

午後一時まで續いた、「ブライテンローナー」氏(2)に依ると、硝子のやうな透明な堅い氷球で、直徑は一耗から一耗五位まであつた、内部には心核はなく、又雹塊のやうな特徴はなかつた。

(三)獨國「スタールガルト」(3)には千八百九十五年十二月二十日及二十一日に凍雨が降つた。

(四)獨國「ブロッケン」山頂に千九百二年八月十三日午前七時二十五分頃凍雨が降つた、「スターデ」氏(4)の觀測に依ると、硝子のやうな透明の氷球で、直徑は一耗の四分の三位であつた、當時の氣温は一度乃至四度であつた。

九八、凍雨の生因

凍雨は高所に溫度氷點以上の氣層があつて、その中に生じた雨滴がその下にある氷點以下の氣層を通過して來たる時、表面からの蒸發と傳導に依つて脱熱して冷却し、空中で氷結して落下したものである、即ち凍雨の生ずるのは空中の氣温の配置が特別になつてゐて、高い所には溫暖の氣層があり、その下に氷點以下の氣層がある場合である、又地面近くの氣層は氷點以上であることもある、この場合には高層と下層とが割合に溫暖であつて、中間に氷點以下の氣層が存するのである、かやうな場合には高層の溫暖な氣層中で出來た雨滴が、中間の氣層に來て冷却し凍雨となるが、下層の溫暖な所に來て融解して雨となるのもある、又粒が割合に大きいと速かに落下するから、融解しきらずに地上に來て氷球

であるものもある、要するに雨滴が冷却するのは、氷點以下の氣層を落下する間に、傳導に依つて熱を失ふ爲めでもあるが、その表面から蒸發する爲に熱を失ふにも俟る、故に凍雨は中間の氣層が割合に乾いてゐる時に生じ易い。本邦では高層氣象觀測の事業がまだ始められてゐないから、この理論を實測に依つて證明することが出來ない故、止むを得ず茲には伯林郊外の高層氣象觀測所で觀測した成績を例證として掲げる、千九百二年十一月二十八日伯林に凍雨があつたが、この日の午前八時頃は曇天で薄い霧があり、八時半過ぎ層積雲が棚曳いてその雲量は九であつた、この時に凍雨が降り出した、同地の高層氣象觀測所では早速風形氣球を飛揚して觀測を行つたが、その成績(5)は次の通りである。

千九百二年十一月二十八日伯林の高層氣象表

温度(度)	濕度(%)	風向	風速(米)
-5.6	93	SE	1.1
-5.1	97	S19°E	3.0
-5.0	97	-	
-4.8	97	S34°W	3.8
-2.2	97	-	
0.0	97	-	
1.3	97	-	
1.7	96	-	3.9
0.8	95	S22°W	
0.1	93	-	5.5
-0.3	93	S30°W	
-0.9	98	S51°W	
-1.1	98	-	6.5
-1.1	100	SW	

時刻(午前)	海拔(米)
7.50	40
8 6	102
" 8	165
" 11	240
" 14	294
" 18	394
" 22	496
" 25	586
" 34	655
" 37	725
" 47	925
9 7	1131
" 13	1143
" 21	1155

この表で見ると五百八十六米の高所では温度が一度七、湿度が九十六%であるから、この層で生じた雨滴が落下して、その下の寒冷な層を通過して凍雨となつたと考へられる、併し千五百五十五米の所には飽和の氣層があるから、後にも述べるやうにこの層で雪片が出来、これがその下の温層で融解して水滴となり、又その下の寒冷な層に入つて氷結して凍雨となつたと考へられる。

近時獨國の「ヘルマン」氏(6)は生因の少しく異なつた凍雨の一例を述べてゐる、伯林に千九百十二年十一月八日午前八時から同八時三十分まで雪が降り、初めは雪片の大きいのが降つたが、それが次第に稀になつて八時四十五分から凍雨となつて、半時間程續いて細雨になつた、氣温は午前七時には氷點以下二度であつた、この時の凍雨は形が不規則で多くは尖がつてゐるか又は角が多かつた、同氏はこれを説明して、高層の寒冷な所に生じた雪片がその下の温い氣層を通過する時融解し、これがまたその下にある寒冷な氣層を通過する際に氷結して凍雨になつたのだと云うてゐるが、雪片が全部融解して一旦水滴となつて再び氷結したものと

は考へられない、若しさうであるとすれば、その凍雨の形は多角の氷塊ではなくて氷球でなければならぬ、併し或は一旦水滴とはなつたが寒冷な氣層を通過して徐々に氷結する節に、氣層中の空氣が動搖してゐる爲め分裂したのかとも考へられる、伯林から約十五里許り南東に在る「リンデンベルグ」高層氣象觀測所で、同日午前八時十五分から同十時四十五分まで觀測した成績は次の通りである。

高さ(米)	温度	湿度(%)	風向	風速(米/秒)
2000	-2.4	100	SW	13
1500	-0.3	100	SW	11
1000	0.1	100	SW	9-10
500	-1.1	54	SW	10
地上	-3.2	91	S	5

即ち千米の所に温暖な氣層があつて茲で雪片が融解し、その下の寒冷な氣層に入つたものと見られる、同所は伯林とは距つてゐるが風向から見てこの考へは悪くない。

次に過冷却をしてゐる雨滴が、空氣中を落ちて來る途中で氷結するに至る動機を述べよう、雨滴が氷點以下の寒冷な氣層を通過する時は過冷却をすることが多い、落下する途中が長い

と過冷却の極度に達して氷結して凍雨になる、途中が長くなくても過冷却をして落下する途中、角のある細塵(7)などに當つてこれらを含むと直ちに氷結して凍雨になる、若し途中で氷結せず落下して地物を打つと氷結して雨水になるのである。

## 六、雨 氷

九九、雨水 雨水は樹枝、木葉、岩石等の地物を包む透明な平滑な氷で寒冷な雨が降る時に出来る、物に依つては随分厚く着くことがある、従来は凝霜と稱したが、この名稱は甚だ面白くないから雨水と改めるとにしたのである、支那では雨淞と稱してゐる、例に依つて歐米の用語を述べると、英語では Glazed frost、獨語では Glatteis 佛語では Verglas と云ふ。氣象學上で雨水と稱するものと似て非なる現象が澤山ある、例へば敷石などが濕潤になつてゐる時に寒風が吹くと、石の面が氷つて滑らかになるが、これもその一つである、地上に溜まつた普通の雨水が寒氣に遇つて氷結する時も雨水に似たものが出来る、積雪の面が温氣に會して融解し、再び氷結する時は面が滑らかで雨水に似てゐる、積雪の上に雨が降つてその面が融解して再び氷結すると雨水に極めて似たものが出来る、これを世間一般に獨逸では

Glatteis、佛國では Verglas、と呼んでゐるが、氣象學上では雨水の中に入れては、「カスネル」氏(1)は特に Glatte と呼んでゐる、不幸にしてこれに當たる邦語はないが、強ひて必要なら滑氷としたら如何であらう、(米國氣象臺では本年より雨水を Rain と呼ぶことになつた)。

一〇〇、雨水の實例 雨水は珍奇な現象であるから、内外の實例を二つ三つ掲げる、本邦でもこの現象は時々起るが古い記録も少しはある、北越雪譜にも天保五年舊正月に東京に顯はれた雨水に就て、京山翁の實驗談がある。

(一)明治三十五年一月八日の東京(一)の雨水は顯著なものである、この日の早朝七時過ぎ、樹木は一面に透明な氷で被はれ、松樹の葉は一つ／＼氷の針と化し、屋根や木の枝からは長い垂氷が下がり、灌木などはその重さで枝が曲つて地面に届くやうになつた、地面は一面に氷で被はれ、滑らかで歩行することが出来ない位であつた、電信、電話の線は氷で包まれて太繩程になり、電柱にも氷が附着してゐた。

この現象のあつた區域は、東京を中心として、東は土浦、水海道邊に及び、西は國府津、小田原邊まで達し、北は浦和、粕壁邊まで及んでゐた、この區域以外の地では降雨又は降雪があつたが、雹や霰の降つた所もある。

當日東京の中央氣象臺（海拔二十一米）で觀測した氣象を次に掲げる、表中\*印を附けたのは氷點下の度である。

時刻	氣温	湿度	風向	風速	雲量	天氣
午前五時	* 一、一	九三	北西	五、四	一〇	雨に雪が交る
同 六時	* 一、二	九五	北西	五、〇	一〇	同上
同 七時	* 一、二	九七	北西	三、五	一〇	
同 八時	* 一、二	九五	北西	四、三	一〇	
同 九時	〇、三	八四	北西	一、八	〇	

この日には雷聲を聞いた、又當時筑波山頂（海拔八百七十米）で觀測した氣象表を次に掲げる

時刻	氣温	湿度	風向	風速	雲量	天氣
午前五時	一、〇	一〇〇	南西	一〇、二	一	微雨
同 六時	二、三	一〇〇	南西	九、八	一〇	同上
同 七時	二、八	九八	南西	九、三	一	同上
同 八時	二、二	九五	南西	一二、七	一	
同 九時	〇、九	九四	南西	一四、八	一	

(二)大正三年三月七日旭川の雨氷 山田順太郎氏(二)の觀察に依ると、七日午前一時四十五分頃から微雨が降り初め、同六時には輕微な雨氷を認めしたが、實際雨氷の起つたのはそれより

り三十分か四十分前のこと、思はれる、氷の層はその後刻々に厚みを増して午前十一時頃には極度に達した、氣温は午前九時頃までは氷點下一度乃至一度四で、その後は少しく降り氷點下一度七となり、十一時には上昇して氷點下一度となり、雨氷の増加もこの時に止んだ。雨氷の最も發達した十一時頃、樹枝に著いた氷の厚さを測定して見たら、略々水平の位置にあつた直徑三耗の樹枝で、上の方は二十耗より二十二耗まで位で、下の方は十三耗内外であつた、故に氷層の切口は橢圓形で長徑約三十五耗、短徑約十耗であつた、又水平に張つた直徑二耗五の針金に附着した氷は、上方は十二耗乃至十四耗、下方は五耗乃至七耗であつたが、兩側の氷の厚さは六耗許りであつた、さうして樹枝でも針金でも總て氷の附着したものは、徑七耗、長さ三十耗乃至四十耗位の垂氷が下がつた。又電話線や電燈線は太い硝子棒を張り渡したやうであつたが、内部にある線は明かに透いて見えてゐた、これは雨氷の透明な徵性を表はしてゐる。

當時北風が吹いてゐたから物體の北面には氷が最も厚く附着した、羽目板や板塀では氷層の厚さが六耗乃至十耗あつた。

樹木は氷の重量の爲に屈曲し、或は折れたものが多く、殊にボブナや落葉松の枝は曲つて地

面まで届くやうになつた、又電線は所々切斷し、電柱の倒れたものが少なくなかつた、この雨水は十二日まで殘存してゐた。

旭川と殆んど同時に根室にも雨水があつた、根本廣記氏(三三)の調査に依ると、七日午前六時三十分頃より雨が強く降り出し、樹枝に雨水を生じ、漸次發達して午後四時頃にはその極度に達した、直徑四耗の電燈線は氷層の爲直徑十五耗の氷の棒となり、直徑一耗の牧草の莖は直徑五耗になつた、この雨水は翌八日の午前五時頃まで存続した、いま参考の爲七日の根室の氣象表を掲げる。

時刻	氣温	風向	風速	雨量	天氣	記・事
午前五時	* 〇、二	南東	六、四	二、〇	雨	午前四時二十分雨となる
同 六時	〇、〇	南南東	七、四	一、五	雨	雨降る
同 七時	〇、一	東	八、六	二、二	雨	微に雨水を生ず
同 八時	〇、二	東北東	一〇、八	三、一	雨	雨水を見る
同 九時	〇、二	東北東	九、七	〇、六	雨	微雨となる、雨水
同 十時	〇、二	東北東	一〇、六	〇、三	雨	微雨、雨水
同 十一時	〇、二	東北東	九、六	〇、二	雨	同上
正午	〇、〇	東北東	九、三	〇、二	雨	雨水發達す
午後一時	* 〇、二	東北東	九、五	〇、一	雨	雨水

(三二)大正三年十一月二日奉天の雨水 二日の朝奉天に生じた雨水は實に顯著なものであつた、關東都督府觀測所奉天支所の報文に依ると、一日には朝から南の和風が吹いて小雨が斷續しつゝ降つてゐたが、午後五時から北風の疾風となつて氣温も次第に降り、二日の午前二時には氷點になつた、雨は夜半に一吋と止んだが午前五時四十八分から再び降り出して、その時から雨水が出來初めた、風力はその後衰へたが、小雨は間斷なく降り續き、氣温は氷點下一度内外であつたから雨水は、漸々生長して午後四時には、直徑一耗八の電話線が氷の爲十耗の太さになつた、これが爲電線の切斷、電柱の顛倒、樹木の折損等が諸所に起つた、雨氷の生長は三日の朝まで續き電線は二十四耗の太さとなり、露出物には厚さ十耗以上の氷が附着した、この時になつて又合憎風力が増して來たので、被害が甚だ大きくなつて、奉天市中のみで損害高が數十萬圓に達した、雨は三日の午前六時に止んで凍雨になつたが、雨水は

同 二時	* 〇、六	北東	七、六	〇、六	雨	雨また増す
同 三時	* 〇、二	北東	七、二	一、〇	雨	
同 四時	* 〇、六	北東	四、五	一、四	雨	
同 五時	* 〇、八	北東	五、〇	一、二	雨	
同 六時	* 〇、九	北東	六、二	一、二	曇	五時四十五分止む

五日の朝まで存続した、次に當時の氣象表を掲げる。

日	時刻	氣温	濕度	風向	風力	雨量	記
二日	午前二時	〇、一	九五	北	九、六	三、二	小雨前夜十時四十分より降り始め
	同 六時	* 一、三	九五	北	九、八	〇、五	十一時五十分止む
	同 十時	* 一、三	九七	北	六、六	〇、四	小雨午前五時四十八分より降り始め
三日	午後二時	* 〇、七	一〇〇	北	四、二	四、二	
	同 六時	* 〇、六	一〇〇	北北西	一、八	七、八	
	同 十時	* 〇、五	一〇〇	北北西	四、七	〇、六	午後八時二十分雨止む
三日	午前二時	* 〇、六	九七	北北西	七、二	三、一	小雨前夜十時五十分より降り始め
	同 六時	* 〇、七	九七	北北西	六、一	三、〇	
	同 十時	* 四、一	一〇〇	北北西	一、二、〇	二、三、二	午前六時十五分より凍雨となり地上に積む事二種入

(四)千八百九十三年一月十七日香港の雨水 これは香港のやうな低緯度の土地でも、雨水の現象が発生することあるを示す點から珍奇とするに足ると思ふ、同地政廳植物園長「フオー」氏(2)の報告に依ると、十四日來の降雨は十八日の朝霽れて快晴になつたが、この降雨の爲めに著るしい雨水を生じた、氣温は十七日同園(海拔百七米)では氷點下零度六、「ピグトリヤ」峯(海拔五百五十米)では氷點下四度であつた、山嶺では十五日の夕刻から発生したらしい。植物園内の松樹の葉は一本づゝ氷に包まれ、草の葉なども皆氷層の被ふところとなつた、

風に向つてゐる所は氷が殊に厚く着いた、草木の厚さは九耗であつた、この重量の爲め樹木の損傷少なくなり、電信電話線には厚さ十五耗の氷層が着いて、そこから長さ七十六耗もある垂氷が降がつた、これが爲め電線の切斷したものが夥しかつた、この氷層は皆透明であつた。(五)千八百六十七年一月二十二日龍動の雨水 「カーチス」氏(3)の實見談に依ると市中の道路は皆透明な氷層で被はれ、車馬の交通は全く不可能であつた、傘に當る音は確かに雨滴であるが、傘の上は一面に氷が張り詰めて、つぼめることも引くことも出来ない、千八百七十五年一月一日の夕刻にも同様な現象が起つて、道路が一面氷で被はれた爲め歩行さへも叶はず、交通が凡て杜絶してしまつたことがあつたと云ふ。

(六)千八百七十九年一月二十二日より同二十四日に至る巴里の雨水 雨水の中でも最も顯著なものである、この時の降雨は三十時間も續いた、氣温は氷點下三度位であつた、この雨水は廣區域に亘つて發生した、同地の「フォンテヌアロウ」公園内では樹木、草葉皆な厚い氷に包まれ、地上の氷層は厚さ二十耗乃至四十耗あり、直径四耗の電信線は直径三十八耗の氷の棒になつた、周圍二米二ある枝の折れたものがあつた、「マース」氏(4)は寒暖計を雨に曝らして置いたが、その示度は氷點下四度から同五度位であつた、これに依つて雨滴が過冷却して

ゐたことを立證してゐる。

(七)千八百九十八年十月二十日獨國中東部及び東部の雨水 これも顯著なものである、「マイナルツス」氏(5)の調査に依ると、伯林では同日は午前、午後ともに雨天で、氣温は零度であつた、この雨は地面や地物の上に氷結して、これ等を透明な氷の層で被うて仕舞つた、樹木の枝などは氷層の重さの爲撓んだり折れたりした、「ポツダム」氣象臺構内で測定したところでは、樅の枝と葉とを氷の着いたまゝ量つたら、目方が五十四瓦あつたが、氷を拂ひ落とした後には僅かに十四瓦半しかなかつた。當日「シュネイベルグ」高山觀測所の午前七時の觀測表は、この雨水の成因を明らかにする材料になる。

地名	海拔(米)	氣温	風向	天氣
シュネイベルグ	一六〇三	三、九	南	雨
ワッペン	八七三	* 二、七	北	雨
アイヒベルグ	三四九	〇、二	東	雨水

(八)千九百五年十一月十九日獨國「エルザスロートリンゲン」の雨水 これは十八日の夜から十九日の早曉にかけて起つたもので、可なり廣區域に亘つてゐた、樹木に着いた氷層の厚さは十耗に達した、「ストラスブルグ」で觀測した十九日午前七時の氣象は

高さ(米)	氣温	風向	風速(米/時)
地上	二、四	南	一、五
六六	〇、三	東	一、二
一三六	* 一、二	北	一、二

\*は氷點下の度數である。

ゼンス高山觀測所(海拔二千五百米)では十九日の朝の氣温は氷點下一度であつた。

一〇一、雨水の成因

雨水は過冷却した雨が地上の物體の上に直ちに氷結したものである。

過冷却した雨滴が生ずるのは空中の温度の配布が特別になつてゐる時である、高い所に温度の高い氣層があり、その下には寒冷な氣層がある時には、上の層で出來た雨滴が落下して下の層を通過する時には過冷却するのである、かうして雨滴が冷却するのは傳導に依つて熱を奪はれるからにも依るが、又通過する氣層が割合に乾いてゐれば、雨滴の落下する速さは可なり大きいから、表面から蒸發する爲め熱を奪はるゝにも依る。

過冷却した雨滴が地上に落ちる時、地上の物體の温度が氷點以下であると、雨水の發達は殊に顯著である、その適例は明治三十五年一月八日、東京を中心として關東の大部分に發生した雨水である、中央氣象臺の測定に依ると、東京に雨水の生じた時の氣温は氷點下一度二で

あつて湿度は九十五%であつた、然るに筑波山頂では気温は二度三、湿度は百%で雨が降つてゐた、これに依つて見ると、東京でも同山頂以上に高い空中では、水蒸氣で飽和した温暖な氣流があつて、こゝに雨を生じ、その下の未だ飽和しない寒冷な氣層を、雨滴が通過する時に過冷却したものと見られる。

雨水は過冷却した雨滴が降つて地物に當つて出来るのであるから、地上に近い所の気温が氷點以上であつても勿論發生する、大正三年三月七日根室の雨水はその好例である、併し地上の物體の温度が氷點以下でない時は、雨水の發達は顯著でなく垂氷が割合に生長する、雨滴が寒冷な氣層の中を落下する時、途中が長いと過冷却の極度に達する爲め又は氣層に擾亂があると激動を受ける爲め氷結して仕舞ふ、それ故に雨滴が過冷却したまゝ地上に落ちるには途中が割合に短かいか、又は氣層が割合に靜穩でなければならぬ、併し雨滴が小さいと多少の擾亂があつても氷結しない、風の強い日に雨水が出来るには細雨の時でなければならぬ。雨水の生ずる時は兎も角も高い所には温い氣層があり、低い所には寒い氣層がなくてはならぬ、このやうな氣層の配列を生ずるは「ブルクス」氏(6)の述べた理由に依る、即ち(一)寒冷な空氣の上に温暖な氣流が流れ込むこと(二)寒冷な空氣が下の層に流れ込み、温暖な空氣が上

の層に流れ込むこと(三)降雨を起す雲がある時その下に北又は西の寒冷な空氣が流れ込むことに依るのである、前に列擧した實例の内の東京の雨水は第一の、奉天の雨水は第三の場合の好例であらう。

雨水の生ずるには必ずしも雨滴が過冷却してゐなくてもよろしい、地物の温度が氷點以下であれば雨水が出来ること云ふ論者もある。勿論雨滴も空氣も共にその温度が氷點以上であつても、地物の温度さへ氷點以下であれば、水は一時は氷つて地物の上に氷層となり、丁度外観は雨水のやうになることもある、併しかやうな場合には地物の温度は直に氷點以上になつてしまふから氷層は生長しなく、出来てゐたものも融けてしまふ、即ちこの場合には眞の雨水のやうに發達することが出来ないのである。

雨水の成因を明らかにするには高山觀測所又は高層氣象觀測所の觀測成績が必要である、發生當時の地物の温度及雨水の温度を測定することも亦必要である。

茲に注意すべきことは過冷却した雨滴が地物を打つとき、その全部が直ちに氷結するのではない、既に述べたやうに例へば氷點下八度のものなら全體の八分の一だけ、氷點下四度のものなら全體の二十分の一だけが直ちに氷結し、全體の温度が零度に昇り、さうしてから殘餘の



水が徐々に氷になるのである、又雨滴が地物を打つと衝突した度に多少その温度は昇る、併しその温度の昇る度合は一寸と想像する程に大きくない、計算して見ると速さ一秒間十米の雨滴も僅かに〇、〇一度位しか昇温しない。

## 七、霧 氷

一〇二、霧氷 霧氷は樹枝その他の露出せる物體上に生ずる氷晶の層である、白色不透明で面が粗鬆であるから、外觀は霜に似てゐる、霧氷は本邦の氣象社會では從來は樹氷と稱してゐたが、この節は霧氷と改まつた、支那では霧淞と稱へる、遼東や朝鮮では樹掛と謂ふ、又木氷なども稱へたものと見える、五雜俎に『春秋書雨水氷蓋陰霧凝封樹上連不開凍成氷人折取之枝葉皆具謂之樹介亦謂之稼』とある本邦でも土地によつて種々の名がある、信州では霧氷を木花(キバナ)と呼び、長崎では花ボロと稱へ、越後では「シガ」と謂ふ、北越雪譜に『冬春にかぎらず雪の氣物にふれて霜のおきたるやうになる是を里言にシガといふ戸障子の隙よりも雪の氣入りて座敷にシガをなす時あり此シガ朝暁の温氣をうくる處のは解ておつる春の頃野山の樹木の下枝は雪にうづもれたるも梢は雪の消たるにシガのつきたるは玉もて作りた

る枝のやうにて見事なるものなり川邊などはたらく者には髪の毛にもシガのつく事あり此シガ我が鹽澤(雪譜の著者鈴木牧之翁は越後鹽澤の老農である)にはまれなりおなじ郡の中山出島あたりには多し大河に近きゆゑ水氣の霜となるゆゑにやあらん』とある「シガ」は樹掛の支那音「シコワ」の轉であらう、英語では Silver thaw と謂ふが、亦之を Rime と呼ぶ人もある、佛語では Givre と謂ひ、獨語では Raureif と云ふ、然し方言では Anreim とか Anraim とか稱へる。

一〇三、霧氷の種類 單に霧氷と總稱するもの、中には外觀も成因も共に異なつた兩種の現象が含まれてゐる、「フキンランド」の「ヨハンスン」氏(2)は千九百五年一月の奥獨氣象集誌に霧氷の成因には二種あることを説いた、即ち一種は過冷却した霧の滴が地物に氷結したもの、他の一種は寒冷な天氣の後に温かい濕めつた天氣が來た時に、既に寒冷になつてゐる物體の上に水蒸氣が凝結して出来るものである、「ペルンテル」氏(3)は同年九月「インスブルク」市に開催された國際氣象臺長協議會に、霧氷を二種に區別すべきことを提案した、即ち組織が粗鬆であるのを Raufrost と稱し、緻緻なるのを Raureif と稱すると云ふ案である、「ウエゲナー」氏(4)はその著書にこの區別を採用した、我國にも霧氷の發生は稀ではなく、その成因

に關しては築地理學士(一)、森直藏氏、橋本福松氏(二)等の有益なる研究があつて本邦の霧水にもこの二種の區別があることが明らかになつた、築地理學士はこの區別を明らかにする爲め *Rauhsoot* を樹氷とし *Rauhreif* を樹霜とするか、又は夫々花ボロ、木花としては如何と提案した、實は現に木花と稱してゐる現象の中にも花ボロと同じものがあらうから、多少議論の餘地があるが、同氏の提案は非常に有益であるから、本書には暫くその意見に従うて分類することとした。

第二十圖



要するに同氏の謂はゆる樹氷と樹霜とは、形態も生因も全く異なつたものであるから、霧氷と總稱するのは面白くない、雹と霰と凍雨とを區別するやうに、氣象界では早晚兩者を別種の降水現象として區別することになるであらうと思ふ。

一〇四、花ボロ 花ボロ又は樹氷と云ふのは、樹木その他の露出せる地物の上に生ずる粗鬆なる氷層である、風の吹いて來る向きに發達する、その物體の上に生ずるのは數列をなすのが多いが、全體の形は當時の風の流線に依つて定まるものと思はれる、第十二圖は築

地氏が温泉嶽の頂上で觀測せられた花ボロの見取圖である、花ボロは過冷却した霧が樹木その他の露出してゐる物體に吹き付けられて氷結したものである、故に風の吹き來る方向に著るしく發達するのである、「アスマン」氏(5)が千八百八十五年一月、「ブロッケン」山上で花ボロの生態を顯微鏡下で検査したところが、過冷却をした水滴が氷結して生じたものは、結晶を爲さず無定形の氷層であつた、これは橋本福松氏(二)が霧氷の一種に「粒態が一系列に連結されて出來た絲狀の樹氷が恰も聯隊旗の縁にある總のやうに着生する」と述べたものとよく一致してゐる。

一〇五、木花 木花は氣溫の甚だ低い時に空氣中の水蒸氣が低溫な地物の上に昇華に依つて氷結したものである、即ち水蒸氣が一旦水滴にならずに直ちに固體となるものである、「アスマン」氏が千八百八十九年三月七日に伯林に生じた木花を檢鏡したが、立派な結晶をなしてゐたと云ふ、當時の氣溫は氷點下十四度五であつて、結晶生長の工合がよくわかつた、第十三圖は橋本福松氏が大正二年二月十二日諏訪で寫生された樹氷筒體の圖である、實物の約三倍になつてゐる、結晶全體の模様がはつきり顯はれてゐる。要するに木花と霜の一種とは生因上何等の區別がない、唯霜は地面又はそれより稍々高い地物の上に限つて生ずる現象であ

るが、木花は空氣中の水蒸氣が多量であるか、又は溫度が極めて低い爲めに、霜の時よりも一層高い氣層まで飽和するやうになつて生ずる現象であると「アスマン」氏は述べてゐる。



第三十圖

「ヨハンスソン」氏の記述した二種の霧氷の中でその一種は花ボロであるが、他の一種が果して木花であるや否やは少しく吟味を要することと思ふ、氏はこれを説明してこの種の霧氷は寒冷な天氣の後に溫濕な天氣の來る時に出來る、一體壁、岩石、敷石のやうな熱容量の大きな地物は一旦冷えると、その後氣温が可なり高温になつても暫時の間は尙ほ低温である、故にこのやうな地物の周圍の溫い空氣は、冷却されて溫度が氷點以下に降り、水蒸氣が霧氷となつて附着する、勿論これは地物の溫度が氷點以下の時である、「フキンランド」ではかやうにして出來る霧氷は冬期は珍らしくない、夏はこの種の天氣の時に、勿論霧氷は出來ないが、壁、岩石、敷石等には水分が着くと云うてゐる、「ハン」翁はこの種の霧氷は奥國にはないが、かやうな時には俗に云ふ雨水即ち滑氷が出來ると云ふ。これに依つて見ると「ヨハンスソン」氏のいはゆる第二種の霧氷は、實は霧氷ではないらしい

い、或はハン翁の云ふやうな現象であつて「シュミット」氏(6)の Beschlag と稱してゐるものではないかと思はれる、寒地にをられる諸君の研究を俟つて決定したい。

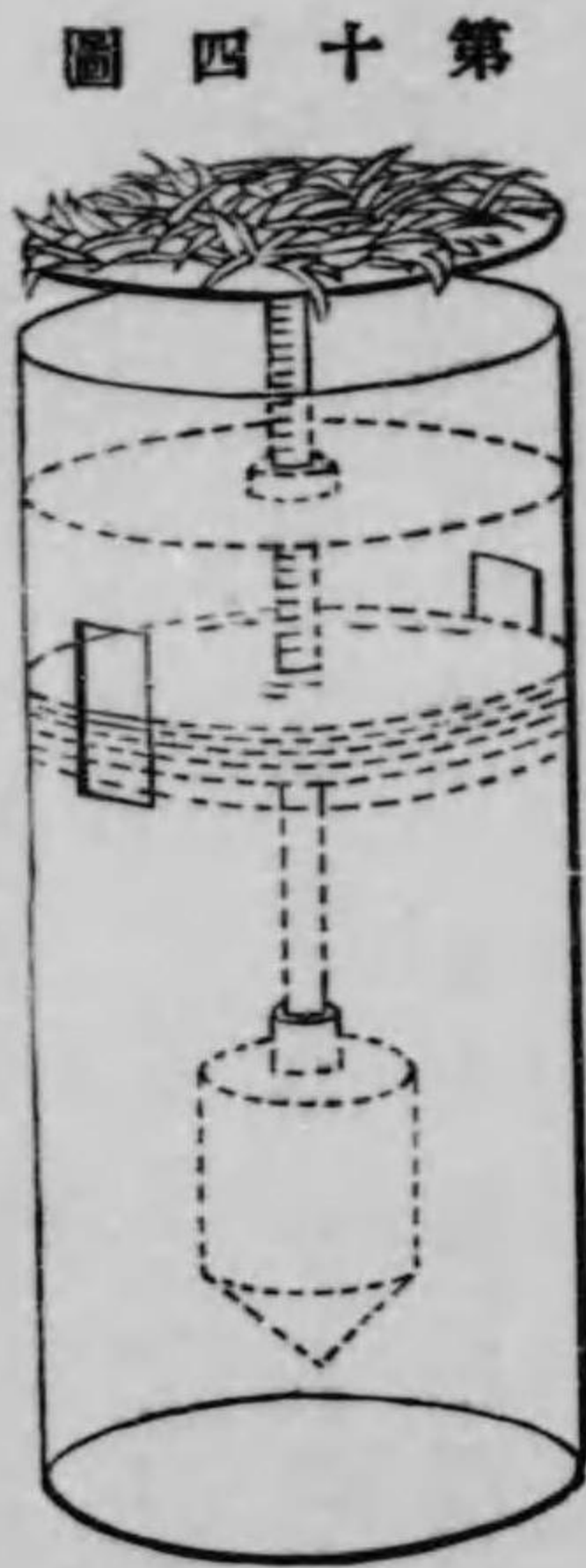
## 八、露

一〇六、露 晴れた夜の翌朝には、草の葉その他の地物の面に微細な水滴が澤山附着してゐることがある、これは露である、露は朝に限らず夕刻でも夜間でも出來ることあるのは勿論である、森林などでは晝間でも出來る、「トムリンソン」氏(1)は露を定義して、露は雨又はその他の目に見える水分が降らない時に、露出せる物體上に着く水滴であると言つてゐるが、これは伊國の「キストニー」氏(2)の定義を改良したものらしい、露は物體の種類に依つて着き易いのと、着きにくいものがある、一般に同じく露出してゐる地物でも、輻射の大なるものには結露し易い、併し、地面と接觸してゐる物體中では熱傳導の良いものは露が着きにくい、天候に就いて云へば、露は快晴の時には出來易く、曇天の時には出來にくい、又微風はあつた方が出來易いが、風が強い時は生じない、地形に就いて云へば山頂よりも谷地に多く、高所よりも低所に生じ易い、同じ樹木でも高い所の葉には少なく、低い所の葉には多く着く、氣候

に就いて云ふと冬には出来難く、秋と春とに多く生ずる、要するに水分が多く、又晝夜の氣温の差が著るしい時に多く出来るのである。

一〇七、露量計 露量を測る器械の考案されたものは多く、これに依つて測定したものは少なくない、千八百九十年、英國の「バググレイ」氏(3)は直径二十一糎六の亞鉛板を露出して置き、その表面に着いた露の目方を測つた、板の裏面に着いたものは拭ひ取つて仕舞うたのである、「ウーダイユ」氏(4)は硝子板を用ゐて露量を測つた、氏は日出後露が蒸發するのを防ぐ爲め自動装置で蓋をするやうにした、千八百九十一年獨國の農業物理學者「ウォルニー」氏(5)は間接な方法で露量を測定した、即ち同形同大の「ポット」多數をとり、土を等量に入れて、これに植物を培養する、土中の水分は日々供給して何れも皆同様にして置き、植物は生長するがまゝに任せる、さうして日々各々の「ポット」の目方を測り、その中で水分の蒸發量が日等しいもの二箇を選び取つて、露量を測る道具に使ふのである、つまりこの二箇中の一箇は空氣中に露出して置いて露を着かせる、他の一箇はその上一米の高さに布の屋根をつくつて露の着かないやうにする、併し屋根のある爲に蒸發の差は無論起らない、兩箇の「ポット」の目方の差は露量であるべきである、これは面白い方法であるが不確實の點がある。

同年獨國の「ケルネル」氏(6)は露量計の巧なものを考案した、それは第十四圖に示す通り一種の浮き秤であつて、秤は硝子製で長さ三十糎あり目盛がしてある、秤の下部には銅製の圓筒が固着してゐる、秤の上部には「アルミニウム」の圓板が水平に取り付けてある、その直径は二十五糎二である、この圓板は取りはずしが出来るやうになつてゐる、鐵板製の圓筒中に水を入れてこの浮き秤を鉛直に浮かして置く、この圓筒は高さ八十糎ある、水の量を加減し「アル



第十四圖

ミニウム」の板の面が圓筒の口の縁より僅か上にある位にして風の爲に振動するのを防ぐ、又

水面より少し上の處に蓋を挿し入れてこれを螺子で圓筒に固定する、蓋の中心には小孔があつて浮き秤の秤はこれを貫いて自由に上下するやうになつてゐる、蓋を入れたのは浮き秤の圓筒が傾いて圓筒壁に着くのを防ぐ爲めである。圓筒の胴部の兩側には小さな窓が明けてあつてこれに硝子が張つてある、その一方は明り取りに一方は目盛を讀む爲に使ふ、目盛は二様あつて一は露の重量を、他の一は水量を耗で示すやうになつてゐる、この器械を用ゐて露量を測るには、「アルミニウム」板の上に成るべく

草か又は木の葉を敷いて、これを日没後露出して置き翌朝その重さを讀み取るのである、尤も板の裏面に着いた露を拭ひ取つてから重さを讀み取れば葉の上の露量が知れる。

千九百四年獨國の「フェレル」氏(7)は架に「リトマス」紙を張つて露出して置き、その上に露が着くと變色するから、その色の濃度の強弱を以て露量を測つた、同氏の實驗したところでは、この方法では仲々確實な結果が得られると云ふことである。

千九百十二年英國の「スキナー」氏(8)は半球狀の「ジュワー」瓶をつくり、これを木函の中に安置し、その函の上の面に孔を穿ち瓶口を露出し、その内面に露を着かして露量を測つた、半球の直径は十一糎二である、露は半球瓶の底に溜まるから、溜まつた水の深さを測り計算に依つて露量を求めるのである。

以上の外に別種の露量計は二つ三つあらうが、何れも夫れで測つた露量が、互ひに比較することが出来ない様な器械である。

一〇八、露量 降雨の少ない土地では露は植物の生長に大關係を有してゐるから、露量を測ることは必要である、前に述べたやうに物體に依つて露が着く量は異なるものであるから、嚴正な意味では互ひに比較することは出来ないが、次に露量を測定した結果三つ四つを表に

して示す。

年次	地名	地物	測定者
二六耗	ロンドン(英)	草上	ダインス(G. Dines)
三〇耗	ミュンヘン(獨)	葉上	ウォルニー(E. Wollny)
八耗	モンペリエ(佛)	硝子板上	ウダイエ(F. Houdaille)
一四耗	ウキルスデン(英)	硝子皿上	ゴッデン(W. Godden)
四一耗	プルネービルス(印)	草葉上	ボグレイ(W. F. Bodgley)

露量は一年中でも月に依つて異なる、「ウダイエ」氏(9)が佛國「モンペリエ」で測定したところによると、最も多いのは十月で最も少ないのは一月である、四季の内云へば秋には最も多く冬には最も少ない、各月の露量を耗で示せば次の通りである。

年次	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
一八九三	0.55	0.75	0.83	0.70	0.65	0.55	0.44	0.47	0.61	1.00	0.83	1.03
一八九四	0.56	1.11	0.85	0.61	0.55	0.47	0.46	0.45	0.61	1.10	0.92	0.47
一八九五	0.40	0.10	0.40	0.55	1.17	0.40	0.55	0.61	1.08	0.56	0.57	0.37
平均	0.53	0.43	0.72	0.61	0.56	0.48	0.47	0.51	0.81	1.02	0.75	0.63

更にこれを四季に分け、又一結露日の平均量を表に示せば次の通りである。

年次	冬	春	夏	秋	年日数	日量
一八九三	1.55	1.81	1.76	2.59	7.71	1.09
一八九四	1.55	1.81	1.76	2.59	7.71	1.09
一八九五	1.55	1.81	1.76	2.59	7.71	1.09

一八九四	二、一四	一、七一	二、二八	二、六七	八、八〇	一一一	〇、〇八
一八九五	〇、五一	二、一五	一、六四	二、二二	六、五三	八二	〇、〇八
平均	一、四〇	一、八九	一、九〇	二、四九	七、六八	一〇〇	〇、〇八

露は高緯度の地には至つて少なく、熱帯に赴くに從つて多量になる、尤も熱帯地方でも露の乏しい所も少なくない、例へば埃及の海岸、紅海、波斯灣の沿岸では露量が非帯に多いが波斯の内地に行くと殆んどこれを見ない、これは河海や湖沼から距れる爲めである、彼の廣漠たる沙漠を行く人が露の置けるを見て、水澤が近づいたのを察するのはこれが故である。

海洋上では水分は勿論多いが、晝夜の温度の差は著るしくないから露は結びにくい、併し陸地に近い海上では露が出来る、昔は船員は甲板上の船具に露の着くのを見て陸地の近づくのを察したと云ふ話である。

一〇九、露の成分 露は純粹の水ではなく種々の物質を含んでゐるが、これを定量するは困難である、「パラス」氏<sup>(10)</sup>の旅行記に依ると、亞細亞の鹹水湖の附近では樹葉や地物に着いた露は皆鹹味を帯びてゐた、又或種類の植物上に着く露は酸味を含むものがある、「ブーサンゴー」氏は露の中に多量の「アムモニヤ」を含んでゐることを發見した、同氏が巴里で實測したところでは、露の四立半中に四瓦三を含んでゐたと云ふ、露の中には種々の固體を含むで

ゐることがある。

一一〇、甘露 本邦でも甘露の降つたことは昔から年代記などに載せられてゐる、支那その他諸外國でも同じである、甘露は英國ではHoney-dewと云ひ佛國ではMiellatと、獨國ではHonigtauと呼んでゐる、昔は東洋では甘露の降るは祥瑞としたものである、本草綱目には「神靈之精仁端之澤其凝如脂其甘如飴」とある。

甘露は木の葉の上に着く微細な液滴で外見は露に似てゐる、嘗めると甚だ甘い、これは空氣中の水蒸氣の凝結したものではなくて、蚜蟲(Aphides)の分泌する液である、この蟲が葉中の汁液を吸取つて葉の上に分沁すると、蟻が喜んでこれを嘗める、千八百九十四年乃ち明治二十七年四月末、佛國に甘露が降つたことがあるか、同國の「マケンヌ」氏<sup>(11)</sup>はこれの着いた楊の葉百疔をとり、その中から甘露一疔を得て分析した、この甘露は褐色を帯びてゐた、主成分は麥芽糖であつて甘露一疔中に二百瓦あつた。甘露は又木の葉から出る液汁のこともある、和漢三才圖會には「草木將枯精華頓發於外謂之雀餽於理甚通」とある。

甘露は春、夏の候に多く殊に早魃の年に多い、樹木としては楓類に多いがこれは蚜蟲が好んで着くからであらう。

甘露の少量のものは毎歳あるが、夥しいものは稀有としてある、三才圖會に依ると本朝では天武帝七年（西暦六百七十九年）、及文德帝仁壽二年（西暦八百五十二年）四月に降つたのは顯著である、歐洲では千七百八十三年と千八百四十七年の夏に夥しかつた。

樹葉に甘露が着くと、そこに一種の黴菌が繁殖して、遂にその樹木が枯れることがある、米國や印度邊では果樹が甘露の爲に害を受けることは屢々ある、この點から見ても甘露は祥瑞でも何でもない。

一一一、霧の放射能 降りたての雨と雪とは著るしい放射能をもつてゐることは既に述べたが、露も亦放射能を有してゐる、千九百九年十月、伊太利の「ネグロ」氏(11)は同國の「ボロニヤ」市でこれを測定した、同氏は長さ四厘半幅三厘の硝子板數枚をとり、これを午後八時に地上に水平に置き、翌朝七時に露の着いたまゝその目方を測る、これに約十分を費やし直ちにこれを「エルステル」及「ガイテル」式の放射能測定器に入れる、その電位針には豫め電荷を與へて置ス。

$$A = \frac{1}{t} (\log V_0 - \log V_t) \cdot 1000$$

の式に依つてAの値を計算したのである、tは時間、V<sub>0</sub>はその時間の初めの電位、V<sub>t</sub>は終りの電位である、測定の結果は次に掲げる。

時刻	A <sub>+</sub>	A <sub>-</sub>	A <sub>-:A<sub>+</sub></sub>	A <sub>-:A<sub>+</sub></sub>
7 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup>				
" 15	1.87	4.05	2.16	2.18
" 30	1.01	2.80	2.77	1.79
8 00	0.76	1.69	2.22	0.93
9 00	0.56	0.79	1.23	0.23
10 00	0.47	0.67	1.42	0.20
11 00	0.47	0.62	1.32	0.15

この結果に依ると露の放射能は約半時間で半減する、その後は甚だ徐々であるが漸次に消失する、又陰電の逸散の方が陽電の逸散より著るしく大である、その差は測定之初め頃が殊に著るしい、露の放射能には氣温その他の要素は影響しない。

一一二、御光 朝日又は夕日を背にして露の繁く置いてある草原や稻田の中に立つと、自身影が田や原の上に投じられて頭の影を中心として、阿彌陀如來の御光のやうなものが見えるこれを御光と云ふ、御光は頭の影の腦顛の部分が殊に明るい、又この部分は左右よりも

幅が廣いと云ふ特徴がある、若し甲乙兩人がゐると各々自分の御光だけしか見得ない、勿論他人のも黒い影法師だけは見える。

御光の生ずる理由は「ロンメル」氏<sup>(12)</sup>に依ると、露が葉上に着いてゐるのを見るに葉を濡らすず凡んど完全な球をなしてゐるから、球體レンズの作用をなすので太陽の像が葉面に出来る、さうするとこの像が光源になつて露が再びレンズになり太陽の在る方に像の像をつくる、故に観測者の眼がその所にあれば露から光が出て来るやうに見えるのである。獨りこれは太陽の像ばかりでなく眼の像も出来る、故に頭部の影に近い所にある露で出来る兩箇の像は、殆んど相重なるから他の部分より明るい、又頭部の影から離れると漸々重ならなくなるから明るさが減るのである。以上は露の一滴に就いての話であるが、露は無數にあるから御光になつて見えるのである。「ペルンテル」氏<sup>(12)</sup>はこの説明は不完全であると云うてゐるが、後藤牧太氏<sup>(二)</sup>は太陽の高度、葉面の傾斜、露滴の形等を考に入れると、「ロンメル」氏の説明で御光の特徴は皆説明されると云うてゐる。

御光のことは理論上にはこれを研究したものが多いが、實地に観察して詳細に記述したのは至つて少ない、實際今日の所では観察が未だ不十分である。

### 一一三、露の生因

露は地物が輻射に依つて熱を失ひ冷却して、その温度がこれと接觸してゐる空氣の層の露點以下に降るとき、その氣層中の水蒸氣が地物の面に凝結して水となつて附着したものである、水蒸氣が凝結する時は熱を遊離するから、地物の冷却するのを緩和するが、冷却が全く停止しない以上は引き續いて露が出来る、又地物と接觸してゐる氣層中の水蒸氣が缺乏して來れば、隣の氣層中から水蒸氣が擴散して來て補充するから、露量は次第に増すのである。

地物の中では瓦石の類よりも草木の葉の上に露が出来易い、元來地物の冷却するのは單に輻射に依つて熱を失ふ爲めばかりではない、その面から水分が蒸發して熱を奪却するからでもある、「ジャマン」氏<sup>(13)</sup>の説に依ると水分が蒸發するとその地物に接觸してゐる氣層からも熱を奪ひ去るから氣層の温度が下がる、この點は輻射と同様である、只氣層の温度が下がつて水蒸氣で飽和するやうになると、水分の蒸發は停止して仕舞ふから、その以後は單に輻射に依つて冷却するのみとなる、依つて水分の蒸發は結露以前には地物の冷却を速かにする補助をなすと云へる、草木の葉上に露の出来易いのは葉面から熱を輻射し、且つ葉面から蒸發があつて冷却を促す爲であらう、瓦石の如く地面に接觸してゐて、しかも熱の良導體であるものは



輻射に依つて熱を失うても、地面から熱の供給があるから冷却する割合は小さい、従つて露は着きにくいのである、露が地物の輻射と水分の蒸發とに依つて生ずるものであることは、「キストニー」氏<sup>(14)</sup>が實驗に依つて之を確定した。

以上の如く露は主として輻射に起因して出来るのであるから、晴夜には多量であるべき筈である、天空が雲で蔽はれてゐる時は、地物からの熱の輻射は旺盛でない、従つて冷却することが少ないから、その温度がこれに接觸してゐる空氣の露點以下に降らない爲め露の出来ないことがある。地面上若干の高さにある地物の上には、地面にあるものと較べると露が着きにくい、「ウキルス」氏<sup>(15)</sup>の説では、高所の地物の周圍の空氣は地物の爲めに冷却されて密度が大きくなるや否や、その地物の下へ流れ去つて新しい空氣が代つてその周圍に來り、幾度も幾度も新陳交代する爲め、露點以下に冷却する機會が少ない故である。

露となる水蒸氣は元來既に空氣中に存在してゐたものである、然るに「アイケン」氏<sup>(16)</sup>は全く反對の意見を有つてゐて、地物上に露となつて附着する水分は、既に空氣中にあつたものでなく、結露の際に地面から蒸發して來たものが大部分であると主張してゐる、同氏は平たい盤を草の上及地上に置いて實驗したら、盤の上に露が無い時にも盤の裏面には露が着いてゐ

るのを見た、これが自説の確實なることを立證すると云うてゐる、併し露が一般に主として草の面又は地面から蒸發して來た水蒸氣が凝結したものであるとは云ひ難い、何故ならば平盤を草上又は地上に置く時盤と地面との間には多少の間隙がある、従つてそこには空氣がある、平盤が輻射に依つて冷却することが速かでない時は、上面にはこれに接觸してゐる空氣の露點以下に冷えない爲、まだ露が着かないのであるが、盤下の地面は稍々高温であるから、これから蒸騰した水蒸氣が、盤の下面に着いて露となつたものと見れば、盤上に露が着かないのは地面から蒸騰する水蒸氣が盤に遮ぎられて盤上に來ないのではない、盤の上面がこれに接觸してゐる氣層中の水蒸氣を凝結させるに足るまで未だ冷却する機會が無かつたと云ふに過ぎないからである。

露が地物の面に凝結するには矢張心核とするものがある、伊國の「パラジ」氏<sup>(17)</sup>は顯微鏡によつて露の着く順序を研究したが、露は地物の面にある突起や細塵などを心核として凝結して小滴となり、この小滴が併合して露滴になることである。

一一四、露珠 草木の葉先や縁邊に直徑一乃至三粒位の大粒の露が僅か一箇乃至數箇着いてゐることがある、之は普通葉一面に着く露とは外觀も異つてゐる、之を露珠(ツユダマ)と

稱へる、「アイケン」氏(16)は露珠は眞の露ではなく、草や木の液汁が葉端から排泄されて滴を爲して附着したものであると説いてゐる。

實際葉面に存する無数の氣孔からは、水蒸氣の發散してゐることはあるが、液汁は氣孔からは出ない、これは葉の縁邊又は葉先にある水孔から排泄する、水孔の發達してゐる植物は、空氣が濕潤になつて來て、葉面からの蒸發が止む様になると、その組織中に充滿した液汁を水孔から排泄する、夫故に葉先又は縁邊に水滴が着いて露珠になる、稻、麥の様な植物の葉先又は、蔞、烏斂莓の如き植物の葉縁に出来る、露珠は確かに此原因から生ずるものと思ふ然しながら蓮、里芋等の様な植物の葉に出来る露珠は強がち此原因で生ずるものとは見えな、この種類の植物の葉の表面には蠟様物質が一面にあるから、葉を水中に浸しても葉の面が濡れない、これは又水滴を葉面に落としても葉を濕めさない、此種の葉が夜間冷却すると露が出来る、さうして同一の葉上では葉先が最も冷却し易いから、結局露は先づ葉先に着くと思はれる、扱て葉面に着いた露滴は漸次増大して相隣るものが接觸する様になり、遂に併合し多少大滴となるが、矢張前述の理由で葉面を濕ほさない、元來葉先は冷却することが速かであるから、露滴の併合が先づ葉先に起り、併合して出來た大滴が益々増大するから、そ

の附近の露滴は之に併合される、夫故に葉先には最大の滴が出来る、葉先に遠い部分に在る露滴も多少は併合するが、葉面の冷却は葉先程に速かでないから、露滴の増大することが遅く、従つて併合も活潑に行はれない、さうかうするうちに、空氣の濕度が減じて、葉の周囲の薄い氣層も飽和しなくなつて來ると、葉面の露は粒の小さい丈けに蒸發することが速であるから、先づ蒸發して仕舞ふが、葉先にある最大滴は直徑の大きい丈けに丁度蒸發しないのであるか又は爲るとしても極々遅いから、葉先に着いて存續してゐる、これが露珠である。露珠と同じ現象が蜘蛛の巢の絲に出来る、絲上には露が一様に着かずに、所々に珠を爲して着いてゐる、その外觀は恰も透明な南京玉を絲で貫いた様に見える、これは蜘蛛の絲上には初めは微細な露の滴が間隙の無い程に一面に着くが、滴が増大するにつれて相接觸する様になると互に併合するから、所々に大滴が出来る(18)と云ふ説がある。

## 九、霜

一一五、霜 天氣の晴朗な夜に地物が主として輻射に依つて冷却し、溫度が氷點以下に降ると、その周囲の極く薄い氣層の溫度が氷點以下に降つて飽和し、遂にその中の水蒸氣が地

物の上に直ちに固體となつて氷結する、これが霜である、即ち霜は水蒸氣が直ちに固體となつたものであるが、一旦露になつてから氷結して霜となるものもある、これは溫度が左程低くない時に出来る、「アスマン」氏<sup>(1)</sup>は顯微鏡で霜の氷結状態を検査したところが、氣溫が僅に氷點下數度の時に生ずる霜は、結晶をなさずに氷結した水滴が相連なつて排列してゐた、尤も外觀は恰も結晶してゐるやうに見える、この種の霜は一旦微細な霧になつたものが、氷結したのである、この霜が出来る時には木の葉その他の地物の周圍には薄い霧のかゝることが多い、尤もその霧は肉眼で見える程でないことも多い、これは微細な霧の滴の過冷却してゐるもので、これが地物に附着して氷結し霜になるのであらう、この點に就いては花ボロの出来るのと物理的には何等の差異がない、唯霜は出来る所が極く地面に近い氣層であつて、又過冷却した霧の量が極めて少ないが、花ボロは霜に比べては可なり高い氣層にも起る現象で、霧の量も多量であると云ふ點で異なるばかりである。

氣溫が氷點下十度附近まで降つて飽和する時は、水蒸氣は露とならずに昇華に依つて霜になる、この種の霜は「アスマン」氏<sup>(1)</sup>の研究に依れば實際結晶をなし六方柱狀又は盤狀をなし、て相重なつてゐる、さうしてその生因は木花と殆んど同じであるが、その差異は既に木花の

條に述べてある、米國の「ベントレー」氏<sup>(2)</sup>も霜の結晶形を研究して、霜には普通の結晶の外に無定形のものゝ存在することを確認した。

一一六、霜の量 霜の量を測定した成績は甚少ない、白國の「グラフチオー」氏<sup>(3)</sup>は千八百九十四年の末から千八百九十五年の初めに至る冬期に、諸種の樹枝に着いた霜の量を測定したが、その成績は次の通りである。

樹名	學名	霜量(瓦)	枝の面積(平方呎)
みづき	<i>Cornus anguinea</i>	二〇	三〇
やまならし	<i>Populus alba</i>	二、八	三六
すぐり	<i>Ribes saxatile</i>	五、五	一〇〇
やなぎ	<i>Salix alba</i>	三四、一	二〇三
やなぎの一種	<i>Salix vstollina</i>	三九、三	二七〇

一一七、霜の成分 「グラフチオー」氏<sup>(3)</sup>は「かんばん」(*Betula Rotundifolia*)の上に着いた霜を取つてこれを分析した、その木の枝の面積は一平方米半、目方は一疋七五五あつた、霜を融かした水一立に付き「アンモニヤ」が四庭〇三、その他の窒素化合物が一庭二あつた、依つて例へば森林の樹枝の霜の着くべき全面積が十萬平方メートルとすれば、霜の量は十萬疋の割合であるから、その中には窒素化合物が半疋はあることになる。

## 一〇、霧

一一八、霧 霧は地面に接してゐる氣層か、或は地面に近い氣層中に、水蒸氣が凝結して、微細な水滴を爲し、浮遊してゐるものを謂ふ、又水滴にならずに氷晶となつてゐるものもある、之を氷霧と稱へる。

霧と雲とは同じ様な現象であるから、突然とその中に入つた時は霧中に居るのやら、或は雲中に在るのやら、凡んど區別することが出来ない、例へば山上で雲に遭遇する人や、又航空機で雲中に進入した人は、自己は霧中に入つた感じを爲すであらうが、地上で傍觀してゐるものには雲中に在るとしか見えない、實際上雲と霧とはその性質に類似の點が多く全く同じ物として論じても差はない、然しながら霧は主として地面附近の現象で雲は高空中に起る現象であると云ふこと、又霧になる水蒸氣は地面附近に存するものであるが、雲になるものは高空中に存在してゐる水蒸氣であると云ふ差はある。

一一九、霧滴 霧を成してゐる水球の大きさは實測したものが至つて少い、「ケムツ」氏<sup>(1)</sup>は日光環の大きさを實測して、間接に霧滴の直徑を計算し、〇、〇一四乃至〇、〇三五粒を得

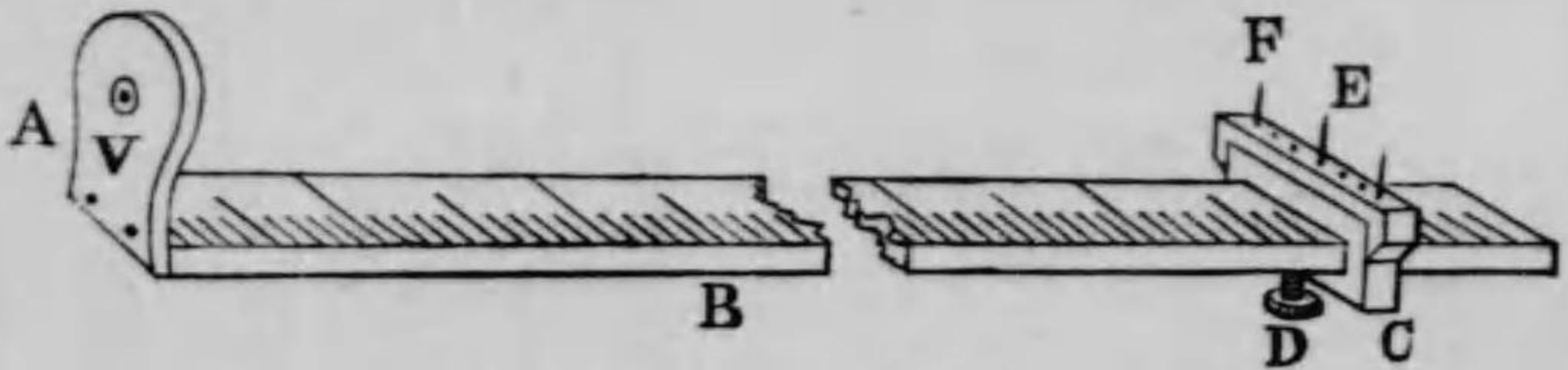
た、「ダインス」氏<sup>(2)</sup>は顯微鏡によつて直接之を實測し、〇、〇一六乃至〇、一二七粒を得、又「アスマン」氏<sup>(3)</sup>も「プロッケン」山頂で同様の測定を爲して、〇、〇六乃至〇、一七粒と云ふ結果を得た、近頃に奥國の氣象學者の「コンラート」氏<sup>(4)</sup>は「グンブリック」山頂で實測し、〇、〇二七乃至〇、〇三七粒を得た、又「ウエゲナー」氏<sup>(5)</sup>は〇、〇三三粒を得た、平地上の霧に就て上記「ダインス」氏以外には實測したものは無いが、然し霧滴の大きさは略々以上の結果から推定することが出来やう。

元來光環は雲や霧に日光又は月光の映じて生ずる「チフレクション」現象である、夫して環の大きさと水滴の大きさとの間には一定の關係があつて、環の大きさを知れば滴の大きさは夫れから打算することが出来る。茲で云ふ光環の大きさは環の爲す角である、「エクスマー」氏が改良した公式によると、環の半徑を $r$ 、光の波長を $\lambda$ 、水滴の半徑を $r$ とし、又光環中の光の極小になつてゐる部分が幾つもあるがその番號を $n$ で示すときは

$$\sin\theta = (n + 0.22) \frac{\lambda}{2r}$$

第一番目の極小の半徑を $r$ に用ゐる時は $n$ を1とする、此公式は日光を用ゐた場合の光環で紅の光に就て應用すべきものである、又 $\lambda$ は〇、〇〇〇五七粒としてよす。

第五十圖



光環の半徑を測定するには第十五圖に示す様な器械を使ふ、此器械は「コンラート」氏の使用したものに少しく私意を加へたものである、之を使用するにはBの邊を左手で持ち、眼をVに當て、Eを太陽又は光源の中心に向はせ、Cを滑らし、VF線が丁度光環の端に向ふ様にし、Dを廻はしてCを固定す、EFとVEの長を知り、その比を作れば之は光環の半徑の正切になる、依つて之を計算することが出来る。

$$\tan \theta = \frac{EF}{VE} \quad \therefore \theta = \tan^{-1} \left( \frac{EF}{VE} \right)$$

顯微鏡を用ゐて霧滴の大いさを測定するには、測微尺度を有する顯微鏡にて廓大力約二〇〇位のものが適當である、顯微鏡用の硝子板を空氣と同温になし置き、之に霧滴を幾箇か附着せしめ之を檢鏡して其直徑を實測するのである、然し光線の入れ具合等を適宜に加減しないと良好の結果が得られない。

1110. 霧の含水量

霧の一立方メートル中には何程の水量が存す可きや、これ

は實測を待つて知る可き問題である、古來この種の測定を爲した學者は少くない、「シユラーギントワイト」(6)兄弟が千八百五十一年に、「ローサ」山腹で測定したとこ

ろでは雲の一立方メートル中には一、九六瓦位の水分を含んでゐる、英國の「ダインス」氏(7)が千八百八十六年に「ロンドン」の霧に就て測定して〇、七瓦を得た、同氏は定量の硫酸中に一定容積の霧を通過し、その水分を吸収せしめたのである、然し硫酸が水を吸収するのは迅速でないから此方法は確實でない、「フツゲル」氏(8)は千八百八十六年の冬「ザルツブルグ」市で霧の含水量を測つた、その方法は鹽化「カルシウム」を充たしたる管中に霧を通じて、その水分を吸収せしむるのであつた、次に同氏の得た成績を掲げる、尤も表中の末行にある霧滴のみの水量は「コンラート」氏が計算したものである、乃ち實測した含水量から飽和水蒸氣の量を引き去りたるものである。

温度(度)	含水量(瓦)	霧滴量(瓦)
- 2.0	3.29	0.91
- 4.0	3.09	0.61
1.6	3.55	1.89
- 15.4	1.25	0.37
- 5.8	1.90	1.26
- 5.0	2.60	0.80

千九百年に奧國の「コンラート」氏(4)は、大形の硝子瓶中より空氣を排除し之に霧を吸ひ入

れ、次に鹽化「カルシウム」管を通じて水分を吸収し、之によつて霧の含水量を測定した、今同氏の「シネーベルグ」(一八八四米)「シヤフベルグ」(一七九八米)「ゾンブリック」(三二〇六米)の三山で實測した成績を左に表掲する。

一、「シネーベルグ」山測定

温度(度)	含水量(瓦)	飽和水蒸氣量(瓦)	霧滴量(瓦)	明視距離(米)
8.4	11.28	8.24	3.04	22-30
8.3	11.05	8.28	2.77	22-30
7.2	10.38	7.76	2.62	30
8.0	9.76	8.22	1.54	33-38
8.3	9.36	8.28	1.08	38-60
7.8	9.15	7.73	0.42	80

二、「シヤフベルグ」山測定

1.4	9.89	5.32	4.57	19
4.0	10.70	6.34	4.36	20
3.0	8.87	5.93	2.34	24-30
2.2	6.53	5.43	0.90	40-53

三、「ゾンブリック」山測定

-0.9	6.95	4.61	2.34	27
0.5	7.88	5.01	2.87	30
-1.0	3.98	2.28	1.70	34
5.5	8.48	6.99	1.49	35
-1.0	3.70	3.20	0.50	75
0.0	3.71	3.36	0.35	80

獨國の氣象學者「ウエゲナー」氏(9)は千九百八年に「ゾンブリック」山頂で、雲の含水量を實測し前者と略々同様の結果を得た、同氏の實測では雲の一立方米中の水滴の量は、平均二瓦位であつて、四、八瓦あるのが最多量であつた、温度は零度位であつた。要するに雲霧の一立方米中に存する水滴の量は、水蒸氣の量より遙かに少量であることは明らかなる事實である。

一、霧中の明視距離

霧は視界を狭くする、淡い霧では極く遠方の物の外は能く見えるが、濃霧となると所謂「不辨咫尺」で僅か前にある物でも視え難い、故に濃霧の場合には交通機關は一時中止することがある、海上にては船舶の衝突、擱岸等の不幸が起るのは記すまでもないが、陸上でも汽車の運轉さへ不可能になることがある。

視界の大小は霧の含水量と密接の關係あることは否定し難い、「コントラスト」氏(4)は視界と霧滴量とは逆比例を爲すことを實驗上から立證した、之によると霧滴量が多いと視界は小さく少いと大きい。「トラベル」氏(10)は理論上から霧中の視界は霧滴の半径に比例し霧滴量に逆比例をすることを立證した、乃ち霧滴の半径を $r$ 、一立方糎中に存する霧滴の水量を $\mu$ とすれば視界距離 $a$ は

$$a = \frac{C}{\mu}$$

$r$ を糎、 $\mu$ を一立方糎に就き瓦、 $a$ を糎で表はす時は $C$ は略々一四になる、例へば $r$ を〇、〇〇〇五、 $\mu$ を百萬分ノ二、八とすれば $a$ は二五米になる。

$$a = \frac{14 \times 0.0005}{2.8 \times 10^{-6}} = 2500 \text{ 糎} = 25 \text{ 米}$$

茲に述べた公式は單に一光源からの光に就て論及し得たものであるから、嚴密に云へば「ヘッケル」氏(11)の云ふ様に夜間濃霧のあつた時にのみ適用の出来るものである、晝間の濃霧では晝間の散光を計算に入れる必要がある。

濃霧の透明度に就ては種々の研究がある、「ルードルフ」氏(12)によると青色光は紅色光よりも霧を透してよく見えると云ふ、此事實は霧信號の研究に一顧の値あることと思ふ。

一三三、霧の濃淡 霧の濃淡は明視の距離の大小で定めることになつてゐる、乃ち近くに於てある地物でも視えない程の霧は濃霧であつて、遠方の地物でも視えるのは淡霧である、我が中央氣象臺の觀測法では、霧の濃度は水平の方向に於て物體の全く視えざる最小距離の大小によつて定め、此距離が千米以上、百米以上千米未滿、十米以上百米未滿、十米未滿の四級に分けてある、伯林氣象臺の觀測法では霧の濃度を三級に分ち、千米以上の距離にある地物が明視し難いのを淡とし、此距離が百米なるを濃とし、此兩者の中間にあるを常とする。

我が中央氣象臺の觀測法によると、霧の際に物體の全く視えざる最小距離を定むるには豫め觀測所より展望し得可き著るしい建物丘陵等の距離を調べて置いて、此建物は認めることが出来るが、あの丘陵は見えないとか云ふ具合に見當を附ける様になつてゐる、天然物又は建築物を利用するのは勿論簡便であるが、特に霧の濃度測定に用ふ可き物體を建造するの反つて精確な場合がある、「グラッドストーン」氏(12)は、百「ヤード」の距離に木桿を直立し其側面に赤で輪を畫き之が見えない時を霧ありとした、「サイモンス」氏(12)は之に基いて

測霧計を考案した、之は白色板に五條の黒線を畫いたものを、二十「ヤード」の距離に置くのである、線の太さは第二線は第一線の二倍、第三線は三倍、第五線は五倍にする、霧が懸つた時 第一線は視えないが第二線が視える時は其霧の濃度を一とす、第五線が視えない程の霧は濃度を五とする、夜間は燈火の前面の硝子板に以上の五線を畫いたものを用ゐればよい、以上の方法は今日のところでは廣く採用されてゐない、然し一顧の値あるものと思ふ。

### 一三三、霧中音響到達距離

濃霧の場合には音響の到達距離に異常のあることが多い、普通の日ならば聞ゆ可き筈の音響信號でも、霧が懸ると聞えなかつたり、又は微かに聞えたり、或は反對に非常に近く聞えることもある、時によると途中に音の少しも聞えない區域がある、故に燈臺の霧「サイレン」の船舶に聞えない時でも、船舶は之と遠距離にあるとは云へず、又非常に能く聞えたとするも海岸に近いとは見られない。

霧中にて音響の到達距離にかゝる異常を呈することのあるのは、一は霧そのもの、爲めではなく、霧の時に氣温の配布が特種になつてゐる爲め、二には霧滴が多數空氣中に浮泛してゐる爲であらう、「モーン」氏<sup>14</sup>は、霧中にて氣温が高さと共に急減する場合を研究し、霧信號の聽否に就て次の如き注意を述べた。

一、霧信號は甲板上よりも柱上の方が遠距離まで聽える。

二、冷氣の時は溫暖の時よりも遠方までは聽えぬ。

三、霧信號は風下の所では横の所よりも遠距離まで聽える。又横の所は風上の所よりも遠距離まで聽える。

四、風速が大なる時は霧信號の到達距離は風下の方は益々大となるが風上の方では短縮する。

五、同方向でも到達距離は著るしく變ずることがある。

六、信號する場所が高ければ高い程到達距離が大きい。

### 一三四、陸の霧

濃霧は海上に多いが陸上でも決して少くはない、陸上に霧の生ずるのは多くは高氣壓の域内であつて、氣壓の傾度が至つて小さい時である、靜穩であるから、地面の附近の氣層は輻射によるか又は傳導によつて著るしく冷却し、即ち地面の極く近い所には冷たい氣層があり、其上には温かな氣層が重なつてゐることになる、此冷温の兩層は何か他に原因が無ければ混合を起さない、然るに土地が平坦でなく一方が低く一方が高い土地が連なつてゐる様な時は、高地の上の冷氣が低地の温層に流れて來て混合し水蒸氣の凝結を起し濃



霧を生ずることがある、此種の霧は冬季に多く又早朝に多い、輻射霧と稱するのはこれである。陸上で生ずる霧に就て「エリヤス」氏<sup>(15)</sup>が研究したところによると、前記のものより少しく生因の異なるものもある、同氏の説では陸上の霧は土地が輻射で冷却する爲めその上にある空氣は亦た冷却して存在する、然るにその上を温濕の氣流が通過すると、此冷層に波動を生じ温冷兩氣の混合が起り水蒸氣が凝結して生ずるのである、乃ち霧の生ずる時は氣温は高所に行くに従ひ増加する、此事實は同氏が千九百二年の末に獨國「リンデンベルグ」高層氣象觀測所で凧形氣球によつて實測し得たものである。

陸上の霧でも大區域に亘り數時間も繼續するのは、前記の如き原因で生ずるものとするは妥當でない、英國の「シャウ」氏<sup>(16)</sup>は、此種の霧は海洋面から流入する空氣が陸上の空氣と混合して生ずるか、又は氣温の相異の甚だしい兩氣流が相會して混合するによると考へてゐる。

一二五、海霧 海洋上の霧は、主として温かい海面より風が吹き來つて、寒冷な海面上の空氣と混合する時に生ずるものである、寒流がある所では風が之れと接する海面から吹き來つて寒流上の空氣と混合する時に生ず、又寒流上に温暖な氣流がある時にその空氣は温度が降り湿度が増加して來る、さうして寒流面に極く接近してゐる寒冷な空氣とこの温暖な

空氣とが混合する時にも出來る、此種の濃霧は初夏の候に多い。

「ニウハウンドランド」の濃霧は海霧の好例である、此霧は六七月に最も多い、「ラブラドル」寒流が流れてゐる爲め同洲の東方海面は著るしく低温である、然るに此頃になると南風が温暖なる空氣を吹き送るから、その氣中の水蒸氣が凝結して濃霧になる、此頃は丁度流水や氷山の去來する時であるから、同地方航海の危険は實に甚しい。

北海道沿岸の濃霧も海霧の好例である、同地では一般に之を「ガス」と稱してゐる、「ガス」は矢張六七月に最も多い、親潮寒流が北海道の東岸を洗つて南下してゐる、然るに此季節には南東の風が温暖な海面上から空氣を吹き送つて來るから、寒暖兩氣の混合が起つて水蒸氣が凝結して「ガス」になる。

一二六、河湖の霧 河湖又は沼澤等の面から水蒸氣が立つ時に、その上の空氣が水温に比して著るしく低温であると、この水蒸氣を悉く含有することが出來ない、その餘分のもものは凝結して霧になる、此種の霧は秋の頃に多い。

一二七、氷霧 氷霧は普通の霧と異なり、微細な氷晶が無數地面近くの空氣中に浮泛してゐる現象である、那威や北海道の様な寒地に出來る、那威では冬季酷寒な陸地上から寒風が

吹いて温暖な海灣面に達すると、寒暖兩氣が混合して水蒸氣は直ちに氷晶になり水霧が出来る、北海道の水霧はその研究が未だ十分でないが、亦た寒暖兩氣の混合になるは疑ふ可くもない、兎に角水霧の出来るのは酷寒の土地でなくてはならない。

西比利亞では水霧が多い、殊に氷結した河川の上では濃密なのが懸かる、之を「モロク」(Morok)と稱へる、これが顯はれると日輪が見えない程である、「モロク」の生ずるのは靜温な酷寒の日に多いが、少し風の吹く日にも出来る。

一二八、都市の霧 都市殊に工業地では、煙烟を散することが多いから、霧の發生が著るしい、元來煙烟中には濕氣を呼ぶ性質があるから、空氣が左程に濕潤になつて居なくとも水蒸氣の凝結を起させる、夫故に霧が度々生ずることになる、乃ち都市の霧では主に煙烟が凝結の心核になつてゐる、此種の霧は左程濕めつばくないから之を乾霧と稱し、普通の霧を濕霧と呼んで區別する、海上の霧の時は鹽の微細な結晶が心核になつてゐることが多い、勿論空中の細塵が心核となるのは云ふまでもない、「ロンドン」市の濃霧は都市の霧の好例である、永年の統計によると同市では濃霧日數が年平均六一であつて、十二月に最も多く年日數の二十%を占め、七月に最も少く僅かに2%に足らなす。

一二九、霧虹 霧の懸つてゐる時に奇麗な虹の出ることがある、此虹は多くは白色であつて外側が僅かに黄色を帯び内側は青色に見える、其半徑は普通の虹の第一虹よりは小さい、霧虹には御光の現象を伴ふこともある、然し色彩は必ずしも紋上の様のみでなく霧滴の大小によつて色々になる、蘇國「ベンネビス」山の高山氣象臺では能く霧虹を觀測したことがある、千八百八十六年十二月三十日午前十一時に同山に顯はれた霧虹は二重であつた、第一虹は三十四度四十四分乃至三十二度二十分の半徑であり、第二虹は四十一度二十二分乃至三十六度三十六分位であつた、「ペルンテル」氏<sup>(17)</sup>は霧滴の半徑が、〇、〇二耗位であれば此虹を起すであらうと論じてゐる、要するに虹の色彩も半徑も之を起す水滴の大小によるから、霧虹も普通の虹と理は同じでも外觀が異なるであらう。

霧虹の顯はれた時はその色彩の順序を觀察し、光輪の半徑を略測し、且つ當時の氣温、濕度、氣壓その他の氣象を測る必要がある。

一三〇、ブロッケン妖怪 筑波や富士の様な孤峰の頂に立つてゐると、霧が足下の山腹に懸つてゐて、頂上には見える程の霧は無く、日光が照らしてゐると、その霧上に觀測者の頭の影が大きく映り、其周圍に綺麗な御光が出来ることがある、此現象は獨逸の「ブロッケン」

山で初めて観測したと云ふので、「プロツケン」妖怪と稱へる、此御光は観測者の頭の附近の薄い霧滴に日光が射入し、廻折の現象を呈し、此廻折により色彩を帯びた光が前方にある霧から反射して来るによつて出来る、頭影や御光の偉大に見えるのは眩像に過ぎない、此現象は單に山頂のみでなく平地でも見える、「クレトデン」氏<sup>(18)</sup>は千八百九十一年二月十七日の夜に「ロンドン」停車場の燈光で此現象を観測した、又獨逸「マールブルグ」の「リシャルツ」氏<sup>(19)</sup>は同地の大學の二階で瓦斯燈の光で之を見た。

## 一一、降水量

一三一、降水量 廣義には空氣中の水蒸氣が液體又は固體となつて分れ出たものを皆降水と云ふ、雨、雪、霜、露、凍雨、霰、雹、雨氷、霧氷、霧、雲などは總て降水である、併し狹義にはこれ等の凝結物の内で地上に落ち來たるものばかり即ち雨、雪の類ばかりを降水と云ふ、云ひ換へれば降水とは空中に浮遊しない凝結物の全體を指すのである、依つて雲や霧は降水ではない。

降水量とは狹義に云ふ降水の量である、即ち地上に降り積んだ雨、雪、霜、露、凍雨、霰、

雹、雨氷、霧氷等の量を云ふのである、濃霧が地面に近く懸かる時はその量は降水量に加はる、山頂などで雲が地面に觸れて置いて行く水量も亦降水量に加はることは勿論である、されば降水量は廣義に云ふ降水の地面に堆積した水量であると云ふのが寧ろ穩當である、勿論降水は地面の上流れる、地中に滲入もする、また蒸發もするが、茲には蒸發もせず、滲入もせず、又流れもせず、降つた時の量その儘が地上に堆積したものとし、又雪、霰、凍雨、雹、霜等のものは融かして水とした量を云ふのである、降水量は單に雨量とも稱へる、されば雨量と云うても雨のみの量ではなく、雪の量も霰の量も皆入つてゐるのである。

降水量は降水が皆な地上に積もつたものとした水嵩である、その量はその水の高さを測つて何耗と表はすのが通例である、例へば某地の六月の降水量が三百二十五耗であると云ふのは、その地の六月中の降水が全部地上に積もつたと見た水嵩を積算したものである、降水量は普通耗の十分の一位まで測る、人によつては一坪に付き何石何斗と榊目で表はすものもあるが一寸と考へると如何にも判り易いやうでも、實際は反つてわかりにくいから、成るべくかやうな表はし方は避けるやうにしたい、尤も外國でも、理水工師はこれと類似した方法を以て表はすことがある、獨國では「ヘクトアール」に付き「リートル」で示してゐる、一耗の降水

量は一坪面に一升八合三勺二、一段面に五石四斗八升八合降つたことに當たる。

一三三、測雨史 降水量は農事、衛生その他の點に於て人生と甚だ密接な關係があるから各國ともその測定は往古から行はれてゐる、雨量の測定のもも古いのは印度の「サムマダル」氏(1)の調べたところに依ると、西曆紀元前四世紀の頃印度「マウリヤ」(孔雀)王朝の世祖「チャンダラグータ」(戰那羅笈多)王の宰相であつた「チャナキヤ」の著述した政治書中に農事のことが書いてあるが、その條に印度の各地の平均雨量が記してある、さすれば印度では當時既に測雨が行はれてゐたことは明らかである、これに亞いで測雨の古い成績がある國は朝鮮である、和田博士(一)の調査に依ると韓國李朝四代の王世宗は、鑄鐵で測雨器を製作し京城その他の各邑にて雨量の觀測をなさしめた、「ヘルマン」氏(2)は「ベネテット、カステルリ」氏が千六百三十九年羅馬で雨量を觀測したのが、泰西に於ける測雨の嚆矢であると云うてゐる、「カステルリ」氏は著名なる物理學者「ガリレオ、ガリレイ」氏の親友で流體力學の鼻祖である、併し「カステルリ」氏は單に一時の思ひ立ちで觀測したので永く續けて行つたのではない、實際雨量計を製作して雨量を觀測したのは「クリストマー、ウレン」氏(3)で、千六百六十二年のことである、我國では享保年間に徳川吉宗が江戸、駿府、長崎で雨量を測らしめたが、その成

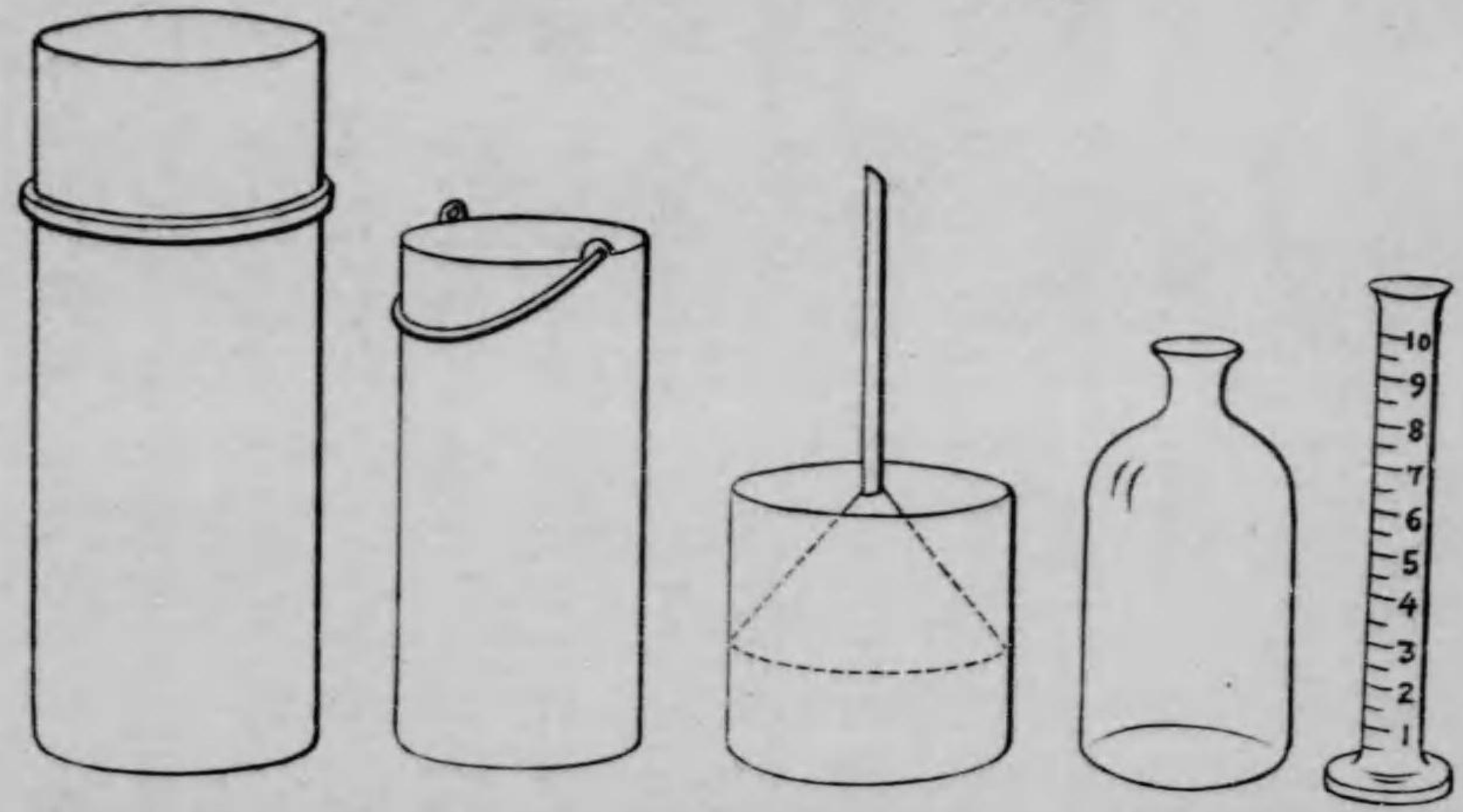
績は今日世に傳はつてゐない。

往古「パレスチナ」等で雨量を測定した時に使用した測器は、如何なるものであつたか不明であるが、多分普通の瓶か壺かであつたらう、朝鮮の世宗の測雨器は銅製の圓筒器で長さは一尺五寸、徑は七寸ある、これを石の臺上に安置し周尺を以て水深を測つたのである、歐洲で測雨の目的で特別な測器をつくつたのは、前に述べた通り「ウレン」氏であるが、その測器は自記器械であつて普通の雨量計ではなかつた。

普通の雨量計は千六百六十八年に「ペロウ」氏が巴里で使用したのが初めである、併しそれは方形であつた、今日の雨量計のやうな圓形のもののは千六百七十七年英國の「タウンリー」氏が使用したのが初めである、この時代には雨量は重量で表はしてゐた、千七百二十二年英國の「ホースリー」師は雨量を高さで表はすこと、且つ雨量楯を使用することを考へ出した、その後幾多の變遷があつて遂に目今のやうな雨量計となつたのである。

一三三、雨量計 雨量計は五つの部分から出來てゐる、第一受水器は漏斗の狀をなしてゐる、第十六圖はこれを倒に覆せた形である、この漏斗には直圓筒が固定してある、この圓筒は漏斗内に入りたる雨滴、雹、霰の飛び散るのを防ぎ、又雪を湛める役をする、圓筒の上縁に

第十 六 圖



は輪をはめて刀刃のやうにしてある、これは雨滴が縁の上止まるのを防ぐ爲めである、若し縁が廣いと雨滴が縁の上に止まり、風が吹く時はこれが受水器内に吹落されるから、雨量が實際より多く出ることがある、それ故如何に簡單な雨量計でも縁を刀刃状にしてないのはない、漏斗の管は潜水瓶中にはひつてゐる、管の長さは雨が多少降つた後は、先端が水中にある位のが適度である、管端が雨水中にあると潜水瓶中の空氣が自由に外氣と流通するのを防ぎ、従つて潜水瓶中の雨水が蒸發するを防ぐことが出来る。

受水器の口徑は二十糎、圓筒部の高さは十糎ある、漏斗の深さだけが矢張り十糎ある、受水器の口は眞圓でなくてはならない、若し多少でも歪みがあれば正しい雨量を表はさなす。

第二潜水器は、受水器を受けるやうに出来てゐる、この器の上部には輪が嵌めてあつて、受水器の圓筒の下縁を玆で受止める役をする、若しこれがないと潜水器の縁が漏斗の附根に打ち當たつて、それを損じ易い、潜水器の輪以下の部分は地下に埋めて置く、これは一つは雨量計全體を直立に固定する爲め、一つは潜水器内の温度の變化を防ぐ爲めである、若し潜水器を空氣中に曝露して置くと晝間は雨後好晴となれば、器内の温度が甚だ高くなるから、雨水が著るしく蒸發する、夜間は器内の温度が低くなるから、空氣中の水蒸氣が潜水瓶の内壁に凝結して雨水の量を増す、何れにしても正しい雨量を表はさなくなる。

第三「バケツ」は、細長い圓筒形をしてゐて、潜水器中にはひるやうになつてゐる、「バケツ」は大雨の節に潜水器から溢れ出た雨水を受けるのに用ゐる、受水器、潜水器、「バケツ」は何れも銅製がよろしい、銅は金屬の得易いもの、中では雨水の爲に腐蝕する虞が少なく且つ丈夫である、亞鉛又は亞鉛引鐵製のもの使用に堪へるが銅製には及ばない、只鐵製のものも鑄易くて使用し難い、英國の「ミル」氏(4)は潜水器だけは、木材その他の熱の不良導體で製作する方がよろしいと述べてゐるが、今日では未だ實地に製作したものを見ない。

第四潜水瓶は、約二立入りの口の狭い硝子瓶で、漏斗の管から流れ込む雨水を受け、これを

湛めて置く役をする、この瓶を用ゐるのは雨水を樹に移す時の便宜の爲である、硝子は熱の不良導體であるから、この硝子瓶では雨水の温度の變化を多少防げる、且又瓶中の水は蒸發しても瓶の内壁に凝結し再び流れ落ちて元に戻る、瓶の口は至つて狭くしてあるから、雨水の蒸發したものが自在に瓶外に逸れ去るのが防げる、英國製の瀝水瓶には目盛がしてあり、大約の雨量は瓶で判るやうにしてあるのもある、これは雨量を測り損ふのを防ぐことが出來て面白う。

第五雨量樹は、硝子製の圓筒器でその目盛は前記の口径を有する雨量計に相應するやうに刻んである、大目盛は十あつてその一目は十づゝに分けてある、小目の一目は〇、一耗の雨量に相當し、大目の一目は一耗の雨量に當たる、この樹の最も上の目盛までの雨量は十耗である、本邦製の雨量樹には上部に 2DM. と刻してあるが、あれは口径二粉の雨量計の附屬樹と云ふ印である。

雨量樹を仕舞ふには、木製の函を造つて、その上部に孔を穿ち、これに雨量計を倒にさし込んで置くのが便利である、さうすると水の切れがよいから、前の觀測の時の水が附いて残る虞がない、又函の上部に蓋をして置けば保存する爲に最も都合がよい、これは「ミル」氏の考

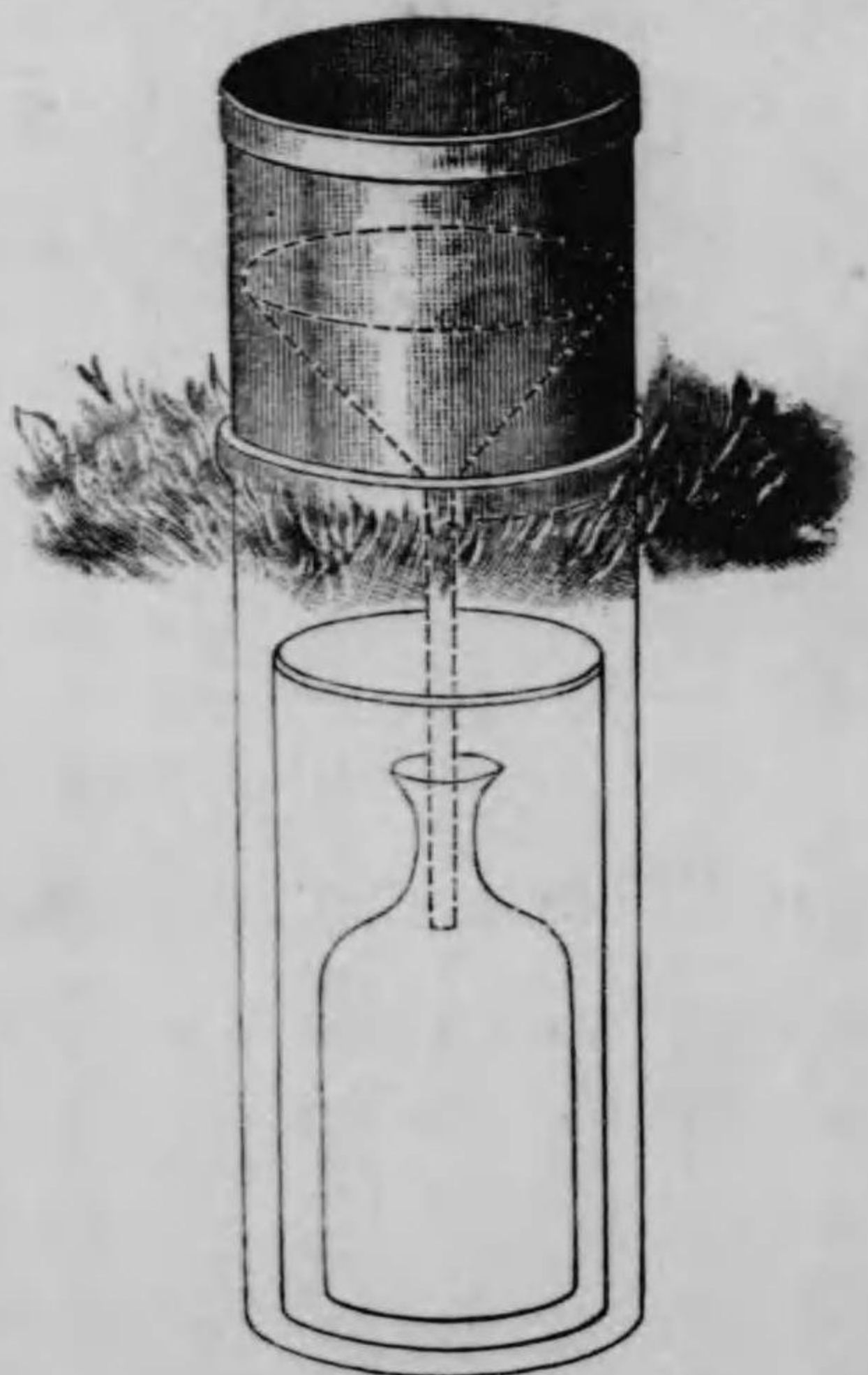
案である。

雨量計を据付けるには、打ち開いた平地を選び、第十七圖に示す様に瀝水器を地中に直立に埋め、輪の處を丁度地面にあるやうにし、受水器の口縁は水平にする、又器の周圍には短かい芝草を植ゑて置く、裸地にしてあると

地上に降つた雨滴が跳ねて、雨量計の中に飛び込む虞がある。

一三四、雨量の觀測 雨量を測るにはまづ漏斗を取り除け、瀝水瓶を取り出しその中にたまつた雨水を樹に移し、手早くその量を測る、瓶は元の如く瀝水器中にある「バケツ」の中に入れて漏斗を取り

第七十圖



付ける、雨量樹で量を測るには樹の上部を左手の拇指と中指と薬指とで支へ、雨水の面を丁度自分の目の水平にある様にし、面の最も低い所Aに當る目盛を讀む、第十八圖はその標準を示したものである、元來樹中の雨水の面は、平面でなく曲面であつて、縁の處Bは幾分か

高くなつてゐるから、その目盛を讀むと雨量が過多に出る。

渚水瓶中の雨水が十耗以上ある時は、これを櫛に移して丁度十耗づゝにして測らうとすると却々手間が取れる、故に必ずしも十耗づゝにしないで適宜櫛中に入れて、その量を讀み取つては捨て、その残りを測つて後に合計すると云ふやうにすれば餘程手早い、例へば櫛で測つ

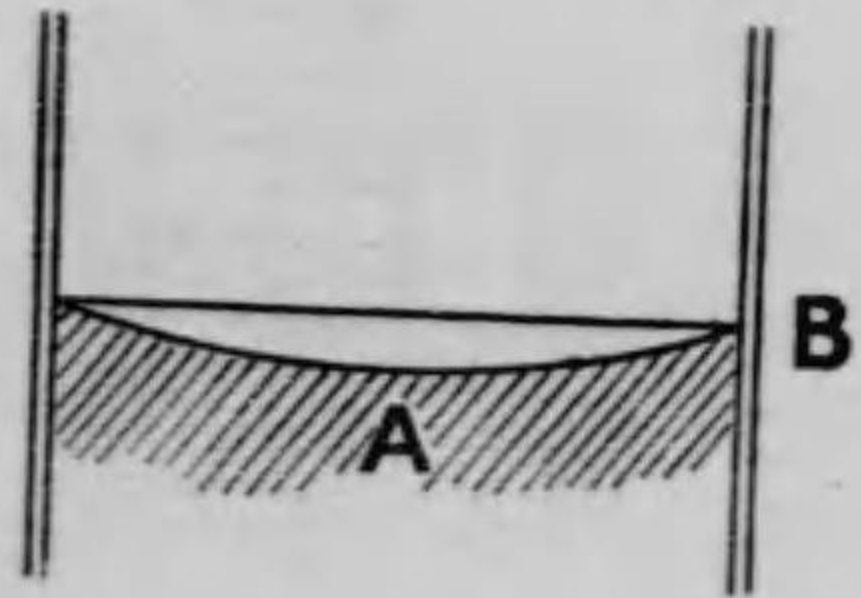
て丁度二杯と残り四耗五あるとすれば、雨量は二十四耗五である、これを三度に分けて、始めに九耗三、次に八耗六、次に六耗六測つたとして加へ合せるも同じであつてしかも手早い。

降りが強い時は、測定してゐる間にも可なり多量の降雨があるから、その間に降つたものを測り損ねては不都合である、依つて渚水瓶は別に一箇を備へて置き、観測の時は雨量計の中のと取り換へて漏斗は直ちに元のやうに直し、雨量は室に歸つてからゆつくり測ることにするがよろしい。

雪、雹、霰等は温湯を注いで融かして測り、全體の量から注入した温湯の量を差し引いて降水量を出すのである。

一三四、雪量計 雪が多量に降る時期には、雨量計を用ゐる代りにそれと口径の等しい長

第十 八 圖



い圓筒器をつくり、口縁を水平にして露場内に安置し置き、降り積もつた雪量を測ることにするがよろしい、假にこのものを雪量計と名付ける、雪量を測るには、矢張り温湯を入れて雪を融かし、雨水と同様に見做して測り、湯の量を差し引くのである、この場合に注入すべき温湯の量は大約知つて置くことが必要である、今雪量を  $m$ 、その温度を  $t$ 、密度を  $\rho$  とし、氷の比熱を  $c$ 、融解熱を  $l$  とす、この雪を丁度融かすべき湯の量を  $w$  その温度を  $\theta$ 、比熱を  $c'$  とすれば

$$mc(0-t) + lm = c'w\theta$$

$$w = m \frac{l-ct}{c'\theta}$$

雪量計の口径は二十耗であるからその中に積もつた雪の深さを  $s$  耗ありとすれば

$$m = \pi s^2 \times 10^2 = 314s^2$$

又氷の比熱を  $0.5$ 、融解熱を  $80$ 、湯の比熱を  $1$  と見れば

$$w = 314s^2 \frac{80 - 0.5t}{\theta}$$

例へば雪量を百耗、雪の密度を  $0.9$ 、温度を氷點下二度、湯の温度を九〇度とすれば所要の

湯の量は二千八百二十六瓦である。

$$w = \frac{314 \times 0.1 \times 100 \times 80 + 0.5 \times 2}{90} = 2826$$

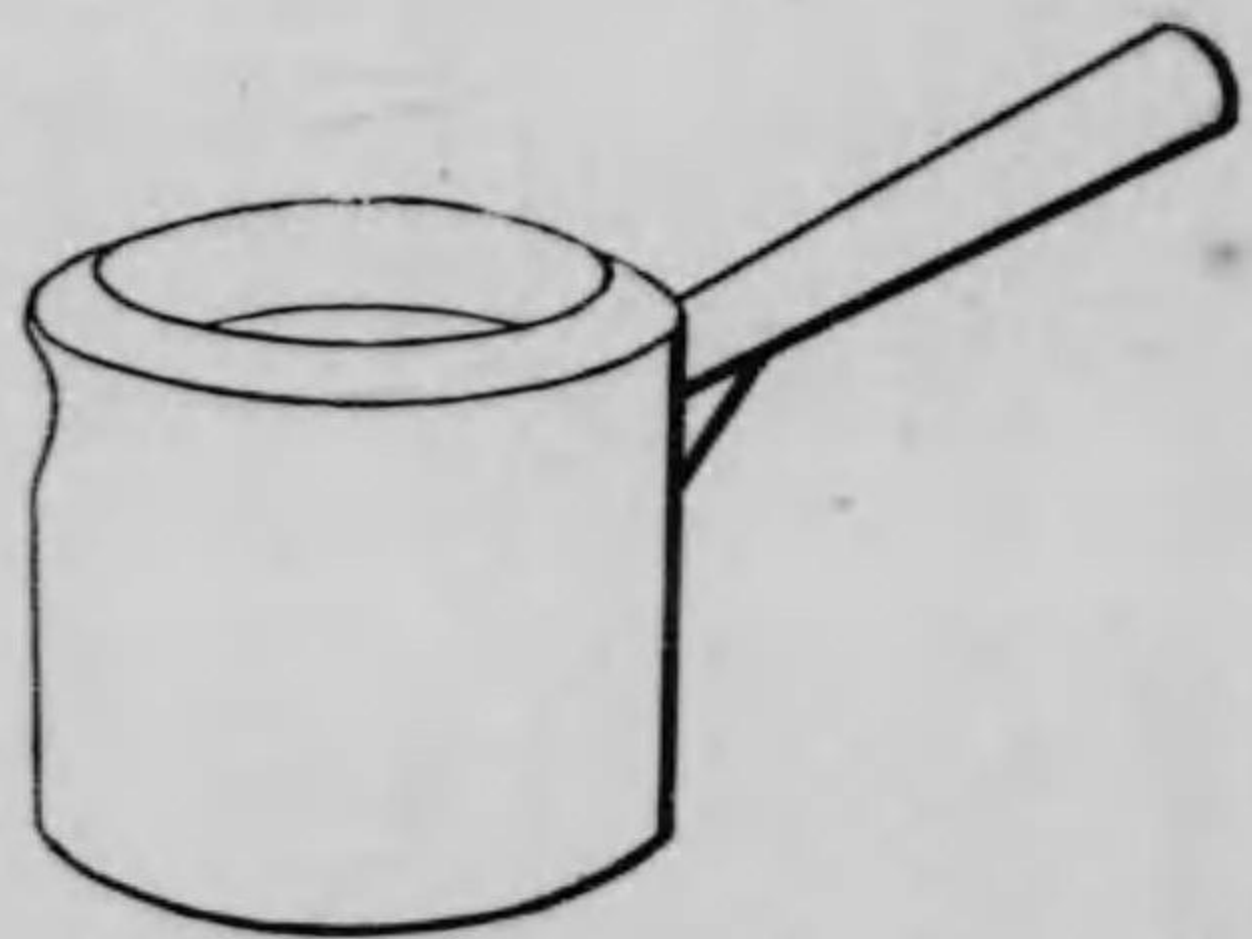
雪が多量であると、湯を注入してこれを融かすのは、實際困難であるから、雪量計を炭火に當て、雪を融かしてもよろしい、併しその時は雪量計に蓋をして蒸發を防ぐ様にしなければならぬ、炭火に當てるのは止むを得ない場合に行ふべきものである、若し天秤を利用するところが出来れば、それに越したことはない、天秤で雪量を測るには雪を雪量計ごとかけて目方を測り、それから雪量計の目方を差し引けば雪の目方が出る、目方が瓦で出たとすればその数を十倍したものを、雪量計の口の面積を平方寸で表はす數で割れば降水量が出る、例へば口徑二〇寸の雪量計に積もつた雪の目方が一〇〇瓦五あつたとすると、降水量は三耗二になる。

$$\frac{100.5 \times 10}{3.14 \times 100} = 3.2$$

一三五、簡單雪量計 雪量計に入つた雪を湯を注入して融解するのは仲々面倒な仕事であるから、専門の觀測者ならば兎も角も、他に業務のあるものは實際上行ひ難い、夫故に雪量計を炭火の上にあて、火力で雪を融かすことも止むを得ないことと思ふ、これが爲めには

普通の雪量計は寧ろ不便であるから、種々の簡單雪量計を考案したものがあつた、英國の「スタンレー」氏(5)は千八百八十六年に洋鍋を利用して雪量計を作つた、これは鍋内に積つた雪を炭火で融すには頗る便利である、第十九圖に示すものはこの雪量計である。

第 十 九 圖



三峰神社々掌宮澤到氏は、熊谷測候所の囑託により、三峰山にて氣象觀測を施行せられし人であるが、明治三十七年の冬に、一種の簡單雪量計を考案した、この器は第二十圖に示す通り、上部は徑二分の圓筒受水器であつて、内部には漏斗を取除き土地の降雪に適應する丈けの大いさに製作してある、下部は藥罐であつて受水器と連絡してゐる、この雪量計は屋外に据付け置き觀測毎に硝子の蓋をなし、火爐に掛け、器中の雪を融解し、藥罐の口の蓋を取り去り、雪水を雨量楯に移して之を計る、熊谷測候所長渡邊技師の談によると、この器は器の内面積が大きいから、水氣が幾分か附着して殘る缺點があるが、普通の雪量計に較べると取扱が輕便であるのが利益である。要するに冬期の使用に適する雨量計の考案は、本邦の如き多雪の國では、仲々困難であるが



この宮澤氏の考案は兎も角もこの方面の研究に一步を進めたものである。

第十二圖



一三六、雨量計の誤差 雨量計で測つた雨量には種々の誤差がはひる、その内で主なものは、(一)受水器の口が多少歪である爲めの誤差、(二)受水器の口縁が水平でない爲めの誤差、(三)口縁の高さが過高又は過低なる爲めの誤差、(四)雨が受水器、潑水瓶、雨量樹等を潤ほす爲めの誤差である。

(一)受水器の口は眞圓であるべきであるが、毎日取りはづしをするから長く使用してゐる内には自然に橢圓になることがある、今この歪み方が如何程までは差支がないか吟味して見よう、「カスネル」氏の(6)の研究に依ると、雨量計の口の半径がrであるものが長径が2a、短径が2bの橢圓となつたとする、橢圓になつても周圍の長さは變りがない、これをuとする、橢圓の偏心率をeとすれば

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} = 1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2$$

$$u = 2\pi a \left[ 1 - \left(\frac{1}{2}\right)^2 \frac{e^2}{1} - \left(\frac{1.3}{2.4}\right)^2 \frac{e^4}{3} - \left(\frac{1.3.5}{2.4.6}\right)^2 \frac{e^6}{5} - \dots \right] \dots (1)$$

$$\left(\frac{b}{a}\right) \text{は} 1 \text{に對して小なる數であるから上式中三項及びその以下は皆省略すると}$$

$$u = 2\pi a \left(1 - \frac{e^2}{4}\right) \dots (2)$$

$$\therefore b^2 = \frac{2au}{\pi} - 3a^2 \dots (3)$$

然るに

$$u = 2\pi r \dots (4)$$

今橢圓の長径 a が r + dr になつたとすれば(3)と(4)とから

$$b = \sqrt{(r + dr)[(r + dr) - 4dr]}$$

橢圓になつた時の面積をFとする

$$F = \pi ab$$

本邦で現用してゐる雨量計の半径rは十糎であるから、受水面積Fは3.14 x 10^2 即ち三百十四平方糎である、いまこの雨量計が歪んで橢圓になつた時の面積と測定の精確度を表示すれば次の通りである。

	dr (耗)	a (耗)	b (耗)	F (平方糎)
一	101	99,0	313,6	313,6
二	101	97,9	313,6	313,6
三	103	96,8	313,1	312,5
四	104	95,7	312,5	311,6
五	105	94,5	311,6	310,2
六	106	93,2	310,2	

本邦の雨量計は受水面積が三百十四平方糎であるから、雨量が1%まで精密であるには受水面積が三百一十一平方糎となつても差間ない、これは前表で見ると長徑一〇、六五糎、短徑九三、九糎の楕圓となつても差間ないと云ふことになる。

(二) 受水器の口縁が水平でなく、多少傾いてゐると、受水量が少なくなる、一般に云ふ雨量計の口縁が水平とθの角をしてゐると、受水面積は  $F \cos \theta$  になるから、實際Qだけ降つた雨量はこの雨量計では  $Q \cos \theta$  として出るのである、勿論これは大約の話であるが實際も大差はなからう。

(四) 受水器の口縁の地上の高さが異なると、假令同口径の雨量計でも受水量は異なる、これには種々の原因があるであらうが、まづ風の影響が主なるものと思はれる、雨量計を小屋の屋根などに据付ける時は、小屋のある爲めその前と後とで風の吹き方がちがふ、従つて雨の降り方も異なるから雨量が正確に出ない、明治二十三年に中央氣象臺(二)で高さ十米許の櫓

上と地上との雨量を比較測定したが、平均上では櫓上の雨量は地上のその約八十四%位であつた、獨り小屋や櫓のみでなく雨量計自身も風の吹き方を變へるから、従つて口縁の高低でも模様を異にする、雨量計の口縁の高さと雨量との關係は「アツベ」氏(7)に依ると次の通りである、Rは實際の雨量、Cは雨量計の示度、Hは雨量計の地上の高さ、Kは常數である。

$$C = (1 - K \sqrt{H}) R$$

いま  $H_1$  と  $H_2$  との高さの雨量計で測つた雨量を  $C_1$ 、 $C_2$  とすれば

$$C_1 = (1 - K \sqrt{H_1}) R \quad C_2 = (1 - K \sqrt{H_2}) R$$

故に

$$R = \frac{C_1 \sqrt{H_2} - C_2 \sqrt{H_1}}{\sqrt{H_2} - \sqrt{H_1}} = C_1 + \frac{1}{\sqrt{\frac{H_2}{H_1}} - 1} (C_1 - C_2) = C_1 + n(C_1 - C_2)$$

便利の爲次表にnの値を掲げる。

$H_1/H_2$	一	二	三	四	五
二	二、四一四	一	一	一	一
三	一、三六六	四、五四〇	一	一	一

四	一、〇〇〇	二、四一四	六、四六九	—	—
五	〇、八二八	一、七二一	三、四三八	八、四七四	—
六	〇、六八九	一、三六六	二、四一四	四、四五〇	一〇、四八五

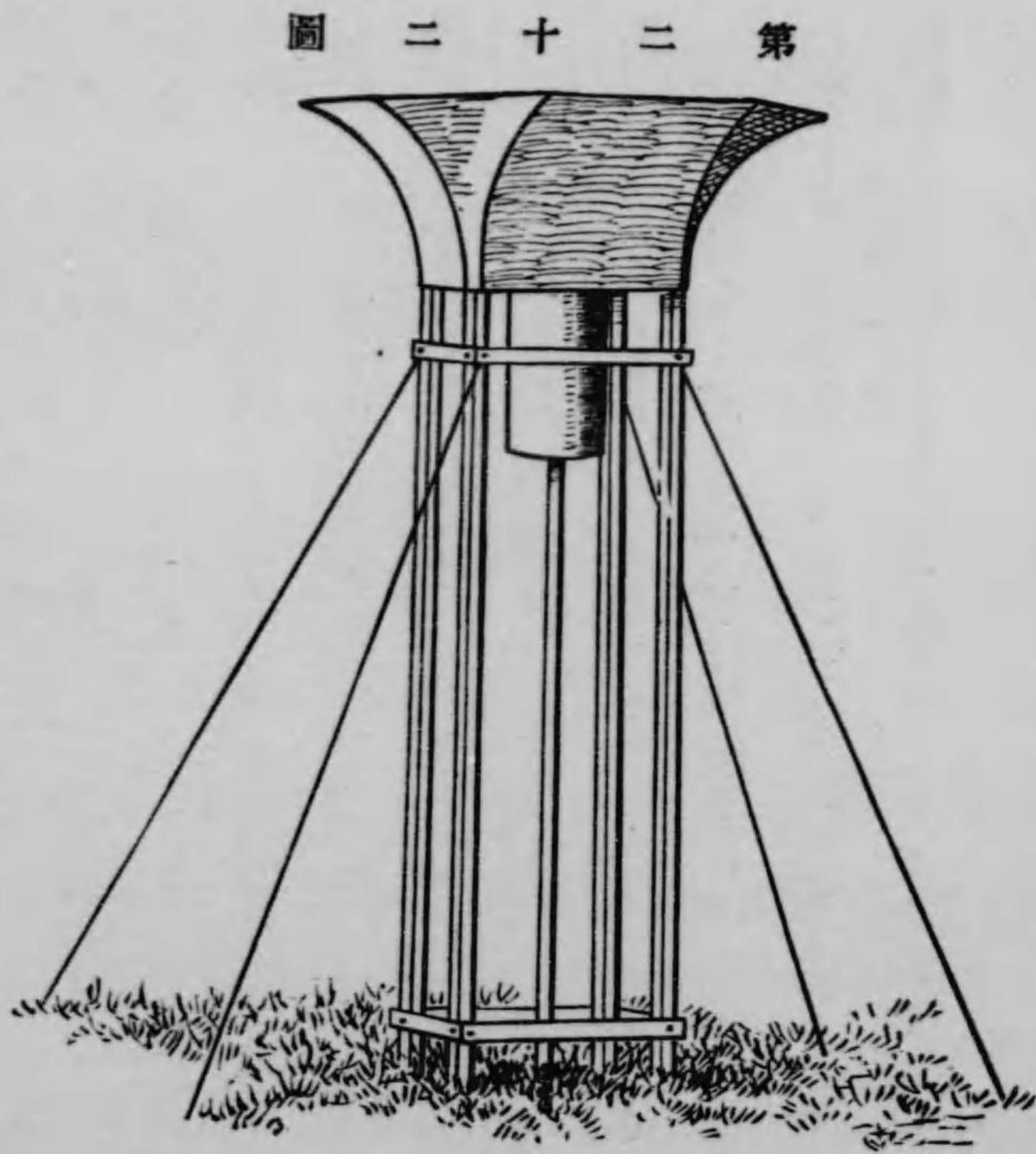
雨量計を地上に出して置くとかやうに風の影響があるから、千八百六十一年に「ジェボンス」氏(8)は地面に穴を掘つてその中に雨量計を、口縁を地面と凡んと同高にして据付けて置くがよろしいと論じた、勿論この方法は理論上から云へば善いに違ひないが、かやうにして置いては枯葉、塵芥等が吹き込み易い、又大雨の時には周圍に雨水が流れ込み、穴に溜まつて遂に雨量計に溢れ込む、又地上に積んだ雪が吹雪になつて吹き込む等、その他種々の故障があるから、實行するとは困難である、そこで千八百七十九年に米國の「ナイフアー」氏(9)は圓錐形の遮壁をつくつて雨量計を圍み、その上縁を雨量計の口と同じ高さにして、風が吹いても遮壁の口を下を向いて吹き込む爲め、雨量計には少しも影響のないやうにした、獨逸の「ビヨルンシタイン」氏(10)は、千八百八十三年十二月から翌年六月まで、伯林の高等農學校で遮壁のある雨量計と無い雨量計とで比較測定したが、その成績は

降水種別	日數	無遮壁	有遮壁	比
雪	一〇	四、五六	八、五一	〇、五三五九

細雨	三二	一二、七七	一九、三六	〇、六五九七
雪雨	九	二八、九六	三五、五一	〇、八一五六
雹雨	四	四、九九	五、六〇	〇、八九一〇
雨	五二	一二六、四二	一四〇、三二	〇、九〇一二
豪雨	一五	八三、九九	八七、六八	〇、九五八一

である この成績で見ても、雨量は遮壁を設けたものの方がいつも多量を示すことが明らかである、風に吹き送られ易い雪とか細雨とかに於ては殊にさうである、故に今日の處では、有遮壁の雨量計を使用することは風の強い土地ではまづ獎勵すべきものであらう、只「ナイフアー」氏のやうに、遮壁の下部を雨量計の胴に密着して置いては、大雪の時は壁の内に雪が降り積んで、口縁以上に達することあるのが缺點である、瑞西の「ビルウサラー」氏(11)は、これを改良し、遮壁の下部と雨量計の胴との間に透間を設けて、雪が降り積もらずに、皆下に落ちるやうに工夫し、且つ雨量計全體を架に取り付け、上げ下げを自在に出来るやうにした。近頃米國の「マルビン」氏の考案になつた雨量計は第二十二圖に示す通りであるが、評判が甚だ宜ろしい。

雨量計に積もつた雪が風で吹き飛ぶのを防ぐには、「ウキルド」氏の考案したやうに、受水器



の圓筒に十字に組むだ亞鉛の平板を指し込んで置くがよろしい、尤も降雨の際に雨がこれを潤ほす爲め、又これに吹き當つて飛び散る爲め、雨量が少なく出る缺點がある。

(四)雨は降り込むとき多少受水器を潤ほす、渇水瓶に入つた雨量を測るときには雨水を樹に注入する爲め渇水瓶が潤ほさ、又樹に着いて幾分か残る、受水器に着く分は〇、〇五耗から〇、〇七耗位、渇水瓶と樹とに着く分が各々〇、〇三耗から〇、〇五耗位である、故に雨量を測る度に雨水がこれ等の器を潤ほす爲めに起る誤差は少なくとも〇、一耗以上になる、従つて〇、一耗の雨量と云ふても實際は

〇、二耗以上の降水があつた譯になる。いま一年間に測定した回数が百回あつたとすると、年

量が十耗少なく出ることになつて、この原因から来る誤差も仲々に多大であることが知れる以上の外に雨水が渇水瓶中で蒸發する爲め實際より少なく出る事實がある、夏期の驟雨に於て殊に著るしい、又毎時又は一日六回觀測に依つて得た日量は、一日一回觀測の日量とは異なつて少ないこともあれば多いこともある、多く出るのは一回觀測の分は蒸發の爲めの誤差が大きい故であらう、少ないのは數回の觀測では測器を潤ほす爲めの誤差が勝つ故であらう。

一三七、自記雨量計 千六百六十二年、英人「ウレン」氏が雨量計を製作したことは既に述べたが、その雨量計は普通のではなく自記雨量計である、その後自記雨量計を考案したものは少なくない、就中丁抹の「ルング」氏<sup>(12)</sup>は千八百八十四年に秤形自記雨量計を考案した、明治三十一年即ち千八百九十八年に中央氣象臺で製作した秤形自記雨量計は全く「ルング」式に基いたものである、曲管を自記雨量計に應用したのは獨逸の「ヘルマン」氏<sup>(13)</sup>で、千八百九十七年のことである、本邦現用の簡單自記雨量計は「ヘルマン」式に外ならない、尤も正戸豹之助氏<sup>(二)</sup>に依ると本邦の器械は全く獨立に考案したものであると云ふ、併し出來上つた年代は確かにすつと後であることは否定し難い。

自記雨量計にはその種類が約三十五種もあるから一々こゝに記述することは出來ない、次に

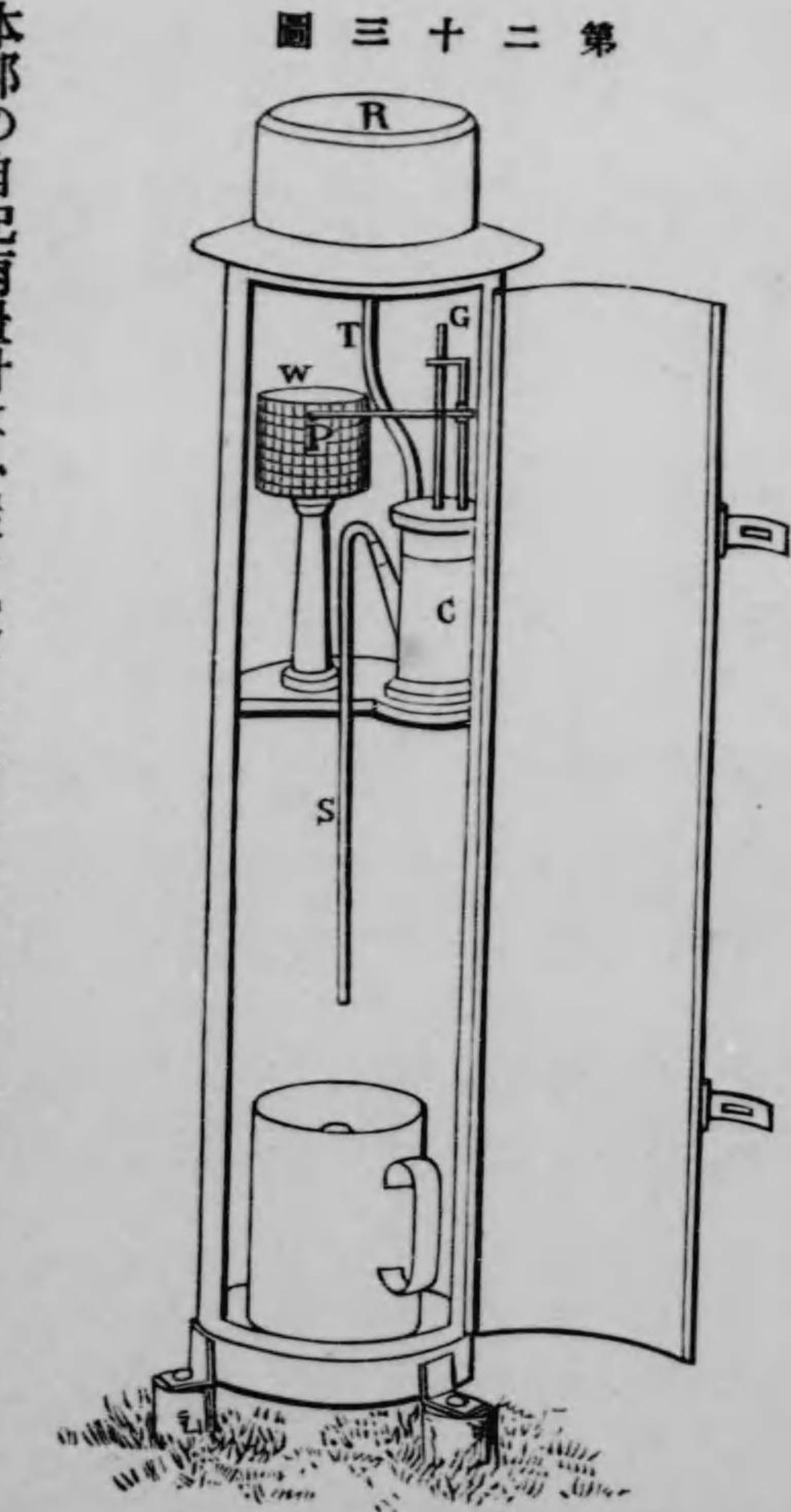
本邦に於て最も弘く行はれてゐる簡單自記雨量計の原理と取扱法とを記すことにする、その他の自記雨量計に就いては著者の長友大石和三郎氏(四)の論文を参照せられたい。

簡單自記雨量計では受水器へ入つた降水は鉛管を傳はつて潜水筒中に入りその中にある浮子を上昇させる、浮子の先端から直立する心棒に取り付けてある自記「ペン」が、自記圓筒に巻いてある紙上に潜水筒内の水位の上昇即ち降水量を自記する、自記圓筒は時計仕掛で垂直軸の周りに等速で回轉する、「ペン」が最上位に達するまで雨水がたまると潜水筒に取り付けた「サイフォン」が作用して、筒内にたまつた降水を排出して仕舞ふから「ペン」は亦た零位に戻る、降水が止まない間は何度でも「ペン」は最上位まで達しては零位に復することを反覆するか、自記紙を見れば何時間に何耗の降水があつたか知れる、通常の器械では降水量が五百瓦ある時十耗を示す割合で、受水器の直径は二十五厘二、潜水筒の直径は七厘九八である、近頃では受水器の直径が普通の雨量計と同じく二十厘で、降水量が二十耗に達した時「サイフォン」が作用し始めるものもある、自記雨量計は普通一日の降水量を自記するものであるが、最近米國の「マルビン」氏<sup>(14)</sup>の考案したものは八日間の降水量を自記するやうになつてゐる、自記雨量計の「サイフォン」は「ペン」が定位に達すれば作用し始めるものであるが、晴天が續

いた後に降雨があると、その内面が乾き過ぎてゐる爲め、又は砂塵や煙末などで汚れてゐる爲め雨水と「サイフォン」との粘着の度が變り、定量以上に達しないと作用が起らないことがある、又大雨の際には「サイフォン」の内部が潤ほひ過ぎてゐるから、定量に達しない内に既にして用を起して潜水筒内から雨水を排出して仕舞ふ、併し何れの場合でも「ペン」の記したまゝを讀み取れば眞の降水量が知れるから、強ひて器械を調節する必要はない、只雨水を總べて排出した時に「ペン」が零位に歸らない場合は、「ペン」の取り付けを上下して零位に戻るやうにしなければならぬ、或は「サイフォン」に依つては雨水を一時に排出しないでダラ／＼と排出するものがある、これは「サイフォン」が不良になつてゐるのであるから取換へる必要がある、通常「サイフォン」は七秒乃至九秒位で排水の作用を終るから、普通の降雨では別に差支が起らないが、非常な大雨であると「サイフォン」から未だ水が抜け切らない間に可なりの降雨があるから、潜水筒から引き續いて雨水が流れ出る、かゝることは滅多にないが、「サイフォン」を用ゐる自記雨量計の缺點の一つはこゝにある。

「サイフォン」は雨水中の煙末その他の混有物の爲めに漸々汚れて作用が不良になるから月に一度位は取りはづして掃除する必要がある、それには極く薄い鹽酸を通して清水でよく流す

か、又は鹽酸を用ゐる代りに酒精を使つて奇麗にすれば宜しい。「ヘルマン」氏の自記雨量計は第二十三圖に示す通り、要部は受水器に連ねてある圓筒中に收めてあるから雨量計そのものをそのまま風雨に曝して置いても差支はない、至極簡便である、



併しこれにも一利一害は免れなく、日の照り付ける時には圓筒が非常に熱するから自記圓筒内の時計が遅れ勝ちになる、故に夏の夕立の時などには兎角時刻の不整が起る。

本邦の自記雨量計は小屋を設け、受水器を屋上に据付け、鉛管を以て室内に導き、自記器は室内の臺上に据付けて置くのであるが、これにも亦一利一害がある、天氣の好い日には室内

は非常に熱してゐるから時計が遅れる、又受水器は屋上に置くから風の影響を受けて多少雨量が少なくなると出る、尤も室内の空氣と外氣との交通を付けて置き、又器械の時計部には壁や屋根からの輻射を遮ぎるやうな装置をすれば時計の遅れは多少防ぐことが出来る、「ヘルマン」氏の自記雨量計にもかやうな装置をすれば一層善いものになると思ふ。

自記雨量計室には床を設けて置くがよろしい、勿論排水孔を穿つて置くことは忘れてはならぬ、床がなくて通風自在であると、「サイフォン」の排水口を風が吹き通る時に吹氣作用をす

るから、「サイフォン」の作用が早く始まり過ぎる虞れがある。

一三八、雨量計の妨碍 雨量計は普通庭上に据付けて置くから種々の障碍を蒙ることがある、盜賊が地金を得る爲め器械全部を持ち去ることは往々ある、潜水瓶のみを盗まれた例もある、醉漢が雨量計に放尿した例は今日にても測候家間の一笑話となつてゐる、これ等は土地の人が未だ開けないで、學術の尊重すべきを知らない證據で誠に憫むべき次第である、この種の人爲的の障碍は國が開けるにつれて無くなる。

動物の障碍も少くない、東京の郊外なる、西ヶ原農事試験場の構内に据付けた「ヘルマン」式自記雨量計の受水器の口孔へ蟻が出入し、鉛管を傳うて潜水筒に群集し、器の作用を妨げた例が

ある、鳥が受水器の口孔へ穀類を落した例もある、英國の「ダブリン」市の植物園内に据付けられた銅製の雨量計の内部には土蜂が巢をつくつた例もある、これ等の外に蜘蛛が雨量計の内外面に巢をかけた例は枚擧に遑がない程である、これ等の故障は観測者の注意に依つて取去ることが出来る。

工業の盛な土地では雨水中に種々の酸類殊に硫酸を含むことが多いから、雨量計が硫化して銅製ならば緑晶が出来、亜鉛製ならば腐敗することが多い、勿論これ等は時々掃除すれば避けることが出来る。

一三九、自記雨量計自記紙の讀取 自記雨量計の自記紙より雨量を讀み取るには單に示度を讀み取ればよろしい、只注意すべきことは定量が十耗の自記雨量計で「ペン」が例へば十耗三になつてから零位に復することがある、この時は十耗三と取らなければならぬ、又「ペン」が零位に復せずに例へば〇耗二の所まで歸つてから再び上昇し始めることがある、この間の雨量は九耗八と讀まなければならぬ。

獨國の「ヘルマン」氏(15)が自記雨量計の自記紙から讀み取るべき要素として列擧したものは

(一) 毎時間の雨量を耗に示す。

(二) 二十四時間中に降水のあつた時間

(三) 二十四時間の各時間中の降水の全時間を時分にて表はすもの

(四) 一降水時間中の實際の平均降水時間

(五) 降水時間別の降水回数

(六) 降水の度数別の降水日數

(七) 降水時間別の降水日數

(八) 短時間中の降水量

である、先づこれ等が必要なるものであらう。

一四〇、降水日月年量

零時から夜半までの二十四時間中の降水量をその日の降水日量と云ふ、自記雨量計の設計のない所では夜半に觀測しなければこの意味の日量を得ることは出来ない、即ち本邦の一等測候所のやうに毎時觀測をする所であれば日量を得られないのである、併しながら普通の雨量觀測所は本邦では午前十時に只一回觀測するのみである、今日の所では別に方法がないからこれを前日の雨量とする、例へば九月七日の午前十時に測つた雨量は六日の午前十時から七日の午前十時までの二十四時間の量であつて、その大部分は六

日の量であるからこれを六日の日量とするのである、雨量観測の時刻は各國とも同一でなく一國內でも多少異にする所がある、併し實際上午前十時を界とする日量と午後十時又は夜半を界とする日量とは互に比較することが出来ないから、少なくとも一國內だけは同一標準時の同一時刻に観測することにした、今参考の爲め二三の國に於ける雨量観測時刻を掲げる。

日本	午前十時	前日の日量とす
英國	午前九時	當日の日量とす
獨逸	午前七時	當日の日量とす
埃國	午前七時	前日の日量とす
米國	午前八時	前日の日量とす

日量を一箇月間合計したものが降水月量で、一年間合計したものが降水年量である、永年の間の毎月の降水月量の累計を年數で割つたものがその月の平均降水月量で、年の降水量を累計して年數で除したものが年の平均降水量である。

一四一、降水日數 降水日量 $\circ$ 、一耗及びそれ以上ある日を降水日とする、これは大抵の國で採用する限界であるが勿論一定したものではない、單に降水量を $\circ$ 、一耗あれば降水日とする定義から云へば、露量が $\circ$ 、一耗以上あることは往々あるからその日はよし快晴でも降

水日の内に入れなければならない、「ハン」氏はその氣象學に於てこのことを述べてゐる、降水日と云ふことを雨日と云ふ意味にとれば餘程異様であるが、茲に云ふ降水日は全くかゝるものではない、従つて世間一般に云ふ雨天日數と降水日數とは全く別物である、併し實用上からは兩者を接近したものとする必要がある。

降水量 $\circ$ 、一耗以上の日を降水日とすることは、少しく氣候學上の降水日數と世間一般の雨天日數とを相接近させると云ふに不適當であるから、一耗以上の日を降水日としようと考ふる學者も少なくない、併し各國で共同の統計法を採用し難い今日ではこの二様の統計をするのを至當と考へる、實際には降水量別日數を別に計上して置くのが最も便利である。

一四二、降水時間 は降水の實際繼續した時間を云ふ、これは二十四時の各時間中に何時何分間と云ふやうに統計して置くもので分までを取る、さうしてこれには一降水日中の總降水時間を云ふのがある、又一と月の總降水時間、一年間の總降水時間と云ふものもある。

一四三、降水密度 は一と月の總降水量をその月中の降水日數で割つたもので、一降水日に何耗として表はす、併し實際はその月の降水の總時間數で割る方が、即ち一時間耗で表はす方が合理である、この點から云ふと降水密度は降水の平均の強さに相當する。



## 一四四、降水確度

一と月中の總降水日数をその月の總日数で割つたものを、その月の降水確度と云ふ、また一と月中の總降水時間数をその月の總時間数で割つたものを、その月の絶対降水確度と云ふ、これは通常百分率で表はすことになつてゐる。

獨逸の「ケツペン」氏(16)は降水確度を、一日數回の定時觀測の結果から算出する方法を案出した、即ち一と月中の總時間数をN、總觀測回数をn、降雨を觀測した回数をr、總降水日数をd、總降水量をhとすれば

$$\frac{r}{n} \text{ は絶対降水確度}$$

$$\frac{rN}{n} \text{ はこの月の總降水時數}$$

$$\frac{rN}{nd} \text{ は一降水日中の平均降水時數}$$

$$\frac{h}{d} \text{ は一降水日中の平均降水日量}$$

$$\frac{h}{r} \text{ は一降水時中の平均降水時量}$$

である、例へば某地に於ける某年某月中の一日六回觀測の結果で、降水を觀測した回數が二十四、總降水日數が十七、總降水量を百五十二耗七とすれば

$$r=24 \quad N=31 \times 24=744 \quad n=186$$

$$d=17 \quad h=152.7$$

であるから

$$\text{降水確度} = \frac{d}{N} = \frac{17}{31} \times 100 = 55$$

$$\text{絶対降水確度} = \frac{r}{n} = \frac{24}{186} \times 100 = 12.9$$

$$\text{總降水時數} = \frac{rN}{n} = \frac{24}{186} \times 744 = 96$$

$$\text{平均降水時數} = \frac{rN}{nd} = \frac{24}{186} \times \frac{744}{17} = 5.7$$

$$\text{平均降水日量} = \frac{h}{d} = \frac{152.7}{17} = 8.98$$

$$\text{平均降水時量} = \frac{h}{r} = \frac{152.7 \times 186}{24 \times 744} = 1.59$$

になる、この計算法は少なくとも毎時觀測の成績に依らなければ、實際と合一するものが得られまいと思はれるが決してどうでない、降雨は瞬時の現象ではなく多少引き續くものであるから、例へば午前二時に雨が降り午前六時にも亦雨が降つて居るとすれば、その間引き續いてゐたものと見なしても差支ない、それ故一日數回の定時觀測でも、この計算法に依つて十分な結果が得られる、本邦の如く一日六回の觀測ならば勿論結果は毎時のものと大差がない、

西洋のやうに一日三回の観測でも不十分でないことは實驗上確認された事實である。

一四五、降水量一日中の變化

降水量が一日中にとり變化するかを見るには、少なくとも永年の間毎時間の降水量を測り、毎月の毎時間の平均降水量を計算する必要がある、例へば一月中の降水量一日中の變化を見るには、一月一日から同三十一日までの毎日午前零時から同一時までの降水量を合計し日數で割り、これをその時間の平均降水量とする、午前一時から同二時までの分も亦同様にして求める、かうして二十四時間の分を一々に作つて變化を見るのである、併し各月の日數は同じでないから、各月の降水量の變化は互に比較することは出来ない、故に平均日量で各時間のものを割り、その結果を百分率か千分率で表はして置くを適當とする。

降水量一日中の變化は地勢に依つて異なるから一般の定則を述べ難いが、先づ概して内陸式の變化と海岸式の變化とに分つことが出来る、内陸式の變化は主極大は午後に顯はれ、副極大とも稱すべきものが早朝に顯はれる、又主極小は午前八時と正午との間に、副極小は夜半頃に顯はれる、「ベルリン」に於ける變化はこの好適例である、海岸式の變化は極大が早朝に顯はれ、極小が午後に顯はれる、香港の變化はこの好適例である、以上は年平均に就いて論じ

た結果であつて、夏と冬とに於ける一日中の變化には相互の間に自ら多少の差異がある。

時刻	大阪	伯林	香港	パタヤ	ネビ
0-2	78*	76*	83	82	82
2-4	82	83	92	69	86
4-6	79	74	100	67	83
6-8	93	69	108	54	81
8-10	83	62*	111	51*	82
10-N	77	63	90	60	83
N-2	76*	85	83	93	87
2-4	94	105	75	113	86
4-6	95	104	67	134	88
6-8	86	113	63	114	83
8-10	78	83	67	82	81
10-M	78	78	61*	82	75*

一四六、降水量一年中の變化

降水量の一年中の變化を知るには月平均の降水量を用ゐる

もよろしい、併し嚴重に云ふと月には大小があるから、これを各々等しい長さに引き直す必要がある、それには種々の方法があるが「マイヤー」氏(17)のやうに二月の降水量には一、〇六を乗じ、大の月には〇、九五を掛けて皆な三十日間のものに直して比較するのが最も簡便である、かうして出した月量を更正月量と云ふ、「アングー」氏の方法はこれと異なり、先づ各月の

量を年量で割り、これを千分率で表はしたものを降水率と名付ける、例へば臺北の八月の雨量が三百二十一耗六、年量が二千六十七耗であるとな月の降水率は一五六である。

$$\frac{321.6}{2067.0} \times 1000 = 156$$

一年即ち三百六十五日間に千耗の雨量があるとして毎日平均に降つたと見れば、降水率は大の月は八五、小の月は八二、二月は七七である、これ等の數と實際の降水率との差を降水比較差と稱へて、これが大なる月は多雨の月、小なる月は寡雨の月であると云ふのである、又兩者の差をとる代りに比を作るもよろしい、この比を降水比較率と云ふ、これ等の方法は何れも降水量一年中の變化を知るに適當のものである。大阪測候所に於て觀測した同地の降水量に就いて計算すれば次に示す通りである。

月次	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	年
觀測量	50.6	50.3	103.4	150.8	115.5	110.1	162.1	164.4	180.6	133.8	73.0	44.8	1336.6
更正量	4.1	4.4	9.2	15.8	19.1	20.3	15.0	9.5	18.6	27.1	33.0	41.6	
降水率	5	5	10	12	9	14	22	21	27	16	5	3	100.0
比較差	(1) 4	(1) 0	(1) 0	(1) 0	6	5	3	5	3	5	(1) 2	(1) 3	
比較率	0.8	0.8	0.8	1.0	1.1	1.1	1.4	1.3	1.6	1.2	0.7	0.3	100.0

降水量の一年中の變化は風土に依つて異動があるから、概括して論ずるにしても尙ほ數多の型式に分つを便とする。

一、赤道式變化 一年中に降水量の極大極小が各々二回づゝある、極大は春分と秋分に顯はれ、極小は夏至と冬至に顯はれること丁度氣溫の變化と同様である、これは氣溫と降水量とは相關聯してゐて、溫度の高い時候には上昇氣流は旺盛であるから降水は多く、溫度の低い時候には上昇氣流が劣勢であるから降水が寡ない、さうして赤道地方では太陽が一年中に二回天頂を通るから、氣溫の極大が二度あり極小も從つて二度あるからである、「スマトラ」島の「シングケル」や「コロンピヤ」の「ボゴタ」の降水量は赤道式變化の好例である。

二、熱帶式變化 一年中に降水量の極大と極小は各々一回づゝある、即ち一年中に雨期と乾期とがあることになる、雨期は四箇月位であるから乾期より遙かに短い、又北半球の雨期は南半球の乾期の頃に來たる、これは熱帶地方でも赤道を距たること稍々遠き所では、氣溫の最高と最低とは各々一回づゝになるから、降水量の變化もこれに伴ふのである、總じて氣溫と降水量と直接關聯するのは對流式降雨の場合に限る、呂宋島の「マニラ」や「ブラジル」國の「サン、パウロ」の降水量は熱帶式變化の適例を示してゐる。

三、**氣節風帶式變化** 氣節風の卓越する所では一年中が雨期と乾期とに分れ、大陸では風向は夏は洋から陸に、冬は陸から洋に向ふから、降水量は夏に最多に冬に最少である、北京、英領印度の「ボンベイ」、「アルヘンチナ」國の「コルドバ」の降水量はこの好例である、最も基隆のやうに氣節風の方向が、冬に洋から陸に向ふ所では降水量は冬期に最多である。

四、**温帶式變化** 温帶地方では冬期は低氣壓の往來が頻繁であるから降水量が多く、夏期は比較的乾燥である、即ち歐洲大陸の北部では降水量が此型式の變化をする所が多い、伯林の降水量はこの好例である。

五、**混成式變化** 我國の日本海岸の如く、氣節風の影響を受けて冬期は多雪であり、又颱風の爲めに夏期は多雨である土地では、一年中の變化は混成式變化とも稱すべきものである。

地 名	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
スマトラ (Sumatra)	六	六	七	九	六	七	七	九	二	四	一	五
ボゴタ (Bogota)	五	五	七	二	一	三	五	三	三	三	一	〇
マニラ (Manila)	五	五	九	九	六	五	三	二	一	二	九	三
サン、パウロ (Sao Paulo)	一	五	二	三	四	五	五	一	五	三	九	二
北京 (Peking)	八	八	六	四	四	四	三	二	一	七	四	三
ボンベイ (Bombay)	二	〇	〇	〇	〇	七	二	六	三	三	一	〇

一四七、**降水量三十三年の周期** 露國の「カスピ」海の水位は、非常に永い間繼續して觀測した成績がある、「ブリークナー」氏18はこの成績を調査して三十四年乃至三十六年の周期を以て變化することを知つた、その原因を研究する爲に降水量の變化を調べた結果、これにも平均三十五年の周期がある、即ち多雨の年も各々約三十五年宛隔つて來ることを確めた、同氏が摘出した雨期と乾期は次表の通りである。

乾 期	雨 期	乾 期	雨 期
1831/40	1846/55	1861/65	1876/85
一七五	一七五	一八三	一八三
一七六	一七六	一八四	一八四
一七七	一七七	一八五	一八五
一七八	一七八	一八六	一八六
一七九	一七九	一八七	一八七
一八〇	一八〇	一八八	一八八
一八一	一八一	一八九	一八九
一八二	一八二	一九〇	一九〇
一八三	一八三	一九一	一九一
一八四	一八四	一九二	一九二
一八五	一八五	一九三	一九三
一八六	一八六	一九四	一九四
一八七	一八七	一九五	一九五
一八八	一八八	一九六	一九六
一八九	一八九	一九七	一九七
一九〇	一九〇	一九八	一九八
一九一	一九一	一九九	一九九
一九二	一九二	二〇〇	二〇〇

「ハン」氏(19)は「パツア」、「ミラノ」、「クラーゲンフルト」の三箇所の雨量觀測から、雨期と乾期との中心となる年次を次表の通り選出した。

「ブリークナー」氏は三十五年周期の變化の原因を闡明しなかつたが、太陽黒點數に三十三年

乃至三十五年の周期があるから、これと關聯してゐるものと思はれてゐる。

一四八、降水年量の不同 降水の年量は年々著るしき不同がある、「ヘルマン」氏(20)はこの不同の大小を研究し、年量不同の目安として永年間觀測した最少と最多との比を選んで、これを不同率と名付けた、例へば佛國巴里の千八百五十一年から千九百年に至る五十年間の年雨量の最多は、千八百五十四年の七百三十六耗で、最少は千八百八十四年の三百八十八耗である、依つて年雨量不同率は一、九である。

$$\frac{736}{388} = 1.9$$

即ち不同率が一、九であるとは、年雨量の最多雨が最寡雨の一倍九に當たると云ふことを示すに過ぎない、併しこの不同率を各地の觀測の成績から作つて見ると(一)これは一様な氣候の地方内では各所凡んど同値であること(二)觀測年数が少ない成績から計算した不同率は、永年の觀測から計算したものより一般に小さくあるべきである、少なくともこの變化する位数だけは知れる。

「ヘルマン」氏の研究に依ると(一)降水を起す風に向ふ土地では年雨量の不同が小さい、(二)寡雨の地ではその附近の多雨の地に較べると年雨量の不同が大きい(三)降水量の一年中

の變化が顯著で、殊に年に一回又は二回の乾期のある地方では、降水が四時平等にある地方に較べると年雨量の不同が大きい、同氏は永年觀測に基いて各地の降水年量とその不同率とを計算した、今それを次に抄録する、東京の分は新たに計算して之を加へた。

地名	年數	年量	不同率
Edinburgh	50	673	2.2
Greenwich	50	613	2.1
Paris	50	537	1.9
Stuttgart	50	644	2.3
Berlin	50	581	2.1
Kopenhagen	50	560	2.0
St. Petrograd	50	505	2.4
Warschaw	50	574	2.2
Wien	50	623	2.1
Genf	50	850	2.2
San Francisco	50	585	4.2
Washington	41	1090	2.0
Charleston	89	1247	3.3
Capetown	60	648	2.4
Algier	53	683	2.6
Calcutta	72	1545	2.6
Zikawei	32	1101	2.2
Batavia	37	1797	2.0
東京	40	1542	1.7
Adelaide	44	514	2.3

一四九、降水量十一年の周期 太陽黒點には平均十一年の顯著な周期がある、若し降水量と黒點の數との間に何等かの關係があれば、降水量にも十一年の周期があつて然るべきであると云ふ考で、各地の降水量に就いて調査した人がある、「メルドラム」氏や「ロツクキヤ」氏はこれを確證したが、「ブランホード」氏はこれを否定してゐる、「カスネル」氏(21)は太陽黒點の多

い年は太陽の活動の旺盛なる時であつて、日射は強大であるから地球上の気温は高い、従つて上昇氣流が旺盛になつて降水量が多くなると説いてゐる、長岡教授(22)は地球は常に太陽から射出する帯電微體を受けてゐる、この微體の爲に生ずる大氣中の「イオン」は太陽の活動の旺盛なる時に多數になり、水蒸氣の凝結の心核となつて降雨を多量にする、故に太陽黒點の多い年には雨量は多い、赤道地方では水蒸氣が多量であるから、極地に較べると「イオン」が凝結の心核となる機会が多い、従つて黒點と雨量の關係は赤道地方に於て最も顯著であると説いてゐる、元來降水を誘ふ原因は多いのであるから、黒點の影響は隠れて仕舞ふ、それ故降水量の觀測値から、この間の關係を見出すことは一寸と困難だと思はれる。

一五〇、雨量圖 一地方又は全地球面上に於ける降水量の配布の模様を、一目瞭然たらしめるには雨量圖を作るが捷徑である、雨量圖は各地で觀測した雨量を地圖上の各々の地點に記入し、量の等しい地點を線で連ねたものである、この線を等雨量線と云ふ、等雨量線は日量、月量、年量等に就いて描くことが多いが、累年平均の雨量に就いて描くこともある、この場合には各地の累年の年數を同じに直すことが必要である、甲地と乙地との觀測年數が不同であると、假令十年以上の累年平均でも互ひに比較することは困難である、雨量は気温など、異

なり年々の値が著るしく違ふことがあるから、甲地では $m$ 年の平均があり、乙地では $m-n$ 年の觀測しかないとし、 $n$ 年間が特に多雨であつたとすると、乙地の $m-n$ 年の平均は割合に少な過ぎることになる、「ハン」氏はかやうな場合に次の方法に依つて補正を加へた、即ち例へば甲地の $m$ 年の平均雨量を $P$ 、乙地の $m-n$ 年間の平均雨量を $Q$ とする、又甲地の $m-n$ 年間の平均を $P$ とすれば、所要の乙地の $m$ 年の平均 $Q$ は

$$Q = P \times \frac{m}{m-n}$$

で計算するのである、甲乙兩地が程遠くない地で、しかも地勢が似てゐるならば、この方法が適用される、勿論兩地の觀測年數の差が甚だしい時には用ゐることは出来ない、利根川を隔ててゐるが程遠らず、地形も細かに云へば無論異なるが、大體は似てゐると見てよろしい取手と我孫子との雨量表を見ると

	明治	三	五	七	九	一〇	一	三	五	平均
取手	二二五	二四七	二八元	二九〇	二三三	二六〇	二四三	三三四	二八三	二二五
我孫子	—	—	—	—	—	二九二	二六八	二七七	二六八	二六三

である、取手町の明治三十九年から四十二年までの五年間の年平均雨量は千三百四十七耗であるから、我孫子の十年間の平均雨量は

$$1376 \times \frac{1303}{1347} = 1331$$

である、勿論このやうに観測年数が半分位では、この方法を適用するのは少し考へ物であるが計算の方法はこれで差支ない。藤原理學博士(五)はこれを本邦の二三の地に應用して、本邦に於ても歐洲と同様近隣の地には應用出来るが、近隣でも地勢が著るしく異なつた地には應用し難いことを立證した。

雨量圖を描く爲め、各地の雨量を地圖の上に記入して見るに實際丁度雨量の等しい土地は凡んどない、それ故まづ五十耗なり百耗なりの等雨量線は、豫め何處から何處へ引くべきかを研究して描く、雨量觀測所の數が十分に多ければ極めて容易であるが、實際はその數が割合に少ない故に、等雨量線の走向は判斷して定めなければならぬ、この場合に注意すべきことは「カスネル」氏<sup>(23)</sup>が述べた通り(一)地形(二)流行風の方向(三)雨量觀測所の位置である、例へば山脈が流行風を遮ぎるやうな地形であれば風前の地は多雨で風後の地は寡雨である、平野が流行風の吹き來たる向きに打ち開いてゐる土地では内陸に入るに従つて雨量は多くなる、雨量觀測所の位置次第では極く局部だけの雨量しか知れず、その地方の雨量を代表させることが出来ない、故に雨量圖をつくる前に採るべき雨量觀測所の位置を選択する必要がある。

# 欠

# 欠

するところは低氣壓の移動に従つて雨域が移動して行くことである、依つて降雨の區域は一部一地方に限らず、又降雨は颱風、颶風の經路に當る地方に多いのである、我國の普通の降雨は大抵低氣壓性降雨である。

**地形性降雨** 濕氣を帯びた風が海上から陸地に吹き上がると多少上昇する、陸地に山脈等が隆起するところでは殊に著るしい、この上昇氣流の中に水蒸氣の凝結が起つて雨雪を降らす、風は山脈を越えると下降する、下降氣流の中では雲が消える、それ故風前の土地では雨雪が降るけれども風後の土地では好晴である、この種の降雨の特徴は定風の吹き來る方向に面する土地に限つて降雨することである、即ち全く地形に依つて定まつてゐる點である、地形性降雨は濕氣を帯びた空氣が山脈に吹き當ると山體が寒冷である爲め冷却されて降雨を起すと考ふるものがあるが、勿論山體の爲に多少冷やされることは事實である、併しそれのみでは多量の雨は降らない、やはり空氣が山體のある爲めに上昇し斷熱的に膨脹して冷却する結果降雨を起すのである、風が山を越えて下降すると斷熱的收縮の結果として溫度が昇り飽和から遠ざかるから雨を降らさない、それ故風が山脈に吹き當ると向風の地では雨量が多くなるが背風の地では雨量が少なくなる、従つてその地方全體の雨量には山脈の有無は大した



影響がない、向風の土地でも山脈が左程高くなければ、山に登る程降水量が多くなるが、非常に高ければ上昇気流中の水蒸気の量が減ずるから山の中途に最も降雨の多量な所があつて、それより以上では少なくなる、これは實地からも調査した事實であつて、獨逸の「ボツケルス」氏は數理上からもこれに論及してゐる。

地形性降雨を起す場合に陸地や山脈に沿うて上昇する空氣の冷却するのは土地や山體の寒冷なことが大なる影響はない、上昇気流の冷却するのは主として空中に昇るに従ひ膨脹する結果であることは前に述べた通りであるが、この兩原因は輕重こそあれ、上昇空氣を冷やすと云ふ點は同じである、冬期日本海岸の降雪と臺灣北部の降雨とは全くこの種の地形性の降水である。然るに陸地や山脈が吹き來る風よりも相當に高温となつてゐる場合には、成る程空氣は昇騰するに従つて膨脹した爲めに冷却するが一方では是等の陸地や山體の爲め多少冷却を妨げられるから山脈が餘程高くないと冷却することが少ない爲め降雨を起しにくい、夏期に南風が本邦の内地に吹き入つて來ても、高山の頂上附近を除いては雨にならないのは全くこの故である、尤も梅雨期のやうに空氣が可なり濕つてゐると空氣の上昇し初める海岸にも微雨がある、夏期でも吹き來る空氣が可なり濕潤であつて且つ陸地が左程高温でない時は雨に

欠

# 欠

全島の十分の一になりその後も引き續いて減少するばかりである、同島の「ウォルター」氏<sup>(33)</sup>は千八百六十年から千九百七年までの雨量を調べたところが森林の減少した爲に年雨量は僅かに十五耗乃至二十五耗しか減じないが年の雨天日数は約三十は減少したことを發見した。これ等に依つて考へると兎も角も森林は僅少ではあるが雨量を増すとは事實であると思はれる、只茲に大問題となるのは測雨の方法の當否である、元來無林地は有林地に比較すると風の流通が自在であるから、風障のない雨量計を用ゐれば無林地の方が雨量が少なく出る傾向がある、従つてこの問題を解決するは困難である、それ故に完全な比較をするには雨量計に風の影響がないやうにしてから測定しなければならぬ、瑞典の「ハンベルグ」氏<sup>(34)</sup>及び獨國の「シユベルト」氏<sup>(35)</sup>は茲に注意した、實際今日のところではこれから測器を完全にして然る後比較測定した上でなければ果して森林が雨量を増すか否か確言は出來ないのである。さて森林が實際降雨を増すとしたならば何故降雨を多くするかこれも研究を要する問題である。森林があると吹き渡る風は抵抗を受けて風速が少なくなる、従つて上昇する傾向があり降雨を多くするとは露國の「ウワキコフ」氏<sup>(36)</sup>の説くところであるが、「ハンベルグ」氏の説では、森林地方の平地では風が遮られるから雨滴の落ちるのを容易にする、勿論これはその地

方の雨量を増すのではないが雨量の配布を變へる、又風が森林を吹き越す時は立木の爲上昇傾向を生ずるから降雨を誘ふと云ふのである、實際森林が雨量を増すのは此原因に依るのであらう。

**一五七、樹雨** 濃霧の際には森林中の木の葉から大粒の雨がバラ／＼と降る、その量は可なり多いが、森林外では全く雨が降らない、この類の降雨を俗に樹雨(きあめ)と稱へる、山地では雲霧が森林に遭遇する時に降る、夏期富士山に登る時、木立の中で往々樹雨に遭ふのは登山者の経験するところである、樹雨は必ずしも雲霧の場合のみに限つて生ずるのではない、普通の降雨の際にも生ずる理であるから森林中の樹木の受ける雨量は森林外の地上に降る雨量よりも多い、樹雨は水分を涵養すると云ふ點に於て甚大切である。

「マルロス」氏<sup>(37)</sup>は南阿の「ケーブ、コロニー」の「テールブル」山に一種の捕霧器を据付けて樹雨の量を測つた、それは普通の雨量計の漏斗のところを高さ一呎の金網の籠を固定しその中に蘆茅の束を結付けたものである、この器を山腹に据付け傍に同大の普通雨量計を据付けた、千九百四年の一月中の測定に依ると雨量計には雨水は三十七耗であつたが、同面積の捕霧器には千二百三十耗の水量があつた、又他所での測定では雨量は六十六耗であるが捕霧器には

三百四十九耗の水量があつた、我國には未だこの種の測定はないが佐藤順一氏<sup>(八)</sup>に依ると筑波山の木立の中に降る樹雨の量は一日十耗に及ぶことがあると云ふ、兎も角も樹雨は決して少量なものでないことが知れる、樹雨の量は雲霧を吹き送る風速に比例すべきであるから風の強い時は多量であるは勿論のことである。

冬期には、山地の森林には霧氷が出来る、その量も決して僅少ではない、「ウキルヘルム」氏<sup>(38)</sup>が千八百六十年十二月洪國の森林で測定したところでは霧氷の量は降水量として計算すると一耗九あつたと云ふ。

**一五八、山脈と降雨** 風が山脈に吹き付けると山前に於て既に上昇の傾向を生じ山腹に沿うて匍匐するから空氣の膨脹を起しその中の水蒸氣は雲霧となり遂に雨を降らせる、故に山腹は勿論のこと山前の平地にも雨は多い、併し風が山頂を越すと山腹に沿うて下降氣流となるから壓縮されて昇温し雲霧が消えて従つて雨を降らさない、故に風前の山地には雨が多くの風背の山地には雨が少ないのである、かやうに山脈は晴雨の分界線となるから山地では山に近づくに連れて雨量は増し、山に登るに従つて雨量は増加する。

雨量は山に登るに従つて増すが、高い山になると山の途中までは増すがそれからは減少する

即ち最多雨帯は山の途中にある、これは嘗つて印度に在動した「ストラツキー」將軍が千八百五十年の頃に發見した事實であると故「ヒル」氏(39)が述べてゐる。この事實は各國の雨量觀測で既に確定したことであるから別に例證も要せないが、筑波山(九)の觀測を一例として次に示す。

山頂	六七〇米	一四一七耗
中腹	二四〇米	一五三七耗
山麓	三〇米	一二九五耗

明らかに最多雨帯が中腹附近にあることが知れる。

山地降水の理論は「ポツケルス」氏が數理上から研究し高山には中腹に最多雨帯の存在す可きことを論じ、實地と略々一致する結果を得た。

山地の降雨量が高さによつて異なるは前述の通りであるから降雨量を高さの函數として表はしたものは少なくなし、「ヒル」氏は印度の雨量を次の式で表はした。

$$r = 1 + 1.92h - 0.40h^2 + 0.02h^3$$

hは最低地よりの高さを呎にて示し、rは最低地の雨量を一とした雨量である「シュライバー」氏(40)は「サクセン」の雨量を次の如く表はした。

$$R = 567 + 49.3h$$

hは高さ(米)、Rは年雨量(耗)である。實際では高さの外に土地の傾斜が大なる影響を有つてゐる、「フウバー」氏(41)は瑞西の「バーゼル」郡の雨量を、aを土地の平均傾斜として次の式で表はした。

$$R = 793 + 0.414h + 381.6 \tan a$$

**一五九、地雨と村雨** 降雨は降り方より見て地雨と村雨との二つに分けることが出来る、降り出すと仲々止まず、シト／＼と降り續いてしかも著るしく強くも又弱くもならない雨を地雨(チアメ)と稱へる、地雨性の降雨は長い時間續いてしかも降り方にあまり強弱のないのがその特徴である、獨語の Landregenがこれに近い、雨がザアと降り一寸と止むか又は小降りになつて再びザアと大降になるやうに斷續するのを村雨性の降雨と名づけよう、元來村雨(ムラサメ)はもつと狹義な特種の雨を稱するのであるが、茲では廣い意味に用ひ、強弱が時々變り、大降りと小降りとが交々來る雨の術語としたのである、我國に於て俗に云ふ春雨や梅雨などは地雨の一種であり、颱風の雨や、琉球の冬の氣節風の雨は村雨性の降雨である。

驟雨は急に降り出し暫時の間降つて止む雨であるが必ずしも断続する意味を含まない、夏の夕立のやうな雨は驟雨の好例である、驟雨が断続すれば村雨性の雨になる。

一六〇、**降雨の強さ**　雨の降るのを見ると、降り方が強くなつたり、弱くなつたりして決して一様ではない、短かい時間中に、恐ろしく強い降りになるかと思ふと、割合に長い時間中にも雨量が僅かしかないこともある、兎も角も一と雨中にも降りかたが色々変わる、此降雨の強弱變化を研究するのは降雨の理論を闡明する上に非常に大切な事柄である、又治水や耕地整理の様な事業に従ふものは、その地方の降雨の強さを知るのが必要である。降雨の強さは、自記雨量計の曲線から毎五分位づゝの雨量を読み取つて表示すれば略々知れる、中村、高橋兩氏(一〇)の用ゐた方法はその例である、或は又「コアレス」氏(42)がやつた様に「モウレー」氏考案の微分器械で、自記雨量計の自記から曲線の勾配を求めて之を降雨の強さとするのは一層精確である、然しながら降雨の強さを直接自記させる工風をするのが最も便利である。

降雨の強さを自記する器械を強雨計と云ふ、此種の器械は獨國の「ガレンカムプ」氏(43)が千九百五年に初めて考案した、一體普通の自記雨量計では等しい時間中に降る雨量を示す様になつてゐるが此強雨計では等しい量の雨が降る時間を示す様になつてゐる、換言すれば自記雨量計では例へば一分間毎の雨量を示す様に出來てゐるが此強雨計では每一耗の雨が降る時間を示す様になつてゐる、「ガレンカムプ」氏の強雨計は器械としては多少の缺點があることは「スブルング」氏(44)の指摘した通りである、然し降雨の強さの變化を調査するには十分な資料が得られる。

中央氣象臺の大石氏(一一)は明治四十二年の頃に降雨の強さを自記す可き強雨計を新案したその原理は同氏の論文(一二)に詳しく出てゐる、此器械は調子を取るのに少し手数がかゝるが非常に面白い器械である、此外に中村博士(45)本多博士(46)等の考案に成つたものもある。「ガレンカムプ」氏(47)の研究によると降雨の強さは一と雨中でも非常に變化がある、地雨では左程でないが、雷雨や驟雨の様な村雨になると、この變化が甚しい、一體降雨の強さの變化は決して不規則のものではなく、周期的である、乃ち雨の強さが漸次増大して一つの極大値に達し、夫れより減少略々等しい時間に極小値に達し、かくの如き變化を繰返へすものである、故に横軸に時間を取り縦軸に強さを取つて圖を描くと波狀の曲線が出来る、中村左衛門太郎、高橋好三兩氏も東京と銚子の降雨に就て此事實を確認した。

降雨の強さがかく周期的の變化するのは、雨の生ずる氣層に波動が起つてゐるのであらう、乃ち此氣層に「ヘルムホルツ」氏が述べた様な波動が起つてるとすれば此氣層に上昇下降の運動があるから、氣層の移動につれ上昇運動の部分がやつて來ると、降雨を起す昇騰氣流の昇騰速度を増大して降雨の強さを増し、又下降の部分が來れば昇騰速度が減少し降雨の強さは減る、依つて降雨の強さに緩急が繰り返されることになる、若し斯の如き學説が當を得たものであると成雨の原因が稍々明らかになる理であるから、各地降雨の強さを自記させるは非常に重要なことと思はれる。

一六一、豪雨 豪雨は短時間の大雨である、降雨の原因の如何は問はず、單に雨量と繼續時間とから云ふのである、量が左程大きくなくても極く短い時間中に降るのは強雨と名付け、獨語の Platzregen と同じ義である、時間は短くないが量が甚大であるのを暴雨と云ふ、英語の cloudburst に基いて或は破雲雨と云ふこともある、即ち強雨は降雨の強さに重きを置き暴雨はその全量に重きを置くのである、瑞西の「リッゲンバッハ」氏は少なくとも五分間は續いて降り一時間の量が二十耗以上の降雨を強雨とし、半時間に五十耗以上の降雨を暴雨と稱した、獨逸の「カスネル」氏は一時間に少なくとも五十耗、二時間に七十耗以上の降雨を暴

雨と定義した、「ファイゲ」氏(48)が一分間一耗以上の降雨を暴雨と云ふたのは強雨と區別が付かない點で面白くない、併しこれは北歐のやうに雨の少ない國土での話である、「ファイゲ」氏(48)が瓜哇の「バタビヤ」の雨を調査したものに依ると同地の強雨の強さは反つて瑞西の「バーゼル」の強雨より弱いがその時間と全雨量とは大きいとのことである、然らば強雨の定義は熱帯でも温帯でも「リッゲンバッハ」氏の定めたもので差支ない。

強雨の全雨量はその繼續時間に比例して増減しない、即ち時間が二倍になつても雨量は二倍とはならない「ケッペン」氏(49)は實測上から時間の平方根に比例することを見出した、即ち強雨の繼續時間が二倍になると全雨量は一、四倍になり、時間が三倍になると雨量は一、七倍になるのである。

強雨の全雨量を  $r$  耗とし繼續時間を  $t$  分とし降雨の強さを一分間に付き  $i$  耗とし  $n$  を常數とすれば

$$r = n \sqrt{t} \quad i = \frac{r}{t} = \frac{n}{\sqrt{t}}$$

である、 $n$  は獨逸の強雨に就いて計算すると八となる。「ヘルマン」氏(50)が獨逸の強雨に就て研究したところでは

である、さうして  $i = \frac{h}{f}$  であるから、

$$i = -0.311 + \frac{3.522}{f}$$

$$h = -0.311 + 3.522 \frac{1}{f}$$

$$h = 28 \log t - 11$$

となる、「グローセ」氏(51)は之を略々次の式でも示し得ると云つた。

本邦に於ける豪雨の著名なるものを次の表に掲げよう。

田邊 (紀伊)	明治二十二年八月二十日	九〇〇耗(二四時間)
大山 (伯耆)	同 二十六年十月十四日	七四七耗(二四時間)
彦根	同 二十九年九月七日	六八五耗(二四時間)
八幡 (美濃)	同 二十六年八月二十二日	六〇七耗(二四時間)
徳島	同 二十四年八月二日	一五八耗(九時間)
那覇	同 二十四年四月十一日	一七七耗(四時間)
境 (伯耆)	同 二十八年八月二十二日	三三八耗(三時間)
東京	同 十三年十月四日	一〇四耗(三時間)
東京	同 二十八年八月十日	八三耗(三時間)
徳島	同 二十九年九月十一日	七一耗(一時間)

臺灣にては非常な強い豪雨が降る、近藤久次郎氏(一〇)の調査によると日量三〇〇耗位の豪雨は少しも珍とするに足りない、同氏の報文より臺灣に於ける豪雨中の豪雨を列挙しよう。

彦根	明治二十九年九月七日	六〇耗(一時間)
能本	同 二十三年十二月二十八日	五四耗(一時間)
東京	同 二十七年八月十日	五三耗(一時間)
東京	同 二十八年八月十日	五三耗(一時間)
巴朗衛	明治三十七年七月十八日	六八〇耗(二四時間)
奮起湖	同 四十四年八月三十一日	一〇三四耗(二四時間)
後大埔	同上	九六九耗(二四時間)
達邦社	同上	八五二耗(二四時間)
幼葉林	同上	八九〇耗(二四時間)
阿里山	明治四十五年六月十八日	八三八耗(二四時間)
阿里山	大正二年七月十九日	七六九耗(二四時間)
奮起湖	同 二年七月二十日	一〇三三耗(二四時間)
幼葉林	同 二年七月十九日	九五〇耗(二四時間)
奮起湖	大正三年七月十二日	八八五耗(二四時間)
修羅焉	同上	八九一耗(二四時間)
交力坪	同上	八三四耗(二四時間)
巴朗衛	大正三年八月三十日	八八〇耗(二四時間)

印度では豪雨が多く、これまでの観測では最も強い豪雨のある土地としてある、然し臺灣と伯仲の間にあるに過ぎない、今試に同地の日量の最も大なるものを表示すると、

チエラプンジ  
同上

千八百七十六年六月十四日  
千九百十年七月十三日

一〇三六耗  
九九八耗

菲律賓群島でも豪雨が多いが其強さは遙かに之より劣る、同島の「バギオ」では千九百十一年七月十四日に八八八耗降つたことがあつた、之が同島での最強の豪雨であらう。

歐米諸國では日量が敍上の様な大量に達する豪雨はない、多くは日量三〇〇耗内外であつて五〇〇耗に達するのは非常に稀である。

極めて短い時間中に強い雨のあるものも稀らしい、東京では明治二十八年七月二十二日に五分間に七耗降つたことがあつた、英國の「プレストン」では明治二十六年九月十日に五分間に三二耗の降雨があつた、又京城では大正四年七月二十三日に三分間に七耗の豪雨が降つた、米國「フィラデルフヒヤ」市では千八百九十八年八月三日に五分間に一五耗二の降雨があつた、又埃國の「トリエスト」港では千九百七年十月十七日に五分間に一六耗の豪雨が降つた。

豪雨の成因に就ては未だ確定した説明はない、「フェルレル」<sup>(52)</sup>は區域は狭小であるが域内に急速の昇騰氣流のある小低氣壓中に多量な水蒸氣が凝結して雨滴となり、さうして此水滴は

この大速度の昇騰氣流に支へられて雲中に蓄積し非常に多量な雨水が出来る、然るに此水量が増すと之を保持する爲めに低氣壓の勢力が消磨するから、遂に均勢が破れる、すると今まで雲中に蓄積してあつた水が一時に降つて来る、これが豪雨である、故に豪雨の時は雨は滴になつて降ると云ふよりも水を注ぐと云ふ方が適當である、低氣壓の中の均勢の破れるのは以上の場合の他に種々あるが低氣壓が山地に會すると障碍の爲めに起ることが多い、豪雨が山地に多いのは此爲であらうと云つてゐる。

「フォン、ベッオルト」<sup>(53)</sup>は大氣中に水蒸氣過飽和の現象が起つて、之が一時に凝結することが豪雨の成因であると述べたが、其詳細な説明を與へなかつた、想ふに「ベッオルト」氏の意見では矢張大氣中に盛な昇騰氣流が起つて、その中に水蒸氣の凝結が起り雲となる、さうして其雲の上部には水蒸氣が過飽和の状態になつてゐる、これが極度に達すると、遂に水蒸氣が劇かに凝結して水となり降つて来る、これが豪雨であるとのことらしい、乃ち「フェルレル」は既に大氣中の水蒸氣が既に水滴となつて雲中に蓄積してゐるとし「ベッオルト」氏は水蒸氣のまゝ過飽和になつて雲の上方に蓄積してゐると考へてゐる、何れが事實に近きやは觀測を待つて知るより他に方法が無いが、「フェルレル」氏の説では低氣壓内の空氣が非常に大きい昇



騰速度を有つと假定せなければならぬ點に多少缺點があると思ふ、要するに豪雨の理論は尙ほ開拓すべき餘地が多い。

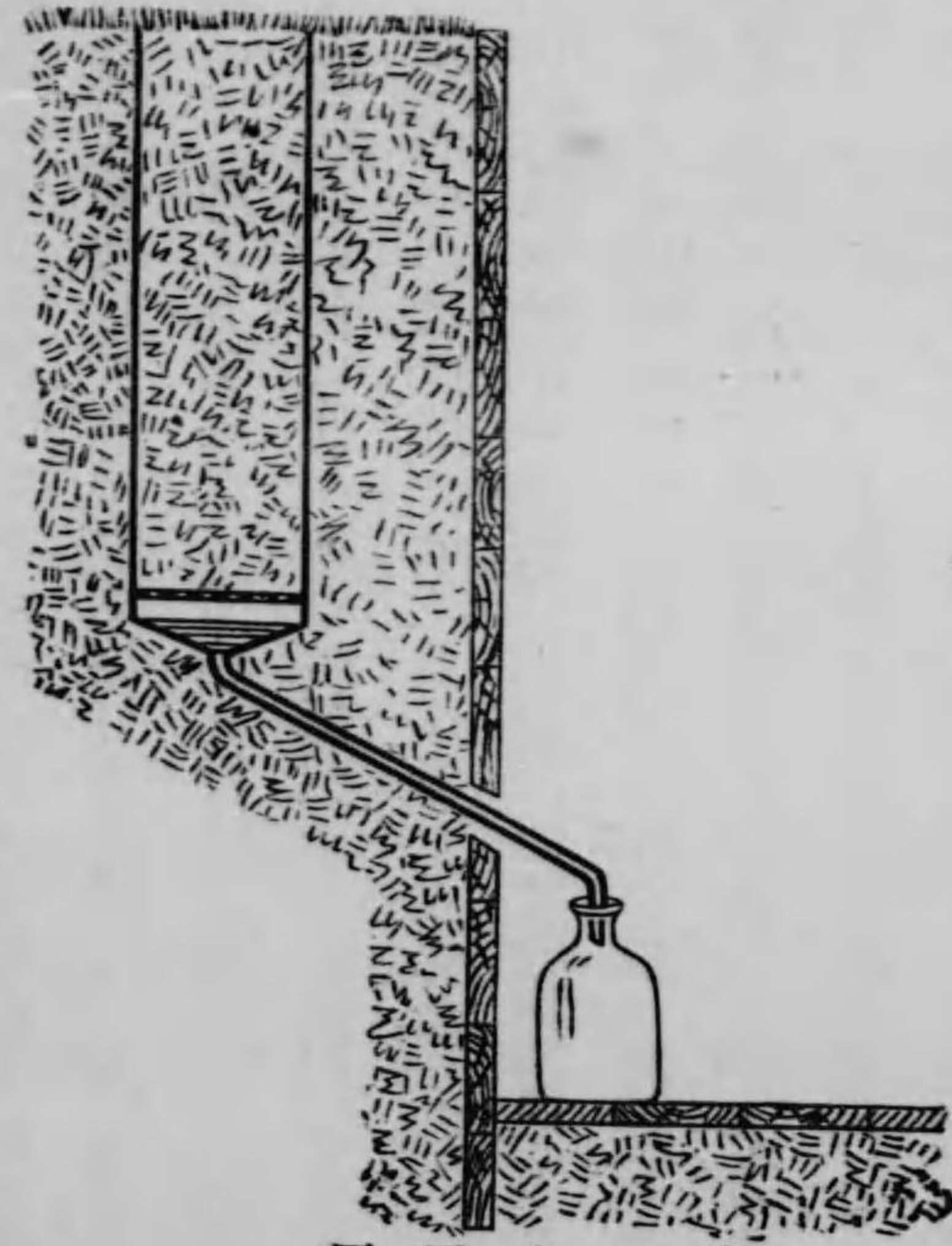


圖 四 十 二 第

滲透計は全部地に埋め器中には土を入れ附近の土地と同じ状態にして置く、只底より出てお

一六二、雨水の滲透量 雨水が地上に降るとその一部は地上を流れ一部は蒸發するがその殘部は地中に滲み込む、地中に滲透する水量は滲透計と稱へる器械で測定する、獨逸の「エバーマイヤー」氏<sup>(54)</sup>の考案したのは第二十四圖に示す通りの方筒でその邊は約一尺深さは一定しない一尺のも二尺のも又四尺位のもある、底は二重で上底は多數の孔を穿ち篩の目のやうにし、下底は漏斗のやうにして、湛つた水を管で流すやうにしてある、この

臺の報告<sup>(54)</sup>から千九百十一年と千九百十二年の分の雨量と滲透量とを次に掲げる、どちらも耗で示してある。

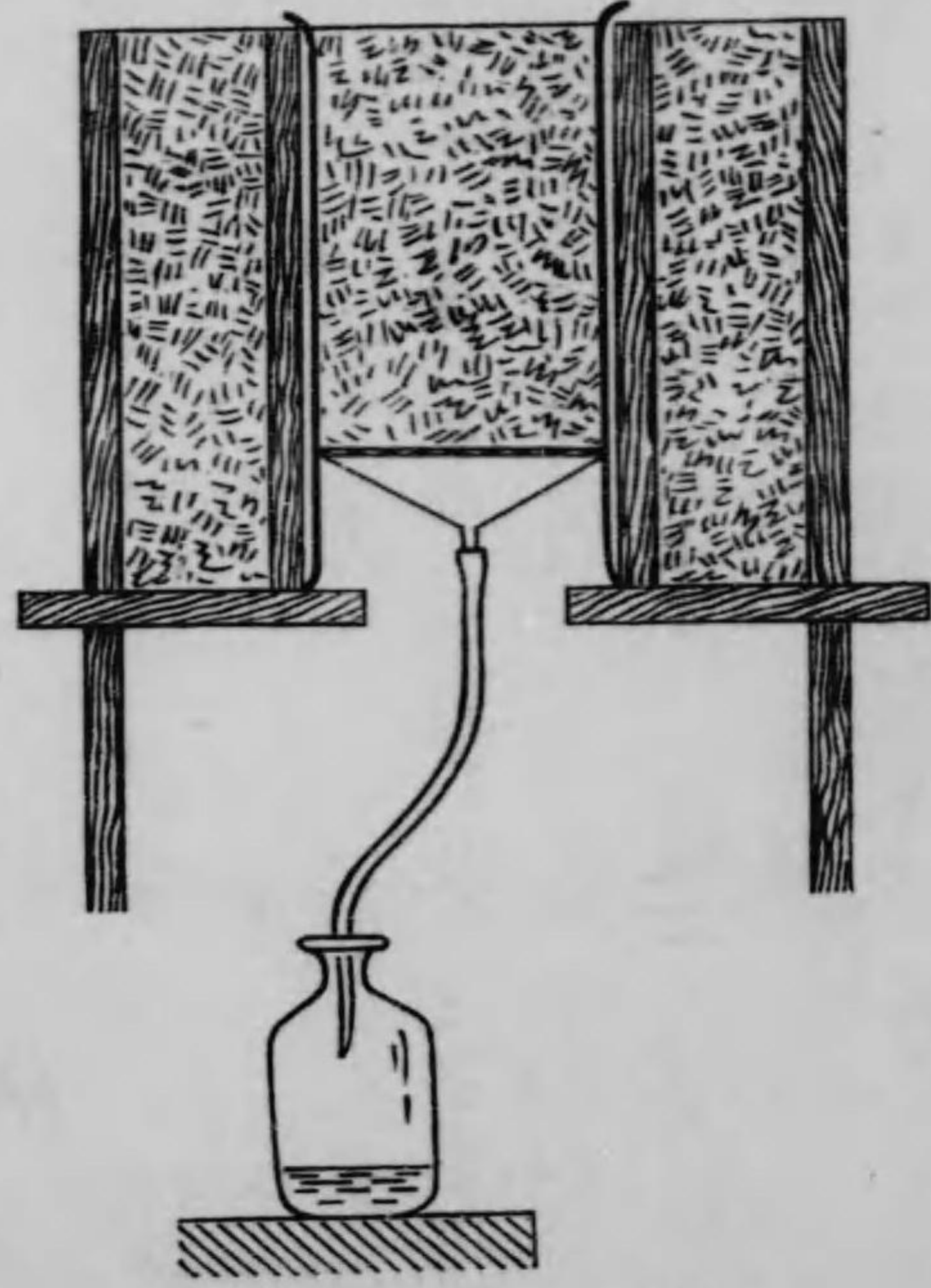


圖 五 十 二 第

る管の先端は土中より外へ出し、流れ出る水量を計る様にしてある、降雨の時に雨量を雨量計で測りそれから滲透計で滲出した水量を測つて差引すると土地中に殘つた雨水の量が知れる。「ウォルニー」氏<sup>(55)</sup>は滲透計として方二十櫃、深さ三十櫃の亞鉛製の器械を用ゐた、器械は地中に埋めないで架上に据付けてその周圍を土を入れた函で圍み太陽の直射の爲に直接熱せられるのを防ぐ、滲透計中に土を入れ雨水がその中に殘るのを測る段は前と同様である。第二十五圖に示すのはこれである。

白耳義の「ウツクル」氣象臺では千九百十年十月から「エーバーマイヤー」式滲透計を据付けて觀測してゐる。いま同

臺の報告<sup>(54)</sup>から千九百十一年と千九百十二年の分の雨量と滲透量とを次に掲げる、どちらも耗で示してある。

	1911		1912	
	雨量	滲透量	雨量	滲透量
一月	34	70	64	83
二月	42	16	49	24
三月	89	84	98	90
四月	32	37	21	36
五月	64	37	31	10
六月	79	27	77	6
七月	13	52	75	32
八月	25	12	155	79
九月	35	4	87	12
十月	128	72		
十一月	80	90		
十二月	93	94		

一六三、雨水の樹冠を漏る量 森林に降つた雨水は一部は樹冠に止つて蒸發し一部は或は樹の枝葉から又は葉の間から若しくは樹幹を傳はつて地上に落ちる、「エーバー、マイヤー」氏の實測に依ると雨水の七十五%は地上に落ち二十五%は樹冠に止まると云ふ、併しこれは大體を云ふたものに過ぎない、「セツケンドルフ」氏<sup>(57)</sup>に依ると中程度の強さの降雨ではブナは六十二%、カシワは六十九%、カヘデは六十九%、タウヒは三十二%だけ雨水を地上に漏らすと云ふ、「ネイ」氏<sup>(58)</sup>が獨國で實驗した結果に依るとブナは七十七%、マツは七十二%、タウヒは八十%だけ雨水を漏らすと云ふことである、併しながらこれ等の割合は森林の年齢と樹の鬱茂の度合で異なり、殊に降雨の強さの如何に依つて異なる、「フリードリッヒ」氏<sup>(59)</sup>の理水工學

には「エーバー、マイヤー」氏の結果を用ゐるがよろしいと記してある、併し降雨の強さが大きい我國では果して如何であるか。

## (1) 引用文書 (邦文)

## 一、雨

- (一) 森直藏氏 北海道氣象月報第一九四號
- (二) 大阪一等測候所月報第一五年第一號
- (三) 農科大學學術試驗彙報第一卷第二八頁
- (四) 寺田博士 雨雪の電荷並雷雨電氣の生因 東洋學藝雜誌第三三卷第一冊二四頁
- (五) 平野烈介氏 氣象集誌第三四年第四二頁
- (六) 下野信之氏 泥雨に就て 氣象集誌第一一年一七一頁
- (七) 大隅眞次氏 地質學雜誌第一五卷一四九頁
- (八) 高木健氏 氣象集誌第三四年第二三五頁
- (九) 脇水理學士 花粉の雨 地學雜誌第一九年四三一頁

## 二、雪

- (一) 中西敬房著 民用晴雨便覽乾一四丁
- (二) 土井大炊頭著 雪華圖說

- (三) 鈴木牧之著 北越雪譜
- (四) 朝倉慶吉氏 氣象集誌第二七年七一頁
- (五) 氣象集誌第二七年一五八頁
- (六) 高山四郎氏 中央氣象臺出版氣象雜纂第一卷
- (七) 近藤久次郎氏 氣象集誌第三四年第一頁
- (八) 阿部幸次氏 同上 第二六年一二三頁
- (九) 一色哲氏 北海道氣象月報第一九二號
- (一〇) 山田順太郎氏 氣象集誌第二六年八一頁
- (一一) 阿部幸次氏 同上 第二六年
- (一二) 阿部幸次氏 同上 第二六年一一九頁
- (一三) 鐵道院刊行 明治四五年水害記事
- (一四) 山田順太郎氏 北海道氣象月報第一九五號
- (一五) 東京朝日新聞一〇四四六號
- (一六) 北海道氣象月報第一八二號

三、電

- (一) 氣象集誌第一八年三三〇頁
- (二) 同上 三四一頁
- (三) 氣象要覽 明治三三年
- (四) 神田工學士 氣象集誌第二七年二八三頁
- (五) 朝倉慶吉氏 同上 第三二年二九九頁
- (六) 氣象集誌第一七年三三一頁

四、霰

- (一) 中央氣象臺歐文報告第一卷第二冊

五、凍雨

- (一) 朝倉慶吉氏 氣象集誌第二七年二五三頁
- (二) 同上 第二八年五七頁
- (三) 森直藏氏 北海道氣象月報第一九一號三頁
- (四) 重富剛策氏 氣象集誌第三一年一四七頁

- (五) 森直藏氏 氣象集誌第三二年一八五頁

六、雨水

- (一) 氣象集誌第二一年三九八頁
- (二) 山田順太郎氏 北海道氣象月報第二二一號三頁
- (三) 根本廣記氏 同上 四頁

七、霧氷

- (一) 築地理學士 氣象集誌第三二年三四五頁
- (二) 橋本福松氏 同上 第三二年一三〇頁

八、露

- (一) 氣象集誌第一二年四〇四頁
- (二) 後藤牧太氏 東洋學藝雜誌第二六卷三一八頁

九、霜

\* \* \* \* \*

一〇、霧

一一、降水量

\* \* \* \* \*

- (一) 和田博士 韓國觀測所學術報文第一卷二七頁
- (二) 氣象集誌第九年七七頁
- (三) 正戸豹之助氏 氣象集誌第二四年一八三頁
- (四) 大石理學士 同上 第二四年一四一頁
- (五) 藤原博士 中央氣象臺刊行雨量十年報
- (六) 余語顯雄氏 氣象集誌第三二年一〇六頁
- (七) 平野烈介氏 同上 五三頁
- (八) 佐藤順一氏 同上 第三〇年二三四頁
- (九) 佐藤順一氏 同上 第三〇年創刊三十年記念號一〇頁
- (一〇) 中村高橋兩理學士 氣象集誌第三三年四三九頁
- (一一) 大石理學士 氣象集誌第二八年一三三頁
- (一二) 大石理學士 同上 第三五年一九九頁

(一三) 氣象集誌第三二年第四三九頁

(2) 引用圖畫

- 第一二圖 氣象集誌第三二年第三五二頁築地理學士の原圖による。
- 第一三圖 氣象集誌第三二年第一三六頁橋本福松氏の原圖による。

正 誤

第一五四頁第一八行「同郡大美山村字栗美」の栗美は「西大美（にし、ふとみ）」の誤

18. J.B. Cohen and A. Ruston : Smoke. London. 1912.
19. N.H.J. Miller : Jour. Scott. Met. Soc. Vol. XVI. No. XXX. 1913. p. 157.
20. J. Chadwick Bates : British Rainfall. 1865. p. 10-12.
21. T. Stevenson : Symons's Mon. Met. Magazine. Vol. 12. 1877.
22. Passerini : Bolletino mensuale. Publ. p. Cura dell' Osservatorio centrale del. real collegio Carlo seberto in Moncalieri. Aprile. 1894. Torino.
23. The Arendt : Das Wetter. 1895. p. 62.
24. Ergebnisse der Meteorologischen Beobachtungen des Observatoriums in Potsdam in Jahre. 1894. p. VII.
25. J. Elster u. H. Geitel : Terr. Mag. and Atm. Elect. Vol. IV. 1899. p. 15.
26. H. Gerdien : Phy. Zeitschr. Jahr. IV. 1903. p. 837.
27. Weiss : Sitzb. d. Ak. d. Wiss. in Wien. 1906. p. 1285.
28. K. Kähler : Phy. Zeitschr. 1908. p. 258.
29. G.C. Simpson : Memoirs of the Indian Met. Dept. Vol. XX. pt. 8. 1910.
30. Baldit : Comptes Rend. 12. Mars. 1911.
31. F. Schindelbauer : Abh. d. Königl. Preuss. Met. Inst. Bd. IV. Nr. 10. 1913. p. 1.

### (3) 引用文書 (歐文)

1. C. Kassner : Met. Zeitschr. 1902. p. 82.
2. P. Lenard : Ann. d. Physik. 1887. Bd. XXX. p. 209.
3. Lord Rayleigh : Scientific Papers. Vol. I. p. 392.
4. W. Schmidt : Met. Zeitschr. 1913. p. 456.
5. J. Wiesner : Sitzb. d. Ak. d. Wiss. in Wien. Bd. CIV. 1895.
6. A Defant : Sitzb. d. Ak. d. Wiss. in Wien. Bd. CXIV. 1905. p. 585.
7. Aug. Becker : Met. Zeitschr. 1907. p. 247.
8. E. J. Lowe : Quar. Jour. Roy. Met. Soc. 1892. p. 242.
9. W. A. Bentley : Mon. W. Rev. 1904. p. 450.
10. P. Lenard : Met. Zeitschr. 1904. p. 249.
11. P. Lenard : Ditto.
12. G. G. Stokes : Scientific Papers. Vol. III. p. 1.
13. W. Schmidt : Sitzb. d. Ak. d. Wiss. in Wien. Bd. CXVIII. 1909.
14. H. Mache : Met. Zeitschr. 1904. p. 378.
15. C. Kassner : Das Wetter. 1911. p. 87.
16. T. Okada : Jour. of Met. Soc. of Japan. 30th year. p. 1.
17. H. A. des Voex and J. S. Owens. The Lancet. 1119.

48. C. Kassner: Das Reich der Wolken u. Niederschläge. Leipzig. 1909.
49. G. Hellmann u. Meinardus: Met. Zeitschr. 1902. p. 181.
50. Mon. W. Rev. 1901. p. 263.
51. Symons's Met-Magazine: 1895. p. 110.
52. Met-Zeitschr: 1902. p. 377.
53. Ditto. 1901. p. 426.
54. Met-Zeitschr: 1898. p. 113.
55. Symons's Met. Magazine. 1886. p. 101.
56. Ditto. Vol. 32. 1898. p. 106.
57. Ditto. 1886. p. 147.
58. Ditto. 1887. p. 103.
59. Ciel et Terre: 2. Série.—4<sup>e</sup>. Année. 1888. p. 432.
60. Symons' Met. Magazine: 1897. p. 138.
61. Nature: Vol. 63. No. 1639. p. 514. 1901.
62. Von Bezold: Gesam. Abhandl. 1906. p. 145.
63. M. Brillouin: Vents contigus et nuages. Ann. du Bur. Centr. Met. 1898.
64. A. Wegener: Thermodynamik. d. Atmosphäre. 1911. p. 199.
65. W. Ferrel: A Popular Treatise on the Winds. 1889. p. 476.
66. R. Hennig: Met. Zeitschr. 1895. p. 125.
67. J. Hann: Zeit. f. Met. Bd. IX. p. 321.
68. H. Hertz: Met. Zeitschr. 1884. p. 421.

32. H. Gerdien: Jahrbuch d. Radioaktivität u. Elektronik. Bd. I. 1904. p. 1.
33. F. Schindelbauer: Loc. cit.
34. Elster u. H. Geitel. Wiedemann Ann. d. Phy. Bd. 25. 1885. p. 116.  
J. Elster u. H. Geitel: Phy. Zeitschr. 1913. p. 1287.
35. G.C. Simpson: Loc. cit.
36. P. Lenard: Ann. d. Phy. 1915.
37. G.C. Simpson: Phil. Mag. 1915. Jahr. p. 1-12.
38. C.T.R. Wilson: Proc. of the Cambridge Phil. Soc. 1902. p. 428.
39. J. Jaufmann: Met. Zeitschr. 1905. p. 102.
40. G. Costanzo u. C. Negro: Phys. Zeitschr. 1906. p. 921.
41. Calendrier-Annuaire pour 1912. Zikawei Observatoire. p. 156.
42. E.E. Schmid: Lehrbuch d. Meteorologie. Leipzig. 1860. p. 682.
43. Samuel Jones: Quar. Jour. Roy. Met. Soc. 1889. p. 123.
44. Calendrier-Annuaire pour 1912. p. 156.
45. M. Moyer: Météorologie populaire. 1912. p.
46. D. P. Thomson: Introduction to Meteorology. 1849. p. 140.
47. E. Loomis: A Treatise on Meteorology. New York. 1882. p. 122.

3. Pernter-Exner: *Meteorologische Optik*. 1910, p. 284.
4. E.J. Lowe: *Nature*. Vol. 35. 1887. p. 271.
5. *Met. Zeitschr*: 1893. p. 147.
6. C.A. Jr: *Mon. Weather Rev.* 1915. p. 73.
7. V. Cornish: *Waves of Sand and Snow*. 1914. p. 227.
8. A. Sieberg: *Das Wetter*. 1905. p. 241.
9. *Das Wetter*: 1892. p. 72.
10. *Mon. Weather Rev*: 1902. p. 29.
11. *The American Met. Journal*: Vol. X. p. 146.
12. *Met. Zeitschr*: 1906. p. 170.
13. *Das Wetter*: 1887. p. 150.
14. J. B. Cohen and A.G. Ruston: *Smoke*. London. 1912. p. 14.
15. G.C. Simpson: *Phil. Mag.* 1915. July. p. 1-12.
16. Wilson: *Proc. of the Cambridge Phil. Soc.*
17. C. Kassner: *Met. Zeitschr.* 1908. p. 348
18. *Das Wetter*: 1913. p. 260.
19. *Das Wetter*: 1905. p. 245.
20. C. Kassner: *Das Reich der Walken*. 1909. p. 79.
21. C.F. Marvin: *Measurement of precipitation*. 1910. p. 36.
22. A. Defant: *Met. Zeitschr.* 1909. p. 362.
23. T. Vallot u. J. Jaubert: *Met. Zeitschr.* 1893. p. 479.

69. Neuhoff: *Abh. d. Königl. Preuss. Met. Inst. Bd. I. Nr. 6.* p. 271.
70. Lord Kelvin: *Popular Lectures and Adresses*. Vol. I. p. 64.
71. Coulier: *Journal de Pharmacie et de Chemie*. 1875. XXVII. p. 165.
72. J. Aitken: *Trans. R.S.E.* XXX. p. 337.
73. Wilson: *Phil. Trans.* 189. p. 265. 1897.
74. J.J. Thomson: *Conduction of Electricity through gases*. 1903. p. 149.
75. A. Wigand: *Met. Zeitschr.* 1913. p. 10.
76. J.A. Pollock: *Le Radium*. 1909. Tom. 6. p. 467.
77. M. Curie: *Traité de Radioactivité*. Tome II. 1910. p. 507.
78. A.W. Clayden: *Quar. Jour. Roy. Met. Soc.* Vol. XII. p. 106.
79. C. Abbe: *The Amer. Met. Jour.* Vol. IX p. 312.
80. W. Schmidt: *Met. Zeitschr.*
81. Lord: *Rayleigh. Scientific Papers*. Vol. I. p. 377.
82. V.J. Laine: *Phys. Zeitschr.* 1909. p. 965.
83. T. Okada: *Jour. Met. Soc. Japan.* 33 Year. p. 15.

## 2. 雪

1. G. Hellmann: *Schneekristalle*. Berlin. 1893.
2. Bentley: *Mon. Weather. Rev.* 1903.



40. Symons' Met. Mag. 1876. p. 51.
41. A. Haas : Met. Zeitschr. 1889. p. 153.
42. W.A. Bentley : M.W.R. 1906. p. 325.
43. M.L. Fuller : M.W.R. 1907. p. 70.
44. C. Browett : Quar. Jour R. Met. Soc. 1908, p. 87.
45. H. Hertz : Met. Zeitschr. 1887. p. 72.
46. W.H. Besant : A Treatise on Dynamics. 1902. p. 78.
47. G. Hellmann : Met. Zeitschr. 1889. p. 120.
48. C. Kassner : Das Reich der Wolken. p. 86.
49. V. Cornish : Loc. cit. p. 212.
50. F. Umlauf : Das Luftmeer. 1891. Wien. p. 276.
51. E. de. Martonne : Traité de Géographie Physique. 1909. p. 247.
52. C. Kassner : Met. Zeitschr. 1894. p. 119.
53. A.W. Whitney : Amer. Jour. of Sci. III. Series. 1893. Vol. XIX. p. 389.

### 3. 電

1. E.E. Schmid : Lehrbuch der Meteorologie. 1860. p. 763.
2. Ann. d. Hydr. XXXI. Jahrg. 1903. p. 4.
3. Kassner : Das Reich der Wolken. p. 92.
4. A. Gockel : Das Gewitter. 1905. p. 218.

24. F. Ratzel : Met. Zeitschr. 1889. p. 433.
25. Met. Zeitschr : 1894. p. 240.
26. L. Satke : Met. Zeitschr. 1899. p. 97.
27. M. Jansson : Öfversigt of Kongl. Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar. 1901. N : O. 3. p. 207.
28. S.A. Hjellström : Ditto. 1889. N : O. 10. p. 669.
29. H. Abels : Rep. für Met. Bd. XVI. No. 1 St. Petersburg. 1892.
30. T. Okada : Tôkyô Sûgaku - Buturigakkwai Kizi. Dai 2. Ki. Makino IV. (1907-1908). p. 385.
31. J. Maurer : Met. Zeitschr. 1907. p. 295.
32. E. Brückner : Met. Zeitschr. 1890. p. 150.
33. J. Westman : Met. Zeitschr. 1901. p. 567.
34. Bruno Rolf : Arkiv för Met. Astr. o Fysik. Bd. 9. No. 35. p. 1. 1914.
- 34' A. Woeikow : Der Einfluss einer Schneedecke etc. Wien. 1889. p. 105.
- 34'' N. Ekholm : Met. Zeitschr. 1890. p. 224.
35. Internationaler Meteorologischer Kodex : Berlin. 1911. p. 17. (II te Auf.)
36. Codex of Resolutions adopted at International Meteorological Meetings. London. 1909. p. 23.
37. C. Kassner : Das Wetter. 1894. p. 271.
38. Ann. d Hydrographic u. Mar. Met. 1903. p. 4.
39. V. Cornish : Waves of Sand and Snow. 1914. p. 101.

29. Thomson: Introduction to Meteorology. p. 182.
30. Reinisch: Pogg. Ann. 1871. p. 623.
31. E. Loomis: A Treatise on Meteorology. 1883. p. 183
32. A. Gockel: Das Gewitter. 1905. p. 219.
33. Bousingault: Zeit. f. Met. 1880. p. 65.
34. Zeit. f. Met. 1880. p. 66.
35. K. Prohaska: Met. Zeitschr. 1898. p. 32.
36. Boris Weinberg: Himmel und Erde. Bd. XXII. 1910. p. 568.
37. Himmel u. Erde. Bd. VIII. p. 244.
38. D.S. Landis: Monthly Weather Review. 1906. p. 277.
39. Monthly Weather Review. 1905. p. 445.
40. Himmel und Erde. Bd. VIII. p. 243.
41. E.E. Robinson: Abbe's Progress of Meteorology in 1889. Washington. p. 241.
42. F. Very: The Amer. Met. Jour. X. p. 263.
43. Colladon: Zeit. f. Met. 1879. p. 105.
44. C. Abbe: Month. Weather Review. 1906.
- (41.) J. von Hann: Lehrbuch d. Meteorologie. 2<sup>te</sup> Auf.
- (42.) Otto Krümmel: Met. Zeitschr. 1884. p. 283.
- (43.) R. Russel: On Hail. 1893. p. 57.
- (44.) K. Prohaska: Met. Zeitschr. 1898. p. 31.
45. Flamarion: The Atmosphere. 1873. p. 437.
46. J.R. Plumandon: Les Orages et la Grêle. p. 154.

5. Prestel: Zur Naturgeschichte des Hagels. Zeit. f. Met. 1877. p. 87.
8. C. Abbe: Monthly Weather Review. 1906. p. 278.
9. Himmel und Erde: Bd. VIII. p. 243.
10. Quar Jour. R.M.S. 1884. p. 303.
11. Flamarion: The Atmosphere. p. 445.
12. L. Howard: Climate of London. Vol. II. p. 50.
13. Thomson: Meteorology. p. 179.
14. Ditto: p. 181.
15. Symons' Met. Magazine. Vol. VIII. p. 119.
16. Quar. Jour. R.M.S. 1889. p. 47.
17. Ditto: 1893. p. 205.
18. Met. Zeitschr. 1898. p. 29.
19. Hann: Lehrbuch d. Meteorologie. 2<sup>te</sup> Aug. p. 523.
20. Symons' Met. Magazine. 1879.
21. J.R. Plumandon: Les Orages et la Grêle. p. 161.
22. Ditto.
23. Monthly Weather Review. 1912.
24. American Meteorological Journal.
25. Monthly Weather Review. 1915. p. 446.
26. A.E. Nordenskyöld: Met. Zeitschr. 1885. p. 235.
27. American Met. Journ. Vol. XI. 1894-1895. p. 391.
28. Zeit. f. Met. 1877. p. 87.

66. Quart. Journ. R. Met. Soc. 1893. p. 205.
67. Thomson: Introduction to Meteorology.
68. F. Houdaille: Loc. cit. 1901. p. 2.
69. J.M. Pernter u. W. Trabert: Met. Zeitschrift. 1900. p. 410.
70. Monthly Weather Review. 1901. p. 219.
71. A. Wegener: Met. Zeitschr. 1910. p. 451.
72. Berson: Wissenschaftl. Luftfahrten. Bd. 2. p. 184.
73. R. Assmann: Met. Zeitschr. 1889. p. 339.
74. Quart. Journ. Met. Soc. 1886. p. 102.
75. A. Wegener: Thermodynamik der Atmosphäre. 1911. p. 301.
76. A. Streit: Das Wesen der Cyklonen. Wien. 1906.
77. C. Kassner: Met. Zeitschr. 1901. p. 526.
78. Von Bezold: Gesam. Abh. 1906. p. 209.
79. W. Trabert: Met. Zeitschr. 1899. p. 441.
80. W. Ferrel: Popular Treatise on Winds. 1889.
81. A. Gockel: Das Gewitter. 1905. p. 233.
82. A. Wegener: Met. Zeitschr. 1910. p. 458.

#### 4. 霰

1. A. Wegener: Thermodynamik der Atmosphäre. 1911. p. 288.
2. C. Kassner: Met. Zeitschr. 1908. p. 348.

47. Modern Meteorology. London. 1879. p. 162.
48. J.R. Plumandon. Met. Zeitschr. 1902. p. 376.
49. J.R. Plumandon: Les Orages et la Grêle. p. 153.
50. W. Trabert: Met. Zeitschr. 1899. p. 443.
51. J.M. Pernter: Met. Zeitschr. 1902. p. 377.
52. Ch. Goutereau: Met. Zeitschr. 1902. p. 312.
53. J. Hann: Lehrbuch der Meteorologie. 1906. p. 524.
54. F. Houdaille: Les Orages à grêle et le Tir des Canons. Paris. 1901. p. 44.
55. Cl. Hesse: Die Hagelschläge in der Schweiz in Jahren 1883-1891. 1894. Frauenfeld.
56. Met. Zeitschr. 1902. p. 580
57. J.R. Plumandon: The Amer. Met. Journ.
58. L. Meyer: Met. Zeitschr. 1900. p. 234.
59. H. Harris: Quar. Journ. R. Met. Soc. 1895. p. 230.
60. W. Köppen: Ann. d. Hydr. 1896. p. 308.
61. J.R. Plumandon: Les Orages et la Grêle. Paris. p. 147.
62. Ch. Goutereau: Loc. Cit.
63. Alicia de Riemer and C. Abbe: Monthly Weather Review 1898. p. 546.
64. J. Eliot: Indian Met. Memoirs. Vol. VI. part. IV. 1899.
65. J. Hann: Lehrbuch der Meteorologie. 1901. p. 688.

3. Curtis. Quart. Journ. R. Met. Soc. 1889. p. 139.
4. Masse: Journal de Physique. No. 86. Fèvr. 1879.
5. W. Meinardus: Das Wetter. 1898. p. 247.
6. C.F. Brooks: The ice storms of New England. Harvard Observatory. 1914. p. 4.

---

## 7. 霧氷

1. C.B. Plowright: Quart. Jour. R. Met. Soc. 1889. p. 137.
2. O. Johansson: Met. Zeitschr. 1905. p. 27.
3. J.M. Pernter: Bericht über die inter. Directorkonferenz in Innsbruck. Sept. 1905.
4. A. Wegener: Thermodynamik d. Atmosphäre. p. 292.
5. R. Assmann: Das Wetter. 1886. p. 25.

---

## 8. 露

1. C. Tomlinson: The Dew-drops and Mist. London. p. 5.
2. Chistoni: Sulle cause della formazione della Rugiada. Zeitschr. f. Met. 1882. p. 112.

3. J. Hann: Lehrbuch der Meteorologie. 1906. p. 230.
4. Von Bezold: Gesam. Abh. 1906. p. 211.
5. E. Barkow: Met. Zeitschr. 1908. p. 456.

---

## 5. 凍雨

1. Krankenhagen: Met. Zeitschr. 1888. p. 241.
2. Breitenlohner: Met. Zeitschr. 1892. p. 159.
3. Das Wetter. 1896. p. 96.
4. Stade: Das Wetter. 1902. p. 189.
5. R. Assmann. u. A. Berson: Ergebnisse der Arbeiten am Aeronautischen Observatorium von 1 Okt 1901 bis 31 Dez. 1902. 1904. A. Asher & Co. p. 185.
6. G. Hellmann: Ueber die Entstehung von Eisregen. Sitz. Ber. d. Königl. Preuss. Akad. d. Wiss. Jahr. 1912. p. 1048.
7. J. Aitken: Symons's Met. Mag. 1914. p. 12.

---

## 6. 雨氷

1. C. Kassner: Das Reich der Wolken. p. 71.
2. C. Ford: Severe Frost at Hongkong. Nature. Vol. XLVII. 1893. p. 535.

16. J. Aitken: On Dew. Trans. Roy. Soc. Ed. Vol. XXXIII. p. 9. 1887.
17. G. Costanzo—C. Negro: Meteorologia agricola. Milano, 1911. p. 68.
18. The American Meteorological Journal. Vol. V. p. 240.

---

## 9. 霜

1. R. Assmann: Met. Zeitschr. 1889. p. 339.
2. W.A. Bently: Mon. W. Rev. 1907. p. 348.
3. Graftiau: Met. Zeitschr. 1896. p. 283.

---

## 10. 霧

1. Kämtz: Meteorologie. III. p. 102.
2. Dines: Symons's Met. Magazine. 1880. p. 190.
3. R. Assmann: Met. Zeitschr. 1885. p. 41.
4. V. Conrad: Wiener Denkschr. Bd. 73. 1901. p. 115.
5. A. Wegener: Met. Zeitschr. 1910. p. 354.
6. Ad. u. H. Schlagintweit: Neue Untersuchungen über die Physikalische Geographie u. Geologie der Alpen. p. 446.
7. G. Dines: Quar. Jour. of R. Met. Soc. 1886. p. 112.

3. W.F. Badgley: Some remarks on Dew. Quar. Journ. Roy. Met. Soc. 1891. p. 80.
4. F. Houdaille's Messungen des Thaufalles zu Montpellier. M.Z. 1893. p. 433.
5. E. Wollny: Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. 1892. Bd. XV. p. 111.
6. F. von Kerner: Ein Instrument zur Messung des Thau Niederschlages. Met. Zeitschr. 1892. p. 106.
7. Fr. R. Ferle: Ueber ein Taumessverfahren. Das Wetter. 1904. p. 49.
8. S. Skinner: The Drosometer. Symons's Met. Mag. 1912. p. 73.
9. F. Houdaille: Thau-Messungen zu Montpellier. Met. Zeitschr. 1898. p. 72.
10. C. Tomlinson: The Dew-drops and Mist. p. 15.
11. C. Negro: Ueber die Radioaktivität des Taues. Phy. Zeitschr. 1910. p. 189.
12. J.M. Pernter: Meteorologische Optik. p. 481.
13. Jamin: Compléments à la theorie de la rosée. Journal de physique. Tom. VIII. No. 86. 1879.
14. Chistoni: Sulle cause della formazione della Rugiada. Annali de Meteorologia. 1880. parte I. Roma.
15. Wells: On Dew.

3. Quar. Jour. R. Met. Soc. Vol. 1891. p. 128.
4. H.M. Mill: British Rainfall. 1910. p. 74.
5. W.F. Stanley: Quar. Jour. R. Met. Soc. Vol. XII. p. 123.
6. Bericht über die Tätichkeit des Köngl. preuss. Met. Inst. im Jahre. 1910. p. 64.
7. Bulletin No. 7: Forestry Division. U. S. Department. of Agriculture. p. 182.
8. W.S. Jevons. Phil. Mag. Vol. 22. 1861. p. 421.
9. F.E. Nipher: Z. f. Met. 1879. p. 250.
10. R. Börnstein: Met. Zeitschr. 1884. p. 381.
11. R. Billwiller, Jun: Met. Zeitschr. 1910. p. 193.
12. G. Rung: Met. Zeitschr. 1884. p. 461.
13. G. Hellmann: Met. Zeitschr. 1897. p. 41.
14. C.F. Marvin: Mon. Weather Rev. 1915. p. 26.
15. G. Hellmann: Met. Zeitschr. 1900. p. 136.
16. W. Köppen: Z. f. Met. 1880. p. 362.
17. H. Meyer: Anleitung zur Bearbeitung Meteorologischer Beobachtungen für die Klimatologie. Berlin. 1891. p. 133.
18. E. Brückner: Klimaschwankungen seit 1700 etc. Wien. 1890.
19. J. von Hann: Met. Zeitschr. 1902. p. 75.
20. G. Hellmann: Veröffentlichungen des Köngl. preuss. Met. Inst. Abh. Bd. III. Nr. I. 1909.

8. J. Hann: Met. Zeitschr. 1889. p. 303.
9. A. Wegener: Thermodynamik der Atmosphäre. 1911. p. 262.
10. W. Trabert: Met. Zeitschr. 1901. p. 518.
11. Dr. Haecker: Met. Zeitschr. 1905. 343.
12. J.H. Gladstone: On fogs and fog signals. Zeitschr. f. Met. XVIII. 1883. p. 237.
- 12.' A. Rudolph: Ann. d. Hydr. u. Mar. Met. 1905. p. 567.
- 12." Symons's Met. Mag. Vol. XVIII.
14. H. Mohn: Annalen d. Hydr. u. Mar. Met. 1892. 93. 95.
15. H. Elias: Das Wetter. 1904. p. 1.
16. W.N. Shaw: Forecasting Weather. 1911. p. 288.
17. J.M. Pernter: Meteorologische Optik. p. 549.
18. A.W. Clayden: Quart. Jour. R. Met. Sc. 1891. p. 209.
19. F. Richard: Met. Zeitschr. 1908. p. 19.

---

## 11. 降水量

1. Quar. Jour. R. Met. Soc. 1912. p. 65.
2. G. Hellmann: Himmel u. Erde. 1890. p. 176.

39. S.A. Hill: *Z. f. Met.* 1879. p. 161.
40. P. Schreiber: *Met Zeitschr.* 1893. p. 361.
41. R. Hüber: *Baseler Dissert.* Zürich, 1894.
42. R. Corless: *Quarterly Journ. Roy. Met. Soc.* 1910. p. 333.
43. W. Gallenkamp: *Met. Zeitschr.* 1905. p. 1.
44. A. Sprung: *Das Wetter.* 1905. p. 56.
45. K. Nakamura: *Journ. of Met. Soc. of Japan.*
46. K. Honda: *The Science Reports of the Tôhoku Imp. Univ.* 1915. Vol. IV. p. 333.
47. W. Gallenkamp: *Himmel u. Erde.* Bd. XVIII. p. 306.
48. S. Figeé: *On Rainfall at Batavia, etc. Batavia.* 1902.
49. W. Köppen: *Das Wetter.* 1904. p. 169.
50. G. Hellmann: *Die Niederschläge in den Norddeutschen Sromgebieten.* 1906. Bd. I. p. 146.
51. Grosse: *Met. Zeitschr.* 1912. p. 440.
52. W. Ferrel: *Recent Advances in Meteorology.* 1886. p. 315.
53. W. von Bezold: *Gesammelte. Abhandlungen.* 1906. p. 184.
54. *Annuaire Météorologique pour 1911.* Observatoire Royal de Belgique. Bruxelles. 1910. p. 171.
55. Ditto. or E. Wollny: *Forschungen auf dem Gebiete der Agricultur-Physik.* Bd. 10. 1888. p. 271.
56. Seckendorff: See Friedrich's *Wasserban.*
57. Friedrich: *Kulturtechnischer Wasserban.* 1907. Bd. I. p. 55.

21. C. Kassner: *Das Reich der Wolken.* 1909. p. 132.
22. H. Nagaoka: *Tôkyô Sûgaku-Buturigakkwai Kiji-Gaiyô.* Vol. II. 1903-1905. p. 428.
23. C. Kassner: *Das Reich der Wolken.* 1909. p. 145.
24. W. Meinardus: *Met. Zeitschr.* 1900. p. 241.
25. E. Loomis: *Contributions to Meteorology.*
26. Supan: *Die Verteilung der Niederschläge.* Gotha. 1898.
27. A.J. Herbertson: *The Distribution of Rainfall over the land.* London. 1901.
28. E. de Martonne: *Traité de Géographie Physique.* Paris. 1909. p. 174.
29. G.E. Curtis: *American Met. Jour.* Vol. X. 1893. p. 274.
30. H. Blanford: *Met. Zeitschr.* 1888. p. 235.
31. A. Müttrich: *Das Wetter.* 1892. p. 96.
32. J. Schubert: *Met. Zeitschr.* 1905. p. 566.
33. A. Walter: *Nature.* 15. Oct. 1908.
34. E. Hamberg: *Om Skogarnes Inflytande på Sveriges Klimat.—P.A. Norstedt u. Söner.* Stockholm. 1896.
35. J. Schubert: *Met. Zeitschr.* 1906. p. 444.
36. A. Woeikof: *Met. Zeitschr.* 1894. p. 403.
37. Marloth: *Met. Zeitschr.* 1906. p. 547.
38. J. von Hann: *Handbuch d. Klimatologie.* 3te. Auf. Bd. I. 1908. p. 190.

大正五年十月十四日印刷  
大正五年十月十四日發行

定價 金壹圓五拾錢



著者 岡田武松  
兼發行者 岡田武松  
東京市麴町區代官町一番地  
中央氣象臺官舎

不許  
複製

印刷者 中島丑之助  
東京市京橋區宗十郎町十五番地  
印刷所 會社 東京國文社  
東京市京橋區宗十郎町十五番地

### 大發賣所

東京市日本橋區通三丁目(振替口座東京第五番)  
大阪市東區博勞町四丁目(振替口座大阪第七四番)  
京都市三條通鉄屋町(振替口座大阪第一七三番)  
福岡市上西町(振替口座福岡第五〇〇番)  
仙臺市國分町(振替口座東京第七四番)  
東京市神田區表神保町三番地(振替口座東京第二七〇番)  
東京市神田區裏神保町六番地(振替口座東京第三二七番)  
丸善株式會社  
東京堂書店  
光風館書店



361
3

終