

大気条件や実験方法によって雪の結晶はどう変わるか？

生物資源科学部 生物環境科学科

1年 安部 芙夕枝

1年 國光 春花

指導教員 生物資源科学部 生物環境科学科

准教授 井上 誠

1. 目的

私たちは雪に興味があり、特に雪の結晶のできる過程を自分たちの目で確かめてみたいと思った。これまでに、雪の結晶を作る方法として平松式雪結晶発生装置を用いる方法が知られている（全国理科教育センター研究協議会編，1985）。これは、ペットボトルに呼気を入れることで水蒸気をつくり、ドライアイスを用いて氷点下の温度にし、糸を氷の粒の核とすることで雪の結晶をつくり出す装置である。しかし、水蒸気量や気温、実験方法を変えると雪の結晶の種類や形がどのように変わるかを詳しく調べた研究はほとんどない。そこで、雪の結晶が発生するための気象条件を調べ、水蒸気量やその供給方法、結晶の核となる糸の種類を変えたとき、雪の結晶の形にどのような変化が現れるのかを調べた。

2. 実験方法

1つの発泡スチロールに穴を2つ開け、底面にドライアイスを詰めてからペットボトルを写真1のようにセットした。これを基本とし、以下の条件について実験を行った。

糸

釣り糸、たこ糸、黒糸、白糸、刺繍糸を使って、結晶のでき方にどのような変化が生じるのかを調べた。これらの糸の真ん中におもりとして、消しゴムをつけペットボトルの中に垂らし、ゴム栓で固定した。

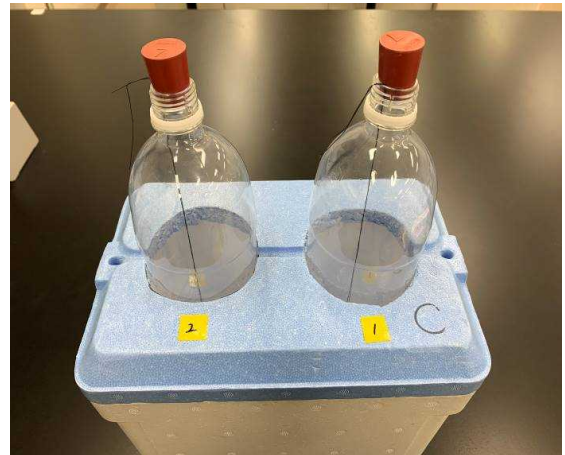


写真1 実験に用いた装置

温度

ペットボトル内で雪の結晶が現れる深さの温度を調べた。ペットボトルの片方には、糸を入れ水蒸気を供給し(写真2 左側のペットボトル)、もう片方には、Nicety社製の熱電対温度センサーを入れた(写真2 右側の装置)。温度を測るためのペットボトル内は写真3に示す通りである。温度センサーを入れたペットボトルの中に、1 cm ごとに目盛りをつけテープと磁石を使って固定した菜箸を入れた。この目盛りに沿って温度セ

ンサを上下に移動させ、深さごとの気温を測った。

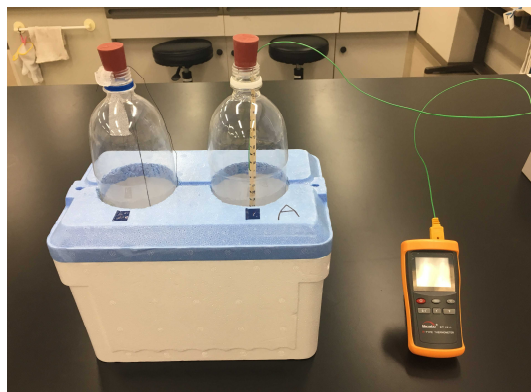


写真2 実験に用いた発泡スチロールとペットボトル(左側)、及び温度センサ(右側)

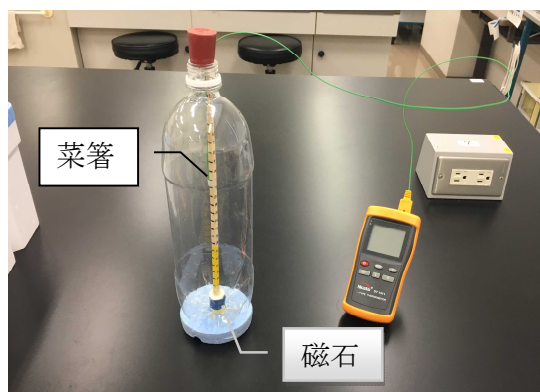


写真3 ペットボトル内の気温を測るためのシステム

水蒸気の供給方法

コットン、ガーゼ、土を用いてペットボトル内に水蒸気を供給した場合と、ペットボトル内に水を入れた風船を置いた場合、そして人の呼気により水蒸気を送り込む場合で、結晶のできやすさに変化があるかどうかを調べた。コットンとガーゼは水で濡らし、ペットボトルの口にゴム栓を使って挟んだ。土は、水で十分湿らせたものをペットボトルの中に入れた。

水蒸気量

コットンと呼気の水蒸気量の差によってみられる結晶の変化を調べた。駒込ピペットで1滴、0.1mL、0.5mL、1.0mLの水を測り取り、コットンにそれぞれを含ませた。ただし、1滴の重量は分からないため、あらかじめ水の重量を電子天秤で測った。水を含ませたコットンをペットボトルの口にゴム栓で挟んだ。また、呼気については、息を1回吹き込む場合と、5回吹き込む場合の違いも調べた。

3. 結果・考察

糸

たこ糸、黒糸、白糸、刺繍糸を用いた場合は、糸の表面に明瞭な結晶が現れた(写真4~7は黒糸の例)。釣り糸を用いた場合、水蒸気が多くないと、雪の結晶が現れにくかった。水蒸気量が多ければ、どの糸であっても結晶が見られた。

このように、釣り糸が他の糸に比べて結晶が発生しにくかったのは、結晶の核となる糸の繊維が少ないからではないかと推測される。

温度

水蒸気の供給方法が土である場合を除いてペットボトルの口から深さ16~17 cm の

位置に雪の結晶が現れ始めた。ペットボトルの温度分布を調べたところ深さ17 cm の気温は-22℃で、深さ16 cm の気温は-8℃であった（図1）。このことから、-22～-8℃で雪の結晶が発生すると考えられる。

これまでの研究で明らかになっている気温と過剰水蒸気密度の関係のグラフ（小林のTa-Δρダイヤグラム；図2）によると、過剰水蒸気密度が0.1 g/m³で気温が-4～0℃のときと、過剰水蒸気密度が0.00～0.15 g/m³で気温が-21～-10℃のときに角板ができると示されている。-22～-8℃のときに雪の結晶が発生したという知見は、小林の結果とよく一致していた。

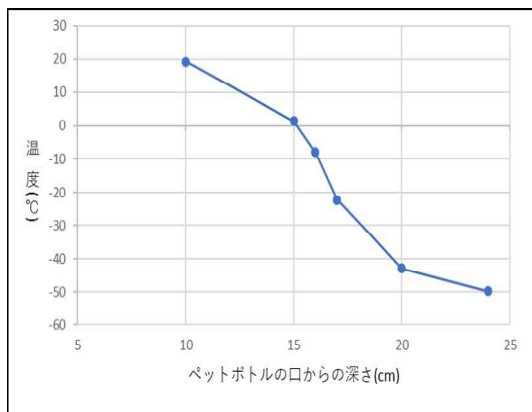


図1 ペットボトル内の気温の変化

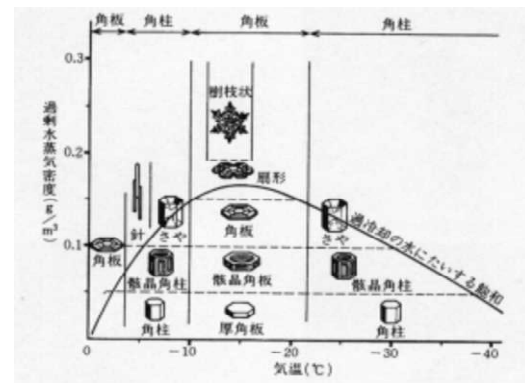


図2 気温と過剰水蒸気密度の関係
(菊地, 2009)

水蒸気の供給方法

コットンとガーゼで水蒸気を供給したときは、比較的早く結晶が現れた。このようになったのは、コットンやガーゼが多くの水を含むことができるためであると考えられる。

土で水蒸気を供給したとき、短時間で糸に結晶が現れ、土の上にも結晶が現れた（写真4）。さらに、他の条件のペットボトルに比べて結晶が下部にできるのが特徴的だった。このようになったのは、土によってペットボトルの下部が保温されたためではないかと考えた。また、下から水蒸気を供給したために下側に結晶が集中したのかもしれない。

水を風船で直接供給したとき、作られる結晶は小さい傾向にあった。これは、水を供給する際に用いた風船の口がほとんど閉じていたために、ペットボトル全体に水蒸気が行き届かなかったことも原因として考えられる。

呼気で水蒸気を供給したとき、コットンやガーゼよりも結晶が成長しにくかった。このことから、呼気はコットンとガーゼよりも水蒸気の供給効率がよくないことが示された。



写真4 土で水蒸気を供給したときに発生した結晶

水蒸気量

雪の結晶を作るために必要な最低限の水蒸気量を知るために駒込ピペットで1滴、

0.1mL、0.5mL、1.0mLの水蒸気を送り込んだ。すべての場合で結晶が現れ、駒込ピペット1滴の水の重量を測ったところ、0.0594 gであった。このことから、少なくとも0.0594 gで結晶が発生することが分かった。

呼気で水蒸気を供給したとき、一息で供給したときよりも、5回息を吹き込んだ方が大きな結晶がつくられた。このようになったのは、5回息を吹き込んだ方が多くの水蒸気を含むためであると考えられる。

経過時間に伴う結晶の形の変化

水蒸気量が十分多い場合は、時間の経過と共に、針状結晶（写真5）から、樹枝状六花（写真6）、さらに広幅六花及び角板（写真7）へと結晶の形が変わった。これは小林のダイヤグラムとともに考察すると、ペットボトル内で、冷却が進むにつれて水蒸気が少なくなったためであると考えられる。



写真5 針状結晶の例



写真6 樹枝状六花の例

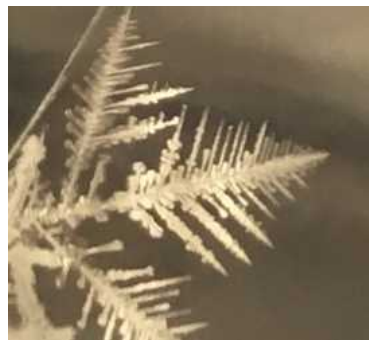


写真7 広幅六花と角板の例

4. まとめ

糸の種類や水蒸気の供給方法によって、ペットボトル内に発生する雪の結晶がどのように変化するかを調べた。水蒸気が十分多い場合は、基本的に糸の表面に雪の結晶が発生した。雪の結晶が発生しやすいペットボトル内の温度は、 $-22\sim-8^{\circ}\text{C}$ であることが分かった。本研究で確認できた雪の結晶は、針状結晶、樹枝状六花、広幅六花、角板の4種類であった。

菊地・梶川(2011)によると、上空から降ってくる雪の結晶の形は数十種類であるが、人工的に雪の結晶を発生させる場合には、ほぼ決まった形しか現れないことが分かった。このことから、自然界で降る雪の結晶には、このような簡易的な実験装置では再現できない気温、湿度、風、気圧などの様々な気象条件が関わっていると考えられる。

参考文献：

- ・菊地勝弘，2009：雪と雷の世界，成山堂書店，197p
- ・菊地勝弘・梶川正弘，2011：雪の結晶図鑑，北海道新聞社，190p
- ・全国理科教育センター研究協議会編，1985：地域教材の研究，東洋館，235p