

**<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 18日(水) 9:30~11:30

会場(三国南小学校、坂井市)

**映画「科学の祭典」
実験「人工雪の実験」**



ヨーグルトの容器にブライン(かき氷と塩を混ぜたもの)を入れ、その上に基板をのせて人工雪を作る



冷やした基板の上に水蒸気が集まり人工雪ができる(双子の人工雪)

**<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> : 三国南小学校(福井県、坂井市)

「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：科学の祭典>（NPO 科学映像館配信）

製作：東京シネマ 企画：社団法人国際技術協力協会

後援：通商産業省 1965 年 イーストマンカラー 59 分(内、今回 20 分映写)

第 18 回オリンピック東京大会は、それまでのオリンピックに比べて、全ての事に関して“科学・技術”がふんだんに取り入れられ、全世界の称賛の的となり、「科学の祭典」と呼ばれました。記録にいとむ各国選手に激賞されたグラウンドは日本独自のネオ・H-アンツーカーでした。また、世界の水準をはるかに抜いて初めて公認された日本のエレクトロニクス計時装置と写真判定装置、そして、感激の坩堝（るつぽ）と化した東京オリンピックのテレビ放送をオリンピック史上初めて世界に発信した茨城県鹿島の衛星通信基地等々。

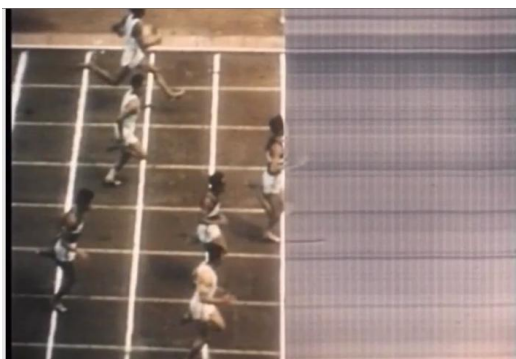
これは白熱する東京大会を成功に導いた日本の科学・技術を、広く国の内外にアピールするために製作された科学記録映画です。



1964 年に開かれた、東京オリンピックは“科学の祭典”と呼ばれました。



それまでのオリンピック競技場の土を研究し、日本独自の土を作りました。



それまでのストップウォッチは、100分の1の精度の写真判定に代わりました。



衛星通信を使って、初めて、オリンピックを世界に向け、実況放送しました。

<実験：人工雪の実験>

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°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。
- これまで、教育現場で使え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い出し、これを教材として利用することを試んでいます。

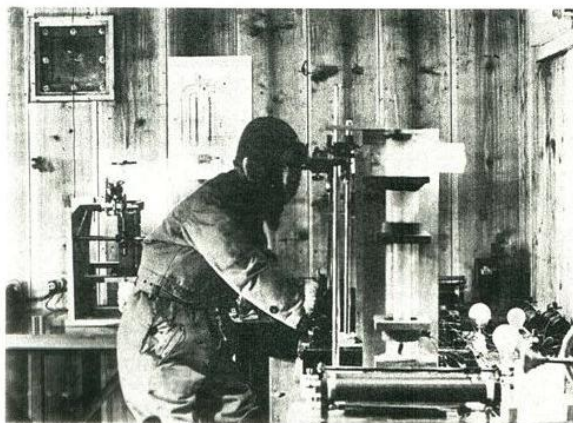
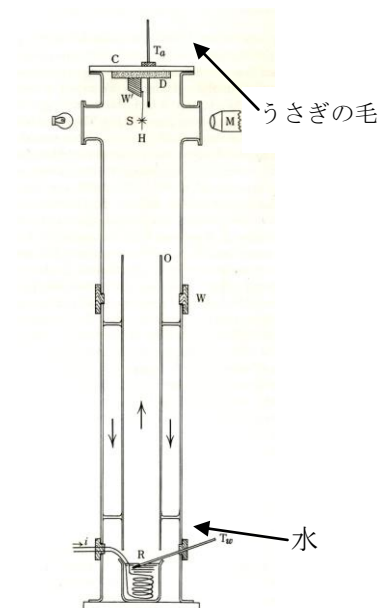


FIG. 267. The author and the snow-manufacturing apparatus in the cold chamber.

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

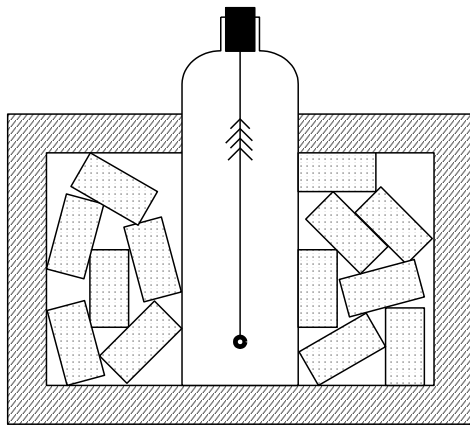


中谷博士らが用いた人工雪を作る装置
(Snow Crystals, ハーバード大学出版、
1954 年) より

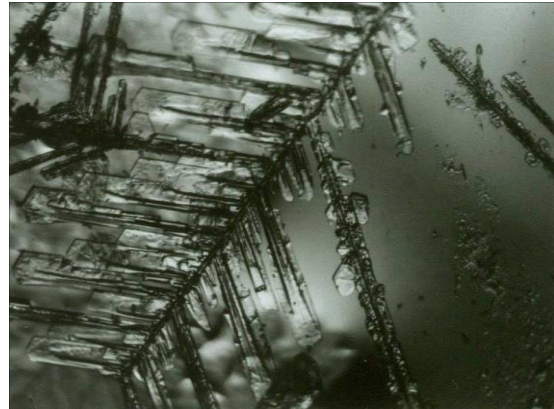
2. 人工霜の生成

- 人工雪の実験を行う前に、人工霜の実験を行うのは教育的に意味があります。

- ・元旭川西高等学校の平松先生が20年前に開発した装置は、暖かい部屋の中でも簡単に人工雪ができるといわれ、発表当時話題となりました。この方法は、ペットボトルを使うことからペットボトル方式とも呼ばれています。



ドライアイスを使って作る人工霜の実験



人工霜結晶の顕微鏡写真

- ・発砲スチロールの箱のふたに穴をあけ、500mlのペットボトルの上部が首を出すようにセットします。セットする前に、ペットボトルに息を吹き込んで、多量の水蒸気を入れておきます。また、ペットボトルの中に黒い糸たらししておきます。ペットボトルの周囲にドライアイスを入れて冷却し、結晶のできる様子を、斜め上方から観察します。
- ・我々は、結晶成長後、この装置を低温室に移動させて結晶を取り出し、顕微鏡下で観察を行いました。黒い糸の1~2cmの長さにわたって結晶の芽が密集しているのが分かりました。上の右の写真はその結晶の顕微鏡写真です。
- ・中谷博士らの研究によると、雪の結晶には、結晶の枝の軸方向に2本の溝があることが分かっています。しかし、このペットボトル方式でできた結晶には、その溝が見られません。したがって、**これは雪ではなく、霜です。**
- ・この装置で雪の結晶ができない理由として、冷却（れいきゃく）されたペットボトル内部の水蒸気の量が著しく高くなっていることがあげられます。顕微鏡で見ると、糸表面に、こおった水滴がたくさん付着しており、その水滴から、霜状の結晶が伸びているのが観

察されます。この方法では、水蒸気の量が多すぎ、また、結晶の成長速度も非常に速く、

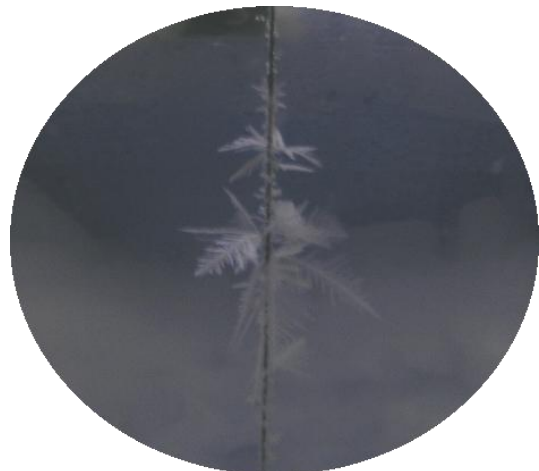
このような条件では**雪の結晶**はできません。

- ・きれいな雪の結晶を作るには、水の分子が整然（せいぜん）とならねばなりません。
- ・平松方式では沢山のドライアイスがあるので、小さい容器を使い人工霜の実験をしました。

ドライアイスは粉にして使います。下の写真はヨーグルト容器にできた霜の結晶です。



写真D 人工霜生成装置

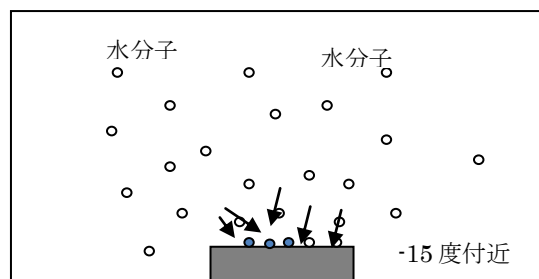


写真E 霜の結晶

3. 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となる。

（上空では空気中のごみなどを核にして水分子が集まり、雪結晶ができる）

- ・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°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。

＜実験の準備＞

①. 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っているところ

- ・アルコール温度計は、温度を測（はか）りたいものに垂直にさし、温度が変化しなくなったら温度目盛り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、その物体の表面の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			
氷の温度			

②. 容器の準備

・人工雪を作る容器は、ヨーグルト（十勝ヨーグルト[明治]）の空き容器を利用して作ります。ヨーグルトの容器のまわりに、荷物のクッションに使う、プチプチをまきます。

こうすることで、断熱（だんねつ）が良くなります。



必要な材料があるか点検します。



容器に両面テープをはりプチプチを巻く。



底にしいたプチプチはセロテープで側面に固定する。



かどのはみ出たプチプチをはさみで切ります。

・ 1 グループに 4 個の容器を用意しています。2 個ずつ使います。

③ 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。**



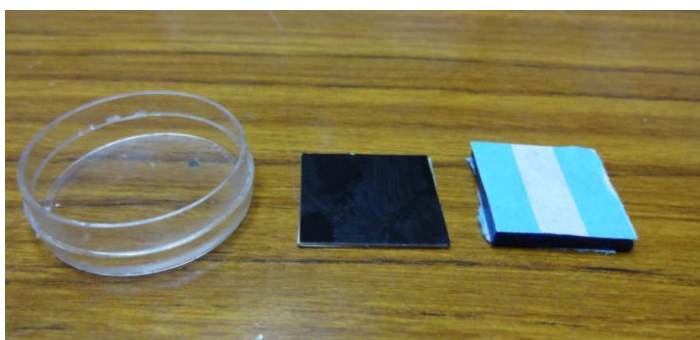
紙をはがす前



ピンセットで紙をはがした後

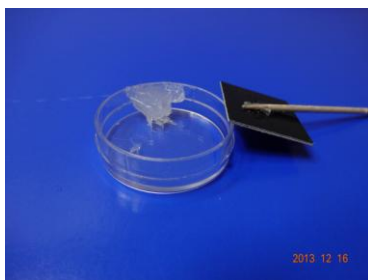
検電器を使うと、
目に見えない電
気が見えます

- ・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。



必要な材料(プラスチックシャーレ、はりあわせた黒の工作画用紙、プラスチック板)を点検します。

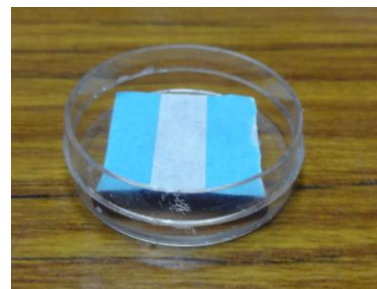
- ・はりあわせた黒の画用紙の一方の面にグリスをぬって、プラスチックシャーレにはり付けます。グリスをぬることで熱の伝わりがよくなります。青のプラスチック板の一方の紙をはがしてグリスをぬり、青のプラスチック板を黒の工作画用紙にはり付けます。



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



黒の紙に、青プラスチック板をおしつける

こうした物を各グループ4個用意して下さい。

- ・ **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。

④. 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°C ですが、塩と氷を混（ま）ぜるとマイナス 20°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、氷(雪)と塩の重さの割合を約7対3とします。**

- ・ 塩を46グラムはかり、氷（雪）を120グラム程度はかります。それぞれ別のスチロール容器に入れます。

(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差し引いた値を表示します)。



デジタルはかりではかる

- ・ 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。



電動かき氷機



手でおすとモーターが
回転し氷がけずれる



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。

- ・ジャンボラーメンの容器に、けずった氷 **106グラム**と、**塩46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、飽和食塩水
を加える



ブラインの温度をすばやく測定する

- ・ブラインに少し**飽和食塩水**（**溶けきれないほど塩をふくむ水**）を入れ(約15cc)を加えて、ブラインが少しべとべとになるようにします。**ブラインを少しべとべとにするのは、プラスチック板とブラインの間で熱がよく伝わるようにするためです。**
- ・ここで、ブラインの温度を、デジタル温度計と非接触温度計ではかってみましょう。
(注意：ブラインの温度が上がってきますので、すばやく温度をはかって下さい。)

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ヨーグルトの容器2個に入れると、容器の上から約2 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、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、ブラインにシャーレが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（ねつせしよく）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（手でおしてもよい）。

- ブラインを入れた容器の上の方に小さな穴が3個あいています。その穴に綿棒綿（めんぼう）をさしこんでください。必要に応じて、綿棒に水を与えます。



注意：綿棒は太い方が外に出るようになります。

・アルミケースをブラインの上に乘せたら、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つき雪となります。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**湿度が低すぎる**ときは、容器に取りつけた綿棒に**注射器**を使って水を1～2滴送ります。水は1分後に与え、さらに10分後にも与えます。

・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度追い出し、あらためて綿棒から水を送ります。



注射器の針をさして、クッキングラップを破って水を送ります。

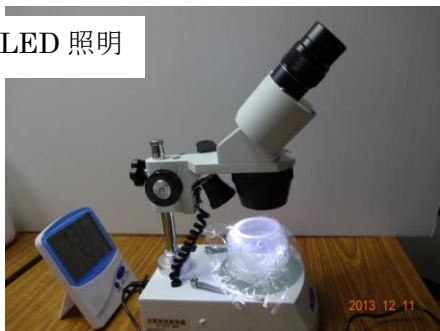


湿度が高すぎる時は、チッソガスを流して、一度空気を追い出します。

⑤. 結晶の顕微鏡観察

- ・ ブラインの上に青のプラスチック板の入ったプラスチックシャーレを乗せてから、
約10分ー15分たったら、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。

LED 照明



市販の実体顕微鏡は20倍と40倍の切りかえになっています



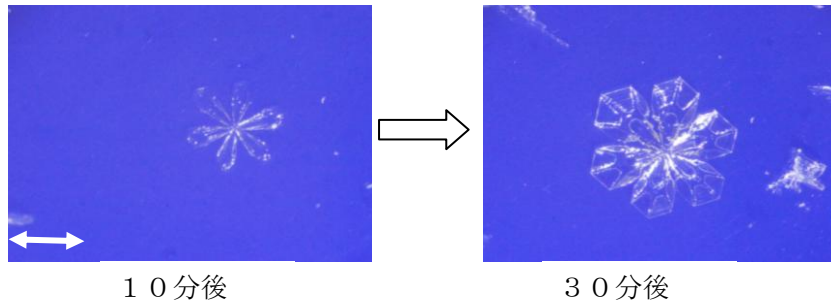
手作り顕微鏡は約45倍の倍率です



15倍のルーペでも見えます

- ・ 結晶がうまくできないときは、ふたをあけて、青プラスチック板の表面の温度を、非接触温度計で測定してみましょう。表面の温度がマイナス12度以下になっていないと、雪結晶は成長しません。

- ・人工雪は時間とともに大きくなっていきます。星状結晶から、時間がたつと扇形結晶に変わることもあります。



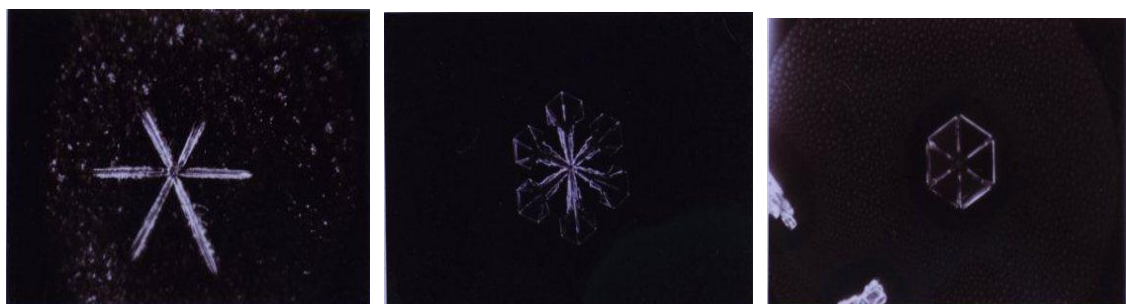
ブルーのプラスチック板に人工雪を作ると、目で見てもより美しく感じられます。矢の長さは1 mm

時間があれば、使用したプラスチックの表面に黒のビニールテープをはって、その表面に雪を作ってみましょう。



黒プラスチック板上に成長する人工雪（樹枝状）

<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）