

なだれの発生機構に関する研究 (II)

—ヘリコプターによる新雪系なだれの観測—

庄田 幹夫

鉄道技術研究所

Studies on the Mechanism of Occurrence of Avalanches (2nd Report)

—Observation by Helicopter of the Avalanche of New-Snow Type—

By Mikio Shoda

Railway Technical Research Institute, Japanese National Railways, Tokyo

Abstract

This paper presents the results of aerial observation of naturally released new-snow type avalanches in the region of the watershed of the river Tone during the winter 1964—1965, the third winter of a three-year project for avalanche studies made by request of the National Research Center for Disaster Prevention of the Science and Technology Agency of the Japanese Government.

Observations and photographs of various avalanches occurring in the mountainous region (altitudes being 1,000—2,000m) were made from a Bell-KH4 helicopter stationed at the Shiozawa Research Station, and have confirmed the results of the observations in the second winter of the project. Panoramic photographs like Photos 5—11 were practically used in the aerial observation and very useful for determining the locations of avalanches.

There are two directions in the improvement of the avalanche forecasting. One is to analyse the influence of terrigenous factors upon avalanches and the aerial photographic survey in winter will be most effective to solve this problem. The other is to analyse the meteorological conditions (including snow conditions) correlated with avalanche phenomena. Along the lines of the latter direction, some observations also were carried out as follows:

Air temperatures at several spots in the region, summits of Mt. Atera (1,569 m), Mt. Ozawa (1,944 m) and Mt. Karasawa (1,900 m), and the saddles (about 1,700 m) near Mt. Echigosawa (1,860 m) and Mt. Haibuki (1,810 m), were measured by using a self-recording thermometer and five maximum and minimum thermometers (Photo 6). The self-recording thermometer on the summit of Mt. Atera worked good, as shown in Fig. 5.

Vertical distribution of air temperatures in the range lower than 2,500 m was measured by using the helicopter, over thirty times during the observation period. The altitude was measured by the altimeter of the helicopter adjusted whenever a landing was made. The thermometer used in the measurement was attached to a door of the helicopter, and the bulb was covered with a semicylindrical metal plate so as to shade the solar radiation and to ventilate better. The result was quite good. The accuracy was about $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$. The readings of the thermometers set at the summits

and saddles were compared with those of the thermometer attached to the helicopter.

On the other hand, meteorological data were obtained also at several stations, and snow depth data of these stations are compared in Fig. 3. Sudden decreases in the curve for the Shimizu pass were caused by southerly wind, and warm and fine weather of the days.

Air temperature, global radiation, net heat exchange and the earth temperatures at 25-cm and 75-cm depths under the ground were measured by resistance thermometers, an Eppley pyrhe-liometer and a Beckman & Whitley thermal radiometer at the Shiozawa Snow Research Station. In order to avoid undesirable disturbances by rain and snow, these instruments were covered with air curtains blown off from two nozzles installed at the top of a frame (Photo 5 and Fig. 4). One of the results is shown in Fig. 5, where the air temperature curves obtained at Shiozawa (200 m) and Mt. Atera (1,509 m) are compared.

The relationship between the air temperature and the altitude is very important for presuming the air temperature at the mountain slopes where avalanches have been observed from the continuous data observed at the Shiozawa station. Assuming the linearity of the relationship, which was to some extent confirmed by the measurement of the vertical distribution of air temperature by the helicopter, the result obtained from Fig. 5 is as follows :

The mean value of the temperature lapse rate is about 0.6°C per 100 m in the difference of altitude during a spell of snow storm when northerly or northwesterly wind is prevailing, and about 0.4°C per 100m when southerly or southeasterly wind is prevailing. So it may be concluded that the difference of air temperature between Shiozawa and the mountainsides where avalanches can be found is about 10°C on days of snow and 7°C on fine, rainy or cloudy days. Air temperature at Shiozawa rises sometimes up to $+7^{\circ}\text{C}$ even in midwinter, so that it will be possible on a fine day with southerly wind that the snow surface on the mountainsides higher than 1,500 m is thawed by the warmth and the solar radiation. Thus, a sheet of sun crust as Photo 12-c becomes to cover over the slope. This is one of the typical courses of building up a slide surface of slab avalanche.

Sometimes, snow samples from directly above the starting face of slab avalanche were brought to the Research Station and microphotographs of the structure of snow layers around the slide surface were taken in cold rooms of the station. Typical examples of them are shown in Photos 3 and 4.

Several concrete examples show that the stratification of snow layers around a slide surface is such that a distinguishable layer, about 5 mm thick and consisting of granular snow (coarse and rounded grains of ice), lies between layers of fine, felt-like snow, and the boundary of the layers is easily sheared off by hand. So far no "depth hoar" has been observed around the slide surfaces in this district. So, this construction of snow layers may be regarded at least at one of the typical stratifications of slide surface of slab avalanche, because it is obvious from the photographs that the granular snow layer between the felt-like snow layers is built from fine-grained snow through the melting and refreezing processes and is originated from the above-mentioned sun crust. Further, it is interesting and suggestive that some of the snow particles in Photo 4 are elongated in the direction parallel to the snow layers (namely the direction of the slope) and tensile fractures in the same direction can be found here and there.

1. まえがき

1.1 研究目的

なだれ予知に必要な知識を得るための観測技術の開拓を行うこと。

1.2 研究経過概要

先年度までの研究成果 [1] のうち、特に新雪系の大型表層なだれを予知するためのキーポイントとして重要性が明らかにされたすべり面雪層の粒子構造とその生成環境の観測を推進することに努めた。そのため、塩沢の雪実験所における気象・積雪観測のうち、特に天空放射と雪面放射の測定装置受感部が冠雪に覆われたり、降雨で濡れたりするのを防止するためのエアカーテン付支持柱を試作し、地温・気温も同時に自記記録せしめるよう工夫した。また、山稜上の気温測定を調査区域内の5か所(図-1)で試みる一方、ヘリコプター側扉の外側に日除覆付の細径温度計を取りつけ、飛行中各種高度の気温を測定した。

先年度と同様、実験所を含む100 km 円内の山岳地域を対象とし2月初旬から3月下旬迄の間、所構内に常駐するベル KH-4 型ヘリコプター(朝日ヘリコプター K. K. 所属)により、飛行可能な晴天日には必ず巡回飛行し、各山腹に発生している自然なだれ跡を克明に観察・写真記録した。この間、自記温度計(写真-6)や最高最低温度計を設置した5地点に着地し、その温度測定を試みた。また、すべり面採集は数回試みたが、今冬も3月までは異常寡雪にわざわざされ、なだれ発生数は比較的寡なく、なだれ破断線の付近に好都合な着地点がなかったり、山稜からの距離が遠すぎてザイルがとどかず危険であったりしたため、最初計画した多数例蒐集は不可能であった。しかし、最後に採集したすべり面雪層については、実験所に持ちかえて低温室内で薄片観察した結果(写真-1~4)、きわめて貴重な事実を見出すことが出来た。すなわち、この雪層の粒子形状から判断すると、すでに斜面方向に引張応力をうけて部分的に伸長あるいは破壊していることがわかる。同じことが、先年度採集したすべり面雪層付近にも見出された。また、先年度の例と同様、高々厚さ1 cm の薄いざらめ層の付近であることも興味深い。

この雪層が形成された月日とその時の気象環境もやや推定し得た。わが国ではこの種のなだれの起き易い風下斜面が、ちょうど南向や南東向で、日射の影響が大きいということも重要な因子となっているようである。また過去3冬期の空中観測の体験の結果として次のことがいえる。すなわち空中観測はきわめて効果的ではあるが、

その前提として、まず観測者がなだれの起るべき多種多様な山腹斜面を熟知しなければならない。そのために山腹斜面を区分して、写真によって整理しておくことが必要である。実際に使用したそれら区分写真の実例を添付しておいた。地図(図-1)参照のこと。これら海拔1,700 m ないし2,000 m の利根川最源流流域の稜線はなだれ観測に適しているので、将来の観測に備える意味でも、ここにまとめて示すことにした。

この研究は、科学技術庁国立防災科学技術センターの依頼に伴い交付された調査委託費により行なわれたもので、野外観測・低温室内薄片観測およびデータ整理に助力された林・遠藤・平賀の諸氏に対し、ここに謝意を表明する。

2. 研究方法および結果

2.1 気象・積雪

塩沢における気圧・最大風速・積雪深・積雪重量・降雪深・天気・最高最低気温を図-2に示す。気温と雪深曲線がほぼ並行して上下することは例年のとおり、積雪は例年に較べ著しく寡なかった。

快晴の日は1月26日、2月11日、3月9日、15日、23日、28日晴天日は1月17日、18日、19日、2月8日、13日、18日、20日、3月3日、7日、19日、29日である。また降雨のあった日は1月20日、2月10日、14日、21日、3月17日、18日、これらの日には雪面が強い日射をうけ、あるいは南風の吹込みで暖気にさらされており、後述のごとく山稜上気温も上昇しているから、すべり面が形成される可能性が強い。

積雪層に対する熱収支を記録するため、特別の支持柱を試作した(図-4)。写真-5のとおり2本の支柱の上にエブリー日射計とベックマン・ホイットレー放射計を水平に取りつけ、各受感部の上部にエアカーテンを形成させるための噴気ダクトを配置し、柱中部に取りつけた送風機(150 W)により、下向きに開いた吸込口から雪の混らぬ空気を吸込み、噴気させるようにした。枠組みも、出来る限り冠雪を防ぐように設計したが、結果はきわめて良好で、一番悪条件の時でも、写真-5bのごとく、わずかにエブリー日射計の周囲と噴気ノズル上に積もった程度で、それも日出後数十分で落下してしまった。ノズルの側壁に細孔をあげ、また、エブリー日射計の取付台を小さくすればこれらの冠雪は防止出来ると思う。なお、放射計の受感部は雨を防ぐため穴明きの透明ポリエチレン袋で覆い、好結果を得た。

また、この吸込口内部に抵抗温度計の受感部をつるして気温測定を行った。地表および地表下75 cm及び25 cmの地中温度測定にも同種の受感部を用いすべて自記器械

に記録せしめた。2,3月の間、ほぼ次の値が測定された。

地表: 0°C , 地下0.25 m: $3^{\circ}\rightarrow 2^{\circ}\text{C}$, 地下0.75 m: $+6^{\circ}\rightarrow 4^{\circ}\text{C}$, 地面の熱伝導率を $1,000\text{ cal/mh}^{\circ}\text{C}$ とすると、地下から地表に供給される熱量は、面積 1 m^2 につき $1\text{ 日}240,000\text{ cal/m}^2\text{ day}$ であり、これがすべて融雪に費やされるとすれば $3,000\text{ gr/m}^2$ の雪、あるいは相当水量 3 mm の雪がとこされていることになる。

2.2 調査地域内の積雪深

先年度と同様、調査地域3か所、南越鈺山、奥只見八崎、清水峠(各標高500, 800, 1,450 m)の積雪深を図一3に示した。山岳地域の積雪深測定は簡単でない。風の弱い場所であればまだ良いが、清水峠のような稜線上の積雪深は、雪が降っていても減少する場合さえあるから、目的により場所を選定しなければならない。図一3の場合、1月26, 31日, 2月9, 14日, 3月9日に見られる急減は、調べてみたところ、南風が吹いた晴天日であることが明らかになった。後述、温度測定を行った5か所の内、阿寺山(1,510 m)以外の山稜上では調査期間中ほとんど積雪の増加は見られず、したがって最高最低温度計をとりつけるために試作した携帯用支柱は、高さ2 m(内下部50 cm位は雪中に埋めた)で充分であった。ただし阿寺山だけは2月下旬の降雪時に埋没してしまった。

3月23日に発見、採集した表層なだれ(写真一1)のすべり面は、図一3の2月8日から14日、および20, 21日の晴天暖気の際に形成されたものである。

2.3 山稜上気温測定

次の5地点を選び、最高最低温度計を置いた。

1. 阿寺山 (1,509 m) 主稜線の8 km風上
2. 灰吹山サドル (1,730 m)
3. 越後沢山サドル (1,730 m)
4. 小沢岳山頂 (1,944 m)
5. 柄沢山山頂 (1,900 m)

最高最低温度計は日よけ板をつけて折たたみ式の支柱(高さ2 m, 直径4 cm, アルミ管製)に取りつけ、支柱基部を開脚して、50 cm程積雪中に埋め込んだ。柱頭に長さ2 mの赤布帯をつけ、着陸の際の風向判定に用いた。また、強風と振動を考慮して、北側に支線をとった。

しかし、この方法による気温測定は完全に失敗だった。というのは、風による支柱の振動で温度計内の指標が移動してしまう。またヘリコプターの機体に付けた日よけつき温度計の指示と比較してみると、晴天穏和の日にはどうしても指示値が高すぎる。しかし、例えば阿寺山以外の地点では、冬中、積雪増加が全くないことや着氷の成長など、今後この種の観測設備をする際には有用

な体験が得られた。

阿寺山には、週巻自記温度計を設備した。写真一6に示したようにたくさん孔をあけた木箱(百孔箱)に入れて用いたが、心配した時計の凍結による支障は起らず、良好に動作した。快晴の日のヘリコプターによる気温測定値ともほぼ同一値を示し、主稜線上気温の推定に役立つことができた(図一5)。

標高差100 mに対する気温減率は平均 $0.6\sim 0.7^{\circ}\text{C}$ という常識的な値を示した。天気別あるいは気温別に調べると、上の値は特に降雪時、北西風の際で、暖気侵入の際の減率は $0.4\sim 0.5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 位に減少している。他方ヘリコプターによる高度別気温分布の観測からも同様の結果が得られた。

また、図一5の塩沢と阿寺山との気温曲線をよく見くらべてみると、夜間晴天の際の早朝の気温降下は、阿寺山では塩沢のように顕著ではない(2月25, 28日, 3月3日, 9日, 12日)。この傾向は山稜上の気温の特長と考えられる。

以上を総合すると、海拔1,800 m位の山腹と塩沢(200 m)との気温差は、降雪時には約 10°C 、南風晴天時には平均 7°C 位ということになる。したがって塩沢の気温が $+7^{\circ}\text{C}$ 以上に上昇した際には、問題の山稜付近の気温も 0°C 以上になる可能性が出てくる。

わが国では、この種のなだれの起りやすい風下斜面が丁度南面あるいは南東に向いているため、晴天日には日射による雪面変質が起る。しかし、2月には常時 -10°C 近いこれらの高所では、雪温も相当低いから、その影響は積雪深部にはおよぼさず、せいぜい、表面下数 cmにとどまる。南風暖気の気温が 0°C 以上に上昇したとしてもその持続時間は一般に短い。また、雪面は 0°C 以下に保たれ、断熱された雪面直下の日射による融解が起り薄いざらめ層(融解による)が形成される。雪温が充分低い場合、強い日射をうけると、その雪面は太陽の方向を向いたササクレ状を呈するのが普通である。ところが、3月15日米子の頭東尾根上において、写真一12cに示したような、表面が1枚の薄氷板で覆われたいわゆるサンクラストを観測した。薄氷板の内部は、普通のササクレ状であり、約 $1\sim 2\text{ cm}$ の空隙ができていた。裸のササクレ状雪面と、このような薄氷板付ササクレとの差がどのような気象条件の差に対応するのかは、その生成過程を観察したわけではないから正確にはわからないが、雪粒の種類、気温、日射の組合せ如何によるものらしい。また、ササクレ状の融解結果として、下部細粒雪層中に大粒化したざらめ層が何本も楔状に足をおろす。

この種のサンクラストがすべり面と密接な関係のあることは後述のごとくうたがう余地がない。

2.4 すべり面雪層の粒子構造

3月23日朝の観測飛行で巻機山・米子山間の上トゴトウジ沢沢頭東向斜面上に写真—1 bのごときなだれを発見したので、すべり面の採集を行なった。この場所は、中央から向って左半分の表層(3月3日以後の層)が落ちているのを8日(写真—7 bの右端)に確認しているが、このなだれはおそらく22日午後から23日の朝の間に発生し、すべり面は2月8, 11, 14の2重層と、その50 cm上部の2月20, 21日の単層との2枚で、便宜上おのおの、主すべり面、副すべり面と名付けておく。今冬もまた、霜ざらめの層は全く観測されなかった。

2.4.1 主すべり面(写真—2, 3)

2月8日から11日までの高温の際に出来たざらめ層(下側)と、14日のざらめ層との2枚が厚さ約1.5 cmの中間雪層(12日の降雪)を狭んで二重構造を呈している。上側のざらめ層は写真—2 fに示すとおり、比較的明瞭均一であるが、下側のざらめ層は1~2 cmの厚さをもち、縦方向の割目状空隙が見られる。これは、日射をうけた雪面のササクレ状態の痕跡ではあるまいか? 上中下の細粒雪層は、普通の締り雪ではなく、霧粒などの過冷却水滴にさらされ互いに付着し合った山地特有の雪粒である。また、写真—2 fを仔細に観察すると、側方すなわち斜面方向に引伸ばされた雪粒子を見出すことができる。これらの傾向は写真—3によく現われている。

2.4.2 副すべり面(写真—4)

厚さ約1.5 cmであるが、少し立入って観察すると次のことがわかる。

- この単一層の3~4 mm上部に、空隙の多い薄層が見られる(写真—4 c)。ざらめ層の上限は着水で凝固した雪粒で明確に仕切られているが、下側限界は、上側ほど明瞭ではない。さらに細かく観察出来るように、写真—4 dを示した。上限にくらべ下限は除々に変化していることが分る。また、ここで著しい特長は、雪粒がすべて側方、すなわち斜面方向に引伸ばされていることである。特にざらめ層中央下部右寄に、確実に引伸ばされてちぎれたことを示す雪粒も見られる。こういう目でみると、先冬期観測した薄片にも同じ傾向が見出された。

以上、主・副両すべり面に見出された雪層中、しもざらめの形跡は全くない。

なだれ発生前の積雪層内応力を計算すると斜面方向の引・圧応力の最大値は、

$$\sigma_{\max} = \frac{1}{\sqrt{1+\nu}} \times \frac{H_w}{2} \sin 2\psi$$

ψ は斜面の勾配、 H_w は鉛直に測った積雪重量、 ν はポアソン比である。これでは積雪重量の半分程度、すなわち、3 mの深さの積雪で50 gr/cm²以下でしかない。これは底面すべりを伴なぬ場合であるが、もし、底面すべりが存在すると、はるかに大きな値となる。ここで観察されたような変形層は、上部積雪層に対して底面すべりを起したと同じ効果を与えるから、なだれ発生直前の一触即発の状態がこのようにして生れる可能性が考えられる。今まで、底面すべりは、ある雪層の明瞭なせん断破壊の起きた場合のみについて考えて来た。

写真—4 dのように、すべり面付近の弱層で、不明瞭な部分的破壊による変形が起っているとすると、事は極めて重大である。今後実験的に確かめる必要があるから、ここではこの程度に止めておく。

2.5 なだれの記録

先冬ほどではないが、今冬もかなりの数のなだれの写真記録に成功したが、前報告書のなだれ分類の基本的考え方をくつがえすいかなる事実も見出されなかった。

ただ、多種多様な山腹斜面を対象とし、ヘリコプターの機動性を活用してなだれ監視を行う場合、各山腹斜面のでこぼこなどに関する観測者の知識が前提となる。観測者は、すべての山腹斜面を細かく確実に知っていなければならない。ところが、山の斜面というものは、どれも一見同じような形をしており、なかなか区別しにくく、応々にして間違いを起しやすい。

そこで、山腹斜面の区分写真を作った。利根川流域を仕切る問題稜線について、実例を写真—5以下に示した。毎日の観測飛行におけるなだれ記録を、このような区分写真を使って行なえば、その場所の地形に特別に習熟した観測者でなくても、一応間違ひいなくなだれ観測記録をすることが出来る。

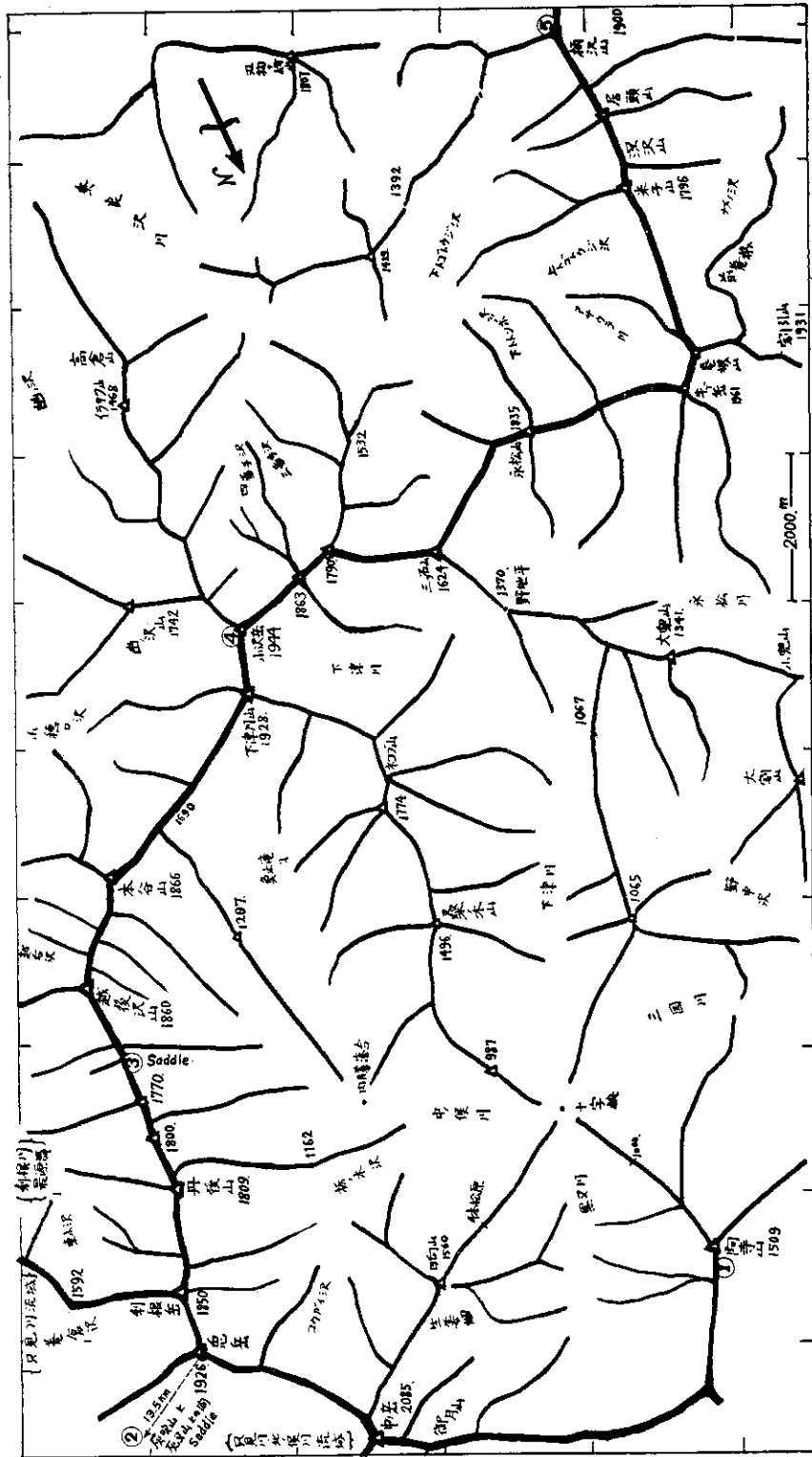
この稜線は恰好のなだれ観測地域であり、将来だれかが、この観測を行なう場合も考慮して、特にこの区分写真を示しておく。

2.6 風下山腹の雪面表情

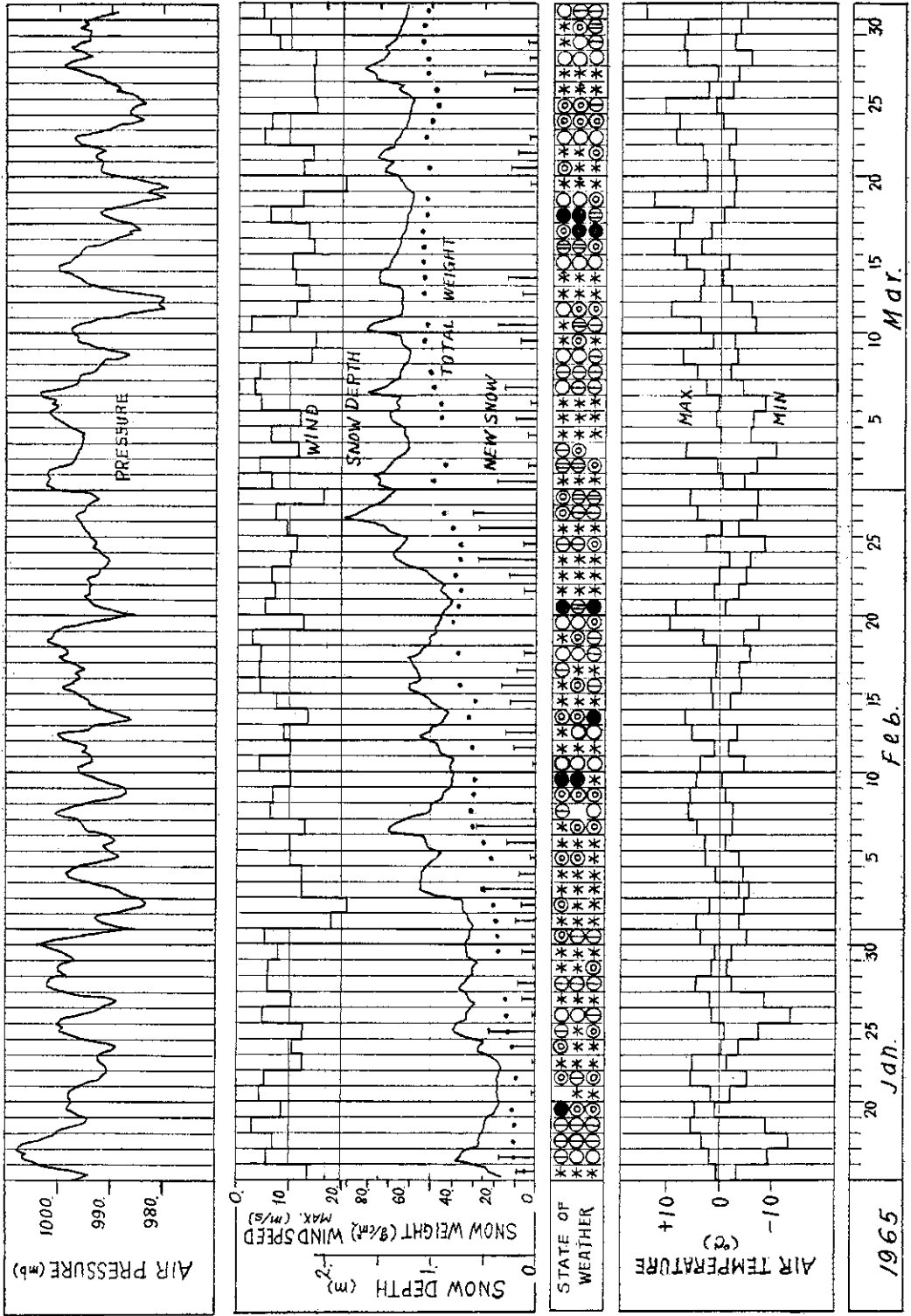
風下山腹の雪面にさらされる気象環境を示す一例として先にサンクラストを示したが、風による影響も、雪面の模様に見られる。写真—12 aは柄沢山東面に現われる風紋で、写真—12 bにはその形成の一過程が示されている。詳述はさけるが、別の機会にこれらの雪面表情について記述しようと思う。

参考文献

1. 莊田幹夫：なだれの発生機構 I, II. 鉄道技術研究所または科学技術庁, 1963および1964.



図—1 利根川源流流域の主山稜線 ①～⑤は温度測定地点を示す。
 Main ridge lines in the region of uppermost reaches of the river Tone.
 Points of temperature observation are shown with marks ①—⑤.



図—2 塩沢における気象と積雪
Weather and snow depth at Shiozawa.

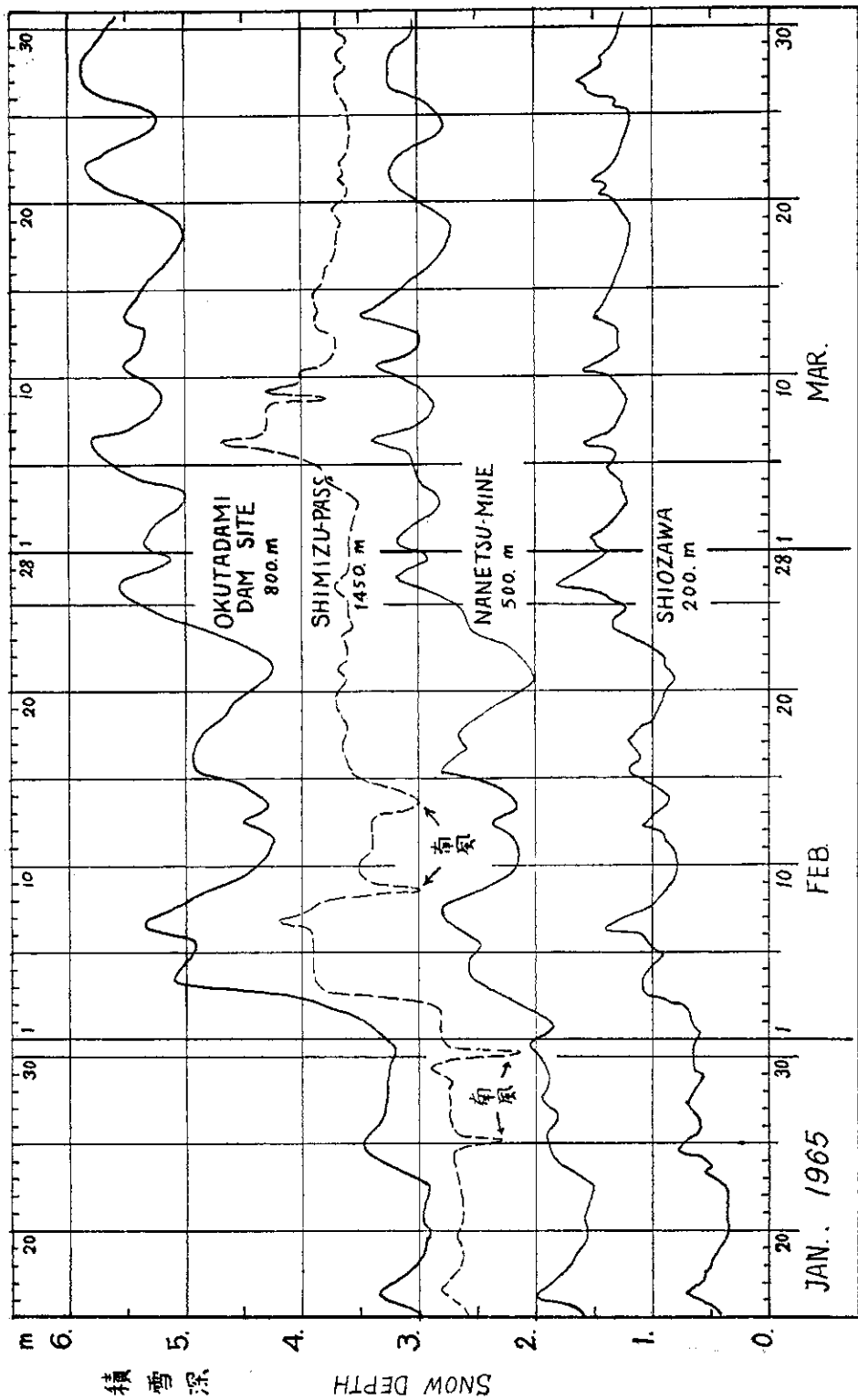
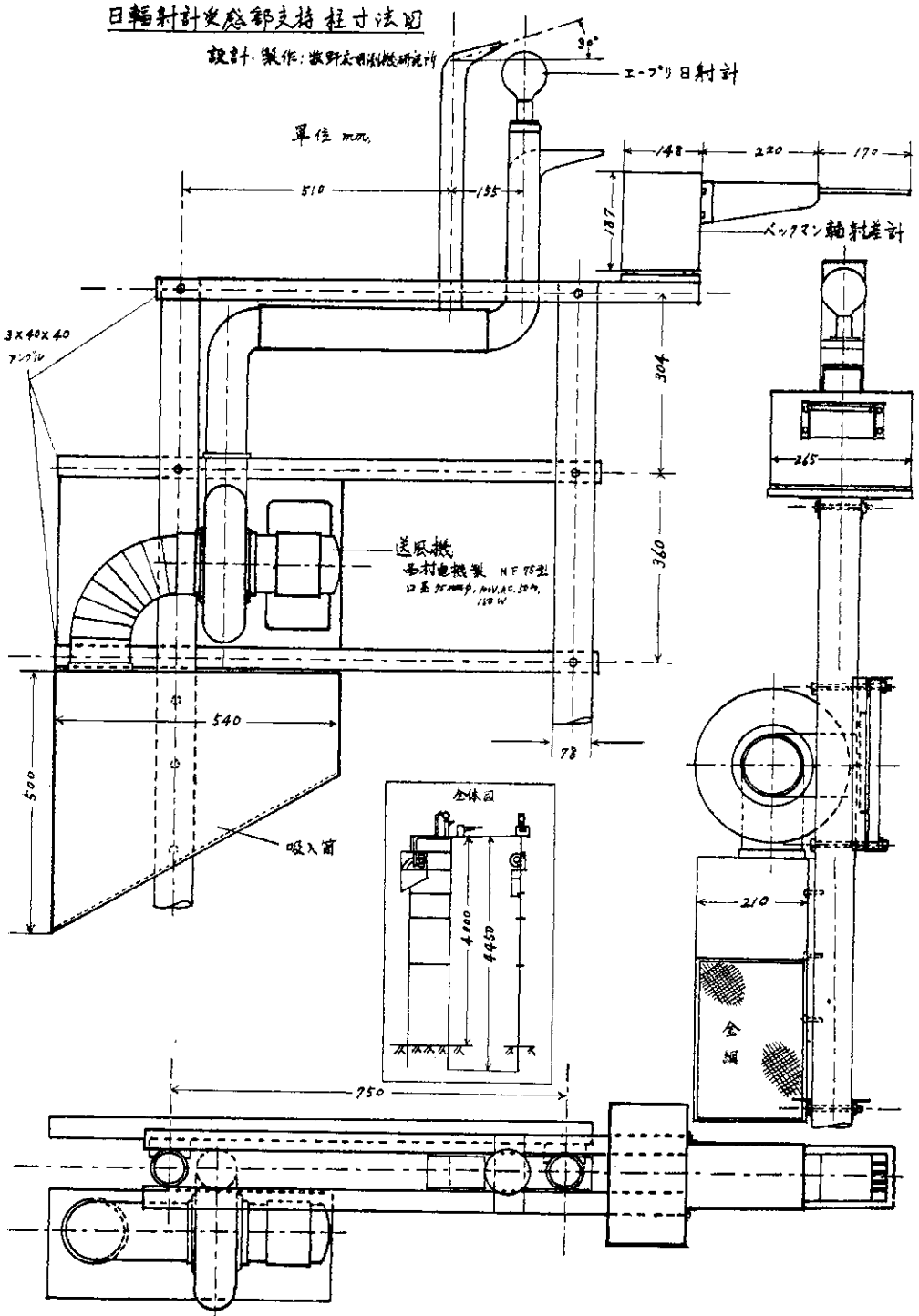
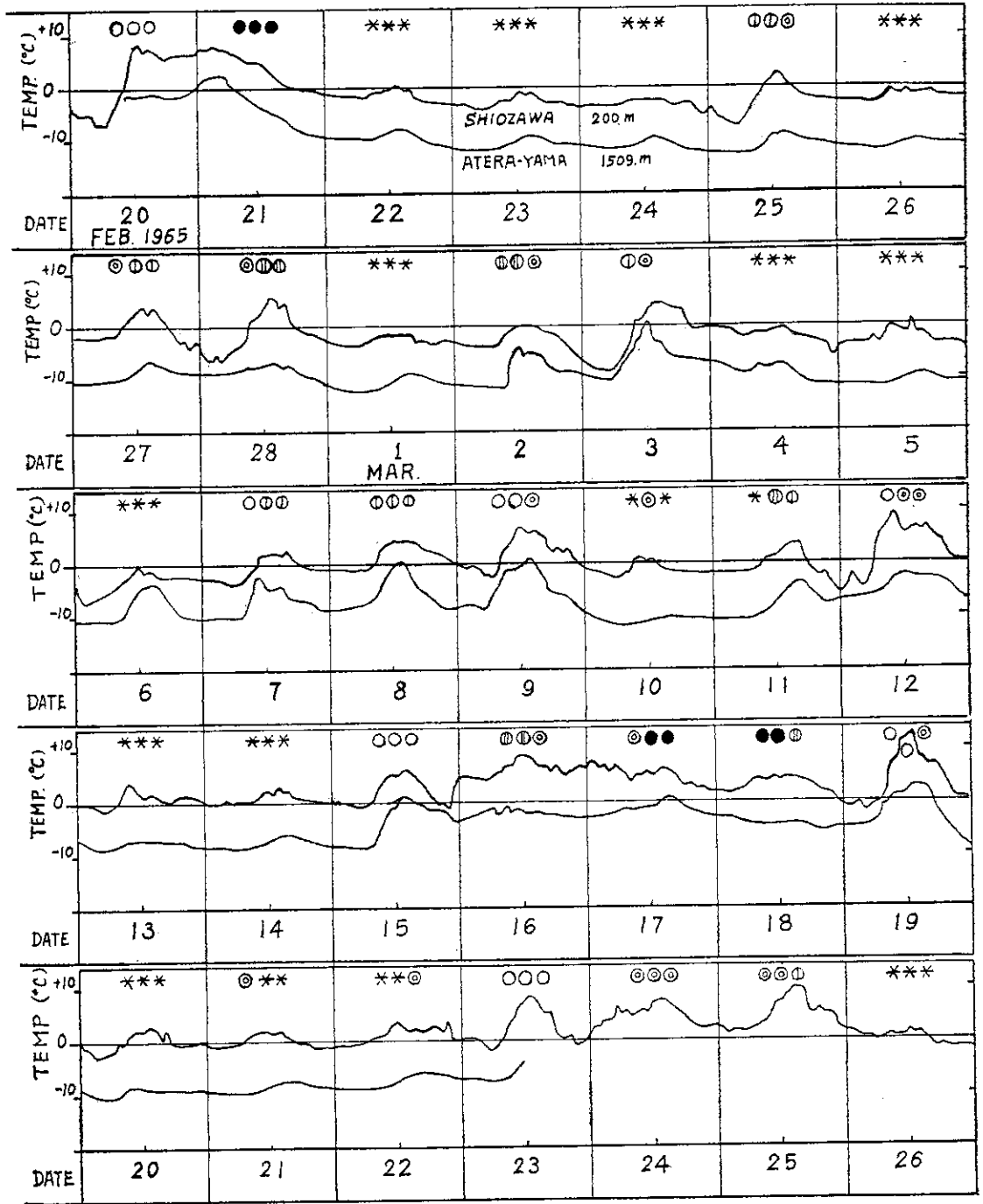


図-3 調査地域内の積雪深(奥只見, 清水峠, 南越鉱山, 塩沢)
Snow depths at several places of the investigated area.



図—4 日射計，受感部，支持柱
Pyrheliometer, its sensing element and supports.



図—5 塩沢（海拔200 m）と阿寺山（1,509 m）の気温変化
 Temperature variation at Shiozawa (200 m above m. s. l.) and Mt. Atera
 (1,509 m above m. s. l.).

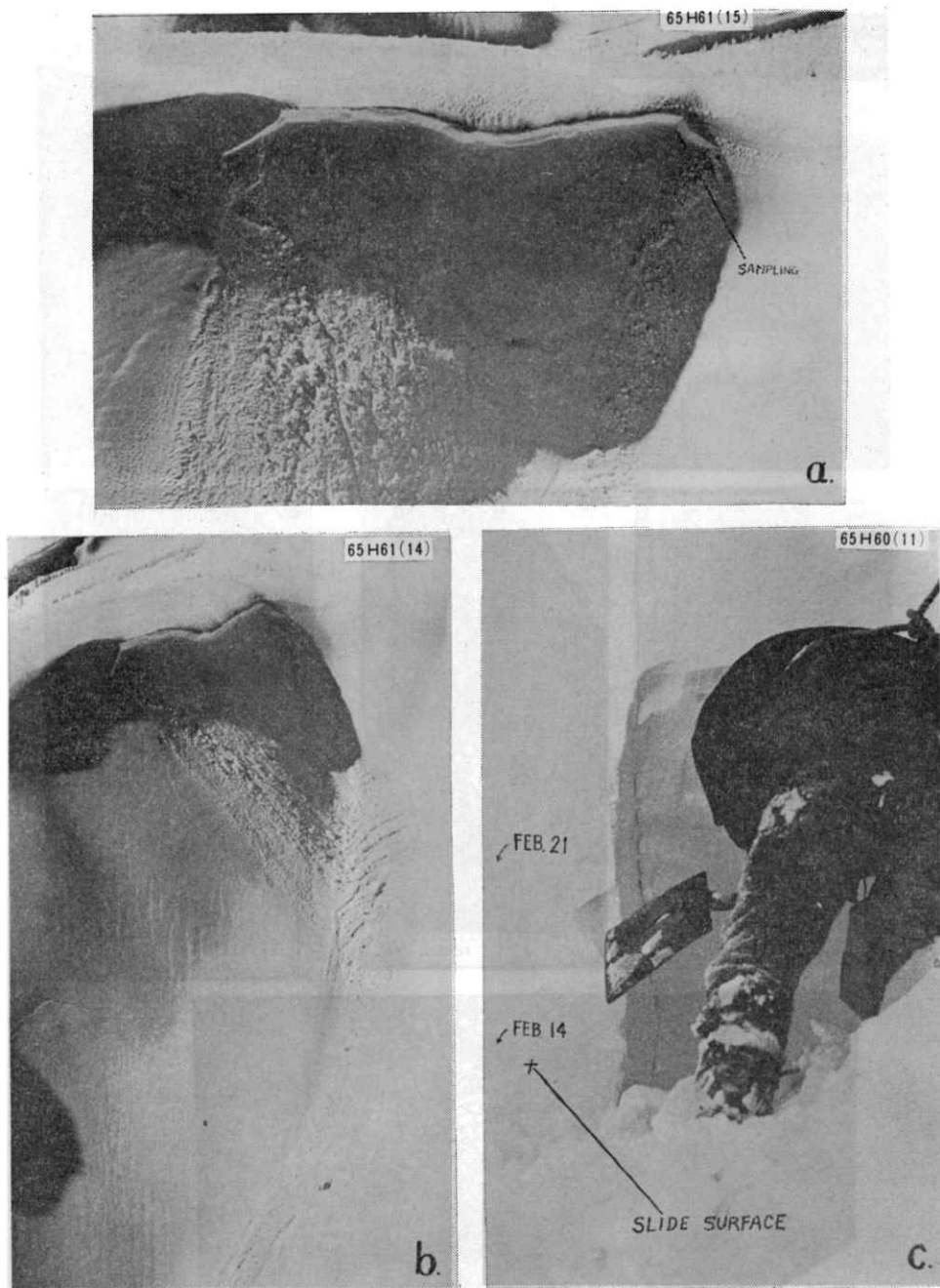
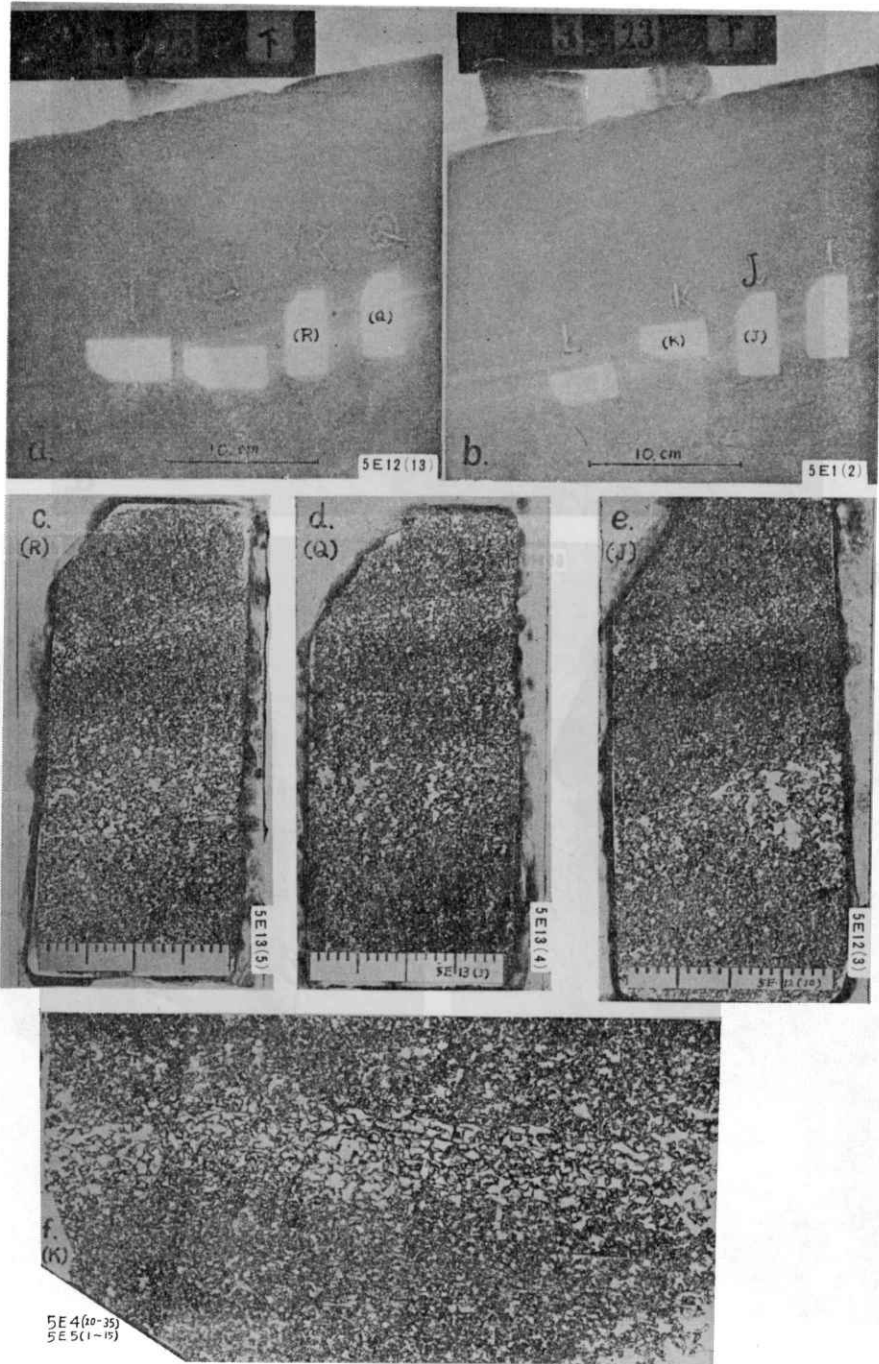
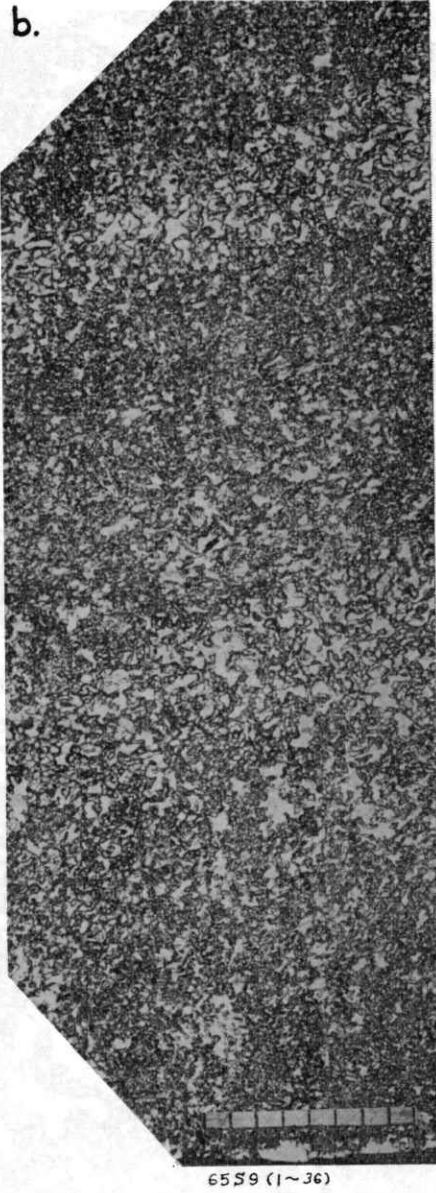
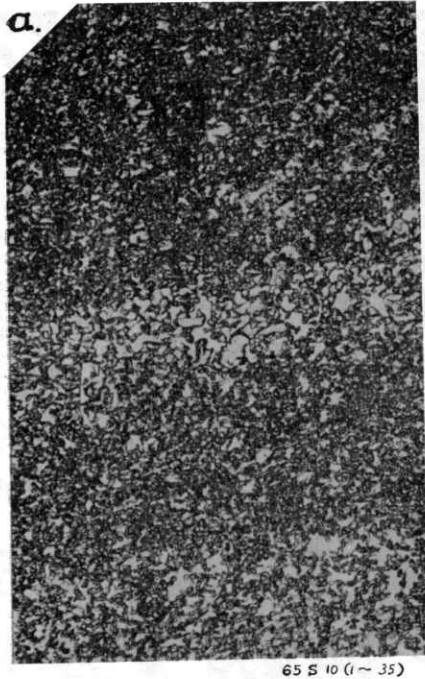


写真-1 なだれとそのすべり層の採集作業(昭和40年3月23日)
採集は上部破断線の右端(a参照)で行なった。主すべり面は2月14日の層、副すべり面は2月21日の層とする。

An avalanche, and sampling from its slide surface (March 23, 1965).
Sampling is done for the right end (see a) of the upper rupture line.
Primary slide surface is assumed to be the surface of February 14,
and the secondary slide surface to be that of February 21.



写真—2 主すべり面の粒子構造 a, b…影写真, c, d, e…接写, f…顕微鏡写真, 各1目盛が1mm
 Granular structure of the primary slide surface. a, b…by shadow photographing; c, d, e…by contact photographing; f…by microphotographing; each graduated in mm.

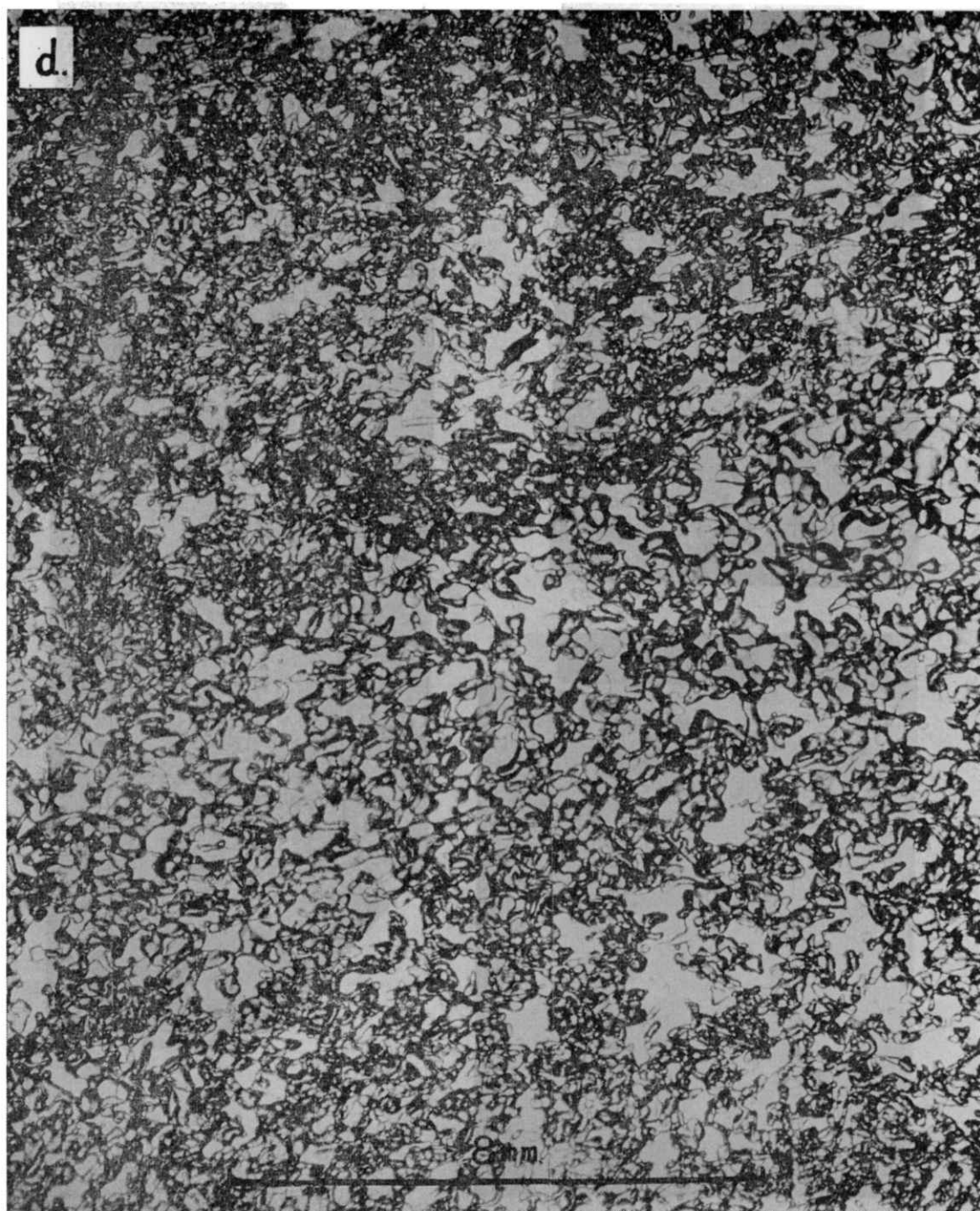


写真—3 主すべり面の粒子構造 影写真(c)で明らかなように、2重構造である。

a : 試料G, b : 試料F, 倍率は同じで1目盛が1 mm.

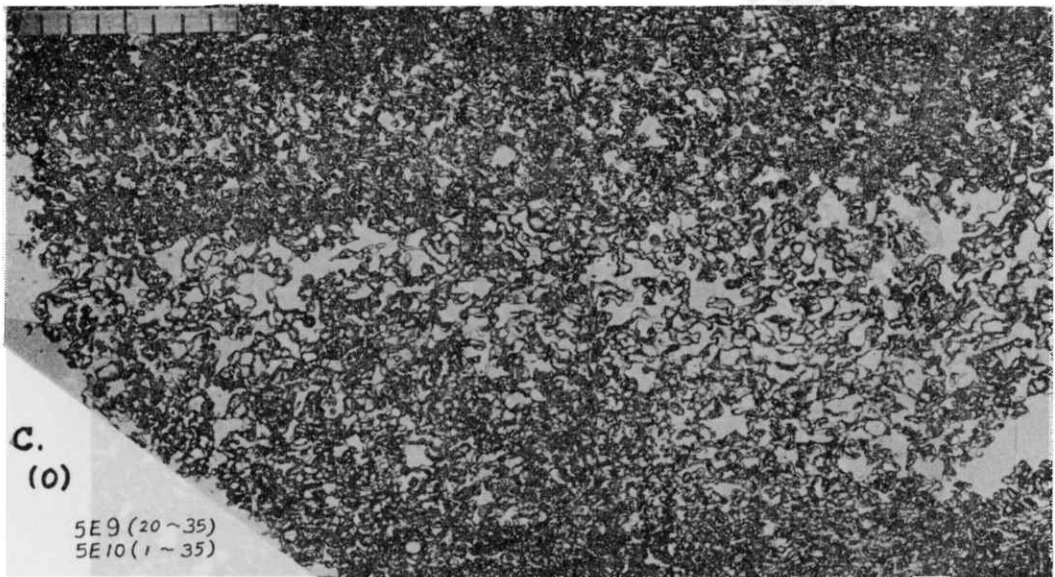
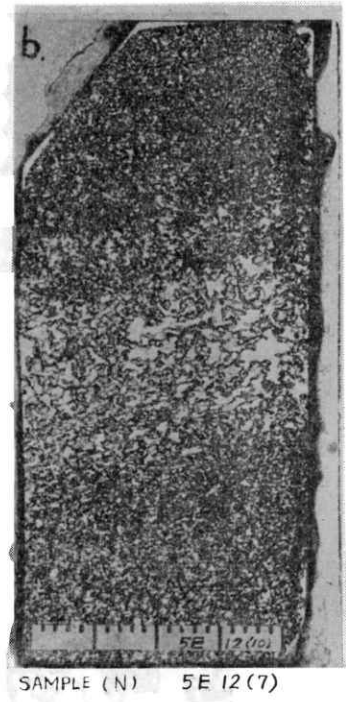
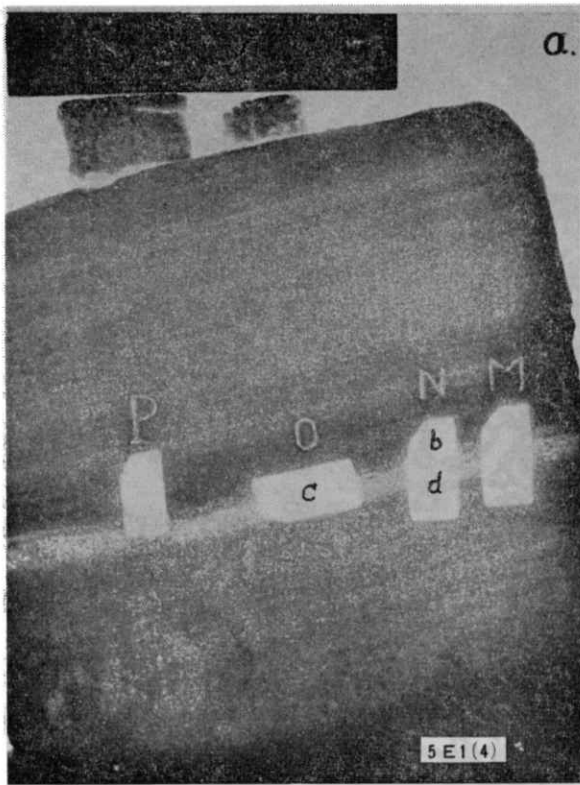
Granular structure of the primary slide surface. As is clearly shown in the shadow photographing (c), it is of a double structure.

a shows the sample G and b the sample F; each graduated in mm.

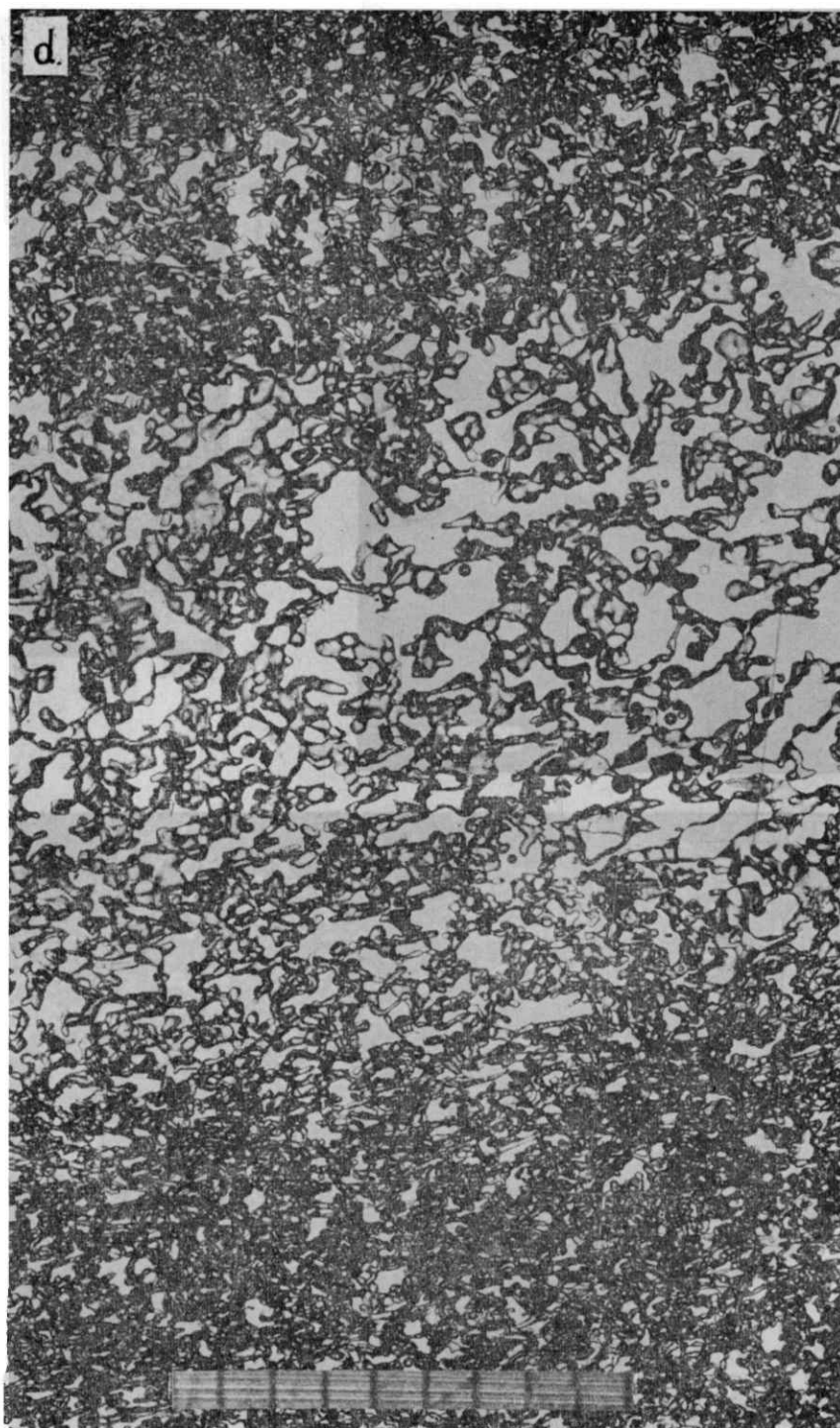


65 S 9 (1~36)

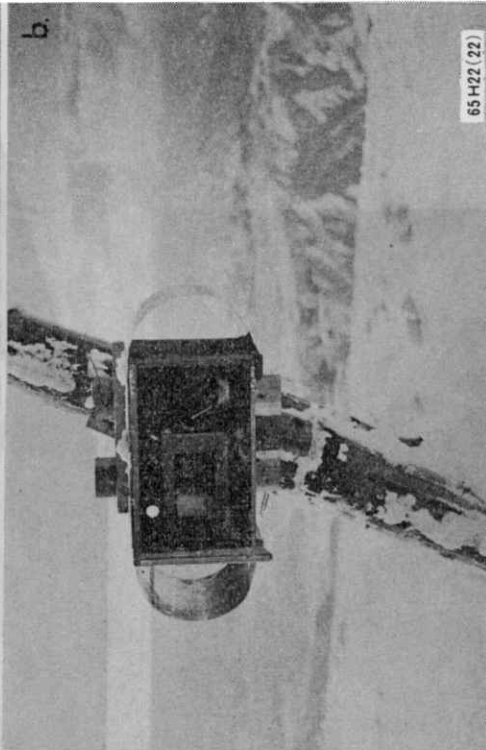
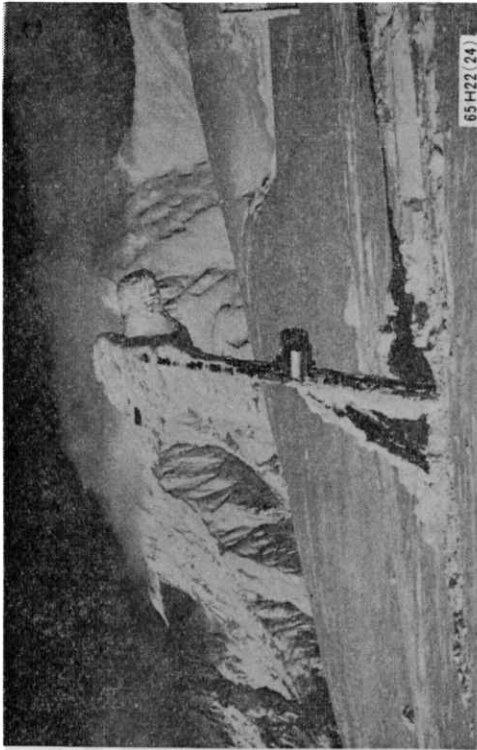
写真—3d 試料Fの拡大（中央部）
Enlarged sample F (the central part).



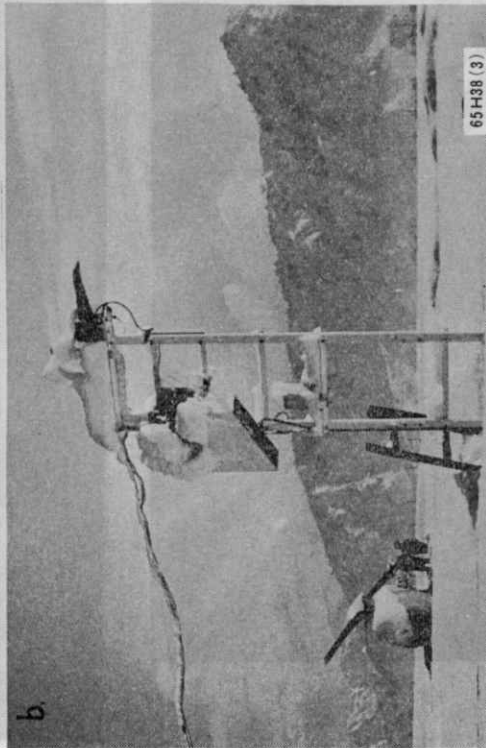
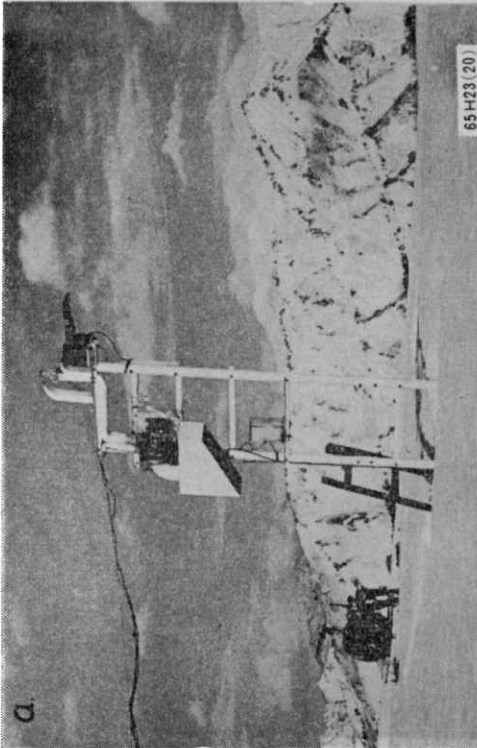
写真—4 副すべり面の粒子構造 a…影写真, b…接写, c…顕微鏡写真
Granular structure of the secondary slide surface.
a…by shadow photographing; b…by contact photographing;
c…by microphotographing.



写真—4d 試料Nの中央部拡大（側方に引伸ばされていることに注意）
Enlarged central part of the sample N.



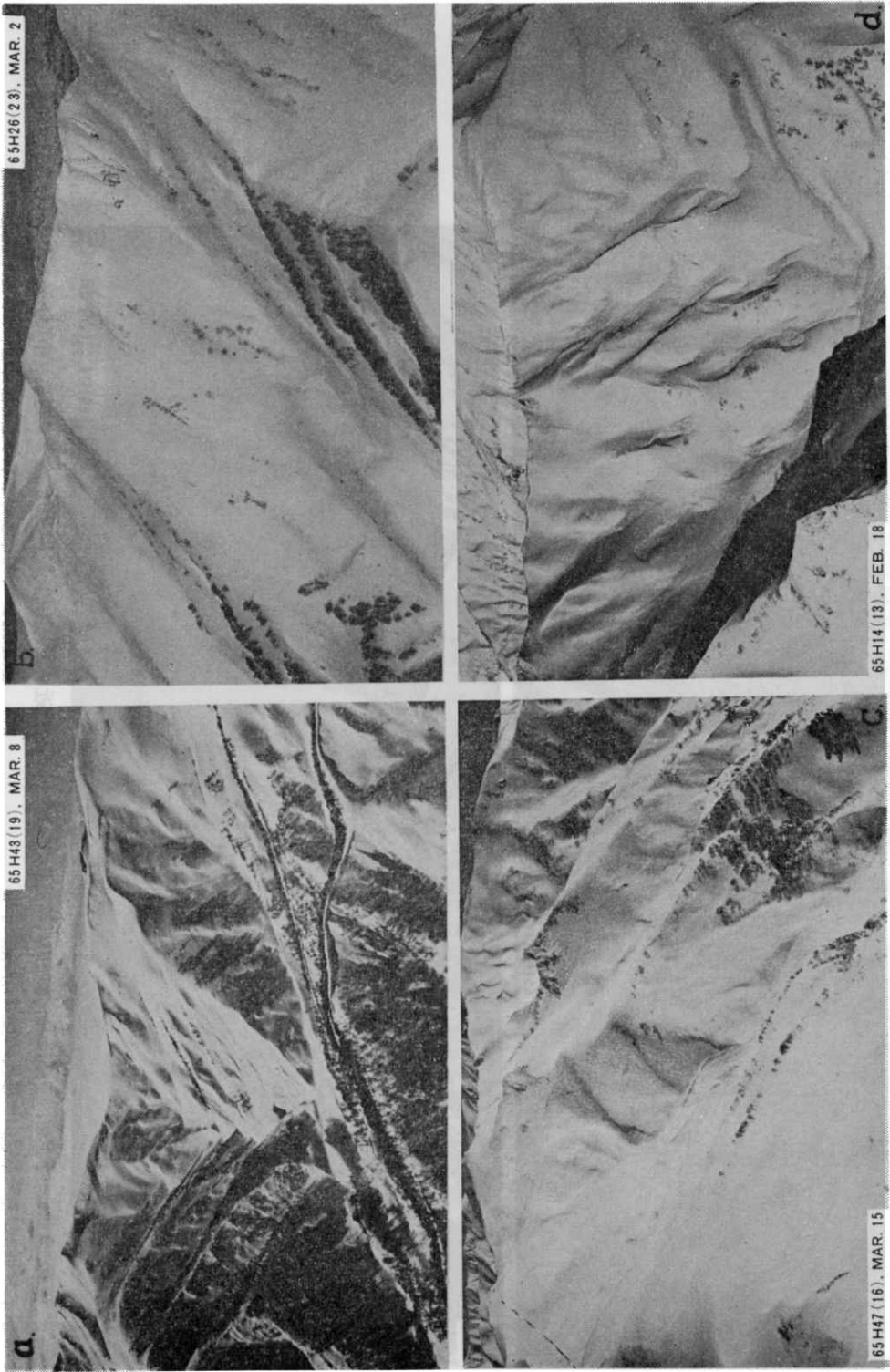
写真—6 阿寺山山頂の自記温度計と百孔箱
A self-recording thermometer and the instrument shelter on the summit of Mt. Atera.



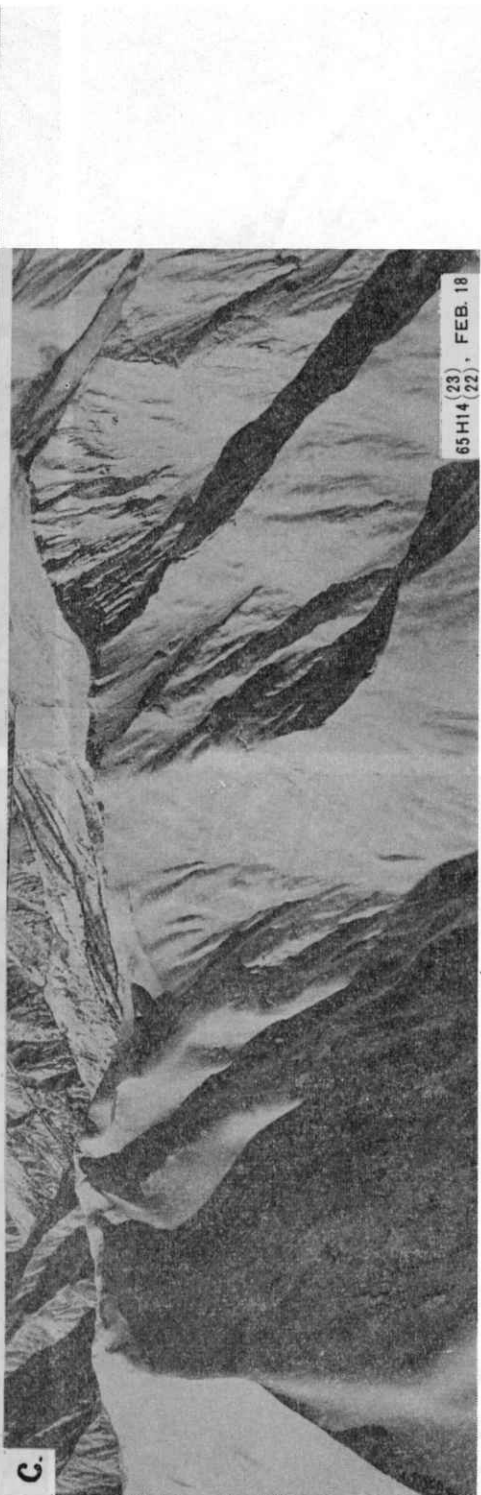
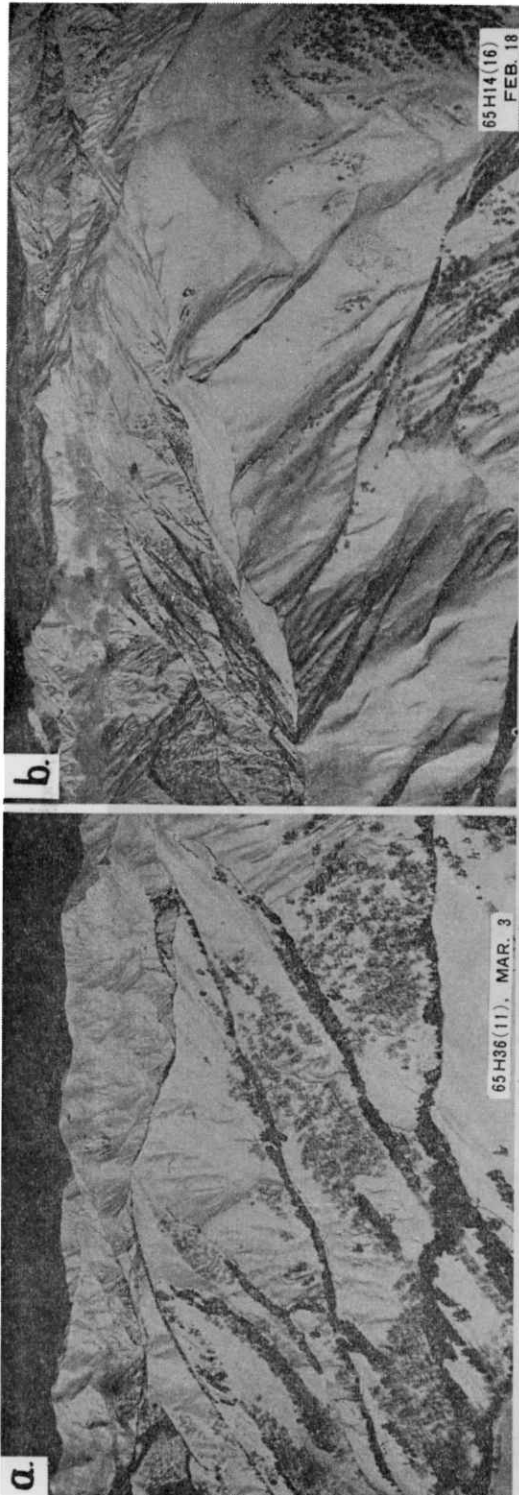
写真—5 日射計受感部と支持柱およびエアカーテン装置
a ...晴天時, b ...降雪翌朝
Sensing element of the pyr-heliometer, supports and air curtain.
a : in fine weather ; b : in the morning after snowfall.



写真-7 山腹斜面区分写真 a…柄沢山, 唐頭山→, b…米子ノ頭, 巻機山
Panoramic photographs showing the divisions of mountainsides.

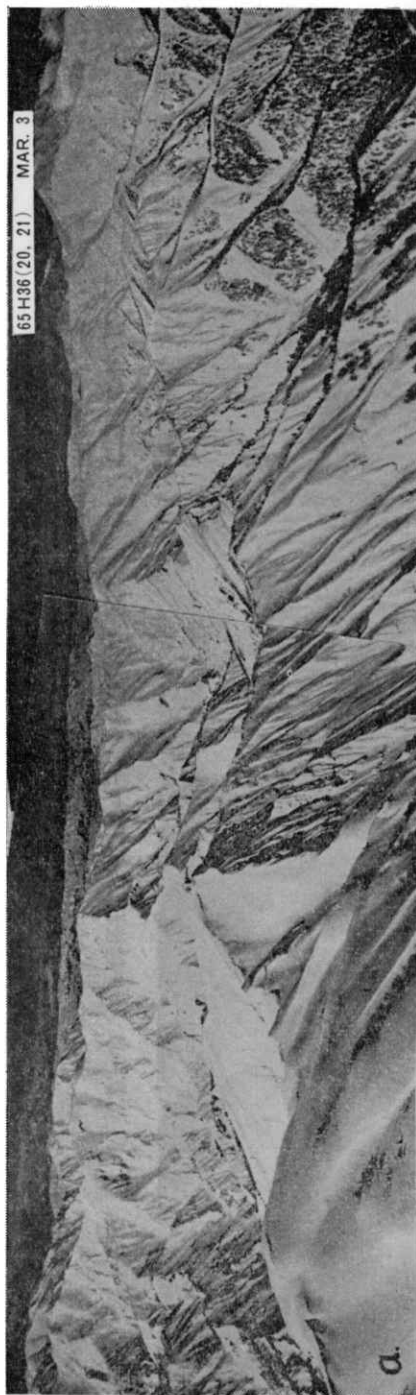


写真—8 a…米子ノ頭～巻機山, b…巻機山～永松山, c…三ツ石1, 886m (左) から小沢岳 (右) を望む, d…小沢岳 Mountains.



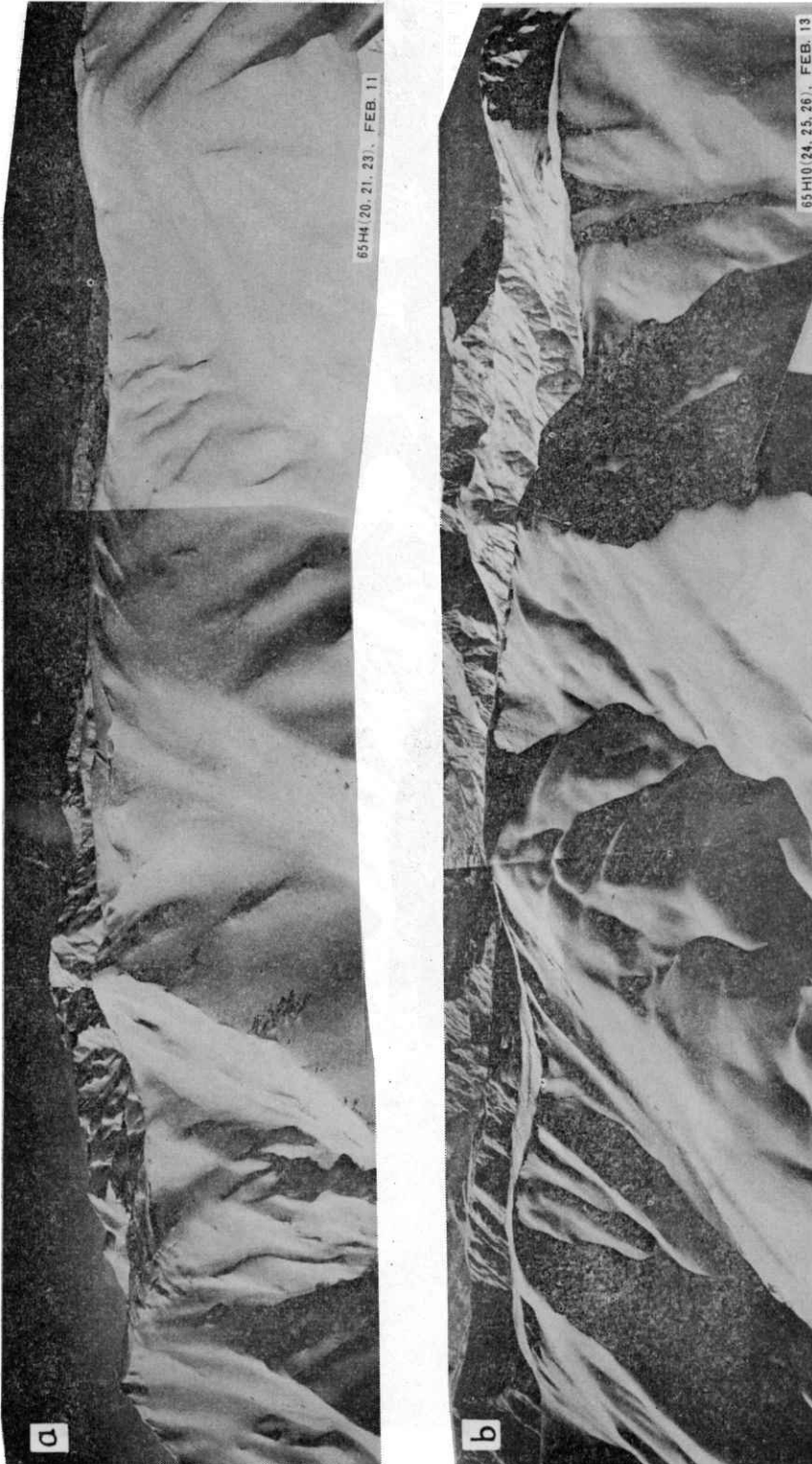
写真—9 a …小沢岳, 下津川山~本谷山, 越後沢山, さらに瑛岳 (中央上) と中ノ岳 (左) を望む,
c …本谷山~越後沢山

Mountains,

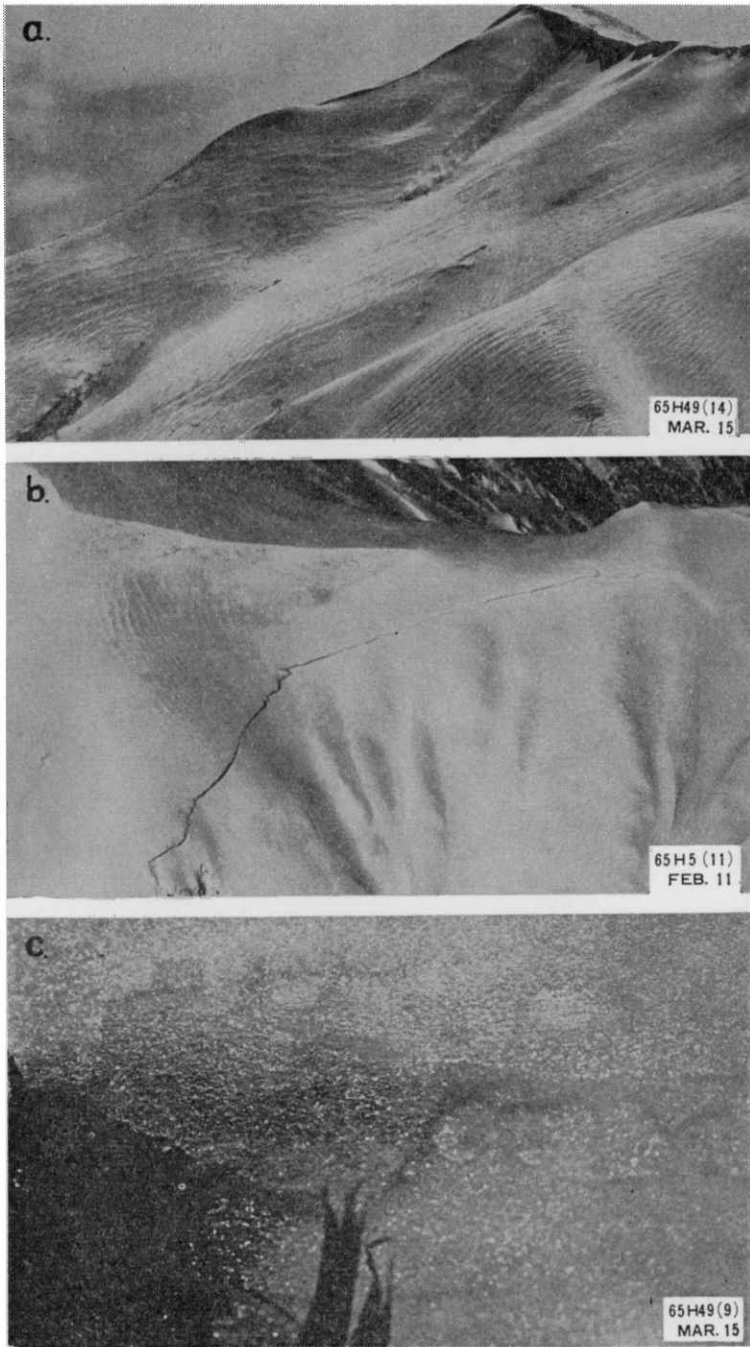


写真—10 a ……巻機山, 下津川山, 本谷山, 越後沢山, 丹後山, 兎岳, 中ノ岳, 利根川の側よりの遠望 : (風下側)
b ……兎岳, 利根岳, 丹後山, 越後沢山, 本谷山, 下津川山, 小沢岳, 三国川の側よりの遠望 : (風上側)

Mountains.



写真—11 a …越後沢山～1,770m→, b …丹後山, 利根山, 兔岳, 右端上は中ノ岳
Panoramic photographs showing the divisions of mountainsides.



写真—12 a…柄沢山, 東向斜面上の風成波紋(風下側)
b…本谷山東にて, 風成波紋のふぶきによる成長例
c…サンクラスト 米子ノ頭東出尾根上にて
a shows the wind ripples, b the wind ripples grown up in a snow
and wind storm, and c the sun crust.