

海岸段丘ふきんの飛来塩分の分布

薄井五郎* 清水 一*

抄 録

海岸ふきんの飛来塩分量の高度分布を、広い平坦地と海岸段丘斜面とを対比させて検討した。測定高度は、1～6 m、海岸線から段丘崖までの距離は、各々70m、500m、900mであり、段丘の比高は、34、37、25m、段丘崖の傾斜は、44、43、42度である。塩分トラップには2次元流に対応できる糸トラップを用いた。

その結果、塩分量および高度分布の形は、汀線から等距離にある平坦地のそれに類似するが、斜面脚部と段丘肩部背後に明瞭な減少域があること、段丘肩部ふきんに明瞭な増大域があること、およびこれらの分布は風速分布と大体一致することがわかった。

Abstract

Salt spray distribution from beach line to coastal terrace .

Goro USUI* Hajime SHIMIZU*

Hokkaido Forest Experiment Station , Bibai , Hokkaido , 079 - 01

(Bulletin of the Hokkaido Forest Experiment Station , No . 24 .)

Salt spray caused by the strong seasonal wind during autumn and winter gives much damage on the coastal forest in west Hokkaido . To reveal the vertical distributions of salt spray from a beach line to coastal terraces , salt traps were set simultaneously at 21 plots along three lines . Terrace slopes were 70,500 and 900 meter off from the beach line respectively . Thread traps were held from 1 to 6 meter above the ground . Some characteristics of salt spray were found : the increasing area at the upper slope , and decreasing areas at the foot and behind the shoulder of the terrace as shown in figure 5 - 7 .

はじめに

越冬期の季節風がもたらす飛来塩分が、海岸に生育するカシワの芽の基部を褐変させ、ついには枝を枯死させることが報告された(工藤ほか、1972)、さらに、この現象が葉痕部への塩分の付着によって起こることが証明された(浅井ほか、1986)。これらは、海岸林の造成、管理にとって飛来塩分の分布の解明と、その応用の必要性を示している。

いっぽう、飛来塩分の分布は、門田(1949)以来おもに一定高度において汀線から距離別に測定され、距離とともに指数函数的に減少することが示された。しかし、垂直分布については組織的なサンプリングを行った例は少ない。ある地点で地上数m以内の飛来塩分の分布を測定すると、高度によって非常に異なることが多い。このことから、飛来塩分と樹木の生育の関係を知るには、その高度分布を調べる必要がある。ここでは未だ報告されていない海岸段丘斜面の飛来塩分の高度分布を広い平坦地と対比させ

* 北海道立林業試験場 Hokkaido Forest Experiment Station , Bibai , Hokkaido 079 - 01

[北海道林業試験場研究報告 第24号 昭和61年12月 , Bulletin of the Hokkaido Forest Experiment Station , No . 24 . December , 1986]

ながら検討した。

調査地および調査方法

1 調査地

北海道厚田郡厚田村字シラツカリに調査区を設定した。現地は石狩川河口ふきんの広大な平坦面と海岸段丘とが接する地域にあたる。段丘崖は南北に続き、汀線はNE-SW方向である。汀線に直交し、かつ冬期の主風方向であるNW-SEに、汀線から70m, 500m, 900m離れて段丘崖が位置するA, B, Cのラインを図-1のようにとり、プロットを設定した。各プロットには飛米塩分捕集トラップを配置した。

ラインAでは、汀線から15m, 35m, 70m地点の平坦地に、それぞれA₀, A₁, A₂の各プロットを設定した。A₂山脚部に当たり、直後にある傾斜44度、比高34mの段丘斜面を3等分してA₃, A₄, A₅の各プロットを設定した。なおA₅は段丘肩部に当たる。A₅からさらに平坦面上に5mづつ離れてA₆, A₇の各プロットを設定した。

ラインBでは、汀線から15m, 100m, 200m, 300m, 400m, 440m, 480m地点の平坦地にB₀, B₁, B₂, B₃, B₄, B₅, B₆の各プロットを設定した。B₆は山脚部に当たり、直後にある傾斜44度、比高37mの段丘斜面を3等分してB₇, B₈, B₉の各プロットを設定した。なおB₉は段丘肩部に当たる。

ラインCは、汀線から400m, 500m, 900m地点の平坦地にC₁, C₂, C₃の各プロットを設定した。C₃は山脚部に当たり、直後にある傾斜42度、比高25mの段丘肩部にC₄プロットを設定した。

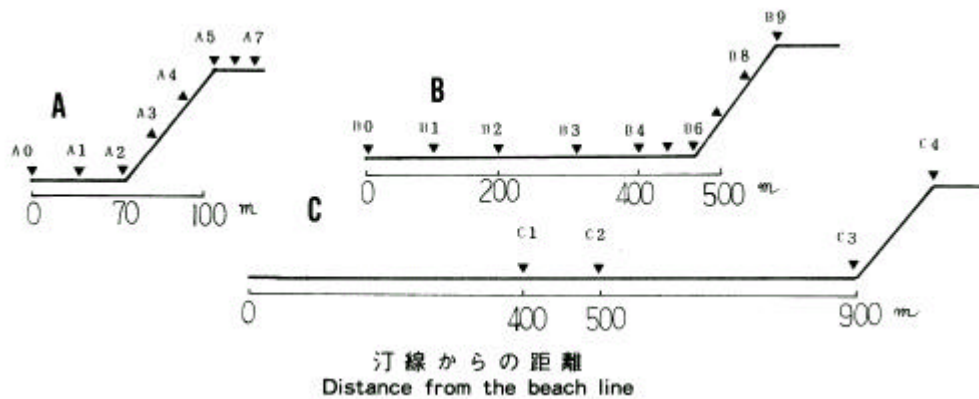


図-1 プロット配置図

Fig. The plots location

2 調査地の植生

各ラインふきんの植生概況を次に示す。Aライン：一部の段丘上の肩部から林冠が著しく偏倚した天然生カシワ林が成立している。斜面はススキが優占する草地である。下部平坦面は漁場に利用されている。Bライン：斜面上は樹冠偏倚の著しい樹高1.5~2.5mの天然生カシワが点在する。段丘の上下平坦部は畑地に利用されている。Cライン：汀線から530m地点から樹高8mの天然生カシワ林帯が成立している。林冠偏倚は少ない。斜面上部は樹高約6mの天然生カシワ林が、また、中下部は樹高8~13mのイタヤカエデ、ハルニレなどからなる天然生林が成立している。C₄の前後は無立木地である。

3 飛来塩分の測定

トラップには長さ50cmの綿製水系10番を用い、北西風が直角に当たるように針金のバネを利用し

て弦状に張り、支柱によって高度 1, 2, 3, 4, 6m に水平にモットした。この糸トラップ法は常法のガーゼ法とは異なり、水平および垂直方向の渦流中の飛来塩分を均等に捕集できるので、地形の変化に対応できる。飛来塩分の捕集は 1985 年 11 月 12~17 日を暴露期間として行った。全トラップの装着および回収には各々 6 時間を要するので、トラップの着脱時刻の差が測定値に影響するのを避けるため、トラップの装着および回収は海風が吹かない日に行った。

捕集した糸トラップを実験室にもちかえり、純水で抽出後モール法により CI を定量した。

4 吹流しによる風の流れの観察

高さ 5.5m のポールに長さ 60cm のエスロン標識テープを着け、段丘斜面に正面から風が吹く場合の風の流れを、A ラインの全プロットで同時に観察し、VTR で記録した。観察は 1985 年 11 月 16 日に行った。なお観察中の風速は段丘肩部 A₅ において、13m/s であった。

5 風速測定

A ラインではマキノ式 5 点風速計を用い、1 点を段丘肩部の高度 2 m に固定し、他を移動させた。B ラインでは、さらにピラム風速計を併用して 2 地点を同時に測定しながら移動する方法によった。各プロットとも 3 回以上の測定を行い、測定時間は各回 3 分とした。測定高度は 1~5.5m である。測定は A ラインでは 1985 年 12 月 5 日、B ラインでは 1986 年 3 月 27 日に行った。両日とも現地は西北西風が吹き、段丘斜面には正面から風が当たる条件であり、また、風速はほぼ一定であった。なお、A ラインでは風速測定を他日に 2 回行ったが、同様の結果を得た。

6 油点法による段丘模型上の風の流れの観察

75cm × 38cm の長方形の透明ガラス板 2 枚を、長辺の両縁に 5 mm 角の亚克力棒をはさんで重ね、水平に保つ。短辺の両日は開けておく。上側ガラスを外し、その内側面に黒色オイル（自動車エンジンオイルの廃油）をスポイトで適当な間隔に一滴ずつ滴下した後、速やかに裏返して閉じ、各油点をガラス箱の上側板の内面に下垂させる。箱中には平面的段丘模型を 5 mm 角の亚克力製の棒で、比高 10cm、斜面角 45 度に作り、模型背面から空気ポンプで吸引した。これによって、模型段丘斜面の正面から風が当たる場合の風の流れを観察した。なお、箱内前縁部の風速は 11m/s である。

結果および考察

1 段丘斜面に影響されない広い平坦地における飛来塩分量の分布

汀線から 500m までの B₀~B₄、C₁、C₂ における飛来塩分量は、後述するように斜面の影響を受けていないと判断できたので、これらのプロットの環境を以後「広い平坦地」とよぶことにする。また、各地点、各高度の飛来塩分量は汀線プロットの高度 2 m の CI 値に対する相対値で表わし、以後「相対 CI 値」とよぶ。なお、C ラインの相対 CI 値は B₀ プロットの 2 m 高の値に対する比で示した。

高度 2 m を基準にした理由は、汀線ふきんにおいても飛来塩分量が距離による影響を受けにくい高度であり、かつ、量的に多いからである。

汀線から 100m の地点における相対 CI 値の高度分布を図 - 2 に示すが、風速の増加によって相対 CI 値は高い高度で増大する傾向があり、相対 CI 値は汀線からの距離による固有値ではない。しかし、今回の調査ではトラップの暴露日数の延長により、各風速条件の混合による平均化を期待した。ここでは相対 CI 値を主に、各地点の相対評価を行う目的で使用した。

飛来塩分の高度分布変化を図 - 3 に示した。汀線 B₀ では高度 1~2 m の相対 CI 値が大きく、かつ高度が高くなるとともに減少しており、高度とともに指数函数的に減少する理論値に準じている。しかし、高度 1 m の値が指数分布と比べて過小である。これは、波を避けて汀線から約 15m 離して B₀ プロット

を設定したため、その間に生じた地表面吸着によるCIの減少に起因すると説明できる。また、図-3に示す相対CI値の距離による減少過程は、前報（薄井ほか、1985）と同様に、拡散理論（塩害対策専門委員会、1964）で説明できる。

このように、CI値の高度分布形が距離とともに示す変化は、下方への単純落下とは異なっている。汀線ふきんの低高度における急激なCI値の減少や、最大CI値を示す高度が距離とともに上昇しながらCI値全体が減少してゆくことが特徴である。CI値は地表面における塩分粒子のほぼ完全な吸着により、地表面で0を示す分布形に近い（薄井ほか、1985）。これは、低高度ならば比較的汀線に近い地点でも林木が生存できることを示しており、前線における樹木の矮小化を説明するものである。

高度1mおよび2mの平均相対CI値で示した一定高度の飛米塩分量の距離による変化は、図-4に示すように指数函数的に減少しており、既応の報告と一致した。汀線から500m地点までの100m毎の相対CI値は、図-3から、100、57、34、21、12、7であり、100m毎に0.6倍の値を示した。

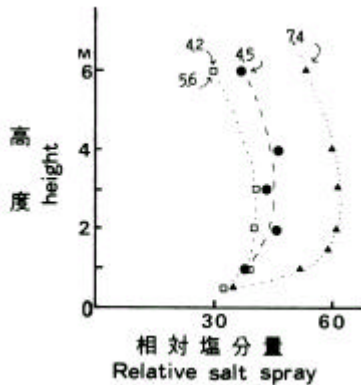


図-2 100m地点の相対飛来塩分
(厚田：黒点，石狩：その他，図中数字は平均風速)
Fig.2. Values of relative salt spray at the plot
100m off from the beach line at different
wind speeds

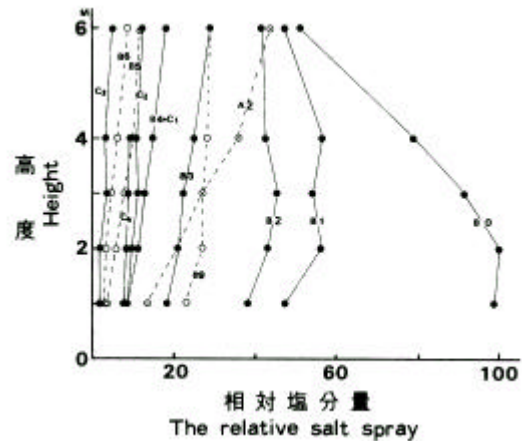


図-3 相対飛来塩分量の距離変化
Fig.3. A decrease of the relative salt
spray above the flat area ()
and along the slopes ()

2 段丘斜面ふきんの飛来塩分量の分布)

(1) 汀線近くに斜面がある場合

ラインAにおいて、各高度の相対CI値と、それから描いた等量線を図-5に示す。A₁を過ぎると相対CI値は急激に減少して、汀線から70m地点であるA₂の高度1、2mの値は、広い平坦地の300m地点にあるB₃の値より小さく(図-3)、斜面の影響を強く受けていることがわかる。

A₃では再び相対CI値が急増しており、山脚ふきんの相対CI値の減少域は狭いことがわかる。A₄では相対CI値は斜面における最大値68を示した。肩部A₅では、やや減少した。汀線から約100m地点のA₄、A₅の相対CI値および高度分布形は、広い平坦地の100m地点であるB₁の相対CI値および中ふくらみ形と大体同じであることが図-6からわかる。

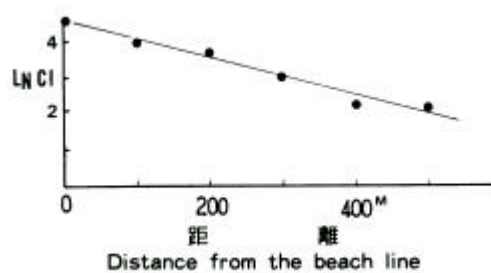


図-4 相対飛来塩分距離変化(高度1、2mの平均値)
Fig.4. Decrease of the relative salt spray
(average salt spray at 1m and 2m height)
with the distance from the beach line
above the flat area .

肩部背後には、山脚部の相対CI値に近い著しい減少域がみられ、肩部ふきんから漸高する形を呈する。A₅プロットから50m側方の同じ段丘地形上において、肩部から背後の20m区間に、相対CI値の減少域と似た形で漸高するカシワの林形を図-5に示す。

Aラインでは、他の地点に樹木はみられず斜面はススキによって占められており、相対CI値40以上は樹木が生育できない環境であるとみられる。

(2) 汀線から遠くに斜面がある場合

Bラインにおける各プロットの相対CI値と等量線を図-6に示す。80m(段丘比高の2倍)背後に比高37mの斜面をもつB₄の相対CI値は、汀線から同じ400m離れた位置にあるC₁と同等であり(図-3, 6, 7), B₄も斜面の影響を受けていないことがわかる。しかし、斜面に近いB₅, B₆の値はC₂より小さく(図-3), 斜面の影響を受けていることがわかる。

斜面下部鳴から肩部B₉にかけて相対CI値は単調に増加してB₉で最大値を示し、500m地点以後に位置するにもかかわらず、広い平坦地の300m地点のB₃の値より大きい。

B₈, B₉における相対CI値の高度分布形は、A₄, A₅とは異なり、高度による差が少なく、塩分粒子の拡散はもはや活発ではないことがわかる。

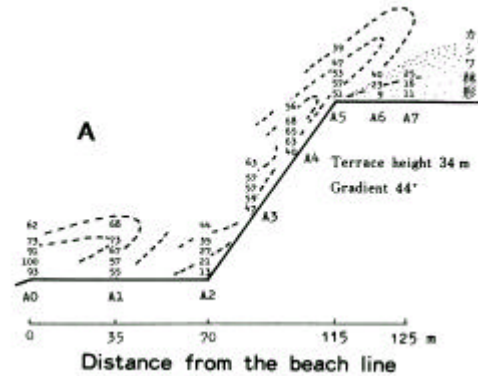


図-5 汀線に近い段丘斜面ふきんの相対CI値
Fig.5. Values of relative salt spray along the line A

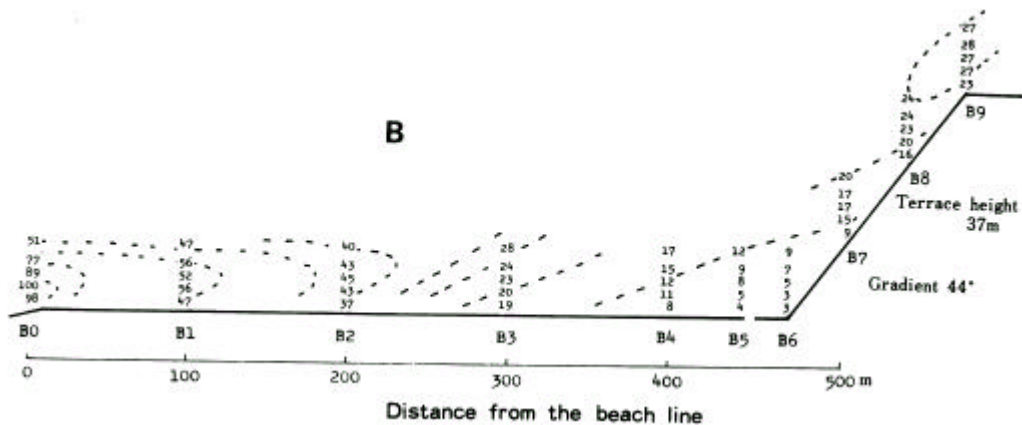


図-6 汀線から離れた段丘斜面ふきんの相対CI値
Fig.6. Values of relative salt spray along the line B

Bラインでは、B₇~B₉に天然生カシワが単木状にみられる。肩部B₉直下においては、斜面と垂直方向に測定して1.5mの樹高で、偏倚が著しい樹形を呈し、また、葉量が乏しい個体が点在する。肩部B₉における相対CI値23は、図-6から広い平坦地における汀線から300m地点に近い相対CI値である。肩部に点在するカシワが生存できる限界に近い形態を示すことは、北海道の天然生海岸林が、平坦地では汀線から300mふきんで成立しはじめるとの報告(伊藤, 1985)からも理解できる。

Cラインでは、相対CI値の高度分布形はB₃以後のそれに類似し、上方における単調な増加を示しており、また、肩部では相対CI値の高度差が少ない(図-7)。

汀線から 920m 離れた段丘肩部 C_4 の相対 CI 値は、500m 地点の C_2 の値にほぼ等しく、肩部における相対 CI 値の増大が B ラインと同様に観察された。

C ライン肩部には、カシワを主とする樹高 6 m の林分が成立しており、偏倚も顕著ではない。また、C ライン脚部には、ハルニレ、イタヤカエデの樹高 13 m の林分が成立している。このことから、相対 CI 値 9 はカシワ林の成立にとって著しい障害とはならず、また、5 はハルニレ、イタヤカエデの混交林の成立にとってほとんど障害となっていないとみられる。今後は多くの樹種で生存および成林の可能な相対塩分量の範囲を明らかにする必要がある。

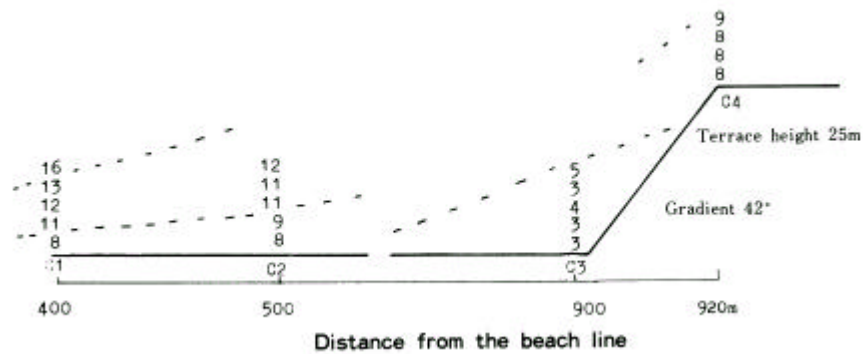


図 -7 C ラインにおける相対飛来塩分量の分布
Fig.7. Values of relative salt spray along the line C

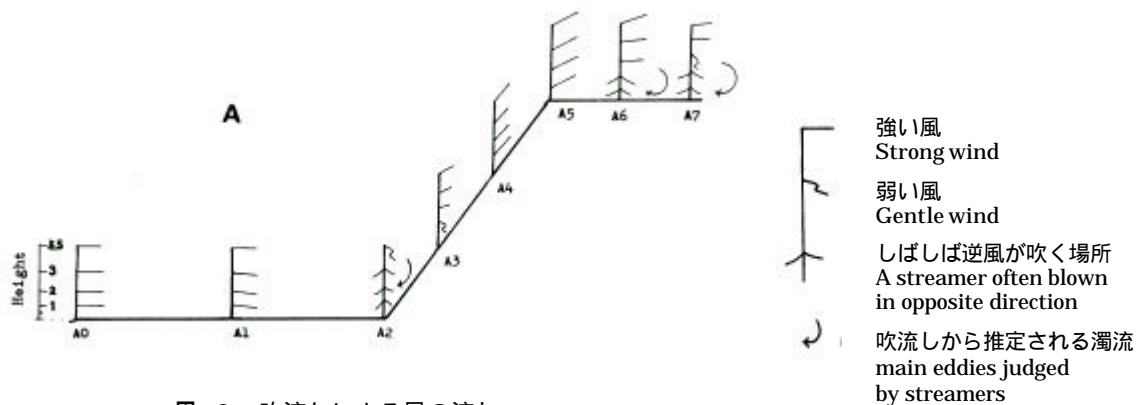


図 -8 吹流しによる風の流れ
Fig.8. The visualized air flow at the terrace by a streamer method

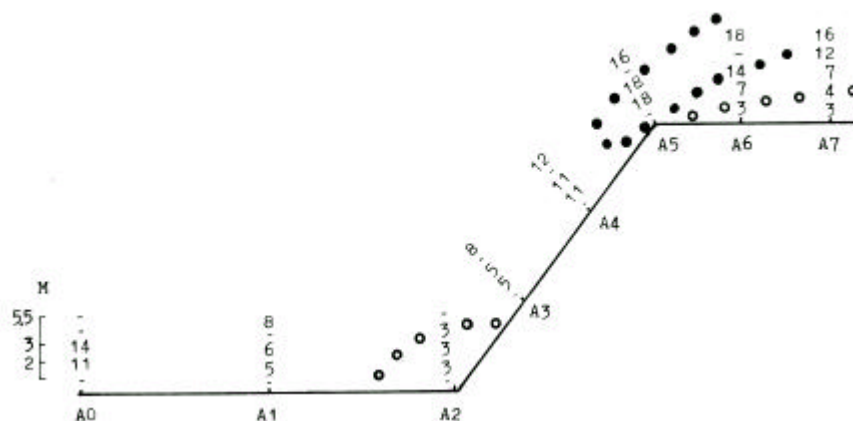


図 -9 ライン A における風速分布
Fig.9. Wind speeds (m/s) along the line A

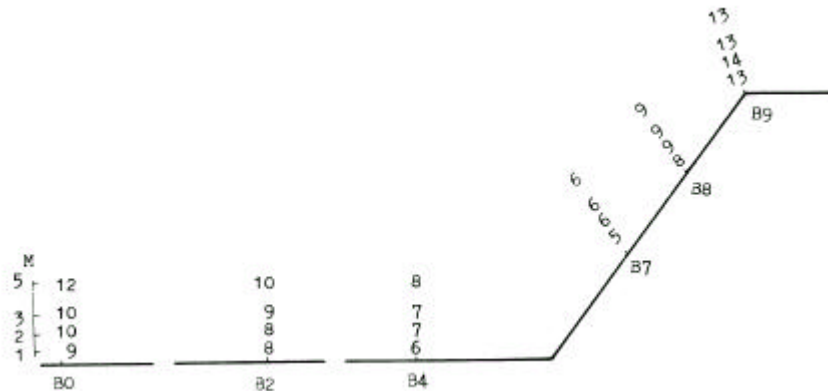


図 - 10 Bラインにおける風速分布
 Fig.10. Wind speeds (m / s) along the line B

3 段丘ふきんの風の流れおよび風速分布

風は飛来塩分粒子の発生および吹送を直接起こし、また乱流を発生させて塩分粒子の拡散を決定するので、飛来塩分の分布は主に風によって生じるものである。また、風が海岸林に与える別の作用例として、強風がカシワ葉の強割腹葉を起こし、抵抗力の弱い葉痕部への塩分障害を助長することが指摘された（新村ほか，1986）。これらのことから、段丘ふきんの風速分布を明らかにする必要があり、次の観察を行った。

(1) 吹流しによる風の流れの同時観察

現地に設定した吹流しの状態を、図 - 8 に示す。吹流しによって、風向だけでなく風速の目安も得ることができる。観察から、風が斜面上を地形に沿って流れること、斜面中～肩部では風速が強いこと、および、山脚部、肩部背後は風が弱く、また、逆方向の風が頻繁に吹くことがわかった。これらの区域は、流体力学で淀み域、剥離域とそれぞれ呼ばれる箇所に相当しており、海岸近くにおいて樹木の生育に好条件を与えている。

(2) 段丘ふきんの風速分布

A, B 両ラインの風速分布を図 - 9, 10 に示す。図 - 9 では、山脚部と肩部背後に明瞭な弱風域が、また、斜面上部～肩部には明瞭な強風域が分布している。図 - 10 では、平坦地における風速の減衰と、段丘肩部の強風の分布をみることができる。A, B 両斜面の風速分布は同じ傾向にあると判断できる。また、両ラインにおいて、肩部風速が汀線の値より大きい点が注目される。

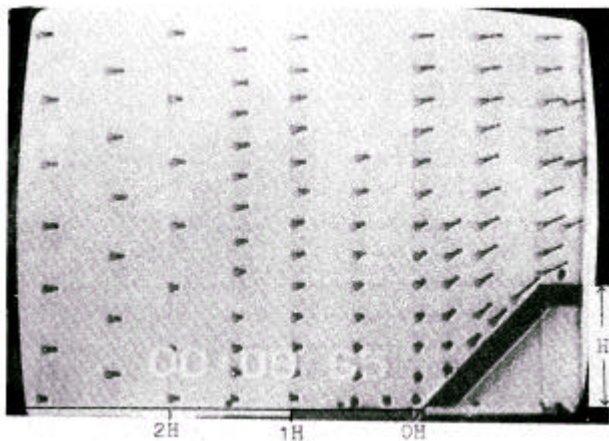
(3) 油点法による段丘模型上の風の流れの観察

ガラス箱中に下垂させた油点は、風向・風速に応じて移動するので、模型上の風の流れ方向と相対風速の既知を知ることができる。写真から、山脚および肩部背後の油点が静止していること、斜面上部・肩部の油点の動きが最も速いこと等がわかり、これらは次のように要約される。段丘模型において、イ) 斜面脚部および肩部背後に著しい低風連域がある。また、段丘比高に等しい前側地点は、斜面の影響を受ける範囲にあって低風速である。ロ) 斜面の上部～肩部に著しい高風連域がある。

これらの傾向は、現地における吹流しによる風の流れ・風速分布の観察結果、ならびに風速測定の結果とよく一致した。

風速分布を相対 C1 値の分布と対比すると、A, B 両ラインとも肩部ふきんで両者は最大値をとり、肩部背後および脚部で最小値を示す共通の傾向がある。

しかし、相対CI値の高度分布形は海岸からの距離に応じて、飛来塩分粒子の拡散と落下によって大き



く変化するので、風速分布とは単純に対応しない。Bラインの斜面では海から約500m離れているので、塩分粒子の拡散が進行して濃度勾配が小さくなり、相対CI値が風速分布に支配されたと理解できる。

なお、Aライン肩部の相対CI値が最大にならなかった理由は不明である。

写真-1 油点法による段丘模型上の風の流れ
Photo.1. The visualized air flow along a terrace model by a oilpoint method

おわりに

海岸段丘斜面ふきんには、飛来塩分および風速の増大域と減少域が明瞭に分布することがわかった。この分布特徴を林帯造成に利用することによって、施工成績の向上が期待される。即ち、減少域から林帯の造成を始め、林帯成立後しだいに林帯巾を広げるのが有利である。海風が吹きやすい地域で、かつ、段丘斜面の中部～肩部に林帯を造成するときは、まず、保護工作物なしには林帯が成立できないことを理解する必要がある。また、汀線から同距離にある平坦地の場合よりも、工作物の強度を強め、さらに、工作物の設置間隔を狭くする必要がある。

文 献

- 浅井達弘・新村義昭 1986 北海道北部の天然生カシワ・ミズナラ海岸林の冬芽枯死の原因．
日林誌 68：368 - 374．
- 塩害対策専門委員会 1964 塩害と気象，電気協同研究 20 - 3：1 - 95．
- 伊藤重右工門 1985 北海道における海岸林造成に関する基礎的研究．北林試報 23：1 - 108．
- 門田正也 1962 海岸砂地のクロマツの塩害に関する生理生態的研究．名大演報2号：1 - 95．
- 工藤哲也・鈴木孝雄 1972 北海道における海岸林の枝枯れの原因．北方林業 24：261 - 263．
- 新村義昭・浅井達弘 1986 道北地方の天然生海岸林の生育と生存条件 - ．北方林業 38：152 - 156．
- 薄井五郎・清水 一 1985 北海道石狩海岸における飛来塩分の高度分布．日林講集 96：571 - 574．