



Title	北海道大学和歌山地方演習林におけるスギ・ヒノキ複層林の施業実験(V) : 複層林化15年間の樹下植栽木の成長
Author(s)	門松, 昌彦; KADOMATSU, Masahiko; 野田, 真人 他
Citation	北海道大学農学部 演習林研究報告, 54(2), 159-174
Issue Date	1997-09
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/21413
Type	departmental bulletin paper
File Information	54(2)_P159-174.pdf



北海道大学和歌山地方演習林における スギ・ヒノキ複層林の施業実験 (V)

— 複層林化15年間の樹下植栽木の成長 —

門松 昌彦* 野田 真人* 湊 克之* 小宮 圭示*

Experimental Studies on the Conversion of Japanese Cedar
and Japanese Cypress Plantations to the Multi-storied Forests
in Wakayama Experimental Forest, Hokkaido University (V)

The growth of the understory in the forest over
a 15-year period after planting

by

Masahiko KADOMATSU*, Masato NODA*,
Katsuyuki MINATO* and Keiji KOMIYA*

要 旨

北海道大学和歌山地方演習林では、1981年度より、スギ・ヒノキ人工林内に苗木を樹下植栽し、複層林に誘導していく実験に着手した。本報は、複層林内の2つの固定プロットについて行った調査に基づき、植栽後15年間の樹下植栽木の成長経過と、上層木の状況および林内照度との関連を検討したものである。樹下植栽木のスギの樹高をプロット間で比較すると、植栽後2年経過時で差が生じ、15年経過すると、その差は大きくなっている。この原因として、林内照度が大きく関与していると考えられた。樹下植栽当時の上層木の間伐率はプロット間で異なり、林内照度にも違いがあった。しかし、15年経過した段階では、上層木のサイズと林内照度はプロット間でほぼ同じであった。そこで、間伐後早期の林内照度の相違が、樹下植栽木の成長経過に影響を与えたと推察した。この推察は、年輪解析によっても裏付けされた。

なお、第1報で提起した、林内照度および樹下植栽木の樹高に関する予測は、概ね実測と合致していた。

キーワード：樹下植栽木、スギ、成長、年輪解析、複層林

1997年3月31日受理。Received March 31, 1997

*北海道大学農学部附属演習林

The University Forests, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060

1. はじめに

北海道大学和歌山地方演習林（以下、和歌山演習林）では、1931年から1937年にかけて植栽したスギ・ヒノキ人工林内に苗木を樹下植栽し、複層林に誘導していく実験に1981年度より着手している。樹下植栽木はスギ・ヒノキであるが、スギの本数割合がかなり高く、現在はスギ・スギあるいはヒノキ・スギの二段林を呈している。

複層林施業は、湊ほか（1989a）が述べているように、林地保全・森林風致などの森林の持つ機能を高度に発揮させるとともに、木材需要の多様化に柔軟に対応できるという長所を持っている。さらに、育林経費の軽減、実質的な木材生産期間の短縮、初期成長の抑制による良質材の生産、気象害の回避、なども可能である。

一方、伐出時に皆伐よりもコストがかかると同時に、下層木の損傷に留意する必要がある。また、適時に除間伐等により受光調整を行って地力維持を図らなければならない。このように複層林であるがゆえの問題も抱えている。

和歌山演習林の複層林については、上層間伐木の選木方法（前田，1984）、樹下植栽木の成長および育林経費に関する皆伐跡地植栽との比較検討（榎本，1988）、上層木間伐後数年間の林内照度と樹下植栽木の成長の関係（湊ほか，1989a）、上層木伐採に伴う保残木の被害（湊・寺本，1989b）、伐採木の単線循環式集材の結果（湊・福田，1990）を既に報告している。

既報（湊ほか，1989a）において、樹下植栽木の成長に必要な照度を確保するために、複層林化時の上層木間伐後の林分蓄積に基づく予測から、次の間伐を15年後に実施することが検討課題となっていた。そこで、素材生産の一環として上層木の間伐を実行すると同時に、植栽後15年目の下層木の成長状況を調査したので、上層木の状況および林内照度と関連させて報告する。なお、上層木の間伐作業と樹下植栽木の被害については、湊ほか（1997）が報告している。

2. 材料と方法

2.1 調査対象地

和歌山演習林の複層林は、1林班と5林班に設定されている。両林班ともに、和歌山演習林の中で比較的植栽年度の古い造林地であり、1林班は1986年度に、5林班は1981年度から1987年度にかけて、樹下植栽により複層林に誘導されている。今回の間伐実行箇所は、5林班で最初に複層林化されたところで、複層林化に伴い台帳番号31-1として区分されている。5林班は傾斜20~25°の、和歌山演習林としては最も緩やかな南向き斜面となっている。ここには、1982年4月に25m×25mの大きさの固定試験地が2箇所設けられているが、既報（湊ほか，1989a）に従い、これらをプロット1, 2と呼ぶことにする。上層木はスギで、1936年4月に植栽された。下層木が植栽された1981年度の段階で林齢46年であった。

表-1 調査対象プロットに関する施業経過

施業経過等	プロット 1	プロット 2
台帳番号	31-1 (旧31)	
設定年	1982年4月22日	
面積	25m×25m	
上層木		
植栽	1936年4月 スギ4,600本/ha, 補植2回(1937年度・1938年度)	
保育	下刈7回(1936年度～1941年度・1943年度) 除伐・枝打ち1回(1954年度) 間伐1回(1962年度)	
複層林化		
上層木の伐採	1981年9月	
伐採前本数・材積	1,504本/ha, 516.8m ³ /ha	1,616本/ha, 510.4m ³ /ha
伐採後本数・材積	928本/ha, 311.2m ³ /ha	1,120本/ha, 382.7m ³ /ha
伐採率	本数38.3%, 材積39.8%	本数30.7%, 材積25.0%
1996年の本数・材積	784本/ha, 612.6m ³ /ha	1,024本/ha, 649.4m ³ /ha
樹下植栽	1982年3月 1,314本/ha(スギ1,212本/ha, ヒノキ102本/ha) 補植1回(1983年度, 41本/ha)	
下層木の保育	下刈2回(1985年度・1987年度)	

両プロットに関する施業経過等について、表-1に示した。プロット1, 2そのものは、設定年や複層林化前の施業経過は同じであるが、設定時の上層木の伐採率はプロット1の方が高い。すなわち、プロット1の伐採率は、本数で38%、材積で40%であるのに対し、プロット2では本数で31%、材積で25%であった。その結果、複層林化するために伐採した後の本数と材積は、プロット1でそれぞれ928本/ha, 311.2m³/ha, プロット2が1,120本/ha, 382.7m³/haであった。下層木は間伐後に植栽され、実行箇所全体ではスギ1,212本/ha, ヒノキ102本/ha, 合わせて1,314本/haの密度であった。プロット内に限れば、プロット1では1,856本/ha, プロット2が1,744本/haの植栽本数となっていた。本報の調査対象は、年輪解析用試料の一部を除き、これらのプロットの中である。

この地区は、1996年11月に再び上層木の間伐を実行した。伐採は斜面方向に向け列状に行い、おおよそ3mの幅の伐採列と約6m幅の残置列を交互に配置する形となっている。調査対象のプロットでは、それぞれ3列伐採した。列状間伐後の本数・材積は、プロット1で432本/ha, 304.8m³/ha, プロット2で624本/ha, 361.8m³/haである。伐採率は、プロット1が本数比率で44.9%、材積比率で50.2%、プロット2では本数割合で39.1%、材積割合で44.3%となった。

2. 2 植栽木の測定

植栽後15年目の下層木の生育状況を把握するため、1996年9月19日と同20日に、プロット

内の樹下植栽木について、胸高直径、樹高、位置の測定を行った。また、上層木についても、前述の3項目と樹冠幅の調査を1996年9月18日と19日に実施した。

既報（湊ほか，1989a）において、樹下植栽木の樹高成長を植栽後6年まで測定し、これらのデータに基づき、樹高成長の推移を式(1)により推定している。

$$Y_h = \exp \{3.953X_p^{0.743}\} \quad (1)$$

ただし Y_h : 樹下植栽木の樹高推定値 (cm)

X_p : 植栽後の経過年数 (年)

そこで、式(1)より植栽後15年の推定値を求め、実測値と比較した。

同様に、上層木の材積成長率についても、式(2)により推定されているので、複層林設定時から現在までの実際の材積成長率と比べた。

$$Y_{gs} = \exp \{8.081X_s^{-1.802}\} \quad (2)$$

ただし Y_{gs} : スギの推定材積成長率 (%)

X_s : 樹齢 (播種からの年数)

2.3 年輪解析による肥大成長の時系列変動の調査

上層木と下層木について、過去のデータと現況との間を補完する意味で、各プロット内およびその周辺の個体から円盤を採取し、年輪幅変動の時系列解析を行った。上層木、下層木とも、なるべく場所的に片寄り無く試料が得られるように、供試個体を選んだ。また、光環境の違いを考慮して（湊ほか，1989a；川那辺ほか，1994），林縁部にある個体からの採取は避けた。

上層木については、1996年11月5日および6日に各プロット11個体の伐根（地上高0.3m）と元玉末口（地上高4m）から、計22個体の円盤を収集した。これらの個体の胸高直径と樹高を表-2に示す。平均で、プロット1が胸高直径21.6cm、樹高18.0m、プロット2が胸高直径22.7cm、樹高18.5mで、個体サイズに大きな違いはない。なお、素材生産における採材の関係で、プロット内

表-2 年輪解析に供試した個体のサイズ (上層木)

関係プロット	No.	樹種	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	備考
1	1	スギ	18	18	
	2	スギ	26	22	
	3	スギ	24	22	
	4	スギ	19	17	プロット内
	5	スギ	19	16	
	6	スギ	24	21	プロット内
	7	スギ	21	16	
	8	スギ	26	17	
	9	スギ	20	19	
	10	スギ	25	16	
	11	スギ	16	14	
	平均		21.6	18.0	
2	12	スギ	25	19	
	13	スギ	26	15	プロット内
	14	スギ	24	20	プロット内
	15	スギ	31	22	プロット内
	16	スギ	14	15	
	17	スギ	24	21	
	18	スギ	22	20	プロット内
	19	スギ	16	17	
	20	スギ	22	18	
	21	スギ	20	16	
	22	スギ	26	20	
	平均		22.7	18.5	
平均			22.2	18.2	

の上層木の個体数はプロット1で2個体、プロット2で4個体に留まった。

下層木については、上層木の伐出により大きな被害を受けたスギ樹下植栽木から、12月9日に試料を採取した。その採取部位は、いずれも地上高0.3mである。下層木の場合、各プロットでそれぞれ10個体、計20個体であるが、プロット内の被害木では不足だったため、プロット外の被害木も用いて、必要な試料数を採取した。プロット1では3個体が、プロット2関係では5個体が、プロット外にあった。表-3に示したように、プロット1関係の平均胸高直径が5.0cm、平均樹高4.8mであるのに比べ、プロット2関係の供試個体のサイズは若干小さく、平均胸高直径4.1cm、平均樹高3.9mであった。後述するように、プロット間ではそもそも個体サイズに違いがあり、供試個体のサイズの違いはその反映と考えるとよいであろう。

これらの円盤試料は、年輪幅計測器 (野田, 1989) で測定できるように調整し、プロットごとに各個体2方向の年輪幅を測定した。個体の年輪幅は2方向の平均値を用いた。各個体のクロスデートのための年輪幅系列の指標化 (標準化) には、3次多項式とハイパスフィルタとを併用した指標化関数 (野田, 1996) を用いた。成長変動の解析には、実測データから個体間の成長の対比が可能な系列に正規化を行なってから、個体間にみられる共通変動を解析し、1996年以前の上層木および下層木のプロットごとの平均成長パターンを抽出した。

2.4 林内照度の調査

本報の調査プロットでは、既に樹下植栽当年、1年後、2年後、4年後、6年後に林内照度を測定し、樹下植栽木の成長との関係を調べている (湊ほか, 1989a)。同時に、林内照度の推移を式(3)により予測している。

$$Y_i = \exp \{3.221X_c^{-0.552}\} \quad (3)$$

ただし Y_i : 林内の相対照度の推定値 (%)

表-3 年輪解析に供試した個体のサイズ (下層木)

関係プロット	No.	樹種	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	備考
1	1	スギ	5.4	5.4	プロット内
	2	スギ	3.6	2.4	
	3	スギ	7.0	6.5	
	4	スギ	3.2	4.2	プロット内
	5	スギ	4.2	4.1	プロット内
	6	スギ	5.4	5.8	
	7	スギ	5.8	4.8	プロット内
	8	スギ	5.0	4.4	プロット内
	9	スギ	5.6	4.8	プロット内
	10	スギ	4.4	5.5	プロット内
	平均		5.0	4.8	
2	11	スギ	3.8	3.4	プロット内
	12	スギ	2.2	2.5	プロット内
	13	スギ	3.0	2.8	プロット内
	14	スギ	6.2	4.7	
	15	スギ	5.0	4.9	
	16	スギ	4.6	4.2	
	17	スギ	4.4	4.0	プロット内
	18	スギ	6.4	6.1	
	19	スギ	3.4	3.9	
	20	スギ	2.2	2.6	プロット内
	平均		4.1	3.9	
平均			4.5	4.4	

X_c : 伐採後の経過年数 (年)

複層林化15年目の照度の把握と、この推定値の適合性を検討するため、既報と同様にプロット内を約10分間程度歩き回った積算照度を測定し、林外の積算照度に対する比、すなわち相対照度を算出した。測定は、13時から14時半にかけて、伐採前の1996年10月24日と伐採後の12月9日に、デジタル照度計(ミノルタ製 T-1H)を用いて行った。なお、プロット1内の約半分にあたる部分には樹下植栽木がなかった(図-2)。このプロットについては、樹下植栽木があるところとないところの2箇所に分けて計測した。また、樹下植栽木直下はなるべく避けるようにした。これらのデータと前述の推定値を比較した。

上層林分の林分材積と相対照度との関係についても、次の式(4)が呈示されている。

$$Y_1 = \exp \{23.836X_v^{-3.585}\} \quad (4)$$

ただし Y_1 : 林内の相対照度の推定値 (%)

X_v : 上層木の林分材積 (m^3/ha)

この式に、1996年の伐採前の材積を投入し、相対照度の推定値を求め、実測値と比較検討した。

3. 結果と考察

3.1 植栽木の成長

各プロットについて、複層林化後の上層木の成長推移を表-4に、下層木の樹高成長の推移を表-5にまとめた。また、下層木の実際の樹高と式(1)による推定樹高との関係については、図-1にも表した。さらに、両プロットの樹幹配置について、図-2, 3に示した。

まず、上層木は、複層林へ誘導するために伐採した直後に、プロット1でhaあたりの本数が928本、胸高直径が22cm、樹高が16m、haあたりの材積が311 m^3 であり、プロット2でhaあたりの本数が1,120本、胸高直径が22cm、樹高が17m、haあたりの材積が383 m^3 であっ

表-4 上層木の成長推移

プロット	経過年数	本数 (本/ha)	平均胸高 直径 (cm)	平均 樹高 (m)	材 積	
					林 分 (m^3/ha)	平 均 (m^3)
1	0	928	22.4	16.4	311	0.34
	15	784	30.9	21.3	613	0.78
	増減比	0.8	1.4	1.3	2.0	2.3
2	0	1120	22.0	16.8	383	0.34
	15	1024	28.0	20.2	649	0.63
	増減比	0.9	1.3	1.2	1.7	1.9

た。15年経過すると、プロット1のhaあたりの本数は784本、胸高直径は31cm、樹高は21m、haあたりの材積は613m³に、プロット2のhaあたりの本数は1,024本、胸高直径は28cm、樹高は20m、haあたりの材積は649m³になった。両プロットとも、15年間で本数は1割から2割減少したものの、胸高直径と樹高は3割程度増加し、材積も2倍近くま

で増えている。詳細にみれば、プロット2における胸高直径、樹高、材積の増加率は、プロット1を若干下回っている。これは、複層林化に伴う間伐が比較的軽度に行われ、プロット2内の保残木の本数がもともと多かったため、肥大成長と上長成長がやや劣ったと考えられる。その反映として、1981年度の平均材積は、プロット1、プロット2とも0.34m³で差がなかったのに対し、1996年になると、プロット1が0.78m³、プロット2は0.63m³と違ってきた。ただし、1996年の両プロットの平均直径、平均樹高、平均材積についてt検定を行うと、樹高だけに5%水準で有意差が認められた。

式(2)の推定材積成長率から求めた推定材積と実際の材積を比較する。複層林化から現在

表-5 下層木の樹高成長推移

	経過年数				
	0	2	4	6	15
推定樹高(cm)		87	146	197	390
プロット1の平均樹高(cm)	57	90	130	220	467
誤差率(%)		3	11	12	20
プロット2の平均樹高(cm)	58	70	118	164	313
誤差率(%)		20	19	17	20
両プロットの平均樹高(cm)	58	80	124	192	390
誤差率(%)		8	15	3	0

$$\text{誤差率} = |\text{実測値} - \text{推定値}| / \text{推定値}$$

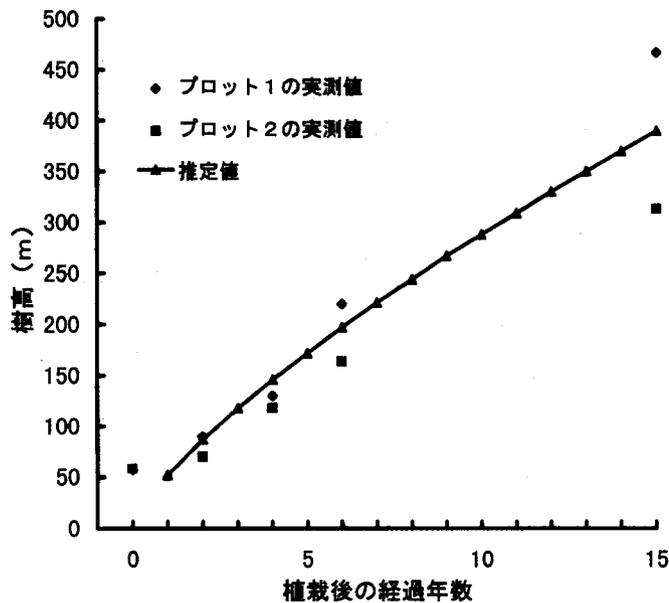


図-1 下層木の樹高の実測値と推測値の関係

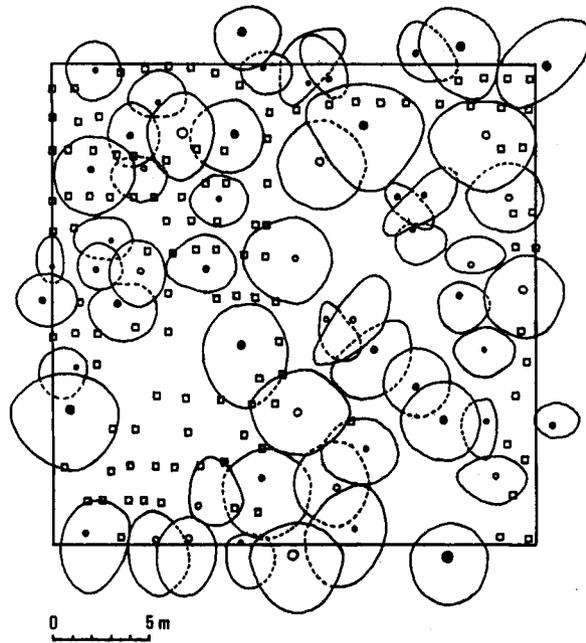


図-2 プロット1の樹幹配置と上層木樹冠投影図
保残上層木 (●), 間伐上層木 (○), 下層木 (□)

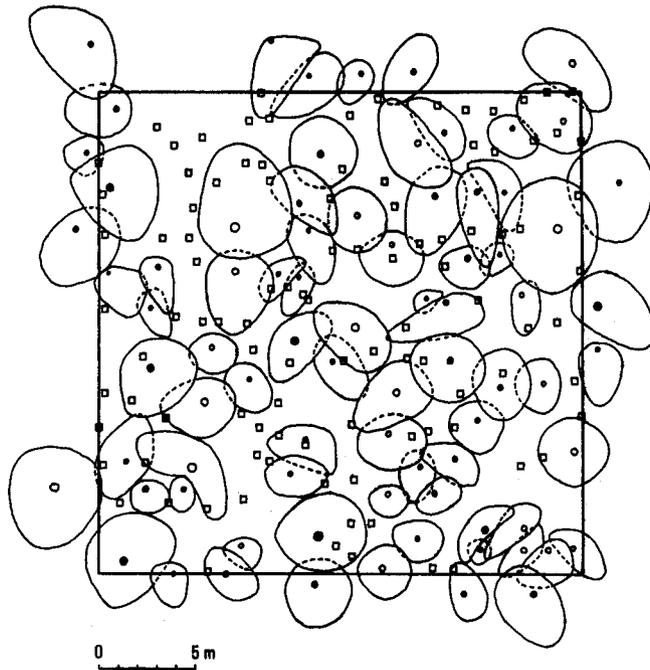


図-3 プロット2の樹幹配置と上層木樹冠投影図
保残上層木 (●), 間伐上層木 (○), 下層木 (□)

表-6 複層林化15年後の上層木材積の推定値と実測値

プロット	推定材積成長率(%)			材積(m ³ /ha)			
	1981	1996	区 間 平 均	初期値	推定値	実測値	誤差率 (%)
1	2.9	1.8	2.4	311	441	613	39
2	2.9	1.8	2.4	383	543	649	20

$$\text{誤差率} = |\text{実測値} - \text{推定値}| / \text{推定値}$$

までの区間平均成長率は2.4%となる(表-6)。これより、プロット1の推定林分材積は441 m³/ha、プロット2の推定林分材積は543 m³/haとなる。実際の林分材積は、プロット1で613 m³/ha、プロット2で649 m³/haであり、それぞれ39%と20%超過している。

次に、下層木について述べる。下層木の残存本数は、プロット1が1,792本/haである。プロット2は1,632本/haで、植栽当初に比べ、それぞれ3%、6%減少している。下層木の平均樹高は、植栽後15年でプロット1, 2それぞれ467cm, 313cmとなった(表-5)。表に示したように、植栽時は両プロットとも樹高に差はなかった。しかし、2年経過時で既にプロット間に差が生じ、6年、そして15年と経過すると、その差は徐々に大きくなってきている。推定樹高との関係でも、プロット1の実際の樹高は推定値を概ね上回るかたちで推移してきているが、プロット2では常に下回っている。15年経過時での推定値からの誤差をみると、ちょうど同じ比率だけ過不足になっている。植栽後15年目の樹高についてt検定を行うと、両プロット間に1%水準の有意差が認められた。複層林施業では、光が下層木の成長因子として重要とされている(早稲田, 1981; 遠藤・石川, 1994; 藤田ほか, 1994)。各プロットにおける下層木の樹高成長の相違は、酒井ほか(1996)と同様に、上層木の本数密度に起因する光環境の違いによる可能性が高いと考えてよい。林内照度の推移については、後で詳しく述べる。

なお、樹下植栽木の樹高の最大・最小は、プロット1が6.9mと2.2mで、プロット2では5mと1.9mで、すべて胸高に達していた。そして、胸高直径はプロット1で最大が7.6cm、最小が1.2cm、平均4.6cmであり、プロット2で最大5.6cm、最小1.2cm、平均3.1cmであった。直径についても、t検定の結果、プロット間に1%水準で有意な違いがあった。

3.2 年輪解析による肥大成長の変動

上層木の平均年輪幅系列の変動(図-4)をみると、両プロットとも植栽から5年程度は年輪幅の増加が見られるが、その後は指数関数的な減少曲線を示している。樹幹部位の異なる年輪幅系列を比較しても、植栽後約20年以降の傾向は、ほぼ両者とも同じ変動をしていることが判明した。しかし、肥大成長速度について、地上高の違いや両プロット間に有意差が見い出せなかった。

図-4を詳細に見ると、初期成長後の1952—1960年、1980—1996年間に、年輪幅成長の増

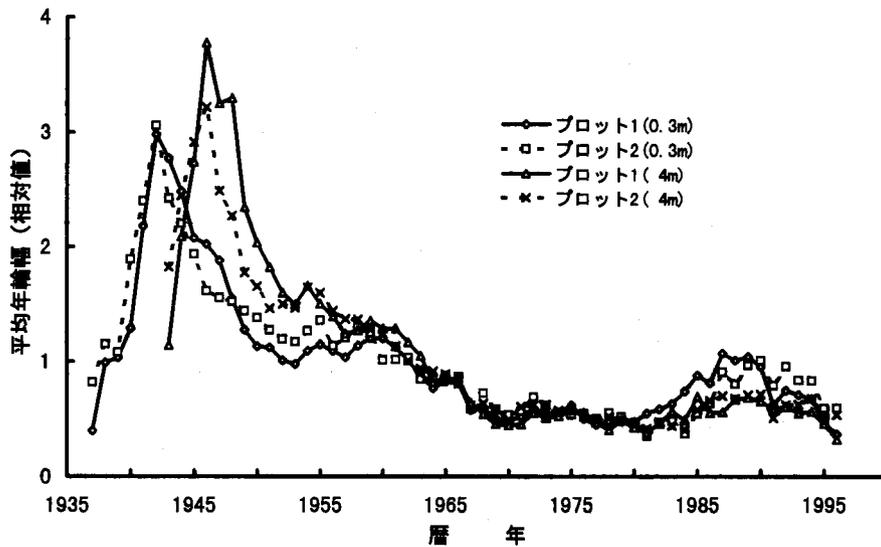


図-4 1936年～1996年の上層木の平均年輪幅の変動

加と思われる小さな山が存在する。特に、1980—1996年間の増加は、1981年の間伐に一致する時期で、それを境に年輪幅の増加が見られ、1990年付近にピークをもち、1996年まで減少傾向にある。

複層林へ誘導するため上層木の間伐を1981年に行った結果、立木密度の低下に伴った樹冠密度の低下により、成長のための環境が好転し、肥大成長の増加として現れたものと考えられる。しかし、1990年近くになると、再び樹冠密度が高く飽和状態になり、上層木の個体間競争の結果、肥大成長速度の減少が生じたものと考えられる。この様子は、相対照度の変化(図-7)で指数関数的な減少が見られることから推察される。

次に、下層木の平均年輪幅の変動(図-5)では、上層木と同様に両プロット間に有意な差が見い出せなかったが、肥大成長をプロットの平均年輪幅の時系列変動で見ると、植栽された1981年以降の植栽後5年ほどは成長の増加が見られ、1986年から1993年(植栽後12年)まで平均した成長を示し、その後、調査時の1996年まで減少している山型の変動曲線が得られた。

上層、下層木ともに山型を示す1980年から1995年までの成長傾向の要因を考えてみると、次の2つの要因が考えられる。

- (1) 気候要因に起因する変動。
- (2) 上層木の立木密度や樹冠密度に起因する変動。

(1)に起因する気候要素として、気温、降水量、日照が考えられる。そこで、気象庁潮岬測候所(和歌山県串本町)の気象データにより1980年から1995年までの気象要素の年平均値ないし年合計値をプロットすると、図-6のようになる。これと図-4、5を対比すると、同時性が見

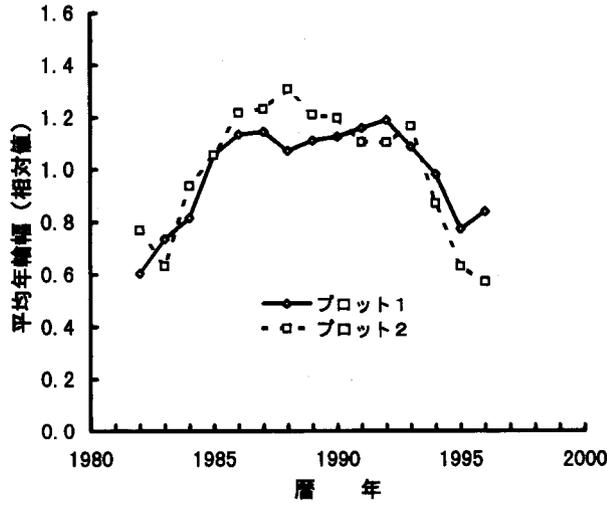


図-5 1981年～1996年の下層木の平均年輪幅の変動

られないことから、1年輪の成長に関与する主要因として、気候の変動が大きく作用していないと考えられる。

(2)の上層木の変動が関与する要因として、上層木の立木密度や樹冠密度の変動が考えられる。仮に、上層木の立木密度や樹冠密度の変動と肥大成長変動との間に線形関係が認められる

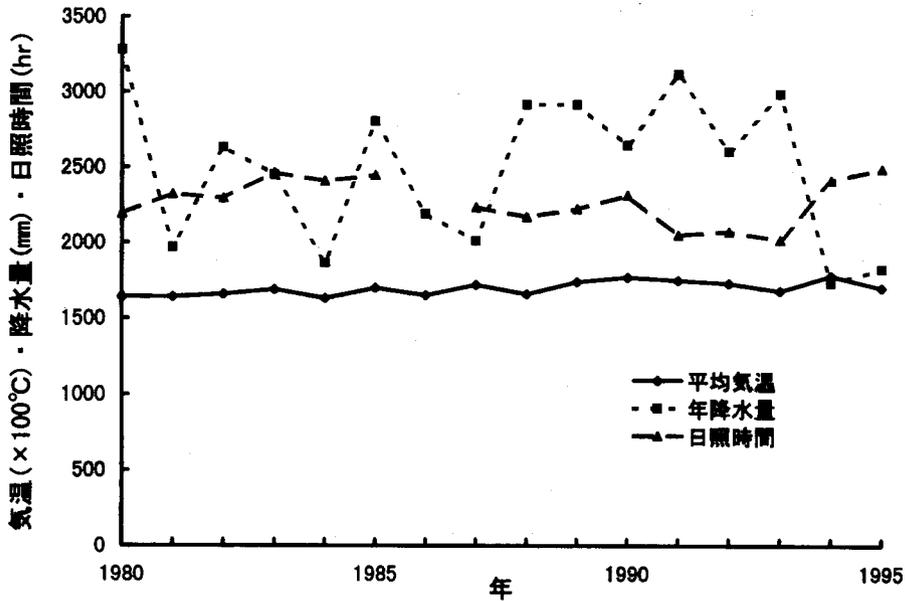


図-6 1980年～1995年の年平均気温・年降水量・日照時間に関する気象観測記録 (和歌山県潮岬測候所)

とすると、図-4と図-5を対比することにより、上層木の立木密度や樹冠密度と下層木の肥大成長との関係が明らかになる。図-4と図-5をみると、双方のプロットのピークが1990年前後に見られる山型をしていることがわかる。

この山型を示す年輪幅変動について推測をする。下層木の植栽時は、上層木の間伐直後のため、林床の日射量が多く肥大成長が順調であった。ところが、植栽後10年近く経った1990年前後になると、上層木の樹冠量の増加によって林床の日射量が少なくなり、その結果、肥大成長が抑制されたものと考えられる。

しかし、上層木の樹冠量と肥大成長量および上層木と下層木との肥大成長の関係を明らかにするためには、それぞれの関係を空間的に時系列的に解析し、これらの線形関係を導出することが重要であり、今後の課題であると考えられる。

3.3 林内照度

1996年の間伐前後の林内照度をプロットごとに表-7に示す。

プロット1に注目すると、下層木がある方の間伐前後は下層木のない方のそれと比べ、4割ほど少なく、下層木があるなしでは林内の相対照度が異なり、樹高が高くなった下層木の影響が出ていることが分かる。

複層林化以降の実際の林内照度と式(3)による推定値との関係を、1996年のプロット1については平均を用い、図-7に示した。これをみると、推定値は樹下植栽後5年で10%程度となり、植栽直後の4割まで低下している。また、樹下植栽後初期の全般的傾向として、残した上層木本数の少なかったプロット1の方の実測値は、保残木の多かったプロット2のそれより大きい。その結果、下層木の成長に差が生じたものと考えられる。なお、複層林化のために伐採してから15年後の推定値は5.6で、実際の林内照度と比較するとやや明るく推定されているが、概ね妥当な値である。先の報告(湊ほか, 1989a)では、林内照度を最低5%以上に維持する必要があり、当初の間伐計画の20年周期ではなく、15年間隔の伐採を検討すべきであると提案している。1996年はちょうど15年目にあたり、林内照度は当時推定された5%程度になっていた。そこで、今回の間伐は、観察と測定および予測が合致した時期に実施されたことになる。

ところで、1996年度の間伐前の林内照度を式(4)に基づき、上層木の林分材積から算出すると、プロット1が2.3%、プロット2が1.9%となる。両プロットとも2%前後で、いずれも実測値より低く見積もられている。したがって、調査対象地に限れば、林分材積による推定式(4)は、複層林化後の経過年数

表-7 1996年の間伐前後の林内照度

プロット	下層木	相対照度(%)	
		間伐前	間伐後
1	あり	3.9	9.6
	なし	6.3	16.6
	平均	5.3	13.1
2	あり	5.2	12.0

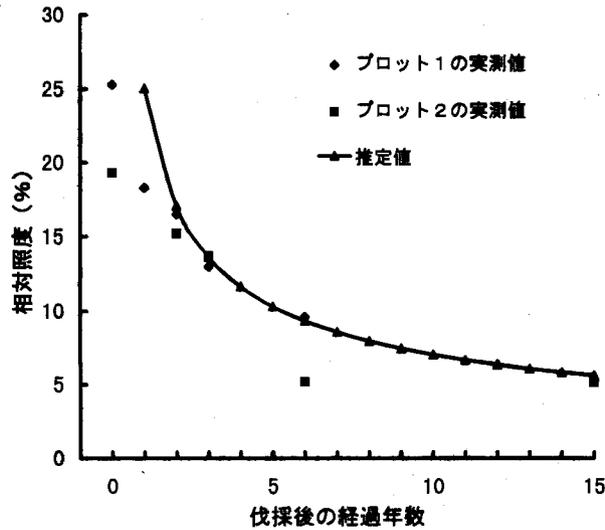


図-7 林内照度の実測値と推定値の関係

に対応させた推定式(3)より適合度が低いといえそうである。

一方、間伐後の林内照度についても、式(4)から推定値はプロット1では28%、プロット2では15%と計算されるが、実測値はプロット1、2それぞれ13%と12%で、これらの値より低くなっている。この原因として、前述の式そのものの適合性の他に、伐採方法の違いと下層木サイズの変化が考えられる。すなわち、定性間伐と機械的間伐の違い、下層木による庇陰程度の違いがあげられる。本報では過去の調査データとの統一性を優先したが、より正確に下層木の光環境を把握するには、下層木上部での照度測定 (竹内ほか, 1992b; 1992c) が必要であろう。

3.4 総合考察

15年前に複層林化するために上層木のスギを伐採し、スギを樹下植栽した2つのプロットについて、現況を調査した。その結果、当初の間伐率はプロット間で異なっていたが、上層木は樹高以外は同様な成長をしていた。また、林内照度もほぼ同じで、相対照度5%程度までに低下していた。年輪解析でも、伐採後10年くらいまでは上層木に間伐の効果が認められたが、その後の肥大成長速度は減少傾向にあった。

一方、下層木の成長は、伐採率、照度の違いにより、プロット間で大きな差がでてきている。しかし、現在の両プロットの林内照度は変わらない。一方、年輪解析ではプロット間で差は見いだせなかったが、植栽後5年くらいまで肥大成長の急激な増加が認められている。そこで、下層木の成長の差は、間伐後かなり早い時期までの光環境の違いによっている可能性があ

る。竹内ほか(1992a)は、上層木皆伐後のスギ下層木についてではあるが、胸高直径では伐採3年目以降、樹高では4年目以降に成長量がほぼ一定になると述べている。また、既報(湊・山ノ内, 1986; 湊ほか, 1989a)より、皆伐跡地のスギ植栽木でも、植栽10年後くらいから樹高成長率が低下する傾向が認められる。そこで仮に、本試験地で上層木の樹冠の再閉鎖が進まず、間伐後の光環境が変わらなかったとしても、下層木の成長量は年数が経過すると一定になるか、あるいは低下すると類推できる。これと、光環境そのものの劣悪化の影響とが、本報で扱った樹下植栽木の15年間の成長に相乗的に現れたものとする。

ところで、既報(湊ほか, 1989a)でいくつか示されていた推定式のうち、上層木の材積成長率の推定式(2)では、実際より低く見積もられた。植栽後の下層木の樹高成長に関する式(1)は、両プロットの平均でみていけば、概ね合致していると考えてよいであろう。また、林内照度についても、間伐後の経過年数を用いた推定式(3)による予測値とほぼ同じであった。一方、上層木の材積による照度の推定式(4)はやや適合性が悪かった。

今回の間伐後の上層木と下層木の成長については、間伐方法が前回と異なるので、予測は難しい。とりあえず、単純に前述の式を当てはめてみると、次の15年間の区間平均材積成長率の推定値は1.5%で、15年後の上層木の材積はプロット1, 2それぞれ767m³/ha, 814m³/haとなる(表-8)。同じく、下層木の樹高は、植栽後の経過年数から650cm程度と算出される。そして、林内照度は、間伐後の経過年数に基づけば今回と同じ5%程度、林分材積からは0.8~1%と計算される。これらから、現状を加味しながら、さらに15年後の状況を推測してみたい。

間伐率は、本数で39~45%、材積で44~50%と前回よりも高かった。しかし、実際の林内照度は12~13%で、前回の間伐直後の照度19~25%(湊ほか, 1989a)を下回っており、伐採後3年目の照度と同程度である(図-7)。そこで、式(3)により間伐後の経過年数を18年とした場合の照度を計算してみると、5.1%となり、かろうじて5%を維持できる。これとの関連で、式(1)により植栽後27年目の下層木の樹高を計算すると、603cmである。今回の残置列で間伐効果が皆無であると仮定すれば、15年後の残置列の下層木の樹高はこのくらいになるかもしれない。しかし、今回の間伐の効果は伐採列は当然ながら、残置列にもみられるであろうから、下層木全体の平均樹高は6m以上になると予想する。

いずれにしても、帯状更新地についての報告事例(竹内ほか, 1992c; 竹内・川崎, 1995)が示すように、伐採列と残置列では光条件などが異なり下層木の成長に差が生じると考えられるので、これらの推測はあくまでも目安である。

表-8 次の15年後の上層木材積の推定値と実測値

プロット	推定材積成長率(%)			材積(m ³ /ha)	
	1996	2011	区間平均	初期値	推定値
1	1.8	1.2	1.5	613	767
2	1.8	1.2	1.5	649	814

4. おわりに

本報では、2つのプロットにおける下層木の植栽後15年間の推移について取り扱った。5林班では6年間にわたって複層林化が進められ、8つのプロットが設定されている。これらの複層林化時点での上層木密度や林分材積は異なっているが、プロット1は立木密度では3番目に少なく、材積では最も少ない。逆に、プロット2の密度は最多で、材積は3番目に多かった(湊ほか, 1989a)。したがって、プロットの中では相対的に極端な条件下にある下層木を調べたことになり、本報は複層林の現状をある程度表していると思われる。

また、次の15年後の林況について推測してみたが、これに関しては今後追跡調査が必要であることはいうまでもない。しかし、林内照度を5%以上に維持するため、15年後に再び残置列について間伐を行わなければならないと予測される。第IV報(湊ほか, 1997)で述べているように、今回の間伐では下層木に被害が発生しており、今回の伐採列を活用した適切な間伐方法を検討すべきであろう。

謝 辞

本文中にも記したとおり、本施業実験は多くの年月を要している。それでも、現在の上層木の主伐予定期である120年と比べれば、ようやく道のりの半分に達したばかりである。当然ながら、本試験に携わった方々の数は多く、そのご尽力は計り知れない。まず、複層林化の研究計画作成については、元北海道大学和歌山地方演習林の神沼公三郎教授(現雨龍地方演習林長)と成田雅美助教授(現筑波大学農林学系)が担当された。同じく、設定当時の上層木および下層木の取り扱いや、林内照度の測定等にあたっては、元和歌山地方演習林の前田万寿郎元技官、塚本光弘技官(現札幌森林保全掛長)、杉下義幸技官(現天塩地方演習林森林保全掛長)、山ノ内 誠技官(現中川地方演習林森林保全掛長)、梶本浩志技官(現天塩地方演習林森林保全掛)、倉岡光博元技官にお世話になった。また、前和歌山地方演習林の青井俊樹助教授(現苫小牧地方演習林長)と竹田哲二技官(現天塩地方演習林試験掛長)のお陰により試験を継続することができた。さらに、設定から今日まで、和歌山地方演習林の寺本 守技官と林業技能補佐員から多大な便宜を受けた。この他多くの方々にお世話になった。ここに記して、深謝の意を表します。

引用文献

- 遠藤良太・石川敏雄(1994):複層林における光環境の測定法。日林論 105, 437~438
藤田 巖・穂屋下浩平・近藤 晃(1994):スギ・スギ二段林の下木として植栽した精英樹さし木苗と在来系実生苗の生長と生存率。日林論 105, 439~440
川那辺三郎・山中典和・安藤 信・金子隆之(1994):林縁の光環境と下層植生について。日林論 105, 435~436
前田万寿郎(1984):複層林施業における選木方法について。北大演試験年報 1983, 106~109

- 栢本浩志 (1988) : 複層林における樹下植栽木の生長について. 北大演試験年報 5, 33~36
- 湊 克之・山ノ内 誠 (1986) : 北海道大学和歌山地方演習林における無節柱材生産のためのスギ・ヒノキの枝打ち時期ならびに伐期齢の検討. 北大演研報 43(1), 27~41
- 湊 克之・神沼公三郎・成田雅美・前田万寿郎・塚本光弘・杉下義幸・山ノ内 誠・栢本浩志・倉岡光博 (1989a) : 北海道大学和歌山地方演習林におけるスギ・ヒノキ複層林の施業実験 I. 北大演研報 46(1), 83~109
- 湊 克之・寺本 守 (1989b) : 北海道大学和歌山地方演習林におけるスギ・ヒノキ複層林の施業実験 (II). 北大演研報 46(3), 719~733
- 湊 克之・福田仁士 (1990) : 北海道大学和歌山地方演習林におけるスギ・ヒノキ複層林の施業実験 (III). 北大演研報 47(1), 71~82
- 湊 克之・門松昌彦・野田真人・小宮圭示 (1997) : 北海道大学和歌山地方演習林におけるスギ・ヒノキ複層林の施業実験 (IV). 北大演研報 54(2), 143~158
- 野田真人 (1989) : 画像解析システムを用いた年輪幅計測. 第3回「樹木年輪」研究会報告書, 京大原子炉実験所 KURRI-TR336, 63~67
- 野田真人 (1996) : 樹木年輪幅の時系列変動の解析. 北大演研報 53(1), 97~146
- 酒井 武・川崎達郎・田淵隆一・竹内郁雄 (1996) : 長期二段林下木の成長経過. 日林論 107, 205~206
- 竹内郁雄・落合幸仁・川崎達郎・安藤 貴 (1992a) : 短期二段林の上木伐採後における下木の成長. 森林総研研報 362, 155~169
- 竹内郁雄・川崎達郎・森 茂太 (1992b) : 低コスト育林の事例 (I). 103 回日林論, 455~456
- 竹内郁雄・川崎達郎・森 茂太 (1992c) : 低コスト育林の事例 (II). 103 回日林論, 457~458
- 竹内郁雄・川崎達郎 (1995) : 低コスト育林の事例 (IV). 日林関西支論 4, 125~126
- 早稲田 取 (1981) : 複層林の仕立て方. 249pp, 林業改良普及双書 77, 全国林業改良普及協会, 東京

Summary

Since 1981, experimental work has been carried out to convert Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) and Japanese cypress (*Chamaecyparis obtusa*) artificial forests to multi-storied forests by underplanting in the Wakayama Experimental Forest, Hokkaido University. This paper describes the growth of the understory in two plots over a 15-year period after planting and the relationship to the growth of the overstory and illumination.

The following results were obtained. A difference was seen in the height of underplanted Japanese cedar trees between the two plots within only two years after planting, and this difference was remarkable after 15 years. This difference in the growth of understoried trees was thought to be due mainly to the difference in illumination. However, the size of overstoried trees and relative illumination were almost the same in both plots at 15 years since underplanting. As the proportion of crown-thinning differed between plots during the conversion to a multi-storied forest and as the relative illumination also varied between plots, the different size of understoried trees between the two plots was thought to have been caused by the difference in illumination in the early stage after crown-thinning. Analysis of tree-ring width supported this presumption.

The estimations of relative illumination in the forest and the height of understoried trees, which were reported in the previous paper, were similar to actual measurements.

Key words : Analysis of tree-ring width, Growth, Japanese cedar, Multi-storied forest, Underplanted trees