

人工雪生成装置の探索

Exploration of artificial snow production

Abstract

The purpose of this study is to create a system for artificial snow generation using a small deep freezer and to reproduce snow crystals using this system. From the four kinds of experiments, we observed three kinds of snow crystals based on the global classification. We thought the experimental apparatus that best achieved our objective was enclosed the inside of the freezer with aluminum plates on Styrofoam and cylinder inside with a small steamer to generate steam and a hemp thread attached as a crystal support.

1. はじめに

今まで人工雪生成装置は多くの研究者によって開発されてきた。二重のガラス管で製作された世界初の対流型人工雪生成装置（中谷, 1946）や、ペットボトルとドライアイスで製作された人工雪生成装置（平松, 1998・2005）などがある。しかし、中谷の装置は大掛かりな低温室が必要である。また、平松の装置は簡単に製作できるため、学校教育の場などで使われているが、雪結晶を生成する上で重要な温度と湿度を変えることができないという問題点がある。このような問題点を踏まえ、村井により、ペルチェ素子を利用した人工雪生成装置が開発された（村井 2005）。しかし、私達は昨年度の研究を通して、ペルチェ素子での温度管理は難しいといった新たな問題点を発見した。そのため、現在存在する人工雪生成装置には様々な問題が存在すると考えることができる。それらの人工雪生成装置が抱える問題を踏まえ、本研究では、温度と湿度の条件を変えることができ、かつ従来に比べて比較的大掛かりな装置が必要のない小型のディープフリーザーを用いて人工雪を生成する仕組みを作ることを目的とする。

2. 研究方法

ディープフリーザー内の下部で水蒸気を発生させた。その水蒸気が冷やされながら上昇し、結晶支持具に結晶が付着するという仕組みを用いて装置を製作した。また、ディープフリーザーの庫内の大きさは、横 34 cm・縦 23 cm・高さ 30 cmである。改良を行いながら 4 種類の装置を製作し、実験 1-A・1-B・2-A・2-Bを行った。その後、温度・湿度・撮影した結晶の形から雪結晶の分類を行った。最終的にどの装置が一番本研究の目的を達成しているかを考察した。また、できるだけ実験環境をそろえるために、エアコンで部屋の温湿度を調整した。

雪結晶の分類には 2012 年に発表されたグローバル分類を用いた（菊池ら 2012）。これは雪結晶の形を中緯度と極域での実測に基づいて 121 種類に分類したもので、それ以前の分類には存在していない結晶形も分類されている。

・実験 1-A・1-B

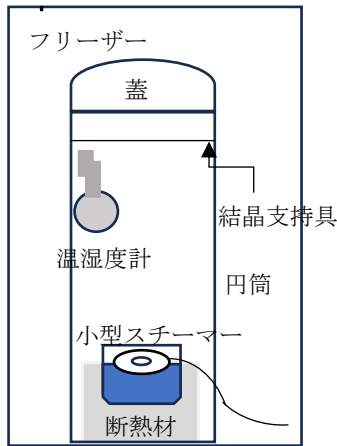


表 1. 実験 1-A・実験 1-B で使用した材料

	実験 1-A	実験 1-B
円筒・蓋	ペットボトル	アルミ板
結晶支持具	ネコの毛	麻糸

図 1. 実験 1-A・1-B で使用した装置

実験 1 では図 1 のようにフリーザーの中に、直径 10 cm・高さ 28 cm の円筒を入れた。その下部に小型スチーマーを置き、微細なミストが仕組みである(図 1)。冷やされながら上昇していくというシステムである。実験 1-A と 1-B では表 1 のように円筒・蓋・結晶支持具の材料を変えて実験を行った。実験 1-A では円筒・蓋にペットボトルを使ったが、実験 1-B ではアルミ板を使った。熱伝導率が高いアルミニウムを使うことで、円筒内の気温がより下がりやすいと考えたためである。スチーマーを稼働させ、稼働開始から 1 分ごとに温湿度計より気温・湿度の測定を行った。これらの情報をもとに、温湿度が安定したら、フリーザーの蓋を開け、結晶が生成できているか確認した。実験 1-A では雪結晶の撮影に拡大鏡をつけたスマートフォンを使用した。実験 1-B ではパソコンに繋げて撮影する USB MICROSCOPE を使用した。確認できた場合は、その動画からピントが合っている写真を探し、結晶の判別を行った。

・実験 2-A・実験 2-B

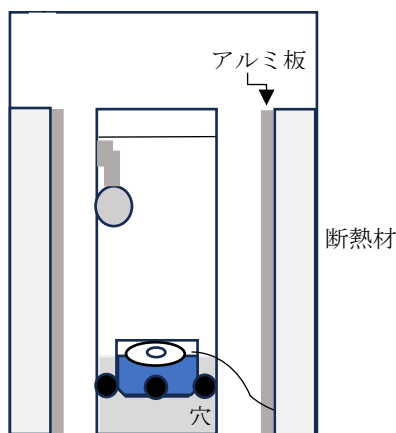


図 2. 実験 2-A で使用した装置

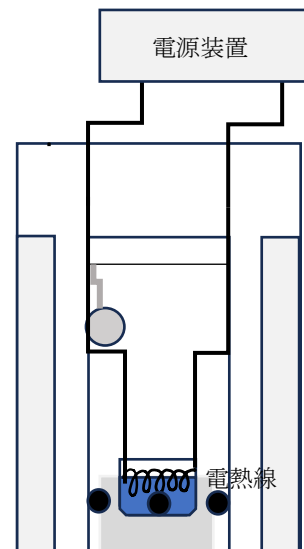


図 3. 実験 2-B で使用した装置

実験 2 は実験 1-B で使用した装置を改良して使用した (図 2, 3)。実験 1 から変わった点が大きく 2 つある。フリーザー内の気温を安定させ、循環を効率良くするためにフリーザー内をアルミ板を貼った断熱材で囲んだ点、蓋を取り外し、円筒の下部にキリで穴をあけることで円筒内ではなく、フリーザー内で空気が循環する仕組みを作った点である。

実験 2-A では実験 1 と同様に小型のスチーマーを使用した。実験 2-B では電熱線を使用した。ま

た、電熱線は電源装置に繋げ、電圧 10V で実験を行った。

雪結晶の撮影は実験 1-B 同様に USB MICROSCOPE を使用した。

3. 実験結果

実験 1-A ではフリーザーの設定温度を -25°C に設定したとき、グローバル分類における大分類 P 板状結晶群の一部分様 (図 4a)、大分類 R 雲粒付結晶群様 (図 4b) が観察された。しかし、雪結晶の撮影で用いた拡大鏡を取り付けたスマートフォンと結晶支持具が接触してしまい、雪結晶が溶けるということや結晶支持具であるネコの毛が細く切れてしまうという問題が発生した。

実験 1-B ではフリーザーの温度を -25°C に設定したとき、実験 1-A 同様大分類 R 雲粒付結晶群様が観察された。また、設定温度を -15°C に変更したときは、小分類 G2a 角版氷晶様 (図 4c) が観察された。USB MICROSCOPE を用いたため、結晶支持具と距離を保って撮影をすることができた。また、ネコの毛よりも太い麻糸を用いたことでピントを合わせることが容易になった。

実験 2-A でも同様に大分類 R 雲粒付結晶群様 (図 4d)、小分類 G2a 角版氷晶様 (図 4e) が観察された。また、実験 2-A の実験時間 (結晶生成までの時間) は実験 1-A や実験 1-B に比べて約 20 分から 45 分短縮された。この理由は、実験 2-A の方が実験 1 よりも効率的に空気が循環がよりしたからだと考えられる。

実験 2-B では結晶が観察されなかった。考えられる理由は円筒近くの気温が 0°C 近くまで上がったことから、電熱線を使用したことによってフリーザー内の気温が結晶を生成するには高くなってしまったためと考えられる。



a. 板状結晶群の一部分様



b. 雲粒付結晶群様



c. 角版氷晶様



d. 雲粒付結晶群様



e. 角版氷晶様

図 4. 観察できた結晶

4. 考察

4 種類の実験を通して、3 種類のグローバル分類における雪結晶を再現することに成功した。結果より、現在存在する人工雪生成装置の問題を解決するフリーザーを用いた装置を製作するという目的を最も達成した装置は実験 2-A で使用したものだと思われる。この装置は小型のフリーザー内の装置の周

りをアルミ板を貼った断熱材で囲み、小型のスチーマーから発生した微細なミストがアルミ製の円筒を通り冷却され、円筒上部に取り付けた麻糸の結晶支持具に結晶が付着するという仕組みになっている。

5. 今後の課題

よりよい人工雪生成装置のために今後いくつか改善しなければならないことがある。まず、結晶支持具付近の温度が上がりすぎないように蒸気が急速に冷える環境をつくること、雲粒の多い雪結晶は観察が難しいため、蒸気の発生量をより細かく調整し、温度をより細かくコントロールすること、グローバル分類は雪結晶が 121 種類に分類されているため、今後フリーザー内の気温や湿度を変更し、より多くの種類の雪結晶を再現するということがあげられる。

6. 参考文献

油川英明, 2020, 「雪結晶の表面に形成された氷晶状の凍結雲粒について」, 日本雪氷学会北海道支部機関誌 39 号 64 項

菊地勝弘ら, 2012, 「中緯度と極域での観測に基づいた新しい雪結晶の分類 -グローバル分類-」, 日本雪氷学会誌, 74 巻, 3 号, p. 223-241

村井昭夫, 2005, 「ペルチェ素子を使用した対流型人工雪生成装置の製作」, 日本雪氷学会誌, 67 巻, 4 号, p. 341-351