



Title	氷の成長と昇華の一機構
Author(s)	大野, 武敏
Citation	低温科学. 物理篇, 16, 27-29
Issue Date	1957-12-13
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/17926">http://hdl.handle.net/2115/17926</a>
Type	bulletin (article)
File Information	16_p27-29.pdf



[Instructions for use](#)

## 氷の成長と昇華の一機構\*

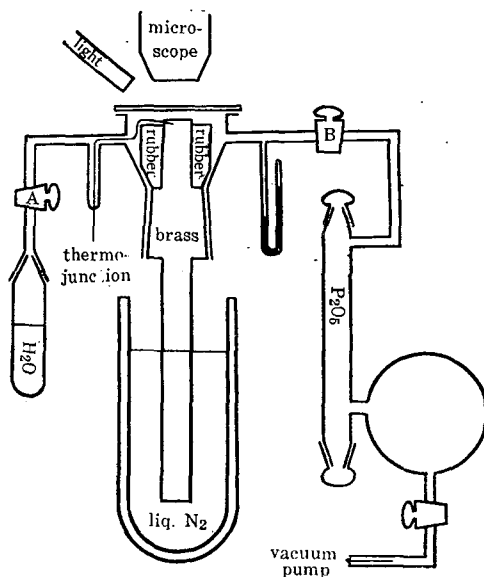
大野 武 敏

(低温科学研究所 純生物物理学部門)

(昭和32年6月受理)

下記の報告は金属の冷却面に於いて、氷の成長、昇華を観察中見られた現象に関するものである。用いた装置の概略を第1図に示す。要するに真鍮棒を液体窒素で冷却し、その上面を約 $-20^{\circ}\text{C}$ にして、そこに出来る霜を反射光によつて顕微鏡で観察する。冷却面には磨いた真鍮及び白金を用いた。その大きさは直径約 $0.9\text{ cm}$ である。水の reservoir から冷却面まで、数十 $\text{cm}$ の距離があるため、一気圧の空気中では拡散速度が余りにも遅く、霜の成長の観察は不可能なので装置内の圧力は $10\text{ mmHg}$ 程度に減圧してある。霜の成長速度はこの圧力を変えることにより調節することが出来る。またこの程度の圧力にしないと、対流により蓋のガラス板が冷却して、その上に水滴が凝結するため、室内では観察が困難になる。この装置は本来空気以外のいろいろな気体中出来る霜の観察を目的にして作られたものであるが、少くとも $\text{H}_2$ 、 $\text{O}_2$ の中では空気中の現象と差異が認められなかつた。冷却面の温度は、そのすぐ下に作られた小さな穴に細い熱電対を挿入して測つたが多くの場合 $-20^{\circ}\sim-25^{\circ}\text{C}$ であつた。

この冷却面へ、コック A を開いて vapor を supply すると面上一面に微水滴が凝結し、間もなく各所で結晶化し、なお引続き vapor を supply すると、徐々に成長していく。代表的な例を写真1に示す。大部分は不規則な形をした透明な氷の塊であるが、中には美しい六方晶形のものもある。その一例を写真2, 3に示す。熱伝導の方向から予想されることであるが、結晶の $c$ 軸は冷却面にほぼ垂直のものが多く、従つて観察される面は $c$ 軸に垂直な面が大部分である。そのため亀甲形の面が見られるわけであるが、完全な六方形を示すものは少く、亀甲形の一部を備えているもの

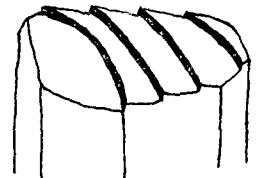


第 1 図

\* 北海道大学低温科学研究所業績 第367号

が多い。この  $c$  軸に垂直な面は、光をよく反射してキラキラ輝いて見え、しかも完全に flat にみえる。(少くとも 100 倍程度ではその中に何の structure も見えない) 照明の方向を変えると視野の中であちこちにキラキラ輝く面を見ることが出来る。筆者の観察した現象はこの完全に flat な、しかもよく輝いている面 (例えば写真 3 の亀甲面) 上で見られるものである。今その一面だけを観察することにする。最初からコック  $A$  を開いて vapor supply を続ければ、成長過程の detail は見えないが兎も角連続的に成長はして行く。このとき、一旦コック  $A$  を閉じて若干時間放置すれば、成長は停止して完全に平な輝いた面だけが視野の中にある。次に再びコック  $A$  を開くと、水蒸気はこの白く輝いた面の上に凝結して liquid film を作る。このため今まで輝いていた面が薄黒く見えて来るが、間もなくこの薄黒い面は、熱伝導のため温度降下して edge の一カ所から結晶し始める。結晶した面は再び白く輝く面となるから、その境界線は contrast がはつきりして、結晶面の front の進行状態を観察することも出来、また写真に撮ることも出来る。その二例を写真 4~11 で示す。この process を繰返して氷は成長して行く。しかしこの現象が直接観察出来るのは、上記の例のように、氷の面上に凝結した liquid film がある程度以上の厚さになつて、氷面との contrast が見られる場合である。僅かな連続的な vapor supply でも、適当な時間間隔でその大きさを比較すれば、氷が成長したことを確認することが出来る。ただこの時には、氷の面上に凝結した liquid film の厚さが余りにも薄くて、その存在を直接見ることが出来ないだけのことで、成長の機構は同様であると考えてよいと思う。換言すればその厚さに相違はあるが、layer by layer の成長をするものと考えられる。

同様の現象は氷が昇華する場合にも見ることが出来る。(layer by layer の昇華) この場合にも、成長の場合と同様に  $c$  軸に垂直な輝いている面に注目する。コック  $A$  も  $B$  も閉じて置けば、一旦出来た氷は成長も昇華もしない。この状態でコック  $B$  を開いて、極めて徐々に昇華させる。この現象を観察するには、昇華速度の調節が必要である。真空ポンプで直接引いたりすると殆んど一瞬間に氷は見えなくなつてしまう。また余り遅すぎても、注目している面上に何の structure も見えないで氷はやせて行く。筆者は予め  $10^{-1} \sim 10^{-2}$  cmHg 程度に空気を抜いたガラス球を  $B$  につないで置き、コック  $B$  を適当に開いて昇華の速度を加減して観察した。昇華は edge のどこかある一カ所から始まる。この際は liquid layer は存在しないので黒白の contrast は無いが、昇華した面とまだ昇華しない面の間には高さの差があつて、丁度階段のようになつており、斜から照明すると、その階段の存在が黒いスジになつて見えるのである。この黒いスジが、白く輝いている氷面上を移動して行く。この状態を写真 12 に示してある。写真がよくないので分り難いと思うが、現象の存在は確実である。写真では幾本も黒いスジが並んで縞模様になつているが、これはある一面の昇華が完全に終了しないうちに、次の面が昇華し始めるために、沢山のスジが見えるのである。すなわち、はじめ真平らだつた面が、昇華が始まると多くの階段状の structure をもつようになる。理解を助けるために第 2 図でその概略を示す。いずれ、は



第 2 図

つきりした写真をとりたいと思う。

以上の観察で、氷の成長と昇華には layer by layer の機構があることがわかった。この layer の厚さの決定などは興味があるが、今後の問題である。またこの現象は  $c$  に垂直な面上でのみ観察されたのであるが、これは実験装置の都合でやむを得なかつた。 $a$ ,  $b$  軸に垂直な面についても同様の観察を試みる必要があろう。

終りに、この論文を御校閲して下さいた堀健夫教授に謝意を表す。

### Résumé

Within a glass vessel, as shown in Fig. 1, was set up a brass cylinder, on the upper surface of which the frost was made to form by supplying water vapor through the orifice of a stop-cock. The pressure in the vessel was reduced to about 10 mmHg, since, under the atmospheric pressure, the diffusion velocity of the vapor proved to be too slow for the development of the ice crystal to be observed.

The frost was not of dendritic form but was composed of transparent ice granules with the  $c$ -axes nearly perpendicular to the metal surface. Within the field of a microscope, illuminated by reflected light, there were observed glittering crystal surfaces of hexagonal form scattered here and there on the metal surface. Attention was focused upon one of the glittering surfaces and the growth of the crystal was carefully observed, while the water vapor was being supplied.

When a sufficient amount of water vapor was supplied, the vapor condensed on the surface to form a liquid film, which appeared somewhat dark. Within a few seconds, crystallization of the film started from a certain point on the surface periphery and proceeded until the whole surface regained its brilliancy. The same process repeated itself as long as the vapor was supplied. Photomicrographs in Figs. 4~11 illustrate the manner in which the crystal advanced within the water film.

When the pressure in the vessel was reduced with an appropriate speed, the sublimation of the crystal was found to occur likewise layer by layer.

In short, it has been confirmed that, in either case where the fresh surface of ice crystal is developed or sublimated, it takes place layer by layer, as far as the surface perpendicular to the  $c$ -axis is concerned, the thickness of the layer being dependent on the speed of supply or removal of the water vapor.



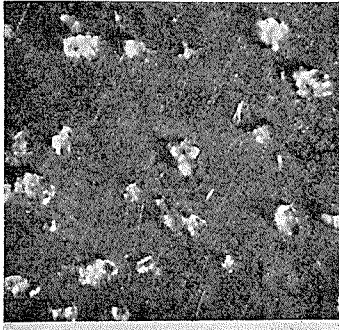


写真 1

×40

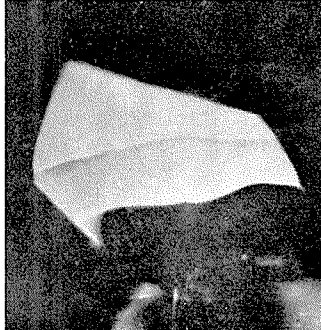


写真 5

×130

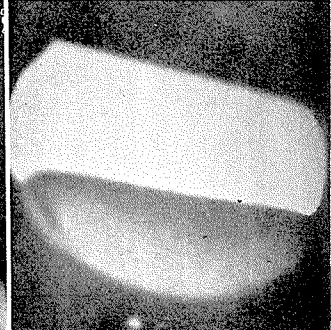


写真 9

×130



写真 2

×120

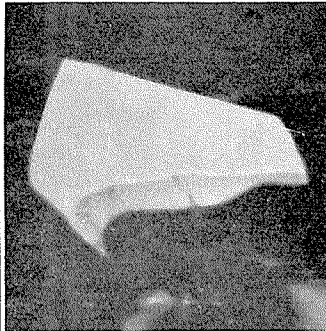


写真 6

×130

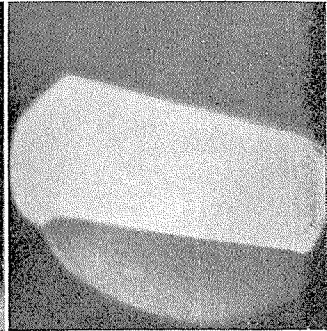


写真 10

×130

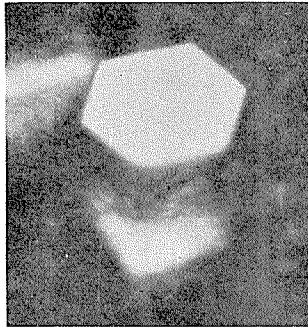


写真 3

×120

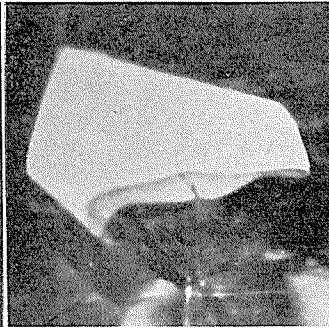


写真 7

×130

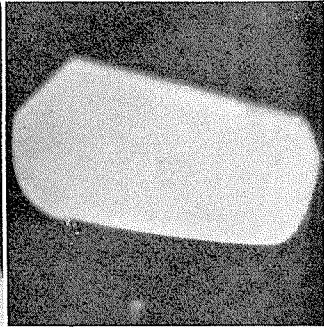


写真 11

×126

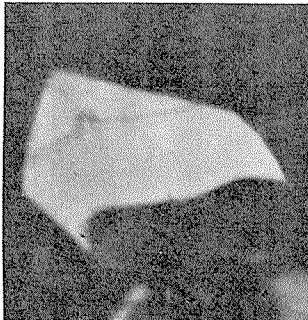


写真 4

×130

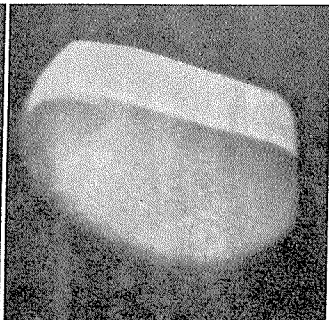


写真 8

×130

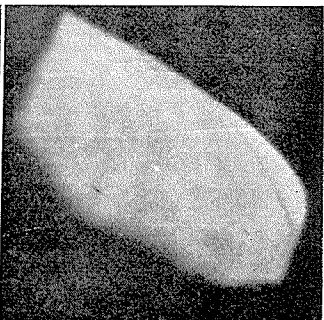


写真 12

×130