



Title	天然霧による光の散亂の測定
Author(s)	宇野, 慶三郎; 吉田, 順五
Citation	低温科學, 2, 129-134
Issue Date	1949-10-20
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/17408
Type	departmental bulletin paper
File Information	2_p129-134.pdf



天然霧による光の散亂の測定*

宇野慶三郎**, 吉田順五***

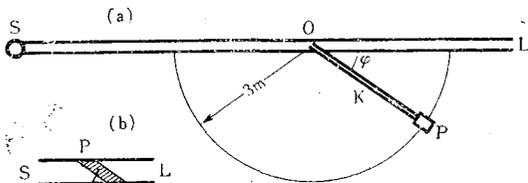
§ 1. 緒 言

人工的に作った霧による光の散亂については多くの測定がある。併し、天然の霧による光の散亂の測定は数が少い。人工的には極めて濃い霧を作ることができるが、それに比べると天然の霧は非常にうすい。したがって、天然の霧では強い光源を用いないと測定し得る程度の散亂光が得られない。強い光源を得るには電力をつかうのがいちばん便利であるが、電力が得られるような場所では近くに人家があり、それから洩れる光で測定が妨害される。著者等は幸い附近に全く人家のない場所で電力を得る機会に恵まれたので、霧が襲來したとき強い電燈を點して散亂光を測定した。

散亂光の測定と同時に霧粒の直径の頻度曲線、ならびに單位體積中の霧粒の数の測定をも行つた。霧粒を油膜に衝突させて油膜に捕捉し、顯微鏡寫眞に撮つて、直径を測り、數をかぞえた。これは小口研究生の手を煩わせたもので、霧粒の測定法に關しては同研究生の報告⁽¹⁾を参照された。

§ 2. 測定装置

測定は、暗夜戸外で行つた。光源には映寫用 250 W の電燈を用いた。直径 20 cm のレンズを 2 枚合せて焦點距離 25 cm の複合レンズとし、これで電燈の光を平行光線として霧中に投射する。第 1 圖 (a) の S は光源で、SOL が平行光線の路筋である。SOL は地上 1.5 m の高さを



第 1 圖

水平に走る。O 點は S から 6.5 m の距離にある。P は光度計で、細長い木の棒 (垂木材) K の端にとりつけてある。K は長さ 3 m で、その一端は O に釘でゆるくとめてあるので P は O を中心とする半径 3 m の圓周上に移動することが出来る。P は常に O 點の方を向いて、O 點からの散亂光を受

* 北海道大學低溫科學研究所業績 第 37 號。

** 静岡高等學校。

*** 低溫科學研究所。

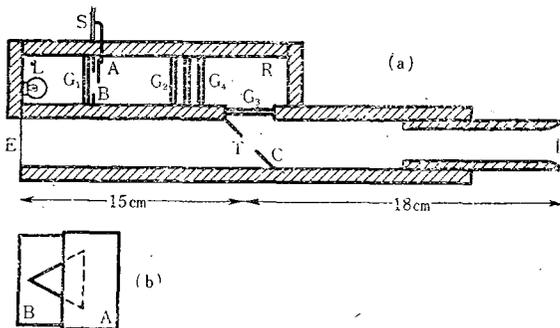
(1) 小口八郎: 低溫科學研究所業績 第 32 號。低溫科學, 第 2 輯所載。

入れる。したがって、 $\angle LOP = \varphi$ が散亂角となる。

測定圓周上の測定點の間隔は、中心Oに於て張る角が 7.5° になるようにとつた。しかし散亂角による散亂光の強さの變化の著しいところでは 2.5° 間隔に測定した。

Pに入る散亂光は、第1圖(b)の斜線を施した部分にある霧粒から出るものである。(a)圖同様 SOL が光源から出る平行光線で、斜めの平行線 PP は照度計の受光範圍を表わす。(この斜線部分の體積を有效體積と假稱する。) 散亂光の強さの比較をするためには、散亂に與る霧粒の數を等しくして考えなければならない。それには、同一有效體積からの散亂光を採ればよい。標準の有効體積として $\varphi = 90^\circ$ のときの値 v_0 を撰ぶことにすれば、任意の φ に對應する有效體積 v と v_0 との間に $v_0 = v \sin \varphi$ なる關係がある。それで照度計によつて直接測定された散亂光の強さ I' に $\sin \varphi$ をかけた $I = I' \sin \varphi$ を散亂角 φ に對する散亂光の強さとした。

照度計。第2圖(a)に示すようなものを製作して用いた。斜線を施した部分は木材である。圖は平面圖で、上下面は木の板で蓋をする。L は懐中電燈用の豆電球、 G_1, G_2, \dots, G_5 は磨硝子である。A, B はトタン板で作つた絞りで、B は固定し、A は左右に移動する。第2圖



第 2 圖

(b) に示したようにには三角形の孔があけてあつて、A をこれに沿つて摺動させて孔の大きさを加減する。豆電球Lの光は G_1 で散亂されてその一部はBの孔を通過する。通過した光は G_2, G_3, G_4 によつて益々散光の度を高め、Rの内壁に貼つた白色濾紙によつて反射される。この反射光が、磨硝子 G_5 を經て、照度計の軸 EI と 45° をなすトタン板 C の上に投射される。C にも亦白色濾紙が貼つてあり、又 C の中央には直径 1 cm の圓孔 T があけてある。E から霧の散亂光を入れ、I に眼をおいて見れば、圓孔 T には散亂光が見え、その周圍には R から來る光が濾紙に反射されて見える。絞りの A を移動して、絞りの孔の大きさをかえれば、C の濾紙にあたる光の強さがかゝる。圓孔 T の輝度 b と、その周圍の輝度とを一致させて散亂光の強さを測定する。A の位置は目盛板 S によつて決定される。

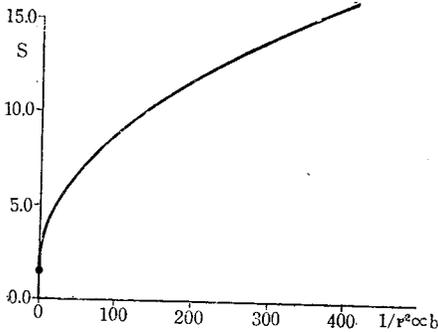
第1圖(a)の木の棒 K の端 P に約 1.5 m の長さの鐵棒を立て、その先に木箱をとりつけて蓄電池を入れ、又ラジオ用可變抵抗器、パネル用ミリアンメーターをとりつけた。照度計はこの木函の上ののせてある。蓄電池は模型飛行機用のもので、抵抗、メーターを通じて豆電球 L を點燈する。この電源は安定で、メーターで検査するのに測定中電流は殆ど變化しない。

§ 3. 照度計の檢定

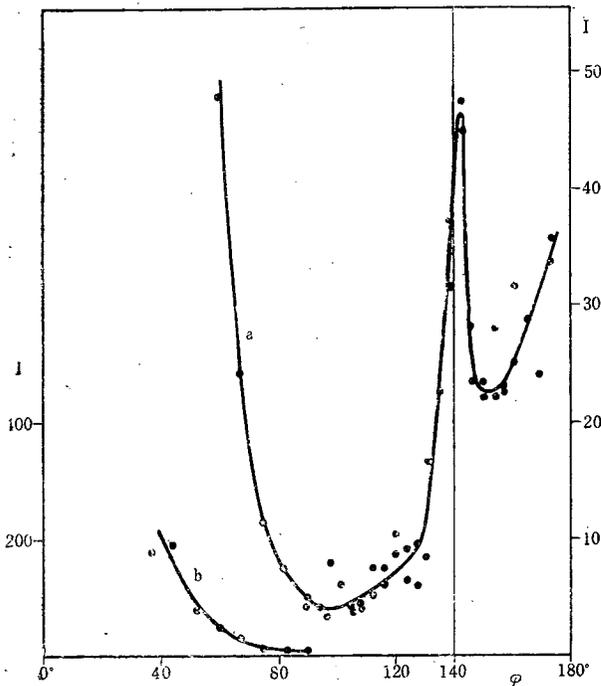
照度計の濾紙板 C の輝度を圓孔 T の輝度 b に等しくさせるような絞りの開きは、目盛板 S 上の指針の位置 S によつて定める。 b と S との關係を求めることが必要である。

白紙を壁に貼り、壁に垂直な線上、壁からの距離 r の所に電燈をおく。 r を變えると白紙の輝度は $1/r^2$ に比例して變化する。照度計の I のところに眼をおいて、圓孔 T を通じて見たとき、

白紙が圓孔全體に互つて見える位置に照度計を固定する。こうすれば、圓孔 T の輝度 b は白紙の輝度に等しい。したがつて、 r をいろいろに變えて $1/r^2$ と S との關係を求めれば、それが b に比例する量と S との關係になる。電燈の燭數、白紙の反射能が知れていれば、 b の絶対値も決定出来るが、その決定は行わなかつた。第 3 圖が S と $1/r^2$ との關係を示す曲線である。尙、この檢定に用いた電燈は、明るさの變動を避けるため蓄電池でつけた。



第 3 圖

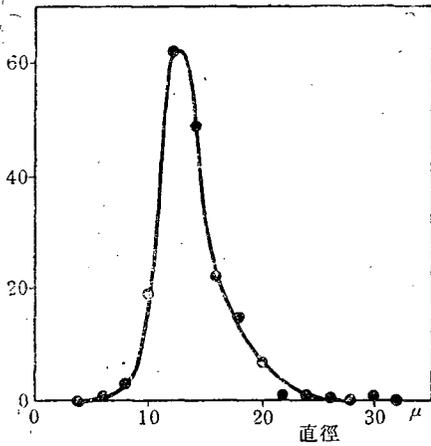


第 4 圖

§ 4. 測定結果

暗夜、屋外の霧のなかで § 2 に説明したようにして、散亂角 φ と散亂光の強さとの關係を求めた。第 4 圖はその 1 例で横軸は散亂角 φ 、縦軸は散亂光に比例する量 I である。曲線 a は右の目盛、b は左の目盛について描いてある。b は a を縦方向に $1/20$ に縮小したものである。

$\varphi = 180^\circ$ 附近から測定をはじめ、 90° を経て 0° 附近に至り、そこから逆に 180° に引返しつづ測定した。この往復に於ける測定値はほぼ同一曲線に乗る。それ故、測定中、霧の性質

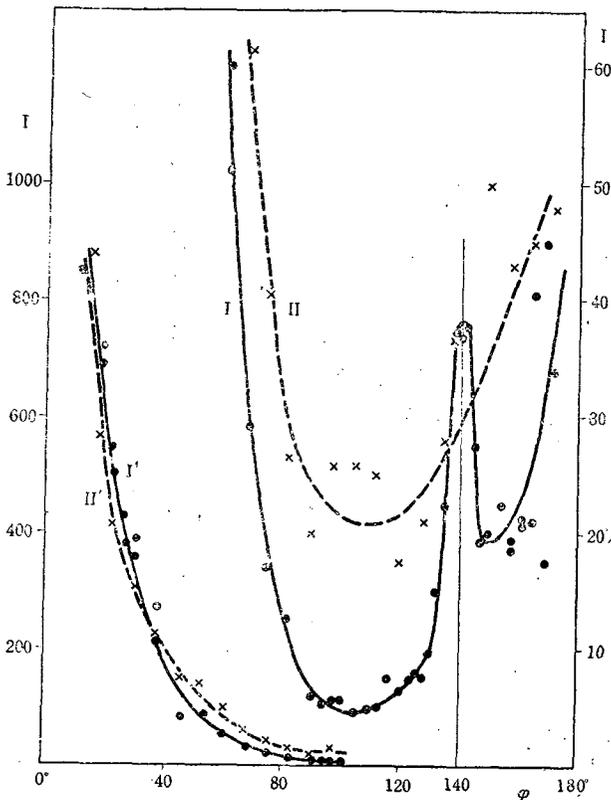


第 5 圖

にも光源の強さにも変化はなかつたのである。このときの霧粒の直径の分布曲線を第5圖に示す。横軸は霧粒の直径を μ を単位として表わし、縦軸には粒の數に比例する量をとつてある。分布曲線は直径 13μ のあたりに急峻な極大を持ち、かなり粒の大きさの揃つた霧である。1 cc中の霧粒の數は290であつた。

第4圖で、 $\varphi=142^\circ$ のところ著しい極大があるが、これは第一次虹に相當するものである。波動光學による虹の理論によれば、直径 60μ 以下の水滴によつて生ずる虹は殆ど着色しない。⁽¹⁾

測定に於ても $\varphi=142^\circ$ の強い散亂光は白色であつた。



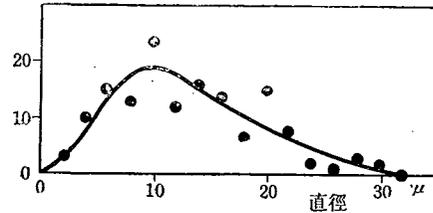
第 6 圖

幾何光學的に考えれば第一次虹の散亂角 φ は、赤色に對しては $137^\circ 40'$ 、紫色に對しては $139^\circ 40'$ である。水滴が大きい時は、この値はほぼ正しい。しかし水滴が小さくなるとこの φ の値が次第に大きくなり、同時に虹の色がうすれて白色になる。Pernter-Exnerの書(前出)によれば、直径 50μ の水滴では $\varphi=139^\circ 20' \sim 141^\circ 20'$ に白虹が出る。これは理論的に計算して出したものである。第4圖の霧は大部分が直径 13μ の水滴であるから、白虹の φ の値は尙大きくなつて 142° になつたのである。

第6圖には第4圖の霧とは別の二つの霧についての曲線 I, IIを

(1) Pernter-Exner: Meteorologische Optik., 2, Aufl., 589 頁 (1922).

示した。曲線 I', II' は曲線 I, II を縦方向に $1/20$ に縮小して描いたものである。又、●印は曲線 I の測定値、×印は曲線 II の測定値を示す。第 7 圖は曲線 I の霧の粒の大きさの分布曲線である。この霧は、第 4 圖の霧に比べると粒の大きさが非常に不揃いで、直徑 10μ のものが一番多いが、直徑 30μ 近くの大きな粒もかなり存在する。1cc 中の粒数は 130 である。白虹の φ は 139° から 142° にわたり、幅が廣くなつてゐる。又その中心の位置は 140.5° で、第 4 圖の場合より 1.5° 小さい。この二つのことは第 4 圖の場合に比べて粒が不揃いで大小いろいろの大きさの霧粒が混在していることによつて説明される。



第 7 圖

このように白虹の位置及び幅は霧粒の大きさの分布によつて割合に敏感に變化するので、白虹の測定から霧粒の大きさの分布を求める方法が成立つわけである。

第 6 圖の曲線 II の霧は非常にうすい霧で、全天に星がよく見えている夜に出たものである。光源から出る平行光線の路筋がかすかに認められるくらいであつた。第 6 圖には、曲線 I と同じ目盛を使つて表わしてあるが、散亂光の實際の強さは、曲線 I の強さのほゞ 400 分の 1 である。この報告の測定は、標高 1300 m の山頂で行つたのである。ふだんは空氣が非常に透明で、光源から出る光の路筋は全く見えない。山頂から見降すと普通麓には煙霧がかかつてゐるが、曲線 II の霧は、この煙霧の頂が高くなつて山頂にまで達したために出たものであろう。アスマン通風寒暖計は乾球 2.8°C 、濕球 2.3°C を示したから、濕度は 92.5% である。霧粒を油膜にとつて顯微鏡で觀察する操作を念入りに行つたが、霧粒は全然認められなかつた。したがつて、粒の大きさは大きくとも $1\sim 2\mu$ 程度である。散亂光が弱いので測定値の誤差が大きくなり、正確な散亂曲線が描けないが、白虹に相當する極大は認められないようである。曲線 I' と II' とは φ の小さい値のところで大體一致するように描いてあるが、 $\varphi=90^\circ$ 附近では II' の値の方が I' の値より大部大きい。

第 4 圖、第 6 圖の散亂曲線は何れも、 $\varphi=20^\circ\sim 50^\circ$ の範圍では、幾何光學的に計算した散亂曲線と大體一致する。しかし、 50° 以上の φ に對しては大きな差異を示す。波長と同程度及びその数十倍の大きさに互る水滴による光の散亂については未だ充分な理論的檢討がない。こゝに觀測した霧の粒は丁度その大きさにあつてゐる。

§ 5. 要 約

簡易な照度計を製作し、天然の霧による散亂光を測定した。散亂角と散亂光の強さとの關係を

求めたのである。同時に霧粒の大きさの分布曲線を求め、それと對比して、散亂曲線の 140° 附近の極大として現われる白虹の位置と幅とが、波動光學的理論による結果とほぼ一致することを示した。散亂曲線の一部は、幾何光學的に求められる曲線と一致するが大部分は一致しない。観測した霧の粒の直径は光の波長と同程度からその数十倍の大きさに互り、丁度波動光學的に散亂光の理論が完成されていない範囲にあつてゐる。

この研究は文部省學術研究會議霧研究班の仕事として行つたものである。尙霧粒の大きさは小口八郎研究生に測定して貰つた。記して感謝の意を表わす。
