

<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、この美しい雪の結晶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。それは結晶がすぐに溶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、“部分冷却法”を用いて、雪の結晶を溶かさないうち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”（あらしただけ、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>

- ・ドライアイスを入ると容器の内部は雪を溶かさないうち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。次のページの左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。



外は寒いですが、部屋の中で顕微鏡観察ができる
(旧和泉村、民宿「きじま」にて)

旧和泉村で撮影した美しい
自然雪の顕微鏡写真

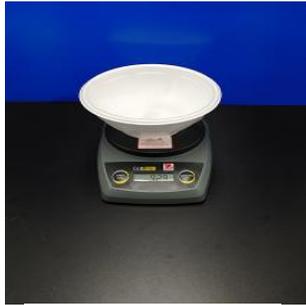
<雪と塩を用いる方法>

- ・ドライアイスを用いる方法はすぐれています、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、家で行って下さい。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(大気圧下では)0℃ですが、塩と氷を混ぜると**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、大ざっぱに雪：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



氷を入れる

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。

・雪（かき氷）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 Spoon 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。



雪と塩をよく混ぜる。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

・ブラインが少し柔らかく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10CC入れます。注射器（針がないもの）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。

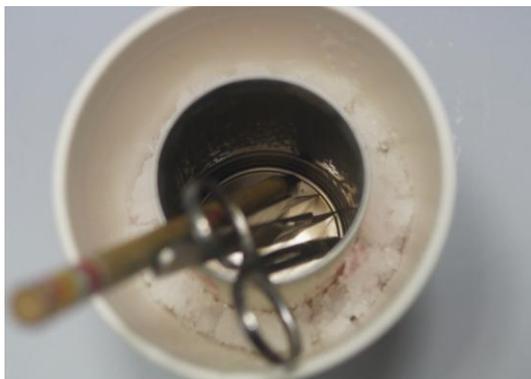
Q：ブラインの温度は何度でしたか？

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、全員が雪観察を行うためには、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、小筆などを入れて冷やすのに使用します。



ピンセット、はさみ、小筆などを冷やすの
に使用します。



上部にアルミホイルをかけ
熱が入るのをふせぎます。

雪が降らない場合に使用するドライアイスで作った霜



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0.5mm)(または青色工作用紙)を直径5.5cm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イルの中央に置き、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

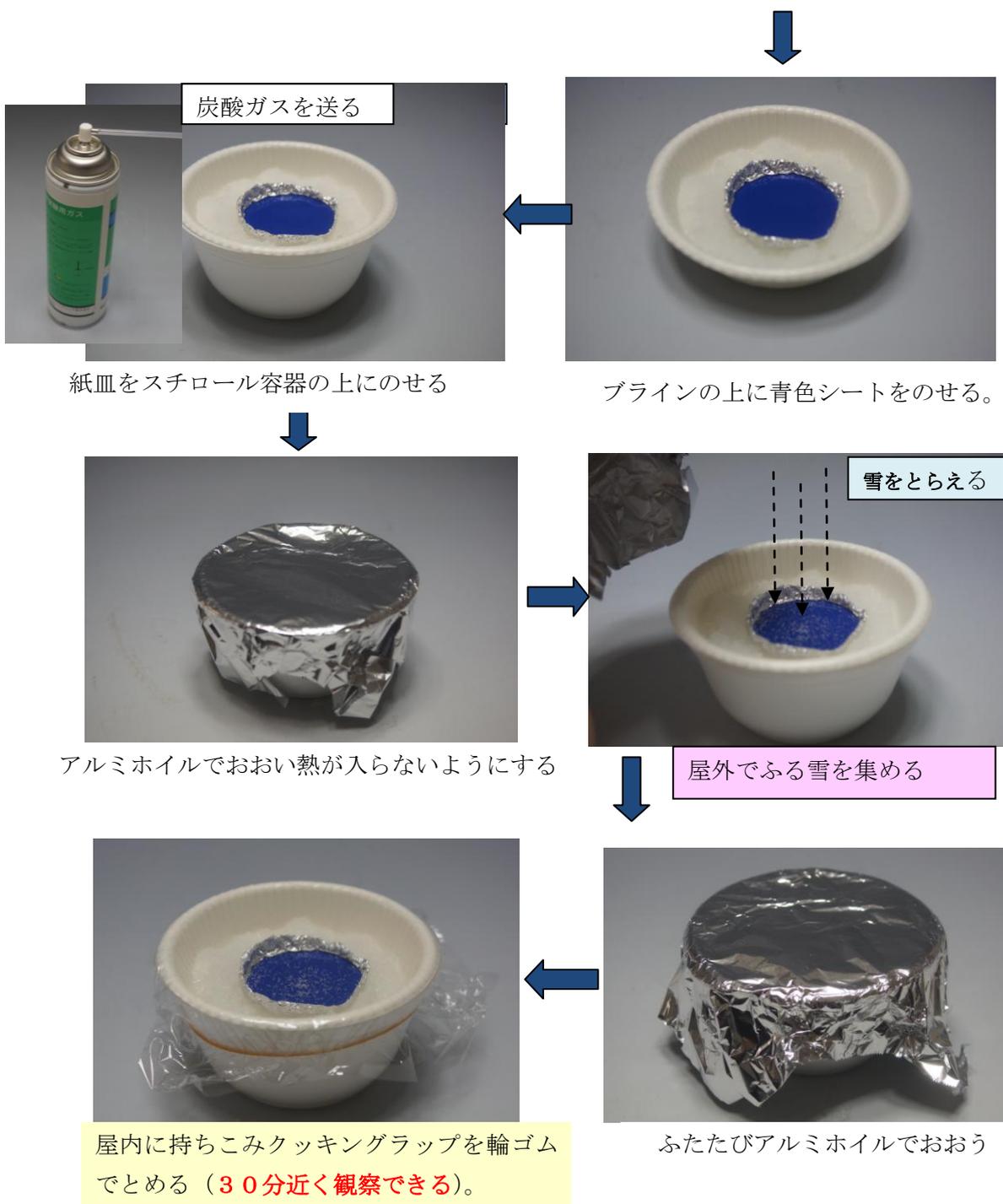
- ・顕微鏡は各班1台しかありません。雪が沢山ふっているとき、だれもが雪を採集して、ルーペで雪の観察が楽しめるように、1人1台の観察装置を準備しましょう。
- ・紙皿は直径125mm、高さ30mm、スチロール容器は直径130mm、高さ70mmです。



1人1台の雪観察装置に使用する道具



作ったブラインの半分を紙皿に入れる



- ・今回、紙皿を使って雪観察装置を製作したのは、雪をルーペで観察するためです (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、冷やした小筆の毛を使って青色シートの上ののせます。

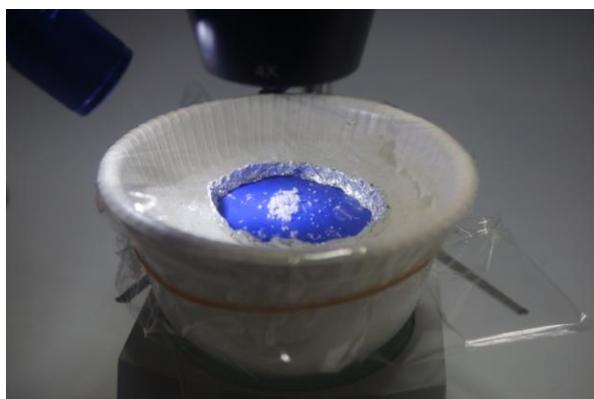


15倍、または10倍のルーペを使って雪の結晶を観察しましょう！
窓際の明るい所では照明がなくても結晶が見えます。

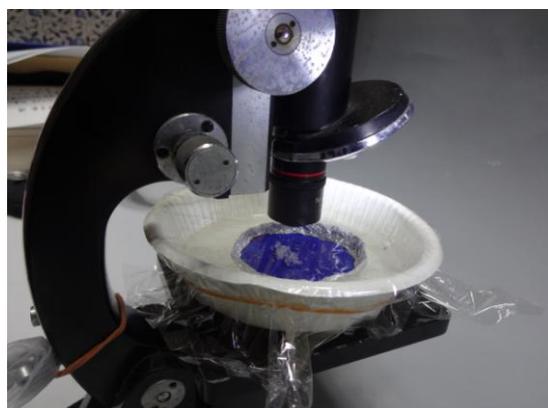
冷やした小筆の毛ではらって、新たに雪をとらえましょう！

<各自順番に顕微鏡で観察します>

カメラのマクロレンズを使っても撮影できます。

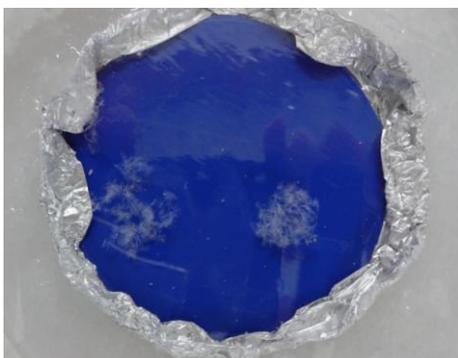


実体顕微鏡付属の照明で明るさが不十分な場合は、手持ちLEDで照明します。

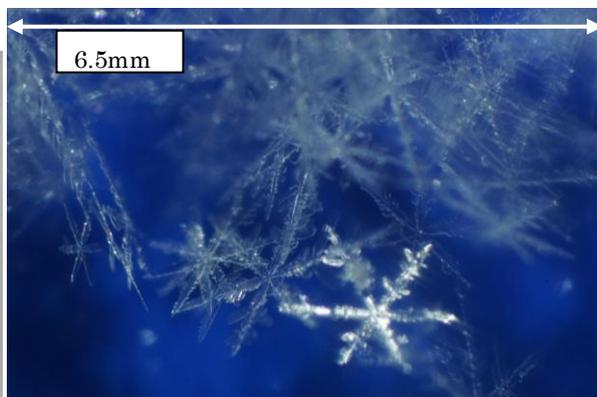


通常の顕微鏡でも観察できます(約40倍)
(ラップが曇るとき、ティッシュでふく)

- ・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6cm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。
- 一方、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。



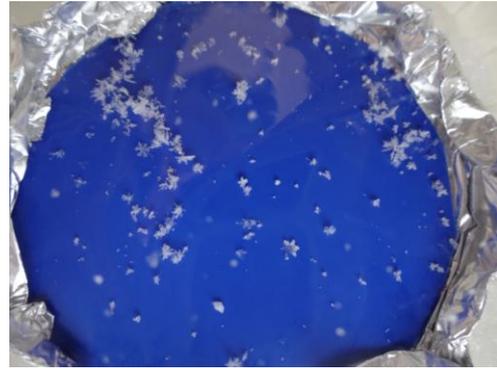
福井市内で、ボタン雪を直接観察装置でとらえた(外気温 1.1℃)



左の一部を実体顕微鏡(20倍)で観察しました(美しい樹枝状結晶があります)。

<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。中谷ダイア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異なります。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す方法

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、冷やした小筆を使って、小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。

ブラインを作るときの食塩水の量を減らし、あまりべとべと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て雪の採集装置を作る



塩70グラム、雪160グラム、飽和食塩水を約5℃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く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>



長時間の雪観察装置を作るための道具



ブライン全部を入れる



2つの容器の間にティッシュをつめます



ラップをかけ、炭酸ガスを送る



準備ができるまでアルミホイルでおおいます



冷やした小筆で、雪を雪採集装置から観察装置に移します



実体顕微鏡の下に置いて雪結晶を観察します

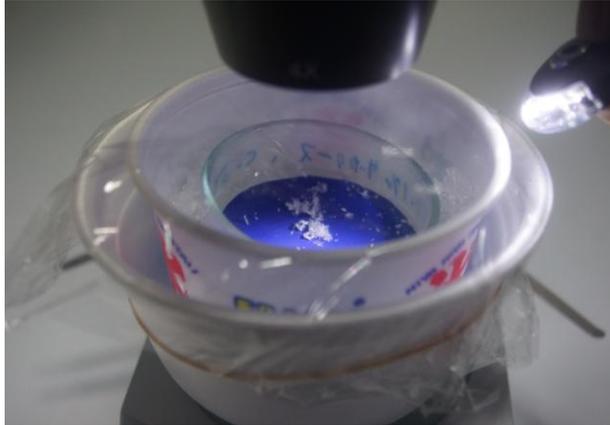


ふたたびラップでおおい輪ゴムをかけます

• 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。照明が不足する時は手持ちの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るので、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。したがって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。



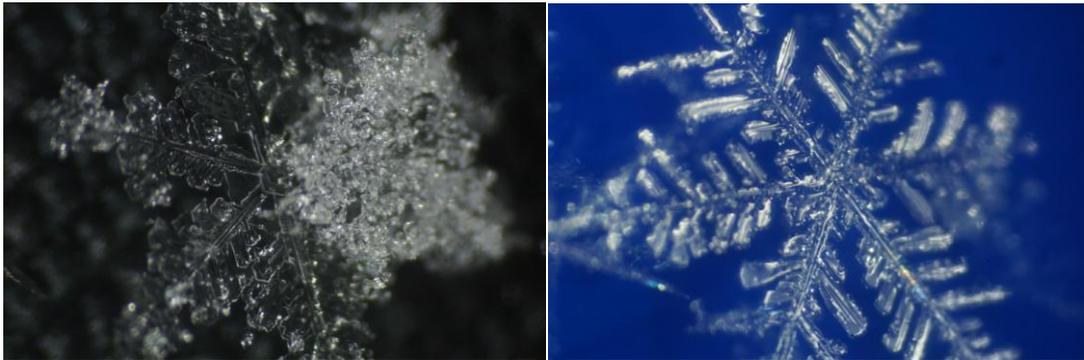
扇形結晶と樹枝状結晶が見られます。これらは異なる条件で生成されています。

福井市内で観察された樹枝状の雪結晶に粉雪が混じっています（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ある程度防ぐことができます。雪が比較的たくさん降っているときは、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。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>

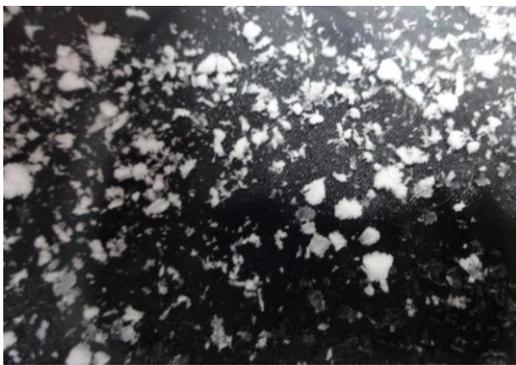
- ・北陸地方は北海道などと異なり、上空から地上にわたって水蒸気量が多く、雪結晶が生成して落下してくる間に空気中の水蒸気が雪表面に小さな氷の粒として付着します。これを雲粒（うんりゅう）と言います。しかし、夜や早朝、気温が零下に下がり、チラチラと降る雪の場合は、北海道などで観測される雪と同じように素晴らしい結晶です。



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の結晶（顕微鏡40倍で観察）。

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



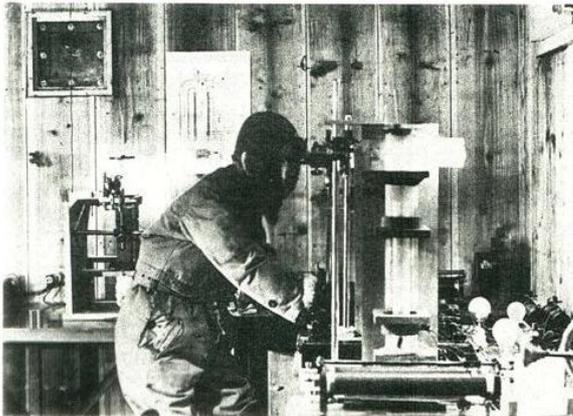
寒波が襲来して多量の雪が降る時は、ほとんど無定形の粉雪となり雪結晶の顕微鏡観察に適しません。これは上空の温度が低すぎ、そこに多量の水蒸気が入りこんで急激に水蒸気が氷るためです。しかし、夜になり、水蒸気量が減少するときれいな結晶に変わります。



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。

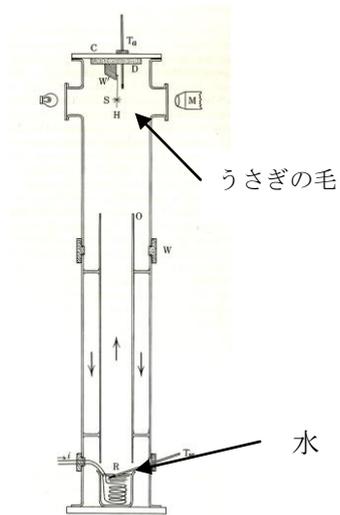
2. 中谷博士の人工雪の実験

- 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°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。



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



中谷博士らを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。
- 平松方式では、ドライアイスが 1~2 kg ととてもたくさん必要です。ここでは少量 (約 250 グラム) のドライアイスで人工霜を作ります。

- ・小ペットボトル（ヨーグルトの容器）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。カット綿を巻き終わったら、飲み口に押し込んでキャップを閉めます（図 B）。

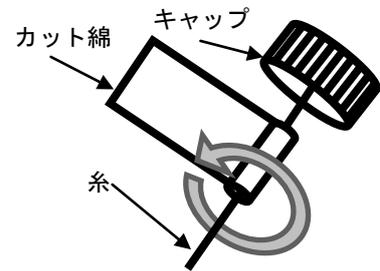


図 A 口の部分の作り方

- ・スチロールの容器に、ヨーグルト容器を入れ、まわりをドライアイスの粉で満たします。ドライアイスが粉状にするのが一つの重要なポイントです。
- ・ドライアイスの塊を袋に入れて、金槌でたたき、粉々にします。粉状ドライアイス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20度）をカット綿に送ります。

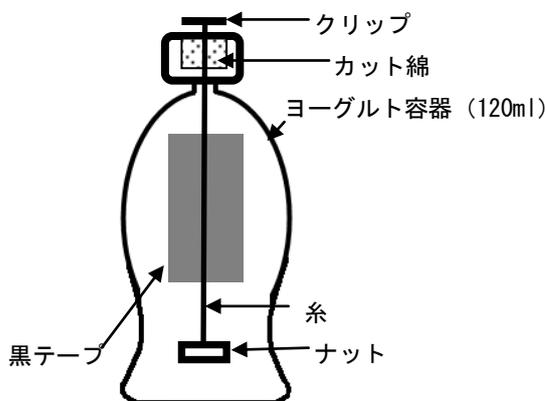


図 B ヨーグルト容器の断面図

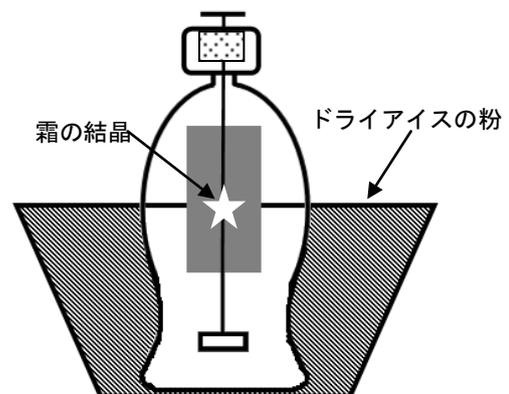


図 C ヨーグルト容器を用いての人工霜生成装置



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、ティッ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。

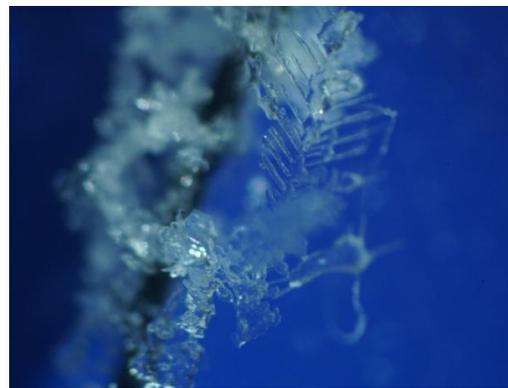


LED でななめから照明して、後ろの青いビニールテープを背景に、人工霜を観察しましょう。



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とし、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

てしまいますので、気を付けてください！

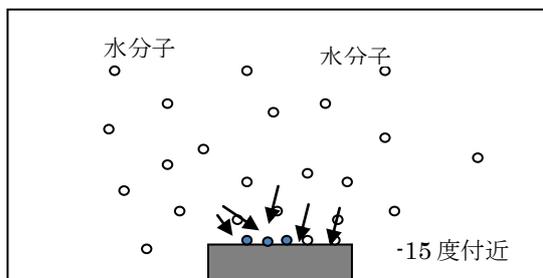
霜のついた糸を雪観察装置にうつして顕微鏡観察をします。

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°C から -20°C 付近の温度で集まって、昇華凝結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。

(上空では空気中のチリ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°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。

<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、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(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するための薄い紙が貼ってあります。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。



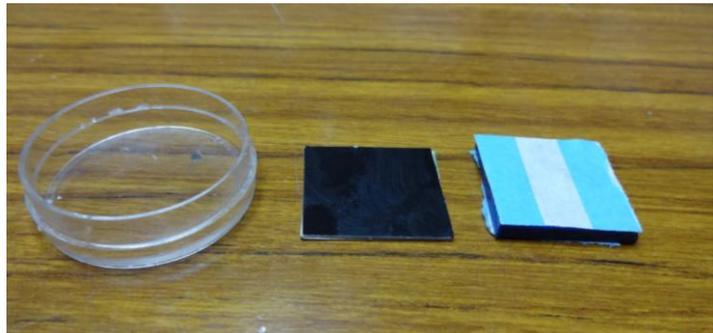
紙をはがす前



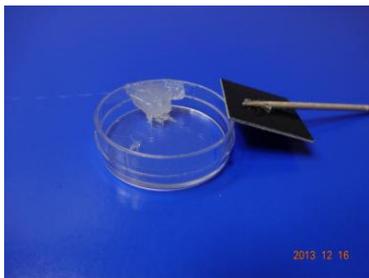
ピンセットで紙をはがした後

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。



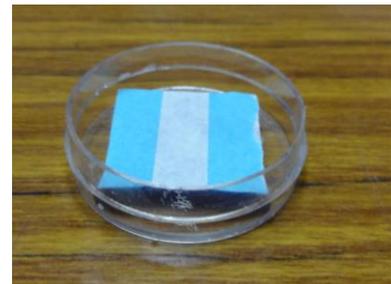
- 紙をピンセットではがし、はがした方の面にグリスをぬって、ケースの中にはり付けます。グリスをぬることで、プラスチックの板とブラインの熱の伝わりがよくなります。こうした物を各グループ2個用意して下さい。 **今回は、すでにシャーレにプラスチック板をはりつけています！**



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



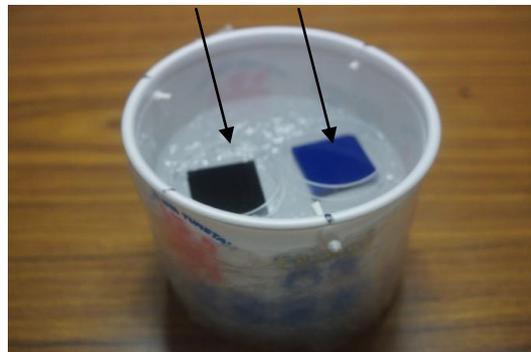
グリスのついた黒の紙に、青プラスチック板をおしつける

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。ブラインの上に置く直前にはがします。

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ブ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のせます。
- 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出すようにチソガスを吹き付けます。



クッキングラップをかけ、チ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！

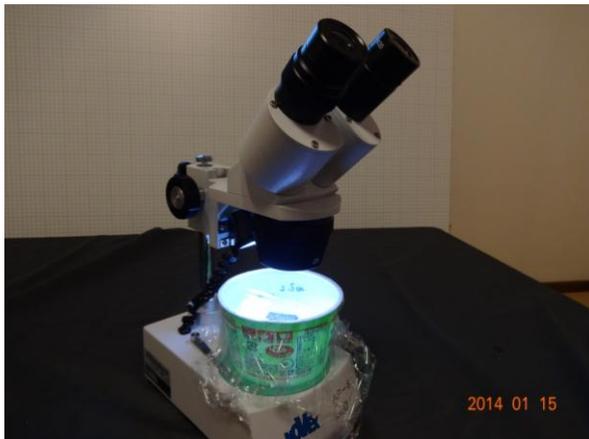
- 4) クッキングラップを輪ゴムで固定し、アルミホイルをかけ、まわりから熱が入らないようにします。
- 5) シャーレをのせてから5分後に、注射器で3個の綿棒に、水をそれぞれ数滴送ります（針先でクッキングラップを破って、外側に突き出ている綿棒に水を与えます）。
- 6) さらに5分後、また、水を数滴送ります（**内側の綿棒**に直接針をさします）。
- 7) それから5～10分後、容器を実体顕微鏡の下に移動して基板の上にてきた結晶を観察します。



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、次に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。

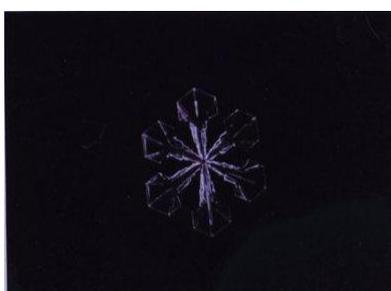


・人工的に作った広幅六花の結晶。枝が非対称に伸びているのは、容器内の水蒸気に不均一があるためと考えられます。また、プラスチック表面の静電気的作用で枝が曲がった結晶があります。基板が青なので人工雪の結晶がより美しく感じられます（20倍で観察）。

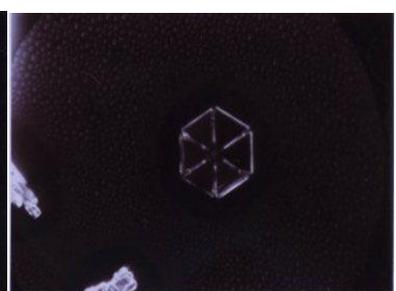
<黒のプラスチック表面にできたいろいろな形の人工雪>



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、その中で人工雪を作ります。