

<南極・北極科学賞>

「極低温下の虹」

グループ名 チームM-ART

メンバー（学年） 代表：有間 萌衣（中1）
益子 恵利那（中1） 阿部 晴香（中1）

学校 前橋市立荒砥中学校
群馬県前橋市荒子町 1338

指導教員 富田 尚道

『極低温下の虹』

チーム M-ART

(1) 提案の目的

極地の低温下で霧を噴き、太陽や月の光で虹を見ることができるか確かめる。

(2) 提案がひらめいたきっかけ

水を噴霧して太陽で虹を見る玩具で遊んでいたとき、南極の低い気温でも人工の虹をつくれなかと考えた。

(3) 提案を南極や北極で行う方法

準備：・霧をつくって虹を見るおもちゃ、または手動式小型噴霧器

- ・水、エタノール
- ・虹を見やすくするために背景にする黒い紙や板
- ・断熱ケース、断熱材
- ・カイロ

実験1：低温下で霧を噴いて、太陽光で虹をつくれるか。

- ①水を噴霧した場合※
- ②お湯を噴霧した場合※
- ③エタノールを噴霧した場合

※水やお湯は、凍結を防ぐための工夫をする。

工夫1：噴霧器を断熱容器に入れたり、断熱材でおおったりする。

工夫2：ベンジンカイロを使って保温する。

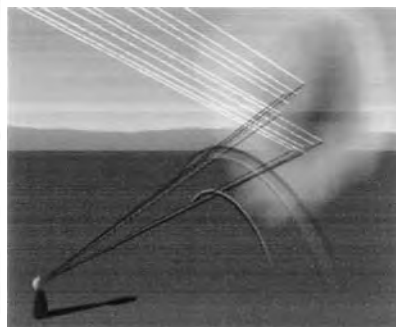
使い捨てカイロ(ホカロンなど)は人体用には使えますが、極低温下では機材を暖めるためには使えません。(すぐに冷え切って、冷たい鉄の塊になってしまう。)¹

ハクキンカイロは昭和37年頃より、南極観測隊に携行されるようになり、現在は北極探検家、世界の巨峰に挑戦する登山家、オーロラ撮影カメラマン、その他極寒の地での仕事や作業をされる多くの人々によって、その暖かさのパワーが証明されています。ハクキンカイロは零下30℃、40℃といった極寒の環境下、寒ければ寒いほどその真価を発揮します。²

工夫3：暖かい屋内で噴霧の準備しておき、すばやく屋外に出して霧を噴く。

予想①②

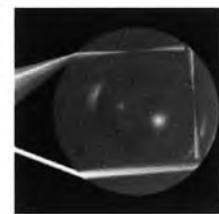
虹は、水滴の屈折反射でできるので、霧が凍ると虹は観察できない。しかし、南極の空気はチリが少ない³ため、過冷却の水滴ができれば虹が見えることも考えられる。



主虹のとき



副虹のとき



虹ができるときの水滴での屈折反射

Wikipedia⁴より

南極では水よりもお湯のほうが一瞬で凍るそうである⁵。お湯よりも水の方が過冷却の水滴ができやすく、水が凍らずに噴霧できれば、虹が見られるかも知れない。



お湯の花火 昭和基地 NOW!!より

「過冷却」

-10~-20℃以下になっても凍るきっかけとなる核（凍結核）がないと、水滴のままていることができる。

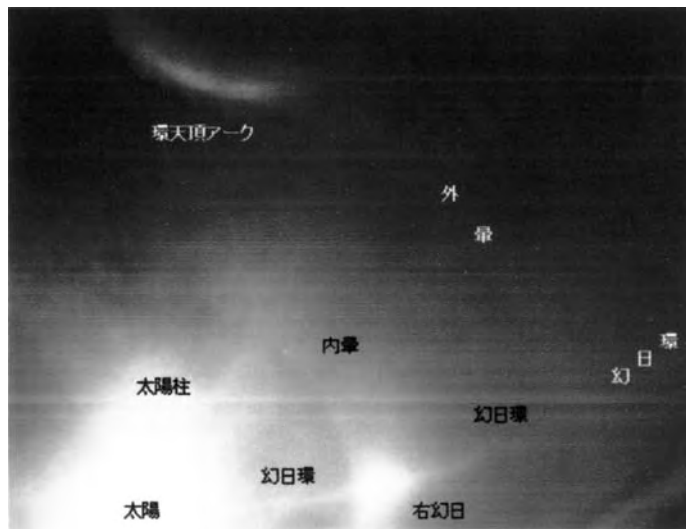
このような0℃以下でもなかなか凍らない状態を「過冷却」という。⁶

予想③

エタノールの融点はマイナス 114.5℃。南極の最低気温マイナス 89.2℃でもエタノールは凍らないため、エタノールの霧による虹は見えると思う。

虹は水滴がプリズムとしてはたらくことによってできる。これに対し、氷の粒(氷晶)がプリズムになって光が屈折すると、「暈(かさ)」などの「大気光学現象」が見られることがわかった。

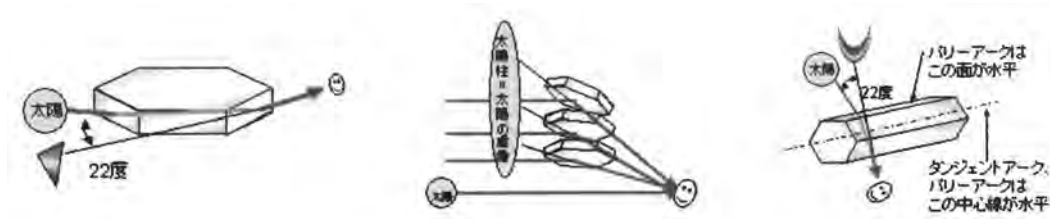
いろいろな大気光学現象および原理⁷



大気光学現象の見える位置や形状⁸



大気光学現象の原理例⁹



水蒸気が凍ったときと水滴が凍ったときの結晶には次の違いがあるようだ。

ダイヤモンドダスト

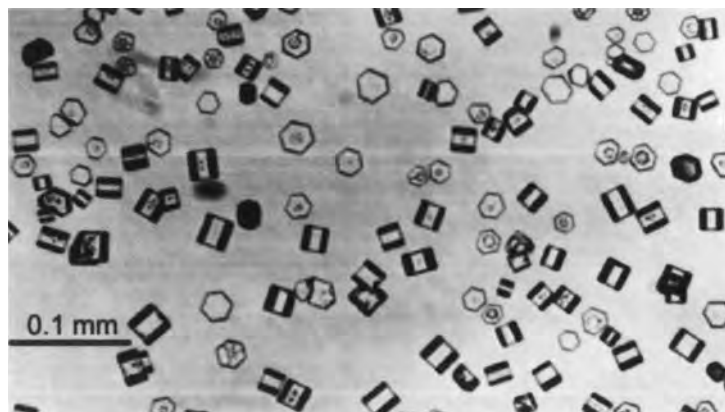
大気中の水蒸気が冷やされて小さな氷晶となり、それがゆっくりと降る状態。¹⁰

氷霧(こおりぎり)

ダイヤモンドダストに似ているが、霧が冷やされて凍り、小さな氷晶が大気中を浮遊する、舞うというのが特徴。¹¹

空気中に浮かんでいる水滴は過冷却状態となるため0℃以下でも容易には凍らない。そのため通常は気温が-30℃以下になるような極めて限られた気象条件でしか氷霧は発生しない。氷霧が発生しているときに太陽が出ていると、氷の結晶が日光を散乱して輝いて見える。¹²

氷霧¹³



そこで、噴霧した霧が凍って、暈(かさ)などの大気光学現象が観察できないか、実験する。

実験 2

- ⑤太陽と観察者の間に水を噴霧して、いろいろな角度から観察する。
 - ⑥⑤をお湯で実験する。
 - ⑦水とエタノールの混合物を噴霧してみる
- 氷晶ができにくい場合は、核になるチリとして煙を浮遊させてから噴霧してみる。

予想 2

⑤⑥は、噴霧した水やお湯の霧が凍った場合、氷霧(こおりぎり)になって、氷晶ができれば「暈(かさ)」などの気象光学現象が見えるかもしれない。特に、白夜など、太陽高度が低いときに観察しやすい現象があるかもしれない。

⑦は、混合の割合を変えると融点が変わるので、エタノールの濃度によっては、氷晶の形が変わって、違った現象が観察できるかもしれない。

エタノールの濃度と融点¹⁴

濃度%	0	20	40	50	60	80	100
融点℃	0	-11.1	-31.0	-38.0	-44.5	-67.0	-114.5

さらに、虹をはじめとする大気光学現象は、太陽光だけでなく、月光でも観察できるという。そこで、

実験 3

実験 1, 2 で観察できた現象があれば、満月前後の月光でも観察できないかを確認する。

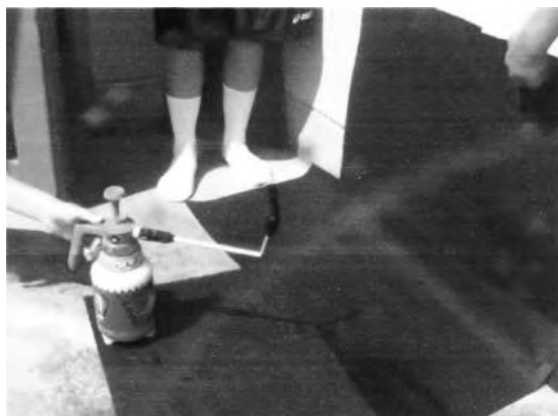
予想 3

極地は空気がきれいで月の光もよく届き、人工の虹や暈も観察しやすい気がする。

(5) 予備実験の結果

エタノールの霧でも水の霧と同じように虹が観察できた。虹の見え方は、水とエタノールで違いは感じられなかった。屈折率は水 1.33, エタノール 1.36 なので、肉眼で違いは確認できないのだと思う。どちらも主虹と副虹の 2 本が見えた。

水の霧にできた虹



エタノールの霧にできた虹



補足 (提案直前になって気づいたこと)

食塩水や砂糖水の霧を噴いたら、低温でも凍らない霧になるのか、逆に、氷晶ができやすくなるのか、疑問がわいてきた。水溶液の濃度によって、虹の見え方や氷晶のでき方が変化しそうである。

エタノールの霧の場合も、低い温度で空気やエタノールの密度や屈折率が変わり、虹の見え方に違いが出ないかも気になり始めた。

さらに、調べていきたい。

以上

参考サイト

- 1 オーロラに会いに行こう！ <http://www.bekkoame.ne.jp/i/lummoX/gazing/gazing13.htm>
- 2 ハクキンカイロ/知って得する豆知識 <http://www.hakukin.co.jp/kairo/2-5.html#5>
- 3 国立極地研究所 南極・北極科学館 | もっと知りたい Q&A
<http://www.nipr.ac.jp/science-museum/qa/snow.html>
- 4 虹 - Wikipedia <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E8%99%B9>
- 5 昭和基地 NOW!! <http://www.nipr.ac.jp/jare/now/back49/20080603.html>
- 6 水の循環 http://www.geocities.jp/shuji_maru/junkan/kuuki.html
- 7 空の輝き：空と太陽に関わる現象 <http://homepage3.nifty.com/ueyama/sky2/sky.html>
- 8 大気光象 http://kokoten.raindrop.jp/shashinten/kouho_03.html
- 9 7に同じ
- 10 ダイヤモンドダストとは？氷霧とは？ http://pucchi.net/hokkaido/nature/diamond_dust.php
- 11 10に同じ
- 12 氷霧 <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%B7%E9%9C%A7>
- 13 雪の結晶 <http://www.sci.osaka-cu.ac.jp/phys/crys/ice/lect7.html>
- 14 エタノールと水の混合溶液の凝固点 <http://okwave.jp/qa/q418342.html>