HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	網目法による霧水量測定に於ける蒸發補正に就いて
Author(s)	福富, 孝治; 楠, 宏
Citation	低温科學, 4, 51-57
Issue Date	1948-10-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/17459
Type	departmental bulletin paper
File Information	4_p51-57.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

Takaharu FUKUTOMI, Kou KUSUNOKI 1948 Evaporation Correction in the Measurement of Liquid Fog Water Content by Separation Method. *Low Temperature Science* 4. (With English résumé p. 56).

網目法による霧水量測定に於ける蒸發補正に就いて*

福富孝治　楠　宏

（低溫科學研究所　海洋學部門）

I 緒　言

筆者等は金網やガーゼなどの網目を用ひる霧水量の一測定法について，さきに報告[1]したが，水蒸氣が飽和の狀態にある場合を主として論じたものである．所が消散過程にある霧では相對濕度が100%に滿たない場合が屢々注意せられて居り，此の樣な場合には前報の裝置によつて霧水捕捉中に網目に附着した霧粒が蒸發し，また捕捉後計量が終る迄の間にも多少蒸發が起る．もつとも後者の場合の蒸發量は，前報告中にも述べたやうに少量であるから問題にはならないが，何れにしても霧水量の測定値が實際の値より小となるので實測値に多少の補正が必要である．特に空氣を吸入しながら霧水捕捉を行つてゐる間の蒸發の影響は場合によつては決して無視し得ない程度となるので，此の蒸發補正の問題を實驗的に考究した．以下にその結果の概略について報告する次第である．

II 實驗方法

實驗裝置としては前報の金網の霧水量測定裝置をその儘使用した．即ち，捕捉に用ひた金網は針金の平均直徑78 μ，平均間隔380 μの網目で面積91.5 cm^{2}のものを圓形枠に張つたものであり，ガーゼの場合には同じ枠に糸の平均直徑192 μ，平均間隔864 μのガーゼ片を張つて用ひた．

これらの網目に霧吹きで微小水滴を10～1000 mgの程度に附着せしめ，化學天秤で枠ごとに1 mgの精度で計量し，計量後速やかに霧水量測定裝置に挿入し，電動扇風機を始動させて空氣を吸入し，同時に裝置内のビラム風速計を始動せしめる．一定時間（30秒～1分）經過した後に空氣の吸入を止め，同時に風速計を停止せしめてこの時間中の平均風速を求める．又直ちに枠を取外して速やかに計量する．これらの各操作の經過時間は總て秒時計によつて求めた．又これらの操作の途中數回アスマン通風乾濕計を用ひて氣溫，濕度を測定した．

* 北海道大學低溫科學研究所報告　No. 64.　昭和22年4月10日 北大低溫科學研究所談話會に於て發表．

通風前後の計量値を比較することによつて蒸發量が求められるから，蒸發速度も直ちに計算することが出來る．勿論通風前後の蒸發の影響は時間を測定してあり，既に前報告に述べた通りに簡單に補正が出來る．

實驗に際しては蒸發量に密接な關係があると思はれる濕度，風速，着水量，氣溫の4因子の中，3因子を出來るだけ一定に保ち，殘り1の因子を變化せしめてそのときの蒸發速度を測定した．斯様な方法によつて蒸發速度と諸量間の關係を示す實驗式を近似的に求め，蒸發量の補正値を計算することを試みたのである．其の結果は以下の如くである．

III　網目からの蒸發速度の實驗式

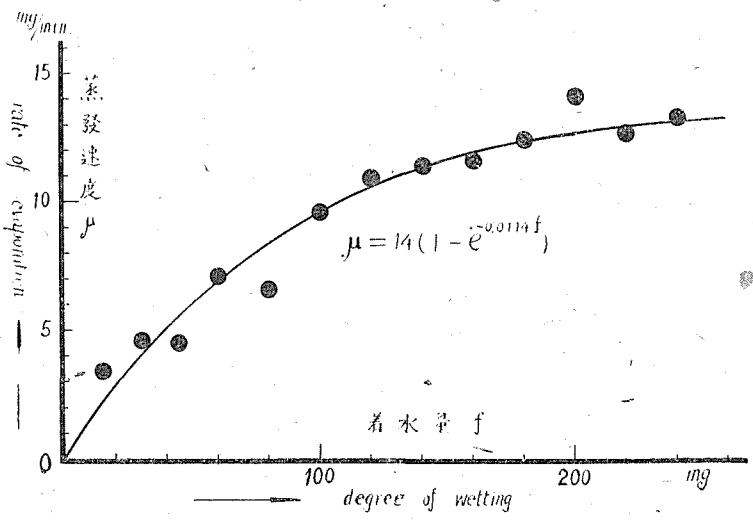
今考へる網目についての蒸發速度を μ (mg/min)，相對濕度を h (%)，風速を v (m/sec)，着水量を f (mg)，溫度を θ (℃) で表はすものとする．先づ金網の場合に就いて考へる．

1)　着水量の影響

略々一定な氣溫，濕度，風速の下で金網からの蒸發速度と着水量との關係を吟味すれば，蒸發速度は着水量が小なる間は比較的小であるが，着水量が增加するにつれて大となり段々一定度に近づく様に見える，即ち蒸發速度 μ と着水量 f との關係は近似的には

$$\left.\begin{aligned}\mu &= \mu_0(1-e^{-\alpha f})\\ \mu_0 &= f_u(h,\ v,\ \theta)\end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

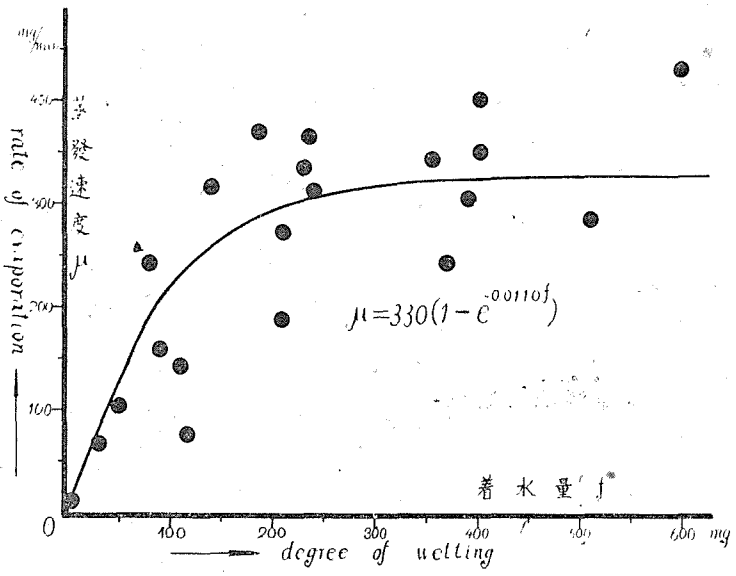
なる實驗式で表はし得るのである．實驗の2例を揭げれば，第1圖は $\theta = 23.3$ (平均)，$h = 72$ (平均)，$v = 0$ の場合，第2圖は $\theta = 19.8$ (平均)，$h = 77.1$ (平均)，$v = 3.2$ (平均) の場合 (此の場合實測値が可成りばらついてゐるのは測定に可成り長時間を要したので濕度や溫度を一定に保つことが困難であつたことに因ると思はれる) の兩者の關係を圖示したものである．即ち第1例の場合は



第1圖　蒸發速度と着水量との關係

$\alpha = 0.0114$，$\mu_0 = 14$，第2例の場合は近似的に $\alpha = 0.0110$，$\mu_0 = 330$ で表はされ，α の値は θ，h 及び v には無關係であるが，μ_0 の値はこれらによつて非常に變化することが判る，

次に μ_0 の値と v, h, θ との關係を吟味するためには着水量を 200 mg 以上の範圍に保てば (1) 式から $\mu \fallingdotseq \mu_0$ となつて μ は着水量 f に無關係に略々一定値を示すことが判つたから，斯様な條件の下に次の實驗を行つた．

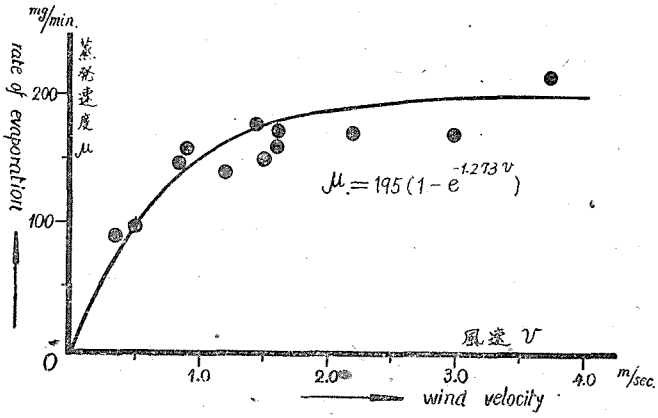


第 2 圖　蒸發速度と着水量との關係

2)　風速の影響

次に前の通り f を大とし，θ 及び h を略々一定に保つて，v の値を變化せしめて蒸發速度との關係を吟味した．その結果，蒸發速度 μ_0 は $v=0$ の場合にも或る値を持ち，v を增加すると段々大となるが，矢張り漸次一定の極大値に近づく樣に見える．即ち μ_0 と v との關係は近似的には

$$\left.\begin{aligned}\mu_0 &= \mu_0'(1+\beta-e^{-\gamma v})\\ \mu_0' &= fu(h,\ \theta)\end{aligned}\right\} \qquad (2)$$



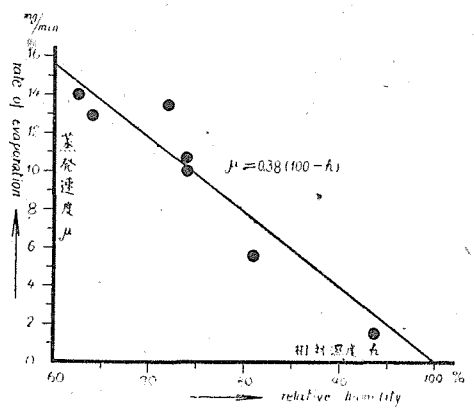
第 3 圖　蒸發速度と風速との關係

なる實驗式で表はし得る．實驗は $\theta=18.5$ (平均)，$h=87.1$ (平均)，$f=200\sim1300$ として $v=0\sim4$ の範圍で行つた．その結果は第 3 圖に示す通りであつて近似的に $\gamma=1.273$，$\mu_0'=195$，$\beta=0.025$ を得た．

3)　濕度及氣溫の影響

次に前述の如く f を大とし，$\theta=20\sim10$, $v=0$ として h の値を變化せしめて蒸發速度 μ_0 と相對濕度 h との關係を吟味した．この場合は $\mu_0=\beta\mu_0'$ ((2) 式より) である．その結果は前報告にも指摘した樣に，近似的には μ_0 即ち $\beta\mu_0'$ の値は h が大となると直線的に減少し $h=100$ では零となる．即ち

$$\beta\mu_0' = \mu_0''(100-h) \qquad (3)$$



第4圖　蒸發速度と相對濕度との關係

なる實驗式で近似的に表はし得る．その結果は第4圖に示す如くであつて $\mu_0''=0.38$ を得た．但し μ_0'' は濕度及溫度の函數と考へられ，その値は θ を大とすれば多少大となる傾向はあるが，其の變化は北海道の霧中の氣溫 5～15°C 位の範圍では微少であつたから，氣溫の影響は無視することにした．

結局上述の結果から (3) 式の μ_0' を (2) 式に代入し，(2) 式の μ_0 を (1) 式に代入して綜合すれば蒸發速度と着水量，濕度，風速との關係は次の實驗式で近似的に表はし得るのである．

$$\mu=A(100-h)(1+\beta-e^{-\gamma v})(1-e^{-\alpha f}) \tag{4}$$

但し，$A\equiv\frac{\mu_0''}{\beta}$ で，A, β, γ, α は近似的に常數と考へられる．その値は 1)—3) の實驗結果から求められてゐるから，これを代入すれば問題の金網の蒸發速度 μ は

$$\mu=15.12(100-h)(1.025-e^{-1.273v})(1-e^{-0.0110f}) \tag{5}$$

で與へられる．

又ガーゼ網目の蒸發速度については金網について行つたと全く同樣の實驗を行つた結果次の實驗式によつて表はされることが判つた．

$$\mu=0.262(100-h)(1.0208-e^{-2.363v})(1-e^{-0.00679f}) \tag{6}$$

金網の場合には實際に用ひる枠全體の面積についての蒸發速度であつたが，(6) 式ではガーゼ片の單位面積 1 cm² についての蒸發速度で表はしておいた．

VI 蒸發補正

既に述べた結果から網目の蒸發速度は實驗式 (4) で表はされる．こゝで

$$\mu_0\equiv A(100-h)(1+\beta-e^{-\alpha v}) \tag{7}$$

と置けば，(4) 式は

$$\mu=\mu_0(1-e^{-\alpha f}) \tag{8}$$

となる．

網目に附着してゐる水量の dt 時間中の增加 df は同じ dt 時間中の網目の霧水捕捉量 ζdt と蒸發量 μdt との差に等しいから次式が得られる．

$$df=(\zeta-\mu)\,dt \tag{9}$$

從つて（霧水量を測定する短い時間中では θ, h, v も一定と考へられるから μ_0 は常數である．）

μ の値として (8) 式を代入すれば

$$t=\frac{1}{\zeta-\mu_0}\int_0^t\frac{df}{1+be^{-\alpha f}}\quad \text{但し, } b=\frac{\mu_0}{\zeta-\mu_0} \tag{10}$$

(10) 式を積分すれば次式が得られる.

$$f=\frac{1}{\alpha}\log_e\left\{(1+b)e^{\alpha(\zeta-\mu_0)t}-b\right\} \tag{11}$$

今濕度 h と吸入風速 v とは判つてゐるから μ_0 は (7) 式から計算される. 又 α は既知の常數であり, t は測定に要した時間で, 着水量 f は實測されるから此等は判つてゐる, 從つて (11) 式から單位時間中の眞の着水量 ζ は求められる筈である.

金網の場合には (7) 式の實際の數値は (6) 式から

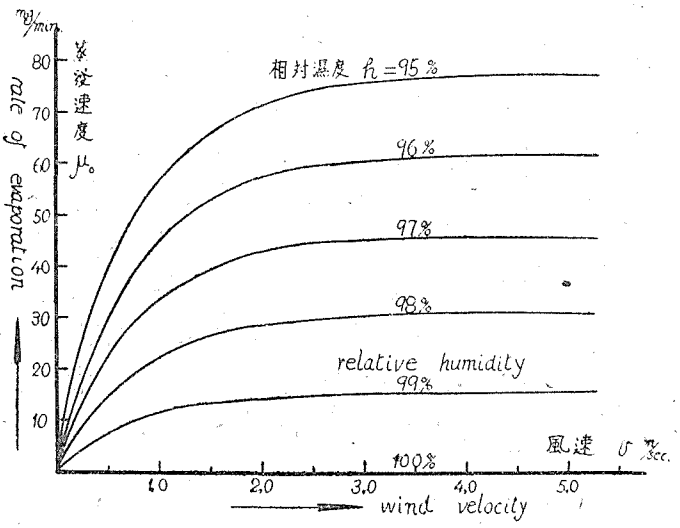
$$\mu_0=15.12(100-h)(1.025-e^{-1.273v}) \tag{7}'$$

であるから, (11) 式にこの μ_0 を代入し, 實際の測定時間 t を 5 (min) として, $\alpha=0.0110$ を代入すれば (11) 式は

$$f=209.3\log_{10}\left\{(1+b)e^{0.055(\zeta-\mu_0)}-b\right\} \tag{12}$$

となる.

(12) 式を見ると, 測定によつて5分間中の着水量 f を知れば 5ζ が蒸發のない場合の眞の霧水捕捉量として求められるけであるが, この式は簡單には解けない. それで (7)′ 式によつて先づ μ_0 の最大値を見積つてみると $h=95$, $v\to\infty$ としても $\mu_0\fallingdotseq 80$ である. 第5圖はこの結果を (7)′ 式に依つて圖示したものである. 次に μ_0 を 0～150, $\zeta-\mu_0$ を 5～200 の範圍内で與へて (12) 式から逆に f の値を計算して, その結果を第6圖に示した. この圖表は測定時間は5分間の場合であるからそれ以外の測定時間のものには使用されないことは申す迄もない. 實測に際してその時の濕度 h (%) 及吸入風速 v (m/sec) を知れば, μ_0 (mg/min) が判り, 又 f (mg) は測定によつて判るから, 眞の霧水捕捉量 5ζ (mg) は圖表から求められることになる.

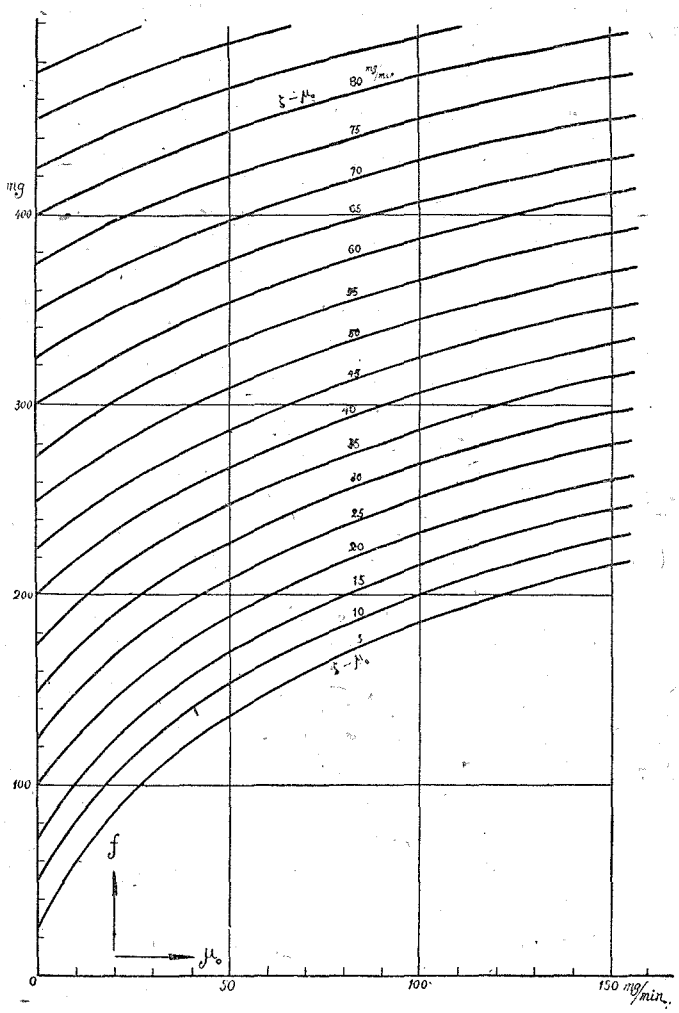


第5圖　金網に於いて風速及び相對濕度を變化させた時の蒸發速度

ガーゼ網目の場合も全く同樣であるから略する.

V 結　　言

天然の霧特に消散型の霧では空氣中の水蒸氣が飽和しない狀態が存在する. 斯樣な場合に前



第6圖 蒸發補正圖表（金網，霧水捕捉時間5分間用）

報の裝置により網目を通して空氣を吸引し霧水量を測定する際，捕捉裝置の網目からの蒸發による着水量の減少を補正する目的で此の研究を行つたものであり，蒸發速度と着水量，吸入風速，濕度等の主要因子との關係を理論的に檢討することなく，只實驗的に夫等の間の近似的關係を求めたものである．

實驗に際しては或る一つの因子を一定に保つことはなかなか困難であり，特に實際の霧の場合に比べて低い溫度で行はれた．濕度としては便宜上相對濕度を用ひた，又氣溫はあまり影響が認められなかつたので無視した．

之等の正確な關係に就ては將來充分檢討しなければならないと考へてゐるが，今回は蒸發の影響は補正項であり，小さい量であるとの見地からその概略を求めたに過ぎないことをお斷りして置く．

終りに臨み，此の研究に要した費用は昭和21年度日本學術振興會研究費及文部省科學研究費に依つた．實驗に際しては久保田正雄氏（長野縣下伊那郡川路小學校敎官），田畑忠司理學士の援助を得た．此所に記して厚く感謝の意を表する次第である．

文　献

1) 福富孝治，楠宏，明石忠司　1945　網目に依る霧水量の測定法に就いて．學術研究會議第151班霧班．霧の研究．21.

Résumé

In the measurement of liquid water content by separation method utilizing the wire screens

or the gauze screens in the naturally dissipating fogs in which the relative humidity is less than 100 %, an error is probable owing to the evaporation from the water droplets collected on the screens.

Therefore, the writers tried to investigate experimentally the relation between the rate of the evaporation and the degree of wetting of the screens, the air velocity, the relative humidity, the air temperature, and obtained the experimental formulae between them. Also, they indicated some convenient nomographs to get readily the evaporation correction in the field observations from these formulae.