



Title	8. 北海道で観測された南極形畸形雪結晶
Author(s)	菊地, 勝弘; KIKUCHI, Katsuhiko
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 25, 167-180
Issue Date	1971-03-25
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.25.167
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/13997
Type	departmental bulletin paper
File Information	25_p167-180.pdf



8. 北海道で観測された南極形畸形雪結晶

菊地 勝 弘

(北海道大学理学部地球物理学教室)

— 昭和 45 年 10 月受理 —

I. ま え が き

1968年2月1日から1969年1月31日までの1年間、著者は第9次日本南極地域観測隊越冬隊の一員として昭和基地で雲物理学、大気電気学の研究観測に従事したが¹⁾、特に雪結晶の光学顕微鏡、レプリカ溶液法、カイツーンによる雪結晶ゾンデ²⁾による観測で10数種にわたる未発表の特異な形をした雪結晶を発見した^{3),4)}。それらの多くは主に側面結晶、砲弾集合結晶、角柱状結晶が降っている時に観測され、1日1回03時(00Z)に観測されたラジオゾンデのデータから推定された雲頂温度がいずれの結晶形の場合にも -35°C 以上という温帯地方、特に北海道の冬期間でも左程稀ではない温度範囲で成長したものと推定された。このことから著者はこれらの特異な雪結晶のいくつかは少なくとも南極特有のものというよりむしろ条件さえ整えば温帯地方の降雪の中にも見付けられるのではないかと考えた。またこれらの結晶形のいくつかは非対称の形をしていることから、雪面やクレバス内で成長した霜が風で運ばれたものではないかという疑問もあったので、1970年1月中旬から2月上旬にかけて行なわれた石狩平野における降雪雲の総合観測期間中、石狩海岸での雪結晶の観測には主として特異な形の雪結晶の発見に重点をおいた。

II. 観 測

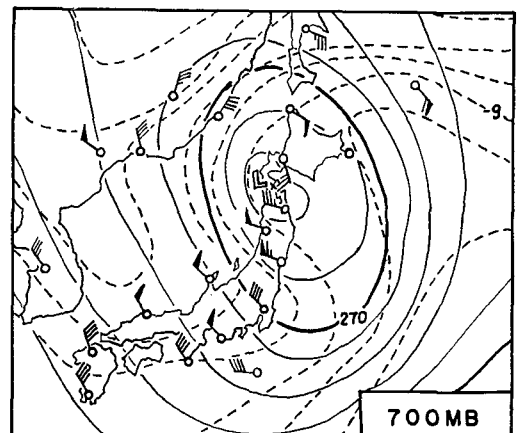
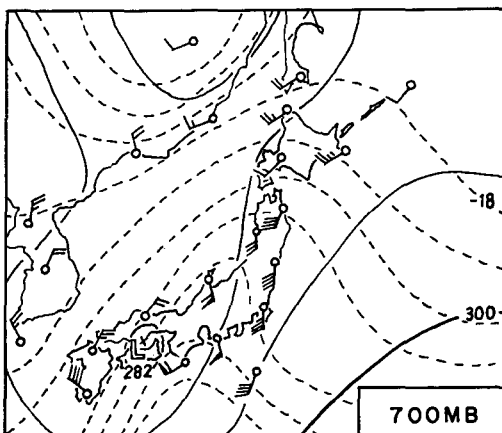
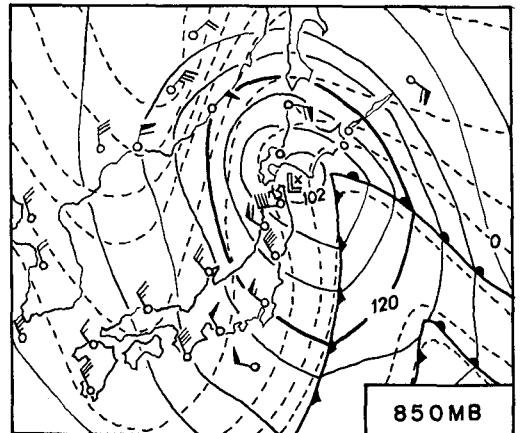
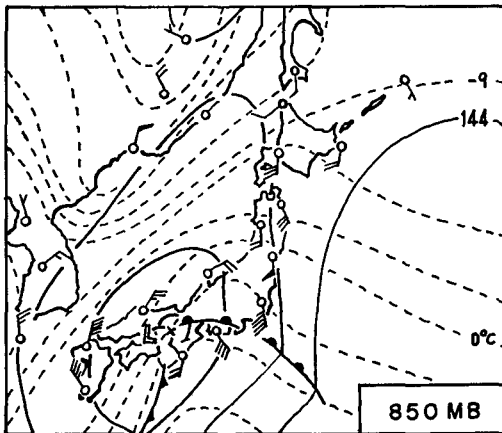
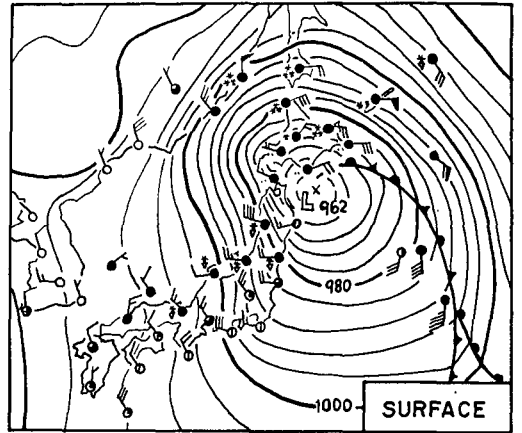
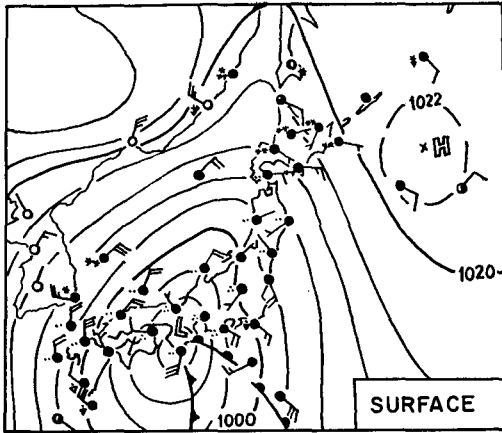
降雪の結晶形の観測は、石狩平野における降雪雲の総合観測の一環として行なわれ、石狩の観測点として海岸寄りにある北海道開発局小樽開発建設部石狩湾沿岸調査員詰所の一室が当てられ、光学顕微鏡写真撮影を主とし、レプリカ溶液法を補足的に用い、降雪の度に随時行なった。

1) 菊地勝弘; 南極昭和基地における雲物理・大気電気観測報告, 天気, 17 (1970), 193-202.

2) C. MAGONO and S. TAZAWA; Design of "Snow Crystal Sondes", J. Atmos. Sci., 23 (1966), 618-625.

3) K. KIKUCHI; Unknown and Reculiar Shapes of Snow Crystals Observed at Syowa Station, Antarctica, Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ. Ser. VII, 3 (1969), 99-116.

4) K. KIKUCHI; Peculiar Shapes of Solid Precipitation Observed at Syowa Station, Antarctica, Jour. Met. Soc., Japan, Ser. II, 48 (1970), 243-249.



第1図 地上, 850 mb, 700 mb 天気図
(1970年1月30日21時)

第2図 地上, 850 mb, 700 mb 天気図
(1970年1月31日21時)

Fig. 1. Surface, 850 mb and 700 mb weather charts on 2100 JST, January 30th, 1970.

Fig. 2. Surface, 850 mb and 700 mb weather charts on 2100 JST, January 31st, 1970.

III. 結 果

1月16日から2月5日までの観測期間中13日の降雪があったが、その内、日本各地にかなりの被害をもたらし、昭和45年1月低気圧と命名された低気圧(第1図, 第2図)に伴う降雪の中に数種にわたってかなりの数の南極形畸形雪結晶が発見された(第3図~第6図)。

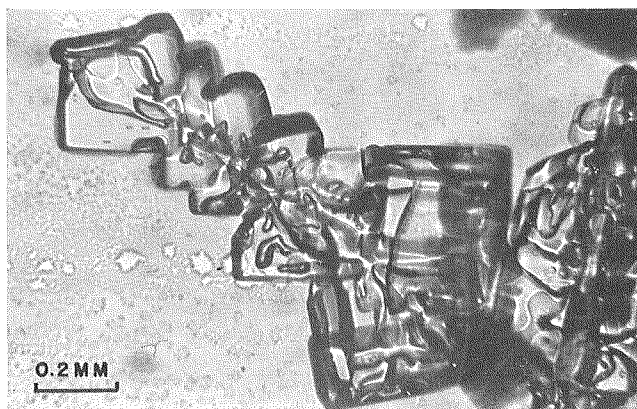
第3図(b), (c)は南極昭和基地で観測された“側面付渦巻組み合わせ”(Assemblage of periodic scrolls with side planes, or Gohei shaped crystals)と名付けられた結晶で、これと同種と思われる石狩で観測されたものが第3図(a)に示されている。石狩で観測された結晶は、昭和基地のもの(b), (c)に比してかなり単純な構造をしているが、中心核があると考えられる不完全 scroll (渦巻)は両者共まったく同じ構造である。しかしそれに続く菱形の部分はいずれも scroll がはっきりしていない。また、この結晶の傍に見られる結晶は鱗片状側面結晶⁵⁾であり、昭和基地でこれらの畸形が観測された時と同様、側面結晶が同時に降ることは間違いないことと思われる。

第4図(a)に示されるような外形を持つ結晶は昭和基地では観測されなかったけれども、結晶構造からは昭和基地の“側面付砲弾結晶”(Bullet with a side plane)の第4図(b)か、前述の“側面付渦巻組み合わせ”(第4図(c))であり、結晶の先端の内角がいずれも約80度であることは同種の結晶を示すものであろう。

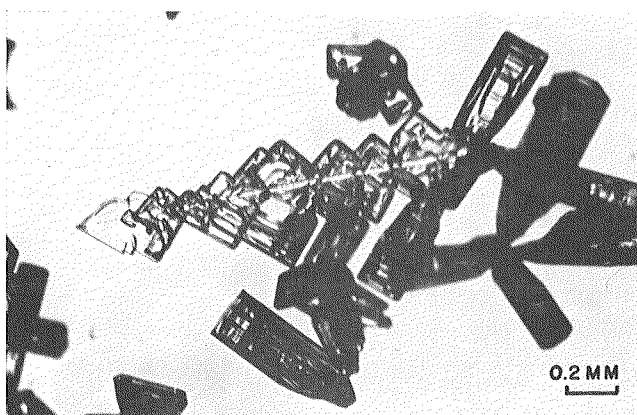
第5図(b), (c)は昭和基地の“単純四角板”(Simple tetragon)であり、同図(a)の石狩のものと同様のものであろう。この結晶の一つの特徴である対角線構造のなす角が約20度であることも一致している。また(b), (c)の結晶の傍に砲弾結晶がたまたまみられるが、(a)にも角柱結晶と側面結晶がみられる。孫野・菊地・山見の研究⁶⁾によれば、角柱結晶、砲弾集合結晶、側面結晶の成長温度領域はいずれも -20°C から -35°C で、また水に対する過飽和も2%から20%であることを考え合わせれば、これらの“単純四角板”は最早単なる畸形ではないであろう。

第6図(a)の外形はもっとも一般的な角柱結晶のようにみえるが、内部構造がこれまでの結晶とまったく異なっている。即ち、角柱結晶や砲弾結晶はいわゆる無垢の結晶よりも骸晶構造を持ったものがより一般的であるのだけれども(第6図(c)), (a)の結晶は内部構造において骸晶(hollow)が反対のいわば“逆骸晶角柱結晶”(Inverse hollow prism)とでもいうべきものである。しかも、その骸晶構造もこれまでの概念とは異なった構造をしていることも注目に値する。このような逆骸晶構造を有する結晶が昭和基地で観測されなかったかどうか再度検討した

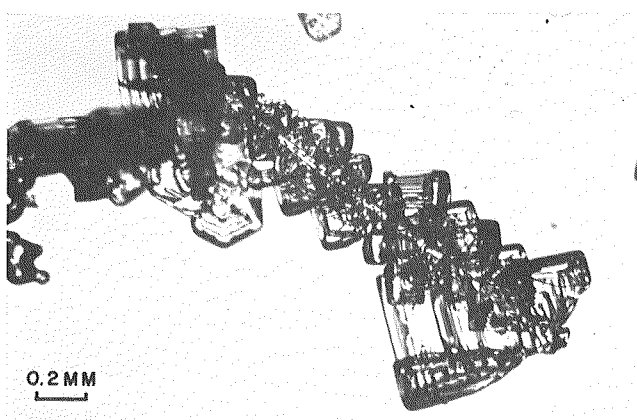
- 5) C. MAGONO and C. W. LEE; Meteorological Classification of Natural Snow Crystals, Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. VII, 2 (1966), 321-335.
- 6) C. MAGONO, K. KIKUCHI and N. YAMAMI; On the Meteorological Conditions for the Growth of Snow Crystals in Colder Temperature Regions, as Revealed by Radio Sonde Data in the Antarctica, to be published in Jour. Met. Soc., Japan.



(a) Ishikari



(b) Syowa Station



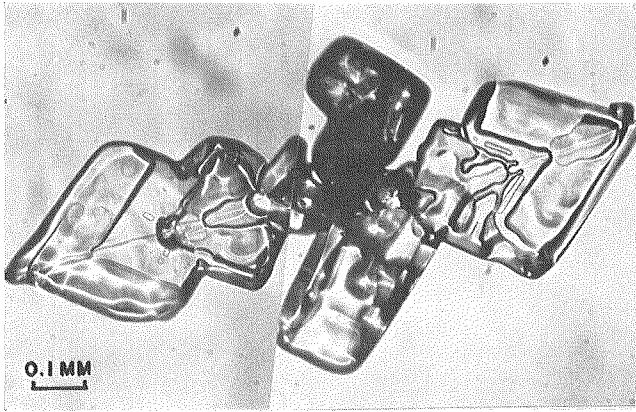
(c) Syowa Station

第3図 “側面付渦巻組み合わせ”の顕微鏡写真

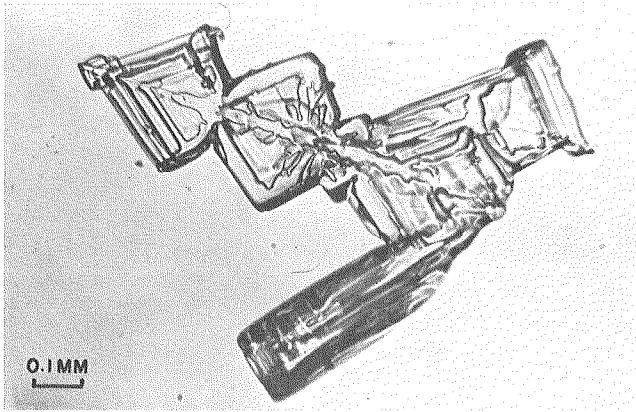
(a) 北海道・石狩 (b), (c) 南極・昭和基地

Fig. 3. Microscopic photographs of “Assemblage of periodic scrolls with side planes”.

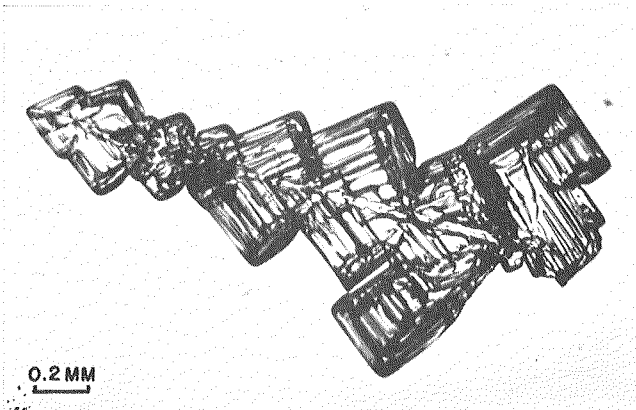
(a) Ishikari, Hokkaido (b), (c) Syowa Station, Antarctica



(a) Ishikari



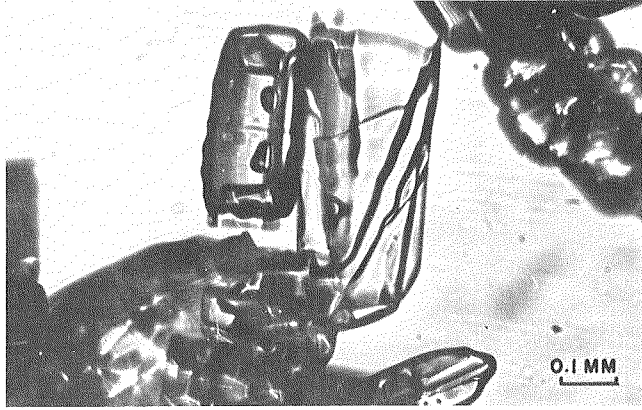
(b) Syowa Station



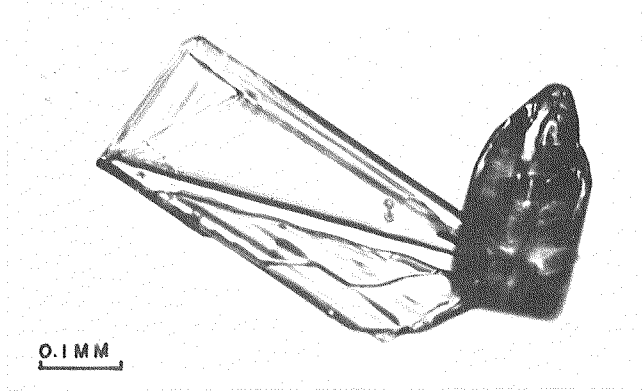
(c) Syowa Station

第4図 “側面付砲弾結晶”の顕微鏡写真
(a) 北海道・石狩 (b), (c) 南極・昭和基地

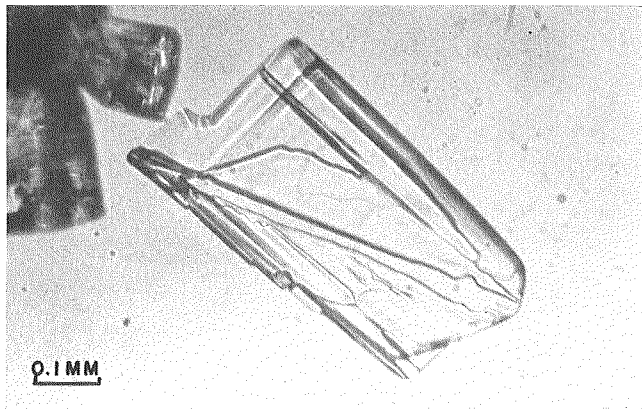
Fig. 4. Microscopic photographs of “Bullet with a side plane”.
(a) Ishikari, Hokkaido (b), (c) Syowa Station, Antarctica.



(a) Ishikari



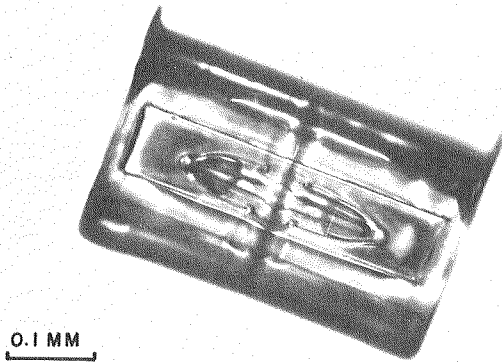
(b) Syowa Station



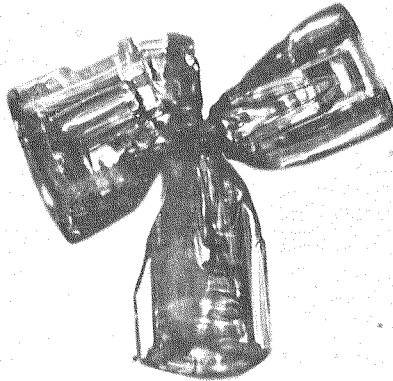
(c) Syowa Station

第5図 “単純四角板”の顕微鏡写真
(a) 北海道・石狩 (b), (c) 南極・昭和基地

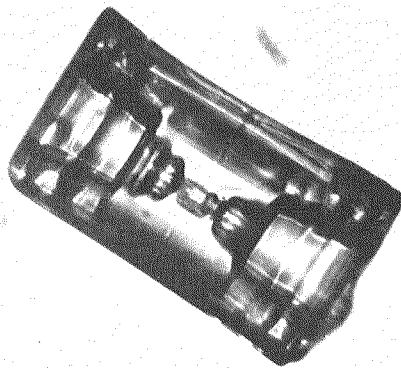
Fig. 5. Microscopic photographs of “Simple tetragon”.
(a) Ishikari, Hokkaido (b), (c) Syowa Station, Antarctica.



(a) Ishikari



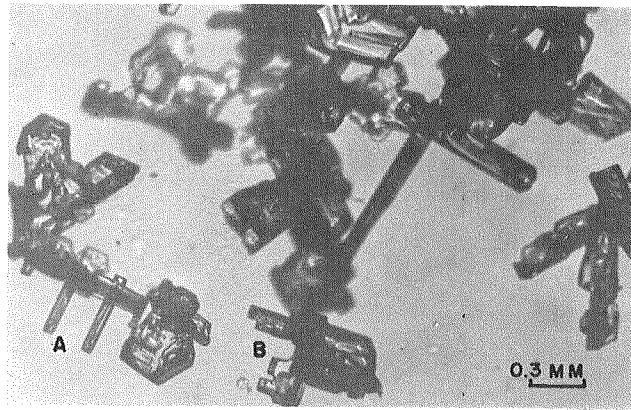
(b) Syowa Station



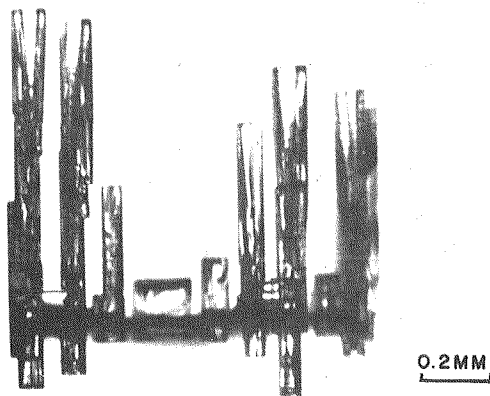
(c) Syowa Station

第6図 “骸晶角柱” “逆骸晶角柱” の顕微鏡写真
(a) 北海道・石狩 (b), (c) 南極・昭和基地

Fig. 6. Microscopic photographs of “Hollow prism” and “Inverse hollow prism”.
(a) Ishikari, Hokkaido (b), (c) Syowa Station, Antarctica.



(a) Ishikari

(b) after HIGUCHI and YOSHIDA $\delta_{L,c} = -2.0\%$ (c) after MUGURUMA CLEAN AIR, $T_a = -15.2^\circ\text{C}$, $\text{Si} = 118\%$

第7図 雪結晶の顕微鏡写真

(a) 天然雪, 石狩 (b) 人工雪, 樋口・由田⁷⁾による (c) 人工雪, 六車⁸⁾による

Fig. 7. Microscopic photographs of snow crystals observed at Ishikari, Hokkaido (a), and produced experimentally by HIGUCHI and YOSHIDA⁷⁾ (b) and by MUGURUMA⁸⁾ (c).

結果、第6図(b)にみられるような“逆骸晶砲弾集合”(Combination of bullets with inverse hollows)とでもいうべき結晶が発見された。逆骸晶構造がどのような機構でできるのかは今後の研究に待たねばならないが、目下のところ二例しかないので、今後のより注意深い観測が必要であろう。

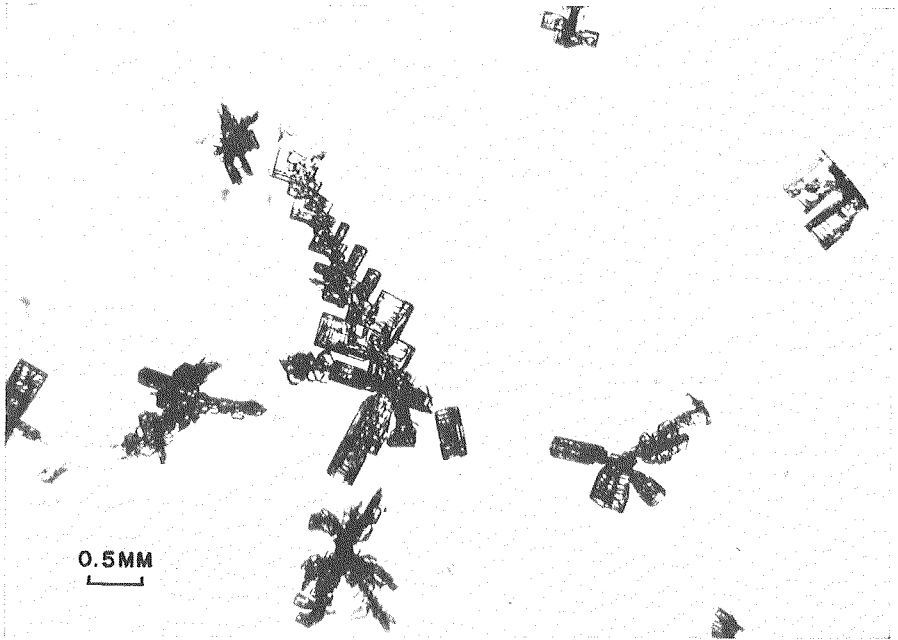
第7図(a)のAは同じ降雪の中に見られたもので“直交角柱”とでも云うべきものであるが、これと類似の結晶は昭和基地では見られなかった。樋口と由田⁷⁾は lattice misfit: $\delta = \left| \frac{a-a_0}{a_0} \right|$ が角柱同志の場合、例えば(1010)面と(1 $\bar{2}$ 10)面との間では、 $\delta_{\perp c} = -2.0\%$ 、 $\delta_{\parallel c} = -6.0\%$ であることを示し、実験室で同図(b)に見られるような類似の結晶を作った。また第7図(a)のBは“角板付角柱”とでもいうべきもので、過去の人工雪の実験を調べたところ、これと類似の結晶が六車⁸⁾のデーターの中に見つかった(第7図(c))。

IV. 考 察

まえがきで述べたように昭和基地で発見された畸形雪結晶を報告した時、例えば第3, 4, 5図(b), (c)に見られるような非対称の形をしているものが多いこと、また雪面で成長する霜に似ていること、更にその成長温度領域が -35°C 以上という比較的暖い温度領域であった精もあってか、いわゆる自由大気中での昇華過程によってできた“雪結晶”ではないという考えの方が多かったように思われた。その一つには報告した写真がその雪結晶の部分トリミングしてクローズアップしたために雪面で成長した霜と見られたようであった。これに対する解答としては第8, 9図に示される低倍率の顕微鏡写真をみればわかる通り、同時に降っていた雪結晶のどれもが縁辺がシャープで昇華蒸発のあとが見られないし、また雪面からちぎれたと思われる痕跡も見当たらないことで納得されると思う。特に第8図に見られる雪結晶の殆んどはその結晶のどこかに Scroll がみられ、いずれも畸形に属するものであることがわかる。また石符での畸形雪結晶の観測された昭和45年1月31日09時の地上の気象データーは地上気温 -0.8°C 、相対湿度99%、風向 260° 、風速1.7 m/sで降雪は曇、積雪表面はかなり融解しており、550 mbで -20°C 、86%と考え合わせれば、これらの畸形雪結晶は比較的暖い温度領域で成長したものであり、雪面で成長した霜との懸念は最早考えられない。それではこれらの雪結晶はどんな条件の時に発生するのであろうか。第10図に畸形雪結晶の観測された日の前後を含めた昭和基地と札幌の ΔSi (氷に対する過飽和量)の時間断面図解析の結果を示してある。札幌での高層観測は00Z, 12Zの1日2回に対して昭和基地のそれは00Zの1日1回のために ΔSi のコンターは比較的ラフであるけれども両者を比較した結果の共通点は氷飽和以上の湿った層が地表面付近からかなり上層まで存在していることが特徴的である。これらの南極形畸形雪結晶が発表さ

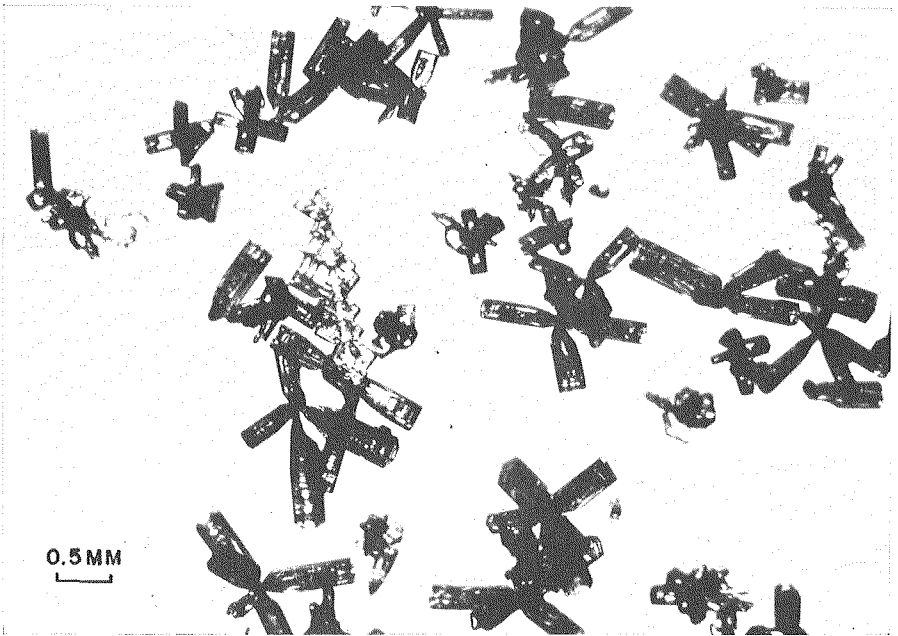
7) K. HIGUCHI and T. YOSHIDA; Crystallographic Orientation of Frozen Droplets on Ice Surfaces, Physics of Snow and Ice. Part I. Proc. Int. Nat. Conf. Low Temp. Sci. (1966), 79-93.

8) 六車二郎; 未発表.



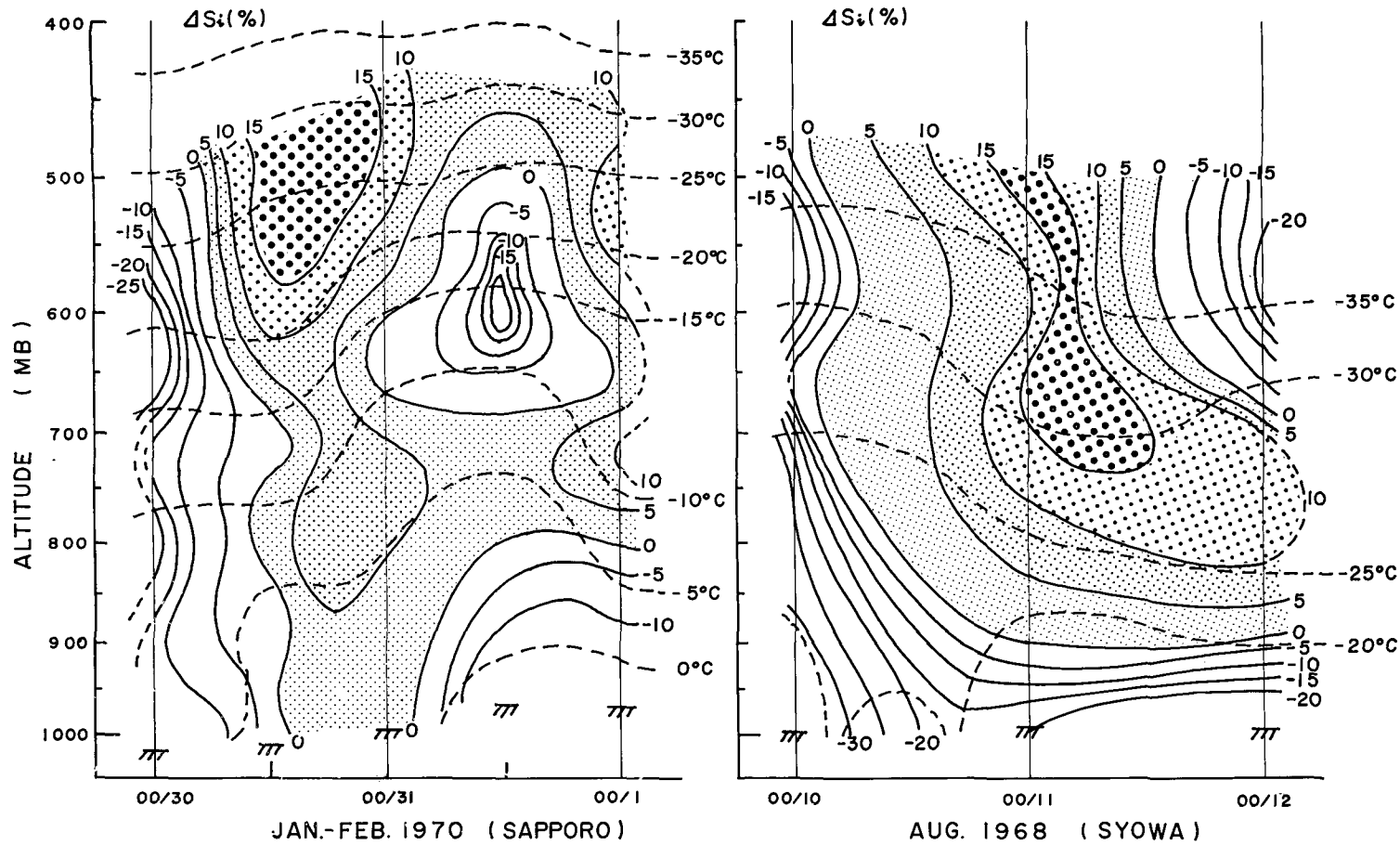
第8図 南極，昭和基地で観測された雪結晶の顕微鏡写真
1968年7月18日16時20分

Fig. 8. Microscopic photograph of natural snow crystals observed at Syowa Station, Antarctica. 1620 LMT 18 July 1968.



第9図 南極，昭和基地で観測された雪結晶の顕微鏡写真
1968年7月18日17時40分

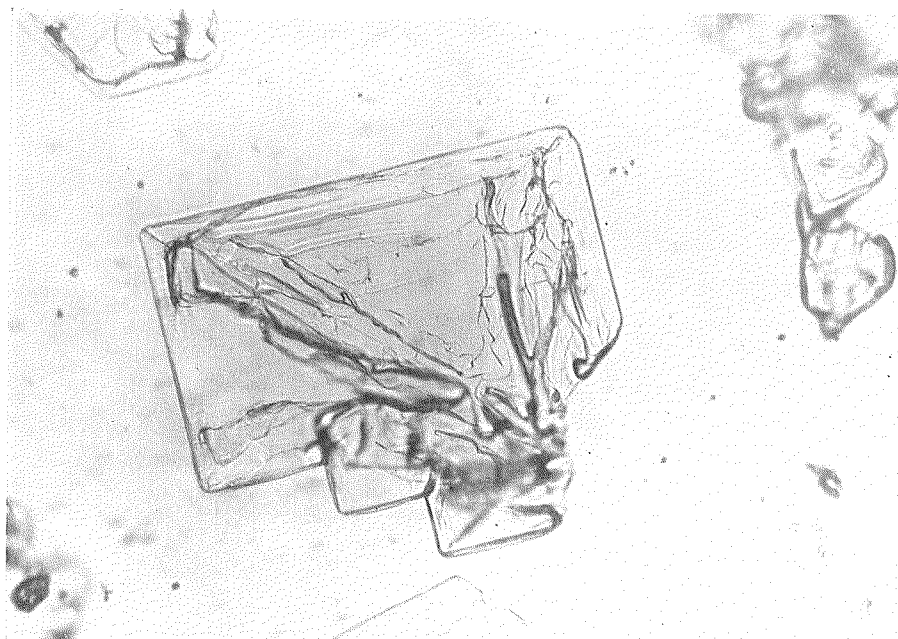
Fig. 9. Microscopic photograph of natural snow crystals observed at Syowa Station, Antarctica. 1740 LMT 18 July 1968.



北海道で観測された南極形霰結晶

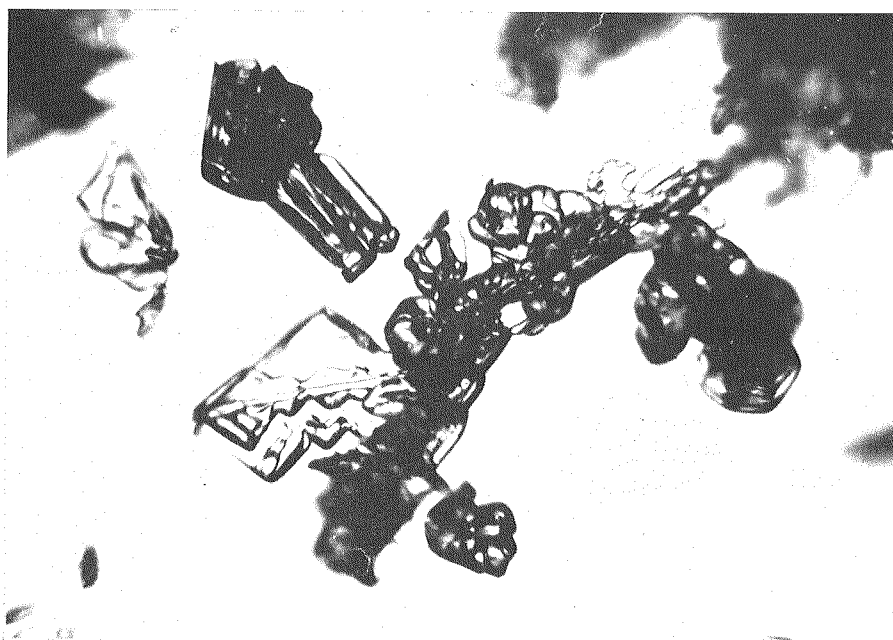
第10図 ΔSi の時間断面図
 左側；北海道・札幌 右側；南極・昭和基地

Fig. 10. Time cross sections of ΔSi at Sapporo, Hokkaido (left half) and Syowa Station, Antarctica (right half).



第11図 雪結晶ゾンデに捕えられた雪結晶の顕微鏡写真。
1970年1月25日10時45分。高度2100m(李⁹⁾による)

Fig. 11. Microscopic photograph of a peculiar shape of snow crystal caught on a "Snow Crystal Sonde" released from Syukutsu, Hokkaido 1045 JST 25 Jan. 1970, 2100 m in height. (after C. W. LEE⁹⁾)



第12図 北海道旭川で観測された雪結晶の顕微鏡写真
1970年2月18日22時00分(桜井¹⁰⁾による)

Fig. 12. Microscopic photograph of a peculiar shape of snow crystal observed at Asahikawa, Hokkaido 2200 JST 18 Feb. 1970. (after K. SAKURAI¹⁰⁾).

れてから、北大雲物理研究グループの雪結晶ゾンデ⁹⁾(第11図)にも、また旭川での降雪¹⁰⁾(第12図)にもこの種の結晶がかなり見付かっている。最早単なる畸形とはいえないように思われる。いかにしてこのような畸形雪結晶になるかは今後の実験に待たねばならないが、一つ考えられることは、これらの結晶の成長温度領域および昭和基地における凍結雲粒の数度にわたる観測例^{3),4)}、また雪結晶の二次的成長(Secondary branch)への過冷却水滴の寄与^{11),12)}等を考え合わせれば、凝結核→凍結核→凍結雲粒の過程が重要であるように思われる。最近山下^{13),14)}は seeding の方法や seeding 物質を変えることにより、南極形畸形雪結晶と類似の結晶の再現に成功したが、南極の自然条件と彼の実験の生成条件との間の関係が今後の問題として残るであろう。

謝 辞

この観測にあたって種々の便宜をはかられた北海道開発局小樽開発建設部石狩湾沿岸調査員詰所の星藤男氏はじめ所員の方々、および未発表の写真を快く貸して下さった北海道大学工学部六車二郎助教授、北海道教育大学旭川分校桜井兼市助教授、北海道大学理学部気象学研究室の李柁雨博士に深謝の意を表します。なおこの研究の一部は日米科学臨海および臨湖地域における降雪の研究の一環としてなされたものである。

8. Peculiar Shapes of Snow Crystals of Antarctic Type Observed at Hokkaido

By Katsuhiko KIKUCHI

(Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University)

The various kinds of unknown and peculiar shapes of snow crystals were discovered by the author at Syowa Station, Antarctica when the author was a member of the wintering party of the 9th Japanese Antarctic Research Expedition (1968~1969). The minimum temperatures in clouds in which the peculiar shapes of snow crystals grew which were estimated from sounding curves were higher than -35°C in all kinds of crystals. The temperature range in which these peculiar crystals were found was not uncommon in the winter seasons in temperate regions. Therefore, the question as to why such shapes and forms were not observed hitherto remained.

9) 李 柁雨; 未発表.

10) 桜井兼市; 未発表.

11) J. HALLETT; Experimental Studies on the Crystallization of Supercooled Water, Jour. Atmos. Sci., **21** (1964), 671-682.

12) C. MAGONO and H. ABURAKAWA; Experimental Studies on Snow Crystals of Plane Type with Spatial Branches, Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. VII, **3** (1964), 85-97.

13) 山下 晃; 降雪実験 I, 日本気象学会 1970 年度春季大会講演予稿集, **17**, 25.

14) 山下 晃; 降雪実験 II, 日本気象学会 1970 年度秋季大会講演予稿集, **18**, 121.

And, the author considered that these crystals were not special shapes in Antarctica but if there were conditions, they would be discovered in temperate region. Because some of these peculiar crystals were asymmetrical in shape, it was possible to surmise that the crystals might be a type of hoar frost growing on and in the surface of snow cover and crevasses. However, the fact remained that no crystals of these shapes were found on the slide glasses under a microscope in typical drifting snow. The shapes of almost all crystals in the drifting snow were exclusively irregular ice particles.

Then, the author paid his effort on the discovery of these peculiar shapes of snow crystals during the observation period of "The Study on the Sea and Lake Effect Snow Storm" on Ishikari Plain, 1970.

As a result, a few shapes of snow crystals, that is, "Assemblage of periodic scrolls with side planes", "Bullet with a side plane" "Simple tetragon" and "Inverse hollow prism", as shown in Figs. 3 (a)~6(a) were discovered in snowfall accompanied the steep developed depression passed away near southern part of Hokkaido Island on 30th January to 1st February 1970. Further, it must be noted that these peculiar crystals were accompanied by "Combination of bullets" and "Side plane". Namely, the condition for snowfall of these crystals was the same at Syowa Station. From the time cross section analysis of ΔS_i (supersaturation with respect to ice surface) at Sapporo District Meteorological Observatory near Ishikari and at Syowa Station (Fig. 10), it was surmised that the condition for the growth of these peculiar shapes of snow crystal would be the humid layers over the ice saturation existed from near ground surface to considerable upper layer, 500 mb or more.

Although it was problem what mechanism needs for the growth of these peculiar shapes of snow crystals, thinking about the observation data of the sintered frozen cloud particles observed at Syowa Station in a few times a whole year and the contribution of supercooled cloud droplets for the secondary branches of spacial and radiating dendritic crystals, it was thought that the process from freezing nuclei to frozen cloud particles had very important factors.