

海岸防災林に関する研究

— クロマツ海岸林の実態と施業改善試験 —

副主任研究員 渡 辺 次 郎
研究員 富 樫 誠
専門研究員 荒 井 賛

要 旨

本県における海岸防災林の造成は、クロマツを主木とし、haあたり10,000本植栽する方法によっている。この方法で造成されたクロマツ林の多くは過密林分となっており、林分構造に異常をきたし防災機能が低下している。これらのクロマツ海岸林の防災機能を正常に維持するためには、適正な林分構成や樹形態が要求される。本県におけるクロマツ海岸林の造成法はほぼ確立されているといえるが、その後の取り扱い技術については全く不明である。そのため、主として密度管理に必要な資料を得ることを目的として67か所の実態調査を行った。この結果、本県におけるクロマツ海岸林の大部分は、アカマツ林に比べ生長が悪く、本数密度が極めて高いことが判明した。さらに、樹高が5 m以上の林分では枝下高が高く、防災効果が低下し、クロマツ海岸林造成後は、比較的早い時期から間伐の必要があることが明らかとなった。これらの結果をふまえて、haあたり10,000本(対照区)、8,000本、6,000本の間伐固定試験地を設定し、生長経過を調査してきたところ、本数密度が低くなるにしたがってクロマツの生長が促進される傾向があることから、間伐はクロマツの生長促進に有効であると判断された。

I はじめに

海岸防災林は、強風やそれに伴う高潮、潮風、飛砂などから周辺地域の農作物や、住民の生活環境保全上極めて重要なものと認識され、古くから造成・保護されてきた。森林の国土保全機能が重視されている今日では、さらにその重要性が認識され、本県においても海岸防災林造成事業として盛んに実施されており、約150 kmにおよぶ沿岸地域の諸産業の発展や地域住民の生活環境の保全に大きく貢献している。

本県における海岸防災林の造成法については、ほぼ確立されたといえるが、その後の取り扱い技術については不明であった。このため除・間伐の手遅れから過密林分になっているところが多く、防災機能が低下しているのが現状である。これまでの海岸防災林の造成は、河田¹⁾や原²⁾の密植造林方式が取り入れられ今日に至っている。本県においてもこの造成方法が取り入れられ、既に造成された海岸防災林の大部分は植栽本数がhaあたり約10,000本と極めて高い密度で実施されている。本県の海岸防災林の大部分は、クロマツを主木として造成された海岸林であり、これらの防災機能は、本数密度や枝下高などの林分構造によって大きく影響されることから、空中塩分の捕捉^{3) 4) 5)}に最も大きく関与する葉量を減少させないためにも、早い時期からの除・間伐の実施が必要である。さらに、このようなクロマツ海岸林は、劣悪な土壌条件や潮風害等の影響を受け、樹高生長や樹形に異常をきたし、病虫害などの二次的な諸被害による枯損現象が生じやすい環境となっている。したがって、これらクロマツ海岸林の施業は、一般林地における用材生産を目的としたものとは異なり、防災機能を十分発

揮するような林分構成・樹形態に導くものでなければならない。

しかしながら、このような背景のもとにクロマツ海岸林に対して実施された管理や施業の事例⁶⁾⁷⁾は少ないのが現状である。したがって、今後本県におけるクロマツ海岸林を維持管理するには、前述の適正林分に誘導する施業体系の確立が重要である。ここでは、以上のような観点から本県におけるクロマツ海岸林の実態を調査するとともに、あわせて本数密度別間伐試験地を設定してその特性を調査し、クロマツ海岸林の防災機能の維持・改善を図る施業体系を確立するための基礎資料を得ることを目的として実施したものである。

II 調査・試験の内容

1. 調査地とその概況

調査は、本県の浜通り地方におけるいわき・富岡・原町の三林業事務所管内のクロマツ海岸林を対象にして行った。本県における海岸線は、太平洋沿岸の約 150 kmにおよび、その大部分がクロマツ海岸林で形成されており、林帯幅は10~100 mを呈しているが、稀に林帯幅が300 m以上のクロマツ海岸林もみられる。これらの地域の気象は浜通り地方気象観測資料⁸⁾(1961~1970年)によると、年平均気温 13.0℃内外、年平均降水量 1,100~1,500 mm、年平均風速 2~3 m/s (月平均 5m/s以上の風速は1~4月に多い)で海洋性気候を示している。年降水量の季節的配分は、初夏から初秋に多く冬から春に少ない。1月の平均気温も2~3℃と冬季も比較的温暖で、降雪もまれにみる程度であり、風は10~4月まで北西、5~9月が東よりとなっている。7~8月の最高気温の月平均は26.2℃である。

2. 調査・試験の方法

(1) 調査面積

調査は、1プロットの大きさを10×10 m以上の方形とし、少なくとも調査対象木が30本以上含まれる面積となるよう留意した。

(2) 調査項目

- ① 概況調査：海岸の状況、構築物の有無およびこれらの大きさ、土壤水分の状態、クロマツの病虫害の有無およびその程度、さらに潮風害の程度等についてこれらの概況を調査した。
- ② 植生調査：調査区域内に出現する植生の種類、被度、群度などについて調査した。
- ③ 標準木毎木調査：樹種名、胸高直径(輪尺により1 cm括約)、樹高および枝下高(10 m未満はブルーメライスにより50 cm括約)、樹冠幅(巻尺により東西、南北の2方向)を測定した。なお、各林分の林齢は、伐根、枝数、植栽に関する資料等により推定した。

(3) 間伐試験

① 試験場所

試験は、富岡林業事務所管内の双葉郡双葉町大字中浜字南川原地内におけるクロマツ林で、昭和47~48年度に haあたり 10,000 本で植栽されたところに設定して行った。

② 試験方法

試験地の設定は、昭和59年春季に haあたり 10,000 本区(以下対照区)、間伐区として 8,000 本区(以下 8,000 区)と 6,000 本区(以下 6,000 区)を設定した。なお、各試験区の大きさは10×10 m、3回繰り返しとした。

生育状況の調査は、各試験区内から無作為に抽出した20本ずつの供試木を対象として、樹高、胸高直径、樹冠幅、新梢生長量（主幹頂芽長、主幹頂芽径）、当年生針葉長、葉色などについて試験区設定時とその後3年間継続して行った。なお、試験地設定時に無作為に抽出した供試木にはナンバーテープを張り付け、継続して調査した。

Ⅲ 結果および考察

クロマツ海岸林の調査林分数は67か所である。これらを地形的に区分すると海浜砂地と海岸段丘上に大別され、海浜砂地が60か所、海岸段丘上が7か所となっている。

1. クロマツ海岸林の実態

(1) 樹高・胸高直径の生長

各調査林分の林齢と樹高、および磐城地方アカマツ林の林分収獲表による地位別樹高生長曲線を示すと図-1のとおりである。

これによると、クロマツ海岸林のクロマツの樹高生長は、磐城地方アカマツ林の地位3等以下を示すものが大部分を占め、地位3等以上の生育を示したクロマツ林分はわずかに20%程度であった。なお、このクロマツ林分のほとんどが海岸段丘上に位置していた。

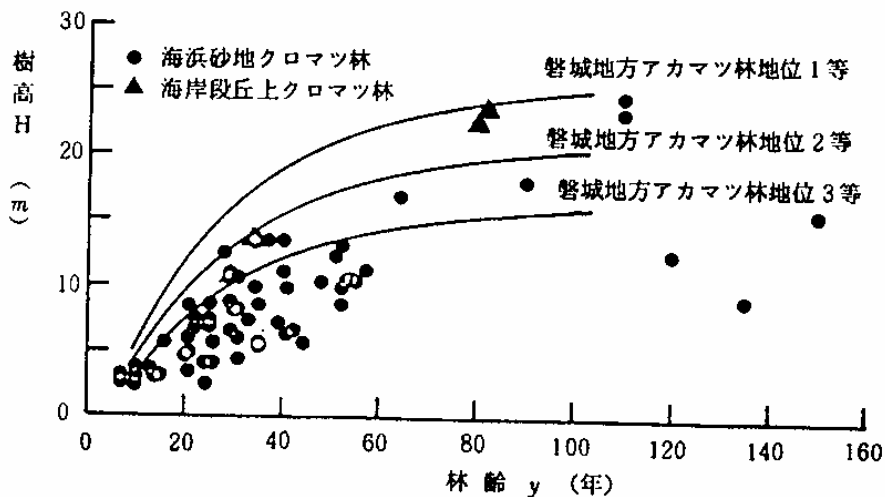


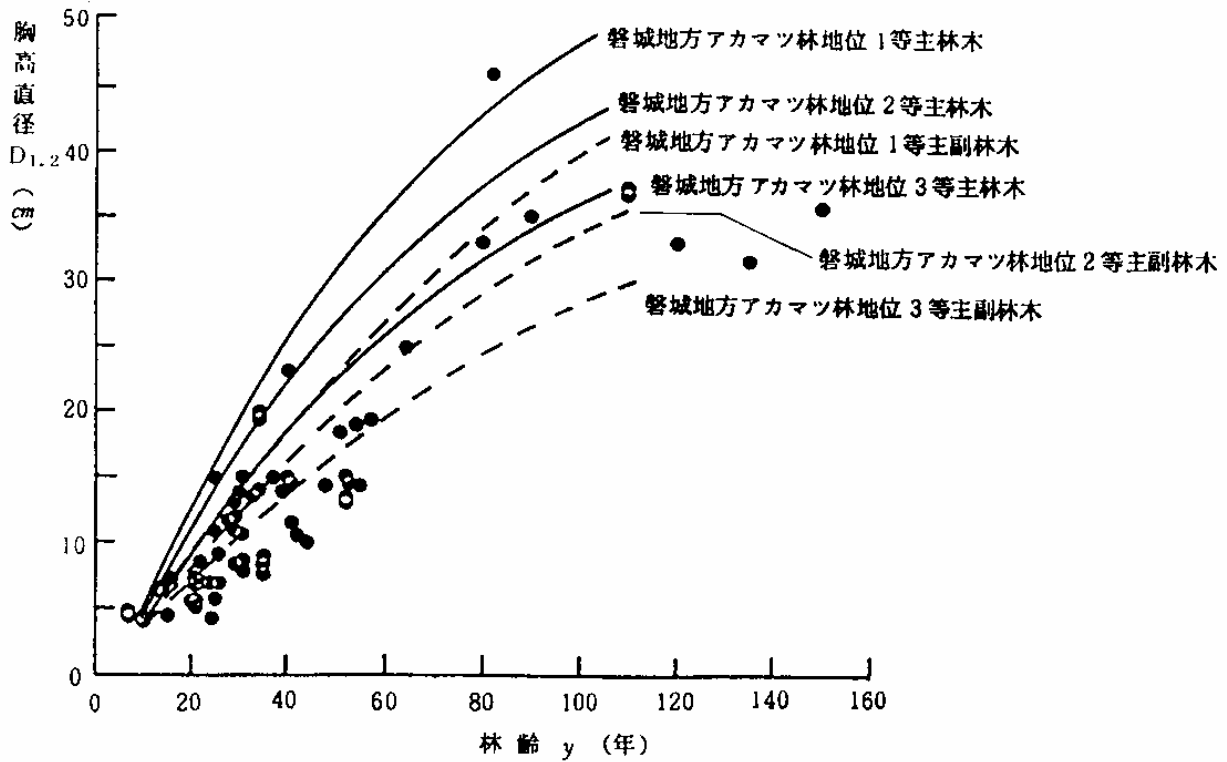
図-1 林齢と樹高

つぎに、各調査林分の林齢と胸高直径、および磐城地方アカマツ林の主林木と主副林木の平均の地位別生長曲線を示せば図-2のとおりである。

これによると、クロマツの直径生長が磐城地方アカマツ林の地位3等の主副林木平均に達している林分は50%程度で、地位3等の主林木以上の生長を示しているものはわずかに20%程度であった。なお、そのほとんどが海岸段丘上のクロマツ林のものであり、樹高生長と同じような傾向を示した。

したがって、クロマツ海岸林の樹高と直径の生長は、海岸段丘上のクロマツ林の一部を除き、そのほとんどが磐城地方アカマツ林の地位3等の主林木の生長に達しておらず、地位3等の副林木並もしくはそれ以下の生長しか示していないことが明らかとなった。

これらの生育不良の要因については、土壌の理化学性の不良や、潮風等の自然環境が大きく関与していることは論をまたないが、特に生育の悪い6か所についてみるといずれも暴れ木状を示しており、これらについては遺伝的形質による生育不良の可能性も考えられる。



図一 2 林齢と胸高直径

(2) 本数密度と生育状況

林齢と本数密度の関係は図一3に示すように、次式

$$\rho = 1 / (-3.6432 \times 10^{-5} + 1.34467 \times 10^{-5} y)$$

(n = 67、 r = 0.8041***)

式中、 ρ : 本数密度 (本/ha)、 y : 林齢、 n : 調査林分数、 r : 相関係数、*** : 危険率 0.1% で表わされ、両者の間には高い水準で相関関係が認められた。このクロマツ海岸林の本数密度の変化を磐城地方アカマツ林の地位別本数密度曲線と比較すると、クロマツ海岸林の本数密度は、常に一般アカマツ林の2~3倍以上に保たれており、過密な状態になっていることが判明した。このような過密林分の出現は、植栽密度が高くまたその後の除伐や間伐等の施業が行われないこと。さらには、これらの地域の土壌の生産力が低いため、クロマツの生長が遅く競争密度効果が起こりにくいことなどが大きな要因と考えられる。

次に、本数密度と樹高の関係は図一4に示したように、次式

$$H = 4.76896 + 8273.34 / \rho \quad (n = 67、 r = 0.7916***)$$

で表わされ、両者の間には高い水準で相関関係が認められる。これを磐城地方アカマツ林の地位1、3等曲線と比較すると、本数密度1,000~4,000本/haにおいては地位3等程度であるが、その他は地位1~2等並の傾向を示した。このことから、前述の林齢と本数密度(図一3)でも明らかのように、本数密度が5,000~10,000本/haにおいては林齢が20年生以下と若く樹高も低いため、静砂垣や防潮堤などの構造物により潮風害から守られて生長してきたと考えられるが、本数密度が4,000本/ha以下の林分においては林齢も高く、クロマツが潮風害の防護壁の高さを越えて生育する時期であり(図

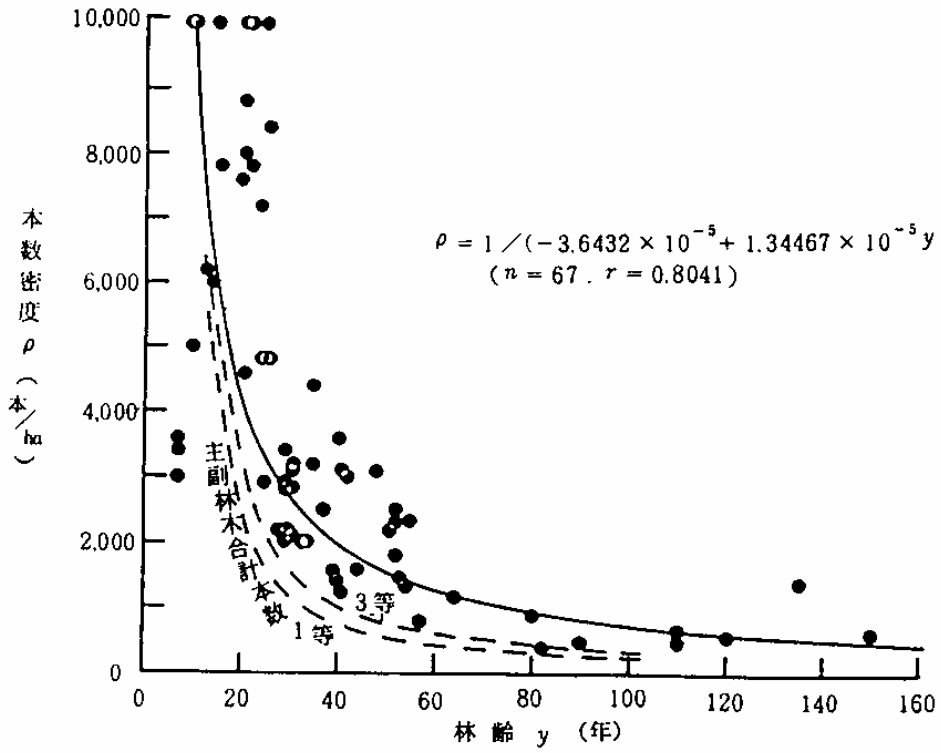


図-3 林齢と本数密度

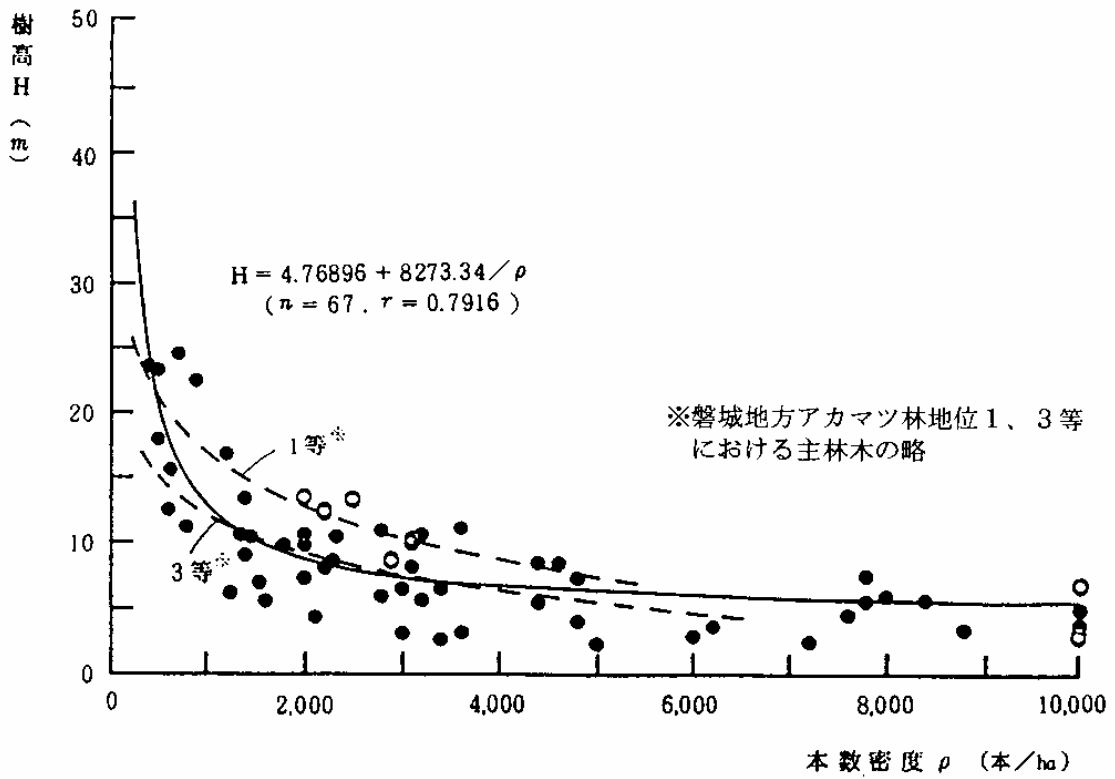
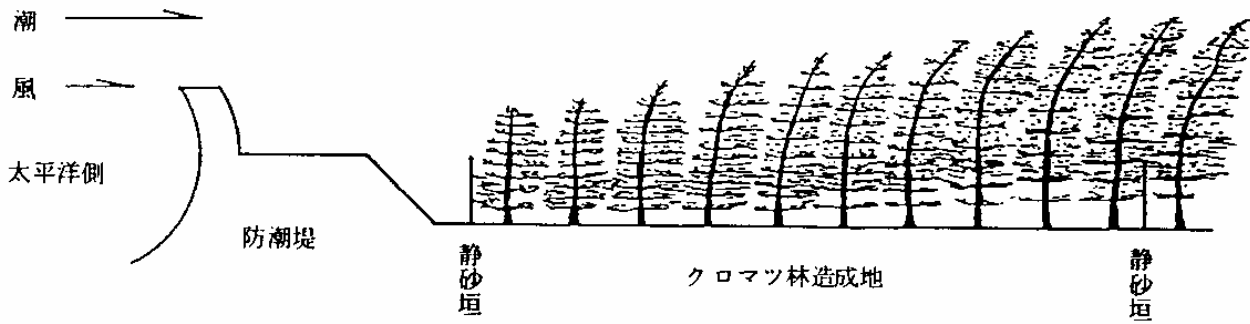
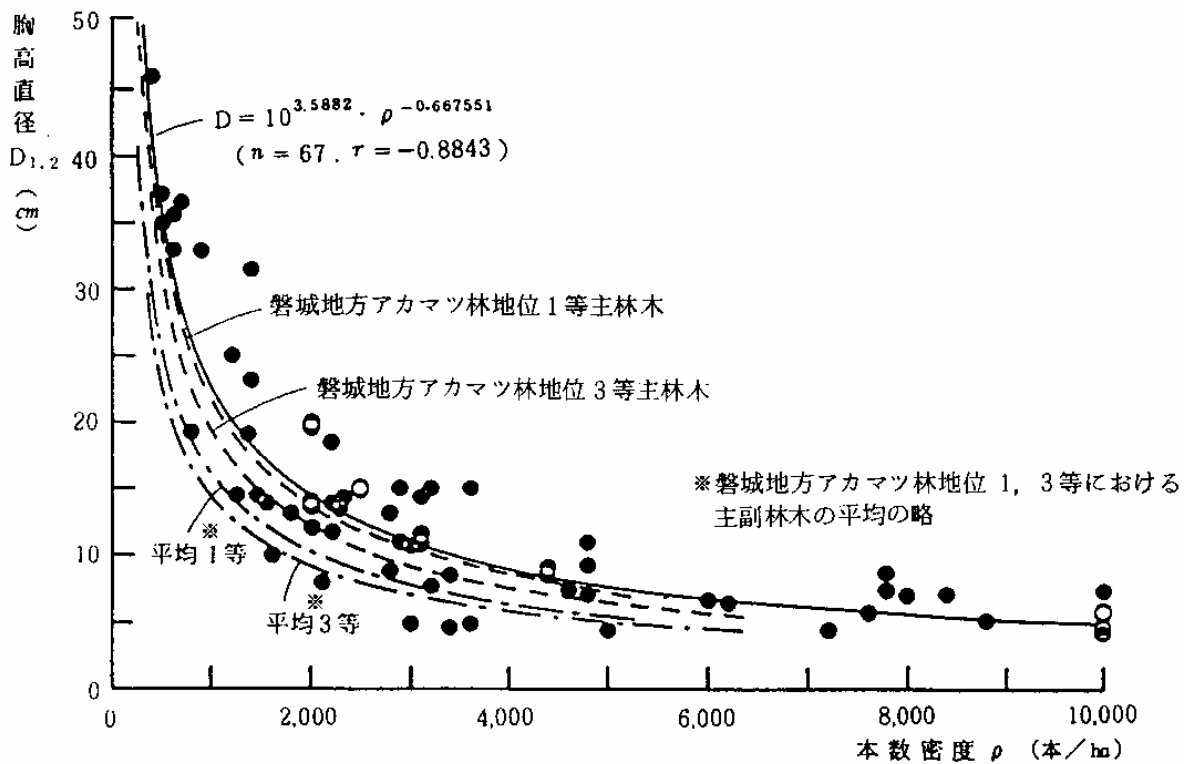


図-4 本数密度と樹高



図一五 クロマツ林造成地断面模式図



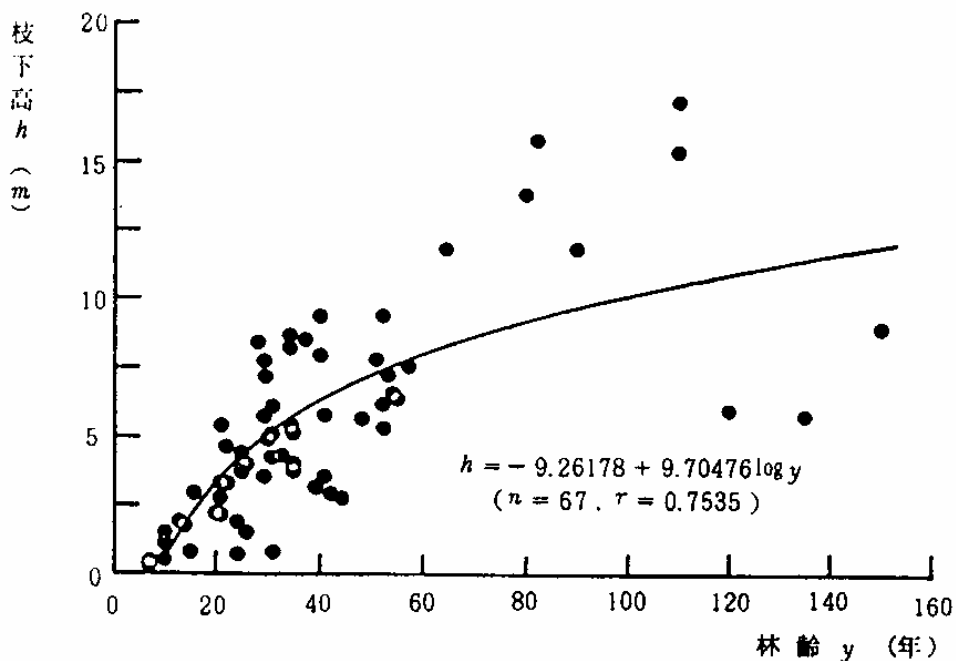
図一六 本数密度と胸高直径

- 5 参照)、潮風害により生長が抑制されていると推察される。

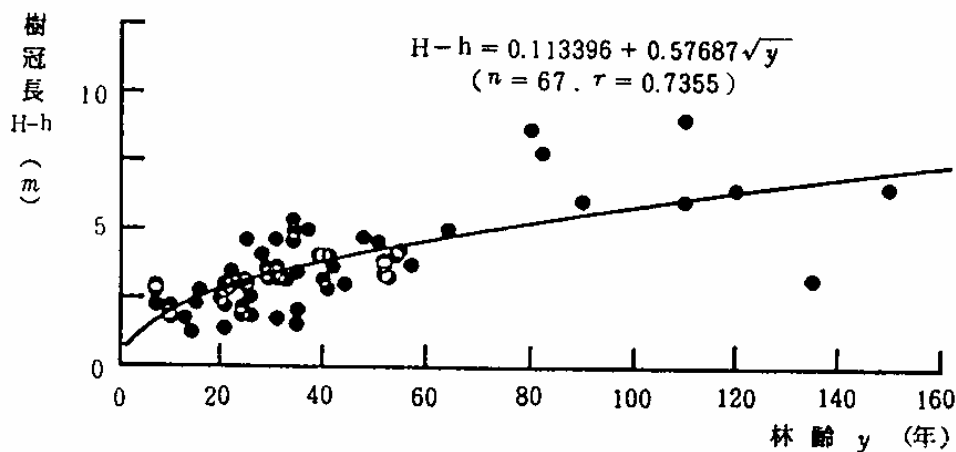
さらに、本数密度と直径生長の関係を示せば図-6のとおりで、次式

$$D = 10^{3.5882} \cdot \rho^{-0.667551} \quad (n = 67, r = -0.8843 \text{ ***})$$

で表わされる。これを磐城地方アカマツ林と比較すると地位1等の主林木を上まわる結果を示した。この原因として、クロマツ海岸林と磐城地方アカマツ林を同水準の本数密度ごとに比較すると、クロマツ海岸林は林齢が高くなるにしたがって本数密度が低くなり、さらに同水準の直径生長を比較するとアカマツ林との林齢差が大きくなる傾向のあることが考えられる。すなわち、本数密度 1,000本/haを例にとれば、磐城地方アカマツ林の直径成長は、地位1等における40年生のクロマツ海岸林で約80年生となる。したがって、約40年分に植する林齢差が生じるため、前述のような結果になったものと推



図一七 林齢と枝下高



図一八 林齢と樹冠長

察される。

(3) 枝下高・樹冠長・樹冠幅の生長

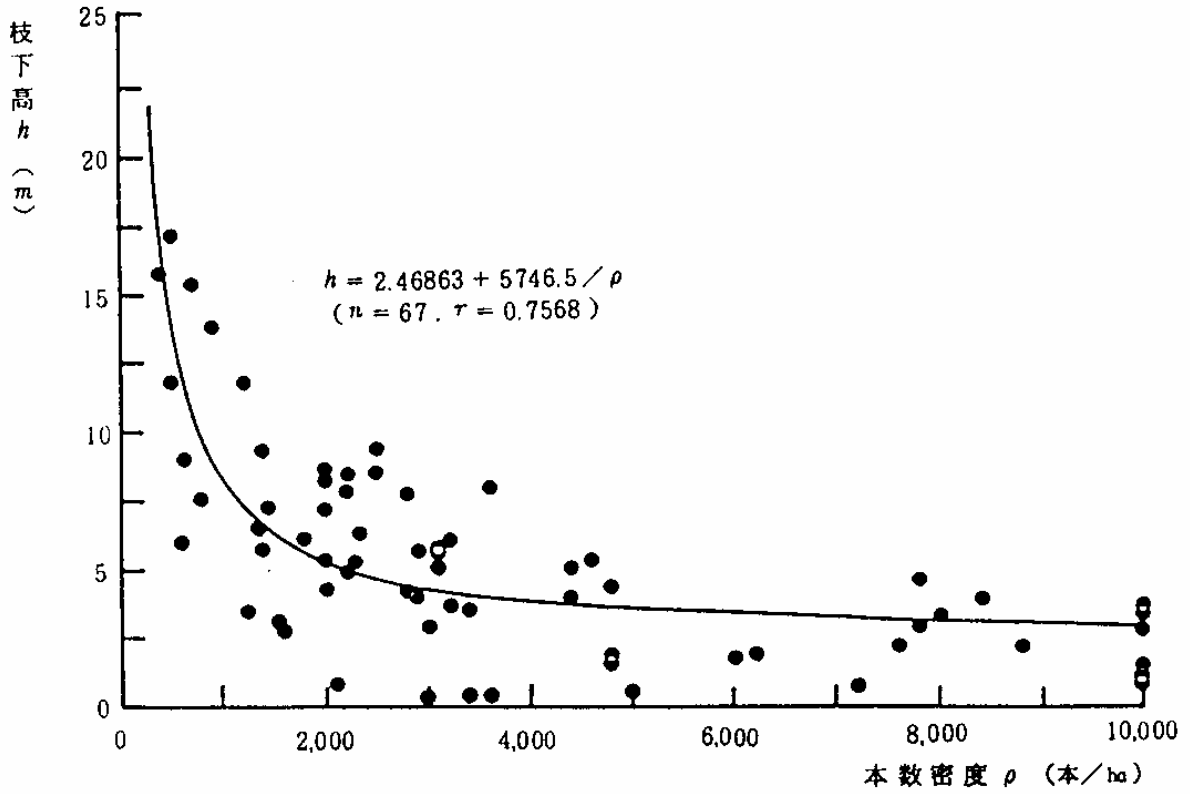
防災林としてのクロマツ海岸林は、前述のように空中塩分の捕捉や潮風の緩和作用を高める機能を有する樹形で構成されるものでなければならない。すなわち、枝下高が低く樹冠長（樹高一枝下高）が長く、枝張り（樹冠幅）の良好な樹形体から構成される林分が望ましい。このような観点から林齢と枝下高、ならびに林齢と樹冠長との関係についてみると、図一七、図一八に示したように、次式

$$h = -9.26178 + 9.70476 \log y \quad (n = 67, r = 0.7535 \text{ ***})$$

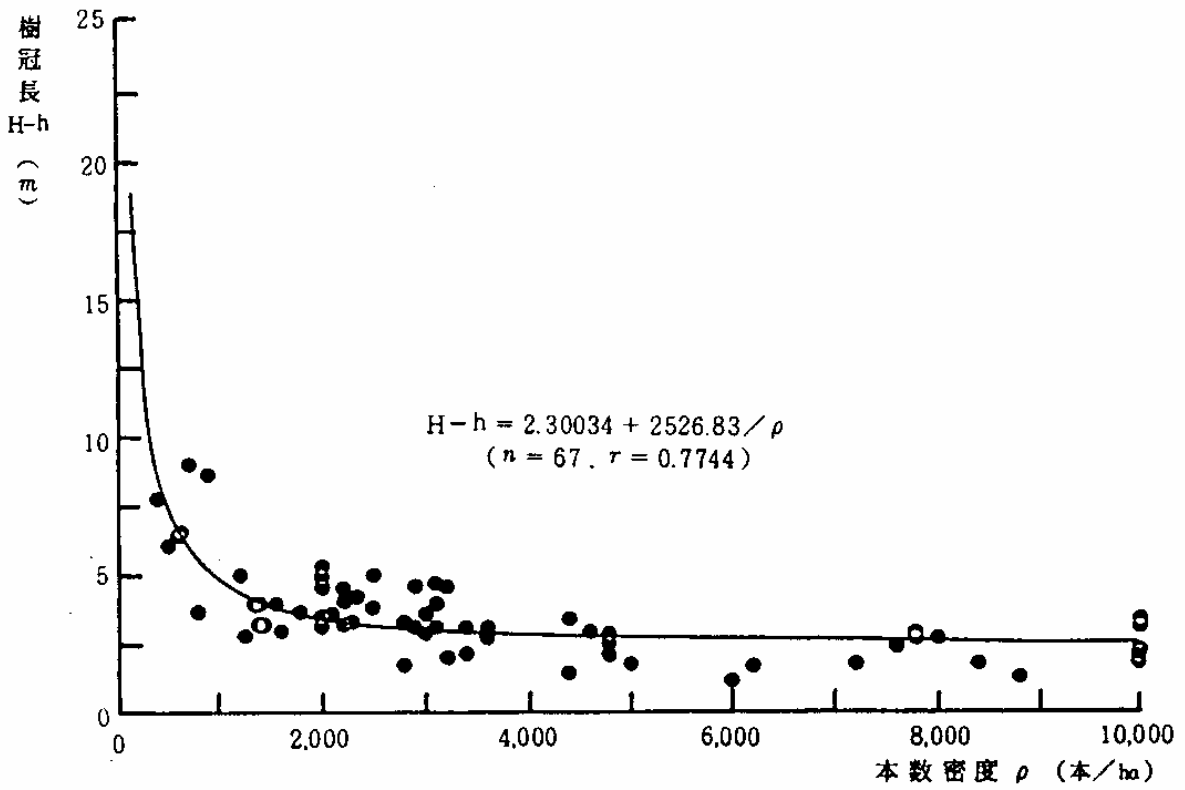
$$H-h = 0.113396 + 0.57687 \sqrt{y} \quad (n = 67, r = 0.7355 \text{ ***})$$

で表わされ共に高い水準で相関関係が認められた。

また、本数密度と枝下高、本数密度と樹冠長との関係についても図一九、図一〇に示したように、次式



図一9 本数密度と枝下高



図一10 本数密度と樹冠長

$$h = 2.46863 + 5746.5 / \rho \quad (n=67, r = 0.7568 \text{ ***})$$

$$H - h = 2.30034 + 2526.83 / \rho \quad (n = 67, r = 0.7744 \text{ ***})$$

で表わされ共に高い水準で相関関係が認められた。これは前述の林齢と本数密度との間にみられた統計的な有意性からも当然といえるが、林齢との関係よりも本数密度との相関係数が大きい傾向にあることから、枝下高、樹冠長は本数密度に大きく影響されるものと考えられる。

さらに、図-11、図-12に示したように、林齢と樹冠幅、本数密度と樹冠幅において風衝などの外的因子が類似した代表的な林分では、それぞれの高い水準で相関関係が認められることから、本数密度と枝下高、本数密度と樹冠長、本数密度と樹冠幅等とはいずれも密接な関係があり、本数密度を変えることにより枝下高、樹冠長、樹冠幅等をコントロールできる可能性があることを示唆している。なお、林齢と樹冠幅、本数密度と樹冠幅との関係は次式

$$W = 1.15561 + 0.334791 y \quad (n=36, r = 0.8672 \text{ ***})$$

$$W = 10^{1.86184 \cdot \rho - 0.435023} \quad (n = 36, r = -0.7847 \text{ ***})$$

で表わされ、前者の間には正の相関関係が、後者の間には負の相関関係がそれぞれ認められた。

次に、樹高と枝下率（枝下高÷樹高）との関係を示したのが図-13である。この図から明らかなように、樹高が5 m以上になるとほとんどの林分が枝下率50%以上となっていることから、早急に下枝の枯れ上がりを防止する対策を講じる必要性のあることを示している。なお、樹高と枝下率との関係は次式

$$h / H = 0.739308 - 1.21484 / H \quad (n=67, r = -0.7623 \text{ ***})$$

で表わされ、樹高と枝下率の間には高い水準で相関関係が認められた。

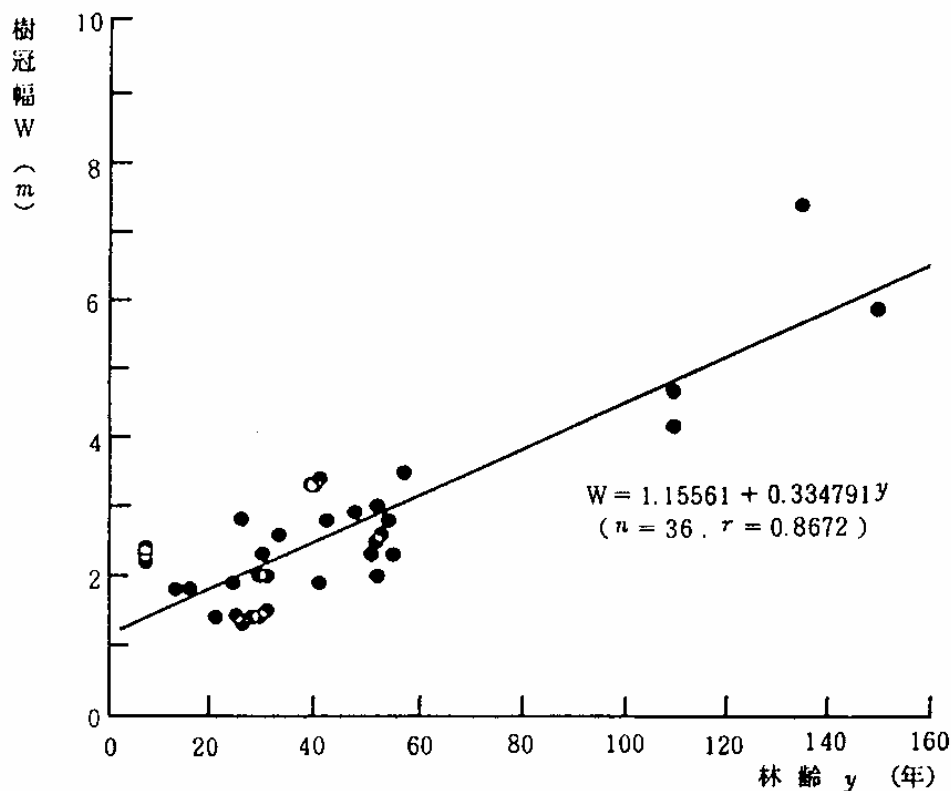


図-11 林齢と樹冠幅

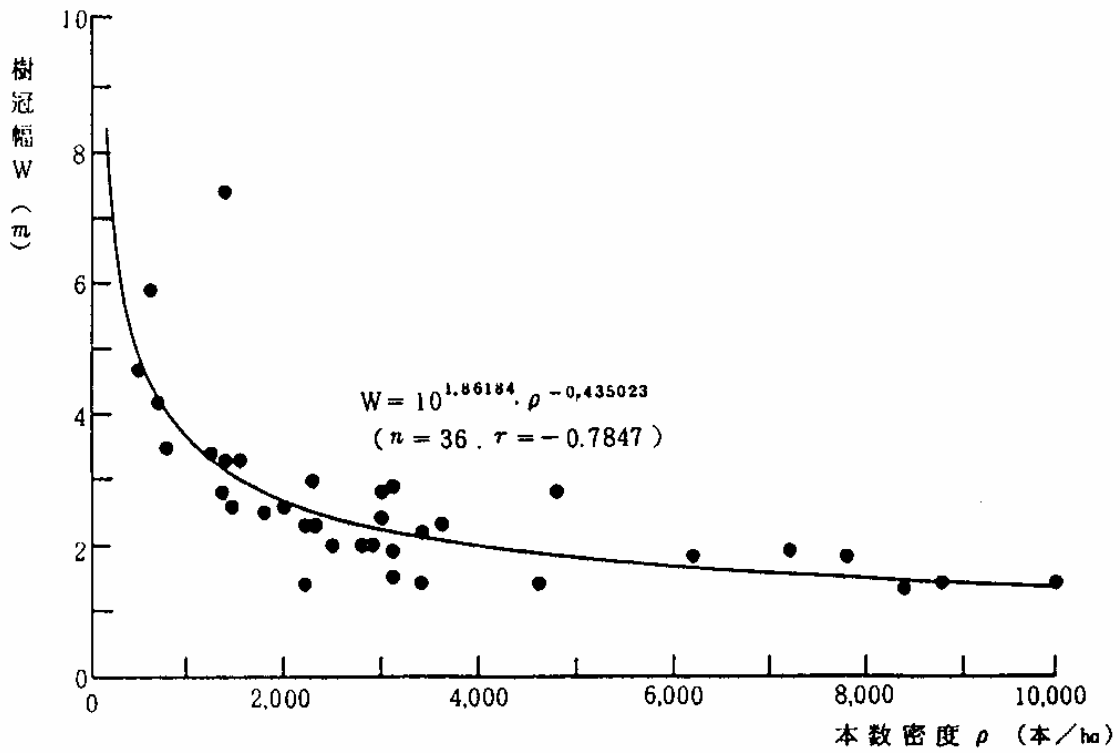


図-12 本数密度と樹冠幅

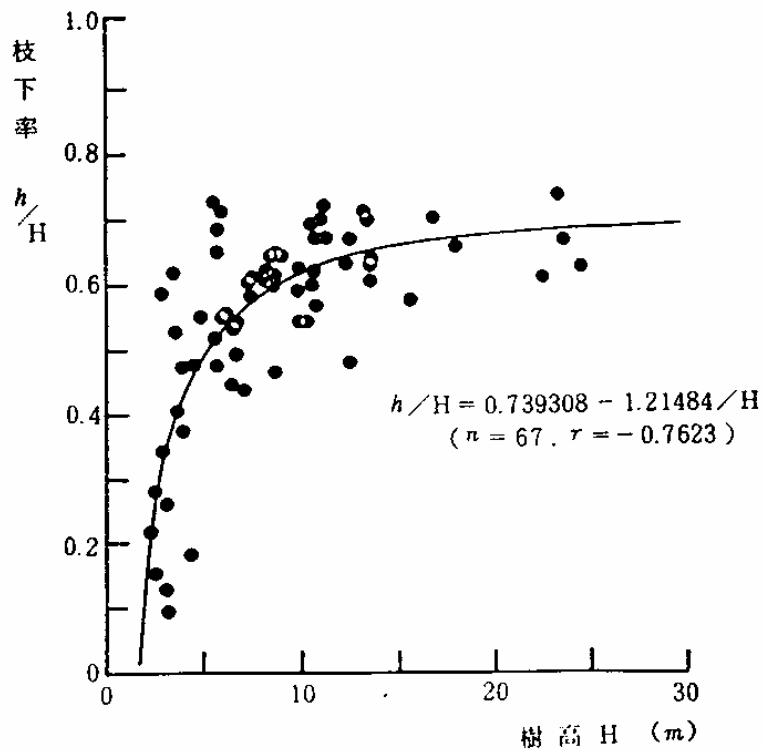


図-13 樹高と枝下率

3. クロマツ海岸林の密度管理

以上述べたこれらの林分を当面どのように取り扱うか、すなわちどのように密度管理を行っていくかという問題が残される。適期に適切な除・間伐を実施するには目的にあった樹種別の密度管理図、つまりクロマツ林分密度管理図を用いると便利である。しかしながら、クロマツ林については現在のところ作成されていないので、「表東北地方アカマツ林分密度管理図」を使用し検討した。

すなわち、図-14、図-15、図-16は、クロマツ林の生育環境条件が類似した代表的な林分の密度別林分材積、平均樹高、平均胸高直径をそれぞれの密度管理図の収量比数（ Ry ）曲線と対比させたものであるが、幹材積と胸高直径は Ry の高いところに分布し、最多密度曲線を超えるものもみられるのに対し、樹高は Ry 0.5～0.9 に分布している。このことは、一般林地のアカマツと海岸クロマツの形状にかなりの相違があることを示唆しており、アカマツの密度管理図はクロマツ海岸林には適用にはやや無理があるものの、図-17に示したように、樹高と本数密度の関係から調査林分をアカマツの密度管理図に落してみると、 Ry 0.7の周辺に形状の良い林分がみられたことから、クロマツ海岸林については、とりあえずアカマツ林分密度管理図の Ry 0.7を目標に密度管理を行った方が良いと考えられる。これについては、クロマツ海岸林はアカマツの一般密度管理図の Ry 0.7でおさえるのが適当である⁹⁾ ¹⁰⁾ という意見もあることから問題はないと考えられる。

しかしながら、平均樹高が12 mを超えた林分は枝下高が高く、単木材積も大きくなっているため、極力間伐量をおさえ、複層林化を図ることが望ましい。また、 Ry 0.5以下の林分（新植地は除く）についても樹下植栽が望ましい。なお、いかなる林分も林縁木の除・間伐は絶対に行わないように留意することが大切である。

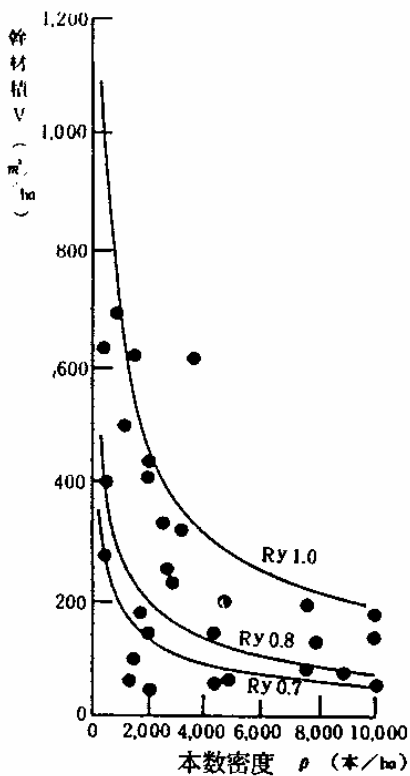


図-14 本数密度と幹材積

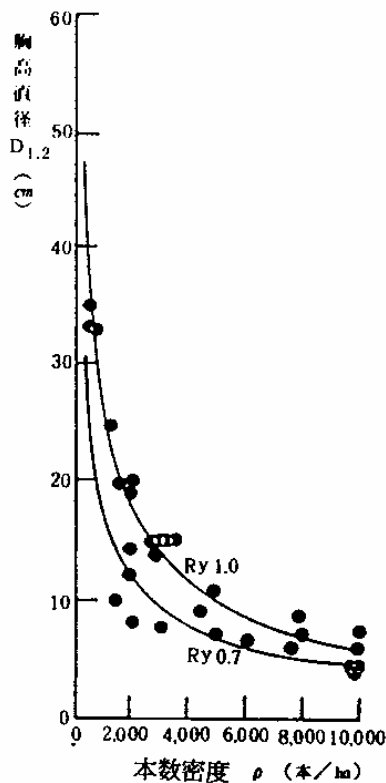


図-15 本数密度と胸高直径

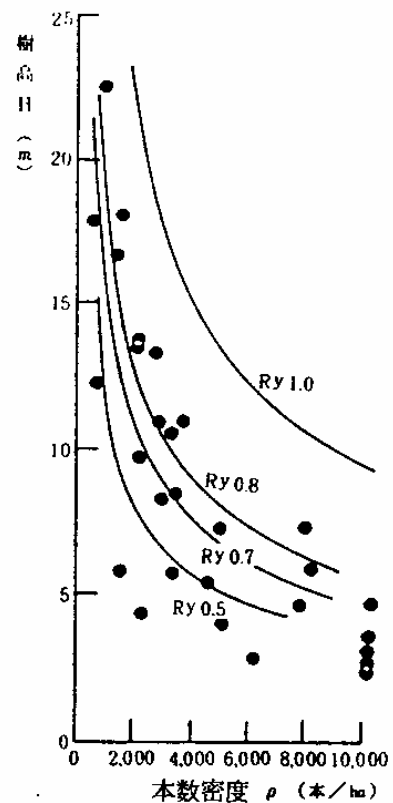
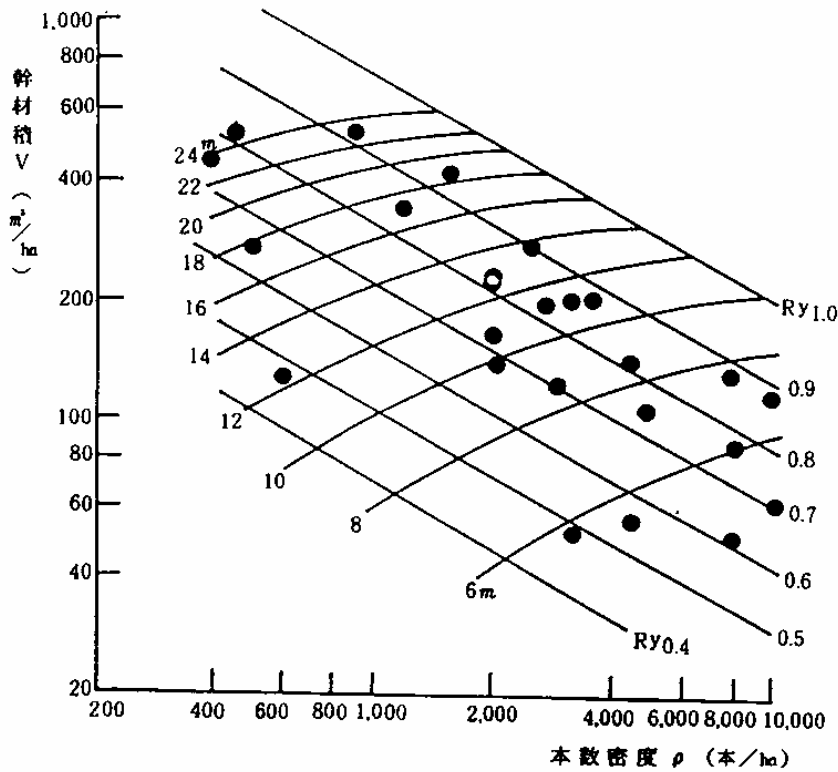


図-16 本数密度と樹高



図一七 海岸クロマツの樹高によるアカマツ林分密度管理図へのあてはめ

4. クロマツ海岸林の植生

クロマツ海岸林は、本数密度が極端に高いため下層植生は貧弱なものが多かったが、それでも表一1に示したように43種が確認された。

なお、推定林齢110年のクロマツ林(いわき市平字清水地内)の実態調査を行った結果、タブノキ、トベラ、シロダモ、スダジイ等常緑広葉樹の優占度が高かった。このことから、枝下の枯れ上がった林分に対する防災効果の減殺防止と、空中塩分捕捉量の低下防止を図る意味においても、これらの樹種による樹下植栽はクロマツ海岸林の改善方法として有効であると考えられる。

階層および被度・群度判定基準

階層	高さ	被度	内容	群度	内容
高木層 (B ₁)	8.0 ~ (m)	5	75 ~ 100(%)	5	大群で生育
亜高木層 (B ₂)	4.0 ~ 8.0	4	50 ~ 75	4	大きな斑状に小穴
低木層 (S)	0.5 ~ 4.0	3	25 ~ 50	3	小さな斑状に生育
草本層 (K)	0.05 ~ 0.5	2	10 ~ 25	2	小群状又は叢状に生育
コケ層 (M)	~ 0.05	1	1 ~ 10	1	単生
ツル植物	-	+	~ 1		

表-1 出現植物組成表

No	植 物 名	科	階 層	被度・群度
1	ク ロ マ ツ	マ ツ	B ₁ . B ₂	5・5
2	ア セ ビ	ツ ツ ジ	S	+・1
3	ヒ サ カ キ	ツ バ キ	S	3・3
4	サ カ キ	ツ バ キ	B ₂ . S	+・1
5	シ キ ミ	モ ク レ ン	B ₂ . S	+・1
6	ア オ キ	ミ ズ キ	S	+・1
7	イ ヌ ツ ゲ	モ チ ノ キ	B ₂ . S	+・1
8	ヤ ブ コ ウ ジ	ヤ ブ コ ウ ジ	S	2・3
9	ヤ ブ ツ バ キ	ツ バ キ	B ₂ . S	+・1
10	ア キ グ ミ	グ ミ	S	+・1
11	コ ナ ラ	ブ ナ	B ₂	+・1
12	ア オ ダ モ	モ ク セ イ	B ₂	+・1
13	ク リ	ブ ナ	B ₁ . B ₂	+・1
14	タ ブ ノ キ	ク ス ノ キ	B ₁ . B ₂	3・3
15	ト ベ ラ	ト ベ ラ	S	3・3
16	シ ロ ダ モ	ク ス ノ キ	B ₂	2・2
17	マ テ バ シ イ	ブ ナ	B ₂	1・1
18	ユ ズ リ ハ	トウダイグサ	B ₂ . S	1・1
19	カ シ ワ	ブ ナ	B ₂	1・+
20	モ ミ	マ ツ	B ₁ . B ₂	1・+
21	マ サ キ	ニ シ キ ギ	S	+・1
22	ス ダ ジ イ	ブ ナ	B ₂	2・2
23	ス ゲ S P	カヤツリグサ	K	1・1
24	ジャノヒゲ	ユ リ	K	1・1
25	スイカズラ	スイカズラ	T	+・1
26	チドメグサ	チドメグサ	K	+・1
27	ノイバラ	バ ラ	S	+・1
28	ヤマツツジ	ツ ツ ジ	S	+・1
29	シシガシラ	ウ ラ ボ シ	K	+・1
30	サルトリイバラ	ユ リ	T	+・1
31	クマイチゴ	バ ラ	S	+・1
32	ハイネズ	ヒ ノ キ	S	+・1
33	オカトラノオ	サ ク ラ ソ ウ	K	+・1
34	ネコハギ	マ メ	S	+・1
35	ヘクソカズラ	ア カ ネ	T	+・1
36	ミツバアケビ	ア ケ ビ	T	+・1
37	ハマエンドウ	マ メ	K	+・1
38	ヨシ S P	イ ネ	K	+・1
39	アカメガシワ	トウダイグサ	B ₁ . B ₂	1・1
40	タラノキ	ウ コ ギ	S	+・1
41	コウボウシバ	カヤツリグサ	K	1・2
42	オニシバ	イ ネ	K	1・2
43	マツヨイグサ	ア カ バ ナ	K	1・1

5. 間伐試験結果

各処理区におけるクロマツの生育状況は表-2のとおりである。はじめに間伐直前の生長値を100とした比数で、樹高および胸高直径の生長量を比較すると、間伐3年後の生長値は、間伐区の生長値が対照区に比べ若干大きな値を示していることから、間伐の効果が徐々に現われ始めていると考えられる。

次に、間伐3年後の着葉高をみると、対照区 > 8,000区 > 6,000区の順となり、本数密度の高い方が枝葉の枯れ上がり高が高くなる傾向を示した。

さらに、樹冠長、樹冠長比の生長値からも明らかなように、本数密度が低くなるにしたがって樹冠長は長くなる傾向があることから、間伐により本数密度を下げることは、クロマツ樹体の生理作用を活発にし、生産量を増す結果となり、枝葉の活力増進に貢献しているものと推察される。

なお、樹冠幅については6,000区 > 8,000区 > 対照区の順となっているが、全体的に大きな伸長はみられないことから、現在の本数密度に対し、樹冠幅の生長は限界に近づいているものと予想される。

針葉長と葉色については、針葉長と間伐の関係に有意性は認められなかったが、葉色においては全

表-2 除・間伐試験地におけるクロマツの生育状況

調査年月	試験区	調査項目	樹高 H (cm)	胸高直径 D _{1.2m} (cm)
59年3月 (間伐直前)	対照区 (10,000本/ha)		353.0 (100.0)	4.39 (100.0)
	間伐区 (8,000本/ha)		324.0 (100.0)	3.92 (100.0)
	間伐区 (6,000本/ha)		316.0 (100.0)	3.76 (100.0)
昭和60年1月 (間伐1年後)	(10,000本/ha)		424.9 (120.4)	5.72 (130.3)
	(8,000本/ha)		378.5 (116.9)	5.47 (139.6)
	(6,000本/ha)		347.3 (109.9)	5.01 (133.3)
昭和61年1月 (間伐2年後)	(10,000本/ha)		440.3 (124.8)	5.89 (134.2)
	(8,000本/ha)		398.2 (122.9)	5.63 (143.6)
	(6,000本/ha)		363.7 (115.0)	5.22 (138.9)
昭和62年2月 (間伐3年後)	(10,000本/ha)		461.1 (130.7)	6.03 (137.4)
	(8,000本/ha)		423.4 (130.7)	5.75 (146.7)
	(6,000本/ha)		383.1 (121.3)	5.54 (147.4)

注) 値は平均値。()は59年3月の値を100とした比数。

※ 富士葉色カラースケール(水稻用)による表示、1が薄緑色、7が濃緑色を示す。

体的に葉色5となり安定し、その効果をうかがわせた。なお、6,000区が特に濃緑色を呈した。

以上の結果を総括すると、わずかではあるがクロマツの生長に間伐施業の効果が認められることから、間伐はクロマツの生長促進に有効であると判断された。

Ⅳ おわりに

今回の調査・試験により本県のクロマツ海岸林の実態と除・間伐の効果をある程度明らかにすることができた。今後、これらの調査・試験の結果を十分に活用し、現在の海岸防災林の維持管理技術の確立、さらには防災機能の維持・改善をめざし、適正な施業体系を策定したいと考えている。しかしながら、クロマツ海岸林の造成後における防災機能の維持管理技術の施業体系を策定するためには、これまでの調査・試験期間のデータでは不足であり、今後も継続して調査を実施し、データの集積と観察を行っていく予定である。

着葉高 h (cm)	樹冠長 H-h (cm)	樹冠長比 H-h/H(%)	樹冠幅 W (cm)	針葉長 (cm)	葉色※
125.0 (100.0)	228.0 (100.0)	64.6 (100.0)	143.0 (100.0)	- (-)	- (-)
106.0 (100.0)	218.0 (100.0)	67.3 (100.0)	142.0 (100.0)	- (-)	- (-)
106.0 (100.0)	210.0 (100.0)	66.5 (100.0)	139.0 (100.0)	- (-)	- (-)
183.9 (147.2)	241.0 (105.7)	56.7 (87.8)	157.4 (110.1)	7.15 (-)	4.90 (-)
150.2 (141.7)	228.5 (104.8)	60.3 (89.6)	180.0 (126.8)	7.90 (-)	4.80 (-)
134.7 (127.0)	212.6 (101.3)	61.2 (92.0)	183.3 (131.9)	7.80 (-)	4.40 (-)
195.2 (156.2)	245.1 (107.5)	55.7 (86.2)	158.2 (110.6)	6.31 (-)	4.90 (-)
157.5 (148.6)	240.7 (110.4)	60.4 (89.8)	175.6 (123.7)	6.90 (-)	4.90 (-)
137.2 (129.5)	226.5 (107.9)	62.3 (93.7)	184.7 (132.9)	7.07 (-)	4.80 (-)
199.1 (159.3)	262.0 (115.0)	56.8 (100.2)	165.9 (116.0)	6.32 (-)	5.08 (-)
163.5 (154.3)	259.9 (119.2)	61.4 (91.3)	178.7 (125.9)	6.71 (-)	4.95 (-)
136.9 (129.2)	246.2 (117.3)	64.3 (96.7)	195.6 (140.7)	6.90 (-)	5.06 (-)

V 引用および参考文献

- 1) 河田 杰：海岸砂丘造林法、養賢堂（1960）
- 2) 原 勝：海岸砂防造林、林業解説シリーズ、林野庁研究普及課（1952）
- 3) 工藤哲也ほか：海岸林の横断形状と空中塩分の捕捉機能について、34回日林関東支論、P 241～242（1982）
- 4) 松岡広雄ほか：クロマツ海岸林の林分密度と空中塩分捕捉効果(I)、36回日林関東支論、P 187～188（1984）
- 5) 工藤哲也ほか：クロマツ海岸林の林分密度と空中塩分捕捉効果(II)、36回日林関東支論、P 189～190（1984）
- 6) 蜂屋欣二ほか：クロマツ林の保育に関する検討、湘南海岸砂防林調査報告書（1968）
- 7) 小田隆則：海岸砂防林の間伐に関する試験(II)、千葉県林試報9号、P 45～50（1975）
- 8) 福島県の気候、福島地方気象台編、日本気象協会福島支部（1974）
- 9) 小田隆則：海岸防災林の保育および改良に関する研究 I)、千葉県林試報10号（1975）
- 10) 大谷博弥ほか：遊佐海岸における幼齡クロマツの伸長と気象要因との関係、日林東北支誌No.26（1973）

付表1 昭和57年度クロマツ海岸林調査集計表

調査林分No	林齢 Y(年)	林級	本数密度 ρ(本/40)	平均胸高直径 D _{1.2} (cm)	平均樹高 H ₁ (m)	平均着葉高 h ₁ (m)	平均樹冠長 H-h ₁ (m)	平均樹冠幅 W(m)	$\frac{1}{\rho}$	$\frac{h}{H}$	$\frac{H}{h}$	$\frac{H-h}{H}$	D ² H (m ³)	T D ² H (m ³ /40)
双葉町 1	90	18	5	35.0	17.9	11.8	6.1	2.2	0.200	0.659	1.517	0.341	2.190	1096.38
" 2	22	5	100	7.2	6.7	3.3	3.4	1.3	0.010	0.493	2.030	0.507	0.030	347.33
" 3	25	5	29	15.0	8.6	4.0	4.6	1.2	0.034	0.465	2.150	0.535	0.190	561.15
" 4	10	2	100	4.2	2.9	1.0	1.9	1.0	0.010	0.345	2.900	0.655	0.005	51.16
" 5	21	5	100	5.7	4.9	2.7	2.2	1.8	0.010	0.551	1.815	0.449	0.016	159.20
" 6	21	5	80	6.9	6.0	3.3	2.7	1.3	0.013	0.550	1.818	0.450	0.029	228.53
" 7	22	5	78	8.6	7.5	4.6	2.9	1.6	0.013	0.613	1.630	0.387	0.055	432.67
" 8	14	3	60	6.5	2.9	1.7	1.2	1.6	0.017	0.586	1.706	0.414	0.012	73.52
" 9	15	3	100	4.6	3.1	0.8	2.3	1.1	0.010	0.258	3.875	0.742	0.007	65.60
" 10	37	8	25	15.0	13.5	8.5	5.0	1.6	0.040	0.630	1.588	0.370	0.304	759.38
" 11	20	4	76	5.7	4.6	2.2	2.4	1.5	0.013	0.478	2.091	0.522	0.015	113.59
" 12	25	5	48	10.9	7.3	4.4	2.9	1.7	0.021	0.603	1.659	0.397	0.087	416.31
" 13	120	24	6	33.0	12.5	6.0	6.5	2.3	0.167	0.480	2.083	0.520	1.361	816.75
" 14	64	13	12	25.0	16.8	11.8	5.0	2.4	0.083	0.702	1.424	0.298	1.050	1260.00
" 15	10	2	100	4.4	3.7	1.5	2.2	1.0	0.010	0.405	2.467	0.595	0.007	71.63
いわき市 1	35	7	44	9.0	8.5	5.1	3.4	1.7	0.023	0.600	1.667	0.400	0.069	302.94
" 2	10	2	50	4.4	2.3	0.5	1.8	1.0	0.020	0.217	4.600	0.783	0.004	22.26
" 3	24	5	48	7.0	4.0	1.9	2.1	1.8	0.021	0.475	2.105	0.525	0.020	94.08
" 4	31	7	21	8.0	4.4	0.8	3.6	1.6	0.048	0.182	5.500	0.818	0.028	59.14
" 5	35	7	32	7.6	5.7	3.7	2.0	1.4	0.031	0.649	1.541	0.351	0.033	105.35
" 6	35	7	44	8.4	5.5	4.0	1.5	2.2	0.023	0.727	1.375	0.273	0.039	170.76
" 7	44	9	16	10.0	5.7	2.7	3.0	1.5	0.063	0.474	2.111	0.526	0.057	91.20
高岡町 1	34	7	20	5.4	9.9	5.4	4.5	1.7	0.050	0.545	1.833	0.455	0.194	388.08
" 2	34	7	20	8.2	13.5	8.2	5.3	1.2	0.050	0.607	1.646	0.393	0.540	1080.00
" 3	34	7	20	8.7	13.6	8.7	4.9	1.3	0.050	0.640	1.563	0.331	0.512	1023.70
橋葉町 1	82	17	4	46.0	23.6	15.8	7.8	1.7	0.250	0.669	1.494	0.331	4.990	1997.50
" 2	80	16	9	32.9	22.5	13.8	8.7	1.7	0.111	0.613	1.630	0.387	2.440	2191.88
" 3	29	6	28	13.2	11.0	7.7	3.3	1.7	0.036	1.700	1.429	0.300	0.192	536.66
" 4	29	6	20	12.0	10.7	7.2	3.5	1.8	0.050	0.673	1.486	0.327	0.154	308.16
" 5	40	8	36	15.0	11.1	8.0	3.1	2.1	0.028	0.721	1.388	0.279	0.250	899.10
" 6	31	7	32	15.0	10.7	6.1	4.6	1.0	0.031	0.570	1.754	0.430	0.241	770.40

付表2 昭和58年度クロマツ海岸林調査集計表

調査林分No	林齢 y (年)	林級	本数密度 ρ (本/ha)	平均胸高直 径D _{1.2} (cm)	平均樹高 H (m)	平均着葉高 h (m)	平均樹冠長 H-h (m)	平均樹冠幅 W (m)	$\frac{1}{\rho}$	$\frac{h}{H}$	$\frac{H}{h}$	$\frac{H-h}{H}$	D ² H (m ³)	T D ² H ($\frac{m^3}{kg}$)
原町市 1	28	6	2,200	11.7	12.5	8.4	4.1	1.4	4.5 ^{-0.4}	0.672	1.488	0.328	0.17	376.45
" 2	53	11	1,467	14.5	10.5	7.3	3.2	2.6	6.8 ^{-0.4}	0.695	1.438	0.305	0.22	323.86
" 3	21	5	4,600	7.3	8.4	5.4	3.0	1.4	2.1 ^{-0.4}	0.643	1.556	0.357	0.04	205.91
" 4	55	11	2,333	14.3	10.5	6.3	4.2	2.3	4.2 ^{-0.4}	0.600	1.667	0.400	0.21	500.93
" 5	24	5	7,200	4.4	2.5	0.7	1.8	1.9	1.3 ^{-0.4}	0.280	3.571	0.720	0.004	34.85
" 6	16	4	7,800	7.3	5.6	2.9	2.7	1.8	1.2 ^{-0.4}	0.518	1.931	0.482	0.03	232.77
" 7	51	11	2,200	18.5	12.3	7.8	4.5	2.3	4.5 ^{-0.4}	0.634	1.577	0.366	0.42	926.13
" 8	30	6	2,200	13.9	8.1	4.9	3.2	2.3	4.5 ^{-0.4}	0.605	1.635	0.395	0.16	344.30
" 9	29	6	3,400	8.4	6.6	3.5	3.1	1.4	2.9 ^{-0.4}	0.530	1.886	0.470	0.05	158.34
" 10	31	7	3,100	10.8	8.2	5.1	3.1	1.5	3.2 ^{-0.4}	0.622	1.608	0.378	0.10	296.50
" 11	57	12	800	19.4	11.3	7.6	3.7	3.5	1.2 ^{-0.3}	0.673	1.487	0.327	0.43	340.23
いわき市 1	40	8	1,400	23.1	13.4	9.4	4.0	3.3	7.1 ^{-0.4}	0.701	1.426	0.299	0.72	1001.05
" 2	7	2	3,000	4.8	3.2	0.3	2.9	2.4	3.3 ^{-0.4}	0.094	10.667	0.906	0.01	22.12
" 3	7	2	3,600	4.8	3.1	0.4	2.7	2.3	2.7 ^{-0.4}	0.129	7.750	0.871	0.01	25.71
" 4	13	3	6,200	6.4	3.6	1.9	1.7	1.8	1.6 ^{-0.4}	0.528	1.895	0.472	0.01	91.42
" 5	48	10	3,100	14.3	10.3	5.6	4.7	2.9	3.2 ^{-0.4}	0.544	1.839	0.456	0.21	652.94
" 6	25	5	10,000	5.8	6.8	3.7	3.1	1.4	1.0 ^{-0.4}	0.544	1.838	0.456	0.02	228.75
" 7	41	9	3,100	11.6	9.8	5.8	4.0	1.9	3.2 ^{-0.4}	0.592	1.690	0.408	0.13	408.79
" 8	39	8	1,550	13.9	7.1	3.1	4.0	3.3	6.4 ^{-0.4}	0.437	2.290	0.563	0.14	212.63
" 9	26	6	8,400	7.1	5.7	3.9	1.8	1.3	1.1 ^{-0.4}	0.684	1.462	0.316	0.03	241.36
" 10	41	9	1,250	14.6	6.3	3.5	2.8	3.4	8.0 ^{-0.4}	0.556	1.800	0.444	0.13	167.86
" 11	31	7	2,800	8.7	5.9	4.2	1.7	2.0	3.5 ^{-0.4}	0.712	1.405	0.288	0.04	125.04
" 12	42	9	3,000	10.7	6.5	2.9	3.6	2.8	3.3 ^{-0.4}	0.446	2.241	0.554	0.07	223.26
" 13	52	11	2,500	15.2	13.2	9.4	3.8	2.0	4.0 ^{-0.4}	0.712	1.404	0.288	0.30	762.43
" 14	110	22	700	36.5	24.5	15.4	9.1	4.2	1.4 ^{-0.3}	0.629	1.591	0.371	3.26	2284.81
" 15	52	11	2,300	13.4	8.6	5.3	3.3	3.0	4.3 ^{-0.4}	0.616	1.623	0.384	0.15	355.17
" 16	52	11	1,800	13.2	9.9	6.2	3.7	2.5	5.5 ^{-0.4}	0.626	1.597	0.374	0.17	310.50
" 17	150	30	625	35.7	15.6	9.0	6.6	5.9	16.0 ^{-0.4}	0.577	1.733	0.423	1.99	1242.63
" 18	135	27	1,400	31.5	9.0	5.8	3.2	7.4	7.1 ^{-0.4}	0.644	1.552	0.356	0.89	1250.24
小高町 1	26	6	4,800	9.2	4.0	1.5	2.5	2.8	2.0 ^{-0.4}	0.375	2.667	0.625	0.03	162.51
" 2	21	5	8,800	5.1	3.4	2.1	1.3	1.4	1.1 ^{-0.4}	0.618	1.619	0.382	0.01	77.82
" 3	33	7	2,000	13.6	7.4	4.3	3.1	2.6	5.0 ^{-0.4}	0.581	1.721	0.419	0.14	273.74
" 4	29	6	2,900	11.0	8.8	5.7	3.1	2.0	3.4 ^{-0.4}	0.648	1.544	0.352	0.11	308.79
" 5	7	2	3,400	4.5	2.6	0.4	2.2	2.2	2.9 ^{-0.4}	0.154	6.500	0.846	0.01	17.90
" 6	54	11	1,350	19.0	10.6	6.6	4.0	2.8	7.4 ^{-0.4}	0.623	1.606	0.377	0.38	516.59
" 7	22	5	275	31.8	13.1	5.2	7.9	6.5	3.6 ^{-0.3}	0.397	2.519	0.603	1.32	364.30