

I S S N 0386-5878

土木研究所資料第3189号

土 木 研 究 所 資 料

海浜地における樹木の育成環境に 関する研究

平成5年5月

建設省土木研究所
環境部緑化生態研究室

Copyright © (1993) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

海浜地における樹木の育成環境に 関する研究

緑化生態研究室	室	長	半	田	真理子
	主任研究員		藤	原	宣夫
			吉	永	裕康
	室	長	井	上	忠佳 ^{*1}
	室	長	前	田	博 ^{*2}
	主任研究員		田	代	順孝 ^{*3}
	主任研究員		末	永	鍊司 ^{*4}
	主任研究員		播	本	武史 ^{*5}
	研 究 員		古	関	堅治 ^{*6}
	研 究 員		武	田	裕 ^{*7}
	研 究 員		佐	藤	隆幸 ^{*8}

*1 現 建設省関東地方建設局 *2 現 建設省都市局 *3 現 千葉大学園芸学部

*4 現 環境事業団 *5 現 建設省東北地方建設局 *5 現 建設省関東地方建設局

*6 現 (株)プラトー研究所 *8 現 林野庁旭川営林支局

要 旨

本研究は、今後ますます増大する海浜地の緑化に対して、適切な緑化手法を確立するため、既存の知見を基に、海浜地における潮風、植栽基盤の特徴を把握したほか、風と植物の生育との関係を海の中道海浜公園及び国営常陸海浜公園において測定し、防風林と植栽木の位置及び高さの関係について検討を行ったものである。また本研究においては、海浜地における環境圧の簡易な判定手法として、クロマツの生育状態を指標とした手法の提案及び緑化適性樹種の整理を行った。

キーワード：海浜地、防風林、潮風害、環境圧レベル、クロマツ

は じ め に

近年、海浜地を大規模公園やリゾート地として利用する事例が増えており、海浜地における緑化に対する需要も増大している。しかしながら、海浜地は塩分を含んだ風が強く、土壌条件も不良なことが多いため、植物の生育という面においては通常内陸に比べて自然条件が厳しく、内陸と同様の緑化手法では、樹木を育成していくことは困難であり、海浜地に適した手法を確立していかなければならない。

そのためには、海浜地の環境条件を把握するとともに、どのような環境条件のところに、どのような樹種を使用し、どのような手法を用いれば緑化が可能なのかを明らかにする必要がある。そこで本研究は、

第1章においては、海浜地緑化に関する既存の知見を整理した。

第2章においては、海浜地の樹木の生育に最も影響度が高いと思われる風に着目し、風と樹木の生育状態との関連について海の中道海浜公園を事例に調査した。

第3章においては、主風方向の防風物と樹木の生育との関係について国営常陸海浜公園を事例に調査した。

第4章においては、各地の現場で使用可能な緑化手法を提示するため、環境圧の簡易な判定手法としてクロマツの生育状態を指標とした手法を提案するとともに、各地の海浜地での生育状態を比較することにより緑化適性樹種の整理を行った。

なお、本研究は、土木研究所において昭和60年度から平成2年度にかけて6年間に渡り実施した、海浜地の緑化手法に関する各種の調査、研究を取りまとめたものである。

本研究の実施に際して資料提供等のご協力をいただいた海の中道海浜公園、国営常陸海浜公園等の関係各位に、末尾ながら感謝の意を表する次第である。

平成5年5月

建設省土木研究所環境部緑化生態研究室

室 長 半 田 真 理 子

目 次

はじめに

1. 海浜地の緑化に関する基礎的事項	1
1.1 海浜地の生育環境	1
1.1.1 塩害	1
1.1.2 風	6
1.1.3 砂質土壌	8
1.1.4 植物の生育環境	10
1.2 海浜地の出現植物	11
1.2.1 植物の出現傾向	11
1.2.2 植物材料と耐潮性	12
1.3 海浜地の緑化手法	14
1.3.1 防風林	14
1.3.2 人工砂丘	16
1.3.3 静砂垣	17
2. 海の中道海浜公園における気象環境圧と樹木活力度との関係	18
2.1 調査概要	18
2.1.1 調査目的	18
2.1.2 調査項目	18
2.2 海の中道海浜公園の自然条件	19
2.2.1 位置	19
2.2.2 気象	20
2.2.3 地形, 地質, 土壌	21
2.3 調査内容	22
2.3.1 気象観測	22
2.3.2 気象環境圧図の作成	32
2.4 気象環境圧と樹木活力度との関係分析	64
2.4.1 分析方法	64
2.4.2 分析結果	69
2.4.3 気象環境圧と樹木活力度との関係	75

3. 国営常陸海浜公園における防風林と植栽木の生育との関係	77
3.1 調査概要	77
3.1.1 調査目的	77
3.1.2 生育環境	77
3.1.3 調査内容	91
3.2 調査結果	97
3.2.1 調査結果の整理の仕方	97
3.2.2 活力状態	103
3.2.3 生育の経年変化	103
3.3 生育特性	122
3.3.1 風による影響の内容	122
3.3.2 各樹種の耐潮風性	131
3.3.3 防風物の存在下での生育	132
3.4 生育タイプ	138
3.4.1 生育状態から見た適性タイプの分類	138
3.4.2 各タイプにとっての生育地区分	139
3.4.3 防風物による生育の可能性	143
3.5 防風林の効果	144
3.5.1 調査地の概要	144
3.5.2 防風林の形態と植栽木の成長との関係	149
3.5.3 防風林の効果の検討	174
3.5.4 防風林による効果から見た植栽木適正配置の考え方	203
4. 環境圧レベルと緑化適性樹種	206
4.1 海浜地の現地調査	206
4.2 日本の海浜地の風環境	211
4.3 環境圧レベル	214
4.3.1 風の強さの判定手法	214
4.3.2 環境圧レベルの提案	215
4.4 海浜地の緑化適性樹種	223
4.4.1 調査方法	223
4.4.2 海浜地緑化適性樹種一覧	225
4.5 海浜地の緑化手法	227
4.5.1 環境圧レベルと樹木の耐潮風性ランクとの関係	227

4.5.2 環境圧レベル別緑化手法	229
5. 今後の課題	240
参考文献	241

1. 海浜地の緑化に関する基礎的事項

1.1 海浜地の生育環境

塩害、風、砂質土壌を中心に、海浜地の植物の生育環境について整理する。なおここでは砂浜を対象とした。

1.1.1 塩害

大気中の塩分が植物の葉に付着して与える影響については、多くの調査や実験が行われている。また高潮などが植物に冠水したときの被害についてもいくつかの調査、報告がある。ここではその主なものを紹介する。

1) 潮風害

潮風害に対する各植物の抵抗力についての野外観察による分類をいくつか紹介する。

表－1.1 樹木の耐塩風性⁵⁾

大（被害ほとんどなし）	中（落葉しても発芽回復）	小（枯死することが多い）
クロマツ、オオバヤシャブシ、 タブノキ、ヤブニッケイ、 サカキ、シャリンバイ、 トベラ、マルバグミ、 ヒメユズリハ、 ヤブツバキ、モチノキ、 オオバイボタ、クチナシ、 イヌツゲ、サツキ	イヌマキ、シイノキ、 ウバメガシ、イヌビワ、 ヤマモモ、ハマヒサカキ、 ナンテン、アカメガシワ、 ハゼノキ、クリ、コナラ、 エゴノキ、ケヤキ、アセビ、 トウカエデ、カシワ リョウブ、ノリウツギ、 ニセアカシヤ	エニシダ、イズセンリョウ、 アカマツ、スギ、ヒノキ、 ヒヨクヒバ

（原注：倉内、仰木、谷口、三重県農試の各調査文献より）

表－1.2 東北地方海岸での耐潮性木の比較⁵⁾

① 耐潮性の著しく強いもの：マサキ、ボウシュウマサキ、トベラ、マルバグミ、ヒサカキ、 ハマヒサカキ、シャリンバイ、マルバシャリンバイ、ギョリュウ、ハナセンナ、ハイネ ズ、アキグミ、ナワシログミ、ハマゴウ、テリハノイバラ、エンドウ、ソテツ、ダンチ ク、ネザサ、メダケ。
② 耐潮性の強いもの：クロマツ、カイヅカイブキ、ツゲ、ネズミモチ、オオシマザクラ、オ オバイボタ、イチョウ、ヒメユズリハ、ヤブニッケイ、ツバキ、タブ、ウバメガシ、オ オバヤシャブシ。
③ 耐潮性のやや強いもの：イヌマキ、ヒマラヤスギ、ヤツデ、アオキ、カクレミノ、サンゴ ジュ、ギンバアカシヤ、イボタノキ、スズカケノキ、クス、スダジイ。
④ 耐潮性の弱いもの：イタリアポプラ、ケヤキ、シダレヤナギ、ソメイヨシノ、トウカエデ、 モミジバフウ、ハンノキ。
⑤ 耐潮性の極めて弱いもの：カツラ、チョウセンレンギョウ、ニシキギ

（原注：金内による）

表-1.3 樹木、草本の耐潮性⁵⁾

	高 木		低 木		地 被
	常 緑	落 葉	常 緑	落 葉	
耐 潮 性 ・ 強	ウバメガシ カイヅカイブキ クロマツ タイサンボク ビャクシン モクマオウ ヤブツバキ ヤブニッケイ ヤマモモ	カシワ ギョリュウ	オキナワハイネズ キョウチクトウ シャリンバイ ツゲ トベラ ナワシログミ ハイネズ ハイビャクシン ハマヒサカキ マキバブラッシノキ マサキ マルバシャリンバイ	アキグミ オオバイボタ クコ ハナセンナ	ウィーピング・ ラブグラス クリーピング・ レッドフェスク ケンタッキー31・ フェスク コウライシバ ジャノヒゲ ノシバ ノシメラン
耐 潮 性 ・ や や 強	アカシヤ・ メラノキシロン イチイ、イヌガヤ イヌマキ オリーブノキ ゲッケイジュ タブ、ホルトノキ ナギ、ヒメユズリハ マテバシイ リギダマツ サザンカ ユーカリノキ サンゴジュ	アオギリ アメリカディゴ エニシダ エノキ エンジュ オオシマザクラ オオバヤシャブシ クワ スズカケノキ センダン ニセアカシヤ ハリギリ ムクノキ	アオキ イヌツゲ カクレミノ ジンチョウゲ タマイブキ チャ ネズミモチ ヒサカキ マルバグミ ヤツデ	アジサイ イチジク イボタノキ ガクアジサイ カラタチ ハコネウツギ ハチジョウキブシ ヒメヤシャブシ	オオイタビ カンナ キツタ スイカズラ セイヨウキツタ <i>Hedera helix</i> <i>H. canariensis</i> テイカズラ ナツツタ バミューダグラス ヤブゴウジ ヤブラン
耐 潮 性 ・ や や 弱	イスノキ クロガネモチ サカキ タラヨウ ドイツトウヒ トウネズミモチ ヒマラヤスギ フサアカシヤ モチノキ モッコク モミ ユズリハ	エゴノキ カキノキ			

(原注：本山による)

本間は、海岸線から70mの地点に塩化ビニール製ネットを張りその風上側と風下側に同一樹種を植え、1年間育成した後の生育状態、成長量を比較し、その前後で差の大きいものは耐潮性が弱いと判断して表-1.4のように分類している。

表-1.4 耐潮性の比較

(1) 耐潮性の著しく強いもの クロマツ、ユッカ、シャリンバイ、マルバシャリンバイ、マサキ、ウバメガシ、ゼンチョウゲ、キョウチクトウ、ハナセンナ、ギョリュウ
(2) 耐潮性の強いもの カイヅカイブキ、ネズミモチ、アオキ、ヤツデ、カクレミノ、サンゴジュ、オオバイボタ、ツゲ、オオシマザクラ、イチヨウ
(3) 耐潮性のやや強いもの モミジバズカケ、イボタノキ、ギンヨウアカシア、エンジュ、ヒマラヤシーダー
(4) 耐潮性の弱いもの ケヤキ、モミジバフウ、ソメイヨシノ、トウカエデ、シダレヤナギ、イタリアポプラ、ハンノキ
(5) 耐潮性の極めて弱いもの カツラ、チョウセンレンギョウ、ニシキギ

(文献1より作成)

また本間は、各地の海岸の自然植生を観察して、海岸線に近い方から Belt I～Ⅲに分け、Belt I に出現する種、出現しない種と区分することにより、耐潮風性の強い樹種にランク付けをしている。

表- 1.5 潮風圧A級の場合の Belt I ~ III に適する緑地植物¹⁾

	Belt I		Belt II		Belt III	
	常 緑	落 葉	常 緑	落 葉	常 緑	落 葉
高木層 (B ₁)	クロマツ 〔イブキ カイツカイブキ〕		イブキ, カイツカイブキ, カゴノキ, クロガネモチ, タブノキ, ホルトノキ, マデバシイ	メタセコイア, ラクウシヨウ, イイギリ, イチョウ, エノキ, クヌギ, コナラ, シンジュ, スズカケノキ, センダン, ムクノキ	アカマツ, イタリアイトスキ, サワラ, スギ, ツガ, ヒノキ, ヒマラヤスギ, ヒムロスギ, モミ, アカガシ, アラカシ, クスノキ, シラカシ, スダジイ, ツブラジイ	カラマツ, イタリアボブラ, アメリカフウ, カツラ, ケヤキ, トウカエデ, ボブラ類
亜高木層 (B ₂)	〔ヒメユズリハ ヤブツバキ ヤブニッケイ〕 モクマオウ カナリーヤシ トウジユロ ビロウ	ギョリュウ 〔オオシマザクラ〕	イチイ, イヌガキ, イヌマキ, イスノキ, イマツゲ, カクレミノ, サンゴジュ, シロタモ, タイミンタチバナ, タラヨウ, トウネズミモチ, ハマビワ, ヒメユズリハ, フサアカシア, モチノキ, モッコク, モリシマアカシア, ヤブツバキ, ヤブニッケイ, ヤマモモ	アカメガシワ, アキニレ, アベマキ, イチヂク, エンジュ, オオシマザクラ, オオバヤシヤブシ, カキノキ, カシワ, クリ, サトザクラ, シダレヤナギ, ニセアカシア, ハゼノキ, ハリギリ, ヤマザクラ, ヤマグワ	オガタマノキ キンモクセイ, ギンモクセイ, ヒイラギ, ヒイラギモクセイ	イロハモミジ, ウメコブシ, ソメイヨシノ, ハンノキ, ミズキ, モクレン
低木層 (S)	ハイネズ, ハイビヤクシン, アキグミ, ウバメガシ, オリーブノキ, キョウチクトウ, シャリンバイ, テリハナイバラ, トベラ, ナワシログミ, ニンドウ, ハマヒサカキ, (ヒサカキ) マサキ, マルバシャリンバイ, マルバグミ, アオノリュウゼツラン, アツバキミゴラン, イトラン, ソテツ, ダンチク, トキワススキ, ネザサ, メダチ, ヤダケ	オオバイボタ, クコ, ススキ, ハクチョウゲ, ハチジョウススキ, ハナセンナ, ハマゴウ, ハマナシ, ハマボウ, パンパスグラス, ラセイトソウ, ワセオバナ	キアラボク, ネズミサシ, アオキ, オオイタビ, キツタ, クチナシ, サカキ, シャシャンボ, サネカズラ, マキバブラシノキ, チャ, チンチョウゲ, ツルグミ, ツルマサキ, テイカカズラ, ナンテン, ネズミモチ, ハグサンボク, ヒイラギナンテン, フウトウカズラ, ヒサカキ, ヤツデ	アジサイ, アメリカデイゴ, アケビ, イボタ, イヌコリヤナギ, イヌビワ, オニシダ, ガクアジサイ, ガマズミ, カラスザンショウ, カンコノキ, コマユミ, ゴンズイ, サンショウ, ツルウメモドキ, ヌルデ, ハコネウツギ, フヨウ, マユミ, ヤマフジ	コノテガシワ クルマツツジ サツキ, シャクナゲ, ハナゾノツクバネウツギ, モチツツジ	チョウセンレンギョウ, ドウダンツツジ ニシキギ, レンギョウ
草本層 (K)	イソギク, オシロイバナ, オノマンネンゲサ, キキョウラン, クリーピングレッドフェスク, ケンタッキ-31・フェスク, ジャノヒゲ, シロタエギク, タイトゴメ, ツルナ, ツワブキ, ニチニチソウ, ノジギク, ハマナデシコ, ヒゲスゲ ベレニアルライグラス, マツバギク, マツバボタン, マルバマンネンゲサ, リュウキュウヤブラン	オニシバ, アメリカンピーチグラス, ウイーピングラブグラス, ギョウギシバ, クサスギカズラ, コウライシバ, スカシユリ, <i>liftona</i> , タチテンモウトウ, ノシバ, ハマエンドウ, ハマオモト, ハマニンニク, ハマヒルガオ, パミューダグラス, マツバボタン	コクチナシ, サツキ, ハイキンボウゲ, ベントグラス類, ホワイトクローバー マンリョウ ヤブヘビイチゴ ヤブコウジ	カキドウシ ツボクサ デイコンドラ	カンアオイ シュンラン	ハナツメクサ フタバサイシン

注: (1) ()印はBelt I ~ II の中間型であり, 植栽時の安全性をみて, Belt II に含めるものとする。

(2) Belt III の種類は甚だ多く, ここには一部を示すにとどめる。

(注: 本間は潮風の強さをA級; 著しく強い, B級; やや強い, C級; 弱い の3段階に区分している)

2) 塩水害

植物の耐塩性に関する調査例をいくつか紹介する。

表-1.6 樹木の耐塩水性⁵⁾

大 (被害ほとんどなし)	中 (落葉しても発芽回復)	小 (枯死することが多い)
クロマツ, イブキ, ラクウショウ, マダケ, ウバメガシ, タブノキ, トベラ, ヤマモモ, サイカチ, ネムノキ, ヤブツバキ, クコ, マサキ, オオバイボク, ハマゴウ, ハイネズ, イチョウ, ケヤキ, コナラ, オニグルミ, コバノトネリコ, イヌツゲ, アズマネザサ, ナワシロイチゴ, ハナйкаダ, カラタチ, スイカズラ, ヤマブドウ	アオキ, マルバグミ, アカマツ, ヒマラヤシーダー, ヤマグワ, ネコヤナギ, イヌコリヤナギ, ギンドロ, カワヤナギ, イタチハギ	クスノキ, アカマツ, ソメイヨシノ, スズカケノキ, ヤマツツジ, ポプラ, ヒノキ, サワラ, スギ, ヒヨクシバ, イチイ, アキグミ, ニワトコ

(原注: 中野, 高橋, 堀江, 四手井の各調査文献より)

① 南海地震 (1946年) 時の津波被害調査

ウバメガシ, アオキ, ママモモ, トベラは海水に浸っても害が無かったが, クスノキ科は枯死した。

② 台風13号 (1953年) 時の冠塩水調査

ミカン, キンカン, カラタチなどのサンショウ科や, ハマスゲ, ハマユウ, ケカモノハシ, ハマナデシコ, ハマエンドウ, ハマヒルガオ, ハマボウは抵抗力が強かった。

③ 伊勢湾台風 (1959年) 時の調査

トベラ, マルバグミ, マサキ, ハマヒサカキ, シャリンバイ, ツバキ, ウバメガシ, ハマユズリハ, ヤブニツケイ, ヤマモモ, モチノキが塩害に強かった。

このほか原によると, 耐塩性の強い植物は表-1.7 に示されるように, NaCl 及び Cl₂ の含有量が多い傾向が認められる。

表-1.7 砂地植物の NaCl 及び Cl₂ の含有量 (乾物中)⁵⁾

植 物 名	全 水 分 (%)	NaCl (%)	Cl ₂ (%)
ハマボウフウ	89.94	8.018	4.869
ハマヒルガオ	83.84	4.447	2.700
コウボウムギ	70.87	3.256	1.977
ハマエンドウ	64.67	2.550	1.548
ハ マ ゴ ウ	68.53	2.139	1.299
ニセアカシヤ	60.41	1.863	1.131
ネ ム ノ キ	67.13	1.852	1.125
ク ロ マ ツ	66.15	1.087	0.660

(原注: 原勝による)

1.1.2 風

海浜地の環境のうち植物に影響の大きいものとしては潮風による塩害が第一にあげられるのが常であるが、風そのものの影響も大きい。風によって植物の成長が低下したり、障害が起こる原因としては相反する2つの見方がある。

- ① 強い風に吹かれると植物体からの蒸散が大きくなり、水分不足になって衰弱する。
- ② 蒸散の大部分は植物体を冷やすために使われるので、強い風が吹くと植物体は冷やされ蒸散の必要が無くなり気孔が閉じ、それによって炭酸同化作用が低下し、成長量の低下や衰弱という現象が起こる。

植物の種類や環境条件等各種の条件によって、①の現象が起きたり、②の現象が起きたりすると言われている。いずれにしても、ある程度以上の強い風が長時間吹き続けることによって、植物の成長は抑制される。また高木を移植して、太い根が十分伸びないうちに強風に襲われた時などには、細根が切れて吸収力が低下する現象も見られる。

一般に、海浜地は内陸に比べて風が強く、風の種類としては次の3つに分類される。

- ① 季節風
- ② 海陸風
- ③ 気圧の傾斜によって起こる風

1) 季節風

季節風には夏季のものと冬季のものがあり、日本海側では冬季の季節風が強く、砂丘の形成や海岸植生に多大な影響を及ぼしている。この季節風は11月頃から3月頃までに発達し、風向は一般に北西である。図-1.1は10m/s以上の強風の吹く日数を示したものであるが、日本海側や関東地方の太平洋沿岸地帯では、3カ月間で28日以上強風日があり、これは2日ないし3日に1日は強風の日があるということで、海岸の植物がいかに過酷な条件下に置かれているかが分かる。

2) 海陸風

海陸風は海面と陸地との温度差によって生ずるもので、一般に日中には海から陸に向かう風が吹き、夜間は陸から海に向けて吹く、海陸風の強さは天候、緯度、地形、植生などによって変わり、近接した地域でも異なることが多い。わが国では7～8月に小笠原気団に覆われた時と、春夏の移動性高気圧に覆われた時に良く発達する。

海陸風は冬季の季節風や台風のように強い風ではないので、植物に対する影響は軽微であると思われていたが、各地の海岸の現地の状態から、冬季の季節風の影響の少ない太平洋沿岸では、むしろこの風が植栽樹木の生育を障害している主要因ではないかと考えられ始めている。

3) 気圧の傾斜によって起こる風

気圧の傾斜によって吹く通常の風も、障害物の無い海上では陸上より強い風となって海岸に吹き付ける。そのため、海陸風と相まって海岸では年間のかかなりの期間ある程度以上の強い風が吹いており、このことが移植されて抵抗力の弱い状態にある樹木にとっては、大きな生育障害をもたらす

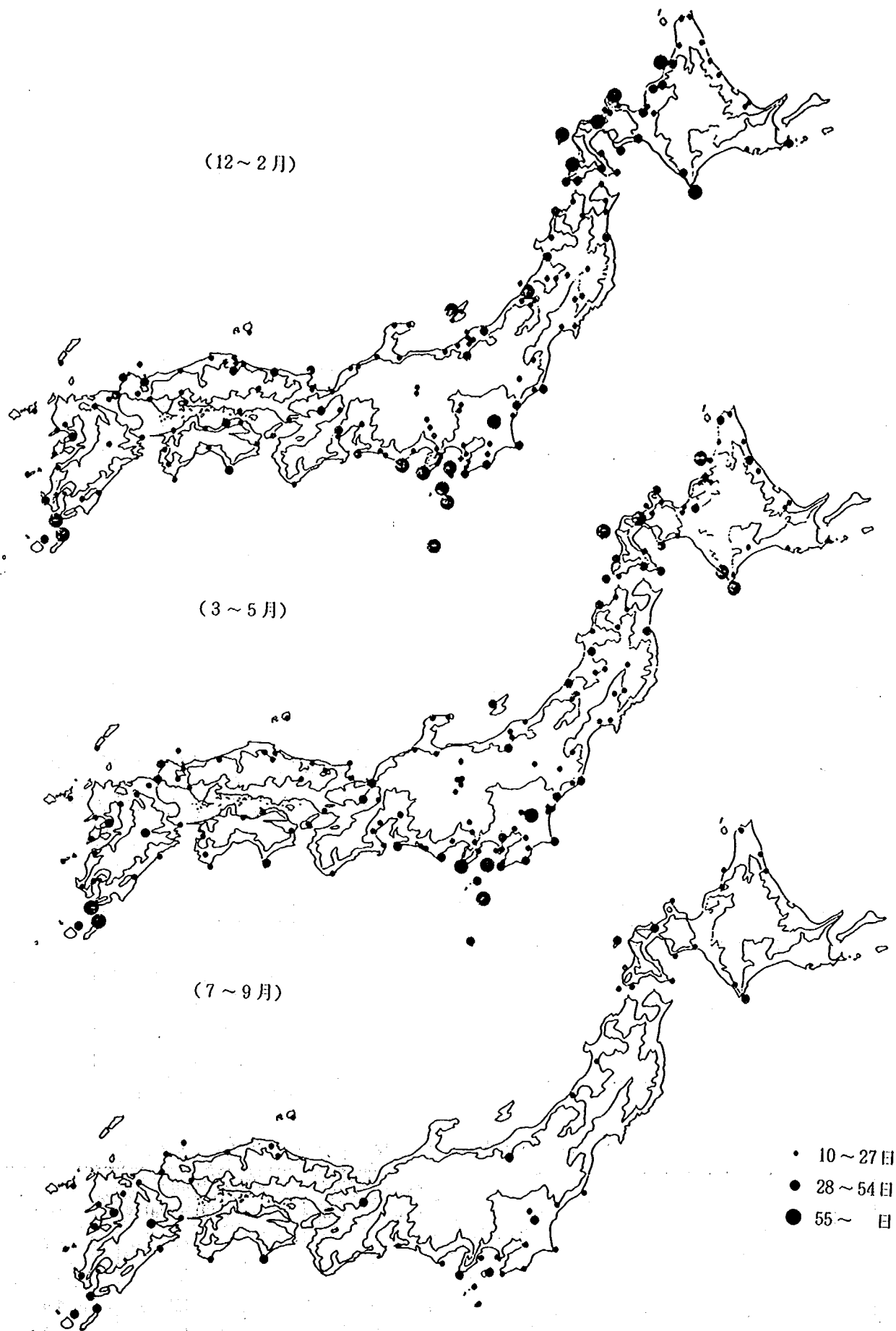


図-1.1 強風(10m/s以上)の吹く日数¹⁰⁾
(原注:河村武による)

原因となっているのである。

1.1.3 砂質土壌

砂浜の砂は、大部分が川によって山から河口付近に運ばれたものが沿岸流に乗って浜辺に打ち上げられ、さらに強い風によって陸地内部に吹き寄せられたものである。したがって風が強いほど大きな砂浜ができることになり、大きな砂浜があるということは、砂の供給源である大きな川が近くにあるということと、風が強い場所であるということを示している。

砂浜の自然植生は、図-1.2のように海岸線に沿って帯状に形成される。

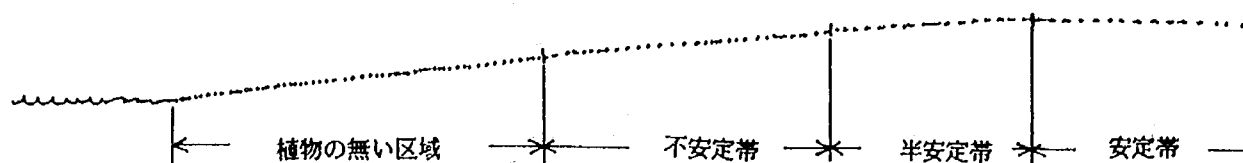


図-1.2 砂浜の植生帯

不安定帯というのは、砂が絶えず移動しているために植生が安定しない所で、ここでは砂に埋もれてもすぐに芽を伸ばして砂の上に頭を出すような植物だけが生育している。砂の移動がほとんど収まった区域を安定帯といい、木本類の生育は（ハマゴウのような特殊なものを除き）ここから初めて可能になる。もっとも安定帯といっても長期間のうちには砂の堆積がある。クロマツが海岸林に適している理由の1つは下部が砂に埋没しても生存できるからである。

上記の不安定帯～半安定帯の幅は変動するものであり、自然条件下でも変動し、人為的に幅を狭めることも可能である。砂防造林というのは、自然のままでは広大な幅を持つ不安定帯を人為的な手法によって縮小し、安定帯を広げるということである。

表-1.8 砂粒の大きさと風力との関係⁵⁾

砂粒の大きさ (mm)	砂表面の傾斜角度	風速 (m/s)	運 動
0.25 ~ 0.1	0°	6	少しく動き始める。
0.25 ~ 0.1	0°	7.5	非常に強く動く。
0.5 ~ 1.0	0°	10	動き始める。
1.0 ~ 2.0	0°	11	動かない。

(原注: Sokolow による)

表-1.9 砂粒の大きさ、傾斜角度及び風力の関係⁵⁾

傾斜角度 \ 砂の直径 (mm)	砂粒が動き始めたときの風速 (m/s)				
	~ 0.25	0.25 ~ 0.5	0.5 ~ 1.0	1.0 ~ 2.0	2.0 ~
0°	2.9	3.2	3.3	3.6	3.7
6°	2.7	2.8	3.2	3.5	3.7
12°	3.3	3.6	3.7	4.2	4.4
18°	3.9	4.1	4.2	4.4	4.7

(原注: 原勝による)

海浜の砂は母岩が何であるかによって組成が異なるはずであるが、長期間波と風に揉まれている間に軟質の成分は細粉になって吹き飛ばされ、固い石英粒が大部分を占めるようになる。わが国の海浜における砂地では砂の成分中、石英が70～90%を占める所が多い。石英はほとんど純粋なケイ酸であり、他のミネラル類の含有率が低いうえ難溶性であるから、砂地には養分が乏しいということになる。石英の他には長石、輝石、磁鉄鉱（砂鉄）等が含まれている。

表－ 1.10 砂地の肥料成分比較表¹¹⁾

調査地 肥料成分	砂 地				マ ツ 林 内 表 土		
	1	2	3	4	1	2	3
窒 素	0.023	0.011	0.012	0.012	0.078	0.025	0.040
リ ン 酸	0.096	0.098	0.089	0.089	0.121	0.094	0.125
カ リ	0.011	0.011	0.019	0.019	0.016	0.029	0.015

(原注：河田による)

砂の粒径は波の荒さなどによっても違うが、1.0 mmから0.25 mmが大部分を占める。砂は風により内陸へ吹き飛ばされるから内陸に行くほど粒径は小さくなる。砂粒の大きさと保水力、保肥力とは関係が深い。砂浜がやせていることの理由は上記のように石英が多いことの他に、保水力、保肥力が乏しく養分が溶脱され易いということもその一因である。また砂中の細砂（0.2 mm～0.02 mm）の含有量が多くなることが植物の生育に重要な意味を持つとされ、北ドイツのやや乾燥した砂地では細砂の量と植生との関係は次のようになっているという例が報告されている。

- ① 細砂 5 %未満の区域 …… ほとんど植生無し
- ② 細砂 10 %内外の区域 …… 不良なマツの林地
- ③ 細砂 20 %内外の区域 …… 中クラスのマツ、下木にブナがある
- ④ 細砂 30 %内外の区域 …… マツとブナが同程度に生育している
- ⑤ 細砂 40 %内外の区域 …… 第 1 級のマツ林、ブナとカシワも良好

また、腐植質を加えると細砂の含有量を高めることができるとされている。これは、温度変化や風力によって砂粒が破碎されてできる細砂を、腐植質が保持する作用があるためと考えられる。これは、有機物の施用は、砂地の土壤改良に効果があるという理由の 1 つである。

砂地は水分量は少ないが、下層は常時湿っている。これは毛細管現象や蒸発によって下方の水分が上がってくるためである。しかし表層は風によって移動し、一時的ではあるが乾いた砂が厚く堆積することがある。また夏季には表層 10 cm 位は非常に乾燥する。このことによって下方に根を伸ばした樹木に与える影響は少ないが、稚苗の場合は水を吸収できなくなり枯死することがある。

砂地の表面は太陽光線によって熱くなり易く、また夜は急速に冷えるので温度の日較差が大きい。日中の砂の温度は 60℃にも達することがあり、夜は冷却によって表面に露を結ぶこともある。しかしこの急激な温度の変化は地表より 10 cm 程度の範囲までで、緩やかな変化も 50 cm の深さに達するに過

ぎず、その下層では年間を通じ非常に緩慢な変化があるだけである。海浜地の防風植栽に良く用いられるクロマツの苗木の植栽では、温度の急変や過熱を防ぐために、マルチングや肥料木の植栽による日陰が有効とされている。

砂の酸度については、海岸線に近い新しい砂は中性～弱酸性を示し、内陸の古い砂は酸性が強くなる。クロマツ林内ではさらに強い酸性を示す。成木のクロマツの生育には目立った影響は無いが、稚苗の芽生えを妨げることがあり、クロマツ林内にその実生苗が発生しない場合がある。

1.1.4 植物の生育環境

前述のごとく、主な環境因子の中でも海水（塩害）、風、砂質土壌の3つの要因は植物の健全な生育にとって極めて影響が大きい。それらは単独で影響を及ぼすのではなく、いくつかの要因が関連して起こるものである。その主な現象を整理すると図-1.3のようになる。

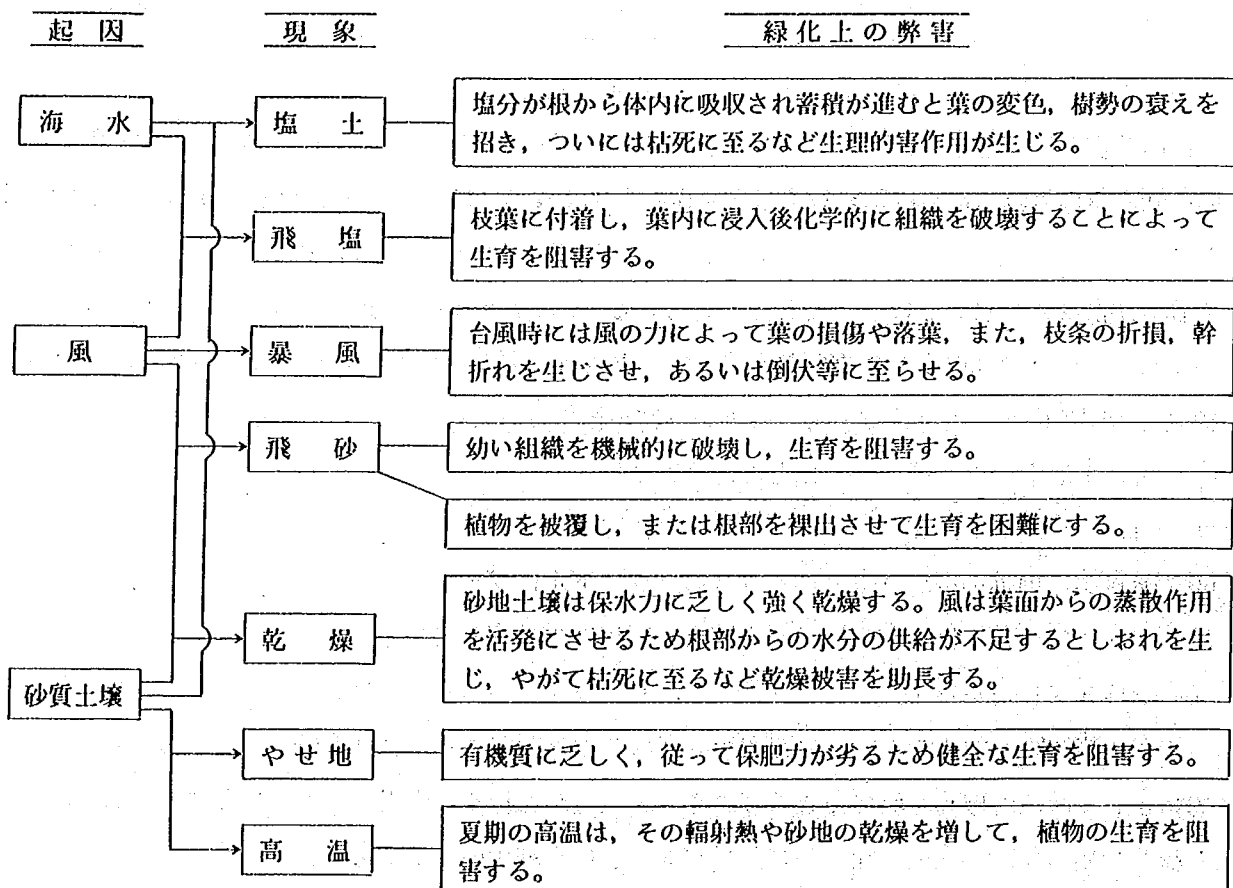
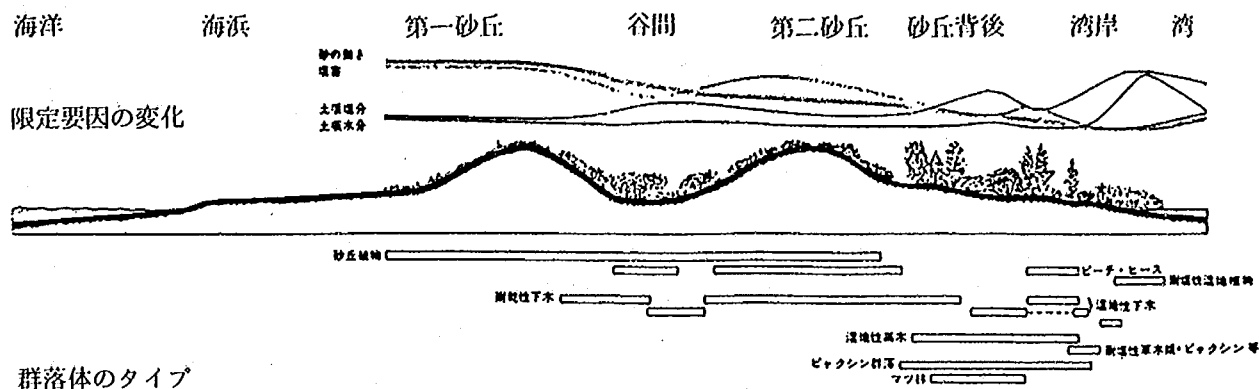


図-1.3 主な環境現象と植物への影響

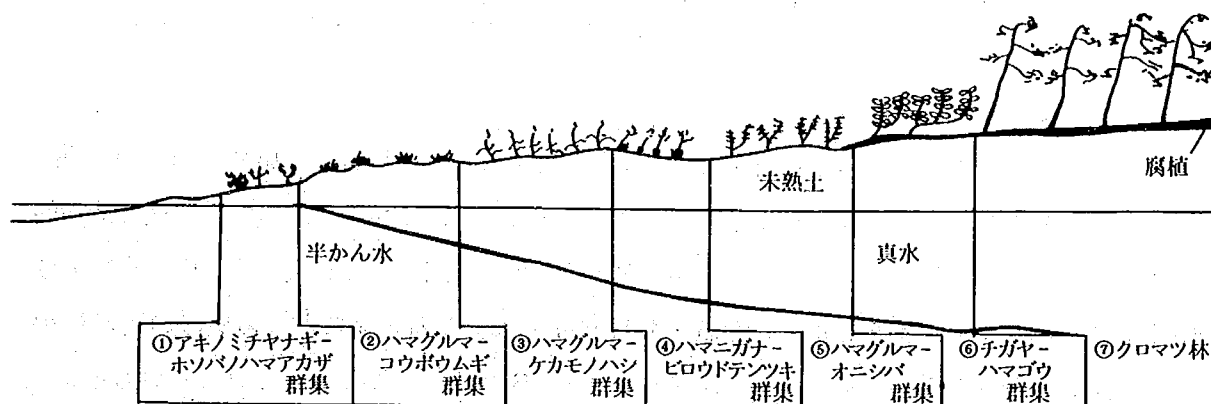
1.2 海浜地の出現植物

1.2.1 植物の出現傾向

海浜地は内陸の平地に比べ、紫外線が強く、潮風の影響を受け、しかも砂質土壤であるために、植物の生育環境としては厳しいものがある。このため海浜地に生育する植物はこのような環境に対して、汀線から内陸に向かって適応程度の高いものから順に規則的な配列を見せる。



図－1.4 砂嘴における環境要因の変化と植物出現の傾向構成図¹²⁾



図－1.5 砂丘植物の植生配分²⁾

一般に潮風の影響は汀線から内陸に向かって減少し、土壌的にも変化するため、植物の出現傾向は潮風よりも土壌条件に左右されることが多くなる。具体的にはそれぞれの条件に応じて変化するが、一般的に図－1.6のような傾向が見られる。

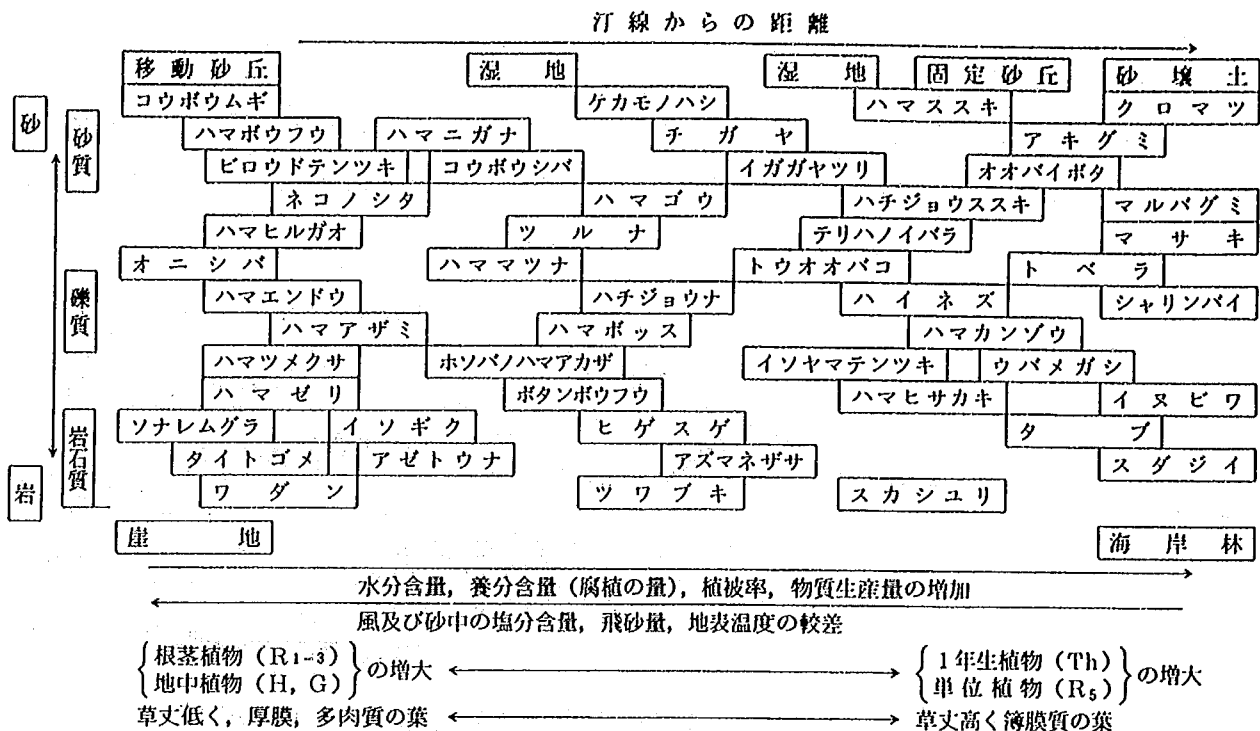


図- 1.6 立地 (生育環境) の相違による標徴物の分布 (模式図)¹³⁾

(原注: 村上司郎; はまべの植物 (1964) による)

1.2.2 植物材料と耐潮性

本間によって示された海浜地における潮風の強さに対して生育可能な植物についての Belt I, II, III といった海浜地における出現傾向を整理したもの (表- 1.5) と, 新田による暖温帯地域で造園的に利用される植物について海浜地での生育適性を把握するために, 耐潮性の程度を大, 中, 小に分けて整理されたものをマトリックスしたものを表- 1.11 に示した。これによると, おおむね耐潮性の大小と出現傾向は一致するが, 中には耐潮性は大であるが, Belt III にしか出現しないものがあるなど, 必ずしも一致している訳ではない。

表 - 1.11 植物材料の耐潮性

耐潮性		大	中	小
海浜出現度	常緑樹	クロマツ、イブキ、カイヅカイブキ、トベラ、モクマオウ、ヒロウ、マサキ、シャリンバイ、ナワシログミ、マルバギミ、ハマヒサカキ、ウバメガシ、アツバキミガヨラン、アオノリュウゼツラン、ソテツ、メダケ、ネザサ、ダンチク、ニンドウ、マキバブラシノキ、ネズ、オキナワハイネズ、オオイタビ、ワシントンヤシ		
	落葉樹	ギョリュウ、オオバイボク、クコ、ハマゴウ、ハナセンナ、ハマナシ、アキグミ、ラセイトソウ、ギンドロ、ハマボウ		
BELT I	常緑樹	イヌガヤ、ヤブニッケイ、ヒメユズリハ、ツルグミ、キョウチクトウ、オリーブノキ、アオキ、サネカズラ、カクレミノ、ヤブツバキ、シャシヤンボ、ネズミモチ	イチイ、イヌツゲ、キャラボク、デンチャウゲ、ヤツデ、キズタ、クチナシ、ホルトノキ、テイカカズラ	
	落葉樹	オオシマザクラ、エノキ、ニセアカシア、ガクアジサイ、アカメガシワ、クサギ、ヤマグワ、イヌコリヤナギ、イヌビワ、アメリカデイゴ、カシワ	ムクノキ、オオバヤシヤブシ、エンジュ、アジサイ、イボタノキ	
BELT II	常緑樹	タブノキ、スダジイ、ツブラジイ、イヌマキ、サンゴジュ、ヤマモモ、モチノキ、イスノキ、ハマビワ、タイミンタチバナ、モリシマアカシア、フサアカシア、カクレミノ、ハクサンボク	アカマツ、クスノキ、シロダモ、アラカシ、モッコク、タラヨウ、サカキ、オガタマノキ、ツゲ、マンリョウ、クロガネモチ、アベリア	ヒマラヤスギ、ユーカリ
	落葉樹	ゴンズイ、ツルウメモドキ、ハコネウツギ、ウツギ、アキニレ	シンジュ、クスギ、センダン、スズカケノキ、アオギリ、サンショウ、アケビ、コナラ、ミズキ、ナンキンハゼ	マユミ、イチョウ
内陸	常緑樹		ツガ、アカガシ、ギンモクセイ、ヒイラギ、ヒイラギモクセイ、コノテガシワ、シラカシ、クルマツツジ、シャクナゲ、クリシマツツジ、サツキツツジ	ヒノキ、サワラ、スギ、モミ、キンモクセイ、ヒラドツツジ
	落葉樹		ボブラ類、モミジバフウ、フウ、ニシキギ、レンギョウ、ケヤキ、チョウセンレンギョウ、トウカエデ、カエデ類	カツラ、モクレン、コブシ、ソメイヨシノ、サクラ
不明	常緑樹	アスナロ、コメツガ、シュロ、タイサンボク、ドラセナ、ハイビャクシン、マテバシイ、ユズリハ、ユッカ	アセビ、オカメザサ、カナメモチ、カヤ、クサツゲ、クマザサ、ゲッケイジュ、ゴヨウマツ、シキミ、サザンカ、ダイオウショウ、ドイツトウヒ、トウヒ、ナギ、ハクチョウゲ、ヒイラギナンテン、ムベ	コウヨウザン、チャノキ、ニオイヒバ、ピラカンサ
	落葉樹	イチジク、カシワ、ザクロ、シラカバ、シルバラ、ナンテン、ネムノキ	イヌエンジュ、ウメ、ウメモドキ、エゴノキ、エニシダ、カラタチ、コデマリ、カキノキ、サトザクラ、サルズベリ、サワグルミ、シナノキ、シモツケ、ツタ、トチノキ、ボケ、トネリコ、ネコヤナギ、ハゼノキ、ホウノキ、ハナズオウ、ボダイジュ、ムクゲ、ヤマザクラ、ヤマブキ、ユキヤナギ、ユリノキ、ライラック、ラクウショウ	カラマツ、キササゲ、クリ、ドウダンツツジ、ハギ、ハナミズキ、フジ

(文献3及び13より作成)

1.3 海浜地の緑化手法

1.3.1 防風林

1) 幅の設定

飛砂防止のためには、砂の跳躍運動を阻止することが原則であり、防風林の造成により地表面での風速を飛砂の限界風速（約4.5～5.5 m/s）以下に減少させ、運動する砂粒が他の粒子をはじき上げる機会を減ずることにより砂を固定する。このために必要な防風林の林帯幅は100 m以上とされている。

防風効果については、密な刈り込みで遮へい率が60%以上あれば1列でも十分効果が発揮できると言われているが、実際の林帯でこの条件を満たすためにはある幅が必要である。飯塚の行った調査によると、防風効果を高める林帯幅を樹木の胸高直径の和で表すと、クロマツで3,500 cm、広葉樹で2,000 cmという値が得られており、これはクロマツの林帯幅に換算すると約180～200 mとなる。

防潮効果は、海風によってもたらされる塩分を林帯の枝葉が補足して風下の塩分率を減少させることや、風下の風速が低下することによって塩分濃度を減少させ、その結果内陸の塩害を回避させることである。このような塩分補足能力は一般に針葉のマツ類が最も適していると言われ、その効果はある幅までは林帯幅が大きくなるほど増加するが、それ以上はその割合が減少すると言われ、林帯幅は100～150 m程度必要と考えられている。

海浜地に造成される防風林は、環境条件の厳しさゆえに最前線の幅50 m程度の林分は正常の生育をし難いが、この林分の犠牲と保護によって内陸側に続く林分が成立していく。また日本海側と太平洋側との気象環境の差等を考慮すると、防風林の一般的基準として、日本海側で200～250 m前後、太平洋側で150～200 m前後の幅が妥当と考えられる。

2) 樹種構成

クロマツは海岸における好適種であるが、単純同齢林として育成すると諸害に対して抵抗性が無く、大きな被害に至る危険性が高いため、通常造林に際しては他種との混植を行っている。

茨城県等で行われている防風林の混植の構成例を表－1.12に示す。

表－1.12 防風林の樹種構成例

県 名	混 植 樹 種	混 植 比 (クロマツ：混植樹)
茨 城 県	アキグミ、ネムノキ、イタチハギ、マメ科植物	〈最前部〉 1 : 1 〈後方部〉 1 : 0.3
神奈川県	トベラ、マサキ	3 : 1 : 1 (クロマツ：トベラ：マサキ)
鳥 取 県	ニセアカシア、アキグミ、イタチハギ、 オオバヤシャブシ	4 : 1

また肥料分の乏しい砂地ではクロマツの成長が不十分となり易いため、肥料木との混植は肥培効果が高く、クロマツの成長に良好な影響を与える。肥料木としては表－1.13のようなものが知られている。

表－1.13 肥料木・草本⁵⁾

区 分	科 名	種 名
肥 料 木	マ メ 科	アカシア類（モリシマ、デクレンス、メラノキシロン、フサアカシア、ハナアカシアなど） ニセアカシア類（ニセアカシア、青島・英国ニセアカシアなど）、 ハギ類、エンジュ、ネムノキ、イタチハギ、メドハギ、フジ、エニシダ、 コマツナギ、サイカチ
	カバノキ科	ハンノキ、ヤマハンノキ、ケヤマハンノキ、オオバヤシャブシ、ヤシャブシ、ヒメヤシャブシ
	グ ミ 科	アキグミ、ナツグミ、ナワシログミ
	ヤマモモ科	ヤマモモ
	モクマオウ科	モクマオウ類
新肥料木	—	クサギ、ニワトコ、ヌルデ、アカメガシワ、ウツギ類、クコ類
草 本	マ メ 科	ツルマメ、カラスノエンドウ、スズメノエンドウ、クサフジ、ツルフジ バカマ、ハマエンドウ、ミヤコザサ、クララ、クサネム

3) 規格、密度

潮風の強い海岸部では、規格の大きいものより小さい苗木の方が適応力が大きい。クロマツの場合は、2年生苗（樹高約50cm）を用いるのが一般的である。

海岸部での植栽は密植、寄せ植えが原則で、これらは潮風の吹き込みを防御し、樹木同士を相互に保護する役目を果たす。海岸最前部の樹林では、海側を特に密に樹えることが効果的である。潮風の影響する範囲では樹冠が相互に接する程度の密植とし、中低木を植えて枝下が空かないようにすることが望ましい。

茨城県等で行われている防風林の植栽密度の例を表－1.14に示す。

表－1.14 防風林の植栽密度

県 名	植 栽 密 度
茨 城 県	〈最前部〉クロマツ（2年生苗） 1.3本/㎡
	肥料木（アキグミ、ネムノキ、イタチハギ、等） 1.3本/㎡
	〈後方部〉クロマツ（2年生苗） 1.0本/㎡
	肥料木（マメ科植物） 0.3本/㎡
神奈川県	クロマツ（3年生苗） 0.6本/㎡
	トベラ、マサキ 各0.2本/㎡
鳥 取 県	クロマツ 1.0本/㎡
	肥料木（ニセアカシア、イタチハギ、アキグミ、 オオバヤシャブシ） 不 明

4) 土壤改良

土壤改良の方法については、客土（盛土）、土壤改良材の投入、施肥などが行われているが、効果は客土による方法が顕著に良好であるとされている。客土と土壤改良材との効果を比較した調査例としては、次のようなものがある。

(1) 東京湾埋立て地の例

緑化樹の生育は、赤土盛土（厚さ 30 cm）が最も良く、次いで土壤改良材のタカチゲン 1 号の混合、ピートモス混合、ハンモ混合の順であった。

(2) 東京湾大井埠頭の例

樹木の活着率、成長率は、パーク堆肥の混入や施肥によるものよりもクロボク全面客土または植穴客土の方が大きかった。

1.3.2 人工砂丘

海岸の砂防造林を行う際に始めに着手するのは飛砂を止め、砂浜を安定させることであり、砂浜が安定しなければ樹林は砂に埋もれて生存できない。そのため海岸線から適当な距離の所に人工的な砂丘を造り、海の方から飛んで来る砂の多くをここで押さえ、これを越えて内陸側へ行かないようにする。砂浜が広大で 1 列の砂丘では飛砂を防ぎきれない場合には何列も砂丘を造ることになる。

人工砂丘の形状については次のように考える。

① 設置方向

原則として主風に対して直角とする。しかし一般には汀線に平行とするため、主風に対しある角度を持つこととなる。

② 位置

波浪による侵食の危険性の無い位置（汀線から約 50 m）とする。しかし汀線から 100 m 以上後退すると、汀線から砂丘までの間が全面風食される恐れがある。

③ 風上面の傾斜角度

実験によれば、同じ強さの風の場合、傾斜が急になるほど（ 15° 以上）砂は飛びにくくなるが、丘頂部は侵食され易くなる。逆に、緩やか（ 5° 以下）であると風上面全体が深く侵食されるため、砂丘高の維持、飛砂量の抑制には $7^{\circ} \sim 12^{\circ}$ が適当とされている。

④ 風下面の傾斜角度

将来、植物が生育するのに可能な範囲でなるべく急にするのが適当とされる。

⑤ 高さや丘頂幅

人工砂丘の高さと防風効果との関係については明らかではないが、風上面の傾斜角度を考慮し、力学的に安定でなければならない。鳥取県の基準では、高さ 9 ~ 10 m、丘頂幅 7 ~ 8 m となっている。

⑥ その他

丘頂部は凹凸があると風食を受け易いため水平とする。

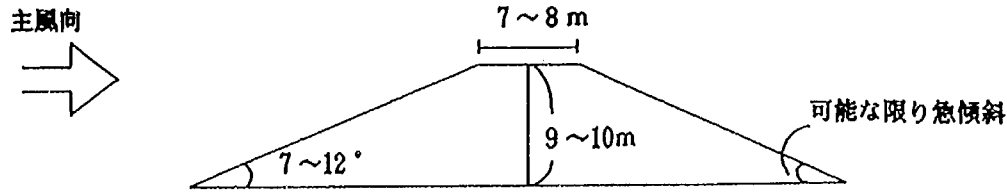


図- 1.7 人工砂丘の形状

1.3.3 静砂垣

人工砂丘によって飛砂の大部分が抑さえられ、風が弱められたとしても、砂丘を越えてきた風は再び勢いを増してその背後に吹き付ける。そのため人工砂丘の背後地に高さ1m前後の垣根を格子状に設置して風を防ぐ。これを静砂垣と言う。つまり垣の中の砂を静める機能を持っている。静砂垣は割竹やよしずで作られる。格子の辺の長さは8~10m（風力によって変える）程度である。

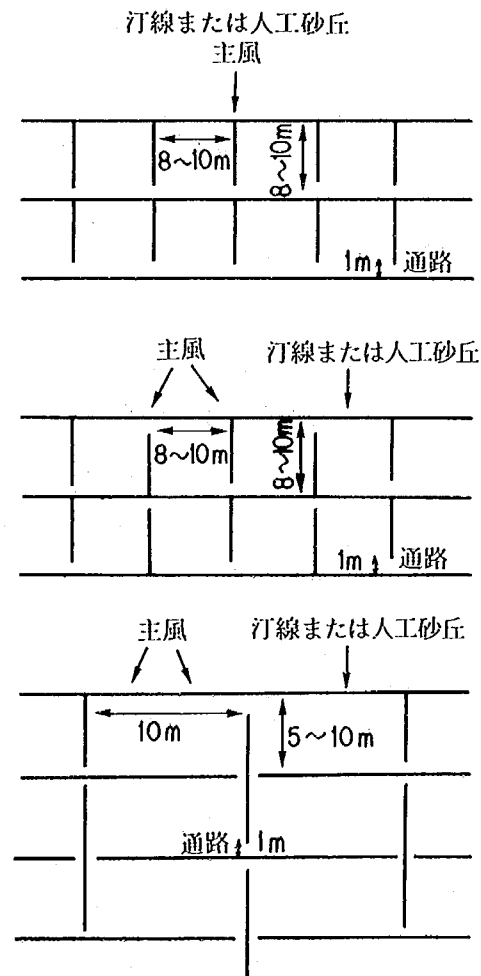


図- 1.8 静砂垣の配置

2. 海の中道海浜公園における気象環境圧と樹木活力度との関係

2.1 調査概要

2.1.1 調査目的

海の中道海浜公園は、海浜地特有の自然環境や景観を活かした公園整備が期待されているが、海岸砂丘地に立地するために潮風や飛砂による影響を受け易く、また夏季の干ばつ、冬季の寒風による影響も加わり、さらに地下水位の上昇による過湿の影響も危惧されるなど、植栽木の生育にとっては厳しい環境条件下にある。したがって植栽の施工並びに管理を適切に進めていくためには、これらの植栽木の生育に関与する環境要因の程度によって各種の植栽木がどのような反応現象を示すのかを的確に把握し、緑化目標との関連において、合理的な対策を選択するように努めることが重要である。

本調査は、海の中道海浜公園を対象として、植栽木の生育に影響を及ぼすと想定される潮風等の環境要因の程度を把握したうえで、各種植栽木の生育状態が冬季季節風を主とする恒常風の強弱（環境圧）で説明できるかについて解析を行い、計画的な植栽・管理を進めていくための基礎的な判断材料と成り得るかどうかについて検討することを目的としたものである。

一般に海浜地における植栽木の生育の可能性については、潮風の風当たりの強さを既存植生の配列などを目安として想定しておいたうえで、各種樹木について評価されている耐潮性の程度に留意して判断するという方法が広く用いられているが、既存植生の乏しい場合や、風当たりに関与する地形・植生等の地物を計画的に改変したい場合などには、その方法だけを用いて潮風や飛砂等による影響の強さを想定するには難点がある。また樹木の耐潮性の判断についても相対的な耐性の違いだけでなく、目標とする各種の植栽機能との関連において整理する方が有効である。

そこで本調査では、海浜地において問題とされる環境要因の中でも、特に植栽木の配置や配植を決めるために重要視すべき海側からの風に関連する要因の程度を定量的に把握したうえで、植栽木についての活力状態との関連を分析することに主眼点を置いた。

2.1.2 調査項目

本調査では、次のような作業を実施した。

1) 気象観測

- ① 風観測
- ② 風送塩観測
- ③ 飛砂観測

2) 気象環境圧図の作成

- ① 年間風環境特性の分析（現地気象観測データの代表性分析）
- ② 風環境圧特性の分析（風環境圧分布図作成）
- ③ 風送塩環境圧特性の分析（風送塩環境圧分布図作成）
- ④ 飛砂環境圧特性の分析（飛砂環境圧分布図作成）

3) 樹木活力度分布図の作成

- ① 樹木活力度分析対象樹木の抽出
- ② 分析対象樹木の活力度分布図の作成

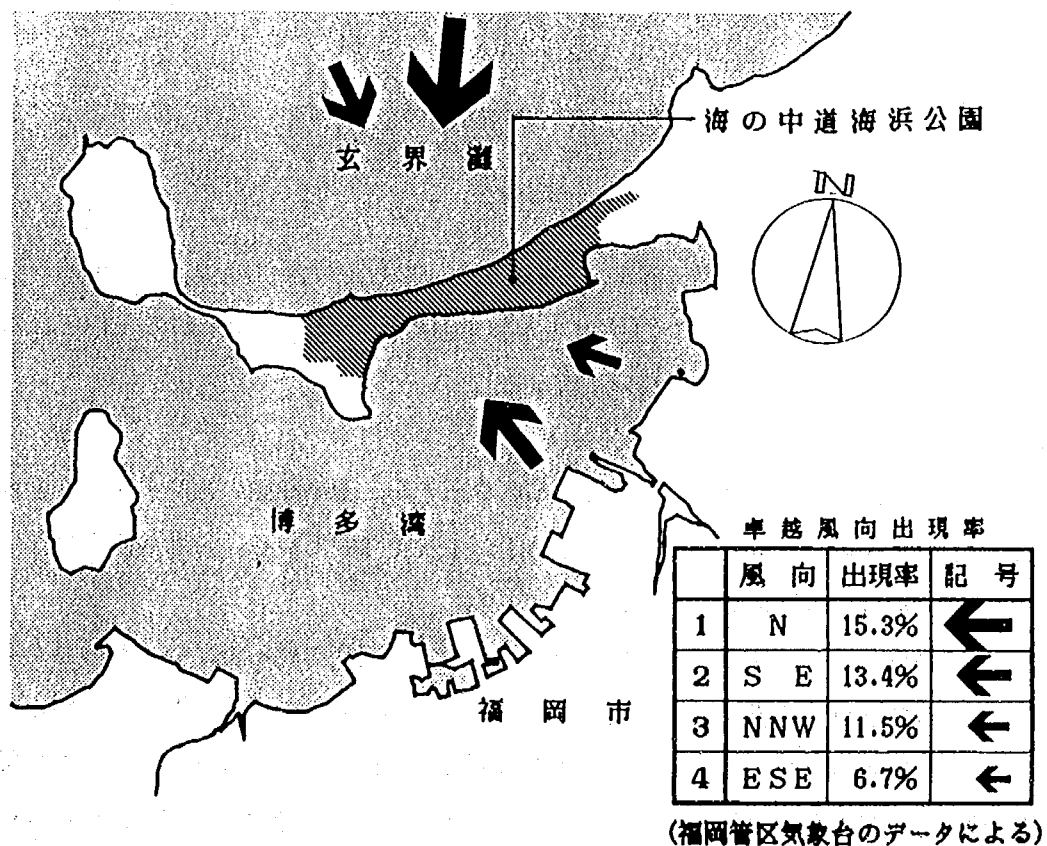
4) 気象環境圧と樹木活力度との関係の分析

- ① 風環境圧と樹木活力度との相関分析
- ② 風送塩環境圧と樹木活力度との相関分析
- ③ 飛砂環境圧と樹木活力度との相関分析
- ④ 気象環境圧と樹木活力度との関係に関する考察
- ⑤ 分析結果に係わる問題点の検討

2.2 海の中道海浜公園の自然条件

2.2.1 位置

海の中道海浜公園の位置及び卓越風向を図－2.1に示す。



図－2.1 海の中道海浜公園の位置及び卓越風向

2.2.2 気象

対象地域を取り巻く気象条件の中から、ここでは植物の生育に特に影響を及ぼすものを取り上げる。

表- 2.1 福岡の気象条件 (気象庁)

気象内容 (要素)		月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年間
気温 (°C)	平 均		5.7	6.4	9.3	14.2	18.4	22.0	26.7	27.3	23.4	17.8	12.7	8.1	16.0
	最 高		9.4	10.4	13.9	18.9	23.1	26.0	30.6	31.6	27.7	22.8	17.6	12.2	20.3
	最 低		2.3	2.6	4.9	9.8	14.0	18.4	23.5	23.9	19.7	13.3	8.2	4.2	12.1
温 か さ の 指 数			0.7	1.4	4.3	9.2	13.4	17.0	21.7	22.3	18.4	12.8	7.7	3.1	132
水 条 件	降 水 量 (mm)		80.2	74.3	94.2	145.3	143.5	272.6	272.8	177.1	186.0	100.1	78.5	65.0	1689.6
	蒸 発 散 位 (mm)		3.7	7.3	27.6	62.8	100.9	128.0	166.9	164.7	119.0	77.9	38.1	16.6	913.5
	平均相対湿度%		67	68	67	71	72	77	77	76	77	72	71	68	72
風	最 多 風 向		W	NNW	N	N	N	N	SE	N	N	N	SE	SE	
	平均風速 m/s		3.7	3.4	3.5	3.3	3.0	2.7	2.9	2.9	2.9	2.7	2.9	3.2	3.1
	日 最 大 ≥ 10.0		2.5	2.0	2.2	2.5	1.0	0.5	0.5	0.8	1.5	1.2	2.3	2.0	19.0
	風速 m/s ≥ 15.0										0.3	0.3			0.7
日 照	日 照 時 間 h		103.9	118.4	174.0	175.3	196.4	163.5	189.1	221.1	171.8	188.9	153.1	117.6	1973.1
	日 照 率 %		33	38	47	45	46	38	43	54	46	54	49	38	45
	雪 日 数		8.3	6.0	1.6	0.1	—	—	—	—	—	—	0.6	3.6	19.7

注) 調査年: 1956年 ~ 1980年

1) 気温

年間平均気温は 16.0°C、温量指数 (暖かさの指数) が 132.0 と暖温帯の中では標準的な暖かさを示す。また最寒月の平均気温も 5.7°C (1月) となっており、公園の植物景観の主体となる暖温帯性の植物にとっては温度的な障害は少ないと言える。

2) 降水量

年間降水量は 1,689 mm で、夏に多く冬少ない傾向を示すが、太平洋側の宮崎と比べると夏の降雨は少なく、また日本海側の鳥取と比べると冬の降雨が少なくなっている。月別の降水量は比較的格差が小さく、日本海側の地域に類似している。

降水量と蒸発散位 (最大可能蒸発散量) との関係を示す水収支で見ると、いずれの月も降水量が蒸発散位を上回っており、乾燥し易い海浜地や多湿を好む植物にとっては望ましい雨といえる。しかし実際には月により、また年によって降水量は大きく異なる。特に夏季の降雨は集中豪雨や台風によってもたらされることが多いため、梅雨期に雨が極めて少なく、その後に台風の襲来が無い年は干ばつの恐れが十分あることに注意が必要である。

3) 風 (風力・風向)

年平均風速は 3.1 m/s で、冬季 (1~3月) の平均 3.5 m/s から夏季 (6~8月) の平均 2.8 m/s まで大きな差は無いが、総体的には冬季の方が強い。

風向は北方優勢が8ヶ月、南西ないし西優勢が4ヶ月となっているが、特に5 m/s以上の月別風向で見ると、北ないし北西に偏っており、強風ほどその傾向を増している。

この風は玄海灘からの塩を運び、海岸に面する植物に潮風害をもたらす。また強風は飛砂を発生させ、海岸線にいくつもの移動する砂丘を形成する。その過程において、既存のマツ林が砂によって損傷を受けたり、ひどい場合には埋没させられたりする。

4) 台風

対象地は南九州などに比べると台風襲来頻度は少ないが、全国的に見ればやはり多い方で、年間1回程度は被害にみまわれる。もっとも年によって差があり、多い年は数回、少ない年は1回も襲来しないこともある。襲来時期である6～11月の中で、被害を与えたものは9月に最も多く、次いで8月、7月、10月、6月の順となっている。

表－2.2 福岡県に被害を与えた台風の月別回数（過去60年間の合計）

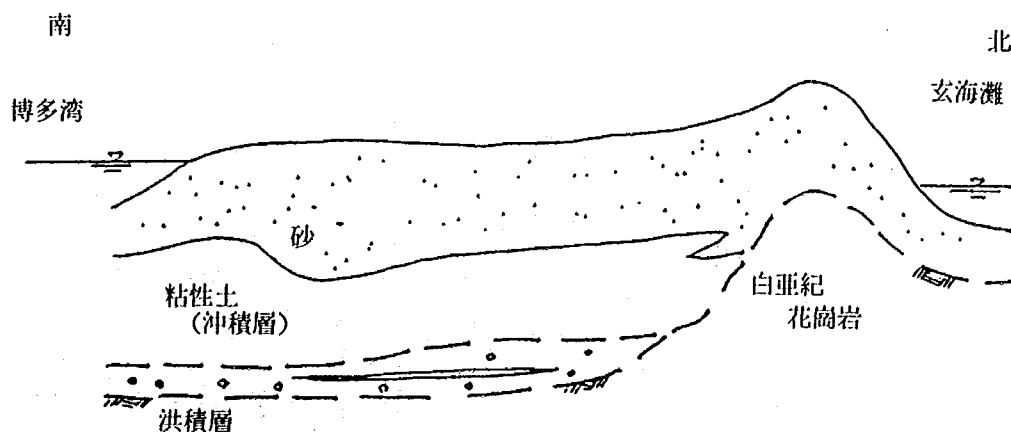
	6月	7月	8月	9月	10月	11月
台風来襲回数	4	10	16	18	6	1
台風発生回数	29	114	172	155	103	41

2.2.3 地形、地質、土壌

対象地域は沿岸流によって運ばれてきた砂礫が海に細長く突き出た砂嘴で、志賀島まで長さ約10km、幅0.5～2.5 km、中央部に逆三角形の形状を有する特徴のある地形である。

このため粒子が揃った砂が全域に堆積しており、半島北辺の玄海灘沿いは海風の作用で標高10m程度の砂丘が続いている。一方この砂丘の南側は、南側に向かって標高1～2mの平坦地が形成されている。

地質構成は図－2.2のように沖積層の砂、粘性土であり、特に表層部を構成する砂の厚さは博多湾側で8～10m、玄海灘側で9～12mとなっている。



図－2.2 模式地質断面図（南北方向）

この砂は粒子は粗いが、下層では密に締まっている。このため地下水位が地表から2～3mと高く、したがって砂質土壤にもかかわらず、水分環境においては他の海岸地域の砂質土壤よりは恵まれている。しかし一旦豪雨があると雨水は流れる場所を失ない、滞水を生じ易いといった問題もある。ちなみに昭和54年の豪雨によって対象地のクロマツ群落はおよそ1ヶ月もの間、水につかたと報告されている。

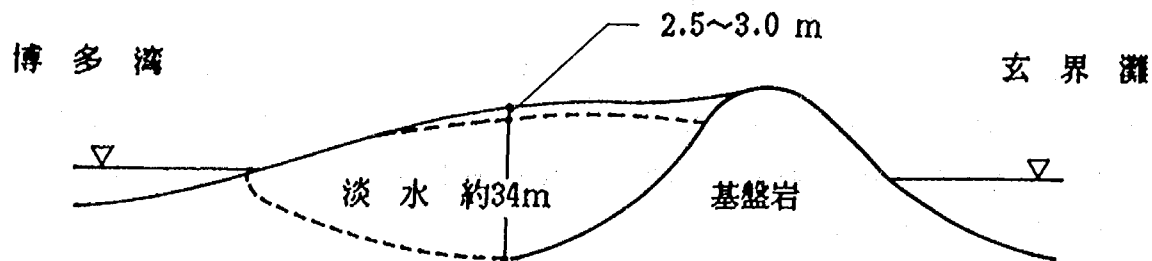


図-2.3 海の中道地区における淡水の分布模式図

2.3 調査内容

2.3.1 気象観測

樹木への影響の程度が大きいと考えられる、冬季及び春季における風及び関連する環境要素の観測を実施した。各種項目の観測地点を図-2.4に示した。また、観測項目と工程は、表-2.3及び2.4に示した通りである。

観測期間

冬季：昭和61年2月4日～9日、春季：昭和61年5月22日～27日



図-2.4 観測地点位置図

表-2.3 観測項目及び工程 (冬季)

観測項目		地点	2/4	2/5	2/6				2/7				2/8				2/9											
			20	24	4	8	12	16	20	24	4	8	12	16	20	24	4	8	12	16	20	24	4	8	12	16		
自記観測 (定点)	風速 風向風速	7 10	—————																									
移動観測	風向風速 気温	7					●		●					●		●												
		8					●		●					●		●										●	●	
		9					●		●					●		●										●	●	
		10					●		●					●		●										●	●	
		6					●		●					●		●										●	●	
		12					●		●					●		●										●	●	
		11					●		●					●		●										●	●	
		2					●		●					●		●										●	●	
		3					●		●					●		●										●	●	
		5					●		●					●		●										●	●	
1											●													●	●			
4												●												●	●			
			—————																									
			—————																									
風送塩分量		7										II														II		
		8										II														II		
		9										II														II		
		10										II														II		
		6										II														II		
飛砂量		7										II														II		

表-2.4 観測項目及び工程(春季)

[illegible]

1) 風観測

風は、後述する塩分や砂といった環境圧要素にも深く関与する基本的かつ重要な環境圧要素である。

(1) 観測方法

実施した風観測は以下の通りである。

- ① 海浜の砂丘上定点での風速 (No. 7 : 第 1 定点)
- ② 公園中央部定点での風向, 風速 (No. 10 : 第 2 定点)
- ③ 移動による風向, 風速及び気温 (No. 1 ~ 12)

上記の風向, 風速の測定高は表-2.5 に, 使用した機器は表-2.6 に示した通りである。なお移動観測では冬季は高度 1.7 m における風速を測定したが, 春季は高さによる風速の違いを調べるため 2 つの高度 (1.7 m, 4 m) について測定を行った。また風向は吹き流しと磁石により (スリーブ法) 測定した。

表-2.5 観測地点の測定高

観測項目	要素	地点	測定高 (m)
定点観測	風速	No. 7	5.1
	風向, 風速	No. 10	5.4
移動観測	風速	No. 1 ~ 12	1.7, 4.0
	風向	No. 1 ~ 12	1.7
	気温	No. 1 ~ 12	1.7

表-2.6 測定機器

観測項目	地点	名称	型式
定点観測	No. 7	Tr式微風速計	RION AM-03
		記録計	RION LR-04
	No. 10	風向風速計	小笠原 PR-550
		風向風速記録計	ヨコガワ
移動観測	No. 1 ~ 12	Tr式微風速計	RION AM-03

(2) 観測結果

風向, 風速, 気温の移動観測の結果及び定点観測点における同時刻の風向, 風速 (5月23日分のみ) を表-2.7 に示す。また観測期間中の平均値を表-2.8 に示す。

表-2.7 観測値(5月23日)

月日	地点	時刻	移動観測点														第1定点 (No.7)	第2定点 (No.10)	
			気温 (°C)	風向	風速〔高さ4.0m〕(m/s)						風速〔高さ1.7m〕(m/s)						風速 (m/s)	風向	風速 (m/s)
					1分目	2分目	3分目	4分目	5分目	5分間 平均	1分目	2分目	3分目	4分目	5分目	5分間 平均			
523	1	1140	19.0	N	2.8	2.7	2.8	2.7	2.7	2.7	2.5	2.3	2.6	2.5	2.4	2.5	2.2	NNE	0.7
523	2	1132	23.3	N	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.4	2.4	N	1.4
523	3	1151	21.5	NNW	1.7	1.9	2.1	1.9	1.8	1.9	1.6	1.5	1.8	1.5	1.6	1.6	2.4	WNW	2.3
523	4	1206	20.5	NW	3.0	3.4	3.1	2.7	2.5	2.9	3.1	3.5	3.3	2.7	2.4	3.0	2.6	NNW	2.5
523	5	1220	22.2	NW	2.1	2.2	2.4	1.9	2.1	2.1	1.8	1.8	1.7	1.4	1.8	1.7	2.6	NNW	2.4
523	6	1230	21.4	NNW	2.3	2.4	2.9	2.4	2.7	2.5	2.2	2.2	2.8	2.4	2.8	2.5	2.8	N	1.6
523	7	1101	20.5	N	3.0	3.0	3.0	3.1	2.7	3.0	2.7	2.7	2.8	2.8	2.6	2.7	2.0	NNE	0.7
523	8	1127	21.5	NW	0.9	1.2	1.2	1.1	0.8	1.0	1.2	1.3	1.5	1.6	1.1	1.3	2.4	N	1.4
523	9	1154	20.1	NNW	3.2	3.3	2.9	3.0	2.6	3.0	3.1	3.2	3.0	3.0	2.7	2.4	2.8	N	1.8
523	10	1211	20.9	NNW	1.7	2.5	2.3	2.1	2.5	2.2	1.9	2.7	2.2	2.1	2.3	2.2	2.7	NNW	2.0
523	11	1230	22.2	NNW	2.8	2.7	2.1	2.5	2.1	2.4	2.7	2.5	2.2	2.4	2.3	2.4	2.8	N	1.6
523	12	1251	20.7	NNW	3.1	3.0	3.4	3.1	2.3	3.0	3.1	3.0	3.0	3.0	2.5	2.9	3.2	N	2.4
523	1	1507	20.7	NW	5.2	5.2	5.6	5.7	5.3	5.4	4.5	4.4	4.6	5.2	4.4	4.6	4.8	NW	3.0
523	2	1521	24.3	NNW	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.1	2.1	2.0	2.1	1.7	2.0	4.3	NW	4.1
523	3	1540	21.0	WNW	3.3	3.8	3.9	3.0	3.6	3.5	2.7	3.1	2.4	1.9	2.5	2.5	4.6	WNW	3.5
523	4	1557	20.0	WNW	6.7	6.0	5.2	7.2	6.9	6.4	5.2	4.7	4.1	5.4	5.4	5.0	5.0	WNW	3.4
523	5	1608	20.5	WNW	3.2	3.6	3.4	3.1	2.9	3.2	2.9	2.6	2.9	2.6	2.6	2.7	3.4	WNW	3.7
523	6	1620	21.0	WNW	3.2	4.1	3.6	3.9	3.3	3.6	2.6	3.1	3.0	3.0	2.9	2.9	4.4	WNW	3.3
523	7	1507	21.7	NW	5.6	6.0	5.6	5.3	5.1	5.5	3.7	4.5	4.3	4.1	4.0	4.1	4.8	NW	3.0
523	8	1520	23.2	W	2.8	2.9	2.1	3.2	3.0	2.8	2.2	2.6	1.9	2.8	2.3	2.4	4.3	NW	4.0
523	9	1539	22.1	NW	3.5	4.1	3.3	3.4	4.5	3.8	3.3	3.4	2.5	3.2	3.6	3.2	4.3	WNW	3.6
523	10	1548	22.1	W	4.3	3.6	5.0	4.7	3.0	4.1	3.2	2.8	3.7	3.5	2.4	3.1	4.8	WNW	3.8
523	11	1605	22.2	W	3.6	3.6	3.9	3.4	5.4	4.0	2.8	2.8	3.1	2.6	3.5	3.0	4.4	WNW	3.7
523	12	1620	21.8	WNW	3.0	3.7	3.4	4.6	3.6	3.7	2.8	3.0	2.8	3.5	3.0	3.0	4.4	WNW	3.3
523	1	1723	19.2	W	5.4	6.2	5.6	3.7	4.5	5.1	4.5	4.9	4.4	3.2	3.9	4.2	3.4	WNW	2.9
523	2	1743	19.9	WNW	0.9	1.4	1.4	1.2	0.7	1.1	1.2	1.3	1.5	1.0	1.0	1.2	2.4	WNW	3.0
523	3	1800	19.3	W	2.5	2.4	3.1	2.3	2.0	2.5	2.2	2.4	2.5	2.3	2.0	2.3	4.4	WNW	2.5
523	4	1814	19.1	WNW	3.2	3.1	2.8	3.4	2.6	3.0	3.0	3.1	2.7	3.2	2.7	2.9	2.8	WNW	2.2
523	5	1825	19.1	WNW	1.7	1.5	1.8	2.6	2.4	2.0	2.0	1.6	1.8	2.3	2.2	2.0	2.4	WNW	1.7
523	6	1837	19.1	WNW	2.8	1.4	1.5	1.5	1.1	1.7	2.8	1.6	1.7	1.5	1.1	1.7	2.8	W	1.7
523	7	1731	19.9	W	3.6	3.4	3.0	2.4	2.8	3.0	3.1	2.8	2.6	2.3	2.4	2.6	3.6	WNW	2.9
523	8	1743	20.8	WSW	1.5	1.6	1.8	2.0	2.3	1.8	1.6	1.8	2.1	2.2	2.2	2.0	2.4	WNW	3.0
523	9	1809	20.3	WNW	1.2	2.6	2.8	2.5	1.6	2.1	1.3	2.2	2.3	2.4	1.7	2.0	5.2	WNW	2.3
523	10	1835	19.7	W	2.0	1.6	1.6	1.3	1.1	1.5	1.8	1.5	1.5	1.4	1.3	1.5	2.1	W	1.9
523	11	1843	19.2	W	1.1	1.5	0.8	1.4	1.0	1.2	1.3	1.4	1.0	1.2	1.2	1.2	1.6	W	0.9
523	12	1902	19.0	-	0.7	0.8	0.5	1.3	1.1	0.9	1.0	1.1	1.1	1.3	1.2	1.1	0.6	SSW	0.6

表- 2.8 (1) 平均風速 (冬季)

項目 地上高 地点	移動点風速 (m/s)	第1定点 (No 7) 風速 (m/s)	第2定点 (No 10) 風速 (m/s)
	1.7 m	5.1 m	5.4 m
1	5.1	6.6	3.3
2	5.8	5.7	3.4
3	1.4	4.7	3.3
4	3.3	5.0	3.0
5	1.9	3.9	2.8
6	2.9	5.8	3.0
7	5.1	5.6	3.3
8	1.5	4.8	3.1
9	2.0	5.2	3.3
10	2.2	5.2	3.1
11	2.3	3.8	3.3
12	3.4	4.1	3.3

表 2.8 (2) 平均風速 (春季)

項目 地上高 地点	移動点風速 (m/s)		第1定点 (No 7) 風速 (m/s)	第2定点 (No 10) 風速 (m/s)
	4.0 m	1.7 m	5.1 m	5.4 m
1	3.7	3.2	3.7	2.1
2	1.2	1.4	3.6	2.2
3	2.2	2.0	3.7	2.2
4	3.6	3.1	3.8	2.2
5	2.3	1.9	3.8	2.2
6	2.8	2.4	3.8	2.0
7	3.4	3.0	3.8	2.2
8	1.2	1.4	3.7	2.2
9	2.6	2.4	3.8	2.2
10	2.2	1.9	3.8	2.2
11	2.4	2.2	3.8	2.0
12	2.5	2.3	3.8	2.0

2) 風送塩観測

風によって輸送される風送塩は、植生に対する重要な環境圧要素の1つである。風観測と同時に風送塩を空中で捕捉し風送塩分量を測定した。

(1) 観測方法

観測は、冬季はNo. 6, 7, 8, 10, 12の5地点で、春季はさらにNo. 1~5を加え10地点(図-2.4参照)で行った。地上高1.0mの位置に捕捉器(図-2.5)を設置し、前出の表-2.3及び2.4に示す日時に観測を実施した。

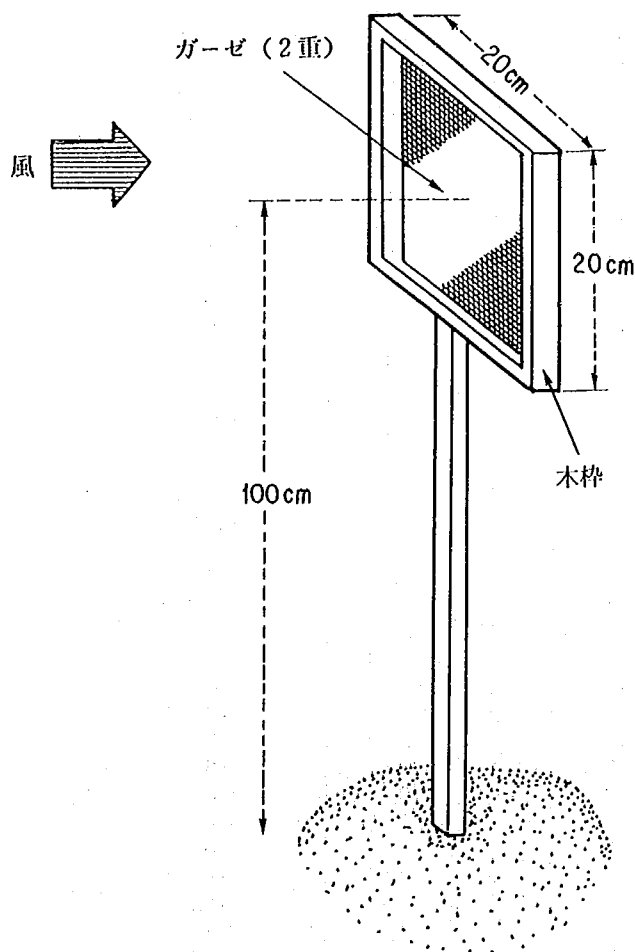


図-2.5 風送塩捕捉器

風送塩の捕捉時間は表-2.3及び2.4に示すように2~5時間とした。捕捉後、ガーゼをポリ袋に入れて保管した。後日ガーゼを蒸留水に入れてよく攪はんし、その溶液の塩素イオン(Cl^-)を比色定量法により塩分量(mg)を測定した。

(2) 観測結果

風送塩分量の測定結果(春季)を表-2.9に示す。風送塩の測定値(塩分量)を捕捉時間とガーゼ面積で除すことにより塩分輸送量($\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{min}$)が求められる。表-2.9には、塩分輸送量算出値も併せて示した。

表-2.9 風送塩分量測定結果(春季)

月日	開始時刻	終了時刻	捕捉時間(分)	地点	塩分量(mg)	塩分輸送量算出値(mg/m ² 分)	第1定点(No.7)の捕捉時間内平均風速(m/s)
523	1650	1915	145	7	0.27	0.0466	3.00
	1655	1939	163	1	0.79	0.121	3.00
	1700	1940	160	2	0.15	0.0234	3.00
	1710	1920	130	8	0.22	0.0423	3.00
	1737	1944	127	10	0.15	0.0295	2.50
	1740	1947	127	3	0.12	0.0236	2.50
	1745	1948	123	4	0.19	0.0386	2.50
	1750	1952	122	5	0.21	0.0430	2.50
	1755	1953	118	6	0.17	0.0360	2.50
	1758	1954	116	12	0.13	0.0280	2.50
524	1500	1810	190	1	12.9	1.70	5.98
	1505	1815	190	2	0.37	0.0487	5.98
	1510	1820	190	7	1.68	0.221	5.98
	1525	1825	180	8	0.65	0.0903	5.98
	1530	1828	178	10	—	—	5.98
	1540	1900	200	3	0.41	0.0513	5.25
	1550	1903	193	4	1.51	0.196	5.25
	1600	1850	170	6	0.45	0.0662	5.25
	1605	1917	132	5	0.72	0.136	5.25
	1610	1855	165	12	0.55	0.0833	5.25
525	1435	1742	187	1	1.01	0.135	4.40
	1440	1746	186	2	0.12	0.0161	4.40
	1445	1815	210	7	1.04	0.124	4.40
	1453	1821	208	8	0.21	0.0252	4.40
	1458	1842	224	10	0.14	0.0156	4.82
	1504	1832	208	6	0.41	0.0493	4.82
	1510	1837	207	12	0.22	0.0266	4.82
	1515	1834	199	5	0.20	0.0251	4.82
	1522	1829	187	4	0.34	0.0455	4.40
	1532	1827	175	3	0.17	0.0243	4.40
526	958	1400	242	1	1.56	0.161	3.88
	1000	1406	246	2	0.13	0.0132	3.88
	1005	1412	247	7	3.40	0.344	3.88
	1008	1415	247	8	0.16	0.0162	3.88
	1010	1417	247	10	0.18	0.0182	3.88
	1017	1423	246	3	0.19	0.0193	3.88
	1020	1427	247	4	0.57	0.0577	3.88
	1022	1430	248	6	0.25	0.0252	3.88
	1025	1435	250	5	0.16	0.0160	4.08
	1030	1440	250	12	0.22	0.0220	4.08
	1500	1807	187	12	0.31	0.0414	4.50
	1504	1800	176	6	0.37	0.0526	4.50
	1506	1757	171	4	0.78	0.114	4.50
	1508	1755	167	3	0.24	0.0359	4.50
527	1510	1803	173	5	0.21	0.0303	4.50
	1520	1750	150	10	0.16	0.0267	4.50
	1525	1730	125	7	3.80	0.760	4.50
	1526	1747	141	8	0.13	0.0230	4.50
	1528	1736	128	1	1.09	0.213	4.50
	1530	1739	129	2	0.096	0.0186	4.50
	1112	1553	281	1	3.20	0.285	2.93
	1114	1604	290	2	0.27	0.0233	2.93
	1119	1620	301	7	4.44	0.369	2.93
	1122	1625	303	8	0.24	0.0198	2.93
	1126	1648	322	10	0.35	0.0272	2.93
	1130	1638	308	3	0.26	0.0211	2.93
	1134	1640	306	5	0.34	0.0278	3.17
	1137	1655	318	4	0.81	0.0637	3.17
	1140	1657	317	6	0.66	0.0521	3.17
	1145	1643	258	12	0.72	0.0698	3.17

3) 飛砂観測

風送塩と同様に、飛砂も植生に対して重要な影響力を持っている。冬季の観測では、飛砂のほとんどが輸送される範囲に当たる砂面上数十cmまでを対象に砂丘上で観測を行った(転動砂、跳躍砂)。さらに春季は砂丘より供給され、空中を浮遊して輸送される飛砂(浮遊砂)がどの程度の量であるのか測定を行った。

(1) 観測方法

飛砂の多くを占める転動砂の移動量は図-2.6に示す捕捉器により、冬季は地点No.7で、春季はNo.1, 7の砂丘上で測定した。跳躍砂については、図-2.7に示す捕捉器を地上5, 20, 40cmに設置し、冬季のみ地点No.7で測定した。また空中を浮遊し長距離輸送される浮遊砂の測定は、

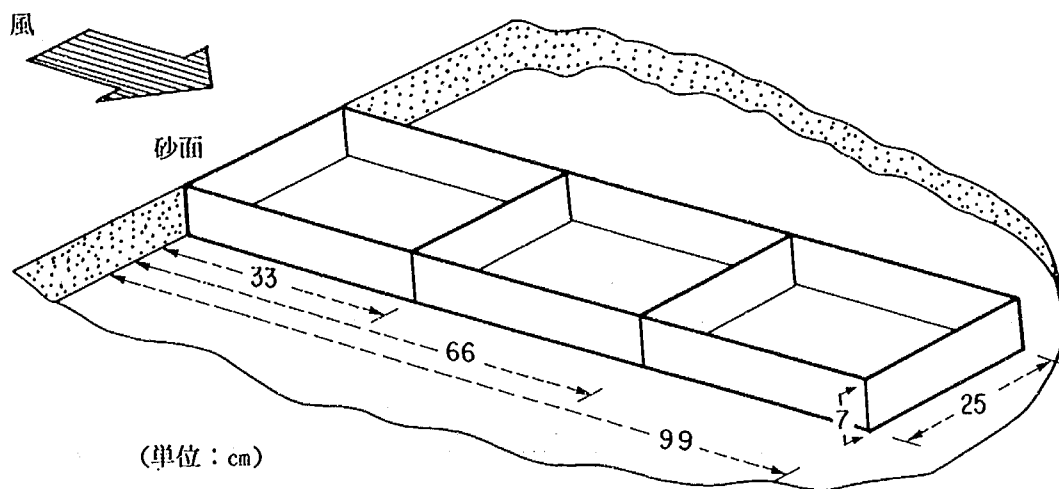


図-2.6 転動砂捕捉器

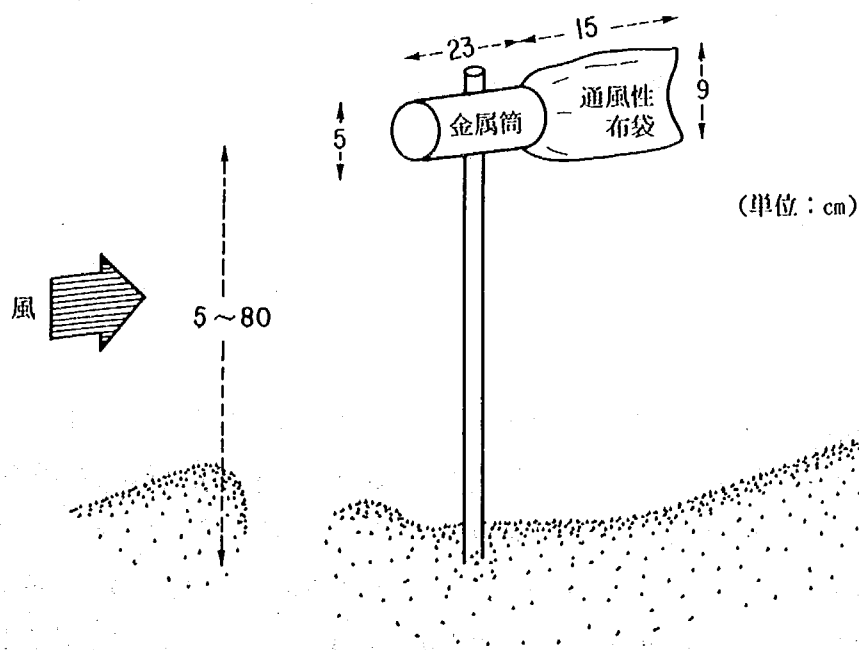


図-2.7 跳躍砂・浮遊砂捕捉器

図-2.7に示す捕捉器を高さ80cmに設置して、春季に地点No 1, 2, 3, 6, 8, 12の7地点で測定した。

(2) 観測結果

転動砂の観測結果（春季）を表-2.10に、また浮遊砂の観測結果（春季）を表-2.11に示す。観測値は非常に小さい値であり、浮遊砂量については測定精度以下であった。

表-2.10 転動砂の観測結果（春季）

月日	開始時刻	終了時刻	捕捉時間(分)	地点	飛砂量(g)	飛砂の輸送量(mg/cm分)	第1定点(No 7)の捕捉時間内平均風速(m/s)
523	1200	1430	150	7	0.0	0.0	3.37
	1430	1905	275	7	0.0	0.0	3.53
524	940	1818	518	7	0.1	7.7×10^{-3}	4.70
	1135	1500	205	1	0.0	0.0	4.50
	1500	1807	187	1	0.1	2.1×10^{-2}	5.98
525	927	1755	498	1	0.0	0.0	3.66
	935	1807	512	7	0.0	0.0	3.79
526	945	1305	200	1	0.0	0.0	3.38
	919	1309	230	7	0.0	0.0	3.16

表-2.11 浮遊砂の観測結果（春季）

開始日時	終了日時	捕捉時間(時間:分)	地点	飛砂量(浮遊砂)(g)
5/24 1145	5/27 1555	76:10	1	0.00
1150	1605	76:15	2	0.00
1020	1640	78:20	3	0.00
1040	1700	78:20	6	0.00
1125	1620	76:55	7	0.00
1215	1625	76:10	8	0.00
1000	1650	78:50	10	0.00

2.3.2 気象環境圧図の作成

1) 年間風環境特性の分析

海の中道海浜公園内第2定点観測点(No 10)より約4.6 km東方の雁の巣では、昭和51年から56年までの間、気象観測が実施されていた。雁の巣の観測地点と第2定点との位置関係を図-2.8に示す。両地点はいずれも海の中道の砂州上に位置し、年間の風特性に大きな差は無いものと判断できるため、雁の巣における昭和51年2月～56年1月の5年間の風観測データと、第2定点における昭和61年2月及び5月の風向、風速観測データとから、海の中道海浜公園における年間風環境特性の分析を行った。

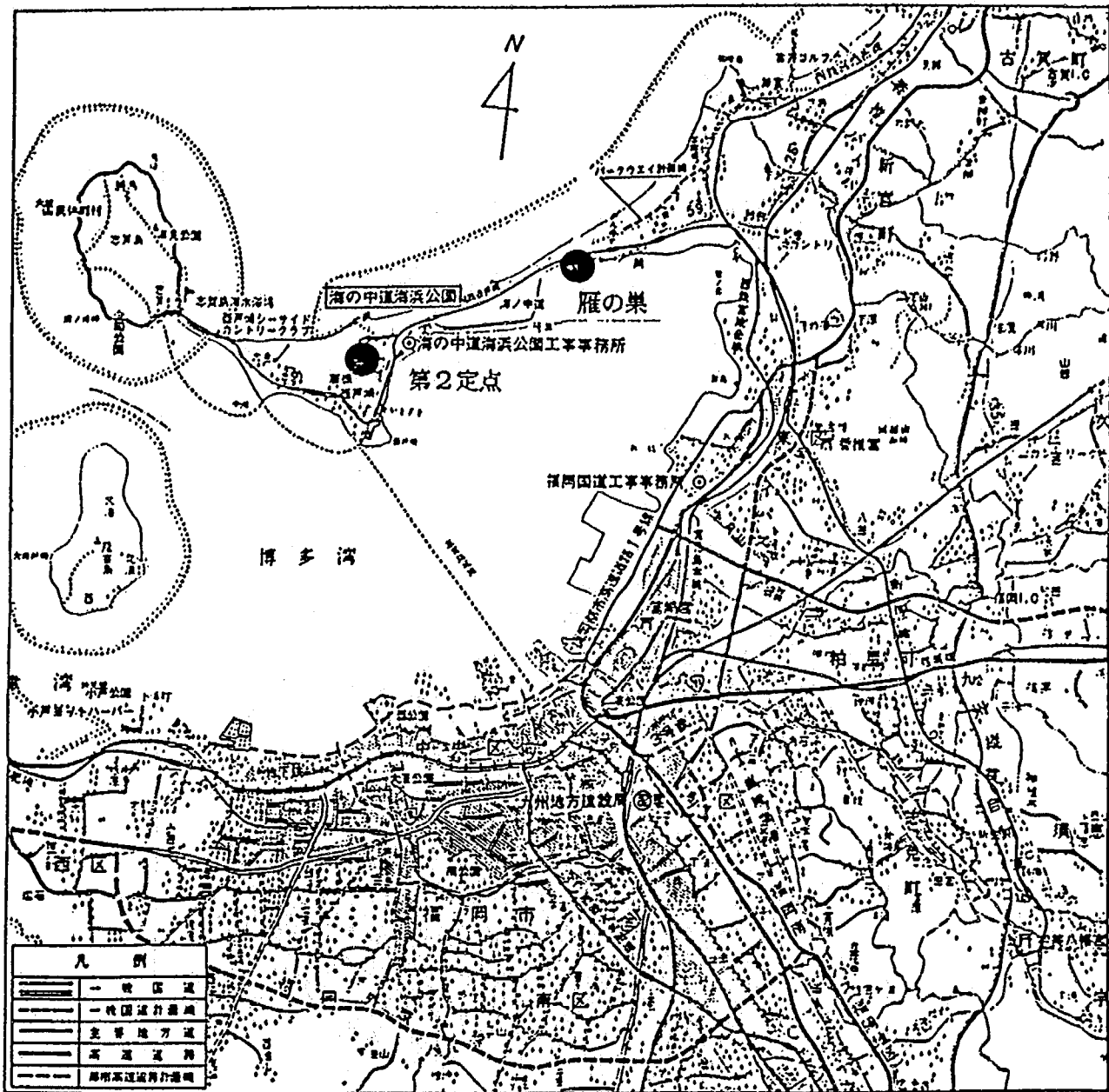
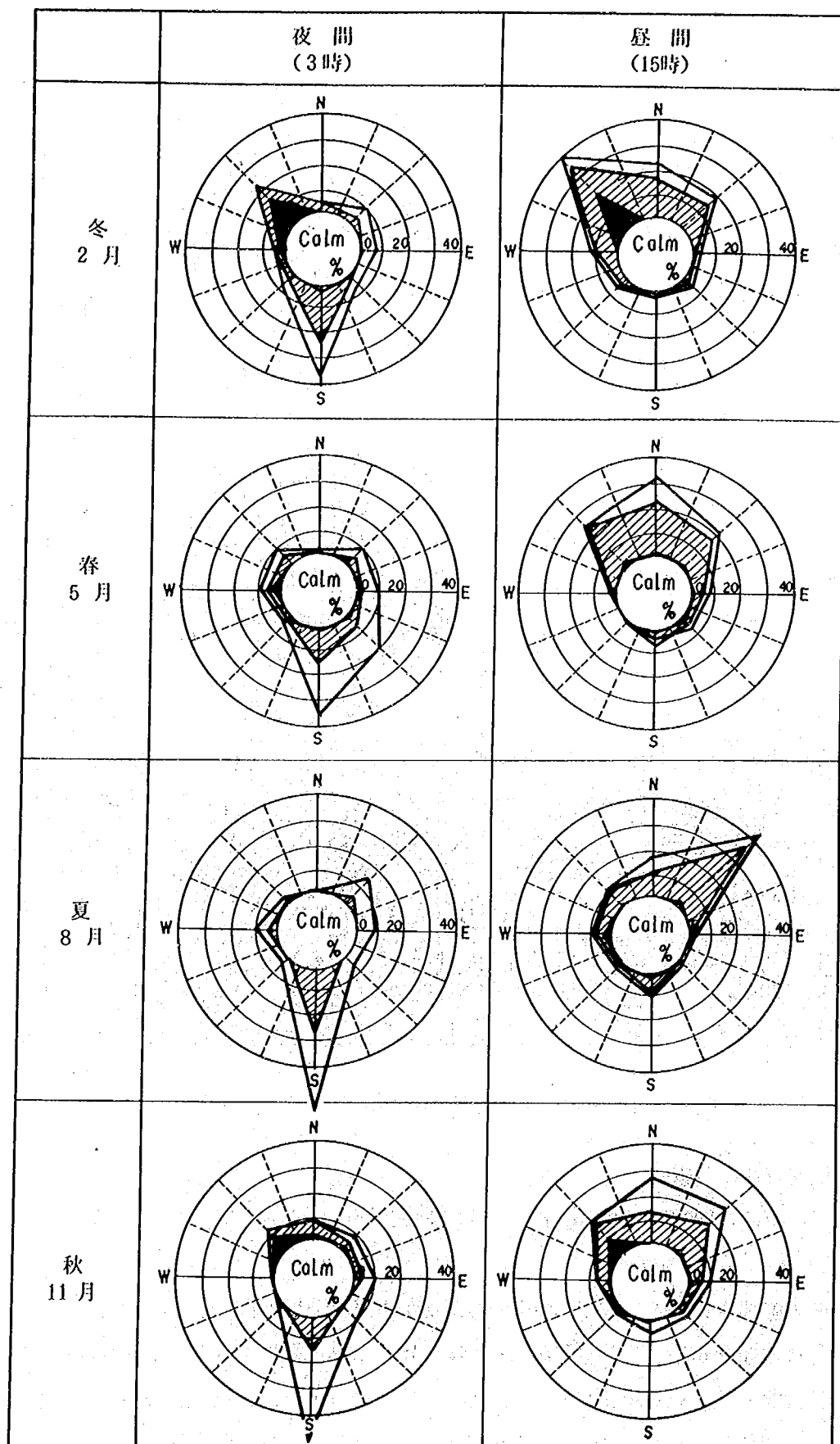


図-2.8 雁の巣の観測地点と第2定点との位置関係

(1) 年間風向特性の分析

雁の巣における四季別（2, 5, 8, 11月）及び夜間、昼間別（3, 15時）の風配図を図-2.9に示す。

夜間の風配図を見ると、いずれの季節も南風が卓越していた。しかし、夜間の南風は 2 m/s 以上の風となる頻度が小さく弱風であった。次に昼間の風配図によると、冬～春は北西風、夏は北東風、秋は北～北東風と変化していた。春から秋にかけては、昼夜で風向が逆転する海陸風の存在が顕著に認められたが、 2 m/s 以上の風速頻度は北寄りの昼間が夜間に比べてはるかに大きかった。したがって年間の風環境圧は、北寄りの昼間の風に注目すべきであることが分かった。



全頻度
 内2m/s以上
 内5m/s以上

図-2.9 雁の巣における風配図(昭和51年2月~56年1月)

公園内の第2定点における現地調査で得た風配図を図-2.10に示す。冬季，春季ともに北西風が卓越しており，雁の巣とはほぼ類似の傾向を有していた。したがって冬，春の2回の現地調査で観測した昼間の北西風は，冬，春，各季節の調査地域の風向特性を代表しているものと判断できた。

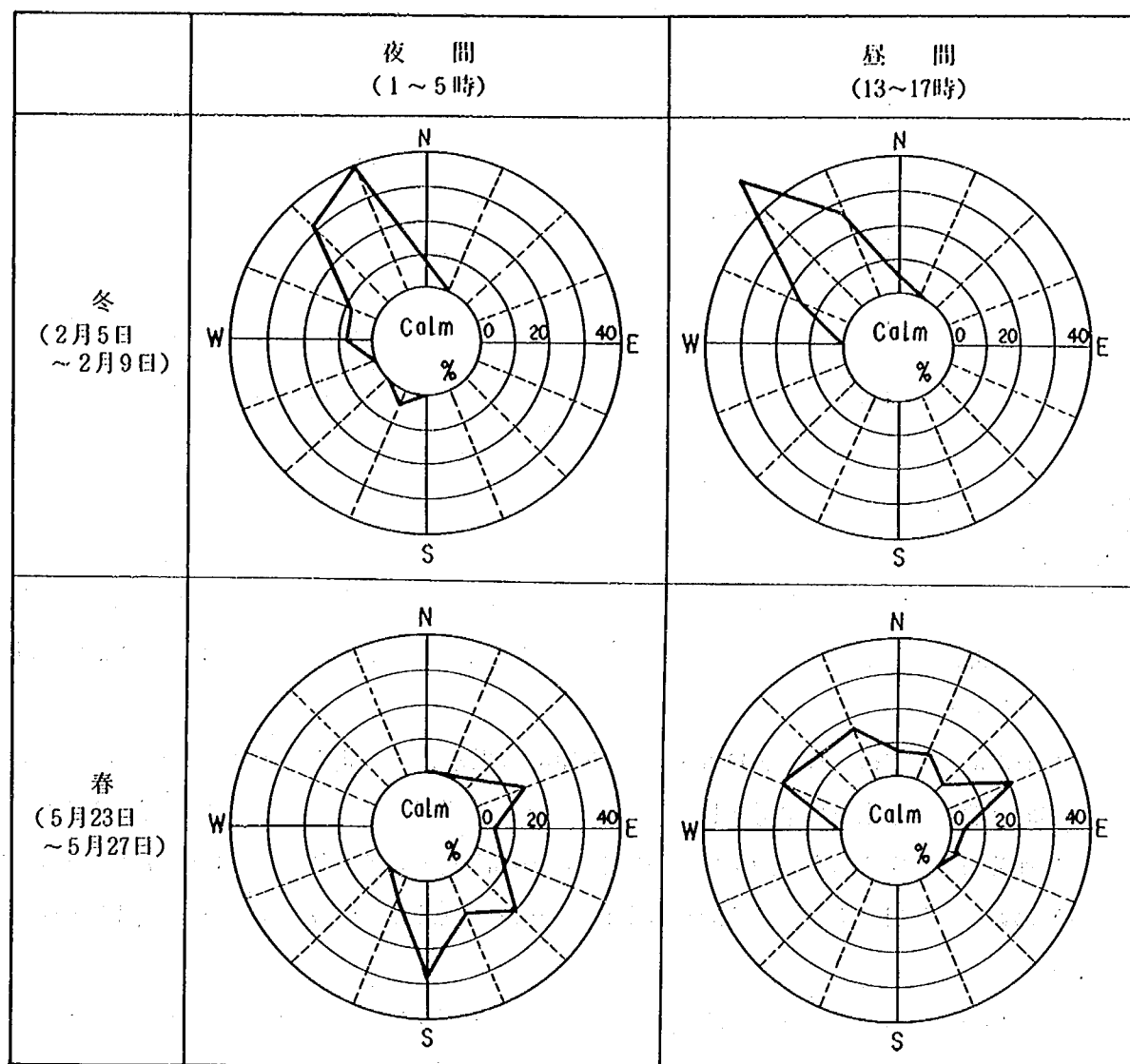


図-2.10 現地調査で得た風配図(第2定点)

(2) 年間風速特性の分析

表-2.12は雁の巣の前出5年間の風速データから，強風の出現日時を上位10位まで抽出したものである。強風出現日の約80%は12~5月の間であった。8月，10月にも出現しているが，台風または発達した低気圧通過時のものである。したがって冬季と春季に強風が出現する頻度が高いことが分かった。

表-2.12 雁の巣における強風出現日時
(昭和51年2月~56年1月)

風速 順位	年	月	日	時刻	風向	風速* (m/s)
1	51	12	8	17:00	NW	13.0
2	53	4	24	15:00	NW	12.8
3	53	4	26	5:00	N	12.5
4	53	5	30	10:00	E	12.2
5	54	8	17	13:00	S	12.0
5	55	12	2	23:00	NW	12.0
7	55	10	25	17:00	W	11.8
8	52	4	18	17:00	W	11.5
9	55	10	26	13:00	NW	11.3
10	53	4	15	3:00	SW	11.2
10	54	2	17	11:00	NW	11.2

*風速：毎正時前10分間平均風速

2) 風環境圧特性の分布

(1) 風環境に関する気象学的分析

前述したように、海の中道海浜公園では冬と春が強風出現頻度の高い季節であり、両季節の卓越風向は北西であった。そこで、本調査では、冬、春の北西風に注目し、公園内の風速分布図の作成を行った。

作成にあたっては、図-2.11に示す一辺50mの正方形からなるメッシュ図を用いた。y軸は主風向（北西~南東）に平行とした。

風速分布を決定する主要因子は、植生や地形が関与する粗度、及び風上側障害物（樹木や凸地等）の遮へい効果である。両要因を考慮し、地点xyの風速〔V〕_{xy}を下式で表現できるものとした。

$$〔V〕_{xy} = C + \sum (a_n \cdot \{A_n\}_{xy}) + \sum (b_n \cdot \{B_n\}_{xy}) \quad \dots\dots\dots (I)$$

C：定数

a_n：粗度要因（A_n）の係数

b_n：遮へい因子（B_n）の係数

なお、遮へい因子B_nは、主風向（同一x値）の風上側にある遮へい物の粗度因子A_nと、遮へい物（位置：xy'）までの距離（y-y'）が関与し、下式で近似した。

$$\{B_n\}_{xy} = \sum \{ \{A_n\}_{xy'} \cdot e^{-(y-y')} \}$$

$$\text{または、} \quad = \sum \{ (\{A_n'\}_{xy} + \{A_n''\}_{xy}) \cdot e^{-(y-y')} \} \quad \dots\dots\dots (II)$$

ただし、y₀は海岸地点のyである。

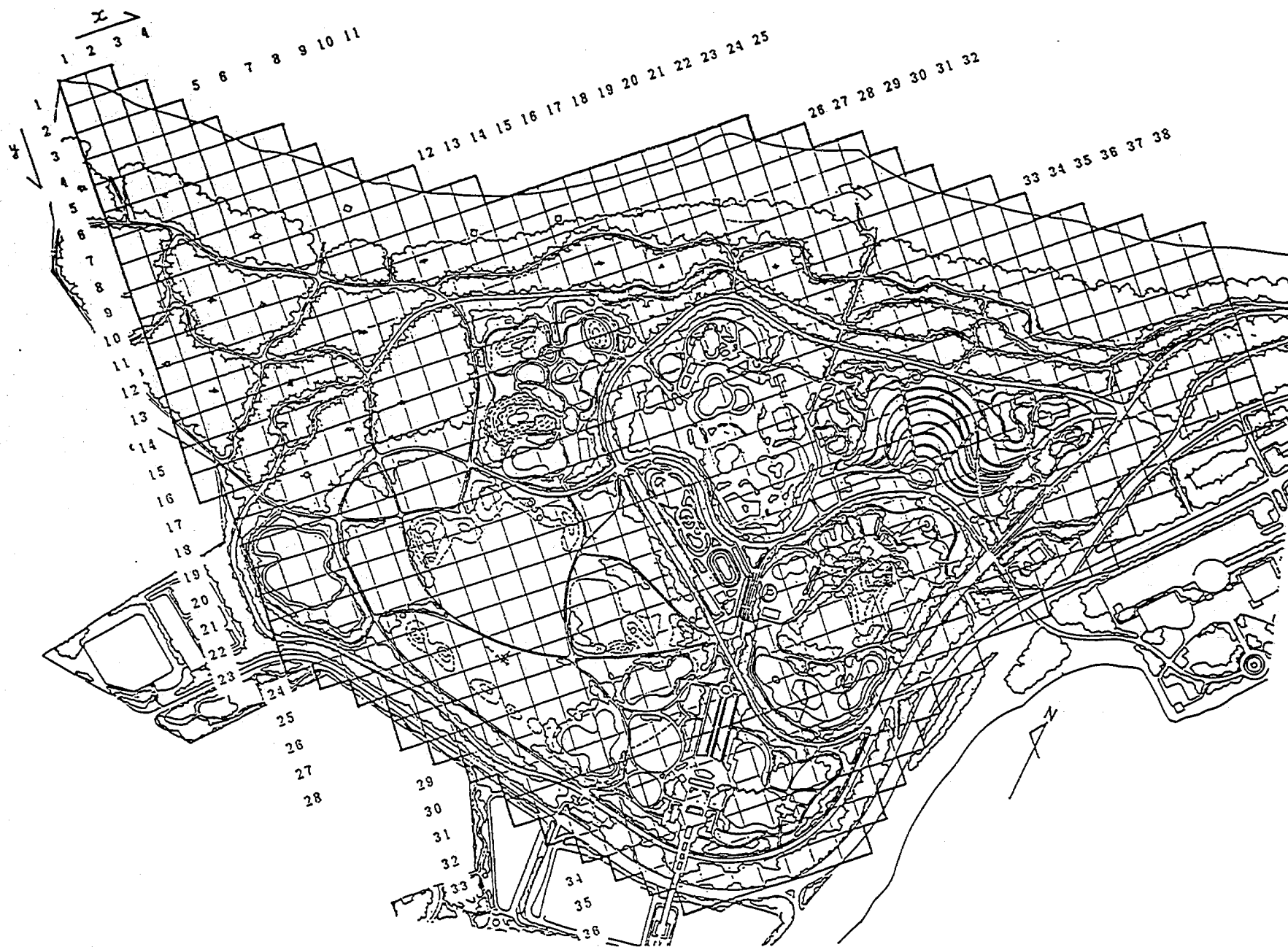


図-2.11 風環境圧特性の分析に用いたメッシュ図（メッシュの1辺は50m）

(2) 風環境圧分布図の作成

粗度因子 (A_n) と遮へい因子 (B_n) は、樹木の高さ、粗密と地形が関与する。そこで、以下の各項目を各メッシュ毎 ($50 \times 50 \text{ m}$) に、空中写真 (夏季) と地形図とから読み取った。

- ① 平均標高 (4 格子点の標高の平均値)
- ② 樹高 4 m 以上の常緑樹の被覆率 (%)
- ③ " 落葉樹の "
- ④ 樹高 2 ~ 4 m の常緑樹の被覆率 (%)
- ⑤ " 落葉樹の "
- ⑥ 樹高 0 ~ 2 m の常緑樹の被覆率 (%)
- ⑦ " 落葉樹の "

読み取り値を表 - 2.13 ~ 2.19 に示す。

表- 2.13 平均標高 (4 格子点の標高の平均値, m)

$\begin{matrix} x \\ y \end{matrix}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
1	1	0																																				
2	4	2	0																																			
3	6	5	3																																			
4	7	6	6	1																																		
5	6	6	7	7	1																																	
6	5	5	5	7	8	2	0																															
7	4	4	4	5	7	7	3	1																														
8	3	3	3	4	4	6	6	4	1																													
9	3	3	3	3	4	4	5	6	6	2	1																											
10	3	3	3	3	3	4	4	5	5	7	3	1																										
11	4	3	3	3	2	3	3	3	3	5	7	5	1	0																								
12	4	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	0																									
13	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	6	1																							
14	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4																							
15	3	3	4	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	2																						
16	3	3	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	1																						
17		4	3	4	4	4	4	4	4	5	9	8	5	3	3	1																						
18		4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1																						
19		3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4																						
20		3	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4																						
21		3	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4																						
22		3	3	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4																						
23		3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4																						
24		3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4																						
25			3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4																						
26				3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4																						
27					3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4																						
28						3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4																						
29							3	3	3	3	2	2	2	2	3	3																						
30								3	3	3	2	2	2	3	4	4																						
31									3	3	3	3	3	4	4	4																						
32										3	3	3	3	6	5	3																						
33											3	3	3	7	6	3																						
34												3	4	6	6	3																						
35												6	5	5	5	3																						
36													3	3	3	3																						

表-2.14 樹高4 m以上の常緑樹の被覆率 (%)

y \ x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	
1	0	0																																					
2	0	0	0																																				
3	0	0	0	0																																			
4	0	0	0	0	0																																		
5	24	4	0	0	0	0	0																																
6	75	44	4	0	0	0	0	0																															
7	75	85	75	32	0	0	0	0	0																														
8	85	75	75	75	24	0	0	0	0	0																													
9	65	45	85	75	84	80	4	0	0	0	0																												
10	65	45	95	65	95	85	52	28	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0												
11	65	75	65	40	44	65	75	85	75	24	28	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
12	65	75	45	40	85	75	75	85	75	85	95	68	52	12	0	8	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
13	75	75	45	45	65	75	65	96	75	65	75	64	40	64	72	72	76	16	0	4	0	0	0	0	0	0	8	36	4	0									
14	72	65	85	75	75	75	65	35	75	96	75	80	76	76	68	72	92	68	60	60	80	44	28	55	24	40	24	0	0										
15	48	75	75	85	65	45	55	65	35	45	55	8	0	68	7	87	90	76	80	88	88	100	92	88	92	92	24	0	0										
16	95	56	75	65	55	65	65	75	35	75	66	2	0	0	1	15	68	80	34	30	36	52	100	95	100	95	92	12	0	0	0	0	0						
17	56	65	85	80	40	44	65	65	40	11	1	1	1	21	49	16	32	28	2	5	3	36	95	95	95	100	76	8	0	0	0	0	0	0	0				
18	44	33	35	25	1	0	1	0	6	11	0	2	5	2	3	5	3	1	2	23	58	3	32	88	95	100	100	92	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	13	0	6	5	1	1	1	1	3	6	6	1	1	3	9	5	4	1	6	0	22	0	17	41	48	48	88	100	95	64	48	0	0	0	0	0	0		
20	10	0	1	5	2	1	0	0	7	7	11	11	8	9	1	1	2	6	4	6	0	16	36	15	32	28	36	95	100	100	80	12	0	0	0	0	0		
21	14	0	0	10	5	1	0	0	0	0	4	6	7	8	8	1	4	2	2	2	15	76	95	24	48	44	48	84	80	80	100	80	36	16	0	0	0		
22	14	15	0	9	6	2	0	0	0	3	3	3	8	6	4	6	8	2	5	1	2	35	100	65	45	28	60	88	80	80	80	84	76	20	32	20	0	0	
23	15	9	16	21	5	2	0	0	0	2	3	3	4	1	8	15	1	0	4	17	12	44	52	52	36	36	28	56	80	48	56	52	36	65	72	32	88		
24		0	7	19	6	1	1	3	0	0	0	46	3	3	16	3	2	3	5	6	5	8	48	0	48	70	20	64	88	40	12	16	52	75	65	84	88		
25			5	8	11	2	0	2	0	0	0	0	0	0	10	5	7	1	24	18	22	12	6	5	0	24	70	36	36	80	48	40	44	60	55	75	65	84	
26				0	0	2	1	1	3	4	2	16	2	6	2	14	2	10	0	11	12	3	3	1	13	56	80	80	80	20	24	64	36	52	64	44	56		
27				0	0	0	4	5	2	3	7	4	0	2	11	14	25	5	3	0	1	2	0	6	33	22	16	16	28	16	24								
28				0	0	0	0	9	7	1	2	0	0	7	20	45	0	2	3	3	3	5	13	10	56	76	40	0	8	0									
29					0	0	0	0	0	5	1	2	2	3	8	12	65	15	4	1	2	7	18	8	0	4	0	0											
30						0	0	0	0	2	6	8	2	8	1	5	22	17	6	3	3	16	25	40	4														
31							0	0	0	6	6	1	2	0	0	2	2	7	17	12	20	23	10																
32								0	0	5	17	10	6	1	2	0	4	3	2	2	70	20																	
33									0	6	6	1	2	0	0	2	2	7	17	12	20	23	10																
34										4	9	0	12	1	5	4	9	6	52	22	0																		
35											7	5	13	1	1	7	11	62	21	0																			
36												7	22	50	50	51	44	0																					

表- 2.15 樹高 4 m以上の落葉樹の被覆率 (%)

x \ y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
1	0	0																																				
2	0	0	0																																			
3	0	0	0	0																																		
4	0	0	0	0	0																																	
5	0	0	0	0	0	0	0																															
6	0	0	0	0	0	0	0	0																														
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0																													
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																											
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																									
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	12	1	3	10	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	1	2	0	0	1	0	0	0	1	0	1	2	28	20	13	0	1	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	4	1	20	8	0	0	0	1	6	6	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	20	2	0	0	5	2	2	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	0	6	0	1	1	0	0	1	0	6	0	6	3	3	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	0	3	0	3	11	5	0	10	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	0	1	1	8	4	1	0	0	0	1	0	0	0	3	2	14	0	10	0	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24		2	7	4	3	0	1	3	0	0	0	0	23	1	1	11	0	9	8	9	0	6	6	5	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25			1	11	13	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	13	1	3	1	1	13	3	6	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26			3	11	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	11	8	7	10	8	1	3	2	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27			0	5	15	6	2	4	0	1	6	1	3	2	4	11	1	2	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28				0	10	7	1	0	1	1	1	1	1	0	6	8	0	0	1	1	3	2	10	4	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29					2	13	3	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0	4	2	3	3	4	2	5	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30						3	12	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	6	3	2	6	17	21	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31						0	0	2	0	0	4	2	0	0	0	5	13	2	2	4	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32							0	0	0	3	1	2	3	9	0	3	3	3	7	5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33								0	49	9	1	1	2	0	9	9	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34									6	27	5	2	9	7	2	12	8	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35									0	0	36	8	5	8	8	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36											1	19	3	4	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表-2.16 樹高2~4mの常緑樹の被覆率(%)

$y \backslash x$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
1	0	0																																				
2	0	0	0																																			
3	0	0	0	0																																		
4	0	0	0	0	0																																	
5	0	0	0	0	0	0																																
6	0	0	0	0	0	0	0																															
7	0	0	0	0	0	0	0	0																														
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0																													
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																												
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																											
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																										
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																									
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																								
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																							
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																						
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																					
17	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	1	2	0	3	4	22	22	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	31	31	26	0	2	2	5	5	8	10	1	15	17	17	27	1	0	0	28	5	20	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	22	0	14	9	2	1	1	5	22	16	1	2	1	22	10	0	4	1	0	23	14	21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	20	0	2	5	2	1	0	0	5	19	21	8	21	27	8	0	8	2	0	4	8	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	24	0	11	14	3	0	1	0	0	0	0	1	8	9	18	14	0	22	0	1	7	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	43	27	0	27	1	0	0	0	0	0	0	3	7	11	22	13	0	20	5	0	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	19	31	34	3	0	0	0	0	0	0	4	1	8	9	20	0	31	0	5	20	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24		0	17	50	5	1	0	0	0	0	0	0	11	3	18	24	3	19	24	9	16	11	24	14	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25			9	19	20	1	4	0	0	0	0	0	0	0	8	8	8	9	16	29	41	20	0	12	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26				4	1	4	0	0	0	0	0	7	57	1	15	28	13	17	4	0	27	41	7	4	0	21	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27				0	3	0	11	2	0	0	10	16	10	15	15	15	5	1	12	9	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28					0	6	3	4	2	3	4	4	3	3	11	4	0	20	6	0	0	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29						0	0	0	9	4	3	2	1	30	0	5	0	4	2	3	5	1	16	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30							0	0	0	4	5	7	0	5	3	9	8	8	1	2	3	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31							0	0	0	6	0	1	1	0	4	3	3	1	6	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32								0	2	3	4	2	1	0	1	0	2	2	9	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33									0	6	0	1	1	0	4	3	3	1	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34										3	4	2	1	0	1	0	2	2	9	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35											0	18	2	0	3	2	5	3	4	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36												3	10	10	67	2	6	13	9	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
													1	9	7	10	10	5	10																			

表-2.17 樹高2~4mの落葉樹の被覆率(%)

y \ x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
1	0	0																																				
2	0	0	0																																			
3	0	0	0	0																																		
4	0	0	0	0	0																																	
5	0	0	0	0	0	0																																
6	0	0	0	0	0	0	0																															
7	0	0	0	0	0	0	0	0																														
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0																													
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																												
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																											
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																										
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																									
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																								
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																							
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																						
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																					
17	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18	6	16	33	0	3	1	1	2	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	10	0	15	7	2	3	2	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	4	0	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	9	0	1	2	4	2	0	0	4	2	0	0	0	0	1	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	17	0	4	9	7	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	18	13	0	4	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	5	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	11	13	12	3	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	2	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24		2	9	11	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	5	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25			0																																			
26																																						
27																																						
28																																						
29																																						
30																																						
31																																						
32																																						
33																																						
34																																						
35																																						
36																																						

表-2.18 樹高0~2mの常緑樹の被覆率(%)

	x																																					
y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
1	0	0																																				
2	0	0	0																																			
3	0	0	0	0																																		
4	0	0	0	0	0																																	
5	0	0	0	0	0	0																																
6	0	0	0	0	0	0	0																															
7	0	0	0	0	0	0	0	0																														
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0																													
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																												
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																											
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																										
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																									
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																								
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																							
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																						
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																					
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																				
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																			
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																		
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																	
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0															
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0														
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0												
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

表-2.19 樹高0~2mの落葉樹の被覆率(%)

[illegible]

上記の各項目を粗度因子 (A_n) とし、その組み合わせも考慮したものを前出 (Ⅱ) 式に従って遮へい因子 (B_n) とした。これらの因子を説明変数とし、冬季と春季の現地風観測によって得られた風速の実測値 (平均値) を目的変数として、多重回帰分析を行った。なお 2 m 以下の樹木については、被覆率のほとんどが 0 で低い値であったため、分析には用いなかった。

分析の際に設定した条件は以下の通りである。

- ・前出④、⑤の各項目は、夏季に撮影した写真からの読み取り値であるが、春季の粗度因子には、読み取り値をそのまま使用した。
- ・冬季は落葉樹は落葉しているため、冬季の粗度因子としては落葉樹に関してのみ春季値 (= 読み取り値) の 10 分の 1 と仮定した。
- ・風速値 (平均値) は高さ 1.7 m と 4.0 m の 2 種の高さについて独立に算出した。
- ・春季は冬季に比べ風向変化が大きいので、西～北風向時のみの風速値を使用するとともに、図 - 2.12 の 2 時季の風速相関図に従って、冬季相当値に変換した。

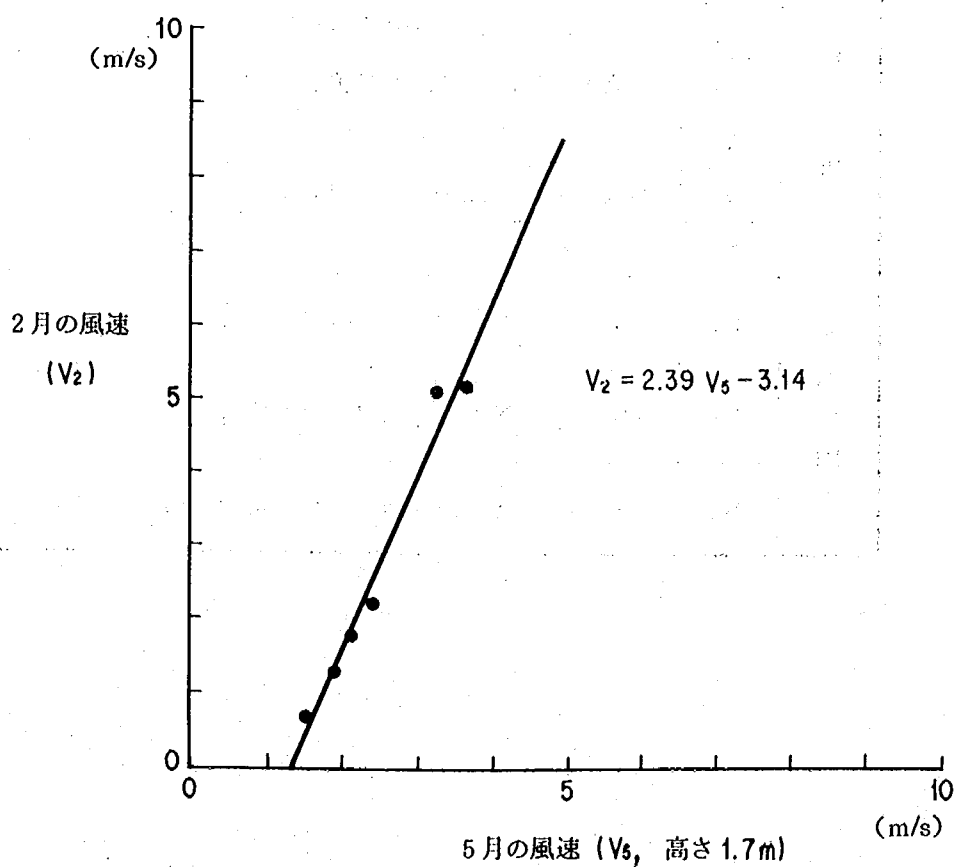
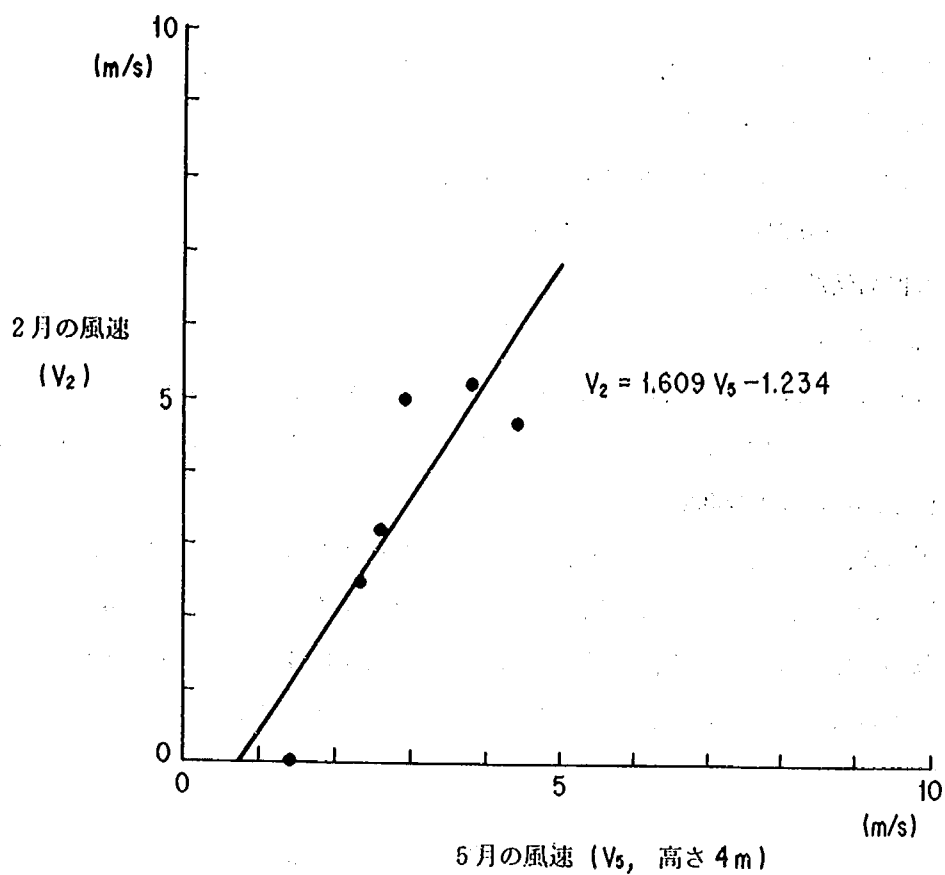


図-2.12 2月と5月の風速相関図

以上の条件に基づき、多重回帰分析を行った結果、以下の回帰式が得られた。

メッシュ番号 xy (図-2.12 参照) における 1.7 m 高の風速 $\{V_{1.7}\}_{xy}$ に関しては、

$$\begin{aligned} \{V_{1.7}\}_{xy} = & 2.713 + 0.1386 \{A_1\}_{xy} + 0.01348 \{A_2\}_{xy} - 0.07897 \{A_3\}_{xy} \\ & - 0.01909 \{A_4\}_{xy} + 0.02965 \{A_5\}_{xy} - 0.5404 \{B_1\}_{xy} - 0.02669 \{B_2\}_{xy} \end{aligned}$$

重相関係数：0.85716

4.0 m 高の風速 $\{V_{4.0}\}_{xy}$ に関しては、

$$\begin{aligned} \{V_{4.0}\}_{xy} = & 2.364 + 0.1203 \{A_1\}_{xy} + 0.01296 \{A_2\}_{xy} + 0.07993 \{A_3\}_{xy} \\ & - 0.010134 \{A_4\}_{xy} - 0.1157 \{A_5\}_{xy} - 0.6115 \{B_1\}_{xy} - 0.02248 \{B_3\}_{xy} \end{aligned}$$

重相関係数：0.85330

各因子 ($A_1, \dots, A_5, B_1, B_2$) の定義は表-2.20 に示す通りである。上記の算出式 (I) と (II) を用いて、全メッシュの風速値を算出した結果を表-2.21 ~ 2.24 に示す。これらの算出式に基づいて風環境圧分布図を描いたものが図-2.13, 2.14 である。なお、1.7 m と 4 m との高さによる差はさほど明白ではなかったため、その特徴が良く表われている 4 m の場合のみ図示した。

表-2.20 因子の定義

因子	記号	因子 (又は算出式)
粗 度 因 子	A_1	平均標高 (4 格子点の標高の平均値)
	A_2	樹高 4 m 以上の常緑樹の被覆率 (%)
	A_3	" 落葉樹の "
	A_4	樹高 2 ~ 4 m の常緑樹の被覆率 (%)
	A_5	" 落葉樹の "
遮 へ い 因 子	B_1	$\{B_1\}_{xy} = \sum_{y'=1}^{y-1} \{ \{A_1\}_{xy'} \cdot e^{-(y-y')} \}$
	B_2	$\{B_2\}_{xy} = \sum_{y'=1}^{y-1} \{ \{A_2\}_{xy'} \cdot e^{-(y-y')} \}$
	B_3	$\{B_3\}_{xy} = \sum_{y'=1}^{y-1} \{ (\{A_2\}_{xy'} + \{A_4\}_{xy'}) \cdot e^{-(y-y')} \}$

表- 2.21 風速分布算出値 (冬季, 1.7m) (m/s)

$\frac{y}{x}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
1	5	5																																				
2	5	5																																				
3	5	5	5																																			
4	5	5	5	5																																		
5	5	5	5	5	5																																	
6	4	4	3	5	5	5																																
7	3	3	4	3	5	5	5																															
8	3	3	3	3	3	5	5	5																														
9	3	2	3	3	4	4	3	5	5																													
10	3	3	3	2	3	3	3	3	4	4																												
11	3	3	2	2	3	3	3	4	3	3	4																											
12	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4																										
13	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3																									
14	3	3	4	4	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3																								
15	2	3	3	4	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3																							
16	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3																							
17		3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	5	5	3	3																							
18		2	2	2	3	3	3	2	3	3	3	4	4	3	3																							
19		2	5	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3																							
20		2	5	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3																							
21		2	5	3	3	3	4	4	5	5	3	3	3	3	3																							
22		2	3	5	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2																							
23		2	3	3	2	3	3	3	5	5	3	3	3	3	3																							
24			3	3	2	3	3	3	3	3	5	5	5	3	3																							
25				3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3																							
26					2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3																							
27					3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3																							
28						5	3	3	3	3	3	3	2	2	3																							
29							3	3	3	3	2	2	2	3	3																							
30								3	3	3	3	3	3	3	3																							
31									3	3	3	3	3	3	3																							
32										3	3	3	4	4	3																							
33											3	3	3	3	3																							
34												3	3	3	3																							
35													3	4	3																							
36														4	3																							

表-2.22 風速分布算出値 (冬季, 4.0m) (m/s)

$\frac{x}{y}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	
1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
9	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
11	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
12	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
13	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
14	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
15	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
16	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
17																																							
18																																							
19																																							
20																																							
21																																							
22																																							
23																																							
24																																							
25																																							
26																																							
27																																							
28																																							
29																																							
30																																							
31																																							
32																																							
33																																							
34																																							
35																																							
36																																							

表-2.23 風速分布算出値(春季, 1.7m) (m/s)

$y \backslash x$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		
1	3	3																																						
2	3	3	3																																					
3	3	3	3	3																																				
4	3	3	3	3	3																																			
5	3	3	3	3	3	3																																		
6	3	3	3	3	3	3	3																																	
7	2	3	3	3	3	3	3	3																																
8	3	2	3	3	3	3	3	3	3																															
9	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3																														
10	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3																													
11	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3																												
12	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3																											
13	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3																										
14	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3																									
15	2	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3																								
16	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3																							
17		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3																						
18		2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3																					
19		2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3																				
20		2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3																			
21		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3																		
22		2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3																	
23		2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3																
24			2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3															
25				2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3														
26					2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3													
27						2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3												
28							2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3											
29								2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3										
30									2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3									
31										2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3								
32											2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3							
33												2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3						
34													2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
35														2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3				
36															2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			

表-2.24 風速分布算出値 (春季, 4.0m) (m/s)

$\frac{x}{y}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
1	4	4																																				
2	4	4	4																																			
3	4	4	4	4																																		
4	4	4	4	4	4																																	
5	3	3	3	3	4	4																																
6	3	3	3	3	4	4	4																															
7	2	2	2	2	3	3	3	4																														
8	2	2	2	2	3	3	3	3	4																													
9	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4																												
10	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4																											
11	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	3	4																										
12	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4																									
13	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4																								
14	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	4																							
15	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	4																						
16	3	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	4																					
17		2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	4																				
18		2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	4																			
19		1	4	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4																		
20		2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4																	
21		1	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4																
22		1	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4															
23		2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4														
24			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4													
25				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4												
26					3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4											
27						3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4										
28							3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4									
29								3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4								
30									3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4							
31										3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4						
32											3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4					
33												3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4			
34													3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	
35														3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4
36															2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4



圖-2.13 風環境圧分布図（冬季，4.0m）（m/s）



图-2.14 风环境压分布图 (春季, 4.0 m) (m/s)

3) 風送塩環境庄特性の分析

(1) 風送塩環境に関する気象学的分析

風送塩輸送量 ($\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$) の実測値を測定期間中の平均風速 (m/s) で除し、空中の単位体積あたりに含まれる塩分量 (空中濃度, mg/m^3) を得て、その海岸からの距離 (図-2.11のy軸方向の距離) との関係を図-2.15に示した。

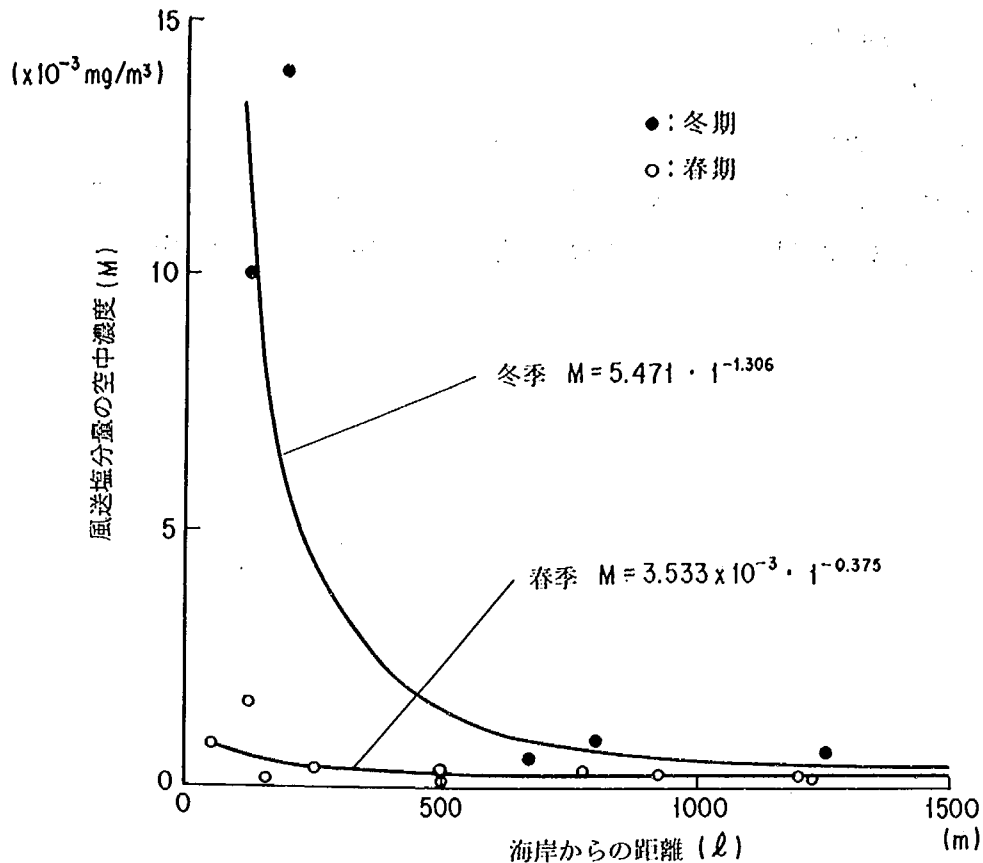


図-2.15 風送塩空中濃度 (平均値) の水平分布

図-2.15 より以下のことを読み取ることができた。

- ① 観測点は卓越風向の同一線上に並んではいないが、2時季ともに海岸から離れるほどほぼ一様に濃度が減少した。
- ② 濃度は冬季が高く春季の方が低かった。
冬季と春季とで濃度に相違が現れた原因としては、次の2点が考えられる。
 - a. 塩分の起源は海水の飛沫であり、飛沫は風速が強いほど多量となる。日本海上の平均風速は冬季が最も強いため濃度に相違が現れた。
 - b. 冬季に比べ、春季の方が昼夜で風向が逆転する海陸風がより顕著であった (図-2.9参照)。したがって、塩分をほとんど含まない陸からの風の吹走時間が長いため濃度に相違が現れた。

(2) 風送塩環境圧図の作成

樹木に対しより直接的に影響を与えるのは、空中濃度そのものよりも、それに風速を乗じた風送塩輸送量である。そこで、図-2.15と既に得られている4.0m高の風速値算出結果とから風送塩輸送量 (Q , $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{min}$) を算出した。算出にあたっては、風送塩の観測地上高1.0mと風速の算出地上高4.0mとで空中濃度が同一であると仮定した。算出式は、冬季に関しては、

$$\begin{aligned} [Q_2]_{xy} &= [M_{1.0}]_{xy} \cdot [V_{4.0}]_{xy} \\ &= 5.471 (y - y_0)^{-1.306} \cdot [V_{4.0}]_{xy} \times 60 \end{aligned}$$

春季に関しては、

$$[Q_5]_{xy} = 3.533 \times 10^{-3} (y - y_0)^{-0.375} \cdot [V_{4.0}]_{xy} \times 60$$

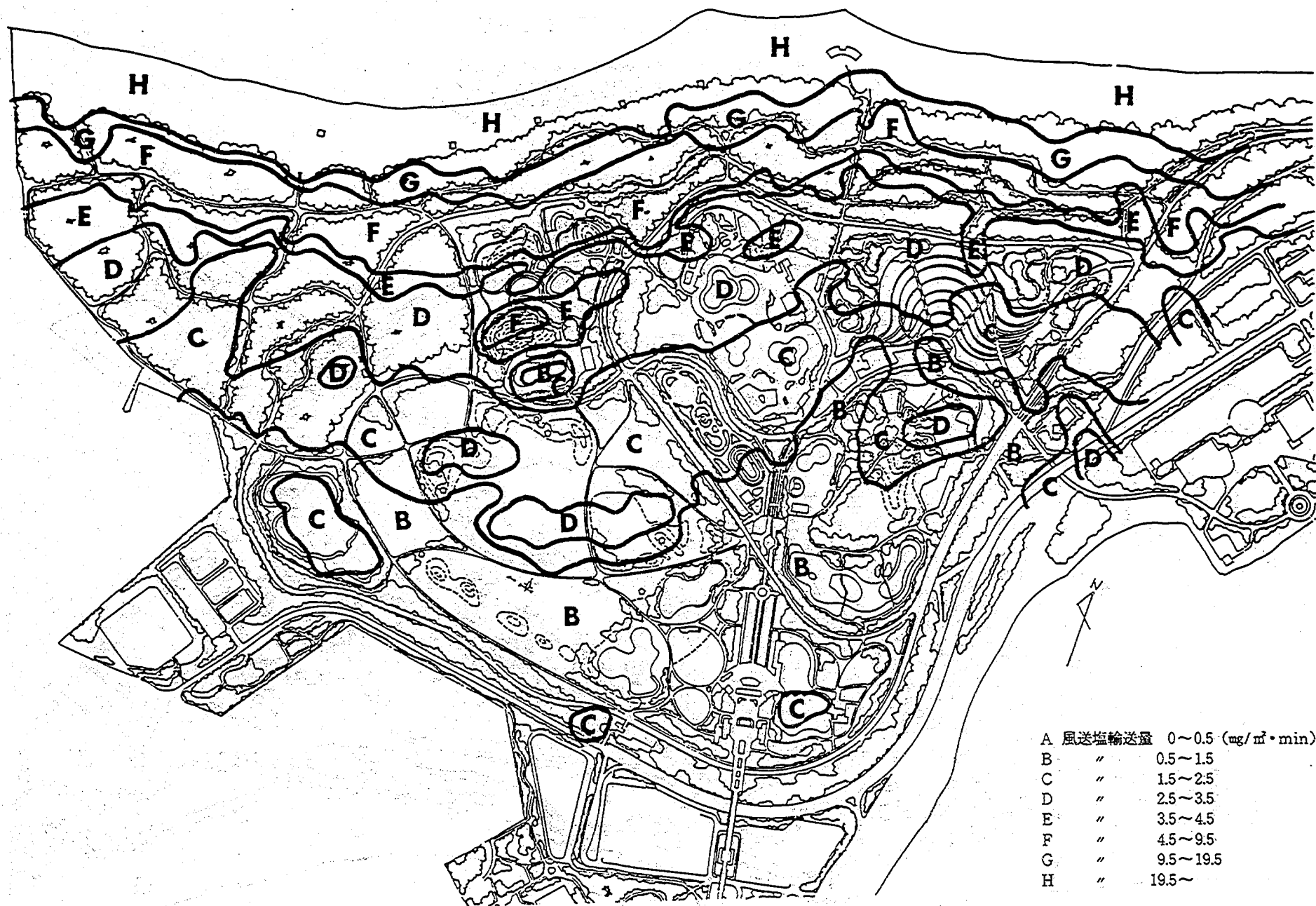
となった。ただし、 y_0 は海岸線の y 値である。全メッシュに関する算出結果を表-2.25、及び2.26に示した。算出結果に基づいて風送塩環境圧分布図を描いたものが図-2.16、及び2.17である。

表-2.25 風送塩輸送量算出値 (冬季) ($\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{min} \times 10$)

y \ x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
1	36	36																																				
2	36	36	36																																			
3	36	36	36	36																																		
4	36	36	36	36	36																																	
5	10	10	36	36	36	36	36																															
6	7	7	8	36	36	36	36	36																														
7	4	5	6	8	36	36	36	36	36																													
8	4	4	5	6	8	36	36	36	36	36	36	36																										
9	3	3	4	5	7	10	8	36	36	36	36	36	36	36																								
10	3	3	4	4	3	5	6	8	13	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	
11	3	3	2	2	2	4	5	7	9	11	13	27	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	
12	2	2	2	2	3	3	3	5	6	8	8	14	17	27	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	
13	2	2	2	2	3	3	3	4	5	5	5	7	7	14	15	15	18	17	36	19	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	
14	2	2	3	3	3	3	3	2	4	5	5	6	6	7	7	8	8	8	8	10	10	11	11	21	24	40	37	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
15	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	3	3	5	5	6	4	4	4	5	6	6	11	13	15	17	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	
16	2	1	2	2	2	3	2	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	5	3	3	3	4	5	6	6	6	9	16	36	36	36	36	36	36	36	36	36	
17		1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	6	6	4	4	4	4	3	3	4	3	3	2	3	4	3	4	5	11	19	36	36	36	36	36	36	36	
18		1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	4	4	3	2	3	4	4	6	11	17	36	36	36	36	36	36	
19		1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	4	5	8	11	36	36	36	36	36	36
20		1	2	1	1	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	4	6	6	10	16	36	36	36	36
21		1	2	1	1	1	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	5	8	9	16	36	36	36
22		1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	3	4	3	4	5	3	7	10	36	36
23		1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	3	2	2	3	3	3	3	4	4	6	6	10
24			1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	6	6	10
25				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	5	4	6	6
26				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4	4	6
27					2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	2	1	2	2	2	2	2	2	2	3	4	6
28						2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2	3	4
29							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	3					
30								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
31								1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
32									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
33										1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
34											1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
35												1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
36													1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						

58

y \ x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
1	3	3																																				
2	3	3	3																																			
3	3	3	3	3																																		
4	3	3	3	3	3																																	
5	1	1	1	3	3	3																																
6	1	1	1	3	3	3	3																															
7	1	1	1	1	3	3	3	3																														
8	1	1	1	1	1	3	3	3	3																													
9	0	0	1	1	1	1	3	3	3	3																												
10	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3																											
11	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	3																										
12	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	3																									
13	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3																								
14	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3																							
15	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3																						
16	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3																					
17		0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3																				
18		0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3																			
19		0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3																		
20		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3																	
21		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	3																
22		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3																
23		0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3															
24			0																				3	3	3													
25				0																			3	3	3	3												
26					0																			2	2	2	2											
27						0																		1	1	1	1	1										
28					1																				3	3	3	3										
29																										3	3	3	3									
30																											3	3	3	3								
31																												3	3	3	3							
32																													3	3	3	3						
33																														3	3	3	3					
34																															3	3	3	3				
35																																3	3	3	3			
36																																	3	3	3	3		



图—2.16 風送塩環境圧分布图(冬季)



图-2.17 風送塩環境圧分布图 (春季)

4) 飛砂環境圧特性の分析

(1) 飛砂環境に関する気象学的分析

調査で得られた跳躍・転動による砂の全輸送量と風速の測定結果を図-2.18に示す。調査地域の砂は、風速(測定高5.1m)が6m/s以上で移動を開始することが明確となった。浮遊砂については、観測されず(0.00g:表-2.11参照)、あったとしてもごく微量であった。

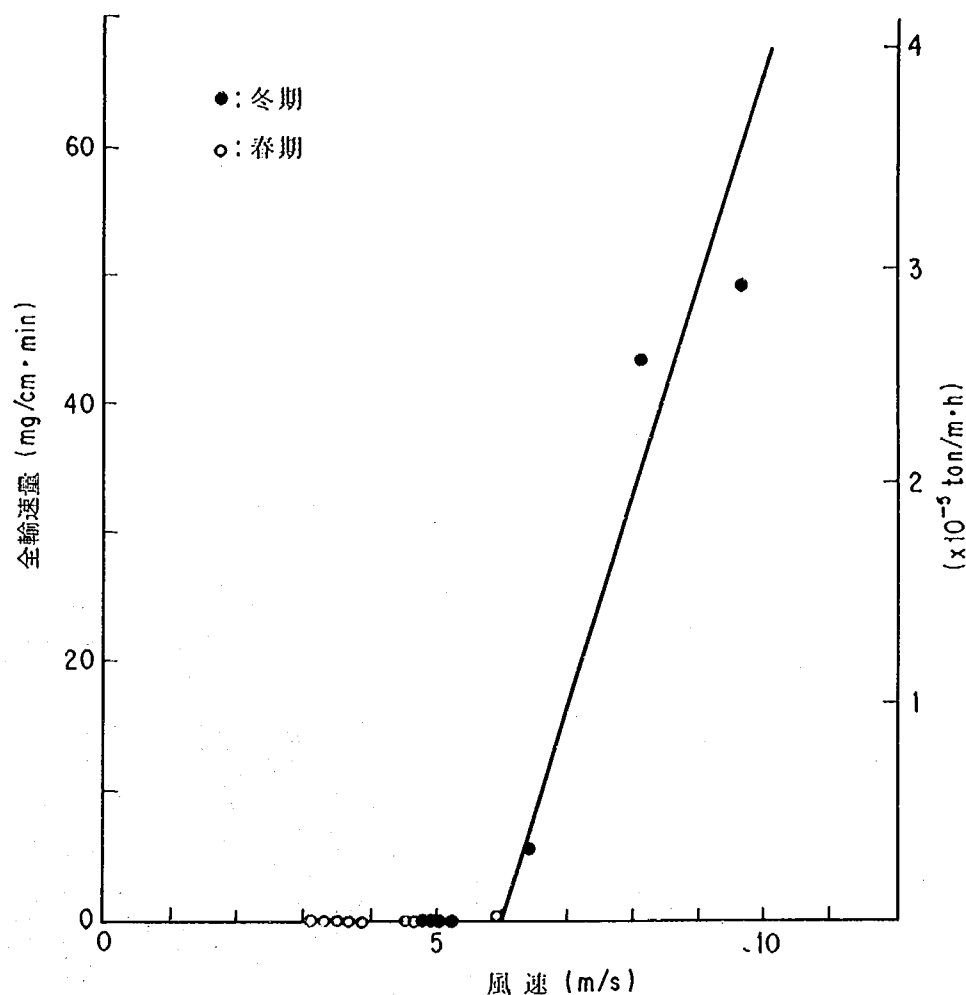


図-2.18 飛砂全輸送量と風速(高さ5.1m)との関係(第1定点)

(2) 飛砂環境圧図の作成

飛砂現象(跳躍、転動、浮遊)は、冬季に海岸砂丘上でのみ微小量観測された。したがって、飛砂はせいぜい後方の松林帯までで、よほどの強風時以外は植栽地域まで達しないものと推察された。

飛砂環境圧としては、跳躍、転動、浮遊による砂の全輸送量を考え、冬季と春季の現地調査時における実測値の最大値に関する飛砂環境圧図を作成し、図-2.19、及び2.20に示す。



圖- 2.19 飛砂環境圧分布図 (冬季)



圖- 2.20 飛砂環境圧分布図 (春季)

2.4 気象環境圧と樹木活力度との関係分析

気象環境圧が樹木の生育に与える影響の程度を把握するため、気象環境圧と樹木活力度の観測値との関係について分析を行った。

2.4.1 分析方法

昭和58年と59年に樹木の活力度（樹形、枝の伸長量、梢端枯損、枝葉密度、葉の大きさ）を樹種別に調査しており、データが比較的多い以下の5樹種を分析の対象とした。

常緑樹：タブノキ、ホルトノキ、マテバシイ

落葉樹：オオシマザクラ、ナンキンハゼ

注）マテバシイは、昭和58年のデータのみ。

これらの各樹種に関し、図-2.11のメッシュ毎にその活力度の平均値を求め、季節別（冬季、春季）の気象環境圧の算出値（地上高4.0mについてのみ）との相関分析を行った。相関分析に使用したデータは樹種別にまとめ、表-2.27～2.31に示した。なお樹木の植栽地域は限定されているため、活力度のデータ数（メッシュ数）は樹種により異なる。また活力度は、科学技術庁による分類手法を用い、1.0 良好、2.0 やや良好、3.0 やや不良、4.0 不良の4段階表示（判別し難いものについては中間値を用いた。）とし、活力が落ちた樹木ほど大きな数値で表現した。したがって環境圧と活力度とは、一般に正の相関が期待されることになる。

表-2.27 活力度と気象環境圧算出値(タブノキ)

(昭和58年調査)

メッシュ番号		活力度	風速 (m/s)		風送塩輸送量 (mg/m ² ・min)	
x	y		冬季	春季	冬季	春季
2	18	1.0	2	2	0.1	0.0
2	20	1.0	2	2	0.1	0.0
3	18	1.0	2	1	0.1	0.0
4	21	1.0	2	2	0.1	0.0
4	23	1.0	2	1	0.1	0.0
5	21	1.0	3	2	0.1	0.0
5	23	1.0	2	2	0.1	0.0
6	24	1.0	3	3	0.1	0.0
6	25	1.0	3	3	0.1	0.0
7	22	1.0	3	2	0.1	0.0
7	23	1.0	3	3	0.1	0.0
7	24	1.0	3	3	0.1	0.0
7	25	2.0	3	2	0.1	0.0
7	26	2.0	3	3	0.1	0.0
8	22	2.0	3	2	0.1	0.0
8	23	1.0	3	2	0.1	0.0
8	24	1.0	3	2	0.1	0.0
8	25	2.0	3	2	0.1	0.0
8	26	2.0	3	3	0.1	0.0
8	27	1.0	3	3	0.1	0.0
9	28	2.0	3	3	0.1	0.0
9	29	1.0	3	3	0.1	0.0
10	18	1.0	3	2	0.2	0.0
10	19	1.0	3	3	0.2	0.0
10	29	1.0	2	2	0.1	0.0
10	30	1.0	2	2	0.1	0.0
11	17	1.0	3	2	0.3	0.1
11	18	1.0	3	3	0.3	0.1
11	19	1.0	2	2	0.2	0.0
11	20	1.0	3	3	0.2	0.1
11	21	1.0	2	2	0.2	0.0
11	26	2.0	3	2	0.1	0.0
11	27	2.0	2	2	0.1	0.0
12	17	1.0	5	4	0.6	0.1
12	18	1.0	4	3	0.4	0.1
12	19	2.0	1	2	0.1	0.0
12	20	1.0	2	2	0.2	0.0
12	21	1.0	3	3	0.2	0.0
12	22	1.0	3	3	0.2	0.0
12	23	1.0	3	2	0.2	0.0
12	26	1.0	3	2	0.1	0.0
13	16	1.0	3	2	0.4	0.1
13	17	1.0	5	4	0.6	0.1
13	18	1.0	4	3	0.4	0.1
13	20	1.0	2	2	0.2	0.0
13	21	1.0	3	3	0.2	0.1
13	22	1.0	3	3	0.2	0.0
13	23	1.0	3	2	0.2	0.0
13	33	1.5	4	3	0.1	0.0
14	17	1.5	3	2	0.4	0.1
14	22	2.0	3	3	0.2	0.0
14	23	3.0	3	3	0.2	0.0
14	24	2.0	3	2	0.2	0.0
15	17	1.0	3	3	0.4	0.1
15	24	1.0	3	2	0.2	0.0
15	25	1.0	3	3	0.2	0.0
15	26	1.0	3	3	0.1	0.0
15	27	1.0	2	2	0.1	0.0
16	26	1.0	3	3	0.1	0.1
16	27	1.0	3	3	0.1	0.0
17	17	3.0	2	2	0.3	0.1
18	20	3.0	3	2	0.3	0.0
18	21	1.0	3	3	0.2	0.1
19	24	4.0	3	2	0.2	0.0
21	23	2.0	3	2	0.2	0.0
22	21	2.0	3	3	0.2	0.1
22	22	2.0	3	3	0.2	0.1
22	31	1.0	3	3	0.1	0.0
23	30	1.0	2	3	0.1	0.0
24	29	1.0	2	2	0.1	0.0
24	30	1.0	3	3	0.1	0.1
25	28	1.0	3	3	0.1	0.0
25	29	1.0	3	3	0.1	0.0
26	28	1.0	3	3	0.1	0.0
27	28	1.0	2	2	0.1	0.0

(昭和59年調査)

メッシュ番号		活力度	風速 (m/s)		風送塩輸送量 (mg/m ² ・min)	
x	y		冬季	春季	冬季	春季
3	18	4.0	2	1	0.1	0.0
4	21	4.0	2	2	0.1	0.0
5	23	4.0	2	2	0.1	0.0
7	27	2.0	3	3	0.1	0.0
8	27	2.0	3	3	0.1	0.0
9	29	2.0	3	3	0.1	0.0
10	29	2.0	2	2	0.1	0.0
10	30	2.0	2	2	0.1	0.0
11	17	3.0	3	2	0.3	0.1
11	19	2.0	2	2	0.2	0.0
11	21	2.0	2	2	0.2	0.0
12	17	3.0	5	4	0.6	0.1
12	18	4.0	4	3	0.4	0.1
12	21	2.0	3	3	0.2	0.0
13	19	4.0	1	2	0.1	0.0
13	21	2.0	3	3	0.2	0.1
15	26	2.0	3	3	0.1	0.0
15	27	2.0	2	2	0.1	0.0
16	27	2.0	3	3	0.1	0.0
23	31	3.0	3	2	0.1	0.0
24	29	3.0	2	2	0.1	0.0

表- 2.28 活力度と気象環境圧算出値 (ホルトノキ)

(昭和58年調査)

メッシュ番号		活力度	風速 (m/s)		風送塩輸送量 (mg/m ² ・min)	
x	y		冬季	春季	冬季	春季
4	23	1.0	2	1	0.1	0.0
5	19	2.0	2	2	0.1	0.0
6	19	2.5	3	2	0.2	0.0
6	23	3.0	3	2	0.1	0.0
6	24	2.0	3	3	0.1	0.0
7	20	3.0	3	3	0.2	0.0
8	18	2.0	2	2	0.2	0.0
8	19	2.0	3	2	0.2	0.0
8	27	2.0	3	3	0.1	0.0
8	28	1.0	3	3	0.1	0.0
9	19	2.0	3	2	0.2	0.0
9	27	2.0	3	3	0.1	0.0
9	28	2.0	3	3	0.1	0.0
10	18	1.0	3	2	0.2	0.0
10	28	2.0	3	2	0.1	0.0
10	29	2.0	2	2	0.1	0.0
11	17	1.0	3	2	0.3	0.1
11	18	1.0	3	3	0.3	0.1
11	19	1.0	2	2	0.2	0.0
11	28	2.0	2	2	0.1	0.0
12	17	1.0	5	4	0.6	0.1
12	18	1.0	4	3	0.4	0.1
12	20	1.5	2	2	0.2	0.0
12	29	2.0	2	2	0.1	0.0
12	30	2.0	2	2	0.1	0.0
12	31	2.0	3	3	0.1	0.0
12	32	2.0	3	3	0.1	0.0
12	33	2.0	3	3	0.1	0.0
13	17	2.0	5	4	0.6	0.1
13	18	2.0	4	3	0.4	0.1
13	19	1.0	1	2	0.1	0.0
13	20	1.0	2	2	0.2	0.0
13	30	3.0	3	3	0.1	0.0
13	31	3.0	3	3	0.1	0.0
13	32	2.0	4	3	0.1	0.0
13	33	2.0	4	3	0.1	0.0
13	34	2.0	3	3	0.1	0.0
14	17	1.5	3	2	0.4	0.1
14	18	2.0	3	3	0.4	0.1
14	20	1.0	3	2	0.2	0.0
14	26	3.0	3	2	0.1	0.0
14	27	2.0	3	2	0.1	0.0
14	29	3.0	2	2	0.1	0.0
14	30	3.0	3	3	0.1	0.0
14	34	2.0	3	3	0.1	0.0
15	15	1.0	2	2	0.5	0.1
15	16	1.0	2	2	0.3	0.0
15	19	1.0	3	3	0.3	0.1
15	20	1.0	3	3	0.2	0.1
15	30	2.0	3	2	0.1	0.0
15	34	2.0	3	3	0.1	0.0
16	34	2.0	3	3	0.1	0.0
16	35	2.0	3	3	0.1	0.0
17	32	3.0	2	2	0.1	0.0
17	34	1.0	3	3	0.1	0.0
17	35	2.0	3	2	0.1	0.0
18	34	2.0	3	3	0.1	0.0
18	35	2.0	2	1	0.1	0.0
22	31	1.0	3	3	0.1	0.0
23	30	1.0	2	3	0.1	0.0
24	29	1.0	2	2	0.1	0.0
24	30	2.5	3	3	0.1	0.1
25	28	1.0	3	3	0.1	0.0
25	29	1.0	3	3	0.1	0.0
26	28	1.0	3	3	0.1	0.0

(昭和59年調査)

メッシュ番号		活力度	風速 (m/s)		風送塩輸送量 (mg/m ² ・min)	
x	y		冬季	春季	冬季	春季
7	18	4.0	2	2	0.2	0.0
7	19	4.0	3	2	0.2	0.0
9	19	3.0	3	2	0.2	0.0
12	17	2.0	5	4	0.6	0.1
12	18	2.0	4	3	0.4	0.1
13	17	2.0	5	4	0.6	0.1
13	19	2.0	1	2	0.1	0.0
14	20	2.0	3	2	0.2	0.0
15	19	2.0	3	3	0.3	0.1
10	28	2.0	3	2	0.1	0.0
10	29	2.0	2	2	0.1	0.0
11	31	3.0	3	3	0.1	0.0
12	30	3.0	2	2	0.1	0.0
12	31	3.0	3	3	0.1	0.0
12	32	3.0	3	3	0.1	0.0
13	29	3.0	2	2	0.1	0.0
13	30	3.0	3	3	0.1	0.0
13	31	3.0	3	3	0.1	0.0
13	32	3.0	4	3	0.1	0.0
14	29	3.0	2	2	0.1	0.0
14	30	3.0	3	3	0.1	0.0
14	31	3.0	3	3	0.1	0.0
15	34	4.0	3	3	0.1	0.0
16	34	4.0	3	3	0.1	0.0
17	32	3.0	2	2	0.1	0.0
17	33	3.0	3	3	0.1	0.0
18	33	3.0	3	3	0.1	0.0

表-2.29 活力度と気象環境圧算出値 (マテバシイ)

(昭和58年調査)

メッシュ番号		活力度	風速 (m/s)		風送塩輸送量 ($\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{min}$)	
x	y		冬季	春季	冬季	春季
2	18	1.5	2	2	0.1	0.0
2	20	2.0	2	2	0.1	0.0
3	18	2.0	2	1	0.1	0.0
4	23	1.0	2	1	0.1	0.0
5	19	1.0	2	2	0.1	0.0
5	20	2.0	2	2	0.1	0.0
5	21	1.0	3	2	0.1	0.0
5	22	1.0	2	2	0.1	0.0
6	19	1.0	3	2	0.2	0.0
6	20	1.0	3	2	0.2	0.0
6	21	1.0	3	2	0.1	0.0
6	22	2.0	3	2	0.1	0.0
6	23	1.0	3	2	0.1	0.0
6	24	1.0	3	3	0.1	0.0
6	25	1.0	3	3	0.1	0.0
7	18	1.0	2	2	0.2	0.0
7	19	2.0	3	2	0.2	0.0
7	20	2.0	3	3	0.2	0.0
7	21	2.0	3	3	0.2	0.0
7	22	1.5	3	2	0.1	0.0
7	23	1.0	3	3	0.1	0.0
7	25	1.0	3	2	0.1	0.0
7	26	1.0	3	3	0.1	0.0
8	18	1.0	2	2	0.2	0.0
8	19	1.0	3	2	0.2	0.0
8	21	2.0	3	3	0.2	0.0
8	22	1.0	3	2	0.1	0.0
8	23	1.0	3	2	0.1	0.0
8	24	1.0	3	2	0.1	0.0
8	26	1.0	3	3	0.1	0.0
8	27	1.0	3	3	0.1	0.0
8	28	1.0	3	3	0.1	0.0
9	19	1.5	3	2	0.2	0.0
9	24	1.5	3	3	0.1	0.0
9	25	1.0	3	2	0.1	0.0
9	27	2.0	3	3	0.1	0.0
9	28	1.0	3	3	0.1	0.0
10	18	1.0	3	2	0.2	0.0
10	19	1.0	3	3	0.2	0.0
10	20	1.0	3	2	0.2	0.0
10	22	3.0	3	3	0.2	0.0
10	26	1.0	3	2	0.1	0.0
10	28	2.0	3	2	0.1	0.0
10	29	2.0	2	2	0.1	0.0
10	30	1.5	2	2	0.1	0.0
10	31	1.0	3	2	0.1	0.0
10	33	1.0	3	2	0.1	0.0
11	17	1.0	3	2	0.3	0.1
11	18	1.0	3	3	0.3	0.1
11	19	2.0	2	2	0.2	0.0
11	20	1.0	3	3	0.2	0.1
11	28	2.0	2	2	0.1	0.0
11	31	1.0	3	3	0.1	0.0
11	32	1.0	3	2	0.1	0.0
11	33	1.0	3	5	0.1	0.1
12	16	2.0	2	2	0.3	0.0
12	17	1.0	5	4	0.6	0.1
12	18	1.0	4	3	0.4	0.1
12	19	2.0	1	2	0.1	0.0
12	20	1.0	2	2	0.2	0.0
12	21	1.0	3	3	0.2	0.0
12	22	1.0	3	3	0.2	0.0
12	27	1.0	3	2	0.1	0.0
12	28	2.0	2	2	0.1	0.0
12	29	2.0	2	2	0.1	0.0
12	31	2.0	3	3	0.1	0.0
12	32	3.0	3	3	0.1	0.0
13	17	1.0	5	4	0.6	0.1
13	18	2.0	4	3	0.4	0.1
13	20	1.5	2	2	0.2	0.0
13	21	2.0	3	3	0.2	0.1
13	22	1.0	3	3	0.2	0.0
13	23	1.0	3	2	0.2	0.0
13	24	1.0	3	4	0.2	0.1
13	26	1.0	2	2	0.1	0.0
13	27	2.0	3	2	0.1	0.0
13	28	2.0	2	2	0.1	0.0
13	30	3.0	3	3	0.1	0.0
13	31	3.0	3	3	0.1	0.0
13	32	2.0	4	3	0.1	0.0
13	33	1.0	4	3	0.1	0.0
14	17	1.0	3	2	0.4	0.1

メッシュ番号		活力度	風速 (m/s)		風送塩輸送量 ($\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{min}$)	
x	y		冬季	春季	冬季	春季
14	18	1.5	3	3	0.4	0.1
14	20	1.0	3	2	0.2	0.0
14	21	2.0	3	3	0.2	0.0
14	26	1.0	3	2	0.1	0.0
14	27	2.0	3	2	0.1	0.0
14	30	3.0	3	3	0.1	0.0
14	34	1.0	3	3	0.1	0.0
14	35	1.0	2	4	0.1	0.1
14	36	1.0	2	3	0.1	0.0
15	15	1.0	2	2	0.5	0.1
15	16	1.0	2	2	0.3	0.0
15	17	1.0	3	3	0.4	0.1
15	18	1.0	3	3	0.3	0.1
15	20	1.0	3	3	0.2	0.1
15	21	2.0	3	3	0.2	0.1
15	22	1.0	3	3	0.2	0.1
15	27	1.5	2	2	0.1	0.0
15	28	3.0	2	2	0.1	0.0
15	29	3.0	3	2	0.1	0.0
15	30	1.0	3	2	0.1	0.0
15	31	1.0	3	3	0.1	0.0
15	34	1.0	3	3	0.1	0.0
15	35	1.0	2	2	0.1	0.0
16	16	1.0	2	2	0.3	0.1
16	17	1.0	3	3	0.4	0.1
16	21	1.0	3	3	0.2	0.1
16	22	1.0	3	3	0.2	0.1
16	23	1.0	3	3	0.2	0.1
16	24	1.0	3	3	0.2	0.1
16	25	2.0	3	3	0.1	0.1
16	26	1.0	3	3	0.1	0.1
16	27	1.0	3	3	0.1	0.0
16	28	2.0	2	2	0.1	0.0
16	29	3.0	3	3	0.1	0.0
16	30	1.0	3	3	0.1	0.0
16	31	1.0	2	2	0.1	0.0
16	32	1.0	2	2	0.1	0.0
16	34	1.0	3	3	0.1	0.0
16	35	1.0	3	3	0.1	0.0
17	24	2.5	3	2	0.2	0.0
17	25	2.0	3	3	0.2	0.0
17	26	1.0	3	3	0.1	0.0
17	27	1.0	3	3	0.1	0.0
17	28	2.0	3	3	0.1	0.0
17	29	1.0	3	3	0.1	0.0
17	30	1.0	3	3	0.1	0.0
17	31	1.0	2	2	0.1	0.0
17	32	1.5	2	2	0.1	0.0
17	33	1.0	3	3	0.1	0.0
17	34	1.0	3	3	0.1	0.0
17	35	1.0	3	2	0.1	0.0
18	21	2.0	3	3	0.2	0.1
18	22	2.0	3	3	0.2	0.0
18	27	1.0	3	3	0.1	0.0
18	33	2.0	3	3	0.1	0.0
18	34	1.5	3	3	0.1	0.0
18	35	1.0	2	1	0.1	0.0
19	19	2.0	3	3	0.3	0.1
19	24	2.0	3	2	0.2	0.0
19	25	1.0	3	2	0.2	0.0
19	26	1.0	3	3	0.1	0.0
19	27	1.0	3	2	0.1	0.0
19	34	2.0	3	2	0.1	0.0
20	24	3.0	3	3	0.2	0.1
20	25	1.0	3	2	0.1	0.0
20	27	1.0	3	2	0.1	0.0
20	34	1.0	3	3	0.1	0.0
21	19	2.0	3	3	0.3	0.1
21	23	2.0	3	2	0.2	0.0
21	25	1.0	3	3	0.1	0.1
22	20	3.0	3	2	0.2	0.0
22	21	2.5	3	3	0.2	0.1
22	22	1.0	3	3	0.2	0.1
22	23	1.5	3	2	0.2	0.0
22	31	1.0	3	3	0.1	0.0
23	30	1.0	2	3	0.1	0.0
24	29	1.0	2	2	0.1	0.0
24	30	1.0	3	3	0.1	0.1
25	28	1.0	3	3	0.1	0.0
25	29	1.0	3	3	0.1	0.0
26	28	1.0	3	3	0.1	0.0
27	27	1.0	3	2	0.1	0.0

表- 2.30 活力度と気象環境圧算出値 (オオシマザクラ)

(昭和58年調査)

メッシュ番号		活力度	風速 (m/s)		風送塩輸送量 (mg/m ² ・min)	
x	y		冬季	春季	冬季	春季
3	24	4.0	3	2	0.1	0.0
4	24	1.0	3	2	0.1	0.0
4	25	1.0	3	2	0.1	0.0
5	19	2.0	2	2	0.1	0.0
5	20	1.0	2	2	0.1	0.0
5	21	2.0	3	2	0.1	0.0
5	22	1.0	2	2	0.1	0.0
5	23	1.0	2	2	0.1	0.0
5	24	2.0	2	2	0.1	0.0
5	25	2.0	2	2	0.1	0.0
6	23	2.0	3	2	0.1	0.0
6	24	1.0	3	3	0.1	0.0
6	25	1.0	3	3	0.1	0.0
6	26	1.0	2	3	0.1	0.0
7	23	1.0	3	3	0.1	0.0
7	26	1.0	3	3	0.1	0.0
7	27	1.0	3	3	0.1	0.0
8	21	1.0	3	3	0.2	0.0
8	22	1.0	3	2	0.1	0.0
8	23	1.0	3	2	0.1	0.0
8	24	1.0	3	2	0.1	0.0
8	26	2.0	3	3	0.1	0.0
8	27	1.0	3	3	0.1	0.0
8	29	1.0	3	3	0.1	0.0
9	22	1.0	3	2	0.1	0.0
9	24	1.0	3	3	0.1	0.0
9	26	2.0	3	2	0.1	0.0
9	27	2.0	3	3	0.1	0.0
9	29	1.0	3	3	0.1	0.0
9	30	1.0	3	3	0.1	0.0
10	27	2.0	3	2	0.1	0.0
10	30	1.0	2	2	0.1	0.0
10	31	1.0	3	2	0.1	0.0
11	31	3.0	3	3	0.1	0.0
11	32	3.0	3	2	0.1	0.0
11	33	2.0	3	5	0.1	0.1
12	31	3.0	3	3	0.1	0.0
12	32	3.0	3	3	0.1	0.0
12	33	3.0	3	3	0.1	0.0
12	34	2.0	3	4	0.1	0.1
13	32	3.0	4	3	0.1	0.0
13	33	3.0	4	3	0.1	0.0
13	34	2.0	3	3	0.1	0.0
14	34	3.0	3	3	0.1	0.0
14	35	1.0	2	4	0.1	0.1
15	16	2.0	2	2	0.3	0.0
15	35	3.0	2	2	0.1	0.0
16	28	1.0	2	2	0.1	0.0
16	35	3.0	3	3	0.1	0.0
17	16	1.0	2	2	0.4	0.1
17	35	2.0	3	2	0.1	0.0
18	34	2.0	3	3	0.1	0.0
18	35	2.0	2	1	0.1	0.0
19	26	1.0	3	3	0.1	0.0
19	27	1.0	3	2	0.1	0.0
19	34	2.0	3	2	0.1	0.0
19	35	2.0	3	3	0.1	0.0
20	34	2.0	3	3	0.1	0.0

(昭和59年調査)

メッシュ番号		活力度	風速 (m/s)		風送塩輸送量 (mg/m ² ・min)	
x	y		冬季	春季	冬季	春季
5	20	3.0	2	2	0.1	0.0
5	21	3.0	3	2	0.1	0.0
5	22	3.0	2	2	0.1	0.0
5	23	3.0	2	2	0.1	0.0
6	23	4.0	3	2	0.1	0.0
6	24	3.0	3	3	0.1	0.0
6	25	3.0	3	3	0.1	0.0
7	20	4.0	3	3	0.2	0.0
7	21	4.0	3	3	0.2	0.0
7	22	4.0	3	2	0.1	0.0
7	23	4.0	3	3	0.1	0.0
7	24	4.0	3	3	0.1	0.0
7	25	4.0	3	2	0.1	0.0
8	20	4.0	5	4	0.3	0.1
8	21	4.0	3	3	0.2	0.0
8	22	4.0	3	2	0.1	0.0
8	23	4.0	3	2	0.1	0.0
8	24	4.0	3	2	0.1	0.0
8	25	4.0	3	2	0.1	0.0
8	26	4.0	3	3	0.1	0.0
8	27	4.0	3	3	0.1	0.0
8	29	2.0	3	3	0.1	0.0
9	20	4.0	5	4	0.3	0.1
9	21	4.0	5	4	0.3	0.1
9	22	4.0	3	2	0.1	0.0
9	23	4.0	5	4	0.3	0.1
9	24	4.0	3	3	0.1	0.0
9	25	4.0	3	2	0.1	0.0
9	26	4.0	3	2	0.1	0.0
9	27	4.0	3	3	0.1	0.0
9	30	2.0	3	3	0.1	0.0
10	26	4.0	3	2	0.1	0.0
10	27	4.0	3	2	0.1	0.0
10	28	4.0	3	2	0.1	0.0
11	26	4.0	3	2	0.1	0.0
11	27	4.0	2	2	0.1	0.0
11	28	4.0	2	2	0.1	0.0
11	33	3.0	3	5	0.1	0.1
11	34	4.0	3	3	0.1	0.0
12	31	4.0	3	3	0.1	0.0
12	35	4.0	4	3	0.1	0.0
13	31	4.0	3	3	0.1	0.0
14	34	4.0	3	3	0.1	0.0
15	15	4.0	2	2	0.5	0.1
15	16	4.0	2	2	0.3	0.0
16	15	4.0	3	3	0.6	0.1
16	16	4.0	2	2	0.3	0.1
18	27	4.0	3	3	0.1	0.0
19	26	4.0	3	3	0.1	0.0
19	27	4.0	3	2	0.1	0.0

表- 2.31 活力度と気象環境圧算出値 (ナンキンハゼ)

(昭和58年調査)

メッシュ番号		活力度	風速 (m/s)		風送塩輸送量 (mg/m ² ・min)	
x	y		冬季	春季	冬季	春季
2	20	2.0	2	2	0.1	0.0
3	18	2.5	2	1	0.1	0.0
4	20	1.0	2	2	0.1	0.0
4	23	1.0	2	1	0.1	0.0
5	23	1.0	2	2	0.1	0.0
7	21	3.0	3	3	0.2	0.0
8	21	3.0	3	3	0.2	0.0
8	22	2.5	3	2	0.1	0.0
8	23	1.0	3	2	0.1	0.0
9	26	4.0	3	2	0.1	0.0
10	27	3.0	3	2	0.1	0.0
10	30	2.0	2	2	0.1	0.0
11	17	1.0	3	2	0.3	0.1
11	20	1.0	3	3	0.2	0.1
11	21	1.0	2	2	0.2	0.0
11	28	2.0	2	2	0.1	0.0
12	17	4.0	5	4	0.6	0.1
12	18	1.0	4	3	0.4	0.1
12	21	1.0	3	3	0.2	0.0
12	22	1.0	3	3	0.2	0.0
13	17	1.0	5	4	0.6	0.1
13	19	1.0	1	2	0.1	0.0
13	26	1.0	2	2	0.1	0.0
13	29	2.0	2	2	0.1	0.0
13	32	1.0	4	3	0.1	0.0
14	17	1.5	3	2	0.4	0.1
14	26	2.0	3	2	0.1	0.0
14	27	1.0	3	2	0.1	0.0
14	29	2.0	2	2	0.1	0.0
14	32	1.0	4	3	0.1	0.1
15	26	1.0	3	3	0.1	0.0
15	27	2.0	2	2	0.1	0.0
15	28	1.0	2	2	0.1	0.0
15	29	3.0	3	2	0.1	0.0
15	33	2.0	3	3	0.1	0.0
16	27	1.0	3	3	0.1	0.0
21	25	1.0	3	3	0.1	0.1
22	24	1.0	2	2	0.1	0.0
23	24	4.0	2	2	0.1	0.0
24	24	2.5	2	2	0.2	0.0

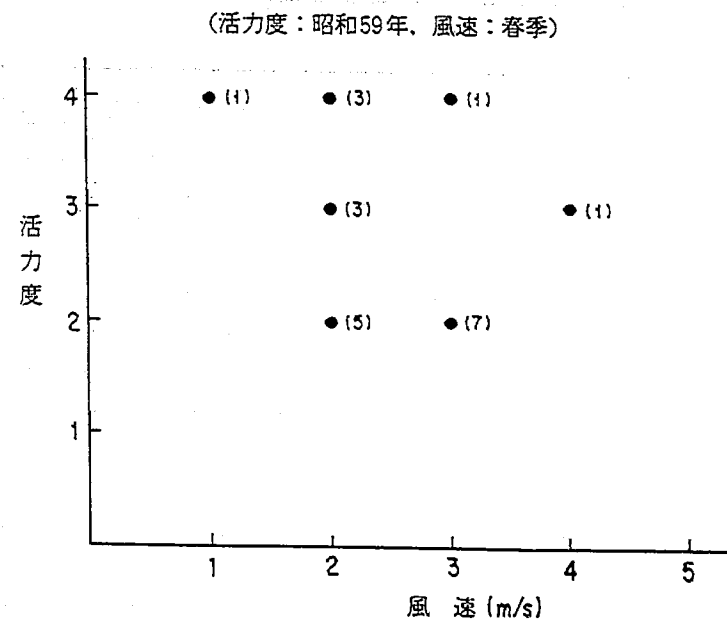
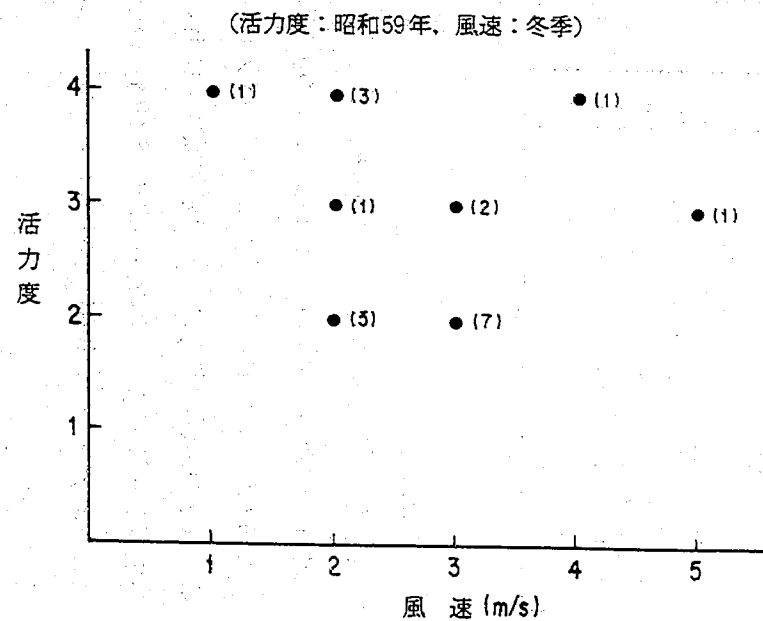
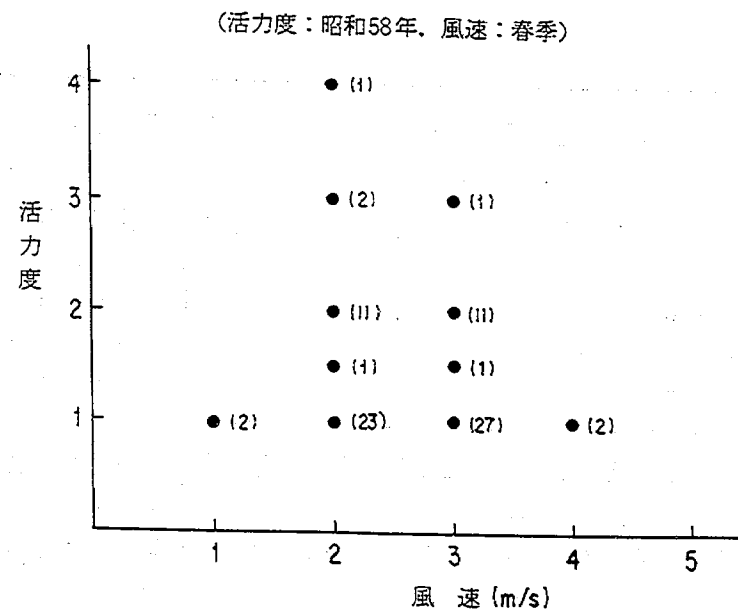
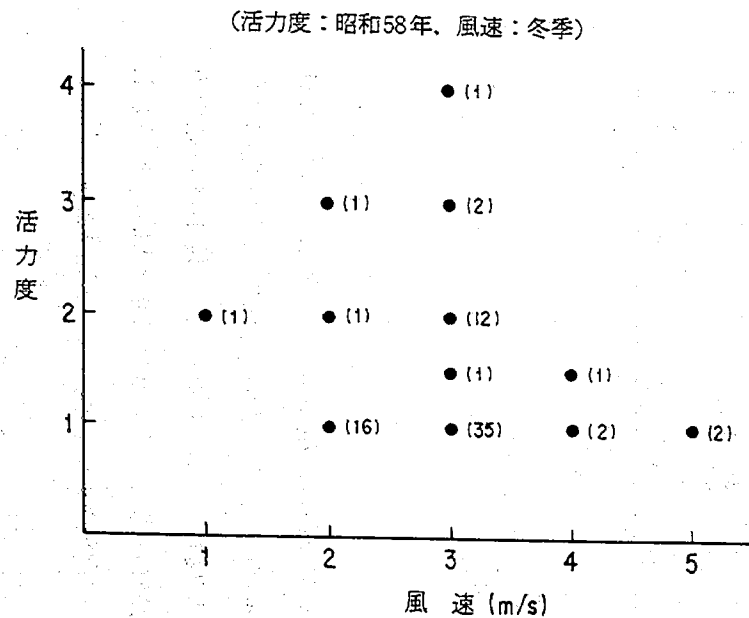
(昭和59年調査)

メッシュ番号		活力度	風速 (m/s)		風送塩輸送量 (mg/m ² ・min)	
x	y		冬季	春季	冬季	春季
5	23	3.0	2	2	0.1	0.0
7	20	4.0	3	3	0.2	0.0
7	21	4.0	3	3	0.2	0.0
7	22	4.0	3	2	0.1	0.0
8	20	4.0	5	4	0.3	0.1
8	21	4.0	3	3	0.2	0.0
8	22	4.0	3	2	0.1	0.0
8	23	4.0	3	2	0.1	0.0
8	24	4.0	3	2	0.1	0.0
9	20	4.0	5	4	0.3	0.1
9	21	4.0	5	4	0.3	0.1
9	22	4.0	3	2	0.1	0.0
9	23	4.0	5	4	0.3	0.1
10	21	2.0	5	4	0.3	0.1
10	29	3.0	2	2	0.1	0.0
10	30	3.0	2	2	0.1	0.0
11	18	1.0	3	3	0.3	0.1
11	20	2.0	3	3	0.2	0.1
11	21	2.0	2	2	0.2	0.0
11	28	2.0	2	2	0.1	0.0
12	17	2.0	5	4	0.6	0.1
12	18	1.0	4	3	0.4	0.1
13	17	2.0	5	4	0.6	0.1
13	18	1.0	4	3	0.4	0.1
13	19	1.0	1	2	0.1	0.0
13	29	2.0	2	2	0.1	0.0
13	32	2.0	4	3	0.1	0.0
14	26	3.0	3	2	0.1	0.0
14	27	3.0	3	2	0.1	0.0
14	29	2.0	2	2	0.1	0.0
14	32	2.0	4	3	0.1	0.1
14	33	2.0	4	3	0.1	0.1
15	32	2.0	3	3	0.1	0.0
15	33	2.0	3	3	0.1	0.0
16	27	3.0	3	3	0.1	0.0
21	25	3.0	3	3	0.1	0.1

2.4.2. 分析結果

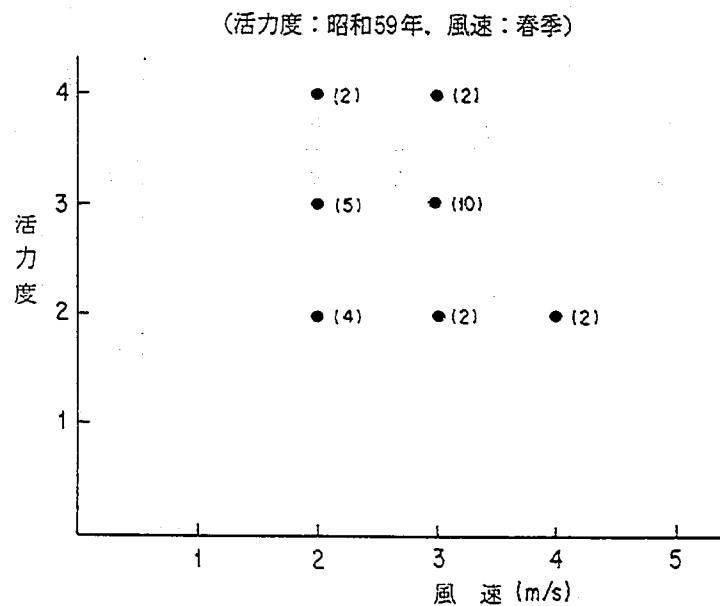
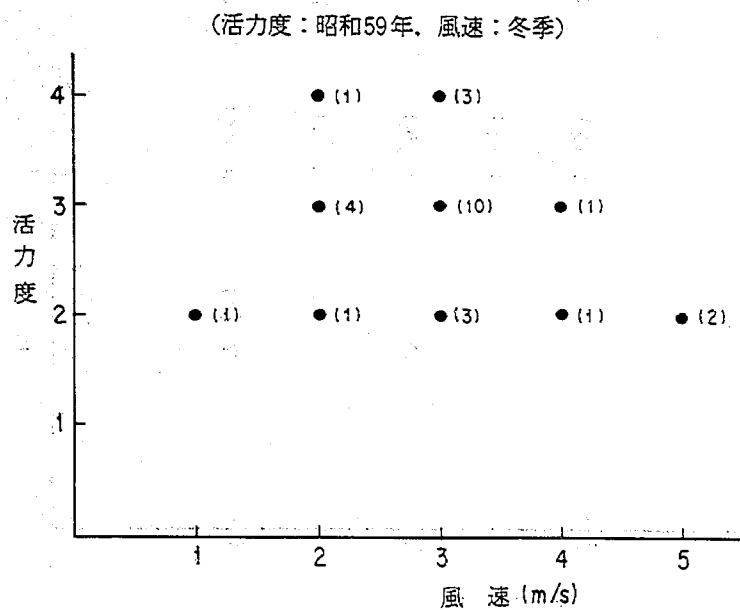
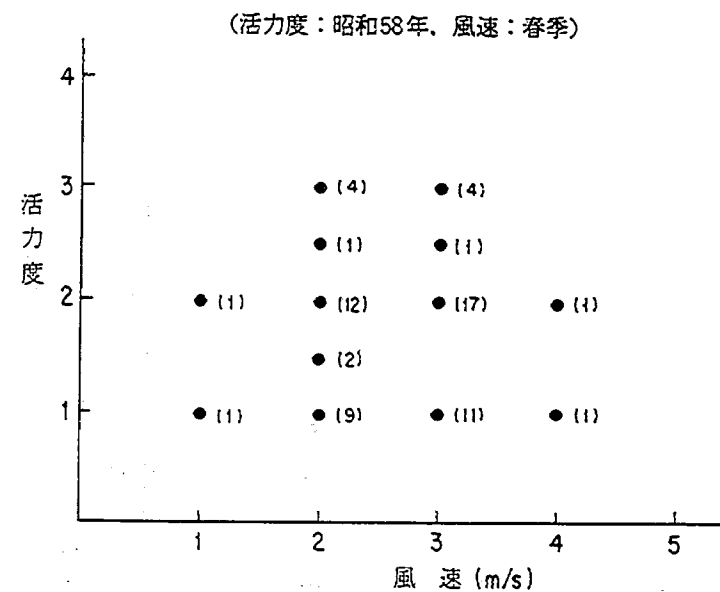
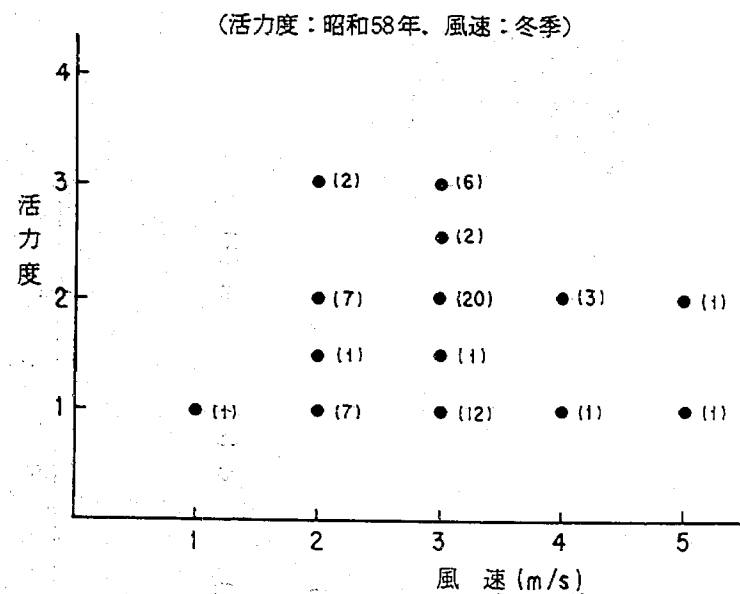
1) 風環境圧と樹木活力度との相関分析

昭和58年及び59年における冬季と春季の風環境圧と各樹種の活力度との相関散布図を図- 2.21 ~ 2.25 に示す。これによると分布がバラバラである樹種がほとんどであり、直線関係も曲線関係も見られなかった。参考までに単相関係数を算出し表- 2.32 に示す。樹木の活力度は小さい値の方が生育が良好であり、風環境も弱い方が樹木の成長が良好なので、本来ならば正の相関が期待されたのであるが、負の相関を有するものも多く、かつ相関係数は概して低いという結果となった。



活力度ランク
 1：良 好
 2：やや良好
 3：やや不良
 4：不 良
 () の数字は
 メッシュ数

図-2.21 風速と活力度との相関散布図 (タブノキ)



活力度ランク
 1:良 好
 2:やや良好
 3:やや不良
 4:不 良
 ()の数字は
 メッシュ数

図-2.22 風速と活力度との相関散布図 (ホルトノキ)

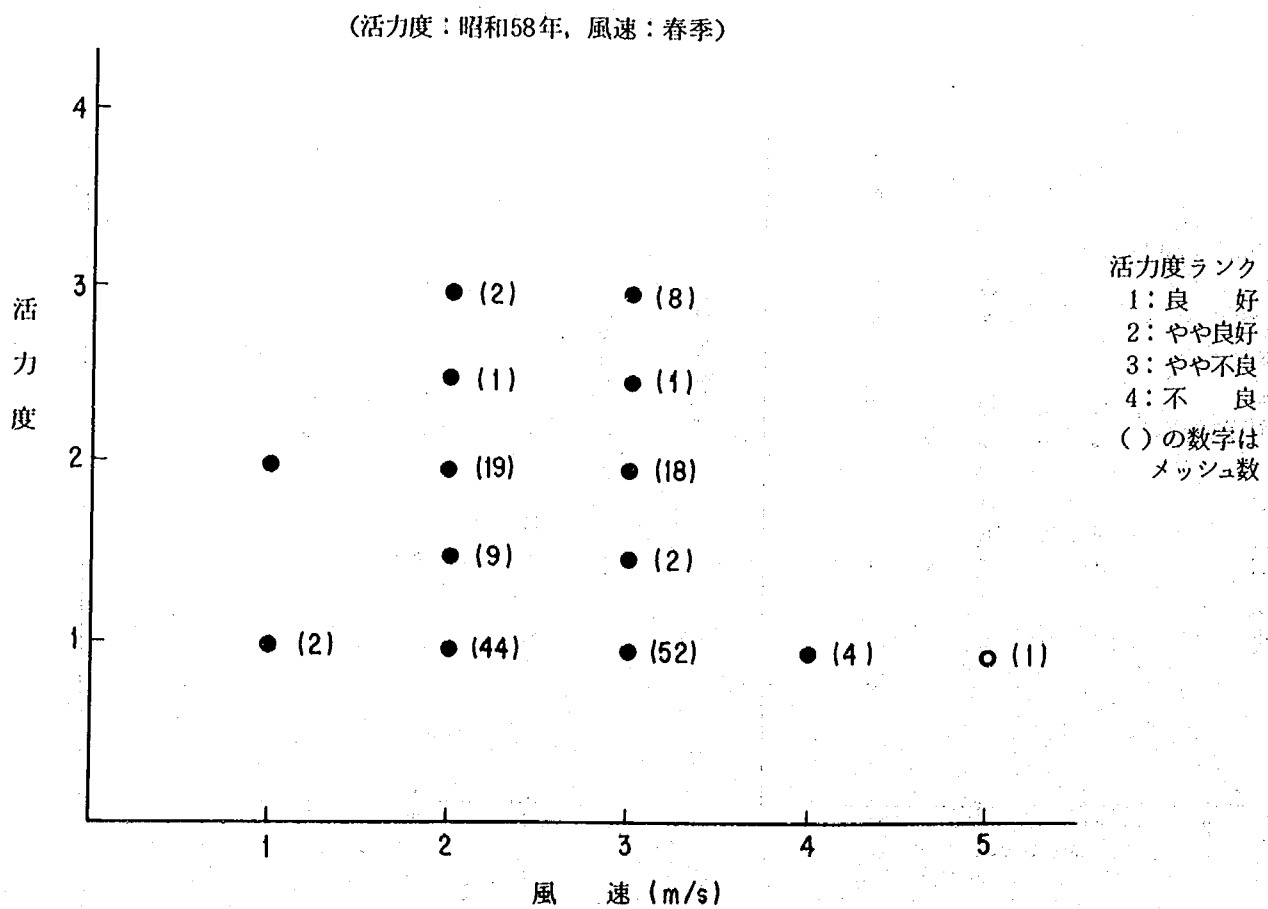
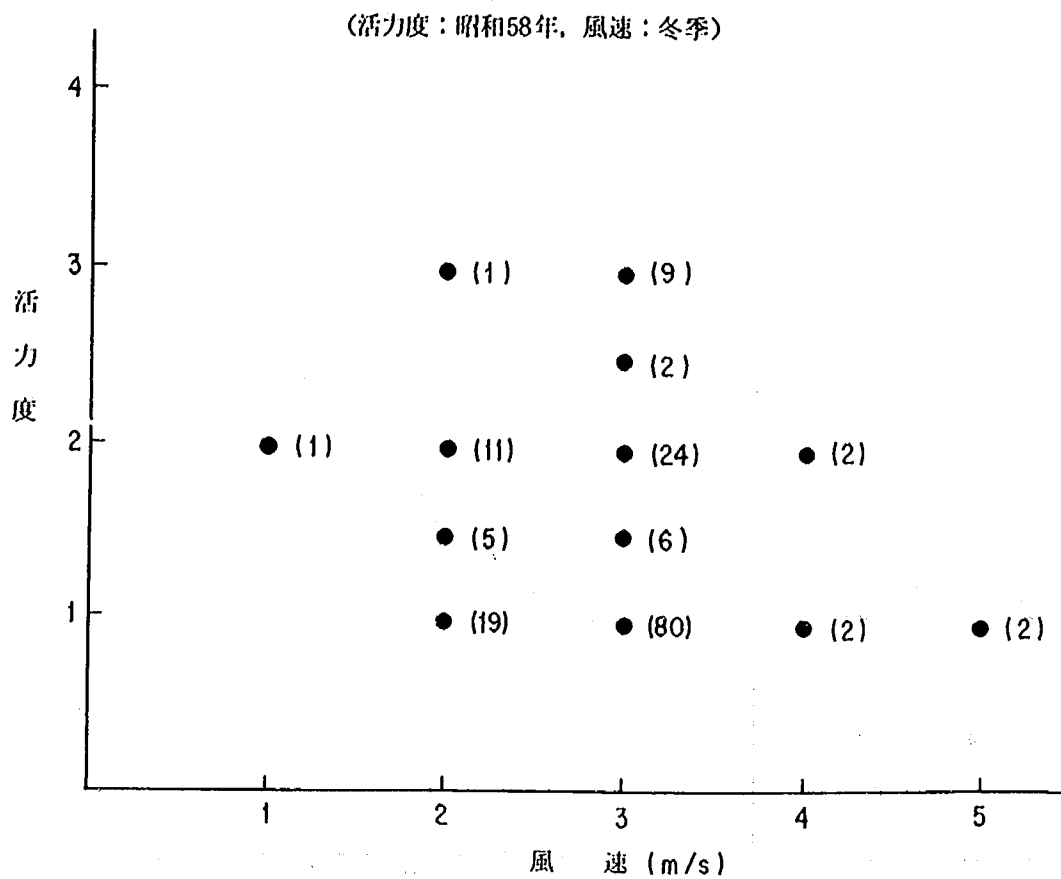
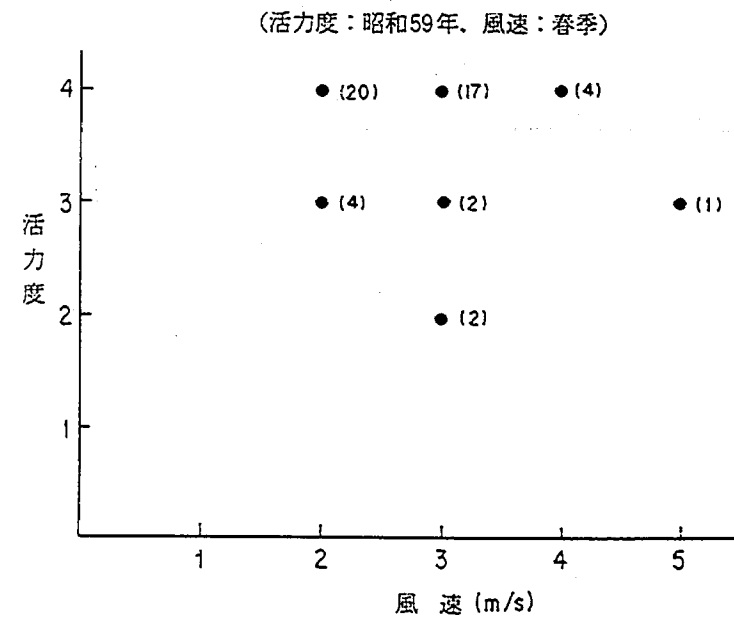
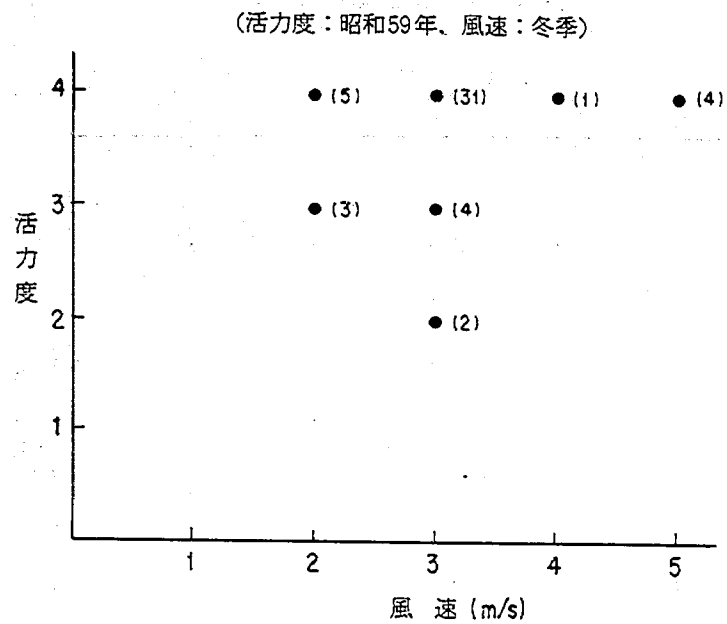
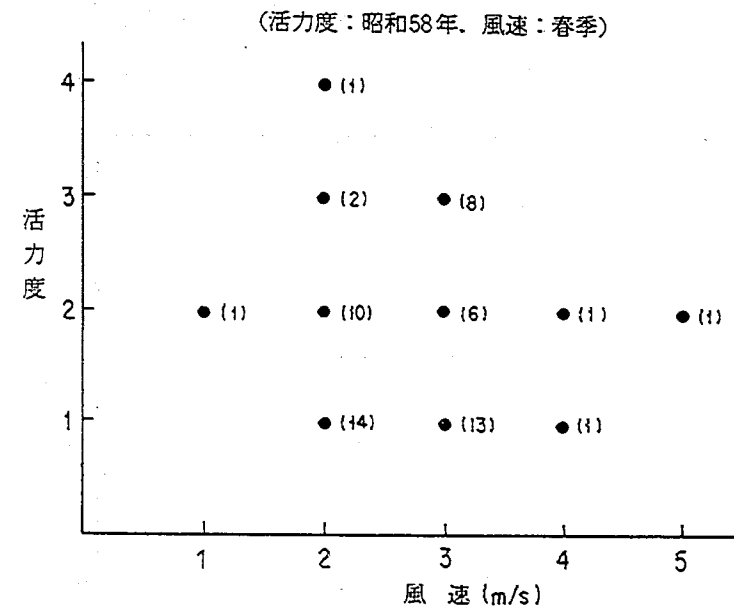
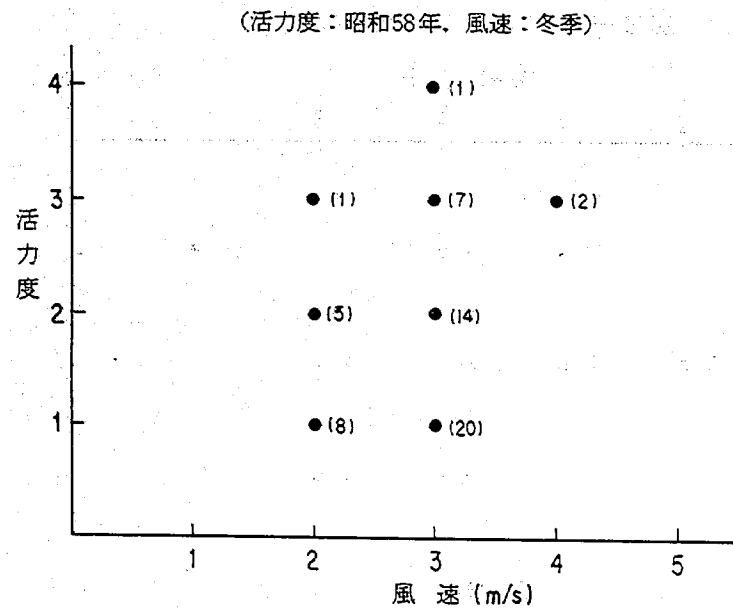
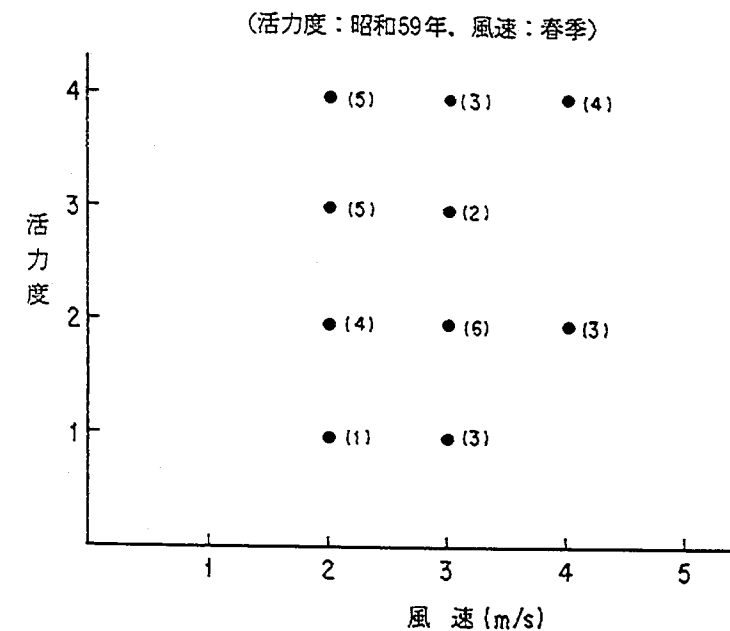
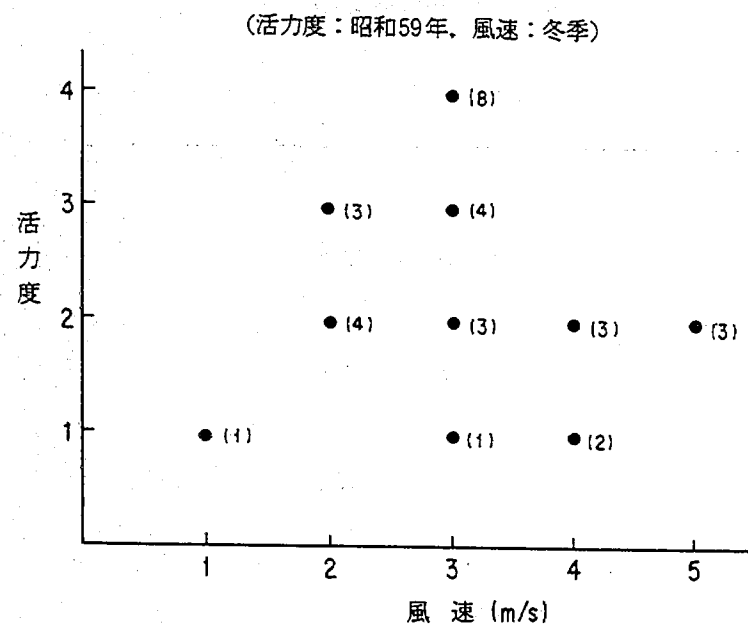
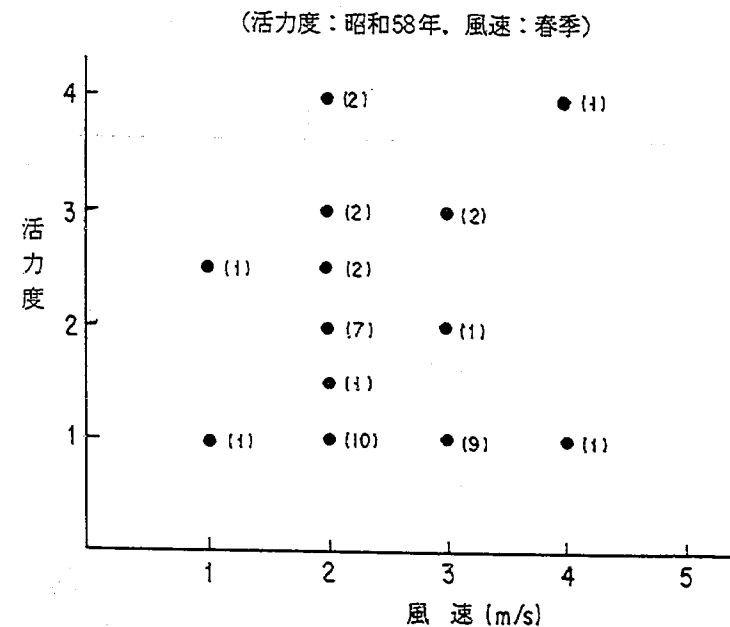
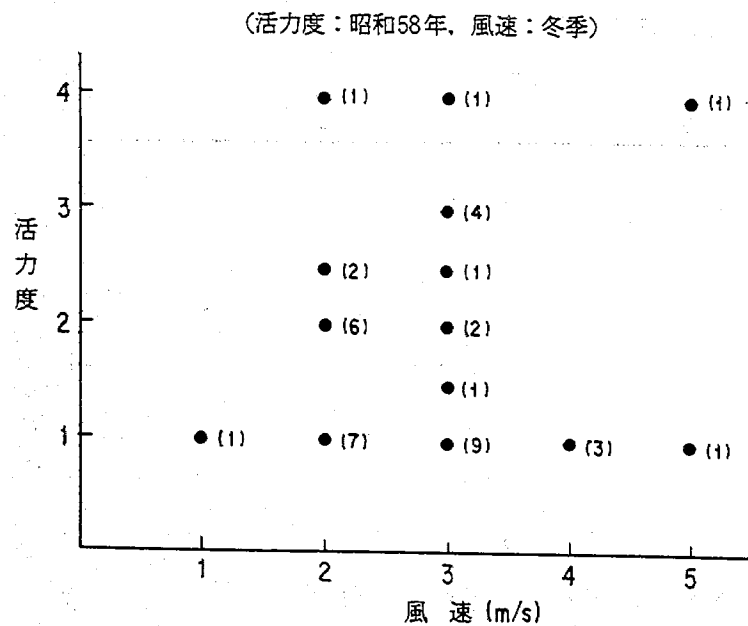


図- 2.23 風速と活力度との相関散布図 (マテバシイ)



活力度ランク
 1:良 好
 2:やや良好
 3:やや不良
 4:不 良
 () の数字は
 メッシュ数

図-2.24 風速と活力度との相関散布図 (オオシマザクラ)



活力度ランク
 1：良 好
 2：やや良好
 3：やや不良
 4：不 良
 ()の数字は
 メッシュ数

図-2.25 風速と活力度との相関散布図 (ナンキンハゼ)

表- 2.32 気象環境圧（風、風送塩）と活力度との単相関係数

活力度			環境圧		風（地上高 4.0 m の風速）		風送塩（地上高 4.0 m の輸送量）	
樹 種	年度	データ数	冬 季	春 季	冬 季	春 季	冬 季	春 季
タブノキ	58	75	-0.09578	-0.06474	-0.003248	-0.016233		
	59	21	-0.13226	-0.39009	+0.16457	-0.15147		
ホルトノキ	58	65	+0.13428	+0.04769	-0.33600	-0.24668		
	59	27	-0.17865	-0.18317	-0.51395	-0.45282		
マテバシイ	58	164	+0.007469	-0.09250	-0.04784	-0.08741		
オオシマザクラ	58	58	+0.42685	+0.05971	-0.14918	-0.09643		
	59	50	+0.18692	-0.01481	+0.24441	+0.13607		
ナンキンハゼ	58	40	+0.01844	-0.02024	+0.01974	-0.02405		
	59	36	+0.06485	+0.05045	-0.21938	-0.07188		

2) 風送塩環境圧と樹木活力度との相関分析

冬季と春季の風送塩環境圧と各樹木の活力度との間の相関の正負及び単相関係数を算出し、その結果を表- 2.32 に示す。風送塩輸送量が小さいほど樹木の成長にとって良好な環境であるので、正の相関が期待されるところであるが、風環境圧と樹木活力度との関係と同様に相関係数は低く、マイナスの相関を有するものが多いという結果であった。

3) 飛砂環境圧と樹木活力度との相関分析

飛砂は海岸砂丘背後の松林帯で止まり、公園内の植栽域にはほとんど到達していない。したがって、公園内植栽域内の飛砂環境圧は極めて弱いと考えられ、また飛砂量は観測精度以下であったため相関係数の算出は行わなかった。

2.4.3 気象環境圧と樹木活力度との関係

分析対象樹種の公園内の生育特性をまとめると以下の如くである。

まず風速との関係では、多くのメッシュが風速 2～3 m/s であったが、昭和 58 年調査では生育は良く、59 年調査では生育は比較的悪かった。全メッシュに占める「やや良好」～「良好」のメッシュの割合から公園園地における生育適性を評価すると、昭和 58 年の活力度より、タブノキ、マテバシイ、ホルトノキ、オオシマザクラ、ナンキンハゼの順に適性のあることが示されたが、ナンキンハゼにおいても「やや良好」及び「良好」のメッシュの割合が 70% 以上あり、全体的に高い適性を持つことが示された。これに対し、昭和 59 年の活力評価における「やや良好」及び「良好」の割合は、最大でもタブノキの 60% 弱、最小はオオシマザクラの 4% であり、全体的に適性が低く、また樹種による違いが大きかった。昭和 59 年の活力度における適性の順位は、マテバシイ、タブノキ、ナンキンハゼ、ホルトノキ、オオシマザクラの順であった。

一方、場所に関して生育特性を見てみると、まずほとんどの樹種で風衝木（一定方向の風のため、

枝が風下になびいた形の樹木)が多い西水辺の広場における生育状態が相対的に悪いことが特徴としてあげられる。この地域は、北西方向に面して緩やかに傾斜した地形を成している一方で、池の周辺は地下水位が高いことが考えられ、生育障害の原因については様々な要因の複合作用を考慮する必要がある。また動物の森の築山は強風域であるにもかかわらず生育状態は良好であったが、これについての原因は不明である。さらに、タブノキの昭和59年の活力度は、野鳥の森において生育不良であった。この場所は弱風域に属しているが、「地下水等の総合利用に関する調査業務報告書」(九州地方建設局)を参考にすると、比較的地下水位の高い場所であることが考えられ、過湿による障害が起こっている可能性がある。昭和59年調査によると、大芝生広場中部から南部にかけては生育は常緑樹で良く、落葉樹で悪い。このあたりは盛土地域であり、また北側に広く芝地が広がるため、比較的乾燥し易い地域であると考えられる。

以上の結果から判断すると、海の中道海浜公園における樹木の活力は、風や風送塩といった単独の環境圧だけで説明するには無理があり、活力を左右するものは、単に気象環境ばかりではなく、植栽樹木の生産地、植栽方法、植栽時期、材料の傷み具合(品質)、土壌の質、養分、管理、植栽密度等が複合されたものと推察される。今後、気象環境圧による樹木活力への影響を解明するためには、気象環境圧以外の要因を同一にするなど試験方法を十分検討したうえで植栽試験を実施し、さらに詳細に調査する必要がある。

3. 国営常陸海浜公園における防風林と植栽木の生育との関係

3.1 調査概要

3.1.1 調査目的

国営常陸海浜公園においては、平成3年の開園に合わせ昭和60年より修景木の植栽が行われている。当地域は、海浜地域特有の塩分が多く乾燥し易い砂質土壌や、春から秋にかけて海洋方向から恒常的に吹き付ける季節風により、内陸性の樹木にとっては厳しい生育環境となっており、樹木によってはマツ林の内部や後背部で潮風から保護されていないと生育できないものもあった。

本調査においては、このように条件の厳しい場所での植栽木の生育状況を明らかにして、樹木の生育特性を探るとともに、既存マツ林と植栽木の生育状況との関係を調べ、今後の植栽木の育成を図るうえでの防風林の効用や効果的な形状について考察し、今後の適正な植栽や管理の方策検討の際の資料とすることを目的とした。

一般に樹木は、移植後活着して安定するまで1～2年の期間を要し、この間は成長量も少ない。しかし、その後十分な葉を茂らせることができ、環境にも恵まれると急激な成長を示す。ところが、環境条件により着葉が十分なされず、炭酸同化作用の行われる量が少ないと、やがて蓄えられてあった養分を使い果たし、樹勢は衰えていく。

本公園においては、植付け後の期間が最も長いものは、調査時まで4年を経過している。上記のような理由で、4年の生育期間は、当地域における生育適性を評価するのに十分な期間である。

3.1.2 生育環境

1) 地形・地質・土壌

国営常陸海浜公園の公園区域は茨城県那珂台地の東部地域に位置し、主要な植栽地は標高30m前後の比較的平坦な台地状砂丘地である。海岸部から内陸の台地にかけて砂丘が発達し、北東～南西方面の稜線が北西から南東方面に数列にわたって分布している。この砂丘の形態はU字型砂丘で、比較的強い風によって作られる砂丘のタイプである。

今回調査対象とした植栽地は、公園の西～南東に位置し、かつては北東風の収束部のため小丘が多かった所であるが、広場造成のための整地により、一面平坦な地形に改変されている。

地質は、海水面の高さまでは砂岩、シルト岩より成る那珂湊層群を基盤とし、その上層には海面より25m以上の高さまで見和層が広がっている。この上には、厚さ2～4mの粘土層、さらに2～3mの砂丘堆砂とローム層が広がる。地表面から3～6mの深さまでは透水性、通気性は良好であるが養分に乏しく、またローム層の土性は、C/N比は高いが酸性は比較的弱く、磷酸吸収係数は極めて高い。

このような土壌基盤を有する地質環境であったが、広場造成のため盛土、切土が行われ、西口広場や創造の広場、セサミガーデン西部(図-3.1)などではローム層が表層約3mの深さで盛土される一方、セサミガーデン東部の切土地では腐植土が無くなり、表層は砂質土壌となっている所が

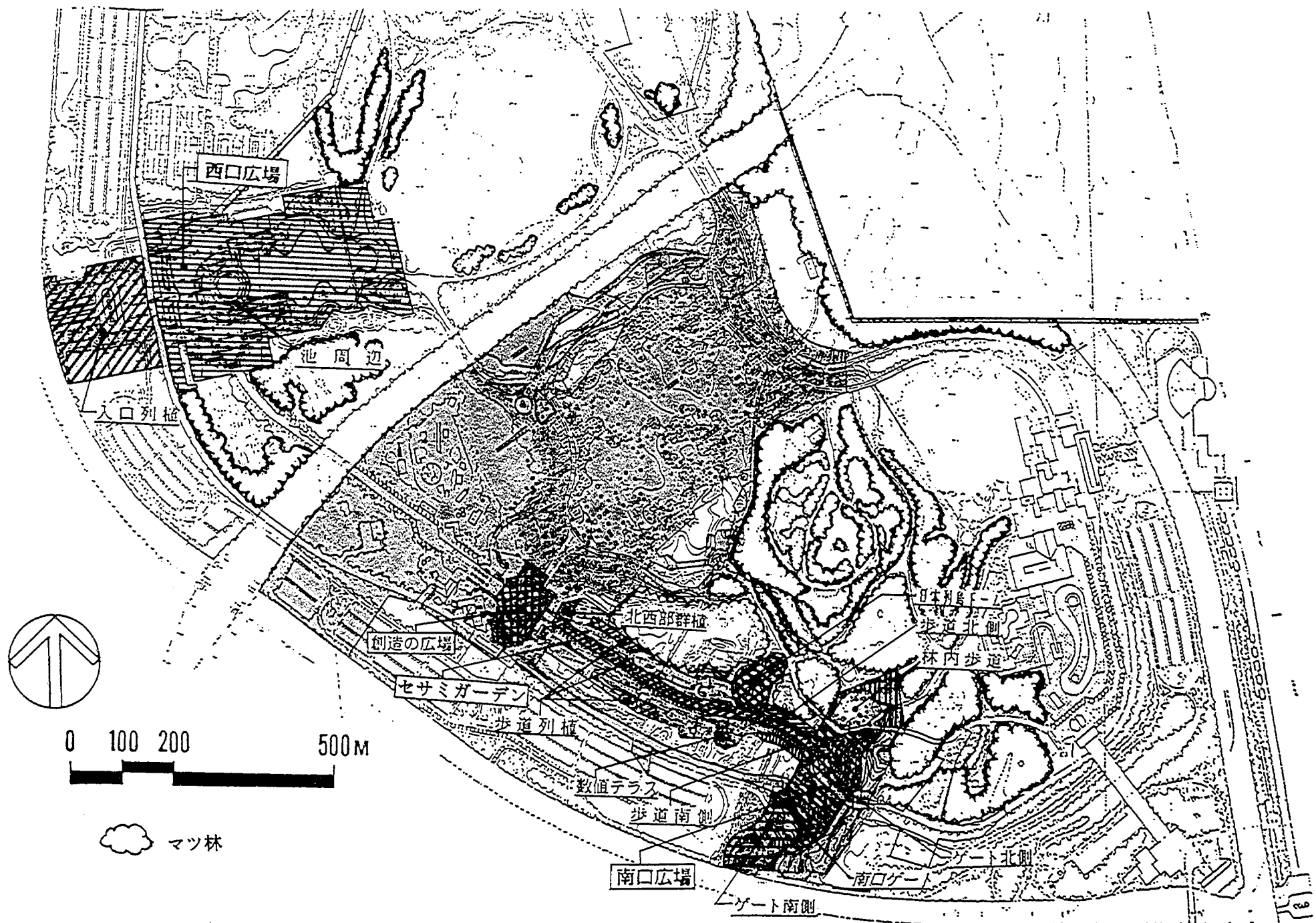


図-3.1 国営常陸海浜公園植栽位置図（着色部分は昭和63年度までの工事区域）

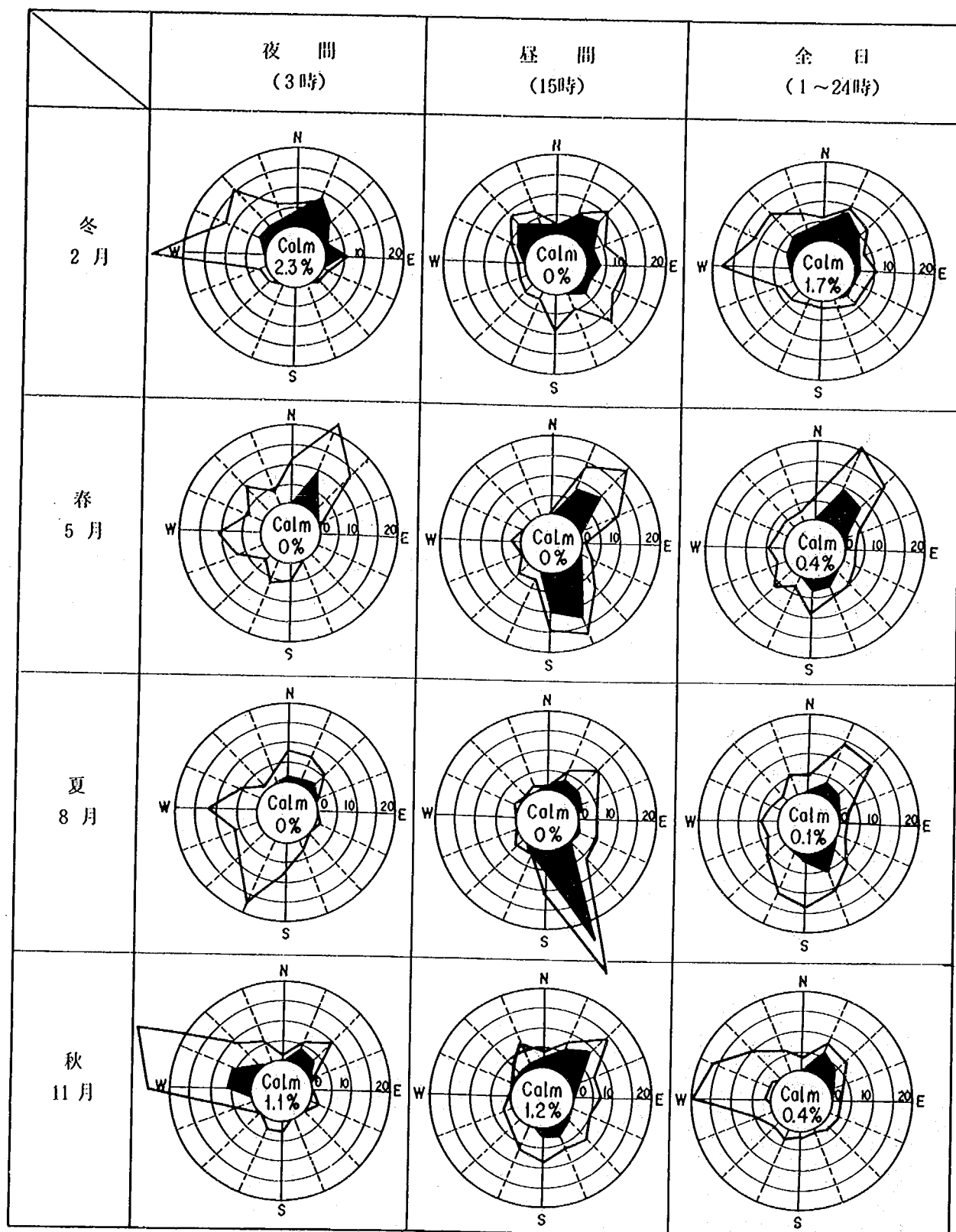
ある。

樹木にとって直接の土壤環境となる客土については、樹高 3.5 m より高い樹木に関しては、直径 2 m 深さ 1 m の、樹高 3.5 m ～ 2.0 m のものは、直径 1.5 m 深さ 0.7 m の植え穴客土で改良されている所が多い。また低木については深さ 0.4 m の植え穴客土か表面 0.15 m の面客土が施されている。

2) 風環境

昭和59年1月～61年12月にかけての阿字が浦漂砂観測所における風配図(図-3.2)の解析によると、風速 5 m/s 以上の強風は冬(2月)、春(5月)、秋(11月)において北北東～北東方面からの風が多く、また夏(8月)においては南南西方面の風においてより多かった。ただし、5 m/s 以下の弱風は、夏は北北東～北東方面のものが多いいものの、冬・秋は北西～西方面のものが多かった。

また、図-3.3に水戸地方気象台(昭和48年～57年)と阿字が浦観測所(昭和59年～61年)の風向、風速の月変化を示す。阿字が浦は、台地からの吹きおろし風があるため、公園区域と気象環境が異なることも考えられたが、最も近い場所での測定値であるので、内陸地のものとの比較を試みた。水戸地方気象台と阿字が浦観測所の風向の比較によると、水戸において風向は4月～8、9月にかけて北～東方向の風が卓越し、阿字が浦と同様の主風向であることが示された。風速については、水戸と阿字が浦とでは最大値の差異はあまり無いと思われるが、平均風速は阿字が浦の方が年間を通じて高いことが示された。また水戸においては年間の最大風速は4月において得られており、本公園においてもこの時期に相当の強風があることが推測される。このことから落葉樹の芽吹きに対する風の影響の大きさが懸念される。



全頻度
 内5m/s以上

図-3.2 阿字が浦漂砂観測所における風配図(昭和59年1月61年12月)

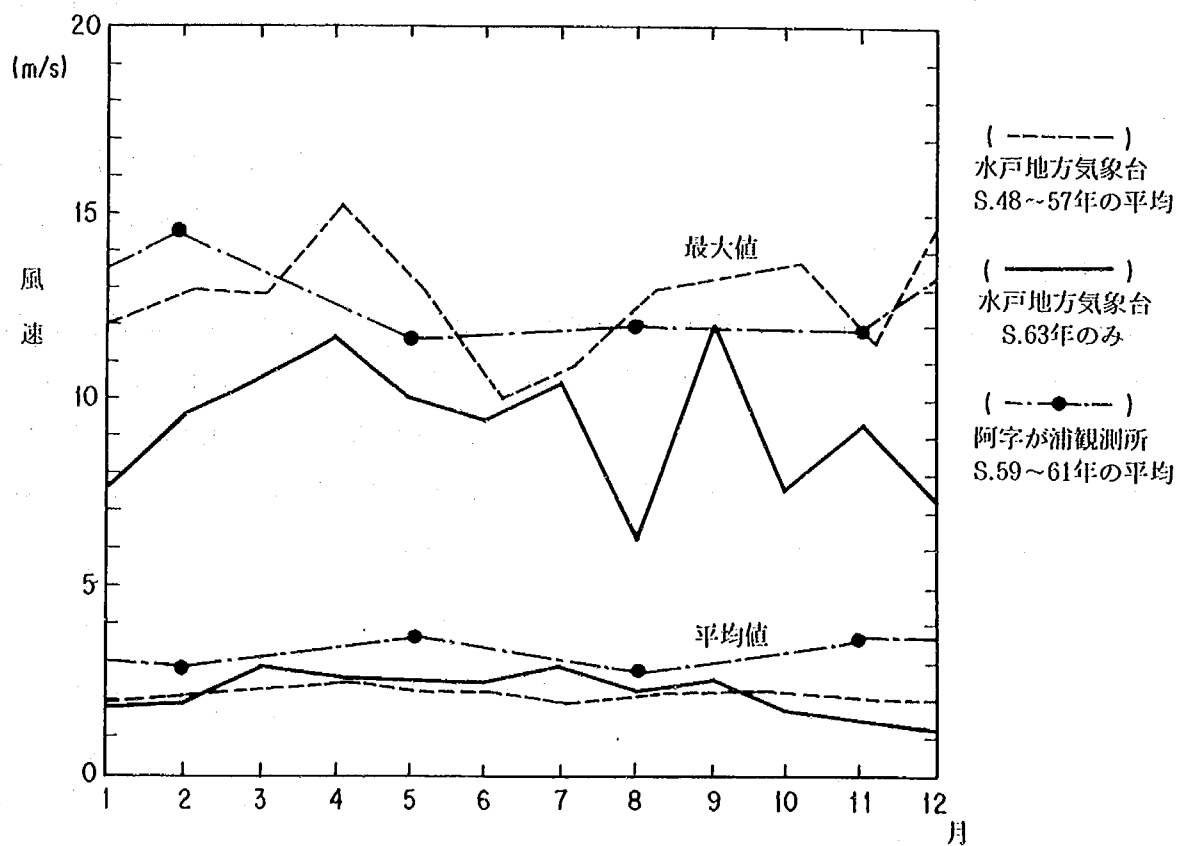
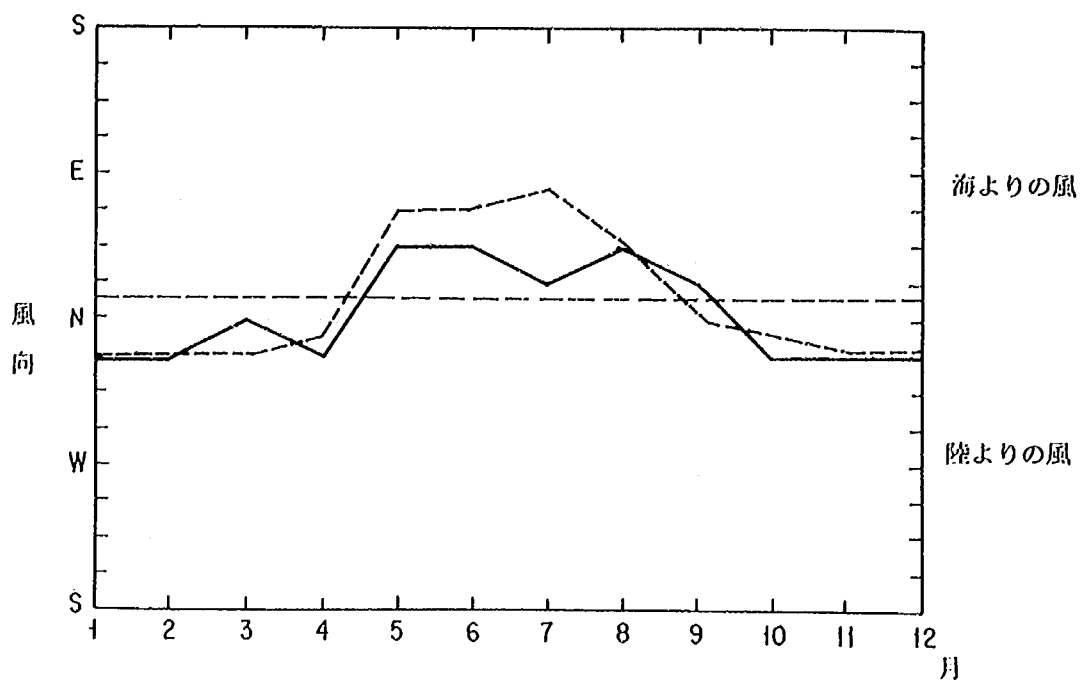


図-3.3 水戸地方気象台と阿字が浦観測所における風向と風速の月変化

3) 公園工事と植栽状況

公園の造成工事は西～南部を中心に進められており、昭和63年度までの造成地域は図－3.1に示す通りである。主要な植栽が行われた所は、西から西口広場、創造の広場、セサミガーデン、南口広場であり、昭和63年度現在創造の広場とセサミガーデンの西端部以外、各広場は北～東方向に樹高5～9mの既存マツ林が残されている。

しかし昭和61年度、62年度の植栽木の生育調査（海浜地緑化技術調査報告書）によると、西口広場や南口広場などでも多くの樹種で生育が不良なことが確認されており、既存のマツ林が効果的な防風機能を持っているとは考えにくい。

これまでのところ、西口広場、セサミガーデン、南口広場の北～東～南側にはマツ林が残されていたが、今後公園整備に伴う伐開が行われ、生育環境の悪化が予想される。また平成元年8月には、マツ林の下草刈りが行われ、特に林床付近の通風性が高まり、防風機能は低下していると考えられる。

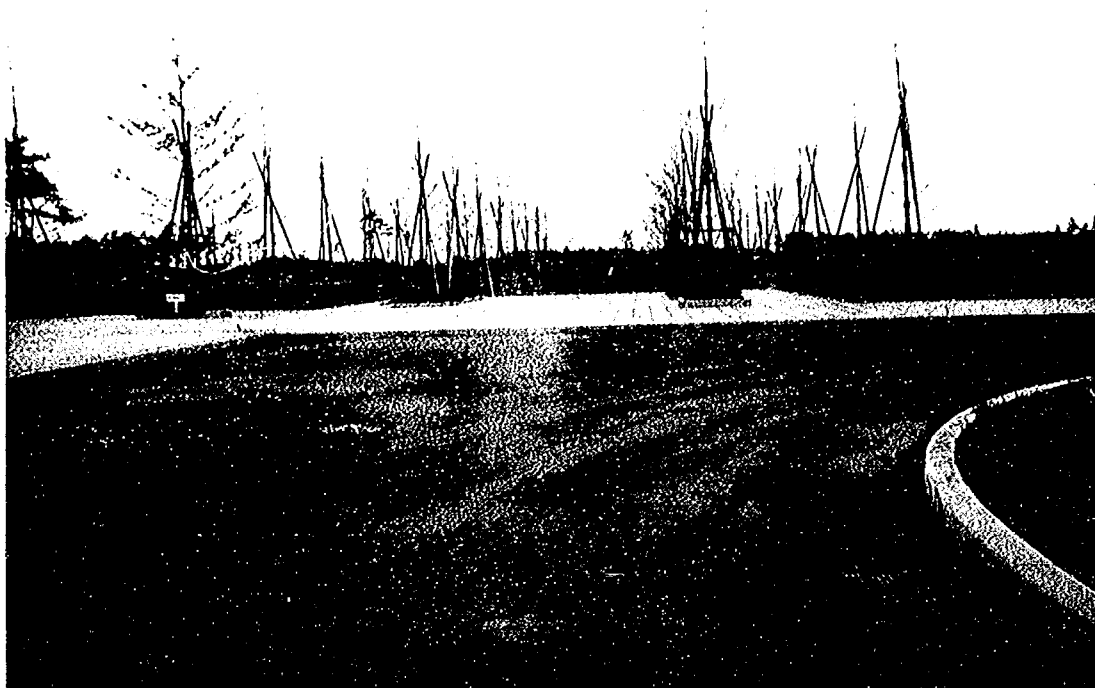
4) 植栽地の概要

本公園においては、昭和62年度までに西口広場、創造の広場、セサミガーデン、南口広場の4つの広場において修景植栽が行われていたが、広場によってはさらにいくつかの植栽区に分けることができる（図－3.1）。

1) 西口広場

西口広場は、海岸線から約1,400m～1,900mの所にあり、西部（入口付近）には昭和60年度と61年度にイチョウが植栽され（「入口列植」）、東部には62年度に池の周囲に多くの落葉樹が植栽された（「池周辺」）。

62年度の池の造成により広大な開放空間が出現し、池の周囲に植栽された樹木には近くに防風効果のある障害物が無かった。また西部のイチョウにとって、池は東北東方向に位置し、北東方向からの風を受け易い状況となった。加えてイチョウのある西口は、ローム土の盛土によって1～3m高くなっており、またかつて樹高10mもあった周囲のマツ林は松枯れにより樹木量を著しく低下させていた。したがって、風環境は厳しい状況であった。



写真－ 3.1 西口広場入口列植



写真－ 3.2 西口広場池周辺

(2) 創造の広場

「創造の広場」は、海岸線から約1,200 mの所にあり、公園区域の南西に位置する比較的小さな広場である。広場の北東側一帯は、大芝生広場に造り替えられるため、63年度には整地が行われ、北東の風が一層通り抜け易い構造となっていた。したがって、この「創造の広場」にとって北東からの風を減退させるものはほとんど無く、この方向からの風による影響を受け易いものと思われる。なお、土壌についてはローム土の面客土が施されていた。



写真－3.3 創造の広場

(3) セサミガーデン

セサミガーデンは、海岸線から約800m～1,300mの所にあり、東西に長く伸びる(約500m)広場である。この広場はいくつかの植栽区に分けられ、60年度に植栽された「北西部の群植」と遊歩道沿いの列植(メタセコイア、「歩道列植」)、61年度に植栽された「数値テラス」(数をモチーフにした広場)、同じく61年度に植栽された東部遊歩道の南北の両側(「歩道北側」、「歩道南側」)、62年度に植栽された「日本列島ドーム」(日本列島が描かれた円形の広場)などに区分される。広場の北東側半分はマツ林が両側に近くまで迫り、風の通り抜けのできにくい所となっていた。しかし、マツ林の樹林高は4～8m程度であるため、高木の上部はよく風を受けるようであった。さらに、「日本列島ドーム」の設置に伴う開放空間の創出は、その南西面に位置する「数値テラス」への風当たりを強くしていた。

一方広場の西南側半分は、北～東方向にマツ林を有するものの、林までの距離が20～50mあり、林の防風効果の及ばない所となっていた。この西南側にはローム土の面客土が施されていた。

なお「北西部群植」の保護のために、北西～北東にかけて高さ4mの防風ネットが設置されていたが、平成元年9月に5mのものに変更された。



写真－3.4 歩道列植



写真－3.5 北西部群植



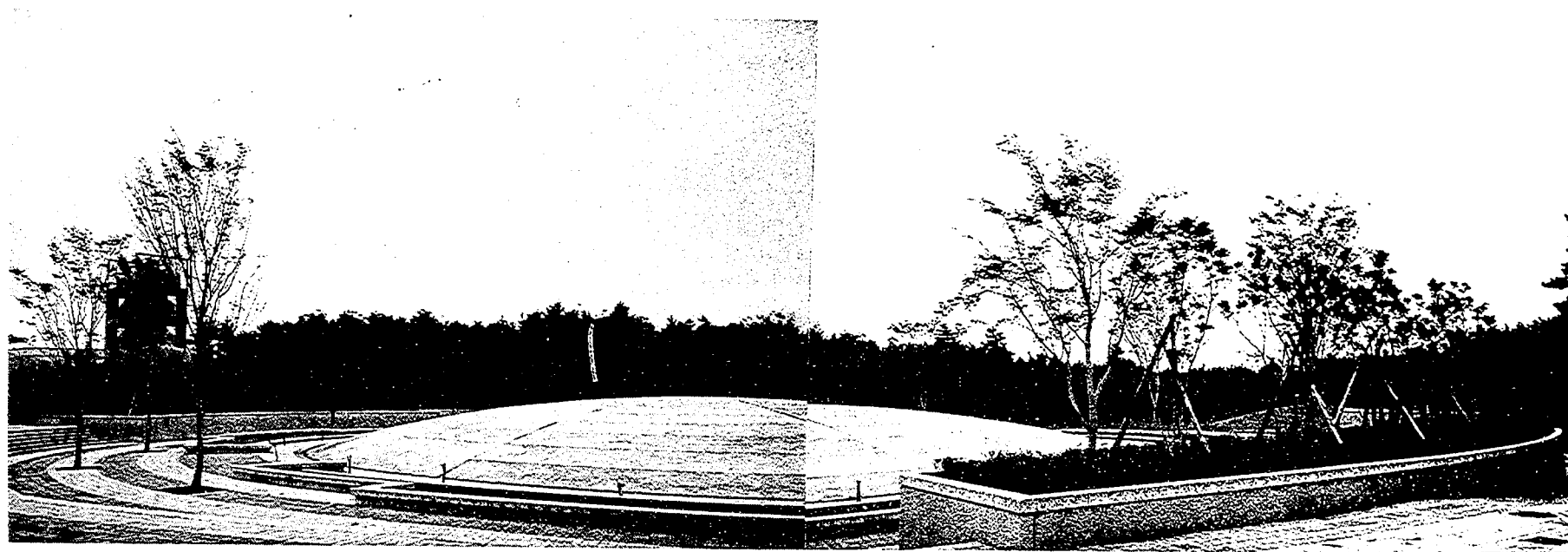
写真－3.6 数値テラス



写真－ 3.7 歩道北側



写真－ 3.8 歩道南側



写真－ 3.9 日本列島ドーム

(4) 南口広場

南口広場は、海岸線から約700 mの所にあつて、北東から南西方向に長い広場であり、北東方向からの風が通り抜け易い構造となつていた。中央部は北東風の収束によつて生成された小丘地で、標高がやや高くなつてゐる。

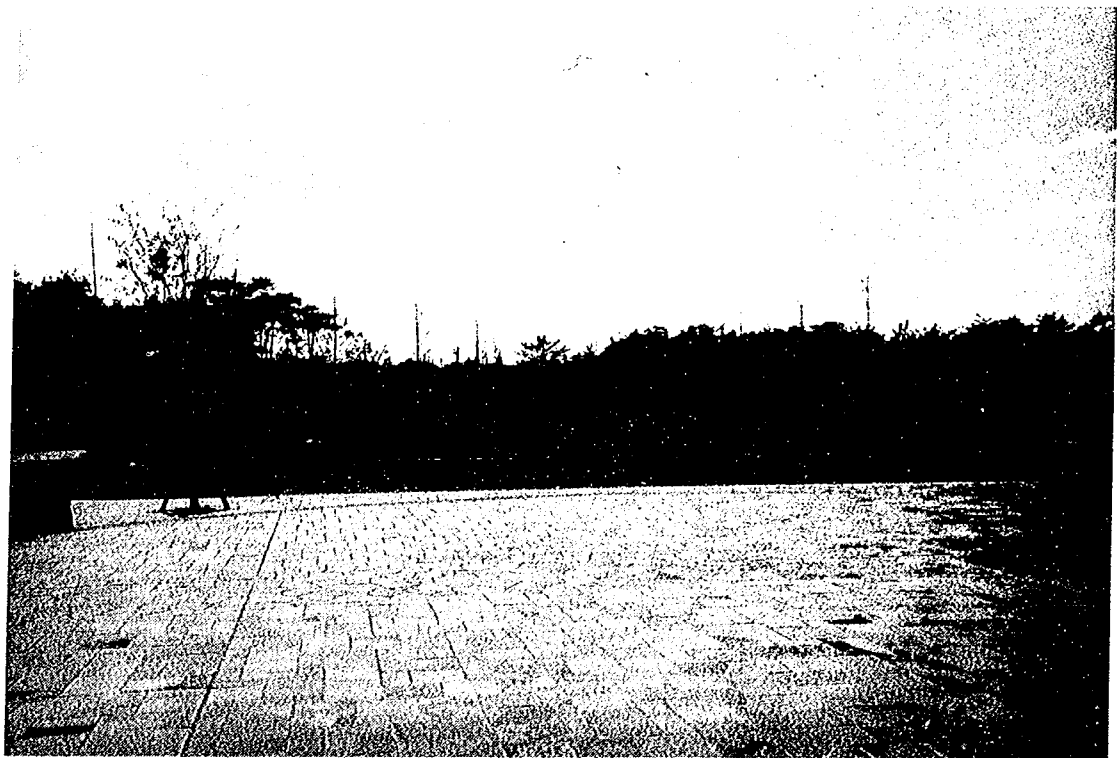
この広場では、昭和63年春に高さ4 mの南口ゲートが完成した。このゲートは、それ以南のより低地の植栽に対して防風効果を持つことが考えられたため、本調査ではゲートによつて南北に植栽区分けた（「ゲート北側」、「ゲート南側」）。ゲート南・北の植栽地には、61年度と62年度に植栽がなされた。また62年度にはゲート北側の植栽区のさらに北側の、窪地状のマツ林内の道沿いにも植栽されており（「林内歩道」）、前2者の開放地に比べると日当たりは劣るが、風環境は極めて良好であつた。



写真－ 3.10 林内歩道



写真－ 3.11 ゲート北側



写真－ 3.12 ゲート南側

3.1.3. 調査内容

1) 調査項目

厳しい環境条件下での植栽樹木の生育状態を明らかにするため、樹高、幹周、枝張りを測定して樹木の形状を把握するとともに、活力度評価及び写真撮影を行った。

(1) 形状寸法の測定

① 樹高

8 m以下の樹木については箱尺で、8 m以上のものについてはブルーメライズ測高器を用いて測定を行った。

② 幹周

地上高 120 cmで幹周を測定した。高木においては布またはわらで幹巻きがなされていたが、その上から測定を行った。また支柱を止める際に巻かれている杉皮は避けて測定した。

③ 枝張り

樹冠の最大方向と最小方向の2方向について、2 mのポールを用いて測定した。枝張りの方向は八方位で区分し、整理表（表－3.3参照）には以下のように番号で略記して示した。

方位略号 1；東—西 2；北東—南西 3；南—北 4；北西—南東

(2) 活力度の評価

樹勢の他、枝の状態に関するもの3項目（樹形、枝葉密度、梢端枯損）、葉に関するもの5項目（葉色、葉形、葉の大きさ、ネクロシス、落葉）を設定し、各々4段階で評価した。ただし葉部の評価は、落葉状況が3.5、4.0の劣悪なものについては、葉の状態を示す他の項目の評価は行わなかった。

活力度の評価基準を表－3.1に示す。

表－3.1 活力度評価基準

評価項目	評価基準			
	1	2	3	4
樹 勢	旺盛な生育状態を示し、被害が全くみられない	幾分被害の影響をうけているが、あまり目立たない	異常が明らかに認められる	生育状態が劣悪で回復の見込みがない
樹 形	自然樹形を保持している	若干の乱れはあるが自然樹形に近い	自然樹形の崩壊がかなり進んでいる	自然樹形が完全に崩壊し奇形化している
枝 葉 密 度	正常。枝及び葉の密度のバランスがとれ、極めて密である	やや密	やや疎	枯死が多く葉の発生が少ない。著しく疎
梢 端 枯 損	枯損がほとんど見られない	少し枯損が見られる	かなり枯損が見られる	全樹にわたって枯損している
葉 色	良 好	やや異常	かなり異常	著しく異常
葉 形	正 常	少し歪みがある	変形が多く、損傷している	変形が著しく多く、損傷も多い
葉の大きさ	正常な大きさを示している	幾分小さい	かなり小さい	著しく小さい
ネクロシス	な い	わずかにある	多 い	かなり多い
落 葉 状 況	春又は秋に正常な落葉をする	不時落葉がわずかにみとめられる	不時落葉が多い	不時落葉が著しく多い

(3) 写真撮影

樹木形状写真を、標準レンズを用いて横方向から撮影し、対象樹木の撮影方向と樹木までの距離を記録した。

2) 調査時期

調査は、生育期（春から秋）を経た後の生育状態を把握することを目的としているため、秋季においては、風によって起こる障害と、落葉樹の落葉現象や常緑樹の生理活性低下とを区別する必要があるが、そのためには秋の早い時期に測定を行うことが望ましく、同時に本調査の趣旨から台風の襲来による被害も極力被っていないことが望ましい。

したがって、平成元年9月11日～17日にかけて調査を行った。

3) 調査対象

同一樹木を継続して調査することを基本としたが、一部の樹種では枯損による掘取りや植替えが行われたため、このような個体は調査対象から除外した。各植栽区における植栽木と調査木の本数を植栽年度別に落葉樹と常緑樹とに分けて、表－3.2 (1)～(3)に示す。

昭和60年度には、西口広場入口付近とセサミガーデン（「創造の広場」の一部を含む）の歩道部、北西部、周辺部において落葉樹4種307本、常緑樹7種71本、計11種378本が植栽され、うち形状寸法の測定と活力度評価を行ったものは全樹種172本である。

61年度、62年度、元年度の調査においては、植栽数の多いイチョウ、メタセコイアについては全植栽数の1/3～1/4程度抜粋して調査し、他の樹種はすべてについて調査を行った。調査対象樹木は、常緑樹19種156本、落葉樹22種229本、計41種385本である。

表-3.2 (1) 落葉樹の年度別植栽本数及び調査本数

樹 種 (樹木記号)	西 口 広 場				創造の広場		セ サ ミ ガ ー デ ン												南 口 広 場						計		
	入口列植		池 周 辺				歩道列植		北西部群植		数値テラス		歩道北側		歩道南側		日本列島ドーム		林内歩道		ゲート北側		ゲート南側				
	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	
イ チ ョ ウ (イ)	75 20	18 6																								75 20	18 6
ア キ ニ レ (ア)																										27	4
シャ ラ ノ キ (シャ)																										12	4
シダレヤナギ (ナ)																										18	5
ヤマザクラ (ラ)																										3	2
ク ス ギ (ス)																										2	1
ウ メ (ウメ)																										3	3
ヤマツツジ (ヤツ)																										1	1
コ ブ シ (ブ)																										8	4
ハナミズキ (ハ)																										6	3
コ ナ ラ (コ)																										12	4
オオシマザクラ (オ)																										5	3
メタセコイア (メ)																										210 6	52 0
ケ ヤ キ (ケ)																										3	3
サルスベリ (ス)																										10	10
ミツバツツジ (ミ)																										9	3
エ ゴ ノ キ (エ)																										2	2
ヤマボウシ (ボ)																										7	4
ヤマモミジ (ジ)																										4	1
ム ク ゲ (ム)																										3	1
ユ リ ノ キ (ユ)																										12	3
ハクモクレン (レ)																										5	2
計	75 20	18 6	98	34	13	4	213 6	55 0	19	19	36	17	24	11	27	12	34	10	40	10	36 67	17 9	27	7		307 176 252	92 70 67

注) 上段の数字は、60年度に植栽されたものの数を示す。同様に中段の数字は61年度、下段の数字は62年度の数である。

表-3.2(2) 常緑樹の年度別植栽本数及び調査本数

樹 種 (樹木記号)	西 口 広 場				創造の広場		セ サ ミ ガ ー デ ン												南 口 広 場						計					
	入口列植		池 周 辺				歩道列植		北西部群植		数値テラス		歩道北側		歩道南側		日本列島ドーム		林内歩道		ゲート北側		ゲート南側							
	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数				
モ ク セ イ (モ)			4	2					9	9			1	1	2	2									9 3 4	9 3 2				
ス ダ ジ イ (ダ)					3	2																			3	2				
ユ ズ リ ハ (ズ)					10	4																			10	4				
クロガネモチ (ロ)					8	3																			8	3				
シ ラ カ シ (シ)					7	3			15	15	6	3	9	4	15	7					10	2	1	1	0	15 31 27	15 15 5			
ヤ マ モ モ (ヤマ)					4	2																			6 15	3 2				
サンゴジュ (サ)									4	4															4	4				
ウバメガシ (ウ)									9	9	4	3	8	3	11	2									9 23	9 8				
ク ロ マ ツ (ク)									11	11	5	3	6	3	9	4					18	0				11 20 18	11 10 0			
マテバシイ (マ)									7	7							5	2							7	7				
ヤブツバキ (ヤ)									16	16	6	3	2	2	12	5	27	0			6	0	11	2		16 20 63	16 10 2			
サザンカ (カ)																					3	0				29	0			
モチノキ (チ)																									2 12	2 0	2 12	2 0		
ヒイラギモクセイ (セ)																									22	2	22	2		
タブノキ (タ)																									8	0	3	2		
ヒメユズリハ (ヒ)																										5	2	5	3	
オ リ ー プ (リ)																										10	2	10	2	
モ ッ コ ク (コク)																										5	0	5	0	
ゴールドクレスト (ゴ)																											10	2	10	2
計			4	2	32	14			71	71	21	12	26	13	49	20	32	2	37	2	9 125	6 4	38	10	71 105 268	71 51 34				

注) 上段の数字は、60年度に植栽されたものの数を示す。同様に中段の数字は61年度、下段の数字は62年度の数である。

表-3.2(3) 落葉樹と常緑樹の年度別植栽本数及び調査本数

広 場 樹 種	西 口 広 場				創造の広場		セ サ ミ ガ ー デ ン												南 口 広 場						計			
	入口列植		池 周 辺				歩道列植		北西部群植		数値テラス		歩道北側		歩道南側		日本列島ドーム		林内歩道		ゲート北側		ゲート南側					
	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数	植栽 本数	調査 本数		
落 葉 樹	75 20	18 6					213 6	55 0	19	19	36	17	24	11	27	12			34	10	40	10	36 67	17 9	27	7	307 176 252	92 70 67
常 緑 樹									71	71	21	12	26	13	49	20			32	2	37	2	9 125	6 4	38	10	71 105 268	71 51 34
合 計	75 20	18 6					213 6	55 0	90	90	57	29	50	24	76	32			66	12	77	12	45 192	23 13	27 38	7 10	378 281 520	163 121 101
3 か 年 合 計	95	24	102	36	45	18	219	65	90	90	57	29	50	24	76	32	66	12	77	12	237	36	65	17	1179	385		

注) 上段の数字は、60年度に植栽されたものの数を示す。同様に中段の数字は61年度、下段の数字は62年度の数である。

3.2 調査結果

3.2.1 調査結果の整理の仕方

中高木の樹木個体の形状寸法測定値及び活力度は、植栽区毎に樹種別に整理した。その際、昭和61年度、62年度から継続して調査を行ったものは、同時にその結果も記載した。

各植栽区別に、各樹種の樹木形状寸法の平均値を求めたが、枯死木、植替木などは平均の対象から除外した。

各樹種の活力度は、葉部活力項目（葉色、葉形、葉の大きさ、ネクロシス、落葉）、枝部活力項目（樹形、梢端枯損、枝葉密度）、全活力項目の3種類について平均した。落葉が著しく葉部活力が評価不可能な樹木については「落葉」の評価値を葉部項目の平均値とした。また各植栽区で各個体の平均活力度の平均値を求める際にはその樹種の全樹木（枯死木、植替木を除く）を平均したが、各活力項目の樹種平均値を求める際には、経年変化について正確を期すため、落葉が著しく葉部項目が評価できない樹木は除外して行った。

調査結果（創造の広場分のみ）を表－3.3に示す。

また各植栽区の樹種別の全体平均活力度について、表－3.4(1)～(3)に示す。

表-3.3 樹木形状及び活力度(創造の広場, 62年度植栽)

樹種	個体番号	樹木形状					活力度												備考
		樹高 (m)	枝張り 最大 (m)	枝張り 最小 (m)	幹周 (cm)	根周 (cm)	樹勢	樹形	枝密度	梢枯 端損	葉色	葉形	葉の 大きさ	ネクス クロ	落葉	全平 体均	枝平 部均	葉平 部均	
ケヤキ	ケ-25	5.4 6.6	② 3.8 ①~④ 2.8	③ 3.1 ④ 2.8	31.0 32.0	38.5 40.0	3.0 3.0	1.5 2.0	3.0 3.0	3.0 3.0	2.5 3.0	2.5 3.0	1.5 3.0	2.5 1.5	3.0 3.0	2.5 2.7	2.5 2.6	2.4 2.7	葉色が薄い。新葉か？
	ケ-26	5.7 6.0	② 3.8 ①~④ 3.4	③ 3.3 ④ 3.4	19.5 20.5	38.0 39.0	4.0 3.5	— 1.5	— 3.5	— 3.5	— —	— —	— —	— —	4.0 3.5	4.0 3.1	— 2.8	4.0 3.5	痕跡程度の新葉。
	ケ-27	6.8 7.6	② 4.2 ① 5.6	③ 3.8 ④ 4.3	36.0 36.0	46.0 46.0	3.0 3.5	3.0 3.0	3.0 3.0	3.0 3.5	3.0 —	2.0 —	1.5 —	2.0 —	3.0 3.5	2.6 3.3	3.0 3.1	2.3 3.5	
	ケ-28	6.9 7.3	① 4.3 ② 4.5	③ 4.0 ④ 4.4	34.5 35.0	47.5 50.0	3.0 3.0	1.5 2.5	3.0 3.0	2.5 3.0	2.5 3.0	2.0 2.5	2.5 2.5	3.0 2.5	3.0 3.0	2.5 2.7	2.3 2.8	2.6 2.7	北東側のケヤキが防風 葉色が薄く新葉のよう
	本数	平 均																	
	4 4	6.2 6.8			30.2 30.8	42.5 43.7	3.0 3.0	1.5 2.2	3.0 3.0	2.7 3.0	2.5 3.0	2.2 2.7	2.0 2.7	2.7 2.0	3.0 3.0	2.5 2.7	2.6 2.7	2.4 2.7	
シラカシ	シ-31	3.5 3.3	② 1.3 ② 1.4	④ 1.0 ③ 0.9	19.5 19.0	20.5 18.0	4.0 4.0	2.5 3.0	4.0 4.0	4.0 4.0	— —	— —	— —	— —	4.0 4.0	3.7 3.8	3.5 3.6	4.0 4.0	胴吹きのみ
	シ-32	4.7 4.5	④ 1.9 ② 2.4	③ 1.5 ③ 1.5	28.0 27.0	38.5 39.0	4.0 4.0	1.5 3.0	4.0 4.0	4.0 4.0	— —	— —	— —	— —	4.0 4.0	3.5 3.8	3.1 3.6	4.0 4.0	同 上
	シ-33	4.1 4.0	①~④ 1.2 ①~④ 1.1		19.5 19.5	25.0 25.5	4.0 4.0	2.0 3.0	4.0 4.0	4.0 4.0	— —	— —	— —	— —	4.0 4.0	3.6 3.8	3.3 3.6	4.0 4.0	同 上
	本数	平 均																	
	3 3	3.7 3.9			22.3 21.8	28.0 27.5	4.0 4.0	2.0 3.0	4.0 4.0	4.0 4.0	— —	— —	— —	— —	4.0 4.0	3.6 3.8	3.3 3.6	4.0 4.0	
スダジイ	ダ-1	4.6 5.0	② 1.8 ② 2.4	④ 1.6 ④ 1.2	21.5 22.0	26.0 28.0	3.0 3.0	1.5 1.5	2.5 3.0	2.0 3.0	2.0 2.0	2.0 2.0	1.5 1.5	1.5 1.5	3.0 3.0	2.1 2.2	2.0 2.5	2.0 2.0	北東側葉なし
	ダ-2	4.2 4.3	② 1.9 ④ 2.2	④ 1.7 ③ 1.5	22.5 22.0	28.0 30.0	3.0 3.0	2.0 1.5	3.0 3.0	3.0 3.0	2.0 2.0	2.0 2.0	1.5 1.5	2.0 1.5	3.0 3.0	2.3 2.2	2.6 2.5	3.1 2.0	同 上
	本数	平 均																	
	2 2	4.4 4.6			22.0 22.0	27.0 29.0	3.0 3.0	1.7 1.5	2.7 3.0	2.5 3.0	2.0 2.0	2.0 2.0	1.5 1.5	1.7 1.5	3.0 3.0	2.2 2.2	2.3 2.5	2.0 2.0	
ヤマモモ	ヤマ-4	5.3 5.7	② 2.1 ② 2.2	④ 1.9 ④ 1.5	58.5 58.0	65.5 70.0	2.0 2.5	1.5 2.5	2.5 2.5	2.0 2.5	2.0 2.0	2.0 2.5	1.5 1.5	1.5 1.5	2.0 2.5	1.9 2.3	2.0 2.5	1.9 2.2	北東側葉なし
	ヤマ-5	4.5 4.9	④ 2.4 ④ 2.4	① 1.6 ① 1.6	53.5 54.0	55.5 57.0	2.5 3.5	1.5 1.5	3.0 3.5	2.0 3.5	1.5 —	3.0 —	2.0 —	2.0 —	2.0 3.5	2.1 3.1	2.1 2.8	2.1 3.5	ほとんど葉なし
	本数	平 均																	
	2 2	4.9 5.3			56.0 56.0	60.5 63.5	2.0 2.5	1.5 2.5	2.5 2.5	2.0 2.5	2.0 2.5	2.0 2.5	1.5 1.5	1.5 1.5	2.0 2.5	2.0 2.3	2.0 2.5	2.0 2.2	
クロガネモチ	ロ-1	3.6 3.8	② 1.2 ① 1.4	④ 0.8 ④ 0.9	20.0 20.0	28.5 29.0	3.0 3.0	1.5 2.0	2.5 2.5	2.0 2.0	2.0 2.0	2.0 2.0	1.5 1.5	3.0 3.0	2.1 2.2	2.0 2.1	2.1 2.1	2.1 2.1	上部、北東側着葉少
	ロ-2	3.2 3.3	② 1.2 ① 0.9		16.0 17.0	21.0 23.0	3.0 3.0	1.0 1.5	3.0 3.0	2.5 3.0	1.5 1.5	2.0 2.0	1.5 1.5	3.0 3.0	2.1 2.2	2.1 2.5	1.9 1.9	1.9 1.9	北東側葉なし
	ロ-3	3.4 3.6	② 1.2 ② 1.6	④ 1.0 ③ 1.0	22.5 22.0	28.0 28.0	3.5 3.5	1.5 2.0	3.5 3.5	3.5 3.5	— —	— —	— —	— —	3.5 3.5	3.1 3.2	2.8 3.0	3.5 3.5	葉はまばら
	本数	平 均																	
	3 3	3.4 3.5			19.5 19.6	25.8 26.6	3.0 3.0	1.2 1.7	2.7 2.7	2.2 2.5	1.7 1.7	2.0 2.0	1.7 1.7	1.5 1.5	3.1 3.1	2.3 2.2	2.3 2.3	2.2 2.0	
ユズハ	ズ-1	2.6 2.9	③ 1.4 ③ 1.2	① 1.9 ② 0.6	11.0 11.0	17.0 17.0	3.0 3.0	1.5 2.5	3.0 3.0	3.0 3.0	2.0 2.5	2.5 2.5	1.5 2.0	3.0 3.0	2.5 2.6	2.5 2.8	2.4 2.8	2.4 2.4	
	ズ-2	2.7 2.9	③ 1.1 ④ 1.2	② 0.8 ① 0.8	11.0 11.0	18.0 18.0	3.0 3.0	1.5 2.5	2.5 3.0	2.5 3.0	2.5 2.5	2.5 2.5	1.5 2.0	3.0 3.0	3.0 2.6	2.1 2.8	2.5 2.4	2.5 2.4	
	ズ-3	2.5 2.6	① 1.1 ③ 0.8	④ 0.9 ④ 0.7	14.0 15.0	16.0 17.0	2.5 3.0	1.5 2.5	2.5 3.0	2.0 3.0	2.5 2.5	1.0 3.0	1.5 2.0	2.5 3.0	2.5 2.7	2.0 2.8	2.0 2.6	2.0 2.6	
	ズ-4	3.1 3.4	② 1.3 ①~④ 0.8	③ 0.7 ③ 0.8	10.0 11.0	16.0 17.0	3.0 3.0	2.5 2.5	3.0 3.0	2.5 3.0	2.5 2.5	1.5 2.5	3.0 1.5	2.5 2.0	2.5 3.0	2.5 2.5	2.6 2.8	2.4 2.3	
	本数	平 均																	
	4 4	2.7 2.9			11.5 12.0	16.7 17.2	2.8 3.0	1.7 2.5	2.7 3.0	2.5 3.0	2.3 2.5	1.8 2.6	1.8 1.8	2.7 2.1	2.7 3.0	2.3 2.5	2.3 2.8	2.3 2.3	

表-3.4 (1) 落葉樹の調査本数及び平均活力度

樹種 (樹木記号)	西口広場				創造の広場		セサミガーデン												南口広場						計		平均	
	入口列植		池周辺				歩道列植		北西部群植		数値テラス		歩道北側		歩道南側		日本列島ドーム		林内歩道		ゲート北側		ゲート南側					
	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活
イ チ ヨ ウ (イ)	18 6	3.1 2.5																									18 6	3.1 2.5
ア キ ニ レ (ア)			4	1.4																							4	1.4
シャ ラ ノ キ (シャ)			4	2.9																							4	2.9
シ グ レ ヤ ナ ギ (ナ)			5	2.0																							5	2.0
ヤ マ ザ ク ラ (ラ)			2	3.3																							2	3.3
ク ヌ ギ (ヌ)			1	2.5																							1	2.5
ウ メ (ウメ)			3	4.0																							3	4.0
ヤ マ ツ ツ ジ (ヤツ)			1	3.1																							1	3.1
コ ブ シ (ブ)			4	2.9																							4	2.9
ハ ナ ミ ズ キ (ハ)			3	3.1							3	2.4					3	1.8			1	3.8					5	3.0
コ ナ ラ (コ)			4	2.4							3	2.1									2	3.9					5 6	3.0 2.6
オ オ シ マ ザ ク ラ (オ)																					2	2.1	2	3.7			5 6	2.7 2.3
メ タ セ コ イ ア (メ)			3	2.0																2	2.8	2	2.0			2 5	2.0 2.3	
メ タ セ コ イ ア (メ)							52 1	2.8 2.5														4	2.3	5	3.3	52 10	2.8 2.8	
ケ ヤ キ (ケ)			0		4	2.7	3	2.9	9	2.5	5	2.4	3	1.9	3	2.2	4	2.4	0		2	2.9	2	2.2	12 15 8	2.6 2.9 2.5		
サ ル ス ベ リ (ス)									10	1.7	1	2.7	3	1.2	4	1.4	3	2.1			2	2.5			10 8 5	1.7 1.4 2.2		
ミ ツ バ ツ ツ ジ (ミ)											3	2.6	3	1.9	5	2.2										11	2.2	
オ リ ー プ (リ)																							2	2.8	2	2.8		
モ ッ コ ク (コク)																												
ゴ ー ル ド ク レ ス ト (ゴ)																							2	1.1	2	1.1		
計	平均								71	1.7	12	1.6	13	1.2	20	1.5	2	1.7	2	1.8	5 4	2.2 2.2	10	1.9	71 50 34	1.7 2.0 2.2		
			2	2.7	14	2.6																						

注) 各植栽区の左欄において上段の数字は、60年度に植栽されたものの数を示す。同様に中段の数字は61年度、下段の数字は62年度の数字である。
各植栽区の右欄の値は、各年度の植栽木の63年度の調査結果を示す。

表-3.4(2) 常緑樹の調査本数及び平均活力度

広 場 樹 種 (樹木記号)	西 口 広 場				創造の広場		セ サ ミ ガ ー デ ン												南 口 広 場								計	平均		
	入口列植		池 周 辺				歩道列植		北西部群植		数値テラス		歩道北側		歩道南側		日本列島ドーム		林内歩道		ゲート北側		ゲート南側							
	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活				
モ ク セ イ (モ)			2	2.7					9	2.8			1	2.9	2	2.4									9	2.8				
ス ダ ジ イ (ダ)					2	2.2																			3	2.5				
ユ ズ リ ハ (ズ)					4	2.5																			2	2.2				
クロガネモチ (ロ)					3	2.2																			4	2.5				
シ ラ カ シ (シ)					3	3.8			15	2.7	3	2.8	4	1.2	7	2.2			2	1.8					15	2.7				
ヤ マ モ モ (ヤマ)					2	2.3															3	0	2.4		3	2.0				
サンゴジュ (サ)									4	1.0															4	3.0				
ウバメガシ (ウ)									9	1.5	3	1.2	3	1.1	2	1.2									9	1.5				
ク ロ マ ツ (ク)									11	1.0	3	1.1	3	1.0	4	1.0									11	2.7				
マテバシイ (マ)									7	1.3															14	2.0				
ヤブツバキ (ヤ)									16	1.2	3	1.3	2	1.2	5	1.0	2	1.7			2	1.8			5	2.0				
サ ザ ン カ (カ)																							2	2.0						
モ チ ノ キ (チ)																														
ヒイラギモクセイ (セ)																									2	1.9				
タ ブ ノ キ (タ)																									2	2.7				
ヒメユズリハ (ヒ)																								2	1.9					
エ ゴ ノ キ (エ)											2	2.3	2	1.4	0										2	1.9				
ヤマボウシ (ボ)																									4	1.8				
ヤマモミジ (ジ)																			4	1.5					4	2.7				
ム ク ゲ (ム)																			1	1.6	2	3.3			3	2.1				
ユ リ ノ キ (ユ)																			1	1.1	2	2.7			3	2.1				
ハクモクレン (レ)																									3	3.1				
																									2	4.0				
計	平均	18 6	3.1 2.5		34	2.5	4	2.7	55 1	2.8 2.5	19	2.0		17	2.4	11	1.6	12	1.9		10	2.2	10	1.9	17 10	3.0 3.1	7	2.9	92 71 68	2.6 2.1 2.5

注) 各植栽区の左欄において上段の数字は、60年度に植栽されたものの数を示す。同様に中段の数字は61年度、下段の数字は62年度の数字である。
各植栽区の右欄の値は、各年度の植栽木の63年度の調査結果を示す。

表-3.4(3) 落葉樹と常緑樹の調査本数及び平均活力度

広 場 樹 種		西 口 広 場				創造の広場		セ サ ミ ガ ー デ ン										南 口 広 場						計		平均					
		入口列植		池 周 辺				歩道列植		北西部群植		数値テラス		歩道北側		歩道南側		日本列島ドーム		林内歩道		ゲート北側						ゲート南側			
		調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活	調査 本数	全項 平活				
落 葉 樹		18 6	3.1 2.5					55 1	2.8 2.5	19	2.0			17	2.4	11	1.6			10	2.2	10	1.9	17 10	3.0 3.1	7	2.9	92 71 68	2.6 2.1 2.5		
常 緑 樹										71	1.7			12	1.6	13	1.2	20	1.5			2	1.7	2	1.8	5 4	2.2 2.2	10	1.9	71 50 34	1.7 2.0 2.2
計 平均		18 6	3.1 2.5					55 1	2.8 2.5	90	1.8			29	2.1	24	1.4	32	1.7			12	2.1	12	1.9	22 14	2.8 2.8	7 10	2.9 1.9	163 121 102	2.2 2.1 2.4

注) 各植栽区の左欄において上段の数字は、60年度に植栽されたものの数を示す。同様に中段の数字は61年度、下段の数字は62年度の数字である。
各植栽区の右欄の値は、各年度の植栽木の63年度の調査結果を示す。

3.2.2 活力状態

常緑樹、落葉樹別に活力状態を見ると、全活力項目の平均活力度は、落葉樹 2.4 に対し、常緑樹 2.0 と、常緑樹の方が活力状態は良好であった。また植栽年度別に見ると、61 年度植栽木 2.2、62 年度植栽木 2.1、63 年度植栽木 2.4 であったが、各年度は植栽場所が比較的異なるため、植栽年度別かつ場所別の値について見る必要がある。表－ 3.4 における活力度の良好な順に植栽地を並べると、「歩道北側」 1.4 (61 年度) が最も良く、以下「歩道南側」 1.7 (61 年度)、「北西部群植」 1.9 (60 年度)、「林内歩道」 1.9 (62 年度) と続く。常緑樹において最も良好であったのはクロマツで、最も悪いのはモクセイであった。場所別に見ると、「歩道北側」、「歩道南側」、「数値テラス」、「北西部群植」等は大部分の樹種が良好な状態を示した。これは、「歩道北側」、「歩道南側」は既存マツ林が近く、「数値テラス」は北東側以外は囲繞性が高く、既存林の中に植栽されているものも多く、「北西部群植」には防風ネットが設置されていたうえ、群植による林内効果も大きかったためであると考えられる。一方、これら以外の場所では良好なものもあるが不良なものもあり、耐性の違いによる生育状態の違いが示された。またモクセイは、開放地のみならず、既存マツ林が近接している場合でも生育状態は悪く、シラカシは「林内歩道」や「歩道北側」では良いが、半開放地となる「数値テラス」や「歩道南側」では、健全な生育を示していなかった。

落葉樹の活力度については、場所によって決まってくることが多く、活力状態の比較的良好な所は、セサミガーデンの「歩道北側」や南口広場の「林内歩道」等で、逆に不良な所は西口広場「池周辺」や南口広場「ゲート北側」であった。

なお、今回の活力調査は樹木全体について行ったため、個体のどの部分が被害を受けているかについては数字だけでは判断できなかった。それを補うため備考欄にできるだけ状態を記述したが、今後の調査においては、方向や高さなどについても区分し、部位別に評価することが望ましいと思われる。

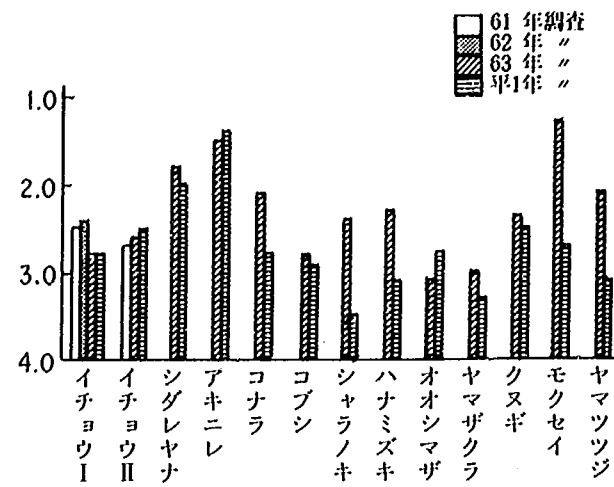
3.2.3 生育の経年変化

全平均活力度と樹高の経年変化を、それぞれ植栽区毎に比較するため棒グラフ (図－ 3.4) に示す。ただし、セサミガーデン「歩道列植」(メタセコイア) は、500 m の距離に渡って列植され、いくつかの異なる生育環境にあるため、植栽区 (表－ 3.5、図－ 3.5) を分けて値を求めた。

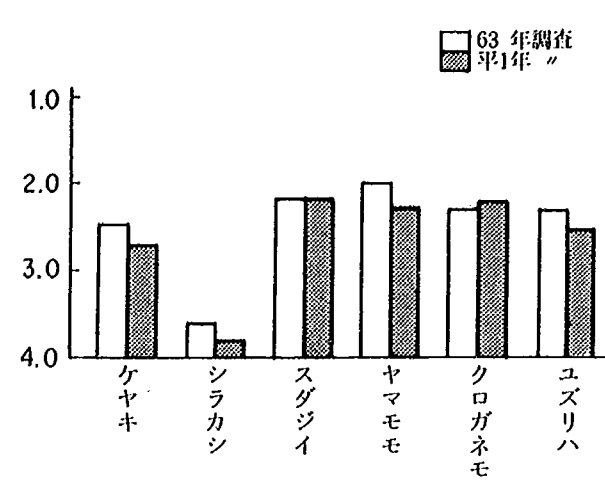
表－ 3.5 「歩道列植」の植栽区

植栽場所	個 体 番 号
北 部	メ－ 1 ～ 6
西 部	メ－ 7 ～ 19, 33 ～ 41
中 部	メ－ 20 ～ 26, 42 ～ 49
南 部	メ－ 56 ～ 61
東 部	メ－ 27 ～ 32, 50 ～ 55

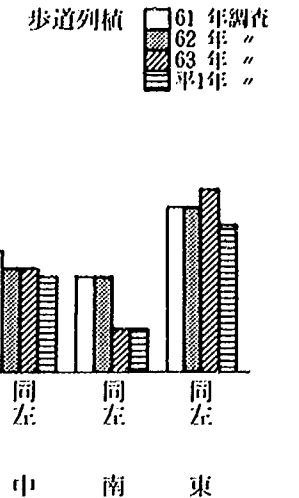
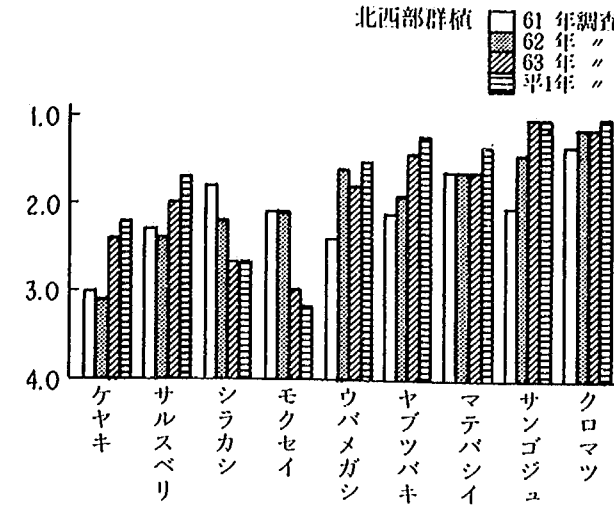
西口広場



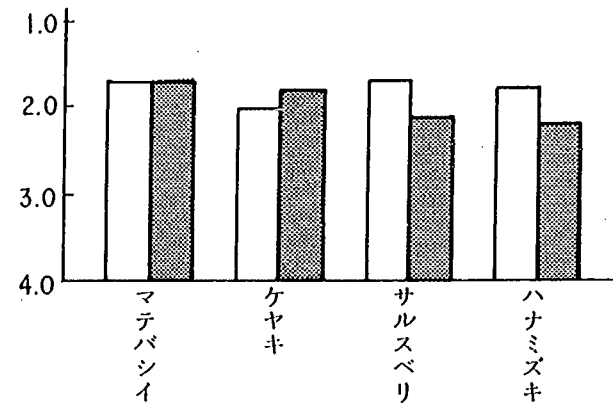
創造の広場



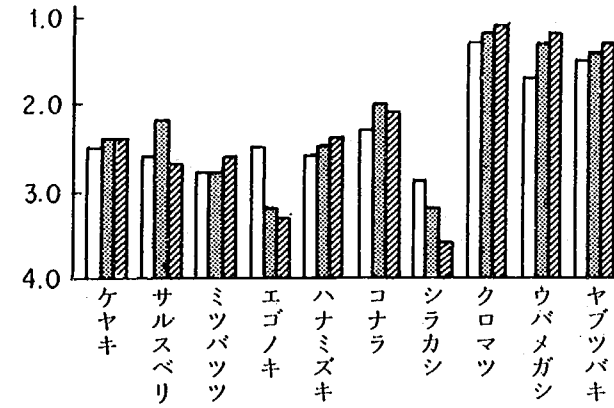
セサミガーデン



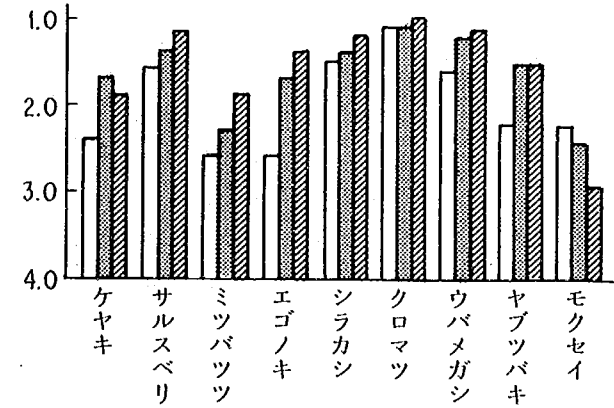
日本列島ドーム



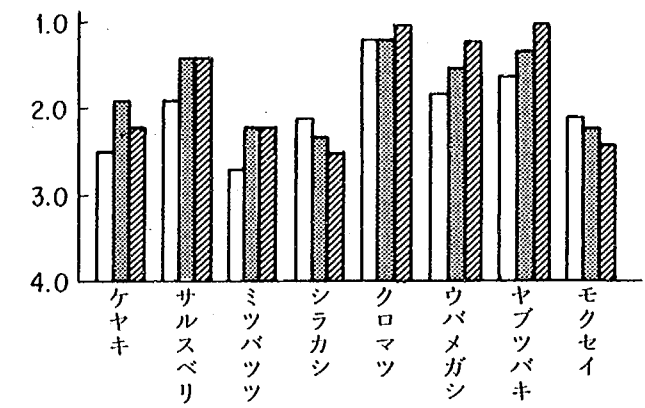
数値テラス



歩道北側

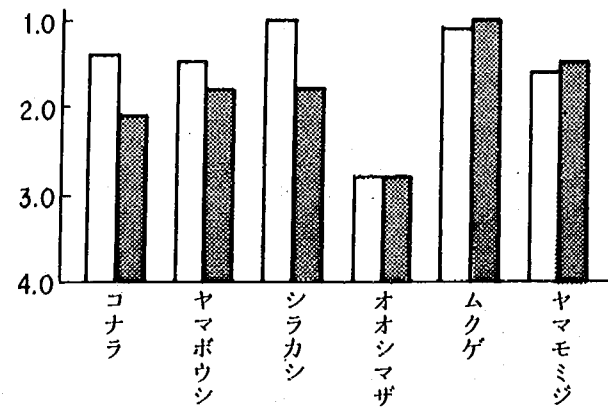


歩道南側

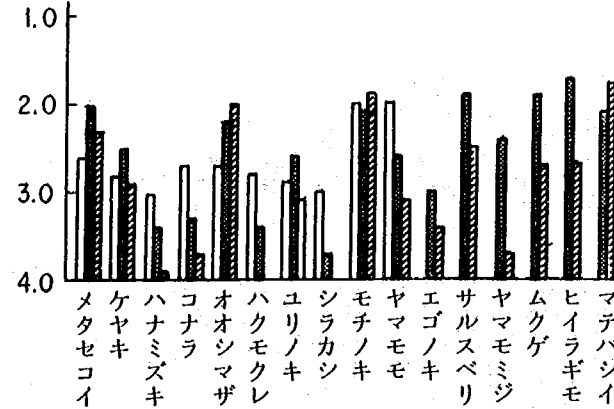


南口広場

林内歩道



ゲート北側



ゲート南側

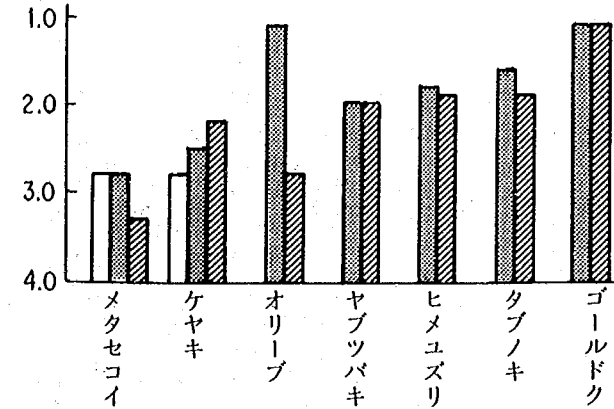
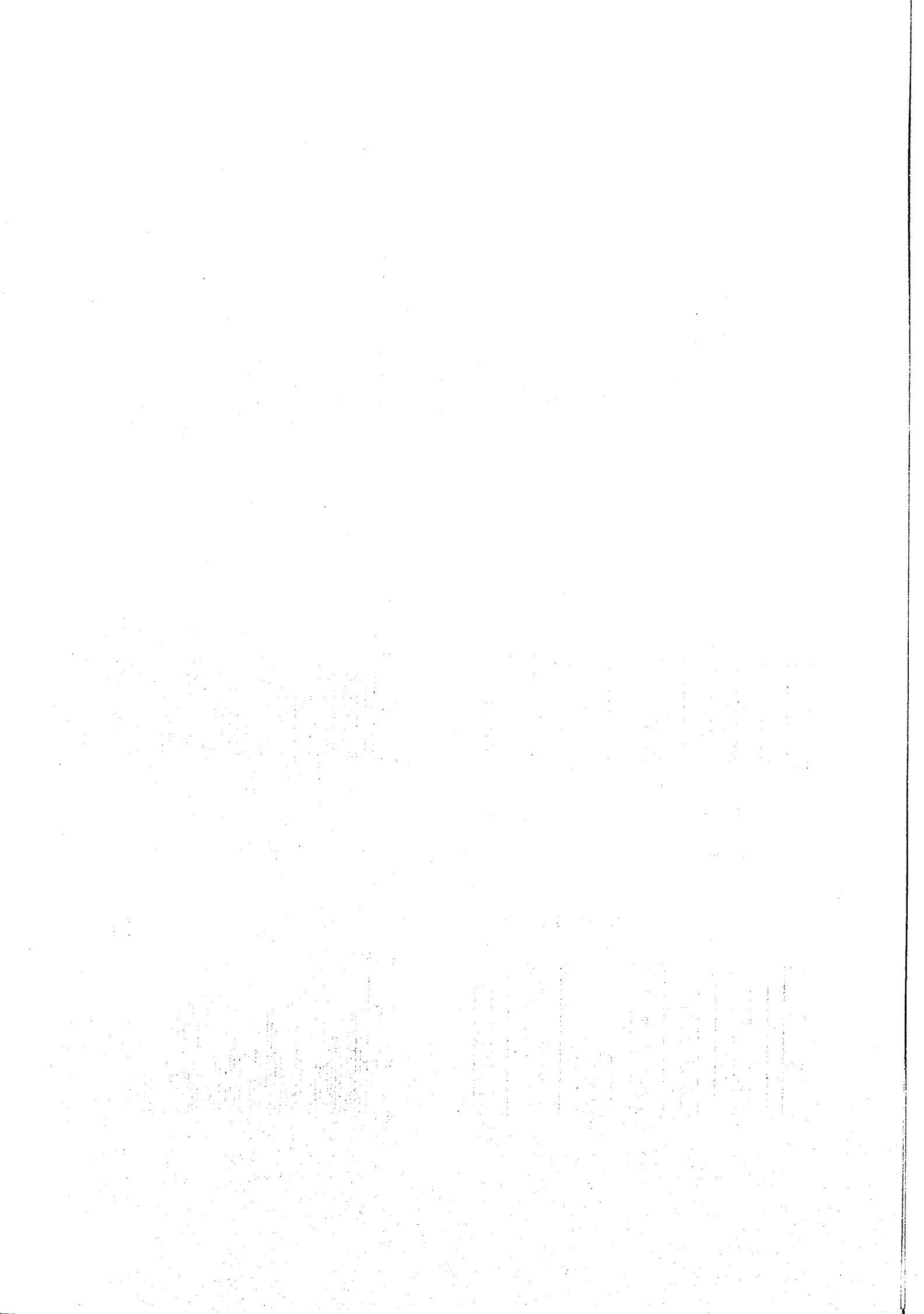


図-3.4 活力度の経年変化



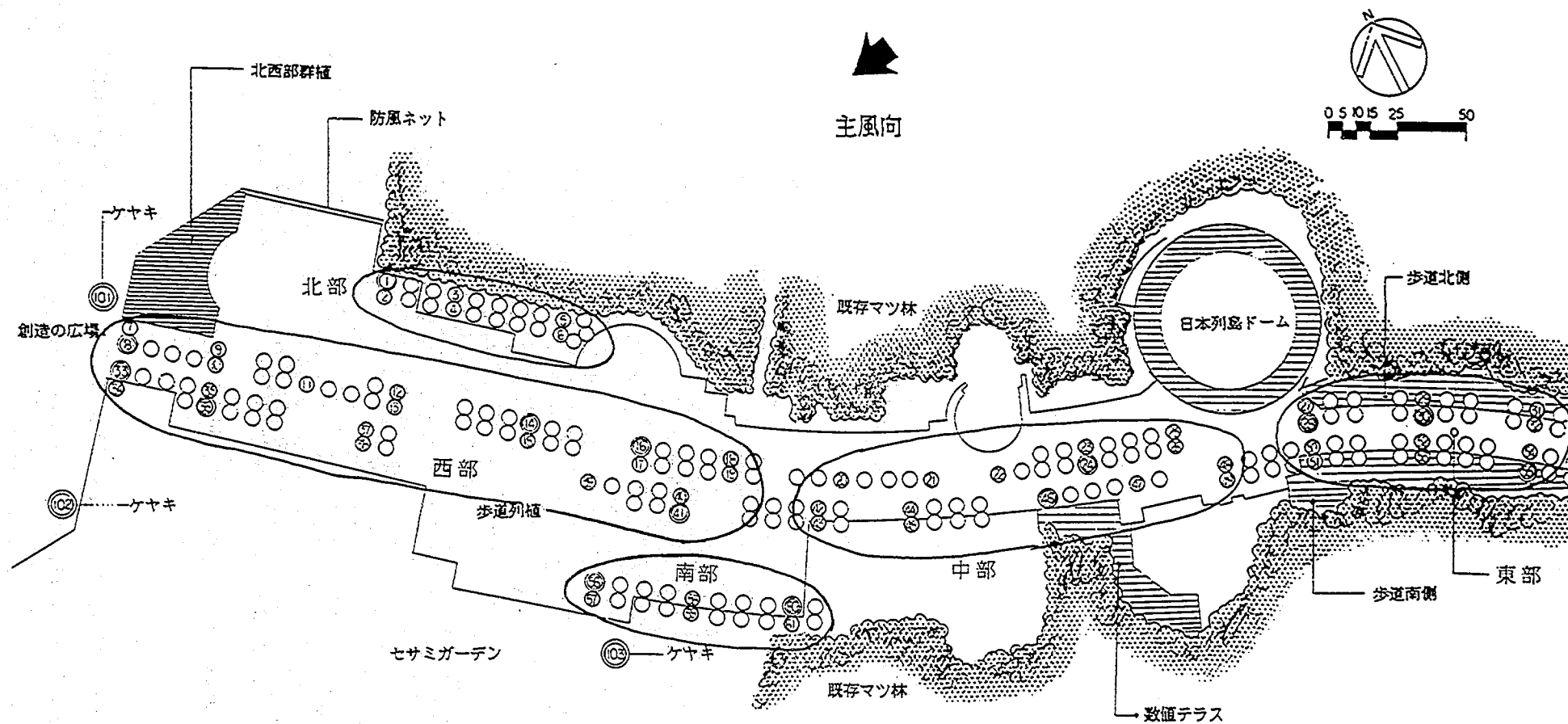


図- 3.5 「歩道列植」の植栽区分図

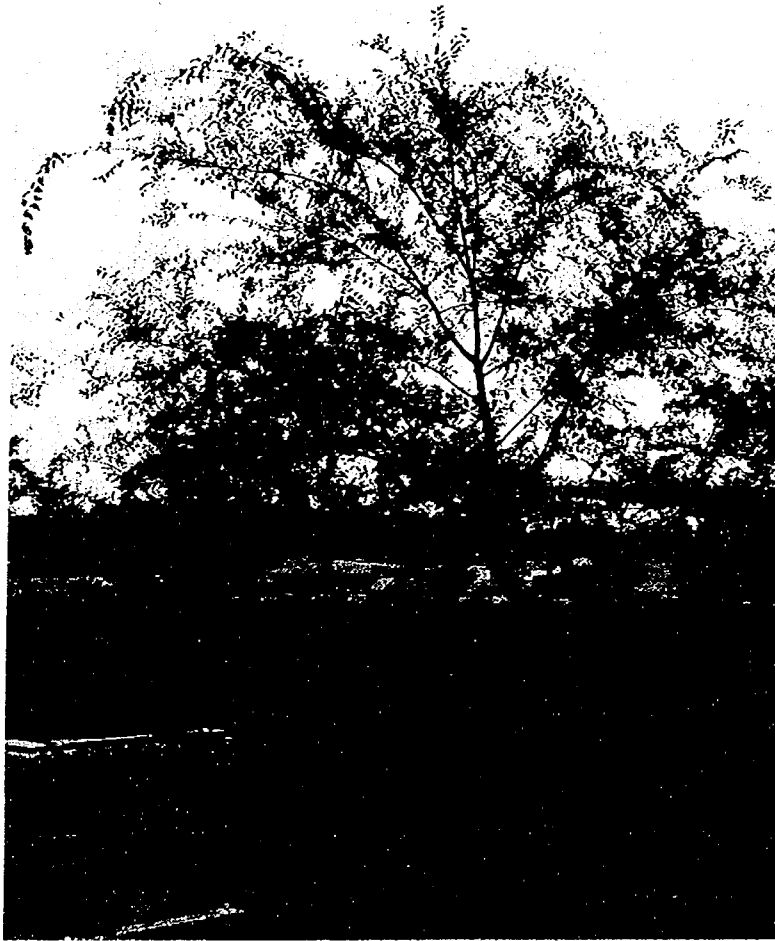
1) 活力度の経年変化

(1) 西口広場

西口広場には、「入口列植」において昭和60年度、61年度に、イチョウが植栽され（60年度：イチョウⅠ，61年度：イチョウⅡ），「池周辺」において62年度にはシダレヤナギ他10種が植栽された。

イチョウⅠは，2年目には風下側の枝が良く出葉し，それ以後回復するかと思われたが，生育環境は厳しく，3，4年目の状態は悪くなっていた。イチョウⅡは，次第に回復の方向に向かっていたが，その範囲はイチョウⅠと同程度であった。イチョウⅠ，Ⅱは植栽場所がほぼ同じであり，反応の違いの原因は不明であった。

62年度の植栽木の中では，アキニレが比較的良好で（写真－3.13），オオシマザクラも回復の方向にあったが，モクセイをはじめ多くの樹種が活力状態を大きく低下させていた。



写真－3.13 全体に着葉が見られるアキニレ（池周辺）

(2) 創造の広場

「創造の広場」には，62年度にケヤキ他6種が植栽された。ここは全くの開放地で，潮風の通風が著しい場所である。シラカシは活力度3.5以上ではほとんど枯死状態であった。他の樹種

は大きな悪化は見られなかったが、全体的に北東側の枝の落葉は著しいものがあった。今の状態は現状維持が精一杯で、この状態が続くと徐々に悪化することが予想される。

(3) 歩道列植

セサミガーデンの周縁に植栽されたケヤキの大本3本は、活力が低下する傾向にあった。樹高が既存マツ林より高いため、生育が回復する見込みは小さかった。また幹や大枝の風下で風の防げる所に小枝や葉が多く見られた。メタセコイアについては、「西部」や「南部」の個体の活力状態の低下が著しく、「北部」のものも低下の一途をたどっていた。また「中部」のものについては、アスレチック構造物(写真-3.14)が15mほど離れた風上側に設置され防風効果の向上が見られたが、将来的に徐々に生育状態が悪化することが予想された。



写真-3.14 アスレチック構造物

(4) 北西部群植

セサミガーデンの北西部には、60年度にケヤキ他9種が群状に植栽された。シラカシとモクセイ以外は、比較的順調に生育状態は好転していたが、生育の良好な常緑樹の多くが樹高5m以下の中、低木であることに留意する必要がある。シラカシは、樹高7m以上の大本や、植栽地周縁部のものの枯損により、植栽当初から3年目まで活力状態を大きく低下させたが、群内部の個体は比較的良好であり、3年目から4年目にかけて活力度の低下は小さかった。モクセイは、その周囲のツツジ類で覆われた下部の着葉が多かった。ケヤキの活力度が低いのは、防風ネット(4m高)より上部の部分の枯損落葉によるものである。

(5) 数値テラス

「数値テラス」には61年度に、ケヤキ他10種が植栽された。クロマツ、ウバメガシ、ヤブツバキ等は、植栽時から活力状態は良好であり、以後も順調に生育していた。これに対し、エゴノキ、

シラカシは活力状態の低下が著しかった。これらの樹種には 150 m 風上にあるマツ林や、風下側及び両側のマツ林が効果を及ぼしていないことが分かった。またケヤキ、サルスベリ、ミツバツツジ、コナラは、生育が好転しつつあったが、必ずしも順調とは言えないようであった。ケヤキは 8 m 以上の大木であったり、林縁に位置していたりして、風の影響を受け易いため、これ以上の好転は困難であろうと思われる。ミツバツツジは異常落葉が多く、コナラは葉色が悪いうえ、ネクロシスも比較的多かった。

(6) 歩道北側

「歩道北側」には、ケヤキ他 9 種が植栽された。モクセイは活力度が年々低下し、ケヤキは 3 年目に低下していたが、他の樹種は順調に生育していた。中でも「数値テラス」で悪かったミツバツツジ、エゴノキ、シラカシの状態が良くなっていたことが特記されるが、植栽方向を見ると通路側に向かって植栽されており、北東側は裏面を向いている葉が多いことも良好な生育状態と関係していることが予想される。ケヤキの高木は 7 m 以上の部分で障害を受けていた。

(7) 歩道南側

「歩道南側」には、ケヤキ他 8 種が植栽された。ウバメガシ、ヤブツバキが順調に生育を続けていたが、サルスベリ、ミツバツツジはある程度良くなったものの今の状態で頭打ちであり、ケヤキは変動が大きく、シラカシは好転が難しいものと思われる。モクセイは植栽当初から徐々に状態を悪化させていた。サルスベリの着葉状態は良好であったが、葉は小さかった。ミツバツツジは「数値テラス」のものに比べると良く着葉していたが、葉色が茶色がかりネクロシスが多かった。シラカシは着葉の悪いもの、葉が小さいもの、葉色が悪いものなど様々であった。モクセイは次第に着葉が少なくなっていた。

(8) 日本列島ドーム

「日本列島ドーム」には、62年度にマテバシイ他 4 種が植栽された。回復の緩やかなマテバシイは、ここでも 2 カ年では変化が見られず、ケヤキは樹高 9 m 以上あるにもかかわらずわずかながら活力度を上げていた。ただし北東側を中心に落葉は多かった。ハナミズキ、サルスベリは葉色、葉形の状態が悪く、またネクロシスも多くなっており、活力度が低下していた。

(9) 林内歩道

「林内歩道」には、62年度にはコナラ他 6 種が植栽された。コナラ、ヤマボウシ、シラカシ等に活力度の低下が見られたが、林内と言えども道沿いで風の通り抜けのある所では、障害を受けることを示していた。風の通り抜けの無い所では、ムクゲ、ヤマモミジの良好な生育が見られた。しかし活力度を下げた樹木も道の方向が南北方向であり、海からの風の方向に垂直であったため、北東側の枯損は無かった。なおオオシマザクラは、植栽時の枯下がりの状態からの回復が遅れていたが、これは林内であることによる光量の少なさが原因であると思われる。またコナラは、葉の大きさが小さくなり、ネクロシスが多くなった。ヤマボウシは葉が反り返り、シラカシは異常落葉が増え葉色も悪くなっていた。

(10) ゲート北側

「ゲート北側」では、61年度にはメタセコイア他10種、62年度に8種（うち調査6種）が植栽された。61年度植栽においては、オオシマザクラが比較的良く生育していたが、モチノキは現状維持、メタセコイア、ケヤキ、ユリノキの落葉高木については一時は好転したが、3年目の低下は大きかった。ハクモクレン、シラカシは枯死し、ハナミズキ、コナラ、ヤマモモも低下の一途をたどっていた。メタセコイアは、マツ林で防風されているものの、多くの個体に効果が及んでいなかった。ケヤキは着葉が少なく、ユリノキは着葉の少なさに加えて、葉が大きくなれず、形も変型していた。

62年度植栽においては、マテバシイ以外、活力度を大きく下げるものが多かった。中でも葉の薄いヤマモミジの低下が著しく、また落葉樹の中では比較的強いサルスベリも、異常落葉が多くなったり、悪化していたことに注目する必要がある。

(11) ゲート南側

「ゲート南側」には、61年度にメタセコイアとケヤキが、62年度にオリーブ他5種が植栽された。61年度植栽のメタセコイアは、3年目の活力度が3以上で活力状態は極めて悪く、回復の傾向がなかった（写真－3.15）。一方ケヤキは、62年度にできた南口ゲートが防風効果を及ぼして



写真－3.15 葉の無いメタセコイア

いたのか回復の傾向にあった。62年度植栽木は、ほとんど好転していなかったが、大幅な悪化も無かった。オリーブについては、活着不良の個体があるものと思われる。他の樹種は南口ゲートの防風効果により、多少なりとも生育の向上が期待される。

2) 樹高の経年変化

植栽木の中で最も樹高の高いのは、セサミガーデン周縁のケヤキで14m以上あった。

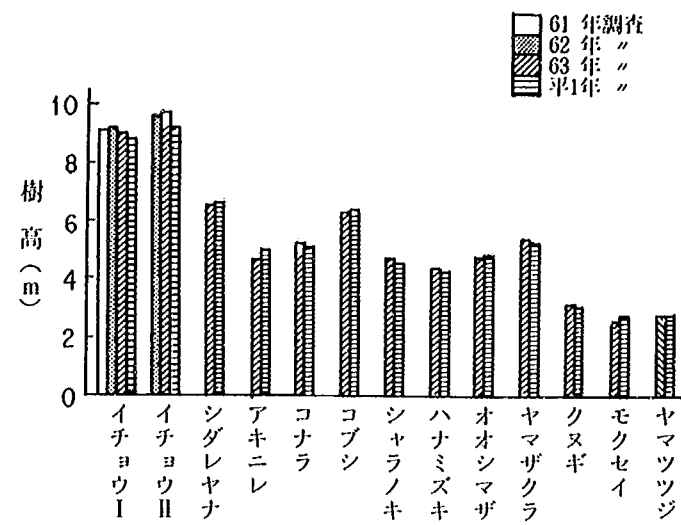
落葉樹は樹高7m以上のケヤキ、イチョウ、メタセコイア、ハクモクレン、3～7mのアキニレ、シャラノキ、コナラ、コブシ、ハナミズキ、ケヤキ、オオシマザクラ、エゴノキ、ユリノキ、サルスベリ、ヤマモミジ等があり、3m以下の樹種はミツバツツジ、ムクゲの2種であった。

常緑樹については、全体的に落葉樹よりも樹高は低く、大部分の樹木は8m以下で、5m以上のものはシラカシ、クロマツ、ヤマモモ、タブノキの4種しか無く、また3m以下（当初）の樹木はウバメガシ他7種、さらにマテバシイ他8種が3～5mの間にあった。

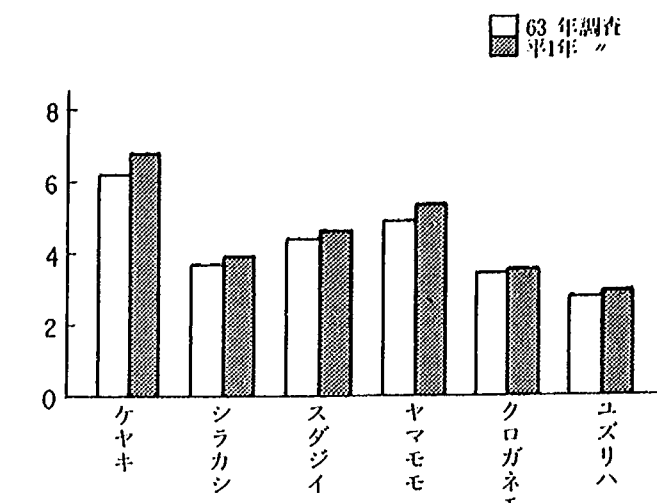
樹高の経年変化を、図-3.6に示したが、全体的に落葉樹については、不変であるか低下するものが多く、常緑樹についてはシラカシ、モクセイ等の一部を除く多くの樹種で成長が見られた。

落葉樹の中で、樹高の高いケヤキについては多くの植栽区で低下が見られた。特に平均値が8m以上の「北西部群植」のケヤキ、「西口広場」のイチョウ、「ゲート北側」のメタセコイアについては、枯損、枝折により植栽当初より樹高が低下していた。7m前後しかない「歩道北側」や「ゲート南側」のケヤキは、伸長が見られた。前者はマツ林の、後者は南口ゲートの防風効果によるものと思われる。また「ゲート北側」でマツ林から遠く、樹高6～7mのケヤキ、ハクモクレン、ユリノキ等の低下が大きく、この場所では6m以上の落葉樹の伸長が困難であることを示している。一方常緑樹については、低下していたのはシラカシ、モクセイの2種のみであったが、特に伸長が大きかったのはウバメガシ、クロマツであった（図-3.7）。植栽区別に見た成長率は高いもので52%、低いもので17%程度であった。クロマツは17～21%と比較的安定していたが、ウバメガシは17～52%と格差が大きかった。また成長率と植栽地との間に、特に関係は見受けられなかった。

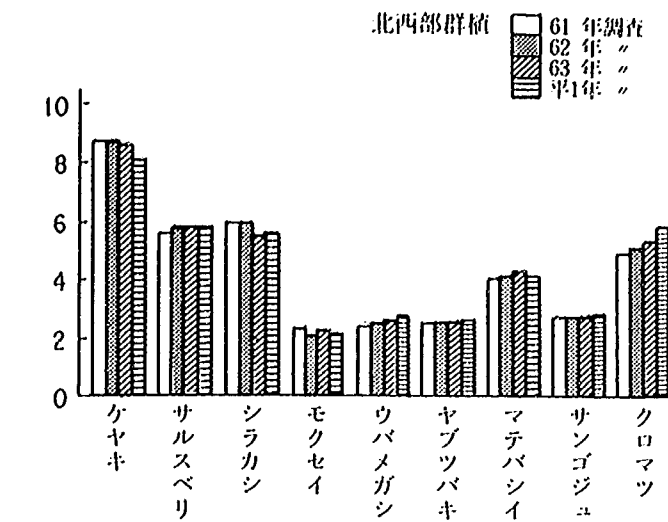
西口広場



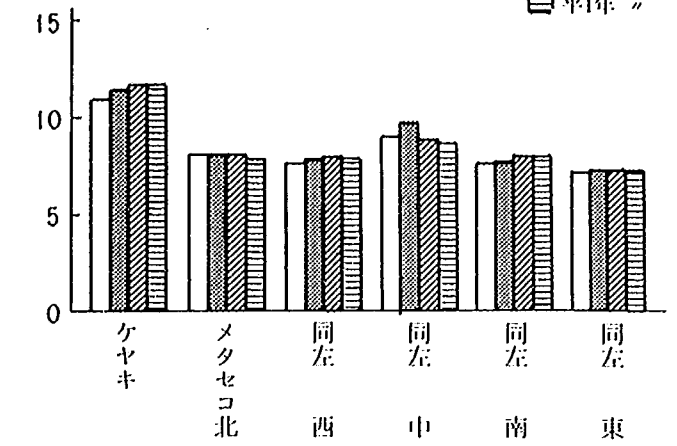
創造の広場



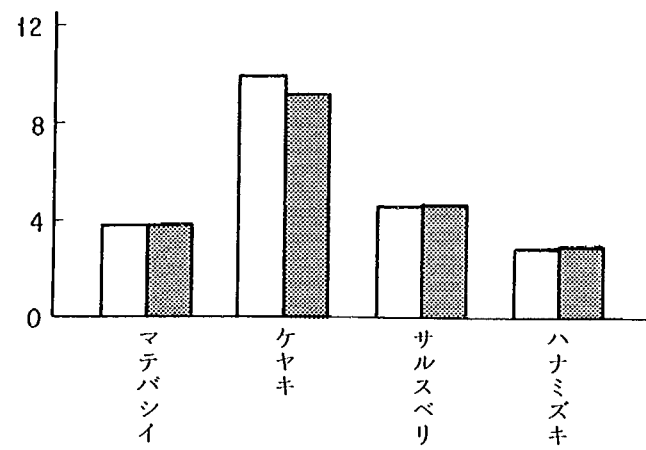
セサミガーデン



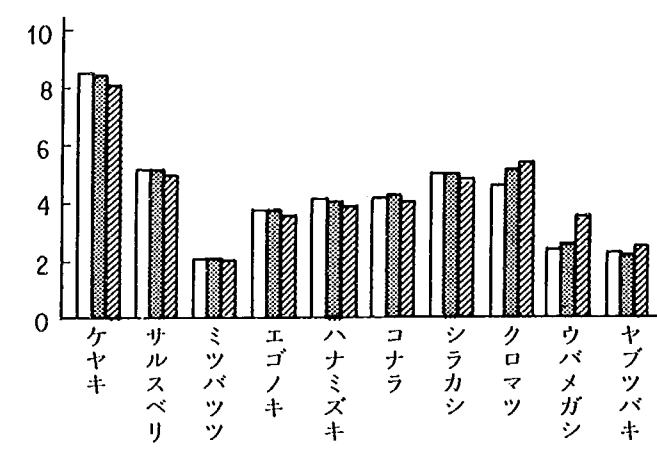
歩道列植



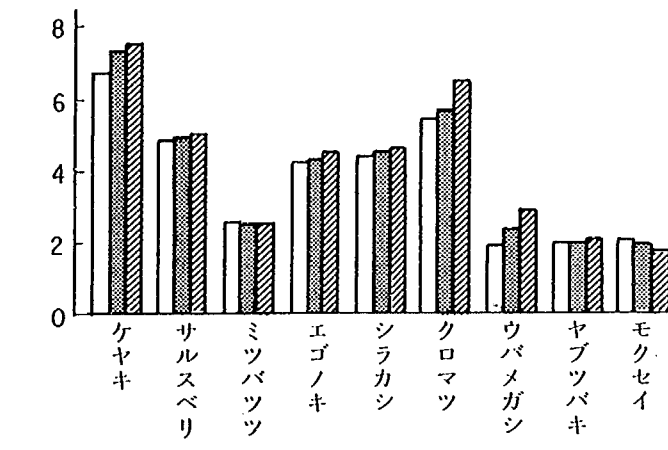
日本列島ドーム



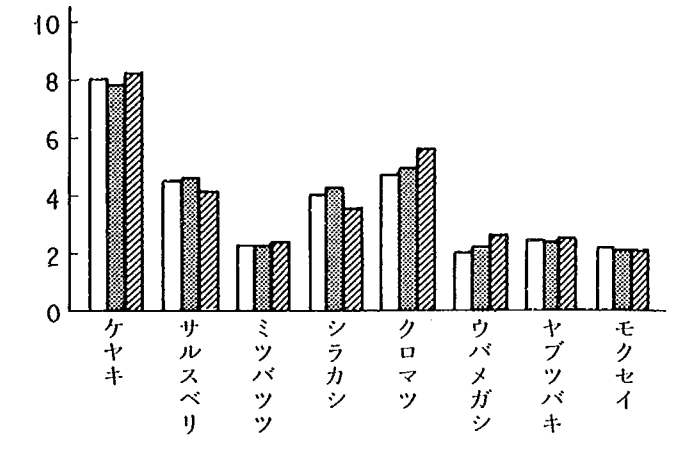
数値テラス



歩道北側

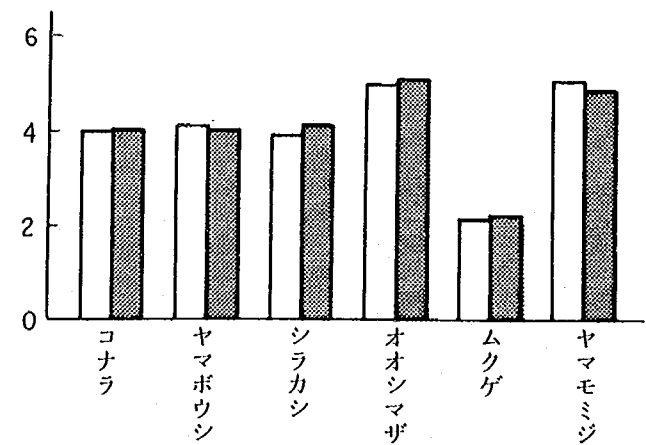


歩道南側

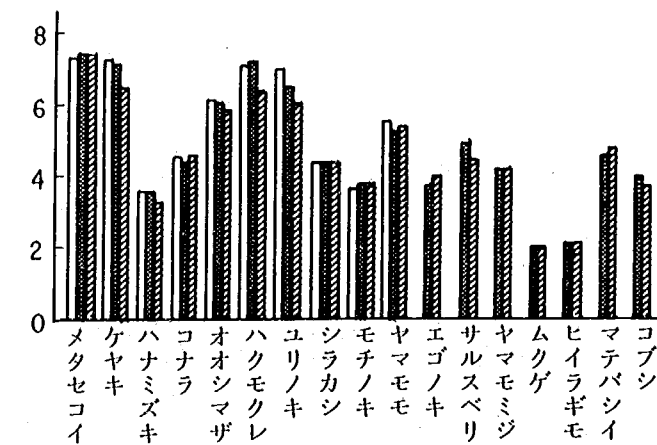


南口広場

林内歩道



ゲート北側



ゲート南側

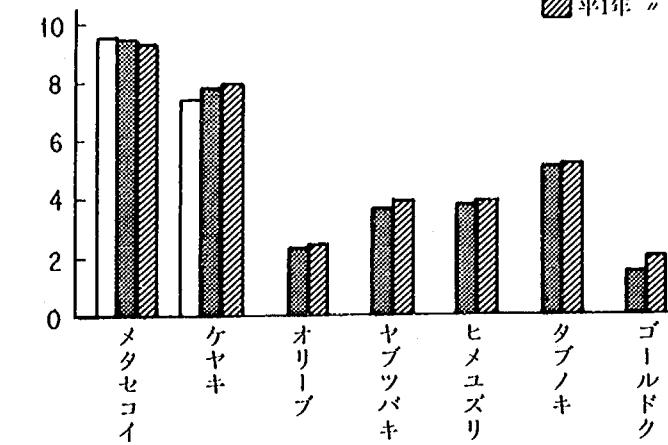


図-3.6 樹高の経年変化

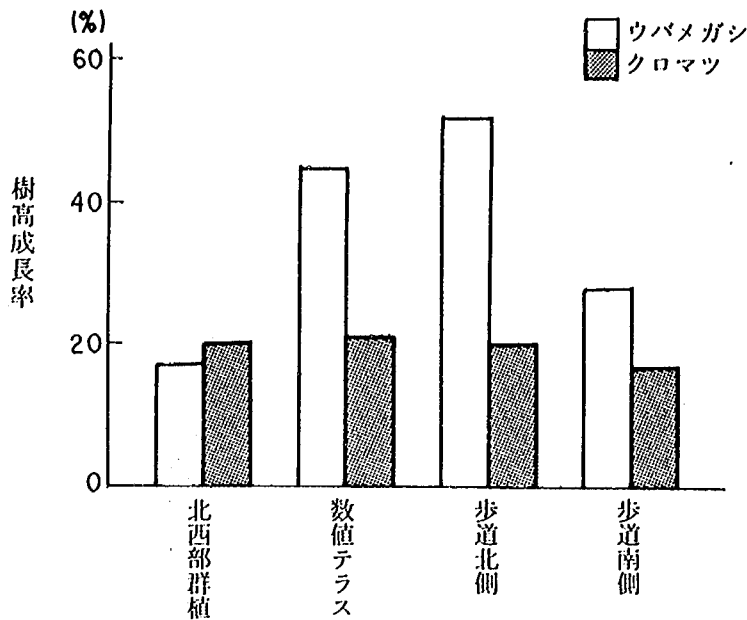


図- 3.7 クロマツとウバメガシの樹高成長率

3) 枝張りの経年変化

風による樹形の変形を把握する目的で、最も長い枝張りとは、最も短い枝張りとは方向（8方位）とともに測定した。本調査においては、多くの樹林で北東側を中心とした枝の枯損が見られた。しかし上部で最も枝の長くなる林内木と違って、圃場で育成された造園木は、日当たりの状態が良い所で育ったため、影響を受けにくい中・下部の枝が最長枝の場合が多かった。また樹木によっては風下側の枝が良く伸長するものがあり、最長枝の梢端の枯損により別の枝が最長枝となって、大きく方向が変わる場合もあった。したがって最大、最小の枝張りの長さを測定しただけでは、必ずしも風に対する樹形の変形を把握できるわけではない。

図- 3.8 (1)~(6)に、いくつかの60年度植栽木の、最大枝張長と最小枝張長とを適当な曲線で結び、枝張りの変遷を示した。60年度に植栽されたのは、西口広場のイチョウ、セサミガーデンのメタセコイア列植、及び周辺のケヤキの大木の単植であった。

落葉樹や内陸性の常緑樹については、4年目の形が主風向の通り抜ける方向である北東-南西の方向に短く、北西-南東方向に長い個体が半数以上あり、北東側の枝の枯損あるいは少ない伸長と、北西-南東方向の大きな伸長を示していた。しかし落葉樹の中にもメ-24のように、防風効果の大きい所では、均等に大きくなっているものも認められた。

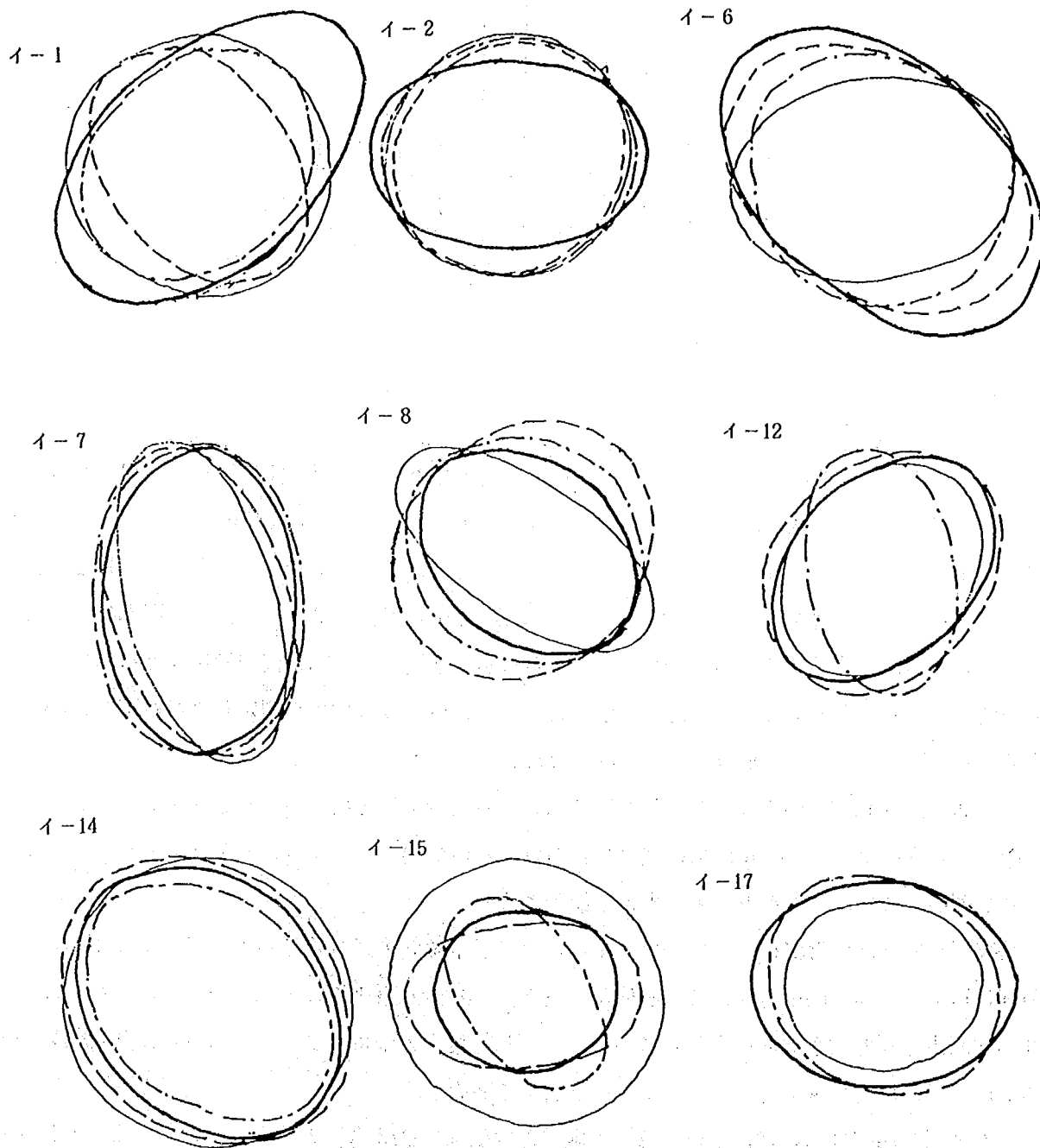
これに対し海岸性常緑樹については、主風向と関係なく植栽当初の枝張りの方向のまま成長するもの、均等に伸長するものが多かった。ほとんど全部の樹種で樹冠が縮小することなく、拡大する傾向にあったが、特にサンゴジュ、ウバメガシの成長が著しかった。

枝張りについては、今回のように最大方向と最小方向のみの測定でも傾向が把握できたが、より正確に把握するためには、幹を中心とした定方向（東西南北等）を測定し、しかも枝の高さも同時に比較することが望まれる。

イチョウ



主風向



—— 61年調査 - - - 62年調査 - - - 63年調査 —— 平1年調査

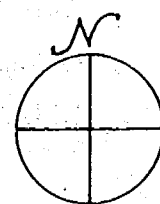
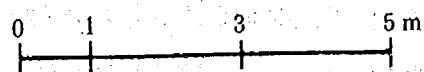


図-3.8 (1) 枝張りの経年変化 (西口広場：イチョウ)

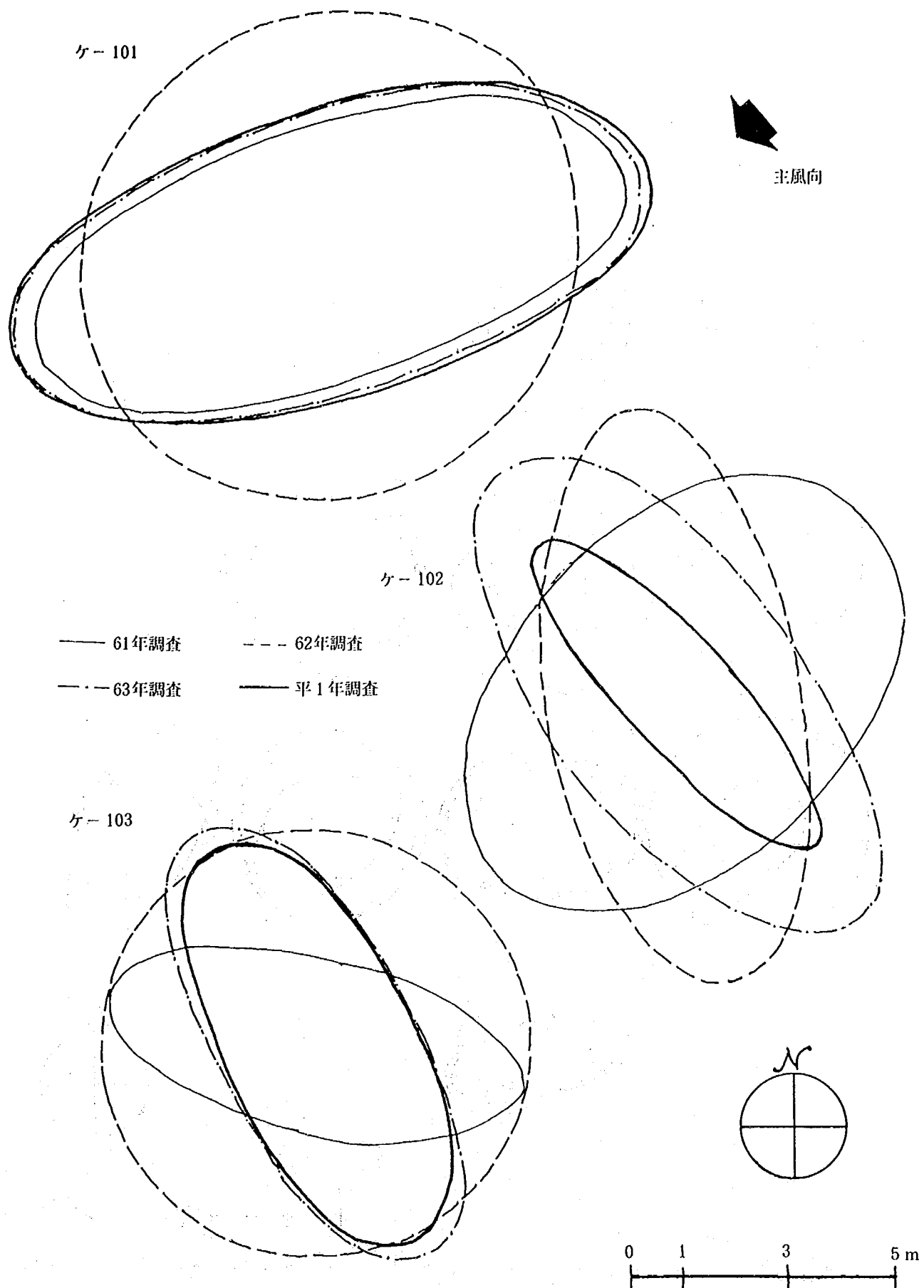


図-3.8 (2) 枝張りの経年変化 (歩道列植：ケヤキ)

メタセコイア

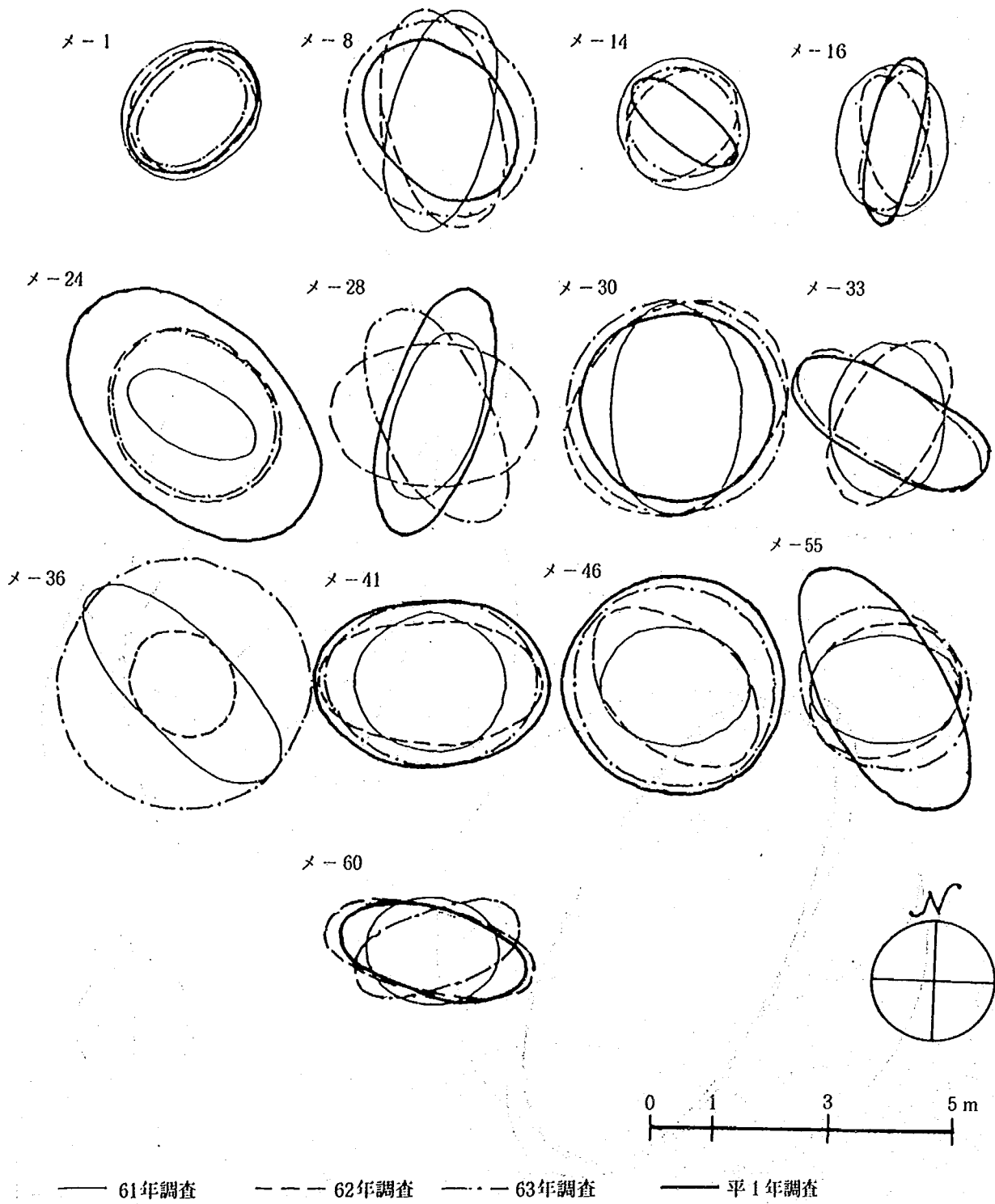
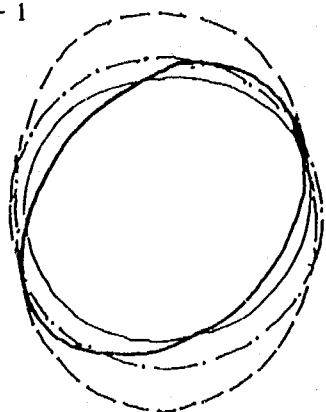


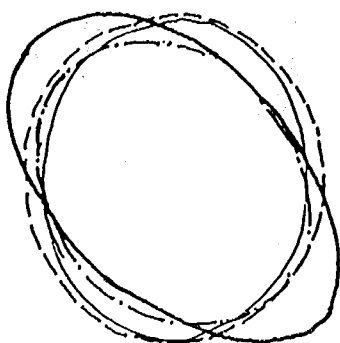
図-3.8 (3) 枝張りの経年変化 (歩道列植: メタセコイア)



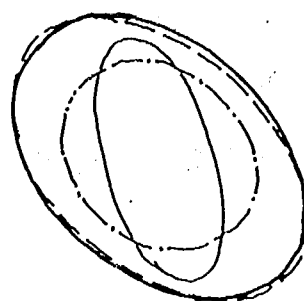
ケ-1



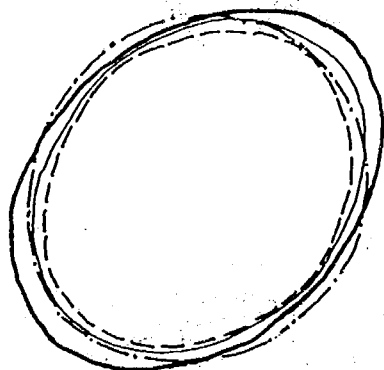
ケ-2



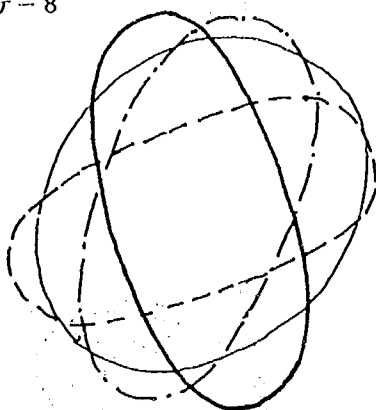
ケ-3



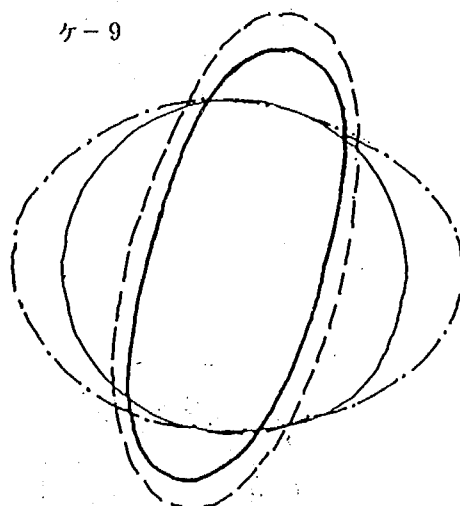
ケ-5



ケ-8

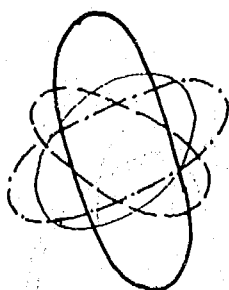


ケ-9

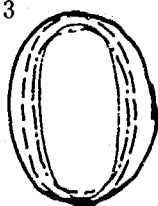


サルスベリ

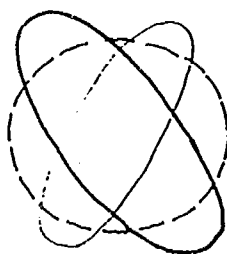
ス-2



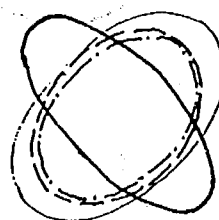
ス-3



ス-5



ス-7



ス-10



—— 61年調査
- - - 62年調査
- · - 63年調査

—— 平1年調査

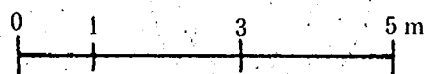
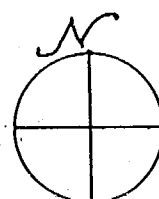
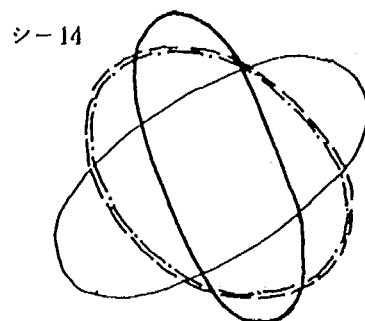
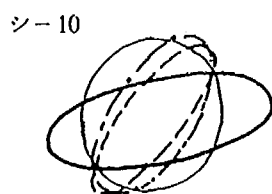
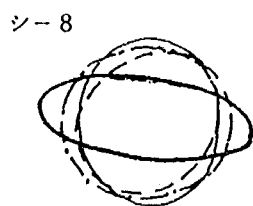
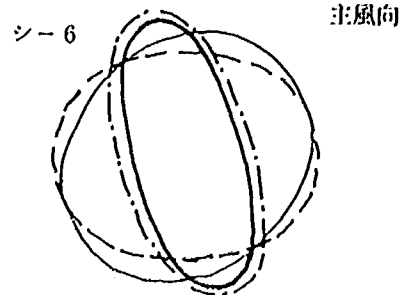
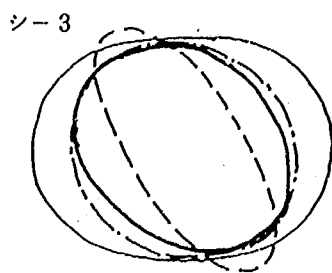
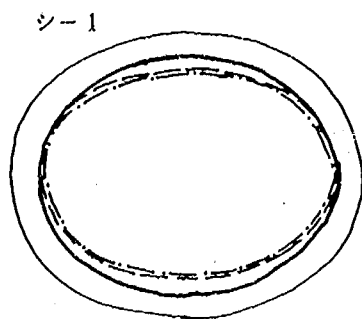


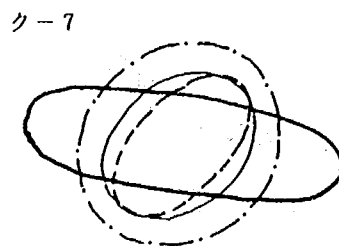
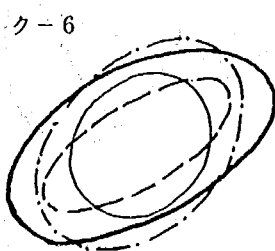
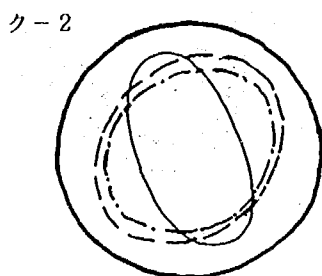
図-3.8(4) 枝張りの経年変化(北西部群植:ケヤキ, サルスベリ)



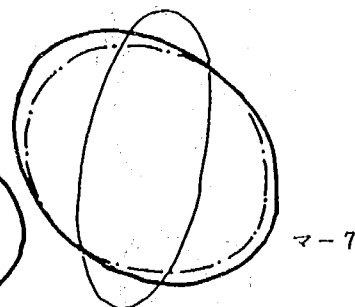
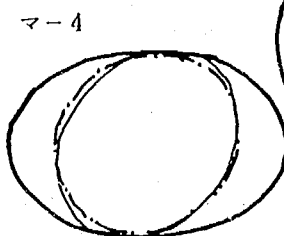
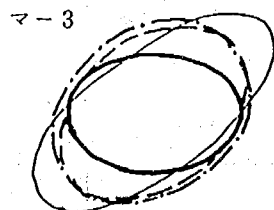
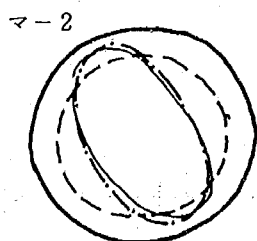
シラカシ



クロマツ



マテバシイ



—— 61年調査

--- 62年調査

---- 63年調査

—— 平1年調査

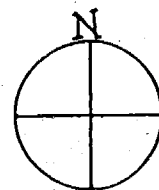
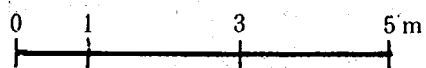
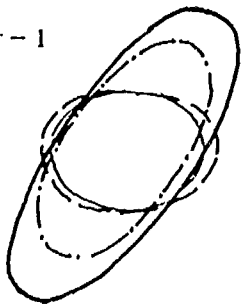


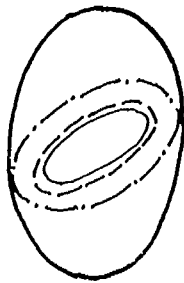
図-3.8 (5) 枝張りの経年変化 (北西部群植: シラカシ, クロマツ, マテバシイ)

サンゴジュ

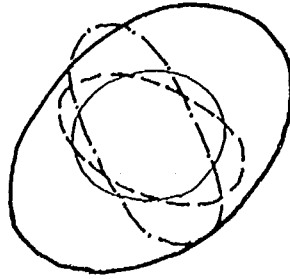
サー1



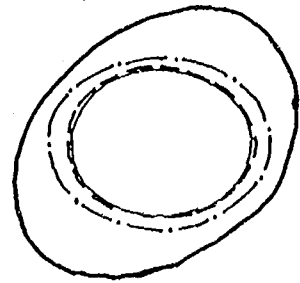
サー2



サー3



サー4

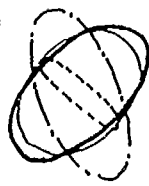


ヤブツバキ

ヤー1



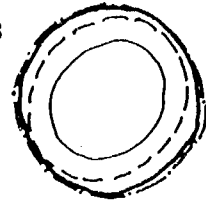
ヤー4



ヤー10



ヤー13



モクセイ

モ-1



モ-3



モ-8



モ-9



主風向

—— 61年調査

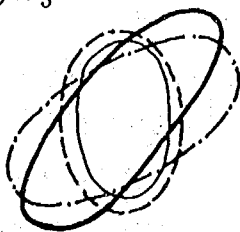
- - - 62年調査

- · - 63年調査

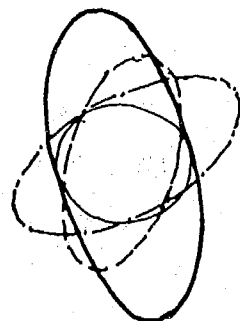
—— 平1年調査

ウバメガシ

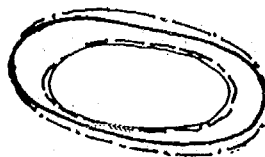
ウ-3



ウ-4



ウ-7



ウ-8

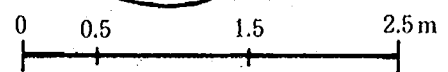
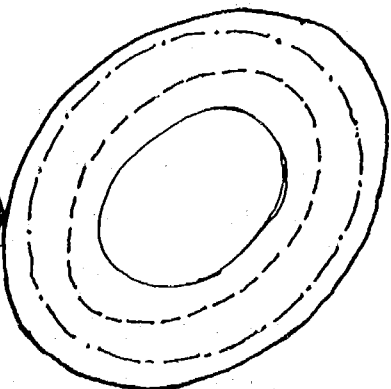
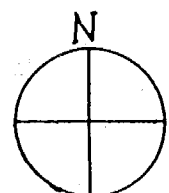


図-3.8 (6) 枝張りの経年変化

(北西部群植：サンゴジュ，モクセイ，ヤブツバキ，ウバメガシ)



3.3 生育特性

3.3.1 風による影響の内容

生育障害として最もひどい状態とは枯死である。植物体は一旦活着すると、部分的には枯損であっても、少なくとも2年程度は出芽の力を持っているが、正常な炭酸同化作用が行われないと、それ以降次第に生育が衰えていき、ついには枯死に至る。

本公園における中・高木植栽は昭和60年度から毎年行われ、大部分の樹木は活着していたが、その後の厳しい環境のために4年目にして枯死した樹木もあった。

ここでは、風による植物体への影響を、葉の変質、枝障害、枯死の3つに分けて考察を行った。

1) 葉の変質

一般に葉は生理活性の活発な部分であり、環境圧に対する耐性は小さい。植物にとって、個体維持の役目を持ち耐性の発達している丈夫な器管は根や幹であり、本来葉は環境圧の小さい季節しか存在できないものである。しかし本公園においては、光や温度に恵まれている春～夏にかけて一定方向の潮風が吹き続け、この期間に存生する葉に障害を起こすことがある。

主な葉への障害の種類としては、①異常落葉、②出葉障害、③形質異常等をあげることができる。

(1) 異常落葉

北東側～上部の枝において、落葉樹が出葉後ある程度生育した後、あるいは常緑樹の場合、植付け当初の葉が通常の落葉期以外に落葉した。内陸性の落葉樹の中に弱いものが多く、ミツバツツジ、エゴノキ、ヤマモミジ等葉厚の薄いものに特に多かった。またモチノキ、シラカシ等内陸性の常緑樹は個体全体に渡って落葉した。

(2) 出葉障害

新葉は葉の生活史の中でも特に耐性が小さく、影響を受け易い。落葉樹の場合、出葉は4～5月が多く、この時期は海からの風が強く、影響を受け易いものと思われる。モチノキやシラカシ等内陸性の常緑樹の場合、全体的に葉量が著しく少ないのは、出葉において障害があるからと思われる。

(3) 形質異常

当地における潮風の影響は、平均風速3～4 m/s以下の比較的弱い風が恒常的に吹くことによる障害であり、台風のように一時的な強風によるものは少ないと思われる。したがって葉は春～秋にかけて、長期に渡り影響を受け続け、北東側の葉以外は異常落葉まで至らずに存生していた。しかしその状態は健全な状態ではなく、形、大きさ、色等に変質が見られた。葉の形質異常に伴う生理活性の低下は成長量の低下となって現われ、出芽のための十分な養分が貯えられず将来的に個体の枯死に至る恐れがある。

- ① 葉の形；葉の形態上の異常としては、反り返り（ヤマボウシ）、巻き返り（ハナミズキ、ヤブツバキ、ウバメガシ）、ちぢれ（モクセイ）、波形化（ケヤキ）等がある。（ ）内は各異常が特徴的に見られる樹種）

② 葉の大きさ；多くの落葉樹では葉が大きくなれないようであった。特に開放的な場所にある西口広場のイチョウ、南口広場のユリノキ、ハクモクレン等において顕著であった。また常緑樹ではモクセイの葉が一向に大きくならなかったが、生育状態の良好なウバメガシも葉の小さな個体が多く見られた。

③ 葉色；光合成を行うための葉緑体の形成が不十分で、あるいはできていたものが維持されずに分解して葉色の淡色化が見られた。落葉樹ではイチョウ、ケヤキ、メタセコイア、ミツバツツジ、常緑樹ではマテバシイ、モクセイ、シラカシ等があげられる。

2) 枝障害

葉よりも耐性のある枝については、部分枯損や風下側での小枝の伸長を取り上げる。

(1) 部分枯損

場所にもよるが、多くの樹種で頂端～北東側の枝の枯損が見られた。次第に風下側の上部そして下部へと枯損部分が広がり、ついには全枝が枯れてしまう（写真－3.16 及び 3.17）。一旦枯れると回復は困難である。北東側の枯損の見られない樹種は、クロマツ、マテバシイ、ウバメガシ、ヤブツバキ、サングジュ等海岸性の常緑樹であった（写真－3.18）。



写真－3.16 北東側の枝の枯損が著しいイチョウ（入口列植）



写真－ 3.17 北東側と上部の枝の枯損が著しいユリノキ（ゲート北側）



写真－ 3.18 北東側の枝に着葉が見られるマテバシイ（ゲート北側）

(2) 風下側での小枝の伸長

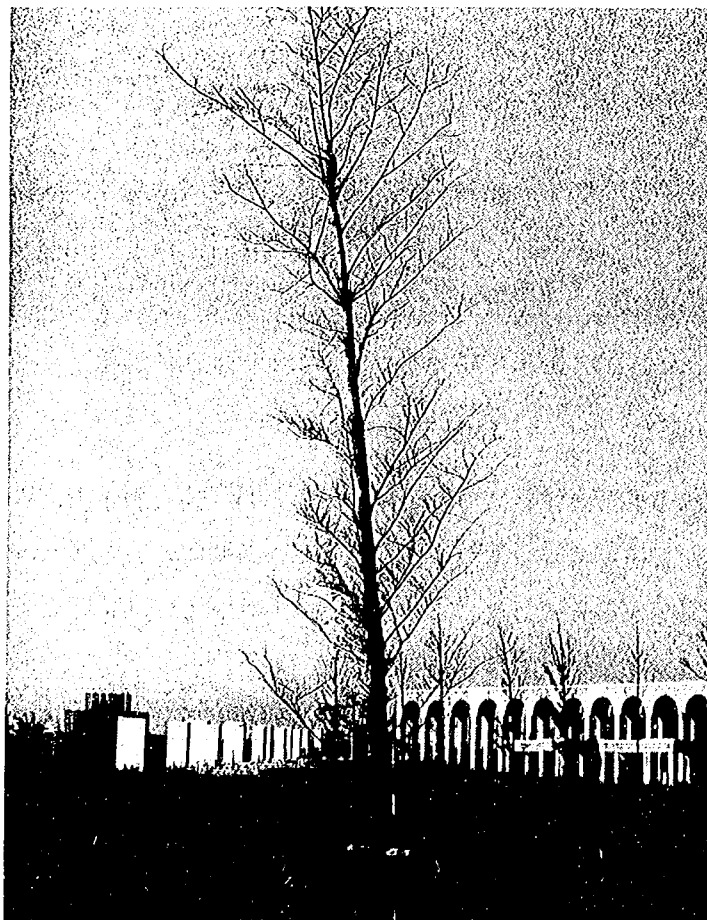
風下側における小枝の伸長が、セサミガーデンの周縁に植栽されている単植のケヤキの大樹や、歩道列植中部のメタセコイアにおいて見られた。これは風上側の枝が枯れ、風下側の大枝が防風物として作用するとき、結果としてこの部分の枝が伸長するものと思われる。風の強さが中程度になる場合、あるいは植栽した樹木がある程度大きく幹や大枝が太い場合に起こるようである。

3) 枯死

枝の枯損が全体に及ぶと幹の風下側のみに着葉する状態となるが、ここまでくるとたとえ防風物を設置したとしても、回復は極めて困難である。修景木としては実質的な枯れに等しく、このような“胴吹き”状態も枯死とみなした。

セサミガーデンにおける「歩道列植」と「北西部群植」においては、植付け後4年が経過していたが、開放地の個体や群植地での耐性の無い樹種のいくつかの個体が枯死した。

メタセコイア（「歩道列植」）については、西部の開放地の個体に枯死するものが多かった（写真－3.19）。ここには風上側に当たる北東部のマツ林から30～40m以上隔たっていた。



写真－3.19 枯死したメタセコイア（歩道列植）

「北西部群植」においてはシラカシが枯死した（写真－3.20）。防風ネットや群植構造により潮風は軽減されたと思われたが、シラカシの生育には十分ではなかった。しかし、群植内部では樹高

の低い（4～5 m）シラカシは生育しており，十分な防風対策が施されれば当地でも生育が可能なことを示している。



写真－ 3.20 枯死したシラカシ（北西部群植）

4）生育状態の把握

以上風による生育への影響の種類について述べてきたが，表－ 3.6 (1), (2)に各植栽区の樹木の生育状態を簡単に示した。生育状態の把握にあたっては，各個体の活力度のみならず，調査時に記入した備考の内容や写真等を参考にした。また，表－ 3.6 (1), (2)には合わせて全活力項目の平均活力度も示した。

なお生育状態については，着葉状況として全体的に着葉しているものについては，葉の状態ともに極めて良好なもの（良）と，障害が軽微で今後回復が期待できるもの（育）の2つに分け，着葉の少ないものについては北東側の枝など部分的に着葉が見られないもの（部），全体的に葉がまばらなもの（散），個体の下部にしか着葉の見られないもの（下）の3つに分けた。さらに葉の形質変化として，葉の変形（形），葉の小型化（小），葉色不良（色），ネクロシス（ネ）を，また枯死したもの（枯）を取り上げ，それぞれ（ ）に示した簡単な言葉を記入した。

常緑樹は全体的に（良）と（育）が多かったが，樹種や植栽場所によっては，障害状況が集中していた所もあった。障害の大きい樹種としてモクセイとシラカシがあげられる。モクセイは4つの

表－3.6 (1) 落葉樹の生育状態及び平均活力度

広 場 樹 種 (樹木記号)		西 口 広 場				創造の広場		セ サ ミ ガ ー デ ン										南 口 広 場						計 平均											
		入口列植		池 周 辺				歩道列植		北西部群植		数値テラス		歩道北側		歩道南側		日本列島ドーム		林内歩道		ゲート北側				ゲート南側									
		生育 状態	全項 平活	生育 状態	全項 平活	生育 状態	全項 平活	生育 状態	全項 平活	生育 状態	全項 平活	生育 状態	全項 平活	生育 状態	全項 平活	生育 状態	全項 平活	生育 状態	全項 平活	生育 状態	全項 平活	生育 状態	全項 平活	生育 状態	全項 平活	調査 本数	全項 平活								
イ チ ョ ウ (イ)		散小 部色	3.1 2.5																							18 6	3.1 2.5								
ア キ ニ レ (ア)				育	1.4																					4	1.4								
シャ ラ ノ キ (シャ)				枯	2.9																					4	2.9								
シダレヤナギ (ナ)				部小	2.0																					5	2.0								
ヤマザクラ (ラ)				散	3.3																					2	3.3								
ク ス ギ (ス)				下	2.5																					1	2.5								
ウ メ (ウメ)				枯	4.0																					3	4.0								
ヤマツツジ (ヤツ)				散	3.1																					1	3.1								
コ ブ シ (ブ)				散ネ	2.9																					5	3.0								
ハナミズキ (ハ)				散形	3.1						散色	2.4						部色	1.8			枯	3.8			5 6	3.0 2.6								
コ ナ ラ (コ)				散色	2.4						部ネ	2.1								散小	2.1	枯	3.7			5 6	2.7 2.3								
オオシマザクラ (オ)				部	2.0															下	2.8	下	2.0			2 5	2.0 2.3								
メタセコイア (メ)								枯 下	2.8 2.5													部	2.3	下	3.3	52 10	2.8 2.8								
ケ ヤ キ (ケ)				0		散色	2.7	散	2.9	下	2.5	部色	2.4	育ネ	1.9	部色	2.2	散	2.4	0		散	2.9	散小	2.2	12 15 8	2.6 2.9 2.5								
サルスベリ (ス)										部	1.7	散	2.7	良	1.2	育色	1.4	部	2.1			部	2.5			10 8 5	1.7 1.4 2.2								
ミツバツツジ (ミ)												下色	2.6	育色	1.9	育色	2.2									11	2.2								
エ ゴ ノ キ (エ)												枯	2.3	育	1.4	0						下	3.4			4 3	1.8 3.4								
ヤマボウシ (ボ)																					育形	1.5				4	1.8								
ヤマモミジ (ジ)																					育	1.6	枯	3.3		3	2.7								
ム ク ゲ (ム)																				良	1.1	下色	2.7			3	2.1								
ユ リ ノ キ (ユ)																						下形 小	3.1			3	3.1								
ハクモクレン (レ)																					枯	4.0				2	4.0								
調 査 本 数	平 均	18 6	3.1 2.5		34	2.5		4	2.7	55 1	2.8 2.5		19	2.0		17	2.4		11	1.6		12	1.9		10	2.2	10	1.9	17 10	3.0 3.1		7	2.9	92 71 68	2.6 2.1 2.5

注) 各植栽区の左欄において上段の数字は、60年度に植栽されたものの数を示す。同様に中段の数字は61年度、下段の数字は62年度の数である。
各植栽区の右欄の値は、各年度の植栽木の63年度の調査結果を示す。

凡例 良；順調に成長 育；北東側の枝にも着葉 部；北東側や上部の枝で落葉 散；全体的にまばらに着葉 下；個体の下部のみ着葉
色；葉色が不良 小；葉の大きさが小さい 形；葉形が変形 ネ；ネクロシスが著しい 枯；枯死

表- 3.6 (2) 常緑樹の生育状態及び平均活力度

広 場 樹 種 (樹木記号)		西 口 広 場				創造の広場	セ サ ミ ガ ー デ ン												南 口 広 場						計	平均	
		入口列植		池 周 辺			歩道列植		北西部群植		数値テラス		歩道北側		歩道南側		日本列島ドーム		林内歩道		ゲート北側		ゲート南側				
		生育 状態	全項 平活	生育 状態	全項 平活	生育 状態	全項 平活	生育 状態	全項 平活	生育 状態	全項 平活	生育 状態	全項 平活	生育 状態	全項 平活	生育 状態	全項 平活	生育 状態	全項 平活	生育 状態	全項 平活	生育 状態	全項 平活	生育 状態	全項 平活	調査 本数	全項 平活
モ ク セ イ (モ)				散色	2.7					散形 色小	2.8			散	2.9	散小	2.4									9 3 2	2.8 2.5 2.7
ス ダ ジ イ (ダ)						部	2.2																		2	2.2	
ユ ズ リ ハ (ズ)						散	2.5																		4	2.5	
クロガネモチ (ロ)						下	2.2																		3	2.2	
シ ラ カ シ (シ)						枯	3.8			枯	2.7	枯	2.8	育色	1.2	部色	2.2			育色	1.8					15 14 5	2.7 2.0 3.0
ヤ マ モ モ (ヤマ)						散	2.3														下小 0	2.4			3 2	2.4 2.3	
サンゴジュ (サ)										良	1.0														4	1.0	
ウバメガシ (ウ)										育色 形小	1.5	良形	1.2	良小	1.1	良	1.2									9 8	1.5 1.1
ク ロ マ ツ (ク)										良	1.0	良	1.1	良	1.0	良	1.0								11 10	1.0 1.0	
マテバシイ (マ)										育	1.3							良	1.7		育色	1.8			7 4	1.3 1.7	
ヤブツバキ (ヤ)										育	1.2	育形	1.3	育形	1.2	良	1.0						部	2.0	16 10 2	1.2 1.1 2.0	
サ ザ ン カ (カ)																											
モ チ ノ キ (チ)																					部形 小	1.9			2	1.9	
ヒイラギモクセイ (セ)																					下	2.7			2	2.7	
タ ブ ノ キ (タ)																							部小	1.9	2	1.9	
ヒメユズリハ (ヒ)																							部小	1.9	2	1.9	
オ リ ー ブ (リ)																							部	2.8	2	2.8	
モ ッ コ ク (コク)																											
ゴールドクレスト (ゴ)																							良	1.1	2	1.1	
調 査 本 数	平 均			2	2.7	14	2.6			71	1.7	12	1.6	13	1.2	20	1.5	2	1.7	2	1.8	5 4	2.2 2.2	10	1.9	71 50 34	1.7 2.0 2.2

注) 各植栽区の左欄において上段の数字は、60年度に植栽されたものの数を示す。同様に中段の数字は61年度、下段の数字は62年度の数である。
各植栽区の右欄の値は、各年度の植栽木の63年度の調査結果を示す。

凡例 良；順調に成長 育；北東側の枝にも着葉 部；北東側や上部の枝で落葉 散；全体的にまばらに着葉 下；個体の下部のみ着葉
色；葉色が不良 小；葉の大きさが小さい 形；葉形が変形 ネ；ネクロシスが著しい 枯；枯死

植栽地すべてにおいて、葉がまばらであることを示す（散）の状態であり、場所によっては葉色の淡さや葉形の悪さも示されていた。これに対し、シラカシは（枯）の所がいくつかあり、生育している所では葉色の悪化が多く、モクセイの生育不良の状態と性格を異にしていた。

落葉樹については、常緑樹と対照的に（良）、（育）は一部の場所（「歩道北側」、「歩道南側」）を除いてほとんど無かった。しかも大部分は（枯）、（散）、（下）といった比較的障害の程度の大きい状態であった。表を見る限り落葉樹の中で開放地での生育が可能と思われる樹種は、アキニレ、サルスベリ、オオシマザクラ等である。

3.3.2 各樹種の耐潮風性

各植栽区での生育状態をもとに植栽樹種の耐潮風性を推定した。ここで言う耐潮風性とは、当地において春～夏にかけて吹き続ける海方向からの中程度の強さの風に対する耐性のことである。

植栽地については、開放的な所、マツ林が風上側にある所など様々な生育環境となっており、同一樹種でも生育状態は異なっている。ここでは現在の生育状態をもとに、遠方にマツ林があるような開放的環境下における生育状態を推定し評価を行った。

耐潮風性の評価は、生育状態に関する評価項目を3つ設定し（順調に成長している、全体的に着葉している、葉の形質は変化していない）、各項目の程度を3段階に分け、該当する状態に○、△、×を付けて示した（表－3.7 (1), (2)）。すべてに×のものは全く耐性が無く、ほとんど枯死した状態であることを示している。

表－3.7 (1), (2)から、開放的環境下で正常に生育できる樹種はわずかに常緑樹数種しか無く、落葉樹

表－3.7 (1) 植栽樹種の耐潮風性（常緑樹）

植栽樹種 \ 評価項目	順調に成長している	全体的に着葉している	葉の形質は変化していない
ク ロ マ ツ	○	○	○
サ ン ゴ ジ ュ	○	○	○
ウ バ メ ガ シ	○	○	△
ヤ ブ ツ バ キ	○	○	△
マ テ バ シ イ	△	○	△
ゴールドクレスト	△	△	○
タ ブ ノ キ	△	△	△
ヒ メ ユ ズ リ ハ	△	△	△
モ ッ コ ク	△	△	△
ク ロ ガ ネ モ チ	△	△	△
ユ ズ リ ハ	△	△	△
ス ダ ジ イ	△	△	△
モ チ ノ キ	△	△	△
オ リ ー ブ	△	△	△
サ ザ ソ カ	△	△	△
ヤ マ モ モ	×	△	△
シ ラ カ シ	×	×	×
モ ク セ イ	×	×	×

凡例 ○：良好， △：一部不良， ×：不良

表- 3.7 (2) 植栽樹種の耐潮風性 (落葉樹)

評価項目 植栽樹種	順調に成長している	全体的に着葉している	葉の形質は変化していない
サルスベリ	○	△	△
オオシマザクラ	△	×	△
アキニレ	○	△	△
シダレヤナギ	△	△	△
コナラ	△	△	△
ケヤキ	△	△	△
ムクゲ	△	×	△
クヌギ	△	△	△
ハナミズキ	×	△	×
ユリノキ	×	△	×
イチヨウ	×	△	×
ヤマザクラ	×	×	△
コブシ	×	×	△
ヤマツツジ	×	×	×
シャラノキ	×	×	×
ウメ	×	×	×
メタセコイア	×	×	×
エゴノキ	×	×	×
ヤマボウシ	×	×	×
ヤマモミジ	×	×	×
ミツバツツジ	×	×	×
ハクモクレン	×	×	×

凡例 ○：良好，△：一部不良，×：不良

は全く無かった。しかしマツ林等の防風物のある場所においては、最も弱い樹種であるシラカシ、ミツバツツジ等においても健全な生育が見られた。そこで次に、防風物が存在するときの生育状態、すなわち防風物の効果について整理する。

3.3.3 防風物の存在下での生育

防風物の効果について見るには、同一樹種において異なる風環境の樹木の生育状態を比較することが必要である。

ここでは、セサミガーデンにおける3つの植栽地を取り上げた。

- ① 「歩道列植」；東西方向に約500mに渡ってメタセコイアが植栽されており、マツ林に近い「東部」，「北部」，「南部」，マツ林から遠い「西部」，及び中間的な「中部」の5つに分けて考えることができる。
- ② 「歩道北側」，「歩道南側」，「数値テラス」；主風向に対してマツ林のすぐ背後にある「歩道北側」，やや遠い「歩道南側」，及びマツ林から遠く半開地となっている「数値テラス」に分けて考えることができる。これらの場所はほとんど共通の8～10種の樹木が植栽され，多くの樹種の比較が可能

である。

- ③ 「北西部群植」；北西部の群植はマツ林から20m以上離れており、比較的開放的な場所での植栽であったが、北東縁に高さ4mの防風ネットが設置され、また群植された樹木による防風効果も考えられる。ここではネットのそばと群内部、及びネットと反対側の辺縁に植栽されていたケヤキ、マテバシイ、シラカシ、ウバメガシの4種について比較を行った。

1) 「歩道列植」

区分した5つの場所は、活力度の経年変化について考察した個体のまとまりがある所である。「東部」は両側がマツ林に囲まれ、「中部」はかつて囲まれていたが「日本列島ドーム」等による開放空間も広く、「西部」はマツ林から比較的遠い。また「北部」は片側だけ近接して（主風向の方向）マツ林があり、「南部」は南東側にマツ林に近いが北～東のマツ林からは遠い。

「東部」の個体は比較的良好な状態ではあったが、個体によっては頂部に枯損が見られた。また遊歩道を隔てた個体は風上側や上部を中心に落葉が大きかった（写真－3.21）。「中部」においては広い開放空間があり、防風効果の及ぶエリアは一部に限られていた。一方マツ林から20～50m離れている「西部」においては、ごく一部を除いて枯死しており、マツ林の防風効果は見られなかった。「南部」の樹木については、南東方向のマツ林の効果はほとんど無く、「北部」においても北東側方向にマツ林が近接してあったが、高さが4mと低いため個体下部に着葉するのみであった（写真－3.22）。



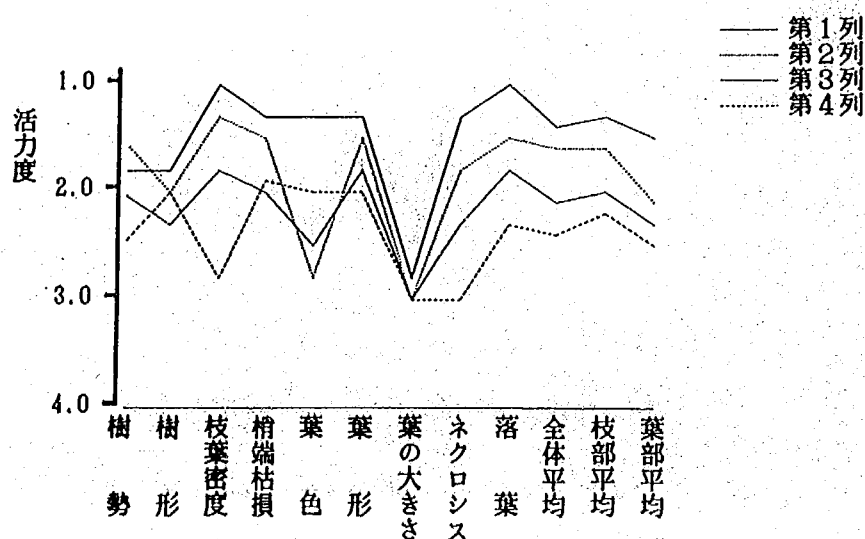
写真－3.21 「東部」のメタセコイア



写真-3.22 「北部」のメタセコイア

図-3.4の活力度の経年変化を見ると、「東部」が最も活力状態が良く、「中部」がこれに続いたが、他の3箇所はいずれも大きく低下し、特に「西部」、「南部」の生育状態の悪化が著しかった。しかし比較的良好な「東部」、「中部」でも必ずしも順調に生育していた訳ではなく、「東部」においては南側の列植の個体において次第に枯損部分が増加していた。

また「東部」においては、歩道北側のものと南側のものとで活力状態に差異が認められた。北東のマツ林に近い方から順に、調査木の活力度を調べると図-3.9の通りであった。



注) マツ林からの距離 第1列: 0~5m 第2列: 約10m
第3列: 約25m 第4列: 約33m

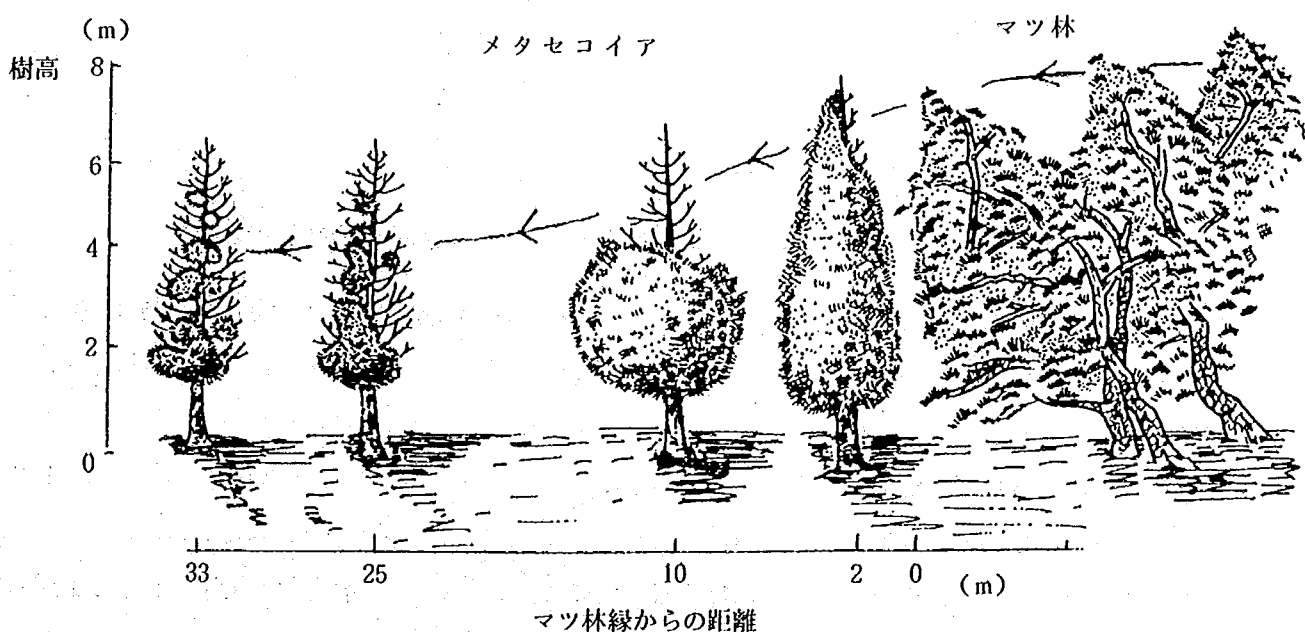
図-3.9 マツ林からの距離の違いによるメタセコイアの生育状態の違い(歩道列植)

平均活力項目（全体、枝葉、葉部）を見ると、北東部のマツ林から遠くなるにしたがい活力状態は悪化しているのが示されている。しかし個別の活力項目について見ると必ずしもこのようなものばかりではなく、例えば「葉色」はマツ林から2列目、3列目が淡い緑色でありあまり良くなく、「葉の大きさ」はすべての列において、小さな葉であった。「梢端枯損」が第3列目と第4列目とで逆転していたが、第4列目についてはマツ林からの距離は遠いものの、個体によっては第3列目の個体の風下側に位置し、防風効果を得ているものもあった。

メタセコイア4列とマツ林の状況写真（写真－3.23）と概念図（図－3.10）を示す。北東側のマツ林は樹高6～8m、密度0.5本/mの既存林である。メタセコイアの高さは約6～8mだが、マツ



写真－3.23 マツ林とメタセコイアの生育状態



図－3.10 メタセコイアの生育状態の概念図

林に隣接する第1列目の樹木といえども防風効果はメタセコイアの4～6mの高さまでしか及んでいないことが多かった。第2列目においても上部の枯損は著しかったが、この列においては上部に生育できないせいか、下部の着葉が極めて良かった。また第3、4列目の樹木に対する効果は小さく、メタセコイアにとってマツ林の有効な効果の範囲は、マツ林縁から15m程度、即ちマツ林の樹林高の約2倍であることが推察される。

2) 「歩道北側」、「歩道南側」、「数値テラス」

セサミガーデン東部の「歩道北側」、「歩道南側」、「数値テラス」は、比較的同一の樹種が風環境の異なる場所に植栽されており、場所による生育の違いが観察された。

「歩道北側」は北東側にマツ林が接しており、「歩道南側」はこのマツ林から40m程離れている。また「数値テラス」においては「日本列島ドーム」の開放空間が広く、北東方向のマツ林から150～100m程度の隔たりがあったが、他の方向はマツ林から比較的近かった。

これらの各植栽区の樹種の葉部活力状態を比較すると図-3.11のようであった。

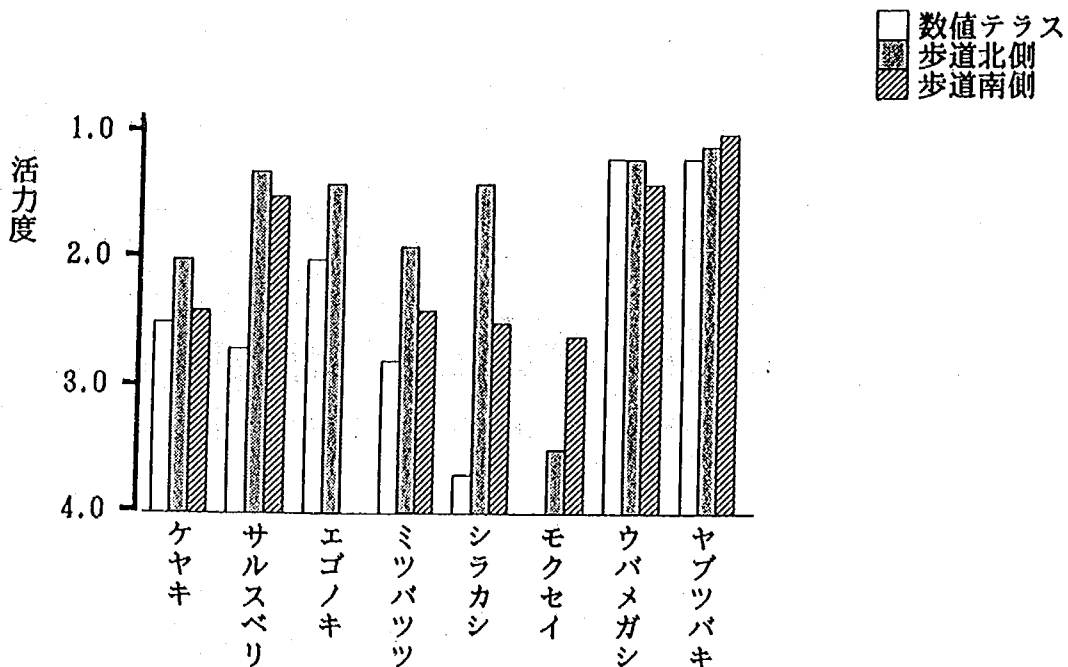


図-3.11 マツ林からの距離の異なる植栽区での葉部活力状態の比較

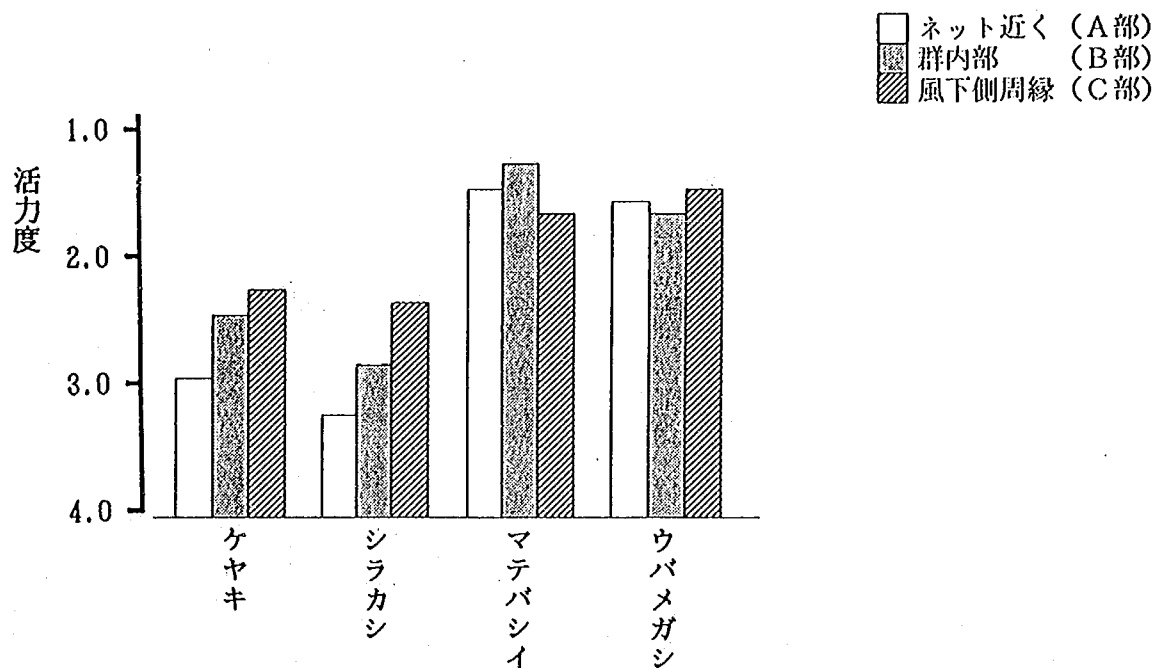
図-3.11においては、ケヤキ～モクセイについては植栽区の違いによって活力状態が異なり、ウバメガシ、ヤブツバキについては、これらの場所の防風効果と係わり無く生育している状況が示されている。

防風効果による良好な活力状態を示している樹種として、ケヤキ、サルスベリ、エゴノキ、ミツバツツ等の落葉樹とシラカシがあげられる。また防風効果との関連の認められない樹種としては、モクセイ、ウバメガシ、ヤブツバキがあげられ、モクセイについては防風効果の高い「歩道北側」の方が活力状態は低かったが、他の2種については3区とも良好な状態を示している。このことか

ら、モクセイはこのようなマツ林（防風林）のもとでも生育は不可能で、他の2種は「数値テラス」のようにマツ林からの距離が遠くても、成育が可能であることが分かった。

3) 「北西部群植」

セサミガーデンの「北西部群植」においては、防風ネット（高さ：4 m）や群植構造による生育状態の違いが認められる樹種があった。そこで生育状態の異なる4種（ケヤキ、マテバシイ、シラカシ、ウバメガシ）を選んで、ネット近くの周縁部（A部）、群内部（B部）、ネットの無い風下側の周縁部（C部）に分けて活力状態を整理した（図－3.12）。



図－3.12 防風ネットと群植構造による防風効果の比較

この植栽地は北～西側が芝生広場の開放空間に面しており、この方面からの風の通り抜けが著しい。そこで、北～西側の周縁部に高さ4 mの防風ネットが設置された。植栽地が比較的密な群植地であることから、群植内部や風下側においては風力が弱まることが考えられる。

図－3.12において、活力度の比較的低いケヤキとシラカシについては、A部、B部、C部の順に状態が悪く、ネットが防風効果を及ぼしていないことを示している。

ただケヤキは4 m以下の部分では着葉しており、ネットの効果が認められたが、シラカシにおいてはネット以下の部分でも着葉は少なく、ネットだけでは不十分と思われる。

一方マテバシイ、ウバメガシは、樹高4 m以下でネット高以下であったが、A部、B部、C部の各場所において活力度に大きな違いは見られなかった。今回の調査対象木を見る限りではシラカシ、ケヤキの状態が悪いA部でのマテバシイ、ウバメガシの良好な状態について、樹種特性とネットの効果を分けて考えることは不可能である。これらの樹種は海岸性の樹種であり、ネットの無い所でも健全に生育する可能性は大きい、防風ネットの存在によりさらに速く成長すると考えられる。

3.4 生育タイプ

3.4.1 生育状態から見た適性タイプの分類

当地においては、潮風に対する耐性の違いから樹木の生育状態に差が生じることが認められた。そこで、開放地における生育状態をもとに植栽樹種を耐性に関していくつかのグループに分類し、各タイプが生育可能と思われる植栽地を示すこととした。

本調査では、植付けてからの経過年数が4年のものもあれば2年のものもあり必ずしも正確な比較とはならないが、期間の短いものについては、今後の状態を推定して評価を行った。また植栽場所が1箇所しか無いものについても、そこでの状態から耐性を推定して評価した。開放的場所での生育状態について、A、A'、B、C、D、E（Aの方が良い）の6タイプに分類し、整理したものを表-3.8に示す。

表-3.8 生育状態から見た植栽木の分類と生育可能地

開放的場所での 生育状態	該 当 樹 種	防風林による風環境と植栽地例				
		防風林の位置など				
		開放地	△ 遠 ▽	△ 離 ▽	△ 近 ▽	△ 接 ▽
		植 栽 地 例				
		創造の広場	西ゲート北側 口広場	ゲ数値 ト南側 テラス	歩道南側	歩道北側
着葉状況がよく 葉の状態もいい (A)	クロマツ, <u>サンゴジュ</u> , ウバメガシ	△	○	○	○	○
よく着葉するが 葉の状態がやや 悪い (A')	ヤブツバキ, マテバシイ	△	△	○	○	○
風背側の枝のみ 健全に生育する (B)	<u>オオシマザクラ</u> , <u>シダレヤナギ</u> , <u>スダジイ</u> , <u>クロガネモチ</u> , <u>ユズリハ</u> , <u>オリーブ</u> , <u>アキニレ</u> , <u>モチノキ</u> , <u>ヒメユズリハ</u> , <u>サルスベリ</u> , <u>タブノキ</u>	×	△	○	○	○
上部と北東側の 枝が枯損し片枝 となる (C)	ケヤキ, <u>ユリノキ</u> , コナラ, ヤマモモ, <u>イチヨウ</u> , コブシ, ヤマボウシ, ハナミズキ	×	×	△	○	○
風背側の枝もな くなりつつあり 近い将来枯損す る (D)	<u>ヒイラギモクセイ</u> , シラカシ, エゴノキ, ミツバツツジ, メタセコイア, ムクゲ ヤマモミジ, <u>ゴールドクレスト</u>	×	×	×	△	○
生育困難 (E)	<u>ハクモクレン</u> , モクセイ	×	×	×	×	×

注) 下線は植えられた植栽区が一つしかないもの

凡例 ○; 健全に生育 △; 一部枯損または葉部不良 ×; 生育不可

開放的な場所においては、A、A'タイプの樹種の生育が可能と思われるが、今回の調査では全くの開放地に植栽されたものは無く、あくまで推定の域を出るものではない。またこのタイプの植栽木はクロマツを除き樹高4 m以下の比較的低いものばかりで、4 m以上の個体がどのような生育状態を示すのか、本調査では明らかにできなかった。

B～Cタイプの場合は防風施設が必要となる。Bタイプに属するものは、暖温帯の広葉樹の他、島嶼地原産のオオシマザクラ、風にたなびくシダレヤナギ、葉が水平に近く葉厚の比較的厚いサルスベリなどの落葉樹である。Cタイプに属するものは、萌芽力の強い落葉樹（ユリノキ）、比較的乾燥した所にも生育できる落葉樹（イチヨウ）や葉の厚い落葉樹（ケヤキ、コナラ、ヤマボウシ、ハナミズキ）等である。Dタイプに属するものは、林内に生育する落葉樹（エゴノキ、ミツバツツジ、ヤマモミジ）や、常緑樹（シラカシ、ヒイラギモクセイ）、及び葉単位の小さいもの（メタセコイア）等である。Eタイプに属するハクモクレンやモクセイは、防風施設を設けても当地域での生育は難しいものと思われる。

3.4.2 各タイプにとっての生育地区分

前節で区分したAタイプは概ねどの植栽地でも生育し、逆にEタイプはどの場所にも生育できないため、これら2タイプにとっては生育地の区分は無意味である。

したがって、植栽地の適性エリアについて区分の対象とする生育タイプは、A（A'を含む）、Eタイプを除いたB、C、Dの3タイプとした。

また生育地の区分ができるのは、防風林からの距離により生育環境が異なる所であり、今回の調査で生育に関する情報の比較的多かった場所としては、セサミガーデンがあげられる。

なお多くの高木で上部の枯損が見られ、樹木の高さによっても生育状態の判定が異なってくるが、ここでは樹高6 mとした場合の生育状態を評価の基準とした。

生育地の区分にあたっては、生育状態を前節（3.3.1の4）の区分をもとにⅠ：良、育、Ⅱ：部（色、形、小）、Ⅲ：枯、下、散の3つに大きく分類した。分類した結果を、マツ林からの距離により整理し、表－3.9及び図－3.13 (1)～(3)に示す。

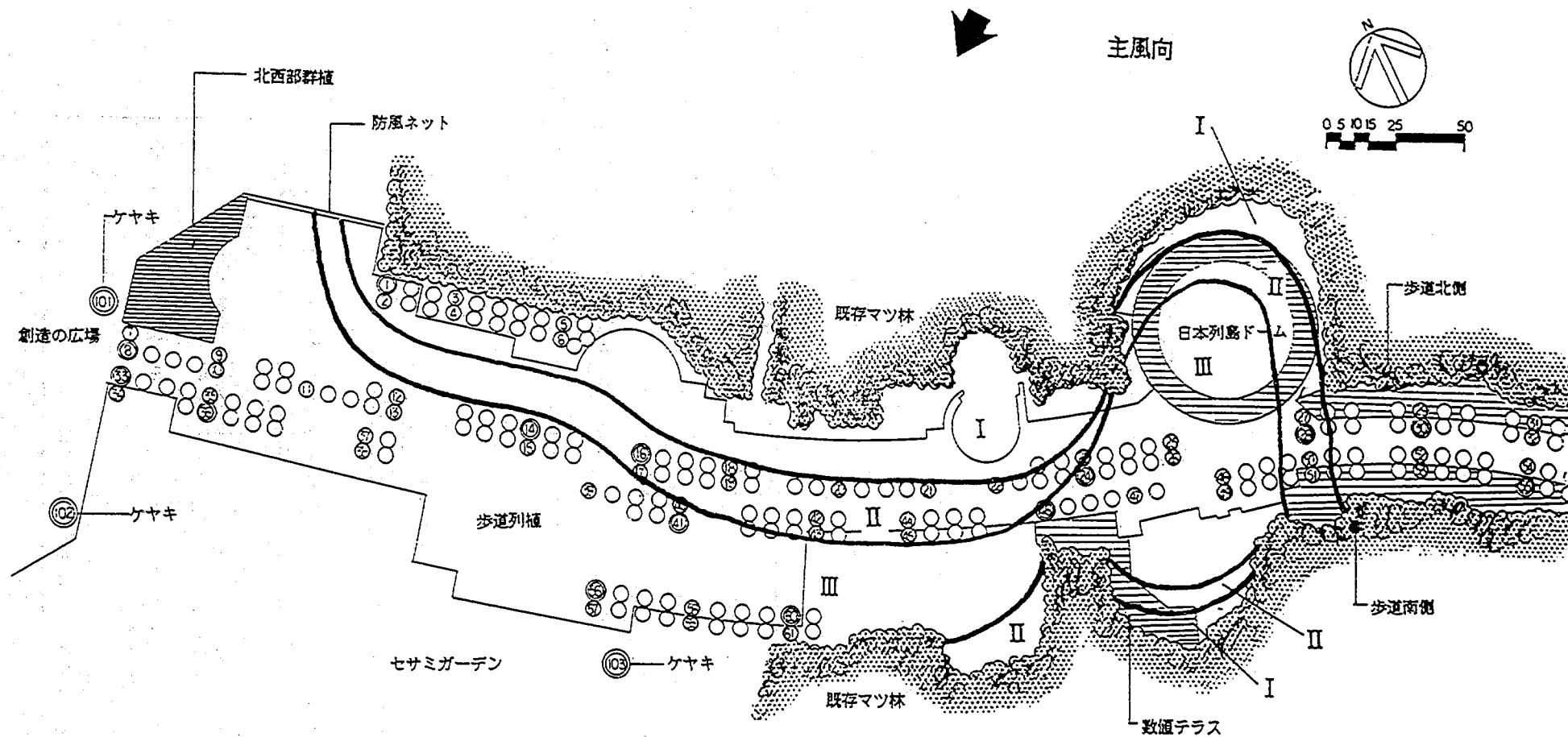
Ⅰ：順調に生育、または北東側の枝にも着葉

Ⅱ：北東側や上部の枝で落葉、または葉の形質異状

Ⅲ：枯死、または全体的にまばらに着葉、あるいは樹木の下部のみ着葉

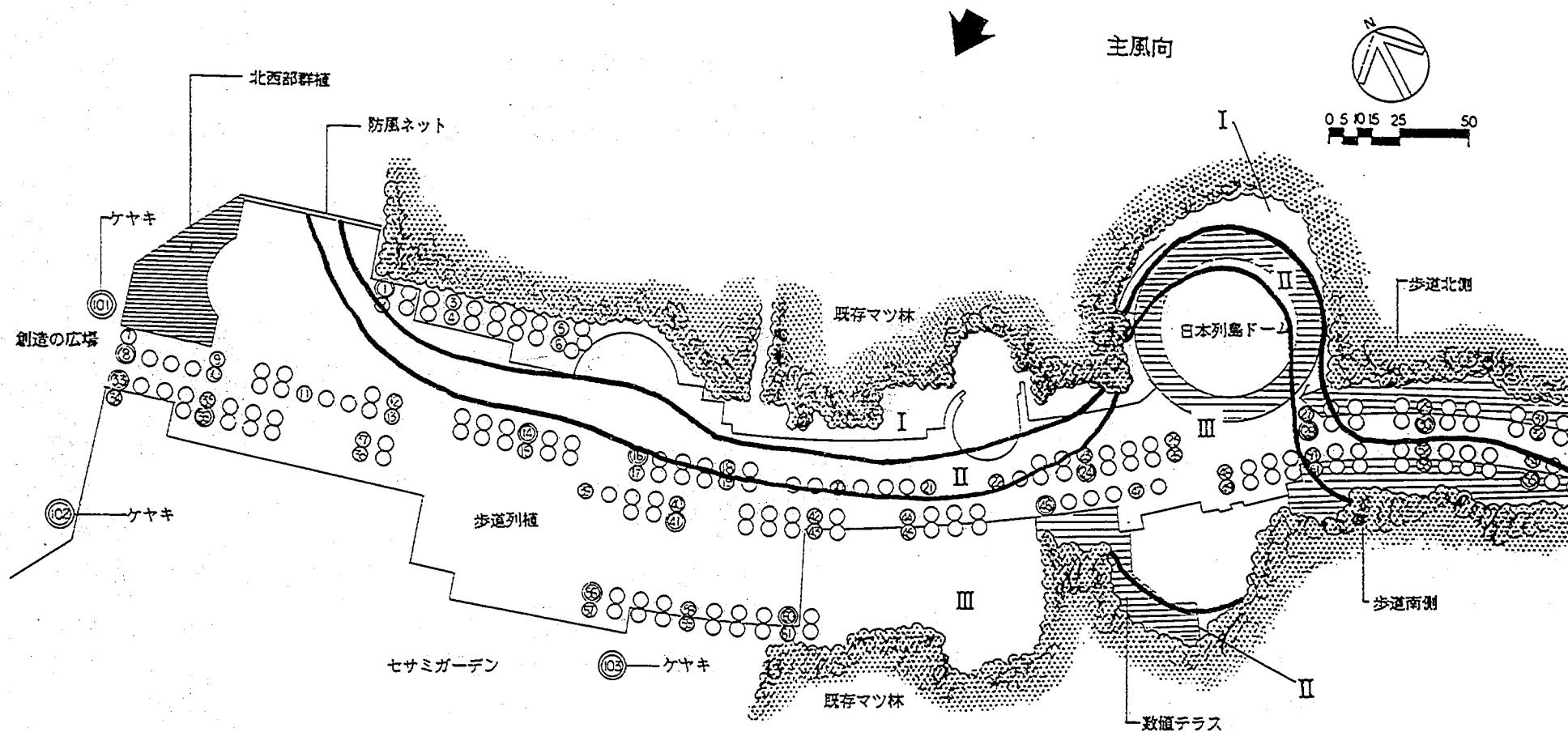
表－3.9 各タイプ毎の生育地区分（マツ林からの距離、m）

生育地区分	生育タイプ	B	C	D	生育状態
Ⅰ		～20－30	～10－20	～5－10	良、育
Ⅱ		30～40	20～30	10～20	部（色、形、小）
Ⅲ		40～	30～	20～	枯、下、散
マツ林：樹高6～8 m、密度0.5本/㎡					



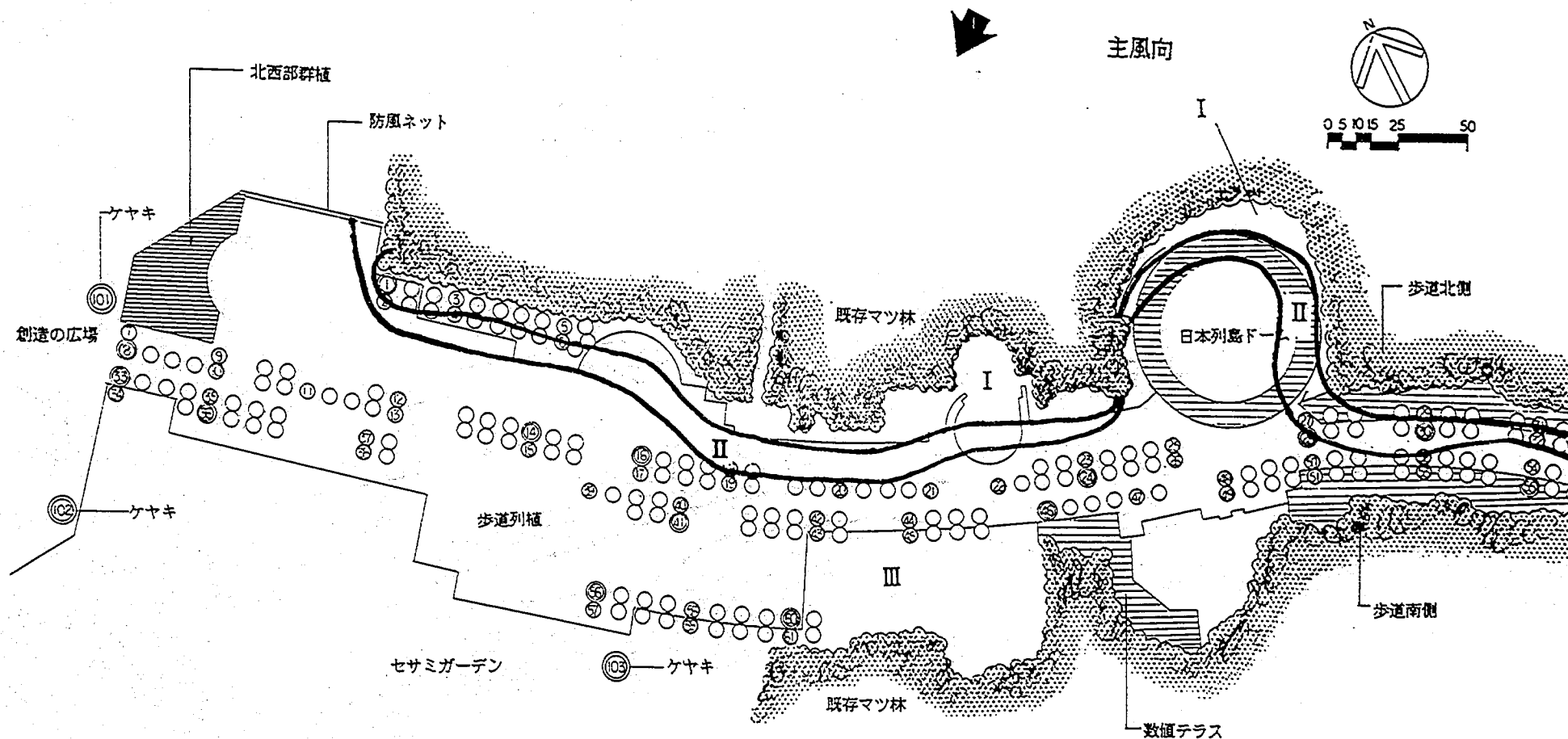
- 凡例
- I ; 順調に生育、または北東側の枝にも着葉
 - II ; 北東側や上部の枝で落葉、または葉の形状が異状
 - III ; 枯死、または全体的にまばらに着葉、あるいは樹木の下部のみ着葉

図- 3.13 (1) Bタイプの生育地区分



- 凡例 I ; 順調に生育, または北東側の枝にも着葉
 II ; 北東側や上部の枝で落葉, または葉の形質が異状
 III ; 枯死, または全体的にまばらに着葉, あるいは樹木の下部のみ着葉

図- 3.13 (2) Cタイプの生育地区区分



- 凡例
- I ; 順調に生育, または北東側の枝にも着葉
 - II ; 北東側や上部の枝で落葉, または葉の形質が異状
 - III ; 枯死, または全体的にまばらに着葉, あるいは樹木の下部のみ着葉

図-3.13 (3) Dタイプの生育地区分

これによると、Bタイプは「歩道北側」、「歩道南側」、「数値テラス」等や、マツ林の風下側20～30mまでの所で良好な生育が期待できるが、Cタイプは「歩道北側」やマツ林の風下側10～20mまでの所、Dタイプも同じく「歩道北側」やマツ林の風下側5～10mまでの所でしか正常に生育できないものと思われる。また部分的枯損でとどまることができるⅡのエリアは、Ⅰのエリア以遠10m程度の範囲と思われ、比較的狭い区域である。それ以遠の所は、生育状態Ⅲの“生育不可”と考えられる所である。

3.4.3 防風物による生育の可能性

当地域においては、春～夏にかけて主に北東方向、すなわち海洋方向から平均風速3～4m/sの風が吹き続けている。このような風を防ぐものが何も無い開放地における植栽は少なく、最も風に強いと思われるグループ(A、A'タイプ)のそのような所での生育に関する十分な知見は得られなかった。しかしこれらの樹種は、他の場所での生育状態から、防風林としてのマツ林が比較的遠方にある場合(50m程度)でも正常に生育できるものと考えられる(ただし、樹高4m以上の場合については不明)。

一方いくつかの常緑樹とほとんどの落葉樹は、防風物の無い所では生育は不可能と思われる。必要な防風効果の程度は樹種によって異なるが、前節では防風物からの距離によって3つのグループに分けた。しかしこれらの中で最も耐性のあるもの(Bタイプ)でも、防風林から40m以遠の場所では生育は困難であると考えられる。

また垂直方向の防風効果については、樹高4～8m、密度0.5本/m²の樹林は必ずしも十分とはいえず、その有効な効果の範囲は極めてせまい。マツ林にごく近接して落葉樹が位置していたとしても、マツ林より1～2mほど低い範囲でしか効果が及ばなかった(「歩道列植」、「歩道北側」の例)。したがって、今後高木の植栽木を育成するためには、より一層のマツ林育成が求められるが、既存の自生のマツ林は樹高が10m程度が最高であり、この高さまでマツ林を育成したとしても、植栽木の健全な生育が可能な高さの範囲は8m程度である。

防風ネットについては、その上縁以下の部分には効果的であるが、クロマツなどを除き、それ以上の部分にはほとんど効果が無い(ただし、ウバメガシ等の比較的耐性のある樹種については不明である)。したがって、仮に9mのケヤキをネットで保護しようとする、9mの高さのネットが必要ということである。

耐性の大きいクロマツを群植地に混植した場合の、他の落葉樹に対する防風効果については、クロマツの密度にもよるが、サルスベリの属する最も耐性のあるグループ(Bタイプ)に関して効果が認められたものの、ケヤキの属する次のグループ(Cグループ)には、効果が認められなかった。したがって、混植による防風効果に多大な期待を寄せることは危険であると思われる。

当公園においては、多くの樹種にとって防風物は不可欠のものであり、景観面から既存マツ林の存続や、海岸性の広葉樹の植栽、育成により、防風効果をできるだけ高めることが望まれる。しかしその効果の範囲は、樹種にもよるが極めてせまい範囲にしか及ばず、マツ林からの距離や効果を及ぼす高さについては、樹種毎に検討が必要と思われる。

3.5 防風林の効果

3.5.1 調査地の概要

防風効果に関して検討を行った既存のマツ林及びセサミガーデンのメタセコイアの分布、生育状態について概要を示す。

1) 防風林の概要

植栽地の風上側の地域は、幅 150 ～ 500 m に渡ってほぼ全域に既存のマツ林が広がっている（写真－ 3.24）。この松林は、東部の 1/3 が樹高 10 m 以上の比較的高いマツ林であり、それ以西の地域は大部分が 6 ～ 9 m の中程度の高さのマツ林である。後者については、非樹林地との境界部分に一部 6 m 未満のマツ林を含んでいる（図－ 3.14）。



写真－ 3.24 セサミガーデン北東側のマツ林

一方、樹冠直径について見ると、風上側の 100 ～ 200 m の所では全域 4 m 以上であるが、100 m 内の所では、西半分と東部の一部に 4 m 未満が広がっている（図－ 3.15）。

なお平成 2 年 10 月には、風上側のマツ林の西半分において間伐が行われ、樹林密度は概ね 30% 程度に減少した。調査した時期は、伐採後 1 生育シーズンしか経ていなかったため、風下のメタセコイアには間伐の影響による生育障害はないものと思われるが、防風効果に関する間伐の影響については、切り株の数や大きさより間伐前の樹木の大きさを推定し、現存量との兼ね合いにより判断することとした。

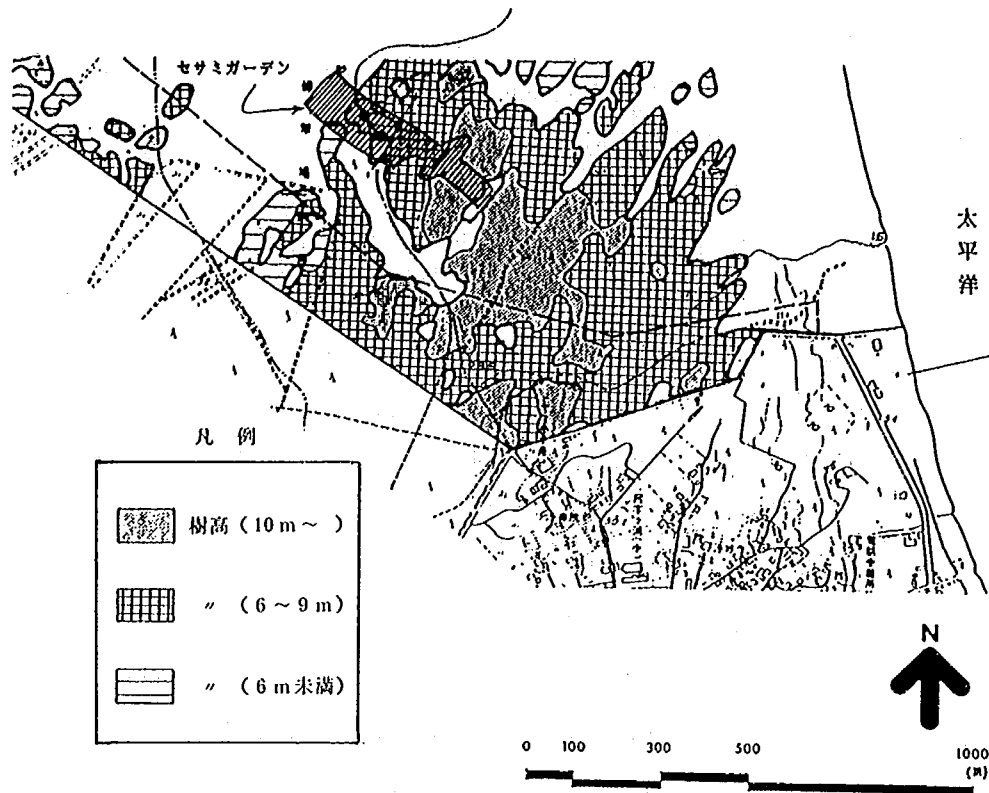


図-3.14 マツ林の樹高別分布状況

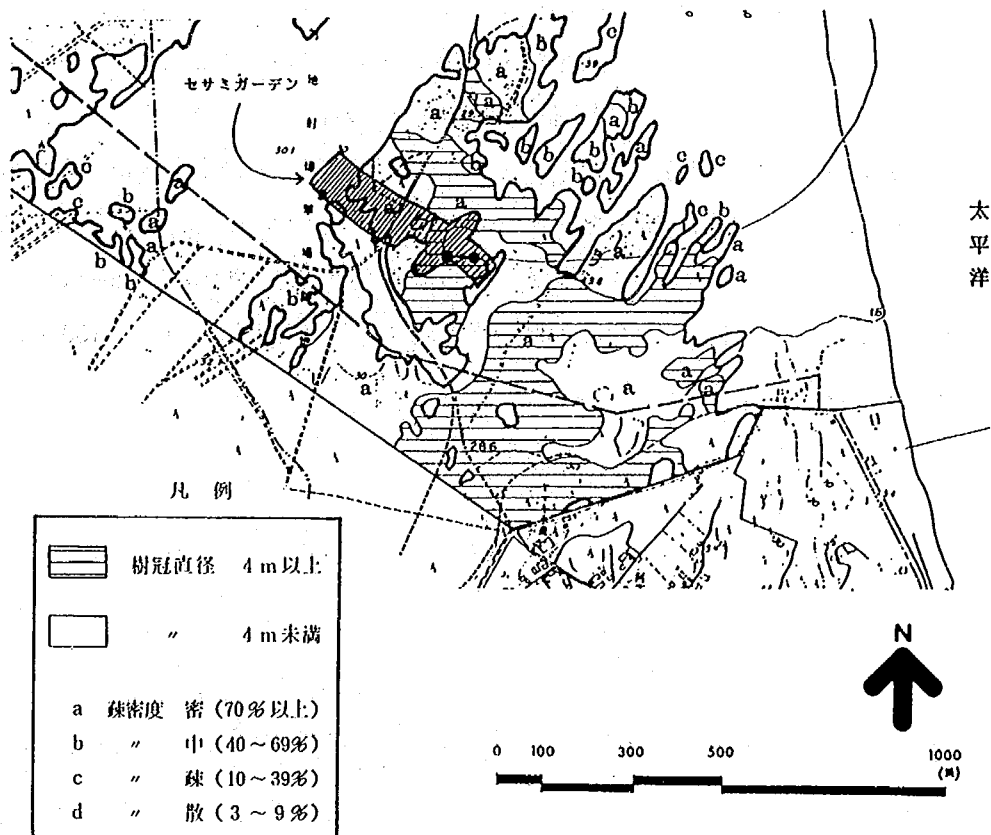


図-3.15 マツ林の樹林密度

2) 対象植栽木の概要

マツ林の防風効果について検討を行う際に対象としたメタセコイアは、海岸から900～1,000 mの場所に位置するセサミガーデンに植栽されたものである。セサミガーデンは北西～南東の方向に長く、北東側からの季節風に対して垂直の方向にある。

セサミガーデンにおいては、メタセコイア（樹高8 m、枝張り1.5 m）が昭和60年3月に210本植栽されたが、植栽地西部の個体の中には枯死して掘取られたものも多く、したがって調査対象とした樹木は、北西部から東部にかけて残された個体（180本）である。

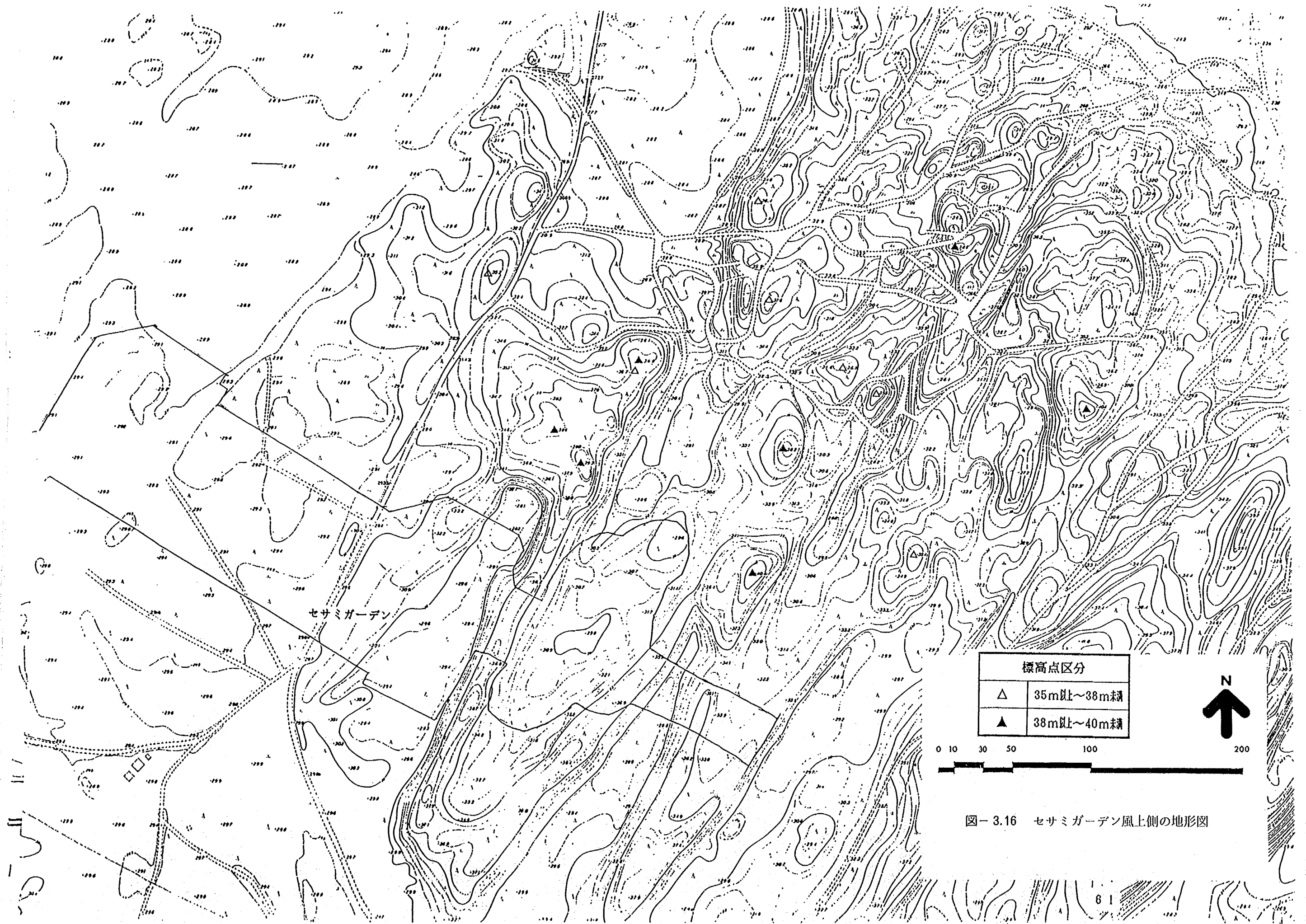
これらの植栽木の多くは林縁から70 m以内の所に位置しているが、南西部の列植は林縁から90 m程度離れ、また日本列島ドームの南側にある個体は、ドームの設置に伴って生じた開放空間の出現により、林縁からの距離は120 m以上となった。

一方、中央部に設置が進められてきたアスレチック構造物（写真－3.14）は高さ4～8 mで、横板のはめ込みにより防風効果の大きな構造物となり、それまで生育状態は年を経るごとに悪化の一端をたどっていたが、歯止めがかかったと思われるものもあった。またセサミガーデン中部付近に植栽が進められていたバラ園を潮風から守るため防風ネットが設置されている。

土壌条件は、客土や肥料により場所によって異なっている。

3) 植栽地とマツ林の標高差

マツ林の地形の起伏は、マツ林と一体となって防風効果に影響を及ぼすと考えられる。そこでセサミガーデンとその風上側一体の地形図を図－3.16に示す。これによるとセサミガーデン植栽地の標高は29～33 mの範囲にあり、その風上側には30 m内外の標高を谷の下限として、最高40 m程度の大小の砂丘があることが分かる。またセサミガーデン風上側一帯の中～東部にかけては、林縁から50～100 mの所までの範囲に標高38～40 mの砂丘がいくつかあるが、これらはこの辺りでは最も標高の高い所である。これらの砂丘からさらに遠くの100～200 mの範囲は標高38 m以下の砂丘しか無く、またセサミガーデンの風上側一帯の西部においては、ようやく150 mの所に35 mの砂丘が出現している。



3.5.2 防風林の形態と植栽木の成長との関係

1) 調査方法

(1) 防風林の規模・形状

マツ林の防風効果に関係する要因としては、林縁からの距離、林縁部の樹高、地形の起伏を含んだ林内の最大高とそこまでの距離等が考えられる。

セサミガーデン風上側のマツ林については、その樹高や地形の起伏から西部、中部、東部の3つの区域に分けて調査を行った。

① マツ林縁部の測定

マツ林縁のマツの並びと、植栽木の生育状態との関係について見るため、マツ林縁部（林縁から4 m以内）の樹木の位置、樹高を計測した。調査場所は、マツ林の植栽木への防風効果を見るためアスレチック構造物の影響の無い、マツ林の西部と東部の林縁とした。

・樹高測定 …… 器具：樹高計，精度：0.1 m

② 林内の樹木の測定

林内ライン調査：マツ林内の樹木の高さについて調査するため、林縁から30～100 mの範囲で、林内の樹高の最も高い所までラインを設定し、ライン上に現れる樹木の位置、樹高を計測した。また間伐された樹木の樹高を推定するため、残存木と伐採木との根元周りを計測した。調査区は、西部区域で6箇所、東部区域で5箇所、計11箇所設定した。

・樹高測定 …… 器具：樹高計，精度：0.1 m

・根元周測定 …… 器具：巻尺，精度：0.5 cm

林内コドラート調査：マツ林の樹冠の規模、構造について調査するため、林内に10×10 mの調査区（コドラート）を設置し、樹木の位置、樹高、枝下高、樹冠（投影）、及び枝長（断面）を計測した。さらにライン調査の場合と同様の目的で、根元周を計測し、胸高の幹周についても計測した。調査区は樹林の状態が異なると思われる5箇所（西部区域で2箇所、東部区域で3箇所）設定した。

・樹高、枝下高 …… 器具：樹高計，精度：0.1 m

・樹冠、枝長測定 …… 器具：樹高計，計測ポール，巻尺，精度：0.1 m

・根元周測定 …… 器具：巻尺，精度：0.5 cm

(2) 植栽木の生育状態の計測及び評価

メタセコイアの生育状態を示す指標としては、風の影響は落葉や枝の枯損に著しいことから、風上側、風下側の着葉範囲（水平、垂直）を取り上げ、また葉の活力状態についても測定を行った。また、マツ林の区分に対応させ、「アスレチック構造物」、「日本列島ドーム」等を基準にして、植栽地を西部、中部、東部の3つに区分した。

① 着葉部分測定

北東方向からの風の風上側と風下側とでの状況の違いを把握するため、それぞれ着葉部の高さ、

広がり（枝張り）を計測した。風上側にはほとんど着葉が見られないものの風下側に着葉が見られる場合には、枯死木と区別するため、最下枝の高さが1 m程度であることから、この高さを着葉高とした。

- ・樹高測定 …… 器具：樹高計，精度：0.1 m
- ・枝張り測定 …… 器具：計測ポール，巻尺，精度：0.5 cm

② 活力状態評価

葉の状態を評価するため、活力度について4段階（1～4，0.5単位）で評価した。評価基準については、表－3.10に示す。なお活力度については、昭和61年度から平成2年度まで5年間調査を行った。

表－3.10 活力状態の評価基準

ランク	評 価 の 内 容
1	旺盛な生育を示し、被害が全くみられない。
2	幾分被害を受けているが、あまり目立たない。
3	異状が明らかに認められる。
4	生育が劣悪で、回復の見込がない。

以上の、マツ林における林縁部調査区，ライン調査区，コドラート調査区及び植栽木の位置を図－3.17にまとめて示す。

2) 調査結果及び考察

(1) 防風林の規模と形状

① 林縁部の状況

植栽地とマツ林との境界の地形と樹高とを断面図(図-3.18)に示す。また、マツ林縁の樹高の平均値については、マツ林内の地形や樹木のまとまりから、西部を2箇所、東部を3箇所に分け、平均値を計測する樹木を、全木、4 m以上、6 m以上の3つに分け、表-3.11に整理した。この際、地形の起伏を考慮するため、樹高に修正を加えた。すなわち丘の部分については樹高を増し、谷の部分については樹高を減じた。

このように修正した林縁樹木の高さを「林縁マツ林高」として、マツ自体の樹高と区別した。なお西部においては、間伐によって残されたもの(現存木)のみの値で、伐採木は含めなかった。

表-3.11 マツ林縁の樹高の状況

マツ林の 区 分		個 体 番 号	樹 高						地形の起伏により 修正した林縁高			
			全 木		樹高 4 m 以上の木		樹高 6 m 以上の木		林縁高 4 m 以上の木		林縁高 6 m 以上の木	
			本数	平均高	本数	平均高	本数	平均高	本数	平均高	本数	平均高
マツ林西部	西側	1~21	21	6.5	21	6.5	14	7.0	21	6.0	12	6.7
	東側	22~38	17	5.0	16	5.1	2	6.4	16	5.4	2	6.4
	計	1~38	38	5.8	37	5.9	16	6.9	37	5.7	14	6.7
マツ林東部	西側	1~11	11	7.4	11	7.4	11	7.4	11	9.8	11	9.8
	中央	12~33	22	5.6	16	6.5	7	6.8	20	6.8	14	7.9
	東側	34~45	12	5.2	8	5.9	4	7.3	12	5.7	4	7.9
	計	1~45	45	5.8	35	6.6	22	7.2	43	7.3	29	8.6

表-3.11より、西部と東部とで全木による樹高を比較すると、西部、東部とも平均5.8 mであったが、西部の場合4~7 mの範囲にあり、比較的均一な高さであったのに対し、東部の方は2~12 mと範囲が広がった。また樹冠を形成すると思われる4 m以上の樹木の平均を取ると、西部5.9 mに対し東部6.6 mとなり、0.5 m以上の差が見られた。

次に林縁マツ林高を見ると、4 m以上の個体の平均は、西部では5.7 m、東部では7.3 mであり、東部の方が1.5 m以上高かった。樹高と林縁マツ林高を比較すると、西部では樹高のみの場合より東側と西側とで格差が縮小していたが、東部では全体的に高くなり、特にその西側と中央において高かった。また全体に占める6 m以上の個体の割合は、西部が1/3程度であるのに対し東部は1/2程度であり、林縁マツ林高の平均値では東部が2 m程度高かった。

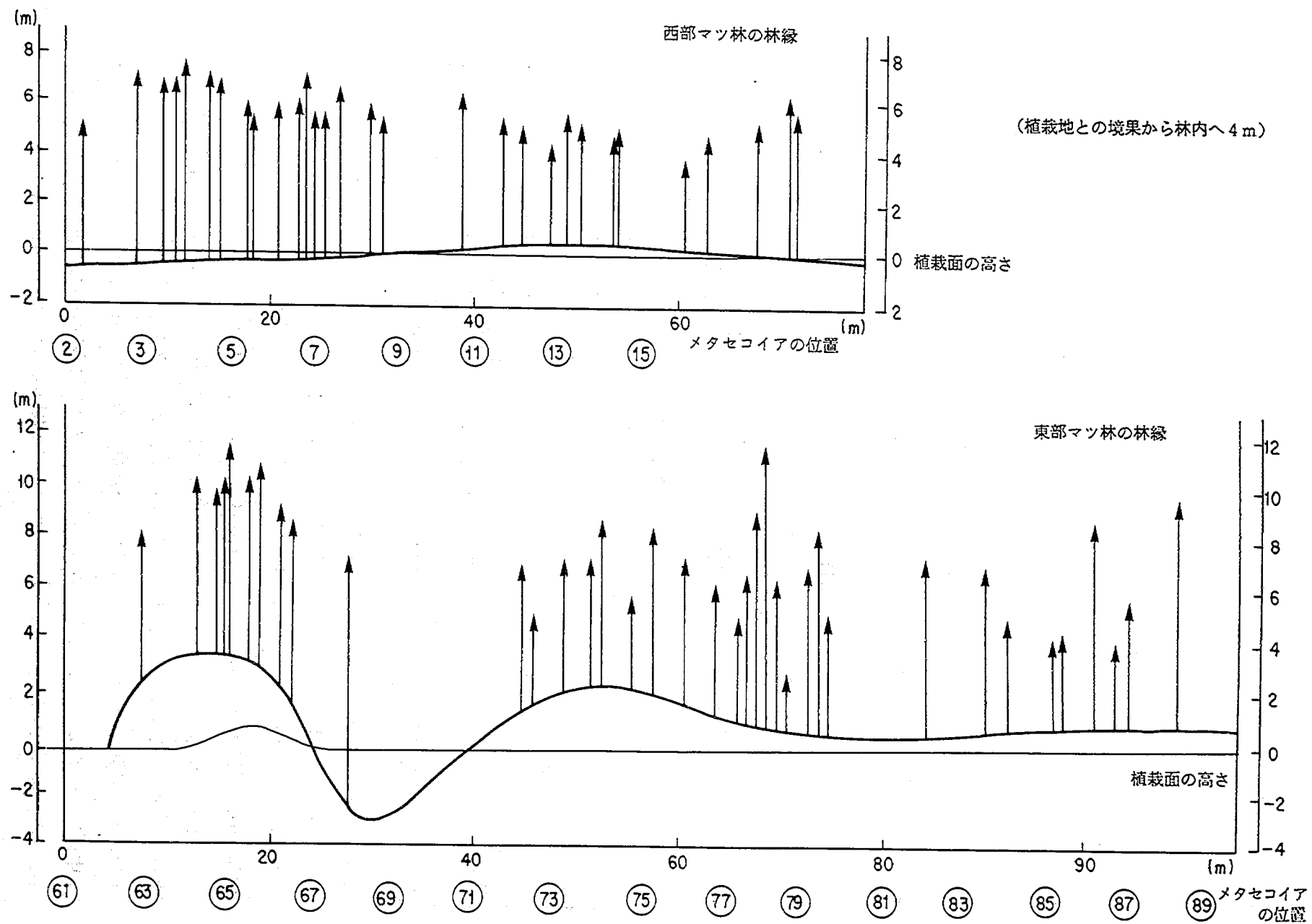


図-3.18 マツ林縁の樹高断面図

② 林内の状況

〔ライン調査〕

ここでは、防風効果に最も関係の深い要因と考えられるマツ林の樹高を中心に把握するため、表-3.12にマツ2本間の平均距離、樹高の最大値（以下「最大高」という）、最も多い樹高の区分（以下「最多高」という）等を整理し、また図-3.19に各ラインの樹高区分別の樹木本数を図示し、状況を比較した。なお西部区域のライン①～⑥については、間伐木の樹高についても推定して示した。

表-3.12より樹高を比較すると、西部においては現存木の場合と間伐木も合わせた場合とでは、最大高では差は無かったものの、平均樹高は現存木のみの方が1.5mほど高かった。このことから伐採された樹木は比較的樹高の低いものであったことが分かった。しかし間伐された個体数は現存している個体数の2倍程度であり、樹木の密度はほぼ1/3に低下しているものと思われる。その結果2本の樹木の平均距離は間伐前の4.5mから、間伐後は9.7mと2倍以上増大し、樹冠のうっ閉状態は低下したと考えられる。

一方西部と東部のマツ林を比較すると、表-3.12より最大高については西部では概ね6～8

表-3.12 各ラインの樹高区分別樹木本数

	ライン No.	計測距離 (m)	全 体					6 m 以上	
			2 本間の 距離(m)	最大高 (m)	最多高 (m台)	本 数 (本)	平均高 (m)	本 数 (本)	平均高 (m)
マ ツ 林 西 部	① (現存木)	38.8	4.3	6.3	5	6	5.4	1	6.3
	(含推定値)	"	4.3	6.3	5	13	4.6	1	6.3
	② (現存木)	25.1	4.2	6.7	6	6	6.5	6	6.5
	(含推定値)	"	2.5	6.7	6	16	4.8	6	6.5
	③ (現存木)	48.6	8.1	7.1	5	6	6.1	3	6.7
	(含推定値)	"	2.9	7.1	4	25	4.5	3	6.7
	④ (現存木)	27.8	13.9	4.3	3,4	2	3.9	0	—
	(含推定値)	"	9.3	4.3	4	5	3.4	0	—
	⑤ (現存木)	26.5	13.3	7.2	5,7	2	6.1	1	7.2
	(含推定値)	"	4.4	7.2	5	12	4.2	1	7.2
マ ツ 林 東 部	⑥ (現存木)	72.3	14.5	7.6	3,5,6	7	5.5	3	6.8
	(含推定値)	"	3.8	7.6	4	25	4.7	4	6.7
	平 (現存木)	39.9	9.7	6.5	(6)	4.8	5.5	2.3	6.7
	均 (含推定値)	"	4.5	6.5	(5)	16.0	4.3	2.5	6.7
マ ツ 林 東 部	⑦	58.4	2.5	9.8	7	23	6.6	15	7.7
	⑧	62.7	3.3	11.6	5	22	6.4	12	8.1
	⑨	50.3	3.3	8.3	5	18	5.6	7	7.0
	⑩	31.7	5.3	8.6	7	8	6.5	6	7.7
	⑪	27.2	3.3	7.2	4	9	4.5	1	7.2
	平 均	46.1	3.5	9.1	(7)	16.0	5.9	7	7.5

注1) 2本間の距離については、樹木の樹冠を形成すると思われる4m以上の木を対象にした。

注2) 最多高の平均欄の数字は、最も多い樹高の区分を示している。

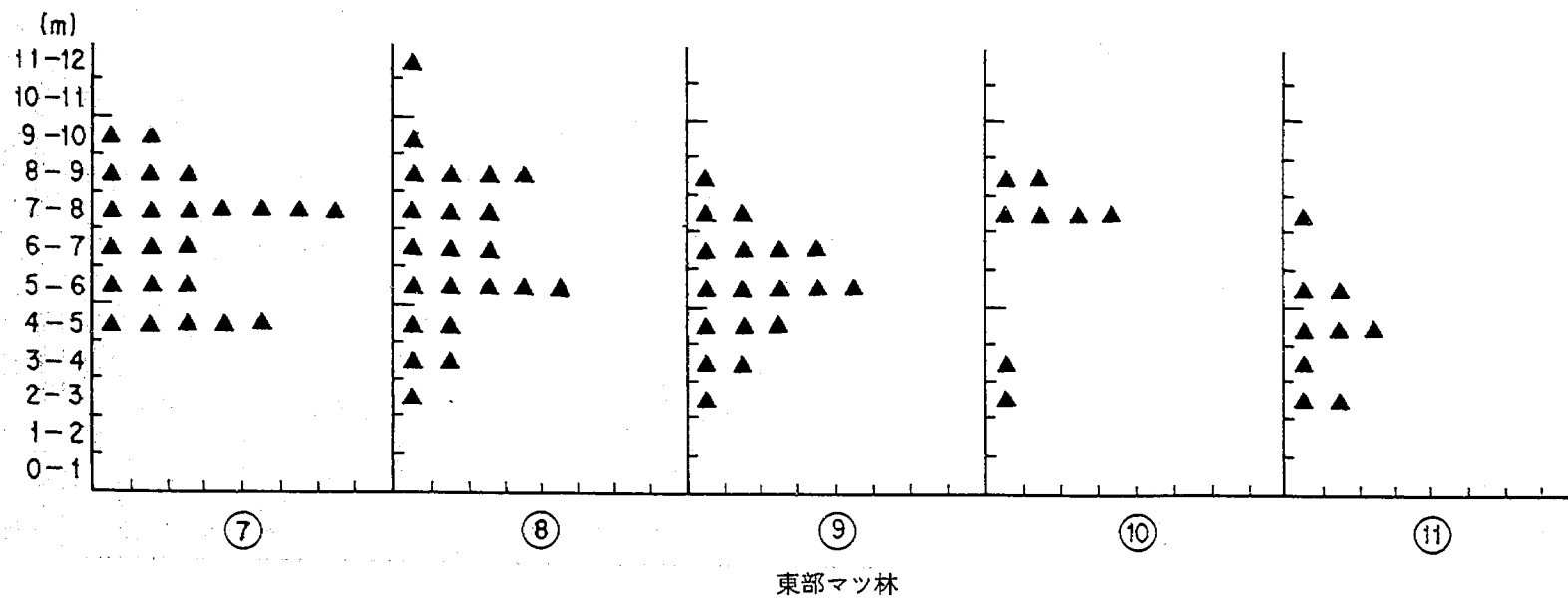
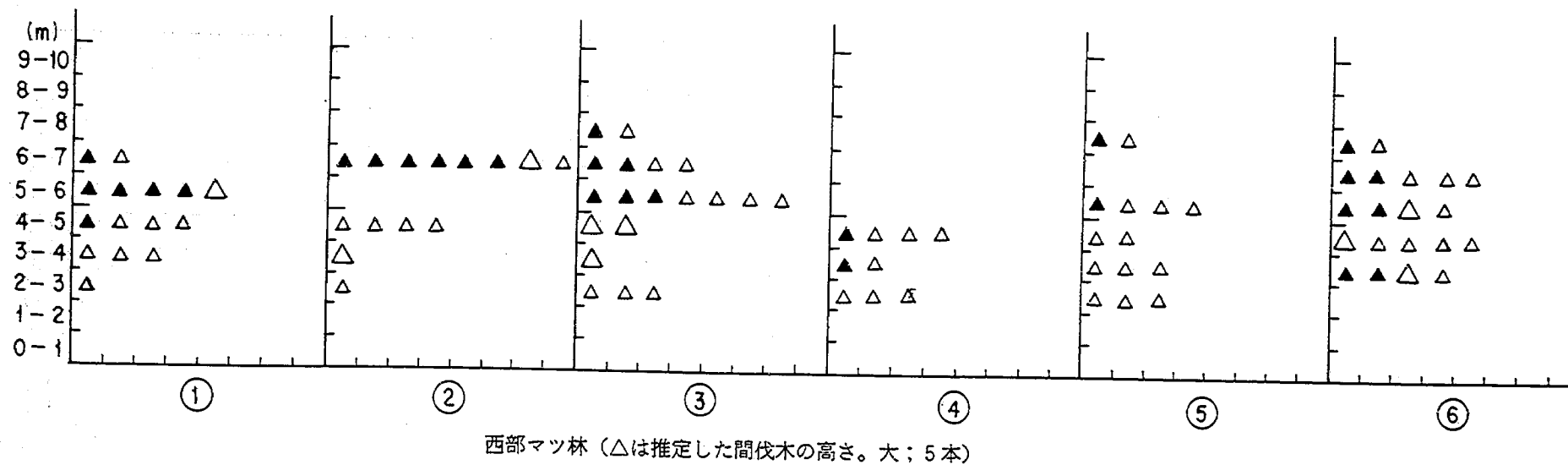


図- 3.19 各ラインの樹高区分別樹木本数

mの間であったが、東部においては8～12mの間にあり、東部の方が2～4m程度高いことが示されており、最大高の平均値を比べても、東部は西部よりも2m以上高かった。しかし樹林全体の平均樹高では、東部は1.5m程度高かったにすぎず、また2本の樹木間の距離については、間伐前の状態で特別に樹間距離の広いライン1本(No.4)を除けば、西部の平均は3.6mとなり、東部の3.5mとほぼ同様の値となる。

これらのことから間伐前の西部のマツ林は、樹高では東部より1.5～2.0m低いものの、樹冠の平面的うっ閉状態は東部とほぼ同様の状況にあったと考えられる。一方最大高のライン平均が9.1mと高い東部において、全樹木数の半数近くある樹高6m以上の樹木は樹冠を構成すると考えられるが、その平均は7.5mであり、全樹木の平均高5.9mより1.5m程度高くなっていることが分かった。

〔コドラート調査〕

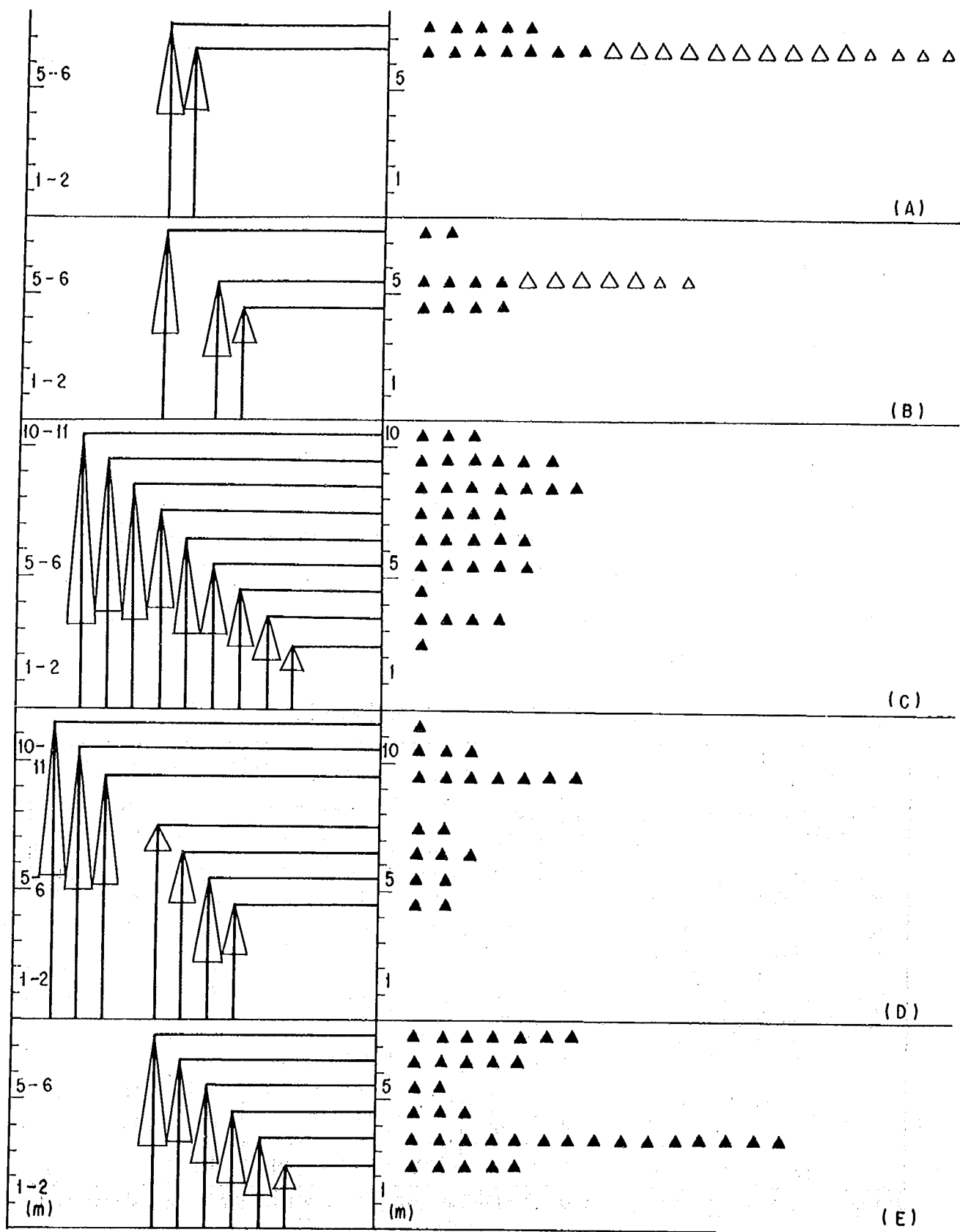
防風効果に関係の深いマツ林の規模、形状については、マツ林の樹冠の高さ(以下「樹冠高」という)、樹冠の深さ(厚味)、うっ閉状態等が重要と考えられる。そこで最大高、最多高、最低枝下高(最も低い枝の高さ)、樹冠投影面積率(10m×10m中の樹冠投影面積の割合)等を整理し(表-3.13)、また樹高区分別の樹木本数を示し(図-3.20)、さらに樹冠投影(図-3.21)、樹林断面(図-3.22)を描き、各コドラートの状況を比較した。なお各コドラートの林内の状況を写真-3.25～3.29に示す。

表-3.13 各コドラートの樹林の規模

コドラート (○内の数字は ライン番号)	全 体						4 m 以上		6 m 以上	
	最大高 (m)	最多高 (m台)	最 低 枝下高 (m)	投影面 率 (%)	本 数 (本)	平均高 (m)	本 数 (本)	平均高 (m)	本 数 (本)	平均高 (m)
A (現存木)	7.5	6	3.5	38	12	7.0	12	7.0	12	7.0
② (含推定値)	7.5	6	3.5	82	66	6.7	66	6.6	66	6.6
B (現存木)	7.3	5	2.5	41	10	5.7	10	5.5	2	7.2
⑤ (含推定値)	7.3	5	1.0	77	37	5.7	37	5.6	2	7.2
平 (現存木)	7.4	5.5	3.0	40	11	6.3	11	6.2	7	7.1
均 (含推定値)	7.4	5.5	2.2	80	52	5.7	52	6.1	34	6.9
C ⑦	10.3	8	1.4	61	36	7.1	31	7.8	25	8.3
D ⑧	11.2	9	2.0	53	25	8.1	25	8.1	17	8.8
E ⑩	7.9	3	1.0	76	38	4.7	17	6.4	12	7.1
平 均	9.8	6.7	1.5	63	33	6.6	24	7.4	18	8.2

注) コドラートA, Bについては、既存木の樹高と投影面積との関係から伐採木の樹高より推定値を算出した。

表-3.13において、コドラートA, Bの場合推定値で評価すると、A～Eのコドラートの100㎡中の樹冠投影面積率は、西部が約80%、東部が50～80%の範囲にあり、西部の方がやや高いものの大差は無かった。しかし図-3.20を見ると、各コドラートの樹高分布は西部と東部



注) (A)～(E)はコドラートを示す。△は推定した間伐木の本数(大; 5本)

図- 3.20 各コドラートの樹高区分別樹木本数

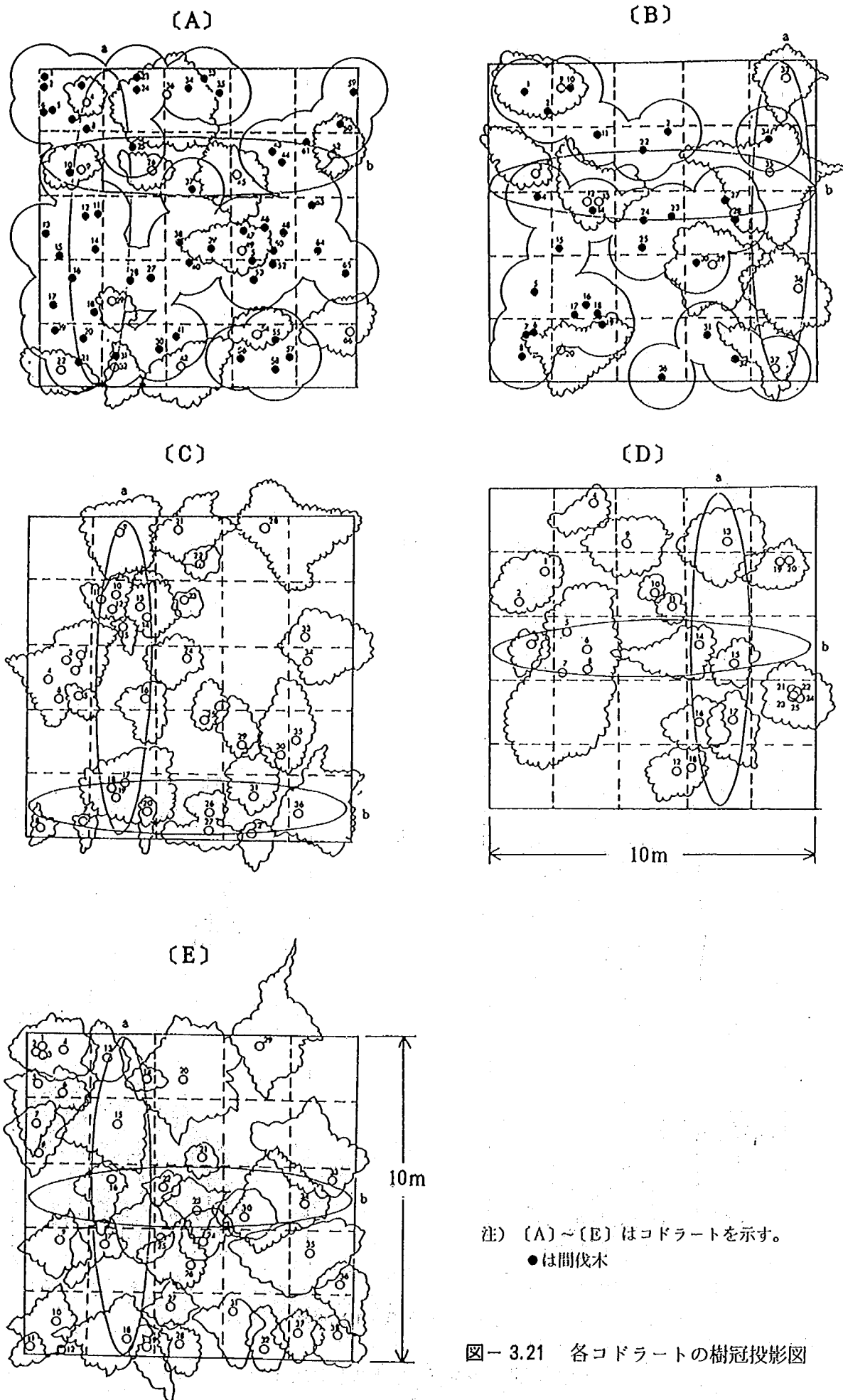
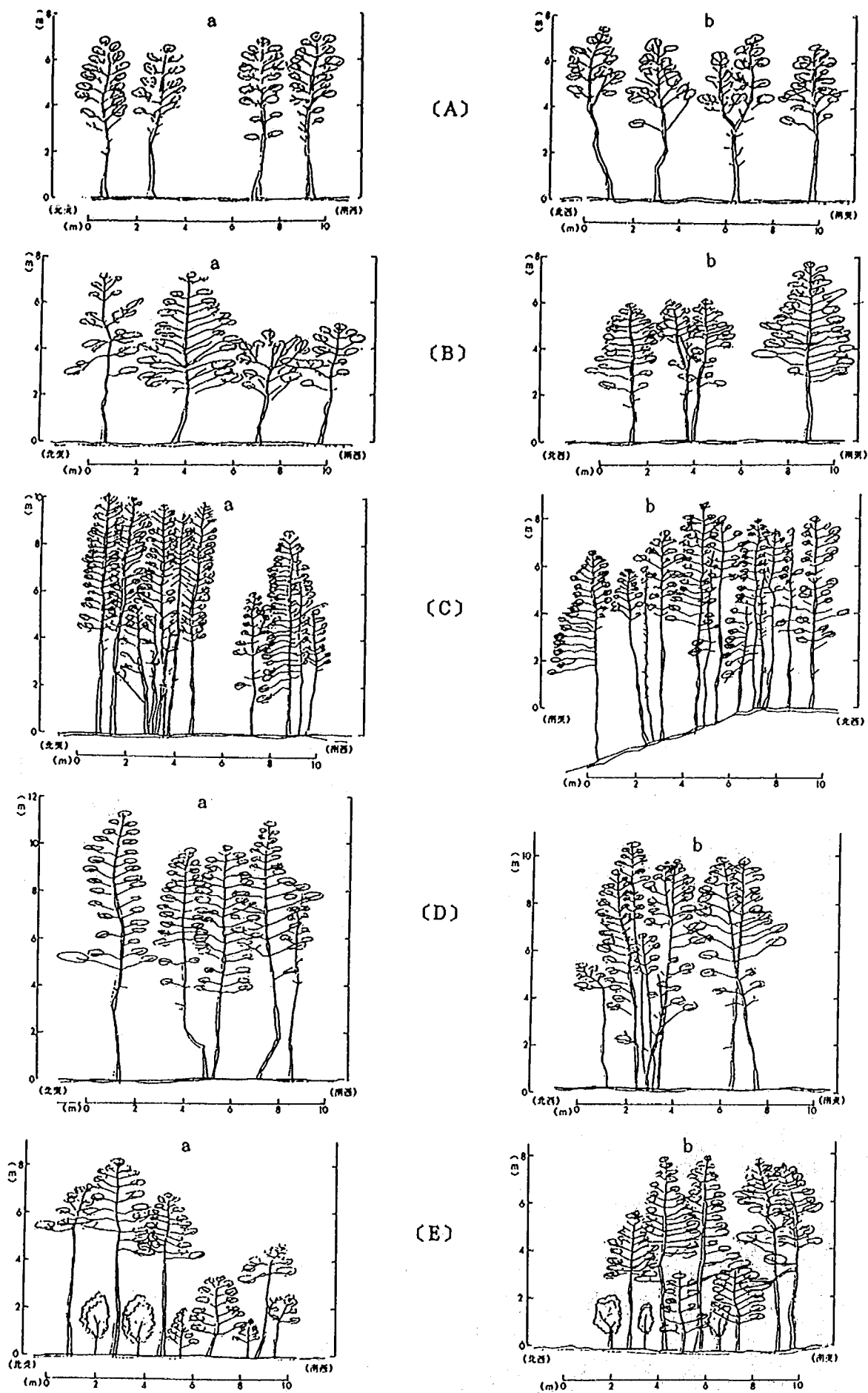


図-3.21 各コドラートの樹冠投影図



注) a, bの位置は図-3.21 参照

図-3.22 各コドラートの樹林断面図



写真－ 3.26

コドラートAの林内状況

コドラートAの樹林
(南東方向より撮影)
枝の長さは比較的短い。
樹木密度；12本/100 m²



写真－ 3.26

コドラートBの林内状況

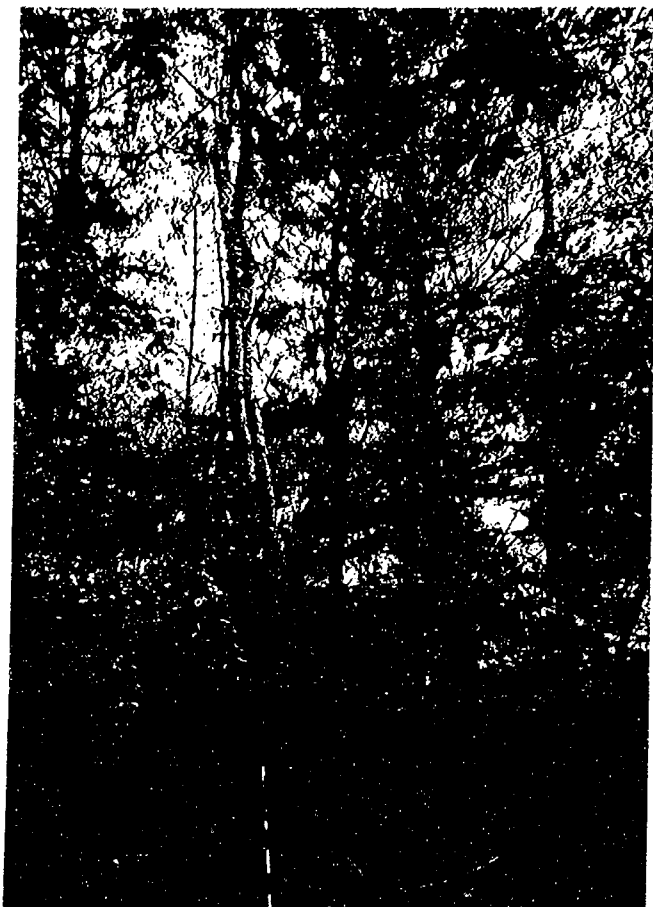
コドラートBの樹林
(南東方向より撮影)
枝の長さは比較的長い。
扁平な樹冠の木もある。
樹木密度；10本/100 m²



写真－ 3.27

コドラートCの林内状況

コドラートCの樹林
(北西方向より撮影)
樹高は高いが枝間隔が広い。
樹木密度；36本/100 m²



写真－ 3.28

コドラート D の林内状況

コドラート D の樹林

(北方向より撮影)

植栽面より低いところにある。

樹高は高いが枝間隔は広い。

林床には広葉樹もある。

樹木密度；25本/100 m²



写真－ 3.29

コドラート E の林内状況

コドラート E の樹林

(南東方向より撮影)

樹高は低いが枝間隔は短い。

扁平な樹冠の木もある。

樹木密度；38本/100 m²

とで大きく異なり、コドラートA、Bの場合は、2～3の樹高区分に集中していたが、コドラートC、D、Eは6～9の区分に分かれ、しかも集中域は大きく2つに分かれていた。

全体的に見るとこのような状況にあったが、各コドラートの樹冠のうっ閉状態について記述すると以下の如くである。

コドラートAについては、樹高は6～8mの範囲にあったが7m以上の樹木は少なく、また最低枝下高は3.5mであったことから、防風に有効な樹冠高の範囲は3.5～7mであると考えられる。

コドラートBについては、樹高は6～8mの間にあったが6m以上の樹木は少なく、また比較的樹木の多い区分の最低枝下高は2.5mであったことから、防風に有効な樹冠高の範囲は2.5m～6mであると考えられる。

コドラートCについては、樹高1～11mの範囲にあり、また比較的樹木の多い区分の最低枝下高は2mであったことから、防風に有効な樹冠高の範囲は2～11mであると考えられる。

コドラートDについては、樹高4～12mの範囲にあったが11m以上の樹木は少なく、また比較的樹木の多い区分の最低枝下高は2mであったことから、防風に有効な樹冠高の範囲は2～11mであると考えられる。

コドラートEについては、樹高は2～8mの範囲にあり、また最低枝下高は1mであったことから、防風に有効な樹冠高の範囲は1～8mであると考えられる。なおコドラートEではマツクイムシによってマツが倒壊し、その後幼苗が成長しつつある状況と考えられる。

コドラート調査における樹木の最大高は、ライン調査によるものに比べて±1m程度の違いしかなかった。ただし平均樹高は、コドラートE（ライン⑩を通る）を除き、コドラート調査によるものの方が0.5～2m程度ライン調査によるものより高かった。

西部マツ林においては、マツ林の樹冠は4～7mの高さの範囲にあったが、東部マツ林においては5～9mの範囲にあり、東部の方が樹冠高は高いが、東部と西部マツ林についてさらに比較すると、ライン調査とコドラート調査とから次のことが言える。

西部マツ林においてはほとんどの樹木が8m以下で、間伐前の平均樹高はライン調査によると4.3m、コドラート調査によると5.7mであったが、東部においては6m以上の樹木が全体の半分以上を占め、その平均値はライン調査によると7.5m、コドラート調査によると8.2mであった。

これらのマツ林の樹林規模の違いによってマツ林の防風効果が異なることが考えられ、マツ林により防風効果を受けたメタセコイアの生育との関係を調査するにあたり検討の対象に加えた。

(2) 植栽木の生育状態

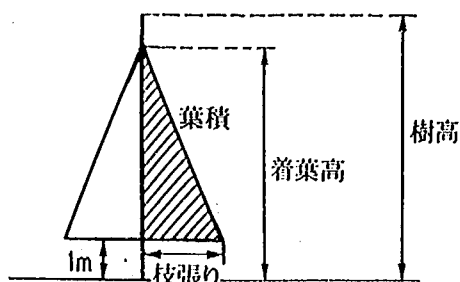
① 植栽木の着葉の範囲

メタセコイアの着葉状態については風上側と風下側とに分け、着葉が見られる最も上部の高

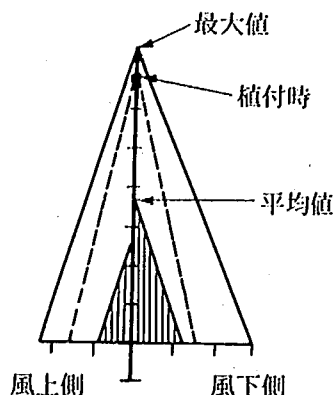
さ（以下「着葉高」という）と枝張りの長さについて測定した。また着葉高と枝張りによって表される、樹形の測方の投影面（以下「葉積」という）の面積を計算した（図－3.23）。

$$\text{葉積} = \frac{(\text{着葉高} - 1) \times \text{枝張り}}{2}$$

これらの測定値、計算値について最大値、平均値、及び平均率（最大値に対する平均値の割合）（図－3.24）を求め、表－3.14 に示す。



図－3.23 着葉高、枝張り、葉積



図－3.24 着葉高の最大値、平均値

表－3.14 メタセコイアの着葉状態

着葉状態 指標項目	風 上 側			風 下 側		
	最大値 (m)	平均値 (m)	平均率 (%)	最大値 (m)	平均値 (m)	平均率 (%)
着 葉 高	8.6	3.8	44	8.6	4.6	53
枝 張 り	2.3	0.8	34	3.0	1.3	43
葉 積	8.3	1.6	19	9.8	2.9	30

注) 平均率：最大値に対する平均値の割合

メタセコイアの植付け時の規格は、樹高 8 m、枝張り 1.5 m であり、着葉高の最大値 8.6 m は植付け当初の高さを上回っていたとはいえ、5 年間の成長量としては極めて少なく、何らかの障害を受けていたものと思われる。しかしそれにも増して、着葉高の平均値が風上側で 3.8 m、風下側で 4.6 m という値は、植付け時の半分程度の高さであり、多くの樹木が多大な被害を被ったことを示している。

枝張りについても、平均値は風上側、風下側とも植付け時の規格を下回っていたが、風下側の枝張りの平均値は風上側より 50% 以上大きく、風上側と風下側とで大きな差が見られた（着葉高や葉積については風下側は 20% 程度しか大きくなかった）。

また、着葉高、枝張り、葉積について、それぞれ平均率を求めると、風上側、風下側とも葉積の値が最も低く、着葉高、枝張りに比べ、最大値に対して小さな値をとるものが最も多い。

とを示唆している。

以上のように、風上側は風下側に比べ着葉量が少なく、メタセコイアの着葉状態に対しては、海側からの風の影響が大きいことがうかがえる。特に、着葉高について被害が著しかった。

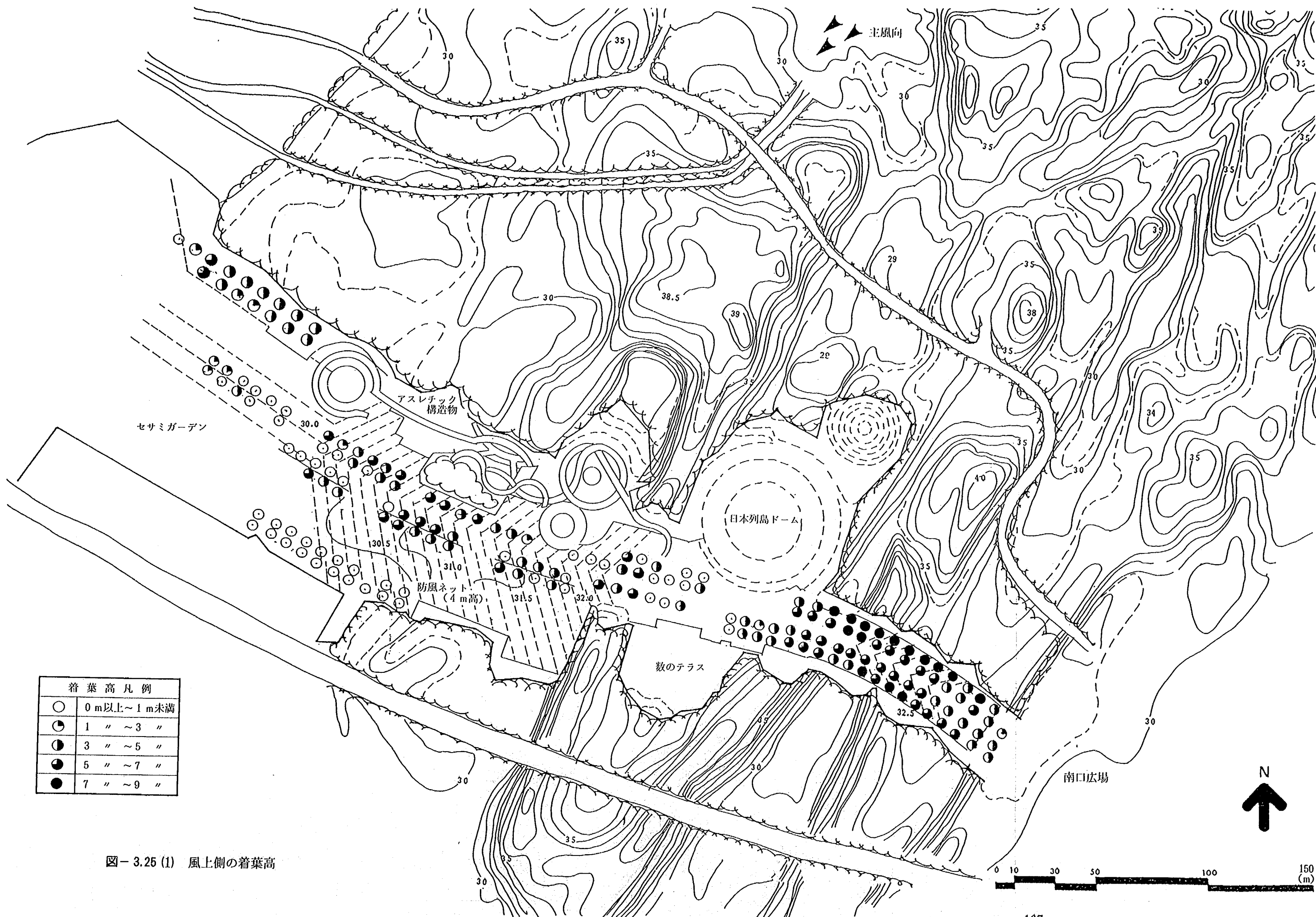
② 植栽地における着葉状態

各メタセコイアの風上側の着葉高、枝張り、葉積を地形図に記入したものを図-3.25 (1)～(3)に示す。

これらによると、植栽地全体としては北東側のマツ林からの距離が短いほど着葉高が高く、中でも東部の両側にマツ林が迫っている所に「7～9m」、「5～7m」の個体が多く見られた。特に北東側のマツ林に最も近い列は、「7～9m」の個体が連続しており、植栽地一帯の中では際立って着葉高が高かった。一方北西部の2列の列植は、マツ林に近いにもかかわらず、ほとんどが「3～5m」しか無かった。このように、マツ林から同じ距離でも植栽場所による違いが見られた。

また南西部の列植はマツ林縁から90mほどの距離の所にあり、ほとんどが着葉高1m未満であったが、マツ林縁から70mほど離れた中央の列植の樹木の中にも、「0～1m」のものもあった。

一方枝張りの大きさ別分布についても、着葉高とほぼ同様な状況であった。これに対し葉積について5段階に区分すると、東部の北東側のマツ林に最も近い列は「6～8㎡」のものが多かったが、他の場所ではほとんどが「0～2㎡」であり、着葉高や枝張りと違いが見られた。



着葉高凡例	
○	0 m以上～1 m未満
◐	1 " ～3 "
◑	3 " ～5 "
●	5 " ～7 "
●	7 " ～9 "

図- 3.25 (1) 風上側の着葉高

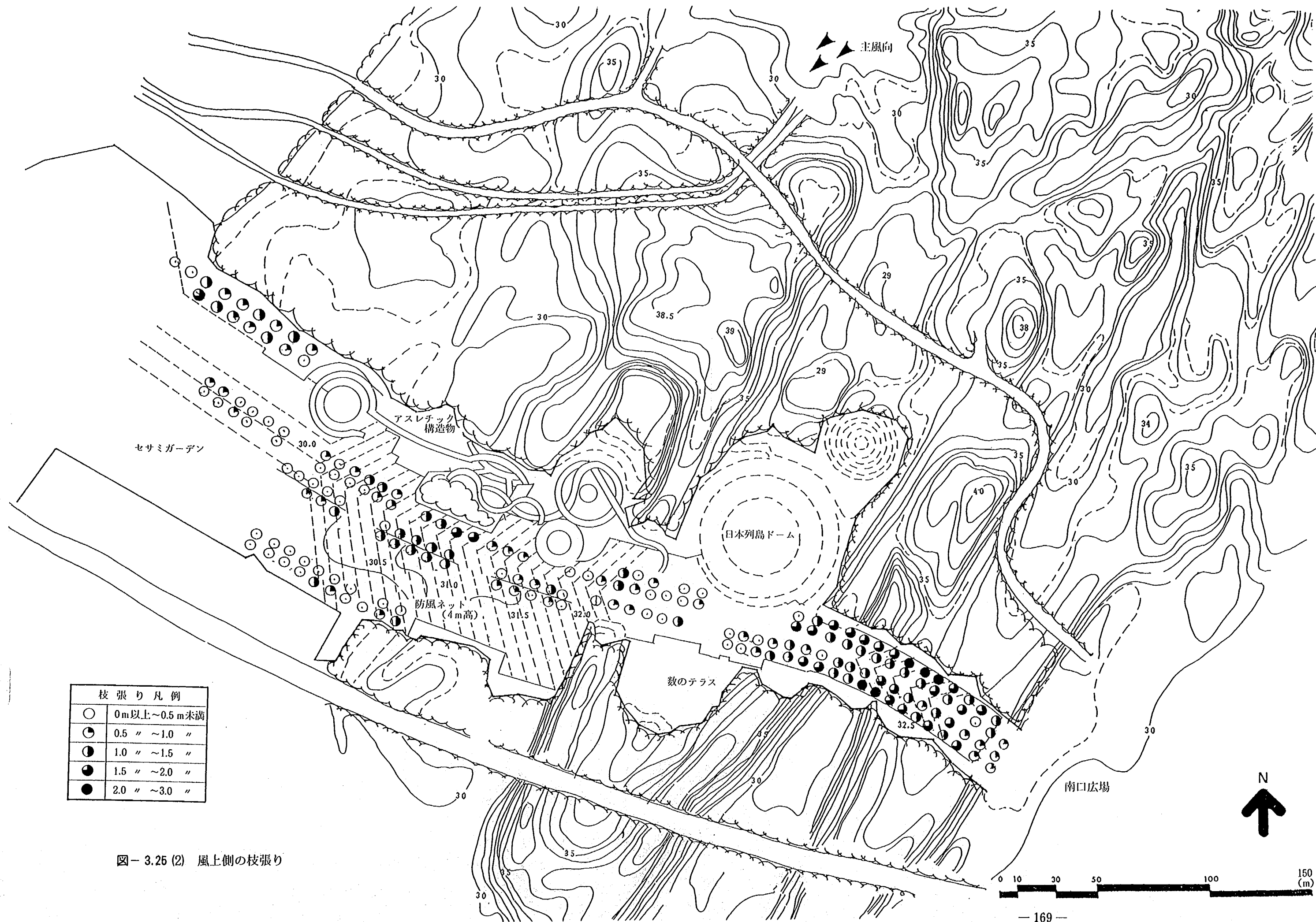
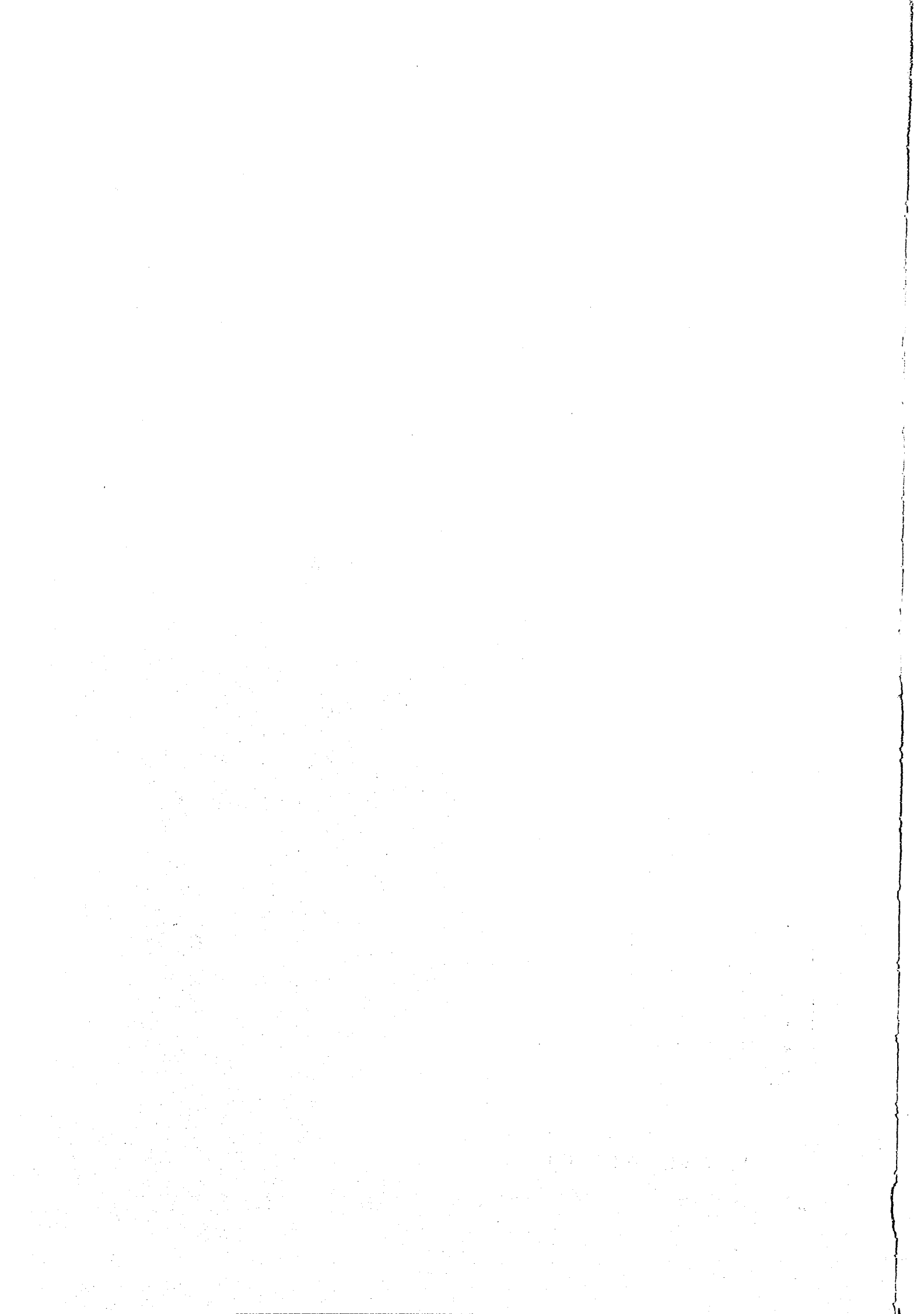


図- 3.25 (2) 風上側の枝張り



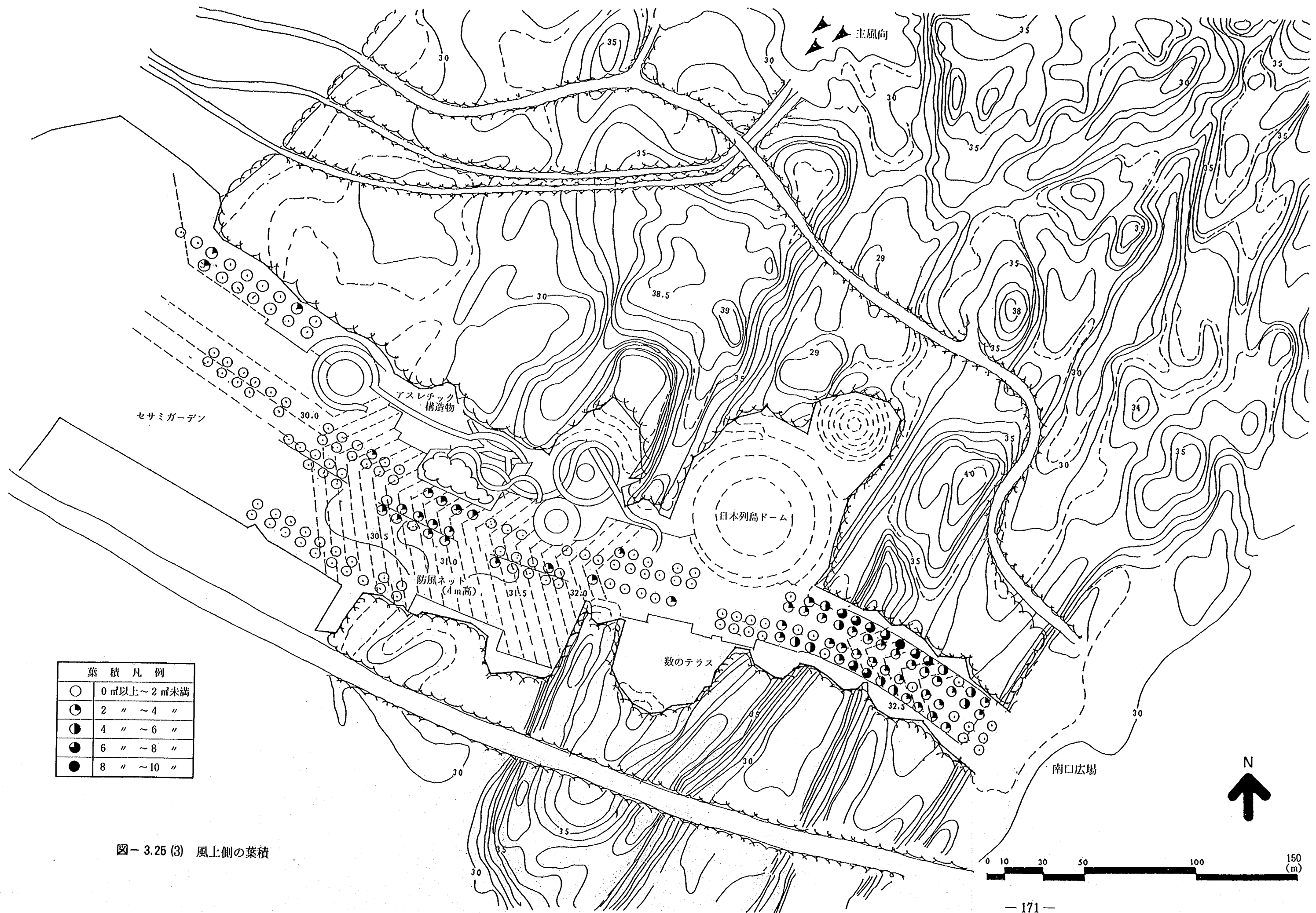


図- 3.25 (3) 風上側の葉積

③ 活力度の経年変化

経年変化を見るために、昭和63年度と平成2年度との調査結果を比較すると、平均活力度（1～4、0.5単位）は、

昭和63年度：2.9 平成2年度：3.0

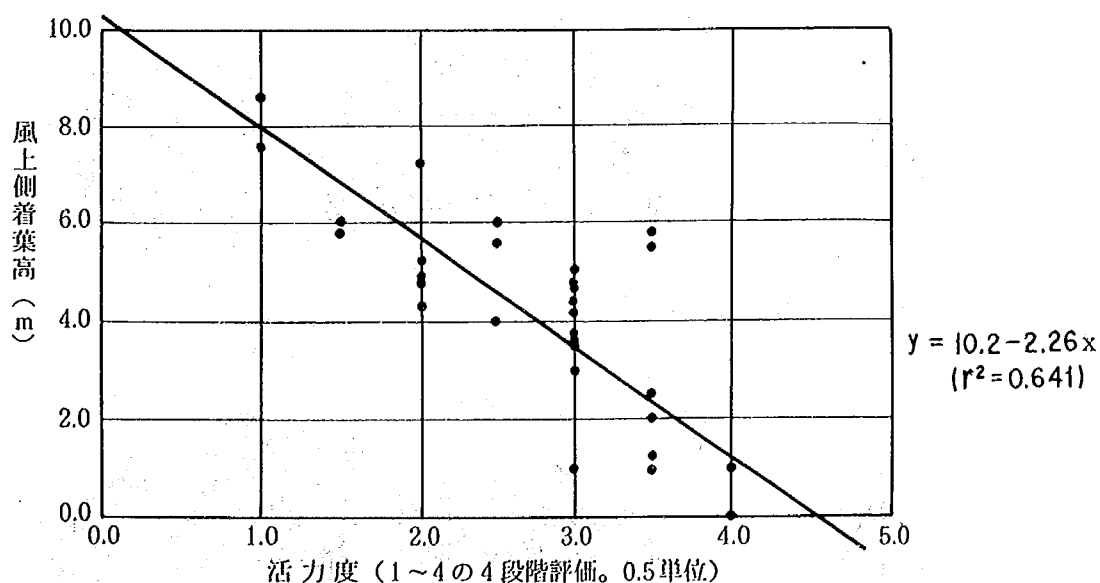
となり、ほとんど差が無かった。

しかしこの中には活力状態が良くなったものと、逆に悪くなったものとがあった。活力状態が良くなったものは、東部の列植の最も南側の列の個体や、中部に設けられた防風ネットの風下部の個体に多く、悪くなったものは中部西側の個体に多かった。東部の列植の最も南側の列のメタセコイアはバラ植栽地に植栽され、バラへの肥料がメタセコイアの生育にも役立っている模様であった。

また植栽地中部の風上側には、高さ4～8mのアスレチック構造物が完成し、これが中部のメタセコイアに対し、これ以上の生育悪化を防ぐ効果をもたらしたと考えられる。

④ 活力度と着葉高との関係

評価したメタセコイアの活力度の値をx軸にとり、風上側の着葉高をy軸にとって、活力度と着葉高との関係を見ると（図－3.26）、直線で最も良く回帰され、寄与率 $r^2=0.64$ となった。このことは、活力度と着葉高との間に相関があることを示している。なお活力度3.5でも着葉高が5m以上のものが2個体見られたが、これはアスレチック構造物に近い個体であった。



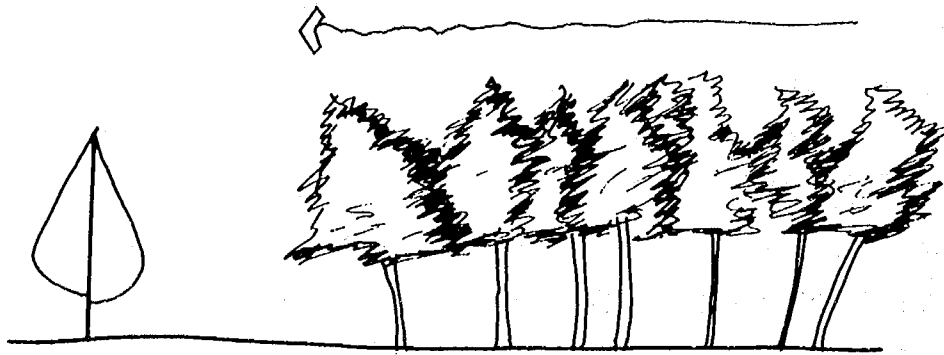
図－3.26 活力度と着葉高との関係

3.5.3 防風林の効果の検討

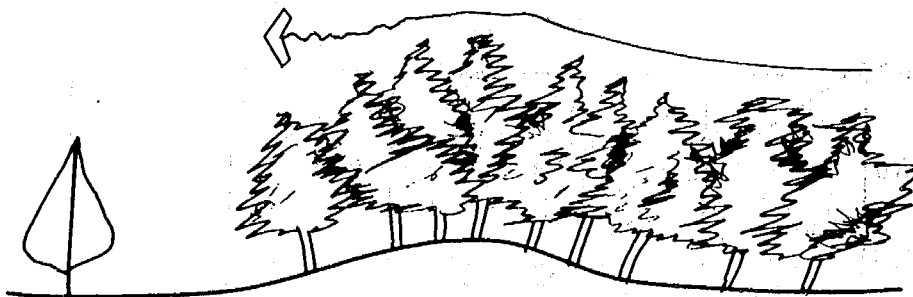
1) 解析方法の検討

(1) 砂丘の指標化

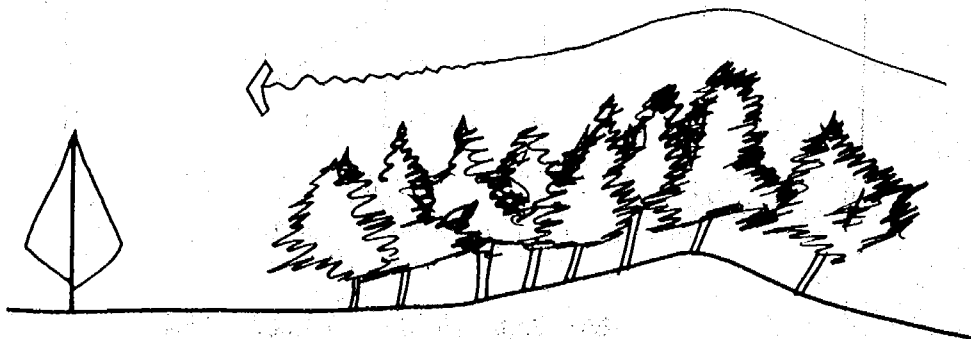
マツ林の防風効果については、平坦な所にあるマツ林の場合は、樹冠高、マツ林縁からの距離による影響が大きいと考えられる。またマツ林内に砂丘があると樹冠高がカサ上げされるが、これが林縁に比較的近い場合は、マツ林の防風効果をかなり高めることができるものの、砂丘が比較的遠い場合は、カサ上げによる防風効果の増大は少なくなり、砂丘の位置がある所を過ぎるとマツ林縁の樹木のみによる防風とほとんど変わらなくなると考えられる（図－3.27）。



a. 平坦な所にあるマツ林



b. 林縁の近い所にあるマツ林



c. 林縁から遠い所に砂丘のあるマツ林

図－3.27 砂丘の位置と防風効果

このように考えると、マツ林の防風効果については、マツ林の樹冠高、林縁からの距離、砂丘によってかさ上げされたときは、それを含めたマツ林の最大高と、そこまでの距離といった要因が考えられ、これらを指標化して検討する必要がある。

そこで以下の考察において、マツ林縁において地形の起伏により修正したマツ林の高さを「林縁マツ林高」、各メタセコイアの風上側にあるマツ林内において最も標高の高い砂丘上のマツ林の砂丘高を含めた高さを「最大マツ林高」と呼び、マツ林の防風の要因として捉えた(図-3.28)。

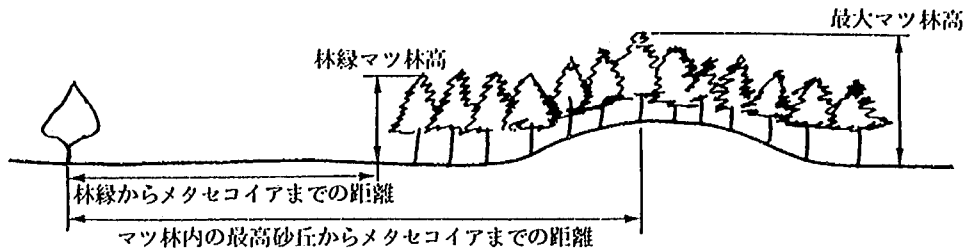


図- 3.28 林縁マツ林高, 最大マツ林高の概念図

(2) 砂丘の位置と着葉高

樹木の生育状態を表す指標のうち最も被害の大きく現れている風上側の着葉高の状況を見ると、0 mから8.6 mまでの間で大きな差が見られたが、植栽位置によりいくつかの部分に分けて考えることができる。

そこでマツ林の及ぼす防風効果について概括的に把握するため、マツ林からメタセコイアにかけて、主風向と比較的平行な方向で、しかも防風に関係すると思われる砂丘に関係付けて12本の線分(<1>~<12>)を選び(図-3.29)、断面図(図-3.30(1)~(3))を作成した。

図-3.30によると、マツ林縁から比較的近い25 m以内の砂丘によってかさ上げされたマツ林が、メタセコイアの植栽まで比較的近くまで迫っている断面線としては、<6>、<9>、<10>があげられる。しかしバラ植栽地にある個体を除いた、マツ林縁から25 m程度までの所にあるメタセコイアの風上側の着葉高は、最も砂丘が近くにある<9>でも6 mしかなく、他はすべてそれ以下であった。また<2>、<3>等、マツ林縁から比較的遠い50 m離れた植栽地で0~3 mの着葉高であり、80 m離れると最高砂丘が林内50 mの中程度に遠い所にある<5>でも、風上側には3.5 mの着葉高しかなく、最高砂丘が林内100 m以上の<3>、<7>については、メタセコイアの風上側の着葉は見られなかった。しかし最高砂丘は林内100 mと遠い所にあるが、アスレチック構造物や植栽地内にマツ林が風上にある<4>の個体は、林縁から50 mの所でも4 m以上の着葉高があった。

The first thing I noticed when I stepped out of the car was the cold, crisp air. It felt like a fresh blanket after a long, hot summer.

I walked towards the old stone building, its walls covered in ivy. The windows were small and square, looking like eyes watching me.

I had heard the stories about the old man who lived there. They said he was a wizard, a man who could make things disappear.

But when I stepped inside, I found a man with a long white beard and a kind smile. He said he was just an old man who liked to read.

He showed me a room with a large wooden desk and a chair. He said I could sit there and read as long as I liked.

I sat down and looked at the books on the shelves. They were old and worn, but they looked like they had secrets.

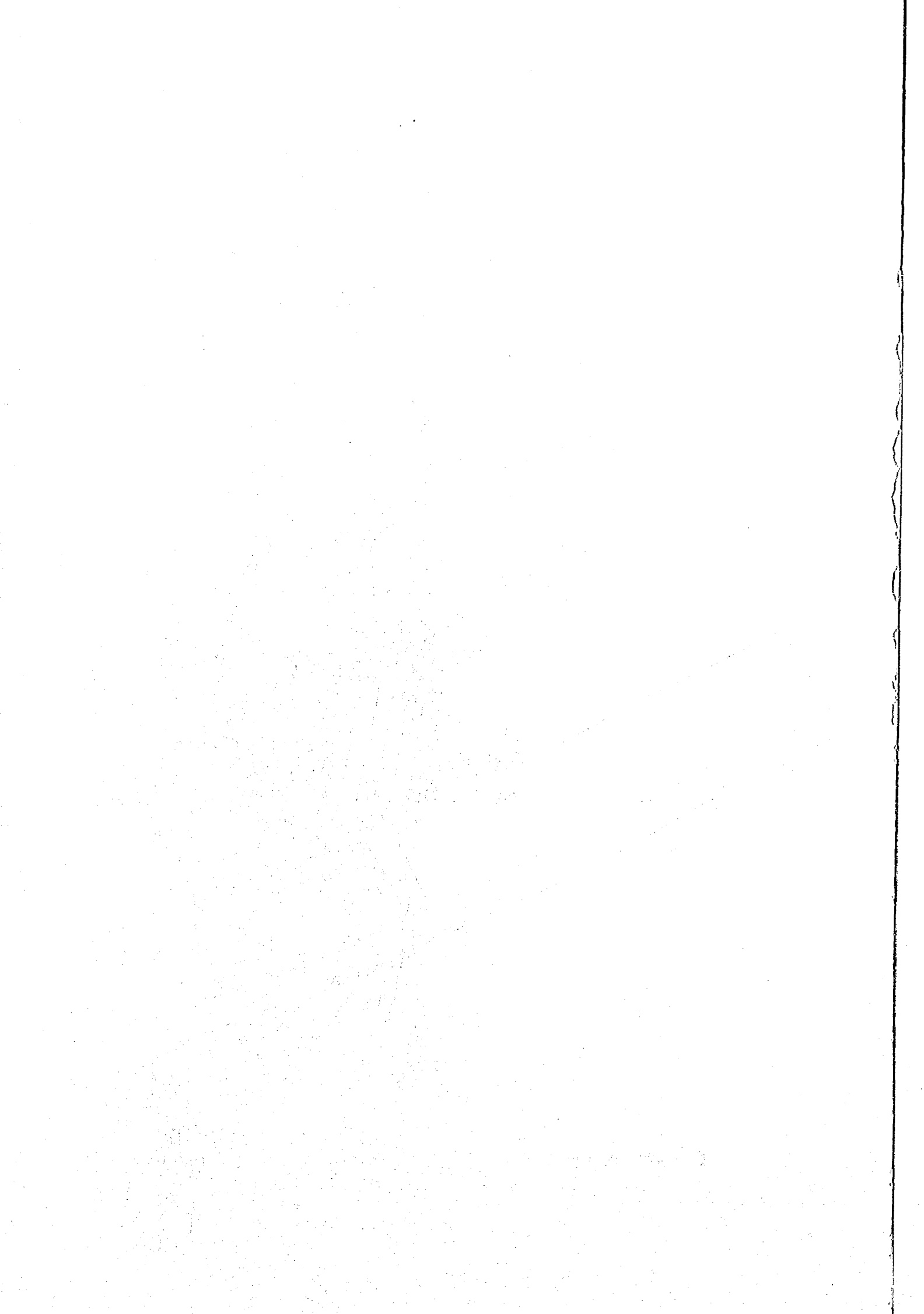
I picked up a book and opened it. The first page was blank, but the second page had a small drawing of a man with a long white beard.

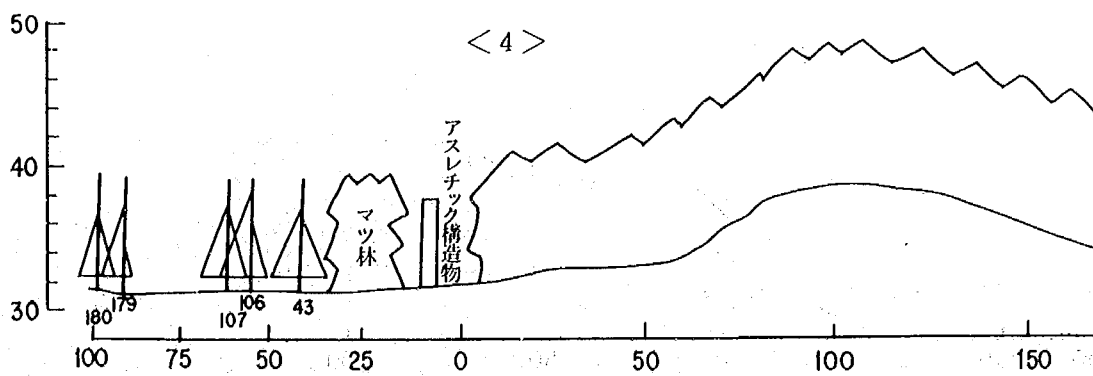
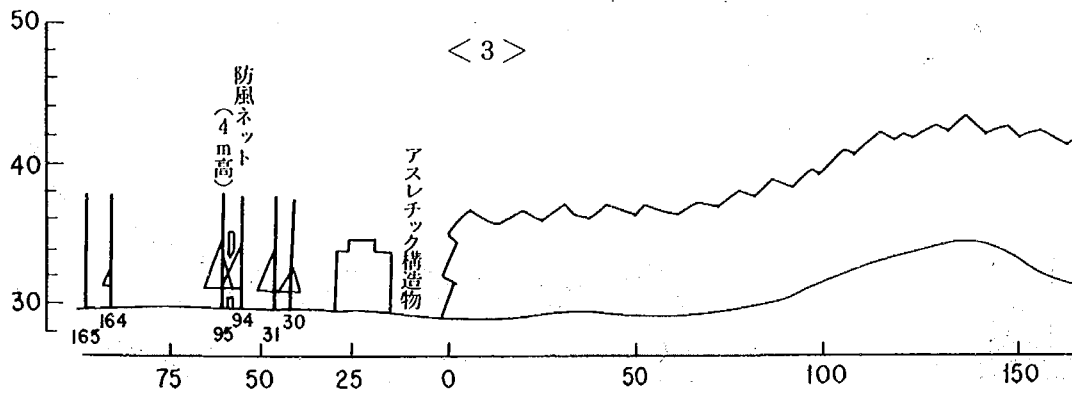
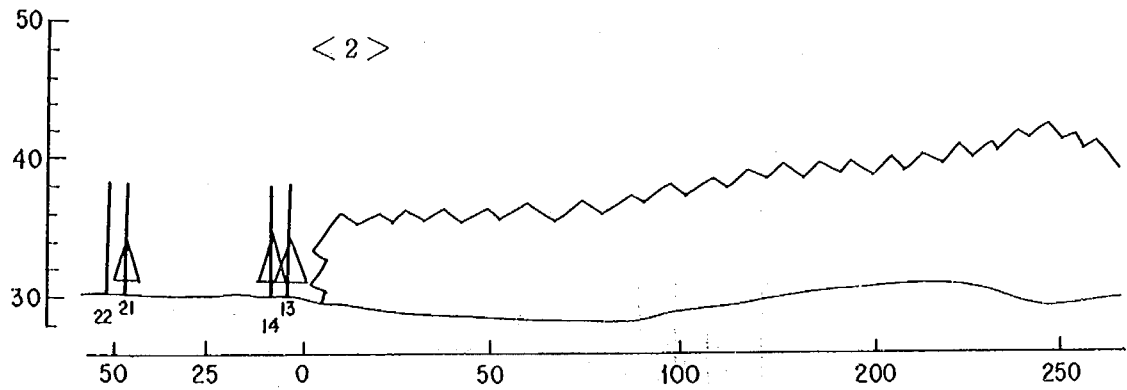
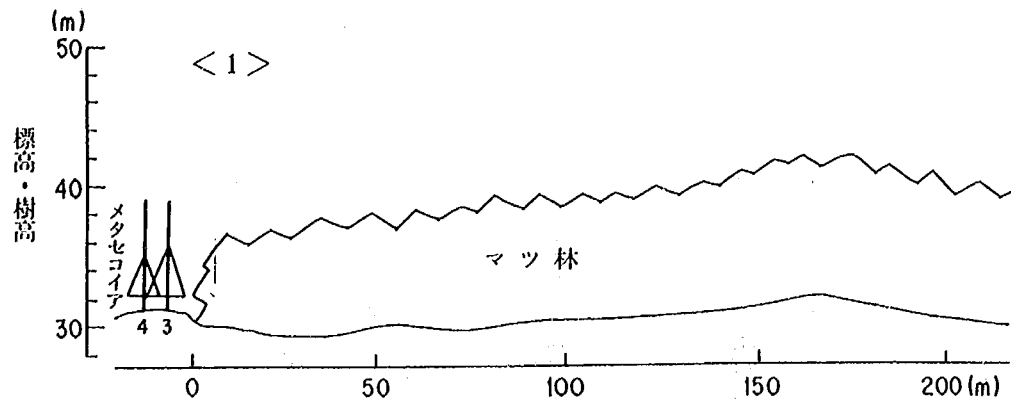
I looked up at the old man. He was standing behind the desk, looking at me. He said, "That's a good book. It's called 'The Secret of the Old Man'."

I nodded and turned back to the book. I started to read, but I couldn't get past the first page. The words were blurry, like they were far away.

I looked up at the old man. He was still there, looking at me. He said, "You're not reading it right. You have to read it with your heart."

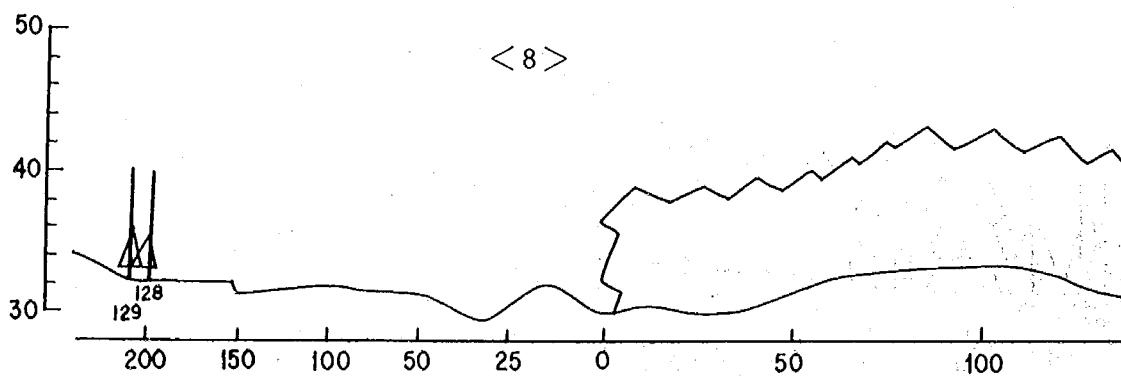
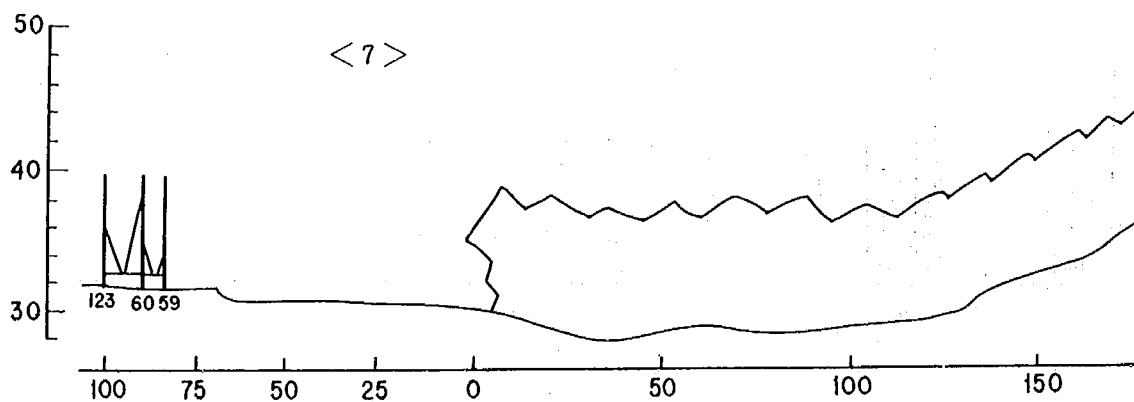
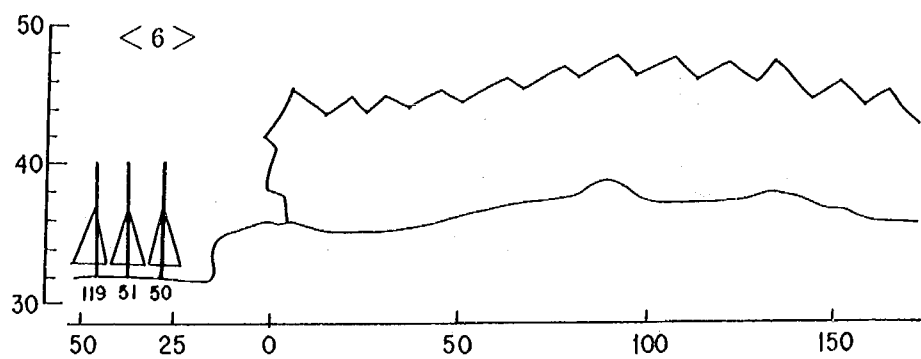
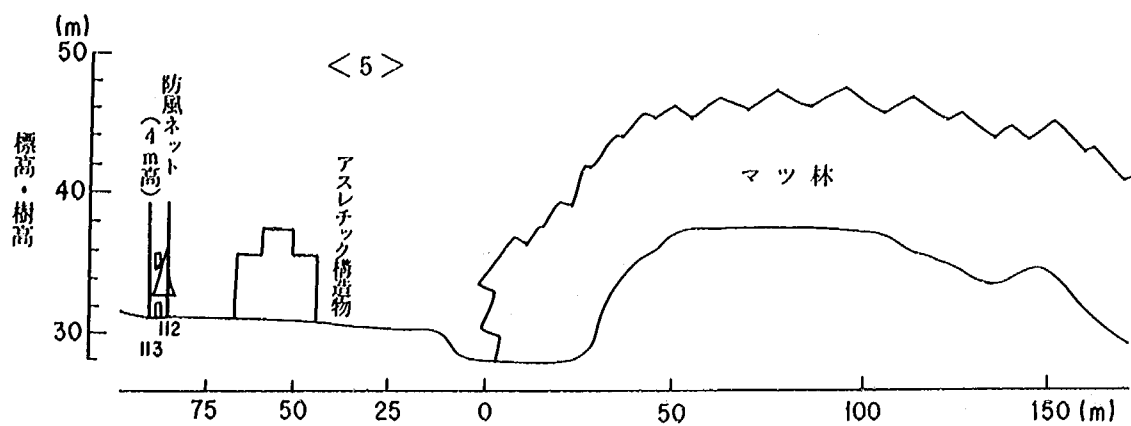
I closed the book and looked at the old man. He said, "You're a good man. You're a good man. You're a good man."





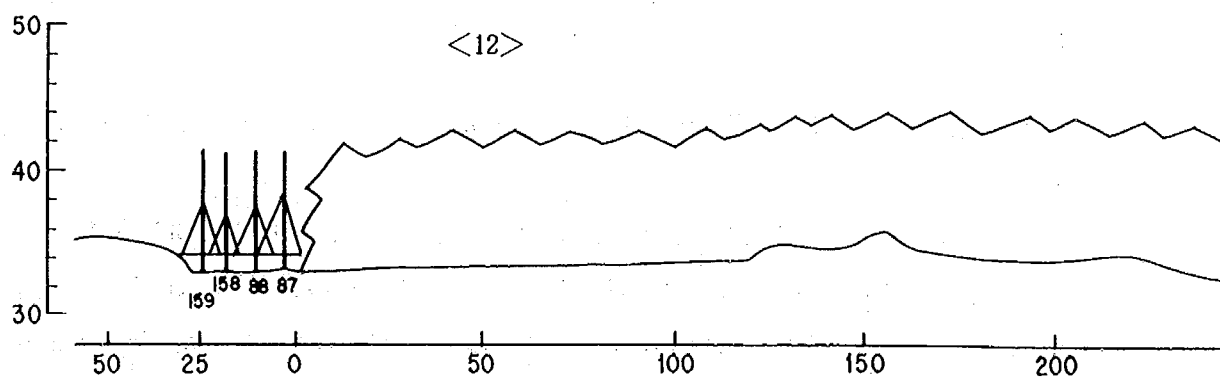
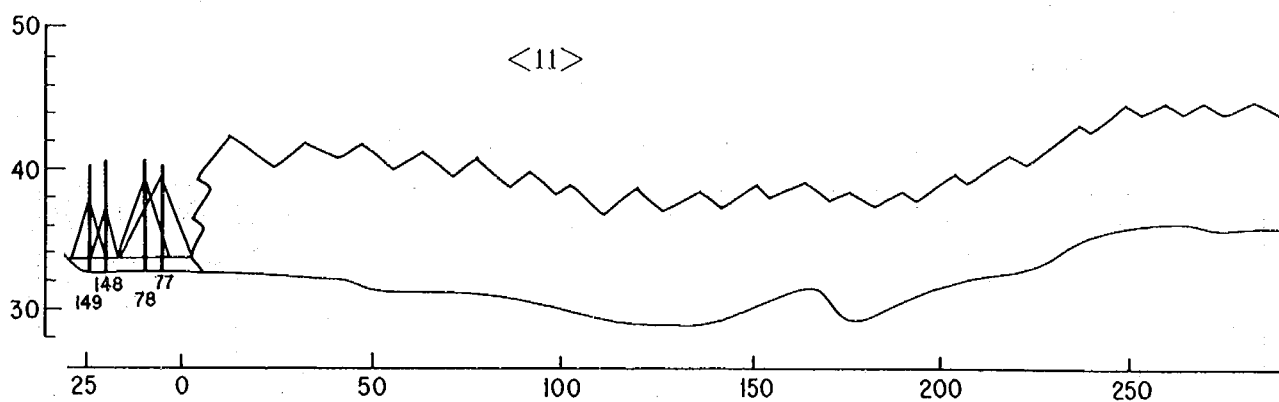
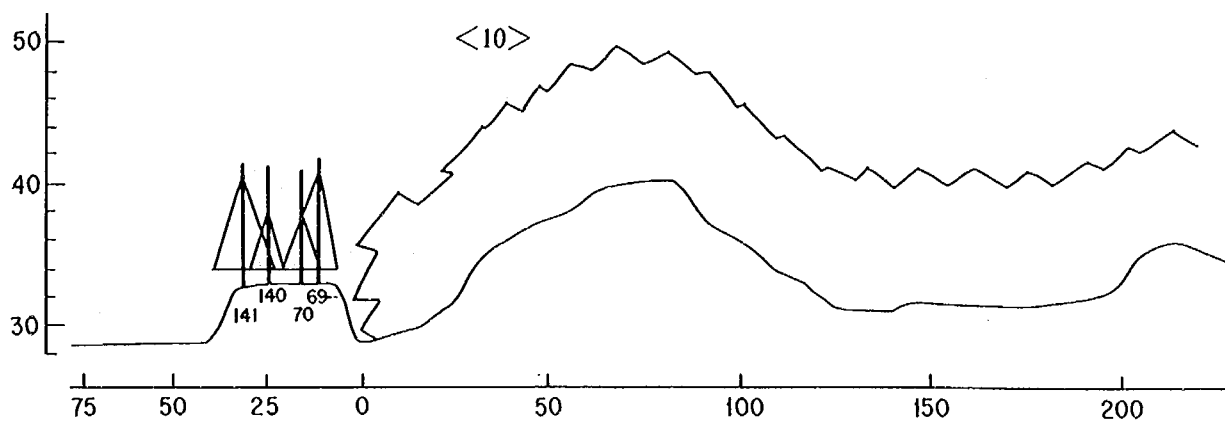
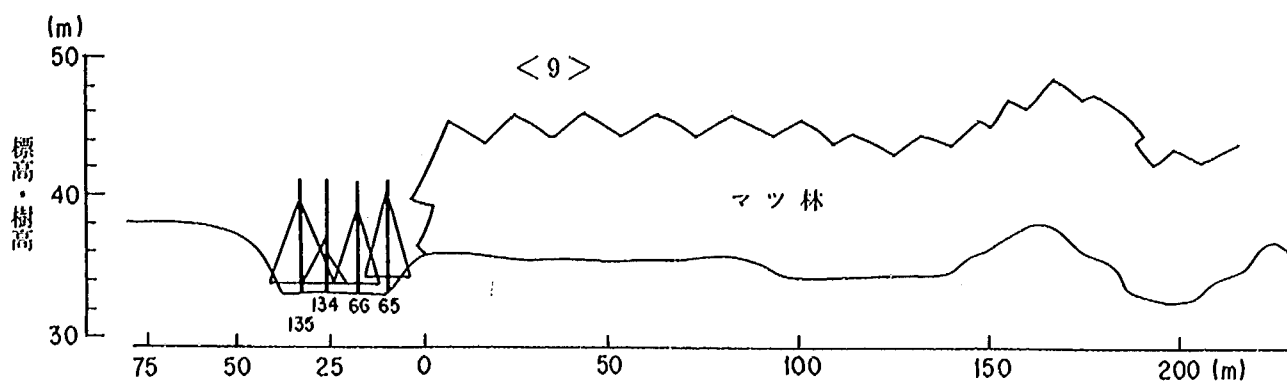
注) メタセコイアの中心にある線は植栽時の樹高規格を示す。

図- 3.30 (1) マツ林とメタセコイア断面図 (< 1 > ~ < 4 >)



注) メタセコイアの中心にある線は植栽時の樹高規格を示す。

図- 3.30 (2) マツ林とメタセコイア断面図 (<5>~<8>)



注) メタセコイアの中心にある線は植栽時の樹高規格を示す。

図- 3.30 (3) マツ林とメタセコイア断面図 (< 9 > ~ < 12 >)

(3) 指標の相関関係

以上のように、メタセコイアのマツ林縁からの距離やマツ林内の砂丘の位置により、メタセコイアの着葉高に違いが見られたが、これらのことをより定量的に把握するため、マツ林縁からメタセコイアまでの距離、林縁マツ林高、最大マツ林高及び最高砂丘からメタセコイアまでの距離により次のような指標を考え、防風林の風上側の着葉高と枝張りの長さに関し、それぞれの指標との相関を調べた。

その際林縁マツ林高と林縁からメタセコイアまでの距離との関係を「林縁マツ林指数」、最大マツ林高とマツ林内の最高砂丘からメタセコイアまでの距離との関係を「最大マツ林指数」と呼び、検討を行った。

$$\text{林縁マツ林指数} = \frac{\text{林縁マツ林高}}{\text{林縁からメタセコイアまでの距離}}$$

$$\text{最大マツ林指数} = \frac{\text{最大マツ林高}}{\text{マツ林内の最高砂丘からメタセコイアまでの距離}}$$

林縁からの距離、林縁マツ林高、林縁マツ林指数、最高砂丘からの距離、最大マツ林高、最大マツ林指数、林縁マツ林指数+最大マツ林指数の7つの指標と風上側の着葉高及び枝張りとの関係を整理し、図-3.31 (1), (2)に示す。

図-3.31における各指標との相関関係を整理すると表-3.15のようになった。これによると、着葉高、枝張りとも、マツ林縁からの距離、林縁マツ林指数、及び林縁マツ林指数+最大マツ林指数の3つの指標との相関が比較的高かった。

表-3.15 各指標と着葉状態との相関関係

	林縁からの距離	林縁マツ林高	林縁マツ林指数	最高砂丘からの距離	最大マツ林高	最大マツ林指数	林縁マツ林指数+最大マツ林指数
着葉高	◎	△	○	△	×	△	◎
枝張り	◎	×	○	△	×	△	◎

注) ◎; 寄与率 0.5 以上

○; 寄与率 0.5 ~ 0.4

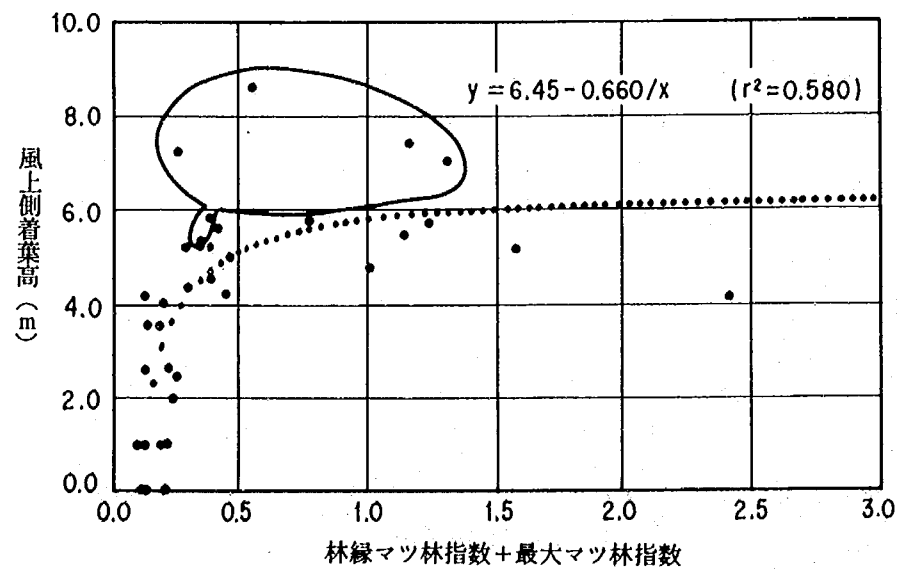
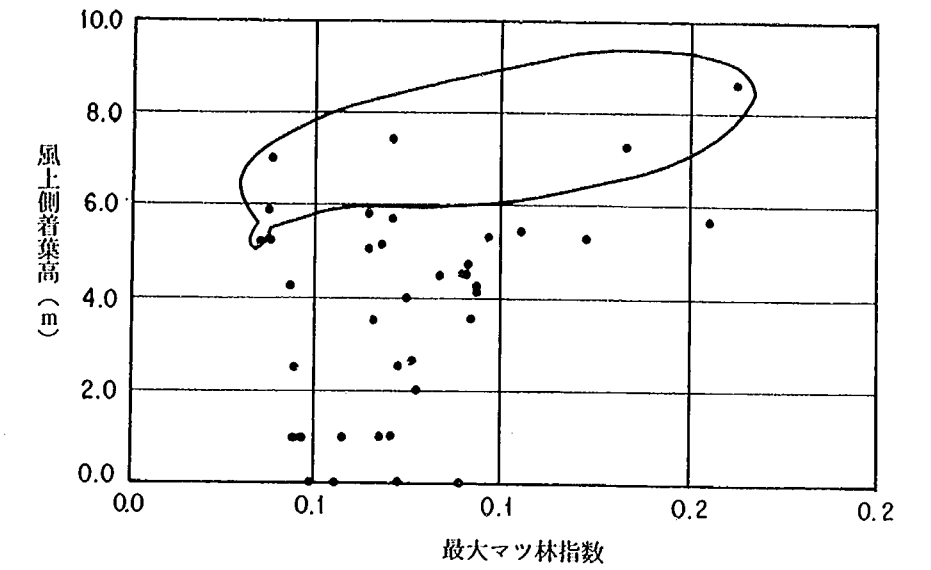
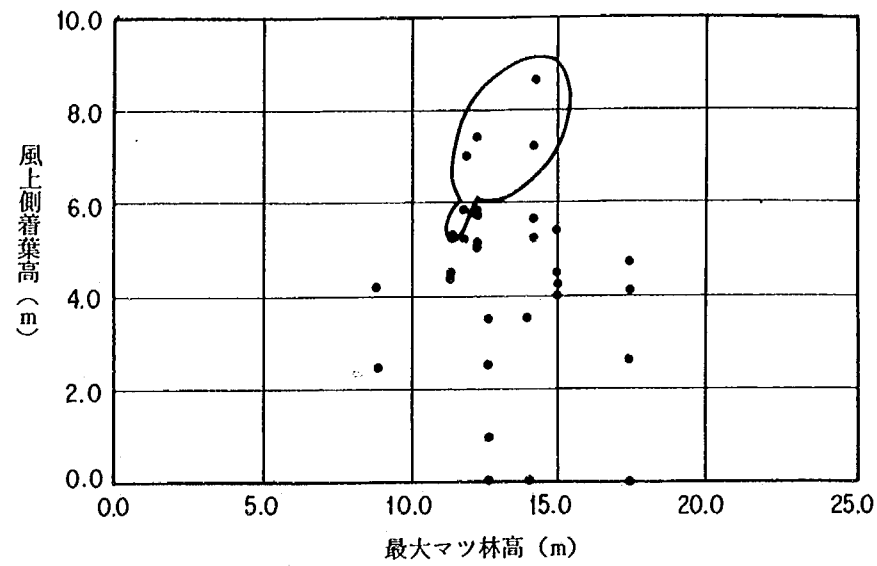
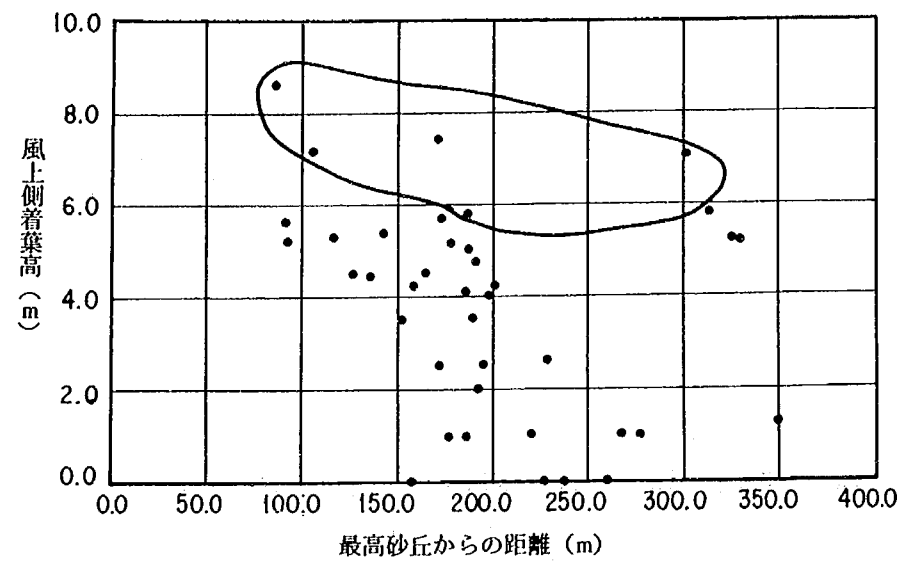
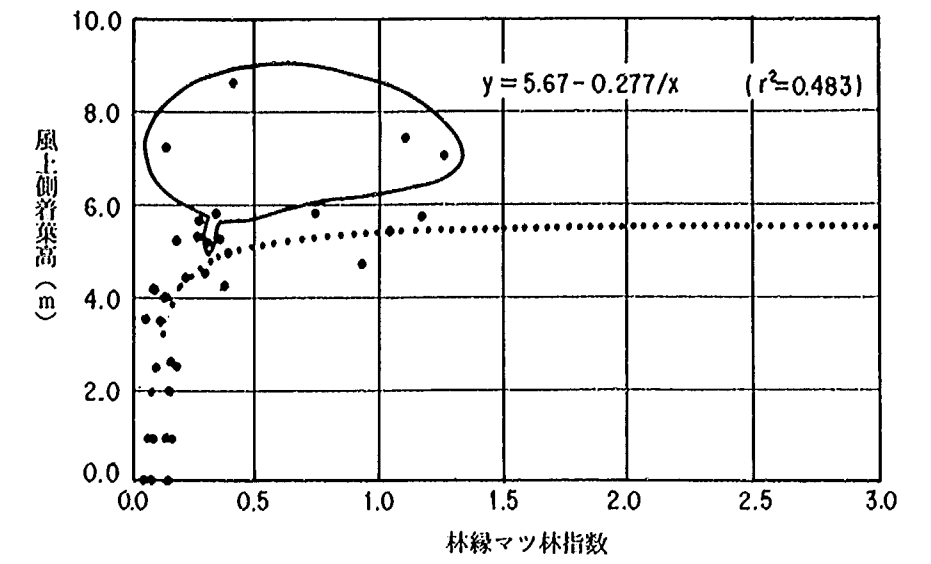
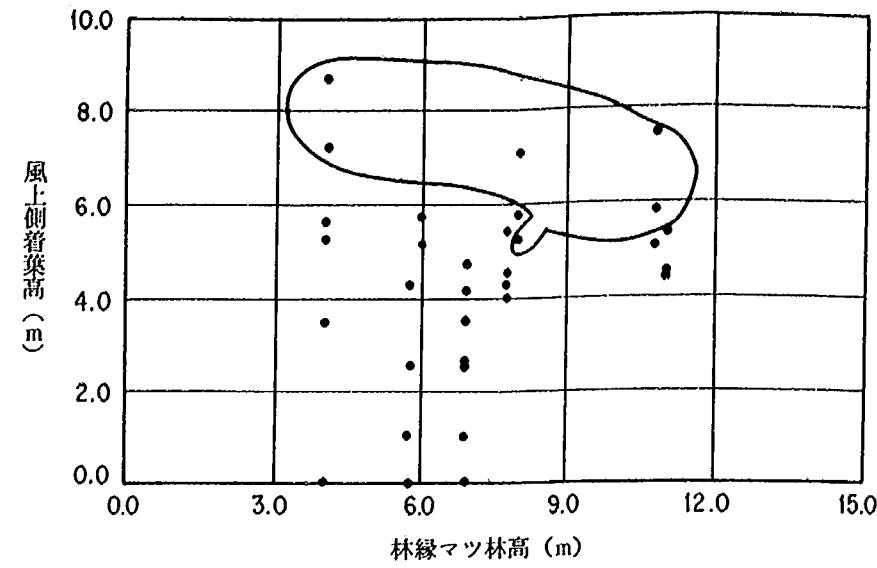
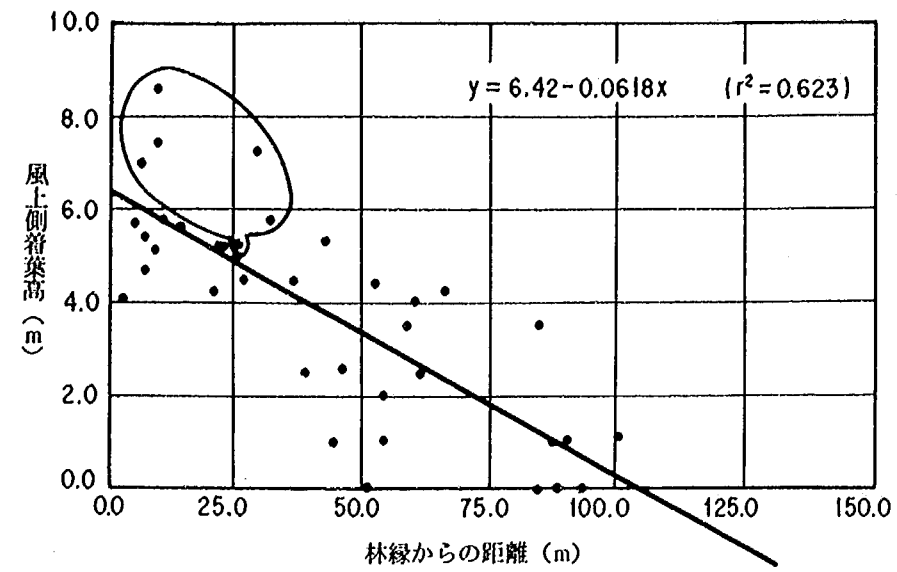
△; 一部の個体を除けば 0.4 以上

×; ほとんど相関がみられない

また相関の程度の大きい3つの指標について、図-3.31 (1)より以下のことが分かった。

① マツ林縁からの距離

マツ林縁からの距離と着葉高との関係は、直線で最も良く回帰され、その寄与率は $r^2 = 0.623$ であった。図-3.31 (1)においては、最も林縁から遠い個体は約 100m の位置にあり、この位置では回帰式によると着葉高は 1m 以下で、ほとんど着葉の無い状態であった。なお林縁からの距離が 84m の位置で着葉高が 3.5m と比較的高い個体は、南側のマツの枝の張出しによる防風効果の認められる個体であった。一方林縁からの距離が 30 ~ 70m の比較的中程度の距離にお

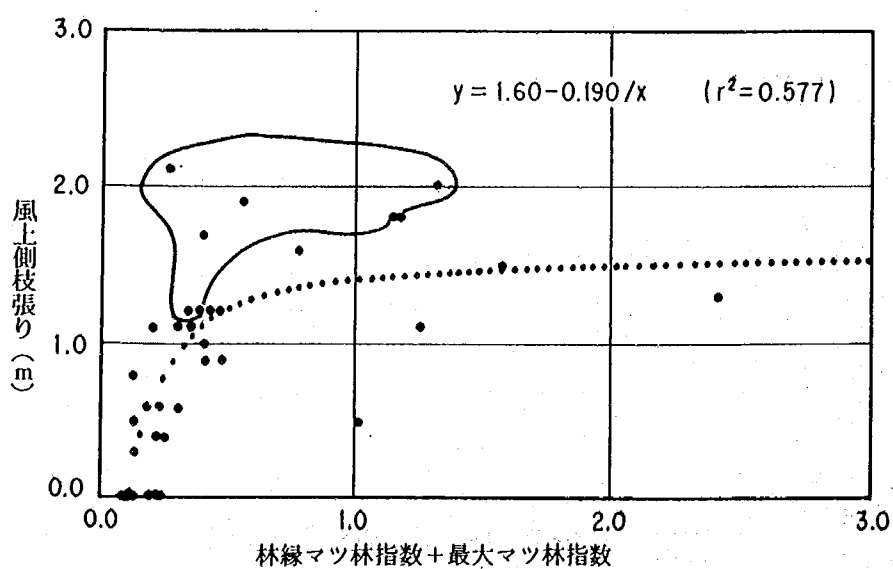
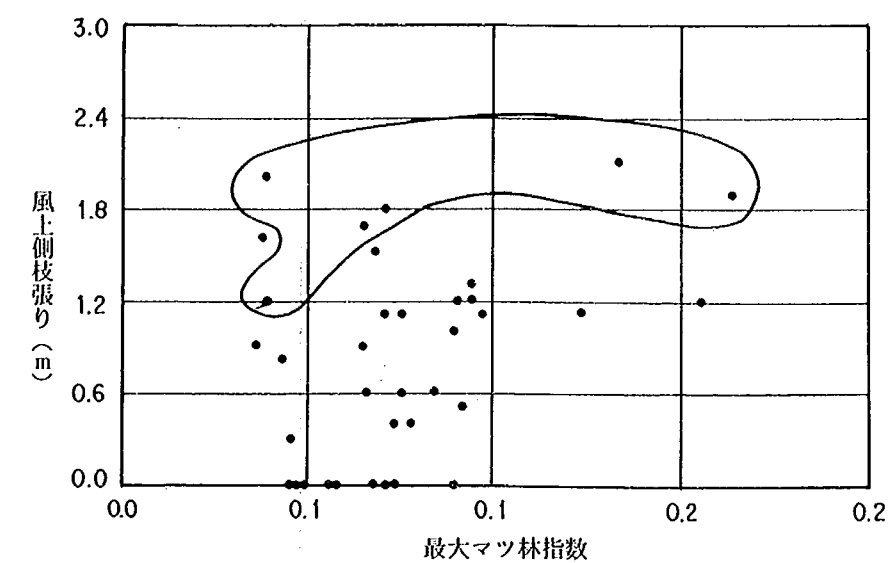
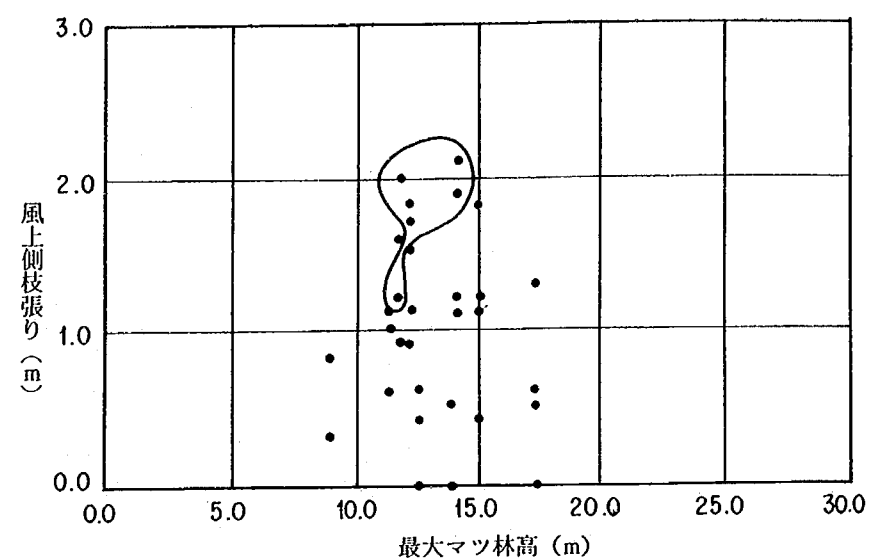
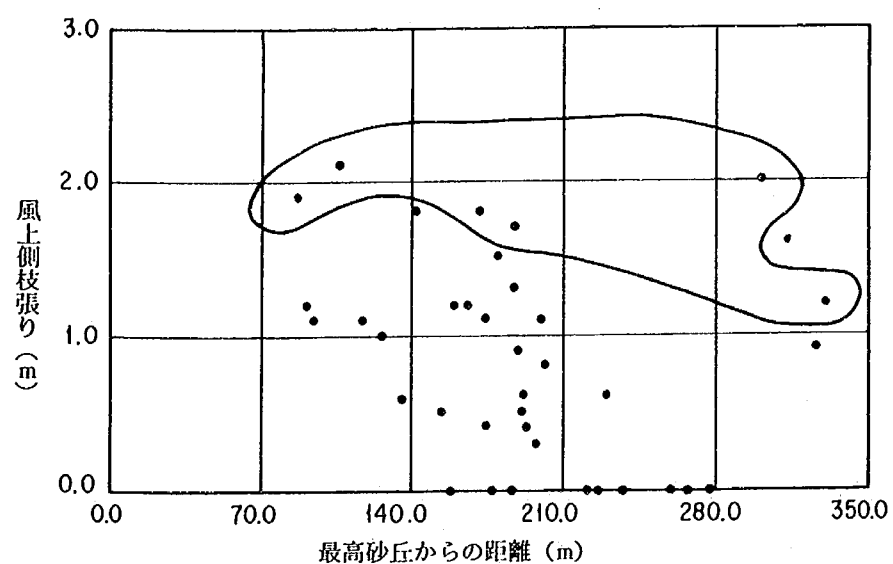
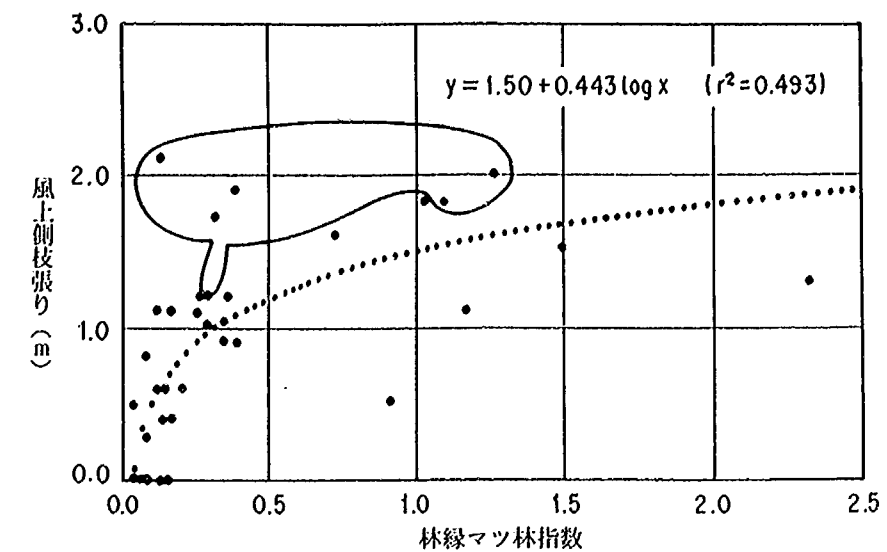
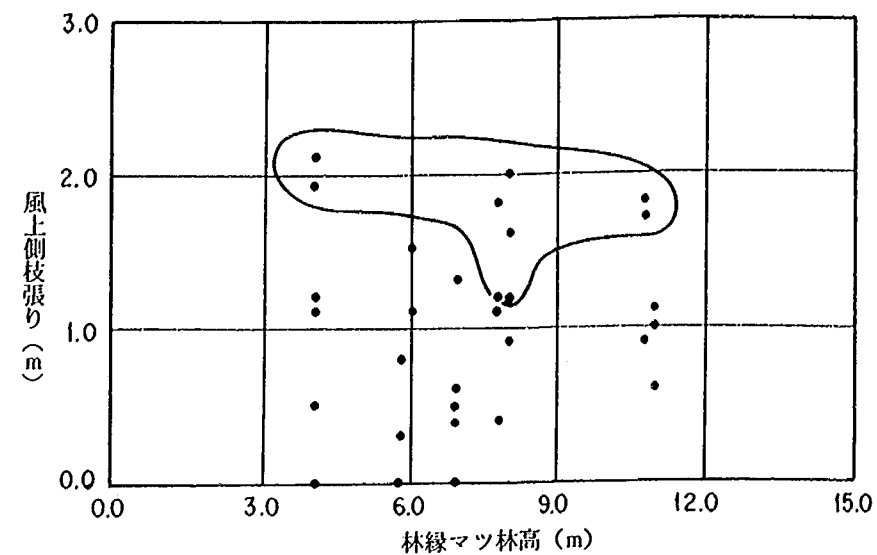
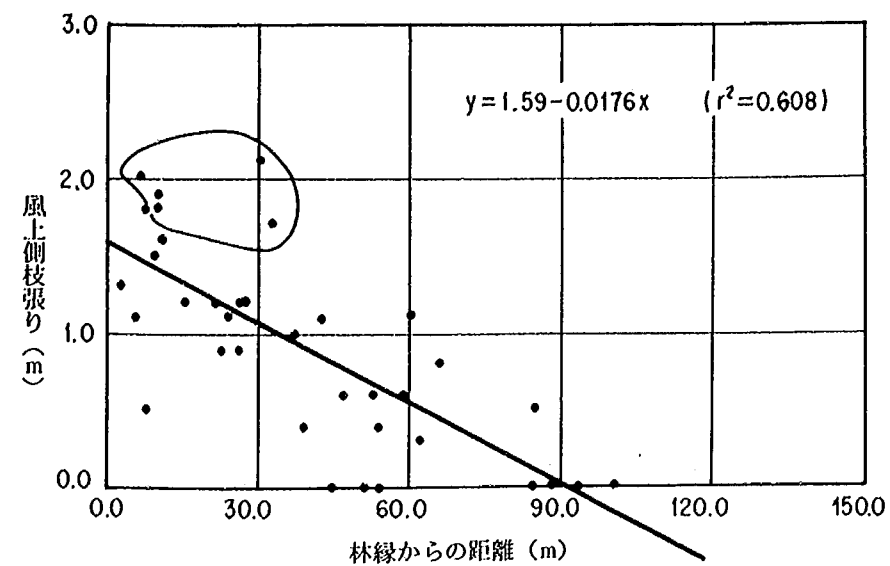


$$\text{林縁マツ林指数} = \frac{\text{林縁マツ林高}}{\text{林縁からメタセコイアまでの距離}}$$

$$\text{最大マツ林指数} = \frac{\text{最大マツ林高}}{\text{マツ林内の最高砂丘からメタセコイアまでの距離}}$$

注) 図中, ○で囲ったものは, 近くに植栽されているバラへの施肥による効果が見られるメタセコイア

図- 3.31 (1) 各指標と着葉高との関係



$$\text{林縁マツ林指数} = \frac{\text{林縁マツ林高}}{\text{林縁からメタセコイアまでの距離}}$$

$$\text{最大マツ林指数} = \frac{\text{最大マツ林高}}{\text{マツ林内の最高砂丘からメタセコイアまでの距離}}$$

注) 図中, ○ で囲ったものは, 近くに植栽されているバラへの施肥による効果が見られるメタセコイア

図- 3.31 (2) 各指標と枝張りとの関係

いて、回帰直線より上の個体は中部の東側の比較的閉鎖的な空間の個体であり、直線より下の個体は植栽地西部の比較的開放的な空間の個体であった。また着葉高が6 m以上の個体は、東部のバラ植栽地のものに限られており、土壌条件の影響が示唆された。

② 林縁マツ林指数

林縁マツ林指数と着葉高とは逆乗べき曲線で最も良く回帰されたが、その寄与率は $r^2 = 0.483$ であり、マツ林縁からの距離の場合よりも低い相関となった。図-3.31(1)を見ると、指数値が小さいにもかかわらず着葉高の高い個体が曲線との乖離が大きかった。これらの個体は付近に植えられたバラへの肥料がメタセコイアへ影響しているものと考えられる。またこのような個体の存在により、この曲線によって表される関係は、指数値が比較的低いところで、着葉高の増加の割合が著しいものとなっている。

③ 林縁マツ林指数+最大マツ林指数

林縁マツ林指数+最大マツ林指数と着葉高とは、林縁マツ林指数の場合と同様に、逆乗べき曲線で最も良く回帰され、その寄与率は $r^2 = 0.580$ で、林縁からの距離の場合と比べるとやや低かった。ただこの場合もバラ植栽地にある個体の乖離は大きかった。

以上のようにメタセコイアの着葉高は、大きくは風上側のマツ林縁からの距離により説明できるものの、マツ林の起伏状態や林縁マツ林高、あるいはメタセコイアの植栽場所や土壌条件により、値が異なることが示唆された。そこで以下において、これらを指標として用い、マツ林の状態による防風効果の違いについて把握を試みた。

2) 解析及びその結果

前節の検討結果より、マツ林縁からの距離と、砂丘によりカサ上げされた最大マツ林高及びそこまでの距離が防風効果に関係が深いと考えられる。そこで以下の解析においては、7つの指標のうち、マツ林縁からの距離、林縁マツ林指数、及び林縁マツ林指数+最大マツ林指数を用いて詳細に検討することにした。

はじめに植栽地全域について解析を行い全体の状況を把握し、次に西部区域と東部区域について解析を行った。

西部と東部における林縁マツ林高は実測に基づいて設定した。また東部については、バラ植栽地とそれ以外の地域では土壌（養分）条件が大きく異なるので、これらについては分けて検討を行った。

なお先の解析方法の検討の際には、メタセコイア着葉高と各植栽木の風上側の特徴的な地形とを関係付けたが、ここでは各個体の風上側の地形の状態をそのまま反映させてマツ林との関係を把握した。

(1) 全植栽木についての相関の状況

マツ林縁からの距離と着葉高との関係は直線で最も良く回帰されたが（図－3.32 (1)）、寄与率は $r^2 = 0.352$ と低かった。この場合の不偏分散の値は3.2であり、ある指標値のときの着葉高の値は3.2mの幅を持つことを示している。

また林縁マツ林指数+最大マツ林指数と着葉高との関係は逆乗べき曲線で最も良く回帰され（図－3.32 (2)）、その寄与率は $r^2 = 0.449$ となり、マツ林縁からの距離の場合よりも高い値となった。このことは着葉高はマツ林縁からの距離のみよりも、林縁マツ林指数+最大マツ林指数の要因との関係が大きいことを示している。

図－3.32においては、着葉高が6m以上の個体がほとんど含まれる東部区域では、回帰した線の上側に位置する個体が多かったのに対し、西部区域の個体は線の下側に多かった。一方中部の個体は20～100mの範囲で直線の両側に広がりばらつきが大きかったが、これにはバラ園保護のため設けられた防風ネットの影響が見受けられる。このように、場所によりマツ林縁からの距離と着葉高との関係に差異が認められた。

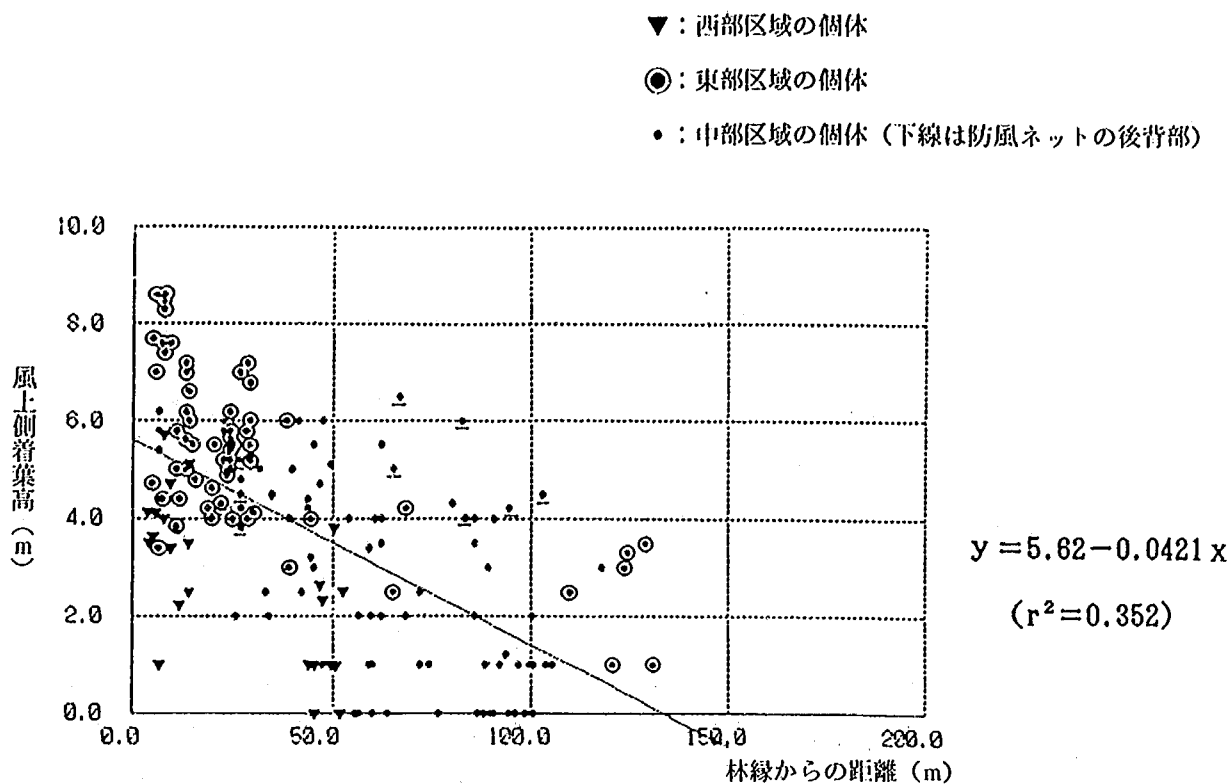


図- 3.32 (1) 林縁からの距離と風上側着葉高との関係（全植栽木）

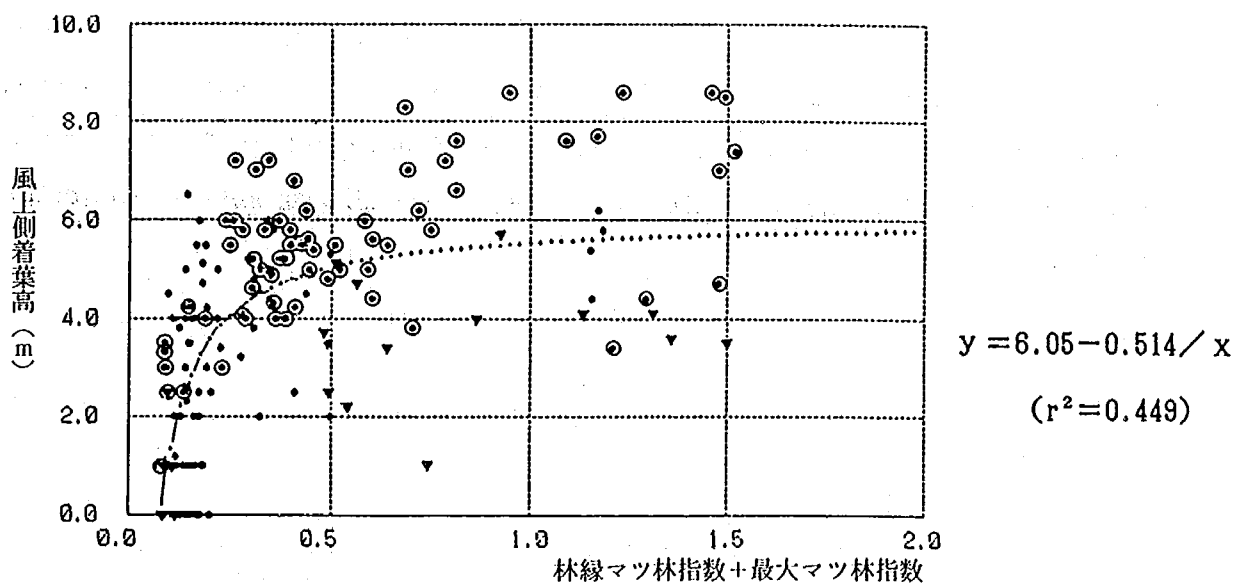


図- 3.32 (2) 林縁マツ林指数+最大マツ林指数と風上側着葉高との関係（全植栽木）

(2) 西部区域での相関の状況

西部区域においては、林縁マツ林高は4.5～7.5mの間にあり、平均5.7mであったが、メタセコイアに防風効果を及ぼすと考えられる風上側の林縁マツ林高については平均値を用いず、各個体にとって主風向の林縁マツ林高の値をそれぞれ求め、解析に用いた。一方マツ林内のライン調査によると樹高4m以上のマツの平均樹高は5.7m、コドラート調査によると同6.5mであったため、解析においては林内の樹冠高を近似的に一律6mに設定した。

なお西部区域のメタセコイアは、マツ林縁に近い部分（林縁からの距離が5～15m程度）とマツ林から離れた部分（林縁からの距離45～55m程度）とに分けることができた。林縁マツ林高が5m以下の所があり、林縁に近いにもかかわらず着葉高の低い個体があった。

マツ林縁からの距離と着葉高との関係は、直線で最も良く回帰されたが、寄与率は $r^2 = 0.459$ と低く、マツ林縁からの距離が同じでも着葉高は大きく異なっていた（図-3.33(1)）。また、林縁マツ林指数+最大マツ林指数に関しては、逆乗べき曲線で最も良く回帰され、寄与率は $r^2 = 0.449$ と、マツ林縁からの距離による場合と大きな差は無かった（図-3.33(2)）。これらのことから、この区域においては防風効果は主としてマツ林縁からの距離によって決まっており、最大マツ林高による差は少ないことが分かった。すなわち西部マツ林においては、最大マツ林高はメタセコイアの各個体から150～250mの所にあり、また林縁マツ林高より2m程度しか高くなく、この程度の高さ、距離では防風効果に与える影響はほとんど無いということである。

以上のように、西部区域においては林縁マツ林高4.5～7.5m（平均5.7m）、林内の有効な樹冠高4～7m、最高砂丘からメタセコイアまでの距離が150～250m、最大マツ林高9mのマツ林による防風効果は、林縁からの距離との関係が比較的大きく、またその効果の程度については、マツ林縁のすぐ横でも着葉高4m程度しか無く、林縁から40mでその半分の2m程度に減少した。さらに距離との関係では個体による差異が大きく、平均1.5m程度の変動があり、40mの所でも枯死した樹木も見られた。

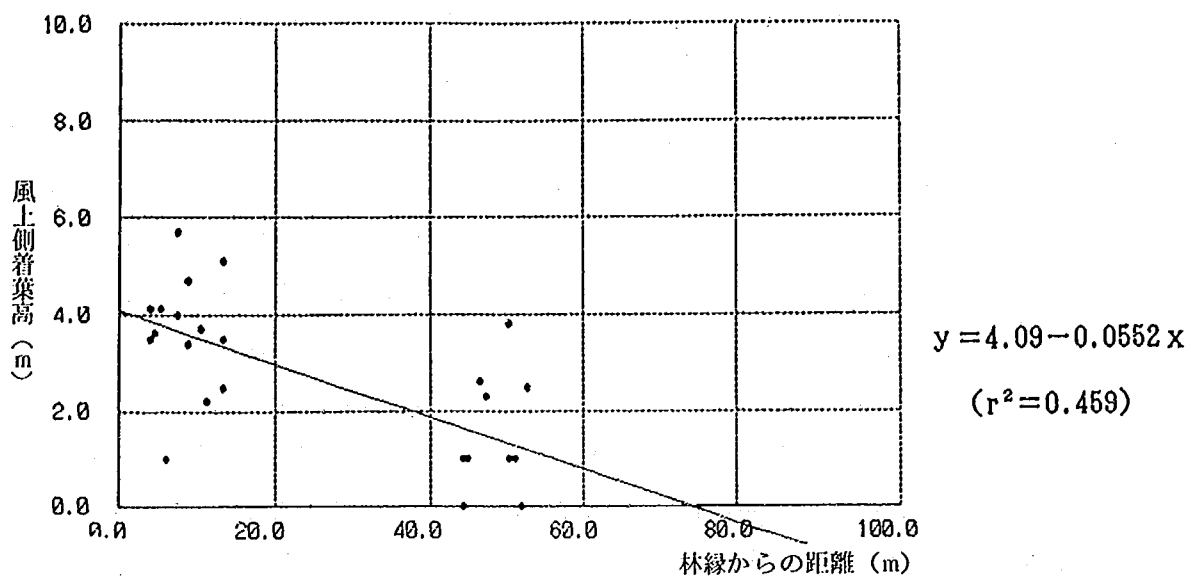


図- 3.33 (1) 林縁からの距離と風上側着葉高との関係 (西部区域)

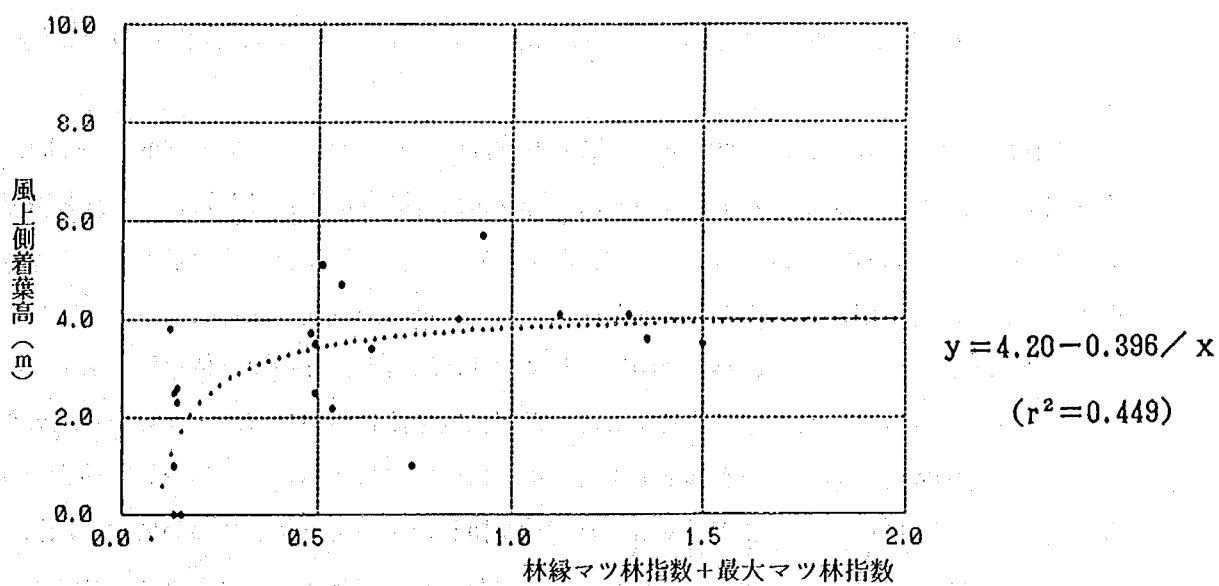


図- 3.33 (2) 林縁マツ林指数+最大マツ林指数と風上側着葉高との関係 (西部区域)

(3) 東部区域での相関の状況

① 林縁からの距離、最大マツ林高、最高砂丘からの影響

東部区域においては、林縁マツ林高は 5.0～10.8 m の間 (平均 7.2 m) にあり、西部区域と同様メタセコイアに防風効果を持つと考えられる風上側の林縁マツ林高については平均値を用いず、各個体の主風向の林縁マツ林高の値をそれぞれ求め、解析に用いた。一方、マツ林内のライン調査によると、樹冠を構成すると考えられる 6 m 以上の樹木の平均樹高は 7.5 m、コドラート調査によると同 8.2 m であり、したがって解析では林内のマツ林の樹冠高を近似的に一律 8 m に設定した。また東部区域においては、多量の施肥がなされているバラ植栽地と、客土のみが施されているそれ以外の部分とに分けた場合についても検討を行った。

マツ林縁からの距離と風上側着葉高との関係は (図- 3.34 (1)～(3))、東部区域の全個体は指数曲線で最も良く回帰され、寄与率 $r^2 = 0.557$ となり、バラ植栽地にあるメタセコイア (以下「バラ植栽地メタセコイア」という) については、直線で最も良く回帰され、寄与率 $r^2 = 0.168$ 、客土のみのメタセコイア (以下「客土メタセコイア」という) については指数曲線で最も良く回帰され、寄与率は $r^2 = 0.602$ となった。

これらのことから東部区域においては、客土メタセコイアについてはマツ林縁からの距離との関係が深いものの、バラ植栽地メタセコイアについては林縁からの距離との関係は小さいことが分かった。ただ東部区域全体として見ると、マツ林縁からの距離との関係は、客土メタセコイアの場合ほどではないが、比較的大きいと言える。なおバラ植栽地メタセコイアについてマツ林縁からの距離と着葉高との関係を見ると、林縁から 5～10 m の所にある大部分の個体は着葉高が 7～8 m 程度、25～30 m の所にある個体は 4～7 m 程度であり、距離との関係が認められた。

一方林縁マツ林指数+最大マツ林指数と風上側の着葉高との関係は (図- 3.35 (1)～(3))、東部区域全体及び客土メタセコイアについては、対数曲線で最も良く回帰され、それぞれ寄与率 $r^2 = 0.503$ 、 $r^2 = 0.688$ となり、またバラ植栽地メタセコイアについては逆乗べき曲線で最も良く回帰され、寄与率 $r^2 = 0.130$ となった。

したがって着葉高をマツ林縁からの距離と関係付けた場合と、林縁マツ林指数+最大マツ林指数によって関係付けた場合とで比較すると、東部区域全体については、マツ林縁からの距離とより大きく関係しており、また客土メタセコイアについては、林縁マツ林指数+最大マツ林指数とより大きく関係していると言える。ただバラ植栽地メタセコイアについては、両指標ともに寄与率は低くこれらとの相関は小さかった。しかしここでは客土メタセコイアに比べて、指標値の比較的低い所で高い着葉高が示されたことから、マツ林の条件が同一の場合客土メタセコイアより着葉高が高くなることが考えられる。

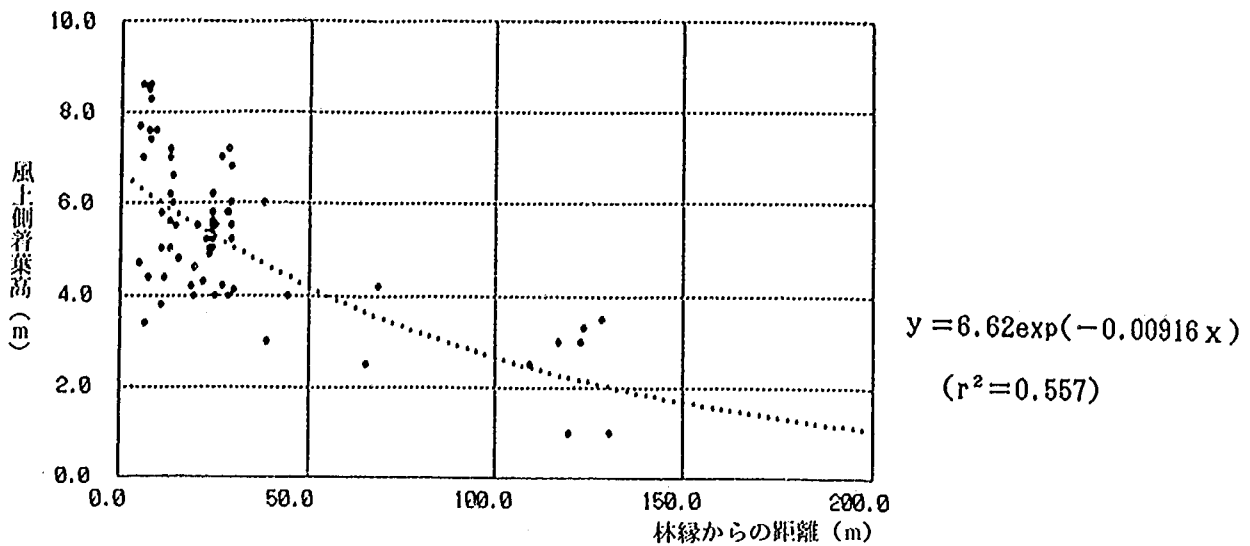


図- 3.34 (1) 林縁からの距離と風上側着葉高との関係 (東部区域, 全植栽木)

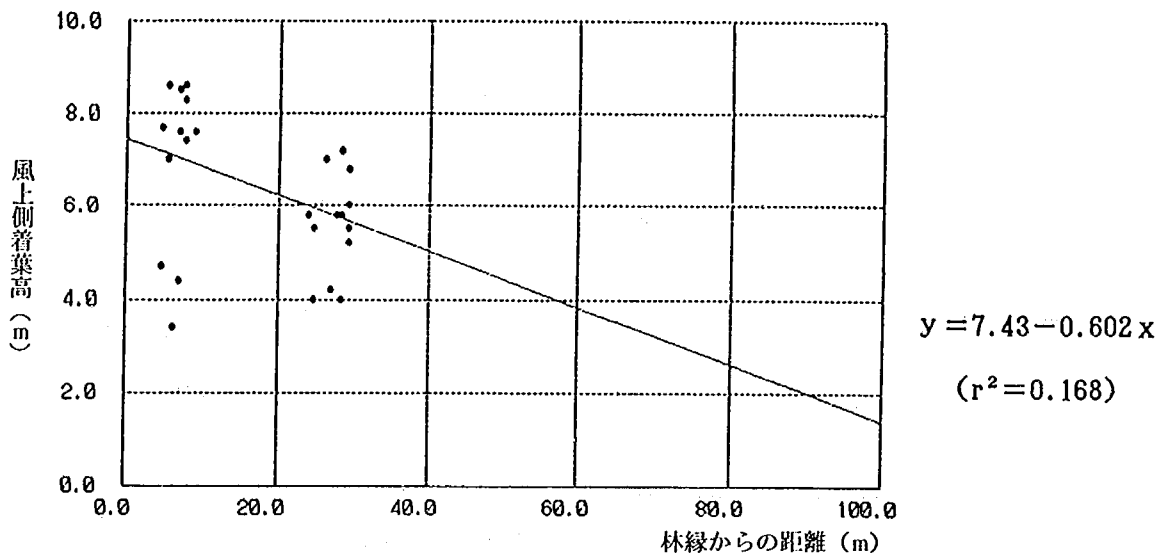


図- 3.34 (2) 林縁からの距離と風上側着葉高との関係 (東部区域, バラ植栽地)

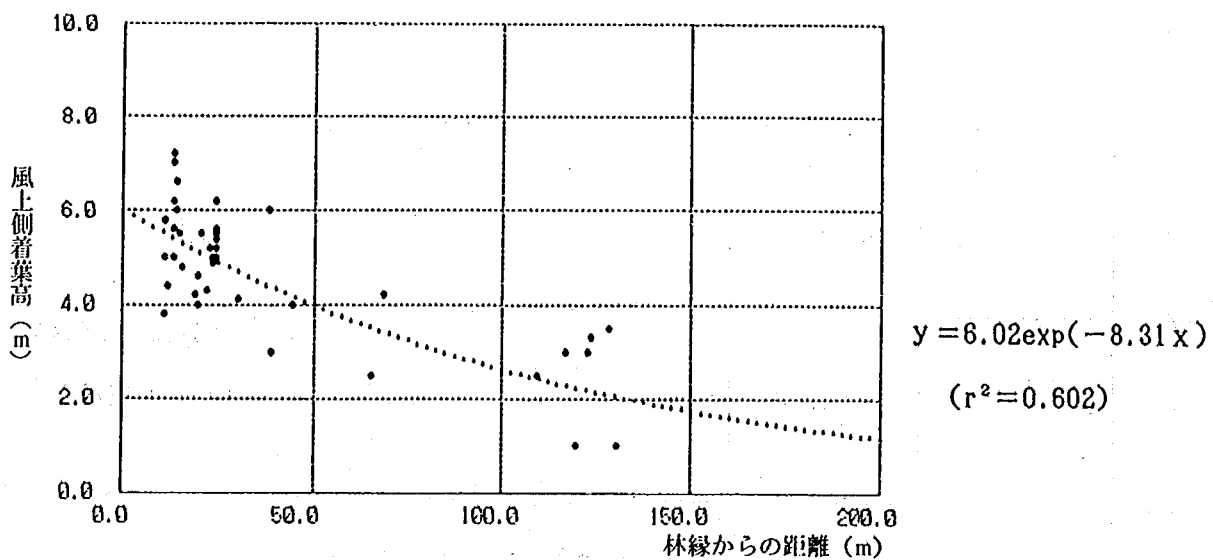


図- 3.34 (3) 林縁からの距離と風上側着葉高との関係 (東部区域, 客土)

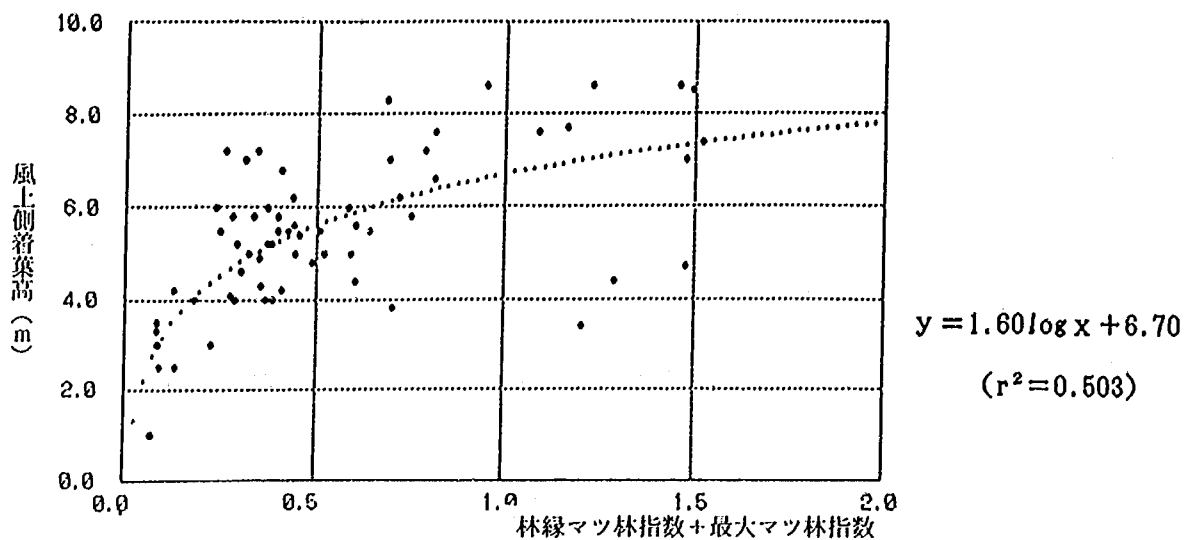


図- 3.35 (1) 林縁マツ林指数+最大マツ林指数と風上側着葉高との関係 (東部区域, 全植栽木)

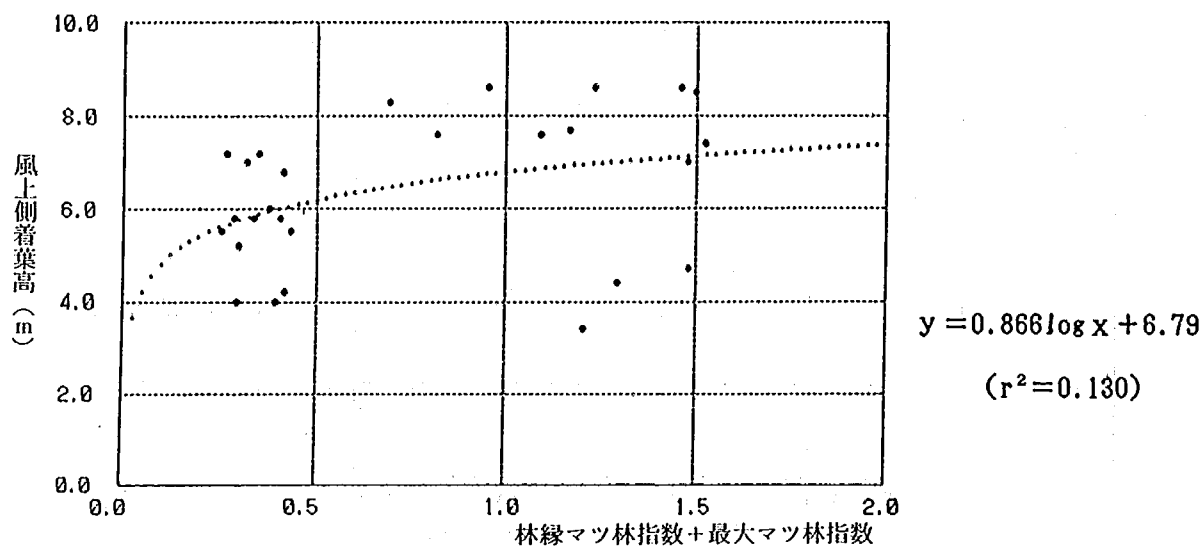


図- 3.35 (2) 林縁マツ林指数+最大マツ林指数と風上側着葉高との関係 (東部区域, バラ植栽地)

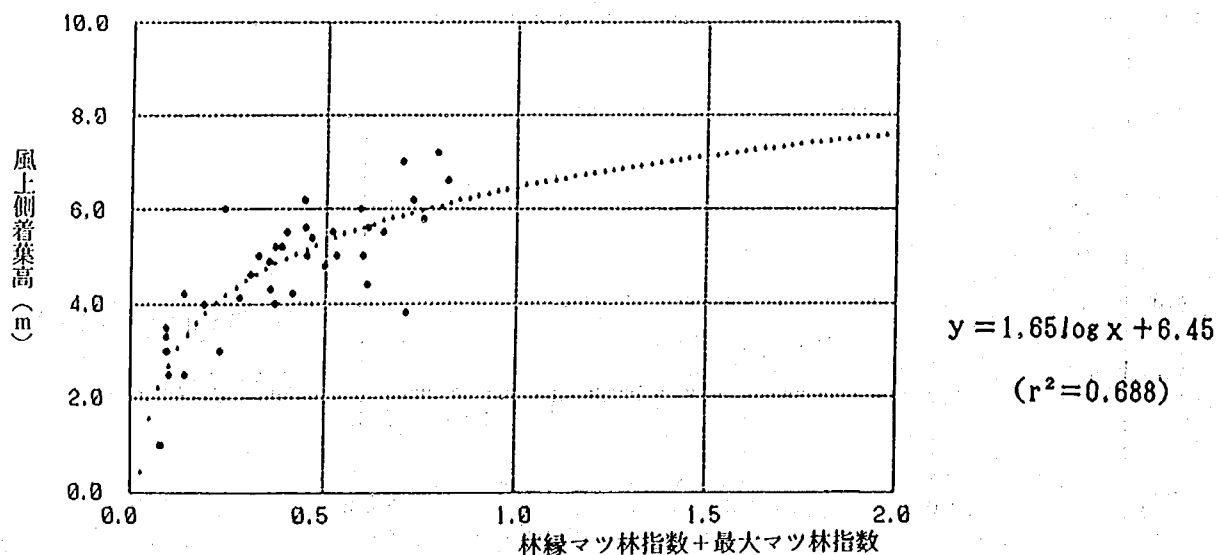


図- 3.35 (3) 林縁マツ林指数+最大マツ林指数と風上側着葉高との関係 (東部区域, 客土)

② 効果のある最高砂丘からの距離の範囲

次に最大標高40mの当地域において、マツ林内の最高砂丘が、どのくらい離れた所にあるメタセコイアまで効果を及ぼすことができるかについて検討した。

先に行った西部区域での検討より、メタセコイアから150～250m以上離れ、林縁マツ林高との差が2m程度の最大マツ林高は、ほとんど防風効果の無いことが示された。

そこでここでは、メタセコイアからの距離が200m以内の最大マツ林高との関係を調べた。すなわち林縁マツ林指数+最大マツ林指数を、メタセコイアから200m以内の林内にある最大マツ林高に関して求め、そのメタセコイアの着葉高と関係付けた。なおこの指標の表現を、「林縁マツ林指数+最大マツ林指数(200)」とする。

林縁マツ林指数+最大マツ林指数(200)＝

$$\frac{\text{林縁マツ林高}}{\text{マツ林縁からメタセコイアまでの距離}} + \frac{\text{メタセコイアから200m以内の最大マツ林高}}{\text{メタセコイアから200m以内の最大マツ林高までの距離}}$$

この関係付けにおいて(図-3.36(1)～(3))、東部区域全体については数次曲線により最も良く回帰され、寄与率は $r^2 = 0.568$ ，バラ植栽地については逆乗べき曲線により最も良く回帰され、寄与率は $r^2 = 0.134$ ，客土のみの植栽地については対数曲線により最も良く回帰され、寄与率は $r^2 = 0.730$ となった。いずれもより標高が高い200m以遠にある最大マツ林高を優先させた場合よりも、寄与率は高くなった。このことから、この区域では防風により有効な最大マツ林高は、メタセコイアから200m以内の所にある方が効果が高いことが確認できた。

以上のことから次のことが言える。東部区域においては、林縁の樹高2.5～12m、林内の有効樹冠高3～9m、メタセコイアからの距離が200m以内の最大マツ林高16m、林縁マツ林高7.2mのマツ林による防風効果は、林縁からの距離のみならず、最大マツ林高やそこまでの距離等にも影響された。さらにこの関係は、バラ植栽地のように施肥を行った場合、より遠い所で着葉高が高くなる方向へシフトした。またその効果の程度については、バラ植栽地にある場合は林縁のすぐ横で7m、40mの所で5mの着葉高が見られたが、客土のみの所では林縁のすぐ横で6m、40mの所では4.5m程度と多少低下した。

なお図-3.37に、対象地全域に関する防風効果に有効と考えられる最大マツ林高の位置を示す。

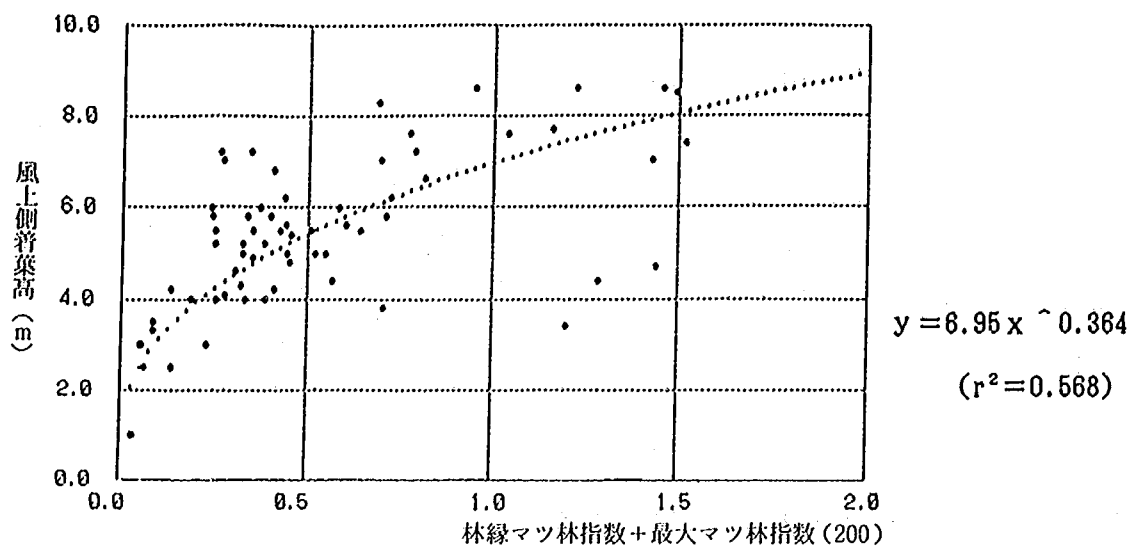


図- 3.36 (1) 林縁マツ林指数+最大マツ林指数(200)と風上側着葉高との関係(東部区域, 全植栽木)

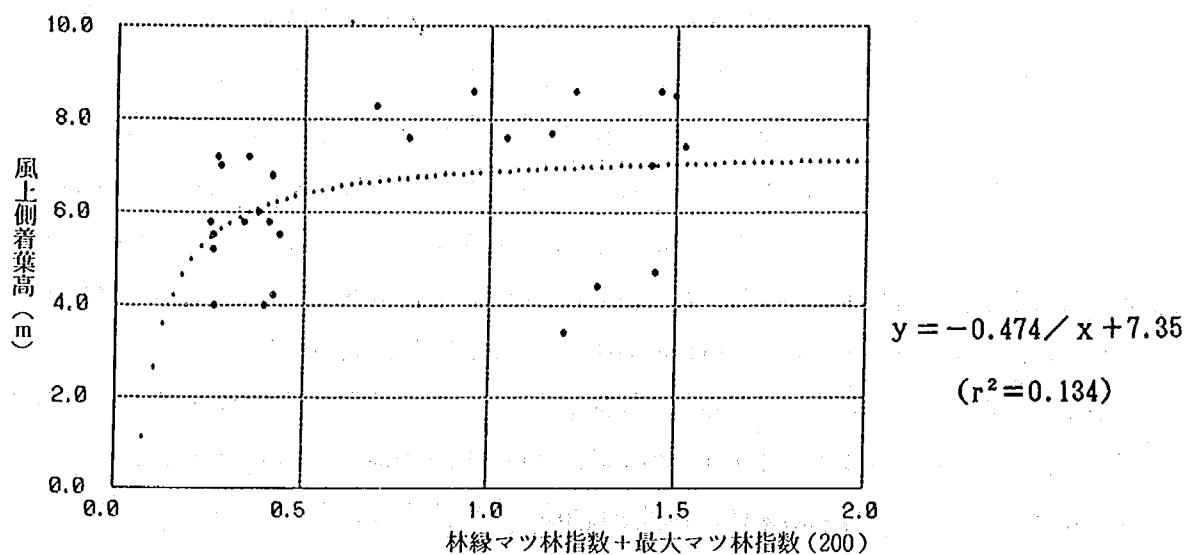


図- 3.36 (2) 林縁マツ林指数+最大マツ林指数(200)と風上側着葉高との関係(東部区域, バラ植栽地)

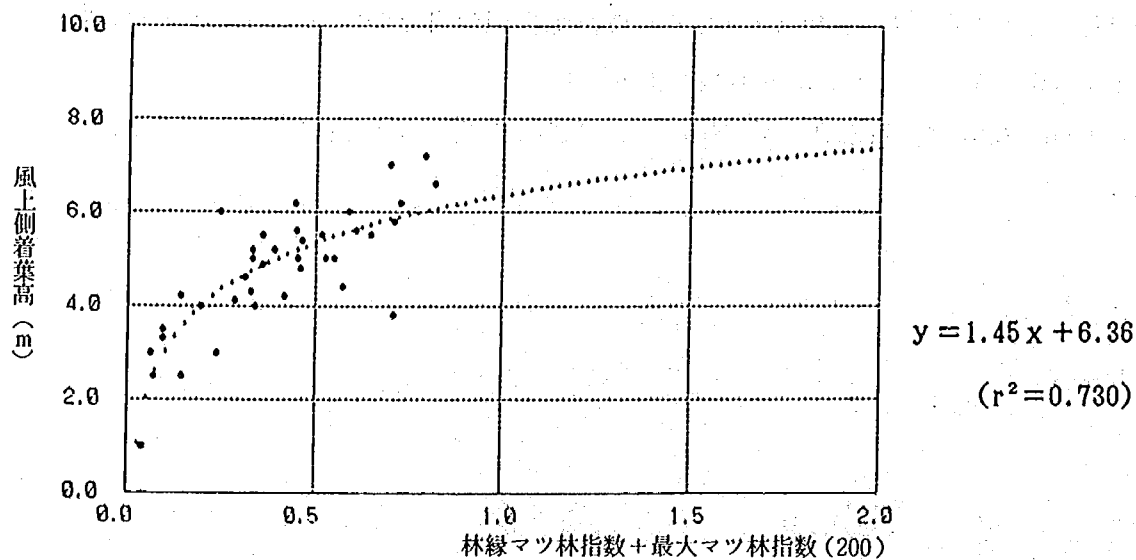
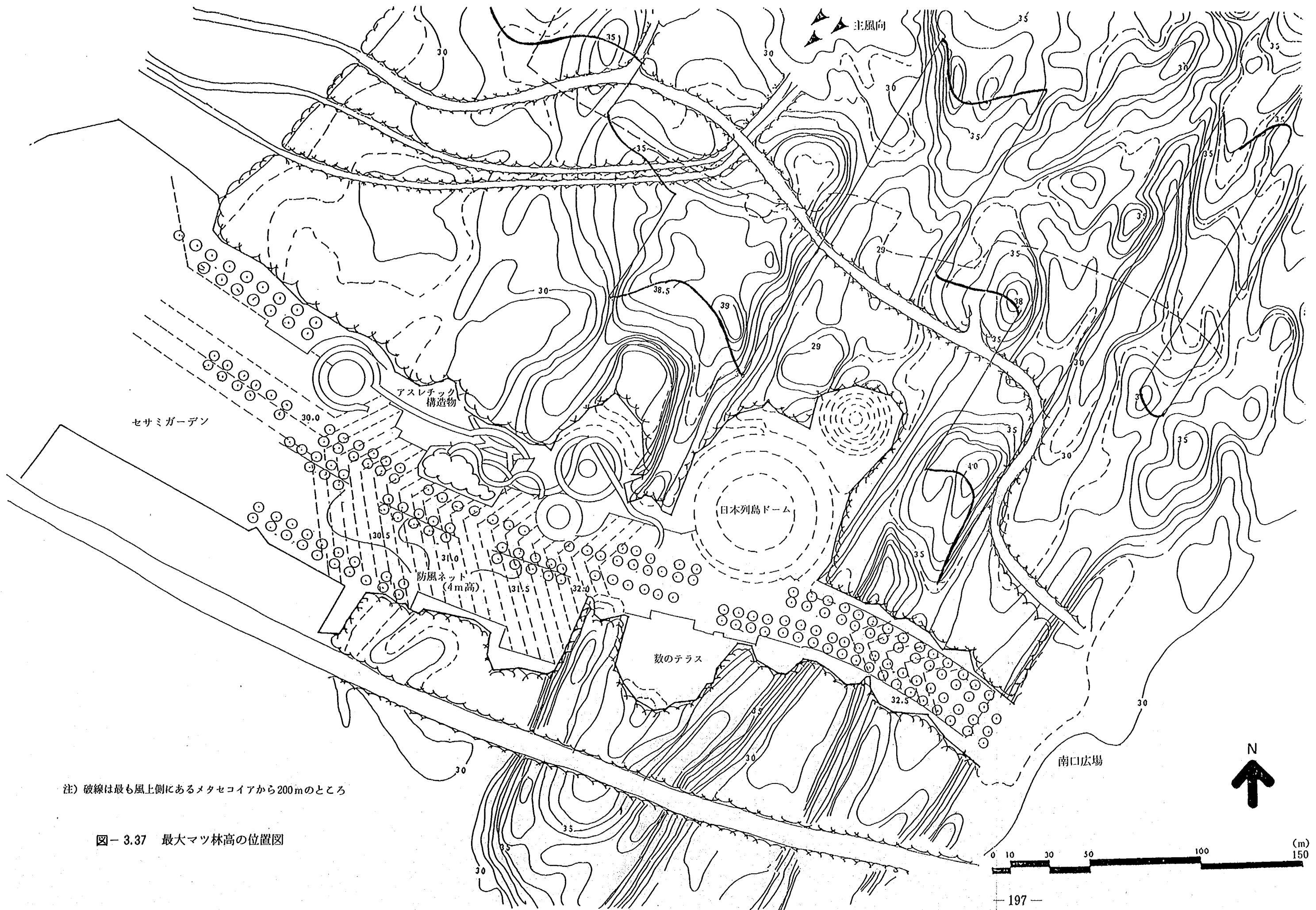


図- 3.36 (3) 林縁マツ林指数+最大マツ林指数(200)と風上側着葉高との関係(東部区域, 客土)



(4) 林縁マツ林高と着葉高との関係

これまで比較的マクロな視点からマツ林と着葉高との関係を調べてきたが、マツ林縁に非常に近い所では、林縁マツ林高により着葉高が異なってくることが考えられる。そこで西部区域、東部区域について、マツ林縁から30m以内の比較的近い所にあるメタセコイアの着葉高と林縁マツ林高との相関を調べることにより、林縁マツ林高と着葉高との関係の見られる林縁からの距離の把握を試みた。

① 西部区域における林縁マツ林高と着葉高との関係

西部区域においてはメタセコイアはマツ林縁から風下側に列状に植栽され、林縁に近い方から、第1列(マツ林縁からの距離4~8m)、第2列(同9~14m)として、林縁マツ林高と着葉高との関係を見てみると、図-3.38(1)、(2)のような状況となった。

メタセコイアの個体のうち、樹冠が偏平なマツ林縁の風下にある個体を除いて回帰すると、第1列では寄与率 $r^2 = 0.939$ 、第2列では $r^2 = 0.509$ となり、第1列において高い相関が示された。

これによると西部区域においては、林縁からの距離が14mの範囲では着葉高は林縁マツ林高に影響を受け、林縁からの距離が8mまでの所では、林縁マツ林高が7mのとき着葉高6m、林縁マツ林高が5mのとき着葉高2m、林縁からの距離が14mまでの所では、林縁マツ林高が7mのとき着葉高5m、林縁マツ林高が5mのとき着葉高2mの高さとなり、林縁マツ林高の高い所で、距離による着葉高の違いも示された。

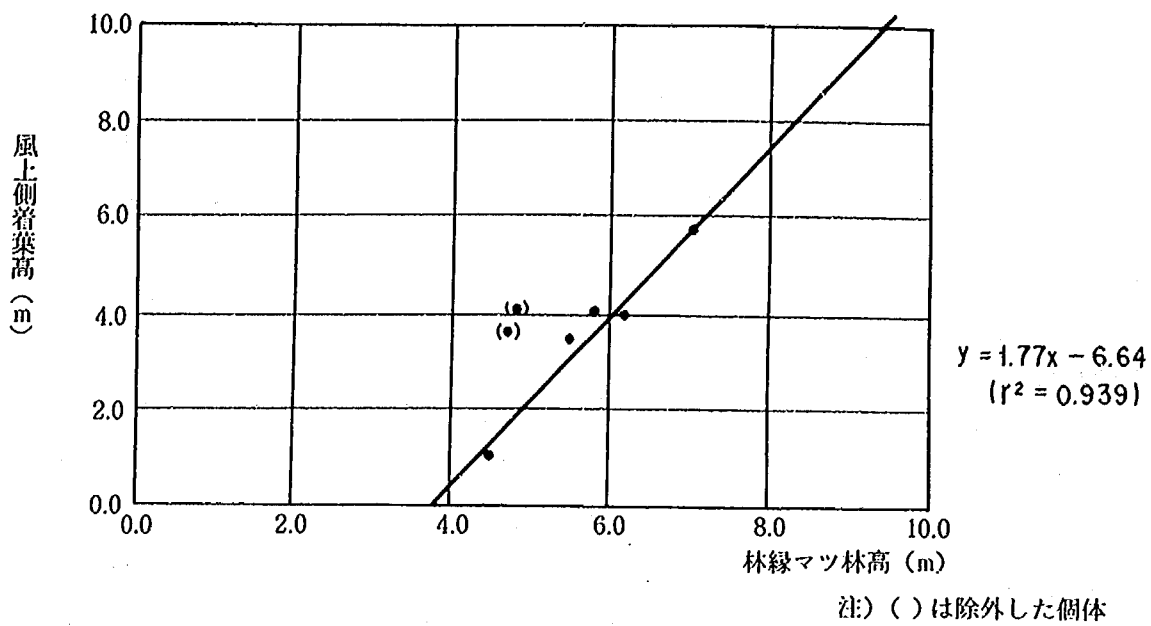


図- 3.38 (1) 林縁マツ林高と風上側着葉高との関係 (西部区域, 林縁からの距離4~8m)

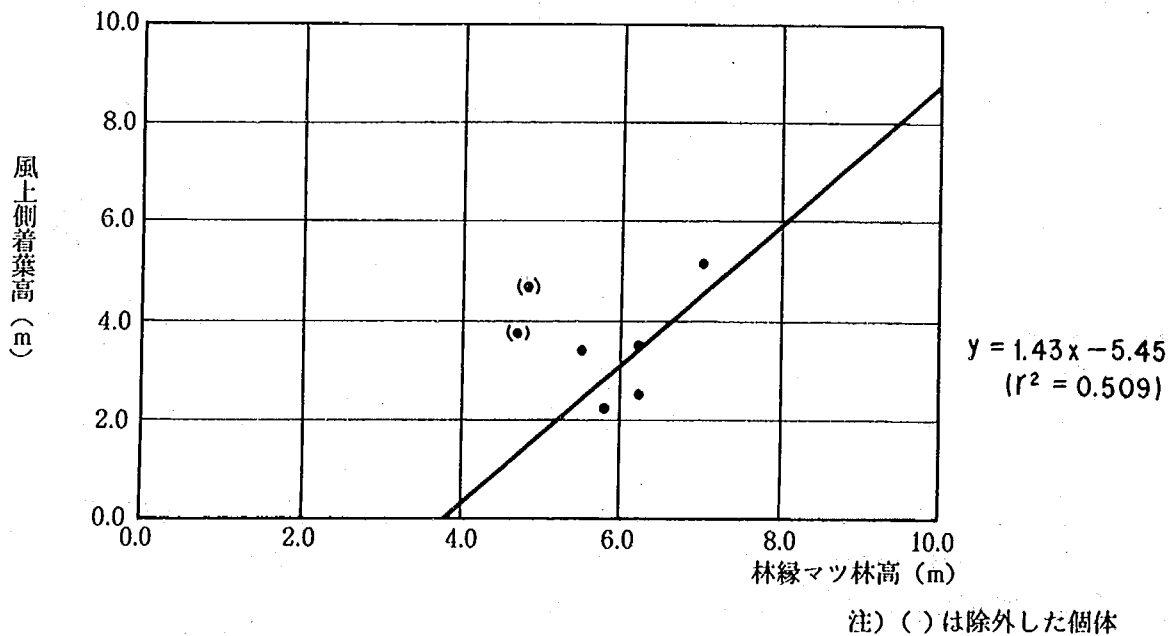


図- 3.38 (2) 林縁マツ林高と風上側着葉高との関係 (西部区域, 林縁からの距離9~14m)

② 東部区域における林縁マツ林高と着葉高との関係

東部区域においてはメタセコイアはマツ林縁から風下側に列状に植栽され、林縁に近い方から、第1列（マツ林縁からの距離5～10m、バラ植栽地；肥料多）、第2列（同10～15m、客土のみ）、第3列（同20～25m、客土のみ）として、林縁マツ林高と着葉高との関係を見てみると、図－3.39(1)～(3)のような状況となった。

これによると第1列、第3列においては、大部分のメタセコイアは林縁マツ林高に関係なく、着葉高は第1列では8m前後、第3列では4～6mの範囲にあったが、第2列においては、2つの部分に分かれるものの明確な比例関係が認められた。すなわち東部区域においては、客土植栽地の場合林縁からの距離が15mの範囲では着葉高は林縁マツ林高に大きく影響を受け、この区域の西側では林縁マツ林高が9mのとき着葉高8m、林縁マツ林高が5mのとき着葉高5m、東側では林縁マツ林高が9mのとき着葉高7m、林縁マツ林高が5mのとき着葉高3mの高さとなることが示された。

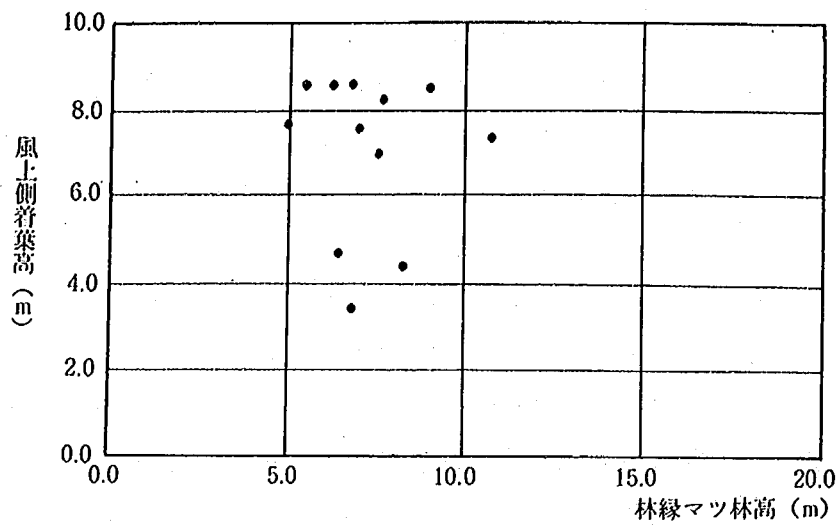


図- 3.39 (1) 林縁マツ林高と風上側着葉高との関係 (東部区域, 林縁からの距離5~10m)

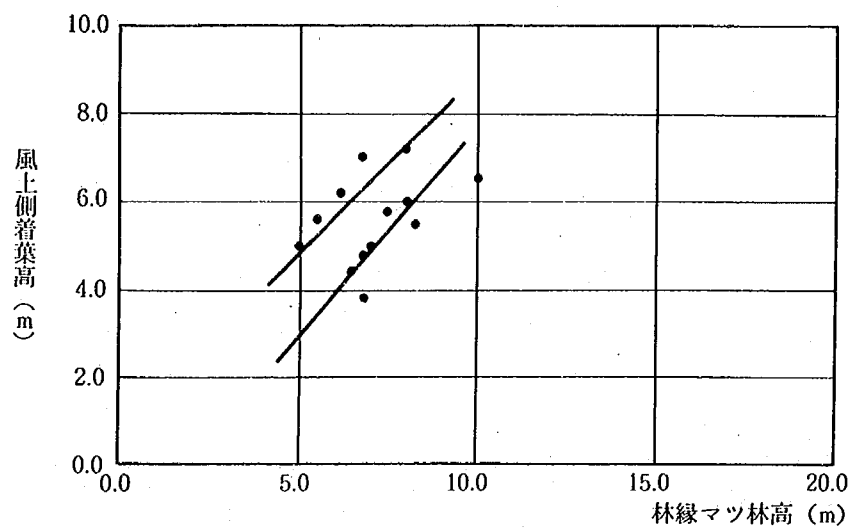


図- 3.39 (2) 林縁マツ林高と風上側着葉高との関係 (東部区域, 林縁からの距離10~15m)

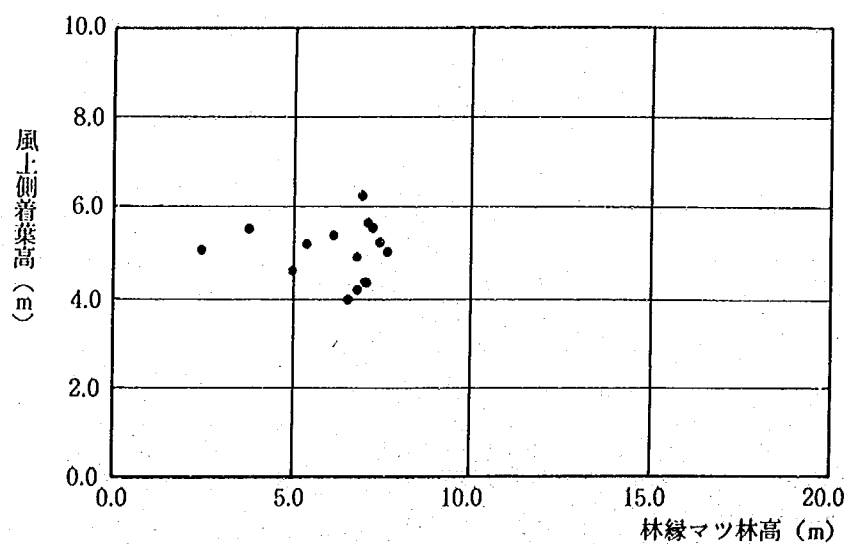


図- 3.39 (3) 林縁マツ林高と風上側着葉高との関係 (東部区域, 林縁からの距離20~25m)

5.4 防風林による効果から見た植栽木適正配置の考え方

1) マツ林縁からの距離と生育の可能性

本公園の防風林は、北東方向からの風に対し、少なくとも幅 150 m、樹高 6 m 以上、場所によっては植栽地の標高より 10 m 以上標高の高い、比較的うっ閉したマツ林であり、これによる防風効果が期待された。しかし当地においては、マツ林の防風効果は内陸性の高木等にとっては十分とは言えず、植栽後 4 年ほどの間に多くの樹木が春～秋の海側からの風等により生育障害を受け、枯死した樹木も多かった。そこでマツ林の持つ防風効果を、最も被害の大きい樹種の一つであるメタセコイア（規格：樹高 8 m、枝張り 1.5 m）を対象として具体的に把握し、植栽木の健全な生育を図っていくための条件の検討を試みた。

メタセコイアは多くの個体で風上側上部の着葉が少なく、マツ林の防風効果をこの状態と関係付けることにより検討した。得られた知見については下の①～④のようにまとめることができる。

今後の植栽においてはこれらの関係に配慮し、これまでの調査結果とも合わせ、マツ林と植栽木の生育との関係に留意して樹木を育成していくことが望まれる。

- ① メタセコイアの風上側の着葉高がマツ樹高の $1/2$ になるのは、林縁からの距離が樹高の 3～5 倍の所であった。

林帯幅 150 m 以上、樹高 6～12 m のマツ林の防風効果は、主に林縁からの距離に比例して小さくなった。林縁からの距離が樹高の 3 倍（樹高 6 m のとき）～5 倍（樹高 8 m のとき）程度の所では、メタセコイアは上部 $1/2$ には着葉が無かった。また同一の樹木でも、風下側は風上側より着葉高はほぼ 1 m 高く、枝張りは 0.5 m ほど長かった。

- ② 東部では林縁から 50 m の所で 3 m まで着葉するが、西部では 40 m で生育不能となった。

マツ林の防風効果の及ぶ林縁からの距離の範囲は、マツ林の樹冠高、地形、うっ閉状態によって異なり、東部、中部、西部の順に大きかった。樹冠高 8 m 程度の東部では、50 m の所でも 3 m まで着葉するが、樹冠高 6 m 程度の西部では 40 m で着葉高が 2 m 以下となり、事実上生育不能となった。

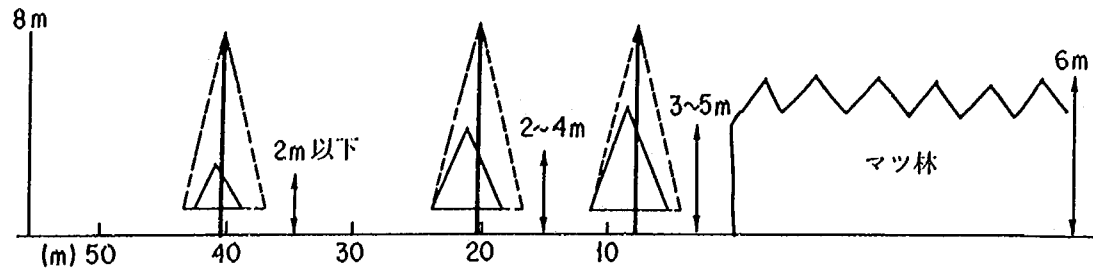
- ③ 林縁の直近でも、着葉高は林縁マツ林高より 1～3 m 低下した。

マツ林の防風効果の及ぶ高さの範囲は、林縁の高さよりも低い範囲であり、林縁から 5～10 m の所でも着葉高は林縁マツ林高より 1～3 m 低かった。ただし、マツ林内に砂丘がありマツ林の高さがかさ上げされた場合には、風上側着葉高の範囲はより高くなった。例えば、植栽面より 10 m 高い地表面のマツ林が、林内 70 m の所にある場合には、林縁から 5～10 m の距離のメタセコイアの風上側着葉高は 1 m 程度高くなった。ただし、このような防風効果が期待できる砂丘は、メタセコイアから遠くても 200 m 以内の所ないと効果がはっきりしなかった。

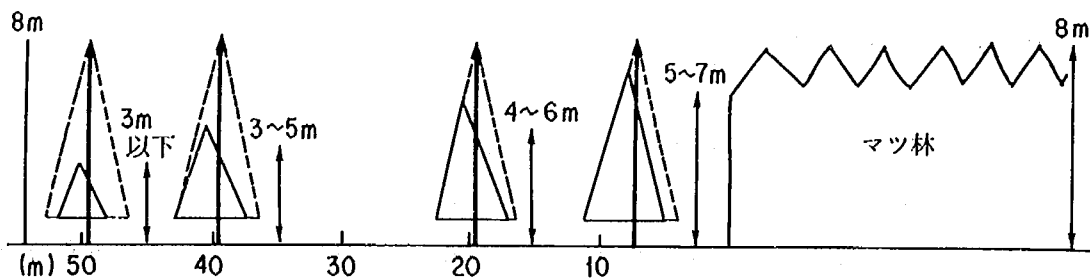
- ④ 施肥により風に対する抵抗力が高くなった。

調査対象とした多くのメタセコイアは、植樹に植栽されており客土量も少なく、施肥も不十分であったが、バラ植栽地ではバラへ施用された肥料により、メタセコイアの生育が著しく好転し

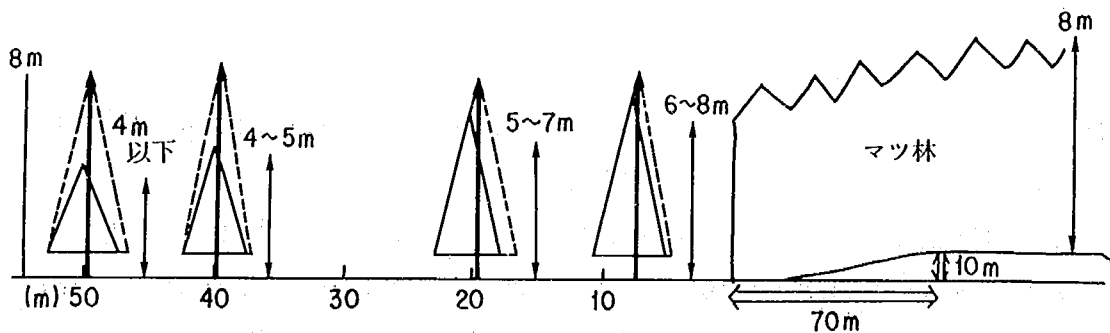
ていた。林縁から10mの範囲では、着葉高を2～1.5m、同20mでは1m程度高める効果があり、近いほど施肥の効果は大きかった。



(1) セサミガーデン西部地域のメタセコイアの生育状況



(2) セサミガーデン東部地域（砂丘なし）のメタセコイアの生育状況



(3) セサミガーデン東部地域（砂丘あり）のメタセコイアの生育状況

図－ 3.40 防風林の防風効果

2) より適正な修景植栽に向けて

メタセコイアは内陸性の樹種で、海浜環境においては生育適性のかかなり低い樹種である。したがって、この樹種のような内陸性の高木は当地域では生育不良となり易く、できるだけ使用を控えることが望ましい。他の海浜性の樹種についてはより厳しい環境でも比較的良好な生育が期待できるものの、そのような樹種に対しても当地域の開放的場所での環境は厳しく、多大な注意が必要とされる。

今回防風効果を検討したマツ林については、今後オートキャンプ場の設置等樹林内の活用が予定されている。しかし、セサミガーデンへの防風効果の観点からすると、数10mに渡るようなマツ林の伐開は避け、できるだけマツ林を残し、育成していくことが望まれる。特に、砂丘上のマツ林は防風効果が高く、極力、保護・育成に努めるべきである。また、マツ林の美観を向上させるため、

マツ林内の間伐，下刈りが行われているが，防風林としての機能を果たすためには，樹冠投影面積の割合をある程度（50％程度）以上確保することが望まれる。例えば，セサミガーデン西部の風上側のマツ林では，間伐により樹冠投影面積の割合が80％から40％に低下したが，今後，伐採・枝打ちを少なくして，樹冠投影面積の割合が極力減少しないよう工夫し育成していくべきである。一方，植栽木に対する施肥や防風ネットも，これだけでは強風に十分対処できるとは言えないが，マツ林の防風効果を高める上で役に立つことは確かであり，修景等に配慮しながら積極的に活用を図っていく必要がある。

4. 環境圧レベルと緑化適性樹種

第2章においては、風速等の気象環境圧を実際に測定し、その値と各植栽木の生育状態との関連を調査した。また第3章においては、各植栽木の生育状態と防風林との位置関係を中心に解析を行った。

これらの調査については、条件が限定されており、データも限られたものであったため、十分満足のいく結果が得られなかった点もあり、今後さらに研究を進めていく必要がある。

ところで、これらの基礎的な研究と並行して、現場においては即使えるような緑化手法が求められている。そこで、先の調査における結果や、各地の海浜地を現地調査して得られた知見等をもとに、日本各地の海浜地に多く生育しているクロマツを指標とした環境圧の簡易な判定手法並びに海浜地における緑化適性樹種及び緑化手法についてとりまとめを行った。

4.1 海浜地の現地調査

一般的に海浜地の自然環境は内陸と比べて年間を通じて風が強く、土壌は砂地の所や岩盤が露出している所が多い。したがって緑化を成功させるためには、特別の配慮が必要となる。

本調査は海浜地の緑化に対して適切な緑化手法を確立するため、対象とする海浜地の環境圧の判定方法、海浜地に適する樹種の選択、植栽に際しての注意と方法等について検討を行ったものである。

調査方法としては海岸を踏査し、自生及び植栽された植物の状態を観察し、比較検討する手法とした。

調査期間は平成元年10月～平成2年2月及び平成2年11月～平成3年2月である。

調査した海岸は図-4.1にあるとおりで、日本海側では、

- ・山形県酒田市～新潟県と富山県の県境付近
- ・石川県能登半島
- ・鳥取県及び島根県の一部
- ・福岡県の一部

太平洋側及び瀬戸内海地方では、

- ・茨城県鹿島灘の一部
- ・東京湾（横浜市～千葉市）
- ・和歌山県紀伊半島の一部と三重県の一部
- ・大阪湾（明石市～大阪府と和歌山県の県境付近）
- ・広島市及び岡山市
- ・大分県及び宮崎県の大部分

であり、延べおよそ1,400 kmである。

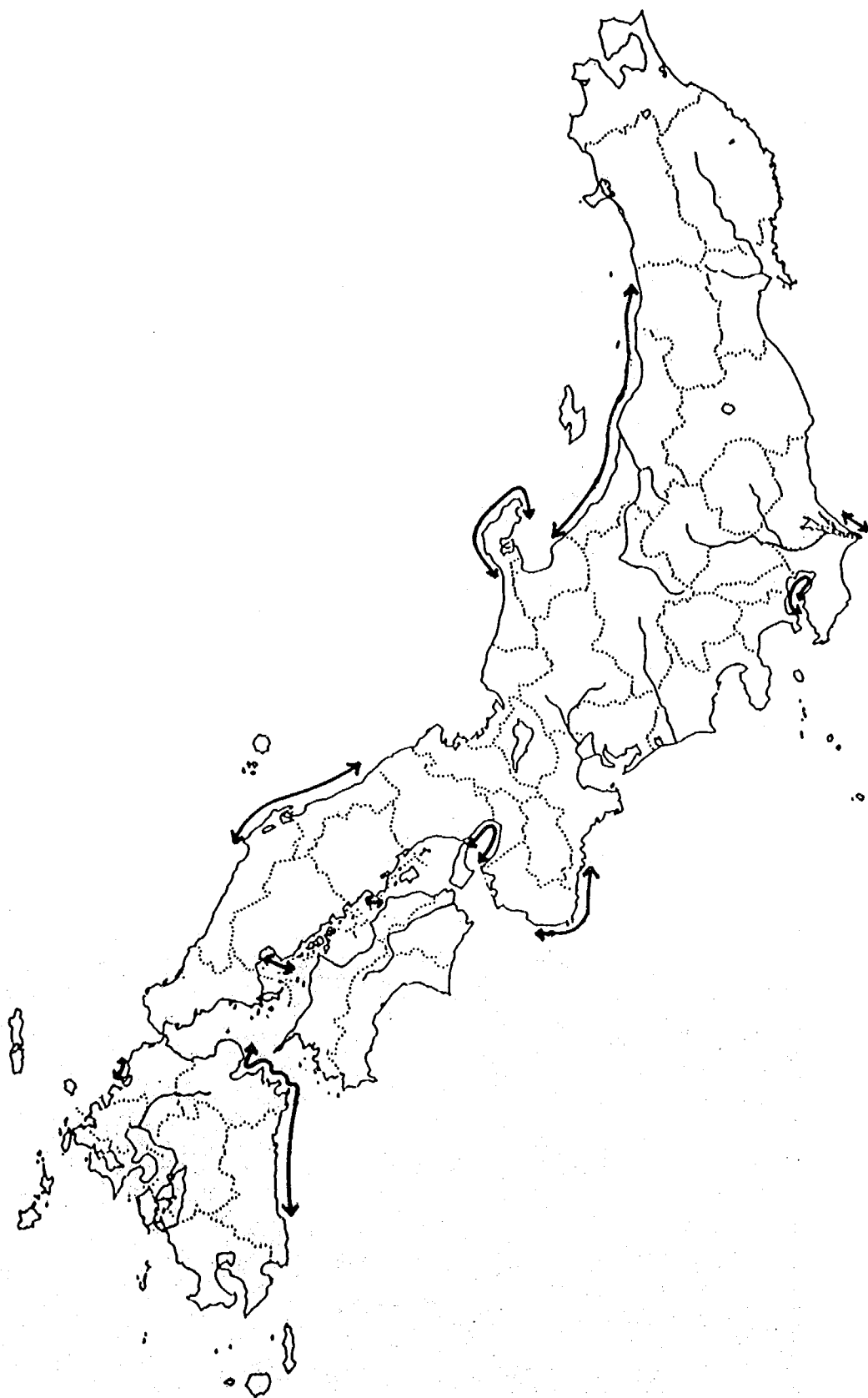


図- 4.1 調査した海岸の位置図



写真－ 4.1 石川県富来町，クロマツ

高く直立して伸びている。



写真－ 4.2 和歌山県潮岬，クロマツ

時々襲う台風のため上に伸びられずぐんぐりした樹形になっている。



写真－4.3 茨城県波崎町，クロマツ

冬の季節風のために上に伸びられずハイマツ状になっている。



写真－4.4 大分県浦江町，エノキ

海に近いにもかかわらず樹形には全く風の影響が出ていない。



写真－ 4.5 大分県杵築市, エノキ

風衝形が見られるが、樹高は高く、それほど風の強い所ではない。



写真－ 4.6 新潟県能生町, エノキ

ひどく風に痛められている。

4.2 日本の海浜地の風環境

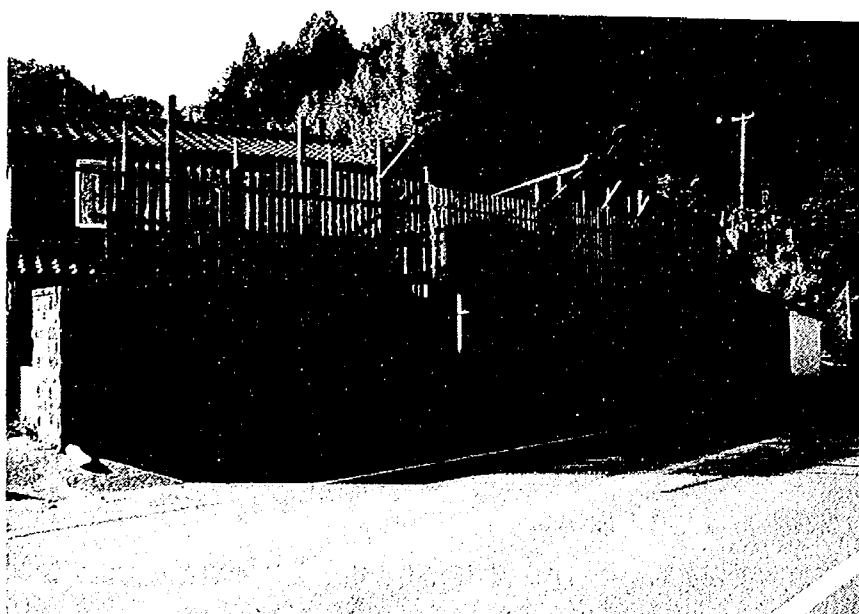
日本の季節風には冬には大陸から太平洋方面に向けて北西風が卓越し、夏には逆向きの風が吹くが、冬期の季節風が特に強く長期間続く。このことは冬には日本海側では海から陸に向けての強風が吹き、太平洋側では陸から海に向けて吹くということである。

一方夏には太平洋方面から南東の風が吹くから、太平洋側では海から陸へ向けての風となる。

夏の季節風は冬の季節風ほど強くはないが、太平洋側ではそのかわり台風の影響が大きい。台風は季節風と違って同一場所を必ず毎年襲うということはないが、大きな台風が直撃した時に受ける被害は季節風より大きい。季節風と台風との性質の違いは、写真－4.7、4.8の防風垣に良く表われている。

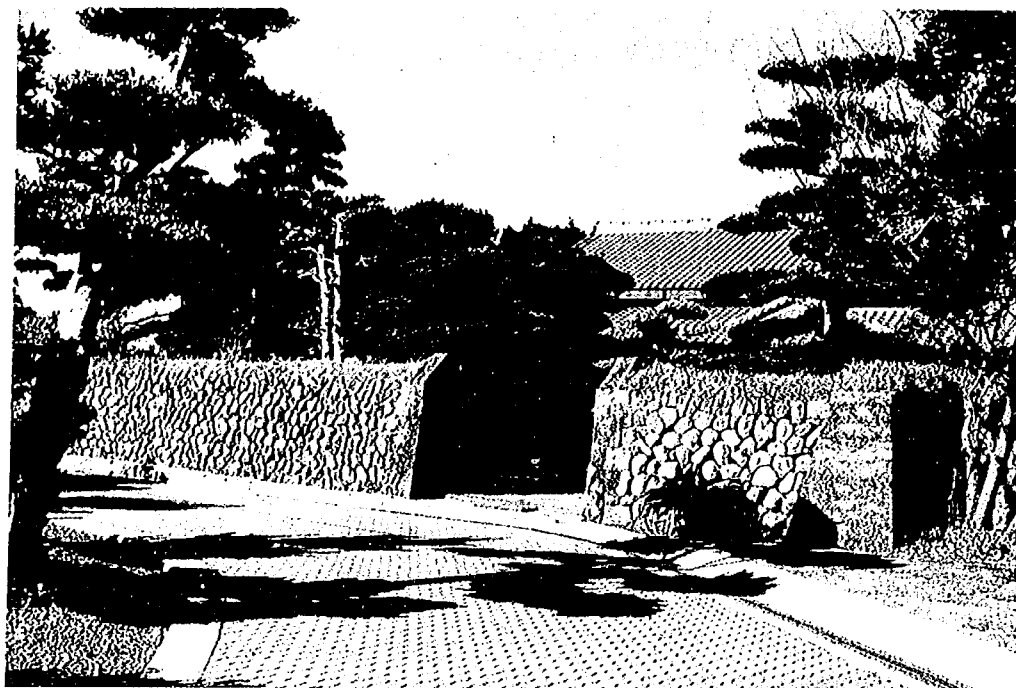


写真－4.7 (1) 防風垣（新潟県柏崎市）



写真－4.7 (2) 防風垣（新潟県柏崎市）

写真－ 4.7 は日本海側の強い季節風地帯の防風垣で(1)は竹、(2)は板で作られているがどちらも冬の始めに取り付けられ春には取り払われる。この防風垣は風が冬以外には穏やかであるということと、この程度の強度で大丈夫であるということを表わしている。



写真－ 4.8 石堀（和歌山県太地町）

写真－ 4.8 は紀伊半島の先端部に所在する、台風から家を守るための強固な石堀である。写真－ 4.7 の防風垣と比べると台風の強さがわかる。しかし台風は常風ではないため樹木には風衝形ができていない。

海陸風は季節風や台風ほどの強さは無いが、平坦な地形が広がっている所では無視できない影響を植物に与える。緑化木は根を切って移植するため、毎日吹く海陸風による蒸散作用の増大は大きい影響を与えると考えられる。

このように日本海側では冬の季節風が最も強い海風（潮風）であり、太平洋側では台風に伴う海からの風が大きな影響を与え、季節風はさほどでもないため、海岸の植生の成立内容に異なる影響を与えていると考えられる。

日本の大部分の地域では冬季は植物の活動が休止あるいは低下しているから、この時期の強風は活動期に吹く風よりも植物に与える影響が小さい。特に落葉樹は冬季に葉を落とすから有利である。したがって日本海側の海岸に近い場所の森林はクロマツ以外は圧倒的に落葉樹が多い。また海岸砂防林用の樹種として日本海側では落葉樹であるニセアカシアやアキグミが多用され、繁茂しているのものと大きな関係があると考えられる。

冬の季節風は常緑広葉樹に対しては潮風としての作用と共に寒風としての影響が大きい。日本海側の海岸に常緑広葉樹が少ないのはそのためであろう。

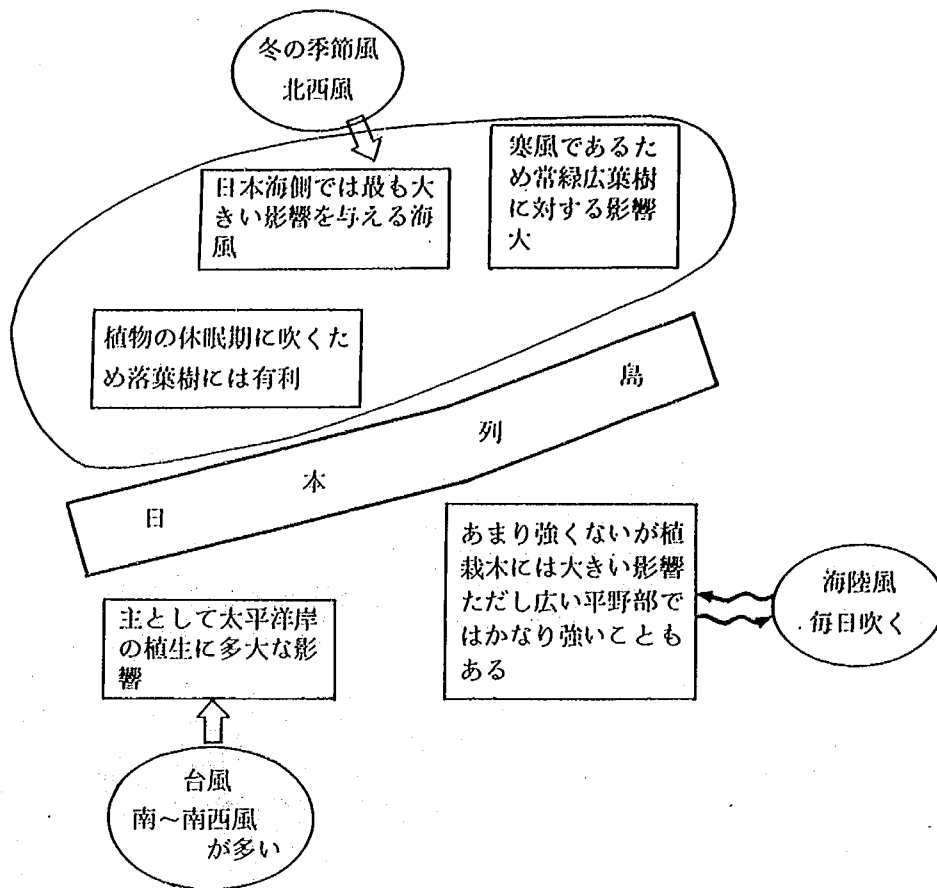
太平洋側の海岸では冬の季節風は、一般的にさほど影響しないと思われるが、場所によっては非常に大きな作用を受けている所もある。写真－4.9は茨城県の鹿島灘海岸の一部であるが、海岸砂防林として植栽されたクロマツの苗木が、竹垣の直ぐ右側では育っているが、離れるにつれて枯死木や成長不良木が増えている。ここでは海側からの風よりもむしろ海に平行に北から南(写真では左から右)に吹く風によって植栽されたクロマツの苗木が生育阻害を受けていることがわかる。この風は冬の季節風である。



写真－4.9 クロマツの苗木（茨城県波崎町）

海陸風は季節風や台風ほどの強さはないが、毎日ある程度の強い風が吹くということは、移植を伴う植栽木に対しては大きな影響を与える。植栽木は移植の際に根系をかなりの割合で切り捨てられるために水分の吸収能力が大きく低下する。そのような状態で連日風に吹かれると蒸散と水分吸収とのバランスがとれなくなり枯死や衰弱を招くこととなる。したがって種子から発芽してまず根系を伸ばし、その能力に合わせて地上部も成長させていく自生の植物とは条件が異なるのである。

以上をまとめて図示すると図－4.2のようになる。



図－ 4.2 日本の海岸の主な風と植物への影響

4.3 環境圧レベル

4.3.1 潮風の強さの判定手法

海浜地での緑化を計画するにあたっては、潮風の強さがどの程度のものであるかを知ることが重要である。

潮風の強さの判定に役立つと考えられる事項を列挙すると次のようになる。

- ① 自然植生及び植栽した樹木の生育状態
- ② 砂防造林及び民家の防風垣
- ③ 気象台等の風についての観測資料

これらのうち、数値として客観的に示される③が最も有効なように思われるが、実際には参考資料として用いられる程度である。その理由は、1つの気象台（気象観測所、気象通報所を含む）がカバーする面積が広いため、局地的変化が大きい風の実情と合いにくいことや、風力や風の吹き方（季節変化、強風の持続時間等）と植物の反応との関係が数値的にとらえられていないことなどによるためである。

したがって現地の植物、特に反応が顕著に表われる樹木の生育状態によって判断するのが最も実用的であると思われる。

この判定に用いる樹木としては次のような条件を満たすことが必要である。

a. 地域的にも環境的にも広い範囲に分布していること

b. 環境圧の判定に役立つような反応を示すこと

aの条件を最も満たすものはクロマツである。クロマツは東北地方の太平洋岸を除きほとんど全国の海岸に自生、あるいは植栽されており、風の強い海岸でも、弱い海岸でも見ることができる。

bについて言えば、クロマツは海岸の環境圧に強いため、穏やかな海浜地での指標としてはあまり役に立たないという短所はあるが、厳しい環境圧の判定という観点で有効である。

4.3.2 環境圧レベルの提案

各地のクロマツの現地観察の結果を整理し、クロマツを指標として海浜地の潮風の強さに応じて環境圧を5段階にランク付けした試案（環境圧レベル）を提示する。

表－4.1 クロマツを指標とした海浜地の潮風の強さのレベル区分

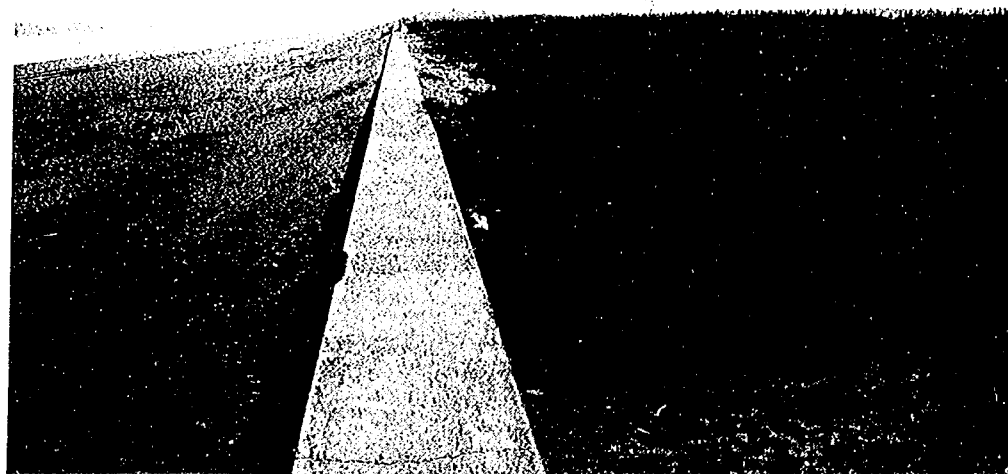
レベ ル (潮風の強さ)	ク ロ マ ツ の 状 態
1. 極めて強い	① 単木では生存できない。 ② 密生した状態で成林し前縁はごく低く這いハイマツ状になる。 ③ 海から遠ざかっても林の高さがなかなか高くない。5°以下。 ④ 築堤や防風垣がない場合、海岸線からマツ林が始まるまで100m以上必要なことが多い。 ⑤ 道路の建設などで林を伐採したりすると、林が枯れていくことが多い。
2. 強い	① 単木では生存が困難である。生きていても腕を伏せたようなずんぐりした樹形で大きくなる。 ② 密生した状態で成林し、前縁は低くずんぐりした樹形になる。 ③ 海から遠ざかるにつれてしだいに林高が高くなるのがわかる。20°以下。 ④ マツ林の前縁から海までの距離は50m以上必要。 ⑤ 林は伐採したとき枯損が進行するかどうかはケースバイケースである。
3. 中程度	① 単木でも育つが大きくなれずずんぐりした球形の樹形になる。 ② 多くは密生した状態で成林する。前縁のマツは低いが直立する。 ③ 海から遠ざかるにつれて急速に樹形が高くなる。30°内外。 ④ マツ林の前縁は海岸線から30m程度まで近づける。 ⑤ 林を伐採しても枯損はほとんど進行しない。
4. 弱い	① 単木でも生育し、直立して大きく伸びる。風衝が表われない。 ② 前縁、後方のマツの樹形は同じ。 ③ 基盤が良ければ海岸線に近い場所でも充分大きくなる。 ④ 通常のシケや大潮で海水が上がってくる線の間際までマツが生育している。 ⑤ 明確な海岸植物の植生帯が見られないか、ごく少ない。
5. 極めて弱い	クロマツはもちろんだが、潮風に対してあまり強くない樹木が海岸線に近い場所で風衝形なく育っている。

1) レベル1の海岸



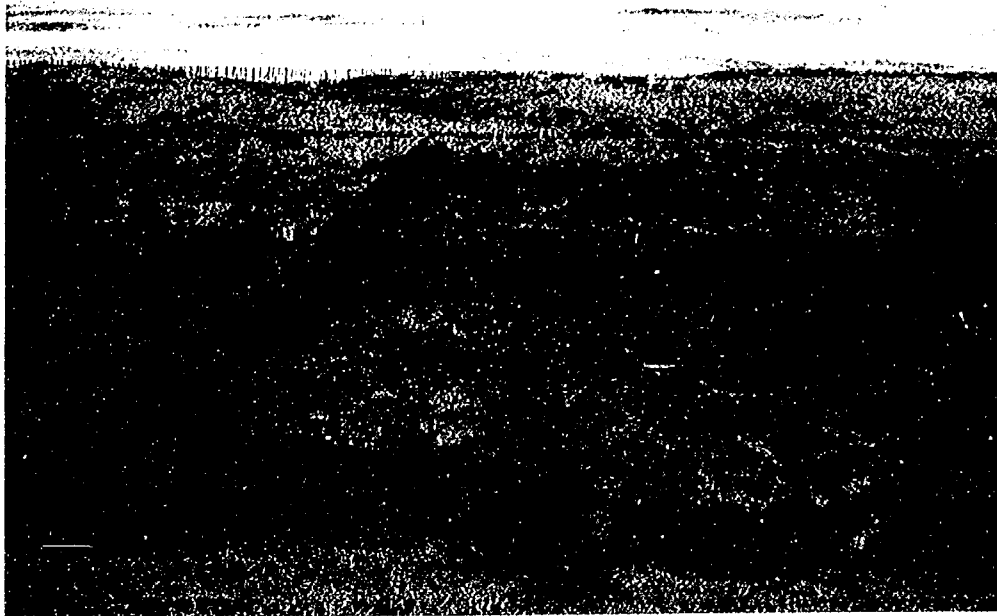
写真－4.10 (1) レベル1の海岸（茨城県波崎町，クロマツ）

極めて潮風が強いのでクロマツがハイマツ状に這っており，新梢が枯れている。これ以上は伸びられない。



写真－4.10 (2) レベル1の海岸（宮崎市，クロマツ）

防波堤が防風垣の役目を果たしているが，クロマツはその高さまでしか伸びられない。後方も全く高さが増加していない。



写真－ 4.10 (3) レベル 1 の海岸（茨城県波崎町，クロマツ）

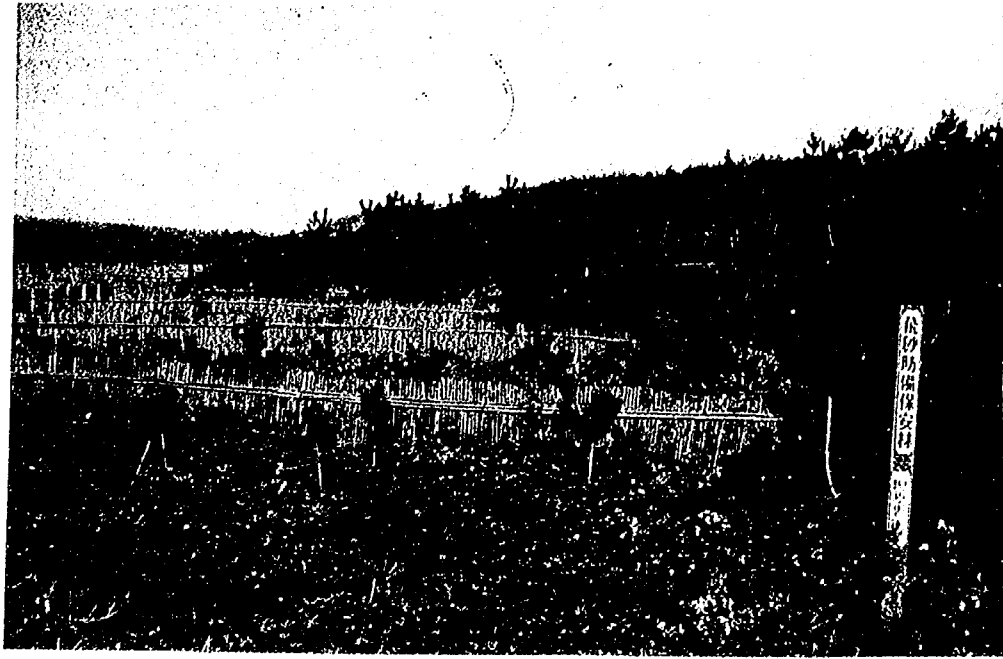
強風地のため砂防造林のクロマツが全滅し，竹垣沿いにトベラだけが生育している。

2) レベル 2 の海岸



写真－ 4.11 (1) レベル 2 の海岸（青森県下田町，クロマツ）

クロマツの伸び方はレベル 1 より，ゆったりしているが左半分の砂防林の残存木はずんぐりした樹形である。



写真－ 4.11 (2) レベル2の海岸（新潟県柿崎町，クロマツ）

海から遠ざかるにつれて，クロマツ林は約 20° の傾斜で大きくなっている。梢先に若干の枯れが見られる。



写真－ 4.11 (3) レベル2の海岸（新潟県中条町，クロマツ）

海岸線から約50mの地点までクロマツ林が成林している。前縁部のマツは小さい。

3) レベル3の海岸



写真－ 4.12 (1) レベル3の海岸（三重県紀宝町，クロマツ）

クロマツ林の前縁は海岸線から約30m。マツ林は後方へ約30°の角度で急速に大きくなっている。



写真－ 4.12 (2) レベル3の海岸（宮崎市，クロマツ）

単木状のクロマツがずんぐりした形で生育している。海岸線から約50m。



写真－ 4.12 (3) レベル3の海岸（宮崎市川南町，マサキ）

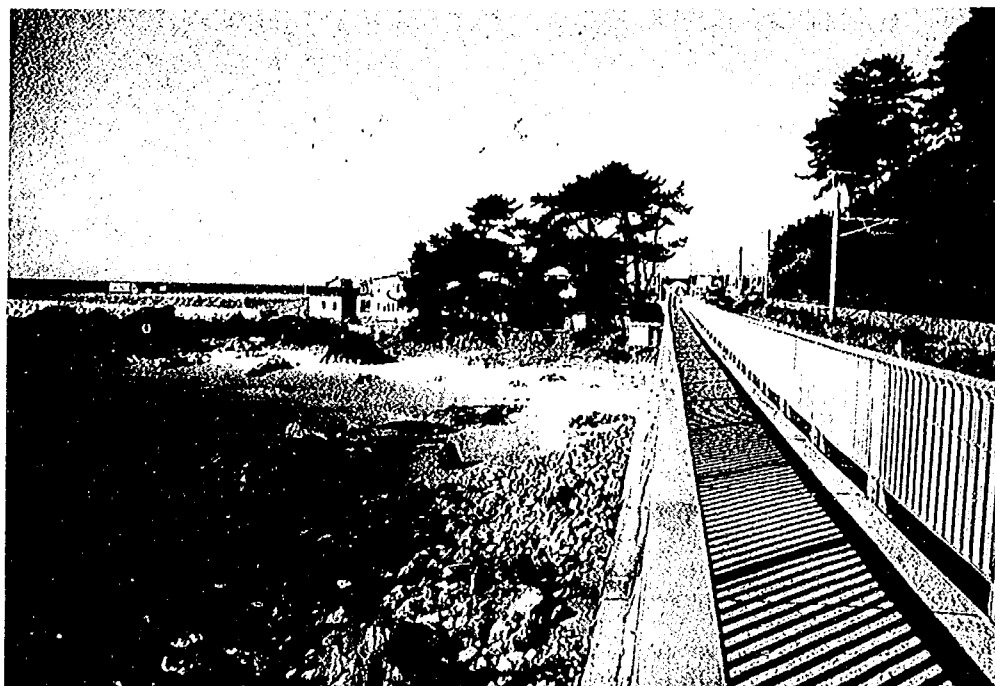
これはクロマツではないが同等の強さを持つマサキが前線を形成している。約 30° の角度で後方が立ち上がっている。

4) レベル4の海岸



写真－ 4.13 (1) レベル4の海岸（新潟県遊佐町，クロマツ）

海岸線から10mほどしかないがクロマツには風衝形が全く見られない。



写真－ 4.13 (2) レベル4の海岸（新潟県遊佐町，クロマツ）

クロマツは海水が通常上ってくる線のごく近い所まで生育しており風衝形は見られない。



写真－ 4.13 (3) レベル4の海岸（石川県志賀町，クロマツ）

海岸線から約20mの位置に生育しているクロマツ。まっすぐ大きく伸びている。

5) レベル5の海岸



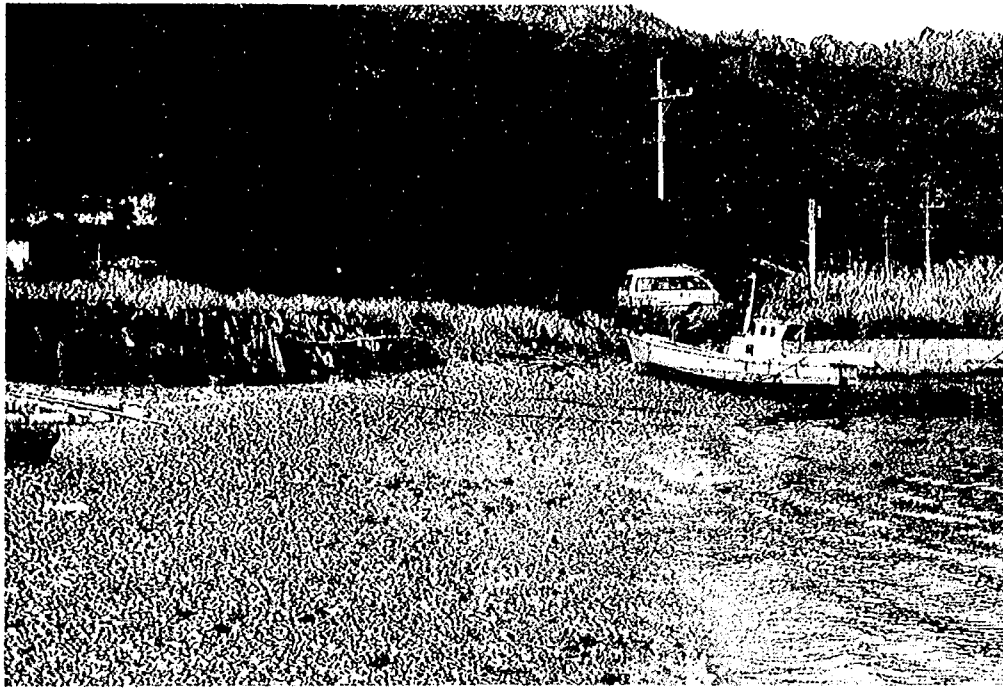
写真－4.14 (1) レベル5の海岸－1 (石川県内浦町, クロマツ, トウジュロ)

島のクロマツは全く潮風の影響が見られない形をしており, トウジュロもピンとしている。



写真－4.14 (2) レベル5の海岸－1 (大分県蒲江町)

クロマツに比べるとかなり潮風に弱い常緑広葉樹がこれだけ海に近い所で正常に育っている。



写真－ 4.14 (3) レベル5の海岸－2（大分県蒲江町，スギ）

スギは潮風にはさほど弱くはないが、これだけ海に近い所で潮風害が全く見られない状態で生育しているのは珍しい。

4.4 海浜地の緑化適性樹種

4.4.1 調査方法

海岸における風の作用は必ずしも潮風だけではなく、台風や季節風なども含め総合的な風の作用に対して抵抗力の強い植物、弱い植物があるということは良く知られている。本間は潮風の強さをA、B、Cの3段階に区分けし、さらにそれぞれを海に近いほうから Belt I、II、IIIと分け各区に出現する樹種を調査し、耐潮性のランク付けを行っている。

本調査では環境圧の判定手法や緑化手法との結び付きをより明確に示すため、次のような方法で潮風に対する抵抗性の強弱を確認することとした。

a. 防風物による影響を考慮し直接潮風の当たる場所に生育している樹木（最前線、単木状など）について調査した。

b. 同じ場所で生育に差のあるものを調査し、これを整理した。

以下、具体的な判定手順について、写真を用いて説明する。

写真－ 4.15 は手前側約30mの位置に海があるが、かなり穏やかな場所である。左側の葉先の枯れているものはヤマモモ、右側の全く枯れの無いものがタブノキとヒメユズリハである。

このことから、「ヒメユズリハ、タブノキ（強）＞ヤマモモ（弱）」と判定される。



写真－4.15 樹木の潮風に対する抵抗性の判定(ヒメユズリハ、タブノキ、ヤマモモ)

写真－4.16 は左端及び中央付近のエノキ(幹の黒い落葉樹)と中央に真っ直ぐ伸びているクロマツとを比較している。エノキには著しい風衝形が発生しているがクロマツはほとんど正常である。

したがって、「クロマツ(強)＞エノキ(弱)」と判定される。

なお右方の葉の付いたままの落葉樹はカシワであるが、地形的に若干風が弱い場所にあると判断したので、この比較には加えなかった。



写真－4.16 樹木の潮風に対する抵抗性の判定(クロマツ、エノキ)

写真－ 4.17 はクロマツとタブノキとの比較である。クロマツははっきりした風害が見られないがタブノキは風上側の葉が無くなり、頂部が枯れかけている。

したがって、「クロマツ(強) > タブノキ(弱)」と判定される。



写真－ 4.17 樹木の潮風に対する抵抗性の判定(クロマツ、タブノキ)

このようにある 2 者の強弱の関係はほとんどいつも同じ関係(ただし環境圧が弱い時は差が現われない場合もある。)になる。

このような比較を多数行うことによって、樹種間の耐潮風性の強弱の関係がとらえられる。

4.4.2 海浜地緑化適性樹種一覧

これらの結果をまとめ、潮風に対する樹木の抵抗性を 3 段階に分類し、海浜地緑化適性樹種一覧表にしたものが表－ 4.2 である。

表－ 4.2 は実際に海岸に生育している樹木を多数観察してランク付けたものであるが、その結果は必ずしも生理的な強さと比例しないことがある。その理由は、それぞれの樹木の生育している環境条件や土壌条件が異なっているためである。

また、植栽植物の低木や草本の耐潮風性は実際の生理的な強さより高くなる。それは高さが低いために、風の当たり方が弱くなるからである。例えばツツジ類(サツキ、クルメツツジ、ヒラドツツジ等)は海浜地の緑化でも頻繁に利用されており、生育もおおむね良好であるが、これは潮風に抵抗力があるというより、あまり風が当たらないからであると思われる。

表-4.2 海浜地緑化適性樹種一覧表(樹木の耐潮風性)

		A. 極めて強い	B. 強い		C. 中程度～弱い	
高木	ヤシ類	ビロウ ワシントンヤシ	カナリーヤシ (フェニックス)			
	常緑	クロマツ イブキ	シロダモ フサアカシア モリシマアカシア ヤブニッケイ	アカマツ イヌマキ スギ クロガネモチ シイ タイザンボク タブノキ トウネズミモチ モチノキ モッコク マテバシイ ユーカリ	アラカシ クスノキ ユズリハ ヤマモモ	シラカシ
	落葉	カシワ	ニセアカシア オオシマザクラ	アキニレ エノキ エンジュ カラスザンショウ ケヤキ コナラ センドウ ボブラ	イチヨウ トウカエデ プラタナス メタセコイア ユリノキ	イロハモミジ カツラ コブシ トチノキ ナツツバキ ハクモクレン
中木	ヤシ他	メダケ ダンチク ネザサ	トウジュロ ソテツ			
	常緑	ウバメガシ カイヅカイブキ	ゲッケイジュ サザンカ ネズミモチ ハマビワ ヒメユズリハ ヤブツバキ	キョウチクトウ サンゴジュ		キンモクセイ
	落葉	ギョリュウ	アカメガシワ アメリカデイゴ クサギ ヌルデ		ムクゲ	
低木	ヤシ他	アツバキミガヨラン アオノリュウゼツラン				
	常緑	シャリンバイ トベラ ナワシログミ ハマヒサカキ マサキ マルバグミ	アオキ イヌツゲ カンツバキ(シシガシラ) ヒサカキ ヤツデ	アベリア サツキ ツツジ類		
	落葉	アキグミ ハマナス ハマボウ	アジサイ、イヌビワ オオバイボタ テリハノイバラ	ユキヤナギ		キンシバイ チョウセンレンギョウ
草本及び地被	常緑	オオイタビ イソギク タイトゴメ ツワブキ ハイネズ ハイビャクシン ハマヒルガオ	キヅタ テイカカズラ			
	落葉	ギョウギシバ コウボウムギ コウライシバ チガヤ ノシバ ハチジョウススキ ハマギク ハマゴウ ハマニソク	ニンドウ			

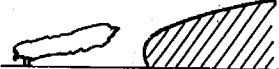
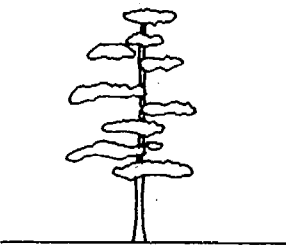
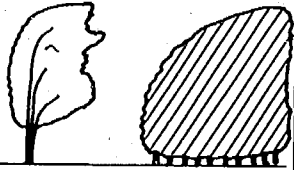
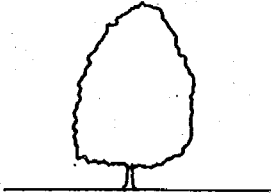
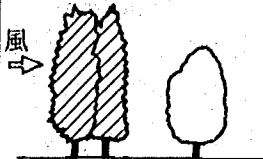
注) B, C欄を点線で区切っているのは、これらの間で耐潮風性に若干の違いがあると思われるが調査が十分ではないため、仮の区分とした。

4.5 海浜地の緑化手法

4.5.1 環境圧レベルと樹木の耐潮風性ランクとの関係

クロマツの生育状態を指標に潮風の強さの程度を5段階に区分した環境圧レベルと、樹木の潮風に対する強さの程度を3段階に区分した耐潮風性ランクとの関係を整理し、表－4.3に示す。

表-4.3 環境圧レベルと樹木の耐潮風性ランクとの関係

耐潮風性 環境圧 レベル	A. 極めて強い	B. 強い	C. 中～弱い
1. 極めて強い	× またはハイマツ状 	×	×
2. 強い	単木では多くは × 群落では強い風衝形 	単木では × 群落ではハイマツ状 	×
3. 中程度	単木で生育するがずんぐり。群落は容易に育つ。 	単木では強い風衝形。群落では育つが影響がはっきりわかる。 	単木では生育困難 群落ではハイマツ状 
4. 穏やか	単木状でも正常に生育 	単木では風衝形がでる。群落でもやや風衝形がわかる。 	単木ではかなり傷む。群落にも強い風衝形ができる。 
5. 極めて穏やか	同上	単木でも正常に生育 	少し防風物があれば正常に育つ 

注) × は生育できないことを示す。

4.5.2 環境庄レベル別緑化手法

各環境庄レベルに育成可能な緑化形態及び各レベルに対応した緑化手法について検討を行う。

1) レベル1

(1) 育成可能な緑化形態

このレベルは極めて潮風が強いため、樹木を育成するのは非常に困難である。潮風に特に強い草本か道性の低木で緑化することを考えた方が良い。その場合も始めは竹垣などの防風施設が必要である。

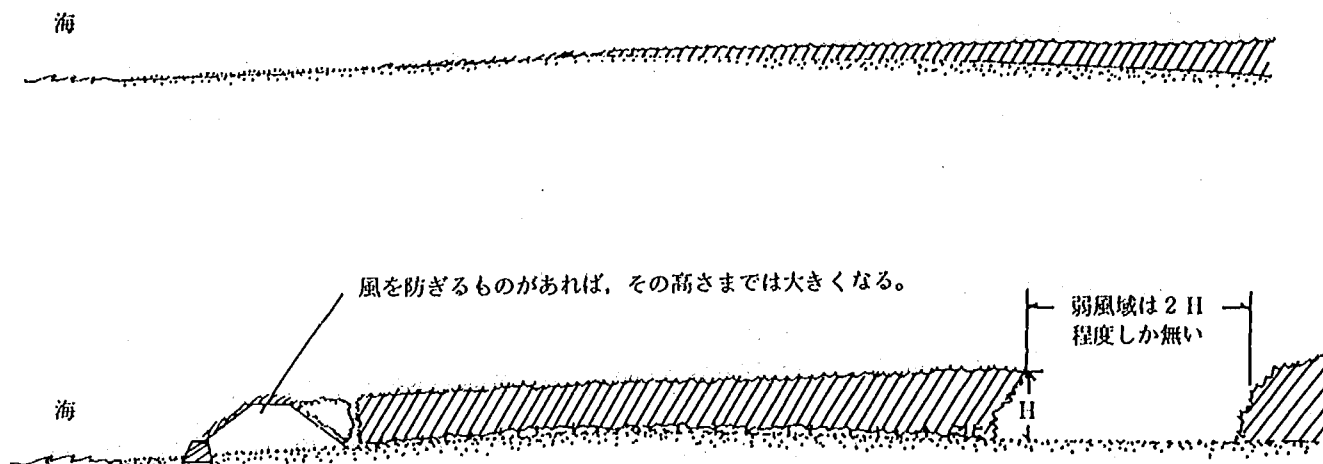
(2) 緑化手法

どうしても樹木を植栽する場合は次のような手法を用いる。

- ・使用樹種は原則としてAランクの樹種に限る。
- ・単木では育たないため、ポット栽培の幼木を使用し、密生林を育てることを目標とする。
- ・防風施設を必ず作る。樹木は防風施設の高さより上には伸びられないため、大きく育てる場合は防風施設も高くしなければならない。
- ・最前線の防風施設は恒久的なもの（土堤など）にした方が良い。ネットや竹垣では壊れた時に樹林が枯れていくため、林がうっ閉しても残す必要がある。
- ・防風垣の効果は主風方向の風下側に垣の高さの2～3倍までで、風上側は0と考えた方が良い。したがって高密度の防風垣が必要である。
- ・砂地でも生育の良い樹種以外は、十分な基盤改良と施肥を行う必要がある。

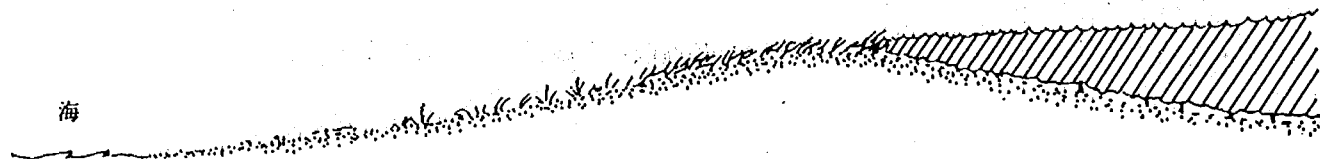
建物の背後など特に保護されたところ
以外はAランクの樹種しか生育できな
い。

Aランクの樹種でもハイマツ状になり、後方でも
林高がごく少ししか高まらない。



前列の砂丘の海側斜面は
草生地になる。

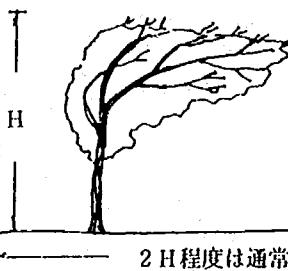
砂丘の背後には成林する。



潮風



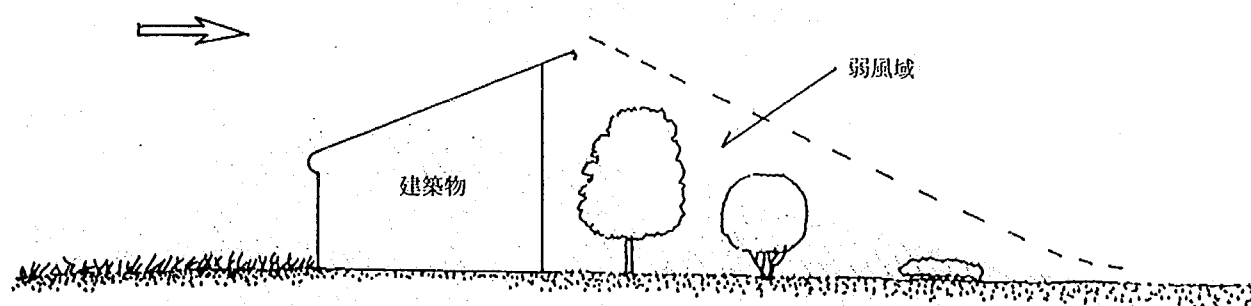
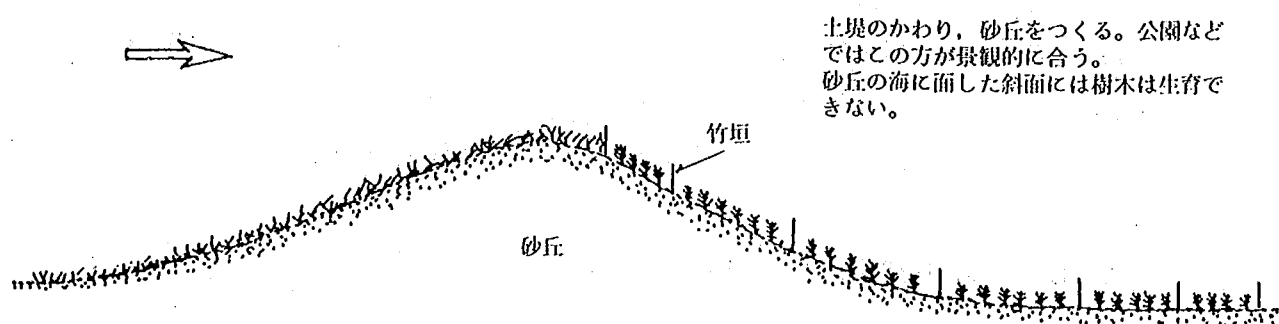
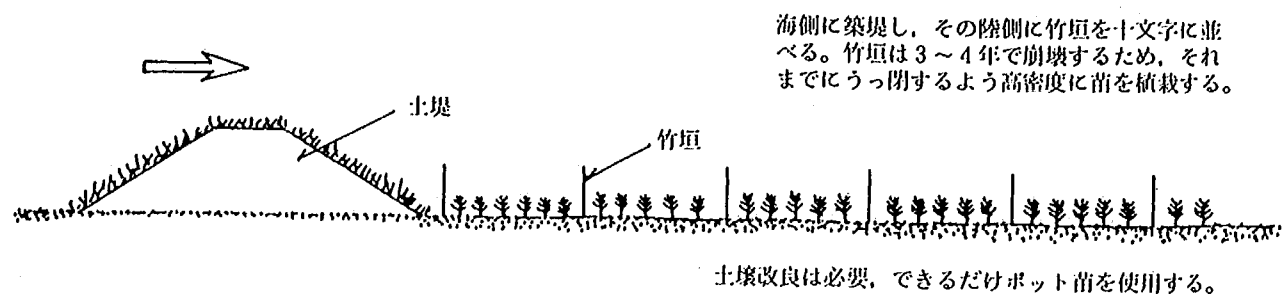
建築物



建物の風下側には局地的な弱風域ができ、通常の植栽が可能。ただし建物の高さ以上には伸びられない。

海側は草本かハイビャクシン
のように丈の低い低木

図-4.3 レベル1の緑化形態



建築物など背の高い防風施設があれば、その陰では樹木も生育できる。しかし強い潮風に見まわれることがあるためAランクからBランクの範囲の樹種を選ぶのが無難である。

図-4.4 レベル1の緑化手法

2) レベル2

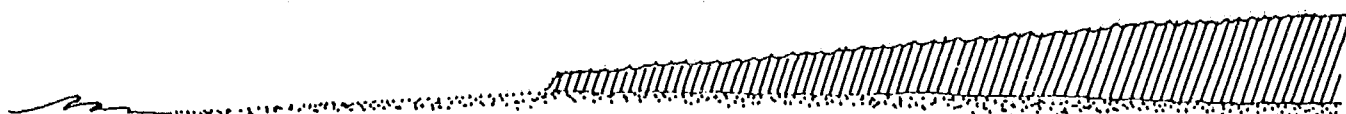
(1) 育成可能な緑化形態

特に保護された場所以外はAランクの樹種しか生育できない。

(2) 緑化手法

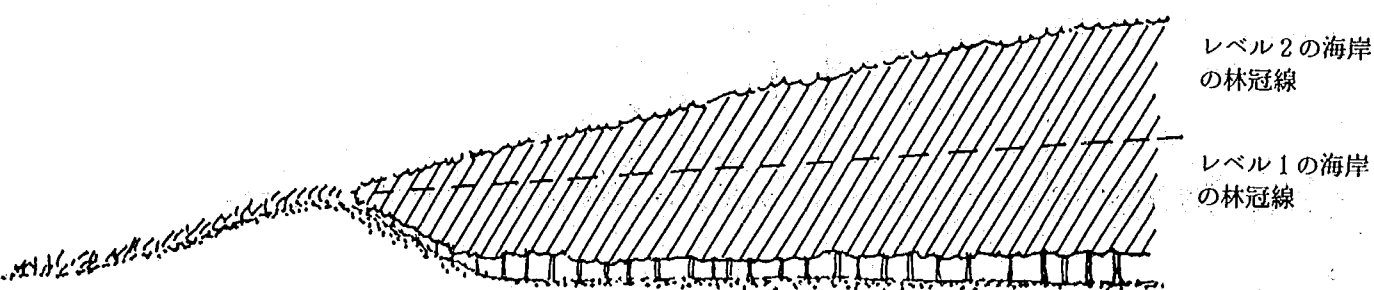
このレベルでも通常内陸で行っている植栽法では、樹木の生育は難しい。

- 使用樹種は原則としてAランクに限る。
- 単木では育ったとしても低木状の風衝形になるため、ポット栽培の幼木を使用し、密生林を育てることを目標とする。
- 防風施設を必ず作る。樹林は前縁では防風施設から20～30cm頭を出すだけであるが、後方へは10～20°の角度で樹高が高くなると考えて防風施設の高さ、位置、樹林の幅等を計画する。
- 防風垣の効果は風下側に垣の高さの5～10倍程度、風上側は0と考えるのが安全である。
- 樹林がうっ閉すれば、防風垣は取り払っても良いが、最前線の防風施設はできれば残しておく方が良い。
- 砂地でも生育の良い樹種以外は、土壌改良や施肥を十分に行う。



* 築堤、砂丘、建築物との関係はレベル1と同じ

図-4.5 レベル2の緑化形態



レベル2の海岸も風環境は厳しいが、レベル1の海岸に比べると、後方での林冠線の高まりが早い。前縁を土堤や丸太垣で保護すると、それだけ高さが加算されるため、無くても林は成立するが海岸の面積的な利用効率を考えれば設置する方がよい。

図-4.6 レベル2の緑化手法

3) レベル3

(1) 育成可能な緑化形態

海に面した部分にはAランクの樹種が生育し、その林内にはBランクの樹種も生育する。さらに陸側になるとBランク及びCランクの樹種も生育することができる。またこの場所ではBランク以上の樹種であれば疎林状でも生育可能である。

(2) 緑化手法

このレベルになるとAランクの樹種では単木状の生育が可能になるが、上方成長は抑制されるため、内陸と同じような植栽法ではまだ活着させることは難しい。

- ・使用樹種は、Aランク及びBランクより選定する。
- ・ポット栽培の幼木を使用するのが適切である。
- ・高木の成木を植栽する場合は良く根廻したものをいい、防風施設を必ず設ける。これは少なくとも5年間は設置したままにして置き、これより上に伸びた枝葉の風衝形の程度により、取りはずすかどうかを決定する。防風施設の効果は風下側へ、その高さの10～20倍程度と思われる。
- ・できる限り密生林を作ること为目标とするのが安全であるが、Bランク以上の樹種であれば幼木から育てれば単木植栽でも可能である。
- ・幼木植栽の場合も防風ネット等で保護するべきであるが、これは3年程度で撤去しても良い。
- ・土壌改良及び施肥は十分に行う。

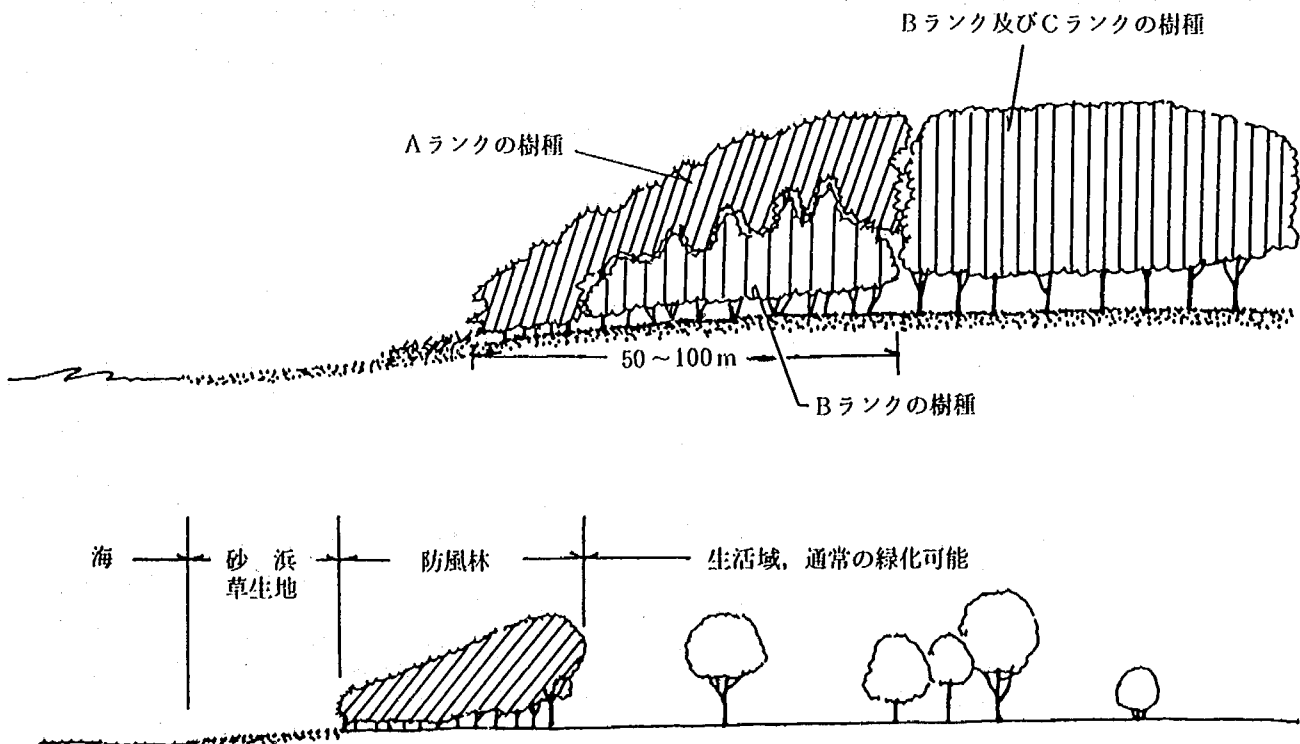
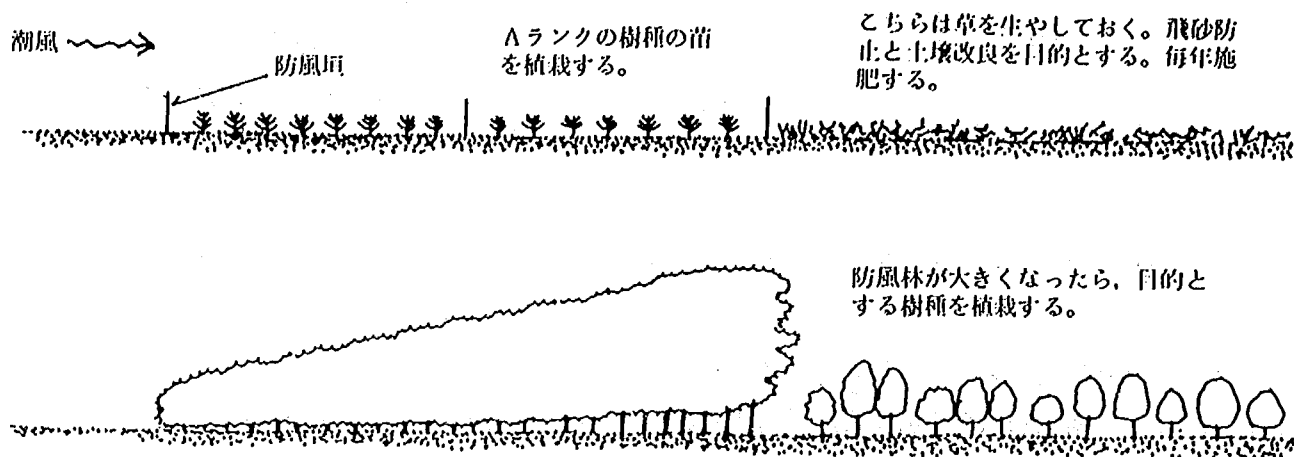


図-4.7 レベル3の緑化形態

① 先に防風林をつくる方法



② 防風林と後方の緑地を同時にスタートさせる方法

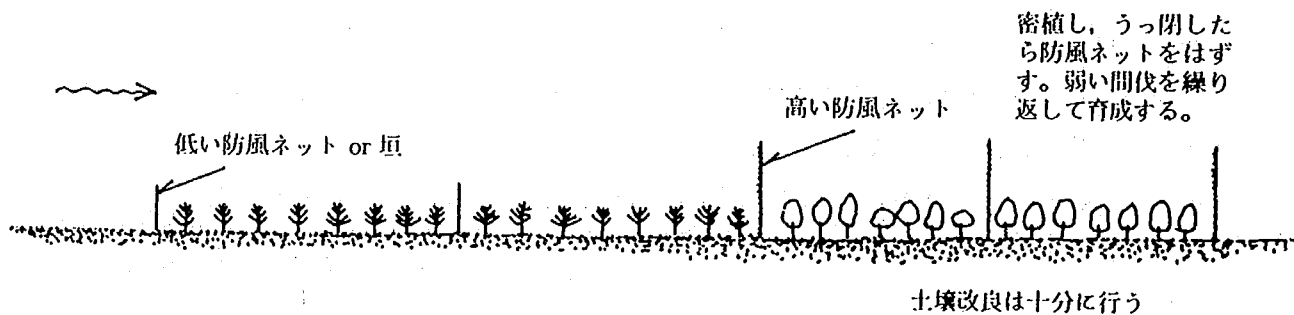


図-4.8 レベル3の緑化手法

4) レベル4

(1) 育成可能な緑化形態

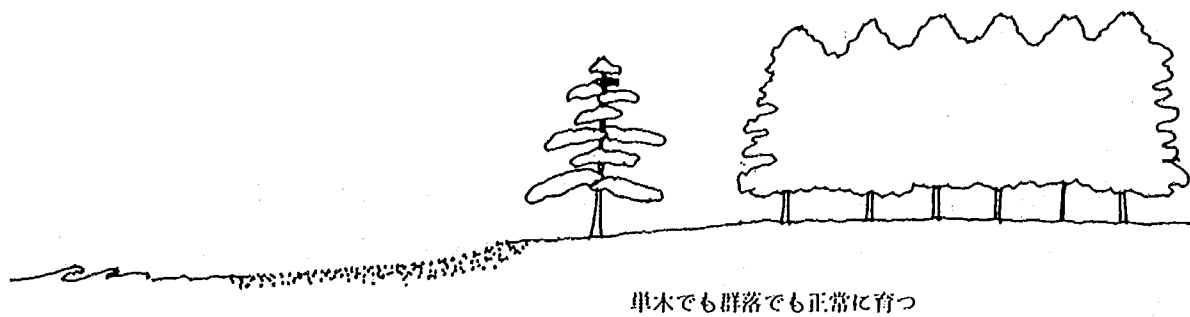
防風林が無くてもAランクの樹種は生育可能である。Bランクの樹種も海岸線から少し離れば生育することができる。

(2) 緑化手法

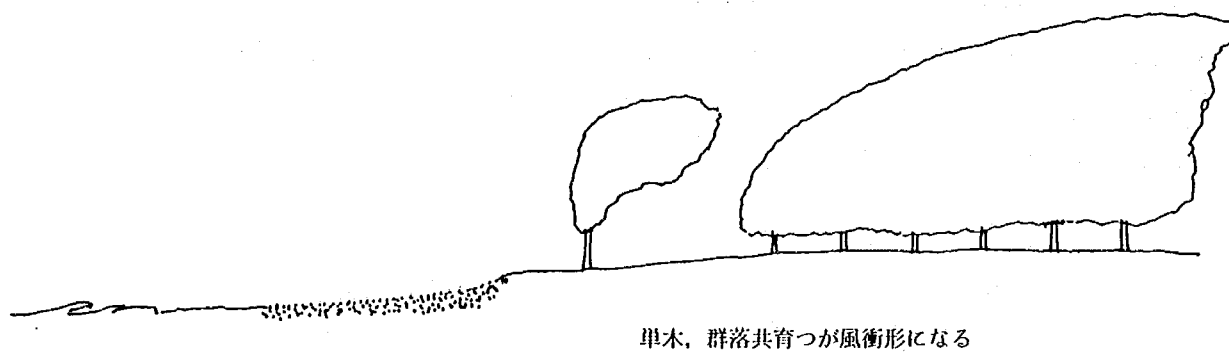
Aランクの樹種は活着まで保護すれば、その後は特別の配慮は必要ない。Bランクの樹種はそれより1～2年長い保護が必要である。Cランクの樹種も海岸線から少し遠ざければ生育可能になると思われる。

- 使用できる樹種はAランクとBランクであるが、Bランクはあまり海に近付けないほうが望ましい。Cランクも注意すれば使用可能である。
- できる限りポット栽培の幼木を使用する。この場合1年間は防風ネットを設置した方が良い。ネットの効果範囲は風下側へその高さの10～20倍程度と思われる。
- 高木の成木を植栽する場合は良く根廻ししたものを用地、防風ネット等で3年間くらい保護する。
- 単木状の植栽でも良い。

① Aランクの樹種の場合



② Bランクの樹種の場合



③ Cランクの樹種の場合

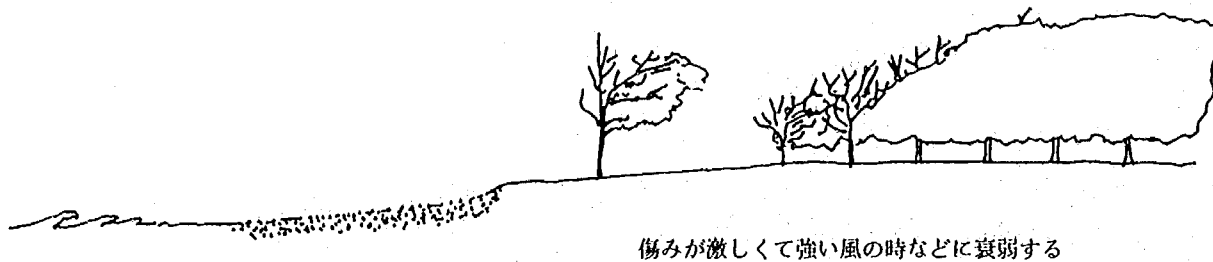
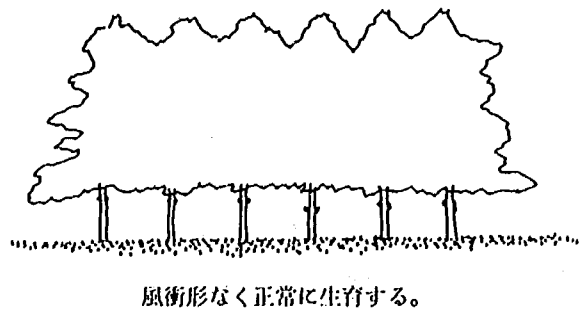
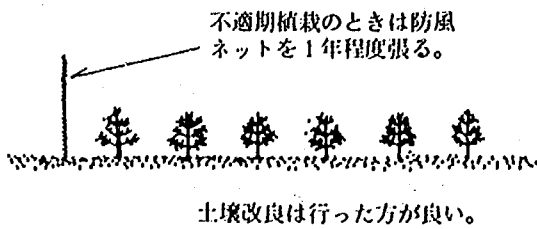


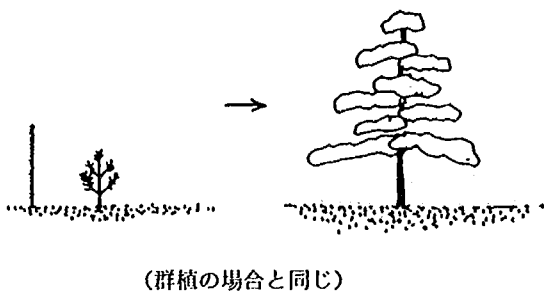
図-4.9 レベル4の緑化形態

① Aランクの樹種の場合

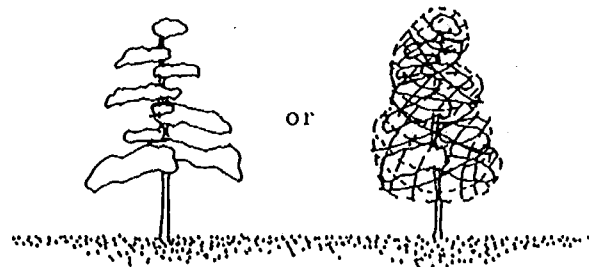
<幼木群植>



<幼木単植>



<成木植栽>



根回ししてあるものを
適期に植栽する場合は
防風なしで良い。土壌
改良は必要。

不適期植栽の場合は
風の弱い温暖な季節
が来るまでネットで
保護する。

② Bランクの樹種の場合

<幼木群植>

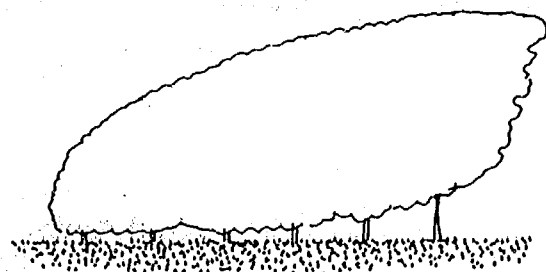
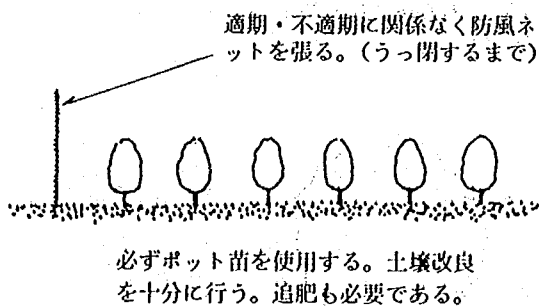
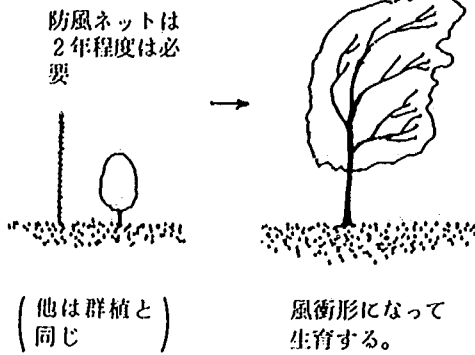
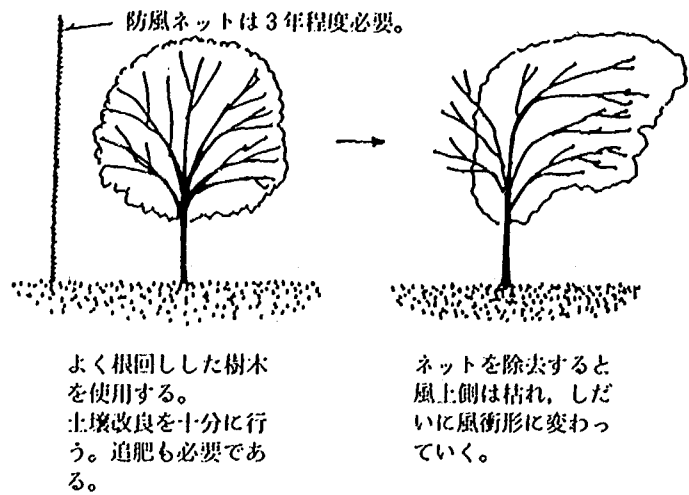


図-4.10 レベル4の緑化手法(その1)

<幼木単植>



<成木植栽>



③ Cランクの樹種の場合

このクラスの樹種は風を防がなければ生育が困難である。

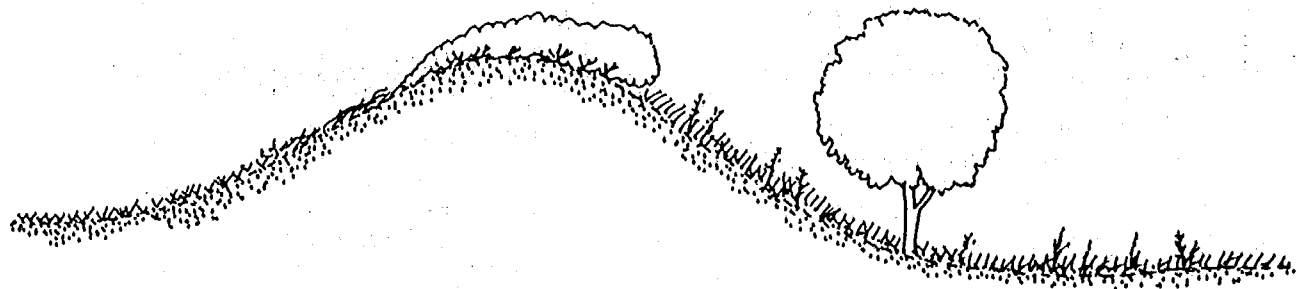
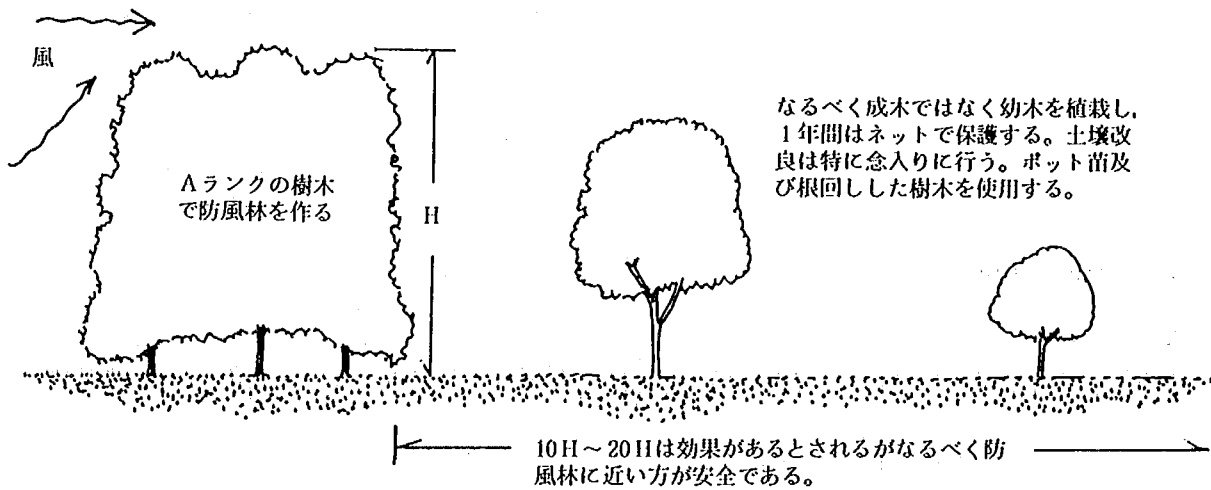


図-4.10 レベル4の緑化手法(その2)

5) レベル5

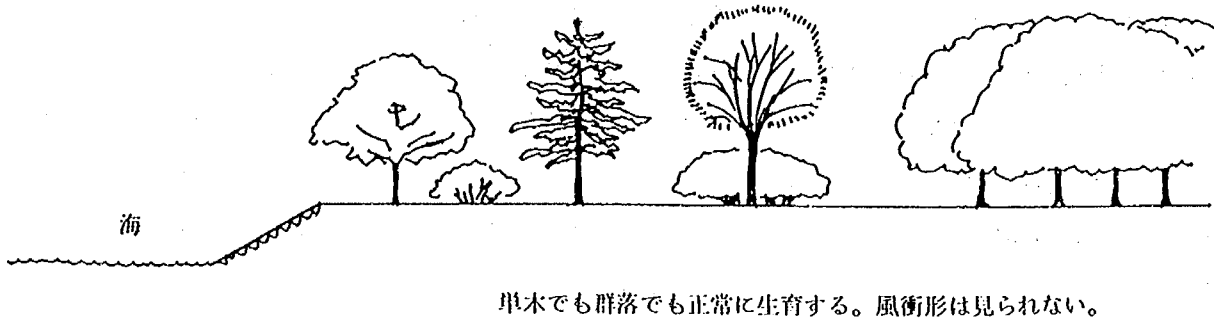
(1) 育成可能な緑化形態

防風林が無くてもCランクの樹種も生育することができる。

(2) 緑化手法

このレベルになると内陸の一般的な緑化と同じ手法で良い。樹種についても海水の飛沫を浴びるような所にはBランク以上の強健種を植栽する方が良いが、離れた所では特に樹種を考慮する必要はない。

① Aランク、Bランクの樹種の場合



② Cランクの樹種の場合

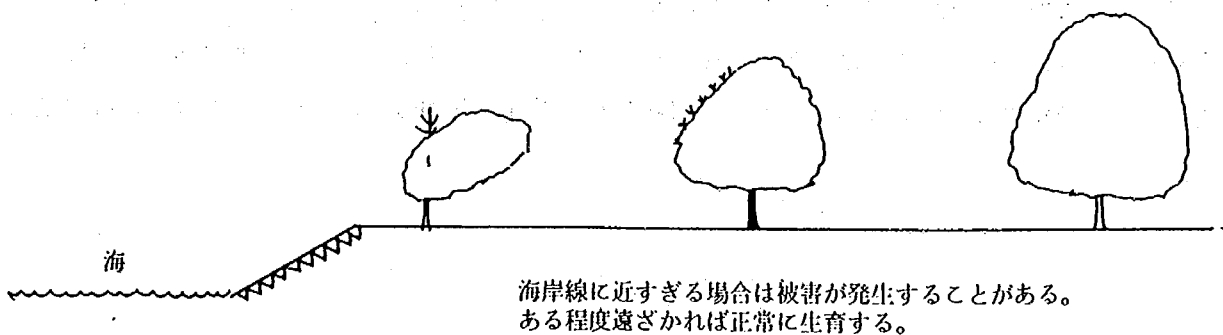


図-4.11 レベル5の緑化形態

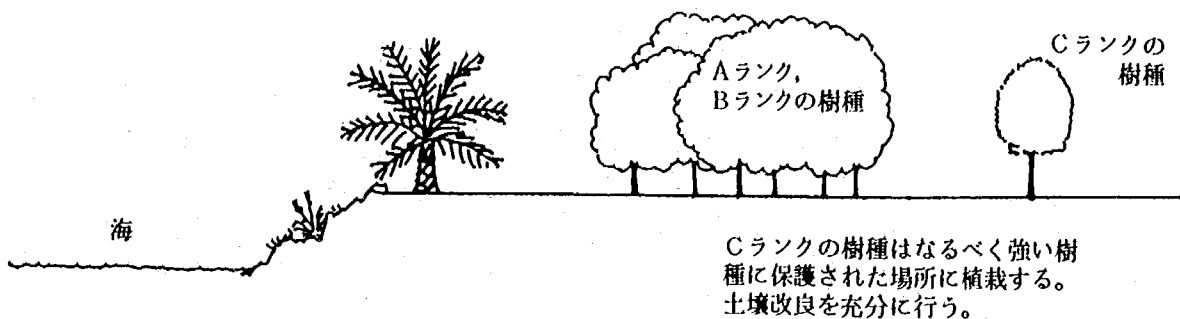


図-4.12 レベル5の緑化手法

5. 今後の課題

本研究は、緑化樹木の育成という点で厳しい環境条件下にある海浜地の緑化手法を確立するため、環境条件の把握手法、使用適性樹種の整理、環境条件（特に風）と樹木の生育状態との関係、防風物と樹木の生育状態との関係等について調査、検討を行ったものである。今後の課題としては、次のような点がある。

- ① 環境条件（特に風）と樹木の生育状態との関連を調査したが、環境圧の強さを十分測定できず、望ましい結果が得られなかった。特に風については、風向や風速が変化するため、これらを把握するための調査手法そのものについてさらに研究を進める必要がある。
- ② 防風物と樹木の生育との関係について、本研究では防風物としてクロマツ林、植栽樹木としてメタセコイアを取り上げ調査を行った。しかしメタセコイアは潮風に比較的弱い樹種であるため、海浜地で実際に使用されるケースは限られている。このため今後は、さらに多くの樹種について調査を行うとともに、防風物についてもネットや土壌等、その他の構造物についても調査を積み重ねる必要がある。
- ③ 現場で使用可能な緑化手法を提示するため、まず環境圧の簡易な判定手法としてクロマツの生育状態を指標とした手法について提案を行った。しかし、クロマツが生育していない場合についても検討を進めること、またここでは5段階に分類したが、さらに細かい分類についても検討を進めることが必要である。
- ④ さらに、各地で生育している樹木を比較、観察することにより海浜地緑化適性樹種一覧表を取りまとめた。これについては、各地のデータをさらに集積し、改良を重ねていく必要がある。樹種を増すとともに、分類についてもより細かくし、気候条件の異なる各地域に対応した一覧表の作成が望まれる。

参 考 文 献

- 1) 本間 啓：サンドポンプによる臨海埋立地における緑地植物の植栽に関する研究；緑地学研究No. 5
1973 東京大学農学部園芸第2研究室
- 2) 宮脇 昭：日本の植生 1977 学研
- 3) 新田伸三：植栽の理論と技術 1975 鹿島出版
- 4) 飯塚 肇：防風林の幅(厚み)に就いて 1952
- 5) 倉田益二郎：緑化工技術 1979 森北出版
- 6) 原 勝：砂防造林 1950
- 7) 新田伸三, 東 集成, 石井照夫：環境緑化における微気象の設計 1981
- 8) 建設産業調査会：設計・施工のための農林水産土木ハンドブック 1977
- 9) 田崎忠良：環境植物学 1978
- 10) 福井英一郎ほか：日本・世界の気候図 1985 東京堂出版
- 11) 飯塚 肇：森林防災学 1964 森北出版
- 12) Ian L. Mcharg：Sea & Survival ; Design with Nature
- 13) 本間 啓ほか：港湾埋立地における植栽地造成工法と緑地植物の成育に関する実験的研究；造園学会春季大会
- 14) 建設省九州地方建設局海の中道海浜公園工事事務所：地下水等の総合利用に関する調査業務報告書
1981
- 15) 建設省関東地方建設局国営常陸海浜公園工事事務所：国営常陸海浜公園植栽技術調査報告書 1977,
1981, 1982
- 16) 建設省関東地方建設局国営常陸海浜公園工事事務所：国営常陸海浜公園植生調査報告書 1980
- 17) 建設省土木研究所緑化研究室：海浜地緑化技術調査報告書 1986, 1987, 1988
- 18) 建設省土木研究所緑化研究室：海浜地気象環境調査報告書 1986
- 19) 建設省土木研究所緑化研究室：海浜地の造園樹木及び花木の生育適性に関する実態調査 1989
- 20) 建設省土木研究所緑化研究室：海浜地の造園樹木及び花卉の生育に関する調査 1990

海浜地における樹木の育成環境
に関する研究

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第3189号
平成5年5月(1993)

緑化生態研究室 半田真理子, 藤原宣夫, 吉永裕康,
井上忠佳, 前田 博, 田代順孝,
末永鍊司, 播本武史, 古関堅治,
武田 裕, 佐藤隆幸

要 旨

本研究は、今後ますます増大する海浜地の緑化に対して、適切な緑化手法を確立するため、既存の知見を基に、海浜地における潮風、植栽基盤の特徴を把握したほか、風と植物の生育との関係を海の中道海浜公園及び国営常陸海浜公園において測定し、防風林と植栽木の位置及び高さの関係について検討を行ったものである。また本研究においては、海浜地における環境圧の簡易な判定手法として、クロマツの生育状態を指標とした手法の提案及び緑化適性樹種の整理を行った。

キーワード：海浜地，防風林，潮風害，環境圧レベル，クロマツ

郵便はがき

四十一円切
下手はって
下さい。

305-□□

建設省土木研究所
環境部緑化生態研究室
行

茨城県つくば市大字旭一番地

017

No. _____

No. _____

配布先氏名

○

配布先住所

土木研究所資料第 3189 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印