HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	昭和基地周辺の氷　I
Author(s)	小野, 延雄
Citation	低温科學. 物理篇, 18, 179-187
Issue Date	1959-11-20
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/17965
Type	bulletin (article)
File Information	18_p179-187.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

Nobuo ONO 1959 The Ice around Showa-base in Antarctica. *Low Temperature Science, Ser. A, 18.* (With English résumé p. 186)

昭和基地周辺の氷 I*

小野延雄
(低温科学研究所 海洋学部門)

(昭和34年7月受理)

まえがき

筆者は第3次南極地域観測隊に海洋学部門担当として参加した。観測隊をのせた海上保安庁巡視船"宗谷"は，1958年11月12日に東京を出港し，1959年1月2日にエンダービーランド (Enderby Land) のクローズ (Close) 岬の沖64°59′S, 50°01′E で氷縁に達した。1月9日まで氷状と進路の偵察を行ない，現地時間で9日正午（東経45度地方時，以下これを用いる）氷域内に突入し，14日に67°33′S, 40°27′E, 基地の北方約165 km の地点まで進んで氷塞された。その後2月1日に氷域脱出の行動を起すまで，漂流しながらヘリコプターによる空輸を行ない越冬隊を成立させた。

漂流中あるいは停船時に筆者は流氷野に降りて海氷の構造を観察し試料を採取した。また2月1日から4日まで，昭和基地に滞在してオングル (Ongul) 島およびその周辺の氷や雪の観察を行ない，各種の試料を採集した。日本に持ち帰つた氷試料は，氷山の氷，東オングル (East-Ongul) 島の池の氷，パドル (puddle) の氷，定着氷 (fast ice) および流氷 (pack ice) の氷である。

これらの試料は，今後その物理的化学的性質について調べられるが，その採取条件と現地での観察，および帰国後の観察の一部をここに報告する。

I. pack ice の氷

昭和基地は南極大陸プリンスオラフ (Prince Olav) 海岸沖のオングル島の上 69°00′22″S, 39°35′24″E にある。オングル島は Fig. 1 に見られるように，プリンスオラフ海岸と西方にリーサーラルセン (Liiser-Larsen) 半島として伸びているプリンスハラルド (Prince Harald) 海岸とで形づくられたリュッツォホルム (Lützow-Holm) 湾の東部にある小さな島である。Fig. 1 で中央上部に描かれている点線は，1月14日から2月1日まで漂流した宗谷の軌跡を示している[1]。

過去2回の観測の結果，この付近の pack ice はリーサーラルセン半島の東側では密になり，半島の西側で疎となることが認められた。今年の pack ice は半島の東側でかなり北まで

* 北海道大学低温科学研究所業績 第538号

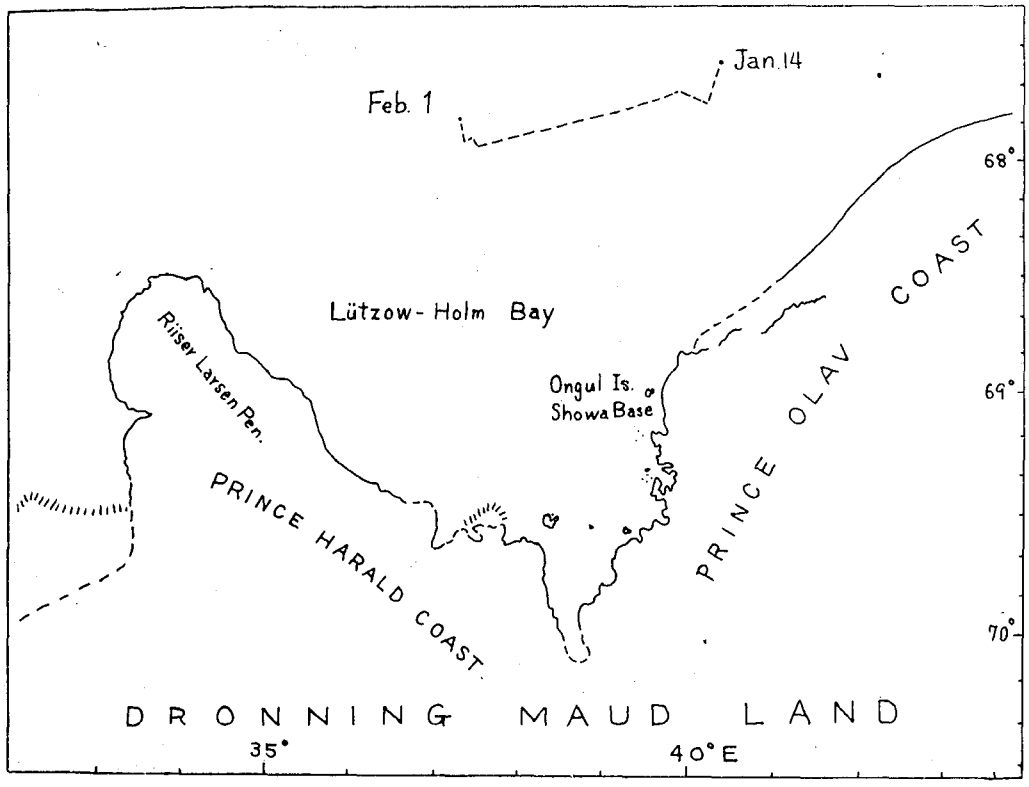


Fig. 1. Position of Ongul Island and the track of the ship.

拡がりを見せ，オングル島に近い東経 40 度線における氷縁の位置は，偵察初期の 1 月 4 日には 66°10′S まで張出しており，過去の 2 回と比較して最北の位置を示していた。漂流時における pack ice は，厚い一冬氷 (thick winter ice: 厚さ 30 cm 以上) の小氷盤 (small ice floe: 経 10～200 m) で，すきまに砕氷 (brash ice) と雪泥 (snow slush) がつまつて全密接流氷 (very close pack ice) となつていた。1 枚の氷盤の厚さは 2.5～3 m であつたが，漂流後期にはそれが互いに重なりあつて起伏度 8～9 で高さ 2～3 m の氷丘氷 (Hummocked ice) を造つていた。2.5 m の氷厚のうち，表面から 1～1.5 m は積雪および積雪の氷化したものであり，積雪は第 1 次，第 2 次の観測時より多いように思われた[2]。今年は南極大陸の高気圧が例年に比べて非常に弱く，大陸をとりまく低気圧帯が南下したのが，この多雪の原因であろうと考えられる。

Plate I-1 は，pack ice の下部から切りとつた水平面を，薄く削つて偏光で眺めた写真である。

田畑および筆者は[3]，北海道オホーツク海岸で見られる沿岸氷 (Shore ice) や流氷 (pack ice) について，偏光による結晶構造の観察を行なつてきた。試料を 0.5 mm 位の厚さに削り，互いに消光位にある二枚の偏光板の間に入れて観察する。その結果，海氷は鉛直な短冊状の結

晶薄片が，何枚か並んで一つの結晶塊 (grain) をつくり，それらが水平断面でモザイク状の模様を示すように集まつた結晶をしていることがわかつた。その短冊状薄片の一枚一枚のあいだには，海水が濃縮された brine となつてとじ込められているのが普通である。

Plate I–1 は宗谷の船上で観察したものである。漂流期間中の平均気温が −1.7°C とゆう結氷温度にちかい値であつたので，観察に適した条件のときはあまり得られなかつた。溶け気味な試料の表面から水を漏紙で吸いとると，短冊状薄片の方向を示す起伏が現われてくる。偏光で見られる grain の様子とこの短冊状薄片の起伏とを同時に示すために，斜め上からも光をあてて写したのが plate I–1 である。grain の大きさや結晶の構造は，オホーツク海岸での観察結果と殆んど変らない。オホーツク海の沿岸氷の観察でも，また Weeks[4] が Thule の海氷で観察した結果でも，grain の平均の大きさは深さと共に大きくなる傾向が認められているので，南極の海氷のような厚い氷の下面での grain の大きさに興味を持つていた。しかし今年の場合 pack ice はその大半が氷化した積雪 (snow ice) であつたので，限られた時間内には厚いしかも前にのべたような典型的な海氷を採ることが出来なかつた。また，オングル島周辺の定着氷もかなり厚い snow ice で覆われており，坐礁して盛上つた定着氷の下部から採つた試料も，結晶の小さい粒状の構造を示していた。

II. 氷山の氷

Plate I–2 は偏光でみた氷山の氷である。

Plate II–3 には第 1 次観測の時の空中写真から地理調査所で調整したオングル島の写真地図を示した。試料を採取した氷山は，昭和基地の北東約 750 m にあり，水面上の高さが数 m の小さな坐礁した氷山である。氷山の頂きは南西に向いて約 20 度傾斜していたが，その面は平らであり氷山となつて以来転覆を起していないと考えられた。オングル島周辺の氷山は殆んどすべてが坐礁しており，第 1 次観測からの 3 年のうちに，その水面上の形が風蝕や昇華によつてかなり変化しているにもかかわらず，その位置は殆んど変化していない。試料の採取個所は水面上 1 m 位の高さであり，その氷山としては最も新らしい部分に近い。

氷山は氷冠の氷が海に流れ出したものである。氷冠の上では雪は殆んど融けることがなく，自重によつて圧縮され氷化をしていく。降り積つた雪がどの位の年数を経てこのような氷に変つたかが，わかれば，いろいろな意味で有用である。グリーンランド (Green-land) の氷冠については，比重の垂直分布から氷層の年代決定が行われている[5]。これは比重の精密測定により 1 年周期の比重の高低を調べる方法であるが，氷化が進むと氷の密度に近くなり密度の測定に非常な精度を要するので，たかだか 100 年位しかさかのぼることが出来ない。また，氷山の氷の中には雪のすきまに入つていた空気が閉込められて出来た気泡がある。気泡ははじめ不定形であるが，長い年月が経つうちに自重による圧縮と氷の表面張力のために小さな球状になつて安定する。気泡の形状から年代を定める試みもなされているが，定量的な結果をうるにはいたつていない。もつとも気泡中の炭酸ガスの C_{14} の分析から年齢を知ることも出来るが測定に必

要なだけの気泡を含む氷を採取することが難かしく，極めて表面近くの氷について行われているにすぎない。Plate I–2 で円形あるいは不規則な形をしている気泡を見ることが出来る。気泡の大きさは径 1 mm 以上のものと 0.2 mm 以下のものとが多く，大きなものが球状あるいは不規則な形であるのに対し，小さなものは球状に近い形をしている。この小さな気泡は線上に並ぶように位置しているものが多いが，現在の結晶の境界とはあまり関係がない。この小気泡は結晶がもつと小さかつたときに，その結晶環界にあつた気泡が変形したもので以前の結晶境界を示していると考えられる。結晶の大きさは中谷[6]がグリーンランドの氷冠で表面からの深さ 200 m の氷について写した偏光写真と比較してみるといくらか大きいように思われるが，小さな部分の比較であり，はつきりしたことはわからない。気泡や結晶について顕微鏡による観察も若干行なつてはいるが，今後更にくわしく調べてみたいと考えている。

III. オングル島の氷と雪

昭和基地のあるオングル島は第 1 次観測の際に 2 つの島であることがわかり，東オングル (East-Ongul) 島，西オングル (West-Ongul) 島と呼ばれている。Plate II–3 に見られるように，東オングル島は径約 2 km の小さな島であり，西オングル島は径が約 4 km で少し大きい。筆者は基地滞在期間中，主に東オングル島で観察を行ない，西オングル島には一度探策に出かけただけであつた。

東オングル島は所々に残雪が見られ，島で一番大きな池にある残雪部のように氷化した層を持つものもあつた。この池には定まつた名前がついていないが，第 1 次越冬隊は“みどり池”と呼んでいたので以下みどり池とゆう名を用いる。みどり池の水温は，2 月 2 日午前 4 時頃，気温が −1.5°C のとき +1.25°C を示していた。西オングル島には，Plate II–3 の下部に見られるように，みどり池より大きな池があり，表面に厚さ数 cm の薄い氷が張つている池も 2, 3 見られた。いずれの島でも融雪による水溜りも若干見られ，基地の裏の残雪部の水溜りでは気温が −1.5°C のとき水温は +4.5°C を示していた。

残雪には表面にフィルムクラスト (film crust) が見られる個所と風成漣痕 (ripple mark) の見られる所とがあつた。ripple mark とは新雪が風の作用で水面のさざなみのような模様を呈したものであり，基地付近のはその波長が 15 cm 位であり所によつては更に大きい。波の進む方向は全体として北東から南西にむいていた。写真を Plate IV–6 に示した。模様の上には，島の露岩から飛んだ砂礫や雲母の破片が落ち，熱を吸収して沈みそのために模様を深くしていた。film crust は雪の上に出来る氷化した薄い層で下の雪との間に空隙が出来るのが普通である。基地の北側の定着氷の上では，この空隙は数 cm であつたが，みどり池の残雪部では 20〜30 cm のものが多かつた。

西オングル島を探策のとき，雪面に円形の垂直な孔が無数にあいているのが観察された。これは第 1 次越冬隊の隊長西堀が越冬中に雪面に出来た孔を観察し，試験管状の孔があいていることから試験管氷と名づけられたものである[7]。Plate III–4 及び III–5 はこの雪面に出来た

孔の写真である。孔の径は 1 cm 以下から 20 cm にもおよぶものもあり一定していない。深さは 10～15 cm 位のものが多く，孔の径と深さには顕著な関係は認められない。Plate III-5 で右下の方に大きな孔が小さな孔とつながつた形が見られるが，孔がだんだんと大きくなつていくことを示している。北極地方でもこの様な孔のある氷があり，Candle ice と呼ばれているようである。

Plate IV-7 にみどり池の写真を示した。写真は Plate II-3 の E の地点から東南東に向いて撮つたものである。残雪部の北東の端には ripple mark, 中央部では film crust が発達していた。Plate IV-7 に見られる池のほとりには所々に試験管氷や霜柱状の氷が見られた。Plate III-5 に示した試験管氷はこの池のほとりで見られたものである。霜柱状氷を Plate V-8 に示した。この場所には film crust はなく，霜柱状の氷の高さは 20 cm から 30 cm 近いものが多く，その上は薄く新雪をかぶつていた。雪溪中央部の film crust は雪面との間に高さ 2～3 cm の霜柱状の結晶をみることもあつた。これらの霜柱状の氷は非常にもろい。その下には非常に堅い氷層があり，露岩から飛んだ砂粒はこの境界面にたまつていて，そこから霜柱が生成したようにおもわれた。下の氷層はその面が露出しているところでは，Plate V-9 のように結晶の境界が窪んで表面に起伏のある模様をつくつており，氷層の厚さは 60 cm 位であつた。この氷の内部にはのちに述べるように鉛直に整然と並んだ細い管状のすきまが見られた。この氷を結晶の境界のところで溶けるように暖めた結果，直径が 2～3 cm の鉛直な細長い柱状の結晶から出来ていることがわかつた。

Plate VI-10 は持ち帰つた試料の下の部分の垂直断面，Plate VIII-14 は上部の水平断面をそれぞれ偏光でみたものである。細い管状のすきまが見られるが，柱状結晶とはあまりはつきりした関係が認められない。整然とならんだ細い管状のすきまを Plate VI-11 に示した。現地での観察では氷厚 50 cm の氷のとき，上部は球状の気泡が多く，10 cm 位のところでその球を横からつぶして立てた円板のような形になり，10 cm から 15 cm 位の間で円板の下部がのびてシャモジ型の気泡となり，それ以下ではその柄がのびて管状のすきまとなつていた。管の径は下に行く程細く長さも長いものが多かつたが，下部では Plate VI-11 に見られるようにほぼ同一平面でとぎれたり，別の平面では球状のすきまをはさんでとぎれたものが並んでいたりしていた。低温室内で顕微鏡による観察を行つた結果，この管状のすきまはごくわずかではあるが何か液体の入つているのが認められた。Plate VII-12 にその顕微鏡写真を示した。管状のすきまの中に見えるのは観察時の温度（約 −20°C）が低いために管内の液体から析出した氷で，その周囲にはこの温度を結晶析出の温度とする濃度の高い液体がとりまいていると考えられる。

柱状結晶の結晶軸の向きについては，現地では偏光による観察と，暖めて結晶内に小さなヒビを入れる方法[8]を用いて確かめた。Plate VII-13 は暖めて出来たヒビの写真である。これは上から 12 cm 位のところの水平断面であり，前述の横からつぶしたようにみえる円板状の気泡を上から見ていることになる。ヒビは主にこの気泡のつぶされた面内に気泡のはじから起り，時にはその先端に Tyndall figure のような樹枝状の模様を見ることもあつた。氷は六方晶形で

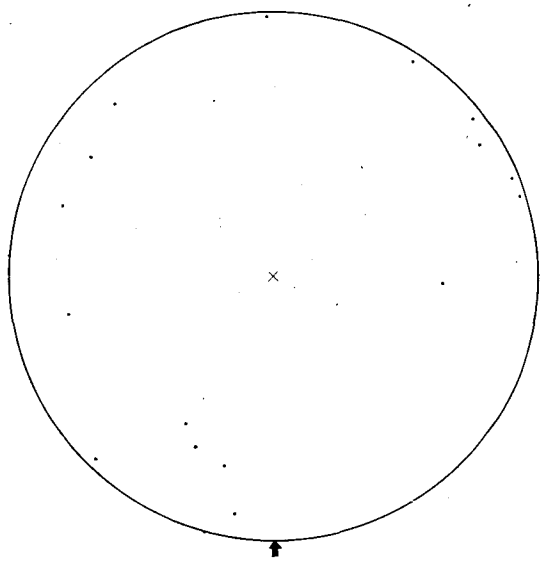


Fig. 2. Directions of c-axis of the pond ice plotted on a Schmidt's net (Horizontal section).

その結晶主軸は樹枝状の面に垂直であることがわかつているから，この氷の結晶主軸がほぼ水平に近いことが Plate VII-13 からわかる。さらにこのヒビの数を増すと丁度海氷の短冊状結晶のように厚さ 1～2 mm の薄片が何枚か重なつたような構造をしていることがわかり，気泡はこの厚さになるように押しつぶされていることがわかつた。

Plate VIII-14の水平断面について低温室内で universal stage を用いて結晶主軸の向きを測定した結果を Fig. 2 に示した。図は Schmidt の net を用いたので，図の中心の右で中程にある点は，主軸の方向が紙面の右下から中心を通つて紙面の左上に向く方向であることを示している。Fig. 2 からみどり池の氷は主軸の方向が水平に近いものが多いことがわかり，これは前述の現地での観察結果と一致する。互に隣り合う結晶主軸の向きの間に何か関係があるように思われたが測定の数も増して検討したいと考えている。

みどり池の残雪部に ripple mark, film crust, 霜柱状の氷，試験管状の孔が見られ，その下に堅い氷があることはすでにのべた。Plate II-3 にはこの残雪部の北側にもほんの僅か水面が露出しているのが見られるが，今年はその水面の面積がいくらか大きくなつており，周囲の地形から考えてこの水面はみどり池の一部であろうと思われた。したがつて上述の下に固い氷のある残雪部は池を横断していることになる。現地で観察したところによると，この氷の一番下の面は池の水面と殆んど等しい高さにあつた。しかも下層を占める固い氷は，すでに述べたようにその内部に濃縮されたかなり結氷温度の低い液体を含んでいることから積雪の氷化したものではなく，不純物を含んでいる水が直接凍つたもの，すなわち池の水が凍つたものと考えざるを得ない。この氷が池の水から凍つたものとすれば氷の上面は現在の水位より 60 cm 近く高いところにあるから，生成時には現在よりも水位が 60 cm 程高かつたことになる。筆者の観察時は真夏の最も水位の高いと思われる時期であり，また周囲の地形から考えて水位を現在より 60 cm 上げるためにふさがなければならぬ流出カ所はかなり大きくなるので，そこを雪や氷でふさぐと考えるのは困難である。これ以上の考察は氷中の液体と池の水の化学分析の結果及びその他の資料が整つてから行ないたいと思うが，みどり池の管状のすきまを持つ氷は意外に古いものではないかと考えられる。

IV. puddle の氷

パドル (puddle) とは氷上の積雪が融けて出来た水溜りである。Plate II–3 で定着氷の上に点々と黒くみえるのがパドルである。基地の近くのパドルはその表面が結氷しているものが多かつた。その表面に張つた氷は，やや透明でしかも小さな粒状の結晶のあつまりであり，興味深く思われたので採取して持ち帰つた。採取したのは基地の北東約 300 m 付近にある長さ 15 m，巾 5 m 位で北東から南西に細長いパドルである。試料はほぼその中央から採取した。パドルの深さは 75 cm 位であり，採取時の 2 月 2 日午前 2 時頃，気温が −4.6°C のとき氷の下の水温は +0.1°C であつた。パドルの氷の厚さは約 11.5 cm で，その下面には直径 2 mm 位の粒状結晶が付着していた。Plate VIII–15 はその垂直断面の偏光写真である。氷板の上から下までほとんど等しい大きさの結晶から出来ていることがわかる。水が直接凍つて出来る氷は普通このような小さな粒状結晶の集まりとならないし，水面に雪が落ち込んだりして出来る粒状結晶の場合にはかなり多量の不規則な気泡を伴なうものである．それがこのパドルの表面の氷はわずかのしかも非常に小さい球状の気泡しか含んでいないので雪と混り合つた氷とは考えにくい。

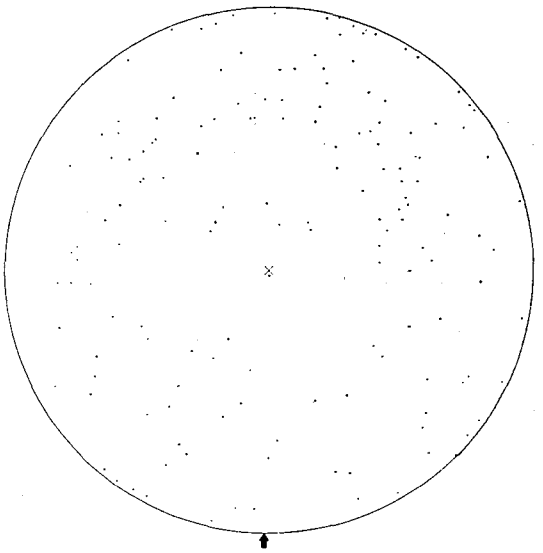


Fig. 3. Directions of c-axis of puddle ice plotted on the Schmidt's net (vertical section).

垂直断面の試料について universal stage によつて結晶主軸の向きを測定した結果を Fig. 3 に示した。図の矢印の方向は鉛直方向にとつた。図から各粒状結晶の結晶主軸が，水平方向に近いものがいくらか少ないような傾向がみえるが，全体としてほぼ randam に分布していると考えられる。しかしまだ測定数が充分でないので，水平断面について測定すると共に成因についての考察も進めたいと思つている。

あとがき

主として持ち帰ることの出来た氷に関して，現地での観察を中心に記述した。わずかの時間で捜したわずかの試料ではあるが，夫々興味のある問題を含んでいる。持ち帰つた氷試料は続けて種々の測定を行なう予定であるが，多くの方々の御協力のもとにより有効に研究されることを願つている。

天候を予測しにくい条件のもとで，これらの試料採集と現地での観察のために特に基地に行く機会を与えて下さつた永田隊長，松本船長はじめ関係者各位に深く感謝の意を表します。また，宗谷主計課はじめ多くの方々の御援助によつて，これ等の採取試料を無事に低温室に運ぶことが出来た。ここに厚く御礼申上げます。

越冬隊の北村泰一氏には現地で色々と御助言御協力を戴いた。また当研究所田畑忠司氏，鈴木義男氏から帰国後種々の御指導と御援助を戴いた。更に現在北極の T-3 に行つておられる楠宏氏から手紙による御指導を戴いている。あわせて厚く謝意を表します。

文　　献

1) 小野延雄 1959 密流氷野におよぼす風の影響について. 低温科学, 物理篇, ***18***.
2) 楠　宏 1958 第1次日本南極観測隊における海洋観測予報. 南極資料, ***3***, 132-140.
3) 田畑忠司・小野延雄 1957 海氷の構造について. 低温科学, 物理篇, ***16***.
4) Weeks W. F. 1958 The structure of sea ice: A progress report. Arctic Sea Ice, Publication ***598***, NAS-NRC, U. S. A.
5) 中谷宇吉郎 1958 北極の氷. 宝文館.
6) 中谷宇吉郎　　同　上
7) 西堀栄三郎 1958 談話による
8) 中谷宇吉郎 1958 5) と同じ

Résumé

The present writer participated in the JARE-3 (Japanese Antarctic Research Expedition III) in charge of oceanographic observations, and stayed at Ongul Island (where the Japanese Wintering Base "Showa" is situated) during the period Feb. 1～4. Several specimens of ice were collected and brought to Japan. Specimens were taken from iceberg, pond-ice of Ongul island, surface ice of puddle, fast ice and pack ice. Fig. 1 shows the position of Ongul island and the track of the ship. Plate II-3 is an aerophotograph of Ongul island by the JARE-1; the positions of sample collections are shown.

Plate I-1 is a horizontal section of pack ice which was photographed under dispersed light. Sizes of grains are simillar to those of sea ice off the Okhotsk coast of Hokkaido and in the Arctic.

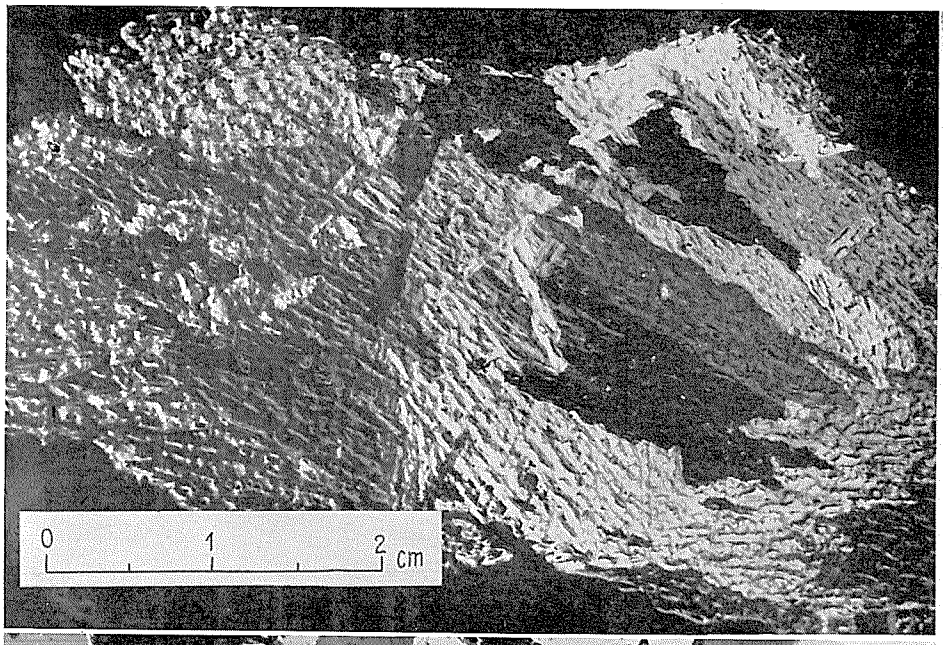
Plate I-2 is a thin section of iceberg ice under dispersed light. The sample was taken from a very small anchor iceberg near the base. It was about 4 or 5 meters in hight.

On Ongul island, there are several ponds without surface ice, and much lingering snow. The largest pond of East-Ongul island is shown in Plate IV-7. Near the pond, there were seen holes in the snow (Plate III-4 & 5), ripple marks (Plate IV-6), and ice needles (Plate V-8). Under the snow there was hard ice (Plate V-9) which is considered to be frozen ice of pond water. It has slender cylindrical air bubbles (Plate VI-11); in those bubbles, new ice was observed at −20°C in cold room. Plate VII-12 shows the new crystals in a bubble. Plate VII-13 is a thin horizontal section of the upper part

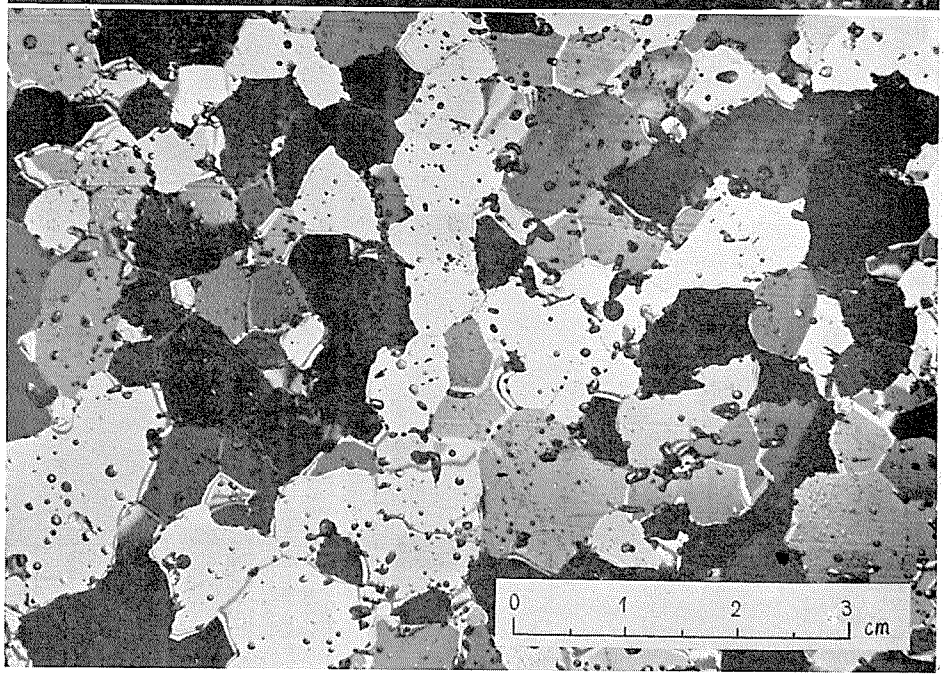
of pond ice. Disk-like air bubbles and Tyndall figures were observed in this section. Plates VI-10 and VIII-14 are vertical and horizontal sections of the same ice under dispersed light. On the section of Plate VIII-14 directions of c-axis was observed and plotted on a Schmidt's net (Fig. 2). In these observations the c-axis of the pond ice was found generally lying in horizontal direction.

Plate VIII-15 is a vertical section of surface ice on the puddle ; was granular crystal sturucture with spherical small air bubbles was observed.

1



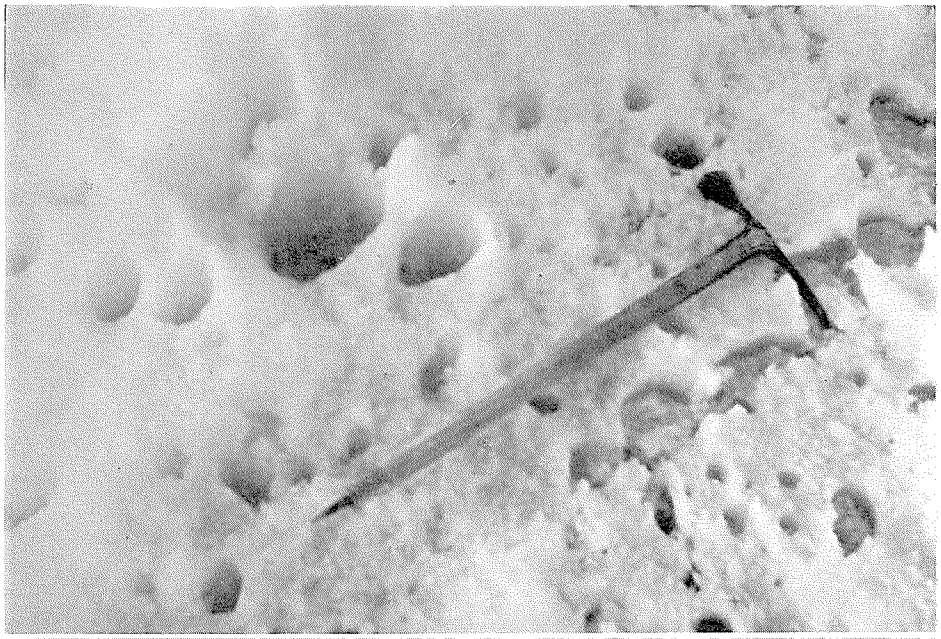
2



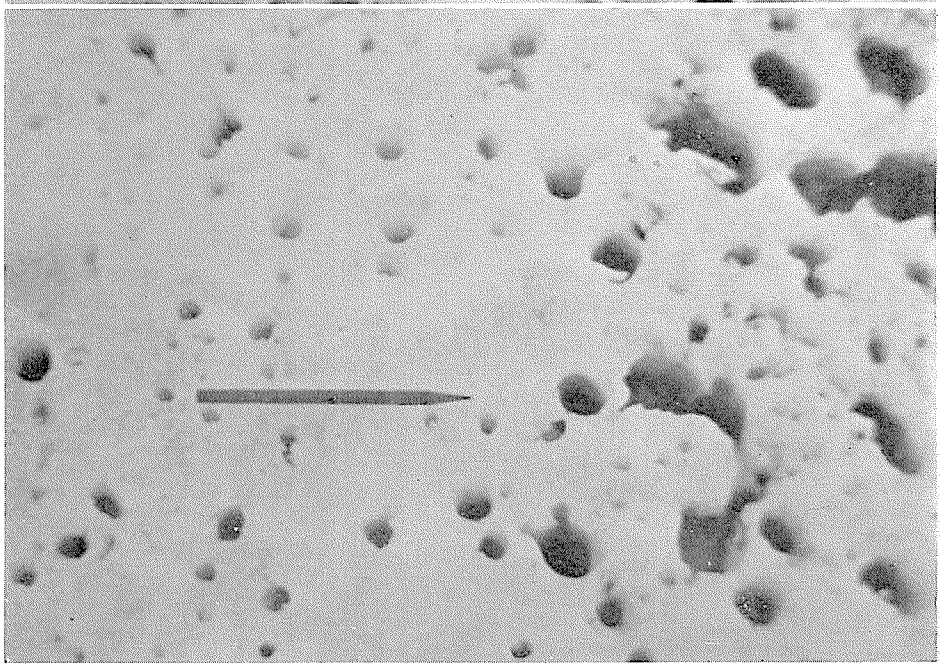
3

a : iceberg, b : fast ice, c : puddle, d : Showa-base, e : pond.

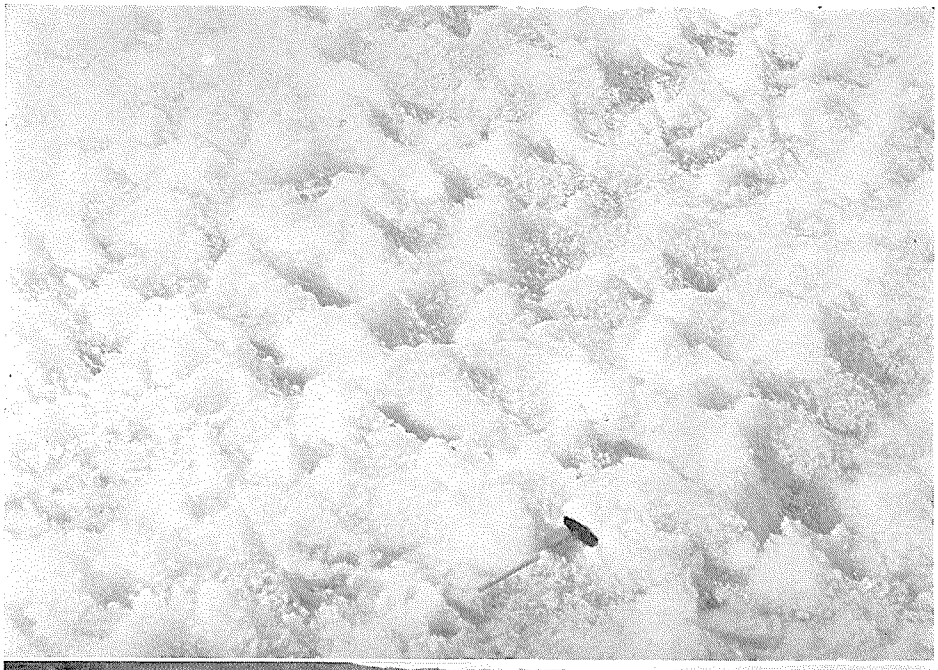
4



5

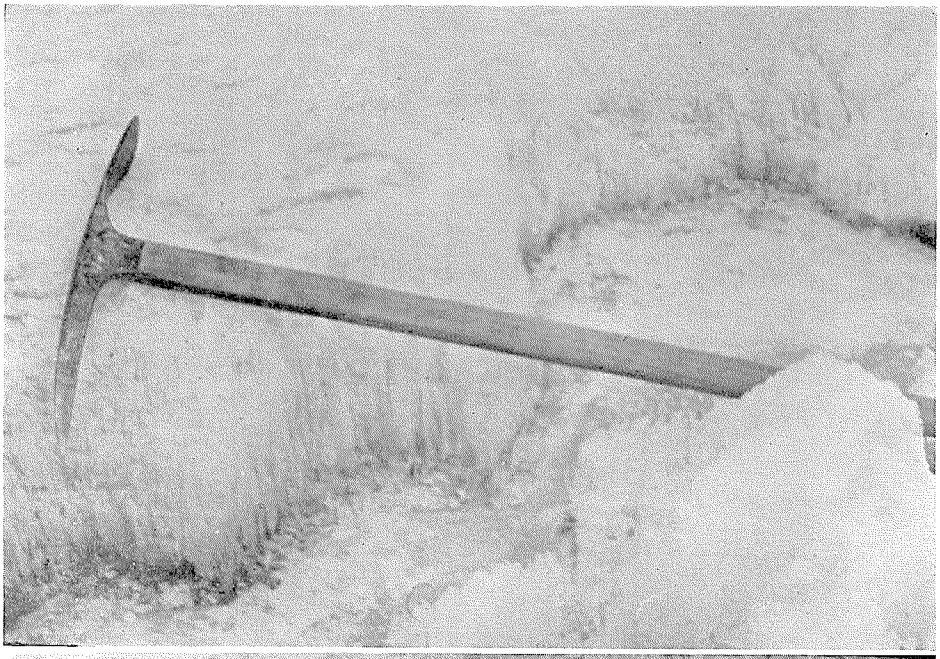


6

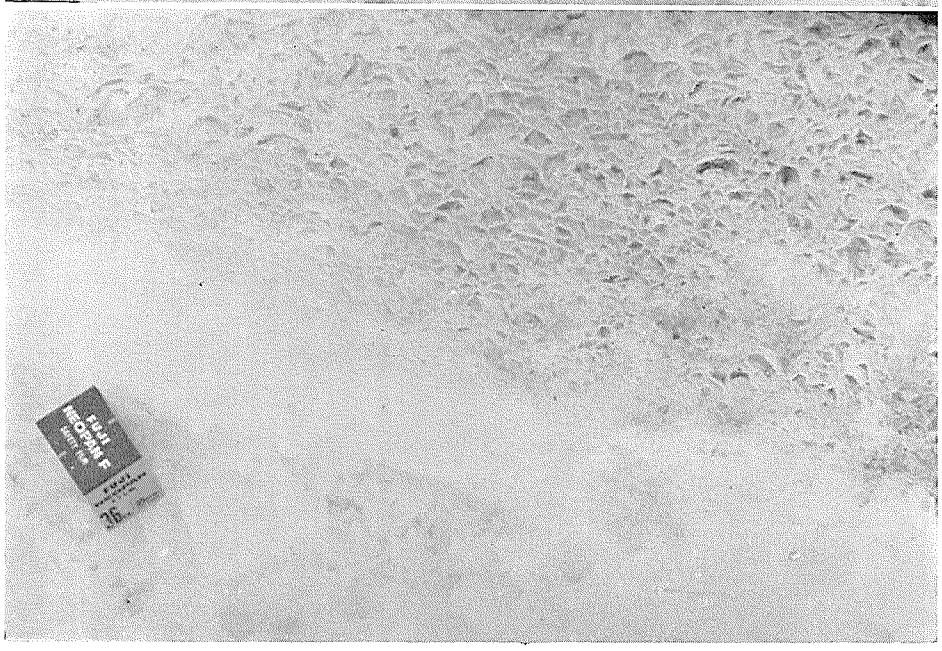


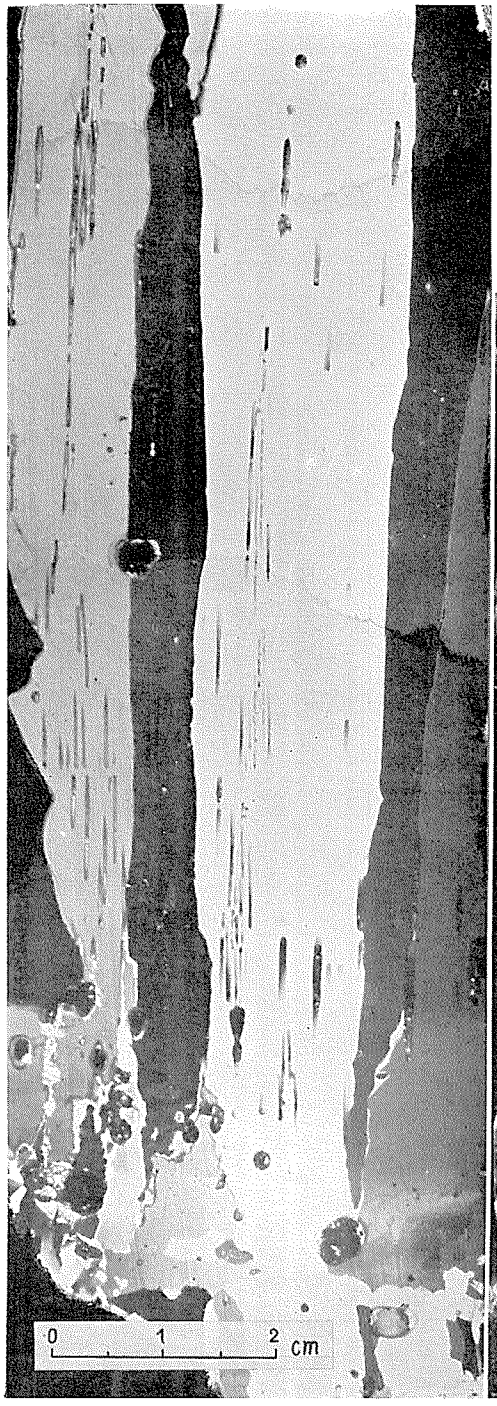
7

8

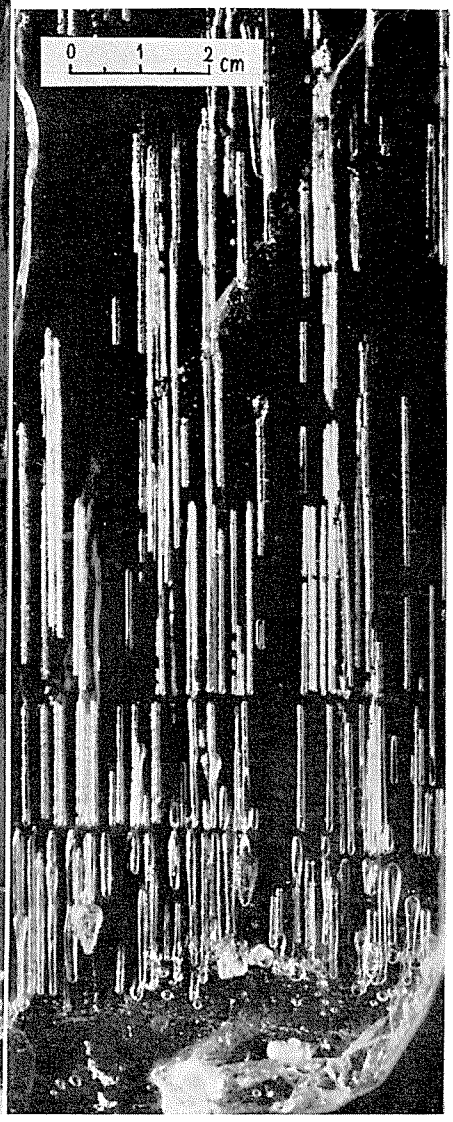


9



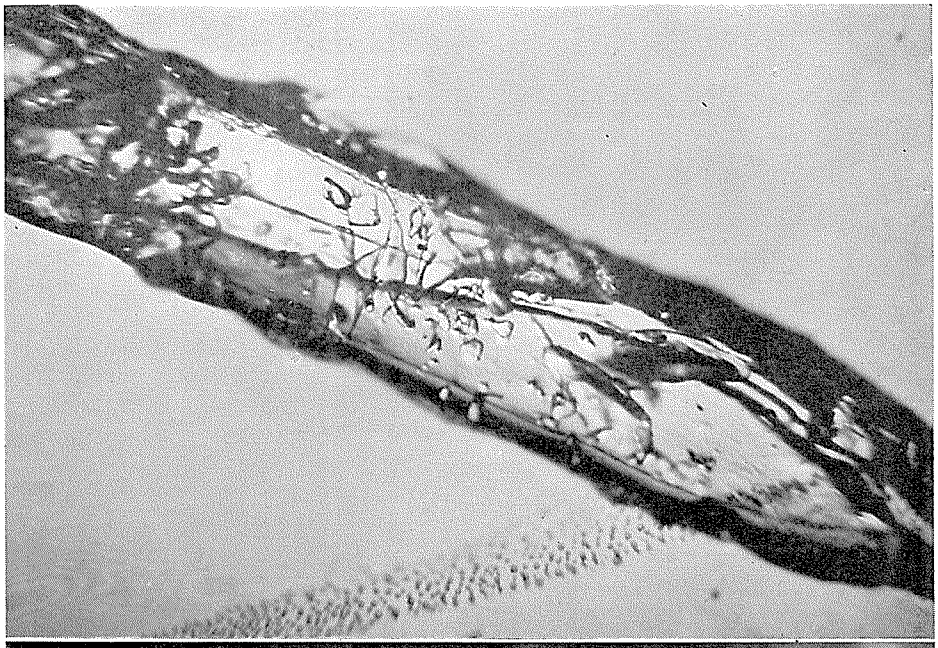


10

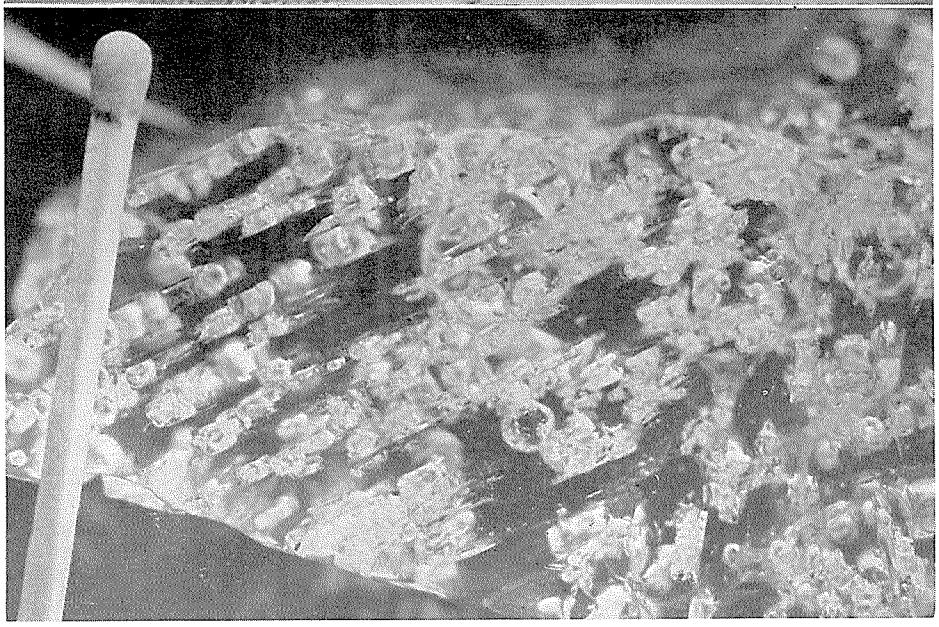


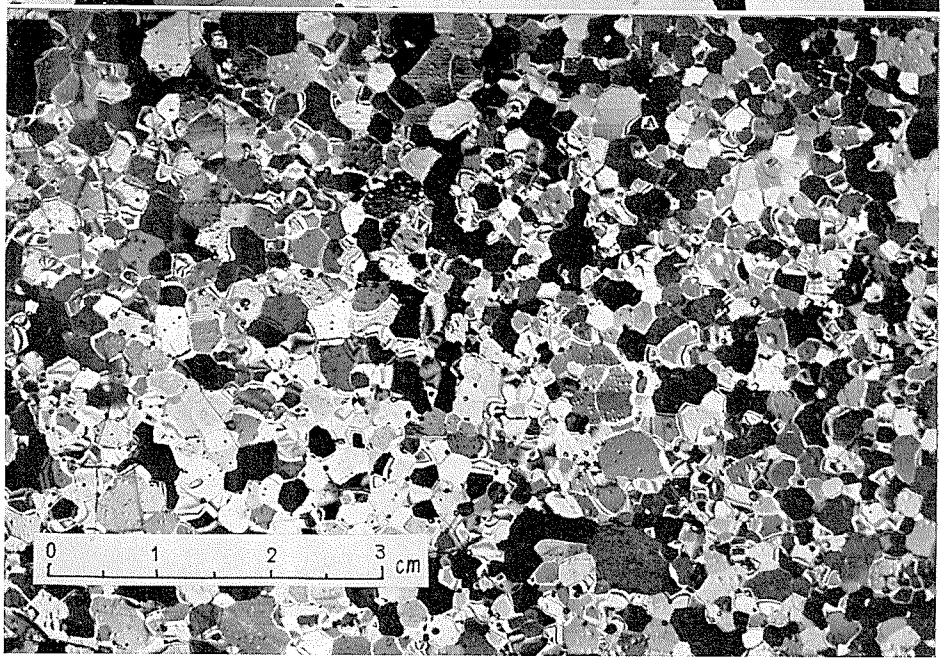
11

12



13



14

15