



Title	霜の結晶のX線トポグラフ
Author(s)	水野, 悠紀子
Citation	低温科学. 物理篇, 31, 279-282
Issue Date	1973-03-25
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/18236">http://hdl.handle.net/2115/18236</a>
Type	bulletin (article)
File Information	31_p279-282.pdf



[Instructions for use](#)

Yukiko MIZUNO 1973 Short Report: X-Ray Topographic Observation of Hoar Crystals.  
*Low Temperature Science, Ser. A, 31.*

## 霜の結晶のX線トポグラフ\*

水野悠紀子

(低温科学研究所)

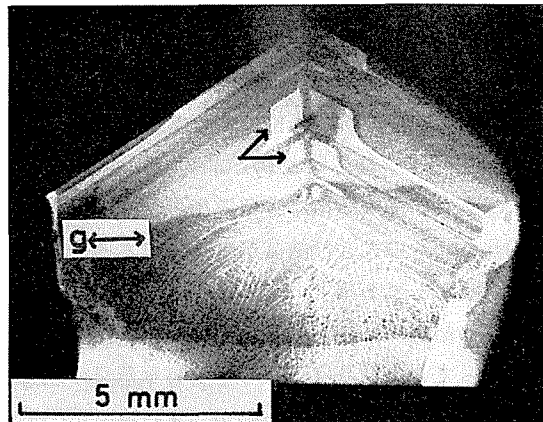
(昭和48年9月受理)

### I. ま え が き

融液である水から生長した氷の結晶のX線トポグラフによる転位の観察は、これまでも多くの研究者によってなされてきた。しかし気相からの生長である雪や霜の結晶については、ほとんど観察されていない。その理由の一つとして、大きな結晶が得られないということが上げられるであろう。筆者も、数年前から天然の雪をX線トポグラフによって観察しようという試みを続けてきたが、適当な散乱強度を与えるのに十分な大きさや厚さの結晶が得られないために未だよい結果が得られていない。しかし、 $-15^{\circ}\text{C}$ の低温実験室内に数年間貯えてあった積雪の上に、さしわたし5mm以上の大きさの霜の結晶が生長した。これらの結晶は、したがって非常にゆっくり成長したものである。その中から厚さが0.5mm位のものを選んで、Lang法によるX線トポグラフを得たのでこれについて報告する。なお実験に用いたX線はCuの $K_{\alpha}$ 線で、波長は $1.54\text{ \AA}$ である。

### II. 観 察 結 果

第1図は、六角板結晶のX線トポグラフの一例である。走査面は(0001)面で反射面は(10 $\bar{1}$ 0)面である。結晶の下半分に見られる転位は、試料ホルダーと結晶

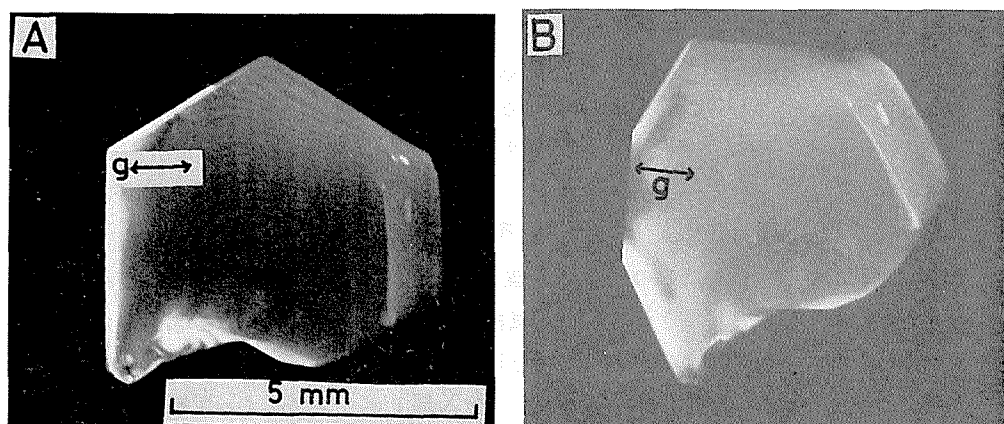


第1図 六角板結晶のX線トポグラフ走査面(0001)、反射面(10 $\bar{1}$ 0)、試料とホルダーの接合部から転位が発生した

とを凍着によって固定したために、その部分から発生したものである。このように凍着の影響が明らかになったので、それ以後は、試料を2枚のマイラー膜に挟み、更にそれをWebb<sup>1)</sup>らが水面氷を観察するのに使用したものと同一ような試料ホルダーに取り付けた。このようにすれば、結晶にはほとんど外力がかかることはない。第1図から明らかなように、試料ホル

\* 北海道大学低温科学研究所業績 第1277号

ダーとの接着部分から発生した転位のほとんどは、結晶の中心部分で止められ、それ以上は進んでいない。結晶の柱面  $\{10\bar{1}0\}$  面に平行な縞模様は、結晶の成長過程を反映しているものであろう。さらにこの縞模様のところで転位が止められていることは興味あることである。矢印で示した部分は、他のところより結晶が厚く、回折強度が大きかったところである。(写真で白い部分は、フィルム面上では黒化したところである。これ以降の写真も全て陰画である)。



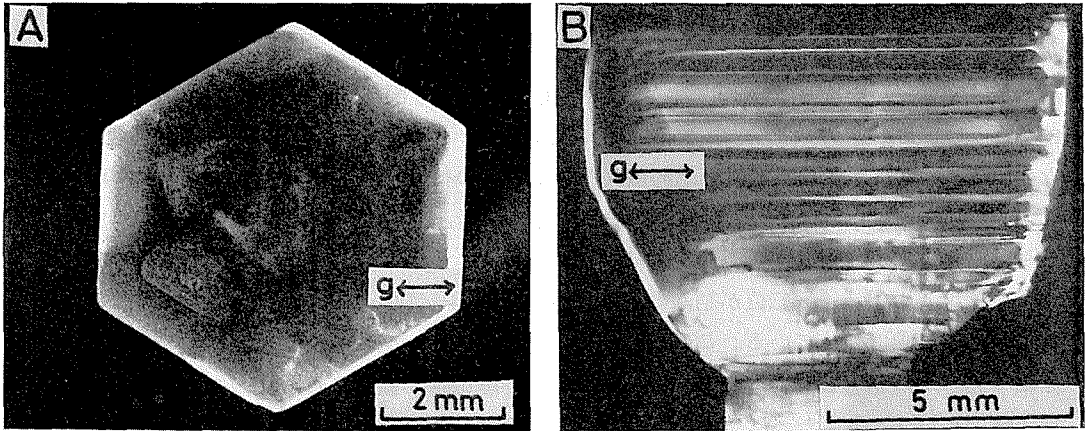
第2図 A: 反射面  $(10\bar{1}0)$ , B: 反射面  $(11\bar{2}0)$ , 走査面は  $(0001)$  面, 等厚干渉縞が見える。転位は全く観察されなかった

第2図にも六角板結晶のトポグラフを示した。A, Bは同じ結晶であるが、反射面が違っており、Aの反射面は  $(10\bar{1}0)$  で、Bのそれは  $(11\bar{2}0)$  面である。走査面はいずれも  $(0001)$  面であった。

この2枚の写真に転位は全く認められないが、ペンデル縞と呼ばれる等厚干渉縞が観察された。シリコンなどの金属結晶の whisker には無転位のものがあることは知られているが、そのばあい結晶の体積は非常に小さなものである。それゆえに、いまのばあいのように、 $5 \times 5 \times 0.5$  mm もの大きな結晶が無転位であるということは、結晶成長の過程を考えると、非常に興味あることである。

この結晶は、マイラー膜に包んで  $-10^\circ\text{C}$  の低温室に2~3日間放置した後のものである。したがってこの結晶は少なくとも昇華蒸発の状態にあると考てよいであろう。この等厚干渉縞が成長過程を反映しているのか、または、蒸発過程のものかは結論できない。いずれにせよ、等厚干渉縞を生じるような微小な厚さの違いが結晶底面に存在することは明らかである。更にこの場合、厚さが連続的に変化していることは、第1図または第3図Aに示した結晶と比較すると、注目すべきことである。

水の結晶は、2次元的な層状成長をするといわれているが、その具体的な例を第3図Aに示した。これは写真から明らかなように、完全な六角板結晶である。この図の反射面は  $(10\bar{1}0)$  であるが、 $(11\bar{2}0)$  面反射の際にも、ほとんど同じトポグラフが得られた。写真の中左よりに、下地の部分よりも厚くなっていると考えられる幾何学的な模様がある。その一部は、同心状の三重構造になっていることがわかる。これは結晶底面に沿って二次元的な成長がおこなわれた

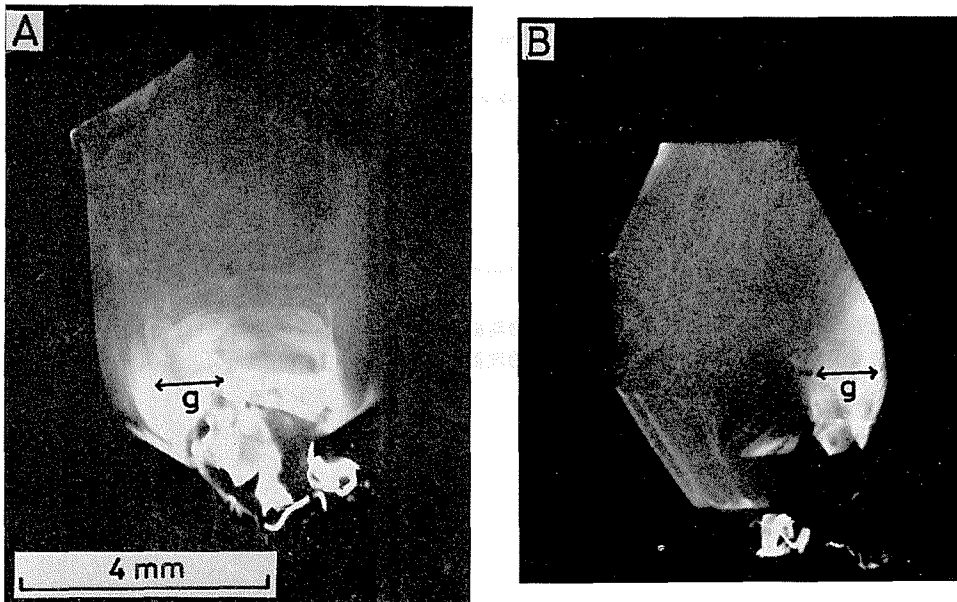


第3図 A: 六角板結晶。結晶の厚さは約0.7 mm, 中央左よりに層状の生長が見られる  
B: 四角形コップ型結晶の1片。反射面は(0002)面である

ことを示すものであろう。この結晶の中にも転位は観察されなかった。

今までに示した結晶は、いずれも六角板結晶であったが、第3図Bに示したのは、四角形コップ型結晶<sup>2)</sup>の一片のX線トポグラフである。この場合、 $g$ ベクトルと直角に交わる縞模様がところどころに見られるが、これが転位であるかどうかは明らかでない。一方、水平方向の縞は、C軸に平行な方向である。またこの中の1本ずつはC軸方向に長い六角柱である<sup>2)</sup>。したがってこの時の反射面は(0002)である。

第1図に示したような、試料とホルダーの固定の際に発生した転位以外、どの結晶も、無



第4図 六角板結晶のX線トポグラフ。走査面はA, Bいずれも(0001)面, 反射面はAが $(10\bar{1}0)$ , Bが $(11\bar{2}0)$ である。Bの写真に転位が見られる

転位と思われるものであった。これまでに約20個の霜をX線トポグラフによって観察してきたが、転位が観察された結晶は、第4図に示した一例だけであった。走査面は従来の六角板結晶のときと同様(0001)面である。またAの反射面は(10 $\bar{1}$ 0)面で、Bのそれは(11 $\bar{2}$ 0)面である。gベクトルはそれぞれ図の中に示した。第4図Aには、転位と認め得る像はほとんど観察されなかったが、Bには多数の転位が認められた。これらの転位が螺旋転位であれば、消滅則から、この転位のバーガスベクトルは $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ に平行であることがわかる。これは融液から生長した氷で最も多く観察されているものと一致している。

また第4図Bから、転位が結晶の表面と直角に交わっていることがわかる。特にこのばあいは柱面と直角になっている。この結晶に見られた転位が、生長過程にできたものか、何かの原因であつたら発生したものかは明らかでないが、転位像が観察された霜の結晶は、六角板結晶ではこれだけであった。

黒岩<sup>3)</sup>は雪の結晶の腐蝕像を観察した。その結果は、天然の雪の結晶には多くの転位があることを予想させる。また転位ピットの重要な起源の一つとして、結晶が大気中で成長してゆくときに包含したエアロゾル粒子が大きな役割を果していることを指摘した。ここに示した霜の結晶は、低温実験室の中でゆっくり成長したものであり、同じように昇華凝結過程で成長した結晶ではあるが、天然の雪とは成長条件に於て異なるものであろう。なお、筆者は、水面水のばあいではあるが、同一試料で腐蝕像の観察と、X線トポグラフによる観察とおこなった。その結果、腐蝕液をかける事による影響が見られたので、ここに示した霜の結晶はどれもエッチピットの観察はおこなわなかった。

先にも述べたが、この報告は約20個の霜の結晶をX線トポグラフによって観察したものである。その結果、1つの例外を除いて、無転位結晶であろうと思われる。しかし、これは、あくまでも非常にゆっくり成長した六角板結晶についての結果である。

終りに、この報告を書くにあたって、種々の助言と、論文の校閲をして下さった若浜五郎教授に感謝の意を表します。

#### 文 献

- 1) Webb, W. W. and Hayes, C. E. 1967 Dislocation and plastic deformation of ice. *Phil. Mag.*, **16**, 909-925.
- 2) 水野悠紀子 1971 霜の結晶方位. 低温科学, 物理篇, **29**, 29-36.
- 3) 黒岩大助 1966 雪の結晶の腐蝕. 低温科学, 物理篇, **24**, 57-80.