

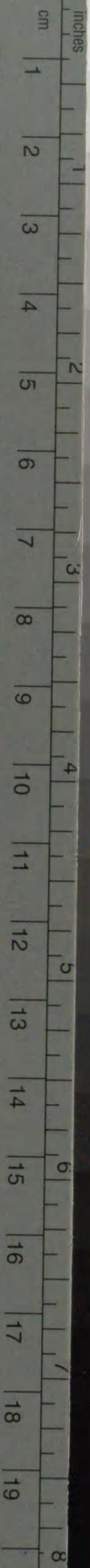


Kodak Gray Scale



© Kodak, 2007 TM: Kodak

A 1 2 3 4 5 6 **M** 8 9 10 11 12 13 14 15 **B** 17 18 19



Kodak Color Control Patches

Blue

Cyan

Green

Yellow

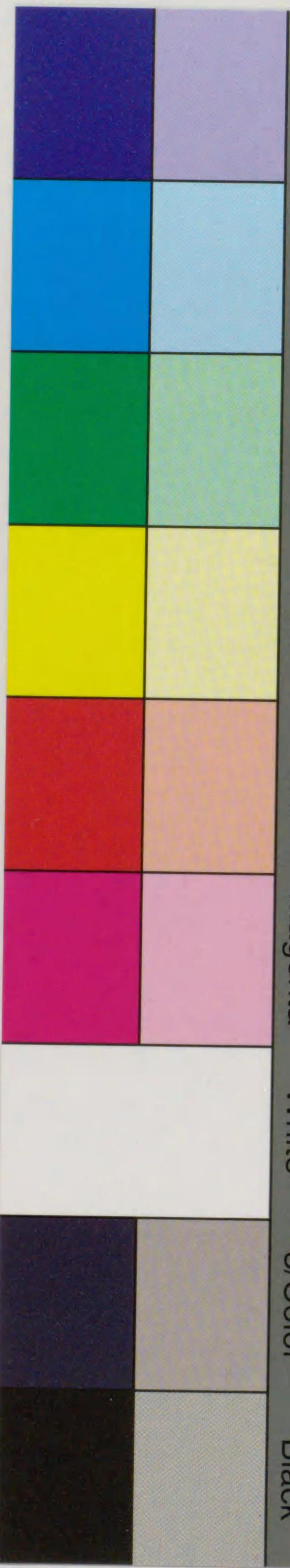
Red

Magenta

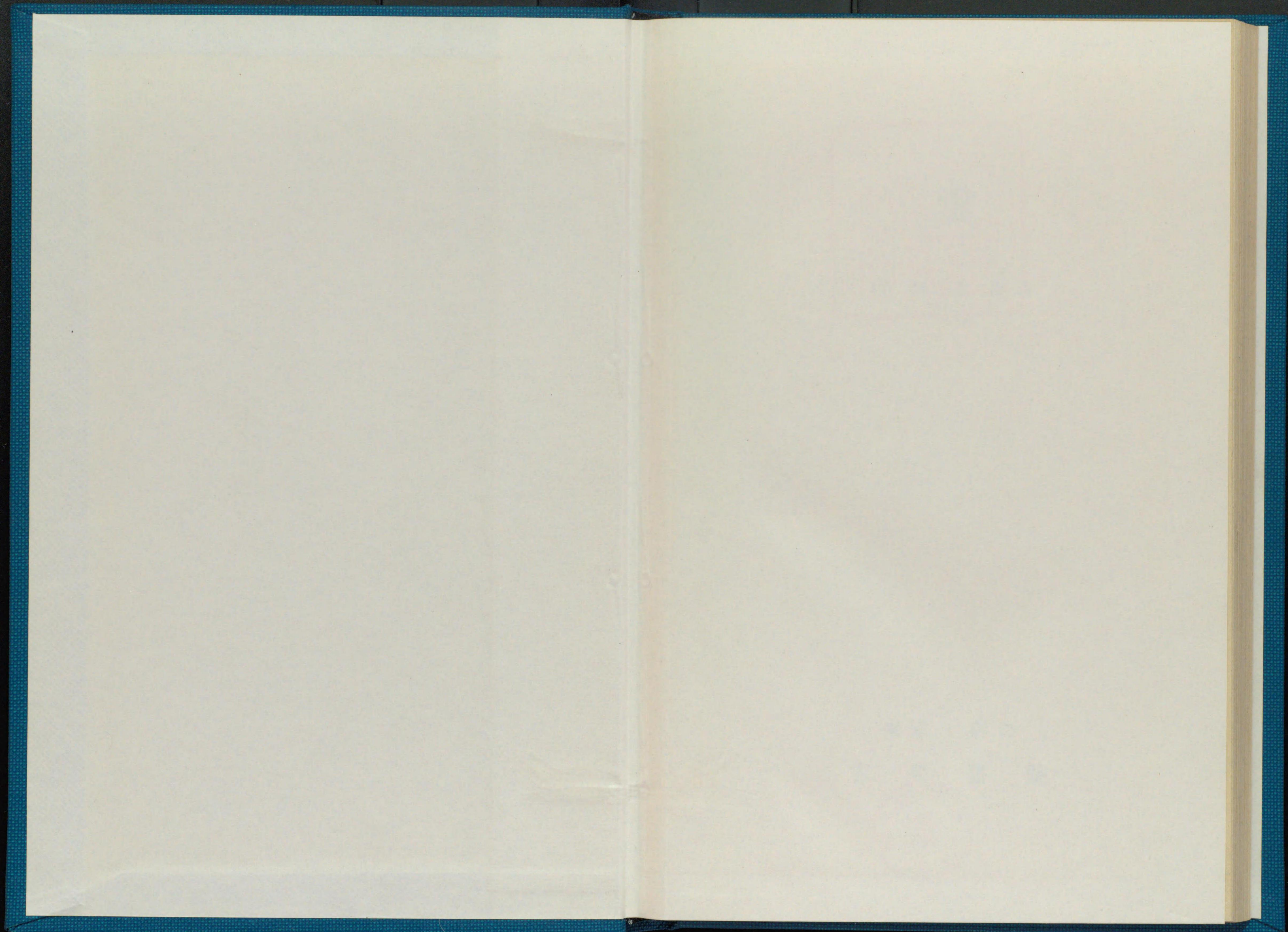
White

3/Color

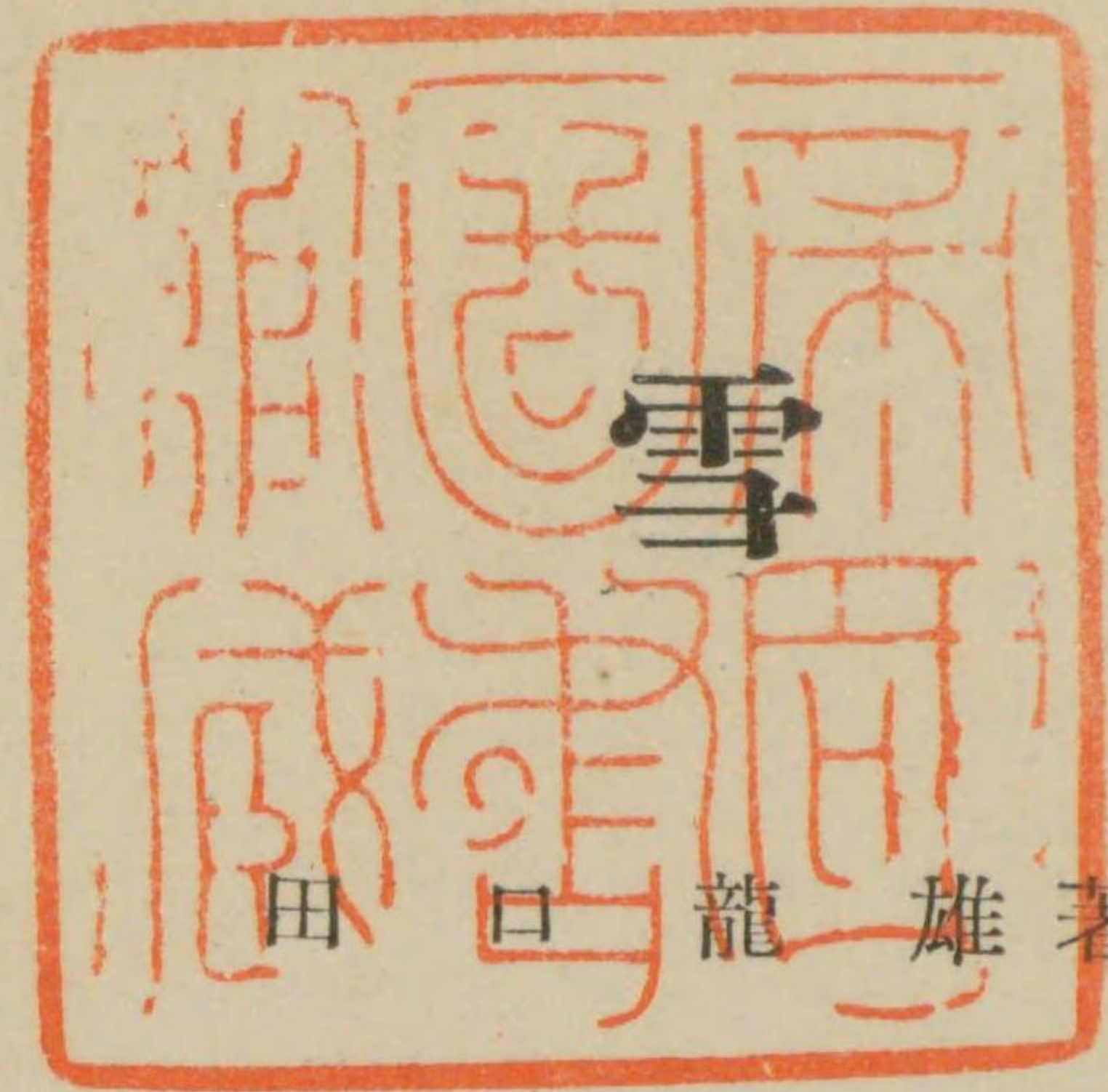
Black



© Kodak, 2007 TM: Kodak



296-76



東京・神田

古今書院



771

122

序

我國は誠に雪の多いところである。北海道、東北、北陸、山陰の諸地方は、冬の間は積雪地を埋めて、見るもの聞くもの皆な雪に關せざるはなしと云ふも過言ではない。元來雪は人生にとつて利もあれば害もある。利あるところは益々之を利用し、害は出来る丈け之を除くのが當然である。それには先づ以て雪に關する百般の智識を持たなければならない。著者田口龍雄氏は中越に生れ少年時代をそこに雪を友としながら育ち、長じて神戸の海洋氣象臺に於て氣象學の研究に精進してゐる青年學者である。氏は雪に關する諸方面の智識を分類して記述しこの書物を著はされた。これを一讀すると雪に關することはほとんど何でも載つてゐると云つて差間ない。單に科學的の記述や文獻のみでない。色々の面白いお話も載つてゐる。鈴木牧之翁の北越雪譜を現代化し、更に之を科學化したものと云ふも決して不當の言ではないと思ふ。即ち雪の科學の參考書であると共に雪に關する物語の本である。専門の學者が讀んでも得るところがあり、専門外の方々が讀んで非常に爲めになることは疑がない。

老生は著者の達ての御依頼に應じて茲に序文様のものを書くことになつた。何にしる本書の如き優れた書物の卷頭に私の様な時代後れの老人が何を書いたとて、少しも光彩を添えることはないのだが、年來御交誼を願つて居り、殊に本書の校正をお手傳した

因縁もあるので遂々お引受けし、茲に讀後の感想を記るして序となし弘く青年諸君にこの書を推薦する。

昭和十五年九月二十日

中央氣象臺官舎

岡田武松

自序

昭和13年の歳の瀬も押し迫つた頃、私は久しい事で新年を父母と共に迎ふべく家郷なる富山縣伏木への旅についたのである。生憎と北陸一帯は兩三日來の猛風雪で、兼ねて福井、七尾、富山の知己を歴訪しようと思ふ此の旅程は、列車事故などの爲めに甚だ難澁なものとなつたが、併し斯うした行きなづむ雪路の旅は様々な雪國の姿を觀るに良い機會を與へて呉れる事にもなつたのである。

私は此處、神戸に住むやうになる以前——それは早や二昔も前の事になつてしまつたが——雪國の一村童として雪に關する悲喜の數々を味はつたのであつて、今、無心に降りしきる雪を目のあたり眺めつゝ、遙かなる童心の日の雪の思ひ出を沁々と懐したのである。そして今更の如く、暗澹たる空に掩はれつゝ、雪に埋もれた此の故郷に對する篤い愛執を感せずにはおられなかつたのである。この感懷は、長い間深く心にも留めずに過ぎた雪への關心を激しく揺り醒ます動機ともなり、その日の感銘を永く憶え、情熱を保ち續ける爲めに、何か自分に相應しい雪に關する仕事を初めたいと考へて見たのである。

併し雪の尠い土地に住んでゐる事でもあり、急に妙策も思ひ浮かばなかつたので、取敢えず手近に閱讀の便宜の多い内外の氣象學書に就いて、雪に關する文獻を讀んで見ようと思ひ立つたので

ある。

爾來一年有餘、餘暇の多くを此の事に盡し、一應所期の文献を通讀し了へたので、それを機會に摘要録を整理し、いさゝか順序、配列を整へて見たのが此の小稿である。

別して人に見ていたゞく心算もなく打過ぎてゐたのであるが、偶々古今書院主橋本福松氏に依つて、測らずも上梓のお奨めを受ける事になつたのである。

併し淺學寡聞の者が、年餘の短日月に編めるもの、まして自學自習の爲めの雜記帳なのであるから、之が果して刊行に値するかどうか、自分には全く見當もつきかねる事であつた。

小稿は初め、海洋氣象臺長堀口由己博士の賜閱を得てゐたので、この際の處置に就いては總て同博士の御批判に俟つ事とし、更に中央氣象臺長岡田武松博士の御閲讀を忝うして、茲に上梓の機を持つ事となつたのである。

云ふ迄もなく小稿の如きは、筆者の雪への關心の出發を意味するもので、決して終局を表はすものではない。將來更に之が大成に精進を續けて行くつもりであるが、補遺及び追加事項に就いては、多く先輩各位の示教に俟たなければならぬのであつて、この機會に特に御助力をお願い致す次第である。小著成るに至るの間、多くの方々の御援助を得たのであるが、殊に中谷宇吉郎博士、並に尾田敏男氏からは格別の御便宜を得た處多く、茲に篤く感謝を申したいと思ふのである。

家郷の雪に住しつゝ、明春、還曆を迎ふる父の壽を祝ふ微衷を、この小著に表はす機會を得た事は筆者の最も欣快とする處で、拙稿の刊行に就いて終始配慮を賜はつた橋本福松氏の知遇に厚い感謝を捧ぐる次第である。

昭和15年6月1日

田口龍雄

(海洋氣象臺)

例 言

1. 小著は雪に關する諸般の科學上の文獻を編纂したものである。併し雪の關する處甚だ多方面に互つており、此等を悉く盡す事は至難である。小稿に於ては氣象學上の雪が最も入念に顧みられてゐる。之は文獻の涉獵が多く海洋氣象臺所藏圖書に就いてなされた事並に編者の關心が特に其の點にかゝつてゐた事などに因るものである。
2. 文獻の紹介を本體としてゐるが、記述の精粗は甚だ自由に取扱はれてゐる。主として原著に就く便宜の難易や編者の關心の程度によつて多く處理されてゐる。この事は小稿が初め自家の摘記録として編纂された故である。
3. 常に主題を日本の雪に置いた。之は起稿の動機に副ふ爲めでもあつた。併し外國文獻も要用あるものは務めて収録する様に心がけた。
4. 閱讀の便利に資する爲めに篇を分ち章を構へたが、嚴密な分類の困難な場合も多く、種々の便宜を考慮して處理したものも少くない。
5. 圖版は及ぶ限り原著から忠實に轉寫する意向であつたが、都合で略圖を以て満足される事になつたものもある。尤も概要の會得には充分役立つ様に考慮は盡したつもりである。

目 次

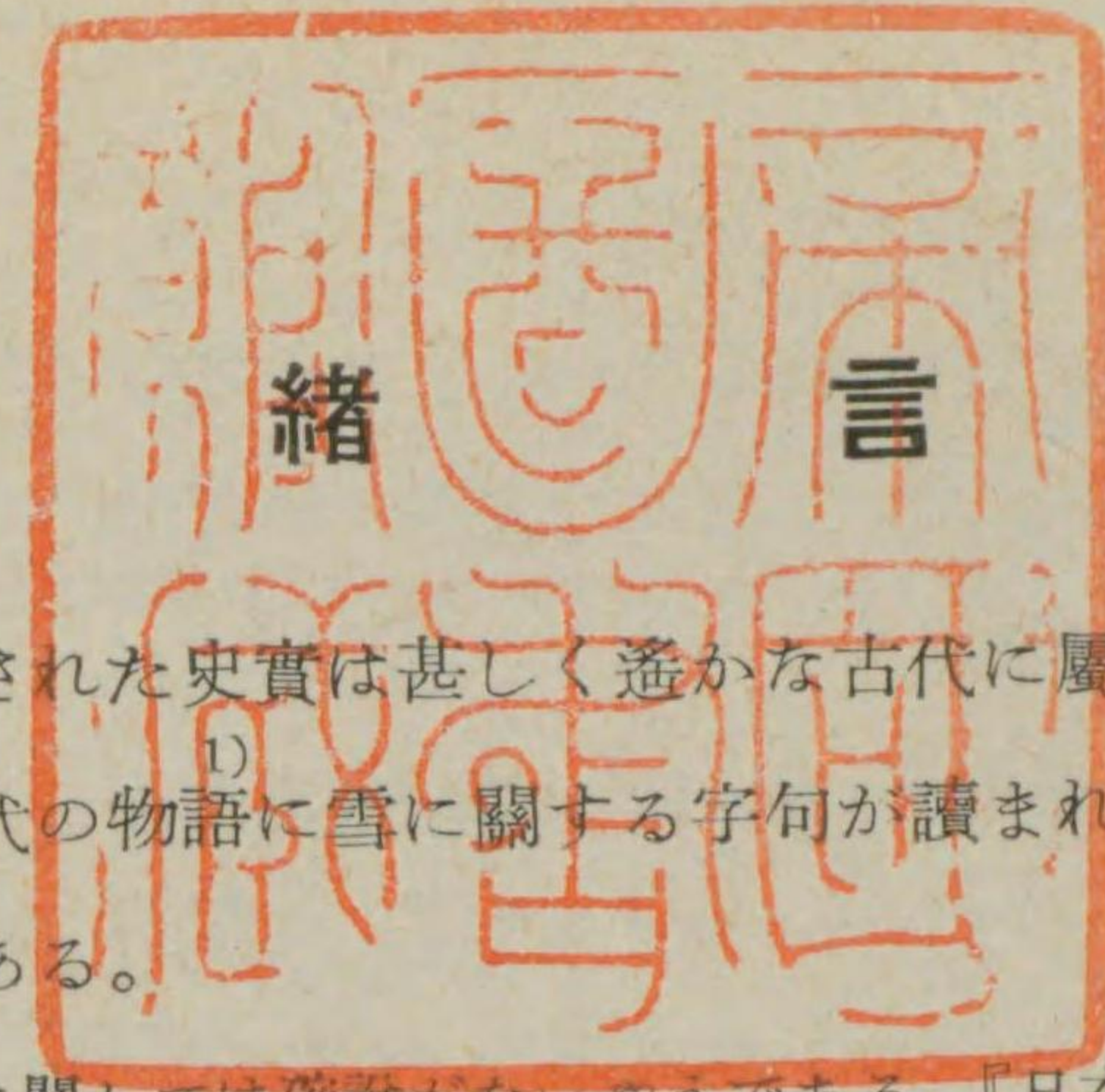
	頁
緒 言	1
第一章 降雪篇	
1. 結晶研究略史	4
〔附〕 顯微鏡寫眞	
2. 『雪華圖說』及『續雪華圖說』	11
3. 結晶形の分類	22
4. 結晶の大きさ及び質量	30
5. 結晶の生成	32
〔附〕 成雪級	
6. 雪片の形態	36
7. 雪の落下狀況	39
8. 新雪の密度	41
9. 雪の化學的成份	45
10. 雪片の電氣的性質	47
11. 雪の放射能	49
第二章 積雪篇	
1. 積雪量の測定	51
2. 積雪景態	54
3. 降雪量の測定	62
4. 積雪の密度	66

5. 雪 質	78
6. 積雪の熱學的性質	80
7. 積雪の光學的性質	87
8. 積雪の物理學的諸性質	90
9. 積雪の蒸發, 融解及び低下	97
10. 赤雪 (著色雪)	103
〔附〕 雪 蟲	

第三章 雪と人生

① 初 雪	109
〔附〕 不時降雪	
② 日本の積雪分布	113
③ 地球上の雪の分布	124
④ 森林と積雪	130
⑤ 冬期積雪量及降雪量の豫知	133
6. 降雪日數及び終雪期日	137
7. 積雪日數	140
8. 融雪水 (雪汁)	142
9. 消雪 (根雪終日)	146
10. 積雪と氣候	149
11. 雪と豊凶	153
12. 雪 線	155
13. 雪 崩	157

14. 雪害一斑	171
15. 結 び	179
附録 引用文獻	182



雪が人類に注意された史實は甚しく遙かな古代に屬すると考へられる。我邦に於ては遠き神代の物語に雪に關する字句が讀まれ、西歐では舊約の昔に多數の雪の記録がある。

「ゆき」なる語義に關しては確説がないやうである。『日本釋名』は「ユキ、ヤスクキユル也、やすノカヘシハゆ也。キユルノ下ヲ略ス」となし、『東雅』は「ユキ、義不詳、古語ニユキト云ヒシハ即今キヨシト云フ詞ナリ、ゆトハ白キ也、キトハけノ轉ニシテ消也。其色白クシテ消ユルナリト云フ說ノ如キハイカマアルベキ」と誌し、『言海』は、「ゆハ齋、きハ潔白ノ義」と解いてゐる。

因に雪の辭を若干の外國語に就いて求むれば

Neige(佛)、Neive(西)、Neve(伊)、Neve(葡)、Schnee(獨)、Snow(英)、Śnieg(波)、Snih(チェコ)、Sneg(セルビア)、Cher(露)、Západá(羅) 等がある。

併し雪の科學的な研究が初められたのは比較的近代の事であつて、洋々たる開拓の前途を持つ新興の學問とも稱すべきであらう。

吾國の雪の研究史料としては恐らく天保年間に刊行された土井利位、鈴木牧之等の著述を最も重要なものとする考へられるが、統整ある、近代的科學としての研究は明治 20 年頃、諸地方に測候所が施設せられ、系統ある雪の觀測がなされる様になつて以來と言ふ事が出来るであらう。一方、山地、森林地帯の雪に就いては各地の森林測候所によつて資料が提供さるゝ事になり、氣象學及び氣候學上の見界に立つ雪の研究は著しく進展を遂げた。

近年、山形縣新庄町に積雪地方農村經濟調査所が創設せられ、雪害に關する調査が一段と進めらるゝ事となり、他方、北海道帝國大學理學部では人工雪を初め雪の物理的性質の探求が進捗してゐる。更に昭和 14 年 3 月には、日本雪氷協會が創立發會式を舉行し斯界の權威を集めて堂々の陣容を整へ、

雪の研究に多大の貢献が期待される事になった。

世界各国の雪の調査の状況は簡単に知る便宜に乏しいが、国際調査機関として「萬國雪協議會」¹⁰⁾があり、諸國の著名な學者が之に参加し、最近、浩瀚な報告書¹¹⁾が刊行せられた。

該報告書所載の國別會員數を主な國に就いて掲げて見ると、

オランダ(1名)、スペイン(2)、オーストラリヤ(3)、支那(3)、カナダ(4)、日本(4)、ポーランド(4)、デンマーク(5)、フィンランド(5)、フランス(5)、ノルウェイ(5)、スウェーデン(5)、アルゼンチン(6)、チリ(6)、スイス(6)、インド(6)、イタリー(7)、ドイツ(15)、ロシア(18)、イギリス(21)、アメリカ(24)等となつてゐる。之等の數は幾分、各國の雪に關する關心の程度と關聯あるかに見られたので採録して見たものである。

因に日本の4人は岡田武松、黒田正夫、中谷宇吉郎、藤原咲平の諸氏と記載されてゐる。

- 1) 日本書紀神代：始素戔鳴尊昇天之時、溟渤以之鼓盪山岳爲之鳴响、此則神性雄健使之然也、天照大神素知其神暴惡、至聞來詣之狀、乃勃然而驚曰、吾弟之來豈以善意乎、謂當有奪國之志歟(中略)振起弓彌急握劍柄踏堅庭而陷股若沫雪以蹴散(下略)等がある。
- 2) 舊約聖書：出埃及記 4の6、民數紀 12の10 以下數十例あり、多くは潔白の表象として用ひられしも、癩病患者の皮膚の粉の形容に用ひられた場合もある。
- 3) Lexique Météorologique. Paris. 1931。
- 4) 土井利位：『雪華圖說』及『續雪華圖說』の著者、後章参照。
- 5) 鈴木牧之：『北越雪譜』の著者、(岩波文庫 1261—62参照)。
- 6) 業績中主要なものは中央氣象臺刊行物、大日本氣象學會「氣象集誌」及び農林省林業試験場の「森林治水氣象彙報」等に多く載つてゐる。
- 7) 積雪地方農村經濟調査所 (以下に於ては「雪調」と略稱する)：調査報文多し。
- 8) 北海道帝國大學理學部：理學部紀要 (Journal of the Faculty of Science. Hokkaido Imperial University. Series II. Physics.) (以下に於ては J. F. S. と略記する)に報告あり。
- 9) 日本雪氷協會 (理化學研究所内)：月刊、「日本雪氷協會月報」を刊行す。
- 10) 萬國雪協議會：International Commission of Snow. 邦譯は中谷宇吉郎氏著『雪』(岩波新書 8)に據る。最近 New Int. Comm. of Snow and Glaciers

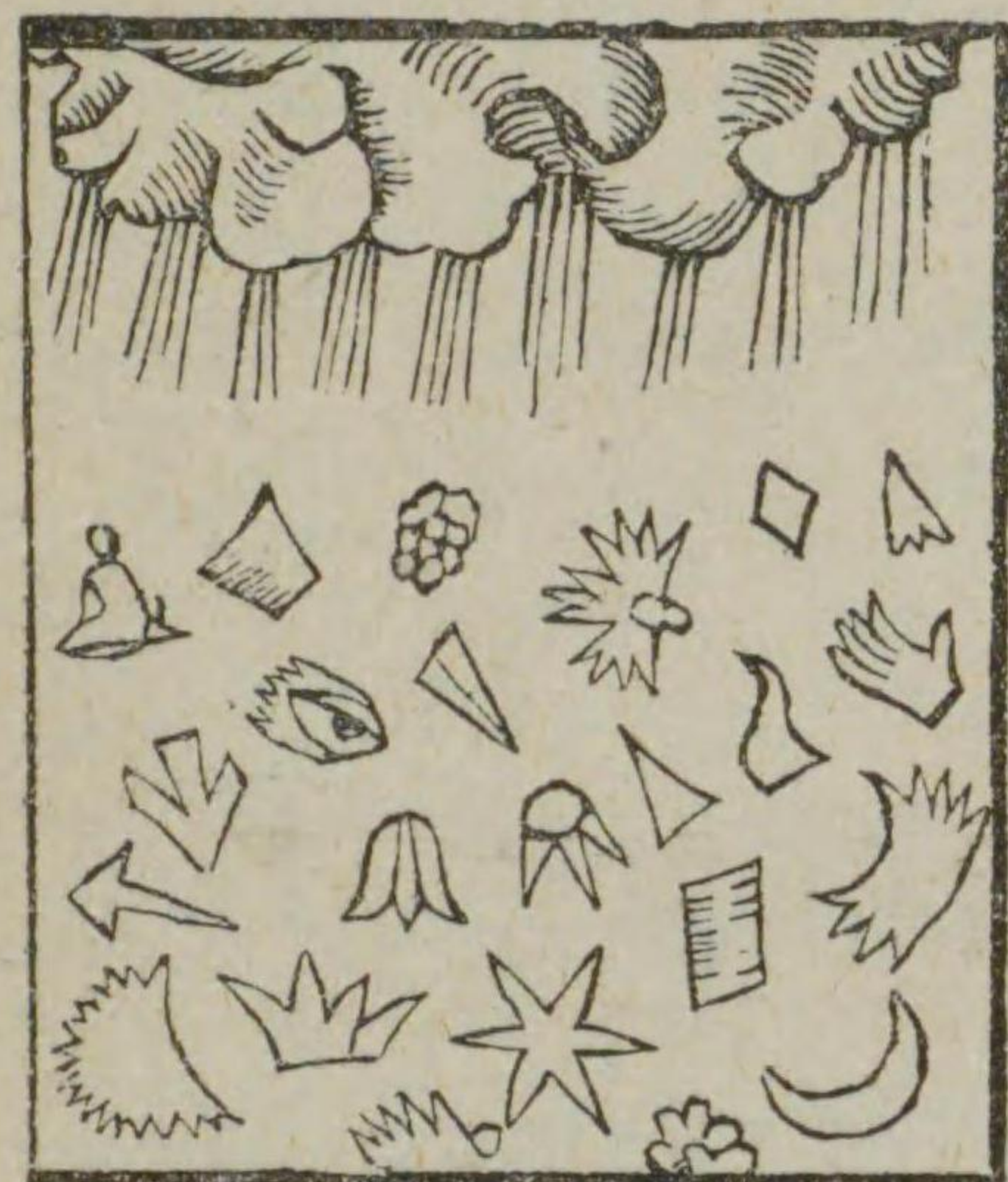
の組織に就いて Matthes, F. E. が報告してゐる。(Nature. Vol. 145. pp. 753. 1940)。

- 11) Transaction of the Meeting of the International Commissions of Snow and of Glaciers. (at Edinburgh September 14—16 and 18, 1936) Bulletin N. 23. Riga. 1938 (以下に於ては Trans. I. C. S. G. と略記する)

第一章 降雪篇

1. 結晶研究略史

雪が結晶體をなしてゐる事は、今日では誰もが承知してゐる事ではあるが、この事實が知られ初めたのはさう古い事ではない。



第1圖 Olaus Magnus, 1555

今日の吾々の目には甚だ怪異とすべきものも少くないやうであるが、之は原圖製版者の不注意に依るところも多かるべしと Humphreys 等は述べてゐる。

(“Snow Crystals, ”)

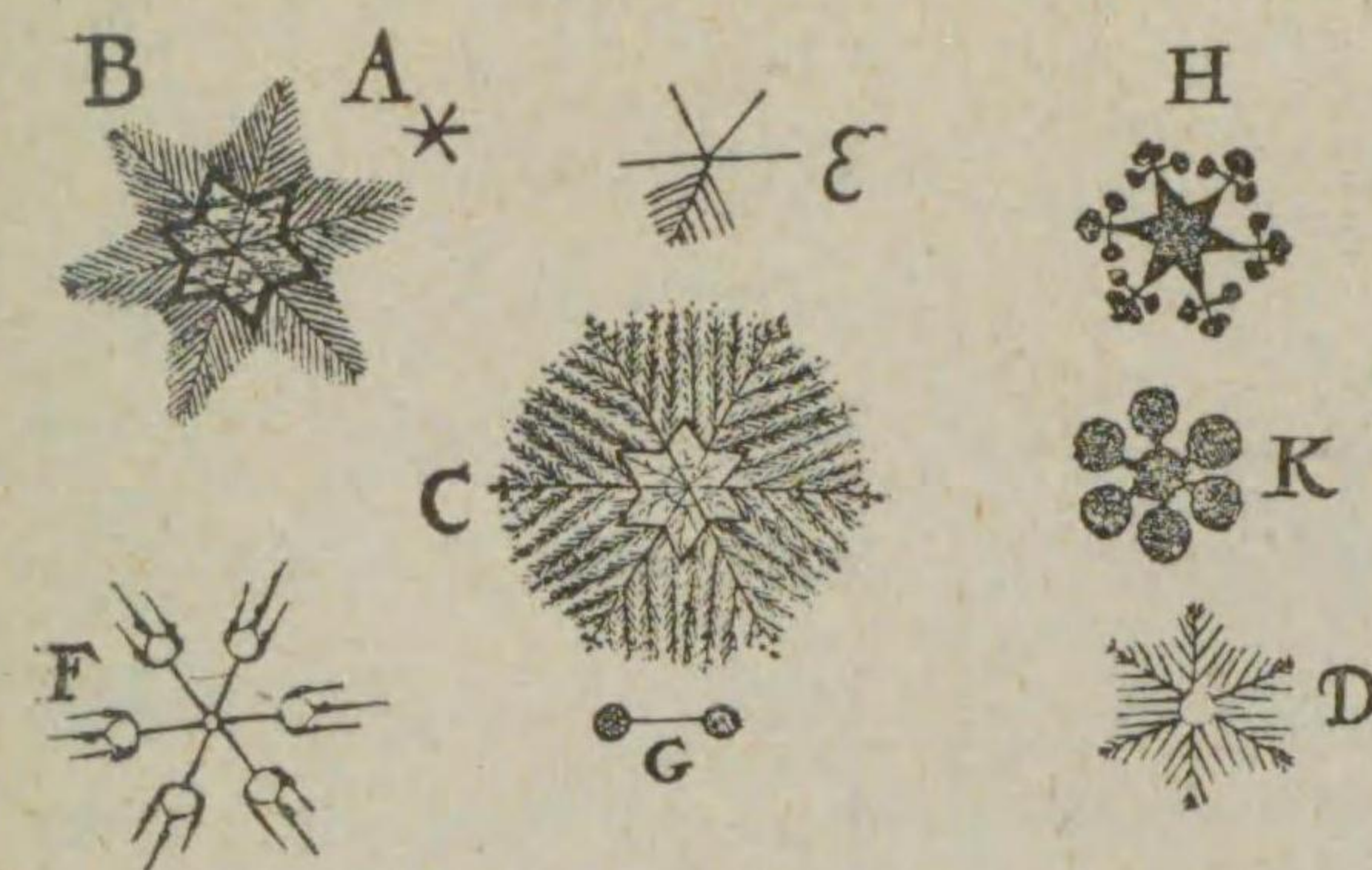
其の後 Kepler (Joannis Kepleri) によつて結晶の研究が試られ、結晶の

西歐に於ける此の方面の研究の歴史に就いては Hellmann¹⁾ の著述に詳しく、今之に據り主として其の挿圖を紹介しつゝ進展の跡を顧みやう。

初めて雪の星形に氣付いたのは Albertus Magnus で、1250年の事であつたと言ふ事であるが、雪の結晶圖を最初に世に示したのは Olaus Magnus の “Historia de gentibus septentrionalibus……” で、之は 1555年にローマで出版された。(第1圖)



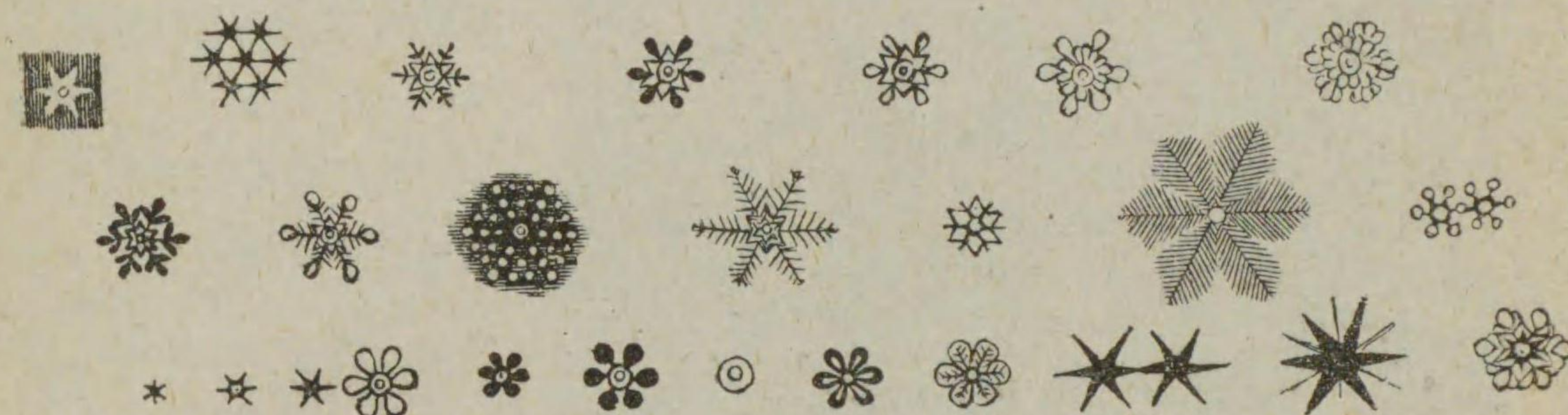
第2圖 Descartes, 1637



第3圖 E. Bartholinus, 1660

観察圖は續々 Descartes (1637) (第2圖) E. Bartholinus (1660) (第3圖) 等によつて公にせられた。やがて顯微鏡が發明せられ、結晶の觀察に一段と進歩の機運が約束せらるゝ事となつた。Hooke (1665)のスケッチは此の機會に成

された最初の業績と言ふ事である。(第4圖)



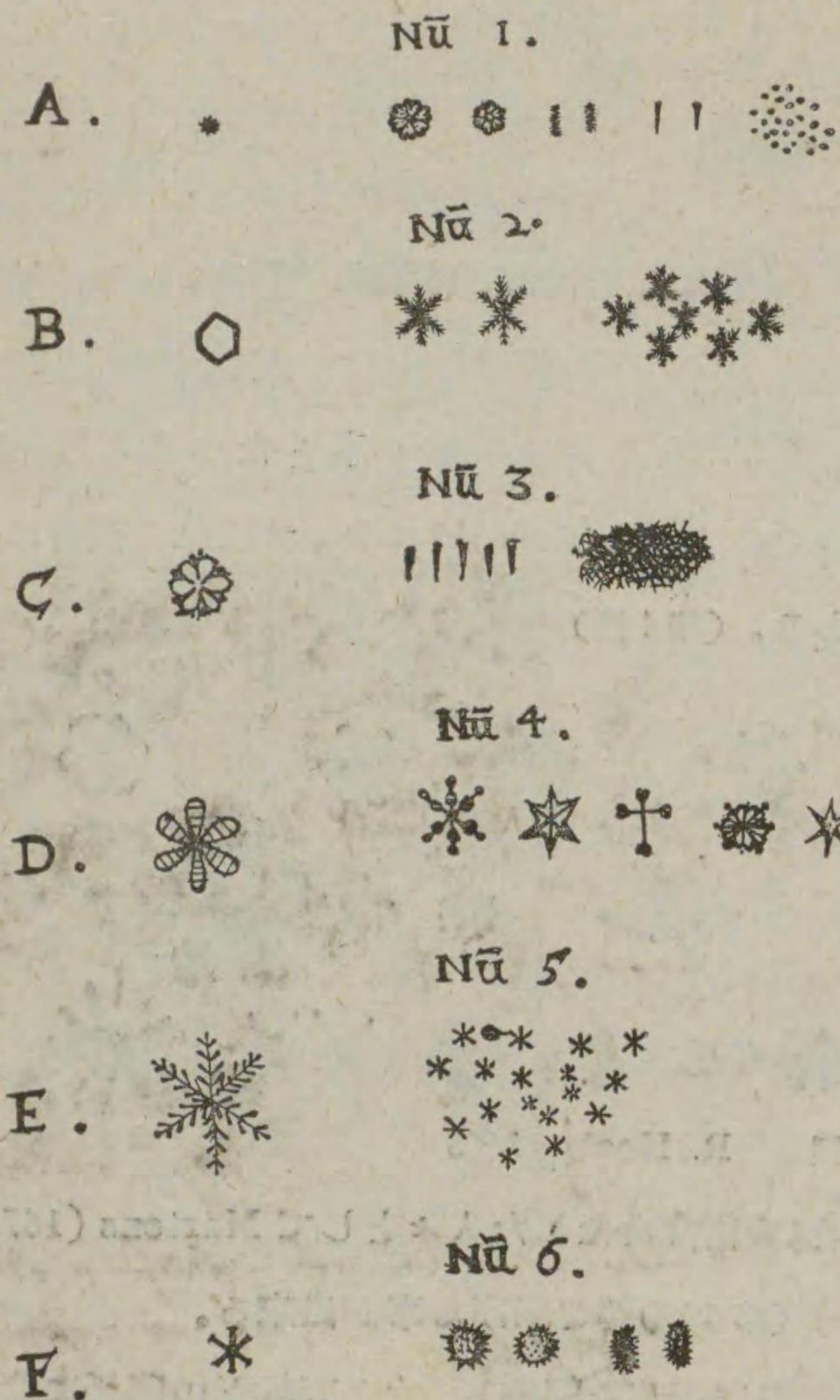
第4圖 R. Hooke, 1665

17世紀中、尙特色あるこの種の研究をなした人々として Martens (1675) (第5圖) 及び Rossetti (1681) (第6圖)等を擧げる事が出来る。

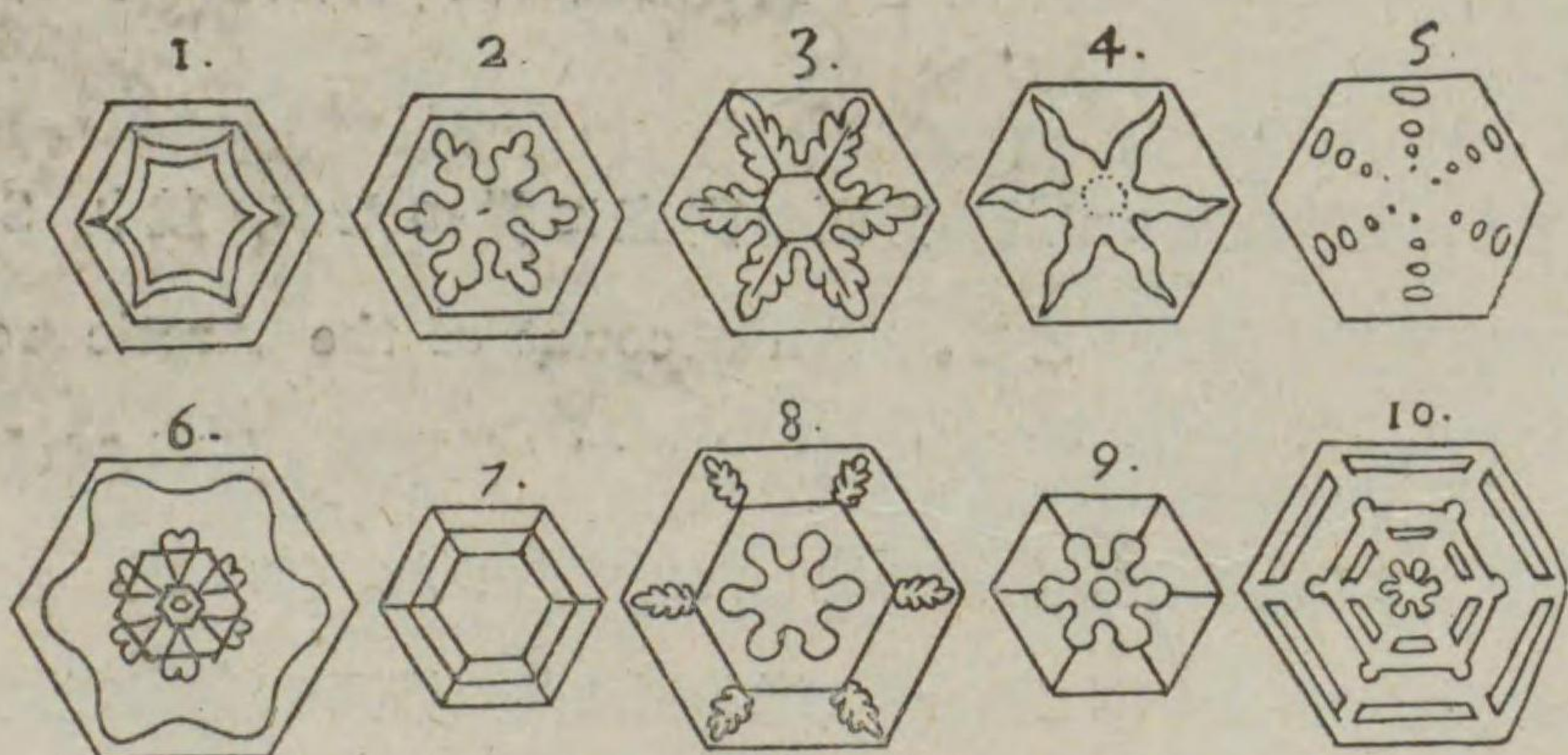
Martens は北極洋地方の旅行中に雪花を觀察し、之が天候との關係に論及した人であり、Rossetti は雪花をその主要形態に依り分類する事を試みた最初の人である。

以後に於ても多數の人々が此の方面の調査に従つたが、就中 Scoresby (1820)の研究は最も著名である。“An account of the Arctic regions, ”中に掲載された雪花の觀察は甚だ精細なもので、從來屢、見落され勝ちだつた多くの種類を見出した點が好評を博したのであつた。(第7圖)

1855年に刊行された Glaisher の雪花圖は其の描圖の精緻にして美麗なる事、從來に比を求め得ず、近年まで多くの著書に引用せられ、世の愛賞を



第5圖 F. Martens, 1675



第6圖 D. Rossetti, 1681

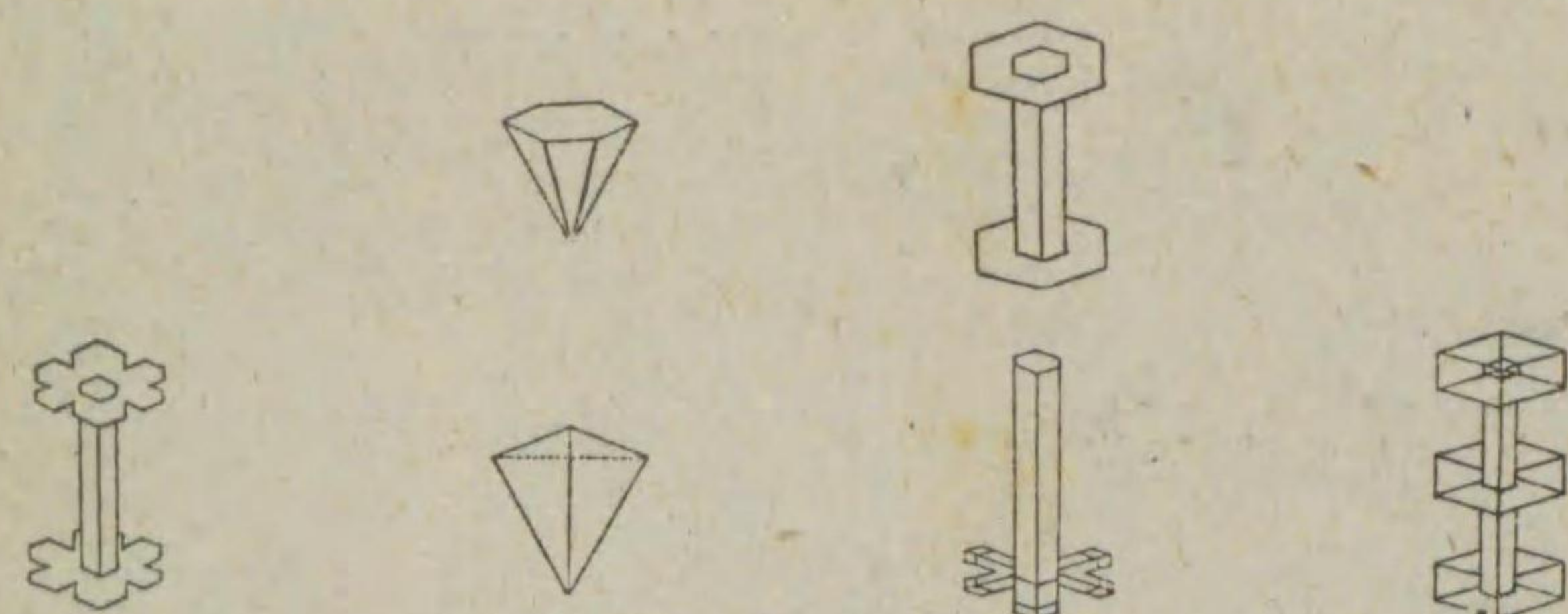
受けたものである。(第8圖)

Umlauft, F. ("Das Luftmeer", Wien, 1891)や Arrhenius, S. A. ("Lehrbuch der Kosmischen Physik", Leipzig, 1903)

關戸彌太郎氏の「降雪」(山岳講座第2卷)にも若干の雪華圖はあるが今は省略する。

19世紀の末期頃に至り、顯微鏡寫眞術の考案、改良が一層進歩したので雪の結晶研究は正に飛躍的な發展を遂げる事になった。

ドイツの Hellmann, Neuhaus, スエデンの

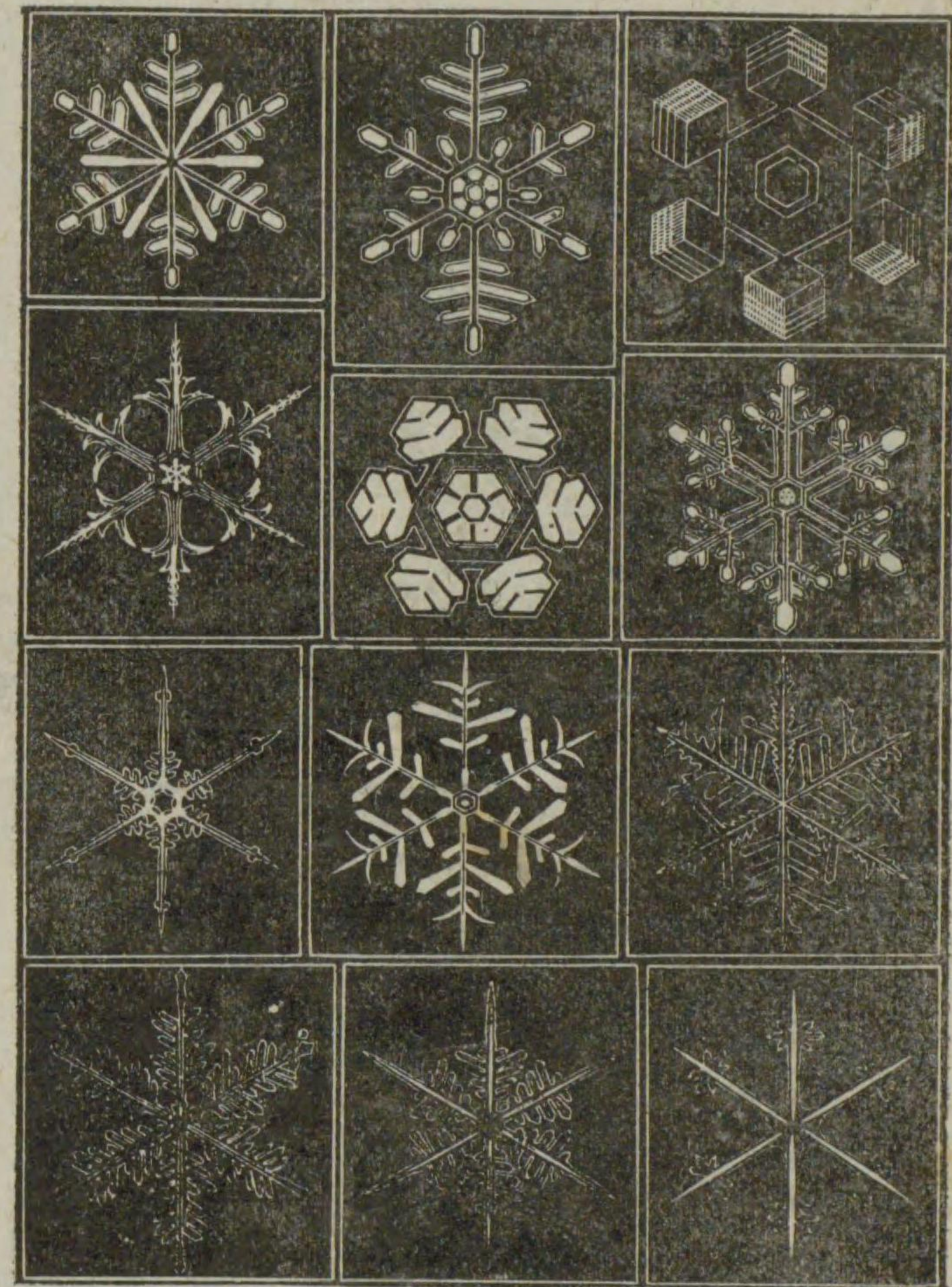


第7圖 W. Scoresby, 1820

Nordenskiöld, ロシアの Sigson 等は夫々多大の貢獻を残した人々である。就中、アメリカの Bentley, W. A. は雪花寫眞

の分野に於いては世界的高名を以て稱せられたものである。

彼は Vermont 州, Jericho に住んだ。十幾歳の頃、母より顯微鏡を與へられ、偶々覗いて見るものを探す内に雪の結晶の美しさを知つたとの事である。爾後組織ある研究を思ひ立ち、初めは見取圖などを描いてゐたが後に顯微鏡寫眞に専念した。最初の寫眞は 1885 年の 12 月, 19 歳の年に初まり、死ぬ迄の約 50 年間寫眞を撮り続け、數千枚の寫眞を作つたのであ



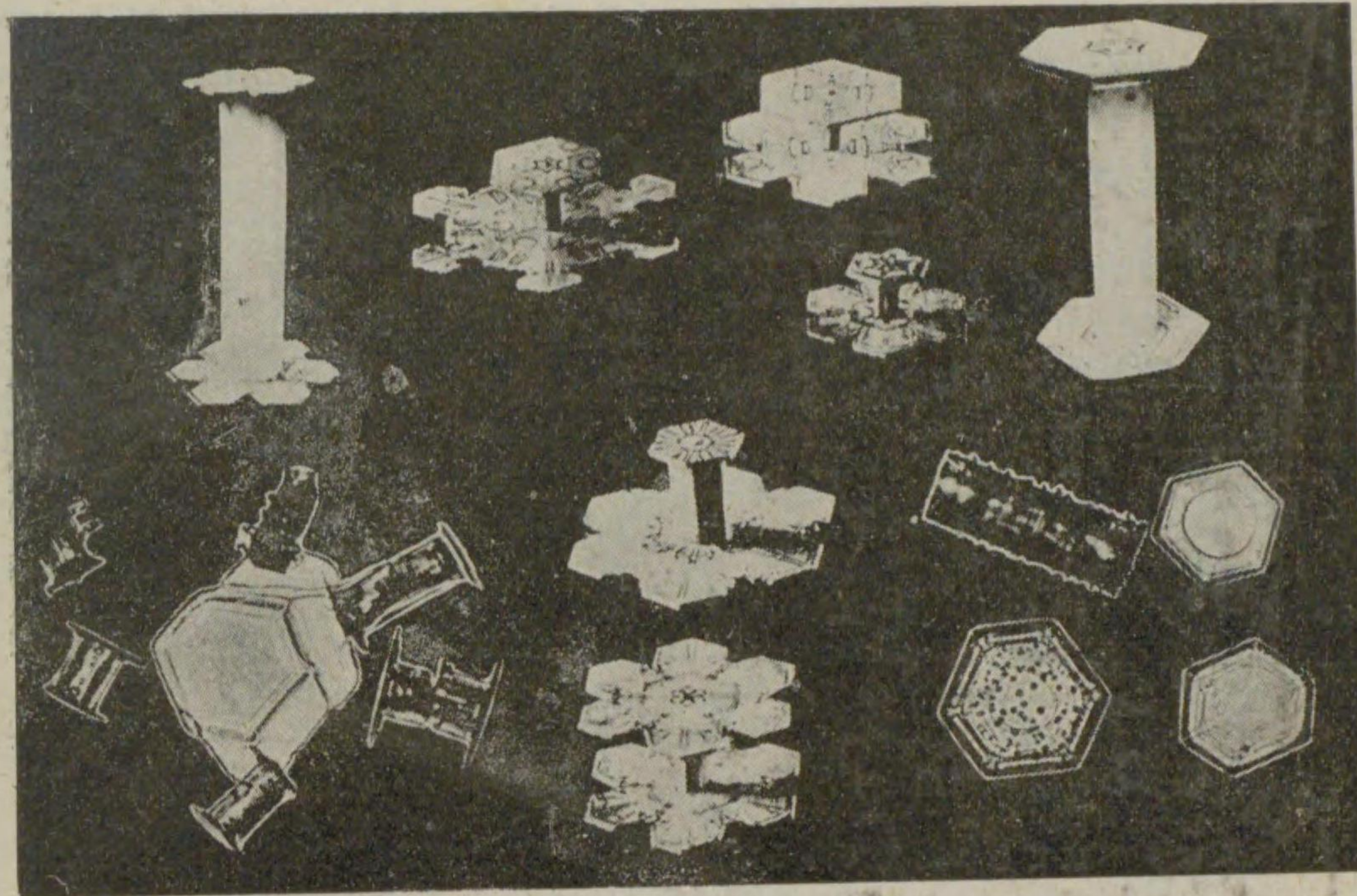
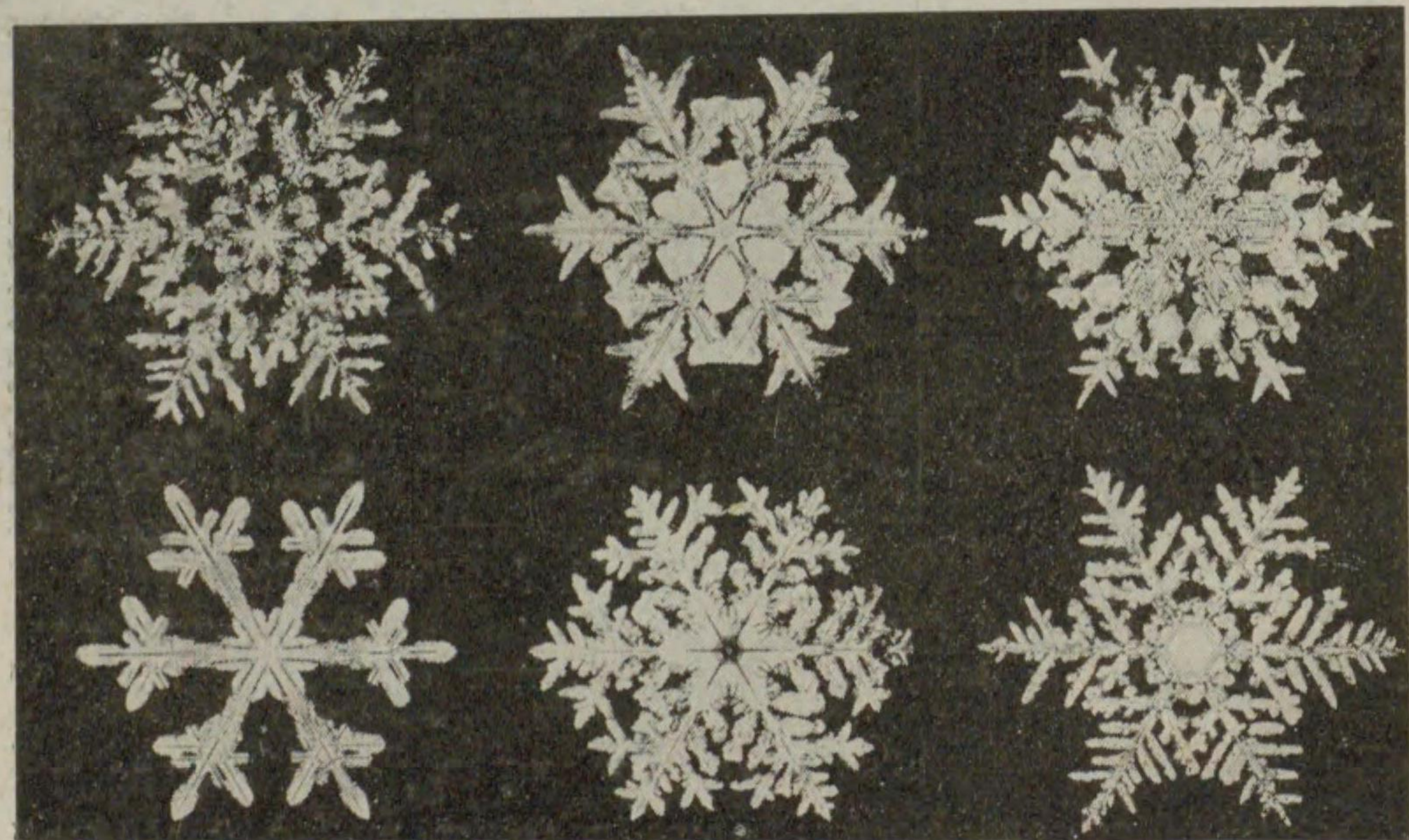
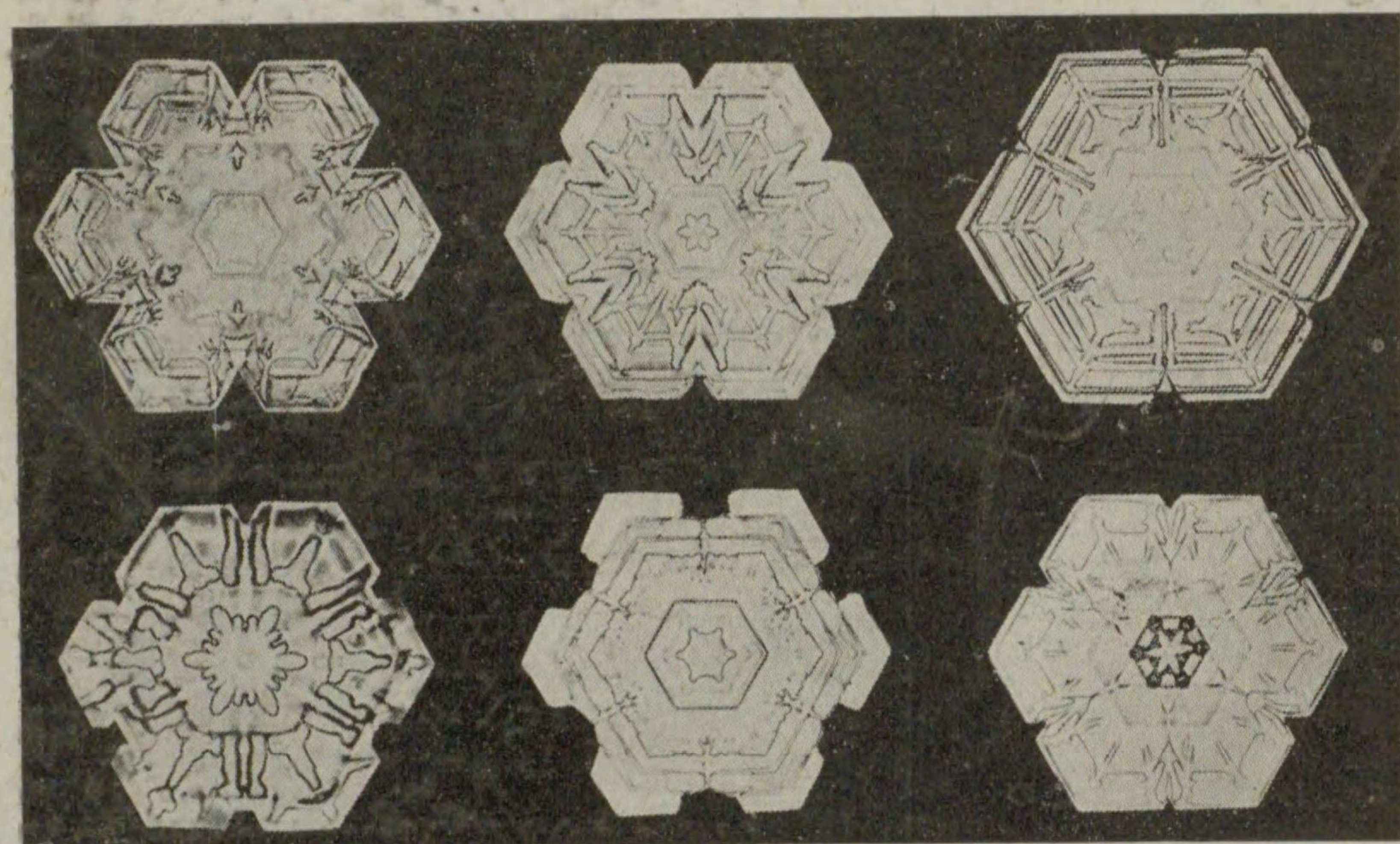
第8圖 J. Glaisher, 1855

る。(Bentley, W. A.: Forty year's study of Snow crystals. M. W. R. Vol. 52, pp. 530, 1924)。“雪の人”, (Original Snow-flake man) とさへ渾名された程有名であつたが (Finch and Hawks: Water in Nature, pp. 95), その素性などは

一向知られてゐないやうである。1931年の12月25日に逝去した (E. G. B.: Snow Crystals. Q. J. R. M. S. Vol 58, pp. 214 1932)。

數十年に亙る長年月を營々此の事に従事した熱心もさる事ながら、其の寫眞は非常に美しいので有名である。1931年に Humphreys と連名で "Snow

第 9 圖 Bentley, 1931



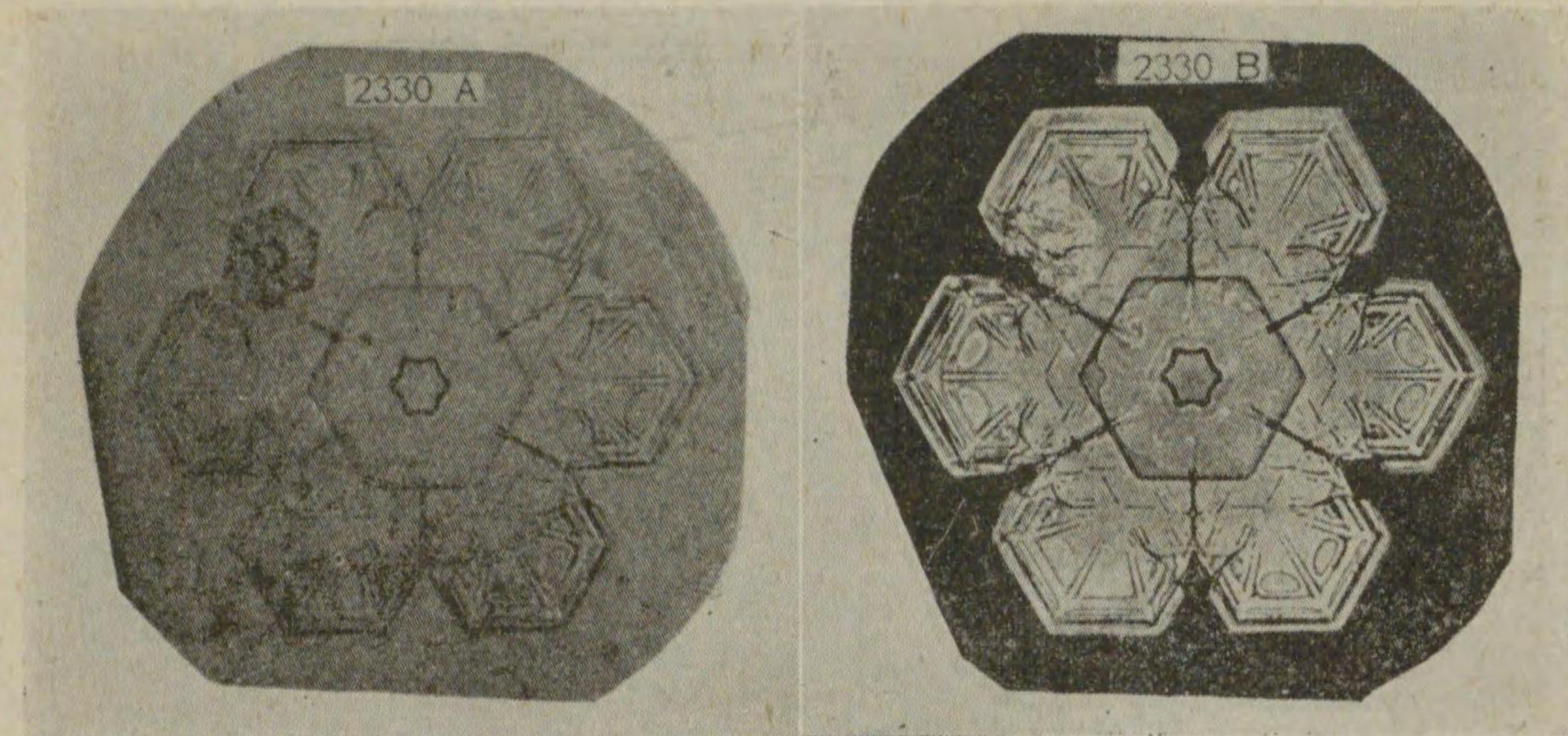
第 9 圖 Bentley, 1931

Crystals,, の大著を完成したが、その數約 3000 種に達する奇麗な寫眞で埋められてゐる。(第9圖)

Bentley の寫眞は餘りに整つた美しさを持つており、寫眞操作の裡に若干の作爲の加はつてゐる事は確かであるが、この事に關し嘗て Hellmann の非難があり、之に對しアメリカ氣象當局の應酬などの事があつた。(Hellmann, G.: "System der Hydrometeore,, Berlin, 1915=Translated for the M. W. R. "Classification of the Hydrometeors,, II. M. W. R. Vol. 45. pp. 13. 1917)

Bentley 自身も Hellmann の「多大の修整」或は「外形の切斷」等の批評に對し實例を示しつゝ抗議的な一文を草してゐる。その一例を示して見ると第 10 圖の左は寫眞原圖で、左上隅に他の種類の小結晶が混在撮影されてゐる。右圖は主要結晶を強調する爲め、其の混在小結晶を消去したものである。(Bentley, W. A.: Photomicrographs of Snow Crystals and Methods of Reproduction. M. W. R. Vol. 46. pp. 359. 1918)

斯様な寫眞技法が自然科学の立場に於て果して許し難いものか否かは、他の種々な所謂科學寫眞の場合を想起すれば速斷しかねる様にも吾々には思はれる。



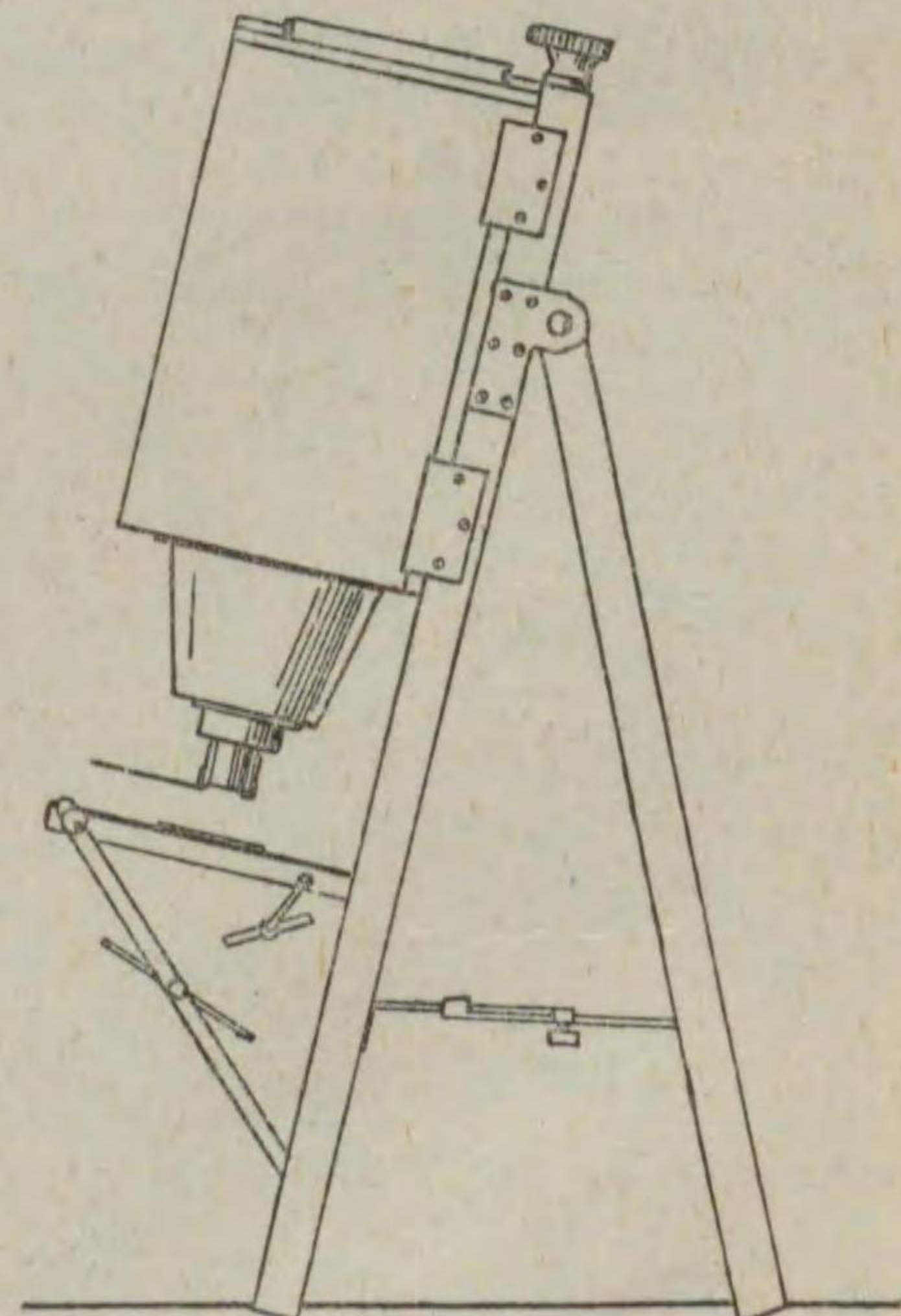
第10圖 修正寫眞 (Bentley)

その他、撮影の日附を明記せず、拡大の程度を詳記しない事等、科學的資料としての不備は既に數へ立てられた處であるが、Bentley の主眼を雪の結晶の美しさを世に示す事にあつたと解すれば、其の功績は永く憶えられるにちがひない。

〔附〕 顯 微 鏡 寫 眞

雪の結晶の研究には顯微鏡（或は擴大）寫眞術が重要な役割を受持つ。特定の技法に泥む要はなく自家の工風、發明によつて益々優秀な結果を得らるゝ事は元より望ましい事であるが参考の爲め一二例を紹介して見やう。

第11圖は岡 順次³⁾氏考案のもので、装置の大要は圖に就いて知る事が出来る。鏡玉は活動寫眞撮影用 F. 3.5, 焦點距離35 mm のもの、カビネ型暗箱で 10 倍大に撮影出来る様に裝備されてゐる。充分な採光下に



第11圖 雪華撮影装置 (岡)

於ては 10~20 秒の露出が要る由である。

中谷宇吉郎⁴⁾氏等が使用のものは普通のライツ型装置、乾板も赤札級のものが何かと便宜多い由である。結局最も厄介なのは照明の方法で、結晶の實體の細部がうまく表現される様に光を斜めに當てる其の手際が特に習熟を要する點だと言ふ事である。

- 1) Hellmann, G.: "Schneekrystalle", Berlin. 1893.
- 2) Bentley, W. A. and Humphreys, J. W. "Snow Crystals", New York, 1931.
- 3) 岡 順次: 雪華の撮影法に就て, 天氣と氣候, 1 卷, 24 頁, 昭 9 (1934).
- 4) 中谷宇吉郎: 雪の結晶の研究, 氣象集誌 II. 16 卷, 臨時號, 昭 13 (1938).

2. 「雪華圖說」及「續雪華圖說」

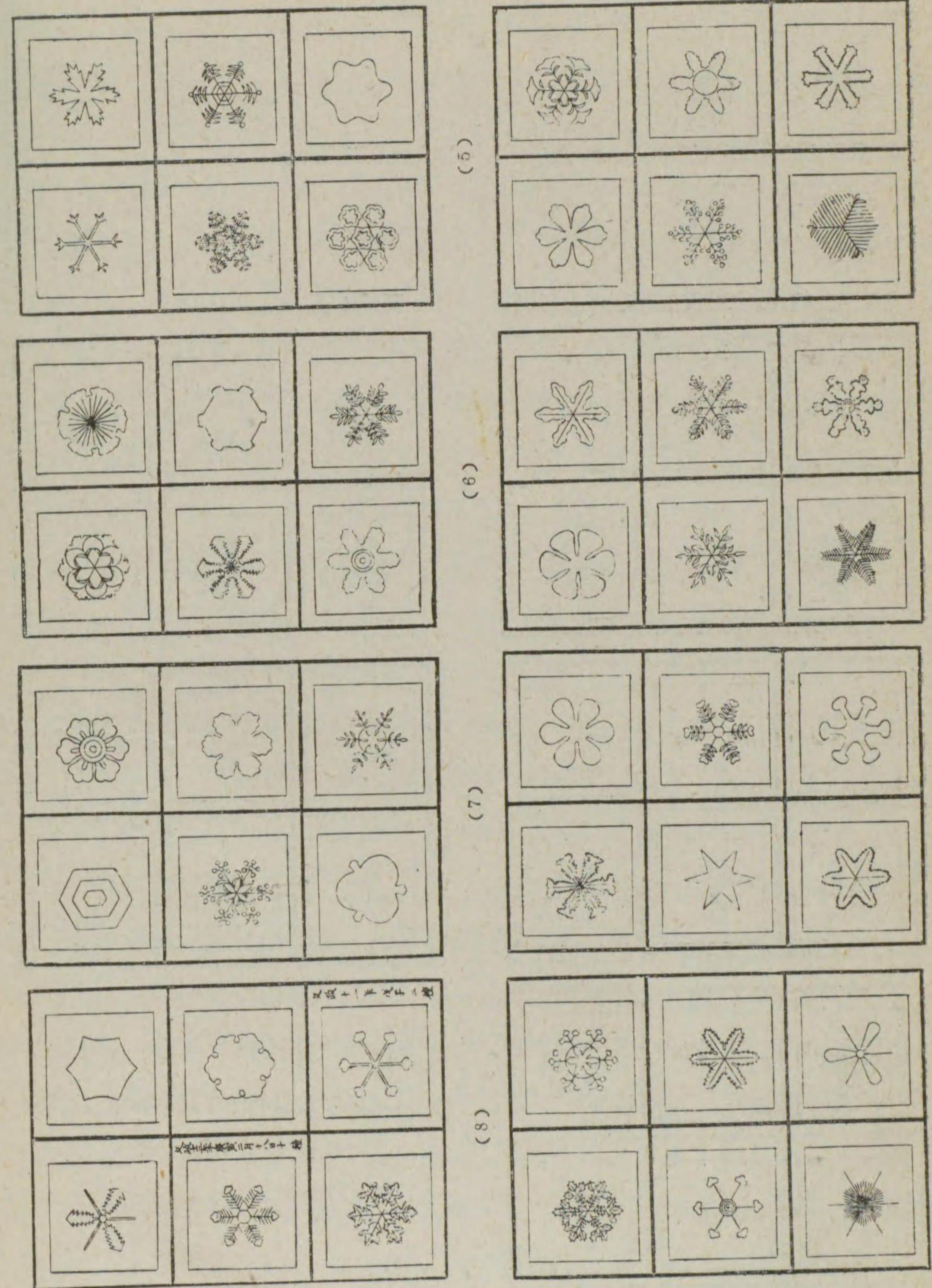
特別な注意を拂ふ爲めに特に別項を設けて日本に於ける雪の結晶研究史料に就いて述べて見たい。本邦のこの種文獻は甚だ其の數乏しく、最も重要なものは唯、土井利位の著、「雪華圖說」及び「續雪華圖說」¹⁾に極まると評し得るであらう。しかも之等の著作こそは當時にあつては正に世界的逸品たるの名に値するもの、雪國日本の誇りが、良く好學の一藩主が營々辛苦によつて保たれた事に對し吾々は快哉を禁じ得ないのである。

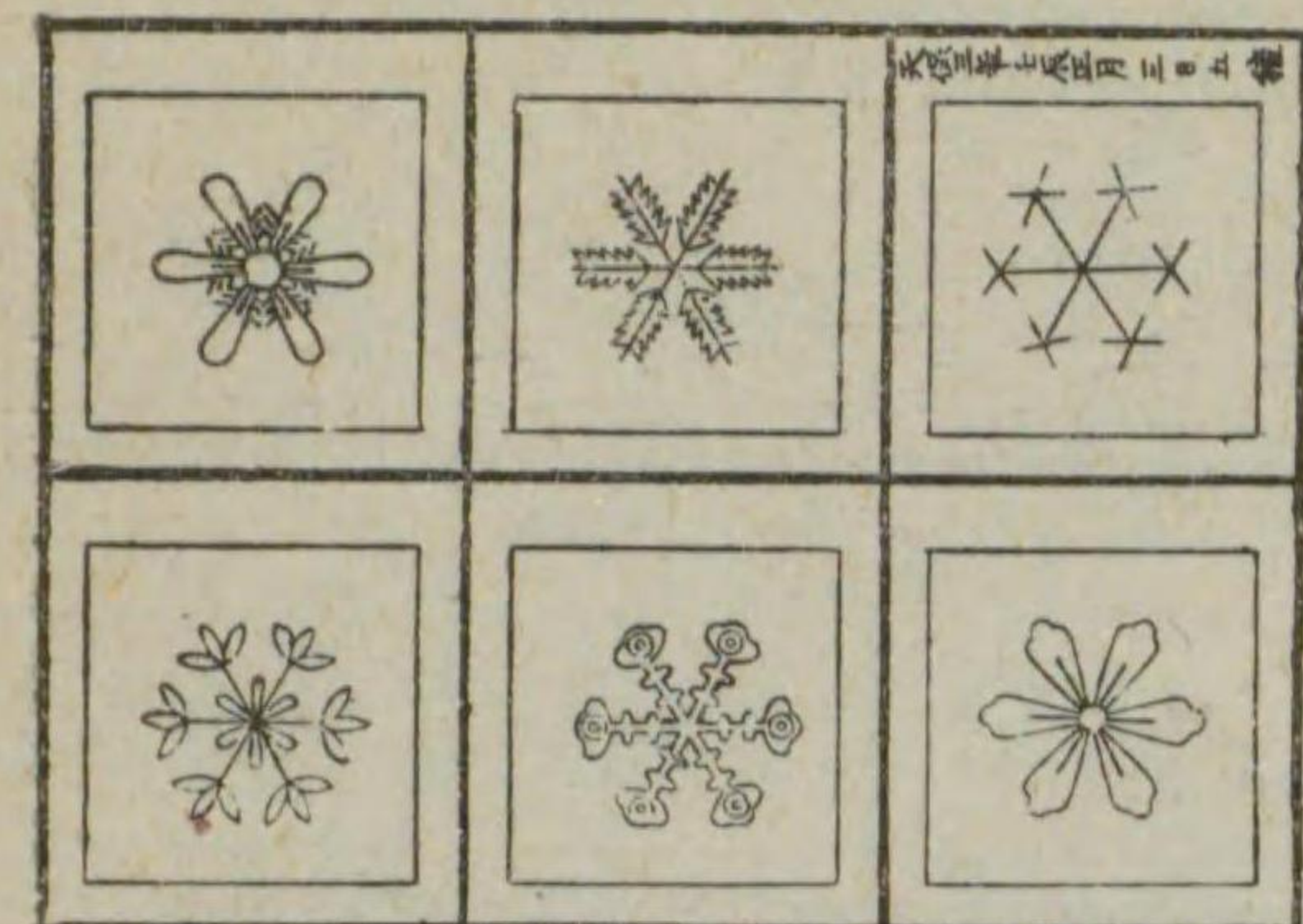
この名著も、次第に閲讀に不自由を感じる迄に其の數を減じたので以下に兩著の全部を轉載して見る事とした。

土井利位 (2449—2508) = 西曆 1789—1848. 下總古河藩主、土井利徳の男、利厚の養子となる。主膳正、織部正、大炊頭、從四位下に敍任され、寺社奉行、大阪城代、京都所司代を経て老中首座となる。大阪城代在任中天保八年大鹽平八郎の騷擾事件があつたが善處よく平定せしめた。嘉永元年歿、年六十 (中谷宇吉郎: 『雪』)

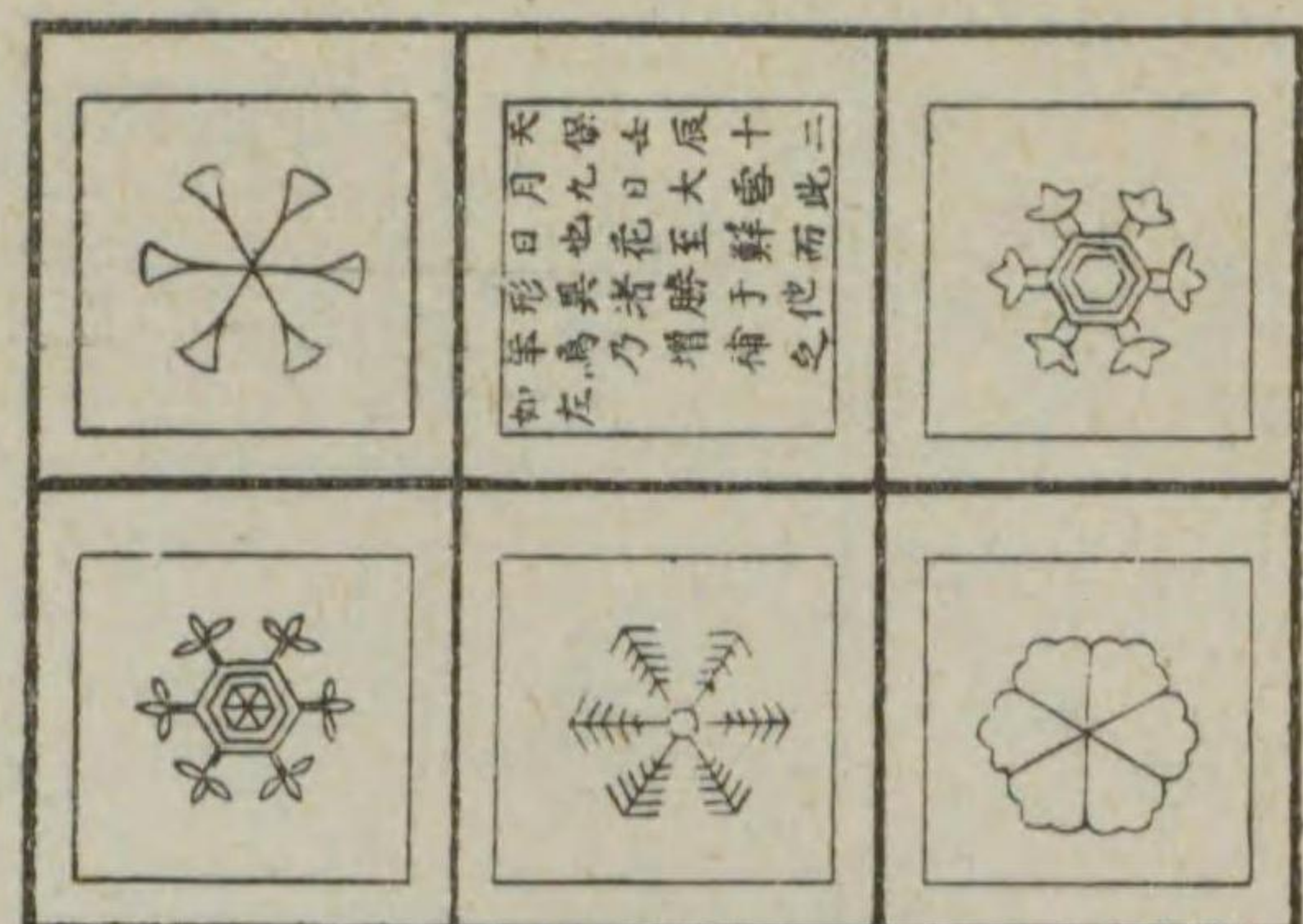
「雪 華 圖 說」

夫水の其形を變換する、雪を以て最奇なりとす。海陸の氣、上騰して雲をなす。雲冷際に臻れば、其溫を失し、變じて雨となる。氣中に在るを以て、一々皆圓なり。初圓は至微至細、漸を以て併合し、終に重體點滴の質を致す。冬時氣升て同雲を成し、冷に遭て即亦圓點を成す。冷侵の甚しき、一々凝沍し、下零するも其併合を得ず。聊相依附して、大圓を成さんと欲し、六を以て一を圍み、綏々翻々、頓に天地の觀を異にす。故に寒甚ければ、粒珠となり、寒淺ければ、花粉をなす。花粉の中、寒甚ければ、片愈美なり。凡そ物、方體は必八を以て一を圍み、圓體は六を以て一を圍むこと、定理中の定數、誣へからず。雪花の六出なるゆへんも、亦これのみ立春後の雪、みな五出の觀あれども取り難し。水已に雪に變ずれば、重體忽ち二十四分を減し、輕飄毳の如く。花形萬端、都て六出、星辰の芒角の如く。其狀整正、其質潔瑩、實に賞するに堪たり。其精白にして、他色を雜へざるは、光線の盡く反射を致すによる。雪もし黑色ならば、四望幽暗、豈堪ふべけんや西土雪花を驗視するの法、雪ならんとするの天、預め先、黑色の八絲綫を、氣に晒し、冷ならしめ、雪片の降るに當て之を承く、肉眼も視るへく、鏡を把て之を照せば、更に燦たり、看るの際、氣息を避け手温を防ぎ、鏡を以て之を箝提すと、余文化年間より雪下の時、毎に黑色の器に承て、之を審視し以てこの圖を作る。雪其形質を美にするのみならんや。功用また少からず。大要十四あり。第一、空氣を清ふし、汚濁を驅る。第二、已に氣を清ふすれば、氣即ち涼爽粹純を致す。第三、積雪常に山嶺を寒からしむ。故に升騰の氣凝集して、水濕を山礪に生じ、以て江河の源を養ふ。第四、冬寒支體僵瘠の病、雪塊を取て、患部に擦搽すれば即愈ゆ、又臘雪水甘くして大寒、天行時疫を解し、一切の瘡毒を療す。その他諸病に於て、必須つ所にして、醫家缺くへからず。第五、遍地に罨覆して、寒の土中に侵透するを防拒す。地中頼て以て寒冷を致さず。却て溫を得、故に草木肥茂し、蟄虫生を得、又雪上に橇を走らし、犬鹿を驅使し、重を引き遠に致す。故に北陸雪多も、害なく利あり。第六、其質の輕き、毳に勝る。故に冬時の蔬穀の、裊脆なるを損せず、却て之を擁包して、寒に傷らる

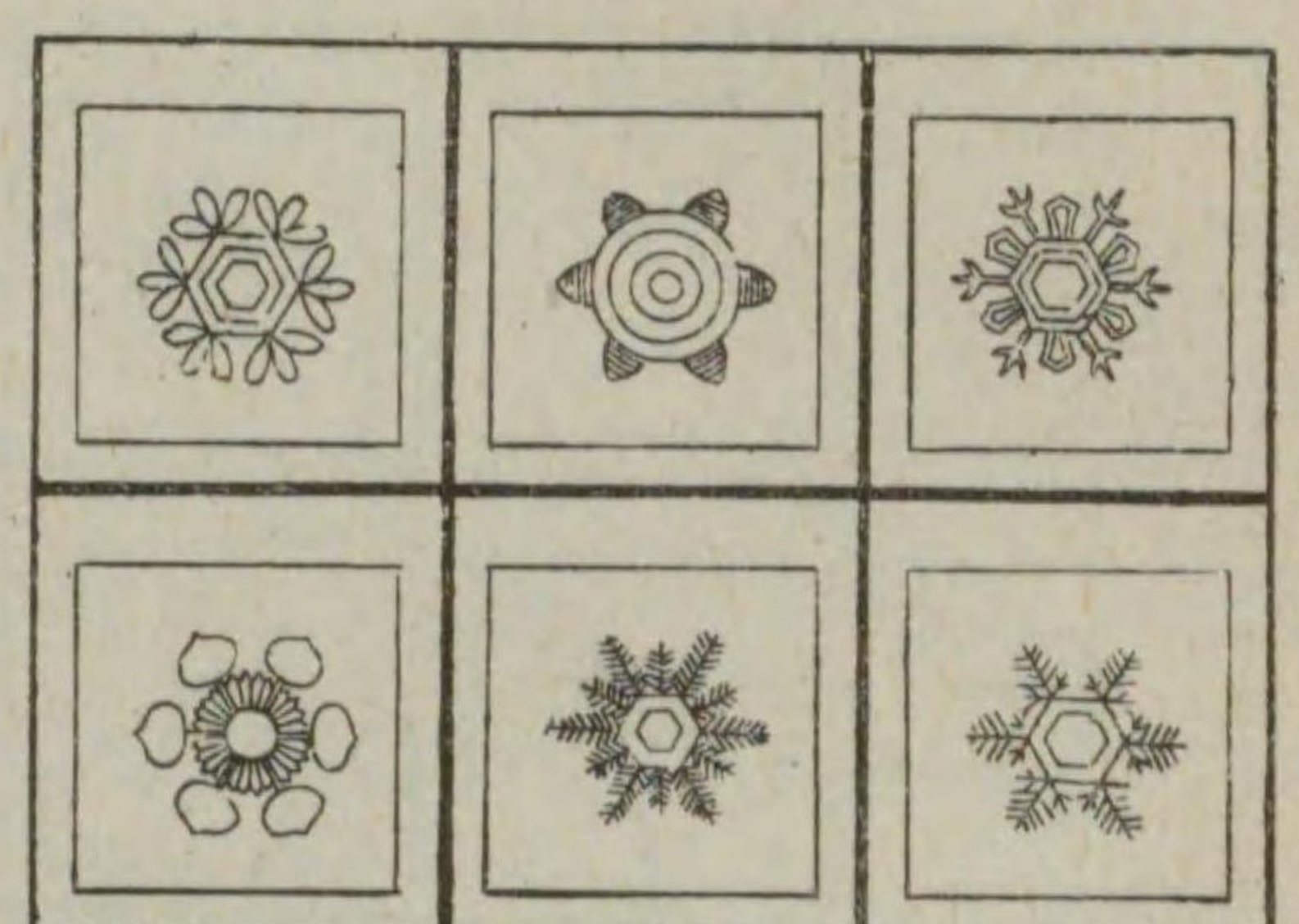
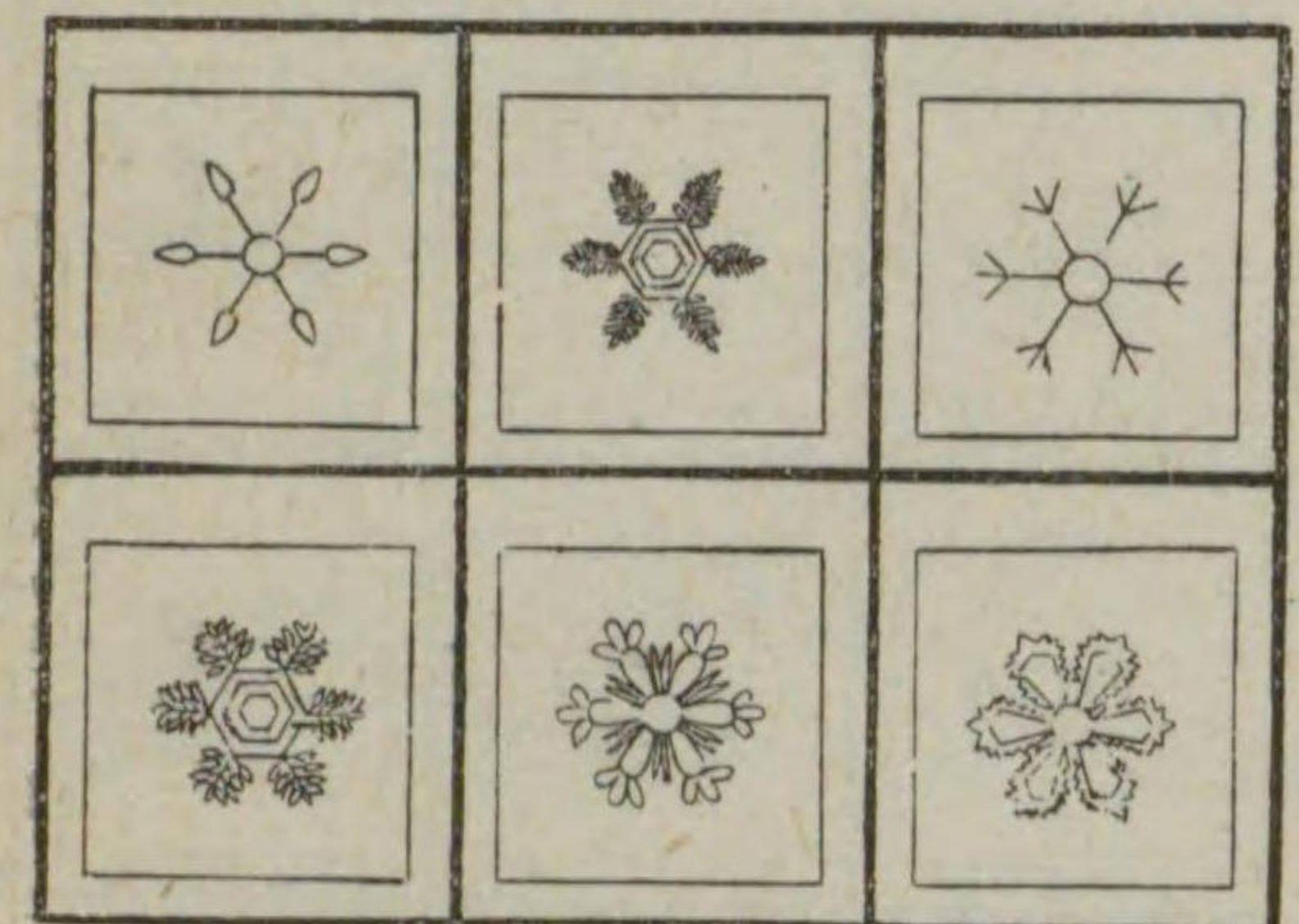




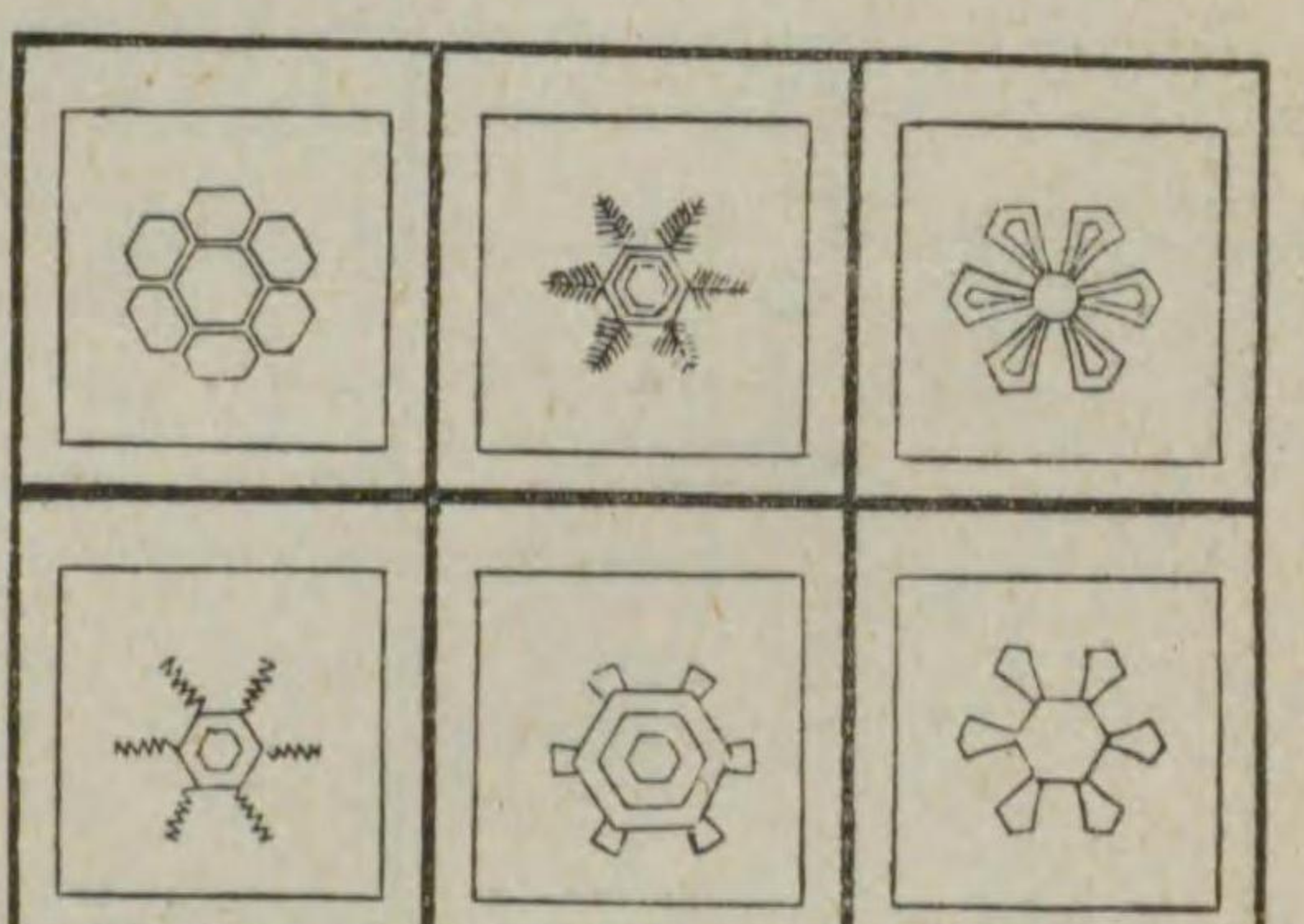
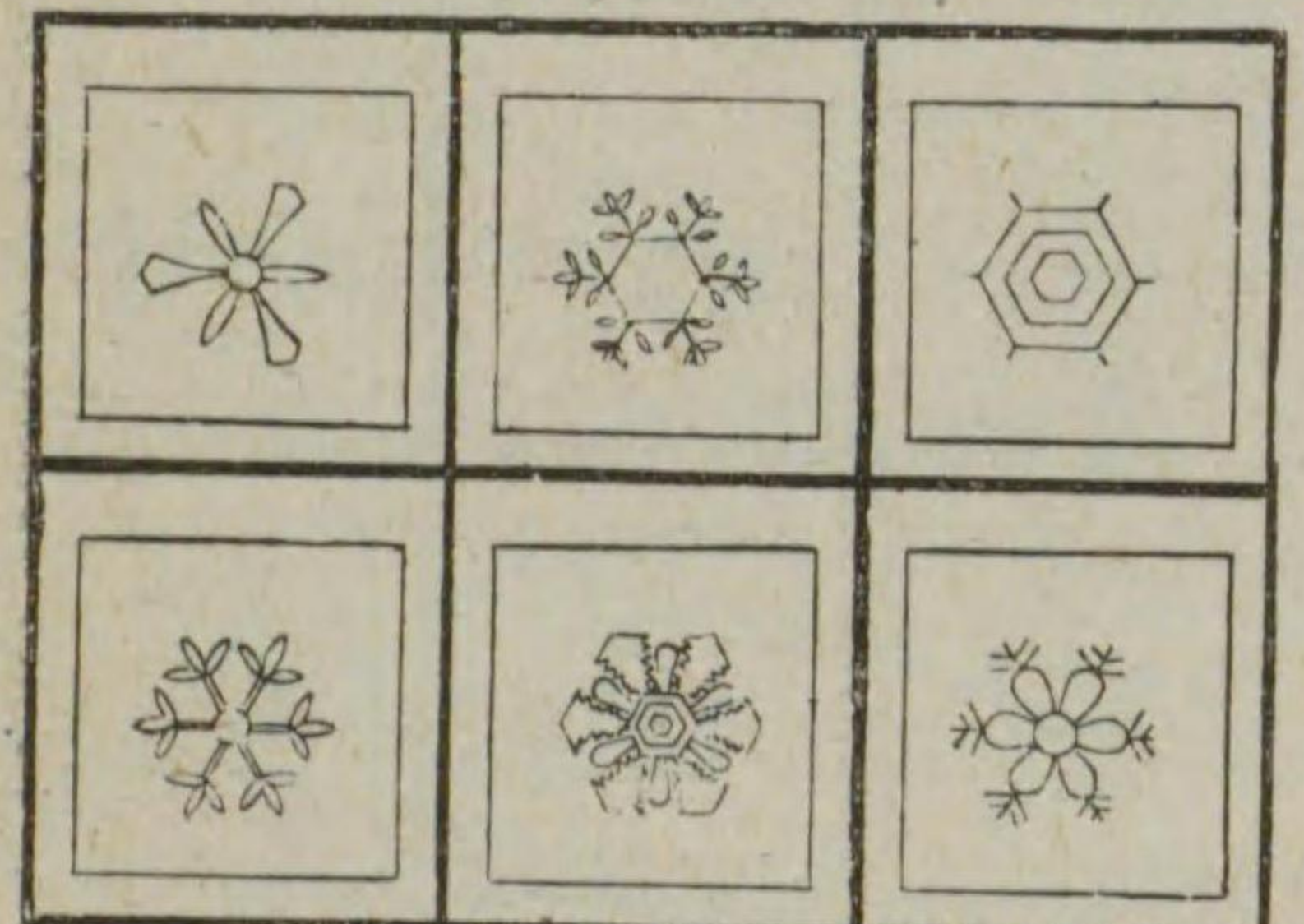
(9)



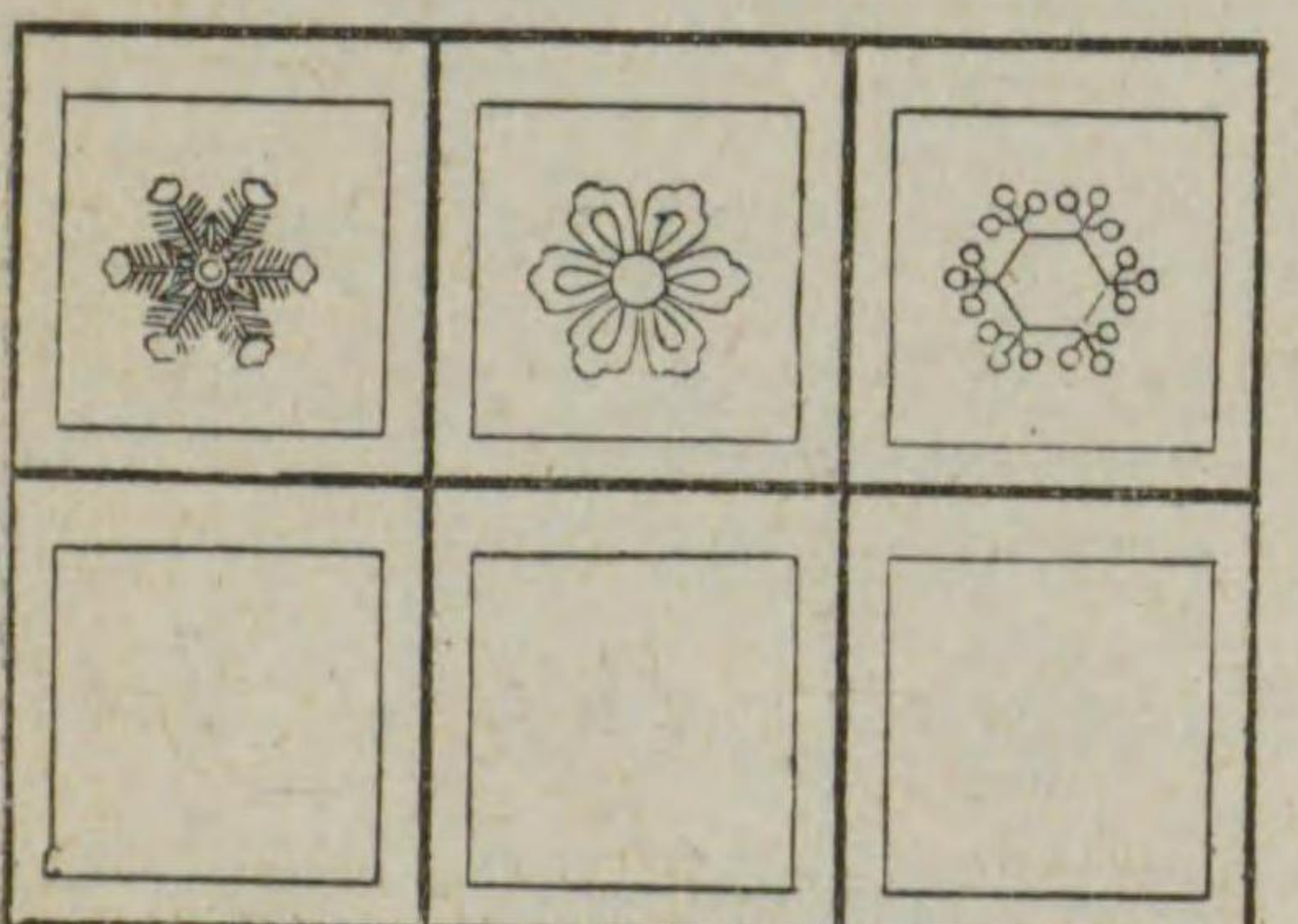
(10)



(11)



(12)



(田口註記、括弧内の数字は原著の丁数を示し、上段は表、下段は裏に掲げられたるを示す)

をを防ぐ。第七、窖藏の冰雪，夏月鳥魚諸肉の敗餒を防ぎ，水漿を冷やして，收儲晷を延くことを得。いはゆる，冰雪冬時これを藏し，夏時これを開き，食肉の祿。喪祭賓客，用ひさること無し，これ亦輔相調燮の一事，とこれなり。第八，冬日地中より發する蒸氣を遏抑し，冬天以て暗晦を致さず。若冬日の地氣をして，恣に空に満たしむれば，冬日更に昏暗を致すべきなり。第九，雪中に諸物を生育する。酸鹽活機の氣を包含す。故に土地の肥沃を醸す。第十，雪輝よく諸物を照明す。故に北邊に於て，冬日の暗室を照し，冬夜に明を與ふ。第十一，積雪尺に盈れば，遺蝗を地下に驅ること一丈，其春必霽霖の小雨ありて，潤澤澆洽し，以て天下の豊年をなす。第十二，學者雪によりて理學の諸支を悟り，詞人畫工に至るまで，詩賦の工を添へ，山川の美景を圖せしむ。第十三，雪の潔瑩比すべきもの無く，能く汚濁を洗濯し，臭腐を驅除す。故に中華西洋，人の廉潔，物の清淨，必ずこれを之に比す。我邦由伎の名も，亦此義なり。第十四，諸山の雪，漸を以て融釋し，常時諸川に，適宜の冷水を送り，曾て乾涸を致さず。以上，人命の係るところ最大，夏月は冷，冬月は温，熱を解し，寒を禦く。天地の神工，固より偶然に非ず。路上の積雪，我儕これを闕過するか如き，豈奉戴の意を存せざるべけんや。

壬辰夏六月

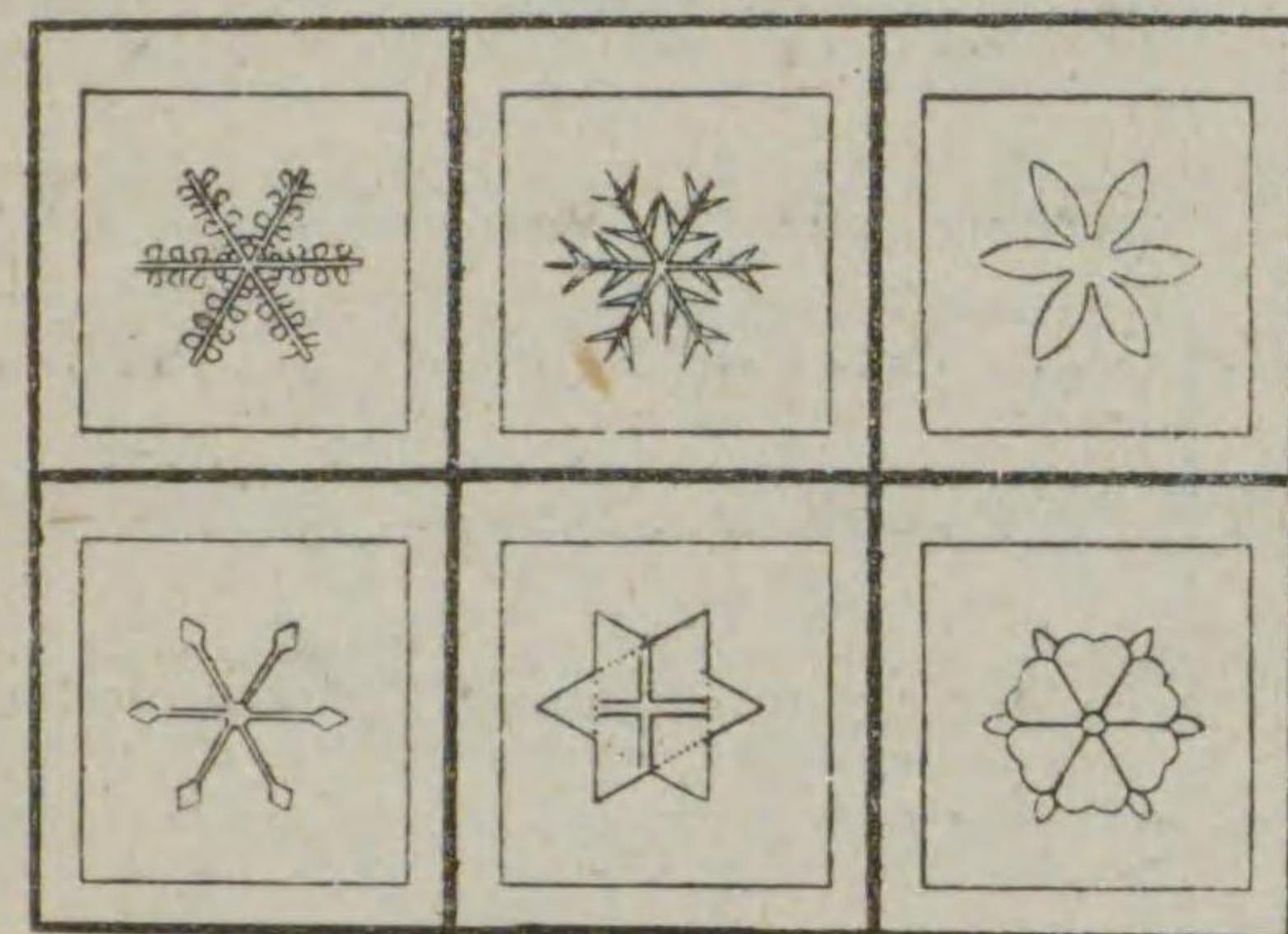
許鹿源利位述

我公學を好み，萬般の事物，必ず其理を窮格す。臣忠常晨昏給仕し，辱く其清誨を奉す。公事務の暇，雪の下る，毎に之を審視すること，今春に至て，幾と二十年，其圖は前に列するものゝ如し。近日，公その圖説を著し，之を梓に上す。謹て按するに，西洋人瑪兒低涅^{マルチネツト}多か，著すところの格致問答にいふ。檢視するところ五百餘種，近く見るところの十二を圖すと，其中，公の圖と，全く同きものあり。見るべし，東西萬里の遠も，好尚既に同く，物理また異なること無きことを。其説は，公の總説中に在り，今只其圖を左に列す。桂君翠藍，公と交り厚し，故に，公之に校訂を請ひ，且其後に跋せしむ。

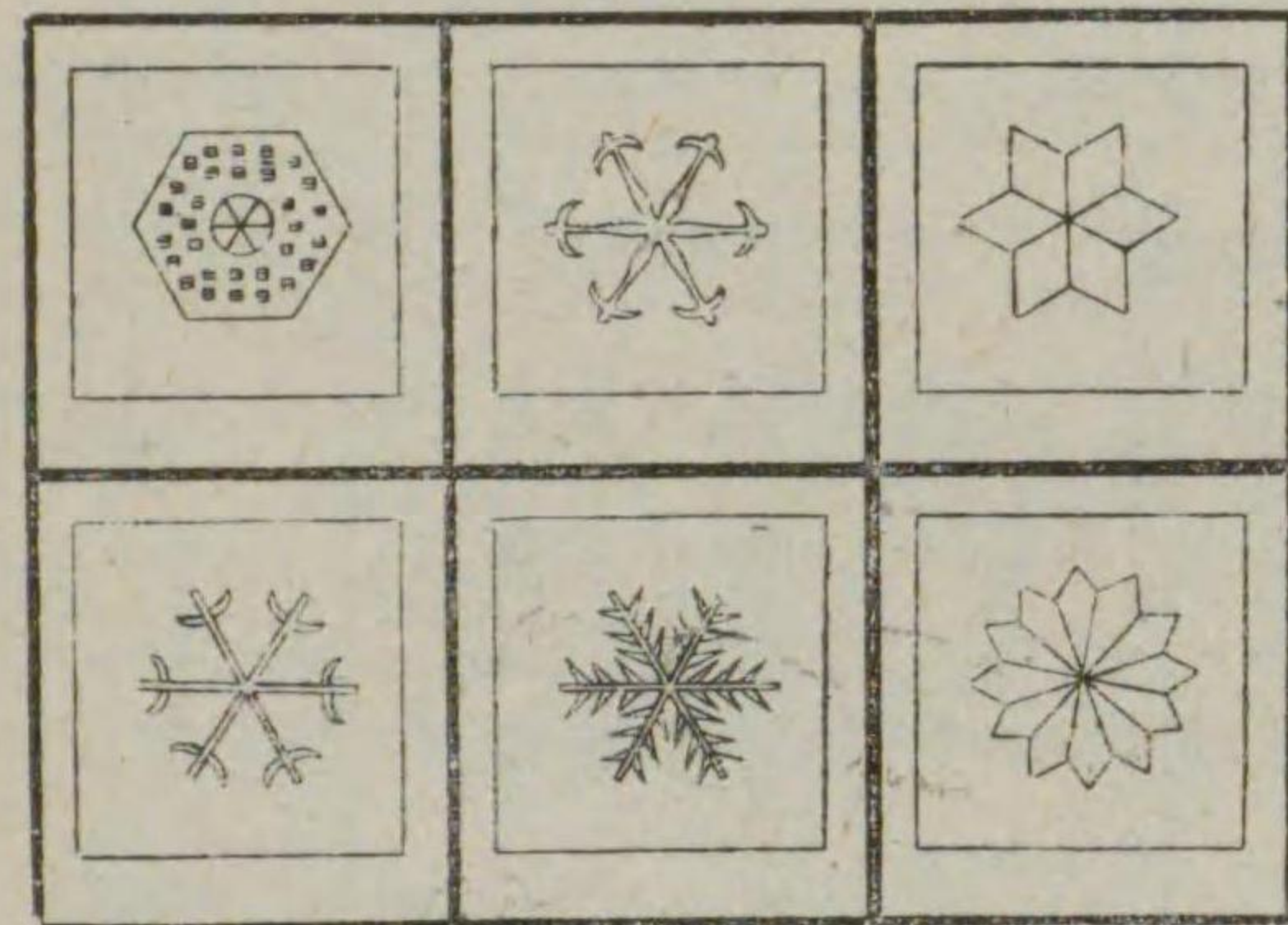
爾後雪の下る時、新奇の形を檢視することを得は、更にこれを補足する事を期す。嗚呼、公の此舉、我邦いまだ有らざるの事にして、又格物の一端なり。覽るもの虚假不急の事に、等ふすること勿れと云。

壬辰重九之日

臣鷹見忠常拜手恭識



雪



兩間の萬物、半箇も所用無は無し、その之を享るの人、但その聲色香味を嘲弄し、却て眞實の用を知覺せず。人の物における、既にその眞を知て、その理を窮め、またその聲色を愛するときは、物その宛を免れ、人も之に溺るるの患無し。風花雪月の如は、人命の係るところ、最大なり。しかるに、亦茫然省悟せず。蓋人情、浮華を喜び、沈實を疎む、不才國寧嘗て、中西の諸籍を讀て、粗雪花の説を知り、その功の偉大なるを感ず。それ高樓に珠簾を掲げ、重幄に肉屏を擁するは、富兒の

事、固より論を煩はさず。貧人我儕の如きも、また扁舟に浮び、簑笠に歩し。茶を煮、詩を吟じて、訪戴驢背を唱へ、風流脫灑を事とすること、誰か得てこれを禦かん。而とも、これ虚にして實なし。豈理を知り、性を窮て後、これを賞翫するにしかんや。按するに雪片六出の名は、中華に昉り聽詩外傳を初とす。中華百段の我邦に在ては、いまだ雪花を詳認するものを聞かず。近年知を、古河侯に辱す。驩晤の際、益を得ること甚多し、中に就て、雪花の圖を觀ることを得て、神目を驚かす。精妙西圖に超ゆ、古來、我邦いまだ曾て有さること、侯始て之を發す。獨、我邦のみな

事件その原始、他州に先たつもの多し、六花の名またその一なり。圖は西洋に昉る格致問答に出つ

らんや。其精其詳、海外の人、またまさに、三舍を退んとす。之を謾然聲色に耽るに比すれば、その懸隔如何ぞや。況や、侯 富に居、貴に位し、耳目の欲、求て得ざること無し。然るに、意を日新の學に留め、攷々として倦まず。兀々として年を窮むること、殆ど貧儒寒生に侔し。豈敬服せざるべけんや。今歲壬辰、侯の圖五十五種に及べり。之を請ふ者少なからざるに因て、刻して冊子となし、余に言を徵す。それ、侯既に親自之を驗視し、又中西の説を參酌し、東討西求、搜羅殆ど盡き精説詳釋、明備遺すことなし。豈余が言を贅せんや。但余、侯の知遇をうけ、且好學の厚を感じ、辭せんと欲して得ず。また敢て辭せず。聊二律を呈し、一は侯の説に得て、雪の功を賞し、一は此盛舉に與るの喜をしるす。

如絮如花集小園。霏霏密密又翻翻。
飛空處致空中潔。積地時成地下溫。
凝結千秋護嶂頂。解澌萬古養川源。
稻田麥隴足津潤。處處喜聞擊壤喧。
密雪圖成列綺紋。細觀一一駭新聞。
珍篇高矣絕雲鳳。拙語幸哉附驥蚊。
石鼎煎茶詠素練。珠簾溫酒醉紅裙。
世間賞翫多如此。窮理論眞獨有君。

天保三年龍集壬辰秋七月

翠藍桂國寧謹撰

「續雪華圖說」

弁言

空林枯木。一朝而華者雪也。玉樓銀臺。一夜而成者雪也。人皆知其爲大觀可賞。而不知其把翫細視。亦有妙趣存焉。古河侯嘗當冬日。採雪片諦觀之。均是六出。各具瓣蘂。形狀不一。如萬花之有各種。後每雪必收而觀之。愈多

愈奇。於是。有圖說之編。頃又著續圖。凡數十品。蓋得之於京阪者多矣。圖成蒙示。坦謂。侯何好尙之癖也。雖然。是亦格物之一。君子何可廢。夫造化之理。至微而著。至纖而鉅。其大無外。其小無內。又以形視之。物之爲大。皆小之積也。一卷之石成山。一勺之水成海。微細之雪而積成大觀。亦同一理。故微可慎。細可戒。每事皆然。侯欣然曰。不圖吾聞格物之說。亦可以自警。請子書之。乃爲敘前言。庚子上巳後一日六十九禿坦拜題

續雪花圖說序

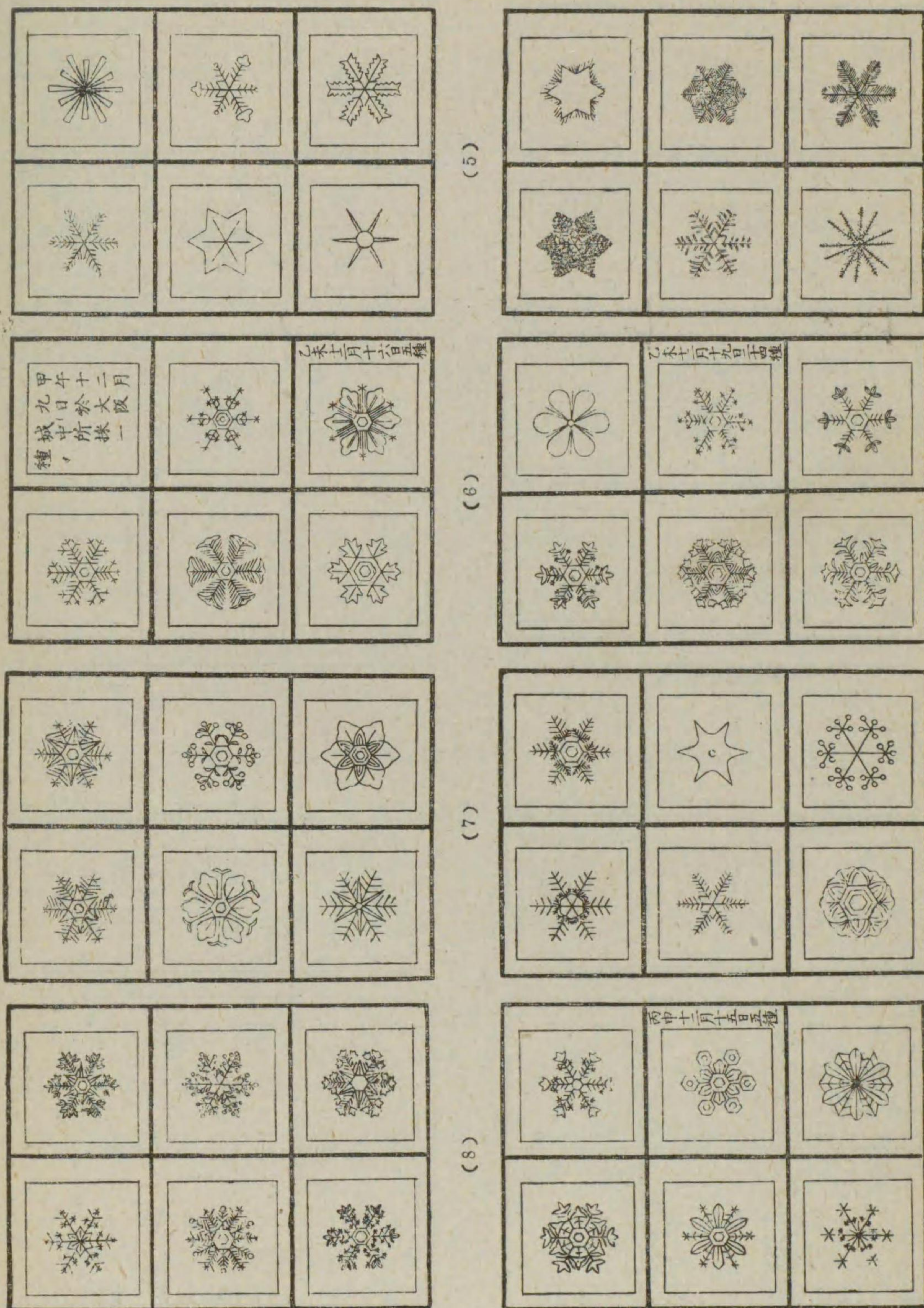
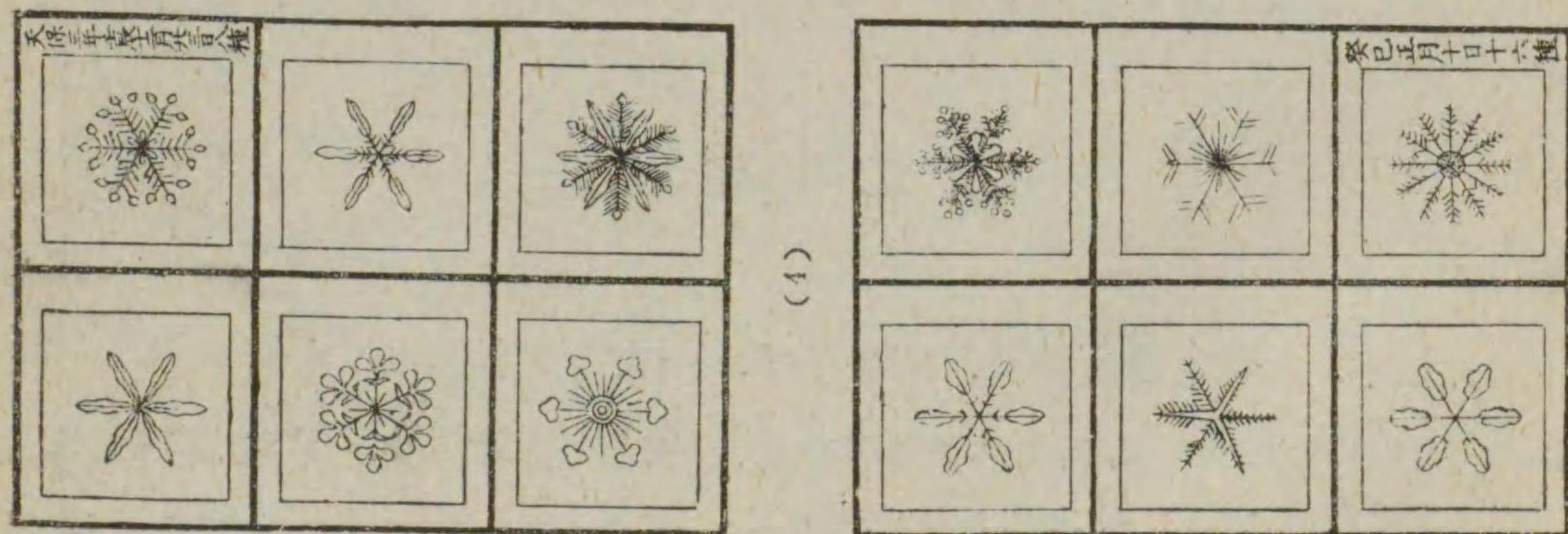
往歲余著雪花圖說。爾後奉命鎮阪城四年矣。爲京尹一年矣。雖則祇役中。舊癖不除。每雪天。輒探視之。無一不六出。乃知造物之妙下限以地也。惟其爲狀。千變萬化。無有窮極。復圖其異於前者數種。集以作續篇。古人云。雪豐年之瑞。斯知大者至則大豐。小者至則小豐。乃至阪城。始知花之巨細非管豐凶也。夫東武之雪。雖有巨細有未混至者。蓋以近郊無山至自一處也。京阪之雪則一時巨細混至。以群山遠近各送輸焉歟。若夫寒氣徹地。諸蟲深蟄。斯其爲豐年之兆然也已。雪花之說。前篇詳之。斯不復贅。

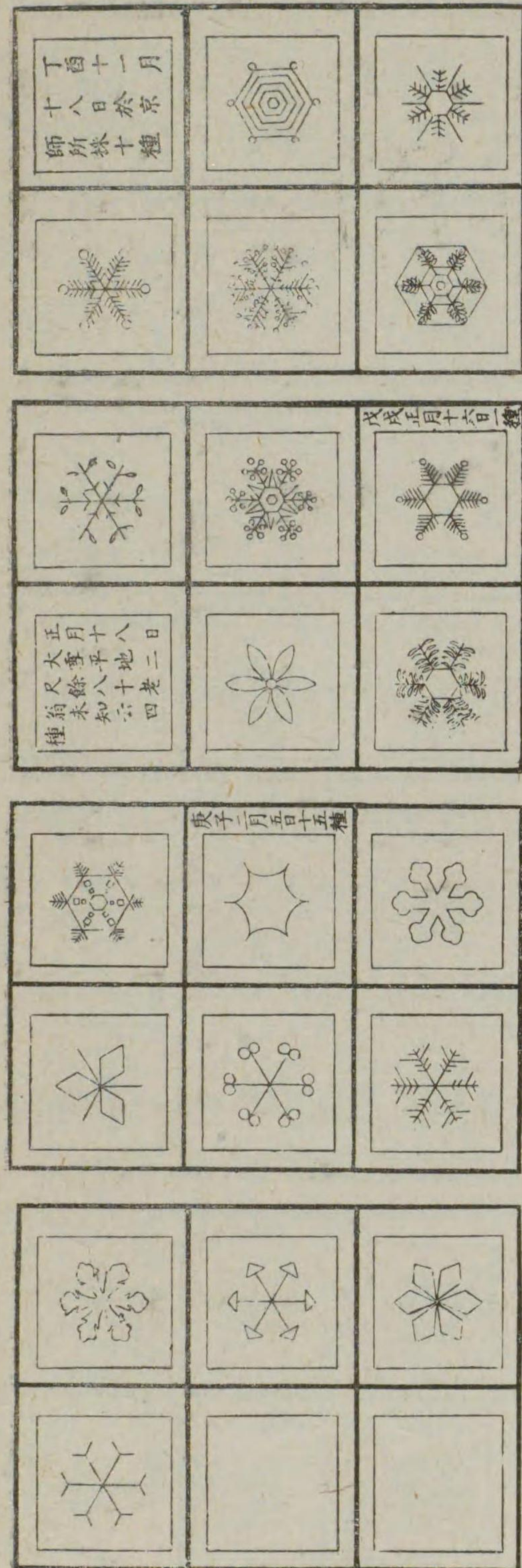
天保十年己亥冬十一月

愛日軒主人識

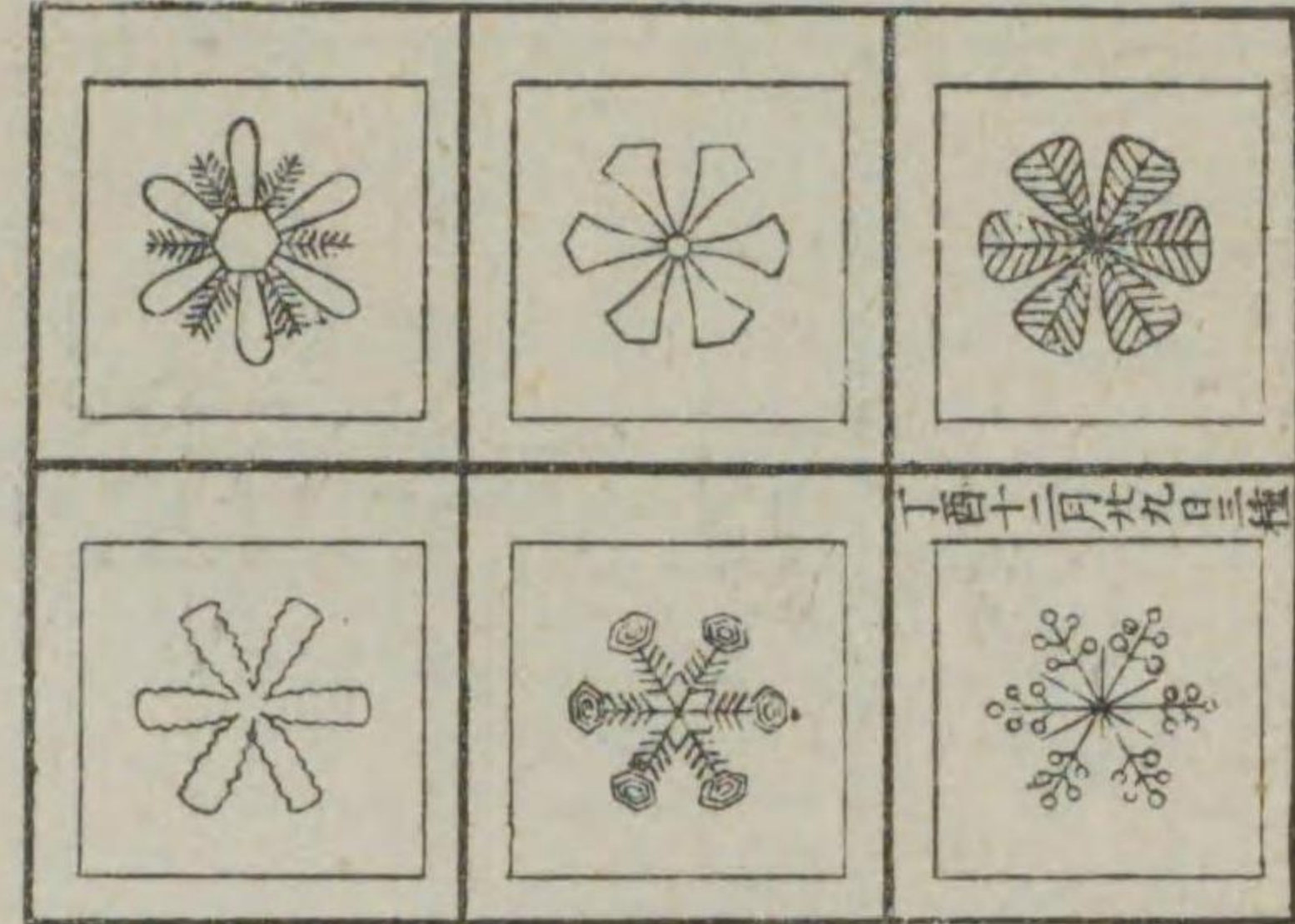
跋

公嘗作雪花圖。今復據異於前者數十種。續作此圖。夫天地之大。萬物之多。

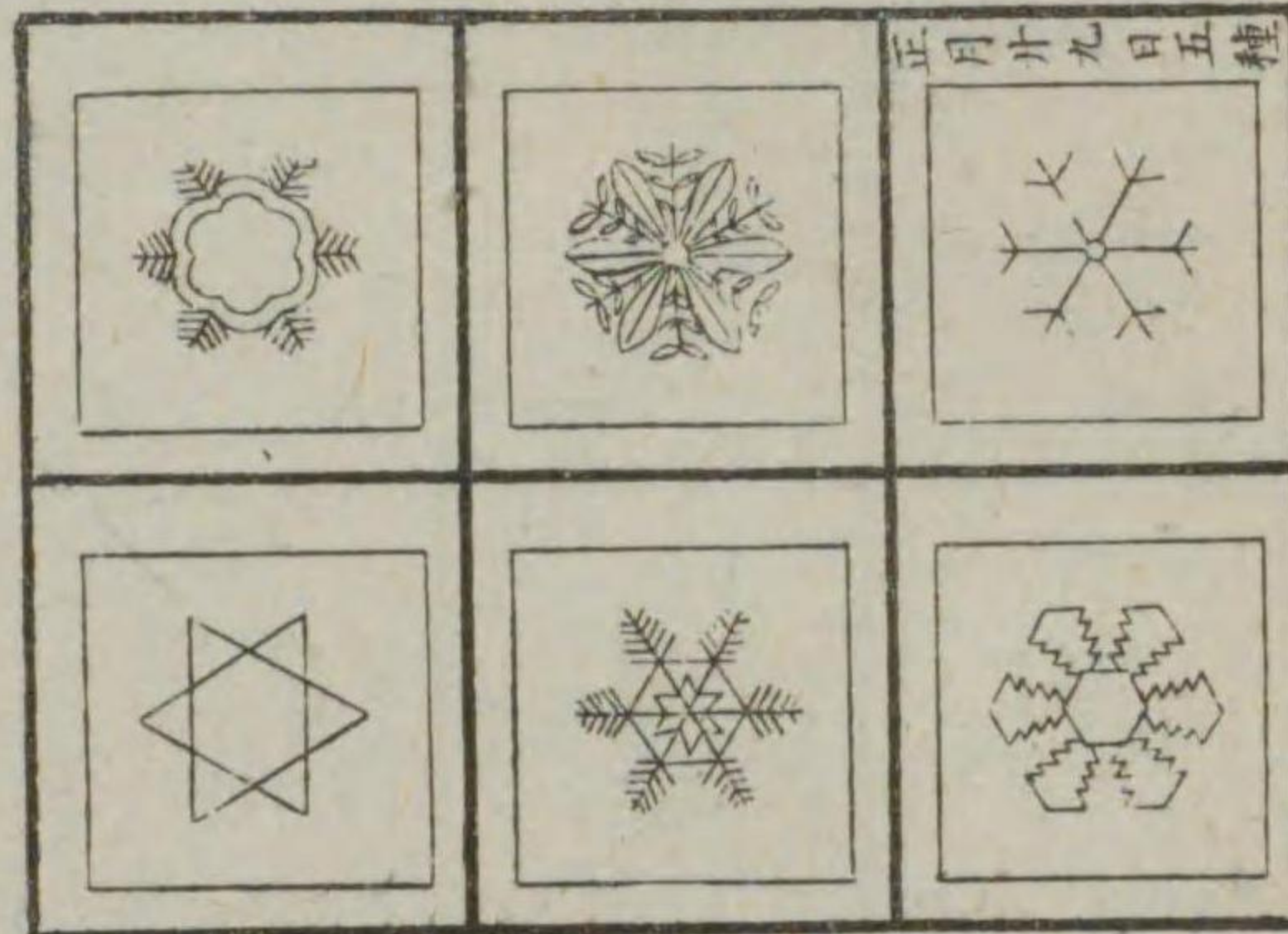




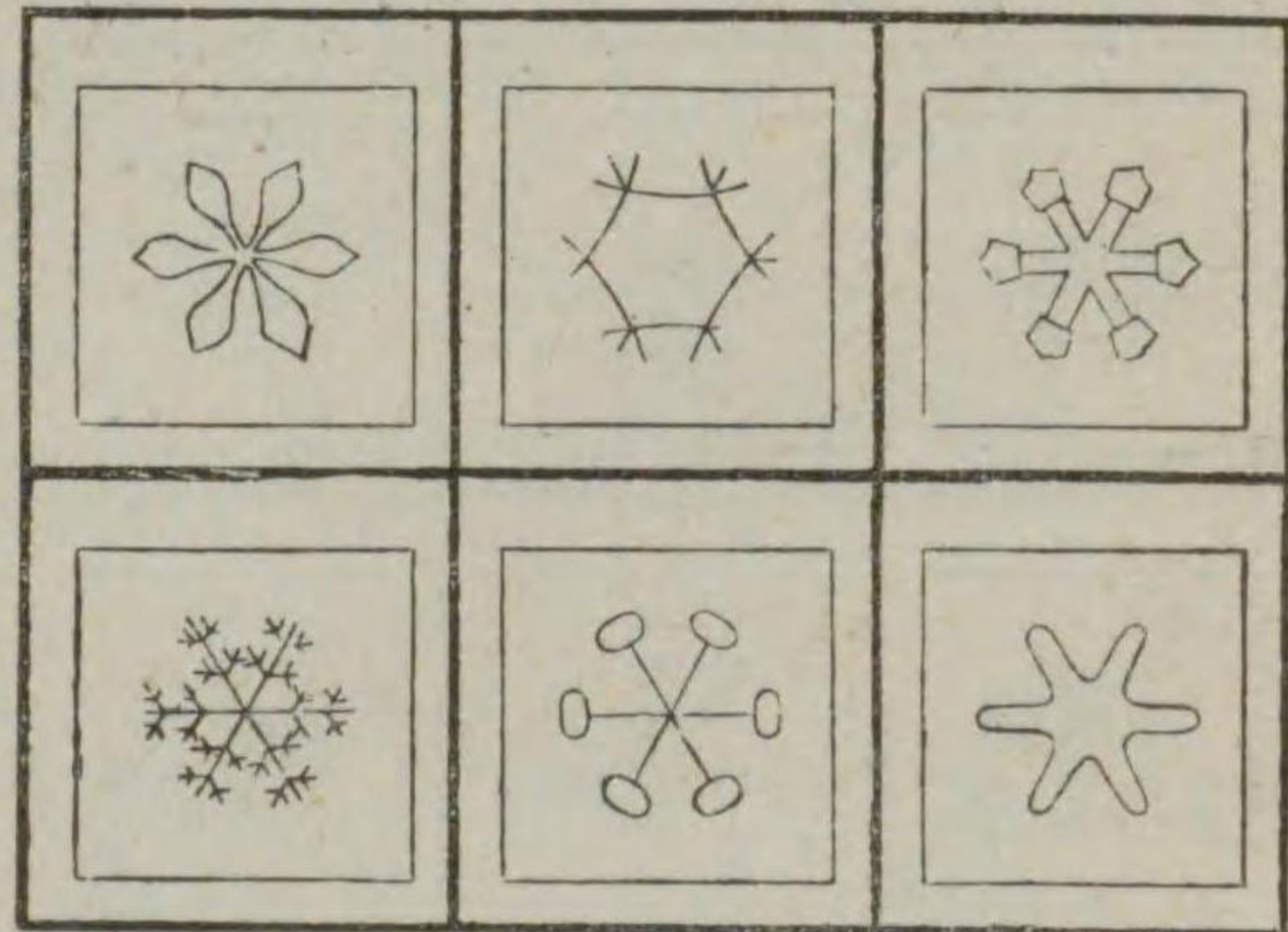
(9)



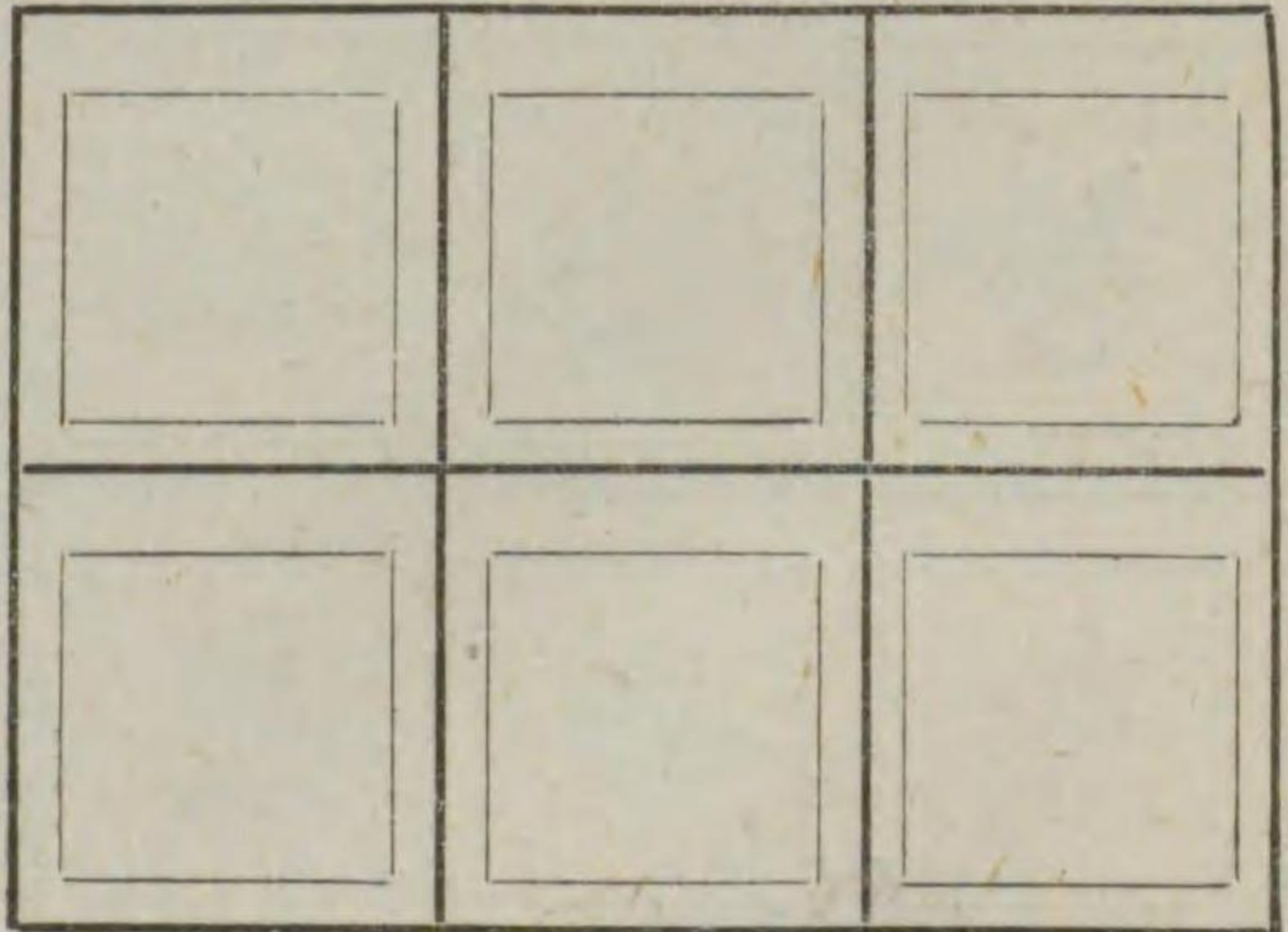
(10)



(11)



(12)



無一物不有理。而窮其理者蓋鮮矣。雪之霏霏也。人皆以花稱之。而無知其狀與其理者。前圖出。人始見其爲花也。續圖出。而後知造物之妙無窮。六出之名不虛矣。嗚呼。公之此舉。豈惟戲弄云哉。公今執政於

朝。昕夕不遑暇食。而切切有此作。亦出於政餘之所爲。謂之窮理之一端可也

天保庚子春二月

臣小松良翰謹識

雪の異名をもろこしにて六出といひ 和歌にむつ花とよみ 畫にも雪輪なといへるたぐひ はやくよりいひつれ來つれとも その形の百にかはり千々に分るてふ事をはふつにする人なく さることかける書もたえて世になかりしを さきつとし下つふさの古河をしらしたまへる君の 其形をいと多く寫さしめたまひ御みつから考へ定めたまへる御説をさへそへて 雪花圖説と名つけ櫻木に匂はしたまひしより その匂ひ天のしたにみちとほりければ そのかたを色紙短冊消息紙にするはいふもさら也 朝夕着ならず衣にも手ぬくひにも染出し はてには菓子てふ物にさへ作りなして めてたくつかへることになんなり來にける 昔はしらす今の世にして此六の花さかりに匂ひて高きもみじかきも老たる若き をとこをみなのけちめなくもてはやしとり傳ふるは 此御ふみ世にあらはれてより後の事なれはいともめつらしきおはん書とこそ申すへけれ さるを今年またその續編をしるして前の書にもれたる形をいと多く補ひそへさせたまへる心もちひのいたり深きをたゞへ奉らさらめや めて奉らさらめや

天保庚子二月

本間海清

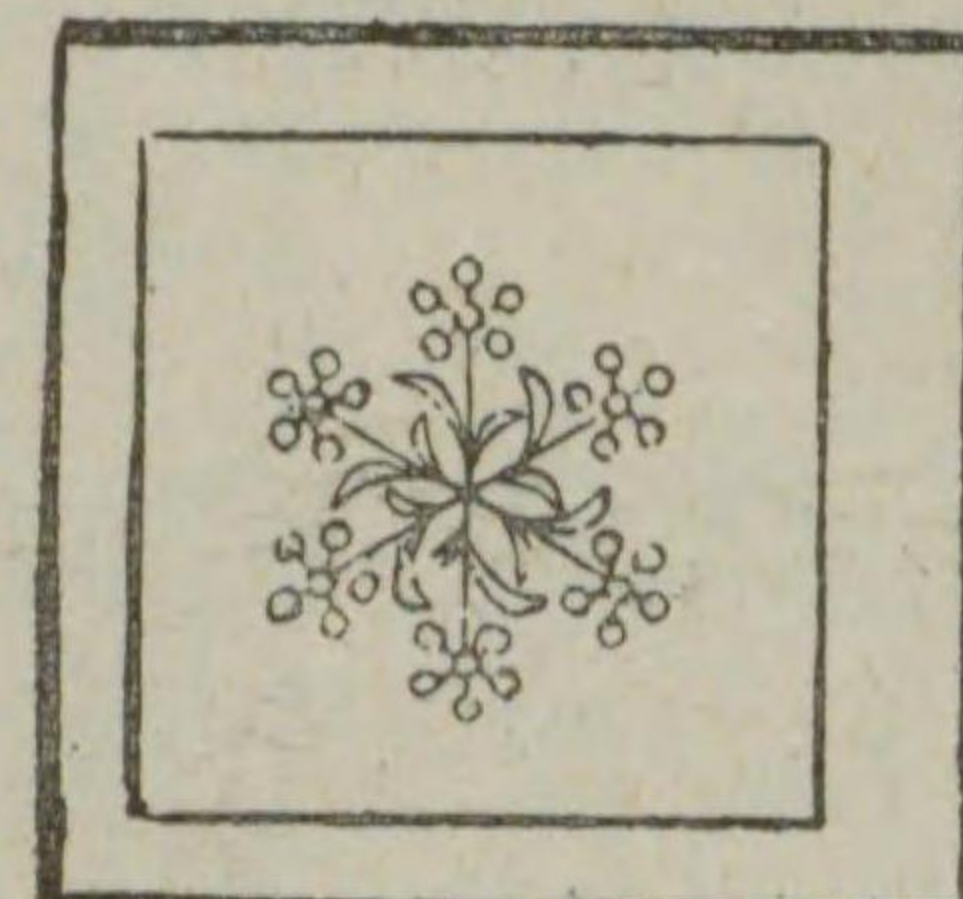
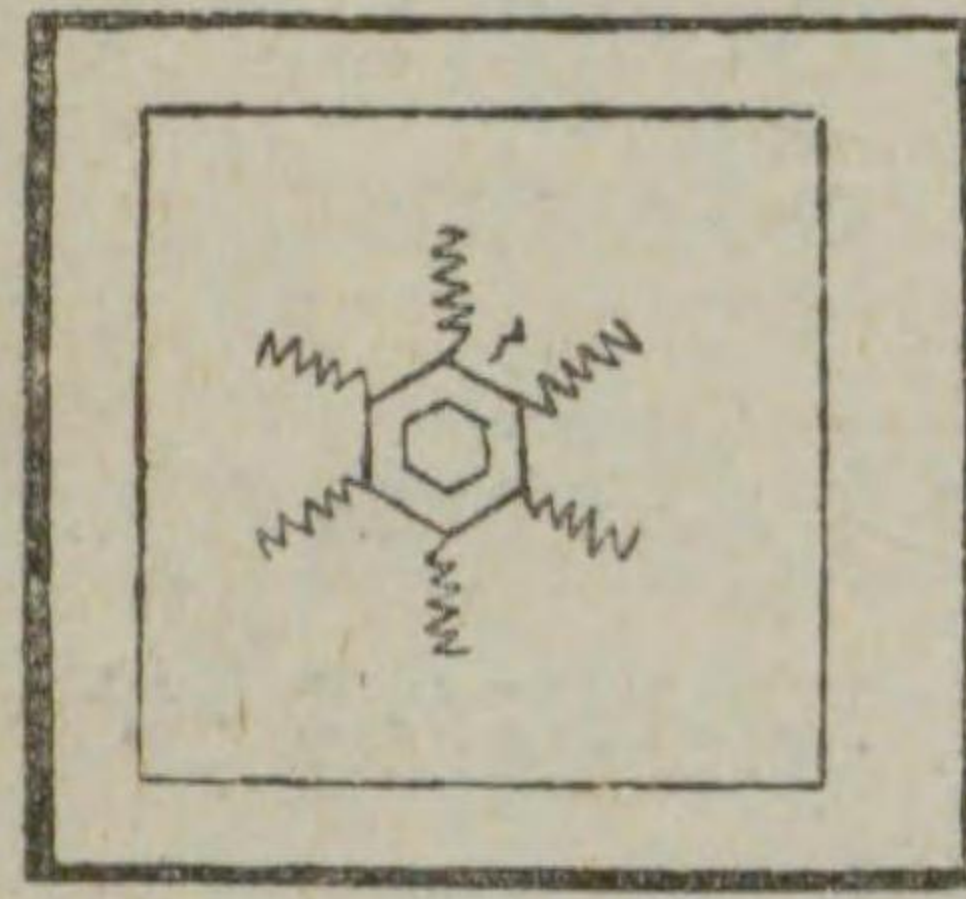
(「雪華圖説」及び「續雪華圖説」共、海洋氣象臺所藏本に據る)

「雪華圖説」: 約 7.5×12.0 型. 17 丁. 版本

「續雪華圖説」: 同型 16 丁. 版本

孰れも愛日軒主人藏梓

『雪華圖説』を科學上から批判したものに中谷宇吉郎氏の一文がある。¹⁾ 86 圖の中、或は見誤りではあるまいかと思はれるものも皆無ではないが「大部分のものは極めて自然に忠實な觀察の結果と思はれるものが多い」と言ふ事



第 12 圖 廻轉性雪華(中谷)

である。又本書には從來世界中のどこにも記録された事の無い不思議な形のものゝ載つてゐる事が注意されてゐる。それは第 12 圖の例に示さるゝ様な廻轉性を示す形の結晶である。斯様な形のものも或は有り得るとは考へられるが未だ見付かつてはゐない由である。

因に本文中の「西洋人瑪兒低涅多」と言ふのは F. Martens の事ではあるまいかとの考證が附記されてゐる。

別に異本などに關する雜考については筆者の小稿がある。²⁾

1) 中谷宇吉郎:『雪華圖説』の科學的研究. 畫説, 25 號, 47 頁, 昭, 14 (1939)

2) 田口龍雄:『雪華圖説』考. 海と空, 19 卷, 12 號, 409 頁, 昭, 14 (1939)

3. 結晶形の分類

雪の結晶は、數千個の中に同じものを二つと見出だし難いと言はれる程に千種萬態の形貌を持つてはゐるが、其の主要な特徴に着目すれば之を幾つかの型に分類する事が出来る。

分類様式は結晶の研究が進むにつれて次第に複雑さを加へたが、初期の頃の事は Hellmann ¹⁾ の著述に詳しく、其他著名と考へらるゝ數種を以下に列

記して見る。

この場合、邦語譯名を添記する事が望ましい事とも考へられたが、遽に個人で譯名を定める事に不安も感じられたので、以下では原著の儘を採録するを原則とした。併し凡その字義を附記する事も無用ではないと考へ括弧を附して註記したのものもある。

〔I〕 D. Rossetti (1681) の分類

- | | |
|-------------|--------|
| 1. Bruscolo | (藁莖狀) |
| 2. Fiocco | (毳狀) |
| 3. Punto | (點狀) |
| 4. Rosetta | (薔薇飾狀) |
| 5. Granella | (粒狀) |

〔II〕 W. Scoresby (1820) の分類

1. Lamellar crystals
2. A lamellar or spherical nucleus, with spinous ramifications in different plane.
3. Fine spiculae or six-sided prisms.
4. Hexagonal pyramids.
5. Spicular or prisms having one or both extremities inserted in the centre of a lamellar crystal.

〔III〕 G. Hellmann (1893) の分類

- | | |
|----------------------------------|--------------------|
| 1. Tafelförmige Schneekrystalle | [盤 [*] 狀] |
| a. Strahlige Sterne | [羊齒形] |
| b. Plättchen | [全盤形] |
| c. Kombinationen von beiden | [缺盤形] |
| 2. Säulenförmige Schneekrystalle | [柱狀] |
| a. Prismen | [枝稜形] |

- b. Pyramiden [三角錐形]
 c. Kombinationen von tafel-und saulenförmigen
 Krystallen. [盤柱形]

* 譯名は佐藤順一氏による。

[IV] **G. Nordenskiöld** (1893) の分類²⁾

1. Crystal developed in the direction of the vertical axis.
 - a. Hexagonal prisms.
 - b. Bottle-shaped prisms
 - c. Needles.
2. Tabular crystals.
 - a. Hexagonal tables
 - b. Stellated tables
 - c. Dendritic tables
3. Crystals equally developed along the vertical and lateral axes

[V] **W. A. Bentley** (1902) の分類³⁾

1. Columnar [柱 狀]^{*}
2. Solid tabular [全盤狀]
3. Stellar nucleus [星核狀]
4. Fern stellar [羊齒狀]
5. Doublets [重盤狀]
6. Needle-shaped. [針 狀]
7. Granular [粒 狀]

* 譯名は佐藤順一氏による。

[VI] **Encyclopaedia Britannica** (1929) 所載の分類⁴⁾

1. Solid hexagonal form

2. Tabular form
3. Fern stellar form
4. Branching stellar form
5. Star form
6. Triangular form
7. Composite form
8. Solid tabular form
9. Branching form.

[VII] **Bentley and Humphreys** (1931) の分類⁵⁾

- A. Hexagonal column, usually three to five times longer than thick
 1. Plane and with ends normal to side faces.
 2. With ends terminating in thin plates normal to the sides and of greater diameter than the column.
 3. With end plates and also one or more intermediate plates, normal to the column and dividing it into equal or nearly equal parts.
 4. With one end pyramidal, and one plane.
 5. With both ends pyramidal.
- B. Hexagonal right pyramid.
 1. Right pyramid complete.
 2. Right pyramid truncated.
 3. Double or abutting pyramids complete
 4. Double or abutting pyramids truncated.
- C. Hexagonal plate, ten times (or more) broader than thick.

1. Relatively large and plane.
2. Relatively large and with simple extensions at corners.
3. Relatively large and with elaborate extensions.
4. Relatively small, with long plane rays.
5. Relatively small with fern, or plume-like, extensions.

D. Triangular Plates.

1. Plane.
2. With extensions.

E. Twelve-sided plates.

1. With extensions, six of one kind and alternately six of a different kind.

日本の雪、特に北海道地方に於ける雪の結晶の研究は北海道帝國大學理學部の中谷宇吉郎教授を中心として極めて周到なる用意を以て行はれてゐる。歐文に依る結晶の分類は「理學部紀要」⁶⁾に掲載されてゐるが重複を避ける爲め割愛し、茲では和名の方を模圖を添へて紹介する事とした。

〔VIII〕 中谷博士⁷⁾の分類

- | | | | |
|-----------|---|----------|---------|
| I. 針狀結晶 | { | 1) 單なる針狀 | |
| | | 2) 針狀組合せ | |
| II. 角柱狀結晶 | { | 1) 單軸結晶 | { |
| | | 2) 角柱組合せ | { |
| | | | a) 角錐 |
| | | | b) 砲彈型 |
| | | | c) 角柱 |
| | | | a) 砲彈集合 |
| | | | b) 角柱集合 |

である。

〔附〕 成 雪 級

一般に上昇気流が経過する状態の中に「成雪級」と稱せられる場合がある。参考の便宜もあらうかと簡単な附記を加へた。

水蒸気を含んでゐるが未だ飽和してゐない空気を考へて見る。この空気は上昇するにつれ断熱膨脹によつて冷却し或る高さに至つて飽和の状態になるであらう。未だ水蒸気が凝結を起さぬ状態が「乾燥級」である。

この飽和空気が更に上昇すると水蒸気は凝結を初め雪や雨を生ずる。之を「成雨級」と言ふ。この空気が尙ほ上昇すればやがて結氷點に達し、水滴は氷結を初める。この状態が「成雹級」と呼ばれるものである。

更に上昇が續けられる場合には遂には空気中に含まれてゐる水蒸気は直に雪の結晶に化す状態になるであらう。所謂「成雪級」がこの時の状態である。尤も之は一般的な場合の事で、初めの上昇気流の温度によつては必ずしも上記の四状態を順次経過しない事もあり得る譯である。斯様な上昇気流に因る水蒸気の凝結を數理的に解説したものは岡田博士¹²⁾の著書或は Humphreys¹³⁾、Willett¹⁴⁾ 等の成書に就いて見る事が出来る。

1) Finch and Hawks, „ Water in Nature „ London

2) Archibald, D.: „ Atmosphere „, London, 1897.

3) Bentley, W. A.: Photographs of Snow Crystals. Nature. Vol. 68. pp. 129. 1903.

4) Wegener, A. „ Thermodynamik der Atmosphäre „, Leipzig. 1911.

5) Seligman, G.: „ Snow Structure and Skii fields „, London. 1936.

6) Stüve, G.: Die Entstehung des Schnees. Beitr. z. phy. d. fr. Atmosphäre. Bd. 15. pp. 170. 1929.

Stüve, G.: Zur Kenntnis der Kristallisation des Wasserdampfes aus



- der Luft. Gerl. Beitr. z. Geoph. Bd. 32 pp. 326. 1931.
- 7) Whipple, F. J. W.: The Fascination of Snow Crystals. M. M. Vol. 67. pp. 53. 1932.
- 8) On the Formation of hailstones, raindrops, and Snowflakes. (Abstract of Paper by Prof. Osborne Reynolds) Nature. Vol. 17. pp. 207. 1878.
- 9) Adams, J. M.: The Origin of Snowflakes. Phy. Rev. Vol. 35. pp. 113. 1930.
- 10) (Czermak, Hoffmann) 中谷宇吉郎: 雪の結晶の研究 (前出)
- 11) 黒田正夫: 水の雪片状結晶, 科學, 3 卷, 276 頁 昭 9 (1934)
- 12) 岡田武松: 『氣象學』改訂第二版上卷 (岩波書店) 昭 9 (1934)
- 13) Humphreys, W. J.: "Physics of the Air," (2nd ed) New York. 1929.
- 14) Willett, H. C.: "Dynamic Meteorology," (Physics of the Earth. III. Washington. 1931.

6. 雪片の形態

雪が地上に降つて來る場合に之を仔細に觀ると以上に述べられた様な個々の結晶のまゝで降つて來る事もあれば、多數の結晶が互に附着し合つて所謂雪片の形で降る事もある。

この相異は多分落下中通過して來る氣層の溫度の差異に基くものと考へられ、氣温が比較的暖い時には結晶が融着し易く、雪片として降るのであらうと考へられてゐる。

雪片には形の大小は勿論、乾いた或は濕つた感じのもの等があり、吾國には古くから色々な雪の名がある。

『徒然草』の「たんばのこ雪」などより、『物類稱呼』の

「東武にて綿帽子雪といふを西國にて花びら雪と云 中國にてべたれ雪と云 越後にてぼた雪と云 上總にてぼたん雪と云 雲州にてだんひら雪と云 又ほるほる降る雪を越路にてはだれ雪と云」

などの例を擧げる事が出来る。

〔徒然草〕 ふれふれこれこ雪たんばのこ雪といふこと、よねつきふるひたるに似たれば粉雪といふ」云々。

〔はだれ〕 古くには廣く雪の義に用ひられたと解される例がある。「萬葉集」19 卷に「吾國之李花可庭爾落 波太禮能未遺有可母」天平勝寶二年三月一日之暮眺囑春苑桃李花作歌などがある。

外國のこの種俗語例は充分資料を求むる便宜に乏しいが“poudre,, (粉雪) (Abercromby, Hon. R.: "Weather,, pp. 224 London, 1907) や“Graupel,, (粒雪) (Allingham, W.: A Manual of Marine Meteorology,, pp. 158. London. 1917) 等は此の例ではあるまいか。

吾國で見らるゝ雪片の大きさは通例 1 cm 内外のものが多いやうであるが珍らしく大きいものゝ降つた記事がある。

昭和 9 年 12 月 29 日、東京で¹⁾觀察されたものに長徑 6.2 cm 短徑 5.0 cm のものがあり、昭和 2 年 2 月 4 日高知に於けるものは 10.2 cm もあり、明治 41 年 1 月 7 日に横濱で見られたものは長さ 2 寸 (約 6 cm) であつた。³⁾

外國の例では更に巨大なものゝ降つた例がある。アメリカでの事であるが、⁴⁾Lowe は 1887 年 1 月 7 日に降つた 3.5 吋 (約 9 cm) の雪片を模圖入りで紹介したし、更に驚かるゝのは同年 2 月 14 日附“New York World,, 誌に掲載の記事で、1 月 28 日に Montana 州に降つたものは長さ 15 吋 (約 38 cm) にも及んだと云ふ。⁵⁾

又 1891 年 1 月 24 日、Nashville, Tenn. に降つたものは弗貨大或は臺皿大と云ふ事で前者は大凡 3.8 cm、後者は約 14.0 cm と見積らるゝと云ふ事である。⁶⁾

1915 年 1 月 10 日ベルリンに降つたものも相當大きなもので、直徑 8~10 cm であつた。斯様な大型なものになると普通の雪片に見らるゝ様な複雑な翻動をなして落ちて來ず、形も端の方が上向にそり返つた状をなしてゐたと云ふ。⁹⁾

雪片の大小が、降雪時の地上の気温の高低と關聯すると解する向も從來無いではないが、中谷、飯島兩氏⁸⁾の北海道に於ける調査では、地上の気温や湿度は雪片の種類とは無關係と斷すべき結果が得られてゐる。併し風速との間には相當密接な關係が有るらしく、綿雪は風速が2 m/s 或はそれ以下に於て降る事多く、風速が6 m/s にもなると全く粉雪のみが降ると云ふ傾向が認められたと云ふ事である。

雪片を、種々な特徴によつて適當に分類、命名しておく事も必要な事であらうと考へられるが從來餘り資料が多くないやうである。

此處には泉 末雄氏が越後地方の雪に就いて用ひられた呼稱を、気温、形状、密度に關する特徴と共に併記して見た。⁹⁾

(名稱)	(気温)	(形状)	(平均密度) g/cm ³
粉雪	低き時降る	粉狀、灰狀	0.052
小片雪	高き時降る	直徑 5~6 mm	0.074
大片雪	高き時降る	直徑 10~20 mm	0.076
小玉雪	低き時降る	直徑 2~3 mm	0.135
大玉雪	低き時降る	直徑 4~5 mm	0.170
擬寶珠雪 ¹¹⁾			

因に同地方では片雪が最も屢々降り、3ヶ年間の晝間觀測の結果では、之が降つた延時間数は847時間、次が小玉雪で342時間、以下粉雪の162時間、大玉雪の52時間、擬寶珠雪の14時間となつてゐる。¹¹⁾

其の他、降雪を乾雪、濕雪などと分けて呼ぶ例などは外國文獻に多く讀まれるが之が特性を充分検討し、明確な定義を設けたものは少いのではないかと思はれる。

1) 大谷東平：雨や雪の話(二) 天氣と氣候 2卷, 131頁, 昭. 10 (1935)

2) 國富信一：『氣象學一斑』(古今書院) 昭. 2 (1927)

も言

大小

るが、

當らない

雪片の

を保つて、

を描いて空

運動の様子も

雪片の落下

2)
Cornish,

3)
Sieberg

4)
Brooks.



なはかなさを持つ音である。そして誰でも知つて居て誰でも知らないのが雪の音である。それは耳で聞くと云ふよりも知覺に觸れて來る音である」

と誌しておられる。又

「この雪の音を青蘿といふ俳人は

しはしはと降るに音あり夜の雪

と述べて居り」

云々とも記してある。詩句などで云ふ「雪の聲」と云ふのは、稍、趣の異つたもので樹木等に積つた雪が自然に落ちる時の音を云ひならばすらしく國富⁸⁾信一氏の書には

苔庭木落紅無跡 雪碓月晴雪有聲

の句が引用されてゐる。

雪が音を發するのは、降り下る際に雪と雪とが相觸れ相搏つ音であるらしく、従つて乾いた雪でなければ此の音は聞かれないと云ふ。⁹⁾

1) 岡田武松：『雨』大. 5. (1916)

2) Cornish, V.: "Waves of Sand and Snow.," London. 1914.

3) Sieberg, A.: Einiges über den Schnee. Das Wetter. Jr. 22. pp. 241. 1905.

4) Brooks, C. F.: The fluffiest Snow.? B. A. M.S. Vol. 19. pp. 398. 1938.

5) 畠山久尙：北地雜考 測候時報 6 卷. 323 頁 昭. 10 (1935)

6) 中谷宇吉郎：雪の結晶の研究 (前掲)

7) 高橋喜平：『雪と人生』(朋文堂) 昭 11 (1936)

8) 國富信一：『氣象學一斑』(前掲)

9) 1) に同じ。

8. 新雪の密度

雪の密度と言ふのは自然に降り積つた其の儘の體積の重量を之と同體積の水の重量に較べたものである。積雪として永く時間の經つたものは、降り立

の
型, 粉
大きさ
の落下
樹枝型
雪 50 cm,
cm 程度で
了, 霰, 針型
もその大きさ
ある。

與謝野品子
消える時のやう

ての新しい雪と同一に論ずる事は出来ないので、茲では降り積つて間の無い、所謂新雪の場合を取扱ふ譯である。

密度の測定は新雪を特別な容器に受けて秤量して容易に行はれるが(詳しくは後章、「積雪の密度」を参照)極く簡略には積雪の高さと降水量との比較からも概算される。

我國では今まで諸地方で新雪の密度が調査されてゐるので其の概要を列記して見る。

(地域)	(平均密度, g/cm ³)	(算定回数)	(測定者)
神戸	0.073±0.0046	36	1) 小野英雄氏
伏木	0.083	126	2) 伏木測候所
船峯	0.13	71	3) 布村重次郎氏
十日町	0.083	149	4) 小林誠吾氏
高田	0.0935	63	5) 泉末雄氏
福島	0.08~0.10		6) 福田喜代志氏
札幌	0.05	131	7) 金家 鑽汝氏
同	0.06	217	8) 水科七三郎氏
同	0.054	84	9) 阿部幸次氏
同	0.053		10) 松川哲美氏
豊原	0.028 (極小値)		11) 同 上
			12) 畠山久尙氏

以上の外にも尙若干の資料はあるが、兎に角吾が内地では大體 0.1 以内、北海道では之より少しく小さい値が平均上豫想出来る。

諸外國に於ける測定値の大要を知るには Henry¹²⁾ の編纂したものに依るのが至便である。以下はそれによる摘記である。

イギリスに於ける成績としては M. F. Ward の平均値 (Symon's British rainfall. 1874) が引用してある。密度は通例 0.058 乃至 0.1, 但し極値は 0.008 及び 0.221 となつてゐる。

ベルギーのは Lancaster, A の報告 (La densité de la neige. Ciel et Terre, Bruxelles. 2 sér., 4. année. 1888—89) により Grand Saint Bernard (2478 m) なるアルプス観測所に於ける 20 年間の成績が、月次別平均値で先づ示されてゐる。

1 月	0.080	4 月	0.110	7 月	0.240	10 月	0.150
2 月	0.080	5 月	0.160	8 月	0.180	11 月	0.100
3 月	0.090	6 月	0.180	9 月	0.150	12 月	0.080

密度は夏に大きく冬に小さいが、次に降雪時の気温別に統計して下記の結果が得られた。

(気温 F°)		(気温 F°)	
36	0.166	25	0.090
34	0.143	23—19	0.083
32	0.125	18—14	0.077
30—28	0.111	12—5	0.071
27	0.100		

一般に温度が高い時には低い時より密度が大きい結果となつてゐる。同様な傾向はドイツに於ける F. Wengler (Die Spezi'sche Dichte des Schnees. Berlin. 1914) の測定値にも見られると云ふ。即ち下表の如し。

(気温 F°)		(気温 F°)	
5—14	0.046	30—32	0.103
14—23	0.082	32—34	0.140
23—27	0.086	34—37	0.235
27—30	0.089		

[* 測定ニ不備アルベシト Henry ノ註記アリ]

アメリカに於けるものは Colorado の Wagon Wheel Gap Experiment Station の 6 冬期 (1910—15) の観測値が採用され、月別平均値は：

1 月	0.077	9 月	0.100
2 月	0.082	10 月	0.098
3 月	0.081	11 月	0.081
4 月	0.098	12 月	0.071
5 月	0.131	〔6—8 月間ハ資料ナシ〕	

又 Washington, D. C. の 10 年平均値は 0.098, 極大値 0.175 (1916 年 3 月 3 日) 極小値 0.026 (1914 年 3 月 22 日) と記されてゐる。

スエデンの Upsala に於ける Westman 及び Jansson の報文 (Ueber die Wärmeleitungsfähigkeit des Schnees. Ofvers., Kongl. Vet. Akad. Forh., Stockholm. 1901) では 0.0384 ± 0.0023 乃至 0.1403 ± 0.0021 であつたと云ふ。

外國の資料中には非常に密度の小さい雪の記録がある。¹³⁾ Meyer の調べによると Wengler は 0.008 を測り, Keränen, J. は 0.0004, 又アメリカの例では Bavendick が 0.007 を測つたと言ふ事である。尤もこの様な値の中には測定の不備による誤差も多く含まれるだらうとの見込みである。

- 1) 小野英雄: 神戸地方の雪の密度 海と空 3 卷. 55 頁. 大. 12 (1923)
- 2) 伏木測候所: 積雪と融解量の比率 氣象集誌 13 卷. 151 頁. 明. 27 (1894)
- 3) 布村重次郎: 船峯に於ける降雪の密度に就いて 氣象集誌 37 卷. 262 頁. 大. 7. (1918)
- 4) 小林誠吾: 融雪水量に就て 森林治水氣象彙報 1 號, 72 頁. 大. 12 (1923)
- 5) 泉 末雄: 雪の調査 (第二報) 氣象雜纂 6 卷. 1 頁. 昭. 6 (1931)
- 6) 福田喜代志, 金家鎮汶: 福島縣大沼郡尾岐村に於ける雪温観測報告. 氣象集誌 II. 11 卷. 221 頁. 昭 8 (1933)
- 7) 水科七三郎: 積雪と溶量の關係 氣象集誌 10 卷. 11—12 號, 明. 35 (1902)
- 8) 阿部幸次: 雪の密度に就いて 氣象集誌 11 卷. 373 頁. 明. 36 (1903)
- 9) 松川哲美: 札幌に於ける雪の密度と気温 海と空 3 卷. 82 頁. 大. 12 (1923)
- 10) 松川哲美: 雪の密度比較に就いて 氣象集誌 II. 5 卷. 72 頁. 昭 2. (1927)

- 11) 畠山久尙: 北地雜考 (前掲) 327 頁.
- 12) Henry, A. J.: The density of snow. M. W. R. Vol. 45, pp. 102. 1917.
- 13) Meyer, R.: The fluffiest snow? B. A. M. S. Vol. 20. pp. 54. 1939.

9. 雪の化學的成分

雪は雨の場合と同様、純粹な水から出来てはならず、種々な化學的成分を溶合してゐるのが常である。

嚴密には、降雪に關する場合をのみ茲では取扱ふべきではあるが、文獻の中には降雪直後の試料によつたか乃至は積つて若干日數を経た雪を採つて分析したのか、餘り明かに記載されてゐない場合も多いので簡略に、一括してしまふ事とした。

吾國では從來殆どこの方面の調査は行はれず、僅に高田地方の雪に就いて泉 末雄¹⁾氏がなされた位のものであつた。下表に摘記した分析結果は積雪地方農村經濟調査所²⁾が特定の測候所に委託調査した成績から選んだものである。(測定は海岸地帯、平坦地帯、山間地帯に就いて行はれてゐるが今は平坦地帯の結果を例示した)

	水素イオン濃度	蒸發殘渣	硝 酸	亞硝酸	硫 酸	鹽 素	アンモニア	備 考
札幌*	6.5635	30.9000	0.03205	0.0050	4.0380	9.5742	0.4565	單位ハ融雪水一立中ノ庭數
青森***	6.1	33.5	不檢出	不檢出		14.273	不檢出	
山形*	5.0	14.40	"	"	痕跡	4.965	0.24	
長岡**	4.6	19.65	0.023	痕跡	1.85	12.306	0.402	

*1.2 層平均, **1.2.3 層平均, ***1.2.3.4 層平均.

地表より 30 層毎に雪層を區切り, 最上部を 1 層, 次の層を 2 層以下準之たもの.

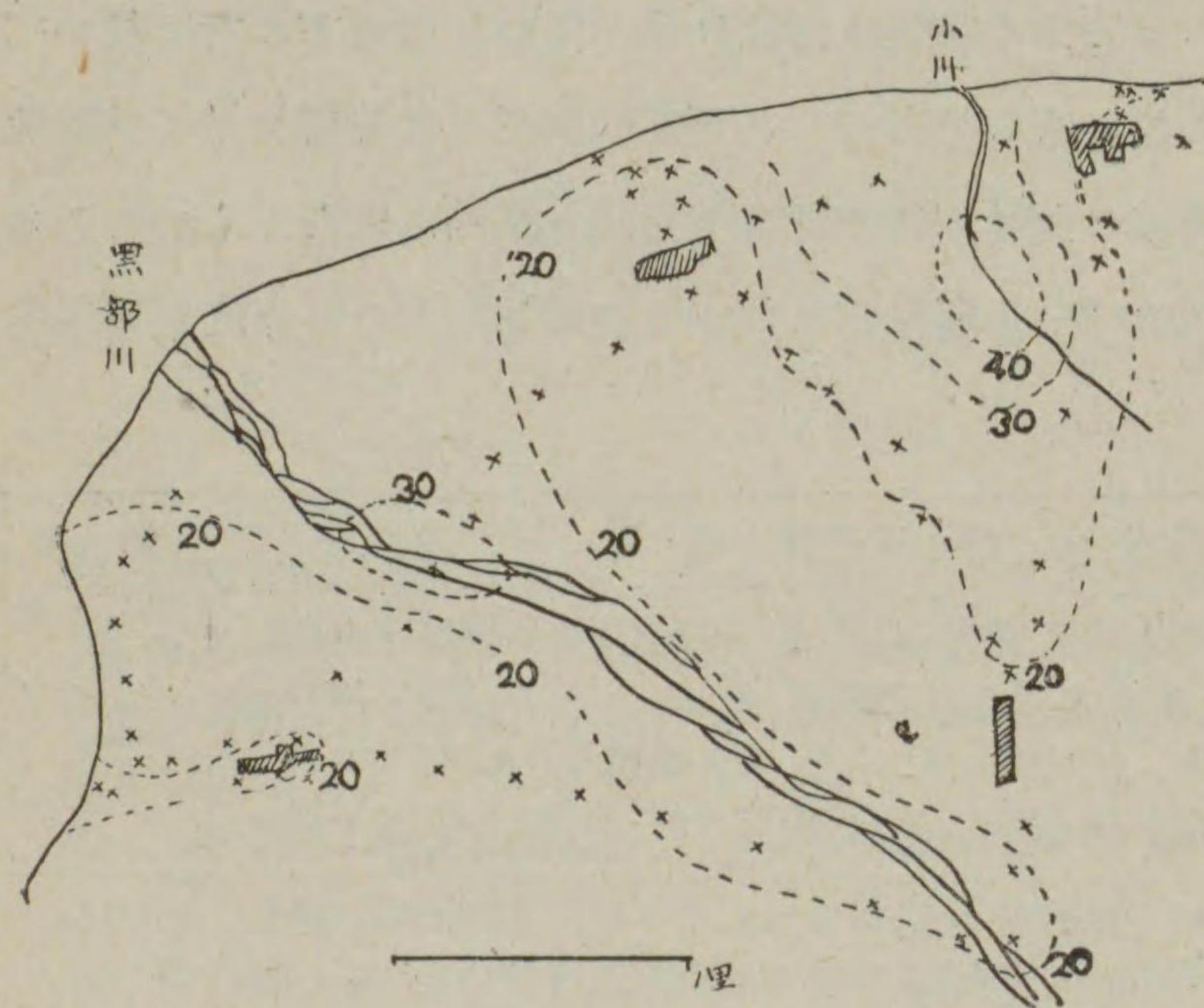
外國の資料ではアメリカに此の種の文獻が多い。殊に Mount Vernon,³⁾⁻⁷⁾ Iowa の資料は概ね毎冬の分析が揃つてゐて便宜の多いものである。

⁸⁾ 分析例として Knight の報告から摘記を行つて見やう。

日 附	雪深(吋)	鹽素	游離アン モニア	アルミニイ ドアンモニア	硝酸鹽	亞硝酸鹽	硫酸鹽
1935 12月15日	4	3.55	0.112	0.80	0.20	0.10	0.005
1936 1月2日	6	2.15	0.02	0.40	0.08	0.30	0.005
2月4日	4	2.13	0.45	0.36	0.20	0.12	0.006
3月14日	3	3.55	0.24	0.44	0.18	0.30	0.002
4月5日	3	3.55	0.45	0.28	0.10	0.35	0.006

9) カナダの資料では Shutt が Ottawa の測定値を報じたものがあるが之は窒素化合物含有量のみに関する調査である。

斷る迄もなく積雪に就いて調査されたものであるが便宜上、福井英一郎氏¹⁰⁾¹¹⁾の行はれた新潟及富山縣下に於ける積雪の含鹽量分布も茲に附記しておく。尤も之等の鹽分は降雪と共に沈降したものか、或は積雪上に海風などの加減



第 17 圖 富山縣黒部川扇狀地に於ける積雪の含鹽量 mg/L. (福井)

因に古い積雪では鹽分は微量乃至検出不能の例があるが、之は雪面が融解すると融雪水が鹽分を含んだまゝ下方へ浸透して行く爲めと考へられると言

で撒布されたと解すべきかは定かでない。

一般に河川に沿ふて稍、多量を示す傾向が認められ、之は海面から吹來つた風が低い河道に沿ふて奥地の方へ入込む爲であらうと考へられる由である。(第17圖)

ふ。

- 1) 泉 末雄：雪の調査(第 1. 2 報) 氣象雜纂 5~6 卷(前掲)
泉 末雄：雪の成分(一) 天氣と氣候 1 卷 111 頁. 昭. 9 (1934)
泉 末雄：同上(二) 同 2 卷 567 頁. 昭. 10 (1935)
- 2) 積雪地方農村經濟調査所：報告 5 號. 昭. 9 (1934)
(分析法は明記せざるも分析者の記載あり、即ち札幌の分は北海道農事試験場、青森のは青森縣衛生課、山形は山形縣衛生課、長岡は新潟縣農事試験場なり)
- 3) Kynett, L. and Lohner, J.: Chemical composition of rain and snow at Mt. Vernon, Iowa. 1928—29. M. W. R. Vol. 57. pp. 461. 1929.
- 4) Stewart, W. C.: Analysis of the precipitations of rain and snow, during 1929—30. at Mt. Vernon. Iowa. M. W. R. vol. 58. pp. 418. 1930.
- 5) Cottral, L. L.: Analysis of the precipitation of rains and snows at Mt. Vernon, Iowa. 1930—31. M. W. R. Vol. 59. pp. 235. 1931.
- 6) Williams, S. F. and Beddow, O. K.: Analysis of the precipitation of rains and snows at Mt. Vernon, Iowa 1931—32. M. W. R. Vol. 61 pp. 141. 1933.
- 7) Krehl, W. A. and Knight, N.: Analysis of rains and snows at Mt. Vernon, Iowa, 1934—35. M. W. R. Vol. 63. pp. 162. 1935.
- 8) Knight, N.: Analysis of rains and snows at Mt. Vernon, Iowa, 1935—36. M. W. R. Vol. 64. pp. 231. 1936.
- 9) (Shutt, F. T.): Nitrogen Compounds in rain and snow at Ottawa. Q. J. R. M. S. Vol. 41. pp. 158. 1915.
- 10) 福井英一郎：新潟縣柏崎町附近に於ける積雪の含鹽量の分布其他に就いて 海と空 15 卷. 233 頁. 昭. 10 (1935)
- 11) 福井英一郎：富山縣黒部川扇狀地に於ける積雪の含鹽量 陸水學雜誌 4 卷, 129 頁. 昭. 11 (1936)

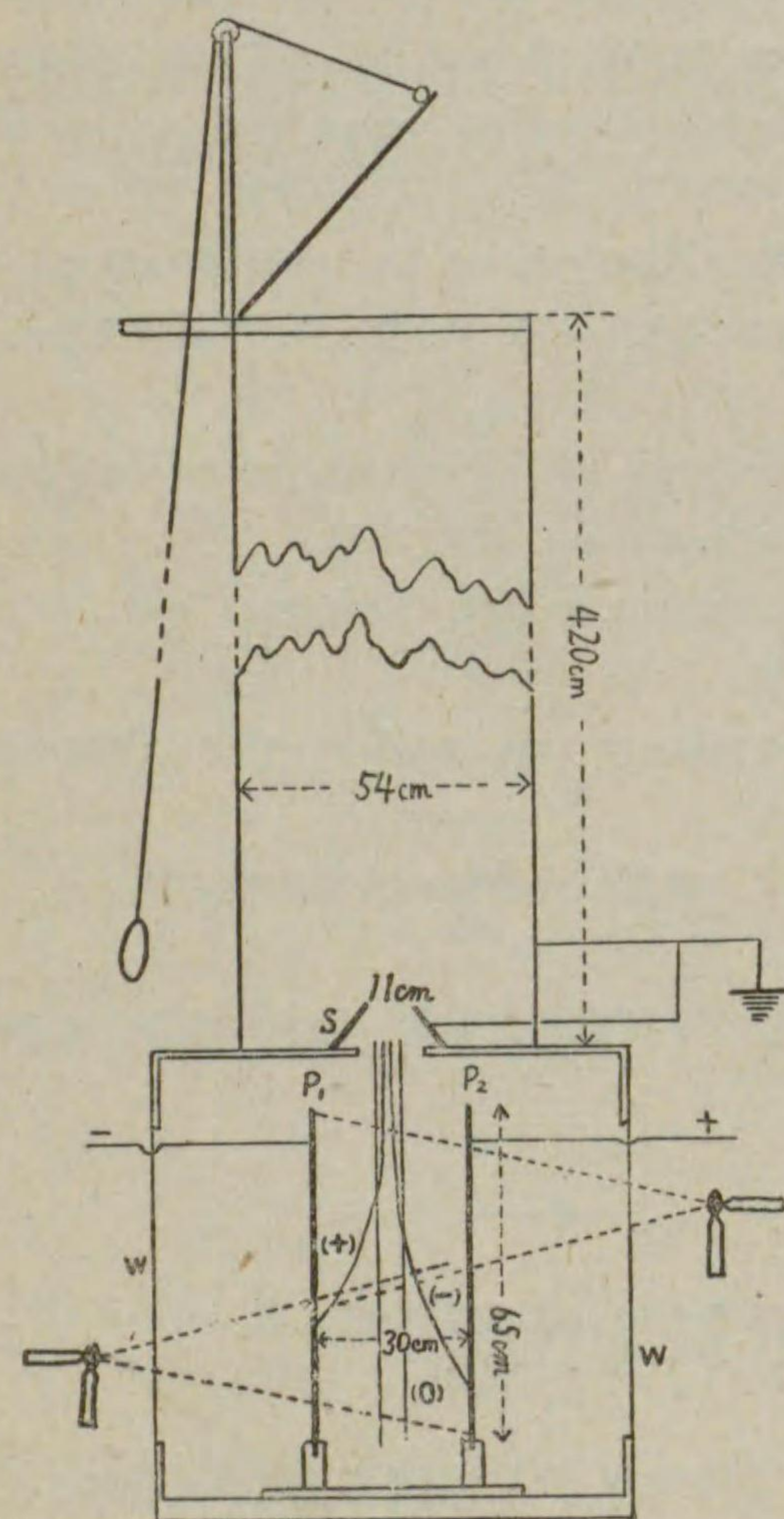
10. 雪片の電氣的性質

雪片の電氣的性質を調査した資料は今までも少しは例もあるが測定法に未だしいものがあつたりして充分信頼のおける程度の結果は得られておない

やうである。

1) Simpson が Simla で行つた調査では、負帯電の雪よりも正帯電の雪の方が多い、其の比は 3.6 對 1 の割合になつてゐた。又中谷博士²⁾の報文に依ると、MacClelland と Nolan は Dublin で観測し、一般に大雪片は正に、小雪片は負に帯電する傾向を認めたと云ふが、Kähler の Potsdam の結果では負の雪が正の雪よりも多く観測されたと云ふ事である。

3) Müller-Pouillet's の成書などにも記事はあるが、吾々は中谷、寺田⁴⁾兩氏の研究を最も重要なものとして掲げたい。



第 18 圖 電氣的性質測定装置(中谷)

この調査の特長は、従來の測定が降雪を受器に採つて、所謂巨視的に行はれたに對し、個々の雪片に就いて觀察しやうとした處にあると云ふ事が出来るであらう。測定装置の大要は第 18 圖の如きもので、主眼は電場偏移の方法による定性の簡便さを採用したものである。上の戸口から降り込む雪は長い圓筒を通る中に眞直になつて下の木箱へ落下する。P₁ P₂ の電場へ来て、雪片の帯電に應じ (+) へ、(-) へ方向を變へる (尤も帯電微弱なものはその儘眞直に落ちる) その狀況は瞬間撮影によつて寫眞にも撮られてゐる。

上記の測定結果を整理して大要次の事が明にせられた。雪の結晶は本來負帯電の方が多く、それに雪粒が付くと

正帯電になる傾向がある事、Gschwend⁵⁾ の測定では大雪片が正に、小雪片が負に帯電する傾向が認められてゐるが、今次札幌に於ける結果では左様な事實は認められなく、正雪片の數と負雪片の數との比を雪片の大きさで分類統計した結果では其の比 (+/-) は雪片の大小にかゝはず 0.7 乃至 0.8 で、負帯電の方がいつも多いと云ふ結果が得られた。

雪片の帯電測定そのものが未だ充分試みられてゐない有様であつたから、帯電の理由などを説明したものは稀有である。尤も Simpson の説があつて岡田博士⁶⁾が紹介せられてゐるが「然しこの理論は尙ほ十分研究をせなければならぬ所がある様に見える」と註記しておられるので、茲では旁々省略してしまつた。

- 1) Simpson, G. C.: On the Electricity of rain and snow. Proc. Roy. Soc. of London. A. Vol. 83. pp. 394. 1910.
- 2) 中谷宇吉郎: 雪の結晶の研究 (前出)
- 3) Müller-Pouillet's: "Lehrbuch der Physik und Meteorologie., IV. Braunsch eig. 1914.
- 4) Nakaya and Terada: Investigations on Snow. No. 3. On the electrical nature of snow particles. J. F. S. Vol. 1, No. 6. 1934.
- 5) Gschwend, P.: Beobachtungen über die elektischen Ladungen einzelner Regentropfen und Schneeflocken. M. Z. Bd. 38. pp. 124. 1921.
- 6) 岡田武松『雨』(前出) 88 頁

11. 雪の放射能

降りたての雪が、雨と同様に放射能を持つてゐる事は、1902 年に Wilson, C. T. R. によつて発見せられ、其の後諸氏の測定によると雪の放射能は約 30 分で半減する事が知れた由が岡田博士の『雨』¹⁾に載つてゐる。

又雪が放射能を持つてゐるのは雨と同様大氣中に浮遊してゐる「エマナチ

オン」の沈降物が之に附着して共に落下する爲めであるとも誌してある。この種の測定資料は甚だ乏しいやうであるので Курчагов²⁾ がロシアの Slutzk なる磁気=氣象觀測所に於て測定した結果と云ふのが見當つたので書付けておく事にした。測定は 1924 年の 1 月に行はれたものである。

日附	時	分	放射能 (Curie/gr.)
2	14	10	5.4×10^{-11}
5	20	10	8.2×10^{-11}
6	18	45	9.1×10^{-11}
12	22	0	3.9×10^{-11}
15	20	50	7.4×10^{-11}
16	15	40	5.2×10^{-11}
18	14	25	7.8×10^{-11}
19	23	35	6.4×10^{-11}
21	10	55	1.2×10^{-11}
22	9	5	1.3×10^{-11}
22	17	0	8.9×10^{-11}
23	16	20	5.1×10^{-11}
24	18	45	3.7×10^{-11}
26	19	0	4.2×10^{-11}
27	21	0	7.3×10^{-11}
28	18	0	4.9×10^{-11}
29	19	30	3.3×10^{-11}

平均上 5.5×10^{-11} と算定され又時間と共に放射能は減ると云ふがその詳しい割合等には及んでおないのが遺憾である。

1) 岡田武松『雨』(前掲) 88 頁

2) Курчагов, И.: К вопросу о радиоактивности онега. Журнал Геоф. И Мет. Том II. pp. 17. 1925.

第二章 積 雪 篇

1. 積雪量の測定

氣温も地面の温度も共に氷點下に冷へる様な季節になると降つた雪は直に消えず、所謂積雪を見るやうになる。

積雪の深さの大小と云ふ事は、雪が人生に影響する重要事に屬する。順序として吾々は先ず其の測定法に就いて考へて見なければならぬ。¹⁾吾國の氣象觀測に於ける積雪の測定法に就いては「氣象觀測法」が次の如く規定してゐる。

「積雪とは雪が露場の半以上を被ふ場合に於て積雪の深さを測るには積雪多き土地にては風の爲め雪の吹き拂はれ或は吹き積ることなき場所に豫め木桿を垂直に樹て置き之に糶の目盛を施し、其零點を地面の所にあらしむ。之を積雪計と稱す。而して積雪ありたる時は雪面に相當する目盛を以て積雪の深さとす。尤も積雪計の爲め雪面が平ならざる時は桿より雪を落し附近の雪面と同様に至らしめて後ち測定すべし。積雪少き土地にては方三粉位の平なる木板を地上に水平に置き積雪ありたる時は其上に降り積りたる雪の中に普通の糶尺を直立に挿し其一端を木板まで達せしめて其深さを測るべし。又木板の附近に細き標を樹て木板が雪中に埋没するも其位置を知り易からしむべし。

積雪の深さは凡て其の觀測當時存せし雪に就きて測定すべきものなれば降り積りたる雪は決して之を拂ひ除くことなく次第に降り積むに任せ置くべし。従つて新に降雪なくして融解するのみなるときは積雪の深さは前觀測當時より小なること勿論なり」

この目盛の桿を以て雪の深さを測る法に就いては我邦には可なり古い史料がある。

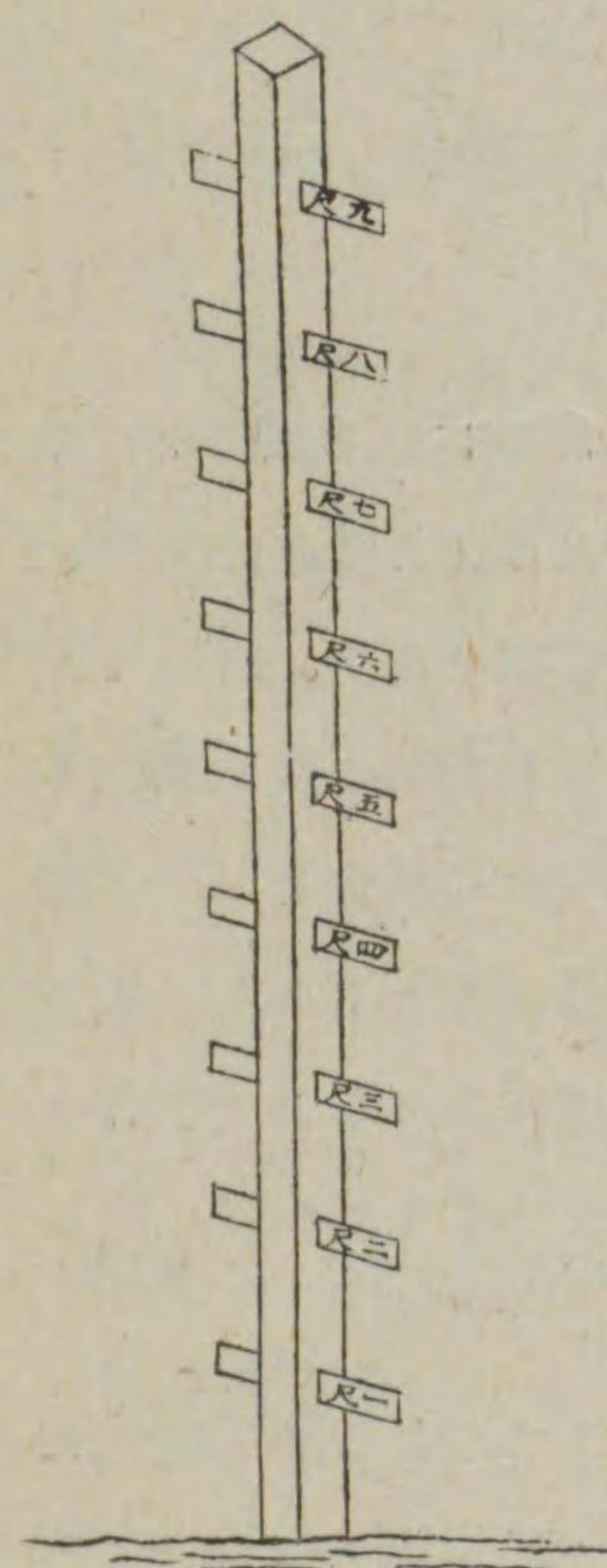
「夫木和歌抄」に

承安二年(西曆 1172 年)十二月東山歌合連日雪 大炊御門右大臣家佐

こしの山たてをくさほのかひぞなき 日をふる雪にしるし見えねば²⁾
 等とも見え、高田城大手廣場に建てられた五寸角一丈の標竿³⁾、所謂雪竿又は
 丈杭は古來有名な話柄となつてゐる。(第 19 圖)

高田市史 丈杭：藩政時代には城の大手廣場に五寸角一丈の標竿を建つ 俚俗丈杭
 と呼び又雪竿とも云ふ 藩の作事方にて管理し積雪之を埋むる時は繼ぎ足し幕府に届
 出づる例あり。

北越雪譜：雪竿といへば越後の事とて俳句にも見えたれど此國に於て高田の外無用
 の雪竿を建る處昔はしらず今はなし。



第 19 圖 丈杭の圖
(高田市史)

この種の測標では Marvin²⁾ の考察になるものがある。直角に曲げた鐵板で出来てゐる故、木製に較べて腐朽の憂ひがなく従つて狂ひも少いと云ふ事である。(第 20 圖)

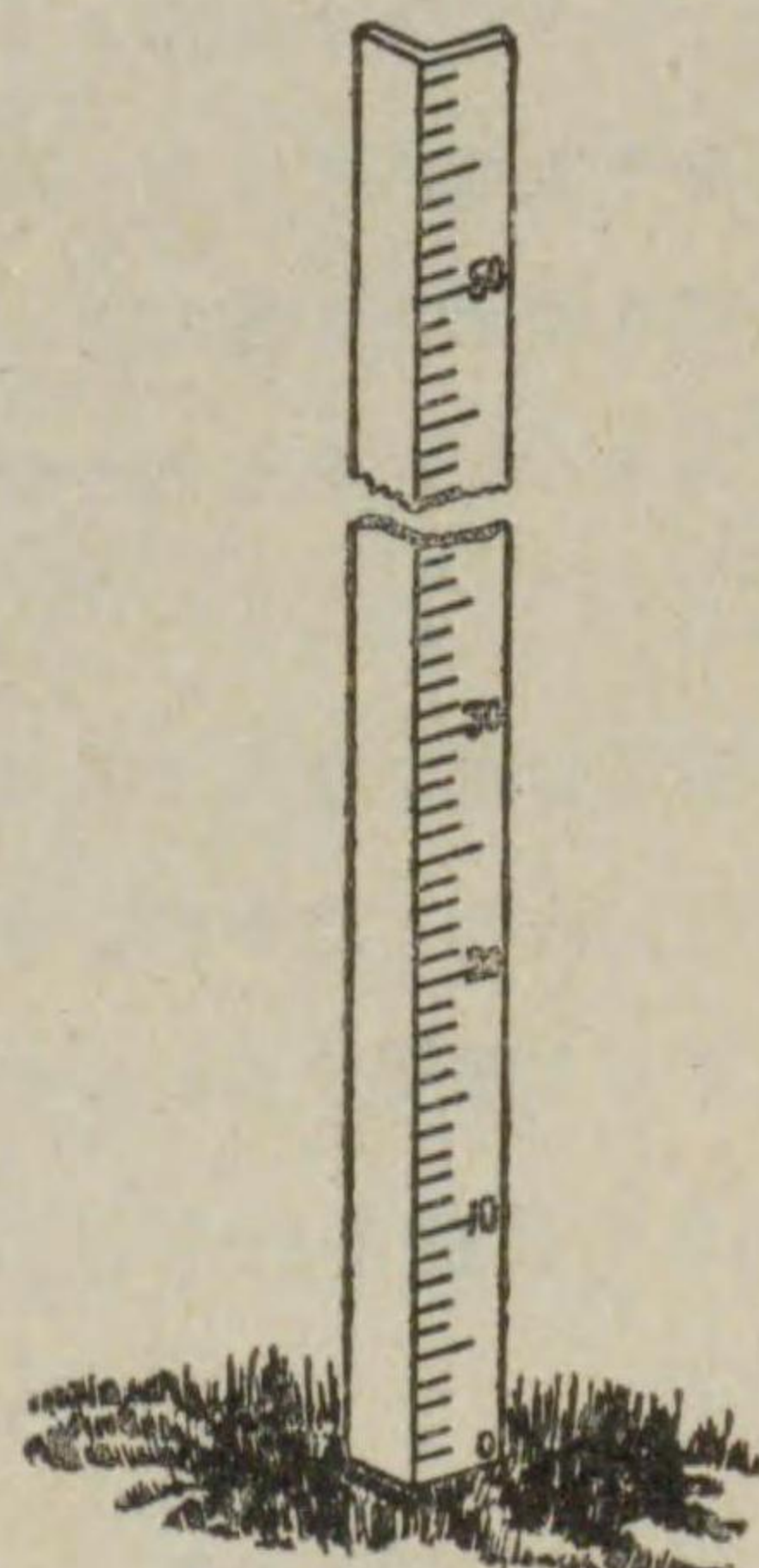
測定用具が斯く簡單であるからと云つて雪の深さを測る事はさう容易とのみは限らない。

積雪面が均平でない時には幾つもの積雪計を用意して夫等の平均値を採ると云つた配慮も要るのである。³⁾

又板上に雪を受け、之に尺度を立て、其の深さを測る場合には殊に雪の多くない時には板の種類による積雪の差異も考慮の要があらう。泉 末雄氏の實驗では⁴⁾

無色板(無地, 50cm²)上の積雪量を 1.000 とすると

白色板(白ペンキ塗)	0.994
亞鉛板(コールタール塗)	0.989



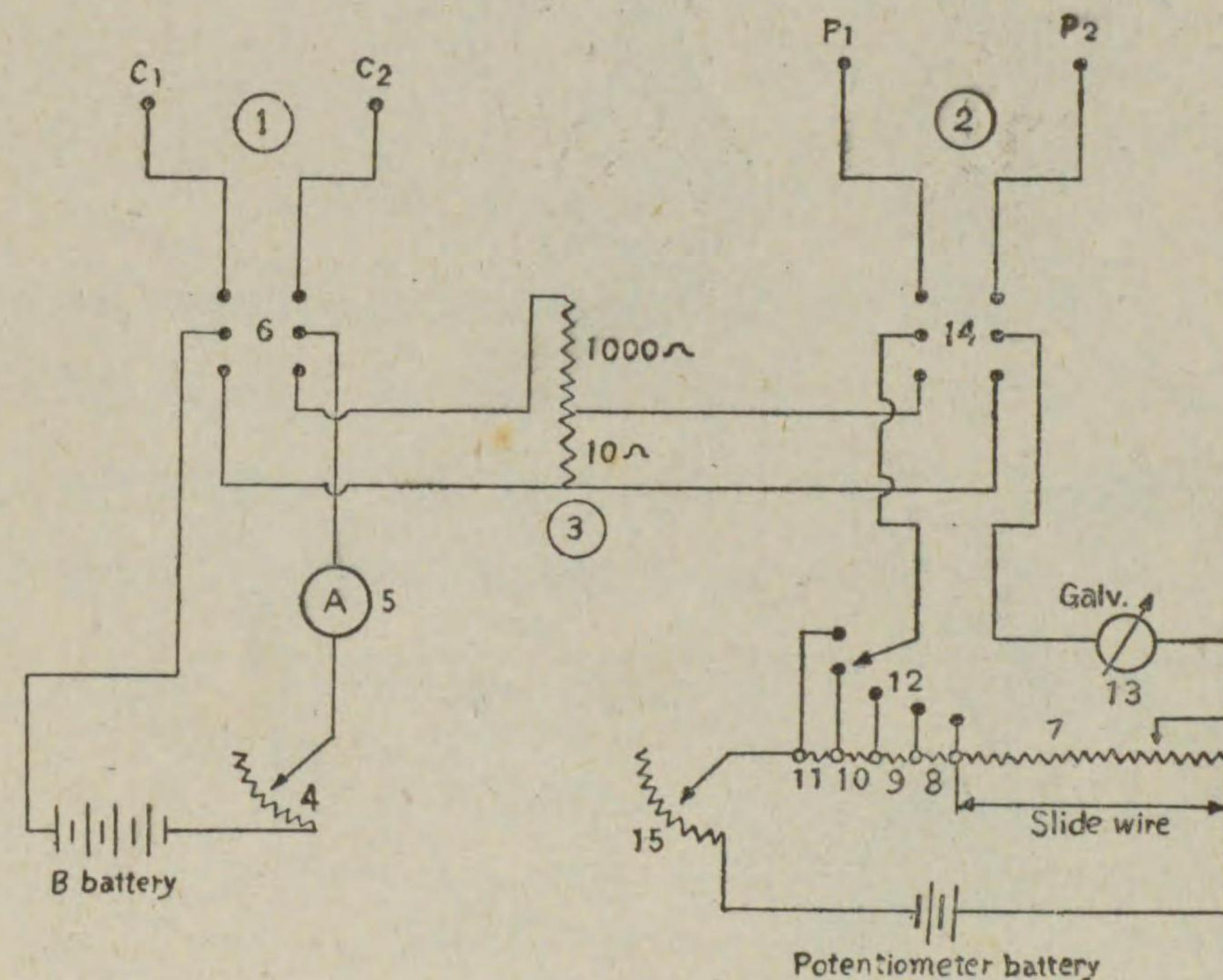
第 20 圖 Marvin 積雪計

黒色板(黒ペンキ塗) 0.979 瓦 0.948
 となつた。

以上は一般觀測所等に於ける定置觀測用具であるが、その他に隨意に野外に携行して測深する爲の測器も必要である。アメリカで多く用ひられる Snow sampler は積雪計をも兼ねてゐるが、之に就いては「積雪の密度」の項に併記した。

最近 Lee⁵⁾ が新案として報告してゐるものは積雪の電氣抵抗を測つて深度を求めやうとする方法である。積雪と地面との抵抗の差から雪の深さを想定すると云ふ事の他に、雪質に依る抵抗の差異に着目し積雪の精しい内部構造をも察知せんとしたものである。

測定用 Geoscope の配線要圖は第 21 圖の如きものである。



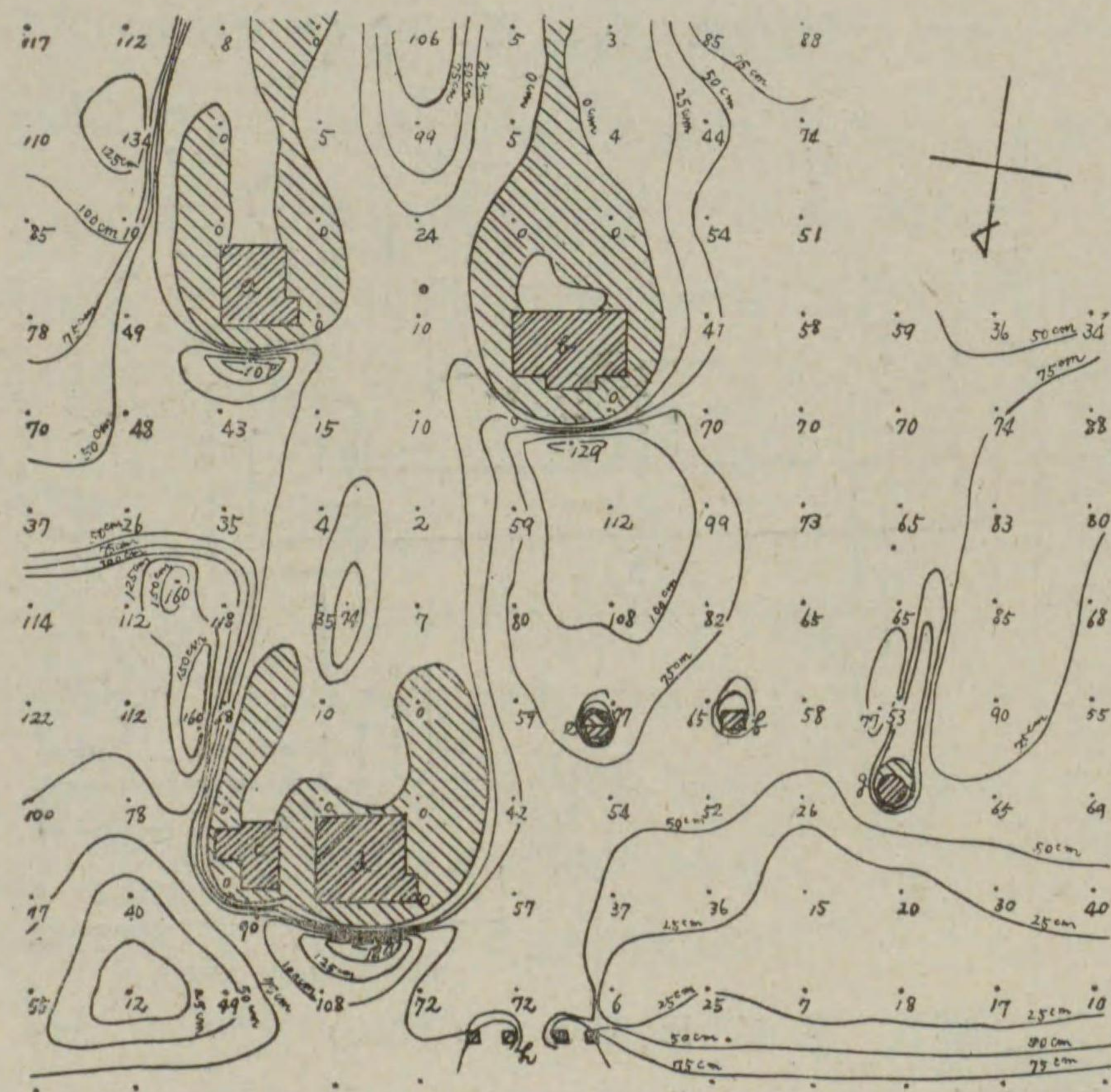
第 21 圖 Geoscope (Lee)

一般の定置觀測の場合には、觀測時間に就いても一定の規約に従つて施行する。吾國のこの種の觀測法は三浦榮五郎氏の著書に詳述されてゐる。⁶⁾

- 1) 中央氣象臺：『氣象觀測法』昭. 4 (1929)
- 2) (Marvin) 岡田武松：『雨』(前掲) 97 頁
- 3) 岡田武松：『氣象學』(岩波書店) 377 頁. 昭. 2 (1927)
- 4) 泉 末雄：板上の降雪量 天氣と氣候 4 卷. 10 頁. 昭. 12 (1937)
- 5) Lee, F. W.: A new depthmeter for Ice and snow. Trans. I. C. S. G. Bull. 23. pp. 761. 1938.
- 6) 三浦榮五郎：『氣象觀測法講話』(地人書館) 昭, 15 (1940)

2. 積雪 景 態

積雪面の成す形貌は、大觀上地貌に似たものであるは言ふ迄もないが、之を極めて仔細に觀れば種々な原因から甚だ複雑な分布をなす場合も少くない。



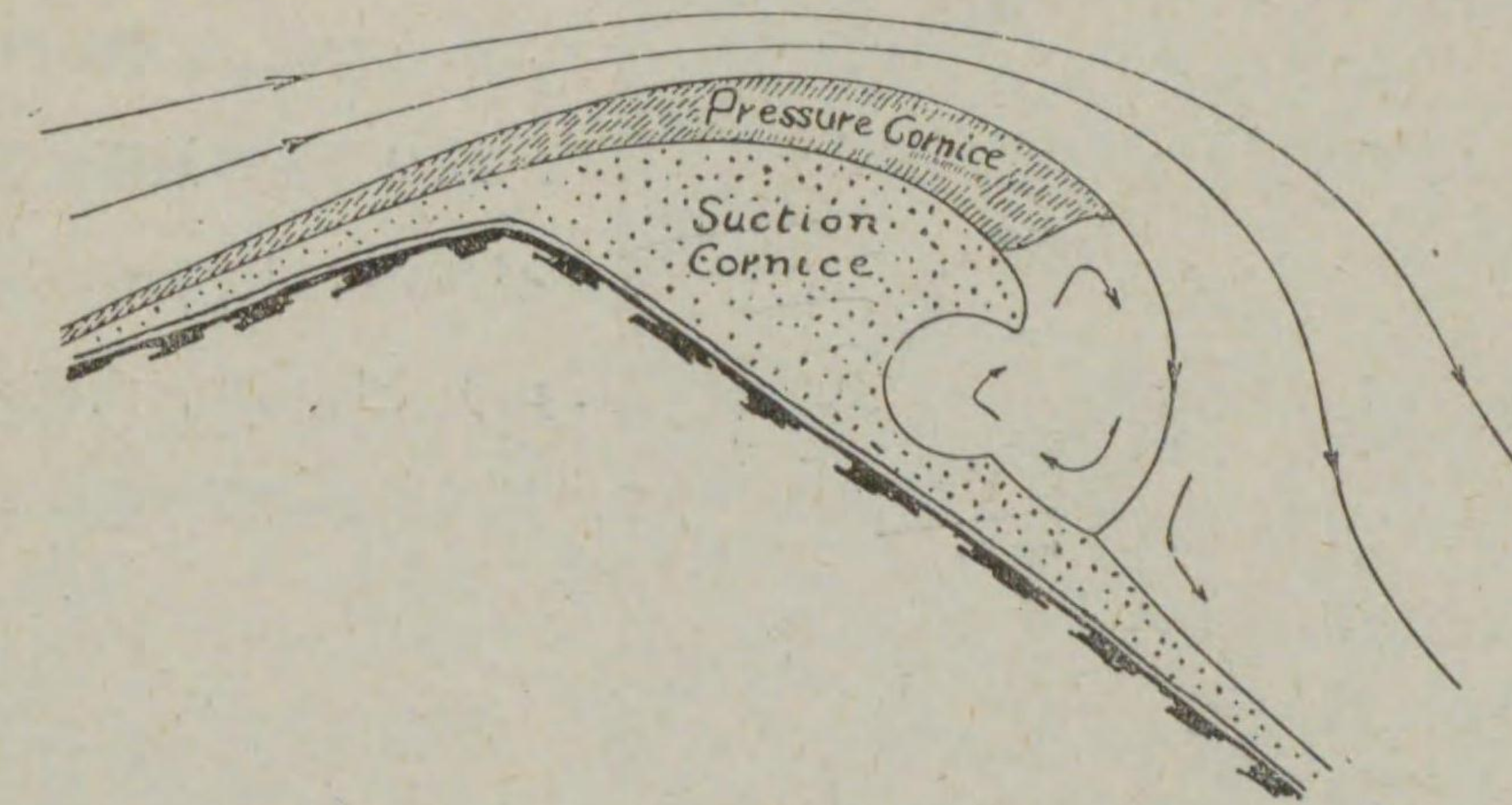
a. 觀測室. b. 自記室. c. 工作室. d. 廳舍. e. 日照計臺. f. 百葉箱. g. 測雲暗箱 h. 門柱.
第 22 圖 積雪分布圖(島山)

吾々は其の一例を島山久尙氏の挿圖によつて如實に見る事が出来る。(第22圖)

地貌に甚しく影響を受けた異常積雪景の一つに山頂に見る雪庇の類がある。

Seligman は其の名著に於て、雪庇の生成發達に就いて詳細を盡してゐる。

第 23 圖は其の中から選んだ生成機巧に關する模圖の一つである。



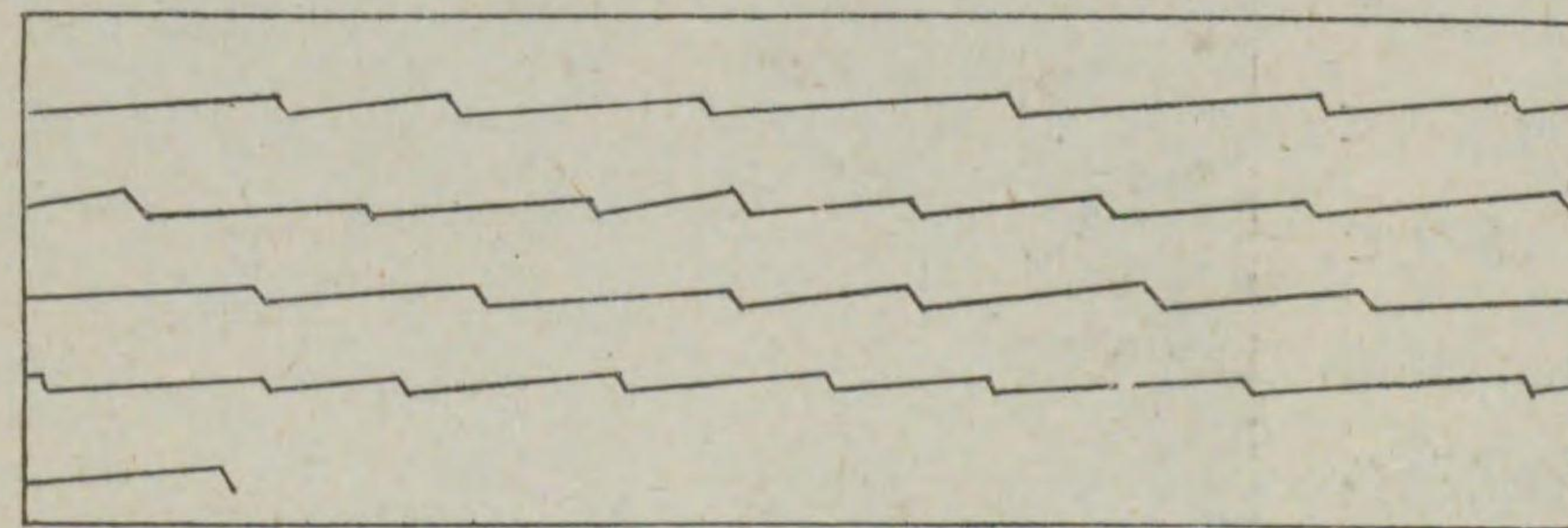
第 23 圖 雪庇の生成 (Seligman)

吾國にはこの種地貌關係積雪景の調査は餘り資料が多く見當らない。

福井英一郎氏の砂丘地帯の積雪分布調査などが特殊な文獻であらう。

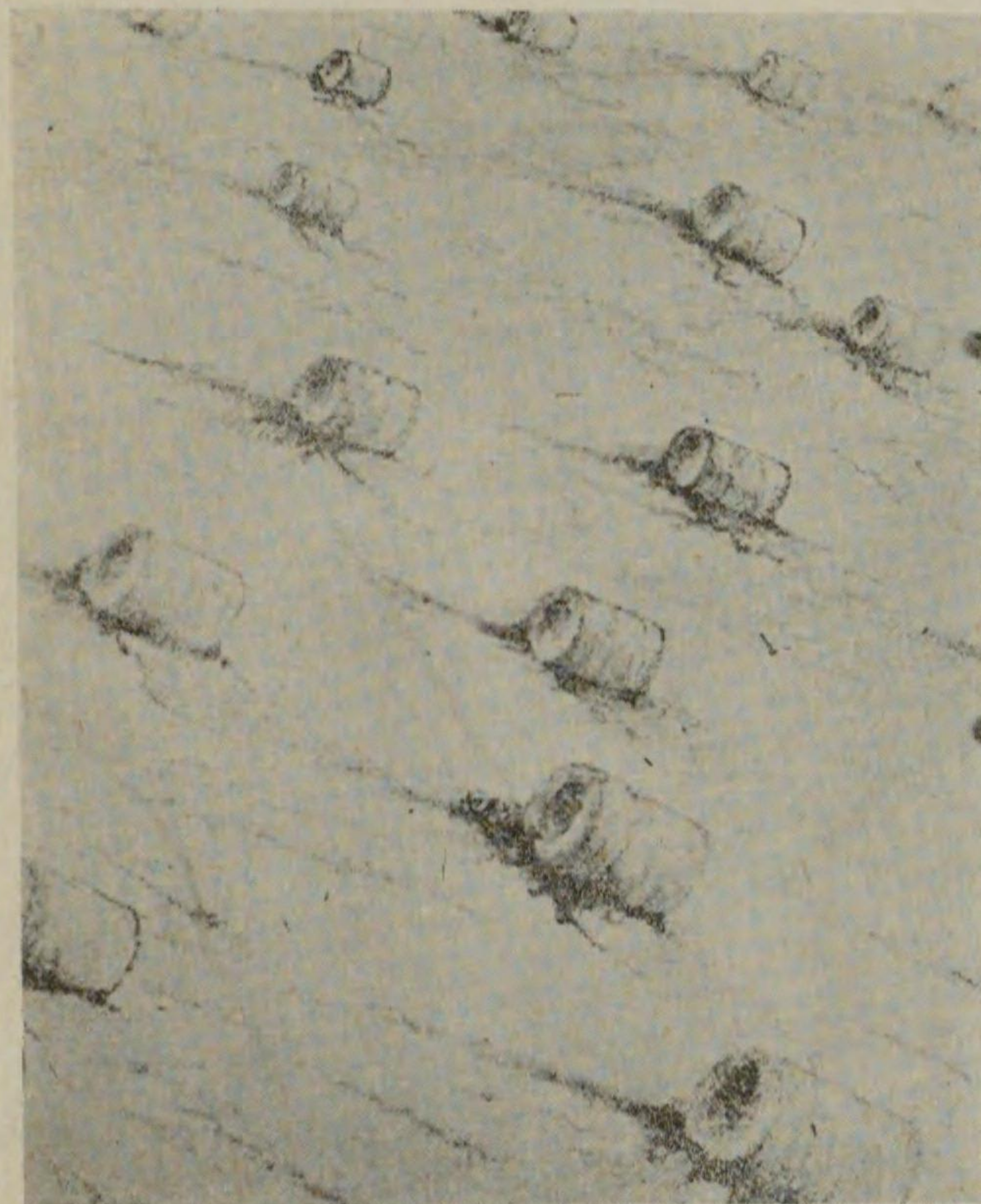
森林も積雪に特徴ある分布を起さしめるが之に就いては別項に述べる。

主として風によつて起る特殊な積雪景にも可なりな種類を分つ事が出来る。



29 連の波形断面圖。

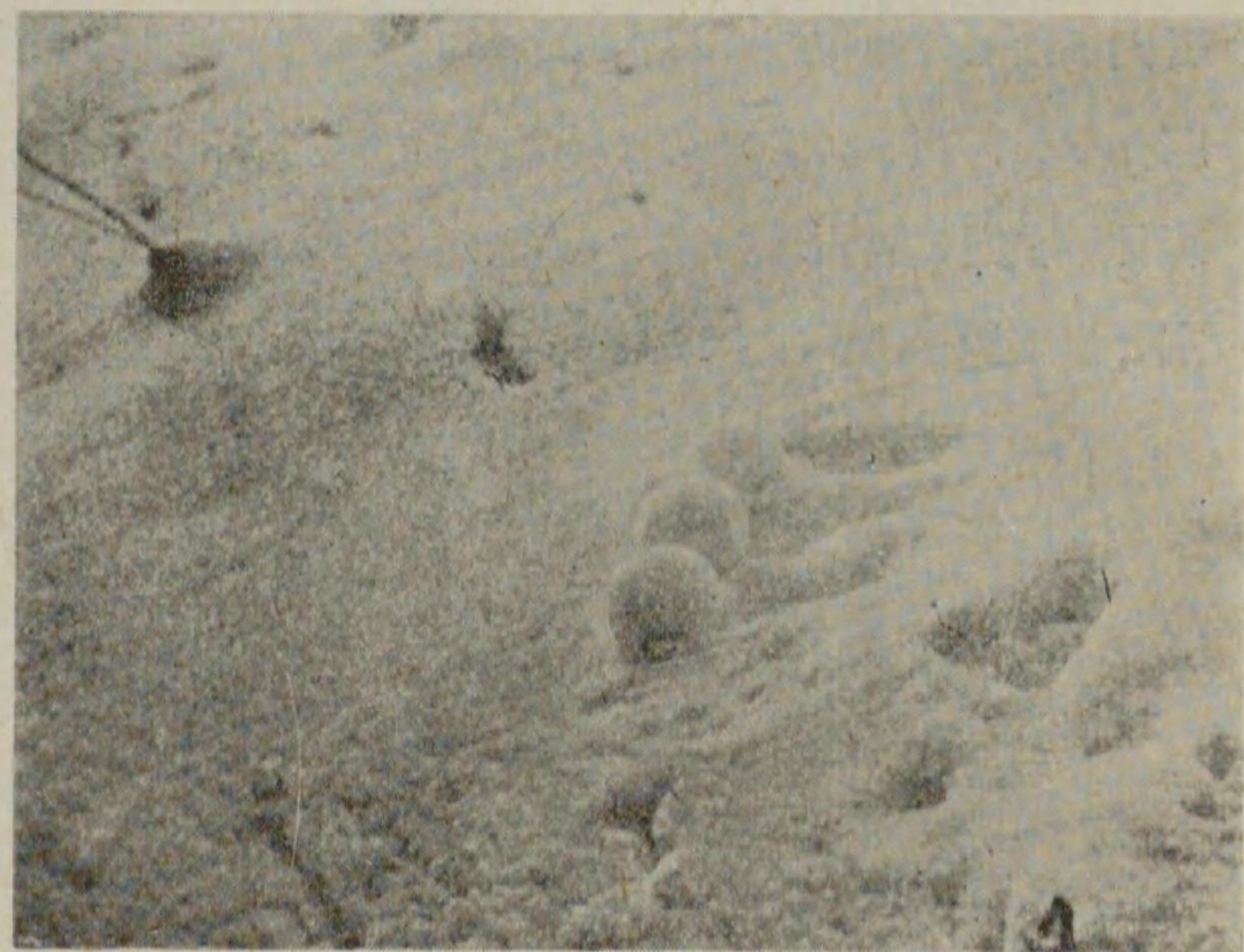
第 24 圖 積雪の波形 (Cornish)



第 25 圖 雪 轆 (Lang)

特定の呼名が無く
5)
「天狗の雪投」な
どと呼ばれたりし
6)
たが岡田博士が初
めて俗語の「ユキ
マクリ」を採つて
「雪轆」と漢字を
當てられ、今は術
語として多く用ひ
られてゐる。

7)
第25圖は Lang



第 26 圖 雪 球 (Kleinschmidt)

4)
Cornish は特に雪面の波形
に注意し、之に關する著書が
ある。美しい連形や、珍らし
い波状模様などの挿圖が多い
が茲には雪浪の一例を圖示す
るにとどめる。(第 24 圖)

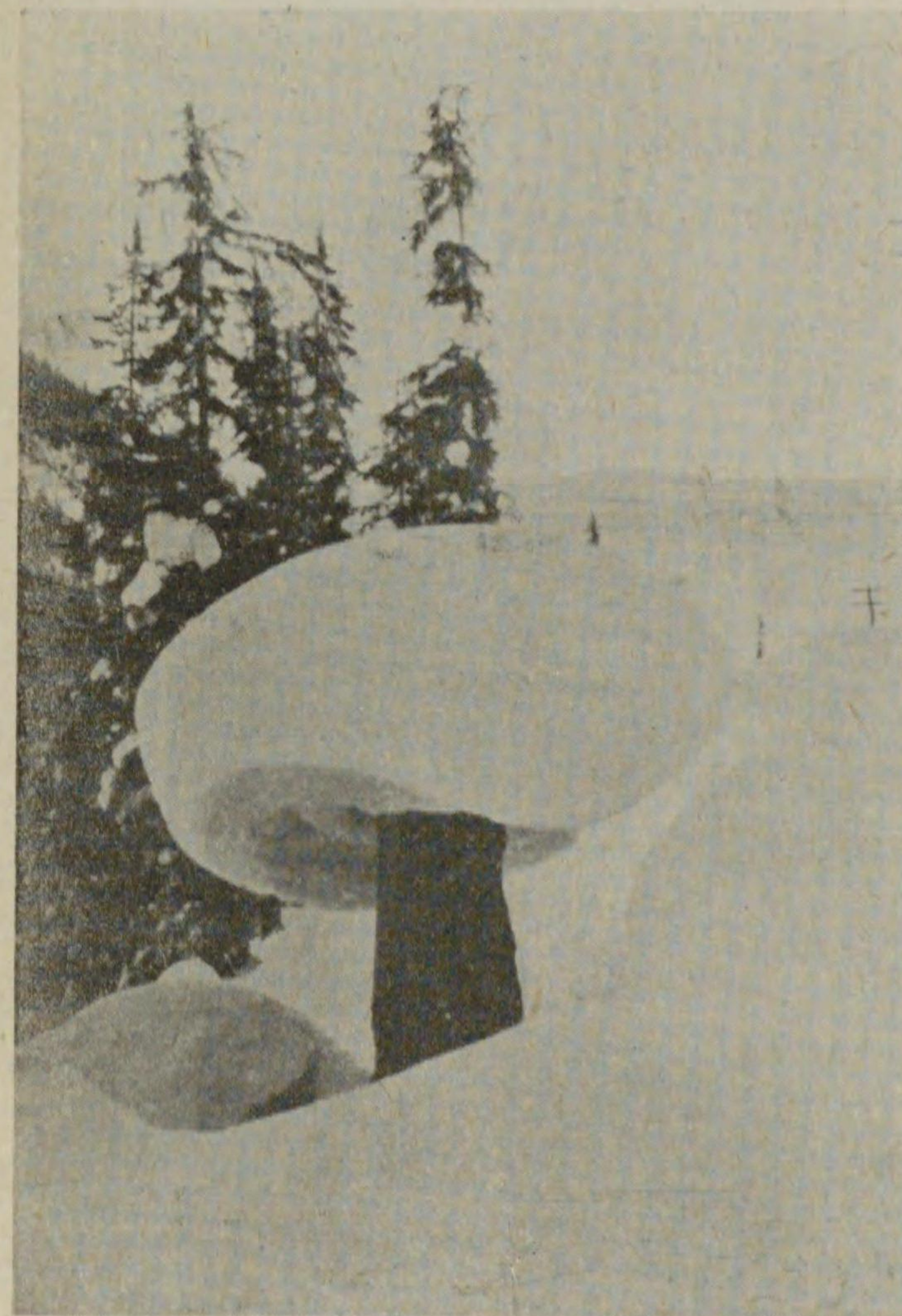
三日月型の波形は特に「雪
バルハン」(Snow-barchan-
ns) と呼ばれ、大塚、砂丘に
見る様な生涯を經過すると云
ふ。

積雪面上にボール型乃至は
圓筒狀の雪團の出来る事があ
る。形にも色々差異があるが

の寫生圖を採つたものである。

8)
金澤地方で云ふ「ギヂ」等も雪轆の事と解され、その他にも俗語が求めら
れる位であるから觀察の機會は多かつたと考へられるが纏つた文獻は餘り見
當らない。吉澤庄作氏、大森宗祐氏等⁹⁾に雪轆觀察記事がある位のものである。

10)
外國では雪轆は仲々人氣があると見え Roy. Met. Soc. で編輯した文獻
集があつたり R. Meyer の¹¹⁾ “Schneewalzen,, (Korrespondenzblatt des
Naturforscher-Vereins zu Riga, Vol. 52. 1909) は 1808~1909 年間の資
料を編んだものと云ふ事である。



第 27 圖 雪 草 (Cornish)

Talman の見界による
と斯様なものゝ成因は初
め小團塊が出来て、それ
が積雪面上を轉々する中、
特に雪面が附着し易い様
な場合には次第に大き
さを増して行くであらうが、
初めの小團塊の發生を説
明し盡す事は容易でない。
殊に雪面に數百數千のも
のが一時に出来る事など
は簡単に片付け切れない
と述べてゐる。

12)
Kleinschmidt の示し
た雪球も雪轆の一種と見
なすべきであるが之は高
所から落下した雪が因で出

来た例であらう。(第26圖)

斯様な現象に興味を持たるゝ人の爲めに若干の文献を附記しておく。

Hart, S.: Natural snow ball. Nature, Vol. 28. pp. 483. 1883.

Symons, G. J.: Snow rollers. Nature, Vol. 28. pp. 507. 1883.

Bentley, W. A.: Snow rollers. M. W. R. Vol 34. pp. 325. 1906.

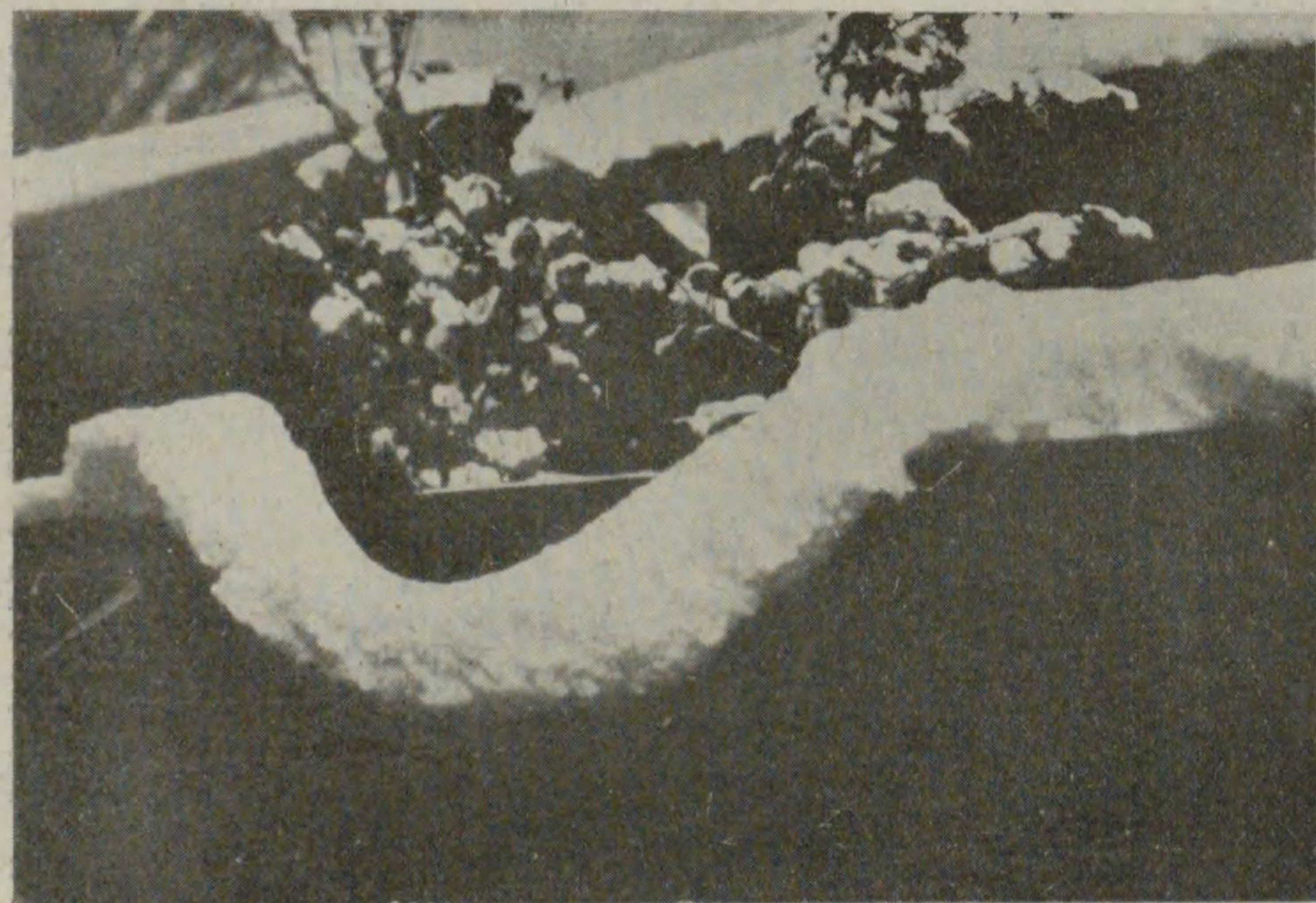
Reed, C. D.: Snow rollers. M. W. R. Vol. 60. pp. 252. 1932.

“Schneewalzen”, M. Z. Bd. 6. pp. 200. 1889.

M. Z. Bd. 13. pp. 78, 1896,

樹や柱の上に特異な形で雪が積る事がある。Cornishはこの種の種々な形状を入念に観察し、丈の低くて單に雪面の饅頭型に膨らんだものを「雪饅頭」(Boss of snow), 草状のものを「雪草」(snow-mushroom), 高い所に帽子の如く積つたものを「雪冠」(snow-cap) 等と呼んでゐる。第27圖は「雪草」の一例である。

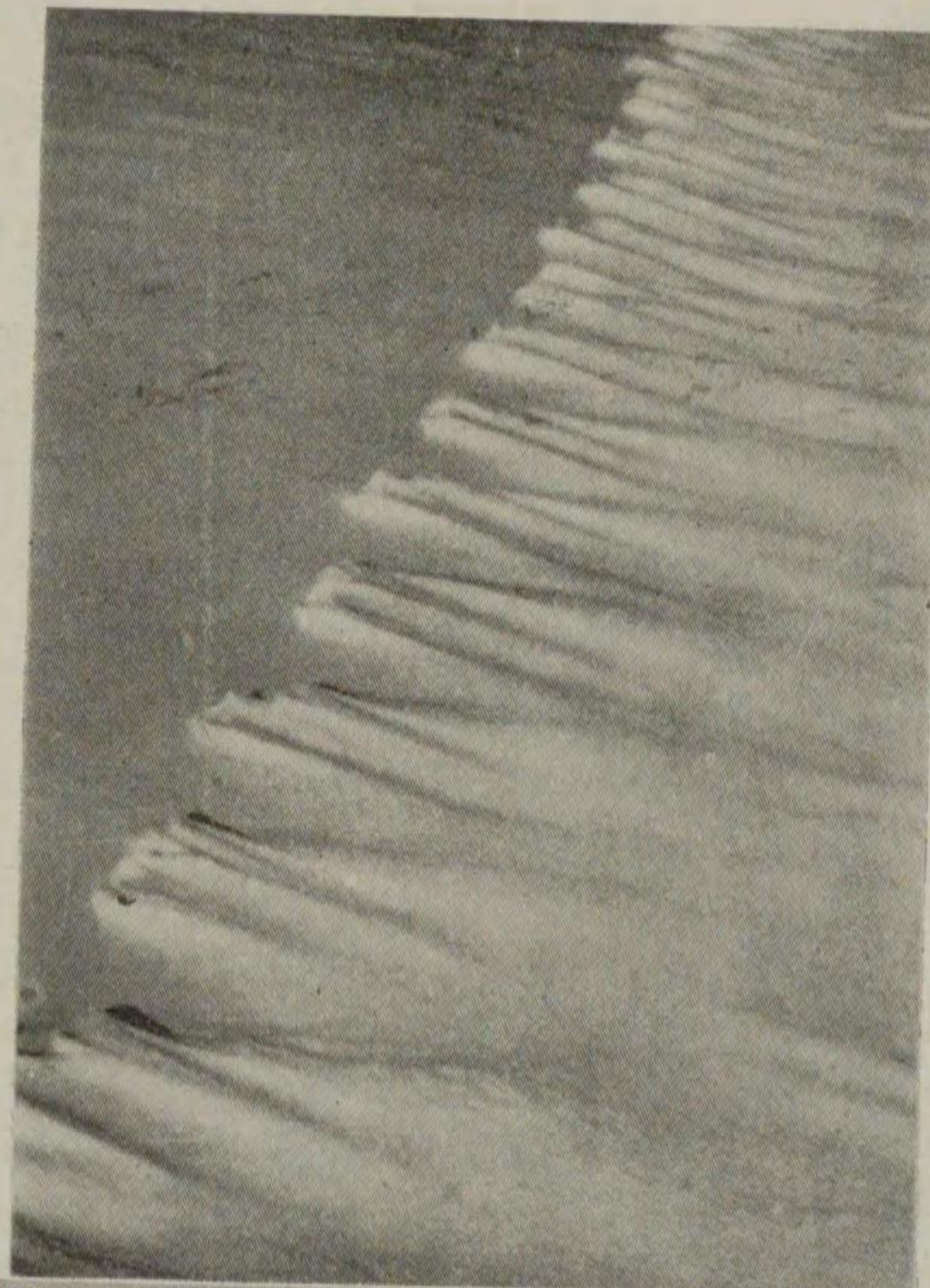
塀や木の枝に紐状に垂れる「雪紐」と云ふものがある。第28圖は Talman¹³⁾



第28圖 雪紐(大地, 高山)

の著書から選んだものであるが、原圖は大地四郎氏の¹⁴⁾記事に出てゐるものである。(大正14年1月31日午前9時 高山威雄氏撮影)

雪紐の観測記事としては Hellmann¹⁵⁾が1839年2月にベルリンの Thier-



garten の木に出来たのを記載したのが最も古いらしく、彼によつて呼ばれた。“Schneeguirlande”, を Humphreys¹⁶⁾は初の命名となしてゐる。

観測記事は猶幾つも數へ得るが簡略に文献¹⁷⁾欄へ數例を列記した。併し之が成因に就いては餘り深い研究は出来てゐないらしい。

Humphreys は、雪面が融ける場合、水膜によつて紐が掩はれ、その張力によつて支へられるのであらうと考へた。

安齋 徹氏¹⁸⁾は多濕の積雪が樹枝上に積つて、やがて重力で垂下し、



第29圖 狐の足跡(Seligman)

雪面が梢と接觸を離れた時、四方の空中に蒸發面積を擴大するから蒸發熱の放散による凝結が起きて暫く落下せず懸つてゐるのではないかと述べられた。

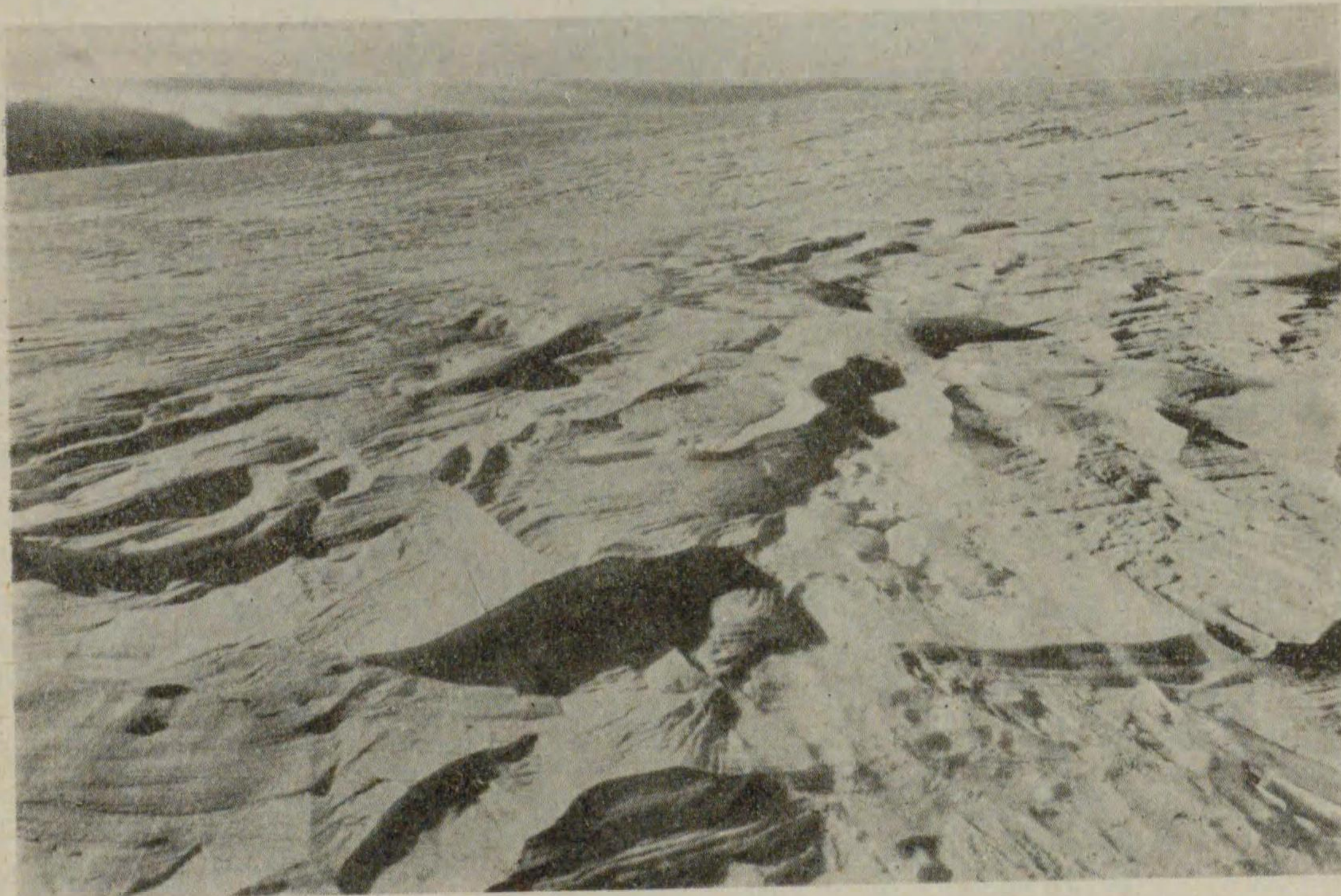
濕つた粒状雪の積雪面が雨に逢ふと、積雪が收縮を起して雪面に溝状の割目¹⁹⁾が出来ると云ふ。Barton は之を雪溝 (Silloné) と呼んでゐる。

雪面の侵蝕景にも雑多なものがある筈である。Seligman の寫眞に見える狐の足跡は、踏まれた部分だけ固くなつて、他の部分より永く侵蝕に耐えて残存した珍奇な類である。(第 29 圖)

雄大なスカブラ (Skavler) は風の侵蝕に依つて成つた景觀であると云ふ。(第 30 圖)

Skavler とはノルウェイ語で海の波を意味する。sastrugi と云ふ辭も時に英獨語の場合には同じ意に用ひられる (Seligman)。

樺太に於けるスカブラに就いては畠山久尙²⁰⁾氏の報告があり、又風成積雪面、



第 30 圖 Barne 氷河上のスカブラ (Seligman)

融雪雪面に關する觀察録がある。

- 1) 畠山久尙: 障碍物によつて起る積雪の不整に就いて 氣象集誌 II. 12 卷, 227 頁. 昭. 9 (1934)
- 2) Seligman, G.: "Snow structure and skii fields,, (前掲)
- 3) 福井英一郎: 砂丘地帯に於ける積雪分布に就いて 地理學評論 12 卷. 395 頁. 昭. 11 (1936)
福井英一郎: 昭和 9 年冬季に於ける北陸地方の積雪に就いて 地理學評論 11 卷 70 頁. 昭. 10 (1935)
- 4) Cornish, V.: "Waves of Sand and snow. (前掲)
- 5) 吉澤庄作: 天狗の雪投 氣象集誌 37 卷. 95 頁. 大. 7 (1918)
- 6) 岡田武松: 『雨』121 頁 (前出)
- 7) Lang, C.: Eigenthümliche Form vom Schneetreiben. M. Z. Bd. 6 pp. 153. 1889.
- 8) 村本久一: 積雪に就て 氣象集誌 37 卷. 234 頁. 大. 7 (1918)
- 9) 大森宗祐: 雪糺 森林治水氣象彙報 8 號. 127 頁. 大. 15 (1926)
- 10) Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. Vol. 34, pp. 88. 1908.
- 11) Talman, F.: Snow Rollers. (Bibliographic Note) M. W. R. Vol. 49, pp. 18. 1921.
- 12) Kleinschmidt, E.: Eigenartige Schneeformen. M. Z. Bd. 48. pp. 399. 1931.
- 13) Talman, C. F.: "The Realm of the Air,, pp. 68. New York 1931.
- 14) 大地四郎: 雪糺觀測記 氣象集誌 II. 3 卷. 47 頁. 大. 14 (1925)
- 15) Hellmann, G.: Schnee-guirlanden. M. Z. Bd. 6. pp. 120. 1889.
- 16) Humphreys, W. J.: Snow-garlands. M. W. R. Vol. 63. pp. 162. 1935.
- 17) Assmann, : Mikroskopische Beobachtungen der Struktur des Reifs, Rauhreifs und Schnees. Das Wetter. Jr. 6. pp. 129. 1889.
Siebert, : Schneeguirlanden. Das Wetter, Jr. 12. pp. 24. 1895.
Kassner, C.: Schneegirlanden. Das Wetter Jr. 24. pp. 141. 1907.
Lampa, A.: Merkwürdige Schneegebilde M. Z. Bd. 34. pp. 266. 1917.
- 18) 安齋 徹: 雪糺 天氣と氣候 2 卷. 17 頁. 昭. 10 (1935)
- 19) Barton, E. C.: Snow furrows and ripples. Nature, Vol. 109. pp. 374.

1922.

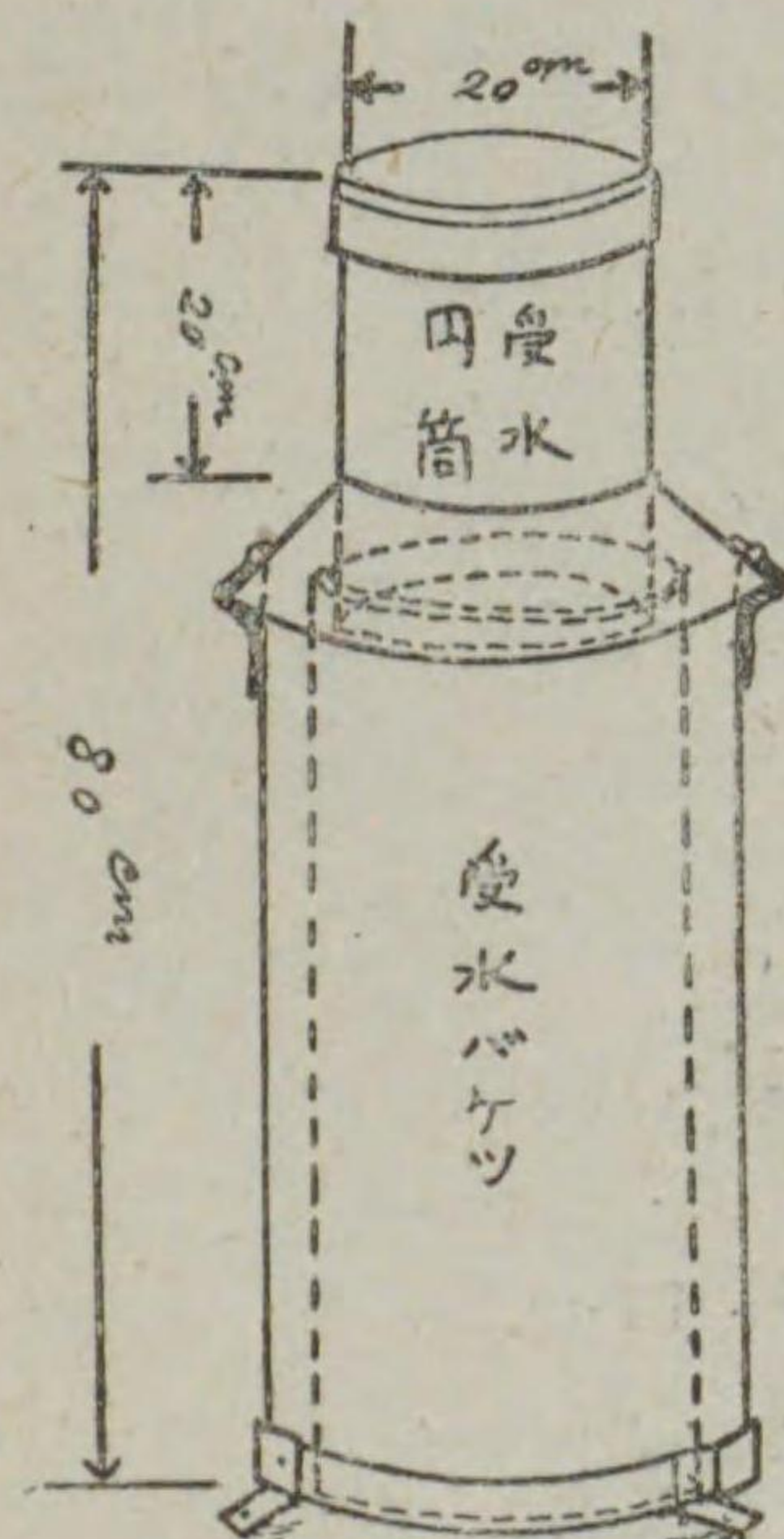
- 20) 畠山久尙: 風で出来る積雪面の模様 天気と氣候 2巻. 564頁. 昭. 10 (1935)
- 畠山久尙: 融雪の際の雪面の模様 天気と氣候 3巻. 11頁. 昭. 11 (1936)

3. 降雪量の測定

雪が人生に至大な関係を持つ他の重要な事柄は、降つた雪が水として溶けた場合の水量の問題である。之に就いても先づ測定法が考へられなければならない。要領を「¹⁾氣象觀測法」から探つておく事は一般にも多く参考になるであらう。

「雪量を測るには雪量計を用ゆ。此器械は雨量計と同じ口径 (20 cm) を有する長き圓筒器にして之を露場内に据付け其中に積りたる雪量を天秤形測器により之を測るものなり。但し雪量は雪が悉く融解して水となりたるものゝ高さを雨量と同様耗にて表はす。又場合によりては圓筒器中の雪に既知量の温湯を注ぎて之を融かし水となして其量を測り温湯の量を差し引くも可なり」

降雪量の測定は、雪の多寡などの別によつて測器にも種類がある。

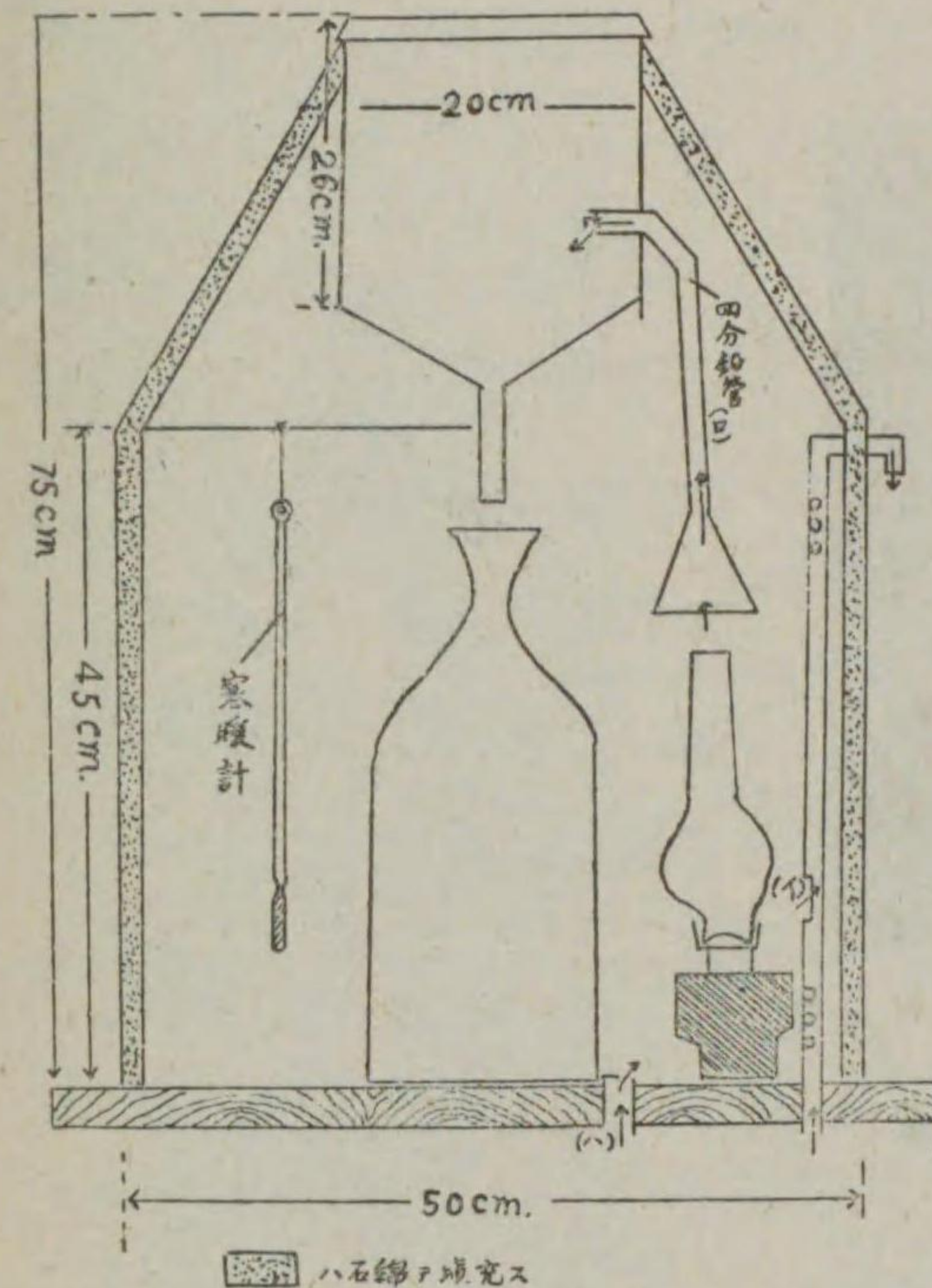


第31圖 雪量計 (武田)

少雪の場合には温湯注入法が至便であるが、多雪地では雪量計が雪中に埋没したりする事も出来てその方の用心もしておかねばならない。

この様な場合に備へる爲めに、²⁾藤原咲平氏や坂本豹二氏に考案がある。之等は孰れも雨量計に簡単な設備を施して、積雪と溜水との合計を得易からしめ、或は雨量計の埋没位置などを容易に探し當てる風に考慮したものであるが、殊に雪の深い山地の測候所等では特別な測器を用意して利便な事も多い。その一種を武田繁後氏⁴⁾の報文から探つて見た。(第31圖)

(この雪量計測定値とルヘマン型雪量計値とを比較して差は僅少 (武田繁後) 又普通雨量計値とは殆ど同じになつた (吉田重助: 雪量計比較觀測成績. 其二 森林治水 氣象彙報 12 號. 234 頁. 昭 7 (1932))



第32圖 融雪装置付雨量計 (吉田)

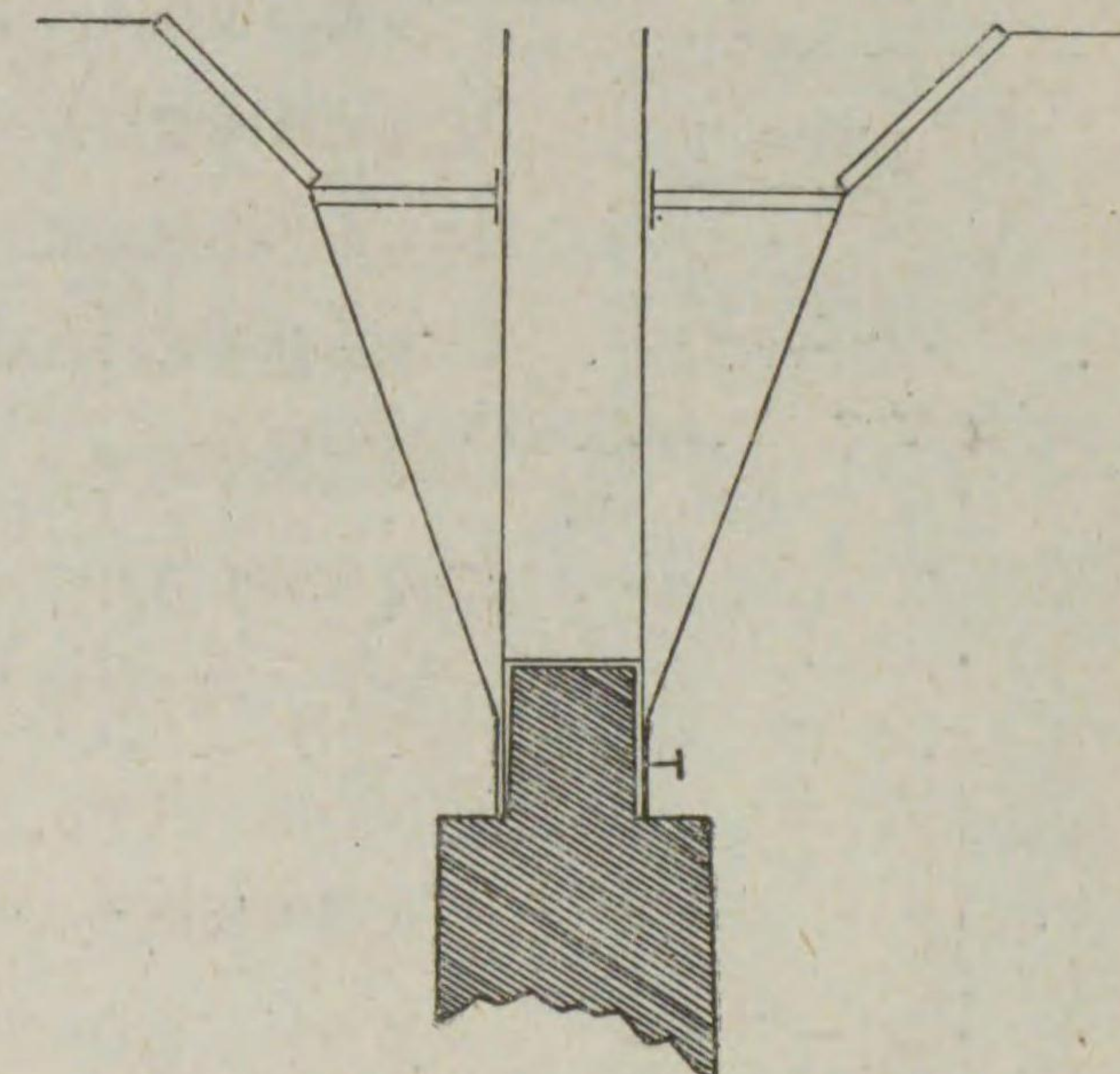
受雪口が雪でつまつてしまつて、正しい雪量を測れなくなる惧が深雪地では稀ではないであらう。かくて案出されたものに連続融雪式 (或は融雪装置附) と稱せらるものもある。之は練炭或はランプの火熱を用ひ、降り来る雪を直に融かして溜水瓶に受ける様に仕組んだものである。この型のものを例示すべく吉田重助氏⁶⁾の圖版を引用した。(第32圖)

この測器には下記の補正値が求めてあ

る。E=0.120+0.155 x.

式中 E は本器測量と普通器測量との差 (mm), x は普通器測量 (mm) である。

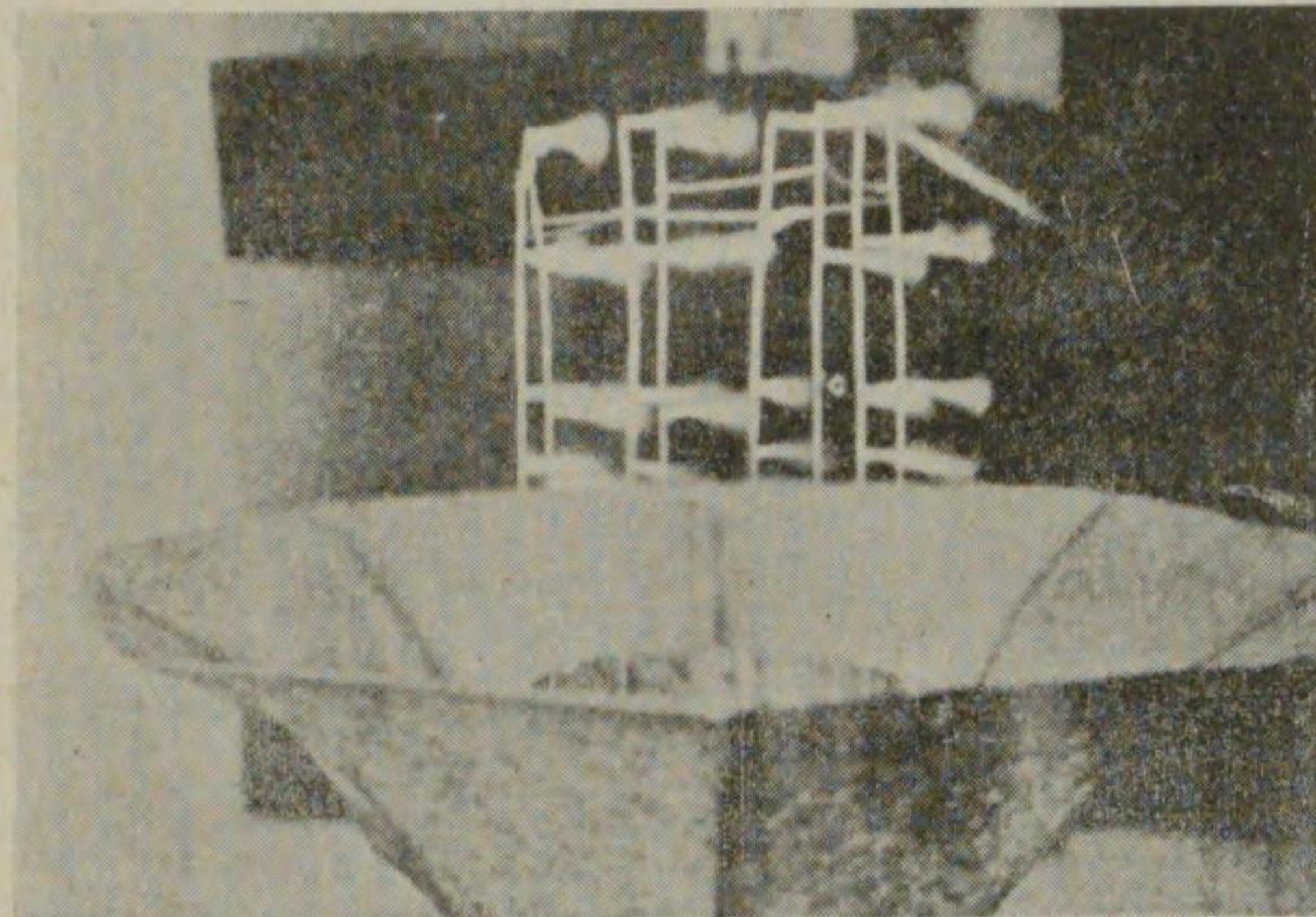
普通雨量計型の積雪計では受雪口が障碍となつて氣流の擾亂を起し、受雪の適正が保し難いと云ふ危惧も擧げられ、その爲めの設備として Nipher の風除が多く用ひられる。第33圖は



第33圖 Nipher 型風除

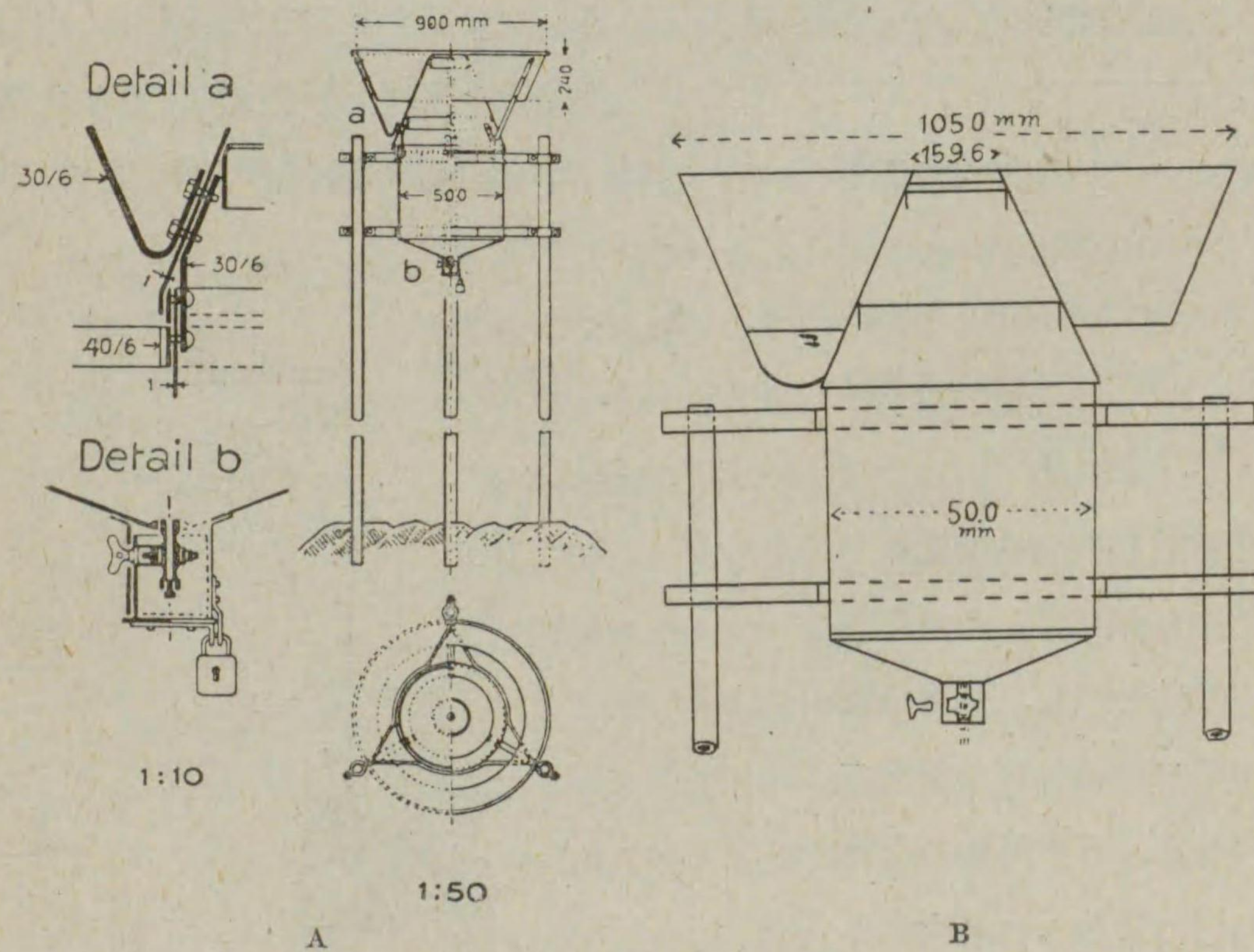
7) Brooks の論文から採つた。

8) 斯様な風除にも種々の型があるが、Guy は風向の均齊さを主眼として実験を行ひ、第 34 圖の如きものが好適であると判断した。(風除の上端が雨量計口の上方より 3 吋高い)



第 34 圖 Guy 型風除

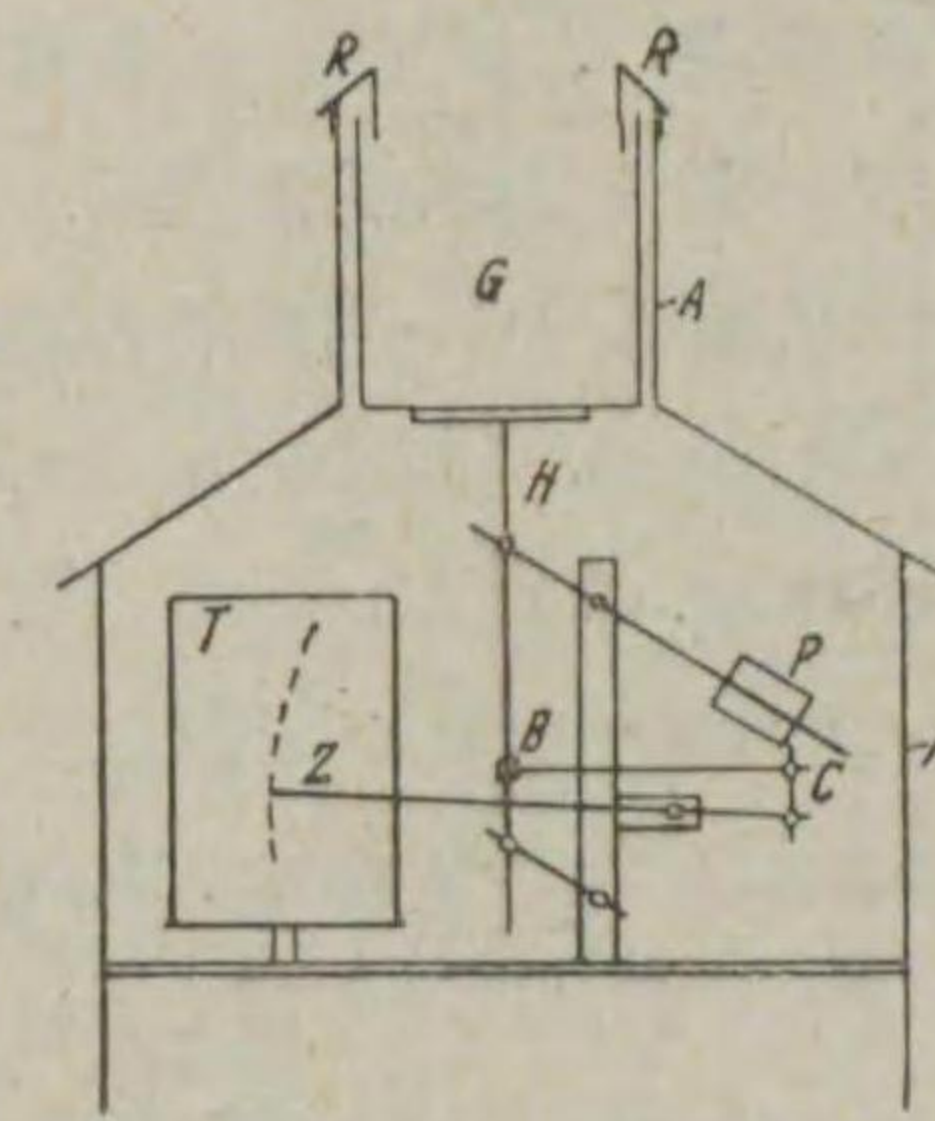
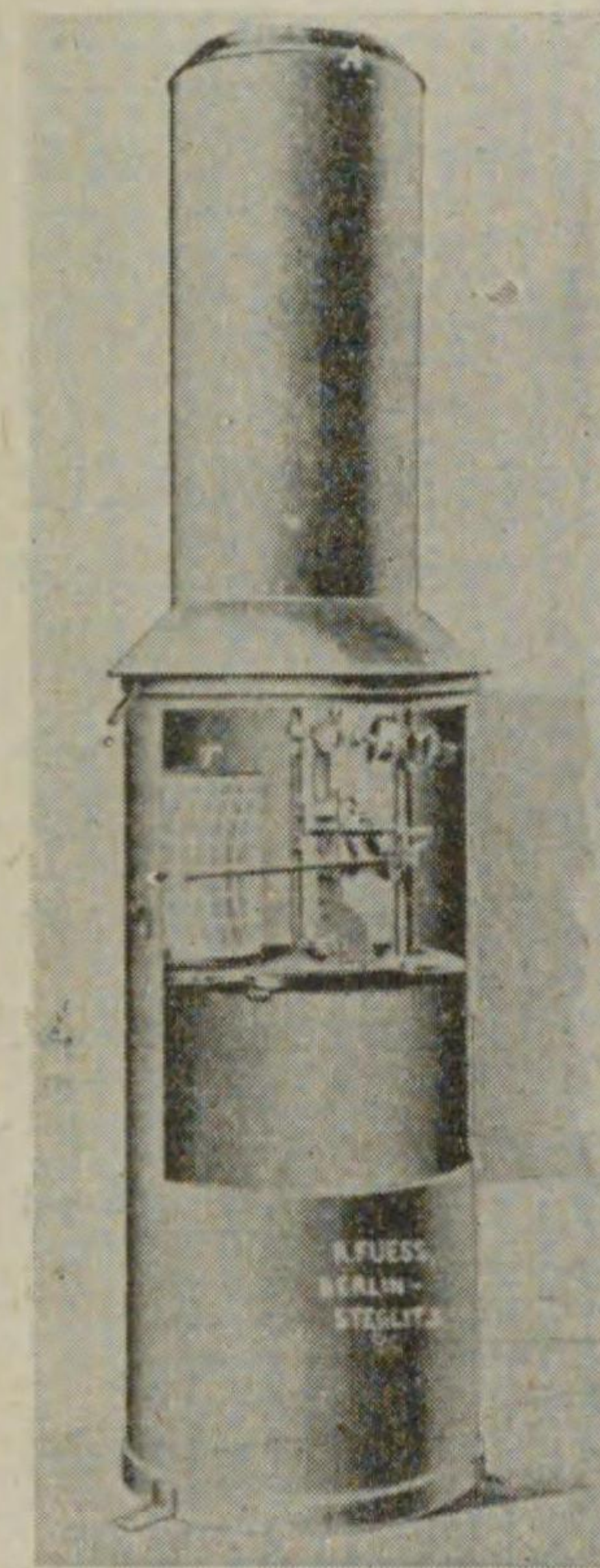
數週間乃至數ヶ月もの長い期間設置して、其の期間の雨雪量の總量を測る目的で作られた集量計 (Totalizer) と稱さるゝものもある。吾國では未だ實施あるを聞かぬがスイス地方で盛んに



第 35 圖 Totalizer: A. (Brooks) B. (Mercanton et Billwiller)

用ひられてゐるやうである。

9) 就中 Mougine 型が最も好評と云ふので第 35 圖に採つて見た。



A: 外觀 (Hellmann) B. 自記雪量計要部 (Kleinschmidt)

第 36 圖 Hellmann-Fuess 型自記雨雪量計

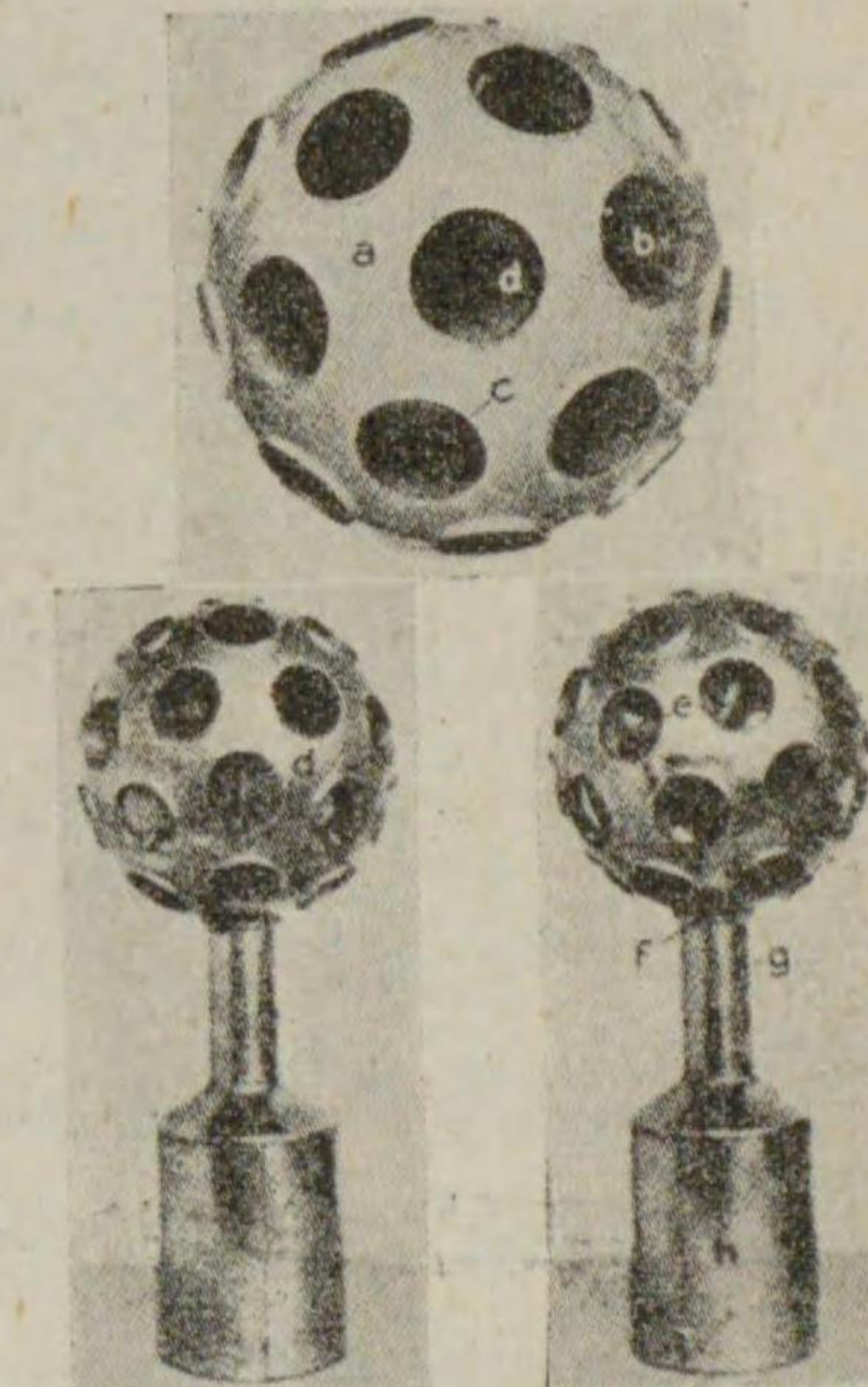
12) Sprung にもこの種の機器の考案がある。

單にその種類を挙げるとならば、傾斜地に於て利用さるゝ Haas-Lütschg 式球型雨量計¹³⁾などもあるが、吾國では用ひられた例もないので圖版に要部を示すのみで詳細は割愛する。(第 37 圖)

最後に注意すべき事は、種々の氣象觀測報告等に記載されてゐるのは多く「降水量」であつて、之は雨、雪等の總量を表はしてゐると云ふ

雨雪量を連続して機械的に自記させる装置も是非欲しいものである。この目的に副はんとしたものに¹⁰⁾ Hellmann-Fuess 型がある。(第 36 圖)

機械の要部を Kleinschmidt¹¹⁾ の概要圖から取つて見ると G なる受雪函に降り込んだ雨雪の重量は、降水量に換算せられて自記紙上に描かるゝのである。尙



第 37 圖 Haas-Lütschg 式球形雨量計 (Lütschg)

事である。大部分が雪として降る様な土地では、降水量は又降雪量とも見做し得るであらうが、厳密には両者は異なるものと心得ておくのが肝要である。

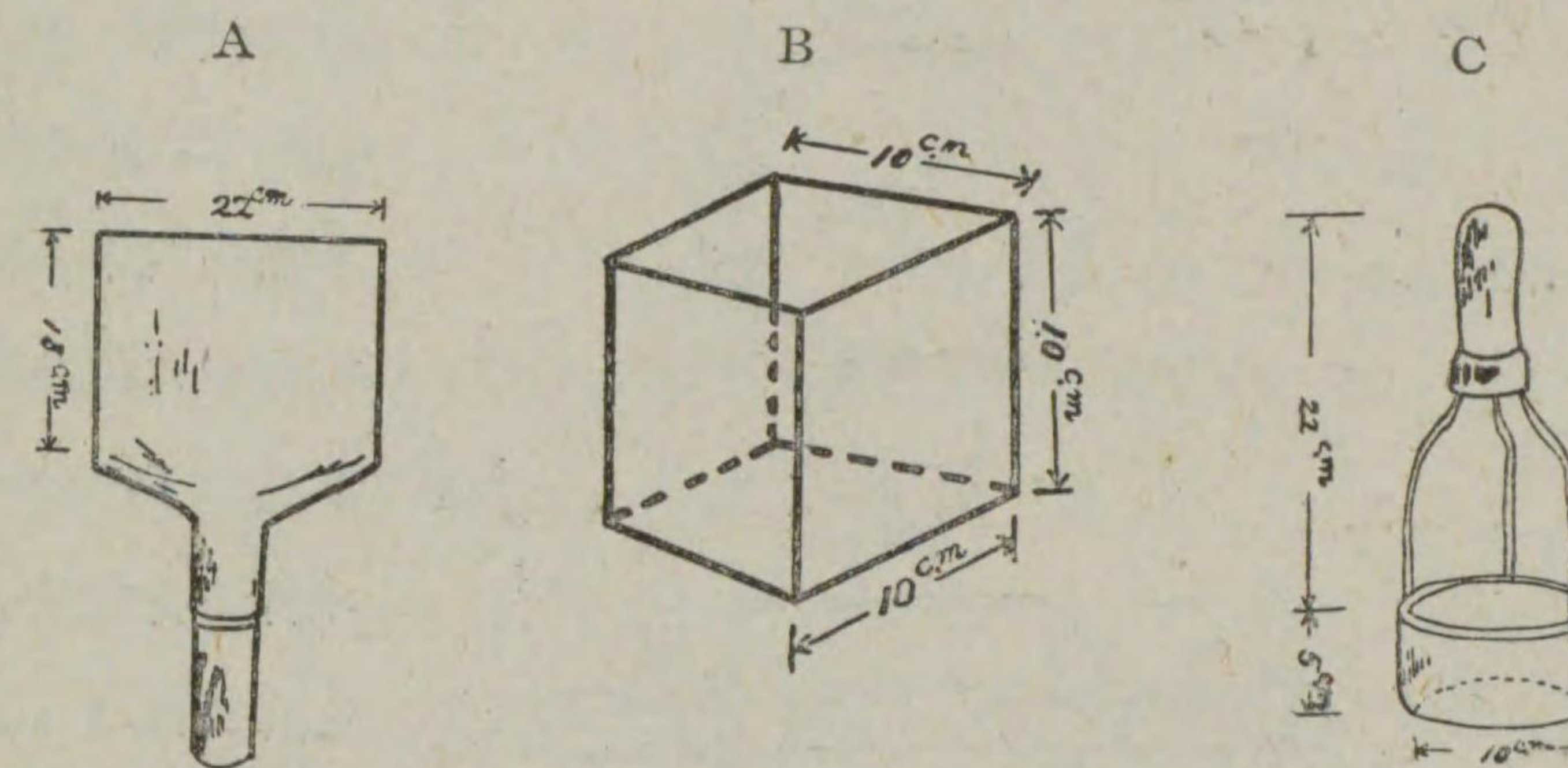
- 1) 中央氣象臺：『氣象觀測法』(前出) 60 頁。
- 2) 藤原咲平：雪量計の一案 氣象集誌 37 卷. 208 頁. 大. 7 (1918)
- 3) 坂本豹二：雪量計の一案 氣象集誌 37 卷. 260 頁. 大. 7 (1918)
- 4) 武田繁後：雪に関する二三の觀察 森林治水氣象彙報 10 號. 111 頁. 昭3(1928)
- 5) 勝谷稔：雪量計比較觀測成績 森林治水氣象彙報 12 號. 228 頁. 昭. 7 (1932)
- 6) 吉田重助：融雪装置附雨量計試驗報告 森林治水氣象彙報 10 號. 130 頁.
- 7) Brooks, C. F.: Need for universal standards for measuring precipitation, snowfall and snowcover. Trans. I. C. S. G. Bull. 23. pp. 1. 1938.
- 8) Guy, L. T.: Snow studies on Bogong high plains by State Electricity Commission of Victoria, Australia. Trans. I. C. S. G. Bulletin. 23. pp. 213. 1938.
- 9) Mercanton, P. L. et Billwiller, R.: Indications pour L'Emploi des Totalisateurs de precipitations. Trans. I. C. S. G. Bull. 23. pp. 755. 1938.
- 10) Hellmann, G.: Ein neuer registrierender Schneemesser. M. Z. Bd. 23. pp. 337. 1906.
- 11) Kleinschmidt, E.: "Handbuch der Meteorologischen Instrumente", pp. 282. Berlin. 1935.
- 12) Sprung, A.: Die registrierende Laufgewichtswage im Dienste der Schnee-Regen-und Verdunstungsmeesung. M. Z. Bd. 25. pp. 145. 1908.
- 13) Lütshg, O.: Der Kugelnie erschlagsmesser Haas-Lütshg. Gerl. Beitr. z. Geoph. Bd. 50. pp. 423. 1937.

4. 積雪の密度

積雪の密度の問題は、積雪の物理的性情に關聯する處多く、重要な研究主題である。之に就いて述ぶべき事は少くないが i) 觀測法, ii) 積雪の深さと密度, iii) 密度の時間的變化, iv) 積雪景と密度等に就いて述べて見やう。

i) 密度の測定

吾國では積雪に縦斷面を穿つて所要の深さの試料を採り、之を秤量する方法が多く行はれてゐるやうである。積雪が柔かい場合或は比較的硬い場合などで採雪具にも工風を凝らし測定に便ならしむる様に心懸けられる。武田繁¹⁾後氏報文所載の用具は一般に便利多いものと考へられる。(第 38 圖)



A 切取板(銅製) B 採雪用角筒(亞鉛引鐵板 30 番製)(軟雪用) C 採雪用圓筒(銅製)(硬雪用)

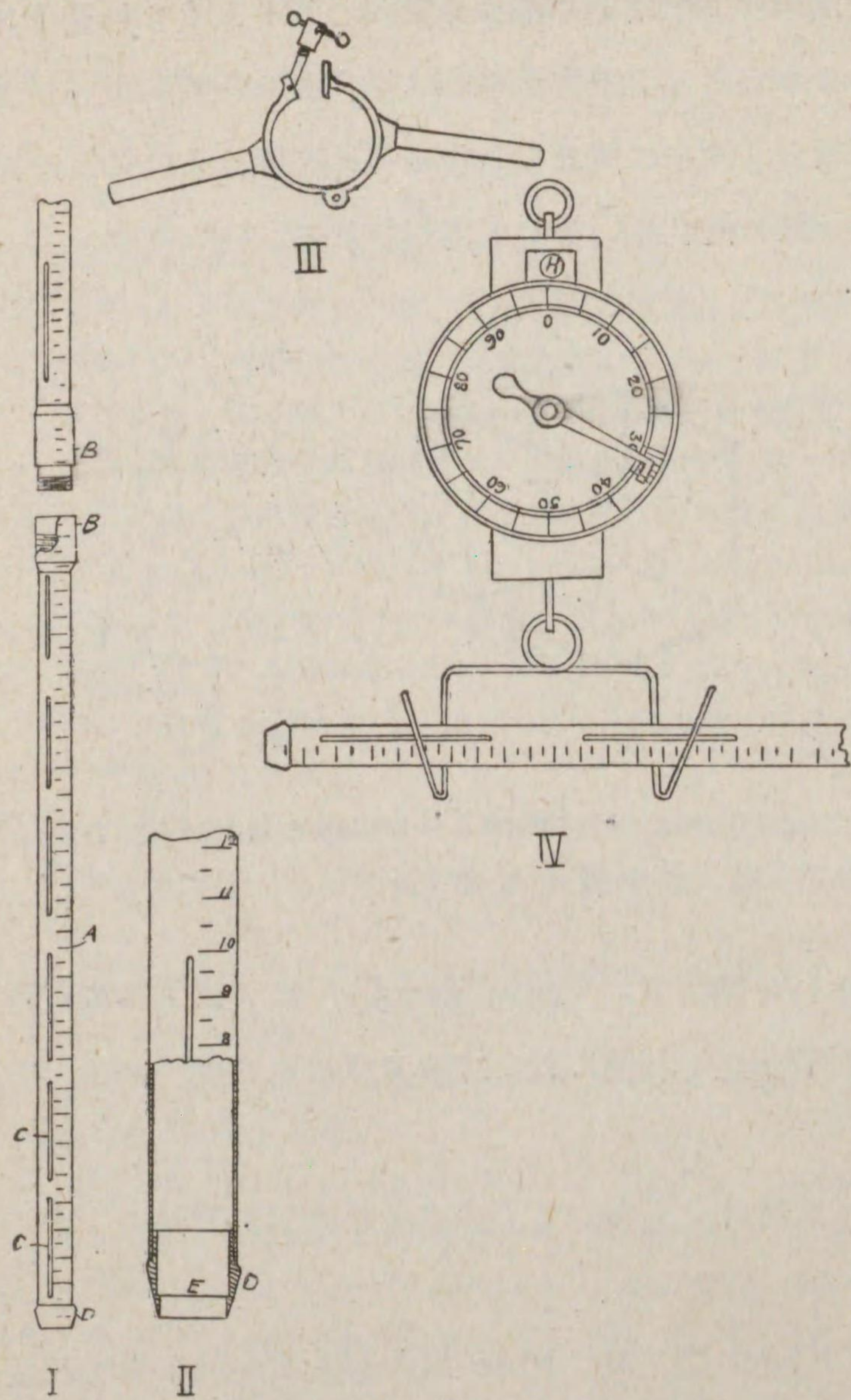
第 38 圖 密度測定用具(武田)

アメリカで多く用ひられる携帯式の Snow sampler は吾國では未だ實用に供された例は聞かぬが將來之が利用に就いても考慮される要があるのではあるまいか。

之は積雪計でもあり、比重計でもあつて、含水量の算定が簡便に出来る所に特徴がある。

Snow sampler には Kädel 型²⁾、Mt. Rose 型等があるが就中後者が最も一般的と考へられるので Church の報文によつて略記する。³⁾

第 39 圖の I は積雪中に突き刺して、試料を採掘すると同時に積雪の深さの讀取も出来る。管 A は雪の深さに應じて幾段にも繼ぐ事が出来、切先 D は硬い積雪層をも突き破る鋭利さと同時に、一旦管中に採られた試料が容易に落ちて行かない様に栓の役目をも兼ね備へてゐる。II はその部分の擴大圖である。



第39圖 Mt. Rose 型 Snow-sampler (Church)

特定の雪層に就いては、雪の密度は深さを増すにつれ増大するものと考へられる。

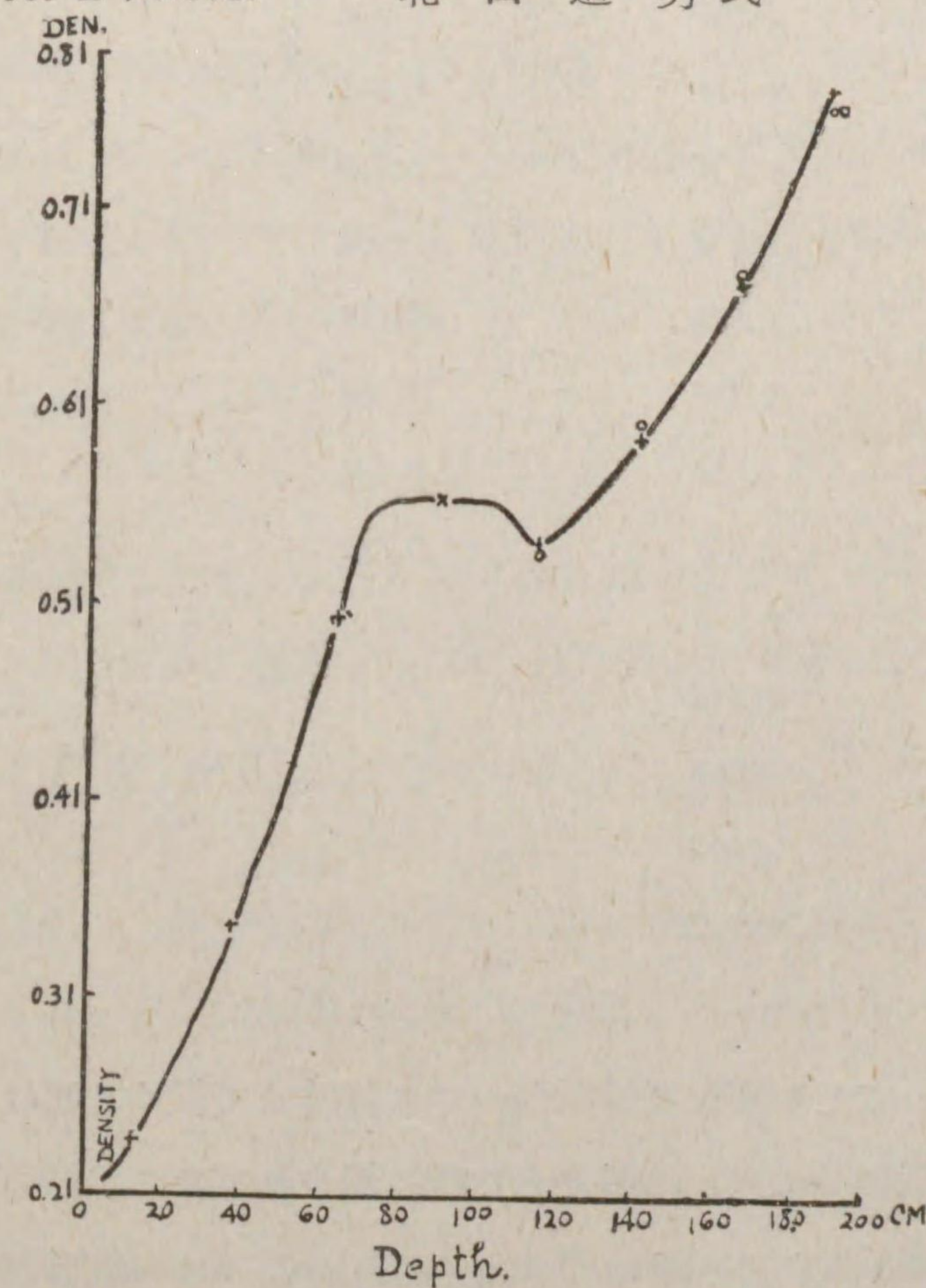
この事は一般に實測の結果に照らし合はせて眞實であつて雪の密度 (ρ) は深さ (Z) の函數として表はされる。以下にその實驗式例を掲げる。

(ρ の單位は g/cm^3 , Z は雪表面からの深さにして cm 單位)

C は溝孔で、管につまつた雪をのぞく事が出来、従つて管に刻まれた尺度によつて積雪の深さが知られる。III は管 A を固い雪中へ突き立てるのに用ひるネヂリ具、IV はゼンマイ秤で採掘管に試料を容れたまゝ之に懸ければ目盛盤の針が直にその雪を全部融かした場合の水の深さを示す様にしたものである。之から積雪の比重、含水量等が勘定される。

ii) 積雪の深さと密度

- $\rho = 0.101 + 0.0055 Z$ 岡田武松氏⁴⁾ (適用深度凡 45 cm)
- $\rho = 0.1695 + 0.0037 Z$
- $\rho = 0.0738 + 0.1453 \log Z$
- $\log \rho = \log 0.1854 + 0.00545 Z$
-阿部幸次氏⁵⁾ (70 cm)
- $\rho = 0.12365 + 0.00375 Z$ 米田智眼氏⁶⁾
- $\rho = 0.1410 + 0.0470 Z$ 高信保氏⁷⁾ (55 cm)
- $\rho = 0.069 e^{0.0102 Z}$ 鷺坂清信氏⁸⁾ (10 cm 以深)
- $\rho = 0.1616 + 0.0030 Z$ 國井幸次氏⁹⁾ (55 cm)
- $\rho^{2.930} = 0.0009 Z + 0.0027$ 北田道男氏¹⁰⁾



圖は地點II-VIIIの値を描けるもの(Henry: the Density of snow)
第40圖 積雪の密度 (Defant)

$$\rho = 0.049 + 0.298 e^{\frac{-226.4}{z^2}} \dots\dots\dots \text{北田道男氏}^{11)} (20 \text{ cm})$$

$$\rho = 0.1449 + 0.0031 Z \dots\dots\dots \text{赤井清康氏}^{12)}$$

$$\rho = 0.116 e^{0.0469 Z} \dots\dots\dots \text{同氏}$$

この種の外国資料中最も著名なのは Defant の ¹³⁾Sonnblick (3106 m) に於ける Goldberg 氷河の雪に関する測定であらう。(第 40 圖)

その測定 (1908 年 8 月) の結果を摘記すれば

深さ (cm)	密度	
	地點 I.	地點 II—VIII.
12.5	0.280	0.236
37.5	0.388	0.344
62.5	0.515	0.505
87.5	0.632	0.564
112.5	0.608	0.545
137.5	0.538	0.594
162.5	0.534	0.674
187.5	0.542	0.795
212.5	0.556	
237.5	0.556	
262.5	0.583	
287.5	0.578	
312.5	0.607	

以上の如きものでこの変化は簡単な一つの實驗式で纏める事は出来ず、結局雪層を二つに區切つて夫々に適合する様に編まれてゐる。即ち

$$\text{地點 I. (深さ } 0 \sim 80 \text{ cm) } \log \rho = \log 0.2404 + 0.00529 Z$$

$$(162.5 \sim 312.5 \text{ cm) } \log \rho = \log 0.4863 + 0.00025 Z$$

$$\text{地點 II-VIII. (深さ } 0 \sim 70 \text{ cm) } \log \rho = \log 0.1946 + 0.00663 Z$$

$$(112.5 \sim 187.5 \text{ cm) } \log \rho = \log 0.3198 + 0.00201 Z$$

の如きものである。

一般に深さに伴ふ積雪の密度の増加が、單に雪層の壓力に比例すると考へて差支へないのは短時間に降り積つた比較的薄い雪層に限られる。

日々天候の變化に従つて融解や凍結が繰返された様な古い雪では到底簡単な推理や手段では深い全雪層の密度の分布などを求むる事は出来ないであらう。

¹⁴⁾Alciatoire は Sierra Nevada の測定値を以て此の事を述べ、¹⁵⁾Alps は Summit. Calif. の結果に基いて、同様な意見を述べてゐる。

¹⁶⁾Weinberg は Abels, 阿部, 岡田, Defant 諸氏の實驗式を批判するとて、積雪を單なる物體と考へず、現象と解釋すべきであるとなし、密度 ρ は壓力 p と、それが働く時間 τ との函数、

$$\rho = f(p, \tau)$$

と思考した。

各降雪毎の開始の時を τ'_i , 終止を τ''_i , τ 時の壓力を $p\tau$ とすると、 τ なる時刻に於ける或る定點の密度 ρ は次の様な式から求まると云ふ。

$$\rho = \sum_{i=1}^n \left[\int_{\tau'_i}^{\tau''_i} \frac{df(p, \tau)}{d\tau} d\tau + \frac{df(p, \tau)}{d\tau} (\tau'_{i+1} - \tau''_i) \right]$$

其の他降雪中の、及び降雪と降雪との間の時間の経過につれて密度が如何に増加すべきかと云ふ問題等を理論的に考究してゐるが實測値を以てする吟味には及んでゐない。

積雪密度の理論的考察もさること乍ら實測値の數例を掲げておく事も無駄ではあるまいと考へられたので高田に於ける 200 糎以上の積雪に就いての結果を「氣象雜纂」¹⁷⁾から選んで下に轉載した。

積雪ノ深サ(cm)	観測場所(原) 観測月日(昭4.2月4日) 観測者(佐々木孝一)	(青柳) (2月16日) (佐々木孝一)	(砂場) (2月16日) (泉末雄)	(天水越) (3月7日) (泉末雄)	(赤倉) (3月15日) (佐々木孝一)
0—5	0.16	0.11	0.04	0.05	0.14
5—10	0.14	0.13	0.04	0.07	0.16
10—15	0.16	0.15	0.08	0.15	0.23
15—20	0.17	0.15	0.08	0.21	0.21
20—25	0.14	0.15	0.09	0.27	0.20
25—30	0.16	0.15	0.09	0.27	0.20
30—35	0.15	0.16	0.16	0.34	0.19
35—40	0.15	0.17	0.12	0.37	0.24
40—45	0.15	0.16	0.12	0.34	0.34
45—50	0.15	0.16	0.16	0.33	0.31
50—55	0.15	0.16	0.24	0.36	0.31
55—60	0.15	0.16	0.19	0.37	0.30
60—65	0.17	0.16	0.20	0.40	0.31
65—70	0.18	0.15	0.23	0.42	0.37
70—75	0.19	0.17	0.21	0.41	0.35
75—80	0.21	0.18	0.22	0.39	0.31
80—85	0.24	0.19	0.26	0.36	0.33
85—90	0.23	0.21	0.25	0.36	0.37
90—95	0.24	0.23	0.28	0.40	0.39
95—100	0.29	0.23	0.25	0.38	0.39
100—105	0.37	0.22	0.26	0.38	0.33
105—110	0.31	0.23	0.27	0.39	0.36
110—115	0.31	0.22	0.26	0.42	0.34
115—120	0.37	0.24	0.24	0.43	0.35
120—125	0.35	0.23	0.25	0.41	0.35
125—130	0.32	0.23	0.25	0.38	0.39

130—135	0.27	0.23	0.24	0.36	0.38
135—140	0.29	0.25	0.27	0.36	0.39
140—145	0.29	0.27	0.28	0.32	0.37
145—150	0.28	0.30	0.31	0.34	0.37
150—155	0.28	0.25	0.28	0.36	0.38
155—160	0.30	0.27	0.33	0.35	0.39
160—165	0.34	0.28	0.32	0.36	0.39
165—170	0.37	0.29	0.32	0.35	0.40
170—175	0.37	0.27	0.30	0.37	0.40
175—180	0.38	0.28	0.29	0.40	0.38
180—185	0.39	0.29	0.29	0.37	0.39
185—190	0.40	0.31	0.29	0.34	0.39
190—195	0.39	0.31	0.31	0.38	0.39
195—200	0.38	0.31	0.31	0.36	0.41
200—205	0.41	0.34	0.30	0.36	0.38
205—210	0.40	0.37	0.32	0.39	0.36
210—215	0.37	0.32	0.33	0.40	0.35
215—220	0.40	0.30	0.32	0.40	0.37
220—225	0.40	0.37	0.34	0.42	0.38
225—230	0.43	0.39	0.37	0.42	0.39
230—235		0.36	0.35	0.42	0.42
235—240		0.38	0.34	0.45	0.40
240—245		0.35	0.38	0.44	0.42
245—250		0.34	0.37	0.41	0.42
250—255		0.36	0.38	0.42	
255—260		0.37	0.37	0.43	
260—265		0.39	0.37	0.45	
265—270		0.35	0.40	0.43	

270—275		0.37	0.42	0.44	
最小	0.14	0.11	0.04	0.05	0.14
最大	0.43	0.39	0.42	0.45	0.42
平均	0.28	0.25	0.26	0.36	0.34
積雪ノ深サ	240.7	283.3	300.5	297.0	305.2

iii) 密度の時間的變化

積雪の密度は微小ながら一日變化をなすものと考へられる。一例を勝谷稔¹⁸⁾氏の實測結果から採つて下表を得る。

時間別平均密度 (地面ヨリノ高サ 0~10 cm)

時刻	2	6	10	14	18	22	平均
平均密度 (I)	0.37	0.37	0.38	0.41	0.39	0.38	0.38
平均密度 (II)	0.41	0.41	0.41	0.41	0.42	0.42	0.42

(I) は 2 月 22 日~26 日間平均 (臥雪期例)

(II) は 3 月 4 日~8 日間平均 (融雪期例)

臥雪期に於いては 14 時, 18 時頃に大きく, 2 時, 6 時の間に小である。

融雪期に入つては差異は極めて小さくなる。

積雪は又降雪, 積雪, 融雪の過程に於て變化する。大森宗祐氏¹⁹⁾に好資料が

積雪密度半旬平均表 (福井縣勝山)

月	日	自	至	月	日	自	至	月	日	自	至
XII	7~11	—		26~30	0.280			17~21	0.414		
	12~16	—		II 31~4	0.337			22~26	0.460		
	17~21	0.137		5~9	0.333			27~31	0.481		
	22~26	0.172		10~14	0.382	IV	1~5	0.509			
	27~31	0.320		15~19	0.408		6~10	0.506			
I	1~5	0.251		20~24	0.387		11~15	0.498			
	6~10	0.267		III 25~1	0.440		16~20	0.479			
	11~15	0.270		2~6	0.404		21~25	0.479			
	16~20	0.266		7~11	0.403						
	21~25	0.249		12~16	0.395						

ある。

初冬は密度最小, 以後漸次増加して融雪期中頃の 4 月初旬に最大に達し, 末期には又僅少の減少を表はしてゐる。

Clyde²⁰⁾ は積雪の密度は全體としては積雪期に漸増し, 融解が初る直前に極大になる。融解が進捗すると密度は大凡 35~40 %に減じ消失する迄殆ど變化がないものと述べてゐる。

Alciatore²¹⁾ は Tahoe の雪に就いて 3 月の平均密度 0.429 が 4 月には 0.463 に増した事を記し, Eckel²²⁾ は Davos での測定で, 2 月末に 0.27 の平均密度が 5 月には 0.43 へと直線的に増加したとも報じてゐる。

iv) 積雪景と密度

特別な積雪景の密度測定としては樹下或は森林内の積雪に關する資料があるのみである。それも甚だ乏しく樹冠下の積雪に就いては武田繁後氏²³⁾の報文を唯一のものとするやうである。測定値は下記の如きもので

樹幹よりの距離 (cm)	60	190	340	460
平均密度 (g/cm ³)	0.381	0.374	0.398	0.405

この場合樹幹より 340 cm なる位置は, 樹冠の端より 60 cm 内側にあり, 従つて 460 cm の位置は樹冠より 60 cm 外側にあつた。樹冠下では一般に密度が小さい事が知られる。

斯様な事實から豫想される事は, 森林内の積雪密度は林外の値より小さいであらうと云ふ事である。

Korhonen²⁴⁾ は林内外の密度の差を表はして次の數字を求めた。

	林 外	林 内
極 大	0.287 (深サ 29.5 cm)	0.280 (深サ 57.5 cm)
極 小	0.222 (深サ 24.0 cm)	0.193 (深サ 19.5 cm)

高山の萬年雪や氷河の密度も調べられた例がある。即ち

- ²⁵⁾
Ratzel: 0.4—0.5 (Brecherspitz)
- ²⁶⁾
Haeuser: 0.34—0.40 (Bayerische Alpen)
- ²⁷⁾
Vallot: 0.48 (Grands Mulets. 3020 m.)

等の如く大體 0.5 内外の値が得られてゐる。

日本の諸地方で行はれた密度測定値は参考資料として要用あるものと考へられたので論文名を文獻欄に掲げた。²⁸⁾(但し既に前項に引用されてゐるものは省略した)

-
- 1) 武田繁後: 雪に關する二三の觀察 森林治水氣象彙報 10 號. 111 頁 (前出).
 - 2) Palmer, A. H.: The region of greatest snowfall in United States. M. W. R. Vol. 43. pp. 217. 1915.
 - 3) Church, J. E.: Das Verhältnis des Waldes und des Gebirges zur Erhaltung des Schnees. M. Z. Bd. 30. pp. 1. 1913.
Church, J. E.: Recent studies of snow in the United States. Q. J. R. M. S. Vol. 40. pp. 43. 1914.
Church, J. E.: Exhibit and discussion of apparatus for measuring snowfall and snow cover, both accumulation and evaporation. Trans. I. C. S. G. Bull. 23. pp. 749. 1938.
 - 4) Okada, T.: On the thermal conductivity of snow. 氣象集誌 24 卷. 1 頁. 明. 38 (1905)
 - 5) 阿部幸次: 雪の蒸發並密度に就いて 氣象集誌 26 卷. 119 頁. 明. 40 (1907)
 - 6) 米田智眼: 積雪の溫度及熱傳導の側面影響に就て 氣象集誌 31 卷. 101 頁. 大. 1 (1912)
 - 7) 高信保: 積雪の溫度及密度の觀測 北海道氣象月報 319 號. 2 頁. 大. 11 (1922)
 - 8) 鷺坂清信: 雪の密度 氣象集誌 II. 3 卷. 66 頁. 大. 14 (1925)
 - 9) 國井幸次: 函館に於ける雪及積雪の密度に就て 北海道氣象月報 461 號. 2 頁. 昭. 9 (1934)
 - 10) 北田道男: 積雪の密度に就て 北海道氣象月報 463 號. 49 頁. 昭. 9 (1934)
 - 11) 北田道男: 積雪に關する二三の調査 北海道氣象月報 476 號. 87 頁. 昭. 10 (1935)
 - 12) 赤井清康: 降水量と積雪量 天氣と氣候 4 卷. 429 頁. 昭. 12 (1937)

θ_g = 最高氣溫 (°F)

θ_l = 最低氣溫 (°F)

Δ = 氣溫と最低雪面溫度との差 (°F), (實測では 4°F)

雪面溫度を種々な氣象要素に對應せしめて調べて見る事も興味ある事である。

³⁾ Satke にこの種の報文が多くあるが Tarnopol で得た結果では、平均雪温は雲量の多い程高く、風力の強い程高温、但し風向に就いては東風の場合が最低で南西風の時に最も高温と云ふ事であつた。

次に積雪内部の溫度であるが、之は雪層に斷面を掘つて所要の位置へ寒暖計を挿入して測温する例の様である。

測定値は吾國には多數にあるが一切省略し、之に關する實驗式を若干紹介する事にした。

積雪内部の溫度は表面より深さを増すに伴つて一般に増温するのであつて、或る深さの溫度 T_z (°C) は、表面からの深さ Z (cm) で示し得ると云ふのである。

適用範圍

$$T_z = -15.383 + 0.4321 Z - 0.00425 Z^2 \dots\dots\dots \text{阿部氏}^{4)} \text{ (50 cm 以下)}$$

$$T_z = -12.893 + 0.2070 Z \dots\dots\dots \text{同氏} \text{ (10 cm 以下)}$$

$$T_z = -14.805 + 0.3416 Z - 0.00178 Z^2 \dots\dots\dots \text{同氏} \text{ (100 cm 以上)}$$

$$T_z = -10.050 + 5.453 \log Z \dots\dots\dots \text{同氏}^{5)} \text{ (100 cm 以上)}$$

$$T_z = -7.714 + 0.2889 Z - 0.00271 Z^2 \dots\dots\dots \text{同氏} \text{ (30 cm 以下)}$$

$$T_z = -12.035 + 0.1678 Z - 0.00073 Z^2 \dots\dots\dots \text{高信氏}^{6)} \text{ (60 cm 以下)}$$

$$T_z = 98.0 Z^{0.007} - 100.0 \dots\dots\dots \text{勝谷氏}$$

又深さに伴ふ溫度の振幅の變化に就いて阿部幸次氏は次式を算出した。

$$\log \alpha_z = \log 6.35 - 0.0498 Z$$

但し α_z は表面より Z cm なる深さに於ける振幅である。

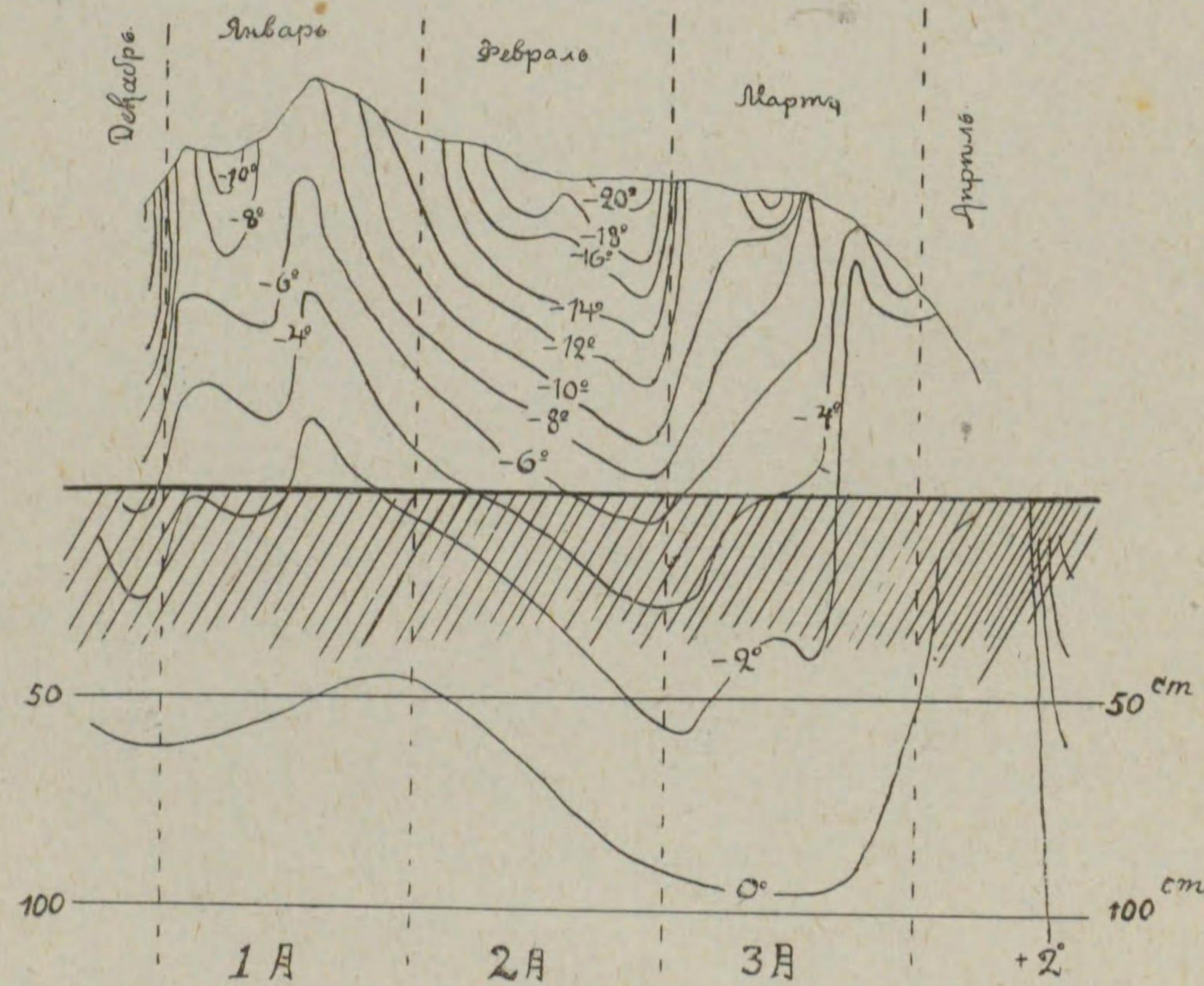
米田智眼氏⁷⁾には深さ Z cm, 或る断面よりの距離 D cm なる點の積雪の温度 $t^\circ\text{C}$ を求むる實驗式と云ふのが求められてゐる。

$$t = -4.455 + 0.033 D + 0.034 Z$$

が、その式である。

一般に雪の表面から地面へ向つて温度が高くなつてゐる。併しその温度は定常なものでは無く、日變化を初め色々な變化を現はすのが常である。

第41圖は⁸⁾Тольскийによつて描かれたロシアの Borowje-Versuchsförsterei (Gouv. Samara) に於ける積雪及地中温度の一冬期 (1909~10 年) の變化を示したものである。



第 41 圖 積雪及地中温度分布圖 (Тольский)

ii) 積雪の熱傳導度

積雪が良く雪下の植物等を、酷烈な寒氣から保護する事は人の知る處で雪が熱を傳へる事の少い事が此の様な事實からも豫想される。

雪の熱傳導度を算定した資料は可なり多くある。今夫等を列記して見る。

積雪の熱傳導度	積雪の密度	出典
0.00028	0.18	岡田武松氏 ⁹⁾
0.00045	0.24	
0.00019~0.00045	0.212~0.250	岡田, 阿部, 山田氏 ¹⁰⁾
0.00021~0.00032	0.179~0.271	
0.00051		黒田正夫氏 ¹¹⁾
0.000422	0.324	福田, 金家氏 ¹²⁾
0.000048	0.112	
0.00045	(深サ 10~20 cm)	藤原, 宮澤氏 ¹³⁾
0.00075	(" 20~30 cm)	

外國の資料では下記の様な値が得られてゐる。(茲の f は雪の密度である)

0.000567	Hjellström ¹⁴⁾
0.0068 f^2	Abels ¹⁵⁾
0.00005 + 0.0019 f + 0.006 f^4	Jansson ¹⁵⁾
0.00013	Кузьмин (雪の密度 0.33) ¹⁶⁾

iii) 積雪の熱量

熱量の日週變化に就いては夙に岡田博士¹⁷⁾の論文がある。

一般に熱量の變化は

$$\int_0^H C(\theta_2 - \theta_1) dh$$

で示されると考へられる。茲に θ_1, θ_2 は深さ h に於ける夫々 t_1 時, t_2 時

の温度で、H は日變化の及ぶ深さ、C は熱容量で茲には氷の 0.508 が用ひられた。

此の基本式は實際上は作圖法から簡便に求まり、八鍬利助¹⁸⁾氏の報文に詳記してある。結局得られた日變化の振幅は晴れた日で 24.3 カロリー、曇天で 11.5 カロリー程度と云ふ事である。

iv) 輻射

積雪の輻射透過率の測定は畠山久尙¹⁹⁾氏が試みられた。算定の要領は

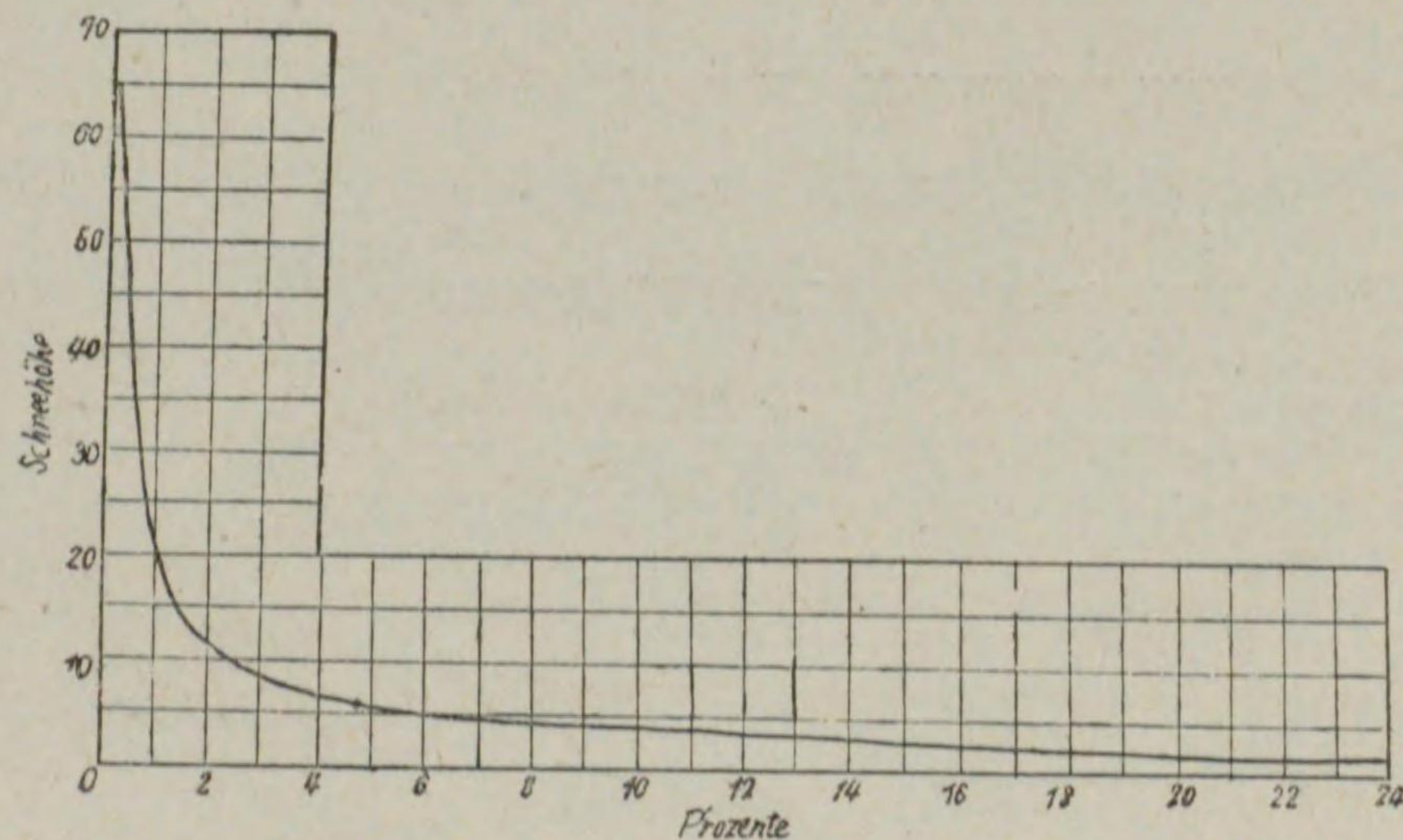
$$\log I_1 - \log I_2 = (m_1 - m_2) \log A.$$

に準據したもので、I は雪中での輻射の強さ (1 及 2 は深さを異にするを示す)、m は雪中通過距離、A は積雪の輻射透過率である。

寒暖計四本 (中二本は黒塗) での測定値を用ひて計算された結果では 1 層通過する毎に平均上約半分に減するものと見積られた。

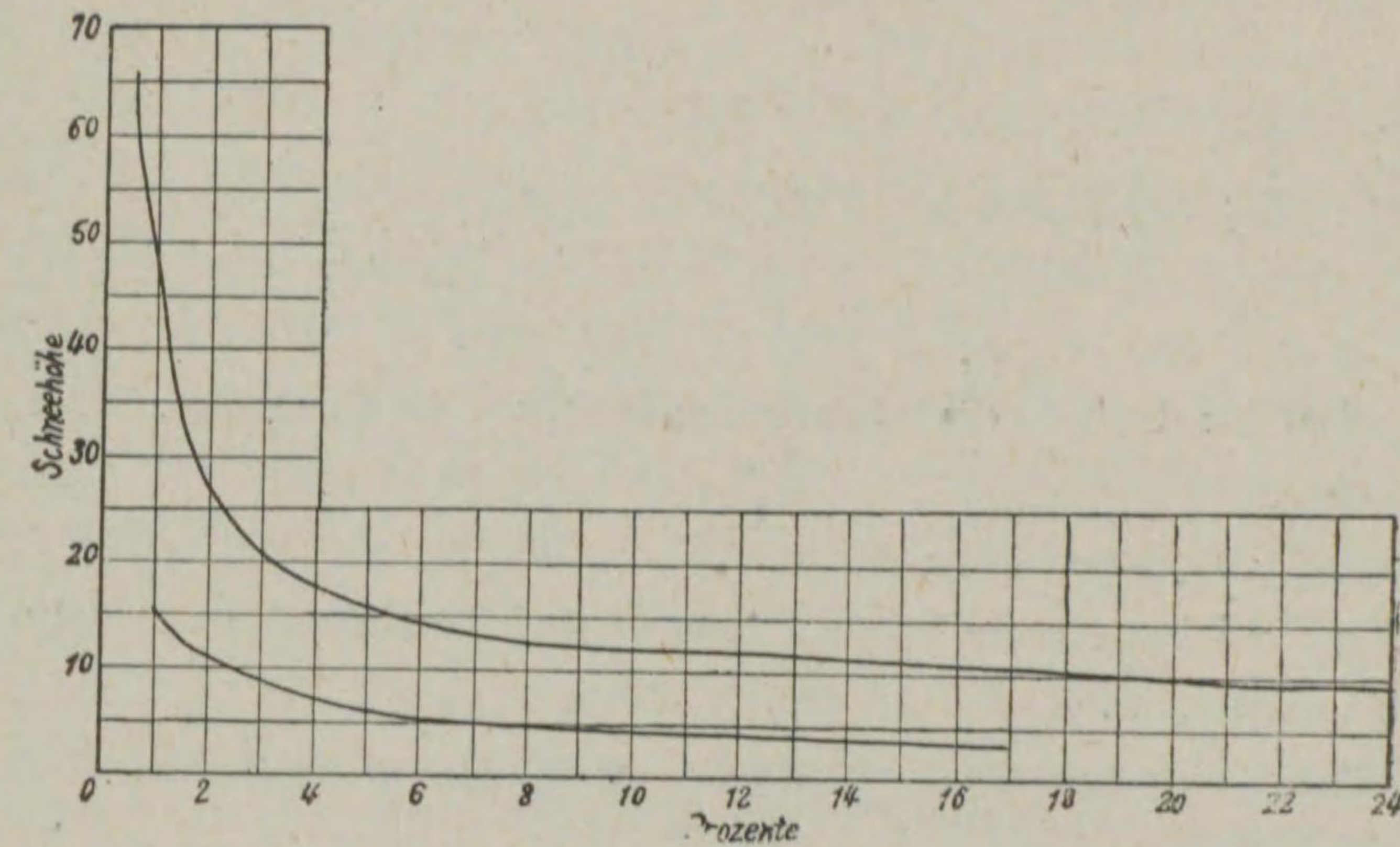
Kalitin²⁰⁾ が Pyranometer (Ångström) を用ひて測定した結果は二様に算出されてゐる。

1) 雪面に達した輻射に対する百分率として表はしたもの (第 42 圖)



第 42 圖 輻射透過率 (Kalitin)

2) 反射能 (Albedo) を考慮して、雪中に入り込んだ輻射を求め之を百分率で示したものである (第 43 圖)。



第 43 圖 輻射透過率 (Kalitin)

透過率は雪質によつて甚しく異り、水を含んだものは著しい不透を表はすと云ふ。(上圖の下方の曲線は含水雪)

Pyranometer (Ångström) の構造に就いては Kleinschmidt, E.: "Handbuch der Meteorologischen Instrumente," pp. 165. Berlin. 1935 に詳しい。

Eckel²¹⁾ には積雪の輻射平衡に関する論文があり、

$$(S \sin h + D) + G - T - R = \Sigma$$

と考へた。茲に $(S \sin h + D)$ は太陽及天空よりの輻射、G は大氣の長波輻射 (long-wave radiation)、T は物體からの輻射、R は雪面に依つて反射される輻射である。

Σ は一般に日中に正の極大値に達する。(例: +0.56 gr. cal. /cm²/min) 日出日没時に符號が變るのは勿論であるが負の Σ の値は晴れた夜には大した變化がない。(例: -0.11 gr. cal. /cm²/min)

雪面から輻射する熱量の計算は Maurer²²⁾ が實驗から求めてゐる。實驗要領

は岡田博士の『雨』に詳記してあるので省略したが、結局 0.115 カロリーと概算されてゐる。

- 1) 勝谷 稔: 鳥取縣智頭地方の雪に就て (前掲)
- 2) Horton, R. E. and Leah, H. R.: Snow surface temperature, M. W. R. Vol. 62. pp. 128. 1934.
- 3) Satke, L.: Ueber die Schneetemperatur in Tarnopol. M. Z. Bd. 11. pp. 437. 1894.
Satke, L.: Schneetemperaturen. M. Z. Bd. 11. pp. 353. 1894.
Satke, L.: Fünfjährige Beobachtungen der Temperatur der Schneedecke in Tarnopol. M. Z. Bd. 16. pp. 97. 1899.
- 4) 阿部幸次: 雪の傳導率及び積雪温度の變化に就きて 氣象集誌 26 卷. 147 頁. 明. 40 (1907)
- 5) 阿部幸次: 再び積雪温度の變化に就きて 氣象集誌 26 卷. 182 頁. 明. 40 (1907)
- 6) 高信 保: 積雪の温度及密度の觀測 (前出)
- 7) 米田智眼: 積雪の温度及び熱傳導の側面影響に就て (前掲)
- 8) Тольский, А. П.: К вопросу о температуре снежного покрова. Журнал Геоф. И Мет. Том. II. pp. 137. 1925.
- 9) Okada T.: On the thermal conductivity of snow. 氣象集誌 24 卷 (前出)
- 10) Okada, T., Abe, K. and Yamada, J.: On the thermal conductivity of snow. Proceed. Tokyo Math-phy. Society. II. Vol. 4. pp. 385. 1907 ~ 08.
- 11) Kuroda, M.: Thermal Conductivity of snow. Sci. Papers of the Inst. Phys. & Chem. Res. Vol. 12. pp. 149. 1929—30.
- 12) 福田喜代志. 金家鎮汝: 福島縣大沼郡尾岐村に於ける雪温觀測報告 (前出)
- 13) Fujihara, S. and Miyazawa, T.: On the linear flow of heat in snow on the ground. Bull. Centr. Met. Obs. Vol. 1. No. 4. 1910.
- 14) 加納一郎: 『氷と雪』 (前出)
- 15) 岡田武松『雨』 (前出)
- 16) Кузьмин, А. А.: Проникновение Температурных Колебаний в Снег. Мет. и Гид. 1. pp. 11. 1939.

- 17) Okada, T.: Note on the diurnal heat exchange in snow on ground. 氣象集誌 26 卷. 9 頁. 明. 40 (1907)
- 18) 八嶽利助: 神戸の地中温度に就て 盛岡高等農林學校創立二十五周年紀念論叢 昭. 3 (1928)
- 19) 畠山久尙: 北地雜考 (前出)
- 20) Kalitin, N. N.: Die Strahlungseigenschaften der Schneedecke. Gerl. Beitr. zur Geophysik. Bd. 34. pp. 354. 1931.
- 21) Eckel O.: Untersuchungen über Dichte, Temperatur und Strahlungsverhältnisse der Schneedecke in Davos. (前出)
- 22) Maurer, J.: Über die Strahlung einer freien Schneefläche in Absolutem Maße und die Schneefälle im Winter in der Schweiz. M. Z. Bd. 24. pp. 295. 1907.

7. 積雪の光學的性質

i) 光線透過率

雪の光線透過能力に関する文獻は誠に乏しいやうである。

1) 泉 末雄氏は高田の雪に就いて光線透過率 A の値として 0.883 を得られた (單位 Bunsen-Roscoeshen) Dornos Graukeil Dark-Wedge Photometer に依る測定と云ふ。

深さを異にする位置の絶対光量を L_1, L_2 , 兩者間の距離を δ とすると透過率 A は次式から求まる。

$$L_2 = L_1 A^\delta \quad \therefore A = \sqrt[\delta]{\frac{L_2}{L_1}},$$

積雪面に透入する光量が $\frac{1}{m}$ に減少する爲に要する深さ n (cm) は:

$$n = \frac{1}{\log A}$$

該式による數字を表記すると下の如く

光量,	1	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{30}$	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{.1}{1000}$
n:(積雪下) 0	15.7	18.5	24.1	27.4	29.6	31.4	37.0	55.5	

即ち 60 cm 位の雪の下では積雪面の千分の一に明るさは減つてしまふのである。

吉村信吉氏はマツダ、セレンウム光電管を用ひ積雪下の光度測定を行ひ観測例として下表を示された。

深さ (cm)	0	2	4	6	8	10	15	20	25	30	35	40	45
光度	100	10	6.9	5.4	4.1	2.1	0.52	0.28	0.16	0.10	0.08	0.04	0.00

深さ 2 cm の光度を I_0 , 30 cm のを I とし

$$I = I_0 e^{-\alpha z}$$

から消散係数 α を求めて 0.164 を得られた。又 Eckel は grey-wedge photometer で測定を試み、 α の値として 0.083 を得てゐる。

Rübel が寫真法から得た化学光線に関する測定値は下表の如きであつた由である。

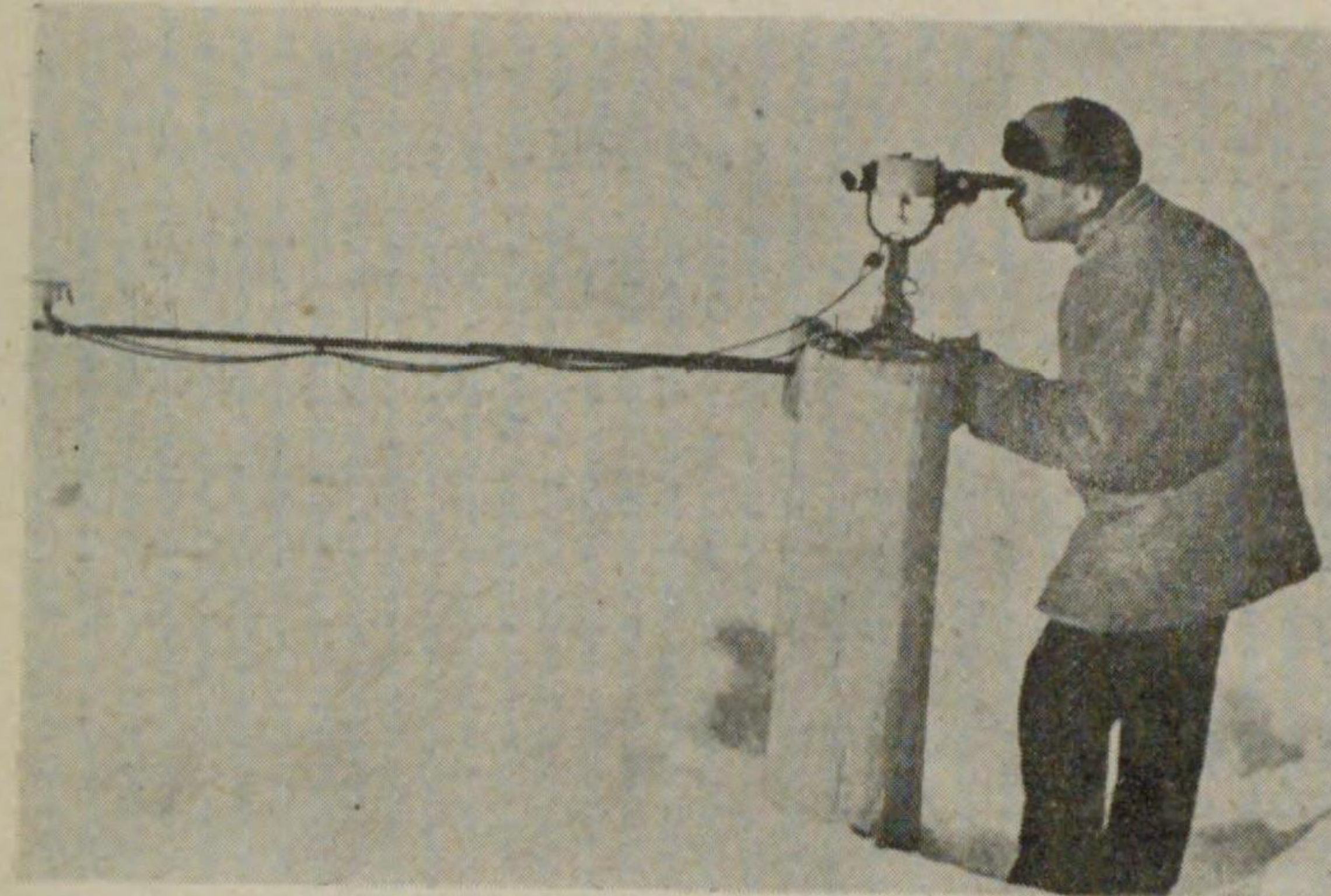
深さ (cm)	0	0—10	10—20	20—30	30—40	40—50
光の量	1	$\frac{1}{40}$	$\frac{1}{90} \sim \frac{1}{3}$	$\frac{1}{400} \sim \frac{1}{40}$	$\frac{1}{4000} \sim \frac{1}{150}$	$\frac{1}{60000} \sim \frac{1}{2000}$

一般に軽い降りたての雪の透過率は大きく、又雪が高圧力を受けて氷化したものは再び透光量を増すと云ふ。

ii) 反射能 (Albedo)

積雪面が良く光を反射し、激しい眩しさを感じしめる事は衆知の事實である。全入射光量に対する反射光量の比 (%) を Albedo と呼び、之を以て其の物の反射性能を表はす。

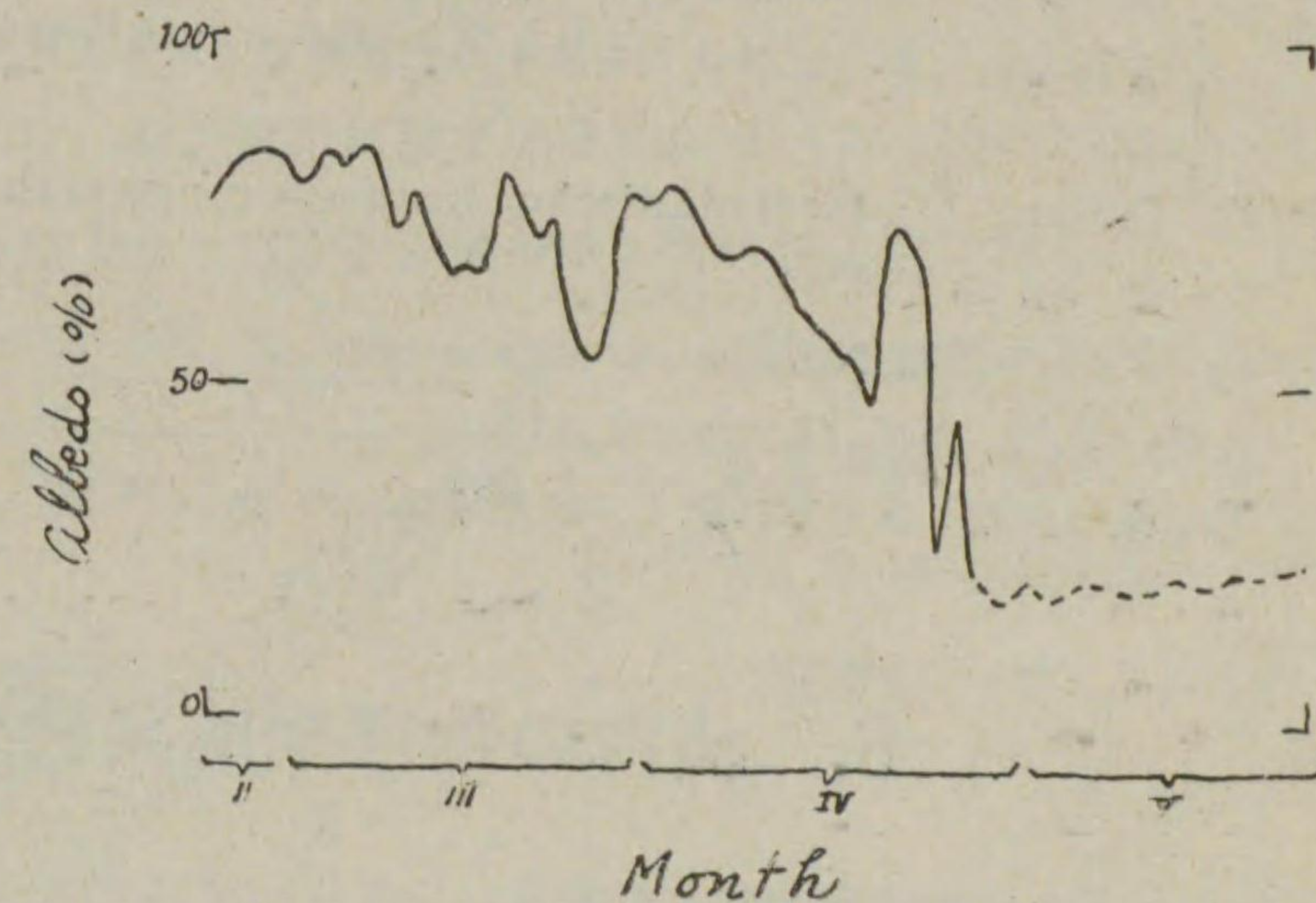
吾國には未だ雪の Albedo の直接測定例が無いやうであるので Kalitin の調査結果を主として紹介する。測定用具は Pyranometer (Ångström) 及 Loop Galvanometer (C. Zeiss) であつた。(第 44 圖)



第 44 圖 反射能測定 (Kalitin)

り Albedo は大きい。最大値は 3 月 11 日午後 1 時 48 分の 87 % であつた。

上記の観測では 4 月 23 日以後(點線) 積雪は消失したであるが比較の爲め附記されたものである。



第 45 圖 Albedo 測定値 (Kalitin)

Eckel の観測に依れば積雪の Albedo は 50~90% 程度、雪は長波は反射せず全く黒い物體の如く之を吸収する。又 Albedo は太陽の高さには無關係等の事が知られた。

[附]

水平量 これは積雪面上に現はれる特殊な量であるが、便宜上茲に附記す

Sloutzk (Pavlovsk) に於ける 1929 年 2 月 16 日から 5 月 29 日迄の測定結果が第 45 圖である。

Albedo の毎日の變化を雪の状態に就いて調べて見ると、新雪は古い積雪よ

る事とした。

岡田博士の『雨』の中に Whitney, A. W. の観測記事が紹介せられてゐるが、その後、築地宜雄⁵⁾氏が之を観測し詳細な報告を出された。それに依るとこの暈は沍寒の日に、「積雪面上に横はれる新鮮な雪の結晶或は地面、積雪面等の上に著生せる霜の結晶が日光の照射を受けて顯はす美妙なる彩光點の集落より成れる色帯」であると云ふ。この光帯は雙曲線狀をなしてゐると云ふが其の數理的説明も詳説されてゐる。

- 1) 泉 末雄：雪の光線透過率 氣象集誌 II. 14 卷. 92 頁. 昭. 11 (1936)
- 2) 吉村信吉：菅平に於ける積雪中の光度測定 天氣と氣候 4 卷. 112 頁. 昭. 11 (1937)
- 3) (Rübel, E.: Geobotanische Untersuchungsmethode)=雪調科學報告 I. 4 號. 昭. 14 (1939)
- 4) Kalitin, N. N.: The measurements of the Albedo of a snow cover M. W. R. Vol. 58. pp. 59. 1930.
- 5) 築地宜雄：水平暈に就て 氣象集誌 36 卷. 184 頁. 大. 6 (1917)

8. 積雪の物理學的諸性質

上記以外の諸性質に関する短篇を一括すべく本項を設けた。

i) 雪面の抵抗力

之に関する吾國の最初の調査は泉 末雄¹⁾氏によつて成されたものではないかと思はれる。

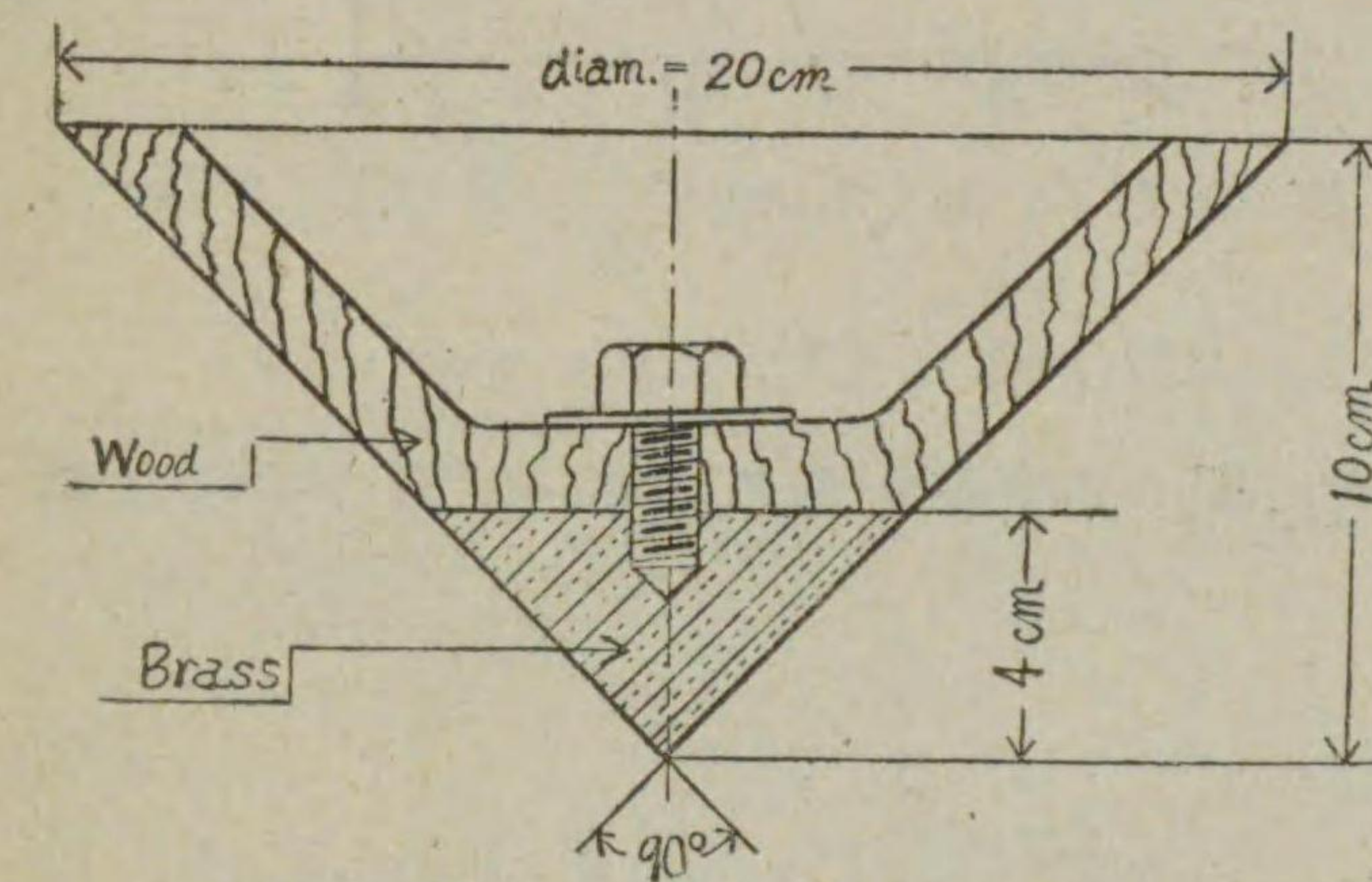
氏は i) 一定重量の錘を、接觸面積を變へて積雪面上に置き、之が雪中に埋没する深さの測定 (埋没率), ii) 接觸面積を一定にして、錘の重量を變へて埋没する深さを測る (重量率) 方法に依つた。夫等の結果を比率の形で示すと下表の如くなつた。

8. 積雪の物理學的諸性質

	重量 16 貫 600 匁 埋没率				
接觸面積	20 ^{匁平方}	25	30	35	45 ^{匁平方}
比率	2.17	1.76	1.42	1.17	1.00
	接觸面積 625 平方匁 重量率				
重量	2 ^匁	3	4	5	6 ^匁
比率	1.00	1.40	1.96	2.40	2.90

即ち同じ重量に就いては接觸面積が増大すると雪中に埋没する事少く、同接觸面積に就いては重さが増すにつれて埋没する深さが増大する。

黒田正夫²⁾氏考案の硬度測定装置は直径 20 cm の圓錐形の測錘を積雪上に落とし、雪面に印さるゝ直径の大小から硬さを知らうと云ふのであつた。(第 46 圖) 即ち雪が硬ければ、錘の雪中に没する事少かるべく、従つて印された錘の跡型は小、軟ければ大きな直径の測錘の跡が雪に残る筈である。



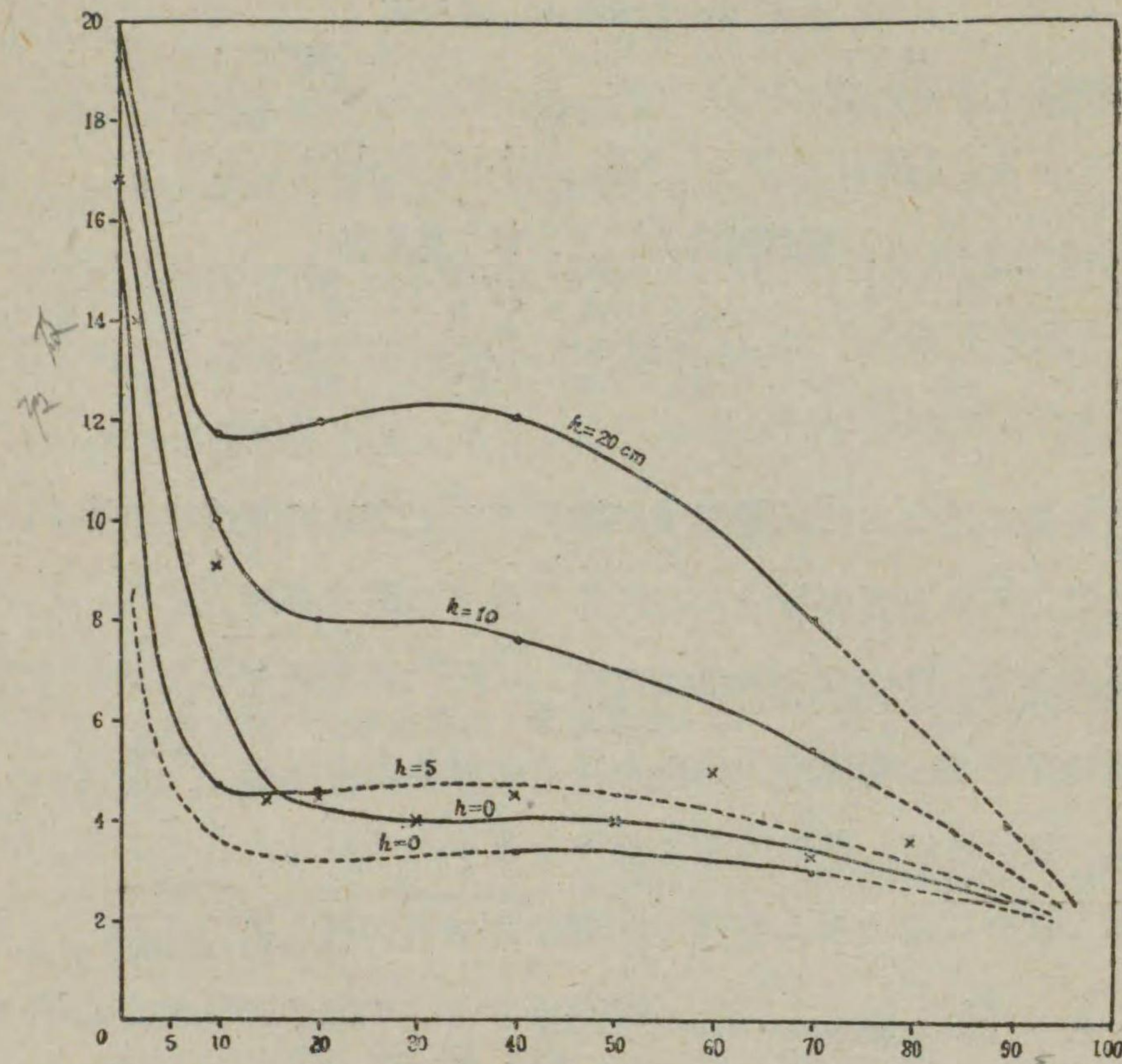
第 46 圖 硬度測器 (黒田)

此の方法による種々の調査結果があるが茲では一例として新潟縣關温泉に於ける實測圖を掲げる。(第 47 圖)

圖の縦軸は硬度 (測錘の雪中の直径), 横軸は雪の深さ (cm), h は測錘を落した高さ (cm) である。

概して雪の表面から 20 cm 位迄は急激に、深さを増すに従つて硬度は増すが夫以上になると増加は微小乃至緩漫になる事が知られる。

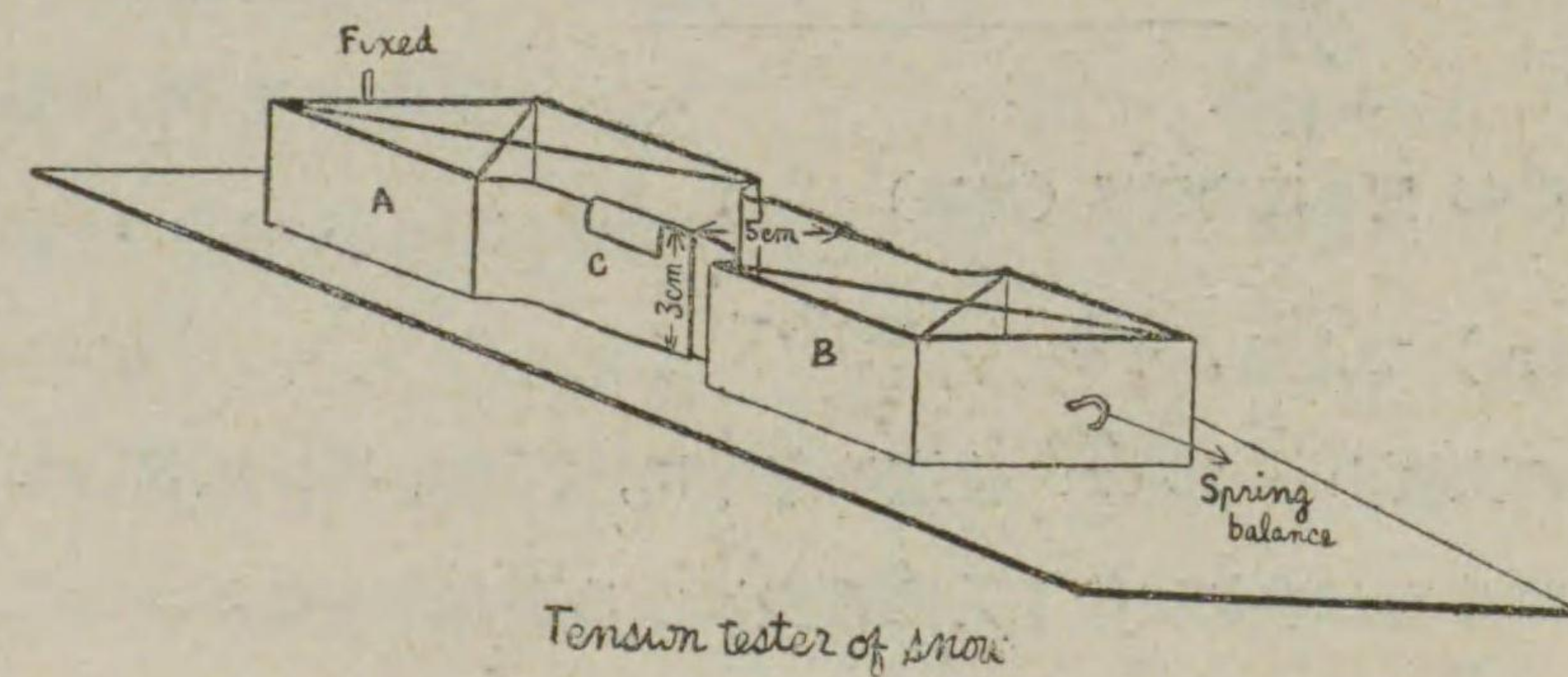
尙北田道男³⁾氏には眞鍮の小球を積雪中に落下せしめて抵抗を求める試みがある。



第47圖 積雪の硬度(黒田)

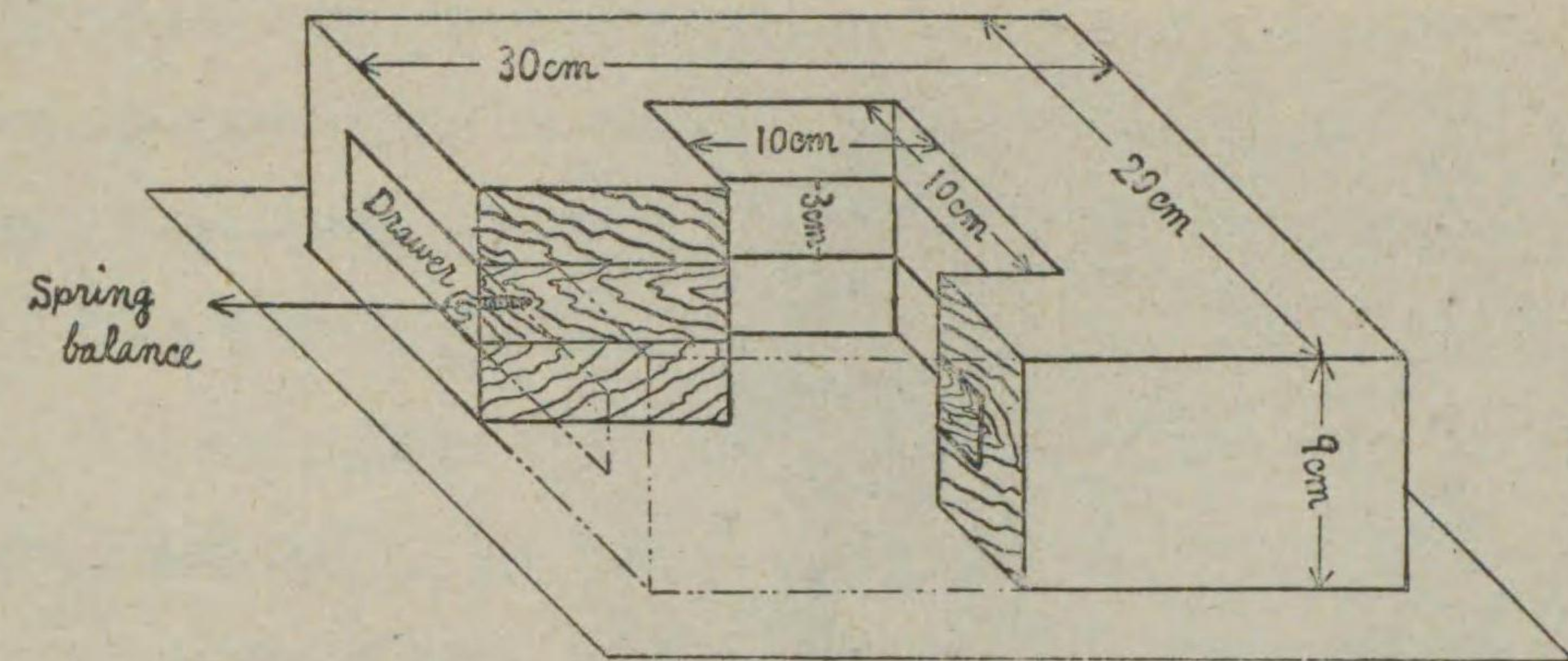
ii) 抗張力 (Tensile strength) 及び剪斷力 (Shearing strength)

黒田氏には尙、抗張力及剪斷力に關する實驗がある。第48圖は抗張力測定装置、



第48圖 抗張力測定装置(黒田)

又第49圖は剪斷力實驗用具である。

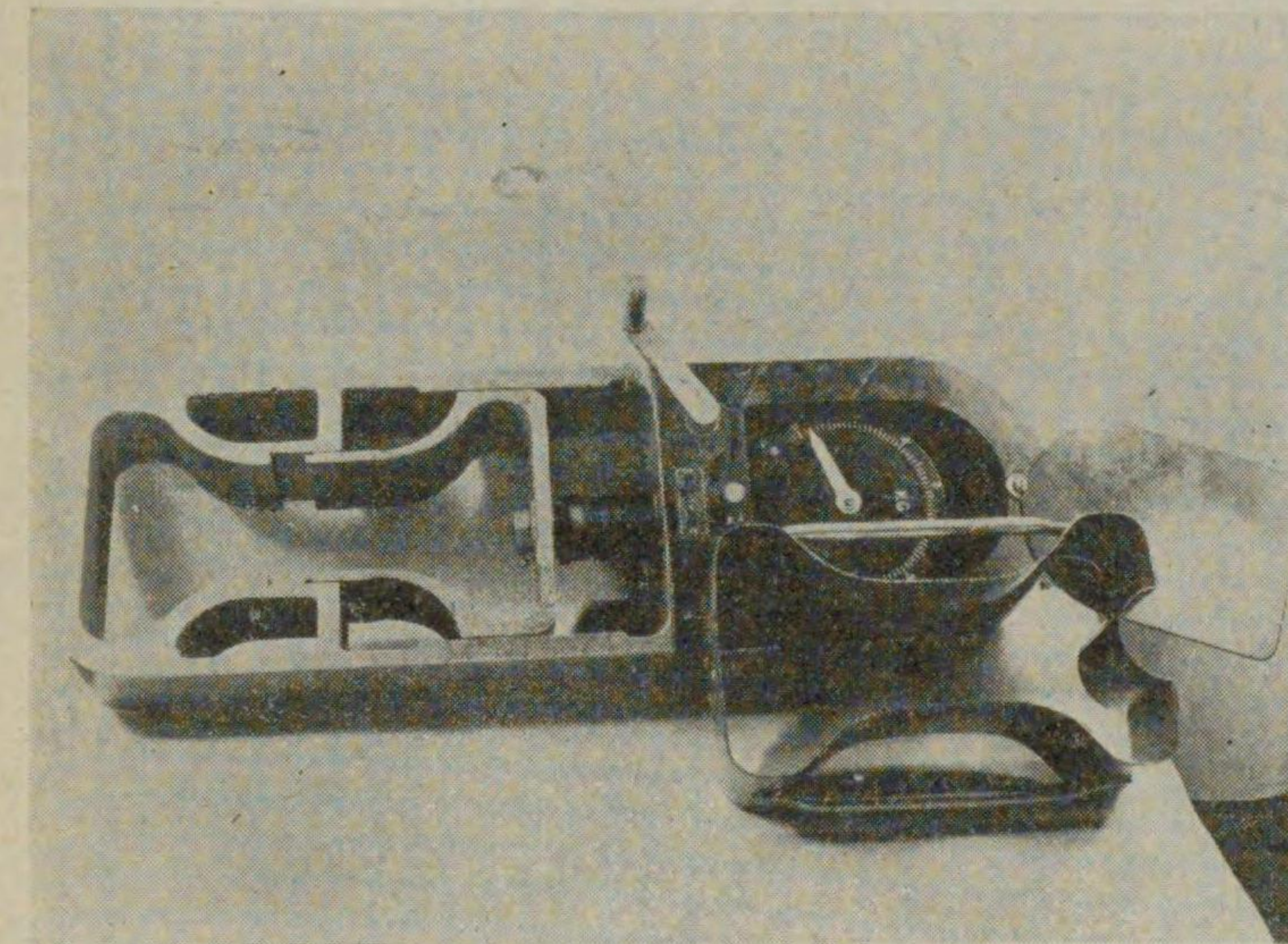


第49圖 斷剪力測定装置(黒田)

抗張力及び剪斷力等の嚴密な定義めいた事は一般物理學書に譲るが、前者は雪が或る引つ張る力に抗して切斷せず耐え得る限度、後者は迂りに伴つて物體内に現はれる歪力で剛性率がこの測定から知られる。

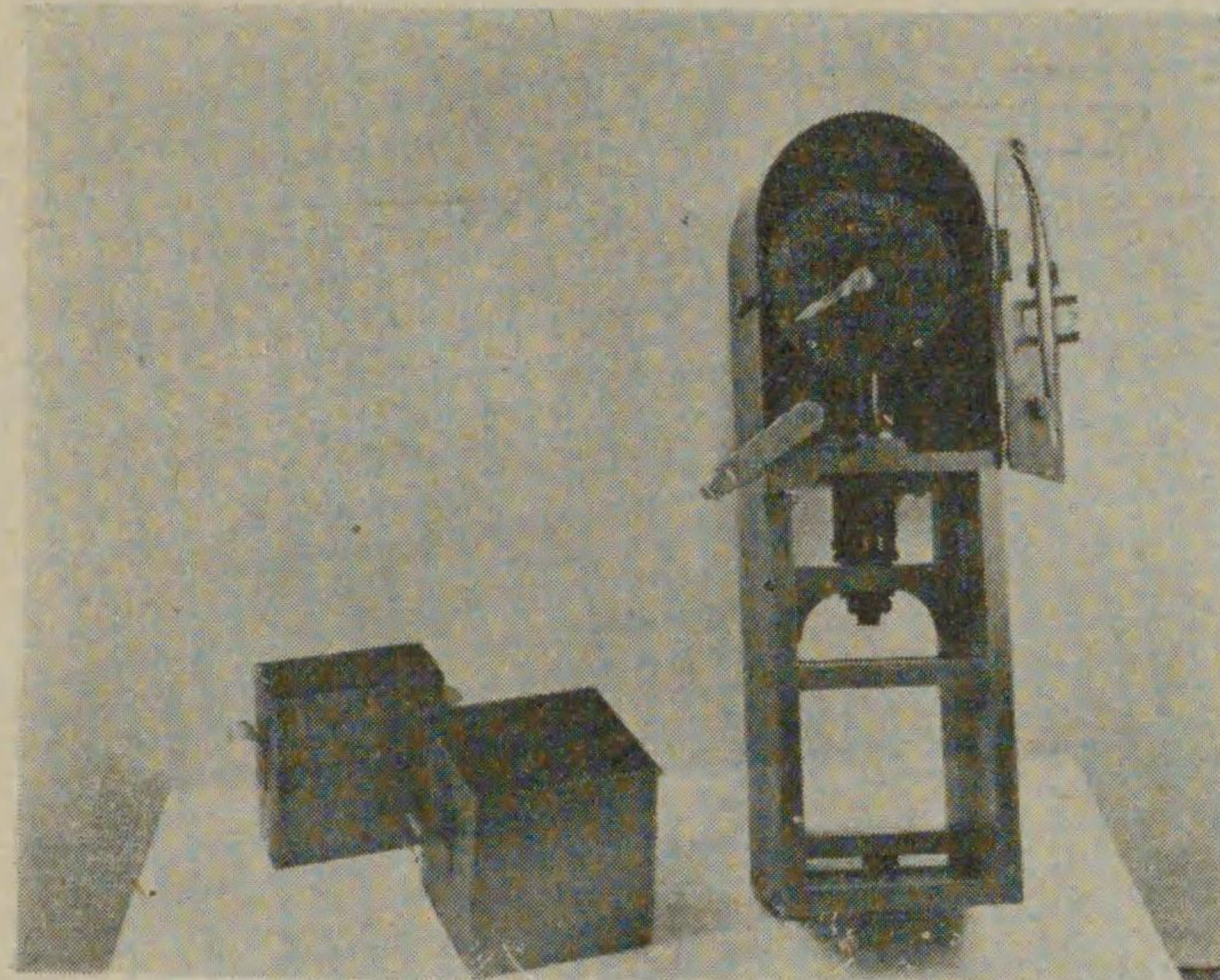
測定例を次表に略記して見ると

	氣温	雪温	抗張力(g/cm)	剪斷力(g/cm)	硬度
10時, 粉雪	-5.0	-9.0	63	3	20
13時, 濕輕雪		0	33	2.5	20
15.5時 クラスト		-2.0	93	20.0	15.5



第50圖 抗張力測定器(黒田)

等となつてゐる。一般に新雪は抗張力も剪斷力も非常に小さい。少しく日射によつて融けたものは殊に抗張力は減ずるが硬さはむしろ増大する。日射が止んで再び凍結する様になると兩力共増大するが殊に剪斷力が著しく増

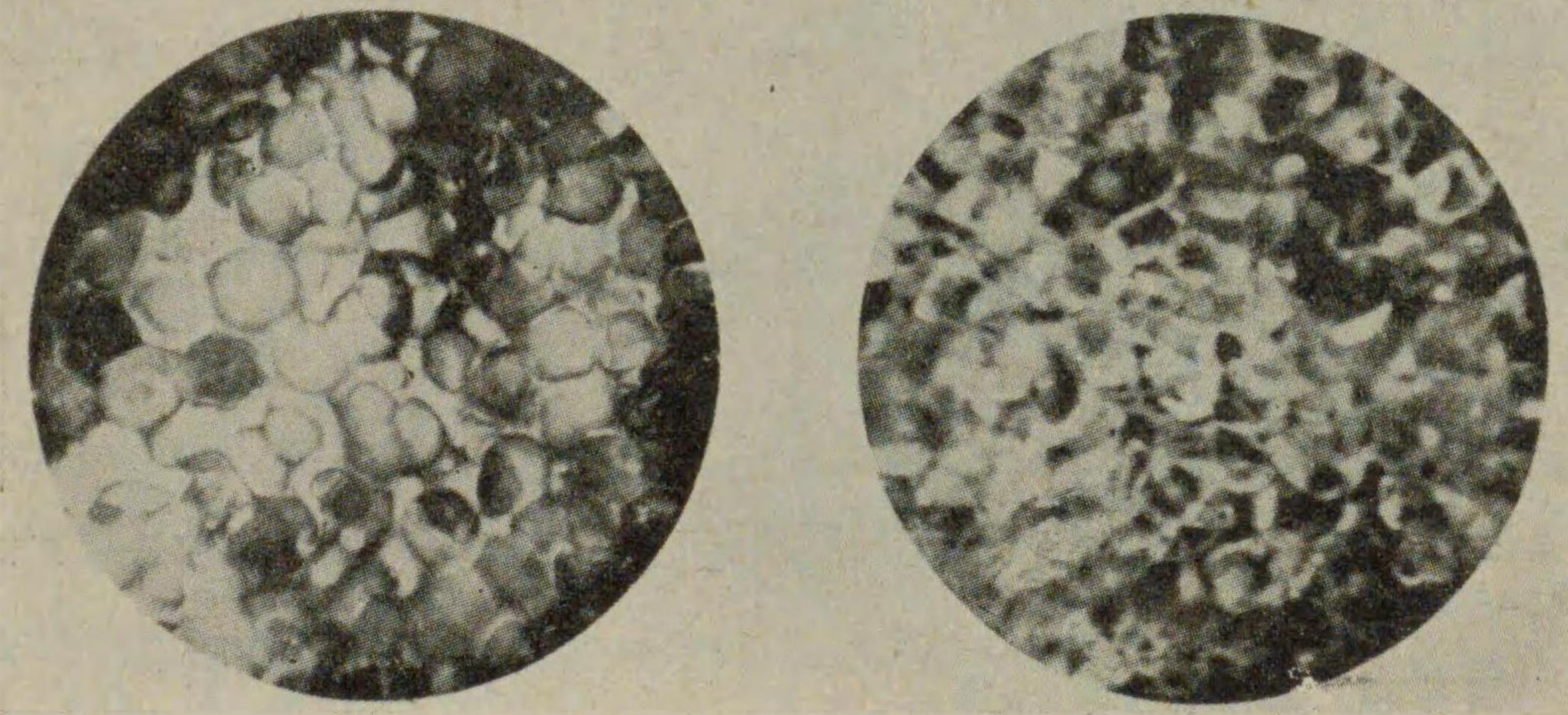


第 51 圖 剪斷力測定具 (黒田)

iii) 吸 水 能 力

中谷博士等は、⁴⁾ 一様に白い壁の様に見える積雪の断面に、その近くで火を焚く事によつて白色と灰色との層序が表はれる事を知り、此の白色部と灰色部との雪の性質を調べられ、特徴として兩者の吸水能力に著しい差異がある事を明かにせられた。

檢鏡の結果、灰色層の雪は(第 52 圖左)明確な粒状をなしてゐて、従つて間隙も明瞭で吸水に好狀況を呈するに反し、白色部(右圖)は雪粒が崩れてゐ



第 52 圖 雪質檢鏡寫眞 (中谷外三氏)

す。抗張力の最も弱まる時刻が雪崩の最も頻發する刻限に一致する事は注意さるべき事だと云ふ事である。

この種の測定装置は概ね未だ試作中らしく定つた測定装置と云ふものがない様である。第 50, 51 圖は試作品の一例を示す。

て明かな吸水溝を持つてゐない事が分つた。

斯様に白雪の壁に、人工的に白灰兩色の縞模様を描かしめ得ると云ふ事は、スキー或は橇等の滑走による雪の壓縮の様子を調べるのに重寶であつたし又雪の粉體力學的性質に就いても之が利用は興味ある結果を導いてゐる。

尾田、工藤兩氏は⁵⁾ 積雪の吸水現象を毛細管現象として取扱ひ、雪の結晶間の間隔を圓毛管と考へてその半徑 r の大小に關する吸水能力の良否を實測した。

雪を 0°C の色液(過マンガン酸加里にて着色)中に立て夫が雪中を昇る高さ h を調べたのであるが、色液の密度 $\rho=1$, 表面張力 $T=76$ dynes/cm 液と氷との接觸角 $\theta=0$ とすると

$$h = \frac{2T}{r\rho g}$$

から r が求まる。斯くて得られた概數は下表の如きものであつた。

雪質	小シマリ メレシマリ	小ザラメ 稍密ノモノ	大ザラメ 粗ナモノ
$h(\text{cm})$	12~10	6~5	3~2
$r(\text{mm})$	0.1~0.7	0.2~0.3	0.5~0.8

因に同氏等は含水量(積雪の單位質量中に含まれる水の量)の測定試験に就いても述べておられるが目下採用の熱量測定法(混合法)では尙若干の誤差があり、鋭意改善に努力中と云ふ。概して乾雪、締雪は濕り氣少く含水度は數%以下、粗目雪は數%乃至 15%, 濡締雪は 20% 前後を示したとの事である。

iv) 雪音及音響吸收能力

積雪を踏みしめると特徴ある軋音の聞かれる事がある。雪國の人なら誰もが知つてゐる事であるが、その音をどう名付けてゐるかは私には確かでない。

Humphreys の “cheery cry”⁶⁾ などは此の種の音の名である。雪團子の出

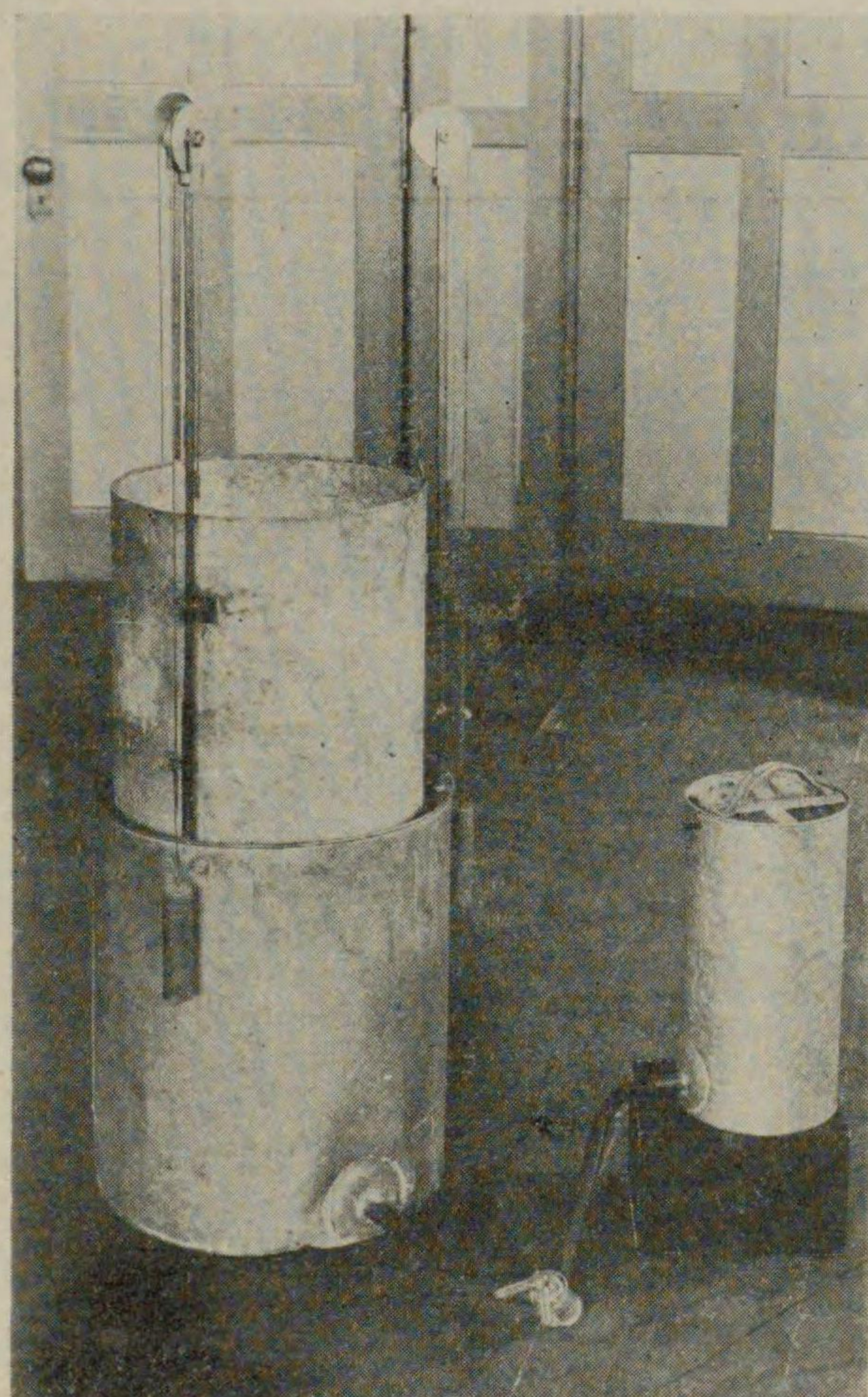
来易い様な温度の比較的高い時には此の音は出ないと云ふ。

雪の音響吸収能力に関する文献は甚だ稀で唯 Kaye 及 Evans の実験と云ふのが見當つたのみである。⁷⁾

厚さ1吋と4吋の雪塊を試料とし、種々の振動数の音波に就いて其の吸収係数を測定した。

音の振動数	125	50	500	1000	2000	4000
1 吋雪塊	0.15	0.40	0.65	0.75	0.80	0.95
4 吋雪塊	0.45	0.75	0.90	0.95	0.95	0.95

雪塊の厚いものは一般に非常に良く音を吸収するものである事が證された。



第 53 圖 通風度測定装置(雪調)

v) 通 風 度

茲に通風度と云ふのは空氣が雪を透過する難易の謂である。

この種の報文は見る事皆無で或は積雪地方農村經濟所の調査が日本に於ける最初の試みではないかと思はれる。

送風用空氣タンクと試料筒を連絡し一定壓の空氣を試料に送り込む時にタンクに一定荷重 w を加へ、タンク中の一定容積の空氣が送り出されるに要する時間を測ると、通風度は、 $1/tw$ で表はされる。(第 53 圖) その値を雪の種類に就いて表記したものが下表である。

	コザラメ 雪	コシマリ 雪	カタシマリ 雪	3 分目篩 砂	鋸屑	1 耗篩 砂
1/tw.	0.03	0.02	0.15	0.006	0.005	0.003

- 1) 泉 末雄：雪の調査(第一、二報)(前掲)
- 2) Kuroda, M.: Mechanical properties of snow-layer. Sci. Pap. of the Inst. of. Phys. and Chem. Res. Vol. 12. pp. 69. 1929.
- 3) 北田道男：積雪に関する二三の調査(前掲)
- 4) Nakaya, U. Toda, M. Sekido, Y. and Takano, T.: The Physics of Skiing, the preliminary and general survey. J. F. S. Vol. 1. pp. 265. 1936.
- 5) 尾田敏男, 工藤清：雪調の雪の研究の経過(下) 日本雪氷協會月報 2 卷, 43 頁. 昭. 15 (1940)
- 6) Humphreys, W. J.: Physics of the air., pp. 422 (前出)
- 7) Kaye, G. W. C. and Evans, E. J.: Sound absorption of snow. Nature. Vol. 143. pp. 86. 1939.

9. 積雪の蒸發, 融解及低下

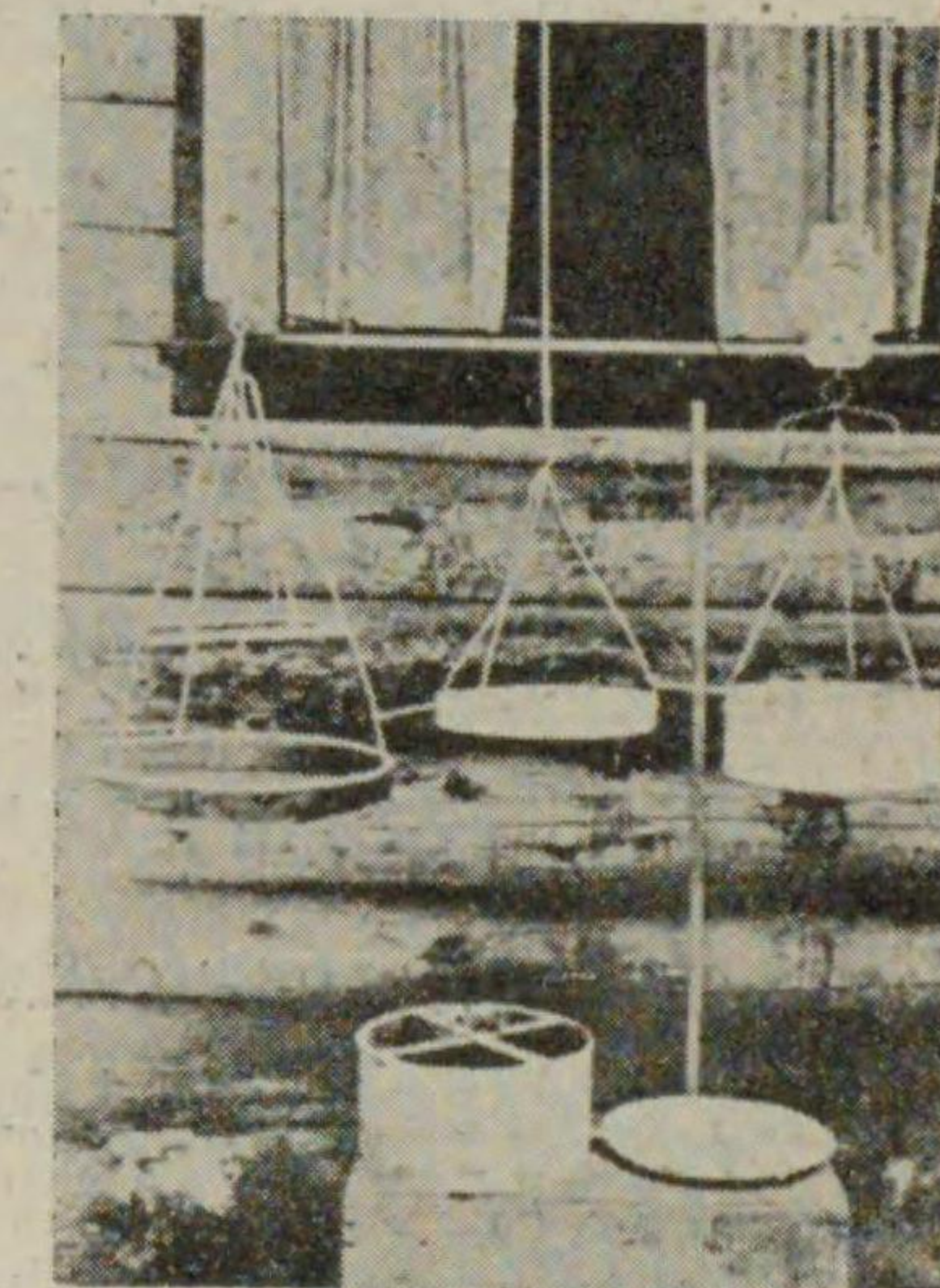
i) 積 雪 の 蒸 發

積雪は蒸發する。一旦水に融けてから蒸發するのではなく雪が直に蒸發して水蒸氣になるのである。

蒸發量を測定するには、容器に積雪を採つて秤量し、之を特定時間放置して更に秤量し、その差を以て該時間中の蒸發量とする。

我國の文献には特別な蒸發計の考案も見當らなかつたがアメリカでは屢々この種の試作がある。¹⁾ 第 54 圖は Church の報文から取つたもので、右端のものは秤量計に掛けた處である。

測定結果によれば水面からの蒸發量に較べて著しく少い。



第 54 圖 蒸發測定用具 (Church)

阿部幸次²⁾氏の 10 日間測定による平均日量は 0.22 mm 程度で、水面からの量の約 $\frac{1}{10}$ にしか當つてゐないと云ふ。

布村重次郎³⁾氏は雪面蒸發量を種々の氣象要素別に統計して下記の結果を得た。(一冬期測定)

氣温	氷點以上の日	0.80 mm	風速 5 m/s 以上	0.67
	氷點以下の日	0.34	以下	0.36
濕度	80 % 以下	0.74	雪の密度 0.2 以上	0.63
	80 % 以上	0.22	0.2 以下	0.46
日照	不照	0.21		
	10 以上	1.33		

之等の値は水面蒸發量の 0.34 乃至 0.75 に當つてゐる。

積雪の蒸發を取扱つたものでは Rolf⁴⁾ の實驗式が有名で國々へ紹介されてゐる。

Swedish Lapland に於ける測定 (1905 年 12 月—1906 年 7 月間) から

$$C = at + b(F - f)t$$

と云ふ式を作つたのであるが、茲に C と云ふのは凝結水蒸氣量で負號が出て來れば蒸發を表はすのである。F は空氣中の水蒸氣張力、f は積雪温の最大水蒸氣張力 (單位は孰れも mm) t は露出時間、a 及 b は常數で

冬だと a=0 で

$$C = 0.0174 (F - f) t$$

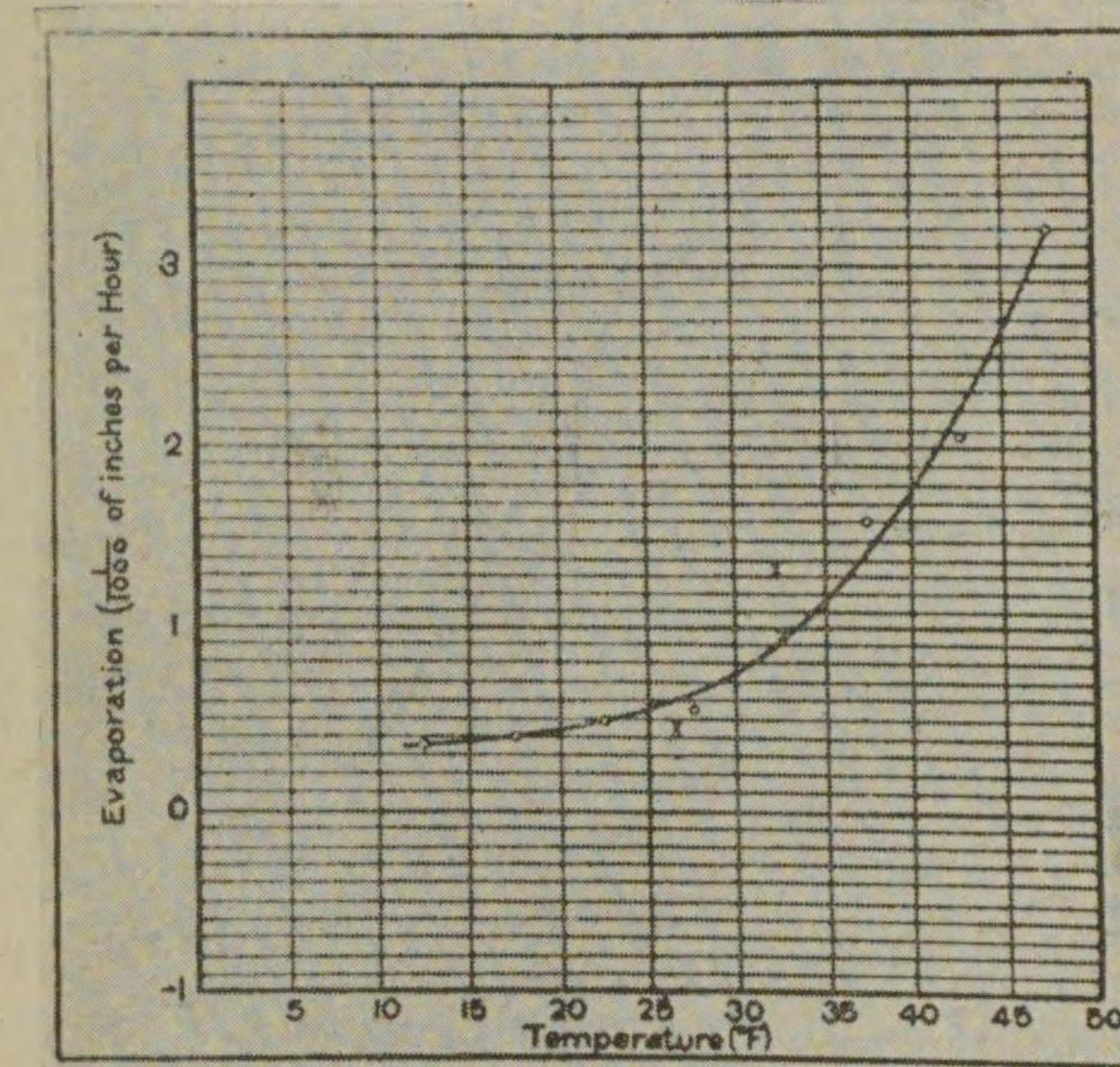
春では f は 4.6 mm (0°C の水蒸氣最大張力) をとり、

$$C = -0.0010 t + 0.0168 (F - f) t.$$

で示されると云ふ。

Baker⁵⁾ はアメリカ、Utah 森林觀測所に於ける測定結果を以て Rolf の所説を檢討し、該實驗式なるものが左まで勝れたものではない事を述べてゐる。

外國の蒸發量測定例は少くないが簡単に Baker⁶⁾ の氣温との對應圖を掲げて一斑を示すよすがとしよう。第 55 圖は蒸發量の毎旬平均を平均氣温に對



第 55 圖 蒸發量、氣温對應圖 (Baker)

照して得たものである。

ii) 融 解

積雪は、多少の差こそあれ、時々刻々に水として融ける。

積雪内部の融解がどのような過程で行はれるかに就いては岡部⁷⁾ 眞平氏の標識絲による調査がある。

地面を基準として 10 cm 毎

に上方へ F. E. D. C. B. A なる區劃を設け、之等の層に標識用の絲 (青色絹絲) を挿入し、數日間放置して其の變位を測定したものである。今 16 日間の位置を表示して見ると下表の如くである。

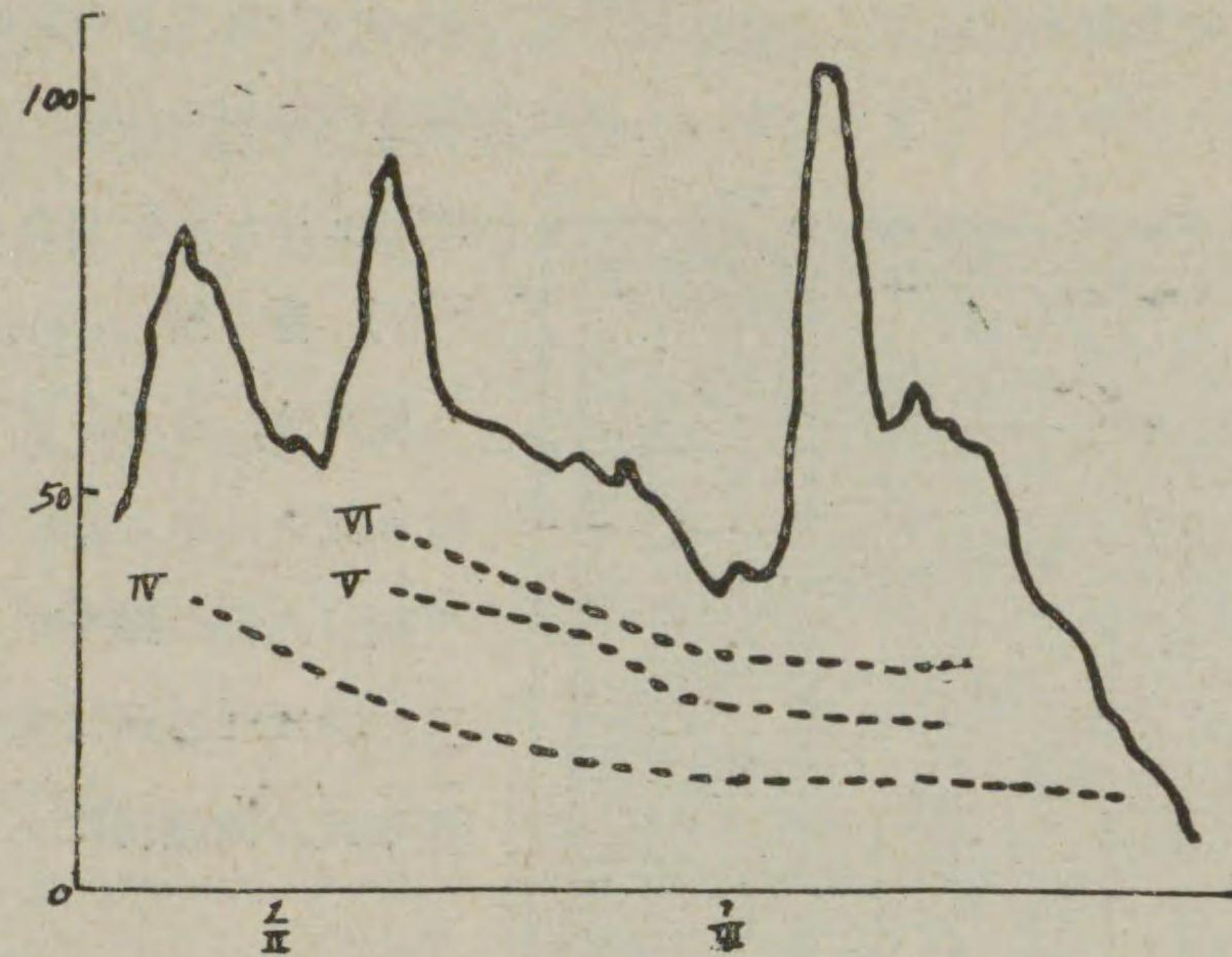
	表面	A	B	C	D	E	F
大正 9 年 2 月 24 日	71.0	60.0	50.0	40.0	30.0	20.0	10.0 (地表ヨリノ高サ cm)
3 月 11 日	47.0	43.6	43.1	37.1	27.1	17.1	8.2
平均 1 日融解量 (cm)	3.99	0.59	0.25	0.00	0.00	0.07	0.11

而して表面乃至 A, B 間に融雪多きは太陽熱の影響と考へられ、C, D は殆ど融解せず、E, F に於て又融解量を見るは地熱の影響と解された。

平田徳太郎⁸⁾氏にも同様な調査がある。

第 56 圖は角館に於ける昭和 10 年 1—3 月間の調査圖で、實線は積雪の深さ、IV, V, VI 等は標識絲の變化を示す。(圖の縦軸は積雪の深さ cm)

融雪が著しくない 2 月 27 日迄は絲の位置は全體として孰れも低下し、融



第56圖 雪の融け方(平田)

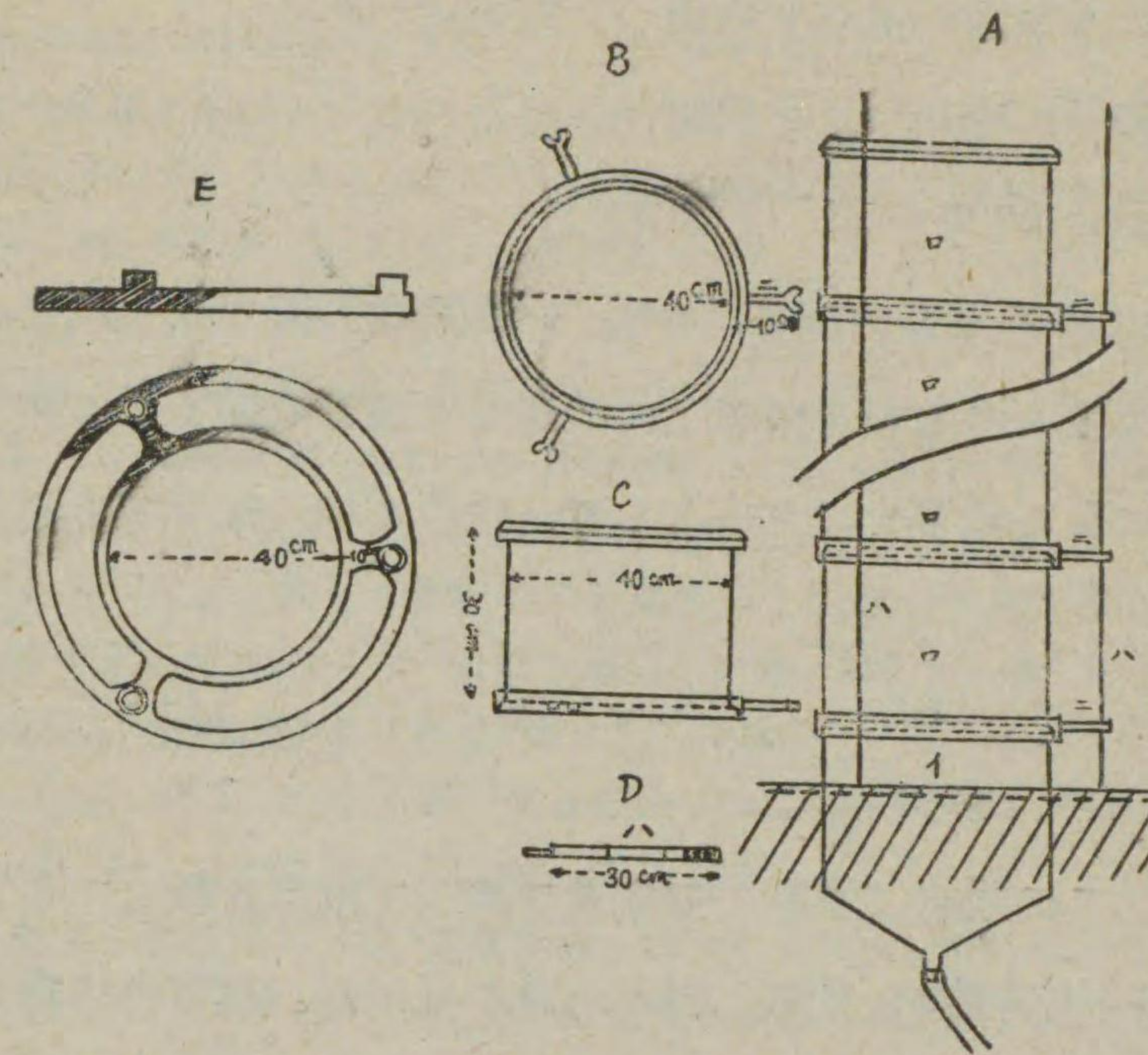
雪が主とし積雪の底の部分からのみ行はれる事を示す。併しそれ以後では著しく融雪は低下しなくなる。

之は融雪が単に底から行はれず、上層から融けた水が雪層を透下して地上に達するものであると察せられると云ふ。

融雪は其の水量の側からも調査されねばならない。その測定には融雪計が用ひられる。その一例を第57圖に掲げた。

A は全體の装置の縦断面で漏斗状の底部を有する圓筒「イ」(直径40 cm, 高さ30 cm)の上端5 cmを残して水平に地中に埋め、圓筒内には一定量の土壤を填充し、且つ芝草を植え、周圍の自然地面と同一水平ならしめる。漏斗の下口は鉛管で地下室に導かれる。雪は圓筒内に降り積もり融解するに従ひ水は土壤を透下して地下室に導かれ、自記雨量計によつて量を記録する。「ロ」は補助圓筒、「ハ」は導桿、「ニ」は腕(B, C圖参照) Dは導桿, Eは導桿を固定する爲めの臺で地中に埋めておくものである。

融雪水量は氣象狀況と密接な關係があり、又直接、間接に吾々の生活に至



第57圖 融雪計(雪調)

大な影響を持つてもゐる。之については項を改め「第三章」に於て詳記する。

iii) 積雪高の低下

積雪の深さの減少に就いては色々な原因が考へられる。粗糲な雪が固定する場合にも積雪面は低下するであらうし、蒸發、融解等による損耗も元より考へ得る處である。

¹⁰⁾ Westmann に之に關する實驗式がある。

$$X = -1.0 - 1.14 t$$

之はスエデンの Vassijaure に於ける測定(1905年7月)に基いたもので、Xは積雪の深さの變化(cm), tは平均氣温(°C)である。

佐々木鑑藏氏は該實驗式を新潟の雪に就いて検討し「ウエストマンの觀測成績を疑はざるを得ない様に思はれる」と結論した。但し同氏の論文では實驗式が

$$X = 1.0 - 1.14 t$$

となり、Xの單位がmmになつてゐる(新潟縣下の雪)

¹¹⁾ 小林誠吾氏にも積雪の減少を取扱つた実験式がある。

$$D=1.233+0.796 t \quad (\text{林外})$$

$$D=1.254+0.907 t \quad (\text{林内})$$

D は積雪の1日の消失の高さ (cm), t は平均気温 (°C) である。

¹²⁾ 泉 末雄氏は種々のものを積雪上に撒布して積雪の低下する様子を測定した。穀殻撒布による低下を 1.00 として、他のものの低下する割合を出して見ると

蕎麥殻	1.62	土	5.49
藁 灰	4.39	食 鹽	7.30

となつてゐた。この場合、實際の融雪量を測つて兩方比較して見ると、上記の積雪の低下を直に融解と見做し得ない事が分つた。積雪地方農村經濟調査所に於ける積雪沈降量觀測狀況は尾田、工藤兩氏が報じておられる。

¹³⁾ 工藤 清氏は沈降曲線を

$$h = Ae^{-\alpha t}$$

で示されるものとし、常數の算定を試みた。茲に h は雪層の地上よりの高さ (cm), t は経過日數, A 及 α は常數で時期に依り變り, A は 45.4~90.0, α は 0.0001~0.0235 であつた。

- 1) Church, J. E.: Exhibit and discussion of apparatus for measuring snowfall and snowcover, both accumulation and evaporation (前出)
- 2) 阿部幸次: 雪の蒸發並に密度に就いて. 氣象集誌 26 卷, 119 頁. 明. 40 (1907)
- 3) 布村重次郎: 水面及雪面蒸發量の比較. 氣象集誌 38 卷. 92 頁. 大. 8 (1919)
- 4) Rolf, B.: Note sur la condensation et l'évaporation qui se produisent à la surface d'une couche de neige. Arkiv f. Mat. Astr. och Fysik. Bd. 9. No. 35. 1914.
Condensation upon and evaporation from a snow surface (R. Corless). M. W. R. Vol. 43. pp. 466. 1915.

Do: Science Abstracts Vol. 18. pp. 478. 1915.

積雪面の蒸發と凝結とに就いて(岡田) 氣象集誌 34 卷. 653 頁. 大. 4 (1915)

- 5) Baker, F. S.: Some field experiments on evaporation from snow surface. M. W. R. Vol. 45. pp. 363. 1917.
- 6) Henry, A. J.: The disappearance of snow in the High Sierra Nevada of California. M. W. R. Vol. 44. pp. 150. 1916.
Guy, L. T.: Snow studies on Bogony high plains by State Electricity Commission of Victoria, Australia, (前出)
- 7) 岡部眞平: 雪崩に就て. 森林治水氣象彙報 1 號. 59 頁. 大. 12 (1923)
- 8) 平田徳太郎: 雪の融け方. 天氣と氣候 2 卷. 342 頁. 昭. 10 (1935)
- 9) 雪調編纂: 融雪に關する研究. 昭. 11 (1936)
- 10) Westmann, J.: Einige beobachtungen über das Schwinden einer Schneedecke. M. Z. Bd. 18. pp. 567. 1901.
積雪の深さと気温 (T. O) 氣象集誌 26 卷. 235 頁. 明. 40 (1907)
- 11) 小林誠吾: 十日町林内外氣象比較觀測の成績. 森林測候所特別報告 9 號. 1 頁. 大. 12 (1923)
- 12) 泉 末雄: 雪の調査 (第一, 二報) (前掲)
- 13) 工藤 清: 積雪の性質—沈降性に就て, 東京物理學校雜誌 584 號, 207 頁. 昭. 15 (1940).

10. 赤 雪 (著色雪)

積雪は一般に白色と云ひ表はさるゝにかゝはらず、時に多少色の著いたものが見られる。『續日本紀』に

「天平十四年一月二十三日陸奥國言 部下黒川郡以北十一郡 雨赤雪平地二寸」

などと記され、爾後に於ても赤雪に關する史料は決して乏しくない。¹⁾

²⁾ 外國でも Pliny が早くも之に注意を向け

Ipsa nix vetustate rubescit

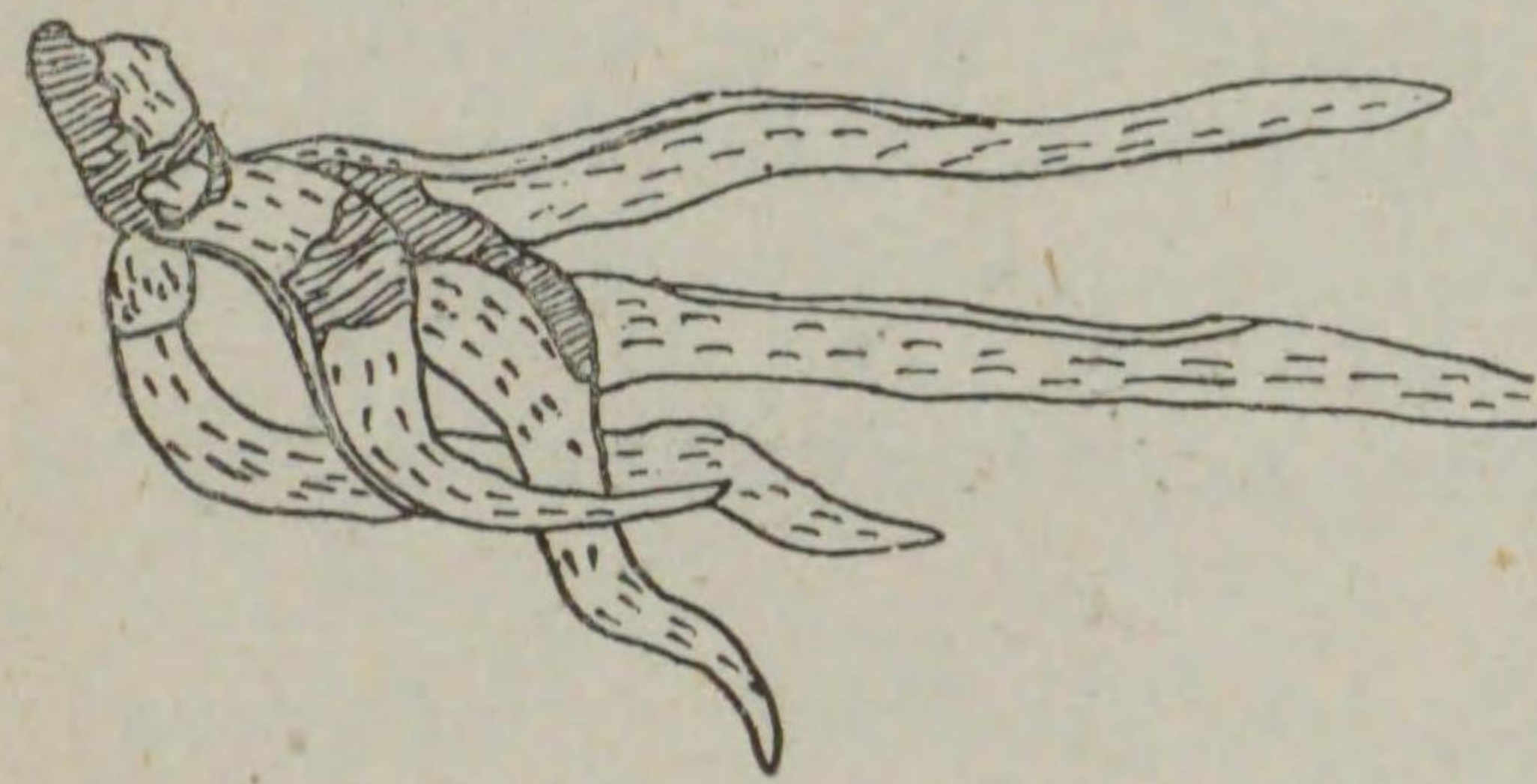
(雪は日が経つと赤くなる意)

³⁾ と記載してゐると云ふ。

⁴⁾ 併し Darwin の觀察記録は最も著名で幾度も引用せられてゐる。南米

Cordillera 山脈を旅行中西曆 1835 年 3 月 21 日 St. Jago-Mendoza の行路記事に赤雪を記してゐるのである。初め赤雪の原因は周囲の山肌から飛來した斑岩の粉屑に依るものと考へたが、後に微生物に依るものと認めるに至つたと云はれる。

この微小なる生物に關しては其の後多くの人々によつて調査が試みられ、藻類に屬する *Protococcus nivalis* が代表的なものとして擧げられ、この名は赤雪と同義語として用ひられる事も少くない。尤も之れ一種に限られるのではなく *Sphaerella nivalis*, *Ancylonema nordenskjöldii*, *Phylodena roseola* 等も數へられてゐる。その種類に依つて赤色を呈する場合や綠色を



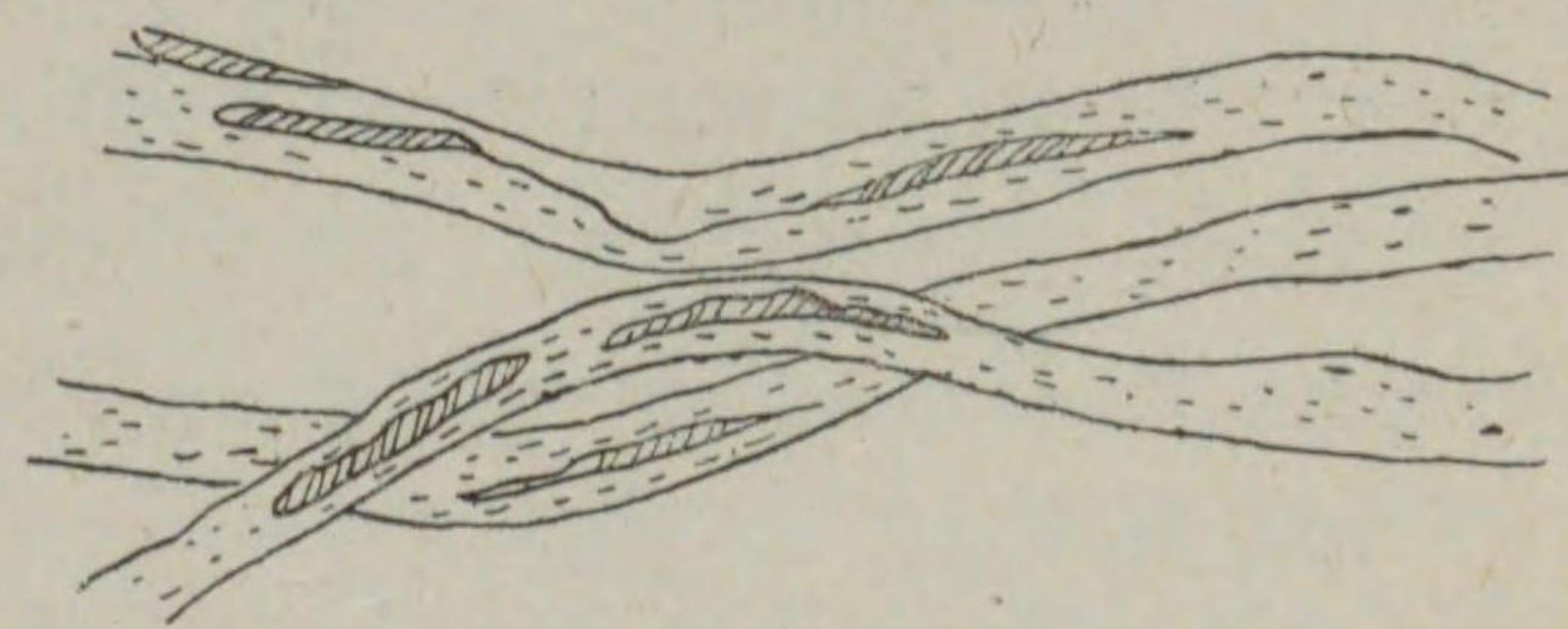
第 58 圖 A

色彩。黄色ニシテ多少赤褐色ヲ帶ビテ居ルガ詳シク云へバハ點圈ガ淡黄色デ少シ赤褐色ヲ帶ビ、斜線部ハ黄色デ赤褐色ヲ帶ビテ居ル

る。其の見取圖と云ふのを一二轉載して見やう。

(第 58 圖)

以上の如き微生物に基くもの以外に、別に種々なものゝ雪と共に降下し或は積雪上に沈積して生じた著色雪も一般には赤



第 58 圖 B

(コノ種ノモノガ最多、多分上圖ノモノノ分離シタモノデアラウト云フ事デアル)

現す場合があるが詳しくは微生物に關する教科書に譲る。

我國の赤雪から微生物の檢出された文獻は稀有であつて泉末雄氏に一著を求むるのみである。接合部中の硅藻門に屬するらしいと云ふが名稱などは判明してゐない由であ

雪と呼びならはされてゐる。降下物は灰塵土砂、多くの種類があるが、吾國では黄砂の襲來に依るものが極めて多い様である。

赤雪の分析例を掲げて見ると大正 13 年 2 月 4~5 日新潟縣十日町⁸⁾の赤雪に就いて下記の結果が出てゐる。

1. 著色雪融解沈澱物分析

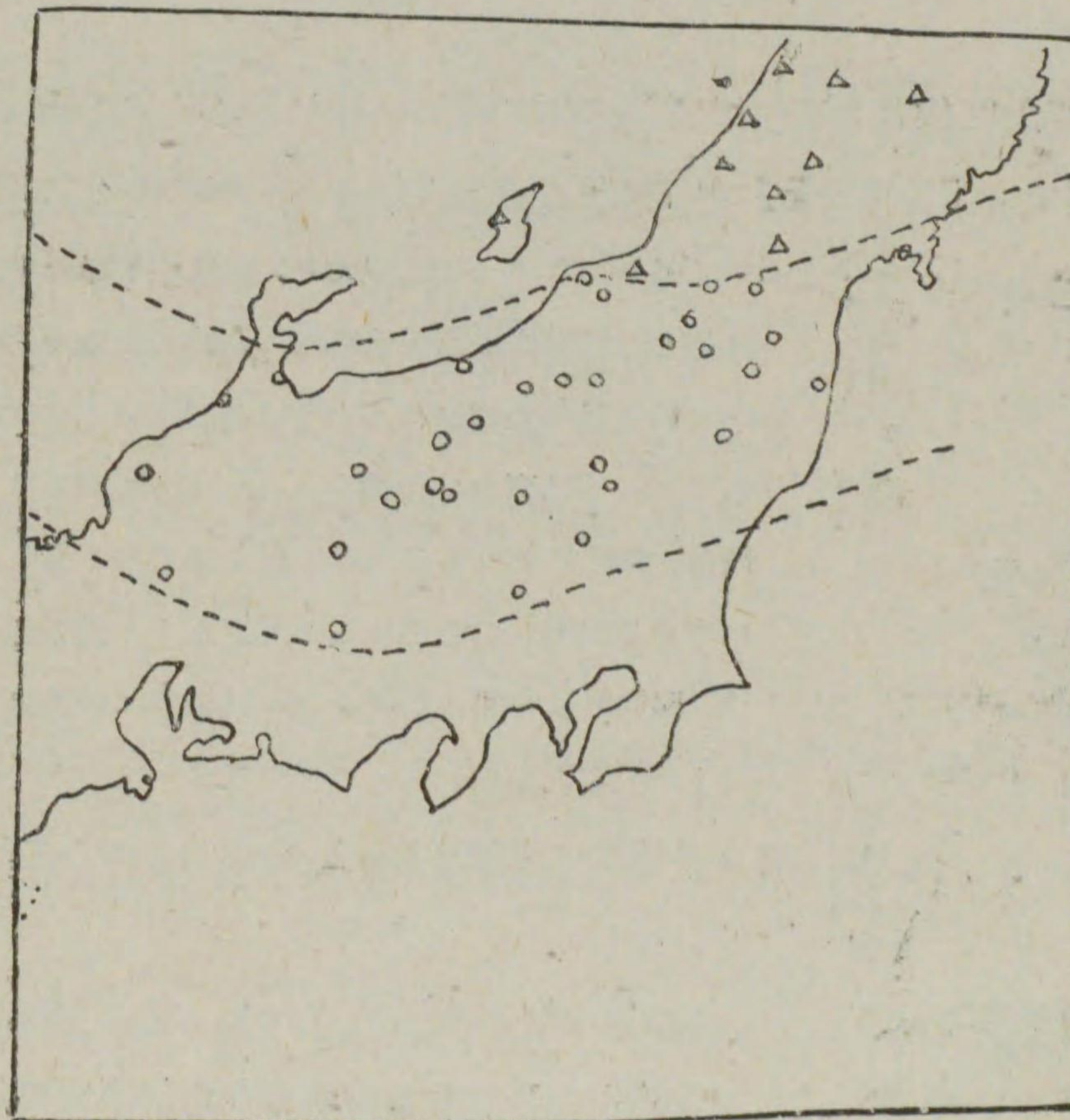
供試液 3750 瓦ノ内

固形物 0.750 瓦 同上百分率 0.02

内

有機物 0.078 瓦 同上百分率 0.002

鐵物質 0.674 瓦 同 0.018



第 59 圖 著色雪區域
點線は著色雪を見たる部分の推定界線
○著色雪を見たる所 △著色雪を認めざる所

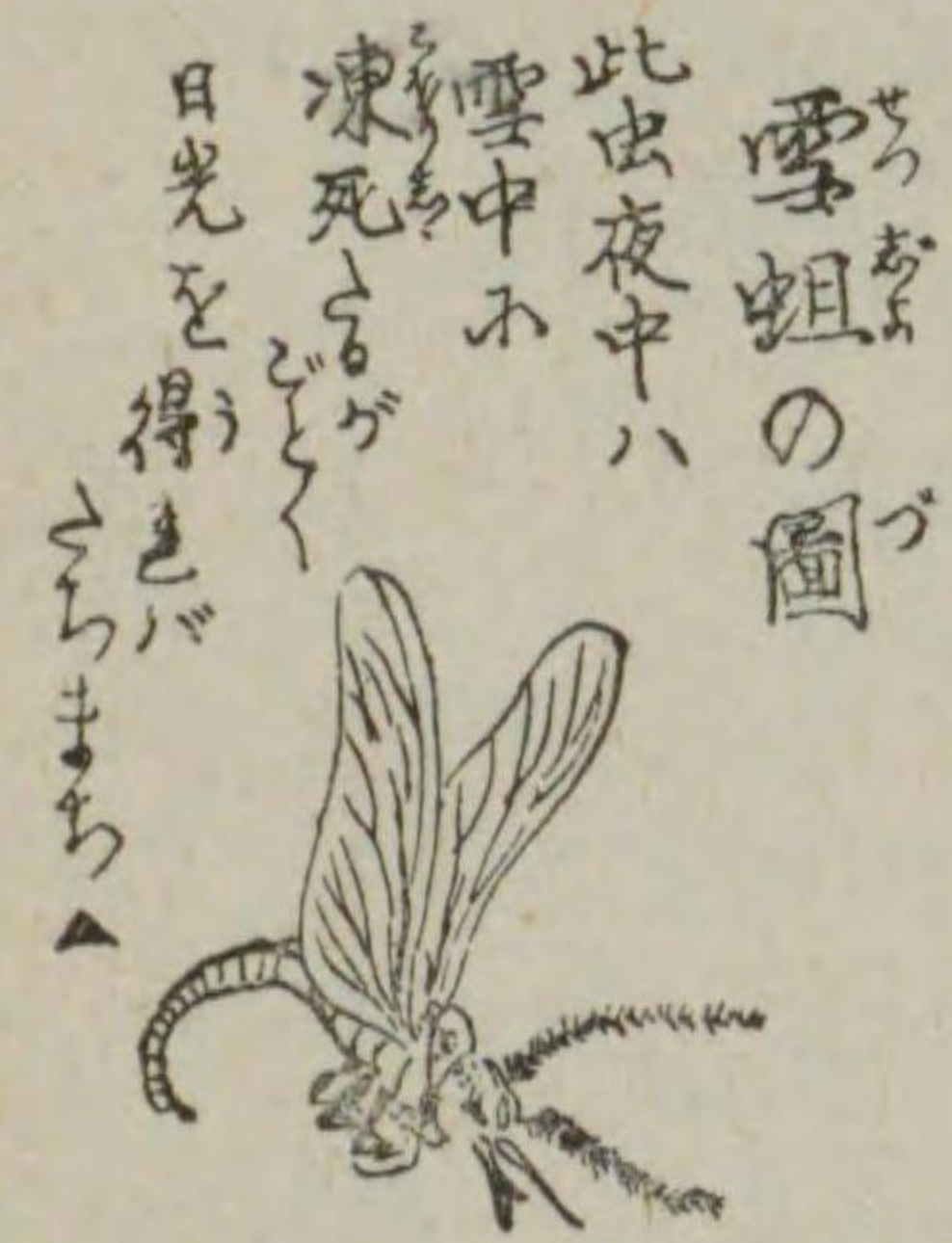
2. 定性分析の結果は一般土壤細微土に見る成分、即ち硅酸、鹽素、曹達、加里、マグネシウム、アルミニウム、鐵、カルシウム、磷酸、マンガン、硫酸等の存在が認められ結局黄砂に依るものと推定された。

赤雪の區域は時に極めて廣大で大正 14 年 1 月 29 日のものは第 59 圖の如き範圍に及んだ。

外國の赤雪觀測文獻も決して少くは無い。色も赤とは限らず、黄色、褐色等とりどりのあてやかさであるが、挿話的興味はないではないが、一々詳しく紹介する事は省略し單に若干の文獻を列記するにとどめたい。

〔附〕 雪 蟲

『山海經』に依れば蛾眉山の夏の雪に雪蛆が棲むと云ふが（『和漢三才圖會』）我國でも『北越雪譜』が「越後の雪蛆」と云ふものを書き立てゝゐる。

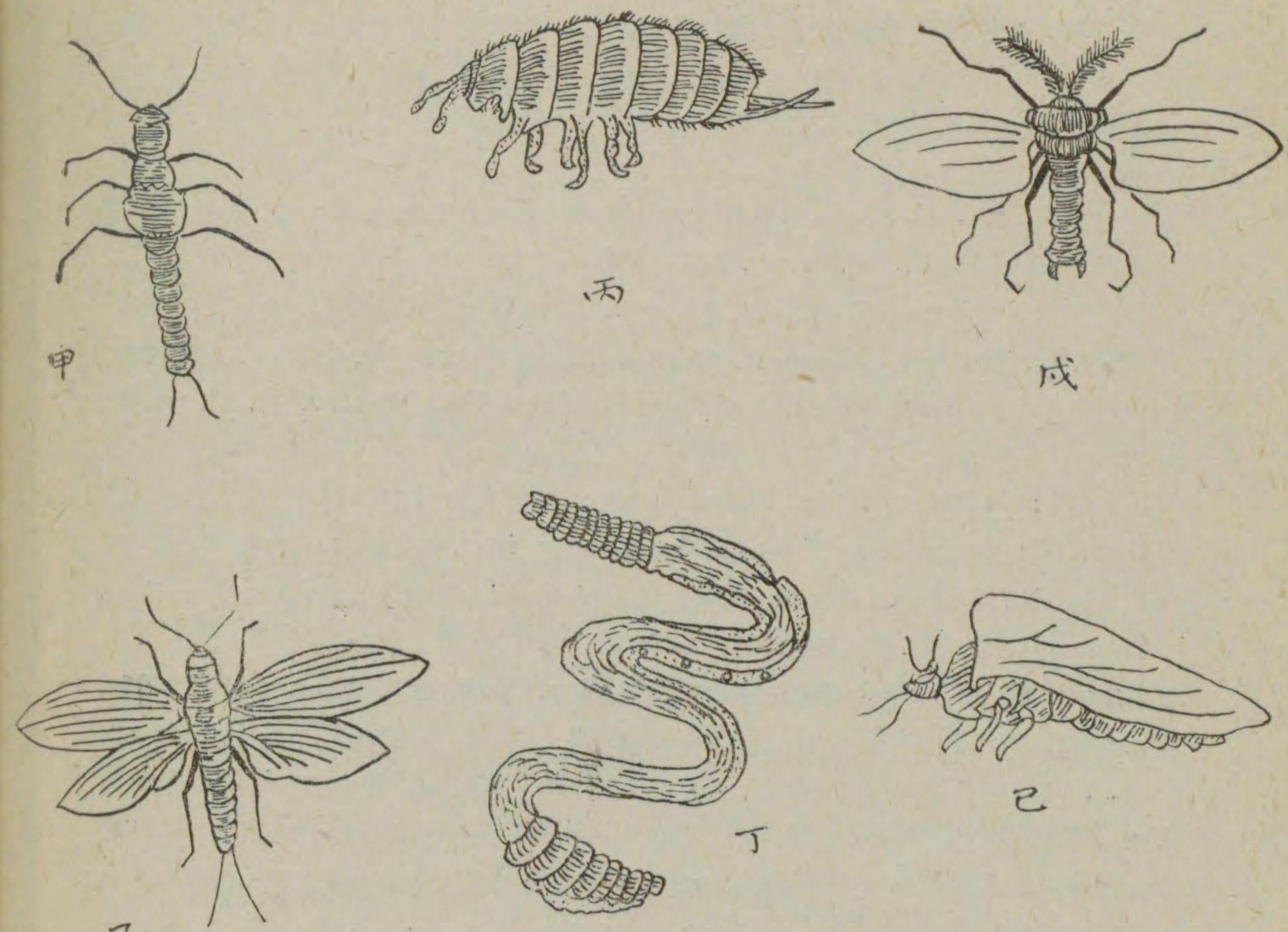


第 60 圖 雪 蟲 (北越雪譜)

「越後の雪中にも雪蛆あり、此蟲、早春の頃より雪中に生じ、雪消終ば蟲も消終る、始終の死生を雪と同うす（中略）我越後の雪蛆はちひさき事蚊の如し、此蟲は二種あり、一つは翼ありて飛行、一つは、はねあれども藏て岐行、共に足六つあり、色は蠅に似て淡く其居る所は市中原野蚊におなじ、しかれども人を螫むしにはあらず、顯微鏡にて視たる所をこゝに圖して物産家の説を俟つ」

外國にも雪蛆 (Enchytraeus) がゐるさうである。

雪蛆の詳しい紹介などは稍、雪の主題から遠ざかり過ぎる事になるであらうが好事家の爲めに有名な泉 末雄氏の雪蟲の圖をお目にかける事にしやう。(第 61 圖)



第 61 圖 雪 蟲 (泉)

之等の雪蟲に對する松村松年博士の鑑定、命名がある。

- 1) 中央氣象臺, 海洋氣象臺 『日本氣象史料』 昭 14. (1939)
- 2) Pliny: Gaius Plinius Secundus. (西曆) 23—79. ローマの博物學者 當時に於ける自然界に關する知識を廣く蒐集し 37 卷の博物志を著した。〔岩波西洋人名辭典〕
- 3) Finch and Hawks: "Water in Nature., (前出)
- 4) Darwin, C.: "The 'Beagle, Diary., 1831—36. Cambridge. 1933.
- 5) (Merrifield, M. P.): Snow and Ice flora. Nature. Vol. 28. pp. 304. 1883.
- 6) 加納一郎: 『氷と雪』 (前出)
- 7) 泉 末雄: 雪の調査 (第二報) 氣象雜纂 (前出)
泉 末雄: 赤雪 天氣と氣候 3 卷. 58 頁. 昭. 11 (1936)

- 8) 小林誠吾：越後十日町地方の著色雪に就て 森林治水氣象彙報 5 號 84 頁、大. 13 (1924).
- 9) 大正 14 年 1 月 29 日の著色降雪 森林治水氣象彙報 6 號. 161 頁、大. 14 (1925).
- 10) : Intensive Staubfall in den nordwestlichen Karpathen am 5. Feb. (1888) M. Z. Bd. 5. pp. 122. 1888.
: Gelbroth gefärbter Schnee. Das Wetter. Jr. 13. pp. 71 1896.
Müller, F.: Rother Schnee in Kärnten. Das Wetter Jr. 15. pp. 69. 1898.
Stade, H.: Rother Schnee auf dem Brocken. Das Wetter. Jr. 15. pp. 70. 1898.
: Gelber Schnee. Das Wetter: Jr. 15. pp. 96. 1898.
Böhm, R.: Chemische Untersuchung des in Oberweissburg, Post St. Michael im Lungau. (Schulleiter Joseph Schiechtle) gefallenem rothen Schnee. M. Z. Bd. 18. pp. 278. 1901.
Stiglleithner, J.: Staubfall-Gelber Schnee. M. Z. Bd. 23. pp. 170. 1906.
Wiesner, A.: Red Snow in Michigan. M. W. R. Vol. 37. pp. 156. 1909.
Jost, W.: La "Neige Jaune", du 24. April. 1929. La Meteorologie Tome 7. pp. 127. 1931.
Заморский, А. Д.: Случай окрашенного снегопада в Ростове на дону. Мет. и Гид. 1. pp. 46. 1939
- 11) 3) に同じ
- 12) 泉 末雄：雪の調査（第二報）（前掲）
泉 末雄：雪蟲 天氣と氣候 3 卷. 351 頁. 昭. 11. (1936)

第三章 雪 と 人 生

1. 初 雪

花の春、光の夏、やがて紅葉の秋もすがれると初雪が冬を告げる。

初雪は古くから重く關心せられ、朝廷に於かせられては「初雪見参」が行はれた。

『類聚國史』（祥瑞）に「延暦十一年十一月乙亥 雨雪 近衛官人已下 賜物有差 丙子大雪 駕輿丁巳上 賜綿有差」

とあり、『公事根源』『政事要略』等は孰れも本記事を以て初雪見参の濫觴となしてゐる。この御儀は時に廢せられ、式の次第なども時代に伴つて變遷したものと考へられるが、其の一斑は下記の史料などから少しく知る事が出来る。

〔後水尾院當時年中行事〕 初雪つもれば 御盃はじまる べたべたのかちんにて一獻参る 女中男にもたぶ 院女院などへも参る

〔二水記〕 永正十四年十一月二十一日 雪初降 参内御盃^{女中、伯等}_{申沙汰敷} 例年之儀也 各沈酔了

〔西宮記〕 初雪降者 依宣旨取諸陣見参給祿 延長三年正月十四日今朝雪七寸 令内藏助仲連 以綿一千屯 施給大内山御室道俗

〔禁秘御抄〕 初雪見参近代絶畢 初雪日仰六人藏人 令取見参藏人束帶^{或宿衣} 召朝餉仰之 内侍傳仰 藏人進見参給祿内藏寮絹 大藏省也 女房藏人已上絹一匹 主殿掃部女官信濃布四段下各二段 御厨子所得選各一匹 刀自各三段 此外御厠人 長女内暨主殿官人史生案主下部今良諸陣府生番長舍人 依差給之

この日饗應賜物の事あるは向寒の折柄蒼生の身の上を案じ給ふ大御心の表はれかとも拜せられ 聖慮畏き極みである。

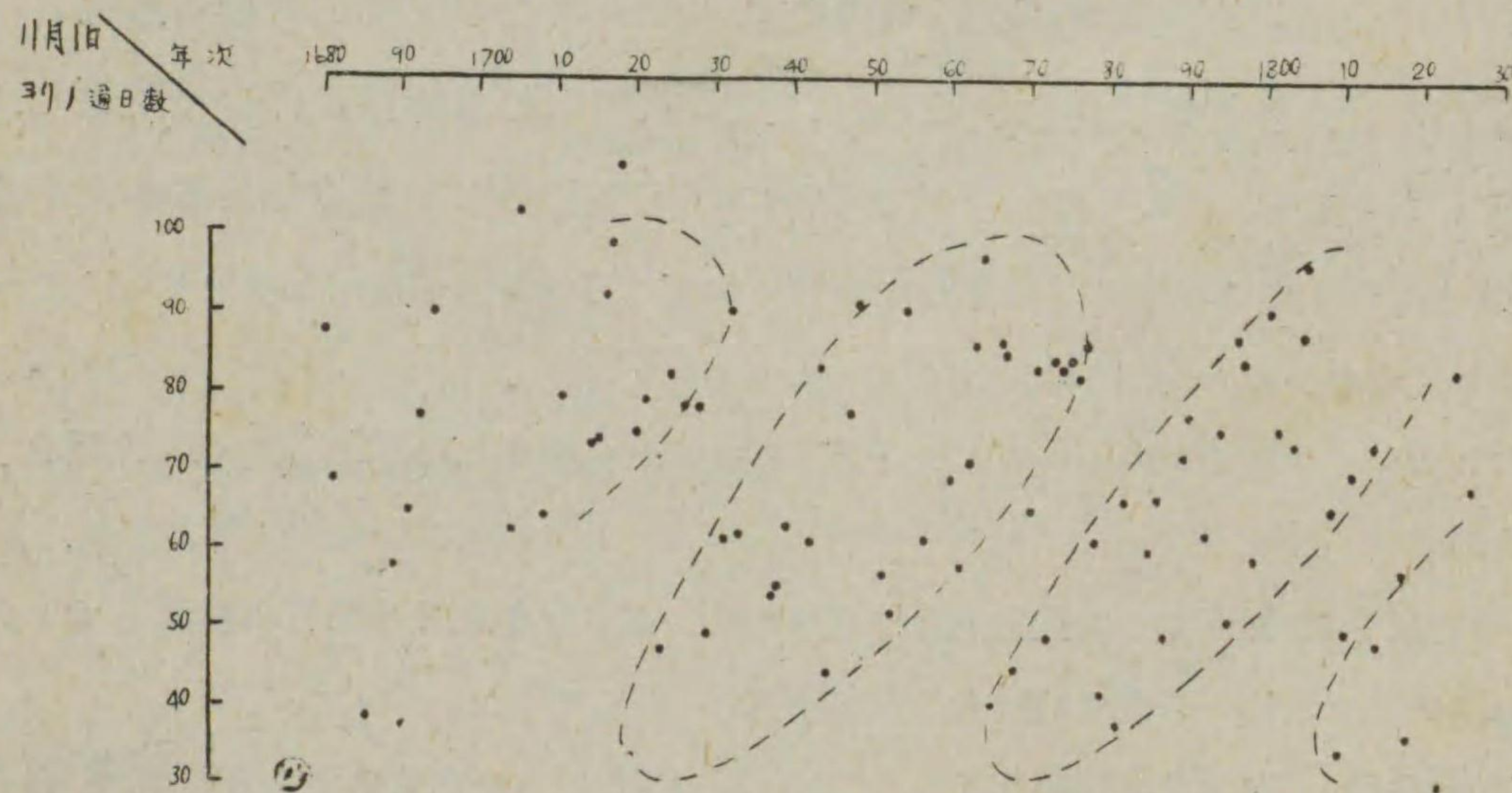
又初雪の宴に詩を賦し歌を詠ぜしめられた例も多く「和漢朗詠集」「菅家文

草」等に就いて讀む事が出来る。

下つての世には一般も初雪を賞するとして様々の遊樂をなしたが、古來雪は月、花と共に風流の三大事に數へられ多くの話柄があるが、元より茲に盡し得る事ではない。たゞ少しく注意を留めておきたいと思ふのは徳川幕府の記録に残る「初雪御見舞」に關する史料である。初雪に際し御三家より將軍に對し草花果物を贈進する行事である。

吾々が蒐集した史料では寛永九年を初見とし文久二年迄に凡百回の記事がある。

「初雪御見舞」の行はれた期日の逐年の遅速を圖化して見ると大様第 62 圖の如きものが得られる。¹⁾



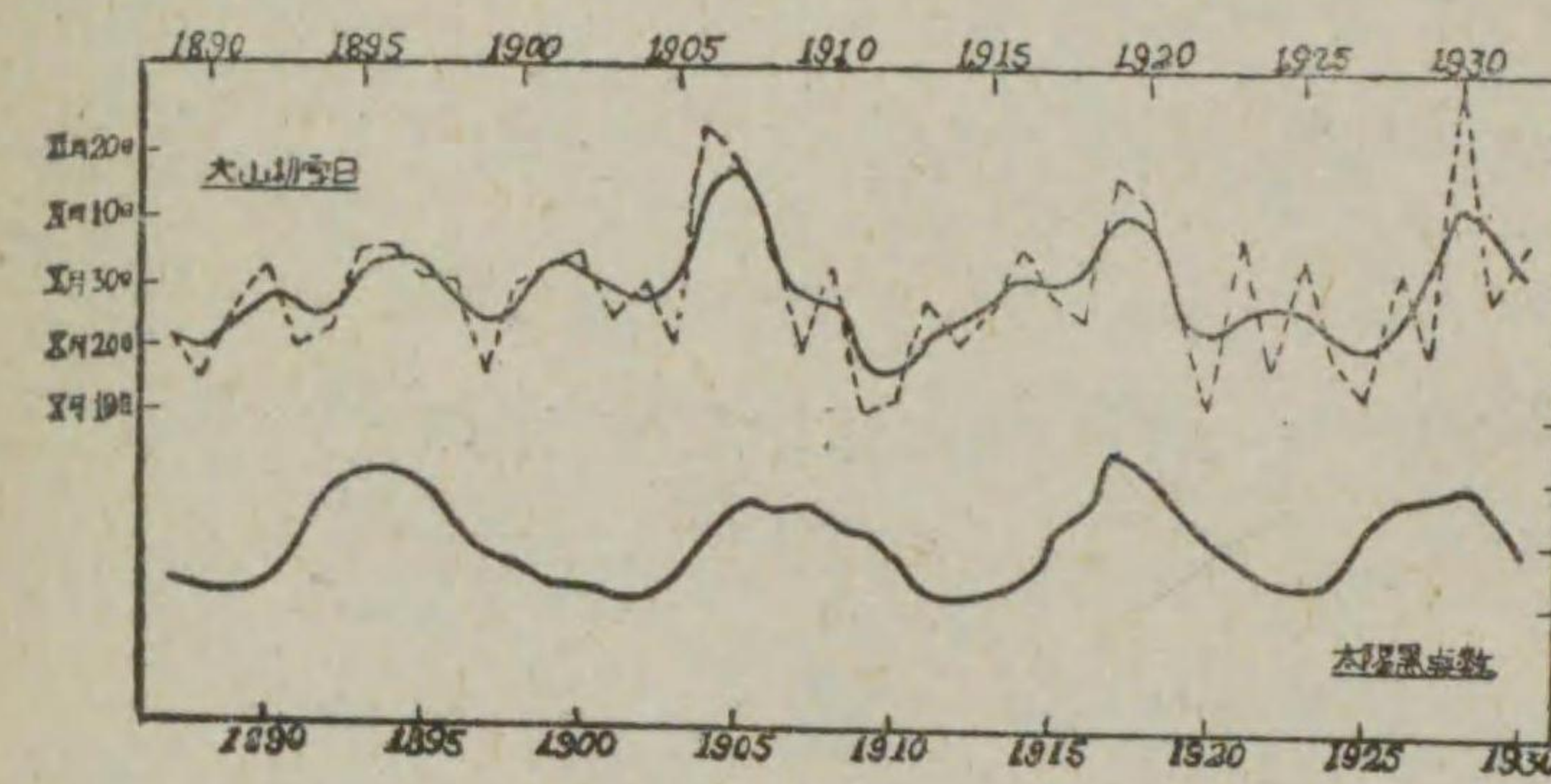
第 62 圖 江戸の初雪 (田口) (圈點は點群を圍つて見たもの)

圖で見ると大約 50 年毎に初雪日の遅速が循環した様な傾向が目を見ざるが、その原由は遽に解説出来ないものを含んでゐる様である。

* 茲に初雪と云ふのは初降を指さず、初積雪を謂ふと考へた方が妥當の様である。

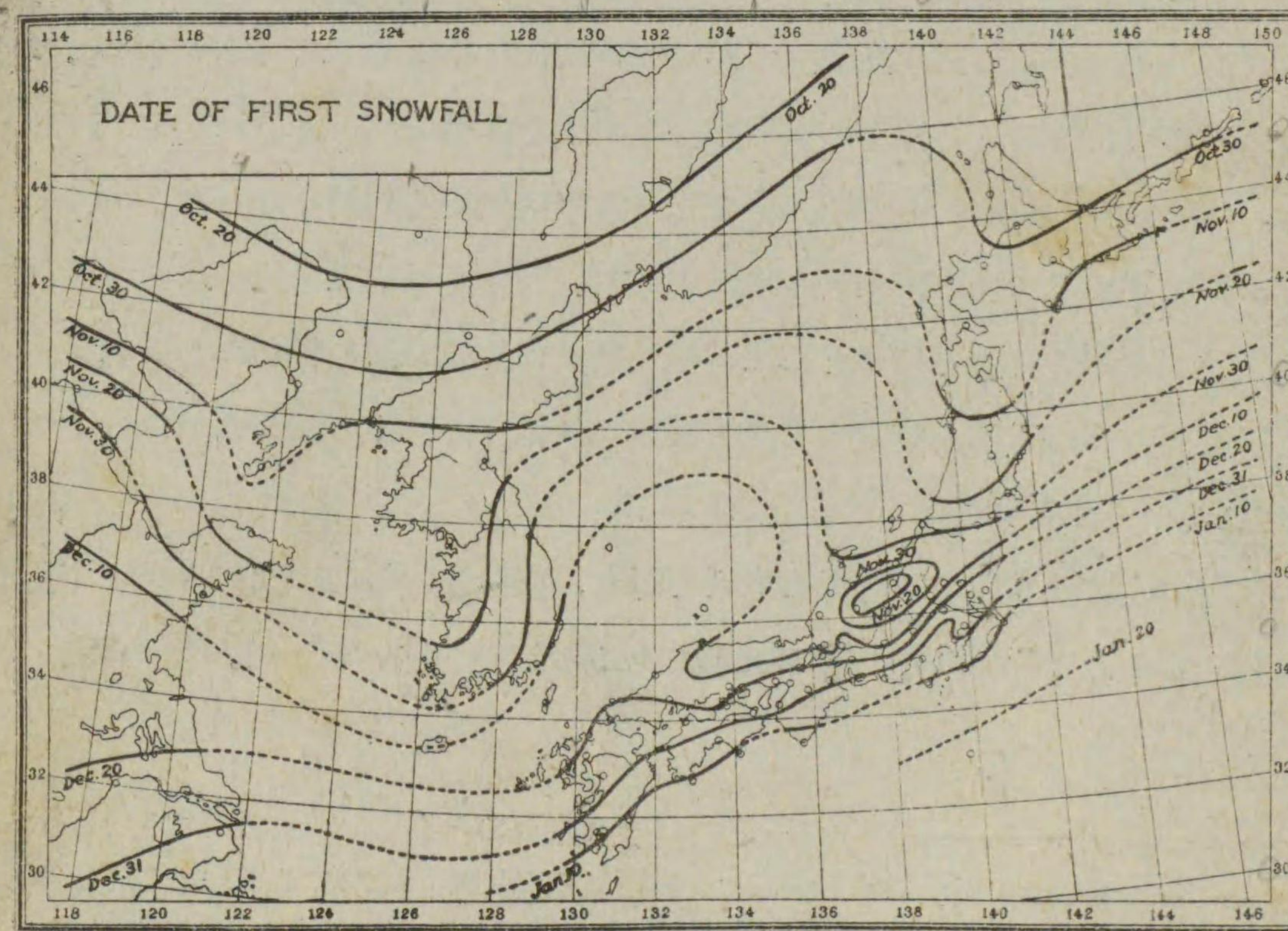
山口 悟氏は伯耆大山の初雪期日の逐年變化を調査し、その遅速が太陽黒

點の變化と良く一致する事を述べられた。兩者の間には相關係數として 0.51 が算出せられ (但し二ヶ年宛位相の遅れを補正する要あり)、結局太陽黒點最



第 63 圖 大山の初雪 (山口)

多の歲より 2 年後に初雪最遅の年が現はれる事になる。(第 63 圖) 前記の例に於ても見らるゝ如く、同一の場所に於いても年々その初雪日には遅速があるが之を長い期間の平均値に就いて見た場合に日本の初雪期日の地理的分布は如何なるものであらうか。之に關する重要な資料は岡田博士の報文に求めら³⁾



第 64 圖 平均初雪期日 (岡田)

れる。簡單の爲め圖版によつて之を紹介した。(第 64 圖)

特に裏日本地方の初雪期日を仔細に觀て見ると、濱田、境、福井、金澤、伏木、新潟、秋田、青森と緯度を増すにつれて早く初雪が降る。之等の地方では平均初雪期日 F は、緯度 ϕ を以てする直線式で示す事が出来る。即ち

$$F = -6.3\phi + 264$$

が所要の實驗式で、 F は 11 月 1 日を 1 として起算したる初雪日迄の日數である。⁴⁾

[附] 不 時 降 雪

降雪と云ふ現象はたゞ地上の氣温が酷寒と云ふだけでは起らない。明治 38 年 12 月 23 日に根室で氣温が氷點下 7.8°C だつたが雨が降つて雪にはならなかつたと云ふ。⁵⁾ 又氷點以上だから降らぬとも限らない。Potsdam で (1913 年 11 月 4 日) 地上の氣温が 9°C 近くあつて雪が降つたとも云はれる。⁶⁾ 一般に日本では冬を中心にした雪の季節は正しく時候に適したものであるが、眞夏に雪の降つた史料も多數にある。(孝元天皇三十九年六月〔西曆紀元前 176 年 7 月〕を初めとして明治維新前に約 30 回の史料がある。⁷⁾)

斯様な不時の降雪が氣候の異變と關聯して凶作、飢饉の因をなした例も少くない。

須田皖次氏は⁸⁾ 8 件の不時降雪史料を採り、突發性のものに 300~400 年、氣候性のものに約 600 年の發現週期があるらしいと述べられた。

1) 田口龍雄：江戸の初雪に就いて 海洋氣象臺彙報 126 號. 7 頁. 昭. 14 (1939)

2) 山口 悟：大山の初雪 天氣と氣候 1 卷. 271 頁. 昭. 9. (1934)

3) Okada, T.: The Climate of Japan. Bulletin of the Central Meteo-

rological Observatory, Vol. 4. pp. 89. 1931.

4) 田口龍雄：裏日本の雪 (海と空に發表の豫定)

5) 高山四郎：氣温氷點以下の時の降雨に就て 氣象雜纂 1 卷. 69 頁. 大. 5 (1916)

6) Meißner, O.: Schneeflocken bei abnorm hoher Temperatur. Das Wetter. Jr. 30. pp. 260. 1913.

7) 中央氣象臺, 海洋氣象臺：『日本氣象史料』(前出)

8) 須田皖次：夏の雪 天氣と氣候 1 卷. 98 頁. 昭. 9 (1934)

2. 日本の積雪分布

先づ本邦の積雪分布状況を概觀し、續いて其の理由の考察に及ぶ考へであるが、簡單に分布の概要を會得するに便利な資料は案外に少いやうである。充分多數の觀測所に就いて長期の、しかも統整ある觀測値を得ると云ふ事が仲々容易な業ではないからででもあらう。

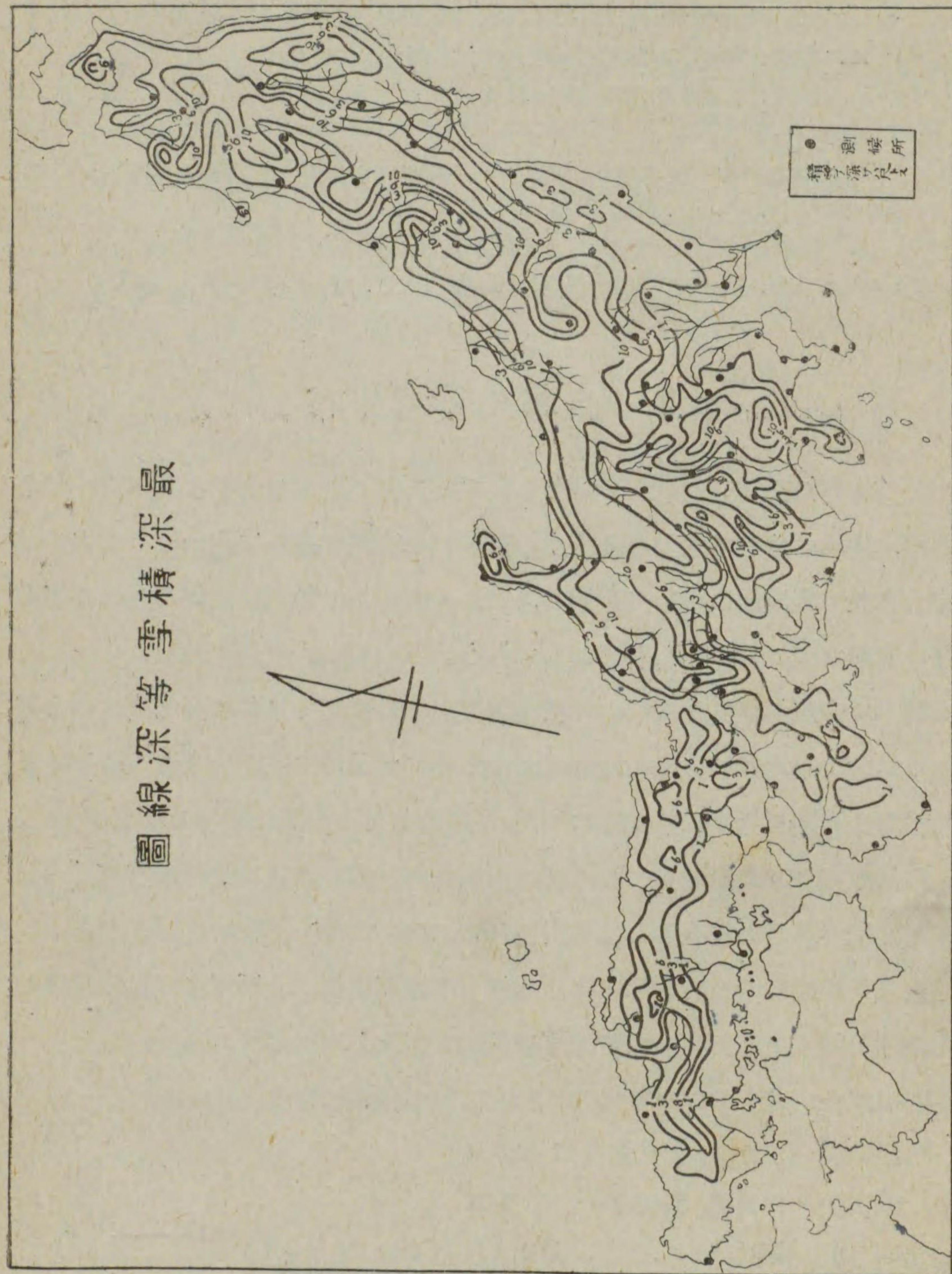
積雪地方農村經濟調査所の「積雪調査」等の資料も毎年の分布圖は載せてゐるが未だ平均値の算出がなされてゐないので茲では玉手三稜壽氏の平均最深積雪分布圖を掲げて見る事にした。(平均値算出年限に關する明記がない)¹⁾

中部地方より奥羽地方にかけての中央山系一連の地域に最深積雪を見ると云ふ傾向が著しい特徴として注目される。(第 65 圖)

古來吾國の雪の名所としては、「本朝如信越賀奥州之北國雪多而越州最爲勝雪積蔽屋棟 出入無便」などと『和漢三才圖會』も記してゐる。

岡田博士の著書中にも²⁾ 各地方の積雪記録が掲げてあり

北海道	石狩及膽振地方	1 丈 3 尺
青森縣	野邊地, 狩場澤	6 尺
秋田縣	阿仁合	1 丈 1 尺 (明治 39 年 2 月)
山形縣	大鳥	1 丈 1 尺 (大正 2 年 3 月)
新潟縣		2 丈



最 深 積 雪 等 深 線 圖

第 65 圖 最 深 積 雪 等 深 線 圖 (玉手)

石川縣	白山麓白峰村	1丈5寸 (明治43年3月)
富山縣	黒部峡谷	3丈
等が擧げられ、佐々木鶴藏 ³⁾ 氏の積雪2丈以上の記録と云ふものに		
新潟縣	中頸城郡榑池村	2丈5尺 (明治26年3月6日)
同	東頸城郡奴奈川村	2丈1尺 (明治43年3月8日)
同	中頸城郡矢代村	2丈 (明治26年3月6日)

以上三ヶ村のみにして他府縣に無し」と誌されてゐる。思ふに新潟地方を最も甚しとし裏日本一帯を深積地方と見做して大要誤りなきものと解される。

北陸を初め裏日本一帯に雪の多い因由を説明せんと試みた研究も少くない。その初期のものに矢津昌永⁴⁾氏の説がある。當時の通説では該地方が氣候寒冷なる爲め雪が多いものとなされておたらしく、氏は之を實例を以て論難し、眞の原因は「其地の形勢、風位」に有りと觀破し

「抑々我國冬期の主風たるや北西の定位にして此風は極目蕭條寒威凜烈なる西比利亞の大平原を吹き荒れたる餘波にして直に北西の方向を取り日本海を渡るに際し其海面より發散する水蒸氣を率ゐる之を誘致するに當り其低温なるが爲め行々其の水分を凝集して雨滴となし或は凝結せしめて雪霰となしつゝ其の衝き向ふ所は即ち此の北西岸なるべし。而て尙ほも進行せんとするも後脊に聳ゆる屏風の如き連山は爰に擁遮して其前進を許さず其の運搬する蒸氣は悉く山脈以内に降落せしむべし」

云々と述べ、日本海上の水蒸氣の影響に着目されてゐる所に著しい特徴を見出だすのである。

爾後數十年間は成因説が如何に進展したのか文献の徵すべきものを求め得ないが石田雅生⁵⁾氏は其の降水論に於て

「在來北西の氣候風が主山脈の爲めに冷却して降水となるものとなしたるも輒近學者は北西風が主山脈の爲めに昇騰運動を起し、其斷熱膨脹に起因すべしとの説明を與へたり。亦或人は日本海に發生する低氣壓の影響なりとの説を主唱したり」

云々と誌してあり地形に因る昇騰氣流を、成因の一つに採り入れる様になつ

たのは此の頃が初めではあるまいかとも思はれる。

その後数年にして岡田博士の名著『雨』が刊行せられ、その中にも裏日本地域の多雪の因が考察されてゐる。概要は北西の氣節風が日本海面に於て多量の水蒸氣を含み、それが裏日本の陸地に會して昇騰氣流となり溫度が低落し含有する水蒸氣は雪となつて凝結する爲めと解説されてゐる。そして

「從來學者の説明せざる事實は北陸道の最も多雪であると云ふ事實である。按ずるに之は北西氣節風の日本海面を吹走し來たる路程は北陸道に吹き來たるもの最も長いから風の水蒸氣を含み來たること最も多大なる爲であらう」

云々と述べ北海道が之に亞ぎ山陰地方は朝鮮半島の蔭に當り且つ氣温が比較的高いから割合に少雪なのであらうと云ふ事であつた。

田袋喜祐英⁶⁾氏の遺稿は當時推敲中のもので結論はどの様に展開を見るか不明に屬すると考ふべきであらうが、上昇氣流の斷熱的膨脹の機巧のみでは裏日本の降雨雪の説明に難點のある事が指摘されてゐる。

若し左様な成因のみを考ふるならば、一般に山地に進むにつれ積雪量が増加すべきであるが事實は反對で海岸に多く、可なりな沖合ですら雪が降る事を述べ、降雪時の風向も上下で反對になつてゐる事が多い事をも注意された。

氏の所説は豊岡在任中の經驗から考案せられたもので、偏西季節風が陸地に衝突すると一部は上昇氣流に變るが他の一部は陸地の摩擦によつて山腹に堆積し、風前の陸地一帯には鞍状の高壓帯が出来る、他方海岸線は空氣の流動を阻害し海岸沿ひに氣壓の比較的低い處が出来る。この様な境界附近では、高壓帯より逆流する微風と主風の偏西風とが働いて鞍状低壓部或は小副低氣壓が連生し易かるべく、かくて「兩氣流の混合或は重なり合ひの爲めに海上に於て降雨雪を起すことが出来る」と見るべきである」と云ふ見込みであつた。

山地より海岸に積雪が多いと云ふ認定は裏日本一帯に於て常にあてはまる事實ではないらしく福井縣などでは最深積雪 Y (cm) は海拔高度 X (m)

が増すにつれて増加し、⁷⁾ 實驗式

$$Y=0.53+0.27 X^{0.49}$$

さへ出來てゐる位であるが併し海上にも降雪があると云ふ事は、地形性のみで降雪を説明する事の不備を暗示したものと云へるであらう。

又降雪時の風向が上下で反對になつてゐる事實は、新潟などの強雪に就いても眞であつて、⁸⁾ その説明は兎に角として、注意された事柄には夫々重要な示唆が含まれてゐると思はれる。

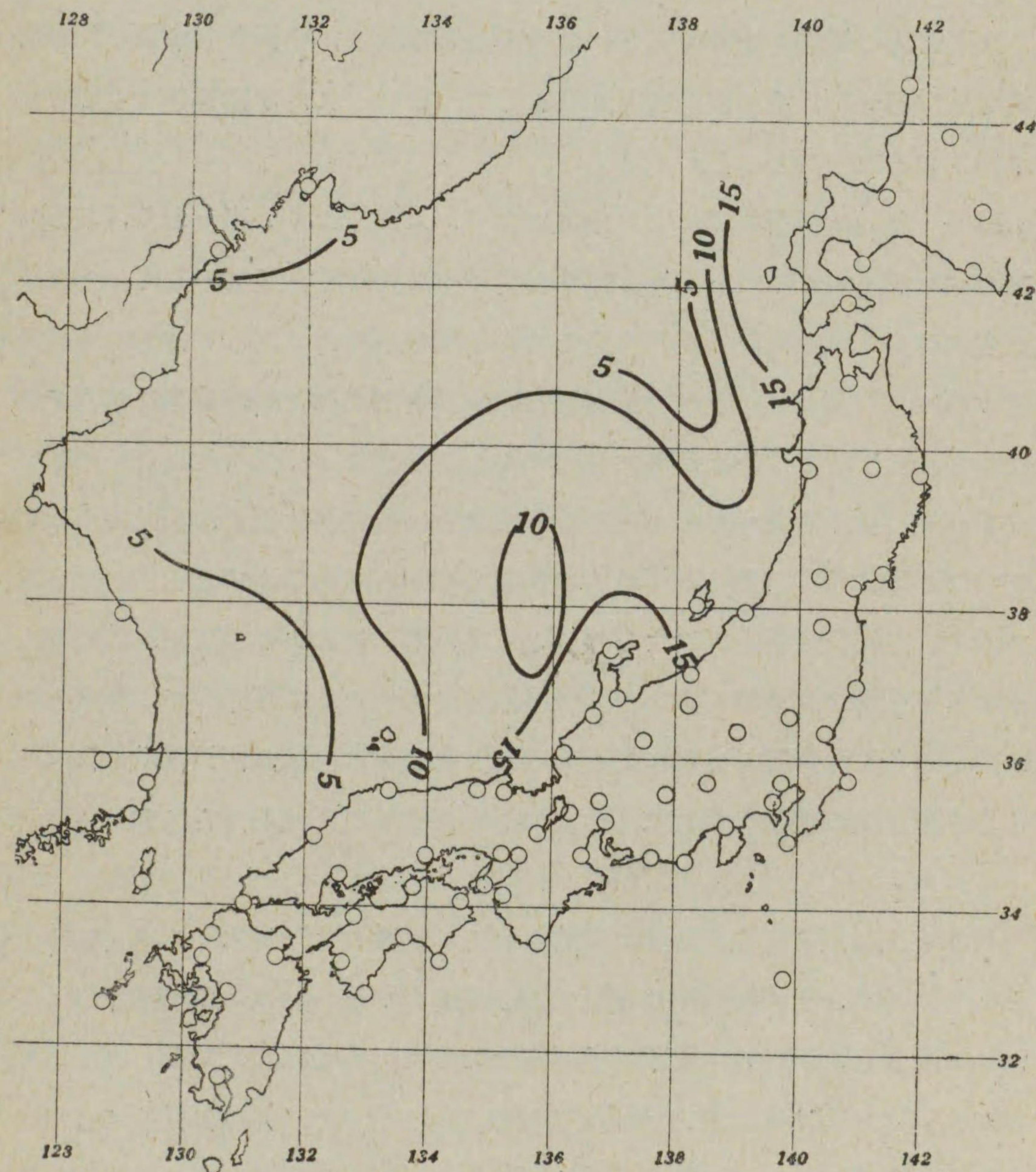
勝谷 稔⁹⁾氏は積雪が時により山地に多く、又海岸に多い事があり、新潟地方では之を上雪、下雪と稱し、因幡但馬地方では山雪、里雪と呼んでゐるが、兩者には夫々異つた降雪機巧があるものと豫想された。而して山地に多雪を起すのは概ね偏北風で之は一般地形性降雨雪と解されるが、海岸に深雪を現はす場合は、夜間、風が南風に變つてからの降雪に多く見られる。

季節風に依る陸地の冷却の程度が地形によつて異なる爲め、山地より溪谷を吹下る地表風が起きて海岸地方に積雪を多からしめるのであらうと云ふ事である。又同氏は偏北風による積雪よりも、偏西風による積雪が一般に裏日本に最深積雪を起す事が多いが之は海岸線の走向に依る事至大で、越後が特に多雪なるは海岸線の走向が略西南西より東北東に向ひ、西乃至北の間にある冬季氣節風の孰れに對しても直交に近い海岸線を形成してゐる爲めとも考へられた。

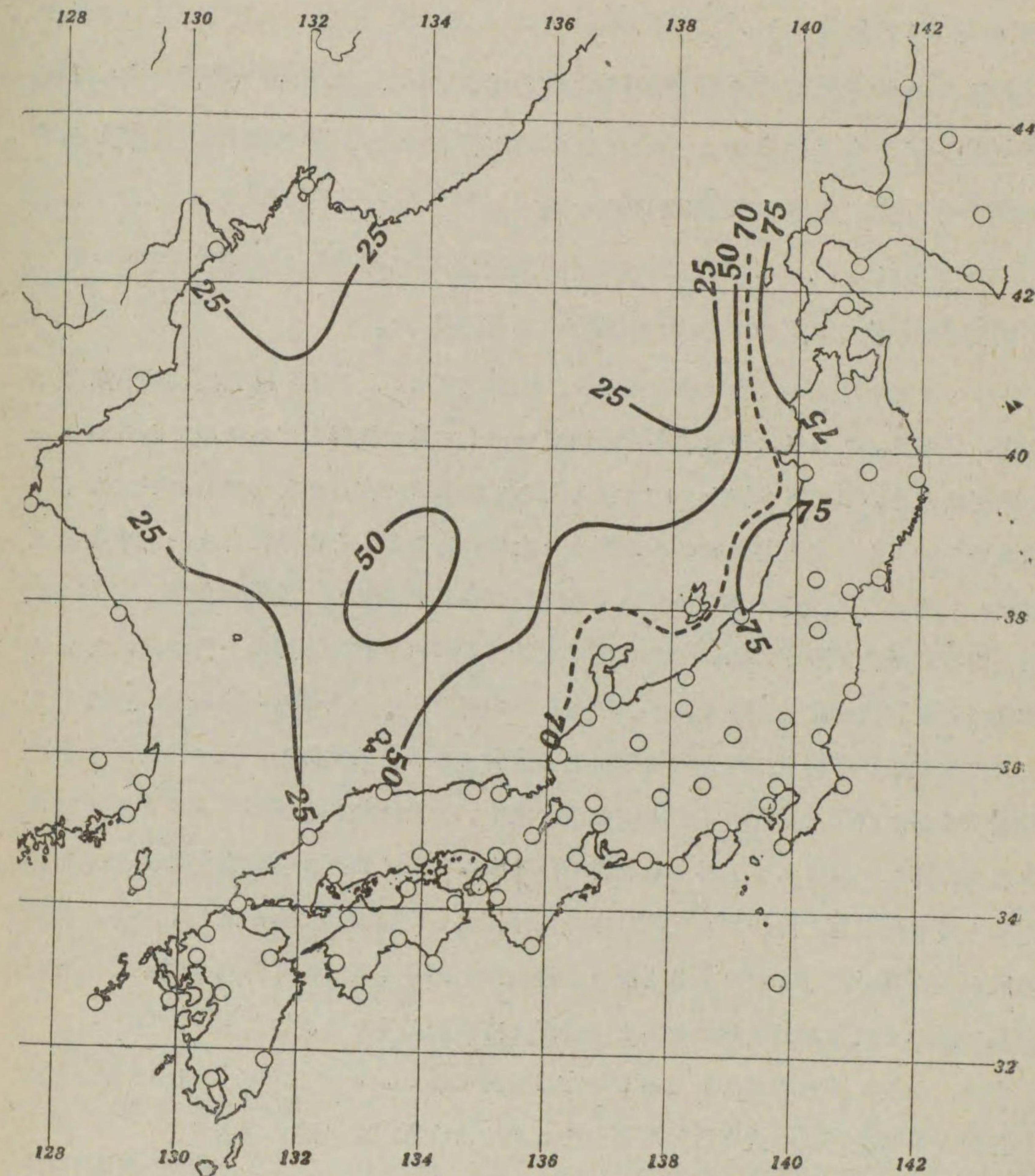
日本海上の氣象調査が次第に進められると、裏日本地域にのみ多く雪が降るのでなくて、對岸の大陸を離れて左程遠くない海上で既に雪が屢、降る事が明にせられ、裏日本の降雪は最早單なる地形性説では説明し切れない事になつた。この事は岡田博士¹⁰⁾が「地理教育」(大正15年7月號)誌上に指摘された由である。

其の頃海上に於ける季節風に因る降雨の研究が拔山大三氏¹¹⁾及び高山四郎氏¹²⁾

に依つて成された。抜山氏は氣温が水温より低いと海水が熱源となつて大氣の下層では釣合が不安定になつて降水すると云ひ、高山氏の説では寒冷な空氣が海上の溫暖な氣層の下に楔狀を爲して突入し、溫暖な空氣は寒冷な空氣



第 66 圖 日本海上の雪(田口)
A 頻度分布(所定区域内に於ける全観測總數に對する雪天回數)



第 66 圖 日本海上の雪(田口)
B 頻度分布(新潟, 境兩地の降雪回數に對する頻度として現はしたもの)

の上を滑り昇る事になつて降雨すると云ふのが大意のやうである。

日本海上の降雪狀況に關しては從來餘り資料がない様であつたので粗雜なものであつたが海上氣象報告を資料とし、一應統計を試みて第 66 圖¹³⁾を得た。

(昭和 9~13 年資料)

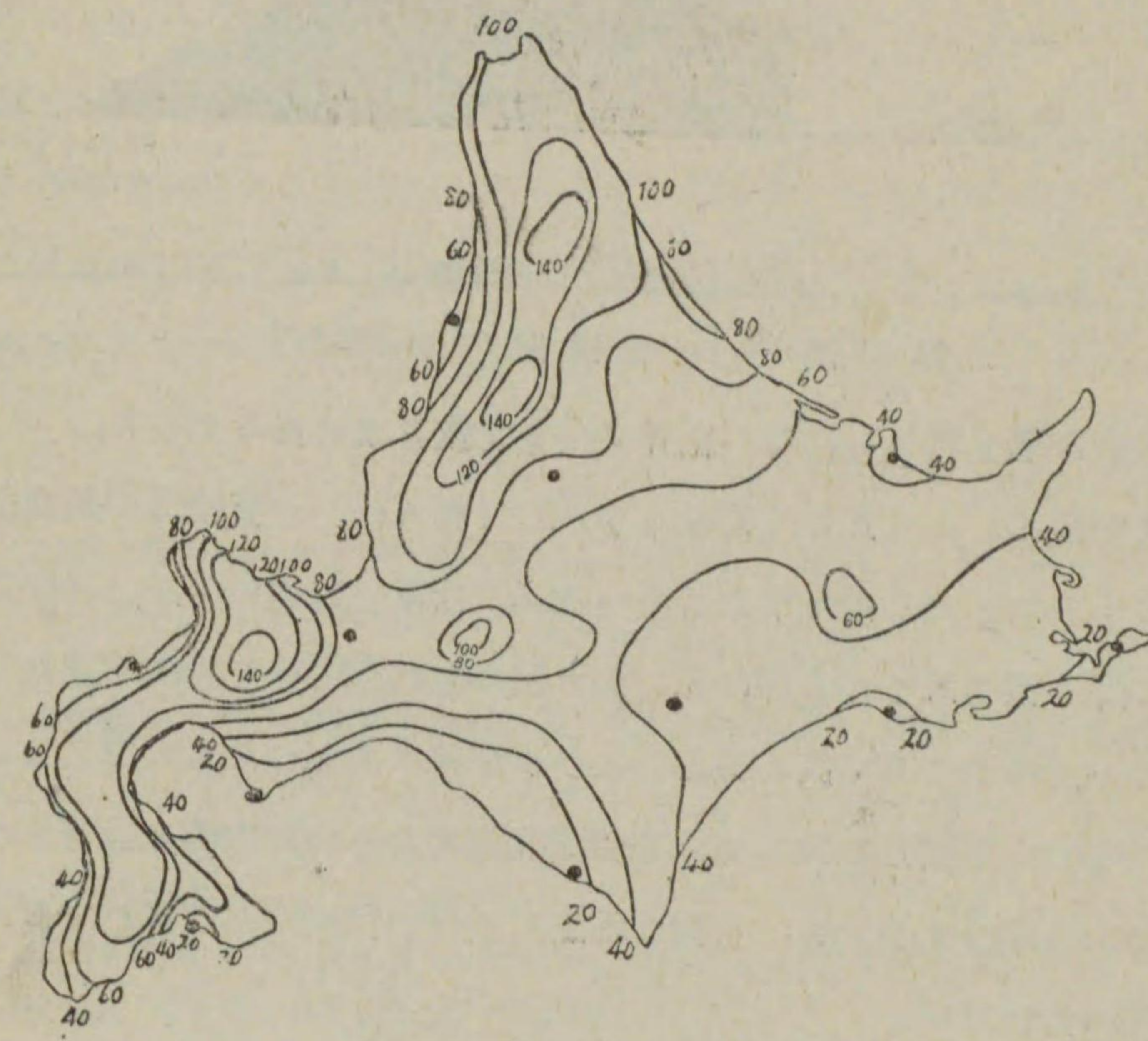
裏日本の多雪に關する所説は或は尙多くあるであらうが、進展の史的概観は大體上記の諸説に盡きるのではないかと思はれる。更に海洋上の氣象が充分精査せられ、上層の氣象調査が一段と進捗すれば尙開拓の餘地が存するかも考へられるが、この邊で一應成因説を終るべく今日の代表的説明として岡田博士の『大雪』¹⁴⁾中の論説を轉載する事とした。

「……大雪の降るのは既に述べたやうに地形性である。冬季には北西の風が滿洲より吹いて來る。この風は元來は非常に溫度が低くて且つ乾燥してゐるのであるからその密度は大きいので日本海上を吹き渡るとその海面に在る溫暖な空氣の下にもぐり込み之を持ち上げて上昇氣流とする傾向を生ぜしめるからその中に含まれた水蒸氣は凝結して雪となる。元來が日本海上に在る空氣は比較的溫暖な海面に接觸してゐる關係上安定の釣合を漸くに保つてゐる位であるから僅に上昇する傾向を持つ様になれば容易に昇騰氣流が起こる筈である。偕また日本海上へ吹き入つた大陸からの寒風も比較的溫暖な日本海上を吹き渡る間に之と接觸する部分は亂流その他の機巧によつて昇温するから結局は釣合が不安定になつて來る。夫故に後から後からと吹き込んで來る寒風に押し上げられて上昇すると雪が降る様になる。夫だから日本海の西海岸を離れると間もなく雪が降つてゐる裏日本の海岸に近づくにつれて夫が烈しくなる。北西の風が裏日本の海岸に吹き上ると益々上昇の傾向が多くなるから降雪も強くなり中央山脈に沿ふて吹き上がる様になると一層降り方が烈しくなる。

夫故に一般に日本海に面してゐる地方は多雪である。特に北西風に向つて開いてゐる谷間とか又北西風の吹き込む地形のところでは大雪が降り勝ちである」

降雪の頻度に關する説に話題は外れたが、積雪の分布に就いては日本全土を對象とした様な大分布のほかは一縣或は一地方を主題とした小分布に關する研究もあつて良い筈である。併し毎年のものを系統的に調べたもの、或は長期に亘るもの、平均等を取扱つたものは稀れで、特殊な一冬期の分布を論じた風のものが多い。福井英一郎氏に北陸地方の最深積雪分布圖(昭和 8~

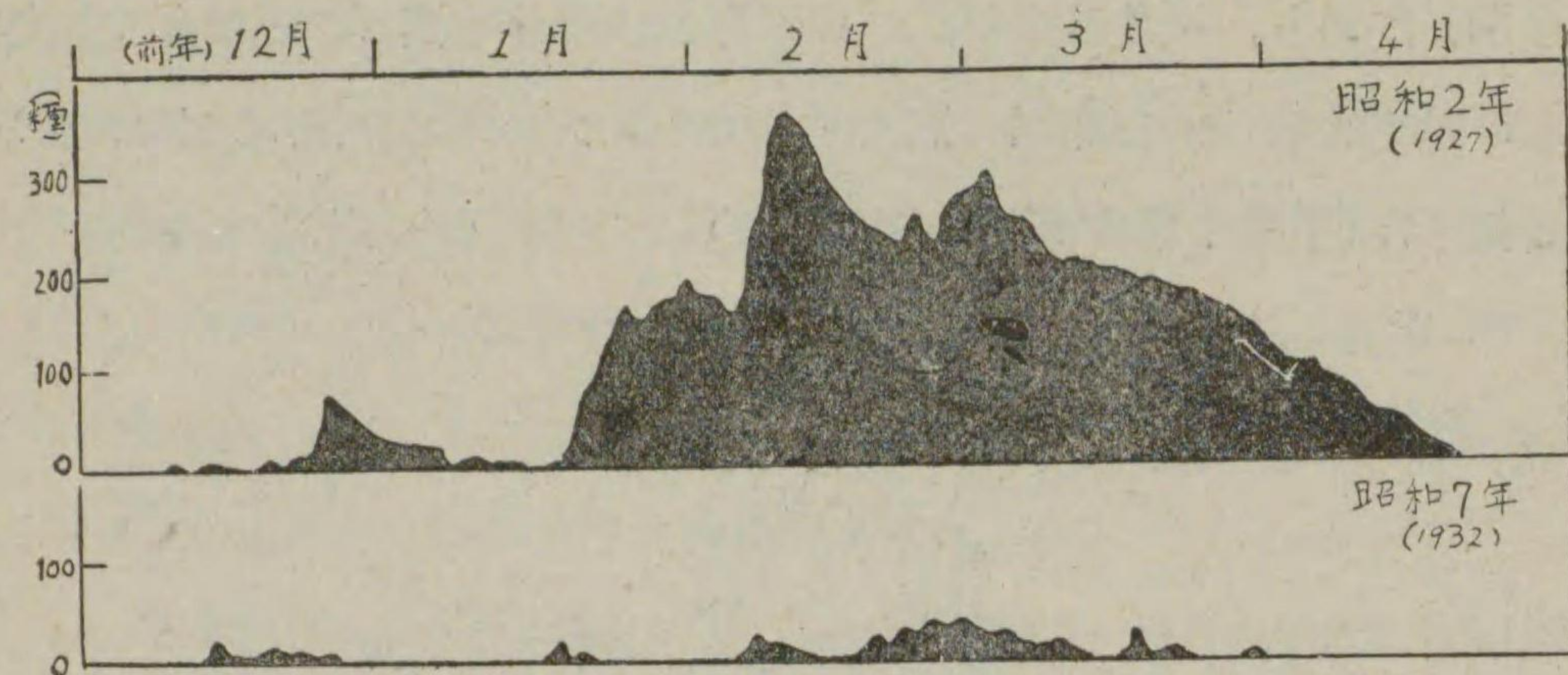
9 年冬期)¹⁶⁾があり、長井政太郎氏に山形縣の積雪分布圖(昭和 2 年度)等があるが、茲では前の大分布圖の補遺として八鍬利助氏の北海道に於けるものゝみを掲げた(平均年限は不明)(第 67 圖)



第 67 圖 北海道の積雪(八鍬)
二月の平均積雪(單位 cm)

以上は大略を概観する爲め、主として平均値に就いて眺めて來たが、併し毎年の多寡を調べて見ると其の多い歳と少い歳で非常な差異があつて結局平均値と云ふものが示す結果は其の土地の雪の姿の或る一端に過ぎぬ事が知られる。資料を入念に探せば更に對照の甚しいものが得られるかと思ふが茲には一例として高田に於ける昭和 2 年と 7 年との冬期の積雪圖を掲げて見た。¹⁸⁾(第 68 圖) 如何に年によつて大差があるか、誠に驚くの外はない。

斯うした積雪の逐年の變化の狀況を調べる事も其の土地の積雪の特徴を知



第 68 圖 高 田 積 雪 圖 (高田測候所)

る上に大切な事と考へられるが紹介すべき文献を求め得なかつた。

積雪量が歳によつて甚しく異なる事から、吾々は、一體積雪の最高記録はどれ程のものかと云ふ様な事にも考へ及ぶ。積雪と云つても深い谷間などでは自然に降り積つたものゝ外に風で吹き溜められたものや峰から崩落して來たもの等が加はつてゐる眞の積雪とは多少意味のちがつたものである。尤も吹溜つたものでも崩落したものでも結局問題になるのは夫等の合算された雪の深さにある場合が多いが、斯様な地點に於ける観測は甚だ稀れで眞の最高記録は仲々知れない。

各地の観測所に於ける最深積雪を取纏めたものが手近に見當らなかつたので茲には略す事になつたが、概數は前記した多雪地方の積雪記録などによつて承知する事が出来るであらう。之は一冬期間の問題であるが、尙1日積雪量の記録等も知りたい事柄である。之に就いても観測報告などを精査する暇がなかつたが、昭和元年上越北線五日町驛¹⁹⁾に於ける166糎(約5尺5寸)等は極大値に近いものではあるまいかと思はれるが、測定¹⁹⁾の精確さについては不明である。

尤も稻積豊²⁰⁾氏の文では昭和10年度に奥羽本線峠の145 cm (多少吹溜があるらしい)が國有鐵道沿線の1日最高積雪量とも見えてゐる。

金澤測候所観測値ではぐんと減つて69 cm (大正2年2月1日)が1日最高量と云ふ事である。²¹⁾

外國例では Transcaucasia の或る谷で5—7 m を測つたとも云ひ、アメリカの California で19 m と云ふ積雪記録がある。元より之などは自然に降り積んだものゝみではあるまい。²²⁾

尙必しも積雪分布を主眼としたものではないが、各地方の雪の調査に夫々参考²³⁾に供し得る便宜もあらうかと考へ若干の資料を列記した。²⁴⁾(但し他の項で引用されたものは茲に再記しない)

- 1) 玉手三葉壽：雪と雪汁 森林治水氣象彙報 4 號. 1 頁. 大. 13 (1924)
- 2) 岡田武松：『氣象學』(前掲) 377 頁
- 3) 佐々木鶴藏：『新潟縣下の雪』第2號 大 12 (1923)
- 4) 矢津昌永(福井縣尋常中學校教諭)：日本北西海岸の深雪 地學雜誌 1 卷. 147 頁. 明. 20 (1887)
- 5) 石田雅生：冬期裏日本に於ける降水特態に就いて 氣象集誌 27 卷. 207 頁. 明. 41 (1908)
- 6) 田袋喜祐英：裏日本に於ける季節風に伴ふ降雨雪の成因に就いて(未定稿) 氣象集誌 38 卷. 189 頁. 大. 8 (1919)
- 7) 大森宗祐：自昭和8年至同9年冬期の大雪並に雪に關する二三の調査(前出)
- 8) 田口龍雄：新潟の降雪と其の環境 海と空 20 卷. 48 頁. 昭. 15 (1940)
- 9) 勝谷 稔：本邦日本海岸に於ける地勢と積雪 森林治水氣象彙報 10 號. 91 頁. 昭. 3 (1928). 勝谷 稔：鳥取縣智頭地方の雪に就て(前出)
- 10) 岡田武松：氣節風による降水の原因説の略史 測候時報 5 卷. 120 頁. 昭. 9 (1934)
- 11) Nukiyama, D.: On the theory of Monsoon rainfalls in the Far East. Nagaoka Anniversary Volume. pp. 253. Tokyo. 1925.
- 12) 高山四郎：モーンズーンレインに就て 海と空 2 卷. 101 頁. 大. 11 (1922)
- 13) 田口龍雄：日本海上の雪 海と空 20 卷. 80 頁. 昭. 15 (1940)
- 14) 岡田武松：大雪(岩波防災科學. 第三卷. 水災と雪災) 昭. 10 (1925)
- 15) 福井英一郎：北陸地方に於ける積雪の地理的分布 地理 1 卷. 118 頁.
- 16) 長井政太郎：山形縣内積雪の分布と其の地理學的意義(豫報) 地理學評論

- 7 卷. 42 頁. 昭. 6 (1931)
- 17) 八鍬利助: 北海道内の積雪に関する調査概要 北海道氣象月報 486 號. 27 頁. 昭. 11 (1936)
- 18) 高田測候所: 高田積雪圖 昭. 13 (1938)
- 19) 加納一郎: 『水と雪』(前出)
- 20) 稻積豊二: 鐵道防雪の話 日本雪氷協會月報 1 卷. 110 頁. 昭. 14 (1939)
- 21) 山本外三郎: 金澤地方の雪に就て 日本雪氷協會月報 1 卷. 31 頁. 昭. 14 (1939)
- 22) Bonacia, L. C. W.: The geographical distribution of snowfall. Nature. Vol. 113. pp. 210. 1924.
- 23) Palmer, A. H.: The region of greatest snowfall in the United States. (前出)
- 24) 岡山縣の雪 角南三次 氣象集誌 II. 3 卷. 134 頁. 大. 14 (1925)
大和の雪 森田巳貴太 氣象集誌 33 卷. 330 頁. 大. 3 (1914)
甲州の雪景 密田新太郎 天氣と氣候 4 卷. 31 頁. 昭. 12 (1937)
福井の雪 森田巳貴太 氣象集誌 32 卷. 229 頁. 大. 2 (1913)
金澤の雪 笠井善次 氣象集誌 32 卷. 197 頁. 大. 2 (1913)
高山に於ける雪に就て 山澤金五郎 氣象集誌 II. 3 卷. 137 頁. 大. 14 (1925)
高田の雪 泉 末雄 天氣と氣候 2 卷. 124 頁. 昭. 10 (1935)

3. 地球上の雪の分布

地球上の降雪或は積雪に関する諸種の地域分布を大觀すると云ふ事は餘り容易な事ではない。尤も一應の事は大抵の氣候學書等に載せてはあるが觀測値等の詳記を缺いてゐて甚だ心細いものも多い。

種々な點から此處には専ら Bonacia の近業を摘記して見る事にした。

氏は降雪の發現及び分布を支配するものとして純粹な氣象學的因子と地理學的—或は氣候學的と稱される因子とに大別した。氣象學的方面は今次の論文には略されてゐるが降雪量、降雪頻度、降雪強度等を支配する地理學的因子を更に緯度、高度、大陸度と海洋度、卓越風と低氣壓經路とに四區分した。

彼によつて述べられた地球上の降雪に関する概況は大略下記の如きもので

ある。

ヨーロッパ 大西洋からの優勢な濕潤な風が低氣壓系に伴つて歐羅巴の各部分へ侵入するが東部及び北部の寒地でのみ規則的な冬の積雪が起る。中部の低地では間歇的に降雪を見、西部、南部では稀有である。降雪の多いのはポーランドや中央ロシアの北部に於て殊に激しい。

ヨーロッパ南東部、バルカン地方も雪は可なりひどい。地中海方面は眞冬になるとシシリーやギリシヤのそちこちの島々に雪を見るが、ポルトガル南部やスペイン南西部では最寒月の平均氣温が 10°C で最早雪は降らない。勿論、こゝに今考へてゐるのは一般平地の場合で、高山では赤道直下にも萬年雪をいたゞくものがある。(後章「雪線」の項参照)

東部ヨーロッパでは冬には雨より雪の方が多いが、中部ヨーロッパでは雨が相半ばする。唯稀にドイツ、オーストリア、北部イタリー、東部フランス地方の寒氣が、大西洋或は地中海方面からの暖く濕つた氣流に對し厚い氣温の逆轉層を形成し、激しい雪を降らす事がある。西部ヨーロッパでは山岳地帯を除いては一般に雪より雨の方が多。

アジア アジヤでは激しい降雪は大陸の周圍に起る傾向が多い。カムチヤッカ、北日本、東支那、アフガニスタン、ペルシヤ、アナトリアの高地等に殊に甚しい。アジヤ内陸では地形や卓越風に應じ、地域的分布に非常な差異がある。併し全體としてはヨーロッパの多くの場所に於けるより少い。

その理由は海洋からの距離が遠く濕潤な氣流の侵入に乏しく且つ大陸特有の寒氣が大高壓部をなしてゐる事等によると考へられる。

シベリヤではバイカル湖附近が多雪で、低氣壓に伴つて猛烈な大風雪が頻發する。

陸地の寒氣が、比較的暖い日本海からの濕氣の給與を得て日本アルプス一

帯は世界でも著名な深雪を現する。

アフリカ洲 こゝでは 1000 m 以上の高さに至らねば降雪を見ないのが例である。

北アメリカ洲 人口の多い大陸中ではこの洲は世界第一の多雪である。山地の降雪の最大は西部に起るが、平地では東部に起る。太平洋岸の山脈は太平洋から来る濕潤な氣流を受けて大量の降雪を起し、港灣は、特にアラスカに於て多くの氷河をかける。

ロッキー山脈の東側、年降水量の少ないカナダやアメリカの平原、草原地區では雪は一般に少い。之より大湖地方に向つて漸次増加し、低氣壓経路に沿ふ大西洋岸では著しく多くなる。所謂「アメリカ寒波」の爲めに降雪は可なり南方にまで普く、亞熱帯フロリダの南にすら及ぶ。

アメリカ東部では多雪の條件が具備されてゐる。メキシコ灣流に養はれた暖くて濕氣の多い氣流、之に對し寒冷で乾燥した北極氣流が在り、兩者の作用によつて優勢な低氣壓が発生しては降雪の機會を多くしてゐる。

中央及び南アメリカ洲、中央アメリカ、西印度諸島等では 300 米以上の高山で時たま降雪が見らるゝ程度、南アメリカ洲ではコルデレラ山嶺及び大陸南方に限られる。

オーストラリア洲 濠洲では冬に時に雪の積むのは 600 m 以上の高さに限られてゐる。

南極大陸 南極では平均の一年降雪量は尠い見込で Ross 灣で一年に凡そ 1 呎位と概算されてゐるが之はヨーロッパでの一回分の降雪量の半分にも當らぬ。Sir George Simpson に依れば南極の降雪の機巧は南極大陸とそれを取り巻く海洋との氣温の差によつて刺戟される氣壓の波動に基くと解説されてゐる。

大洋 一般に海洋上の降雪は水文學の觀點からは降雨と特に區別する要は

餘りない。唯氣象學上の興味から、又降雪時に起り易い視程の悪さ等に關聯して航海上の實用から採り上げて論ぜられる。

北極洋海面は氷で張りつめられた、氣候的には海洋と見做すより陸地と見るが適切でもある。こゝでは酷寒の爲め降雪は比較的少い。シベリヤ沿岸沖の Dickson 島 では春の積雪は僅かに 1 呎程度で之はスコットランドの Ben Nevis の 1/8 にしか當らない。

南氷洋では天候は殆ど絶間なき低氣壓の連續を以て特徴づけられてゐる。之は所謂 Roaring Forties と稱される西風と南極大陸からの東風との衝突によつて起る。従つて南氷洋では頗る多雪が豫想されると云ふ。

北大西洋ではアメリカ側のニウファウンドランド沖が最多である。之は暖い灣流と寒冷なラブラドル海流との接置に源由すると解してよい。

南はバームダに至る海區に降雪の範圍が擴がつてゐる。之に反しヨーロッパ側では比較的少雪で範圍も狭い。無論之は暖流の影響からである。Bonaccina の論旨は大略以上のやうなものとなつてゐる。

福井英一郎²⁾氏の著書には諸種の雪に關する分布圖などが掲げてあり、参照されると便宜が多いと思はれる。その中に Fischer の作つた降雪の平均赤道限界に關するものがある。可なり古い頃の出來で精度も充分か否か不明であるが簡潔に概觀するに便利と考へたので序に轉載して見た。

	平均	極値		平均	極値
歐羅巴西岸	45°N	33°N	北アフリカ東岸	35°N	27°N
地中海沿岸	37°N	29°N	南アフリカ内部	—	24°S
亞細亞内部	24°N	22°N	オーストラリア東岸及南岸	—	34°S
亞細亞東岸	30°N	22.5°N	南アメリカ西岸	45°S	34°S
北アメリカ東岸	47°N	34°N	南アメリカ東岸	44°S	23°S ?
北アメリカ内部	25°N	19°N			

因に「氣象集誌」(9 卷. 4 號. 明. 23 (1890) では Fischer の業績を紹介して尙下記のものをも併記せり。

アフリカ北部	-	28°N
濠斯土利内地	-	28°S
南アメリカ内地	7.5°S	7.5°S

世界各地の雪の資料を十分に整備する事は今遽に果たし得ないので茲には略してしまつたが支那の積雪及びアメリカの降雪量に關する比較的纏つた資料があるので序に掲げて行きたいと考へた。支那は色々な意味で吾々の關心を惹いたし、アメリカは極めて多雪でもあり又觀測値も相當豊富と考へた故である。

こゝに挿入した支那の積雪資料は Gherzi³⁾ のものしたものである。元來 70 所の平均及最深積雪を載せてゐるが觀測年限が可なり異なるものを含めてゐるので今は 10 年以上のもののみを採録した。

觀測所	北緯	東經	高度(m)	年限	平均積雪 (mm)	最高積雪 (mm)
Chefoo	37°33'	121°22'	3	1924—35	261	427
Chungking	29 34	106 31	230	"	2	25
Erhshihszekinti	40 36	111 30	1025	1911—35	176	270
Hankow	30 35	114 17	36	1924—35	381	881
Hokieou	32 22	116 15	—	1904—16	243	317
Ichang	30 42	111 16	518	1924—35	191	427
Kiukiang	29 45	116 08	20	"	355	465
Kweiyang	26 18	106 40	1075	1925—35	87	236
Nanshuchow	33 41	117 02	—	1916—28	293	345
Nantung	31 57	120 55	110	1923—35	46	177
Ningpo	29 57	124 45	10	1924—35	104	343
Ningyuen	27 55	102 18	—	1925—34	102	88*

3. 地球上の雪の分布

Péhien	34 47	117 35	—	1913—24	119	185
Pengpu	32 57	117 26	—	1926—35	139	370
Pingtu	36 47	119 56	—	1923—35	181	380
Salatsi	40 33	110 30	—	1920—35	114	317
Siwantse	40 58	115 18	1167	1917—35	306	282
Suchow	34 18	117 16	—	1926—35	206	355
Taiyuen	37 53	112 29	—	1924—35	110	187



第 69 圖 年平均降雪量 (Brooks)

Taming	36	19	115	12	—	1907—35	136	600
Tatsienlu	30	03	102	13	2585	1924—35	551	405
Tatung	40	07	113	13	—	1925—35	119	145
Tungchwan	26	30	102	50	—	1924—35	96	565
Wenchow	28	01	120	40	3	"	108	348
Wuhu	31	20	118	21	15	"	354	676
Zi-Ka-Wei	31	12	121	26	7	1910—35	118	697

* 最高が平均より少きはいぶかし、誤記か

アメリカの積雪分布を取扱つたものに古くには⁴⁾ Milham, Brooks⁵⁾の業績があるが茲では⁶⁾ Brooksの報文のものを採つた。(第69圖)

- 1) Bonacina, L. C. W.: Snow as a form of precipitation and factors controlling distribution over the Globe. Trans. I. C. S. G, Bull. 23. pp. 79. 1938.
- 2) 福井英一郎: 『氣候學』古今書院 昭. 13 (1938)
- 3) Gherzi, Fr. E. [Director of Observatory Zi-Ka-Wei] Quelques données sur la distribution de la neige en Chine. Trans. I. C. S. G. Bull. 23. pp. 133. 1938.
- 4) Milham, W. I.: "Meteorology,, pp. 252. New York 1918.
- 5) Brooks, C. F.: The Snowfall of the United States. Q. J. R. M. S. Vol. 39. pp. 81. 1913.
- 6) Brooks, C. F.: Need for Universal standards for measuring precipitation, snowfall and snowcover. (前出)

4. 森林と積雪

森林地域では、一般無被地域とは異つた氣候的環境が構成され、その上樹冠等の影響があるから雪の降り方、積り方にも特徴があるものと豫想される。先づ樹冠の作用を考へて見るが、之が降雪を載せる結果、樹下では積雪が

R. Vol. 43. pp. 115. 1915.

4) Schubert, J.: Niederschlag, Verdunstung, Bodenfeuchtigkeit, Schneedecke in Waldbeständen und im Freien. M. Z. Bd. 34. pp. 145. 1917.

5) Korhonen, W. W.: Über die lokale Veränderlichkeit der Schneedecke M. Z. Bd. 49. pp. 72. 1932.

6) Baldwin, H. I.: Interception of snowfall by forests. B. A. M. S. Vol. 20. pp. 124. 1939.

7) (Bühler: Der Waldbau 1918)=雪調科學報告 1輯. 4號.

5. 冬期積雪量及降雪量の豫知

來らんとする冬の積雪量或は降雪量の多寡を前以て知る事が出来るならば、種々の方面に多大の便益をもたらす事は喋々を要せぬ事柄である。

従来試られた豫知法は大別して二とする事が出来る。その一つは周期に着目して行くもので、多くは大雪の周期等を検出して之を利用せんとする法であり、他の一つは氣象要素の對比に基礎を置くものである。前者は極めて概観的であるが、後者は著しく數量的に取扱はうとする處に特徴がある。

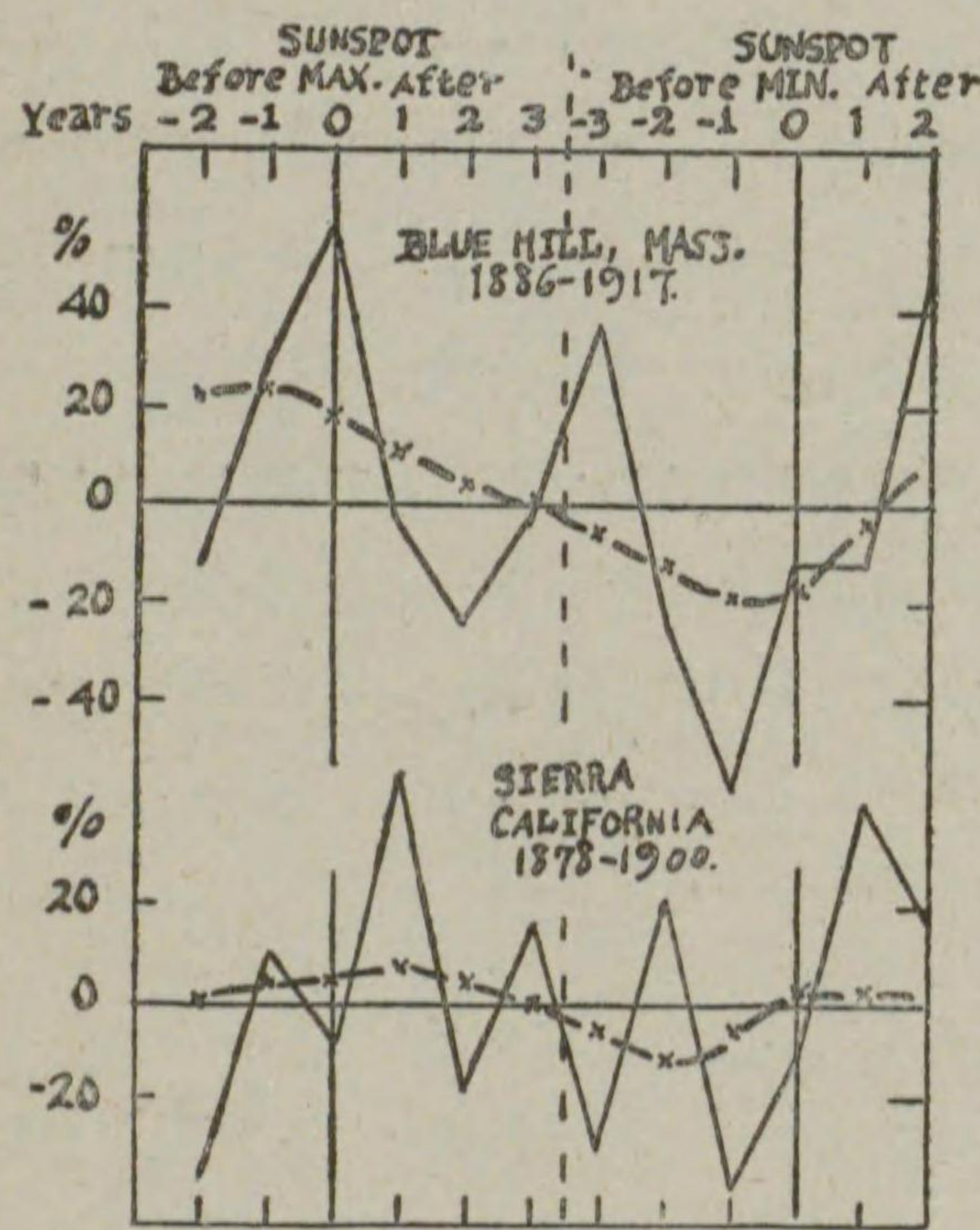
その孰れに據るとも豊富な氣象觀測資料が先づ必要であつて、吾國の氣象觀測年限は其の點未だ充分とは云へないであらうが調査要旨を若干例紹介する事にしやう。

大雪などが簡単な周期で循環するものであれば、少くとも大雪の豫知が可能となつて便利が多い。併し實際諸地方で調べられた結果では、大雪の周期と云ふものが可なり纏りのないものゝやうである。

新潟縣の大雪は平均⁶⁾ 11年内外、太陽黒點周期に類似した年限を示すと云はれるが福井英一郎氏は連年相次ぐ傾向が多く又別に7年を置いて現はれる回数も著しく多いと述べられた。福井縣地方では約6年目毎に大雪が起る傾向が顯著で(明治31年—大正2年間資料)近年では4年目毎に2ヶ年連続して起るとも云ふ。

4) 大森宗祐氏は勝山森林測候所の最深積雪と、その年の1, 2月の太陽黒点数の合計との間に相関係数 0.858 ± 0.042 を算出された。(大正3年—昭和9年間資料)

5) 金澤地方では1丈7尺以上は25年目位に起るとも云ひ、大雪は3ヶ年續いて起る傾向があるとも云はれる。以上の結果を通覧すると地方によつて可なりまちまちで簡単な周期を見出す事は容易ではない。併し太陽黒点との関係はアメリカ邊でも指摘せられ、ClaytonはBlue Hill, Mass. 及び Sierra, Cal. の降雪量が太陽黒点の消長と密接な相関を保つ事を第71圖によつて示した。



第71圖 太陽黒点周期と降雪量 (Clayton)

即ち黒点の極大期に降雪量多く極小期に寡いと云ふ事であつて、之は極大期に気温が一般に、より寒冷であると云ふ事實に符合するものと云ふ事である。

若干の長短はあるが、黒点消長周期は約11年と概算されるからこの相関が極めて確かなものであるなら少しく利用出来るものと考へられる。併し日本では未だ餘り此の種の調査が遂げられてゐない様である。

7) 高田の最深積雪に関しては泉末雄氏の研究がある。高田の其の冬の最深

總じて周期法に據る積雪(特に大雪)豫知の研究は尙甚しく未完成と評し得るであらう。

積雪量及び1月の最深積雪量は新京(長春)の1月の氣壓の高低と良く合つた變化をする。(相関係数は前者に對して 0.72 ± 0.08 , 後者には 0.71 ± 0.08 が算出されてゐる)

即ち新京の1月の平均氣壓が平年より高いと高田の最深積雪も増す(その逆も眞)と云ふのである。併し事前に豫知する法としては、1月の氣壓値を用ひるのでは不十分な嫌ひがないでもない。

8) 越後地方の最深積雪量豫知に關するものに佐々木、計良兩氏の法がある。之は新潟、長岡、十日町三ヶ所の冬期の最深積雪の平均値を、秋の終りに於て豫知しやうと云ふ試みである。

結局11月の漢口、新潟兩地の氣壓差の多少と上記の最深積雪とが最も高い相関係数を示す($+0.77$)と云ふ。尤も之に太陽黒点数の其の年の多寡を加味すれば更に好結果を豫期し得ると云ふ事である。

9) 福井縣下の最深積雪に就いては近藤是悟氏が調査された。取扱はれる氣象要素は平均氣壓であるが可なり面倒なもので

[漢口(10月氣壓)+新京(11月氣壓)]-[根室(10月氣壓)+八丈島(11月氣壓)]

なる値が、福井縣下10箇所の最深積雪量と夫々0.63乃至0.81の相関係数を表はすと云ふ。

同縣の勝山に關しては大森宗祐氏の實驗式がある。即ち勝山の最深積雪Y(cm)は、次式で示される。

$$Y = 37.6 X - 144.3$$

茲にXは氣壓差(mm)で上掲の近藤氏のものと同様である。

11) 岩手縣地方に關するものに中谷地美彌氏の報告がある。

三項から成り、i)盛岡の最深積雪と前年の大連(9月)—大邱(7月)氣壓差との相関係数は0.86、ii)宮古の最深積雪と前年の大連(9月)—鹿兒島、

沙那平均(7月)気圧差との相関係数は0.86, iii) 旅順冬季平均気温と宮古翌冬積雪量との相関(係数値の算定はなし)関係も顯著であつた。

山形地方の積雪に就いては伊達¹²⁾了氏の報文がある。之は冬の積雪の多寡を營口、奉天等南滿地方の11月の平均気温により豫想する事の可能性に就いて述べたものであるが充分數量的に處理する體には仕組まれてゐない。

降雨雪量を對象とした形式になつてはゐるが利根川流域に關する桃井治三¹³⁾郎氏の調査も參考の爲め掲げて見た。

冬期の降雨雪量をYとし那覇10月平均気圧をXとする時は兩者の間に相関係数0.67が計算され、實驗式として

$$Y = 37.60 X - 2149.8 \pm 24\%$$

が得られた。

この種の方法は尙諸地に於て試みられてゐるやうであるが、未だ模索の範圍を出でないものも少くはない。

所謂「物理的意味」の簡單に知れないものも少くはなく、將來の検討に委ねらるべき餘地は廣い。

- 1) 佐々木蘊藏：新潟縣下の雪(第2號)(前出)
- 2) 福井英一郎：新潟縣下に於ける積雪の地域的研究 大家地理學會論文集 4. 昭9(1934)
- 3) 三木材三郎：福井縣に於ける冬期積雪による桑樹の被害 産業氣象調査報告 2卷. 207頁. 昭. 5(1930)
- 4) 大森宗祐：自昭和8年至同9年冬期の大雪並に雪に關する二三の調査報告 15號. 174頁(前出)
- 5) 金澤測候所：金澤氣象5年報(自大正5年至大正9年)
- 6) Clayton, H. H.: "World Weather", New York, 1923.
- 7) 泉末雄：支那滿洲方面の氣壓と高田積雪との相関に就て 氣象集誌II. 3卷. 1頁. 大14(1925)
- 8) 佐々木蘊藏, 計良元彦：越後地方に於ける積雪の豫想 氣象集誌 II. 3卷.

143頁. 大. 14(1925).

- 9) 近藤是悟：福井に於ける最深積雪と氣壓差の相関 氣象集誌 II. 10卷. 492頁. 昭. 7(1932)
- 10) 大森宗祐：自昭和8年至同9年冬期の大雪並に雪に關する二三の調査(前出)
- 11) 中谷地美彌：積雪豫想に對する相関 天氣と氣候 7卷. 129頁. 昭. 15(1940)
- 12) 伊達了：山形地方の積雪の多寡並に1,2兩月気温の豫知に就いて 天氣と氣候 2卷. 493頁. 昭. 10(1935)
- 13) 桃井治三郎：利根川流域の雨雪量と支那方面の氣壓との相関 森林治水氣象彙報 8號. 70頁. 大. 15(1926)

6. 降雪日數及び終雪期日

雪に就いては積雪量や降雪量の問題以外に降雪日數や最終降雪期日も是非調査される要がある。

先づ日本の諸地方の平均1ヶ年に雪の降る日數を岡田博士の報告から抜書して見やう。(1897—1926年間平均)¹⁾

(地名)		(地名)	
臺北	0.0	境	37.9
鹿兒島	7.1	福井	50.6
熊本	11.4	金澤	57.0
長崎	14.8	伏木	58.4
下關	14.3	新潟	70.8
岡山	18.7	秋田	94.2
神戸	21.1	青森	108.8
高知	5.7	函館	105.1
名古屋	17.0	壽都	118.3
沼津	3.6	札幌	120.6
東京	14.3	旭川	131.4
京都	35.0	石巻	54.2
濱田	30.3	長野	72.2

降雪日数の地域的分布は同博士が解説しておられる。一般には日本海に面した地方に多いが殊に北海道や樺太の西岸に多くて一年に120日以上、但し之等の東岸では大部少くて90日以下である。本州では日本海側に多くて平均50乃至80日、之に反し太平洋側では甚だ少くて5乃至10日程度である。この著しい対照は中央山系が北西季節風を阻げるに依ると云ふのがその大意である。

濱田より北陸を経て青森に至る裏日本地帯では平均降雪日数(S)は緯度(φ)の函数として可なり良く表はされるやうである。

$$S=13.0\varphi-42.1$$

の直線式を用ひて概数は得られる。²⁾

降雪日数に關係あるものに雪日数比の調査がある。雪日数比と云ふのは降雪日数 $\times 100$ /雨天日数で、降雨日数の幾パーセントが雪として降るかを知らんとするもので、天気豫報等の實用上に有利であらうと云ふ見込みである。東京の雪日数比は藤原咲平氏等によつて計算されてゐる。³⁾裏日本S地の雪日数比R(但し12月—3月間の平均値)を算出して其の地の緯度 φ に對應せしめて見ると可なり良く纏まり、實驗式として

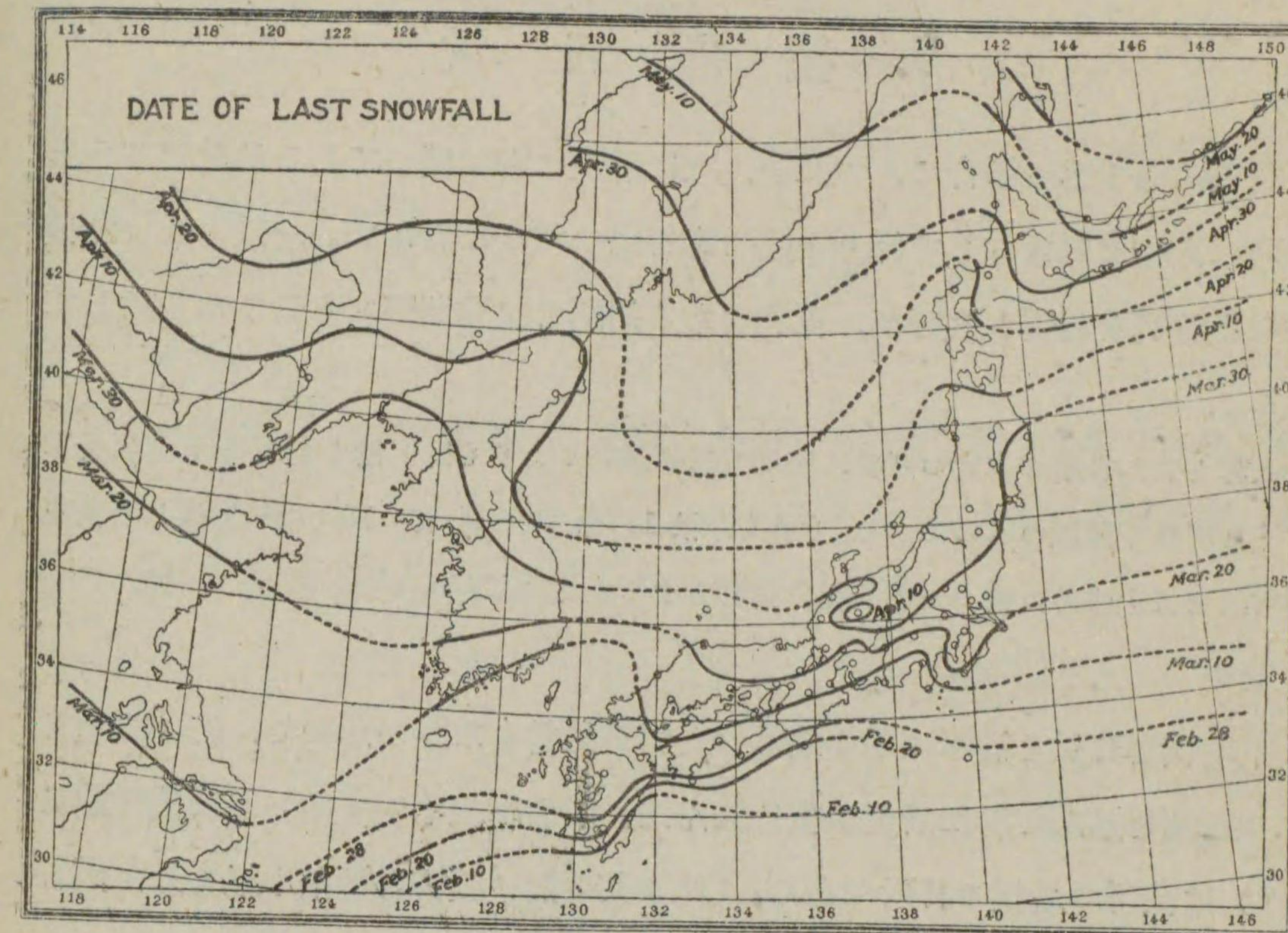
$$R=10.5\varphi-329$$

が得られる。⁴⁾

次に一冬期間の最後の降雪日、所謂終雪期日の遅速に就いて概説せんに、其の地理的分布は前記岡田博士の報告によるが至便である。第72圖は其の復寫である。勿論之は降雪にのみ關するものであるから、地上の積雪の有無とは異なる筈である。

尙吾々の概算では裏日本の終雪期日Lは

$$L=3.5\varphi-102$$



第72圖 平均終雪期日(岡田)

で表はされ、又初終雪期間日数Iは

$$I=10.3\varphi-261$$

で表はされる。茲にLは3月1日を1として終雪日に至る日数で、 φ は孰れも其の地の緯度である。⁵⁾

- 1) Okada, T.: The Climate of Japan (前掲)
- 2) 田口龍雄: 裏日本の雪 (未發表)
- 3) 藤原咲平, 長岡和歌子, 佐々木隆子: 東京の雪日数比に就いて 天氣と氣候 2卷. 304頁. 昭. 10 (1935)
- 4) 田口龍雄: 雪日数比に就いて 海と空 19卷. 319頁. 昭. 14 (1939)
- 5) 2) に同じ

7. 積 雪 日 數

前項は降る雪の場合であつたが、次に地上に雪が積つてゐる日數の多少も非常に大切な問題として採り上げる事を怠つてはならない。一般に永い間積つてゐる雪を根雪とも呼び、根雪のある期間を根雪期間とも云ひならはしてゐる。

根雪と云ふ言葉の本當の意義は寒地で雪が融けるよりも降り積る方が多く其爲積雪が連日引續く種類のものである。(測候時報 11 卷. 90 頁. 昭. 15 (1940) 但し氣象觀測では當日十時前に積つた雪は總て根雪とするとの註記がある)

平均積雪日數を簡単に示す適當な資料が見當らなかつたので、吾々は裏日本の五地を選んで特に所要の表を編んだ。即ち下表中の(始)は初積雪期日(終)は積雪の最後の日附である。(往々其の間に積雪の解消中絶を見た例もあるが概況を知る便宜を多とし上記の様な日附を採用したのである)(昭和1—10 年平均値)

	(始)	(終)	積雪日數
秋田	12月5日	3月25日	110
新潟	12 12	3 24	102
高田	12 7	4 7	121
金澤	12 23	3 18	85
福井	12 20	3 17	87

上表は夫々の測候所刊行の氣象報告に據つた。(始)は常に(終)の前年、平均期日の算出には閏年を考慮に入れ、平年日次に換算してある。

上記積雪日數と先の降雪日數との比を見ると、秋田では 1.17, 新潟では 1.41, 金澤で 1.46 倍となつてゐる。

¹⁾ Korhonen にもフィンランドに於ける同様な比の算定があるが

	降雪日數	積雪日數	比
Helsingfors	82.5	130.3	1.6
Kuopio	82.0	176.4	2.1
Haparanda-Tornea	82.9	180.0	2.2
Karesuando	89.2	212.7	2.4

などの値になつた。

土地の高低によつて積雪期間に長短の差異のある事は屢々目撃する事であるが、Birkner はドイツのザクセン地方に於て土地の高さと根雪日數との關係を調べ次表を得た。

高度(m)	143.2	247.8	354.8	443.6	539.5	642.1	750.8	884.0
平均根雪日數	55.4	67.6	80.2	86.2	96.0	117.7	145.4	150.5

³⁾ Köppen はオーストリア・アルプス地方では積雪日數 Z が、海拔高度 h (m) で表はされる事を述べ、

$$Z = 23 + 0.1 h$$

を得た。

又 Conrad は東アルプスの平均根雪日數 S を、同様 h で表はし

$$S = 76 + 0.081 h$$

を得てゐる。

この形式に準據し國井幸次氏は北海道の根雪期間 D と土地の高さととの實驗式を求められた。結局

太平洋側	$D_2 = 102.08 + 0.14 h$	誤差 ± 7 日
日本海側	$D_3 = 127.92 + 0.06 h$	± 9 日
オホツク海側	$D_4 = 144.45 - 0.21 h$	± 6 日

がその結果である。

⁶⁾ 大森宗祐氏は九頭龍川本川流域 8 ヶ所、10 箇年平均に就いて根雪日數 Y

を次の如く示された。

$$Y = 7.8 + 4.0 x^{0.52}$$

x は海拔高度 (m) である。

- 1) Korhonen, W. W.: Beziehung zwischen der Zahl der Tage mit Schneefall und mit Schneedecke. M. Z. Bd. 38. pp. 177. 1921.
- 2) Birkner, O.: Die Dauer der Schneedecke im Bereiche des sächsischen Erzgebirges. M. Z. Bd. 7. pp. 201. 1890.
- 3) Köppen, W.: Die Schneedeckenverhältnisse in den österreichischen Alpenländern. M. Z. Bd. 49. pp. 237. 1932.
- 4) Conrad V.: Die Schneedenzeit, ihr Anfangs- und End-Datum in den Ostalpen. Gerl. Beitr. zur Geoph. Bd. 43. pp. 225. 1935.
- 5) 國井幸次: 北海道根雪期間及平均気温氷点以下の期間と高さとの關係 氣象集誌 II. 12 卷. 253 頁. 昭. 9 (1934)
- 6) 大森宗祐: 自昭和八年至同九年冬期の大雪並雪に關する二三の調査報告(前掲)

8. 融 雪 水 (雪汁)

融雪水は通俗には雪汁とも呼ばれる。その測定装置に就いては前項に記したから、茲では雪汁量に關する諸種の調査成績を一括して誌す事とした。

積雪は嚴寒の候、雪面の厚く凍つてゐる様な場合にも少量の融雪水を流してゐると云ふ事で先づ時間別の平均雪汁量 (大正 13—15 年間二冬 65 日觀測値平均) を勝谷¹⁾ 稔氏の鳥取縣智頭の成績から採つて見た。

	2 時	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24 時
(耗)	0.3	0.3	0.5	0.5	0.6	1.4	2.8	2.4	1.2	0.6	0.5	0.4

雪汁量の多寡を支配するものとして先づ気温の事が考へられる。智頭の結果では兩者の相關は極めて顯著で (相關係數 0.78 ± 0.035), 雪汁日量 Q (mm) は、平均気温 t ($^{\circ}\text{C}$) を以て次の如く示された。

$$Q = 6.597 + 0.823 t^2$$

又平田德太郎氏は十日町 (新潟縣) に就き

$$Q = 6.51 + 2.57 t$$

を得、又大森宗祐氏は勝山 (福井縣) に於て

$$Q = 6.6 + 4.2 t$$

なる實驗式を得られてゐる。

気温の外に日射量も考慮に入れられる要があり少しく調査も進められてゐる様であるが餘り詳細な事は知れてゐない。融雪に對する気温の影響は比例的であるのに對し、日射の方は幾何級數的 (對數曲線式) に増大するものと認められてゐる。併し気温が氷点以下である間は殆ど効果を生ぜず、氷点以上になるに及んで遽かに影響を與へ初めると云ふ事である。⁴⁾

融雪の促進に降雨が有效ではあるまいかと云ふ疑問も時に起る。併し調査結果は概ね否定的で著しい効果は無いやうである。

前記勝谷氏、平田氏等の調査では一般に降雨は融雪量に大した影響は與へないと報じられた。

玉手三葉壽氏の推算では 5°C の雨によつて 5 cm の積雪を融解するには降雨量 160 mm を要すると云ふ事である。

Clyde⁶⁾ は染料を積雪上に撒布して雨の融雪効果を検したが結局僅少と斷じた。

Horton⁷⁾ は密度 ρ なる d 吋の積雪を融かすに要する降雨量 p 吋を次式の様書いてゐる。

$$p = \frac{143.8 d \rho}{\theta - 32}$$

茲の θ は気温 ($^{\circ}\text{F}$) であるが大體上、雨の温度とも見做してゐる。 θ が 42°F , ρ が 0.1 の場合には 1 吋の雪を融かすに約 1.4 吋の雨が要る勘定にな

る。

融雪水量に效く氣象要素として勝谷氏は日照時數や風力を採り上げて調べられたが、前者は多少影響あれど、後者は殆ど無關係と認められた。

以上は主として雪汁日量に關するものであるが、之等の雪汁の行方に就いても一考せねばならない。勿論一部は地中に滲入し一部は流水となつて地表を流れるであらう。之等の雪汁は溪流河川の重要な涵養に關與し別な姿で人生に著しい影響を表はす。その種々相を盡す事は容易ではないが、形に於ては既に河川と變つてゐる事故、その方面の詳細は省略し、單に雪汁と水位との關係に就いて略記する。

玉手氏は流域内積雪の面積 F 、單位面積の融雪水量を c 、とし

$$cF=Y$$

と置き、融雪初日より n 日目の融雪水量 Y を求める爲めに

$$Y=s(1-nf)WT(1+nt)$$

を得た。

s =融雪期當初に於ける積雪面積

n =融雪初日よりの日數

f =平均積雪面積減少率

W =氣温 1°C に對する融雪水量

T =融雪初日の氣温

t =氣温の平均上昇率

之式から最大水量を生ずべき日迄の日數を定め、或は最大融雪水量値を求むる事が出来る筈であると云ふ。

實驗式例としては勝谷氏の智頭に於けるものがある。融雪期に於ける行徳の日々の水位 h (cm) を、智頭の氣温 t ($^{\circ}\text{C}$) から知らんとする形式にな

つたものに

$$h=26.813+832t$$

があり、又行徳の年平均水位 H (cm) を、智頭の一冬期間降雪量 Q (mm) で豫知する形のものに次式がある。

$$H=0.136Q-38.649$$

外國文獻にも實驗式例は求め得るが簡単に Melin⁸⁾ の一例を掲げるにとゞめた。

即ちスエーデン北部に於ては一般に

$$\Sigma Q=aP_s+b$$

が成り立つ。茲に ΣQ は全流量、 P_s は積雪の含水量、 a 、 b は常數で $a=0.68$ 乃至 1.76 、 $b=(-)123$ 乃至 $(+)6.4$ と云つた風なものである。アメリカでは殊に水力利用の立場からこの種の snow survey が盛んで文獻も夥しくあるが煩はしいので文獻の列記も省略する。要用の場合には M. W. R. (Vol. 41. 51. 54) 等を参照せられると良い。

- 1) 勝谷 稔：雪汁と其行方に就て 森林治水氣象彙報 9號, 36頁, 昭. 2 (1927)
- 2) 平田徳太郎：越後十日町に於ける融雪水量觀測の成績 森林治水氣象彙報 14號, 135頁, 昭. 9 (1934)
- 3) 大森宗祐：自昭和8年至同9年冬期の大雪並雪に關する二三の調査報告(前出)
- 4) 積雪地方農村經濟調査所：融雪に關する研究(前出)
- 5) 玉手三葉壽：雪と雪汁(前出)
- 6) Clyde, G. D.: The effects of rain on the snow cover. M. W. R. Vol. 57. pp. 328. 1929.
- 7) Horton, R. E.: Phenomena of the contact zone between the ground surface and layer of melting snow. Trans. I. C. S. G. Bull. 23. pp. 545. 1938.
- 8) Melin, R.: Forecasting spring run-off of the forest rivers in North Sweden. Trans. I. C. S. G. Bull. 23. pp. 145. 1938.

9. 消 雪 (根雪終日)

何月幾日頃に雪が消えるであらうと豫測が出来れば農事などには殊に便宜が多い様に思はれる。平均の消雪期日を算出しておく事も幾らか参考にはなるであらうが、積雪の多い歳、少い歳などがあつて毎年の適中は到底望めない。消雪期日の遅速が何によつて左右されるかを見定め、そのものを利用する方法も考へられる。

武田繁後氏¹⁾は十日町で調査し、色々な氣象要素が密接な關聯を持つてゐる事を明かにしておられる。相關係數値の大きいものを拾つて見ると

消雪期日と最低地温	-0.588
同 と同上起日	+0.434
同 と降水量(I)	+0.667
同 と 同 (II)	+0.758

降水量(I)は臥雪初日より3月末日迄の總量

同 (II)は1月1日より3月1日迄の總量

等となつてゐる。

高田の消雪期日については風間經吉氏²⁾の作られた實驗式がある。即ち

$$Y = 3.6658 X^{0.789}$$

茲に Y は3月11日より根雪終日迄の日數、X は3月11日午前10時現在の積雪量(單位dm)である。

新潟地方に關するものに佐々木龜藏氏³⁾の實驗式があり：

$$Y = \frac{1}{15} H + 12$$

Y は4月1日より融雪日までの日次、H は3月上旬に60cm以上の積雪を見たる比較的多雪の年の3月上旬の平均積雪量である。之は同縣の某場の實驗式

$$Y = 1.32 X - 4.13$$

$$Y = 1.04 X' - 0.05$$

を吟味した體裁に出來てゐる。上式の Y は4月1日より融雪期日迄の日數 X は2月下旬の毎日午前10時の根雪の深さの平均、X' は3月上旬中の同様な値(單位は孰れもdm)と云ふ。

孰れの實驗式も其の構成が唯一の要素によつて出來てゐるのであるから10日位の誤差は有るものと心得ねばならない。

角館に就いて作られた平田徳太郎氏等⁴⁾の實驗式は積雪量と氣温とによつて組立てられてゐる處にいさゝか特長がある：

$$Y = 28.8 + 0.1863 H - 3.97 t$$

Y は3月1日より起算した消雪日、H は自3月2日至3月11日間平均雪深(cm)、t は3月11日~31日間平均氣温(°C)である。

以上は孰れも自然の積雪の消雪を取扱つたものであるが、こゝで人工融雪促進に關する成果を附記する。自然の消雪に委ねては農事に支障を來す恐れある場合などに人工的に消雪を早めやうと云ふのが主眼である。

一つの方法は種々な物質を積雪上に撒布する手段によるものである。

泉末雄氏⁵⁾は自然積雪の融解水量を1.00として數種のものに就いて融解率を求められた。

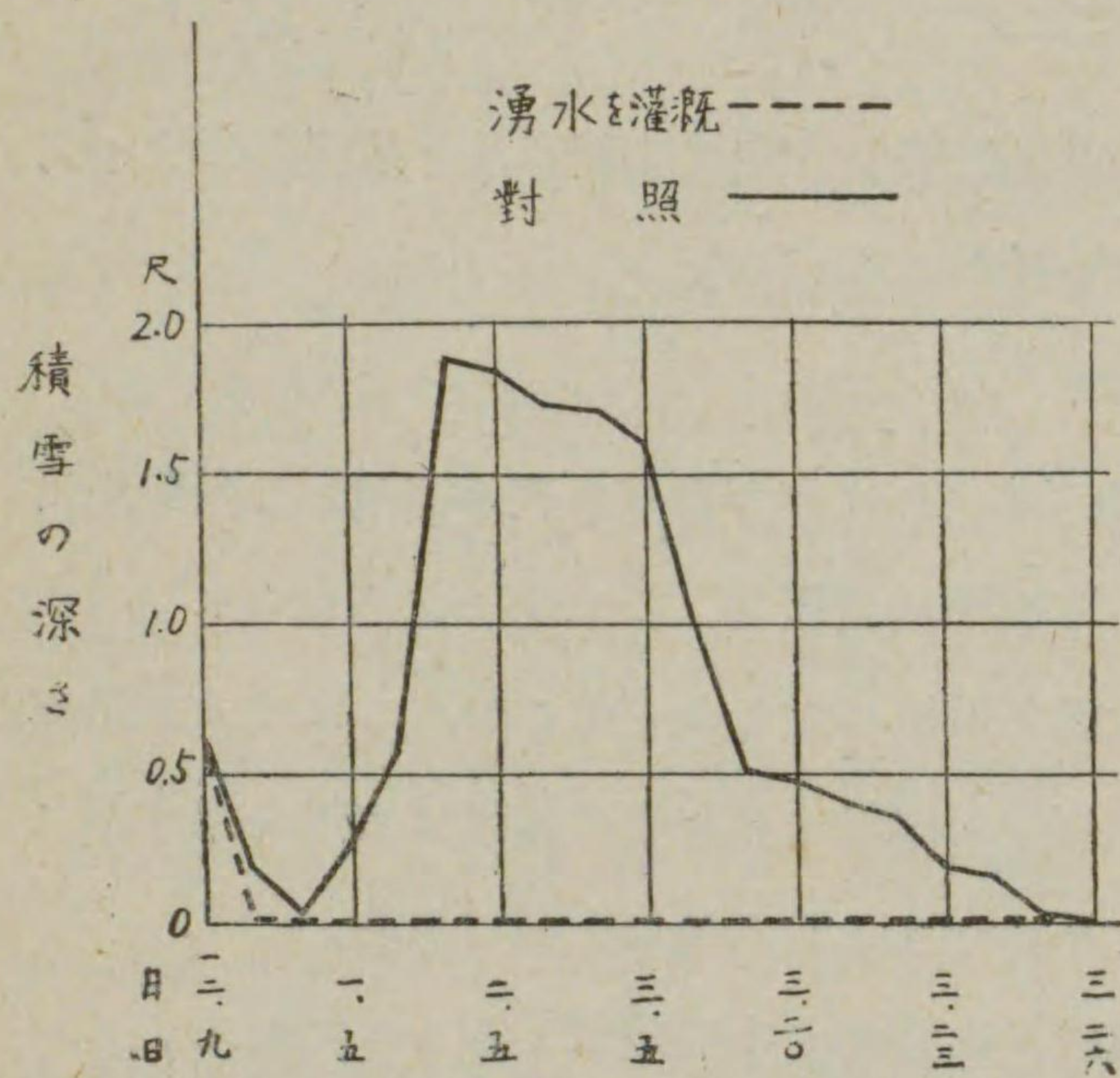
食鹽撒布	4.99	蕎麥殼	1.21
土	2.30	(自然雪)	1.00
藁灰	2.04	靱殼	0.96 (融解が却て妨げられる)

平田氏等の試験は實用を最も重要視した立前から撒布物は全體黒土に限られてゐるが、時期や撒布の方法が繰返し研究された。結局融雪期に入る頃の好天を選び、黒土を1mm位の厚さに自然状態の積雪上に(耕したり、踏み

固めたりしない方がよい) 撒布する事によつて約 10 日位も消雪期日を早め得る事が分つた。田島, 三室氏等にもこの種の調査がある。

今一つの方法は苗代等に實用される事を目的としたもので、湧水、河水、溪水を之に灌溉して促進せしめんとする試みである。

平田氏等の実験例では湧水は一般に水温高く、之を掛流した苗代では全く雪が積らず(水温 9°C の例) 或は少積雪に止つた例(水温 5-8°C, 但水量僅少例) 等がある。河水、

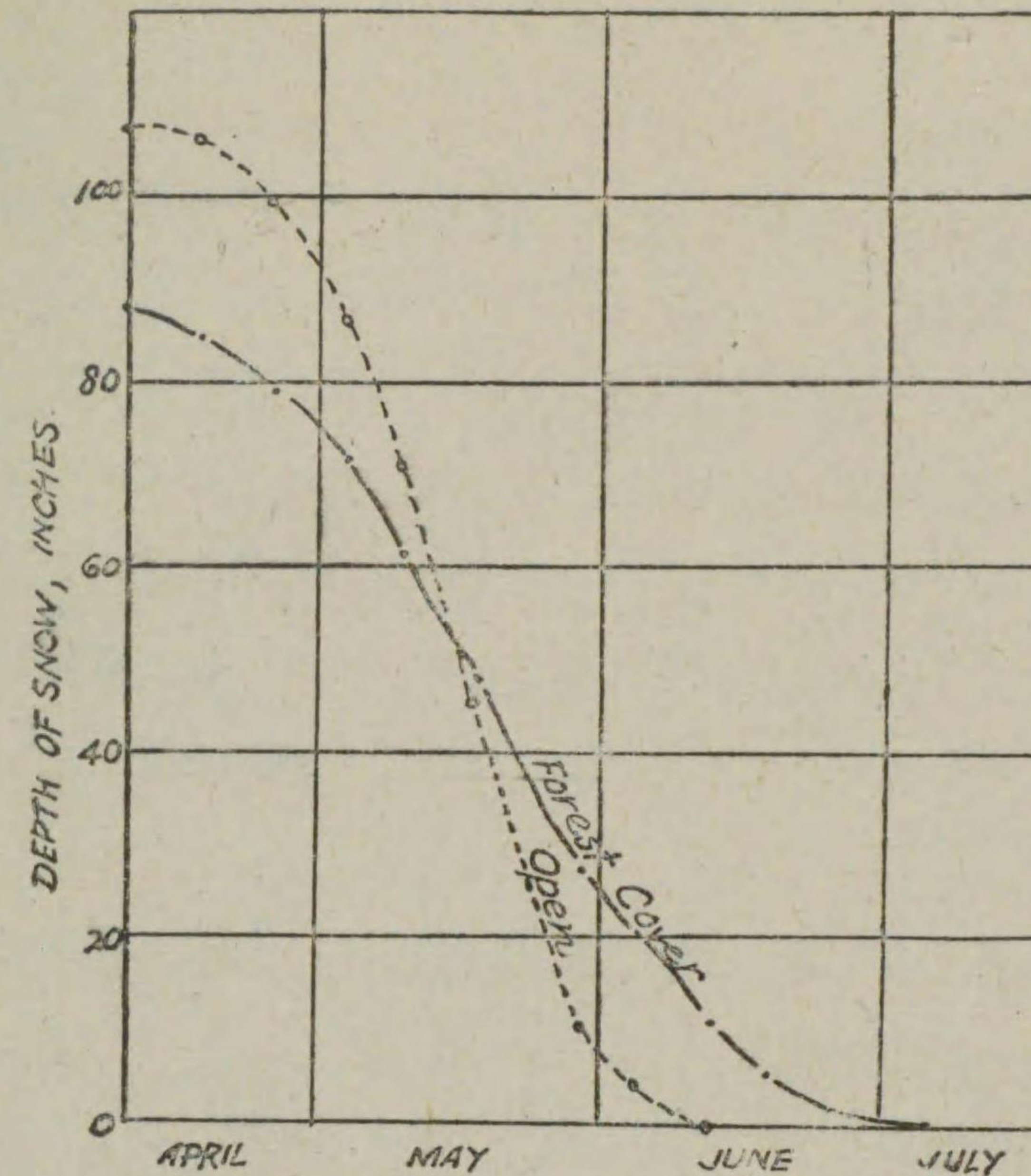


第73圖 人工融雪例(平田)
(湧水灌溉例) 水温約 9°C, 積雪せず

溪流は概して水量多き事が必要である。水温低く、水量少き場合にも尙天然の儘放置せる積雪より若干早く消雪した例もあつて利用價值あるものと認められた。森林地では裸地より一般に消雪期日が遅れる。Jaenicke 及 Foerster は Arizona で調査したが、森林の方が約 2 週間遅れた事を報じてゐる。冬の間は森林地では最低気温や平均気温が林外より高く融雪も著しいが、春になると林外の融雪が急激に進捗し結局森林の方が遅れるのだとなしてゐる。Griffin は Oregon で調べたが平均で 17 日だけ、森林の消雪が遅れた。Yakima 地方の林内外の融雪状況圖は多少参考になると考へたので採録した。(第74圖)

量僅少例) 等がある。河水、溪流は概して水量多き事が必要である。水温低く、水量少き場合にも尙天然の儘放置せる積雪より若干早く消雪した例もあつて利用價值あるものと認められた。森林地では裸地より一般に消雪期日が遅れる。

Jaenicke 及 Foerster は Arizona で調査したが、森林の方が約 2 週間遅れた



第74圖 森林の消雪期日 (Griffin)

- 1) 武田繁後：雪に関する二三の觀察 森林治水氣象彙報 (前出)
- 2) 風間經吉：根雪終日の豫想 天氣と氣候 4 卷. 36 頁. 昭. 12 (1937)
- 3) 佐々木鶴藏：本縣下今冬の積雪に就いて 測候だより 19 號. 昭. 13 (1938)
- 4) 積雪地方農村經濟調査所：融雪に関する研究 (雪調科學報告) I 輯. 3 號. 昭. 13 (1938)
- 5) 泉 末雄：雪の調査 (第一, 二報) (前出)
- 6) 田島節夫, 三室芳雄：融雪に関する研究 氣象集誌 II. 18 卷. 216 頁. 昭. 15 (1940)
- 7) Jaenicke, A. J. and Foerster, M. H.: The influence of a Western Yellow Pine Forest on the accumulation and melting of snow (前出)
- 8) Griffin A. A.: Influence of forests upon the melting of snow in Cascade Range. M. W. R. Vol. 46. pp. 324. 1918.

10. 積雪と氣候

積雪の多寡或は有無が吾々の人生に與ふる影響は直接、間接に甚だ大きい

事は今更云ふ迄もない。その有様も雑多であるが茲では積雪と氣候との關係に就いて瞥見しやう。

この方面の最も著名な業績は Woeikof¹⁾ のそれであらう。既に幾度か、各國語を通じて所説が紹介されてゐる。

積雪が大地と大氣との熱の交換上、如何に働くかを考へ、雪が熱の不良導體なる性質よりして地温の放熱が防がれる事、従つて大氣の下層では一般に寒冷が豫期せらるゝ事、但し積雪面では光の反射が強大であるからそれによる昇温が下層大氣の寒氣を緩和する事等を縷々 36 個條に要約して述べてゐる。併し吾々は古典的な興味を感じる以外大した感興を覺えないので詳記は略したい。

大森宗祐氏²⁾は異常の大雪に依つて動植物の季節が遅れる事實を擧げておられるが、例の尠い面白い調査である。

昭和 8—9 年の勝山地方の大雪の後では種々の動物の初見期日が例年に比して次の如く遅れた。

蚊白蝶	17 日	とかげ	6 日
はるせみ	9 日	あまがへる	20 日
しほやとんぼ	17 日	たがへる	21 日
やまところほろぎ	7 日	うぐひす	2 日
げんじほたる	7 日	つばめ	2 日
しまへび	10 日	くわくこう	1 日

即ち地表の近くに棲むものが最も影響を受け、次に地中、氣界の順序になつてゐると云ふ。

又植物の期日（發芽、開花等）は次の如く遅れた。

	(發芽)		(發芽)
あんず	7 日	こぶし	9 日
よしの櫻	8 日	ねむのき	9 日

12. 雪 線

我國では冬に積つた雪も春を待つて融けてしまふが、未だ溶け切らない内に又も次の積雪の初る處も地球上にないではない。概ね高山に限られるが斯うした融け盡す事のない積雪は万年雪と呼ばれ、地肌を露はさない部分の下方限界を雪線と云ふ。我國には現在雪線を有する山はない。従つて一般には興味も尠いので極めて簡単に済ましてしまふ事にした。

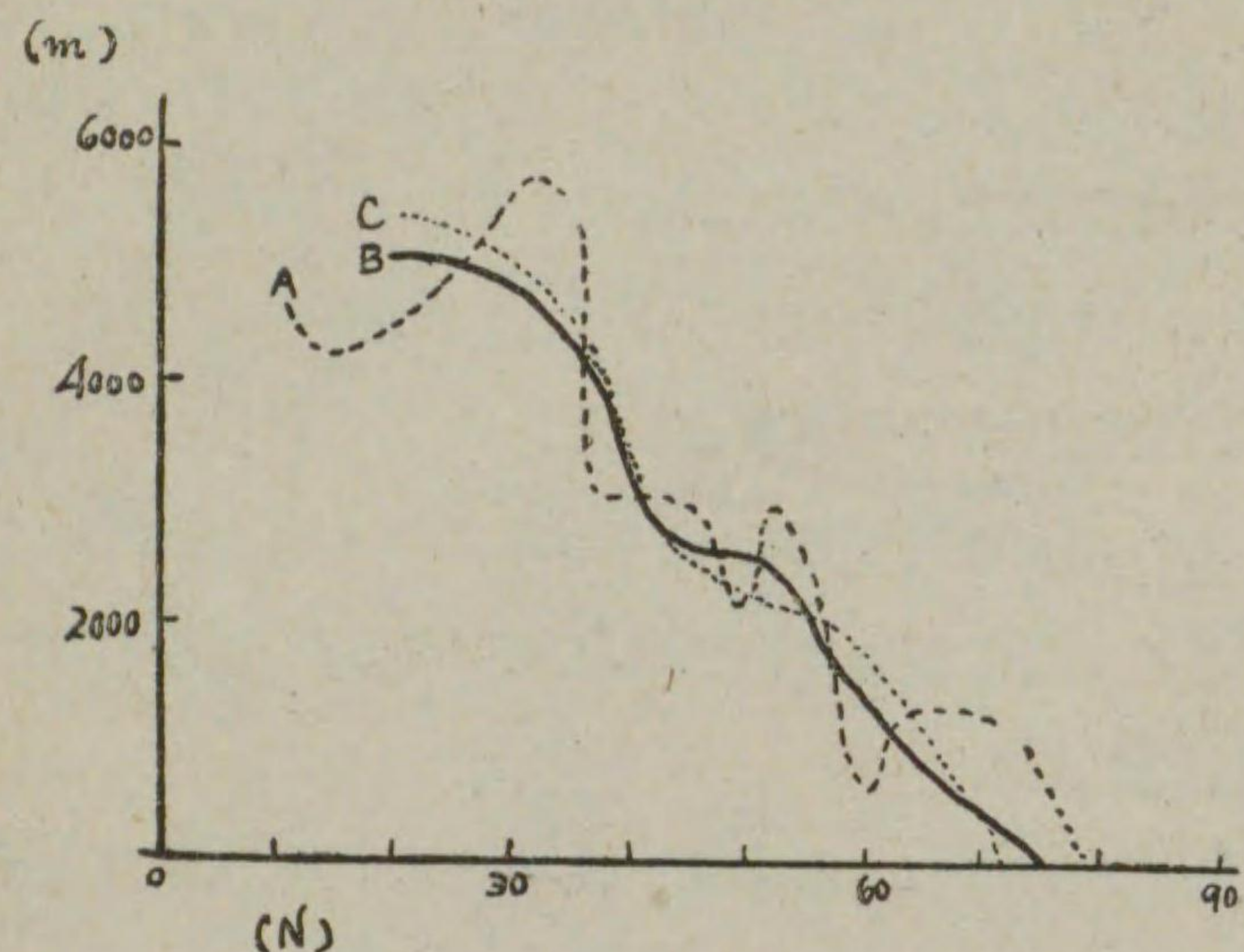
雪線の高さは緯度が高くなるにつれて原則としては低下する。南氷洋の South Georgian Islands あたりでは雪線は海面に迄低下するが北極ではそんなに低くはならないと云ふ。¹⁾

雪線の高さの記事は大抵の氣象學及び氣候學書に出てゐるが茲には Hann²⁾の著書から Paschinger. V. の雪線高度表を選んで摘記して見る。

V. Paschinger (1912) の雪線高度

緯 度	最 高 高 度 (m)	最 低 高 度 (m)	差	平均高度
80—70 N	Ostküste Grönland 1000	Franz-Josephs-Land 300	700	555
70—60	Dovrefjeld 2000	Nordwest-Island 550	1450	1050
60—50	Munko-Sardik 3200	Alaskaküste 800	2400	2050
50—40	Kokkija, Tian-schan 4100	Vancouver 1400	2700	3000
40—30	Karakorumpaß 6100	Erdjyas-Dagh 3500	2600	4300
30—20	Nördl. Himalaya 6000	Südl. Himalaya 4900	1100	5300
20—10	Vulkane Mexikos 4700	Sierra Nevada de San Marta 4600	100	4600
10— 0	Kordiller v. Kolomb. 4600	Sierra de Merida 4500	100	5000
0—10 S	Kilimandscharo 5600	Neuguinea, Wilhelminaspitze 4500	1100	5000
10—20	Chachani 6100	Cordillera Real 5000	1100	5600
20—30	Llullaillaca 6100	Sierra Aconquija 4600	1500	5100
30—40	Aconcagua 4500	Anden von 38—39° 1600	2900	3000
40—50	Neuseeland 2200	Küstenkordillere 700	1500	1500
50—60	Magellanstraße 1200	Horn-und Beaglekanal 500	700	800
60—70	— 0	— 0	0	0

之等の高度分布に關して佐々倉航三³⁾に研究がある。氏は「理科年表」(昭和5年) 所載の北半球に於ける26個所の雪線高度をその緯度に配して第75圖のA線を得、之が平滑平均曲線としてBを作つた。



第75圖 雪線高度(佐々倉)

より得らるゝ計算値はC線で示される。

Klengelがヒマラヤ山系の南北斜面で雪線の高さが著しく異なる事實を初めて指摘した事は有名である。アルプス山に就いても此の傾向の認められる事はMaurer⁴⁾の調査に見えてゐる。斯様な差異は地形にも依るであらうが、多くは斜面の受熱量の差異、卓越風の方向、勢力等の違ひから來るものと解される。

Brooks⁵⁾はアルプスの場合を例とし、主として氣象學上の立場から雪線の位置の問題を論じてゐる。

雪線は氣象學の好對象として屢々採り上げられたが、萬年雪の流下して成す氷河は地形剝削の營力として種々な地貌を作り、地形學へも交渉を持つ。更に夫等の地貌から過去の氣候を判斷する試みも可能で、所謂古代氣候史の好資料ともなる。

雪線高度 H は、一般に年平均氣温 P、年平均日射量 Q、年降水量 R によつて影響を受けるものとし

$$H = a + b \frac{P \cdot Q}{R}$$

と置き a、b 等の常數を算出し、a=1826 b=9.3 が得られた。この實驗式

- 1) Snow line: Q. J. R. M. S. Vol. 19. pp. 62. 1893.
- 2) Hann, J. V.: "Handbuch der Klimatologie", (Allgemeine Klimalehre) pp. 297. Stuttgart. 1932.
- 3) 佐々倉航三: 雪線高度に關する一考察 地理學評論 14 卷. 267 頁. 昭. 13. (1938)
- 4) Maurer, J.: Temporäre Schneegrenze und mittlere Schmelzwasserhöhen im Schweizerischen Alpengebiet nach neuen Erhebungen. M. Z. Bd. 26. pp. 539. 1909.
- 5) Brooks, C. E. P.: "Climate through the Ages", London, 1926.

13. 雪 崩

傾斜面上の積雪が一時に崩落する現象を吾々は一般に「なだれ」(雪崩, 頽雪)と呼んでゐる。

「山より雪の崩頽を俚言になだれといふ。又なでとも云ふ。按ずるになだれは撫下るなり。るをれといふは活用ことばなり」(北越雪譜)

この雪崩に就いては多數の方言があり、大島亮吉氏¹⁾の調査に詳しい。今その呼名を列記して見る。

アイ(エイ)	モロアイ	ワカシ	ワボ	ワボウ(ワボウ)
ワアバ	ワシ	アワ	ウワスベリ	エギレ
エギレスベリ	ナギレ	ワヤ	チーネ	ギチ
ホヤ	ナデ	ナゼ	ノマ	ユキナエ
ネユスリ	ネコスリ	ジコスリ	シロアヘ	クロアヘ

尙以上に洩れてゐるものに

ホフラ	ヲホテ	ハワタリ	(北越雪譜)
ホウラウ	トビ	アヤ	(新潟測候所報告) ²⁾

等がある。

一般に雪崩と總稱せらるゝ現象も之を仔細に觀れば種々の特徴があり、やがて雪崩の分類命名が起る。

吾邦に於ける史料では『東遊記』(橋 南谿)を初見とし且つ精細でもある。

「アワ」といふは冬多し。ナダレは三四月の頃にあり、アワといふは雪最中降時分に山上の木梢より雪泡一つ落つるとき其アワ段々ころび落つるに従ひ雪こかしをすごとく次第に大に成り麓に至る頃は大山のごとくに成りて落下す(中略)「ナダレ」と云ふは春の末になり地中より陽氣出るに従ひ數丈積りたる雪の下よりゆるみ附て其邊の雪一同に崩れ落ち川も谷も埋む事なり(下略)

併し吾國では現在でも通例簡単な區別で済まされ、上雪崩(積雪の上部のみが崩落する)底雪崩(全雪層が崩落)等が主に用ひられてゐる。³⁾

之に反しヨーロッパ邊では仲々面倒な分類が試みられておるが詳しくは大島氏の著書、田中⁴⁾ 薫氏の報文に紹介があり、成書では Seligman⁵⁾ のものが詳説してゐる。

雪崩は Avalanche (英佛)、Lawine (獨)である。語義に關しては

Avalanche: The word Avalanche is from the Latin, ad: "to ,, and vallis: "a valley ,, (Finch and Hawks: Water in Nature)

Avalanche derived from the French Avaler—the Original meaning of which was to descend. (Seligman)

Lawine: 伊太利語の labi, 滑ル義カラ來タ (加納一郎: 氷と雪)

等がある。

歐洲の雪崩分類史などは割愛して特徴ある分類を數例掲げて見る事にした。

Allix⁶⁾ の分類は崩落運動の狀況を初終を通じて觀察し、その特徴を分類の骨子とした處に新味が多いと考へられる。(日本語譯は田中氏の報文にある)

⁷⁾ Paulcke は數十年間、雪崩の問題に没頭した先輩で、氏の分類を列記しておく事も無駄ではあるまい。

I. Trockenschnee-Lawinen

1. Wildschnee-Lawinen
2. Trockene Lockerschnee-Lawinen
3. Packschnee-Lawinen
4. Preßschnee.
5. Schwimmschnee-Lawinen.

II. Feuchtschnee und Naßschnee-Lawinen

6. Feuchtenasse Lockerschnee und Packschnee-Lawinen
7. Nasse Firnschnee-Lawinen. Nasse Altschnee-Lawinen

III. Firneis-Lawinen.

Seligman の分類はスキー家の實用を主として編んだもので大綱を四種に分け、豊富な寫眞版を挿入して細かく論じてゐるが、茲には全譯を企てる暇がなく、概ね分類名の紹介で終へる。

I. Dry-snow avalanches

1. Dry powder-snow avalanche
 - a. Wild-snow avalanche
 - b. Dry new-snow avalanche. (第 76 圖)
 - c. Dry settled-powder avalanche
2. Dry old-snow (Firn snow) avalanche.

II. Wet snow avalanches

1. Damp-snow avalanche (第 77 圖)
2. Medium Wet snow avalanche
3. Very wet snow avalanche

State of Snow before Departure	Departure			Course
	Flowing	Rolling	Sliding	
Dry (cold avalanches)	Floury	Snowball (boule)	Snow-board (planche) { Short } { Long }	Cascade { "Spout," (en trombe)* "Fontaine," (en fontaine) Superficial or lightning-flow. (coulée-éclair)* Flow (coulée) Deep (rapid flow) †
Wet (warm avalanches) { Light (fresh snow) Heavy (old snow)		Snowball (boule)	Tile (tuile) { Long } { Short } Snowslip (foirage) Snow-shield (bouclier)	"Fountain, cascade" Flood (coulée) { Rapid † Slow §

* Powdery avalanches of usual classification.

† Type of powdery-ground avalanche of usual classification.

§ Ground avalanche of usual classification.

崩 分 類

Arrival				State of the snow on Arrival
In single flow (en un temps)		In compound flow (en plusieurs temps)		
On slope	In ravine	On slope	In ravine	
				Homogeneous In lumps { Clean Earthy
Simple cone or fan	simple tongue (cf. glacial tongue)	Grooved cone Palmate cone	Grooved tongue	In lumps { Clean Earthy Woody Earthy and Woody Streaky



第 76 圖 雪崩 (Seligman)
A. Dry new-snow avalanche

III. Wind-Slab avalanches

IV. Ice avalanches.

Wild snow: 風の無い、非常に寒い時一例へば気温氷点下 15°C と云ふ様な一に降るもので甚だ軽く比重は 0.01—0.03 程度。(普通のもの 0.05 以上)スイス邊で neige sauvage 或は wildschnee と呼ぶ。斯様な雪質では大仕掛な雪崩は起きない。

Dry new snow: 微風があつて気温が氷点下より稍、低い時に降る普通の雪で比重は wild snow の 2—5 倍、猛降雪の直後に起るこの種の雪崩は總ての雪崩中で最も強烈である。

Wet snow: 之は程度に應じて數種に分つ事が出来る。一般に濕雪と云ふのは氷晶間の空隙に、融水で出来た水がフイ



第 77 圖 B. Damp-snow avalanche

ルム状につまつてゐる種類である。

Wind Slab: 風の爲めに硬化した雪で假りにスキーヤーがこの上を滑るなら鈍い音を發して沈下し四方へ龜裂が出来る。(以上 Seligman)

吾國には、雪崩の發生に關する調査は餘り多くはない様である。之は一般に資料が得難いと云ふ事から來てゐる事で、雪崩の發生が少いと云ふ譯ではない。

加納一郎氏の著書によると仙臺鐵道局管内の大正 5 年—昭和元年間の雪崩總數は 877 回と云ふ事であるから全國では相當なものである。

その資料を月別、時間別に統計して發生頻度を調べられた結果は次表の如くであつた。

月 別 發 生 頻 度

	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月
回 數	40	226	335	249	27
頻度(%)	4.5	25.6	38.3	28.6	3.0

時 間 別 發 生 回 數

0—2	2—4	4—6	6—8	8—10	10—12	12—14	14—16	16—18	18—20	20—22	22—24
25	41	123	80	87	89	107	104	73	51	34	25

早朝に最多であるのは夜間の多量の降雪による新雪雪崩を生じたものが多いと考へられ、之を除くと最多は気温日變化の最高時に現はれると云ふ。

福井英一郎氏にも此の種の調査があり、仙臺鐵道局管内の 641 回資料(大正 5—11 年間)を以て述べてある。月別發生頻度は 2 月が最多で 40.2%，4 月が最少で 1.7%となつてゐる。又時間別統計では午前が 54%，午後が 46%，細かく見ると 4—6 時及び 12—14 時の間に頻發する傾向が著しく之は気温の最低及び最高時に當るので注意を惹くと云ふ事であつた。

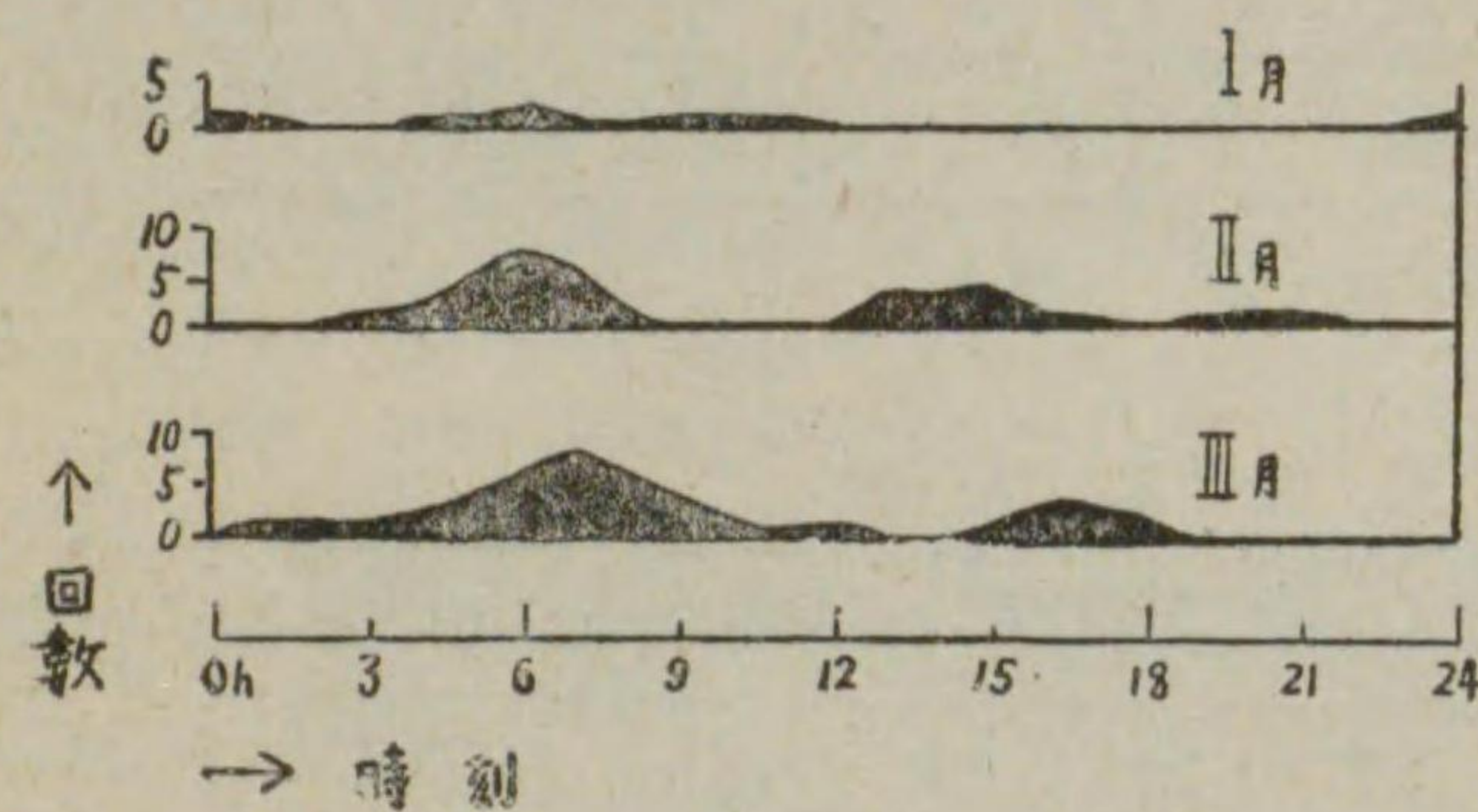
田島節夫、澤田久藏¹⁰⁾氏は鐵道局富山保線事務所の418回資料(昭和8年12月—同9年4月間、發生場所は高山線笹律—坂上間が大部分)を採つて發生の時刻を調査された。場所は無視されてゐるが、雪崩の體積によつて規模を區別し、夫れの月別に就いて調べたものである。

12月には規模は小、14時頃に幾らか多く起る。

1月に入つても大規模のものは多くはない。午後に多く起るが早曉にも幾らか多い。

2月になると回数は多くなり規模も大いさを増す。發生時刻は明方と午後にも明瞭な二つの極大を示す。明方の雪崩は小規模のものが多いが、特に雄大なものも明方に多くなる傾向を示して來る。

3月は雪崩の最盛期であるが大規模のものは斷然明方に多いと云ふ。第78圖は規模IV(體積700立方米以上)なる雪崩の月別、時刻別回数圖である。



第78圖 規模IV雪崩發生回数(田島,澤田)

明方に多い理由は「日中の水分の多い時は可塑性が大であつて伸び易いが切れ難いのに反し、明方は伸び難いが脆くて切れ易い。従つて衝撃に對しては切れ易いであらうといふ事を考へてはどうであらう」と云ふ事であつた。

加納氏には仙臺鐵道局調査にかゝる雪崩336回を資料とした土地の傾斜角度と發生回数の表がある。

角 度	25—30	31—35	36—40	41—45	46—50	51—56	57—60	61—65	66—70	71—75
回 數	7	48	87	99	54	48	11	8	1	3

56度以上で回数の少いのは、左様な急角度の場所が少い事によると附記されてゐる。

Seligmanの著書にはヨーロッパに於ける發生時刻に關する諸家の説などを多數掲げてゐるが、狀況が異つては餘り参考にもなるまいと思はれて悉く省略する。

雪崩に關する觀察記事と云ふものは、さう多くはない。落下速度に就いて二三の記録があるので附記して見た。(Seligmanに據る)

Sprecher:	35—75 哩/時 (約 15.7—33.5 m/s)	傾斜	40—50°
Mogin and Bernard	17 哩/時 (約 7.6 m/s)		45°
Coaz	217 哩/時 (約 95.6 m/s)		44°
Allix *	160 呎/時 (約 44.5 m/s)		45°
Allix *	48 呎/時 (約 13.3 m/s)		30°
稻積氏 **	75 呎/時 (約 20.8 m/s)		35—45°

* Allix, A.: Avalanches.

** 雪崩に關する座談會: 日本雪氷協會月報 2卷. 46頁. 昭. 15 (1940)

10 m/sに満たぬものから、100 m/sに及ばんとするものもあつて其の差は頗る甚しい。一口に雪崩の速度と云つても雪崩雪の雪質や、崩落傾斜面が多種多様であるから斯うした結果が出るのかも知れない。

雪崩の持つ力に關する想定等も茲に一括して述べてしまはふ。

雪崩の壓力に就いて想定したEnglerの式と云ふのを大島氏は紹介してをられる:

$$P = Q \left(\frac{\sin 2a}{2} - f \cos^2 a \right)$$

P = 斜面の落ちる方向に於ける壓力 (噸)

Q = 1m³の雪の重量 (比量の千倍)

a = 斜面の斜角

f = 外部及内部摩擦係數

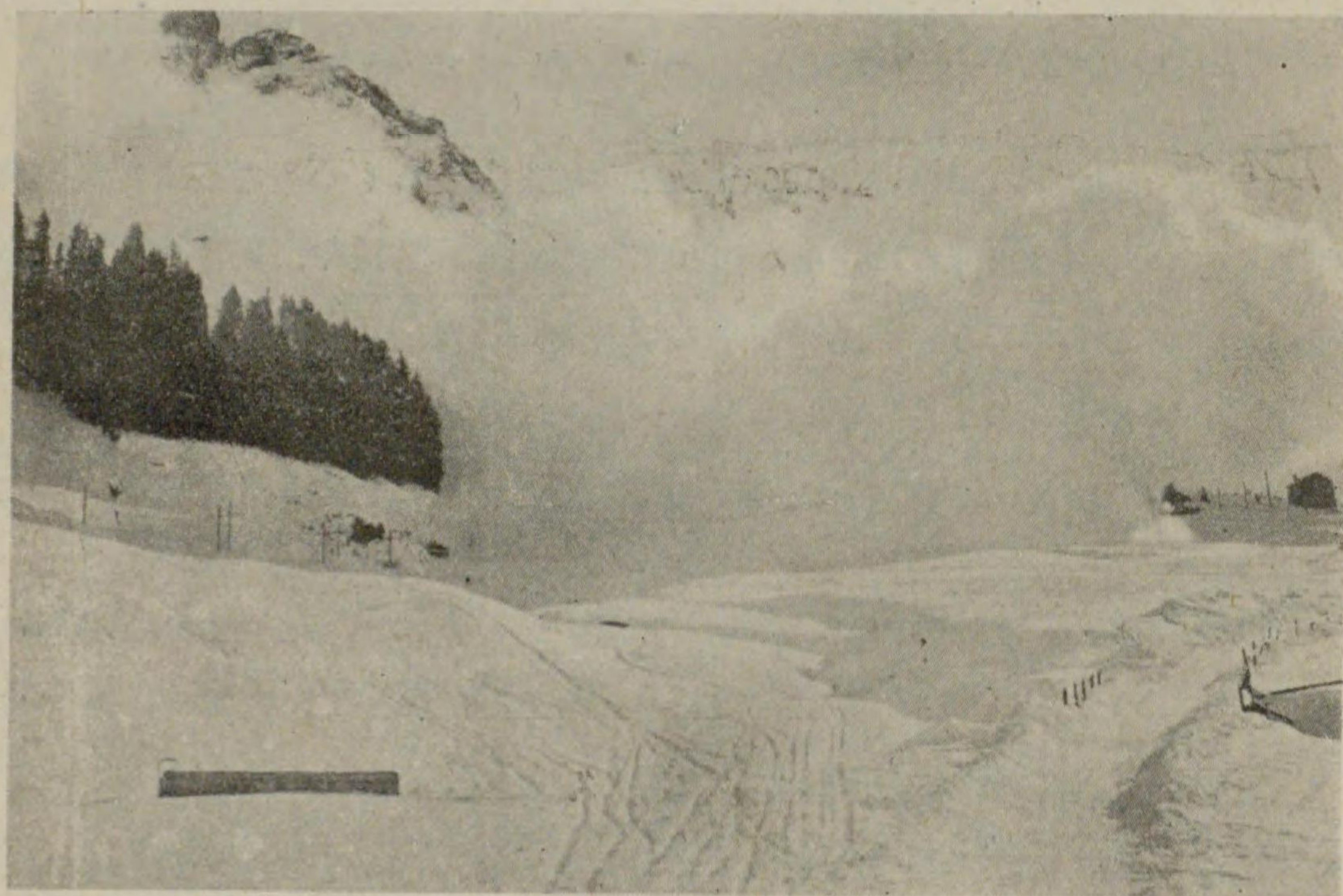
例：20 mの 40° の同一斜角の斜面に 0.6 の比重を有する、500 m³の雪があり、摩擦係数を 0.5 とすると

$$P = 600 \left(\frac{\sin 2.40^\circ}{2} - 0.5 \cos^2 40^\circ \right) \times 500 = 143,697 \text{ 噸}$$

Allix は質量 200000 m³、速度 10m/s の雪崩のエネルギーは約 20000000 馬力と見積つてゐる。

雪崩の崩落に伴ふ風速及び風壓の算定例は Max Bültner (Starke und Geschwindigkeit des Lawinenluftdrucks. Schw. Z. f. Forst. 89. Jr. No. 415. 1938) にあると云ふ。ブナの樹の折損から想定したもので、風速として 65.5 m/s が求められてゐる。

雪崩自身は斜面の上部に止つても濛々たる雪粉は煙の如くに立昇つて谷間へ下る。



第 79 圖 Snow cloud (Seligman)

Seligman の所謂 “snow cloud” である。(第 79 圖)

雪崩自身の力に、強い風速、そして Snow cloud が随伴して、雪崩被害は彌々増大される。

雪崩發生の機巧を簡単に記載する事は仲々困難である。種々の要因が錯綜してゐて、一般的に述べたのでは個々の場合に適切ではない事も多からうと考へられるからである。併し全然省略するのも體裁が整はぬので通俗な事ながら二三記して行く事にした。

先づ雪質の事が考へられる。

Seligman は雪の結晶調査から第 80 圖所載の四つの場合を選び出し雪崩發生の難易について斯く考へた。



第 80 圖 雪 の 結 晶 (Seligman)

A は降つて間のないもの、結晶は互に組合つて連鎖するから急斜面でも安全。

B 結晶の突出部が損じて小型になると動き易くなる。

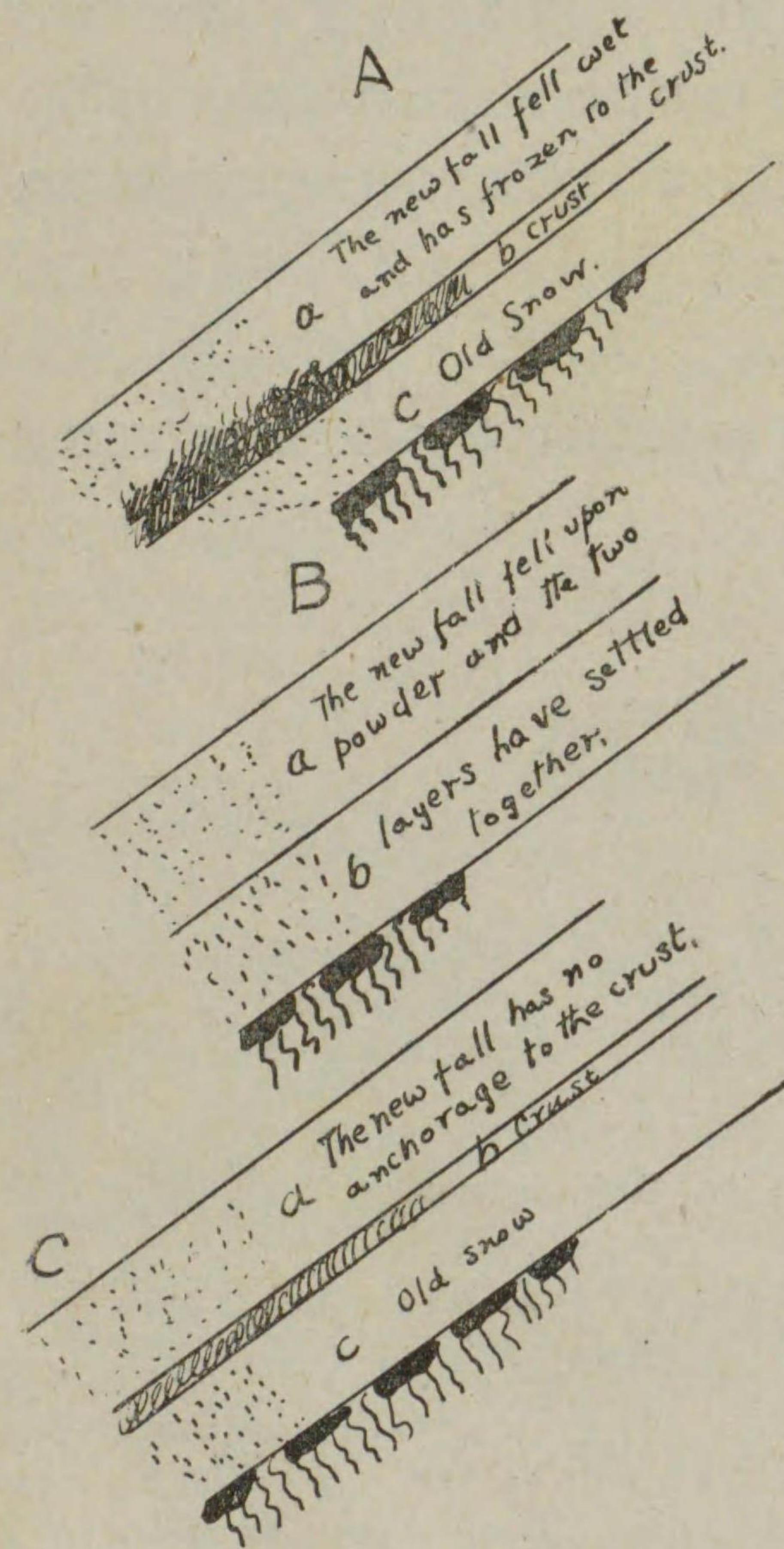
C 結晶がくづれて粒状になると著しく可動性が増して雪崩の危険がある。

D 粒状で固定した雪質になると滑動の惧れは又減ずる。

一般に積雪量が増せば雪崩が起り易く、土地の傾斜が急峻であれば發生の機會も多くならう。この場合、谷の形や地質も關與する處大なるは云ふ迄も

ない。

新舊積雪の堆積状態も考慮されねばならない。Seligman は次の三態に就いて考へた。(第 81 圖)



第 81 圖 積雪の状態 (Seligman)

へて見た。そして一般に新積雪の深さが不透層の深さより浅いと上雪崩が起り易く、深いとその懸念は少いものと考へられた。

A は新しく降積つた雪(a)の底部が舊積雪面(b)のクラスト^{*}に接着してゐる場合、之は安全。

B は新舊兩積雪が互に密接し合つてゐる安定な状態。

C は新積雪と舊積雪との間にクラストが存在し劃然たる不連続面を成してゐる爲め、新積雪は甚だしく滑り出し易い状態にある。

* クラスト (crust) 風に吹き曝され、或は融雪水や雨水の凍結によつて著しく固化したもの。

¹³⁾ 岡部眞平氏は積雪内部の温度の振幅を考へに入れつゝ論を構へられた。即ち振幅の極微となる深さを不透層と稱し(實測値に依り茲では約 70 cm)、積雪の深さが此の不透層の深さより、深い場合又浅い場合に就いて考

- 1) Bonacina, L. C. W.: Snow as a form of precipitation and factors controlling distribution over the Globe. (前掲)
- 2) 高橋喜平: 『雪と人生』 (前掲)
- 3) 平田徳太郎: 雪の害は防ぎ得るか 日本雪氷協會月報 1 卷. 37. 頁. 昭. 14 (1939)



参考文献

(著者名別, 掲載順)

雑誌名略號

- B. A. M. S.=Bulletin of the American Meteorological Society.
Beitr. z. Physik. d. fr. Atmosphäre=Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre.
Gerl. Beitr. z. Geoph=Gerlands Beiträge zur Geophysik.
J. F. S.=Journal of the Faculty of Science, Hokkaido Imperial University
M. M.=Meteorological Magazine.
M. W. R.=Monthly Weather Review
M. Z.=Meteorologische Zeitschrift
Q. J. R. M. S.=Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society

A

第一章

- 1) Arrhenius, S. A. "Lehrbuch der Kosmischen Physik", Leipzig. 1903.
- 2) Archibald, D.: "Atmosphere", London. 1897.
- 3) Adams, J. M.: The Origin of snowflakes. Phy. Rev. Vol. 35. pp. 113. 1930.
- 4) Abercromby, Hon. R. "Weather", London. 1907.
- 5) Allingham, W.: A manual of marine meteorology. London. 1917.
- 6) 青山氏報告。(氣象集誌 27 卷. 71 頁. 明. 41 (1908))
- 7) 阿部幸次: 雪の密度に就いて 氣象集誌 11 卷. 373 頁. 明. 36. (1903)

第二章

- 8) Assmann: Mikroskopische Beobachtungen der Struktur des Reifs, Rauhreifs und Schnees. Das Wetter. Jr. 6. pp. 129. 1889.
- 9) 安齋徹: 雪紐 天氣と氣候. 2 卷. 17 頁. 昭. 10 (1935)
- 10) 阿部幸次: 雪の蒸發並密度に就いて 氣象集誌 26 卷. 119 頁. 明. 40 (1907)
- 11) 赤井清康: 降水量と積雪量. 天氣と氣候. 4 卷. 429 頁. 昭. 12 (1937)
- 12) Alciatore, H. F.: Snow densities in the Sierra Nevada. M. W. R.

- Vol. 44. pp. 523. 1916.
- 13) Alps, H. F.: Foot-layer densities of snow. M. W. R. Vol. 50. pp. 474. 1922.
 - 14) 阿部幸次: 雪の傳導率及び積雪溫度の變化に就きて 氣象集誌 26 卷. 47 頁. 明. 40 (1907)
 - 15) 阿部幸次: 再び積雪溫度の變化に就きて. 氣象集誌. 26 卷. 182 頁. 明. 40 (1907)
 - 16) Abe, K, Okada and Yamada: On the thermal conductivity of snow. Proceed. Tokyo Math-phy. Soc. II. Vol. 4. pp. 385. 1907~8.
 - 17) 阿部幸次: 雪の蒸發並に密度に就いて 氣象集誌 26 卷. 119 頁. 明. 40 (1907)

第三章

- 18) Allix, A.: Avalanches. Geographical Review. Vol. 14. pp. 519. 1924.
- 19) 天野一郎: 類雪の崩落に伴つて發生する風の速さと風壓に就て 日本雪氷協會月報 1 卷. 52 頁. 昭. 14 (1939)
- 20) Allix, A.: Sur la prevision des avalanches. Comptes Rendus. Tome 178. pp. 1831. 1924.

B

第一章

- 1) Bentley, W. A.: Forty year's study of snow crystals M. W. R. Vol. 52. pp. 530, 1924.
- 2) Bentley and Humphreys: "Snow Crystals", New York. 1931.
- 3) Bentley, W. A.: Photomicrographs of snow crystals and methods of reproduction. M. W. R. Vol. 46. pp. 359. 1918.
- 4) Bentley, W. A.: Study of snow crystals Q. J. R. M. S. Vol. 27. pp. 301. 1901.
- 5) Bentley, W. A.: Photographs of snow crystals. Nature. Vol. 68. pp. 129. 1903.
- 6) Baschin, O.: Riesige Schneeflocken M. Z. Bd. 32. pp. 93. 1915.
- 7) Brooks, C. F.: The fluffiest snow? B. A. M. S. Vol. 19. pp. 398. 1938.
- 8) Beddow, O. K. and Williams. Analysis of the precipitation of rains and snows at Mt. Vernon, Iowa. 1931~32. M. W. R. Vol. 61. pp. 141. 1933.

第二章

- 9) Bentley, W. A.: Snow rollers. M. W. R. Vol. 34. pp. 325. 1906.
- 10) Barton, E. C.: Snow furrows and ripples. Nature. Vol. 109. pp. 374. 1922.
- 11) Brooks, C. F.: Need for universal standards for measuring precipitation, snowfall and snowcover. Trans. I. C. S. G. Bull. 23. pp. 1. 1938.
- 12) Billwiller, R. et. Mercanton: Indications pour L'Emploi des Totalisateurs de precipitations. Trans. I. C. S. G. Bull. 23. pp. 755. 1938.
- 13) Baker, F. S.: Some field experiments on evaporation from snow surface. M. W. R. Vol. 45. pp. 363. 1917.

第三章

- 14) Bonacina, L. C. W.: The geographical distribution of snowfall. Nature. Vol. 113. pp. 210, 1924.
- 15) Bonacina, L. C. W.: Snow as a form of precipitation and factors controlling distribution over the Globe. Trans. I. C. S. G. Bull. No. 23. pp. 79. 1938.
- 16) Brooks, C. F.: The snowfall of the United States. Q. J. R. M. S. Vol. 39. pp. 81. 1913.
- 17) Baldwin, H. I.: Interception of snowfall by forests. B. A. M. S. Vol. 20. pp. 124. 1939.
- 18) Birkner, O.: Die Dauer der Schneedecke im Bereiche des sächsischen Erzgebirges. M. Z. Bd. 7. pp. 201. 1890.
- 19) Bühner, W.: Ueber den Einfluß der Schneedecke auf die Temperatur der Erdoberfläche. M. Z. Bd. 19. pp. 205. 1912.
- 20) Bergman, S.: "Tra Sovağa Kamçatko. Stockholm 1932.
- 21) Brooks, C. E. P. "Climate through the ages,, pp. 183. 308. London. 1926.
- 22) Bernard, H.: Nose-Blackening as preventive of snow-blindness. Nature. Vol. 40. pp. 438. 1889.

C

第一章

- 1) Cornish, V.: "Waves of Sand and Snow,, London. 1914.
- 2) Cottral, L. L.: Analysis of the precipitation of rains and snows at Mt. Vernon, Iowa. 1930~31. M. W. R. Vol. 59. pp. 235. 1931.

第二章

- 3) Church, J. E.: Das Verhältnis des Waldes und des Gebirges zur Erhaltung des Schnees. M. Z. Bd. 30. pp. 1. 1913.
- 4) Church, J. E.: Recent studies of snow in the United States. Q. J. R. M. S. Vol. 40. pp. 43. 1914.
- 5) Church, J. E.: Exhibit and discussion of apparatus for measuring snowfall and snowcover, both accumulation and evaporation. Trans. I. C. S. G. Bull. 23. pp. 749. 1938.
- 6) Clyde, G. D.: Change in density of snowcover with melting. M. W. R. Vol. 57. pp. 326. 1929.

第三章

- 7) Clayton, H. H.: "World Weather,, New York. 1923.
- 8) Conrad, V.: Die Schneedenzeit, ihr Anfangs- und End-Datum in den Ostalpen. Gerl. Beitr. zur. Geoph. Bd. 43. pp. 225. 1935.
- 9) Clyde, G. D.: The effects of rain on the snowcover. M. W. R. Vol. 57. pp. 328. 1929.

D

第一章

- 1) 土井利位: 『雪華圖説』及『續雪華圖説』

第二章

- 2) Defant, A.: Schneedichtebestimmungen auf dem Hohen Sonnblick. (3106 m) M. Z. Bd. 26. pp. 362. 1909.
- 3) Darwin, C.: "The Beagle, Diary,, 1831~36. Cambridge. 1933.

第三章

- 4) 伊達 了: 山形地方の積雪の多寡並に 1, 2 兩月氣温の豫知に就いて 天氣と氣候. 2 卷. 493 頁. 昭. 10 (1935)

E

第一章

- 1) Encyclopaedia Britannica (14 th ed.) 1929.

第二章

- 2) Eckel, O.: Untersuchungen über Dichte, Temperatur und Strahlungsverhältnisse der Schneedecke in Davos. B. A. M. S. Vol. 20. pp. 414. 1939.
- 3) Evans, E. J. and Kaye. Sonnd absorpti n of snow. Nature Vol. 143, pp. 86. 1939.

F

第一章

- 1) Finch and Hawks: Water in Nature,, London, (n. d)
- 2) 伏木測候所: 積雪と融解量の比率 氣象集誌. 13 卷. 151 頁. 明. 27 (1894)
- 3) 福田喜代志, 金家鎮汶: 福島縣大沼郡尾岐村に於ける雪温観測報告. 氣象集誌 II. 11 卷. 221 頁. 昭. 8 (1933)
- 4) 福井英一郎: 新潟縣柏崎町附近に於ける積雪の含鹽量の分布其他に就いて 海と空 15 卷. 233 頁. 昭. 10 (1935)
- 5) 福井英一郎: 富山縣黒部川扇狀地に於ける積雪の含鹽量. 陸水學雜誌. 4 卷. 129 頁. 昭. 11 (1936)

第二章

- 6) 福井英一郎: 砂丘地帯に於ける積雪分布に就いて 地理學評論 12 卷. 395 頁. 昭. 11 (1936)
- 7) 福井英一郎: 昭和 9 年冬期に於ける北陸地方の積雪に就いて 地理學評論 11 卷. 70 頁. 昭. 10 (1935)
- 8) 藤原咲平: 雪量計の一案. 氣象集誌. 37 卷. 208 頁. 大. 7 (1918)
- 9) Fujihara, S. and Miyazawa: On the linear flow of heat in snow on the ground. Bull. Centr. Met. Obs. Vol. 1. No. 4. 1910.

第三章

- 10) 福井英一郎: 北陸地方に於ける積雪の地理的分布 地理 1 卷. 118 頁.
- 11) 福井英一郎: 『氣候學』(古今書院) 昭. 13 (1938)
- 12) Foerster, M. H. and Jaenicke: The infltence of a western yellow pine forest on the accumulation and melting of snow. M W. R. Vol. 43. pp. 115. 1915.
- 13) 福井英一郎: 新潟縣下に於ける積雪の地域的研究. 大塚地理學會論文集 4. 昭. 9. (1934)
- 14) 藤原咲平: 長岡. 佐々木: 東京の雪日數比に就いて 天氣と氣候 2 卷. 304

頁. 昭. 10 (1935)

- 15) 福井英一郎: 雪と豊凶. 天氣と氣候. 2 卷. 2 頁. 昭. 9 (1934)
- 16) 福井英一郎: 雪の交通上に及ぼす影響に就いて. 地理教育 615 頁. 昭. 10 (1935)

G

第一章

- 1) Gschwend, P.: Beobachtungen über die elektrischen Ladungen einzelner Regentropfen und Schneeflocken, M. Z. Bd. 38. pp. 124. 1921.

第二章

- 2) Guy, L. T.: Snow studies on Bogong high plains by State Electricity Commission of Victoria, Australia. Trans. I. C. S. G. Bulletin. 23. pp. 213. 1938.

第三章

- 3) Gherzi, Fr. E.: Quelques données sur la distribution de la neige en Chine. Trans. I. C. S. G. Bull. 23. pp. 133. 1938.
- 4) Griffine, A. A.: Influence of forests upon the melting of snow in Cascade Range. M. W. R. Vol. 46. pp. 324. 1918.
- 5) Giberne, A.: "The Ocean of Air,, pp. 158. London. 1903.

H

第一章

- 1) Hellmann, G.: "Schneekrystalle,, Berlin. 1893.
- 2) Humphreys and Bentley "Snow cry. tals,, New York. 1931.
- 3) Hellmann, G.: Classification of the Hydrometeors II. M. W. R. Vol. 45. pp. 13. 1917.
- 4) Hasikura (橋倉勝治) and Nakaya: Physical investigations on Snow. Part. II. J. F. S.
- 5) Hawks and Finch: "Water in Nature,, London. (n. d.)
- 6) Humphreys, W. J.: "Physics of the air,, (2nd ed.) New York. 1929.
- 7) 畠山久尙: 北地雜考 測候時報 6 卷. 323 頁. 昭. 10 (1935)
- 8) Henry, A. J.: The density of snow. M. W. R. Vol. 45. pp. 102. 1917.

第二章

- 9) 畠山久尙: 障碍物によつて起る積雪の不整に就いて 氣象集誌 II. 12 卷. 227 頁. 昭. 9 (1934)
- 10) Hart, S.: Natural snow ball. Nature, Vol. 28. pp. 483. 1883.
- 11) Hellmann, G.: Schnee-guirlanden. M. Z. Bd. 6. pp. 120. 1889.
- 12) Humphreys, W. J.: Snow-Gerlands. M. W. R. Vol. 63. pp. 162. 1935.
- 13) 畠山久尙: 風で出来る積雪面の模様 天氣と氣候 2 卷. 564 頁. 昭. 10 (1935)
- 14) 畠山久尙: 融雪の際の雪面の模様 天氣と氣候 3 卷. 11 頁. 昭. 11 (1936)
- 15) Hellmann, G.: Ein neuer registrierender Schneemesser. M. Z. Bd. 23. pp. 337. 1906.
- 16) Haeuser, J.: Messungendes Wassergehaltes der Schneedecke und der Schneedichte in den Hochlagen der Bayerischen Alpen. Das Watter Jr. 52. pp. 105. 1935.
- 17) Horton, R. E. and Leach: Snow surface temperature. M. W. R. Vol. 62. pp. 128. 1934.
- 18) Henry, A.: The disappearance of snow in the High Sierra Nevada of California. M. W. R. Vol. 44. pp. 150. 1916.
- 19) 平田徳太郎: 雪の融け方 天氣と氣候 2 卷. 342 頁. 昭. 10 (1935)

第三章

- 20) 平田徳太郎: 越後十日町に於ける融雪水量観測の成績. 森林治水氣象彙報 14 號. 135 頁. 昭. 9 (1934)
- 21) Horton, R. E.: Phenomena of the contact zone between the ground surface and layer of melting snow. Trans. I. C. S. G. Bull. 23. pp. 545. 1938.
- 22) Hajósy, F. v.: Über den Einfluß der Schneedecke auf die Temperatur. M. Z. Bd. 49. pp. 467. 1932.
- 23) Hann, J. V.: "Handbuch der Klimatologie", Stuttgart. 1932.
- 24) 平田徳太郎: 雪の害は防ぎ得るか 日本雪氷協會月報 1 卷. 37 頁. 昭. 14 (1939)

I

第一章

- 1) Iizima (飯島恆夫) and Nakaya.: Physical investigations on snow. Part. I. J. F. S. Vol. 1. No. 5. 1934.
- 2) 泉 末雄: 雪の調査 (第1報) 氣象雜纂 5 卷. 101 頁. 昭. 3 (1928)
- 3) 泉 末雄: 降雪の種類と其の密度 天氣と氣候 1 卷. 166 頁. 昭. 9 (1934)
- 4) 泉 末雄: 降雪の種類と其の繼續時間. 天氣と氣候. 3 卷. 160 頁. 昭. 11 (1936)
- 5) 泉 末雄: 雪の調査 (第2報) 氣象雜纂. 6 卷. 1 頁. 昭. 6 (1931)
- 6) 泉 末雄: 雪の成分 (1)(2) 天氣と氣候. 1 卷. 111 頁. 昭. 9 (1934) 2 卷. 567 頁. 昭. 10 (1935)

第二章

- 7) 泉 末雄: 板上の降雪量. 天氣と氣候. 4 卷. 10 頁. 昭. 12 (1937)
- 8) 泉 末雄: 積雪の種類と其の密度 天氣と氣候 1 卷. 263 頁. 昭. 9 (1934)
- 9) 泉 末雄: 雪質と雪害. 天氣と氣候 3 卷. 546 頁. 昭. 11 (1936)
- 10) 泉 末雄: 雪の光線透過率. 氣象集誌. II. 14 卷. 92 頁. 昭. 11 (1936)
- 11) 泉 末雄: 赤雪 天氣と氣候 3 卷. 58 頁. 昭. 11 (1936)
- 12) 泉 末雄: 雪蟲 天氣と氣候. 3 卷. 351 頁. 昭. 11 (1936)

第三章

- 13) 石田雅生: 冬期裏日本に於ける降水特態に就いて 氣象集誌 27 卷. 207 頁. 明. 41 (1908)
- 14) 稻積豊二: 鐵道防雪の話 日本雪氷協會月報 1 卷. 31 頁. 昭. 14 (1939)
- 15) 泉 末雄: 支那滿洲方面の氣壓と高田積雪との相關に就て 氣象集誌 II. 3 卷. 1 頁. 大 14 (1925)
- 16) 稻垣乙丙: 『農業氣象學』(博文館) 大. 5 (1916)
- 17) 稻積豊二: 鐵道線路の除雪 科學知識 20 卷. 299 頁. 昭. 15 (1940)

J

第三章

- 1) Jaenicke, A. J. and Foerster: The influence of a western yellow pine forest on the accumulation and melting of snow. M. W. R. Vol. 43. pp. 115. 1915.

K

第一章

- 1) 黒田正夫: 水の雪片狀結晶 科學 3 卷. 276 頁. 昭. 9 (1934)

- 2) 國富信一：『氣象學一斑』(古今書院) 昭. 2 (1927)
- 3) 小林誠吾：融雪水量に就て 森林治水氣象彙報 1 號. 72 頁. 大. 12 (1923)
- 4) 金家鎮汝, 福田喜代志：福島縣大沼郡尾岐村に於ける雪温觀測報告 氣象集誌 II. 11 卷. 221 頁. 昭. 8 (1933)
- 5) Kynett, L. and Lohner: Chemical composition of rain and snow at Mt. Vernon, Iowa. 1928~29. M. W. R. Vol. 57. pp. 461. 1929.
- 6) Krehl, W. A. and Knight: Analysis of rains and snows at Mt. Vernon, Iowa, 1934~35. M. W. R. Vol. 63. pp. 162. 1935.
- 7) Knight, N. and Krehl: do.
- 8) Knight, N.: Analysis of rains and snows at Mt. Vernon, Iowa. 1935~36. M. W. R. Vol. 64. pp. 231. 1936.
- 9) Курчагов, И.: К вопросу о радиоактивности снега. Журнал Геоф. И Мет. Том. II. pp. 17. 1925.

第二章

- 10) Kleinschmidt, E.: Eigenartige Schneeformen. M. Z. Bd. 48. pp. 399. 1931.
- 11) Kassner, C.: Schneegirlanden. Das Wetter. Jr. 24. pp. 141. 1907.
- 12) 勝谷 稔：雪量計比較觀測成績 森林治水氣象彙報 12 號. 288 頁. 昭. 7 (1932)
- 13) Kleinschmidt, E.: "Handbuch der Meteorologischen Instrumente," Berlin. 1935.
- 14) 國井幸次：函館に於ける雪及積雪の密度に就て 北海道氣象月報 461 號. 2 頁. 昭. 9 (1934)
- 15) 北田道男：積雪の密度に就て 北海道氣象月報 463 號. 49 頁. 昭. 9 (1934)
- 16) 北田道男：積雪に關する二三の調査 北海道氣象月報 476 號. 87 頁. 昭. 10 (1935)
- 17) 勝谷 稔：鳥取縣智頭地方の雪に就て 森林治水氣象彙報 7 號. 49 頁. 大. 14 (1925)
- 18) Korhonen, W. W.: Ein einfacher Schneedichtmesser. M. Z. Bd. 39. pp. 180. 1922.
- 19) 小林誠吾, 鹽浦忠義：十日町に於ける積雪の密度 森林治水氣象彙報 3 號. 66 頁. 大. 13 (1924)
- 20) 加納一郎：『氷と雪』(梓書房) 昭. 4. (1929)
- 21) Kuroda, M. (黒田正夫): Thermal conductivity of snow. Sci. Papers of the Inst. Phy. & Chem. Res. Vol. 12. pp. 149. 1929~30.
- 22) Кузьмин, А. А.: Проникновение Температурных Колебаний в Снег.

- Мет. и Гид. I. pp. 11. 1939.
- 23) Kalitin; N. N.: Die Strahlungseigenschaften der Schneedecke, Gerl. Beitr. zur Geoph. Bd. 34. pp. 354. 1931.
 - 24) Kalitin, N. N.: The measurements of the Albedo of a snow cover. M. W. R. Vol. 58. pp. 59. 1930.
 - 25) Kuroda, M.: Mechanical properties of snow-layer. Sci. Pap. of the Inst. of Phy. and Chem. Res. Vol. 12. pp. 69. 1929.
 - 26) 工藤 清：尾田敏男：雪調の雪の研究の経過(下)日本雪氷協會月報 2 卷. 43 頁. 昭. 15 (1940)
 - 27) Kaye, G. W. C. and Evans: Sound absorption of snow. Nature. Vol. 143. pp. 86. 1939.
 - 28) 小林誠吾：十日町林内外氣象比較觀測の成績 森林測候所特別報告 9 號. 1 頁. 大. 12 (1923)
 - 29) 海洋氣象臺, 中央氣象臺：『日本氣象史料』 昭. 14 (1939)
 - 30) 小林誠吾：越後十日町地方の著色雪に就て 森林治水氣象彙報 5 號. 84 頁. 大. 13 (1924)

第三章

- 31) 勝谷 稔：本邦日本海岸に於ける地勢と積雪 森林治水氣象彙報 10 號. 91 頁. 昭. 3 (1928)
- 32) Korhonen, W. W.: Über die lokale Veränderlichkeit der Schneedecke. M. Z. Bd. 49. pp. 72. 1932.
- 33) 計良元彦, 佐々木鶴藏：越後地方に於ける積雪の豫想 氣象集誌 II. 3 卷. 143 頁. 大. 14 (1925)
- 34) 近藤是悟：福井に於ける最深積雪と氣壓差の相關 氣象集誌 II. 10 卷. 492 頁. 昭. 7 (1932)
- 35) Korhonen, W. W.: Beziehung zwischen der Zahl der Tage mit Schneefall und mit Schneedecke. M. Z. Bd. 38. pp. 177. 1921.
- 36) Köppen, W.: Die Schneedeckenverhältnisse in den österreichischen Alpenländern M. Z. Bd. 49. pp. 237. 1932.
- 37) 國井幸次：北海道根雪期間及平均氣温氷點以下の期間と高さとの關係 氣象集誌, II 12 卷. 253 頁. 昭. 9 (1934)
- 38) 勝谷稔：雪汁と其行方に就て 森林治水氣象彙報 9 號. 36 頁. 昭. 2 (1927)
- 39) 風間經吉：根雪終日の豫想 天氣と氣候 4 卷. 36 頁. 昭. 12 (1937)
- 40) 黒田正夫：「雪崩」(岩波防災科學 III.) 昭. 10 (1935)
- 41) 黒田正夫：雪崩の發生 日本雪氷協會月報 2 卷. 25 頁. 昭. 15 (1940)

L

第一章

- 1) Lowe, E. J.: Snowstorm of January 7. 1887. *Nature*, Vol. 35. pp. 271. 1886~87
- 2) Lockwood, S.: Snowflakes. *Nature*. Vol. 25. pp. 414. 1886~87.
- 3) Lohner, J. and Kynott: Chemical composition of rain and snow at Mt. Vernon, Iowa, 1928~29. *M. W. R.* Vol. 57. pp. 461. 1929.

第二章

- 4) Lee, F. W.: A New depth meter for ice and snow. *Trans. I. C. S. G. Bull.* 23. pp. 761. 1938.
- 5) Lang, C.: Eigenthümliche Form von Schneetreiben. *M. Z.* Bd. 6. pp. 153. 1889.
- 6) Lampa, A.: Merkwürdige Schneegebilde *M. Z.* Bd. 34. pp. 266. 1917.
- 7) Lütsch, O.: Der Kugelniederschlagsmesser Haas-Lütsch. *Gerl. Beitr. z. Geoph.* Bd. 50. pp. 423. 1937.
- 8) Leach, H. R. and Horton: Snow surface temperature. *M. W. R.* Vol. 62 pp. 128. 1934.

M

第一章

- 1) Maruyama (丸山修三) and Nakaya, Toda.: Investigations on Snow. No. 10. *J. F. S.* Vol. 2. No. 1. 1938.
- 2) 水科七三郎: 積雪と溶量の関係 *氣象集誌* 10 卷. 明. 35 (1902)
- 3) 松川哲美: 札幌に於ける雪の密度と気温 *海と空* 3 卷. 82 頁. 大. 12 (1923)
- 4) 松川哲美: 雪の密度比較に就いて *氣象集誌* II. 5 卷. 72 頁. 昭. 2 (1927)
- 5) Meyer, R.: The fluffiest snow? *B. A. M. S.* Vol. 20. pp. 54. 1939.
- 6) Müller-Pouillet: "Lehrbuch der Physik und Meteorologie", IV. Braunschweig. 1914.

第二章

- 7) 三浦榮五郎: 『氣象觀測法講話』(地人書館) 昭. 15 (1940)
- 8) 村本久一: 積雪に就て *氣象集誌* 37 卷. 234 頁. 大. 7. (1918)
- 9) Mercanton, P. L et Billwiller: Indications pour L'Emploi des Totalis-

- ateurs de precipitations. *Trans. I. C. S. G. Bull.* 23. pp. 755. 1938.
- 10) 三浦榮五郎: 東京の積雪の密度 *氣象集誌* II. 5 卷. 51 頁. 昭. 2 (1927)
- 11) Miyazawa, T. and Fujihara: On the linear flow of heat in snow on the ground. *Bull. Centr. Met. Obs.* Vol. 1. No. 4. 1910.
- 12) Maurer, J.: Über die Strahlung einer freien Schneefläche in Absolutem Maße und die Schneefälle im Winter 1906~07 in der Schweiz. *M. Z.* Bd. 24. pp. 295. 1907.
- 13) (Merrifield, M. P.): Snow and Ice flora. *Nature*. Vol. 28. pp. 304. 1883.

第三章

- 14) Meißner, O.: Schneeflocken bei abnorm hoher Temperatur. *Das Wetter.* Jr. 30. pp. 260. 1913.
- 15) Milham, W. I.: "Meteorology", pp. 252. New York. 1918.
- 16) 三木村三郎: 福井縣に於ける冬期積雪による桑樹の被害 *産業氣象調査報告* 2 卷. 207 頁. 昭. 5 (1930)
- 17) 桃井治三郎: 利根川流域の雨雪量と支那方面の氣壓との相關 *森林治水氣象彙報* 8 號. 70 頁. 大. 15 (1926)
- 18) Melin, R.: Forecasting spring run-off of the forest rivers in North Sweden. *Trans. I. C. S. G. Bull.* 23. pp. 145. 1938.
- 19) Monson, O. W.: The snow survey as an index to summer precipitation. *M. W. R.* Vol. 62. pp. 323. 1934.
- 20) Maurer, J.: Temporäre Schneegrenze und mittlere Schmelzwasserhöhen im schweizerischen Alpengebiet nach neueren Erhebungen. *M. Z.* Bd. 26. pp. 539. 1901.

N

第一章

- 1) 中谷宇吉郎: 雪の結晶の研究 *氣象集誌* II 16 卷. 臨時號 昭. 13 (1938)
- 2) 中谷宇吉郎: 『雪』(岩波新書) 昭. 13 (1938)
- 3) 中谷宇吉郎: 「雪華圖説」の科學的研究 *畫說* 25 號. 47 頁. 昭. 14 (1939)
- 4) Nordenskiöld, G.: The inner structure of snow crystals. *Nature*. Vol. 48. pp. 592. 1893.
- 5) Nakaya (中谷宇吉郎) and Hasikura: Physical Investigations on snow. Part. II. -Classification and explanation of snow crystals observed

- in the winter of 1933~34 at Mt. Tokati and at Sapporo. J. F. S. Vol. 1. No. 6 1934.
- 6) Nakaya and Terada: Investigations on Snow. No. 4—Similtaneous observations of the mass, falling velocity and form of individual snow crystals. J. F. S. Vol. 1. No. 7. 1935.
- 7) Nakaya and Sekido: Investigations on Snow. No. 8—General Classification of snow crystals and their frequency of occurrence. J. F. S. Vol. 1. No. 9. 1936.
- 8) Nakaya: Investigations On Snow. No. 5—On the correspondence of snow and rime crystals. J. F. S. Vol. 1. No. 7. 1935.
- 9) Nakaya and. Sato: Investigations on snow No. 6—On the artificial production of frost crystals, with reference to the mechanism of formation of snow crystals. J. F. S. Vol. 1. No. 7. 1935.
- 10) Nakaya, Satô and Sekido. Investigations on Snow. No. 9—On the arificial production of snow crystals. J. F. S. Vol. 2. No. 1. 1938.
- 11) Nakaya, Toda and Maruyama: Inves'igations on Snow. No. 10—Further experiments on the artificial production of snow crystals. J. F. S. Vol. 2. No. 1. 1938.
- 12) 中谷宇吉郎: 人工雪の研究 科学 5 卷. 419, 471頁. 昭. 10 (1935)
- 13) Nakaya. and Iizima: Physical Investigations on snow. Part I.—Snow crystals observed at Sapporo and some relations with meteorological conditions. J. F. S. Vol. 1. No. 5. 1934.
- 14) 布村重次郎: 船峠に於ける降雪の密度に就いて 気象集誌 37 卷. 262 頁. 大. 7 (1918)
- 15) Nakaya and Terada: Investigations on snow. No. 3—On the electrical nature of snow particles. J. F. S. Vol. 1. No. 6. 1934.

第二章

- 16) Nakaya, Toda., Sekido and Ta'ano. The Physics of skiing, the preliminary and general survey. J. F. S. Vol. 1. pp. 265. 1936.
- 17) 布村重次郎: 水面及雪面蒸發量の比較. 気象集誌 38 卷. 92 頁. 大. 8 (1919)

第三章

- 18) Nukiyama, D. (抜山大三): On the theory of monsoon rainfalls in the Far East. Nagaoka Aniversary Volume. pp. 253. Tokyo. 1925.
- 19) 長井政太郎: 山形縣内積雪の分布と其の地理的意義 (豫報) 地理學評論 7 卷.

- 42 頁. 昭. 6 (1931)
- 20) 中谷地美彌 積雪豫想に對する相關 天氣と氣候 7 卷. 129 頁. 昭. 15 (1940)
- 21) 長岡和歌子, 藤原, 佐々木: 東京の雪日數比に就いて 天氣と氣候 2 卷. 304 頁. 昭. 10 (1935)

O

第一章

- 1) 岡 順次: 雪華の撮影法に就て 天氣と氣候 1 卷. 24 頁. 昭. 9 (1934)
- 2) 岡田武松: 『氣象學』改訂第二版 上卷 (岩波書店) 昭. 9 (1934)
- 3) 大谷東平: 雨や雪の話 (二) 天氣と氣候 2 卷. 131 頁. 昭. 10 (1935)
- 4) 岡田武松: 『雨』 大. 5 (1916)
- 5) 小野英雄: 神戸地方の雪の密度 海と空 3 卷. 55 頁. 大. 12 (1923)

第二章

- 6) 岡田武松: 『氣象學』 (岩波書店) 昭. 2 (1927)
- 7) 大森宗祐: 雪轆 森林治水氣象彙報 8 號. 127 頁. 大. 15 (1926)
- 8) 大地四郎: 雪紐觀測記 氣象集誌 II. 3 卷. 47 頁. 大. 14 (1925)
- 9) Okada, T. (岡田武松): On the thermal conductivity of snow. 氣象集誌 24 卷. 1 頁. 明. 38 (1905)
- 10) 大森宗祐: 自昭和八年至同九年冬季の大雪並雪に關する二三の調査報告 森林治水氣象彙報 15 號. 174 頁. 昭. 10. (1935)
- 11) 大森宗祐: 積雪の密度 森林治水氣象彙報 8 號. 119 頁. 大. 15 (1926)
- 12) Okada, T., Abe and Yamada.: On the thermal conductivity of snow. Proceed. Tokyo Ma'h. phy. Soc. II. Vol. 4. pp. 385. 1907~8.
- 13) Okada, T.: Note on the diurnal heat-exchange in snow on ground. 氣象集誌 26 卷. 9 頁. 明. 40 (1907)
- 14) 尾田敏男, 工藤清: 雪調の雪の研究の經過 (下) 日本雪氷協會月報 2 卷. 43 頁. 昭. 15 (1940)
- 15) 岡部眞平: 雪崩に就て 森林治水氣象彙報 1 號. 59 頁. 大. 12 (1923)

第三章

- 16) Okada, T.: The Climate of Japan. Bulletin of the Central Met. obs. Vol. 4. No. 2. pp. 89. 1931.
- 17) 岡田武松: 氣節風による降水の原因説の略史 測候時報 5 卷. 120 頁. 昭. 9 (1934)

- 18) 岡田武松:「大雪」(岩波防災科学第三卷) 昭. 10 (1935)
 19) 大島亮吉:『山』(岩波書店) 昭. 5 (1930)
 20) 岡田武松:東北地方凶冷の原因 天気と気候 1 卷. 338 頁. 昭. 9 (1934)

P

第二章

- 1) Palmer, A. H.: The region of greatest snowfall in United States. M. W. R. Vol. 43. pp. 217. 1915.

第三章

- 2) Paulcke, W.: Über die Wichtigsten ergebnisse meiner Schnee-und Lawinen-Forschungen. Trans. I. C. S. G. Bull. 23. pp. 639. 1938.

R

第二章

- 1) Reed, C. D.: Snow rollers. M. W. R. Vol. 60. pp. 252. 1932.
 2) Ratzel, F.: Ueber Messung der Dichtigkeit des Schnees. M. Z. Bd. 6. pp. 433. 1889.
 3) (Rübel, E.: Geobotanische Untersuchungsmethode) 雪調科学報告 I. 4. 昭. 14 (1939)
 4) Rolf, B.: Note sur la condensation et l'evaporation qui se produisent à la surface d'une couche de neige. Arkiv. f. Mat. Astr. och Fysik. Bd. 9. No. 35. 1914.

S

第一章

- 1) 關戸彌太郎:「降雪」山岳講座 共立社 昭. 10 (1935)
 2) 佐藤順一:針状の雪及雪の結晶研究に就て 気象集誌 27 卷. 117 頁. 明. 41. (1908)
 3) 積雪地方農村經濟調査所:「雪調科学報告」 I. 4. (雪に関する文献抄録) 昭. 14 (1939)
 4) Seligman, G.: "Snow structure and Skii fields", London. 1936.
 5) Stüve, G.: Die Entstehung des Schnees. Beitr. z. phy. d. fr. Atmo sphäre. Bd. 15. pp. 170. 1929.

- 6) Stüve, G.: Zur Kenntnis der Kristallisation des Wasserdampfes aus der Luft. Gerl. Beitr. z. Geoph. Bd. 32. pp. 326. 1931.
 7) Sekido (關戸彌太郎) and Nakaya. Investigations on snow. No. 8. J. F. S. Vol. 1. No. 9. 1936.
 8) Satô (佐藤磯之助) and Nakaya. Investigations on snow., No. 6. J. F. S. Vol. 1. No. 7. 1935.
 9) Satô, Sekido. and Nakaya. Investigations on snow. No. 9. J. F. S.
 10) Sekido, Satô and Nakaya: Do.
 11) Sieberg, A.: Einiges über den Schnee. Das Wetter. Jr. 22. pp. 241. 1905.
 12) 積雪地方農村經濟調査所 報告 5 號. (積雪の密度及含有物に関する調査) 昭. 9 (1934)
 13) Stewart, W. C.: Analysis of the precipitations of rain and snow, during 1929—30. at Mt. Vernon, Iowa. M. W. R. Vol. 58. pp. 418. 1930.
 14) (Shutt, F. T.): Nitrogen compounds in rain and snow at Ottawa. Q. J. R. M. S. Vol. 41. pp. 158. 1915.
 15) Simpson, G. C.: On the electricity of rain and snow. Proc. Roy. Soc. of London, (A) Vol. 83. pp. 394. 1910.

第二章

- 16) 鈴木牧之:『北越雪譜』(岩波文庫 1261—62)
 17) Symons, G. J.: Snow rollers. Nature. Vol. 28. pp. 507. 1883.
 18) Siebert: Schneeguirlanden. Das Wetter. Jr. 12. pp. 24. 1895.
 19) 坂本約二:雪量計の一案 気象集誌 37 卷. 260 頁. 大. 7 (1918)
 20) Sprung, A.: Die registrierende Laufgewichtswage im Dienste der Schnee-Regen-und Verdunstungsmessung. M. Z. Bd. 25. pp. 145. 1908.
 21) 鷺坂清信:雪の密度 気象集誌 II. 3 卷. 66 頁. 大. 14 (1925)
 22) 佐々木孝一:高田に於ける雪の密度 気象集誌 II. 2 卷. 122 頁. 大. 13 (1924)
 23) 鹽浦忠義, 小林誠吾:十日町に於ける積雪の密度 森林治水氣象彙報 3 號. 66 頁. 大. 13 (1924)
 24) Satke, L.: Ueber die Schneetemperatur in Tarnopol. M. Z. Bd. 11. pp. 437. 1894.
 25) Satke, L.: Schneetemperaturen. M. Z. Bd. 11. pp. 353. 1894.
 26) Satke, L.: Fünfjährige beobachtungen der Temperatur der Schneedecke in Tarnopol. M. Z. Bd. 16. pp. 97. 1899.
 27) Sekido, Nakaya Toda and Takano. The Physics of Skiing, the

preliminary and general survey. J. F. S. Vol. 1. pp. 265. 1936.

- 28) 積雪地方農村經濟調査所 融雪に関する研究 昭. 11 (1936)

第三章

- 29) 須田院次: 夏の雪 天氣と氣候 1 卷 98 頁. 昭. 9 (1934)
 30) 佐々木鶴藏: 『新潟縣下の雪』第 2 號. 大. 12 (1923)
 31) Schubert, J.: Niederschlag, Verdunstung, Bodenfeuchtigkeit, Schneedecke in Waldbeständen und im Freien. M. Z. Bd. 34. pp. 145. 1917.
 32) 佐々木鶴藏. 計良元彦: 越後地方に於ける積雪の豫想 氣象集誌 II. 3 卷. 143 頁. 大. 14 (1925)
 33) 佐々木隆子, 藤原, 長岡: 東京の雪日數比に就いて 天氣と氣候 3 卷. 304 頁. 昭. 10 (1935)
 34) 佐々木鶴藏: 本縣下今冬の積雪に就いて 測候だより 19 號. 昭. 13 (1938)
 35) 積雪地方農村經濟調査所: 融雪に関する研究 (雪調科學報告 I. 3 號. 昭. 13 (1938)
 36) Smith, J. W.: "Agricultural Meteorology," New York. 1920.
 37) 佐々倉航三: 雪線高度に関する一考察 地理學評論 14 卷. 267 頁. 昭. 13 (1938)
 38) 澤田久藏, 田島節夫: 雪崩發生の時刻 天氣と氣候 7 卷. 208 頁. 昭. 15 (1940)
 39) Seligman, G.: The nature of snow. Nature Vol. 139. pp. 1090. 1937.
 40) 積雪地方農村經濟調査所: 報告 6 號. 昭. 10 (1935) 報告 13 號. 昭. 12 (1937)
 41) 櫻井忠武: 飛行機の雪水害 科學知識 20 卷. 264 頁. 昭. 15 (1940)
 42) 須田院次: 旱魃に因んで 形成 第 4 號. 75 頁. 昭. 15 (1940)

T

第一章

- 1) 田口龍雄: 「雪華圖說」考 海と空 19 卷. 409 頁. 昭. 14 (1939)
 2) 堤 健六: 結晶性雪の觀測 氣象集誌 II, 3 卷. 158 頁. 大. 14 (1924)
 3) Terada (寺田東一) and Nakaya: Investigations on snow. No. 40. J. F. S. Vol. 1. No. 7. 1935.
 4) Toda (戸田康明) and Nakaya, Maruyama.: Investigations on snow. No. 10. J. F. S. Vol. 2. No. 1. 1938.
 5) 高橋喜平 『雪と人生』(朋文堂) 昭. 11 (1936)
 6) Terada, T and Nakaya.: Investigations on snow. No. 3. J. F. S. Vol.

1. No. 6. 1934.

第二章

- 7) 中央氣象臺 『氣象觀測法』昭. 4 (1929)
 8) 高田市役所 『高田市史』
 9) Ta man, C. F.: Snow Rollers. M. W. R. Vol. 49. pp. 18. 1921.
 10) Talman, C. F.: "The Realm of the Air," 1931.
 11) 武田繁後: 雪に関する二三の觀察 森林治水氣象彙報 10 號. 111 頁. 昭. 3 (1928)
 12) 高信保: 積雪の溫度及密度の觀測 北海道氣象月報 319 號. 2 頁. 大. 11 (1922)
 13) 武田繁後: 樹冠下の積雪の密度 森林治水氣象彙報 8 號. 79 頁. 大. 15 (1926)
 14) Тольский, А. П.: К вопросу температуры снежного покрова. Журнал Геоф. И Мет. Том. II. pp. 137. 1925
 15) 築地宜雄: 水平暈に就て 氣象集誌 36 卷. 184 頁. 大. 6 (1917)
 16) Toda, Nakaya, Sekido and Takano. The Physics of Skiing. the preliminary and general survey. J. F. S. Vol. 1. pp. 265. 1936.
 17) Takano, T., (高野玉吉) Nakaya, Sekido and Toda: do.
 18) 中央氣象臺, 海洋氣象臺 『日本氣象史料』昭. 14 (1939)

第三章

- 19) 田口龍雄: 江戸の初雪に就いて 海洋氣象彙報 126 號. 7 頁. 昭. 14 (1939)
 20) 田口龍雄: 裏日本の雪 (未發表)
 21) 高山四郎: 氣溫氷點以下の時の降雨に就て 氣象雜纂 1 卷. 69 頁. 大. 5. (1916)
 22) 玉手三葉壽: 雪と雪汁 森林治水氣象彙報 4 號. 1 頁. 大. 13 (1924)
 23) 田袋喜祐英: 裏日本に於ける季節風に伴ふ降雨雪の成因に就いて (未定稿) 氣象集誌 38 卷 189 頁. 大. 8 (1919)
 24) 田口龍雄: 新潟の降雪と其の環境 海と空 20 卷. 48 頁. 昭. 15 (1940)
 25) 高山四郎: モーンズーン・レインに就て 海と空 2 卷. 101 頁. 大. 11 (1922)
 26) 田口龍雄: 日本海上の雪 海と空 20 卷. 80 頁. 昭. 15 (1940)
 27) 高田測候所: 高田積雪圖 昭. 13 (1938)
 28) 田口龍雄: 雪日數比に就いて 海と空 19 卷. 319 頁. 昭. 14 (1939)
 29) 田中 薫: 雪崩の分類と本邦中部高山地に於ける雪崩の形態に就いて 地理學評論 4 卷. 449 頁. 昭. 3 (1928)
 30) 田島節夫, 澤田久藏: 雪崩發生の時刻 天氣と氣候 7 卷. 208 頁. 昭. 15 (1940)

U

第一章

- 1) Umlauf, F.: "Das Luftmeer,, Wien. 1891.

第三章

- 2) 宇田道隆: 雪量と海水温度 天気と気候 3 卷. 349 頁. 昭. 11 (1936)

W

第一章

- 1) Westman, J.: Form und Größe der Schneekristalle, beobachtet auf Spitzbergen. M. Z. Bd. 24. pp. 333. 1907.
 2) Wegener, A.: "Thermodynamik der Atmosphäre,, Leipzig. 1911.
 3) Whipple, F. J. W.: The fascination of snow crystals. M. M. Vol. 67. pp. 53. 1932.
 4) Willett, H. C.: "Dynamic Meteorology,, (Physi.s of the Earth. III.) Washington. 1931.
 5) Williams, S. F. and Beddow.: Analysis of the precipitation of rains and snows at Mt. Vernon, Iowa. 1931~32. M. W. R. Vol. 61. pp. 141. 1933.

第二章

- 6) Weinberg, B.: The role of regelation in condensation of the snow cover. Trans. I. C. S. G. Bull. N. 23. pp. 493. 1938.
 7) Westmann, J.: Einige beobachtungen über das Schwinden einer Schneedecke. M. Z. Bd. 18. pp. 567. 1901.

第三章

- 8) Woeikof, A.: Der Einfluß einer Schneedecke auf Boden. Klima und Wetter. Geogr. Abhandlungen. Bd. 3. Heft 3 1889.
 9) Weightman, R. H.: Snow cover in Southern Canada as related to temperatures in the North Atlantic States and the Lake region. M. W. R. Vol. 59. pp. 383. 1931.
 10) Welzl, J.: "Tridek jarojn en la ora nordo,, Olomouc. 1931.

Y

第二章

- 1) 吉澤庄作: 天狗の雪投 気象集誌 37 卷. 95 頁. 大. 7 (1918)
 2) 吉田重助: 雪量計比較観測成績 其二 森林治水気象彙報 12 號. 234 頁. 昭. 7 (1932)
 3) 吉田重助: 融雪装置附雨量計試験報告 森林治水気象彙報 10 號. 130 頁. 昭. 3 (1928)
 4) 米田智眼: 積雪の温度及熱傳導の側面影響に就て 気象集誌 31 卷. 101 頁. 大. 1 (1912)
 5) Yamada, J., Okada and Abe.: On the thermal conductivity of snow. Proceed. Tokyo Math-Phy. Soc. II. Vol. 4 pp. 385. 1907~8.
 6) 吉村信吉: 菅平に於ける積雪中の光度測定 天気と気候 4 卷. 112 頁. 昭. 12 (1937)

第三章

- 7) 山口 悟: 大山の初雪 天気と気候 1 卷. 271 頁. 昭. 9 (1934)
 8) 矢津昌永: 日本北西海岸の深雪 地學雜誌 1 卷. 147 頁. 明. 20 (1887)
 9) 八鍬利助: 北海道内の積雪に関する調査概要 北海道気象月報 486 號. 27 頁. 昭. 11 (1936)
 10) 山本外三郎: 金澤地方の雪に就て 日本雪氷協會月報 1 卷. 110 頁. 昭. 14 (1939)
 11) 矢津昌永: 日本の雪 地學雜誌 22 卷. 239 頁. 明. 43 (1910)
 12) 矢野鐵夫: 海上交通の氷雪害 科學知識 20 卷. 272 頁. 昭. 15 (1940)
 13) 山口 昇: 防雪具除雪具及雪上運搬具に関する調査研究 雪調科學報告 I. 1. 昭. 12 (1937)
 14) 山口弘道: 農村と雪の問題 科學知識 20 卷. 290 頁. 昭. 15 (1940)

〔追加〕

- 1) 平田徳太郎: 雪質に関する研究 雪調科學報告 II. 1 號. 昭. 15 (1940)
 2) 工藤 清: 積雪の性質—沈降性に就て— 東京物理學校雜誌 49 卷. 207 頁. 昭. 15 (1940)
 3) 田島節夫, 三室芳雄: 融雪に関する研究 気象集誌 II. 18 卷. 216 頁. 昭. 15 (1940)