

林による霧の捕捉について (第Ⅱ報)

Hirobumi ÔURA: On the Capture of Fog Particles by the Forest. (Ⅱ)

大 浦 浩 文*

第Ⅰ章 ま え お き

§ 1. 1951 年度の観測結果のあらまし

1951 年の夏に落石小学校附近の林で行った測定によれば、林の種類によつて霧の捕捉効果が非常にちがうことがわかつた。そしてそのちがいは霧粒が細くなるほどはつきりとあらわれた。3つの林 X_1 , X_2 , X_3 のうち、 X_2 の林の単位面積が1時間に捕捉した霧水量を1として、他の2つの林が単位面積当り1時間に捕捉した量がどの位の割合であつたかを霧の種類別に示すと次のようになる。

霧の種類	ア メ	キ リ サ メ	キ リ
V/H	0.1~1	1~10	10~100
X_1	1	0.6	0.3~0.4
X_2	1	1	1
X_3	1	0.3	0.1

ここに V/H は霧粒の細かさの程度をあらわす量で $V/H \sim 1$ の霧粒は大よそ半径 0.1 mm 程度の粒が集つている霧をあらわし、 V/H が大きくなるほど粒の小さい霧をあらわす。

また X_1 は高さ 8m くらいのアカエゾマツ林で密度は 0.71 本/m² で下枝が多い。 X_2 は高さ 12m~13m のアカエゾマツ林で、密度は 0.18 本/m² で下枝がない。 X_3 は 9m くらいのとドマツとダケカンバ等の広葉樹との混合樹林で密度 0.27 本/m² であつた。

上の表からわかるように V/H の大きな霧では X_3 の林は X_2 の林の 10 分の 1 の効果しかない。

次に1時間に林が 1m² 当りどれだけ捕捉したかを霧粒の大きさ別にしらべてみると約 140 例をまとめた結果

V/H	0.4~1	1~10	10~100
捕捉量の上限 g/m ² hour	600~200 程度	200~50 程度	50 程度

となつて粒が小さくなると急激に減少する。もちろん例外もかなりあり、 $V/H=30 \sim 300$ に対し 150~450 g/m² のような例が 12 例もあり、 $V/H=0.7 \sim 1$ に対し 1000~1700 g/m² の

* 北海道大学低温科学研究所応用物理学部門

ような例が 3 例もあつた。

林の前縁の捕捉効果についてしらべた結果、これに等しい効果を林の上面で得るには林の高さの 2~3 倍の長さの奥行が必要であることがわかつた。

§ 2. 1952 年の観測計画と観測結果の概要

§ 1. で述べたように 1951 年にはちがつた林の間の捕捉効果をしらべることはできたが林の上面の捕捉と、林前の野原の捕捉とを比較することはできなかつた。その理由の 1 つは野原に張つた網の高さが約 2.5 m でその位置における乱流は地面附近の 10 倍はあるので網が捕捉する霧水量も実際に地面が捕捉する霧水量の 10 倍或いは 20 倍に達し、それらの加減演算によつてその 10 分の 1 程度の地面の捕捉量を算出することは誤差が大きすぎてできなかつたからである。もちろんアミの構造に不備な点があつたため、誤差の割合が大きかつたことにも原因はある。

それで 1952 年度の厚岸における観測では林前の網は、裸地では地面すれすれの高さに、草原では草の高さすれすれに設置した。

また林の上面の捕捉については、1 つの林についてたくさんの器械を使つて詳細に調査をした。使つた装置は前年とあまり変りはないが林のなかの約 60 m はなれた 2 箇所 Y_1 , Y_2 に観測樫を立て、 Y_1 にはカヤの付かない網と、カヤ付の網との 1 対を取り付け、 Y_2 には 2 対を取り付けた。

また林の下には、傘を上下をひつくりかえして置き、木の葉から滴下するしたたりを集めてその量を調べた。

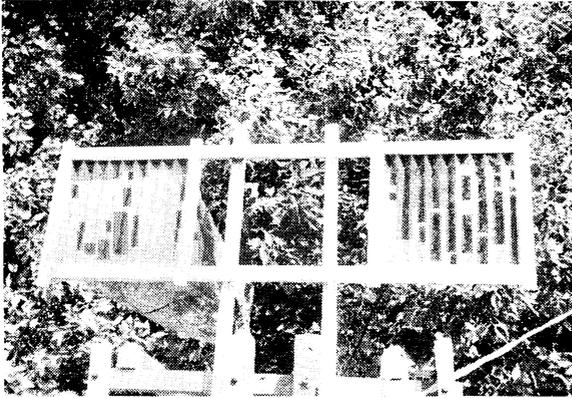
こうして得られた結果によれば、林の上面の捕捉量は、野原、裸地の捕捉量の 6~11 倍であり、林の葉から滴下する水の量は林が捕捉した量の 6 割から 10 割くらいであることがわかつた。

第 II 章 観 測 器 械

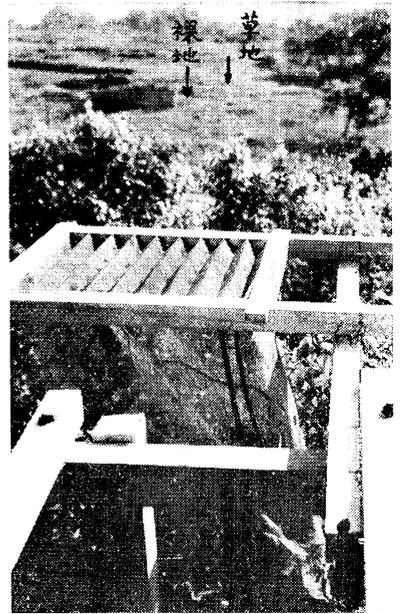
§ 1. 捕 捉 網

捕捉網の主要な構造は前年のものとほとんど同じであるが、いろいろな部分に改良を加えた。大きさは 1/3 にちぢめたので捕捉面積は 1 尺×0.9 尺で前年の 1/9 になつた。しかしこの有効面積のまわりに網を延長し、実際の網の大きさは 1.5 尺×1.6 尺であつた。なぜこのようなことをしたかという、網の周辺には木の幹などがあるので、これらの影響のない真中の部分だけを使うためである（第 1~6 図参照）。

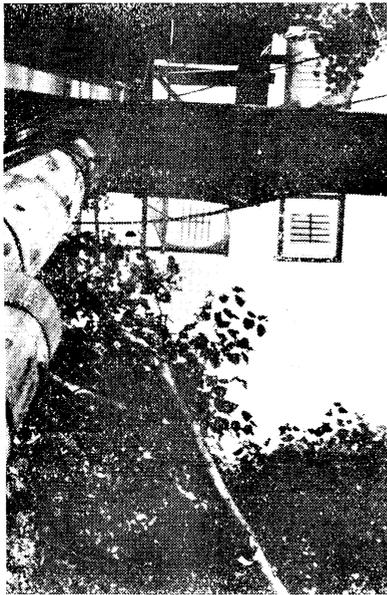
また、網には波を打たせてあるがその波の谷の下には水が流れやすいようにトタン板が取り付けられている。このトタン板に霧粒がくつついて誤差をまねくおそれがあるので、そのトタン板の下に取り付けた樋の両壁を高くしてそれをふせいだ。



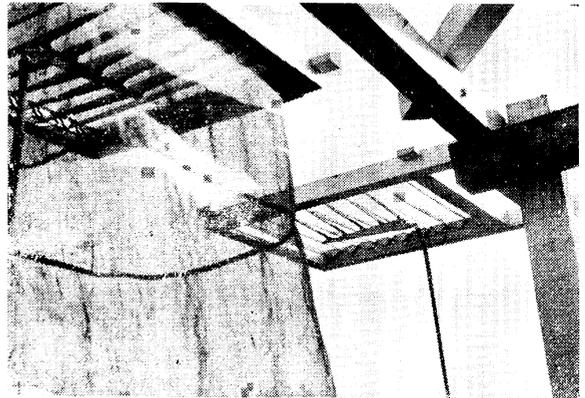
第 1 図 Y_1 の 網



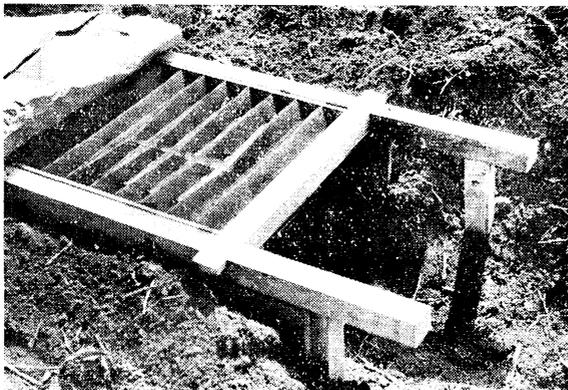
第 2 図 Y_1 の 網
(Y_1 より林前を望む)



第 3 図 Y_2 観測点



第 4 図 Y_2 の 網



第 5 図 裸 地 の 網

樋で集められた霧水はゴム管で測定装置へみちびかれた。この測定装置は田畑氏らの霧水量計の測定法¹⁾と同じで、ゴム管の先に付けた舌から滴下する水滴の数を電氣的に記録するようにしたものである。この装置が働き始めるまでは自記雨量計をもつばら用いた。



第 6 図 草地の網 (高さ約 80 cm)

この場合、雨量計の感度に比べて網の面積が小さいので、捕捉した水が少なく精度が甚だ悪かった。

網に霧がぶつかった時の網の捕捉率は昨年測定したが、網にぶつかる風がどれほど広がるかはわからなかった。今年は風洞を使つて、約 6 m/sec の風のなかに網を 45° 傾けて置き、そのまわりの

流線をしらべた。それには約 10cm の絹絲の一方の端をほそい針金で固定して風になびかせ、なびいた絹絲の尻尾に他の絹絲の頭を持つてくるようにしてつづけていつて 1 本の流線を得た。こうして得られた流線の広がりから、網にあたる風の量は網が無い場合に通りぬけるはずの風の量の 0.73 倍であることがわかつた。もし網にカヤが付いている場合には、この値は 0.67 となる。それで、カヤがある場合の霧の捕捉率は 0.27、カヤなしで 0.29 であることがわかつた。ただし地面、草原の網は風の広がる影響は無視して捕捉率は 0.4 として計算した。

§ 2. 傘

木の葉や小枝から落ちるしづくを受けるために林の下の地上に傘の上下をひつくりかえして設置したが、これは市販の普通の布製の傘を用いた。この傘は 2 リットルも水がたまると水がもるので、傘の下にジョージをつけた瓶を置いてもれ出た水を受けるようにした。

第 III 章 測定結果

§ 1. 測定地の状況

厚岸の林は大部分がダケカンバからなる広葉樹林であつた。館脇氏²⁾の測定によれば、Y₁ 観測点のまわりの 20m×20m の面積にある木の数は

高 　　さ	2 m～6 m	6 m～10 m	10 m～16 m
本 　　数	17	8	17

で、10m 以上の大きな木はすべてダケカンバ (*Betula Ermani*) であり、10m 以下では、ダケカンバ 3 本、エゾイタヤ (*Acer mono*) 11 本、アオダモ (*Fraxinus Sieboldiana*) 5 本、ミズナラ (*Quercus crispla*) 4 本、ナナカマド (*Sorbus commixta*) 1 本、センノキ 1 本であつた。これを 10m 以上の木についてみると、密度は 0.043 本/m² で、落石におけるどの林よりも疎であつた。しかも葉は樹冠に多く下は全く空いていた。

Y₂ 観測点のまわりの 20 m×20 m の面積中の木の数は

高 さ	2 m~6 m	6 m~10 m	10 m~17 m
本 数	10	9	11

で、10m 以上はすべてダケカンバであり、10m 以下ではダケカンバ 1 本、アオダモ 14 本、ナナカマド 2 本、アジサイノリウツギ 3 本であつた。こちらは Y₁ よりさらに疎で 10m 以上の木についてみると 0.028 本/m² であつた。なおくわしいことは 館脇氏の報告を参照されたい。

水平網はすべて梢の高さに取り付けた (第1図, 第2図, 第3図, 第4図参照)。

裸地の網は 島の風下の方の空地に穴を掘り、網の上面を地面と同じ高さにした (第5図参照)。

草地の網は第6図にあるように草と同じ高さ、約 80 cm の高さに設置した。

裸地、草地については第2図を参照されたい。

§ 2. 霧捕捉の効果に関して林と野原との比較

上に述べた地点で、先に述べたような方法で測定された値を第1表に示してある。単位はすべて 1 m² 当りの降水量に換算してある。ここで林前の平地に設置した雨量計による記録から、どの程度の雨が降っていたかを推定できる。

26日から27日のあけがたにかけて現われた霧についてみると、Y₁に取り付けた網から得られた結果によれば、Y₁の林は1 m² 当り 6 kg の霧水を捕捉している。また Y₂の網からは、その附近の林は約 8 kg/m² の霧水を捕捉していることがわかる。しかるに野原では、裸地、草地とも 0.75~0.8 kg/m² 程度の霧が捕捉されているだけである。すなわち林は草地の 8 倍ないし 11 倍の霧を捕捉していることになる。なお網から下に流れないで、したがって測定にかからないで残っている水があるために実際に捕捉した量は表の値よりも少し多いはずであるが、これを多く見積つて 0.3 kg/m² くらいであるとしても、林の効果は草地の 6 倍ないし 7 倍はあつたことになる。このとき、霧粒の大きさはどれほどのものであつたかはわからないが、粒が小さければ林の効果はもつとはつきりとあらわれたであろう。それにしても、第I章 § 1. に述べたように林の種類によつて捕捉の効果が 10 倍ほどもちがうことがあることを考えあわせると、広葉樹林で野原の 10 倍くらいの捕捉効果があるとすれば、一般の林では野原の 6~60 倍の効果があるといつてもよいであろう。

§ 3. 林の梢からしたたる水の量

第1表を見ればわかるように、傘で受けた水は林が捕捉した霧水量よりも一般に少ない。もちろん、サンプリングの位置による平均からのずれもあるので正確な議論をすることはできな

第 1 表 降 水 量 kg/m²

月 日	測 定 点 測定装置	E	Y ₁		Y ₂		裸 地	草 地				
		雨 量 計	ア ミ	カ サ	ア ミ	カ サ	ア ミ	ア ミ				
7 26	時 分	}	5.8	}	7.9	}	}	}				
	7 15								1.64	0.25	0.727	0.689
	8 30								1.75	1.37		
	20 00								0.04	0.00	0.061	0.066
	27 4 40											
	5 15											
10 00												
28	20 00	rain		2.08				3.09				
	10 00											
30	0 00	rain 4.0	5.9	2.57	7.62	2.75						
	2 00											
	4 00											
	10 00											
31	夜											
	9 00					0.02	0.00					
8 1	22 00	2.8	}	1.95	2.6	2.04	}	}				
	9 00								1.58	約2.00		
	10 00	3.4		4.64	6.9	4.86	"					
	12 00	1.3		0.90	2.33	1.01	}	}				
	12 30								0.67	0.23		
	12 45	0.2		0.1	0.14	0.15	}	}				
	16 40								0.347	0.72		
	17 00	0.0		0.0	0.2	0.0	}	}				
	19 00								0.167	0.184		
	2 9 00											
8 6	9 00	1.2	0.857	0.946	0.76	0.688						
	15 00											
	7 5 30								12.8	15.7	3.04	14.9
7	14 00					2.94						
	24 00			1.27		1.28						
8	5 00											
9	4 00	0.5	1.05	0.60	0.58	0.57						
	9 20											
11 12	21 00	0.1	0.07	0.1	0.56	0.15						
	1 00											
	6 00	0.1										
	9 40											
13	2 00	0.15	0.83	0.73	0.88	0.59						
	9 00											
14	21 00	0.25	0.97	1.22	1.220	0.68						
	8 00											

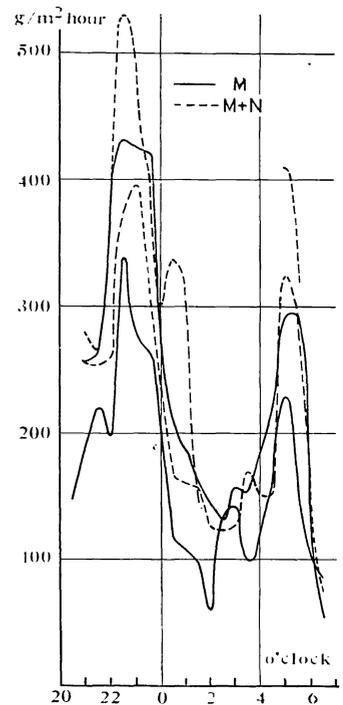
いが、ここで得られた結果だけからいえば木の葉や小枝から地上にしたたり落ちる水の量は、樹冠で捕捉した霧水の6割から10割くらいであるようである。Y₁の林は一様に混んでいるのでサンプリングの位置が悪いために平均からのずれが大きくなるということはあまり考えられないが、Y₂の林では大きなすき間があるので(第3図参照)その心配がある。実際Y₂の林はY₁よりは余計霧水を捕捉しているはずであるのに地上に滴下した水の量はY₁よりも少ない。もちろんこれはサンプリングのせいだけではなく、網によつてわかるのは林のなかに入り込んだ霧であつてそれが捕捉されるのはむしろそこよりも風下の樹冠であるのに、傘で受けるのはまさにその附近の木の葉が捉えた霧水であるから、そのためにくいちがうことも考えなければならぬ。

§ 4. 捕捉網の取付位置による捕捉量のちがい

第1表で、Y₁附近の捕捉量と、Y₂附近の林の捕捉量とを比較すると、常にY₂の方が多いたことがわかる。これは、Y₂の方がすきまが多く、風が通りやすいので、霧が余計に林のなかに吹き込まれるためであると考えられる。

しかし、同じY₂でも、捕捉網を取り付けた位置により、得られる結果はまちまちである。

第7図は昭和27年8月13日の夜から14日の朝にかけてでた霧について、Y₂に取り付けた4つの網から得られた結果である。実線はカヤを付けた網から得られたもので、その網を取り付けた位置の1m²の水平面を上から下へ1時間に通り抜けていった霧水量Mであり、点線はカヤのない網から得られたものでその網の位置の1m²の水平面を1時間に上から下へ通り抜けた霧の量Mと、下から上へ通り抜けた霧の量Nとの和M+Nをあらわしている。横軸には時刻を示し、縦軸にはその時刻の30分前から30分後までの1時間のM或いはM+Nが示されている。これを見てわかることは、平均的にみて、点線の方が実線よりも上にある場合も見出される。これは、ある場所におけるMの方が、その場所から3mとはなれていない他の場所のM+Nよりも多いことがあるということを示している。すなわち、場所によつてMの量がすいぶんちがうことがわかる。だから林の捕捉量の正確な値を得るためには、たくさんの網をいろいろな所に張つて、平均することが望ましい。また見方を変えれば、Nはあまり大きくないこと



第7図 Y₂における4つの網によつて得られた通過霧水量

を示しているので、林の捕捉した霧水量がどの程度のものであるかをみるだけならば、カヤ付きの網だけで得られた値を使つても大きなあやまりは無いことがわかる。

§ 5. 林の標準捕捉量

第7図のように M の値と $M+N$ の値が得られれば、それから林の捕捉量 $M-N$ (kg/m^2 hour) は容易に計算できる。こうして得られた値をその時の霧水量 φ (g/m^3) で割れば、1

第 2 表

測定点		Y_1			Y_2		
日	時	c/φ	v	K	c/φ	v	K
13	2				0.66	2.7	1.6
	3				0.78	2.5	
	4	0.06	1.4		0.47	2.2	
	5	0.17	1.6		0.97	2.5	
	6	0.37	4.1				
13	21	1.12	5.3	5.8	0.83	2.2	2.0
	22	0.35	3.0		0.74	3.6	1.3
	23	0.10	3.0		0.77	3.7	1.4
	24				1.00	1.5	3.4

c : 林の上面で捕捉された霧水量 (kg/m^2 hour) v : 林の梢から 3m 上方の平均風速 (m/sec)
 φ : 林の梢から 3m 上方の霧水量 (g/m^3) K : 渦動拡散係数 (単位 $10^4 \text{ cm}^2/\text{sec}$)
 c/φ : 1 g/m^3 の霧に対する捕捉量 (kg/m^2 hour)

第 3 表 落石の林における標準捕捉量

観測点		X_1		X_2		X_3		V/H
日	時	c/φ	v	c/φ	v	c/φ	v	
22	5							33
	6	0.14	1.5	0.15	2.5			
	7	0.08	1.3	0.38	2.2			
	8	0.08		0.64	2.6			
25	0							90
	1	0.05	1.2	0.56	4.0			
	2			0.29	3.4	0.18	2.1	
	3			2.4	2.3	0.86	2.0	
28	2							30
	3			1.45	5.9			
	4			1.99	5.6	0.10	3.3	
28	6							31
	7			0.63	5.4			
	8			0.41	4.8			

c/φ : kg/m^2 hour, v : m/sec.

g/m^3 の霧がでたときの林の捕捉量 $\text{kg/m}^2 \text{ hour}$ がわかる。これを第2表に示す。これを落石の林と比較するために、第3表に前年の結果を示す(これは昨年報告に網のまわりの風の抜がりの補正をしたものである)。こうして比較すると、厚岸の林は落石の X_2 附近の林ほど捕捉しないが、 X_3 附近の林よりはよく捕捉するといつてよいであろう。もつとも、厚岸では霧粒の大きさがよくはかられていないのでうえのことを断言することはできない。

§ 6. 渦動拡散係数 K の値

林の梢附近と、それより約 3m ほど高い所と2カ所で測定された φ の値から、鉛直方向の φ の勾配 $\partial\varphi/\partial z$ がわかるので、これで林の捕捉量 C を割れば K を求めることができる。第2表にはこうして得られた K を $\text{m}^2/\text{sec} = 10^4 \text{ cm}^2/\text{sec}$ の単位であらわしてある。だいたい $1 \sim 5 \text{ m}^2/\text{sec}$ 程度である。これを石田氏が風速の乱れの測定から得られた結果³⁾と比較すると、0.1ないし0.5サイクルの振動数の乱流が持つている拡散係数に等しい。このことから、林が霧を捕捉する場合に大きな影響を持つている乱流の振動数は0.1ないし0.5サイクルであり、平均風速が 0.5 m/sec であることを考慮すると、この渦の大きさは 2.5 m ないし 5 m 程度であると考えられる。

第IV章 あとがき

以上いろいろ結果を並べたが、まだ測定数が少なく、器械に不備な点もあるので、今後はこれらの欠点を是正しつつ測定数をふやしていきたい。

この稿を終るにあたり、集めた霧水を測定するカウンターを用意し、保守して下さった並々ならぬ御努力に対し、田畑氏、藤岡氏、松村氏に深甚の感謝をする。また自記雨量計のデータをとつて下さった気象台の方々の御厚意に対して、また筆者不在中面倒なデータをとつて下さった黒岩講師の御厚意に対して感謝の意をあらわす。また、この実験にあたりいろいろ御指導下さった吉田順五教授にお礼を申し上げる。

文 献

- 1) 田畑忠司, 藤岡敏夫, 松村信男 (1953): 自記霧水量計の計数装置(抄録), 本誌, 105.
- 2) 館脇操, 中野実, 山本肇 (1953): 防霧林の植生, 本誌, 182.
- 3) 石田完, 小林禎作, 今井秀雄 (1953): 林の周辺における乱流の測定, 本誌, 89.

Résumé

Observations were made on the capture of fog by forest at Akkeshi in summer of 1952. The forest was for the most part composed of birches, with many other kinds of broad-leaved trees among them. It was shown that the amount of fog water caught by the forest was about six to eleven times as large as that caught by the open field. The amount of water dropping down from the foliage to the ground was found to be almost equal to the amount caught by the forest, the former being not less than six tenths of the latter.

The author had determined in the previous year the amount of fog water caught by the forest mainly composed of needle-leaved trees planted at Ochiishi. The amount of fog water caught by the broad-leaved forest at Akkeshi was found to be smaller than that caught by a part of the forest at Ochiishi which was purely composed of needle-leaved trees. But the former forest caught more fog water than a broad-leaved stand among the latter forest did.