・まず、ヨーグルト容器のキャップに、穴を開け、糸を通し、クリップを用いて糸がふたから落ちないように固定します。糸はボトル内でピンと張 カット綿 るように、糸の先にナットをつけます。
- ・カット綿を図 A のように糸に巻きつけるように取り付けます。カット綿を巻き終えたら、飲み口に押し込んでキャップを閉めます(図 B)。



図A口の部分の作り方

- ・スチロールの容器に、ペットボトルを入れ、まわりをドライアイスの粉で満たします。ド ライアイスを粉状にするのが一つの重要なポイントです。
- ・ドライアイスの塊(かたまり)を袋に入れて、金槌(かなづち)でたたき、粉々にします。 粉状ドライアイスをヨーグルト容器のまわりに入れた後、ティッシュで上をおおいます。
- ・キャップ上部から、スポイトを使って、水(約30度)をカット綿に送ります。



図B ヨーグルト容器の断面図

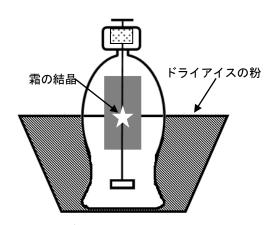


図 C ヨーグルト容器を用いての人工霜生成装置



今回は霜を作る容器はあらかじめ準備してあります。これを容器に立てて入れます。粉のドライアイスを入れて、ティシュでおおいセロテープで固定します。スチロールの容器は2重にして断熱を良くします。

- ・ヨーグルトの容器のキャップに小さな穴があいています。そこにスポイドの水を少しずつ のせると、水はすいこまれて綿をぬらします。綿から水蒸気が容器の下に向かって流れ、 糸に霜を作ります。スポイドで与える**水は全部で2~3CCです**。
- ・10分くらいするとすぐに分かるほどの大きさの霜が見えます。霜が見えやすいよ うに、ヨーグルト容器の背部に青テープを貼(は)っています。



LED でななめから照明して、後ろの 青いビニールテープを背景に、人工霜 を観察しましょう。



霜は速く成長するので、形が木の枝の様 になります (マクロレンズで撮影)。

・10分、20分、30分ごとに形を虫メガネで 観察しましょう。十分大きくなったところ で、雪採集装置の上に落し、顕微鏡観察し ます。

注意:人工霜生成装置を動かすと、霜は落ち てしまいますので、気を付けてください! して顕微鏡観察をします。



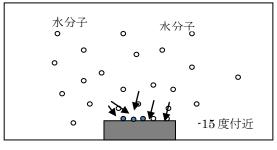
霜のついた糸を雪観察装置にうつ

4. 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℃から-20℃付近の温度で集まって、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、雪の結晶ができます)

・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として用いると(これをブラインと言う)-20℃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。

<プラスティ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、今回は、もう1つの簡単な方法で人工雪を 作りましょう。それはプラスティ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(塩ビ板: 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(電気をおびること)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

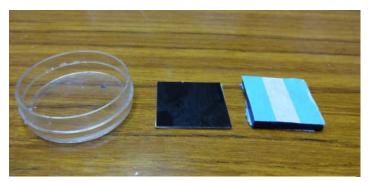


検電器を使うと、 目に見えない電 気が見えます

ピンセットで紙をはがした後

・プラスティック板と小さいプラス ティックシャーレの間にスペー サーとして、画用紙をはりあわせ 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。

紙をピンセットではがし、はが



左のプラスティックケースに紙と右側の板をはります

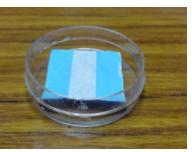
した方の面にグリスをぬって、ケースの中にはり付けます。グリスをぬることで、プラス チックの板とブラインの熱の伝わりがよくなります。こうした物を**各グループ2個用意し て下さい**。 **今回は、すでにシャーレにプラスチック板をはりつけています!**



グリスをぬり、プラステ ィックシャーレにはる



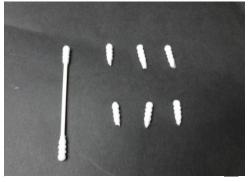
はりつけた黒の紙に、さ らにグリスをぬる



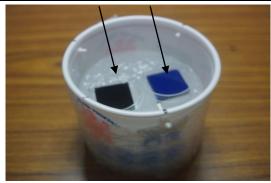
グリスのついた黒の紙に、青プ ラスティック板をおしつける

注意:青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。

> 大きなピンセットを使って、プラスチックシャーレを上から押して プラインに少しおしこみます。



人工雪生成容器にさしこむ綿棒



ブラインを入れた後、綿棒をさし、ブラインの 上にプラスチックシャーレを2個のせる

<ブラインを容器に入れた後の実験の手順>

- 1) 綿棒は太い方が容器の内側になるようにさします。
- 2) 2個のプラスチックシャーレをピンセットでブラインの上におしこむようにしてのせる。
- 3) すぐにクッキングラップをかけて、内部の湿った空気を追いだすようにチッソガスを吹き付けます。



クッキングラップをかけ、 チッソガスを流して湿度 の高い空気を追い出しま す。

注意:ブラインの近くを吹きつけないように、水が飛び散ります!

- 4) クッキングラップを輪ゴムで固定し、アルミホイルをかけ、まわりから熱が入らないよ うにします。
- 5) シャーレをのせてから5分後に、注射器で3個の綿棒に、水をそれぞれ数滴送ります (針先でクッキングラップを破って、外側に突き出ている綿棒に水を与えます)。
- 6) さらに5分後、また、水を数滴送ります(内側の綿棒に直接針をさします)。
- 7)それから $5 \sim 10$ 分後、容器を実体顕微鏡の下に移動して基板の上にできた結晶を観察します。



アルミホイルで外から容器に熱が入 るのをふせぎます。



5分後、および10分後に注射器でわずかに水 を送ります。



基板をブラインの上に置いてから約15~20分後に顕微鏡観察をします。まず20倍で全体を観察し、40倍に切りかえて、1個の結晶を観察します。顕微鏡装置付属の照明で不十分な場合は、別のLEDで表面を照らします。



・人工的に作った広幅六花の結晶。少し枝が非対称に伸びているのは、容器内の水蒸気に 不均一があるためと考えられる。また、プラスチック表面の静電気の作用で枝が曲がった 結晶もある。基板が青なので人工雪の結晶がより美しく感じられます(20倍で観察)。

<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(ほしじょう結晶)



扇形(おおぎがた)結晶



角板(かくばん)結晶

室温が20度以上になる場合は、今回の容器では結晶生成は困難となります。 その場合は魔法瓶を使い、魔法瓶の中で人工雪を作ります。