

クロマツ海岸林の本数調整は自然間引きに任せてよいのか？

坂本知己^{1*}・萩野裕章²・野口宏典¹・島田和則¹・後藤義明¹Is forwarding the stem density of *Pinus thunbergii* coastal forests to self-thinning proper silvicultural management?Tomoki Sakamoto^{1*}, Hiroaki Hagino², Hironori Noguchi¹, Kazunori Shimada¹ and Yoshiaki Goto¹

Abstracts: We clarified the difference between unthinned *Pinus thunbergii* coastal forest, where 10,000 trees had been planted per hectare, and similar coastal forest, where adequate thinning operations had been performed. We compared the height-dbh ratio and the clear length of the dominant trees in the overstocked, unthinned stands with those expected when the stand had been adequately thinned. Although the average height-dbh ratios of the unthinned stands were high, those of the dominant trees were low because dominance occurs among planted trees. In some cases, enough or almost enough dominant trees with height-dbh ratios of less than 70 remained. On the other hand, some unthinned stands needed many dominant trees with low height-dbh ratios. It is unclear whether, without adequate thinning, there will be enough dominant trees. Although the clear lengths of the dominant trees in the overstocked stands were about 50% of the canopy height when the canopy heights were lower, they exceeded 60% and near 70% at some stands when the canopy heights were higher. The clear lengths of the overstocked stands were higher even in the case of the dominant trees, because the average clear lengths of the stands that were adequately thinned were estimated to be fewer than 35%.

1 はじめに

日本のクロマツ (*Pinus thunbergii*) 海岸林の多くは、本数調整が遅れた過密状態となっている。本数調整が遅れた場合、小径で形状比が大きい個体が密生し共倒れを起こすことが心配されるが、筆者らが知る限り、植栽本数 10,000 本/ha のクロマツ海岸林で共倒れを起こした事例の報告は見当たらない。共倒れを起こしていない理由としては、植栽木の間に優劣が生じて自然間引きで本数が減っていることが考えられる。では、クロマツ海岸林は、本数調整を行わずに自然間引きに任せておけばよいのだろうか。

このことについて、例えば、小田 (1984) は、九十九里浜クロマツ林において 70 あまりの林分を調査し、平均樹高 6~7 m で林分形状比は 90~120 程度であったこと、および、平均樹高が高い林分でも形状比が 60 以下の林分はなく、70 以下の林分も樹齢 100 年以上の林分一箇所のみであったことから、「自然淘汰によってはなかなか立木数が少なくならない」としている。また、優勢木についても枝下率の高さを指摘し、

本数調整の必要性を説いている。

同様に、金澤 (1991) は、防災機能を十分に発揮させるためには樹冠層の厚い林分に誘導する必要がある、樹冠層を厚く保つためには立木本数の密度管理が不可欠とした。

ただし、小田 (1984) や金澤 (1991) などに代表される、海岸林の本数調整の必要性に関するこれまでの見解は、林分レベルでの平均形状比、ならびに平均枝下率に基づいているため、自然間引きに委ねることを、否定しきれてはいない。というのは、海岸林を構成するすべての個体の形状比が低く枝下率が低い必要はないからである。林冠を形成する個体のうち、形状比が低い個体がある程度の数に達するのであれば、本数調整を行わずに自然推移に任せ、個体間の優劣がはっきりした段階で、劣性木を伐採するという手順も可能になるからである。

そこで、本論文では、優勢木の形状比と枝下高に焦点を当て、個体レベルでの分析から、過密状態で放置した場合と適正な本数調整を行なった場合との違いを明かにすることとした。

本研究の一部には、(独) 日本原子力研究開発機構からの委託試験研究「森林伐採による飛砂影響調査」(平成 13~21 年度実施) における調査結果が含まれている。研究推進にあたってお世話になった (独) 日本原子力研究開発機構の関係各位に深謝する。

1 (独) 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 (独) 森林総合研究所 九州支所 山地防災研究グループ

Environmental Conservation Group, Kyushu
Research Center, For. and Forest Prod. Res. Inst.,
4-11-16 Kurokami, Kumamoto, 860-0862 JAPAN

*Corresponding author: safe @ ffpr.affrc.go.jp

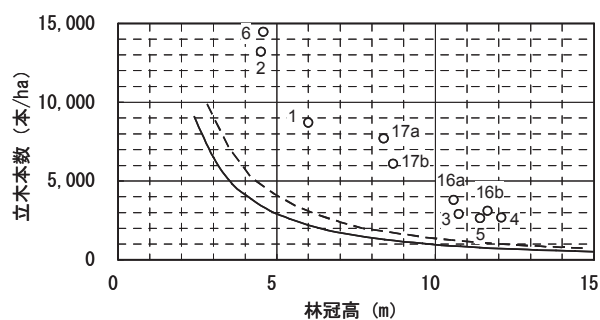


図 1：各調査区の立木本数と目標本数
 実線：目標本数（相対密度 55%，形状比 60）
 破線：目標本数（相対密度 60%，形状比 70）
 数字は調査区（a：2004 年，b：2009 年）

表 1：調査区の概要

調査区 No.	大きさ m	本数 本	立木 密度 本/ha	最大 樹高 m	平均 樹高 m	林冠 高 m	枝下 高 m	過密 度
Plot 1	10×10	87	8,700	6.7	4.7	6.0	3.0	4.0
Plot 2	6×12	95	13,194	4.9	3.8	4.5	2.0	3.9
Plot 3	11×15	48	2,909	11.8	9.0	10.7	6.3	3.3
Plot 4	13×15	52	2,667	13.1	10.1	12.1	8.2	3.7
Plot 5	11×11	32	2,645	12.3	9.8	11.4	7.1	3.3
Plot 6	6×6	54	15,000	5.1	3.6	4.6	2.2	4.5
Plot 16 ^a	10×10	38	3,800	11.8	8.8	10.6	6.5	4.3
Plot 16 ^b		31	3,100	12.6	9.9	11.6	7.0	4.0
Plot 17 ^a	10×10	77	7,700	9.3	7.2	8.4	5.2	6.0
Plot 17 ^b		61	6,100	9.1	6.9	8.7	5.6	5.0

枝下高は、林冠木の平均

過密度は、相対密度55%，形状比60を想定した場合

2 方法

過密なクロマツ海岸林に設定した調査区で毎木調査を行い、個体ごとの形状比ならびに枝下高の実態を把握した。その結果を、適正に本数調整を行った場合に期待されるそれらと比較することで、自然間引きに任せた場合の海岸林の特徴を明らかにすることとした。

調査林分の過密程度は、相対密度管理表（小田，1992）から求められる立木本数密度と比較して判断した。相対密度管理表は、相対密度ごとに、立木本数密度と平均胸高直径との関係を示したものであるが、形状比を設定することで平均樹高と立木本数密度との関係に読み替えることができる。また、適正に本数調整が行われた場合、平均樹高は林冠高で代用できると考えられる。すなわち、相対密度と形状比を定めることで、相対密度管理表から林冠高に応じた立木本数密度（目標本数密度）を知ることができる（図 1）。このようにして求めた目標本数密度に対する調査林分の立木本数密度の比を過密度とした。

適正に本数調整が行われた場合に期待される形状比についても、同様に相対密度管理表（小田，1992）に基づいて求めた。相対密度管理表

は、相対密度を設定すれば、適正に本数調整が行われた立木本数密度の時に期待される平均胸高直径を知ることができる。適正に本数調整が行われた場合、極端な劣性木はほとんど生じないと考えられるので、平均樹高は林冠高と同等と考えられる。従って林冠高がわかれば、平均形状比を求めることができる。

また、適正に本数調整が行われた場合に期待される枝下高については、Kanazawa *et al.*

（1990）の枝下高に関する樹高と立木本数密度との関係式から求めた。なお、算出にあたっては、平均樹高の代わりに林冠高を用いた。林冠高は、樹高上位 20 %の個体の平均値とした。林冠高を用いると、平均樹高を用いた場合に比べて、期待される枝下高は高めに算出される。

調査は茨城県東海村の村松海岸林で実施した。調査区の大きさは、36 m²（6×6 m）～195 m²（13×15 m）である（表 1）。調査区は、2001 年～2004 年に設定し調査した。なお、Plot 16，17 は、その後の変化を 2009 年に調査した。

3 結果と考察

3.1 調査区の過密状況

各調査区の立木本数密度は、小田（1984，

1992) の本数密度管理表に基づいて求めた林冠高に対応する目標本数密度を大きく上回り、相対密度 55 %, 形状比 60 を想定した場合には、過密度 3.3~5.0 の過密状態にあった (表 1, 図 1)。目標本数を超過する本数は、林冠高が低い調査区ほど多く、林冠高の上昇とともに減少したが、小田 (1984) が示したように、自然間引きによる立木本数密度の減少は不十分であった。

胸高直径に対する樹高ならびに枝下高をみると、樹高に比べて、枝下高は胸高直径の変化に対する変化が少なく、胸高直径が小さい個体でも枝下高の高い個体がみられた (図 2)。Plot 1 を例にとれば、胸高直径 6 cm 以上の個体の枝下高は 3 m 前後であったが、胸高直径 2~5 cm の個体であっても、枝下高が 3 m に達する個体があった。なお、いくつかの調査区では、枝下高が他と比べて極端に低い個体が存在したが、それらは樹幹が傾いたために、樹高、枝下高が低く測定された小径木か、あるいは周囲の個体に被圧され上長成長が抑えられた劣性木であった。

3.2 本数調整が適正に行われた場合との比較

3.2.1 形状比

胸高直径の小さい個体では形状比 100 を超えるような個体を含めて形状比 80 を超えるものも多いが、胸高直径が大きい個体では形状比は低下し 60 以下の個体もあった (図 3)。なお、Plot 2 では、図には示されていないが、形状比が 200 を超える個体が 2 本あった。また、胸高直径の小さい個体には形状比が低い個体があったが、これらは幹が傾いているために樹高が低く計測された個体であった。

形状比が 80 を超えるような高形状比木が多いために、小田 (1984) が指摘したように、林分形状比は高くなっている。しかしながら、過

密林分においては、すべての個体が形状比 70 以下である必要はない。先述したように、形状比 70 以下の個体数が目標本数に足りればよいと考えられるからである。そこで、各調査区の林冠高に応じた目標本数と各調査区における形状比 70 以下の個体数とを比較した (図 4)。なお、目標本数は、相対密度 55 %, 形状比 60 を想定して本数密度管理表に基づいて求めた。また、幹が傾いたことにより樹高が低くなり形状比が低く算定された個体は除いた。

全体としてみれば、林冠高が高い林分で形状比 70 以下の個体数が目標本数を満たす傾向があるが、Plot 2, 17 の値はこの傾向からはずれ、例外もあった。

形状比 70 以下の個体数が、目標本数に足りたのは、Plot 3, 4, 5, 2004 年の Plot 16 の 4 調査区であった。それらは、いずれも林冠高が 10 m を超える調査区であった。なお、Plot 16 は、2009 年になると、22 % の不足に転じた。

今回の調査区の中では比較的林冠高の低い Plot 1, 6 で、形状比 70 以下の個体数が目標本数に達していないが、80 % 以上は確保されている。今後林冠高が数 10 cm 上がれば、目標本数が減るので、現在の形状比 70 以下の個体数で足りることになる。ただし、Plot 16 の例のように、形状比 70 以下の個体数が減少し不足する可能性もある。

一方、Plot 17 は、林冠高が 8 m を超えているが、形状比 70 以下の個体数は目標本数の 30 % にも満たない。また、林冠高が Plot 6 と同等の 4.5 m であった Plot 2 では、形状比 70 以下の個体数は、目標本数の 30 % 程度であった。これらの調査区では形状比 70 以下の個体数が大幅に不足しているので、今後林冠高が上がった場合でも、形状比 70 以下の本数の不足が解消される可能性は低い。

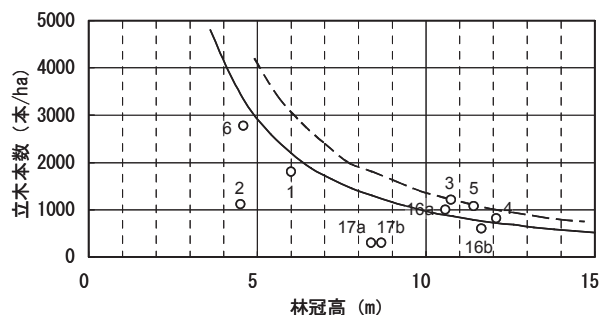


図 4：樹冠高と形状比 70 以下の個体の立木本数
実線：相対密度 55%, 形状比 60 の場合の目標本数
破線：相対密度 60%, 形状比 70 の場合の目標本数
数字は調査区 (a: 2004 年, b: 2009 年)

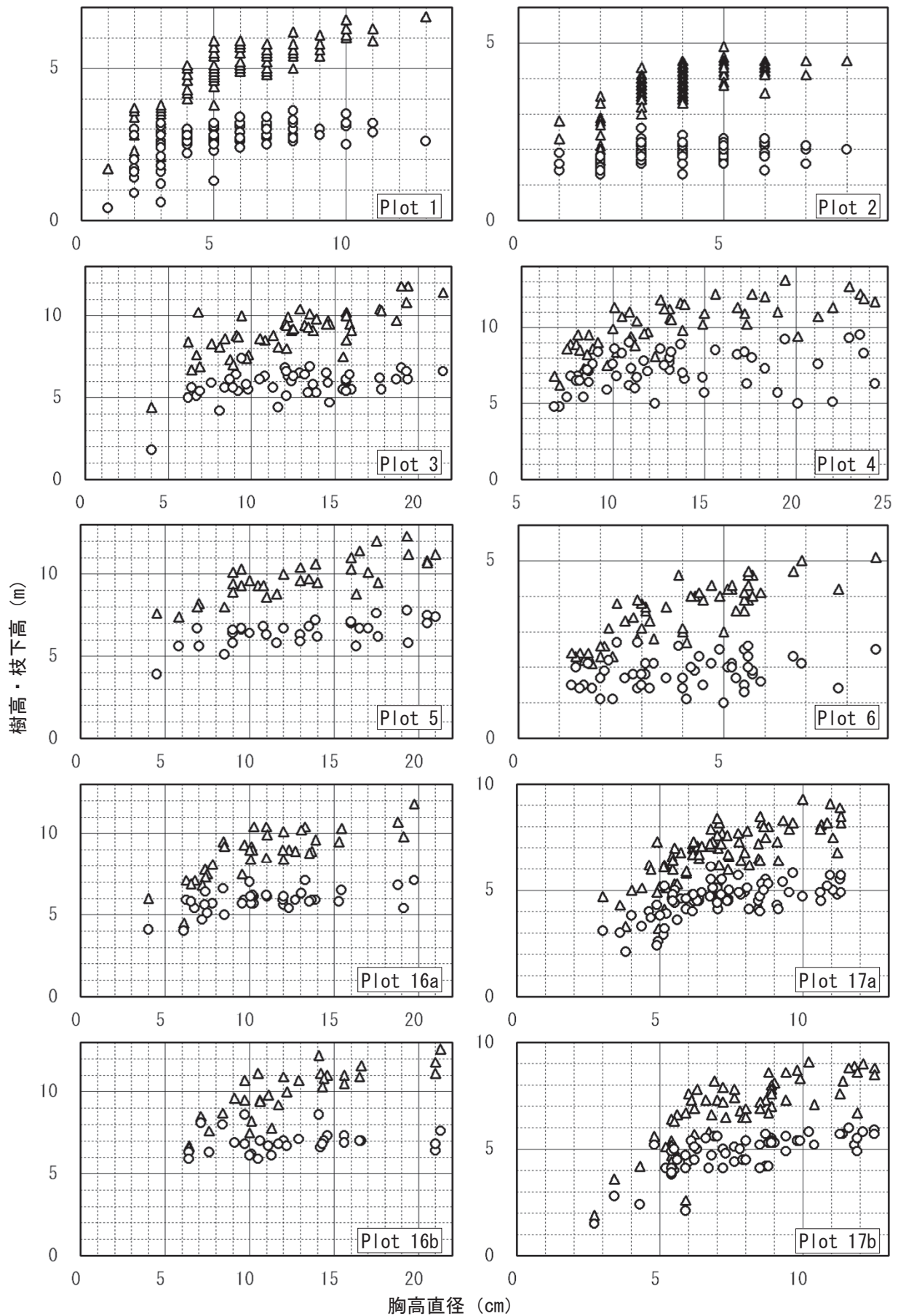


図 2 : 樹高曲線と枝下高曲線 (△ : 樹高, ○ : 枝下高)

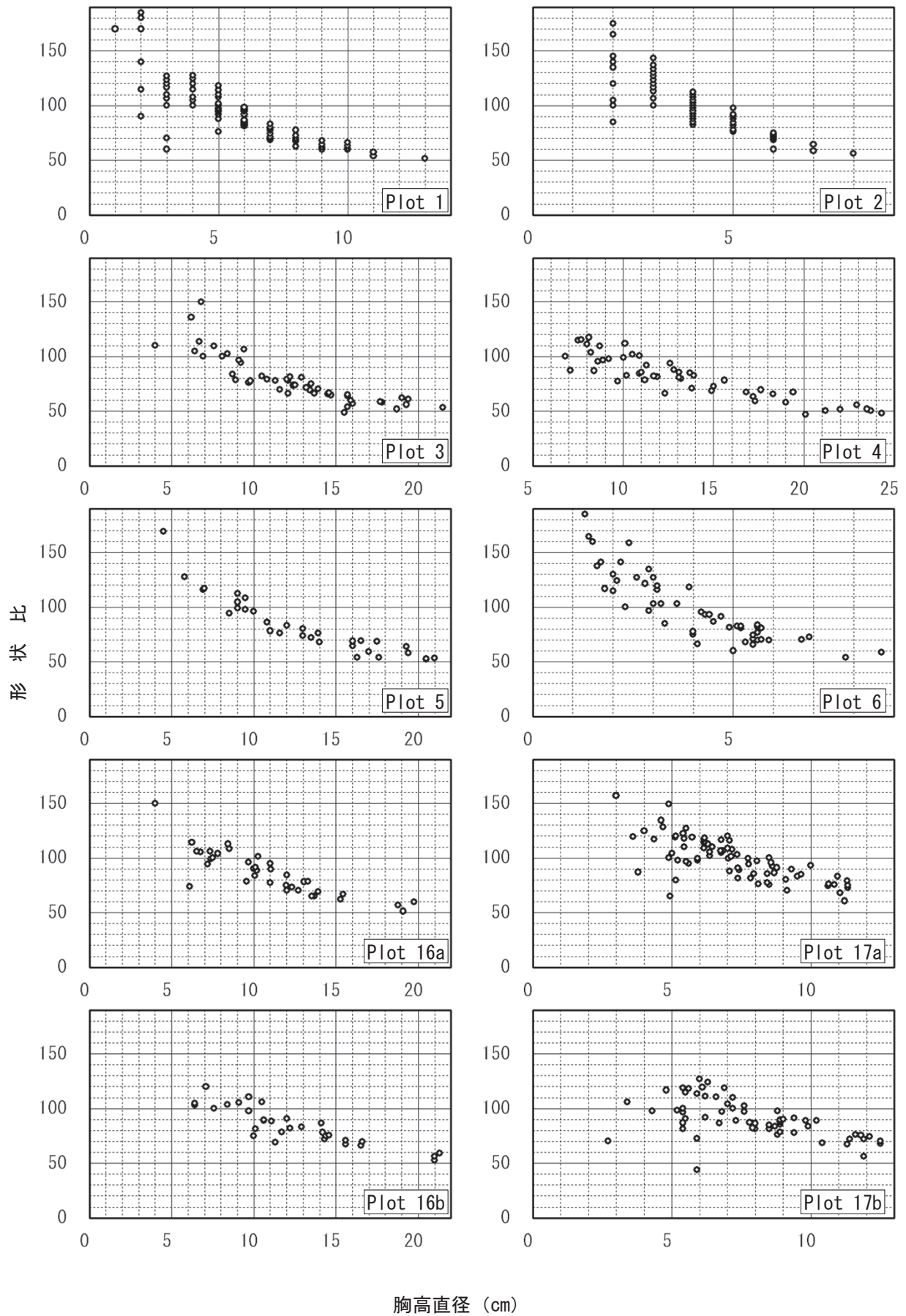


図 3：胸高直径と形状比との関係

以上のように、各調査区は過密で林分形状比は高いにも関わらず、単木レベルでみると優勢木の形状比は低く、形状比 70 以下の個体が目標本数以上に残存している調査区があった。一方で、形状比 70 以下の本数が大幅に不足する調査区もあった。

3.2.2 枝下高

過密化の影響は、形状比だけではなく、枝下高にも見られた。各調査区の林冠木の枝下高は、適正に本数が調整された場合に期待される枝下高より高くなっており、林冠高が高くなるほどその差は広がった（図 5）。すなわち、林冠高が 6 m までの Plot 1, 2, 6 では、枝下高は林冠高の 50 %程度であるが、林冠高がより高い調査区では、林冠木の枝下高は林冠高の 60 %を超え、Plot 4 では、68 %に達した。このように、枝下高は、形状比と異なり、林冠高が高い調査区の方が過密化の影響が強く出ている。また、形状比 70 以下の個体数の場合と異なって、全体的な傾向からはずれる調査区もなかった。

なお、Plot 3, 4, 5 について、Kanazawa *et al.* (1990) の関係式を用いて、林冠木の樹高と林冠木の平均枝下高とから対応する立木本数密度を求めると、それぞれ 3,300, 4,200, 3,700 本/ha となり、現在の立木本数密度と比べて 400 ~1500 本/ha 多い。すなわち、Plot 3, 4, 5 では立木本数密度のわりには枝下高が高くなっていると判断された。これは、過去の立木本数密度が高かった時期に枝が枯れ上がったことによるものと考えられる。

4 結論

10,000 本/ha で密植されたクロマツ海岸林を自然間引きに任せた場合、林分形状比は高いが、個体間に優劣が生じて、優勢木の形状比は低いことがわかった。また、林分によっては、形状比 70 以下の個体が、必要な本数、あるいはそれに近い割合で残ることもあった。これらのことから考えると、自然間引きに委ねることで望ましい林分が得られる可能性は否定できないが、形状比 70 以下の個体数が大幅に不足する場合もあり、自然間引きで形状比 70 以下の個体が確実に必要本数確保されるわけではない。

一方、林冠木の枝下高は、林冠高が低い場合、その 50 %程度であったが、林冠高が高くなると 60 %を超えた。適正に本数調整を行った場合の平均枝下高は、林冠高の 50 %未満と推定されたので、自然間引きに委ねると、適正に本数調整を行った場合と比べ、優勢木であっても枝下高は高くなると考えられた。

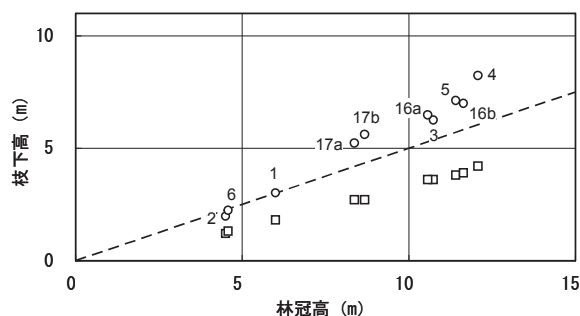


図 5：林冠木の平均枝下高

○：林冠木の平均枝下高

□：目標立木本数密度における推定枝下高

破線：林冠高の 50 %

数字は調査区 (a: 本数調整前, b: 本数調整後)

クロマツ海岸林では自然淘汰で優勢木のみが生き残り、好ましい林分になるという考え方を、小田 (1984) は、林分レベルでの形状比や枝下率に関する調査結果に基づいて否定し、本数調整の必要性を説いたが、今回の単木レベルでの検討結果もそのことを示した。

5 おわりに

今後は、調査事例を増やすとともに、本数調整が遅れた林分を対象に、本数調整によって、目標本数に対する優勢木の割合の低下を防ぐこと、あるいは増加させることができるか、また、枝の枯れ上りを抑えることができるか、すなわち、本数調整の効果と具体的な方法を明らかにすることが重要と考えている。

引用文献

- [1] Kanazawa, Y.; Kiyono, Y.; Fujimori, T. (1990) Relationship between canopy depth and other dimensions of coastal *Pinus thunbergii* Parlat. forests in Japan. *Tree Physiology*, 7, 317-327
- [2] 金澤洋一 (1991) 海岸クロマツ林の防災効果と生育管理. *林業技術*, 593, 14-16
- [3] 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
- [4] 小田隆則 (1992) 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
- [5] 坂本知己・島田和則・萩野裕章・野口宏典 (2009) 本数調整遅れのクロマツ海岸林における優勢木の特徴 —自然間引きに任せてよいのか?—. 平成 21 年度日本海岸林学会研究発表会講演要旨集, 11-12

〔受付 平成22年5月18日, 受理 平成22年12月10日〕