HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|---|---|
| Title | 携帯用硫酸發熱式霧水量計の試作 |
| Author(s) | 福富, 孝治; 須川, 明 |
| Citation | 低温科學. 物理篇, 11, 7-18 |
| Issue Date | 1953-10-25 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/17861 |
| Type | departmental bulletin paper |
| File Information | 11_p7-18.pdf |

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

Takaharu FUKUTOMI and Akira SUGAWA 1953 A Device of a Portable Fog Meter of Heat Generating Type by the Use of Sulphuric Acid and Rod- and Wire-Shaped Fog Collectors. *Low Temperature Science, II.* (With English résumé p.18)

# 携帯用硫酸發熱式霧水量計の試作*

福富孝治　須川　明

(低溫科學研究所　海洋學部門)

(昭和28年7月 受理)

## I. 序　言

數年來霧の野外觀測を行つた經驗から，取扱いが簡便で，しかも可成り信頼される正確な値を現場で直ちに得ることの出來る様な，携帯用の霧水量計の必要を痛感していたが，この度の霧の班研究に際して以下に述べる様な棒狀及び線狀の捕捉裝置を持つ，硫酸發熱式の霧水量計の試作を行い現場で使用してみた。その結果，可成りの好成績が得られたので，ここに裝置の大要とその原理使用の結果につき報告し，大方の御批評，御敎示を仰ぐ次第である。

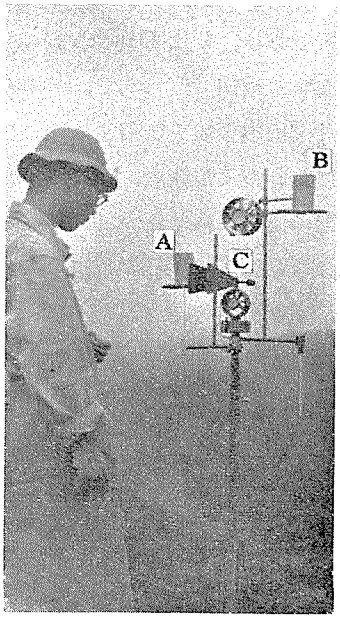
## II. 裝置の構造及び原理

1) 構　造

裝置の寫眞を第1圖に揭げた。裝置は A, B, C の3部分に分けられるが，C の風向風速計の部分を除いた A 及び B の主要部分の略圖は第2圖に示した。

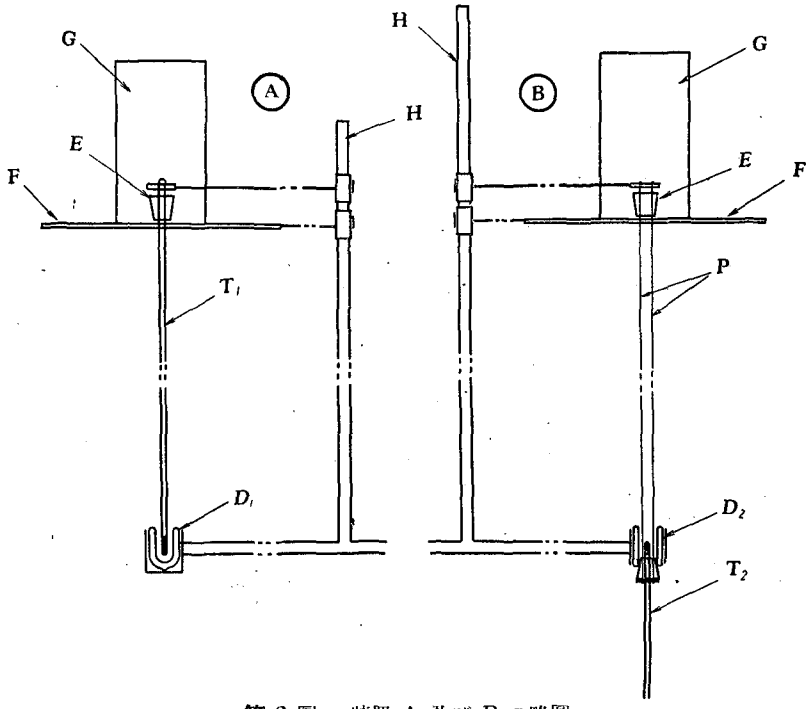
A, B の部分は C の兩側に C と高さが等しくなる様地上凡そ1m の高さに，風向風速計の脚の上，風向風速計の下部に取り付けられる様に設計した。

A の主要部分は，平均直徑 $2m_1=4250\,\mu$ の細い棒狀アルコール寒暖計 $T_1$ と，圖の様に置かれた小さい Dewar's vessel $D_1$ より成り，B の主要部分は，5mm 位の間隔で平行に張つた平均直徑 $2m_2=300\,\mu$ の極く細い2本の白金線 P と，小さい Dewar's vessel $D_2$ と，細い棒狀アルコール寒暖計 $T_2$ とより出來ている。A の棒狀寒暖計 $T_1$ 及び B の白金線 P は，いずれも鉛直方向に置いた霧粒の捕捉裝




**第1圖**
霧水量計(測定中)

* 北海道大學低溫科學研究所業績　第228號




**第 2 圖**　裝置 A 及び B の略圖

置である。E は Dewar's vessel のゴム栓であると同時に，寒暖計 $T_1$ 及び白金線 P に附着した霧水の水切りが目的で，ゴム栓の中央部に，寒暖計及び白金線を通し，ゴム栓の最下部で寒暖計又は白金線と密着する様にしてある。F は圓板で，捕捉空間の上限を畫するためと，cap G についた水が裝置に滴下するのを防ぐためのものである。又必要の際には支柱 H を軸として，廻轉出來る様になつている。G は圓筒狀の取り外し可能の cap で，測定中ゴム栓 E や，寒暖計 $T_1$，白金線 P の F 以上の部分に霧水が附着するのを防ぐためのものである。

2) 原　理

霧水量の測定は濕度は常に 100% であるとして考えを進めた。霧粒の捕捉裝置として棒狀寒暖計又は白金線を使用したのは，この捕捉部分に直接自然風が當ることと，斯様な圓筒形の棒又は線による霧粒の捕捉率が，Albrecht[1] や今井氏[2] により理論的にも實驗的にも可成りよく研究され，その關係が判つていて都合がよいからである。今寒暖計の直徑を $2m_1$，その露出部分の長さを $l_1$ ($l_1=15.5$ cm)，白金線の直徑を $2m_2$，露出部分の長さを $l_2$ ($l_2=70$ cm)，風速を $V$，霧粒の質量分布の Mode の値を $r$，寒暖計 $T_1$ 及び白金線 P の捕捉率を夫々 $a_1$，$a_2$ とすれば，Albrecht により

$$a_1=\frac{1}{1+0.0820\dfrac{m_1}{V_r^2}} \qquad \cdots\cdots (1)$$

$$a_2 = \frac{1}{1+0.0820\frac{m_2}{Vr^2}} \quad \cdots\cdots (2)$$

で與えられる。但し $V$ の單位は m/sec, $m_1$, $m_2$, $r$ の單位は $\mu$ である。從つて，$t$ 時間に寒暖計 $T_1$ 及び白金線 P への着水量 $f_1$ 及び $f_2$ は

$$f_1 = \varphi Vt 2s_1 a_1 = \frac{2\varphi W s_1}{1+0.0820\frac{m_1}{Vr^2}} \quad \cdots\cdots (3)$$

$$f_2 = \varphi Vt 2s_2 a_2 = \frac{2\varphi W s_2}{1+0.0820\frac{m_2}{Vr^2}} \quad \cdots\cdots (4)$$

で表わされる。但し $\varphi$ は空氣の單位体積中の霧水量 (mg/m$^3$) で，$m_1 l_1 = s_1$, $m_2 l_2 = s_2$ は夫々寒暖計 $T_1$ 又は白金線 P の風に直角な方向の斷面積の半分 (單位は $m_2$ で表わすものとする) で，器械の既知の常數である。$Vt \equiv W$ は風程 (單位は m) で風向風速計により直接讀み取り得る量である。

ここで $f_1$ 及び $f_2$ は，以下に述べる様に測定される量であり，$s_1$, $s_2$ は器械の常數であるから，(3), (4) の兩式を變形すれば，

$$k \equiv Vr^2 = 0.0820\, m_1 \frac{(1-\frac{m_2}{m_1}y)}{(y-1)} \quad \cdots\cdots (5)$$

が得られる。但し

$$y \equiv \frac{f_1 s_1}{f_1 s_2} \quad \cdots\cdots (6)$$

$y$ は 1 回の測定ごとに判つている量である。

$k$ 即ち $Vr^2$ は (5) 式から求められる。又 (5) 式より判る通り $k$ は $y$ のみの函數であるから，あらかじめ $k$ と $y$ との關係を圖示して置けば，現場で計算する勞を省くことが出來る。

故に霧粒の質量分布の Mode の値 $r$ は

$$r = \sqrt{\frac{k}{V}} \quad \cdots\cdots (7)$$

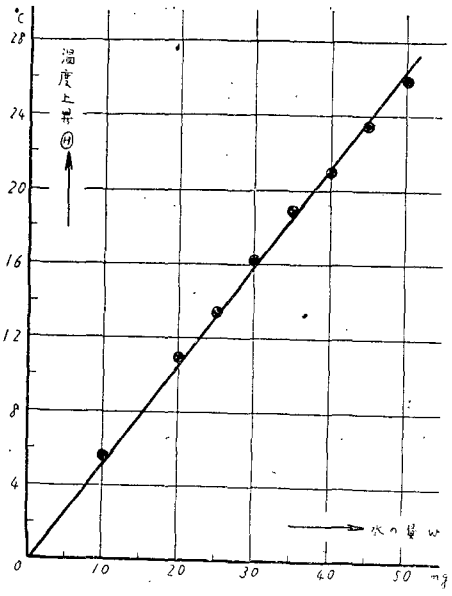
によつて求めることが出來る。

又霧水量は (3) 式により

$$\varphi = \frac{f_1(1+0.0820\frac{m_1}{k})}{2s_1 W} = \frac{f_2(1+0.0820\frac{m_2}{k})}{2s_2 W} \quad \cdots\cdots (8)$$

によつて求めることが出來る。

次に着水量 $f_1$, $f_2$ の測定は次の様にして行うのである。捕捉された霧水の溜つた小 Dewar's vessel 中に一定濃度の濃硫酸一定量を入れ，その溫度上昇を寒暖計 $T_1$ 及び $T_2$ により讀み取る。この裝置では，霧水量 300 mg/m$^3$，風速 1 m/sec の場合 10 分間の露出で着水量 $f_1$, $f_2$ 共に




**第3圖** 水に硫酸（規格については本文參照）1cc を加えたときの温度上昇の檢定曲線

30 mg 程度であるから，硫酸の量は 1 cc にきめた。筆者等の使用した硫酸は日東化學工業株式會社製，日本試藥規格 1358，一級硫酸で，測定の結果比重は 1.84 (22.2°C で) 濃度凡そ 98% に當る。

硫酸については，あらかじめ實驗用 Dewar's vessel に 1～8 cc 程度の蒸溜水を入れ，それに硫酸 100 cc を加えて，攪拌しながら温度の上昇を細いアルコール寒暖計で測定し，これを硫酸 1 cc の場合に換算して檢定曲線を作つた。第 3 圖は横軸に水量 $w$ (mg) をとり，縱軸には温度上昇 $\theta$ (°C) をとつて，この關係を圖示したものである。この實驗に際しては，硫酸が多量であつたから，Dewar's vessel の壁や，細いアルコール寒暖計を暖めるに要した熱量の影響は無視し，又 Dewar's vessel から外へ逃げる熱の影響も無視した。

次に裝置の小 Dewar's vessel の場合について考える。温度はすべて氣温を基準として測るものとする。

$\beta$: 最初の硫酸の温度（測定に際して，硫酸瓶は霧粒を防ぐために小箱に格納してある關係上氣温より多少高いのが普通であつた），

$T_0$: 小 Dewar's vessel 中で霧水に 1 cc の硫酸を入れて發熱させた時に示す溶液の温度（發熱は可成り短かい時間中に起るから，理論的には瞬時に起るものと考えた），

$a_m$: 寒暖計の球部内のアルコールの熱容量，

$a_g$: A の場合は小 Dewar's vessel 内壁の硝子の熱容量と寒暖計球部のうすい硝子部分の熱容量との和，B の場合は小 Dewar's vessel の内壁，寒暖計球部の硝子の熱容量及び白金線の器内部分の熱容量の總和，

$a_s$: 1 cc の硫酸の熱容量

$c_w$: 水の比熱

$t$: vessel 中の霧水に硫酸を混入した時刻を起點として測つた時間，

$T$: $t$ 時における硫酸と水との混合液並びに Dewar's vessel の壁のもつ温度，

$\theta$: $t$ 時刻における寒暖計の示す温度，

$K_1$: Dewar's vessel 及び白金線より空氣中への熱傳達係數，

$S_1$: Dewar's vessel 及び白金線より空氣中へ放熱する有効面積，

$K_2$: 寒暖計球部のうすい硝子壁から，アルコールへの熱傳達係數，

$S_2$: 寒暖計球部のうすい硝子壁から，アルコールへの熱傳達の有効面積，

とおけば，先ず $t=0$ で霧水と硫酸が小 Dewar's vessel 中で混入發熱の結果，一瞬間的にこれらの液及び vessel の壁が同じ溫度 $T_0$ になつたと考えれば，

$$a_g T_0+a_s(T_0-\beta)+wc_w T_0=(a_s+wc_w)\Theta \quad \cdots\cdots (9)$$

$$\therefore\ T_0=\frac{(a_s+wc_w)\Theta+a_s\beta}{a_g+a_s+wc_w}\fallingdotseq\frac{a_s(\Theta+\beta)}{a_g+a_s} \quad \cdots\cdots (10)$$

しかし水量 $w$ は，硫酸量に比し 2～3% に過ぎないから，近似的に (10) 式の後式の様においてもよい。但し，ここに硫酸と水とは夫々混合後の溶液の狀態においても混合前と同じ熱容量をもつものと假定した。これは明らかに正しくないが，水の混入は以下に述べる様に僅少に過ぎず從つて水の熱容量は硫酸の熱容量に對して無視される筈であるから，上記の假定は到達される結論においては重大な誤りとはならないものと思われる。即ち，小 Dewar's vessel 中では混合液並びに小 Dewar's vessel の內壁，寒暖計球部のうすい glass 壁，又は白金線の器內部分は $t=0$ で瞬間的に $T_0$ なる溫度をもつと考えられるが，寒暖計の球部內のアルコール部分は，未だ溫度は 0，即ち外氣溫度と考えてよろしい。しかし時間の經過につれて，寒暖計の球部は混合液のために熱せられて，漸次溫度は上昇すると考える。又小 Dewar's vessel は二重管內の空氣を抜き，なるべく斷熱的である様に作つてあるが，二重管內部は銀鍍金してないし，ゴム栓或いは白金線を通して熱は多少逃げ去ると思われるので，これに對しては，極く大ざつぱに內壁溫度（混合液の溫度に等しい）$T$ から外氣（溫度 0）に對して Newton の冷却法則に從つて熱が逃げ去るものとして考えを進めた。斯様に考えて時刻 $t$ までに硫酸と水との混合液の失つた熱量は，寒暖計が得た熱量と，Dewar's vessel から外部に放失された熱量の和であるとの考えから，次式が得られる。

$$(a_s+a_g+wc_w)\cdot(T_0-T)=a_m\Theta+\int_0^t K_1S_1T\,dt \quad \cdots\cdots (11)$$

(11) 式を $t$ について微分すれば，

$$-(a_s+a_g+wc_w)\frac{dT}{dt}=a_m\frac{d\theta}{dt}+K_1S_1T \quad \cdots\cdots (12)$$

一方寒暖計でも，その示度は Dewar's vessel 內の溶液の溫度を直ちに示さず，近似的に

$$K_2S_2(T-\theta)\,dt=a_m d\theta \quad \cdots\cdots (13)$$

なる關係がある筈であるから，(13) 式から

$$T=\zeta\frac{d\theta}{dt}+\theta \quad \cdots\cdots (14)$$

が得られる。但し

$$\zeta=\frac{a_m}{K_2S_2}$$

である。又(14)式を $t$ で微分すれば

$$\frac{dT}{dt}=\zeta\frac{d^2\theta}{dt^2}+\frac{d\theta}{dt} \quad \cdots\cdots (15)$$

となる。(14), (15) 兩式を (12) 式に代入し，整理すれば次の式が得られる。

$$\frac{d^2\theta}{dt^2}+2\varepsilon\frac{d\theta}{dt}+n^2\theta=0 \quad \cdots\cdots (16)$$

但し

$$\left.\begin{aligned} 2\varepsilon &\equiv \frac{a_s+a_g+wc_w+a_m+\zeta K_1S_1}{\zeta(a_s+a_g+wc_w)} \\ n^2 &= \frac{K_1S_1}{\zeta(a_s+a_g+wc_w)} \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (17)$$

(16)式は速度に比例した制振作用のある場合の，自由振動の方程式と全く同じ形であるから解ける。但し初期條件として，

$$t=0:\begin{cases} \theta = 0 \\ T = T_0 \\ \dfrac{d\theta}{dt}=\dfrac{T_0}{\zeta} \text{ ((14)式より)} \end{cases} \quad \cdots\cdots (18)$$

を満足する様に解けばよい。この場合問題になるのは，$\varepsilon > n$ なる場合，即ち溫度 $\theta$ が上昇して，$t=t_m$ で $\theta=\theta_m$ で最高溫度を示し，後は漸次低下する場合である。從つて $\varepsilon > n$ として解を求むれば，

$$\theta=\frac{T_0}{2\zeta\sqrt{\varepsilon^2-n^2}}\left[e^{-(\varepsilon-\sqrt{\varepsilon^2-n^2})t}-e^{-(\varepsilon+\sqrt{\varepsilon^2-n^2})t}\right] \quad \cdots\cdots (19)$$

が得られる。この式によつて寒暖計の示度 $\theta$ と，時間 $t$ との關係を求めて圖示すれば第4圖中實線の様な形となる。圖中の黒丸は筆者らの A 裝置につき實測を行つた結果である。測定の際に讀み取るのは，寒暖計の示度の最高値 $\theta_m$ であるから，(19)式よりこれを求めれば，

$$\theta_m=\frac{T_0}{\zeta}\left\{\frac{(\varepsilon-\sqrt{\varepsilon^2-n^2})^{\varepsilon-\sqrt{\varepsilon^2-n^2}}}{(\varepsilon+\sqrt{\varepsilon^2-n^2})^{\varepsilon+\sqrt{\varepsilon^2-n^2}}}\right\}^{\frac{1}{2\sqrt{\varepsilon^2-n^2}}} \quad \cdots\cdots (20)$$

となる。又 $\theta=\theta_m$ となる時刻 $t=t_m$ は

$$t_m=\frac{1}{2\sqrt{\varepsilon^2-n^2}}\log_e\left(\frac{\varepsilon+\sqrt{\varepsilon^2-n^2}}{\varepsilon-\sqrt{\varepsilon^2-n^2}}\right) \quad \cdots\cdots (21)$$

で與えられる。

$\varepsilon$ や $n$ の値は (17) 式から判る様に，嚴密には篛水量により測定毎に變る量ではあるが，第2表に見られる様に $w$ は 20～30 mg 位の量で，硫酸 1 cc に比較して 2～3% に過ぎない。從つて $wc_w$ も $a_s+a_g$ に比較して近似的に無視しても，現在の精度では問題にならない。從つて $\varepsilon$, $n^2$ は共に常數と見做して差支えないから，

$$\theta_m \propto T_0 \quad \cdots\cdots (22)$$

となり，(10)式によれば $T_0$ も $\Theta+\beta$ に比例するから再び

$$\theta_m \propto (\Theta+\beta) \quad \cdots\cdots (23)$$

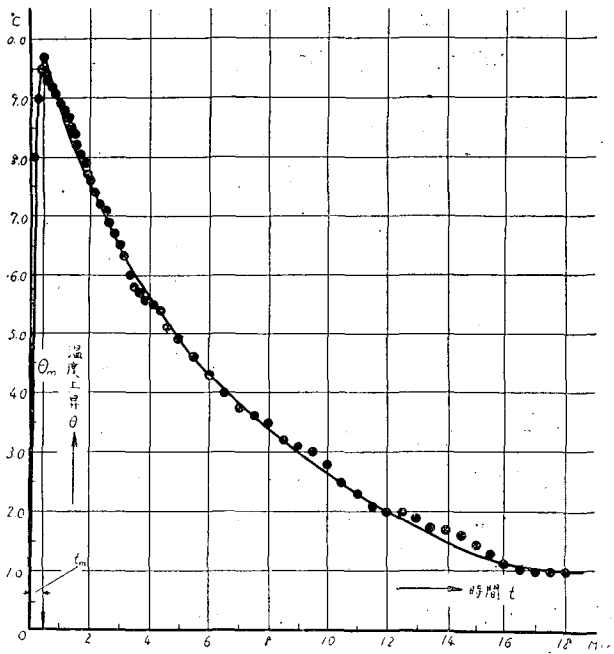
となる。故に

$$\Theta = \lambda\theta_m - \beta \quad \cdots\cdots (24)$$

が得られる。但し $\lambda$ は次式の如く，裝置，使用した硫酸に關する常數である。

$$\lambda \fallingdotseq \zeta\left\{1+\left(\frac{a_\theta}{a_s}\right)\right\}\cdot\left\{\frac{\left(\varepsilon+\sqrt{\varepsilon^2-n^2}\right)^{\varepsilon+\sqrt{\varepsilon^2-n^2}}}{\left(\varepsilon-\sqrt{\varepsilon^2-n^2}\right)^{\varepsilon-\sqrt{\varepsilon^2-n^2}}}\right\}^{\frac{1}{2\sqrt{\varepsilon^2-n^2}}} \quad \cdots\cdots (25)$$

從つて(24)式において常數 $\lambda$ の値を知つておれば（$\lambda$ の値は終章に述べる様に實驗的に求めることが出來る），氣溫に對する硫酸の溫度，寒暖計の硫酸混入による溫度上昇の最高示度 $\theta_m$ を測定して，$\Theta$ の値が判り，第3圖によつて小 Dewars' vessel 中の水量 $w$ を知ることが出來る。




**第4圖**　小 Dewar's vessel についての水，硫酸混合後の溫度上昇と時間經過との關係（黑丸は實測の1例）

現場測定の場合において，例えば A 部の寒暖計 $T_1$ に對する着水量 $f_1$ に對し，ゴム栓 E による水切りの後にも，或る微小水量が寒暖計 $T_1$ に附着して殘る恐れがある。この殘餘の水量は後に述べる様に實驗の結果，着水量には無關係で，ゴム栓による水の切り方が一様であれば一定であると考えられるから，この量を $\varepsilon$ (mg) とおく。故に水切りの結果，小 Dewar's vessel 中に流入した水量を $w$ (mg) とすれば，着水量 $f_1$ は

$$f_1 = w+\varepsilon \quad \cdots\cdots (26)$$

で與えられる。$\varepsilon$ の値は實驗（次章參照）の結果から求められる。

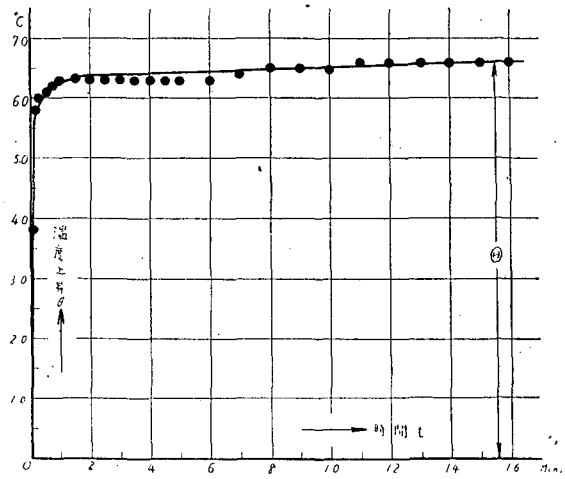
特別な場合として Dewar's vessel の壁から，熱が逃げ去る影響が無視される場合には，(17)式において $n=0$ であるから，(16)式は

$$\frac{d^2\theta}{dt^2}+2\varepsilon\frac{d\theta}{dt}=0 \quad \cdots\cdots (27)$$

となり，初期條件(18)を滿足する解は

$$\theta = \frac{T_0}{2\zeta\varepsilon}(1-e^{-2\varepsilon t}) \quad \cdots\cdots (28)$$

で與えられる。(28)式によつて $\theta$ の時間的變化を圖示すれば，第5圖の實線の様な形となる。この場合は丁度大きい實驗用 Dewar's vessel による $\Theta$ と $w$ との關係を求める實驗にほぼ相當するので，圖中には一例としてこの實驗の一つの場合を黑點で示した。この場合には $\theta$ は最初は急激に上昇するが，時間の經過と共に段々に上昇の割合が減少して，遂に $\theta_m = \frac{T_0}{2\varepsilon\zeta}$ に達する。この場合 $a_s \gg a_g$, $a_m$ であるから，$T_0 = \Theta+\beta$, $2\varepsilon\zeta=1$ となり $\theta_m=\Theta+\beta$ となる。大 Dewar's vessel の場合の第3圖の實驗では，實驗室内の實驗で $\beta=0$ であつたから，$\theta_m=\Theta$ となる。




**第5圖**　實驗用 Dewar's vessel についての溫度上昇と時間との關係（黑丸は實測の1例）

## III. 裝置の檢定

前述の裝置を使つて，霧水量を測定するには次の檢定が必要である。

1)　裝置の小 Dewar's vessel に溜まる水量の程度に對し，檢定に用いた硫酸 1 cc を入れた場合，小 Dewar's vessel の壁が完全斷熱と考えられる理想的な狀態における溫度上昇 $\Theta$ (°C) と，水量 $w$ (mg) との關係を求めておく必要がある。この實驗については前項に述べたから，ここに再び述べないが，その結果として第3圖が得られた。

2)　小 Dewar's vessel に溜つた水量 $w$ に，硫酸 1 cc を入れた場合の寒暖計の最高示度 $\theta_m$ から，$\Theta$ の値を (24) 式を用いて計算するために，裝置の常數 $\lambda$ を決定しなければならない。このために次の實驗を行つた。

先ずA裝置又はB裝置の小 Dewar's vessel 中に，10 mg から 50 mg まで 10 mg 間隔で水 $w$ (mg) を入れ，その度に 1 cc の硫酸を入れて發熱せしめ，附屬の寒暖計により氣溫に對する溫度上昇 $\theta_m$ を求めた。第3圖から，$w$ に對する完全斷熱に對する溫度上昇 $\Theta$ を求め，(24) 式にこの $\Theta$, $\theta_m$, $\beta$ の値を代入して $\lambda$ の値を求

**第1表**　$\lambda$ の値

| $w$ | A 裝置 | B 裝置 | weight |
|---|---|---|---|
| 50 mg | 1.50 | 1.69 | 2.5 |
| 40 | 1.52 | 1.64 | 2.0 |
| 30 | 1.56 | 1.72 | 1.5 |
| 20 | 1.64 | 1.61 | 1.5 |
| 10 | 1.55 | 1.59 | 1.0 |
| 加重平均 | 1.54 | 1.65 | |

めた。vessel に入れた水量 $w$ に對する $\lambda$ の値を示せば，第1表の様になる。

表によれば，$\lambda$ の値は水量には關係ないから，水量によつて表の様な weight をつけて平均値を求め，この値を $\lambda$ として使用した。

3) 水切りの殘水量 $\varepsilon$ の値の決定

水切りの殘水量を求めるには，例えばA裝置において，寒暖計 $T_1$ の捕捉柱の部分に，10～50 mg の既知水量 $f_1$ を，ピペットにより附着せしめ，ゴム栓 E で水切りを行い，下の小 Dewar's vessel に溜つた水量について所定の方法で發熱せしめて水量 $w$ を測定し，(26) 式によつて $\varepsilon$ を求めた。その結果 $\varepsilon$ は着水量には無關係な常數で，平均値として寒暖計 $T_1$ に對しては 4.0 mg であつた。B 裝置の白金線の場合には，ゴム栓の作り方が不良であつたためか，$\varepsilon$ の値が可成り大きく 20 mg 位の値を示し，到底使用に耐えなかつたので，この場合には發熱の際，硫酸の一部を白金線の捕捉部分の上からかけて，硫酸と水との混合液を下の小 Dewar's vessel に流下せしめ，數回この操作を繰り返して後に，ゴム栓で水切りを行つて，硫酸の殘量を小 Dewar's vessel 中に入れ發熱せしめた。從つてこの場合は，硫酸の一部が白金線上に殘つても，その分量は硫酸の分量に對し無視出來る程度であるから，實際には $\varepsilon=0$ とおいて計算した。この方法により可成り良好な結果が得られた。

4) 霧水量や，霧粒の質量分布の mode の値 r を正しく算出するには，風程や風速の正しい値が必要であるので，C 部の風向風速計又はビラム微風速計（極めて微風の場合にはビラム微風速計を使用した）は檢定の上使用した。

## IV. 測定の方法並びに計算法

1) 先ず A, B の小 Dewar's vessel 中に前測定の際から殘つている硫酸の主部分は，スポイトにて除去し，他は綺麗にガーゼにて拭き取る。極く微量は殘存していても差支えない。水で洗つたりしてはならない。ここでゴム栓もガーゼで綺麗に拭き取り，ゴム栓を下げて vessel に蓋をする。

2) 次に第1圖の如く据付けられた裝置の平面が，平均風向にほぼ直角になる様に廻轉せしめる。そして測定開始直前に A, B の捕捉部分を，ガーゼで綺麗に拭き取る。これから測定までに多少の霧水がついても，ゴム栓にて上に水切りを行うから差支えないのである。

3) 測定は A, B のゴム栓を上げて，圓板 F 上の cap G 中に入れた時間から始まる。この際風向風速計の讀みをあらかじめ讀んで置くことは申すまでもない。霧水量の大小により露出時間は5～20分間とする。これは白金線につく水粒の狀態から大体判斷することが出來る。露出時間の終り頃に氣溫 $T_a$ を A, B 裝置の寒暖計 $T_1$, $T_2$ にて讀み取ると共に，硫酸溫度 $T_s$ を硫酸瓶の口のゴム栓につけた寒暖計で讀み取つておく。從つて氣溫を基準とした硫酸溫度 $\beta$ は求められる。

4) 露出終了と共に，先ず秒時計と風向風速計の針を停止せしめ，手早く A 裝置のゴム栓 E

を下して水切りを行つて小 Dewar's vessel に栓をする。次に B 裝置の捕捉部分の上からピペットによつて 1 cc の硫酸の一部を 3～4 回白金線に沿つて流下せしめて後，ゴム栓 E により水切りを行つて，小 Dewar's vessel の蓋をし，又少し上げて殘りの硫酸を小 Dewar's vessel 中に白金線に沿つて流し込み栓をする。器械を手で少し振動せしめて，中の硫酸を攪拌せしめる。寒暖計 $T_2$ の示度が上昇して，最高となつた値を讀み，氣溫に對する上昇溫度 $\theta_{m2}$ を求める。次に A の裝置のゴム栓を少し上げて，手早く 1 cc の硫酸を小 Dewar's vessel 中に寒暖計の球部に沿つて流下せしめ栓をする。その後は B の場合と同樣にして上昇溫度 $\theta_{m1}$ を求める。次に霧出時間 $t$，風程を讀み取り，檢定曲線より眞平均風速 $V$，眞風程 $W$ を計算する。

5) $\theta_{m1}$ 及び $\theta_{m2}$ と $\beta$ とを (24) 式に代入して $\Theta_1$ 及び $\Theta_2$ を求め，第 3 圖によつて $w_1$ 及び $w_2$ を求める。着水量は $f_1=w_1+\varepsilon$，$f_2=w_2$ によつて求められる。

6) 次に霧水量 $f_1$，$f_2$ と常數 $s_1$，$s_2$ とから (6) 式により $y$ の値を求め，(5) 式に代入して $k$ の値を求める。次に $k$ と眞平均風速 $V$ を (7) 式に代入して，霧粒の質量分布の Mode の値 $r$ を求める。

7) 次に着水量 $f_1$，眞風程 $W$ 及び $k$ の値を (8) 式に代入して，霧水量 $\varphi$ を算出する。

## V. 測定の實例

昭和 27 年度霧研究班の一員として，7 月 28 日～8 月 8 日の期間，北海道厚岸町，北大臨海

**第 2 表** 厚岸海岸霧觀測所附近における實測の例

| 測定番號 | 測定の日時 | 風速 $V$ | 風程 $W$ | 氣溫 | $\beta_1$ / $\beta_2$ | $\theta_{m1}$ / $\theta_{m2}$ | $\Theta_1$ / $\Theta_2$ | $w_1$ / $w_2$ | $f_1$ / $f_2$ | $\alpha_1$ / $\alpha_2$ | $r$ | 霧水量 $\varphi$ | 霧出時間 $t$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | h m | m/s | m | ℃ | ℃ | ℃ | ℃ | mg | mg | | $\mu$ | mg/m³ | 分 |
| 1 | Ⅷ/5 17.36 | 1.11 | 1330 | 15.7<br>15.7 | 8.3<br>11.3 | 3.1<br>3.1 | 9.7<br>15.5 | 17.1<br>28.7 | 21.1<br>28.7 | 0.175<br>0.750 | 5.6 | 138 | 20 |
| 2 | Ⅷ/5 18.20 | 0.5 | 462.5 | 16.0<br>16.0 | 9.0<br>7.0 | 1.7<br>1.7 | 12.2<br>9.9 | 21.9<br>18.0 | 25.9<br>18.0 | 0.419<br>0.910 | 15.9 | 201 | 15.4 |
| 3 | Ⅷ/6 15.13 | 1.45 | 870 | 18.6<br>18.6 | 9.6<br>9.3 | 2.2<br>2.2 | 12.6<br>13.2 | 22.8<br>24.2 | 26.8<br>24.2 | 0.484<br>0.880 | 8.7 | 93 | 10 |
| 4 | Ⅷ/6 16.10 | 1.0 | 600 | 20.5<br>20.5 | 5.7<br>7.5 | 0.4<br>0.4 | 8.4<br>12.0 | 14.8<br>22.0 | 18.8<br>22.0 | 0.258<br>0.782 | 6.7 | 184 | 10 |
| 5 | Ⅷ/6 16.30 | 1.05 | 630 | 19.9<br>19.7 | 6.9<br>9.7 | 1.1<br>1.3 | 9.5<br>14.8 | 16.7<br>27.4 | 20.7<br>27.4 | 0.181<br>0.756 | 6.2 | 275 | 10 |
| 6 | Ⅷ/7 15.17 | 1.0 | 600 | 19.4<br>19.4 | 5.6<br>7.8 | 2.5<br>2.5 | 6.1<br>10.2 | 11.6<br>18.6 | 15.6<br>18.6 | 0.211<br>0.790 | 6 8 | 162 | 11.6 |
| 7 | Ⅷ/7 18.46 | 1.0 | 600 | 19.0<br>19.0 | 11.0<br>10.8 | 2.6<br>2.6 | 14.3<br>15.2 | 26 4<br>28.0 | 30.4<br>28 0 | 0.296<br>0.853 | 8.5 | 268 | 10 |
| 8 | Ⅷ/7 19.10 | 0.45 | 270 | 19.4<br>19.4 | 7.9<br>6 6 | 1.6<br>1.6 | 10.5<br>9.3 | 18.6<br>16.8 | 22.6<br>16.8 | 0 385<br>0.888 | 15.7 | 330 | 10 |
| 9 | Ⅷ/8 4.40 | 1.48 | 1780 | 18.0<br>18.0 | 7.0<br>14.0 | 1.5<br>1.5 | 9.3<br>21.7 | 16.4<br>41.3 | 20.4<br>41.3 | 0.093<br>0.587 | 3.5 | 190 | 20 |

實驗所裏の高地（高さ約 60 m）にある霧觀測所附近で，この裝置により實測を行つた。筆者らの測定期間中は，あまり濃い霧はなく，霧水量にして最高 300mg/m³ 程度のものであつた。その測定結果を第 2 表に掲げた。

日中のうすい霧の場合には地上附近では濕度が 100% 以下の場合が認められた。夜間や日中でも濃霧の場合は濕度は多くは 100% に達するが，斯様な場合でも霧のかかり始めや消散時には 100 %以下のこともある。斯様に濕度が 100% 以下の場合には霧水層に多少の補正を要する。

霧水量を求める際に，霧粒の大きさの影響が小さいならば，A 裝置又は B 裝置だけの測定を行い，その結果に霧粒の質量分布の Mode $r$ の概値を用いて，霧水量を求めることが出來る筈である。斯様な場合には，裝置は小さくなり，測定の手數は少なく且つ裝置を作る費用も安價となるので好都合である。このためには霧水量に對する霧粒の大きさの變化の影響が問題であるので，これを少し吟味してみた。霧粒としては第 2 表の $r$ の平均値 $r_m=8.6\,\mu$ の値を用い，これが常に一定であると假定して，$f_1$ だけ又は $f_2$ だけの測定から霧水量を算出して見た。その結果は第 3 表の下欄に示した如くであつて，$f_1$, $f_2$ 兩方から求めた霧水量と比較して，個々の値から求めた霧水量は可成り大きな誤差を生ずることが判つた。特に霧粒に對する捕捉率* の小さい A 裝置で誤差が大さく，又實際の $r$ が $r_m=8.6\,\mu$ から離れる程誤差が大きく，A 裝置だけの場合には霧水量が眞の値の 2～3 倍或いは數分の 1 になる場合が起る。

**第 3 表**　A, B 兩裝置により求められた霧水量と A 又は B 單獨で求めた霧水量との比較

| | 第 1 表中の測定番號 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A, B 兩裝置による測定 | 質量分布の Mode $r$ ($\mu$) | 5.6 | 15.9 | 8.7 | 6.7 | 6.2 | 6.8 | 8.6 | 15.7 | 3.5 |
| | 霧水量 $\varphi$ (mg/m₃) | 138 | 201 | 93 | 184 | 184 | 162 | 268 | 330 | 190 |
| A 裝置だけによる測定 | 霧水量 $\varphi_A$ (〃) | 76 | 487 | 116 | 160 | 163 | 133 | 268 | 823 | 46 |
| B 裝置だけによる測定 | 霧水量 $\varphi_B$ (〃) | 119 | 249 | 147 | 186 | 239 | 164 | 259 | 402 | 126 |

即ち，この方法による霧水量の測定には，どうしても A, B 兩裝置を使用しなければならないことが判る。しかし，近似値であれば捕捉率が 1 に近い裝置，この場合では B 裝置によつても求められる。このことは霧粒の捕捉率が 1 以下で，しかも霧粒の大きさによつて，捕捉率が變化する様な他の霧水量測定裝置についても言えることであり，この様な場合には，霧粒の大きさの測定を同時に行つて，その影響を補正しなければ，その霧水量の測定値は相當大きな誤差を含んでいることになるので注意すべきである。

* A, B 兩裝置の實測の場合の捕捉率 $\alpha_1$, $\alpha_2$ は第 2 表に掲げてある。その平均は凡そ $\alpha_1=0.28$, $\alpha_2=0.80$ であつた。

## VI. 總括及び結語

現場で直ちに霧水量の値と，霧粒の質量分布の Mode の値とを求め得る様な携帯用硫酸發熱式霧水量計を試作して，北海道厚岸海岸の海霧について數回の測定を行つてみた。その結果可成り好成績を收めた。

しかし，未だ器械の構造や取り扱いに多少の改良すべき所もあるが，これは次の機會に讓ることにして，現在までに得られた結果につき報告した。

この研究は昭和 27 年度文部省特別研究費並びに，防霧林研究會の費用によつて行われた霧班の研究の一部である。

### 文 献

1) Albrecht 1931 Phys. Zeitschr., **32**, 48.
2) 今井一郎 1942 中央氣象臺彙報, **20**, 67.

---

## Résumé

We constructed a portable fog meter of heat generating type. The characteristics of which are summarized as follows:

(1) Two fog collectors with different efficiencies are used at the same time. In one of them two parallel, tightly stretched Pt-wires serve as fog capturing agencies, while in the other a single rod-shaped thermometer, plays an additional role of capturing fogs. They are directly exposed to fogs, without creating any appreciable disturbances in the natural flow of air.

(2) The fog water contents are measured indirectly by observing the rise of temperature due to the heat generation that takes place on mixing $H_2SO_4$ with collected fog water.

(3) The mean effective radius of fog particles during 5～10 minutes can be determined, besides the mean fog water content.

We made some tests of the instrument in the field observation of advection-fogs, and obtained fairly good results.

Though the instrument leaves something to be desired, we have described here the details of structure, the principle as well as some practical examples, with the intention of furnishing the ground for further improvements.