

霧粒の大きさの分布の測定 (II)

Kenji KOJIMA, Kenji YAMAJI: Measurement of the Size Distribution
of Fog Particles. (II)

小 島 賢 治*
山 地 健 次**

§ 1. 測 定 法

霧粒の大きさを測るのには、前年度の報告¹⁾に述べた方法と同じく、スライドガラスに塗ったツエーデル油の膜に霧粒を捕え、これを顕微鏡写真に撮影して得られた粒の写真について、それらの直径を測る方法を用いた。霧粒を油膜に捕えるには、外口径 5 cm, 内口径 5 mm の流線型の吸入口を持つ円筒内に、内口から 2~3 mm 隔てて油を塗ったガラスを入れ、別の口で円筒と連絡された注射器を引くことによつて霧粒を含んだ空気を容器内に吸込み、同時に霧粒を油膜に飛込ませる、いわゆる吸入法を用いた。この方法は 5μ から 50μ の間の直径を持つ霧粒に対しては比較的よい捕捉率を持つているが、直径 5μ 以下というような小さい粒は油を塗ったガラス板の周囲に逃げ易く、また、非常に大きい粒は外に向つて開いている吸入口の壁に衝突しやすい。それに、1 回に吸込む霧粒の数は測定の便宜上 100~1000 箇であるが、霧雨にちかような大きい霧粒は 1% 以下の割合で含まれていることが多いので、1 回に吸入する粒のなかに入る機会が少ない。そこで、この吸入法に並行して、幅 1 cm くらいのガラス板に同じ油を塗り、ガラスの面を風向に直角に立てて 10 秒乃至 20 秒間霧のなかにさらしておく露出法によつて大きい粒の有無を調べた。露出法では大粒ほど捕捉率がよくなるのでこの目的には都合がよい。粒の大きさを測るのには、実物の 200 倍に引き伸ばした印画について 1 mm 以下切捨てで測定した。したがつて、直径の 5μ ごとの分割区間内に入る霧粒の数の頻度を求めて粒径分布としたわけである。

§ 2. 霧粒の大きさの測定結果

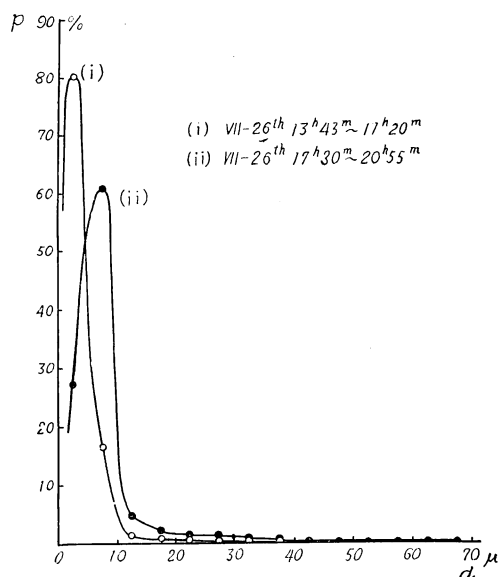
第 1 表は昭和 27 年 7 月 21 日から 8 日 11 日までの間に厚岸の霧観測所の地上約 3 m の所で、吸入法によつて 30 分~1 時間ごとに測定した粒径分布のなかから 31 回を取り出したもので、最大頻度の直径 (最も数多くの霧粒を含む直径区分)、最大頻度 (この直径区分に入る粒の数の全粒数に対する百分比)、数密度ならびに最も大きい粒の直径 (露出法による) などを示したものである。粒径分布の形は測定するごとに絶えず少しずつ変動しているのであるが、最大頻度の粒径は相当長い時間一定に保たれることが多かつた。第 1 表からもわかるよう

* 北海道大学低温科学研究所応用物理学部門 ** 同純粋物理学部門

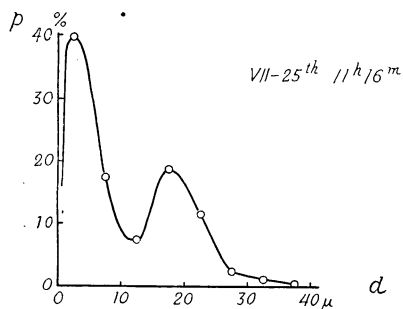
第1表 霧粒の分布 (昭和27年, 厚岸, 地面上 3m での測定)

月 日	時 刻	最大頻度直径	最大頻度	数 密 度	最大粒の直径	気 温	風 向
7 月 21 日	時 分	μ	%	箇/cm ³	μ	°C	
	17 20	5~10	80.5	—	110	—	—
	18 27	5~10	60.9	68.6	50	—	—
7 月 22 日	10 31	5~10	—	—	70	—	—
	11 00	5~10	71.2	165	40	—	—
	11 38	0~5	79.2	29.8	25	—	—
7 月 25 日	9 10	0~5	57.2	51.8	40	19.8	—
	9 25	15~20	25.7	—	40	20.4	—
	9 56	0~5	52.9	11.2	40	21.7	—
	11 16	{ 0~5 15~20 }	{ 39.6 18.7 }	28.0	35	20.8	S S W
	12 00	0~5	68.7	60.6	40	19.3	S S W
7 月 26 日	13 43	0~5	80.8	30.8	25	18.3	SW
	14 30	0~5	72.9	65.0	35	17.7	"
	(i) { 15 30	0~5	89.5	38.0	25	16.8	"
	16 07	0~5	74.6	94.0	65	16.5	"
	17 20	0~5	88.0	55.5	70	16.4	"
	(ii) { 18 08	{ 5~10 35~40 }	{ 60.4 0.5 }	172.2	50	15.3	"
	19 00	5~10	62.2	—	55	16.2	"
	20 01	5~10	62.0	—	70	15.5	"
	21 00	5~10	55.3	96.2	110	16.6	"
7 月 27 日	10 00	5~10	87.6	—	80	18.5	S
	12 20	5~10	81.0	105.8	30	21.5	S
	(iii) { 16 00	5~10	84.2	30.4	50	17.8	WNW
	16 40	5~10	63.1	43.4	40	17.6	S S E
	17 00	5~10	72.5	34.7	85	17.7	S S E
	(iv) { 20 00	{ 10~15 35~40 }	{ 42.3 1.9 }	58.0	80	18.2	S S E
	20 30	{ 10~15 35~40 }	{ 39.5 4.7 }	41.3	75	18.1	S S E
8 月 7 日	13 55	10~15	40.6	—	65	20.4	SW
	16 40	5~10	70.3	—	35	19.4	S S E
8 月 11 日	5 05	5~10	50.9	—	55	—	WSW
	6 20	10~15	—	—	65	—	S S W
	6 50	5~10	49.7	—	25	—	S S W

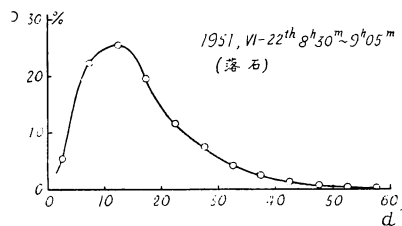
に, 今回の観測期間中では 5~10 μ または 0~5 μ の場合が最も多く, 10~15 μ がこれにつき, 15 μ 以上の場合は稀に一時的にあらわれたに過ぎない。例えば, 7月26日では17時20分までは 0~5 μ が続き, 17時30分以後は翌日まで 5~10 μ が続いた。翌27日は26日から引続き18時ごろまで 5~10 μ , それ以後は 10~15 μ に最大頻度を示す霧が続いた。そこで, 26日, 27日両日のうち同じ最大頻度粒径を持った霧をまとめて4組の群に分け, 表のなかにそれぞれ番号 (i), (ii), (iii) および (iv) を付した。第1図 (a) は7月26日の霧 (i) および (ii) についておのおのの群のなかの霧の粒径分布の平均の分布曲線を示したもので, 第



第 1 図 (a)

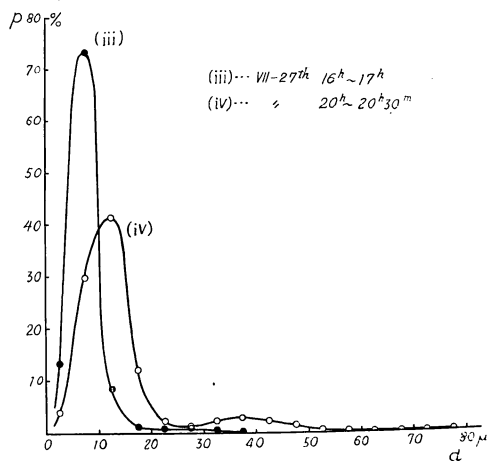


第 1 図 (c)



第 1 図 (d) 霧粒の大きさの分布曲線

p: 頻度 d: 霧粒の直径



第 1 図 (b)

1 図 (b) は 27 日の霧 (iii) および (iv) の平均分布曲線である。つまり、図のなかに番号とともに記入してある時間の範囲内では、その番号を付した分布曲線とほぼ同じ分布曲線を持つた粒径分布の霧が観測されたわけである。7 月 25 日を除いて、他の日に観測された霧は、いずれもそれ等の最大頻度の直径にしたがつてそれぞれこれらの曲線に似た形の分布を示した。第 1 図 (d) は前年度 (昭和 26 年) 落石で観測された粒径分布の代表的なものを比較のために示したものである。第 1 表と第 1 図からあきらかなように、今年度厚岸で観測された霧は前 2 カ年に落石で筆者等が観測した霧、あるいは昭和 19 年根室で小口氏³⁾ が観測した霧にくらべて 10μ 以下の直径をもつ小さい粒が著しく多いのが注目される。その原因は、厚岸の観測地点が高さ約

70 m の崖の上にあるため、そこで観測される霧は、もともと海上を移流してきた霧にこの霧を含む気塊が崖をはい上る際に断熱冷却によつて新たに生じた霧が混合したもので、したがつて粒径分布も移流霧本来の粒径分布と二次的に出来た大きさのそろつた小さい粒の分布とが重

なつたものを観測する結果であると考えられる。これら 2 つの粒径分布の形如何によつては、合成された粒径分布に 2 つの山があらわれることもあるわけで、実際に第 1 図 (b) の曲線 (iv) と第 1 図 (c) がその例である。落石も、海岸は高さ 40 m の崖になっているから、上と同じ理由で二次的の霧が出来るはずであるが、前 2 箇年の観測地点は崖から 200m ないし 800 m の距離があり、風間では特に地面附近の空気が水蒸気に対して不飽和になるので、地上 1 ~ 2m で捕捉した霧では直径 10μ 以下の粒が 70% 以上を占めることは無かつた。しかし地上 12 m ではこれが 70% 以上になつてることが数回観測された。地面近くの大気が水蒸気に対して不飽和になつているときに、そのなかで霧粒の大きさの分布が蒸発のためにどのように変るかについては、昭和 26 年度の報告¹⁾のなかで、理論的に計算した結果を述べてあるが、昭和 27 年落石で大喜多氏³⁾が観測したところによると、地上 4 m 以上の高所ではしばしば 10μ 以下の直径の粒が非常に多く、一方地上 1 m ではさほど多くないという結果がはつきり出ている。

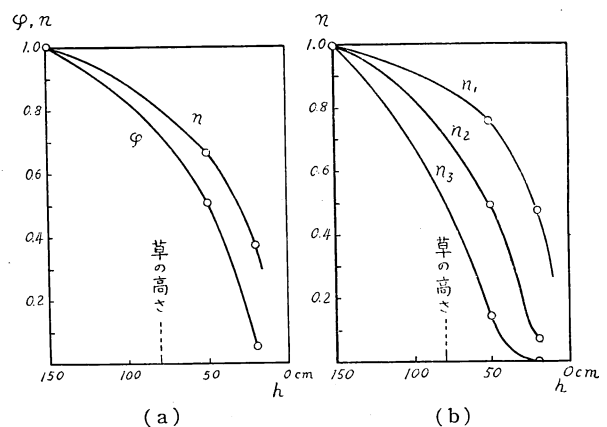
しかし、今年度の落石における観測結果と前 2 箇年筆者等が落石で同じ高さで観測した粒径分布を比較すると、今年度の方が小さい粒が多い。したがつて、直径 10μ 以下の小さい粒が多いというのは昭和 27 年の霧の特徴とも考えられるが、今年度の両地方の観測値を比較すると、やはり厚岸で観測された霧の方が小さい粒を著しく多く含んでいるから、第 1 図 (a), (b), (c) のような形の粒径分布はいずれも上に述べたような二次的に発生した霧のために得られたものであろう。

§ 3. 草の中の霧水量の垂直分布について

林が霧粒を捕捉する効果を調べる上には、林のない草地で草によつて捕えられる霧水の量も

知る必要がある。この目的のため、草地の地面から 2 m の高さまでの間の霧粒の粒径分布と数密度を測り、これからいろいろな高さ z における霧水量 φ を算出した。草の上面での霧水量の鉛直勾配 $d\varphi/dz$ と、同じ高さにおける風の渦動拡散率 K との積は、草の上面に仮定した水平な単位面積を通つて単位時間に草のなかに追いつまれる霧水の量 E に等しい。

第 2 図 (a) は 7 月 26 日 19 時 50 分に測定した草地の霧水量の垂直



第 2 図 草地の地面附近の霧水量と霧粒数の垂直分布
 h : 地面からの高さ, φ : 霧水量, n : 霧粒数,
 n_1, n_2 および n_3 はそれぞれ 0~10 μ , 10~50 μ および 50~60 μ の直径を持つ霧粒数,
 $\varphi, n, n_1, \dots$ はいずれも地上 150cm での値を 1.0 とする。

分布である。草の高さはおよそ 80 cm で、地上 150 cm での霧水量は 253 mg/m^3 であつたが、草の上面の高さでの $d\varphi/dz$ の値は 177 mg/m^4 である。今、 K の値を $10^3 \text{ cm}^2/\text{sec}$ とすると、

$$E = K (d\varphi/dz) = 64 \text{ g/m}^2 \text{ hr}$$

を得る。同じ時刻に大浦浩文⁴⁾が金網を用いて直接 E の値を測定した結果によると、 $E \approx 70 \text{ g/m}^2 \text{ hr}$ となつている。この値は 10 時間の平均をあらわすものであり、筆者の測定は 10 分間の間に測定したものであるがよく一致しており、また、 K の値を $10^3 \text{ cm}^2/\text{sec}$ ととることが妥当であることを示している。第 2 図 (b) は霧粒の数密度 (単位体積中の霧粒数) が草のなかに入るにしたがつて減少するありさまを粒の大きさ別に示したものである。この図からわかるように、大きい粒ほどすみやかに減少している。これは、大粒ほど草に捕捉されやすいためであり、第 2 図 (a) に示した霧水量の減少が草による霧粒の捕捉に原因していることを示すものである。

最後に、以上の測定につきいろいろと御指導を賜つた吉田教授に厚く感謝する次第である。

文 献

- 1) 小島賢治, 大野武敏, 山地健次 (1952): 霧粒の大きさの測定, 防霧林に関する研究, 2, 223.
- 2) 小口八郎 (1945): 根室及びニセコ山頂に於ける霧粒の測定, 千島, 北海道の霧の研究, 2.
- 3) 大喜多敏一 (1953): 霧粒の粒径分布の変化より見た雛形林の防霧効果(抄録), 本誌, 56.
- 4) 大浦浩文 (1953): 林による霧の捕捉 (第 II 報), 本誌, 113.

Résumé

Fog particles were caught in a thin oil layer spread on a slideglass by a hand-portable device. They were photographed by a microscope and their diameters were measured on the enlarged positive print.

The mode of distribution of particle diameters, number density of particles and diameter of the largest particles observed at Akkeshi in July and August, 1952, are tabulated in Table 1 together with some other meteorological conditions. It was found that almost all fogs were rich in small particles with diameters in the range $0 \sim 5 \mu$ or $5 \sim 10 \mu$. This might be ascribed to the adiabatic cooling which takes place in the air mass carrying the fog when it climbs the seashore cliff about 70 m high, since during the cooling process a number of minute fog particles will be produced afresh intermingled with the particles originally contained in the wind blowing over the sea. This presumption is supported by the fact that fogs showing the drops size distribution with two modes of diameter were at times observed.

Fog water content φ was measured at various heights (0~200 cm above the ground) in the open field covered with grass about 80 cm high. The vertical

gradient of water content of fog ($d\varphi/dz$) at the top of grass multiplied by eddy diffusivity ν gives the quantity of fog water E carried downwards in an hour by the eddy diffusion of air through 1 m^2 of a horizontal plane lying at the top of the grass. E was found to be $64\text{ gr/m}^2\text{ hr}$ when φ at a height of 150 cm above the ground was 253 mg/m^3 , ν being taken as $10^3\text{ cm}^2/\text{sec}$. This value of E is very close to that directly measured by Ôura at the same time.