

クロマツ海岸林における本数調整手法の提案

坂本知己¹・萩野裕章¹・野口宏典¹・島田和則¹Proposed Thinning Method for *Pinus thunbergii* Coastal Forests

Tomoki Sakamoto, Hiroaki Hagino, Hironori Noguchi and Kazunori Shimada

Abstracts: A new method for thinning *Pinus thunbergii* coastal forests was proposed in order to solve the overcrowding problem. We considered the lowering of disaster prevention functions and the vitality of coastal forests caused by thinning, the importance of the first thinning, and the thinning schedule on the basis of existing research. The proposed procedure is as follows. The area where the canopy height is lower than 3.0 m is excluded from thinning. Line thinning consisting of cutting down one out of every four lines in an early stage is proposed. The reference canopy height is 3.0 m for the first thinning, 3.5 m for the second, 4.5 m for the third and 5.5 m for the fourth. For canopy height of 6.5 m or above, trees that prevent the growth of predominant trees which will compose the future forests are cut.

1 はじめに

日本各地の砂浜海岸に造成されたクロマツ林は、飛砂防備、潮風害防止、防風の各防災機能に加えて保健休養、景観保全等の機能を果たしている。しかしながら、それらのクロマツ海岸林はマツ材線虫病をはじめとして、管理上、いくつかの問題を抱えている。その中に、クロマツ林の過密化がある。

一般に、日本におけるクロマツ海岸防災林の造成では 10,000 本/ha 程度の密植が行われている。密植するほど早く鬱閉し、クロマツ単木への風当たりが和らぐことが期待できる。10,000 本/ha 植えが一般となったのは、いくつかの植栽間隔が試された結果、初期生育の面で総合的に最良と判断されたことが引き継がれているためと考えられる (坂本, 2006)。しかしながら、植栽時の立木本数のまま放置すると、早い段階で上長成長につれて陽当たりが悪くなり、樹高に対して幹が細く下枝の枯れあがったいわゆる過密林分となる。

幹が細いと冠雪や強風で折れやすく、下枝が枯れあがっていることは、上部が折れたり枯れた場合に替って立ち上がる枝がないということである。海岸林の最前縁のクロマツは、梢頭部分が枯れて、輪生枝から替りの枝が立ち上がることを繰り返すことによって個体を維持していることが一般的である。従って、不定枝を出さないクロマツの場合、替って立ち上がる枝がない状態は個体の枯死につながる。

そこで、下枝の枯れ上がりを防ぎ、幹を太らせるために本数調整が必要となる。すなわち、密植はその後のきめ細かな本数調整と対して採用する必要

がある。

しかしながら、海岸林の本数調整法は確立していないために、実際には適正に本数が調整されている海岸林は珍しく、多くは過密状態となっている。また、本数が調整されていてもその実施が遅かったために、樹高の割りに幹が細く立木本数密度の割には下枝が枯れ上がっている林分が多くなっている。

本数調整法が遅れるひとつの理由は、本数調整に対する不安である。すなわち、立木本数を減らすことによって飛砂防止機能や防風機能が低下するのではないかということ、残存木への風当たりが強くなることで林帯が衰退するのではないかという不安がある。これまでに海岸林の本数調整を扱った調査研究は多いが、この問題についてはあまり取り組まれてこなかった。

本数調整が遅れるもうひとつの理由は、初回本数調整を遅れずに実施することの重要性に対する認識が低かったことにあると考えられる。このことに対する認識が低いために、上述の不安からいたずらに本数調整を躊躇してしまうのではないかと思う。

以上のような理由から、クロマツ海岸林の本数調整は適正になされず、本数調整手法は確立しないうでいた。また、クロマツ海岸林の本数調整に関するこれまでの研究では、本数調整開始時期やその後の伐採時期、伐採木の選定の仕方といったことを一連の本数調整手法としてまとめた形では提案されてこなかった。このことも、手法の確立を遅らせていると考えられる。

そこで、本論文は、これらの問題を既存の研究結果に基づいて整理し、手法確立に向けた叩き台としてのクロマツ海岸林の本数調整法を提案することを目的とする。

¹ 独立行政法人森林総合研究所 気象害・防災林研究室
Meteorological Forest Damage and Buffer Forest Lab.,
For. and Forest Prod. Res. Inst.,
Ibaraki 305-8687 Japan

2 基本的な考え方

2.1 適正な密度

本数調整を進めるにあたっては、目標となる立木の込み具合が必要になる。これまでのクロマツ海岸林の適正な密度に関する考え方は、小田(1992)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」に代表されている。

しかしながら、小田(1992)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密度は示されなかった。その状況は現在も変わっていない。

この点に関して坂本(2006)は、これまでの研究成果に基づいて、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ことを提言した。一方、立木密度と個々の立木に対する風当たりに関する研究は、そのことを考慮して具体的な伐採本数を算出できる段階には達していないので、現段階としては前縁木を2~3列残すことその他、林帯内において立木を海岸線に平行に列状に残すこと等で風が吹き抜けることを防ぐことを提案した。

すなわち、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ると考えられるので、本数調整にあたっては、とくに防災機能について考慮しなくても実際上の問題はないと考えられる。従って、クロマツ海岸林の適正な込み具合というのは、林帯を維持することを念頭に過密にならないように設定すればよいと考える。

2.2 過密程度の判断指標

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, 1992; 渡部, 2004; 坂本, 2005; 坂本ら, 2006)あるいは枝の枯れ上がり(例えば中沢, 1986; 松田ら, 2002; 紙谷, 2003)を指標に行われてきた。いずれも立木本数密度の影響を受けて変化するものであるが、本数調整の指標とするためには、目標とする数値(基準値)に根拠が必要である。

枝下高が指標とされたのは、林帯の防災機能の面からである。すなわち、枝が枯れ上がってしまうと風が吹き抜けて防風機能、飛砂防備機能が低下すると考えられているからである。しかしながら、具体的にどの程度まで枝下は枯れ上がってもよいかということについては、その防災上の根拠が明確にされているわけではない。従って、適正な込み具合を示す指標として枝下高を採用した場合、その基準値

を示すことが難しい。なお、先に述べたように、林帯内の枝下が枯れ上がっても、林冠が閉鎖し林縁木の枝下高が低ければ、林床を風が吹き抜けることはなく、防災上は問題ないと考えられる。

一方、形状比は、一般にそれが高くなると気象害を受けやすくなることが報告されており、これまでも形状比を60~70程度に抑えることが目安とされてきた。また、金子ら(2000)は、クロマツ海岸林で発生した冠雪害を調査し、冠雪害を回避するためには、形状比70を目標、80を上限とするように管理することを提言している。

枝下高も形状比も立木密度の影響を強く受けるが、枝下高に比べると目標値の具体的な根拠が示されていることから、形状比を指標とすることの方がわかりやすいと考える。そこで、本論では、形状比を指標とした本数調整手法について提案することとした。

2.3 列状伐採の採用

海岸林の本数調整にあたっては、残存木への風当たりが強くなることを極力避けたいので、形状比60~70以下の個体を最終仕立て本数以上維持しつつ、鬱閉を保ちながら推移させることが理想である。しかしながら、立木位置は変えられないので、伐採するとその周りは伐採しなかった箇所と比べて大きく空くことになる。そこで、風が通り抜けないように伐採することが求められる。その一方、1m間隔で密植された林分においては、作業効率の点から作業道を設ける必要がある。作業道を設けることは、すなわち、列状に伐採することである。

列状に伐採するにあたっては、伐採列の方向が主風と重ならないようにすることが求められる。具体的には、海岸線に平行に、あるいは主風向に直交するように伐採列を設ける。こうすることによって、林内を風が吹き抜けることはなく、本数調整による林内風速の増大は最小限に抑えられる。なお、台風時のように風向の定まらない強風に備えるためには、伐採列が直線状に長くつながらないようにすることで対処できる。なお、列状に伐採することの不安がぬぐいきれない場合は、2列を対象として千鳥に伐採するか、隣り合う列の2本を比較して劣勢木を伐採するという方法も考えられる。このあたりは、作業効率との兼ね合いとなる。

列状伐採は機械的に行われるので、伐採列に優勢木があった場合、それが伐採対象となる問題点がある。その意味では、植栽木の生育状況に優劣がつく前に本数調整を実施したい。ところが、坂本(2005)や坂本ら(2006)の報告では、林分が鬱閉する前に、樹高、胸高直径ともに優劣がついていた。鬱閉前に本数調整をするのであれば、密植した意味が薄れるので、列状伐採を採用するのであれば、伐

採対象に優勢木が含まれることは受け入れる必要がある。

なお、酒田営林署（1983）の海岸治山事業概要には、立木間の優劣が明確になる時期として、植栽後 8～10 年で 5,000 本/ha に減らした後、さらに 10 年経って 2,500～3,000 本/ha に減らしたと記されている。そのときの樹高が示されていないので、上述の例とは比較しにくいですが、そうであれば優勢木伐採の問題は生じない。

2.4 本数調整開始時期の重要性

小田（1984, 1992）の示した相対密度管理表をもとに、クロマツ海岸林の樹高と仕立て本数との関係を求めると、目標となる本数にするためには、樹高が低い段階ほど樹高の成長に応じて大きく本数を減らさなければならないことが示される（図 1）。このことは、樹高が低い段階ほど過密化が進みやすく、一度、本数調整が遅れると、目標本数に近づけるためには高い伐採率が必要となることを意味している。高い伐採率は、立地条件の厳しい海岸林ではとくに避けたいことである。

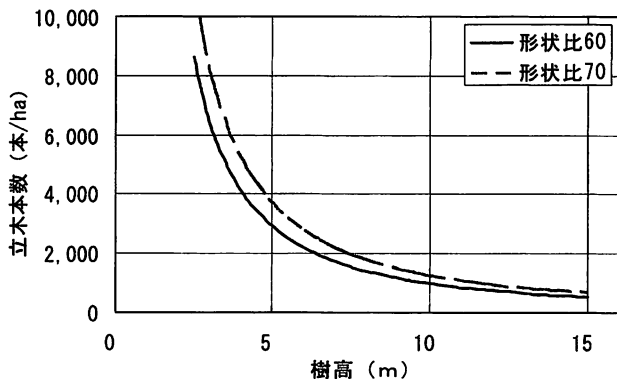


図 1: クロマツ海岸林の樹高と仕立て本数との関係
小田（1984, 1992）の相対密度管理表を元にした、相対密度 55 %、形状比 60 ないし 70 のときの樹高と立木本数との関係。

また、本数調整伐が遅れるといわゆる自然間引きが生じて本数は減るが、本数が減る前の過密状態に対応して枯れ上がってしまった枝下高が下がることはない。

以上のように、本数調整は遅れることなく進める必要があり、そのためには初回本数調整を遅れないように実施することがとりわけ重要となる。

3 本数調整手法の提案

前章で述べた基本的事項に基づいて、クロマツ海岸林の本数調整手法を提案する。なお、クロマツの植栽本数は、一般的な 10,000 本/ha を前提とする。また、伐採による材の利用は考慮していない。

3.1 目標とする本数密度

本数を調整する際に目標となる本数密度を求める必要がある。海岸林の本数調整に関しては、この部分が最も調査研究されているが、クロマツの本数密度については、小田（1984, 1992）が平均胸高直径と相対密度との関係で相対密度管理表として整理したものがまとまっているので、この表を利用して、目標としている形状比から、平均胸高直径を平均樹高として読み直し、林分が鬱閉するときの平均樹高に対する立木本数密度を算出することとした。

なお、前章で述べたことから、相対密度管理表を利用するにあたって、目標となる本数密度は、林分の鬱閉を維持し、形状比を 60～70 に保つものとした。また、林分が鬱閉する相対密度は、小田（1992）が九十九里浜のクロマツ海岸林で 50～55 %としていることから 55 %を用いた。

3.2 1伐3残の列状伐採

初期の伐採にあたっては、前章で述べたように、列状伐採を採用する。伐採列は、主風方向に直交する線とするが、その線が海岸線と平行に近い場合は、海岸林線に平行とする。卓越する主風方向がはっきりしない場所では、海岸線に平行とする。

伐採箇所を風が吹き抜けないようにするために、連続する伐採列の長さは当面 10～20 m に留める。

初回の列状伐採は、次回以降の伐採のことで残存木にできるだけ空間を与えることを考え合わせると、連続した 3 列を残す伐採が適当と考えられる。そして、初回の伐採率を低く抑えることを考えると「1伐3残」（3列置き 1列の伐採）が適当と考える。この場合、本数伐採率は 25 %、残存本数は 7,500 本/ha になる。

3.3 初回本数調整の時期

これまでに海岸林の本数調整を扱った調査研究は多いが、その開始時期を対象とした報告は限られている。

その中で、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。

また、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。

これらの報告は、クロマツ海岸林が過密となる時期を枝下率や形状比を基準に判断し、過密化を避け

るために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。

これらの報告に対して、坂本ら (2006) はもう少し早い段階を提唱している。坂本ら (2006) は、茨城県の村松海岸林において、クロマツの年輪解析ならびに輪生枝の間隔から成長過程を再現し、過密化の時期を、林冠高 (上層樹高) 2~3 m の時期に相当するとした (図 2, 図 3)。さらに、この過密化の過程を形状比の変化として捉えたところ、年々低下していた形状比が増加に転じる林冠高は、個体差はあるが、平均的には約 3 m としている (図 4)。

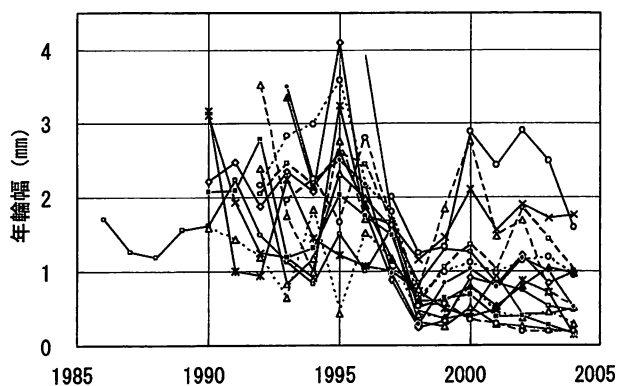


図 2 : クロマツ植栽木の年輪幅の変動

1995 ないし 96 年から 1998 年にかけて連続した年輪幅の減少が供試木に共通して見られる。その後、個体によっては年輪幅が回復しているが、多くの個体は年輪幅が 1 mm 前後かそれ以下となり、1998 年以前と比べて減少している。樹高成長は頭打ちになっていないので、年輪幅の減少は、過密の影響と考えられる。

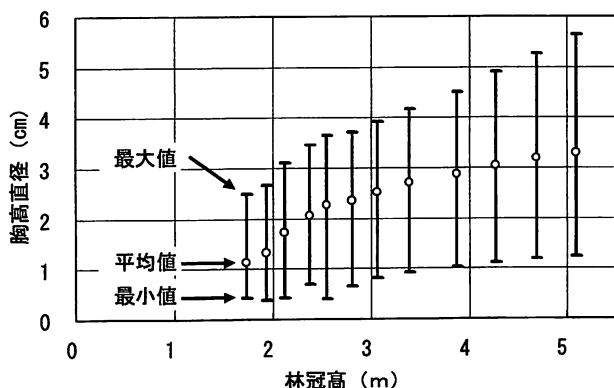


図 3 : 林冠高と胸高直径の分布範囲との関係

年ごとに示しているもので、林冠高の間隔は、林冠の年上昇量を示している。胸高直径の最小値に減少が見られるのは、新たに胸高に達する個体が加わったためである。林冠高 2~3 m で胸高直径の成長が鈍化し、過密化の影響が認められる。

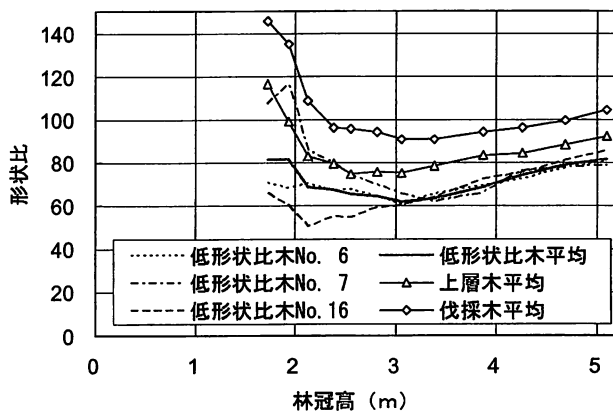


図 4 : 林冠高と形状比との関係

供試木の平均形状比の他、上層木 (供試木のうち 2003 年時点での樹高が 4.0 m 以上であった 10 個体) の平均、ならびに形状比が低い 3 本の供試木とその平均値を示した。この場合の低形状比木とは過去に形状比が 70 未満となったことのある個体で、胸高直径の上位 3 個体に一致している。

坂本ら (2006) は、また、この林冠高 3 m という目安は、初回本数調整に 1 伐 3 残の列状伐採を採用した場合と対応がよいことを示している。すなわち、1 伐 3 残の列状伐採を実施すると残存本数は 7,500 本/ha となるが、小田 (1984, 1992) の相対密度管理表を元に形状比 60, 相対密度 55% の条件で、立木本数密度 7,500 本/ha に対応する平均樹高を算出すると、2.73~2.74 m となる。この値は、小田 (1992) が示していた時期より早い、坂本ら (2006) の調査結果で得られた過密化する時期とは対応する。

平均樹高に比べると林冠高は高くなるので、1 伐 3 残の列状伐採を実施する場合、林冠高を目安にすると、初回間伐は、概ね林冠高が 3 m に達するまでに実施する必要がある。

なお、酒田営林署 (1983) の海岸治山事業概要によれば、昭和 30 年代後半、植栽後 8~10 年で過密となり、千鳥状に 50 % 伐採して 5000 本/ha にする方法を採用していたことが記されている。しかしな

がら、過密判断の基準ならびにそのときの樹高については記されていないために、上述の報告と比較することはできない。

3.4 二回目以降の伐採

二回目以降の本数調整は、形状比が 70 を超える前に適宜実施することになる。小田 (1984, 1992) の相対密度管理表に従えば、一回目の本数調整で 7,500 本/ha に本数を減らした林分は、樹高 3.2 m で形状比 70 を超えると考えられる。従って、この段階で一回目の本数調整で残した 3 列のうちの間間列を伐採し、5,000 本/ha にする。同様に、樹高が 4.2 m に達すると、再び形状比 70 を超えると考えられるので、前二回の伐採と直交する形での 1 伐 3 残の列状伐採を行い、3,750 本/ha とする。そして、3,750 本/ha では、樹高が 5.0 m に達すると形状比 70 を超えると考えられるので、この段階で、前の伐採で残された 3 列の間間列を伐採し、2,500 本/ha にする。この段階までは、列状伐採を実施するが、伐採列に将来残したいような優勢木があった場合には、伐採対象から外すなど臨機応変に対応する。

なお、実際に本数調整を実施する場合には、伐採時期の目安は平均樹高で示すより林冠高で示した方が感覚的にわかりやすい。林冠高を平均樹高より 30 cm 程度高いとし、0.5 m 単位で示せば、一回目の目安は林冠高が 3 m に達する前、二回目は 3.5 m、三回目は 4.5 m、四回目は 5.5 m となる (表 1)。

表 1 本数調整手順例

林冠高 m	伐採対象	残存本数 本/ha	伐採率 %
3.0	1 伐 3 残	7,500	25
3.5	3 残の間間列	5,000	33
4.5	1 伐 3 残 (直交列)	3,750	25
5.5	3 残の間間列	2,500	33
6.5~7.0	将来残したいような優勢	1,875	25
7.5~8.0	木の成長を妨げている	1,406	25
9.5	個体	1,055	25

10,000本/ha植栽時、相対密度：55 %

立木本数 2,500 本/ha に減らした林分の形状比が 70 を超えると考えられる樹高は、6.4 m である。この段階になると、個体間の優劣がはっきりしてくると考えられるので、以後は、将来残したいような個体 (最終仕立て木) の成長を妨げている個体を伐採対象とする定性的な選木を行って本数調整をするのがよいと考える。

本数伐採率を 25 % にした場合、林冠高 6.5~7.0 m で 1,875 本/ha に、7.5~8.0 m で 1,406 本/ha に、9.5 m 程度で 1,055 本/ha に減らすことが目安となる。

3.5 本数調整対象範囲

これまで海岸林の本数調整について、生育環境の厳しい前線部は、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。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に実施するものとし、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としている」とある。このように、本数調整の対象外とする範囲の提言はあるが、算出根拠が必ずしも明らかにされていないことや、定性的な表現のために、具体的な対象範囲を決めにくいものとなっている。このことは、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。

また、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つながるが、前線部であれば過密でよい理由は示されていない。むしろ、前線部の方が、枝の枯れ上がりを抑えるために、積極的に本数を調整する必要があるかもしれない。

この点に関して、坂本ら (2006) は、本数調整対象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 を超えないような箇所については本数調整の対象から外す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場合だけではなく、生育環境が厳しくて樹高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ほど広がる。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と考える。

3.6 本数調整手順案

以上、述べてきたことを本数調整手順案としてまとめると次のようになる。

前縁の 2~3 列ならびに林冠高が 3 m に達していない範囲は本数調整の対象としない。

初期の本数調整は 1 伐 3 残の列状伐採を採用する。

1 回目の本数調整は、林冠高が 3.0 m を目安に行う。伐採列は主風に直交か海岸線に平行とする。伐採列は、直線状に 10~20 m 以上は連続させない。

2 回目の本数調整では、先に残された 3 列の間間列を林冠高 3.5 m を目安に伐採する。

3 回目の本数調整では、先伐採列と直交するよう

に1伐3残の列状伐採を林冠高4.5mを目安に実施する。

4回目の本数調整では、先に残された3列の中間列を林冠高5.5mを目安に伐採する。

その後は、最終仕立て木の成長を妨げている個体を伐採対象とする本数調整を行う。残存本数は、本数伐採率を25%にした場合、林冠高6.5~7.0mで1,875本/ha、7.5~8.0mで1,406本/ha、9.5m程度で1,055本/haが目安となる。

4 おわりに

今回提案したクロマツ海岸林の本数調整手順は、既存の研究成果に基づき、防災機能への影響、残存木への影響の面で、安全目に設定したものである。従って、通常の気象環境であれば問題はないと考えられるが、本数調整によって風当たりが強い部分ができるわけであるから、本数調整後に10~20年に1度というような厳しい気象条件に見舞われたなら、残存林帯が部分的に衰退することは考えられる。

その危険性を極力低くするためには、伐採率をより低くして、一度に生じる林冠の開きを狭くすることであるが、経費、手間の面で、現実的ではない。例えば、嘉戸ら(2004)は、富山県におけるクロマツ海岸林の密度管理指針を求めた際、上層高が8mに達する平均的な林齢を15年と算出し、本数伐採率を30%程度とするならば、それまでに4回の伐採が必要で、それは経費的に負担が大きすぎとしている。今回提案した本数調整手順は、林冠高7.5~8mの段階で6回めの伐採をするもので、これ以上、伐採回数を多くすることは受け入れられないであろう。

さらに伐採率を下げる安全策を採るよりも、本数調整後、気象条件に恵まれず、林帯が部分的に衰退するような事態に見舞われた場合には、補植あるいは改植することを予め本数調整計画の中に入れておく方が实际的であると考え。その程度の危険性を負わないことには海岸林の本数調整は実施できないと考える。

逆に、本数調整にかかる経費を下げるためには、一度の伐採における伐採率を高くして、次の伐採までの間隔を空けることが考えられるが、残存木への風当たりは強くなる。このことは、本数調整を躊躇させ本数調整が遅れてきた一因であった。今回の提案は、それらの要因を取り除く意味もあって伐採率を抑えた提案となっているが、酒田営林署(1983)で昭和30年代後半、千鳥状に50%伐採して5000本/haにする方法を採用していたことからすると、伐採率を高めることも検討して良いだろう。あるいは、嘉戸ら(2004)が提案しているように植栽本数を見直すことが考えられる。いずれにしても、経費と安全性の兼ね合いを含めて、クロマツ海岸林の本

数調整手法を確立していくには、現地で実施しながら不確かな部分を見極めていくしかない。

なお、今回示した各林冠高における残存本数は、小田(1984, 1992)の相対密度管理表に基づいて算出したものである。これは全国一律に使用できるとは限らず、地域ごとに確かめた上で適用することが必要となる。ただし、各段階における残存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ので、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、今回提示した案を参考に実行し、本数調整が遅れることを避けるのが賢明と考える。

今回は、植栽初期からの本数調整手法を論じたが、すでに過密になってしまった海岸林に対しては、今回提案した手法を用いることができない。これについては、改めて論じたい。

引用文献

- [1] 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
- [2] 金子智紀・石田秀雄・金澤正和(2000) 秋田県沿岸南部におけるクロマツの冠雪害について. 東北森林科学会誌, 5, 97-100
- [3] 嘉戸昭夫・西村正史(2004) クロマツ海岸林の密度管理図. 富山県林業技術センター研究報告, 17, 1-9
- [4] 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
- [5] 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
- [6] 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, 92-103
- [7] 小田隆則(1992) 保育・密度管理・更新技術. 「日本の海岸林」, ソフトサイエンス社, 395-408
- [8] 坂本知己(2005) 本数調整方法への展開. 林野庁平成16年度災害対策総合推進調整費「海岸林防災機能の高度発揮のための管理システムに関する調査報告書」109pp., 52-59
- [9] 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
- [10] 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
- [11] 酒田営林署(1983) 海岸治山事業概要. 48pp
- [12] 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4mの実証試験—. 新潟県海岸林研究会会報, 4, 10-15

(受付 平成19年3月22日, 受理 平成19年6月2日)