

ISBN 978-4-902606-81-2

「森林総合研究所 第2期中期計画成果24(安全安心－14)」

クロマツ海岸林の管理の手引きとその考え方

－本数調整と侵入広葉樹の活用－

平成23年3月

独立行政法人 森林総合研究所

Forestry and Forest Products Research Institute

1 はじめに

1.1 クロマツ海岸林の現状と本冊子の対象

日本人の原風景の一つである白砂青松の景観で親しまれてきた海岸のクロマツ林は、その多くが、人々の暮らしを飛砂害から守るために作られてきた人工林である。これらのクロマツ海岸林は、その機能を見事に果たしてきたが、大きく分けて四つの課題を抱えている。

最大の課題は、マツ材線虫病である。クロマツは、海岸特有の環境（潮風、強風）や貧栄養の砂地に適応した、海岸林造成に最も適した樹種であるが、マツ材線虫病によって壊滅的な被害を受けるという避けて通れない大きな課題を抱えている。すなわち、クロマツ海岸林を造成・維持するということは、マツ材線虫病対策を行うことと不可分である。

残りの三つは、前砂丘の維持・管理、クロマツ海岸林の本数調整、広葉樹林化の問題である。

海岸林を造成するにあたっては、海からの風ならびに飛砂が集中しないようにするために、植栽地の海側の地形を整形し、人工砂丘（前砂丘）を設ける。この前砂丘の管理を怠ると、前砂丘が崩れ前砂丘自体が飛砂の供給源になるとともに、前砂丘にできた凹部は飛砂が集中する通路となる。この状態を放置したために、砂に埋もれてしまったクロマツ植栽木も少なくない。

クロマツ海岸林の造成では、早く鬱閉させるために、一般に10,000/haの密植が行われるが、その後の本数調整が適切に行われておらず、ほとんどの海岸林で過密化が進んでいる。その結果、海岸林を構成するクロマツは、樹高の割には直径が細く下枝の枯れ上がった、気象害に弱い形状をしている。

広葉樹林化の問題は、大きく二つに分けられ、ひとつは、クロマツ林に侵入した広葉樹の取り扱いである。海岸林を維持していく上で、これらの広葉樹を活かした方がよいのか、あるいは、クロマツ林として維持するために取り除いた方がよいのかという問題である。もうひとつは、マツ材線虫病の防除が困難な場所において、クロマツ海岸林

を積極的に広葉樹林化できないかという問題である。

上述の課題のうち、本冊子で扱うのは、クロマツ海岸林の本数調整と広葉樹林化の問題である。最大の課題であるマツ材線虫病については、現在も精力的に研究が続けられているが、具体的な防除法についてはすでに一通りまとめられたものがある*。本冊子では、適切なマツ材線虫病対策がなされていることを前提に、クロマツ海岸林の本数調整手順を提案した。一方、効果的なマツ材線虫病の防除法が実行しにくい場面があることも事実であり、そのような場合に広葉樹林化はどうかという話が出てくる。このことについての既存の知見は極めて少ないが、今後に向けて整理し、手引きという形で指針を示した。

1.2 本冊子の目的と位置づけ

本冊子は、クロマツ海岸林を管理する現場にこれまでの研究成果を伝え、現場を技術面から支援することを目的としている。

本冊子は、「クロマツ海岸林の管理の手引き」（7 ページ）と、その掘り所を示した解説編の「本手引きの考え方」（26 ページ）とからなる。前者（手引き）は、現場での利用を考えてできるだけ簡潔にし、その掘り所は後者（解説編）にまとめた。すなわち、「手引き」は「解説編」の大胆な結論部分だけを抜き出したメモのようなものである。なお、手引きとして具体性をもたせるためにできる限り数値を示すように努めたが、これらの数値は現時点で考えられる当面の目安に過ぎない。今後、事例が増える中で、見直されるものと考えている。

「手引き」の利用は、「解説編」の理解が前提となっている。すなわち、「手引き」に示された手順・数値を用いるにあたっては、「解説編」で基となる考え方を理解し、暫定的な値に過ぎない数字だけが一人歩きすることのないように努めていただきたい。

*独立行政法人 森林総合研究所（2006）森林被害対策シリーズ No.1 「松くい虫」の防除戦略 マツ材線虫病の機構と防除，独立行政法人 森林総合研究所 第 1 期中期計画成果 11，ISBN4-902606-22-4

<http://www.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/1st-chukiseika-11.pdf>

以上のように、この手引きは、クロマツ海岸林における本数調整、ならびに広葉樹の導入に関して、これまでの知見から導き出した現時点での結論と位置づけている。クロマツ海岸林の管理（本数調整、広葉樹の導入）の参考に、ご利用いただければ幸いである。

1.3 管理の対象と目的

本冊子で対象とするクロマツ海岸林は、狭義の海岸林、すなわち、樹林帯部分であって、前砂丘（人工砂丘）や砂草帯は含めていない。従って、本冊子では前砂丘の管理や砂草帯の管理は扱っておらず、例えば樹林帯の存続を脅かすような飛砂は樹林帯に到達しないように対策されていることが前提となっている。マツ材線虫病対策も前提となっている。

本冊子における海岸林の管理目的は、鬱閉した健全な樹林状態を維持することにおいている。海岸林の持つ諸機能の向上を直接の目的としたものではない。海岸林に期待されている諸機能が発揮される程度は、林相によって異なることが考えられるが、海岸林は耕地防風林に比べて林帯幅を持っているために、林相による違いは林帯の有無による違いに比べて無視できる程度と考えているからである。

管理の目的を鬱閉した健全な樹林状態の維持においているので、当面、木材の利用は考えていない。従って、収穫・収益の概念を含む「間伐」という用語は使わず、「本数調整」、あるいは単に「伐採」を使うこととした。

平成 23 年 3 月

（独）森林総合研究所 気象環境研究領域

担当 気象害・防災林研究室長 坂本知己

同 主任研究員 島田和則・野口宏典

萩野裕章*・鈴木 寛

チーム長（林野火災担当）後藤義明

*現所属：九州支所 山地防災研究グループ

目 次

1 はじめに.....	1
1.1 クロマツ海岸林の現状と本冊子の対象.....	1
1.2 本冊子の目的と位置づけ.....	2
1.3 管理の対象と目的.....	3
クロマツ海岸林の管理の手引き.....	7
2 適正本数.....	7
2.1 過密状況の判断.....	7
2.2 目標本数.....	7
2.3 伐採本数.....	7
3 本数調整手順.....	14
3.1 初期は列状伐採.....	14
3.2 優勢木の取り扱い.....	14
3.3 定性伐採.....	15
3.4 前縁部での本数調整.....	15
4 過密林の取り扱い方.....	17
4.1 基本的な考え方.....	17
4.2 仕立て本数.....	17
4.3 仕立て木の選定.....	17
4.4 伐採.....	18
4.4.1 林冠高 3.5 ~ 4.5 m の場合.....	18
4.4.2 林冠高 4.5 ~ 5.5 m の場合.....	19
4.4.3 林冠高 5.5 m 以上の場合.....	19
4.5 本数調整の継続.....	20
5 樹種転換に向けた自然侵入した広葉樹の活用法.....	21
5.1 はじめに.....	21
5.1.1 樹種転換の目的.....	21
5.1.2 適用範囲と樹種転換を検討する条件.....	21

5.1.3 基本的な考え方.....	22
5.2 ゾーニングと広葉樹侵入状況の把握.....	22
5.2.1 現地調査.....	22
5.2.2 ゾーニング.....	23
5.2.3 侵入広葉樹の整理.....	23
5.3 残す広葉樹の選択.....	23
5.3.1 種ごとの最大樹高と汀線側での耐性.....	23
5.3.2 潜在自然植生.....	24
5.3.3 先駆性樹種と遷移後期種.....	25
5.3.4 空間配置と樹勢.....	25
本手引きの考え方.....	26
6 本数調整は必要か.....	26
7 目標本数.....	28
7.1 林冠高を判断基準に.....	28
7.2 適正な本数.....	28
7.3 目標となる立木本数.....	29
8 本数調整.....	31
8.1 初回本数調整の重要性.....	31
8.2 本数調整開始時期.....	31
8.3 2回目以降の本数調整時期の目安.....	31
8.4 列状伐採.....	32
8.4.1 作業効率.....	33
8.4.2 風当たりの緩和.....	33
8.4.3 1伐3残.....	33
8.5 優勢木の扱い.....	34
8.6 非伐採列.....	34
9 前縁部での本数調整.....	35
10 過密林の本数調整について.....	37
10.1 仕立て木を中心に.....	37
10.2 仕立て木の選定.....	38

10.3 適用の条件	38
10.4 過密状況に応じた伐採手順	39
10.5 植え直し	39
11 広葉樹導入の基本的な考え方	40
11.1 なぜ樹種転換を行うのか	40
11.2 なぜゾーニングが必要か	40
11.3 クロマツ樹高を指標に用いた理由	41
11.3.1 なぜクロマツ樹高を指標に用いたか	41
11.3.2 汀線から同距離にあるクロマツと広葉樹の樹高比較	41
11.3.3 海岸林における樹種の区分	42
11.4 目標林型の明確化	43
11.5 目標林型設定や選木にあたって参考となる情報源	44
11.5.1 海岸植物の県単位の分布情報	44
11.5.2 分布図の載っている文献	44
11.5.3 地域の植物誌・植生誌	44
11.5.4 地域区分の考え方について	45
12 おわりに	46
13 参考文献	48
13.1 植栽クロマツの本数調整に関するもの	48
13.2 広葉樹の樹種選択に関するもの	49

クロマツ海岸林の管理の手引き

2 適正本数

2.1 過密状況の判断

対象の海岸林が適正な本数密度にあるかどうかは、相対密度*を指標として判定することができる。早見表（表 1，9 ページ）で、相対密度のおおよその見当をつけることができる。対象林分の上層樹高（林冠高）[†]と立木本数とが交差したセルの数値が、その林分の相対密度である。相対密度が 60 未満（緑色）であれば、本数調整をすぐに行う必要はない。60 ～ 70 の場合（黄色）は、過密気味であり、速やかに本数調整を計画・実行する必要がある。相対密度が 70 を超えているような場合（橙色）は、過密林分である。

2.2 目標本数

小田（1984，1992b）の相対密度管理表から平均胸高直径に対応した目標本数を知ることができる。形状比を介することで相対密度管理表の平均胸高直径を上層樹高（林冠高）に読み替えれば、林冠高に応じた目標本数の見当をつけることができる（表 2，10 ページ）。

2.3 伐採本数

単純に考えれば本数調整のための伐採本数は、「現状の本数 - 目標本数」であるが、樹木は成長するので、伐採直後は目標本数より少なくする必要がある。

一方、本数調整の遅れた林分において目標本数まで減らそうとする

*相対密度とは、ある林分の立木密度と、その林分と同胸高直径をもつ林分が保ち得る最多密度との比率（小田，1992a）

[†]林冠高の具体的な算出方法は定められていない。同時期に植栽されたクロマツ海岸林の場合、実用上、樹高の上位 5 ～ 20 % の平均値でよい。

と、適正に本数調整されてきた林分に比べて、より多くの本数を伐採することが必要となる。一度に多くを伐採することは、残存木の衰退が心配されるので現実的ではなく、本数調整が遅れた林分では、目標本数より多く残す必要がある。

そこで、林分状態によって本数手順を変える必要がある。すなわち、表 1 から求められる相対密度が 70 までであれば、3 章「本数調整手順」に従って本数調整を行う。相対密度が 70 を超えている場合は、本数調整遅れの状態となっているので、4 章「過密林の取り扱い方」に従った取り扱いとなる。

表 1 過密状況早見表

平均 胸高直径	林冠高	相 対 密 度											
cm	m												
24	16.8												80
23	16.1											94	75
22	15.4											88	70
21	14.7											80	64
20	14.0										95	76	61
19	13.3										87	69	56
18	12.6									96	80	64	51
17	11.9									88	74	59	47
16	11.2									79	66	53	42
15	10.5								95	71	60	48	38
14	9.8								84	63	53	42	34
13	9.1							95	76	57	48	38	30
12	8.4							83	67	50	42	33	27
11	7.7						88	73	59	44	37	29	
10	7.0					88	75	63	50	38	31		
9	6.3					74	64	53	42	32	26		
8	5.6				80	62	53	44	36	27			
7	4.9			86	64	50	43	36	29				
6	4.2		86	69	51	40	34	29					
5	3.5	85	64	51	38	30	25						
4	2.8	60	45	36	27	21							
立木本数密度 (本/ha)		10,000	7,500	6,000	4,500	3,500	3,000	2,500	2,000	1,500	1,250	1,000	800

この表は、小田（1984，1992b）の相対密度管理表を調製したものである*。元々の相対密度管理表は、平均胸高直径と相対密度から立木本数密度を求める形になっているが、ここでは、平均胸高直径と立木本数密度から相対密度を求める形にしてある。例えば、立木本数密度が2,000 本/ha、平均胸高直径が10 cm のとき、相対密度は50 % となる。

また、形状比を介することで平均胸高直径を上層樹高（林冠高）に読み替えられるようにしている†。例えば、林冠高4.9 m の場合は、3,000 本/ha であれば適正であるが、3,500 本/ha では本数調整を検討する必要がある、4,500 本/ha では過密となる。同様に、林冠高9.8 m の場合は、1,250 本/ha であれば適正であるが、1,500 本/ha では本数調整を検討する必要がある、2,000 本/ha では過密となる。

*表の体裁は、長野県の「森林の疲労度 判定表（スギ）」（治山研究会 中部支部事務局（長野県），2010）になった。

†ここでは、形状比70を採用した。

表 2 林冠高に対応した目標本数密度

林冠高	形状比70のとき				形状比60のとき			
	平均 胸高 直径	立木本数			平均 胸高 直径	立木本数		
		相対密度 55 %	相対密度 65 %			相対密度 55 %	相対密度 65 %	
	m	cm	本/ha	本/ha	cm	本/ha	本/ha	
	3.0	4.3	8,300	9,800	5.0	6,500	7,700	
	3.5	5.0	6,500	7,700	5.8	5,100	6,000	
	4.0	5.7	5,300	6,200	6.7	4,100	4,900	
	4.5	6.4	4,400	5,200	7.5	3,400	4,100	
	5.0	7.1	3,700	4,400	8.3	2,900	3,400	
	5.5	7.9	3,200	3,800	9.2	2,500	3,000	
	6.0	8.6	2,800	3,300	10.0	2,200	2,600	
	6.5	9.3	2,400	2,900	10.8	1,920	2,300	
	7.0	10.0	2,200	2,600	11.7	1,710	2,000	
	7.5	10.7	2,000	2,300	12.5	1,530	1,810	
	8.0	11.4	1,770	2,100	13.3	1,390	1,640	
	8.5	12.1	1,610	1,900	14.2	1,260	1,490	
	9.0	12.9	1,470	1,740	15.0	1,150	1,360	
	9.5	13.6	1,350	1,590	15.8	1,060	1,250	
	10.0	14.3	1,240	1,470	16.7	980	1,150	
	10.5	15.0	1,150	1,360	17.5	900	1,070	
	11.0	15.7	1,070	1,270	18.3	840	990	
	11.5	16.4	1,000	1,180	19.2	780	930	
	12.0	17.1	930	1,100	20.0	730	870	
	12.5	17.9	880	1,040	20.8	690	810	
	13.0	18.6	820	970	21.7	650	760	
	13.5	19.3	780	920	22.5	610	720	
	14.0	20.0	730	870	23.3	570	680	
	14.5	20.7	690	820	24.2	540	640	
	15.0	21.4	660	780	25.0	520	610	
	15.5	22.1	620	740	25.8	490	580	
	16.0	22.9	590	700	26.7	470	550	
	16.5	23.6	570	670	27.5	440	520	
	17.0	24.3	540	640	28.3	420	500	
	17.5	25.0	520	610	29.2	400	480	
	18.0	25.7	490	580	30.0	390	460	

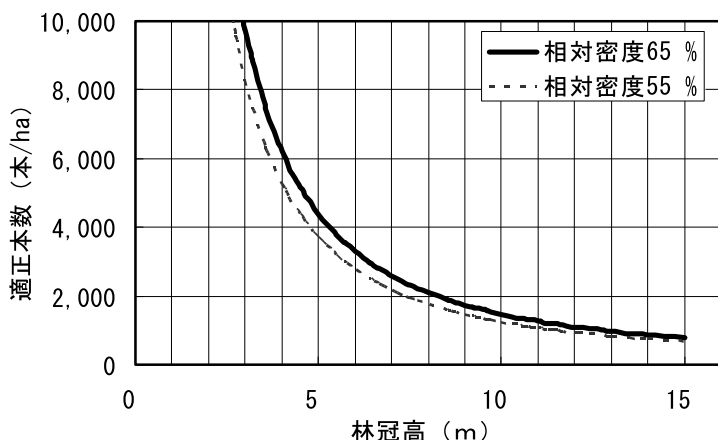


図1 林冠高に対応した目標本数密度（形状比70の場合）

表2は、適正と考えられる本数密度を林冠高に応じて示したものである。相対密度55%に対応する立木本数密度を目標にし、多くなったとしても相対密度65%の値を超えないように本数調整を行うことになる。通常は、形状比を70とした場合を用いるが、形状比60とした場合の値も示した*。

図1は、表2の形状比70の場合について図化したものである。破線を目標に、実線を超えない（実線より上に出ない）ように本数を調整することになる。

図1では、林冠高が低い林分ほど、林冠高の上昇に伴って適正本数が大きく減少している。すなわち、林冠高が低い林分ほど過密化が進みやすいことを示しており、このことは、本数調整が遅れた場合、適正本数とするためには林冠高が低い林分ほど、適正本数にするために、多くの本数を伐らなければならないことを意味している。

*積雪地帯では、形状比60～65を目安にする方が冠雪害に対してより安全である。

3 本数調整手順

3.1 初期は列状伐採

上層樹高（林冠高）が、3.0 m に達するまでに初回の本数調整（1 伐 3 残）を実施する（表 3，14 ページ）。この時期を逃さないことが、後々の本数調整を無理なく進めるために重要である*。

伐採列は主風に直交，あるいは汀線に平行するように設定することで，伐採跡を風が吹き抜けないようにする。

林冠高が 3.5 m までに，2 回目の調整として，初回に残した 3 列の中間列を伐採する。

林冠高が 4.5 m までに，それまでの伐採列に直交する形で 1 伐 3 残の伐採を実施する。

林冠高が 5.5 m までに，4 回目の調整として，前回残した 3 列の中間列を伐採する。

なお，風向の定まらない台風時等の強風に備えて，一つの伐採列の長さは，10 ～ 20 m に止める†。

3.2 優勢木の取り扱い

クロマツ植栽木は，初回伐採の段階で，すでに個体間に優劣が生じているので，列状伐採を行うと優勢木も伐採することになる。しかしながら，伐採後に将来の林分を構成するに十分な本数が残るので，基本的に優勢木を残す必要はない。ただし，他と比べて格段に形状のよい個体‡で伐るに忍びない場合は残す。伐採列の個体を残した場合，隣

*必要以上に早い段階で本数調整を行う必要はないが，林冠高が 2.5 m を超えたら本数調整の時期に入ったと見なす。

†とくに，3 回目，4 回目の伐採列は，事例が積み重なるまで，安全を見て 10 m 程度に止めておきたい。

‡具体的な判断の基準があるわけでない。感覚的な判断でよい。初回よりは 2 回目，2 回目よりは 3 回目と，後の本数調整ほど，伐採列に残す個体が多くなる。

接残存列にある隣接個体を代わりに伐採しておく。

3.3 定性伐採

4 回に分けた列状伐採の後には、定性的な伐採に移る。この段階になると、個体間の優劣もはっきりしてくるので、優勢木の中から将来の海岸林を構成すると期待される個体（仕立て木）を選び、仕立て木の成長を妨げるような個体から選択的に伐採する*。

海風環境が厳しくない場合†は、伐採率をあげることで、本数調整回数を減らすことも可能であるが、この場合、調整時期を遅らせてまとめて多く伐るのではなく、前倒しで多めに伐採することで次の調整までの期間を長くする。調整時期を遅らせることは過密化を招くので、これを避けるのは列状伐採のときと同じである。

なお、表 3 に示した林冠高に達した段階で林冠が閉鎖していなければ、林冠が閉鎖するまでは本数調整を見合わせる。

3.4 前縁部での本数調整

海風環境の厳しい前縁部においても上述の手順に従った本数調整手順を適用する。逆に言えば、上長成長が頭打ちになって風衝林型を呈し、林冠高が 3 m を超えない箇所については、本数調整を実施しないことになる。なお、本数調整を実施する場合、初回の列状伐採の際には海側の 3 列を残す。

*形状の悪い個体から伐採する場合と大きくは変わらないと考えられるが、樹冠が大きく空くような箇所では、優勢木でなくても残すことになる。

†現時点では、具体的で明確な判断の目安を示すことはできないが、例えば、冬の季節風が海側から吹かない海岸（北海道は除く）や、海側に林冠高 10 m を超えるような林分が存在する箇所はこれに相当する。

表3 植栽初期からの本数調整手順

林冠高		伐採対象	残存本数	伐採率
m			本/ha	%
2.5～3.0	列状伐採	1 伐 3 残	7,500	25
～3.5		3 残の中間列	5,000	33
～4.5		1 伐 3 残（直交列）	3,750	25
～5.5		3 残の中間列	2,500	33
～7.0	定性伐採	仕立て木	1,875	25
～8.5		の成長を	1,406	25
～10.0		妨げている個体	1,055	25
			10,000本/ha植栽時	

上の表で対象としているのは、10,000本/ha植えされたクロマツ林であるが、それより植栽本数が少ない場合も、残存本数を目安に適用することができる。

上の表の残存本数のうち、林冠高が5.5mまでの列状伐採期間の値は、自然枯死がない場合の数値である。実際は、自然間引きで枯死が生じるので、この値より小さくなり、残存本数は少なくなる。

4 過密林の取り扱いか

4.1 基本的な考え方

過密クロマツ林では、一度に林分全体の過密状態を緩和するのではなく、将来の林冠を構成する個体（仕立て木）を選定し、まずは仕立て木に対する過密状態を重点的に緩和する手順をとる。

なお、以下の手順では、10,000 本/ha の方形植えの後、本数調整を行っていない場合を想定している。本数調整を行ったにも関わらず過密となっている場合は、過去の伐採木を自然間引きで消失したと見なしで適用する。

4.2 仕立て本数

仕立て木の本数は、最終的な林冠高（上長成長の頭打ちによる風衝林形を呈したときの林冠高：以下、最終林冠高*）に対応した適正本数とする。最終林冠高は、周辺の林分等を参考に決定する。最終林冠高の決定に迷う場合は、高めに設定する方がよい。それは、最終林冠高が低いほど仕立て本数は多くなり、その結果、伐採本数は多くなるからである。

4.3 仕立て木の選定

本数調整の遅れた過密林では、個体間の優劣がはっきりしているので、仕立て木は優勢木（林冠を構成する個体のうち、とくに枝をしっかりと張った形状比の低い個体）を優先して選定する。胸高直径の大きい個体は優勢木であることが多いので、結果として、胸高直径の大きい

*風衝林型を呈していても上長成長が全くなくなるわけではないが、そうでない場合と比べて、明らかに上長成長が鈍化するので、便宜的にそう呼ぶことにした。最終林冠高に達したかどうかの厳密な判断は難しいが、実用上は問題のない範囲で判断できるだろう。なお、新たな防風施設の設置などによって環境条件が変われば、再び旺盛な上長成長が見られることがある。

い個体を選ぶことになる。

優勢木同士が競合すると判断される場合に片方を伐採するかどうかは、優勢木の本数による。優勢木の本数が仕立て木の本数に足りている場合は、競合する優勢木の片方を伐採するが、足りていない場合は、隣接していてもそれぞれを仕立て木として残す。

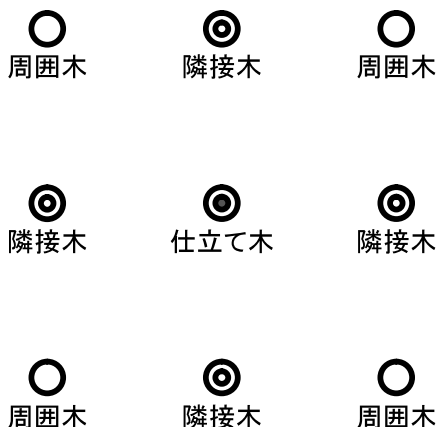
4.4 伐採

本数調整の手順は、実施時期の過密程度によって異なる。過密程度はそのときの林冠高に対応するので、林冠高に応じた手順となる。なお、以下の手順で伐採木を機械的に選定しているが、それはそれらの個体が他の個体に比べて仕立て木の生育を阻害していると予想されるからである。別の個体の方が仕立て木の生育にとって障害となっていると判断される場合は、そちらを伐採する。

4.4.1 林冠高 3.5 ～ 4.5 m の場合

仕立て木の隣接木*（図 2）を伐採する。隣接木が仕立て木の場合は、伐採しない。隣接木が自然間引き等で消失している場合は、伐採したものと見なす。

なお、最終林冠高が 10 m 以上を見込める場合は、隣接木の伐採に先立って、3.1 に準じた 1 伐 3 残の列状伐採を行うことができる。この場合、伐採列に仕立て木がある場合は、これを残す。この列状伐採は作業空間を確保するためであるので、その必要がない場合は省略する。



本数調整後、林冠高が 5.5 m に達

図 2 隣接木と周囲木

*植栽列、ならびに植栽列に直交する線上で隣接する個体

した段階で、仕立て木の周囲木（図 2）を伐る。この場合の周囲木とは、方形植えにおいて仕立て木の対角に位置する個体*のことである（図 2）。

4.4.2 林冠高 4.5 ～ 5.5 m の場合

この林冠高になると、自然間引きと枝の枯れ上がりとによって、列状伐採を行わなくても枯れ枝を落とすことで作業空間は得られると考えられる。作業空間が得られない場合は、最終林冠高が 10 m 以上を見込めるのであれば、4.4.1 同様の 1 伐 3 残を実施できる。

仕立て木の隣接木ならびに周囲木を伐採する。隣接木が自然間引き等で消失している場合は、伐採したものと見なす。隣接木が仕立て木の場合は、伐採しない。

なお、最終林冠高が 15 m 未満の場合、伐採率が 50 % を超える可能性がある。伐採率が 50 % を超えるようであれば、2 回に分けて実施する。

4.4.3 林冠高 5.5 m 以上の場合

いわゆる手遅れ林分であり、本数調整によっていわゆる間伐効果[†]を期待することは難しいと考えられる。優勢木の数が足りずに疎林状態になる可能性はあるが、自然間引きに委ねるのも選択肢のひとつである。また、本数調整後、林帯が衰退し植え直しになることも覚悟するのであれば、次のような手順が考えられる。

過密化が進んでいるため短期間での過密化の解消は難しいので、優勢木は無条件に仕立て木とし、優勢木が互いに競合する場合であっても、基本的に優勢木は伐採しない。

仕立て木の隣接木ならびに周囲木を伐採する。ただし、隣接木、あるいは周囲木が別の仕立て木の場合、その仕立て木は伐採しない。

仕立て木の隣接木・周囲木が自然間引き等で消失している場合は、

* 植栽列に対して 45 ° の角度で交わる線上の隣接する個体

[†] 27 ページの脚注参照

伐採したものと見なす。その場合、隣接木・周囲木より離れた個体が仕立て木の生育の障害となっている場合は、伐採する。

なお、最終林冠高が 15 m 未満の場合、伐採率が 50 % を超える可能性がある。伐採率が 50 % を超えるようであれば、2 回に分けて実施する。

4.5 本数調整の継続

いずれの場合（4.4.1 ～ 4.4.3）も、一連の本数調整を実施後は、表 3（14 ページ）に示した林冠高を目安として、仕立て木の生育空間を確保する定性伐採を実施する。なお、過密化させることなく適正に本数調整してきた場合と比べると、残存本数は多くなっている。そのため、その後の過密化が進みやすいので、早めの定性伐採が必要である。とくに、林冠高が 5.5 m を超えてからの本数調整の場合、隣接木ならびに周囲木の伐採が終了しても、過密状態は解消されていないので、翌年以降も引き続き仕立て木の樹冠の広がりを確認しながら本数調整を続ける必要がある。

当初、想定した最終林冠高については適宜見直す。変更した場合は、それに応じた仕立て木本数を求め、仕立て木を増減させる。

5 樹種転換に向けた自然侵入した広葉樹の活用法

5.1 はじめに

ここでは、クロマツ海岸林に自然侵入した広葉樹を活用して林相を変えるための選木方法を述べる。樹種転換する理由，ならびに選木にあたってゾーニングが必要になる理由については，11.1，11.2を参照されたい。

5.1.1 樹種転換の目的

マツ枯れ発生地域のクロマツ一斉林において，マツの枯損により防災機能が低下するリスクを軽減させるための手段の一つとして，マツ枯れの心配がない樹種に転換することを主目的とする。同時に生物多様性など，ニーズに応じた多面的機能に配慮した林相に誘導することを図る。

5.1.2 適用範囲と樹種転換を検討する条件

本指針の適用範囲，およびクロマツ海岸林から林相転換を図る検討対象となる海岸林は，次のような林分である。

- ・当該林分または周辺でマツ枯れが進行している林分。
- ・しかもコスト，周辺の土地利用などの制約で薬剤散布によるマツ枯れの防除ができない林分。
- ・林相転換に活用できる樹種（5.3 参照）がすでに自然侵入している林分。

海岸林において広葉樹をクロマツのように確実に定着させる技術は確立されておらず，現在は各地で技術開発が進められている段階にある。したがって本指針では，自然侵入している広葉樹の活用手順を中心に解説し，自然侵入個体だけでは本数が不足する場合には，植栽の必要性を指摘することにとどめる。

5.1.3 基本的な考え方

- ・多面的機能発揮の観点と自然力に逆らわない省力的管理の観点から、地域の在来種を優先的に育成し、自然性の高い林相に誘導する。
- ・クロマツ林内に自然侵入している樹種を選択し、この中に適切な個体があれば活用する。そのような樹種がなければ植栽により、クロマツと入れ替えていく。
- ・広葉樹が自然侵入しているところで、侵入しているものと同じ樹種を植栽しても、うまく活着させることや健全に生育させることは困難な場合が多い。そこで、侵入・定着している広葉樹は無駄にしない。
- ・汀線から内陸に向かって、クロマツの最終林冠高を基準にゾーニングし、適切な樹種を選ぶ（ゾーニングによる適地適木の判断）。

5.2 ゾーニングと広葉樹侵入状況の把握

現地作業に先立って、地域によって自生樹種の構成が異なるので、対象林分がどの地域（本指針では付表1で都道府県ごとに整理している）に当たるかを確認する（5.3.2 参照）。

汀線から内陸に向かった環境傾度に沿って、群落高を指標にしたゾーニングを行う。ゾーニングの指標として、現状のクロマツの最終林冠高を用い（11.2，11.3と関連）、以下のように行う。

5.2.1 現地調査

- ・対象林分において、汀線側の林縁から内陸側に向かって複数本の基線をひく（ライントランセクト）。
- ・基線に沿って汀線側林縁から10mまでは2m間隔、以降は5m間隔で調査点を取り、クロマツ最終林冠高のプロファイルを作成する。
- ・基線から両側一定幅（例えば2.5m）の範囲内のクロマツ以外の樹種の調査を行う。

項目：種名，位置，樹高，直近のクロマツの最終林冠高

5.2.2 ゾーニング

クロマツの最終林冠高を基準にゾーン概念図（図 3）のように現地を区分する。区分は図 3，図 4 のように，クロマツの最終林冠高が 2 m，5 m，10 m，15 m，20 m で区切ることによって，表 4，付表 1 と対応がとれる。各ライントランセクトでは，図 4 のように線的にゾーニングし，ライン間を外挿して面的に広げることにより図 3 のようなゾーン概念図をつくり，これを施業案の原図とする。

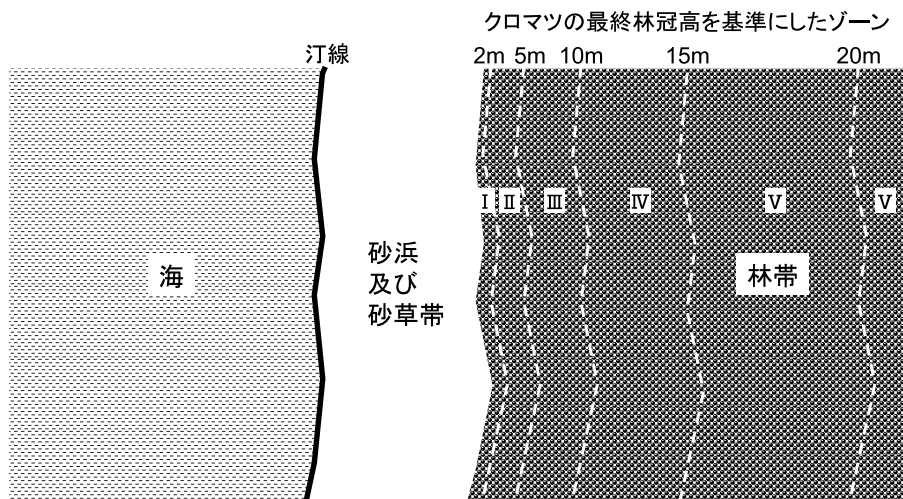


図 3 ゾーニング概念図（平面）

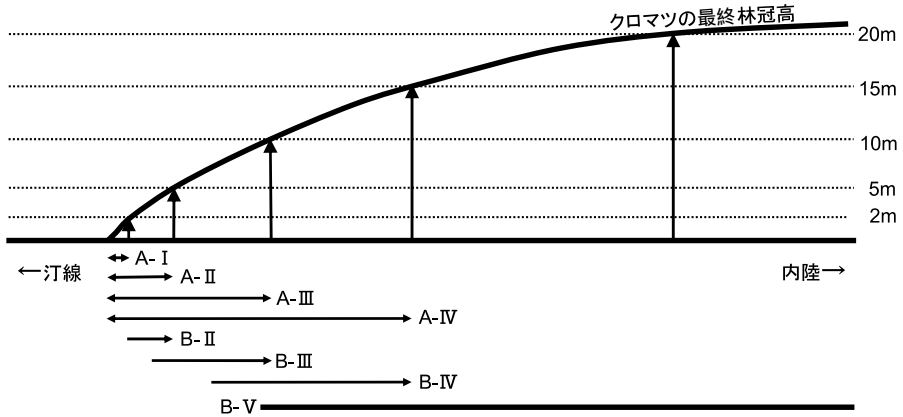


図 4 クロマツの最終林冠高を基準にしたゾーニングと対応する樹種との関係

表 4 ゾーニングのための樹種区分

海岸での耐性			A: 最前縁で耐性がある	B: 最前縁で耐性はないが、海側に樹木または工作物等があれば生育する	C: 海岸で生育困難
最大樹高区分	I	2 m	マルバグミ, クコ	ヤツデ, ガクアジサイ	キハギ, ノイバラ, ヤマハギ
	II	5 m	オオバマサキ, シャリンバイ, トベラ, ハマヒサカキ, マサキ, アキグミ	アズマネザサ, オオバトバ, ネズミモチ	カマツカ, ニシキギ, ニワトコ
	III	10 m	ウバメガシ	サンゴジュ, ヒメユズリハ, ヤブツバキ, ネムノキ	ヒイラギ
	IV	15 m	カシワ, ビャクシン	モッコク, カクレミノ, シロダモ, ヒサカキ, ユズリハ, アカメガシワ	
	V	20 m 以上	クロマツ	クロガネモチ, スダジイ, タブノキ, モチノキ, エゾイタヤ, エノキ, コナラ, ハリギリ, ミズナラ	ヤマモミジ, コブシ, シラカシ, スギ, ヒノキ, モミ

斜体は針葉樹、他は広葉樹。グレーの部分の樹種は、海岸防災林をつくる上で、残す優先度は低い。この表には地域性は反映していない。

5.2.3 侵入広葉樹の整理

前項で区分したゾーンごとに、現地調査（5.2.1）で出現したクロマツ以外の樹種について、種ごとに密度や樹高（最大、平均）を整理する。

5.3 残す広葉樹の選択

植栽によらない樹種転換が可能かどうかについて検討するため、ゾーンごとに出現樹種の密度を推定する。クロマツの適正本数に準じて（2章の適正本数を参照）、海岸林を構成するのに十分な密度で広葉樹が自然侵入している場合には、植栽によらない樹種転換が検討できるが、そうでない場合、植栽が必要となる。

5.2.3 で整理した自然侵入している樹種について、以下の4つの観点で順次ふるいにかけて個体ごとに選木し、残したい個体の生育を阻害するもの（競合個体、ツル）は間引く。残したい個体の生育を阻害しない個体で在来種は、あえて伐らなくてもよい。

5.3.1 種ごとの最大樹高と汀線側での耐性

自然侵入している樹種を、表4のように海岸での耐性をA（最前縁で耐性がある）、B（最前縁で耐性はないが、汀線側に樹木または柵や堤防のような工作物・建造物等があれば生育する）、C（海岸で生育困難）の3ランク、種として到達しうる最大樹高を5ランクで評価し、利用可能かどうかを判定する。

- ・汀線に近い側（クロマツ樹高4m以下）では、侵入している樹種同士で競合している場合、最前縁で耐性がある樹種を優先する。
- ・汀線から遠い側（クロマツ樹高5m以上）は、侵入している樹種同士で競合している場合、機能上必要な最大樹高をもつ種を優先する。

上述の判定結果を、海岸の生育環境を総合的に反映していると考えられるクロマツ樹高に基づいて分けたゾーンに当てはめることで、適正な広葉樹が選択できる。例えば、クロマツ樹高が2mまでの最前縁ではA- ～ の樹種を選択できる。また、2～5mまでの範囲ではA-

～に加えて、海側に林帯または工作物で保護されている場合には B- ～ の樹種も選択できる。なお、クロマツ樹高が 2 m までの最前縁において A- と A- の樹種が混成している場合には A- の樹種を優先して選択する。ランク B については、汀線側の置き換え可能範囲の限界が明瞭に線引きできないが、最大樹高区分が 1 ランク小さいランク A の樹種より内陸側から適用する。

考え方の詳細は 11.3 , 11.4 および島田ら (2010) を参照のこと。

5.3.2 潜在自然植生

- ・ 11.4 で好ましい目標林型とした潜在自然植生に誘導するため、自然侵入している樹種の中から、潜在自然植生構成種を優先して残す。潜在自然植生構成種は残されている自然植生から推定することが基本であるが、各地にある地域植生誌も参考となる（植生学会 <http://www.tuat.ac.jp/~shokusei/index.html> の「群落研究」, 「植生情報」などが情報源となる）。
- ・ 潜在自然植生の構成種が侵入していない場合、後述する外来種、国内外来種以外の種を利用する。
- ・ 外来種（帰化種）は、原則的に除去の対象とする。なかでも生態系に著しい影響を与える侵略的外来種（ハリエンジュなど）、特に特定外来生物、要注意外来生物指定種に指定されたものは積極的に除去する。判定基準は、外来種ハンドブック（日本生態学会編、2002）などに掲載されている外来種リストを参照のこと。
- ・ 国内外来種、すなわち国内産であっても本来その地域に分布しない種は原則的に除去する。特に侵略的な種は除去する。
 - ・ 付表 1 には地域区分を載せている。これにない種の判定について、情報源として 11.5 の資料が利用できる。

詳細は 11.5 を参照のこと。

5.3.3 先駆性樹種と遷移後期種

付表 1 を参照。先駆性樹種は初期成長が早く早期に林冠をつくることができるが、比較的寿命が短い。そのため、自然侵入している樹種

が混み合っていて（または将来的に混み合う可能性がある）、その中で遷移後期種を先駆性樹種が被圧してしまうおそれがある場合は、より寿命が長い遷移後期種を優先する。

5.3.4 空間配置と樹勢

- ・上記第 5.3.1 ～ 5.3.3 の観点で侵入樹種から残す樹種をふるいにかけたのちも、まだ混みすぎていて共倒れになりそうなところは、空間配置と樹勢をみて間引く。
- ・ただし、遷移後期種が先駆性樹種と競合しているときでも、遷移後期種の方の樹勢が弱く林冠に達する前に枯死しそうな場合は、将来の林冠に穴を開けないため第 3 の観点に拘わらず先駆性樹種を除伐しない。

本手引きの考え方

ここでは、「クロマツ海岸林の管理の手引き」を作成するにあたっての考え方を示す。必ずしも十分な根拠があるわけではない部分も含めて、その考え方を知ってもらうことで、「手引き」の数字を一人歩きさせることなく、より柔軟に、管理の参考として使いこなしてもらうことを期待したものである。

6 本数調整は必要か

10,000 本/ha 植えのクロマツ海岸林を無施業で放置した場合、全体に形状比の高い、枝の枯れ上がった典型的な過密林となるが、自然間引きによって個体間に優劣がつくので、共倒れで林帯が消失するとは限らない*。

また、個体間に優劣がついた結果、過密林であっても優勢木の形状比は必ずしも高いとは限らない。すなわち、ある程度の樹高[†]に達する場合、本数調整を行わなくても、個体間に優劣がつくことによって自然間引きが進み、形状比の低い個体も含む林分が成立する可能性は否定できない。

ただし、適正に本数を調整してきた場合に予想される枝下高に比べると枯れ上がっている[‡]。また、形状比の低い優勢木の本数は、適正に本数を調整してきた場合に期待される数に比べると少ない。そして、

*10,000 本/ha 植えのクロマツ海岸林において本数調整を行わなかったために、共倒れで林帯が壊滅したという報告は見当たらない。ただし、積雪地帯ではそのおそれは十分にある。

[†]具体的なデータはないが、少なくとも 12 m か？

[‡]何年かに 1 回、あるいは十数年に 1 回の厳しい海風環境で梢頭部が枯れた場合に、枝下高が低いほど生きた枝が残るので、枝の立ち上がりによって個体として回復できる可能性が高い。そのため、枝の枯れ上がりはできるだけ避けたい。

形状比の低い個体数が適正本数を下回るために、劣勢木の枯死後、疎林状になるおそれがある。

従って、本数調整を行った方が、より確実に形状比の低い個体を多く残し、枝下高を低く保つことが期待できる。すなわち、適正な本数調整を行う方が、ある程度の樹高が見込める場合を含めても、より望ましい林帯を成立させることができると考えられる。

なお、本数調整が遅れた海岸林において不十分な本数調整を実施すると、残存木に十分な生育空間を与えず、いわゆる間伐効果が期待できない。逆に、過密状態が幾分緩和されたことで自然間引きによる劣勢木の消失が遅れ、優勢木の生育の妨げとなる期間が長くなることが考えられる。その結果、林分の平均形状比は下がったとしても、優勢木の形状比は、本数調整を行わない場合より高くなる可能性がある。すなわち、本数調整は、一定量を確実に行う必要があると考える。

*本数調整で立木本数が減ったことによって、残存木の生育空間が広がって肥大成長が促進されること。その結果、胸高直径が本数調整前に比べて格段に大きくなることが期待できる。

7 目標本数

7.1 林冠高を判断基準に

本数調整の時期は、植栽後の経過年数ではなく、林冠高（上層樹高）を基準に判断することとした。これは過密現象が上長成長に伴って生じるからであり、生育環境の異なる海岸林に適用するにあたって、植栽後の経過年数で表現するより適当と考えたからである。平均樹高ではなく林冠高としたのは、過密現象に影響を与えるのは主に上層木であり、優劣がついて下層木となった個体の影響は無視できると考えたからである。また、現場の作業としても、平均樹高より林冠高の方が求めやすくよいと考えた。

7.2 適正な本数

本数調整を進めるにあたっては、目標となる立木本数密度が必要になる。

これまでのクロマツ海岸林の適正な立木本数密度に関する考え方は、小田（1992b）の「海岸林としての適正密度は、林木の生育環境と防災機能との両面によって規定されねばならない。林木が良好な生育を示し、同時に防災機能が高度に発揮される、そのような密度こそが海岸林での適正密度と呼ばれるべきであろう」に代表される。

ただし、小田（1992b）自身、「間伐後の生育環境および防災機能の推移に関する報告はまだそれほど多くなく、未知な部分が少なくない」と述べているように、良好な生育環境と防災機能とを具体的に考慮した適正な本数密度は示されないでいた。その状況は現在も変わっていない。

しかしながら、これまでの研究成果に基づけば、ある程度鬱閉した林帯が維持されれば防災機能は維持されと考えられるので、本数調整によって飛砂防止機能や防風効果が減少することを懸念する必要はない（坂本，2006）。そこで、本手引きでは、クロマツ海岸林の適正な混み具合の目標を、林帯の健全な鬱閉状態を維持することを目的として

過密にならないように設定することとした*。

7.3 目標となる立木本数

本手引きでは、林分の生育段階に応じた適正と考えられる立木本数密度を、小田（1984，1992b）による相対密度管理表に基づいて判断することとした。目標となる相対密度は、小田（1992b）が、九十九里浜のクロマツ海岸林で、林分が鬱閉する相対密度を50～55%としていること、ならびに、相対密度が65～75%になると枝下率[†]が60%以上の個体が急増するとしたことから、相対密度55%を目標に、上限を65%にすることとした[‡]。

元々の相対密度管理表は、平均胸高直径と相対密度に応じた適正本数密度を求める形になっているが、先の理由（7.1）から、本手引きでは、形状比を介することで平均胸高直径を上層樹高（林冠高）に読み替えて使うことにした[§]。

*本数調整を適切に行うと、立木本数は減るが、枝葉が低い位置から分布する。このため、津波被害軽減機能について、津波氾濫流の数値実験モデルを用いた計算を行ったところ、津波の高さにもよるが、海岸林の本数調整は海岸林の津波被害軽減機能を低下させないと考えられた。

[†]樹高に対する枝下高の割合

[‡]表3（14ページ）は、相対密度が65%を超える前に本数調整を行うように伐採の時期の目安（林冠高）を決めたものである（8.3参照）。従って、この目安を超える前に本数調整を確実に実施することができるか懸念される場合には、上限を相対密度60%に設定して、目安となる林冠高を低めに設定しておく方がよい。

[§]相対密度管理表を利用するにあたって、対象林分の林冠高を目標とする形状比で除して対応する胸高直径を知ることができる。この胸高直径を林分平均胸高直径と読み替えて相対密度管理表に当てはめれば、相対密度に応じた立木本数密度を知ることができる。従って、林冠高に対応した目標本数は、目標とする形状比と相対密度によって変わる。いずれも小さく設定した方が、目標本数は少なくなる。

一般に、形状比が高くなると気象害を受けやすくなるとされている。例えば、金子ら（2000）は、クロマツ海岸林で発生した冠雪害の調査結果から、冠雪害を回避するために、形状比 70 を目標、80 を上限とする管理を提言している。そこで、本手引きでは、形状比 70 を基準とした。

対象林分の過密状況を判断するには表 1（9 ページ）を使い、目標となる立木本数の目安を知るためには表 2（10 ページ）を使う。目標となる立木本数に比べて、対象林分の立木本数が多ければ過密ということになる。

クロマツ海岸林の過密程度の判断は、これまで形状比（例えば小田，1984；小田，1992a；渡部・近嵐，2004；坂本ら，2006）あるいは枝の枯れ上がり（例えば中沢，1986；松田・村上，2002；紙谷，2003）を指標に行われてきた。形状比も枝下高も立木本数密度の影響を強く受けるので、両者の相関は高いが、本手引きでは、形状比を用いたことになる。これは、充実したデータに基づいた相対密度管理表（小田，1984；小田，1992b）が平均胸高直径を基準にしているためであるが、クロマツの場合、一度上がってしまった枝下高を下げることができないので、いわゆる間伐効果による林相の改善を確認する場合にも都合がよい。

なお、相対密度管理表は、それぞれの地域ごとに作成することが望ましいが、相対密度管理表が整っていない地域については、その完成を待つのではなく、ひとまず小田の作成したものを適用し*、遅れることなく本数調整を進めるのがよい。なぜなら、現在、各地で用いられている目標本数の違いは、実用上、決して大きなものではないからであり、また、林冠高に対応する目標本数を求めるにあたっては、相対密度管理表の地域差以上に、目標とする形状比や相対密度の設定の影響が大きいと考えられるからである。

*この場合、予定した林冠高に達したときに、林冠が閉鎖していない場合は本数調整時期を遅らせ、逆に、予定の林冠高に達する前であっても林冠が混み合うようであれば、早めに本数調整を行うなどの対応をとればよい。

8 本数調整

8.1 初回本数調整の重要性

本数調整を行わないと、上長成長に伴って過密化が進むが、過密化の進み方は、林冠高の低いときほど激しい（図 1，11 ページ参照）。言い換えれば、本数調整が遅れた場合、上長成長量が同等であっても、林冠高の低い段階ほど、適正本数との差が大きくなる（坂本ら，2006；坂本，2006）。そのため、本数調整が遅れた林分で適正本数に減らすために必要となる追加の伐採本数は、林冠高が低い段階ほど多くなる。従って、最初の本数調整を遅れないように実施することがとくに重要となる。

8.2 本数調整開始時期

本数調整を開始しなければならないのは、過密化の影響が出始める前である。坂本ら（2006）は、肥大成長が鈍化する時期や形状比の変化から過密化する時期を概ね林冠高が 3 m に達するころと判断した。また、後述するように、初回の本数調整に 1 伐 3 残の列状伐採を採用した場合、自然枯死を無視すれば、残存本数は 7,500 本/ha となる。小田の相対密度管理表によれば、相対密度 55 % で 7,500 本/ha に対応する胸高直径は 4.6 cm である。これは、形状比 60 とすれば樹高 2.7 m，形状比 70 とすれば 3.2 m に相当する。これらのことから、林冠高が 3 m に達するころには、初回の本数調整を実施する必要があると判断した（表 3，14 ページ参照）。巻末注 i（47 ページ参照）

8.3 2 回目以降の本数調整時期の目安

2 回目以降の本数調整は、相対密度が許容上限の 65 % を超える前に実施する（表 3，14 ページ参照）。

本数調整に、後述（8.4.3）する 1 伐 3 残の列状伐採を採用した場合、初回の本数調整後の立木本数は 7,500 本/ha となる。小田の相対密度管理表によれば、相対密度 65 % での対応する胸高直径は 5.1 cm である。これは、形状比 70 とすれば、樹高 3.6 m に相当する。同じく、2 回目

の本数調整後の残存本数は 5,000 本/ha，対応する胸高直径は 6.6 cm，樹高 4.6 m，3 回目の本数調整後の残存本数は 3,750 本/ha，対応する胸高直径は 8.2 cm，樹高 5.8 m となる。これらの樹高をもとに，本数調整時期の目安を 0.5 m 単位で示して，2 回目を林冠高 3.5 m，3 回目を林冠高 4.5 m，4 回目を林冠高 5.5 m とした。

林冠高が 5.5 m に達するころには，個体間の優劣が相当にはつきりすること，ならびに残存本数も少なくなっていることから，以後は，将来残したい個体（仕立て木）の成長を妨げている個体を対象に伐採するのがよい。

同様に，立木本数が 2,500 本/ha に調整された林分が次の調整時期を迎えるのは，相対密度 65 % に達したときである。すなわち，胸高直径は 10.2 cm で，対応する樹高は 7.1 m である。そこで，林冠高 7.0 m までには次の本数調整を行うことになる。本数伐採率を 25 % にした場合，残存本数は 1,875 本/ha となる*。

1,875 本/ha の林分において，相対密度 65 % に対応する胸高直径は 12.2 cm，樹高 8.6 m である。従って，概ね林冠高 8.5 m でその次の本数調整を行うことになる。

以下，本数伐採率を 25 % とすると，林冠高 8.5 m で 1,406 本/ha に，10.0 m で 1,055 本/ha に減らすことが目安となる。

なお，自然枯死が生じるので，実際の伐採本数は上に示した値より少なくなる。

8.4 列状伐採

初期の本数調整に列状伐採を採用した理由は，作業効率，ならびに残存木への風当たりを考えたからである。

*ここでは本数伐採率を 25 % と安全側に設定したが，列状伐採と同様に 30 % 程度も可能と考えられる。伐採率を上げることで，次の実施時期を遅らせることができる。

8.4.1 作業効率

作業効率というのは、列状伐採を行うことによって作業空間ができるという意味である。伐採後の空間が、伐採木を搬出するための道として使える点が列状伐採の利点である。そもそも、造成時にクロマツが 10,000 本/ha で密植されているために、最初の本数調整時には、枝葉に邪魔されて林内を歩くこともままならなくなっているはずである。この中で個々のクロマツの形状を見ながら選木し伐倒・搬出する手間と、機械的に一律に伐採することの問題とを天秤にかけて、伐採後も十分な数の立木が残ることから、列状伐採を採用した。

8.4.2 風当たりの緩和

本数調整を躊躇する理由に、伐採することによって残存木が厳しい海風環境にさらされることに対する懸念がある。その点でも、列状伐採は有利と考えられる。すなわち、主風に直交する形で列状に残る植栽木が防風柵のように働き、伐採に伴う残存木への風当たりの増加を他の伐採方法に比べて抑えることが期待できるからである。

8.4.3 1 伐 3 残

列状伐採を 1 伐としたのは、伐採後に残存木への風当たりが強くなることをできるだけ抑えるためである。

残存列を 3 としたのは、いわゆる間伐効果の期待できる本数を考えてである。3 残とすることによって、伐採列の両脇の列に、すなわち残存木の $2/3$ に間伐効果が期待できる。

残存列を 2 にすれば、すべての残存木に間伐効果が期待できるが、1 伐 2 残にしなかったのは、2 回目の本数調整後における残存木への海風環境の変化を最小限にするためである。すなわち、1 伐 2 残にした場合、2 回目の本数調整で残存列の片方を伐ると、2 回めの本数調整後の残存列は 2 列分の伐採跡に接することになるが、1 伐 3 残であれば、初回に残した 3 列の中間列を伐ることになり、残存列に接する伐採列は 1 列ですむ。

実際は前縁からの距離によって海風環境は緩和されているので、場

所に応じて2伐や、1伐の場合も2残が可能と考えられるが、現時点では伐採の仕方と残存木への風当たりの違いに関する知見が整っていないので、安全側の手順を採用した。実例が蓄積される中で、将来的には2伐や1伐2残でもよいとなることも考えられる*。

8.5 優勢木の扱い

最初の本数調整段階において、すでに個体間に優劣が生じていると予想され、機械的に列状に伐採すると、いわゆる優勢木も伐採することになる。伐採列にある優勢木を伐採しても、将来の林分を構成する本数は十分に残るので問題はない。しかしながら、周辺の残存列に見当たらないような形質を持ち、伐採するのが忍びない個体については、その後の生育も期待できるので残してもよい[†]。その場合、作業空間の確保と残存木の生育空間の確保とのために、列は乱れるが、残存列の隣接個体を伐採する。

8.6 非伐採列

残存木への風当たりの点から、ここで提案する伐採手順に不安が残る場合は、非伐採列を設定してそれらに防風柵的な働きを期待することがよい。すなわち、例えば、20 m ごとに伐採しない列を設ける。

*1伐2残、あるいは2伐3残、2伐2残を実施する場合、調整時期を遅らせてまとめて多く伐るのではなく、前倒しで多めに伐採することで次の調整までの期間を長くするようにする。調整時期を遅らせることは、過密化を招くので避ける。

[†]はじめの本数調整時に比べると後の本数調整時ほど、個体間の優劣ははっきりしていると予想される。従って、後の本数調整時ほど、伐採列であっても伐採を見合わせる個体が現れると考えられる。

9 前縁部での本数調整

これまで海岸林の本数調整について、生育環境のとくに厳しい前縁部はその対象から外すことが提唱されていた。例えば、中沢（1986）は、立木本数が少なくなっている前縁部 25 ~ 30 m を除く事例を報告しているほか、「約 30 ~ 50 m 幅」（小田，1992），あるいは、「少なくとも 10 m，可能であれば 20 ~ 30 m」（紙谷，2003），といくつか提示されている。しかしながら、必ずしも算出根拠が明らかにされているわけではなく、個々の現場には採用しにくい面がある。

また、酒田営林署（1983）の海岸治山事業概要にも、「除伐は森林としての将来性を確実に期待できる主砂丘後方の林分を実施するものとし、保全上意義の大きい主砂丘前方の林分については成長を見ながら再検討することになっている」とあるが、定性的な表現のために、具体的な対象範囲を設定しにくい。

いずれにしても、具体的な基準が示されないと、本数調整を行わない範囲を必要以上に広げる恐れがある。本数調整を見合わせることは過密状態を放置することに他ならず、前縁部であれば過密でよい理由はない。むしろ、前縁部ほど、海側から風が吹き込まないように、枝の枯れ上がりを抑えたいので、前縁部のクロマツに対してより積極的に本数を調整する視点が考慮されてよい。

本手引きでは本数調整を見合わせる範囲を林冠高で示すことを提案した。それは、先述のように、本数調整を開始する時期に関して、「林冠高が 3 m に達するまでに」という目安を示したが、このことは、林冠高が 3 m を超えない箇所*は自動的に本数調整の対象から外れることを意味するからである。林冠高が 3 m を超えない箇所というのは、植栽後の経過年数が少ない箇所だけではなく、生育環境が厳しくて上長成長が抑えられている箇所を示し、その範囲は生育環境が厳しい場所

*林冠高が 3 m を超えるか予想しにくい場合は、樹高が 3 m を超えた個体の梢頭部の様子から判断する。単木的に樹高が 3 m を超えた個体の梢に枯れが見られないのであれば林冠高も 3 m を超えると判断する。

ほど広くなる。従って、本数調整対象から外す範囲を前縁からの幅で示すより林冠高で示す方が実用的である。

なお、内陸側から汀線に向かって、順次、植栽範囲を広げて来た場合は、かつての最前縁部で樹高が低く抑えられていた箇所でも、その後、海側に新たな植栽がなされて海風環境が緩和され、再び上長成長が生じることがある。そのような場合は、遅れずに本数調整を実施する必要がある。

10 過密林の本数調整について

過密クロマツ林を一度に適正本数まで減らす手順は、現実問題として採用できない。過密林分を適正本数まで減らすためには、高い伐採率が必要となる（8.1，31 ページ参照）からである。過密クロマツ林は、形状比が高く、枝下高が高い、気象害に弱い樹形となっているので、生育環境の厳しい海岸において、風当たりを急激に強める高い伐採率は危険である。

過密林を林冠高に応じた適正本数まで減らすためには、最初から適正に本数調整を実施した場合と比べると、短期間に大幅に本数を減らす必要があり、それだけリスクを伴うことになる。これまでも過密なクロマツ海岸林を対象とした本数調整の試みはされているが（例えば、畠山・加賀谷，1974；金子・畠山，1984；紙谷，2001；金内ら，2001；真坂ら，2007），明瞭な間伐効果は確認されていない。これにはリスクを伴う大量伐採を避けたために、本数調整後も過密状態が解消されていなかったことが原因のひとつとして考えられる。

いずれにしても、過密林の本数調整については、成功例の報告が見当たらず、具体的な手順の提案もなされていない。すなわち、今後いろいろと試行する中で、実例を積み上げていく段階にある。

10.1 仕立て木を中心に

過密なクロマツ海岸林の本数調整では、上述のリスクを避けながら間伐効果が期待できる手順が求められる。そこで、伐採後の残存木全体に間伐効果を期待するのではなく、最終的に林分を構成させる個体（仕立て木，立て木）を選出し、仕立て木の生育を妨げている個体を伐採する方法が考えられる。すなわち、本数調整によって得られる生育空間をできるだけ仕立て木に集中させることで、伐採量を抑えながら、効率的に間伐効果を期待するものである。

仕立て本数は、最終林冠高（15 ページ脚注参照）に対応した適正本数となる。従って、最終林冠高が現在の林冠高に比べて高いほど、仕立て本数は現在の適正本数より少なくなるので、本数調整によって得

られる生育空間を集中させることができると考えられる。

仕立て木の過密状態を重点的に改善する方法では、1列置きに伐採した場合（1伐3残を実施後、3残の中間列を伐採した状態に相当：この場合、伐採列に優勢木がある場合は、残存列の1本を伐採する）と比較すると、伐採本数は多少少ない程度に過ぎないと予測される。しかしながら、仕立て木の生育空間に大きな差が出る。これは、一律に列状伐採を行った場合、仕立て木以外にも同じように生育空間を与えることになり、生育空間を仕立て木に集中できないからである。

10.2 仕立て木の選定

本数調整の遅れた過密なクロマツ海岸林では、個体間の優劣がよりはっきりしているのので、優勢木*を中心に仕立て木を選ぶことになる。ただし、優勢木の本数は、最終的に見込まれる林冠高に対応する適正な本数が揃うとは限らない。その場合は、優勢木の配置を考慮して、優勢木に準ずる個体を仕立て木として選出する。

なお、優勢木は均等に配置しているとは限らない。しかしながら、本数調整遅れの過密林の場合、過去に成功例が見当たらないように、1回の本数調整で過密状態を改善することは難しく、間伐効果によって劣勢木を優勢木に変えることは難しい。従って、優勢木の本数が必要仕立て木数に足りなければ、優勢木が互いに隣接する場合には、両方を仕立て木として残すのがよい。

10.3 適用の条件

仕立て木の過密状態を重点的に改善する方法では、最終林冠高が現在の林冠高に比べて高くなることが前提となっており、その差が大きいほど本数調整によって得られる生育空間を仕立て木に集中させ

*ここでの優勢とは相対的なもので、周囲のクロマツに比べて直径が大きく枝の張りもしっかりしていることを指す。多くの場合、優劣がはっきりしているのので、選択者による選択結果の違いはほとんどないことが期待できる。

ることができる。目安としては、林冠高に対する適正本数が半減する程度の上長成長を考えている。例えば、林冠高が 4.0 m であれば 6.0 m を超えることが、5.0 m であれば 7.8 m を超えることが、6.0 m であれば 9.3 m を超えることが、目安となる。逆に、十分な上長成長が見込めない場合は、本数調整によって得られる生育空間を仕立て木にあまり集中させられず、上の方法の有効性は低くなる。

10.4 過密状況に応じた伐採手順

伐採の手順は、本数調整遅れの程度、すなわち過密化が進んでいる程度によって異なる。過密化が進んでいるほど伐採必要本数が多くなるからである。過密化の程度は林冠高に対応するので、伐採手順を林冠高 3.5 ~ 4.5 m、4.5 ~ 5.5 m に分けて示すこととした。

林冠高が 5.5 m を超えるまで本数調整がなされていない場合は、相当に過密化しており、本数調整によるいわゆる間伐効果を期待することは難しいと考えられる。すなわち、いわゆる手遅れ林分と判断されたので、植え直しになることも覚悟した上で試みる手順を示すに止めざるをえなかった。

10.5 植え直し

本数調整遅れの過密なクロマツ海岸林では、少々本数を減らしたくらいでは過密化の緩和が不十分で、残存木の形状の改善が見込めない場合、あるいは海風環境の悪化が懸念されるために本数調整に着手できない場合がある。これらは、いわゆる手遅れの場合である。そのような場合には、過密林の一部を一時的な防風柵として列状に残したうえで、それ以外の部分を順に伐採し、新たに植え直すという選択肢も検討せざるを得ない。

11 広葉樹導入の基本的な考え方

11.1 なぜ樹種転換を行うのか

防災林として藩政時代から造成されてきたクロマツ海岸林は、近年マツ枯れの被害が進行し、防災機能の低下が危惧されている。現在は北海道と青森県以外の都府県に蔓延し、マツ材線虫病による被害の可能性が常にとまなう状況である。マツ枯れの防除にはコストがかかることから、抵抗性マツの開発などさまざまな対策が検討され一部は実施されているが、その一つとして広葉樹林化が挙げられる。

しばしばクロマツ海岸林には、自然侵入した広葉樹がみられることがある。これらについて従来は、クロマツの純林として維持するため、また生活燃料等の利用のために、除伐されてきた。その後時代を経て、燃料革命以降は生活燃料としての需要がなくなり、また森林管理にコストをかけることも難しくなってきた。しかし、このように広葉樹が自然侵入している林分において、どのような管理をしていけば良いかについての指針は示されていない。

そこでクロマツを、すでに侵入している広葉樹と置き換えることにより、防除の負担を軽減しつつ防災機能を維持することを図るための指針を示すこととした。同時に生物多様性、ニーズに応じた多面的機能に配慮した林相に誘導することもねらうことができる。

11.2 なぜゾーニングが必要か

クロマツのように強い潮風など海岸の厳しい環境下でも生育でき、かつ最大樹高が大きい樹種は他に知られていない。実際、自然性の広葉樹海岸林は汀線から内陸に向かって環境に対応して樹種が交替している（品田，1996 など）。従って、クロマツ林を広葉樹等に置き換える場合、単一樹種で同じクロマツと同等の樹高をもった海岸防災林をつくることは難しい。そのため、潮風や埋砂等に対する耐性が重要なゾーンと、高い樹高が必要なゾーンに現場を区分して、ゾーンごとに適切な樹種を選ぶ必要がある。

11.3 クロマツ樹高を指標に用いた理由

11.3.1 なぜクロマツ樹高を指標に用いたか

クロマツ林を広葉樹林に置き換えが可能かどうかについて判断するにあたり、まずクロマツ林を広葉樹林化させた場合に同等の林冠高を維持できるかについて予想する必要がある。その際、樹高を決定する要因である微地形、方位、風向・風速、飛砂の発生状況、土地利用や工作物などの状況は海岸ごとに異なる。樹種ごとの樹高は、上記のような環境傾度やその他様々な要因（地位、水分環境、気候条件など）で決まるので、単純に汀線から内陸に向かった距離に基づいて最終林冠高を予測することは難しい。そこで、すでに生育してその場の最終林冠高に達しているクロマツ樹高を生物指標として用いれば、地形や周辺状況を考慮することなく、簡便でかつ汎用性のある指針化が可能である。

11.3.2 汀線から同距離にあるクロマツと広葉樹の樹高比較

上述の考えに基づいたゾーニングとゾーンごとに適した樹種を検討するための根拠として、クロマツ樹高が海風環境下で制限を受けている場所で、クロマツ林内で林冠に達している広葉樹の樹高と汀線から同距離のクロマツ樹高を対で測定し比較した（島田ら，2010）。

この方法を適用した現地調査を北海道檜山郡江差町の砂坂海岸林（調査地 1）、山形県酒田市浜中の庄内海岸（同 2）、新潟県胎内市の桃崎浜（同 3）、神奈川県藤沢市辻堂の湘南海岸砂防林（同 4）、愛知県田原市小塩津町～日出町の表浜海岸（同 5）で行った（図 5）。以上の調査地から得られたデータをもとに、クロマツ樹高を x 、広



図 5 クロマツ海岸林における広葉樹の生育状況調査地位置図

葉樹の樹高を y として、散布図を作成した（図 6）。

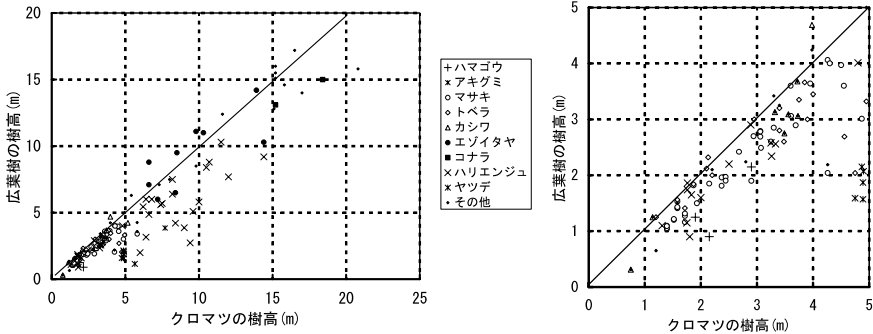


図 6 汀線から同距離にあるクロマツと広葉樹の樹高比較

左：全体図 右：樹高 5m までを拡大

この図は調査した 5 箇所のデータをすべて使い地域性は考慮していないが、調査地 1 ～ 3 の日本海側ではカシワやエゾイタヤなどが多く、カシワは汀線に近いクロマツ樹高 5m 以下の部分からみられる。エゾイタヤは汀線に近い部分ではみられないものの樹高 5m 以上の部分でクロマツと同等以上の樹高を示した。調査地 4 ～ 5 の太平洋側ではハマゴウ、トベラ、マサキ、ヤツデなどが多かった。ハマゴウ、トベラ、マサキは汀線に近い部分で多くみられたが、樹高 5m 以上の部分ではみられなかった。ヤツデは最大樹高が低く、しかもクロマツ樹高が 4m 以下の汀線側の部分ではみられなかった。アキグミ、コナラと外来のハリエンジュは太平洋側でも日本海側でもみられた。

また、ハリエンジュは、同じクロマツ樹高でも対応する樹高が大きくばらついたが、これは汀線側に樹木または工作物等がないと樹高が高くなれないからである（島田ら，2009）。

以上のように、その場の最終林冠高に達しているクロマツ樹高を基準にして、場所ごとに適した樹種を選択することができることがわかった。そこで、海岸林に出現しうる樹種について種特性を整理し、クロマツ最終林冠高を基準に現地をゾーニングして対応関係をとれば、汎用性のある樹種の選択指針となる。

11.3.3 海岸林における樹種の区分

上記をふまえ、現地調査および文献調査をもとに、汀線側の厳しい環境下での潮風、潮水、堆砂、埋砂に対する耐性や、防災機能からみて重要な種としての最大樹高について、樹種ごとに整理した。文献により記載内容に差異がある種は、著者らの未発表データ、信頼性の高い私信などあらゆる情報を参考に判断した。

まず、既存の文献から、耐潮風（塩風）性（倉内，1971；本間，1976；宮田，1984；津田ら，2008）、塩害発生率（清水，2005）、台風後の被害（谷口，1954）、葉の耐性（倉内，1956）、耐塩水性（堀江，1966；宮田，1984）、津波による塩浸水被害（中野ら，1962）、土壌中塩分耐性（本間，1976）に関する評価結果を参照し、潮風や潮水に対する耐性を判断した。また、堆砂や埋砂に対する耐性は、長澤ら（1975）、長澤・高木（1976）、青沼（1977）に基づき判断した。種としての最大樹高については、倉田（1964，1971，1973，1976）、日本林業技術協会編（1968）、竹内（1975）、沼田・吉沢編（1975）、浅野・桑原編（1990）、谷本（1990）から判断した。

これらから、海岸での耐性を A（最前縁で耐性がある）、B（最前縁で耐性はないが、汀線側に樹木または工作物等があれば生育する）、C（海岸で生育困難）の 3 ランクに、到達しうる種としての最大樹高を 5 ランクに整理した（表 4）。なお、表 4 には外来種は含めていないが、地域性は考慮していない。

表 4 に示したように、最前線で耐性があるランク A でかつ最大樹高が 20m 以上のランク の樹種（以下 A- のように表記する）はクロマツ以外確認できなかった。また、最大樹高区分がもっとも低いランク

でかつ最前線での耐性がないランク B の樹種（B- ）や、そもそも海岸で生育困難なランク C の樹種は、周辺からの逸出で林内に実生が発生しても、その後の生育が期待できないので、海岸防災林をつくる目的で育成する優先度は低いと考えられる。

付表 1 には、5.3.1 の選木のために必要な樹種特性と都道府県ごとの分布（北海道は広いので地域分けした）を、海岸林に侵入しうる主な樹種について整理した。この表の「海岸林での耐性ランク」と「最大

樹高区分」は、前の段落で説明したものと同じである。また、生態系保全の観点から外来種のみならず国内外来種にも留意する必要がある。

分布情報については北海道を除き都道府県単位で載せたが、静岡県のように東部と西部で植物区が異なる県や（前川，1977），兵庫県や山口県のように瀬戸内側と日本海側にまたがる県などがあり，十分とは言えない。また，この表には現時点では分布情報や海岸での耐性に関して不完全な部分が残されており，今後改訂の必要もある。使用にあたってはご留意頂くとともに，訂正や補完などのための具体的な情報を頂ければ幸いである。

11.4 目標林型の明確化

目標林型（どのような樹種から構成され，どのような優占型になるか）を明確に定めておかないと，一貫性をもった管理をすることはできない。現地状況を把握した結果，十分な密度で広葉樹の自然侵入が確認された場合は，潜在自然植生をモデルに目標林型を定めるとよい。なぜなら，植生が自然に遷移していく方向にさからわないのでつくりやすいからである。

実際に 5.2.2 で行った現地調査の結果で出現した樹種個体を選木する場合，5.3.2 で述べたように必ずしも，潜在自然植生の構成種が侵入しているとは限らないので，その際は対象地に自然分布（付表 1 から判断）する途中相の種を選木することになる。

対象とする林帯の一部でこの指針を適用して施業を行う場合，林帯全域の中での位置づけ（求められる機能など）について整理しておく必要がある。

11.5 目標林型設定や選木にあたって参考となる情報源

- ・ 書誌情報は 13.2 を参照

11.5.1 海岸植物の県単位の分布情報

澤田ほか（2007）には，日本の海岸植物 280 種（草本も含む）について県単位の分布情報が載っている。

11.5.2 分布図の載っている文献

樹種ごとの分布図により，対象地に出現するかどうかがわかる。

- ・ 日本産針葉樹の分類と分布（林，1960）
- ・ 原色日本林業樹木図鑑 1 ～ 5 巻（倉田，1964 ～ 1976，日本林業技術協会編，1968）
- ・ Atlas of the Japanese Flora ， （堀川，1972 ； 1976）
- ・ 日本樹木誌 1（日本樹木誌編集委員会編，2009）

11.5.3 地域の植物誌・植生誌

目標林型を明確化する際に地域の植生を知るための情報になる。植生誌には付表がついており，これを参照すれば調査地点ごとの出現種がわかる。

- ・ 日本植生誌 1 ～ 10 巻（宮脇編著，1980 ～ 1989）
- ・ 各県や地方で発刊されているものは多いが，以下のサイトで主なものが紹介されている。

植生調査情報ディレクトリ：

<http://tokyo.cool.ne.jp/veginfo/index.html>

http://tokyo.cool.ne.jp/veginfo/local_veg.html

11.5.4 地域区分の考え方について

地域区分の持つ意味について深く知るためには，以下の文献を参照されたい。

- ・ 日本の植物区系（前川，1977）

12 おわりに

本冊子は、手引き書の体裁をとったが、すべてが明らかになった上で作成したものではない。というより、何がすべてかも明らかになっているわけでもない。しかしながら、クロマツ海岸林を維持管理する現場に対して、現時点で得られている知見に基づいて研究側から提言できることはあり、すべてが揃わなくても行動することが求められる現場の参考になることはあると考え、まとめたものである。また、突き詰めて明らかであると自信を持って言えることだけでは、なかなか具体的な提言はできないうえ、すべてが明らかになるのを待っていては提言がいつになるか分からないからでもある。そこで、手順としての全体像を示し、実践を通して研究側にフィードバックしてもらうのが、技術を確立する近道と考えた。不明な部分を含みながらも手引きの体裁を採用したのは、その方が実際に使ってもらえ、現場からのフィードバックがいただけると考えたからである。本冊子を批判的にご利用いただき、腑に落ちない箇所や、現場に合わない数値には、迷わず疑問を呈していただければ幸いである。

本冊子を作成するにあたって、お忙しい中、石原宏二さん（日本工営株式会社）、小谷二郎さん（石川県林業試験場）、金子智紀さん（秋田県農林水産技術センター）、栗林弘樹さん（神奈川県藤沢土木事務所）、小平哲夫さん（千葉県農林総合研究センター）、佐藤亜貴夫さん（国土防災技術株式会社）、佐藤利治さん（新潟県新潟地域振興局）、武田宏さん（新潟県森林研究所）、田中明さん（佐賀大学）、田村浩喜さん（秋田県農林水産技術センター）、津田裕司さん（茨城県林業技術センター）、西崎生二さん（愛知県東三河農林水産事務所）、野原咲枝さん（千葉県農林総合研究センター）、林田光祐さん（山形大学）、八神徳彦さん（石川県林業試験場）、山口晶子さん（茨城県林業技術センター）、由利森林管理署 治山課、吉崎真司さん（東京都市大学）をはじめとする多くの方々（一部敬称略、所属は当時）から貴重なご意見・情報・ご協力をいただきました。心より感謝するとともに、筆者らの力不足

により、いただいたご意見・情報を活かしきれなかった部分があることをお詫びいたします。それらについては、改訂版を出す機会が得られたときにと考えています。

本冊子の作成にあたっては、一部、独立行政法人森林総合研究所エンカレッジモデルによる研究支援を受けた。

（独）森林総合研究所 気象環境研究領域
坂本知己・島田和則・野口宏典・萩野裕章*・鈴木 覚・後藤義明

注ⁱ クロマツ海岸林の本数調整を実施し、いわゆる明瞭な間伐効果を確認した代表的なものとしては、蜂屋ら（1972，1973）がある。蜂屋らは、樹高4～5 mで3,000～4,000本/ha程度に導くことを目標として、平均樹高が3.0～4.1 mと比較的低い調査区を対象に本数調整を実施している。

なお、これまでに海岸林の本数調整の開始時期を対象とした報告は限られているが、それらは、初回本数調整を樹高が3～4 mに達した時点で実施することを示している。

- ・中沢（1986）は、枝下高2 mを維持するために、樹高が3.5 mに達する前に本数調整が必要としている。
- ・小田（1992）は、鬱閉直後（相対密度50～55 %，樹高約3 m）では、枝下率は40 %で単木のなばらつきが少ないが、相対密度が65～75 %（樹高約4 m）になると枝下率が60 %以上の個体が急増することから、相対密度が60 %を超える前に本数調整を開始することを提唱した。相対密度が60 %を超える時期については明示していないが、樹高3～4 mの時期に相当すると考えられる。
- ・紙谷（2003）は、枝下高と樹幹距離の関係を解析した結果に基づいて、枝下率を50 %以下に維持するために、樹高5 mまでに5,000本/haに減らすことを提唱した。初回の伐採時期については明示していないが、初回を樹高5 mの段階で実施すると本数伐採率が50 %となる。伐採率を低く抑えるためには、上の小田の提案と同様に、樹高3～4 mの時期に1回目の伐採を行う必要があると考えられる。
- ・渡部ら（2004）は、樹高4 mの林分（平均樹高：3.69 m，最高樹高：5.20 m）を調査した結果、すでに平均形状比は92と高くなり過ぎていたことから、樹高3 mからの実証試験を行う必要があるとしている。

これらの報告に対して、本冊子で示した開始時期は、少し早い。

*現所属：九州支所 山地防災研究グループ

13 参考文献

参考文献については、参照の利便性から、植栽クロマツの本数調整に関するものと広葉樹の樹種選択に関するものに分けて掲載することとした。

13.1 植栽クロマツの本数調整に関するもの

治山研究会中部支部事務局（長野県）（2010）治山研究会中部支部平成21年度活動報告及び長野県の取り組み．治山，55(3)，59-61

蜂屋欣二・竹内郁雄・只木良也（1972）海岸クロマツ林の間伐試験．昭和45年度湘南海岸砂防林調査報告書，神奈川県土木部砂防課湘南海岸整備事務所，1-6

蜂屋欣二・竹内郁雄・只木良也（1973）海岸クロマツ林の間伐試験．昭和46年度湘南海岸砂防林調査報告書，神奈川県土木部砂防課湘南海岸整備事務所，1-7

畠山宏信・加賀谷繁（1974）飛砂防備クロマツ林の間伐経過について．日本林学会東北支部会誌，25，23-26

紙谷智彦（2001）壮齡クロマツ林の間伐効果．新潟県海岸林研究会会報，1，2-4

紙谷智彦（2003）海岸クロマツ林の間伐指針の策定に係わる調査研究．新潟県受託研究報告書

金内英司・中島勇喜・横倉 肇・布施和則（2001）過密海岸クロマツ林の間伐試験 - 山形県遊佐町の事例 - ．東北森林科学会誌，6，7-16

金子智紀・畠山宏信（1984）海岸クロマツ林間伐試験地の生長経過について．日本林学会東北支部会誌，36，22-25

真坂一彦・佐藤 創・今 博計（2007）林齢が異なるクロマツ海岸林に対する間伐効果．日本森林学会北海道支部論文集，55，32-34

松田正宏・村上真紀（2002）クロマツ海岸林の施業体系の確立 - 除間伐実施の考え方とその方法 - ．治山研究会中部支部会報，40，137-144

- 中沢迪夫 (1986) 海岸クロマツ林の生育概況と除伐方法．新潟県林業試験場報告，28，91-102
- 坂本知己 (2006) クロマツ海岸林の本数調整にともなう不安について．山林，1468，28-36
- 坂本知己・萩野裕章・野口宏典・島田和則 (2006) クロマツ海岸林における本数調整開始時期について．日本森林学会関東支部大会論文集，57，309-312
- 坂本知己・萩野裕章・野口宏典・島田和則 (2007) クロマツ海岸林における本数調整手法の提案．海岸林学会誌，6，1-6
- 酒田営林署 (1983) 海岸治山事業概要．48pp
- 小田隆則 (1984) 海岸クロマツ林の間伐について - 間伐試験をもとにした一試論 - ．治山，29(4)，92-103
- 小田隆則 (1992a) クロマツ林の林況．「日本の海岸林」，ソフトサイエンス社，村井 宏・石川政幸・遠藤治郎・只木良也編，399-402
- 小田隆則 (1992b) クロマツ林の密度管理．「日本の海岸林」，ソフトサイエンス社，村井 宏・石川政幸・遠藤治郎・只木良也編，402-405
- 渡部豊悦・近嵐弘栄 (2004) 海岸クロマツ林の除間伐施業について - 樹高 4 m の実証試験 - ．新潟県海岸林研究会会報，4，10-15

13.2 広葉樹の樹種選択に関するもの

- 青沼和夫 (1977) 京葉臨海埋立地における樹木植栽に関する試験 () - 富浦町における砂浜に広葉樹導入の試み - ，千葉県林業試験場報告，1，1-5
- 浅野貞夫・桑原義晴編 (1990) 日本山野草・樹木生態図鑑 シダ類・裸子植物・被子植物 (離弁花) 編，664pp.，全国農村教育協会，東京
- 本間 啓 (1976) 特殊環境地の植物，遺伝，30(2)，41-46
- 林 弥栄 (1960) 日本産針葉樹の分類と分布，202pp.，農林出版，東京
- 堀江保夫 (1966) 植物の耐塩水性(2) - 防潮林構成植物選定のための実験，林業試験場研究報告，186，113-133
- 堀川芳雄 (1972) Atlas of the Japanese Flora -an introduction to plant

- sociology of East Asia- , 500pp. , 学研 , 東京
- 堀川芳雄 (1976) Atlas of the Japanese Flora -an introduction to plant sociology of East Asia- , 501-862 , 学研 , 東京
- 倉田 悟 (1964) 原色日本林業樹木図鑑第 1 巻 , 331pp. , 地球出版 , 東京
- 倉田 悟 (1971) 原色日本林業樹木図鑑第 3 巻 , 259pp. , 地球出版 , 東京
- 倉田 悟 (1973) 原色日本林業樹木図鑑第 4 巻 , 223pp. , 地球出版 , 東京
- 倉田 悟 (1976) 原色日本林業樹木図鑑第 5 巻 , 238pp. , 地球出版 , 東京
- 倉内一二 (1956) 塩風害と海岸林 , 日本生態学会誌 , 5 , 123-127
- 倉内一二 (1971) 伊勢湾台風の被害と回復 , 10 年間の变化 - 塩風害と海岸林 6 - , 愛知の植物 1971 , 107-118
- 前川文夫 (1977) 日本の植物区系 , 178pp. , 玉川大学出版部 , 町田
- 宮田弘明 (1984) 高知県林業試験場研究報告 , 12 , 65-87
- 宮脇 昭編著 (1980) 日本植生誌 1 . 屋久島 , 376pp. , 至文堂 , 東京
- 宮脇 昭編著 (1981) 日本植生誌 2 . 九州 , 484pp. , 至文堂 , 東京
- 宮脇 昭編著 (1982) 日本植生誌 3 . 四国 , 539pp. , 至文堂 , 東京
- 宮脇 昭編著 (1983) 日本植生誌 4 . 中国 , 540pp. , 至文堂 , 東京
- 宮脇 昭編著 (1983) 日本植生誌 5 . 近畿 , 569pp. , 至文堂 , 東京
- 宮脇 昭編著 (1985) 日本植生誌 6 . 中部 , 604pp. , 至文堂 , 東京
- 宮脇 昭編著 (1985) 日本植生誌 7 . 関東 , 641pp. , 至文堂 , 東京
- 宮脇 昭編著 (1987) 日本植生誌 8 . 東北 , 605pp. , 至文堂 , 東京
- 宮脇 昭編著 (1988) 日本植生誌 9 . 北海道 , 563pp. , 至文堂 , 東京
- 宮脇 昭編著 (1989) 日本植生誌 10 . 沖縄・小笠原 , 676pp. , 至文堂 , 東京
- 村井 宏・石川政幸・遠藤治郎・只木良也編 (1992) 日本の海岸林 - 多面的な環境機能とその活用 - , 513pp. , ソフトサイエンス社 , 東京
- 長澤 喬・末 勝海・中島勇喜・高木正城 (1975) 堆砂がクロマツの

- 生長におよぼす影響(), 日本林学会大会講演集, 86.
- 長澤 喬・高木正城 (1976) 堆砂埋砂がマサキの生長におよぼす影響, 砂丘研究, 22(2), 11-13
- 中野秀章・高橋啓二・高橋敏男・森沢万佐男 (1962) 岩手・宮城両県下防潮林のチリ地震津波時における実態・効果と今後のあり方, 林業試験場研究報告, 141, 1-83
- 日本樹木誌編集委員会編 (2009) 日本樹木誌 1, 760pp., 日本林業調査会, 東京
- 日本林業技術協会編 (1968) 原色日本林業樹木図鑑第 2 巻, 265pp., 地球出版, 東京
- 日本生態学会編 (2002) 外来種ハンドブック, 390pp., 地人書館, 東京
- 沼田 真・吉沢長人編 (1975) 新版・日本原色雑草図鑑, 414pp., 全国農村教育協会, 東京
- 澤田佳宏・中西弘樹・押田佳子・服部 保 (2007) 日本の海岸植物チェックリスト, 人と自然, 17, 85-101
- 島田和則・坂本知己・後藤義明 (2009) 新潟県下越地方の海岸林におけるクロマツとハリエンジュの樹高比較, 関東森林研究, 60, 187-190
- 島田和則・後藤義明・萩野裕章・鈴木 覚・野口宏典・坂本知己 (2010) 松枯れ発生地域におけるクロマツ海岸林の樹種転換のためのゾーニングの試案 - クロマツ樹高を指標にした侵入樹種の適切な選択 -, 海岸林学会誌, 9, 25-30
- 清水 一 (2005) 海岸地域に適した緑化樹選び() - 塩風で枯れやすい樹種と枯れにくい樹種 -, 光珠内季報, 140, 9-13
- 品田 泰 (1996) 海岸緑化技術の検討 - 自然海岸林の耐潮風構造, 農業電化, 49(12), 11-16
- 竹内 亮 (1975) 図説・広葉樹の見分け方 - 葉形の見分けによる -, 249pp., 農林出版, 東京
- 谷口森俊 (1954) 台風 13 号及び異常高潮に依る植物の被害調査報告, 植物生態学会報, 3, 282-289
- 谷本丈夫 (1990) 森林からのメッセージ 広葉樹施業の生態学, 245pp.,

総文，東京

津田裕司・細田浩司・横堀 誠（2008）マツ材線虫病に強い海岸林の造成に関する研究 - 針広混交林化に適する樹種と苗木植栽前の土壌改良 - ，茨城県林業技術センター研究報告，28，1-30

付表1 海岸林樹種特性整理表 (1/3)

[illegible]

本文5.3の選木のために必要な樹種特性和都道府県ごとの分布を海岸林に生育しうる主な樹種について整理した。この表の「海岸での耐性ランク」と「最大樹高区分」は、表4、図4と同じである。

付表1 海岸林樹種特性整理表 (2/3)

[illegible]

ISBN 978-4-902606-81-2

「森林総合研究所 第2期中期計画成果24（安全安心－14）」

クロマツ海岸林の管理の手引きとその考え方 －本数調整と侵入広葉樹の活用－

発行日 平成23年3月31日

編集・発行者 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
電話 029-873-3211（代表）

印刷 朝日印刷株式会社 つくば支社
茨城県つくば市東2-11-15
TEL (029)851-1188
FAX (029)856-5009

本紙から転載・複製する場合は、森林総合研究所の許可を得てください。
