

帯状更新を目的にしたクロマツ海岸林の伐採幅の検討

渡部公一^{1*}・宮下智弘¹・坂本知己²Studies on the strip-clearcutting width for the purpose of replanting trees
in *Pinus thunbergii* coastal forestKoichi Watanabe^{1*}, Tomohiro Miyashita¹ and Tomoki Sakamoto²

要旨：著しく過密化が進み、本数調整伐による改良が困難になったクロマツ海岸防災林は伐採、更新を図る必要があるが、帯状更新を行う際の適切な更新帯の下限幅を検討した例はない。そこで、光条件とクロマツ植栽木の成長の関係と、林縁からの距離によって光環境がどのように変化するかを調査した。6年生の植栽木の幹材積と光条件を調査したところ、クロマツの更新に必要な光条件の目安は、開放地の光環境の60%と推測された。また、林縁木の樹高Hを基準とした林縁からの距離と相対光量子量の関係を調べると、北側の林縁部においては林縁から更新帯の中央に向かって1/4Hの距離まで、北側以外の林縁においては1/2Hの距離までは相対光量子量が60%に達しなかった。防災林を帯状に伐採して更新する際には、両側の残存林帯の林縁木から被陰を受けることになるため、陽光不足によってクロマツが健全に生育できない影響範囲は2倍となる。よって更新帯の幅が林縁木の樹高よりも狭い場合は更新帯全面が陽光不足になる恐れがある。このように帯状更新を行う際には、必要な防災林の幅と被陰の影響を受ける範囲を想定して更新幅を決定する必要がある。

1 はじめに

戦後の荒廃した国土の復旧と砂丘地開発を目的とした海岸防災林造成事業は1950～60年代をピークとして造成された(田中 1992)。日本におけるクロマツ海岸防災林は、一般に10,000本/ha程度の密植が行われるので、早い段階から本数調整を行うことが必要である(坂本ら 2011)。しかしその後適正な密度への本数調整が行われなかったり、あるいは実施が遅れたことによって多くが過密状態になっている。幹が細く、極端に下枝が枯れ上がった過密林分は冠雪や強風で折れやすく、またクロマツは不定枝を出さないため、折れた枝に替って立ち上がる枝がなくなり、いずれ衰退が懸念される(坂本ら 2007)。このため、過密化が進んだ「手遅れ林分」(森林総合研究所 2015)にあつては伐採して更新を図ることが必要になるが、その際、伐採地(新たな植栽地)が強風に曝されないように計画する必要がある。具体的には伐採して植栽を行う区域(更新帯)と樹林帯として残す区域(残存林帯)を帯状に区分し、主風方向に直交するように交互に配置して内陸側から順に更新を図っていく方法が考えられる。

しかし、クロマツ林を伐採して更新を行った例は見当たらず、適正な更新帯の幅に関する事例の蓄積はない。作業効率の面では幅を広くとる方が有利であるが、植栽にあたって更新帯の風速を抑えるためには、なるべく幅を狭くする方がよい。クロマツ防風林の樹林帯配置と防風効果に

ついては、庄内海岸林において防風林帯に挟まれた畑の風速を測定した佐藤ら(2009)の事例がある。地上高2mの位置で風速を測定し、汀線の風速を基準とした風速比で比較した結果、樹冠表層高(地上から林の樹冠上部までの高さ)が16m以上、林帯幅が25m以上、畑の幅が95m以下の条件を満たす場合に畑のすべての地点の風速比が40%未満となり、十分な防風効果があったとしている。このことから、更新帯の幅が林帯の樹高の6倍程度と広くても地表付近の風速は抑えられることが分かる。このような調査事例は多くなく根拠は十分でないが、更新帯の幅の上限については、今のところ安全側に立って樹高の5～6倍、広くても50m程度とするのが現実的ではないかと考える。更新に伴って一時的に風の影響が強まるのは避けられないが、影響がそれほど大きくなると考えられる暫定的な範囲である。

これに対して更新帯の幅の下限値については、今までに検討された事例がない。更新帯の幅が狭いことによって懸念されるのは、陽樹であるクロマツが陽光不足によって健全に生育できなくなることである。クロマツ二段林の造成を想定して林分相対照度とクロマツ苗木の生育の関係を調べた森(1987)は、相対照度が低くなるにつれて下層木の生存率が低くなり、相対照度62%で生存率87%、45%では37%、13%で全部枯死したと報告している。また相対照度の低下に伴って根元直径、苗高とも小さくなるが、地上部重量(幹重+枝重+葉重)にはっきりと違いが表れ、相対照度62%で開放区の35%、45%では30%に低下した。このような結果からクロマツを林内更新させるためには少なくとも60%以上の相対照度が必要と結論づけている。しかし、これはクロマツ二段林の造成を想定した林内下層の相対照度の基準を示したものであり、その結果が帯状更新地に当てはまるとは限らない。そこで本研究では、適切な更新帯の下限幅を明らかにすることを目的に、光条件と

¹山形県森林研究研修センター, Yamagata Prefectural Forest Research and Instruction center, 2707 Hei, Sagae, Sagae, Yamagata 991-0041 Japan

² 国立研究開発法人森林総合研究所東北支所 Tohoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, 92-25 Nabeyashiki shimo-Kuriyagawa, Morioka, Iwate 020-0123 Japan

*Corresponding author: watanabekoi@pref.yamagata.jp

クロマツ植栽木の成長の関係を明らかにし、さらに林縁からの距離によって光環境がどのように変化するかを調査した。なお本研究は、農林水産省・食品産業科学技術研究推進事業（農林水産省、平成26年度）により行った。

2 調査地

2.1 光条件とクロマツ植栽木の成長の関係

林縁部の光条件とクロマツ植栽木の成長の関係を明らかにするための調査地AとBを山形県飽海郡遊佐町の海岸林に設定した（図1）。両調査地とも標高約50mの天然砂丘上にあり、松くい虫被害等のためにクロマツを改植した幼齢林で、植栽から6年が経過している。調査地Aは東西70m×南北110mのほぼ長方形に近い広い植栽地の南側林縁部に調査プロットを設定した。調査地

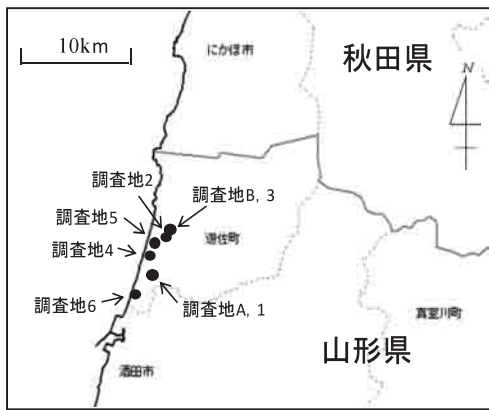


図1 調査地

Bは長方形に尾をつけたような形になっており（図2の調査地3）、東西の長さは130m、南北の長さは狭い部分で14m、広い部分で45mである。その植栽地の中で、幅が狭い帯状部分に調査プロットを設定した。どちらも調査プロット内の起伏は小さく、壮齢のクロマツ林に接して、林縁部においてはこれらのマツ林縁木から植栽木が被陰を受けている。植栽木の本数はha当たり2,500本で、2m間隔で規則的に植栽されている。海岸クロマツ林の植栽本数としては全国の標準からすると大幅に少ないが、庄内海岸の民有林では、前線部を除いて近年この植栽本数が採用されている。

2.2 林縁からの距離と相対光量子量

周囲を樹林帯で囲まれた開放地に植栽された苗木は、林縁に近いほど陽光が遮られる時間が長くなる。更新帯のクロマツ植栽木が林縁木から受ける被陰の影響が、林縁からの距離によってどのように変化するかを調べるため、庄内海岸林の中で健全なクロマツ林に隣接している開放地を調査地として選定した。調査地1と2は縦横50m以上の長さがあるクロマツ幼齢林で四方が壮齢のクロマツ林に囲まれている。これらの調査地では、それぞれ1方向から被陰される場合の光環境を測定した。調査地に接する東西南北の4方向の林縁から開放地の中央に向かってそれぞれ調査ラインを設けた（図1、表1、図2）。

これに対して調査地3~6は開放地の幅が狭いため2方向から被陰されると考えられる場所の光環境を測定した調査地である。調査地3がクロマツ幼齢林、調査地

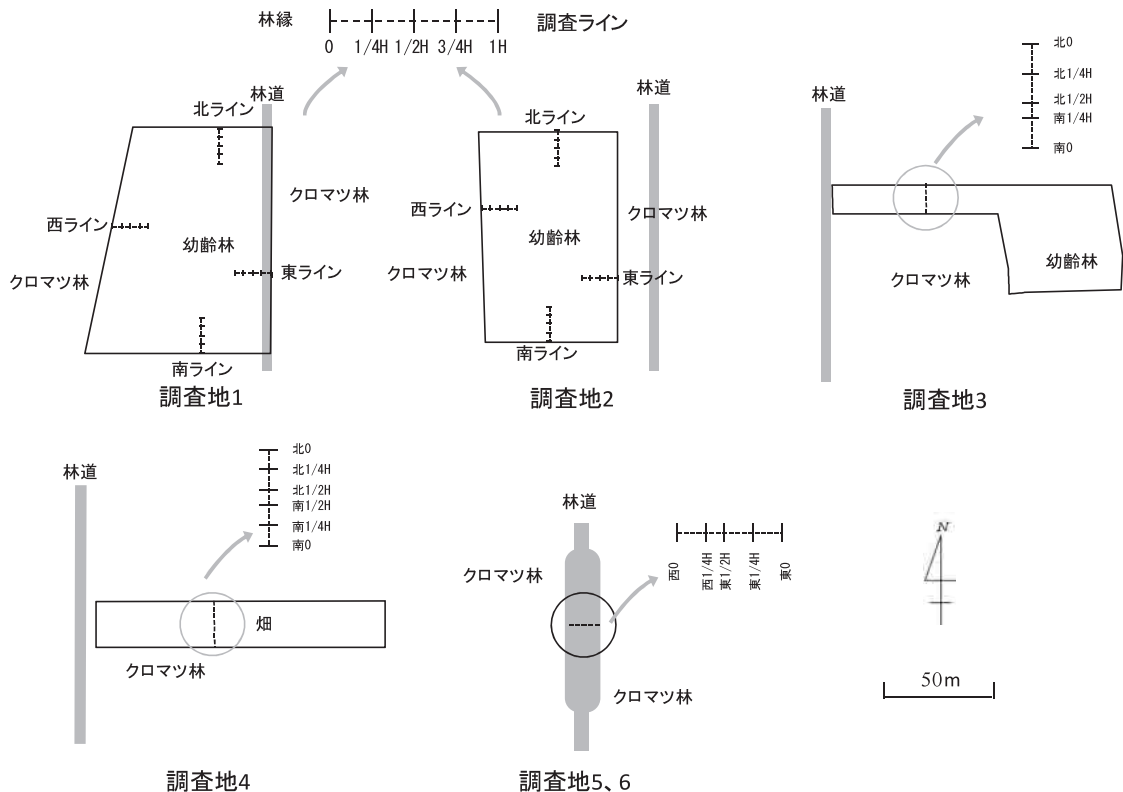


図2 調査ライン位置

4 は畑地であって、東西方向は長いが南北面が狭く壮齡のクロマツ林に挟まれている。調査地5と6は南北に走る作業道(待避スペースを含む)上に設けており、東西面が壮齡のクロマツ林に挟まれている。調査地3と4は南北、調査地5と6は東西の林縁から林縁までを調査ラインとした(図1, 表2, 図2)。調査ラインの長さを林縁木の樹高との比で示すと、調査地3と5はそれぞれ0.77, 0.90であって、林縁木の樹高に比して短い、つまり調査地の幅が狭い、調査地6は1.03で同等、調査地4が1.26で比較的長い、つまり幅が広い調査地である。なお調査地1と3は2.1の調査地A及びBと同じ林分である。

3 方法

3.1 植栽木のサイズと幹材積の測定

前出の森(1987)は相対照度の違いによって、地上部重量(幹重+枝重+葉重)にはっきりと差が表れることを報告している。今回は地上部重量の測定のために植栽木を伐採することができなかつたため、幹材積を測定して植栽木のサイズを示すことにした。2.1の調査地のクロマツ植栽木について2014年6月に樹高と根元直径のほか、それぞれの植栽木の年次階ごとに主軸の長さ上端及び下端の直径を測定し、円錐台と仮定して各年次階の材積を求め、それらの和を幹材積とした。

調査プロットは南側の林縁に近い植栽列を1列目とし、北側へ行くにしたがって2, 3, 4・・・列として、1列の調査本数を10本とした。調査プロットに含む列数は調査プロットの幅が林縁木の樹高と同じ程度になるまでとしたが、調査地Bは植栽地の幅が狭く、4列分しかとれなかつた。よって調査プロットに含まれる本数は、調査地Aが7列×10本で70本、調査地Bが4列×10本で40本となった。ただし、枯死や消失しているものは調査本数に

含めず、それぞれの本数に達するまで延ばしたため、調査プロットは方形ではない。それぞれの調査プロットとは別に、対照木として四方から被陰を受けていないと思われる植栽木を10本ずつ選んで計測した。調査地A, 調査地Bとも林縁から20m以上離れている植栽地の中央付近において列状に対照木を選んだ。

3.2 積算光量子量の測定

植栽された幼齡木が林縁木によって被陰される範囲は時間とともに常に変化するため、瞬間的な照度や光量子束密度の測定では正確な光環境の把握はできない。そこで、一定期間の積算値の測定を行うため、簡易積算日射量測定フィルム(商品名 オプトリーフ R-3D 株式会社大成イーアンドエル社製)を調査点に設置した。このフィルムを一定期間露光させて、その退色度を測定すると積算日射量と積算光量子量が推定できるため(福島1998)、植物を対象にした多点調査に適している。

調査地A, Bにおける調査点は各列上の測定木と測定木の間中点とし、被圧等によって消失した植栽点の両側も同じように測定した。また、2.2の調査地のうち調査地1と2については、林縁部を0とし林縁部のクロマツ林帯の平均樹高Hを基準として林縁から開放地の中央に向かって1/4H, 1/2H, 3/4H, 1Hの距離ごとに調査ラインに沿って調査点を設定した(図3a)。調査地3~6については、それぞれの林縁を0とし、中央に向かって1/4H, 1/2Hの距離に調査点を設定した(図3b)。繰り返しは1点あたり3回とした。ただし調査地3の南1/2H, 調査地5と6の西1/2H点は反対側の林縁からの調査点と交差したため測定しなかつた。また林縁から20m以上離れている調査地内又は調査地に近接した幼齡林や畑地においても同時にフィルムを設置し、対照区とした。フィルムは竹杭とプラスチックの板を用いて水平になるように設置した。フィルムの設置高は畑地においては1mとし、幼齡林内においては植栽木の被陰の影響をなるべく少なくするため、1.5~1.8mとした。フィルムは設置するまで光が当たらないように缶に入れて保存し、設置直前と露光後に専用測定器(D-Meter-Ryo470)で吸光度を測定してフィルムの退色度を求め、退色曲線の近似式から積算光量子量を推定した。露光は2014年6月下旬から7月中旬に行い、夕方に設置して2~4日後の夕方に回収した。

植栽木が受けている積算光量子量は、各植栽木の両側のフィルムの値を平均して求め、対照区の平均値を100

表1 調査ラインと林縁木の樹高(調査地1~2)

調査地	残存林帯の方位	林縁木の平均樹高 m	林縁木の平均枝下高 m
調査地1	東	17.0	10.1
	西	18.8	10.4
	南	16.5	10.2
	北	21.1	16.4
調査地2	東	15.1	5.2
	西	14.6	4.8
	南	18.2	7.8
	北	18.7	6.7

表2 調査ラインと林縁木(調査地3~6)

調査地	林縁木の平均樹高 m	両側林縁木の平均樹高 H m	両側林縁木の平均枝下高 m	調査ラインの長さ D m	D/H
調査地3	(南) 17.9	(北) 18.6	18.3	14.0	0.77
調査地4	(南) 15.1	(北) 16.4	15.5	19.5	1.26
調査地5	(東) 16.6	(西) 18.7	17.7	16.0	0.90
調査地6	(東) 11.9	(西) 12.4	12.2	12.6	1.03

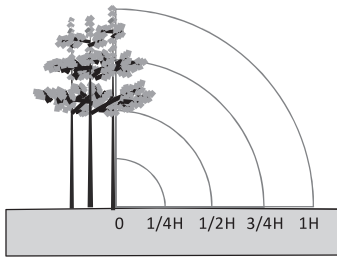


図3a 調査点 (調査地1~2)

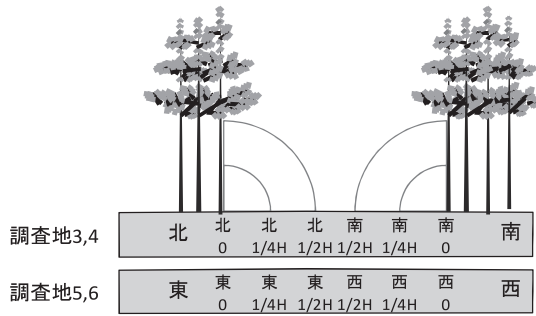


図3b 調査点 (調査地3~6)

表3 調査本数と個体サイズ

	調査地A	調査地B
調査本数 本	70	40
樹高 cm	195.7 ± 71.7	145.0 ± 27.5
根元直径 mm	40.5 ± 16.3	24.1 ± 7.5
幹材積 cm ³	1053.6 ± 1110.3	220.4 ± 247.9
相対光量子量 %	62.9 ± 24.7	52.8 ± 28.3
mean ± SD		

とした相対光量子量に換算した。

4 結果と考察

4.1 光条件とクロマツ植栽木の成長の関係

調査地ごとの本数と個体サイズ及び相対光量子量を表3に示す。調査地Aと調査地Bは同じ林齢であるが、樹高、根元直径、幹材積の平均値は調査地Aの方が大きかった。被陰の影響を受けていないと考えられる対照個体のサイズも調査地Aが樹高283.8±34.2 (SD) cm、根元直径57.3±8.1mm、幹材積2919.0±735.5cm³であったのに対して、調査地Bは順に163.4±24.1cm、34.1±3.5mm、611.2±21.6cm³とかなり小さかった (いずれも p<0.01, t検定)。両調査地の立地環境には大きな違いがないと考えられ、この差が何の要因によるものかは不明である。しかし両調査地では地存えの際に、重機を使用してニセアカシア等の伐根を地中に埋設し、整地を行っていることから、植栽時の表層の砂の養分量に違いがあった可能性が考えられる。

相対光量子量に対する樹高、根元直径、幹材積のそれぞれの相関はすべてにおいて0.1%確率で有意であった

が、調査地Aにおける相対光量子量と樹高との相関 (決定係数 R²:0.252) は、相対光量子量と根元直径あるいは幹材積との相関 (R²:0.525, 0.545) に比べて低かった。調査地Bでは樹高との相関 (R²:0.281) は同じように低かったが、根元直径との相関 (R²:0.723) と幹材積との相関 (R²:0.624) は高かった。被陰下においては肥大成長よりも上長成長を優先させて成長すると考えられるため、肥大成長に対する相関の方が高いのは妥当な結果と考えられる。

対照木を含む枯死・消失木の出現頻度をみると、調査地Aでは相対光量子量60%以上の個体53本中、枯死・消失木が0本であったのに対して、50%台では12本中1本、40%台では8本中2本、30%台では9本中4本、20%未満は19本中14本であった。調査地Bでは同じく60%以上で17本中0本、50%台では8本中0本、40%台では20本中4本、30%台では9本中4本、20%未満は16本中12本であった。いずれの試験地においても相対光量子量の低下に伴って生存率も下がったが、60%を超えた地点での枯死・消失木はなかった。次に相対光量子量と植栽木の幹材積の測定結果を図4に示す。相対光量子量とクロマツの幹材積は指数曲線で近似され、相対光量子量が60%未満での幹材積は開放地における対照木の1/3以下と低位で推移し、相対光量子量が80%以上では対照木と同等の幹材積の個体があった。このためクロマツ苗木の健全な生育が期待できる相対光量子量の限界点を生存率の結果と合わせて判断して60%と考え、更新に必要な相対光量子量の目安とした。

4.2 一方向がクロマツ林に隣接している開放地の相対光量子量

広い開放地 (幼齢木林) 内にあり、それぞれの調査地の一方向がクロマツ林と隣接している調査地1と2の相対光量子量の結果を図5に示す。0地点 (林縁部) ではいずれの調査点も相対光量子量は30%未満であった。1/4H地点では東面、西面、南面に林帯がある場合では32~57%に止まり、北面にある場合のみ80%を超えた。1/2H~1H地点では、すべての調査点で65%以上になった。北面に林帯がある場合には被陰の影響を受ける部分は少ないが、他の方向では1/2Hまでは更新に必要な相対光量子量に達しなかった。北半球中緯度地帯における6~7月の太陽高度からすると、日射量は北面>東西面>南面の関係にあると考えられるが、東西面と南面との間に明確な差は認められなかった。日射を遮る林縁木の樹冠の不整合や太陽の軌道が必ずしも東西の方向と一致していないこと、また雲によって日射が遮られた時間帯などが影響したと考えられる。

4.3 両側がクロマツ林に挟まれている開放地の相対光量子量

東西方向に広く南北方向が狭い調査地3と4の測定結果を図6に示す。南北方向に設置したラインの長さが林

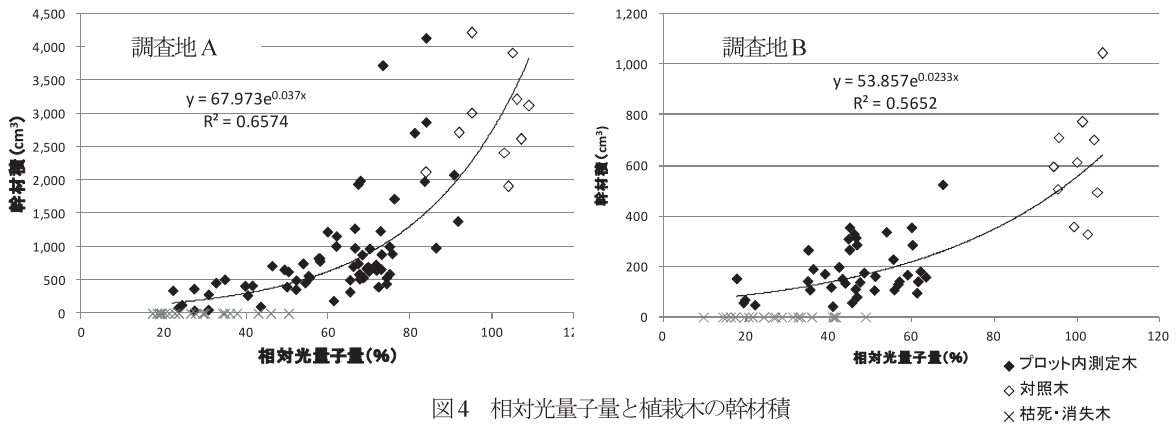


図4 相対光量子量と植栽木の幹材積

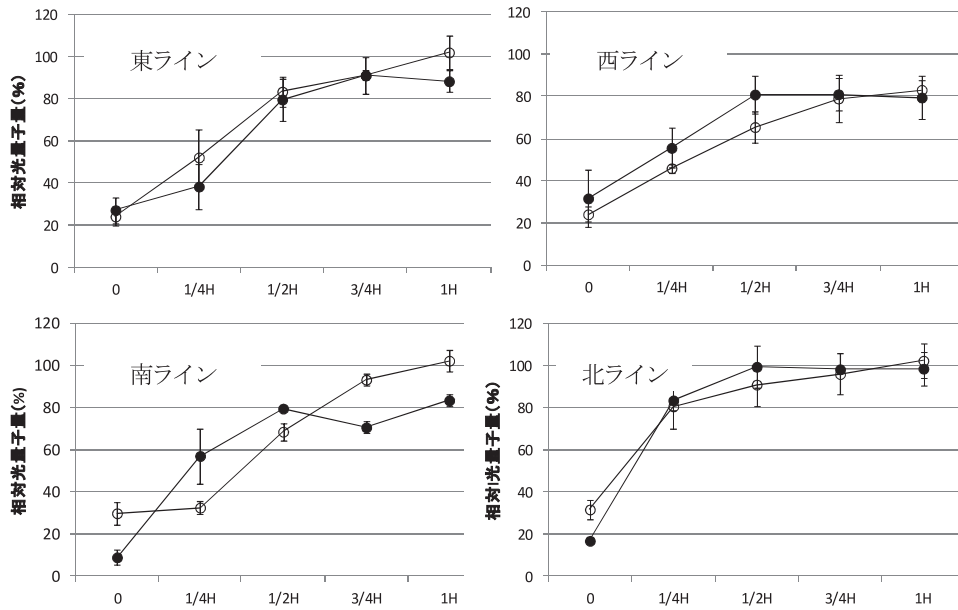


図5 一方向がクロマツ林に隣接している開放地の林縁からの距離別相対光量子量 (● 調査地1, ○ 調査地2) 縦棒の範囲はSDを示す

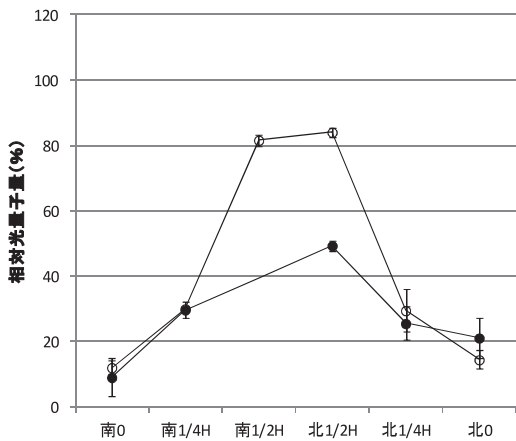


図6 両側がクロマツ林に挟まれている開放地の南北における林縁からの距離別相対光量子量 (● 調査地3, ○ 調査地4) 縦棒の範囲はSDを示す

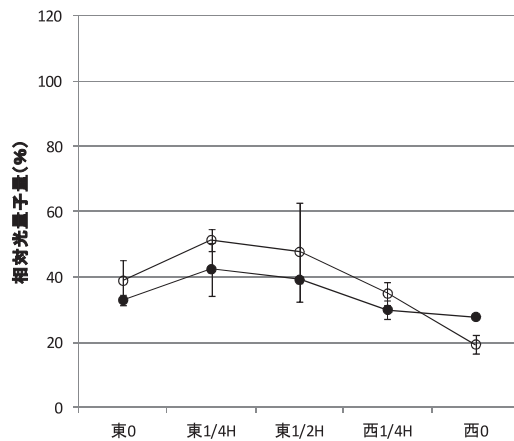


図7 両側がクロマツ林に挟まれている開放地の東西における林縁からの距離別相対光量子量 (● 調査地5, ○ 調査地6) 縦棒の範囲はSDを示す

縁木の樹高よりも短い調査地3の相対光量子量は、どの地点でも50%に達しなかった。これに対して林縁木の樹高以上の長さがある調査地4では、北1/2H点と南1/2H

点の両方が80%を超えた。

次に南北方向に広く東西方向が狭い調査地5と6の結果を図7に示す。東西方向に設置したそれぞれのライン

の長さは、林縁の樹高とほぼ同じか、やや短くなっているが、相対光量子量の最大値はそれぞれ42%と51%に止まった。

調査地 3,4 は、太陽の軌道と同じ東西方向に開けているため、林縁木の樹高以上の幅があると被陰の影響を受けにくいと考えられる。しかし調査地 5,6 では太陽の軌道とは直交する南北方向に開けているため、東西方向に開けている場合に比べて林縁木の被陰の影響を強く受けると考えられた。

4.4 更新帯における下限幅の検討

4.1 ではクロマツ苗木の生育に必要な相対光量子量を生存率と幹材積から検討した。この結果と森 (1987)の結果はどちらもクロマツ更新木の光条件を測定したものであるが、前者の測定対象が鬱閉した林帯に接した開放地の林縁部、後者は上層木がある林内下層を想定しており、両者で異なっている。また両者とも開放地の値に対する相対値であるが、光条件の測定方法も相対光量子量と林内相対照度で異なっている。このような違いがあるが、クロマツの更新に必要な光条件の目安は、いずれも開放地の光環境の60%で一致した。

60%を基準とすると、北側林縁以外の一方向の林縁木から受ける被陰の影響範囲、すなわち陽光不足によってクロマツが健全に生育できない平面上の範囲は、林縁から林縁木のクロマツ樹高の1/2H程度の幅の区域であり、北側に林帯がある場合の影響範囲は林縁から1/4Hの範囲であった。防災林を帯状に伐採して更新する際には、両側の残存林帯の林縁木から被陰を受けることになるため、その影響範囲は2倍となる。更新帯の方向が南北方向の場合には林縁木の樹高と同等以上の幅、東西方向の場合には林縁木の樹高の3/4以上の幅がないと更新帯全面が陽光不足になる恐れがある。仮に樹高の2倍の幅をとった場合、更新帯の中央付近の、樹高と同程度の幅の区域では防災林としての健全な生育が期待できる。このように更新のために行う帯状伐採の幅は、必要な防災林の幅と被陰の影響を受ける範囲を想定して決定する必要がある。

東面、西面及び南面の林縁から1/2Hの範囲の部分は植栽しても劣勢木となり、後に2回目の更新によって光環境が改善されたとしても、樹形が回復して健全木となるのは難しいと思われる。このためこの部分はクロマツを植栽せずに管理道路として活用するか、光の要求度がクロマツよりも小さい広葉樹を植栽するのも一つの方法として考えられる。クロマツ防災林に管理道路や広葉樹林帯を適正に配置することは、今後の効率的な松くい虫防除や保育管理に重要と考えられるが、ゾーニングを含めた具体的な導入方法の検討は今後の課題と考える。

引用文献

- [1] 坂本知己・荻野裕章・野口宏典・島田和則 (2007) クロマツ海岸林における本数調整伐手法の提案, 海岸林学会誌, 6(2), PP.1-6.
- [2] 坂本知己・荻野裕章・野口宏典・島田和則・後藤義明 (2011) 過密クロマツ海岸林の本数調整事例, 海岸林学会誌, 10(1), PP.7-14.
- [3] 佐藤亜貴夫・中島勇喜・六本木貞男・柳原敦 (2009) 庄内海岸砂丘地における防風効果からみた樹林帯配置, 海岸林学会誌, 8(2), PP.74-79.
- [4] 森林総合研究所 (2015) 津波被害軽減機能を考慮した海岸林造成の手引きー 海岸林を造成・管理する実務者のためにー, 森林総合研究所第3期中期計画成果 24, PP.19-24.
- [5] 田中一夫 (1992) 海岸林の沿革, 日本の海岸林, 村井宏・石川政幸・遠藤治郎・只木良也編, ソフトサイエンス社, PP.2-15.
- [6] 福島成樹 (1998) 簡易積算日射計フィルムを用いた林内光環境の推定法ーフィルムの退色と光量子量の関係ー, 日本林学会論文集, 109, PP.289-290.
- [7] 森麻須夫 (1987) 保育更新法 (酒田クロマツ海岸林), 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, 研究成果 85, PP.102-103.

[受付 平成27年8月28日, 受理 平成27年11月26日]