

## Variation in the Stand Structure of Conifer Plantations (I) : The Effects of Site Quality on H-N-D Relationship

國崎, 貴嗣  
九州大学農学部林学科

加賀, 英昭  
九州林産株式会社

今田, 盛生  
九州大学農学部林学科

<https://doi.org/10.15017/10925>

---

出版情報 : 九州大学農学部演習林報告. 75, pp.69-76, 1996-12-26. Kyushu University Forests  
バージョン :  
権利関係 :



## 針葉樹人工林における林分構造のばらつき (I)\* H-N-D 関係に及ぼす地位の影響

國崎 貴嗣\*\*・加賀 英昭\*\*\*・今田 盛生\*\*

### 抄 録

地位が針葉樹同齢単純林の上層木平均樹高(H)-本数密度(N)-林分平均直径(D) 関係に及ぼす影響について解析した。資料として、大分県および熊本県内のスギ挿木(226林分)、スギ実生(99林分)、ヒノキ(98林分)同齢単純林の収穫調査データ(林齢はいずれも15~70年生)を用いた。相対幹距(Sr)階、地位級別にHと形状比との関係を散布図を用いて調べたところ、Sr階が小さいほど形状比が高く、地位級が低いほど形状比は低くなった。Dを従属変数、H、Sr、地位指数(SI)の3つを独立変数とし、ステップワイズ法による重回帰分析を行った結果、いずれの独立変数も0.1%水準で有意となった。重回帰式の独立変数の係数より、HおよびSrが高いほど、また、SIが低いほど、Dは大きくなる。

キーワード：H-N-D関係、地位指数、相対幹距、形状比、重回帰分析

### 1. はじめに

安藤(1968)は、針葉樹人工同齢単純林の林分密度管理図を開発するにあたり、その上層木平均樹高を2m階で区分し、それぞれの樹高階について林分密度と胸高断面積合計との関係を調べた。そして、同一樹高階におけるこれらの関係は高い相関を示すとともに、地位に関係なく同程度の範囲にデータが分布することを見出し、その回帰式を断面積等平均樹高線(安藤, 1968)としてモデル化した。これを基に、林分密度管理図では、林分密度(N)および上層木平均樹高(H)から林分平均胸高直径(D)が、地位に関係なく、推定できるとされている。

一方、竹内ら(1996)は、同様な林分密度管理が施された、地位の異なるヒノキ人工若齢林3林分について、林分発達に伴う形状比(林分平均樹高 $H_{mean}/D$ )の変化を調べた。 $H_{mean}$ を林分の生育段階(林分の生物的時間)と見なし、同一生育段階での $H_{mean}/D$ を林分間で比較した場合、地位の低い林分は相対的に低い $H_{mean}/D$ を示したという。この事例は、同一のHおよびNを持つ林分の間でも、Dの値が地位の違いにより異なることを示唆している。ただし、竹内らの事例は、比較した林分が若齢のみで、かつ3林分に限られている。また、Hではなく $H_{mean}$ を用いて $H_{mean}/D$ が比較されている。このため、針葉樹人工林のH-N-D関係に対する地位の影響については、未だ不明瞭な点も多い。そこで本論

\* KUNISAKI, T., KAGA, H. and IMADA, M. : Variation in the Stand Structure of Conifer Plantations (I) : The Effects of Site Quality on H-N-D Relationship.

\*\* 九州大学農学部林学科

Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812-81

\*\*\* 九州林産株式会社

Kyushurinsan Co. Inc., Yufuin, Oita 879-51

文では、同一地域で、同様な林分密度管理が施されている複数の針葉樹人工林分を対象に、H-N-D関係に地位が及ぼす影響について解析した。

## 2. 資料および方法

### 2.1. 資料

解析対象として、大分県および熊本県内のスギ、ヒノキ同齢単純林 423 林分の収穫調査資料を用いた。対象林では、植栽密度は 3500 本/ha であるが、15 年生時に除伐、20 年生時に本数間伐率約 15% の下層間伐、その後 5~10 年ごとに 10~15% の下層間伐が施されている（増谷，1984）。収穫調査は幼齢林で標準地が設定された以外は、小班を単位に実施された。測定項目は胸高直径と樹高である。胸高直径は小班、もしくは標準地内の全立木について測定された。樹高はそのうちの標本木についてのみ測定された。これらから、林分ごとに調製された樹高曲線を用いて、林分ごとに直径階別平均樹高が推定された。

### 2.2. 解析方法

スギは、アヤスギ、ヤブクグリ等の挿木林分（以下、挿木とする）と吉野系の実生林分（以下、実生とする）とで成長特性が大きく異なり、またここでは挿木と実生に分けて管理されていたことから（加賀，1979）、本論ではスギ挿木（226 林分、林齢 15~70 年）、スギ実生（99 林分、15~70 年）およびヒノキ（98 林分、15~70 年）のグループ別に解析

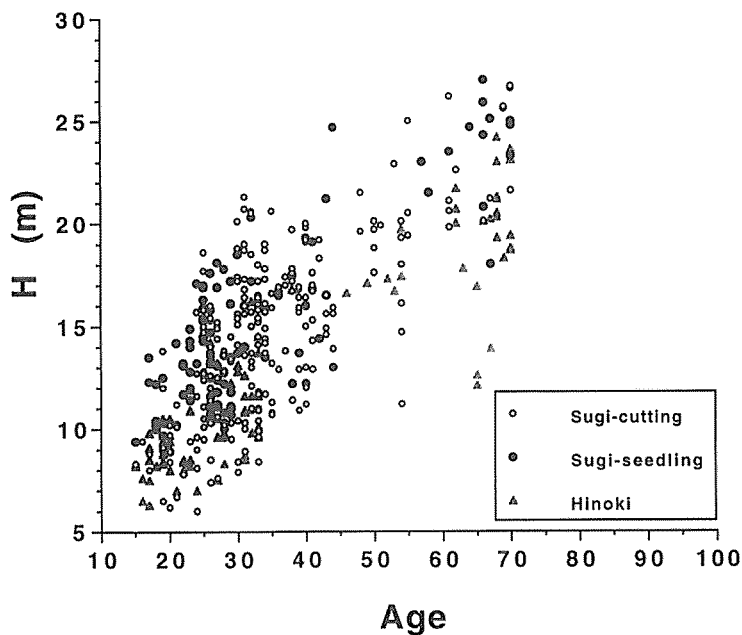


Fig. 1 Relationships between age and H for each stand group.

図1 各林分群における林齢と上層平均樹高との関係

を行った。以下、これら各グループのことを林分群と呼ぶ。

H は森田 (1985) の方法により推定した。すなわち、林分内で樹高の高い方から 30% までの林木の平均樹高を H とした。ただし、樹高は毎木測定していないことから、直径分布と樹高曲線の関係を用い、林分内の樹高の上位 30% を推定した。

解析では、まず、林分密度の指標の一つである相対幹距 Sr

$$Sr = 10^4 / (H_{\text{mean}} \sqrt{N}) \quad (1)$$

および地位指数 (SI) により林分群ごとにデータを層化し、H と形状比 ( $H_{\text{mean}}/D$ ) との関係調べた。相対幹距 Sr は、スギ、ヒノキともに 15% 以下、15.1~20%、20.1~25%、25.1% 以上の 4 段階に層化した。Sr の値が低いほど、林分内の林木のこみ合いが高くなる。地位級は、スギ挿木で地位指数 14m 以下、16~20m、22m 以上に、挿木より成長が早いスギ実生 (図 1) で 14m 以下、16~22m、24m 以上に、スギより成長の遅いヒノキ (図 1) で 12m 以下、14~18m、20m 以上の 3 段階に層化した。なお、地位指数 SI は以下の手順により推定した (木平, 1992)。林齢 50 年における H の値を SI とする。林分群ごとに林齢と H との関係を Richards 関数

$$H = A [1 - \exp^{-kt}]^{1/(1-m)} \quad (6)$$

$t$ : 林齢,  $A$ : 最終到達樹高,  $k$ : 成長速度に関する係数,  $m$ : 成長型を示す係数  
に回帰し、林齢-平均 H 曲線を求める。次に、(6) 式における  $A$  以外の係数  $k$ ,  $m$  を固定し、かつ林齢  $t$  を 50 年に固定する。そして、SI の値を (6) 式の H に代入することで  $A$  を推定し、2 m おきの SI 曲線を求める。推定した SI 曲線から各林分の SI を判定する。

次に、H-N-D 関係に及ぼす地位の影響を、D を目的変数とした重回帰分析により検討した。H と D の間には、ばらつきはあるものの、明瞭な正の直線関係が見られる (寺崎ら, 1964; 金光ら, 1985)。また、D に対する H からの回帰直線の周辺のデータのばらつきは、Sr で説明される (柿原ら, 1976)。そこで、H-N-D 関係に対する地位の影響度を検討する重回帰式として、D は主に H により決定されるとすれば、D に対する H からの回帰式

$$D = a_0 + b_0 H \quad (2)$$

が得られる。この回帰式周辺のデータのばらつきは、Sr および SI により説明されると考えれば、以下の 3 種類の等式が成り立つ。

$$D = a_1 + b_1 H + c_1 Sr + d SI \quad (3)$$

$$D = a_2 + b_2 H + c_2 Sr \quad (4)$$

$$D = a_3 + b_3 H + c_3 SI \quad (5)$$

(3) 式の妥当性を判断するため、ステップワイズ法を適用した。また、(2)、(3)、(4) および (5) 式の決定係数および残差平均平方 (RMS) を算出し、独立変数の増加が決定係数の上昇および RMS の減少にどの程度、影響しているか調べた。

### 3. 結果および考察

図 2 に、スギ挿木の H と  $H_{\text{mean}}/D$  との関係を示す。データが多数プロットされた、Sr 15.1~20.0% 階 (図 2 a)、20.1~25.0% 階 (図 2 b) および 25.1% 以上の階 (図 2 c) の 3 段

階についてのみ示した。Sr 階の間で比較すると、Sr 階が小さいほど、 $H_{\text{mean}}/D$  の値は高かった（共分散分析 ANCOVA,  $F [2,209] = 21.67, p < 0.01$ ）。Sr 階ごとに、地位級の間で  $H$  と  $H_{\text{mean}}/D$  との関係を検討すると、15.1~20.0%階では、地位級間の差は見られなかった（ANCOVA,  $p > 0.05$ ）。しかし、20.1~25.0%階では、地位級 14m 以下の区と 16~20m

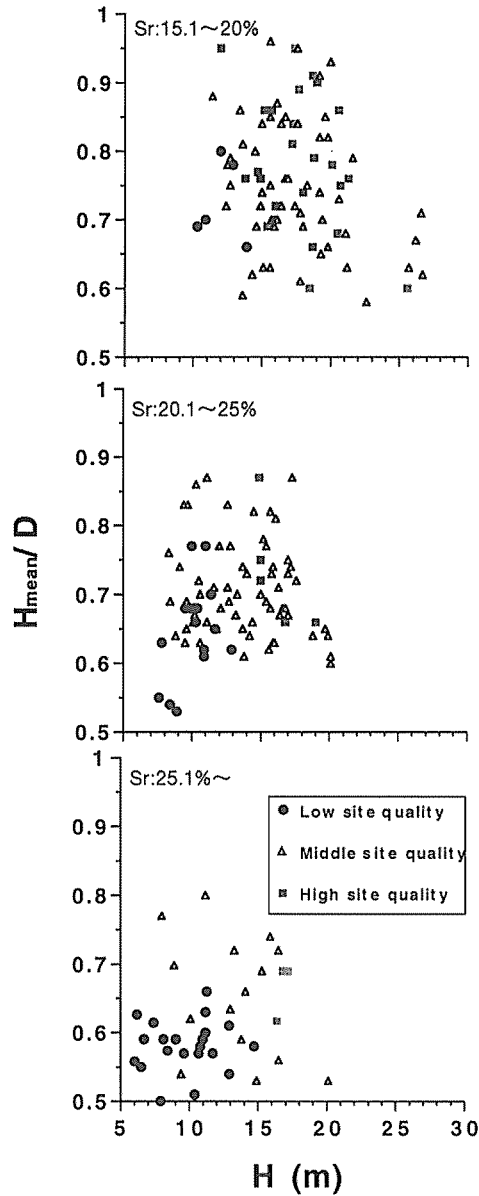


Fig. 2 Relationships between site class and  $H_{\text{mean}}/D$  based on Sr class for Sugi-cutting.

図2 スギ挿木における地位級、相対幹距と形状比との関係

区との間で差が見られ (ANCOVA,  $F [1,74] = 10.09$ ,  $p < 0.01$ ), また, 25.1%以上の階でも, 地位級 14m 以下の区と 16~20m 区との間で差が見られた (ANCOVA,  $F [1,33] = 4.24$ ,  $p < 0.05$ ).

スギ実生は, データの大部分が Sr15.1~20.0%階にプロットされたので, この Sr 階のみ示した (図 3). 地位級の間でデータの分布範囲が分離し, 地位級が高いほど  $H_{\text{mean}}/D$  は高くなった (ANCOVA,  $F [2,63] = 13.61$ ,  $p < 0.01$ ).

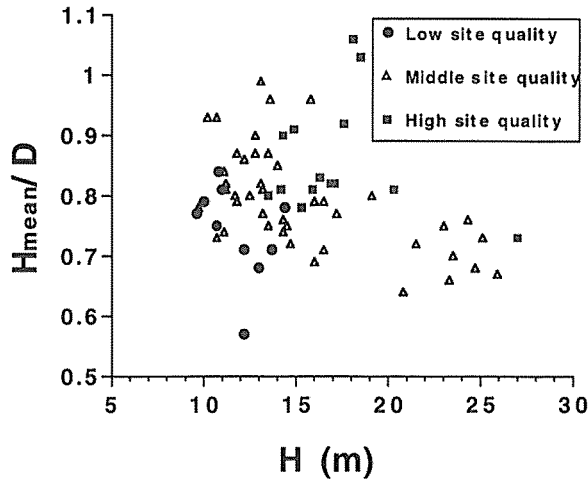


Fig. 3 Relationships between site class and  $H_{\text{mean}}/D$  for Sugi-seedling.

図 3 スギ実生における地位級, 相対幹距と形状比との関係

ヒノキは Sr15.1~20.0%階 (図 4 a), 20.1~25.0%階 (図 4 b) および 25.1%以上の階 (図 4 c) の 3 水準のみ示した.  $H$  と  $H_{\text{mean}}/D$  との関係 Sr 階の間で比較すると, スギ挿木と同様, Sr 階が小になるにつれ,  $H_{\text{mean}}/D$  は高くなった (ANCOVA,  $F [2,92] = 26.54$ ,  $p < 0.01$ ). Sr 階ごとに,  $H$  と  $H_{\text{mean}}/D$  との関係を地位級の間で比較すると, 15.1~20.0%階では, 地位級 14~18m 区と 20m 以上の区との間で差が見られた (ANCOVA,  $F [1,34] = 11.71$ ,  $p < 0.01$ ). しかし, 20.1~25.0%階および 25.1%以上の階では,  $H$  と  $H_{\text{mean}}/D$  との関数に地位級間の差は見られなかった (いずれの Sr 階も, ANCOVA,  $p > 0.05$ ).

次に, 各林分群における (2) ~ (5) 式の決定係数および RMS を表 1 に示す. いずれの林分群においても, 独立変数の増加に伴い, 決定係数の増加, RMS の減少が見られた. また, ステップワイズ法適用の結果, すべての独立変数が 0.1%水準で有意になったことから, (3) 式が選択された.

$$\text{スギ挿木} \quad D = 1.54 + 1.50H + 0.17Sr - 0.37SI$$

$$\text{スギ実生} \quad D = -6.91 + 1.64H + 0.43Sr - 0.33SI$$

$$\text{ヒノキ} \quad D = 0.64 + 1.51H + 0.20Sr - 0.39SI$$

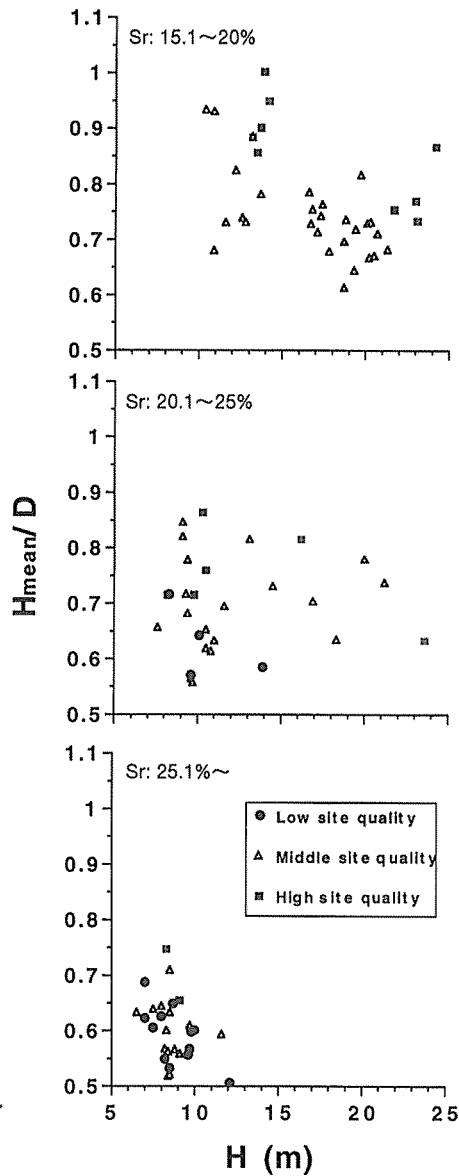


Fig. 4 Relationships between site class and  $H_{\text{mean}}/D$  based on Sr class for Hinoki.

図4 ヒノキにおける地位級、相対幹距と形状比との関係

各林分群の重回帰式における独立変数の係数の符号から、 $H$ が高く、 $Sr$ が大きいほど $D$ は大きくなる。また、 $SI$ が低いほど $D$ は大きくなる。

以上の結果より、林分群に関係なく、林分密度が低い（ $Sr$ が大きい）ほど、また $SI$ が低いほど、 $H$ に対する $D$ は大きくなることが確認された。これは、同一の林分密度と同一の $H$ を持つ林分間では、地位が低いほど、林木の樹高の連年成長量に対する胸高直径の連

表1 独立変数の数が異なる場合の林分平均胸高直径に対する回帰の結果  
Table 1 Results of regressions for D with various number of independent variables.

Stand group	Independent variable	r <sup>2</sup>	RMS
Sugi (cutting)	H	0.767	8.643
	H, Sr	0.796	7.529
	H, SI	0.802	7.311
	H, Sr, SI	0.821	6.611
Sugi (seedling)	H	0.879	5.564
	H, Sr	0.911	4.161
	H, SI	0.907	4.335
	H, Sr, SI	0.938	2.930
Hinoki	H	0.839	6.795
	H, Sr	0.882	5.053
	H, SI	0.874	5.269
	H, Sr, SI	0.904	4.123

年成長量の比が高いことを意味する。しかし、地位の違いにより、林木の伸長成長量と肥大成長量のバランスが変化する機構は明らかでない。それゆえ、林分密度と地位の相乗効果を考慮した上で、地位および林分密度が林木の幹形に及ぼす影響について、今後、実験的に解析していくことが必要である。

## 引用文献

- 安藤 貴 (1968) : 同齡単純林の密度管理に関する生態学的研究. 林試研報 210 : 1-153
- 加賀英昭 (1979) : 九州電力社有林におけるスギ人工林の生長量について : ワイブル分布による直径分布の予測の検討. 日林九支研論 32 : 85-86
- 柿原道喜・木梨謙吉・西沢正久・長 正道 (1976) : 林分シミュレーションに対する生長モデルの研究 (IV) 平均直径の推定法, 樹高曲線式の決定について. 日林論 87 : 89-90
- 金光桂二・南雲秀次郎・石原 猛・鈴木 誠・田中和博・松本陽介・白石則彦・石橋整司・丹下 健 (1985) : 千葉演習林 相の沢スギ品種試験地 50 年の生長経過. 演習林 24 : 65-110
- 木平勇吉 (1992) : システム収穫表. 科研成果報告書, 138pp
- 増谷利博 (1984) : 定性的間伐が行われたスギ人工林の直径分布について. 日林論 95 : 99-100
- 森田栄一 (1985) : 上層木樹高と平均樹高, 直径分布と平均直径との関係解析. 日林九支研論 38 : 35-36
- 竹内郁雄・川崎達郎・森 茂太 (1996) : ヒノキ若齢林分における形状比の変化. 第 107 回日林大会要旨集, p.141
- 寺崎康正・小坂淳一・金 豊太郎 (1964) : 林分の構造と成長, 収穫に関する研究 (第 1 報) 秋田地方スギ人工林の成長と収穫. 林試研報 168 : 1-301

(1996 年 5 月 28 日受付 ; 1996 年 9 月 24 日受理)



## Summary

This paper describes the effects of site quality on the relationships between mean top height (H), stocking (N) and stand mean diameter at breast height (D) for even-aged coniferous plantations. Data from Oita and Kumamoto prefectures for *Cryptomeria japonica* D. Don (Cj) stands oriented from cutting (226 stands), Cj stands oriented from seedlings (99 stands) and *Chamaecyparis obtusa* S. et Z. stands (98 stands) varying from 15- to 70-years-old, was analyzed in the study. From the analysis of the relationship between dimension quotient (the ratio of stand mean height to D) and site quality class based on relative spacing (Sr: an index of stand density) class, it was observed for all stand groups that dimension quotient decreases as Sr class increases and site quality class declines. A regression model for D with H, Sr and site index (SI) of independent variable was significant at a 0.1% level, using stepwise regression technique, for each stand group. The coefficients of the regression model indicated that D increases with a increase in H and Sr, and with a decline in SI for three stand groups.

**Key words** : H - N - D relationship; site index; relative spacing; dimension quotient; multiple regression analysis.