

## 雛形防風林試験報告 (第1報)

# 防風林による海風中の塩分減少効果 に関する研究

H. IIZUKA, S. TAMATE, T. TAKAKUWA, T. SATO:

Experiment on Model Windbreak (1st Report). Effect on Salty wind.

農林技官	飯 塚 肇
"	玉 手 三 稗 壽
"	高 桑 東 作
"	佐 藤 正

## I 緒 言

海岸の森林が海風中に存在する塩分を減少するのに2つの作用がある。1は森林が空中塩分を附着して風下の塩分を減少すること、2は森林が気流を攪乱して渦動拡散に依つて塩分濃度を減少せしめることである。前者の効果は防風林風下区域の余り広くない範囲に求められるがその効果は顕著である。後者は風下広区域に亘るが特殊の場合以外は効果は顕著ではない。前者は森林の塩分濾過作用と風速の減少によるもので、海風中の塩分の最も濃厚な部分を吸収して稀薄にし背後地の潮風害を防止するもので、潮風防止林の主なる効果と解せられる。

本研究は森林の塩分濾過並に風速減少による塩分減少を定量的に究明し海岸防風林造成の基礎資料たらしめんとするものであつて、実験は雛型防風林に依る防風林効果試験と共に雛型防風林及び現実防風林につき行つたものである。此の実験では空中に含有される塩分量を正確に測定することが最も重要なことであるが、之は極めて困難な問題であつてその意味に於て此の実験結果は精密なものとは云えないが、森林の塩分濾過効果及び防風林の風下に於ける塩分減少状態の一端を明らかにし得たので一応取り纏めの上発表することとした。

雛型防風林試験施行に就ては林野庁より特に御援助を得、又第1回及び第2回試験の実行に當つては青森営林局並に仙台及び横浜営林署より多大の御協力を得た。茲に記して謝意を表する。

## II 空中塩分の捕捉方法

空中塩分の捕捉方法として川村実平氏の協力を得て昭和23年7月神奈川県湘南海岸に於て

予備実験を行つた。現地に於ける調査に応用するものであるから簡単な方法を採用することにして、次の2つの方法を試みた。

(1) 吸収瓶に蒸溜水 100 cc を入れ、之に海風を細いガラス管の口を通じて一定速度で蒸溜水の中を通過させる。空気はマリOTT瓶で吸出し、1時間に8立の割合で、之を2時間継続した。即ち2時間に16立の海風を100 ccの蒸溜水中を通過させ之に吸収させて、蒸溜水中に融けこんだ塩分を検定した。

(2) 静岡県御前崎測候所長山内英雄氏は針金で28 cm 四方の枠を作り、之に木綿ガーゼ1枚を張つてガーゼの面を風向に直角に置いて、海風がガーゼを通過する際ガーゼに吸着された塩分を検定する方法を以て空中塩分量を測定されたが、此の方法を用い、ガーゼ面の中心を地上高1mとし、2時間風に曝した。

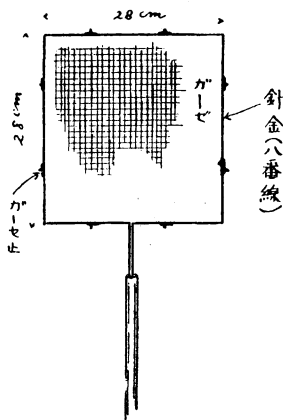
#### 塩分検出の結果

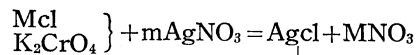
第1の方法に於ては吸収瓶中の溶液を試験管に取つて、之に硝酸銀の溶液を滴下して白濁が生ずるかどうかを検したが、塩分過少の為白濁を生じなかつた。之は汀線から約20 mの距離の塩分の多い所で数回行つたのであるが、白濁を検出することが出来なかつた。当時其の場所の風速は約5 m/sで夏期の海風であつた。此の程度の天候の場合では此の方法は現地応用出来ないことを知つた。

第2の方法に於ては塩分を吸着したガーゼを100 ccの蒸溜水でよく浸出し、其の水溶液に硝酸銀溶液を滴下して白濁を生ぜしめたが、之は顕著な白濁を生じ、汀線附近で採取したものは白沈を生ずる程の濃厚なものとなり、防風林の風下で採取したものも相当濃度の白濁を生じた。

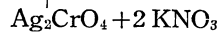
濃度を定めるには別に食塩の  $\frac{1}{1000}$ ,  $\frac{1}{5000}$  等種々の標準溶液を作つて置いて、採取したものの溶液の白濁と標準溶液の白濁程度を比較し、どの標準液の濃度に等しいかを判定して、採取溶液の濃度を定め、之からガーゼに附着した塩素量を算定した。此の方法は各種の標準溶液を作つて各種の濃度の白濁を作る必要があるが、此の白濁は次第に褐色に変化するので実験を速に行わねばならない。従つて精密さを失う欠点もあるが、只此の方法は硝酸銀と蒸溜水さえあれば実行出来るので、現地で用いるのには適当な方法である。次に採取溶液にクローム酸カリを添加して置けば、之に硝酸を加えることによつて白濁を生ずるが、次の反応に依つて硝酸が或量を超えると褐色沈澱を生ずるので、褐色沈澱の始まる瞬間まで加えた硝酸銀の分量から採取溶液中の塩素量が計算出来る。

第1図 ガーゼ捕捉器





第1 反応白沈



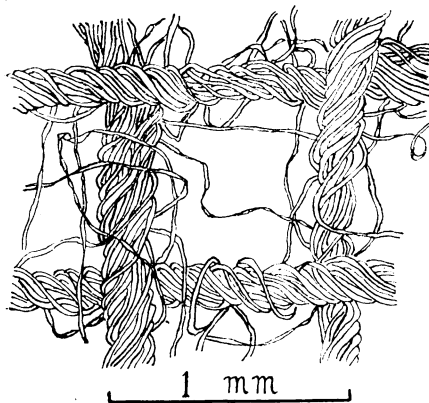
褐色沈

此の検出方法は比色法に比べて精度が一定されるので、主として此の方法を用いた。現地で実験したガーゼは硝子瓶に封じて実験室に運んで前記の実験を行つた。

#### ガーゼの塩分捕捉量

ガーゼは新しいものを一度蒸留水で洗つて乾燥したものを用いた。ガーゼの撚糸の太さは約  $239\mu$  で、糸と糸との間の空間は縦  $594\mu$ 、横  $472\mu$  であり、之から計算すると捕捉器の糸の占める面積は、捕捉器面積の約 53% となり、間隙の面積は約 47% となる。然し乍ら第

第2図 ガーゼ拡大図



2図の如くガーゼの糸には太さ  $17\mu$  位の多数の細糸が附着して居り、之が間隙に突き出ているので、実際の間隙は之より狭いことになる。

空中塩分は如何なる形で風に運ばれて来るか、之は恐らく細い球状の塩分の水溶液と、その水分が蒸発して極く細かい塩分の結晶になつた固体のもの及中間のもの3種と思われる。之等空中塩分は汀及び海面の波に依つて生ずる飛沫の粒径の極小なるものが空中に浮遊して陸内に運ばれるもので、風の強弱に依つて生産される飛沫の量は異

なるし、海岸から陸内の方への風が強ければ陸上の塩分は非常に多くなる訳である。又気温や湿度に依つて水滴の蒸発速度が異なるので海浜に於ける塩分の量や形態は其の時の天候に依つて大いに異つて来ることになる。飛沫は空中に浮遊する間に水分が蒸発するので粒径は次第に小さくなり、遂に塩の結晶体になる。海水の蒸発は淡水より蒸発速度は少しく遅いが粒径が小さいものは蒸発が早いので沖で生産された飛沫は途中海面に落ちるが、極く細かいものは結晶の形で陸地に到着するものと考えられ、水滴の形で浮遊するものは海岸附近で生産されたものと思われる。

空中塩分の形態の調査は今後本研究を進める上に於て重要なことであるが、之に就ては簡単な調査を宮城県北釜海岸に於て行つた。

汀線から近い場所でデツキグラスを風向に直角に暫時露出して飛沫の微粒を附着させ、次でデツキグラスの面を反転して飛沫を蒸発せしめて塩分を結晶せしめ其の上をカバーグラスで蔽つて保護して持帰つた。此のプレパラートは肉眼では何にも見えないが、検鏡すると塩分の結晶が見える。結晶形は総て直六面体であるが、不整形のもの、不定形のものも僅かに混じてい

る。資料採取は昭和 23 年 8 月 23 日正午頃で、当時の風速は汀線で 9.6 m/s、汀線から 48m の距離の飛沫採取場所の風速は 6.4 m/s、天気は晴天であつた。此処で作つたプレパラートを 320 倍で検鏡し、41 箇の結晶の大きさを測定した結果は、辺長約  $4\mu\sim 40\mu$ 、平均  $17.7\mu$  であつた。海水の濃度を 3.5% とし、飛沫の粒直径を  $d$ 、之が塩に結晶した場合の六面体の一边の長さを  $R$ 、海水の塩分濃度を 3.5% とすれば  $\frac{R}{d}$  は水滴の大きさ如何に拘わらず一定で  $\frac{R}{d} \div 0.2$  となるから、結晶の大きさから飛沫水滴の直径を逆算すると  $20\mu\sim 200\mu$ 、平均  $89\mu$  となる。尤も之より顕微鏡の倍率を拡大して見れば、より小粒のものも存在することが発見されるものと思われる。汀線より 30m の距離で採取したのを見ると、粒径は 48m の所で採取したものよりも大で、最大の結晶は約  $147\mu$ 、之を水滴に換算すると直径  $734\mu$  となる。

ガーゼの間隙は前記の様に  $594 \times 472\mu$  であるから大部分の水滴は糸に接触したものは捕捉されるが、間隙に入つたものは自由に通過するのでガーゼの捕捉率は余り高くないものと思われる。

或物体に水滴が接触して吸着される割合、即ち捕捉率は  $K \frac{a^2 v}{R}$  で表わされる。 $R$  は物体の半径、 $a$  は水滴の半径、 $v$  は風速、 $K$  は捕捉物に依つて異なる常数である。 $R$  は此の場合糸の半径であるが、ガーゼは振れた糸もあり、細繊維糸も附着してゐるので、 $R$  の決定は困難である。尙縦横の糸は第 1 図のように多数の細繊維糸から成り、細繊維糸の間には細い窪みもあるので、水滴の外に結晶も捕捉されるものと思われる。然し各測器は同質のガーゼを用い、同じ様な装置にしたものであるから、各測器の  $K$  及び  $R$  は等しいと見做す。 $r$  は同時、同一場所でも各種の粒径の水滴があるので一定していないが、こゝでは平均の粒径をとることとした。此の平均粒径も海岸からの距離に依つて異なるものであるが、 $r$  の観測資料も無いので水滴の平均粒径を観測区間では同じと仮定すれば、観測各処所の捕捉率  $C$  は風速  $v$  に比例する。

即ち  $C = K'v$  となる。

空中塩分量を  $N_0$ 、捕捉量を  $N_1$  とすれば

$$N_1 = CN_0 = K'vN_0$$

$$K'N_0 = \frac{N_1}{v}$$

$K'$  は不明であるが仮に一定と考えれば  $\frac{N_1}{v}$  は或る定つた容積中に含まれる塩分量の比較値を表わすことになるので、之を空中塩素濃度比と称して空中塩素濃度の比較値とした。尙各地点の風速は同時観測を行わなかつたので、標準風速に対する百分率を以て各点の風速を表わすこととした。

風が捕捉器を通過する際は風速は幾分減少するのであるが、此処では風速が減少しないものと仮定した。此の測器は面積  $28\text{cm}^2$  であるから、風速  $1\text{m/s}$  の場合に測器を通過する空気の量は  $1 \times 0.28^2 = 0.0784\text{m}^3$  で、1 時間に通過する量は  $60 \times 60 \times 0.0784 = 282.24\text{m}^3$  と

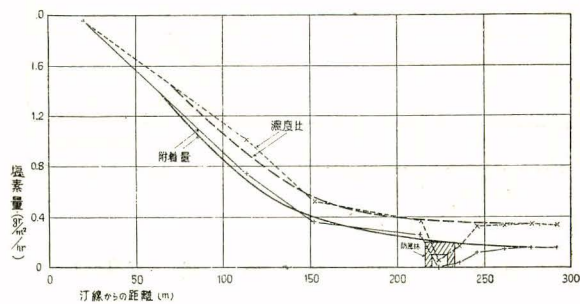


なる。例えば風速 3 m/s の場合通過する量は  $3 \times 282.24 \text{ m}^3$  となるので、第1表の附着塩分量を  $w \times 282.24$  (其の地点の風速を  $w$  とする) で割つたものは其の地点の空気  $1 \text{ m}^3$  中に含まれる塩素量の比較値となる。

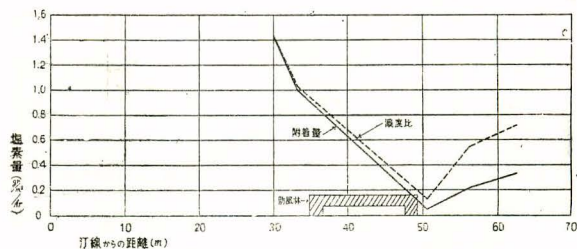
### Ⅲ 実験結果

実験に依つて得た結果を示すと、第1表 (1)~(6) の如くである。同表 (1) 及び (2) は a 型防風林、(3) は d 型防風林、(4) は雛形防風林実験地の附近にあるクロマツの現実防風林について行つたもので、(5) 及び (6) は森林のない場合で、海岸からの距離に依つて塩素量の減少を実験したものである。防風林に於ける観測は防風林を横切つて風向と略々一致する線上に、防風林の風上、風下及び防風林内に測点を設けてガーゼの捕捉器を設置して観測したものである。表中林前 3 h と記したものは防風林風上林縁から風上へ防風林の樹高の 3 倍の距離の地点、林後 3 h、10 h 等は防風林の風下で風下林縁から風下の方へ防風林の樹高の 3 倍、10 倍等の地点を示すものである。附着量はガーゼに附着した塩素イオン量をクロム酸加里添加法によつて分析した量で露出の面積  $1 \text{ m}^2$ 、露出時間を 1 時間量に換算したもの、風速比は各測点の地上 1 m の風速を、風の最も強い測点 (1) の風速に対比した割合である。塩素濃度比は前記の通り附着塩素量を其の地点の風速比で割つたものである。第3図 (1)~(6) は第1表 (1)~(6) を図示したものである。

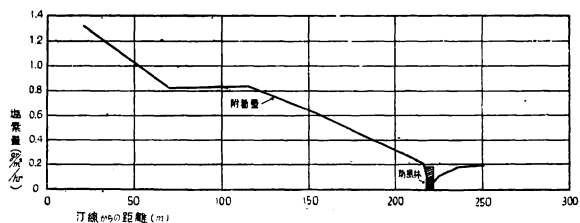
第3図 (1) a 型防風林 (横浜)



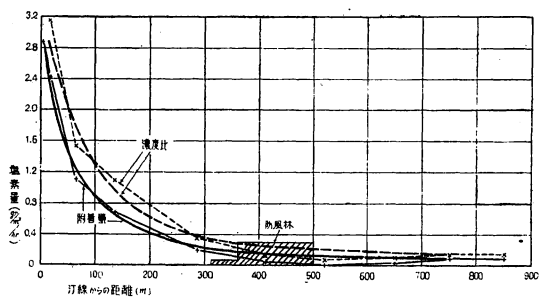
第3図 (2) a 型防風林 (北釜)



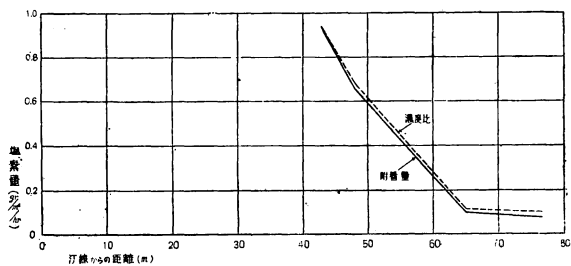
第3図 (3) d型防風林 (横浜)



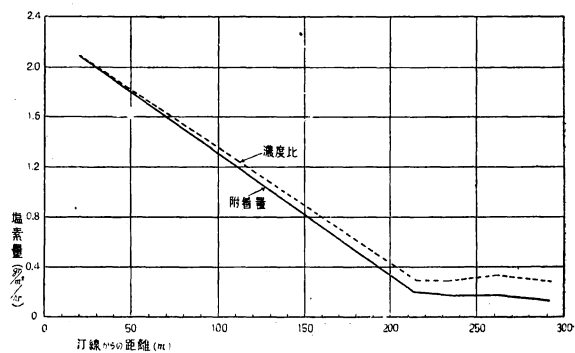
第3図 (4) 現実防風林 (横浜)



第3図 (5) 無林地 (北釜)



第3図 (6) 無林地 (横浜)



第 1 表 海 風 中 の 塩 分 測 定 表

## 1. ク ロ マ ツ a 型 防 風 林 (横浜)

測 点 番 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	備 考
海岸からの距離 (m)	20	114	154	214	224	236	247	262	277	292	昭和 23 年 10 月 31 日 12 時 30 分—14 時 30 分測定, 海岸に於ける風速 8.13 m/s, h は籐型防風林の高さ を示し h=1.5m, (+) は防風林の風上 (—) は防 風林の風下を示す。防風林の幅=14.8m, 風速比は測 点 1 を 100 とした割合。
防風林に対する 位 置	—	—	—	+3h	林中央	—3h	—10h	—20h	—30h	—40h	
附着塩素量(Q) (gr/m <sup>2</sup> /hr)	1.9700	0.7590	0.3640	0.2490	0.0064	0.0446	0.1210	0.1530	0.1600	0.1465	
風 速 比 (W)	100	74	71	64	15	26	38	44	44	43	
塩 素 濃 度 比 (Q/w×100)	1.970	1.024	0.5250	0.3880	0.0426	0.1720	0.3180	0.3480	0.3640	0.3420	

## 2. ク ロ マ ツ a 型 防 風 林 (北釜)

測 点 番 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	備 考
海岸からの距離 (m)	30.0	33.9	50.8	56.0	62.5	—	—	—	—	—	昭和 23 年 8 月 23 日 11 時 50 分—13 時 50 分測定, 海岸に於ける平均風速 7 m/s h = 1.3m, 防風林幅=12.99m
防風林に対する 位 置	+5h	+1h	—1h	—5h	—10h	—	—	—	—	—	
附着塩素量(Q) (gr/m <sup>2</sup> /hr)	1.4400	0.9980	0.0484	0.2210	0.3480	—	—	—	—	—	
風 速 比 (W)	100	94	39	41	48	—	—	—	—	—	
塩 素 濃 度 比 (Q/w×100)	1.4400	1.0600	0.1310	0.5400	0.7260	—	—	—	—	—	

## 3. クロマツ d 型 防 風 林 (横浜)

測 点 番 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	備 考
海岸からの距離 (m)	20	70	115	155	214	216	219.17	225.84	236.34	251.34	昭和23年10月28日13時—15時測定, 海岸に於ける平均風速 8.76 m/s, h=1.5m, 防風林の巾=4.4m
防風林に対する 位 置	—	—	—	—	+3h	+1h	林中央	-3h	-10h	-20h	
附着塩素量(Q) (gr/m <sup>2</sup> /hr)	1.3250	0.8240	0.8390	0.6110	0.2340	0.2060	0.0206	0.1165	0.1785	0.1922	

## 4. クロマツ 現 実 防 風 林 (横浜)

測 点 番 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	備 考
海岸からの距離 (m)	5	15	65	135	285	411	520	650	750	850	昭和23年11月1日13時—15時測定, 防風林の幅=204m, 防風林の風上幅 44m (は樹高低く高さ 2~6m, 風下幅 160m の部分は平均樹高 12m)
防風林に対する 位 置	—	—	—	—	+3h	林中央	-2h	-15h	-25h	-35h	
附着塩素量(Q) (gr/m <sup>2</sup> /hr)	2.9100	2.4500	1.1400	0.7480	0.1917	0.0446	0.0064	0.0192	0.0701	0.0701	
風 速 比 (W)	100	77	73	66	51	25	14	25	60	60	
塩 素 濃 度 比 (Q/w×100)	2.9100	3.1800	1.5600	1.1300	0.3750	0.1785	0.0457	0.0768	0.1183	0.1182	



5. 無 林 海 岸 砂 地 (北釜)

測 点 番 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	備 考
海岸からの距離 (m)	44.0	47.9	64.8	70.0	76.5	—	—	—	—	—	昭和23年8月23日11時50分—13時50分測定, a型防風林傍の砂地, 海岸に於ける平均風速約7m/s
附着塩素量(Q) (gr/m <sup>2</sup> /hr)	0.9440	0.6500	0.0958	0.0880	0.0791	—	—	—	—	—	
風 速 比 (W)	100	97	88	82	76	—	—	—	—	—	
塩 素 濃 度 比 (Q/w×100)	0.9440	0.6700	0.1085	0.1070	0.1040	—	—	—	—	—	

6. 無 林 海 岸 砂 地 (横浜)

測 点 番 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	備 考
海岸からの距離 (m)	20	214	236	262	292	—	—	—	—	—	昭和23年11月1日15時30分—16時30分測定, a型防風林傍の砂地
附着塩素量(Q) (gr/m <sup>2</sup> /hr)	2.0900	0.1910	0.1660	0.1660	0.1280	—	—	—	—	—	
風 速 比 (W)	100	64	58	51	44	—	—	—	—	—	
塩 素 濃 度 比 (Q/w×100)	2.0900	0.2980	0.2860	0.3250	0.2900	—	—	—	—	—	

第1表(5)(6)は無林地に於ける塩分の分布で、之を見ると、附着塩素量も塩素濃度比も海岸から陸内に入ると最初は急激に減じ、後は進むに従つて徐々に減少する。之は途中塩分を含む水滴が地上に落下して空中塩分を減ずることと、拡散に依つて空中の塩分の濃度を減ずることによるもので、遠く陸内に入れば次第に減少して塩分の検出は出来なくなる。尙此の実験の場合は海岸から遠ざかるとガーゼの捕捉率も最初と異つて減少するであろうことも原因しているものと思われる。即ち水滴は蒸発に依つて陸内に入るに従つて平均粒径が小となるので、仮に風速が同じでもガーゼに附着する量は減ずる。然し乍ら之は汀線附近は別として陸内に100~200mも入れば、30~50mの間では捕捉率の減少は此の実験の精度では考える必要もない位のものであると思われる。

防風林に於ける実験結果で見ると雛形a, d共に林内に入ると急激に塩素量を減じ、風下林外に出て少しく林縁を離れると又増加し始め、防風林を離れるに従つて増加する。a型で見ると、風下30h附近で増加は止まり、それから遠くなると減少の傾向に移る。d型では林の中央にて最も減じ、風下林縁を遠ざかると増加するが附着量は20hまで増加の傾向を示した。之より遠くはa型と同様に或距離で増加は止み、其の後減少に移るものと思われるが、20hまでしか観測しないので増加中までしか現われていない(第3図(3))。現実防風林での実験結果を見ると、塩素附着量、濃度比共に林内中央に於て減じているが、防風林風下では一層減じ、林後2hで附着量は中央の約 $\frac{1}{7}$ 、濃度比は約 $\frac{1}{4}$ を示した。之より風下に漸次増加し、30h附近で最大に達する(第3図(4))。

之等の実験結果から見ると、防風林は樹冠に依つて空中塩分を吸着して、林内及び防風林風下区域に於ける空中塩分を減少せしめることが明らかに認められる。風下塩分の減少を見る範囲は、雛形防風林a型では風下30h附近迄、自然防風林では25h~30hまでの結果を得た。

塩分減少程度は森林の状態、空中塩分量、天候等に依つて異なる訳であるが、此の現実防風林の結果では、防風林前3hの塩分に対する、林内中央及び風下2hの塩分量の割合は、附着塩素量では林の中央では約 $\frac{1}{4}$ 、風下2hは約 $\frac{1}{30}$ 、塩素濃度比では林の中央で約 $\frac{1}{2}$ 、風下2hは約 $\frac{1}{8}$ であつた。

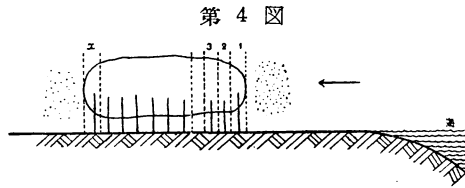
之を要するに塩素附着量、濃度比共に防風林に入ると急に減じ、防風林風下に於て最も減じ、それから防風林を離れるに従つて増加して、風下25h~30hに於て増加は止み、それより遠くなると又減少する。此の増加の頂点と防風林前の影響のない点とを曲線で結んだ平滑曲線は大體防風林の無い場合の塩分の距離による減少線と見做すことが出来る。此の曲線と実測点を結ぶ線の間の面積を防風林の影響による塩分減少量と考えることが出来る。

#### IV 防風林の空中塩分減少に就ての考察

防風林風下に於て附着塩分の減少するのは、防風林の塩分濾過効果と風速の減少によるもの

である。此の両作用共に防風林が厚くなるに従つて大となる。

いま防風林の塩分吸着量に就て簡単な仮定の下に考察を進めて見る。クロマツの防風林に於



て風向が防風林に直角であり、且葉が風向に直角な面にあると考え風向に直角な防風林の或る厚さで松葉が空間に均等に分布される単位断面を考えて、防風林は此の様な  $x$  個の断面に分割されたとし(第4図)、塩分は凡て水

滴からなつてゐるものとする。尙水滴数、松葉1本の大きさ、松葉の水滴捕捉率等は次の記号で表わす。

$r$ : 水滴の平均半径

$N_0$ : 単位垂直面に流入する水滴の数(面密度)

$a$ : 松葉の半径(円形ではないが仮に円形として)

$l$ : 松葉の長さ

$A$ : 松葉の風向に直角な断面積  $A = 2al$

$\alpha$ : 1本の松葉の水滴捕捉率

$y$ : 各垂直断面の単位面積中にある松葉の数とすれば第1断面に於て  $A$  なる断面を通過する水滴数  $n_1 = AN_0 = 2alN_0$

同面に於て1本の松葉によつて捕捉される水滴数  $z_1 = n_1\alpha = AN_0\alpha = 2alN_0\alpha$

同面の単位面積にある松葉全体によつて捕捉される水滴数  $N_1' = z_1 y = AN_0\alpha y$

此の断面を通過する水滴数、即ち第2断面に流入する水滴の面密度は

$$N_1 = N_0 - A\alpha N_0 y = N_0 (1 - A\alpha y)$$

第2断面に於て  $A$  なる断面を通過する水滴数  $n_2 = AN_1 = AN_0 (1 - A\alpha y)$

同面に於て1本の松葉に依つて捕捉される水滴数は  $z_2 = n_2\alpha = AN_1\alpha$

同断面単位面積にある松葉全体に依つて捕捉される水滴数は  $N_2' = z_2 y = AN_1\alpha y$

第2断面を通過する水滴数、即ち第3断面に流入する水滴の面密度は

$$N_2 = N_1 - N_2' = N_1 - AN_1\alpha y = N_1(1 - A\alpha y) = N_0(1 - A\alpha y)^2$$

従つて  $x$  番目の断面に捕捉される水滴数は  $N_x' = N_0 A\alpha y (1 - A\alpha y)^{x-1}$

$x$  番目断面を通過する水滴数、即ち防風林を通過して防風林風下に吹き抜ける水滴数は

$$N_x = N_0(1 - A\alpha y)^x \quad (Ay \leq 1, \alpha \leq 1)$$

故に防風林に捕捉される水滴数は

$$q = N_0 - N_0(1 - A\alpha y)^x = N_0(1 - (1 - A\alpha y)^x) \dots \dots \dots (1) \quad \text{となる。}$$

$A, \alpha, y$  が解り、 $x$  を適当に決めれば此式に依つて防風林の塩分捕捉量を計算出来る訳である。然し乍ら林の構成は複雑で枝葉の分布も均等でないし、 $\alpha$  も防風林各部で同一でない

ので、実際は本式を応用することは難しいと思われる。

次に本実験結果から防風林の捕捉率を計算して見ると、防風林前の空気の塩分量を  $N_0$ 、ガーゼの捕捉率を  $Cv_0$  ( $v_0$  は林前風速)、防風林の捕捉率を  $\beta$ 、防風林を通過した塩分量を  $N_1$ 、防風林風下の風速を  $v_1$  とすれば

$$\text{防風林前のガーゼの附着量} = Cv_0 N_0$$

$$\text{防風林による捕捉量} = \beta N_0$$

$$\text{防風林を通過して風下に吹抜ける塩分量} \quad N_1 = N_0 - \beta N_0 = N_0(1 - \beta)$$

$$\text{防風林風下のガーゼの附着量} = Cv_1 N_0(1 - \beta) \quad \text{となる。}$$

横浜現実防風林の附着量 (第1表 (4)) を用いて防風林の捕捉率を計算して見ると

$$Cv_0 N_0 = 0.1917$$

$$Cv_1 N_0(1 - \beta) = 0.0064$$

$$\frac{v_1}{v_0}(1 - \beta) = \frac{0.0064}{0.1917} = 0.0335$$

$$1 - \beta = 0.0335 \times \frac{51}{14} \quad (\text{風速比 } v_0 = 51, v_1 = 14)$$

$$\text{捕捉率} \quad \beta = 0.878 \quad \text{を得る。}$$

同様にして雛形防風林に就て計算すると次の如くなる。

$$\text{現実防風林 (横浜)} \quad \beta = 0.88$$

$$\text{a 型防風林 ( " )} \quad \beta = 0.56$$

$$\text{" (北釜)} \quad \beta = 0.88$$

以上は 2~3 回の実験であるが、此の結果から見ると松の防風林の塩分捕捉率は相当大なることが認められる。横浜の a 型防風林の捕捉率は他の 2 つより小であるが、之は風下の測定個所が林後 3h で他のものより防風林からの距離が大なる為であつたと思われる。

防風林の捕捉量は  $\beta$  で表わされるので、前記 (1) 式の捕捉量に等しいと置き

$$\beta N_0 = N_0(1 - (1 - A\alpha y)^x)$$

$$\beta = 1 - (1 - A\alpha y)^x \dots \dots \dots (2)$$

を得る。 $\beta$  を測定し  $A, y$  を知り、 $x$  を適当に決め得れば (2) 式に依つて  $\alpha$  を求めることが出来る。

次に第1表より防風林の風下に於ける附着量の減少割合を計算して見ると次のようになる。

$$\text{現実防風林 (横浜)} \quad 0.97$$

$$\text{a 型防風林 ( " )} \quad 0.82$$

$$\text{" (北釜)} \quad 0.95$$

之は防風林による総減少量の割合であるから、之より防風林の捕捉量を減ずれば防風林の風速減少による減少量の割合となる。



	総減少	捕捉による減少	風速減少による減少
現実防風林 (横浜)	0.97	0.88	0.09
a 型防風林 ( " )	0.82	0.56	0.26
" (北釜)	0.95	0.88	0.07

之に依つて見ると防風林風下に於ける塩分附着量の減少は大部分防風林の塩分捕捉に依るもので、風速減少による影響は小なることがわかる。防風林の風下直後に於て塩分最小を示し、之から風下に進むに従つて塩分の増加するのは防風林の上を通過した空気が風下に於て次第に下降して混する為で、防風林を離れるに従つて、混合が次第に多くなつて塩分も次第に増加する結果と思われる。風下 25h ~ 30h 位に至れば防風林の上を越した空気と全く混和して防風林を通過した空気の性質が失われたものとなる為であろう。雛形防風林では林内が塩分最も少く、3h に至ればそれより増加している。之は防風林風下直後で測定すれば恐らく防風林内より少なかつたと思われる。又雛形防風林の高さは 1.5 m であり、塩分測定のカザの高さは中心 1 m なので防風林の高さの割合に高い所で測定したことになり、此の高さ附近は風下 3 h となれば防風林の上を越した空気が相当混じ始めたものと考えられる。

次に風下効果範囲に就ては雛形防風林でも自然防風林でも、各林型 1 回の測定であるが、防風林の塩分減少は風速の減少と關聯するもので防風林の風に対する効果範囲と略々同じ位であると考えて差支えなく、防風林としての充分の林相と林幅を有していれば、樹高の 30 倍位と見ることが出来ると思われる。

防風林の風下には弱風区域を蔭の如く生じ、塩分減少区域も防風林の風下に同じく蔭の如く生ずる。防風林の風速に対する影響は此の顕著な風蔭を作る外防風林の前面に於て風を上昇せしめて気流を攪乱する。此の気流の攪乱に依つて空中塩分を拡散せしめて濃度を減少するのであるが、此の影響は風下の遙に遠方まで及ぶべきものと考えられる。普通の天気の場合は其の効果は微弱で、今回の実験の如き方法では検出する事は出来ないものと思われる。暴風となり海は高波を生じて塩風を盛んに陸内に吹込む様な大時化のときは此の効果も顕著に現われ、所謂潮風防止の効果を出するものと思われる。此の効果は平時の天気状態の実験では明らかにすることはむづかしい。

潮風の塩分の調査を行うには先ず空中にある塩分は如何なる状態で存在するか、其の形態、分布、それ等の変化等を調べる必要がある。本調査では之等は行つていないし、又塩分を捕捉するに用いた測器は精密なものではない上に捕捉率の検討も行つていないので絶対量を捕捉したものではなく、同時観測をした場合の各地点に於ける比較値を得て防風林の塩分減少効果を推論したものである。本実験を精密なものとする為には前記の海風塩分の状態、塩分捕捉方法等尙根本的事項の研究が必要である。

## V 摘 要

以上記述した処を摘記すれば次の如くである。

1. 本試験は海岸防風林が風下に於て海風中の塩分を減少する効果を定量的に明らかにするために試みたもので、宮城県北釜海岸及び青森県横浜海岸に設けたクロマツ雛形防風林及びクロマツ現実防風林に就て行つたものである。
2. 実験方法は海風が防風林に略々直角に吹き来つた場合、防風林の風上、風下及び林内に塩分捕捉器を設置し、夫々の箇所の空中塩分を捕捉した。捕捉器はガーゼ 1 枚を 28 cm 四方の針金の枠に張り、其の面を風に直角にあたる様に設置し、約 2 時間放置して其の間にガーゼに捕捉された塩分を検出した。
3. 実験結果に依れば、防風林無き場合はガーゼに対する塩素附着量、空中塩素濃度共に海岸に於て最大で、陸内に進むに従つて最初は急に減じ後次第に徐々に減少する。
4. 防風林が存在するときは附着塩素量及び濃度共に防風林内に入ると急激に減じ、防風林風下林縁直後に於て最も減少するが、防風林を風下に離れるに従つて増加して、樹高の 25～30 倍附近で増加は止み、それより進めば又減ずる様になる。防風林の塩分濾過効果範囲は風下の塩分増加が止む所、即ち樹高の 25～30 倍附近までと考えられる。
5. 防風林の空中塩分の捕捉率は現実防風林では 0.88、a 型雛形防風林では平均 0.72 の結果を得た。之に依つて見ると松林は空中塩分の捕捉率が相当大なることが認められる。
6. 防風林の風下に於ける空中塩分の減少は、防風林の塩分濾過効果と風速の減少による単位時間に通過する塩分を減少せしめることによる。両作用共に防風林の厚い方が効果が大きい。附着塩分減少に対して、濾過効果と風速減少による効果と何れが大なるかを見ると、濾過効果の方が大で塩分減少効果の大部分を占め風速減少による作用は僅少である。
7. 防風林の風下に於ける塩分減少は、前述の様に濾過効果と風下風速の減少によるもので、之は防風林の風下 25～30 倍の割合に狭い範囲の効果であるが、此の外に防風林が海風を上昇攪乱せしめ、渦動拡散を大ならしめて塩分濃度を減少せしめる効力がある。後者の効果は遙か後方まで及ぶものと思われるが、平常は効果微弱で簡単な方法では恐らく明らかにすることが出来ないと思う。然し暴風で海上が非常に荒れて潮風中の塩分が激増した場合には効果を現わすものと考えられる。防風林の潮風防止としては此の異常荒天の場合の効果も重要視しなければならないと思われる。
8. 本実験に於ては研究上肝要な 2, 3 の点が取扱われていない。即ち、海風中に存在する塩分の状態、捕捉器の研究、樹葉の捕捉率等に関する研究が行われていないのであつて、之等に就ては今後の研究に俟たなければならない。

## Résumé

The purpose of this experiment is to find out how salt particles blown with sea wind are checked by a sea-side forest. We used two model windbreaks of Japanese black pine 1.5 m high with widths of 15 m and 4 m and a forest in practical size of 12 m in height and about 204 m in width.

To measure salt content in sea wind we used "salt catcher" made of cotton gauze which catches salt particles when sea wind passes through it.

Salt content is greatest at shore line and less with the distance inward from shore. When there is a windbreak, chlorine concentration decreases rapidly on its leeward. The experiment showed that at the distance of  $2h$  ( $h$ =height of tree) on leeward side of the practical windbreaks the salt content was reduced to 12% of that on windward side. As regards the model windbreaks this reduction was 12% at the distance of  $h$  and 44% at  $3h$ . Further, salt caught by the catcher on leeward side was much more reduced owing to the decrease of wind velocity. Adjusting the wind velocity decrease we get the results that the ratio of salt caught on leeward to that on windward is only 2% at the distance of  $2h$  in case of the practical windbreak and 5% and 18% at distances of  $h$  and  $3h$  respectively in case of the model windbreaks.

In the open field behind windbreak salt content in the wind increases with distance. The effective distance is determined as about  $25h \sim 30h$  for both practical and model windbreaks.