

対流型人工雪生成装置の改良と雪結晶の生成

Improvement of Convecting Snowmaking System and Formation of Snow Crystals

Abstract

Several researchers have found shapes of snow crystals depend on temperature and humidity around condensation cores. However, the conditions of formation of some new shapes based on the Global Classification published in 2012 haven't been discovered. So, we improved a convecting snowmaking system using Perche elements, which we created last year and the temperature didn't drop lower than 0°C. We found that it cannot cool down air and generate steam at the same time than expected due to the efficiency of refrigeration.

1. はじめに

雪結晶の分類法の一つに、2012年に発表されたグローバル分類がある(2012, 菊地ら)。これは雪の結晶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ない結晶形も追加されている。ところが、新たに追加された結晶形は詳しい生成条件が判明していない。昨年度の研究ではその条件を解明するために人工雪生成装置を製作した。しかし装置内の気温を0°C以下に下げられず、雪結晶の生成には至らなかった。本研究では昨年度明らかになった装置の問題点を解決して雪結晶を生成するとともに、結晶の生成条件を解明することを目的とした。

2. 研究方法

本研究ではまず人工雪生成装置を製作した。製作にあたっては、2005年に村井昭夫が開発したMurai式人工雪生成装置を参考にした(図1)。この装置はまず装置の下部の電熱線で水を加熱し、水蒸気を発生させる。続いて上部のペルチェ素子で冷却を行い、ヒートシンクの直下にある結晶支持具に雪結晶を生成する。支持具には結晶が生成されやすいウサギの毛を用いている。ウサギの毛の周囲の温度が気温の条件に、水蒸気発生装置の水温が水蒸気量の条件に対応している。

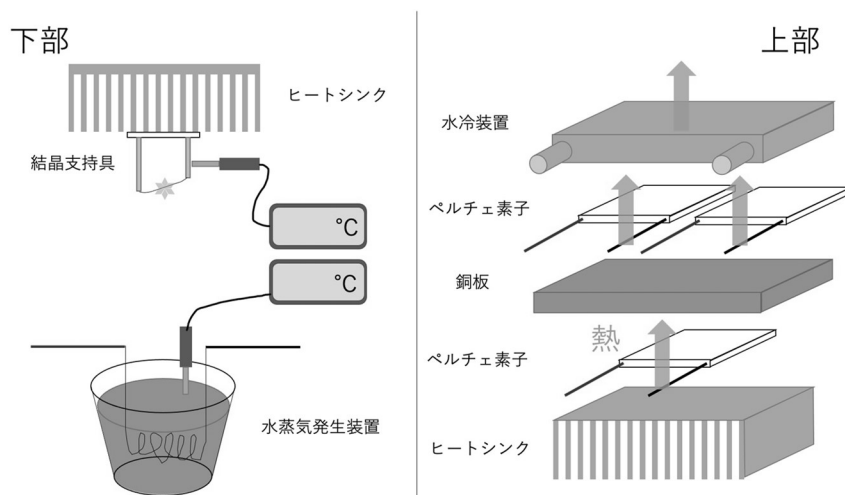


図1 人工雪生成装置の構造

この装置では昨年度問題となった断熱性能の向上のため、筐体には既製品の発泡スチロール箱を使用した(図2)。またペルチェ素子に関して、昨年度は予算の都合上先行研究より低い出力のものを使用していたが、本研究では先行研究とほぼ同じ規格のものに変更した。加えて、その冷却には不凍液循環装置を用いた。

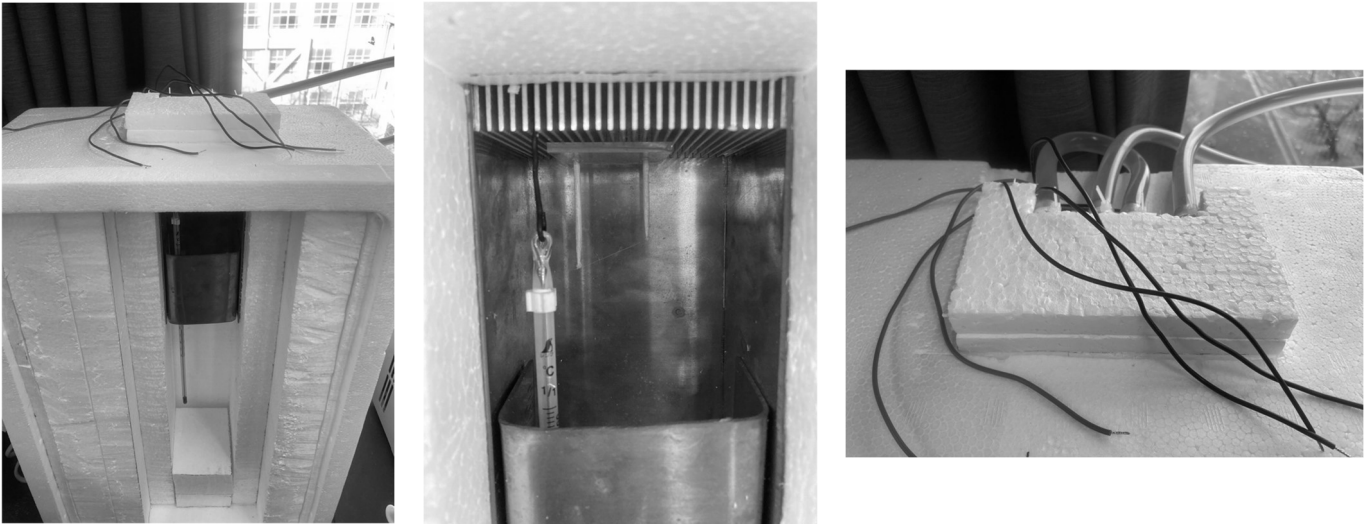


図2 人工雪生成装置の外観

次にディープフリーザーを用いて結晶生成の予備実験を行った。昨年度は装置の冷却が課題となり雪結晶を生成できなかったため、冷却機能をフリーザーに頼ろうと考えて行ったものである。実験装置の構造は人工雪生成装置と似ており、フリーザー内に電熱線と水入りの容器、ウサギの毛が入っている(図3)。気温はフリーザーに内蔵されている温度計で、水温は小型の電子温度計で測定した。



図3 予備実験の様子

続いて、人工雪生成装置の冷却装置が問題なく機能するか実験を行った(図4)。先行研究においては、ペルチェ素子の最大電圧の $1/2 \sim 1/3$ の電圧を加えたときに最も冷却効率が高くなることが判明している。本研究で用いたペルチェ素子の最大電圧は18Vであるが、使用した電源装置の容量との兼ね合いにより5Vで運転した。また、十分に冷却された後は電熱線に電流を流して水蒸気を発生させ、雪結晶が生成されるかの確認も行った。

この装置で雪結晶を生成できれば、この後グローバル分類で追加された結晶形の生成も試みる予定であった。しかし装置の製作に期間を要したこと、雪結晶自体を生成できなかったことなどから、当初の最終的な目標には至らなかった。



図4 本実験の様子

3. 実験結果

予備実験において気温を -25°C 、水温を 5°C に保って約40分放置したところ、フリーザー内に霧のようなものが発生した。しかし、結晶支持具に雪結晶は生成されていなかった。

本実験でペルチェ素子だけに 5V の電圧を加えて冷却した場合、冷却水の温度 -10°C までは冷却水の温度に応じて到達する温度が低くなった(図5)。しかし、水蒸気を発生させようと電熱線に電流を流すとすぐに温度が 0°C を超えてしまい、雪結晶は生成できなかった。

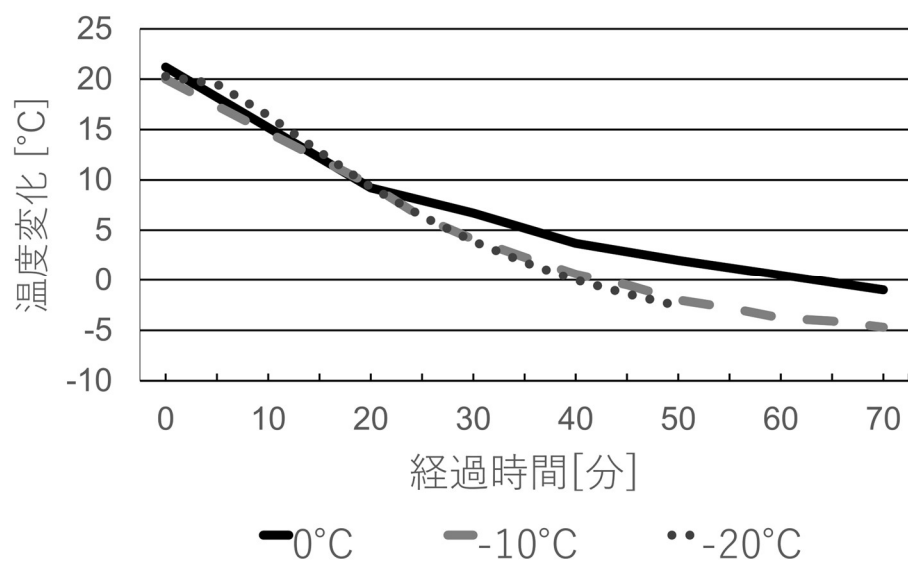


図5 冷却水の温度を変えたときの装置内の温度変化の違い

4. 考察

先行研究によると、雪結晶を生成するには装置内の気温と水温の差が約 30℃以上必要である。つまり気温 0℃ならば、水蒸気発生装置の水温が 30℃以上である必要がある。しかし本研究では気温 0℃のとき水温 20℃が限度であったため、雪結晶を生成できなかつたと考えられる。ペルチェ素子の規格と冷却水の温度は先行研究と同じであるため、これら以外の部分に何らかの冷却能力不足の原因があると考えられる。冷却装置側で考えられる問題点としては、ペルチェ素子の故障、熱伝導性グリスの機能不全、観察窓や温度計からの熱伝導が挙げられる。結晶生成部分側の問題点としては、断熱材の隙間や装置内の空間の高さ不足が考えられる。

5. 今後の展望

今後グローバル分類で新たに追加された結晶形を生成するためには、概ね2つのアプローチが考えられる。1つ目は今年度使用した人工雪生成装置を引き続き使用する方法である。ただしこの装置を今後使用するに当たっては、あまり気温を下げられなかった原因を解決する必要がある。考えられる原因としては、断熱材の隙間、ペルチェ素子の動作不良、熱伝導性グリスの機能不全、装置内の銅板の酸化などが挙げられる。また、熱を出さない水蒸気の供給方法として、小型の加湿器を使用することも検討している。

2つ目のアプローチは今年度の予備実験と同じくディープフリーザーを使用する方法である。こちらも今年度は結晶の生成に至っていないため、結晶を生成するための改良が必要である。大阪教育大学の小西先生に頂いたアドバイスでは、「結晶が生成される部分を 2L 程度のペットボトルに入れると良い」とのことであった。この方法は前述の人工雪生成装置でも活用できる方法であるため、今後導入することを考えている。

6. 参考文献

2012, 菊地ら, 「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

2005, 村井, 「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