

# 対流型人工雪生成装置の製作と雪結晶の再現

## Preparation of an Artificial Snow Crystal Production System and Reproduction of Snow Crystals

### Abstract

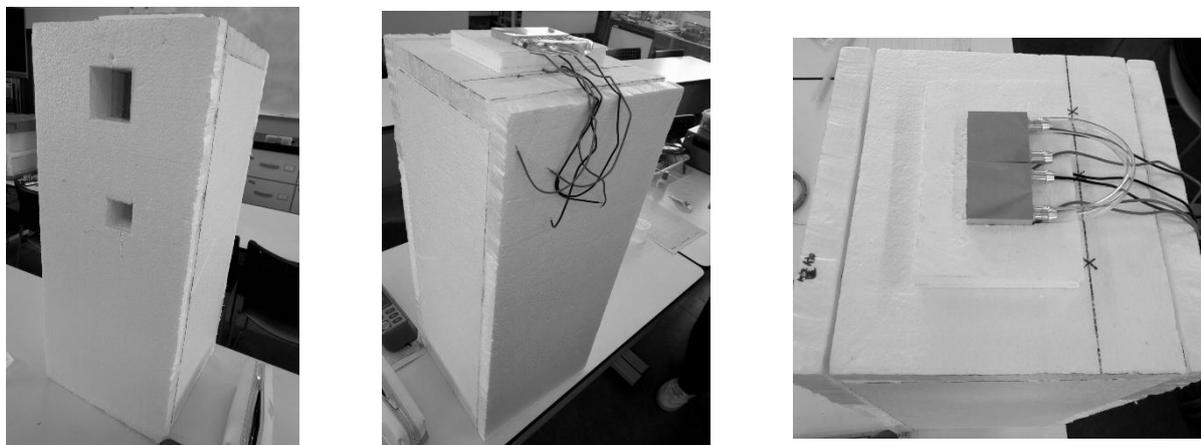
Several researchers have reproduced snowflakes by using artificial snow. However, the new classification based on the Global Classification published in 2012 hasn't been reproduced. So we created a convecting showmaking system using Perche elements and tried to reproduce these crystal forms. We found that the temperature did not drop than expected due to the voltage, so we'll make changes to improve its efficiency in lowering the temperature. With these adjustments we hope to reproduce a new crystal form with a complicated shape by reproducing the conditions of the sky in the middle latitude and polar regions, and making subtle changes.

### 1. はじめに

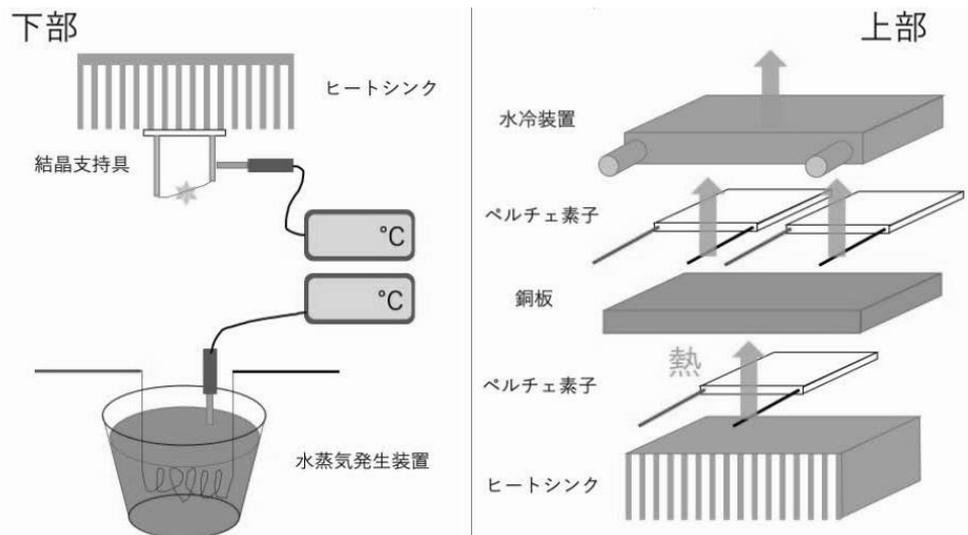
雪結晶は 2012 年に新たに発表されたグローバル分類において 121 種類に分類されている。しかし、それ以前の分類に存在せず新たに追加された結晶形は人工雪による再現がなされていない。そこで本研究では、ペルチェ素子を用いた Murai 式人工雪生成装置を製作し、装置による雪結晶の生成とこれらの新たな結晶形を再現する条件を明らかにすることを目的とする。

### 2. 研究方法

まず、Murai 式人工雪生成装置を製作する。これは村井昭夫氏が開発した装置で、冷却にペルチェ素子を用いることで比較的小型ながら常温の部屋で $-40^{\circ}\text{C}$ 程度までの低温環境を実現できる。本研究では装置の運転時に村井氏の論文を参考にするため、その論文の記述とほぼ同じ仕様になるように製作した。

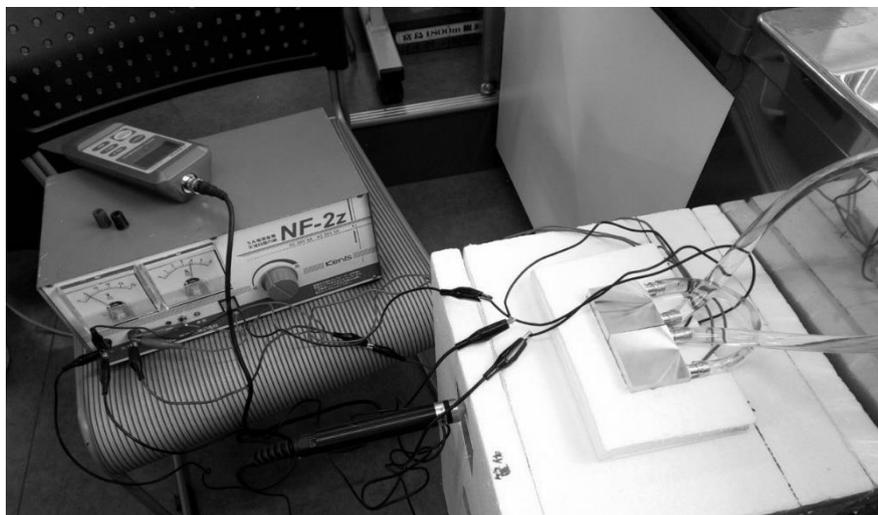


【図 1】 筐体の完成品



【図2】装置の構造

次に、装置内を効率よく冷却する運転方法を調査する。装置に使用しているペルチェ素子には冷却面と発熱面があり、吸熱量は加えた電圧に比例する。しかし、発熱量は加えた電圧の2乗に比例するため、加える電圧が高くと排熱が追いつかず熱が冷却面に移動して冷却効率が低下してしまう。先行研究ではペルチェ素子に加えらるる最高電圧の1/2から1/3で使用していたため、それを参考に電圧を調整した。具体的には、本研究で使用したペルチェ素子の最高電圧は18Vであったため、電圧は4Vから7Vの間で1Vずつ調整した。



【図3】実験の様子

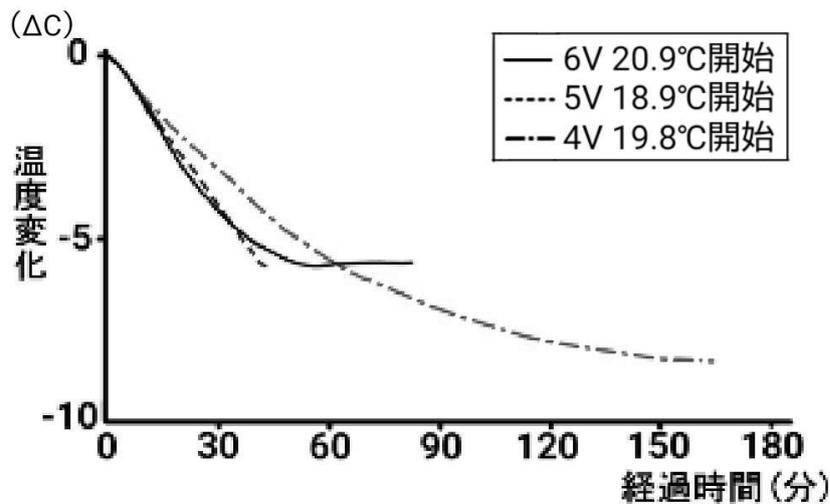
その後、雪結晶の生成を行いグローバル分類で新たに追加された結晶形を再現することを目標としていた。しかし、装置の製作に想定していたよりも時間がかかり、研究期間の都合上、装置の運転方法の調査までしか行えなかった。

### 3. 実験結果

Murai 式人工雪生成装置は完成させることができた。装置の仕様は村井氏の論文のものに近いが、

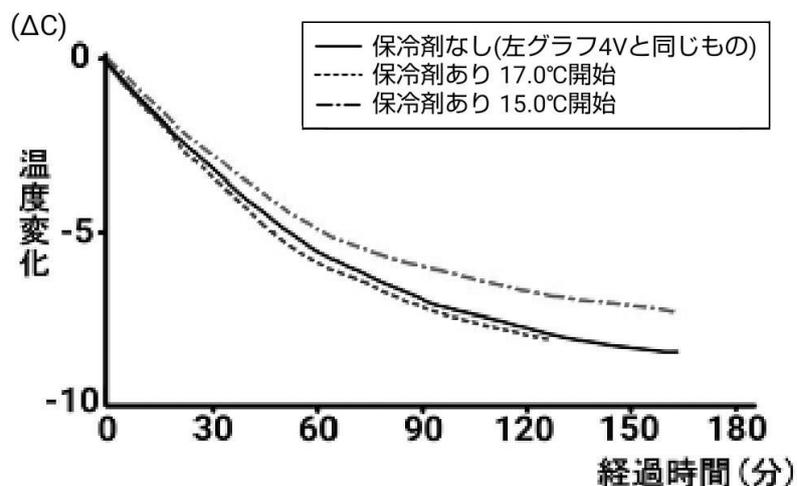
ペルチェ素子の規格や水冷装置など一部が異なっている。

装置内の冷却について、【図4】はペルチェ素子に加える電圧を変えたときの温度低下の関係を表した結果のグラフである。6.0V よりも高い電圧でも実験を行おうとしたところ、温度は低下せず、むしろ上昇してしまったためグラフには含めていない。6.0V で実験を行った時、はじめの一時間ほどは順調に温度が低下したが、実験開始から 5°Cほど下がった時点で温度が低下しなくなり、その後上昇してきてしまった。5.0V では、最初の 60 分で 7°Cほど低下した後減速して 120 分で 10°C低下し、4.0V の時よりも速く温度が低下したという結果が得られた。しかし、いずれの電圧においても時間の経過につれてその速度は低下していき、最終的には殆ど温度が変化しない状態となった。また、実験開始時の温度がそれぞれ異なるが、これらの温度差による温度変化の速度への変化は見られなかった。



【図4】ペルチェ素子に加えた電圧と温度変化の関係

次に、【図5】が装置内に保冷剤を入れて実験を行った結果である。これは、先に行った実験で温度を氷点下まで下げられなかったため、保冷剤で補助できないかと考えて行ったものである。この実験は 4.0V で統一して行った。結果、実験開始時の温度は 4~5°C下がったものの、ペルチェ素子自体の冷却能力は殆ど変わらず、氷点下まで冷却することはできなかった。



【図5】保冷剤の使用と温度変化の関係

以上より、装置内の冷却については、ペルチェ素子の最大電圧 12V に対して 5V 前後のとき最も効率が良いことが分かった。6V 以上では到達できる最低温度が高くなり、4V 以下では冷却にかかる時間が長くなる傾向があった。しかし、いずれの電圧の場合でもペルチェ素子の冷却能力に限界があり、氷点下の環境を実現できず雪結晶の再現はできなかった。

#### 4. 課題

最大の課題は、雪結晶生成装置内を氷点下まで冷却できず、雪結晶を生成できていない点である。これにはペルチェ素子と装置の冷却水、筐体の密閉性が主な原因として考えられる。ペルチェ素子について、先行研究では最大電圧 18V のものを使用していたが今回使用したものは最大 12V のものである。冷却水についても先行研究では 9.9°C の水をポンプで循環させていたのに対し、本研究では水道水を直接使用していた。また、本研究で製作した装置の筐体は発泡スチロール板を自らで切断・接着したものであり、密閉性が十分に確保できていなかった可能性がある。これらの先行研究との違いが結果に影響した可能性が高い。

#### 5. 今後の展望

今後はまず冷却水の温度に焦点を置き、より低温の冷却水で実験を行えるような工夫を考える。現時点ではドライアイスやクーラー、循環装置の併用を考えている。同時に装置の密閉性やペルチェ素子の性能について点検を行い、本来の目標である、グローバル分類で新たに追加された結晶形の再現を目指す。

#### 6. 参考文献

「ペルチェ素子を使用した対流型人工雪生成装置の制作」 村井昭夫 2005

「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-」 菊地勝弘ほか 2012