

# 混交林等多面的機能発揮に適した森林造成管理技術の開発

古川 仁・片倉正行

## 緒言

近年森林に求められている機能は木材生産はもとより、水源涵養、山地保全、保健休養機能などと多様化している。また各地の自然環境、社会環境などにも適合した森林を造成することが要求され、これまで大面積に造成された針葉樹一斉林に対して、風致・景観、地力維持、気象災害などの面で問題点が指摘（河原1990）されている。この解決方法の一つとして河原（1990）は混交林造成などによる多様な森林づくりの必要性をあげている。混交林は種の多様性から病虫害被害低減、気象災害に対する抵抗性増大、地力低下防止にも有効と考えられている。しかし、混交林の造成保育技術については不明な点も多く、ここでは多様な機能を高度に発揮する混交林の造成管理技術の開発を目的とし、長野県内の混交林の実態調査、類型化を行い、調査結果をもとに混交林施業体系のモデル化を行った。

なお、本研究は国庫補助大型プロジェクト研究「混交林等多面的機能発揮に適した森林造成管理技術の開発（平成6年～10年）」により行ったものである。

## 1 長野県内の混交林類型化

### 1.1 調査目的、方法

長野県内の混交林の実態を明らかにすることを目的に、長野県民有林属地森林簿を用い、混交林の類型化を行った。

類型化にあたっては、林小班単位で混交林を抽出、集計し、混交林の名称は同一林小班の中で混交率が高い2樹種で表現した。

### 1.2 結果と考察

表-1に県内各地域を管轄する地方事務所別の混交林の種類別面積割合と混交林面積を示した。長野県下に混交林は122,903ha分布し、森林総面積の18%を占めた。それら混交林はスギ・ヒノキ、アカマツ・スギ、アカマツ・ヒノキ、アカマツ・カラマツ、アカマツ・広葉樹、カラマツ・スギ、カラマツ・ヒノキ、カラマツ・広葉樹、ブナ・その他広葉樹、ナラ・その他広葉樹の10種に区分され、主要構成種はアカマツ、カラマツ、ナラ類で、これらを含む混交林は、47、42、18%であった（図-1、表-1）。混交林の主要構成種と地域についてみると（表-1）、アカマツを主要構成樹種とする混交林が多いのは松本、上伊那、下伊那地域で、カラマツを主要構成種とする混交林が多いのは佐久地域となった。また、上小地域はナラ

表-1 混交林別の面積割合

地方事務所	混 交 林 種 別										混交林面積 (A) (ha)	森林面積 (B) (ha)	混交林面積割合 (A/B) (%)
	スギ・ヒノキ (%)	アカマツ・スギ (%)	アカマツ・ヒノキ (%)	アカマツ・カラマツ (%)	アカマツ・広葉樹 (%)	カラマツ・スギ (%)	カラマツ・ヒノキ (%)	カラマツ・広葉樹 (%)	ブナ・その他広葉樹 (%)	ナラ・その他広葉樹 (%)			
佐久	0.4	0.4	0.6	29.8	6.6	1.8	5.7	27.7	0.0	27.1	10,157	76,886	13.2
上小	2.5	4.3	3.0	22.5	15.8	8.3	3.7	9.0	0.2	30.8	6,078	39,041	15.6
諏訪	0.4	0.5	1.3	44.3	13.0	1.6	4.7	27.9	0.0	6.3	9,478	41,539	22.8
上伊那	2.3	3.8	9.8	33.4	23.5	3.1	5.2	13.9	0.1	4.7	15,356	68,460	22.4
下伊那	17.4	5.5	11.0	4.1	23.3	2.5	4.2	9.5	1.6	20.9	28,699	133,614	21.5
木曾	10.7	2.8	9.3	13.6	31.6	2.3	5.7	19.5	0.0	4.6	12,199	60,495	20.2
松本	1.7	3.1	2.8	24.4	30.4	4.1	3.0	13.9	0.0	16.6	14,714	77,714	18.9
北安曇	0.9	2.3	1.5	9.6	18.1	6.3	1.1	9.6	24.1	26.4	10,588	50,045	21.2
長野	1.6	6.6	1.0	12.1	12.6	25.1	0.9	12.5	4.0	23.6	9,917	80,356	12.3
北信	0.0	1.0	0.0	3.0	2.3	16.2	0.0	4.3	54.9	18.2	5,715	48,993	11.7
全県	6.0	3.5	5.5	18.2	20.0	5.6	3.7	14.4	5.3	17.8	122,903	677,143	18.2

- 注) 1. 混交林別の名称は、混交率が高い樹種2種で表現した。  
 2. 混交林別面積割合は、地方事務所別混交林面積に対する当該混交林の面積割合である。  
 3. 全県の混交林別分布率は実面積から算出したため、上欄の地方事務所別数値とは関連しない。  
 4. 混交林別面積は、長野県森林簿データベース（1995.03.現在）から小班単位で抽出し集計した。  
 5. 森林面積は、「長野県民有林の現況（平成6年4月）」による。

表-2 山腹傾斜別混交林面積

傾斜区分	スギ-ヒノキ	アカマツ-スギ	アカマツ-ヒノキ	アカマツ-カラマツ	アカマツ-広葉樹	カラマツ-スギ	カラマツ-ヒノキ	カラマツ-広葉樹	ブナ-その他広葉樹	ナラ-その他広葉樹	混交林面積 (ha)	混交林面積割合 (%)
8°以下	56	63	179	1,857	891	200	42	1,140	26	350	4,804	4
9~15°	216	180	443	2,751	1,715	563	492	1,844	300	1,186	9,690	8
16~30°	4,595	2,691	4,105	12,133	13,068	4,259	2,625	9,843	2,726	12,256	68,301	56
31~40°	2,138	1,152	1,790	5,045	7,385	1,728	1,229	4,114	2,366	5,611	32,557	26
41°以上	404	191	325	758	1,759	251	223	887	1,185	1,568	7,551	6
計	7,409	4,277	6,842	22,544	24,817	7,001	4,610	17,828	6,603	20,971	122,903	100

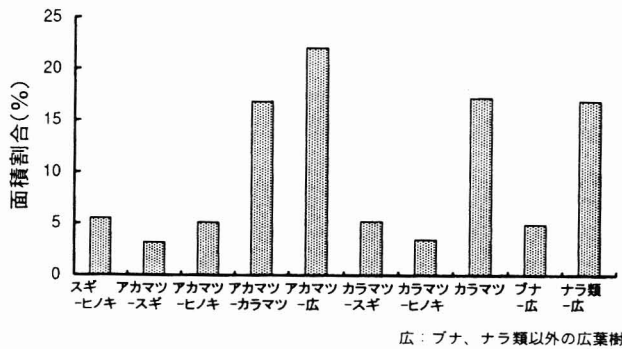


図-1 混交林のタイプ別面積割合

類混交林、北安曇地域はナラ類及びブナ混交林、北信地域ではブナ混交林が多いという結果が得られた。これらは、それぞれの地域において存在率の高い樹種を反映しているためと考えられた。なお、アカマツ-広葉樹、カラマツ-広葉樹混交林は、アカマツ、カラマツ林の密度管理が疎仕立てで行われ、下層に広葉樹が侵入生育して形成された混交林で、ナラ類-その他広葉樹混交林は、過去の薪炭林施業林が放置されて現在に至ったものと考えられた。

次に山腹傾斜と混交林面積について表-2に示したが、山腹傾斜16°以上の林地に混交林の約80%が分布し、その内16~30°の山腹傾斜に混交林の56%が占めている結果となった。また、傾斜41°以上の山腹にアカマツ-広葉樹混交林、ブナ-その他広葉樹混交林、ナラ-その他広葉樹混交林がそれぞれ1,759ha、1,185ha、1,568ha分布しており山地保全上これら混交林の管理維持に注意を払う必要があると考えられた。

## 2 カラマツ-ヒノキ帯状二段林の造成

### 2.1 目的

近年混交林に対する期待が高まる中、その造成、一斉林からの誘導、保育技術については不明な点が多い。このような中、長野県は民有人工林面積

の53%がカラマツ（長野県林務部1999）で、また、混交林面積の42%がカラマツを含み（図-1）、カラマツ-一斉林から混交林への誘導方法、保育技術が求められている。

藤森（1991、1992）によると、列状間伐後植栽し、列幅が平均樹高の1/2以内のものを帯状複層林としている。また、帯状複層林のうち二段林のものを片倉ら（1995）は帯状二段林としている。このような帯状二段林は伐採木の搬出、機械施業に有利な点が多く（藤森1992、片倉他1995）、今後増加する施業方法の一つと考えられるので、カラマツ-ヒノキ二段林の調査を行った。

### 2.2 調査地と調査方法

調査は松本市入山辺の標高1,250m、山腹傾斜30°、傾斜方位SW、適潤性黒色土の山腹に成立するカラマツ-ヒノキ帯状二段林（40-イ-11林班）で行った。

この林分はカラマツ林を25年生時に山腹傾斜方向に列状間伐（4列：10m）し、その伐採跡地にヒノキを植栽して造成した。列幅はカラマツ、ヒノキ列とも10mで、現在は38年生のカラマツ壮齡林と14年生の密植されたヒノキ幼齡林が交互に配置されている（図-2）。

調査は1993年と1997年にカラマツ、ヒノキともそれぞれ0.02haの方形区を設定し林分構造調査を行った。また、1997年には植栽列の異なるヒノキ3本を伐倒し、樹幹解析を行い、下木の植栽位置と成長について検討した。

### 2.3 結果と考察

表-3に1993年と1997年の調査結果を示した。なお、下木ヒノキの樹冠、幹形に偏奇成長はみられなかった。

調査地は帯状二段林であるため、下木の植栽位置によって上木による被陰の影響が異なり、光環

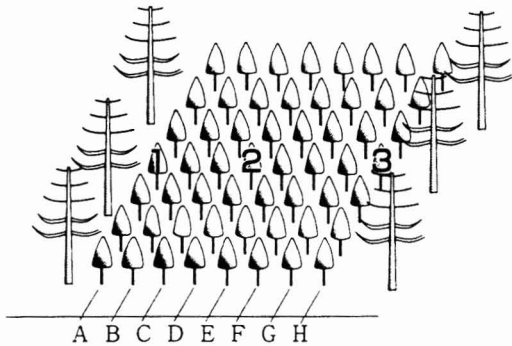


図-2 カラマツ-ヒノキ帯状二段林の概観  
1、2、3は樹幹解析木の位置を示す。

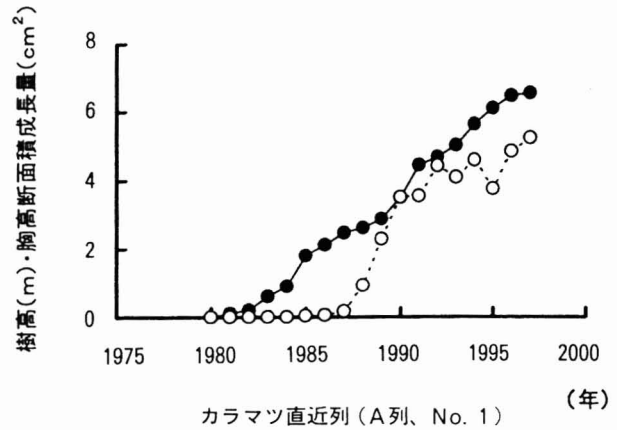
境に差異が生じていると考え、中央部列 (C、D、E、F 列) とカラマツ直近列 (A、H 列) 間で樹高と胸高直径についてそれぞれ平均値の差の検定を行った。

樹高は、1993年は中央部列がカラマツ直近列に比べて7%高く、有意差 (t 検定、 $p < 0.05$ ) を認めた。1997年の調査結果でも有意差が認められ、樹高の差は6%であった。胸高直径は、1993年調査時は樹高と同様に中央部列が大きく、有意差があり胸高直径の差は約12%であった。そして1997年には有意差が認められなかった。

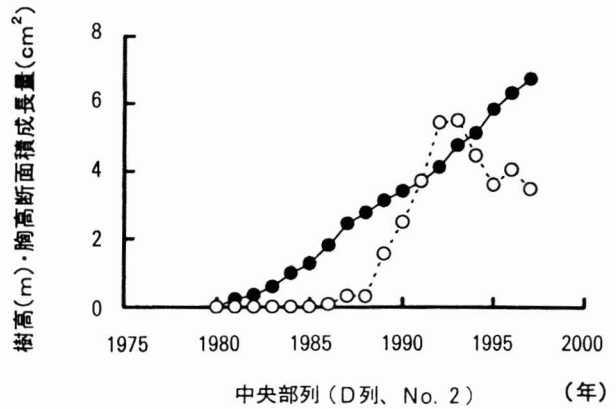
つぎに胸高断面積の連年成長量を列毎 (図-3) にみると、中央部列は1992年から1993年をピークに減少し、カラマツ直近列のヒノキは増減を繰り返しながらも連年成長量は増加しつつある。

中央部列のヒノキは、1987~1992年頃まではカラマツによる被陰をほとんど受けずに肥大成長を続けたが、徐々に過密となり、1992年頃をピークにその胸高断面積成長量は減少を始めた。一方カラマツ直近列のヒノキは上木カラマツの側方からの被陰によって、中央部列のヒノキに比べて肥大成長に僅かな抑制を受けていた。しかし、カラマツ直近列のヒノキは最端列にあるため過密による成長低下を受けにくいためか、1992年以降も胸高断面積成長量が増加している。

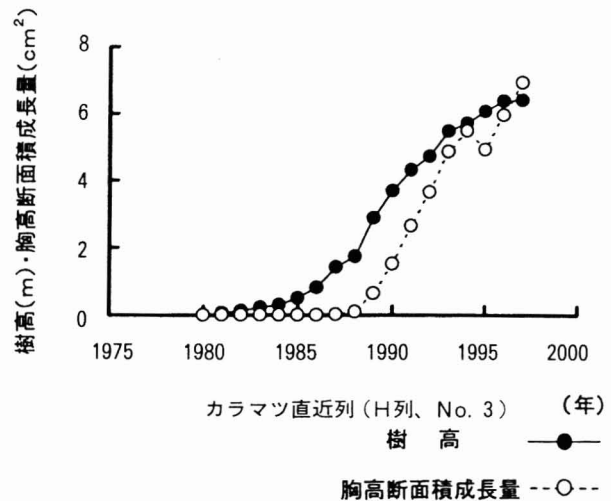
带状二段林の上木に近い列の下木は、上木による側方からの被陰の影響を受け、中央部列のものに比べ肥大成長の抑制がみられる。しかし、今回の調査地では (上木カラマツ樹高26m、本数密度514本/ha、帯幅10m)、その抑制はわずかであり、成長量に大きな影響を与えることはないと考えた。



カラマツ直近列 (A 列、No. 1)



中央部列 (D 列、No. 2)



カラマツ直近列 (H 列、No. 3)

樹高 —●—  
胸高断面積成長量 --○--

図-3 カラマツ-ヒノキ帯状二段林における、  
下木ヒノキの植栽列別の成長

表-3 カラマツ-ヒノキ帯状二段林の調査結果

樹種	1993 年		1997 年		樹齡 (年)	密度 (本/ha)
	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	胸高直径 (cm)		
カラマツ	25.2	31.4	26.0	34.0	38	514
ヒノキ	4.3	5.8	6.0	8.0	17	3,900

(樹種毎の植栽列幅: 各 10m、長野県松本市 40-4-11)

さらに樹下植栽のヒノキ、スギ苗木の成長と、相対照度との関連は同様な反応を示したとの報告(河原1983)や、スギの耐陰性はヒノキよりも高い(大場他1983)とされていることから、今回調査した様な带状二段林に下木としてスギを植栽することも、光環境の面からは可能と考えられた。

## 2.4 施業体系

カラマツ-斉林をカラマツ-ヒノキ带状二段林にする場合について検討した。

カラマツ-ヒノキ带状二段林の調査結果(2.3)は上層カラマツが地位Ⅰ、下層ヒノキが地位Ⅲに該当し、ここではカラマツ(地位Ⅰ)-ヒノキ(地位Ⅲ)、カラマツ(地位Ⅲ)-ヒノキ(地位Ⅴ)の2種のモデルを作成した。

### 2.4.1 カラマツ(地位Ⅰ)-ヒノキ(地位Ⅲ)

カラマツが20年生時に列状間伐(列幅10m)を行い、同時にカラマツ列内の収量比数が0.6となるように調整する(図-4)。列状間伐実施箇所へはヒノキを植栽する。カラマツは生産目標を大径材とし、40年生時の間伐で平均胸高直径が33cmとなり、中径材としての収穫間伐が可能である。さらに胸高直径が38cmとなる55年生の主伐では、元玉を3mで採材すると、柱材の4本取が可能である。一方ヒノキは枝打ちと間伐を繰り返し、良質柱材を生産目標とする。ヒノキは植栽位置によるカラマツの被陰影響が考えられるが、このモデルの上木密度、列幅(10m)の場合、被陰による影響はほとんど生じないと考えられる。

### 2.4.2 カラマツ(地位Ⅲ)-ヒノキ(地位Ⅴ)

2.4.1同様カラマツ20年生時に列状間伐を行い、間伐実施箇所へヒノキを植栽する(図-5)。カラマツの間伐は2.4.1に比べ強度であるが、この間伐によってヒノキ植栽列内の光環境が一定期間良好に保たれる。

カラマツは40年生時に胸高直径が30cmとなり、間伐木を中径材として出荷が可能となる。55年生で主伐を行うと、平均胸高直径が33cmで、柱材1本取 または 2本取が可能となる。下層ヒノキは2.4.1同様枝打ちと間伐を繰り返して良質柱材を生産目標とする。

## 3 林床植生の萌芽更新を利用したカラマツ-広葉樹混交林の造成

### 3.1 目的

県内には、ナラ類が高木林の下層植生となっている例が見受けられる(片倉1993)。これらナラ類は高木層の下部で灌木状形態を保ちながら生存を続け、光環境の向上を待って成長を開始すると考えられる(片倉1993)ので、これら林分を混交林へ誘導する手法開発のため調査を行った。

### 3.2 調査地と調査方法

調査地は南佐久郡川上村の上木カラマツ下木ミズナラの二段林で、林分の地況を表-4に示した。ここでは9年前にカラマツ-斉林に強度間伐が実施され、その際下層植生として存在したミズナラが伐採、萌芽更新が促され、カラマツ-ミズナラ二段林が形成された。

この調査地に1995年にミズナラの本数整理伐の有無と、上木カラマツの密度を組み合わせる4区の試験区(表-5)を設定し、林分構造調査を行った。さらに1997年にミズナラの本数整理伐による効果を確認するため再度ミズナラの調査を行った。

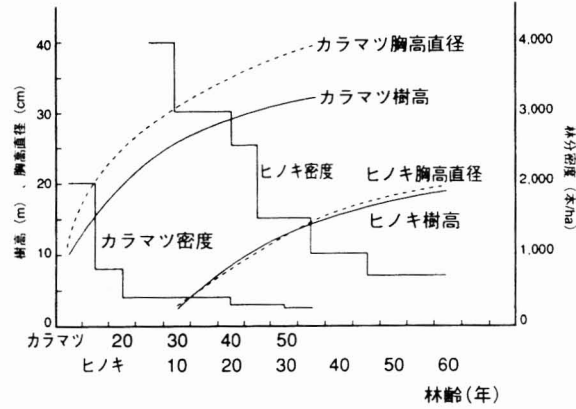
なお、各試験区は30×30mの方形区で、成立本数の多かったミズナラは試験区の内部に10×10m方形区を設定し調査を行った。

### 3.3 結果と考察

本数整理伐による下木ミズナラの胸高直径と樹高の変化について表-6、図-6に示した。樹高成長は全ての区で一定の増加がみられたが、胸高直径は本数整理伐を実施し、上木の収量比数が0.48の試験区(1A)と、本数整理伐を行い、上木の収量比数が0.70の試験区(2A)で最頻値に変化がみられた。1Aでは1995年には2cmが最頻値であったが、1997年には4cmを最頻値とする正規分布へと変化し、統計的有意差( $t$ 検定  $P < 0.05$ )が認められた。2Aでは1995年には2cmが最頻値で、1997年には3cmが最頻値となったが有意差は認められなかった。

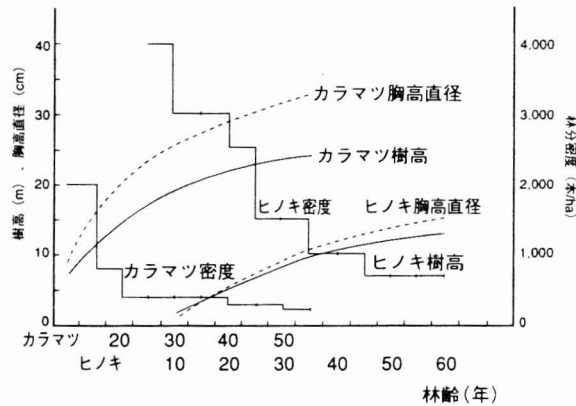
これは、2Aでは上木のカラマツ密度が1Aに比べ高く、林内照度が低いため、本数整理伐による肥大成長促進効果が生じにくかったためと考えた。

カラマツの強度間伐が行われた1987年当時の収



上層木	地位	林 齢	20	40	50	55			
カラマツ	I	作業内容	列状間伐 帯幅10m	間伐	間伐	主伐			
		カラマツ列内 間伐後密度 (本/ha)	400	300	250				
		樹高(m)	19	29	31	32			
		胸高直径(cm)	26	35	38	39			
		林積(m³/ha)	210	427	457	480			
下層木 ヒノキ	III	林 齢	1	10	20	25	35	45	60
		作業内容	権栽	間伐	間伐	間伐	間伐	間伐	主伐
		ヒノキ列内 間伐後密度 (本/ha)	4,000	3,000	2,500	1,500	1,000	700	
		樹高(m)		3	8	10	14	16	18
		胸高直径(cm)		2	6	8	15	17	19
		林積(m³/ha)				44	124	144	188
		枝打ち(5年から2年おきに、1.0~1.5mずつ4mまで)							

図-4 カラマツ(地位I)-ヒノキ(地位III) 帯状二段林施業体系モデル



上層木	地位	林 齢	20	40	50	55			
カラマツ	III	作業内容	列状間伐 帯幅10m	間伐	間伐	主伐			
		カラマツ列内 間伐後密度 (本/ha)	400	300	250				
		樹高(m)	15	22	23	24			
		胸高直径(cm)	21	30	32	33			
		林積(m³/ha)	108	231	245	259			
下層木 ヒノキ	V	林 齢	1	10	20	25	35	45	60
		作業内容	権栽	間伐	間伐	間伐	間伐	間伐	主伐
		ヒノキ列内 間伐後密度 (本/ha)	4,000	3,000	2,500	1,500	1,000	700	
		樹高(m)		2	5	7	10	11	13
		胸高直径(cm)		2	5	6	11	13	15
		林積(m³/ha)				16	48	56	76
		枝打ち(5年から2年おきに、1.0~1.5mずつ4mまで)							

図-5 カラマツ(地位III)-ヒノキ(地位V) 帯状二段林施業体系モデル

量比数を、カラマツ人工林樹高曲線図（長野県林務部1991）、本州地域カラマツ林分密度管理図（林野庁1981）を用いて推定すると、1A、1Bで0.45、2A、2Bで0.60となり、上木の収量比数0.45前後が確保されればミズナラの成長は著しい抑制を受けないと推定された。

なお、この収量比数0.45を下記のカラマツ林の林内相対照度（RLI）と収量比数（ $R_y$ ）の関係式（片倉他1995）に代入すると、林内相対照度は

表-4 カラマツ-ミズナラ二段林試験地の地況

試験区	林班番号	所有者	標高 (m)	山腹傾斜 (°)	山腹方位	地形	土壌型
1	202-へ-14	川上村	1,550	10	S	山腹上部 凸型斜面	B <sub>c</sub>
	203-イ						
2	203-イ	川上村	1,520	20	S	山腹中部 平行斜面	B <sub>D(a)</sub>

注) 場所：南佐久郡川上村秋山所並31-3

表-6 カラマツ-ミズナラ二段林試験地における下木ミズナラの胸高直径、樹高の変化

試験区	胸高直径 (cm)		樹高 (cm)		備考
	1995年 (処理後)	1997年	1995年 (処理後)	1997年	
1 A	2.8	3.5	440	529	処理区
1 B	2.5	2.5	372	412	無処理区
2 A	2.2	2.2	360	405	処理区
2 B	1.9	2.0	316	367	無処理区

(処理：ミズナラ本数整理伐)

表-5 カラマツ-ミズナラ二段林の調査結果

試験区	カラマツ					ミズナラ							備考
	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	立木密度 (本/ha)	樹齢 (年)	収量比数 ( $R_y$ )	処理前				処理後			
						胸高直径 (cm)	樹高 (cm)	立木密度 (本/ha)	樹齢 (年)	胸高直径 (cm)	樹高 (cm)	立木密度 (本/ha)	
1 A	25.4	19.0	300	41	0.48	2.0	400	11,600	8	2.8	440	5,700	処理区
1 B	24.1	19.0	300	41	0.48	2.5	372	10,100	8	2.5	372	10,100	無処理区
2 A	22.7	22.0	467	41	0.70	2.0	340	12,900	8	2.2	360	7,800	処理区
2 B	21.6	22.0	489	41	0.71	1.9	316	9,300	8	1.9	316	9,300	無処理区

(処理：ミズナラ本数整理伐、長野県南佐久郡川上村202-へ-14、203-イ)

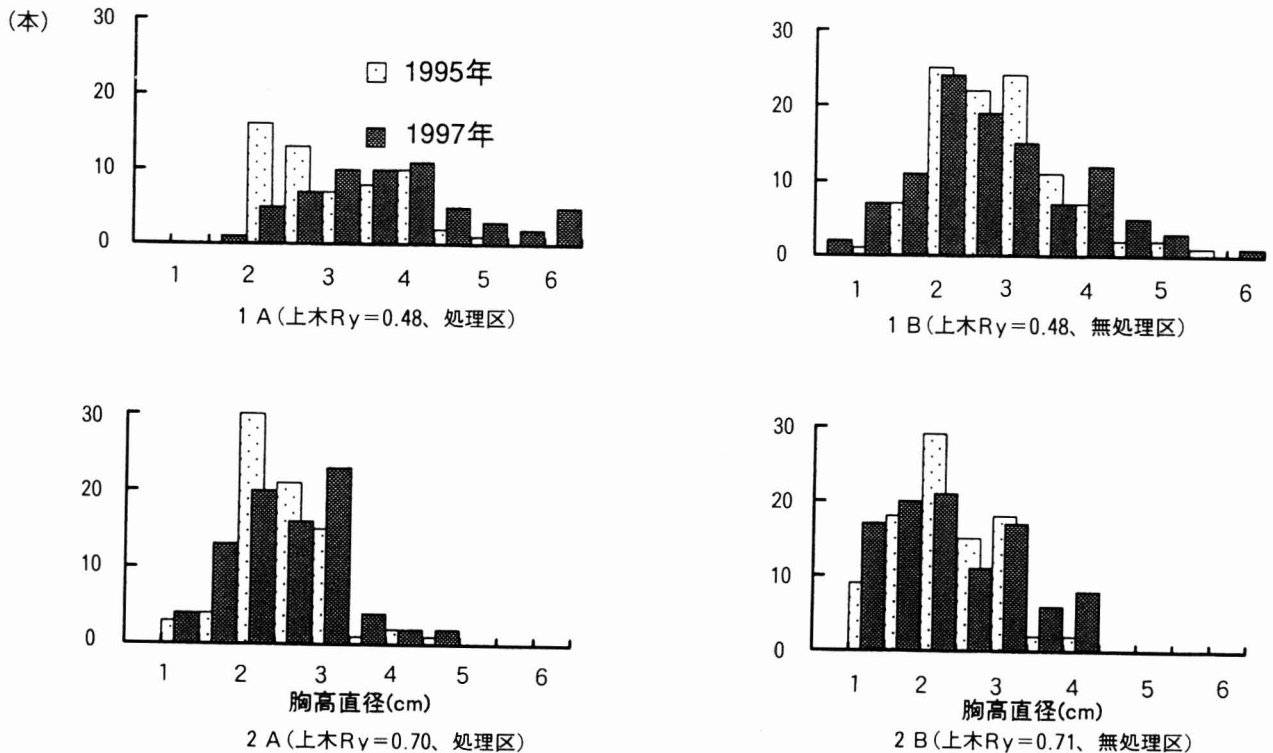


図-6 カラマツ-ミズナラ二段林での下木ミズナラ本数整理伐前（1995年）と処理後（1997）のミズナラ胸高直径の頻度分布

29%となる。

$$RLI=8.4278-25.6678 \ln (Ry) \cdots \textcircled{1}$$

これらのことからミズナラが下層に存在するカラマツ-ナラ類混交林は、カラマツを収量比数0.45程度に調整（林内相対照度約30%）して、ミズナラの生育を促し、その後ミズナラの本数整理伐を行うことでカラマツ-ミズナラ混交林へと誘導することが可能と考えた。

また、コナラはミズナラ同様、高木林内の下層植生となっても、一定照度以上の光条件が確保されれば灌木的な形態をとって生存し続け、光環境の向上を待って成長を開始すると考えられる（片倉1993）ので、この保育方法は下木がコナラでも適用できると考えた。

アカマツが上木の場合には、林内相対照度が30%となる収量比数は、下記のアカマツ林の林内相対照度と収量比数の関係式（片倉他1995）から0.6と推定された。

$$RLI=6.3110-45.1796 \ln (Ry) \cdots \textcircled{2}$$

このことからアカマツが上木、ミズナラ又はコナラが下木の場合には、アカマツの収量比数を

0.6以下に調整することで混交林造成が可能と考えた。また、前述の林内照度が確保されればカラマツまたはアカマツの下にミズナラ、コナラを植栽し、生育させることが可能と考えた。

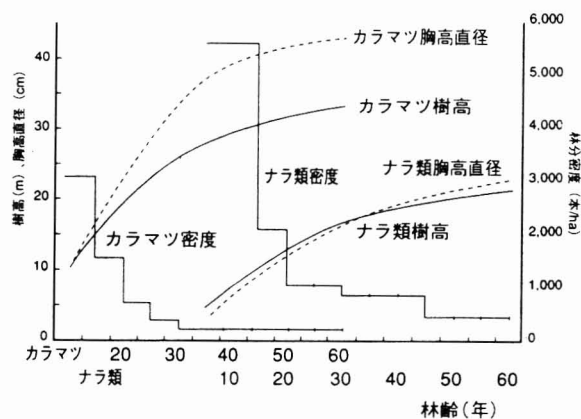
### 3.4 施業体系

カラマツ-ナラ類混交林の下層にナラ類が灌木状に存在する場合に、カラマツ-ナラ類混交林へ誘導する施業体系モデルを作成した。

なお、ナラ類の成長予測にはコナラ樹高曲線図（長野県きのこ振興会1989）、関東・中部地方広葉樹（ナラ類・クヌギ）林分密度管理図（林野庁1986）を用い、下層木は低照度条件下で生育するため、樹高成長は10%、胸高直径成長は20%抑制される（安藤1985、片倉1993）と仮定してモデルを作成した。

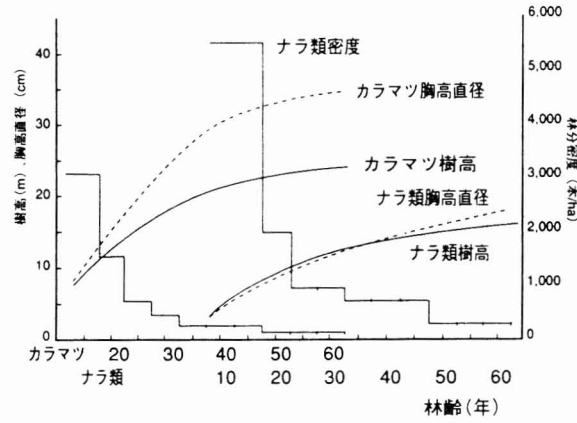
#### 3.4.1 カラマツ（地位Ⅰ）-ナラ類（地位特Ⅰ）

下層にナラ類が灌木状に分布する場合、これらナラ類の成長を促進するには林内光環境の改善が必要である。そこで林内光環境の改善を目的にカラマツの間伐を30年生で実施する。このときの間伐は、カラマツの収量比数が0.5となるように行



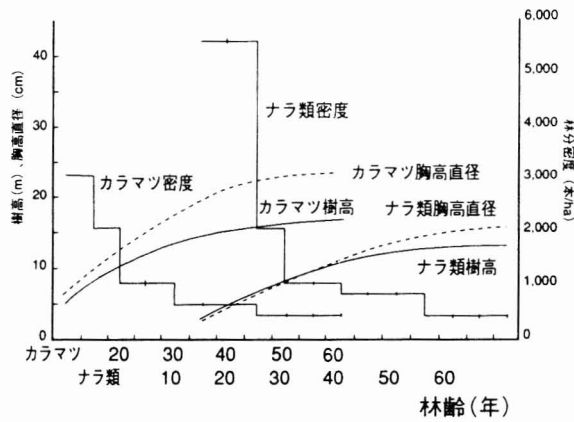
上層木	地位	林 齢	20	25	30	60		
カラマツ	Ⅰ	作業内容	間伐	間伐	間伐	主伐		
		間伐後密度 (本/ha)	700	350	200			
		樹高(m)	19	23	25	32		
		胸高直径(cm)	22	29	36	42		
		林積(m <sup>3</sup> /ha)	274	277	259	432		
下層木	ナラ類	地位	特Ⅰ					
		林 齢		15	20	30	45	60
		作業内容		間伐	間伐	間伐	間伐	主伐
		間伐後密度 (本/ha)		2,000	1,000	800	400	
		樹高(m)		10	12	17	19	21
		胸高直径(cm)		8	11	16	21	22
林積(m <sup>3</sup> /ha)				124	116	136		

図-7 カラマツ（地位Ⅰ）-ナラ類（地位特Ⅰ）混交林施業体系モデル



上層木	地位	林 齢	20	25	30	45	60		
カラマツ	Ⅲ	作業内容	間伐	間伐	間伐	間伐	主伐		
		間伐後密度 (本/ha)	700	500	300	200			
		樹高(m)	15	17	19	23	24		
		胸高直径(cm)	19	22	27	33	35		
		林積(m <sup>3</sup> /ha)	150	178	170	199	236		
下層木	地位	林 齢	10	15	20	30	45	60	
ナラ類	Ⅱ	作業内容		除伐	除伐	間伐	間伐	間伐	主伐
		間伐後密度 (本/ha)		5,500	2,000	1,000	800	400	
		樹高(m)		6	8	10	13	16	17
		胸高直径(cm)		4	7	9	14	18	19
		林積(m <sup>3</sup> /ha)				32	76	69	82

図-8 カラマツ（地位Ⅲ）-ナラ類（地位Ⅱ）混交林施業体系モデル



上層木	地位	林 齢	20	30	45	60			
カラマツ	Ⅴ	作業内容	間伐	間伐	間伐	主伐			
		間伐後密度 (本/ha)	1,000	600	400				
		樹高(m)	10	13	15	16			
		胸高直径(cm)	13	18	22	23			
		林積(m <sup>3</sup> /ha)	74	101	118	140			
下層木	地位	林 齢	10	15	20	30	45	60	
ナラ類	Ⅳ	作業内容		除伐	除伐	間伐	間伐	間伐	主伐
		間伐後密度 (本/ha)		5,500	2,000	1,000	800	400	
		樹高(m)		5	6	7	10	12	13
		胸高直径(cm)		4	6	7	11	14	15
		林積(m <sup>3</sup> /ha)				16	38	33	40

図-9 カラマツ（地位Ⅴ）-ナラ類（地位Ⅳ）混交林施業体系モデル



うと下層のナラ類の生育が期待できる(図-7)。この後下層のナラ類は除間伐によって成長促進を図ることで、15年生以降は胸高直径が8cm以上となり、間伐木をしいたけ原木、薪として利用することが考えられる。上層カラマツは60年生で主伐を行い、柱材4本取の利用等を考えた。またカラマツの伐倒が容易になるようにナラ類の間伐も同時に行い、カラマツ主伐後はナラ類の成長増が期待された。

3.4.2 カラマツ(地位Ⅲ)-ナラ類(地位Ⅱ)

3.1.1 同様カラマツの間伐を30年生で収量比数が0.5となるように実施すると下層のナラ類の生育が期待される(図-8)。この後下層のナラ類は除間伐による成長促進効果で20年生以降は胸高直径が9cm以上となり、しいたけ原木、薪としての利用が可能となる。上層カラマツは60年生で伐ると、平均胸高直径が35cmで柱材2本取としての利用が可能である。

3.4.3 カラマツ(地位Ⅴ)-ナラ類(地位Ⅳ)

前述の2モデル同様、収量比数が0.5となるように30年生でカラマツの間伐を行う(図-9)。地位が低いいため、カラマツ、ナラ類とも樹高、胸高直径の成長はゆっくりしたものとなるが、カラマツの胸高直径が23cmで、中径材としての利用

が可能な頃(60年生)にはナラ類も胸高直径11cmとなり、薪等としての利用が可能となる。

4 アカマツ-カラマツ混交林の林分構造

4.1 目的

混交林面積の約17%はアカマツ-カラマツ混交林であり(図-1)、これら混交林の成長経過を検討し、今後の成長予測を行うことは重要と考え、アカマツ-カラマツ壮齡混交林で調査を行った。

4.2 調査地と調査方法

調査地は諏訪郡原村、富士見町のアカマツ-カラマツ壮齡混交林5林分で、これら林分は標高約1,200~1,600m、山腹傾斜5°、山腹方位S~WSWのハヶ岳山麓にスポット状に分布している(表-7)。

この5林分に20×20m方形区を設定し、林分構造調査を行った。さらに各林分でアカマツ、カラマツそれぞれ1本を伐倒し、樹幹解析を行った。

表-7 アカマツ-カラマツ混交林の調査地の地況

試験区	林班番号	所有者	標高(m)	山腹傾斜(°)	山腹方位	地形	土壌型
1	41-I-1	原村	1,600	5	WSW	山麓緩斜面(段丘面)	B <sub>0</sub>
2	"	"	1,550	5	WSW	"	"
3	41-Q-1	"	1,540	5	SSW	"	"
4	22-I-9	富士見町	1,160	5	S	山麓緩斜面	B <sub>0</sub>
5	"	"	1,150	5	S	"	"

表-8 アカマツ-カラマツ混交林の調査結果

試験区	樹種	林齢(年)	立木密度(本/ha)	胸高直径(cm)	樹高(m)	上層木*1		下層植生
						胸高直径(cm)	樹高(m)	
1	アカマツ	53	375	22.8	19.5	27.7	22.5	ミズナラ、ヤマウルシ ネズミサシ ミヤコザサ(地被率100%)
	カラマツ	49	350	28.9	20.6	39.1	22.2	
	林分		725	25.8	20.1	34.4	22.3	
2	アカマツ	53	125	25.8	20.8	26.9	20.9	ミズナラ、ヤマウルシ ウリハダカエデ ミヤコザサ(地被率100%)
	カラマツ	49	525	21.2	19.3	26.8	21.7	
	林分		650	22.1	19.6	26.8	21.5	
3	アカマツ	51	350	29.1	19.1	31.3	19.1	ニセアカシア、ヤマウルシ ウリハダカエデ ミヤコザサ(地被率100%)
	カラマツ	49	300	22.1	17.5	30.8	18.5	
	林分		650	25.9	18.4	31.2	19.0	
4	アカマツ	40	400	24.9	19.3	28.7	19.3	ヤマウルシ
	カラマツ	40	200	16.2	19.0	26.0	19.0	
	広葉樹		350	14.0	16.9	-	-	
林分		950	19.1	19.0	28.2	19.3		
5	アカマツ	40	425	24.0	22.9	28.7	22.8	ヤマウルシ
	カラマツ	40	1,100	16.8	19.5	27.3	22.0	
	広葉樹(クリ)		25	14.8	19.0	-	-	
林分		1,550	19.0	21.0	28.1	22.8		

\* 1 : 樹高が上位300本/haに該当する立木

### 4.3 結果と考察

調査結果は表-8に示したとおりで、標高約1,200~1,600mに位置し、林齢50年生前後、林分密度600~1,500本/ha、樹高18~21m、胸高直径19~26cm、アカマツ混交率20~50%の林分であった。上層林冠層はアカマツ又はカラマツで構成され、二段林的構造ではなかった。

胸高直径、樹高は試験区1を除きアカマツの方が大きい立木が多く、この原因はアカマツの方がカラマツに比べて初期成長量が大きかったためと考えた。また、試験区1でカラマツがアカマツよりも樹高が高かった原因は、樹幹解析の結果からアカマツの13年生頃が台風災害年に該当することから、樹冠がカラマツの上部にあったアカマツは暴風雨の影響を受けやすかったことから梢端折れを起こし、樹高が逆転したと考えた(図-10)。

樹幹解析の結果から試験区1,2,3ではアカマツの樹齢がカラマツを数年上回っていたため、これらの林分は天然下種更新初期のアカマツ林にカラマツを混植し、形成された混交林と推定された。カラマツの造林は1947年に行われ、第二次大戦中過収奪され原野化された山地に対して、苗木供給量、労働力が不足する中で植栽を行ったため、潔癖な地拵えをせずアカマツ-カラマツ混交林形成を目標としたとも考えられた。

これに対して試験区4,5はアカマツとカラマツが同齢であることから、カラマツ造林地にアカマツが下種更新し、下刈り、除伐等の初期管理が不十分であった結果形成された混交林と考えられた。

樹幹解析の結果のうち代表例として試験区1の樹幹解析図を図-11に示した。樹幹解析図から混交林の形成過程をみると、アカマツあるいはカラマツの一方が他方により成長抑制され衰退消滅する可能性は認められず、今後もアカマツ、カラマツで林冠層を形成する混交林形態が維持されると考えられた。

## 5 混交林別の土壌特性

### 5.1 目的

混交林は一斉林に比べ、物質生産量が大きく、環境保全機能等に優れている(河原他1982)が、水源涵養機能に影響を与える土壌環境についての

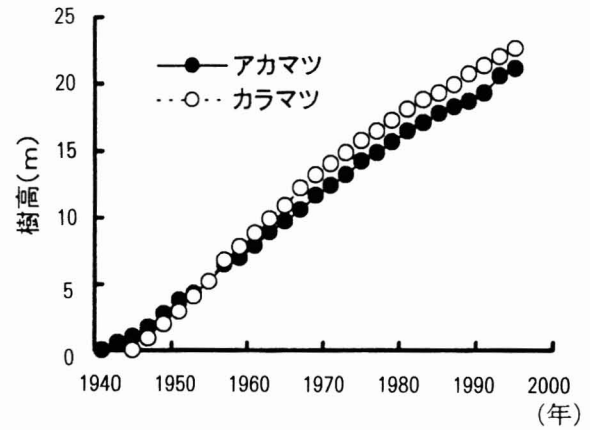


図-10 アカマツ-カラマツ混交林の樹高成長曲線

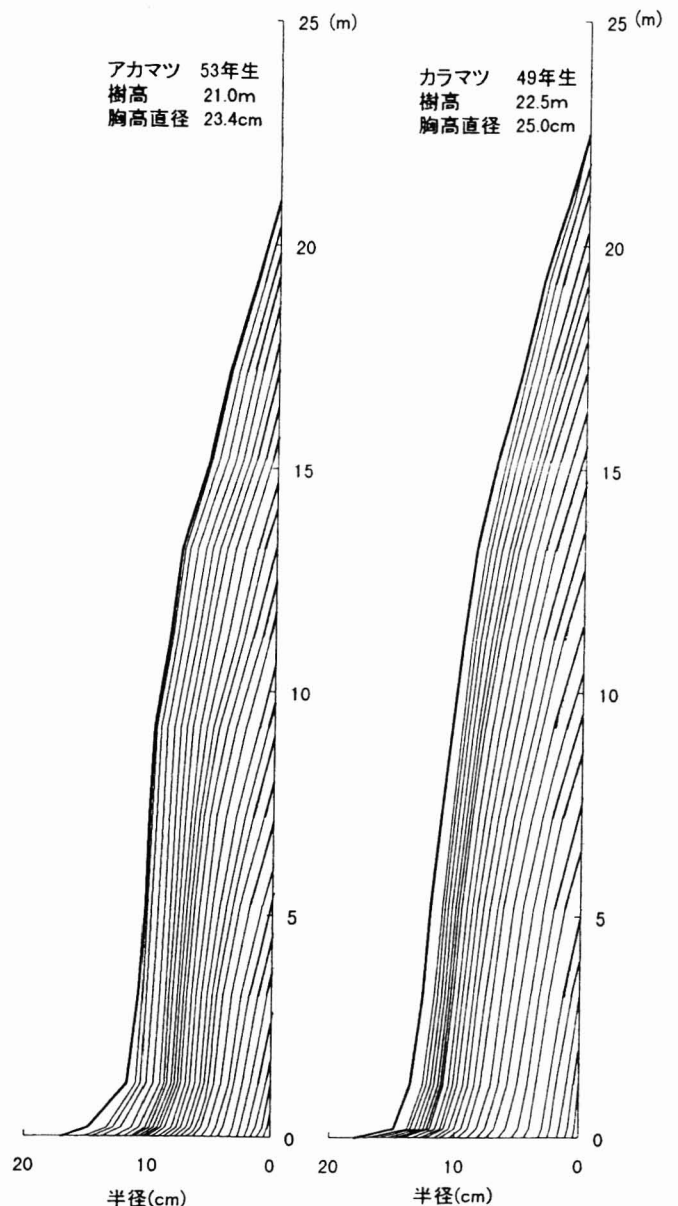


図-11 樹幹解析図(試験区1)

報告(河原1975、河原他1982)は少ない。ここでは地形、土壌母材、気象条件等が同一といえる立地に成立する各種混交林を調査し、混交林によって影響を受けたと考えられる土壌環境の差異について比較検討を行った。

## 5.2 調査地と調査方法

### 5.2.1 調査地

調査は長野県中部の高ボッチ山の西北部、標高850mの山麓緩斜面に位置する長野県林業総合センター構内の森林、8林分で行った(表-9)。これら調査林分は、同一山麓斜面の50年生前後の天然生アカマツ林を主な林相としてモザイク状に分布し、地形、土壌母材、山腹傾斜、方位、気象条件などが同一といえる。そこでアカマツ林とアカマツ-サワラ、アカマツ-ヒノキ混交林について林分構成種が土壌環境に与える影響を調査し、併せてモザイク状に小面積分布するコナラ林、コナラ-シラカンバ林、カラマツ林で調査を行い、パッチ状混交林を考えるうえでの資料を収集した。なお、調査林分は年降水量約1,180mm、年平均気温10℃(温量指数81℃・月)、冬季の最低気温-20℃、最深積雪深約30cm、山腹方位NW、傾斜3°の適潤性黒色土に成立している。

### 5.2.2 林分構造

林分の平均的林相を呈する場所に20×20m方形区を設定し、毎木調査法により林分密度、樹高、胸高直径等を調査した。なお、平均的林相の面積が20×20m方形区に比べ小さい場合は、適宜方形区面積を変更した(表-9)。

### 5.2.3 土壌理化学性・土壌微生物

各調査地で土壌試孔による土壌断面調査を行い、土壌層位別に400cc採土円筒で試料を採取、土壌孔隙量、透水性を常法(有光1985)により測定した。また、表層土(A<sub>1</sub>層)と下層土(C層)のpH(H<sub>2</sub>O)をガラス電極法(土壌標準分析・測定法委員会1986)、C、N含有率を乾式燃焼法(土壌標準分析・測定法委員会1986)で測定した。さらにアカマツ林、アカマツ-サワラ林、サワラ-アカマツ林、アカマツ-ヒノキ林、コナラ(12年生)林ではA層、B層の土壌微生物数を希釈平板法(土壌微生物研究会編1975)によって調査した。

調査はアカマツ林、アカマツ-サワラ林、サワラ-アカマツ林、アカマツ-ヒノキ林、コナラ(12年生)林が1996年8月、コナラ林、コナラ-シラカンバ林、カラマツ林が1998年10月に行った。

表-9 調査林分の概要

調査林分	林分密度 (本/ha)	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	胸高 断面積 (cm <sup>2</sup> )	樹齢 (年)	調査区面積 (m×m)	主要な下層植生
アカマツ林	500	34.2	21.0	46.0	48	20×20	ヤマウルシ
アカマツ-サワラ林	533	29.1	20.5	35.5		15×15	ノリウツギ
アカマツ	356	28.4	20.5	22.6	48		
サワラ	178	30.4	20.5	12.9	52		
サワラ-アカマツ林	833	31.1	21.0	63.4		12×16	マンネンスギ
サワラ	781	30.8	21.0	58.3	48		
アカマツ	52	36.2	21.0	5.1	48		
アカマツ-ヒノキ林	800	23.8	21.0	35.1		10×15	マンネンスギ
アカマツ	267	27.1	22.0	15.4	48		
ヒノキ	533	21.7	18.0	19.7	43		
コナラ(12年生)林	5,800	4.6	7.1	9.8	12	10×10	なし
コナラ(22年生)林	3,600	8.0	9.7	19.3	22	20×20	ヤマウルシ
コナラ-シラカンバ林	1,425	15.2	14.6	25.9		20×20	ヤマウルシ
コナラ	1,150	15.9	15.7	22.8	40		
シラカンバ	100	13.9	12.1	1.5	37		
カラマツ林	1,200	18.6	20.9	36.0	36	20×20	ヤマウルシ

表-10 調査林分の土壌化学性

調査林分	表層土壌 (A <sub>1</sub> 層)				下層土壌 (C層)			
	pH (H <sub>2</sub> O)	C (%)	N (%)	C/N率	pH (H <sub>2</sub> O)	C (%)	N (%)	C/N率
アカマツ林	4.4	17.1	0.9	18.7	5.3	1.5	0.1	13.2
アカマツ-サワラ林	4.8	20.9	0.9	24.1	5.5	0.9	0.1	10.7
サワラ-アカマツ林	4.4	26.0	1.2	21.9	5.3	1.3	0.1	13.3
アカマツ-ヒノキ林	4.5	13.4	0.8	16.8	5.0	1.2	0.1	12.8
コナラ (12年生) 林	4.6	15.2	0.9	17.4	5.4	1.3	0.1	13.8
コナラ (22年生) 林	4.5	17.1	1.0	17.8	5.2	1.6	0.1	14.8
コナラ-シラカンバ林	4.3	15.6	0.8	18.5	5.1	1.6	0.1	13.8
カラマツ林	4.3	14.8	0.8	18.1	5.1	0.9	0.1	11.4

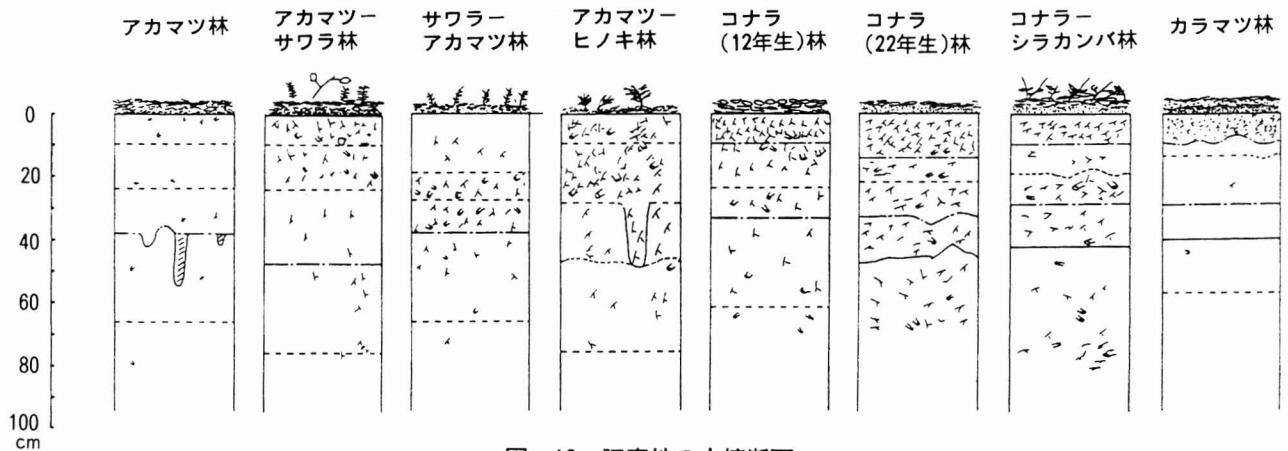


図-12 調査地の土壌断面

5.3 結果と考察

5.3.1 林分構造

林分構造を表-9に示した。林分別の顕著な差として、それぞれが伴う下層植生があげられ、アカマツ林、コナラ(22年生)林、コナラ-シラカンバ林、カラマツ林はヤマウルシが多く、サワラ、ヒノキが多い林分は木本類が減少しマンネンシギが多くなった。また、コナラ(12年生)林では下層植生が欠落していた。

5.3.2 土壌理化学性・土壌微生物

土壌調査の結果を図-12、13、表-9～表-11に示した。調査林分は全て適潤性黒色土壌で、C層の孔隙量、pH (H<sub>2</sub>O)、CN率に林分間で大差はなかった。このことから調査林分の下層はほぼ同一土壌条件であり、林分毎の表層土壌の差異は成立している森林によって生じたものと考えた。

土壌孔隙の調査試料は各一点であり、試料誤差が含まれている可能性があるが、結果を図-13に示した。サワラ、コナラ、カラマツ林では表層に近いほど粗孔隙量が多くなり、粗孔隙量と細孔隙量を合わせた全孔隙量も同様な傾向がみられた。

表-11 調査林分の土壌微生物調査結果

単位：コニー数/乾土1.0g

林分	層位	深さ (cm)	糸状菌類 (×10 <sup>4</sup> 個)	放線菌類 (×10 <sup>3</sup> 個)	細菌類 (×10 <sup>5</sup> 個)
アカマツ林	A <sub>1</sub>	5	80	68	1,321
	A <sub>2</sub>	15	5	0	135
	A <sub>3</sub>	30	0	0	170
	B	55	0	17	30
アカマツ-サワラ林	A <sub>1</sub>	5	35	797	1,657
	A <sub>2</sub>	20	0	8	48
	A <sub>3</sub>	35	0	4	48
	B	60	0	52	42
サワラ-アカマツ林	A <sub>1</sub>	5	106	504	704
	A <sub>2</sub>	25	0	56	82
	A <sub>3</sub>	35	0	43	73
	B	55	5	0	0
ヒノキ-アカマツ林	A <sub>1</sub>	5	41	453	861
	A <sub>2</sub>	20	14	32	184
	A <sub>3</sub>	40	0	5	54
	B	60	0	8	29
コナラ(12年生)林	A <sub>1</sub>	5	81	184	279
	A <sub>2</sub>	15	0	13	268
	A <sub>3</sub>	30	5	23	32
	B	50	0	20	15

希釈平板法 生土5g/100ml純水  
培養温度：20℃  
培養時間：48時間

一方アカマツ林、アカマツ-ヒノキ林の全孔隙量は、層位による差がほとんどなかった。粗孔隙量は、アカマツ林、アカマツ-ヒノキ林とも A<sub>1</sub>層とC層の差が小さく、アカマツ林では A<sub>3</sub>層の粗

孔隙量が最も多かった。

一般に有機物の分解の進行程度を示す指標とされるCN率(A<sub>1</sub>層)は、サワラが混交している林分で高かった。

土壌微生物は糸状菌、放線菌、細菌類とも表層に近いほど多く、A<sub>1</sub>層の微生物量を林分別にみると放線菌類がサワラ、ヒノキの混交する林分でアカマツ林の7~12倍と多かった。また、コナラ(12年生)林では菌類全体が少なかった。

林分間でこれらの差が生じたことは、樹種特有の落葉分解性あるいは随伴する下層植生の種特有の生活形態、生産物質に原因する可能性があると考えた。

### 6 要旨

長野県下には混交林が約120,000ha分布し、森林総面積の18%を占めた。松本、上伊那、下伊那地域にはアカマツを主要構成種とする混交林が多

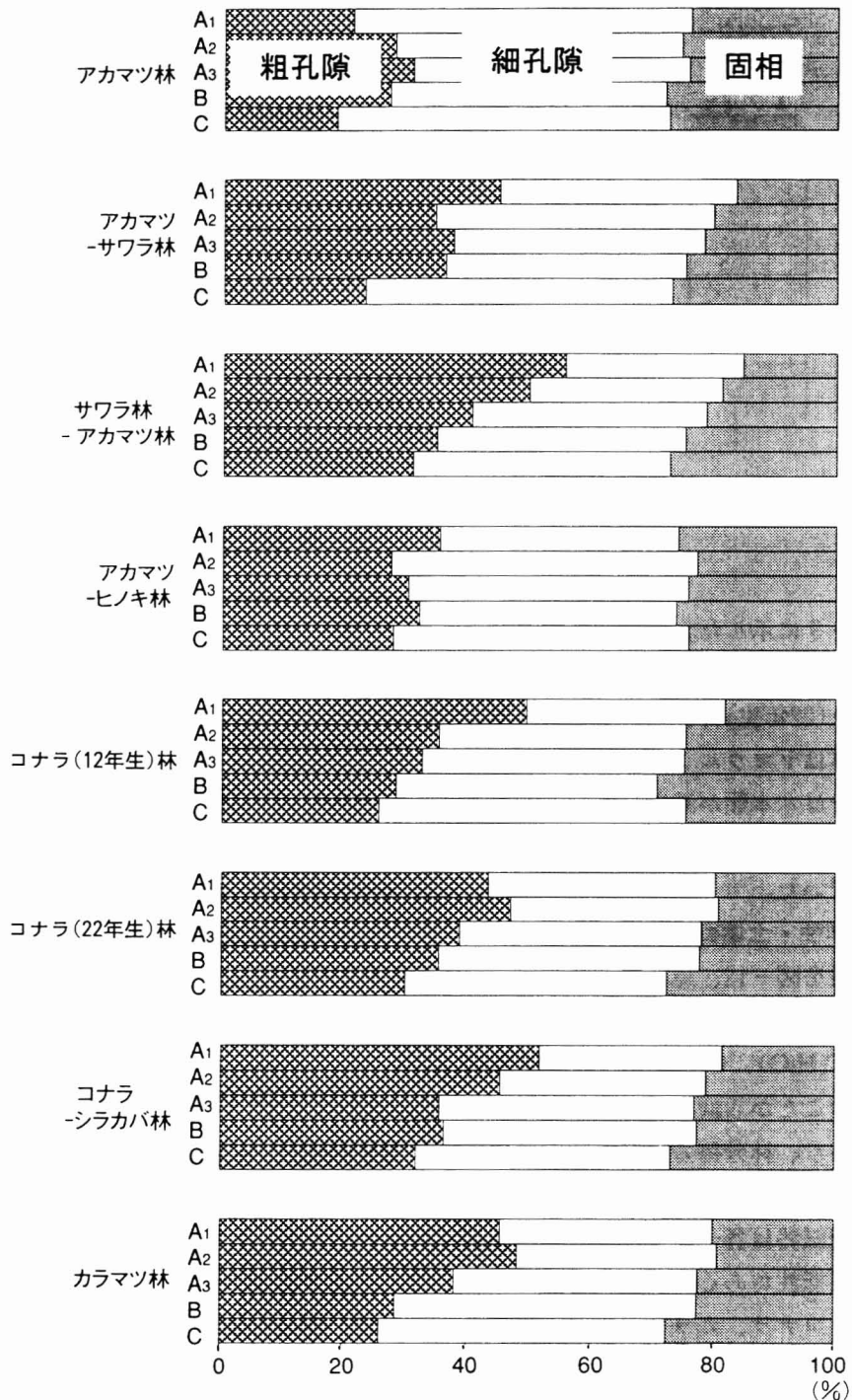


図-13 層別土壌孔隙量

く、佐久地域の主要混交種はカラマツ、上小地域はナラ類、北安曇地域はナラ類、ブナ、北信地域はブナが多かった。

カラマツ一斉林に広葉樹あるいは針葉樹を導入し、混交林化する施業技術を検討した。

40年生前後のカラマツ林の間伐により収量比数0.5程度に疎開すると、林床に存在していたナラ類の成長が促進され、カラマツ一斉林混交林の形成が可能と判断された。

カラマツ一斉林にヒノキ帯状複層林の下木ヒノキは良好な成長を示した。

カラマツ一斉林を混交林化させる施業体系モデルを作成した。

#### 引用文献

- 1) 安藤貴 (1985) : わかりやすい林業解説シリーズNo.79 複層林施業の要点、80pp、林業科学技術振興所
- 2) 有光一登 (1972) : 土壌物理性測定法、466-477、養賢堂
- 3) 土壌微生物研究会編 (1975) : 土壌微生物実験法、21-24、養賢堂
- 4) 土壌標準分析・測定法委員会編 (1986) : 土壌標準分析・測定法、354pp、博友社
- 5) 藤森隆郎 (1991) : 多様な森林施業 林業改良普及双書107、191pp、全国林業改良普及協会
- 6) 藤森隆郎 (1992) : 複層林マニュアル 施業と経営、41-61、全国林業改良普及協会
- 7) 片倉正行 (1993) : 広葉樹林の造成と利用に関する研究(I)広葉樹類の耐陰性について、長野県林総セ研報7、1-10
- 8) 片倉正行・遊橋洪基・大木正夫・古川仁 (1995) : カラマツ及びアカマツを上木とする二段林の管理技術に関する研究(複層林の造成管理技術の開発)、長野県林総セ研報9、16-29
- 9) 河原輝彦 (1975) : リターの分解についてII. 2種類の落葉混合が分解速度におよぼす影響、日生態誌25、71-76
- 10) 河原輝彦・山本久仁雄 (1982) : ヒノキ・アカマツ混交林に関する研究(I)物質生産と分解速度について、日林誌64、331-339
- 11) 河原輝彦 (1983) : 人工庇陰下の植栽木と樹下植栽木の生長比較、林試研報323、133-134
- 12) 河原輝彦 (1990) : 人工生態系管理手段としてのこれからの育林技術、林業技術579、20-23
- 13) 長野県林務部 (1991) : 長野県民有林カラマツ人工林・長伐期施業の手引き、115pp、1991
- 14) 長野県林務部 (1999) : 平成10年度長野県林業統計書、3
- 15) 長野県きのこ振興会 (1989) : しいたけ原木林造成の手引き、76pp
- 16) 大場貞男・浅沼晟吾・早稲田収 (1983) : 人工庇陰下における最小要光量、林試研報323、139-142
- 17) 林野庁 : カラマツ人工林林分密度管理図説明書 本州地域、30pp、1981
- 18) 林野庁 (1986) : 広葉樹 (ナラ類・クヌギ) 人工林林分密度管理図説明書 関東・中部地方、35pp