

海岸クロマツ林の形状比と樹冠投影面積、材積の関係

—山形県遊佐町の事例—

金内英司¹・中島勇喜²・横倉 肇³・布施和則⁴Relation between the height diameter ratio, the area of crown project and the volume on the coastal Black Pine (*Pinus thunbergii*)

-A case study in Yuza, Yamagata Prefecture-

Eiji Kanauchi¹, Yuhki Nakashima², Hajime Yokokura³ and Kazunori Fuse⁴

Abstract: The height diameter ratio of coastal black pine (*Pinus thunbergii*) is an important factor for forest thinning plan for over-stocked, stand. In this article, relation between the number of stands, the height diameter ratio, the area of crown projection and the volume of black pine in the Shonai Sanddune were examined. These results contribute to the disaster prevention forest in the coast or the Sea of Japan, the Tohoku district.

1 はじめに

山形県と(財)山形林業公社では、遊佐町海岸クロマツ林(飛砂防備保安林, 民有林)造成の歴史的背景とクロマツ林を後世に引き継ぐ事業として、平成7年度から試験地を設けて間伐試験を行ってきた^[8]。前報^[1]では、平成、8、9年度の試験測定値^[9, 10]を用い、形状比と樹冠投影面積、材積の関係を解析し、低形状比へ導くための間伐材の選定法などについて考察した。その後、平成10、11年度にも間伐試験が行われた^[11, 12]。

海岸クロマツ林の形状比は、一般に、間伐計画や風・雪害などに対する危険度の指標として参考にされるが、とくに、東北地方の日本海海岸では冬季の強風、飛砂、冠雪害などに耐える健全なクロマツ防災林を維持するためにも重要である。しかし、形状比の基準値はなく、金子^[2, 3]が、秋田県海岸クロマツ林で、冠雪害回避上から個体形状比70以下を管理目標とし、また、上層木を含めた間伐では個体形状比80未満を健全木とした樹高階ごとの本数限界を提示した報告がみられるだけである。中島^[5]は、防災機能を目的とした林分条件を示しているが、この条件を備える林分は樹高と胸高直径が均衡のとれた低形状比の樹幹で枝葉の多い樹冠、そして材積の大きい樹型群が理想となる。また、海岸クロマツ林の間伐法とその効果については、森^[4]の酒田海岸、小田^[6]の九十九里浜での調査によると、いずれも間伐(立木本数調整)によって枝葉の多い樹冠層そして胸高直径も大きくなっている。

今回は、平成8~11年度の間伐前の測定値を用い、遊佐町海岸クロマツ林の実態そして低形状比へ誘導するための間伐計画の指針を得るため試験地の林況を4分類し、①クロマツ立木本数と平均形状比の関係、②平均形状比と平均樹冠投影面積・平均材積の関係、③平均樹冠投影面積と平均材積の関係、について考察した。

2 試験地の林況と測定方法

2.1 試験地の林況

試験地は遊佐町藤崎地区で、平成8、9年度試験地とその南方に連続して設けられた平成10、11年度試験地である(図1)。

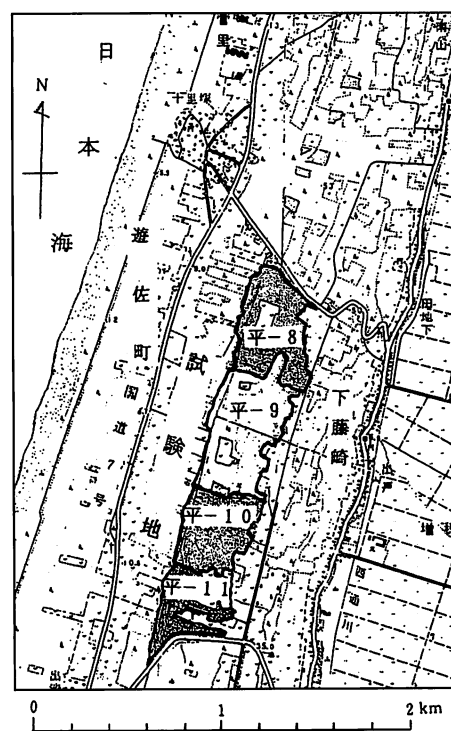


図1: 試験地

前報^[1]で述べたように、クロマツ林の大部分は保育のための間伐作業などは行なわれず放置状態で推移してきた。林況はクロマツ林として成林していた既存クロマツ林(以下、既存木という)、既存木を伐採して畑地とし、その後、放置畑地や既存木の林孔にクロマツ林を再植栽し(以下、植栽木という)、一時、補植や手入れが行なわれたが、その後、放置されたと思われる林地、植栽木の林孔や放棄

¹元山形大学大学農学部, Formerly, Faculty of Agriculture, Yamagata University, Tsuruoka, Yamagata, 997-8555, Japan

²山形大学農学部, Formerly, Faculty of Agriculture, Yamagata University, Tsuruoka, Yamagata, 997-8555, Japan

³山形県森林課, Forest Division, Yamagata Prefecture, Yamagata, Yamagata, 990-8570, Japan

⁴山形県林業公社, Yamagata Prefecture, Afforest, Corporation, Yamagata, Yamagata, 990-0011, Japan

畑地に自生した天然生クロマツ(以下、天然生という)、などで、試験地は植栽木、天然生、植栽木・天然生、既存木・植栽木の4林況に区分される。また、クロマツの林孔や放棄畑地に自生した広葉樹(ニセアカシア、サクラ、クワ、ネムノキ、その他)が混交した複雑な林況で林齢は不詳である。

2.2 測定方法

林況の異なる林地に10m×20mのコドラートを設けて試験区とし、樹高2m以上、胸高直径4cm以上のクロマツ、広葉樹について立木位置、本数、樹高、胸高直径、樹冠投影、材積の6項目を測定した。6項目の測定が行なわれたのは、平成8年度は4区(8-5~7, 8-13), 平成9年度10区(9-1~10), 平成10年度5区(10-1~5), 平成11年度5区(11-1~5)の24試験区である。ここで、樹高、胸高直径、材積はコドラート内の全個体について測定し、それぞれの合計値を個体数で除して試験区の平均値とした。樹冠投影はポールで測定し、平均樹冠投影面積は全樹冠投影がコドラート内に入っている個体を点格子板で求め、この合計値を該当する個体数で除して平均樹冠投影面積とした。従って、平均樹冠投影面積について解析する場合の平均樹高、平均胸高直径、平均形状比、平均材積の個体数は少なくなる。クロマツ材積は樹高、胸高直径から立木幹材積表⁷⁾を準用して求めた。また、コドラートを1m×1mの方眼で区画し、1m²内の立木本数2本、3本の箇所を過密区とした。

3 結果と考察

24試験区のクロマツ林況は下記のとおりである。

植栽木試験地: 8-5~7, 9-1~2, 9-4~9, 10-3~5, 11-3, 11-5の16試験区。

天然生試験地: 10-1, 11-1の2試験区。

植栽木・天然生試験地: 9-3, 9-10, 10-2の3試験区。

既存木・植栽木試験地: 8-13, 11-2, 11-4の3試験区。

図2に樹冠投影の例として、植栽木試験地の9-5試験区と既存木・植栽木試験地の11-2試験区を示した。9-5試験区は放棄畑地にクロマツを植栽したと思われる、立木本数は20本(平均樹高13.7±1.4m, 平均胸高直径25.3±4.7cm)、広葉樹は、ニセアカシア16本(樹高5~10m, 胸高直径6~14cm)、サクラ5本(樹高3~4m, 胸高直径4~8cm)が、クロマツの林孔または樹冠下で下層木として混交し、過密区は2本/m²が5箇所所在していた。また、コドラート内に入っているクロマツ16本の平均樹冠投影面積は8.48 m²であった。11-2試験区は既存クロマツ12本(平均樹高16.6±1.3m, 平均胸高直径18.5±3.3cm)の林孔に植栽されたと思われる植栽木クロマツ17本(平均樹高10.4±2.1m, 平均胸高直径12.0±2.1cm)が下層木として分布し、29本の平均樹高は12.9±2.3m, 平均胸高直径14.4±4.3cmであった。広葉樹はナラ5本(樹高4~5m, 胸高直径4~8cm)が混交し、過密区は2本/m²が3箇所所在した放置状態の林況であった。また、コドラート内に入っているクロマツ20本の平均樹冠投影面積は4.85 m²であった。

24試験区のクロマツは立木本数、樹高、胸高直径が異なっているが、小田⁶⁾の九十九里浜の無間伐クロマツ林での調査によると、立木本数が多くなるにつれて林分平均樹高は小さくなっている。樹高(H)と胸高直径(D)は、後述の形状比(H/D)に関係するので、24試験区の立木本数(N)と平均樹高(H)、平均胸高直径(D)の関係式を図3に示した。立木本数が多くなるにつれて平均樹高、平均胸

高直径は小さくなる傾向を示し、立木本数の少ない区間に植栽木試験地が多く分布し、立木本数が多くなるにつれて天然生、植栽木・天然生、既存木・植栽木試験地の傾向となっている。図から立木本数を11~25本、26~40本、41~59本に3区分してみると、11~25本区は植栽木試験地の13試験区と既存木・植栽木試験地の11-4試験区の14試験区、26~40本区は植栽木、天然生、既存木・天然生、既存木・植栽木試験地の5試験区、41~59本区は植栽木、天然生、植栽木・天然生、既存木・植栽木試験地の5試験区となっている。また、試験区には広葉樹も混交し、過密区も分布しているので3区分の広葉樹の樹種、本数、樹高、過密区(箇所)を表1に示した。

立木本数11~25本区は11-4試験区を除いた13試験区で、広葉樹の混交がないのは5試験区で、混交のある8試験区の樹高はクロマツより低く(図3参照)、クロマツの林孔や樹冠下で下層木として分布し、過密区となっていた。11-4試験区はクロマツ既存木(樹高17~20m)の林孔に植栽木9本(樹高12~16m)と広葉樹が混交し、クロマツ既存木に被圧された植栽木などで過密度が分布し、後述の平均形状比の高い細長な個体群の林況であった。26~40本区の9-2, 9-7試験区は、9-7試験区には広葉樹の混交はないが、両区ともクロマツの2又木が競合し、過密区が分布していた。10-2試験区はクロマツの一部が広葉樹と競合し、天然生クロマツの一部は植栽木クロマツに被圧されて過密区が点在していた。11-2試験区は放置状態の林況で過密区も点在していた(図2)。41~59本区の8-5試験区は、クロマツとクロマツ、クロマツと広葉樹の競合で過密区が点在していた。8-13試験区は、既存木クロマツに被圧された植栽木クロマツや植栽木クロマツと広葉樹で過密区が集中していた。9-3試験区(植栽木14本、天然生45本)と9-10試験区(植栽木7本、天然生47本)には、広葉樹の混交はないが、植栽木クロマツに被圧された天然生クロマツが集中分布して過密区となっていた。10-1試験区は、クロマツとクロマツの競合が多く分布し、広葉樹は2又木、3又木が多く、過密区が集中した放置状態の林況であった。

以下、クロマツの立木本数と平均形状比、平均形状比と平均樹冠投影面積・平均材積ならびに平均樹冠投影面積と平均材積の関係について考察する。

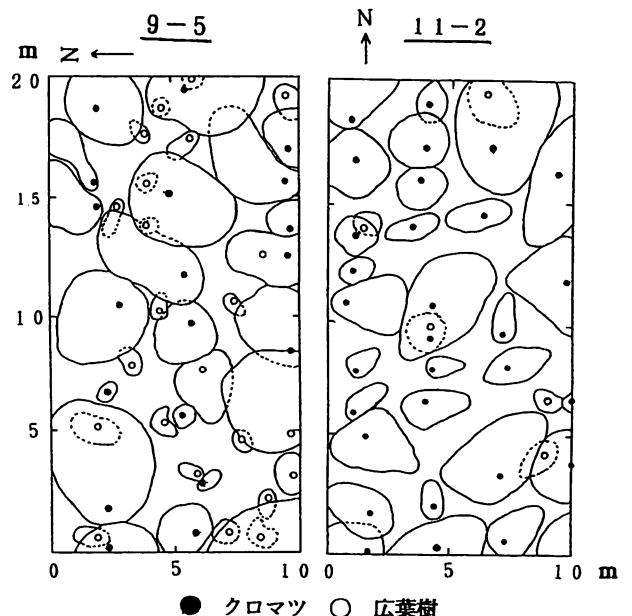


図2: 樹冠投影図

表1：クロマツ本数区分と広葉樹の混交，過密区分

区分 (本)	試験区	クロマツ		広葉樹		過密区(箇所/m ²)		
		本数	樹種	本数	樹高(m)	計()本	2本	3本
8-6		20				[0]	1	0
-7		22				[0]	0	0
9-1		19				[0]	0	0
-4		17	ナラ4(3~5), サクラ2(5)			[6]	2	0
-5		20	ニセアカシア16(5~7), サクラ5(3~4)			[21]	5	0
-6		19				[0]	0	0
-8		20				[0]	0	0
11~25	-9	11	ナラ7(6), サクラ1(7)			[8]	3	0
	10-3	22	ニセアカシア7(5~7)			[7]	3	0
	-4	21	サクラ4(4~6), その他1(5)			[5]	1	0
	-5	19	ニセアカシア9(3~10), サクラ13(3~7)			[22]	9	0
	11-3	16	ナラ6(3~7), サクラ2(8)			[8]	4	1
	-4	23	ニセアカシア4(10~14), サクラ1(2), クワ4(3~6)			[9]	3	0
	-5	15	ナラ11(4~14), サクラ20(2~12)			[31]	9	1
	9-2	26	サクラ1(1~5), ナラ3(4~8), ネムノキ1(4)			[5]	4	0
	-7	38				[0]	1	1
26~40	10-2	29	ニセアカシア2(3~7), ナラ2(8), サクラ4(5~6), その他3(3-7)			[11]	3	1
	11-1	26	サクラ3(3), ネムノキ1(4)			[4]	9	1
	-2	29	ナラ5(4~5)			[5]	3	0
	8-5	44	ニセアカシア5(4~8), その他1(6)			[6]	3	1
	-13	46	その他6(7~8)			[6]	9	1
41~59	9-3	59				[0]	11	1
	-13	54				[0]	9	0
	10-1	58	ナラ5(5~8), その他28(3~10)			[33]	18	0

*:本/200m²

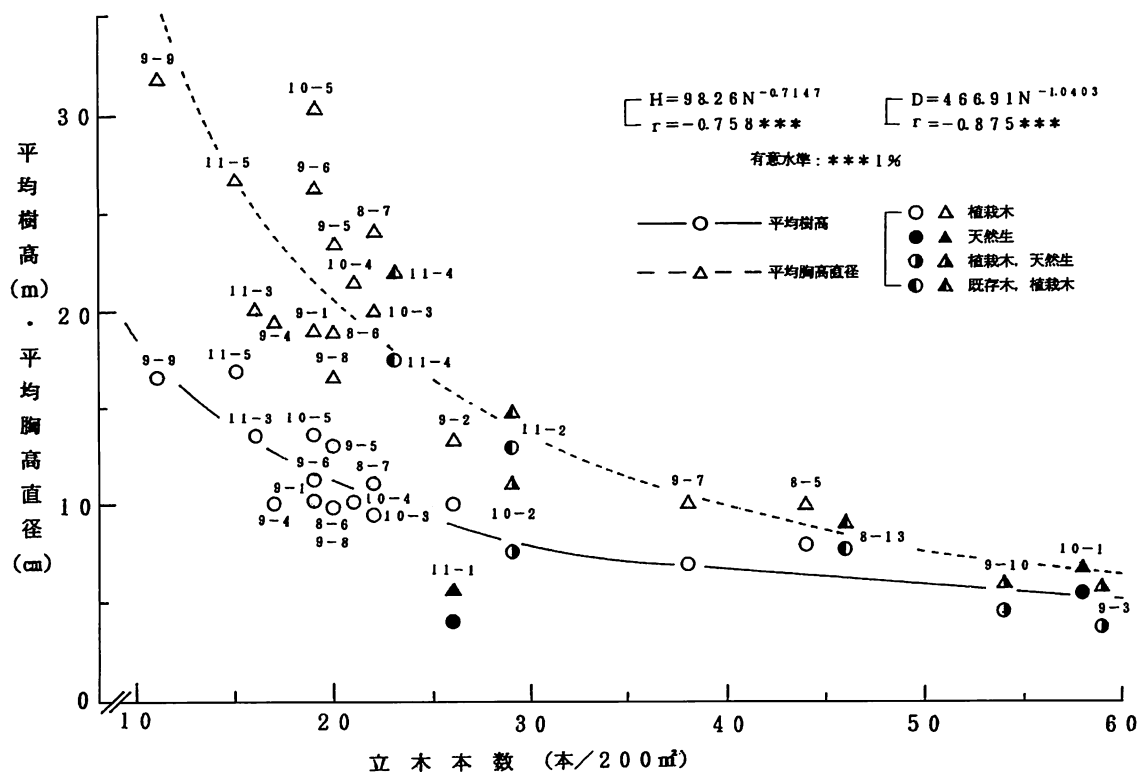


図3：立木本数と平均樹高，平均胸高直径の関係

3.1 立木本数と平均形状比の関係

図4に各試験の立木本数(N)と平均形状比(H/D)の関係式を示した。立木本数が多くなるにつれて平均形状比は高くなる傾向となっている。立木本数を11~25本、26~40本、41~59本に3区分し、平均形状比との関係を見ると、立木本数11~25本区は既存木・植栽木試験地の11-4試験区を除くと、植栽木試験地の13試験区の平均形状比は10-4試験区の45.8から11-3試験区の68.8となっている。11-4試験区は個体形状比が55.6~114.3とバラツキが大きく、平均形状比は80.3±15.9であった。立木本数26~40本区の平均形状比は、植栽木・天然生試験地の10-2試験区の70.2から既存木・植栽木試験地の11-2試験区の90.3となっていた。41~59本区の平均形状比は、植栽木・天然生試験地の9-3試験区の70.6から天然生試験地の91.4となっている。金子⁽³⁾は、クロマツ林の上層木を含めた間伐では個体形状比80未満を健全木としたが、ここでは80以上を非健全木とすると、個体形状比80以上の本数は11~25本区で20本、26~40本区で61本、41~59本区で127本となり、立木本数が多くなるにつれて個体形状比80以上の本数も多くなることが推測され、また、個体形状比80以上の本数が多くなるにつれて平均形状比も高くなることも推測されるので、各試験区の立木本数(N)、個体形状比80以上の本数(N₁)、平均形状比(H/D)として関係式を求めてみると、

$$N_1 = 0.00086N^{2.611} \quad r = 0.845*** (1)$$

$$H/D = 51.78N_1^{0.164} \quad r = 0.967***$$

*** : 有意水準1%

となり、立木本数が多くなるにつれて個体形状比80以上の本数は多くなり、また、個体形状比80以上の本数が多くなるにつれて平均形状比は高くなる傾向となっている。

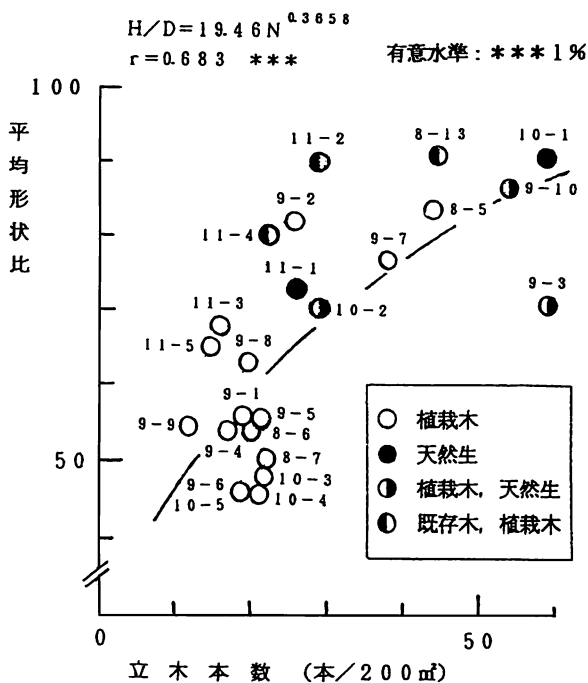


図4：立木本数と平均形状比の関係

立木本数を3区分して平均形状比との関係を検討した結果、立木本数11~25本区で植栽木試験地の13試験区の平均形状比が他の2区に比べて低く、低形状比で健全なクロマツ林を維持するには、図4と(1)式から13試験区で個体形状比80以上のクロマツ伐採と過密林の材木、広葉樹を伐採した林況が理想であり、他の2区もこれに準じ間伐法で低形状比の林況への誘導が必要である。

3.2 平均形状比と平均樹冠投影面積との関係

図5に各試験区の平均形状比(H₁/D₁)と平均樹冠投影面積(C)の関係式を示した。平均形状比が高くなるにつれて、平均樹冠投影面積は小さくなる傾向となっている。

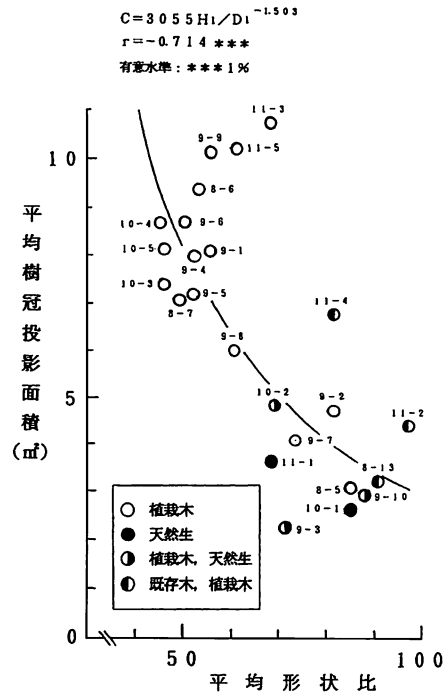


図5：平均形状比と平均樹冠投影面積の関係

図4で検討した立木本数と平均形状比を参考にして、平均形状比を45~69、70~89、90~97に区分して平均形状比との関係を見ると、平均形状比45~69区は、植栽木試験地の13試験区と天然生試験地の11-1試験区の14試験区で、11-1試験区を除いた植栽木試験地の平均形状比は10-4試験区の46.0から11-3試験区の69.0、平均樹冠投影面積は9-8試験区の6.00m²から11-3試験区の10.70 m²、また、11-1試験区の平均形状比は69.0、平均樹冠投影面積は3.60 m²であった。平均形状比70~89区は、植栽木試験地の4試験区、植栽木・天然生試験地の3試験区、天然生試験地の10-1試験区の8試験地で、平均形状比は植栽木・天然生試験地の10-2試験区の70.0から天然生試験地の10-1試験区の85.0、平均樹冠投影面積は植栽木・天然生試験地の9-3試験区の2.16 m²から植栽木試験地の11-4試験区の6.8 m²であった。平均形状比90~97区は、既存木・植栽木試験地の8-13、11-2試験区で、平均形状比は8-13試験区が90.8、11-2試験区が97.0、平均樹冠投影面積は8-13試験区が3.24、11-2試験区が4.41であった。また、個体形状比80以上の本数は、平均形状比45~69区が11本、70~89区が102本、90~97区が36本で計149本となるので、個体形状比80以上の本数を(N₂)、平均樹冠投影面積を(C)として計算式を求めると、

$$C=8.649N_2^{-0.347} \quad r=0.889^{***} \quad (2)$$

*** :有意水準1%

となり、個体形状比80以上の本数が多くなるにつれて平均樹冠投影面積は小さくなる傾向となっている。

平均形状比を3区分して平均樹冠投影面積との関係を検討した結果、植栽木試験地が他の2区に比べて平均形状比が低く、平均樹冠投影面積は大きい傾向となっている。樹冠投影面積の大小は、同化器官である葉量の大小につながり、樹勢にも影響するので低形状で、樹冠投影面積の大きい樹形としては、図5と(2)式から平均形状比45~69区の植栽試験地で、個体形状比80以上のクロマツ、過密区の材木、広葉樹を伐採した林況が理想であり、他の2区もこれに準じた間伐法が必要である。

3.3 平均形状比と平均材積の関係

図6に各試験の平均形状比(H/D)と平均材積(V)の関係式を示した。

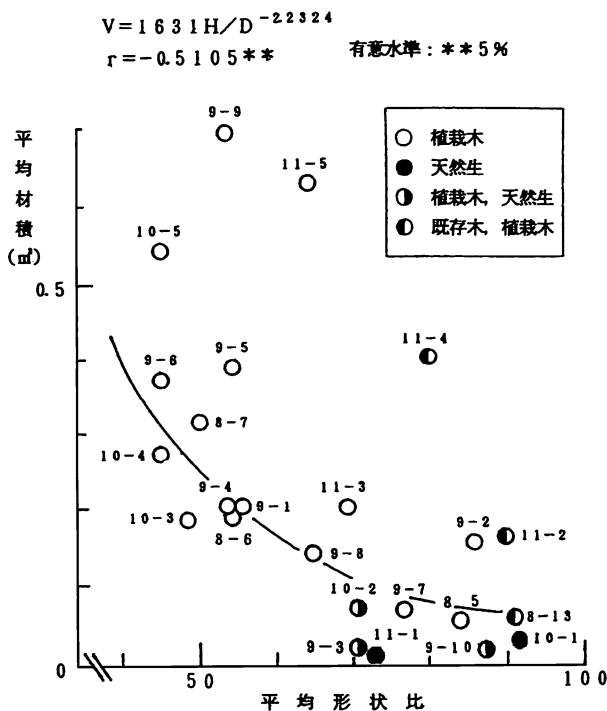


図6：平均形状比と平均材積の関係

平均形状比が高くなるに連れて平均材積は小さくなる傾向となっている。平均形状比を45~69, 70~89, 90~92に3区分して平均材積との関係を見ると、平均形状比45~69区は植栽木試験地の13試験区で、平均材積は9-8試験区の0.14m³から9-9試験区の0.69 m³, 70~89区は植栽木試験地が4試験区、植栽木・天然生試験地が3試験区、天然生試験区が1試験区の8試験区で、平均材積は11-1試験区の0.01 m³から11-4試験区の0.41m³, 90~92区は既存木・植栽木試験地が2試験区、天然生試験地が1試験区の3試験区で、平均材積は10-1試験区の0.03 m³から11-2試験区の0.16 m³となっている。

また、個体形状比80以上が含まれる試験地は、平均形

状比45~69区が8本, 70~89本区が124本, 90~92区が76本で計208本となり、個体形状比80以上の本数が多くなるにつれて平均材積は小さくなる傾向が推測されるので各試験区の個体形状比80以上の本数(N₂)と平均材積(V)の関係式を求めてみると

$$V=0.856N_2^{-0.810} \quad r=0.549^{***} \quad (3)$$

*** :有意水準1%

となり、個体形状比80以上の本数が多くなるにつれて平均材積は小さくなる傾向となっている。

平均形状比を3区分して平均材積との関係について検討したが、平均形状比45~69区の植栽木試験地の平均材積が他の2区に比べて大きい傾向となっており、図6と(3)式から前述のような間伐法で、樹高成長と樹幹の肥大成長を促進し、低形状比で材積の大きい樹幹への誘導が必要である。

3.4 平均樹冠投影面積と平均材積の関係

図7に各試験区の平均樹冠投影面積(C)と平均材積(V₁)の関係式を示した。平均樹冠投影面積が大きくなるにつれて平均材積は大きくなる傾向となっている。林況別にみると、植栽木・天然生試験地の9-3試験区から既存木・植栽木試験地の11-2試験区は植栽木, 天然生, 植栽木・天然生, 既存木・植栽木試験地の9試験区で、それより平均樹冠投影面積の大きい15試験区は、既存木・植栽木試験地の11-4試験区を除いた14試験区が植栽試験地となっている。図5で平均形状比を3区分して平均材積との関係を考察したが、これを適用してみると平均形状比45~69区は、上述の14試験区の内9-2試験区(平均形状比82.0)を除いた13試験区となっており、植栽木試験地の平均形状比が低く、平均樹冠投影面積が大きく、平均材積も大きい傾向となっている。また、図5, 6で、平均形状比と平均樹冠投影面積、平均材積には負の相関関係があったので、平均形状比(X₁), 平均樹冠投影面積(X₂)として偏相関係数を求めてみると

$$r_{23.1}=0.829^{***} \quad (4)$$

*** :有意水準1%

となり、平均樹冠投影面積と平均材積の大きいクロマツ林を維持するには、前従のような間伐法で、低形状比へ誘導する必要がある。

4 おわりに

今回は、間伐前の林況について考察したが、間伐後の林況調査も予定されており、その時点で間伐による形状比、樹冠投影、材積などについての解析が今後の課題である。

最後に、資料を提供された山形県庄内支庁林業振興課と(財)山形県林業公社、文献の紹介、解析方法などで種々ご指導頂いた山形大学農学部高橋教夫教授、小野寺弘道教授、野堀嘉裕教授、林田光祐助教授、資料整備などで助力して頂いた庄内支庁林業振興課小関秀章氏と志藤彰氏に厚く御礼申し上げます。

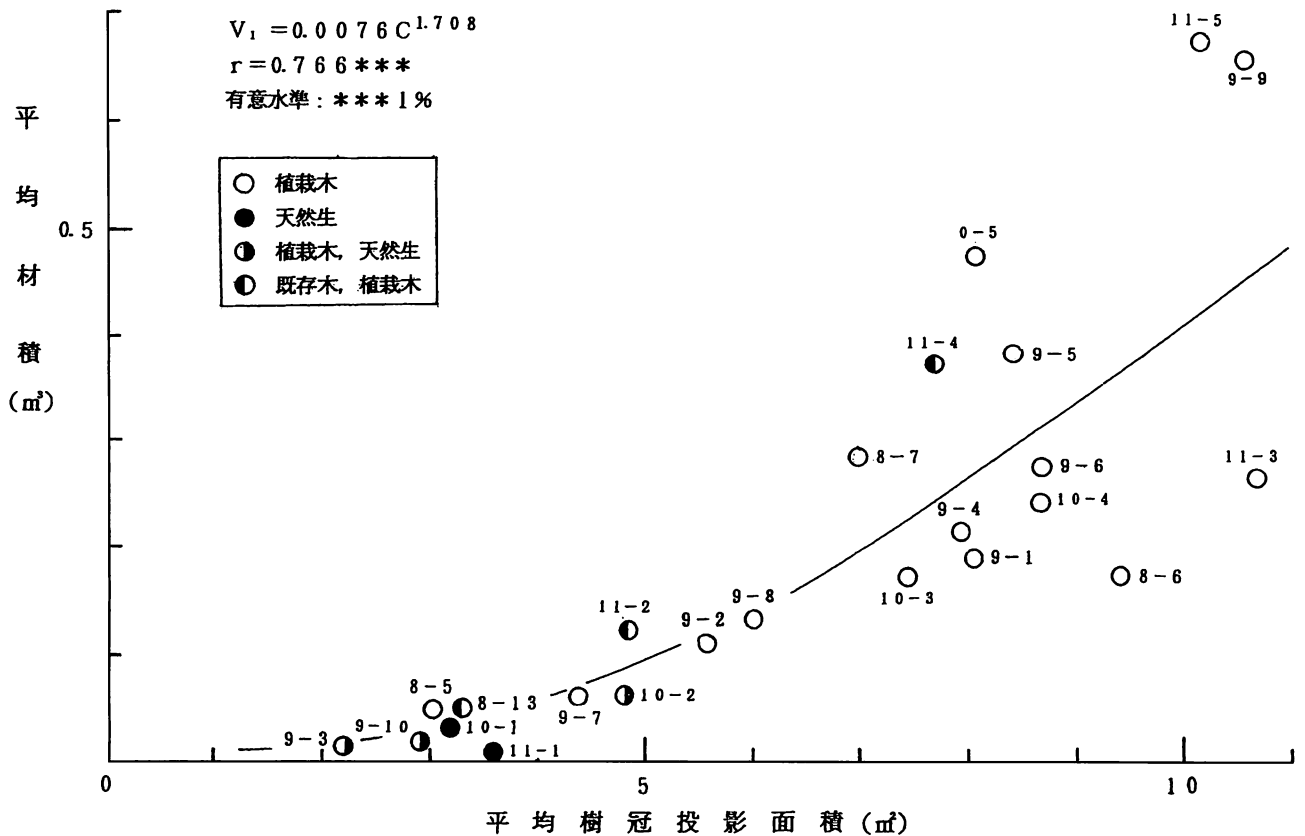


図7：平均樹冠投影面積と平均材積の関係

引用・参考文献

[1] 金内英司・中島喜喜ら(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(1), pp.7-16.

[2] 金子知紀・石田秀雄・金沢正和(2000):秋田県沿岸南部におけるクロマツ冠雪害について, 東北森林科学会誌, 5(2), pp.97-100.

[3] 金子知紀(2000):秋田海岸におけるクロマツ生育試験林の健全性と本数管理, 東北森林科学会誌, 5(2), pp.101-104.

[4] 森麻須夫(1987):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, pp.65-67.

[5] 村井宏ほか(1992):海日本の海岸林, ソフトサイエンス社, pp.249-283.

[6] 小田隆則(1984):海岸クロマツ林の成長と密度について V-九十九里浜のクロマツ林における間伐試験-, 95回日林論, pp.555-557.

[7] 林野庁計画課(1973):立木幹材積表-東日本編-, pp.152-157.

[8] 山形県庄内支庁林業課・(財)山形県林業コンサルタント(1996):平成7年度特定保安林整備緊急治山事業植生調査(林分調査)報告書, pp.11.

[9] (財)山形県林業公社(1997):平成8年度遊佐町西部地区特定保安林整備緊急治山森林整備業務委託事業調査報告書, pp.63.

[10] (財)山形県林業公社(1998):平成9年度遊佐町西部地区特定保安林整備緊急治山森林整備業務委託事業調査報告書, pp.63.

[11] (財)山形県林業公社(1999):平成10年度遊佐町西部地区特定保安林整備緊急治山森林整備業務委託事業調査報告書, pp.115.

[12] (財)山形県林業公社(2000):平成11年度遊佐町西部地区特定保安林整備緊急治山森林整備業務委託事業調査報告書, pp.63.

[受付 2004年12月27日, 受理 2005年6月20日]