



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	金網の水粒補捉率に就いての一實驗
Author(s)	福富, 孝治; FUKUTOMI, Takaharu; 松村, 好基 他
Citation	低温科學, 4, 59-64
Issue Date	1948-10-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/17460
Type	departmental bulletin paper
File Information	4_p59-64.pdf



金網の水粒捕捉率に就いての一実験*

福 富 孝 治 松 村 好 基

(低温科学研究所 海洋学部門)

I 緒 言

金網等の網目を用ひて水粒や塵埃を捕捉することは極めて有効であり、屢々霧粒の捕捉装置¹⁾や塵埃除去装置等に使用せられてゐる。勿論捕捉率は粒径と風速とに關係する。例へば金網を霧の中で風向に直角に吊下げた場合に於て比較的大きい水粒の金網附近での運動、又は霧の中で兩端のあいた筒の中央に垂直に金網を張つて一方から電動扇風器で空気を吸出した場合、金網附近の霧粒の運動等はほとんど直線的な軌道で金網の面に直角に衝突が起る。斯様な場合には水粒の球の中心が金網に衝突すれば此の水粒は金網に捕捉され、衝突が起らなければ金網を通過するものと考へて従來は理論的考察²⁾が多く進められて來た。筆者の一人³⁾は曾つて斯様な場合に水粒が少しでも金網に接觸すれば此の水粒は捕捉せられると考へて金網の捕捉率を論じたことがある。實際には霧粒又は水粒に就て如何なつてゐるであらうか。粒の半径が針金の半径に比較して非常に小なる場合にはこれは問題でないが、粒の半径が針金の半径と同等か稍近い場合には問題であり、捕捉率も非常に異つて來るのである。

筆者等は此の問題を吟味するために次に述べる様な1實驗を行つて其の結果に就て論議を行つた。

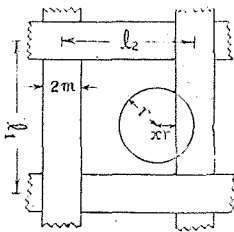
II 水粒が直線運動をして金網の面に直角に衝突する場合に於ける金網の捕捉率

水粒が直線運動をしながら金網の面に直角に衝突する場合に於ける金網の水粒を捕捉する率を先づ考へて見る。金網の目の間隔が縦、横共に等しい場合に水粒が網目に少しでも接觸すれば捕捉せられる場合に就ては捕捉率 p は次式で表はされることは既に述べた。³⁾

$$\left. \begin{aligned} p &= p_0(1 + \alpha r - \delta r^2) \\ p_0 &= \frac{4m}{l} \left(1 - \frac{m}{l}\right), \quad \alpha = \frac{1 - 2\frac{m}{l}}{m \left(1 - \frac{m}{l}\right)}, \quad \delta = \frac{1}{ml \left(1 - \frac{m}{l}\right)} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

* 北海道大學低温科学研究所報告 No. 65.

但し、 r は水粒の半径、 m は針金の半径、 l は網目の間隔である。此の式には網目で反射する様



第1圖 金網と水粒

な水粒はないと考へてゐる。實際の網目では縦横の網目間隔が多少異つてゐるから、この影響を考へて第1圖に就て間隔の大なる方を l 、小なる方を l_2 、その平均 $\frac{l_1+l_2}{2}$ を l で表はすことにする。又一般に考へて水粒の一部即ち半径 r の $(1-\kappa)r$ の部分が針金と接觸すればその水粒は網目に捕捉せられるものと思へば、 $\kappa=0$ の場合は従來考へられて居る様に水粒の中心が針金に接觸すれば捕捉せられる場合とな

り、 $\kappa=1$ の場合は水粒が少しでも接觸すれば捕捉せられる場合で兩極端を示すのである。此の場合の水粒捕捉率は次式で與へられる。

$$\left. \begin{aligned} p &= p_0' (1 + \alpha \kappa r - \delta \kappa^2 r^2) \\ \text{但し } p_0' &= \frac{l^2}{l_1 l_2} p_0 \approx p_0 \left\{ 1 + \left(\frac{\Delta l}{l} \right)^2 \right\} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

但し p_0 , α , δ は (1) 式と全く同様である。 $\Delta l = \frac{l_1 - l_2}{2}$ で $\frac{\Delta l}{l}$ は 1 に比較して小である。(2) 式は $r \leq \frac{1}{\kappa} \left(\frac{l}{2} - m \right)$ の範囲で成立するのであつて $r > \frac{1}{\kappa} \left(\frac{l}{2} - m \right)$ の場合には常に $p=1$ であることは申す迄もない。

従つて今水粒半径 r に対する金網の捕捉率 p を何等かの方法で求めることが出来れば p_0' , α , δ 等は網目に就て實測すれば判るから (2) 式から κ の値が求められる筈である。

III 金網の水粒捕捉率 $p(r)$ の測定法

次に筆者等が用ひた金網の水粒捕捉率 $p(r)$ の測定法に就て述べる。今金網直前で $F(r)$ なる頻度分布の水粒群が金網を通過した結果 $Q(r)$ なる頻度分布になつたと考へれば

$$Q(r) = F(r) - F(r) \cdot p(r) = F(r) \cdot \{1 - p(r)\} \quad (3)$$

なる關係がある。従つて次式が得られる。

$$p(r) = 1 - \frac{Q(r)}{F(r)} \quad (4)$$

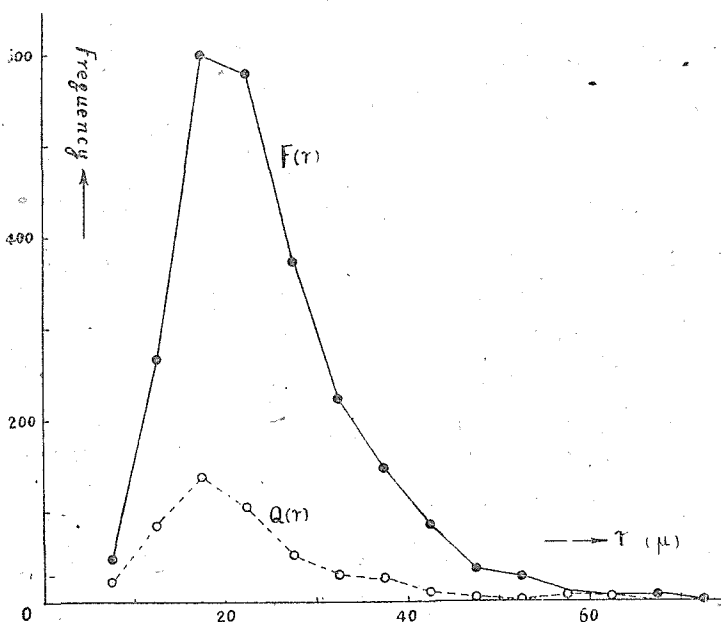
故に $F(r)$ 及び $Q(r)$ を測定すれば (4) 式に依り $p(r)$ が求められる筈である。

實驗には針金の直径 48.6μ 、平均間隔 173.3μ の眞鍮製の金網 (面積 $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$) を水平な木製の筒の中に鉛直に 1 枚立て、用ひた。金網の前後 2 cm の所に相重ならない様に表面にヒマン油を塗つたデツキグラス (横約 2 cm 、縦約 3 cm) を鉛直に置き、金網の前方 1 m の所から噴霧器によつて微水粒を金網に向け噴きかけた。金網の前方のデツキグラスに附着する水粒の数が後方の夫より多いことは申す迄もない。その各々のデツキグラス上の水粒を手早く顕微鏡寫眞に撮つた、斯様な操作を數回繰返して行つた。又水粒が附着してから撮影までの間の水粒の蒸發量の影響を確かめるために、水粒の附着したデツキグラスを顕微鏡下に置き 10 秒間

隔で寫眞を撮り粒の大きさが斯様な短時間では殆んど變化しないことを確かめた。又後に述べた様に油膜中の水粒が球形であることも確かめた。

斯くして得た寫眞に就ては1組毎に畫面の中央にとつた一定面積中の水粒の總ての直徑を測定し、その半徑5 μ 毎の粒數を計算し、金網の前後の分を別々に全回の分に就ての總和をつくつて、 $F(r)$ 、 $Q(r)$ を求めた。金網直前に於ける水粒の水平速度は毎回多少異つてゐるであらうが、噴霧器から鉛直上方に噴出せしめてその上昇の高さから大體の値を推定した結果 $v=2\sim 4$ m/sec位であつた。又使用した金網に就ても顯微鏡寫眞を撮り針金の直徑、間隔を測定した。

空氣單位容積中の水粒の數は極めて小であり、金網附近では水粒だけが水平に運動して空氣は殆んど動かないと考へられるからデツキグラスを使用したことに依る捕捉率の補正は要しない。噓へ多少風が起つたとしても2枚のデツキグラスの間では粒子の速さには殆んど差がなく $Q(r)$ と $F(r)$ の比を求めるのであるから問題はないと思ふ。



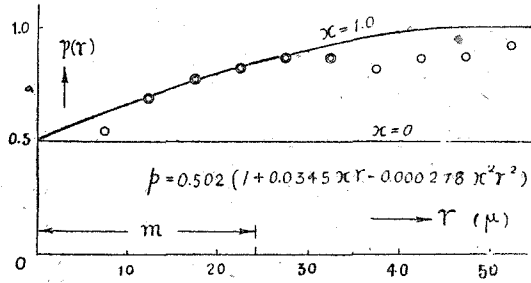
第2圖 金網の前及び後で捕捉せられた水粒の頻度分布 $F(r)$ 及び $Q(r)$

第1表 $F(r)$ 、 $Q(r)$ 及び $p(r)$ の實驗結果

水粒半徑 r (μ)	頻度分布		$p(r)$
	金網前 ($F(r)$)	金網後 ($Q(r)$)	
5~10	48	22	0.542
10~15	267	84	0.685
15~20	600	138	0.770
20~25	579	105	0.819
25~30	373	50	0.866
30~35	224	30	0.866
35~40	147	26	0.823
40~45	85	11	0.862
45~50	36	5	0.870
50~55	27	2	0.926
計	2386	473	—

IV 實驗の結果及論議

實驗の結果 $F(r)$ 、 $Q(r)$ の値は第1表に示す通りであつた。第2圖には横軸に水粒半徑 r をとり、縦軸に $F(r)$ 、 $Q(r)$ の實測値をとつて圖示してある。又 $F(r)$ 、 $Q(r)$ の値を(4)式に代入して $p(r)$ を求め、これも第1表に示した。今圖上に横軸に水粒半徑 r をとり、縦軸に金網の捕捉率 $p(r)$ をとつて實驗値を丸で記入すれば第3圖が得られる。 $F(r)$ 、 $Q(r)$ の頻度が大で $p(r)$ の値の信用度の高いものは二重丸で其他は一重丸で示した。

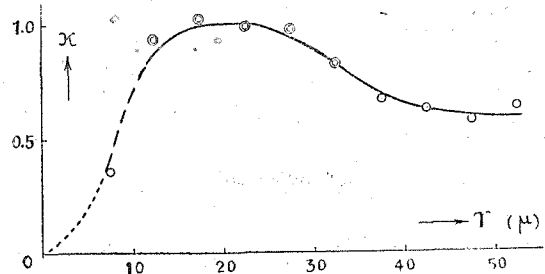


第3圖 金網の捕捉率の理論値(實線)及び
實測値(二重丸及び白丸)

金網の顕微鏡寫眞から測定された網目の
常数は $m = 24.3\mu$, $l = 173.3\mu$, $\frac{dl}{l} = 0.20$
であつたから、此等の値を(2)式に代入し
て p_0 , a , δ の値を計算すれば、水粒が網目
の面に直角に直線運動をする場合の捕捉率
 $p(r)$ の理論値は次式で與へられる。

$$p(r) = 0.502 \times \\ \{1 + 0.0345 \kappa r - 0.000278 \kappa^2 r^2\} \quad (5)$$

今 $\kappa = 1.0$ 及び $\kappa = 0$ として種々な r に対して $p(r)$ の値を計算し第3圖中に實線で記入した。
理論値と實測値とを比較して見ると $r = 10 \sim 30\mu$ の範圍では實測値は $\kappa = 1$ の線と殆んど一致
する。尙 $p(r)$ の實測値を(5)式に代入し
て κ の値を求め、横軸に r をとり縦軸に κ
をとつて圖示すれば第4圖が得られる。即
ち κ の値は $r = 11 \sim 30\mu$ の範圍では殆ん
ど1に近く、 $r = 30 \sim 55\mu$ の範圍では0.9~
0.6位の値を示してゐる。 $r < 10\mu$ では κ
の値が急に小になつてゐる様に見えるが、
第4圖 κ の値と水粒半径との關係(水粒速度2~4 m/sec)
實測値が少なく信用度が低いので明瞭でない。天然の霧では $r = 5 \sim 15\mu$ 位の水粒が多いこと
が知られてゐるが、これに対する κ の値がよく吟味出来なかつたのは残念であつた。今後此の
吟味を充分行ひ度いと考へてゐる。



第4圖 κ の値と水粒半径との關係(水粒速度2~4 m/sec)

兎に角 $r = 5 \sim 55\mu$ の測定の範圍に於て κ の値は0より大であるから、針金の太さが水粒の大
きさに比較してあまり大きくない様な場合には、捕捉率の計算に當り從來考へられてゐる様に
水粒の中心が針金に衝突すれば捕捉せられる(即ち $\kappa = 0$)と考へたのでは大きな誤差を伴ふこ
とになる。 $r = 10 \sim 50\mu$ の範圍では水粒が少しでも針金に接觸すれば捕捉せられる($\kappa = 1$)と
考へた場合の方が實際に近いことになる。然し嚴密には κ と r との關係を實驗式で表はして(2)
式に代入して用ひなければならぬことは申す迄もない。此度の實驗では金網附近での水粒の
運動速度 v は2~4 m/secであり、 v が變れば $\kappa(r)$ も變化する筈であり、此の點も將來研究を行
ふ必要がある。又第4圖に於て κ の値が水粒半径によつて變化する機構も明らかではないが、
水粒の凝集力と、水と金網との附着力と水粒の慣性とによつてきまる様に考へられる。これら
の問題も將來の研究に譲りたいと思ふ。

V 備 考

1) デツキグラスで水粒を捕捉するに當り、表面に塗布した油としてツエーデル油が入手出来なかつたのでヒマシ油を使用した。この爲か、水粒が理想的状態即ち油中に懸垂して正しい球形を保つものが比較的少なく、周囲の部分が黒く環状をなし、中央部は白く二重環をなすものが多かつた。小口理學士⁴⁾も斯様な二重環が往々存在することを指摘されており、これは油の中の粒子に焦點が合はない場合に油と水との屈折率の相違によつて生ずるものと考へられてゐる。然し乍ら筆者等の場合では焦點の不一致とは考へられなかつた。デツキグラスを少し傾けたり、光源の位置を変えてみたりしたが格別変化は見られなかつたが、顕微鏡下針先でこの二重環をつくと中央の白色部分が飛出して完全な一球となることが判つた。この取除かれたものは氣泡であることが判つたが、この小氣泡の除去により初め二重環の外形から測定した直徑より空中にあつた水球の直徑は稍々小となる筈であるから、小氣泡除去の前後の直徑を比較測定したがその差違は無視し得る程度であつた。

2) 今回の實驗では半径 10μ 以下及び 35μ 以上の水粒の数が不足で其の附近の κ の値の信用度が低い恨みがある。特に $5\mu \sim 15\mu$ の附近は天然の霧に多い部分であるから充分研究を行ふ必要がある。又水粒速度によつても此の値は變化すると考へられるから、この點も吟味を要する。此等の問題は將來續いて考究したいと考へてゐる。

3) 本報告では水粒が直線的運動を行ふ場合に就て論じたのであるが、天然の霧の場合には霧粒が空氣と共に運動してゐる場合であるから霧粒が比較的大きく、従つて慣性の大なる場合には當該まるが、霧粒が比較的小さく従つて慣性が小なる場合には金網の捕捉率 ρ' は

$$\rho' = \beta\rho \quad (6)$$

の形で近似的に與へられる筈である。此處に ρ は (2) 式の ρ であり、 β は Albrecht⁵⁾ 或ば今井一郎⁶⁾ 技師に依つて求められてゐる式である。例へば Albrecht の式を用ひれば (6) 式は

$$\rho' = \frac{\rho_0(1 + \alpha\kappa r - \delta\kappa^2 r^2)}{1 + 0.0820 \frac{m}{V_1^2}} \quad (7)$$

となる。但し V (m/sec) は無限遠風速で、 m 及 r の單位は μ で表はしてある。

VI 結 語

こ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並に文部省科學研究費(第1部第39班)に依つた。又實驗に際しては北大理學部物理學教室の花島助教授の御好意によりライカ顯微鏡寫眞装置を借用した。又工藤義夫君に實驗の手傳ひをして貰つた。此處に記して厚く感謝の意を表する次第である。

文 献

- 1) 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. Vol. 6. 19-31.
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. 21-29.
- 2) 今井一 郎. 1941 物體による氣流中の微粒子の捕捉. 氣象集誌, 19, 217-226.
- 3) 福富孝治, 楠宏, 明石忠司. 1) に同じ.
- 4) 小口八 郎. 1945 霧粒の大きさ及び数の測定法に就いて. 學術研究會議第151班霧班. 霧の研究. 5-17.
- 5) Albrecht, F. 1931 Theoretische Untersuchungen über die Ablagerung von Staub aus strömender Luft und ihre Anwendung auf die Theorie der Staubfilter. Phys. Zs. 32. 48-52.
- 6) 今井一 郎. 2) に同じ.

R é s u m é

Artificial fogs of various dimension (radius r) were blown to make collision perpendicularly to the wire-screen. The droplets per unit area of flow were caught on a thin film of oil spreading over a deck glass at some distance before or back the wire-screen, and the frequency distributions of the radii of the droplets at the former and the back sides of the screen $F(r)$ and $Q(r)$ were measured microscopically.

Then, the catching factor $p(r)$ may be given by the equation

$$p(r) = 1 - \frac{Q(r)}{F(r)} \quad (\text{A})$$

A wire-screen of the following dimension

Diameter of wire . . . $2m = 48.6 \mu$

Mean interval of wire net . . . $l = 173 \mu$

was used in the experiment and the result was obtained as shown in the Table 1 and Fig. 2.

The following relational equation exists theoretically between the catching factor of the wire screen and its dimension

$$p = p_0 (1 + \alpha \kappa r - \delta \kappa^2 r^2) \quad (\text{B})$$

where $p_0 = \frac{4m}{l} \left(1 - \frac{m}{l}\right)$, $\alpha = \frac{1 - 2\frac{m}{l}}{m \left(1 - \frac{m}{l}\right)}$, $\delta = \frac{1}{ml \left(1 - \frac{m}{l}\right)}$, κ is a coefficient which

indicate the critical value of condition that water droplet was caught by the screen, when the droplet contacts to the wire by $(1 - \kappa)r$.

The values of κ for various dimension of water droplet was obtained as shown in Fig. 4, comparing the value of $p(r)$ required by the experiment and the equation (B).