

## <雪の実験の部>

### 1. 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。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（中谷ダイアグラム）。
- 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んでいます。

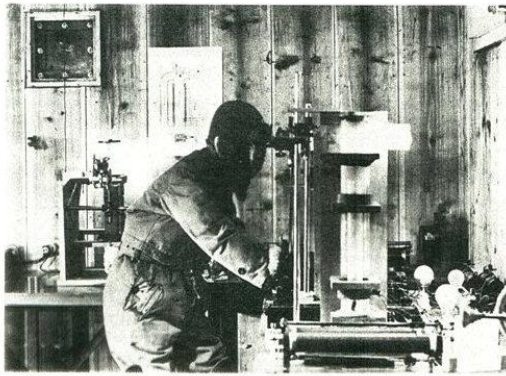
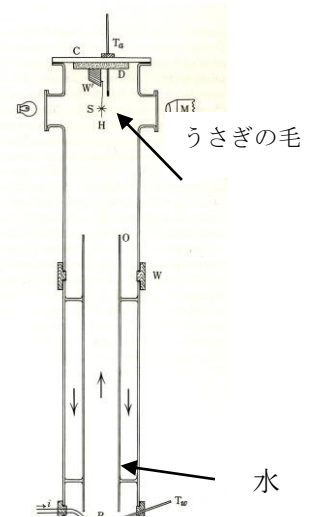


FIG. 207. The author and the snow-manufacturing apparatus in the cold chamber.

低温室で人工雪を作っているところ

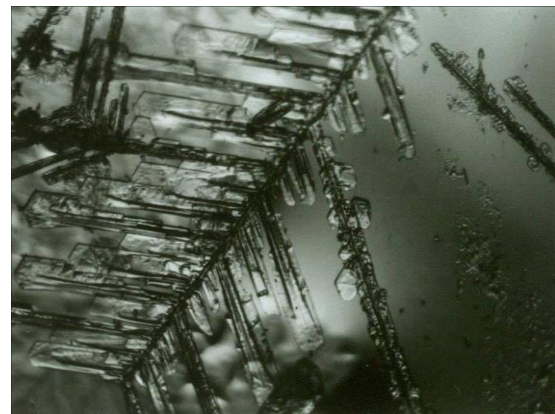
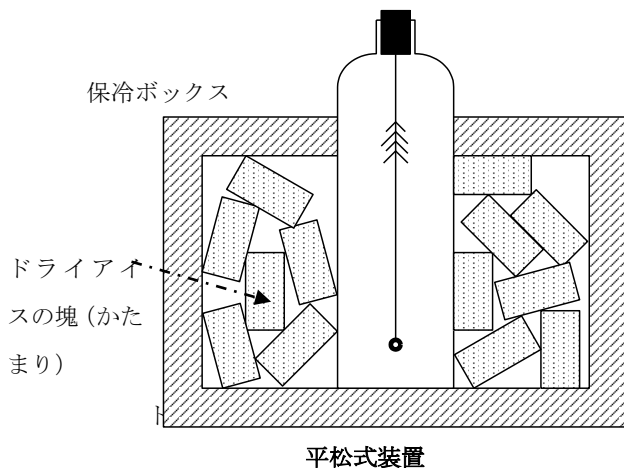
Snow Crystals, U. Nakaya, Harvard Univ. Press. より



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

### 人工霜の生成

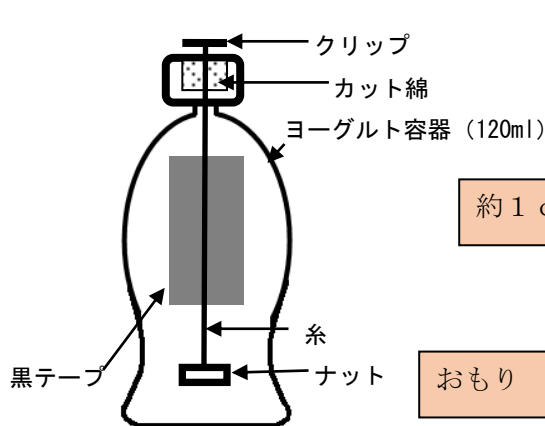
- 人工雪の実験を行う前に、人工霜の実験を行うのは教育的に意味があります。



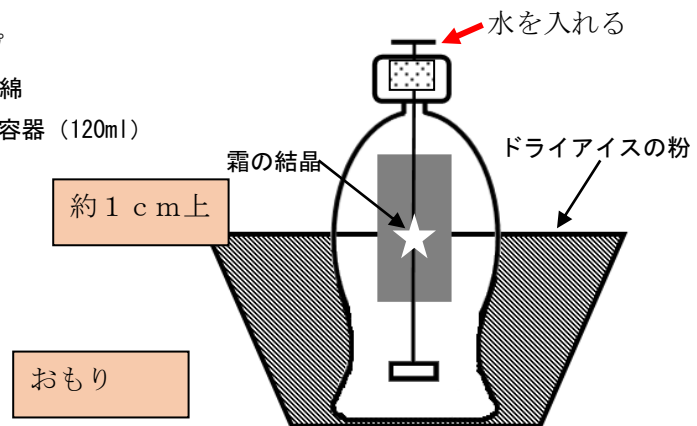
人工霜結晶の顕微鏡写真

### ヨーグルトの容器を使う小型人工霜生成装置

- ・平松方式では、ドライアイスが1～2kgと、とてもたくさん必要です。ここでは少量のドライアイスで人工霜を作る方法を紹介します。
- ・ドライアイスの塊(約150グラム)は袋(ふくろ)に入れて、金槌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。
- ・キャップ上部に穴があるので、スポイドを使ってその穴に垂直にあて、少しずつ水を入れ、カット綿に十分水(約1CC)を送ります。



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



人工霜生成装置

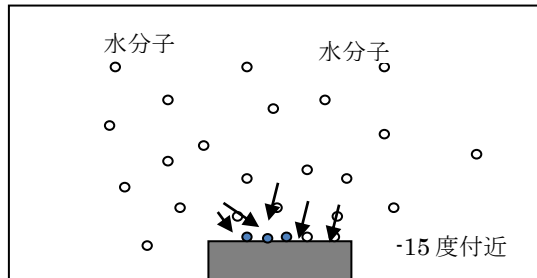


霜の結晶(木の枝のように見える)

### 氷と塩を混ぜて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 $-15^{\circ}\text{C}$ 付近の温度で昇華凝結(しょうかぎょうけつ)(気体分子が集まって、直接固体になる)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、人工的に作ることができます。しかし、実際はとてもデリケートです。



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。

(上空では空気中のチリ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（または積もった雪）と塩を、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ています。**

### 容器の準備

- ・人工雪を作る容器として、プラスチック容器（約480 CC）を使います。容器のまわりに、断熱シートをまきます。こうすることで、断熱が良くなります。



人工雪生成実験に用いる容器

### 基板の準備（基板の上に人工雪を作ります）

- ・今回の人工雪は、青のプラスチック板（笠井産業株式会社 カピロンプレート K5931, コバルト色、1 mm厚,）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薄い紙がはってあります。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。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。**
- ・青色のプラスチック板を検電器の上に置いて、**検電器のハクが開くのを確認しましょう。**



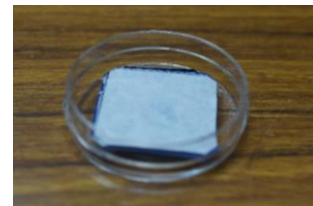
紙をはがす前



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  
**はがした紙も電気。**  
を持っています！

・青い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（すきまを作る物）として、黒の工作画用紙を4枚はりあわせました。熱の伝わり方をゆっくりさせるためです。



人工雪を作る基板の材料

### 氷と塩をまぜ、ブラインを作る

・氷は通常0℃ですが、塩と氷を混ぜるとマイナス20℃ちか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**と呼びます。

・**氷(雪)と塩の重さの割合を約7対3にして混ぜます。**こ

こでは塩を70グラムはかり、氷(雪)を160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。

・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。

かき氷を事前に作り、袋に入れて保冷ボックスに  
(ドライアイスを入れ)ストックしておく！



氷を入れる

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。

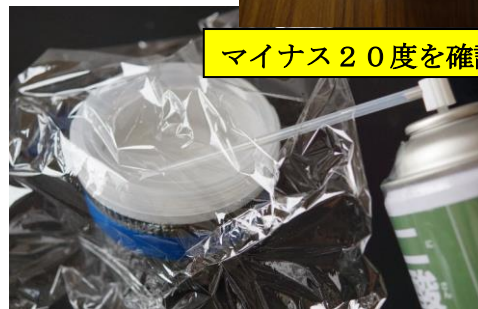


・ブラインをねっとりさせるために飽和食塩水を10～15CC加えます。

・ブラインを入れたら、上からクッキングラップでおおい、CO<sub>2</sub>ガスを流し、**水蒸気をふくんだ空気を追い出します。**



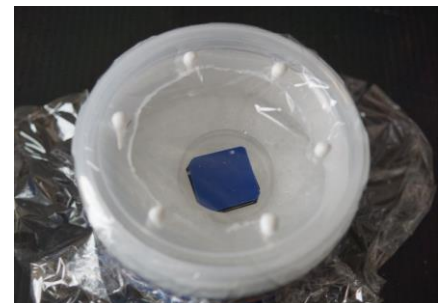
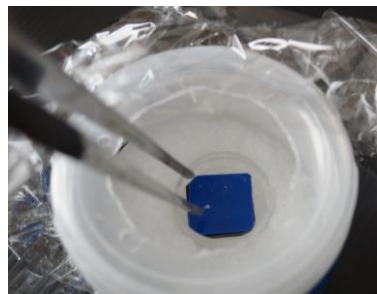
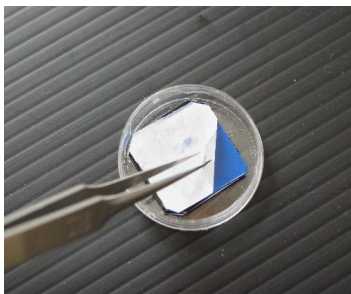
黒の線までブラインを入れる



水蒸気をふくんだ空気を追い出す

・ピンセットで青いプラスチック板表面をおおっている紙をつまみはがします。前に見たように、プラスチック板には強い静電気が発生します(10～20分、乾燥容器に保存します)。

・大型ピンセットでプラスチックシャーレのはしをつまみ、ブラインの上に乗せます。



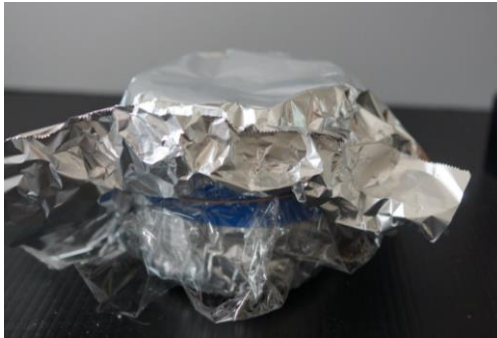
紙をはがした基板をブラインの上に乗せる

・すぐにクッキングラップをかけ、CO<sub>2</sub>ガスかN<sub>2</sub>ガスをもう一度容器の中に流して、中のしめった空気を追い出します。

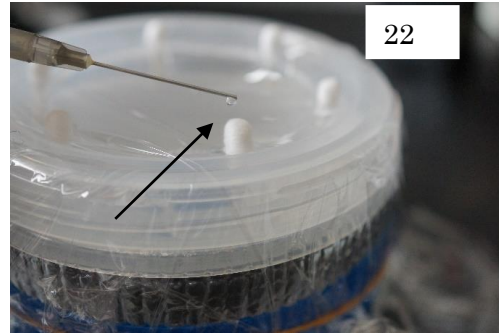
・容器の上部にある6個の穴に**綿棒をしっかりとさしこみます。**綿棒は太い方が上です。

・アルミホイルでおおって、外から熱が入るのをふせぎます。

・注射器の先に水滴をのせ(0.5滴、または1滴)、それを綿棒にふれさせます。すると綿棒がすぐ水を吸い取ります。**少しずつ水を送り、ゆっくり水蒸気を基板に送ります。**



アルミホイルでおおう



注射器の針から水滴を与える

### 注射器を使って水を送る手順

- 1) 基板をブラインの上に置いてから、約3分後、各綿棒に0.5滴の水を与える。(すぐアルミホイルで覆う)
- 2) さらに5分後、各綿棒に0.5滴の水を与える。(すぐアルミホイル)
- 3) さらに5分後、各綿棒に1滴の水を与える。(すぐアルミホイル)
- 4) さらに5分後、1滴の水を与える。(すぐアルミホイル)
- 5) 基板表面を顕微鏡で観察する。まだ結晶が小さい場合はさらに1滴の水を与える。(すぐアルミホイル)

- 基板をブラインの上においてから約20分後には雪の結晶は大ききさ1mmぐらいになっており、目で直接基板の表面を見ると小さい光る物があります。



- 30分たつと2mmぐらいになり、右下のように、板の表面にたくさんキラキラするものが見えます。

**顕微鏡をのぞいて、自分で雪の結晶をさがしましょう！**

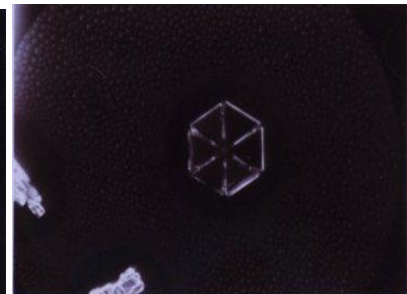
- 青のプラスチックに代えて、黒のプラスチックでも人工雪はできます。



星状 (ほしじょう)



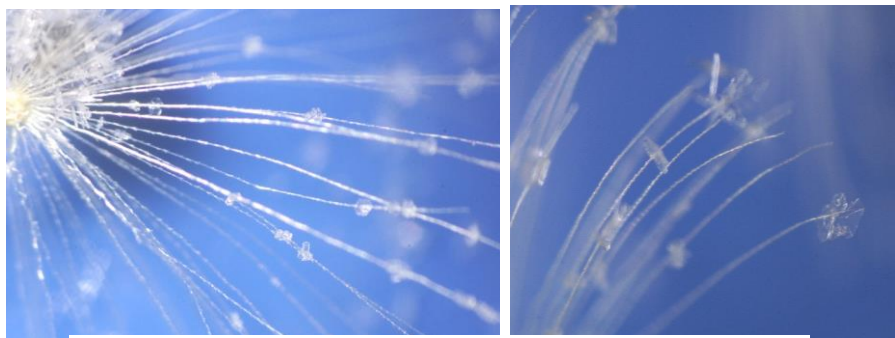
扇形 (おおぎがた)



角板 (かくばん)

### 帯電したタンポポの毛に作る人工雪

- ・上で述べた基板の表面に作る人工雪生成は比較的簡単であり、教育現場で十分使用できるものです。しかし、結晶が基板表面に付着しているため、自然の雪に比べると物足りなく感じます。これを改良するために、空気中に浮いたように伸びる細い毛に人工雪を作ることを試みました。実際にはタンポポの綿毛を使っています。プラスチック基板の場合、静電気が結晶の核の生成に重要でしたが、植物の毛に人工雪を作るときも静電気がとても重要です。
- ・顕微鏡に付属) している照明光は魔法瓶の中に入らないので LED を手で持って魔法瓶の中をてらしてください。



魔法瓶の中のタンポポの毛にできた人工雪



タンポポの毛にできた美しい星状結晶



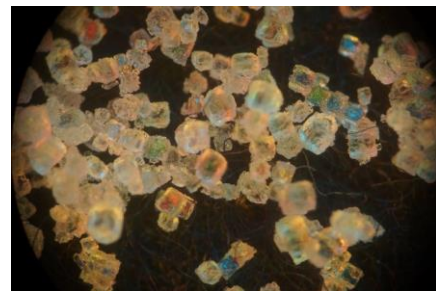
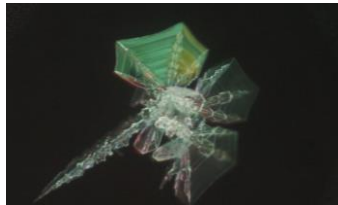
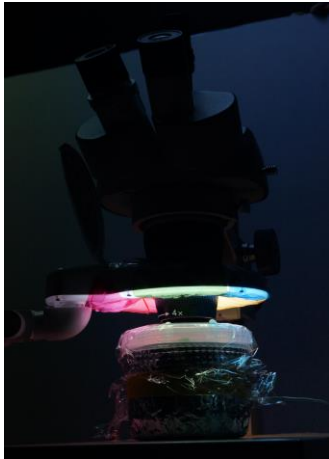
タンポポの毛のトゲが結晶の核となる(40倍)

### 色分けした円形状 LED で照明し、結晶を色づかせる

雪の結晶は、完全に一平面上に分布しているわけではなく、場所によって結晶面がいろいろな方向にわずかに傾いています。自然雪保存装置や、人工雪生成装置の上部に円形状



LED 光源（オーム電機 DS-L8092-2-W 等）を置き、色の異なる 4 種類のセロファンを（赤色、黄色、緑色、青色の順）に配置します。結晶の面方向によって反射する光の色が変わるので結晶が色づいて見えます。蛍光灯では熱が発生するので、不適當です。



塩の結晶も色々づいて見える。また、アルミホイルをしわにして置くとカラフルな色が見える

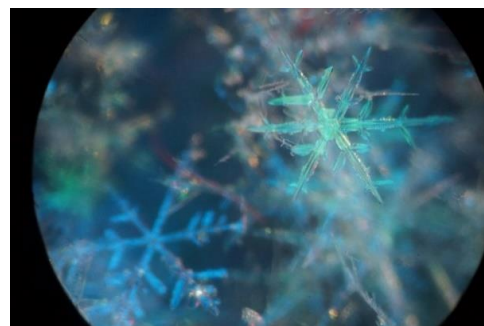
カラフル光源で照らして、雪結晶を観察する。容器を回転すると結晶の色が変化します。

### 自然雪の結晶に色を付けて観察することの意義（自然雪結晶の写真展示）

1) 雪結晶がより美しく感じられる、2) 結晶の凹凸が強調され、微細な構造が鮮明となる、3) ボタン雪のように重なった結晶の中から一部を浮かび上がらせて観察できる。



そばに在っても色が異なる雪結晶



ボタン雪の中で青緑に輝く樹枝状の雪結晶

### 雪はなぜ六角形かを説明

- ・水の分子が集まって雪の結晶を作っています。
- ・全体の形が六角形となった方が、エネルギーが低くなります。透明半球にパチンコ玉や BB 弾を入れてゆすると六角形が現れます。



透明半球に BB 弾を入れて揺ります