

トータライザーの実験観測

喜多村 一 男

1. 緒言

自記雨量計、無線雨量ロボット、長期捲雨量計など雨の測器は近年著しい進歩と普及を示した。しかしこれらの測器はすべて雪の測定には役立たない。雪の測定に使われる新測器はトータライザー (Totalizer, Totalisateur) のみであろう。この測器は、塩化カルシウムの濃溶液が低温でも氷結せず、かつ降りこんだ雨雪と混和しやすい性質を利用したもので、筒形の容器の底へあらかじめ塩化カルシウムの濃溶液を入れて降雪地へ設置しておき適当な期間の後、液の増加量を測定してその期間中の総降水量を観測するものである。トータライザーが日本に紹介されたのは新しいので、簡単な測器ではあるがまだ充分な比較観測を経ないで実用に使われはじめている。そこで、この測器に関する二、三の実験観測を行った。本文はその報告である。

2. 油膜の効果に関する実験観測

塩化カルシウム溶液は吸湿性があるので湿度の高い時は降水がなくても空気中の水分を吸収して増量する、しかし湿度の低い時は水などのようにある程度蒸発もする。種々の濃度の塩化カルシウム溶液に対する飽和蒸気圧及びこれに相当する湿度は次の通りである (20°C)。

第1表 塩化カルシウム溶液に対する飽和蒸気圧その他 (20°C) (理化学常数表岩波による)

濃 度 (重量%)	10	20	30	40	飽和
飽和蒸気圧 (mm)	16.6	14.5	11.2	7.25	6.15
湿 度 (%)	95	83	64	41	35

この吸湿、蒸発を防ぐため溶液の表面に油膜を作っておくのであるが、筆者の傳聞の誤りでなければこの油膜が省略される事があると聞いたのではたして省略してよいか否かを定めるための実験観測を行った。

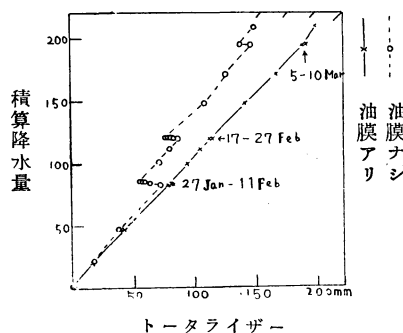
実験に用いた容器は内径 20 cm、深さ 35 cm、厚み 5 mm の総ガラス製の円筒形のタンク 2 個である。このタンクは菅谷式硫酸雨量計として使うつもりで製作したもので、受水口の縁をナイフ・エッジにしてない点を除けば普通雨量計と同様にかなり寸法を厳密に作ってある。従って 1 mm の降水量は水位も 1 mm 上昇させるものと期待してよい。タンクの 1 つには $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 500g を水 500cc に溶かした溶液を入れ、もう 1 つには同じ液の上へ流動パラフィンを軽油でうすめた油を流した。流動パラフィンのみでは粘性が強すぎて少量の雨滴は油の上へ玉のままに残ることがあるためである。この

2 つのタンクは大阪管区気象台の露場内へ普通の雨量計とならべて設置し、昭和 28 年 12 月 26 日から 29 年 3 月 12 日まで毎日 9 時に正規の雨量計と同時に観測した。測定方法はタンクの口辺から液面までの深さを竹製物指で測った。但し無降水の日には測定を省略した事もある。途中 1 月 27 日には $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 500g を追加投入して濃度の低下を補った。全期間中の降水総量及びタンクの水位増加は第 2 表のとおりである。

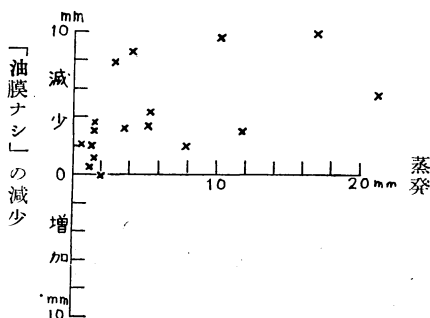
第 2 表 降水量及びタンク水量増加

降水量	タンク水位増加		降水量トノ比率	
	油膜アリ	油膜ナシ	油膜アリ	油膜ナシ
mm 208.8	198.6mm	148.7mm	98%	71%

油膜のある方の増加は降水量の 95% で、この程度の差は測器の違いや塩化カルシウム溶液に水を加えた場合、容積の増加は必ずしも加えた水の量に一致せずわずかな目に出る事などから考えてもやむをえないものと思われる。しかし油膜のない方は 71% にしかならず明かに蒸発その他による誤差と思われる。第 1 図の縦軸は普通雨量計による積算降水量、横軸は 2 つのタンクの水位である。



第 1 図 降水量とトータライザー

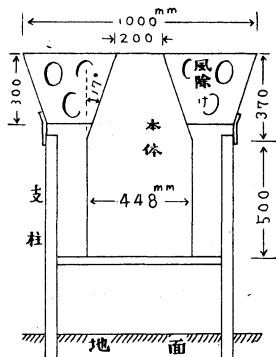


第 2 図 油膜の有無による差と蒸発量

油膜のある方は降水量ときれいな直線関係をなしているが、油膜のない方は2月5~11日、17~24日、3月5~10日など降水の少ない期間に著しい減少を示しており、その他の日も油膜のある方にくらべて増加が少ない。第2図は毎測定ごとの2つのタンクの水位増加量の差(縦軸)とその期間中の正規の測定による蒸発量の合計(横軸)との関係である。点はかなりバラついているが蒸発のほか吸湿作用もあり、液の濃度も日々変化しているのであるから簡単な関係は期待できないのが当然で、第2図から大ざっぱではあるが油膜のないタンクの水位増加が過少なものは主として蒸発のためと考えられる。従ってトータイザーで油膜を省略するのは危険である。

3. トータイザーの設計

伊吹山頂及び山麓春照に設置するトータイザーは受水口径を20cm、貯水部の内径は面積を受水口の5倍にするよう48.8cmに設計した。材料は厚み0.6mmの銑鉄板を用い塗料は黒色焼付けとした。内面は亜鉛メタリコンを0.1mm厚さにしたが、1個だけは試験の意味で黒色焼付けのままとした。風除けは円形窓つきの上向き截頭円錐状のものとした。構造の大体を第3図に示す。



第3図 トータイザーの設計

トータイザーに入れる塩化カルシウム溶液の濃度を決定するため、山頂山麓の冬の降水量を調べると次のようである(日本気候表1950より)。

第3表 伊吹山及び春照の冬季降水量

	12月	1月	2月	3月	4月	計
伊吹山頂	203.9	244.6	177.3	151.6	136.3	913.7mm
春照	139.7	167.5	119.6	119.4	133.7	679.9mm

おけばよい。原溶液はCaCl₂・6H₂O 13kgを水10kgに溶かしたものとした。この液中へ第3表に示した伊吹山頂の降水が入った場合の濃度その他の変化は第4表のようになる。

第4表 塩化カルシウム溶液濃度変化

	濃度	容積	氷結点	伊吹山最低気温	
				平均	低極
原液	28.6%	18000cc	-47°C		
12月末	27	24410	-34	-5.6	-14.7
1月末	21	32090	-20	-9.0	-16.3
2月末	17	37660	-14	-9.4	-16.5
3月末	16	42420	-12	-6.3	-15.9
4月末	14	46700	-10	-0.2	-10.0

この表には伊吹山の最低気温の平均及び低極(日本気候表より)を付記してある。溶液の氷結点は各月とも平均最低気温よりは低く、2月及び3月を除き低極よりも低い。従って2月に-14°C、3月に-12°C以下の最低気温さえ起らなければ液は氷結しないはずである。蒸発、吸湿防止用の油には軽油を用いる事にした。

4. 伊吹山頂及び山麓における観測

この2つのトータイザーのうち亜鉛メタリコンを施したものは山頂へ、黒色塗料のままのものは春照へ設置し、1月1日から毎日9時に物指を用いて水位を測定した。山麓春照における観測結果は次の通りである。ト

第5表 春照の降水量とトータイザー

	1月	2月	3月	合計	比率
降水量	179.6	114.3	78.5	372.4	
トータイザー期待値	36	23	16	74	
トータイザー実測値	32	21	15	68	91%

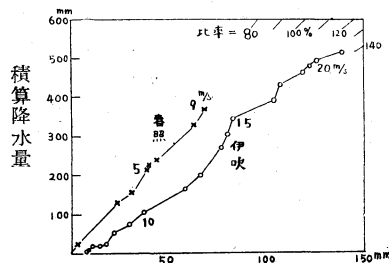
タイザーの水位増加は期待される量(積算降水量の1/5)よりも少ない。しかしその比率は91%であるから、前に述べたと同様の理由から許容できる程度の誤差と思われる。一方山頂の方は第5表に示すようにトータイザー実測値の方が降水量から期待されるよりもはるかに大で、比率は137%に及ぶ。

第6表 伊吹山頂の降水量とトータイザー

	1月	2月	3月	合計	比率
降水量	206.5	234.7	75.3	516.5	
トータイザー期待値	41	47	15	103	
トータイザー実測値	66	60	15	141	137%

山頂と山麓のこの差異は、両所の雪質や気象条件などの差によるものと思われる。山頂、山麓の気象状態のうち最も大きな差を示すものは風速及び気温であろう。

第4図は山頂、山麓のトータイザーの水位増加を風速の順に累計したもので、横軸は両所のトータイザー

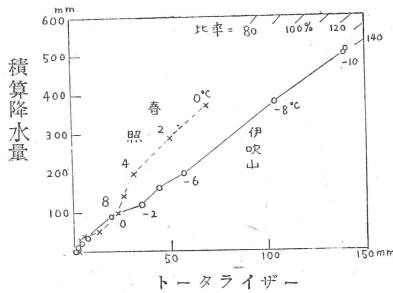


トータイザー

第4図 風速順積算曲線

水位、縦軸はこれに対応する普通雨量計による積算降水量である。風速は曲線に傍記してある。春照の最大風速は9m/sであるが、山頂の曲線で9m/s以下の部分を見ても必ずしも山麓の曲線の傾きに近いとは言えな

い、次に同じように気温の高い方から順に作った積算曲線を第5図に示した。気温の高い（伊吹山山頂 0°C、春照 8°C 以上）時は両者の曲線はよく一致しているが低温になるに従って互に離れ、伊吹山は高比率に、春照では低比率になってゆく。このように気温の影響がかな



第5図 気温順積算曲線

り大きいのは降水の形態が雨であるか雪であるかによる差異ではないかと想像される。そこで降水の形態(雨雪)別に比率を調べて見ると第6表に示すとおり雪の場合は伊吹、春照とも比率が高く、雨の場合は共に低い、そしてその差は伊吹の場合の方が春照の場合よりはなほ大きい。つまり雨はトータライザーよりも普通雨量計に多く

第6表 雨雪別比率比較表

	伊 吹 山		春 照	
	雨	雪	雨	雪
降 水 量	105.4	409.7	170.9	166.2
トータライザー期待値	21	82	34	33
トータライザー実測値	13	121	27	39
比 率	62%	148%	79%	117%

問5. 液面が氷結する事はないか
観察・初期は全然凍らなかつた。

しかし1月末から2月初めにかけての大雪の際、雪が溶けきれず表面にアイスクリーム状に残ったから攪拌して溶かした。又3月13日最低気温が -12°C に下り油膜の下で液表面が約 1.5 cm の厚みに凍った。砕いて観測したが、その氷は5日間残っていた。

氷結は設計の際に恐れていた最低気温が現実に入ったため、やむをえなかつた。

又黒色塗料のトータライザーははたして相当に錆が生じたから亜鉛メタリコンは必ず施工さねばならない。

6. 結 び

入り、雪は逆にトータライザーに多く入る。この現象は山麓よりも山頂で著しい。

5. トータライザー作動状況の観察

伊吹山頂における今回の実験観測の第一の特徴は、本来降雪地の山間に放置されるトータライザーを同じような環境にありながら、専門気象観測員がその作動状況をつぶさに観察できた点にある。それゆえあらかじめ設計者側から観測者に対し数個条の質問事項を提出して観察を依頼しておいた。質問事項及び観察結果は次のとおりである。

問1. 気流の乱れのため降雪がトータライザーに入らぬ事はないか?

観察. 量的にはわからないが、濃霧中を吹雪と飛雪が混じてトータライザーの上方、後方で渦をまいている。風の弱い時は気流の乱れはない。

問2. 地上の積雪が風のため入りこむ事はないか?

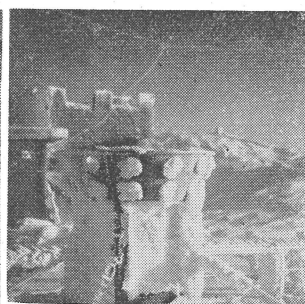
観察. NW 風の場合は大抵飛雪があり3~5mも舞い上がるからトータライザーにも入ると思われる。

問3. トータライザー外部、風除け、木枠などに雪は付着しないか?

観察. 山頂の雪は乾燥しているからほとんど着かない。但し SE 風の際は湿雪なので若干つく(筆者註 伊吹山頂の主風は NW と SE である)。なお濃霧の時は霧氷がつく、風除けの丸窓から初まって次第に風上の方へ全体に成長してゆく。しかしかなり成長しても受水口が閉じる事はなく雪の入り具合は大した影響はなかつた。写真は霧氷のついたトータライザーを示す。

問4. 受水口などに雪紐はできないか?

観察. 雪紐は全然できなかった。



伊吹山頂で普通雨量計よりもトータライザーの方へ多くの雪が入る理由等はまだ説明できないけれども前節の観察などから想像すると風除け

のない普通雨量計よりもトータライザーの方が正しい降水量を示しているのではあるまいか。写真で受水口にだけ霧氷が着いていないのは風除けの効果であろう。

この実験観測は、電力気象連絡会の水気象委員会の仕事で、経費は関西電力株式会社の援助によつた。又油膜の効果観測は大阪管区気象台観測課、設計すえつけは同測器課、資料の整理、統計、考察は同調査課で行つた。伊吹山測候所は最も困難な観測を行つた。ここに記して謝意を表する。

(大阪管区気象台)