HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|---|---|
| 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 Ⅰ：林内照度と樹下植栽幼樹の生長 |
| Author(s) | 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; 桝本, 浩志; 倉岡, 光博 |
| Citation | 北海道大學農學部 演習林研究報告, 46(1), 83-109 |
| Issue Date | 1989-01 |
| Doc URL | http://hdl.handle.net/2115/21281 |
| Type | bulletin (article) |
| File Information | 46(1)_P83-109.pdf |

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

# 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

## ― 林内照度と樹下植栽幼樹の生長 ―

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*　桝本　浩志*　倉岡　光博*

# Experimental Studies on the Conversion of Japanese Cedar and Japanese Cypress Plantations to the Multi-storied Forests in Wakayama Experiment Forest, Hokkaido University I

## — Relationships between relative illuminance and the growth of underplanted trees in forests —

By

Katsuyuki MINATO*, Kinzaburo KANUMA*, Masami NARITA**
Masuro MAEDA*, Mitsuhiro TSUKAMOTO*, Yoshiyuki SUGISHITA*
Makoto YAMANOUCHI*, Hiroshi MASUMOTO* and Mitsuhiro KURAOKA*

## 要　　旨

北海道大学和歌山地方演習林は昭和56年度より，生産材の多様化などいくつかのメリットを考慮して複層林施業を導入した。現在までに50年生前後の林分をほぼ一巡，伐採して，ヘクタール当り約1,000本，300～400 $m^3$ の上層木を残存させた。毎年度，伐採後にヘクタール当り2,000本程度の樹下植栽を行ない，2段林の複層林になっている。

樹下植栽木の生長は林内照度と関係があり，その林内照度は林分材積と関係を持つと考えられる。皆伐跡地での植栽木の1/3程度の生長を樹下植栽木に期待するには、林内の相対照度を5%程度以上に維持する必要がある。そのための伐採率を，林分材積から予測する方法を提起した。

**キーワード：**　和歌山演習林，複層林施業，スギ，ヒノキ，林内照度。

1988年8月31日受理　Received August 31, 1988.

* 北海道大学農学部附属演習林
College Experiment Forests, Faculty of Agriculture, Hokkaido University.
** 筑波大学農林学系
Institute of Agriculture and Foresty, University of Tsukuba.

その結果，今回の伐採はほとんどの年度がやや過少な伐採量であったと判断され，次回の伐採に向けては伐採間隔を20年から15年程度に短縮することなどが考えられる。

いずれにしても今後，5年間に一度程度は上層木を含む調査を反復し，実施して，より優れた複層林施業技術を追求して行く必要がある。

## 目　次

はじめに …… 85
I　複層林施業実験の概要 …… 86
1．複層林施業の意義と取扱い方針 …… 86
(1) 複層林施業の意義 …… 86
(2) 和歌山演習林における複層林の取り扱い方針 …… 88
2．複層林施業の経過 …… 89
(1) 複層林の位置と着手前の施業経過 …… 89
(2) 上層木の収穫作業 …… 91
(3) 下層木の育成作業 …… 94
II　林内照度の変動と樹下植栽木の生長 …… 95
1．調査目的 …… 95
2．調査方法 …… 95
(1) 照度の測定 …… 95
(2) 樹下植栽木の測定 …… 96
(3) 林道からの距離別にみた林内照度と樹下植栽木の調査 …… 96
3．調査結果 …… 97
(1) 林内の相対照度 …… 97
(2) 樹下植栽木の測定 …… 97
(3) 林道からの距離別にみた林内照度と樹下植栽木の調査 …… 99
(4) 上層木の林分材積の調査 …… 99
4．調査結果の分析 …… 99
(1) 林内照度の推移 …… 99
(2) 樹下植栽木の樹高生長の推移 …… 101
(3) 林道からの距離別にみた林内照度と樹下植栽木の分析 …… 102
(4) 上層木の林分材積と林内照度との関係 …… 104
(5) 上層木の樹種と樹下植栽木の樹高生長との関係 …… 104
5．検　討 …… 104
ま と め …… 106
引用文献 …… 108
Summary …… 108

## はじめに

わが国では古来より，森林の伐採にあたって特定樹種の大径木を意図的に残しておき，この上層木が後継の中層木，下層木に一定の自然的影響を与えることによって，森林の再生を円滑ならしめるという保残木施業の技術が各地で散見された。この技術を複層林施業の端緒とするならば，複層林の歴史はかなり古いといえよう。しかし今日，随所でみられる複層林施業は，戦後の拡大造林がめざましく進展するなかで，その皆伐一斉造林方式に対するアンチ・テーゼとして取組みを開始したものがほとんどである。その意味で今日の複層林施業の技術的先駆性をうちに継承しつつも，固有の社会的状況を背景に生みだされた意義をもっている。外材体制と木材不況の重圧によって，産業としての林業の基盤が崩壊しつつあるいま，複層林施業はいわば森林施業の救世主のごとく位置づけられ，過大な期待を寄せられて再登場してきているのが実状である。

複層林施業に如上のような大きな位置づけを与えるかどうかは別として，次章で述べるとおり，皆伐一斉造林方式とは異なる性格を持ち，対立的な技術的特質を有する点において，やはり有力な森林施業の一つであることに相違はない。

北海道大学和歌山地方演習林（以下，和歌山演習林）では，複層林施業のかかる意義を認め，他地域のいくつかの先進事例を学びながら，演習林経営試験要項に基づく和歌山演習林の長期計画[1]の一環として，昭和56年度よりその実践に着手した。

63年度もなお第一回目の伐採を継続中であるが，施業実験に不可欠な林道網の完備した林分の伐採は60年度ないし61年度をもって終了しているので，すでに初期の施業は一段落しているといってよい。そこでいままでの経過と樹下植栽木の生長を明らかにして，今後の施業に向けての基礎資料とするべく本稿をとりまとめた。最近，いくつか公刊されている複層林施業の研究[2,3,4,5]は，数多くの，また長期間の実践例の模様を伝えているが，本稿の対象とする和歌山演習林の実験も，今後の努力のなかで豊富なデータを提供し，貴重な実践例に成長していくものと確信する。

この研究は次の分担で行った。湊・神沼・成田は全体の研究計画の作成と分析結果の総合的な考察，塚本・山ノ内・杉下は上層木の取り扱い，前田は下層木の取り扱い，桝本・倉岡は林内照度に関する，それぞれの計画・調査と分析を主として担当した。

複層林施業の着手にあたっては林業試験場東北支場長・早稲田収博士，石原林材(株)社長・石原猛志氏から貴重な助言を賜わった。論文の作成にあたり北海道大学演習林教授・氏家雅男博士から適切な指導を戴いた。また図の作成にあたっては演習林研究部・岡崎まち子氏のご協力を得た。いずれも記して深謝の意を表する次第である。本文中，推定式の計算等には北海道大学大型計算機センターを利用した。

# I　複層林施業実験の概要

## 1.　複層林施業の意義と取扱い方針

### (1)　複層林施業の意義

いま複層林施業は一種の流行のごとくもてはやされているが，政策面でこうした状況を作り出した契機は，林政審議会「林政の基本方向―森林の危機と克服にむけて―」(昭和61年11月17日）である。「林政の基本方針」は，森林の危機を克服し，「国産材時代」を展望するために，「森林整備方針の転換を図る」ことが急務であると強調している。つまり，「我が国経済社会の成熟化に伴ない，森林の有する公益的機能の高度発揮，木材需要の多様化等森林に対する国民的要望が高まっている」ので，これに応えるための森林施業として，「人工林の適正な整備」に加えて5項目の具体的施策を提起しており，その冒頭に「複層林の造成」を位置づけている。

ついで昭和62年7月24日閣議決定の「森林資源に関する基本計画」も，「林政の基本方針」を受けて「複層林の造成，整備を積極的に推進する」と主張した。「基本計画」は昭和59年4月時点で全国に8万haあった複層林面積を，昭和99年度には107万haに拡大するという，具体的な数字まであげている。いままで「基本計画」は改定のたびにその内容が大きく揺れて，時代通史的な一貫性に著しく欠けるのが特徴だったので，はたしてこの107万haという数値に現実的根拠があるのかどうか大いに疑問とするところだが，それにしても複層林への肩入はかなりのものとみてよい。「基本計画」も「林政の基本方針」と同じく，複層林の意義を「森林の裸地化を回避しつつ森林の有する公益的機能の高度発揮の要請および多様な木材需要にこたえていくため」と述べている。

また62年10月27日の経済団体連合会「森林・林業についての考え方と林業経営確立のための課題」も，「経済基盤の条件整備」の一つとして，「従来，専ら針葉樹林の造成技術が重視されてきたが，今後は，立ち遅れている広葉樹林及び複層林の造成技術の開発に努める」ことを提唱している。

以上のような一連の政策提言にもとづいて，民有林に関しては63年度林野庁一般会計予算の林道事業に「複層林施業推進林道整備事業」(6億円）が新設された。他方，国有林については，林政審議会「国有林野事業に関する計画の改訂・強化について――経営体質の転換・改善に向けて――」(昭和61年12月25日)が複層林の造成を積極的にうたい，昭和62年7月31日改訂の「国有林野事業の改善に関する計画」(53年策定の改善計画を59年に改訂し，さらにそれを改訂したもの）で，59年改善計画におけるよりも複層林への取組を一層重視することとなった。改訂された改善計画は，「特に，森林の有する公益的機能の高度発揮や多様な木材に対する需要にこたえるため，自然的，社会的，経済的条件を総合的に勘案し，複層林の造成――等を推進する。」と述べている。そしてこれを受けて早速，林野庁「昭和63年度国有林野事業業務方針」(63年4月7日）も，「人工林施業の適切な実施」の項目で，「公益的機能の高度発揮や

多様な木材需要に対応するため，複層林の造成，——等を推進する。」と，複層林施業の拡大に向けて態度を明確にしている。

上にみた政策はいずれも林政審議会「林政の基本方向」に端を発する内容であるため，複層林施業の意義を公益的機能の高度発揮と，木材需要に対する国民的要請の多様化に応えることの二点に求めている。確かに複層林施業は，皆伐と異なって林地を裸出させないので，林地保全，水源かん養，森林風致などの高い機能を発揮するとともに，伐採に際しては大・中・小径木の同時採取が可能なため，木材需要の多様化に柔軟に対処できるであろう。

この二つの点は複層林施業の最も基本的な特徴として確認できるが，その他に，育林経費の大幅な軽減が可能なこと，皆伐と異なって生産期間の超長期性の問題から実質的に解放されること，下層木は上層木の庇陰下で生長するために初期生長が抑制され，いわゆる芯づまりの良質材を生産しやすくなること，各種の寒害に強い性質を有すること，などの長所を指摘できる[6]。

他方，複層林施業のデメリットもいくつか考えられる。森林内を伐採，搬出するので皆伐よりも伐出コストが割高になる。下層木の損傷に留意するとこの傾向は，なおさら大きくなる。上・中層木の間伐や，中・下層木の除間伐，枝打の時期を失うと，林内はどうしても受光不足になり，地力維持のうえで好ましくない。下層木は形状比が大きくなるので，積雪地帯では冠雪害を受けやすい[6]。

これらの問題点の他に，国有林における複層林施業については次のような批判が提示されている。第一に，複層林施業の対象，目的，方法が混乱している部分がみられる。施業の体系化を図るにはその対象林分，施業目的，施業方法を基準化すべきである。第二に，複層林型への誘導を理由に更新目的樹種をあい昧にしたり，天然力活用の掛声と結びつけて保育を手抜きすることや，不成績造林地に天然木が混在していることをもって複層林施業として合法化する傾向がある。第三に，一般的に二段林や複層林型に誘導する施業方法と，すでに複層林施業として完成されているものとの違いについて，その対象，目的，方法等を統一的に明らかにするべきである[7]。

周知のとおり国有林はきわめて深刻な財政危機に陥っているだけに，歳出の抑制と結び付いた手抜き施業が進行していないかどうか懸念される。複層林施業に特徴的な保育の軽減と，ここに指摘されている保育の手抜きとは明らかに次元が異なるのであって，この両者を混同するようでは，国有林における複層林施業の展望は明るくないばかりか，国有林そのものの将来性が現在の財政危機にも増して危ないといわなければならない。

ともあれ複層林施業にかかわるさまざまな側面を述べてきたが，複層林の特徴を生かし，伐出コストなど不利な面を極力少なくするための前提条件として，林道網の整備が必須である。複層林施業の先駆者は，現想密度として 250 m/ha，あるいは 400～500 m/ha 程度を主張している[8,9,10]。これほどの密度が果たして可能かどうかは疑問なしとしないが，いずれにしても林道網

の拡充こそ複層林施業の命運を左右するものである。昭和63年度の「複層林施業推進林道整備事業」新設は，予算額の評価はさておき，複層林施業における林道整備の意義を政策のうえでも認めたものといえる。

なお複層林施業を実施するには，これまで述べてきたことからも明らかなように，林道網の整備，一定林齢に達した林分の存在が何よりも不可欠であり，さらには木材価格，労働問題など林業経営の存立を危うくするほど厳しい今日の情勢のもとでも，当面，経営体を維持せしめていく力量を備えていることが要請される。従って複層林施業は，いくつかの前提条件が整って初めて充分に取り組むことの出来る森林施業であることを認識しなければならない。一連の華々しい政策提言も，この事実を踏まえていないと画餅に帰する恐れが大いにある。

### (2)　和歌山演習林における複層林の取扱い方針

現在，和歌山演習林で大まかに定めている複層林の取扱い方針は表—1のとおりである。40年生のスギ（*Cryptomeria japonica* D. DON），ヒノキ（*Chamaecyparis obtusa* ENDL.）人工林を複層林に誘導するために2段林を造成し，80年生時点で3段林にして，120年生で上木を主伐する。40年生人工林を複層林へ誘導するとしたのは，和歌山演習林におけるスギ，ヒノキ人工造林の場合，40年生林分で柱用材の採材可能なことが経験的に証明されている[1,11]ので，上層木の第一回目の伐採とその販売が合理的に実施できるからである。ただし今後，中層木，下層木を40年生時点で伐採できるかどうかは今のところ定かでない。中，下層木は受光量が絶対的に少ないので，40年生に至っても柱用材の採材はできないことも考えられる。そうなった場合，表—1は将来，必要に応じて弾力的に修正されることになる。

樹下植栽の樹種はスギの下にはヒノキ，ヒノキの下にはスギを植えることを旨として，上，

**表—1　複層林の取扱い方針**

| 40　年 | 60　年 | 80　年 | (100 年) | 120 年 |
|---|---|---|---|---|
| 2　段　林 | 2　段　林 | 3　段　林 | 3　段　林 | 3　段　林 |
| 40年生<br>伐採：本数50%，材積30% ⇒<br>残存本数：1,000本/ha | 60年生<br>伐採：本数40% ⇒<br>残存本数：600本/ha | 80年生<br>伐採：本数50% ⇒<br>残存本数：300本/ha | (100年生)<br>(伐採：弱度) ⇒ | 120年生<br>主　伐 |
| 樹下植栽：2,000本/ha<br>⇒ | 20年生<br>⇒ | 40年生<br>伐採：本数50% ⇒<br>残存本数：1,000本/ha | (60年生)<br>伐採：本数40% ⇒<br>残存本数：600本/ha | 80年生<br>伐採：本数50% ⇒<br>残存本数：300本/ha |
| | | 樹下植栽：2,000本/ha<br>⇒ | (20年生)<br>⇒ | 40年生<br>伐採：本数50% ⇒<br>残存本数：1,000本/ha |
| | | | | 樹下植栽：<br>⇒ |

注）北大演習林：和歌山地方演習林長期計画。演習林業務資料，18，28—29，1984。

中，下層木の構成がなるべくスギ，ヒノキ，スギ，ないしはヒノキ，スギ，ヒノキとなるようにする。

保育は極力行わないとするが，中層木と下層木に必要な受光量を確保するため，上層木，中層木の伐採と中層木，下層木の枝打について時期を失わないように留意する。ただし中層木の枝打は危険性が伴うので，安全な技術の開発を鋭意，研究してゆくこととする。

第一回の選木[12]にあたっては，まず立木を次のように区分する。

1) 優良木――将来，利用価値が大きくなると予想される立木。120年生の主伐期まで残存せしめる。
2) 柱材適木――胸高直径18～22 cmの範囲のもの。
3) 不良木――曲り，腐れ，二又の立木。
4) 被圧木――胸高直径17 cm以下で，柱材の採材可能なもの。
5) スギ・ヒノキ以外の立木――広葉樹のうち，小径木は残存させるが，大径木は巻枯しにする。アカマツ，モミ，ツガは伐採するかあるいは巻枯し。
6) 普通木――上記以外のもの。

実際の選木[12]にあたっては，

1) 主伐期まで残す優良木を300本/ha，つまりおよそ33 $m^2$に1本の割合で選木し，これに標示マークを付ける。
2) 優良木を中心に，約33 $m^2$を一つの目安にして伐採木の選木に移る。
3) まず不良木，被圧木，スギ・ヒノキ以外の大径針葉樹を選木し，ついで柱適木，普通木（特にあばれ木）を選木し，林分全体として伐採率が本数で約50%，材積で約30%になるように調整する。

初回の伐採はこのように欠点木の選木が中心にならざるを得ないので，その限りにおいては選木方針をたてやすいが，第二回目以降は別の基準により方針を策定する必要がある。この点も今から研究を重ねていくべきところである。

将来，スギ，ヒノキ以外の樹種を複層林から基本的に駆逐する現在の方針を修正して，スギ，ヒノキを中心としつつも多様な樹種構成の複層林を造成する試みにとりかかるのも興味深い。

## 2. 複層林施業の経過

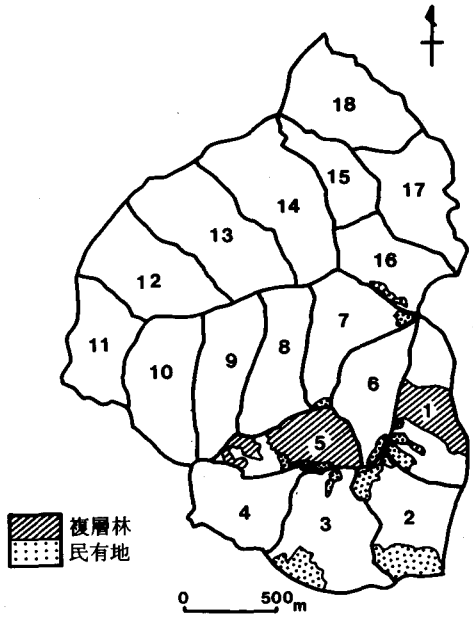
### (1) 複層林の位置と着手前の施業過程

複層林施業は和歌山演習林5林班，1林班のそれぞれ一部に設定した(図―1)。5林班は南向き斜面で，傾斜は20～25°，和歌山演習林としては最も緩やかな斜面に属する。1林班は西向き斜面，傾斜は30～35°，和歌山演習林では平均的な傾斜である。複層林の全面積は21.17 haであるが，このうち1林班については63年度以降に施業を予定している6.39 haが残っている。

5林班は昭和11年と12年に植栽された(表―2)。植栽樹種はスギとヒノキ，植栽本数はそ

れぞれ4,600本/ha，3,900本/haである。いずれも2回補植され，7回及び5回の下刈(年1回刈り)ののち，それぞれ昭和29年，30年に除伐・枝打が実施された。そしてどちらも昭和37年に間伐されて，今回の複層林伐採を迎えた。

1林班は昭和6年と7年に植栽された（スギ，ヒノキ)。植栽本数はそれぞれ3,300本/ha，3,600本/ha。いずれも補植2回，下刈8回(年1回)を経て，それぞれ昭和25年，26年に除伐・枝打を行ない，どちらも36年に間伐された。そして前者は昭和45年，47年，52年，後者は48年，49年に，造林地の一部が皆伐され，複層林設定時にはそれぞれ7.21 ha，1.35 haの面積で残存していた。




図—1　和歌山演習林の林班図

5林班と1林班の造林地が，拡大造林の時期を経過してもなぜ伐採されなかったかについては偶然的要素が強い。5林班は和歌山演習林の歴代造林地としては最も優良な部類に属する。また1林班の方は，大正14年に和歌山演習林が創設されて以降，ごく初期の造林地である。どちらも記念碑的意味あいをもっているが，これだけの理由ならば和歌山演習林内に同じ条件を揃えた造林地は他にもあった。ただ，こうした意味あいと，いくら拡大造林の時期といっても優良造林地や古い造林地の一部については，もうしばらく残存せしめて推移を観察しようという意識が働いて，たまたまこの2箇所が伐採されなかったのである。

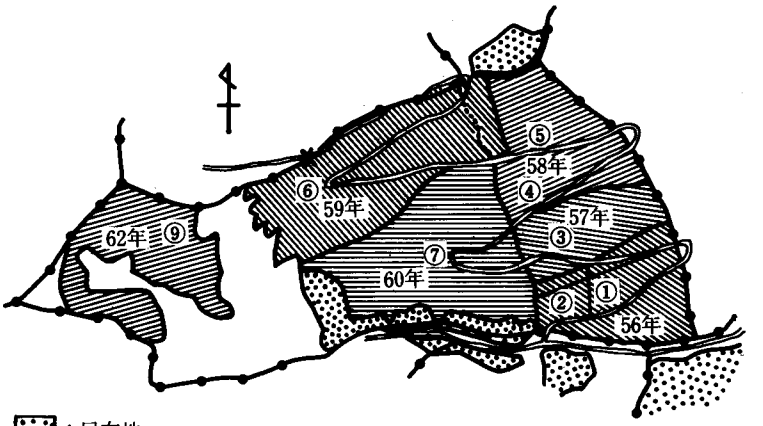
表—2　複層林施業対象地の経過

| 林班 | 旧台番 | 複層林伐採 | 植栽 | 補植 | 下刈 | 除伐・枝打 | 間伐 | その他 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 31 | 昭和56年，57年，58年の全部，59年の一部 | 昭和11年4月 4,600本/ha | 昭和12年，13年 2回 | 昭和11年，12年，13年，14年，15年，16年，18年　－7回 | 昭和29年 1回 | 昭和37年 1回 | |
| 5 | 32 | 59年の大部分，60年，62年 | 12年4月 3,900本/ha | 13年，14年 2回 | 12年，13年，15年，16年，17年 －5回 | 30年 1回 | 37年 1回 | |
| 1 | 25 | 61年 | 6年4月 3,300本/ha | 7年，8年 2回 | 6年，7年，8年，9年，10年，11年，12年，14年　－8回 | 25年 1回 | 36年 1回 | ・風倒木起村－13年<br>・一部を皆伐，再造林－45年47年，52年 |
| 1 | 26 | 61年 | 7年4月 3,600本/ha | 8年，9年 2回 | 7年，9年，10年，11年，12年，13年，15年，18年　－8回 | 26年 1回 | 36年 1回 | ・風倒木起し－13年<br>・一部を皆伐，再造林－48年，49年 |

注）年は年度

### (2) 上層木の収穫作業

昭和56年から1年に1林分ずつ伐採し，樹下植栽してきた。その位置，面積を示したのが図—2，図—3及び表—3である。旧台帳番号(台番)31号は56年(31—1号)，57年(31—2号)，58年(31—3号)伐採の3箇所，32号も59年(32—1号)，60年(32—2号)，62年(32—3号)伐採の3箇所に細分された。ただし31号のごく一部（最上部）は59年伐採の32—1号に編入された。1林班の25号，26号は林道に最も近い部分2.17 haが61年に伐採された。この箇所は25—1，26—1号とナンバーリングされた。



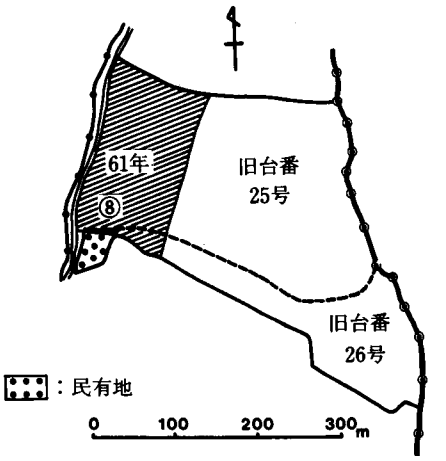

：民有地　0 100 200 300 400 500m
① ：固定試験地
56年：56年度施業林分
←—：林道端からの測定方向

図—2　5林班における複層林の年度別施業位置図

表—3　複層林の面積

| 伐採年度 | 査班 | 旧台番 | 面積(ha) | 台　番 | 複層林面積(ha) |
|---|---|---|---|---|---|
| 56 | 5 | 31 | 4.37 | 31—1 | 1.96 |
| 57 | | | | 31—2 | 0.60 |
| 58 | | | | 31—3 | 1.62 |
| 59 | | 32 | 6.11 | 32—1 | 3.19 |
| 60 | | | | 32—2 | 3.11 |
| 小計 | | | | | 10.48 |
| 61 | 1 | 25 | 7.21 | 25—1 | 2.17 |
| | | 26 | 1.35 | 26—1 | |
| 62 | 5 | 32 | 2.13 | 32—3 | 2.13 |
| 計 | | | 21.17 | | 14.78 |

注）1林班のうち63年度以降に施業を実施する面積は6.39 ha。　年度は昭和年度。




図—3　1林班における複層林の施業位置図

各年の伐採(林道支障木の伐採を含む)は表—4に掲げられている。取り扱い方針のうえでは40年生の林分を伐採することになっているが，実際には旧台番31号は45～47年生，32号は47，48及び50年生，25号，26号はそれぞれ55年生，54年生で伐採された。総伐採量は立木本数8,394本，資材材積1,910.3 m³，ヘクタール当たり568本，129.2 m³である(この他に林道支障木10,147本，2,496.3 m³伐採)。

各林分ごとの伐採状況，伐採率(さらに樹下植栽の本数や生長など)を知るために，1林分につき1箇所ないし2箇所の固定試験地を設定した。試験地の位置は図—2，図—3に丸数字で示してあり，面積等は表—5のとおりである。各試験地とも伐採前はヘクタール当たり1,500本程度，500～600 m³の材積だったが，本数で40%前後，材積で30～40%の伐採によって約900本，300～400 m³の材積に変化した。取り扱い方針ではこの時期の伐採によって1,000本/ha残存することになっているが，実際の林分はこの基準をわずかに下回るていどである。

伐採，搬出はすべて和歌山演習林の林業技能補佐員による直営実行である。搬出は各年度とも単線循環式集材作業（ジグザグ集材）を採用した。過去7年間の連続実施によって，ジグザグ集材の技術向上は著しいものがあった。

複層林施業に着手する前の昭和56年6月，5林班の林道分岐点にRC橋(中峰橋，14トン級)を架設した。橋幅5.0 m，橋長7.64 m，総工費324万円で56年6月28日に竣工している。

表—4　複層林，林道支障木の伐採　　立木本数・立木材積

| | | 56年度 | | 57年度 | | 58年度 | | 59年度 | | 60年度 | | 56～60年度計 | | 61年度 | | 62年度 | | 合計 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 5林班 台番31—1 | | 5 31—2 | | 5 31—3 | | 5 32—1 | | 5 32—2 | | 5 | | 1 25—1, 26—1 | | 5 32—3 | | | |
| | | 本数 | 材積(m³) | 本数 | 材積(m³) | 本数 | 材積(m³) | 本数 | 材積(m³) | 本数 | 材積(m³) | 本数 | 材積(m³) | 本数 | 材積(m³) | 本数 | 材積(m³) | 本数 | 材積(m³) |
| 複層林 | スギ | 651 | 144.6 | 520 | 105.1 | 1 | 0.7 | 980 | 183.3 | 1,766 | 467.2 | 3,918 | 900.9 | 1,153 | 331.3 | 433 | 69.3 | 5,504 | 1,301.5 |
| | ヒノキ | | | 9 | 3.6 | 1,019 | 243.7 | 616 | 89.0 | 201 | 41.4 | 1,845 | 377.7 | 57 | 12.9 | 955 | 149.4 | 2,857 | 540.0 |
| | モミ | 2 | 6.5 | | | | | 4 | 5.2 | | | 6 | 11.7 | | | | | 6 | 11.7 |
| | ツガ | | | | | | | 1 | 0.2 | | | 1 | 0.2 | | | | | 1 | 0.2 |
| | アカマツ | | | | | | | 26 | 56.9 | | | 26 | 56.9 | | | | | 26 | 56.9 |
| | 計 | 653 | 151.1 | 529 | 108.7 | 1,020 | 244.4 | 1,627 | 334.6 | 1,967 | 508.6 | 5,796 | 1,347.4 | 1,210 | 344.2 | 1,388 | 218.7 | 8,394 | 1,910.3 |
| | | 1.96 ha | | 0.60 ha | | 1.62 ha | | 3.19 ha | | 3.11 ha | | 10.48 ha | | 2.17 ha | | 2.13 ha | | 14.78 ha | |
| 林道支障 | スギ | 514 | 158.5 | 346 | 110.3 | 353 | 125.6 | 4 | 1.1 | | | 1,217 | 395.5 | | | | | 1,217 | 395.5 |
| | ヒノキ | | | 340 | 114.6 | 169 | 40.5 | 4 | 1.1 | | | 513 | 156.2 | | | | | 513 | 156.2 |
| | モミ | 13 | 17.0 | | | | | | | | | 13 | 17.0 | | | | | 13 | 17.0 |
| | ツガ | 2 | 1.9 | | | | | | | | | 2 | 1.9 | | | | | 2 | 1.9 |
| | アカマツ | | | | | | | 8 | 15.4 | | | 8 | 15.4 | | | | | 8 | 15.4 |
| | 計 | 529 | 177.4 | 686 | 224.9 | 522 | 166.1 | 16 | 17.6 | | | 1,753 | 586.0 | | | | | 1,753 | 586.0 |
| | | 0.37 ha | | 0.50 ha | | 0.32 ha | | | | | | 1.19 ha | | | | | | 1.19 ha | |
| 計 | | 1,182 | 328.5 | 1,215 | 333.6 | 1,542 | 410.5 | 1,643 | 352.2 | 1,967 | 508.6 | 7,549 | 1,933.4 | 1,210 | 344.2 | 1,388 | 218.7 | 10,147 | 2,496.3 |

注)　年度は昭和年度

表—5 固定試験地の状況

| プロット | 林班 | 台番 | 伐採年度 | 設査 | 面積 | 伐採木 | 巻枯し | 残存木 | 計 | ha当り 伐採前 | ha当り 伐採後 | ha当り 伐採率 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5 | 31—1 | 56年 | 57年4月22日 | 25m×25m | 31本<br>7.9m³ | 5本<br>5.0m³ | 58本<br>19.4m³ | 94本<br>32.3m³ | 1,504本<br>516.8m³ | 928本<br>310.4m³ | 本数38.3%<br>材積39.9% |
| 2 | 5 | 31—1 | 56 | 57. 4. 22 | 25×25 | 29<br>6.9 | 2<br>1.1 | 70<br>23.9 | 101<br>31.9 | 1,616<br>510.4 | 1,120<br>382.4 | 30.7<br>25.1 |
| 3 | 5 | 31—2 | 57 | 57. 10. 21 | 25×25 | 45<br>13.6 | 3<br>4.8 | 49<br>23.9 | 97<br>42.3 | 1,552<br>676.8 | 784<br>382.4 | 49.5<br>43.5 |
| 4 | 5 | 31—3 | 58 | 58. 10. 22 | 25×25 | 28<br>7.6 | 6<br>8.4 | 50<br>21.8 | 84<br>37.8 | 1,344<br>604.8 | 800<br>348.8 | 40.5<br>42.3 |
| 5 | 5 | 31—3 | 58 | 58. 9. 2 | 25×25 | 34<br>5.8 | 3<br>8.5 | 60<br>22.4 | 97<br>36.7 | 1,552<br>587.2 | 960<br>358.4 | 38.1<br>39.0 |
| 6 | 5 | 32—1 | 59 | 59. 10. 12 | 25×25 | 33<br>8.5 | | 59<br>28.2 | 92<br>36.7 | 1,472<br>587.2 | 944<br>451.2 | 35.9<br>23.2 |
| 7 | 5 | 32—2 | 60 | 60. 9. 4 | 25×25 | 36<br>9.3 | | 60<br>26.5 | 96<br>35.8 | 1,536<br>572.8 | 960<br>424.0 | 37.5<br>26.0 |
| 8 | 1 | 25—1<br>26—1 | 61 | 63. 7. 20 | 25×25 | 46<br>11.3 | | 43<br>25.9 | 89<br>37.2 | 1,424<br>595.2 | 688<br>414.4 | 51.7<br>30.4 |
| 9 | 5 | 32—3 | 62 | 63. 3. 24 | 40×25 | 113<br>16.9 | 5<br>3.7 | 99<br>35.1 | 217<br>55.7 | 2,170<br>557.0 | 990<br>351.0 | 54.4<br>37.0 |

注） 伐採率の算定にさいして，「巻枯し」は「伐採木」のなかに含めて処理している。

工事は林業技能補佐員の直営作業で実施した。

林道については，支障木の伐採を56年から3年間，中峰橋から5林班最上部（図—2の×印地点）までの路面，法面作設を56年から4年間にわたって実施した（直営）。その区間の延長1,640 m，幅員4.0 m，工事費の平均16,600円/mである。

この林道の延長と複層林の主要部分，つまり5林班内の56年から60年に伐採した箇所との関連では，林道密度156 m/haとなる。先駆者が理想として掲げる400～500 m/haにははるかに及ばないものの，この程度の林道密度が確保されていれば，今後の各種施業の実施，とりわけ伐出にあたっての下層木の損傷回避とコスト高解消に大いに役立つであろう。他方，5林班の飛び地（62年伐採，32—3号），1林班の63年度以降伐採予定地は林道に接していないため，作業の困難が予想される。特に後者の方は，当初の設計どおり全面的に複層林に誘導してゆくのか，あるいは全く別の対応を考えるか，意志決定するべき時期にきている。

5林班の林道のうち中峰橋から557 mを62年度にアスファルト舗装をした（請負）。和歌山演習林ではすでに昭和40年代後半から，急勾配の林道を全線，舗装したところ（一路線は1,992 m，平均勾配10.0%，もう一路線は1,371 m，15.2%），林道の維持，管理費が格安になり，ま

た自動車の走行性にも好影響を与えていることを確認していたので，今回も舗装の実施に踏きった。近い将来，5林班内の残りの林道も舗装する予定である。

### (3)　下層木の保育作業

各年度とも伐採，搬出ののち，年度末に地拵，樹下植栽を実施した。表—6のとおり植栽本数は，取り扱い方針に準じて2,000本/haぐらいだが，植栽樹種はスギが8割以上にのぼっている。スギの植栽本数が多いのは，最近カモシカ，野ウサギによるヒノキ植栽木の食害が目立っているからである。

表—6　樹下植栽の状況

| 年度 | 林班 | 台番 | 面積 (ha) | 植栽本数(本) スギ | ヒノキ | 計 | ha当り(本) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 56 | 5 | 31—1 | 1.96 | 2,375 | 200 | 2,575 | 1,314 |
| 57 | 5 | 31—2 | 0.60 | 2,000 | 0 | 2,000 | 3,333 |
| 58 | 5 | 31—3 | 1.62 | 2,250 | 1,425 | 3,675 | 2,269 |
| 59 | 5 | 32—1 | 3.19 | 4,275 | 1,900 | 6,175 | 1,936 |
| 60 | 5 | 32—2 | 3.11 | 7,525 | 200 | 7,725 | 2,484 |
| 61 | 1 | 25—1<br>26—1 | 2.17 | 3,050 | 0 | 3,050 | 1,406 |
| 62 | 5 | 32—3 | 2.13 | 3,650 | 800 | 4,450 | 2,089 |

注）年度は昭和年度

表—7　育林作業の所要人区

| 林班 | 台番 | ha当り人区 地拵 | 植栽 | 下刈 |
|---|---|---|---|---|
| 5 | 31—1 | 56年　5.5 | 56年　8.2 | 60年5.1，62年9.4 |
| 5 | 31—2 | 57年　11.7 | 57年　24.2 | 60年9.2，62年13.3 |
| 5 | 31—3 | 58年　5.9 | 58年　12.3 | 62年15.7 |
| 5 | 32—1 | 59年　8.3 | 59年　9.2 | |
| 5 | 32—2 | 60年　8.2 | 60年　10.0 | |
| 1 | 25—1<br>26—1 | 61年　9.7 | 61年　15.7 | |
| 5 | 32—3 | 62年　11.7 | 62年　10.3 | |

注）年は昭和年度

複層林施業における保育作業と皆伐跡地人工林のそれを比較しておこう。ただし複層林では除伐，枝打以降の保育を実施していないので，それらについては割愛する。表—7は複層林における地拵，植栽，下刈の投入人区数である（補植はいまのところ行っていない）。地拵はヘクタール当たり10人程度，植栽もややばらつきはあるもののおおむね10人と理解できる。下刈は60年と62年の2回，前者は二つの林分，後者は三つの林分について実行した。62年の31—2号，31—3号が15人区前後に増大しているのは，林内に木本類が進入して居て，それの除去に多少の時間を要したからである。

一方，皆伐跡地については，和歌山演習林のごく平均的な再造林地として15林班の台番83号を例示する(表—8)。ヘクタール当たり地拵39人区，植栽20人区，補植6人区，下刈は6年間で76人区に及んでいる。複層林よりも地拵で4倍，植栽で2倍の人区数であり，下刈はこの両種目以上に開差が大きい。

先駆者のなかには下刈無用論を唱えて実行している人[8]も，少し上層木を疎開して受光量を増やし，下層木の生長を促進させるかわりに，ある程度は下刈の実施を主張する人[9]もいるが，これは単に考え方の違いというべきであって，下刈を実行してもそれがわずかの労働量で

あるのはいうまでもない。和歌山演習林の場合も基本的にこれらの先駆者と同じく，すでに複層林施業に特徴的な下刈のありかたになっている。皆伐人工造林に比較して複層林の下刈軽減は著しく，各種保育作業のなかで最大の合理化である[13]。

表—8 皆伐跡人工造林の所要人区

| 15林班，台番83号，4.71 ha（スギ 1.13 ha，ヒノキ 3.58 ha） | | |
|---|---|---|
| 種　類 | 年　度 | ha当り人区 |
| 地　拵 | 56 | 39.1 |
| 植　栽 | 56 | 19.9 |
| 補　植 | 57 | 5.9 |
| 下　刈 | 57 | 8.0 |
| | 58 | 8.0 |
| | 59 | 17.3 |
| | 60 | 16.6 |
| | 61 | 13.6 |
| | 62 | 9.7 |
| | 計 | 76.4 |

注） 下刈は62年度で終了。
年度は昭和年度

## II 林内照度の変動と樹下植栽木の生長

### 1. 調査目的

和歌山演習林におけるスギ・ヒノキ材の生産は昭和55年度までは皆伐方式に拠っていた。昭和56年度から施業技術研究の多様化を目指して，複層林施業技術の確立に関する実験を開始した。この複層林施業の意義ならびに事業経過等はI章で述べた通りである。

皆伐後の一斉造林により成立した単層林分を複層林化するためには，上層木の伐採と下層木となる苗木の樹下への植込みとにより造成される。この場合留意すべき問題は，伐採の際の伐出作業による残存木の被害，疎開されることによる風害に代表される残置林分の影響と樹下植栽木の適度の生長[14,15,16]である。樹下植栽木の生長に影響を及ぼす大きな要因の一つに林内照度[17,18]があげられる。

II章では，和歌山演習林の5林班で昭和56年度から60年度にかけて行なわれた複層林施業実験地に設定された固定試験地（以下，測定プロット）での調査結果から林内照度の推移と樹下植栽木の生長について検討した。

### 2. 調査方法

#### (1) 照度の測定

調査は図—2の測定プロットのうち(1)～(7)を対象とした。照度の測定はミノルタ社製の積算照度計でおこなった。照度計の一つは上方に遮蔽物のない林外での積算照度を，もう一つ

はプロット内を約10分間程度歩き回った積算照度を同一時刻に測定した。測定は毎年4月から5月に，時刻は10時から12時にかけて行った。林内の照度の表現は林内の絶対照度を林外の絶対照度で除した値，すなわち林外照度の何%に相当するかの相対照度とした。

**(2)　樹下植栽木の測定**

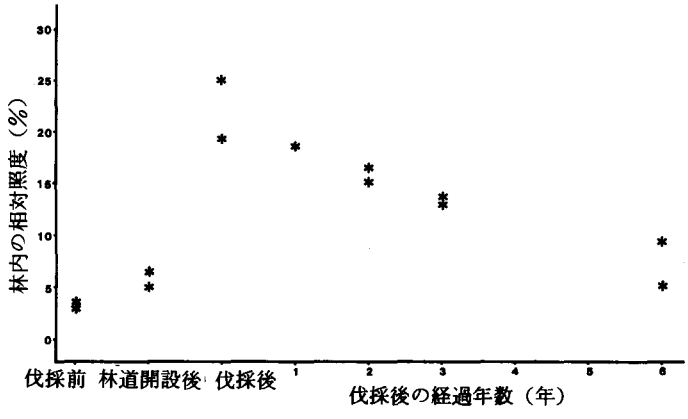
樹下植栽木の測定は毎年4月から5月にかけて，測定の前年度までに生長した樹高について，プロット内の全木を対象にした。

**(3)　林道からの距離別にみた林内照度と樹下植栽木の調査**

林道のような開空地から離れるにしたがって林内照度や樹下植栽木の生長がどのような影響を受けるかについて，昭和56年度の施業林分で林道延長方向に対して約30度と約90度の2方向に林道幅中央から林内へ5m毎の地点で照度と，その近くの樹下植栽木の樹高を調査した。

**表—9**　伐採前後の経過時間と照度の変化

| プロットNo. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 上層樹種 | スギ | スギ | スギ | ヒノキ | ヒノキ | スギ | スギ |
| 伐採年度 | 56 | 56 | 57 | 58 | 58 | 59 | 59 |
| 照度(%)伐採直前 | 3.3 | 3.9 | 2.4 | 2.0 | 2.2 | 2.4 | 2.1 |
| 林道開設後 | 6.5 | 4.9 | — | — | — | — | — |
| 伐採直後 | 25.3 | 19.3 | 14.4 | 12.3 | 12.4 | — | 10.7 |
| 伐採後1年 | 18.3 | — | 14.1 | — | — | — | — |
| 〃 2 | 16.5 | 15.2 | — | — | — | — | 8.5 |
| 〃 3 | 13.0 | 13.7 | — | — | — | 8.7 | — |
| 〃 4 | — | — | — | 6.7 | 6.6 | — | — |
| 〃 5 | — | — | 7.4 | — | — | — | — |
| 〃 6 | 9.6 | 5.2 | — | — | — | — | — |




**図—4**　伐採前後の経過年と林内照度の関係（プロット1，2）

## 3. 調査結果

### (1) 林内の相対照度

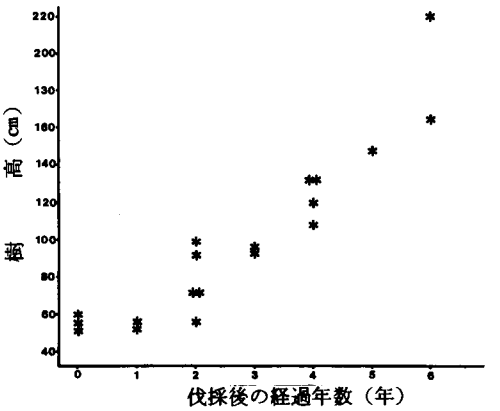
各プロットの経過年毎の林内相対照度を表—9に，また最も設置が早く経年データの多いプロット1,2のそれを図—4に示した。表—9から，伐採前の相対照度2.0%～3.9%，平均2.6%の林分が，プロットから平均36.5 mの位置に，伐開幅が約10 mの林道が開設されることによって，4.9%～6.5%，平均5.7%に変動する。さらに複層林施業のための伐採が材積伐採率23.2%～43.5%，平均34.1%で行なわれて後は，相対照度10.7%～25.3%，平均15.7%となったことが読み取れる。その後，年度の経過とともに小さくなっている。

### (2) 樹下植栽木の測定

表—10と図—5に各プロットの経過年毎の樹下植栽木の樹高を示した。この表—10から6年後の樹高は164 cm～220 cm，平均195 cmで，皆伐地の6年経過の植栽木の樹高400 cmに比べて約1/2以下に止どまっている。

第—10 樹下植栽木の生長

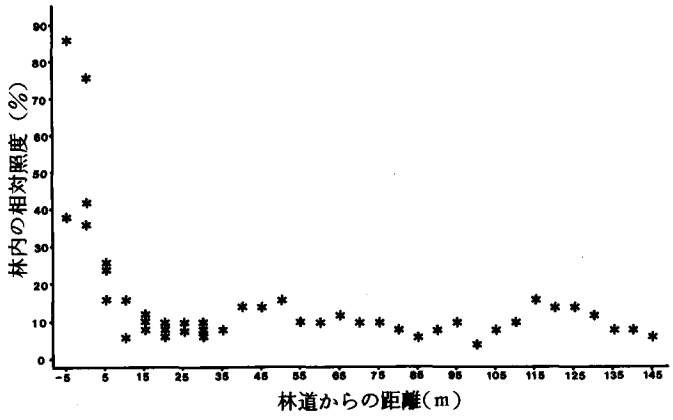
| プロットNo. | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 皆伐地 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 上木樹種 | | スギ | スギ | スギ | ヒノキ | ヒノキ | スギ | スギ | — |
| 樹下植栽樹種 | | スギ | スギ | スギ | スギ | ヒノキ | スギ | スギ | スギ |
| 植栽年度 | | 56 | 56 | 57 | 58 | 58 | 59 | 60 | |
| 植栽後の経過年数と樹高(cm) | 0 | 57 | 58 | — | — | — | — | 52 | — |
| | 1 | — | — | 57 | — | — | 51 | — | — |
| | 2 | 90 | 70 | — | 71 | 55 | — | 98 | — |
| | 3 | — | — | 95 | — | — | 90 | — | — |
| | 4 | 130 | 118 | — | 133 | 106 | — | — | 213 |
| | 5 | — | — | 149 | — | — | — | — | 335 |
| | 6 | 220 | 164 | — | — | — | — | — | 400 |
| 植栽本数（本/ha） | | 1,904 | 1,376 | 2,400 | 2,256 | 1,024 | 1,344 | 2,496 | 4,500 |



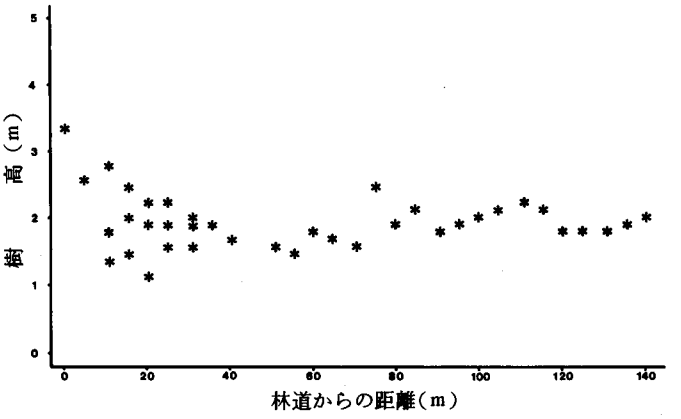

図—5 経過年と樹下植栽木の樹高生長の関係

表—11　林道からの距離と相対照度・樹下植栽木の樹高

| 方向（度） | 林道端からの距離(m) | 相対照度（%） | 樹　高（m） | 方向（度） | 林道端からの距離(m) | 相対照度（%） | 樹　高（m） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 90 | −5 | 37.5 | — | 30 | −5 | 85.2 | — |
| | 0 | 36.3 | 3.3 | | 0 | 76.1 | — |
| | 5 | 23.2 | 2.6 | | 5 | 15.8 | — |
| | 10 | 5.2 | 1.8 | | 10 | 6.3 | 1.3 |
| | 15 | 8.9 | 2.0 | | 15 | 9.0 | 1.5 |
| | 20 | 9.5 | 1.9 | | 20 | 5.4 | 1.1 |
| | 25 | 9.9 | 2.3 | | 25 | 8.5 | 1.6 |
| | 30 | 9.0 | 2.0 | | 30 | 5.6 | 1.6 |
| | 30 | 8.9 | 1.9 | | 35 | 8.0 | 1.9 |
| | 25 | 9.7 | 1.9 | | 40 | 13.4 | 1.7 |
| | 20 | 7.5 | 2.3 | | 45 | 13.8 | — |
| | 15 | 11.6 | 2.4 | | 50 | 15.3 | 1.6 |
| | 10 | 16.3 | 1.8 | | 55 | 10.1 | 1.5 |
| | 5 | 25.5 | — | | 60 | 10.8 | 1.8 |
| | | | | | 65 | 11.6 | 1.7 |
| | | | | | 70 | 10.0 | 1.6 |
| | | | | | 75 | 9.4 | 2.4 |
| | | | | | 80 | 7.8 | 1.9 |
| | | | | | 85 | 6.7 | 2.1 |
| | | | | | 90 | 8.9 | 1.7 |
| | | | | | 95 | 10.7 | 1.9 |
| | | | | | 100 | 4.3 | 2.0 |
| | | | | | 105 | 7.8 | 2.1 |
| | | | | | 110 | 10.3 | 2.3 |
| | | | | | 115 | 17.0 | 2.1 |
| | | | | | 120 | 14.5 | 1.8 |
| | | | | | 125 | 14.2 | 1.7 |
| | | | | | 130 | 11.4 | 1.7 |
| | | | | | 135 | 8.8 | 1.9 |
| | | | | | 140 | 7.6 | 2.0 |
| | | | | | 145 | 6.0 | — |




図—6　林道からの距離別にみた林内照度




図—7 林道からの距離別にみた樹下植栽木の樹高（植栽後6年）

### (3) 林道からの距離別にみた林内照度，樹下植栽木の樹高

表—11，図—6，図—7に林道からの距離別にみた林内照度と樹下植栽木の樹高を示した。これらから林道上や林道端では照度は高い値であるが，林道から10m程度離れた林内では急速に低下し距離との相関も小さく，また樹高についても同じ傾向が推定できる。

### (4) 上層林分の林分材積の推定

林内照度測定時の林分材積は以下に拠った。すなわち伐採前後の林分材積は各プロットの全木調査による材積とした。またその後の照度測定時の材積は，同一林分で別に行った代表木の樹幹析解から得られた材積生長率によって推定した。表—12に樹幹析解から得られたスギ（樹高26.0m，胸高直径28.5m），ヒノキ（樹高23.8cm，胸高直径25.7cm）の樹高と材積生長率を示した。また表—13と図—8で照度と林分材積の関係を示した。これらから照度と材積との間には，相関関係が見出される。

## 4. 調査結果の分析

この複層林施業の実験計画では，20年毎に上層木の伐採を繰返して上層木の収穫と樹下植栽木の生長を促すとしている。この調査で伐採から20年間に林内照度と樹下植栽木の生長を主とした森林環境がどのように推移するかを分析する。

### (1) 林内照度の推移

伐採から20年の間に，林内照度がどのように推移するかを検討する[19,20]。図—4から伐採後の時間の経過と照度との間には，非線形的な関係が予想される。対数変換すると線形化できるアロメトリー曲線[21]をあてはめた推定式を導いた。その結果，式(1)を得た。

$$Y_1 = \exp 3.221\, X_c^{-0.552} \qquad (1)$$

ただし $Y_1$：林内の相対照度の推定値（%）

$X_c$：伐採後の経過年数（年）

d.f.＝1,7　F＝21.174　P＝0.0025　R＝0.867

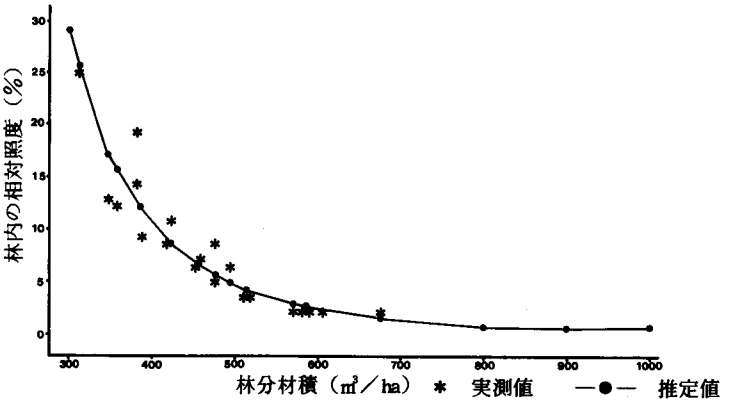
また d.f.：自由度　F：F値　P：危険率　R：重相関係数　以下同じ

表—12　樹幹析解木からの樹高と材積生産率

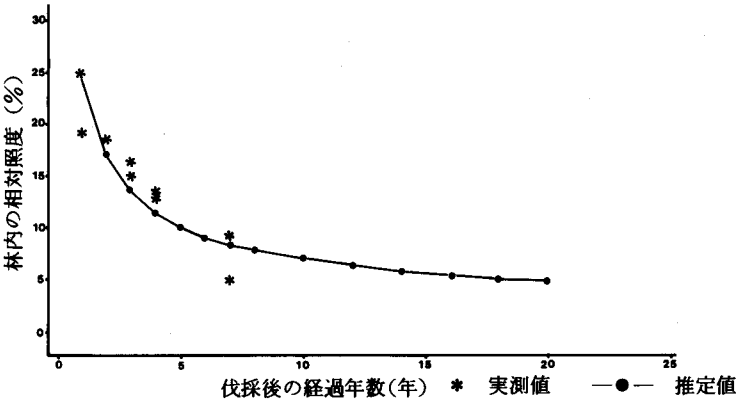
| 植栽後の樹齢 | 3 | 8 | 13 | 18 | 23 | 28 | 33 | 38 | 43 | 48 | 52 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| スギ樹高(m) | 2.3 | 5.3 | 9.3 | 12.6 | 14.9 | 16.9 | 18.9 | 20.6 | 22.5 | 4.8 | 26.0 |
| 材積生長率(%) | — | — | 27.9 | 12.4 | 8.1 | 6.3 | 4.3 | 4.3 | 4.2 | 3.1 | 2.0 |
| ヒノキ樹高(m) | 1.3 | 3.8 | 6.5 | 9.8 | 12.1 | 14.1 | 16.1 | 18.1 | 20.1 | 22.7 | 23.8 |
| 材積生長率(%) | — | — | 46.9 | 27.9 | 17.2 | 9.8 | 6.6 | 5.4 | 5.9 | 4.9 | 4.7 |

表—13　林分材積と林内照度の関係

| プロットNo. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 上層樹種 | スギ | スギ | スギ | ヒノキ | ヒノキ | スギ | スギ |
| 伐採前相対照度(%) | 3.3 | 3.9 | 2.4 | 2.0 | 2.2 | 2.4 | 2.1 |
| 〃 の材積(m³/ha) | 517 | 510 | 677 | 605 | 587 | 587 | 573 |
| 〃 立木数(本/ha) | 1,504 | 1,616 | 1,552 | 1,344 | 1,552 | 1,472 | 1,536 |
| 林道開設後相対照度(%) | 6.5 | 4.9 | — | — | — | — | — |
| プロットの林道からの距離(m) | 30 | 43 | 86 | 27 | 30 | 29 | 28 |
| 伐採後相対照度(%) | 25.3 | 19.3 | 14.4 | 13.2 | 12.4 | — | 10.7 |
| 〃 の材積(m³/ha) | 310 | 382 | 382 | 349 | 358 | 451 | 424 |
| 〃 立木数(本/ha) | 928 | 1,120 | 784 | 800 | 960 | 944 | 960 |
| 伐採率材積(%) | 39.9 | 25.1 | 43.5 | 42.3 | 39.0 | 23.2 | 26.0 |
| 〃 立木数(%) | 38.3 | 30.7 | 49.5 | 40.5 | 38.1 | 35.9 | 37.5 |
| 伐採後の経過年数 | 6 | 6 | 5 | 4 | 4 | 3 | 2 |
| 相対照度(%) | 9.6 | 5.2 | 7.4 | 6.7 | 6.6 | 8.7 | 8.5 |
| 材積(m³/ha) | 387 | 476 | 456 | 497 | 452 | 420 | 476 |
| 〃 方本数(本/ha) | 928 | 1,120 | 782 | 800 | 960 | 944 | 960 |
| 材積の回復率(%) | 75 | 83 | 67 | 85 | 76 | 73 | 82 |




図—8　林分材積別と林内照度との関係




図—9 伐採後20年間の経年別・林内照度の推定値

推定式から計算した20年間の照度を図示すると図—9となる。この式から20年後の推定照度は4.8%となり，伐採前の照度5.6%より小さくなる。また伐採直後の照度の1/2には3.5年で，1/3には7.3年で，伐採前の照度には15.1年で戻ることになる。

**(2) 樹下植栽木の樹高生長の推移**

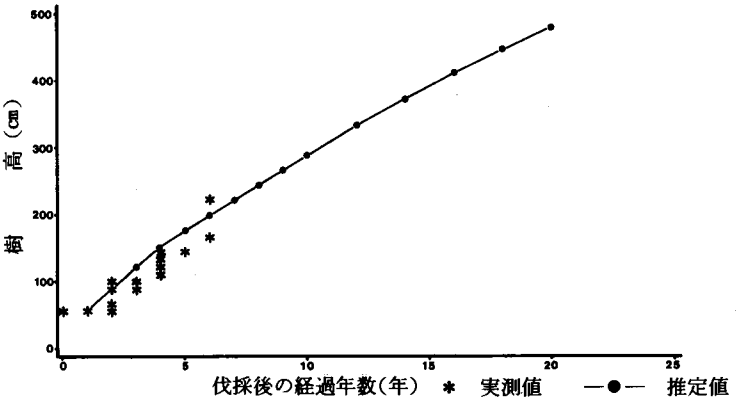
樹下植栽木の樹高が植栽後どのような生長をするかを，次期伐採が予定されている20年までを推定してみた。図—5から樹高と経過年数の間には，ある程度の相関関係が想定されるので前項と同様の理由でアロメトリー曲線をあてはめた推定式を導いた。その結果，式(2)を得た。

$$Y_h = \exp 3.953\, X_p^{0.743} \qquad (2)$$

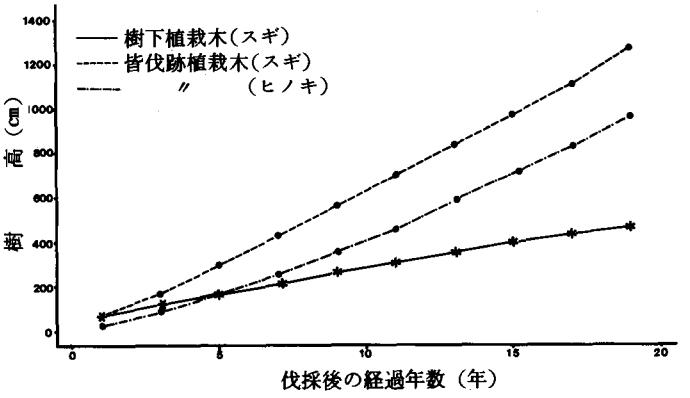
ただし $Y_h$：樹下植栽木の樹高の推定値 (cm)

$X_p$：植栽後の経過年数 (年)

d.f. =1,12　F=21.371　P=0.0437　R=0.956




図—10 伐採後20年間の経年別・樹下植栽木の樹高推定値




図—11　皆伐跡植栽木と樹下植栽木の20年間の樹高推定値

推定式から計算した20年間の樹下植栽木の樹高を図示すると図—10となる。この式から植栽後1年で52 cm，5年後で172 cm，10年後で288 cm，20年後で482 cmとなる。皆伐造林地での植栽木の樹高を，表—12の樹幹析解木の樹高と比較すると表—14となる。その関係を図示すると図—11となる。

この表—14から，皆伐造林地の樹高に比較して樹下植栽木の樹高は，3年後で約1/2が，18年後では約1/3とその差は，経過年数が大きくなるに従って大きくなる。一般にスギに比較して生長の遅いとされるヒノキと比較しても，18年後は約1/2となっている。

表—14　皆伐地の植栽木との樹高の比較

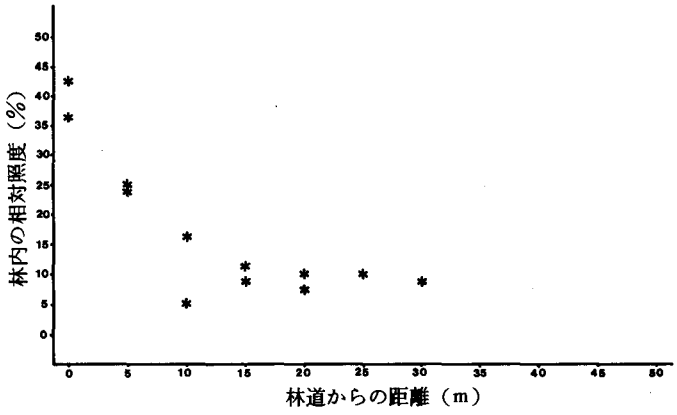
| 経過年数(年) | | | 3 | 8 | 13 | 18 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 樹高(m) | 皆伐地 | スギ | 2.3 | 5.3 | 9.3 | 12.6 |
| | | ヒノキ | 1.3 | 3.8 | 6.5 | 9.8 |
| | 樹下植栽スギ | | 1.2 | 2.4 | 3.5 | 4.7 |
| 樹下植栽木/皆伐地 | スギと | | 0.52 | 0.45 | 0.38 | 0.37 |
| | ヒノキと | | 0.92 | 0.63 | 0.54 | 0.48 |

### (3)　林道からの距離別にみた林内照度と樹下植栽木の樹高の分析

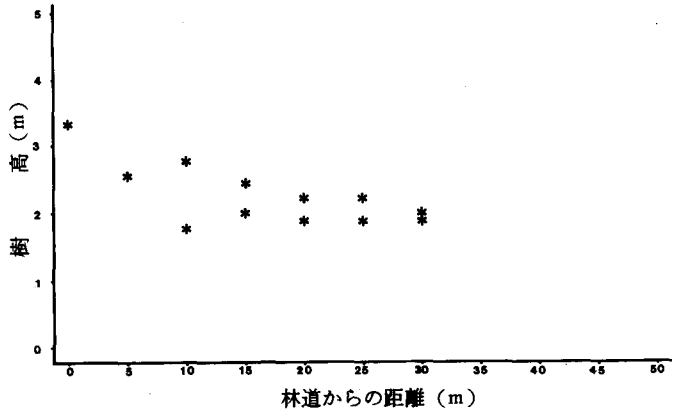
林道から距離別にみた林内照度を図—6からみると，林道端から10 mまでは距離が短い程照度が大きいが，10 m以上の距離ではそのような傾向は認めがたい。

林道からの距離別にみた樹下植栽木の樹高を図—7からみると，距離が10 mまでは大きいが，それ以上の距離では距離と樹高との相関関係は認めがたい。

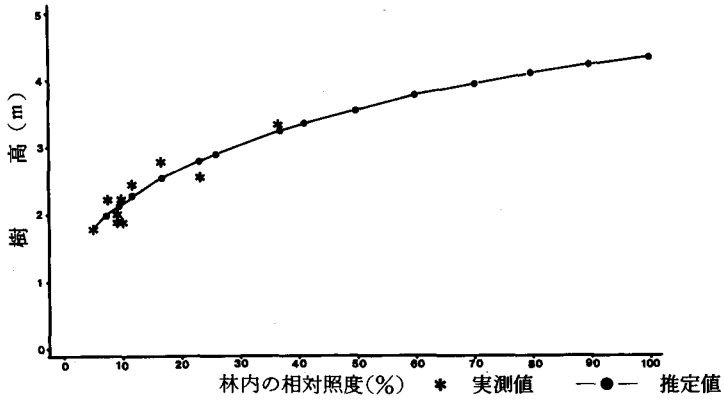
そこで，林道による側方からの照度の影響が少ないと思われる林道延長方向と直交する90度方向での調査結果を取りだして図示すると距離別の，照度で図—12，樹高で図—13，照度と樹高では図—14となる。これらの図からみて側方から林道の影響を受けない方が、林道の距離と，それぞれの相関関係が想定できる。とくに照度と樹高の関係が大きいと考えられるので，これについて検討する。図—14から樹高と照度の関係は非線形なので，前項と同様の理由でアロメトリー曲線を当てはめた関係式（式—3）を導いた。




図—12 林道からの距離（直交方向）と林内照度の関係




図—13 林道からの距離（直交方向）の樹高の関係（植栽後6年）




図—14 林内照度と樹下植栽木の樹高との関係（植栽後6年）

$$Y_h = \exp 0.0555\, X_l^{0.309} \qquad (3)$$

ただし　$Y_h$：植栽後6年の樹下植栽木の樹高の推定値　(m)

$X_l$：林内の相対照度　(%)

d. f. =1,10　　F=36.26　　P=0.0001　　R=0.885

その結果を図示すると図—14の実線となる。

**(4)　上層林分の林分材積と林内照度の関係**

林内照度に関係する林分構成因子[22]は種々考えられるが，ここでは図—8から林内照度と林分材積の間には非線形ではあるが相関関係が想定できるので，アロメトリー曲線（式—4）を当てはめてその関係を検討する。

$$Y_l = \exp 23.836\, X_v^{-3.585} \qquad (4)$$

ただし　$Y_l$：林内の相対照度の推定値　(%)

$X_v$：林分の材積　($m^3$/ha)

d. f. =1,18　　F=164.94　　P=0.0001　　R=0.950

その関係を図—8の実線で示す。

**(5)　上層木の樹種と樹下植栽木の樹高生長の関係**

上層木のスギとヒノキの違いが樹下植栽木の樹高生長にどのような影響を及ぼすかについて，上層スギ・下層スギ（プロット1，2），上層ヒノキ・下層スギ（プロット4），上層ヒノキ・下層ヒノキ（プロット5）の組合せで検討した。ただし上層スギ・下層ヒノキの樹下植栽地がなく，上層スギ・下層ヒノキの組合せは得られなかった。

各組合せでの経過年数4年での樹高の有為差検定を行った結果，表—15を得た。この表—15から，いずれの組合せでも樹高の有為差が認められた。樹高の大きさは，上層ヒノキ・下層スギ(プロット4)>上層スギ・下層スギ(プロット1，2)>上層ヒノキ・下層ヒノキ(プロット5）となっている。

**表—15　上層・下層の樹種の組合せ別の樹下植栽木の樹高の差**

| 上層樹種 | 下層樹種 | 平均樹高 | t. 値 | 自由度 | 確　率 |
|---|---|---|---|---|---|
| スギ | スギ | 126.5 | 3.067 | 341 | 0.0023 |
| ヒノキ | スギ | 135.9 | | | |
| ヒノキ | スギ | 135.9 | 6.083 | 106 | 0.0001 |
| ヒノキ | ヒノキ | 108.9 | | | |

## 4.　検　　討

検討の資料として表—16に，式(1)から式(4)の推定式から計算した諸数値を示した。さらに今までに分析した結果から，次のことが推論できる。

プロット1，2では伐採後の経過時間による林内の相対照度は，15年で伐採前に戻ることになる。伐開幅10m程度の林道の開設が林内照度に及ぼす影響は，精々林道端から10m程度の林内だけである。

樹下植栽木の樹高は，皆伐造林での植栽木の樹高と比較して，20年後には約1/3の樹高に

表—16 推定式から計算した相対照度と樹下植栽木の樹高

推定式(1)の経過年数から推定した相対照度

| 経過年数 | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 相対照度(%) | 25.1 | 13.7 | 10.3 | 8.6 | 7.5 | 6.7 | 6.1 | 5.6 | 5.2 | 4.9 | 4.7 |

推定式(2)の経過年数から推定した樹下植栽木の樹高

| 経過年数 | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 樹　高(cm) | 52 | 87 | 146 | 197 | 244 | 288 | 330 | 370 | 409 | 446 | 482 |

推定式(3)の相対照度から推定した経過年数6年の樹下植栽木の樹高

| 相対照度(%) | 1 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 樹　高(cm) | 101 | 174 | 215 | 244 | 269 | 286 | 302 | 317 | 330 | 343 | 354 | 376 | 393 | 409 | 425 | 439 |

推定式(4)の林分材積から推定した林内照度

| 林分材積($m^3$/ha) | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 相対照度(%) | 56.9 | 29.6 | 17.0 | 10.6 | 6.9 | 4.7 | 3.4 | 2.5 |
| 林分材積($m^3$/ha) | 650 | 700 | 750 | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 |
| 相対照度(%) | 1.9 | 1.4 | 1.1 | 0.9 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.4 |

止どまる。植栽後6年の樹下植栽木の樹高は林内照度と関係があり，相対照度100%での樹高に比較して相対照度5%では0.4，10%では0.5，20%では0.6となる。樹下植栽木の樹高生長を皆伐跡地植栽木の樹高生長の1/3程度を得るためには，5%以上の相対照度を維持することが一応の目安[23,24]となる。

筆者等は，この林分での林内照度を制御する指針となる林分材積と相対照度の関係を明らかにした。この関係から相対照度5%以上を維持するには，全施業期間を通じての林分材積を492 $m^3$/ha以下に保つことが必要となる。林分材積の推定は，林分に枯損等のマイナス要因が無いことを前提として樹幹析解による材積生長率から推定した。前述の樹幹析解木の材積生長率を適用して樹齢から生長率を推定する式はスギの場合式(5)，ヒノキの場合式(6)となる。

$$Y_{gs}=\exp 8.081\, X_s^{-1.802} \qquad (5)$$

ただし　$Y_{gs}$：スギの材積生長率の推定値　(%)

$X_s$：樹齢　(播種からの年数)

d. f. =1,7　F=257.84　P=0.0001　R=0.987

$$Y_{gh}=\exp 8.895\, X_s^{-1.895} \qquad (6)$$

ただし　$Y_{gh}$：ヒノキの材積生長率の推定　(%)

$X_s$：樹齢　(播種からの年数)

d. f. =1,7　F=160.57　P=0.0001　R=0.979

ここで，検討対象となった5林班の昭和11年植栽のスギ・ヒノキ林で，昭和63年に複層

表—17　相対照度5％以下を維持するための林分材積

| 次期伐採直前の林分材積 (m³/ha) | 伐採間隔 (年) | 上層樹齢 (年) | 上層樹種 | 区間の平均材積生長率 (%) | 伐採直後の最大林分材積 (m³/ha) |
|---|---|---|---|---|---|
| 492 | 20 | 54～74 | スギ | 1.9 | 338 |
| | | | ヒノキ | 3.0 | 272 |
| 492 | 15 | 54～69 | スギ | 2.0 | 366 |
| | | | ヒノキ | 3.2 | 307 |

林施業を行うとした場合を仮定してみる。この林分で全期間を通じて5%以上の相対照度を維持するために，伐採直後に残置できる林分材積の許容量のモデルを表—17に，また予想される林分材積と相対照度の関係を表—18に示す。これを各測定プロットでの伐採直後の林分材積と比較すると，樹齢58～62年の材積生長率は表—17より大きいが同一とみなしても伐採間隔を20年とした場合，この林分材積の許容量以下にあるのはプロット1のみで27 m³/ha少ないが，他のプロット2～7ではいずれも多く，それぞれの超過量は45，44，77，87，113，86 m³/haとなっている。最も超過量の多いプロット6では，伐採率59.1%に相当するが実行は23.2%であった。表—18から伐採間隔毎の単純平均値はスギの20年間隔で，林分材積402 m³/ha，相対照度11.0%，15年間隔で，林分材積427 m³/ha，相対照度9.2%となる。またヒノキの20年間隔で，林分材積374 m³/ha，相対照度19.0%，15年間隔で，林分材積395 m³/ha，相対照度14.2%となる。

表—18　伐採間隔別の林分材積と林内照度の推定値

| 樹種 | 伐採間隔 (年) | | 伐採後の経過年数 0 | 5 | 10 | 15 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| スギ | 20 | 材積(m³/ha) | 338 | 371 | 408 | 448 | 492 |
| | | 相対照度(%) | 19.3 | 13.8 | 9.8 | 7.0 | 5.0 |
| | 15 | 材積(m³/ha) | 366 | 404 | 446 | 492 | — |
| | | 相対照度(%) | 14.5 | 10.2 | 7.1 | 5.0 | — |
| ヒノキ | 20 | 材積(m³/ha) | 272 | 315 | 366 | 424 | 492 |
| | | 相対照度(%) | 42.1 | 24.9 | 14.5 | 8.6 | 5.0 |
| | 15 | 材積(m³/ha) | 307 | 359 | 420 | 492 | — |
| | | 相対照度(%) | 27.3 | 15.6 | 8.9 | 5.0 | — |

層別スギ・ヒノキ別の組合せでの植栽後4年の樹下植栽木の樹高は，スギでは上層がヒノキの場合の方がスギよりも1.07倍と大きく，この差は5%以下の危険率で有為となったことを強調したい。

スギ・ヒノキ別にみた林内の相対照度の差は，統計処理によって同一林分材積で比較すると平均値ではスギ林がヒノキ林の1.26倍と大きいが有為差は認められなかった。

## ま　と　め

和歌山演習林は昭和56年度より，生産材の多様化などいくつかのメリットを展望して複層林施業の導入に踏みきった。今までに50年生前後の林分を伐採がほぼ一巡し，ヘクタール当た

り 1,000 本弱，300～400 $m^3$ の上層木を残存させた。毎年度伐採後にヘクタール当り 2,000 本程度の樹下植栽を行ない，2 段林の複層林になっている。

この間に，和歌山演習林として初めて取り組んだジグザグ集材を完全に習得し，また保育作業では大幅な経費節減を確認するなど，いくつかの成果を得た。しかも 5 林班の中心部には 156 m/ha の林道網も完備して，今後の長い施業に向けて生産手段も整った。

今後は，下層木の生長をどのようにコントロールしていくかが問題となるが，そのためには受光量の調節が考慮されなければならない。取り扱い方針を踏まえながら，次回の伐採をどうするか，3 段林になってから伐採と枝打をいかなる時期に行うか，これからがやがて現実的課題となってくる。

5 林班の 62 年伐採箇所，1 林班の 63 年度以降の伐採箇所は，林道に接していないので，今後の施業上，困難が予想される。この 2 林分については，和歌山演習林の現実的力量を踏まえ，あらためて柔軟な施業方針を樹立するのが賢明である。

今後の取扱いについては，林内照度の推移と樹下植栽木の生長についての考察をつうじて，5 林班で行なわれている複層林施業の 7 年の経過年数での検討から次期伐採までの 20 年後をある程度予測することができた。

すなわち，樹下植栽木の生長は林内照度と関係があり，その林内照度は林分材積と関係があることが考えられる。また，皆伐地での植栽木の 1/3 程度の生長を樹下植栽木に期待するためには，林分材積をおよそ 500 $m^3$/ha 以下に保って，林内の相対照度を常に 5%程度以上に維持する必要がある。そのための伐採率を，材積生長率から予測する方法を提起した。

最後に，この調査から得られた結果をもとに，5 林班の複層林施業に関する若干の注釈を付け加える。

現在の林分材積からみて，20 年の伐採間隔を 15 年程度に短縮をすることを検討する。林分の疎開による残置木への影響は，材積で最大 44%，立木本数で最大 50%の伐採率であったが風倒や枯損は少なかった（プロット内では被害なし）。

プロット 1 を除いては，伐採時の伐採量が過小であった。樹種の組合せでは，上層樹種がスギで下層樹がヒノキの林分の造成も検討する。

さらにこの予測の適合性の検証のため，5 年間に一回程度は上層木の調査を含めた追跡調査を実施することによって，5 林班のみでなく他の林分にも適用できる内容としたい。

いずれにしても和歌山演習林の複層林施業は，まだ始まったばかりである。技術的に未解決の課題ばかりなので，この調査結果を踏まえながら，さらに他地域の先進事例に学びつつ，自身でも日常的に研鑽を重ねて，施業方針を細部にわたり緻密化していくことが肝要である。

## 引 用 文 献


1) 北大演習林：和歌山地方演習林長期計画．演習林業務資料，18，1-34，1984.
2) 早稲田 収：複層林の仕立て方．林業改良普及双書，77，全国林業改良普及協会，1981.
3) 日本林業技術協会：複層林の施業技術．1982.
4) 安藤 貴：複層林施業の要点．わかりやすい林業研究解説シリーズ，79，林業科学技術振興所，1985.
5) 日本林業調査会：天然林施業と複層林施業．1986.
6) 安藤 貴：複層林を育てる．現代林業，全国林業改良普及協会，64-69，1987，10.
7) 国有林問題検討委員会・林政研究センター：国有林における森林施業の問題点と施業のあり方（素案）．調査時報，全林野労働組合，71，13-38，1986，8.
8) 石原猛志：下層木の成長をあまり期待するな．現代林業，全国林業改良普及協会，18-23，1987，11.
9) 岡 譲：未解決の問題が多い複層林施業．現代林業，全国林業改良普及協会，24-27，1987，11.
10) 宇佐美正昭：円高ドル安の為替レートに勝つ複層林．現代林業，全国林業改良普及協会，28-31，1987，11.
11) 湊 克之・山ノ内 誠：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・ヒノキの枝打時期ならびに伐期齢の検討．北大演研報，43 (1)，27-41，1986.
12) 前田万寿郎：複層林施業における選木方法について．試験年報，北大演習林，106-109，1983.
13) 桝本浩志：複層林における樹下植栽木の生長について．試験年報，北大演習林，5，33-36，1983.
14) 早稲田 収：林内光環境とスギ稚樹の生長．林試研報，323，105-107，1983.
15) 安藤 貴・宮本倫仁・竹内郁雄・桜井丈夫：林内の光環境と下木の樹高生長．林試研報，323，108-110，1983.
16) 尾方信夫・上中作次郎・飯盛 功：林分構成と下木の樹高生長．林試研報，323，111-114，1983.
17) 川那辺三郎・四手井綱英：陽光量と樹木の生育に関する研究(III)，針葉樹苗木の生育におよぼす被陰の影響．京大演報，40，111-121，1968.
18) 安藤 貴：スギ林間伐後の林内の相対照度．林試研報，323，58-59，1983.
19) 早稲田 収：林内光環境の経年変化．林試研報，323，74-78，1983.
20) 上中作次郎・尾方信夫：ヒノキ林における相対照度の経年変化．林試研報，323，60-64，1983.
21) 応用統計ハンドブック編集委員会編：応用統計ハンドブック．養賢堂，736-746，1987.
22) 飯盛 功・竹下慶子・尾方信夫・上中作次郎：林分構成因子からの林内陽光量推定方式の検討．林試研報，323，81-84，1983.
23) 上中作次郎・尾方信夫・安藤 貴：ヒノキ林間伐後の林内の相対照度．林試研報，323，55-57，1983.
24) 大場貞男・浅沼 晟・早稲田 収：人工庇陰下における最小要光量．林試研報，323，139-142，1983.


## Summary


The present study was carried tut to establish the techniques for managing Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. DON) and Japanese cypress (*Chamaecyparis obtsusa* ENDL.) artificial multi-storied forests in the Wakayama Experiment Forest, Hokkaido University.

In Chapter 1 the significance of the conversion of the cedar and cypress plantations to multi-storied forests, the experimental method, and the management progress during a 6-year period are descrived. The significance of the conversion rests in the further elevation of the public functions which forests provide and the capability to respond to diverse requests for timber production. In the Wakayama Experiment Forest, work has been continuing in sections 1 and 5 since 1981 under the following forest management plan. The cedar and cypress single-storied forests planted in the 1930's are being thinned at the cutting rate of 30% twice at 20-year intervals,

and at the same time about 2,000 seedlings per hectare are repeatedly being planted at such 40 -year intervals. Two and three-storied forests are expected to be complated after about 50 and 90 years respectively from the first planting. The original trees are to be cut at the age of 120 years old.

In Capter 2 the results of surveys at the permanent sample plots in the multi-storied forests of section 5 conducted over a 5 year period from 1981 to 1985 are described, including the changes in the relative illuminance of the forest and the height of the growth of the planted trees. From the analysis of the results regression equations were developed which allow the inference of the relative illuminance given the period elapsed from the thinned year or the stand volume, and the height of planted trenns given the relative illuminance. Furthemore, it has been concluded from the estimated values that relative illuminance levels of more than 5% and growing stocks of less than 500m$^3$/ha should be maintained to obtain understory trees a third at least as high as those planted in clear cut areas.