

海岸緑化技術の確立

海岸緑化技術の確立

I 試験担当者

| | |
|---------------|------|
| 北海道支場経営部防災研究室 | 工藤哲也 |
| " | 増田久夫 |
| " | 吉武孝 |

II 試験目的

北海道海岸の立地条件と、これまでに行われてきた海岸緑化法を検討し、塩風害の軽減と植栽木の生長に効果的な技術を追求する。

III 試験の経過と得られた成果

1. 日本海およびオホーツク海岸における積雪中の塩分

北海道の海岸は大別して日本海・オホーツク海・太平洋に面しており、各海岸は海風環境からみると、それぞれ異なった条件をもっている。したがって海から内陸へ飛来する空中塩分の量も、各海岸によって異なるとおもわれる。

海岸林の塩害とか塩分捕捉に関連して、これまでにこなわれてきた空中塩分の観測には、ガーゼを利用した塩分トラップが簡便な方法としてよく用いられてきた。

一方、冬季間積雪に覆われる海岸地では、海から飛来する塩分は雪面に沈着し、降雪とともに蓄積されていくので、根雪となった積雪は融雪とか降雨が始まるまで、自然の空中塩分トラップと考えることができる。そこで、昭和53年1月30日～2月2日に、日本海側とオホーツク海側の合計8ヶ所の海岸で積雪を採取し、積雪に含まれる塩分量を測定した。

1-1 積雪の採取地と採取の方法

積雪の採取は気象条件との関連をみるために、各測候所の近辺でおこなうことが望ましかったが、人家などの影響をうけるおそれがあったので、測候所所在地の海岸で、汀線より100m前後離れた開けた場所でおこなった。すなわち石狩、小平、梁別、メークマ、枝幸、音稲府、元紋別、藻琴の海岸を採雪地とした。その概況を表-1に掲げる。表中、採雪地における根雪初日は各測候所の資料にしたがった。

表-1 採雪地の概況

| | 小平 | 要別 | メークマ | 枝幸 |
|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 地形 | 海岸砂地 | 海岸砂地 | 海岸砂丘 | 海岸台地 |
| 根雪日 | 昭5 2.1 2.1 7 | 昭5 2.1 2.1 7 | 昭5 2.1 1.3 0 | 昭5 2.1 2.1 7 |
| 採雪日 | 昭5 3. 1.3 0 | 昭5 3. 1.3 0 | 昭5 3. 1.3 1 | 昭5 3. 1.3 1 |
| 積雪期間 | 45日 | 45日 | 63日 | 46日 |
| 積雪深 | 47cm | 42cm | 113cm | 103cm |
| "(測候所) | 76cm | 58cm | 86cm | 66cm |
| 海風の範囲 | NNW-WSW | N-SW | NE-W | NNW-ESE |

| | 音稲府 | 元紋別 | 藻琴 | 石狩 |
|--------|--------------|--------------|--------------|------------|
| 地形 | 海岸台地 | 海岸砂地 | 海岸砂地 | 海岸砂地 |
| 根雪日 | 昭5 2.1 2.1 7 | 昭5 2.1 2.1 7 | 昭5 2.1 2.1 7 | 昭5 3. 1. 4 |
| 採雪日 | 昭5 3. 1.3 1 | 昭5 3. 2. 1 | 昭5 3. 2. 1 | 昭5 3. 2. 2 |
| 積雪期間 | 46日 | 47日 | 47日 | 30日 |
| 積雪深 | 43cm | 50cm | 37cm | 67cm |
| "(測候所) | 54cm | 49cm | 34cm | 68cm |
| 海風の範囲 | NNW-ESE | NNW-ESE | NW-E | NNE-WSW |

採雪には断面積 20 cm^2 のスノーサンプラーを使用した。積雪深に応じて1回または数回サンプラーを使用した。積雪深に応じて1回または数回サンプラーを雪中に垂直に押し込んで、雪面から地表までの積雪を採取し、ポリエチレン袋に収納した。採取後の雪は塩分量の測定まで凍結状態においた。

1-2 塩分の測定と考察

塩分はサンプルの雪を融かして水とし、電導度計(東亜電波CM-3M型)を用いて定量した。ただし採取した雪については場所により採取回数異なるため、結果的には採取面積に差異を生ずることになるので、採取面積が同一になるように、 1 dm^2 の雪柱に含まれる量として各地の塩分量を算出した。その結果を図-1に示す。

また図-1には採雪地近隣の測候所・地域気象観測所における海風の強さを示した。図中の

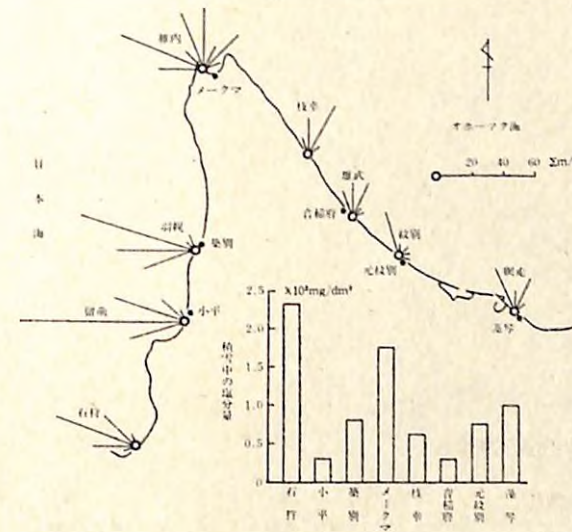


図-1 各地における積雪中の塩分量と海風の状況

各風向の線長は、1日の最多風向が海風であればその風向ごとに、根雪初日から採雪日まで、日平均風速を合計した値を示し、各風向における海風の強さをあらわすものとした。

海岸地の樹木の生育に対して大きな阻害要因となっている空中塩分は、海風の頻度・強弱によってその量が左右される。そして一般的に海風が強いほど内陸に運ばれる塩分は多量になる。図でみるように、冬季には日本海側海岸の方がオホーツク海側海岸よりも海風は強く、したがって空中塩分も多量になるとおもわれた。

しかし測定結果によれば、日本海側海岸で採取した積雪中の塩分量は、どの場所でもオホーツク海側のものより多いわけではない。藻琴における塩分量は要別、小平におけるよりも多量になっている。とくに小平における値は採雪地のなかで最小となった。

これを海風との関係でみるために、各採雪地で得た積雪中の塩分量とそれぞれの近隣の測候所における海風の強さを採雪地の代用として図示すると、図-2のようである。ただし海風の強さは、図-1で示した各風向の海風の強さの累計値で表現した。

海風が強く塩分量も多いのは、日本海側の石狩、宗谷海岸のメークマである。これに対して

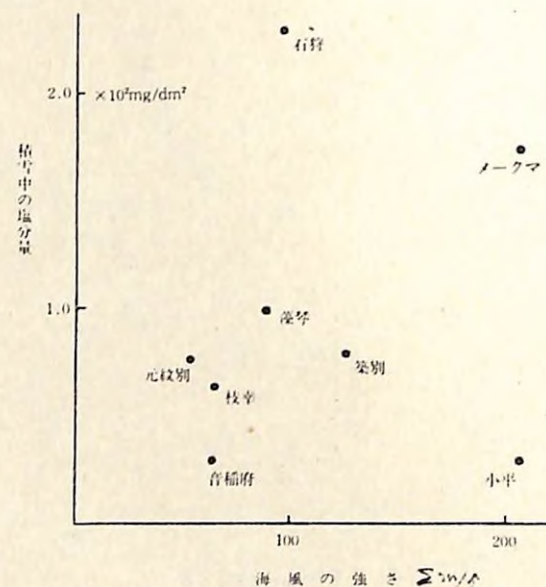


図-2 海風の強さと積雪中の塩分量との関係

海風が弱く塩分量も少ないのは元紋別、音稲府、枝幸のオホーツク海側の海岸である。海風は強いが塩分量の少ないのは小平、築別である。

小平、築別のように、海風の強さにくらべて積雪中の塩分が少ない理由としては、採雪地点で(1)降雨のために積雪層を水が通過し塩分を流出させる。(2)強風のために塩分を含む積雪の上層が飛散する。(3)雪面の空中塩分に対する捕捉率(単位平面積の雪面に沈着する空中塩分の割合)が局所的な位置により異なる。などがあげられる。

上記の理由のうち(1)については採雪時期が1月末という厳寒期であり、それまで降雨の記録もないので否定してよい。

表-1 でみられるように、小平、築別における採雪地点の積雪深は、それぞれ近隣測候所の積雪深よりかなり少ない。

積雪の浅深により雪中の塩分量が異なる例として、後日石狩海岸で汀線に平行に1 m おきに採雪し測定した塩分量を図-3 に示す。

採雪および塩分測定はさきに述べたのと同じ方法でおこなった。この測定例が示すように、積雪が浅いほど雪中の塩分量は少なくなるが、塩分濃度についてはその傾向は認められない。小

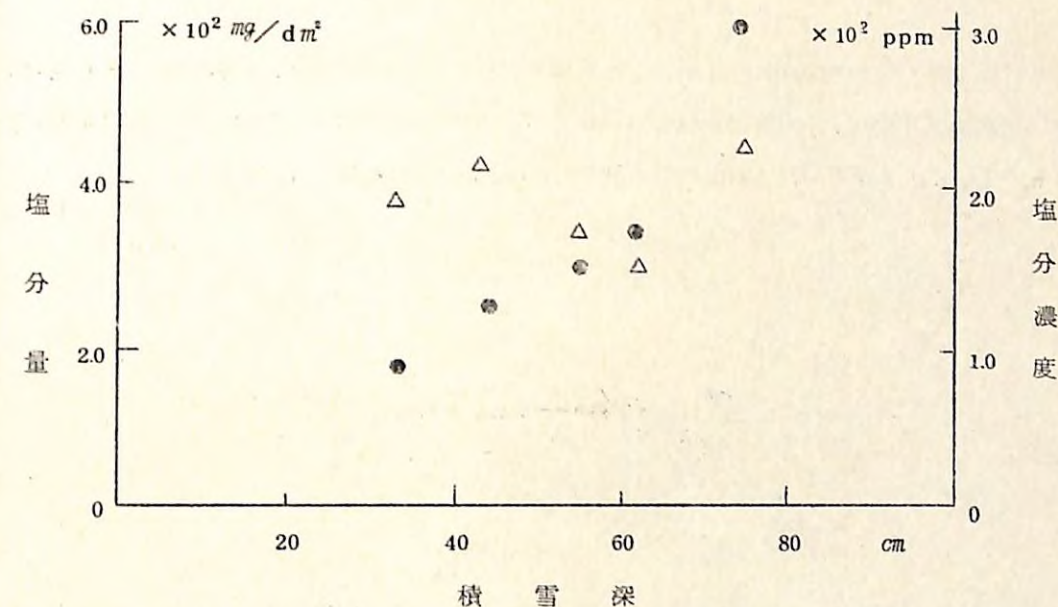


図-3 積雪深と積雪中の塩分量(・印)

および塩分濃度(△印)……石狩

平、築別における塩分量の少なさは、強風により塩分を含む積雪が吹きはられることも一因と考えられる。

1-3 ま と め

海風の強さの異なる日本海側とオホーツク海側の海岸で積雪を採取し、積雪に含まれる塩分量から、冬季の両海岸における空中塩分量の違いを明らかにしようとした。しかし日本海側の2海岸では採取地点の積雪が浅く、海風は強かったにもかかわらず、塩分量は少なくでる結果となった。

オホーツク海側の海岸では、一般的にみると塩分量は少なかった。

空中塩分のトラップとして積雪を利用する方法は、あらかじめガーゼなどを用いたトラップを設けずにすむことが最大の利点であるが、根雪期間が地方により異なること、また強風地では採雪地点の選定・サンプリングの方法に一考を要することに問題が残る。

2. 海岸林造成地植栽木の生育からみた既設防風工の効果

海岸林造成地における植栽木は、その生立する土地の気象条件、地形、土質、周辺の植生の影響を受けながら生育する。海風の強い海岸においては、微気象改良の手段となる。防風工の種類

とか配置が防風範囲、風速の減殺度、堆雪のしかたを規定し、植栽木の生育に大きな影響を与える。

この項ではメークマ海岸林（北海道営林局旭川支局稚内営林署管内）、元紋別海岸林（同北見支局紋別営林署管内）、太櫓海岸林（同函館支局東瀬棚営林署管内）における植栽木の生育調査にもとづいて、3種の防風工の効果を検討した。3海岸の位置を図-4に示す。

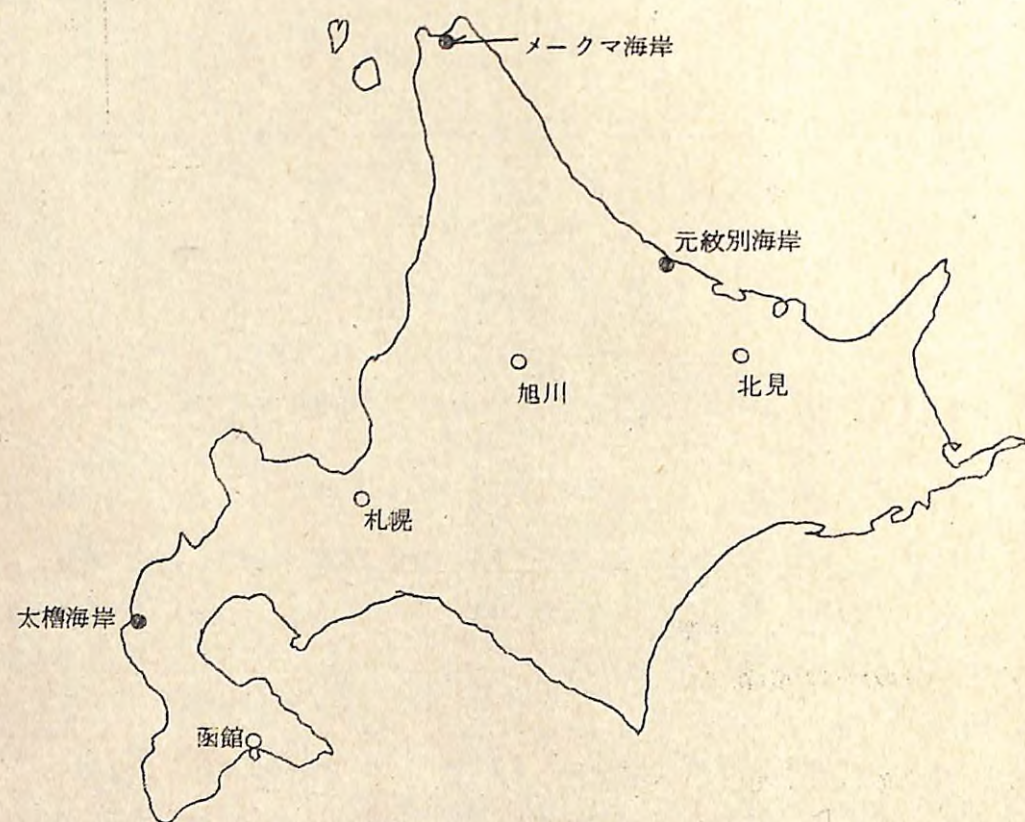


図-4 調査地位置図

2-1 調査地の概況

メークマ海岸林は走向がE N E ~ W S Wの海岸線から200mほど離れた宗谷湾に面する造成地で、汀線とはほぼ平行に連なる北高の小さな砂丘から始まる。幅300m、延長2.6kmの造

成地にはトドマツを主にアカエゾマツ、アカマツ、クロマツ、グイマツ、ヤマハンノキ、アカバ、ヤナギなどの樹種が筋状に植えられている。植栽木の生育はどの樹種も全般的に不良で、防風垣の高さまでには達していない。植栽地の前線となっている砂丘上には、根曲竹防風垣、反撥式防風垣、流線型防風柵の3種の防風工が設置されている。

元紋別海岸林はオホーツク海に面し、NW~SE方向の汀線から60m~80m離れた標高20mの海岸段丘上にあり、幅は50m~90m、延長は2.2kmある。土質は重粘土である。林帯造成は昭和33年から始まり、植栽木の生長は、林帯中央をはしる管理道を境に内陸側ではアカエゾマツ、コバハンノキが4~5mに達しているもののカラマツは3.5m以下で複梢化している。道路より海側ではカラマツが生長を停滞し、1.5mほどで矮形化している。この造成地には根曲竹防風垣と流線型防風柵が施行されている。

太櫓海岸林は瀬棚から太櫓の間に発達している標高約10mの砂丘のうち、利別川から太櫓川までの砂丘上に造成されており、幅30m~100m、延長3kmの南北に細長い林帯である。昭和26年よりクロマツの植栽がおこなわれ、内陸側林縁では樹高6m~7mに達しているところが多い。ここに設置されている防風工は根曲竹防風垣と流線型防風柵の2種である。

2-2 防風工の概況

根曲竹防風垣は地中に打込まれた丸太（ときには古軌条）の間にワイヤーか番線をはり、根曲竹を編み込むもので、防風工ではもっとも一般的なものである。高さは1.8~2mで直立型となる。格子状に配置される。

反撥式防風垣は穿孔したナマコ鉄板に曲面をもたせて防風板とし、凹凸が逆になるように交互に鉄柱にとりつけている。断面は直立型で3mの高さで植栽地を囲む。

流線型防風柵は、流線形状に湾曲させた主柱を支柱で支持し、主柱の間には等間隔に7枚の防風板を配置したものを単位スパンとする。鋼製の主柱と支柱は基礎コンクリートで固定される。主柱の高さは3mで、柵は造成林帯の海側に設置する。以上3種の防風工を図-5に示す。

2-3 調査結果

メークマ海岸林では根曲竹防風垣、反撥式防風垣、流線型防風柵の背後の植栽木の生育を調べた。その結果を図-6, 7, 8に示す。図のなかで樹高は、東植されているトドマツ3本1束を1本で代表させた12本の平均値である。

各防風工背後の生育状況をみると、根曲竹防風垣での生育が全般的によく、特に第1垣内（海側）での伸びが良好である。反撥式防風垣では直後2列の生長はきわめてよいが、その後方からは樹高が急激に低下し、生長は停滞している。流線型防風柵では15m地点での生長は

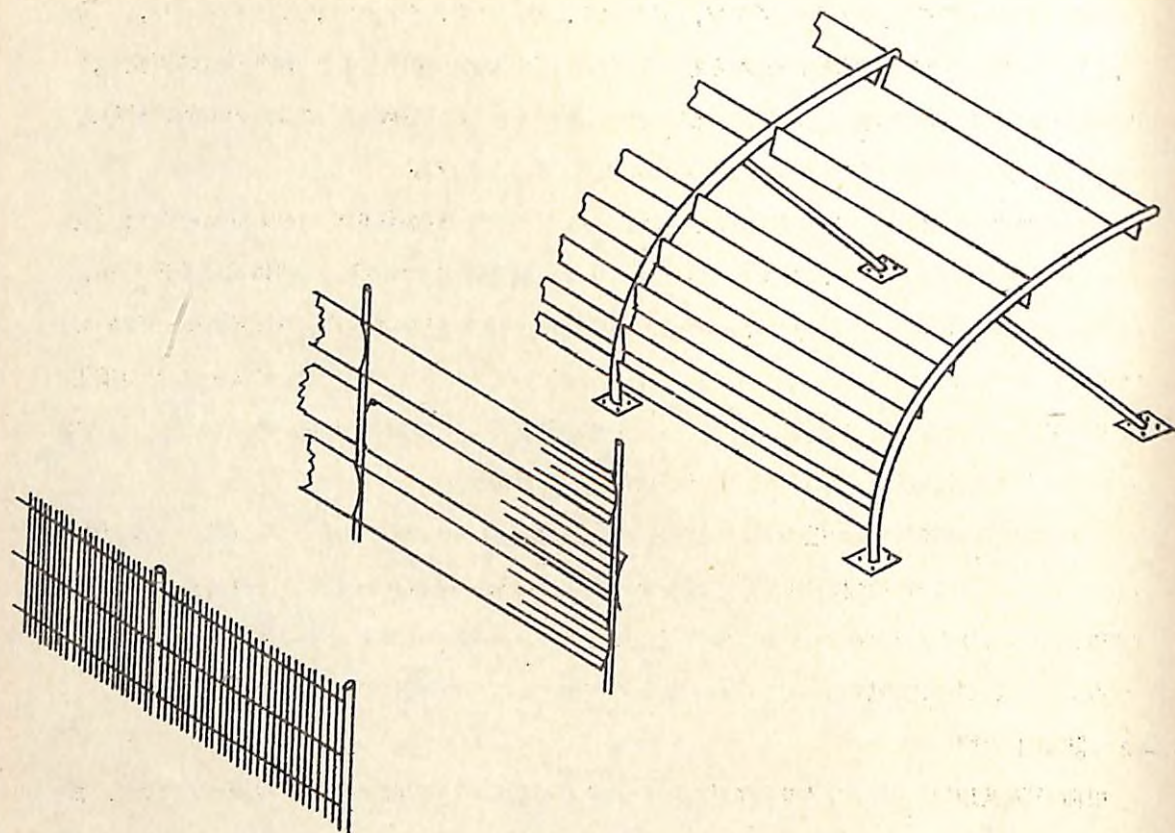


図-5 左より根曲竹防風垣, 反撥式防風垣, 流線型防風柵

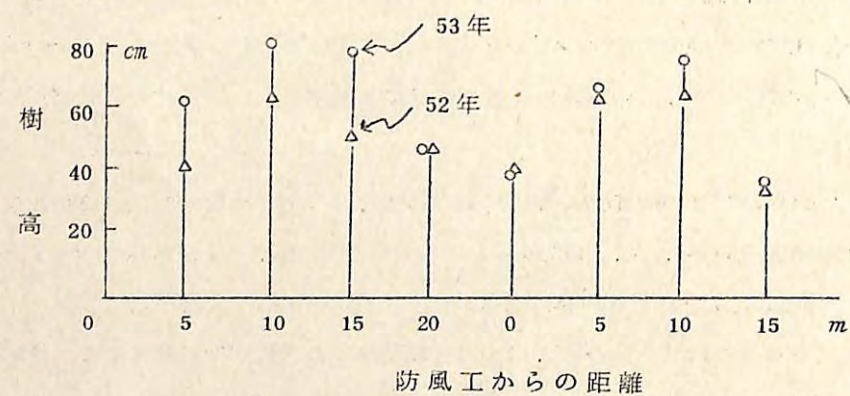


図-6 根曲竹防風垣背後の樹高 (メークマ)

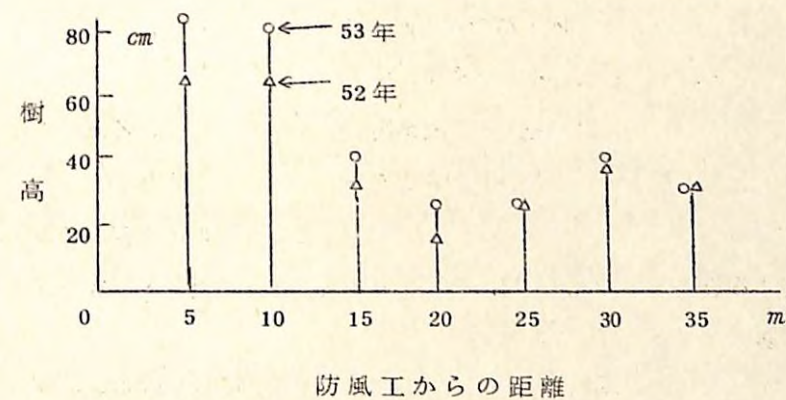


図-7 反撥式防風垣背後の樹高 (メークマ)

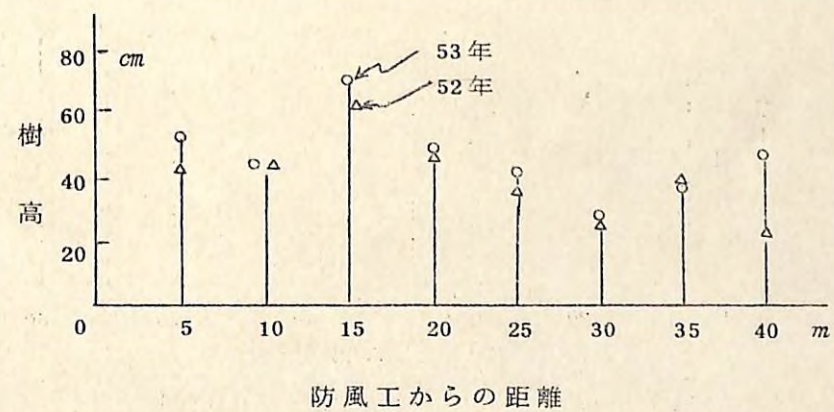


図-8 流線型防風柵背後の樹高 (メークマ)

良いが、やはり柵から離れると樹高は低くなり、30 m地点で最低となっている。

この造成地の植栽木の生長は全般的にみて不良である。そこで当面の目標を根曲竹防風垣の高さ(約2 m)まで植栽木を伸長させることにすると、図-6でその良い生長をみたように、小区画された防風垣(25 m × 25 m)が当地では有利とおもわれる。小区画された防風垣の大きな利点は防風上だけでなく、冬の強風期に堆雪効果が高いため、植栽木を埋雪、保護することである。

反撥式防風垣(45 m × 55 m)内の植栽木は四周を囲まれているが、中央部一帯では冬季には積雪が浅く、植栽木は裸出し被害をうけやすい。

流線型防風柵(延長57.6 m)は砂丘上の造成地第1線に配置されているだけなので、冬季の卓越風向である西寄りの風が柵に対しては斜風となる。そのため柵の後方30 m付近では積雪が浅く、植栽木は雪面より裸出しやすい。したがって反撥式防風垣と流線型防風柵については西寄りの風に対する防風と堆雪のために、防風工の背面中央部付近にNNW-SSE方向に垣(例えば根曲竹防風垣)を設けることが望ましい。

元紋別海岸林の2種の防風工背後のカラマツ、アカエゾマツの生育状況を図-9、10に示

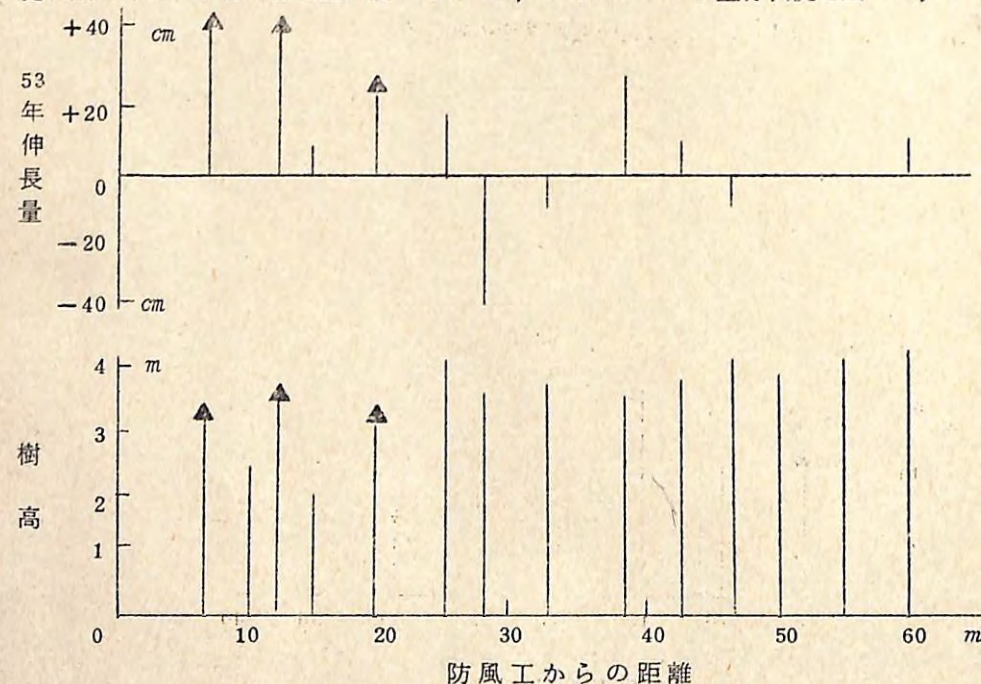


図-9 流線型防風柵背後の樹高と年伸長量(元紋別)

アカエゾマツ
カラマツ

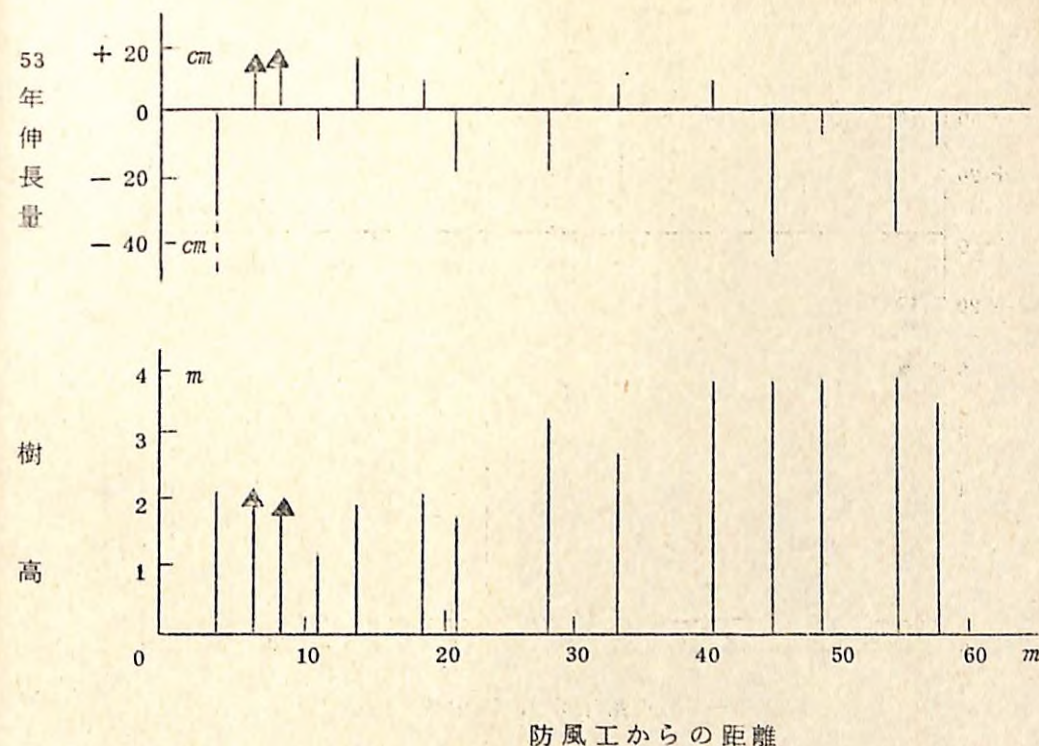


図-10 根曲竹防風垣背後の樹高と年伸長量(元紋別)

アカエゾマツ
カラマツ

した。流線型防風柵の後面では20 mくらいまで植栽木の生長はよく、特にアカエゾマツの伸びが顕著であった。カラマツの上長生長は著しくはないが、側枝の伸長が目立った。20 m以後のカラマツの伸びは良いとは云えない。根曲竹防風垣の後面での生長は良好とは見られず、樹高は現状維持となっている。

太櫓海岸林でのクロマツの調査結果を図-11、12に示す。流線型防風柵の直後では雪害による樹高低下が見られたが、その後方では頂枝の伸びがよく、塩風による葉の偏り、曲がり、褐変はごく少ない。根曲竹防風垣の背後の林帯では、前縁10 mくらいまで枯死木が多くみられた。これは昭和52年に調査箇所の防風垣の一部が破損したためとおもわれる。(昭和53年に修復)また林帯中央・後縁にかけても梢頭枯れが進行した。

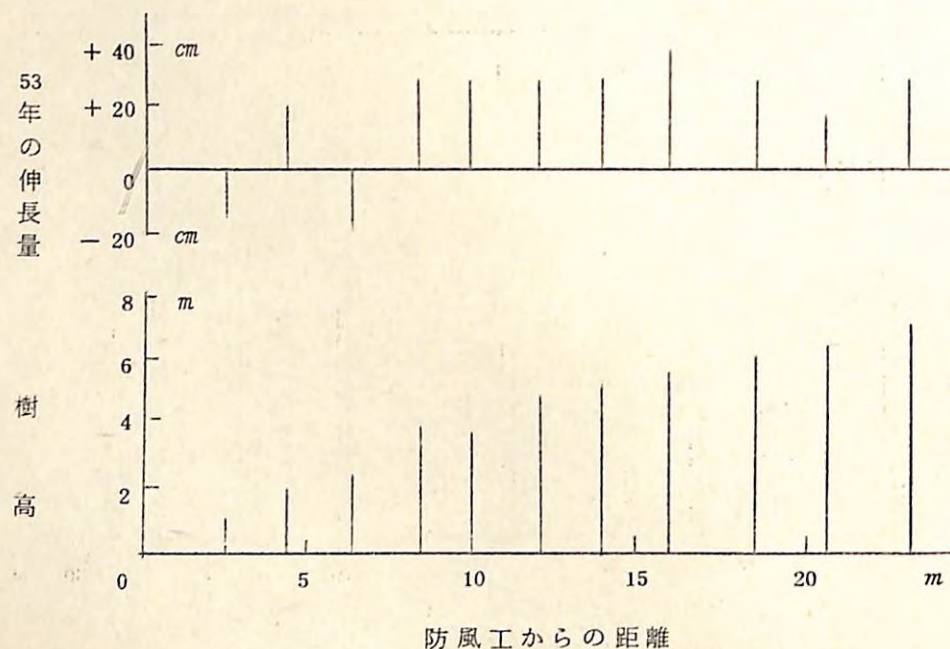


図-1 1 流線型防風柵背後の樹高と年伸長量(東瀬柵)

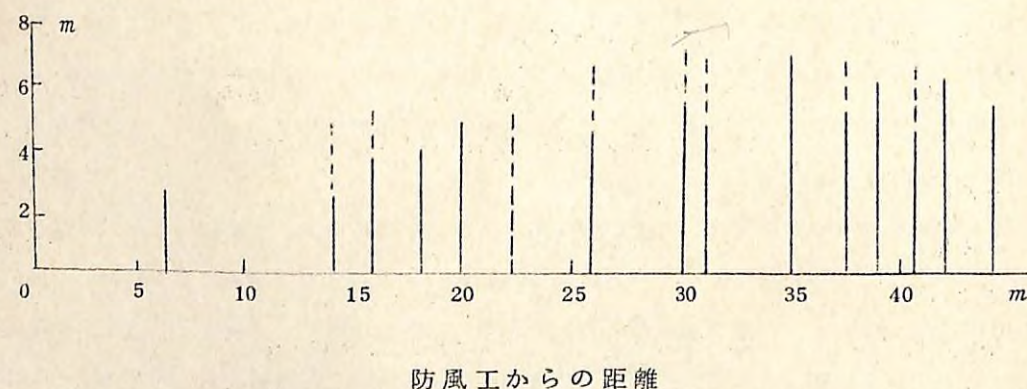


図-1 2 根曲竹防風垣背後の樹高(東瀬柵)

以上3箇所の海岸林造成地における植栽木の生育調査結果によると、メークマ海岸では小区画の根曲竹防風垣がよく、元紋別海岸・太櫛海岸では流線型防風柵が、植栽木の生長により良い保護効果を発揮していると判断された。

3. 植栽木の単木的保護法

海岸林造成地の植栽木に対する防風の方法は、面的な方法と単木的な方法に分けて考えることができる。面的な方法とは植栽地に方形に防風垣を配置するもので、北海道ではほとんどの造成地でこの方法がとられてきた。

ところがメークマ海岸における植栽木の生長経過でも述べたように、冬季に強い風の吹く海岸林造成地では、雪は防風垣の前後に厚く堆積し、垣から離れるにつれて急激に積雪深は減少する。このため垣から離れた位置にある植栽木は雪面から露出するので、積雪の保護作用がなくなり、塩風害を受けやすくなる。

この対策としては、防風垣をより密に配置するとか、植栽木を単木的に防風してやる必要がある。主に本州でおこなわれてきた単木的な防風法の例としては衝立工がある。これは麦ワラ、萱などを用いて幅30cm、高さ40cm程度に成形し、植栽木の風上に立てるものである。ここでは合成樹脂製ネットを用いた場合の被覆効果を調べるために、空中塩分を観測し検討を加えた。

観測は昭和54年2月22日にガーゼを用い、また、同年7月16日には樹形モデルを使用しておこなった。観測場所はいずれも石狩郡石狩町海岸六軒付近である。

3-1 観測1. ガーゼを用いた観測は、ネットとガーゼを密着させたものと10cmの間隔をおいて木枠(25cm×40cm)にとりつけ、塩分トラップとした。用いたネットはクレモナ#100(1.7%目)、クレモナ#200(2.3%目)、リヒレン1.000D(2.1%目)、リヒレン600D(1.3%目)の4種(いずれも商品名)でクレモナは撚糸状でケバがあり、リヒレンは単糸からなっている。このトラップを汀線より40m離れた雪面上に、60cmの高さで当日の風向に直向するように固定し、2時間づつ2回海風に曝した。

当日の天候は曇で降雪がなく、風向はNW~NNWでは汀線に直角に吹き、風速も10m/s~7m/sと観測には好適であった。波高は1m~1.5mとみられた。ガーゼに付着した塩分は純水中に浸出させ、電導度計により定量した。

観測は2回行ったが、その結果を表-2に示す。表中無処理とはガーゼの前面にネットを施さなかったトラップである。ネットを施した各トラップの付着塩分量を無処理トラップの塩分量に対する比であらわし、これを各ネットの防塩効果とみると、最も高い効果を示したのはク

表-2 樹脂製ネットの防塩効果

| 処 理 | メッシュ (%) | 塩 分 量 mg/dm ² ·h | 無処理に 対する比 (%) | 備 考 |
|----------------|-------------|--------------------------------|------------------|------------|
| クレモナ100 (密着) | 1.7×1.7 | 1.0×1.0 | 48 | 1回目 |
| リヒレン600 (〃) | 1.3×1.3 | 1.1×1.0 | 52 | 風向:WNW |
| クレモナ200 (〃) | 2.3×2.3 | 1.5×1.0 | 71 | 風速:10.1m/s |
| リヒレン1000 (〃) | 2.1×2.1 | 1.5×1.0 | 71 | |
| 無 処 理 | | 2.1×1.0 | 100 | |
| クレモナ100 (10cm) | 1.7×1.7 | 8.4×1 | 40 | |
| リヒレン600 (〃) | 1.3×1.3 | 1.1×1.0 | 52 | |
| クレモナ200 (〃) | 2.3×2.3 | 1.5×1.0 | 71 | |
| リヒレン1000 (〃) | 2.1×2.1 | 1.4×1.0 | 67 | |
| クレモナ100 (密着) | 1.7×1.7 | 5.9×1 | 45 | 2回目 |
| リヒレン600 (〃) | 1.3×1.3 | 6.2×1 | 48 | 風向:NW |
| クレモナ200 (〃) | 2.3×2.3 | 8.0×1 | 62 | 風速:6.7m/s |
| リヒレン1000 (〃) | 2.1×2.1 | 8.0×1 | 62 | |
| 無 処 理 | | 1.3×1.0 | 100 | |
| クレモナ100 (10cm) | 1.7×1.7 | 5.4×1 | 42 | |
| リヒレン600 (〃) | 1.3×1.3 | 6.4×1 | 49 | |
| クレモナ200 (〃) | 2.3×2.3 | 8.8×1 | 68 | |
| リヒレン1000 (〃) | 2.1×2.1 | 8.8×1 | 68 | |

昭和54年2月:石狩海岸

レモナ#100であり、次いでリヒレン600Dであった。メッシュはリヒレン600Dの方がクレモナ#100より小であるが、クレモナ#100の方がやゝ大きい防塩効果を示すのは、撚糸状でケバを持つためと考えられる。クレモナ#200とリヒレン1000Dは3割程度しか塩分は減少せず、前2者の4~5割の防塩効果にくらべ、かなり劣る。ネットとガーゼを近接させたものと、10cm離れたもの間にはあまり差はみられなかった。

3-2 観測2 昭和54年7月16日には、樹形モデルを用いて、被覆ネットの効果を調べた。

ここで用いた樹形モデルは高さが84cmのホンコンツリー(クリスマスツリー用)で、幹・枝・葉はすべて合成樹脂でできている。オリジナルの枝は12の輪生枝枝階をもち、上から3

階枝までは1次枝のみ、その他は2次枝まで分かれ、それぞれの先端に1年葉(以後単に葉と呼ぶ)が脱着できるようになっている。葉の寸法と形状はどれも同一であり投影面積は約21cm²ある。頂枝とみなされる葉(以後頂枝葉と呼ぶ)の投影面積は約30cm²ある(図-13)。

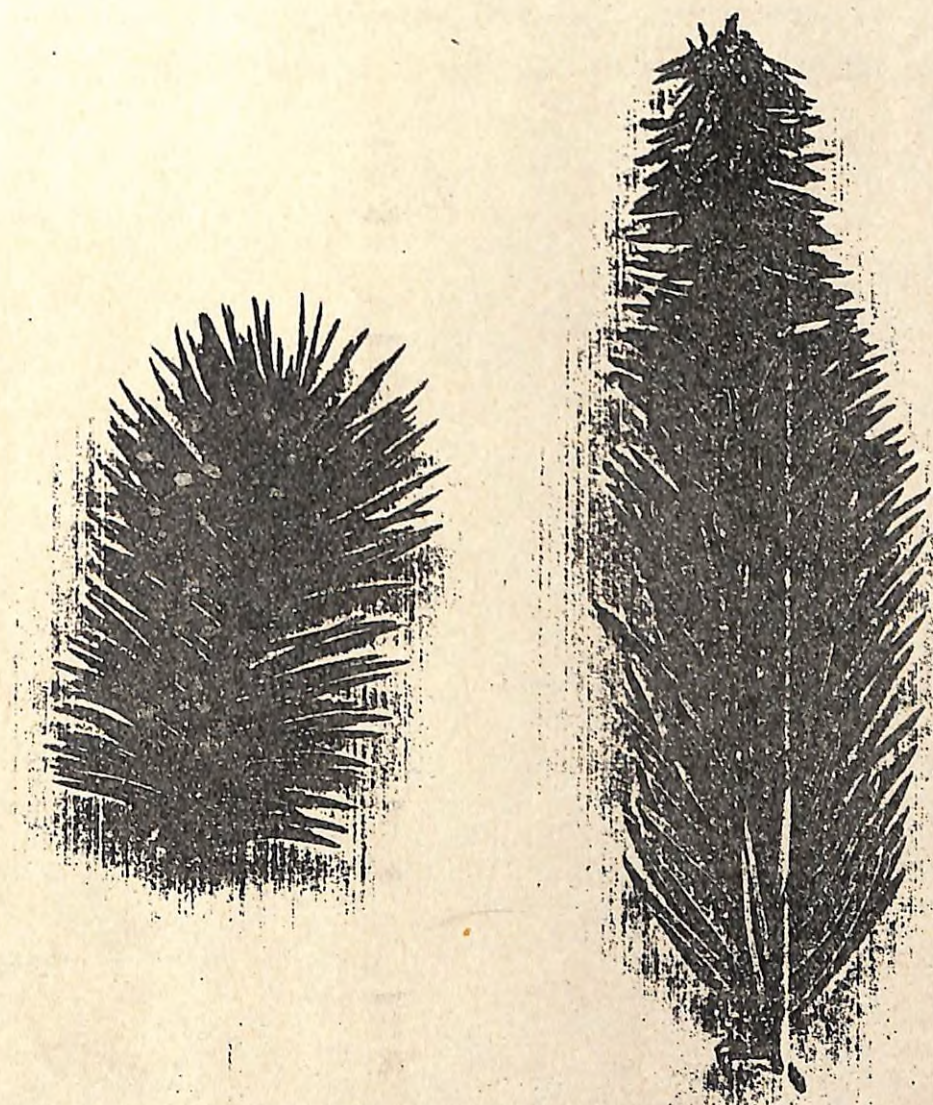


図-13 樹形モデルの1年葉と頂枝葉

樹形モデルの外観はトドマツによく似ており、葉の形状はヨーロッパトウヒとかクロエゾマツに似ている。

観測に際しては枝階を間引き、頂枝葉の下から輪生枝を1階枝、2階枝…5階枝とした。各枝階の状態を図-15に掲げる。

つぎにクレモナ#100、クレモナ#200、リヒレン600Dの3種の樹脂ネットを直径30cm、高さ50cmの円錐形に成形し、被覆材とした。(図-14)

ツリーを海風に曝すに先立って、葉を洗淨(各枝階の輪生枝にマークをつけ汀線方向と内陸方向の葉を図-15のように符号化した。したがって汀線方向に直面するものは1・2階枝では

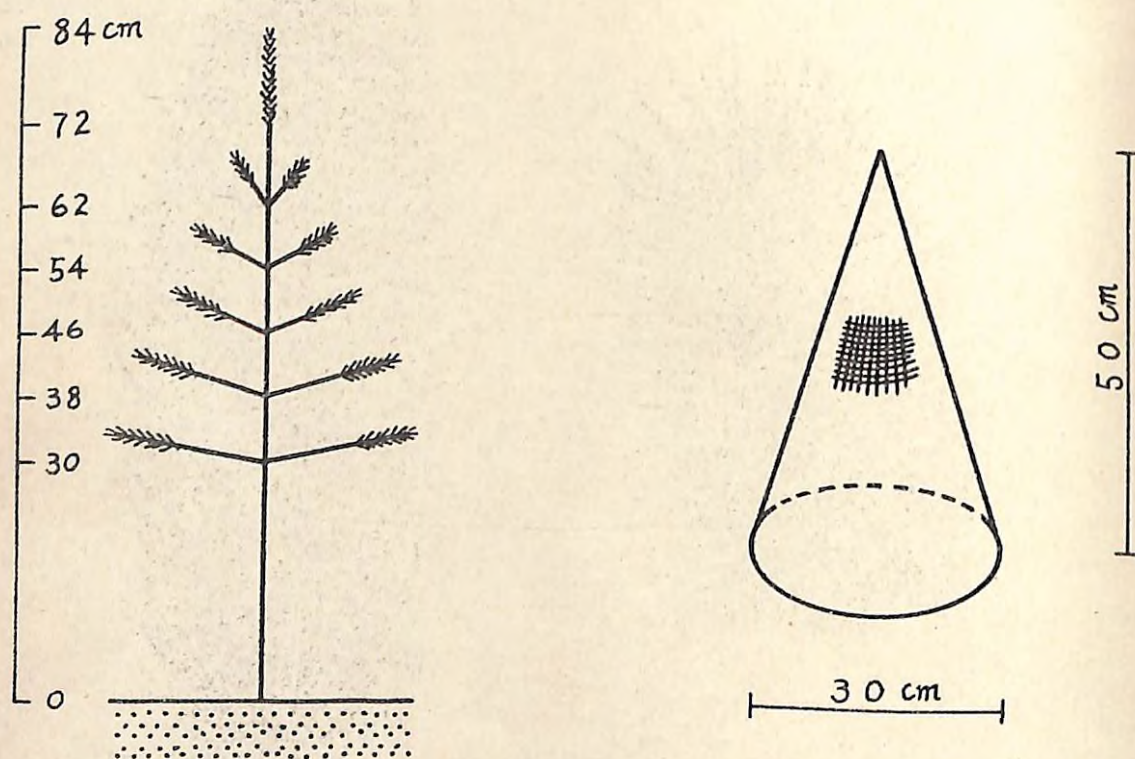


図-14 樹形モデルに用いたホンコンツリーと被覆ネット

a, 3階枝ではb, 4・5階枝ではcである。

被覆材リヒレン600D・クレモナ#100・クレモナ#200をつけたツリーを供試木1・2・3とし、被覆なしのツリーを対照として供試木4とした。

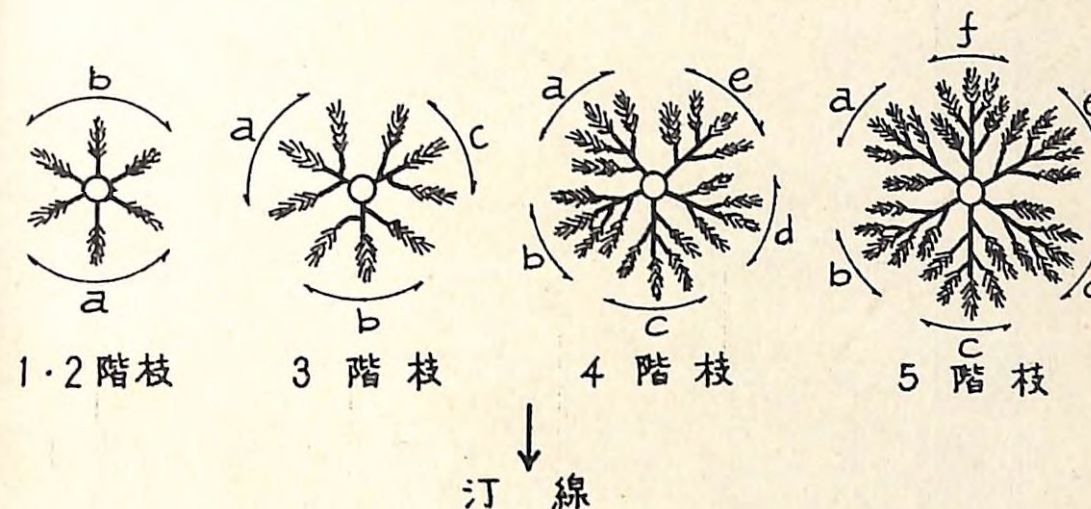


図-15 各輪生枝の着葉状況と呼称

これらのツリーを汀線より2.3m離れた砂地上に1mおきに汀線と平行に配置し、3時間海風に曝した。

観測当日の天候は快晴で風向はほぼ汀線に直角でNNWと安定し、風速は5.2 m/s ~ 6.8 m/sであった。波高は0.5m程度とみられた。

海風に曝した後のツリーから頂枝葉・各枝階の葉を抜きとり、図-15で符号化した輪生枝ごとに、観測1と同様の方法で付着した塩分を定量した。その結果を1時間当たり、葉1本当りの重量で図-16, 17, 18, 19に示す。ネットを被覆した供試木1~3と無処理の供試木4を通じて一般的な傾向は、1・2階枝では海側の葉の塩分量は内陸側よりも数倍多く、また3階枝以下では海風の風向に向いていたcの塩分が最も多量で、内陸向きの枝ほど減少する分布型になっている。頂枝葉および各枝階の最も海寄りの葉の塩分量を比較してみると、頂枝葉にはその投影面積比(各枝階の投影葉面積の約1.5倍)以上の塩分量となっており、また枝階の間では上方についてる葉ほど付着塩分量の多い傾向がみられる。これは上方の枝階では下方のものよりも葉の繁り(本数)が粗であるので、それぞれの葉に対する海風の当りが異なるためと考えられる。

対照とした供試木4とネットを施した供試木1~3の全付着塩分量を図-20に示す。ここで全付着塩分量とは図-16~19であらわされている頂枝から5階枝までの葉の塩分量の合

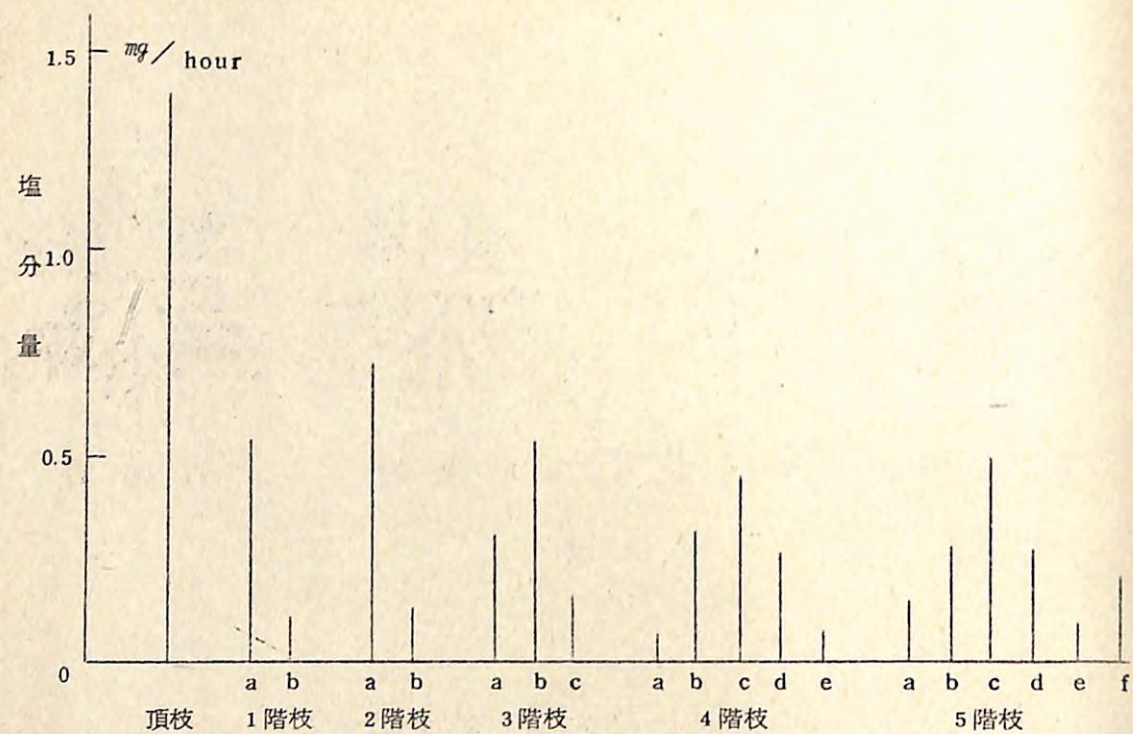


図-16 供試木1 (リヒレン600被覆)の附着塩分量の分布

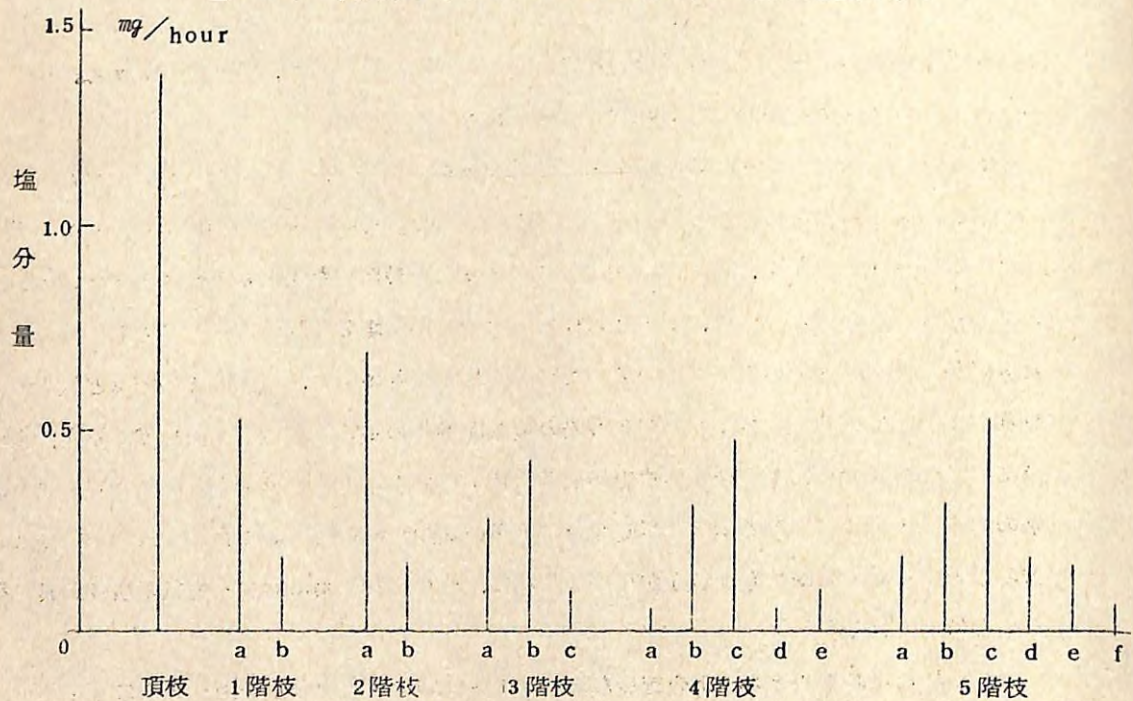


図-17 供試木2 (クレモナ#100被覆)の附着塩分量の分布

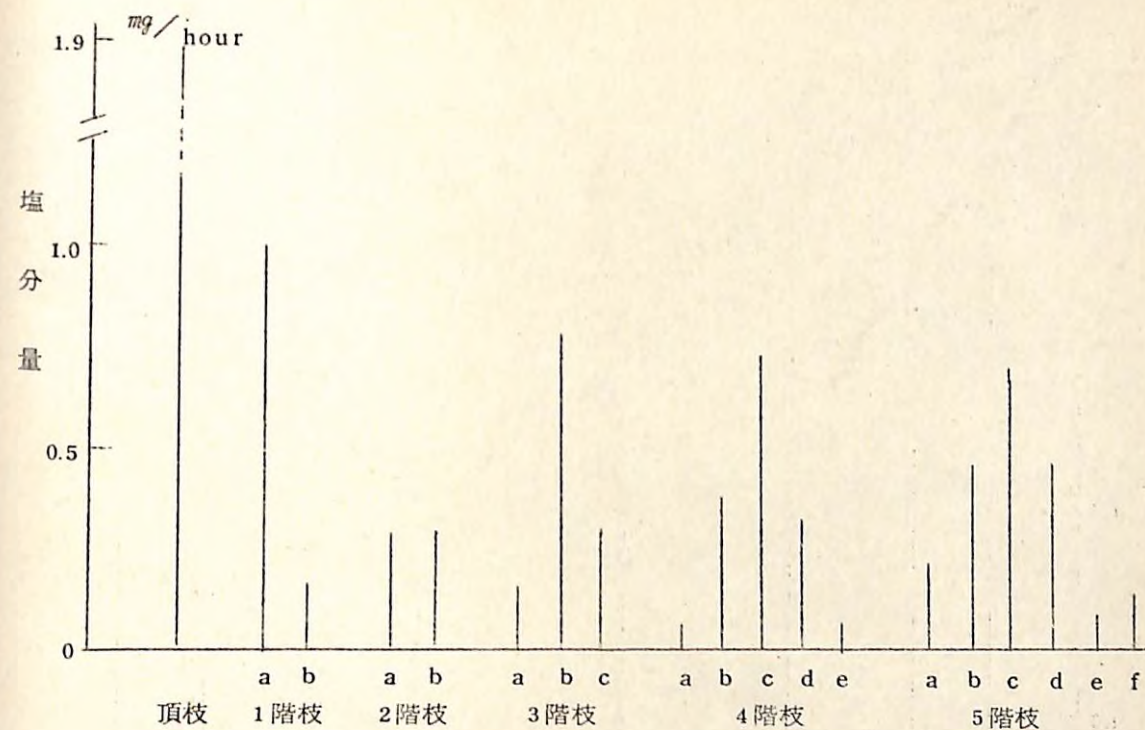


図-18 供試木3 (クレモナ#200被覆)の附着塩分量の分布

計値である。供試木1・2・3の供試木4(対照)に対する塩分量の割合は34%・31%・42%となった。ネットメッシュのやや粗い供試木2が供試木1より低い値を示したのは、素材糸のケバがやはり効いているとおもわれた。クレモナ#200はメッシュが粗いことと糸が細いため、防塩効果は他2者に比べ劣っている。

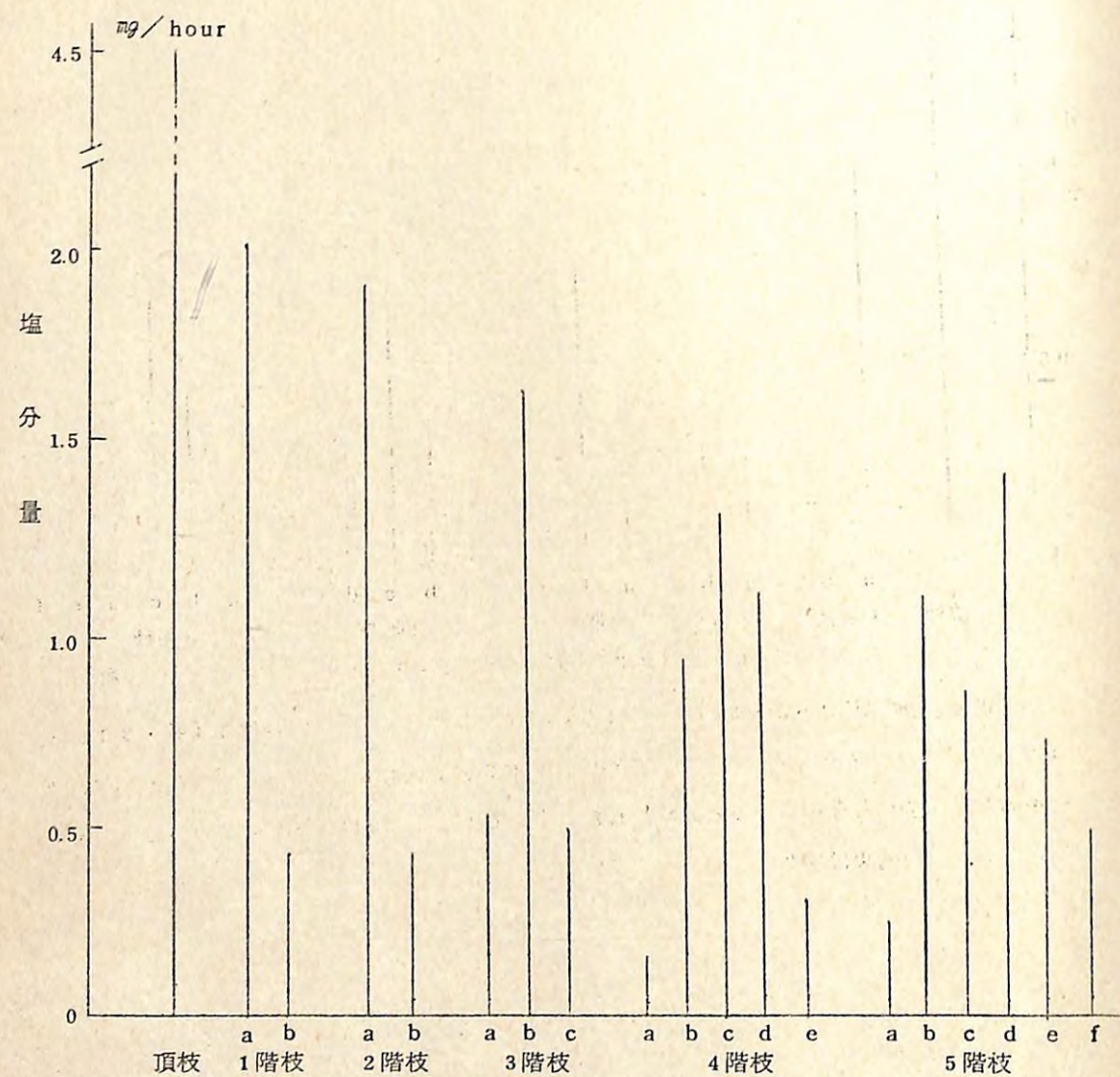


図-19 供試木4 (対照) の附着塩分量の分布

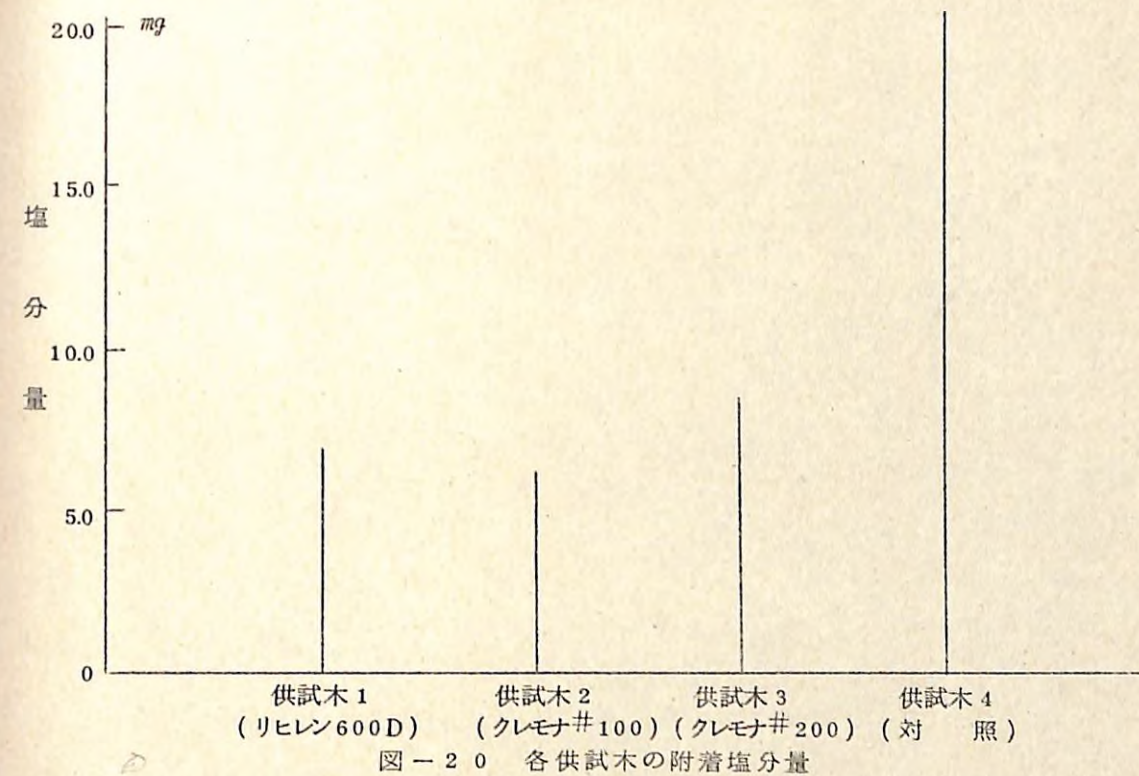


図-20 各供試木の附着塩分量