

## ペットボトルで雪の結晶をつくる

・・・寒冷環境の教材化の一環として・・・

平松和彦（旭川西高等学校）

### I はじめに

中谷宇吉郎博士のグループが世界ではじめて人工雪を作成したのは1936年のことで、これは低温室の中においてであった。筆者は常温の室内で雪の結晶の成長過程を観察することができれば、より自然現象の面白さを実感できると思い、ペットボトルの中に人工雪を作成する装置を考案した。本稿ではその装置の作成方法および観察方法などを紹介し、これを理科教育の場で活用することを提案したい。なお、このテーマは筆者が数年来構想し、試行している「寒冷環境の教材化」の一部として位置づけられる。

### II 装置の作成方法

#### 材料

- ・ ペットボトル (500ml) (凸凹の少ないものがよい)
- ・ 発泡スチロール製クーラー (他の容器でも代用可能)
- ・ 釣り糸 (03号など細いもの デンタルフロスを裂いたものなどでも代用可能)
- ・ ゴム栓 (椅子のゴム足でも代用可能)
- ・ 消しゴム (サイコロ状に切って使用する)

#### 作成手順

- (1) カッターでペットボトルと同じ直径の穴をクーラーの蓋にあける。
- (2) 釣り糸の端に、消しゴムの断片をホチキスで固定する。
- (3) 糸を持って消しゴムを錨のようにペットボトルの底におろし、口から吐息を数回吹き入れる。
- (4) 釣り糸がピンと張った状態で、ゴム栓をする。
- (5) ペットボトルをクーラーの蓋の穴にはめ込む。
- (6) ドライアイス約1～1.5 kgを砕き、内側に詰めたクーラーにペットボトルと蓋をセットする。

### III 背景となる原理

- (1) 上空で雪の結晶が成長するような環境を、ペットボトル内につくりだす。必要な条件は氷点下の低温環境、空気中の塵にかわる凝結核、そして過飽和の水蒸気である。
- (2) 低温環境はペットボトルを冷やすことで作り出す。このとき、ペットボトルの下部の約3分の2をクーラーボックスにうめこみ、上部の半球状の部分を蓋の上の顔をだした形にすることが肝要である。上部は顔を出しているため、室温に近い。

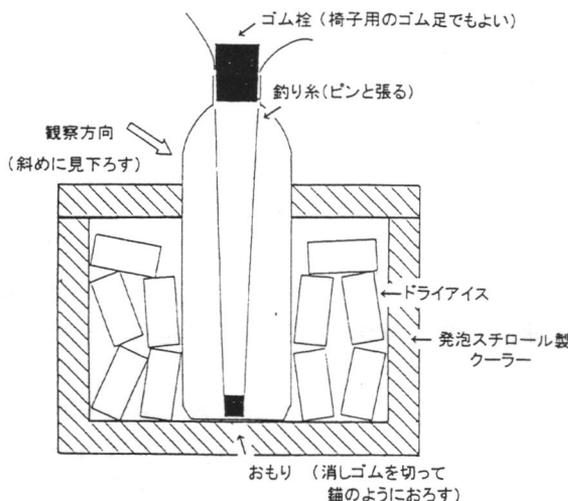
これに対して底部はドライアイスの極低温で冷やされ、ペットボトルの中にはきわめて安定な成層圏が出現する。そこでの温度勾配を利用して結晶の成長するような低温条件を得るのである。ペットボトル内の温度勾配は図にしめすとおりで、クーラーの蓋の高さの前後では1 cmにつき6℃～7℃の温度降下がある。

- (3) 空気中に浮遊する塵、つまり凝結核の代替物として細い釣り糸を利用する。釣り糸のかわりにデンタルフロスを裂いて細くしたもの、バイオリンの弓の毛(馬の毛)、ウサギの毛なども使用可能である。その場合は毛の固定に若干の工夫が必要である。人工降雨で核として使われるヨウ化銀の粒子を糸につける方法も考えられるが、ヨウ化銀は重金属で、学校以外では一般に入手しにくい薬品なので、ここでは使用しない。むしろ、単一の凝結核ではなく、釣り糸をおろすことで、あたかも水蒸気が様々な温度条件を選択するようにして、釣り糸上に凝結していくのを観察できるというのがこの装置の利点である。したがって、多様な結晶形(晶癖)を同時に見ることになる。
- (4) 水蒸気については、ペットボトルをセットする前に吐息を口から吹き入れておくことで過飽和状態をつくりだす。また、水道水を入れてすぐ捨てるなど、他の方法と併用するのもよい。

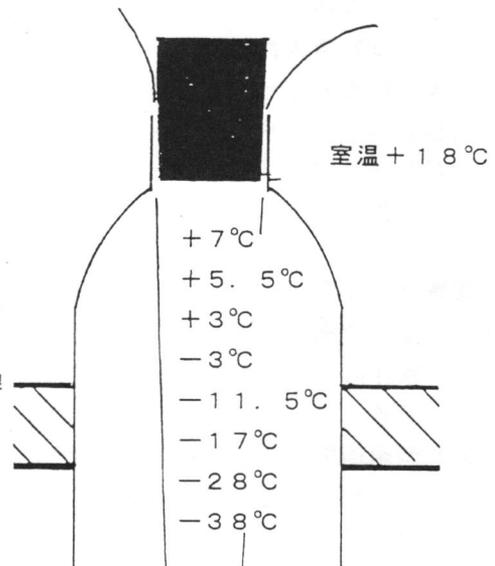


観察している様子(地学の授業風景)

平松式ペットボトル人工雪発生装置

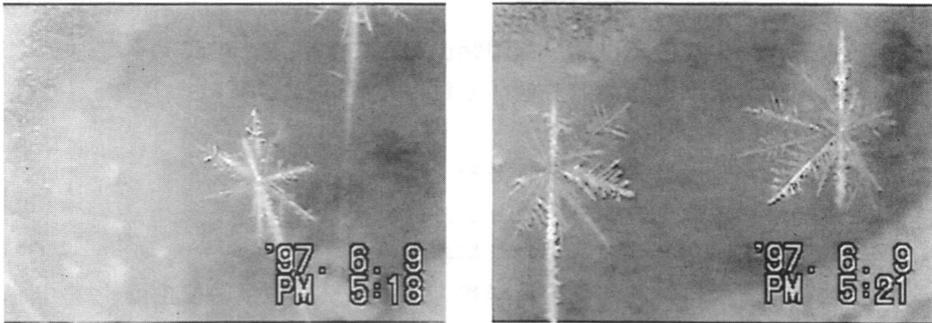


ペットボトル内の温度



#### IV 観察

- (1) ペットボトルの内部の温度勾配は図に示すとおりである。蓋の高さがちょうど0℃前後となる。したがって、そのすぐ下あたりに-15℃前後の層が存在する。この近くに注目しながら、結晶成長の観察を開始する。ペットボトルをセットした時刻は書き取っておく。数分後には釣り糸の下部から白く霜がついてくる。さらに15分もすると針状の結晶が水平に成長しはじめるのが観察される。
- (2) 観察を続けていくにしたがって、結晶が針状や樹枝状に成長していく様子を見ることができる。30分から1時間程度で8mmほどにも成長する。



(左右の写真はそれぞれ別のペットボトル内に成長した樹枝状結晶)

#### V 装置の特徴と利点

室内で人工雪を作成する試みは過去なかったわけではない。しかしどの装置も一台を作成するのにかなりの手間と費用がかかっていた。筆者が提案するこの装置は、それらに比べてみてもきわめて作りやすい上に、観察が容易であるところに特徴がある。それは以下挙げる点に要約される。

- (1) 過飽和の水蒸気を封じ込めることに以前は苦労していたが、これを吐息に含まれる水蒸気ですませる。
- (2) 筒状の中に雪の結晶が出来ても、周りに霜がつくので観察がむずかしかったのだが、この装置では曇っていない上部から下部の霜のつく低温部を斜めに見下ろすことになるので、観察が容易である。過去考案された装置では、霜取り液を塗るとか、観察する部分だけヒーターで霜を融かすなどの工夫が必要であった。
- (3) 安価で作成が容易なので、複数準備して、同時に実験をすることができる。それによって、比較実験が可能である。つまり、吐息を入れる量によって、結晶形が微妙に異なるなど、自然現象の多様性を理解させることができる。
- (4) 装置の構造がきわめてシンプルなので、子供たちが材料や方法を自発的に考えていろいろ工夫する余地を与えることができる。釣り糸の表面を加工するとか、吐息のかわりに水蒸気をどう入れるか等々、発想を広げていくことができるのである。つまりこれは「注入主義」に立つ実験装置ではなく、基本形を提案しておいて、子供たち自身がさらに創意工夫していく「参加体験型」の装置なのである。

## VI 教育現場での実践事例

新聞紙上およびテレビ局から報道されたことで、全国各地から問い合わせがあった。また授業などで実施された様子の情報を得ることができた。いずれも数台を用意して、同時に実験をおこなうという、この簡便な装置にふさわしい授業形態がとられた。

- ・ 旭川西高等学校理数科の課題研究
- ・ 旭川西高等学校普通科（地学 I B授業）
- ・ 士別市、小学生向けのおもしろ「科学教室」
- ・ 豊富高等学校での地域研究
- ・ 歌志内小学校における、福岡県山田市の小学生との交流事業
- ・ 旭川市、旭川市博物館主催「子供博物館」
- ・ 安城市、かがくのひろば
- ・ 横浜市、フェリス女子学院高校
- ・ 広島市、広島インターナショナルスクール
- ・ 名古屋市、親と子のわくわく科学ひろば
- ・ 加賀市、中谷宇吉郎雪の科学館 ゴールデンウィーク企画
- ・ 福岡市、お天気ひろば（日本気象協会）

## VII まとめと今後の展開

幸いにも、各地の授業や科学教室などで試みられたので、改良すべき点などもわかってきた。前述のように、すでにヨウ化銀を使用して成長させる試みもある。この物質の結晶構造は氷晶の構造とよく似ているため、六華状の結晶ができやすい。それだけに初期条件として与えるのには躊躇せざるを得ない。また、この物質は一般には入手しにくい上、重金属である。したがって、筆者は釣り糸などの身近な材料に固執したい。簡単に入手できる材料を使うところにも教育的な意義があると考えからである。さらに今後、授業の中で、条件をかえて実験を繰り返して行い、実験方法としてより洗練されたものにしていきたい。また寒冷環境をキーワードにして「雪」にたいしてさまざまなアプローチで教材にとりこんでいきたいと考えている。

急速なメディアの発達により、視聴覚教材をはじめコンピュータの導入を通じて、擬似体験が周囲には満ちあふれている。そのうちすぐれたものを授業中に取り入れることは可能であるし、また効果のあることであろう。しかし自然科学においてはなによりも「本物」を見たり、現象のおこる「過程」を考えるとところにその本質があるはずである。地学におけるフィールドワークの必要性もまさにその点と表裏一体をなしているのである。機械が発達した現在ではますます「本物」の自然現象を見る機会が減っている。これからも野外、室内問わずこのような自然現象の本質を取り扱うような工夫を進めていきたい。

### ◆ 文献

藤岡由夫,1971:中谷宇吉郎, 雷鳥社, 239pp.

全国理科教育センター研究協議会編,1985:地学教材の研究,東洋館,235pp.