

長伐期施業の経営技術に関する基礎調査

誌名	愛媛県林業試験場研究報告
ISSN	03892875
著者名	金本,知久 藤田,誠
発行元	愛媛県林業試験場
巻/号	15号
巻号補足	
掲載ページ	p. 1-22
発行年月	1994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



長伐期施業の経営技術に関する基礎調査

金 本 知 久

藤 田 誠

I はじめに

従来、本県のスギ・ヒノキ林分は短伐期施業を目標として経営されてきたが、木材価格の低迷、造林費の高騰、労務不足等、林業経営を取りまく環境が悪化し、また一方で高齢級の優良大径木が市場において比較的高価格で取り引きされていることから伐期が延長され、結果的に長伐期施業経営となってきた。

しかしながらその多くは経営目標として長伐期林業を選択したのではなく、単に経営環境の悪化のために伐期を延長しているものであり、このまま長伐期化が進展すれば森林の不健全化及び材質低下による経営基盤の低下と森林の公益的機能の低下を招きかねない。

こうしたことから、現在長伐期施業を適切に推進するための適切な経営技術が必要とされているが、そのための基礎となる資料の蓄積は極めて乏しい。

そこで、国の情報活動システム化事業「長伐期施業の経営技術に関する基礎調査」に参画し、長伐期施業の経営技術の確立を図るために高齢級林分の成長調査及び大径材の価格調査を実施し、長伐期施業の採算性について検討したので報告する。

II 研究期間

平成2年度～平成4年度

III 調査方法及び結果

今回の研究は、1. 長伐期林の成長について検討し、2. 長伐期材（中・大径材）の価格傾向を調査することにより、3. 一般的な施業を実施した場合の長伐期林業の採算性について検討することとした。

1. 長伐期林分の構造特性の把握

(1) 長伐期林分の実態調査

ア 現地調査方法

愛媛県内の原則として林齢60年以上のスギ・ヒノキ林分を対象に、360㎡～959㎡の標準地を設定して林分調査を実施し、所有者・標高・方位・傾斜角度・土壌型・樹種・林齢・全林木の胸高直径（2cm活約）と胸高直径階毎の樹高を測定するとともに、成長特性を把握するために樹幹解析用円盤を採取した。

イ 林分調査結果

調査はスギ16林分・ヒノキ19林分の計35林分（内、複層林5林分）について実施し、そ

Tomohisa KANAMOTO, Makoto FUJITA

の結果は表－１のとおりである。材積の算定には四国地方（高知営林局管内）立木幹材積表を使用し、林分密度（R Y）の算定は国有林・民有林とも南近畿四国地方民有林林分密度管理図を使用した。推定直径・推定材積は林分密度管理図の樹高一本数/haから推定される胸高直径・材積/haであり、修正材積は（実測胸高直径/推定直径）²×推定材積により求められたものである。また、地位指数は後述の標高成長の検討から得られた林齢毎の標準的標高を０とし、林齢毎の標準偏差を１単位として成長の良いものを＋、悪いものを－としたものである。

検討結果は表－２のとおりである。調査対象林齢はスギ・ヒノキともほぼ等しく、上層木平均樹高・平均胸高直径・胸高直径標準偏差についてはスギの方が大きく、胸高断面積合計/ha・本数/ha・材積/ha・林分密度ともヒノキの方が大きくなっている。低密度の５林分（スギ４林分・ヒノキ１林分）は複層林施業を実施しているためであるが、それらを除いた林分密度を比較してもヒノキの方が大きいことから、今回調査した高齢級林分ではヒノキはスギに対しやや密な管理をされていた。

表－２ 林分調査結果

樹種	林齢	上層木平均 樹高(m)	平均胸高 直径(cm)	胸高直径 標準偏差(cm)	胸高断面積 /ha(m ²)	本数/ha (本)	材積/ha (m ³)	林分密度 (R Y)	地位指数 (±SD)	推定材積 実測材積	修正材積 実測材積
スギ	57-110	16.1-32.7	19.35-52.57	5.07-10.18	220-733	153-1,329	244-718	0.32-0.88	-1.55+0.8	58%-153%	86%-115%
	80.6	23.1	36.7	7.28	496	543	480	0.55	-0.66	95%	105%
ヒノキ	66-95	17.8-25.2	21.24-41.09	3.61-7.06	278-722	209-1,933	268-730	0.49-0.95	-3.29+0.7	78%-130%	74%-112%
	82.5	20.9	30.0	5.30	544	840	519	0.79	-0.83	93%	106%

上段（最小値－最大値）

下段（平均値）

また、地位指数の平均値はスギ－0.66、ヒノキ－0.83とかなり低くなっている。その理由として、今回地位指数決定に当たって採取した樹幹解析木が伐採後に市場に搬出される材であるため、林分の平均木より成長の良い木であったことや、過去に調査した樹幹解析資料が同様の条件にあったためと思われる。よって今回求めた樹高成長曲線は平均より地位の高い林分の平均値と考えられ、なお今後の検討が必要である。

実測材積に対する推定材積と修正材積では、推定材積は実測材積よりやや低く、最小値－最大値の差も大きいのに対し、修正材積は実測材積よりやや大きく、最小値－最大値の差は小さい。（ただし、修正材積のうち、ヒノキの「4 tal」だけが実測材積に対して74%と下回っており、これを除外した推定材積の実測材積に対する割合は100%～112%である。）こうしたことから、藤平⁷⁾の指摘するように、林分密度管理図を使用してスギ・ヒノキ高齢級林分の林分材積を推定する場合は、直径等による補正が必要不可欠と考えられる。林分密度管理図の取扱説明では、林積推定においては80%の林分において±20%の誤差があるとされているが、今回の調査の35林分においては推定材積の誤差が20%を超える林分は13林分であり、そのうちスギは16林分中10林分、ヒノキは19林分3林分で、ヒノキについてはおおむね適合したが、スギの高齢級林分に対しての適合は悪い。

調査番号	調査年度	市町村	所有区分	標高 (m)	方位	傾斜角度 (度)	樹種	林齢 (年)	上層木平均 樹高 (m)	平均胸高 直径	胸高直径誤 差 (cm)	胸高断面積 /ha (㎡)	本数/ha (本)	材積/ha (㎡)	林分密度 (R/V)	推定直径 (cm)	推定材積 (㎡)	修正材積 (㎡)	地位指数 (+SD)
2DO3	2	土居町	社有林	680	N	34	スギ	57	16.1	28.56	6.50	537	796	485	0.56	23.38	279	416	-1.39
3S1	3	新宮村	社有林	920	NW	30	スギ	61	23.3	38.50	10.01	598	481	591	0.58	34.02	479	613	-0.09
3S3	3	新宮村	社有林	920	NW	27	スギ	70	18.0	34.47	5.07	506	531	398	0.49	27.79	285	438	-1.39
2ODA	2	小田町	国有林	980	NE	25	スギ	70	22.8	25.15	8.80	733	1315	718	0.88	24.65	708	737	-0.48
3S4	3	新宮村	社有林	750	SW	33	スギ	72	20.7	32.36	6.49	594	684	532	0.64	28.66	450	574	-0.93
3S5	3	新宮村	社有林	710	SW	30	スギ	75	23.8	43.08	8.36	700	463	700	0.58	34.84	492	752	-0.43
2KU5	2	久万町	私有林	680	E	25	スギ	75	30.5	46.00	6.76	346	204	407	0.44	49.49	533	480	0.80
3TA1	3	玉川町	共有林	280	NE	30	スギ	83	25.7	34.79	10.18	417	404	442	0.32	46.94	319	259	-0.28
2KU4	2	久万町	私有林	650	N	30	スギ	85	26.9	42.33	6.05	220	153	244	0.35	37.86	273	309	-0.11
2KU1	2	久万町	私有林	640	W	25	スギ	85	22.3	40.29	5.60	305	235	334	0.47	33.37	338	466	-0.93
3UJ1	3	宇和島市	国有林	890	NW	30	スギ	88	21.1	39.19	7.43	540	386	474	0.64	31.53	514	602	-1.19
2DO6	2	土居町	社有林	1010	NW	35	スギ	88	22.7	34.11	6.39	575	608	560	0.48	29.91	305	521	-0.90
3UJ2	3	宇和島市	国有林	850	NE	35	スギ	90	19.2	39.10	7.36	581	479	499	0.54	34.44	439	542	-1.55
3UJ3	3	宇和島市	国有林	830	NNE	33	スギ	90	22.9	38.25	5.65	499	451	489	0.84	23.45	598	407	-0.90
4UJ2	4	宇和島市	国有林	650	NE	35	スギ	91	20.8	19.35	7.36	448	1329	392	0.39	54.83	518	476	-1.29
2KU2	2	久万町	私有林	580	NW	20	スギ	110	32.7	52.57	8.50	342	153	414	0.90	22.50	520	542	0.47
3U4	3	宇和町	私有林	280	NE	25	ヒノキ	66	20.4	22.97	4.95	575	1222	542	0.95	17.88	491	683	0.18
3M1	3	小田町	国有林	1050	S	35	ヒノキ	73	18.6	21.24	4.96	722	1933	627	0.72	26.11	351	461	-1.20
3S2	3	新宮村	社有林	910	NW	30	ヒノキ	73	17.8	29.93	4.59	517	718	430	0.83	22.24	409	422	-1.57
3U3	3	宇和町	私有林	320	NE	25	ヒノキ	73	17.9	22.59	6.87	470	1121	398	0.79	26.16	429	489	-1.53
4KA1	4	川内町	私有林	320	S	20	ヒノキ	74	19.4	27.93	6.16	514	800	465	0.86	25.29	510	646	-0.90
3M2	3	小田町	国有林	1050	E	25	ヒノキ	76	20.9	28.46	6.29	627	941	600	0.93	24.37	622	751	-0.35
3U2	3	宇和町	私有林	250	E	25	ヒノキ	77	23.1	26.78	6.96	674	1110	730	0.49	41.94	309	287	0.64
2BE2	2	別子山村	社有林	900	NNE	14	ヒノキ	78	22.0	41.09	4.93	281	209	260	0.89	25.65	571	719	0.18
2BE1	2	別子山村	社有林	850	NW	23	ヒノキ	78	22.3	28.78	5.00	643	960	677	0.93	23.33	580	691	-0.08
3U1	3	宇和町	私有林	350	E	25	ヒノキ	79	21.9	25.46	7.06	654	1184	648	0.77	30.06	471	574	-1.01
2DO4	2	土居町	社有林	870	NW	15	ヒノキ	88	21.4	33.19	4.56	540	614	524	0.79	28.51	473	628	-1.31
2DO7	2	土居町	社有林	700	NW	30	ヒノキ	89	21.0	32.80	5.00	600	694	579	0.76	30.36	457	632	-1.20
2DO2	2	土居町	社有林	820	NW	20	ヒノキ	89	21.2	35.71	4.69	601	590	569	0.82	27.65	492	681	-1.37
4BE2	4	別子山村	社有林	1050	S	30	ヒノキ	91	21.2	32.53	4.78	644	759	806	0.85	21.46	416	526	-3.29
4UJ1	4	宇和島市	国有林	700	NE	20	ヒノキ	91	17.8	24.14	4.04	575	1222	486	0.87	24.27	500	671	-1.82
2DO5	2	土居町	社有林	1080	NW	18	ヒノキ	91	20.4	28.12	3.91	646	1020	624	0.65	42.41	477	417	0.73
4ODA	4	小田町	国有林	980	S	30	ヒノキ	93	25.2	39.64	5.42	346	275	378	0.62	39.71	416	328	-0.38
4ODA	4	小田町	国有林	1000	SE	35	ヒノキ	93	23.2	35.24	6.94	425	295	443	0.58	37.84	354	291	-1.55
2KU3	2	久万町	私有林	700	NW	25	ヒノキ	95	21.5	34.29	3.61	278	298	273					

林分材積の算定には四国地方（高知管林局管内）幹材積表（昭和35年度版）を使用した。直径62cm以上の材についても60cmまでの材積式を当てはめた。

林分密度・推定直径・修正材積は、南近畿四国地方民有林分密度管理図を使用した。

修正材積は、実測胸高直径と推定胸高直径により修正した。

地位指数は、本試験の断面積解析から求めた標準的胸高を0とし、標準偏差値を1とした地位を求めた。

長伐期林分現地調査にあわせて長伐期林業経営を実施している事業体について過去の施業歴と今後の施業方針について調査を実施したが、過去の施業歴が明らかな林分はなかった。また、今後の施業方針として、ほぼ8年程度の間隔で択伐による収穫を繰り返し、一応の伐期として80年もしくは100年としていた。しかし今後の経営環境によってはさらに延長する等、明確な伐期は定まっていない。

ウ 樹幹解析

樹幹解析方法

樹幹解析に用いた資料は、既存資料並びに現地調査から得られた資料、その他今回採取した資料のうち、天然更新木を除いた60年生以上のスギ28本・ヒノキ44本の計72本である。

現地調査林分のうち伐採等によって樹幹解析資料が得られる林分については、林分毎に1～3本の樹幹解析用資料を採取した。採取方法は、採取対象木が高齢級であり市場価値が高く通常の2m間隔での円盤採取は困難であるため、採材に支障のない位置から採取し、先端部分で市場性のない部分については1m又は50cm間隔で採取した。

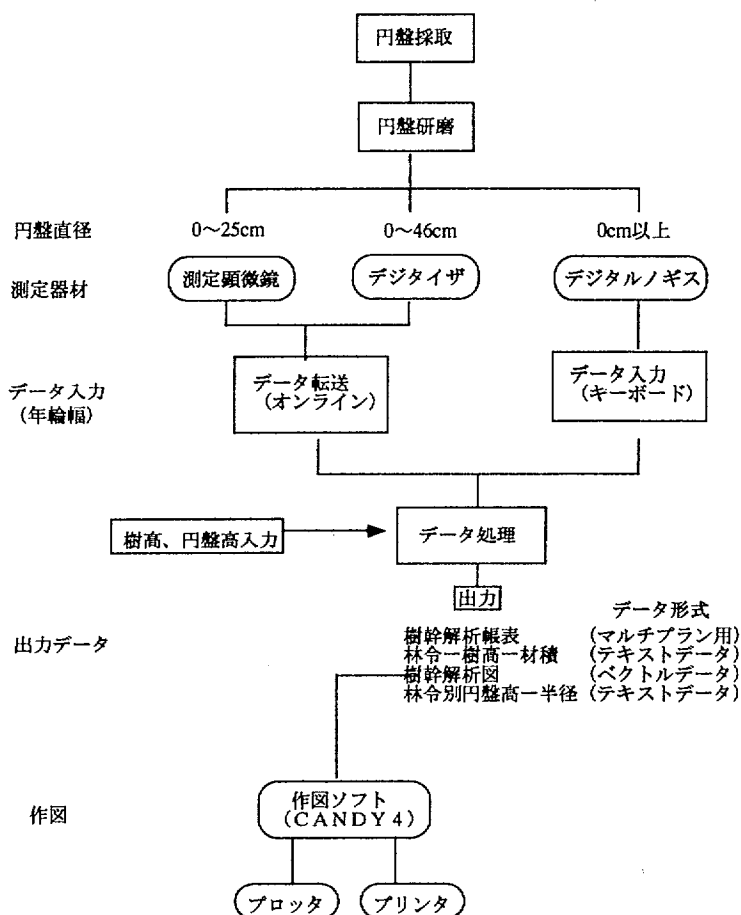


図-1 樹幹解析システム図

本調査実施に当たり、多くの高齢級林木の樹幹解析を実施する必要性から図-1の樹幹解析システムを作成し、資料の4方向の年輪を全て測定し、円板調査原票、年輪毎の樹高成長・直径成長・材積成長・樹幹解析図データを作成した。システム開発言語として、測定顕微鏡及びデジタイザからのデータ入力部分についてはN 8 8 A S I Cを、それ以外の部分についてはTurboPascal Ver. 6.0を使用した。また、樹幹解析図データからの樹幹解析図の製図にはCADソフト (CANDY 4) とプロッタ (GRAPHTEC) を使用した。

樹高成長の検討

樹高成長検討のために樹幹解析資料のうちで用いた資料は、円板採取位置が採材位置であることから、解析誤差の多いと思われる10年未満を除き、資料数が比較のある90年までのもので、既存の樹幹解析資料の多くが隔年で測定しているためにその中の偶数年のものとした。

これを理論成長関数に当てはめ、樹高成長を検討することとし、当てはめ対象の関数は、ともに3個のパラメータを持つミッチャーリッヒ式・ロジスティック式・ゴンベルツ式とした。当てはめ方法は最小自乗法のシンプレックス法⁽⁵⁾を用い、各パラメータを求めた。また、各関数の当てはまりの良さの判断基準として、関数から得られる理論値と実測値の差の自乗和 (残差平方和) とし、表-3の結果を得た。

表-3 成長関数への当てはめ

関数名	ミッチャーリッヒ式	ロジスティック式	ゴンベルツ式
関数式	$H = a (1 - \exp^{-(b-cT)})$	$H = a / (1 + \exp^{-(b-cT)})$	$H = a * \exp(-\exp^{-(b-cT)})$
スギ残差平方和	15943.3	16418.9	16156.5
ヒノキ残差平方和	5295.6	5683.2	5469.1
スギパラメーター			
a	33.53	27.96	29.48
b	6.439 E-3	1.562 E 0	7.606 E-1
c	2.029 E-2	5.547 E-2	3.814 E-2
ヒノキパラメーター			
a	31.51	23.61	25.49
b	-6.753 E-3	1.651 E 0	7.928 E-1
c	1.516 E-2	5.197 E-2	3.382 E-2

(H: 樹高 (M) T: 林齢 a b c パラメーター)

その結果、スギ・ヒノキもミッチャーリッヒ式の残差平方和がもっとも小さいことから、当てはめたミッチャーリッヒ式を平均的樹高成長とし、1～3等地のうちの2等地を示す関数とした。また1等地及び3等地は、樹高資料の各偶数年ごとの標準差 (σ) を求め、

2等地+ σ のデータにミッチャーリッヒ式を当てはめたものを1等地とし、2等地- σ のデータに当てはめたものを3等地として次の(1)から(6)式を求めた。

$$\text{スギ} \quad 1 \text{ 等地} \quad H=39.73 \quad (1 - \exp(0.007103 - 0.02125 \cdot T)) \quad (1)$$

$$\text{スギ} \quad 2 \text{ 等地} \quad H=33.53 \quad (1 - \exp(0.006488 - 0.02029 \cdot T)) \quad (2)$$

$$\text{スギ} \quad 3 \text{ 等地} \quad H=27.32 \quad (1 - \exp(0.006741 - 0.01900 \cdot T)) \quad (3)$$

$$\text{ヒノキ} \quad 1 \text{ 等地} \quad H=30.49 \quad (1 - \exp(0.002524 - 0.01980 \cdot T)) \quad (4)$$

$$\text{ヒノキ} \quad 2 \text{ 等地} \quad H=31.51 \quad (1 - \exp(-0.006753 - 0.01516 \cdot T)) \quad (5)$$

$$\text{ヒノキ} \quad 3 \text{ 等地} \quad H=36.05 \quad (1 - \exp(-0.010491 - 0.01013 \cdot T)) \quad (6)$$

(H:樹高(m) T:林齢(年))

この結果を樹幹解析資料から得られた樹高分布図に示したものが図-2・図-3である。

なお、樹高成長の限界の指標である右辺左端のパラメータは本来1等地>2等地>3等地であるが、ヒノキにおいてはその関係が逆転している。これは今回検討対象とした資料が、高齢級部分の資料不足等により樹高の変動が少なかったためであり、今後資料の追加検討が必要である。

2. 長伐期材の流通の実態と材価形成

(1) 流通・価格調査

ア 調査方法

長伐期施業において産出される中・大径材の原木価格を愛媛県中予地方の原木市場のうち、2市場の平成2年における全ての販売伝票から直材について次の項目を調査した。

項 目	調査対象
樹 種	スギ・ヒノキ
材 長	2 m・3 m・4 m・6 m
末口径級	24cm以上
販売単価	

イ 調査結果

調査内容の概要は表-4のとおりである。総販売本数に占める販売本数は、スギは材長4mのものが70%、ヒノキは3m・4mのものが87%であり、末口24cm以上の材の多くはスギで4m、ヒノキで3mまたは4mで流通していた。材長別平均価格は図-4のとおりスギ・ヒノキとも長いほど平均単価も高くなっている。また平均価格と最多価格帯とを比較すると、スギ2m・3m以外は平均価格より最多価格帯の方が低く、販売単価の分布は高い方に伸びていることが伺える。

図-5・図-6・図-7でスギ4m・ヒノキ3m・4mの径級・販売価格帯別の販売本数のグラフで見ると、低価格帯で径級の小さいところを中心にスギは比較的きれいな分布で、ヒノキはところどころに小さな山を生じながら分布している。

図-8で末口径級と販売単価の相関係数を見てみると、スギ・ヒノキとも材長が長くなるほど相関係数が高くなっており、材長が長いほど販売単価に与える末口径級の影響が大きくなっている。

図-9・10でスギ・ヒノキの各材長別の末口径級と販売単価の関係をみると、径級の大きいところは調査資料数の不足から削除しているが、一般に径級の増大に伴い販売単価は増大する傾向にある。こうしたことから、スギ、ヒノキとも材長が長く、末口径級が太い

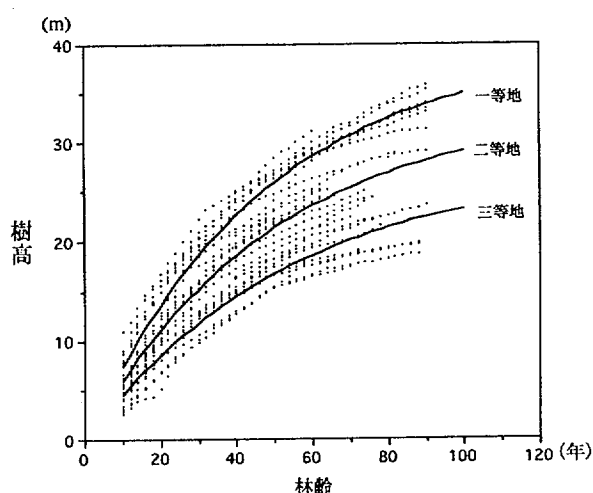


図-2 スギ樹高分布一成長曲線

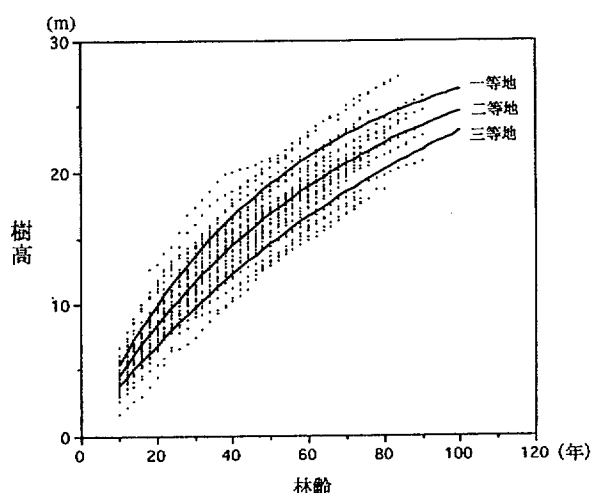


図-3 ヒノキ樹高分布一成長曲線

材ほど販売単価が高い傾向がみられた。なお、スギ4 mの末口38cmのところで販売単価が下がっているが、聞き取り調査では心材の太さが良材を製材するためにはやや小さいためではないかと推測されるが、原因は不明である。

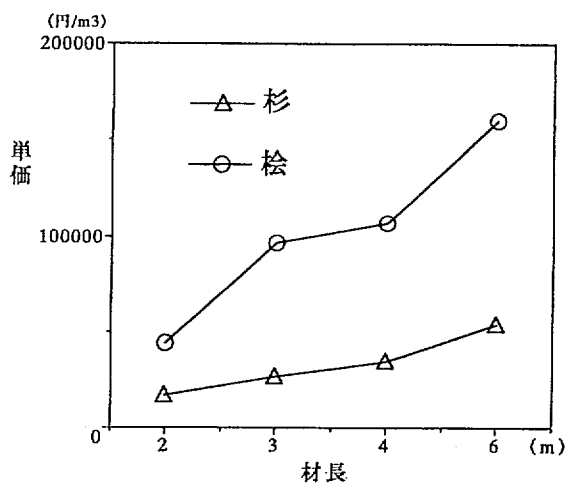
表－4 原木市場における調査

杉

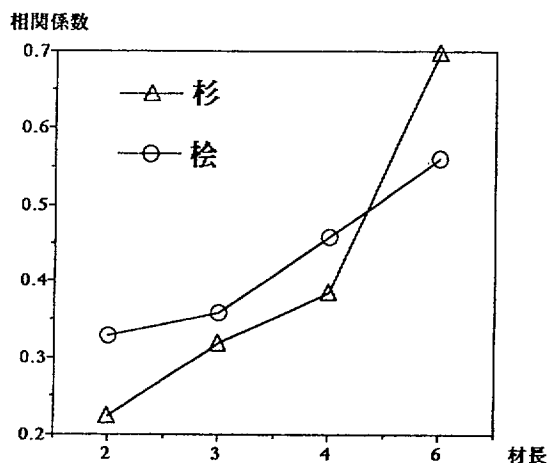
材長	調査本数	平均価格	最低価格	最高価格	最多価格帯	本数
2 m	669	16,721	5,000	86,000	1 万円	194本
3 m	5,912	26,710	10,000	189,000	2 万円	2793本
4 m	16,721	34,151	3,800	380,000	2 万円	3992本
6 m	249	53,554	18,000	250,000	2 万円	24本
計	23,551					

桧

材長	調査本数	平均価格	最低価格	最高価格	最多価格帯	本数
2 m	520	43,890	12,000	250,000	2 万円	72本
3 m	2,073	96,493	18,000	580,000	4 万円	226本
4 m	2,854	106,549	24,500	650,000	6 万円	307本
6 m	233	159,693	55,000	520,000	8 万円	23本
計	5,680					



図－4 材長別平均価格



図－8 径級一価格 相関係数

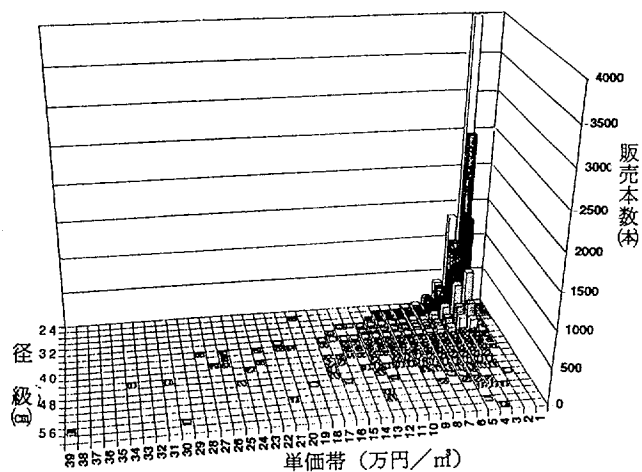


図-5 スギ4m材 径級一単価帯別販売本数

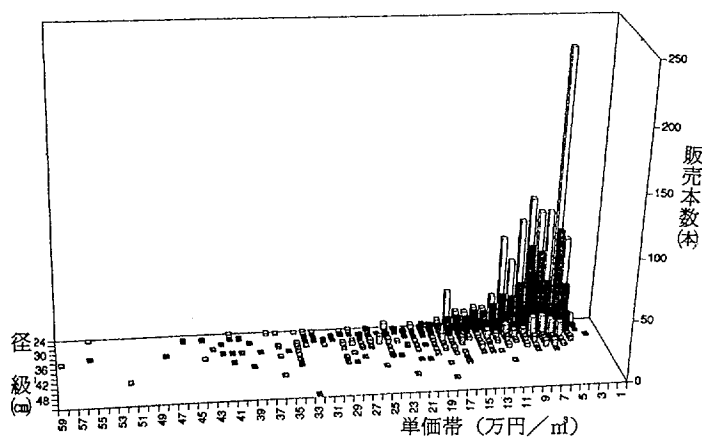


図-6 ヒノキ3m材 径級一単価帯別販売本数

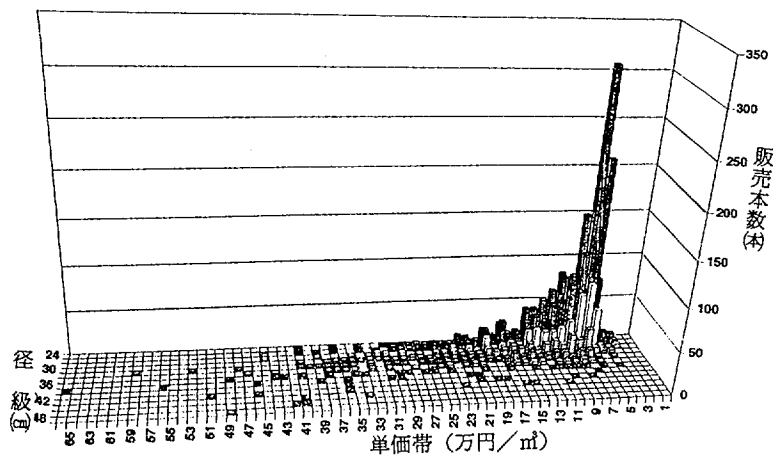


図-7 ヒノキ4m材 径級一単価帯別販売本数

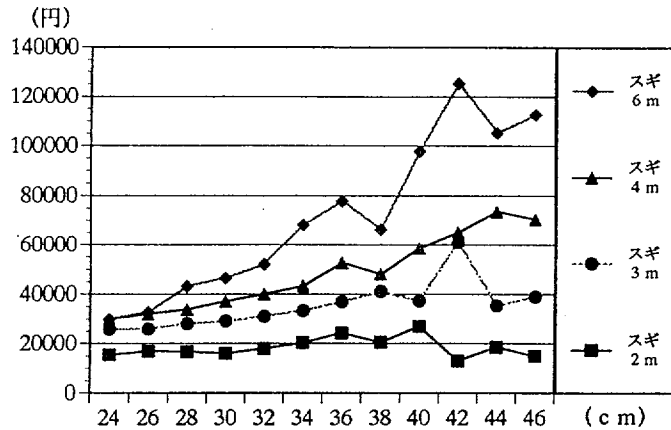


図-9 スギ材 径級・平均単価

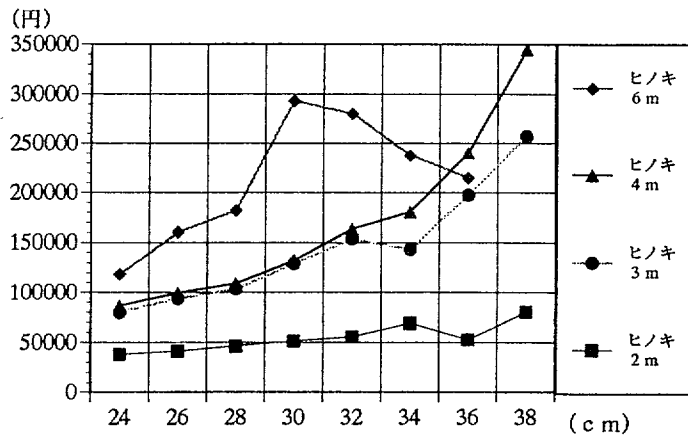


図-10 ヒノキ材 径級・平均単価

(2) 材価形成の数量的検討

ア 調査方法

流通・価格調査を実施した原木市場において、平成3年から平成4年に末口径級24cm以上のスギ160本（分析対象157本）、ヒノキ208本（分析対象3m材95本、4m材157本）について次の項目を調査した。

項目	調査内容（単位）
樹種 材長	スギ4m・ヒノキ3m・ヒノキ4m
年輪数	末口において計測
心材年輪数	心材の平均的な年輪数
番玉	1番玉とそれ以外（1番玉：1 その他：2）
心材色	目視により5段階に評価（1～5）
平均径数	直角に2方向を計測（cm）

心材直径	心材の平均的な直径を直角に2方向に計測 (cm)
中心部年輪幅	中心から±10年の年輪間の長さを2方向から計測で求めた (cm)
節	目視による有無の判別 (無: 0 有: 1)
販売単価	落札価格 (円/㎡)

また、上記の調査から導かれる項目として、心材率 (%)・平均年輪幅 (cm)・辺材幅 (cm) を計算し、上記の項目とともに回帰分析により、各項目の販売単価に与える影響度について検討した。

イ 調査結果

回帰分析から得られた結果は表-5のとおりである。

表-5 材価に与える原子因子

材種	係数	説明変数名	T 値	決定係数
スギ 4 m	21,200	切片		0.62
	1,718	心材年輪数	7.25	
	2,728	心材直径	4.05	
	-177,086	心材率	3.87	
	-21,035	節の有無	3.60	
ヒノキ 3 m	-133,714	切片		0.61
	2,195	年輪数	6.08	
	6,186	平均径数	5.48	
	-53,403	節の有無	4.90	
	-41,776	番玉	2.61	
ヒノキ 4 m	-98,444	切片		0.66
	10,915	平均径級	10.53	
	-77,621	節の有無	7.10	
	-169,333	中心部年輪幅	3.08	

この結果から原木価格に与える因子としては節の有無と併せて、スギ 4 m 材については心材の影響が大きく、ヒノキ材は径級の影響が見られた。

また、スギ 4 m 材の平均価格が低下した末口径 38 cm を境として末口径 38 cm 未満の材と、40 cm 以上の材について同様の分析を行った結果、38 cm 未満の材については心材年輪数・節の有無の影響が見られ、40 cm 以上の材については平均径数の影響が見られた。これは大径材になると枝が枯れ上がりほとんどの材は無節になるとともに、心材部分において十分に優良な製品を製材できることから節より径級の影響が大きくなったためと考えられる。

3. 長伐期施業による採算性の変動と予測

(1) 幹曲線の検討

長伐期施業の採算性を検討する際に立木から生産される素材の規格を求めるための基準として、樹幹解析資料から幹曲線を検討した。

検討に当たっては次の3次式を用い、パラメーター a 、 b 、 c を推定した。

$$D = a \cdot H + b \cdot H^2 + c \cdot H^3$$

(D : 樹高の10%の位置の半径を0.5とした場合の相対半径)

(H : 樹高を1とした場合の梢端からの相対距離)

(a 、 b 、 c : 定数)

検討方法は樹高8m以上の樹幹解析資料(スギ950、ヒノキ1、171)から年輪毎に幹曲線式のパラメータ a ・ b ・ c を求め、更に求めたパラメータと樹幹解析資料から得られる林齢・樹高について回帰分析することで表-6を求めた。

表-6 樹幹形パラメータ推定式

樹種	回帰式	決定係数	
スギ	$a = 0.6276 + 0.0221 \cdot \text{樹高}$	0.21	1%有無
スギ	$b = 0.1281 - 0.0763 \cdot \text{樹高}$	0.31	1%有無
スギ	$c = -0.2844 + 0.0612 \cdot \text{樹高}$	0.37	1%有無
ヒノキ	$a = 0.6301 + 0.0055 \cdot \text{樹高}$	0.25	1%有無
ヒノキ	$b = -0.1469 - 0.0147 \cdot \text{樹高}$	0.25	1%有無
ヒノキ	$c = 0.0684 + 0.0097 \cdot \text{樹高}$	0.22	1%有無

その結、各係数ともスギについては樹高の影響が、ヒノキについては林齢の影響が強く見られたが、決定係数は高くない。しかし採算性の検討のために、この回帰式から求めた係数によって樹幹形を定め、採材できる素材の規格を求めることとした。

(2) 直径分布の検討

先において検討した樹高及び幹曲線を用いて、林分から生産される素材を検討するために、胸高直径分布を検討した。

検討に当たっては式(7)のワイブル関数を用い、パラメーター a 、 b 、 c を推定した。

$$f(X) = c \cdot b^{-c} \cdot (X - a)^{c-1} \cdot \exp(-((X - a)/b)^c) \quad (7)$$

($f(x)$: 胸高直径 x cmにおける本数分布の確率)

推定に当たっては、既存及び今回採取したスギ150林分、ヒノキ154林分の林分調査資料を用い、各林分毎に仁木⁷⁾により求めたパラメータを初期値としてシンプレックス法⁸⁾によりパラメータを決定した。決定したパラメータはすべての林分において有意差5%で当てはまり、

スギ144林分・ヒノキ149林分で有意差1%で当てはまった。

次にこのパラメーターと林分調査から得られる林齢・胸高直径・胸高直径の標準偏差：樹高・ヘクタール当たりの本数・R²（林分密度）との関係を検討し、次の回帰式によって胸高直径の標準偏差と各パラメーターを推定した。

表－7 ワイブルパラメータ推定式

樹種	目的係数	回帰式	重相関係数
スギ	標準偏差	$= 0.9248 + 0.0292* \text{林齢 (年)} + 0.17078* \text{樹高 (m)}$	0.67
	a	$= -3.3883 + 1.1393* \text{胸高直径 (cm)} - 2.4938* \text{標準偏差 (cm)}$	0.69
	b	$= -0.0754 + 1.1060* \text{胸高直径 (cm)} - 1.0866* \text{係数 a}$	0.99
	c	$= 3.0774 + 0.2290* \text{胸高直径 (cm)} - 0.6309* \text{標準偏差 (cm)}$ $- 0.2268* \text{係数 a}$	0.85
ヒノキ	標準偏差	$= 0.7383 + 0.0290* \text{林齢 (年)} + 0.12826* \text{樹高 (m)}$	0.61
	a	$= -1.2505 + 0.9814* \text{胸高直径 (cm)} - 2.5893* \text{標準偏差 (cm)}$	0.66
	b	$= -0.9496 + 1.1509* \text{胸高直径 (cm)} - 1.0682* \text{係数 a}$	0.92
	c	$= 3.5109 + 0.2861* \text{胸高直径 (cm)} - 0.8919* \text{標準偏差 (cm)}$ $- 0.2882* \text{係数 a}$	0.85

以上の推定式により先の林分調査資料に当てはめた結果は表－8とおりであり、ほぼ40%の林分に5%の有意水準で当てはまった。

表－8 推定ワイブル関数による現実林分への適応結果

樹種	スギ	ヒノキ
対象林分数	150	154
計算不可能林分数	20	20
当てはめ対象林分数	130	134
10%有意林分数	69	70
5%有意林分数	61	66
1%有意林分数	48	49

(3) 材価

採算性の検討に当たって用いた材価は、末口径24cm以上の材価については平成2年度に実施した原木市場販売伝票から求めた表－9の回帰式を用い、24cm未満の材価については平成2年10月29日の愛媛県森連松山木材市場の原木市況表（表－10）を用いた。

表－9 24上材 材価推定式（円／m³，cm）

樹種	材長	回 帰 式
スギ 4 m		材価＝－9721＋1609*末口径（cm）
ヒノキ 3 m		材価＝－124643＋8441*末口径（cm）
ヒノキ 3 m		材価＝－9721＋1609*末口径（cm）

表－10 24下材 原木市況（円）

長さ	径級	スギ	ヒノキ
	7 下	385	530
4.00	8－10	570	750
	11－12	24,000	31,000
4.20	13 上	24,000	54,500
	18 上	25,000	56,000
	7 下	240	240
3.00	8－10	330	370
	11－12	16,000	22,000
3.20	13 上	27,500	49,000
	18 上	26,500	49,000
2.00	7 下	110	120
	8 上	160	160
2.00	16 上	10,000	23,000

4. 採算性の検討

(1) 育林指針

伐期別の採算性を検討するに当たって用いる指針として、植栽本数・間伐林齢・間伐本数については愛媛県間伐技術指針⁽⁴⁾のスギ・ヒノキ一般材生産間伐指針表のうち、スギについては地位指数18を、ヒノキについては地位指数14を基準とし、樹高については先に検討した樹高曲線を用い、下層間伐を実施することとして南近畿・四国地方林分密度管理図により作成した表－11・表－12の育成指針を用いた。

表－11 スギ一般材生産間伐指針

(ha当り)

林齢 年	主林木			副林木	主副林木		作業種
	樹高	平均胸高直径	本数	本 数	平均胸高直径	本数	
	m	cm	本	本	cm	本	
13	7.4	10.02	2400	300	9.73	2700	除伐
22	11.6	14.78	1900	500	13.74	2400	間伐
26	13.2	17.28	1500	400	16.07	1900	間伐
31	15.1	20.57	1100	400	18.78	1500	収入間伐
40	18.0	25.20	800	300	23.02	1100	収入間伐・主伐
60	22.9	31.80	600	200	29.26	800	収入間伐・主伐
80	26.1	34.50	600		34.50	600	主伐

表-12 ヒノキ一般材生産間伐指針

(ha当り)

林齢 年	主林木			副林木	主副林木		作業種
	樹高	平均胸高直径	本数	本 数	平均胸高直径	本数	
	m	cm	本	本	cm	本	
17	7.1	10.52	2400	300	10.18	2700	除伐
27	10.4	14.54	1800	600	13.15	2400	間伐
34	12.4	17.83	1300	500	15.91	1800	収入間伐
44	15.0	21.46	1000	300	19.54	1300	収入間伐・主伐
56	17.7	25.65	750	250	23.13	1000	収入間伐・主伐
72	20.6	29.77	600	150	27.46	750	収入間伐・主伐
85	22.5	30.97	600		30.97	600	主伐

(2) 労働量・資材費

投下労働量及び資材費については愛媛県の県営林及び造林事業歩掛、並びに上浮穴地方育林技術体系^⑨を用い、表-13、表-14により検討した。なお、収入間伐については搬出材の立方当たりの経費とし、労働量は検討していない。

なお、間伐にかかる賃金は他の作業にともなう賃金より4,000円高、間伐にかかる経費は主伐経費×1.2とした。

表-13 スギ労働投入量 (ha当り)

(人日/ha)

作業種別	作業時期 (年)											計
	1	2	3	4	5	6	7	9	13	22	26	
地拵	29											29
植付	20											20
補植		2.3										2.3
下刈		11	11	11	11	11						55
雪起こし			3	3	3							9
泥枝打ち					10							10
つる切り						2	2	2				6
除伐									4.5			4.5
間伐										1.5	9.5	11
	49	13.3	14	14	24	13	2	2	4.5	1.5	9.5	146.8

注：収入間伐にかかる労働量は除外

表-14 ヒノキ労働投入量 (ha当り)

(人日/ha)

作業種別	作業時期 (年)										計
	1	2	3	4	5	6	7	9	17	27	
地拵	29										29
植付	20										20
補植		2.3									2.3
下刈		11	11	11	11	11					55
雪起こし			3	3	3						9
泥枝打ち					10						10
つる切り						2	2	2			6
除伐									5		5
間伐										9	9
	49	13.3	14	14	24	13	2	2	5	9	145.3

注：収入間伐にかかる労働量は除外

(3) 直径分布

林分の直径分布については、表-11・表-12の育林指針及び直径分布の検討で得られたワイブル関数を用い、下層間伐を実施することとして表-15・表-16により検討した。

(4) 樹高分布

同一林分の樹高は、胸高直径による差がないものとした。

(5) 生産材の価格算定

伐採林齢に応じた樹幹曲線・胸高直径・樹高から最適な採材法を検討した。採材長は3 m・4 mとし、末口径は樹皮厚及び変形等を考慮して推定末口径の90%とした。こうして各胸高直径毎に最も単木価格が高くなる最適な採材法を決定し、林分全体の素材生産量・素材価格を求めた。

(6) 内部収益率

育林指針による伐期をスギで40年・60年・80年、ヒノキで44年・56年・72年・85年とした場合の内部収益率を賃金・伐出経費・材価を変えて検討した。

表-15 スギ直径分布の推移モデル (本数/ha当たり)

林齢	31			40			60			80	
DBR:	計	主	副	計	主	副	計	主	副	計	主
10:	4		4								
12:	38	12	26	12		12					
14:	101	40	61	40	1	39	1		1		
16:	177	79	98	79	11	68	11		11		
18:	242	120	122	120	27	93	27	4	23	4	4
20:	270	181	89	153	65	88	45	13	32	13	13
22:	252	252		168	168		64	23	41	23	23
24:	194	194		162	162		80	34	46	34	34
26:	123	123		137	137		90	44	46	43	43
28:	63	63		101	101		94	94		50	50
30:	26	26		65	65		91	91		55	55
32:	8	8		36	36		81	81		57	57
34:	2	2		17	17		67	67		56	56
36:				7	7		52	52		53	53
38:				2	2		38	38		48	48
40:				1	1		26	26		41	41
42:							16	16		34	34
44:							9	9		27	27
46:							5	5		20	20
48:							2	2		15	15
50:							1	1		10	10
52:										7	7
54:										4	4
56:										3	3
58:										2	2
60:										1	1
計:	1500	1100	400	1100	800	300	800	600	200	600	600

注) 計:主副林木 主:主林木 副:副林木

表－16 ヒノキ直径分布の推移モデル (本数/ha当たり)

林齢	34			44			56			72			85		
DBR:	計	主	副	計	主	副	計	主	副	計	主	副	計	主	副
8:	21		21												
10:	99	10	89	10		10									
12:	231	44	187	44	7	37	7		7						
14:	369	166	203	103	25	78	25	3	22	3		3			
16:	428	428		175	55	120	55	12	43	12	2	10	2	2	
18:	354	354		236	181	55	93	26	67	26	8	18	8	8	
20:	203	203		254	254		131	45	86	45	17	28	17	17	
22:	76	76		219	219		157	132	25	65	28	37	28	28	
24:	17	17		147	147		163	163		84	41	43	41	41	
26:	2	2		75	75		143	143		97	86	11	53	53	
28:				28	28		106	106		100	100		63	63	
30:				8	8		66	66		95	95		70	70	
32:				1	1		34	34		80	80		71	71	
34:							14	14		60	60		66	66	
36:							5	5		40	40		57	57	
38:							1	1		23	23		45	45	
40:										12	12		33	33	
42:										5	5		21	21	
44:										2	2		13	13	
46:										1	1		7	7	
48:													3	3	
50:													1	1	
52:													1	1	
計:	1800	1300	500	1300	1000	300	1000	750	250	750	600	150	600	600	

注) 計:主副林木 主:主林木 副:副林木

(7) 内部収益率の検討結果

図－11・図12に伐出経費を主伐10,000円/㎡、間伐12,000/㎡とし、賃金を6,000円から20,000円まで変化させた場合の内部収益率の変化を示した。これによると、スギ・ヒノキとも賃金8,000円を境に高賃金においては長伐期経営が、低賃金においては短伐期経営の内部収益率が高い。

図-13・図-14に賃金を8,000円とし、伐出経費を3,000円から18,000円まで変化させた場合の内部収益率の変化を示した。スギについては10,000円を境に伐出経費が高いほど長伐期経営が有利である。ヒノキについては伐期56年が全般的に有利である。また、スギ・ヒノキとも高伐出経費になるほど短伐期経営の内部収益率の低下が著しい。

図-15・図-16に賃金を8,000円、伐出経費を10,000円とし、材価が変動した場合の内部収益率の変化を示した。材価の上昇に伴って短伐期経営の方がやや有利であるが、材価が低下した場合、短伐期経営の収益率の悪化は著しい。

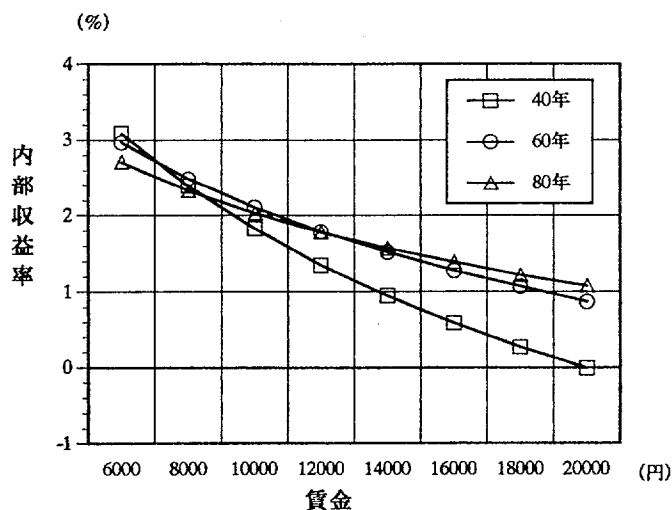


図-11 スギの賃金別一伐期別内部収益率の変化
(主伐経費：10,000円/m³ 間伐経費：12,000円/m³)

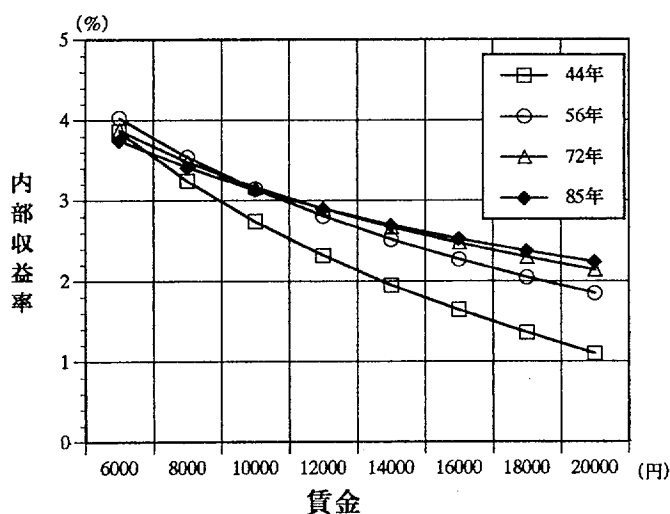


図-12 ヒノキの賃金別一伐期別内部収益率の変化
(主伐経費：10,000円/m³ 間伐経費：12,000円/m³)

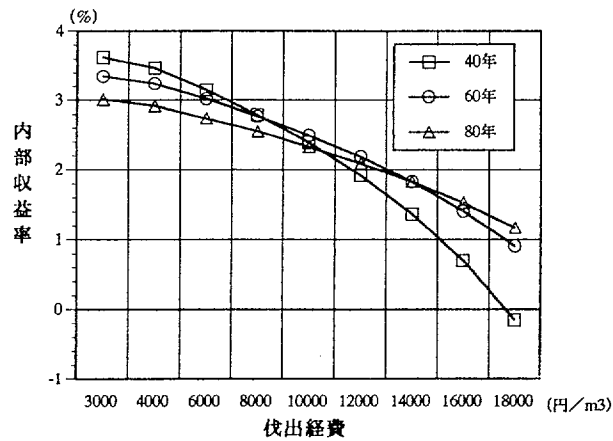


図-13 スギの伐出経費別一伐期別内部収益率の変化
(賃金：8,000円/人日)

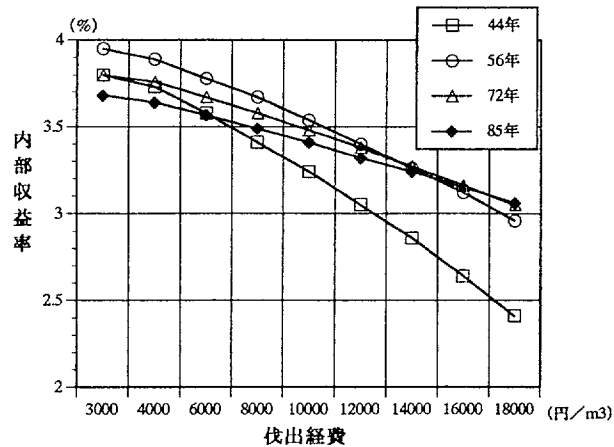


図-14 ヒノキの伐出経費別一伐期別内部収益率の変化
(賃金：8,000円/人日)

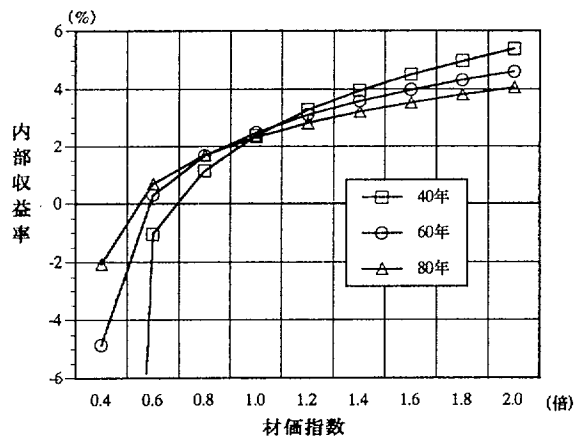


図-15 スギの材価別一伐期別内部収益率の変化
(賃金：8,000円/人日 主伐経費：10,000円/m³ 間伐経費：12,000円/m³)

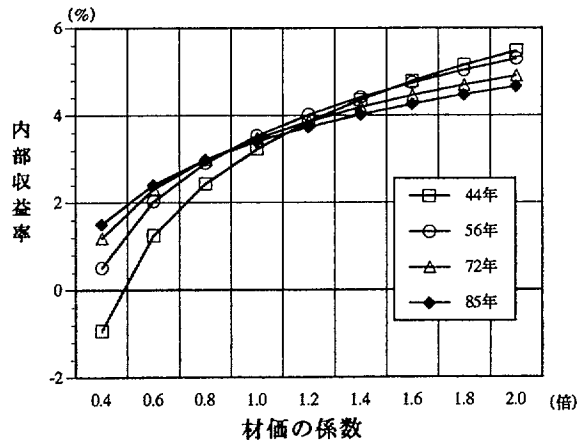


図-16 ヒノキの材価別一伐期別内部収益率の変化

(賃金：8,000円/人日 主伐経費：10,000円/m³ 間伐経費：12,000円/m³)

IV おわりに

- (1) 今回の長伐期林分の調査による、スギ・ヒノキの高齢級林分の標準的樹高成長は、先にふれたようにやや高いために注意が必要であるが、これを用いて現実林分から将来の樹高成長を推測することはできると思われる。しかし、現在の高齢級林は過去において比較的地味の良いところに植栽されたとも考えられること、100年以上の成長についてはいまだに不明であるため、将来なおこうした調査が必要になると考えられる。
- (2) 材価形成の調査に当たっては木材市況等の因子を考慮していないため、これらについても検討する必要があるとともに、径級の小さいところほど出材が多く、径級の大きい物の出材数は少なく販売単価は高かったが、今後国際材資源の成熟とともに出材される原木の径級等が変化した場合、販売単価に与える因子の変化も予想されるため、今後、定期的に調査する必要がある。また、原木の流通については末口径級24cm以上の材を調査対象としたが、今後24cm未満の材についても調査し、小径材の価格形成について分析することでより精度の高い収益性の検討が必要である。また、今回の研究では節の有無と材価に関係が見られたが、市場では枝打ち材が高価に取引されていることから、枝打ちの収益性に与える影響の検討も今後の課題である。
- (3) 収益性の検討結果は、長伐期経営は賃金の上昇、伐出経費の増大、材価の低下と経営環境の悪化に対しては短伐期経営より有利であり、経営環境が好転する場合には短伐期経営が有利であった。すなわち、近年の林業の経営環境は賃金の上昇悪化しつつあったことから、現在の伐期の長期化は経営上やむを得ない選択であったと考えられる。また、今後とも短伐期経営を行うためには賃金の低下はあまり望めないことから伐出条件の良いところで、材価の高いものを生産する等が必要であると思われる。

今回は、収益性の検討のために樹幹形・直径分布・材価などに精度の低い推定式を多く用いた。

また、推定した樹高も平均よりやや高いと思われること、間伐方法も近年実施されている上層間伐でない等、保育形式の差による林分成長、材価の変化と併せて今後の検討が必要である。

引用文献

- (1) 家原敏郎：近畿・中国地方のスギ・ヒノキ長伐期林分の実態解析と収穫予測、平成元年度国有林野事業特別会計技術開発試練成績報告書、1994
- (2) 家原敏郎：黒川泰亨：低位生産地におけるヒノキ人工造林の経営的評価、日林誌72(1)、34～45、1990
- (3) 家原敏郎：ヒノキ林の利用材積と素材価格の推定に関する検討、100回日林論、157～160、1989
- (4) 愛媛県：間伐技術指針、11～15、1992
- (5) 奥村晴彦：“コンピュータアルゴリズム事典”、技術評論社、東京114～116、(1987)
- (6) 上浮穴林業振興協議会：上浮穴地方育林技術とその体型、1969
- (7) 仁木直人：ワイブル分布のパラメーター推定について、J. P C - F o r. 2(2)、61～63、1984
- (8) 藤平沢志ほか：奈良県林業試験場業務報告、2～3、1992
- (9) 林野長：スギ人工林林分密度管理図説明書、南近畿・四国地方、33～58、1990
- (10) 林野長：ヒノキ人工林分密度管理図説明書、南近畿・四国地方、1～、1991