

第4章 林分生長モデルの利用

§4-1 まえがき

前章では、林分生長モデルによるシミュレーション・システムSMSGLによって無間伐林分の生長を実現させた。無間伐林分は、植栽後に人手による立木本数の減少を経ることなく、もっぱら自然の法則によって生長を遂げる林分である。それだけに林分生長の基本的な法則性とくに種内競争についての法則性を探りだすための有効な実験材料といえる。SMSGLによって実現された無間伐モデル林分の生長経過は、現実の無間伐林分の生長に十分に近似するものと考察され、さらにいくつかの林分生長についての法則性が示唆された。

一方、育林業においては、一般に植栽された林分は、無間伐のまま放置されることはなく、伐期に達して収穫されるまでに幾度かの間伐が実施される。間伐は林業経営上いくつかの意義をもつ育林技術であるが、生態学的には、林分を人為的に疎開させて残存立木の光合成機能をたかめる手段といえる。すなわち残存立木の生育空間を拡張してやり、閉鎖による樹冠の枯れ上りを抑えて幹の肥大生長の低下を防ぐものである。このような間伐による幹の直径生長への疎開効果を、前章で構成した林分生長モデルでは、占有面積の拡張にともなう閉鎖度の低下と、生理的効果を表わす疎開係数によって評価される。SMSGLには、このような直径生長に対する間伐効果の評価機構が組み込まれており、間伐林分の生長を実現する機能を備えている。したがって、SMSGLに間伐の実行機能を加えれば、間伐をともなう林分の生長が実現され、これを収穫量の予測値として利用することができる。

北海道地方のカラマツ人工林は、造林の歴史が浅く、まだ定まった施業体系が確立されていない。加えて近年に至って従来の短伐期施業から大径材生産を目指す長伐期施業へと転換を図る気運がたかまっている。いわば未経験な施業へと指向しており、こうした実情のもとでは、各種の施業法を想定し、その林分の収穫予測を提示できる林分生長モデルによるシミュレーションの効用は、きわめて大きいものといえよう。

上の収穫予測は、林分の地位と施業法という2つの条件のもとでの林分生長の予測であり、いわば間接的な生長予測法である。一方、特定な現実林分の生長を予測する場合にもSMSGLの利用を考慮することができる。すなわち、SMSGLの初期林分の立木配置のシステムを予測対象林分の測定値に置き換えれば、以後の林分生長を動的にしかも単木単位に予測することができる。

本章では、林分生長モデルの利用法として、上で述べた林分の収穫予測法と生長予測法について研究を行ったものである。

§4-2 林分収穫量の予測法

(1) 間伐の実行システム(THINN n)

間伐方法には、寺崎式で代表される定性的間伐と、牛山式で代表される定量的間伐がある。しかし、SMSGLには幹級区分のような立木の定性的な特性を区分する機能を与えていないので、採用できる間伐方法は、定量的間伐法の範ちゅうに属するものに限定される。

間伐の実行システムは、図-3.2に示してあるように、サブルーチン(THINN n)に組み込まれている。このサブルーチンでは、間伐木の選定、伐採(間伐木を一連番号から除外する)、間伐後の林分の占有面積の画定、疎開係数の算定という手順で、間伐のシミュレーションが行われる。

(2) 閉鎖度による間伐木の選定(THINN 1)

牛山式間伐法にみられるように、定量的間伐法では、林分の樹高や胸高直径を基準にして、適正立木本数を求め、

SUBROUTINE THINN1 (AVH, AVD, AVS, AVSO, AVLH, AVRH2, AVP, AVV, V, PLA, SSO,
HEN, HEV, STX, STY, DIST, MO, IA, J, NCUT)

COMMON/BLK1/XXN, N10, N12/BLK2/X, Y/BLK3/H/BLK8/P, CH, D, CLH, RH, R
/BLK9/S, SO/BLK7/SX, SY/BLK10/AI, JJ

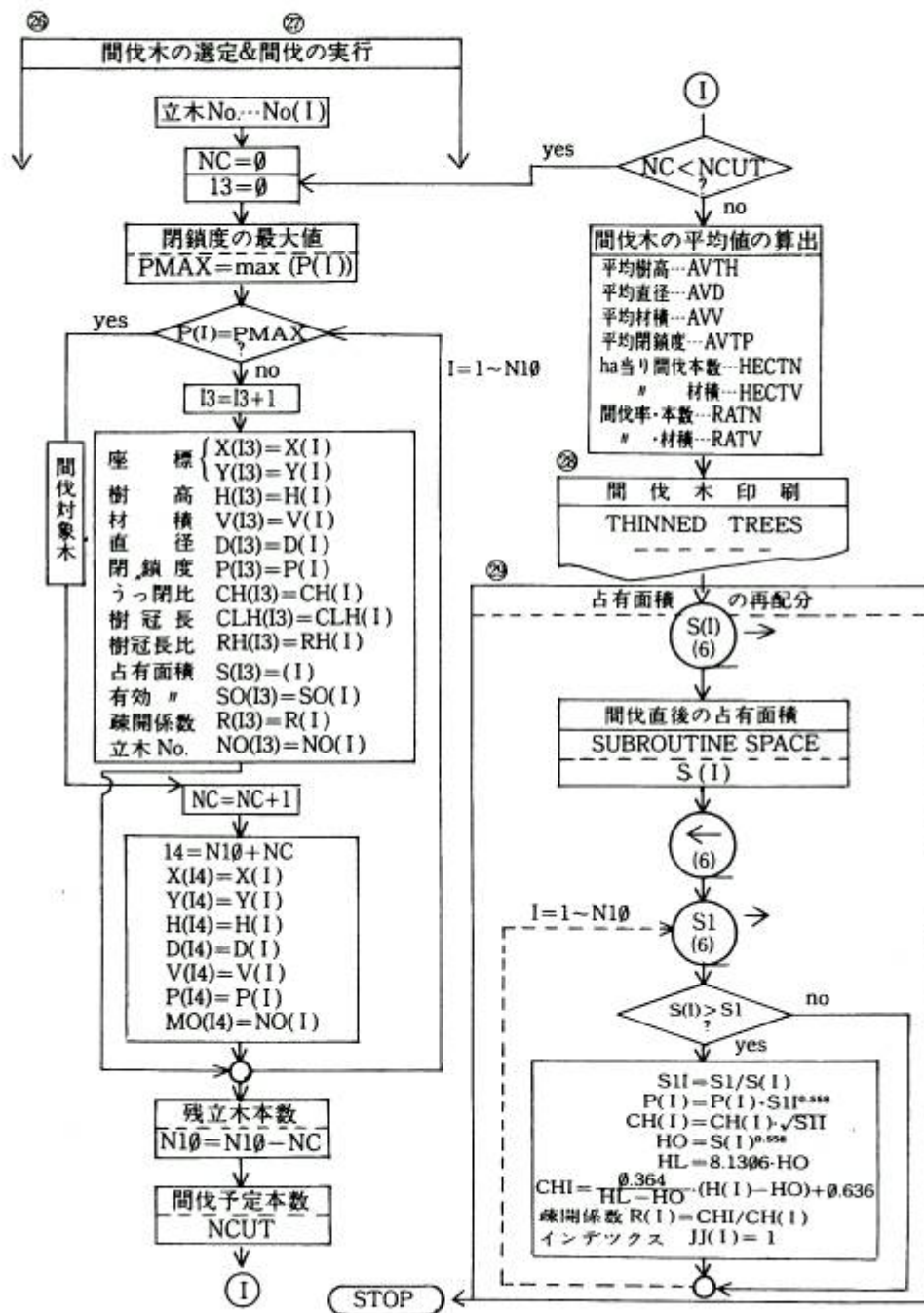


Fig.4.1 Flow chart of SUBROUTINE THINN 1

この立木本数を仕立てるように間伐木を選定するという方法が一般的である。個々の間伐木には、残される優勢木を中心にして適正立木本数から算定された樹幹距離を半径とする円内に位置している劣勢木が選ばれる。結局、優勢木を残しこれに適正な生育空間を与えようとするもので生長の衰えた劣勢木から間伐していくという原則によっている。

間伐木として選定される劣勢木の基準は判然としないが、林分内で相対的に生長の衰えた立木と理解すれば、本研究で提示した閉鎖度を選木の基準とすることができる。すなわち、閉鎖度の高い立木から順に適正立木本数に達するまでの立木を間伐木として選定する方法が考えられる。この方法によれば閉鎖モデルの構造から明らかのように、着葉量の多い(樹冠長比の大きい)立木を残すことになり、幹の肥大生長に対する間伐効果を期待するには合理的な間伐となる。図-4.1のサブルーチン THINN 1は、閉鎖度を基準とする選木法による間伐実行のシミュレーション・システムである。本章でのSMSGLによる収穫予測は、この間伐システムを採用して実行する。

上の間伐で、間伐本数の基準となる適正立木本数については、育林の生産目標ごとに決定されなければならない。この点については、安藤³⁾(1968)の提示した密度管理図上の収量比数を基準にした間伐指針は、生産目標によって仕立本数を選択できるという面で優れているといえる。本来、シミュレーションによる実験は、試行錯誤を重ねて、与えられた条件のもとで最適解を見いだすところにその特徴があり、間伐設計についてもシミュレーションを繰返してそれぞれの生産目標を達成するために最適解を求めるのが本来の方法である。しかし、本研究は林分生長モデルの構成という、いわばその方法論に研究の主題をおいており、間伐設計については今後の研究にゆだねるものである。したがってここでは、安藤³⁾(1968)によって提示されている信州地方カラマツ林分密度管理図を利用して、疎仕立および中庸仕立の2種のシリーズの立木密度管理にしたがって間伐を実行させることにした。

ここで採用した間伐基準は、表-4.1に掲げたように、林分の平均樹高が2m生長するごとに間伐を実行するものとして、間伐後の収量比数を0.6と0.7に保たせる2通りで、前者を疎仕立林分、後者を中庸仕立林分と呼ぶ。この設計による間伐をSMSGLに実行させるには、あらかじめ2mごとの平均樹高と間伐後の立木本数を入力しておく必要がある。

§4-3 収穫予測のシミュレーション

(1) データの入力

表-4.1 収穫予測林分の間伐基準
Table 4.1 Thinning schedule of the model thinned stand.

平均樹高 Mean height (m)	中庸仕立林分 Medium schedule stand				疎仕立林分 Sparse schedule stand			
	間伐前 Before thinning	間伐木 Thinned tree	間伐後 After thinning	間伐率 Thinning rate	間伐前 Before thinning	間伐木 Thinned tree	間伐後 After thinning	間伐率 Thinning rate
	(本/ha) (No. of trees/ha)		(%)		(本/ha) (No. of trees/ha)		(%)	
8	2,300	500	1,800	22	2,000	550	1,450	28
10	1,800	450	1,350	25	1,450	300	1,150	21
12	1,350	300	1,050	22	1,150	250	900	22
14	1,050	150	900	14	900	150	750	17
16	900	150	750	17	750	150	600	20
18	750	100	650	13	600	75	525	13
20	650	75	575	12	525	75	450	14
22	575	50	525	9	450	50	400	11
24	525	50	475	10	400	50	350	13
26	475	50	425	11	350	25	325	7
28	425	25	400	6	325	25	300	8

SMSGLによる林分生長のシミュレーションは、任意の地位の林分について実行することができる。ここでは、北海道地方のカラマツ人工林の相対的地位区分での上, 中, 下に相当する 24, 20 および 16 の地位指数の林分を対象に、それぞれの林分について中庸, 疎仕立の間伐基準を適用した計 6 通りの場合の収穫予測のシミュレーションを試みた。以下での説明の便宜のため各林分について表-4.2 に示したような略記号を定めておく。これらの林分の植栽間隔には、現在の北海道地方におけるカラマツ人工林の標準的な植栽本数である 2,500 本/ha に相当する 2.0×2.0m を採用した。

その外の入力パラメーターは、前章の無間伐林分の場合と同様な値を用いた。また、各林分について乱数の初期値を変えて、それぞれ 3 回の繰返しを行った。以下で示す各林分の予測値は、この 3 回の繰返しを取りまとめたものである。

表-4.2 は、以上の入力データによって実現された各々の初期林分の立木構成を示したものである。各試行回について各林分に共通な乱数の初期値を入力したので、すべての林分の初期立木位置、したがって立木本数も全く同じである。すなわち、各林分とも地位の違い以外は同様な条件で生長を始め、それぞれの施業を受けるという想定である。

表- 4.2 収穫予測林分の初期立木構成
Table 4.2 Simulated initial model thinned stand.

間伐基準 Thinning schedule		中庸仕立 Medium			疎仕立 Sparse		
地位指数 Site index		16	20	24	16	20	24
林分記号 Symbol of stand		M ₁₆	M ₂₀	M ₂₄	S ₁₆	S ₂₀	S ₂₄
プロット面積 (ha) Plot area		0.12			0.12		
立木本数 No. of trees	期待値 (本/PLOT) Expected	255			255		
	実現値 Simulated	(本/PLOT) 253			(本/PLOT) 253		
		(本/ha) 2,108			(本/ha) 2,108		
平均樹高 (m) Mean height		2.05	2.95	3.83	2.05	2.95	3.83

中庸仕立

表 - 4.3 取種子測林分の生長因子の実現値

Medium schedule Table 4.3 Values of the growth factors in the model thinned stand simulated by the SMSGL.

因子 Growth factors Age in yr.	M ₁₄										M ₂₀				
	残立木 Remaining trees					間伐木 Thinning trees					残立木 Remaining trees				
	平均樹高 Mean height 樹高 (m)	平均径 Mean d.b.h. 直径 (cm)	立木本数 No. of trees		幹材 Volume 材積 (m ³ /ha)	平均閉鎖度 Mean closing grade 度	平均樹高 Mean height 樹高 (m)	平均径 Mean d.b.h. 直径 (cm)	立木本数 No. of trees 本数 (本/ha)	幹材 Volume 材積 (m ³ /ha)	平均樹高 Mean height 樹高 (m)	平均径 Mean d.b.h. 直径 (cm)	立木本数 No. of trees		幹材 Volume 材積 (m ³ /ha)
			プロット当り Per plot 本数 (本)	1 ha 当り Per ha 本数 (本/ha)									プロット当り Per plot 本数 (本)	1 ha 当り Per ha 本数 (本/ha)	
5	2.05	1.56	253	2,108	0.01					2.95	3.28	253	2,108		
10	5.12	6.68	253	2,108	26	0.20				6.70	8.71	253	2,108	55	
10'															
12										8.05	10.10	253	2,108	85	
12'										8.30	10.88	216	1,800	82	
15	7.89	9.91	253	2,108	77	0.37				10.15	12.62	216	1,800	130	
15'										10.38	13.56	162	1,350	111	
16	8.39	10.39	253	2,108	88	0.40	7.56	7.26	308	6					
16'	8.53	10.92	216	1,800	82	0.36									
17															
17'															
18										12.09	15.07	162	1,350	159	
18'										12.43	16.00	126	1,050	139	
19	9.98	12.27	216	1,800	119	0.44	9.27	9.84	450	18					
19'	10.22	13.08	162	1,350	101	0.38									
20	10.66	13.54	162	1,350	112	0.40				13.53	17.07	126	1,050	171	
20'															
21										14.03	17.52	126	1,050	186	
21'										14.16	18.03	108	900	169	
23	11.93	14.74	162	1,350	147	0.46	11.11	12.27	300	21					
23'	12.18	15.79	126	1,050	126	0.40									
25	12.95	16.26	126	1,050	147	0.43				15.89	19.73	108	900	227	
25'										16.29	20.44	90	750	202	
27															
27'															
28	14.01	17.24	126	1,050	178	0.47	13.21	14.47	150	18					
28'	14.14	17.70	108	900	160	0.43									
30	14.84	18.37	108	900	180	0.46				18.37	22.24	90	750	268	
30'										18.45	22.70	78	650	242	
35	16.35	19.70	108	900	227	0.51	15.97	16.90	150	27	20.20	24.15	78	650	298
35'	16.48	20.26	90	750	200	0.46									
40	17.76	21.40	90	750	239	0.50				21.70	25.25	78	650	349	
40'										21.84	25.81	69	575	322	
45	18.88	22.30	90	750	275	0.54	18.19	19.62	100	27	23.13	26.78	69	575	364
45'	18.99	22.71	78	650	248	0.50				23.35	27.31	63	525	344	
50	19.96	23.52	78	650	279	0.53	18.63	19.38	75	21	24.39	28.02	63	525	380
50'	20.14	24.06	69	575	258	0.50				24.40	28.29	57	475	350	
55	20.95	24.72	69	575	283	0.52				25.31	28.93	57	475	379	
60	21.65	25.29	69	575	306	0.54				26.08	29.45	57	475	405	

					M ₂₄														
					間伐木 Thinning trees					残立木 Remaining trees					間伐木 Thinning trees				
平均閉鎖度	平均樹高 (m)	平均直径 (cm)	立木数 (本/ha)	幹材積 (m ³ /ha)	平均樹高 (m)	平均直径 (cm)	立木本数		幹材積 (m ³ /ha)	平均閉鎖度	平均樹高 (m)	平均直径 (cm)	立木数 (本/ha)	幹材積 (m ³ /ha)					
							プロット当り (本)	ha当り (本/ha)											
0.06					3.83	4.86	253	2,108		0.13									
0.30					8.25	10.31	252	2,100	95	0.39	6.68	5.34	300	3					
					8.51	11.13	216	1,800	92	0.36									
0.38	6.57	5.59	308	3	10.08	12.60	215	1,792	134	0.45	8.94	8.75	442	15					
0.34					10.44	13.60	162	1,350	119	0.38									
0.45	9.45	10.05	450	19	12.64	15.83	162	1,350	183	0.48	11.69	12.28	300	23					
0.38					12.91	16.85	126	1,050	160	0.42									
					14.23	18.02	126	1,050	200	0.47	12.97	13.69	150	15					
					14.44	18.75	108	900	185	0.44									
0.46	10.91	11.80	300	20															
0.41																			
0.45					16.28	20.35	108	900	243	0.50	15.26	16.31	150	24					
					16.45	21.16	90	750	219	0.45									
0.48	13.28	14.46	150	17															
0.43					18.22	22.63	90	750	274	0.51	16.92	18.92	100	24					
					18.41	23.23	78	650	250	0.47									
0.50	14.91	16.19	150	25	19.49	24.13	78	650	285	0.50									
0.45					20.48	24.91	78	650	318	0.53	19.73	21.82	75	27					
					20.57	25.31	69	575	291	0.49									
0.52	17.86	19.20	100	26	21.96	26.39	69	575	336	0.53	20.74	22.98	50	21					
0.48					22.07	26.71	63	525	315	0.50									
0.53					24.10	28.21	63	525	382	0.56	23.68	26.16	50	31					
					24.15	28.42	57	475	351	0.53									
0.57	20.65	20.97	75	27	25.86	29.69	57	475	408	0.57									
0.53																			
0.57	20.73	20.55	50	17	27.31	30.51	57	475	454	0.60	26.98	27.97	50	39					
0.54					27.35	30.81	51	425	415	0.56									
0.57	24.25	26.69	50	30	28.58	31.66	51	425	455	0.60	27.01	26.72	25	18					
0.54					28.68	31.87	48	400	437	0.58									
0.56					29.76	32.52	48	400	472	0.60									
0.58					30.67	33.01	48	400	500	0.62									

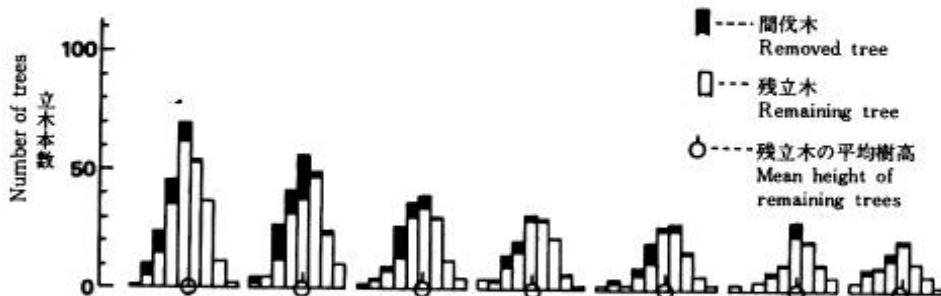
疎仕立
Sparse schedule

因子 Growth factors	S _{1a}										S _{2a}				
	残立木 Remaining trsses					間伐木 Thinning trees					残立木 Remaining trees				
	平均樹高 Mean height (m)	平均直径 Mean d.b.h. (cm)	立木本数 No. of trees		材積 Volume (m ³ /ha)	平均閉鎖度 Mean closing grade 度	平均樹高 Mean height (m)	平均直径 Mean d.b.h. (cm)	立木本数 No. of trees (本/ha)	材積 Volume (m ³ /ha)	平均樹高 Mean height (m)	平均直径 Mean d.b.h. (cm)	立木本数 No. of trees		材積 Volume (m ³ /ha)
			プロット当り Per plot (本)	ha当り Per ha (本/ha)									プロット当り Per plot (本)	ha当り Per ha (本/ha)	
年齢 Age in yr.															
5	2.05	1.56	253	2,108		0.01						2.95	3.28	253	2,108
8															
8'															
9															
9'															
10	5.12	6.68	253	2,108	26	0.20						6.77	8.95	240	2,000
10'															
12							5.39	5.22	108	1		8.13	10.42	240	2,000
12'												8.45	11.48	174	1,450
14															
14'															
15	7.94	10.16	240	2,000	76	0.35	7.31	8.08	550	13		10.32	13.56	174	1,450
15'	8.18	10.95	174	1,450	63	0.30						10.56	14.33	138	1,150
17															
17'															
18												12.28	16.20	138	1,150
18'												12.58	17.15	108	900
19	10.16	13.25	174	1,450	111	0.39	9.47	10.82	300	15					
19'	10.34	13.85	138	1,150	96	0.34									
20	10.78	14.38	138	1,150	107	0.36						13.68	18.39	108	900
20'															
21												14.19	18.92	108	900
21'												14.40	19.50	90	750
23	12.06	15.80	138	1,150	143	0.42	11.26	13.27	250	21					
23'	12.28	16.50	108	900	122	0.36									
25	13.08	17.45	108	900	144	0.39						16.27	21.59	90	750
25'												16.40	22.15	72	600
26															
26'															
28	14.17	18.65	108	900	177	0.43	13.55	16.00	150	21					
28'	14.30	19.18	90	750	156	0.39									
29												18.13	24.06	72	600
29'												18.26	24.48	63	525
30	14.99	19.98	90	750	177	0.41						18.64	24.91	63	525
30'															
35	16.50	21.59	90	750	225	0.46	15.61	18.27	150	31		20.42	26.79	63	525
35'	16.72	22.41	72	600	194	0.41						20.67	27.56	54	450
40	17.96	23.81	72	600	234	0.44						22.21	29.16	54	450
40'												22.34	29.67	48	400
45	19.08	24.98	72	600	273	0.47	17.22	22.41	75	26		23.66	31.05	48	400
45'	19.21	25.35	63	525	247	0.44									
50	20.14	26.32	63	525	278	0.46	18.93	22.85	75	28		24.79	32.14	48	400
50'	20.34	26.89	54	450	250	0.43						24.91	32.52	42	350
55	21.13	27.77	54	450	276	0.45						25.89	33.50	42	350
60	21.84	28.52	54	450	300	0.46						26.70	34.29	42	350

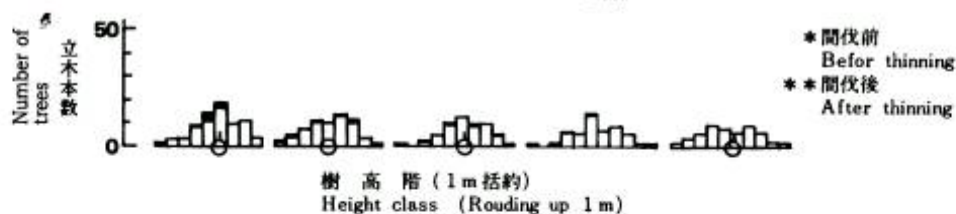
S ₂₄														
間伐木 Thinning trees					残立木 Remaining trees					間伐木 Thinning trees				
平均閉鎖度 Mean closing grade	平均樹高 Mean height 高 (m)	平均直径 Mean d.b.h. 径 (cm)	立木本数 No. of trees 数 (本/ha)	幹材 Volume 材積 (m ³ /ha)	平均樹高 Mean height 高 (m)	平均直径 Mean d.b.h. 径 (cm)	立木本数 No. of trees		幹材 Volume 材積 (m ³ /ha)	平均閉鎖度 Mean closing grade 鎖度	平均樹高 Mean height 高 (m)	平均直径 Mean d.b.h. 径 (cm)	立木本数 No. of trees 数 (本/ha)	幹材 Volume 材積 (m ³ /ha)
							プロット 当り (本)	ha 当り (本/ha)						
0.06					3.83	4.86	253	2,108		0.13 (除伐)				
	4.68	4.08	108	1							4.88	3.77	108	1
0.29					8.35	10.63	239	1,992	94	0.38	7.37	7.28	542	11
					8.71	11.48	174	1,450	83	0.32				
0.37	7.27	7.59	550	12	10.29	13.58	174	1,450	123	0.39	9.23	9.79	300	12
0.31					10.56	14.57	138	1,150	111	0.35				
					12.08	16.19	138	1,150	154	0.41	10.96	12.56	250	18
					12.49	17.19	108	900	136	0.36				
0.40	9.39	10.60	300	14	13.11	18.00	108	900	157	0.39				
0.35														
					14.43	19.37	108	900	198	0.43	13.26	15.66	150	20
					14.62	20.11	90	750	178	0.39				
0.42	11.26	12.79	250	19										
0.37														
0.41					16.53	22.03	90	750	239	0.45	15.19	17.81	150	30
					16.86	23.09	72	600	209	0.40				
0.43	13.45	15.91	150	20										
0.39														
					18.56	24.86	72	600	265	0.45	17.86	21.97	75	25
					18.66	25.28	63	525	240	0.42				
0.45	15.74	19.34	150	34	19.73	26.39	63	525	275	0.45				
0.40														
					20.29	26.91	63	525	294	0.46	19.41	23.73	75	31
					20.41	27.43	54	450	263	0.42				
0.45	17.18	21.10	75	22										
0.42														
0.43					22.29	29.49	54	450	327	0.47	20.74	24.72	50	24
					22.48	29.95	48	400	303	0.44				
0.47	18.94	22.22	75	27	24.48	31.94	48	400	373	0.48	23.39	28.39	50	36
0.43					24.63	32.45	42	350	337	0.45				
0.47	21.14	25.08	50	25	26.51	34.29	42	350	403	0.49	25.23	30.93	25	22
0.44					26.71	34.55	39	325	381	0.47				
0.47					28.11	35.95	39	325	435	0.49				
0.49	23.90	29.53	50	38	29.36	37.06	39	325	482	0.52	28.90	34.01	25	31
0.46					29.40	37.31	36	300	451	0.50				
0.48					30.42	38.21	36	300	489	0.52				
0.49					31.33	38.98	36	300	523	0.54				

M24

年 齡(年)	10	12	15	17	20	23	27
Age							
平均樹高(m)	8.3*	10.1	12.6	14.2	16.3	18.2	20.5
Mean height	8.5**	10.4	12.9	14.4	16.5	18.4	20.6
分 散	2.2579*	2.2508	2.3917	2.5251	2.5439	2.6110	2.4767
Variance	1.9660**	2.0508	2.2971	2.2006	2.4480	2.0913	2.5675
歪 度	-0.09*	-0.19	-0.18	-0.31	-0.47	-0.71	-0.23
Skewness	-0.09**	-0.09	-0.28	-0.40	-0.62	-0.28	-0.32
尖 度	2.71*	2.82	2.91	2.94	3.59	4.04	2.58
Peakedness	2.79**	2.45	2.88	3.31	4.06	2.79	2.60

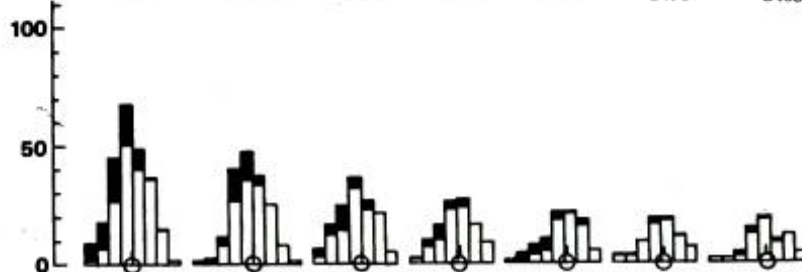


年 齡(年)	30	35	45	50	60
Age					
平均樹高(m)	22.0*	24.1	27.3	28.6	30.7
Mean height	22.1**	24.2	27.4	28.7	
分 散	3.0401*	3.4286	3.3167	3.8162	4.2878
Variance	2.8849**	3.1727	3.2664	3.7461	
歪 度	-0.39*	-0.21	-0.24	-0.14	-0.19
Skewness	-0.27**	-0.12	-0.26	-0.20	
尖 度	3.00**	2.33	2.86	2.96	2.75
Peakedness	2.55**	2.37	2.99	3.07	



S24

年 齡(年)	10	12	14	17	20	23	26
平均樹高(m)	8.4	10.3	12.1	14.4	16.5	18.6	20.3
分 散	8.7	10.6	12.5	14.7	16.9	18.7	20.4
Variance	2.1551	1.9387	2.2668	2.1937	2.4267	2.1636	2.2605
歪 度	1.7909	1.7955	2.0556	2.0865	1.7591	2.1003	2.3155
尖 度	-0.05	0.05	-0.07	-0.17	-0.50	0.36	0.18
尖 度	-0.00	0.08	-0.18	-0.34	-0.42	0.32	0.33
尖 度	2.59	2.84	2.26	2.44	2.88	2.86	2.86
尖 度	2.50	2.32	2.35	2.67	2.99	2.78	3.03

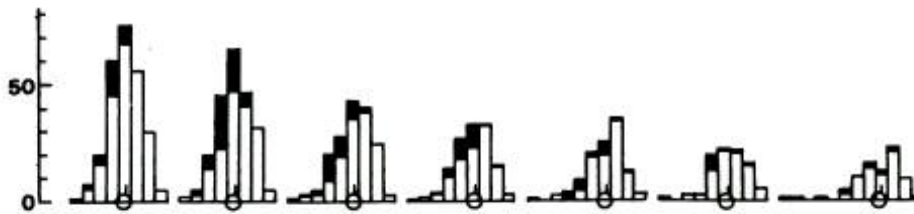


年 齡(年)	30	35	40	50	60
平均樹高(m)	22.3	24.5	26.5	29.4	31.3
	22.5	24.6	26.7	29.4	
分 散	2.5463	2.7222	1.8192	2.3248	2.9228
	2.5139	1.8691	1.7357	2.5085	
歪 度	-0.44	-1.01	0.01	0.12	-0.14
	-0.62	0.06	0.02	0.07	
尖 度	3.53	5.58	2.06	2.56	2.58
	3.91	2.16	2.06	2.38	



M20

年 齡(年)	12	15	18	21	25	30	40
平均樹高(m)	8.1	10.2	12.1	14.0	15.9	18.4	21.7
	8.3	10.4	12.4	14.2	16.3	18.5	21.8
分 散	1.8141	1.7946	2.2344	2.1565	2.4516	2.4258	3.7050
	1.4861	1.8505	1.7169	2.1902	1.8943	2.5496	3.5929
歪 度	-0.17	-0.15	-0.46	-0.55	-0.87	-0.81	-1.41
	0.01	-0.38	-0.54	-0.71	-0.66	-0.97	-1.60
尖 度	2.96	2.72	3.07	3.42	4.33	4.50	6.25
	2.67	2.86	3.20	3.74	3.77	4.78	7.31



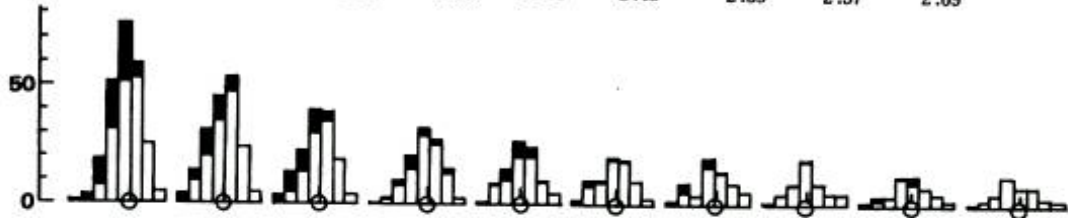
年 齡(年)	45	50	60
平均樹高(m)	23.1	24.4	26.1
	23.4	24.4	
分 散	3.8097	3.1111	3.3684
	3.0224	3.2047	
歪 度	-1.52	-1.50	-1.94
	-1.56	-1.57	
尖 度	7.41	8.87	10.98
	9.11	9.16	



図-4.2 収穫予測林分の間伐時における樹高分布
Fig.4.2 Height distributions in the model thinned stand at the thinning times.

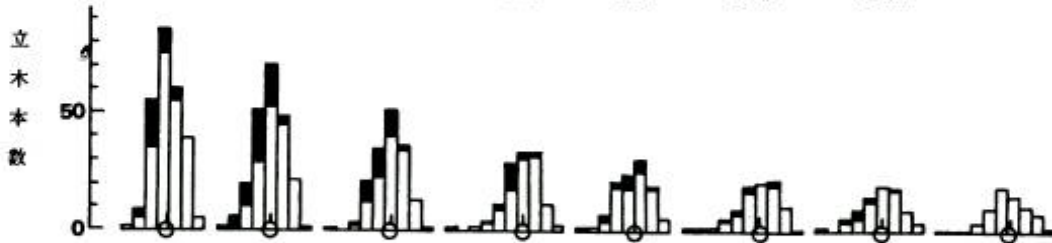
S₂₀

年 齡(年)	12	15	18	21	25	29	35	40	50	60
平均樹高(m)	8.1	10.3	12.3	14.2	16.3	18.1	20.4	22.2	24.8	26.7
	8.5	10.6	12.6	14.4	16.4	18.3	20.7	22.3	24.9	
分 散	1.5764	1.7090	1.7684	1.7801	1.7888	2.1017	2.4494	2.2620	2.5625	2.4042
	1.3887	1.4818	1.4506	1.5122	1.6788	1.9567	2.1674	2.1389	2.5335	
歪 度	-0.14	-0.27	-0.23	-0.39	-0.11	-0.16	-0.19	0.11	-0.11	0.06
	-0.11	-0.22	-0.34	-0.27	-0.03	-0.16	-0.25	0.13	-0.12	
尖 度	3.00	2.71	2.62	2.88	2.74	2.37	2.39	2.61	2.66	2.81
	2.72	2.54	2.99	2.60	2.54	2.43	2.59	2.57	2.69	



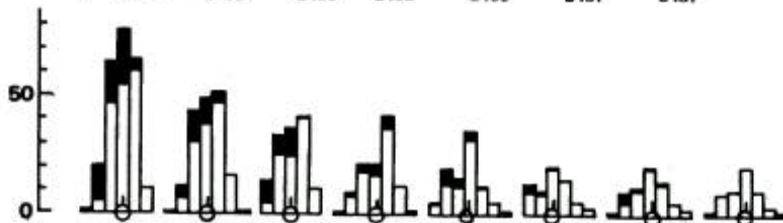
M₁₆

年 齡(年)	16	19	23	28	35	45	50	60
平均樹高(m)	8.4	10.0	11.9	14.0	16.4	18.9	20.0	21.7
	8.5	10.2	12.2	14.1	16.5	19.0	20.1	
分 散	1.3007	1.4801	1.6367	1.9905	2.2005	2.3600	2.5985	3.0208
	1.2492	1.4338	1.5810	1.6173	2.0469	2.2099	2.4503	
歪 度	0.10	-0.18	-0.35	-0.74	-0.50	-0.51	-0.34	-0.55
	0.03	-0.38	-0.60	-0.48	-0.45	-0.53	-0.49	
尖 度	2.56	2.83	3.35	4.69	3.10	3.08	3.06	3.78
	2.64	3.14	4.08	3.21	3.11	3.36	3.56	



S₁₆

年 齡(年)	15	19	23	28	35	45	50	60
平均樹高(m)	7.9	10.2	12.1	14.2	16.5	19.1	20.1	21.8
	8.2	10.3	12.3	14.3	16.7	19.2	20.3	
分 散	1.1039	1.3249	1.2958	1.5853	1.6722	1.7770	1.9010	1.5803
	1.0086	1.1928	1.2106	1.4400	1.4228	1.6997	1.4272	
歪 度	-0.13	-0.24	-0.13	-0.40	0.03	0.02	-0.30	-0.02
	-0.22	-0.41	-0.28	-0.27	0.20	-0.07	-0.12	
尖 度	2.41	2.91	2.13	2.67	2.63	2.25	2.86	2.94
	2.57	2.38	2.16	2.38	2.66	2.37	3.37	



(2) 収穫予測の結果と考察

シミュレーションによって求められた各林分の収穫予測値を表-4.3に取りまとめて掲げた。この結果に基づいて、以下林分因子ごとにそれぞれの予測結果を追跡し、SMSGLの林分収穫の予測機能に検討を加えてゆく。

樹高生長

図-4.2 は、各々の林分の間伐時における樹高分布を示したものである。この図で明らかなように、閉鎖度の高い立木から順に間伐するという選木法による場合には、低い樹高階から間伐木が選定される機会が多く、結果的にカラマツ人工林に一般的に行われている劣勢木を除く下層間伐となっている。このため林分の平均樹高は、図-4.3 で認められるように、間伐の実行される度に高くなり、入力値の上層木平均樹高の上位を推移している。この両者の差は、林分の生育段階が進むにしたがって次第に開いてゆく。また、その差は疎仕立林分ほど大きいことか認められる。このことは、施業林分においては、同一の地位でも間伐の仕方によって林分の平均樹高に差を生じることを示すものである。しかし、§ 2-6 で採用した林分の上層高は、このような下層間伐を重ねる場合には同一地位の林分間に差を生ぜず、林分の地位を測る有効な尺度となることが認められる。

林業における林分収穫量の予測は、一定の期間(年齢)内に林分の生長によって収穫対象となる立木を量的に推定することである。すなわち、

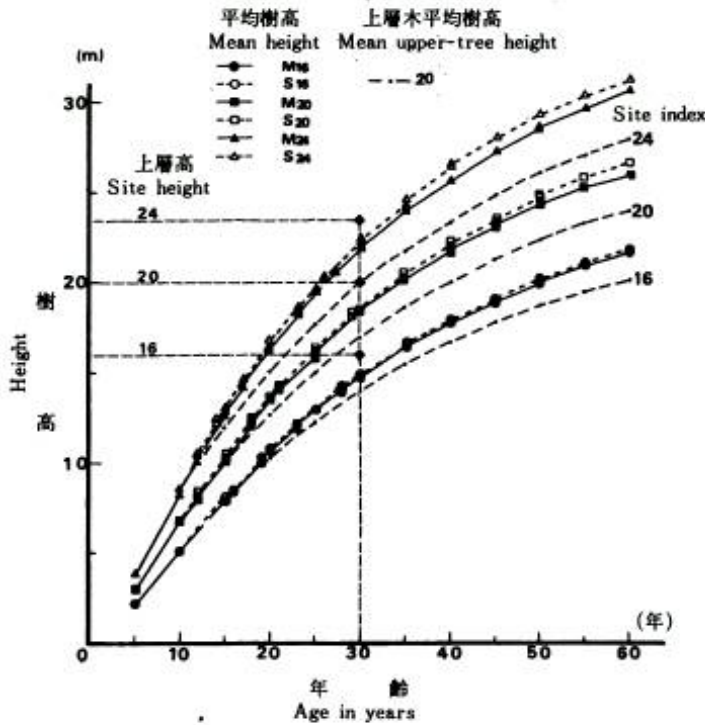


図-4.3 収穫予測林分の樹高生長
Fig.4.3 Height growth in the model thinned stand.

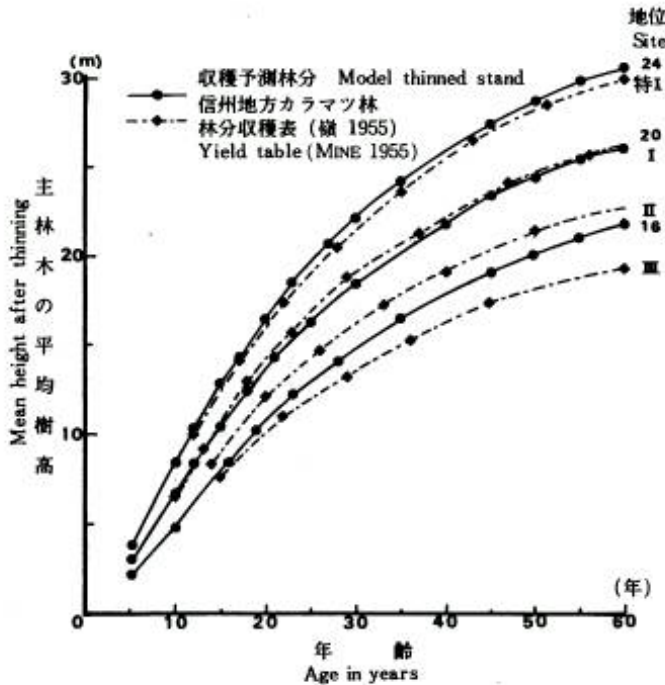


図-4.4 収穫予測林分と信州地方カラマツ林分収穫表の樹高生長の比較
Fig.4.4 Comparison of height growth of the yield table for *L. leptolepis* in Shinshu district with simulated height growth.

収穫量を年齢の函数として予測することである。収穫量は、林分生長の産物であり当然のことながら林分生長量に依存する。さらに林分生長量は、1 次的に地位の影響を受ける。その度合いは一般に林分の樹高生長によって表わされる。以上のような意味で、林分収穫量の予測において、予測対象となる地域における林分の樹高生長を適確に推定することがまず第 1 の要件といえよう。SMSGL によって実現された樹高生長量のうち間伐後の平均樹高は、嶺⁵¹(1955)の調製した間伐年齢を基準とした信州地方カラマツ林分収穫表に示されている主林木の平均樹高に直接対応するものである。そこでこの両者の樹高生長を図-4.4 に比較して示した。両者は地位の等級区分による相違はあるが、その生長傾向はよく近似している。北海道地方のカラマツ人工林のほとんどは、長野県から移入されたいわゆる信州原産のものである(松井⁴1966)。したがって、その樹高生長の傾向性は、カラマツの樹種特性として

原産地の信州地方と変らないものと考えられる。このような観点から、SMSGL の樹高生長の予測機能は、妥当性のあるものと判断される。

林分の樹高分布は、間伐基準や間伐木の選定の仕方によって影響されるが、閉鎖度を選木の基準とした収穫予測林分の場合には、図-4.2 でみられたように正規分布型を保って推移している。間伐を重ねる一般の施業林分においても、その樹高分布がおおむね正規分布を呈していることは経験的にも明らかである。

また、図-4.5 に各収穫予測林分の樹高分散を一投の施業林分のそれと比較して示した。収穫予測林分では、現実林分に比べて間伐回数が多い点を考慮すれば、妥当な樹高分散が実現されているものとみ

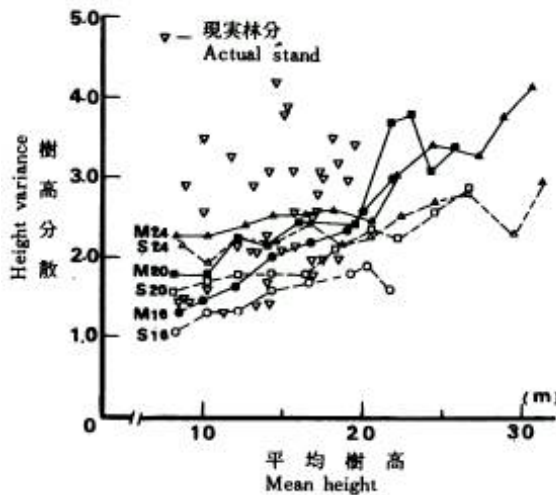


図-4.5 収穫予測林分の樹高分散の推移
Fig.4.5 Transition of height variance in the model thinned stand.

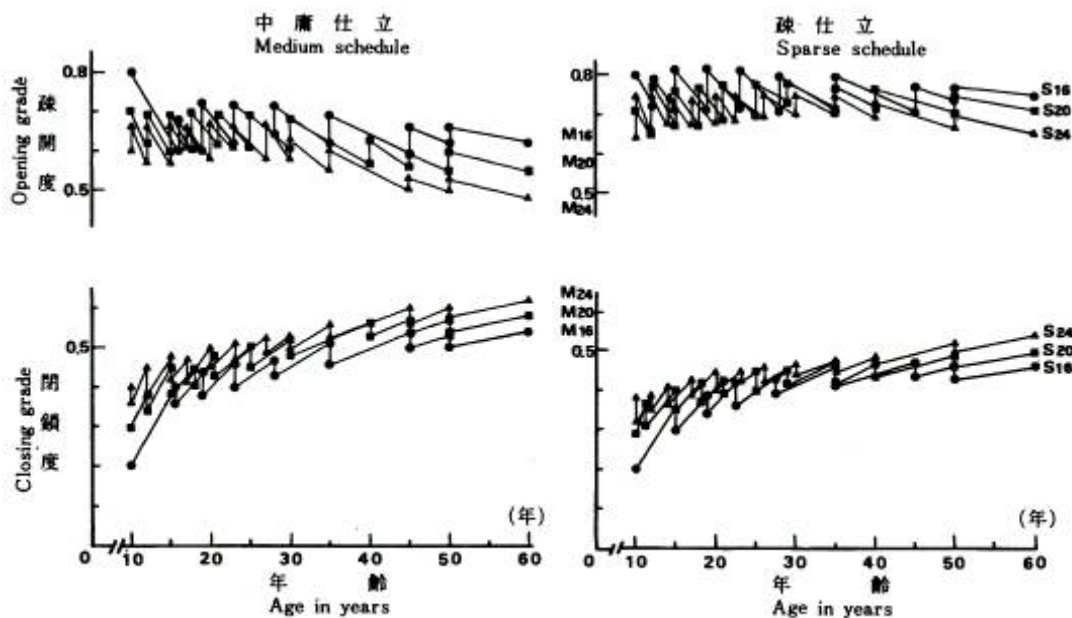
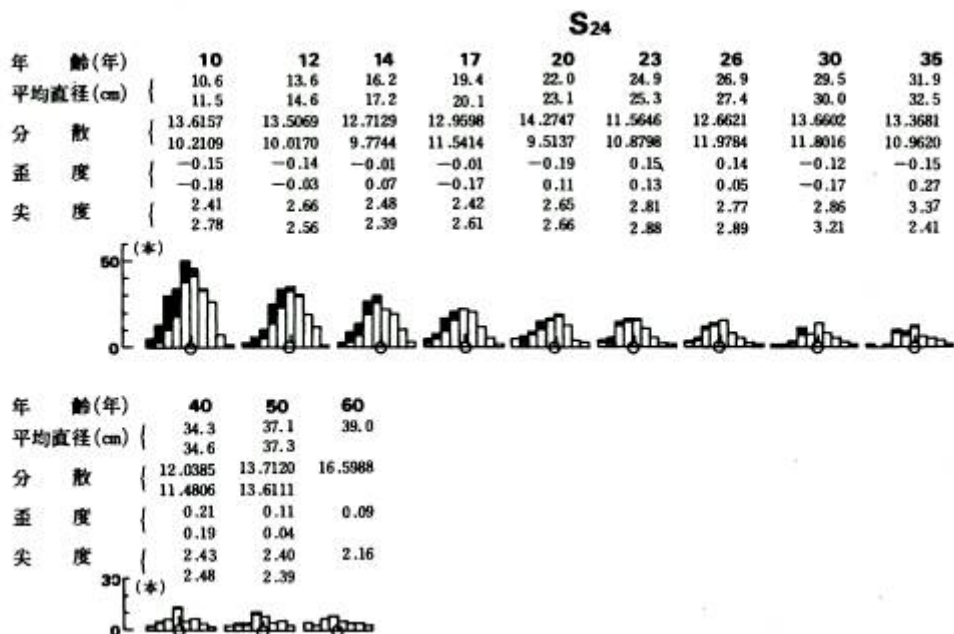
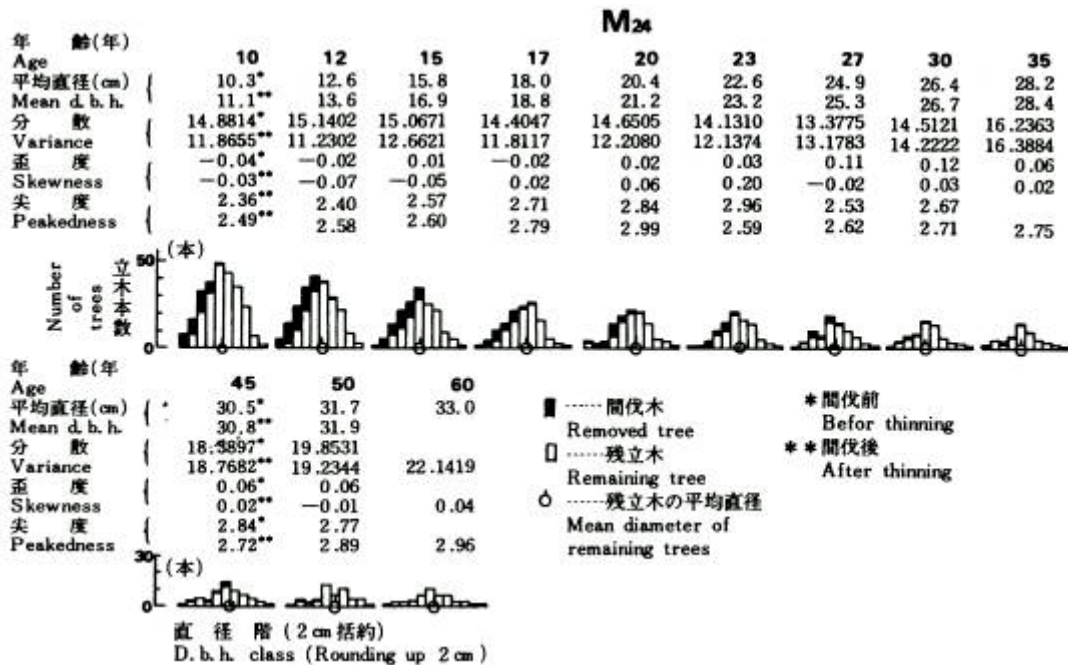


図-4.6 収穫予測林分の平均閉鎖度と平均疎開度の推移
Fig.4.6 Transition of mean closing grade and mean opening grade in the model thinned stand.

なせよう。

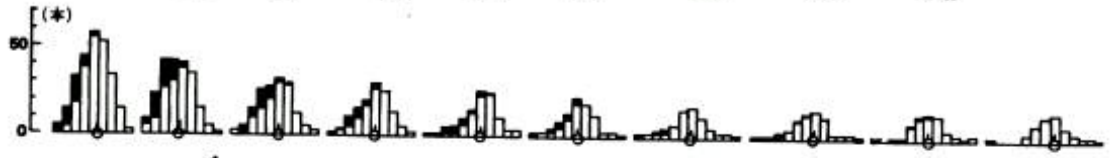
直径生長

SMSGGLにおいて各立木の直径生長に対する間伐効果は、疎開係数を導入した疎開度 $\gamma_{ij...} \{1 - P'_{ij...}(H)\}$ によって評価される。図-4.6に、林分の平均閉鎖度とそれに対応する平均疎開度を掲げた。各林分ともその平均閉鎖度は、間伐を受ける度に低下を繰り返しながら次第に上昇している。すなわち、ここで採用した間伐基準によれば、林分の生育段階が進むにしたがって、平均閉鎖度は徐々に上昇することが示されている。この結果、同一年齢においては、地位の高い林分ほど大きい閉鎖度で推移する。



M₂₀

年 齡(年)	12	15	18	21	25	30	40	45	50	60
平均直径 (cm)	10.1 10.9	12.6 13.6	15.1 16.0	17.5 18.0	19.7 20.4	22.2 22.7	25.3 25.8	26.8 27.3	28.0 28.3	29.5
分 散	9.9737 7.9408	10.5514 8.7846	12.4443 10.1457	12.5493 11.9529	14.4783 11.9710	14.7951 14.0896	18.3780 16.3445	18.6809 15.1494	15.3172 15.0711	15.9821
歪 度	-0.06 0.00	0.04 -0.26	-0.15 -0.24	-0.22 -0.43	-0.41 -0.36	-0.25 -0.29	-0.31 -0.25	-0.17 -0.10	0.15 0.19	0.07
尖 度	2.40 2.46	2.42 2.89	2.50 2.62	2.68 3.10	3.35 3.55	3.49 3.60	3.78 3.96	4.04 4.43	4.43 4.45	4.73



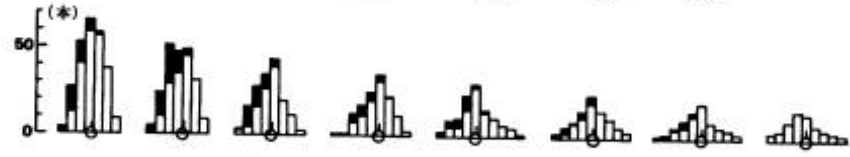
S₂₀

年 齡(年)	12	15	18	21	25	29	35	40	50	60
平均直径 (cm)	10.4 11.5	13.6 14.3	16.2 17.2	18.9 19.5	21.6 22.2	24.1 24.5	26.8 27.6	29.2 29.7	32.1 32.5	34.3
分 散	10.0153 7.3010	9.9856 8.2107	10.7022 8.0583	9.8114 8.4611	11.1265 10.8333	11.9691 11.2159	15.1056 11.5460	13.1358 12.0908	14.7344 14.4313	17.6984
歪 度	-0.14 -0.09	-0.11 -0.12	-0.07 -0.11	-0.11 -0.39	0.01 -0.10	-0.07 -0.09	0.03 0.35	0.20 0.19	0.33 0.22	0.20
尖 度	2.62 2.50	2.42 2.36	2.61 3.02	2.92 2.77	2.97 3.09	2.80 2.83	3.22 3.46	3.49 3.72	3.63 3.83	3.66



M₁₆

年 齡(年)	16	19	23	28	35	45	50	60
平均直径 (cm)	10.4 10.9	12.3 13.1	14.7 15.8	17.2 17.7	19.7 20.3	22.3 22.7	23.5 24.1	25.3
分 散	7.1078 5.8431	7.8518 6.6327	8.7712 7.7358	9.9098 8.8562	11.3577 9.9443	13.0332 12.7751	14.1460 12.6809	14.8523
歪 度	-0.04 0.00	0.07 -0.05	0.00 -0.18	-0.17 -0.14	-0.01 0.06	0.07 0.02	0.09 0.14	0.16
尖 度	2.32 2.23	1.51 2.31	2.49 2.89	2.79 2.75	2.84 2.81	2.83 2.84	2.79 2.70	2.70



S₁₆

年 齡(年)	15	19	23	28	35	45	50	60
平均直径 (cm)	10.2 11.0	13.3 13.9	15.8 16.5	18.7 19.2	21.6 22.4	25.0 25.4	26.3 26.9	28.5
分 散	6.1944 4.8316	7.0736 6.1437	8.3151 6.9907	8.9248 7.6851	9.9580 7.3455	9.7492 9.5556	10.1895 8.2870	10.0223
歪 度	-0.06 -0.04	-0.02 -0.13	-0.10 -0.18	-0.19 -0.14	0.03 0.03	0.31 0.19	0.09 0.37	0.36
尖 度	2.52 2.33	2.34 2.49	2.53 2.66	2.78 2.82	2.96 3.29	3.20 3.38	3.30 3.39	3.42

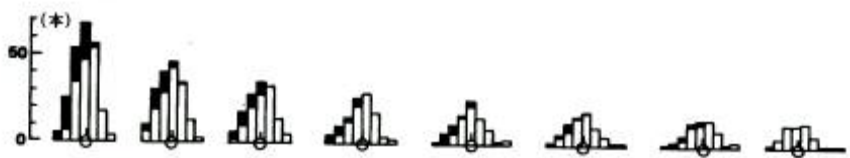


図-4.7 収穫予測林分の間伐時における直径分布
 Fig.4.7 Diameter distributions in the model thinned stand at the thinning times.

また、中庸仕立林分では1平均閉鎖度がほぼ0.40に達した段階で初回の間伐を受け、60年の伐期齢に達したとき各林分の平均閉鎖度が0.5~0.6の範囲まで上昇している。疎仕立林分においても、中庸仕立林分と同様な閉鎖度の推移傾向がみられるが、全生育期間を通じて中庸仕立林分よりほぼ0.1低い値で経過し、間伐基準の相違による林分の閉鎖過程の差が示されている。

以上のような平均閉鎖度の推移に対応して、林分の平均疎開度は間伐を受ける度に上昇を繰り返して次第に低下する傾向をたどる。しかし、その推移傾向は、閉鎖度に比べて緩満であり、疎開環境でより活発な生長作用を営むカラマツの陽樹的特性が表わされているとみることができる。

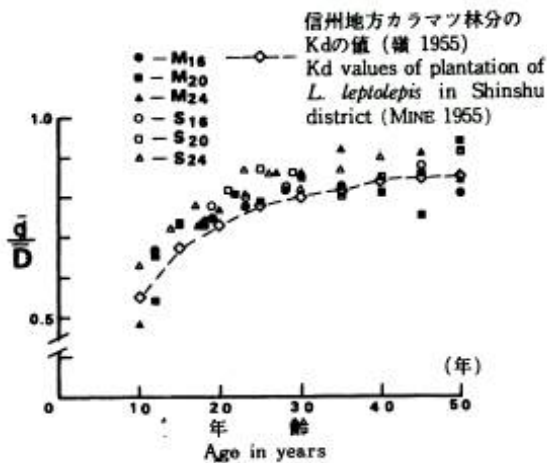


図-4.8 残立木の平均胸高直径(D)と間伐木の平均胸高直径(d̄)の比の推移
Fig.4.8 Transition of the ratio of \bar{d} to \bar{D} in the model thinned stand. Where \bar{d} is mean db.h. of removed trees and \bar{D} is mean db.h. of remaining trees.

図-4.7に各々の林分の間伐時における直径分布を示した。閉鎖度を基準とした間伐方法では、樹高の場合と同様に、小径木の立木が間伐木として多く選定されている。間伐方法を示す尺度に、残存立木の平均胸高直径(\bar{D})に対する間伐木の平均胸高直径(\bar{d})の比 \bar{d}/\bar{D} が用いられ、その値が0.7以下であれば下層間伐、0.85~1.00の範囲であれば上層間伐と区別されている(BRAATHE⁹1957)。収穫予測林分の \bar{d}/\bar{D} の比は、図-4.8に示したように、いずれの林分も初回の間伐で0.7以下の値となり、間伐の回数を重ねるごとに、上昇し、壮齢期の30年以後では0.85前後の値で推移している。嶺⁵⁾(1955)は、信州他方カラマツ林分収穫表の調製に当って、主林木と副林木の直径比 K_d を算出している。 K_d はここでの \bar{d}/\bar{D} と同等なもので、直接両者を比較することができる。図-4.2上にI等地

の K_d の値をプロットした。 K_d と \bar{d}/\bar{D} の値は幼齢期のうちやや相違するが、その推移傾向はきわめて近似している。この幼齢期における差は、両者の間伐頻度の相違によるものと考えられ、この点を考慮すれば、両者はほとんど一致するとみてよい。すなわち、劣勢木から順に間伐するという一定の基準によった場合は、間伐回数を重ねる

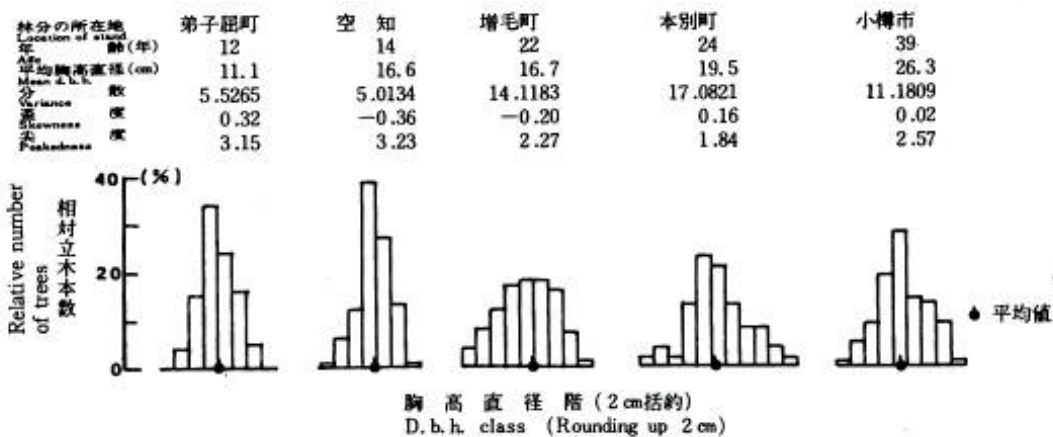


図-4.9 施業林分の直径分布の例 (松井 1957より作図)
Fig.4.9 Examples of diameter distribution in the actual stand (Data from MATSUI 1957).

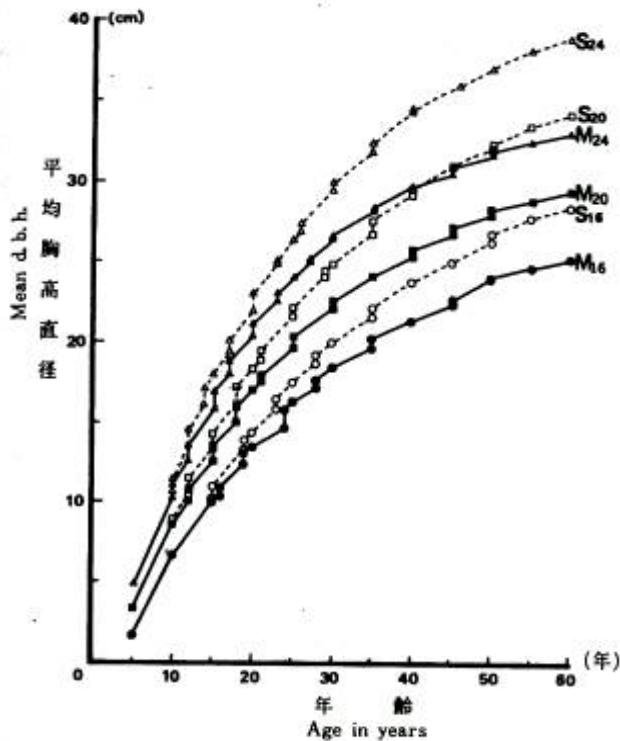


図-4.10 収穫予測林分の直径生長
Fig.4.10 Diameter growth in the model thinned stand.

にしたがって、下層間伐から次第に上層間伐へとその内容の変化することを示すものである。

上のような間伐が実行された場合に、林分の直径分布は、原型の正規分布型を保って推移する。実際に間伐を重ねてきた現実林分でもこのことは明らかである。図-4.9は、その実例として松井⁴⁸⁾(1957)の示した資料によって調製したものである。図上に記入した直径分布の諸特性値からうかがわれるように、間接的ではあるが、SMSGLの間伐林分に対する直径分布の実現機能の有効性を評価することができるであろう。

劣勢木を間伐対象とする下層間伐は、その都度林分の平均直径をたかめる見掛け上の間伐効果をもたらす。図-4.10に示した各林分の平均胸高直径の推移で認められるように、見掛け上の間伐効果は、上の \bar{d}/\bar{D} とは逆比例し、直径変動の相対的に大きい幼齢期ほど大きく、間伐回数の重なる壮まい幼齢期ほど大きく、間伐回数の重なる壮

齢期以降ほど小さくなる。

図-4.10の平均直径の推移にみられる林分間の差は、地位の効果と間伐効果によるものである。すなわち、同一の間伐基準をとる林分間では、地位の効果は、また同一地位の林分間では、間伐基準の効果が示されている。

地位の効果は、幼齢期から30年生頃の壮齢期にかけて、林分間の直径生長の差を次第に拡大させるが、壮齢期以降において、その効果の減少する傾向が認められる。このような傾向は、生育段階の進んだ林分ほど立木の閉鎖度が高まり、それともなって直径の増加率 \bar{d}/\bar{D} の低下がもたらされるというSMSGLの直径生長の機構によって実現されたものである。

一方、同一地位の林分間で認められる間伐基準のとり方による直径生長の差は、地位の良い林分ほどその効果が大きく作用し、林分間の平均直径により大きな差をもたらしている。

さらに直径生長に対する間伐効果を明らかにするため、林分の平均値を用いて樹高対直径の相対生長関係を図-4.11に掲げた。この関係では地位の差を考慮する必要がないので、 M_{24} と S_{24} の両林分をとりあげた。また、同じ図上に両林分の平均閉鎖度の推移を記入した。林分の閉鎖過程は、閉鎖過程式によって一般的に表わされることを§2-4で提示したが、図-4.11の閉鎖度の推移は、両林分がそれぞれ異なる閉鎖過程式にしたがっていることを示している。このような閉鎖過程の相違は、両林分の年々の直径生長量に差をもたらし、これが累積される総生長量は、年々その差を開く結果となっている。

収穫予測林分の間伐基準の根拠とした信州地方カラマツ林分密度管理図上で、収穫予測林分と同様な中庸、疎仕立の2種の間伐基準をとった場合について、等直径線より林分の平均直径由を求め、これを図-4.11上に記入した。

注) 密度管理図上の平均直径は、平均胸高断面積木の直径であるがそのまま用いた。

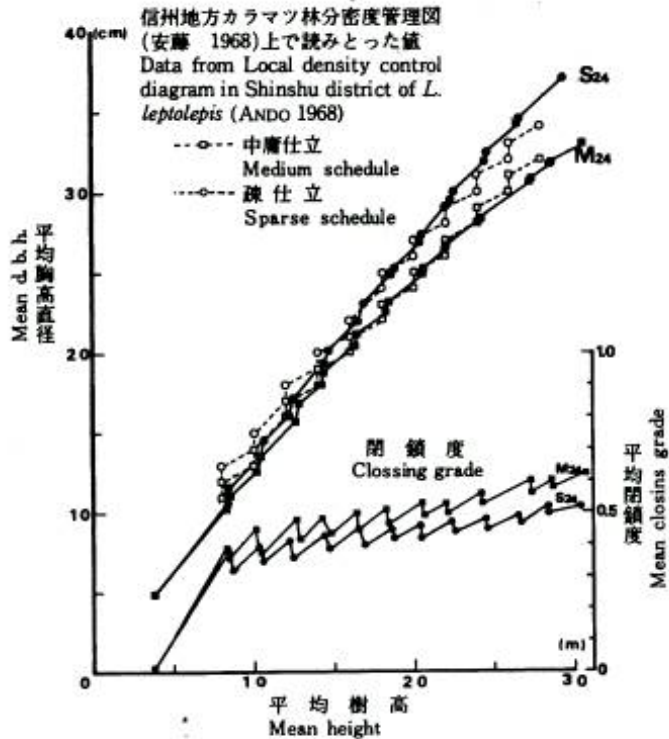


図-4.11 収穫予測林分の樹高対直径の相対生長関係および閉鎖度の推移
 Fig.4.11 Allometric relations between height and diameter in the model thinned stand and transition of closing grade with advancing growth stage.

すなわち、中庸仕立林分はM₂₄林分と、疎仕立林分はS₂₄林分とそれぞれ同じ閉鎖過程式にしたがうものである。相対する図上の両林分は、よく近似した直径生長の推移を示しているが、直径生長への間伐効果については、両者の間に相違する点のあることが認められる。

図-4.11 上で認められるように、直径生長の見掛け上の間伐効果についての相違である。収穫予測林分では、すでに明らかにしてきたように、林分の生育段階の進むほどその効果が減少するが、密度管理図による間伐モデル林分では、逆に増加する傾向がみられる。ここで、両モデル林分の単位生育段階当りの直径増加量

$$\frac{\Delta \bar{D}}{\Delta H} = \frac{\bar{D}' - \bar{D}}{\bar{H}' - \bar{H}}$$

ここで、 \bar{D} 、 \bar{H} は間伐後の平均胸高直径および平均樹高、 \bar{D}' 、 \bar{H}' は次回の間伐の前における平均胸高直径および平均樹高

をとってみると、図-4.12で認められるように両モデル林分のそれぞれ対応する林分間に、かなりの差を生じている。この差は、上で指摘した両モデル林分の見掛け上の間伐効果のとり方の相違に起因している。間伐後に平均直径の増大するという見掛け上の間伐効果は、間伐方法によっても異なるが、下層間伐を裸返す場合には、すでに検討を加えたように、収穫予測林分で実現された結果に妥当性があるといえよう。

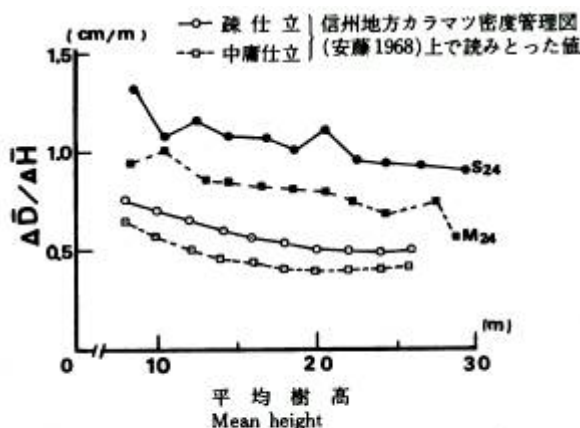


図-4.12 収穫予測林分の単位生育段階当りの平均胸高直径の増加量
 Fig.4.12 Increment of mean d.b.h. per unit growth stage.

また、収穫予測林分では、間伐基準を異にする林分間の平均直径の差が、次第に拡大する推移傾向をとるのに対して、密度管理図による間伐林分では、その開きがわずかである。これは、両モデルの立木の肥大生長に対する間伐効果の見込み方の違いによっている。SMSGLでは、直径生長を自己増殖過程としてとらえる樹高対直径の相対生長モデルを適用するものであり、間伐効果も同様な立場で評価されている。一方、密度管理図による間伐モデルの場合には、間伐後の直径生長が、それまでの林分の閉鎖履歴と無関係に、間伐後の本数密度と平均樹高によって定まることになり、この点でもSMSGLとはやや異った立場がとられ

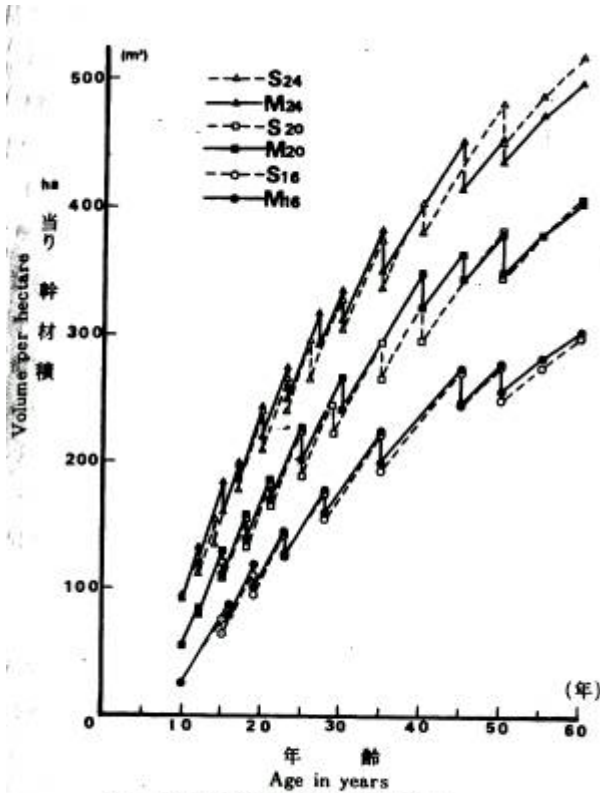


図-4.13 収穫予測林分の幹材積生長
Fig.4.13 Volume development in the model thinned stand.

また、間伐前の林分の幹材積が、250m³に達するまでに要する年齢についてみると、間伐基準にかかわらず、地位指数 24, 20, 16 の各林分の順に、ほぼ 22, 30, 42 年であり、地位の低下にともなって必要年数が幾何級数的に延びることになる。さらに目標幹材積のレベルを上げれば、一層必要年数の差は開き林分の幹材積生長に対する地位効果の大きいことが示されている。

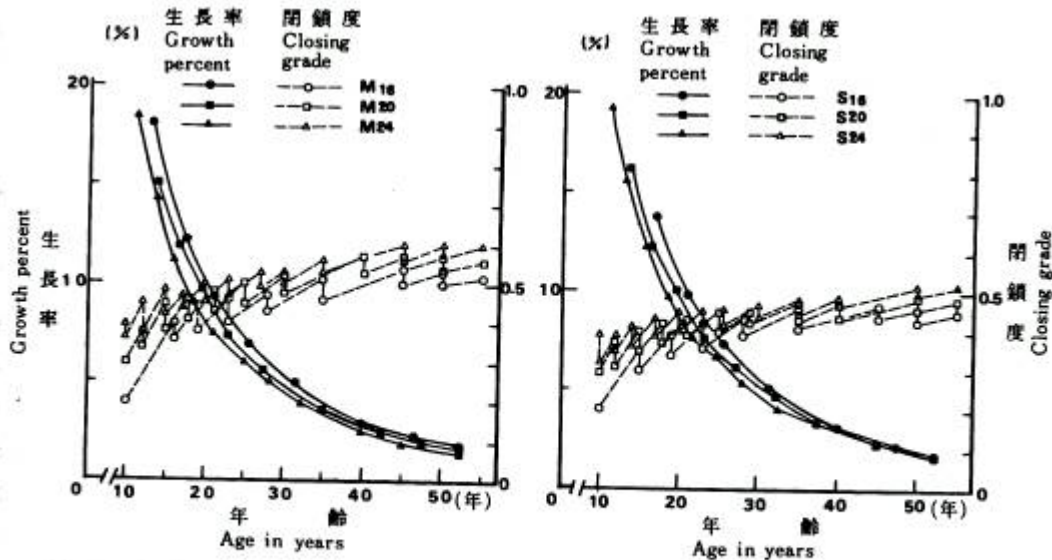


図-4.14 収穫予測林分の ha 当り幹材積の生長率と平均閉鎖度の推移
Fig.4.14 Transition of growth percent in volume per hectare and mean closing grade in the model thinned stand.

ている。

図-4.11 でみられる収穫予測林分の平均直径の推移は、上で指摘した諸点を考慮すれば、密度管理図のそれと比較して妥当な値を示していることができよう。林分樹高の場合と同様に、北海道地方と信州地方のカラマツ人工林との間に、樹高対直径の相対生長関係という樹種特性にかかわる関係に差異があるとは考えられないので、上の比較結果から、SMSGLの間伐林分の直径生長についての予測概能の有効性を認めることができよう。

幹材積生長

図-4.13 に各収穫予測林分の幹材積生長を示した。この図から直径生長の場合と同様に、林分の幹材積生長に対する地位の効果と間伐効果を読み取ることができる。

地位の効果は、年齢を経るにしたがって、林分間の ha 当りの幹材積の差を広げ、60 年の伐期齢には地位間に約 100m³ の蓄積差をもたらす。ま

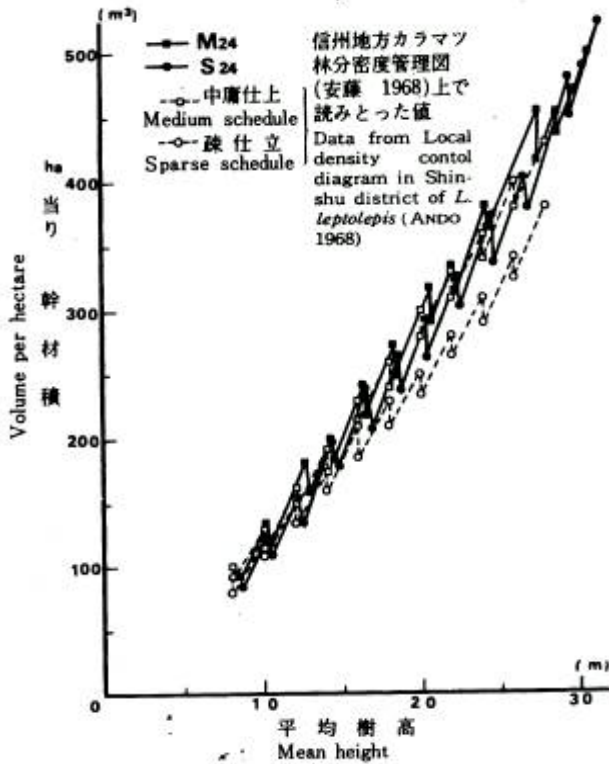


図-4.15 収穫予測林分の樹高対幹材積の関係の推移
Fig.4.15 Allometric relations between height and volume in the model thinned stand.

図-4.14 に間伐基準別に収穫予測林分の幹材積生長率(Pressler 式による)を求めその推移を示した。この図から明らかなように、その生長率は、同一の間伐基準をとる林分間では、地位の良好な林分ほど低い値で推移する。この傾向は、すでに直径生長でみてきたように、地位の良好な林分ほど同一年齢においては林分の生育段階が進んでおり、そのためにより高い閉鎖度に達するという林分間の閉鎖の進行度合いの差によるものである。すなわち、ここで採用した間伐基準による場合には、同一年齢における地位間の幹材積生長の差は、地位の効果と林分間の閉鎖の進行度の相違によるものであることが指摘できる。

林分の幹材積生長に対する間伐効果を地位の影響を除いてみるために、M₂₄ と S₂₄ の両林分について、林分の幹材積を平均樹高に対してプロットして図-4.15 に掲げた。S₂₄ 林分は、M₂₄ 林分に比較して間伐による幹材積の低下率(間伐率)は高いが、間伐後の幹材積の生長は

M₂₄ 林分より勝って、両者の間の幹材積の差はほぼ一定に保たれ、生育段階の進んだ後半でその差が漸消されるという推移傾向をたどっている。

図-4.15 上に、直径生長の場合と同様に、信州地方カラマツ林分密度管理図上から読みとった幹材積の推移を記入した。その推移の傾向は、収穫予測林分と近似しているが、間伐基準の異なる林分間の相対的な傾向については、両者はやや異なっている。さらに両モデル林分の単位生育段階当りの幹材積生長量

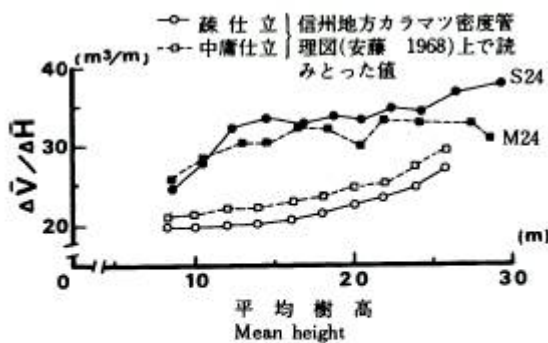


図-4.16 収穫予測林分の単位生育段階当りの幹材積増加量
Fig.4.16 Increment of volume per unit growth stage.

$$\frac{\Delta V}{\Delta H} = \frac{V' - V}{H' - H}$$

ここで、V、 \bar{H} はそれぞれ間伐後の ha 当り幹材積および平均樹高、V'、 \bar{H}' は次回の間伐の直前における ha 当り幹材積および平均樹高

の推移を図-4.16 に掲げた。図から明らかなように、疎仕立と中庸仕立基準の林分間の幹材積増加量が両モデル林分間では逆の関係となっている。このような両者の相違は、すでに直径生長についての議論で指摘したように、両モデルの間伐効果の見込み方の違いによるものである。

河田ら²⁵⁾(1949)は、約 30 年にわたるカラマツ人工林の植栽疎密試験の結果を分析して、密植区に比べ、

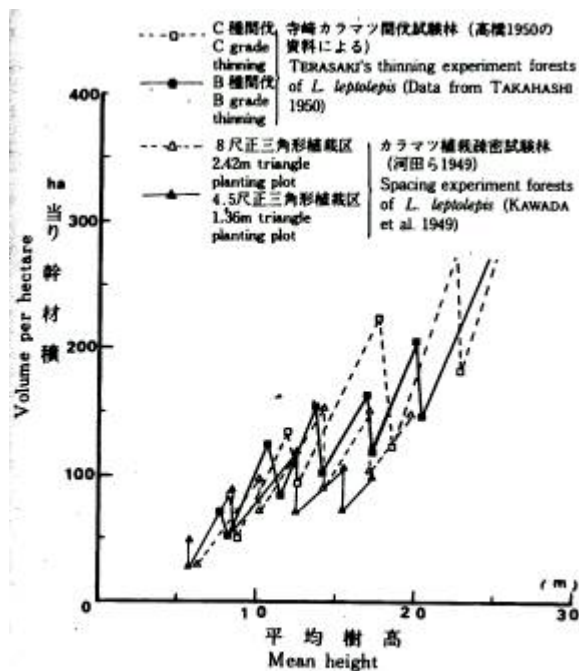


図-4.17 既往のカラマツ間伐試験林分の樹高対幹材積の関係の推移
 Fig.4.17 Allometric relations between height and volume in the thinning experiment forests.

疎植区の直径生長が著しく大きく、この結果、幹材積の生長量の点でも、疎植して強度の間伐を行う方が有利であるとの結論を下している。この河田らの測定結果を用いて、樹高対幹材積の関係を図-4.17に示してみた。また、同時に寺崎カラマツ間伐試験林の同じ関係をプロットした。これらはいずれもそれぞれ閉鎖履歴を異にする林分であり、直接その数値を比較することはできないが、図上で認められるように、疎植区あるいは強度間伐区の方が高い幹材積生長—幹の肥大生長—を遂げ、収穫予測林分で実現された傾向に近似している。

以上のように、より疎な立木密度環境で、より高い幹材積生長が実現するという傾向は、陽樹であるカラマツの樹種特性によるものと考えられる。本林分生長モデルで、樹高対直径の相対生長モデルを導入した疎関係数が、この樹種特性に関係した重要な因子であることが明らかである。

(3) 収穫予測表の作表

いままで明らかにしてきたように、SMSGLを用いれば、対象林分の地位と間伐基準を任意に選択して、それに応じたデータを沃力してシミュレーションを実行することができる。この結果、林分生長と間伐がシミュレートされて5年階あるいは間伐年齢ごとに林分内容が林分表として出力される。本章ではこの方法による6種の林分についての実行結果を示してきた。これらの結果は、ある地位の林分に対して、ある間伐基準によって施業を行った場合に年齢の経過にともなって期待される林分の収穫量を示したものである。

SMSGLには、被害による林木の生長障害についての考慮がなされていないので、その実現値は、被害を受けない理想的な条件のもとでの1つの実験値とみなされるものである。モデルの対象である現実林分は、気象害、鳥獣類による食害、病虫害など軽重の差はあるがなんらかの生長阻害を受けているであろう。しかし、それらの被害は、突発的に発生するケースが多く予測し難い性格のものであり、これらによる林分生長への影響は、2次的な因子の作用として、次元を新たにして考慮すべきであろう。このような見方をすればSMSGLによる実現値は、林業経営上に要求される林分収穫量の予測値として利用することができよう。

SMSGLによる収穫予測は、要求される予測条件に応じて、その都度シミュレーションを行うという予測体系をとることになるが、しかし、利用上は予測結果を一定の形式で林分の収穫予測表として表示しておく方が便利である。現在利用されている林分収穫表の多くは、5年階ごとに主林木と副林木を区分して表示する形式がとられている。嶺⁵¹⁾(1955)は、収穫表で表示される主、副林木の区分が明確でないことと、また具体的な間伐の指針を示すという点から、信州地方カラマツ林分収穫表の調製の際に、間伐年齢を基準とする形式の収穫表を作成している。この表示法は、対象地域における標準的な施業体系を想定し、それともなう収穫量を示すものともみられ、SMSGLによる収穫予測の立場と共通する面がある。また、嶺方式の表示法をとれば、他の既存の収穫予測表とも比較対応もできる。以上のような理由から、SMSGLによる予測結果の表示法として、嶺方式の収穫予測表を作表することにし

表- 4.4 林分生長モデル (SMSGL) によるカラマツ人工林の林分収獲予測表

Table 4.4 Yield table, simulated by the SMSGL, of Japanese larch (*Larix leptolepis* GORD.) plantation.

地位指数 24
Site index

中庸仕立林分
Medium schedule stand

年 Age in yr.	上層 Top height 高 m	主 副 林 木 (間伐前) Intire stand (Befor thinning)				主 林 木 (間伐後) Main stand (After thinning)				副 林 木 Secondary stand		
		樹 高 Height m	胸 高 D. b. h. 直 径 cm	ha 当 り Per ha		平 均 Average		ha 当 り Per ha		平 均 Average		立 木 No. of trees 本 数
				立 木 No. of trees 本 数	幹 材 Volume 材 積 m ³	樹 高 Height 高 m	胸 高 D. b. h. 直 径 cm	立 木 No. of trees 本 数	幹 材 Volume 材 積 m ³	樹 高 Height 高 m	胸 高 D. b. h. 直 径 cm	
5		$\frac{3.8}{1-7}$	$\frac{4.9}{-11}$	2,108								
10	10.6	$\frac{8.3}{4-12}$	$\frac{10.3}{2-19}$	2,100	95	8.5	11.1	1,800	92	6.7	5.3	300
12		$\frac{10.1}{6-13}$	$\frac{12.6}{4-21}$	1,792	134	10.4	13.6	1,350	119	8.9	8.8	442
15	14.8	$\frac{12.6}{8-16}$	$\frac{15.8}{6-25}$	1,350	183	12.9	16.9	1,050	160	11.7	12.3	300
17		$\frac{14.2}{10-18}$	$\frac{18.0}{9-27}$	1,050	200	14.4	18.8	900	185	13.0	13.7	150
20	18.1	$\frac{16.3}{11-20}$	$\frac{20.9}{11-29}$	900	243	16.5	21.2	750	219	15.3	16.3	150
23		$\frac{18.2}{13-21}$	$\frac{22.6}{13-31}$	750	274	18.4	23.2	650	250	16.9	18.9	100
25	20.9	$\frac{19.5}{16-23}$	$\frac{24.1}{17-32}$	650	285							
27		$\frac{20.5}{17-24}$	$\frac{24.9}{17-33}$	650	318	20.6	25.3	575	291	19.7	21.8	75
30	23.5	$\frac{22.0}{17-25}$	$\frac{26.4}{18-35}$	575	336	22.1	26.7	525	315	20.7	23.0	50
35	25.6	$\frac{24.1}{20-28}$	$\frac{28.2}{19-37}$	525	382	24.2	28.4	475	351	23.7	26.2	50
40	27.3	$\frac{25.9}{21-30}$	$\frac{29.7}{20-39}$	475	408							
45	28.7	$\frac{27.3}{22-31}$	$\frac{30.5}{21-40}$	475	454	27.4	30.8	425	415	27.0	28.0	50
50	29.8	$\frac{28.6}{23-33}$	$\frac{31.7}{23-42}$	425	455	28.7	31.9	400	437	27.0	26.7	25
55	31.0	$\frac{29.8}{24-34}$	$\frac{32.5}{24-43}$	400	472							
60	31.8	$\frac{30.7}{25-35}$	$\frac{33.0}{24-44}$	400	500							

(1)

(間伐木) (Thinned tree)			總收穫		幹材積 連年生長量		幹材積 年平均生長量			平均閉鎖度		年 Age in yr.
ha 当り Per ha			Total yield		Current annual volume increment		Mean annual volume increment			Mean closing grade		
本 數 比 率 (間伐率) %	幹 材 積 m ³	間伐率 %	副幹 材積 m ³	主幹 材積 m ³	主 幹 材 積 m ³	主 副 合 計 m ³	主 幹 材 積 m ³	主 副 合 計 m ³	總 收 穫 量 m ³	間 伐 前	間 伐 後	年 齡
										0.13		5
14	3	3	3	95	} 13.5	21.0	9.2	9.5	9.5	0.39	0.36	10
25	15	11	18	137			} 13.7	21.3	9.9	11.2	11.4	0.45
22	23	13	41	201	} 12.5	20.0			10.7	12.2	13.4	0.48
14	15	8	56	241			} 11.3	19.3	10.9	11.8	14.2	0.47
17	24	10	80	299	} 10.3	18.3			11.0	12.2	15.0	0.50
13	24	9	104	354			} 10.3	17.0	10.9	11.9	15.4	0.51
				389							15.6	0.50
12	27	8	131	422	} 8.0	15.0	10.8	11.8	15.6	0.53	0.49	27
9	21	6	152	462			} 7.2	13.4	10.5	11.2	15.4	0.53
10	31	8	183	534	} 6.4	10.3			10.0	10.9	15.3	0.56
				591							14.8	0.57
11	39	9	222	637	} 4.4	8.0	9.2	10.1	14.2	0.60	0.56	45
6	18	4	240	677					8.7	9.1	13.5	0.60
				712					12.9	0.60		55
			240	740					12.3	0.62		60

地位指数 20
Site index

中庸仕立林分
Medium schedule stand

年 Age in yr. 齡	上 Top height 高	主 副 林 木 (間伐前) Intire stand (Befor thinning)				主 林 木 (間伐後) Main stand (After thinning)				副 林 木 Secondary stand		
		樹 Height 高	胸 D. b. h. 高 直 徑	ha 当 り Per ha		平 均 Average		ha 当 り Per ha		平 均 Average		立 No. of trees 木 本 数
				立 No. of trees 木 本 数	幹 Volume 材 積	樹 Height 高	胸 D. b. h. 高 直 徑	立 No. of trees 木 本 数	幹 Volume 材 積	樹 Height 高	胸 D. b. h. 高 直 徑	
年	m	m	cm	本	m ³	m	cm	本	m ³	m	cm	本
5		$\frac{3.0}{1-5}$	$\frac{3.3}{-8}$	2,108								
10	8.6	$\frac{6.7}{3-10}$	$\frac{8.7}{2-15}$	2,108	55							
12		$\frac{8.1}{4-11}$	$\frac{10.1}{3-17}$	2,108	85	8.3	10.9	1,800	82	6.6	5.6	308
15	12.2	$\frac{10.2}{6-13}$	$\frac{12.6}{6-21}$	1,800	130	10.4	13.6	1,350	111	9.5	10.1	450
18		$\frac{12.1}{7-15}$	$\frac{15.1}{6-24}$	1,350	159	12.4	16.0	1,050	139	10.9	11.8	300
20	15.3	$\frac{13.5}{9-16}$	$\frac{17.1}{8-25}$	1,050	171							
21		$\frac{14.0}{9-17}$	$\frac{17.5}{8-26}$	1,050	186	14.2	18.0	900	169	13.3	14.5	150
25	17.7	$\frac{15.9}{10-19}$	$\frac{19.7}{8-29}$	900	227	16.3	20.4	750	202	14.9	16.2	150
30	20.0	$\frac{18.4}{13-21}$	$\frac{22.2}{12-32}$	750	268	18.5	22.7	650	242	17.9	19.2	100
35	21.6	$\frac{20.2}{14-23}$	$\frac{24.2}{13-34}$	650	298							
40	23.4	$\frac{21.7}{16-25}$	$\frac{25.3}{14-36}$	650	349	21.8	25.8	575	322	20.7	21.0	75
45	24.6	$\frac{23.1}{17-27}$	$\frac{26.8}{15-37}$	575	364	23.4	27.3	525	344	20.7	20.6	50
50	25.7	$\frac{24.4}{18-28}$	$\frac{28.0}{19-39}$	525	380	24.4	28.3	475	350	24.3	26.7	50
55	26.5	$\frac{25.3}{20-29}$	$\frac{28.9}{22-39}$	475	379							
60	27.2	$\frac{26.1}{21-29}$	$\frac{29.5}{23-40}$	475	405							

(間伐木) (Thinned tree)			總收穫		幹材積 連年生長量		幹材積 年平均生長量			平均鎖 均度		年 Age in yr.
ha 當り Per ha			Total yield		Current annual volume increment		Mean annual volume increment			Mean closing grade		
本 數 比 率 (間 伐 率) %	幹 材 積 m ³	幹 材 積 比 率 (間 伐 率) %	副 幹 材 積 m ³	主 幹 材 積 m ³	主 幹 材 積 m ³	主 幹 材 積 m ³	主 幹 材 積 m ³	主 幹 材 積 m ³	總 收 穫 量 m ³	間 伐 前	間 伐 後	齡 年
										0.06		5
									5.5	0.30		10
15	3	4	3	85	} 9.7 16.0		6.8	7.1	7.1	0.38	0.34	12
25	19	15	22	133		} 9.3 16.0		7.4	8.7	8.9	0.45	0.38
22	20	13	42	1181	} 10.0 15.7			7.7	8.8	10.1	0.46	0.41
				213		} 8.3 14.5				10.7	0.45	
14	17	9	59	228	} 8.0 13.2			8.0	8.6	10.9	0.48	0.43
17	25	11	84	286		} 8.0 10.7		8.1	9.1	11.4	0.50	0.45
13	26	10	110	352	} 4.4 8.4			8.1	8.9	11.7	0.52	0.48
				408		} 1.2 7.2				11.7	0.53	
12	27	8	137	459	} 7.6 8.1			8.1	8.7	11.5	0.57	0.53
9	17	5	154	501		} 7.0 7.6		7.6	8.1	11.1	0.57	0.54
10	30	8	184	534				7.0	7.6	10.7	0.57	0.54
				563					10.2	0.56		55
			184	589					9.8	0.58		60

(間伐木) (Thinned trees)			総取獲		幹材積 連年生長量		幹材積 年平均生長量			平均鎖 均度		年 Age in yr.
ha 当り Per ha			Total yield		Current annual volume increment		Mean annual volume increment			Main closing grade		
本 数 比 率 (間伐率) Thinning rate in No.	幹 材 積 Volume 材 積 横 横	幹材積比率(間伐率) Thinning rate in volume	Intire stand		主 幹 材 積 Main stand 木	主 幹 材 積 Intire stand 木	主 幹 材 積 Main stand 木	主 幹 材 積 Intire stand 木	主 幹 材 積 Main stand 木	主 幹 材 積 Intire stand 木	主 幹 材 積 Main stand 木	年
			副 幹 材 積 Secondary stand 木積	主 幹 材 積 Main stand 木積								
%	m ³	%	m ³		m ³		m ³					年
											0.01	5
											2.6	10
											5.1	15
15	6	7	6	88	} 6.3	12.3	5.1	5.5	5.5	0.40	0.36	16
25	18	15	24	125			5.3	6.3	6.6	0.44	0.38	19
				136	} 6.3	11.5			6.8	0.40		20
22	21	14	45	171			5.5	6.4	7.4	0.46	0.40	23
				192	} 6.8	10.4			7.7	0.43		25
14	18	10	63	223			5.7	6.4	8.0	0.47	0.43	28
				243	} 5.7	9.6			8.1	0.46		30
17	27	12	90	290			5.7	6.5	8.3	0.51	0.46	35
				329	} 4.8	7.5			8.2	0.50		40
13	27	10	117	365			5.5	6.1	8.1	0.54	0.50	45
				421	} 2.0	6.2			7.9	0.53	0.50	50
12	21	8	138	396			5.2	5.6	7.9	0.53	0.50	50
				421					7.7	0.52		55
			138	444					7.4	0.54		60

地位指数 24
Site index

疎仕立林分
Sparse schedule stand

年 Age in yr. 齡	上 Top height 層 高	主 副 林 木 (間伐前) Intire stand (Befor thinning)				主 林 木 (間伐後) Main stand (After thinning)				副 林 木 Secondary stand		
		樹 Height 高	胸 D.b.h. 高 直 徑	ha 当 り Per ha		平 均 Average		ha 当 り Per ha		平 均 Average		立 No. of trees 木 本 数
				立 No. of trees 木 本 数	幹 Volume 材 積	樹 Height 高	胸 D.b.h. 高 直 徑	立 No. of trees 木 本 数	幹 Volume 材 積	樹 Height 高	胸 D.b.h. 高 直 徑	
年	m	m	cm	本	m ³	m	cm	本	m ³	m	cm	本
5		$\frac{3.8}{1-7}$	$\frac{4.9}{-11}$	2,108								
8										4.9	3.8	108
10	10.6	$\frac{8.4}{5-12}$	$\frac{10.6}{3-19}$	1,992	94	8.7	11.5	1,450	83	7.4	7.3	542
12		$\frac{10.3}{6-14}$	$\frac{13.6}{4-22}$	1,450	123	10.6	14.6	1,150	111	9.2	9.8	300
14		$\frac{12.1}{9-15}$	$\frac{16.2}{8-25}$	1,150	154	12.5	17.2	900	136	11.0	12.6	250
15	14.9	$\frac{13.1}{10-16}$	$\frac{18.0}{11-26}$	900	157							
17		$\frac{14.4}{11-17}$	$\frac{19.4}{12-27}$	900	198	14.6	20.1	750	178	13.3	15.7	150
20	18.1	$\frac{16.5}{20-19}$	$\frac{22.0}{13-30}$	750	239	16.9	23.1	600	209	15.2	17.8	150
23		$\frac{18.6}{15-21}$	$\frac{24.9}{18-33}$	600	265	18.7	25.3	525	240	17.9	22.0	75
25	21.0	$\frac{19.7}{15-23}$	$\frac{26.4}{19-34}$	525	275							
26		$\frac{20.3}{16-23}$	$\frac{26.9}{19-35}$	525	294	20.4	27.4	450	263	19.4	23.7	75
30	23.3	$\frac{22.3}{17-25}$	$\frac{29.5}{20-36}$	450	327	22.5	30.0	400	303	20.7	24.7	50
35	25.3	$\frac{24.5}{18-27}$	$\frac{31.9}{21-40}$	400	373	24.6	32.5	350	337	23.4	28.4	50
40	27.1	$\frac{26.5}{24-29}$	$\frac{34.3}{28-42}$	350	403	26.7	34.6	325	381	25.2	30.9	25
45	28.6	$\frac{28.1}{25-31}$	$\frac{36.0}{30-44}$	325	435							
50	29.9	$\frac{29.4}{26-33}$	$\frac{37.1}{31-45}$	325	482	29.4	37.3	300	451	28.9	34.0	25
55	30.9	$\frac{30.4}{27-34}$	$\frac{38.2}{32-46}$	300	489							
60	31.8	$\frac{31.3}{27-35}$	$\frac{39.0}{32-47}$	300	523							

(間伐木) (Thinned trees)			總收穫		幹材積 連年生長量		幹材積 年平均生長量			平均閉鎖 均度		年 Age in yr.
ha 当り Per ha			Total yield		Current annual volume increment		Mean annual volume increment			Mean closing grade		
本 數 比 率 (間 伐 率)	幹 材 積 Volume	幹 材 積 比 率 (間 伐 率)	副 幹 材 積 Secondary stand	主 幹 材 積 Main stand	主 幹 材 積 Main stand	主 副 合 計 Intire stand	主 幹 材 積 Main stand	主 副 合 計 Intire stand	總 收 穫 量 Total yield	間 伐 前 Before thinning	間 伐 後 After thinning	年 齡
										0.13		5
(除伐)												8
27	11	12	11	94	} 14.0	20.0	8.3	9.4	9.4	0.38	0.32	10
21	12	10	23	134			} 12.5	21.5	9.3	10.3	11.2	0.39
22	18	12	41	177	} 14.0	20.7			9.7	11.1	12.6	0.41
				198							13.2	0.39
17	20	10	61	239	} 10.3	20.3	10.5	11.6	14.1	0.43	0.39	17
20	30	13	91	300			} 10.3	18.7	10.5	12.0	15.0	0.45
13	25	9	116	356	} 7.7	18.0			10.4	11.5	15.5	0.45
				391							15.6	0.45
14	31	11	147	410	} 10.0	16.0	10.1	11.3	15.8	0.46	0.42	26
11	24	7	171	474			} 6.8	14.0	10.1	10.9	15.8	0.47
13	36	10	207	544	} 8.8	13.2			9.6	10.7	15.5	0.48
7	22	5	229	610			} 7.0	10.1	9.5	10.1	15.3	0.49
				661							14.7	0.49
8	31	6	260	711			9.0	9.6	14.2	0.52	0.50	50
				749					13.6	0.52		55
				783					13.1	0.54		60

地位指数 20
Site index

疎仕立林分
Sparse schedule stand

年 Age in yr. 齡	上 Top height 層 高	主 副 林 木 (間伐前) Intire stand (Before thinning)				主 林 木 (間伐後) Main stand (After thinning)				副 林 木 Secondary stand		
		樹 Height 高	胸 D.b.h. 高 直 徑	ha 当 り Per ha		平 均 Average		ha 当 り Per ha		平 均 Average		立 No. of trees 木 本 数
				立 No. of trees 木 本 数	幹 Volume 材 積	樹 Height 高	胸 D.b.h. 高 直 徑	立 No. of trees 木 本 数	幹 Volume 材 積	樹 Height 高	胸 D.b.h. 高 直 徑	
		m	cm	本	m ³	m	cm	本	m ³	m	cm	本
5		$\frac{3.0}{1-5}$	$\frac{3.3}{-8}$	2,108								
9									4.7	4.1	108	
10	8.6	$\frac{6.8}{3-10}$	$\frac{9.0}{2-15}$	2,000	55							
12		$\frac{8.1}{4-11}$	$\frac{10.4}{3-18}$	2,000	85	8.5	11.5	1,450	73	7.3	7.6	550
15	12.1	$\frac{10.3}{7-13}$	$\frac{13.6}{6-21}$	1,450	120	10.6	14.3	1,150	106	9.4	10.6	300
18		$\frac{12.3}{9-15}$	$\frac{16.2}{8-24}$	1,150	154	12.6	17.2	900	135	11.3	12.8	250
20	15.3	$\frac{13.7}{10-16}$	$\frac{18.4}{10-25}$	900	168							
21		$\frac{14.2}{10-17}$	$\frac{18.9}{10-26}$	900	183	14.4	19.5	750	163	13.5	15.9	150
25	17.7	$\frac{16.3}{13-19}$	$\frac{21.6}{15-30}$	750	223	16.4	22.2	600	189	15.7	19.3	150
29		$\frac{18.1}{15-21}$	$\frac{24.1}{16-32}$	600	244	18.3	24.5	525	222	17.2	21.1	75
30	19.8	$\frac{18.7}{16-22}$	$\frac{24.9}{17-34}$	525	234							
35	21.7	$\frac{20.4}{17-23}$	$\frac{26.8}{18-37}$	525	295	20.7	27.6	450	268	18.9	22.2	75
40	23.3	$\frac{22.2}{19-25}$	$\frac{29.2}{20-39}$	450	321	22.3	29.7	400	296	21.1	25.1	50
45	24.5	$\frac{23.7}{20-26}$	$\frac{31.1}{25-40}$	400	342							
50	25.7	$\frac{24.8}{21-28}$	$\frac{32.1}{26-42}$	400	383	24.9	32.5	350	345	23.9	29.5	50
55	26.6	$\frac{25.9}{22-29}$	$\frac{33.5}{26-43}$	350	379							
60	27.4	$\frac{26.7}{23-30}$	$\frac{34.3}{27-44}$	350	409							

(間伐木) (Thinned tree)			總收穫		幹材積 連年生長量		幹材積 年平均生長量			平均閉鎖度		年 Age in yr.
ha 当り Per ha			Total yield		Current annual volume increment		Mean annual volume increment			Mean closing grade		
本 數 比 率 (間伐率) Thinning rate in No.	幹 材 積 Volume 材 積	幹材積比率(間伐率) Thinning rate in volume	副幹 材林 Secondary stand 木積	主幹 材林 Intire stand 木積	主 林 Main stand 木	主 副 合 計 Intire stand 計	主 林 Main stand 木	主 副 合 計 Intire stand 計	總 收 穫 量 Total yield	間 伐 前 Before thinning	間 伐 後 After thinning	年 齡
											0.06	5
												9
									5.5	0.29		10
28	12	14	12	85	} 11.0	15.7	6.1	7.1	7.1	0.37	0.31	12
21	14	12	26	132			7.1	8.0	8.8	0.40	0.35	15
22	19	12	45	180	} 9.7	16.0	7.5	8.6	10.0	0.42	0.37	18
				213			9.3	16.0			10.7	0.41
17	20	11	65	228	} 6.5	15.0	7.8	8.7	10.9	0.43	0.39	21
20	34	15	99	288			7.6	8.9	11.5	0.45	0.40	25
13	22	9	121	343	} 8.3	13.8	7.7	8.4	11.8	0.45	0.42	29
				355			7.7	12.2			11.8	0.43
14	27	9	148	416	} 5.6	10.6	7.7	8.4	11.9	0.47	0.43	35
11	25	8	173	469			7.4	8.0	11.7	0.47	0.44	40
				515	} 4.9	8.7			11.4	0.47		45
13	38	10	211	556			6.9	7.7	11.1	0.49	0.46	50
				590					10.7	0.48		55
			211	620					10.3	0.49		60

(除伐)

地位指数 16
Site index

疎仕立林分
Sparse schedule stand

年 Age in yr. 齡	上層高 Top height m	主 副 林 木 (間伐前) Intire stand (Befor thinning)				主 林 木 (間伐後) Main stand (After thinning)				副 林 木 Secondary stand		
		樹 Height 高	胸 D.b.h. 高 直 徑	ha 当 り Per ha		平 均 Average		ha 当 り Per ha		平 均 Average		立 木 No. of trees 本 數
				立 木 No. of trees 本 數	幹 材 Volume 材 積	樹 Height 高	胸 D.b.h. 高 直 徑	立 木 No. of trees 本 數	幹 材 Volume 材 積	樹 Height 高	胸 D.b.h. 高 直 徑	
		m	cm	本	m ³	m	cm	本	m ³	m	cm	本
5		$\frac{2.1}{1-3}$	$\frac{1.6}{-4}$	2,108								
10	6.8	$\frac{5.1}{3-7}$	$\frac{6.7}{2-11}$	2,108	26							
12									5.4	5.2	108	
15	9.56	$\frac{7.9}{5-12}$	$\frac{10.2}{3-16}$	2,000	76	8.2	11.0	1,450	63	7.3	8.1	550
19		$\frac{10.2}{7-13}$	$\frac{13.3}{7-19}$	1,450	111	10.3	13.9	1,150	96	9.5	10.8	300
20	12.5	$\frac{10.8}{8-13}$	$\frac{14.4}{9-20}$	1,150	107							
23		$\frac{12.1}{9-14}$	$\frac{15.8}{10-22}$	1,150	143	12.3	16.5	900	122	11.3	13.3	250
25	14.5	$\frac{13.1}{10-15}$	$\frac{17.5}{11-24}$	900	144							
28		$\frac{14.2}{11-17}$	$\frac{18.7}{12-26}$	900	177	14.3	19.2	750	156	13.6	16.0	150
30	16.2	$\frac{15.0}{12-18}$	$\frac{20.0}{14-27}$	750	177							
35	17.9	$\frac{16.5}{14-20}$	$\frac{21.6}{15-30}$	750	225	16.7	22.4	600	194	15.6	18.3	150
40	19.1	$\frac{18.0}{15-21}$	$\frac{23.8}{17-31}$	600	234							
45	20.3	$\frac{19.1}{16-22}$	$\frac{25.0}{19-33}$	600	273	19.2	25.4	525	247	17.2	22.4	75
50	21.2	$\frac{20.1}{17-23}$	$\frac{26.3}{19-34}$	525	278	20.3	26.9	450	250	18.9	22.9	75
55	22.2	$\frac{21.1}{18-24}$	$\frac{27.8}{21-36}$	450	276							
60	22.7	$\frac{21.8}{19-25}$	$\frac{28.5}{22-37}$	450	300							

(間伐木) (Thinned tree)			總收穫		幹材積 連年生長量		幹材積 年平均生長量			平均 閉鎖度		年 Age in yr.
ha 當 Per ha			Total yield		Current annual volume increment		Mean annual volume increment			Mean closing grade		
本 數 比 率 (間 伐 率) Thinning rate in No.	幹 材 積 Volume 材 積	幹 材 積 比 率 (間 伐 率) Thinning rate in volume	副 幹 材 積 Secondary stand 木材 木積	主 幹 材 積 Intire stand 木材 木積	主 幹 材 積 Main stand 木材 木	主 幹 材 積 合 計 Intire stand 合計	主 幹 材 積 Main stand 木材 木	主 幹 材 積 合 計 Intire stand 合計	總 積 量 Total yield 量	間 伐 前 Before thinning 前	間 伐 後 After thinning 後	年
										0.01		5
								2.6	0.20			10
(除伐)												12
28	13	17	13	76	} 8.3	12.0	4.2	5.1	5.1	0.35	0.30	15
21	15	14	28	124			5.1	5.8	6.2	0.39	0.34	19
				135	} 6.5	11.8			6.8	0.36		20
22	21	15	49	171			5.3	6.2	7.4	0.42	0.36	23
				193	} 6.8	11.0			7.7	0.39		25
17	21	12	70	226			5.6	6.3	8.1	0.43	0.39	28
				247	} 5.4	9.9			8.2	0.41		30
20	31	14	101	295			5.5	6.4	8.4	0.46	0.41	35
				335	} 5.3	7.9			8.4	0.44		40
13	26	10	127	374			5.5	6.1	8.3	0.47	0.44	45
				405	} 0.6	6.2			8.1	0.46	0.43	50
14	28	10	155	431			5.0	5.6	8.1	0.46	0.43	50
				431					7.8	0.45		55
			155	455					7.6	0.46		60

た。

収穫予測林分の林分内容を間伐基準別に地位ごとに取りまとめた収穫予測表を表4.4に掲げた。その記載内容は以下のとおりである。

年齢；初期林分の年齢である5年生から、伐期齢とした60年生までの間伐実行年の年齢と、5年階ごとの年齢が示してある。

上層高；収穫予測林分で樹高の上位を占める立木から順次ha当り250本に相当する本数を取り、その平均樹高である。30年の上層高が、地位指数を示している。

主副林木(間伐前)；SMSGLの間伐システムでは、生長期間の終了後に間伐が実行される。嶺方式にしたがって間伐年齢においては、間伐の実行される直前の林分の全立木を、また、その他の年階においては、その年齢時に現存している全立木を計上した。林分の樹高と胸高直径は分数式で表わし、分子にはそれぞれの平均値を、分母には分布の範囲を示してある。なお、胸高直径の平均値には、収穫予測が直径生長を基にした林分生長モデルによることから算術平均を掲げた。立木本数と幹材積は、いずれも収穫予測林分の実現値をha当りに換算した値である。

主林木(間伐後)；間伐の実行年齢において、間伐の実行された後の残存立木を計上した。したがって、次回の間伐時には、主副林木として記載される。各林分因子については上と同様である。

副林木(間伐木)；各間伐年齢における間伐対象木である。ここではha当りに換算された立木本数と幹材積について、主副林木のそれぞれに対する比を百分率で表わした。これらの値は、それぞれの間伐率に外ならない。

総収穫；副林木と主副合計が記載されているが、前者はその年齢までに間伐によって収穫された立木の幹材積の累計である。また後者は、間伐年齢においては、そのときの主林木と前者の合計を、それ以外の年階においては、その年齢で現存する主副林木の幹材積と、その直上の年齢の副林木総収穫量との合計を計上してある。

幹材枝連年生長量；間伐年齢間の定期平均生長量で代用して示してある。主林木の欄には、間伐年間の主林木の定期平均生長量が計上してあるが、後年齢において間伐による収穫があるので、この生長量は平均純生長量を示すものである。主副合計欄には、後年齢における主副林木幹材積と前年齢における主林木幹材積との間の定期平均生長量が計上されており、これは平均粗生長量に当るものである。

幹材積平均生長量；主林木幹材積、主副林木幹材積、総収積量のそれぞれを年齢で除した値を計上してある。このうち総収積量の年平均生長量が一般的なものであるが嶺方式に準じて他の因子も掲げた。

平均閉鎖度；これは林分の相対的な立木密度ともみられるので、間伐年齢では間伐直前の値と間伐直後の値を記入した。

§4-4 林分生長量予測法

(1) 長予測のシステム

MSGLによる林分収穫量の予測値は、地位、植栽本数および間伐基準の3つの条件が与えられ、これらの条件のもとで期待される林分生長量の1つの実験値である。すなわち、与えられた条件のもとで実現された不特定な林分の生長である。これに対して、さらに条件を強めて、特定の条件のもとでの林分生長のシミュレーションを考えることができる。

SMSGLのシステムで、初期林分の立木配置の部分に、現実林分の立木配置を当てれば、その林分の生長を実現させることができる。すなわち、林分生長モデルを林分生長量の直接予測法として利用するものである。ここでは、§2-5の占有面積の画定の実例として用いた21年生のカラマツ人工林を対象例として、シミュレーションによる林分生長量の予測法について検討を行った。

この生長予測のためのシミュレーション・システムは、SMSGLのCHAINをそのまま用いて、CHAIN1に代って、図-4.18に示したような対象林分の測定値の入力と、閉鎖度の算定を行うシステムが当てられる。このプログラムをESTIMATION OF STAND GROWTH(LARIX)(以下単にESGLと略称する)と名付けた。

このESGLによって生長予測をする場合には、対象林分内に方形または長方形のプロットを設定し、次の各因子を測定して入力しでやらなければならない。すなわち、プロット内の立木本数、年齢、立木位置の座標値、毎木調査による樹高、胸高直径、力枝高—最大の樹冠幅部を構成している枝のうちから、枝の太さにこだわらず若葉量の多い枝の地上高—、樹冠幅—4方向の樹冠半径を測定し、その平均値を2倍する—などである。

以上の外にプロット林分の上層高によってその地位指数を判定し、それに応じた上層木平均樹高曲線を選択して

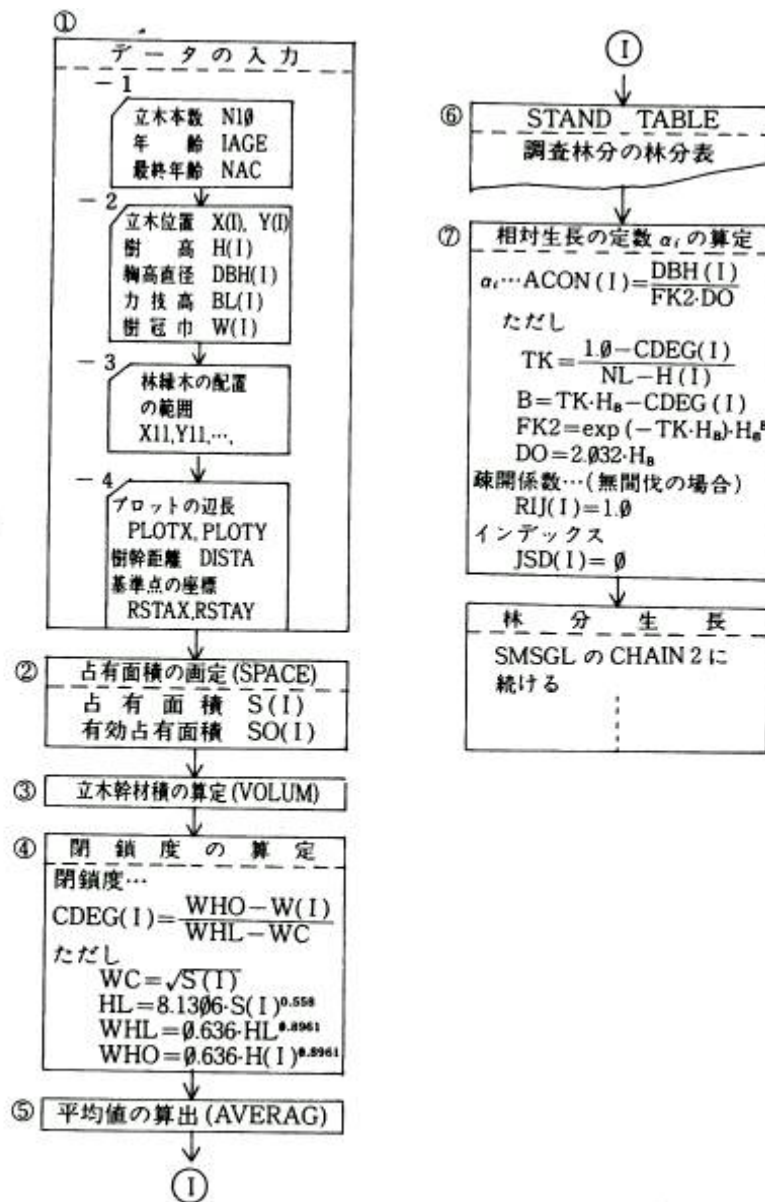


Fig. 4.18 ESTIMATION OF STAND GROWTH (LARIX)

表-4.5 生長予測林分の上層木平均樹高の入力値
Table 4.5 Mean upper-tree height inputted for prediction of the stand growth. 地位指数 18
Site index

年 齢 Age in yr.	上層木平均樹高 Mean upper-tree height	年 齢 Age in yr.	上層木平均樹高 Mean upper-tree height
(年)	(m)	(年)	(m)
21	(1.3587)*	29	14.65
	11.51	30	15.00
22	11.98	35	16.56
23	12.39	40	17.86
24	12.78	45	18.97
25	13.91	50	19.92
26	13.55	55	20.72
27	13.93	60	21.41
28	14.29		

* ()内は上層木樹高の標準偏差

*Bracketed value shows standard deviation of the upper-tree heights.

年輪の順に入力してやる。ここで例示する対象林分の地位指数は、地位指数曲線図(図-2.52)によって18と判定され、それに相当する入力データの値は、表-4.5に掲げたとおりである。さらに、間伐の実行を前提とする林分生長量の予測であれば、変数CUTに1.0を与えることは、SMSGLの場合と同様である。いまの例では、無間伐とするので1.0以外の実数型変数が与えられる。

(2) 生長予測の結果

ESGLによる林分生長量の予測の場合も、安定した予測値をえるためには、乱数の初期値を変えて、試行を繰り返す必要がある。ここでの実行例では2回の試行(a, b)を行い、この結果を表-4.6に掲げた。

この表から明らかなように、林分生長因子の平均値には、試行回間にほとんど差が認められないが、枯死木の発生本数は、試行の都度やや異なった値が実現されている。しかし、この場合でも、表-2.8で示した枯死直前の状態に達していると判断された6本の被圧木は、2回の試行に共通して25年生までに、半数の3本(No.6, 16, 24)が枯死し、次の30年生に至る間に残りの3本(No.13, 22, 57)も枯死するものと予測されている。

林分の生長経過については、SMSGLによった無間伐林の場合と同様な傾向をたどるものと予測された。すなわち、この林分は40年生に至って、平均閉鎖度が0.8に達し、以後林分の幹材積生長がほとんどみられず、次第に本数減少をとめないながら推移するという予測結果が示されている。

上のような枯死木の発生本数の変動は、樹高生長の変動性によるもので、試行回数を重ねて、その平均値をとることによって、信頼度の高い予測値とすることができる。

(3) 生長予測表の作成

ESGLの何回かの試行を平均して、林分生長量の予測値を算出するためには、表-4.7の形式で、それぞれの試行回数の結果をとりまとめておけば便利であり、同時に林分構造の変化を追加することもできる。この表は、固定標準地の定期調査のために提案されている直径階別の取りまとめ表(西沢⁶²⁾(1959)に準じ、また、固定収穫試験地の直径階別直径、樹高の平均および単木当り連年生長量表⁷⁰⁾(林試1972)と同様な形式をとったものである。

この生長予測表には、5年階ごとに期首における直径階を基準にして、各試行回をこみにした胸高直径、樹高、幹材積および閉鎖度の平均値が計上される。この場合に期間中に被圧を受けて枯死した立木は、枯死木として区分し、枯死した時点の胸高直径、樹高および幹材積の平均値が記載される。また、上の枯死木を除いた期末に現存する立木を生立木として区分し、期首における直径階ごとに、期末の各林分因子の値が計上される。さらに、各林分因子の平均値について、それぞれ期末と期首との差を求め、これらの値を定期生長量欄に記載する。以上の直径階ごとの各因子の平均値は、期首、期末の各年齢における現存量の予測値であり、その差はこの期間の生長量である。

さらに、枯死木、生立木の区別に、各林分因子について全直径階を通じた平均値を計上する。これらの値は、各試行回を通じて求められたプロットの平均値についての予測値である。また、各区分ごとに各試行回の立木本数を合計し、試行回数で除した商(プロット当りの立木本数)に平均幹材積を乗ずることによって、プロット当りの

表- 4.6 ESGLによる生長因子の実現値
 Table 4.6 Values of the growth factors predicted by the ESGL* for the subject stand.

区分 Terms	生長因子 Growth factors	繰返し Repetition	年 Age in years								
			21	25	30	35	40	45	50	55	60
ア ロ	平均樹高(m) Mean height	a b	11.90(10.32) 11.90(10.35)	13.37(12.35) 13.30(12.48)	15.35(15.08) 15.42(15.62)	17.07(16.23) 17.01(14.10)	18.64(14.63) 18.53(16.55)	20.12(23.04) 20.02(18.91)	21.02(20.31) 21.37(22.57)	22.00(20.51) 22.16(20.51)	22.75 22.97
	平均胸高直径(cm) Mean d.b.h	a b	12.31(8.17) 12.31(7.84)	13.22(9.08) 13.16(9.73)	14.16(12.41) 14.30(12.86)	14.81(11.82) 14.82(9.39)	15.70(10.50) 15.33(11.61)	16.27(16.49) 16.03(14.12)	16.42(15.75) 16.49(17.38)	16.62(16.56) 16.56(13.95)	16.73 16.76
ッ	平均幹材積(m³) Mean volume	a b	0.078(0.031) 0.078(0.029)	0.098(0.047) 0.097(0.052)	0.126(0.091) 0.129(0.101)	0.153(0.093) 0.153(0.050)	0.183(0.067) 0.178(0.093)	0.209(0.236) 0.203(0.145)	0.222(0.194) 0.228(0.255)	0.238(0.255) 0.239(0.152)	0.249 0.254
	平均閉鎖度 Mean closing grade	a b	0.635 0.635	0.679 0.683	0.756 0.734	0.774 0.777	0.761 0.826	0.793 0.828	0.821 0.814	0.811 0.819	0.841 0.830
ト	立木本数(本) No. of trees	a b	58(5) 58(4)	53(4) 54(7)	49(7) 47(4)	42(7) 43(2)	35(2) 41(5)	33(1) 36(5)	32(3) 31(2)	29(3) 29(1)	29 28
	平均樹高(m) Mean height		11.90(10.33)	13.33(12.43)	15.37(15.28)	17.04(15.76)	18.58(16.00)	20.07(19.60)	21.19(21.21)	22.08(20.51)	22.86
合計 Total	平均胸高直径(cm) Mean d.b.h.		12.31(8.02)	13.19(9.49)	14.22(12.58)	14.82(11.28)	15.50(11.29)	16.14(14.51)	16.45(16.40)	16.59(13.95)	16.74
	幹材積 (m³/ha) Volume		177(5)	204(11)	240(20)	254(15)	267(12)	277(19)	277(21)	270(3)	280
計	平均閉鎖度 Mean closing grade		0.635	0.681	0.745	0.776	0.796	0.811	0.817	0.815	0.836
	立木本数(本/ha) No. of trees		2,266(176)	2,090(215)	1,875(215)	1,660(176)	1,484(137)	1,347(117)	1,230(97)	1,133(20)	1,113

注) ()内の数字は枯死木を扱わず。
 Note) Bracketed value shows dead tree.
 *Code of the ESTIMATION OF STAND GROWTH (LARIX)

表- 4.7 ESGLの実現値による林分生長量の子測表

Table 4.7 Stand growth table predicted by the ESGL for the subject stand.

区分	D.b.h. class (cm)	立木												期間中に発生した枯死木			
		生						木						Tree dying during the period			
		平均			25年			25年生			定期生長量 (4年間)			平均			
		No. of trees	直径 D.b.h. (cm)	樹高 Height (m)	材積 Volume (m ³)	閉鎖度 Closing grade	平均	直径 D.b.h. (cm)	樹高 Height (m)	材積 Volume (m ³)	閉鎖度 Closing grade	直径 D.b.h. (cm)	樹高 Height (m)	材積 Volume (m ³)	閉鎖度 Closing grade	直径 D.b.h. (cm)	樹高 Height (m)
枯死木	4	2	4.80	8.00	0.008	0.962									4.80	8.13	0.009
	8	4	8.50	10.00	0.030	0.945								8.52	10.65	0.032	
	10	3	9.47	10.73	0.040	0.914								9.50	11.38	0.042	
平均		9	8.00	9.80	0.028	0.938								8.02	10.33	0.030	
立木	6	2	6.30	9.60	0.016	0.877											
	8	10	8.44	9.72	0.029	0.708											
	10	15	10.33	10.68	0.047	0.673											
	12	34	12.27	12.19	0.073	0.619											
	14	30	13.93	12.72	0.097	0.565											
	16	12	16.25	13.58	0.139	0.549											
	18	2	17.30	13.00	0.150	0.571											
	20	2	19.40	15.00	0.214	0.294											
	平均		107	12.67	12.03	0.082	0.609										
	合計		53.5			4.403											
合計	平均		116	11.90	11.90	0.078	0.635										
	合計		58.0			4.530											
合計		2,266			177												

区 Terms	生 Live tree										木 Tree dying during the period						
	D.b.h. Class 階 (cm)	No. of trees 数	平 Average					定 Periodic increment (For 5 years)									
			25 年 生 (yr.)		30 年 生 (yr.)		閉鎖度 Closing grade		材積 Volume (m ³)		樹高 Height (m)		材積 Volume (m ³)				
	直徑 D.b.h. (cm)	樹高 Height (m)	材積 Volume (m ³)	閉鎖度 Closing grade	直徑 D.b.h. (cm)	樹高 Height (m)	材積 Volume (m ³)	閉鎖度 Closing grade	直徑 D.b.h. (cm)	樹高 Height (m)	材積 Volume (m ³)	閉鎖度 Closing grade	直徑 D.b.h. (cm)	樹高 Height (m)	材積 Volume (m ³)		
枯 死 木 Dead tree	6	2	6.37	10.81	0.019	0.976								6.37	11.11	0.019	
	8	2	7.56	10.03	0.024	0.945								7.58	10.87	0.026	
	10	4	9.75	11.23	0.044	0.915								9.80	12.13	0.046	
	12	3	12.39	13.97	0.084	0.905								12.43	14.75	0.090	
平均 Average PLOT Per plot Per ha		11	9.46	11.68	0.043	0.929								9.49	12.43	0.050	
		5.5			0.238											0.275	
		215			10											11	
生 立 木 Live tree	8	4	8.64	10.30	0.032	0.724	8.90	11.65	0.038	0.876	0.26	1.35	0.003	0.152			
	10	7	9.62	11.47	0.043	0.743	9.93	12.16	0.052	0.852	0.31	2.14	0.009	0.109			
	12	29	12.18	13.06	0.077	0.699	12.63	14.91	0.093	0.798	0.41	1.85	0.016	0.099			
	14	42	14.00	13.89	0.106	0.637	14.66	15.82	0.131	0.714	0.66	1.93	0.025	0.077			
	16	15	15.94	14.30	0.140	0.585	16.59	16.13	0.170	0.688	0.65	1.83	0.035	0.103			
	18	7	17.63	15.53	0.179	0.627	18.45	17.15	0.225	0.715	0.82	1.62	0.046	0.088			
	20	1	20.88	16.57	0.272	0.355	22.52	18.59	0.352	0.434	1.64	2.02	0.080	0.079			
	22	1	21.01	16.76	0.279	0.344	22.57	18.63	0.354	0.431	1.53	1.87	0.075	0.087			
	平均 Average PLOT Per plot Per ha		96	13.62	13.55	0.104	0.652	14.22	15.37	0.128	0.745	0.60	1.82	0.024	0.093		
			48			4.994				6.144				1.150			
		1,875			194				240				46				
合 計 Total	平均 Average PLOT Per plot Per ha		107	13.19	13.33	0.098	0.681	14.22	15.37	0.128	0.745	0.96	2.04	0.031	0.064		
			53.5			5.232			6.144				0.904				
			2,090			204			240				36				

区 Terms	立木 Live tree											期間中に発生した枯死木 Tree dying during the period				
	D.b.h. 径階 (cm)	本 No. 数	平均 Average						定期生長量 Periodic increment (For 5 years)			平均 Average				
			35年 生 (yr.)		40年 生 (yr.)		閉鎖度 Closing grade	材積 Volume (m ³)	樹高 Height (m)	直径 D.b.h. (cm)	樹高 Height (m)	材積 Volume (m ³)	閉鎖度 Closing grade	直径 D.b.h. (cm)	樹高 Height (m)	材積 Volume (m ³)
			直径 D.b.h. (cm)	樹高 Height (m)	材積 Volume (m ³)	閉鎖度 Closing grade										
枯死木 Dead tree	10	5	9.57	13.56	0.050	0.977							9.57	14.03	0.052	
	12	2	12.71	17.52	0.109	0.978							12.71	17.62	0.109	
	14	1	13.14	18.30	0.122	0.937							13.17	19.40	0.129	
	16	1	15.05	16.02	0.139	0.921							15.09	17.00	0.148	
平均 Average PLOT Per plot Per ha		9	11.27	15.24	0.081	0.967							11.28	15.76	0.084	
生立木 Live tree	8	2	8.73	12.37	0.038	0.809	8.77	13.43	0.042	0.991	0.04	1.06	0.003	0.182		
	10	3	10.15	15.12	0.062	0.818	10.28	16.36	0.068	0.880	0.13	1.24	0.007	0.062		
	12	9	12.40	15.81	0.095	0.822	12.55	17.13	0.105	0.870	0.15	1.32	0.010	0.048		
	14	26	14.31	17.15	0.135	0.751	14.57	18.47	0.150	0.798	0.26	1.32	0.015	0.047		
	16	18	15.97	17.85	0.173	0.734	16.25	19.18	0.192	0.782	0.28	1.33	0.019	0.048		
	18	13	18.00	17.90	0.219	0.752	18.30	19.25	0.243	0.771	0.30	1.35	0.024	0.019		
	20	3	19.24	19.61	0.272	0.726	19.61	21.08	0.303	0.723	0.37	1.47	0.031	-0.003		
	24	2	23.64	20.20	0.419	0.487	24.42	21.50	0.474	0.518	0.78	1.30	0.055	0.031		
	平均 Average PLOT Per plot Per ha		76	15.24	17.25	0.162	0.752	15.50	18.58	0.180	0.796	0.26	1.33	0.018	0.044	
			38			6.144				6.835				0.691		
		1,484			240				267				27			
合計 Total	平均 Average PLOT Per plot Per ha		85	14.82	17.04	0.153	0.776	15.50	18.58	0.180	0.796	0.68	1.54	0.027	0.020	
			42.5			6.503			6.835				0.332			
			1,660			254			267				13			

区 分	D.b.h. class 階 (cm)	生 立 木 Live tree										期間中に発生した枯死木 Tree dying during the period						
		平 均 値 Average					定 期 生 量 量 (For 5 years)					平 均 値 Average						
		40 年 生 (yr.)		45 年 生 (yr.)		閉鎖度 Closing grade	40 年 生 (yr.)		45 年 生 (yr.)		閉鎖度 Closing grade	定期 (5 年間)		直 径 D.b.h. (cm)	樹 高 Height (m)	材 積 Volume (m ³)		
		直 径 D.b.h. (cm)	樹 高 Height (m)	材 積 Volume (m ³)	閉鎖度 Closing grade		直 径 D.b.h. (cm)	樹 高 Height (m)	材 積 Volume (m ³)	閉鎖度 Closing grade		直 径 D.b.h. (cm)	樹 高 Height (m)				材 積 Volume (m ³)	
枯 死 木	8	2	8.77	13.44	0.042	0.991									8.77	13.56	0.042	
	10	1	10.45	14.95	0.065	0.996									10.45	15.01	0.065	
	12	3	12.04	16.38	0.092	0.981									12.04	16.82	0.095	
	14	1	14.91	18.81	0.159	0.970									14.92	19.40	0.164	
	平均	7	11.29	15.68	0.088	0.985									11.29	16.00	0.088	
平均		3.5			0.308												0.308	
		137				12											12	
生 立 木	10	2	10.20	17.07	0.067	0.822	10.30	18.11	0.075	0.849	0.10	1.04	0.005	0.027	0.10	1.04	0.005	0.027
	12	4	12.61	18.09	0.111	0.849	12.72	19.37	0.120	0.851	0.11	1.28	0.009	0.002	0.11	1.28	0.009	0.002
	14	17	14.06	17.83	0.136	0.799	14.23	18.98	0.147	0.841	0.17	1.15	0.012	0.041	0.17	1.15	0.012	0.041
	16	27	15.79	19.17	0.182	0.778	15.99	20.33	0.195	0.807	0.20	1.16	0.015	0.029	0.20	1.16	0.015	0.029
	18	11	17.96	19.15	0.233	0.779	18.19	20.39	0.252	0.838	0.23	1.24	0.019	0.059	0.23	1.24	0.019	0.059
	20	6	19.39	20.21	0.285	0.730	19.72	21.49	0.312	0.745	0.33	1.28	0.027	0.015	0.33	1.28	0.027	0.015
	24	2	24.42	21.50	0.474	0.518	25.27	23.08	0.542	0.570	0.85	1.58	0.069	0.052	0.85	1.58	0.069	0.052
平均	69	15.93	18.87	0.189	0.777	16.14	20.07	0.206	0.811	0.21	1.20	0.017	0.034	0.21	1.20	0.017	0.034	
平均		345			6.528			7.092				0.572					0.572	
		1,348			255			277				22					22	
合 計	平均	76	15.50	18.58	0.180	0.796	16.14	20.07	0.206	0.811	0.64	1.49	0.026	0.015	0.64	1.49	0.026	0.015
	平均	38			6.835			7.092				0.257					0.257	
	平均	1,484			267			277				10					10	

区 分	Terms	D.b.h. class 階 階	生 立 Live tree												期間中に発生した枯死木				
			平 均 値						定 期 生 長 量 (For 5 years)						平 均 値				
			45 年 生 (yr)			50 年 生 (yr.)			直 径 D.b.h. (cm)		樹 高 Height (m)		材 積 Volume (m ³)		閉 鎖 度 Closing grade		直 径 D.b.h. (cm)	樹 高 Height (m)	材 積 Volume (m ³)
			本 数	直 径 D.b.h. (cm)	樹 高 Height (m)	材 積 Volume (m ³)	閉 鎖 度 Closing grade	直 径 D.b.h. (cm)	樹 高 Height (m)	材 積 Volume (m ³)	閉 鎖 度 Closing grade	直 径 D.b.h. (cm)	樹 高 Height (m)	材 積 Volume (m ³)	閉 鎖 度 Closing grade	直 径 D.b.h. (cm)	樹 高 Height (m)	材 積 Volume (m ³)	
枯 死 木	Dead tree	12	2	12.84	18.23	0.116	0.959												
		14	2	14.40	18.22	0.145	0.983												
		16	2	16.27	20.32	0.204	0.973												
生 立 木	Live tree	均	6	14.5	18.92	0.160	0.972												
		平 Average PLOT Per plot Per ha	3			0.486													
			117			19													
		10	2	10.30	18.11	0.075	0.849	10.36	18.92	0.080	0.910	0.06	0.81	0.005	0.061				
		12	2	12.60	20.46	0.125	0.743	12.75	21.49	0.134	0.757	0.15	1.03	0.009	0.041				
		14	13	14.08	19.10	0.145	0.821	14.20	20.13	0.155	0.847	0.12	1.03	0.010	0.026				
		16	25	15.80	20.28	0.192	0.798	15.94	21.33	0.205	0.828	0.14	1.05	0.013	0.030				
		18	13	18.03	20.27	0.247	0.827	18.17	21.30	0.264	0.837	0.14	1.03	0.017	0.010				
		20	6	19.71	21.49	0.312	0.745	19.95	22.56	0.335	0.739	0.24	1.07	0.023	-0.006				
		26	2	25.27	23.08	0.542	0.570	25.75	24.10	0.587	0.606	0.48	1.02	0.045	0.036				
合 計	Total	均	63	16.30	20.18	0.210	0.778	16.45	21.19	0.225	0.817	0.15	1.01	0.015	0.039				
		平 Average PLOT Per plot Per ha	31.5			6.606					7.092			0.486					
			1,230			258				277				19					
		均	69	16.14	20.07	0.206	0.811	16.45	21.19	0.225	0.817	0.31	1.12	0.019	0.006				
		平 Average PLOT Per plot Per ha	34.5			7.092				7.092			0						
			1,347			277			277				0						

区分	D.b.h. class (cm)	生立木										期間中に発生した枯死木						
		平均値					定期生長量 (5年間)					平均値						
		50年		55年		閉鎖度		50年		55年		閉鎖度		直徑 D.b.h. (cm)	樹高 Height (m)	材積 Volume (m ³)		
		直徑 D.b.h. (cm)	樹高 Height (m)	材積 Volume (m ³)	閉鎖度 Closing grade	直徑 D.b.h. (cm)	樹高 Height (cm)	材積 Volume (m ³)	閉鎖度 Closing grade	直徑 D.b.h. (cm)	樹高 Height (m)	材積 Volume (m ³)						
枯死木	14	1	13.37	19.12	0.131	0.985												
	16	2	16.51	21.63	0.223	0.961												
	18	2	17.76	20.44	0.243	0.966												
平均		5	16.39	20.65	0.213	0.968												
平均 PLOT 当り		2.5			0.531													
平均 Per ha		97			21													
生立木	10	2	10.36	18.92	0.080	0.910	10.39	19.62	0.083	0.932	0.03	0.70	0.003	0.022	13.37	19.40	0.133	
	12	2	12.75	21.49	0.134	0.754	12.87	22.32	0.143	0.757	0.12	0.83	0.009	0.003	16.52	22.29	0.230	
	14	10	14.10	20.11	0.153	0.831	14.20	20.92	0.161	0.843	0.10	0.81	0.008	0.012	17.79	21.05	0.245	
	16	23	15.72	21.38	0.200	0.810	15.84	22.16	0.210	0.825	0.06	0.78	0.010	0.015				
	18	12	17.97	21.11	0.257	0.832	18.07	21.92	0.269	0.840	0.10	0.81	0.012	0.007				
	20	7	19.83	22.60	0.332	0.739	20.05	23.56	0.353	0.746	0.22	0.96	0.021	0.007				
	26	2	25.75	24.10	0.587	0.606	26.16	25.07	0.629	0.596	0.41	0.97	0.042	-0.010	16.40	21.21	0.217	
平均		58	16.46	21.26	0.226	0.804	16.59	22.08	0.239	0.816	0.11	0.82	0.013	0.012				
平均 PLOT 当り		29			6.561				6.915				0.354					
平均 Per ha		1,133			256				270				14					
合計	平均	63	16.45	21.19	0.225	0.817	16.59	22.08	0.239	0.815	0.14	0.89	0.014	-0.002				
	平均 PLOT 当り	31.5			7.092				6.915				-0.077					
		1,230			277				270				-7					

幹材積の予測値とすることができる。上で予測されたプロット当りの立木本数をプロット面積で除せば、ha 当りの立木本数が、また、この値に平均幹材積を乗ずれば、同じく ha 当りの幹材積の予測値がそれぞれ求められる。

区分の合計欄には期首および期末に現存する全立木の胸高直径、樹高、幹材積および閉鎖度の平均値が計上される。これらの値は、それぞれの因子のプロット平均の予測値となる。また、プロット当りおよび ha 当りの立木本数、幹材積については、上の区分で行ったと同じ手順によってそれぞれの予測値が求められる。

幹材積の生長量は、生立木と合計欄について、期末の幹材積から期首の幹材積を差し引くことによって求めることができる。すなわち

生立木欄の場合

$$\Delta V_g = V_{t+\Delta t} - V_t + v_t$$

合計欄の場合

$$\Delta V_n = V_{t+\Delta t} - V_t$$

ここで、 $V_{t+\Delta t}$ は期末における林分の幹材積、 V_t は期首における林分の幹材積、 v_t は期間中に枯死する立木の期首における幹材積

をそれぞれ求めたことになり、 ΔV_g は期間の粗生長量であり、 ΔV_n は同じく純生長量である。

以上の 5 年階ごとの生長予測表で算出された各因子のそれぞれの値は、表-4.6 の合計欄に再掲される。生長予測の対象林分は、予測時点に至るまで無間伐のまま経過してきた林分であり、すでに被圧を受けて枯死した立木も認められる過密な林分である。そのために直径生長が低下しており、その将来生長の予測値も一般の間伐林分に比較して著しく低い値が示された。

予測値の適合性については、対象林分の今後の生長に待たなければ直接的にこれを確かめることはできないので以下間接的に検討を加えてゆく。そのために、生長予測表から生立木について期首の直径階と、期間の直径生長量との関係を取りだし、これを図-4.19 に示した。この図で若い年階では、大きい直径階ほどその生長量も大きいとい

う傾向が明らかであるが、年階の進むにしたがってこの傾向は次第に弱まってゆく。この傾向を現実林分と比較するため、北海道地方に設定されているカラマツ人工林の収穫試験地の測定値 70¹⁾ (林試 1972) を図-4.19 に掲げた。これらの試験林分は、まだ 20 年生以下のものがほとんどで、また地位、立木本数もそれぞれ異なっているが、直径階に対する直径生長量の関係は、生長予測値と同様な傾向をとることが認められる。

また、直径階ごとの平均胸高直径と平均樹高の関係も、生長予測表から検討することができる。この関係については、すでに § 3-5 で無間伐林分について検討を加えたが、ここでの生長予測値の場合も、図-4.20 に示したように、上に凸な曲線関係を呈し、また、収穫試験地の測定値によっても同様な傾向をとることが確かめられる。

上で検討を加えた直径階ごとの直径生長量および

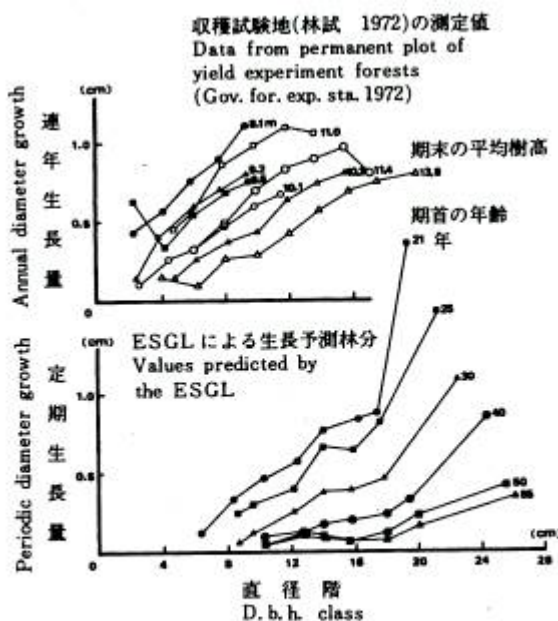


図-4.19 直径階ごとの胸高直径生長量の推移
Fig.4.19 Transition of the relation between diameter breast height and its growth.

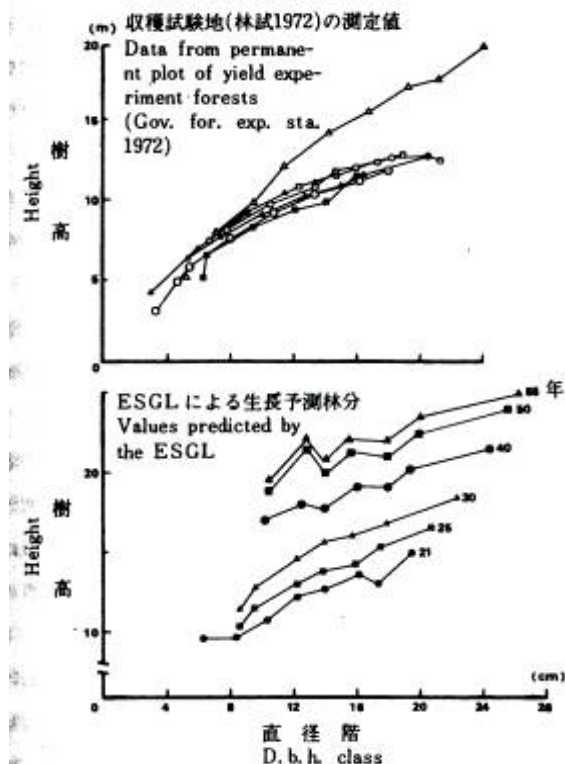


図-4.20 直径階ごとの樹高の推移
 Fig.4.20 Transition of the relation between diameter breast height and height.

胸高直径対樹高の関係は、ESGL の中枢シミュレーターとなっている樹高対直径の相対生長モデルにかかわるもので、生長予測値のこれらの関係が、現実林分と相似性を示すことから、ESGL の林分生長の予測機能の妥当性を間接的ではあるが評価できよう。

以上では、無間伐林分を対象に ESGL による生長予測を試みたが、実際にはすでに何回かの間伐を経てきた林分を対象とする場合が多いであろう。このような間伐林分に対しても疎開係数が定められれば、無間伐林分の場合と同様に ESGL を利用して生長予測を行うことができる。疎開係数は、概念的には光環境の変化に反応する立木の生理的効果を測る尺度として導入されたものであるが、シミュレーションの上では、試行錯誤的に定められる修正係数的な役割を果すパラメーターである。

間伐林分を対象にした生長予測法の 1 つの試みとして、ESGL に各立木の疎開係数を

$$RIJ(I) = \frac{\sqrt{S(I)}}{W(I)}$$

ここで、RIJ (I) は生長予測対象林分の 1 単木の疎開係数、S (I) は同じく占有面積 W (I)、は同じく樹冠幅

によって定めるプログラムを組み込み、以後の間伐を指定した生長予測を行った。この予測結果は、経験的に妥当なものとして判断された爪無間伐林分と同様に、その適合性を対象林分の生長と直接比較して確かめるだけの資料がまだおられていないので、ここでは、この方法による生長予測の可能性を指摘することと定める。

§4-5 まとめ

本章では、林分生長モデルの利用法として、そのコンピューター・シミュレーション(SMSGGL)による林分収穫量および林分生長量の予測法を提示した。前者は、地位、植栽本数および間伐基準の 3 つの条件を与えてシミュレーションを実行し、その実現値を林分収穫量の予測値とする方法である。後者は、ある年齢に達して、すでにその構造の定まっている林分を対象に、以後の生長をシミュレーション(ESGL)によって実現させ、これを林分生長の予測値とするものである。両者とも林分生長の実現機構は、同一の生長モデルによるものであるが、後者は、前者に比べて、上り制約された条件のもとでのシミュレーションである。

収穫予測法については、植栽本数を同じくし、3 地位階と疎、中庸仕立の間伐基準を組み合わせ、6 種の林分を対象にした実行例を示した。この例の予測結果を信州地方のカラマツ林分収穫表、林分密度管理図および著名なカラマツ人工林の間伐試験林の生長経過と比較対応して、SMSGGL の林分収穫量の予測機能について検討した。

林分樹高生長の予測値については、信州地方カラマツ林分収穫表の対応する樹高生長によく近似していることが確かめられた。また、各生育段階における林分の平均直径と ha 当りの幹材積の予測値を、密度管理図上で同様な間

伐基準をとった場合のそれぞれの値を比較した結果、両者は近似した経過をたどるが、SMSGLによる予測値は、密度管理図による値に比べて、間伐効果を大きく見込む傾向を示した。一方、長期間にわたるカラマツ人工林の間伐試験林でも、疎植または強度の間伐が繰返された林分、すなわち疎仕立林分ほど、肥大生長が促進されて、幹材積が多いという予測値と同様な傾向をとることが示されている。

以上の予測値についての検討結果から、間接的ではあるがSMSGLの林分収穫量の予測機能について十分に妥当性をもつものと評価を下すことができ、SMSGLを林分収穫量の予測法として実用に供する見通しをえることができた。

さらに、実行例の予測値を、間伐基準別に地位階ごとに林分収穫表と同様な形式で表示できることを示した。ここでは、2種の間伐基準の例を掲げたに過ぎないが、同様に想定される任意の間伐基準を採用した場合の予測値を表示しておけば、現実的収穫表に相当する林分収穫量の予測表として利用に供することができよう。

生長予測法の実行例として、21年生に達している無間伐林分を対象にして、今後も無間伐のまま生長するものとして、ESGLによる予測結果を示した。この実行例では2回のシミュレーションを試みたが、この2回の試行回ごとに枯死木の発生本数にやや変動が認められたものの、林分の生長因子の平均値は、ほとんど差を示さず、一般に2~3回の繰返しで十分に信頼度の高い予測値が求められるものと判断された。この繰返しごとの実現値を期首の直径階を基準として取りまとめ、期間の生長量の予測値を導出するための林分の生長予測表を提示した。

上の生長予測表から、期首における直径階ごとの平均直径と期間の直径生長量との関係、および同一時期における平均直径対平均樹高の関係を取りだして、カラマツ人工林の収穫試験林分の実測値による同じ関係と比較検討した。これらの関係は、ともに予測値と実測値との間に相似性が認められた。この2種の因子間の関係は、ともに林分の生長構造の基本的関係を表わすものであり、上で認められた実測値との相似性から、ESGLの林分生長の予測機能に対して、間接的ではあるがその妥当性を評価することができた。

同じ方法を間伐林分に適用して、その将来の生長量を予測することができる。この場合も直接予測値の適合性を確かめるには至っていないが、無間伐林分の場合と同様な検討を通じて、ESGLを林分生長量の直接的な予測法として利用できる十分な可能性を認めることができた。

以上で明らかにしてきたように、林分生長モデルによるシミュレーションは、任意の地位の林分を対象にして、任意の間伐基準をとり将来の林分収穫量あるいは林分生長量の予測を行うことができる。これらの入力条件をいろいろ変えることによって、それぞれの場合の施業効果が判定されて、これから生産目標に適合した密度管理体系の選択が可能となるであろう。