



Title	過冷却したキリのなかの樹霜の成長
Author(s)	黒岩, 大助; KUROIWA, Daisuke
Citation	低温科学. 物理篇, 13, 105-109
Issue Date	1954-12-30
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/17891">https://hdl.handle.net/2115/17891</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	13_p105-109.pdf



## 過冷却した霧のなかでの樹霜の成長\*

黒 岩 大 助

(低温科学研究所 第1部門)

(昭和29年12月受理)

### I.

樹霜 (Rauhreif—Air Hoar) というのは、岡田武松著“理論気象学”245頁に「0°C以下で水蒸気が過飽和になつていて、樹の枝や地物の上に霜のように昇華してできたもので、過冷却水滴が存在する必要は少しもない」とでている。今井の論文<sup>1)</sup>には、樹霜とは「湿潤な空気が低温の地物に出あつて生ずるもので、地面の幅射冷却によつて生ずるいわゆる霜とは異なつてゐる。湿つた空気は氷に対し過飽和になつておればよいが、一般には霧粒を含んでいることが多い。従つて、樹霜には霧粒が混つて附着していることが多い。」と記されている。また、Johannes Grunow<sup>2)</sup>の論文には、「樹霜は氷に対し過飽和になつた空気から、又は過冷却した霧、又はもやから水蒸気が地物に直接昇華してできる。」と記載されている。何れにしても、樹霜は純粹に水蒸気の昇華によつてできたものである。ところで、高山にみられる“樹氷”は主に過冷却した水滴の附着凍結によつてできるものであつて、両者は本質的に異なつたものである。これまで樹氷の研究は、航空機や電線、アンテナ等への着氷の問題と関連して多くの研究がなされてきた。しかし、樹霜は、着氷の被害としては、大した問題にならなかつたためか、くわしい研究はあまりみられないようである。最近、雲物理学の進歩にともない、過冷却した雲のなかでの雪の結晶の成長が問題にされるようになった。これまで雪の結晶は水蒸気の昇華によつてできるものと考えられていた。また、多分それに間違いないのであろう。しかし、最近になつて中谷教授<sup>3)</sup>は直径が1~2 $\mu$ 位の過冷却した水滴があるなかで雪の結晶ができるときには、水蒸気の昇華ではなしに、水滴が直接結晶面に附着して成長するという意見を出されている。実際にも、雪の結晶や氷晶は、過冷却した霧又は雲のなかでできていることが多い。その際、結晶の成長に水蒸気が大きく寄与するか、水滴の附着が寄与するか否か、は甚だ面白い問題である。ここにのべる樹霜も過冷却した天然の濃い霧のなかで成長してゆく結晶の一例であつて、そういう立場からながめると多少の興味があると思われるので報告しておく次第である。

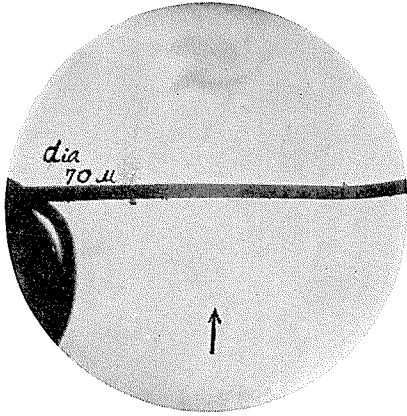
\*北海道大学低温科学研究所業績 第269號

## II.

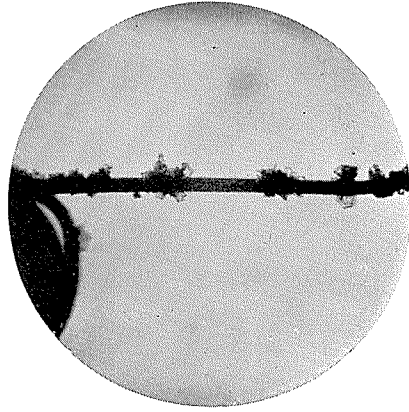
筆者は、昭和29年3月上旬、北海道旭川市の石狩川畔で行われた人工降雪（北海道電力会社の主催による）の実験に立会う機会をもつた。旭川市は、北海道でも冬季には気温がしばしば零下 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$ ぐらいに下るので有名なところである。市の近郊には、石狩川、牛末別川、忠別川などの大きい川が流れていて、川の水は真冬でも大体 $0\sim +0.5^{\circ}\text{C}$ 位で凍っていないから、川面からでるあたたかい水蒸気が冷えてゆげのような粒の細かい蒸気霧をつくる。人工降雪の実験は、この過冷却した霧にドライアイスや沃化銀の種をまいて雪をふらせようとするものであつた。ところがこのような川霧が発生したときには、川の附近の樹木は勿論、市内の街路樹などに美しい樹霜、俗にいう“木花・キバナ”が咲く。土地の人の話によると、このような木花が咲くのは、非常に寒い冬の日の夜半から明け方にかけて、乳色のもやのような霧が静かに流れてくるときに限るのだそうである。

3月8日の霧のある早朝、筆者は石狩川の川岸から少しはなれた平らな雪の上に、顕微鏡をすえて、対物レンズの前方に直径が $70\mu$ の細い銅線を張り、この上に成長してゆく樹霜を観測してみた。気温は $-19.0^{\circ}\text{C}$ で風は $1\text{ m/sec}$ 以下の微風であつた。霧は視程にして、 $30\sim 100\text{ m}$ の範囲で濃くなつたり、うすくなつたりしていた。その高さは地上約 $500\text{ m}$ であつた。第1図(A)は針金を霧のなかにさらした瞬間の写真で、矢印は風向を示す。(B)はそれから20分後、(C)は30分後、(D)は46分後の写真である。これまでは、霧の濃度はうすく、視程にして約 $100\text{ m}$ 位であつたが、たしかに霧粒は存在していたのである。それにもかかわらず、針金についた氷は、するどい縁辺をもつた昇華性の霜と全く同じ形をしている。文字通りの樹霜である。ところが間もなく霧は急に濃くなつて視程は $30\sim 40\text{ m}$ ぐらいになつた。(E)は52分後、(F)は56分後の写真である。こうなると霧粒がつきつぎに附着してきてもはやもとのきれいな結晶形はみられないが、それでものびた枝はちやんと樹枝状になつている点が興味深い。はじめのべた定義からいえば、写真の(D)までが樹霜であつて、(E)からあとは樹氷というべきである。顕微鏡で拡大してみると、あまりきれいな結晶にはみえないが、肉眼では樹枝状又は針状の霜の結晶とはほとんど区別がつかないくらいである。だから肉眼の観察からこれを樹霜とまちがえても無理ではない。文献2)にでている樹霜の写真で“Struktur fadenförmig”というのがあるが、それも多分このような構造をもっている場合が多いと思われる。

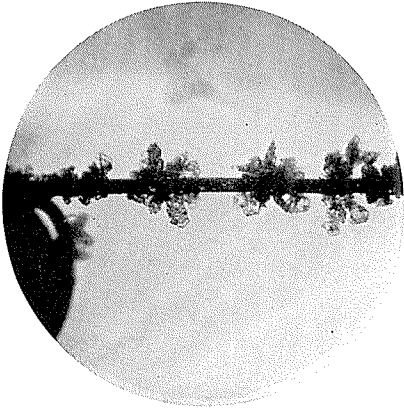
まえにのべたように、現場では $1\text{ m/sec}$ ぐらいの風がふいていたので、これらの結晶は何れも風上にむかつて成長している。そこで次の実験は、針金のまわりに観測野帳をたてて即製の衝立をつくり、直接風が針金にあたらないようにして写真をとつてみた。第2図がそれで針金をさらしてから30分後の写真である。霧粒は針金の四方から附着し氷結しているが、ところどころ六角形に結晶しているのがわかる。風の弱いとき、物体のまわりに均等に成長する樹霜は2)のなかの“Struktur blumig”にあたるものと思われる。



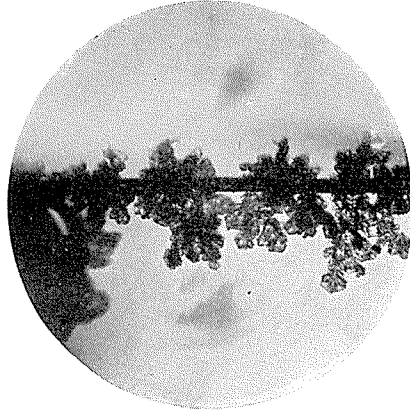
(A) 0分



(B) 20分後



(C) 30分後



(D) 40分後

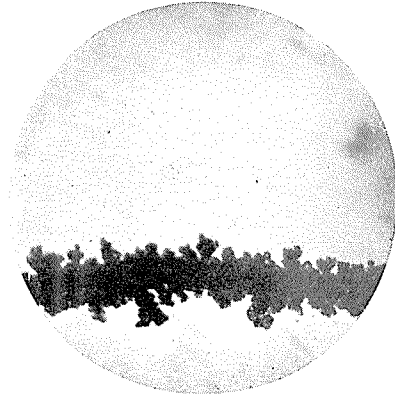


(E) 52分後

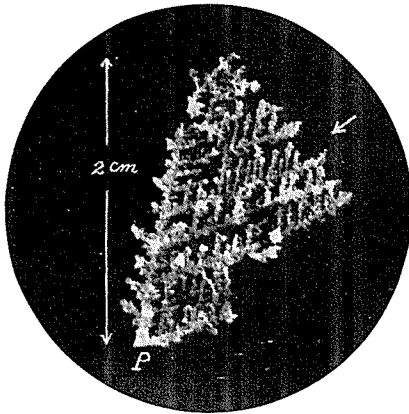


(F) 56分後

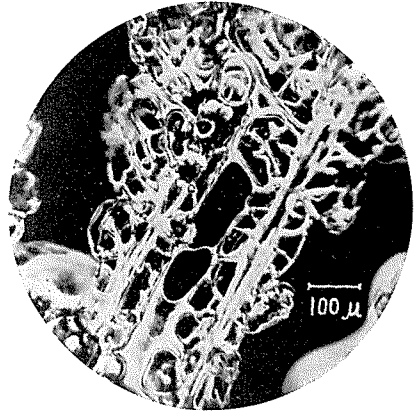
第1圖 樹霜の成長過程



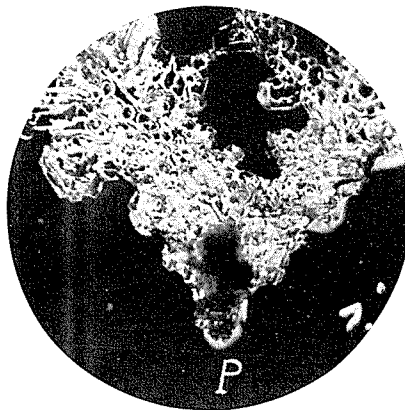
第 2 圖 針金を衝立でかこつたときの樹霜 (30 分後)



(A) 結晶全圖



(B) 枝の一部



(C) つけ根の部分

第 3 圖 雪庇のうらがわに成長していた樹枝状結晶

## III.

過冷却した水滴が互にくつつきあつても、全体としては樹枝状の霜の結晶のよりのびてゆくことがあると思われるいま一つの例が第3図の(A)の写真である。これは、この観測と同時刻に川面にむかつてつき出していた雪庇のうらがわに無数に附着していた樹枝状結晶の一つであつて、それをフオルムパールでレプリカにしたものである。雪庇は水面から約1mの高さにあり、この結晶はP点のところを積雪粒子へのつけ根として空気中に約2cmの長さのび出していた。結晶のできている場所の温度はほとんど気温と同じで零下19°Cであつた。写真の(B)はその枝の一部を拡大したもの、(C)はそのつけ根の部分を示す。この結晶はP点を出発点として空気中にのび出していたわけである。川面からは(矢印の方向)、つねにあたたかい水蒸気と霧とがどんどん立昇つていたから、この結晶はたしかに水蒸気の昇華だけでできたとは思われない。もし、この結晶が昇華だけでできたと主張するならば、この結晶の近くまでやつてきた水滴はすべて蒸発して結晶面に晶華したと考えなければならないし、また、水滴の衝突を承認するとすれば、結晶面に附着した水滴は凍るまえにその場所の orientation に従つて拡がつてゆくと考えなければならない。その何れが predominant であるかは、これらの写真からは何ともいえないが、第3図(B)、(C)の写真をよくみると、純粋に昇華でできた霜というよりは、どうも水滴がくつつきあつてできたように思える。

## 文 献

- 1) 今井一郎 1949 着氷の物理的研究. 中央氣象臺彙報, 31, No. 3.
- 2) Johannes Grunow 1953 Kritische Nebelfroststudien. Arch. für Met. Geoph. Biokl., B., 4, H. 4 389.
- 3) Nakaya, U. 1953 An Electron Microscope Study of Snow Crystal Nuclei. Jour. of Glaciology, 2, 176.