

多変量解析による間伐可能量 の推定方法

多変量解析手法による間伐可能量の推定方法

I 試験担当者

経営部経営第2科測定研究室長	栗屋仁志
主任研究官	樋渡ミヨ子
室員	神戸喜久
北海道支場経営部経営研究室長	真辺昭
主任研究官	篠原久夫
室員	猪瀬光夫
"	小木和彥
東北支場経営部経営第1研究室長	加藤宏明
主任研究官	小坂淳一
室員	金豊太郎
関西支場育林部経営研究室主任研究官	上野賢爾
"	長谷川敬一
四国支場経営研究室長	都築和夫
主任研究官	佐竹和夫
室員	吉田実
九州支場育林部経営研究室主任研究官	本田健二郎
室員	森田栄一
"	黒木重郎
木曽分場造林研究室長	原寿男
室員	原光好

II 試験目的

国有林の経営規程の改正により、従来、主間伐量を合せた総収穫量に基づいて行なわれていた保統計画が、主間伐量別に将来予想される量を計上して保統を計ることとなった。それに伴い特に1, 2分期における間伐量の予想は、かなり高い精度が要求されるものと思われる。従来の収穫予想

表や間伐指針による間伐量の推定は、平均的な値を示すもので、個々の林分に対しては、かなりの差が生ずるものと考えられる。また対象林分について計画編成期間中に実測することは、現在の予算、人員等からみて実行は不可能と判断される。したがって空中写真あるいは森林調査簿等の情報を用いて多変量解析手法により、現実林分の間伐可能量を将来の密度管理指針に沿って推定する手法を開発するため研究に着手した。間伐の実行の可否を判断するには、まず間伐木から生産される素材内容、市場価格から立木価格を求め、事業費との対比が必要と考えられる。この研究では、間伐による密度管理が、伐期における素材の質的生産におよぼす影響の解析から間伐材の材種の分析、間伐木価格の推定方法、空中写真による間伐量の推定方法など、収穫試験地の調査資料や関係営林(支)局から提供していただいた資料を用いて検討を行なった。これらの結果から直接間伐可能量の推定方式を導くことはできなかったが、経営的に収支の釣合う間伐条件を定める基礎が得られたと考える。この報告は、各支分場でとりまとめた試験結果のうち代表的なものを、取りまとめたものである。

III 試験の経過と得られた成果

(1) 素材材積による成長・収穫量の林分解析について

東北支場 金 豊太郎、加藤宏明、小坂淳一

I 目的

これまで林分の取扱い方法、すなわち、生産目標をもった保育形式の検討に際して、立木材積を基にした間伐収穫量や残存林分の成長量などが検討の対象になっていたが、ここでは、これをさらに拡張して、素材材積を基にした林分の材種別生産量や間伐収穫量の内容を把握し、これによる成長・収穫量の特性を明らかにするための検討を行なった。

このために、スギ人工林による固定収穫試験地の継時的な林分資料を用いて、各調査時点での林分の素材材積を相対幹曲線による方法によって求め、これに基づいて素材材積による収穫内容の特徴を見い出すため、同齡、同地位の林分について、次のような観点から検討した。

- (1) 林分密度管理図上の最多密度曲線に近い本数密度の場合
- (2) 間伐によって林分の密度管理水準が異なる場合

II 解析結果

1. 高い収量比数を維持している林分(男鹿山スギ人工林収穫試験地)

当該林分は、表-1の林分構成に掲げるよう、林齡40年生時の初期本数は、それま

での取扱いの結果、各区によって相当の差が生じている林分である。その後、林齡70年までの30年間は無間伐のままで推移させたもので、林分密度管理図上の収量比数はRy 0.93～0.97の範囲に達し、自然枯損の発生し続いている高密度林分である。

表-1 林分構成の推移(男鹿山)

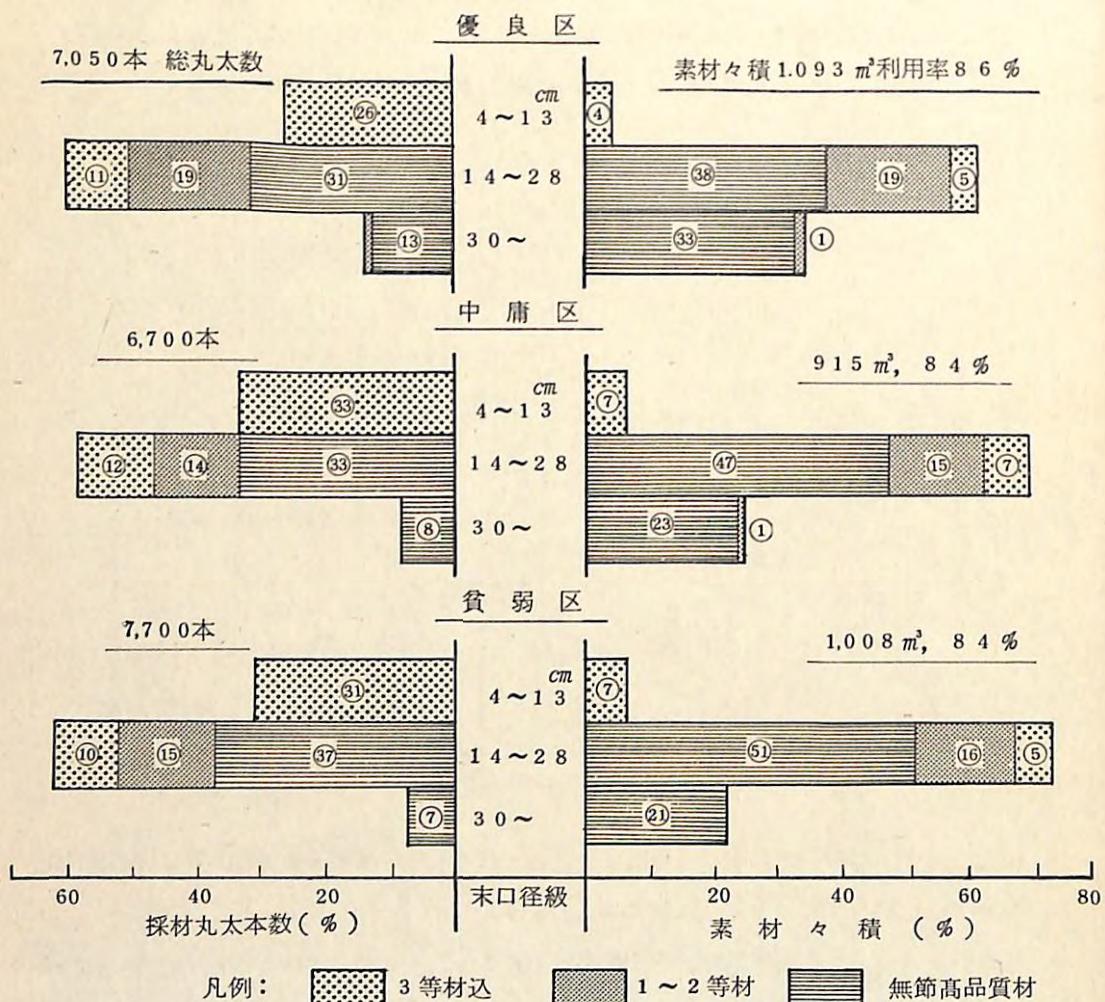
	林齡年	直 径 cm	樹 高 m	本 数	材 積	Ry %
優良区	40	24	1.8	1,426	587	87
	60	30	2.4	1,174	1,065	93
	70	34	2.6	1,042	1,267	96
	枯損量合計			384	94	
中庸区	40	22	1.7	1,530	519	87
	60	27	2.3	1,257	933	93
	70	31	2.5	1,070	1,095	93
	枯損量合計			460	109	
貧弱区	40	21	1.6	2,126	655	95
	60	27	2.2	1,484	1,055	97
	70	31	2.5	1,179	1,195	97
	枯損量合計			947	206	

註) 収量比数は安藤氏の全国スギ林分密度管理図による。

この林分の林齡70年時における長級3.65mを基準とする採材丸太本数、および材種別素材材積は、図-1に示すような生産割合となる。

これによると、丸太本数の材種別構成比率は3区とも大きな差はみられず、中丸太級(14～28cm)が約60%を占める集中した構成比となる。また、素材材積では、前者と同様に、3区とも大きな差はなく、材種別では中丸太級に60～70%が集中する傾向にある。さらに、品等区分としては変則であるが、外形上、根元から上部の樹幹について、樹幹の4面が完全に無節の状態にある部分を無節高品質材とし、また、1面以上について残枝、節などのこん跡が認められる部分を1～2等材、その他の欠点のあるものを3等材込みとして、それぞれの比率を求める、図-1の丸囲いで示した割合となる。これを素材材積の無節高品質材に限ってみると、中・大丸太級を合計した値は、いずれの区でも約70%程度の高い割合を占め、無間伐林の特徴を窺しているように見受けられる。反面、材種別の生産割合では、初期本数の少ない優良の中・大丸太級はそれぞれ38%，33%で較差が小さいのに対して、初期から高密度の貧弱区では中丸太級に51%，大丸太級に

図-1 林齢70年生時の素材々積と採材丸太数、および材種別、品等別割合



21%となって、その構成内容に大きな較差をもつことが判る。

したがって、同じ無間伐林であっても、高い収量比数を維持して推移するまでに至る初期的段階での林分取扱いの程度の違いが、素材による解析では、その及ぼす影響、特性が明確に把握されるといえよう。

2. 林分の密度管理水準が異なる場合

ここに示す林分条件のときの素材材積の生産内容を知ることにより、林分取扱い方法の

尺度を得ることが可能となるが、同時に、間伐収穫量の内容などについても、その量的、質的適否の目安が得られることになると思われる。

ここでの対象林分として、表-2に掲げるよう、収量比数をもとにして、 $Ry = 0.9$ (無間伐林: 男鹿山II), $Ry = 0.8$ (間伐林(1回): 上大内沢II), $Ry = 0.7$ (間伐林(2回): 下内沢II)の3林分を用いた。これらの林分は上層樹高による地位は、林齢40年生で21m, 60年生で27m, 林齢40年の成立本数は、男鹿山の1,530本を100として、上大内沢が75%, 下内沢が50%に相当する。

表-2. 林分の取扱いの違いによる各林齢時の材種別素材々積の推移

林齢	採材区	男鹿山II Ry 0.9					上大内沢II Ry 0.8					下内沢II Ry 0.7				
		3.65m	3.0m	2-1m	合計m ³	構成%	3.65m	3.0m	2-1m	合計m ³	構成%	3.65m	3.0m	2-1m	合計m ³	構成%
40	4-13	—	78	14	92	22	—	63	15	78	21	—	32	10	42	12
	14-28	208	130	—	338	78	195	103	—	298	79	220	66	—	286	87
	30+	190	22	—	212	—	105	23	—	128	—	119	23	—	142	—
年	4-13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	1
	30+	208	208	14	430	100	195	166	15	376	100	221	98	10	329	100
	生	累材m ³	高品等m ³	構成%	212	—	105	23	—	128	—	119	23	—	143	—
60	4-13	190	22	—	212	—	52	44	4	100	(8.5%)	67	30	3	100	(8.6%)
	14-28	401	158	—	559	72	442	78	—	520	71	307	37	—	344	60
	30+	350	62	—	412	—	224	5	—	229	—	107	1	—	108	—
年	4-13	126	—	—	126	—	159	—	—	159	—	185	—	—	185	—
	30+	530	229	16	775	100	610	109	10	729	100	513	50	7	570	100
	生	累材m ³	高品等m ³	構成%	538	—	383	5	—	388	—	292	1	—	293	—
間伐	4-13	476	62	—	538	—	84	15	1	100	—	90	9	1	100	—
	30+	0	—	—	0	—	14	59	4	77	—	53	37	3	93	—
	収穫量m ³	775	(9.4%)	—	775	(9.4%)	0	—	—	806	(8.6%)	—	663	(9.1%)	—	663 (9.1%)
註) 太字: 高品等材 () は利用率: 上段→当該林齢時、下段→総収穫での値																

註) 太字: 高品等材 () は利用率: 上段→当該林齢時、下段→総収穫での値

表-2に示す取扱いの異なるこれら林分の林齢60年における総収穫量は、幹材積・素材材積とも $Ry = 0.8 \sim 0.9$ で推移した林分ではほど同じ値を示すが、 $Ry = 0.7$ の林分では過少になる。この結果は、この種の比較条件における幹材積での一般的傾向と一致しており、素材材積の場合においても同様の傾向が確認された。また、立木材積に対する素材材積の

占める割合を示す利用率は、林齢の推移に従って高くなるが、その変動幅は狭く、林分の取扱いの特徴を利用率の比較によって見い出すことは困難と思われる。

つぎに、材種別によって構成・内容をみると、林齢40年では中丸太級(14~28cm)が約80~87%を占めるが、林齢60年では30cm以上の大丸太級の増加の著しいことが知られる。特に、間伐回数の多い疎な林分ほど、その量的増加が著しく、間伐効果の影響が明確に把握される。一方、無節高品質材についてみると、林齢40年から60年と高齢になるにしたがって、その構成比は急激に高くなる傾向がみられる。また無間伐林は間伐林に比べて、絶対量は多いが、20年間の増加率では $R_y = 0.8$ 程度の林分が効率のよい成長を示し、さらに役物生産量の多い30cm以上の高品質材が林分の総収穫量に占める割合は間伐林分に多いことから形質と密度管理の関係について一つの指標が得られたと考えられる。

III むすび

30年間無間伐で経過した男鹿山の調査結果から、40年生時までに幾分低い本数密度で管理した方が、高い密度を維持させた場合より大径高品質材の生産割合が高く、また長期間間伐を行なわざ本数密度が高くなつた林分に比して、間伐林分は大径高品質材の総収穫量に占める割合が高く、この例では60年生で収穫するには $R_y = 0.8$ 程度の密度水準が適当と考えられる。さらに間伐材のうち有利に販売される3.65m材の生産量は、間伐回数が多く、 $R_y = 0.7$ とした時が最も多くなつてゐる。これらのことから無間伐で育成するより $R_y = 0.8$ (新らに作成された秋田地方国有林を対象とした密度管理図では $R_y = 0.73$) が維持できるように適度の間伐を行なうことが素材生産の上でも適当であると考えられる。

[II] 幼齢間伐木の事例調査

九州支場 本田健二郎、森田栄一、黒木重郎

本報告では、とくに若齢林の初回間伐林を対象に間伐木の量的、質的把握を行うとともに、利用材積や利用率を53~55年度にわたつて国有林で収集した資料を基に検討を行つたものである。

I 資料と方法

ここで用いた資料は、熊本営林局管内の菊池、熊本、矢部、八代、人吉の各営林署部内の国有林で実行された、林齢23年生から29年生までのヒノキ10、スギ18個所の第1回間伐林の間伐木調査資料を用いた。

1) 一般材、低質材の区分

一般材とは、原則的にはスギ、ヒノキでは径級6cm以上で4mの一般製材原木が採材可能なものを基準とする。ただし、元玉を含め1.8mが2玉以上採材可能なものも含む。

その他のものは低質材とする。低質材はまた次の低質材A、低質材Bに区分する。

i) 低質材Aは、次の各号にあげる一つ以上に該当するもの。

- 1) 長さ2.1m未満の丸太。
- 2) 径14cm以上30cm未満の丸太で、次の欠点が一つ以上に該当するもの。
 - (1) 曲り、木口割れまたは引き抜け、目廻り、腐れ、虫食いまたは空洞が40%以上のもの。
 - (2) その他の欠点がとくに顕著なもの。

3) 径30cm以上の丸太で、次の欠点が一つ以上に該当するもの。

- (1) 曲り30%以上のもの。
- (2) 木口割れまたは引き抜け50%以上のもの。
- (3) 目廻り40%以上のもの。
- (4) 腐れ、虫食いまたは空洞60%以上のもの。

ii) 低質材Bは、一般用材または低質材Aの価格で販売される見込みのないもので、次の欠点が一つ以上に該当するもの。

- 1) 長さ1.0m未満の丸太。
- 2) 腐れ、虫食いまたは空洞70%以上の丸太。
- 3) 腐れ、虫食いまたは空洞以外の欠点がとくに顕著な丸太。

2) 立木幹材積および利用材積の算出

立木幹材積は、林分ごとの直径階別樹高階別本数分配表から一般材、低質材ごとに、局調製の立木幹材積表によって求めた。

利用材積は、一般材については局調製の立木利用材積表を用いて、幹丸太、短尺・端尺材ごとに求めた。

低質材については、胸高直径4~10cmと12cm以上に区分して、平均直径を算出し、局調製の低質材A・低質材Bの利用率表を用いて、低質材A、Bごとの利用材積をそれぞれ算出した。

3) 利用率の算出

一般材の利用率は、次によつた。

$$\text{利用率}(\%) = \frac{\text{幹丸太, 短尺・端尺材の利用材積の総和}}{\text{一般材の立木幹材積の総和}} \times 100 \cdots \cdots (1)$$

低質材については、上述した低質材利用率表による利用率を林分の平均利用率として適用している。したがって一般材および低質材を含む全利用率の算出は、次のようにして行った。

$$\text{利用率}(\%) = \frac{\text{一般材, 低質材の利用材積の総和}}{\text{間伐木の立木幹材積の総和}} \times 100 \cdots \cdots (2)$$

4) 価格レベルごとの区分

上述の一般材を幹丸太、短尺・端尺材ごとに区分し、一般材の短尺・端尺材と低質材Aとは、市場での取引き時の価格にも大差がないものと思われる所以、市場での取引き時の価格レベルで、次のように区分した。

- (1) 価格レベルⅠ：幹丸太
- (2) 価格レベルⅡ：短尺・端尺材と低質材A
- (3) 価格レベルⅢ：低質材B

II 結果と考察

1) 間伐木の平均直径と平均樹高

今回調査した初回間伐林の本数間伐率は、ほぼ25~30%前後であった。これらの間伐木の平均直径、樹高は表-1に示すとおりである。

ヒノキ間伐木の平均直径は10~12cm、平均樹高は8~10mであった。また一般材、低質材区分ごとの平均直径、樹高は、一般材では14~16cm、10~12m、低質材では10~12cm、8~10mである。スギでは平均直径は8~14m、平均樹高は8~11m、一般材では12~18cm、9~13m、低質材では6~14cm、7~9mであった。

2) 間伐木の中で占める一般材、低質材の本数、材積の割合

間伐木の中で占める一般材、低質材区分ごとの本数、材積の割合は表-2に示すとおりである。

一般材の占める割合は、ヒノキでは本数で5~23%、平均12%，以下()の中の数値は平均を示す。材積では12~43% (25%)、スギでは本数で12~63% (29%)、材積では22~87% (47%)であった。また低質材で胸高直径10cm以下の本数、材積の占める割合は、ヒノキでは本数で33~64% (55%)、材積では17~36% (28%)、スギでは本数で17~82% (42%)、材積では6~52% (19%)を

占めている。

表-1 間伐木の平均直径・樹高一覧表

No	営林署	林 齡	一般材		低質材		(一般材+低質材)	
			直 径	樹 高	直 径	樹 高	直 径	樹 高
1	人 吉	23	15.6	11.4	11.1	8.6	11.4	8.8
2	"	24	15.6	11.6	11.8	9.9	12.2	10.1
3	熊 本	25	15.3	9.8	10.2	8.0	10.5	8.1
4	人 吉	25	15.0	11.0	9.9	8.9	10.8	9.3
5	"	26	15.4	10.8	10.0	8.0	10.4	8.2
6	熊 本	26	14.7	10.3	10.1	8.2	10.7	8.4
7	"	26	16.8	10.8	10.6	8.3	10.9	8.4
8	"	28	15.5	10.7	10.3	8.3	11.3	8.7
9	"	29	13.8	9.9	9.3	7.7	10.3	8.2
10	菊 池	29	13.8	10.9	9.2	8.4	10.0	8.8
11	"	24	14.3	9.3	10.2	7.9	10.7	8.1
12	矢 部	24	16.7	10.5	11.9	8.1	12.9	8.6
13	人 吉	24	16.1	11.1	10.0	8.9	11.4	9.4
14	菊 池	25	16.1	10.3	10.7	8.2	12.6	9.0
15	矢 部	25	15.1	11.4	11.4	9.1	13.4	10.3
16	八 代	25	15.1	12.7	8.8	8.6	12.8	11.2
17	矢 部	26	14.8	11.3	10.7	9.2	11.9	9.8
18	八 代	26	13.3	11.6	9.1	8.7	10.9	10.0
19	熊 本	27	14.1	10.0	10.2	8.1	11.6	8.7
20	菊 池	27	12.7	10.3	8.7	8.4	9.9	9.0
21	矢 部	27	18.2	11.1	12.9	9.2	13.7	9.5
22	八 代	28	11.7	9.8	6.5	7.3	7.4	7.7
23	熊 本	28	14.1	9.3	10.2	7.9	10.8	8.1
24	矢 部	28	18.3	11.1	13.4	8.7	14.0	9.0
25	熊 本	28	17.5	11.6	12.6	9.1	13.8	9.7
26	菊 池	29	12.8	10.4	9.3	8.7	10.5	9.2
27	"	29	13.8	10.9	10.3	9.0	11.4	9.6
28	熊 本	29	16.1	11.0	12.5	9.1	13.5	9.6

注) No.1~10までヒノキ、No.11以下はスギを示す。

表-2 一般材、低質材区分別本数・材積割合および全利用率

No	一般材		低質材(直径12cm上)		低質材(直径10cm下)		全利用率
	本数比率	材積比率	本数比率	材積比率	本数比率	材積比率	
1	7.8	16.6	47.9	64.0	44.3	19.4	73.8
2	9.4	16.3	57.9	66.6	32.7	17.1	75.8
3	5.4	12.4	33.1	53.0	61.5	34.6	71.0
4	15.9	31.3	29.2	42.2	54.9	26.5	70.4
5	6.2	17.0	29.7	47.7	64.1	35.3	70.3
6	12.9	27.1	29.1	42.1	58.0	30.8	70.4
7	4.7	12.5	38.8	59.4	56.5	28.1	72.0
8	18.1	37.8	30.0	38.5	51.9	23.7	69.9
9	23.0	43.0	17.4	26.5	59.6	30.5	69.5
10	18.6	37.2	17.3	27.1	64.1	35.7	69.0
11	12.1	22.3	31.8	46.8	56.1	30.9	71.1
12	21.1	36.9	48.9	51.7	30.0	11.4	73.8
13	23.7	46.9	23.3	29.4	53.0	23.7	70.1
14	35.1	57.9	27.1	29.0	37.8	13.1	70.2
15	53.2	70.0	23.7	23.0	23.1	7.0	72.3
16	63.0	86.8	6.0	6.0	31.0	7.2	71.5
17	27.3	44.5	30.1	31.3	42.6	24.2	72.9
18	44.1	67.3	9.3	11.7	46.6	21.0	69.2
19	34.8	54.2	17.4	24.6	47.8	21.2	70.2
20	30.3	51.3	7.8	12.1	61.9	36.6	67.8
21	16.0	29.7	63.1	63.6	20.9	6.7	74.9
22	17.1	44.4	1.2	3.2	81.7	52.4	55.2
23	16.7	28.9	30.6	44.7	52.7	26.4	71.4
24	12.4	23.4	70.7	70.9	16.9	5.7	75.7
25	25.2	44.0	47.5	48.8	27.3	7.2	74.2
26	33.9	51.2	14.6	21.8	51.5	27.0	69.6
27	32.9	48.3	24.7	33.0	42.4	18.7	71.3
28	29.2	42.6	47.3	50.8	23.5	6.6	73.9

また立木幹材積に対する一般材(幹丸太, 短尺・端尺材)の利用材積の占める割合は、ヒノキでは8~29% (16%)、スギでは15~61% (32%)であった。ヒノキに比べてスギの方が全般的に一般材の占める割合が高い傾向にあるが、林分によって、その変動幅が大きい。ヒノキの場合は資料数も少ないが、その割合は少ないよう

ある。

林分ごとの最大直径からの累積本数および累積材積の割合をみれば、累積本数率が50%の点で累積材積率は75%以上の材積を占めている。このことから間伐木の約半数は材積的にはあまり寄与していないことがわかる。

3) 利用率

一般材(幹丸太, 短尺・端尺材)の利用率は、上記の(1)式で算出した結果、ヒノキでは63~67%, スギでは65~70%で、両者とも大差はない。また一般材、低質材を含む全利用率は(2)式で算出した。この結果を表-2に示した。この場合の利用率はヒノキでは69~76%, スギでは55~76%で、スギ1例を除けば両者とも68~76%で、その変動幅は小さく、間伐木の平均胸高直径が大きくなるほど高くなる傾向がみられた。

4) 価格レベルごとの利用材積の割合

ここでは市場での取引き時の価格で、上記で区分した3つの価格レベルごとに、その利用材積の占める割合を比較した。その結果を表-3に示した。ヒノキではIが4~15% (9%), IIが21~41% (32%), IIIが25~36% (31%)で、スギではIが8~41% (20%), IIが14~45% (29%), IIIが8~38% (22%)であった。

表-3 価格レベルごとの利用材積の割合

No	価格レベル			No	価格レベル		
	I	II	III		I	II	III
1	6.5	39.9	24.7	15	30.3	29.7	12.3
2	6.3	41.2	28.3	16	41.0	22.8	7.7
3	4.2	32.9	33.9	17	18.6	23.5	30.8
4	11.5	32.0	26.9	18	28.6	21.1	19.5
5	6.1	31.1	33.1	19	21.6	28.1	20.5
6	9.7	24.5	36.2	20	20.3	18.5	29.0
7	4.4	36.2	31.4	21	12.1	42.3	20.5
8	13.5	31.9	24.5	22	17.1	13.6	24.5
9	15.1	23.8	30.6	23	10.8	32.9	27.7
10	14.1	21.4	33.5	24	9.5	44.7	21.5
11	8.3	24.7	38.1	25	22.4	35.0	16.8
12	14.7	37.8	21.3	26	20.5	22.1	27.0
13	19.7	28.0	22.4	27	20.0	30.5	20.8
14	22.8	31.0	16.4	28	18.0	38.7	17.2

これらの若齡林分の間伐木は、上述したように、小径木や形質不良木などが多く、利用面からも不利を立場にあるが、一般材以外は坑木、杭木、绿化木支柱、チップ材などに利用されている。

今回の調査ではいろいろと不備な点があったが、本報告の裏づけとして現実の素材生産量の把握および間伐実行上や流通面での諸問題まで、今後さらに検討する必要があろう。

（Ⅲ）ヒノキ間伐量の算定について

木曾分場 原 寿男、原 光好

1. はじめに

木曾谷のヒノキ造林は、明治27年から実行され、一林班を皆伐して、15～20haの大面積を植栽した所が昭和10年代まで続き、その後は小面積となった。間伐手遅れの造林地は最近の間伐量の増加により減少してきている。70年生以上の造林地は、数年前より小面積皆伐の対象となるものが多くなっている。

長野営林局統計書によると、昭和53、54年度には、500ha、42,000m³の間伐が行なわれ、漸増の傾向が伺われる。

この研究は、現在実行されている間伐方法による立木処分地について、間伐木の構成、間伐量を調査し、間伐木価格の試算方法の提案を行ない、今後のヒノキ林における間伐量の算定に役立てようとするものである。

2. 間伐木の選定方法

昭和52年度より実施されている木曾谷第3次地域施業計画によると、間伐本数の基準は相対幹距比20%に相当する残存本数が維持できることを目安としている。選木は被圧木、介在木を対象とすることは、前計画と同じであるが、新たに中層木を間伐対象とすることで、適寸材の割合を増し、間伐効果と実行性の確保を図っている。この場合林分の林冠構成に影響の少ない被圧木のうち、小直径、曲り等のため市場価値がないと判断される木については間伐対象木から除外すると共に、適正密度を維持するための残存本数に含めないこととしている。

なお、昭和50年、51年度の間伐対象木は、収穫予想表に基づく定量間伐方式が採られ、被圧木、介在木が主体となっている。

3. 調査方法

この研究では調査対象地域として木曾谷を選び、昭和53～55年度に間伐のための立木

処分が実施された林分（小班）を主体として調査を行なった。調査箇所数は97である。調査内容は次のとおりである。

（1）間伐処分の実施された箇所ごとに、面積と樹種別（ヒノキ・サワラ、その他）の本数、材積・伐採率を調べ、ヒノキ・サワラについては直徑階ごとの本数と樹高から、直徑級（8～12, 14, 16, 18～22, 24～28, 30～34, 36cm以上）ごとの本数、材積および直徑・樹高の平均を求めた。

（2）間伐処分箇所の樹種別蓄積、地位、地利などの立地条件を森林調査簿より求めた。

調査地におけるヒノキ、サワラの間伐対象木の総体の平均と範囲は表-1のとおりである。haあたり間伐材積の平均は52m³となっているが、その他を含めると61m³となる。

表-1 調査地の間伐木の概要

	対象面積	林 齢	haあたり間伐材積	直 径	樹 高	直徑18cm以上の材積比率
平均	16.1ha	51年	52m ³	15.4cm	12.6m	53%
範囲	2～47	42～84	15～103	10.9～20.9	8.9～17.7	5～94

注) ヒノキ・サワラを対象。

またヒノキの混交率および間伐率により、全樹種ごとの間伐材積別に調査地を分類したものを表-2に示す。

表-2 ヒノキ混交率と間伐率による間伐材積級別調査地数

%	haあたり間伐材積										計
	30	40	50	60	70	80	90	100	110m ³		
混交率	100	1	5	10	7	7	1		1		32
	90	1	6	5	5	3	5	2		2	29
	80	1	3	8	7	1	2	1		1	24
	70			1	1			1			3
	60			1	1	2					4
	50		2			1					3
	40			1						1	2
	35～40					1	1	1			3
	24～26		1	5	3	7	3	1	1	21	
	15～23	2	14	19	18	6	4	2	1	3	69
	12	1	1	2							4
	計	3	15	26	21	14	8	4	1	4	

この表から間伐対象林分は、ヒノキの混交率80%以上のものが約90%を占め、間伐材積は40~70m³が80%となっていることから、間伐はヒノキ混交率80%以上の林分で間伐材積は40~70m³程度であり、間伐率は15~23%の多いことがわかる。

4. 間伐対象木の構成状態

1番丸太で10.5cmの柱材ができる最小の胸高直径を経験的に18cmとし、18cm以上の間伐木材積を全間伐木材積との比で示すと、調査地での平均は表-1に示すように53%となる。間伐対象木の直径は、林齡と共に増加する傾向があると考えられるので、齡級別に調査地数を示すと表-3のようになる。この表によれば、齡級による18cm以上の材積歩合は林齡とはっきりした関係は認められないが、最多頻度は42~52年、51~62年の40~49%から63~84年の50~59%に移っている。間伐対象木の構成状態を、さらに詳しく検討するため、齡級の両端にある42~50年と63~84年について材積歩合40%以上の調査地（表-3に点線で示す）について間伐木の構成状態を比較検討した。

表-3 林齡別、直径18cm以上の材積歩合別調査箇所数

直径18cm以上の材積歩合 %	林齡年				計
	42~50	51~62	63~84	計	
5~29	3	3	3	9	
30~39	2	6	1	9	
40~49	7	17	6	30	
50~59	6	7	10	23	
60~69	2	3	5	10	
70~88	4	9	3	16	
計	24	45	28	97	

材積歩合ごとの両齡級に属する調査地の間伐対象木の平均構成を表-4に示す。この表から両齡級とも材積歩合が増すと平均直径・平均樹高が増加しているが、haあたり間伐材積は、はっきりした傾向が認められない。また間伐対象木の平均直径は各材積歩合級で両齡級ともほぼ等しいが、平均樹高は材積歩合60%以上で若い齡級の方が大きくなっている。このことは間伐本数、材積とも老齡級が大となっていることと合せて、間伐手遅れのため、被圧木が多くなっていることを示していると考えられる。

さらに、これら調査地の直径階別材積百分比を示すと表-5のとおりである。この表から材積歩合の増加に伴って、柱材の採材が困難な16cm以下の百分比が低下する傾向が伺われ

表-4 間伐木構成状態の比較

直径18cm以上の材積歩合	箇所	平均林齡	haあたり		平均直径	平均樹高	平均地位
			本数	材積			
40~49	7	45	383	44	14.8	11.9	7
	6	74	472	53	14.1	11.9	9
50~59	6	46	390	50	15.2	12.4	7
	10	69	442	61	15.2	12.8	6
60~69	2	45	263	46	16.5	14.1	8
	5	69	471	75	16.2	13.0	6
70~88	4	44	167	40	18.3	16.5	8
	3	71	185	44	18.7	14.8	7
平均	56	19	45	327	45	15.9	13.2
	57	24	70	423	60	15.5	12.9

表-5 直径階別材積百分比の比較

直径18cm以上の材積歩合 %	右の平均値	平均林齡	箇所	直径階の百分比 (%)						
				8~12	14	16	18~22	24~28	30~34	36以上cm
40~49	45	45	7	16	18	21	38	6	1	0
	42	74	6	20	18	19	35	7	1	0
50~59	53	46	6	13	14	19	42	9	2	0
	55	69	10	13	15	17	40	11	3	1
60~69	64	45	2	8	12	17	48	13	2	1
	64	69	5	9	11	15	44	16	4	0
70~88	78	44	4	1	5	17	63	12	1	1
	79	71	3	11	12	15	41	15	5	1
平均	56	45	19	11	13	19	46	9	1	0
	57	70	24	13	14	16	40	13	4	1

る。また直径階別材積比の構成が老齡林分では大きい直径級の割合が幾分高くなっていることから、中径以上の蓄積が若い林分より多いことが推察される。間伐対象林分の全林木の調査記録が残されておれば、間伐対象木の林分内での構造分析ができるのではないかと考えられる。

間伐木の選定方法の相異により、間伐木の構成状態がどのように変化するかを調べるために、昭和50、51年に間伐木調査が行なわれた17調査地について、間伐木の構成状態、直径階別材積百分比を表-6、表-7のようにまとめ表-4、表-5と比較すると、ほぼ同じような結果となった。このことから、現段階では間伐木の現地での選定は、要領による違いは認められないと推察される。

表-6 昭和50、51年度処分の間伐木の構成状態

箇所	18cm以上の材積%	林令	本数	材積	H	D	地位
6	25	65	658	48	10.8	12.1	7
6	47	55	420	45	11.0	14.3	6
5	59	62	517	71	12.3	14.9	7
平均	44	60	533	54	11.3	13.7	7

表-7 昭和50、51年度処分の直径階別材積百分比

平均林齡	箇所数	胸高直径階の百分比%							
		8~12	14	16	18~22	24~28	30~34	36上	18上cm
65	6	38	20	17	22	3	0	0	25
55	6	17	16	20	37	8	2	0	47
62	5	14	12	15	43	14	2	0	59
計平均		6.0	1.7	1.6	1.8	3.3	0.8	0	4.2

5. 間伐木価格の試算方法

新らたに間伐計画を樹てようとする場合、間伐木価格は、一つの大きな要因と考えられるので間伐木価格の試算方法の検討を行なった。この試算に用いた市場価格は一般材に関するもので、曲りなど欠点のある一般材以外のものの市場価格は除いてある。

調査地ごとの市場価格は、長野営林局で使用している直径階別の基準価格、造材歩合と調査地の直径階別材積を用いて算出したものをhaあたりに換算したものである。このようにして算出した調査地ごとのhaあたり市場価格を、50万円単位の4つのクラス(100~149万、150~199万、200~249万、250~299万)に分類し、haあたりのヒノキ間伐材積と直径18cm以上のものの材積比率をプロットすると図-1に示すように、両者の関係はクラスごとにほぼ平行的な直線で示される。したがって各クラスごとにhaあたりヒノキ間伐材積を独立変量に、18cm以上のものの材積比率を従属変量として一次回帰式をあてはめ、次式

が得られた。

$$\text{クラス A (100~149万)} \quad y = 102.87 - 1.39x$$

$$\text{クラス B (150~199万)} \quad y = 134.75 - 1.58x$$

$$\text{クラス C (200~249万)} \quad y = 154.47 - 1.47x$$

$$\text{クラス D (250~299万)} \quad y = 178.01 - 1.57x$$

y : 18cm以上のものの材積比率

x : haあたりヒノキ間伐材積

これらの式は、いずれも相関係数は0.9以上であった。

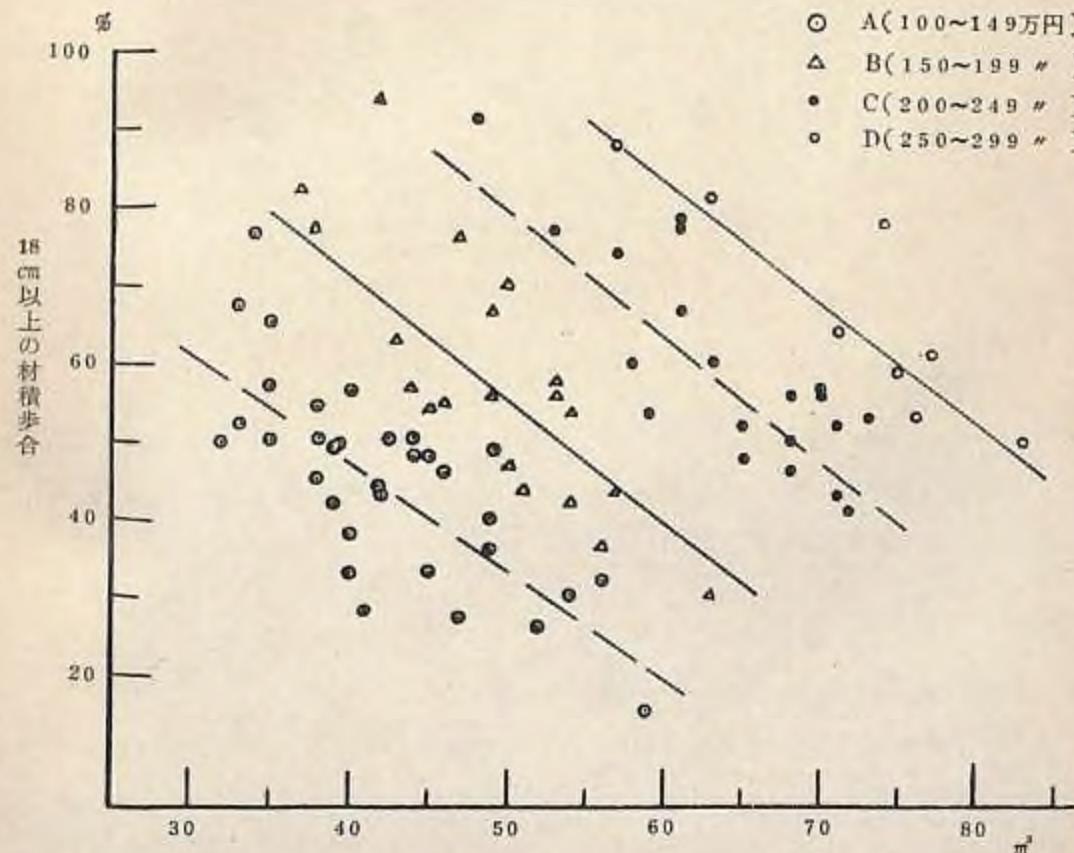
凡例 価格

○ A(100~149万円)

△ B(150~199万)

● C(200~249万)

○ D(250~299万)



haあたりヒノキ間伐材積

図-1 価格クラス別の間伐材積と18cm以上の材積歩合の関係

図-1の使用方法として2通りの方法を考えた。その一つは、haあたり間伐材積と18cm以上の材積比率を図上へプロットし、その位置が各クラスの中心線のいずれかを越えていれば、間伐木の価格は、少くともそのクラスの最小値以上となることが推定できる。例えば、間伐材積が6.0m³で、18cm以上の材積歩合が50%であれば、BクラスとCクラスの中心線の中間にあるので、間伐木価格は、少くとも150万以上あることが分る。第2の方法は、haあたり事業費とhaあたり間伐材積が分っている時、事業費を下まわらない間伐収入を上げるため、伐採すべき柱適寸材（直径18cm以上）の材積歩合を予想することである。

例えば、事業費が100～149万円程度で、間伐材積を5.0m³とすると、Aクラスの中心線から18cm以上のものを材積歩合で33%程度含める必要があることが分る。このような間伐が実行できるかどうかは、林分構造で判断する必要があり、これにより間伐事業実行の収支の予想ができる。

木曾谷ヒノキの間伐事業費の基準は100～149万（Aクラス）となっているので、このクラスに属する33調査地について、次式で係数を求めたところ、平均値は0.07となり、その変動は極めて僅かであった。

$$\text{係数} = \frac{\text{haあたり間伐木市場価格（万単位）}}{\text{haあたり間伐材積} \times 18\text{cm以上の材積比率} \times 100}$$

したがって、平均的な場所での間伐価格は次のようにして求めることができる。

$$\text{haあたり間伐木価格（万円単位）} = \text{haあたり間伐材積} \times 18\text{cm以上の材積比率} \times 7$$

6. おわりに

間伐木の実態を解析するため、有利に売払いのできる18cm以上のものの材積比率はかなり有意義な因子であり、また間伐収支を予測するためにも有効であると考えられる。ここで得られた結果を施業計画で活用するには、林分構成の各因子と材積比率の関係についてさらに検討を続ける必要がある。

〔V〕 間伐木販売価格予測のためのスコア表の作成について

四国支場 佐竹和夫、都築和夫、吉田 実

1. はじめに

間伐は主伐に比べて生産コストが高く、また若齢間伐の場合は一般に材質が劣り、材価が安いため、林道からはなれた個所など条件の悪い林分は捨て伐りとなる場合が多い。この研究は、間伐木の立木販売価格予測のため、価格の算定に關係のある因子の、市場ブロック間

の比較や販売価格への寄与率などにつき分析し、その結果をふまえて数量化I類によるスコア表を作成したものである。用いた資料は、高知営林局管内国有林で昭和49～52年までの間に実施した102点の間伐資料である。高知営林局では昭和53年に数量化I類によりスコア表を作成しているが、今回の作成は、予測精度を一層高めるための手法を見出す目的で行なったものである。本場電算機を使用し、資料の分析や計算は本場技術情報室長西川匡英氏の御尽力によるものである。

2. 資料の分析

間伐材は、その用途、流通や加工形態、販売価格など地域的な特色がつよいといわれる。そこで、間伐材価格に影響を与える潜在的因子として市場ブロックをとり上げ、次の2つの観点から分析した。

- ① 林況、地況、その他の因子の面から、市場ブロックごとに差があるかどうかを分析する。
- ② 次に間伐材価格と林況、地況、その他の因子の関係を支場ブロックごとに検討する。

1) 市場ブロックごとの生産構造上の差

調査個所102を市場ブロックごとに分けると中村3、高松3、高幡3、安芸25、高知24、宇和島9、松山8となった。これらの102個所をそれぞれの林況、地況、その他の23個の因子（表-1）を用いて表わすと、23次元空間上に102個所の点が表わされ上記の7つの市場ブロックの様相が理解できる。ここで、この7つの市場ブロックを最もよく判別する次のような函数を考える。

$$Z = a'(x - \bar{x}) = \sum_{i=1}^p a_i (x_i - \bar{x}_i)$$

ここで、 \bar{x}_i ：データ全体の平均

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^g n_k \bar{x}_i(k) / n, \quad n = \sum_{k=1}^g n_k \quad (g \text{ は群の数})$$

この判別関数Zの係数ベクトルaは、Zの群間分散の群内分散に対する比を最大にするという条件から得られる。このときの固有ベクトルおよび値を表-2に示した。

また、2次元まで次元を減すことを考え、2つの判別軸Z₁、Z₂のスコアを算出し、Z₁ - Z₂平面上に示すと図-1のようになつた。図-1から、高幡、安芸、高知ははっきり区分されることがわかる。中村、高松、宇和島、松山については調査個所が少ないので、はっきりしたことはいえないが、中村、宇和島は高幡の市場ブロックに近く、そして松山は高幡、安芸の中間型、高松は他のいずれの市場ブロックとも異った林況、地況などの因子をもっているといえる。

表-1 間伐木立木価格予測のための因子

林況	因子	面積
		林齡
		混交歩合 スギ
		" ヒノキ
		" その他
		haあたり 本数
		haあたり 材積
		平均胸高直径
		平均樹高
		小径木占有度
伐木	因子	haあたり 材積
		haあたり 本数
		混交歩合 スギ
		" ヒノキ
		間伐量(事業量)
		平均胸高直径
		平均樹高
		造材歩止り
		小径木占有度
		地利因子
市場ブロック		

註: 小径木占有度は胸高直径12cm以下のものの材積割合。

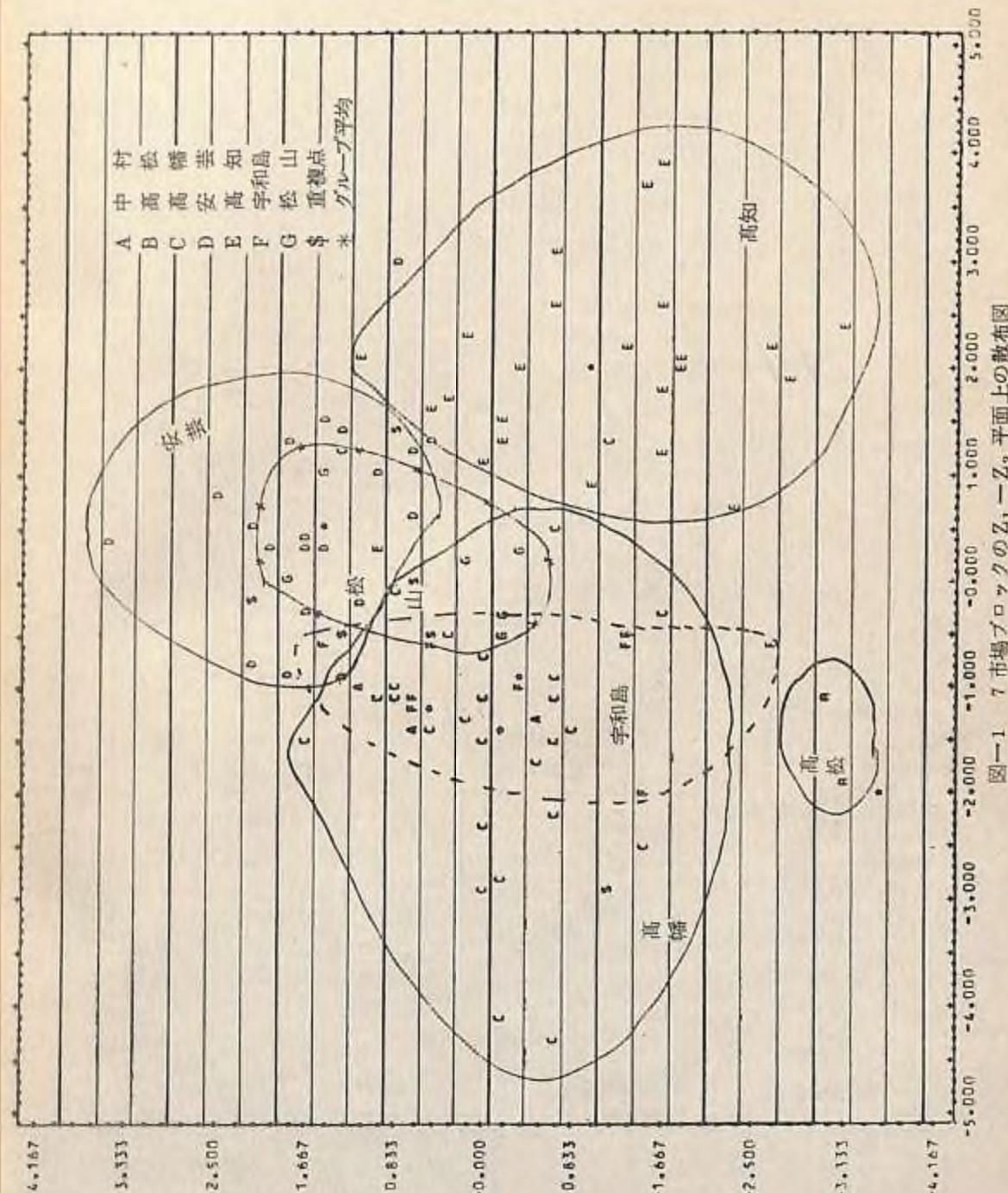


表-2 固有値と固有ベクトル

固 有 ベ ク ツ ル		
販 売 価 格	-0.817201 E-05	0.121210 E-04
林 分	面 積	-0.649344 E-03
	林 齢	0.248566 E-02
	haあたり材積	-0.284056 E-03
	混交歩合 スギ	-0.214093 E-01
	〃 ヒノキ	-0.204758 E-01
	〃 その他	-0.182088 E-01
	haあたり本数	-0.224151 E-04
	平均直径	0.769892 E-02
	平均樹高	0.537047 E-02
	小径木占有度	0.821141 E-03
間 伐 木	haあたり材積	0.292032 E-02
	haあたり本数	0.117085 E-04
	混交歩合 スギ	0.110903 E-01
	〃 ヒノキ	0.906421 E-02
	間伐量	0.885016 E-11
	平均直径	0.354253 E-02
	平均樹高	-0.148216 E-01
	造材歩止り	-0.116080 E-01
	小径木占有度	-0.220932 E-02
	集材距離	0.798506 E-06
地 利	集材線本数	0.132761 E-01
	市場までの距離	0.657519 E-02
	固 有 値	1.93211
		1.31031

2) 間伐材価格と林況、地況などの因子との関係

次に調査個所の比較的多い高幡、安芸、高知の市場ブロックをとり上げ、これらの地域ごとに、間伐材の販売価格と林況、地況などの因子との関係をみてみよう。

3つの市場ごとおよび全市場をこみにした場合の重回帰分析を行なったが、説明変数が2-3個と多いため、変数選択型の手法のうち、変数増加法(Forward Selection)を用いることにした。

この結果によると、高幡、安芸はいずれも林齢、間伐木の内容などで販売価格が比較

的よく推定されるが、高知は面積、間伐前のha当たり材積などやや異った因子がとり入れられている。変数増加法では最初に販売価格と最も相関の高い因子がとり入れられ、次にこれと組み合わせたとき重相関係数の高くなる因子がとり入れられる手順になってい。このことからも高幡、安芸では間伐材の価格と林齢が最も相関が高く、一方、高知ではむしろ面的な因子である間伐地の面積が一番相関が高いのは興味が深い。

表-3 でも明らかなように、林齢や面積などの因子の他に、間伐材の価格には間伐前後の樹種構成が何らかの形で寄与していると考えられる。

表-3 市場ブロックごとの間伐木価格の重回帰分析

市場ブロック	ステップ	有 効 な 因 子	重相関係数	自由度調整済の重相関係数
高 幡	1	林 齢	0.89	0.88
	2	小径木占有度(林分)		
	3	間伐木平均直径		
	4	集材距離		
	5	集材線本数		
安 芸	1	林 齢	0.78	0.74
	2	間伐木ヒノキ混交歩合		
	3	歩止り		
高 知	1	面 積	0.84	0.80
	2	haあたり材積(林分)		
	3	その他の混交歩合(林分)		
	4	間伐木ヒノキ混交歩合		
3 市場をこみにした場合	1	林 齢	0.77	0.75
	2	スギ混交歩合(林分)		
	3	その他の混交歩合(林分)		
	4	造材歩止り		
	5	市場までの距離		

3) 数量化I類による要間伐林分の検討

そこで、昭和53年度に高知営林局が行った要間伐林分スコア表作成における数量化I類の解析と比較するため、間伐木の樹種構成を因子としてとり入れることにした。この場合のカテゴリーとしては樹種の混交歩合がスギ100%, ヒノキ100%, スギ60%以上, ヒノキ60%以上, その他の5カテゴリーとした。高知営林局が行なった数量化I類では項目としては、林齢、面積、ha当たり間伐材積、事業量、間伐木胸高直径、間

伐木の小径木占有度(胸高直径1.2cm以下のものの材積割合), 歩止り, 集材方法, 集材距離, 集材総本数, 市場ブロックの11項目で樹種構成は含まれていない。また間伐木の価格は1m³当たり11~17,010円と変動が大きく, 次のようなグレードを用いている。(表-4)

表-4 外的基準のグレード

グレード	m ³ 当りの単価(円/m ³)
1	0~70
2	71~200
3	201~1,000
4	1,001~2,000
5	2,001~3,000
6	3,001~5,000
7	5,001~7,000
8	7,001~10,000
9	10,001~

ここで, どの因子が間伐木価格に寄与しているかを見るための指標として偏相関係数, レンジ, 分散比を用いる方法などがあるが, 寄与している因子の順位はこれらの方法によっても異なり, またアイテム(項目)やカテゴリーのとり方によっても異なる。川端は, この3つの尺度同じデータにもちいて項目の相対的重要度(寄与している因子の順位)を検討しており, その結果によると, 寄与している因子の順位は分散比, レンジ, 偏相関係数によって異っている。しかし, 寄与していない因子はいずれの方法においても, その順位はあまり変わることから, 高知営林局が昭和53年に実施した結果から偏相関係数の低いha当り間伐量, 事業量, 集材距離, 市場ブロックを除くことにした。また, 一方先の市場ごとの重回帰分析では, 林齢, 面積, 間伐木胸高直径, 間伐前の小径木占有度, 歩止り, などが取りあげられているが, 高知営林局が行った数量化1類の偏相関係数をみても, これらの項目は比較的高い値を示している。そこでこれらの項目に間伐木の樹種混交歩合を加え, 林齢, 面積, 間伐木の平均胸高直径, 小径木占有度, 歩止り, 集材方法の7つの項目を用いて間伐木の価格の予測を行なうこととした。

数量化理論においては標本の大きさは最小限, 総カテゴリーの3~5倍は必要であるといわれている。今回用いた7つの項目のカテゴリーは, 間伐木樹種混交歩合5, 林齢5, 面積5, 間伐木直径5, 小径木占有度5, 歩止り6, 集材方法7, 合計38である。標本数は96となっているので, 標本数は多少不足しているが, 重相関係数は0.86と

なり, 少ないカテゴリー数(高知営林局の場合は11項目で66カテゴリー)で, 0.9に近い重相関係数が得られた。7項目を採用した場合の項目ごとの要因群スコア, レンジ, 分散比を表-5に示した。

表-5 数量化1類によるスコア表

アイテム	カテゴリー	カテゴリー数	スコア	レンジ	分散比
間伐木樹種 混交歩合	スギ 100%	1	5.86757	2.05128	0.06325
	ヒノキ 100%	2	7.91886		
	スギ 60~	3	6.34086		
	ヒノキ 60~	4	7.34391		
	その他	5	7.19618		
林 齢	~ 25年	1	0.	1.30992	0.03500
	26 ~ 30	2	-0.93251		
	31 ~ 35	3	0.83948		
	36 ~ 40	4	0.95436		
	41 ~ 45	5	1.68097		
面 積	~ 5.0ha	1	0.	1.30992	0.03500
	5.1 ~ 10.0	2	0.02168		
	10.1 ~ 15.0	3	1.30992		
	15.1 ~ 20.0	4	0.37908		
	20.1 ~	5	0.39417		
間伐木胸高直径	~ 12.0cm	1	0.	1.56852	0.06518
	12.1 ~ 14.0	2	-0.15024		
	14.1 ~ 16.0	3	-0.04508		
	16.1 ~ 20.0	4	1.41828		
	20.1 ~	5	0.56081		
小径木占有度	~ 20%	1	0.	1.10963	0.04000
	21 ~ 40	2	-0.13868		
	41 ~ 50	3	-1.10963		
	51 ~ 60	4	-1.08055		
	61 ~	5	-1.05682		
造材 歩止り	~ 50%	1	0.	3.07457	0.09036
	51 ~ 55	2	-1.13449		
	56 ~ 60	3	-0.98677		
	61 ~ 65	4	-0.35960		
	66 ~ 70	5	0.64643		
集材 方法	71 ~	6	1.94008		
	人 力 運 搬	1	0.	3.40493	0.21037
	普通集材 一段	2	-1.52073		
	〃 二段	3	-2.34581		
	〃 三段	4	-1.68344		
	F型 集材	5	-1.63751		
	F型+普通集材	6	-3.05765		
	F型+ 運材	7	-3.40493		

重相関係数: 0.8599

ここで、さらに標本数を加え、間伐材価格の予測の精度を上げるために問題点について述べてみる。

- (1) 先に市場ブロックごとの重回帰分析により、間伐木価格に影響を与える因子は、市場によってはかなり異った内容をもつことがわかった。従って、事前にこれらの市場をいくつかのグループ化して、生産構造の類似した市場に予測式をあてはめることで予測の精度向上が得られると思われる。
- (2) カテゴリー数をふやせば重相関係数は1に近くなるが、残差平方和は必ずしも小さくならない場合がある。従ってカテゴリー数は、あまり多くとってもこれらの誤差もふえ、また標本数も多くとらねばならないことから、測定誤差が少なく、また、間伐木価格に与える影響の大きい項目を厳選して予測式を適用することが望ましい。
- (3) 今回用いた資料の間伐木立木価格は11～17,000円/m³と巾が非常に大きい。これは各原因のうちで林齢の開きも大きく関係しているものと思われる。すなわち、林齢の範囲が20～46年で、高林齢のものは主伐とあまりかわらず、間伐といつても高品質のものが多いいためと思われる。現在問題になっている30年生以下を対象とするためには、高林齢のものを除いて、30年生以下のものの標本数を増やすことにより予測精度が向上するものと思われる。
- 4) 市場価格はその用途(製材用、杭丸太用など)に応じ、さらに曲りなどの品質によって異ってくる。間伐実行が採算に合うかどうかは、林道までの搬出関係、市場までの距離、事業量、間伐材の大きさや質などによって異なってくる。なおこの研究の資料にはこれらの因子は搬出方法のほかは立木価格ではあまり「きく」因子として取り上げられていない。市場ブロックごとに、このような因子をもとに、損益分岐点を出すシステムをつくると、一つの間伐林分についての検討が可能となる。

3. おわりに

間伐木の販売価格に関係のある因子の分析と、予測のための方法や問題点について考察した。最小限の現地調査によって、間伐林分の立木販売価格の予測や、間伐実行の際の採算、不採算林の判定が可能となれば、採算、不採算林分の分布状況や面積、間伐可能量など、地域の間伐実行計画や路線計画をたてる際に必要な林分状態の把握が容易となる。今回の結果をもとに、標本数を増加して、さらに検討をつづけてゆきたい。

[V] 空中写真による間伐適期の判定と間伐可能量の推定

北海道支場 小木和彦

空中写真の判読値から、与えられた間伐基準に対する間伐可能量を推定する方法を検討した。

1. 対象林分と写真判読

検討に用いた林分は、帶広営林支局管内弟子屈事業区77林班小班に所在するベケレトドマツ人工林取穫試験地(1947年5月植栽、標準面積0.2ha)である。

この試験地は1965年8月の設定以来5年ごとに定期調査と間伐が繰り返され、1980年8月には、第4回調査と第3回の間伐が実行されている。

それぞれの定期調査では標準地内の全立木の胸高直径、樹高を測定し、また試験地設定時には、縮尺1/100の立木位置図が作成されている。これによって、地上調査データと写真像との単木的な対応づけが可能であった。

写真判読は空中写真上で標準地を10×10mの小プロット20個に細分し、それぞれの小プロットごとにおこなった。判読項目は樹冠幅(樹冠直径)、樹高、本数で、写真判読による推定値と地上調査値(実測値)との対比はこの小プロットを単位としておこなった。

使用した器材は樹冠直径の判読では楔尺板、樹高については視差測定桿を用いた。また空中写真は1970年9月林野庁撮影、山582、コース9-24、25(試験地の第2回調査と一致)と1975年9月林野庁撮影、山725、コース9-24、25(第3回調査と約8ヶ月のズレがある)を使用した。縮尺はそれぞれ約1/5,000(樹高測定に使用)と1/2,300(本数、樹冠直径の測定に使用)の2種類の引伸し写真である。

2. 林分材積の推定

間伐の必要度、緊急性は林分密度の相対値を示す収量比数によって判定することができる。
この値は、ha当り本数と材積の関係によってきまるので、問題は林分の本数、材積を写真判読によって推定することとに帰着する。この推定は、吉田らの方法にしたがって、次のように考える(図-1参照)。

図-1に示すように、まず①判読平均樹冠直径(\bar{CD}_p)から断面積平均直径(\bar{d}_b)を推定し、②判読ha当り本数(N_p)からha当り本数(N)を推定する。次に③断面積平均直径(\bar{d}_b)とha当り本数(N)を組み合せて、ha当り断面積(B)を求める。④判読平均樹高(\bar{H}_p)

注) 上層木平均樹高、本数、材積間の関係が正確に収量密度効果式で表わせるような林分では、収量比数は上層木平均樹高と本数の関係によって求められるが、ここではより一般的な場合を考える。

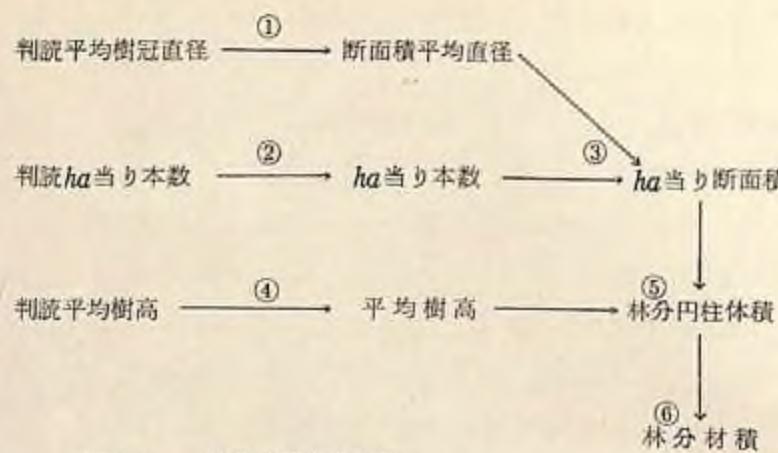


図-1 林分材積推定方法

から平均樹高 (\bar{H}) を推定し、⑤ha当り断面積 (B) に平均樹高を乗じて、林分円柱体積 ($B\bar{H}$) を計算する。⑥林分材積を現在材積 (V) と林分円柱体積 ($B\bar{H}$) の関係から推定するものである。

このようにして1970年と1975年の写真から因子別の判読値を求め、これを地上調査値(実測値)と対応させて以下の回帰関係を導いた。

1) 判読平均樹冠直径と断面積平均直径の関係

10×10mの小プロット内の立木について判読した樹冠直径の平均値 (\bar{CD}_p) と地上調査によるプロットの断面積平均直径 (\bar{db}) の関係は、

$$1970 \text{ 年 } \bar{db} = -1.3219 + 5.8268 \bar{CD}_p \quad (r=0.8070) \quad (1)$$

$$1975 \text{ 年 } \bar{db} = -3.7262 + 7.3075 \bar{CD}_p \quad (r=0.7357) \quad (2)$$

となり、残差の標準偏差はそれぞれ 0.79, 0.98 cm で、年数の経過によって、 \bar{CD}_p の寄与率 (r^2) が低下する傾向がみられる。

2) 判読ha当り本数と実測ha当り本数の関係

写真では下層木の判別が困難なために、一般に判読本数は過少となる。この試験地の場合の判読本数 (N_p) と実測本数 (N) の関係は、

$$1970 \text{ 年 } N = -3128846 + 1.4183 N_p \quad (r=0.9252) \quad (3)$$

$$1975 \text{ 年 } N = -3002193 + 1.3858 N_p \quad (r=0.9122) \quad (4)$$

となり、残差の標準偏差は 1.98, 2.14 本で、ha当り本数の判読精度は良好と考えられる。

3) 判読平均樹高と実測平均樹高の関係

樹高の判読も下層の小径木や笹、その他の植生によって、根元位置の視認が困難なために実測値と比較して判読値は過少な推定となる。平均樹高の判読値 (\bar{H}_p) と実測値 (\bar{H}) の関係は、

$$1970 \text{ 年 } \bar{H} = 1.8454 + 1.0424 \bar{H}_p \quad (r=0.9401) \quad (5)$$

$$1975 \text{ 年 } \bar{H} = 1.7301 + 1.0695 \bar{H}_p \quad (r=0.9936) \quad (6)$$

となり、残差の標準偏差は 0.32 および 0.11 m で、1.7~1.8 m 程度の過少推定ではあるが、1970年、1975年とも両者の対応は極めて良好である。

4) 林分円柱体積と林分材積の関係

判読した樹冠直径から導いた断面積平均直径 (\bar{db}) とha当り本数 (N) から、ha当り新面積 (B) が、

$$B = \frac{(\bar{db}^2 \cdot N \cdot \pi)}{(4 \times 10^4)} \quad (7)$$

として計算できる。またha当り断面積 (B) と(5), (6) 式で求めた平均樹高 (\bar{H}) との積 ($B\bar{H}$) は、いわゆる林分円柱体積で、理論的にはこれに林分形数を乗じて林分材積がえられることになる。しかし、形数自体が林分ごとに異なることが予想されるので、林分円柱体積を直接プロット材積に対応させて推定式を求めた。すなわち、

$$1970 \text{ 年 } V = 36.4847 + 0.4166 B\bar{H} \quad (r=0.8796) \quad (8)$$

$$1975 \text{ 年 } V = 1103263 + 0.3197 B\bar{H} \quad (r=0.8476) \quad (9)$$

となり、残差の標準偏差はそれぞれ 1.92, 2.77 m³ となる。

3. 収量比数と間伐可能量の推定

収量比数 (RY) とha当り本数 (N) および材積 (V) の関係は、トドマツの場合次式で近似できる(実用上は密度管理図の上で本数と材積に対応する点を探し、等収量比数曲線を補間して RY をよみとればよい)。

$$RY = (0.8336 + 2165.97 \cdot N^{-0.713784} \cdot V^{-0.609754})^{-1} \quad (10)$$

この式に(3), (4)式から推定したha当り本数 (N) と(8), (9)式で推定した材積 (V) を代入して算出した収量比量(推定 RY) と地上調査データの本数と材積を代入して算出した収量比数(実測 RY) との間の関係は図-2 および次式のようになる。

$$1970 \text{ 年 } \text{実測 RY} = 0.0493 + 0.9376 \text{ 推定 RY} \quad (r=0.9567) \quad (11)$$

$$1975 \text{ 年 } \text{実測 RY} = 0.0722 + 0.9118 \text{ 推定 RY} \quad (r=0.8958) \quad (12)$$

これによって、基準密度が示されれば、写真判読によって場所ごとの間伐の必要度を判定

できる。

たとえばこの試験地において、収量比数が 0.85 以上の部分を間伐するとすれば、図-2 の推定 RY の値から、1970 年では 7 プロット (実測 RY で 8 プロット)、1975 年では 16 プロット (実測 RY で 14 プロット) がその対象となる。

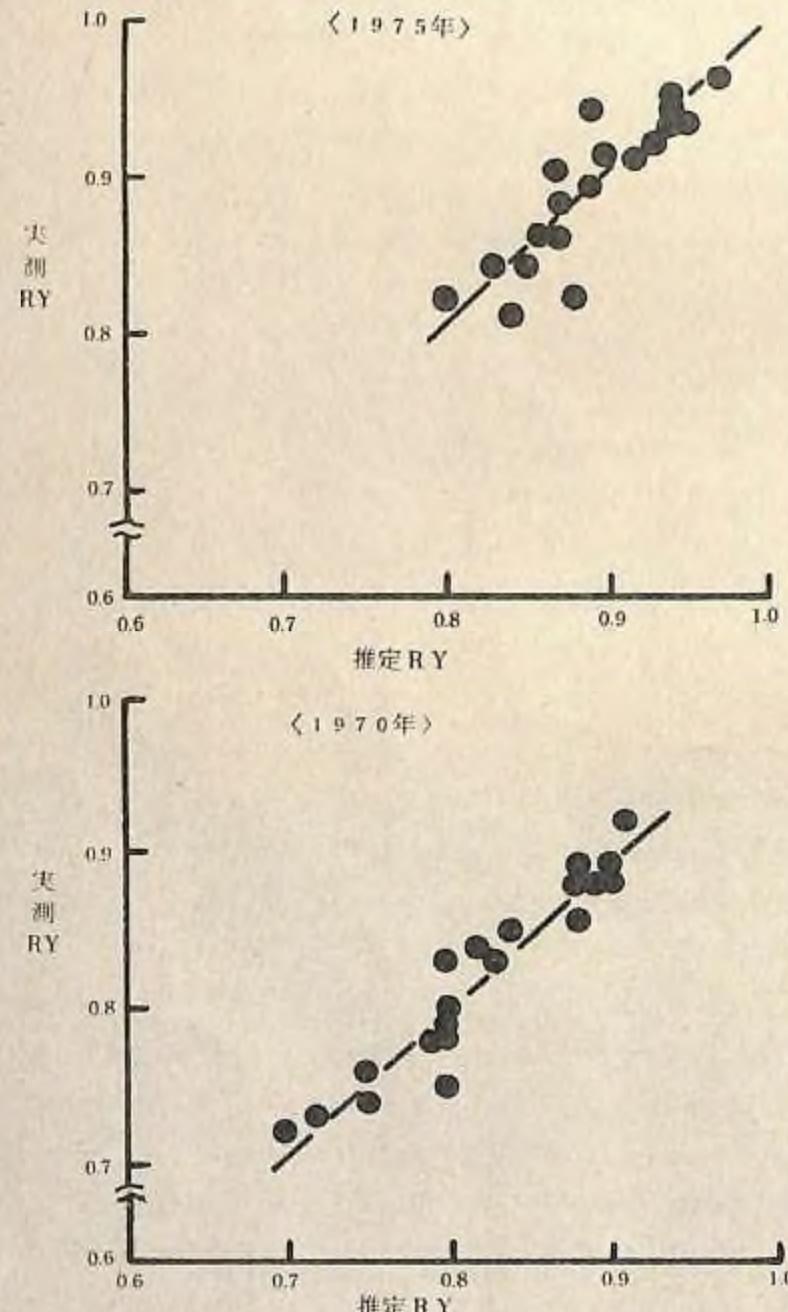


図-2 推定 RY と実測 RY の関係

間伐材積は収量比数の低下量と直徑分布のどの部分から間伐木を選ぶかによってきます。

通常の下層間伐の場合には、残存木材積は密度管理図の上で本数と材積の現況を示す点を等平均樹高曲線に沿って目標とする収量比数まで移動させて読みとることができ、したがって間伐材積は間伐前材積からの差として推定できる。

一回の間伐量は、収量比数の変化で最大限 0.15 以内にとどめるべきだとされている。ここで、小プロットのうち収量比数 0.75 以上の部分について、0.1 だけ収量比数を低下させるように間伐をおこなうとすれば、これまでの結果から、予想間伐量が表-1 のように求められる。

表-1 予想間伐量

<1970年>

小プロット番号	推定			残存木		予想間伐量	
	本数	材積 m^3	収量比数	本数	材積 m^3	本数	材積 m^3
1	2,098	162.8	0.80	1,530	147	568	15.8
2	2,098	146.7	0.79	1,530	130	568	16.7
3	1,531	127.9	0.70				
4	1,956	171.8	0.80	1,480	149	476	22.8
5	2,524	213.3	0.88	1,880	192	644	21.3
6	2,949	217.9	0.91	2,005	197	944	20.9
7	2,240	144.3	0.80	1,550	127	690	17.3
8	2,098	179.1	0.82	1,740	168	358	11.1
9	2,098	161.8	0.80	1,450	145	648	16.8
10	2,666	192.2	0.88	1,820	178	846	21.2
11	2,666	156.2	0.84	1,820	137	846	19.2
12	1,673	155.8	0.75	1,170	133	503	22.8
13	2,949	179.2	0.88	2,010	158	939	21.2
14	1,956	128.9	0.75	1,360	110	596	18.9
15	2,524	244.1	0.90	1,720	223	804	21.1
16	1,956	215.6	0.83	1,350	190	606	25.6
17	1,673	203.2	0.80	1,160	177	513	26.2
18	2,949	209.4	0.90	2,030	186	919	23.4
19	1,531	143.7	0.72				
20	2,666	225.7	0.89	1,830	204	836	21.7

<1975年>

小ブロック番号	推定			残存木		予想間伐量	
	本数	材積 m^3	収量比数	本数	材積 m^3	本数	材積 m^3
1	2,056	253.2	0.87	1,400	227	656	26.2
2	2,056	245.1	0.86	1,400	218	656	27.1
3	1,778	250.0	0.84	1,220	220	558	30.0
4	1,917	288.1	0.87	1,310	255	607	33.1
5	2,471	359.0	0.94	1,605	329	866	30.0
6	3,025	344.1	0.97	2,080	315	945	29.1
7	2,056	252.2	0.87	1,400	223	656	29.2
8	2,333	324.1	0.92	1,600	292	733	32.1
9	2,056	270.6	0.88	1,410	240	646	30.6
10	2,749	310.7	0.94	1,660	283	889	27.7
11	2,471	266.6	0.90	1,770	237	701	29.6
12	1,501	240.1	0.80	1,010	217	491	30.1
13	2,749	287.6	0.93	1,890	260	859	27.6
14	1,917	220.5	0.83	1,310	196	607	24.5
15	2,471	337.0	0.94	1,690	305	781	32.0
16	1,917	314.0	0.89	1,300	283	617	31.0
17	1,640	302.7	0.85	1,120	270	520	32.7
18	2,887	306.4	0.95	1,980	278	907	28.4
19	1,501	233.8	0.80	1,030	204	471	29.8
20	2,749	208.7	0.89	1,890	185	859	23.7

4. 考察

間伐の必要度は対象とする林の収量比数によって判定され、間伐基準が与えられれば間伐可能量は林分の現実蓄積から推定することができる。しかし、広い地域についてこのための地上調査をおこなうことは費用的、労力的に困難と思われる。このため調査をより簡略化する方法として空中写真の利用を考えた。

空中写真から求めた平均樹高、本数および平均樹冠幅の判読値とha当たり本数、林分材積の間には高い相関があり、この回帰関係を使うことによって収量比数や与えられた間伐基準に対する間伐可能量を推定できることがわかった。しかし5年間隔で撮影した2組の写真判読結果によると、これらの回帰は時間とともに変化することが示された。したがって、林分が異なる場合にも同様のことが予想される。

のことから、広い地域について間伐計画資料を求めようとするときは、まず大標本について写真判読をおこない、そのうちの一部の地上調査結果にもとづいて必要な回帰関係を求

める、いわゆる二重抽出法を用いるのがよいと思われる。

一方、疎密度や平均樹高などの分類基準による色々な林分タイプごとにここに示した方法で吟味し、比較判例写真とそれに対応する回帰関係を求めておけば、わずかの現地調査と室内作業だけで同様な推定が可能になると思われる。これについてはさらに測定例をふやして検討したい。

文献

- 1) 吉田茂二郎・長正道・西沢正久：森林経営計画における空中写真の応用(I)，日林九支論，31 (1978)