



Title	自記霧水量計の試作（第2報）
Author(s)	福富, 孝治; FUKUTOMI, Takaharu; 田畑, 忠司 他
Citation	低温科学, 4, 43-50
Issue Date	1948-10-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/17458
Type	departmental bulletin paper
File Information	4_p43-50.pdf



自記霧水量計の試作(第2報)*

福 富 孝 治 田 畑 忠 司

(低溫科學研究所 海洋學部門)

I 緒 言

霧の研究、豫報等の見地から他の氣象要素と同時に、霧の要素を長期間に亙り連続的且正確に知ることは望ましいことである。而も長期観測と實用と云ふ見地から、装置は出来るだけ簡單で取扱ひの容易であることが望ましいのである。筆者等は先に此の見地から、その要素の一つである霧水量を自記する簡單な装置の製作を試みた。¹⁾即ち霧中に金網を立て、霧粒を捕捉すると云ふよく知られてゐる簡單な方法を用ひ、捕捉せられた霧水を自記雨量計の水槽に導いてその増し高の時間的變化を記録することによつて、單位時間中の霧水量を知ると云ふ原理のものであつた。その結果は、斯様な簡單な装置でも近似的には種々の測定法による霧水量の測定値²⁾と略同じ精度で、霧水量の自記観測が可能なることが判つたのである。只、實測の結果自記雨量計を其の儘使用したのでは感度の點で多少の難點があり、霧粒の捕捉装置にも多少改良すべき點があつたので、今回は此の點に留意して改良を施し自記霧水量計第1號を製作した。所が此の装置では霧の發生、消散の時間的變化の概況を知るには極めて便利であつたが、單位體積の空氣中にある霧水量の變化を知るにはどうしても風速の補正を施さなければならない不便があつた。従つて、次に單位體積の空氣中にある霧水量の時間的變化を直接に記録する装置の製作を試み、自記霧水量計第2號を得た。

以下に之等2装置の原理、構造並に霧の實測の結果に就て概略を御報告し、大方の御批評を乞ふ次第である。

II 原 理

面積 S の目の細かい金網を霧中で風向に直角に向く様に立てた場合に、 t 時間中に捕捉される水量 Z は、空氣の單位體積中の霧水量を α 、金網による粒の捕捉率(装置の口の影響をも含めた捕捉率)を ρ 、風速を v とすれば近似的には次の關係がある。

* 北海道大學低溫科學研究所報告 No. 63 昭和22年5月9日 日本物理學會に於て發表。

$$Z = \rho S v t x \quad (1)$$

ρ は厳密には勿論粒の大きさによつて異なる。然し天然の霧粒では、直径は數 μ 乃至數拾 μ の範圍であり、筆者等の装置ではこれに對しては普通の風速の範圍で ρ の値は凡そ 0.7 位で略々一定値を示してゐる。³⁾ 故に此の ρ を近似的に常數と見做すと S は勿論一定であるから、金網に捕捉される水量 Z は $x v t$ に比例することになる。従つてこの霧粒の捕捉装置で捕へられた水を小水槽に導いて、この水槽中に浮べた浮子によつて水位の上下運動を自記圓筒上で自記させ、その時の記録紙上で曲線のある基線からの上昇量を y とすれば

$$y = a + \frac{1}{k} x v t \quad (2)$$

で表はされる。此所に k は $\frac{1}{k} = (V \rho S) / A$ なる比例常數で、 A は水槽の斷面積、 V は水位の上昇に對する記録用ペン上昇の器械倍率である。又 a は基線のとり方に關する常數である。故に

$$x = k \frac{dy}{dt} \quad (3)$$

従つて(3)式から記録紙上曲線の傾斜 $\frac{dy}{dt}$ は單位體積中の霧水量 x と風速 v との積に比例することになり、風速が一定の場合には x が大であれば傾斜が大となる。逆に x は曲線の傾斜と風速とから算出出来るのである。これが自記霧水量計第1號の原理である。

然し霧水量の自記計であるから直接に x の値を自記するに越したことはないのは緒言に述べた通りである。上に述べた霧水の貯溜される小水槽の水を風程が一定の値に達する毎に排出したとすれば、(2)式に於て $\frac{vt}{k} = K$ は常數となり、又記録紙上での曲線の上昇量 y を、水槽中の浮子が水の排出直後に示す位置に對する記録紙上の基線を零線として測れば $a = 0$ となるから、水の排出直前に y の示す極大値 Y は空氣の vt 體積に對する霧水量に比例することになり、 vt 體積内で霧水量 x の分布が一様であるとしてその値を \bar{x} とすれば、

$$Y = K \bar{x} \quad (4)$$

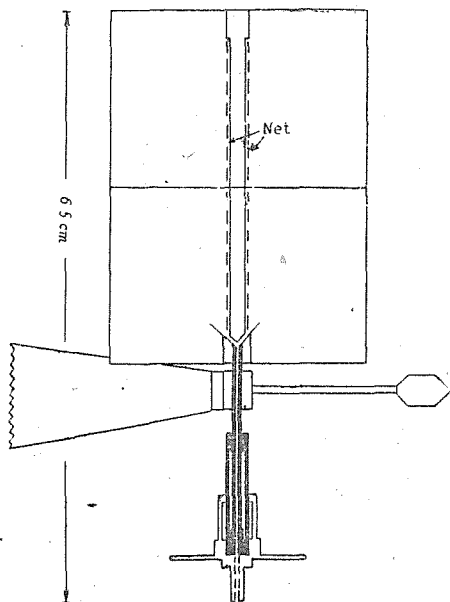
で表はされるのである。故に K の値を Calibration により豫め求めてをけば、記録紙上の Y の値から單位體積中の霧水量の一定風程に對する平均値 \bar{x} を知り得るのである。之が霧水量計第2號の原理である。

III 装 置

装置は大要、霧粒の捕捉装置と記録装置と風力計の三部分に分けることが出来る。

1) 霧粒捕捉装置

第1圖には霧粒の捕捉装置を示した。第1號、第2號の兩装置に於ては全く同じものを用ひてゐる。装置の主要部分は約 1.5 cm の間隔で鉛直に立てた2枚の金網である。1枚の金網はこ



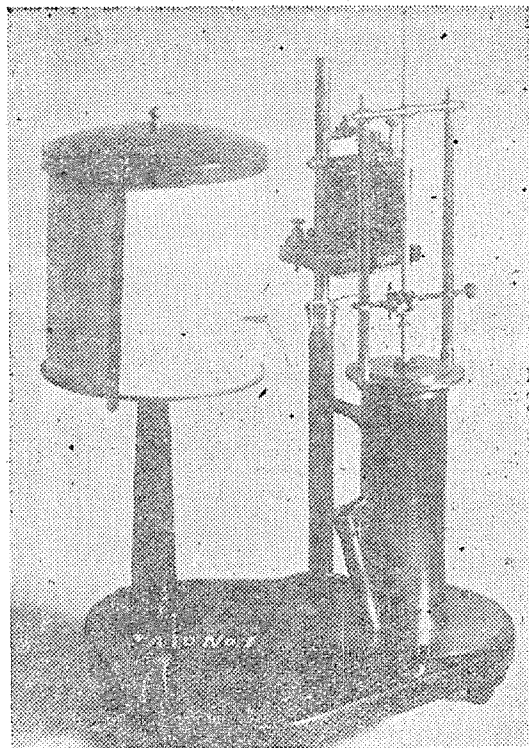
第1圖 霧粒捕捉装置

▲では面積780平方糎で針金の直径は48.6 μ 、目の間隔は173.3 μ のものを用いた。この金網は出来るだけ雨に當らない様にする

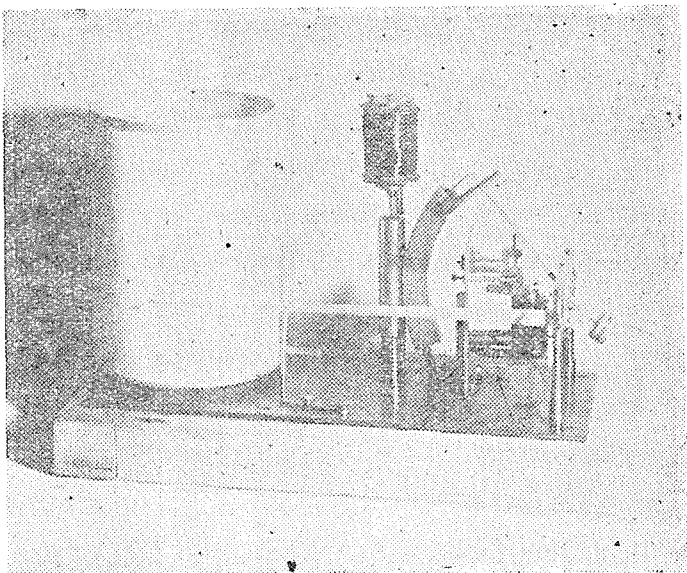
ために水平な長さ約40cmの薄い金属製の筒の中に設置してある。更に金網の面が矢羽によつて常に風向に直角に向き得る様に垂直軸の廻りに自由に廻轉し得るため ball-bearing を用いた支柱棒で支持してある。金網から流下した霧水は下の受皿に集められて支柱棒の中心にある管を通つて装置の下からゴム管で記録装置に導びかれる。

2) 記録装置と風力計

第1號に於ては金網によつて捕捉された水を第2圖(寫眞1)に示す記録装置に導いて自記せしめた。此の装置は自記雨量計の記録装置と同じ構造であるが(此の装置では $V=1$ である)

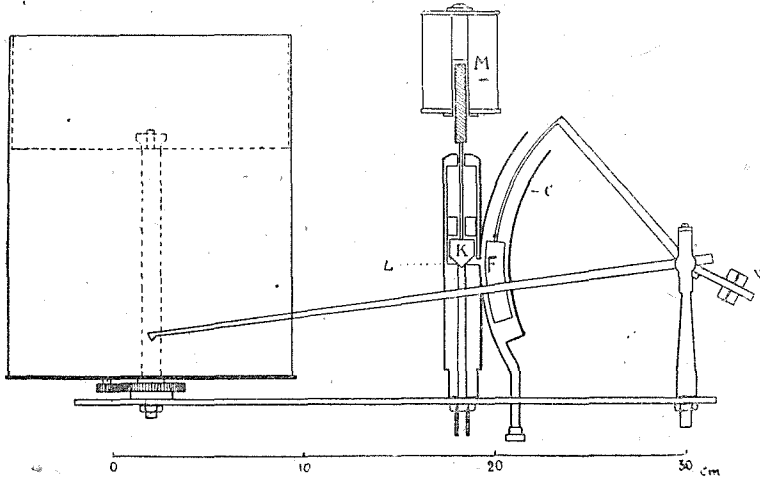


第2圖(寫眞1) 自記霧水量計第1號



(寫眞2) 自記霧水量計第2號

只水槽の断面積が $1/4$ であり、従つて普通の自記雨量計に比較してペン先の動きが4倍に擴大される。風速は金網の近くに設置したロビンソン風力計とその自記計によつて記録した。



第3圖 自記霧水量計第2號略圖

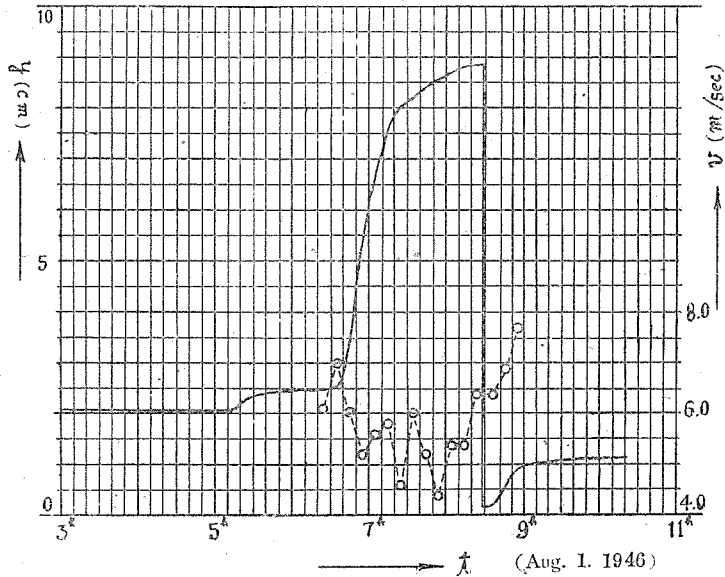
第2號では第3圖(寫眞2参照)に示す装置を用ひた。各部分には鹽分を含んでゐる霧水による腐蝕性を考慮に入れて眞鍮製にした。捕捉装置によつて捕へられた水をゴム管によつて水槽Cに導く。水槽内の水位の上昇は浮子Fに連結されたペン

によつて自記圓筒上に記録される。又一一定風程 1000 m に達すれば電接する様に改造したロビンソン風力計を捕捉装置の近くに設置した。風程が 1000 m に達して電接する毎に relay が働き交流 100 V の回路が閉ちて電磁石 M が働き栓 K を引き上げて水槽の水を L の線迄排出する様になつてゐる。ロビンソン風力計の電接が終ると M の作用が止み栓 K が閉ちて再び水槽に水がたまる。水槽の水の排出には満水の場合でも 2 秒以上の時間は要しないから電接時間が 3~5 秒になる様に風力計の電接部分を調節した。風程 1000 m 毎に金網に捕捉される水量はあまり多くないから、水槽の断面積を大にすることは感度の上から好ましくないで水槽の断面積を 1.5 cm × 1.5 cm とした。従つて浮子の断面積を 1.0 cm × 1.0 cm とした結果ペン及び lever を加へた場合には浮子は自力では浮くことが出来ないで、ペン及び他の部分の重さと釣合はすために counter weight W を付け、又ペン先の運動を浮子の動きに比して擴大するためと、浮子が水槽の壁に接觸して摩擦が出ることを禦ぐために、圖の様に水槽及び浮子に曲率(圓弧、半徑 10cm)を持たしめ、浮子の運動を lever を用ひ 2.7 倍に擴大して記録した。然しそのために浮子が上につれて加はる浮力が變り、counter weight の有効な weight も變化するので、水槽の上部と下部では同一の水量に對するペンの上昇量が變ることが有り得る。故に豫め理論的にその量を小ならしめる如く counter weight をつける角度及び距離を調節し、且實驗的にその補正值を求めて見たが殆ど問題にならない程であつた。(4) 式の K の値は第1號の (2) 式の k の値と同様に他の霧水量の絶對測定装置⁴⁾ で同時觀測を行ひ、それによつて求めた單位體積中の霧水量の値 \bar{x} と、その時の之等の自記装置の記録から求めた値とを比較して決定した。その結果 $k=148$, $K=2.50$ を得た。(但し y を mm, v を m/sec, w を mg/m^3 , 第1號に於ける t を 10 分とする)。

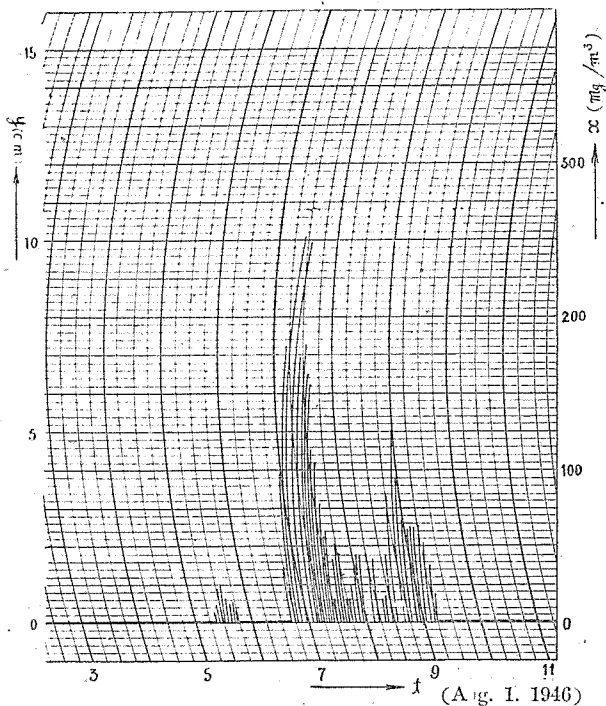
IV 實測の例

此等の自記計を昭和21年7月北海道釧路郡霧多布海岸に設置して、襲來する海霧の霧水量を自記せしめた記録の2

例を第4,5圖に示した。第4圖は第1號の記録(縦軸は積算霧水量, 横軸は時間)及び當時の風速の變化である。曲線の傾斜をその時の風速で割れば, 單位體積中の霧水量が得られる。第5圖は第2號の記録(縦軸は空氣の單位體積中の霧水量, 横軸は時間)である。此等の記録を見ると, この



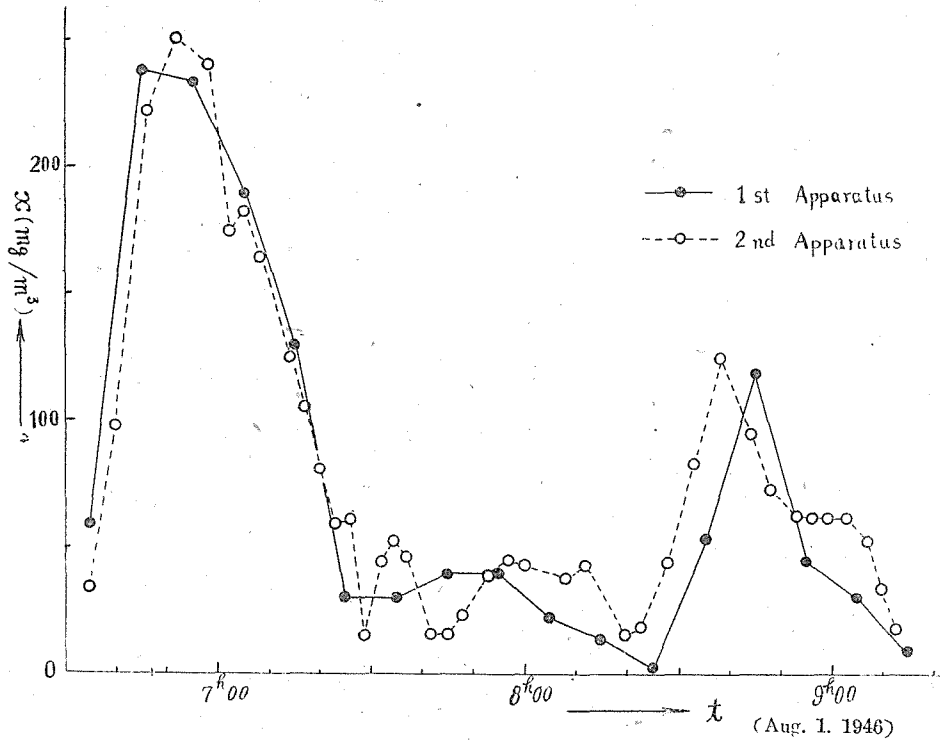
第4圖 自記霧水量計第1號の記録の1例(實線)と其當時の風速變化(點線)



第5圖 自記霧水量計第2號の記録の1例(實線)

裝置で霧水量の變化がよく判かる。

第4,5圖に示したこの2つの自記計の同時觀測の記録から得られた霧水量の變化を比較するために, 第1號に於ては第4圖から10分間毎の單位體積中の平均霧水量を計算し, 第5圖の第2號の記録からそれに対応する値を読み取つて第6圖と一緒に圖示した。それによると兩者の値は細かい點では必ずしも一致してゐないが, 大勢に於ては一致してゐる。微細の點で一致しないのは, 此の例の如く繼續時間の短い消散過程にある霧では霧水量が時間的に可成り小さい變化をしてゐることに原因するらしい。この點からも第2號の方が



第 6 圖 自記霧水量計第 1 號及第 2 號より得た霧水量比較の 1 例

有利であり、霧の時々刻々の變化を直ちに定量的に知る事が出來て極めて便利であつた。

V 吟 味

之等の装置を實際に使用した結果知り得た性能及將來改良すべき諸點に就て多少以下に吟味を行つて見ようと思ふ。

1) 之等の装置に於ては、捕捉装置から記録装置までは 4 m 位のゴム管で連結してあるために、定常状態に於ても 4 分位の位相の遅れがあり、又霧の襲來の初めに於ては捕捉装置、ゴム管が乾燥してゐるため 6~7 分位の位相の遅れが現はれるのが常であつた。然し今日の觀測の精度では先づこれ位は問題にならない様に思ふ。

2) 第 2 號に於ては 25 mg/m^3 の霧水量が記録紙上で 1 cm の感度に當つてをり、記録紙の幅は 15 cm である。即ち 375 mg/m^3 以上の霧ではペンが scale out することになる。然るに實際の海霧に於ては霧水量は $10 \sim 1500 \text{ mg/m}^3$ 位の範圍であるので、此の範圍の霧全部に就いて記録可能なためには其の倍率が大に過ぎた恨みがある。この點を改良するには倍率を $1/4$ に縮めることであるから極めて容易である。即ち捕捉装置の金網の面積を小にすると、貯水槽の斷面積を大にすればよいのであるから、此の點は却つて捕捉装置の運搬が容易となり、又風に對する強度も増す結果となる。又貯水槽の斷面積を大とすれば浮子の浮力を大にすることが出來て装

の製作、取扱が簡便になる。第1號に於てはペンが記録紙の上部に達すれば水槽の水はサイフォンで排出され、ペンは下る様になつてゐるから此等の點は問題でない。

3) 第1號、第2號に共通の缺點はロビンソン風力計を使用した結果風力計の作用しない程の微風に對して第1號に於ては、霧水の記録はとれても風速は不明であるから單位體積中の霧水量の算出が不可能であり、第2號にあつては、栓Kが作動しないため水が水槽から溢出すると云ふ不都合が起ることである。又全くの無風であれば霧があつても霧水が捕捉されないと云ふ場合も生ずる譯で、この點はこれらの装置の缺點である。この點を無くするには捕捉装置に電動吸入器をつけて空氣を吸入すればよいのであるが、これは長期の観測にはどうしても適當ではない。幸ひに海霧や山の霧では風速は相當にあるからこの様な場合は稀であり、従つて風力計を出来るだけ摩擦の少い状態で使用することにすれば、この難點は避け得られることと思ふ。

4) 捕捉装置は雨を防ぐために金網は筒の内部に設置されてゐるが、風の強い時には不充分であつた。然し雨による記録の曲線は霧の場合と簡単に見分けることが出来るからこの點はあまり問題ない様に思はれる。

5) 第2號では栓Kを引き上げるに相當力を要するため電磁石に交流100Vを使用した。其の結果記録装置内を充分乾燥させて置かなければならなかつた。

VI 摘 要

筆者等は霧の1要素である霧水量を自記せしむる目的で2種の自記霧水量計を試作した。第1號は單位時間に通過する霧の霧水量の變化を自記する装置であり、第2號は霧の單位體積中の霧水量を直接に自記する装置である。吾々の知り度いのは單位體積中の霧水量である。第1號ではその記録とその瞬間の風速とから計算して求めなければならない煩はしさがある。此の點第2號は遙かに實用的である。今日の所器械の構造、性能に就て第1號は大體この程度で實用に充分である様に思はれ、第2號に於ては第V節に述べた點に於て多少改良が必要であると思はれるが、概してその性能に満足すべきものを得た。尙今後改良が行はれた際には充分實用に役立つものと思ふ。

終りに臨み本研究に要した費用は昭和21年度文部省科學研究第1部第39班(霧班、班長中谷宇吉郎教授)の一員として「霧測定器械の製作」に對する補助金、及び昭和24年度日本學術振興會研究費「海霧の霧水量に關する研究」によつた。こゝに厚く感謝の意を表する次第である。

文 献

- 1) 福富孝治、明石忠司 1945 簡単な霧水量自記装置の試作。學術研究會議第151班霧班。霧の研究。30-32。
- 2) 花鳥政入 全含水量測定に就いて。低温科學、2(印刷中)

井上直一, 黒岩大助, 竹内吉男, 電気視程計の試作 同上

小口八郎 霧粒の大きさ及び数の測定法 同上

福富孝治, 楠宏, 明石忠司 1945 網目による霧水量の測法定に就て. 學術研究會議第151班 霧班. 霧の研究. 21-29.

Radford, W.H. 1938 An Instrument for Sampling and Measuring Liquid Fog Water. Papers in Phys. Oceanogr. & Met., Massachusetts Inst. of Technology & Woods Hole Oceanogr. Institution. 6, 19-31.

3) 之は勿論金網の目の粗さによつて異なるが, 今回用ひた金網に對しては此の値である.

4) 福富孝治, 楠宏, 明石忠司 2) の第3文献に同じ.

Résumé

Two kinds of simple self-recording apparatuses for the liquid water contents in natural fogs were constructed. One of them records the liquid water contents in unit time and the other records the liquid water contents in unit volume of foggy air directly.

As the catching unit for the fog particles (Fig. 1) which is constructed by two wire-nets of fine mesh in a distance of about 1.5 cm and by a wing-plate to hold the unit perpendicular to the wind direction is used in both apparatuses.

Fog water that is caught by the unit is led to a small water tank of the self-recording apparatus (Fig. 2) by a guiding tube. And the rising of water-level in the tank is recorded on the automatic drum in some magnification by a pen which is connected to a float in the tank.

As the catching ratio of fog particles by the catching unit and the ratio of the backward wind velocity of the unit to the forward are nearly constant, rise of the recording-pen in unit time is nearly proportional to the product of wind velocity v and the liquid water contents of fogs in unit volume of air x . For this reason, if we know v , we can get x from the records. This principle was applied in our first apparatus and we used the Robinson Anemometer on the continuous measurement of the wind velocity.

In our first apparatus, there exists some profit to know general view of the change of natural fogs, but there exist fatal inconvenience that we can not see directly the fog water contents in unit volume of air. Therefore, we tried in the second apparatus to record it directly. The rise of the recording-pen in a certain time interval is proportional to the product of the wind velocity v , the time interval t and the fog water contents in unit volume of air x . So, in this case, the rise of the recording-pen y for a constant wind elopement vt is proportional to x . Now, we came to the conclusion that we may record y for our object instead of x . The second apparatus was devised in such point of view as shown in Fig. 3. In this apparatus, the caught fog water is led to the small water tank T in base of which a small cock K exists. And the water is to be drained up by the pull-up of cock K with the action of electromagnet M which is acted by a Robinson Anemometer in every 1000 m run of wind elopement. The proportional constant between y and x was obtained by the simultaneous observations of the absolute measurement of x on which we discussed in a separate paper.

In Fig. 4. and 5, we indicated two examples of the natural sea fogs that were recorded by these apparatuses simultaneously in the Kiritappu in the south-eastern coast of Hokkaido, 1946. In Fig. 6, we compared the values of x obtained by the second apparatuses (Fig. 4 and 5) with those calculated from the records of the first apparatus. As we see in Fig. 6, the results are fairly in agreement and both apparatuses have a sufficiently good sensibility for our purpose. But, in detail, we can say that the second apparatuses have a better sensibility and characteristics than the first one.