

# 三重県のスギ・ヒノキ人工林における長伐期施業に対応した林分収穫表の作成

誌名	三重県林業研究所研究報告
ISSN	18837484
著者名	島田,博匡
発行元	三重県林業研究所
巻/号	2号
掲載ページ	p. 1-28
発行年月	2010年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



---

 原著論文
 

---

三重県のスギ・ヒノキ人工林における長伐期施業に対応した林分収穫表の作成

Construction of yield tables for sugi (*Cryptomeria japonica*) and hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) plantations applied to long-rotation management in Mie Prefecture

島田博匡<sup>1)</sup>

Hiromasa Shimada

**要旨**：三重県内の民有林における長伐期施業に対応したスギ・ヒノキ人工林の林分収穫表を作成した。地位指数曲線にはMitscherlich関数を適用した。収穫表を構成する林分因子の数値は、調査資料から得られた林分因子の相互関係を用いて地位指数ごとに林齢10年生から150年生まで算出した。作成した林分収穫表を構成する多くの林分因子は林齢約40年生以上で既存林分収穫表の数値よりも大きくなる傾向がみられた。

**キーワード**：ヒノキ人工林，三重県，林分収穫表，スギ人工林，長伐期施業

**Abstract** : I constructed yield tables for sugi (*Cryptomeria japonica*) and hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) plantations applied to long-rotation management in private forests in Mie Prefecture. The Mitscherlich function was applied as site index curves. The numerical values of 10~150 year-old stand composition factor in the yield table were computed for each site index class using reciprocal relation of stand composition factors of stand survey data. Most estimated numerical values of the stand composition factor in the yield table in this study revealed better growth after about 40 years than the values of the existing yield table.

**Keywords** : hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) plantations , long-rotation management, Mie Prefecture, sugi (*Cryptomeria japonica*) plantations, yield table

### はじめに

近年、木材価格の低迷や労働力不足などの受動的な動機、あるいは材質や収益性の向上、保育作業の軽減、森林としての生態的な安定の向上といった積極的な動機により、伐期が従来よりも延期される傾向がある(大住・森, 2002)。三重県の民有林においても、約 200 千 ha のスギ・ヒノキ人工林のうち、従来の伐期齢を超えた林齢 50 年生以上の林分が約 45% を占め(三重県, 2008)、今後も増加することが予想される。このような状況のなか長伐期施業に対応した森林管理技術が必要とされている。しかし、これまでの森林管理技術は柱材生産を主眼としたスギで 30 ~ 40 年、ヒノキで 40 ~ 50 年程度の短伐期施業を行うための技術であり、長伐期施業を支える森林管理技術はいまだ体系化されていない。吉田・松下(1999)は西日本における民有林林分収穫表の特性について、スギ・ヒノキでは 60 年を超すと極端に成長量が小さくなって頭打ちになる現象が認められると報告している。これら既存の林分収穫表のほとんどは 60 年生以上の高齢な人工林がまだあまり存在せず、高齢林の成長解析に必要な実測資料が十分に得られない時代に作成されたことから、高齢級における成長予測は暫定的な

---

<sup>1)</sup> 三重県林業研究所

Mie Prefecture Forestry Research Institute

E-mail : shimah03@pref.mie.jp

ものである（大住・森，2002）．その適合性には懸念があり，近年の高齢林の成長に関する研究事例からは，高齢級においても成長は持続し，既存の林分収穫表で高齢林の成長を予測すると過小評価になる事例が多いことが明らかになってきた（石塚，2006）．また，林木の成長には地域性がある（大友，1969；吉田・松下，1999）ことから，他地域の結果をそのまま三重県に流用することはできない．三重県においても高齢林におけるデータを蓄積し，高齢林の成長特性解明，三重県独自の収穫予測技術を開発する必要がある．特に成長予測，資源量把握に不可欠な林分収穫表の作成は急務となっている．

これまでの林分収穫表の作成では，1950～60年代に国有林の林分収穫表作成に用いられた方法（例えば，林野庁，1953a；同，1953b）と，1980年代前半に多くの県の林分収穫表の作成で用いられた林分密度管理図（以下，密度管理図とする）に基づく作成方法（以下，「密度管理図に基づく作成法」とする；例えば，山本・安井，1983；家原，1990；猪瀬ら，1993）が主として用いられてきた．前者は，樹高，直径，材積などの林分因子の値を林齢との回帰分析をもとに，多少の修正を加えて定めるもので，収集データの制限で頭打ちが発生しやすく（笹川ら，2004），林分因子の相互関係が欠如している（長濱・近藤，2006）．後者は，林分因子の相互関係から求めた樹高と立木本数を密度管理図の諸式に適用して林分因子を定める方法であり，林分因子の相互関係，密度管理図との整合性が保たれている．三重県における既存の林分収穫表「三重県民有林スギ，ヒノキ人工林林分材積表及び収穫予想表（以下，既存収穫表とする；三重県，1983）」もこの方法で作成されている．しかし，密度管理図は標準的な伐期齢を超える林分に適用するには問題がある（長濱・近藤，2006；正木，2007）．また，広範囲の地域を対象として作成されているため，地域によっては不適合が生じる可能性もある（長濱・近藤，2006）．これらのことから，以上の二つの方法を長伐期施業に対応した林分収穫表の作成に適用するには不安がある．一方，近年では林分因子の相互関係を用いて林分収穫表を作成する事例が増加している（以下，「林分因子の相互関係を用いた作成法」とする；猪瀬ら，1992；白石・坂井，1995；笹川ら，2004；松下ら，2004；石橋ら，2006）．この方法は樹高成長をもとに，高い相関関係にある林分因子について推定する方法であり，樹高成長が高齢級まで正確に求められれば，高齢級におけるその他の因子の成長を従来の作成法よりも正確に推定できる可能性がある（笹川ら，2004）．

そこで，本研究では三重県全域の高齢スギ・ヒノキ人工林における調査を行い，高齢林の成長特性の解明，三重県独自の長伐期施業に対応した林分収穫表の作成を試みた．林分収穫表の作成においては，調査データに対して「密度管理図に基づく作成法」の適用性を検討し，その結果を受けて「林分因子の相互関係を用いた作成法」を適用することとした．

## 材料と方法

### 1. 高齢林における毎木調査

三重県全域の民有林から，様々な管理条件下にある林齢68～157年生のスギ人工林45林分，68～170年生のヒノキ人工林48林分を調査地として選定した．2007年5月から2009年12月に，調査地において地形形状や立木密度の状態に応じて，スギで0.047～0.193 ha（平均0.105 ha），ヒノキで0.023～0.164 ha（平均0.081 ha）の調査区を設定し（図-1），調査区内の全植栽木の樹高と胸高直径（ $H=1.2$  m）を測定した．樹高はVertex III（Haglof社製）を用いて0.1 m単位で測定し，胸高直径は直径巻き尺を用いてmm単位で測定した．調査時には間伐候補木を成育状態や樹幹形状などから判断し，これを副林木とした．副林木以外の個体を主林木とした．林齢は森林所有者の施業記録，間伐木の年輪数などから決定し，それらの情報が得られない場合は森林簿記載の数値を林齢とした．調査地における間伐などの施業履歴も聞き取りや資料から可能な限り把握するよう努めた．調査により得られた

データから各調査地の主林木平均樹高 (m), 平均樹高 (m), 平均胸高直径 (cm), 立木本数 (本/ha) を求めた。また, 各個体の樹高と胸高直径から立木幹材積表西日本編 (林野庁, 1970) に記載された材積式を用いて単木の幹材積を算出し, 平均幹材積 (m<sup>3</sup>), 幹材積 (m<sup>3</sup>/ha) を求めた。

## 2. 林分収穫表の作成方法

林分収穫表の作成には, 今回の調査により得られた高齡林データ (以下, 高齡林データとする) に, 既存収穫表 (三重県, 1983) 作成時に使用したスギ 149 林分, ヒノキ 150 林分のデータ (以下, 既存データとする) を加え, スギは林齡 11 ~ 157 年生の計 194 林分, ヒノキは林齡 11 ~ 170 年生の計 198 林分のデータを使用した (図-2)。三重県の森林計画区は北伊勢, 南伊勢,

伊賀, 尾鷲熊野の 4 つに区分されているが, スギでは北伊勢 51 林分, 南伊勢 93 林分, 伊賀 22 林分, 尾鷲熊野 28 林分, ヒノキではそれぞれ 41 林分, 79 林分, 15 林分, 63 林分からデータが得られている。

各林分データの幹材積の実測値 (以下, 実測材積とする)  $V$  と密度管理図から推定した材積の推定値 (以下, 推定材積とする)  $\hat{V}$  を比較するために, 各林分データの主林木平均樹高と立木本数から, スギは (1) 式 (林野庁, 1980), ヒノキは (2) 式 (林野庁, 1981) を用いて推定材積を求めた。

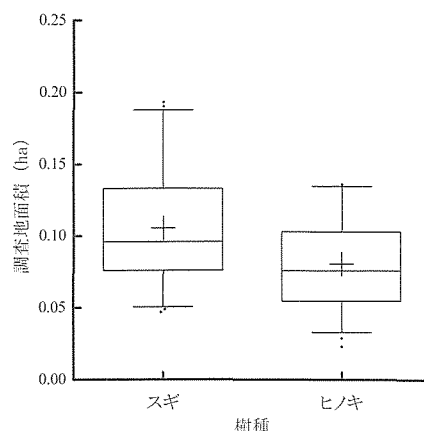


図-1. 高齡林における毎木調査面積. 箱の上端は 75 パーセントイル, 下端は 25 パーセントイル, 箱中の横線は中央値を示す. 箱から上に伸ばしたひげは 95 パーセントイル, 下に伸ばしたひげは 5 パーセントイルを示す. + は平均値, ● は外れ値を示す.

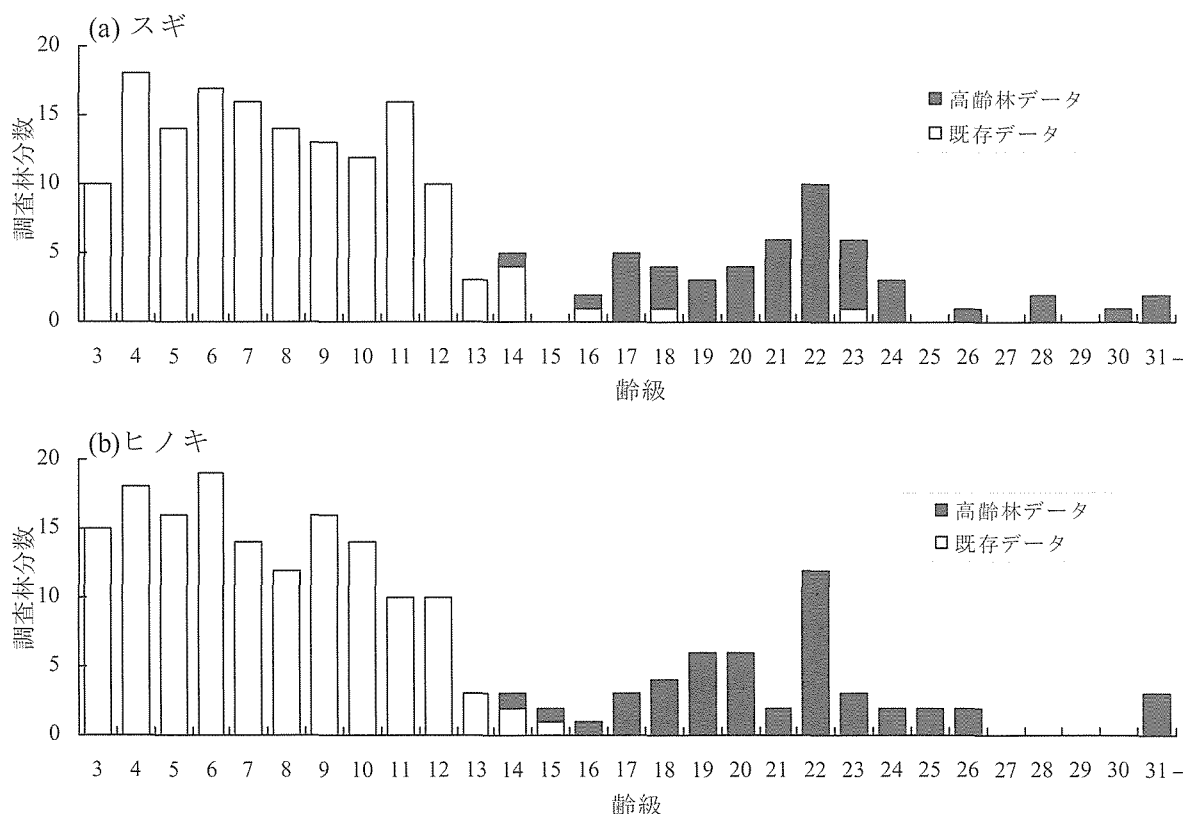


図-2. 齡級別調査林分

$$\hat{V} = (0.082249Ht^{-1.372921} + 3681.6Ht^{-2.867826} / N)^{-1} \quad (1)$$

$$\hat{V} = (0.053887Ht^{-1.183794} + 7663.1Ht^{-3.201510} / N)^{-1} \quad (2)$$

ここで、 $\hat{V}$ ：推定材積， $Ht$ ：主林木平均樹高， $N$ ：立木本数

林分収穫表の作成は「林分因子の相互関係を用いた作成法」を用いて、スギ、ヒノキともに図-3の手順により行った（白石・坂井，1995；笹川ら，2004；石橋ら，2006）。すなわち，①林齢と主林木平均樹高の関係から地位指数曲線を求める。②主林木平均樹高から平均樹高を求める。③平均樹高から平均直径を求める。④平均直径から平均幹材積を求める。⑤平均直径から立木本数を求める。⑥平均幹材積と立木本数から ha あたりの幹材積を求める。以上の手順で地位指数ごとに林齢 150 年生までの林分収穫表を作成した。

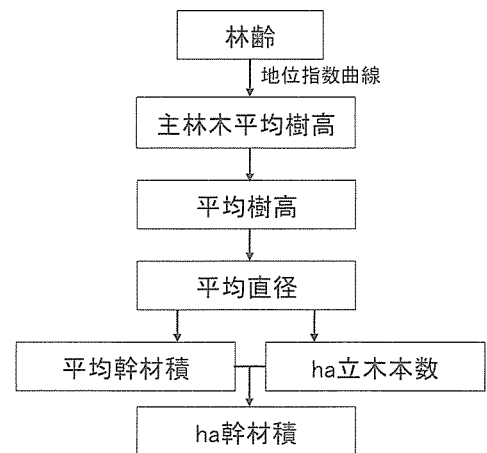


図-3. 林分収穫表作成のフロー

## 結果と考察

### 1. 実測した幹材積と密度管理図から推定した幹材積の比較

実測材積  $V$  と密度管理図からの推定材積  $\hat{V}$  の関係を図-4 に示す。スギにおける両者の関係は、実測材積  $750 \text{ m}^3$  程度まではほぼ 1 : 1 の直線付近にあったが、それ以上で推定材積は過小となる傾向がみられた。ヒノキにおいても実測材積が  $500 \text{ m}^3$  を超えるあたりから推定材積は過小となった。次に、実測材積階ごとに密度管理図の推定精度の検証を行った（表-1）。推定精度の検証は、各林分データの実測材積  $V$  と推定材積  $\hat{V}$  との誤差率を求め、その値が許容範囲内にあるかどうかを統計的に検定するものである（林野庁，1980；同，1981）。具体的には許容誤差率  $E$  の  $\chi^2$  値を（3）式で、危険率 5% の  $\chi^2$  値  $\chi_{(0.05)^2}$  を（4）式で計算し、両者の有意差を検定した。

$$\chi^2 = \frac{1}{E^2} \sum \left[ \frac{\hat{V} - V}{V} \right]^2 \quad (3)$$

$$\chi_{0.05[\nu]}^2 = \frac{1}{2} (t_{0.10[\nu]} + \sqrt{2N-1})^2 \quad (4)$$

ここで、 $N$ ：データ数， $\nu$ ：自由度， $E$ ：許容誤差率 20%， $t_{0.10[\nu]}$ ：Student の  $t$  分布の棄却値

スギでは  $1,000 \text{ m}^3$  以上、ヒノキでは  $750 \text{ m}^3$  以上で両者に有意差がみられ（表-1），許容誤差率を超える誤差が生じていた。福本・藤平（1992）も 70 年生以上の林分ではかなりの誤差が生じることを報告している。密度管理図は 3 齢級から概ね 14 齢級までの林分データから作成されているため（林野庁，1980；同，1981），それを超える高齢級の林分では推定誤差が大きくなり、過小評価になると考えられる。このことから、「密度管理図に基づく作成法」を林分収穫表の作成に適用することは、高齢級における材積の過小評価を招く危険性があると考えられる。また、正木（2007）は長伐期施業において密度管理図のベースとなる群落生態学の理論が当てはまらず、別の概念が必要とされることを指摘している。そのため、本研究では「林分因子の相互関係を用いた作成法」を適用することとした。

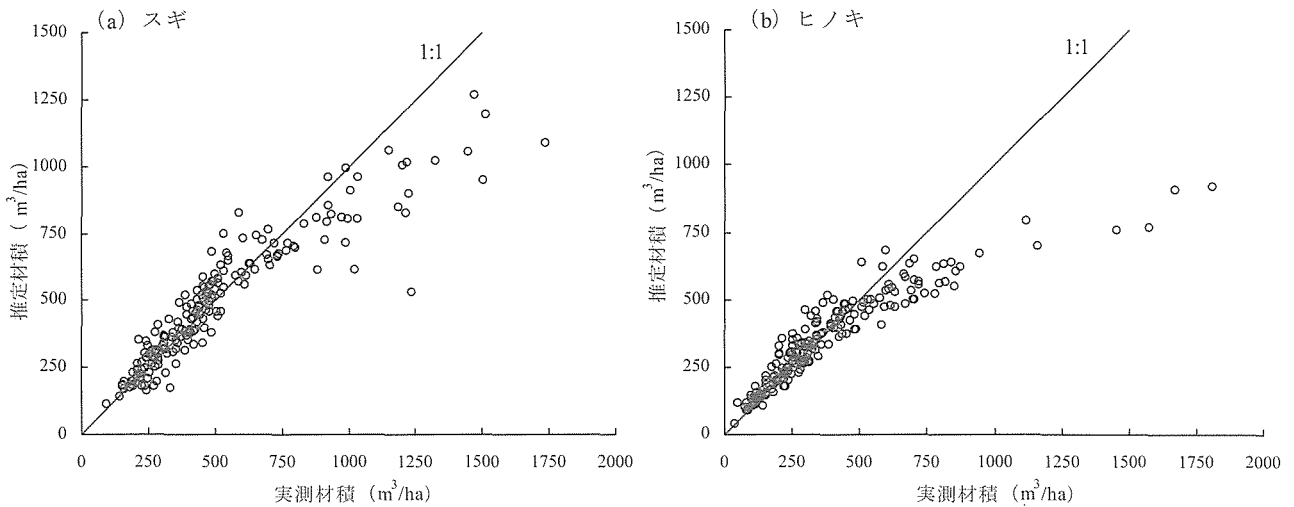


図-4. 実測した幹材積と密度管理図から推定した幹材積の関係

表-1. 密度管理図の推定精度の検証

樹種	実測材積 (m³)	データ数 <i>n</i>	許容誤差率 <i>E</i> のχ <sup>2</sup> 値 <sup>※1</sup>	危険率5%の χ <sup>2</sup> 値 <sup>※2</sup>	検定 <sup>※3</sup>
スギ	0~250	31	32.03	45.20	<i>ns</i>
	250~500	95	62.18	118.72	<i>ns</i>
	500~750	35	18.60	49.98	<i>ns</i>
	750~1000	16	9.61	26.80	<i>ns</i>
	1000~	17	33.48	28.05	<i>p</i> <0.05
ヒノキ	0~250	71	134.43	91.68	<i>p</i> <0.05
	250~500	79	55.20	100.74	<i>ns</i>
	500~750	32	27.28	46.40	<i>ns</i>
	750~1000	10	21.06	19.17	<i>p</i> <0.05
	1000~	6	29.71	14.21	<i>p</i> <0.05

※1, ※2: 算出方法は本文参照

※3: *p*<0.05は危険率5%で有意, *ns*は有意差がないことを示す

## 2. 地位指数曲線の作成

林齢と主林木平均樹高との関係から曲線式を導き、これを分布の中心線（以下、ガイドカーブとする）として地位区分を行った。ガイドカーブを決定するために、成長関数の Mitscherlich (5) 式, Logistic (6) 式, Gompertz (7) 式, Richards (8) 式にデータを当てはめ、赤池情報量基準 (AIC : Akaike information Criterion) が最小のものを採用することとした。曲線式の当てはめには GraphPad Prism version 5.02 for Windows (GraphPad Software 社製) を用い、Levenberg-Marquardt 法による非線形回帰を行った。なお、後述する非線形回帰による指数関数の当てはめも同様の方法で行った。

$$Ht = A(1 - B \cdot \exp(-k \cdot t)) \tag{5}$$

$$Ht = \frac{A}{1 + B \cdot \exp(-k \cdot t)} \tag{6}$$

$$Ht = A \cdot \exp(-B \cdot \exp(-k \cdot t)) \tag{7}$$

$$Ht = A(1 - B \cdot \exp(-k \cdot t))^{\frac{1}{1-m}} \tag{8}$$

ここで、 $H_t$ ：林齢  $t$  における主林木平均樹高理論値， $A$ ： $H_t$  の最終到達量を示すパラメータ， $B$ ： $H_t$  の初期値に関するパラメータ， $k$ ： $H_t$  の成長速度に関するパラメータ， $m$ ：成長曲線の型を示すパラメータ

各成長関数を当てはめた結果を表-2に示す。スギ，ヒノキともにAICが最も小さかったMitscherlich式を採用し，スギは(9)式，ヒノキは(10)式をガイドカーブとして決定した。

$$\text{スギ} \quad H_t = 50.36(1 - 0.9089\exp(-0.008721t)) \quad (9)$$

$$\text{ヒノキ} \quad H_t = 31.24(1 - 0.9333\exp(-0.01484t)) \quad (10)$$

地位指数には，相対的樹高地位と絶対的樹高地位がある(南雲・箕輪，1990)。本研究では利便性を考慮して，相対的樹高地位と絶対的樹高地位を同時に採用し，両者の対応関係を示すこととした。

相対的樹高地位とは林齢の関数として主林木平均樹高を表し，それを何階級かに分けて地位区分するものである。分布範囲の決定は山田・村松(1971)の方法に従い行った。まず，(11)式で平均偏差率  $\delta'$  を求め，(12)式によりガイドカーブと同じ形状となるように上下の界線を定めた。

$$\delta' = \frac{1}{N} \sum \left| \frac{y - \hat{y}}{\hat{y}} \right| \quad (11)$$

$$y' = \hat{y} \pm m\delta'\hat{y} = (1 \pm m\delta')\hat{y} \quad (12)$$

ここで， $\delta'$ ：平均偏差率， $N$ ：データ数， $y$ ：主林木平均樹高の実測値， $\hat{y}$ ：推定値(対応するガイドカーブ上の値)， $m$ ：平均偏差率の倍数

$m = 2.5$  とするとき分布の95.5%を含むことから，分布の上下限の  $m$  を  $\pm 2.50000$  とした。地位区分は3区分として，上下限の範囲内を3等分して上から地位区分Ⅰ，Ⅱ，Ⅲとし，各区分の中心の曲線式の  $m$  はそれぞれ  $+1.66667$ ， $+1.00000$  (ガイドカーブ)， $-1.66667$  とした(図-5)。

絶対的樹高地位とは一定の基準林齢における主林木平均樹高により地位区分するものであり，本研究では基準林齢を40年に設定し，基準林齢における主林木平均樹高を地位指数(site index,  $SI$ )とした。先に林分データの林齢と主林木平均樹高の関係から求めたガイドカーブと同じ形状となるように各地位指数曲線を(13)式により決定した。

$$H = H_x \cdot \frac{SI}{H_{40}} \quad (13)$$

ここで， $H$ ：地位指数  $SI$  に対する曲線上の  $x$  年における主林木平均樹高， $H_x$ ：ガイドカーブ上の  $x$  年における主林木平均樹高， $H_{40}$ ：ガイドカーブ上の基準林齢(40年)における主林木平均樹高

以上の手順で作成した地位指数曲線は図-6のようになった。地位指数曲線と相対的樹高地位の地位区分の分布範囲を比較すると，スギでは地位区分Ⅰの範囲内に地位指数曲線20～22，Ⅱには17～19，Ⅲには14～16が含まれた。地位区分Ⅰ中心線の基準林齢樹高は21.0 m，100年時樹高が36.3 m，Ⅱの中心線(ガイドカーブ)ではそれぞれ18.1 mと31.2 m，Ⅲの中心線ではそれぞれ15.1 mと26.1 mである(図-5)ことから，地位区分Ⅰの中心線は地位指数21，Ⅱは18，Ⅲは15の曲線とほぼ重なった。同様に，ヒノキでは地位区分Ⅰの範囲内に地位指数曲線17～19，Ⅱには14～16，Ⅲには11～13が含まれた。地位区分Ⅰ中心線の基準林齢樹高が18.0 m，100年時樹高が29.3 m，Ⅱの中心線(ガイドカーブ)ではそれぞれ15.1 mと24.6 m，Ⅲの中心線ではそれぞれ12.3 mと20.0 mである(図-5)ことから，地位区分Ⅰの中心線は地位指数18，Ⅱは15，Ⅲは12の曲線とほぼ重なった。

今回新しく作成したガイドカーブ(以下，新ガイドカーブとする)と既存収獲表(三重県，1983)

表-2. 成長関数の当てはめ結果

樹種	成長関数	赤池情報量基準	決定係数	データ数
		AIC	R <sup>2</sup>	n
スギ	Mitscherlich	914.6	0.9023	194
	Logistic	923.4	0.8977	194
	Gompertz	917.9	0.9006	194
	Richards	916.7	0.9023	194
ヒノキ	Mitscherlich	905.0	0.8679	198
	Logistic	921.6	0.8564	198
	Gompertz	912.6	0.8628	198
	Richards	907.1	0.8679	198

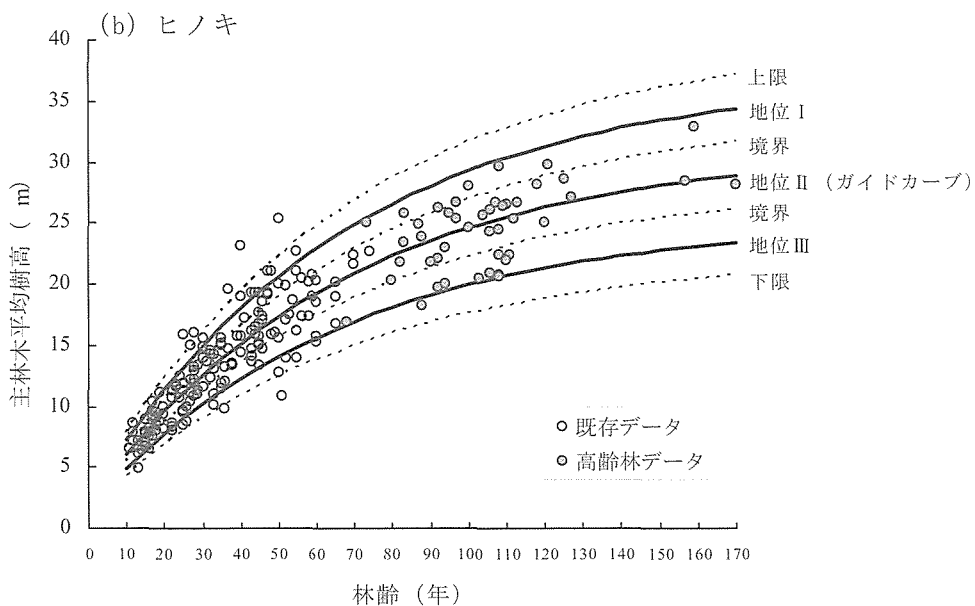
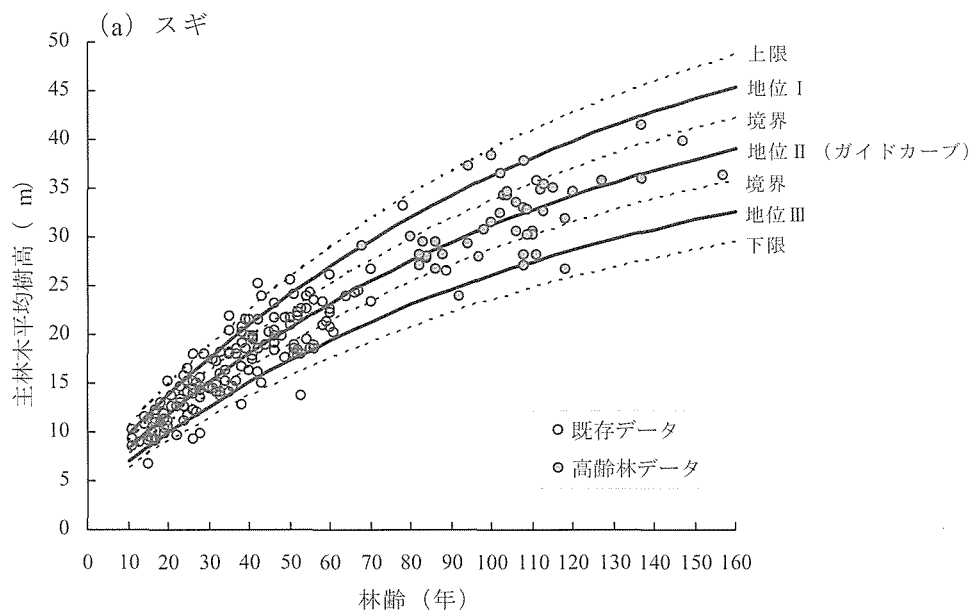


図-5. 樹高と主林木平均樹高の関係から作成したガイドカーブ及び相対的樹高地位の区分



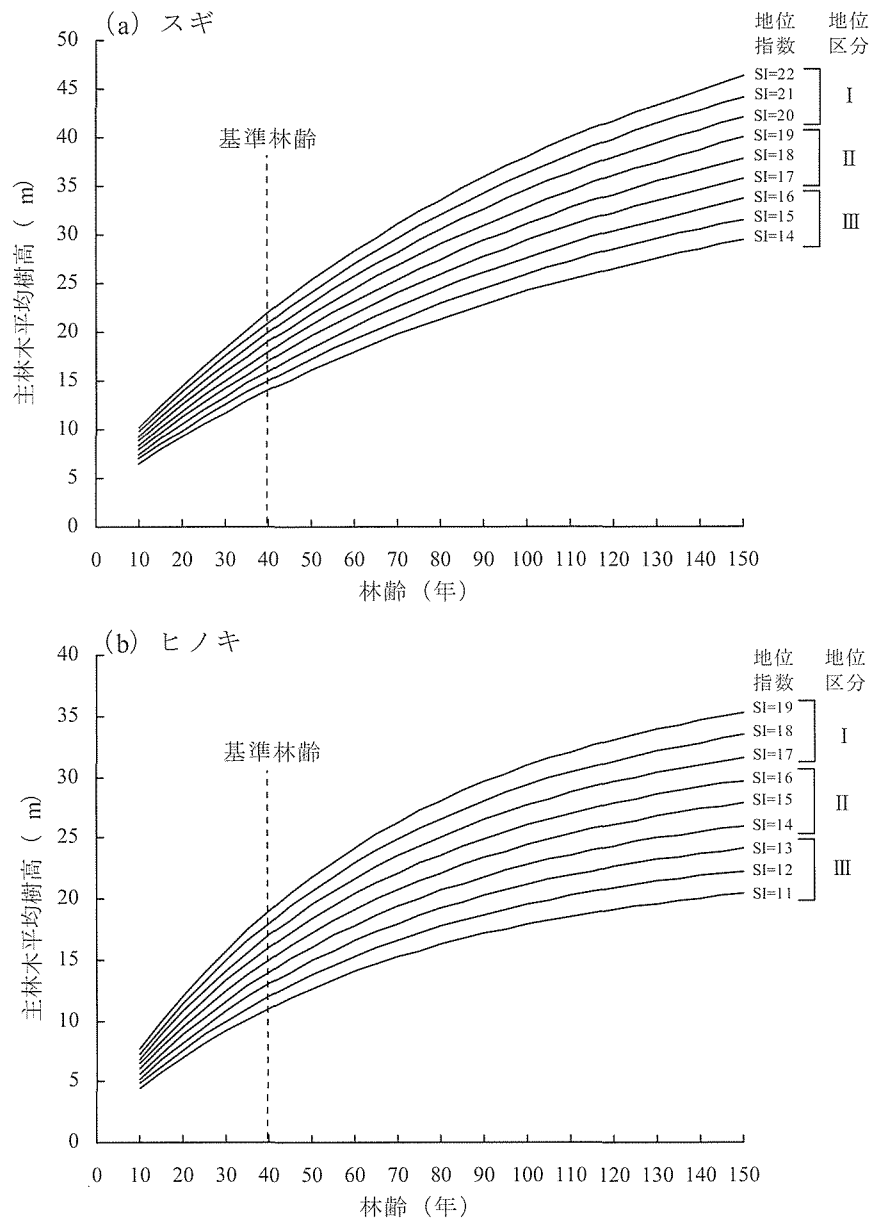


図-6. 地位指数曲線及び絶対的樹高地位と相対的樹高地位の対応

のガイドカーブ（以下、既存ガイドカーブとする）を比較したところ（図-7）、スギの新ガイドカーブは高齢級においても成長が持続する傾向がみられ、林齢40年生までは既存ガイドカーブとほとんど差がみられなかったが、それ以降では上方修正され、林齢が高まるほどその差が増大した。ヒノキの新ガイドカーブは既存ガイドカーブとほぼ重なっており、高齢級での樹高成長はスギと比較して頭打ち傾向にあった。今回みられた傾向と同様の傾向が国内の他地域でも確認されており、スギでは高齢級データを追加して作成されたガイドカーブが従来のガイドカーブを上回る成長を示すことが報告されている（松下ら，2004；佐渡ら，2004；澤田，2004；高橋ら，2004；石井ら，2005；豊田ら，2005；小谷・千木，2006；長濱・近藤，2006）。一方、ヒノキでは従来のガイドカーブのほぼ延長上にあるという事例（佐渡ら，2004；京都府林業試験場2006）や下方修正された事例（長濱，2005）が報告されている。わずかに上方修正された事例（古川，2002；豊田ら，2005）もあるが、高齢級での成長は本研究の結果と同様に頭打ち傾向となっていた。このような傾向はスギ、ヒノキの樹種特性として、地域や品種に関係なく一般的な傾向であると考えられる。

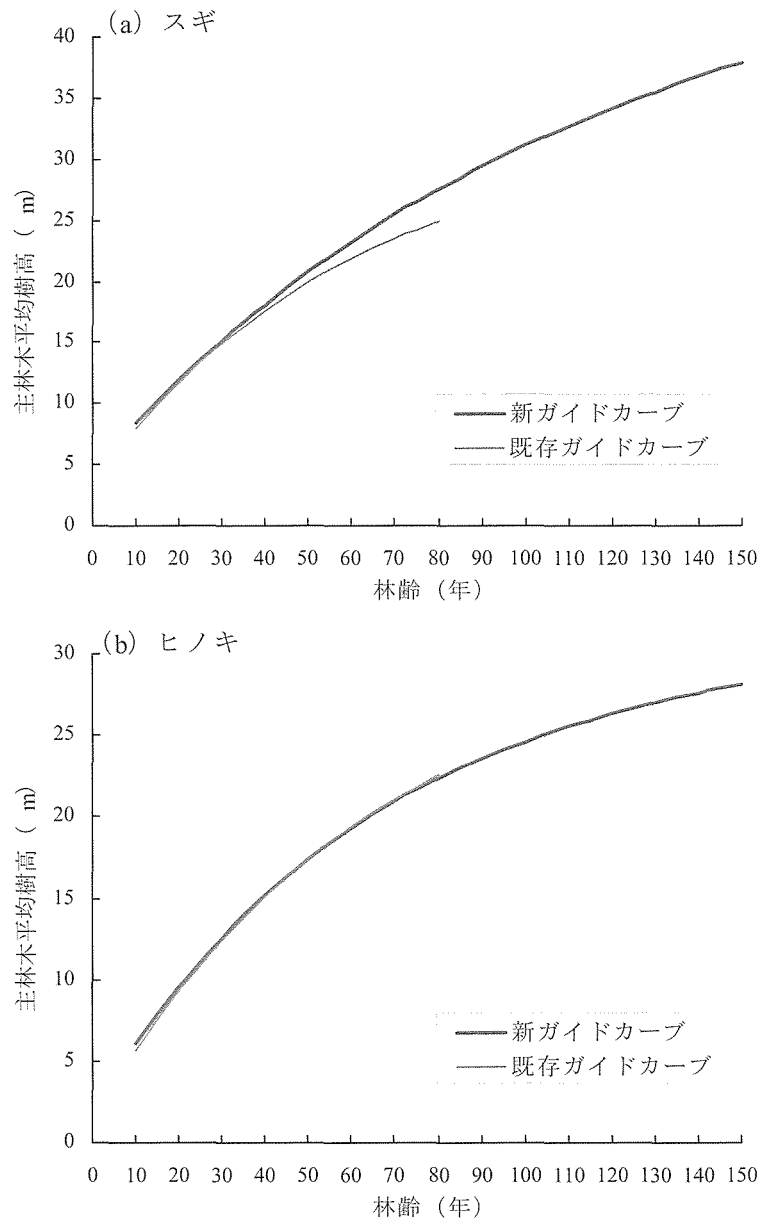


図-7. ガイドカーブの新旧比較

### 3. 林分因子の相互関係の検討と林分収穫表を構成する林分因子の算出

林分収穫表は図-3の手順に従って作成するが、この手順に必要な各回帰式を以下の通り検討した。以下の関係は全て非線形回帰により指数関数を当てはめて近似した。

主林木平均樹高  $H_t$  と平均樹高  $H$  の関係から、スギで (14) 式、ヒノキで (15) 式を得た (図-8)。

$$\text{スギ} \quad H = 1.017H_t^{0.9907} \quad (R^2=0.9976) \quad (14)$$

$$\text{ヒノキ} \quad H = 0.9922H_t^{1.001} \quad (R^2=0.9989) \quad (15)$$

平均樹高  $H$  と平均胸高直径  $D$  の関係から、スギで (16) 式、ヒノキで (17) 式を得た (図-9)。

$$\text{スギ} \quad D = 0.3914H^{1.407} \quad (R^2=0.9311) \quad (16)$$

$$\text{ヒノキ} \quad D = 0.4327H^{1.397} \quad (R^2=0.9192) \quad (17)$$

平均胸高直径  $D$  と平均幹材積  $V$  の関係から、スギで (18) 式、ヒノキで (19) 式の関係を得た (図-10)。

$$\text{スギ} \quad V = 0.0002398D^{2.368} \quad (R^2=0.9933) \quad (18)$$

$$\text{ヒノキ} \quad V = 0.0001389D^{2.523} \quad (R^2=0.9898) \quad (19)$$

平均胸高直径  $D$  と立木本数  $N$  の関係を求めるにあたって、十分に閉鎖した林分のデータを用いる必要がある。そこで、(20) 式で示す相対幹距比  $Sr$  を指標とし、相対幹距比 0.22 未満（石橋ら、2006）のスギ 188 林分、ヒノキ 172 林分のデータを用いて近似することとした。

$$Sr = \frac{100}{\sqrt{N} \cdot Ht} \quad (20)$$

また、三重県の林業における植栽本数は北部 4,000 ～ 5,000 本 /ha、中部 5,000 ～ 6,000 本 /ha、南部 6,000 ～ 8,000 本 /ha と範囲が広い（三重県、1983）ことから、若齢林のデータにおける立木本数のバラツキが大きかった。そこで、平均胸高直径  $D$  と立木本数  $N$  の関係において、より平均的な関係を求めるために、スギでは平均胸高直径 16 cm 未満、ヒノキでは 13 cm 未満のデータにおいては実測値を用いず 1 cm 間隔の直径階毎に平均した数値を用いた。この結果、スギでは (21) 式、ヒノキでは (22) 式の関係を得た（図 -11）。

$$\text{スギ} \quad N = 92751D^{-1.399} \quad (R^2=0.9272) \quad (21)$$

$$\text{ヒノキ} \quad N = 64890D^{-1.302} \quad (R^2=0.8809) \quad (22)$$

以上求めた回帰式を用いて図 -3 の手順により、諸因子を地位指数ごとに算出した。

#### 4. 主林木と副林木構成値の検討

ここまで算出した諸因子は、主林木平均樹高を除いて、主林木と副林木が合わさった数値になっていることから、主林木と副林木を分ける必要がある。

副林木構成値の決定にあたり、まず、平均幹材積  $V$  と副林木平均幹材積  $V_s$  の関係を求め、各地位指数の齢級ごとに算出された平均幹材積  $V$  を関係式に当てはめることで副林木平均幹材積  $V_s$  を求めることとした。今回の高齢林データでは主林木と副林木が区別されているが、既存データからは副林木平均幹材積値が得られなかった。そのため林齢 80 年以下の部分のデータについては、紀州地方スギ林分収穫表（林野庁、1953b）と紀州地方ヒノキ林分収穫表（林野庁、1953a）の各地位、各林齢から平均幹材積と副林木平均幹材積を算出したデータ（以下、紀州地方収穫表データとする）を使用した。得られたデータはスギ 43 点、ヒノキ 54 点である。また、高齢林データからは極端に副林木が少ないデータを除いたスギ 30 林分、ヒノキ 24 林分のデータを用いた。以上のスギ計 73 点、ヒノキ計 78 点のデータから平均幹材積  $V$  と副林木平均幹材積  $V_s$  の関係を近似し、スギで (23) 式、ヒノキで (24) 式を得た（図 -12）。

$$\text{スギ} \quad V_s = 0.6098V^{0.9426} \quad (R^2=0.9270) \quad (23)$$

$$\text{ヒノキ} \quad V_s = 0.7304V^{1.019} \quad (R^2=0.9333) \quad (24)$$

次に、ある林齢で関係式から得られる本数を主副林木合計立木本数、5 年後に関係式から得られる本数を主林木立木本数、その差を副林木立木本数とした（例えば、家原、1990；長濱・近藤、2006）。

副林木立木本数に副林木平均幹材積を乗じて副林木幹材積を算出した。また、間伐が正常に行われているとすれば、現実林分の材積は平均的には「主林木材積 + 1/2 副林木材積」の値をもつとされることから（山田・村松、1971）、ここで算出された林齢ごとの副林木幹材積の 1/2 を図 -3 の手順で求めた幹材積から差し引いて主林木幹材積とした。また、得られた主林木幹材積と副林木幹材積の合計を主副林木合計幹材積とした。

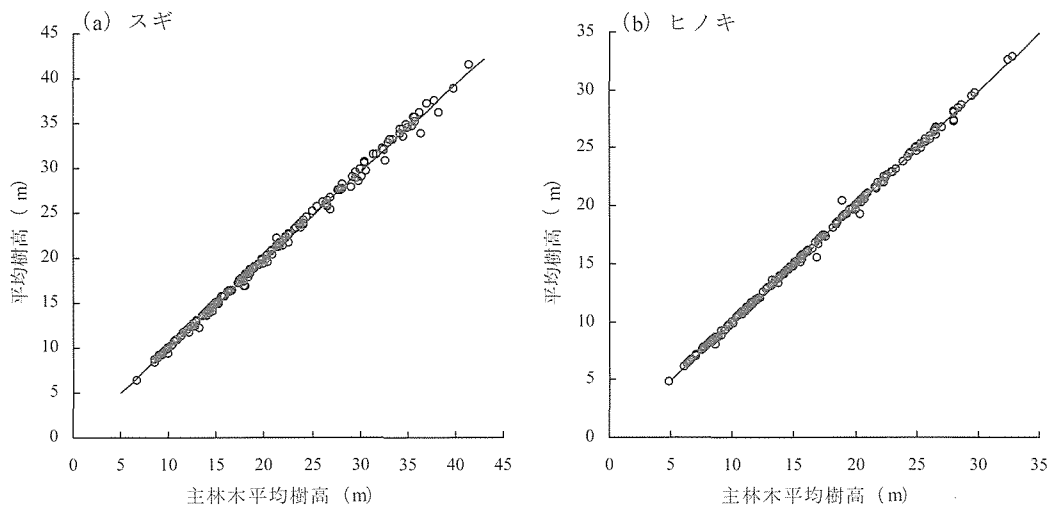


図-8. 主林木平均樹高と平均樹高の関係

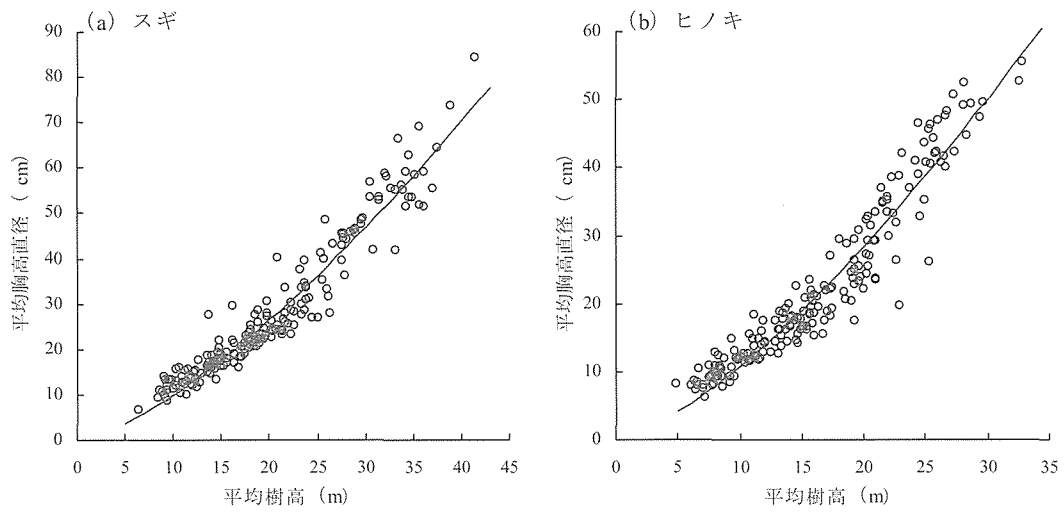


図-9. 平均樹高と平均胸高直径の関係

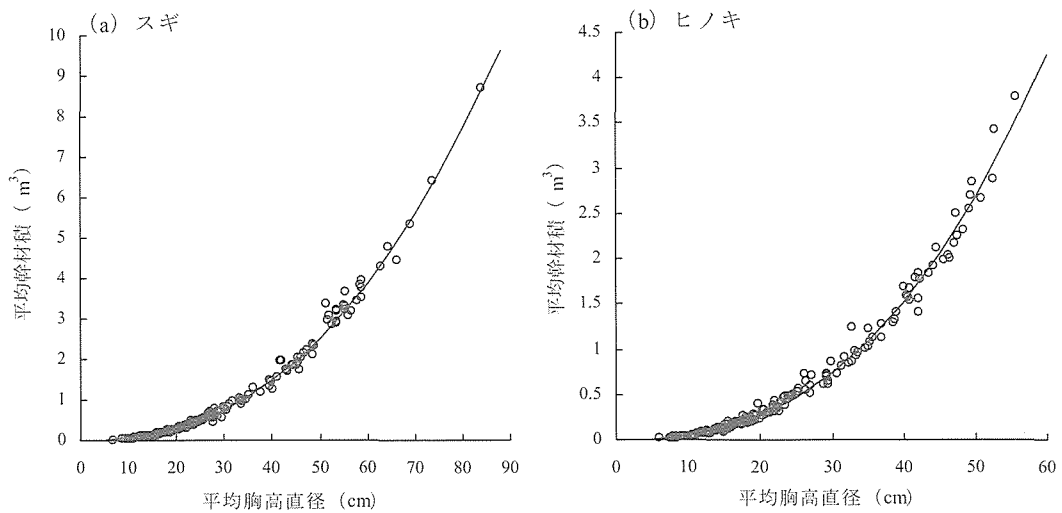


図-10. 平均胸高直径と平均幹材積の関係

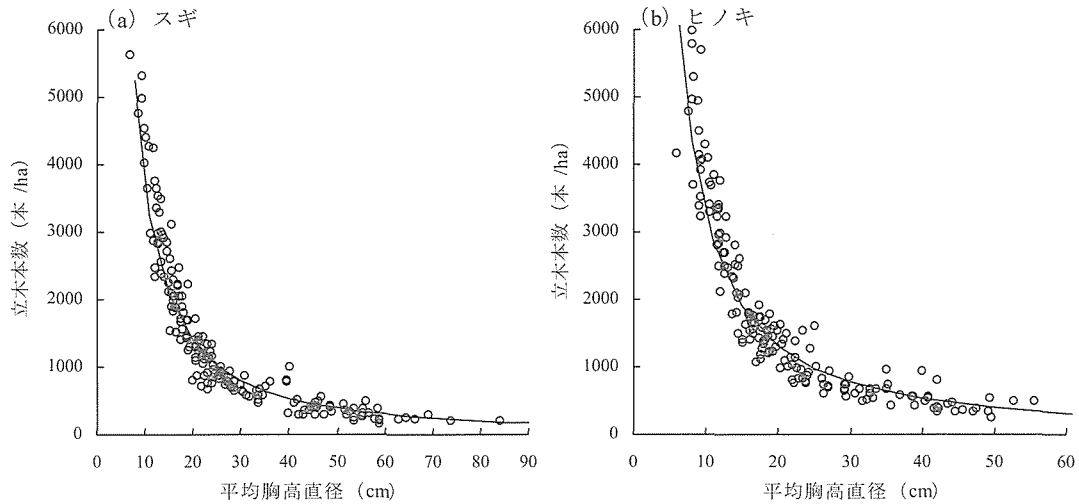


図-11. 平均胸高直径と立木本数の関係

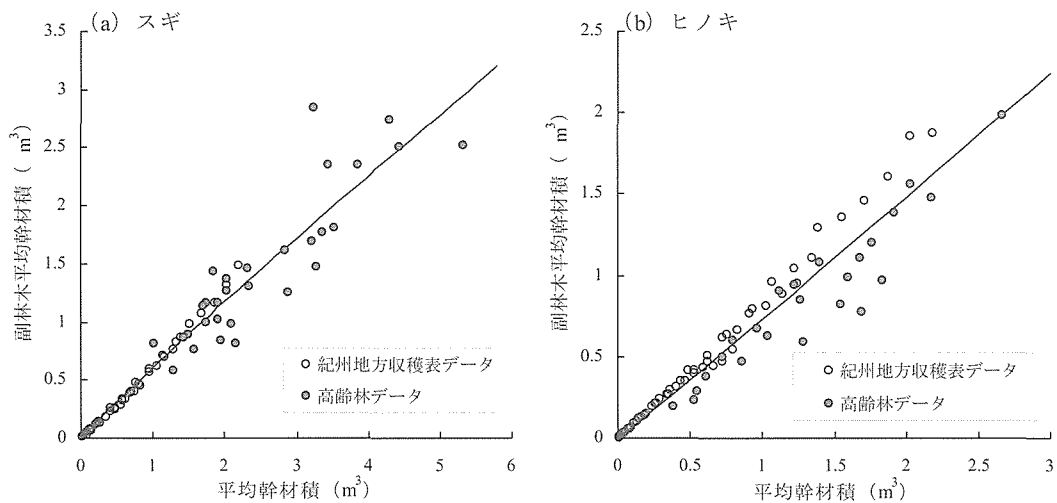


図-12. 平均幹材積と副林木平均幹材積の関係

主林木平均胸高直径については、先に平均樹高  $H$  と平均胸高直径  $D$  の関係より求めたスギ (16) 式、ヒノキ (17) 式を利用し、主林木平均樹高から求めた。

なお、主副林木平均胸高直径には平均胸高直径、主副林木平均樹高には平均樹高が該当する。

### 5. 林分収穫表の作成

以上の方法によって、主林木、副林木、主副林木の構成数値を地位指数ごとに求めた。また、山田・村松 (1971) に従い、連年成長量、平均成長量、総収穫量、成長率を求めた。主林木の連年成長量は後期の主林木幹材積と前期の主林木幹材積との差を期間年数 (5 年) で除した値、平均成長量はその齢階における主林木幹材積を齢階の年数で除した値を示した。主副林木合計の連年成長量は後期の主副林木合計幹材積と前期の主林木幹材積との差を期間年数 (5 年) で除した値、平均成長量はその齢階における総収穫量を齢階の年数で除した値を示した。総収穫量は主林木幹材積に副林木幹材積累計を加えたものである。成長率は前期の主林木幹材積と後期の主副林木合計幹材積を用いて、Pressler (25) 式より求めた。

$$Pv = \frac{V_a - V_{a-n}}{V_a + V_{a-n}} \cdot \frac{200}{n} \quad (25)$$

ここで、 $Pv$  : 成長率,  $V_a$  : 現在の材積 (主副林木合計幹材積),  $V_{a-n}$  :  $n$  年前の材積 (主林木幹材積)  
 これまでの計算結果をまとめ, 三重県スギ人工林林分収穫表 (表-3 ~ 5), 三重県ヒノキ人工林林分収穫表 (表-6 ~ 8) として地位指数ごとに示した. 相対的樹高地位を用いる場合, スギでは地位指数 21 が地位区分 I, 18 が II, 15 が III の林分収穫表に相当する. また, ヒノキでは地位指数 18 が地位区分 I, 15 が II, 12 が III の林分収穫表に相当する.

図-13 には作成した林分収穫表 (以下, 新収穫表とする) から地位指数別の主副林木平均胸高直径を, 図-14 には主副林木合計幹材積を示す. 胸高直径, 材積ともに, 高齢級においても成長が持続する傾向がみられ, 150 年生時の胸高直径はスギの地位指数 21 (地位区分 I) で 78.7 cm, 地位指数 18 (地位区分 II) では 63.5 cm, 地位指数 15 (地位区分 III) では 49.2 cm に達した. ヒノキでは地位指数 18 (地位区分 I) で 57.9 cm, 地位指数 15 (地位区分 II) で 44.8 cm, 地位指数 12 (地位区分 III) では 32.8 cm であった. 150 年生時の主副林木合計幹材積はスギの地位指数 21 (地位区分 I) で 1,539 m<sup>3</sup>, 地位指数 18 (地位区分 II) では 1,250 m<sup>3</sup>, 地位指数 15 (地位区分 III) では 978 m<sup>3</sup> であった. ヒノキでは地位指数 18 (地位区分 I) で 1,286 m<sup>3</sup>, 地位指数 15 (地位区分 II) では 942 m<sup>3</sup>, 地位指数 12 (地位区分 III) では 643 m<sup>3</sup> となった.

図-15 に新収穫表の主副林木平均胸高直径の中心線 (スギ SI=18, ヒノキ SI=15) と既存収穫表の中心線 (地位 III) の比較結果を, 図-16 には主副林木合計幹材積の比較結果を示す. 新収穫表は既存

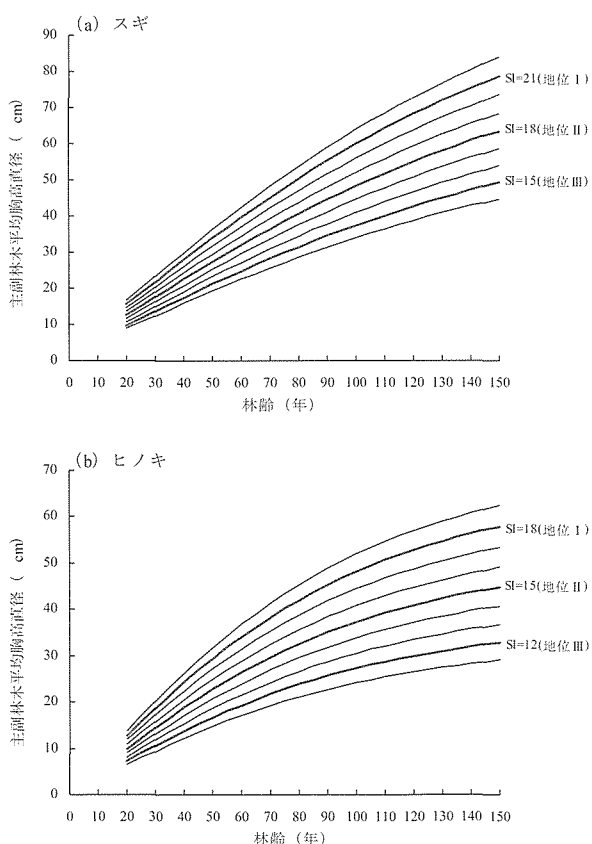


図-13. 新収穫表の主副林木平均胸高直径

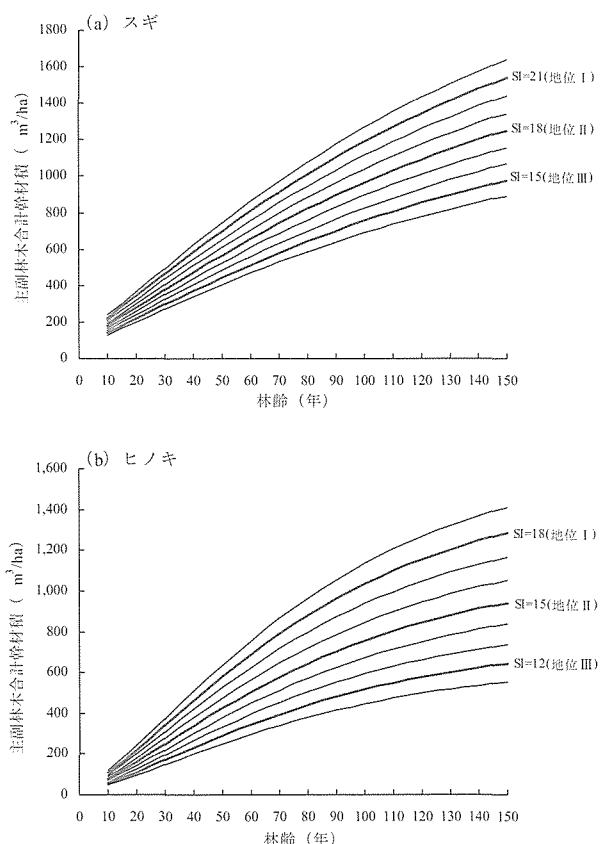


図-14. 新収穫表の主副林木合計幹材積

収穫表と比較して、いずれも林齢約40年生程度までは大差がなかったが、それ以降では新収穫表の数値が高くなり、林齢の経過とともにその差は増大する傾向がみられた。直径や材積についても樹高と同様に林齢80年生を過ぎても成長が衰えない事例が各地から報告され、従来の収穫表などで高齢林の成長を予測すると過小評価になることが多くの県で明らかになっている（石塚，2006）。本研究により、三重県においても同様の傾向がみられることが確認された。

### おわりに

今回の調査で新たに得られた高齢林データと既存データを用いて、三重県における林齢150年生までの長伐期施業に対応した林分収穫表を作成した。これにより林齢80年生までしか対応していなかった既存収穫表にかわり、150年生までの樹高、直径、材積などの諸因子を推定できることになった。近年、長伐期化傾向にある三重県内のスギ・ヒノキ人工林の管理や収穫予測、資源量の把握などを行う上で有益なツールになると考えられる。なお、林分収穫表では施業方法が固定されていることから、多様な森林管理には対応できない。そのため、より柔軟な収穫予測が可能となるようにシステム収穫表の開発にも取り組む予定である。

今後の課題として、今回得られた高齢林データでは特に林齢120年生以上のデータが少なかった（図-2）ことから、さらにデータを蓄積したうえで再解析を行い、高齢級における推定精度を高める必要がある。また、近年では間伐が十分に行われていない林分も多く、過密のままに高齢化していく林分が増加することが予想されるが、このような人工林の高齢段階における成長データは少ない（鈴木ら、

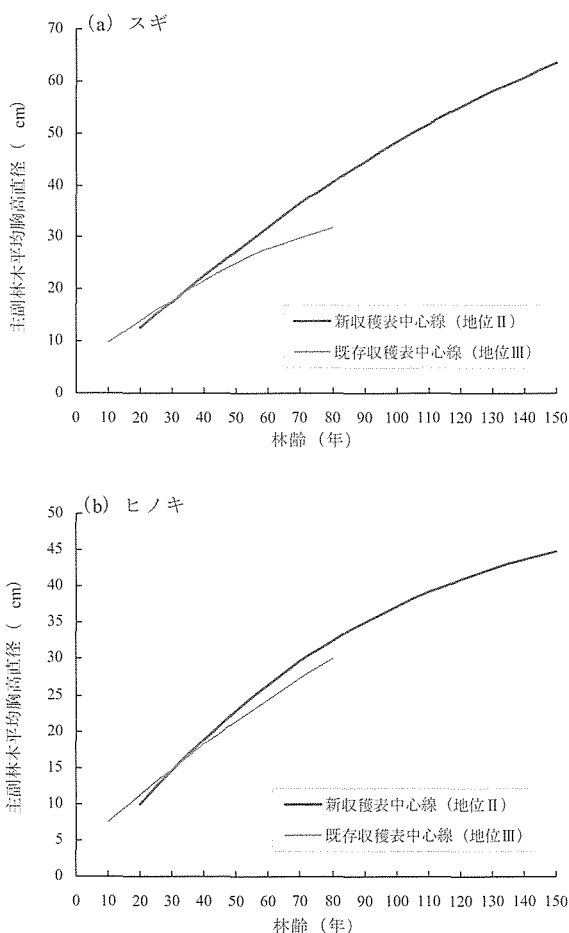


図-15. 主副林木平均胸高直径中心線の新旧比較

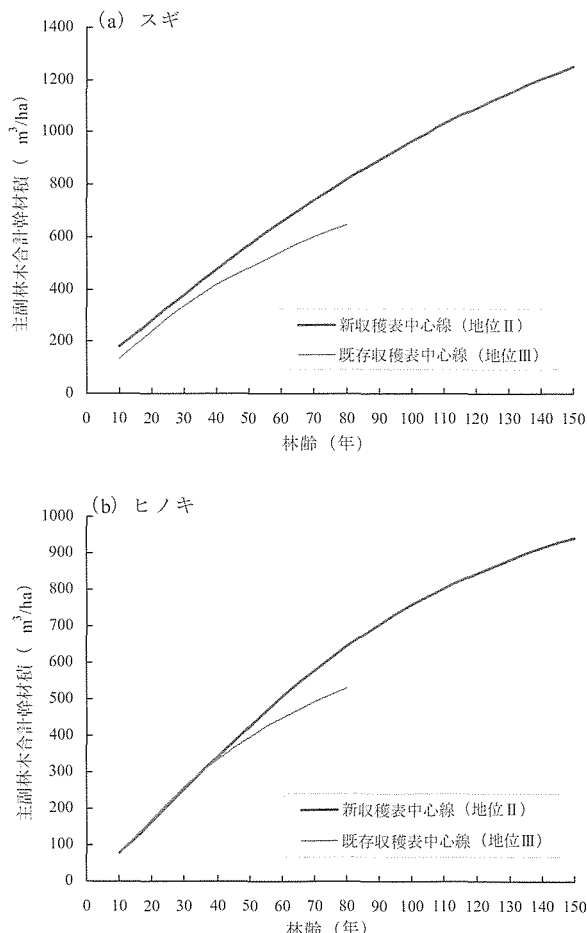


図-16. 主副林木合計幹材積中心線の新旧比較

2005 ; 同, 2009). 一方では, 低コスト化の観点から植栽本数の削減, 間伐率の上昇などの傾向もみられる. また, 間伐の収益性の確保や環境機能の発揮を目的として, 選木を伴わない間伐(列状間伐)や強度間伐が行われ, 不良形質木が残存するなど個体の形質が軽視される傾向もみられる(鈴木ら, 2009). このような施業地がどのような成長経過を示すのかということについても明らかになっていない. このように従来はみられなかった人工林の状態や施業の多様化に対応するために, 高齢級のみならず若齢から高齢までの様々な管理状態の林地で調査資料を蓄積し, 成長特性の解明や収穫予測技術の開発を行う必要がある.

### 謝辞

高齢林調査にあたり三重県内の多くの山林所有者様にご協力いただきました. 三重大学大学院生物資源学研究所の松村直人教授, (独) 森林総合研究所北海道支所の石橋聡氏, 同関西支所の田中邦宏氏, 国立環境研究所の笹川裕史氏には林分収穫表の作成にあたり, 有意義なご助言をいただきました. 三重県林業研究所の井面美義氏, 河上芳子氏, 豊田満氏, 長谷川俊二氏には現地調査を手伝っていただきました. ここに記して謝意を表します.

### 引用文献

- 福本通治・藤平拓志(1992) スギ高齢林分の林分密度管理図へのあてはめ. 奈良県林試林業資料7: 21-24.
- 古川 仁(2002) 高齢ヒノキの樹高成長. 中森研 50: 17-18.
- 家原敏郎(1990) 大阪営林局管内国有林の高齢級林の収穫予測(Ⅱ) - 収穫予想表の作成 -. 日林関西支講 41: 215-218.
- 猪瀬光雄・佐野 真・石橋 聡(1993) 密度管理図をもとにしたカラマツの収穫予想表. 北方林業 45: 76-81.
- 猪瀬光雄・Saridi Z・中村 毅(1992) アカシア・マンギウムの成長解析(2) - 収穫予想表の作成 -. 北方林業 44: 157-159.
- 石橋 聡・鷹尾 元・高橋正義・駒木貴彰・飯田滋生(2006) 北海道地方版カラマツ人工林収穫予想表. 8pp.
- 石井洋二・斎藤 寛・五十嵐正徳(2005) 福島県会津地方のスギ高齢林の樹高成長. 日林誌 87: 419-421.
- 石塚森吉(2006) 国補大型プロジェクト研究を総括する - 「長期育成循環施業に対応する森林管理技術の開発」から -. (長伐期林を解き明かす. 全林協編, 全林協, 東京). 58-67.
- 小谷二郎・千木 容(2006) 立地環境要因によるスギ高齢林の地位指数および形質の推定. 石川県林試研報 38: 16-20.
- 京都府林業試験場(2006) 京都府民有林スギ・ヒノキ人工林収穫予想表及び材積表. 研究資料 12: 1-172.
- 正木 隆(2007) 群落生態学からみた長伐期施業. 山林 1473: 23-29.
- 松下啓太・近藤洋史・福里和朗(2004) 耳川流域におけるスギ林分収穫予想表の調整(Ⅰ) - 西郷村での調整 -. 九州森林研究 57: 192-193.
- 三重県(1983) 三重県民有林スギ, ヒノキ人工林材積表及び収穫予想表. 128pp.
- 三重県(2008) 平成19年度版森林・林業統計書. 107pp.



- 長濱孝行 (2005) 長伐期施業に対応した鹿児島県ヒノキ人工林管理基準. 鹿児島林試研報 9 : 7-25.
- 長濱孝行・近藤洋史 (2006) 長伐期施業に対応した鹿児島県スギ人工林収穫予測. 日林誌 88 : 71-78.
- 南雲秀次郎・箕輪光博 (1990) 現代林学講義 10 測樹学. 243pp, 地球社, 東京.
- 西山嘉寛・阿部剛俊 (2002) 長伐期施業に対応する森林管理技術の研究—高齢林内における下層植生の現存量の推定と林分収穫予想表の作成—. 岡林試研報 18 : 33-66.
- 大住克博・森麻須夫 (2002) 高齢な針葉樹人工林の成長. (長伐期林の実際—その効果と取り扱い技術—. 桜井尚武編著, 林業科学技術振興所, 東京). 11-19.
- 大友栄松 (1969) スギ林成長の地域的比較. (スギのすべて. 坂口勝美監, 全林協, 東京). 341-348
- 林野庁 (1953a) 収穫表調整業務研究資料第 6 号 紀州地方ヒノキ林林分収穫表調製説明書. 55pp.
- 林野庁 (1953b) 収穫表調整業務研究資料第 7 号 紀州地方スギ林林分収穫表調製説明書. 57pp.
- 林野庁 (1970) 立木幹材積表西日本編. 319pp, 日本林業調査会, 東京.
- 林野庁 (1980) スギ人工林林分密度管理図説明書 南関東・東海地方. 28pp.
- 林野庁 (1981) ヒノキ人工林林分密度管理図説明書 南近畿・四国地方. 28pp.
- 佐渡靖紀・栗田 猛・山田隆信 (2004) 長伐期施業に対応する森林管理技術の開発—山口県スギ・ヒノキ人工林林分収穫予想表 (長伐期対応版) の作成—. 山口県林指セ試験報告 17 : 1-7.
- 笹川裕史・白石則彦・松本光朗 (2004) 林分因子の相互関係を用いた林分収穫表調整法の検討. 日林関東支論 55 : 65-66.
- 澤田智志 (2004) 長期育成循環施業に対応する森林管理技術の開発. 秋田県森技研報 13 : 65-88.
- 白石則彦・坂井康宏 (1995) アカエゾマツ人工林の収穫予想表作成. 北方林業 47 : 82-85.
- 鈴木善郎・野上啓一郎 (1998) 静岡県スギ及びヒノキ人工林システム収穫表の作成—長伐期施業に対応する密度管理と収穫予測システムの開発—. 静岡県林技センター研報 26 : 15-49.
- 鈴木和次郎・池田 伸・平野辰典・須崎智広・和佐英二・石神智生 (2009) 高齢級ヒノキ人工林の林分構造にみる間伐履歴の影響. 日林誌 91 : 9-14.
- 鈴木和次郎・須崎智広・奥村忠充・池田 伸 (2005) 高齢級化に伴うヒノキ人工林の発達様式. 日林誌 87 : 27-35.
- 高橋史彦・金澤好一・伊藤英敏・小野里光・田中 功 (2004) 群馬県におけるスギ高齢林の現状と長伐期施業の可能性について. 群馬県林試研報 10 : 20-37.
- 豊田信行・石川 実・中岡圭一 (2005) 愛媛県高齢級針葉樹人工林の樹高成長. 愛媛県林技研報 23 : 41-48.
- 山田茂夫・村松保男 (1971) 例解測樹の実務 再訂増補. 258pp, 地球社, 東京.
- 山本充男・安井鈞 (1983) 島根県スギ人工林収穫予測表 1. 林分密度管理図に基づく作成システム. 山陰文研紀要 23 : 55-69.
- 吉田茂二郎・松下幸司 (1999) 民有林の林分収穫表の特性について. 森林計画誌 33 : 19-27.













付表-1(1). 林分収穫表の作成に使用したデータの一覧(スギ1)

	主林木 平均樹高	立木本数 本/ha	胸高断面積 m <sup>2</sup> /ha	幹材積 m <sup>3</sup> /ha	平均 胸高直径	主副林木 平均樹高 m	林齢 年	森林計画区
	m				cm			
1	9.3	4,970	36.37	195.2	9.4	9.2	11	南伊勢
2	8.6	5,321	39.00	181.6	9.4	8.4	11	南伊勢
3	8.6	2,772	27.67	143.2	11.1	8.6	11	北伊勢
4	10.2	2,338	27.00	155.6	12.0	10.2	11	南伊勢
5	8.9	3,638	33.73	160.4	10.6	8.9	13	北伊勢
6	10.8	4,398	37.98	237.7	10.3	10.8	14	北伊勢
7	11.4	3,541	46.58	290.2	12.8	11.4	14	北伊勢
8	6.7	5,619	22.24	92.6	6.8	6.4	15	伊賀
9	9.5	3,007	43.65	226.7	13.3	9.5	15	尾鷲熊野
10	9.1	2,915	46.16	242.7	13.9	9.1	15	尾鷲熊野
11	9.3	4,270	40.43	206.2	10.8	9.3	16	南伊勢
12	10.0	2,980	31.59	187.9	11.3	10.0	16	南伊勢
13	9.1	4,538	37.05	189.8	10.0	9.1	17	南伊勢
14	12.2	1,880	37.51	230.2	15.6	11.6	17	尾鷲熊野
15	11.3	2,820	37.91	214.0	12.9	11.3	17	伊賀
16	11.8	3,654	45.22	288.7	12.4	11.8	17	北伊勢
17	9.3	4,760	30.39	159.2	8.8	9.3	17	北伊勢
18	10.9	2,838	36.83	221.9	12.7	10.9	17	伊賀
19	10.9	2,342	37.25	223.4	14.0	10.9	18	北伊勢
20	13.0	2,717	47.48	323.1	14.6	13.0	18	尾鷲熊野
21	11.8	2,960	44.59	265.4	13.7	11.8	19	伊賀
22	9.9	2,460	30.00	157.4	12.1	9.4	19	尾鷲熊野
23	10.4	2,980	39.51	221.4	12.8	10.3	19	伊賀
24	10.3	3,120	44.95	248.0	15.6	10.2	19	伊賀
25	11.3	4,016	31.65	212.0	9.9	11.3	19	北伊勢
26	15.2	1,685	48.36	355.2	18.8	14.9	20	南伊勢
27	11.2	3,752	47.66	281.0	12.2	11.2	20	南伊勢
28	10.6	2,292	47.58	282.8	15.8	10.6	20	尾鷲熊野
29	12.6	4,254	50.15	358.3	11.7	12.4	21	南伊勢
30	13.7	1,985	44.77	345.6	16.0	13.7	21	南伊勢
31	12.6	1,250	31.69	209.8	17.7	12.6	22	伊賀
32	9.6	3,000	43.05	238.2	13.3	9.6	22	尾鷲熊野
33	12.9	3,353	43.84	314.9	12.5	12.8	23	南伊勢
34	13.3	2,110	38.52	253.7	14.8	12.2	23	伊賀
35	14.7	1,720	41.52	307.4	17.3	14.6	23	南伊勢
36	15.8	1,900	48.70	376.8	17.8	15.6	24	尾鷲熊野
37	12.6	2,545	38.81	266.8	13.3	12.3	24	北伊勢
38	11.2	2,604	51.79	315.9	15.4	11.2	24	尾鷲熊野
39	15.2	1,872	41.01	316.7	16.4	15.2	25	南伊勢
40	16.5	2,221	50.93	420.0	16.9	16.4	25	南伊勢
41	14.0	1,880	40.12	277.6	16.3	13.5	25	南伊勢
42	11.6	2,090	40.58	256.8	15.5	11.6	25	北伊勢
43	15.1	2,042	52.88	395.5	17.8	14.9	26	南伊勢
44	17.9	1,240	48.32	411.2	21.2	17.4	26	尾鷲熊野
45	13.8	2,835	49.75	364.8	14.5	13.8	26	北伊勢
46	14.5	3,486	52.21	395.8	13.4	14.5	26	北伊勢
47	12.3	1,541	29.78	196.9	15.4	12.3	26	尾鷲熊野
48	9.2	3,294	53.73	331.8	13.2	9.2	26	尾鷲熊野
49	15.0	2,042	44.10	339.8	16.2	14.9	27	南伊勢
50	12.0	2,864	34.19	226.2	11.9	12.0	27	北伊勢
51	14.6	2,433	49.16	372.4	15.5	14.4	28	南伊勢
52	13.6	2,243	41.22	283.7	15.1	13.5	28	南伊勢
53	9.9	2,560	37.68	195.6	13.4	9.8	28	尾鷲熊野
54	14.3	1,520	33.57	240.9	16.5	14.1	28	伊賀
55	14.6	1,420	40.18	280.2	18.6	14.0	28	伊賀
56	15.6	2,042	50.66	405.8	17.1	15.6	28	北伊勢
57	17.9	1,139	39.65	361.2	20.4	17.9	29	南伊勢
58	14.6	1,559	41.17	312.1	17.9	14.6	30	北伊勢
59	14.4	1,400	34.53	258.2	17.3	14.4	30	北伊勢
60	14.4	1,895	42.09	306.1	16.2	13.9	31	南伊勢
61	17.5	809	26.45	218.3	20.0	17.5	31	南伊勢
62	17.3	1,806	49.67	430.3	18.2	17.2	32	南伊勢
63	14.0	1,440	40.91	277.6	18.6	13.6	32	伊賀
64	14.8	1,097	37.60	288.1	20.4	14.8	32	伊賀
65	15.9	1,693	51.19	407.0	19.1	15.6	33	北伊勢



付表-1(2). 林分収穫表の作成に使用したデータの一覧 (スギ2)

	主林木 平均樹高	立木本数	胸高断面積	幹材積	平均 胸高直径	主副林木 平均樹高	林齡	森林計画区
	m	本/ha	m <sup>2</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha	cm	m	年	
66	18.1	1,816	40.66	365.9	16.0	16.8	33	北伊勢
67	13.7	2,199	61.24	388.1	16.8	13.7	33	尾鷲熊野
68	14.1	2,465	60.77	454.5	17.2	14.1	33	尾鷲熊野
69	15.2	2,229	65.51	488.5	19.0	15.0	34	南伊勢
70	16.3	1,469	42.73	344.5	18.8	16.3	34	北伊勢
71	20.4	1,036	41.25	390.8	22.1	19.5	35	南伊勢
72	21.9	1,147	53.80	537.5	24.0	21.3	35	南伊勢
73	17.9	1,220	54.83	458.0	23.6	17.9	35	伊賀
74	14.0	2,043	43.10	317.8	15.8	14.0	35	北伊勢
75	18.1	761	36.35	313.5	24.1	18.1	35	南伊勢
76	14.7	1,300	39.09	278.5	19.3	14.6	36	伊賀
77	15.2	1,451	58.57	421.0	22.0	14.8	37	南伊勢
78	17.9	710	28.18	243.5	21.9	17.9	37	伊賀
79	18.6	777	47.91	426.4	27.5	18.6	37	南伊勢
80	16.6	1,368	52.17	422.6	21.3	16.4	38	南伊勢
81	12.8	2,372	36.28	244.8	13.4	12.3	38	南伊勢
82	20.7	1,020	48.37	466.3	24.3	20.7	38	南伊勢
83	19.0	1,403	51.87	476.9	21.2	19.0	38	北伊勢
84	20.2	850	41.48	396.2	24.2	20.2	38	北伊勢
85	18.5	760	32.13	277.3	22.9	18.3	39	南伊勢
86	21.5	869	49.91	502.9	26.6	21.5	39	北伊勢
87	21.5	1,020	48.99	489.5	24.4	21.2	40	南伊勢
88	16.3	1,155	47.86	402.1	21.9	16.2	40	北伊勢
89	19.8	843	50.93	479.1	27.3	19.8	40	伊賀
90	19.4	1,116	45.15	414.2	22.4	19.1	41	南伊勢
91	19.7	1,324	56.53	522.2	23.0	19.6	41	南伊勢
92	17.5	1,721	61.34	525.0	20.7	17.2	41	南伊勢
93	17.7	859	35.97	314.6	22.3	17.7	41	北伊勢
94	19.8	690	44.94	433.5	27.9	19.8	41	南伊勢
95	21.4	961	46.14	459.6	24.3	21.3	42	南伊勢
96	18.6	862	31.36	289.5	21.0	18.1	42	南伊勢
97	25.1	730	42.95	490.6	26.9	25.1	42	北伊勢
98	16.2	630	44.88	355.6	29.6	16.2	42	尾鷲熊野
99	15.0	1,673	41.16	309.7	17.3	15.0	43	北伊勢
100	23.9	867	67.32	700.8	30.8	23.9	43	尾鷲熊野
101	18.9	991	55.54	513.7	26.0	18.9	44	南伊勢
102	20.2	1,149	48.77	470.8	22.7	20.2	45	北伊勢
103	19.0	1,205	48.40	441.6	22.1	18.8	46	南伊勢
104	18.3	1,403	48.76	437.3	20.3	17.9	46	南伊勢
105	19.9	1,121	49.58	456.8	23.3	19.3	46	南伊勢
106	21.7	933	50.93	509.9	25.8	21.7	46	北伊勢
107	20.4	1,335	62.77	614.5	24.0	20.4	46	北伊勢
108	23.2	310	35.43	369.6	37.6	23.2	46	南伊勢
109	19.8	615	47.15	462.2	30.5	19.8	48	尾鷲熊野
110	21.7	1,127	50.04	503.8	23.4	21.4	49	南伊勢
111	17.6	676	28.91	248.9	23.0	17.6	49	南伊勢
112	25.6	720	71.67	796.0	35.2	25.6	50	南伊勢
113	20.9	823	43.80	433.0	25.4	20.9	50	北伊勢
114	21.6	568	51.35	509.7	33.6	21.6	50	南伊勢
115	17.9	1,254	37.71	330.0	18.9	17.5	51	南伊勢
116	24.1	580	47.10	514.0	31.1	24.1	51	伊賀
117	18.8	1,320	47.67	445.4	20.6	18.7	51	北伊勢
118	18.6	494	30.27	266.2	27.7	18.6	51	南伊勢
119	18.4	1,289	45.84	416.8	20.6	18.4	52	南伊勢
120	21.9	920	49.57	496.7	25.7	21.9	52	伊賀
121	22.2	638	47.84	492.9	30.3	22.2	52	北伊勢
122	18.0	865	46.15	413.5	25.4	18.0	52	北伊勢
123	17.9	1,811	51.29	441.8	18.2	16.9	53	南伊勢
124	22.6	720	46.19	476.8	28.1	22.6	53	南伊勢
125	13.7	613	38.21	274.1	27.7	13.7	53	尾鷲熊野
126	23.8	785	48.56	525.8	27.4	23.4	54	南伊勢
127	19.4	880	43.14	393.2	24.5	19.4	54	伊賀
128	22.5	860	43.93	455.7	25.1	22.5	54	北伊勢
129	18.5	1,446	53.42	476.9	21.2	18.3	55	南伊勢
130	24.2	670	61.59	649.5	33.8	23.9	55	尾鷲熊野
131	18.6	1,261	51.18	470.5	21.9	18.5	56	北伊勢

付表-1(3). 林分収穫表の作成に使用したデータの一覧(スギ3)

	主林木 平均樹高	立木本数	胸高断面積	幹材積	平均 胸高直径	主副林木 平均樹高	林齢	森林計画区
	m	本/ha	m <sup>2</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha	cm	m	年	
132	18.9	696	46.04	405.6	28.6	18.9	56	南伊勢
133	23.6	767	97.18	1023.3	39.6	23.6	56	尾鷲熊野
134	20.9	909	51.46	491.4	26.2	20.3	58	南伊勢
135	23.4	724	53.92	577.5	29.9	23.4	58	北伊勢
136	21.3	905	40.74	437.0	23.2	22.2	59	南伊勢
137	22.6	923	59.63	599.1	27.8	21.6	60	南伊勢
138	22.3	647	43.88	449.3	28.6	22.3	60	南伊勢
139	26.2	566	46.60	544.1	31.7	26.2	60	北伊勢
140	20.8	997	128.98	1237.4	40.1	20.8	60	南伊勢
141	20.2	732	47.70	444.5	27.8	19.8	61	南伊勢
142	23.8	469	43.13	466.2	33.6	23.8	64	北伊勢
143	24.2	773	51.69	551.7	28.7	23.6	66	南伊勢
144	24.5	779	48.28	552.3	27.0	24.5	67	南伊勢
145	29.1	778	82.54	1006.4	36.1	27.8	68	尾鷲熊野
146	23.3	520	47.80	498.9	33.5	23.3	70	伊賀
147	26.7	694	44.82	532.7	28.0	26.3	70	北伊勢
148	33.1	300	42.50	592.8	41.9	33.1	78	南伊勢
149	29.9	402	58.69	699.3	45.7	28.5	80	南伊勢
150	28.1	397	63.62	737.0	45.1	27.7	82	南伊勢
151	27.0	362	55.07	617.2	43.3	26.6	82	南伊勢
152	29.5	283	51.70	626.9	47.4	29.5	83	南伊勢
153	27.7	278	46.58	532.4	45.5	27.5	84	南伊勢
154	27.9	278	41.67	484.3	42.9	27.5	84	南伊勢
155	26.7	321	41.72	460.2	40.0	25.7	86	南伊勢
156	29.5	490	83.67	996.8	46.0	28.8	86	尾鷲熊野
157	28.2	345	54.30	635.8	44.2	28.1	88	南伊勢
158	26.5	654	59.24	678.2	33.2	26.0	89	南伊勢
159	23.9	579	56.55	588.3	34.5	23.7	92	南伊勢
160	37.1	313	77.77	1153.7	55.4	37.1	94	北伊勢
161	29.2	565	100.10	1216.1	46.6	29.0	94	北伊勢
162	28.0	796	100.94	1186.5	39.5	27.6	97	伊賀
163	30.7	391	75.21	920.1	48.4	29.6	98	南伊勢
164	31.5	239	55.04	694.8	53.5	31.5	100	南伊勢
165	38.4	438	97.95	1471.6	51.4	36.2	100	尾鷲熊野
166	32.4	233	62.84	803.8	58.1	32.2	102	南伊勢
167	36.5	494	109.98	1517.8	56.2	33.8	102	尾鷲熊野
168	34.2	276	67.69	924.5	55.0	33.9	103	北伊勢
169	34.3	193	53.48	724.2	59.0	34.3	104	南伊勢
170	34.6	348	74.22	1034.7	51.6	34.3	104	尾鷲熊野
171	33.5	273	66.63	881.2	55.3	33.2	106	北伊勢
172	30.5	312	80.94	991.9	56.8	30.5	106	北伊勢
173	32.9	373	92.32	1226.4	55.5	32.8	108	南伊勢
174	28.1	403	64.39	742.4	44.6	27.6	108	北伊勢
175	37.8	253	81.90	1202.9	64.5	37.6	108	南伊勢
176	27.0	468	66.39	733.7	41.2	25.4	108	尾鷲熊野
177	32.8	508	74.01	990.9	41.8	30.9	109	尾鷲熊野
178	30.2	413	69.39	837.7	45.5	29.0	109	北伊勢
179	30.6	243	56.95	704.9	53.6	30.6	110	南伊勢
180	30.1	333	63.12	772.8	48.7	29.8	110	北伊勢
181	35.7	300	64.26	925.0	51.9	35.7	111	南伊勢
182	28.2	476	79.23	912.7	45.5	27.7	111	北伊勢
183	34.8	190	43.24	605.6	53.5	34.8	112	北伊勢
184	32.6	217	60.19	768.4	58.7	32.0	113	南伊勢
185	35.5	218	68.86	935.1	62.8	34.6	113	南伊勢
186	35.0	379	87.96	1220.0	53.6	34.5	115	伊賀
187	31.8	342	77.01	975.8	52.8	31.4	118	南伊勢
188	26.6	421	81.77	884.1	48.5	25.8	118	南伊勢
189	34.6	233	78.41	1033.9	66.4	33.5	120	南伊勢
190	35.8	375	104.16	1450.5	58.6	35.2	127	北伊勢
191	41.4	200	113.46	1740.5	84.2	41.4	137	南伊勢
192	35.9	282	109.68	1506.4	69.1	35.6	137	南伊勢
193	39.9	207	89.70	1325.2	73.8	38.9	147	南伊勢
194	36.3	165	45.55	656.2	59.0	36.2	157	南伊勢

付表-2(1). 林分収穫表の作成に使用したデータの一覧 (ヒノキ1)

	主林木 平均樹高	立木本数	胸高断面積	幹材積	平均	主副林木 平均樹高	林齡	森林計画区
	m				胸高直径			
1	6.5	5285	30.32	106.3	8.4	6.5	11	伊賀
2	8.6	3281	28.89	130.6	10.5	8.5	12	北伊勢
3	7.1	4162	12.80	47.1	6.1	7.1	12	伊賀
4	7.8	5767	30.39	131.1	8.0	7.7	12	伊賀
5	7.1	5975	31.46	121.4	8.0	7.0	13	北伊勢
6	4.8	3040	17.25	40.2	8.3	4.8	13	尾鷲熊野
7	6.6	4691	24.73	99.4	7.9	6.6	13	南伊勢
8	6.1	4887	26.14	87.9	7.9	6.1	13	尾鷲熊野
9	6.3	3822	24.05	83.3	8.6	6.3	14	南伊勢
10	7.7	4134	29.07	118.7	9.2	7.6	15	南伊勢
11	6.7	4459	40.12	145.8	10.5	6.7	15	南伊勢
12	7.7	4057	29.62	121.6	9.5	7.7	15	南伊勢
13	7.9	4958	26.39	115.4	8.1	7.9	15	尾鷲熊野
14	8.9	2444	20.00	99.1	7.8	8.6	15	尾鷲熊野
15	7.0	4780	22.15	84.6	7.6	7.0	15	尾鷲熊野
16	7.5	4944	33.29	134.4	9.0	7.5	16	南伊勢
17	7.6	3902	28.06	120.0	9.4	7.6	16	北伊勢
18	6.5	4714	21.10	78.2	7.4	6.4	16	南伊勢
19	8.2	3228	23.95	118.6	9.3	8.2	16	伊賀
20	7.5	3064	28.54	118.2	10.8	7.5	17	北伊勢
21	9.2	3700	21.53	118.0	8.3	9.2	17	南伊勢
22	10.4	3847	42.01	249.9	11.3	10.4	17	尾鷲熊野
23	9.7	4043	28.84	152.4	9.4	9.6	17	尾鷲熊野
24	8.0	3068	29.84	126.4	10.9	8.0	18	北伊勢
25	9.5	3684	34.56	180.3	10.7	9.3	18	北伊勢
26	9.1	3760	46.30	222.4	12.0	8.7	18	尾鷲熊野
27	8.5	2460	23.26	101.4	10.8	8.4	18	尾鷲熊野
28	8.4	4089	35.01	155.8	10.3	8.3	18	南伊勢
29	11.1	3360	38.36	236.4	11.8	10.9	19	南伊勢
30	8.7	3370	25.20	121.7	9.2	8.5	19	南伊勢
31	10.0	2500	28.37	157.0	11.9	9.9	20	尾鷲熊野
32	9.4	5691	41.49	221.6	9.3	9.2	20	南伊勢
33	8.1	3501	25.10	110.1	9.4	8.1	20	尾鷲熊野
34	8.6	4492	31.60	152.1	9.2	8.6	22	北伊勢
35	8.3	1552	19.71	95.3	12.4	8.2	22	南伊勢
36	10.7	2804	31.49	188.6	11.7	10.7	22	南伊勢
37	8.3	3410	33.01	157.4	10.6	8.3	22	南伊勢
38	11.3	2111	25.51	156.1	12.1	11.3	22	伊賀
39	8.0	4286	35.22	156.8	10.0	8.0	22	尾鷲熊野
40	11.6	3405	41.85	280.7	11.9	11.6	23	尾鷲熊野
41	11.7	3327	39.76	268.4	11.8	11.5	23	尾鷲熊野
42	10.6	3333	38.24	223.6	11.8	10.6	24	北伊勢
43	12.5	2901	38.66	261.6	12.9	12.5	24	伊賀
44	9.5	2080	37.06	182.4	14.9	9.4	25	尾鷲熊野
45	8.4	3742	34.20	155.4	10.6	8.4	25	南伊勢
46	9.6	2474	34.72	179.1	13.0	9.6	25	南伊勢
47	11.9	3223	43.60	281.0	12.9	11.9	25	南伊勢
48	11.2	2679	33.48	200.8	12.4	11.2	25	尾鷲熊野
49	15.8	1230	38.23	331.2	19.4	15.8	25	尾鷲熊野
50	10.0	2982	35.19	192.3	12.1	10.0	26	北伊勢
51	8.7	1560	23.22	108.6	12.9	8.0	26	尾鷲熊野
52	11.1	2059	36.95	213.8	14.8	11.0	27	南伊勢
53	14.9	2509	41.25	344.9	14.1	14.7	27	北伊勢
54	10.3	2697	35.07	193.0	12.7	10.3	27	南伊勢
55	12.2	2090	36.04	239.3	14.3	12.0	27	尾鷲熊野
56	12.9	1490	25.55	176.4	14.5	12.9	28	南伊勢
57	13.2	1770	36.99	257.1	16.1	13.2	28	南伊勢
58	16.0	1350	25.31	215.6	15.2	16.0	28	南伊勢
59	12.1	2804	46.13	309.7	14.2	12.0	28	南伊勢
60	11.9	2312	35.76	233.2	13.9	11.8	28	南伊勢
61	10.8	2369	31.60	182.5	12.7	10.6	28	北伊勢
62	10.9	3343	37.58	227.9	11.7	10.8	29	北伊勢
63	11.3	2340	36.73	220.4	13.7	11.1	29	尾鷲熊野
64	13.4	1400	25.99	191.4	15.2	13.4	29	尾鷲熊野
65	13.9	2493	47.11	329.0	14.5	13.8	30	南伊勢

付表-2(2). 林分収穫表の作成に使用したデータの一覧(ヒノキ2)

	主林木	立木本数	胸高断面積	幹材積	平均	主副林木	林齢	森林計画区
	平均樹高				胸高直径			
	m	本/ha	m <sup>2</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha	cm	m	年	
66	11.5	2601	46.27	283.8	14.8	11.5	30	南伊勢
67	14.8	1619	31.87	254.6	15.6	14.7	30	伊賀
68	15.5	1754	40.30	343.4	16.6	15.4	30	尾鷲熊野
69	13.7	1780	27.38	207.0	13.7	13.3	31	尾鷲熊野
70	12.3	1795	31.28	214.5	14.4	12.0	32	北伊勢
71	14.2	1698	45.85	337.6	18.2	14.2	32	南伊勢
72	14.5	2028	35.58	277.0	14.6	14.5	32	伊賀
73	10.9	3230	37.13	235.7	11.6	10.8	33	北伊勢
74	14.2	1569	40.84	309.0	17.9	14.1	33	南伊勢
75	13.1	1782	41.27	277.8	16.1	13.1	33	南伊勢
76	10.1	2965	35.30	198.6	11.8	9.8	33	伊賀
77	13.7	1540	32.48	236.6	16.2	13.7	34	尾鷲熊野
78	11.9	1790	36.81	227.0	15.9	11.7	35	南伊勢
79	15.6	1524	42.12	341.6	18.5	15.6	35	南伊勢
80	15.1	1639	35.70	286.2	16.5	15.1	35	南伊勢
81	14.9	1736	36.75	297.0	16.1	14.9	35	伊賀
82	11.4	1218	35.50	226.1	18.3	11.2	35	尾鷲熊野
83	9.8	2830	33.73	182.0	11.9	9.7	36	尾鷲熊野
84	13.3	2490	33.32	248.9	12.7	13.1	36	南伊勢
85	12.0	1737	42.92	277.3	17.5	11.9	36	南伊勢
86	14.7	1333	34.73	265.6	18.0	14.7	37	尾鷲熊野
87	19.6	949	42.72	446.9	23.2	19.6	37	尾鷲熊野
88	13.5	1731	43.36	304.7	17.7	13.5	38	北伊勢
89	13.3	1215	34.72	236.8	18.8	13.2	38	南伊勢
90	15.7	1081	38.63	313.8	20.9	15.7	39	南伊勢
91	14.4	1430	34.97	269.4	17.4	14.4	40	北伊勢
92	15.7	1400	37.97	313.4	18.4	15.7	40	尾鷲熊野
93	19.0	980	32.19	319.2	20.3	19.0	40	尾鷲熊野
94	23.1	1294	41.04	507.8	19.8	22.9	40	伊賀
95	17.1	1190	33.46	301.3	18.8	17.1	41	南伊勢
96	14.1	1498	33.86	256.5	16.7	14.1	43	北伊勢
97	19.3	724	40.89	394.6	26.4	19.3	43	南伊勢
98	13.7	1434	43.81	313.4	19.3	13.7	43	南伊勢
99	16.2	1439	41.22	361.3	18.7	16.0	43	伊賀
100	14.7	1272	32.29	246.0	17.8	14.7	43	尾鷲熊野
101	16.5	1590	48.86	418.7	19.5	16.3	44	北伊勢
102	15.9	1060	24.80	207.0	17.0	15.9	44	尾鷲熊野
103	19.3	559	38.66	363.7	29.5	19.3	44	南伊勢
104	15.1	1560	35.75	290.4	16.7	15.0	45	尾鷲熊野
105	16.8	1170	29.14	256.7	17.6	16.8	45	南伊勢
106	17.6	760	30.48	272.5	22.2	17.4	45	南伊勢
107	15.7	1017	39.74	327.5	22.0	15.7	45	南伊勢
108	19.2	1116	28.37	299.9	17.6	19.2	45	北伊勢
109	13.3	1440	41.17	291.3	18.7	13.5	45	南伊勢
110	14.9	1264	31.97	248.8	17.8	14.9	45	尾鷲熊野
111	18.5	1334	45.34	438.8	20.5	18.5	46	南伊勢
112	14.6	971	40.30	299.0	22.6	14.5	46	南伊勢
113	17.3	1368	36.63	337.8	18.1	17.3	46	伊賀
114	17.0	2081	43.20	410.0	15.6	16.7	46	尾鷲熊野
115	21.0	828	39.96	404.1	23.5	21.0	47	北伊勢
116	19.3	821	34.74	346.0	22.9	19.3	47	尾鷲熊野
117	19.1	783	35.17	344.2	23.8	19.1	47	尾鷲熊野
118	15.9	1620	53.97	440.1	20.3	15.9	48	南伊勢
119	21.0	751	34.07	366.4	23.8	21.0	48	尾鷲熊野
120	16.0	991	36.35	298.6	21.3	16.0	49	南伊勢
121	15.5	1770	55.87	424.0	18.9	15.1	50	北伊勢
122	12.8	1904	47.12	315.2	17.4	12.8	50	北伊勢
123	20.0	796	31.75	340.4	22.1	20.0	50	南伊勢
124	25.4	821	45.18	596.6	26.1	25.3	50	伊賀
125	10.8	2096	41.72	237.2	15.6	10.8	51	北伊勢
126	17.0	594	22.98	204.1	21.9	17.0	52	南伊勢
127	14.0	1655	38.41	291.0	16.8	14.0	52	南伊勢
128	19.8	866	40.69	419.3	24.0	19.8	52	伊賀
129	17.5	1560	46.81	428.6	19.2	17.5	53	尾鷲熊野
130	18.6	500	33.38	309.7	28.8	18.6	54	南伊勢
131	13.9	1530	48.48	346.5	19.9	13.9	55	北伊勢

付表-2(3). 林分収穫表の作成に使用したデータの一覧(ヒノキ3)

	主林木 平均樹高 m	立木本数 本/ha	胸高断面積 m <sup>2</sup> /ha	幹材積 m <sup>3</sup> /ha	平均 胸高直径 cm	主副林木 平均樹高 m	林齢 年	森林計画区
132	16.2	1487	53.44	438.4	21.1	16.2	55	南伊勢
133	21.0	651	44.69	461.5	29.3	21.0	55	尾鷲熊野
134	22.6	600	33.28	383.7	26.4	22.6	55	尾鷲熊野
135	17.3	714	41.85	362.1	27.0	17.3	56	南伊勢
136	20.5	698	40.43	416.1	27.0	20.5	56	尾鷲熊野
137	17.4	1140	46.00	406.2	22.4	17.4	58	尾鷲熊野
138	20.2	920	43.71	448.5	24.3	20.2	58	尾鷲熊野
139	20.8	730	49.81	511.6	29.2	20.8	59	尾鷲熊野
140	19.0	1268	53.67	630.3	24.6	19.0	59	南伊勢
141	18.5	1144	44.91	433.8	21.7	18.4	60	北伊勢
142	20.4	1000	51.70	529.7	25.4	20.4	60	尾鷲熊野
143	15.7	1410	30.71	256.6	16.2	15.3	60	南伊勢
144	15.3	1402	49.08	390.1	20.8	15.3	60	南伊勢
145	16.8	1384	56.70	486.0	22.5	16.8	65	南伊勢
146	19.0	667	46.37	482.5	29.2	20.4	65	尾鷲熊野
147	20.2	943	60.11	668.2	27.2	20.2	65	尾鷲熊野
148	16.9	1528	71.44	581.3	23.5	15.6	68	尾鷲熊野
149	21.6	388	37.32	391.6	34.7	21.6	70	北伊勢
150	22.3	838	62.00	718.5	29.8	22.1	70	尾鷲熊野
151	25.0	656	67.44	813.9	32.7	24.6	73	尾鷲熊野
152	22.6	491	39.83	445.0	31.8	22.6	74	北伊勢
153	20.4	511	43.40	431.9	32.4	20.2	80	南伊勢
154	21.7	417	45.27	466.2	36.9	21.4	82	南伊勢
155	23.4	395	56.21	613.2	42.2	23.1	83	南伊勢
156	25.8	493	64.34	786.1	40.5	25.5	83	尾鷲熊野
157	24.9	435	67.37	798.2	43.7	24.9	87	尾鷲熊野
158	18.3	734	51.24	452.9	29.5	18.0	88	南伊勢
159	23.9	569	63.04	722.7	37.0	23.8	88	南伊勢
160	21.7	677	67.02	699.3	35.0	21.6	90	尾鷲熊野
161	19.8	596	45.20	434.8	30.7	19.7	92	南伊勢
162	26.2	378	54.03	668.1	42.3	25.9	92	尾鷲熊野
163	22.1	432	44.45	484.1	35.7	22.0	92	南伊勢
164	22.9	563	67.86	743.2	38.8	22.9	94	南伊勢
165	20.0	1000	56.44	554.7	25.4	19.6	94	北伊勢
166	25.8	338	50.27	619.0	42.2	25.8	95	尾鷲熊野
167	25.4	947	95.49	1163.0	35.1	24.9	97	北伊勢
168	26.7	383	68.76	860.6	47.5	26.7	97	尾鷲熊野
169	22.5	545	65.47	704.8	38.6	22.3	98	南伊勢
170	28.1	330	63.97	840.4	49.2	28.1	99	南伊勢
171	24.6	296	52.37	595.2	46.5	24.5	100	南伊勢
172	28.0	796	83.11	1117.5	42.2	27.4	100	尾鷲熊野
173	20.4	1605	85.15	851.1	25.1	19.2	103	北伊勢
174	25.7	282	47.96	573.5	46.2	25.5	104	尾鷲熊野
175	21.0	429	38.49	395.9	33.4	21.0	106	北伊勢
176	24.2	532	70.77	817.3	40.9	24.2	106	北伊勢
177	26.1	457	71.73	877.3	44.3	25.7	106	北伊勢
178	26.6	323	57.44	703.0	47.0	26.1	107	南伊勢
179	20.8	667	52.76	535.1	31.3	20.6	108	南伊勢
180	22.4	529	46.93	517.4	33.3	22.4	108	北伊勢
181	29.6	235	42.02	586.9	47.3	29.4	108	南伊勢
182	24.4	431	51.76	607.6	39.0	24.4	108	南伊勢
183	20.5	606	52.56	522.1	32.8	20.3	108	尾鷲熊野
184	26.4	565	75.02	946.5	40.8	26.3	109	北伊勢
185	21.9	731	73.14	783.5	35.2	21.9	110	北伊勢
186	26.5	372	52.06	663.4	41.6	26.5	110	北伊勢
187	22.4	659	59.33	633.9	33.5	21.9	111	北伊勢
188	25.4	348	57.66	692.1	45.7	25.4	112	北伊勢
189	26.6	233	43.24	541.7	48.4	26.7	113	南伊勢
190	28.1	228	47.84	608.9	50.8	27.3	118	尾鷲熊野
191	25.0	300	39.48	474.0	40.6	25.0	120	南伊勢
192	29.7	240	49.31	684.3	49.7	29.7	121	尾鷲熊野
193	28.6	541	106.98	1456.2	49.4	28.6	125	尾鷲熊野
194	27.1	931	122.35	1577.3	40.1	26.7	127	北伊勢
195	32.5	489	108.97	1674.2	52.7	32.5	127	北伊勢
196	28.4	331	52.70	702.0	44.7	28.4	157	南伊勢
197	32.8	478	119.13	1812.8	55.6	32.8	159	南伊勢
198	28.1	207	45.51	597.0	52.5	28.1	170	南伊勢