林統研誌 13 '88　　101～117

ケヤキ人工林の生育に関する研究(II)*
――密度管理法の提案――

森　田　栄　一**

I．はじめに

前報[9]においては，熊本営林局の調査資料を基に 1 地位指数曲線，2 ケヤキ林の現況と林分因子間の関係の一部，についてのべたが，今回は，ケヤキ人工林の用材生産を目途とする林分管理に関して，以下の各項についてのべる。

1　林分因子と林分蓄積の関係

2　局所密度と直径生長の関係

3　ケヤキ用材生産のための望ましい密度管理法への提言

4　ケヤキ立木の品等区分とアカケヤキ・アオケヤキの判別法

5　ケヤキ材の価格の動向

この研究を進めるにあたり，標準地調査ならびに現地踏査に際し，色々と便宜を賜った矢部・水俣・人吉・多良木・日田・大分・竹田・都城・加治木・大口の各営林署ならびに直接調査いただいた水俣・大分・綾営林署の各位，さらには陰ながら種々ご配慮を賜った熊本営林局技術開発室に対し，心から厚くお礼を申し上げる。また，昭和30年代からの約30年余は，ほとんど針葉樹人工林一辺倒の時代であったため，全く予備知識なしにケヤキ人工林の研究に携わったわけであるが，往時，経営課長の要職にあった鐘ヶ江留雄・高村邦太郎の両氏の門をたたいて貴重なご意見を賜った。ここに記してそのご好意にも厚くお礼を申し上げる。

II．資　料

資料には，前報[9]の資料のほか，表－1に示す8林分10プロットの標準地調査資料を用いた。これらの林分の地位は，図－1に示すように，地位指数(基準齢60年)でほゞ16～24 mであり，この表から見たケヤキ林のおおよその傾向は以下のとおりである。

林分全体の傾向としては，本数密度(ha)では全立木本数約400～1800本，そのうちケヤキは約300～1000本で500本台が最も多く，蓄積(ha)では資料No. 10の450 m^3を最高に180 m^3までの幅を示しているが，全蓄積に対するケヤキの割合が80％以上の林分では，いずれも200 m^3以上の値を示している。

---

*Growth of Artificial Forest of *Zelkova serrata* Hak. (I)――A Proposal for Stand Density Management――

**Eiichi MORITA, Kyushu Br., For. and For. Prod. Res. Inst., Kumamoto 860　林業試験場九州支場

ついで，本研究では後述のVIにおいて，アカケヤキとアオケヤキの判別法についてのべるが，表－１における両者の関係を比較してみると，直径・樹高の大小関係では，大分署・綾署 (標準地内のアオケヤキ１本) を除いて，全般的にアカケヤキの方が大きく，本数密度では矢部署２林分を除いてアカケヤキの割合が多く，その中でも多良木署・綾署では90%以上のものも見られた。さらに，蓄積においては，大分署を除きアカケヤキの方が多く，80%以上は９例中７例であった。

以上のように，これらのケヤキ林分は林齢約50～80年において，一応ケヤキを主とする林分として生育していると見ることができる。

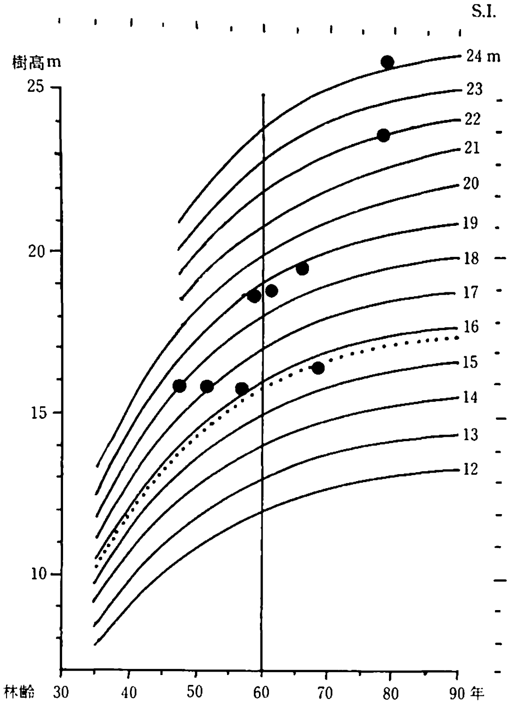
III．林分因子と林分蓄積の関係

林分因子 (林齢 t，平均直径D，平均樹高H，本数密度N等　以下，単に直径D，樹高Hとよぶ)

表－１　ケヤキ林分　標準地調査一覧表

林分 No.	営林署	林小班	面積（標準地） ha	林齢	区分	D cm	H m	N（%） 本/ha	V（%） m³/ha
1	矢部	10た	1.01(0.057)	57	アカ	24.1	16.9	246 (41.2)	114.6 (64.1)
					アオ	15.0	14.6	351 (58.8)	64.1 (35.9)
					計	18.7	15.5	597 [70.8]	178.7 [68.4]
2	矢部	11り	1.35(0.029)	47	アカ	24.3	17.2	243 (31.8)	101.3 (52.5)
					アオ	15.6	15.3	521 (68.2)	91.7 (47.5)
					計	18.4	15.9	764 [61.1]	193.0 [73.3]
3	水俣	17ち	0.50(0.040)	52	アカ	28.4	17.8	596 (58.6)	326.8 (82.6)
					アオ	15.3	13.2	422 (41.4)	69.0 (17.4)
					計	22.9	15.9	1018 [56.2]	395.8 [86.1]
4	水俣	63よ	2.32(0.119)	65	アカ	29.3	20.2	420 (73.6)	288.9 (84.6)
					アオ	21.7	18.3	151 (26.4)	52.6 (15.4)
					計	27.3	19.7	571 [76.4]	341.5 [96.4]
5	多良木	29は	0.70(0.049)	68	アカ	25.8	17.3	387 (67.9)	199.0 (81.3)
					アオ	19.0	14.6	183 (32.1)	45.7 (18.7)
					計	23.6	16.5	570 [82.4]	244.7 [84.1]
(6)	多良木 (参考)	29は	0.70(0.077)	68	アカ	30.1		442 (89.5)	
					アオ	20.9		52 (10.5)	
					計	29.1		494 [100]	
7	大分	24に	1.48(0.088)	62	アカ	24.7	18.7	295 (51.0)	143.0 (48.7)
					アオ	25.3	19.2	283 (49.0)	150.7 (51.3)
					計	25.0	18.9	578 [52.1]	293.7 [84.7]
8	綾	37に	2.06(0.098)	59	アカ	24.0	18.7	509 (98.1)	265.3 (98.1)
					アオ	26.0	20.0	10 (1.9)	5.2 (1.9)
					計	24.1	18.8	519 [100]	270.5 [100]
9	加治木	26い	14.72(0.078)	73	アカ	35.2	24.6	258 (74.1)	299.8 (82.1)
					アオ	29.2	22.2	90 (25.9)	65.2 (17.9)
					計	33.7	24.0	348 [50.0]	365.0 [84.1]
10	加治木	26い	14.72(0.077)	78	アカ	45.7	27.0	182 (63.6)	362.9 (79.4)
					アオ	31.3	24.4	104 (36.4)	94.4 (20.6)
					計	40.5	26.1	286 [66.7]	457.3 [92.6]

注）計の欄［%］は、標準地内の全本数に対する%



図－1　標準地調査資料の地位指数 S.I.
……：前報[9]におけるガイドカーブ

により林分蓄積Vを推定するこれまでの方法は，林分密度管理図や林分収穫表に見られるように，いわゆる3段論法的に一部の林分因子間の関係を求め，逐次段階を踏んで林分蓄積の推定に到達する方法が取られてきたが，既報[8]のとおり，スギ・ヒノキ人工林においては「みかけの蓄積と実蓄積の比 VR」による推定方法がかなり精度も高く，かつ簡便であった。したがって，これまでいかにも独立なように取り扱われてきた林分因子（D，H，N）は，いずれも林分蓄積Vの構成因子であって，その内部相関は極めて高い因子であったわけであり，これらの林分因子の同時解は，

$$\log_{10} V = a + b_1 \log_{10} D + b_2 \log_{10} H + b_3 \log_{10} N \quad (1)$$

林分蓄積の推定式ではなく，関係式と見るべきであり，表－2に示すように，どの林分因子が欠如してもその精度は著しく低下することから「(1)式の関係から新しい林分あるいは将来の林分の蓄積を類推する」と解釈する方が妥当と考えられる。

そこで，ケヤキ林における林分因子と林分蓄積との関係（表－2，(2)式）から表－3を作成した。ここで重要なことは，これまでも度々のべてきたように，本数密度Nの変化（間伐前後など）に対する直径Dの関係は，ライネッケ式[10]のような単純なものとは考えられず（推定誤差大），その解明に必要な時系列データの不足から未だ明確な推定式を求めることはできない現状である。したがって，表－3では，直径Dと林分蓄積Vは，樹高Hと本数密度Nを介して，常に連動的関係に

表－2　林分因子と林分蓄積の関係（対数式）

式No.	独立変量X				従属変量Y			
	t	D	H	N	V	R	s	CV(%)
1		○		○	●	0.9790	19.6245	13.33
2		○	○		●	0.6142	68.6159	46.61
3			○	○	●	0.9212	36.7347	24.95
4		○	○	○	●	0.9904	11.9742	8.13
5	○	○	○	○	●	0.9904	12.0634	8.19

$$\mathrm{Log}_{10}V = -0.66715 + 1.65767\ \mathrm{Log}_{10}D + 0.84499\ \mathrm{Log}_{10}H + 1.02224\ \mathrm{Log}_{10}(N/1000) \qquad (2)$$

あり，その値は決定値ではなく，人為的な期待値として用いることとなる。すなわち，表－3に例をとれば表値H＝20 mにおいて，N＝500本／haの林分に管理する場合，D＝20 cmではV＝191 m^3，D＝30 cmではV＝374 m^3となり，正しい答は不定となる。

そこで，これまでも林木の育成に関し，林況診断の一つの目安として取り上げてきたD/H比[4]に対する地位指数S. I.と本数密度Nとの関係を求め，当面の便法として(3)式によるD/H比の推定表　表－4を作成した。

$$\log_{10}D/H\text{比} = 0.15657 - 0.04285\log_{10}(S.\,I.) - 0.17885\log_{10}(N/1000)$$
$$R = 0.6257 \quad s = 0.1797 \quad CV = 12.04\% \qquad (3)$$

この(3)式を用いれば，上記の例H＝20 mの林齢が100年とすれば，図－1からその地位指数はほゞ18 mとなり，つぎの値が推定できる。

D/H比は，表－4から	1.434 (18 m，500本／ha)
推定直径Dは，	28.7 cm (＝20 m×1.434)
推定蓄積は，表－3から	347 m^3 (333＋41×0.7／2)

ちなみに，今回新たに調査した表－1の林分について，前報[9]でのべたVRの推定式(7)式または平均VR 0.810を用いた推定蓄積と，(2)式による推定蓄積とを比較してみると，表－5に示すように，(2)式による推定蓄積には誤差10％を越える林分はなく，VRを用いた推定方法よりもはるかに精度が高いことがわかる。なお，ケヤキ林におけるVRの精度については，すでにのべた[9]。また，この表－3の活用方法については，Vで後述する。

IV．局所密度と直径生長の関係

局所密度と直径生長の関係を求めるためには，まず，林内単木の生育環境を揃える意味から孤立木・疎開木を中央木 (Central tree，ケヤキのみ) から除く必要がある。そこで，今回調査したケヤキ林分の立木位置図[6]による中央木の選択には，各立木の座標点とその高低差および直径・樹高を用いて，以下の条件により計算した[7]。

表－3　ケヤキ林分の蓄積推定表【H・N・D⟷V】（一部のみ表示）

ケヤキ　リンブン　リンキョウヒョウ　　　H＝20m

N / D	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
20		74	113	152	191	230	269	308	348	388	427	467
22		87	132	178	223	269	315	361	408	454	500	547
24		101	153	205	258	311	364	417	471	524	578	632
26	56	115	175	234	295	355	416	477	538	599	660	
28	64	130	197	265	333	402	470	539	608	677		
30	72	146	221	297	374	450	527	604	682			
32	80	163	247	331	416	501	587	673				
34	88	180	273	366	460	554	649					
36	97	198	300	402	506	609						
38	106	216	328	440	553	667						
40	116	236	357	479	602							
42	126	256	387	520	653							
44	136	276	418	561								
46	146	297	450	604								
48	157	319	483	649								
50	168	341	517	694								
52	179	364	552									
54	191	388	588									
56	203	412	624									
58	215	437	662									
60	227	462	700									

ケヤキ　リンブン　リンキョウヒョウ　　　H＝22m

N / D	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
20		81	122	164	207	249	292	334	377	420	463	506
22		95	143	193	242	292	342	392	442	492	542	593
24	54	109	166	223	280	337	395	452	510	569	627	685
26	61	125	189	254	319	385	451	517	583	649		
28	69	141	214	287	361	435	510	584	659			
30	78	158	240	322	405	488	572	655				
32	87	176	267	359	451	543	636					
34	96	195	296	397	499	601						
36	105	215	325	436	548	661						
38	115	235	355	477	600							
40	126	256	387	520	653							
42	136	277	420	563								
44	147	299	453	609								
46	158	322	488	655								
48	170	346	524									
50	182	370	561									
52	194	395	598									
54	207	421	637									
56	220	447	677									
58	233	474										
60	246	501										

表－4　地位指数S.I.・本数密度Nに対するD／H比の早見表

N＼S.I.	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
100	1.933	1.928	1.922	1.917	1.913	1.908	1.904	1.900	1.896	1.893	1.889	1.886	1.883
150	1.798	1.793	1.788	1.783	1.779	1.775	1.771	1.767	1.764	1.760	1.757	1.754	1.751
200	1.708	1.703	1.698	1.694	1.690	1.686	1.682	1.679	1.675	1.672	1.669	1.666	1.663
250	1.641	1.636	1.632	1.628	1.624	1.620	1.616	1.613	1.610	1.607	1.604	1.601	1.598
300	1.588	1.584	1.579	1.575	1.571	1.568	1.564	1.561	1.558	1.555	1.552	1.549	1.547
350	1.545	1.541	1.536	1.532	1.529	1.525	1.522	1.519	1.516	1.513	1.510	1.507	1.505
400	1.509	1.504	1.500	1.496	1.493	1.489	1.486	1.483	1.480	1.477	1.474	1.472	1.469
450	1.477	1.473	1.469	1.465	1.462	1.458	1.455	1.452	1.449	1.446	1.444	1.441	1.439
500	1.450	1.445	1.442	1.438	1.434	1.431	1.428	1.425	1.422	1.419	1.417	1.414	1.412
550	1.425	1.421	1.417	1.413	1.410	1.407	1.404	1.401	1.398	1.395	1.393	1.390	1.388
600	1.403	1.399	1.395	1.392	1.388	1.385	1.382	1.379	1.376	1.374	1.371	1.369	1.367
650	1.383	1.379	1.375	1.372	1.368	1.365	1.362	1.359	1.357	1.354	1.352	1.349	1.347
700	1.365	1.361	1.357	1.354	1.350	1.347	1.344	1.342	1.339	1.336	1.334	1.332	1.329
750	1.348	1.344	1.341	1.337	1.334	1.331	1.328	1.325	1.322	1.320	1.318	1.315	1.313
800	1.333	1.329	1.325	1.322	1.319	1.316	1.313	1.310	1.307	1.305	1.302	1.300	1.298
850	1.319	1.315	1.311	1.308	1.304	1.301	1.299	1.296	1.293	1.291	1.288	1.286	1.284
900	1.305	1.301	1.298	1.294	1.291	1.288	1.285	1.283	1.280	1.278	1.275	1.273	1.271
950	1.293	1.289	1.285	1.282	1.279	1.276	1.273	1.270	1.268	1.265	1.263	1.261	1.259
1000	1.281	1.277	1.273	1.270	1.267	1.264	1.261	1.259	1.256	1.254	1.251	1.249	1.247
1050	1.270	1.266	1.262	1.259	1.256	1.253	1.250	1.248	1.245	1.243	1.241	1.238	1.236
1100	1.259	1.255	1.252	1.249	1.246	1.243	1.240	1.237	1.235	1.233	1.230	1.228	1.226
1150	1.249	1.245	1.242	1.239	1.236	1.233	1.230	1.228	1.225	1.223	1.221	1.218	1.216
1200	1.240	1.236	1.233	1.229	1.226	1.224	1.221	1.218	1.216	1.214	1.211	1.209	1.207

表－5　推定VRと平均VRおよび(2)式による推定蓄積(m^3/ha)の比較

林分 No.	実測 蓄積	推定VR の蓄積	差 %	平均VR の蓄積	差 %	(2)式 の蓄積	差 %
1	178.7	176.1	−1.4	160.0	−10.5	165.2	−7.6
2	193.0	216.0	11.9	203.8	5.6	211.4	9.5
3	395.8	425.9	7.6	407.7	3.0	407.5	2.9
4	341.5	442.0	29.4	391.5	14.7	361.9	6.0
5	244.7	255.9	4.6	250.4	2.3	244.3	−0.2
7	293.7	332.7	13.3	323.1	10.0	305.8	4.1
8	270.5	290.1	7.2	269.6	−0.3	256.6	−5.1
9	365.0	428.8	17.5	428.7	17.5	365.4	0.1
10	457.3	501.7	9.7	538.5	17.7	435.3	−4.8
平均誤差率			11.09%		6.67%		0.54%
標準偏差			8.727		9.298		5.653

推定VR(7)式

$$VR = 0.67367 + 0.01393D - 0.00584\triangle Dmin - 0.00413\triangle Dmax$$

a） 中央木からの距離が8m以内を隣接木の候補木とする。

b） そのうち，中央木の直径の1/4以下の隣接木は除く。

c） また，傾斜補正後の樹高が中央木の60%以下の隣接木も除く。

d） 他の隣接木の後方に重なる隣接木は除く[5]。

e） さらに，周囲を隣接木に十分に囲まれていない中央木は除外する[5]。

以上の条件によって選ばれた中央木は，アカケヤキ99本，アオケヤキ70本，計169本であった。また，これらの中央木を取りまく隣接木の本数は，最小4本から最大9本の範囲を示し，平均6.6本(モード7本は50件，約30%)であった。なお，このプログラムは，これまでの林分シュミレーション(単木モデル[2])の研究の中には，「たゞ一種の隣接木本数を選択しようとする方法」があったことと異なり，現実林分の立木配置に即して隣接木の範囲を自動選択させる特色を持ち，他に例を見ない。

1 ケヤキ立木の直径に対する望ましい樹間距離の算出

ケヤキ林の標準伐期をVで後述するように，150年と仮定すれば，残された約100年の期間において，より好適なケヤキ用材林に誘導するための本数管理として，何時，どの程度の間伐を実施すべきかの目安を設定することは極めて重要である。しかし，そのためのより正確な情報である時系列データは僅か2年の研究期間では収集できないので，今回は暫定的な便法として，上述の方法で選ばれた169本の中央木を取りまく隣接木との平均占有半径[5] を求め，その2倍を樹間距離Lとし，中央木の直径Dと樹間距離Lとの関係を求めた。

$$L'_{ij} = L_{ij} \times D_i/(D_i + D_j) \tag{4}$$

L'ij： 中央木の隣接木 j 方向での占有半径

Lij： 中央木 i と隣接木 j との樹間距離

樹間距離L＝2×平均(L'ij)

$$L = a + bD \tag{5}$$

その結果，(5)式の関係は，真数式よりも対数式の精度が高かったが，その精度は際立って良好な精度と言えるまでには至らなかった。

$$\log_{10}L = -0.37231 + 0.51845\log_{10}D \tag{6}$$

$$R = 0.7864 \quad s = 0.3952 \quad CV = 18.28\%$$

一方，表－1にも示したように，幾分，アオケヤキの直径生長はアカケヤキに劣る傾向が見られたが，(5)式による両者の共分散分析では有意な差は見られず，その精度の向上は，今後の資料に譲ることとして(6)式を用いて目標直径に誘導するための望ましい樹間距離およびその本数密度の目安として表－6を作成した。

この表－6において，最上段はその林分の平均直径に対する樹間距離と本数密度を示し，それ以下には間伐木選定の目安として異なる2立木間のそれぞれの直径に対する望ましい樹間距離と局所密度(本／ha)を示した。

表－6　ケヤキ林の径級別　樹間距離と推定本数の早見表（一部のみ表示）

中央木 Dcm	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
樹間距離 m	4.95	5.12	5.28	5.44	5.59	5.75	5.89	6.04	6.18	6.31	6.45	6.58	6.71	6.84	6.97	7.09
本数密度 本／ha	408	381	358	337	319	302	288	274	262	250	240	230	221	213	206	198
隣接木 Dcm																
28	4.86	4.95	5.03	5.11	5.18	5.26	5.33	5.41	5.48	5.54	5.61	5.68	5.74	5.81	5.87	5.93
	423	408	395	383	372	361	351	342	333	325	317	310	303	296	290	284
30	4.95	5.03	5.11	5.19	5.27	5.35	5.42	5.49	5.56	5.63	5.70	5.77	5.83	5.89	5.96	6.02
	408	394	382	370	359	349	340	331	323	315	307	300	294	287	281	276
32	5.03	5.12	5.20	5.28	5.36	5.43	5.50	5.58	5.65	5.72	5.78	5.85	5.91	5.98	6.04	6.10
	394	381	369	358	348	338	329	321	313	306	298	292	285	279	273	268
34	5.11	5.20	5.28	5.36	5.44	5.51	5.59	5.66	5.73	5.80	5.87	5.93	6.00	6.06	6.12	6.18
	382	369	358	348	338	329	320	312	304	297	290	284	278	272	266	261
36	5.19	5.28	5.36	5.44	5.52	5.59	5.67	5.74	5.81	5.88	5.94	6.01	6.08	6.14	6.20	6.26
	370	358	348	337	328	319	311	303	296	289	282	276	270	265	259	254
38	5.27	5.36	5.44	5.52	5.59	5.67	5.74	5.82	5.89	5.95	6.02	6.09	6.15	6.22	6.28	6.34
	359	348	338	328	319	311	303	295	288	282	275	269	264	258	253	248
40	5.35	5.43	5.51	5.59	5.67	5.75	5.82	5.89	5.96	6.03	6.10	6.16	6.23	6.29	6.36	6.42
	349	338	329	319	311	302	295	288	281	275	268	263	257	252	247	242
42	5.42	5.50	5.59	5.67	5.74	5.82	5.89	5.96	6.03	6.10	6.17	6.24	6.30	6.37	6.43	6.49
	340	329	320	311	303	295	288	281	274	268	262	257	251	246	241	237
44	5.49	5.58	5.66	5.74	5.82	5.89	5.96	6.04	6.11	6.18	6.24	6.31	6.37	6.44	6.50	6.56
	331	321	312	303	295	288	281	274	268	262	256	251	246	241	236	232
46	5.56	5.65	5.73	5.81	5.89	5.96	6.03	6.11	6.18	6.25	6.31	6.38	6.44	6.51	6.57	6.63
	323	313	304	296	288	281	274	268	262	256	250	245	240	236	231	227
48	5.63	5.72	5.80	5.88	5.95	6.03	6.10	6.18	6.25	6.31	6.38	6.45	6.51	6.58	6.64	6.70
	315	306	297	289	282	275	268	262	256	250	245	240	235	231	226	222
50	5.70	5.78	5.87	5.94	6.02	6.10	6.17	6.24	6.31	6.38	6.45	6.52	6.58	6.64	6.71	6.77
	307	298	290	282	275	268	262	256	250	245	240	235	230	226	222	218

表－7　重回帰式による単木直径推定式の精度

	独立変量				従属変量	n＝169		
式	林齢	樹高	平均占有半径	隣接木本数	直径	R	s	CV %
真数式	○	○	○	○	●	0.8590	4.6420	19.89
対数式	○	○	○	○	●	0.8828	4.5738	19.59
真数式	○	○	○		●	0.8586	4.6335	19.85
対数式	○	○	○		●	0.8822	4.5864	19.65

2　林齢・樹高および局所密度と直径の関係

上述のIV－1の他，任意の林齢時における単木の直径をどの程度の精度で推定できるかを確かめるために，単木の直径Dに対する林齢t，樹高H，局所密度としての平均占有半径 (L'ij) および隣接木本数nとの関係について回帰計算を行った。

その結果は表－7に示すように，相関係数Rについては(6)式よりもかなり高いが，平均値に対する変動係数をみると，いずれも約20%の誤差を示し，現在の段階でこれらの式を活用することは望ましくないと判断したので解析結果の記述に止める。

V．ケヤキ用材生産のための望ましい密度管理法への提言

以上III，IVの結果からケヤキ用材生産のための望ましい密度管理法としては，林内単木の大部分の直径が40～60 cmとなることを目標とするならば，主要樹種造林提要[1]に示されているように，その伐期には40 cmでは100～160年，60 cmでは150～200年の期間が必要と思われる。このことに関して，直径40～60 cmの林分を目標に本数管理を行なうための本数密度の範囲を確かめてみるために，表－3を図化すれば，図－2に示すように，樹高21 mの林分 (敢えて，表－3の20 mと22 mの中間を選んだ) においては，直径40 cm，蓄積500 m^3／haの交点の本数密度は400本／haとなり，これ以上の本数密度では林内の直径階別本数分布を考慮すれば，直径40 cm以上の本数がかなり少なくなることを示唆しており，仮に，期待されるケヤキ林の林分蓄積を

表－8　林齢100年におけるケヤキ林の予想

★★★　　ア　　ヤ　＝　　2.06HA

	リンレイ	D	H	N	V	ヘイキンV
ゲンキョウ	58	22.2	18.3	0.760	325.7	0.429

1　チイ　サテイ　　S.I.=18.7

2　カンバツ　ケイカク　　カンバツ　カイスウ＝　3

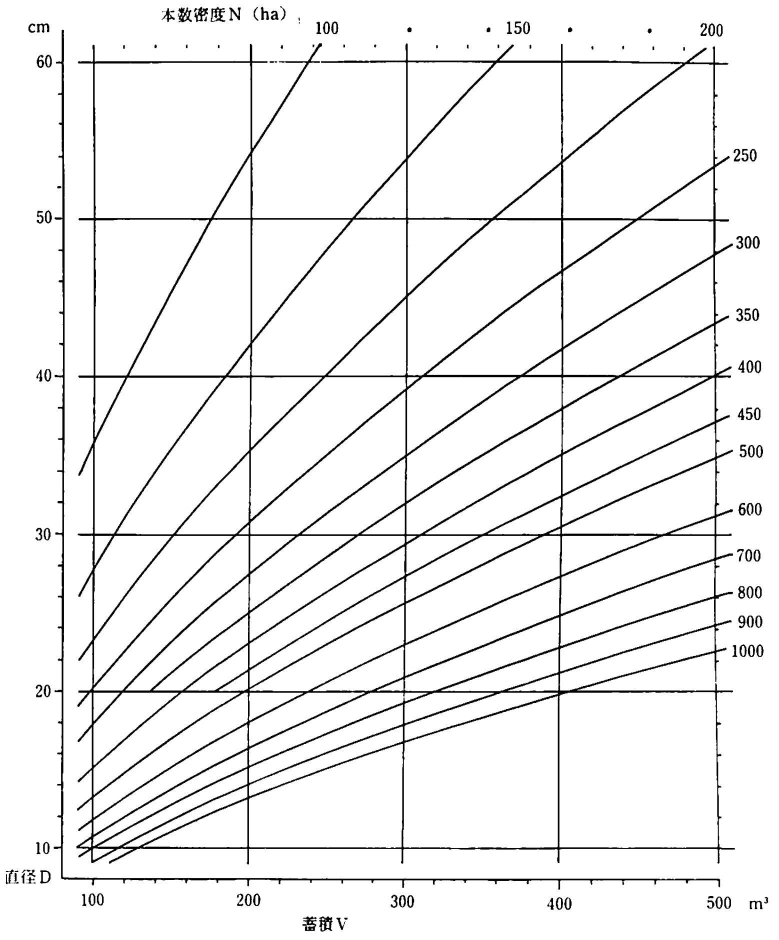
	カンバツリツ T	キシュ N	0.20 カンバツN	ザンソンN	キシュN	0.25 カンバツN	ザンソンN	キシュN	0.30 カンバツN	ザンソンN
1	58	0.760	0.150	0.610	0.760	0.190	0.570	0.760	0.220	0.540
2	78	0.610	0.120	0.490	0.570	0.140	0.430	0.540	0.160	0.380
3	100	0.490	0.090	0.400	0.430	0.100	0.330	0.380	0.110	0.270

3　ショウライ　ノ　リンキョウ　スイテイ

カンバツリツ	T	H	0.20 D	(D/H)	N	V	0.25 D	(D/H)	N	V	0.30 D	(D/H)	N	V
2　カンバツゼン	78	20.4	28.1	(1.382)	0.610	418.3	28.5	(1.399)	0.570	398.2	28.8	(1.412)	0.540	382.9
3　カンバツゼン	100	21.5	30.9	(1.437)	0.490	410.2	31.7	(1.471)	0.430	373.1	32.4	(1.504)	0.380	341.1

4　ソウシュウカク　ヨソウ

	0.20	0.25	0.30
ダイ　1　カイ　カンバツ	64.3	81.4	94.3
ダイ　2　カイ　カンバツ	82.3	97.8	113.5
100ネン　ザンソンリョウ	410.2	373.1	341.1
TOTAL	556.8	552.3	548.8



図－2　ケヤキ林分管理図［D←(N)→V］(樹高 21 m)

200～500 m³／ha の範囲と見るならば，直径 40～60 cm の範囲に育成するための本数密度の範囲は，100～400 本／ha となることが予想される。

これに対して，現実林はすでに前報[9] でのべたように，林齢 50～70 年 (約 70%) において，本数密度は 500 本以上の林分が約 50%を占めている。このような現状から直ちに断定的な本数管理法を決定することなく，まず，第一段階として，林齢 100 年を目標に段階的な利用間伐を実施しながら今後の生長状態を熟視し，その結果を基にさらに第二段階の修正を行なうことが望ましいと判断した。したがって，ここでは以下の施業方法を試案として提言する。

なお，ケヤキ林の密度管理計画の立案に役立てるため，本報告にのべた諸式による将来予測のプログラムは，表－8 に示すように，本数間伐率を 20，25，30%の 3 種に固定して作成した。

この表における間伐材積には，便法としてその時点の平均材積を用いているが，間伐率のちがいに対する間伐量および将来の林況を示していることから間伐率の選択にあたって，総収穫量を

優先するか，残存木の直径生長を優先するかの目安となろう。

ケヤキ用材林の密度管理法 (試案)

この案は，主として大正末期から昭和初期に植栽され，今日に至った林齢50〜70年の林分を対象に，残された約100年間にできうる限り大径用材に誘導することを目的とした密度管理法の試案である。

伐　期

伐期は，林況により120〜170年とし，つぎの3種に区分する。

1　標準伐期　　150年

2　短縮伐期　　120〜140年

林木の生長が良好な林分または本数密度が少なく利用径級に達する見込みの林木が多い林分

3　延長伐期　　160〜170年

この案に即して林分管理を行っても，なお直径生長に不足が認められる時，またはさらに伐期を延長する方が有利と判断される時。なお，ここでは第一種林地の制限項目については言及しない。

間伐計画

1　間伐回数は，次式により求める。

(100－現在林齢) ÷20＋1　(少数以下切り捨て)

例　現在林齢58年の時

(100－58) ÷20＋1＝(42÷20)＋1＝3.1→3回 (58, 78, 100年)

2　間伐時期

第1回間伐は，施業計画年 (施業案編成) 後の初年度に実施する。第2回以降の間伐は，間伐回数が2回の時は100年，3回以上の時は第1回間伐年から100年までの年数を勘案して決定する。ただし，間伐間隔は20年以上とする。

3　間伐本数

間伐本数は，現在本数と100年時の目標本数を目安に，間伐回数に応じて，下記の例を参考に現地の林分に即して決定する。さらに，これまで長期にわたって放置されたケヤキ林であるから急激な疎開は林内環境の変化をもたらす恐れがあり，加えて優勢木も間伐することから広葉樹特有の幹曲がり (D/H比≃1の介在木・劣勢木) の恐れもあるので，間伐率はN 30%程度までとしたい。

現在本数 本/ha	将来本数 50～60	70～80年	100年	(125年)	(150年)
～1000	800	600	450	(300)	(300)
1000～ 750	___	500	400	(250)	(250)
750～	___	___	300	(200)	(200)

注）空欄___は、現在本数と100年の目標本数により勘案する。

4　間伐木の選定方法

間伐木は，表－6の「ケヤキ林の径級別樹間距離と推定本数の早見表」を参考に以下により選定する。なお，ここでは収入を伴わない除伐は，国有林の現状に鑑み取り上げなかった。

◎　間伐する木

1）　残しても将来性のない育ち遅れ木や不整形木で，目標本数以上のものは伐採する。

2）　枝下高の低いふたまた以上の立木は，枝下が利用径級に達していれば優勢木であっても隣接木との樹間距離を考慮して収穫する。

3）　樹間距離以内であれば，残存木の将来性を考慮して，良木であっても収穫してよい。

◎　間伐しない木

1）　枝下高の高い木（4ｍ材一玉以上，特にアカケヤキ）で将来性のある木は優先的に残す。

2）　アカケヤキとアオケヤキが並立する時は，将来性を考慮してアカケヤキを優先的に残す。

3）　ふたまたの高さが低い木であっても，ふたまたから上の幹が直通で，その部分が大径材に達するまで残した方が有利と判断される木は残す。

4）　50年以下の林分にあっては，疎開すると分枝が起こるケヤキの特性を考慮し，枝下高を高める分枝防止の側圧と残存木の直径生長のバランスを見ながら間伐木を選定する。

将来の林況予測

1　図－1により地位指数S. I.を査定し，予想したい林齢の樹高Hfを求める。

2　目標とする間伐後の将来の本数密度Nを決める。

3　間伐後の将来直径Dは，上述の地位指数S. I.と本数密度Nを表－4に当てはめ，D/H比を求めた後，予想したい林齢の樹高Hfから推定する。

$$D = Hf \times D/H 比$$

4　表－3または図－2の中から上記1の樹高Hfに該当する図表を選び，上記2の本数密度N，上記3の平均直径Dの交点からおおよその蓄積Vを推定する。

5　以上の推定直径・推定蓄積が不満足な場合は，本数密度を変更して，上記2以下の手順により再度推定し，密度管理の年次計画を決定する。

6　なお，第2回以降の間伐では，第1回の間伐による生長の変化を熟視し，その適否を判定

した後に実施する。

VI. ケヤキ立木の品等区分とアカケヤキ・アオケヤキの判別法

1 ケヤキ立木の品等区分

前述の熊本営林局の調査資料では，これまでの針葉樹人工林と同様，直径・樹高のみの調査であったことからケヤキ用材生産を目途とする今回の研究においては，以下の項目を調査した。

立木No.　樹種　立木配置　直径　樹高　品等　採材長　ふたまた高

ここで，品等区分は　◎：　優良　○：　良　△：　可　×：　不可　の４段階とし，元玉の採材長を併記すると共に，ふたまた（大きな分枝も含む）の高さもしらべた。

表－９　ケヤキ幹材の品等区分

林分No.	営林署	林小班	区分	品等区分 ◎	○	△	×	計	◎+○ (%)	(%)
1	矢部	10た	アカ	2	7	3	2	14	(64.2)	
			アオ	1	6	11	2	20	(35.0)	
			計	3	13	14	4	34		(47.1)
2	矢部	11り	アカ	1	6	0	0	7	(100)	
			アオ	2	3	7	3	15	(33.3)	
			計	3	9	7	3	22		(54.6)
3	水俣	17ち	アカ	7	12	4	1	24	(79.2)	
			アオ	2	2	8	5	17	(23.5)	
			計	9	14	12	6	41		(56.1)
4	水俣	63よ	アカ	11	19	12	8	50	(60.0)	
			アオ	2	8	2	6	18	(55.6)	
			計	13	27	14	14	68		(58.8)
5	多良木	29ほ	アカ	3	10	6	1	20	(65.0)	
			アオ	1	3	1	4	9	(44.4)	
			計	4	13	7	5	29		(58.6)
6	多良木	29ほ	アカ	5	16	13	0	34	(61.8)	
			アオ	1	1	1	1	4	(50.0)	
			計	6	17	14	1	38		(60.5)
7	大分	24に	アカ	1	7	3	15	26	(30.8)	
			アオ	2	5	3	15	25	(28.0)	
			計	3	12	6	30	51		(29.4)
8	綾	37に	アカ	12	16	16	6	50	(56.0)	
			アオ	1				1	(100)	
			計	13	16	16	6	51		(56.9)
9	加治木	26い	アカ	6	8	4	2	20	(70.0)	
			アオ	0	5	1	1	7	(71.4)	
			計	6	13	5	3	27		(70.4)
10	加治木	26い	アカ	5	5	3	1	14	(63.6)	
			アオ	1	4	2	1	8	(62.5)	
			計	6	9	5	2	22		(68.2)
全体			アカ	53	106	64	36	259	(61.4)	
			アオ	13	37	36	38	124	(40.8)	
			計	66	148	100	74	383		(54.6)

その結果，現存するケヤキ林の品等は，表－９に示すように，幹形良好な◎・○印の割合は全体で約55%，そのうちアカケヤキとアオケヤキの割合は６：４であった。また，個々の林分別に見ると，その範囲は約30～70%で林分によってかなりの差が見られた。

一方，採材長は，２～10 mまで区分したが，その本数割合は全本数の約40%であり，そのうち４～10 mの採材が可能と見られた本数割合は約30%であった。このようにケヤキ林の採材歩止まりはあまり良いとは言えないが，約30年間放置された林分としてはやむを得まい。

2　アカケヤキとアオケヤキの判別法

従来からケヤキには，アカケヤキ（ホンケヤキ）とアオケヤキ（イシケヤキ）があって，その材質の差から価格もかなり異なると言われている。

このことについて，既存の文献を見ると，表－10に示すように，熊本営林局[1]と宮城県林試[3]とでは，かなり異なった説となっていた。たとえば，ホンケヤキとはアカケヤキ・アオケヤキの

表－10　文献によるアカケヤキとアオケヤキの比較

1　熊本営林局

	アカケヤキ（ホンケヤキ）	アオケヤキ（イシケヤキ）
樹皮	赤味を帯び、粗面鱗片状に剝離	灰白色に青味を帯び、平滑で粗皮の剝離少なし
葉形	比較的に大	比較的に小
心材	赤味を帯び、光沢あり	黄白色で青味を帯び、光沢少なし
材	杢理優美	杢理劣る
材質	比較的に軽軟	比較的に重く、堅密で加工に難
建築	細工用として利用価値大	アカに比べて利用価値劣る

2　宮城県林試（____ 熊本局や現地から見て疑問の個所）

ツキ（アカケヤキ）	ホンケヤキ（アオケヤキ）？
葉が大きい	比較的に小さい
小枝が少ない	小枝が多い　？
枝が折れにくい	枝が折れやすい
材が割れにくい	材が割れ易い
芯に赤味	芯に黄色味
樹皮が茶～青味　？	樹皮が白っぽい
一番枝があまり太くない　？	一番枝が太く、枝分かれする　？
平地（屋敷）に多い　？	山林（奥山）に多い　？
樹皮がち密	樹皮が粗い　？
古くなっても割れない	古くなると亀の甲状に割れる
年輪幅が広い　？	年輪幅が狭い　？

（年輪幅は、直径生長の大小による結果である）

いずれが正しいのか。また，判別上の特徴もアカ・アオ入り混じっているように思われる。さらに，枝や葉の大きさによる判別法については，現地で見るかぎり，立木の疎密や優劣および高さの関係から，明らかにアカケヤキとアオケヤキの判別の指標になり得るとは思われなかった。したがって，現地で両者を判別する簡便な方法として，以下のことを提唱したい。

1） 樹皮による判別

表－11 ケヤキ材の価格（都城） n：本数 単価：千円／m^3

長級	径級	一般市						特市			
		1983.4		1983.9		1984.3		1983.9		1984.2	
m	cm	n	単価	n	単価	n	単価	n	単価	n	単価
3	13～17	3	24.5			2	25.5				
	18～24	9	82.9	2	36.7			3	91.2	17	66.8
	25～30	7	66.3	2	48.5	2	94.7	19	118.8	10	84.9
	13～30	8	54.2			3	37.8	18	90.2	15	106.5
	13～40	5	102.3					17	124.3	26	90.2
	30～50	2	79.8			4	74.9			9	198.2
	40～60							1	20.6	8	213.9
4	13～17	3	52.6			3	24.3	1	30.1	1	28.0
	18～24	6	65.2			1	42.0	3	112.8	5	63.9
	25～30	3	62.5	1	69.0	3	66.5	7	104.4	14	86.8
	13～30	4	85.3			3	34.9	3	51.0	27	49.3
	13～40	7	89.2	3	76.6	8	88.8	5	154.5	30	104.0
	30～50					1	74.0	5	130.8	21	187.7
	40～60									12	436.9
5	13～17	1	22.3							1	56.8
	18～24					3	84.3	2	28.1	1	33.0
	25～30	1	37.0	2	101.5	2	55.5	2	92.9	3	88.3
	13～30							7	145.8	4	117.2
	13～40									2	179.4
	30～50							2	177.4		
	40～60									2	194.1
全本数（総材積）		316（48m^3）		127（22m^3）		184（40m^3）		429（75m^3）		821(223m^3)	
全平均単価			51.2		46.9		49.7		73.2		143.3
スギ（参考）											
3	18～24			22	54.9			85	42.2	15	41.2
	25～30			1	143.4			8	88.8	1	170.4
4	18～24			54	30.9			120	23.4	7	44.6
	25～30			15	55.8			25	40.9	20	57.5
全本数（総材積）				3169(212m^3)				5672(527m^3)		7728(671m^3)	
全平均単価					18.1				19.2		24.9
ヒノキ（参考）											
3	18～24			3	262.5			22	121.4	16	27.6
	25～30			2	179.2			1	334.5	2	203.7
4	18～24			4	72.3			37	65.7	5	152.4
	25～30			3	220.5			1	388.9	4	88.1
全本数（総材積）				2879(145m^3)				5810(315m^3)		5124(411m^3)	
全平均単価					16.7				18.9		51.2

アカケヤキ： 樹皮は赤味 (赤褐色) を帯び，大径木では鱗片状の剝離がみられる場合。
アオケヤキ： 灰白色に青味を帯び，割合平滑で粗皮の剝離が見られない場合。

なお，小径木や被圧木では判別困難なものも見られた。また，アカケヤキに比べて枝下が高い傾向の林分も見られた。

2） 音による判別

現地では，アカケヤキかアオケヤキか判別しにくい立木にしばしば出会ったが，この場合，輪尺を当てた時の音による判別が有効と考えられる。

アカケヤキ： 比較的鈍重な音で，柔らかさを感じる。
アオケヤキ： カチンという音から比較的に堅い感じが強い。

なお，アカケヤキとアオケヤキが明確に判別できない原因の一つとして，両者の開花・受粉時期に差があるかどうかという基本的な問題が考えられるが，このことは他の研究部門の範ちゅうにあるので，本研究では取り扱わなかった。

VII. ケヤキ材の価格

九州におけるケヤキ材の価格については，別件の研究「広葉樹の流通」[11~14] において分類した都城市売市場における昭和58年度の一般市 (初期・中期・後期) と特市 (中期・後期) の5例を表－11に示す。

この表によれば，全般的な傾向としては一般市よりも特市の方が良材の搬入が多いと見られ，取り扱い本数も単価も一般市を凌駕している。また，長級別・径級別の内容を見ると，長級が長いほど，径級が大きいほど高値の傾向を示している。これらの価格を同市の特定の長級・径級のスギ・ヒノキ材と比較してみると，単木売りのスギ・ヒノキ材の中にはかなり高値の材も認められるが，全販売本数の平均単価では，ケヤキ材の方がはるかに高いことがわかる。

VIII. おわりに

以上のように，本研究の主流は，ケヤキ用材生産のための望ましい密度管理法であるが，特に，その裏づけとしてスギ・ヒノキ人工林における単木モデルの林分シュミレーションを応用したケヤキ人工林における局所密度と直径生長の関係ならびに林分因子と林分蓄積の関係について考察した。さらに，これまでほとんど放置の状態にあったケヤキ人工林であるために，その他の問題点としてケヤキの品等，アカケヤキ・アオケヤキの判別法および価格の動向にも言及した。したがって，全体としてはやゝまとまりがないとの「そしり」をまぬがれない嫌いも感じなくもない。

一方，僅か2年の研究期間であったために，日頃からその重要性を提唱してきた時系列データによる解析は行えなかったが，そのための固定試験地として加治木営林署26い林小班に2プロットを設定した。

この報告が今後のケヤキ林の施業に少しでも役立てば幸いである。

引用文献

1）熊本営林局： 主要樹種造林提要．P 190～227，1942

2）木梨謙吉： Growth Model について．85 日林講，61～62，1974

3）宮城県林試： 56 年度林試業務報告 15．28～29，1982

4）箕輪光博： 線形システムとしての林分の生長．林統研誌 10，1～24，1985

5）森田栄一： 間伐率の変化にともなう成長予測（II）．日林九支研論 26，33～34，1973

6）森田栄一・椎林俊昭： XYプロッタによる立木位置図の作成．林試研報 296，41～76，1977

7）森田栄一： コジイ林分密度管理図の作成（III）．日林九支研論 39，31～32，1986

8）———： 同齢単純林における蓄積推定の一方法．林統研誌 11，48～57，1986

9）———： ケヤキ人工林の生育に関する研究（I）．林統研誌 12，53～62，1987

10）坂口勝美： 間伐の本質に関する研究．林試研報 131，95pp.，1961

11）安永朝海・森田栄一： 暖帯性広葉樹材の流通（1）．日林九支研論 38，7～8，1985

12）———・———： ———（2）．日林九支研論 39，3～4，1986

13）———・———： ———（3）．日林九支研論 40，3～4，1987

14）———・———： ———（4）．日林論，61～62，1987