



健全な海岸林をめざして

Prologue

クロマツ海岸林の多くは、本数調整の遅れによって過密化が進み、樹高のわりには幹が細く枝の枯れ上がった不健全な状態となっています。気候変動による台風の巨大化、高潮の危険性の増大などが予想されるなか、適切な本数調整によって健全な林帯に導くことが必要です。私たちは、クロマツ海岸林の本数調整を積極的に進めるためのを研究しています。

C O N T E N T S



クロマツ枝葉が風から受ける影響

～風環境の変化から判定する樹木の本数調整～



防災機能の強化につながる列状伐採方法

～風洞実験で強風の影響を評価する～



列状伐採すると樹木が受ける海風は？

～現地測定による列状伐採が残存木の風当たりには及ぼす影響～



独立行政法人 **森林総合研究所**
Forestry and Forest Products Research Institute

クロマツ枝葉が風から受ける影響

～風環境の変化から判定する樹木の本数調整～

野口 宏典（気象害・防災林研究室）



風洞装置

クロマツ海岸林の多くは、植栽後の本数調整の遅れによって過密化し、幹は細く、枝が枯れ上がった不健全な状態になっています。本数調整が遅れる理由の一つに、伐採後、残存木の風環境の悪化によって、林帯が衰退するのではないかという不安が挙げられます。私たちは、クロマツ枝葉が風から受ける力を風洞実験により測定しました。

目的

過密化が進んだことで樹木の生育が悪くなる。でも、風環境が悪化することを考えると、伐採はためらわれる…。この不安を解消するために必要なのは、本数調整に伴って残存木の風環境が変化した場合に、樹木が風から受ける力が、どのように変化するかを予測することでしょう。そこで、予測の信頼度を高めていくために日本の海岸林を代表する樹種であるクロマツを対象として、枝葉が風から受ける力は風速の変化からどのように影響を受けるのかを調べました。

方法

風洞（幅1.2m、高さ1.6m、長さ10m）の中に、葉の着いたクロマツの枝（枝長0.5m）を1本設置して、異なる風速の風を吹かせた時に、クロマツの枝葉が受ける力を測定しました。

力の測定には分力検出器を用いることとし、分力検出器を風洞の床に設置し、分力検出器の上にクロマツを固定しました。

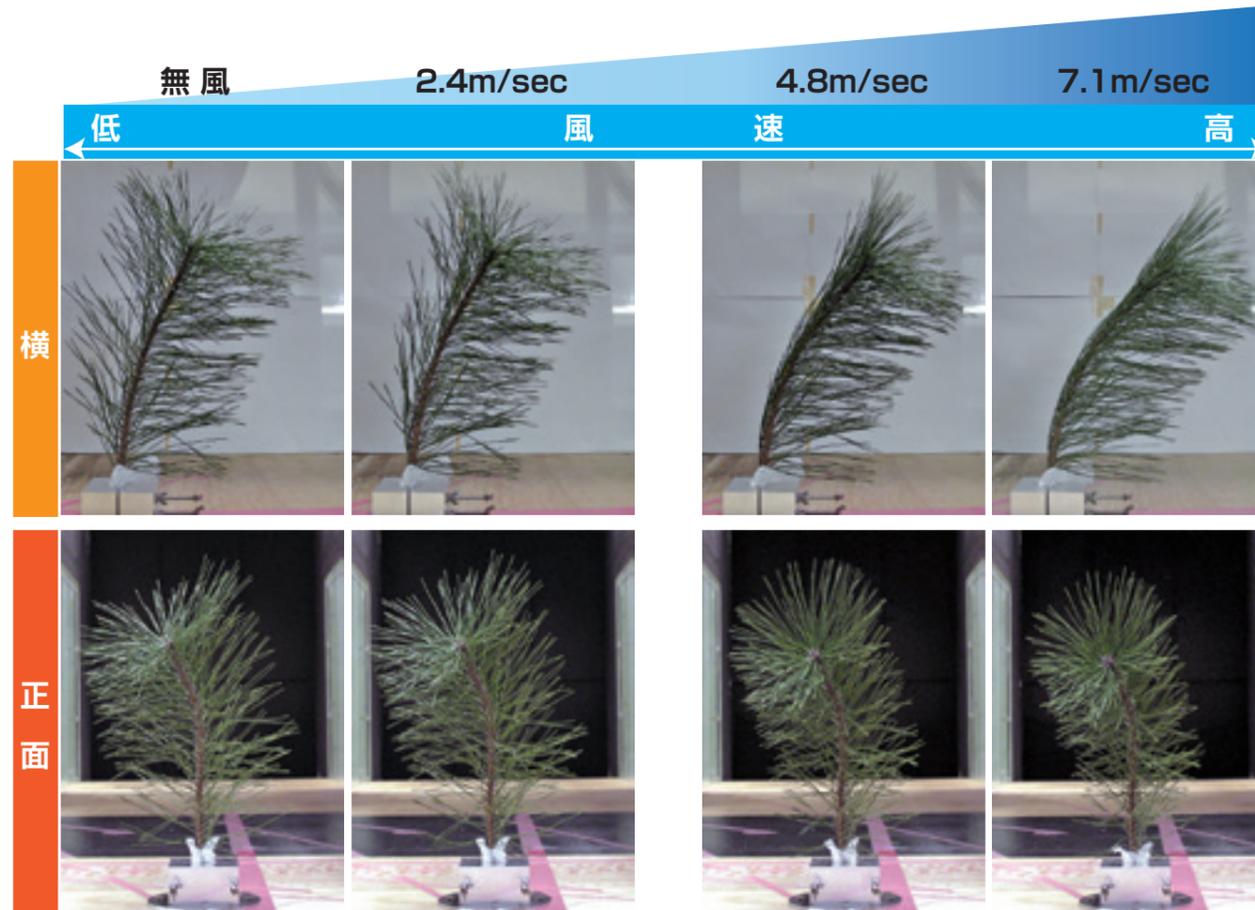


図1 風を受けた時のクロマツの枝葉の変化

結果

風を受けることによって、クロマツ枝葉が変形する様子を観察しました（図1）。風を受けると枝は曲がり、葉はなびきます。風の方向に投影したクロマツ枝葉の面積（受風面積）は、2 m/s程度の弱い風に対しては無風時と変わりませんでした。そこから風速を上昇させると、次第に減少していきました（図2）。

風速の上昇に伴い、クロマツ枝葉が風から受ける力は上昇しましたが、風速の上昇に対する上昇率は風速が高くなると小さくなる傾向が見られました（図3）。一方で、枝葉が風から受ける受風面積あたりの力は風速の上昇に伴い上昇し、風速の上昇に対する上昇率も風速が高くなると大きくなる傾向が見られました（図4）。枝葉が風から受ける受風面積あたりの力から、枝葉がなびかないと仮定した場合のクロマツ枝葉が受ける力を推定することができ、この推定値と枝葉がなびいた場合の実測値を比較した結果、枝葉がなびくことにより、風速4 m/sで10%、風速6 m/sで15%、風速8 m/sで25%程度減少し、風速が高くなると減少の割合が大きくなることわかりました（図3）。

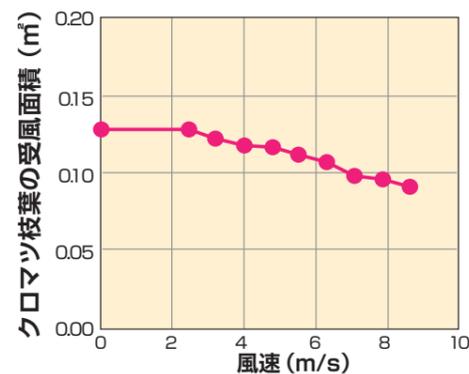


図2 枝葉の受風面積と風速の関係

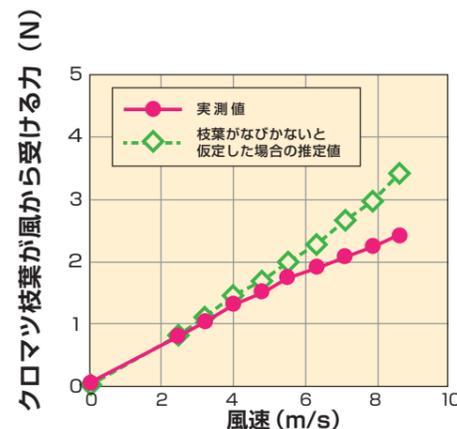


図3 クロマツ枝葉が風から受ける力と風速の関係

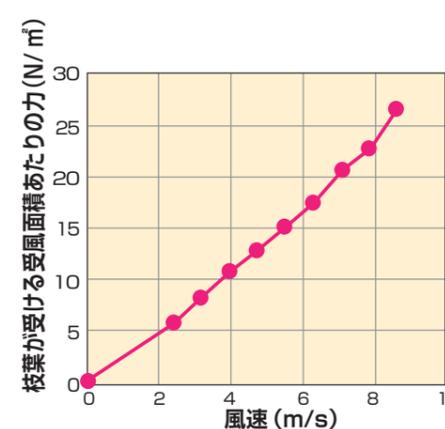


図4 クロマツ枝葉が風から受ける受風面積あたりの力と風速の関係

現場での活用

この実験によって、風速の変化によりクロマツ枝葉の受風面積はどう変形するのか、また、クロマツ枝葉が風から受ける力はどのように変化するのが明らかになりました。この結果をいかして数値シミュレーションの信頼度を高め、海岸のクロマツ林の本数調整等による、その風環境の変化や、環境変化後の風を受ける力の変化を推定することができます。その推定結果は、本数調整方法の改善などに役立つと期待できます。

防災機能の強化につながる列状伐採方法

～風洞実験で強風の影響を評価する～

鈴木 覚 (気象害・防災林研究室)



列状伐採後の様子

人工林を健全に保つには、林の一部を伐採して込み具合を調整する必要があります。しかし、伐採したところへ強風が入り込み、樹木が倒れるなどの風害を受ける可能性があります。風害を防止できる伐採方法をみいだして健全な林を整備し、防災機能を発揮させる必要があります。

目的

近年は伐採や搬出コストを下げるため、列状に樹木を切る列状伐採が広まりつつあります。では、列状伐採した時の風害リスクは、どのようなものでしょうか。この研究は、列状伐採の伐採方法と被害の受けやすさとの関係を樹木模型で明らかにすることを目的としました (図1)。

残存木が受ける風力について、①残存列と伐採列の取り方がどのように影響するか。②風向きに対する伐採列の方向がどのように影響するか、この2点について調べました (図2)。

方法

実際の樹木の60分の1の大きさを樹木模型を作成し (図1)、それらを風洞に並べて実験を行いました。また、風の吹き方を実際の森林に合わせ、現実の森林で樹冠上に20m/sの強風が吹いた状態を再現しました。

列状伐採には、伐採列や残存列の取り方に様々なタイプがあります。この実験では1伐2残、1伐3残、1伐4残、2伐3残、2伐4残、2伐5残の6通りと、無伐採の測定を行いました。例えば1伐2残は、2列残して1列を伐採する方法を繰り返します。また、伐採列と風向きとの関係を検討するため、風向きと直交する方向 (風向きに対して90°) に伐採列を取った場合と、風向きに対して45°に伐採列を設定した場合とを実験しました。

被害の受けやすさの指標に、伐採後の残存木に作用する回転モーメントを用いました。回転モーメントとは、根を起点にして、樹木を回転させようとする作用の強さを表します。樹木模型に働く回転モーメントを計測するために、一部の模型に「ひずみゲージ」を取り付けました (図1)。風が樹木模型に当たると風下側にたわみます。その時の幹のたわみ具合をひずみゲージで測定します。ひずみの大き

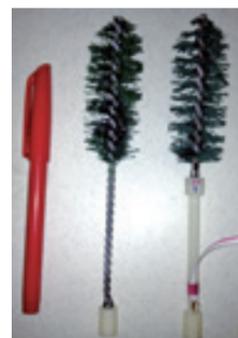


図1 樹木模型 (右: ひずみ測定あり、左: ひずみ測定なし)



図2 目的の概要

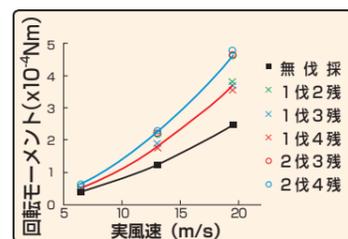


図3 残存列・伐採列の取り方ごとの回転モーメントの推移

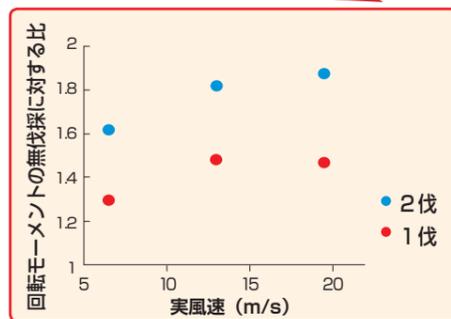


図4 伐採列数ごとの無伐採に対する回転モーメントの比

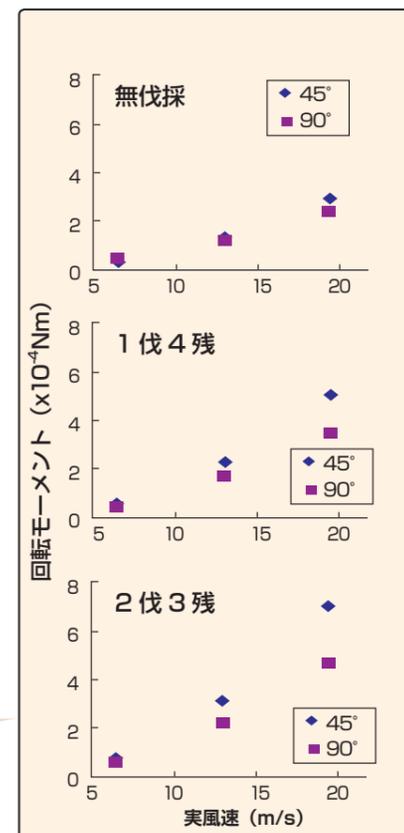


図5 伐採列 45°と90°のひずみ量の推移

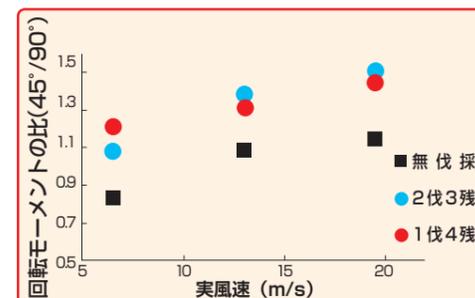


図6 45°のひずみ量の90°のひずみ量に対する比

表1 伐採列数・伐採列方向ごとの回転モーメントの推定 (無伐採、90°=1.0、20m/s)

	無伐採	1伐2残	1伐3残	1伐4残	2伐3残	2伐4残	2伐5残
90°	1.0	1.4	1.4	1.4	1.8	1.8	1.8
45°	1.1	2.0	2.0	2.0	2.7	2.7	2.7

さと回転モーメントとの間には比例関係があるので、強風環境においた時のひずみ量から回転モーメントがもとめられます。

結果

無伐採と比べ、いずれの伐採方法も回転モーメントが増加しており、伐採列に強風が入り込んで残存木に風力を及ぼしていることがわかります (図3)。しかし、伐採列が1列か2列かによって違いがあり、1伐よりも2伐の回転モーメントが大きいことがわかりました (図4)。また、残存列数は影響していないこともわかりました。

伐採列の角度の影響を2伐3残、1伐4残、無伐採と比較しましたが、いずれも45°の方が、90°の時よりも回転モーメントが大きくなりました (図5)。回転モーメントの大きさは、2伐3残>1伐4残>無伐採の順でした。

1伐、2伐における回転モーメントの無伐採に対する比 (図4) と、45°の回転モーメントの90°の回転モーメントに対する比 (図6) とから、伐採列数および伐採列の方向ごとの回転モーメントを推定しました。2伐で、伐採列が風向きに対して45°の時の回転モーメントがもっとも大きく、無伐採と比べて2.7倍の回転モーメントが作用すると考えられました (表1)。以上のように、現実の海岸林ごとの風の強さや樹木の配置を共に解析することによって風害リスクを低減する伐採方法を選択できます。

現場での活用

強風の影響を「受けやすい・受けにくい」パターンを知ることによって、安全に列状伐採が行えます。適切な間伐を施して樹木を健全に保ち、なおかつ風害に負けない林にすることが防災機能の強化につながります。

列状伐採すると樹木が受ける海風は？

～現地測定による列状伐採が
残存木の風当たりにも及ぼす影響～

坂本 知己 (気象害・防災林研究室)



5m幅の作業道

密植している海岸林の本数調整では、作業空間を確保する必要があります。そこで、最初は1列を伐採して3列を残す、「1伐3残」の列状伐採を勧めてきました。伐採をすると、残された樹木への風当たりが強くなることが予想されます。しかしながら、この実態はよくわかっていませんでした。

目的

本数調整が遅れる一因には、残された樹木（残存木）が直接海風を受けるようになることで林帯が衰退してしまうのではないかと不安があります。風洞実験の結果（4～5ページ）からは、広く空けないことが重要と考えられました。そこで、列状伐採後の残存木に当たっている海風の状況を強風時に現地で実際に測定して明らかにすることにしました。



三杯式風速計(左)と
空中塩分捕捉器(右)

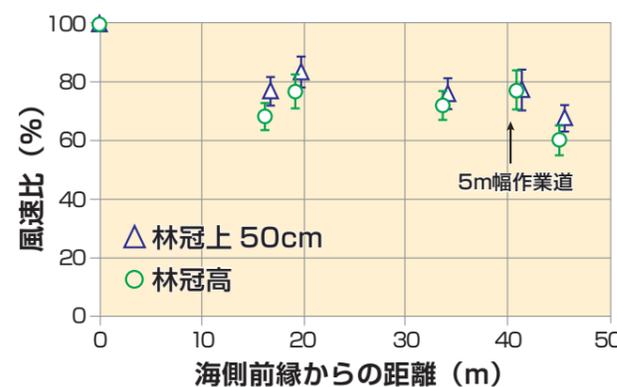
方法

残存木に当たっている海風の状況を明らかにするため、海岸線に平行に林内に設けた1.2mの列状伐採帯と5m幅の作業道において、風速と空中塩分量、ならびに着葉塩分量を測定しました。塩分量を測定したのは、塩分によって樹木の生育が損なわれることがあるからです。



図1 風速と空中塩分量の現地測定状況

風速と空中塩分は、林冠高（葉のまとまりの上端の高さ）付近を中心に測定しました。風速の測定には三杯式風速計を用いました。空中塩分量の測定には、ガーゼを張った空中塩分捕捉器を強風時に60～90分間、海風に正対させ、そこに付着した塩素イオン量を求めました（図1）。着葉塩分量を求めるための葉は、クロマツの最上段の海側の枝先から採取しました。



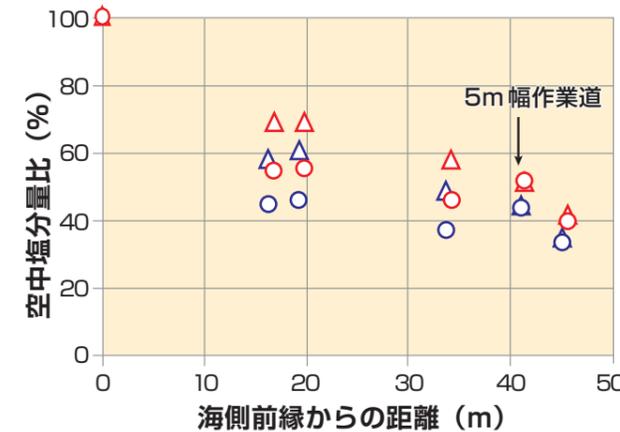
風速比：基準点（地上6m）に対する林冠高付近の風速の割合
基準点の風速 10.0～12.1m/s（5分間平均）
最大瞬間風速 15.6～20.5m/s

図2 風速

結果

風速

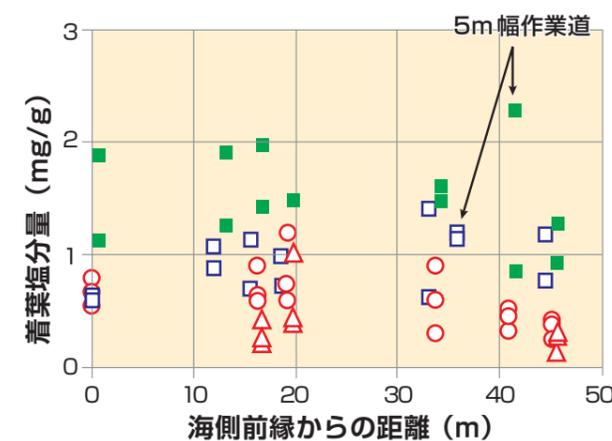
伐採帯における強風時の林冠高付近の風速比は、内陸ほど低下する中で、5m幅の作業道では増加しましたが、それでも海側の前縁に近い測定点の値よりも低いものでした（図2）。風速の点では、1列伐採しても残存木への風当りには問題ないようです。



△林冠上 50cm-a △林冠上 50cm-b
○林冠高 -a ○林冠高 -b

空中塩分量比：基準点（地上6m）に対する林冠高付近の空中塩分量の割合
基準点の風速
a 6.5～7.9m/s（5分間平均）、最大瞬間風速 14.6m/s
b 5.5～7.1m/s（5分間平均）、最大瞬間風速 12.5m/s

図3 空中塩分量



○2011年4月 伐採列陸側
△2011年4月 伐採してない箇所
□2013年3月 伐採列海側
■2013年3月 伐採列陸側

図4 着葉塩分量

空中塩分量

強風時の空中塩分についても、内陸ほど低下するという風速と同様の傾向が見られましたが、林冠上0.5mでは5m幅の作業道での増加傾向は見られませんでした（図3）。空中塩分量の点でも、1列伐採しても残存木への風当りには問題ないようです。

着葉塩分量

着葉塩分量は、伐採していない箇所と比べて伐採帯林縁木の方が多く（2011年4月）、また、伐採帯の海側の林縁木よりも伐採されて海側が空いた陸側林縁木の方が多く（2013年3月）、列状伐採の影響が見られました。このことは、すぐ海側にある樹木の効果が大きいことを示しています。

なお、5m幅の伐採帯の陸側では、前縁に近い測定点より高い値もありましたが、1.2mの伐採幅であれば、海側の前縁に近い測定点の海側林縁木の値と同等でした（図4）。内陸側で列状伐採をしても、必ずしも風当たりのより強い海側と比べて着葉塩分量が多くなったわけではありません。

着葉塩分量に列状伐採の影響が確認されましたが、1伐3残を採用した場合、3列残ったうちの、海側の1列に守られる、陸側の2列の残存木には問題ないようです。

現場での活用

1伐3残の列状伐採による本数調整は、3列の残存列のうち少なくとも陸側の2列の残存木の生存に影響しないものと考えられます。最初の本数調整を安心して進めてよいと考えられます。なお、本数調整のための列状伐採に比較して広く空けることになる作業道は、植栽時にあらかじめ設置しておくことが望ましいでしょう。

Epilogue



過密な状態：枝が枯れ上がり樹高のわりに幹が細い

クロマツ海岸林で本数調整が遅れている一因は、伐採によって残された樹木が受ける海風が強くなり林帯が衰退することへの不安でした。今回の研究から、1列伐採して複数列を残す方法であれば、少なくとも海側の列に守られる陸側の残りの列に伐採の悪影響はないと考えられました。この結果は、厳しくなることが予想される海風環境の変化に備えて、適切に本数調整が進められて健全な海岸林が防災機能を発揮することにつながります。今後も引き続き適切な本数調整手法の開発を進めていきます。

温暖化影響対策としての海岸防災林の機能強化技術の開発

独立行政法人 森林総合研究所
〒305-8687 茨城県つくば市松の里1番地

編集・発行 気象環境研究領域
発行日 2014(平成26)年2月

編集刊行係
TEL 029-829-8135
e-mail:kanko@ffpri.affrc.go.jp

※本誌掲載内容の無断転載を禁じます。

お問い合わせ先

