

厚岸の防霧林周辺における霧水量測定結果

Tosio HUZIOKA, Tadashi TABATA and Nobuo MATSUMURA: On the
Measurement of Fog Water Contents in the Surroundings
of a Forest at Akkeshi.

藤 岡 敏 夫*
田 畑 忠 司**
松 村 信 男**

§ 1. 序 言

筆者らは昭和 25, 26 年度に引き続いて行われた“防霧林の研究”において、霧の要素のうちの霧水量に関する測定を行つた。林によつてひき起される乱流のために、梢の上附近では霧水量が大きな変化を受けることはすでになされた観測において知られていた^{1) 2)}。今年度は特に梢の面を通つて林に運び込まれる水の量を知るために林中に 2 基の櫓を設置して測点 Y_1 および Y_2 とし、おもにそれらの櫓で観測を行つた³⁾。観測は 7 月 20 日ごろから行われたが使用した測器の故障のために得られた記録はあまり多くなかつたが、それらより以下に述べるような結果を得た。

§ 2. 使用した測器

測定にはすべて、回数自記器を利用した簡単な自記霧水量計^{4) 5)}を使用した。この霧水量計 7 台を林中の 2 点 Y_1 , Y_2 および林前の点 E の観測櫓に取付けた。その高さは Y_1 では 12m, 14m (梢), 17.8m で Y_2 では 12m, 15.4m (梢), 18.4m であり、E では 10m であつた。

使用した霧水量計については使用後その霧粒捕捉率を実験的に求めて⁶⁾、得られた記録に対して補正を施して霧水量を求めた。福富によると⁷⁾、霧中の相対湿度が 100% に満たない場合のあることが報告されている。このような場合には一旦捕捉された霧粒の蒸発が当然考えられる。しかし霧水量の多い、安定した霧の場合には相対湿度が 100% になつていてと考えても差支えないようである。したがつて筆者らは蒸発の影響を避けるために、十分に安定な霧について得られた記録だけを使用することにした。そのような霧は統計的にも知られているように⁸⁾ 夜間に多かつたことは勿論である。

§ 3. 霧水量の分布

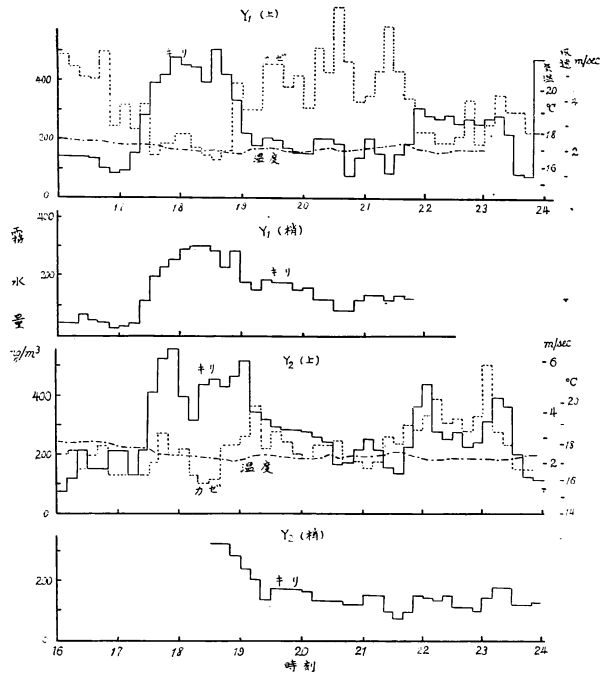
昭和 26 年度の観測の結果から⁹⁾、林の上では霧水量が急激に減少していることは期待されていた。さらにまた単に霧水量が減少するばかりでなく、梢附近では霧水量変化の位相がその

* 北海道大学低温科学研究所応用物理学部門 ** 同海洋学部門

上の点に対して多少おけていることも知られていた。得られた結果は以下に述べるようにこれらの期待どおりであつた。

a) 梢の上の点における霧水量

測点 Y_1 および Y_2 における霧水量の時間的変化の一例を示したのが第1図である。なお図中には風速と気温の変化も同時に記入した。また霧水量と風速は10分間ごとの平均値で示した。図において両側点の梢において霧水量計の動作をはじめた時刻がかなりおけているのは先年度の報告すでに述べたように²⁾、梢においては霧水量も風速もその上の点より少ないことに原因する。今 Y_1 および Y_2 の上の点における霧水量を比較するために16時から24時までの両点の霧水量の平均値を比較すると 1:0.92 である。すな



第1図 霧水量，風速，温度変化の一例

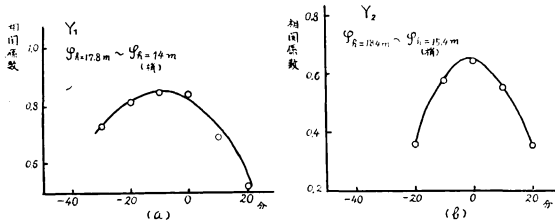
第1表 Y_1 ($h=17.8m$) および Y_2 ($h=18.4m$) の霧水量の比

	8月 12~13日	13~14日	15~16日	平均
Y_1	1	1	1	1
Y_2	0.92	1.04	0.67	0.88

わち Y_2 では Y_1 より僅かに少ない。同様な比較を他の霧についても行つた結果が第1表である。すなわち平均としては Y_2 ($h=18.4m$) では Y_1 ($h=17.8m$) より約1割霧水量が少ないことがわかる。しかし個々の霧について考えるとかなり異なつた比となつている。これは § 5. で述べるような測点 Y_2 の特異性に原因するものと考えられる。

b) 霧水量変化の位相のずれ

第1図をみただけでは各測点の上下の2点の霧水量変化の間に位相のずれがあるかどうかは良くわからない。それを知るために昨年度と同様に各測点の2点の霧水量について相関係数を求めた結果が第2図である。図において横軸はずれの時間(分)を表わしている。すなわち曲線の山が0と一致している時には位相のずれのないことを表わし、第2図(a)は測点 Y_1 では梢(高さ14m)における霧水量変化の位相は梢より3.8m高い点のそれよりも10分お



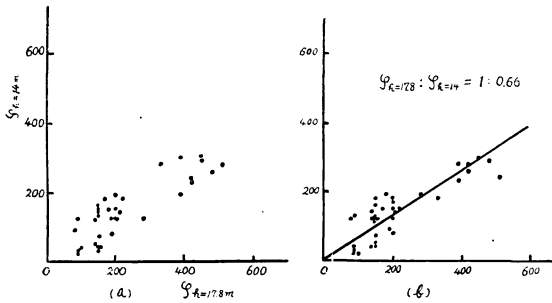
第 2 図 梢とその上の点の霧水量の相関係数の時間的变化

れていることを示している。これに対して Y_2 ではこのようなずれは見られない。このことも後節で述べた Y_2 の特異性に原因するものらしい。 Y_1 におけるこのずれは昨年度落石の防霧林について求められた値とやや異なるが、林が

違うのであるから当然のことと思われる。

c) 梢附近の霧水量の減少

梢附近における霧水量の傾斜を求めるために第 3 図において Y_1 の上下における霧水量の値を比較した。第 3 図 (a) は Y_1 の上下 2 点における同時刻の霧水量を比較したものである。これに対して、第 3 図 (b) は梢における霧水量変化のおくれを補正したもの、すなわち、梢の霧水量とその 10 分前の上の点の霧水量と比較したものである。明らかに第 3 図 (b) から



第 3 図 測点 Y_1 の上 (高さ 17.8m) と下 (高さ 14m) の 2 点の霧水量の比較

で示したように、1 : 0.66 になる。同様にして求めた結果 Y_2 では 1 : 0.57 であつた。すなわち両測点とも梢附近では僅か 3~4m 上の点よりも霧水量が約 3~4 割も減少していることがわかる。

霧水量を測定した 2 点の高さの差は Y_1 と Y_2 でそれぞれ 3.8m および 3m であるから霧水量の減少率

はそれぞれ 0.09/m および 0.14/m である。前述したように Y_2 の上の点は Y_1 のそれよりも霧水量が約 1 割少ないことを考慮に入れるとこの減少率はそれぞれ 0.09/m および 0.13/m となる。すなわち両測点において梢の上 3 ないし 3.8m の間では 1m ごとにその上の点の霧水量の約 10% 内外減少していることがわかる。しかも Y_2 では Y_1 に比べて約 50% も減少率が大きい。昨年度、落石の林中の測点 X_2 の梢の上では霧水量の減少率は 0.16/m でありこれらの値よりも大きい。霧水量の垂直傾度 $\frac{dq}{dz}$ はもちろん霧水量によつて異なるが、このことから Y_2 では Y_1 よりも梢の上の霧水量の傾斜が大であることがわかる。

以上に述べた Y_1 と Y_2 の間に見られた 3 つの相違点、すなわち、1) 梢の上の点で霧水量の異なること、2) 梢の上の点と梢における霧水量変化の位相のずれが 2 測点で異なることおよび 3) 両測点において梢の上の霧水量の減少率が大分異なること等から、両測点に起る乱流そ

他の物理現象が異なること、したがってその原因となる林の様子が異なることが容易に考えられる。この点については第5節で改めて論ずるつもりである。

§ 4. 林のなかに運ばれる水の量

霧粒は鉛直方向の拡散によつて林のなかに運ばれかつ霧粒は空気と同じ運動をすると考えると、林のなかに運ばれる水の量は近似的には $K \frac{\Delta\varphi}{\Delta z}$ で表わされる。 K は空気の鉛直方向の渦動拡散係数、 $\frac{\Delta\varphi}{\Delta z}$ は霧水量の垂直傾度である。乱流の測定⁹⁾によつて得られた渦動拡散係数を用いて二、三の霧について林のなかに運ばれる水の量を求めた結果が第2表である。ただし渦動拡散係数は渦の *dimension* によつて異なるので、どの程度の渦によつて運ばれるかを考えなければならない。霧粒が拡散によつて下方に運ばれるということは、霧粒が霧水量の傾斜を求めた距離 Δz より小さな渦によつておもに運ばれるということであるから、筆者らの場合には渦の *dimension* は自ら決つてくる。以下の表では渦動拡散係数 K としては渦の *dimension* が 1.5m (平均鉛直風速は 0.5m/s であつたからその周波数は約3サイクルである) より小さな渦に対する値を用いた。また測点 Y_2 では乱流の測定はなされなかつたので Y_1 における値を用いた。

第2表 林のなかに運ばれる水の量 (8月13日)

測点 Y_1						
	$\varphi_h=17.8m$	$\varphi_h=14m$	$\frac{\Delta\varphi}{\Delta z}$	K	$K \frac{\Delta\varphi}{\Delta z}$	
18~19時	420mg/m ³	280mg/m ³	37mg/m ⁴	$3 \times 10^4 \text{cm}^2/\text{sec}$	$11.1 \times 10^{-6} \text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{sec}$	0.4kg/m ² hour
20~21	160	110	13	"	3.9	0.14
測点 Y_2						
	$\varphi_h=18.4m$	$\varphi_h=15.4m$				
20~21時	220	140	27	"	8.1	0.29
	160	90	23	"	6.9	0.25
測点 X_2 (1951年落石における値)						
	160	90	26	2.4×10^4	6.3	0.23

この表から、林の上の水平な 1m² の面積を通つて1時間に林の中に運ばれる水の量はこの程度の霧水量の時に大よそ 0.4~0.1kg であることがわかる。普通の場合には霧水量は 500 mg/m³ を超えることはあまりないから、林の中に運ばれる水の量は 1m² あたり 1時間に 0.5kg くらいであろうと思われる。また Y_1 と Y_2 で霧水量が同じ場合を比較すると、前節に述べたように $\frac{\Delta\varphi}{\Delta z}$ は Y_2 の方が大きいので表に示したように Y_2 の方が相当多い。また昨年度の落石における測点 X_2 についても同様の計算を行つた結果は測点 Y_2 とあまり異ならな

いようである。この方法で近似的に求めた水の量は大浦¹⁰⁾が直接に測定した量と良く一致している。林の中に運ばれた霧粒は梢附近のおびただしい葉や小枝によつて捕捉される機会が極めて多いと考えられるから、林が霧を多く捕えるという点では測点 Y_2 の附近の林の構造が Y_1 のそれよりすぐれていると見なすことが出来るであろう。前に述べたように Y_2 ($h=18.4$ m) の霧水量が Y_1 ($h=17.8$ m) のそれより小さいのは、 Y_2 では霧の下降流が多いことに原因するのかもしれない。

§ 5. 霧水量の変化と風速の変化の関係

霧は僅かな気温の上昇によつても容易に消散することは良く知られている。この気温の上昇は日射によつて地面に供給された熱が熱伝達と渦動拡散によつて空気に伝えられる結果起るものであり¹¹⁾、熱の渦動拡散は空気の乱流によつて支配され、その乱流が林によつて大いに強められるところに¹²⁾防霧林の熱的意義がある。したがつて林の周辺における霧水量の分布を測定すると同時に気温の測定を同時に行う必要がある。また、いわゆる風速も乱流を起す1つの原因として測定されなければならない。第1図にはこの観点から霧水量の分布と同時に、上利式水銀抵抗温度計で測定された気温¹³⁾ およびロビンソン風速計で測定した風速 (10 分間の平均値) を記入した。気温、風速ともに Y_1 の一番上 17.8m および Y_2 の 18.4m のものである。

図から直ちに分ることは、測点 Y_1 では霧水量と風速は逆の関係があることである。すなわち霧水量が増すと同時に風速は減少しており、霧水量が減つてきた時には風速は増している傾向がうかがわれる。これに対して Y_2 ではこのような関係は見られない。また気温は第1図においてもそうであるが、いずれの例についても霧水量とあまりはつきりした関係は見られない。これは安定な霧のみを取り上げていることに原因するのかもしれないが、少なくともこの例のように夜間には霧の熱による消散がみられないのは当然である。

風と霧の変化の間の関係を知るために、両者の各 10 分間ごとの平均値について相関係数を求めた結果が第3表である。

この表から明らかなように、測点 Y_1 と Y_2 の間にはこれらの相関の間に大きな差がある。

第3表 風と霧の変化の相関係数

日 附	測 点 Y_1		測 点 Y_2	
	時間, 平均風速, 平均霧水量	相関係数	時間, 平均風速, 平均霧水量	相関係数
7 月 27 日	16 時 20 分~7 時 20 分 (28 日) 1.4 m/s, 440 mg/m ³	-0.46		
8 月 12 日	21 20~08 10 (13 日) 2.3, 350	-0.55	21 時 30 分~5 時 20 分 (13 日) 2.4 m/s, 420 mg/m ³	0.01
13 日	12 00 ~ 24 50 3.8, 220	-0.64	12 40 ~ 24 50 2.7, 250	-0.01
16 日	01 00 ~ 10 20 1.2, 360	-0.32	01 00 ~ 09 50 1.1, 240	0.03

すなわち Y_1 では明らかに霧水量と風速は前述したように逆の関係を保つて変化しているが、 Y_2 では霧水量と風速は全く無関係に変化していることがわかる。

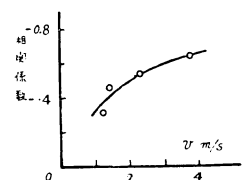
測点 Y_1 と Y_2 は互に僅か 60m 隔てているのみであり、しかも両点を結ぶ線はほぼ霧襲来時の風向に直角であるから、襲来した気塊が異なつたためにこのような差異が起つたとは考えられない。しかも風速も霧水量もともに 10 分間の平均値であるからなおさらである。第 1 図をみるとわかるように、両点においては霧水量の変化にはあまり違いがないが、風速の変化の様子はかなり異なることがわかる。したがつてこの相関関係の違いは主に風速の変化の様子の違いに原因すると考えて差支えないであろう。この 2 点において風速が何故にこのように異なるかについての詳細はさらに観測を行わなければ充分にはわからないが次のように一応の説明を与えることが出来る。

筆者等の観測期間中に襲来した霧は主に南風によるものであつた。南風に対してはこの地方の地形図³⁾に見られるように、測点 Y_1 は林の前縁より約 120 m, Y_2 は約 40 m 林の中に入つた地点になる。しかも Y_1 の風上にあたる林はなだらかに樹高を増しているが、 Y_2 の風上の林は草地との境界までほとんど樹高を減じていない。また立木の疎密の具合は Y_2 の風上の林が Y_1 のそれよりも大分疎であり¹⁴⁾、 Y_1 と Y_2 の中間には幅約 10m の刈分け (南西～北東) があり林が途切れている。このような地形から考えると、 Y_1 の梢の上で霧襲来時に観測された風は主になだらかに傾斜している梢の面を吹いてきた風であり、 Y_2 の梢の上で観測された風は、イ) 梢の上を吹いてきた風、ロ) 草地から林の中に吹き込んで Y_2 のあたりで吹き上げた風¹⁵⁾ および、ハ) 道路を吹きぬける風の一部が Y_2 に吹きつけたもの等が複雑に混合したものであらうと思われる。したがつて Y_1 に吹いた風は Y_2 のそれに較べてかなり様子が異なつたのであらうと考えることが出来る。要するに霧の襲来に対して Y_1 と Y_2 の風上にある林はかなり異なつた条件を備えていることに原因するのであらう。

理論的研究によれば¹²⁾林が防霧林として有効であるためにはこの測点 Y_2 の林のような条件を備えた方が良くと考えられている。筆者等の観測の結果からも Y_2 の林の方が多くの霧水を捕えていることが認められるということはすでに述べたところである。将来の観測によつてさらにこの点を確めるつもりである。

第 3 表に示した平均風速は観測時間中の平均風速であるが、測点 Y_1 のその値とすでに述べた相関係数との関係を示したのが第 4 図である。観測例が少ないので断定は出来ないが、風速が大きくなると相関が良くなるような傾向がうかがわれる。将来の観測によつて議論を進めたいと思う。

終りにのぞみ、いろいろ御鞭撻御指導をたまわつた吉川、福富両教授に厚く感謝の意を表するとともに、観測にあたつて熱心に



第 4 図 風速と霧水量の相関係数と平均風速の関係

御協力された札幌管区气象台測器課の村田氏はじめその他の方々および北大低温科学研究所の齋藤永純氏に厚く感謝する次第である。

文 献

- 1) 福富孝治, 田畑忠司, 梶浦均, 浅田宏 (1950): 昭和 25 年度落石針葉樹林附近における霧水量測定結果報告, 防霧林に関する研究, 1, 67~73.
- 2) 田畑忠司, 藤岡敏夫, 松村信男, 黒子元昭 (1951): 1951年度の落石針葉樹林附近における霧水量測定結果, 防霧林に関する研究, 2, 203~209.
- 3) 石田完 (1952): 昭和 27 年度の防霧林に関する研究で低温科学研究所が行つた方法と設備の概要について(総合報告), 本誌, 72.
- 4) 田畑忠司, 藤岡敏夫, 松村信男 (1951): 回数自記器を利用した自記霧水量計, 防霧林に関する研究, 2, 195~202.
- 5) 田畑忠司, 藤岡敏夫, 松村信男 (1952): 自記霧水量計の計数装置(抄録), 本誌, 105.
- 6) 松村信男 (1952): 霧粒を捕捉する装置の捕捉率, 本誌, 104.
- 7) 福富孝治, 須川明 (1952): 霧中における湿度の一測定(抄録), 本誌, 124.
- 8) 木下誠一, 小元敬男 (1952): 根室における霧の統計について, 本誌, 82.
- 9) 石田完, 小林禎作, 今井秀雄 (1952): 林の周辺における乱流の測定, 本誌, 89.
- 10) 大浦浩文 (1952): 林による霧の捕捉について(第II報), 本誌, 113.
- 11) 吉田順五 (1951): 移流霧のもとでの気温の日変化, 防霧林に関する研究, 2, 143~150.
- 12) 今堀克巳 (1951): 移流霧の消散機構と森林作用について, 防霧林に関する研究, 2, 121.
- 13) 守田康太郎 (1952): 霧消散過程における気温と日射の連鎖効果について(概要), 本誌, 13.
- 14) 館脇操, 中野実, 山本肇 (1952): 防霧林の殖生, 本誌, 182.
- 15) 吉田順五 (1950): 林に吹込む風, 防霧林に関する研究, 1, 101~105.

Résumé

The authors observed the fog water contents of air using the recording fog meter inside a forest and in its surroundings and arrived at the following results. The fog water contents varied periodically with periods of one or two hours in the open field surrounding the forest. Near the top of the forest, noticeable diminution in amplitude and lag in phase were observed in the periodic change of the fog water contents. The vertical gradient of fog water contents calculated from their values obtained near the top of the forest at two different heights which were vertically 3 m apart from each other and the vertical eddy diffusivity measured by Ishida and others (about 3×10^4 cm²/sec) gave the quantities of fog water entering the forest through unit horizontal area at its top. They amounted to 0.4, 0.29 and 0.14 kg/m²hr when the mean fog water contents observed at the point 3 m above the top of the forest were 420, 220 and 160 mg/m³, respectively.