

## 防風柵による保護がクロマツ海岸林の成長と更新に与える影響

大池航史<sup>1</sup>・佐野淳之<sup>1,2</sup>

### Effects of wind fence protection on the growth and regeneration of coastal black pine (*Pinus thunbergii* Parl.)

Koji Oike<sup>1</sup> and Junji Sano<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 鳥取大学農学部森林生態系管理学分野 (〒680-8553 鳥取市湖山町南 4-101)

Forest Ecology and Ecosystem Management Laboratory, Faculty of Agriculture, Tottori University, Tottori 680-8553, Japan

<sup>2</sup> Corresponding author: jsano@muses.tottori-u.ac.jp

#### 要 旨

防風柵による保護がクロマツの成長と更新に与える影響を明らかにするため、鳥取県の北条砂丘に成立しているクロマツ海岸林において2つのプロットを設置した。1つのプロットは、海側に防風柵があり、もう1つのプロットは防風柵のないものである。それぞれのプロットで、樹高、胸高直径、主軸の伸長成長量、樹幹の傾き、枯損率、樹冠面積を調査した。また、それぞれのプロット内で天然更新していた稚樹と幼樹の数と樹齢を調べた。

樹高、胸高直径、主軸の1年当りの伸長成長量は、防風柵のないプロットより、防風柵のあるプロットで大きかった。さらに、樹幹の傾きと枯損率は、防風柵のあるプロットで小さかった。稚樹と幼樹の密度と樹齢は、防風柵のあるプロットで大きかった。

これらのことから、防風柵は、潮風を防ぐ高い機能により、海岸に成育するクロマツの成長を塩風から保護していると推察された。防護策のある林分における樹冠被覆の適切な管理は、海岸林の海側であっても、天然更新を可能にすることができる。従って、防風柵による風よけの機能は、常に効果的であることが期待できる。

キーワード：潮風、樹幹の傾き、枯損率、主軸の伸長成長量、天然更新

#### Summary

To assess the effects of wind fence protection on the growth and regeneration of a Japanese black pine (*Pinus thunbergii* Parl.) forest, we set up two plots in a coastal black pine forest on the Hojyo sand dune, Tottori Prefecture. One plot has a wind fence at the sea-side edge of the plot and the other plot does not. We measured tree height, diameter at breast height, annual growth of main stem, trunk inclination, withering rate, and width of tree crown. We also counted the number and age of naturally regenerated seedlings and saplings

within the plots.

The tree height, diameter at breast height, and annual growth of main stem in the plot with the wind fence showed better responses than in the plot without the wind fence. Moreover, the trunk inclination and the withering rate were smaller in the plot with the wind fence. The density and age of seedlings and saplings were higher in the plot with the wind fence.

It was confirmed that the wind fence had protected the growth of coastal black pine from salty wind by its higher function of coastal windbreak. Proper management of crown cover in a stand with a wind fence makes it possible to regenerate naturally, even on the sea-side edge of the coastal forest. Consequently, the function of windbreak of the fence is expected to remain constantly effective.

Keywords: annual growth of main stem, natural regeneration, salty wind, trunk inclination, withering rate

## I. 序 論

現在、鳥取県の海岸沿いには防風・飛砂防止を目的とした海岸林が存在している。海岸林として植栽されている樹種は、クロマツ (*Pinus thunbergii* Parl.) が多く、これは、潮風に対する抵抗性が高いため (山内 1962 ; 中田 1993) である。しかし、日本海沿岸地域は、主に冬季の季節風の影響が強く、とくに林帯前縁部は被害を受けやすい。そのため、前縁のクロマツ林を保護する目的で、防風柵などの工作物が設置されている場所もある。これまで、海岸クロマツ林の防風・飛砂防止・空中塩分補足などの機能についての研究 (樫山 1967) は行われてきたが、防風柵によるクロマツ林の保護効果に関する研究は少ない (松岡ら 1989b ; 溝口ら 1992 ; 奥村・清永 1996)。したがって、本研究では、防風柵の有無によるクロマツ林の成長と更新状況および被害状況を比較し、その効果を確認することを目的とした。また、これらの結果から、海岸クロマツ林の今後の維持・管理のあり方について考察を加えた。

## II. 調査地と調査方法

鳥取県北条砂丘に植栽された海岸クロマツ林で、海側の前縁部に高さ約 2m の防風柵が設置されている林分と防風柵が設置されていない林分の 2カ所に調査区を設置した。防風柵が設置され

ている林分のクロマツは 12 年生であり、本数密度は約 10000 本/ha で間伐などは行われていない。防風柵が設置されていない林分のクロマツは 35 年生であり、本数密度は約 4300 本/ha であった。それぞれの林分に、汀線に平行に 10 m 幅の調査区を設定した。調査区の長さは、クロマツ林の内側に向かって、防風柵が設置されている林分が 25 m、防風柵が設置されていない林分が 30 m である。

防風柵にクロマツを保護する効果があれば、防風柵が設置されていない林分と比べて成長や更新に違いがみられるはずであり、潮風による被害の及ぶ範囲も変わると思われる。そこで、それぞれの樹高、胸高直径、各年の主軸の伸長量、樹幹の傾き、枯損率を調査し、防風柵の有無による比較および前縁からの距離の違いによる比較を行った。

一般に海岸林では、下枝が相互に接触し合う 10 年生頃から枯れ上がり、20 年生から更に進行するとされており (松岡・工藤 1987a)、本調査地においても現在は下枝が相互に接触しあっている状態であった。そこで、植栽された当時から現在まで、各年の樹冠を構成していた側枝の枝階から各個体の樹冠幅を測定した。クロマツの樹冠は壮齢までは広円錐形である (矢頭 1964) ので、4 方向の樹冠幅の平均値から円の面積を求めて樹

冠面積とし、プロット面積に対する各年の樹冠面積合計の割合を林冠被覆率とした。また、クロマツの天然更新の可能性について考察するため、それぞれの調査区を長さ 5 m ごとに区切り、天然更新した稚樹の本数と樹齢を調査した。

### III. 結果と考察

#### 1. クロマツの成長に与える防風柵の影響

##### 1) 上木の概況

前縁からの距離ごとの林分概況を表 1 に示す。

表 1 前縁からの距離ごとの林分概況

前縁からの距離(m)	本数密度(本/100m)		平均樹高(m)		平均胸高直径(cm)		年平均樹高成長量(m/年)		年平均直径成長量(cm/年)	
	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無
0~5	80	52	4.26	2.03	6.8	5.8	0.36	0.06	0.57	0.17
5~10	96	60	4.14	3.22	6.0	7.2	0.35	0.09	0.50	0.21
10~15	102	52	3.90	4.12	5.3	8.3	0.33	0.12	0.44	0.24
15~20	104	38	3.85	5.32	3.8	9.4	0.32	0.15	0.32	0.27
20~25	110	28	3.61	4.78	3.5	9.2	0.30	0.14	0.29	0.26
25~30	-	30	-	6.51	-	11.7	-	0.19	-	0.33

\*有は防風柵の設置されている林分、無は防風柵の設置されていない林分を示す

防風柵が設置されていない場合は、樹高、胸高直径ともに前縁に近いほど成長量が小さく、内陸に向うにつれて成長量が大きくなる傾向がみられた。これは、林帯の前縁ほど潮風の影響を強く受けるためと考えられる。それに対して、防風柵が設置されている場合は、防風柵が設置されていない場合と比べ、全体的に成長は良好で、防風柵によって潮風の影響が緩和されていることを示していた。ここで、樹高、胸高直径ともに、内陸部よりも防風柵に近い前縁部の方が成長量大きい傾向がみられたことは、防風施設に近い風下ほど風の影響が弱まるといわれていること（真木 1987）を反映していると考えられる。また、防風柵が設置されている場合とない場合の成長量の差は、内陸部になるにつれて縮まっていた。この傾向は、樹高よりも直径の方に顕著に表れており、潮風は、直径成長より樹高成長に対して、より内陸部まで影響を与えることを示していた。

##### 2) 主軸の伸長成長量

現在、防風柵が設置されているクロマツ林の前

縁部の樹高については、12 年生であるにもかかわらず、防風柵が設置されていない 35 年生林分の前縁部の樹高を越えていた（表 1）。しかし、クロマツの樹高はすでに防風柵の高さを越え、強い潮風にさらされている状態であった。そこで防風柵が設置されている林分の植栽されてから現在までの各年の主軸の伸長量を計測し、樹高成長量に変化がないかを検討した。各年の主軸の伸長量は枝間の長さを測ることによって求め（小田 1977）、樹高と併せて図 1 に示す。

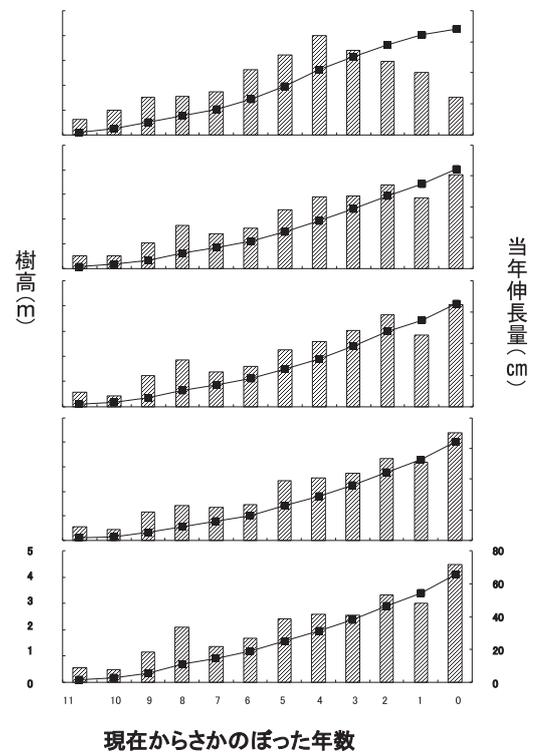


図 1 前縁からの距離別の樹高と主軸伸長量（防風柵あり）折れ線：樹高、棒グラフ：主軸伸長量  
上から 0~5、5~10、10~15、15~20、20~25 m

林帯の前縁部である0～5mの部分の各年の伸長量は、植栽時から4年前まで増加傾向を示していたが、その後減少傾向に転じていた。これは4年前の時点で樹高が防風柵の高さ（約2m）を上回った時期とほぼ一致するため、成長が悪化した原因は海からの潮風であると考えられる。前縁から5～25mでは、現在はすでに防風柵の高さを上回っていたが、植栽時から現在まで各年の伸長量に減少傾向はみられなかった。これは前縁部のクロマツ林の保護効果によると推察された。これらのことから、樹高が防風柵よりも低いときは防風柵の保護により伸長成長は良好であり（奥村・清水1996）、樹高が防風柵を越えると防風柵の保護効果が及ばず、潮風により成長が阻害されると考えられる。また、海岸林では海側から内陸側へしだいに樹高を高めて、潮風への抵抗が最小になる形で成立しているのが一般的である（檜山1971）。したがって、現在、海側のクロマツ林に保護されている部分も、今後、その樹高を越えると、前縁側から段階的に成長が阻害されていくと予想される。

## 2. 防風柵の有無による被害状況の違い

### 1) 枯損の状況

海岸クロマツ林は梢頭部分が枯損しているものが多くみられ、枯損の原因は、強い海風によって飛ばれた砂で針葉表面が傷つき、そこから侵入する塩分による塩害と考えられている（真木1987；井上ら1987）。本調査地でも、明らかに潮風による被害と思われる褐変現象が観察された。そこで、防風柵の有無による枯損の割合を図2に示す。防風柵が設置されていない場合は、林帯の前縁から15mまでは大半が先枯れしていたが、それより内陸側では減少していた。一方、防風柵が設置されている場合は、先枯れは前縁から5mまでに限られ、それより内陸側ではほとんど認められなかった。したがって、防風柵は、風速を抑え、枯損の原因である飛砂量・飛塩量を減少

させることによって、クロマツ林を枯損から保護する効果があると推察された。

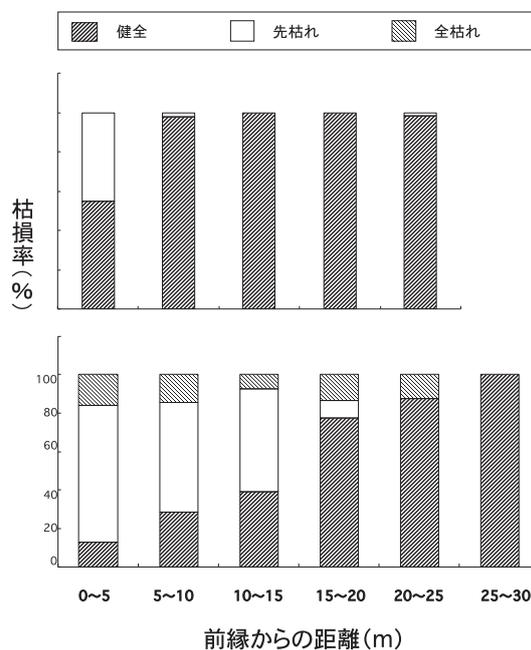


図2 防風柵の有無による枯損率の違い  
(上) 防風柵なし、(下) 防風柵あり

### 2) 樹幹の傾き

海岸に成育しているクロマツの多くは樹幹が内陸側に傾いているのが観察された。これは、海からの潮風の影響と考えられる。そこで1994年の「鳥取県気象月報」（鳥取地方気象台1994）により日最多風向別の平均風速を調べた結果、冬季の北西の風が平均5.9 m/sと最も強いことがわかった。すなわち、樹幹の傾きは冬季の北西の季節風の影響が強いと予想されたので、北西から吹く風によって樹幹が直立状態から南東方向に傾いている角度を計測した。

前縁からの距離による樹幹の傾きの変化を図3に示す。防風柵が設置されていない場合、前縁の樹幹の傾きが大きいですが、内陸に向かって徐々に直立状態に近づいていた。それに対して防風柵が設置されている場合は、林帯の最前線からほぼ直立状態にあった。また、防風柵が設置されていない場合は、傾斜の大きいものほど直径成長量が小

さい傾向が認められた。樹幹長による樹幹の傾きの変化についても、胸高直径量の場合と同じ傾向であった。これは、樹幹の傾きが大きいものほど風の影響を強く受けており、常風の被害による同化作用の低下による成長量の減少（檜山 1974）が原因であると考えられる。防風柵が設置されている場合については、傾斜の差はほとんどなく、樹幹の傾きと成長量との関係はみられなかった。この結果、潮風の影響を強くうけているものほど、樹幹の傾きが大きく、成長が阻害されているといえ、潮風の影響が弱く、樹幹の傾きが小さいものは、成長があまり阻害されていないと考えられる。

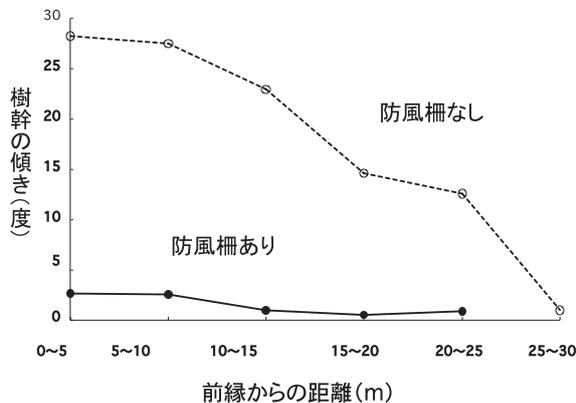


図3 防風柵の有無による前縁からの距離による樹幹の傾き

### 3. クロマツ海岸林における天然更新

#### 1) 稚樹の生存状況

防風柵の有無による稚樹の生存状況を図4に示す。クロマツが結実を始める年齢は15~20年であり、豊凶の差が少なく、毎年あるいは1年おきに並作以上の結実をするといわれている（中山・小林 1981）。したがって、防風柵の設置されていない35年生林分は、毎年ほぼ一定の種子が供給され、防風柵の設置されている12年生林分は種子生産を行わず、周囲の35年生林分から種子が供給されていると考えられる。

当年生稚樹の発生は、防風柵の有無にかかわらず、調査区内のどの場所でも確認できた。このこ

とから、砂地が発芽そのものには支障のないことが推察された。また、結実していない12年生林分の方が当年生稚樹の本数密度が高かったのは、防風柵による効果と考えられた。すなわち、防風柵が設置されていない場合は、強風によって種子が飛散、埋没するのに対して、防風柵が設置されている場合は、その防風効果によって種子が飛散、埋没せず、林分内に落下した種子の定着可能性が高くなるためであると考えられる。

防風柵が設置されていない場合の1年生以上の稚樹の生存数は少なく、また、少ないながらも生存する1年生以上の稚樹の大部分が1年生であり、2年生以上の稚樹はほとんど生存していなかった。したがって、防風柵が設置されていない場合、発芽することができても、しだいに消失していき、クロマツの更新は困難であると推察された。一方、防風柵が設置されている場合、稚樹の生存数は、前縁から10mまでは少ないものの、それより内陸側には多くの稚樹が生存しており、これらの稚樹の多くは1年生以上であった。したがって、防風柵がある場合は、天然更新によるクロマツ林の維持が可能であると考えられる。

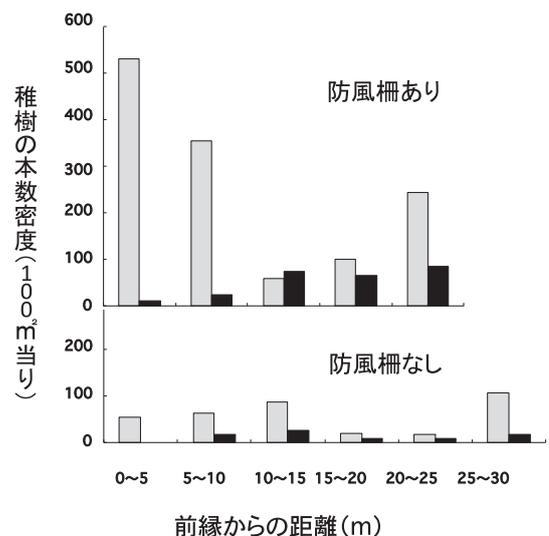


図4 防風柵の有無による稚樹の本数密度。白棒：当年生、黒棒：1年生以上

## 2) 林冠の被覆率と稚樹の生存との関係

クロマツ林の林内での更新を考える場合、上木による底陰の割合には充分留意する必要がある、少なくとも60%以上の相対照度を確保する必要がある(森 1987)。また、クロマツは稚幼樹のころから十分な陽光を必要とするといわれている(中田 1993)。これらのことから、林内の照度に深く関与すると考えられる林冠被覆率と、防風柵が設置されている林分に生存する稚樹の本数密度との関係を図5に示す。

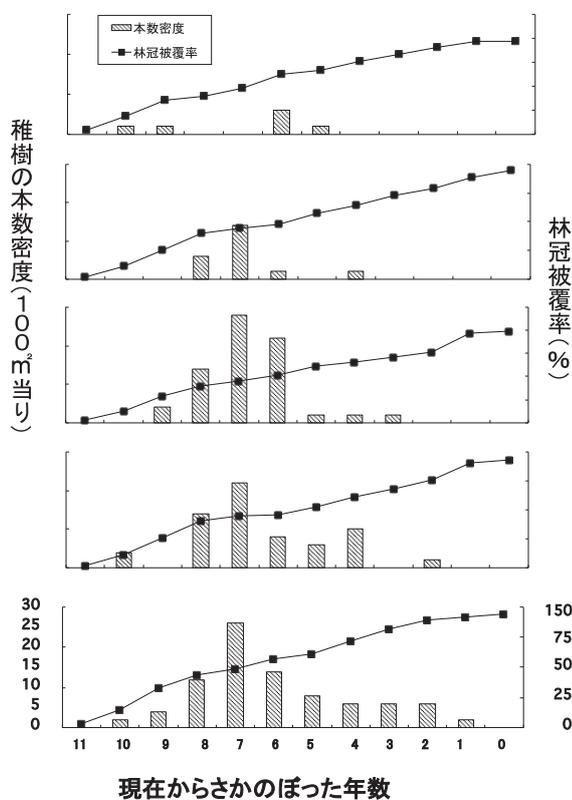


図5 推定された過去の林冠被覆率と稚樹の本数密度の関係(防風柵あり)

7年前の稚樹の生存本数が最も多く、それ以降は林冠被覆率の増加、すなわち林冠の閉鎖が進むに伴い減少する傾向にあった。また、この林分で林冠被覆率が100%になったのは6~7年前であった。海岸林は、林木の大集団として初めて正常の成長を保ち、防災機能を発揮することになる(樫山 1967)ので、林冠閉鎖時期に最大の環境保全

機能が期待される。したがって、稚樹の本数密度も考慮に入れると、本調査地の海岸クロマツ林にとって、現在の林冠被覆率は過大であり、7年前頃の林冠被覆状態を保つことが最適と考えられる。

これらのことより、クロマツ海岸林の維持にとって防風柵が有効であることが分かった。海岸クロマツ林においては、飛砂防備保安林としての防災機能を第一に、天然更新の可能性とのバランスを考慮して、林冠被覆率の管理を行う必要があると考えられる。

## 引用文献

- 井上徹雄・森川清・丸山温・森徳典・石井幸夫(1987) 生理的要因の悪化と保全機能低下の関係。(環境変化に対応した海岸林の環境保全機能の維持強化技術の確立に関する研究. 144pp. 農林水産技術会議事務局編). 研究成果 185: 59-61.
- 樫山徳治(1967) 森林と災害シリーズ 5. 海岸防災林. 林業技術 308: 18-21.
- 樫山徳治(1971) 防風機能. (保健保全林 - その機能・造成・管理-. 林業試験場). 林業試験場研究報告 239: 25-30.
- 樫山徳治(1974) 風害. (林木の気象被害. 樫山徳治・高橋啓二・土井恭次・坂上幸雄編). 日本林業技術協会, 東京: 61-80.
- 真木太一(1987) 風速の減殺. (風害と防風施設. 301pp). 文永堂出版, 東京: 99-100.
- 松岡廣雄・工藤哲也(1987a) 気象被害要因の解析. (環境変化に対応した海岸林の環境保全機能の維持強化技術の確立に関する研究. 144pp. 農林水産技術会議事務局編). 研究成果 185: 41-42.
- 松岡廣雄・工藤哲也(1987b) 防風・空中塩分捕捉・飛砂防止機能の解析. (環境変化に対応した海岸林の環境保全機能の維持強化技術の確立に関する研究. 農林水産技術会議事務局編). 研究成果 185: 77-79.

松岡廣雄・工藤哲也・山野井克己（1989）間伐材防風柵による塩風減少機能．日林論 100: 689-690.

溝口康子・河合英二・山野井克己・松岡廣雄（1992）間伐材防風柵による塩風減少効果について．日林論 103: 573-574.

森麻須夫（1987）保育更新法．（環境変化に対応した海岸林の環境保全機能の維持強化技術の確立に関する研究．144pp. 農林水産技術会議事務編）．研究成果 185: 102-103.

中田銀佐久（1993）マツ科．（図説 実用樹木学．214pp. 橋詰隼人・中田銀佐久・新里孝和・染郷正孝・滝川貞夫・内村悦三編）．朝倉書店，東京: 9-26.

中山学・小林義雄（1981）開花結実．（日本の樹木種子 針葉樹編．150pp. 浅川澄彦・勝田柁・横山敏孝編）．林木育種協会，東京: 66-68.

小田隆則（1977）九十九里海岸地域におけるクロマツの生長と気象要素との相関関係について．砂丘研究 24（1）: 22-25.

奥村武信・清永政弘（1996）間伐材を利用した防風柵の効果に関する研究．鳥大演報 24: 31-38.

鳥取地方气象台（1994）鳥取県気象月報．鳥取地方气象台，鳥取

矢頭献一（1964）図説 樹木学 -針葉樹編-. 189pp. 朝倉書店，東京: 134-140.

山内倭文夫（1962）実用育林要説 三訂版. 495pp. 東京明文堂，東京: 83-87.