

育成天然林施業の間伐効果と施業技術に関する研究

中垣勇三・水谷和人

目 次

I はじめに	1	III 育成天然林の施業技術	14
II 多種広葉樹林の間伐試験	2	1 生産目標	15
1 試験方法の概要	2	2 施業モデルの作成	15
2 11年後の間伐効果	3	3 生育段階と施業	15
(1) 直径生長	3	(1) 幼齢期の施業	15
(2) 樹冠生長	7	(2) 壮齢期の施業	16
(3) Y-N曲線による間伐効果	8	4 収益性評価	17
(4) 樹種別材積生長量と生長率	12	IV む す び	18
(5) 間伐による丸太の形質変化	13	参考文献, 付表	19

I はじめに

岐阜県は広葉樹材を利用した家具産業などが盛んで、岐阜県工業統計によれば、昭和58年度の脚物家具、木製建具などの生産出荷額は1,330億円(全国第8位)となっている。これらに使用される広葉樹材は年間約26万 m^3 である。しかし、この中に占める県産材の割合は20%以下と推定され、その他は東北など他府県よりの移入と外材輸入である。

岐阜県は比較的に広葉樹林が多く、その面積は322千 ha (全国第4位)を占めている。平均蓄積は87 m^3/ha で、全国の109 m^3/ha 、北海道や岩手県の約150 m^3/ha に比べ低い。このことは岐阜県の広葉樹林が比較的に若い林分であることを示しており、直径16 cm 以下のものが蓄積の52%を占め、36 cm 以上の大径木が少なく10%にすぎない。

したがって、岐阜県ではこれらの広葉樹林を積極的に育成保育し、有用広葉樹材の生産を高める必要がある。このため、岐阜県第4次総合計画と軌を一に策定された岐阜県林業基本計画に新たに「有用広葉樹資源の充実」が加えられ、育成天然林施業を中心に67千 ha の有用広葉樹林を造成することとしている。そして、広葉樹林造成の長期性や公益性の高いこと、さらには、家具・木工など地場産業の振興という面も考慮して、広葉樹の天然林改良には10%高上げの助成策を講じている。また、地域の模範とするために有用広葉樹モデル整備事業や県営有用広葉樹林造成事業ならびに集約施業技術等導入実験事業(荘川広葉樹総合実験林)などを実施している。

これに先がけて、当林試では昭和45年度から広葉樹育成のための総合試験を開始し今日に至

っている。すなわちスギ、ヒノキ人工林と同様、人工植栽試験やシイタケ原木林造成試験並びに多樹種の広葉樹林を対象に除間伐する育成天然林施業試験などである。

そこで、本報告では有用広葉樹用材の生産を目的として、多樹種の広葉樹林を間伐した林分が間伐後10年余経過したので、その径級や形質などの間伐効果、並びに、これらの試験成果に基づく施業技術について述べることにする。

Ⅱ 多種広葉樹林の間伐試験

1 試験方法の概要

試験方法の詳細は戸田¹⁾ほか報告しているもので、本報告ではデータ解析に必要な事項のみにについて述べることにする。

菊沢²⁾はミズナラ林の収量—密度図を作成して収穫予想をした。中川³⁾はこの収量—密度図を利用して、多樹種が混交する林分でのBポイントはある直線に集束せず散在しており、「林分の混み具合」によって差が大きく、収量—密度図を作成するには「林分の混み具合」に応じた密度管理が必要であると提言している。このように、多樹種が混交した広葉樹林に適合する密度管理図は未だ作成されていない。そこで、できるだけ多樹種の有用広葉樹が混交している二次林を選定し、間伐によって残存本数を ha 当たり300本、400本、500本に調整してその後11年間の生長量、生長率および形質などについて検討した。

試験地は大野郡莊川村一色（林齢26年生）と清見村中野（林齢40年生）の2カ所に設定した。その地況および林況を表—1、表—2に示す。

測定の方法は胸高直径は直径巻尺で、樹高はブルメライスによった。この時の立木材積は胸高直径と樹高とで立木幹材積表⁴⁾から求めた。

※ 樹高の算出方法： 戸田¹⁾ほかは間伐前後および間伐7年後の樹高は間伐区、対照区（無間伐区）とも形状比は一定とみなし、各測定値の平均樹高曲線から求めた。筆者は間伐前は戸田¹⁾ほかと同様の手法を用いたが、間伐1年後の形状比をみると間伐区では70～76、対照区では98～103となったため、間伐後および間伐11年後の樹高については、間伐区では全木について樹高測定を行い、この測定値を用いて個体ごとに材積を算出した。対照区では既にマーキングしてある標準木について樹高測定を行い、三点平均法による樹高曲線をえがき、これから樹高を求めて個体ごとに材積を算出した。

表—1 試験地の地況

試験地	標高	方位	傾斜	地形	土壌型	A層の厚さ	積雪深	備考
莊川村一色	1,050	NW	20°	山腹緩斜面	B _{LD}	25 cm	200 cm	薪炭林跡地の 天然更新二次林 〃
清見村中野	970	NW	35°	山腹急斜面	B _D	20	150	

注) 試験地の大きさ 80 × 50 m 0.4 ha

表-2 広葉樹林間伐前後の林況

49. 10 間伐 間伐時林齢： 荘川 26 年生， 清見 40 年生																	
		間伐前				間伐後								間伐率			
		N/ha	V/ha	DBH	H	N/ha	V/ha	DBH	H	$\Sigma BA/ha$	$\Sigma CA/ha$	CH	枝張り(1本当り)		H/D	本数	材積
													上側	下側			
荘川	本区		m ²	cm	m		m ²	cm	m		m ²	m ²	m	m	m		
	300	1,910	99.7	10.2	11.0	270	25.8	14.3	12.0	4.53	4,350	5.0	1.39	3.18	84	86	74
	400	1,700	94.2	10.3	11.0	370	39.7	14.3	13.1	6.32	6,860	6.5	1.50	2.96	92	78	57
	500	2,010	116.2	10.8	11.3	510	42.8	13.0	12.1	7.30	7,350	6.0	1.43	2.85	93	75	63
	対照区 (上層木)	2,300	117.1	10.2	11.0	—	—	—	—	20.79	—	—	—	—	98	—	—
清見	(上層木)	1,960	112.7	11.0	11.4	—	—	—	—	19.83	14,900	5.7	0.71	2.32	104	—	—
	300	1,590	109.2	11.0	11.3	310	39.7	15.6	12.7	6.47	8,430	5.4	1.31	4.23	81	81	64
	400	1,580	140.5	11.9	11.6	390	72.0	17.1	13.2	10.45	10,670	5.3	1.72	3.66	77	75	49
	500	1,630	127.2	11.4	11.4	530	74.3	15.6	12.8	11.48	10,730	5.4	1.20	3.64	82	68	42
	対照区 (上層木)	1,900	136.1	10.9	11.2	—	—	—	—	21.97	—	—	—	—	103	—	—
		1,240	127.5	13.5	12.4	—	—	—	—	20.10	27,640	6.3	1.27	3.93	92	—	—

注) N: DBH ≥ 5 cm, ただし対照区(上層木): 間伐前後 H ≥ 10 cm ΣBA : 胸高断面積合計, ΣCA : クローネ面積合計, CH: 平均枝下高

荘川, 清見の両試験地とも薪炭林跡地の萌芽更新を主とした二次林である。

間伐は強度間伐を行った。その理由は広葉樹林の小径木の利用価値や生産力が針葉樹に比較して著しく低いことから、間伐回数を少なくして、長期にわたり間伐効果を持続させることをねらったものである。

選木は荘川ではクリ・ヤマザクラ・ホオノキを主体に残存木を選定した。一方清見では主林木がホオノキ・ミズギ・ミズナラなどであるので これらを中心に残存木をできるだけ等間隔になるように選定した。このため間伐は上層木の一部と中層木の大部分および下層木の全部を伐倒することとなった。その結果 本数と材積の間伐率は荘川ではそれぞれ 75~86%, 57~74%, 清見ではそれぞれ 68~81%, 42~64%であった。両試験地の違いは荘川では林齢が若くしかも立木密度が高いために細い木が密生していたこと、一方清見では林齢が高く小径の下層木が比較的になかったことによるものである。

林内の下層植生は荘川ではチゴユリ・トリアシショウマ・コマユミ・クロモジ・サワフタギ・イヌツゲなどであり 一方清見ではチマキザサ・シシガシラ・シダ・スゲ類・マンサク・イヌガヤなどであった。

2 11年後の間伐効果^{*)}

(1) 直径生長

間伐率の異なる試験区について、間伐直後と 間伐 11 年後の胸高直径階別本数分布と胸高直径 20cm 以上の占める本数割合 ならびに樹種別胸高直径階別の本数分布をそれぞれ図-1, 図

2, 図-3に示す。

図-1より、対照区(標準木)は全木の分布を示したものであるが、荘川の場合、明らかに間伐区における分布移動が対照区より大きく、肥大生長の促進効果が認められる。一方 清見では400本区における分布移動が対照区より大きい、他の間伐区では対照区との差はあまりない。

また、全体に肥大成長の促進効果は小さい。

図-2より、径級20cm以上の占める本数割合をみると、荘川の場合、間伐区における本数割合が対照区(全木)より著しく高く、大きい径級の増加が認められる。一方、清見では間伐区より対照区において径級の大きいものの増加が若干認められる。

図-3より、樹種別に径級20cm以上の占める本数割合をみると、明らかに間伐区における本数割合が対照区(標準木)より著しく高く、大部分の樹種において径級が大きくなっている。しかも、間伐区の密度が低くなるほど大きい径級が増加する。一方、清見では間伐区、対照区とも大部分の樹種において径級が大きくなっているが増加量は必ずしも高くない。

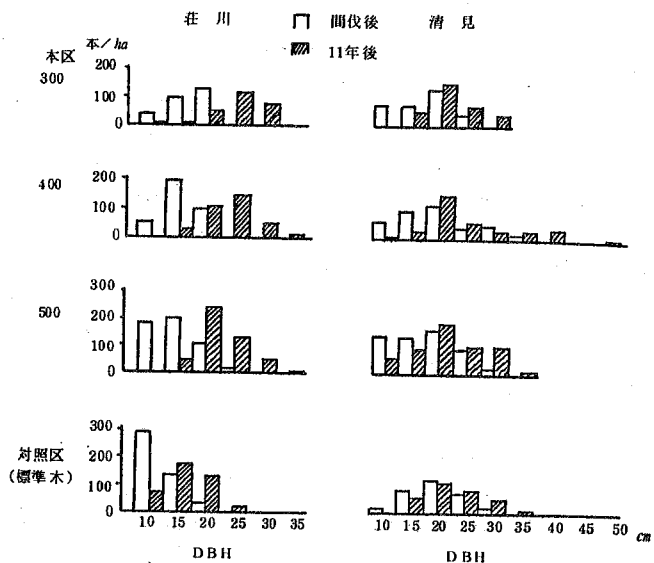


図-1 胸高直径階別の本数分布

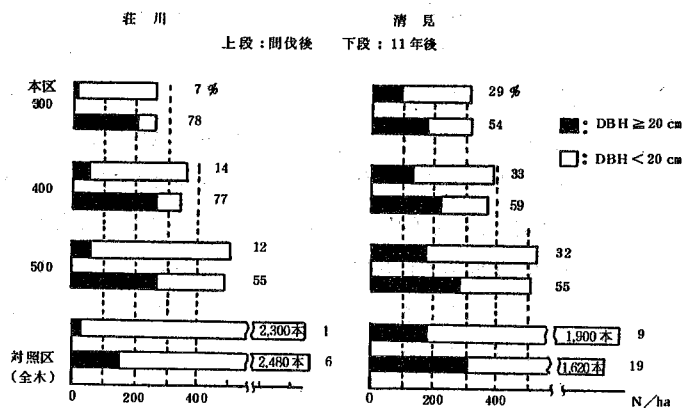


図-2 胸高直径20cm以上の占める本数割合

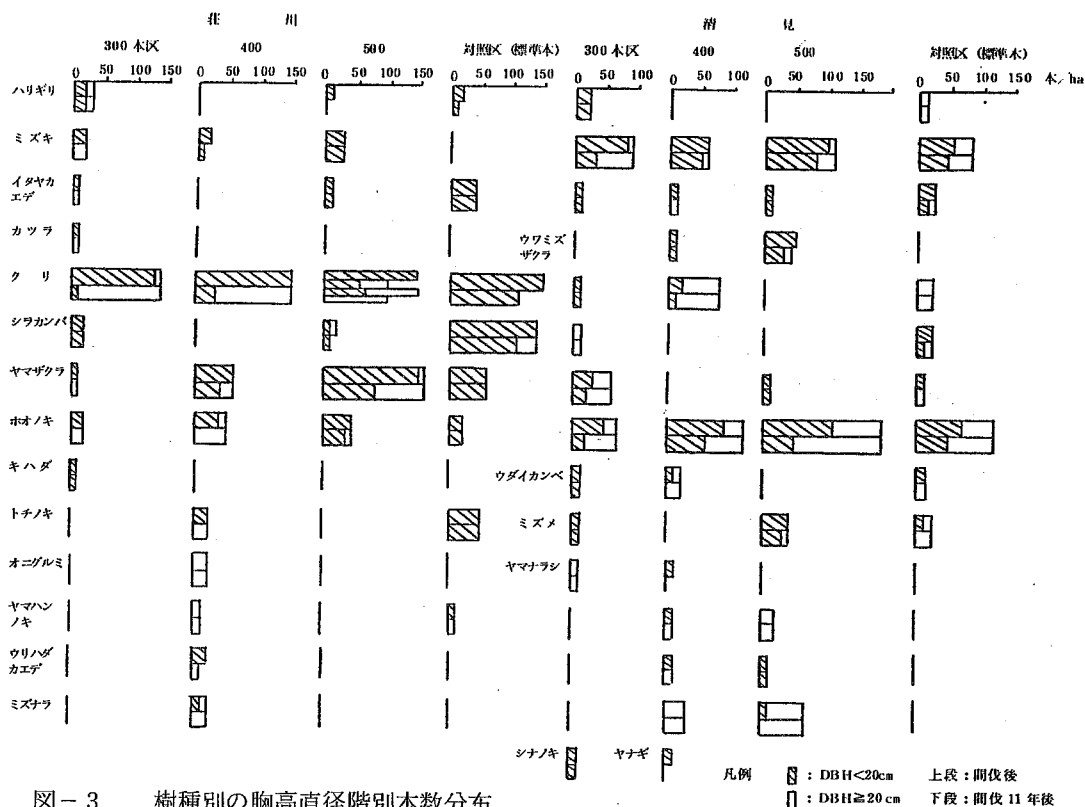


図-3 樹種別の胸高直径階別本数分布

間伐後 11 年間に於ける年度別の胸高直径生長量を図-4, 図-5, 図-6, 図-7 に示す。図-4 ~ 図-7 より, 対照区 (標準木, 標準木の上層木) は全木の生長を示したものではないが, 庄川の場合, 明らかに間伐区における直径生長が対照区よりきわめて大きく, 間伐密度が低くなるほど直径生長が大きくなっている。一方, 清見では間伐区 (400 本区) における直径生長が他の間伐区および対照区より大きい。しかし, 400 本区以外の間伐区の直径生長は対照区を若干上廻っているにすぎない。400 本区の直径生長が高かったのは超大径級のミズナラ・ウダイカンバ・クリなどが特に直径生長が大きかったことによる。全体的に庄川と清見との直径生長を比較した場合, 林齢の若い庄川の生長が旺盛で, 林齢の高い清見の生長は緩慢である。

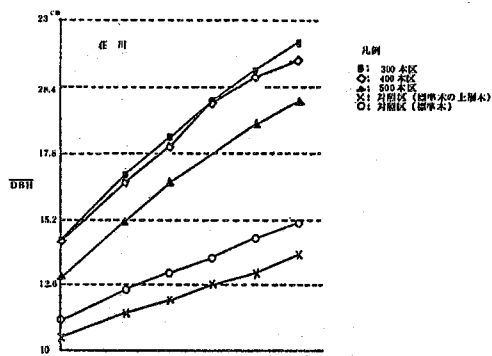


図-4 胸高直径の生長量

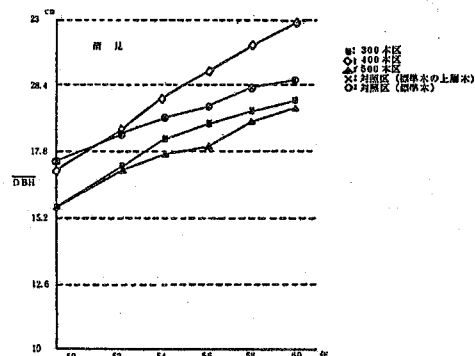


図-5 胸高直径の生長量

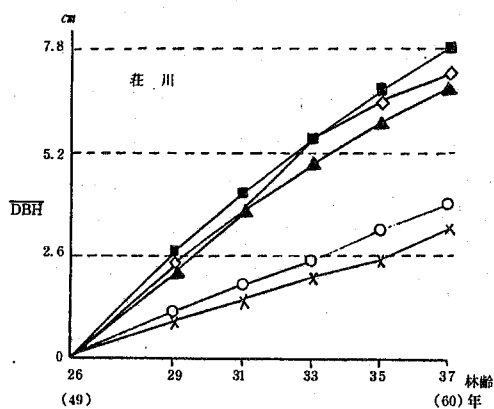


図-6 間伐後11年間の胸高直径生長量
(純生長量)

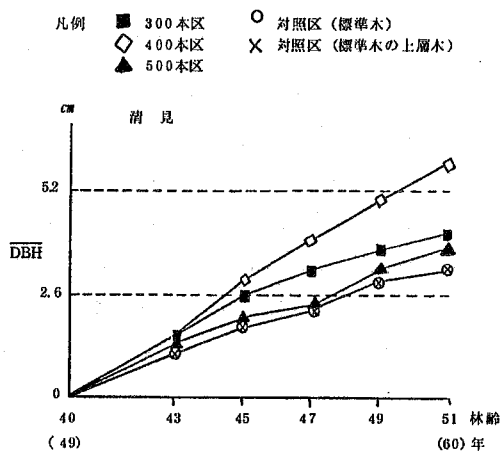


図-7 間伐後11年間の胸高直径生長量
(純生長量)

(2) 樹冠生長

間伐後および間伐11年後の枝張り伸長量、クローネ面積合計、クローネ配置および相対照度の変化をそれぞれ表-3、表-4、図-8、図-9に示す。

樹冠型は間伐時には既に偏樹冠となっている。間伐11年後の状況をみると、対照区（上層木）では上側（山側）の枝張り伸長量が退化ないし若干伸長しているにすぎないため、偏樹冠はさらに進んでいる。しかし、間伐区では上側も下側（谷側）と同様の伸長量を示すために漸次正常な樹冠にもどりつつある。

樹冠の閉鎖は間伐区（400本区、500本区）ではほぼ閉鎖状態に近づきつつあるが、300本区では未だ閉鎖しておらず、閉鎖するには長期間を要する。このことはクローネ面積合計やクローネ配置および相対照度の変化からも明らかである。すなわち、クローネについてみると間伐11年後の1本当たりの平均クローネ面積は300本区、400本区、500本区、対照区（上層木）で、荘川の場合、それぞれ40 m²、41 m²、29 m²、13 m²となり、清見ではそれぞれ37 m²、54 m²、32 m²、34 m²となっている。

表-3 広葉樹間伐11年後の生長量と形質

	N/ha	V/ha	DBH	H	年平均林積 生長量/ha (林積生長率)	ΣBA/ha	ΣCA/ha	CH	枝張り(1本当り)				幹の形状		
									上側	下側	H/D	細り率	直木	並	曲り
本区		m ²	cm	m	m ² (%)	m ²	m ²	m	m	m	%	%	本	本	本
300	270	72.8	22.2	14.3	4.3 (9.9)	10.83	10,830	2.8	2.88	4.31	64	72	15	7	5
荘川															
400	350	100.2	21.5	16.5	5.5 (8.8)	13.13	14,390	4.1	2.12	4.93	77	75	18	10	7
500	490	111.7	19.9	14.8	6.3 (9.1)	16.07	14,420	5.2	1.88	4.41	74	76	21	16	12
対照区	2,480	171.2	11.2	10.4	4.9 (3.5)	28.38	—	—	—	—	93	—	—	—	—
(上層木)	1,150	144.3	15.3	13.7	2.9 (2.3)	21.99	15,030	5.6	0.56	3.55	90	74	8	13	18
清見															
300	310	66.6	19.8	14.2	2.4 (4.8)	9.92	11,510	4.2	1.98	4.57	72	70	—	—	—
400	370	140.3	22.9	15.8	6.2 (6.3)	17.41	20,020	3.5	3.21	4.72	69	74	—	—	—
500	510	121.9	19.5	14.6	4.3 (4.6)	16.89	16,340	4.0	1.78	4.48	75	73	—	—	—
対照区	1,620	167.2	12.3	10.7	2.8 (1.9)	24.69	—	—	—	—	87	—	—	—	—
(上層木)	740	150.4	18.0	14.6	2.1 (1.5)	20.65	25,520	6.1	1.65	5.16	81	77	—	—	—

注) 対照区（上層木）N：H ≧ 11 m，林積生成率：ライプニッツ式（複利算式）

細り率：（高さ6.2m径級／高さ1.2m径級）× 100

幹の形状欄と対照区（上層木）欄の数値：対照区（標準木の本数）

表-4 間伐前後および間伐9年後の相対照度

	荘 川			清 見			照度測定年月日
	間伐前	間伐後	9年後	間伐前	間伐後	9年後	
300本区	11	50	39	9	65	34	間伐前 荘川 49.8.29 11:00 (晴)
							清見 49.6.14 13:00 (☁)
400	6	45	8	7	62	18	間伐後 荘川 51.8.28 13:00 (☁)
							清見 51.6.15 13:00 (☁)
500	8	32	6	6	33	12	9年後 荘川 58.7.19 10:30 (☁)
対照区	8	3	2.5	7	6	3	清見 58.7.19 11:30 (☁)

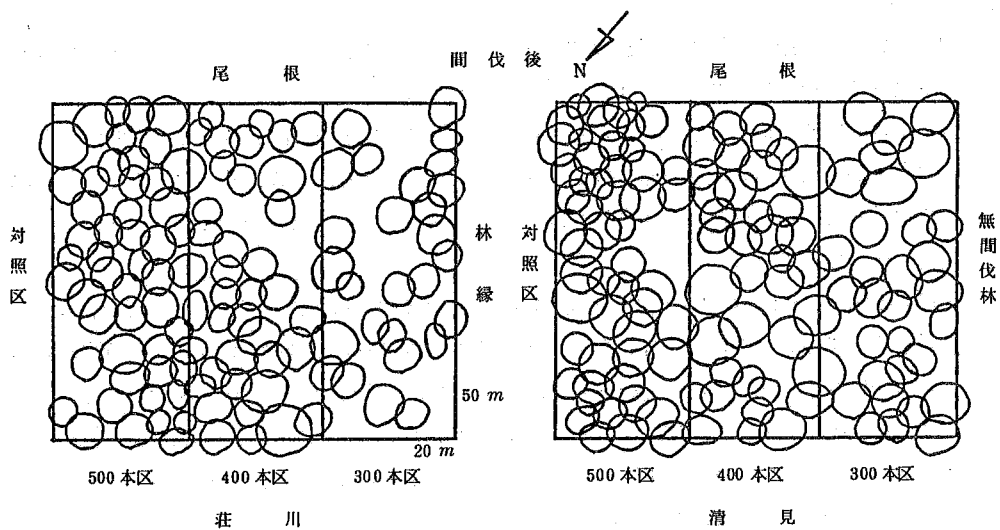


図-8 間伐後のクローネ配置

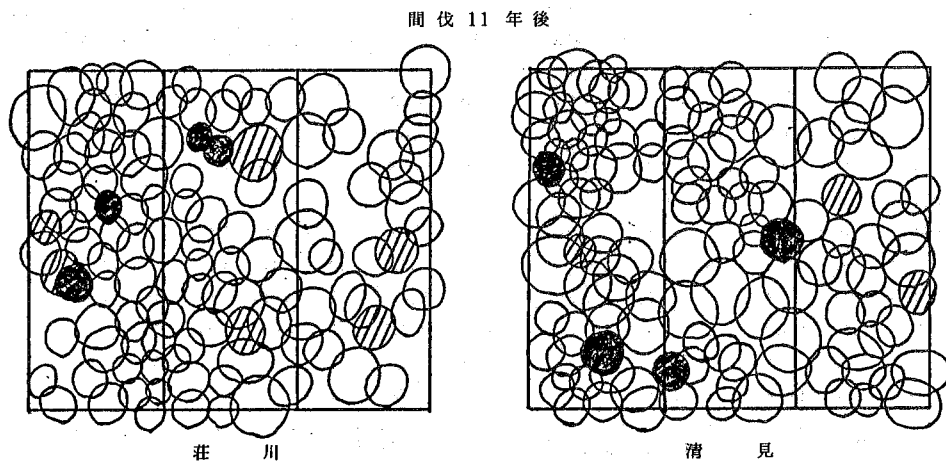


図-9 間伐11年後のクローネ配置

● 枯損木
 ○ 被害木

(3) Y-N曲線による間伐効果

間伐前後および間伐11年後の生長量、Y-N曲線、胸高直径20cm以上に占める材積割合をそれぞれ表-3、図-10、図-11、図-12、写真-1に示す。

間伐前後および間伐11年後における直径階ごとの本数と材積を求め、直径の大きいものから積算し(附表-1 附表-2参照)，さらにこれを両対数グラフにおとしたものが図-10、図-11に示すY-N曲線²⁾で、収量-密度図に使用されている。このY-N曲線を使って間伐の効果を検討してみると、例えば庄川の場合、500本区の間伐前の立木本数は2,010本/ha

(うちDBH ≥ 20 cmでは80本)で、材積が116 m^3 (うちDBH ≥ 20 cmでは17 m^3) あったものを間伐した結果、立木本数は510本 (うちDBH ≥ 20 cmでは60本)で、材積が43 m^3 (うちDBH ≥ 20 cmでは12 m^3) となった。これが間伐11年後には冠雪害により本数が若干減少したものの立木本数は490本 (うちDBH ≥ 20 cmでは270本)で、材積が112 m^3 (うちDBH ≥ 20 cmでは82 m^3) となった。間伐後11年間に増加した直径20 cm以上の本数は210本で、材積が70 m^3 となった。一方対照区(全木)では11年後の現在、立木本数は2,480本 (うちDBH ≥ 20 cmでは150本)で、材積が171 m^3 (うちDBH ≥ 20 cmでは38 m^3) となったが、この11年間に増加した直径20 cm以上の本数は120本で、材積が32 m^3 にすぎない。直径20 cm以上の立木は、500本区は対照区よりも本数で1.75倍、材積で2.19倍と増加している。

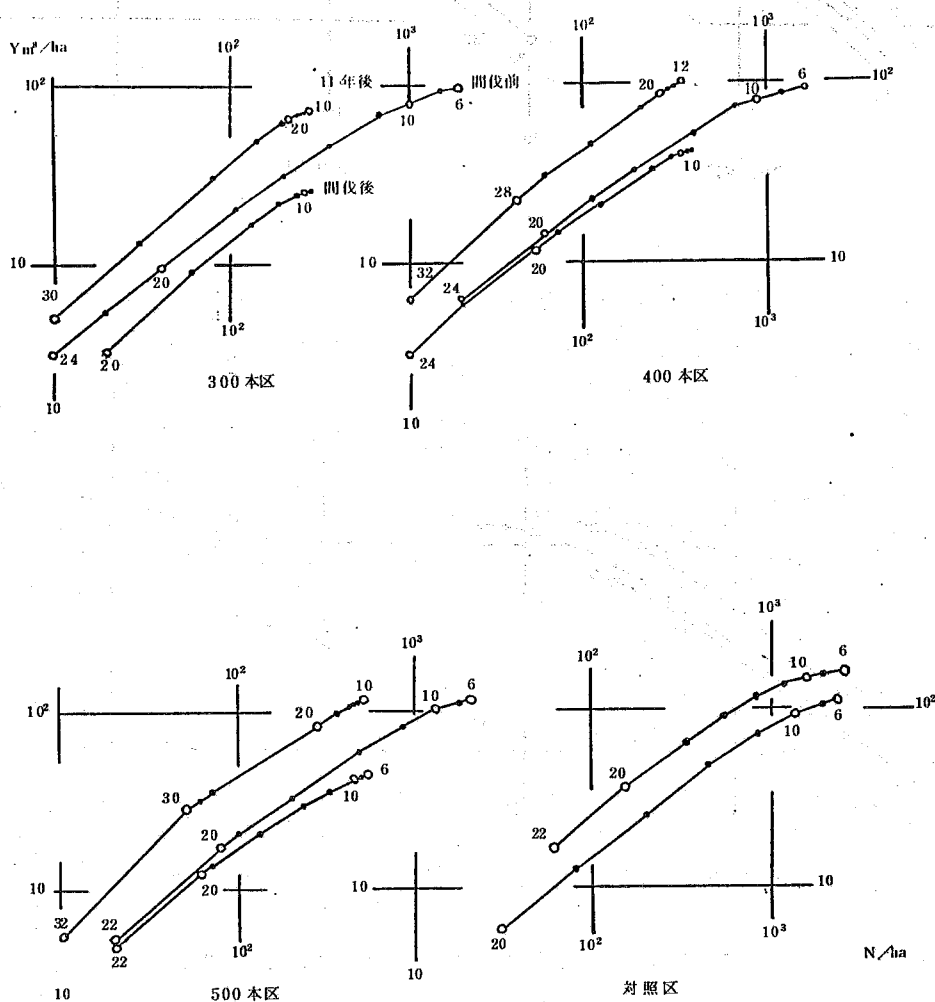


図-10 間伐前後および間伐11年後のY-N曲線(荘川)

なお、間伐後 11 年間の
材積生長量すなわち純生産
量（期末一期首）を図-12
に示したが、この図からも
明らかなように純生産量は
500 本区 > 400 本区 >
300 本区、対照区の順と
なっている。このことから
も立木密度は 500 本/ha が
最適と考えられる。

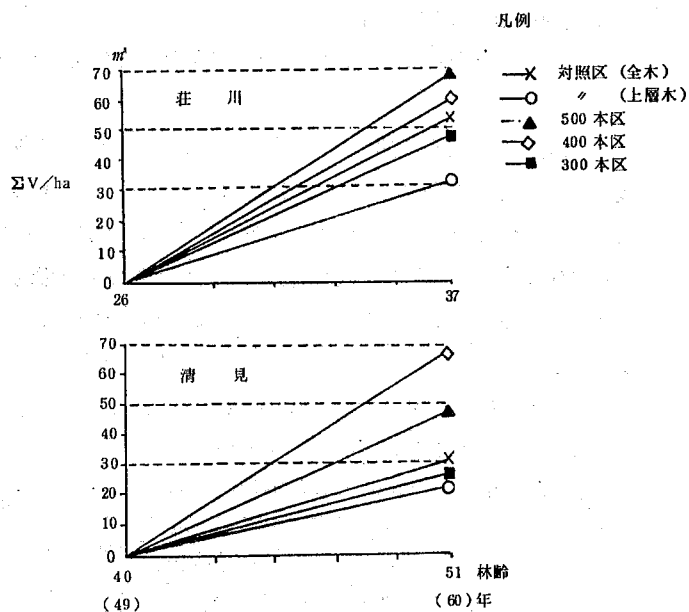
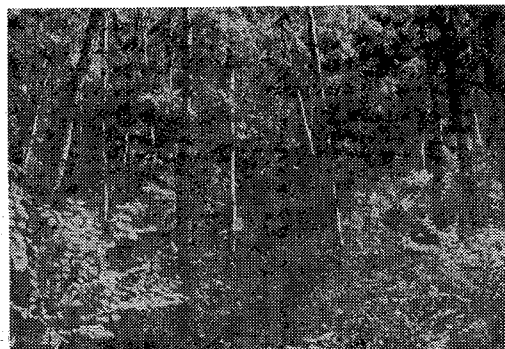


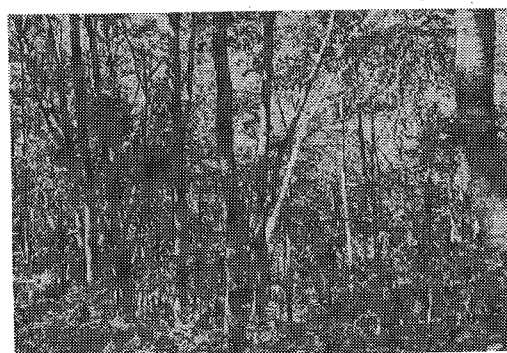
図-12 間伐後11年間の材積生長量
（純生産量）



300 本区



400 本区



500 本区



対 照 区

写真-1 間伐11年後の林層（莊川）

(4) 樹種別材積生長量と生長率

間伐後11年間の樹種別材積生長量及び材積生長率をそれぞれ表-5, 表-6, 付表-3に示す。

各試験区ごとに同一樹種が5本以上あるものについて間伐後11年間の1本当たりの平均生長量をみると, 間伐区は対照区(標準木の上層木)より生長量が大きく, 間伐区の立木密度が低くなるにつれて生成量は大きくなる。また, 樹種別に材積生長率をみても材積生長量とほぼ同様の傾向が認められる。材積生長量と材積生長率の比較的高い樹種をあげると, クリ・ホオノキ・ミズキ・カツラ・ヤマザクラ・ミズナラなどである。逆に生長量と生長率の低いものをあげると, ハリギリ・キハダ・ヤマナラシ・ヤマハンノキ・ウワミズザクラなどである。

なお, 間伐時に径級の大きい有用樹種であれば, 材積生長率が若干劣っても材積生長量は大きくなるので立木として残存すべきである。

表-5 間伐後11年間の樹種別材積生長量

		材積生長量m ³ /1本当り									
		庄 川				清 見				対照区	
		300	400	500	対照区 (標準木の上層木)	300	400	500	対照区 (標準木の上層木)		
ク	リ	※ 0.20	※ 0.19	※ 0.18	※ 0.07	0.06	0.36			0.30	
ハ	リ	0.08			0.02	0.05				0.13	
ホ	オ	0.36	※ 0.23	0.11	0.10	※ 0.12	※ 0.08	※ 0.08	※ 0.07		
ミ	ズ	0.21	0.08	0.06		※ 0.11	※ 0.07	※ 0.07	※ 0.05		
シ	ラ	0.08		0.01	※ 0.07	0.05			0.08		
カ	ツ	0.23									
キ	ハ	0.02									
イ	タ	0.14		0.08	0.03	0.04	0.11	0.05	0.09		
ヤ	マ	0.14	※ 0.13	※ 0.12	0.05	※ 0.05		0	0.12		
ウ	リ		0.15				0.18	0.09			
ト	チ		0.10		0.03						
オ	ニ		0.22								
ミ	ズ		0.23				0.54	※ 0.25			
ヤ	マ		0.09		0.08		0.02	0.09			
シ	ナ					0.11	0.06	0.08			
ウ	ダ					0.07	0.34		0.21		
ヤ	マ					0.07					
ウ	ワ						0.06	0.05			
ミ	ズ					0.06		0.07	0.13		

注) 材積生長量=期首-期末 ※: 測定木≧5本

表-6 間伐後11年間の樹種別材積生長率

		材積生長率%/1本当り									
		庄 川				清 見				対照区	
		300	400	500	対照区 (標準木の上層木)	300	400	500	対照区 (標準木の上層木)		
ク	リ	※ 11	※ 10	※ 10	※ 8	11	7			8	
ハ	リ	6			6	9				3	
ホ	オ	35	※ 10	9	10	※ 5	※ 5	※ 3	※ 3		
ミ	ズ	9	18	10		※ 7	※ 9	※ 7	※ 3		
シ	ラ	7		0	※ 5	2			4		
カ	ツ	11									
キ	ハ	9									
イ	タ	8		12	5	3	7	6	10		
ヤ	マ	10	※ 10	※ 10	6	※ 2		0	7		
ウ	リ		11				12	7			
ト	チ		6		6						
オ	ニ		6								
ミ	ズ		9				9	※ 7			
ヤ	マ		4		4		1	3			
シ	ナ					16	6	8			
ウ	ダ					4	6		8		
ヤ	マ					2					
ウ	ワ						6	5			
ミ	ズ					12		9	5		

注) 材積生長率: $P(\%) = \frac{n}{\sqrt{\frac{ZG(a+n)}{ZGa}}} - 1 \times 100$ (ワイブニッツ式)

※: 測定木≧5本

(5) 間伐による丸太の形質変化

間伐前後および間伐11年後の丸太の形質を表-2、表-3、図13に示す。

間伐による丸太の形質向上のプラス要因としては①径級の大きい材が生産されること。すなわち、1本当たりのクロ-ネ面積が大きくなるために着葉量が大きく光合成が旺盛になり、それが幹の生長に大きな影響を与え、肥大生長が促進される。②したがって利用材積が増大する。例えば荘川の場合、立木材積に占める6.2 m高の末口直径 ≥ 16 cmの用材利用率は500本区で48%と高く、対照区(標準木の上層木)では21%にすぎない(付表-4参照)。③間伐によって有用樹種の生産が可能である。④間伐によって通直性の高い材が生産されること。例えば荘川の場合、通直木の得られる本数割合は500本区で43%、対照区(標準木)で21%になる。逆に曲がり木の本数割合は500本区で24%、対照区で46%である。⑤間伐によって上側の枝張りが伸長するため樹冠は真円性に近くなる。したがって幹も真円性が高くなると考えられる。⑥間伐しても細り率(6.2 m高直径 $\div$ 1.2 m高直径 $\times 100$)は75%前後で対照区とほとんど変わらない。⑦その他間伐によって雪害木、傷害木、くされ木、虫喰木などが除去されるため健全な森林が維持される。⑧①~⑦の諸条件を満たすために収穫時の丸太は高価格での取り引きが期待できる。

次に、間伐によって形質が低下するマイナス要因は間伐によって枝下高(不定芽を含む)がさがることである。例えば荘川の場合、間伐後11年間で300~400本区では2.2~2.4 m、500本区では0.8 m(対照区-標準木-では0.1 m)枝下高がさがった。しかし、立木密度が500本/haであれば中立木や副木を利用することにより、形質の低下は避けられるものと思われる。

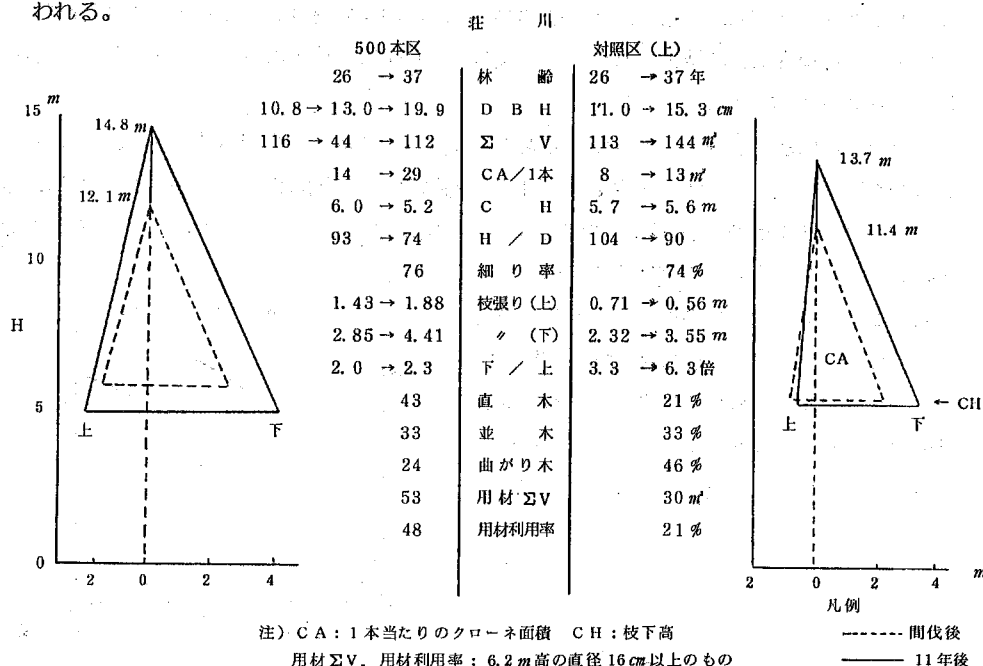


図-13 間伐による丸太の形質変化

Ⅲ 育成天然林の施業技術⁸⁾

1 生産目標

生産目標は立地環境条件や広葉樹の樹種特性に加えて、労働力、資本、育林技術など社会的、経済的諸要因を考慮し、さらに木材生産の長期性からその間の需給構造の変化も勘案して設定しなければならない。そこで広葉樹施業の生産目標の考え方を図-14に示す。

以下、広葉樹用材林の生産を目的とした育成天然林施業について述べることにする。

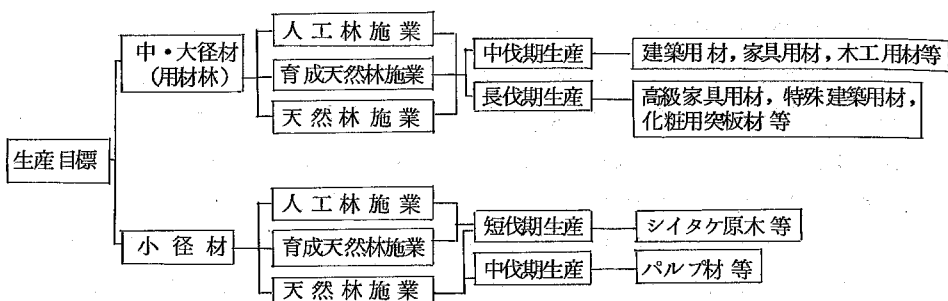


図-14 広葉樹の生産目標の考え方

2 施業モデルの作成

多樹種が混交する広葉樹林に適合する密度管理図が作成された後に施業の体系化がなされるべきと考えるが、現在、岐阜県では育成天然林施業に力点が置かれている行政的な背景もあって、とりあえず育成天然林施業試験例や幼齢期の広葉樹林分調査および宮庄川森林計画区の広葉樹賦存状況調査などの結果に基づいて「天然生広葉樹用材林の施業モデル」（試案）を作成したので図-16に示す。

施業モデルに示す上層木の平均樹高曲線および直径生長は宮庄川森林計画区の広葉樹賦存状況調査資料⁵⁾248点を利用して林齢と上層木の平均的な樹高・胸高直径の値を求め、さらに直径生長については間伐効果を勘案して修正した。その結果は図-15に示す。なお、宮庄川森林計画区における広葉樹の樹高・胸高直径の生長経過はおおよそスギ人工林の地位5に匹敵しあまり良くない。また樹高生長は林齢15年生まではきわめて早く、以後次第に生長量は減少する。県内の他の森林計画区ではこれよりさらに低い値を示し、生長は良くないが、きわめて悪い^{3), 6)}。

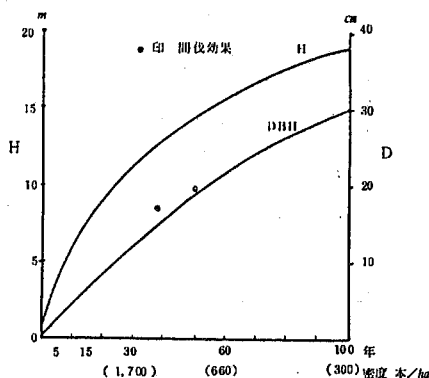


図-15 上層木の平均的な樹高・胸高直径曲線
（宮庄川森林計画区）

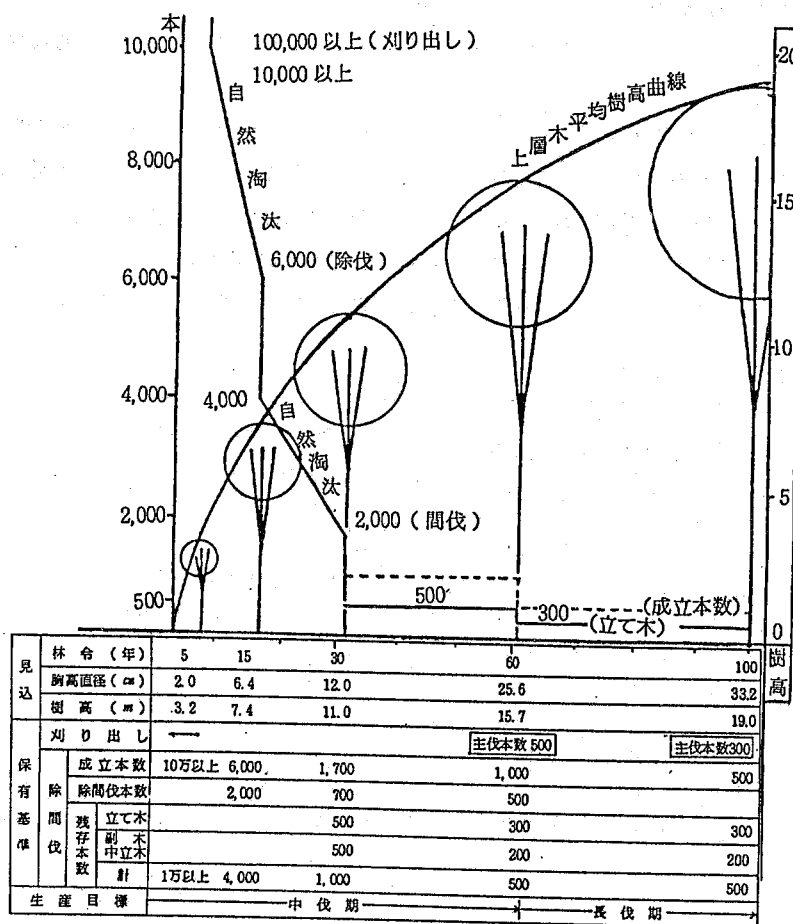


図-16 天然生広葉樹用材林の施業モデル

3 生育段階と施業

県内における広葉樹の天然林は数多くの樹種が林内の各層にわたって群生しているのが普通である。したがって、これらに加えられる施業としては有用樹種を数多く仕立て、それらの形質を良くし、さらにはその生長を促進することにある。そのためには密度、生長、形質の関係、すなわち、密度大→生長小＝形質良、密度小→生長大＝形質不良の関係を踏えた施業が必要である。

(1) 幼齢期の施業

幼齢期の施業では立木の形質の向上を促すために成立本数はきわめて多く仕立てることが必要である。すなわち、表-7より、林齢5年生前後には木本類の成立本数は最低10万本/ha₇₎以上見込まれるので、この時期に、特にブナの場合には刈り出し作業を行えば樹高・直径生長とも良好である。刈り出しは有用樹種が豊富にあって生育良好なところを対象にすべきである。

少なくとも有用樹種の成立本数が1万本/ha以上あることが望ましい。とりわけ、多雪地帯では萌芽した幼樹が雪圧害により芽かけなどの雪害木を発生させるので刈り出し後は除伐期まで自然淘汰が望ましい。

多雪地帯に見られるクリ、ケヤキなどの人工林のうち、除伐など徹底した保育管理がなされたところの人工林は優れた形質をもち、かつ良好な生長を示している。一方天然林の広葉樹にあっては林齢15年生前後になると萌芽した幹が冠雪や雪圧により、根元割れ、倒伏などの雪害木を数多く発生させる。したがって、この時期にこれらの雪害木に加えて、あばれ木、形質不良木、不用木などを除去する除伐作業を行えば良好な結果が得られるものと思われる。

表-7 幼齢期の広葉樹林分調産

No.	林齢	土壌型	成立本数 / ha		有 用 樹 種
			木本類	内有用樹種	
1	4	B _D	千本 270	本 13,095	シラカンバ、ヤマザクラ、ホオノキ、キハダ、コナラ、ミズキ、ミズメ、トチノキ
2	5	B _E	910	16,216	ホオノキ、トチノキ、キハダ、クリ、エンジュ、シナノキ、センノキ、ミズキ、ミズメ
3	6		140	14,633	ブナ、ミズナラ、ホオノキ
4	5	B _D -d	210	4,703	ブナ、ミズナラ、トチノキ、ホオノキ
5	2	B _B	340	15,670	ブナ、ミズナラ
6	2	B _D -d	260	22,857	ブナ、ミズナラ、ホオノキ
7	17	B _D	200	4,555	ブナ、ミズナラ、トネリコ
8	18	B _D	90	6,431	ミズナラ、ホオノキ、ミズメ、ブナ、センノキ、トネリコ
9	12	B _{1D}	60	4,283	ミズナラ、コナラ、ホオノキ、シラカンバ、ヤマザクラ、クリ
10	12	B _D	110	8,673	ミズナラ、トネリコ、ホオノキ、クリ、シラカンバ、コナラ

(2) 壮齢期の施業

壮齢期の施業では生長量や生長率の高い有用樹種を対象に形質や活力の良い立て木を残し、立て木の肥大生長を促すために間伐作業を行う。間伐時期は平均胸高直径13.4 cm（推定林齢30年生）時には成立本数（DBH ≥ 5 cm）がほぼ2,000本/ha見込まれるので、この時期に本数間伐率でおよそ50%の保育間伐を行う。すなわち、立て木500本/haと副木、中立木500本/haを残存本数とする。立て木については肥大生長の促進効果をねらい、副木によって立て木の形質向上をはかる。林床保護などを目的として、林縁や林孔など必要に応じて中立木を育成する。

また、広葉樹の用材林仕立ては長伐期生産を目標とするため、胸高直径25.6 cm（推定林齢60年生）時には利用間伐を行い、立て木300本/haと中立木の生長促進をはかる。

次に、間伐のモデルを図-17に示す。

8)

立て木、副木、中立木、伐り木の選木区分と選木の順序については柳沢に準じて行おうとい。すなわち、選木区分は

①立て木：上・中層木で樹幹通直で、枝下高が高く、樹冠円形で着葉量が十分あって活力に

富んだもの。

②副木：中・下層木で立て木の樹幹を保護するとともに枝下高を高くするために必要なもの。

③伐り木：立て木の正常な樹冠構成に支障となるもの、あばれ木、過熟木、形質不良木などはこれに含める。

④中立木：上記のいずれにも属さないもの。

なお、多雪地帯では冠雪害などにより、根浮き・根元割れ・倒伏・幹折れ・幹曲がりなどの被害が発生しやすいので、立て木の選木にあたっては耐雪性樹種・健全性・根張りなども考慮する必要がある。間伐試験例から雪害を受けた樹種をあげると、シラカンバ・ウリハダカエデ・ミズキ・ハリギリ・ヤナギ・ヤマナラシ・ウワミズザクラ・ヤマザクラなどである。

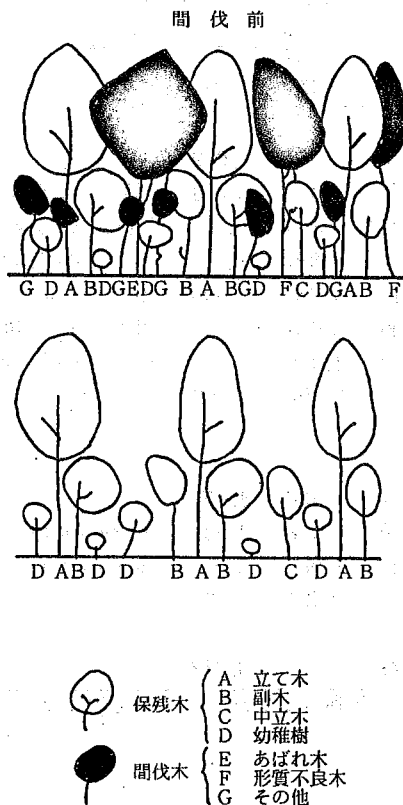
選木の順序は①立て木を決定する。②上層樹冠の調整を行うため伐り木を決める。そして有用な副木・中立木を残存させる。

間伐木の伐倒にあたっては伐倒木が立て木のかかり木にならないよう、また枝折れなどを生じさせないように十分に留意する必要がある。また、長伐期施業での立て木は長伐期に適する樹種を残す必要がある。

なお、後継樹育成にあたっては利用間伐期から主伐収穫期までの間に、先行刈り払い、除草剤処理を行う。または、皆伐母樹法（胸高断面積合計およそ $5 \text{ m}^2/\text{ha}$ の母樹を残存させる）によって有用な幼稚樹の発生を促進させることも考慮する必要がある。

4 収益性評価

いうまでもなく、育成天然林施業から得られる丸太は通直性に優れた径級の大きい有用樹種が多いために用材利用率が高く、高価格での取り引きが期待できる。これらの丸太についての収益性評価を表-8に示す。その結果、育成天然林施業の純収益率は天然林施業に比較して高くなり、純収益は2.8倍見込まれる。また、育成天然林施業では純生産量が増大するため、天然林施業と同一の径級を得るのに20%余の伐期短縮が期待できる。



(名古屋営林局「みどり」No. 309 一部修正)

図-17 間伐のモデル

表-8 育成天然林施業の収益性

林齢：100年生

林齢：100年生

育成天然林施業			天然林施業（上層木）		
	金額	後価		金額	後価
収 入					
保育補助金	68	2,069			
利用間伐	830	5,843	$\Sigma V \ 135m^3 \times \frac{2}{5} = 54.2m^3$		
用材	375		用材率 30% $16.3m^3 \times @ 23$		
パルプ	455		パルプ 60% $32.5m^3 \times @ 14$		
主伐	5,096	5,096	$\Sigma V \ 231m^3$	2,845	2,845
用材	3,640		用材率 45% $104m^3 \times @ 35$	1,283	1,283
パルプ	1,456		パルプ 45% $104m^3 \times @ 14$	1,562	1,562
計	5,994	13,008		2,845	2,845
支 出					
保育間伐費	136	4,180			
利用間伐費	488	3,436	$48.8m^3 \times @ 10$		
主伐費	2,080	2,080	$208m^3 \times @ 10$	1,674	1,674
計	2,704	9,696		1,674	1,674
収 益		3,312			1,171

注） 年利率：0.05 金額：円

注) 年利率：0.05 金額：円

IV むすび

1. 二次林の間伐は、林齢が30年生前後で、成立本数(DBH ≥ 5 cm)が2,000本前後の林分を対象とするのが望ましく、林齢が高い林分では効果が小さい。
2. 本数間伐率は50%ぐらいとする。残存本数は立て木500本、副木・中立木500本を目安とする。間伐対象木は下・中層木の大部分と上層木の中でも有用樹種の形質不良木や不用木とする。
3. Y-N曲線を利用して間伐効果を検討してみると、径級の大きい個体数を増やし、しかも全体の材積が多い立て木500本区が最も効果的である。
4. 間伐密度が低くなると、キハダ・オニグルミなどを除いて大部分の樹種において不定芽を含む枝が発生し、形質の低下をまねくので、立て木500本前後の密度を維持しながら副木を利用すれば形質の低下は避けられる。
5. シラカンバ・ハリギリ・ウワミズザクラなどは雪害を受けやすいので、立て木の選木にあたっては耐雪性樹種や健全性などに留意する必要がある。
6. 間伐区では通直木の割合が高くなり、径級が大きくなるために用材利用率が著しく高くなる。対照区に比較して500本区での用材利用率は50%にも達している。
7. 育成天然林施業の収益率は天然林施業の約3倍見込まれる。

参 考 文 献

- 1) 戸田清佐・山口清・中谷和司・肥垣津 登：有用広葉樹林の育成技術に関する研究，岐阜寒林試研究報告，№5，1982. 3
- 2) 菊沢喜八郎：北海道の広葉樹林，北海道造林協議会，1983. 8
- 3) 中川 一：木曽川森林計画区の広葉樹林，岐阜林セ研究報告，№13，1985. 3
- 4) 林野庁計画課編：立木幹材積表 ー西日本編ー 15 PP，日本林業調査会，東京，1984
- 5) 中川 一：宮庄川森林計画区の広葉樹林（未発表資料）
- 6) ————：飛騨川森林計画における広葉樹林，岐阜林セ研究報告，№12，1984. 3
- 7) 山口 清・中垣勇三：万波山林におけるブナ天然林更新に関する研究，岐阜寒林試研究報告 №6，1983. 6
- 8) 中垣勇三：広葉樹林の育成について，19回林業技術シンポジウム研究発表資料，全林試協議会，1986. 3

付表-1 間伐前の積算本数と積算材積

0.1 ha (49.10)

DBH	庄川間伐試験地						清見間伐試験地					
	300 本区		400 本区		500 本区		300 本区		400 本区		500 本区	
	N	V	N	V	N	V	N	V	N	V	N	V
38									1	0.896		
36												
34												
32									4	2.747		
30												
28									7	4.181	1	0.478
26							2	0.772			3	1.25
24	1	0.307	2	0.614			3	1.1	10	5.165	6	2.234
22	2	0.564			2	0.514	7	2.128	12	5.679	15	4.547
20	4	0.958	6	1.402	8	1.696	12	3.188	14	6.103	20	5.607
18	11	2.092	11	2.212	10	2.02	22	4.808	21	7.237	28	6.903
16	20	3.172	19	3.172	20	3.22	31	5.978	32	8.667	37	8.073
14	36	4.676	41	5.24	49	5.946	46	7.388	49	10.265	50	9.295
12	70	6.852	69	7.032	85	8.25	61	8.348	76	11.993	67	10.383
10	101	8.154	92	7.998	130	10.14	92	9.65	101	13.043	91	11.391
8	155	9.504	126	8.848	176	11.29	125	10.475	123	13.593	124	12.216
6	191	9.972	170	9.42	201	11.615	159	10.917	158	14.048	163	12.723

付表-2 間伐後および間伐11年後の積算本数と積算材積

DBH	庄										川					
	300 本区				400 本区				500 本区				対照区			
	S.49		S.60		S.49		S.60		S.49		S.60		S.49		S.60	
	N	V	N	V	N	V	N	V	N	V	N	V	N	V	N	V
46																
44																
42																
40																
38																
36																
34																
32							1	0.63			1	0.54				
30			1	0.50							5	2.82				
28			3	1.32			4	2.18								
26			8	3.13			6	3.02			6	3.18				
24			14	5.01	1	0.31	11	4.53			7	3.48				
22			20	6.43	2	0.59	21	7.38	2	0.47	19	6.6			6	1.75
20	2	0.32	21	6.56	5	1.17	27	8.87	6	1.24	27	8.16	3	0.59	15	3.79
18	6	0.92	24	7.05	7	1.47	30	9.45	7	1.36	36	9.8	8	1.4	33	5.92
16	13	1.70	25	7.16	12	2.04	32	9.73	13	2.08	43	10.67	20	2.84	54	9.65
14	19	2.23	26	7.25	24	3.25	34	9.94	23	2.91	47	11.07	44	5.1	83	12.35
12	23	2.45			32	3.8	35	10.02	33	3.56	48	11.13	83	7.6	115	14.43
10	26	2.57	27	7.28	35	3.94			46	4.14	49	11.17	133	9.7	152	15.84
8					36	3.96			50	4.26			196	11.27	187	16.57
6	27	2.58			37	3.97			51	4.28			230	11.71	248	17.12

10)

区
V478
25
234
547
607
903
073
295
383
391
216
723

0.1 ha 当り

清 見															
300 本 区				400 本 区				500 本 区				対 照 区			
S.49		S.60		S.49		S.60		S.49		S.60		S.49		S.60	
N	V	N	V	N	V	N	V	N	V	N	V	N	V	N	V
						1	1.47								
						3	3.77								
						4	4.83								
						5	5.86								
										1	0.72				
				2	1.19	8	7.84							2	1.30
				4	2.31	9	8.48			3	1.86			3	1.88
		2	0.88			10	8.99			9	4.57	1	0.48	7	3.9
		4	1.67	7	3.52	11	9.42	2	0.78	11	5.33	4	1.64	9	4.77
2	0.60	8	2.9	8	3.81	13	10.14	6	2.04	17	7.42	7	2.62	15	6.86
4	1.10	11	3.7	11	4.5	17	11.21	11	3.32	21	8.44	12	3.91	23	9.2
9	2.04	17	4.91	13	4.93	22	12.22	17	4.57	28	9.87	18	5.18	31	11.02
12	2.51	24	6.02	15	5.25	28	13.15	23	5.42	33	10.72	30	7.12	36	11.89
17	3.09	26	6.23	23	6.35	33	13.76	27	5.93	39	11.51	42	8.68	41	12.54
23	3.66	31	6.66	27	6.7	35	13.94	36	6.76	42	11.81	56	10.	54	13.76
24	3.73			33	7.07	36	13.98	40	7.05	45	11.99	76	11.28	74	15.04
28	3.89			35	7.16	37	14.03	46	7.32	48	12.13	92	11.95	94	15.8
31	3.97			36	7.17			48	7.37	50	12.18	124	12.75	119	16.33
				39	7.2			53	7.43	51	12.19	180	13.61	162	16.72

付表 - 3 間伐後および間伐11年後の樹種別材積生長量

		300 本 区						400 本 区					
		S.49			S.60			S.49			S.60		
		N	DBH	ΣV	N	DBH	ΣV	N	DBH	ΣV	N	DBH	ΣV
莊	ク リ	14	14.8	1.396	14	23.9	4.227	15	14.2	1.505	15	21.7	4.2
	ハ リ ギ リ	3	13.4	0.237	3	18.7	0.473						1.1
	ホ オ ノ キ	2	14.9	0.027	2	25.1	0.75	5	14.5	0.621	5	23.1	0.0
	ミ ズ キ	2	16.8	0.272	2	24.4	0.695	2	6.3	0.03	1	13.5	
	シラカンバ	2	12.5	0.15	2	17.5	0.302						
	カ ツ ラ	1	14	0.105	1	22.7	0.339						
	キ ハ ダ	1	6	0.012	1	9.2	0.03						
	イタヤカエデ	1	15	0.106	1	21	0.249						
	ヤマザクラ	1	14.5	0.078	1	21.8	0.218	6	12.1	0.426	6	18.2	1.1
	ウリハダカエデ							2	12.3	0.145	1	20.8	0.0
	ト チ ノ キ							2	15.5	0.213	2	20.7	0.0
	オニグルミ							2	22.1	0.527	2	27.0	0.0
川	ミ ズ ナ ラ							2	18.8	0.319	2	24.3	0.0
	ヤマハンノキ							1	19.5	0.188	1	22.4	0.0
清	ク リ	1	9	0.027	1	14.5	0.083	8	22.4	2.72	8	30.7	5.0
	ハ リ ギ リ	2	9.5	0.065	2	14.1	0.168				8		
	ホ オ ノ キ	7	17.3	1.118	7	21.8	1.947	12	15.9	1.601	12	19.3	2.0
	ミ ズ キ	9	15.1	0.989	9	19.8	1.981	6	10.3	0.272	6	15.7	0.0
	シラカンバ	1	19.3	0.198	1	22.5	0.251						
	イタヤカエデ	1	13.5	0.08	1	17.8	0.116	1	14.8	0.095	1	20.3	0.0
	ヤマザクラ	6	19.1	1.036	6	21.0	1.343						
	ウリハダカエデ							1	13.3	0.078	1	22.5	
	ミ ズ ナ ラ							3	25.2	1.06	3	35.2	
	ヤマハンノキ							1	17	0.151	1	19.2	
	シ ナ ノ キ	1	8	0.025	1	18.8	0.135	2	12.4	0.129	2	16.8	
	ミ ズ メ	1	8	0.025	1	13.7	0.086						
見	ウダイカンバ	1	14.8	0.117	1	17.7	0.187	2	23.1	0.751	2	30.0	
	ヤマナラシ	1	21.8	0.286	1	23.7	0.36	1	16.3	0.171			
	ウワミズザクラ							1	12.8	0.073	1	16.1	
	ヤ ナ ギ							1	14.5	0.1			

0.1 ha 当り

500 本 区							対 照 区 (標 準 木 の 上 層 木)					
S.49			S.60				S.49			S.60		
Σ V	N	DBH	Σ V	N	DBH	Σ V	N	DBH	Σ V	N	DBH	Σ V
4.344	25	14.7	2.56	25	21.8	7.149	11	9.7	0.455	9	14.1	0.907
	1	8	0.024				2	7.6	0.050	1	10.7	0.047
1.756	3	12.2	0.215	3	18.2	0.559	2	10.5	0.107	2	16.2	0.309
0.091	3	8.5	0.097	3	13.1	0.279						
	2	16.3	0.345	1	18.3	0.18	9	13.7	0.938	8	17.9	1.416
	1	8.3	0.031	1	15.4	0.112	4	10.1	0.164	3	12.0	0.204
1.184	16	11.5	1.005	16	18.7	2.886	4	11.4	0.237	4	15.5	0.455
0.22												
0.408							2	8.9	0.066	1	11.3	0.063
0.963												
0.783												
0.275							1	18.0	0.149	1	20.2	0.232
5.593							2	21.7	0.453	2	29.0	1.062
							1	25.5	0.359	1	28.0	0.492
2.612	19	18.4	3.644	19	21.0	5.086	12	18.6	2.282	12	21.0	3.063
0.703	11	11.8	0.769	10	15.9	1.421	8	15.8	0.973	8	17.6	1.396
							2	15.8	0.288	2	17.9	0.452
0.202	1	10.5	0.053	1	13.5	0.098	2	10.9	0.104	2	16.9	0.291
	1	16.3	0.124	1	16.7	0.119	1	14.8	0.112	1	20.6	0.232
0.26	1	12.8	0.079	1	17.3	0.168						
2.663	7	21.0	1.667	7	27.6	3.444						
0.175	2	21	0.483	2	25	0.666						
0.243	2	12.5	0.132	2	16.4	0.294						
	4	9.7	0.186	4	13.9	0.475	2	17.9	0.353	2	23.1	0.615
1.432							1	16.0	0.150	1	23.3	0.357
0.132	5	11.4	0.292	4	14.1	0.42						

付表－4 6.2 m 高の直径階別積算利用材積と利用率

6.2 直径		300 本 区				400 本 区				500 本 区	
		S.60				S.60				S.	
		N	材 積	利用材積	利用率	N	材 積	利用材積	利用率	N	材 積
庄	30										
	28										
	26	2	0.981	0.884	12					1	0.655
	24										
	22	4	1.692	1.557	21	2	0.84	0.612	6	2	1.292
	20	7	2.735	2.349	32	6	3.02	1.713	17	5	2.348
	18	13	4.704	3.624	50	18	6.651	4.283	43	14	5.07
	16	16	5.475	4.162	57	24	8.239	5.353	53	24	7.594
	14	19	6.159	4.59	63	27	8.89	5.781	58	34	9.496
	12	23	6.699	5.003	69	31	9.533	6.214	62	42	10.599
	10	25	7.166	5.14	71	34	9.945	6.445	64	47	11.043
	8	26	7.253	5.2	71	35	10.024	6.502	65	48	11.127
	6	27	7.283	5.23	72					49	11.165
	4										
	2										
清	36					2	2.171	1.707	12		
	34										
	32					3	3.641	2.399	17		
	30					4	4.795	3.01	21		
	28					6	6.546	4.068	29	2	1.17
	26										
	24					8	7.886	4.828	34	4	2.324
	22					10	8.984	5.501	39	6	3.315
	20	2	0.691	0.549	8	11	9.388	5.79	41	12	5.605
	18	8	2.689	1.882	28	13	9.988	6.212	44	16	7.017
	16	12	3.544	2.613	39	19	11.424	7.304	52	26	9.259
	14	19	5.04	3.622	54	25	12.696	8.17	58	32	10.54
	12	24	5.854	4.143	62	30	13.328	8.687	62	39	11.482
	10	26	6.204	4.289	64	35	13.938	9.067	65	43	11.887
	8	29	6.507	4.449	67					45	11.998
見	6	31	6.657	4.523	68	37	14.025	9.122	65	48	12.136
	4									50	12.182
	2									51	12.191

注) 利用率: $\frac{6.2m \text{ 高利用材積}}{\text{総立木材積}} \times 100$

0.1 ha当り

本 S. 積	区		対 照 区 (標準木)				対 照 区 (標準木, 上層)			
	60		S.60				S.60			
	利用材積	利用率	N	材 積	利用材積	利用率	N	材 積	利用材積	利用率
55	0.429	4								
92	0.76	7								
48	1.547	14								
7	3.557	32	2	0.514	0.437	11	2	0.514	0.437	12
94	5.309	48	4	0.99	0.765	19	4	0.99	0.765	21
96	6.764	61	9	1.789	1.438	36	9	1.789	1.438	40
99	7.64	68	14	2.481	1.993	50	14	2.481	1.993	55
43	8.036	72	27	3.52	2.929	73	24	3.363	2.709	75
27	8.088	72	31	3.704	3.125	78	26	3.469	2.807	77
65	8.123	73	36	3.938	3.271	82	29	3.633	2.909	80
			37	3.963	3.287	82				
			39	3.988	3.295	83				
7	0.987	8								
24	1.771	15	2	1.156	0.766	10	2	1.156	0.766	10
15	2.456	20	3	1.583	1.069	13	3	1.583	1.069	13
05	4.147	34	7	3.051	2.185	27	7	3.051	2.185	27
17	5.05	41	14	5.251	3.736	47	14	5.251	3.736	47
59	6.829	56	20	6.645	4.78	60	20	6.645	4.78	60
4	7.684	63	24	7.282	5.341	67	24	7.282	5.341	67
82	8.414	69	27	7.61	5.641	71	27	7.61	5.641	71
87	8.692	71	29	7.808	5.782	73	29	7.808	5.782	73
98	8.797	72	31	7.96	5.871	74	31	7.96	5.871	74
36	8.887	73								
82	8.913	73								
91	8.915	73								