

# 雛形防霧林による地表附近の霧水量の 水平的減少範囲について

Tokuji KASHIYAMA, Kikumatsu TAKAHASHI and Kaichi KITAMURA: On  
the Diminution of Fog Density on the Leeward of an Artificially  
Planted Forest.

榎 山 徳 治\*  
高 橋 龜 久 松\*  
北 村 嘉 一\*

## § 1. 雛形防霧林試験について

防霧林の問題を取扱う場合に、雛形林を対象として各種の測定を実施するのは、その結果を現実林に適用するための相似法則の点で重大な難点のあることは、他の一般の模型実験の場合と全く同様である。しかし、林の存在による霧水量の減少が防霧林の効果の重要な因子であるならば、防霧林附近における霧水量の水平的および垂直的変化の測定は必須のことであり、しかもその実行の困難な点もまたよく知られているとおりである。現地において実際の林木で作成した模型林を対象とする場合は、この種の測定の困難性は相当に軽減され、室内模型実験の場合よりも対象が定性的には現実に近いと考えられるので、厳密な理論的取扱いは別として、得られた結果が卑近な実際の見地からは現実防霧林取扱上一応の目安となろうかと思われる。

雛形防霧林試験については、すでに昭和 25 年 8 月落石においてわれわれの手によつて予備的測定が行われた<sup>1)</sup>。すなわち、樹高 1.5m の雛形林について各種測定を行つたが、海霧に関する認識の欠如と海霧日数僅少とのためほとんど纏つた結果は得られず、霧水量の水平的分布の測定から林の風下側で樹高 10 倍の距離までは地表附近の霧水量の減少が認められた程度であつた。しかし、この時の経験が今回の試験実施に貢献したところは多大であつた。

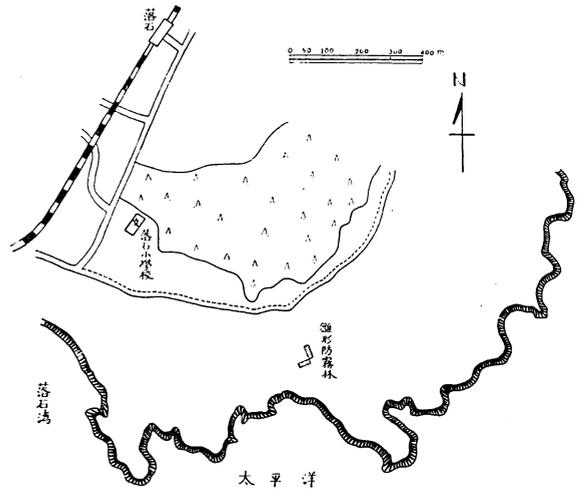
今回の試験において、われわれは林帯幅および林帯数を異にする各種雛形林について、地表附近の霧水量が林の存在によつて減少する水平的範囲の決定を主目的とし、あわせて雛形林附近の霧水量の垂直的分布の測定も計画したが、実際には、前者のうち林帯幅を異にする 2 林帯についての測定を実施し得たのに過ぎなかつた。測定に当つて、前回は比較的短時間の測定値から霧水量の雛形林前後における分布を求めることを主目標としたが、海霧の各種の影響が長時間の積算された霧水量に左右されるところが多いであろうとの見地から、今回は比較的長時間の測定から得られた平均霧水量を問題とした。しかし、測定期間中海霧日数が相当に多かつ

\* 農林省林業試験場防災部

たのにかかわらず、準備不足に起因する種々の手違いから貧しい結果しか得られなかつた。

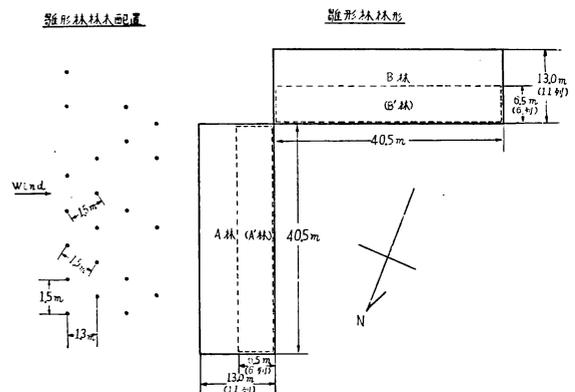
## § 2. 雛形防霧林の構成

雛形林を造成した場所は根室郡和田村字落石海岸で、その位置は第1図に示してある。この場所附近は、草丈が30cm前後の平坦な草地であるが、海面高約40mの断崖に囲まれた岬の上にあるため、前回の測定において地上6mの高さまでの風速垂直分布が極めて複雑な形を示すことが知られており、測定結果の取扱い上試験地としてあまり適当でないと思われたが、雛形林材料入手の都合上この地に決定されたので、林の位置を前回の場合よりも内陸に近く選定した。



第1図 雛形防霧林附近略図

雛形林材料としてはトドマツとアカエゾマツの梢を用い、造成に当つては樹冠のうつぺい度のみに着目して樹種の相違を無視したため、林の完成後において全林木の約70%がトドマツによつて占められていた。林木の配置は、第2図に示すとおり列間間隔1.3m、樹幹間隔すべて1.5mの正三角形千鳥型とした。林は平均樹高2mの一斉林とし、各林木は地表まで枝つきであり、その下50cmの樹



第2図 雛形防霧林の林形および林木配置

幹を地中に挿込んで直立させた。林形は第2図に示すようにかき型としたが、これは海霧時の主風向がこの地においてはENEまたはWSWおよびSSEの2方向であることが知られていたため、林の延長方向をこれに直角としたことによる。林の延長を約40mとしたのは、われわれが従来各地において実施した雛形防風林試験の結果から、風向が林の延長方向に大体直角の場合はこの長さがあれば林に直角な中心線上で風下側樹高30倍以上の距離までは林の両端からの風の吹き込みの影響を無視できて、測定結果を2次元的に扱えることが実験的に知ら

れていたためである。林帯幅としては、林冠のうつぺい度を現実林に近いものとするを目標として、当初は樹高の10倍程度と見積っていたが、実際に当つて林木材料の枝の張り具合から、列間間隔1.3m, 11列とすることにした。さらに、林帯幅の影響を見るため林木の約半数を除去して、上の2分の1の幅の林帯を作成した。雛形林全景および林相の一部を写真1・2・3に示しておく。

なお、第2図の4林のうち測定に使用したのは、海霧時の風向の関係でA・A'の2林のみであつた。

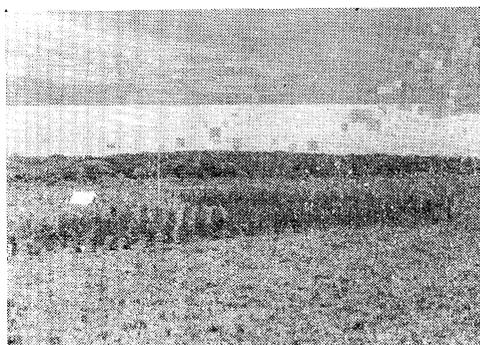


写真 1. 雛形防霧林全景

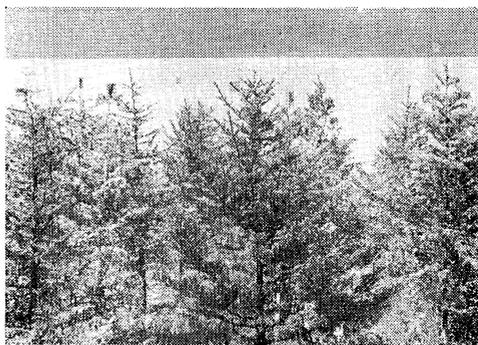


写真 2. 雛形防霧林林相

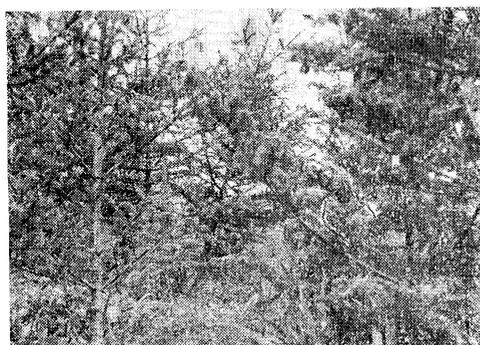


写真 3. 雛形防霧林林相

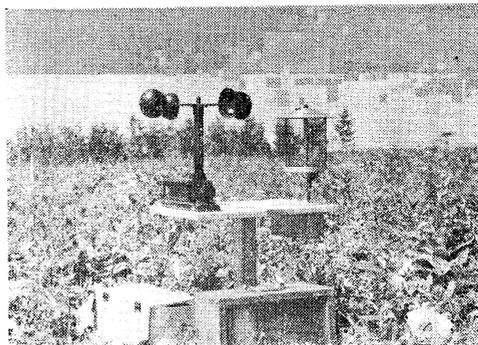


写真 4. 測定装置

### § 3. 測定装置

霧水量の測定には北海道大学低温科学研究所製作の回数自記器を利用した自記霧水量計7組を使用し<sup>2)</sup>、また風速の測定にはロビンソン風力計7台を、風向の測定には自記風信器1台を使用した。その他に風向風速計1台を適宜移動して使用した。

自記霧水量計は、その電接部の平衡の調節が極めて微妙であり、現地使用に際して相当の時日を費して調整に努力したが、満足な結果が得られなかつたうえに、測定の便宜上霧水量計と風力計とを同一の台上に併置固定したため(写真4参照)、風力計の風杯の回転によつて生ずる台の振動が霧水量計の電接部の水銀面に伝わり、4m/s程度以上の風速では常時回数自記器が作動することとなり、また、札幌管区气象台によつて行われたロビンソン風力計の改造が現地

使用のためには余りに簡易に過ぎていたこと等もあつて、この霧水量計本来の使用方法を無視して電接装置の使用を止め、回数自記器は風力計のみに接続して使用した。

#### § 4. 測定方法

試験の主目的は雛形林によつて地表附近の霧水量の減少する水平的範囲の追求にあつたので、林の長さの中央において林の延長線に直交する線を測線とし、この線上で林の風上および風下両側に測点を選定した。それらの位置は両側とも林縁から樹高の整数倍の距離の地点とした。

地表附近の霧水量の水平的変化の測定のためには、計器の地上高は現実林の場合との比較上なるべく低い方が望ましいが、草丈が平均 30 cm 程度であることを考慮して、計器支持台の地上高を 40 cm とし、便宜上同一台上に霧水量計と風力計とを併置したため、霧水量計は霧粒捕捉部の針金縦線の中央の地上高が 58 cm（強）、風力計は風杯中心の地上高が 70 cm となり両者は一致しなかつた。したがつて、捕捉された霧粒の存在した範囲の風速と風力計の示す風速とは厳密には一致しないはずであるが、今回の測定においてははこの差を無視した。

使用した霧水量計は、その構造上霧水量の時間的変化を自記する様式のものであるが、前記の理由でその本来の使用法を棄てて、霧水量測定実施の最初において、1 回だけ計器ごとに測定者を配置して 10 分間ごとの霧水滴下数を数えた。その後の測定ではすべて捕捉されて滴下する霧水を容器に受けて、1 時間ごとにその量をメスシリンダーで計量した。主目的が比較的長時間に積算された霧水量の水平的分布の測定であつたため、この方法によつても結果からみてさして支障はなかつたと思われる。

#### § 5. 測定結果とその簡単な考察

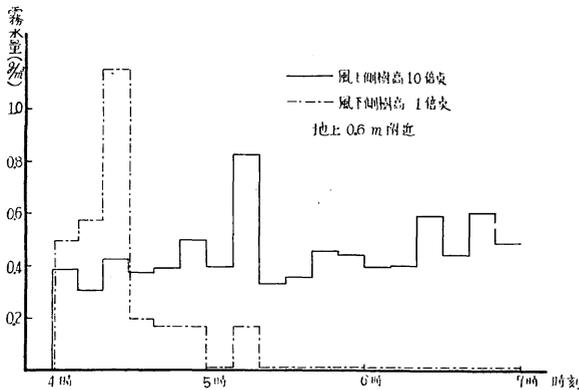
われわれの装置で霧水量の測定値が得られたのは、昭和 27 年 7 月 25 日から 27 日の間で、しかも大体は早朝または薄暮であつた。日中の海霧は、この装置の霧粒捕捉部の針金には捉えられるが水滴の形で針金に附着したままの状態に止まり、下に落下するに至らない場合が多かつた。

上の測定期間中の風向は大體 A 林の延長線に直角な ENE または WSW の 2 方向で、これらからの偏りはすべて 22.5 度以内であつたが、雛形防霧林に関する従来経験からこの程度の偏りは風速の測定に當つて無視出来ると認めているので、結果の考察に際してこれを無視した。また、B 林の存在が測定値に及ぼす影響については、これを確めなかつたことと、上の事実の類推とから無視することとした。

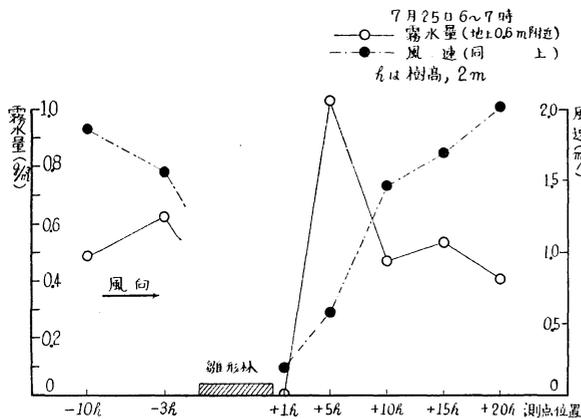
測点の位置を表わすのに、たとえば、測線上林縁から樹高  $h=2\text{m}$  の 10 倍の距離にあるものを  $10h$  と書き、かつ林の風上側にあるものには‘-’、風下側にあるものには‘+’を附した。したがつて、風向によつて同一の地点が‘+’の測点にも‘-’の測点にも表わされている。

測定に当り、 $-10h$  点の風速および霧水量を標準としたが、これは従来の測定からこの点の風向・風速が実際上雛形林の存在に影響されないことを認めているためである。

7 月 25 日は、霧水量計ごとに人を配し 3 時間にわたつて 10 分間ごとの霧水滴下数を数えた。これから単位体積の空气中的霧水量を算出するにあつては、田畑等の報告により、計器の霧粒捕捉率  $p$  と風速  $v$  m/s との関係は  $p=0.130 v^{0.635}$ 、捕捉霧水量  $Q$  cc と滴下水滴数  $N$  との関係は  $Q=0.039N$  とした<sup>2)</sup>。その結果の一部である  $-10h$  と  $+1h$  の霧水量の時間的变化の様相を第 3 図に掲げる。



第 3 図 A 雛形林前後の霧水量の時間的变化  
(7 月 25 日)



第 4 図 A 雛形林附近における霧水量および風速の変化

この測定結果においては、林の前後における霧水量の分布に一定の傾向は見られなかつた。この点については、計器の針金に捕捉された霧水滴が風速の変動によつて一時に落下することと、捕捉部と滴下部とをつなぐ漏斗状部下端の構造からここにある程度の霧水が蓄積されないと下へ流出しないことから、霧水の滴下が明らかに不連続であると認めたので、測定値を 1 時間ごとに積算してその間の平均霧水量について考察してみた。その結果の一例を第 4 図に示すが、他の 1 時間ごとの結果も全くこれと同一の傾向を示し、特に  $+5h$  の霧水量がいずれも  $-10h$  の 2 倍以上を示した。後に行つたところの滴下量を直接メスシリンダーで計量した結果がこれと全く異なることから、上の結果の得られた理由は、滴下数測定に誤りがある

としても、主として風速の小さい場合に計器の性能が変つてくることを考慮しなかつたためであると推定した。

7 月 26 日および 27 日には、霧水量計から滴下する霧水を容器に受けて、1 時間ごとにその積算量をメスシリンダーによつて計量した。使用したメスシリンダーは 100cc と 200cc の 2

種類のため、最小目盛がそれぞれ 1cc および 2cc と異なっていたが、この差は無視した。また、受け器に蓋をしなかつたので、内部に蓄積された霧水の表面からの蒸発の影響も考慮すべきであつたが、測定時刻からみてこれを小さいと考えて無視した。平均風速は測定時間中の全

第1表 A離形林に関する測定結果

測定日時	7月26日 6時10分～7時10分						
平均風向	WSW						
測点地上高	0.6m 附近						
測点位置	-10h	-1h	+3h	+5h	+10h	+15h	+20h
平均風速 (m/s)	3.72	3.14	0.72	1.19	2.72	3.00*	2.94
捕捉霧水量 (cc)	18	14	0	0	7	10	12
平均霧水量 (g/m <sup>3</sup> )	0.265	0.272	0	0	0.176	0.211	0.258
風速比 (%)	100	84	19	32	73	81	79
霧水量比 (%)	100	103	0	0	66	80	97

備考 h は樹高 2m, 測点位置は林縁からの樹高倍数距離, - は風上側, + は風下側,  
\* 印は一部風速記録を欠くもの

測定日時	7月26日 7時10分～8時10分						
平均風向	WSW						
測点地上高	0.6m 附近						
測点位置	-10h	-1h	+3h	+5h	+10h	+15h	+20h
平均風速 (m/s)	3.11	3.03	0.64	1.17	2.39	2.67*	2.75
捕捉霧水量 (cc)	14	10	0	0	4	6	8
平均霧水量 (g/m <sup>3</sup> )	0.274	0.201	0	0	0.120	0.154	0.191
風速比 (%)	100	97	21	38	77	86	88
霧水量比 (%)	100	73	0	0	44	56	70

備考 平均霧水量は単位体積の空気中に含まれる霧水量の測定時間内の平均値

測定日時	7月26日 8時10分～9時10分						
平均風向	WSW						
測点地上高	0.6m 附近						
測点位置	-10h	-1h	+3h	+5h	+10h	+15h	+20h
平均風速 (m/s)	4.11	3.06	0.94	1.19	2.67	3.00*	3.03
捕捉霧水量 (cc)	13	9	0	0	3	4	6
平均霧水量 (g/m <sup>3</sup> )	0.163	0.179	0	0	0.075	0.082	0.125
風速比 (%)	100	74	23	29	65	73	74
霧水量比 (%)	100	110	0	0	46	51	77

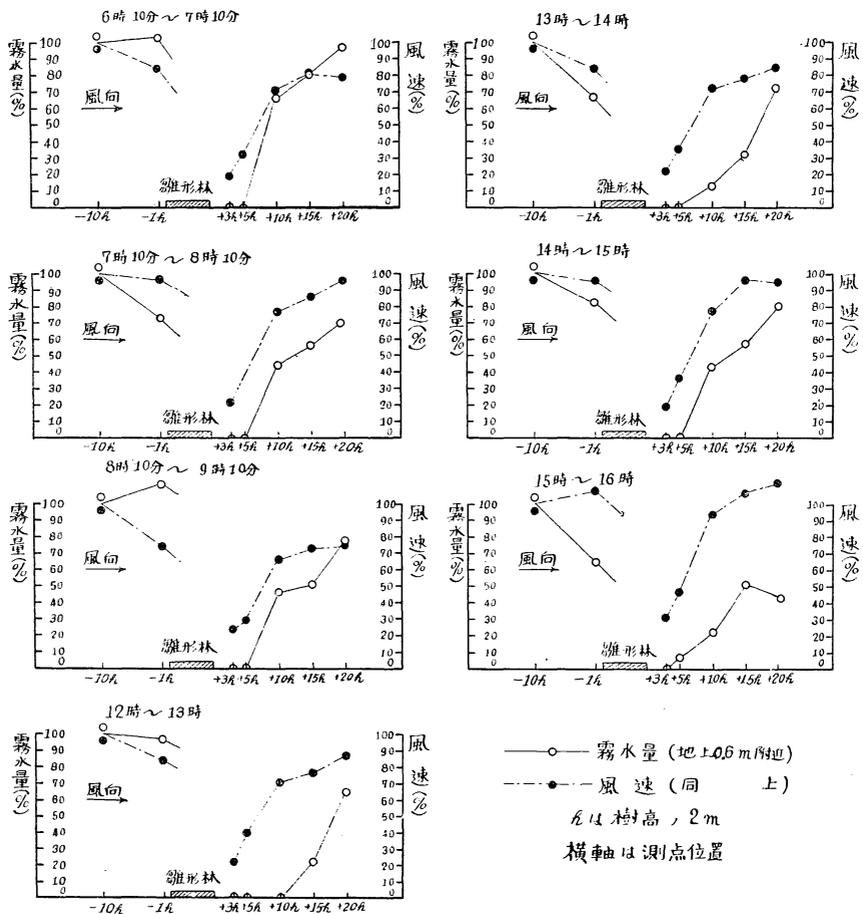
測定日時	7月26日 12時~13時						
平均風向	WSW~W						
測点地上高	0.6 m 附近						
測点位置	-10h	-1h	+3h	+5h	+10h	+15h	+20h
平均風速 (m/s)	3.83	3.22	0.86	1.53	2.72	3.00	3.33
捕捉霧水量 (cc)	7	5	0	0	0	1	3.5
平均霧水量 (g/m <sup>3</sup> )	0.097	0.094	0	0	0	0.021	0.062
風速比 (%)	100	84	22	40	71	78	87
霧水量比 (%)	100	97	0	0	0	22	64
測定日時	7月26日 13時~14時						
平均風向	W						
測点地上高	0.6 m 附近						
測点位置	-10h	-1h	+3h	+5h	+10h	+15h	+20h
平均風速 (m/s)	3.86	3.25	0.86	1.44	2.72	3.03	3.28
捕捉霧水量 (cc)	10	5	0	0	0.9	2	5.5
平均霧水量 (g/m <sup>3</sup> )	0.137	0.090	0	0	0.022	0.042	0.098
風速比 (%)	100	84	22	37	70	78	85
霧水量比 (%)	100	67	0	0	13	31	72
測定日時	7月26日 14時~15時						
平均風向	W						
測点地上高	0.6 m 附近						
測点位置	-10h	-1h	+3h	+5h	+10h	+15h	+20h
平均風速 (m/s)	3.11	3.00	0.58	1.11	2.39	3.00*	2.94
捕捉霧水量 (cc)	17	13	0	0	5	9	9
平均霧水量 (g/m <sup>3</sup> )	0.333	0.274	0	0	0.143	0.190	0.193
風速比 (%)	100	96	19	36	77	96	95
霧水量比 (%)	100	82	0	0	43	57	58
測定日時	7月26日 15時~16時						
平均風向	W~WSW						
測点地上高	0.6 m 附近						
測点位置	-10h	-1h	+3h	+5h	+10h	+15h	+20h
平均風速 (m/s)	2.97	3.22	0.92	1.36	2.78	3.17*	3.36
捕捉霧水量 (cc)	25	18	0	0.5	5	14	13
平均霧水量 (g/m <sup>3</sup> )	0.552	0.340	0	0.038	0.118	0.269	0.227
風速比 (%)	100	108	31	46	94	107	113
霧水量比 (%)	100	64	0	7	22	51	43

風程から算出したが、一部記録の欠けた測点もあり、この場合はその時間内で読み取れる範囲の風程を用いた。捕捉された霧水量から空気 1 m<sup>3</sup> 中の霧水量の測定時間内の平均値を算出するにあたって、計器の捕捉率を前記田畑等の実験式から求めた。

以上によつて得られた結果のうち、A林に関するものを第1表に示す。さらに、霧水量および風速を、-10hの値を基準とした比をもつて表わした結果を第5図に掲げる。

第1表において、+3h および +5h の霧水量が零であるのは、針金に捕捉された霧粒が流下して受け器まで到達するに至らなかつたため、この附近に霧粒が存在しなかつたことを意味するものではない。

この測定時間中の平均風速が 3~4 m/s の範囲であることから、風速に関する条件を同一とみなすと、表および図から明らかとなり、霧水量は雛形林附近において風速と大体平行して変化し、しかもその減少の程度および範囲は風速の場合よりも大きく、+20h においても -10h の霧水量の 70% 程度を示している。

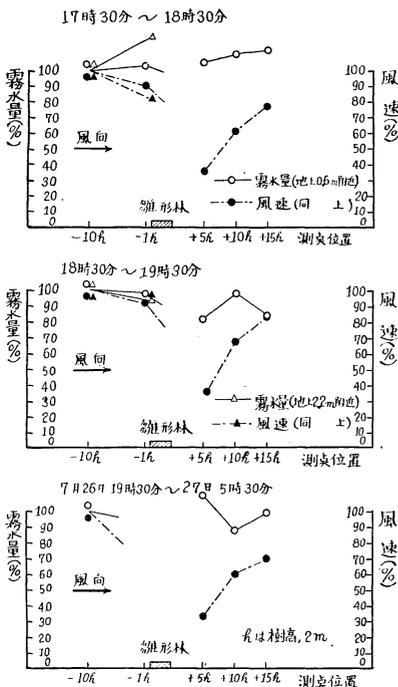


第5図 A雛形林附近における霧水量および風速の水平的分布 (7月26日)

林の風上側において霧水量が減少するか否かは、この少数の測定値からにわかに断定出来ないが、減少するとしてもその程度は風下側に比べて極めて少ないことは明らかである。また、12~14時の記録を見るに、風下側で+15hまでの霧水量が他の記録に比べて明らかに少ないが、これは林による霧粒捕捉効果以外の因子の影響と思われる。この影響による霧水量の減少効果は、上の測定値から+10hと+15hの間の各点においても-10hの霧水量の30%程度と見積られる。9~12時の間は海霧がほとんど消散して測定を行えなかつたため断定はできないが、この因子として林の存在による気温の上昇をとり、太陽南中時前後の4時間程度の間はその効果が風下側+15h前後までの地表附近の霧水量に作用するものと考えることができようかと思われる。

以上により、林冠のうつぺい度がA雛形林程度の場合は、その防霧効果は風速の小さい場合の防風効果よりも大きく、したがって防風効果範囲の測定から防霧効果範囲の推定が可能であると推測された。

上の測定において、A林の風上側林木はいずれも下枝まで霧粒を捕捉して全樹冠が濡れていたが、第6列に到るとその程度が激減し、さらに風下側においては梢のみが濡れている程度であつたことから、A林に続いて林帯幅2分の1のA'林についてA林の場合と同様の測定を行つた結果を第2表および第6図に示す。



第6図 A'雛形林における霧水量および風速の水平的分布 (7月26~27日)

これらのうちに、26日19時30分から27日5時30分まで10時間の積算値から得られたものが一例あるが、前後の事情からこの間は海霧が連続していたものと推察されたので、1時間ごとの測定を保障する意味で取上げた。

上の結果をみるに、-10hにおける風向・風速・霧水量がA林の場合と同一の範囲にあるにもかかわらず、霧水量は+5hにおいてすでに-10hと同等の値に回復していて、全く異なつた分布を示している。雛形防風林試験においては、林木の材料および配置が同一の場合は林帯幅がある程度までは小となつてもその防風効果が幅の広いものと同等であり、したがって、林冠の風の吹き抜けがある程度までは大きくても防風林として有効であると認められているが、A'林とA林の場合も風速分布の点からはこの関係にあると認められる。したがって、防風林としてはA'林も

第2表 A' 雛形林に関する測定結果

測定日時	7月26日 17時30分～18時30分							
平均風向	W～WSW							
測点地上高	0.6m 附近					2.2m 附近		
測点位置	-10h	-1h	+5h	+10h	+15h	-10h	-0h	
平均風速 (m/s)	3.89	3.31	1.39	2.39	3.00	5.61	4.58	
捕捉霧水量 (cc)	26	14	5	13	19	49	42.5	
平均霧水量 (g/m <sup>3</sup> )	0.354	0.366	0.370	0.389	0.400	0.368	0.449	
風速比 (%)	100	85	36	61	77	100	82	
霧水量比 (%)	100	103	105	110	113	100	122	

備考 h は樹高 2m, 測点位置は林縁からの樹高倍数距離, - は風上側, + は風下側, 平均霧水量は単位体積の空気中に含まれる霧水量の測定時間内の平均値

測定日時	7月26日 18時30分～19時30分							
平均風向	WSW～W							
測点地上高	0.6m 附近					2.2m 附近		
測点位置	-10h	-1h	+5h	+10h	+15h	-10h	-0h	
平均風速 (m/s)	4.06	3.72	1.47	2.75	3.36	5.81	5.72	
捕捉霧水量 (cc)	27	13.5	4	14	16.5	46.5	41.5	
平均霧水量 (g/m <sup>3</sup> )	0.342	0.336	0.279	0.335	0.288	0.329	0.306	
風速比 (%)	100	92	36	68	83	100	98	
霧水量比 (%)	100	98	82	98	84	100	93	

測定日時	7月26日 19時30分～27日 5時30分							
平均風向	WSW～SW							
測点地上高	0.6m 附近					2.2m 附近		
測点位置	-10h	-1h	+5h	+10h	+15h	-10h	-0h	
平均風速 (m/s)	3.14	—	1.05*	1.87	2.47	4.62	4.22	
捕捉霧水量 (cc)	132	68	23	68	86	—	—	
平均霧水量 (g/m <sup>3</sup> )	0.252	—	0.276	0.197	0.249	—	—	
風速比 (%)	100	—	33	60	79	100	91	
霧水量比 (%)	100	—	110	78	99	—	—	

備考 \* 印は一部風速記録を欠くもの

A 林と同等であるにもかかわらず、防霧林としては全く異なり、A' 林の存在が +5h においてすでに霧水量分布に影響しないとみられるのは、防霧林の問題が防風林の立場のみからは取扱えない一例証であろうかと思われる。

この差異の生ずる理由については、測定値があまりに少ないことと A・A' 両林の林内および A' 林の風下側 +5h までの測定値の無いことから、断定は出来ないが定性的には次のように考えられる。すなわち、測定時の諸条件からみて両林の相違点は林帯幅の差のみであり、したがって林の延長に直角な方向に対する林冠のうつぺい度の差のみである。この差異が林の霧粒捕捉効果に及ぼす影響として考えられるのは、林帯を通過する霧粒の林内走行距離および林冠の上縁近くを越える霧粒の林冠上走行距離の大小によつて、霧粒が林に捕捉される機会に差を生ずることであろう。しかし、林冠を越える風は大抵 +5h 前後で地表近くに達することが知られているから、これらの事情の総合された影響が A・A' 両林の +5h 以後の霧水量の分布の差として現われたものと一応は考えられるが、測定値に現われた差があまりに大きいことからこの考えのみでは不十分であるとも思われ、測定値自身の信頼性も同時に問題とすべきであろうかと思われる。

いずれにしても、上の測定結果は、林冠のうつぺい度が林木の健全な生育上任意に定められない以上、有効な防霧林を造成するためには、林帯の幅を防風林の場合よりも大にする必要があることを示唆していると思われる。

A 林に関する測定から、海霧が林の直前において積み重なるような傾向はみられなかつたので、林冠の上縁においてこの種の傾向が生ずるか否かをみるため、便宜上 A' 林について霧水量計および風力計の地上高をそれぞれ 2.18m (強) および 2.3m とし、-10h および -0h に計器を置いて樹高の高さ附近の霧水量を調べた結果を第2表および第6図に併せて掲げてあるが、測定値も少ないうえに林冠のうつぺい度の減少を事前に考慮しなかつたこともあつて、単なる試みに終つた。

## § 6. む す び

今回の試験において、地表近くの比較的長時間の平均霧水量の雛形林附近における水平的分布の測定から、林冠のうつぺいが適度であれば林の風下側における霧水量の減少度および減少範囲が風速の小さい場合の防風林としての風速減少効果よりも著しく、したがって防風林としての効果範囲の測定からその林の上の意味における防霧効果範囲を推定出来ることを知つた。これと同時に、林帯幅を異にしなから防風林としては同等な雛形林も、防霧効果の点では全く異なり、林木配置が同じでも幅の小さな林は防霧効果範囲が極めて少ないことも認めた。すなわち、防風効果に差異の生じない程度の林冠のうつぺい度の変化が雛形林附近の霧水量の分布に大きく影響するわけであり、したがって、林帯の幅が防霧効果を決定する重要な因子であると推定された。海霧防止のために土地の生産的利用の立場からその一部を林地とすることが可とされる以上は、この面からも林帯幅の問題は第一に解決されなければならないであろうが、そのための1つの手段として、うつぺい度を異にする各種雛形林についてその防霧効果を比較し、有効うつぺい度を定量的に表現する方法を見出す過程を通じて、雛形防霧林として必要最

少限の林帯幅の追求を行うならば、その結果から現実防霧林の林帯幅の決定に対する一つの指針が得られるのではないかと思われる。

## 文 献

- 1) 檜山, 北村, 高橋 (1950): 未発表, 復命書として北海道庁へ提出
- 2) 田畑忠司, 藤岡敏夫, 松村信男 (1952): 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.

## Résumé

Fog density and wind velocity were measured in front and in the rear of an artificially planted forest along the line perpendicular to the direction of wind.

Horizontal distribution of fog density and wind velocity obtained for various states of fog showed that the fog-decreasing effect by the forest was higher in degree than the wind-preventing action of it, when stand density and width of the forest were chosen at proper values.