

スギ・ヒノキ高齡林の経営論的研究  
—東京大学千葉演習林における人工林経営に関する実験—

鈴木 誠\*

Managerial Studies of Old Sugi and Hinoki Plantation  
—Experiments in the Management of Coniferous Plantations in the  
Tokyo University Forest in Chiba—

Makoto SUZUKI\*

目 次

まえがき	132
第1章 千葉演習林の森林経営の歴史と課題	133
I. 千葉演習林の経営案編成の経緯	133
II. 人工林の経緯と沿革	136
III. 人工林の輪伐期の経緯	142
IV. スギ, ヒノキ人工林の立木処分の推移	143
V. 人工林経営の今後の課題	145
VI. まとめ	148
第2章 千葉演習林における長伐期, 複層林施業	148
I. 複層林の概念	148
II. 千葉演習林における複層林造成の経緯	152
III. 長伐期, 複層林の利点及び問題点	152
IV. 長伐期, 複層林造成の基本条件	153
V. 長伐期, 複層林造成に関する間伐方法の検討	155
VI. まとめ	156
第3章 長伐期二段林造成の実験結果の分析	158
I. 長伐期二段林試験地の上下木および下木の成長	158
II. 上層木の密度の違いと下木の成長	172
III. 水源涵養林として造成された高齡二段林の状況	177
IV. まとめ	179
第4章 スギ・ヒノキ成長測定試験地及び超高齡複層林の林分解析	180
I. 成長測定試験地	180
II. スギ超高齡複層林の林分解析	189

\* 東京大学農学部附属演習林千葉演習林  
University Forest in Chiba, Faculty of Agriculture, The University of Tokyo.

III. まとめ	194
第5章 千葉演習林スギ・ヒノキ人工林の施業方法に関する検討	194
I. スギ高齡林の施業方法に関する検討	194
II. 百年生スギ林分をモデルにした間伐方法の検討	199
III. 第11次試験研究計画における人工林の労務計画	205
IV. まとめ	206
総括	207
要旨	209
引用文献	210
Summary	212

## まえがき

東京大学千葉演習林の経営の主体は、スギ、ヒノキの人工林であり、研究面においても古くから行われてきた。1916年5月には森林経理学教室の吉田正男教授発案により、スギ、ヒノキの成長測定試験地が21箇所設定された。この試験地も含め演習林創設後植林された高齡人工林が現在、過密林分となっている。このスギ、ヒノキ人工林の齡級構成は、幼齡林（0～20年生）119.6 ha、若齡林（21～40年生）228.8 ha、壮齡林（41～60年生）50.4 ha、高齡林（61～80年生）232.5 ha、超高齡林（81年生以上）176.4 ha であって、総面積 807.7 ha になる。各齡級のうち、壮齡林が少なく、61年生以上の高齡林が 408.9 ha とスギ、ヒノキ人工林面積の約 50% を占めている。

そこで、本論文は第11次千葉演習林試験研究計画策定に際して、これまで行ってきた様々な調査研究の成果を基に千葉演習林の人工林に関する管理・運営の問題点を究明し、今後の施業方法のあり方を検討したものである。中でも、とくに考慮しなければならない問題は、林業労働力の逼迫である。この問題はこれまでも懸念されてきたものであるが職員の定員削減、それに事業費の減少などのため、本演習林では従来程度の森林施業量を確保することが困難となってきたことにある。とくに主伐に伴う再生林は極めて困難となった。

現在労働生産性の向上に努めているが、地形が急峻でかつ試験研究という特殊な目的が附与されていることから生産性の向上には自ずから限界がある。そこで、今後の計画は教育研究用として必要な皆伐面積は維持するが、これまで行ってきた皆伐施業を減らし、非皆伐施業を大きく取り入れることとした。ただし、非皆伐施業を導入するにあたり次のような条件を前提とすることとした。

- 1) 前期経営案の伐採量 3,000 m<sup>3</sup>/年は今期も維持すること。
- 2) 前期経営案の皆伐面積は 6 ha/年、前後であったが今期は 2 ha 前後とする。

したがって、今後ますます高齡林が増加することになり、過密林分では個体間競争により優良個体が枯損する。これらの対策として、間伐面積を多く取り入れ、非皆伐施業を行うこととした。

現在、非皆伐施業（複層林施業）は全国各地で実施されているが、周辺も含め本地域における非皆伐施業の実験は決して近年になってから始められたものではない。清澄寺境内妙見山のスギ林は上木の樹齡がすでに 500 年を越えており、現在、複層林を形成している。この林分はこれま

で単木的に伐採が行われ、その跡に植栽された択伐林型複層林である。また、本演習林においても1928年に今澄では、間伐地に水源涵養を目的としてスギ、ヒノキを樹下植栽した例をはじめ、多くの林分で二段林造成を試みてきている。しかし、本格的な二段林造成試験は、1965年に当時の千葉演習林林長渡辺資仲教授指導の下に柚ノ木3林班C2-3小班で開始され、現在は亀ノ沢21林班C小班などでも実施している。いまやこれらの施業実験は第1段階が終了し、複層林造成のための基礎技術は確立している。そこで、今期は前述のような経営上の理由から施業実験林の経営に新たに非皆伐施業をとり入れることとなったのである。

千葉演習林は1994年に100周年を迎えたが、この豊かな高蓄積のスギ、ヒノキ人工林のほとんどは演習林職員並びにその研究や教育に携わった東京大学農学部林学科の教官や学生の長年にわたる努力の成果として作り上げられたものである。

私は、この豊かな森林を研究の対象にする事が出来た事に対して、これら多くの先人に感謝すると同時に、このような形で論文をとりまとめる機会を与えて下さり、終始懇切なご指導を頂いた前東京大学農学部森林経理学研究室教授南雲秀次郎博士に深甚なる感謝の意を申し上げる。また、本研究にご指導ご協力を頂いた元千葉演習林林長根岸賢一郎博士、をはじめ、前千葉演習林林長補佐佐倉詔夫講師、石原猛助手及び千葉演習林職員に対して心からお礼を申し上げます。また、論文作成にあたり種々のご教示を頂いた前森林経理学研究室助手龍原哲博士に謹んで感謝申し上げます次第である。

## 第1章 千葉演習林の森林経営の歴史と課題

### I. 千葉演習林の経営案編成の経緯

過去の経営案からその概要及び人工林に関する経営方針等をまとめ表1-1に示す。

#### 草創期(1894~1904)

演習林は、1894年に清澄山林336haと3年後の1897年に奥山山林約1,800haの交付を受け2,136haで発足した。第1次経営案が編成されるまでの間(創立から1904年)を草創期とされ、この期間は10年間であった。

この草創期にはスギ、ヒノキの造林が盛んに行われ、この期間の植栽面積は約145ha、70万本の苗木が植栽されている。演習林発足以前の大林区署当時の植栽面積は28ha程であった。

#### 第1次経営案(1905~1909)

本経営案では施業区画を清澄山林と奥山山林の2施業区に区分された。

清澄施業区は主に測量、測樹、造林、利用、森林経理等全般にわたる学術、演習、技術に関する実験、研究に供するとされている。

奥山施業区は経済林として、林業経理の模範及び経理の応用演習に供された。

本案の基本方針として中林、低林は一部を除き人工林に移行する。この計画は50年の計画で実施し、まず、伐採面積の1/2を人工林に転換し残り1/2は低林とし地元民の製炭材として供給するが、25年後には伐採し人工林とする。したがって、50年後には全林の整理を完了する。

本案の基本となる測量、林分調査は創立以降毎年実施されている森林経理実習により行われ、1903年に終了した。それに基づき1905年に経営案が完成し合理的な経営が行われるようになった。本案より林小班が清澄、奥山両施業区毎に分けて設定された。

#### 第2次経営案(1910~1914)

表 1-1 経営案編成の経緯  
Table 1-1. History of making working-plans

施業期	期間	年数	編成担当者	記 事
草創期	自 1894 至 1904	10		1894-11, 清澄山林 336 ha で発足. 1897-12, 奥山林 1,819 ha 交付. 草創期に造林面積 145 ha, 本数約 70 万本を植栽する.
第 1 期	自 1905 至 1909	5	(助手)松村 繁	清澄施業区, 奥山施業区に区別. 清澄施業区=学術, 技術に関する実験, 研究に供する. 奥山施業区=経済林の模範区とし経理の応用演習に供する.
第 2 期	自 1910 至 1914	5	(教授)右田半四郎	改訂経営案と称す. 収入は主に中・低林による. 林小班を現在の 47 ヶ林班に改訂する.
第 3 期	自 1915 至 1924	10	(教授)右田半四郎	演習林 1/5000 の基本図完成. 特別保護樹を設定.
第 4 期	自 1925 至 1934	10	(助手)三浦常雄	普通施業地を法正状態に保つため 50 年の施業計画をたて甲種, 乙種施業地に区分した. 利用間伐の計画が検討, 伐期齡が 75 年から 50 年に短縮された.
第 5 期	自 1935 至 1944	10	(囑託)嶺 一三	前案を踏襲.
第 6 期	自 1945 至 1954	10	(助手)榎本雄二郎	伐期齡が 50 年と 80 年にされ, その比を 5:3 で計画された.
第 7 期	自 1955 至 1964	10	(助手)堀田雄次	年標準皆伐面積の算定基準が作成された.
第 8 期	自 1965 至 1974	10	(助手)高杉欣一	伐期齡を第 1 種を 5 年短縮し 45 年とし第 2 種を 10 年延長し 90 年としたが第 1 種は不実行. 小班名を林地, 林相別に改定.
第 9 期	自 1975 至 1984	10	(助教授)南雲秀次郎 (教授)金光桂二	長伐期施業を計画, 実施し, 高齢林の間伐を実行. 経営案を試験研究計画に改称.
第 10 期	自 1985 至 1994	10	(教授)山根明臣 (教授)大里正一	前案を踏襲.

本経営案ではこれまでの清澄, 奥山の両施業区を統合して 1 施業区とし, 林班も現状の 1~47 林班に改め, 施業区分を次の 3 施業地とした。

1. 普通施業地……一般造林地, 天然林
1. 特別施業地……各種試験地, 刈上場
1. 施業地外……建物, 道路敷, 禁伐林, 見本林, 岩石地

#### 第 3 次経営案 (1915~1924)

本経営案の林分調査は 1918 年に行なわれ, 経営案が作成されると同時に演習林の 1/5,000 の基本図が完成した。

これまでの収入の大部分が中林と低林であったが, 今期になって初めて人工林の収穫予定が検討された。

その施業計画では大林区署及び発足当初の植栽の2齢級とそれ以上のスギ林は今後25年間に皆伐されることになる。したがって、普通施業地の皆伐計画が次のようにたてられた。林地総面積2,083 ha, そのうち2/3がスギ, ヒノキの人工林となるものとして輪伐期75年とすれば $2,083 \times 2/3 \div 75 = 18.5$  haとなる。蓄積は収穫表(本多博士作)によりスギ3等地で75年生の場合, haあたり834 m<sup>3</sup>である。したがって、年収穫量は15,429 m<sup>3</sup>と推定している。

#### 第4次経営案(1925~1934)

普通施業地を法正状態に保つために50年の計画が作成され甲種(人工林), 乙種(天然林)に分け, さらに, 甲種については50年を5分期に分け, 各分期毎の伐採面積を次の通りに定めている。第1分期14.24 ha, 第2分期34.20 ha, 第3分期172.66 ha, 第4分期266.48 ha, 第5分期234.88 haと各分期間に著しく差があり不均整であるが, このことは, 現有の林分を考慮し将来の齢級配分を見通したことと最初の30年間は中林, 低林を人工林に変更するためである。したがって, 今期は主伐面積を14.24 ha, 材積5,913 m<sup>3</sup>とする。間伐材積は2,100 m<sup>3</sup>となるが, 収入見込み材積は約50%の1,055 m<sup>3</sup>を見込む。

#### 第5次経営案(1935~1944)

施業方針は基本的に前案を踏襲するが今期の人工林の主伐はなるべくひかえる。その理由は, 伐期に達していない若い林分を伐った場合経済的に不利益をもたらすからである。したがって, 主伐は次期以降とする。

間伐は前案を基本として実行するが, 但し残存木に被害を及ぼすような利用本位の間伐は慎む。前経営期は材価の低落期に会い, 加えて経費不足のため間伐不実行が多かった。しかし, 今期は木材界の景気復調の見込みがあると同時に運搬設備も整いつつあり, 収入を伴う間伐の増加が見込める。したがって, 今後間伐材積の1/3即ち約13,000 m<sup>3</sup>は収入源として考えることができる。

#### 第6次経営案(1945~1954)

本案も前案と同様であるが, 普通施業地のうち人工林面積が849.74 ha, 蓄積137,598 m<sup>3</sup>となり伐期齢が50年と80年に設定されその比は5:3で計画された。

#### 第7次経営案(1955~1964)

本経営期の前期においては枝打ち, 間伐の撫育に力を注ぎ, 結果は初期の目的を達成した。一方, 収穫を予測し, 前案後半から本沢, 猪ノ川林道を拡張した。

作業級は皆伐を主とし, 標準年主伐面積を齢級法により15.29 ha, 年平均処分材積4,056 m<sup>3</sup>とする。

#### 第8次経営案(1965~1974)

今期の経営案は高林主伐案として説明書が残されているにすぎず, 他に一般的な経営案は無い。本説明書は暫定稿として千葉演習林の職員が実際に利用し得るように作成し, 一般通念上, 著しく体裁を崩していると前書きされている。

第2次経営案より踏襲してきた小班名を今期より林地, 林相別に区分し次の通りAからEの5段階に区分された。

クラス	林地, 林相	目的	面積
A	天然林(主に中林)	自然保護林	380 ha
B	天然生林(低林)	新炭林	900 ha

C	一般造林地	用材林	830 ha
D	特別造林地	系統保存林, 超高齢林	5 ha
E	その他	苗畑, 建物敷地	17 ha

#### 第9次経営案（試験研究計画）（1975～1984）

第9次経営案改定期より名称が試験研究計画に改称された。

本経営計画では高齢林の増加に伴い、伐出技術に関する開発が研究課題として取り上げられた。また、これまでの人工林短伐期の反省から長伐期施業並びに非皆伐施業が提案されている。

とくに、人工林の一部を120年から150年生の伐期にするとともに非皆伐複層林（二段林）施業が主要研究課題として取り上げられた。

#### 第10次試験研究計画（1985～1994）

10次試験研究計画は9次試験研究計画を継続し、計画前半に高齢林の間伐を行ったが、国外産材の輸入、木材価格の低迷による、間伐材の不落等が続き4年間ほど中断した。後半は間伐方法などの検討を行い、複層林施業と併せて高齢林の間伐を実施した。その他、人工林施業は9次試験研究計画を踏襲した。本研究もこの複層林施業の体系化を図ることを目的として調査、研究を進めてきたものである。

## II. 人工林の経緯と沿革

### 演習林創設以前のスギ、ヒノキ人工林の植栽状況

演習林創設以降の植林の記録は保管されているが、清澄地方には創設以前に植栽された林分がある。しかし、植栽等の記録が全くなく、樹齢、生い立ち等は明らかでない。これらの林分中、樹齢の最も高い林分は清澄寺の所有する妙見山のスギ林で300～500年生と推定される超高齢林がある。この林分は典型的な複層林であり、今後長伐期複層林を研究する上で貴重な林分である。この林分と同齢か、それに近いと思われる高齢のスギが当演習林内（旧寺有林）に単木的に散在する。これらの高齢のスギは、千葉演習林の第1次経営案（1905年）によると、当時お寺の信者により信仰のために記念植樹されたものと推察されると記されているが、その詳細は解らない。その後の植林は同経営案によれば、寛政年間（1879年頃）に当時の清澄寺住職明範が山林造成の要務を察し、寺中及び門前の住民に命令し植林をしたものが、現在の立派なスギ林であると記録されている。その後、官有林移管後も若干の植林がされているが、これらの林分は演習林移管後大部分が皆伐され、現在残っている林分は一杯水、菖蒲沢、郷田倉、神田上の4林分である。1994年現在100～124年生の林分は国有林当時の植栽である。

### 育林に関する過去71年間の各作業種ごとの実績

#### 1) 苗畑の沿革及び苗木生産の推移

演習林発足当初の植栽苗木は、東京の駒場から輸送された苗木を用いていたが、輸送日数が多くかかり、取扱いの不便、さらに、枯損等の支障をきたしたため、1899年より、郷台のモミ、ツガ天然林の開墾をおこない、1901年に現在の郷台苗畑2.4haが演習林の初めての苗畑として完成した。この郷台苗畑ではスギ、ヒノキの苗木を年間20万本生産していた。次に1903年に札郷苗畑0.9ha、仁ノ沢苗畑0.5haが造成され、その後、榎ノ木台、武者戸、川台、牛蒡沢にも造成された。

## 2) 地拵えの面積と工程の推移

地拵えは対象地の状況により、方法及び工程が異なる。

地拵えの方法としては刈払い地拵え、火入地拵え、全面バラ巻地拵え、巻落し地拵え、たな積み地拵え等が行われてきた。演習林創設後から大正年間には原野の地拵えが多く、刈払い、巻落しが多く行われていた。火入れ地拵えは1965年頃に試験的に行われた。

吉野林業全書(1983)によれば、火入れ地拵えは苗木の成育を阻害するため充分注意をする。やむをえず焼き払いを行う場合は、なるべく早めに作業を行い、数回の雨雪を受けることが肝要である。焼き畑として数年穀類を耕作した後、スギ、ヒノキを植付けることは決して良質材生産とはならない。焼き畑に植付けられた樹木は、植付け後8年前後の成長は早い、10年目頃から急に勢力が減退し、非常に成育が遅れるものがある。いやしくも林業家として数十年、数百年の年月を積み重ね大径木の良質材を願うならば焼き畑は一切禁止しなければならないと力説している。

千葉演習林の主な地拵え方法は、平坦地で全面バラ巻地拵え、急傾斜地は巻落し地拵えによって行われてきた。また、斜面の比較的大きいところでは、山腹に数カ所編柵を組み柵積地拵えが行われた。

1950年代後半の拡大造林が行われた時期は、地拵え面積に対し比較的労力が少なく、人工数は10~20人/ha前後であった。これは炭材として、枝まで利用されたため地拵え作業が軽減されたものと思われる。現在の地拵え方法は、そのほとんどが人工林の皆伐跡地であるため巻落し法で行っている。この巻落し地拵えに要する人工数は場所により若干の相違があるがhaあたり20~30人程度と考えてよい。

## 3) 植栽面積、本数及び植栽工程の推移

### ①植栽面積

演習林発足当初は植林が盛んに行われた。とくに、本多教授指導による学生実習や一般の造林も盛んに行われ、多い年は20~30haの植林が行われた。

演習林発足以降の植栽面積、本数を千葉演習林沿革史(1990)および造林照査簿(1990)からまとめ、年度別植栽量を図1-1に示した。

年度別の植栽量の推移は演習林発足当初の明治年間の植栽が非常に多く、なかでも、1910年には40haも行っている。その後の植栽量は比較的少ない年度が多く、1919年から徐々に増加している。1925年以前(明治、大正期)の植栽総面積は約600ha実施され、現在の人工林面積の約70%にあたる。

1930~1945年までの15年間は植栽面積が減少している。このことは、1925年以前の植栽量が多く、地位と植栽樹種の不均衡と若干の手入れ不足を原因とする不成績造林地を生じたため植栽をひかえた。さらに、1946~1955年の10年間は第二次世界大戦による労働力の不足と食料不足により苗畑に甘薯等の食料が作られたため、苗木不足を生じ植栽面積が減少した。

その後、国内の景気も回復した1955年頃からは拡大造林が行われ、低林、中林を皆伐し、スギ、ヒノキに林種転換が行われたため植栽面積が増加した。

1970年代後半には薪炭材の需要が極端に減少し、低林から人工林への林種転換もなくなり、スギ、ヒノキ人工林の主伐も第8次経営案の後半に予算、労働力等の面から検討し、年皆伐面積を6ha前後とした。しかし、年度により植栽面積に若干の相違がある。このことは、皆伐林分の

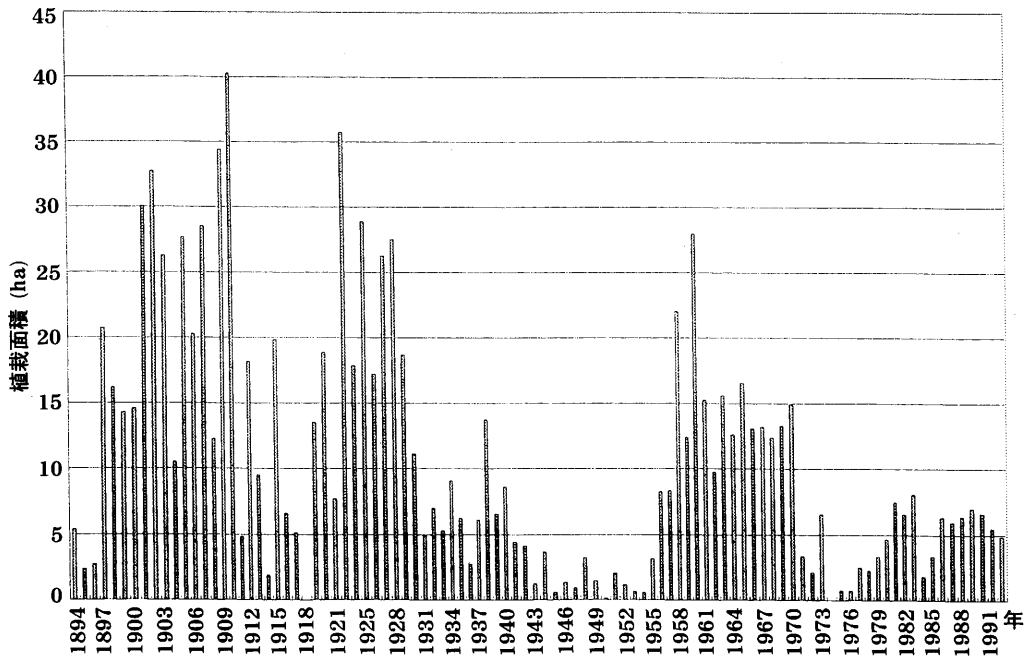


図 1-1 年度別植栽面積。

Fig. 1-1. Planting area by fiscal years.

ほとんどが立木を競争入札によって処分するため、年度によっては不落を生じ、年植栽面積に変動を生じる。

## ②植栽本数

1894年から1990年までの98年間における植栽本数の経緯を図1-2に示す。この図をみると明治年間(1897~1910年)が最も多く、多い年度は15~22万本が植栽された。その後、大正年代前半(1913~1919年)に低下し、後半から昭和初期(1922~1928年)に増加している。1930~1955年頃までの25年間は少なく、年2万本以下となっている。その後、拡大造林が進むと同時に増加し、1970年頃から減少し、高度経済成長の始まった第9次試験研究計画以降(1980年)は2万本前後で比較的安定している。植栽樹種は、スギを主として次にヒノキが多い。マツ類は1897~1921年と1942~1951年の戦中戦後の10年間は植栽されなかった。植栽樹種のうち、ヒノキの植栽率は全植栽本数の20~30%程であったが、1965年以降はヒノキの植栽率が10%程高く、30~40%が植えられた。このことは、ヒノキの材価が高まったことと皆伐再造林が多くなり、植栽地の地力の低下によりヒノキの適地が多くなったためと考えられる。

単位面積当りの植栽本数は第1次経営案によると地位、地利により違いがあり、4,320~6,750本/haで計画されている。この植栽本数の決定は地利の最も良い1等地は4,320本/ha、2等地は普通地で5,350本/ha、3等地は交通の便の悪い地で6,750本/haとされてきたが、第7次経営案からは均一に4,500本/haが定着したが第9次試験研究計画からは苗木の価格、植栽の工程等を考慮しスギ、ヒノキとも方形植えにより3,300~4,500本/ha、マツ、5,000~6,500本/haを目安



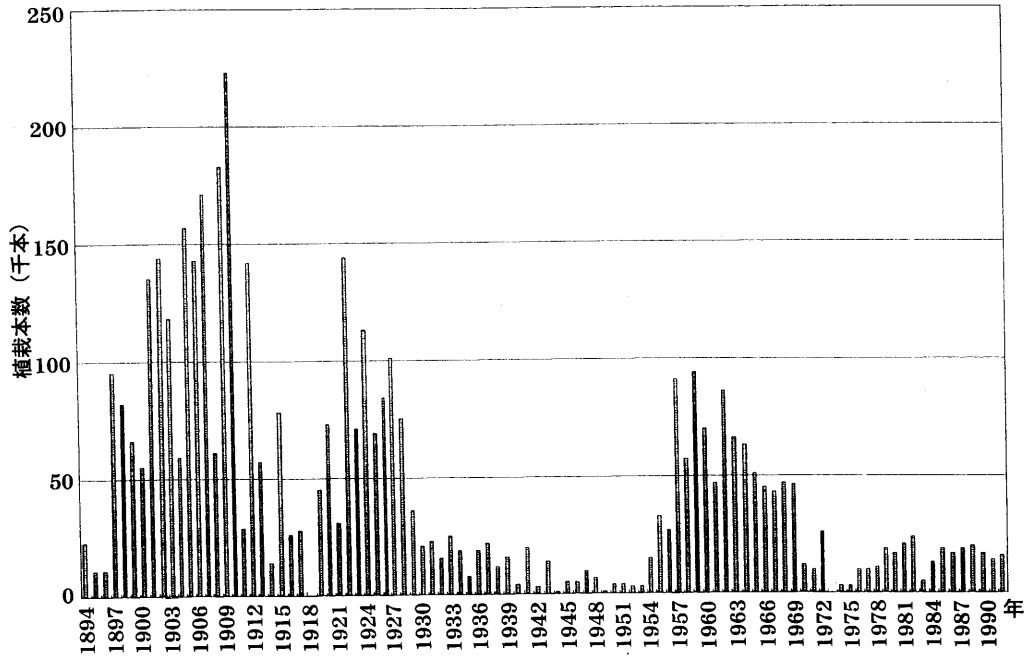


図 1-2 年度別植栽本数.

Fig. 1-2. Number of planted trees by fiscal years.

として計画されてきた。その理由は、演習林業務の多様化に伴い植栽後の管理、とくに、枝打ち、間伐等の手入れが充分でなく、密植造林の弊害が多くなったため現在の植栽本数となった。

### ③植栽工程

1958年以前の1人あたりの植付け本数は平均200~300本で、多い年は400本も植えている。その後、植付け方法の研究が盛んに行われた1958年以降、1人あたりの植付け本数が徐々に減少し、1960年代前半は100本前後、さらに、ていねい植、深植が定着した1964年からの12年間は70~80本程度となった。1976年以降は若干増加し130本前後となり現在に至っている。

### 4) 補植の推移

補植は植栽後長期間降水量がなく、異常に乾燥が続き枯損を生じた場合と寒風害、凍害、雪害等の気象被害及びウサギ、シカ等の被害を生じた場合に行うが、千葉演習林では寒風害、雪害等の気象被害による補植はきわめて少なく、補植の原因は土壤の乾燥による枯損及び近年シカ、ウサギによる被害が主である。

千葉演習林の補植は、全体の植付け本数が多かった1930年以前が、1万本/年以上であった。これらの年度は同年の植付け本数に対する比が30~40%にも及び大変な労力であったと推察できる。この補植の主な原因は植栽苗木の掘り取りから植栽までの苗木の取扱い及び植付け方法に欠陥があったものと推測する。その後、徐々に減少し年間植栽本数の10~20%以下になった。とくに、1961年以降ていねい植により1人あたりの植栽本数が少なくなり、補植も減少した。さらに、ていねい植の定着した1966年以降補植を行わない年度が多くなったが、近年は、シカの激増により、植林地のスギ、ヒノキ苗木に被害が発生し若干の補植が行われている。

### 5) 下刈りの面積と工程の推移

下刈りは、年間の育林作業中最も多く、多くの労力を必要とし、体力的にきつい作業である。下刈りの工程は創立当初から ha あたり 10 人前後で行われている。下刈り期間は生育の悪いところ程多くの年数がかかり、10 年以上行う場所もある。一般的には植付け後、6 年前後で終了する。植付け後 2~4 年位は下草の生育が旺盛であるため年二回の下刈りを行う。

千葉演習林の過去の下刈り面積とそれに要した人工数は、植栽面積が多かった 1930 年頃までは年間の下刈り面積と人工数が 100 ha 以上 1,000~1,500 人程かかっていた。これらの大部分は請負及地元住民の手によって行われている。その後、1930 年以降植栽面積の減少に伴い、下刈り面積、人工数とも徐々に減少し、終戦の年（1946 年）は中止され、それ以降 4 年間は年間 70 人前後と少ない。1950 年代後半の拡大造林が進むと同時に年間 100 ha、1,000 人以上の下刈りが実施された。1970 年頃からは、高度経済成長の影響を受け炭材の需要が減ったことにより、植付け面積とともに下刈り面積も減少した。さらに、第 9 次、10 次試験研究計画では人工林の皆伐更新面積を 6 ha 前後と規制したため、下刈りに要する人数も年間 400~500 人となり、近年は年 1 回刈りが多く年間 300~400 人程である。

下刈りの方法としては、植付け後 5~6 年経過した林地は雑刈と称し、植栽苗木の育成旺盛な場所は除外し草の繁茂しているところのみ刈払う方法が 1929 年から行われた。また、1936 年から一部の林分で全面刈払いではなく、植栽した列のみ刈払う條刈りが取り入れられたが、本方法は数年間で実行されなくなった。1960 年代にも一部施業的に水平二條植を行ない、條刈りが実施されたが、無刈払い地の雑木の伐倒等に労力が多くかかり、結果的に初期の目的である省力にはならず、さらに、下刈り地がトンネル状になるため、作業員の体力的、精神的に負担が大きくなり 3 年後には中止となった。また、下刈りの省力化を図るため、1937 年より幼齡林の施肥が取り入れられた。同年には部分的に穴刈りも試みられたが、長くは続かず全面刈払いで現在に至っている。

### 6) 蔓切り、除伐の推移

蔓切りと除伐は主に下刈り終了後、5~15 年の間に実施される。除伐は掃除伐と除伐に分けられる。掃除伐は 9~10 年生を目安として、下刈り終了後林分が閉鎖するまでの間に植栽木の生育を阻害する不要樹種を対象に除去する。除伐は林冠の閉鎖後 15~20 年生の林分で、収入が期待できなくても保育のために素性の悪い木を除去することである。

蔓切りに要する人工数は平均 3.0 人/ha 前後であり、除伐は 15~20 人/ha 程である。

### 7) 枝打ちの現状と推移

第 9 次試験研究計画では枝打ちを 3 回実施することとして、第 1 回目は、スギ、ヒノキとも 9~10 年生を目安とし、地上 2 m 位まで行う。第 2 回目は 14~15 年生時に 4~5 m、第 3 回目は、良質材の生産を目標とする林分、とくにヒノキ林を主とし、約 20~25 年生の林分に対し、800 本/ha 程の主林木の枝打ちを 8 m の高さまで行う。

過去の実施状況は、1942~1948 年の終戦前後を除き、各年度とも比較的多く実施されている。とくに、1920 年代は、年間 1,000 人以上の労力を投入し、10 万本から多い年度は 20 万本実施している。このような先人の努力により現在、演習林産材として木材業者から高い評価を受けている。しかし、終戦後徐々に減少し、1975 年からは経費、労働力不足等から年間 100 人程度と減少し、最近の 5 年間はほとんど実行されていない。

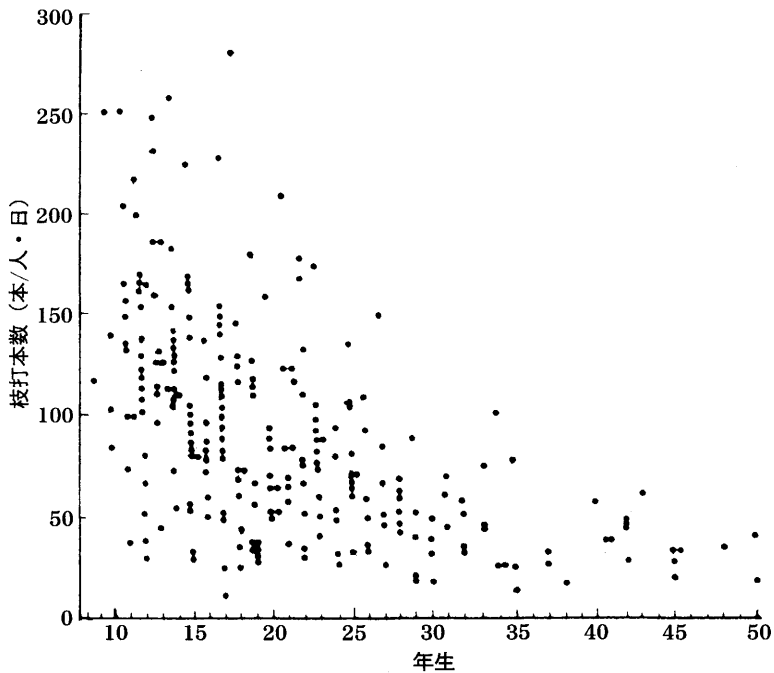


図 1-3 林齢別枝打本数.

Fig. 1-3. Efficiency of pruning by stand ages.

過去の実績から枝打ちの工程 (本/人・日) を林齢別にまとめ図 1-3 に示す。

枝打ちの工程は、同年代の林分でも非常に幅がある。とくに、若い林分ほどバラツキが大きい。このことは林分によって枝打ちと同時に除伐も並行して行ったためと思われる。図 1-3 から 1 人あたりの平均枝打ち本数を推定すると 10 年生前後で約 100~150 本、20 年生が 80 本前後、30 年生で 50 本、40 年生では 30 本前後となり、林齢が高くなる程枝打ち高も高くなり工程は低下する。

#### 8) 間伐の現状と推移

健全な林木の構成を目的とした保育間伐の方法は 9 次試験研究計画によると第 1 回間伐を 20~25 年生に、第 2 回間伐を 30~40 年生に行い、間伐率はいずれも 20% 前後とされている。これらの間伐材は現在ではほとんど収入源として期待できない。50 年生以上の間伐は利用間伐として、長伐期施業との関連で検討する。

既存の高齢林を長伐期施業林分に移行する場合、瞬時に強度の間伐を実施することは好ましくない。幼、壮齢期から間伐計画をたて長伐期林に移行するための保育間伐を実施する必要がある。

過去の間伐状況は、1943 年まで枝打ち同様多く行われていたが、その後は間伐として記録されていない。理由は明らかでないが、収入の伴う間伐は立木処分として処理され、若い林分の切り捨て間伐は除伐として処理されているためであろう。

当地方で行われてきた間伐技術も基本的には吉野地方を参考にしていると思われるため、ここで吉野地方における過去の間伐の特徴を述べる。吉野地方は枝打ちより間伐に重点を置き、とくに、苗木を密植し成長するにともない弱度の間伐を合計 13 回繰り返し、密度調整を行い大径材

の生産を行ってきた。

それは生産の主な目的が樽丸用材であったため、年輪の幅が均一で細かいことが要求されることから、密植して成長を抑制しながら極めて弱い間伐を5~10年毎に繰り返し行ってきた。具体的な方法は、15年生前後に第1回目の間伐を行い、4回目までの間伐材は磨き丸太に利用され、11~13回目までの間伐材は樽丸、酒桶、板類に利用される。立木の伐倒時期は、一般的に冬期の成長休止期に行っているが、吉野林業全書によればヒノキは大小にかかわらず夏の土用後30日以内に伐倒し、スギは春から夏にかけて（春彼岸後30から40日間）行い、樽丸、酒桶、板材にするものは、夏土用中に切る方がよいとされている。

### III. 人工林の輪伐期の経緯

演習林発足以降の輪伐期は、第3次経営案までが75年であったが、第4次経営案より伐期を25年短縮して50年となった。その主な理由は、第1次世界大戦と関東大震災の影響により木材の価格が急騰したことや演習林内の木材搬出路が整備されたことにより大径材と小径材の価格差が減少したためである。

第5次経営案では輪伐期50年として、次のように各期の分配面積が計算された。

人工林面積841.15 ha/輪伐期50年×1分期10年=168.23 haとなり、これを下記の齡級面積と比較すれば、I, II, V以上の齡級は不足し、III, IV齡級は超過となった。したがって、第5次経営案では人工林の伐採をほとんど行わず減伐の方針とした。

#### 齡級別面積

齡級	I	II	III	IV	V以上
面積 (ha)	123.9	154.4	311.8	203.5	40.5

第6次経営案より伐期は50年と80年に区分された。区分法の基準では、地位中で地利の優れた林分は従来通りの50年伐期とされ、優良大径材の生産可能な地位上の林分と地利、地形の劣悪な林分は80年伐期とされた。この80年伐期を導入した理由は、当地方の大径材は船材として優れており、需要も多かったこと、また、地位、地利が極度に劣悪な林分では当然伐期を延長せざるを得なかったことなどによる。この50年伐期と80年伐期の面積比を5:3とし、人工林面積800 haのうち50年伐期を500 ha、80年伐期を300 haとした。

この第6次経営案での伐期別の林分選択区分は次のように記されている。

「長・短両伐期に各林分を区分し保育方法等を考えることが適当であるが、現在は現地調査の不備等を考慮し、長・短両伐期林分を区分せず4齡級以下の林分は同等に取扱い5齡級に達した林分を適宜短伐期、長伐期に選定区分する。」この両伐期の名称は50年伐期を第1種伐期、80年伐期を第2種伐期とした。

第7次経営案では第1種伐期と第2種伐期の面積比をこれまでの5:3から3:1に変更した。したがって、50年伐期林分を600 haに80年伐期を200haとした。

同経営案では標準年皆伐面積の算定基準を次の式により決定した。

$$f = \frac{F1}{U1} + \frac{F2}{U2} = f1 + f2 \quad f = \text{標準年皆伐面積}$$

$F1(636.26 \text{ ha}), F2(205.01 \text{ ha})$ : 第1種, 第2種の標準皆伐対象 (面積)

$U1, U2$ : 第1種, 第2種の輪伐期

これより標準年伐面積  $f$  は 15.3 ha となる。

本作業級に対する収穫規整としては、従来は面積平分法を適用してきたが、前案（第6次経営案）より本作業級の考え方が取り入れられるようになった。したがって、本案では収穫規整としては比較的融通性に富む齡級法を採用した。

尚、将来林分毎に成熟度の判定を行い、当然林分經濟法に進むべきであるが、本案に於いては資料の関係から齡級法によった。

伐採林分の選定方法は次の通りである。

a) 林齡を基礎として、なるべく高齡林に属する林分を選定する。

したがって、本作業級は第1種に属するうち、今期50年を越える林分より選定する。

b) 将来法正なる林分配置を造成する関係を考慮して選定する。

c) 現在の林況をより判断して特に早急に改植を必要と認めた林分を選定する。

第8次経営案では、高林主伐案として説明されている。

本案の輪伐期は前案までの第1種（50年伐期）と第2種（80年伐期）の面積比3:1を7.5:1にし、伐期齡を第1種については5年短縮し45年伐期、第2種については10年延長し90年の伐期とした。

30年生以上の年平均成長量は  $4.95\text{m}^3/\text{ha}$  とされ、年皆伐量を次の通りに計画された。

45年伐期  $4.95\text{m}^3 \times 45\text{年} \times 15\text{ha} = 3,341\text{m}^3$

90年伐期  $4.95\text{m}^3 \times 90\text{年} \times 2\text{ha} = 891\text{m}^3$

合計で  $4,232\text{m}^3$  とされたが計画通りには実行されていない。

第9次経営案（試験研究計画）で指向する伐期齡は、ある一定の幅にはいるすべての林齡で伐採を認める方式で融通性作業級が取り入れられている。このことは、伐期齡を定め、その伐期齡を中心として、ある林齡の幅内で適宜個々の林齡の伐期を決定しておくことを意味する。そこで、まず平均伐期齡を次の通りに決定した。

暫定であるがスギ林分収穫表の地位中によれば年平均成長量の最大の林齡は65年を中心とした±5年程度で、その値は  $8.29\text{m}^3/\text{ha}$  である。したがって、本案では年成長量および価値成長（林齡の高い程大）等を考慮し平均伐期齡として60～95年を想定した。こうした点と齡級構成を考慮し、平均伐期齡を80年と定めた。第10次試験研究計画は、第9次を概ね継続した。

#### IV. スギ、ヒノキ人工林の立木処分の推移

##### 1) 施業期毎の樹種別処分経過

スギ、ヒノキについて過去の立木の売り払い処分経過を施業期毎にまとめ、表1-2に示した。

現在、当演習林に残されている資料によると、人工林の処分が行われるようになったのは、1898年からであり、全体的にスギが多くヒノキが少ない。とくに、創設期から1934年頃までのヒノキの処分量は  $20\sim 30\text{m}^3/\text{年}$  であった。

この時期までの処分対象林分は、演習林創設以前に植栽された林分であることから、ヒノキが少なかったためと思われる。

演習林創設以降植栽された林分が伐期に達した1930年代後半から徐々にヒノキの処分量が増加し、1957年頃からは全処分材積の  $20\sim 30\%$  をヒノキで占めるようになった。

表 1-2 各施業期毎の樹種別処分量の経緯

Table 1-2. Number and volume of sold trees by species and by working periods

施業期	期間	年数	物件数	スギ		ヒノキ		スギ, ヒノキ合計	
				本数	材積 m <sup>3</sup>	本数	材積 m <sup>3</sup>	本数	材積 m <sup>3</sup>
草創期	自 1898 至 1904	7	53	5,613	3,065.93	420	140.72	6,033	3,206.65
第 1 期	自 1905 至 1909	5	43	4,215	3,105.83	406	146.67	4,621	325.25
第 2 期	自 1910 至 1914	5	47	3,096	2,130.76	271	138.42	3,367	2,269.18
第 3 期	自 1915 至 1924	10	88	47,572	7,424.66	5,005	524.28	52,577	7,948.94
第 4 期	自 1925 至 1934	10	123	72,943	7,397.03	4,063	228.76	77,006	7,625.79
第 5 期	自 1935 至 1944	10	130	67,274	8,962.40	15,860	1,293.90	83,134	10,256.30
第 6 期	自 1945 至 1954	10	159	145,289	21,147.30	37,951	3,854.60	183,240	25,001.90
第 7 期	自 1955 至 1964	10	239	139,941	32,852.88	51,343	10,341.18	191,284	43,194.06
第 8 期	自 1965 至 1974	10	72	48,367	18,440.98	24,432	5,443.62	72,799	23,884.60
第 9 期	自 1975 至 1984	10		42,377	21,058.65	26,425	8,256.38	68,802	29,315.29
第10期	自 1985 至 1991	7		27,091	18,297.75	14,721	5,693.28	41,812	23,991.03

## 2) 年度別処分材積の経過

年度別処分材積の経過を図 1-4 に示した。演習林発足当初から 1942 年までは年間処分材積が非常に少なく、大部分の年度が 1,000 m<sup>3</sup> 以下であった。終戦間近の 1943 年と 1945 年の 2 年間は極端に多くなっている。1946 年以降徐々に増加し、年間処分量も一部の年度を除き 3,000～3,500 m<sup>3</sup> となった。1970 年から 6 年間は極端に処分材積が減少しているが、これは大学紛争が演習林に波及し職員の待遇問題等の論争から処分量がひかえられたからである。

第 9 次試験研究計画の定着した 1977 年頃からは年処分量 3,500 m<sup>3</sup> 前後ではほぼ一定し、現在に至っている。

## 3) 高齢林における利用間伐の経過

第 9 次試験研究計画以降長伐期施業が取り入れられ、伐期に達した高齢林分の利用間伐を実施している。この間伐は、1977 年より 1986 年までの 10 年間実施された。その間伐処分材積の経過を表 1-3 に示す。表中の間伐地 No. は図 1-5 の長伐期林分の位置図に対応している。

1982 年から 1984 年は北海道演習林での風倒木処分が大量にあったため、千葉演習林は高齢林の利用間伐をひかえた。

1984 年は木材市況の低迷により、入札物件が不落となり、1987 年以降は間伐を実施していない。このことは、第 10 次の試験研究計画が完成されていないことと、過去の間伐状況を検討した結果、間伐、搬出により残存立木に著しく損傷を与えた林分があり、間伐率、間伐技術、さらに、

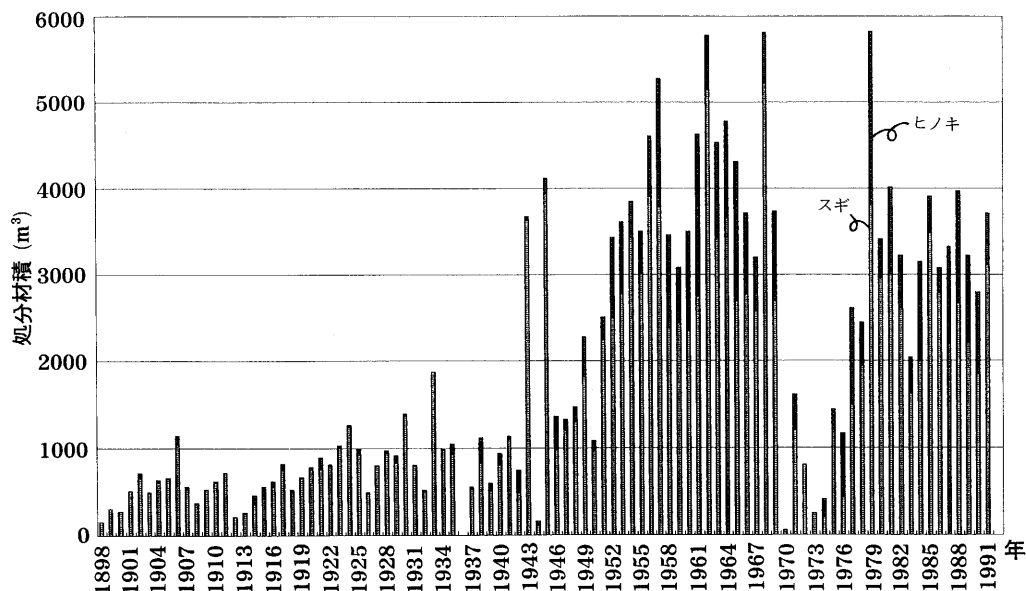


図1-4 年度別処分材積の経緯。

Fig. 1-4. Volume of sold trees by fiscal years.

集運材方法等の検討を要するとの理由から間伐が中止された。

これまでに実施された21林分のうち林齢の最も高い林分は、1977年の桜ヶ尾で142年生、次に1985年の今澄126年生である。この2林分は清澄寺所有時に植栽され、演習林では最も古い林分である。1林分あたり最も大きい面積及び材積は1979年の細野で約13 ha, 1,350 m<sup>3</sup>であった。したがって、1979年は4林分の間伐処分材積の合計が2,000 m<sup>3</sup>となった。haあたりの間伐材積は大部分の林分が50~100 m<sup>3</sup>前後に対し、今澄126年生の高齢林は218 m<sup>3</sup>と多く、単木あたり平均材積も1.83 m<sup>3</sup>であった。

図1-5に1977年から10年間に実施された高齢林の利用間伐の場所と今後予定されている二段林造成地の位置を示す。

木材搬出には演習林内の中央を南北に横断する県道と4本の幹線林道がある。二段林及び複層林の予定地はいずれも道路に近く、材の搬出が容易にできるよう計画した。過去の間伐材搬出は架線集材法によって行われており、索張りの最も長い場所はNo. 9, No. 17で約1 km程であった。

## V. 人工林経営の今後の課題

千葉演習林の人工林面積は約800 ha、演習林総面積の約40%にあたり、全域に分散している。しかし、林道密度は12.4 m/haと少なく、木材の搬出はほとんど架線によっている。搬出距離は、林道から直線距離にして、遠いところは1,200 m以上に及んでいる。とくに、600 m以上の林分が約300 haもある。また、千葉演習林には高い山は少ないが急傾斜地が多く、現状では木材の搬出を架線集材に頼らざるを得ない。しかし、近年架線技術者の減少、高齢化が深刻な問題

表 1-3 人工林の利用間伐実施状況

Table 1-3. Record of Commercial thinning of plantation forests

年 度	間伐地 No.	地 名	林小班	林 齡 (年)	面 積 (ha)	本 数 (本)	材 積	
							(m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup> /ha
52 1977	1	前 沢	28 c2	67	4.45	295	169.99	38.20
	2	桜ヶ尾	43 c16	142	0.97	70	55.86	57.59
	3	南 沢	45 c10	81	6.00	1,168	426.16	71.03
		合 計			11.42	1,533	652.01	
53 1978	4	相ノ沢	10 c5	73	2.22	1,029	153.05	68.94
	5	橋ノ沢	19 c7	53	2.11	723	83.24	39.45
		合 計			4.33	1,752	236.29	
54 1979	6	大 平	46 c7	58	0.89	132	25.35	28.48
	7	大 平	46 c8	80	5.02	1,212	386.61	77.01
	8	向 山	6 c1	70	2.00	883	261.90	130.95
	9	細 野	12 c1	70	13.11	3,417	1,349.99	102.97
		合 計			21.02	5,644	2,023.85	
55 1980	10	南 沢	45 c11	76	2.96	664	280.78	94.86
	11	柚ノ木	3 c2	71	1.10	177	81.86	74.41
	12	今 澄	40 c6	53	1.50	819	75.01	50.01
		合 計			5.56	1,660	437.65	
56 1981	13	亀ノ沢	21 c	66	6.87	2,457	522.27	76.02
	14	仁ノ沢	39 c3	73	6.53	1,790	290.61	44.50
		合 計			13.40	4,241	812.88	
57	15	相ノ沢	9 D	51	1.84	402	190.84	103.71
1982		合 計			1.84	402	190.84	
58	16	郷田倉	25 c7	36	1.64	1,654	101.27	61.75
1983		合 計			1.64	1,654	101.27	
59 1984		不落ノ為不実行						
60 1985	17	前 沢	28 c1	79	7.40	1,224	712.25	96.25
	18	今 澄	40 c5	126	0.81	119	176.72	218.17
		合 計			8.21	1,343	888.97	
61 1986	19	大 平	46 c6	86	3.48	801	340.61	97.88
	20	大 平	46 c7	64	0.90	244	69.48	77.20
	21	郷 台	10 c1	80	2.07	410	254.78	123.08
		合 計			6.45	1,455	664.87	



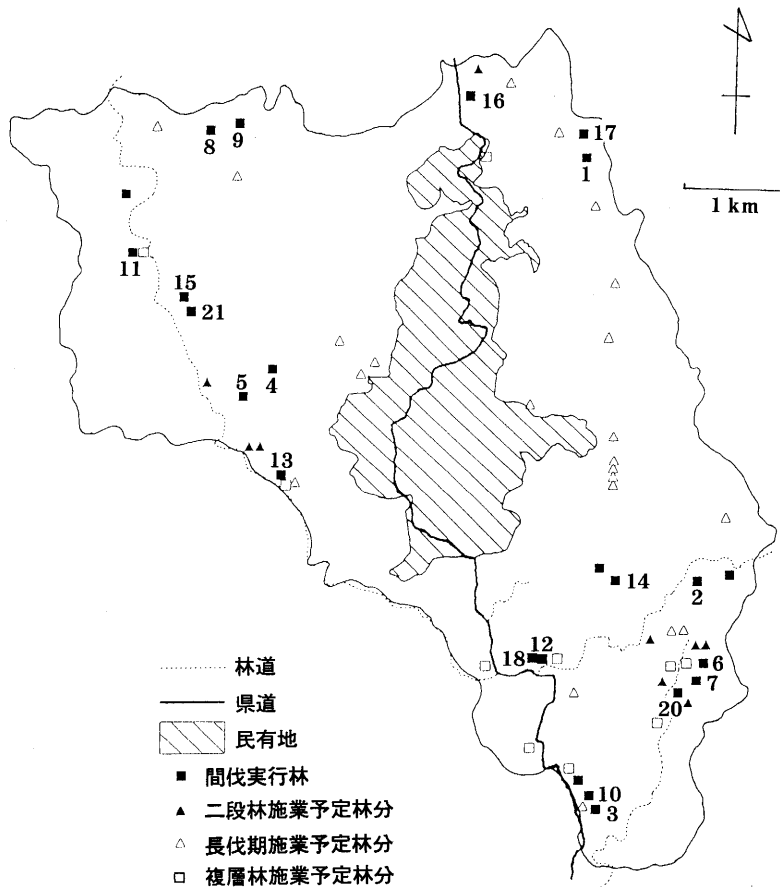


図 1-5 長伐期林分位置図.

Fig. 1-5. Location of long-rotation stands.

となっている。

また、千葉演習林のこれまでの経営方式の主体である皆伐再生林では、今後、健全な林分育成のための保育管理等に支障を来すことは明らかである。そこでこれらへの対策として今後もこれまでと同じ年間収穫量を維持することを前提として主な経営課題を次の4項目に整理した。

a) 林道，作業路の整備，開設。

当面現在の開設予定路線（千石林道，橋の沢施業路）を早急に完成することにより（林道密度約 16 m/ha になる）周辺林分の植伐が可能となる。

b) 林業機械を導入し作業の効率化。

当演の地形にあった作業機を導入し保育作業等の効率化を図る。

c) 皆伐主体の経営から間伐主体の経営へ。

これまでの皆伐，再生林を縮小し，保育管理に要する作業量の削減を図る。

d) 長伐期，複層林施業の推進。

間伐林分を対象に目的に沿った間伐（施業）方法を設定し、環境保全と同時に大径良質材生産及び経済性の向上を図る。

## VI. まとめ

以上の記述を要約すると以下の通りである。演習林創設以前にお寺で植栽され、現在（1992年）林分として残っている場所は桜ヶ尾（学術参考林）、今澄（水源かん養林）と他に林道、歩道沿いに並木として保存されている。その他農商務省当時植林された林分は28 ha程あったが、現在は郷田倉、一杯水（いずれも99年生）に各3 ha前後及び神田上（141年生）に残されているにすぎない。これらの林分は今後長伐期施業に関する学術参考林として保存する。

演習林創設後は本多博士らの指導により植林が多く行われ、明治、大正期に現在の人工林面積の約70%が植林された。これらの林分が50年生前後となった第6次経営案では伐期齢が50年と80年に決定された。第7次、8次は林道の整備、拡張が行われ、さらに、各小班が林相別に区分された。

第9、10次試験研究計画では社会的に要請の高まりつつある環境保全を考慮し、さらに、林業作業員の高齢化及び減少にともない長伐期施業が試験的に取り上げられ、伐期齢が80年生と120年生に延長された。この伐期の延長にともない、人工林の今後の課題として、これまで実施してきた収穫方針を皆伐主体から間伐主体に改めることによって、今後、高齢林の利用間伐が積極的に行われることになる。しかし、間伐によって高齢林を健全に維持するためには、対象林分の地位、地利、地形を充分考慮し、複層林、長伐期林、一般施業林に区分し、林地に適した施業方法を行う。

## 第2章 千葉演習林における長伐期、複層林施業

### I. 複層林の概念

複層林の起源は天然林を抜き切りし、その跡地に天然更新していたものが、次第に優良樹種の山引き苗を疎開された林床へ移植し成林したものとされている（堀部、1985）。

さらに、複層林施業は古くから伝統工芸と結びついており、工芸品に必要な木材の需要に応じるため良質材の間伐を繰り返し、跡地に樹下植栽した結果出来た林分が択伐林であり複層林となった。

当地方の一例として清澄寺周辺は古くから高齢のスギ林に恵まれていたことから、多くの良質材が単木的に間伐され建具職人に払い下げられた。その跡地にスギ苗木を植栽したことから現在の清澄寺周辺の複層林が出来たものと思われる。

複層林の定義、区分及び名称については最近、多くの学者によっていろいろと論じられている。一般的には複層林とは二層以上の林冠を有する森林であると言われているが、林冠が二層以上からなる森林は多く、林冠層の比較的明瞭な人工林から階層が連続的になる複雑な天然林にいたるまで様々な森林がある。そこで、複層林の形態、名称につき文献を中心にまとめた。これらの各文献とも共通していることは人工的に更新した林分を複層林としており、とくに、針葉樹を主としている。

藤森（1989）は、複層林の階層構造からその形態、名称等について各文献を列記し、詳細に解説している。それによると基本的な考え方として、複層林とは、二層以上の樹冠層を有する森林を

総称する言葉であるとし、複層林に対し一つの樹冠層からなる森林を単層林、あるいは一斉林と呼んでいる。

複層林の内容については二段林、多段林、連続層林（択伐林）に区分する方法と林冠層が二層を二段林、三層以上を三段林、多段林とし、階段的な樹冠層を形成せず、樹冠が連続的であることを択伐林型としている。欧米では二層以上の樹冠層をもつ森林を Uneven-aged Forest（異齡林）また Multi-storied Forest（多層林、複層林）と呼んでいる（Ford-Robertson, 1971）。

坂口（1986）は、複層林経営の考え方として寺崎、河田等の文献を紹介し解説を加えている。寺崎による複層林の林型区分は次の4段階としている。

- a) 単層林 林冠がただ一つの一斉の樹冠層からなる単一階段層の林。
- b) 複層林 林冠に多少の違いがあっても一斉の樹冠層からなる数階段層の林分。
- c) 連続層林 林冠は階段的で一斉な樹冠層を示さず連続的であって樹冠層の区分のできない林分。
- d) 混層林 疎開された林分が一定の林冠を形成するまでの一次的な林分。

河田は、寺崎とほぼ同様の見解であるが、梢端の高さで樹冠の位置を定める標準として階と層の用語を用いて解説している。

- a) 階状林
  - ① 一階林 樹冠層の区別ができない林分。
  - ② 多階林 樹冠層の分界が明瞭で二層以上の林分。
- b) 層状林
  - ③ 一層林 各樹木の樹高がほぼ等しい林分。
  - ④ 多層林 樹高の差が著しい林分。

これらの①から④の組み合わせによる林分もある。

吉田（1935）は樹冠の垂直的配置から層状と段状に区分している。

- a) 層状：上木の樹冠と下木の樹冠の重なり合う林分。
- b) 段状：上木の樹冠と下木の樹冠の重なり合わない林分。

この層状、段状の組み合わせにより次のような垂直的構造が述べられている。

- (1) 一段一層的 (2) 一段多層的 (3) 多段一層的 (4) 多段多層的

中村（1971）は、林分構造を層、段、階などにこまかく分けると実用上かえって不便であるため次のように区分した。

- a) 単層林：一斉林で主要林木の樹冠がほぼ同じ高さの林分。
- b) 複層林：林冠が二個以上の樹冠層
- c) 連続層林：樹冠層の区別が明らかでなくすべての高さに樹木がある林分。

スギ、ヒノキ人工林の複層林は自然的に起こるものと人為的に造成するものに大別することができる。

自然に生じる複層林のなかに同時に植栽し、年数の経過とともに成長に差が生じ複層林の形態を示す林分がある。これを同齡複層林と称し、地位の非常に悪い尾根沿い等に希に生じる場合がある。さらに、林分に冠雪害、風害等を生じ、その林床に天然に更新樹が発生し複層林を形成する天然更新による複層林がある。しかし、千葉演習林は気候温暖なため林床植生が豊富であり、このようなスギ、ヒノキによる天然更新はきわめて困難である。とくに、間伐跡地、林道工事に

よる法面や各種被害跡地などのギャップにスギ、ヒノキの稚樹が発生する、しかし、4~5年後には草本類に覆われ枯死する場合が多い。したがって、稚樹から成林させるためには相当多くの労力を要する。

スギ、ヒノキ一斉人工林を人為的に複層林に誘導する場合は多くは間伐を行うか、または、各種被害跡地の空間に下木植栽を行う方法でいずれも異齡複層林となる。この同齡および異齡複層林の形態等は次に説明を加えるが、上木と下木が同一樹種の場合と異なった樹種で構成される場合がある。

### 1) 同齡複層林

一斉林の形態を示しているが、均一に成長しないため樹冠が一層でなく、ある高さまで連続的に分布している。

この同齡複層林は比較的高齡林に多く、若、壯齡林の場合は成育段階において競争が激しく、被圧木は短時に枯損するため樹冠層が一斉単層林となりやすい。一方、樹高成長の低下する高齡林は成育競争が緩和され、成育の遅れた立木に対する被圧も減少し樹冠が二層、三層を形成する。しかし、これらはそのまま放置すると年数の経過とともに枯損する為、間伐の対象とされる場合が多い。また、間伐林の生産性を高めると同時に被圧木の保護、育成をかねて優勢木の一部を間伐する「なすび切り」あるいは中間層の間伐を実施した場合同齡の複層林となる。

この同齡複層林については間伐方法、採算性等理論的にくわしく解説されている(渡辺, 1991)。

その主な内容は環境保全等を考慮し、皆伐より生産性の高い間伐を実施する。そのための間伐技術をいかに構築するかであると述べている。その方法としては被圧木の価値を高めるため中層間伐を実施し、林分内の優勢木を上木として残し、劣勢木を下木とした同齡複層林を造成する事が望ましいとしている。さらに、複層林造成に関して伐期に達していない林分に樹下植栽を行い、二段林を造成する事は誤りであるとも指摘している。これらの事は指摘している通りであり、中間層を間伐することにより、上層木のより大径化と年輪密度の高い下層木の育成は利用目的、用途により大径木以上の価値となる。幼、壯齡林に樹下植栽を実施し、二段林に移行した場合の成功しない理由は成育旺盛な林分に対し強度の間伐を行っても樹冠の閉鎖が早く、林床に植付けた苗木の成育は望めない。とくに、地位の良好な林分程顕著である。

同齡林において構成樹種が異なり、樹種間の成育状態の違いにより二層以上の樹冠を構成する事がある。とくに、スギ、ヒノキ、マツを混植(列状混植)し、地位が劣悪な場合にその成育の差により二層以上の複層林を形成することがある。しかし、これらの林分も適期に適切な手入れ管理を実施しない限り複層林として価値ある林分にはならない。

### 2) 異齡複層林

自然的、人為的の別なく上木と下木の年齢が異なり、明らかに二層以上の樹冠層を形成している林分が異齡複層林である。とくに、上層木の間伐地及び被害跡地等に樹下植栽した林分などである。

異齡複層林は上木の強度間伐、択伐に伴い林床に苗木を植栽し人為的に複層林として造成された林分である。その後、上木の樹冠の閉鎖状況により枝打ち、間伐(受光伐)を行い、一定年数の経過とともに上木の皆伐を行い、さらに下木植栽を繰り返す常時複層林(二段林)とする更新方法と高齡林を必要に応じて択伐し伐倒箇所数本の苗木を植栽し樹冠層が連続となる複層林

(多段林)を造成する方法が代表的である。

以上一般的な複層林について述べたが、同齡複層林は渡辺の提唱している通り、中層間伐を適期に数回実施しない限り健全な複層林は望めない。とくに、林分の状況、地利、地形等充分考慮する必要がある。したがって、本研究では主として異齡複層林について行った。

先に述べたが複層林のうち多段林(三段林以上)、連続層林は単木的に伐採収穫し跡地に随時植栽を行う更新方法であり、二段林の形態は二層の樹冠層を有する期間により図2-1に示したように4種に区分される(安藤, 1985)。図中の区分は大きく分け常時二段林と一時二段林に分けられ、常時二段林をさらに、上木交替型と下木収穫型としている。一時二段林を上木・下木で構成する期間により長期型、短期型に分けている。

千葉演習林の指向する二段林は一時二段林の長期型を主とするが一部図2-2に示した一時二段林の皆伐型を試行する。

長期型の一時二段林とする理由は、千葉演習林の場合、上木の収穫を130~150年生とするため相当大径木になる。したがって、常時二段林の上木交替型では上木の収穫時が三段林になり、伐倒時に下木の損傷が著しい。下木収穫型は上木と下木がスギ、ヒノキで構成する場合、上木の立木本数を保残木施業形式の非常に少数にしない限り密度管理が困難である。したがって、千葉演習林では上木の収穫を行い下木の樹勢が回復し密度調整を行った後、林床に下木植栽を行う一時二段林長期型とする。しかし、本施業方法のうち、急傾斜地及び搬出条件の悪い林分では伐倒、集材、搬出により下木に損傷が著しく皆滅状態になる危険性がある。これらの林分は上木の収穫時に下木も同時に収穫し林床に苗木を植栽する、一斉皆伐方式(一時二段林皆伐型)を実行する。

現在実施されている複層林の大半は幼、壯齡期より複層林造成のために計画的に手入れ管理された林分ではなく、現有の高齡林分を間伐し、林床に苗木を植栽し複層林に誘導する方法がとられている。そのため形状比が高く、直径、樹高に対する樹冠量の均衡がとれず、各気象害に対する抵抗性が劣る等の問題を生ずる。したがって、間伐の方法、対象林分の選択等充分検討し実施する必要がある。

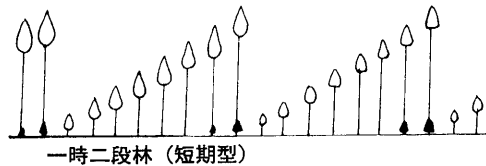
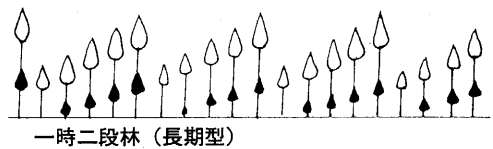
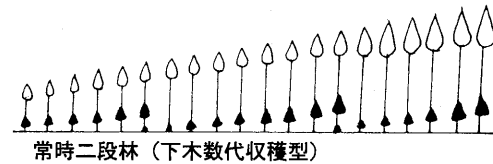
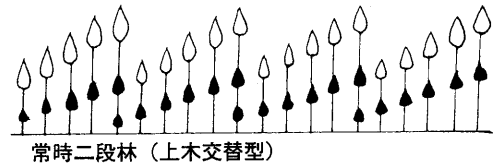


図2-1 樹冠層の重複期間による二段林の区分。  
Fig. 2-1. Classification of two-storied forests by overlap period of canopies.



図2-2 一時二段林(皆伐型)。  
Fig. 2-2. Temporary two-storied forest to be clear-cut.

## II. 千葉演習林における複層林造成の経緯

### 1) 水源涵養林として造成された複層林

千葉演習林の二段林施業は1928年(昭和3年)に水源涵養林の造成を目的として、当時69年生のスギ林を間伐し林床に樹下植栽が試みられたのが最も古い。

この林分は、当演習林内で最も古い林分の一つであって、現在も水源涵養林として保存されている。間伐後林内に樹下植栽された苗木は1992年現在64年生であるが、年数の経過とともに林内照度が低下し下木の成育が抑制され傘型の立木が多くなった。さらに、樹下植栽後の二段林に対する一般的な認識が欠けていたことにより、正常に成育した下木は諸道具の柄に利用され、さらに、管理等が不十分であったため降雪により根返り、曲幹を多く生じた。

### 2) 雨水被害跡地の複層林

1936年に千葉演習林内全域にわたり雨水被害を生じ、とくに、北西部にあたる郷台作業所管内に被害が著しかった。

この雨水被害は主に壮齡林に多く、被害程度は当時の記録によれば未曾有の大被害と記録されている。その状況は林分いたるところに折損木、根返り木を生じたとされている。しかし、それらの林分も現在ではほとんど回復し立派な高齡林になっている。しかし、被害木を伐倒整理し跡地に群状または単木的に下木の植栽が行われたが、二段林として成林していない。これら被害林分の大半が20~30年生であって上層木の樹冠の閉鎖が早く、植付けられた苗木は、その後手入れを行わなかったこともあり、成長が抑制され枯死、根返りを生じた。

### 3) 保残木作業林としての二段林

本二段林は保残木作業試験地として1965年に郷台作業所管内柚ノ木に設定した。上木の密度を皆伐地を含む4段階に変え、下木にスギを植栽し二段林の造成を試みた。

設定時の林齢は58年生で現在(1992年)は上木83年生、下木27年生であり二段林として成林している。

### 4) 長伐期施業導入以降の複層林

1973年に長伐期施業が取り入れられ、70年生以上の高齡林の利用間伐が実施されるようになった。その間伐林分の林床に1977年から1985年に小面積であるが試験的に下木の植栽を行い、複層林を造成し上木の成育経過、林内照度の変化、下木の成育状況等の調査を行った。その他、1993年に郷台管内の安野に複層林の施業実験林を造成した。安野の実験林は上木が約90年生の高齡林で成育も比較的良好である。この林分を50~60%の本数間伐を実施し各種二段林の試験に供する。

以上複層林の経過について述べたがこれらの各試験地の詳細については後述する。

## III. 長伐期、複層林の利点及び問題点

既存の人工林において施業的に複層林を取り入れて行くにあたり、対象林分の構造、地利、地位、地形等の各種条件を充分検討し施業を実施しないと逆に弊害を生じ林分を大きく破壊する事もある。したがって、対象とする林分は、既に伐期を過ぎた60年生以上の高齡林とする。壮齡林を対象とした場合、その後の手入れ管理に多くの労力を要し、一般的に成林は望めない。

これら複層林の造成技術、方法等は後述するとして、ここではこれらの各条件を満たした林分に対し複層林を造成した場合の主な利点、問題点をあげる。

### 利点

- a) 公益的機能の面で林地の裸地化を防ぎ、林地保全、地力維持、水源函養、風致景観の維持の発揮。
- b) 労力を軽減し、年間の労務配分の平準化。
- c) 優良大径材生産。
- d) 下木の年輪幅が緻密になり良質材生産が可能。
- e) 所得機会の平準化が可能。
- f) 公園、保安林法などにより皆伐規制地の施業が可能。

以上6点にまとめたが、公益的機能の面では近年幅広く社会的に注目をされている。本方法は非皆伐の為、林地の裸地化を防ぎ、表土の流亡を防止し、地力の減退を緩和する。さらに、水源函養機能の発揮、水源林、公園等の風致景観上から皆伐規制のある区域での施業が可能となる。労働力の省力化には多少問題点もあるが、下木植栽後の下刈りは大幅に軽減でき、直射日光下での作業に比べ精神的、肉体的に軽減できる。また、林内照射光の減少により下木の下枝の枯れ上がりやすく、つる植物等も抑制されるため枝打ち、つる切り作業が軽減される。また、一時的に収益を上げる皆伐施業に比べ必要に応じ間伐を実施する事により、収益を計画的に上げる事が出来る。上木は超高齡木となり大径良質材生産が可能となり、さらに、間伐により生じた空間の最大限の利用が可能で生産性の高い施業ができる。収入面でも択伐等を行う事により随時得られる。

林床に植栽された下木は年輪幅が密となり、良質材生産として有利である。

### 問題点

- a) 上木の伐倒集運材に高度の技術を要し、収穫コストが割り高。
- b) 上木の間伐、択伐時に残存立木（上木、下木）への損傷。
- c) 間伐等の疎開による残存立木の不定枝の発生。
- d) 風害等の気象害に対する抵抗性の低下。
- e) 下木が雪害等の被害を受け易い。
- f) 林道網の充実が必要。

高齡林の間伐、搬出は残存立木の保護を充分考慮する必要があるが、皆伐と比べ経費が割高となり、伐採、搬出に伴う残存立木への損傷が考えられる。この損傷度合いは間伐率により異なり、低間伐率ほど損傷が多くなる。さらに、地形により若干の相違もあるが、過去の経験から本数間伐率50%以上であれば損傷もほとんど回避できる。上木の伐倒、集材により下木への影響は上木が大径材程損傷が著しく、今後、二段林施業を進める上で伐倒、搬出は重要な課題である。とくに、伐出技術者の高齡化にともない、今後、高度技術者の育成が急務となる。

閉鎖している林分を間伐し疎開する事により林内照射光が高まり残存立木の樹幹に不定枝が発生し易くなり、材質の低下をまねく。また、疎開した後、数年間は樹冠が小さく比較的形状比も高く、強風等により幹折れ等の気象害を受け易い。さらに、下木も光環境が悪いと形状比が高まり雪害を生じ易くなる。

## IV. 長伐期、複層林造成の基本条件

千葉演習林の森林管理、経営は、古くからスギ、ヒノキ林の皆伐更新施業を主として行ってきたが、近年、人工林のうち、高齡林の占める割合が比較的多くなったことから長伐期施業を導入

し実施してきた。しかし、今後は長伐期施業に加え非皆伐施業を取り入れ、きめ細かな施業基準を立て実施する必要がある。この非皆伐施業を実施する上においても高齢林の間伐は重要課題である。

したがって、今後対象林分に応じて、採算性を充分考慮し、健全な森林の育成も含め、より効果的な大径良質材生産を行うための間伐指針を立てなければならない。

前項の複層林造成に関する経緯の中で一部紹介したが、これらの各試験林資料を参考に既存のすぎ、ヒノキ高齢林分を複層林に移行するための基本的条件を次の5項目に整理し、今後の複層林造成の基礎とする。

#### 1) 対象林分の林齢

複層林造成対象林分は70年生以上の高齢林分が望ましい。対象林分が壮齢林の場合、樹冠の閉鎖が早く、林床の植栽木の成長が抑制されるため上木の受光伐(間伐)もしくは枝打ちの回数を多く行う必要がある。

#### 2) 対象林分の間伐率と相対照度

高齢林の間伐に当たっては本数間伐率を50%以上とし、その後の林分管理は、林内の相対照度を最低限20%を目安として、それ以下になった場合、再間伐(受光伐)を行い、最終仕立て本数をhaあたり300本以下とする。

#### 3) 複層林の地利的条件

複層林の対象林分はなるべく林道に近く地利的条件の良い林分である事が望ましい。

#### 4) 複層林の地形的条件

地形の急峻な林分は対象から除く。

急傾斜の林分は伐採、集材時に残存立木に多くの損傷を与え、さらに、伐出作業に危険が伴う。やむを得ず急傾斜地を間伐する場合、残存立木にあて木等の保護を行い、さらに集材方法、安全性に十分な配慮をする。

#### 5) 複層林造成後の適切な林分管理

上木の閉鎖状況により多少の相違があるが20年前後経過した林分、もしくは相対照度20%以下の林分は間伐(受光伐)を行う必要がある。(目安として下木の伸長成長を年10cm前後とする)下木の管理の要点は、林内照度の低い林分ほど根系の発達が悪く、降雪により倒伏する事が多い。したがって、木起しは重要な作業となる。

下刈りは林床植生の繁茂状況により行う必要がある。とくに、つる性植物の多い林分は状況により適宜行う。

下木の密度が高いと林内の明るさも充分でない上、さらに、下木間の競争により被圧を生じ、成育に影響を与える。したがって、下木の密度調整も必要である。さらに、過去雪害、雨水被害跡地に二段林あるいは保護樹下造林として下木植栽が行われたが、これらはほとんど不成功であった。この理由は、複層林に対する認識が欠けていたため、設定後の管理が行われなかったためと思われる。したがって、試験研究計画に複層林の位置付けを行い長期にわたり継続する事が重要である。



## V. 長伐期、複層林造成に関する間伐方法の検討

### 1) 主伐（皆伐）と間伐の違い

一般的に言えば主伐は定められた伐期齢に達した時点において行う更新の伴う最終的な収穫行為であるとされている。これに対して間伐は育成過程で保育と一部収入を目的として行う行為である。

複層林施業においては伐期に達した林木から逐次間伐して随時収穫を行い下木植栽により更新を図ることとされている。このような複層林施業における主伐・間伐の区別は非常に複雑である。

坂口(1986)によれば完成された択伐林（連続層林）では主・間伐の区別がなく、多くの優良材を生産する事を第一義として伐採木の選木を行うべきであるとしている。さらに、二段林作業の過程での伐採については単純一斉林から二段林を造成するための下木植栽時の伐採は主伐となり、その後複層林が出来上がってからの伐採は下木の保育も考慮されるので間伐的性格となっている。また、次の代の下木植栽にあたっての伐採は、主伐的性格が強いが多層林化が進めば主伐と間伐の区別は択伐林同様にすくなると述べている。

### 2) これまでの間伐基準及び間伐方法

スギ、ヒノキが植林されて100年の長い年月をかけ育成され、環境保全等の公益的機能を充分発揮している林分を瞬時に皆伐し、裸地化する事の反省と近年現場作業員の高齡化及び減少により更新作業の困難性も考慮し皆伐施業を縮小する。したがって、過密な高齡林分が現状のまま年数を経過した場合、利用可能な価値の高い森林資源が相当数枯損する事は明らかであり、すでに現在でも多くの高齡林で枯損がみられる。

この傾向は全国的な問題でもあり、とくに、林業作業の担い手の激減に加え、木材市場の不況によりコストの高い間伐材は低価格であるため、間伐が行われず過密林分の増加に拍車がかかっている。

以上の状況から健全な林分の造成と枯損する森林資源の有効利用を考慮し、過去の間伐基準の見直しを行った。

これまでに千葉演習林で行ってきた間伐の主な選木基準は次の通りである。

- a) 生育競争に遅れ樹冠が第二層以下の被圧木。
- b) 樹冠が第一層を形成しているが、樹冠が小さく葉量の少ない木。
- c) 樹幹にコブ、クサレ、等の異常のある木。
- d) 樹幹に曲がり、二又のある木。

以上の立木は一般的に共通した選木基準であり、その他、現地において樹間を広くするために若干の配慮は行っている。

上記の間伐基準による過去の間伐率は本数で30%前後、材積が15~20%程であった。これらは劣性木主体の下層間伐であることから収入を目的とした間伐でなく、健全な林分育成を目的に保育的要素の強い間伐であった。今後、このような間伐方法、間伐基準では搬出コストの割高から木材価格の高騰がない限り採算面において実行不可能となる。

### 3) 今後の高齡人工林の間伐方針

高齡林の間伐方針を作成するにあたり、過去、千葉演習林で行ってきた間伐基準を検討した結果、これまでの間伐に対する一般的な考え方は壮齡期から伐期に達するまでの密度管理が主で

あって、健全な林分を育成するための保育間伐であった。さらに、間伐率、選木などの基準は熟練した作業員の経験により、地形、林況に応じて実施されてきた。しかし、今後 150、180 年の超長伐期施業が実施された場合、100 年生以上の林分の間伐、択伐が多くなり、それは同時に収益を上げる手段でもある。これら、高齢林の間伐を行うことによって良質材生産はもとより、森林の過密状態による被圧木の枯損防止、資源の有効活用と森林から収益を得る手段として高齢林の間伐は欠かせない重要な作業となる。

千葉演習林のスギ、ヒノキ人工林の現状は、伐期（61 年生以上）に達した大部分の高齢林が高密度林分であり間伐を必要としている。その林分密度は概ねスギ林が 800~1,000 本/ha 前後、ヒノキ林は 1,000~1,200 本/ha 前後となっている。

今後、高齢林の施業方針は長伐期及び非皆伐施業を施業規模で実施する。その場合、数 10 年後の林分構成を予測して間伐計画をたてて実行する事が重要である。

このことについて、竹原(1991)は非皆伐施業を進めるには、きめ細かな注意と労力を必要とし、自家労力を中心とする小規模の経営では可能であるが、大規模経営のように作業を請け負いに出すような経営体では企図通り完全に実行する事は困難であると指摘している。以上の諸条件を考慮し次に高齢林の間伐方針を示す。

#### 4) 非皆伐施業実施上の間伐基準

- a) 間伐率は施業区分及び対象林分に応じて 50~70% の範囲で実施する。
- b) 選木は将来性の無い木（被圧木、曲がり、腐り、コブ）を優先する。
- c) 相対樹間距離を考慮し、残存立木の空間配置を均一になるよう配慮する。
- d) 地位の劣る林分は間伐率を低く、高い林分は高くする。
- e) 間伐、集材時に残存立木に損傷を生じた場合は速やかに伐倒処分する。
- f) 架線集材の場合、搬出路線は充分広くする。

## VI. まとめ

複層林は樹冠の構成状態により階状、段状、層状に区分され、さらに、それぞれの林分状態により細かく分類されている。本稿では理解の容易な単層林、複層林（二段林以上）の区分方法を採用した。

本演習林として同齢複層林施業は一部試験的に実施し、主体は高齢林に強度間伐を実施し林床に苗木の植栽を行う異齢複層林を主として実施する。

二段林も二層の樹冠層を有する期間により 4 種に区分されるが、本演習林で実施する二段林は一時二段林の長期型を行う。一部急峻な地形などは上層木の伐採により、下木の損傷が著しく、壊滅状態になる危険性のある林分は、一時二段林の皆伐型を取り入れる。

長伐期複層林施業は近年、水資源、大気の浄化、林地保全など公益的機能の面から重要視されている。また、森林の空間を最大限に利用し大径木の量産と年輪幅の密な良質材生産を平行して実行できる利点がある。自然公園法、自然保護法などから皆伐規制のある林分に於いても収益を上げることができる。

このような利点の反面、問題点も多い。とくに、地利の悪い林分は集運材に高度の技術を要し、搬出コストが高く収益が低下する。さらに、間伐、集材による残存木への損傷があり、これらが著しい場合は林分全体に大きく影響を与える場合がある。

また、強度間伐により樹幹に光が多くあたり、幹から不定枝が発生する場合もあり材質の低下や気象被害に対する抵抗性にも問題がある。したがって、長伐期複層林の造成にあたっては対象林分を十分に検討し決定する事が重要である。これまで本演習林で造成した二段林は失敗例もある。また、1970年代に造成した二段林も早急に受光伐を実施しない限り成林は望めない。

以上、これまでの経験から二段林造成を行うにあたって最も重要なことは、数世代にまたがり、長い年月を要する森林施業（複層林施業）には常に林分の目的を認識し雪起こし、受光伐などのきめ細かい手入れ管理が必要であるということである。

現在、本演習林内で二段林として成功し、今後も発展が期待できる林分は1965年に上層木の密度を変えた試験林であって、過去における管理も初期の下刈りと間伐だけですんでいる。

このような試験林の成功事例に基づいて二段林の造成を行う場合の基本的条件は以下の通りである。

- a) 伐期に達した70年生以上の高齡林分を対象とする。
- b) 造成時の本数間伐率は最低50%以上とする。
- c) 林内の相対照度は常に20~30%を維持する。

二段林造成地は搬出条件の良い林分を選定し、急峻な地形は対象から除く。また、一旦二段林を造成した後は、適期に適切な管理を行い、とくに、伐期の長い施業であるため管理者が数代にも及ぶため記録等の保管を適切に行い目的に沿った管理方法などを継承することが重要である。

以上、千葉演習林に於ける高齡林施業と長伐期施業及び複層林施業について考察したが、現在、広く各地で複層林の問題は取り上げられ、指導官庁では補助金を交付し推進しているところもある。

そのような状況下で複層林施業に対し賛・否両論が論じられている。そのうち2・3の文献を引用し考察を加える。

鈴木太七(1992)は「いわゆる複層林施業に反対する」と題し、冒頭に「成林したばかりの立派な林を1本置きに伐採しその間に樹下植栽している。一寸目には霞網の密猟者による畏場のように見え、長い年月をかけて成林した林を惨たらしく傷めつける人たちの神経が疑われる。」と書き始められている。

文中成林したばかりとあることから、指摘されている林分は40~50年生の壮齡林以下であろうと推測するが、もし、そうであるなら、指摘されているとおりで、このような若い林分に複層林造成の目的によって強度の間伐を行い、樹下植栽を試みることは余りにも危険性が高く無謀である。また、経営面からも間伐材の低価格に加え、樹冠の閉鎖が早い若い林分は下木の成育に必要な林内照度の維持に多くの費用と労力を要する。

早稲田(1989)は「複層林施業を行う上で最も大切なことであり、難しいことは発想の転換であり、従来なれ親しんできた皆伐施業の物の見方、考え方から脱却することである。」さらに「これからの林業は皆伐を止め、森林の造成に励むのではなく、森林の経営に励む施業に転じなければならない。すなわち、皆伐施業から非皆伐施業へ、一斉林施業から複層林施業への転換が、より林業に近づく道である」と論じている。また複層林施業に対する真の理解を欠くまま施業が進められることは利点より弊害の方が多くなるとも指摘している。この中で最も危惧していることは複層林に対する技術面ではなく発想の全面的転換であると強調している。

大橋(1990)は「超集約林業として高密度路網の整備と正しい枝打ち、目的にかなった間伐技術に

よって、中間収益を得ながら、林齢 70~80 年生の頃に自然に樹下植栽できる状態として更新してゆく」と述べている。このように壮齢林から数回の間伐を実施し、収入を得、結果的に複層林としての環境が出来ることは、理想的であり、複層林の弊害はすべて回避できる。しかし、高齡林の取扱い方法の一環として、現有の高齡林を複層林に誘導する場合、各種の弊害が予想される。

蜂屋 (1979) は「二段林施業は画一的なものではなく、林の実態を見つめながら適切な作業を加えていくことが重要であり、高度な技術である」と説明されている。

その他、複層林施業の基本的な考えは数多くの文献があるが、その内容はこれまで述べてきたものとはほぼ同様である。中でも、最も強調されていることは、きめ細かい管理が重要であり、そのためには林道網の整備が必要不可欠である。このことは各文献とも共通している。

### 第 3 章 長伐期二段林造成の実験結果の分析

過去のスギ、ヒノキ人工林施業は 40 年生前後の比較的短伐期で大面積の皆伐方法が多く行われてきた。しかし、こうした施業は森林の公益的、公共的機能をある一定の期間いちじるしく損なうだけでなく、条件によっては林地の衰退を伴い、生産力が低下し、木材生産に悪い影響を与えることもある。このような森林の諸機能の低下をさける方法として、複層林施業や長伐期施業は最適である。

複層林の造成には多種多様な方法があるが、ここでは、上木の価値生産を高めつつ下木の成長を促す一時二段林長期型を検討した。

#### I. 長伐期二段林試験地の上木および下木の成長

##### 調査地と調査方法

1977~1980 年までに高齡林を対象に利用間伐を行った非皆伐林分は、37.96 ha ほどある。これらの間伐林分のうち、スギ、ヒノキ 5 林分に二段林造成を目的に 20 m×25 m の調査区を設け間伐前後の林分調査を行った。調査地の概況を次に示す。

##### 調査地の概況

調査区	林小班	樹種	林齢	斜面方位	傾斜度	斜面位置
A 細野	12C1	ヒノキ	70	E	10°	尾根
B 細野	12C1	スギ	70	N	10°	沢
C 前沢	28C2	スギ	68	SW	10°	沢
D 大平	46C7	ヒノキ	79	NW	40°	尾根
E 南沢	45C10	スギ	81	E	40°	中腹

下木の植栽は各調査地とも、1980 年 5 月に行い、調査地 A~D の 4 林分は 3 年生のスギ、ヒノキ苗木を混植し、調査地 E はヒノキ苗木が不足したため 3 年生スギ苗木の単植とした。

下木の植栽密度は植栽初期の成長調査等の精度を高めるため、スギ、ヒノキそれぞれ ha あたり 5,000 本ずつ合計 10,000 本の密植とした。

下木の調査は年 1 回冬期に高さと根元直径(樹高 1.5 m 以上は胸高直径)を測定し、林内照度の変化は各調査地内全域に 50 箇所の定点を設定し東芝 SPI-71 型照度計を用いて、隔年の 6 月に測定した。

上木の間伐は調査地 C・E が 1977 年、調査地 A・B・D は 1979 年に行った。間伐率について

は、これまでの千葉演習林の慣行法により、本数間伐率 30% を目安とした。しかし、調査地 A・B は林道から遠く、架線による搬出距離が長いので、間伐の回帰を考慮し意識的に他の調査地より強度の間伐を行った。

上木の調査は間伐前（調査地 C は間伐した翌年）に毎木測定を行った。樹高はブルーメライスをを用い、胸高直径は輪尺により 1.3 m の位置を二方向測定した。さらに、調査地内の立木をポケットコンパスにより測量し、立木位置図を作成した。

間伐後の樹冠の広がりを調査するため、間伐前と間伐後 5 年経過した 1985 年に立木位置図上に樹冠投影図を作成した。

これら 5 林分の調査地のうち、間伐率の高かった調査地 A・B については、1987 年冬期に下木の樹高、直径を測定し、その資料から両調査地内の優勢木、平均木、劣勢木をスギ、ヒノキ各 2 本ずつ選木し、掘り上げ成長経過、形態等の調査を行った。この低照度下の資料木と比較するため、同年に植栽した普通造林地よりスギ、ヒノキを同様に 6 本ずつ掘り上げ測定した。

資料木の測定は地上部、地下部に区分し、葉、枝、幹および根の絶乾重量を求め、さらに、樹幹解析を行い成長経過を求めた。

### 1) 間伐前後の林分状況

1978～1980 年までに設定された二段林試験地における間伐前後の調査結果を表 3-1 に示した。立木密度は一般的にスギ林よりヒノキ林が高く、とくに、調査地 A のヒノキ林は 1,500 本/ha と高齢林としては高密度林分であった。

スギ林の間伐前の材積は、調査地 B と C が多く、936 m<sup>3</sup>/ha と 988 m<sup>3</sup>/ha であった。林齢の高い調査地 E は約 760 m<sup>3</sup>/ha と比較的少ない。このことは、沢沿いの調査地 B・C に比べ、E は中腹から尾根に近いところに位置しており、胸高断面積合計は調査地 B（調査地 C はデータが得られなかった）とほぼ同じ値であることから、他のスギ林に比べ平均樹高が劣るためと思われる。

間伐前の樹冠占有面積は、（調査地 C はデータが得られなかった）調査地 A, B が 78%, 76%, D, E が 88% であった。

間伐による樹冠占有面積の減少率は、最も間伐率の高い調査地 A 区が 41%, B, D, E 区は 30% 前後であった。

表 3-1 非皆伐林分の調査結果  
Table 3-1. Results of surveying non-clear cutting stands

項目	細野 A ヒノキ林 70 年生		細野 B スギ林 70 年生		前沢 C スギ林 68 年生		大平 D ヒノキ林 79 年生		南沢 E スギ林 81 年生	
	間伐前	間伐後	間伐前	間伐後	間伐前	間伐後	間伐前	間伐後	間伐前	間伐後
	平均樹高 (m)	18.9	19.6	26.1	27.2	26.8	29.9	20.8	21.1	21.7
平均直径 (cm)	24.7	26.4	31	33.7	35.5	39.4	28.2	29.4	32.4	36.5
ha 当り材積 (m <sup>3</sup> )	714.8	420	936.4	647.4	988.2	822.5	764.1	586.1	763.6	574.3
ha 当り本数 (本)	1,500	780	940	540	700	480	1,160	800	878	511
樹冠投影面積 (%)	78.5	46.3	76.6	54	—	78.1	88.0	60.8	88.1	61.5
平均相対照度 (%)	3.5	33.5	3.1	29.3	—	18.2	3.8	16.7	—	16.2
樹冠減少率 (%)		41		30		—		31		30
間伐率本数 (%)	48.0		42.6		31.4		32.8		41.8	
間伐率材積 (%)	41.0		30.9		12.7		23.3		24.8	

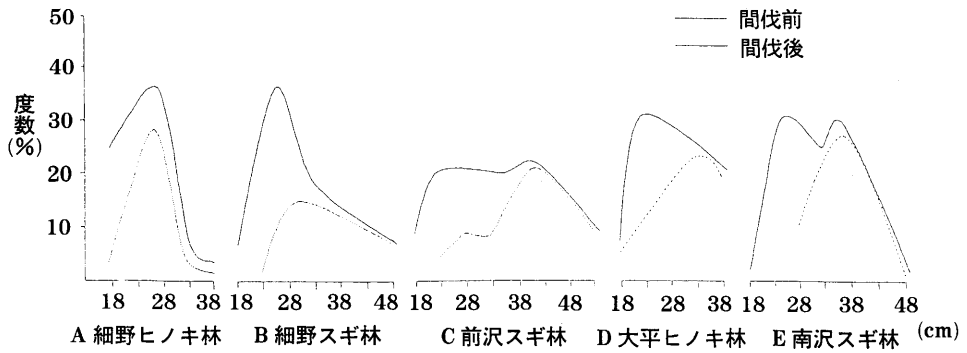


図 3-1 直径階別本数分布.

Fig. 3-1. Diameter distributions.

各調査地内の間伐前の林内相対照度は3~4%であり、林床には耐陰性に優れたツル性植物とシダ類がわずかみられる程度であった。

間伐後は最も間伐率の高かった調査地 A が相対照度 33% と明るく、次に間伐率の高い調査地 B が約 30% であった。他の D, E, C は比較的暗く 16~18% ほどであった。

本数間伐率は調査地 A・B が林道から遠く、搬出条件が悪いことから 45% 前後と他の間伐地より強度の間伐を行った。

調査地 C・D・E は本数間伐率 30% 前後を目安に行った。これらの 3 調査地は下層間伐に近い。したがって、スギ林の調査地 E・C では本数間伐率に対する材積間伐率が非常に低い。

各調査地の胸高直径階別の本数分布を図 3-1 に示した。ヒノキ林の調査地 A・D は 18~38 cm, スギ林の B・C・E は 18~48 cm の直径階に分布している。調査地 A・B のスギ, ヒノキ林は比較的強度の間伐地で一部高い直径階の間伐を行ったため、間伐後は正規分布に近い。その他の調査地 C・D・E は直径階の低い部分の間伐が多いため直径階分布が高いほうに偏っている。

各調査地の間伐前後の平均樹間距離と相対幹拒比は次の通りであった。

平均樹間距離と相対幹拒比

調査区	樹種	間伐前	相対幹拒比	間伐後	相対幹拒比	間伐率
A 細野	ヒノキ	2.6 m	14	3.6 m	18	48.0%
B 細野	スギ	3.3	13	4.3	16	42.6
C 前沢	スギ	3.8	16	4.6	19	32.8
D 大平	ヒノキ	2.9	14	3.5	15	41.6
E 南沢	スギ	3.4	14	4.4	17	31.4

調査地 A・D のヒノキ林の間伐前は 2.6 m と 2.9 m でスギ林の調査地 B・C・E は 3.3~3.8 m であった。間伐後はヒノキ林 A・D が約 3.5 m となり、スギ林は約 4.5 m 前後の樹間距離となった。

間伐前の樹間距離に樹高を加味した相対幹距 (Sr) (スリーエム研究会, 1978) は、樹間距離の広い調査地 C が 16 と疎であり、他の調査地は B が 13, 最も密度の高い調査地 A・D は 14 であって、間伐後の SR は間伐前も疎であった調査地 C が 19, 調査地 B, E は 16, 17 となった。

ヒノキ林は調査地 A が 18, D が 15 と間伐率の高い A が最も疎となった。

各調査地の間伐による変化は間伐率の最も低かった、調査地 D が 14~15 のわずかな開きに対し、他の調査地は 3~4 の値で疎な林分となった。

## 2) 植栽初期 3 年間の下木の成長

### ① 林内の明るさと下木の樹高・直径成長

これまでに述べた、5 箇所の樹下植栽地と対照として同年に植栽した普通造林地の 3 年間における下木の成長と相対照度の測定を行った (鈴木, 1993)。

各調査地うちの 1980 年 6 月の植栽時と 2 年後の 1982 年 6 月における平均相対照度の変化を次に示す。

#### 平均相対照度の変化

調査区	樹種	1980・6	1982・6
A 細野	ヒノキ	33%	29%
B 細野	スギ	29	28
C 前沢	スギ	18	16
D 大平	ヒノキ	16	14
E 南沢	スギ	17	16

1980 年の間伐後の相対照度は調査地 A (本数間伐率 48%), B (本数間伐率 43%) とともに比較的強度の間伐を行ったため、調査地内の平均相対照度が約 30% と高い。他の調査地 C・D・E は間伐率 (本数間伐率 30% 前後) が低く、平均相対照度は 17% 前後であった。

間伐後 2 年経過した林分の平均相対照度の変化は、間伐時に最も高かった調査地 A が 4% ほどの低下で、他の調査地 B・C・D・E 区は 1~2% の低下であった。

このような相対照度下において下木の 3 年間の成長量と枯損率を表 3-2 に示した。下木植栽当年のスギの樹高成長は、普通造林地 F の平均伸長量 16 cm に対し、5 cm 前後と成長指数 23~36 と低い成長量であった。2・3 年目の成長量は全体的に高く、普通造林地に対する成長指数も高い。とくに、間伐率の高かった、調査地 A・B は 2 年目 37 cm, 3 年目 40 cm 前後の伸びとなり、成長指数も 2 年目が 65 前後、3 年目は 82・89 と高く、他の調査地も成長指数がやや高くなった。

スギの 3 年間の総樹高成長は、調査地 A・B が最も良く、成長指数 70 であったが、間伐後 2 年経過して植栽した調査地 C・E の成長指数は低く 35 と 45 であった。

ヒノキの樹高成長はスギを上木とする調査地 B・C が良く、植栽当年の平均成長量が 14.9 cm と 8.1 cm, 成長指数 194, 105 と高い成長量であって、普通造林地と同等かそれ以上の成長量であった。しかし、ヒノキを上木とする調査地 A・D の平均成長量は、6.6 cm と 2.4 cm, 成長指数は 85, 31 とスギ林内の植栽木と比べ低い。この傾向は植栽後 2 年目の成長も同様であった。3 年目の平均成長量は間伐率、相対照度とも高い、調査地 A が 22.9 cm, 成長指数 104 と普通造林地と同じ樹高成長を示した。

このことは、安藤 (1984a) が述べているように相対照度がスギ、ヒノキとも 15% 位までは被陰下の方が樹高成長が高くなると述べていることと一致している。しかし、条件の整った場合であって、条件の悪い調査地 C・D は 55 前後の低い成長指数であった。調査地 B のスギ林下に植栽したヒノキの平均樹高は 3 年間とも普通造林地を上回っており、3 年間の成長量は普通造林地 F の約 1.5 倍の成長量を示した。

相対照度が最も高い調査地 A のヒノキの 3 年間の樹高成長指数が 75 とスギ林下の調査地 B のヒノキの成長指数 153 に対し 50% 程であって、同じヒノキ林下の調査地 D のヒノキも 42 とさらに低い成長量であった。これらのことから、ヒノキ林下におけるヒノキの樹高成長の低い要因は林内の明るさの違いだけでなく、ヒノキ苗木の成長を阻害する要因があるものと思われる。その要因の一つに尾形ら (1983) は陰湿害を上げている。この陰湿害は苗木の光前歴、移植のショック、根グサレなども関与した生理障害であって、梅雨時の異常多雨、湿潤立地などの水分過剰に低照度が重なると助長され、スギよりヒノキに多いと述べている。安藤 (1973) はヒノキの陰湿害を回避するためには相対照度を 15% 以上に維持することが必要であると指摘している。

玉井ら (1977) の行った、ヒノキ林内に樹下植栽したヒノキの成長および枯損は林内の相対照度が 30% で枯損が 0 となり、それ以下で多くなる。さらに、100% に近づくにつれ多くなったと報告している。

上中 (1989) のヒノキ林内における調査結果では、林内照度を 25% 前後に維持することにより、15 年前後で更新が完了し複層林施業の体系が組み立てられそうであると報告している。

スギ根元直径の 1 年目の成長量は調査地 C、E が普通造林地の 70~80 の成長指数で A が 53、B、D は 27 であった。調査地 A は 3 年間とも 50 前後の成長指数で、最も高い成長量を示した。1 年目の成長指数が 80 と高かった調査地 C の 2 年目は 7 と極端に低くなり、その他の調査地は普通造林地 F の約 30% の成長指数であった。

ヒノキの直径成長は調査地 B の 3 年間の成長指数が普通造林地 F に対し 65 と最も高く、C が 22 と低い。全体的に低照度下では樹高成長より直径成長に影響が大きい。

スギの平均個体重が最も大きくなる相対照度が 70~80%、樹高は 70% で最大になり、相対照度が 30% までは裸地における樹高成長と変わらないが、それ以下になると著しく低下すると言われている (安藤, 1984a, 1984b)。ヒノキは相対照度が 60~70% で樹高が最大となり、15% くらいまでは裸地における樹高成長と変わらないが、それ以下になると著しく低下するとも言われている。

河原 (1983) は管理の行き届いた人工被陰下とあらゆる条件の入り交じった林内では相違が大きいと述べている。

本調査地においても陰湿害、乾燥害等を受けた調査地を除き樹高成長は上記と同様の傾向を示した。

藤森 (1979) は低照度下での成育限界は平均相対照度 5%、10% 前後で梢端枯れを生じると報告している。また安藤 (1985) は樹下植栽木の耐陰性は年数の経過とともに低下するとしている。したがって、植栽初期は相対照度が 15% を維持することにより正常な樹高成長が望めるが、健全な二段林造成を行うためには 20% 以上の平均相対照度が必要となる。藤森 (1979) も下木の適度な成長と雑草木との競争、とくに、下刈りの省力、材の価値生産等の点から総合的に判断すると、スギ、ヒノキとも最下層の梢端付近の相対照度はおよそ 10~20% 前後で維持されることが好ましいとしている。

しかし、ここで問題となることは、河原 (1979)・河原ら (1983) の試験結果からもわかるように、長い間低照度下で育成された苗木を急に全光下にさらした場合、回復が遅く、健全な一斉林に回復するには長期間を要することである。とくに、スギはヒノキより回復が遅い。

実際に長期間二段林として育成された林分を単層林へ移行するために、上木の皆伐を行い下木



を全光下にさらした例がなく、明らかなことは言えないが、このような林分は形状比の高い軟弱な林分となることが多い。したがって、風雪害に対し抵抗性がなく、場合によっては林分全体が壊滅状態になる危険性がある。この点については今後の重要な課題と言える。

## ②低照度下のスギ・ヒノキ苗木の枯損

先に述べたとおり人工被陰下と林内に樹下植栽した場合の被陰では、苗木の成育、枯損に違いがある。河原(1983)は人工被陰の結果から直接に現実林分内に植栽した苗木の成長特性を推察することは困難であり、両者の間に温度、湿度、光の成分などが大きく違うためであると指摘している。

一般的に被陰下の苗木の成育限界について、安藤(1985)がまとめており、川那辺が行った被陰試験では光補償点をスギ4.6%、ヒノキ3.4%。谷本は成長量が0となる相対照度を5.5~7.9%と述べている。早稲田の調査結果は耐陰性に優れていると言われているヒズモスギの生存限界照度を2~3%、ヒノキはそれより明るいとしている。

さらに、大庭らの被陰試験で生存限界相対照度はサンプスギ2~2.5%、ヒノキ3%でヒノキは7%から一部枯損が始まるとしている。

これらの結果から、安藤はスギ5%、ヒノキはやや高いところに生存限界があるとしている。

河原(1979)・河原ら(1983)によるサランネットを用いた人工被陰下(相対照度2.7%)で4年間育成した場合、スギ97%、ヒノキ77%の枯損を生じた。したがって、スギの生存限界相対照度は3%として、ヒノキはそれより多少高いところにあると報告している。さらに、大場ら(1983)のダイオシートによる被陰室内で行った、挿し木苗木による最小要光量調査の結果を見ると、生存限界相対照度はスギが2%、ヒノキは7%であり、ヒノキはスギより耐陰性が低いとしている。

以上の文献から下木の生存限界を推定すると、林床に苗木を植栽した場合、立地条件や環境等の違いにより異なると考えられ生存限界相対照度はおおよそ10%程度であろうと推測した。

千葉演習林で行った各林分(表3-2)の調査結果から下木の枯損はスギ・ヒノキ苗木とも調査地Cが最も高く約35%の枯損を生じた。この枯損のうち、30%は植栽直後に生じている。原因は調査地Cが沢沿いの凹地に位置しており、下木の植栽時が強い降雨の中行ったことから陰湿害を生じたものと思われる。他の調査地の枯損率は、ヒノキを上木とする調査地AとDのヒノキに30%前後の枯損を生じた(鈴木ら, 1983)。この枯損率の高い調査地は苗木の成長も低い。これら低照度下の樹下植栽苗木の成長阻害要因、とくに、ヒノキ林下に植栽したヒノキに対する生理的障害となる要因を明らかにするため、比較的乾燥するヒノキ林内において樹下植栽試験、被陰格子内及びスギ・ヒノキ林内での土壤水分実験を試みた。

実験は土壤による影響を調査するため、21年生のヒノキ林分下(相対照度8%)で植栽穴(直径40cm×深さ50cm)の土壤を取り除き心土を客土し、スギ・ヒノキ苗木を植栽し5年間にわたり成長、枯損等の調査を行った(鈴木ら, 1986b)。

その結果でもスギ苗木には枯損がみられなかったが、ヒノキは全体の40%が枯損した。枯損の時期は植栽後2年日以降の成長開始期が大半であったことから、林床の低照度に加え土壤、および林内の乾燥によっても枯損すると考えられる。

さらに、光条件を50%、30%、10%に調整した木製の被陰格子(3m×3m×2.5m)を作成し、内部に土壤水分を異にした条件下で成長と枯損の調査を行った。水分条件は苗木を植付けた木箱

表 3-2 下木の伸長量と枯損率

Table 3-2. Increments and mortalities of understory trees

項目	樹種	スギ						ヒノキ					
	試験地	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	F	
植栽時	測定本数	298	261	275	213	521	427	29	261	266	220	545	
	平均樹高 cm	51.6	52.8	34.4	44.3	41.6	57.4	31.1	34.4	33.3	39.4	43.9	
	平均胸高直径 cm	1.0	1.1	0.6	1.0	0.6	0.9	0.6	0.7	0.6	—	0.6	
一 生 長 期	樹高 伸長量 cm	5.7	5.7	5.1	4.5	3.7	16.0	6.0	14.9	8.1	2.4	7.7	
	指数	36	36	32	28	23	100	85	194	105	31	100	
	直径 伸長量 cm	0.08	0.04	0.12	0.04	0.11	0.15	0.11	0.05	0.13	0.07	0.25	
	指数	53	27	80	27	73	100	38	17	45	24	100	
	枯損率 %	0.0	0.8	27.3	0.9	3.6	4.2	17.8	3.4	30.5	18.6	4.2	
二 生 長 期	樹高 伸長量 cm	37.1	36.4	17.8	33.2	23.1	57.1	13.3	30.3	16.1	9.9	27.2	
	指数	65	64	31	58	40	100	49	111	59	36	100	
	直径 伸長量 cm	0.36	0.26	0.05	0.23	0.10	0.74	0.13	0.24	0.05	0.05	0.49	
	指数	49	35	7	31	14	100	27	49	10	10	100	
	枯損率 %	0.3	0.0	5.5	0.0	0.2	1.2	8.2	0.0	4.9	7.3	1.5	
三 生 長 期	樹高 伸長量 cm	38.8	41.9	19.4	36.0	26.7	47.1	22.9	41.6	12.3	11.8	22.0	
	指数	82	89	41	76	57	100	104	189	56	54	100	
	直径 伸長量 cm	0.64	0.54	0.21	0.35	0.24	1.31	0.24	0.43	0.06	0.15	0.36	
	指数	49	41	16	27	18	100	67	119	17	42	100	
	枯損率 %	0.3	0.8	1.6	0.0	1.2	0.0	3.6	1.3	0.0	7.8	0.7	
合計 生長	樹高 伸長量 cm	81.6	84.0	42.3	73.7	53.5	120.2	42.8	86.8	36.5	24.1	56.9	
	指数	68	40	35	61	45	100	75	153	64	42	100	
	直径 伸長量 cm	1.08	0.84	0.38	0.62	0.45	2.20	0.48	0.72	0.24	0.27	1.10	
	指数	49	38	17	28	20	100	44	65	22	25	100	
	枯損率 %	0.6	1.6	34.4	0.9	5.0	5.4	29.6	4.7	35.4	33.7	6.4	

をブリキ製のバット上に置き常時水を補給する浸漬区とコンクリートブロック上に木箱を置き地面と遮断した乾燥区および露地に直接植付けた対象区を設け実験した。

この被陰格子試験の結果、30%以上の相対照度下では苗木の樹高成長に差がなく、枯損も生じなかった。しかし、10%区では成長低下や枯損を多く生じた。

被陰10%区の低照度下では各処理ともスギの枯損率が10%程度に対しヒノキは浸漬処理30%、乾燥区は70%の枯損率であった。同様の実験を20年生前後のスギ林とヒノキ林内に同時に設定した結果(鈴木ら, 1986a)では(相対照度はスギ・ヒノキ林とも6月が6%前後, 8月が4%前後)直接林床に植付けた対照区の枯損が少なく20%以下であったのに対し、浸漬区、乾燥区は高く、スギ林内のスギ苗木は30%前後、ヒノキ苗木は60%の枯損率で、ヒノキ林内ではスギ・ヒノキ苗木とも80%ほど枯損した。

以上のことから低照度下での苗木の成育は過度の乾燥、湿潤に対し弱く、スギよりヒノキはさらに弱いことが明らかになった。

### ③樹下植栽苗木の重量成長と形態

各調査地と普通造林地から平均に近い供試木それぞれ5本ずつを掘り取り資料木とし、各器官ごとの重さを測定した。各調査地ごとの資料木の平均値を表3-3に示した。樹高、根元直径、枝

表 3-3 供試木の解析結果  
Table 3-3. Results of analyzing sample trees

測定項目	スギ						ヒノキ					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	F	
樹高	m	136.8	149.4	95.4	117.0	101.4	143.8	98.8	127.2	74.8	92.8	119.4
根元直径	cm	2.22	2.02	1.05	1.43	1.23	3.20	1.43	1.56	3.20	1.38	1.56
枝張(大-小)	cm	75-65	82-68	47-35	76-68	71-61	90-79	64-51	77-60	43-27	55-42	72-61
枝張高/樹高	%	51	53	61	46	46	36	32	31	50	41	29
幹木質部/樹高	%	55	53	58	37	40	61	—	—	—	—	—
樹高/直径(形状比)		62	74	91	82	82	45	72	82	82	83	46
地上重	g	713.0	640.6	116.2	328.6	221.8	1,180.2	204.2	347.6	66.6	114.3	744.4
幹重	g	217.4	201.6	39.4	88.2	81.6	395.0	54.2	93.0	21.0	35.2	171.4
枝葉重	g	495.6	439.0	76.8	240.4	160.4	785.2	138.3	254.6	45.6	79.2	573.0
幹木質部	g	179.8	160.2	30.6	56	43.2	361.2	—	—	—	—	—
枝木質部	g	—	—	—	—	—	—	25.2	39.0	17.8	11.4	104.5
幹木質部/幹重	%	83	80	78	64	53	91	—	—	—	—	—
枝木質部/枝葉重	g	—	—	—	—	—	—	18	15	39	14	18

張りはスギ、ヒノキとも調査地 B が最も良く、根元直径を除き普通造林地 F とほぼ同じ値であった。枯損の多かった調査地 C は全体的に小さいが、他の調査地の樹高は普通造林地 F と差が少ない。根元直径は各調査地とも小さい。

スギの樹高に対する最大枝張り高は普通造林地 F の 36% に対し、他の各調査地は 50~60% と高く、植栽後 3 年目に既に傘形の形態を示した。ヒノキもスギとほぼ同じ傾向であった。

地上部の重量成長は各調査地とも普通造林地 F に比べ非常に劣り、F のスギ 1 本あたりの平均重量が 1,180 g に対し、調査地 A・B が 650~700 g、他の調査地は約 100~300 g と非常に少ない。

ヒノキも調査地 F の 744 g に対し、調査地 B が 350 g、他の調査地は普通造林地の 30% 以下と少ない。このように低照度下では樹高、直径成長より重量成長の低下が著しい。

### 3) 間伐後の樹冠回復状態と下木の成長

前述した 5 箇所の調査地の 6 成長期間(調査地 E は 7 成長期間)経過した 1984 年に上木の成長測定と樹冠投影図を作成し、樹冠投影面積の拡大量と下木の成長につき調査した(鈴木・高浜, 1985)。

#### ①上木の状況

上木の測定結果を表 3-4 に示した。

調査地 A~D は 6 成長期間の成長量を示し、E は 7 成長期間の成長量を示す。

スギ林の間伐後の材積成長量は、調査地 E が最も高く、ha あたり 21.3 m<sup>3</sup>/年で、C・E はそれぞれ 19.4 m<sup>3</sup>/年と 17.2 m<sup>3</sup>/年であった。ヒノキ林の材積成長量は、調査地 A・D が 7 m<sup>3</sup>/年と 13 m<sup>3</sup>/年であって、スギ林と比べ低い。

1984 年時の林分あたりの蓄積は、調査地 C が高く、約 1,000 m<sup>3</sup>/ha に達し、他のスギ林 B・E は 700 m<sup>3</sup>/ha と 740 m<sup>3</sup>/ha で千葉演習林における 70 年生前後の皆伐時の平均蓄積まで増加した。ヒノキ林の調査地 D は単位面積あたりの立木密度が高く、調査地 A と比べ材積成長、蓄積とも高い。

表 3-4 上木の成長

Table 3-4. Growth of overstory trees

試験地	項目	間伐時	1984年時	総生長量	年生長量	
(A) 細野	平均直径	cm	27.7	28.8	1.1	0.18
	平均樹高	m	19.6	20.3	0.7	0.11
	胸高断面積	m <sup>2</sup>	51.1	54.6	3.5	0.58
	材積	m <sup>3</sup>	502.7	544.5	41.8	6.97
(B) 細野	平均直径	cm	35.8	38.2	2.4	0.40
	平均樹高	m	25.7	27.7	2.0	0.33
	胸高断面積	m <sup>2</sup>	48.8	54.4	5.6	0.43
	材積	m <sup>3</sup>	596.3	699.2	102.9	17.15
(C) 前沢	平均直径	cm	39.6	41.2	1.6	0.26
	平均樹高	m	30.2	31.6	1.4	0.23
	胸高断面積	m <sup>2</sup>	63.2	67.7	4.5	0.76
	材積	m <sup>3</sup>	882.6	998.7	116.1	19.40
(D) 大平	平均直径	cm	29.7	30.8	1.1	0.18
	平均樹高	m	21.3	22.9	1.6	0.27
	胸高断面積	m <sup>2</sup>	56.4	60.2	3.8	0.64
	材積	m <sup>3</sup>	579.4	657.6	78.2	13.00
(E) 南沢	平均直径	cm	35.7	38.4	2.7	0.39
	平均樹高	m	22.7	25.7	3.0	0.43
	胸高断面積	m <sup>2</sup>	57.1	63.3	6.2	0.89
	材積	m <sup>3</sup>	592.7	742.0	149.3	21.30

注：胸高断面積，材積は ha 当りの値

：試験地 A・D はヒノキ林

### ②相対照度の経年変化

各調査地内の 1980～1983 年までの 4 年間における林内相対照度の経年変化を表 3-5 に示した。1980 年と 1982 年の測定は同時期の 6 月に，1983 年は 9 月に行った。

植栽後 2 年間の相対照度の低下は前述した通り，比較的少なく 1～4% であったのに対し，1983 年の測定値は各調査地とも全体的に低い。1983 年の相対照度が全体的に低い理由は，前 2 回の調査が最も太陽高度の高い 6 月に行い，1983 年はそれより太陽高度の低い 9 月に行ったため，測定値が低くなったものと思われる。さらに，調査地の地形や斜面方位の違い等が測定値に影響を与えたものと思われる。スギ林では調査地 E を除き 1980 年の測定値に対し約 40% ほど低下し，調査地 B の相対照度が 17%，C が 10% となった。調査地 E は 24% の低下率で 13% になった。

ヒノキ林の調査地 A, D は 45% と 38% の低下率で，相対照度 18% と 10% になった。したがって，調査地 C, D, E の林分は相対照度が 20% 以下になったため下木育成のため早急に受光伐を行う必要がある。

### ③下木の生長経過

各調査地ごとの下木の成長経過を図 3-2 に示した。スギ下木の平均樹高，平均根元直径の成長経過は相対照度の高かった調査地 A・B が大きく，他の調査地は比較的差が少なく D>E>C の順となった。

表 3-5 調査地の林内相対照度の経年変化

Table 3-5. Change of relative light intensity in the plots over time

調査地名	樹種	林 齢	1980.6	1982.6	1983.9	低下率
A 細野	ヒノキ	76	33%	29%	18%	45%
B 細野	スギ	76	29	28	17	41
C 前沢	スギ	74	18	16	10	44
D 大平	ヒノキ	85	16	14	10	38
E 南沢	スギ	89	17	16	13	24

ヒノキの成長は B>A>C>D の順であり、調査地 B が最も良い。スギの成長と比較すると調査地 A・D が比較的悪い。このことは、先に述べたとおり、A・D の上木がヒノキのため、下木のヒノキに成長障害があったものと思われる。とくに、相対照度の最も高い調査地 A は 2~3 年生までに成育不良や枯損が多くみられた。

④樹冠投影面積

各調査地の樹冠投影面積の測定結果を表 3-6 に示した。間伐後の樹冠投影面積は間伐前調査から間伐面積を除いた値である。上木がヒノキの調査地 A・D は間伐後の立木密度が 800 本/ha 前後と多い。したがって、1 本あたりの樹冠投影面積は小さいが、6 年間のひろがり量は 1,300~1,500 m<sup>2</sup>/ha と多く、調査地面積の約 70% の閉鎖率であった。

スギ林の最も間伐率の高かった、調査地 B は

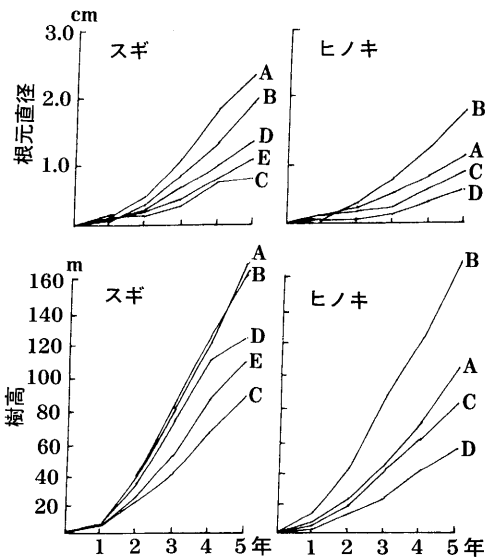


図 3-2 下木の樹高・直径成長経過。

Fig. 3-2. Growth of heights and DBHs of understory trees.

表 3-6 各調査地の樹冠投影面積

Table 3-6. Crown projection areas in the plots

調査項目	調 査 地				
	A	B	C	D	E
間伐率	45	50	32	33	38
1979 年本数 本/ha	820	460	460	780	544
1979 年面積 m <sup>2</sup> /ha	5,246 (6.4)	4,344 (9.4)	6,780 (14.7)	5,702 (7.3)	5,517 (10.1)
1984 年面積 m <sup>2</sup> /ha	6,734 (8.2)	6,332 (13.8)	7,778 (16.9)	6,990 (9.0)	6,270 (11.5)
広がり面積 m <sup>2</sup>	1,486 (1.8)	1,988 (4.4)	998 (2.2)	1,288 (1.7)	753 (1.4)
広がり率 %	28.3	45.8	14.7	22.6	13.7

( ) 内は 1 本当たりの値

約 4,300 m<sup>2</sup>/ha と 50% 以下の樹冠占有面積であった。しかし、樹冠の回復は比較的早く、年間 331 m<sup>2</sup>/ha、6 年間で約 2,000 m<sup>2</sup>/ha の広がり量であった。

間伐前の立木密度の低かった調査地 C・E は 1 本あたりの樹冠占有面積は多いが、間伐時の樹冠占有面積に対し 15% 程とひろがり率は低い。間伐率の高かった調査地 B は 45.8% のひろがり率であった。この間伐後の樹冠の閉鎖速度は若齢林および肥沃地ほど早いことは明らかである(安藤, 1973)。しかし、高齢林分は間伐方法、間伐率により樹冠のひろがり量に違いがあり、間伐後の林内照度の低下は、これらの樹冠占有面積のひろがり量と樹冠内部へ照射光が多く入り、樹冠内部の葉量増加による林内照度の低下が大きくなる。

以上 5 箇所の調査地に樹下植栽した結果から、スギ、ヒノキ林とも間伐率 30% 前後の林内に樹下植栽した場合、6 年生頃までは、ある程度の樹高成長は望めるが直径成長は著しく劣り形状比が高く、諸被害に弱い立木になる。さらに、3 年目頃から葉が陰葉化し、下枝の枯れ上がり著しく傘形となる。したがって、このような林分において二段林の造成は望めないが、造成した林分に対しては早期の受光伐が必要となる。しかし、間伐実施数年後の受光伐は採算性、下木の損傷等不利益な面が多い。この結果から既存の一斉林を二段林に誘導するためには、当初から計画的な間伐を行う必要がある。

#### 4) 樹下植栽後 8 年経過したスギ、ヒノキの成長と形態

強度の間伐を行った調査地 A (本数間伐率 48%)・B (42%) につき二段林造成の基礎資料を得る目的で普通造林地の下刈りが終了したと考えられる、植栽後 8 年間の成長経過と形態の解析を行った。

前項で述べた調査地のうち C・D・E 区のような低間伐率では林内の光量不足のため二段林造成は成功しないことが明らかになった。間伐率の高かった細野では上層木がヒノキ林(調査地 A)とスギ林(調査地 B)共に、樹下植栽後 8 年経過した時点でも下木の成育がみられ、形態的にも二段林造成の期待が若干できる(鈴木ら, 1987)。この両調査地で樹下植栽後 8 年経過した 1987 年 7 月に下木の毎木調査を行い、その結果からスギ、ヒノキの優勢木、平均木、劣性木各 2 本ずつ 1 調査地合計 12 本とこれらと同年に植栽した 8 年生の普通造林地から調査地と同様 6 本ずつ合計 12 本掘り上げ成長経過、形態の変化を比較した(鈴木ら, 1987)。

これらの資料木は各個体ごとに幹・枝・葉・根に分け絶乾重量を求め、さらに、樹幹解析を行った。

林内の明るさの測定はサンステーションシステム(旭光通商 kk)を用い、各調査地に 12 箇所設置した。測定高、測定期間は 1980 年が 1.3 m 高、1987 年は優勢な下木の梢端部約 4 m 高付近に設定し、いずれの年度も 6~7 月にかけての 1 箇月間の積算日射量を測定した。

##### ① 相対日射量と下木の成長

調査地内の平均相対日射量と 1987 年調査の下木の平均樹高、平均胸高直径を表 3-7 に示した。表中の調査地 A・B は上層木が 78 年生のヒノキ林とスギ林、C は普通造林地である。1980 年の間伐後の相対日射量は A 区 33%、B 区 29% と A 区のヒノキ林が高かった。1987 年には A 区の低下が著しく、B 区より 2.5% ほど低くなった。

安藤(1973)は上木がスギ林よりヒノキ林の場合に照度の低下は小さいとしているが、本調査地の結果ではスギ林よりヒノキ林の低下が大きかった。このことは、対象林分の傾斜角度、方位等により相違があるため、わずかな資料では断定することは出来ない。

表 3-7 相対日射量と下木の大きさ

Table 3-7. Relative light intensities and sizes of understory trees

(1987. 7)

試験区	位置	林内相対	平均樹高 (m)		平均胸高直径 (cm)	
		日射量 (%)	スギ	ヒノキ	スギ	ヒノキ
A	尾根	14.3	3.03	1.98	2.8	1.1
		33.0*	(55)	(51)	(60)	(37)
B	中腹	16.8	2.80	2.66	2.3	2.0
		29.0*	(51)	(68)	(49)	(67)
C	中腹	100.0	5.49	3.89	4.7	3.0

注 1: 試験区 A: ヒノキ林, B: スギ林, C: 普通造林地.

注 2: ( ) 内は普通造林地に対する比率 (%).

注 3: \*は 1980 年の相対日射量.

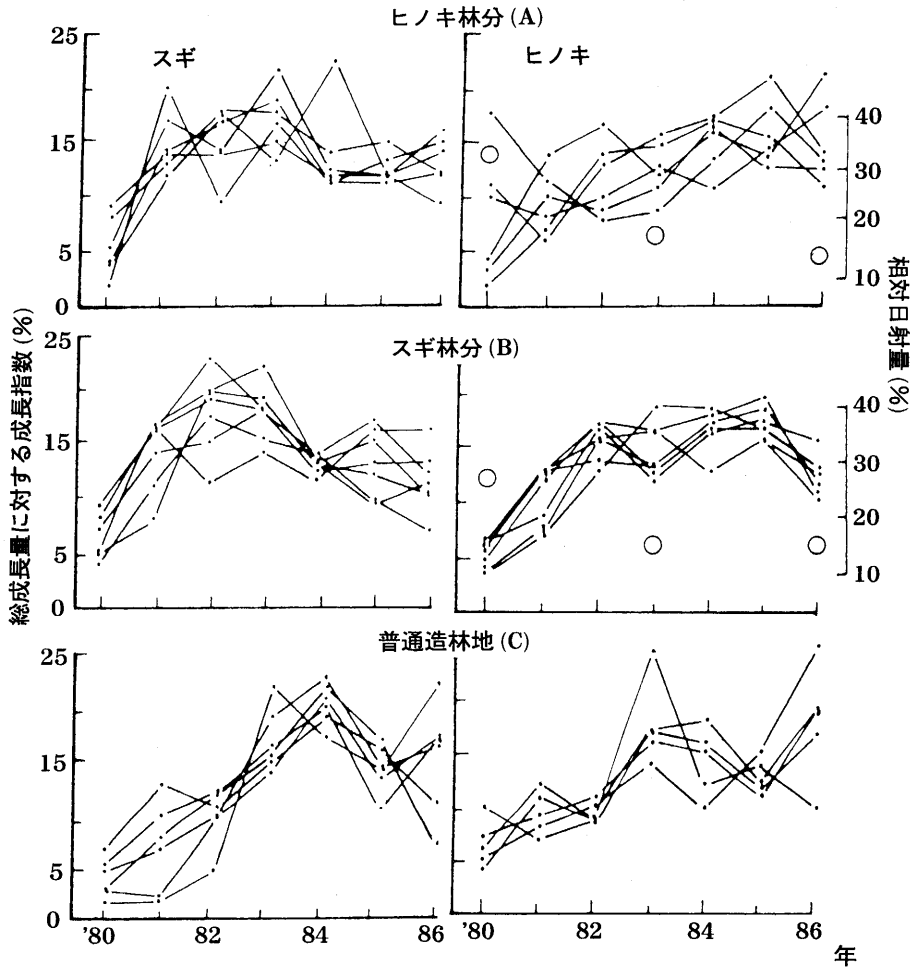


図 3-3 年度別樹高成長指数と日射量.

Fig. 3-3. Proportion of height growth and relative light intensity years.

スギの平均樹高は普通造林地の 5.5 m に対し、調査地 A・B 区は約 50% の 3.0 m と 2.8 m であった。ヒノキの平均樹高は A 区が普通造林地の 51% の成長量でスギと変わらないが、B 区は 68% の成長量であった。このように B 区のヒノキは樹高、直径成長とも普通造林地の約 70% の成長を示したがスギは 50% 前後であった。

図 3-3 に各調査地における 8 年間の総樹高成長量に対する年度別の樹高成長指数と林内の相対日射量の変化を示した。相対日射量は、A 区（ヒノキ林内）の 1980 年が 33% に対し、1983 年は 18% と 3 年間の低下が著しく、1986 年は 14% と 4% の低下であった。B 区（スギ林）は 1984 年の 29% に対し、その後 18%, 17% と低下した。このように両林分とも、間伐後、短期間に相対日射量の低下が著しく、その後の変化は少ない。このことは安藤ら (1983) も指摘しているとおり、間伐直後の相対照度の低下が著しいが、その後は緩やかになるとの報告と一致している。これは間伐により疎開された樹冠の回復が初期に大きいことから推測できる。

樹高成長の経年変化は普通造林地 C にも見られるように各年度間の成長率に差がある。調査地 A, B ともスギは植栽後 3 年間、ヒノキは 5 年間程成長率に上昇傾向が見られるが、その後はやや下降気味となる。

スギ、ヒノキ資料木の各階層別の重量比を図 3-4（スギ）、図 3-5（ヒノキ）に示した。図中の数字は各資料木の葉の絶乾重量を示す。図の左側が葉重、右側が幹、枝重を示す。

図 3-4 のスギの普通造林地 C は各階層に着葉が見られるのに対し、A, B 両区では優勢な資料木を除いて根元近くに着葉が見られない。

各資料木の 1 本あたりの葉重は、普通造林地 C 区の劣性木が 500 g から優勢木の 2,500 g に対し調査地 A・B は 220~1,000 g と普通造林地の約 50% ほどであった。

図 3-5 に示したヒノキ資料木については、対照区の普通造林地 C も含め根元に近い階層にほとんど着葉がなく、ヒノキの下枝の枯れ上がりが早いことが認められた。

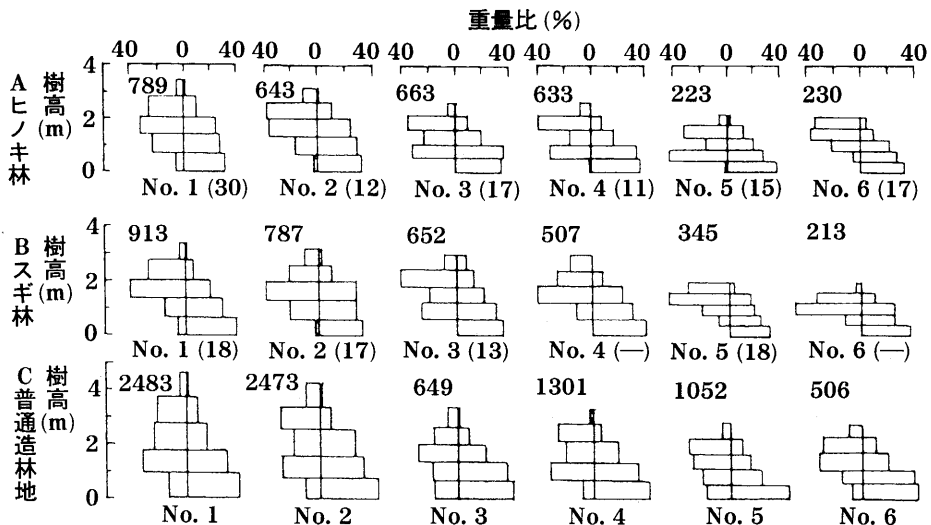


図 3-4 各階層別重量比 (スギ)。

Fig. 3-4. Vertical distribution of dry weight of sugi seedlings.



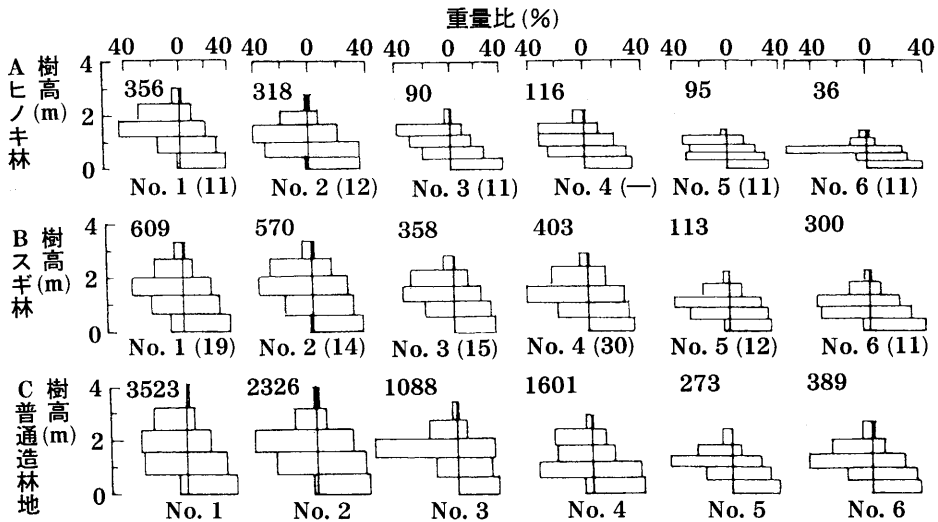


図3-5 各階層別重量比 (ヒノキ).

Fig. 3-5. Vertical distribution of dry weight of hinoki seedlings.

1本あたりの葉重は、成長の悪かったヒノキ林 (調査地 A) が普通造林地に比べ約 10% ほど極めて少ない。

図中の ( ) 内は各資料木の梢端付近 (約 4 m 高) の相対日射量を示したが、相対日射量と各資料木の成長との関係は明らかでない。

図3-6に各資料木の6年間の材積成長経過を示した。スギの材積成長は植栽後3年間ほどは成長が悪く、各区間の差も少なく、5年目頃から普通造林地C区とA、B区の差が明らかになった。とくに、同一区内の優勢木と劣性木の差も大きくなる。スギのAとB区の成長経過はほぼ同様であり、両区はC区の30%の成長量であった。ヒノキの材積成長は植栽後間もなくから各区間に差が認められ、全体的に樹高成長と同様各区間の差が大きい。

以上のことから、低照度下での材積成長はスギよりヒノキが低く、樹高成長はスギが植栽後5年目頃から低下するのに対し、ヒノキは2年ほど遅れて7年目頃から低下した。

②重量成長

調査区ごとの資料木の平均樹高、平均胸高直径と重量の測定結果を表3-8に示した。スギの平

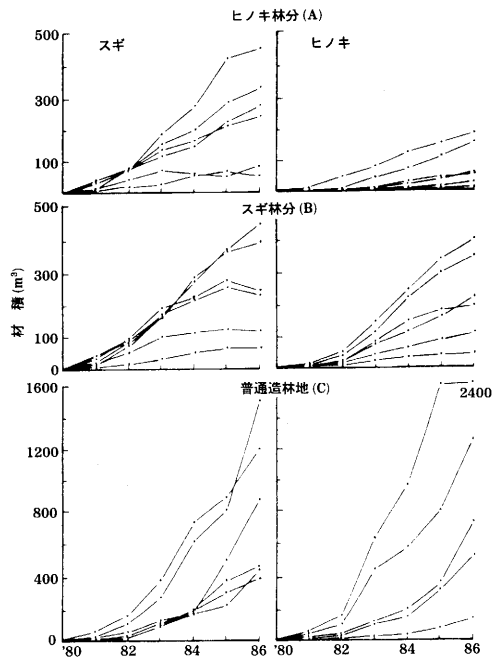


図3-6 年材積成長経過。

Fig. 3-6. Annual volume growth.

表 3-8 供試木の形態と根量  
Table 3-8. Biomass and stem form of sample trees

(1987. 8)

試験区	位置	平均樹高 (m)		平均胸高直径 (cm)		地上部重量 kg		1 本当根量 (g)	
		スギ	ヒノキ	スギ	ヒノキ	スギ	ヒノキ	スギ	ヒノキ
A	尾根	2.7 ( 75)	2.1 ( 66)	2.4 ( 60)	1.1 ( 31)	1.15 ( 37)	0.44 ( 12)	94 ( 28)	41 ( 9)
B	中腹	2.9 ( 81)	2.8 ( 88)	2.7 ( 68)	2.1 ( 58)	1.59 ( 51)	1.03 ( 27)	147 ( 43)	105 ( 22)
C	中腹	3.6 (100)	3.2 (100)	4.0 (100)	3.6 (100)	3.09 (100)	3.76 (100)	340 (100)	477 (100)

注: 試験区 A: 上木ヒノキ, B: 上木スギ林, C: 一般造林地。  
( )内は普通造林地に対する比。

表 3-9 供試木の形状比と TR 率  
Table 3-9. Demension quotients and T/R ratios of sample trees

試験地		形状比		TR 率	
		スギ	ヒノキ	スギ	ヒノキ
A	大	109	135	6.1	4.9
	中	100	210	6.6	5.8
	小	149	—	7.8	3.6
B	大	100	110	5.9	5.6
	中	105	134	5.9	5.7
	小	186	218	5.5	5.0
C	大	87	71	4.7	4.0
	中	98	91	5.6	5.4
	小	90	152	5.8	6.2

均樹高は普通造林地 C に対し、調査地 A・B はそれぞれ 75%, 81%, 胸高直径は 60%, 68% の大きさであった。ヒノキは調査地 A の平均樹高, 平均胸高直径が小さく, 普通造林地の 66% と 31% であった。

地上部の重量は調査地 A・B のスギが普通造林地の 37%, 51% と少なく, ヒノキは 12%, 27% とさらに少ない。

一本あたりの平均根量は調査地 B 区のスギ, ヒノキが普通造林地の 43% と 22% であったが, 調査地 A 区は, 28%, 9% と非常に劣っている。とくに, A 区のスギ林内に樹下植栽したヒノキは普通造林地の 10% 以下の根量であった。このことは前述した樹高成長と同様で, 低照度下では根系の発達

が悪く, ヒノキ林内ではさらに悪い。したがって, 風害, 雪害を受け易く, 本調査地においても雪害による根返りを多く生じた。

資料木の優勢木 (大), 平均木 (中), 劣性木 (小) 別の形状比, TR 率を表 3-9 に示した。スギの形状比は調査地 A・B の大, 中とも 100~110 と普通造林地に近い値であったが, 小は A 区 149, B 区 186 と高い値となり樹高成長に対する直径成長の低いことが認められた。

ヒノキの形状比は全体的にスギより高く, 各調査地とも資料木が小さくなるほど形状比は高い傾向を示した。この傾向は普通造林地のヒノキも同じ傾向であった。

TR 率は普通造林地のスギ, ヒノキとも資料木が小さくなるほど 4~6 と高くなり, この傾向は調査地 A のスギも同様であったが, 他の区では明らかな傾向は見られなかった。

## II. 上層木の密度の違いと下木の成長

### 調査地と調査方法

調査地は柚ノ木 3 林班 C2-3 小班で東に面し斜面下方が 10~15 度の緩やかな斜面と中腹から

尾根にかけて30~35度の急傾斜地からなっている。上木の植栽は、1909年に行われ、二段林造成時の林齢は58年生であった。

本林分の過去の間伐状況は1936年(27年生時)に千葉演習林全域に生じた、雨水被害のため被害木の間伐が行われた。さらに、1948年(39年生時)に利用間伐(材積間伐率16%)が行われている。

本林分は二段林造成を目的として、1966年5月に残存本数をhaあたり50本、100本、150本に間伐し、皆伐区を含め4区画を設定した。1区画の面積は0.3~0.44ha、合計1.53haである。下木の植栽は、スギ3年生実生苗木を1967年5月に行った。植栽密度は、水平二列植えて3,300本/ha植栽とした。

上木の調査は試験地設定前の1966年5月と5成長期を経過した、1970年9月に胸高直径と樹高を測定した。さらに、間伐後24年経過した1989年11月に胸高直径を測定した。樹高測定は下木の樹冠が閉鎖しているため測定ができなかった。

下木の調査は1989年11月に調査地内全木の胸高直径を測定し、樹高は各調査区内の標準的な場所に20×20mのプロットを各調査区に2箇所ずつ設定しプロット内の全木を測定した。さらに、各調査区ごとに優勢木から劣勢木までの各層から10本の資料木を選木し樹幹解析を行い、成長経過および各器官ごとの現存量調査を行った(鈴木ら、1990)。

### 1) 上木の状況

本調査地の設定前(1966年)の林分状況を表3-10に示した。設定以前の林分構成はスギ(80%)、ヒノキ(20%)の混交林であって、林分密度はhaあたり730本~880本と場所により違いがあった。各調査区の平均樹高は18~20mであって差が少なく、平均胸高直径はヒノキが24~27cm、スギは28~31cmといずれも区画間の差は少ない。

調査地設定後5年(1970年)と24年(1989年)経過した上木の状況を表3-11に示した。各調査区の上木の残存本数をhaあたり150本、100本、50本として設定したが、1967年と1968年に雪害を受け、著しい被害木は伐倒したため残存本数が減少している。

表3-10 二段林の林分状況(設定前1966.5)

Table 3-10. Stand conditions before establishing two-storied stands

試験区	樹種	本数(本)	本/ha	平均樹高(m)	平均直径(cm)
0/ha (0.39)	スギ	276	884	21.5	31.2
	ヒノキ	69		18.3	24.9
		345		20.8	30.0
50/ha (0.40)	スギ	313	867	19.8	30.7
	ヒノキ	34		17.6	24.8
		347		19.5	30.1
100/ha (0.30)	スギ	184	733	20.2	28.0
	ヒノキ	36		18.8	26.0
		220		20.0	27.6
150/ha (0.44)	スギ	271	748	18.4	28.0
	ヒノキ	58		18.2	27.1
		329		18.3	27.8

注: ( )内は試験区別面積。

表 3-11 上木の状況

Table 3-11. Conditions of overstory trees

試験区	本数 (本)	本/ha	1970. 9		1989. 11
			平均樹高 (m)	平均直径 (cm)	平均直径 (cm)
50/ha	19 (1)	47	18.4	39.3	54.1
100/ha	26 (5)	77	18.0	38.2	54.1
150/ha	58 (2)	132	18.3	35.5	50.5

注: ( ) 内は 1968 年の雪害本数 (先折れ)

間伐後 5 年経過した, 1970 年時の各区の平均樹高は約 18 m ほどで差がなく, 平均胸高直径は 50 本区が 39.3 cm, 100 本区 38.2 cm, 150 本区, 35.5 cm と立木密度が高い区ほど小さい。このことは, 残存本数が多い区ほど選木時に小径木が含まれたためと思われる。

24 年経過した 1989 年の胸高直径の平均成長量は, 各区とも 15 cm 程の成長が認められた。

図 3-7 に各調査区ごとに上木の胸高直径階別の本数を 1970 年と 1989 年の 20 年間の変化を示した。上木の現存本数は, 50 本/ha 区が 19 本, 100 本/ha 区が 24 本, 150 本/ha 区が 54 本であった。

50 本区の 1970 年は, 30~49 cm の直径階で 40 cm 前後に多い。20 年後の 1989 年は, 41~61 cm の各階層に 2 本以下で分散している。100 本区の 1970 年は, 30~41 cm と 46~53 cm の範囲に分かれており, 1989 年は, 全体的に 15 cm ほど直径階の高い方に移行しており, 41~61 cm の直径階になった。

150 本区の 1970 年は, 低い直径階にかたより 24~50 cm の範囲であった。1989 年は各階層に分散しているが, 45 cm 前後の低い階層にやや多くなっている。

各区画ごとの比較では, 1970 年の 50 本区と 100 本区がほぼ近い分布であるの対し, 150 本区は低い直径階に多い。このことは, 150 本区の残存木の選木が樹間距離を均等になるよう考慮したため, 小径木を残さざるを得なかった為である。

## 2) 下木の成長

1989 年に行った下木の調査結果を表 3-12 に示した。調査地設定時の裸地に対する相対照度は 50 本区, 100 本区, 150 本区が, それぞれ 96%, 75%, 56% であった。

樹下植栽後 23 年経過した下木の立木密度は皆伐区が 2,050 本/ha と少なく, 他の樹下植栽地はいずれも約 2,400 本/ha 程で皆伐区より多い。上木のある 3 区のうち, 下木の最も多い区は, 150 本区の 2,488 本/ha, 少ない区は 100 本区の 2,400 本/ha と立木本数に違いが少ない。皆伐区が他の 3 区より立木本数が少ない原因は樹高成長が旺盛であることと, 表 3-13 に示したとおり地上部現存量が多いため成育競争により自然間引きが進んだからと考えられる。

平均胸高直径は皆伐区の約 16.4 cm に対し, 50 本区, 14.5 cm, 100 本区, 12.1 cm, 150 本区, 11.6 cm と上木の立木密度の高い区ほど小さいことから上木の影響を受けていることが認められる。

平均樹高は皆伐区が約 13.8 m と高く 50 本区, 100 本区は約 11 m, 150 本区はそれより 1 m ほど低い。

平均生枝下高は皆伐区が 5.7 m と高く, 下枝の枯れ上がりが早いことを示している。上木のあ

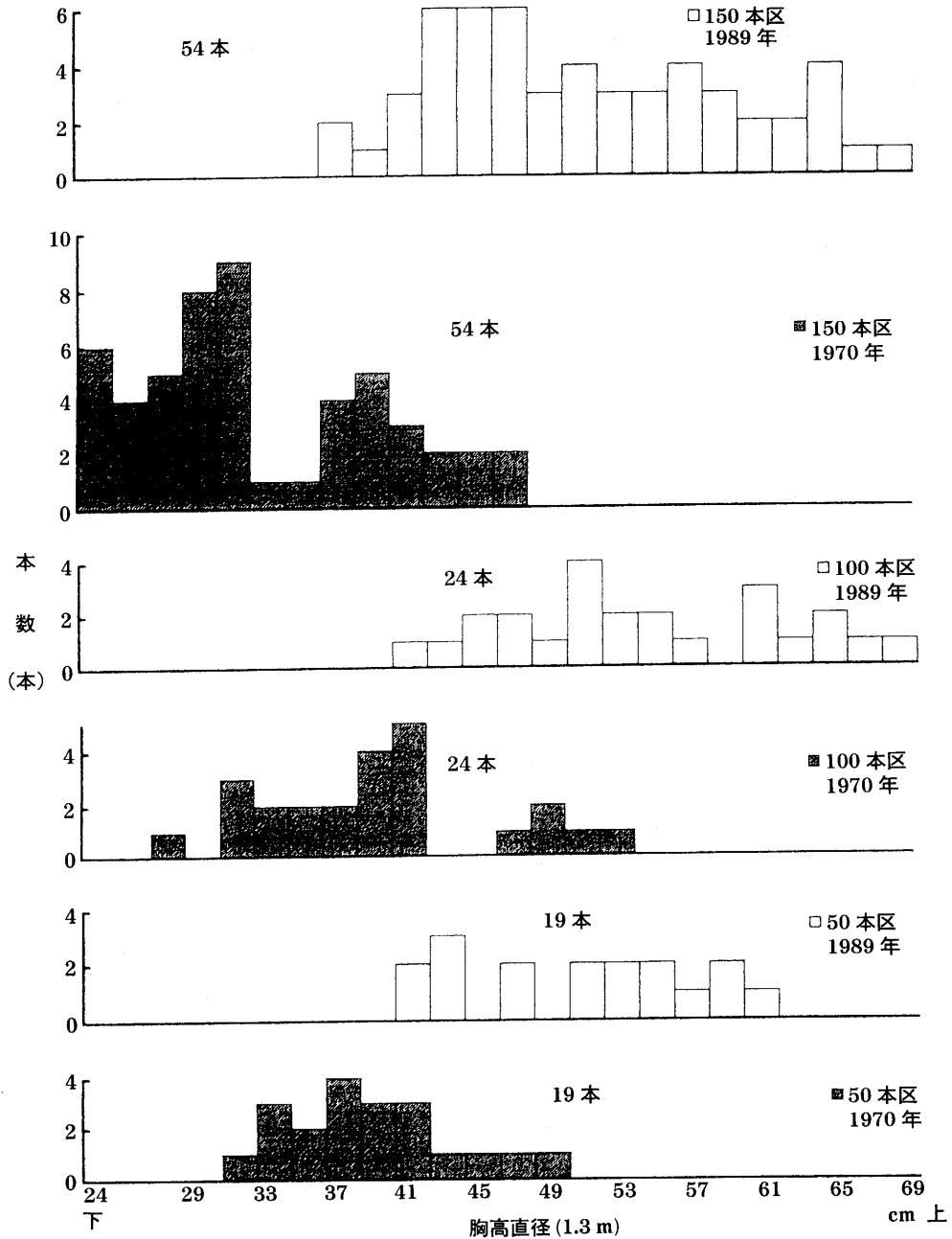


図 3-7 22 年間における直径階別本数の経年変化。  
Fig. 3-7. Change of DBH distribution for 22 years.

る他の 3 区は 3 m 前後で違いがみられなかった。

23 年生時の下木の胸高直径階別本数分布を図 3-8 に示した。

図中の矢印 1~10 までの数字は樹幹解析用資料採取直径階を示し、破線は樹高測定を行った標

表 3-12 下木の状況

Table 3-12. Conditions of understory trees

1989. 11 調査

試験区	面積 (ha)	本/ha (本)	相対照度 (%)	平均樹高 (m)	平均胸高直径 (cm)	平均枝下高 (m)
0/ha	0.39	2,050	100	13.8	16.4	5.7
50/ha	0.40	2,438	96	11.7	14.5	3.3
100/ha	0.30	2,400	75	11.6	12.1	3.5
150/ha	0.44	2,488	56	10.5	11.6	2.9

表 3-13 下木の幹、枝、葉の現存量

Table 3-13. Biomass of stems, branches and leaves of understory trees

試験区	幹 (t)	%	枝 (t)	%	葉 (t)	%	合計 (t)	%
0/ha	135.2 (100)	77	14.3 (100)	8	25.9 (100)	15	175.4 (100)	100
50/ha	108.9 ( 81)	73	15.0 (105)	10	24.9 ( 96)	17	148.8 ( 84)	100
100/ha	68.0 ( 50)	74	8.1 ( 57)	9	16.1 ( 62)	18	92.2 ( 53)	100
150/ha	51.5 ( 38)	74	6.2 ( 43)	9	12.1 ( 47)	17	69.8 ( 40)	100

注 1: 重さは、絶乾重/ha.

注 2: ( )内は 0/ha 区に対する重量比.

準地内の直径階を示す。

皆伐区の直径階分布は 3~25 cm の範囲に分布がみられ、とくに、8~20 cm の各階層に 100 本前後と多く、各階層間には差が少ない。他の 50 本区、100 本区、150 本区は上木の密度が高くなるほど分布幅が小さくなり、直径階の高い部分が減少し、やや階層の低い部分にかたよる傾向が認められる。とくに、150 本区は 8 cm~12 cm の範囲に 60% 以上の個体が分布している。このように上木が多くなるほど下木の直径階は低い方に偏り、直径階の幅も小さくなることが認められた。

### 3) 重量成長

各調査区ごとの下木の地上部現存量を表 3-13 に示した。幹、枝、葉の現存量は、皆伐区の幹が 135 t/ha、枝 14 t/ha、葉 26 t/ha 合計 175 t/ha に対し、相対照度 96% の 50 本区の幹は、皆伐区の 81%、109 t/ha であって約 30 t 程少ない。枝は 15 t/ha、葉は 25 t/ha で皆伐区と違いが少ない。100 本区（相対照度 75%）の幹は、皆伐区の 50% に当たる 68 t/ha、枝、葉はそれぞれ 8 t、16 t/ha と皆伐区の 60% 前後であった。150 本区（相対照度 54%）の幹、枝、葉は少なく、それぞれ 51 t、6 t、12 t/ha であって、皆伐区の 40% 前後の現存量であった。

このように上木の被陰の影響は、ha あたりの本数が 50 本（相対照度 96%）では、ほとんど影響がなく、100 本（相対照度 75%）では、50%、150 本（相対照度 59%）では 40% に重量成長が低下した。1 本あたりの幹、枝、葉の平均重量比は 75%、9%、16% 前後で各区とも近い値であった。

本調査地(23年生)の皆伐区の現存量は、根岸ら(1988)が調査した千葉演習林のスギ密度試験地における6,600本/ha植栽地の20年生時の現存量と一致しているが、150本区は14年生時の現存量に等しかった。

以上の結果から立木密度が150本/ha程度なら重量成長は減少するが樹高、直径成長に影響が少ないことから、二段林として成林することが充分期待できる。しかし、上木の立木密度が高い林分ほど下木間の競争を緩和し枝張りを促進することが必要であり、早期に下木の除・間伐を行うことが重要である。

林内の明るさと下木の樹高、直径成長の項で述べた、複層林から単層林に移行した場合の風雪害に対する抵抗性が問題になるとしたが、本試験地の状況から判断して上木の立木密度が150本/ha、相対照度60%前後の林分では問題にならないと推測できる。

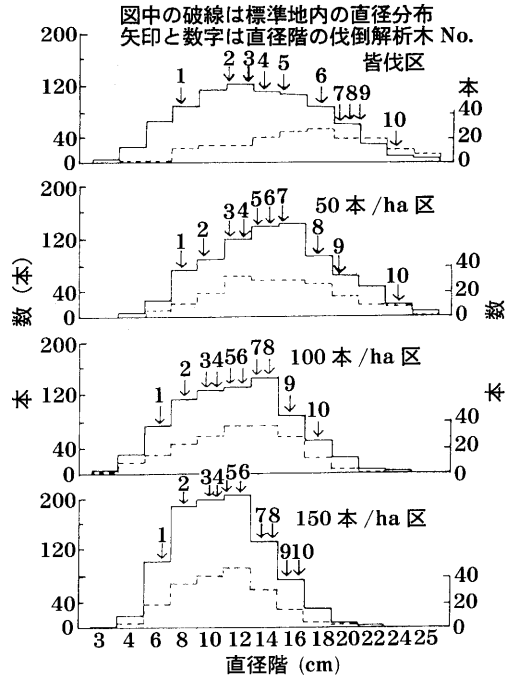


図 3-8 胸高直径階別本数。  
Fig. 3-8. DBH distributions.

### III. 水源涵養林として造成された高齢二段林の状況

#### 調査地と調査方法

本試験地は、千葉演習林内今澄40林班C5小班で南東に面した緩やかな斜面に位置し、面積は約1.0haである。この林分については丹下ら(1986)による報告もある。この林分では1927年に気象被害を受け、その被害木の伐倒跡に水源涵養林の造成を目的として樹下植栽が試みられた。当時の林齢は69年生であった。この林分はその後、被害木、枯損木以外の間伐は禁止されてきた。しかし、林齢が高くなるにともない枯損木を多く生じるようになり、1939年に材積の6%が間伐された。下木は1928年4月にスギ117本、ヒノキ1,365本が植栽された。下木のうち現在生存しているものはヒノキだけである。調査は過去3回行われている。

1982年4月に代表的な下木5本につき樹幹解析と幹、枝、葉の重量測定を行った。さらに、1982年9月の1箇月間、林内7箇所の日射計(サンステーション)を設定し、相対積算日射量を測定した。

#### 1) 上木と下木の成長経過

1981年時の上木の立木密度は、347本/haで1962年調査時より30本/haほど減少した。高齢林としては比較的高密度であり、林内相対日射量も5.5%と低かった。また、1953年当時の記録(千葉演習林1953)によれば「余りにもうっぺいせるため林内暗く、下木の成長きわめて不良である」と記されている。したがって、樹下植栽後25年目頃には既に上木の閉鎖により下木の成長が阻害されていたことが明らかである。

上木と下木の42年間の成長経過を表3-14に示した。上木の成長経過は1939~1962年まで

表 3-14 調査結果

Table 3-14. Results of surveying a two-storied stand in Imasumi

調査年 (年)	上 木 (スギ)				下 木 (ヒノキ)			摘要
	平均樹高 (m)	平均直径 (cm)	本数 本/ha	材積 m <sup>3</sup> /ha	平均樹高 (m)	平均直径 (cm)	本数 本/ha	
1939	21.0	36.0	—	735	—	—	—	上木 80 年生, 下木 11 年生
1962	25.0	47.7	379	821	6.0	7.9	815	上木 103 年生, 下木 34 年生
1981	27.0	50.6	347	934	6.0	8.8	259	上木 122 年生, 下木 53 年生

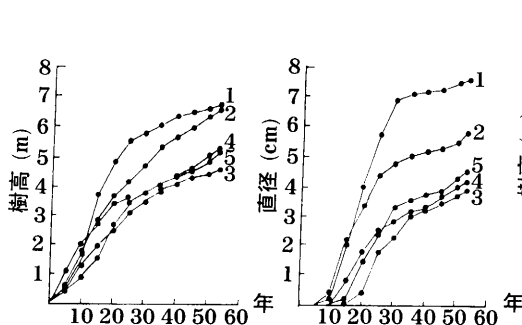


図 3-9 総成長量.

Fig. 3-9. Total growth.

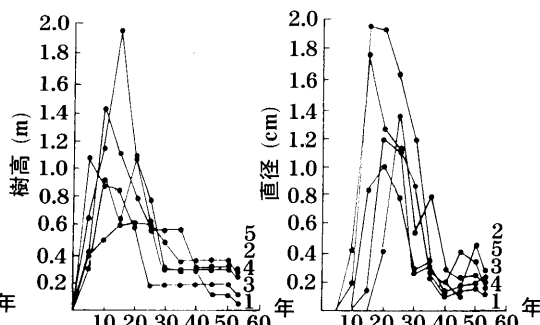


図 3-10 定期成長量.

Fig. 3-10. Periodic growth.

の 23 年間に樹高 4 m, 直径 11.7 cm の成長が認められるが, 1962 年以降の 20 年間は樹高 2 m, 直径 2.9 cm と成長の低下が著しい。材積成長は 1939~1962 年の 23 年間で 86 m<sup>3</sup>/ha, 1962 年以降は 113 m<sup>3</sup>/ha と多く, 約 40 年間に 200 m<sup>3</sup>/ha の成長を示した。

下木の成長は 1962 年以降, 平均樹高が 6 m とほとんど成長が認められず, 平均直径も 20 年間に 1 cm と非常に低い成長量であった。下木の木数減少も著しく, ヒノキ 1,365 本の植栽本数に対し 1962 年に約 40% 減少し, さらに, 1981 年の立木本数は 259 本と植栽本数の約 20% まで減少した。

この本数減少は, 樹冠の閉鎖による光量不足のため枯損したものと考えられるが, 現在, 生存しているものについても樹形は下枝が高く傘型となり, 湾曲しているものおよび根返り等がみられる。

## 2) 樹幹解析結果

図 3-9 に下木の樹幹解析木の成長経過を示した。樹高, 直径とも全体的に成長が悪く, 樹高は 20 年目頃から, 直径は 30 年以降さらに低下する傾向が認められる。

5 年ごとの定期成長量は図 3-10 に示されるように, 樹高成長が 10~20 年目に最大の成長を示し, その後 30 年以降は非常に低い成長量となった。直径成長は樹高成長より 5 年ほど遅く, 15~25 年に最大となり, その後徐々に低下する。したがって, この林分の場合, 樹高成長の低下が認められる 20 年生前後に受光伐等を実施し林内照度を高める必要があったと思われる。

本林分は下木植栽後 10 年目に上木の間伐 (材積間伐率 6%) が実施されたが, この間伐が下木の成長に与えた影響は本解析結果からは明らかでなかった。



### 3) 下木の重量測定結果

下木の重量測定結果を表 3-15 に示す。各資料木間のうち、最小木の全重量が 9.5 kg, 最大木が 29.5 kg, 平均重量は 15.4 kg であった。

全重量に対する各器官ごとの平均比率は幹が約 64%, 枝 20%, 葉 16% であった。

これらのデータを柚ノ木二段林試験地 23

年生の下木と比較すると葉重比は変わらないが、幹重比が 10% 程低く、枝重比が 10% 程多い。これらの結果から本林分の下木は、植栽後 53 年を経過しているが樹高、直径とも非常に低い、これは過去無手入れの状態で放置されてきた結果である。とくに、20 年生前後の成長低下する時期に上木の間伐等の手入れ管理が必要であった。

表 3-15 下木の重量測定結果 (絶乾重 kg)

Table 3-15. Dry weights of understory trees in Imasumi

	全 重	幹 重	枝 重	葉 重
最小-最大	9.5-29.5 (100-100)	5.7-18.5 (60-62)	2.3-6.6 (24-32)	1.5-4.7 (16-16)
平均	15.4 (100)	9.9 (64.3)	3.0 (19.5)	2.5 (16.2)

## IV. まとめ

本実験は比較的平坦な地形から急傾斜地までと林道に近い林分から遠い林分に至るまでの様々な林分で試みた。間伐率も高齢林を対象に本数間伐率 30~90% の間で行い、下木にはスギ、ヒノキを混植し成育状況等の二段林造成の基礎資料を得た。

間伐率の決定は間伐前の立木密度の違い、間伐の目的により上層間伐、下層間伐かによってそれぞれ異なるため、適正な間伐率の決定は一概に言えない。

本実験中比較的下層間伐の色彩の強い調査地は、本数間伐率 30%, 相対照度 20% 前後であった。下木の成長は 3~5 年ほど経過すると低下が著しく植栽苗木の葉が陰葉化し、下枝の枯れ上がり早く傘形となる。本数間伐率 40~50%, 相対照度 30% 前後の林分での、樹下植栽後 8 年目までは成長低下の傾向は認められるものの今後受光伐等の適切な管理を行うことにより二段林の造成が期待できる。

保残木施業の間伐 (本数間伐率 80~90%) を施した後 23 年経過した林分では普通造林地と比較し、上木の密度の高い部分で若干直径、重量成長に影響が現れるが、健全な二段林を形成している。

低照度下では樹高成長に比べ直径成長が劣り、重量成長はさらに劣る。とくに、相対照度 20% 前後の低照度下における地上部の重量成長は普通造林地に対しスギが 40~50%, ヒノキは 10~30% の成長量であり、ヒノキはスギより劣る。地下部の重量成長は地上部よりさらに低く、ヒノキ林内のヒノキは 10% 以下の現存量であった。このように低照度下では根系の発達が悪く、風雪害に対する抵抗性が非常に低く、倒伏等が多かった。

間伐後の樹冠面積の回復は若齢林ほど早いことは明らかにされているが、高齢林の場合は測定方法が困難であり報告例は少ない。

下木の成長は地位の影響が少なく、林内の明るさに最も影響を受ける。本調査地の本数間伐率 30% 前後の林分における (相対照度 17% 前後) 下木の成長は植栽後 6 年間ほどは認められるが、その後は成長が低下し、さらに下枝の枯れ上がりが著しく、二段林造成は不可能であった。

スギ林内に植栽したスギ、ヒノキの初期成長は比較的樹種間の差が少なかったが、ヒノキ林内に植栽したヒノキ苗木に多くの成長障害、枯損が見られた。この原因を尾形らは陰湿害を上げて

いるが、本調査結果では調査地が尾根沿いの比較的乾燥する地形であることと、枯損時期が植栽後2年目の成長初期に多いことから低照度に加え林内と土壌の乾燥による乾燥害があると考えられる。

比較の間伐率の高かった調査地 A・B の調査結果では相対日射量が30%程となり、8年間の成長量は普通造林地と比較すると平均樹高50~70%、平均胸高直径40~70%の成長量であった。今後、この成長経過を観察し受光伐を行うことにより二段林として成林することは可能である。二段林造成を行う対象林分の適正立木密度は樹種、林齢、地形等により一概には言えないが70年生前後以上の高齢林での結果から、上木の立木密度が150本/haでは充分成林することが明らかとなった。しかし、上木密度が500本/ha以上では、樹下植栽後10~20年目に間伐、枝打ち等を行い光環境の調整が必要となる。

したがって、本調査の結果から、地位、地形により多少の違いはあるものの、スギ、ヒノキ高齢林を健全な二段林に誘導する場合、水源涵養林として造成された二段林の林分解析の項で述べたとおり、上層木の立木密度の上限は下木が10~15年生時に上木の再間伐を前提としてhaあたり300本前後であると考えられる。

#### 第4章 スギ・ヒノキ成長測定試験地及び超高齢複層林の林分解析

##### I. 成長測定試験地

高齢人工林の把握の一環として、8箇所のスギ、ヒノキ成長測定試験地の約75年間の資料を基に成長経過、林分密度の変化、間伐の効果等を解析した。

##### 1) 試験地の経緯と概要

本試験地は1916年に森林経理学教室の吉田正男教授(当時)の発意により設定され、現在(1991年)まで75年間にわたり5年ごとに樹高、直径の測定が行われてきた。試験地はスギ17箇所、ヒノキ5箇所、クスノキ1箇所合計23箇所が設定された。設定後現在まで著しく被害を受けた試験地および経営上試験地の廃止をせざるをえないなどの理由から11林分が皆伐や特別施業地に編入された。1991年まで測定が継続されてきた試験地は、スギ林8箇所、ヒノキ林4箇所である(竹内・長谷川, 1975; Yangら, 1994)。

本章ではそのうちスギ林8箇所を対象として考察した。

試験地の概要(ヒノキ林を含む)を表4-1に示した。

各試験地の地形は、安野2号試験地が平坦地で郷台2号、安野1号、牛蒡沢、二ノ台の各試験地が10~25度の緩やかな斜面に位置し、他の試験地は30度程の急傾斜地に位置している。

これらの試験地の植栽年度は南沢試験地が1897年と最も早く、他の試験地も1900~1905年に植栽された。試験地の設定は牛蒡沢試験地(1940年、林齢35年生時)が遅く、他の試験地は1916年(林齢10~20年生時)に設定された。

設定時の林分密度は二ノ台試験地が4,800本/haと多く、牛蒡沢試験地は848本/haと少ない。牛蒡沢試験地は設定時の林齢が35年生と他の試験地より高く、林分密度は低い。このことは、牛蒡沢試験地の地位が良く成長も良かったことから、試験地設定前に強度の間伐が行われたものと考えられる。

他の試験地は、2,700~3,800本/haであった。1991年時の林齢はいずれも90年生前後の高齢林であり、5年ごとの測定回数も15回に及ぶ。

表 4-1 試験地概況  
Table 4-1. Summary of experimental plots

試験地名	林小班	樹種	面積	植栽年度	設定時		1991年現在		測定回数
					林齡	測定本数	林齡	測定本数	
郷台1号	11 C 1	スギ	0.141	1905	11	541	86	104	16
郷台2号	10 C 1	スギ	0.034	1902	14	100	89	20	16
大平1号	46 C 8	ヒノキ	0.030	1900	16	158	91	66	17
大平2号	46 C 6	ヒノキ	0.020	1900	25	125	91	26	14
安野1号	2 C 5	スギ	0.109	1903	13	388	88	132	15
安野2号	2 C 5	スギ	0.073	1902	14	269	89	81	15
南沢3号	45 C 10	スギ	0.090	1897	19	245	94	56	17
牛蒯沢	11 C 1	スギ	0.540	1905	35	458	86	282	12
女滝1号	38 C 7	ヒノキ	0.042	1904	12	187	87	60	15
女滝2号	38 C 7	ヒノキ	0.021	1904	12	113	87	37	15
女滝3号	38 C 7	スギ	0.037	1904	12	134	87	29	15
二ノ台	46 C 6	スギ	0.057	1900	16	275	91	58	15

## 2) 調査方法

調査は概ね5年毎に胸高直径と樹高を行っている。直径の測定は試験地内の全木に番号を付け、さらに、胸高の位置(1.2 m)にマークを付け常に同一個体の同一の高さを測定した。

樹高測定は試験地内、全本数中10~20%の標準木を設定し、常に同一個体を測定した。しかし、標準木に枯損が生じた場合は追加設定を行った。試験地の設定当初は巻尺等を用いて樹高測定を行ったと言われている。その後、1960年代までの樹高測定はポケットコンパスを用い、その後はブルーメライスをを用いた。

## 3) 結果と考察

### ①平均樹高成長経過

各試験地の樹高成長経過を図4-1に示した。成長量は安野1号試験地が全測定期間とも最も低く、1991年現在の平均樹高は20mほどである。次が安野2号試験地、二ノ台試験地となっている。これに対し、成長の良い試験地は牛蒯沢試験地で常に他の試験地を上回っており、86年生時の平均樹高は約35mほどである。郷台1,2号、南沢、女滝の各試験地はほぼ同じ成長経過を示し1991年時の平均樹高は約28m程である。この結果から、地位の判定を行えば、牛蒯沢試験地が上で安野1,2号、二ノ台試験地が下に属する。

### ②平均胸高直径の成長経過

図4-2に平均胸高直径の成長経過を示した。

胸高直径成長は当然地位の影響を受けるが、林分密度によっても成長に差を生じることは明らかである。

各試験地間の成長差は、樹高成長と同様牛蒯沢試験地が大きい。南沢試験地も比較的成長が良く、牛蒯沢試験地とほぼ同様な成長傾向を示している。

南沢試験地は樹高成長に対して直径成長が良く、このことは、43年生までに4回の間伐が行われているため肥大成長が促進されたものと考えられる。

直径成長の最も低い試験地は樹高成長と同様、安野1号試験地であって、1991年(88年生)時に27cm程であった。次に安野2号、二ノ台試験地が低く、平均直径30cm前後であった。

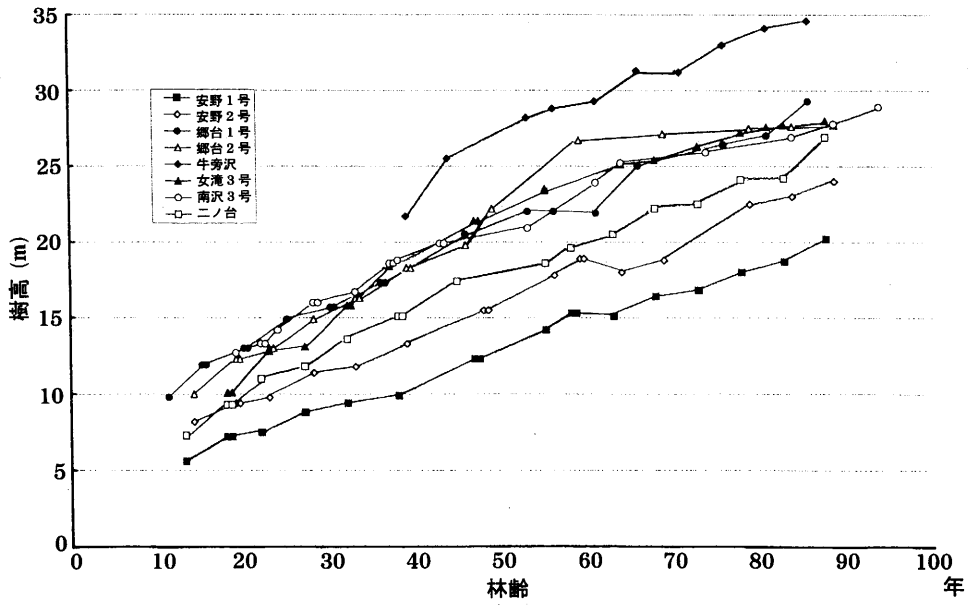


図 4-1 平均樹高の推移.

Fig. 4-1. Average height/age curves.

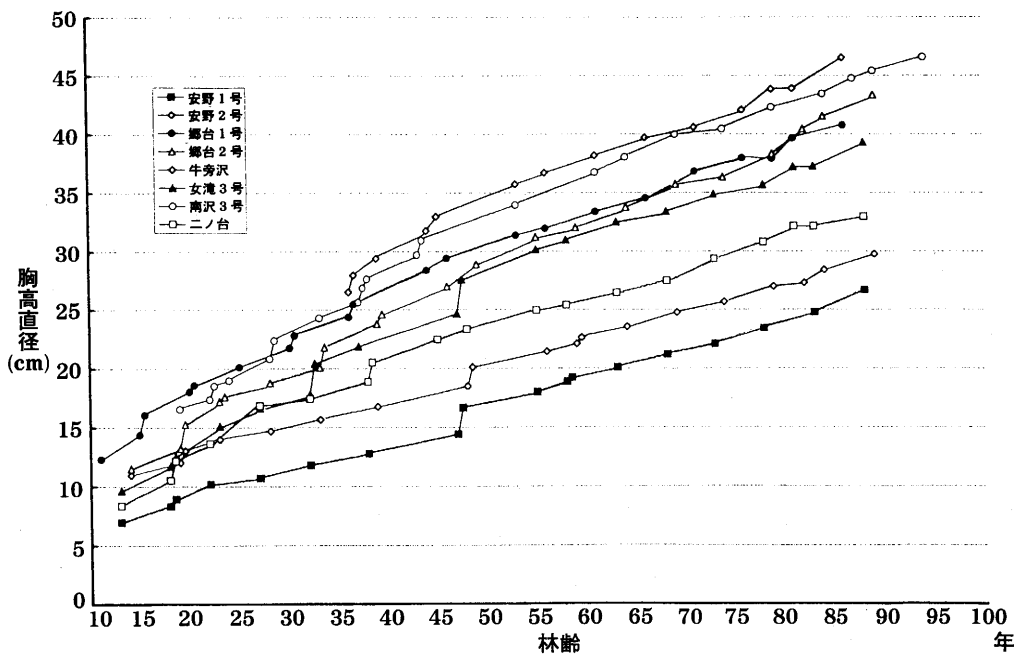


図 4-2 平均胸高直径の推移.

Fig. 4-2. Average DBH/age curves.

③各試験地の林分密度と胸高直径

各試験地における間伐実施回数は牛蒡沢試験地が1回、郷台1号・2号・南沢の各試験地が4回行われ、その他の試験地は3回行われた。そのうち、安野1,2号は最終間伐が60年生時、その他の試験地は牛蒡沢を除き20年生前後から約10年ごとに40年生前後まで行われた(表4-2)。

間伐率(本数)は、各試験地により差があり、低いところでは安野1号試験地の3回目の間伐

表4-2 各試験地における間伐実行状況  
Table 4-2. Thinning operations in the experimental plots

	第1回間伐			第2回間伐			第3回間伐			第4回間伐		
	間伐年 (年)	林 齢 (年生)	間伐率 (%)	間伐年 (年)	林 齢 (年生)	間伐率 (%)	間伐年 (年)	林 齢 (年生)	間伐率 (%)	間伐年 (年)	林 齢 (年生)	間伐率 (%)
郷台1号	1921	16	44.9	1925	20	12.2	1935	30	19.8	1940	36	29.8
郷台2号	1921	19	31.0	1925	23	10.3	1935	39	26.2	1940	39	33.3
安野1号	1921	18	19.7	1950	47	41.8	1960	58	5.5			
安野2号	1921	19	33.0	1950	48	37.7	1960	59	12.3			
南 沢	1919	22	26.1	1925	28	38.1	1933	37	21.4	1940	43	28.7
牛蒡沢	1940	36	28.6									
女滝3号	1920	18	30.1	1935	32	41.0	1950	47	34.0			
二ノ台	1921	18	51.8	1940	38	36.0						
大平1号	1919	19	31.7	1925	25	31.5	1948	48	33.7			
大平2号	無間伐											
女滝1号	1921	18	36.4	1935	32	28.6	1950	47	28.2			
女滝2号	1921	18	23.9	1935	32	26.7	1950	47	33.9			

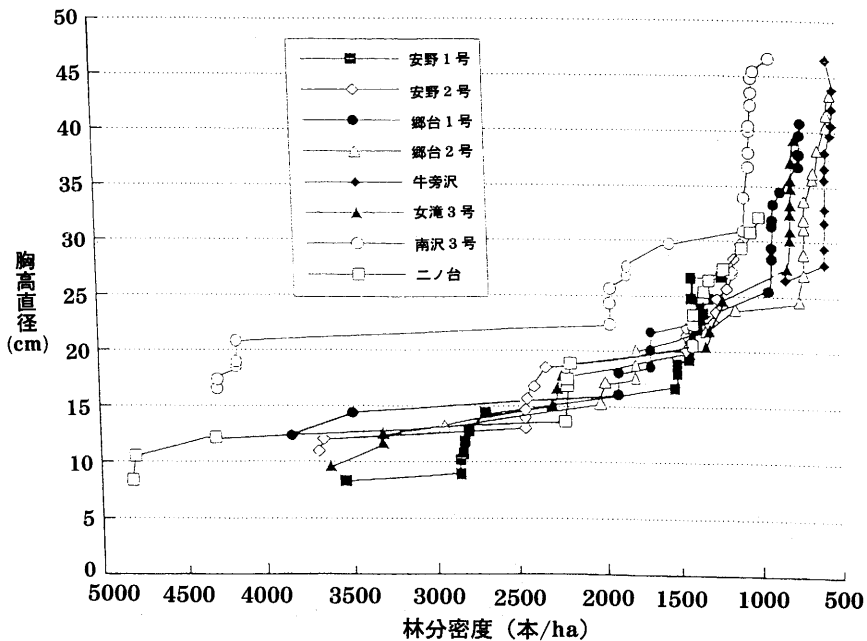


図4-3 林分密度と胸高直径。

Fig. 4-3. Average DBH/stand density curves.

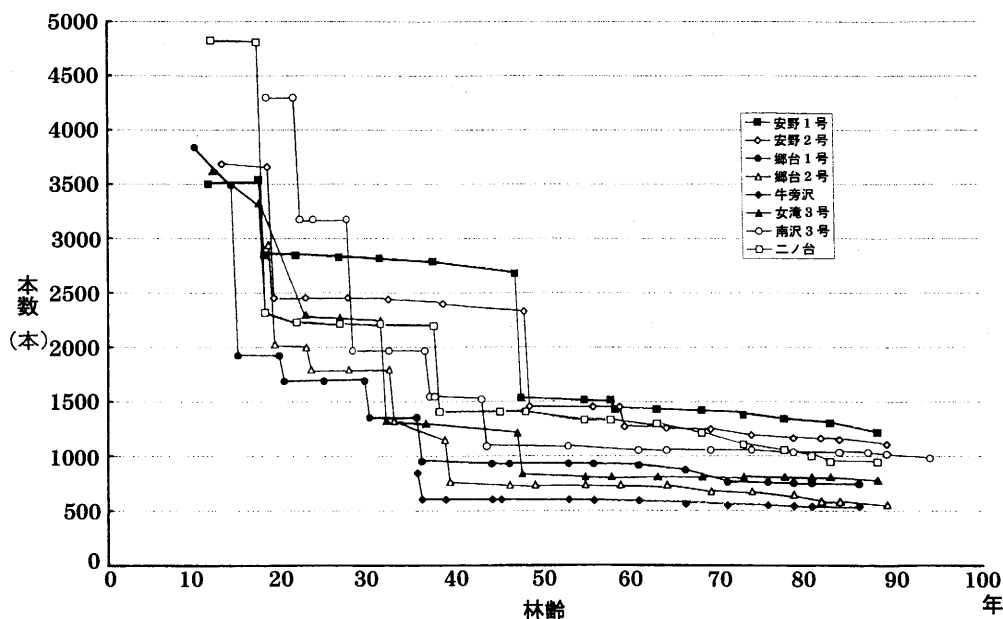


図 4-4 ha 当たりの本数の変化.

Fig. 4-4. Change of number of trees per hectare over time.

が 5.5%，高いところでは二ノ台の第 1 回目の間伐率が 52%，その他の試験地は 30～40% であった。

胸高直径に対する林分密度を図 4-3 に示した。南沢試験地が他の試験地と異なった傾向を示しており，この南沢試験地を除く他の試験地にはほぼ一定の傾向が認められ 1,000本/ha 前後から胸高直径が極端に大きくなる。

#### ④林分密度の推移

林分密度は直径成長に関係すると考察したが，林齢との関係を図 4-4 に示した。樹高成長によって区分した地位下の安野 1 号試験地が最も密度が高く，次に安野 2 号試験地が高い。

設定時の林分密度は二ノ台，南沢試験地が高く 4,500本/ha 前後で他の試験地は 3,500本/ha 前後であった。その後，各試験地とも間伐によって本数が減少した。とくに，二ノ台試験地は設定時に 4,800本/ha であったが，17 年生時に 45% の本数間伐率が行われた。最終間伐が終了した 50 年生以降は各試験地とも自然枯損によりわずかに減少している。現在の林分密度は平均樹高，平均胸高直径とも低い安野 1 号，2 号試験地が 1,000本/ha 以上と高く，牛蒡沢，郷台 2 号試験地は 500本/ha 程と低い密度であった。

#### ⑤試験地の相対幹距比 (Sr)

各試験地の相対幹距比を表 4-3(1)～(4) に示した。これまでの経験から千葉演習林におけるスギ林の間伐基準は  $Sr=15$  を目安としている。

表 4-3(3) の南沢試験地における設定時の  $Sr$  は 12 で，相対的に密度が高いことを現している。南沢試験地は 22 年生，28 年生，37 年生，43 年生時にそれぞれ 26.1%，38.1%，21.4%，28.7% の間伐が行われたが  $Sr$  の変化は少ない。とくに，70 年生前後までは 12～13 で推移しており，

表 4-3(1) 測定値と相对幹距比

Table 4-3(1). Measurements and relative spacings in the experimental plots

## 安野 1 号試験地

年 度 (年)	林 齡 (年)	平均直径 (cm)	平均樹高 (m)	残存木 (本)	相对幹距比	間伐率 (%)
1916.5	13	6.97	5.6	3,500	30	
1921.5	18	8.32	7.2	3,541	23	
間伐後		8.94	7.2	2,844	26	
1925.6	22	10.19	7.5	2,844	26	19.7
1930.6	27	10.72	8.8	2,826	21	
1935.6	32	11.82	9.4	2,817	20	
1941.1	38	12.79	9.9	2,789	19	
1950.5	47	14.42	12.3	2,679	16	
間伐後		16.67	12.3	1,532	21	41.8
1957.1	55	18.00	14.2	1,514	18	
1960.1	58	18.86	15.3	1,514	17	
間伐後		19.24	15.3	1,431	17	5.45
1965.1	63	20.09	15.1	1,431	18	
1971.1	68	21.23	16.4	1,422	16	
1976.2	73	22.11	16.8	1,376	16	
1981.2	78	23.41	18.0	1,339	15	
1983.1	81	23.84		1,284		
1986.1	83	24.79	18.7	1,303	15	
1991.4	81	26.67	20.2	1,220	14	

## 安野 2 号試験地

1916.5	14	10.97	8.2	3,685	20	
1921.5	19	12.04	9.4	3,658	18	
間伐後		13.04	9.4	2,452	21	33.0
1925.6	23	14.02	9.8	2,452	21	
1930.6	28	14.71	11.4	2,452	18	
1935.6	33	15.69	11.6	2,438	17	
1941.1	39	16.79	13.3	2,397	15	
1950.5	48	18.51	15.5	2,329	13	
間伐後		20.13	15.5	1,452	17	37.7
1957.1	56	21.45	17.8	1,452	15	
1960.1	59	22.12	18.9	1,452	14	
間伐後		22.64	18.9	1,274	15	12.3
1965.1	64	23.58	18.0	1,260	16	
1971.1	69	24.78	18.6	1,247	15	
1976.2	74	25.70		1,192		
1981.2	79	26.99	22.5	1,164	13	
1983.1	82	27.30		1,164		
1986.1	84	28.42	23.0	1,151	13	
1991.4	89	29.76	24.0	1,110	13	

表 4-3(2) 測定値と相対幹距比

Table 4-3(2). Measurements and relative spacings in the experimental plots

## 郷台 1 号試験地

年 度 (年)	林 齢 (年)	平均直径 (cm)	平均樹高 (m)	残存木 (本)	相対幹距比	間伐率 (%)
1916. 5	11	12.32	9.8	3,837	16	
1921. 5	15	14.39	11.9	3,489	14	
間伐後		16.08	11.9	1,922	19	44.9
1925. 6	20	18.04	13.0	1,922	18	
間伐後		18.59	13.0	1,688	19	12.2
1930. 6	25	20.12	14.9	1,688	16	
1935. 6	30	21.74	15.7	1,688	16	
間伐後		22.80	15.7	1,355	17	19.8
1940. 7	36	24.38	17.3	1,355	16	
間伐後		25.47	17.3	950	19	29.84
1948. 9	44	28.36	—	929	—	
1950. 8	46	29.39	20.5	929	16	
1957. 1	53	31.36	22.0	929	15	
1960. 1	56	31.93	22.0	929	15	
1965. 1	61	33.38	21.9	915	15	
1970. 1	66	34.53	25.0	872	14	
1976. 2	71	36.83	24.8	759	15	
1981. 2	76	37.96	26.4	759	14	
1983. 1	79	37.92	—	752	—	
1986. 1	81	39.65	27.0	752	14	
1991. 4	86	40.75	29.3	745	13	

## 郷台 2 号試験地

1916. 5	14	11.54	10.0	2,912	19	
1921. 5	19	13.24	12.3	2,941	15	
間伐後		15.29	12.3	2,029	18	31.0
1925. 6	23	17.22	13.0	2,000	17	
間伐後		17.62	13.0	1,794	18	10.3
1930. 6	28	18.79	14.9	1,794	16	
1935. 6	33	20.11	16.3	1,794	14	
間伐後		21.81	16.3	1,324	17	26.2
1940. 7	39	23.79	18.3	1,147	16	
間伐後		24.59	18.3	765	20	33.3
1948. 3	46	27.01	19.8	735	19	
1950. 8	49	28.87	22.2	735	17	
1957. 1	55	31.20	23.5	735	16	
1960. 1	59	32.02	26.7	735	14	
1965. 1	64	33.77	25.1	735	15	
1970. 1	69	35.74	27.1	676	14	
1976. 2	74	36.33	—	676	—	
1981. 2	79	38.36	27.5	647	14	
1983. 1	82	40.45	—	588	—	
1986. 1	84	41.54	27.6	588	15	
1991. 4	89	43.36	27.7	559	15	



表 4-3(3) 測定値と相対幹距比

Table 4-3(3). Measurements and relative spacings in the experimental plots

## 南沢3号試験地

年度 (年)	林 齢 (年)	平均直径 (cm)	平均樹高 (m)	残存木 (本)	相対幹距比	間伐率 (%)
1916.5	19	16.56	12.7	4,298	12	
1919.3	22	17.38	13.3	4,298	11	
間伐後		18.52	13.3	3,175	13	26.1
1921.3	24	18.97	14.2	3,175	13	
1925.6	28	20.83	16.0	3,175	11	
間伐後		22.38	16.0	1,965	14	38.1
1930.3	33	24.31	16.7	1,965	14	
1933.1	37	25.63	18.6	1,965	12	
間伐後		26.85	18.6	1,544	14	21.4
1935.6	38	27.61	18.8	1,544	14	
1940.1	43	29.70	19.9	1,520	13	
間伐後		30.92	19.9	1,088	15	28.7
1949.1	53	33.95	20.9	1,088	15	
1957.1	61	36.74	23.9	1,053	13	
1960.1	64	38.03	25.2	1,053	12	
1965.1	69	39.97	25.1	1,053	12	
1970.1	74	40.42	25.9	1,053	12	
1976.1	79	42.31	25.2	1,053	12	
1981.2	84	43.44	26.9	1,053	12	
1983.1	87	44.78	—	1,053	—	
1986.1	89	45.41	27.8	1,018	11	
1991.4	94	46.58	28.9	982	11	

## 二ノ台試験地

1916.5	13	8.36	7.3	4,825	20	
1921.5	18	10.51	9.3	4,807	16	
間伐後		12.15	9.3	2,316	22	51.8
1925.6	22	13.64	11.0	2,228	19	
1930.5	27	16.85	11.8	2,211	18	
1935.6	32	17.45	13.6	2,211	16	
1940.1	38	18.88	15.1	2,193	14	
間伐後		20.53	15.1	1,404	18	36.0
1948.1	45	22.48	17.4	1,404	15	
1950.1	48	23.32	—	1,404	—	
1957.1	55	24.94	18.6	1,333	15	
1960.1	58	25.39	19.6	1,333	14	
1965.1	63	26.45	20.5	1,298	14	
1970.1	68	27.47	22.2	1,211	13	
1976.1	73	29.34	22.5	1,105	13	
1981.2	78	30.79	24.1	1,053	13	
1983.1	81	32.16	—	1,000	—	
1986.1	83	32.14	24.2	947	13	
1991.4	88	32.97	26.9	947	12	

表 4-3 (4) 測定値と相対幹距比

Table 4-3 (4). Measurements and relative spacings in the experimental plots

## 牛蒡沢試験地

年 度 (年)	林 齢 (年)	平均直径 (cm)	平均樹高 (m)	残存木 (本)	相対幹距比	間伐率 (%)
1940.7	36	26.53	—	848	—	
間伐後		27.96	—	606	—	28.6
1943.8	39	29.40	21.7	604	19	
1948.9	44	31.77	25.5	604	16	
1950.5	45	32.99	24.9	602	16	
1957.1	53	35.72	28.2	600	14	
1960.1	56	36.70	28.8	594	14	
1965.1	61	38.16	29.3	591	14	
1971.1	66	39.69	31.3	561	13	
1976.2	71	40.59	31.2	548	14	
1981.2	76	42.08	33.0	548	13	
1983.1	79	43.86	—	543	—	
1986.1	81	43.92	34.1	539	13	
1991.4	86	46.56	34.6	541	12	

## 女滝3号試験地

1916.3	13	9.64	7.3		23	
1920.3	18	11.71	10.1		17	
間伐後		12.52	10.1		21	30.1
1925.7	23	15.12	12.8		15	
1930.5	27	16.62	13.1		16	
1935.6	32	17.82	15.8		13	
間伐後		20.45	15.8		17	41.0
1940.7	37	21.88	18.4		15	
1950.5	47	24.64	21.4		13	
間伐後		27.58	21.4		16	34.0
1957.1	55	30.15	23.4		15	
1960.1	58	30.98	—		—	
1965.1	63	32.50	—		—	
1970.1	68	33.40	25.4		14	
1976.1	73	34.88	26.3		13	
1981.2	78	35.67	27.2		13	
1983.1	81	37.23	27.6		13	
1986.1	83	37.27	27.7		13	
1991.4	88	39.30	28.0		13	

それ以降は 11 となった。したがって、南沢試験地は Sr から判断すると常に過密状態であったといえる。

表 4-3(1) に示した安野 1 号試験地は設定時の Sr が約 30 と試験地の内、最も疎であり、30 年生まで 20 であった。このことは、地位が劣るため立木密度は高くても樹高が低いため Sr 値は高くなる。しかし、47 年生時には Sr が 16 になり間伐が行われた。1991 年現在 (88 年生) には 14 となり再度間伐を行う必要がある。その他の試験地は設定時から Sr が 16~20 前後で推移する。その後、間伐が行われ、60 年生前後までは Sr が 15 前後であった。しかし、60 年生を過ぎた頃

から Sr は 12~13 と低くなり間伐を行う必要がある。

## II. スギ超高齡複層林の林分解析

これまでの複層林に関する文献の多くは二段林の基礎的な光条件や造成後 10~20 年以内の初期の成長等を扱ったものが多く、ほぼ完成された二段林、複層林の調査事例はきわめて少ない。

とくに、長伐期施業や複層林施業を經營方針に取り入れて行くためには、まず、高齡林の林分構造と成長を把握することが重要である。しかし、現実には高齡林が少ないこともあって、その林分構造は必ずしも十分に解明されているとはいえない。一般的に、複層林等の林分構造は成長にともない変化して行くが、もし、それに究極の構造が存在するものとするならば、その構造が解明されることは、林分の成長を予測する上できわめて重要な意味を持つものとする。

清澄寺の所有する妙見山には、上木が 500 年を越えると推定されているスギ人工林がある。この超高齡林の林分構造を研究することにより、今後、長伐期施業を実施する上で貴重な資料となる。本林分の上木の調査報告は田中(1984)、田中ら(1984a, 1984b)と東京大学森林経理学研究室・千葉演習林(1984)によって行われている。

本章では上記の観点から複層林の究極林分ともいえる、妙見山の超高齡林の調査解析を行った。この妙見山は上木 300~500 年生と推定されているが真の樹齡は明らかでない。この樹齡の推定を渡辺(1954)は境内の通称大スギが 1954 年の台風により風倒被害を受けた際、材積調査を行い山林に報告している。この大スギは根元部分が空洞であったため地上高 19.48 m の円盤で樹齡を推定した。円盤高 19.48 m の年輪数が 312 年であって、そこまで達する年数を収穫表などから約 50 年と推定した。したがって、この大スギは 362 年となる。さらに、1984 年 12 月に境内にあった老木が伐倒された際、年輪解析を行った。(本老木も高さ 8 m まで芯に空洞があった)その結果、地上高 12.52 m の位置で樹齡 209 年生であった。この円盤高 12.5 m まで達する年数を 30 年と仮定すると樹齡は 240 年生前後になると推測できる。

### 対象林分と調査方法

対象とした超高齡林は東京大学千葉演習林清澄作業所に隣接する千光山清澄寺所有妙見山(標高 383 m)である。この妙見山は千葉県内で最も高い山の一つであって、高温多湿でスギの成長に適した条件を備えている。本林分の上木の林齡は前述の調査から差が大きいと考えられるが、これまで推定約 300 年~500 年と言われている。下木は上木の伐採跡地に逐次植栽されたものと思われ、現在複層林を形成している。最近の植栽は 8 年前に約 0.01 ha ほど行われた。

本林分の調査は森林経理学研究室と千葉演習林の共同で行った。上木の調査は 1988 年に下木は 1993 年に行った。

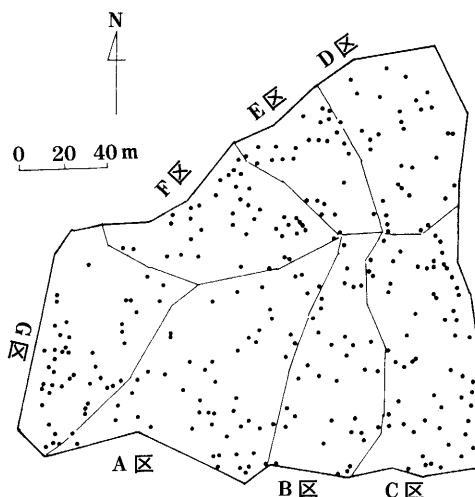


図 4-5 超高齡林の立木位置図(妙見山上層木)。

Fig. 4-5. A location map of overstory trees in exceedingly old stand on Mt. Myoken.

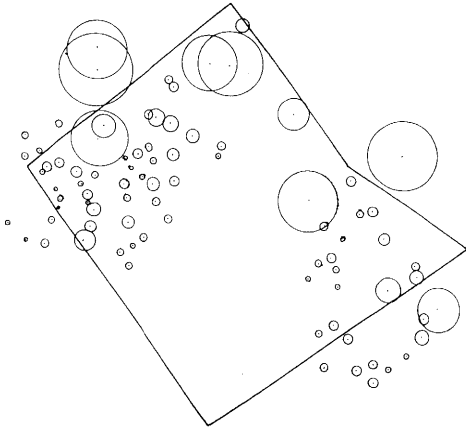


図4-6 プロット1立木位置図.

Fig. 4-6. A location map of trees in Plot No. 1.

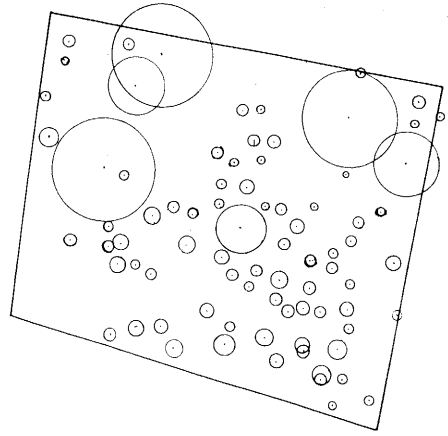


図4-7 プロット2立木位置図.

Fig. 4-7. A location map of trees in Plot No. 2.

対象林分は寺有林の全面積約5 haのうち北東斜面下部を除く、3.08 haとした。調査は1988年5月に周囲測量と上木の立木位置図を作成した(図4-5)。位置図作成にあたり全体を7区画に区分し、区画毎に立木NOを付け成長比較を行った。1988年8~9月にかけて胸高直径は直径テープで、樹高はコンパスとテレレラスコープを用いて測定した。直径の測定は毎木調査を行ったが、樹高は梢端が見通せる立木だけ測定した。これら各立木は400年余りの長年月にわたり成育してきたため、諸被害を受けているものが多い。この被害木調査を1994年2月に行った。調査項目は先端枯れ、先端折れ、中腹折れ、二又、根元腐朽の有無を行った。

下木の調査は1993年5月にプロット内の立木位置図を作成し、胸高直径と樹高の毎木調査を行った。プロット1の立木位置図を図4-6にプロット2を図4-7に示した。プロット1・2はA区とG区に設定した。面積はプロット1が0.092 haでプロット2が0.0817 haである。本林分は寺有林であり生立木の伐倒が出来ないため、下木の枯損木の樹幹解析を行った。

### 結果と考察

#### 1) 上木

本林分の上層を占める立木のうち、スギの高齢大径木は255本、モミ5本その他広葉樹41本、合計301本からなっている。

スギは高温多湿なところを好んで成育すると言われており、そのような成育環境は菌類にとっても最適環境でもある。したがって、長年成育している超高齢林は樹冠、幹等に何らかの障害を受けている立木が多い。この妙見山の超高齢林も先端折れや根元付近に腐り、空洞等の立木が多くみられた。これらの被害状況を図4-8に示した。被害数は同一立木に根元腐れと先折れがあった場合2

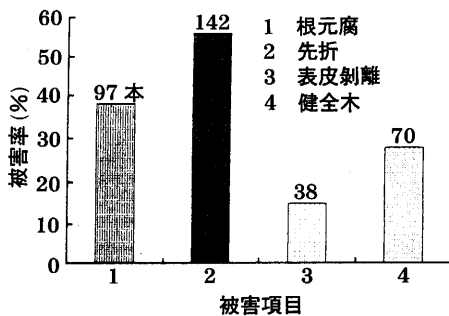


図4-8 被害状況.

Fig. 4-8. Conditions of damaged trees.

表 4-4 区画別被害状況 (上木)  
Table 4-4. Conditions of damaged trees

区 画	A	B	C	D	E	F	G	計
腐り, 空洞	6 ( 13)	14 ( 41)	7 ( 39)	14 ( 50)	22 ( 46)	14 ( 41)	13 ( 27)	90 ( 35)
先折, 先枯	17 ( 38)	5 ( 15)	8 ( 44)	6 ( 21)	16 ( 33)	9 ( 26)	18 ( 38)	79 ( 31)
健全木	22 ( 49)	15 ( 44)	3 ( 17)	8 ( 29)	10 ( 21)	11 ( 32)	17 ( 35)	86 ( 34)
合 計	45 (100)	34 (100)	18 (100)	28 (100)	48 (100)	34 (100)	48 (100)	255 (100)

注: ( )内の数字は区画ごとの被害率.

表 4-5 超高齡林の区画別林分状況 (上木)  
Table 4-5. Conditions of overstorey trees in exceedingly old stands

区 画	A	B	C	D	E	F	G	全体	H
平均樹高 m	36.2	33.1	34.1	229.1	37.2	41.7	36.2	37.4	31.8
平均胸高直径 cm	101.2	104.0	107.6	97.9	109.0	115.2	122.1	112.8	46.8
林分密度本/ha	93.6	94.6	78.3	68.3	94.1	87.2	68.6	82.8	46.0
断面積合計 cm <sup>2</sup> /ha	85.0	88.2	73.7	53.9	93.8	97.3	86.3	83.7	84.1
蓄 積 m <sup>3</sup> /ha	1,167.1	1,221.6	1,001.6	716.7	1,305.7	1,383.1	1,247.3	1,169.9	1,232.7

注: 区画の H は 100 年生林分の現況.

件と数えた。したがって、立木本数は 255 本であったが、被害数は 347 となった。諸被害のうち最も経済的価値が損なわれる、根元腐りや空洞は全本数 255 本に対し 97 本、38% であった。この根元腐りや空洞の原因は明らかではないが、現在の立木密度が非常に少ないことから過去に数回の間伐が行われその時の損傷によるものであろうと推測する。

次に経済的価値の損なわれる被害は二又や先折れであり、この被害は 142 本、56% の被害率であった。被害の軽い表皮に異常のあった立木は 38 本、15% であり、全く被害の認められない健全木は 255 本に対し 70 本、28% であった。

このように数百年もの長い間育成している超高齡林では被害を受けない立木はむしろまれである。

表 4-4 に各区画ごとの被害別本数を示した。ここでは立木価値を最も損ねるものを優先し 1 立木 1 被害として集計し、被害の軽い表皮剥離は健全木として扱った。

全体的に健全木と各被害項目別の合計本数は 80~90 本と差がなく、全本数の約 30% 程であった。しかし、A~G までの区画間ごとの被害本数に差があり、南西に面した斜面下方の A, B 区に健全木の比率が高く、斜面上方の C, E 区は低い。さらに、北に面した D, E 区は根元腐りや空洞が多く、A, G 区は少ない。全体的に山頂付近に位置する D, E, C 区に根元腐り等が多いのに対し、山頂より低い区画の A, G 区には腐りが少なかった。

次に上木の林分状況を後述する郷田倉の 100 年生スギ林分(H)と比較し表 4-5 に示した。平均樹高は北西斜面の F 区が高く、北斜面の D 区が低い。全林分の平均樹高は 37.4 m で 100 年生林分と比較し約 6 m ほど高い。

平均胸高直径は斜面上方の D 区が小さく、斜面下方の G 区が大きい。D 区は平均樹高、平均胸高直径とも小さい。全林分の平均胸高直径は 112.8 cm であった。

立木密度は最も低い D 区の 68 本/ha から最も高い B 区の 95 本/ha であって、林分全体でも 82 本/ha と非常に低く、千葉演習林における 100 年生林分の 460 本/ha に対し約 20% 程度であった。

下木測定プロット内の上木密度はプロット 1 が 87 本/ha、プロット 2 が 54 本/ha であり、プロット 1 の密度は林分全体の密度 (83 本/ha) よりやや高く、プロット 2 は 30 本/ha 程少ない。

胸高断面積合計は立木密度の低い D 区が 53.9 m<sup>2</sup>/ha と低いが、その他は 80~90 m<sup>2</sup>/ha と差が小さい。林分全体では 83.7 m<sup>2</sup>/ha と千葉演習林の 100 年生林分とほぼ同じ断面積合計である。このことは、第 5 章で述べる 100 年生林分の胸高断面積合計 (85 m<sup>2</sup>/ha) の林分限界とした値と一致する。

蓄積は頂上付近に位置し樹高、直径とも小さい D 区が 716.7 m<sup>3</sup>/ha と少なく、F 区が 1,383 m<sup>3</sup>/ha と最も多い。林分全体では 1,169.9 m<sup>3</sup>/ha であり、100 年生の林分より若干少ない。

## 2) 下木

### ①下木の立木密度

下木の状況を表 4-6 に示した。下木の立木密度はプロット 1 が 930 本/ha、プロット 2 は 847 本/ha であった。この立木密度は千葉演習林における一般スギ人工林の 80 年生前後の林分密度に該当する。

### ②胸高直径と樹高

下木の平均胸高直径は、両プロットとも 19 cm ほどであり、胸高断面積合計も約 29 m<sup>2</sup>/ha と違いが少なかった。

平均樹高は、プロット 1 がプロット 2 より約 3 m 程高く、約 16 m であった。

下木の蓄積はプロット 1 が 243 m<sup>3</sup>/ha で、プロット 2 はそれより 21 m<sup>3</sup> 程少ない。

下木の直径階別頻度分布を図 4-9 に示した。プロット 1, 2 とも 18 cm の直径階に最も多く、全体的に直径階の低い部分に偏り L 字型の傾向であった。

プロット 1 の最大直径階は 34 cm、最小直径階は 10 cm であり、18 cm の直径階に 37% と最も多い。それに対し、プロット 2 は 10~42 cm の広い範囲に分布するが 22 cm 以下に偏っている。これらの直径成長の傾向は千葉演習林の成長測定試験地の地位中と比較すると林齢 25~30 年生前後の成長量に相当する。

表 4-6 超高齢林の林分状況 (下木)

Table 4-6. Conditions of understory trees in exceedingly old stands

プロット	本数 (本)	立木密度 本/ha	平均直径 (cm)	平均樹高 (m)	断面積合計 (m <sup>2</sup> /ha)	蓄積 (m <sup>3</sup> /ha)
1	76	930	19.6	16.3	29.8	243.1
	(6)	(87)	(128.5)	(35.1)	(104.5)	
2	78	847	19.6	13.6	29.0	222.5
	(5)	(54)	(122.3)	(37.6)	(58.9)	

注: ( )内の数字はプロット内の上層木の状況。

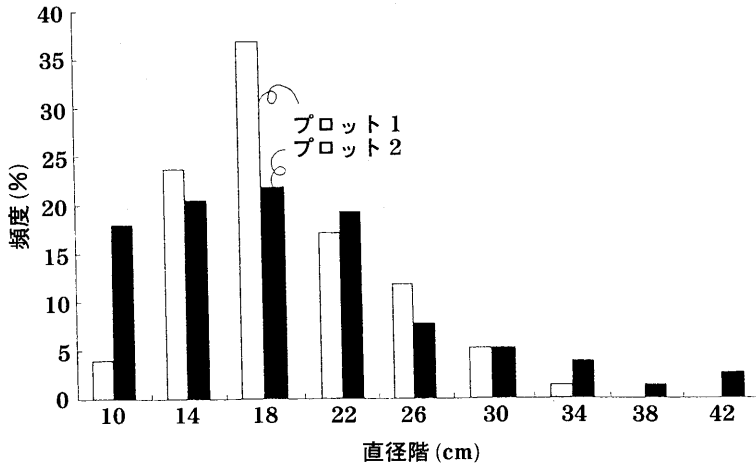


図 4-9 直径階別頻度分布 (下木).

Fig. 4-9. Diameter class frequencies.

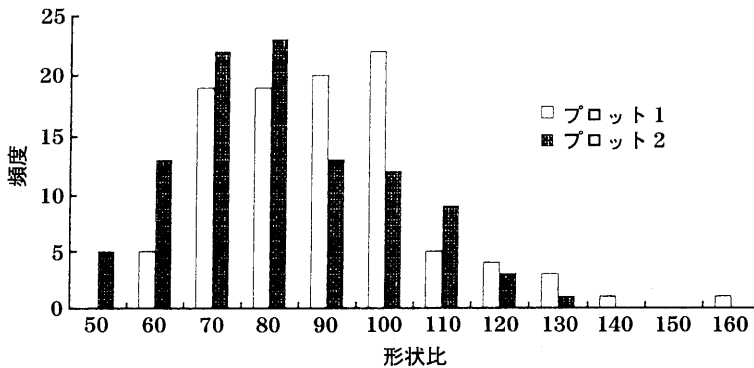


図 4-10 形状比の頻度分布 (下木).

Fig. 4-10. Dimension quotient class frequencies.

### ③形状比

下木の健全度の指標となる、形状比 (H/DBH) を図 4-10 に示す。上層を占めるスギの立木密度は低く、孤立木化しており枝張りが大きいので樹冠の占有面積が大きい。したがって、下層の樹高成長を抑制している。一般的に低照度下の形状比は高くなるが、本調査地では上木の多いプロットより、上木の少ないプロット 2 の形状比が 70~80 と低い方に偏っている。しかし、全体的にはプロット 1, 2 とともに形状比が 60~100 に 80% 程含まれており、100 以上の形状比は比較的少ない。このことは、下木の推定樹齢が 40~80 年生であり、林齢の経過にともなって樹高成長が抑制され、直径成長は一定の成長をするため形状比が低くなったものと思われる。したがって、雪害、風害等の気象被害の抵抗性は高いものと考えられる。

### ④下木の樹勢

プロット 1 の下木の樹勢を 3 段階に区分し表 4-7 に示した。本調査地の下木には曲がり、二股等の被害木は少なく、比較的幹の形質はよい。プロット中、枯損木は 2 本あった。

表 4-7 下木の樹勢  
Table 4-7. Vigor or understory trees

樹 勢	本 数 (本)	本数比 (%)
良 好	25	33
普 通	36	47
不 良	13	19
枯 れ	2	1
合 計	76	100

樹勢の良いものは74本中、25本30%であった。また、上木による被陰と下木間の成育競争等で今後手入れ管理を行わなければ枯損すると思われる個体が約20%程あった。全体的にはこの状態で今後推移しても正常に林分を構成する個体が約80%あり、比較的安定した複層林であるといえる。

### III. まとめ

平均胸高直径は林分密度の影響を受け、胸高直径と林分密度には一定の傾向が認められた。林分密度の経年変化は地位級の悪い安野1号、2号試験地の林分密度が高く1,000本/ha以上であって、地位の良い牛蒡沢試験地が低く500本/haであった。

各試験地の相対幹距比は南沢試験地が常に低く、地位の悪い安野1号試験地が高くなっている。試験地は全体的に林齢60年生以降に間伐が必要であった。Srから見た林分の疎密度は比較的高い。今後、これらの試験地を継続するためには間伐が必要不可欠である。このことは、千葉演習林の高齢林全体にも言えることである。

妙見山超高齢林の林齢は400年生以上の立木が多いと思われ、各個体とも孤立木の要素が強く、枝張りが大きい。上木は過去の間伐による損傷と風雪害などによると思われる根元腐りや先端折れ等の損傷が多く、全本数の70%にも及ぶ。

平均樹高を千葉演習林の100年生前後のスギ林分と比べると約5~6m高く、平均胸高直径は約2.5倍の120cm程であった。

これまでの成育年数は本演習林の高齢林の約4~5倍であるが、個々の林木の成長は今後も継続するものと思われるが、haあたりの断面積合計や蓄積は本演習林のスギ高齢林と差がなく、頭打ちの傾向であり、ほぼ上限に達していると考えられる。したがって、単木の成長と引き替えに、間伐等の立木密度の調整が必要となる。

スギ高齢林の断面積合計(85 m<sup>2</sup>/ha)、蓄積(1200 m<sup>3</sup>/ha)が本演習林の100年生のスギ林とほぼ同様な値であることから、これらの値が当地方の林分成長量として上限値であろうと推測できる。したがって、今後、長伐期施業や複層林施業のための間伐基準を作成するにあたり本林分は他に類のない貴重な林分である。

下木については、各個体の林齢が明らかでなく、プロット内の枯損木の年輪から30~40年生の個体が確認されたが、全体的には今後調査を行い下木の成長経過も含め明らかにしたいと考えている。

## 第5章 千葉演習林スギ・ヒノキ人工林の施業方法に関する検討

### I. スギ高齢林の施業方法に関する検討

これまでの人工林の経営方針は標準伐期齢を70~80年とする一斉皆伐再造林であった。しかし、近年労働力の不足と合わせて環境保全を考慮して皆伐量を縮小し、高齢林分の利用間伐に重点を置く方針に変わりつつある。とくに、約409haの高齢林分は過密な林分が大半であることから、自然間引きによる枯損が多く発生している。このような状況は全国的であって、利用可能



な森林資源が過密状態により年々数百万  $m^3$  も枯損していると言われている(島崎, 1983)。この過密な高齡林分を間伐することによって収益を得ると同時に健全な林分を造成することが、今後、高齡林施業を考える上で重要な課題である。

以上のことから本章では高齡林の現状をふまえ、間伐方法を検討するため間伐モデル林を設定し、各間伐法を当てはめ、間伐後の林況の変化、林分成長等の予測を行った。

### 1) 高齡林分の現状

千葉演習林創設以来植栽可能地は極力スギ、ヒノキ、マツの人工林に林種転換が行われてきた。その結果、全林地の約40%を人工林が占めるようになった。この人工林につき5年を1齡級とする齡級配置と蓄積を表5-1に示す。齡級ごとの面積にはバラツキが大きく、最も少ない9齡級(41~45年生)が3.36 ha、最も多い14齡級(66~70年生)は86.3 haとなっている。

13齡級(61年生)以上の高齡林の面積は全体の50%、409 haを占めており、高齡林の研究を行うには極めて恵まれた条件を有している。1994年時の蓄積は262,316  $m^3$ 、年成長量は約4,000  $m^3$  (5.0  $m^3$ /ha)となっている。これまでの年収穫量は年生長量を下回る3,000  $m^3$ 前後であった。

表5-1 人工林齡級別面積・蓄積表  
Table 5-1. Area and growing stock by age classes

齡 級	ス ギ		ヒ ノ キ		マ ツ		合 計	
	面積 (ha)	蓄積 ( $m^3$ )	面積 (ha)	蓄積 ( $m^3$ )	面積 (ha)	蓄積 ( $m^3$ )	面積 (ha)	蓄積 ( $m^3$ )
0	1.47	0	1.41	0	1.36	0	4.24	0
1~ 5	15.34	0	6.55	0	5.76	0	27.65	0
6~ 10	19.87	0	11.03	0	5.88	0	36.78	0
11~ 15	15.38	0	11.00	0	6.00	0	32.38	0
16~ 20	8.30	58	4.97	38	5.26	0	18.53	96
21~ 25	5.00	1,085	6.72	867	4.47	201	16.19	2,153
26~ 30	33.06	8,411	26.52	4,325	14.38	430	73.96	13,166
31~ 35	28.04	9,174	19.17	4,077	18.35	696	65.56	13,647
36~ 40	35.88	12,104	22.96	5,093	14.22	621	73.06	17,818
41~ 45	1.66	752	0.95	258	0.75	45	3.36	1,055
46~ 50	2.31	1,122	2.70	1,017	3.18	176	8.19	2,315
51~ 55	8.19	4,391	4.08	1,446	1.94	140	14.21	5,977
56~ 60	13.14	6,283	5.96	1,727	5.50	363	24.60	8,373
61~ 65	20.40	9,467	12.45	3,451	5.90	367	38.75	13,285
66~ 70	47.35	25,259	20.46	7,529	18.49	1,264	86.30	34,052
71~ 75	40.39	22,537	15.91	6,645	16.30	1,487	72.60	30,669
75~ 80	20.98	14,109	9.37	4,144	4.46	500	34.81	18,753
81~ 85	9.80	5,528	6.65	1,762	0.39	51	16.84	7,341
86~ 90	41.20	29,087	17.14	7,684	3.39	337	61.73	37,108
91~ 95	48.01	32,906	20.61	10,043	4.89	697	73.51	43,646
96~100	11.83	7,124	0.32	148	2.51	231	14.66	7,503
101~105	5.84	3,120	0.50	142	0.76	63	7.10	3,235
136~	2.38	1,488	0.00	0	0.62	246	3.00	1,734
合 計	435.82	194,005	227.43	60,396	144.76	7,915	808.01	262,316

## 2) 長伐期施業林分の造成と取扱い

千葉演習林の高齢林分の現状は既に述べた通りであるが、通常の一斉皆伐造林の見直し縮小に伴って今後も年々高齢林分は増加する。この高齢林分を健全に維持するためには、利用間伐が必要不可欠であると同時に林業経営の観点から森林の有効活用として、収益を得ながら環境保全と優良大径材生産を目指す。

具体的な施業方法としては、林齢 50 年生前後までは通常の林分管理を行う。その後、皆伐更新林分（伐期齢 80 年）と長伐期施業林分（伐期齢 130～150 年）に区分し、それぞれの目的に沿った施業を行う。

千葉演習林のスギ 50 年生林分の立木密度は既に述べたとおり、ha あたり平均 1,400 本前後である。したがって、長伐期施業への移行林分は第 1 回目の利用間伐を本数間伐率 40～50%、2 回目の利用間伐を 50～60% 実施し、最終仕立て本数は ha あたり 400～450 本前後とする。

長伐期施業林分の間伐後の林分管理はとくに必要としないが、気象被害などが発生した場合、早急に状況調査を行い、その原因を究明し、間伐調査の参考資料とする。

## 3) 長伐期施業林造成に関する間伐方法の検討

千葉演習林の高齢林分は今後も増加し、被圧された年輪幅の細かい良質材が多く枯損する。これらの林分の間伐にあたって、間伐木の選木方法は重要である。とくに、形質の良好な立木が数本隣接していることが多くある。この場合の選木に苦慮するが、対象木の大小は考慮せず樹幹配置を重視し決断することが重要である。また、同一林分であっても地位の劣る場所や尾根沿い、土層の浅いところは間伐率を低くする。

伐倒、集材時に損傷した立木は、年数の経過とともに腐朽が進み材質の低下が大きくなるため速やかに間伐を行う。

千葉演習林におけるこれまでの間伐は林分の保育的な面が強く、下層間伐で、本数間伐率 20～30% 前後の弱度の間伐林が多く残存立木に損傷が多く見られた（鈴木貞・鈴木保，1986）（鈴木ら，1987b）。これらの反省から 1988～1990 年までは間伐を行わず、問題点などの検討を行った。その結果、1991 年から再開した間伐は、1991 年の安野、1992 年の牛蒡沢および 1993 年の安野、南沢はそれぞれ本数間伐率 50～60% 前後の強度の間伐を行ったため樹冠が疎開し、残存立木への損傷も比較的少なかった。これらの林分は現在も気象被害などは見られないが、今後も継続して観察する。

以上のことから総合的に考え、千葉演習林の人工林の収穫方法は一斉皆伐施業から長伐期施業および長伐期複層林施業を目的とした非皆伐施業を主とする。

## 4) 高齢林における間伐後の相対照度

複層林施業を行う上で下木の成長は光条件に最も左右されることは明らかであり、相対照度、日射量、光の波長域などの面からの報告も多くある（安藤，1972，1984；浅川，1974；藤森，1979；Sasaki and Mori, 1981；荒木，1986）。しかし、80 年生や 100 年生前後の高齢林を対象として強度の間伐を行い二段林を造成した例は少ない。したがって、ここでは林齢 80 年生前後の間伐林分を対象に立木密度の減少と相対照度との関係について論じた。

### ①立木密度と相対照度

これまでに千葉演習林において行ってきた間伐林分 8 箇所から得た資料をもとに立木密度と相対照度の関係を図 5-1 に示した。

本資料はすでに3章で述べた林分であり、間伐率は28~94%の幅広い林分である。対象林分のうち最も立木密度の低い林分は、50本/ha区であり、密度の高い林分は500本/ha区である。

密度の低い50本/ha区の初期の相対照度が約90%と高く、密度の高い500本/ha区は20%以下の低照度であった。さらに、低密度から高密度までは一定の傾向で照度の低下が見られる。この曲線に後述する環境保全型、長伐期施業型、複層林施業型間伐法を当てはめると、それぞれの相対照度は36%、50%、60%となる。

この各間伐法による相対照度から考え、環境保全型間伐法の間伐率では、これまでの経験から二段林の造成は失敗する可能性が大きい。したがって、本間伐法は健全な林分の造成を目的として行う。

長伐期施業型間伐法の相対照度は50%になり、二段林造成が可能である。しかし、10年前後経過すると20%前後の相対照度となり、受光伐が必要となる。したがって、本施業法は主に優良大径材生産を目的とする。

二段林施業型間伐法を実施した場合、相対照度が約60%になり、樹下植栽を行い、二段林の造成を行うには充分な明るさとなる。

#### ②間伐林分における相対照度の経年変化

図5-2は、安藤ら(1984)の行った上木がスギ74年生、樹高30mの林分で間伐の強度を3段階とした間伐試験の結果である。間伐後の林内における相対照度の経年変化は、間伐直後から2年間ほどの低下が大きく、年数の経過とともに低下の割合は低くなる。

さらに、安藤らは林齢が若いほど、地位が良好な所ほど相対照度の低下は大きく、さらに、間伐が繰り返されることによりその後の相対照度の低下は緩やかになるとも報告している。図5-2から相対照度の低下は10年間で約20%前後である。

本章で対象とした複層林施業型間伐法の10年後の相対照度は40%前後、長伐期施業型間伐法も20%前後と推定する。したがって、複層林施業型間伐法は二段林の造成には適していると考えられる。

#### 5) スギ、ヒノキ人工林の施業区分

千葉演習林のスギ、ヒノキ人工林は表5-1に示した通り61年生以上の高齢林の蓄積がスギ、約15万 $m^3$ 、ヒノキ4.1万 $m^3$ 、マツその他5千 $m^3$ の合計約19.6万 $m^3$ ある。

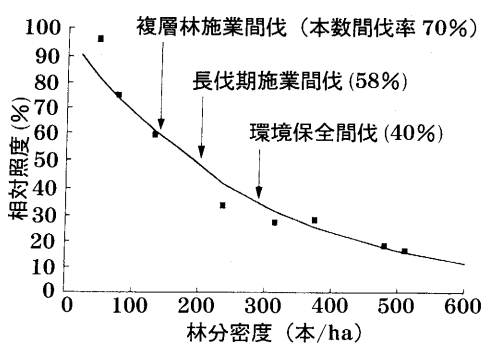


図5-1 高齢林の間伐後の立木本数と相対照度。

Fig. 5-1. Relationships between stocking and relative light intensity after thinning in old stands.

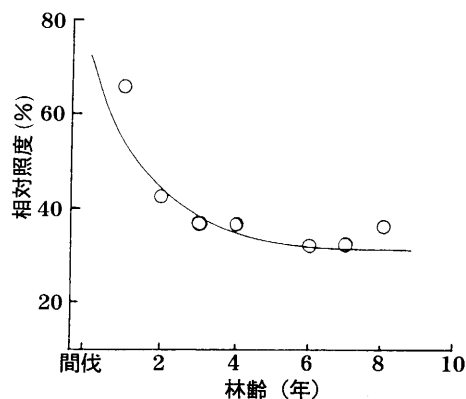


図5-2 間伐後の相対照度の経年変化 安藤原図。

Fig. 5-2. Change of relative light intensity after thinning over time.

この人工林の今後の経営方針として施業区分を次の4種類に区分し、各施業法ごとにそれぞれ特色をもった施業を実施する。

#### ①皆伐更新施業

皆伐更新は演習林発足当初からの基本方針であり、現在(11次試験研究計画)も継続されている。しかし、近年林業作業の担い手の激減、一般材の低迷等からこれまで実施されてきた皆伐更新を主体とした収穫方法を見直し、木材の付加価値をより高め、良質材の生産を目的とした長伐期施業を実施する。したがって、今後皆伐施業は極力ひかえ、学生実習、試験研究に利用できる最低限の皆伐量とする。皆伐更新の標準伐期齢は現行の80年生前後を継続する。

年間の皆伐面積は対象とする林分の状況、試験研究目的等により若干の変動はあるが2ha前後とする。この皆伐林分も、広範な試験研究に対応するため1林分2haでなく流域毎に1林分1haを理想とする。この皆伐地の選定は、最近の調査測定機器の多様化及び試験研究を円滑に遂行する上で林道に比較的近い林分を選定した。

#### ②長伐期大径材生産林

本施業地は地利級が最も悪い集約的な施業が不可能な地域を指定し優良大径材生産を目的として実施する。伐期は150年前後を想定し、その施業計画は60年生前後までは他の施業地と同様に管理を行うが、その後は間伐コストの軽減と間伐の回帰を考慮し、強度(本数間伐率40%以上)の収入間伐を行い、最終仕立て本数を300~400本/ha程度とする。

この施業は吉野地方において古くから行われている樽丸生産を行った施業法と似ているが相違する点は千葉演習林が既存の高齢林を対象としており、伐出コストの軽減を目的として比較的強度の間伐を行う点である。さらに、間伐面積は搬出コストの軽減を図るため一部1ha前後の小面積を含むが基本的に3ha以上まとまった林分について行う。したがって、今期の長伐期大径材生産林の実施面積は230haを目安とする。

#### ③非皆伐二段林施業地

本施業地は60年生前後までは他の施業地同様の管理を行い、60年生以降林分状況に応じ間伐を繰り返し80年生までに400本/ha前後とする。この80年生前後の間伐時に林床にスギ、ヒノキ苗木を植栽する。

下木の植栽本数は2,000本/ha前後の疎植とし、植栽木間の競争をできる限りさけ、それぞれの枝張りを確保する。樹下植栽後約20年経過し、上木が100年生前後に達した時点で検討し、林分状況によっては受光伐を兼ねて収入間伐を行う。この時点で上木の本数を200~300本/haとする。上木の間伐に伴い伐倒、搬出により多くの下木に損傷を及ぼすものと考えられる。この時点で下層の被害木の伐倒を行い下木の本数密度を600~700本/haとする。

その後、50年経過し、上木が150年生、下木が70年生前後に達した時点で上木の皆伐を行う。皆伐時に残存木となる下木に相当数の損傷被害を生じることを考慮し下木の間伐を行う。上木の収穫後、下木の残存本数は300~400本/haとし、林床に樹下植栽を行う。

本施業の対象面積は一部1ha前後の林分もあるが原則的に年間2ha前後を対象林分とし、やや林道に近く、地位中の林分を15ha程度計画した。

#### ④非皆伐複層林施業地(択伐施業地)

本施業地は林道に最も近い林分または搬出路を開設し車両系により搬出可能な林分を選定し、最も集約的な施業を目指す。本施業の特徴は随時収益が得られ、管理作業も集中することなく、

きめ細かい管理を行えることにある。

対象林分は林齢 60 年生前後までは通常の管理を行い、800~1,000本/ha 前後とし、その後、必要に応じ随時抜き切りを繰り返し、伐採跡地に苗木の植栽を行い複層林施業を行う。対象林分は林道、作業路周辺とするため全体的に一林分あたりの面積は小さい。亀ノ沢などの面積の広い林分は適地が必ずしも広くなく施業が可能な一部について本施業を実施する。

これら 4 種の施業方法以外に高齢林の過密林分を対象として、環境の保全を目的とした弱度の間伐法を導入する。この間伐法は林分状況等を観察しながら随時間伐するため、年間計画は立てない。

各年度の収穫予定数量はこれまでの実績、年間 3,000 m<sup>3</sup> を維持する。しかし、収入面では収穫材積が間伐材を主とするため収入減が予想される。この収入不足の点は環境保全型間伐で補う。

## II. 百年生スギ林分をモデルにした間伐方法の検討

本研究では森林を一時的に裸地化する皆伐施業を縮小し、間伐を多く実施する。林分によっては林床に苗木の植栽を行って生産性の向上を図るとともに、水資源の確保など環境面を考慮した非皆伐施業も検討した。まず、林地、林分に適した、施業法を検討するための間伐モデル林を設定してその現状を把握した。

次に各種間伐法を想定し、これらの間伐を実行した後の林況の変化と林分成長の予測を行った。そして、その結果をもとに高齢林の間伐法についての検討を行った。

### 1) 調査地と調査方法

間伐モデル林とした林分は、東京大学千葉演習林郷田倉 27 林班 C4 小班の 100 年生のスギ林分とした。面積は 1.1 ha で、地形は南西に面した 0~15° の比較的平坦地である。

100 年生時の平均樹高、平均胸高直径はそれぞれ 32.8 m, 46.8 cm であって、林分密度は 460 本/ha であった。

調査は 1975 年 3 月 (80 年生) に立木位置図を作成し、同時に胸高直径 (1.3 m 高) の毎木測定と標準木を設定し樹高測定を行った。1993 年 10 月 (100 年生) の調査時は樹高、胸高直径の毎木測定を行った。さらに、各個体ごとに幹の腐れ、曲がり、傷、樹冠の大小、樹冠の偏りなどの形質調査を行った。そして 1994 年 6 月に間伐モデル林内 80 箇所にて照度測定点を設け相対照度を測定した。相対照度の測定はミノルタカメラ社製、デジタル照度計 T-1M 型を用いた。

間伐方法としては前述した以下の 3 種類の方法による。

#### ①環境保全型間伐法

本間伐法は過密高齢林分を比較的低い間伐率により個体間競争を緩和し、枯損立木を減少させ、林床植生が繁茂する健全な林分に誘導することを目的とするものである。選木方法は幹に欠点のある個体と下層木を優先し、さらに、各立木間の成育競争による枯損の防止を目的として若干、樹間距離を広くするため優良木も含めて選木した。間伐率は立木本数の 40%、材積で 25% 前後とした。

#### ②長伐期施業型間伐法

本間伐法では長伐期施業を想定し、利用間伐を行いながら将来の大径良質材生産を目的としたもので、選木方法は環境保全型間伐法に加え幹や樹冠に異常のある個体を優先し、さらに、隣接する立木の樹冠に空間ができるように樹間距離を十分広くした。間伐率は立木本数の 60%、材積

の 40% 前後とした。

### ③複層林施業型間伐法

本間伐法は複層林施業を念頭においたもので、長伐期施業型間伐法より、さらに樹間距離を広くし、樹下植栽を行い下木の成育に必要な林内照度を維持することを目的とした。間伐率は立木本数の 70%、材積の 55% 前後とした。

以上 3 種の間伐法を想定したが長伐期施業と複層林施業型間伐法の林床に 3 年生苗木を植栽したと仮定し、その後 20 年間の成長予測を行った。

## 2) 予測方法

上記 3 種類の間伐法を適用した場合と無間伐の場合について、龍原 (Tatsuhara and Suzuki, 1993) のスギ二段林の成長予測方法を適用して対象地の 20 年後までの成長を予測した。なお、計算は 1 年ごとに行った。

以下予測方法、パラメータの値について概略を示す。対象地と樹高成長がほぼ等しい郷台 1 号試験地の樹高測定資料から樹高成長曲線式のパラメータまた、材積成長式は次の式を用いた。

$$h = M(1 - L \exp(-kt)) \quad (1)$$

$h$ : 樹高,  $t$ : 林齢

を求め、 $M = 56.1$ ,  $L = 0.879$ ,  $K = 0.00669$  とした。

$$\Delta u = \frac{Au}{V} - bu^{2/3} \quad (2)$$

$$\Delta u = \frac{\alpha A V^\beta N^{1-\beta}}{\sum u^n} u^n - bu^{2/3} \quad (3)$$

$u$ : 単木材積 ·  $V$ : 林分材積  $N$ : 立木本数

すなわち、(2), (3) 式のパラメータ  $A$  の値は、千葉演習林のスギ成長測定試験地の資料に基づいて求めた式から本対象地では 37.1 とした。

$$A = 13.0(H40 - 0.6)0.364$$

$H40$ : 40 年時の樹高

(2), (3) 式のパラメータ  $b$ , (3) 式の  $\beta$  の値は龍原 (1992a, 1992b) がスギに関して求めた値 0.0305, 0.521 を用いた。(3) 式のパラメータ  $\alpha$  の値は間伐方法で異なってくる。この値は間伐前の林分材積を  $V_A$ , 間伐後の林分材積, 立木本数をそれぞれ  $V_B$ ,  $N_B$  とし、林分の最大材積木の材積を  $V_{\max}$  とし、次式から求める (龍原, 1993)。

$$\alpha = \frac{u_{\max}^{1-\beta} \sum u_A^\beta}{V_A^\beta N_A^{1-\beta} V_B}$$

## 3) 結果及び考察

### ①間伐モデル林における間伐の設定

間伐モデル林の被害木状況を表 5-2 に示す。優先的に間伐対象となる被害木は幹のクサレ木 4%, キズ 16.6%, 幹曲がり 12.5% で合計 33% 程であった。さらに樹幹上部で二又木 3.4%, 樹冠が小さい小径木は 5.3%, 林縁に林衣として残された枝下の低い木は 3% と全体の 45% の立木に何らかの異常が認められた。健全木は 55% であり、そのうち 25% は残存立木に隣接しているため、それぞれの間伐法により間伐対象木となる。

各間伐法ごとの選木理由別本数を図 5-3 に示す。最も間伐率の低い環境保全型間伐法の対象木

は幹にキズのあるものが最も多く、次が幹に曲がりをもつものであって、さらに、優良個体が隣接している場合に樹間距離を広くするためどちらか一方を間伐対象木とする。この隣接木として間伐対象となる木は約40本ほどになる。長伐期施業型間伐法と複層林施業型間伐法は環境保全型間伐法と同じ傾向であるが、残存木の樹間距離を考慮しているので隣接木としての間伐対象木が増加する。

次に間伐モデル林分の間伐前の林況と各間伐法ごとの間伐実施後における林況の予測値を表5-3に示した。100年生時における間伐前の林分密度は460本/haであり、80年生時に比べると20年間で約7%、34本減少した。この34本のうち優勢木3本と劣勢木5本、合計8本が90年生時に伐倒処分されている。80年生時の蓄積は845 m<sup>3</sup>/haで、これが20年間に306 m<sup>3</sup>/ha増加し、100年生時に1,151 m<sup>3</sup>/haになった。100年生時の平均樹高は約32 m、平均胸高直径は約47 cmであり、80年生時に比べ、それぞれ4.4 m、5.5 cmの成長量であった。この100年生林分に対し環境保全型間伐を実施する場合、間伐後の林分密度は279本/ha、蓄積は約25%減少し859 m<sup>3</sup>/haになる。

長伐期施業型間伐法では本数が195本/ha、蓄積は660 m<sup>3</sup>/ha、複層林施業型間伐法では、それぞれ139本/ha、514 m<sup>3</sup>/haになる。

間伐前の平均樹高は各間伐法間の差が少なく、間伐後は32.7 m前後となる。平均胸高直径は

表 5-2 間伐モデル林における被害別本数

Table 5-2. Number of trees by kinds of damage in the stand to be thinned

被害項目	本数 (本)	被害率 (%)
腐れ	20	4.0
傷	84	16.6
曲がり	63	12.5
二又	17	3.4
小径木	27	5.3
枝下低	15	3.0
隣接木	127	25.1
健全木	153	30.2

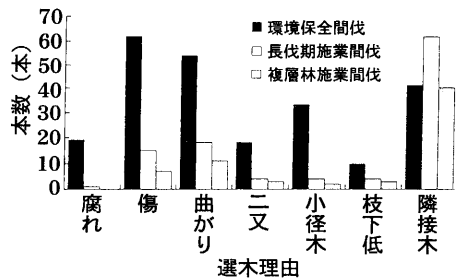


図 5-3 選木理由別本数分布。

Fig. 5-3. Frequencies of reasons for selecting trees to be thinned.

表 5-3 間伐前後の林分状況

Table 5-3. Conditions just before and after thinning

間伐法	本数		材積		平均樹高 (m)	平均直径 (cm)	平均幹距 (m)	sr
	本/ha	間伐率	m <sup>3</sup> /ha	間伐率				
80年生時	494	—	845	—	27.4	41.3	4.5	16
100年生時	460	—	1,151	—	31.8	46.8	4.7	15
保全間伐	間伐前	—	—	—	—	—	—	—
	間伐後	279	39.5	292	25.4	30.5	38.7	—
長伐期間伐	間伐前	—	—	—	—	—	—	—
	間伐後	195	57.9	491	42.7	31.0	40.9	—
複層林間伐	間伐前	—	—	—	—	—	—	—
	間伐後	139	70.0	637	55.3	31.2	42.3	—

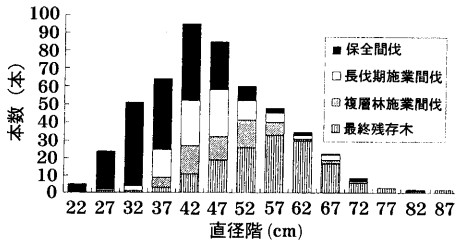


図 5-4 間伐法の違いによる直径階別本数分布.

Fig. 5-4. Diameter distribution by thinning methods.

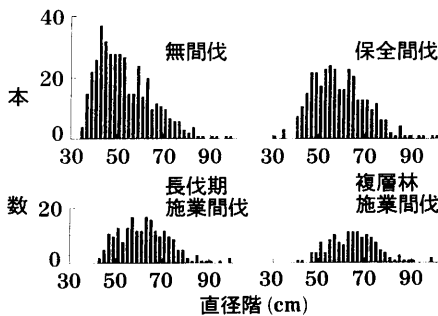


図 5-5 間伐モデル林の 120 年生時の直径階別本数予測.

Fig. 5-5. Prediction of diameter distributions in the stand at the age of 120.

仮定し、120 年生までの成長を予測した。120 年生時の各間伐法別直径階別本数を図 5-5 に示す。無間伐の場合は最小直径階 35~50 cm 前後までの低い直径階の立木本数が多く L 字型の分布を示す。環境保全型間伐法では 56 cm 前後に多く、やや低い直径階に偏りが見られるが、長伐期施業型と複層林施業型間伐法は 50 cm 前後から 80 cm 前後までの直径階に多く分布する。

120 年生時までの 20 年間の平均胸高直径、樹高、胸高断面積合計、林分材積の成長経過を図 5-6 に示す。各間伐法別に 20 年間の推移を比較すると平均樹高は無間伐が他の間伐法よりやや低く、各間伐法間では差が認められない。このことは比較的平坦地であることから林分全体の樹高が 28~35 m とバラツキが少ないためである。

胸高断面積合計は無間伐の場合、自然枯損を生じるため、85 m<sup>2</sup>/ha とほとんど横ばいであり、モデル計算によれば、この値が ha あたりの断面積の上限であると考えられる。間伐率の低い環境保全型間伐の断面積合計に最も高い増加傾向が認められる。一般的に人工林の間伐を行った場合、断面積合計は枯損木を生じる最多密度限界まで増加するが限界に達すると林分成長量と枯損量が一定の値になるものと推測できる。この林分の間伐前の胸高断面積合計はすでに上限に達していると考えられる。

林分材積は断面積合計とほぼ同じ成長傾向であり、無間伐は 100 年生時 1,150 m<sup>3</sup>/ha、120 年

間伐率の高い間伐法ほど大きく、複層林施業型間伐法は間伐前に比べ 10 cm 程大きくなる。平均幹距は間伐前の 4.7 m に対し、間伐率が高くなるにともない 1.2~1.3 m 広がり、最も間伐率の高い複層林施業型間伐法は 8.5 m となる。相対幹距比 (Sr) は無間伐の場合 100 年生時と 120 年生時とも 15 で変わらない。環境保全型間伐は間伐後が 18 で 20 年経過すると 17 となりその他間伐率の高い施業法ほど値が減少し複層林施業法は 26 が 23 となった。

各間伐法ごとの直径階別本数分布の変化を図 5-4 に示す。間伐前の直径階は 22~87 cm に分布し、42 cm の直径階の木が最も多い。環境保全型間伐法による間伐は 47 cm 以下の直径階が多く、間伐後は 47 cm の直径階の木を頂点に高い方に多くなる。長伐期施業型間伐法と複層林施業型間伐法の実施後はそれぞれ 52 cm と 57 cm を頂点として正規分布に近くなる。

以上の 3 種の間伐強度は、いずれも残存木と間伐木の平均直径の比が 0.75 前後であって、安藤 (1968) の報告によると強度の下層間伐に該当する。

## ②間伐モデル林の成長予測

100 年生のモデル林分に各間伐法を実施したと



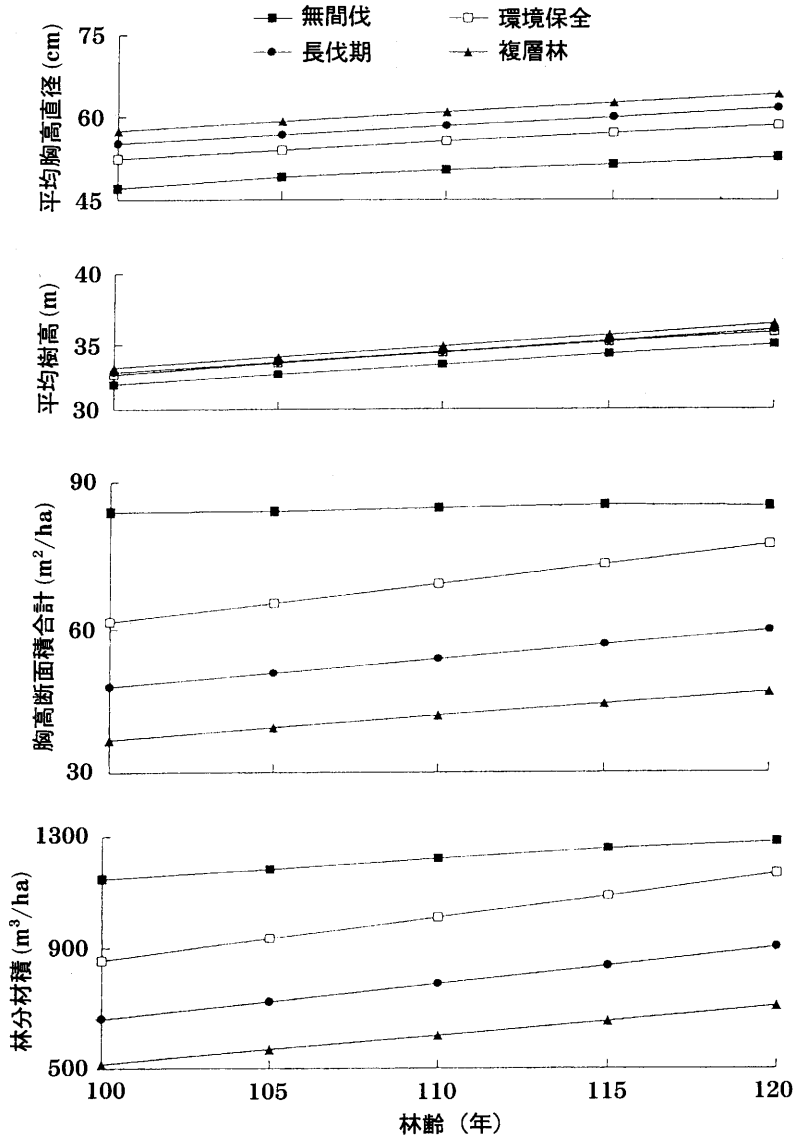


図 5-6 上木の成長予測.

Fig. 5-6. Growth prediction of overstory trees.

生時に 1,280 m<sup>3</sup>/ha と 20 年間に約 100 m<sup>3</sup>/ha 増加する。最も材積増加量の多い環境保全型間伐法は 20 年間に 300 m<sup>3</sup>/ha の増加となり、120 年生時は無間伐にほぼ近い蓄積となる。

間伐モデル林における 80~100 年生までの枯損本数は 49 本/ha、年平均枯損本数は 2.5 本/ha、100~120 年生までの 20 年間の枯損予測本数は 86 本/ha、年平均枯損予測本数は 4.3 本/ha となる。この予測結果から千葉演習林の高齢林全体 (約 400 ha) の枯損予測本数を算出すると 80~100 年生までの年平均枯損予測本数は 978 本、120 年生までは 1,681 本/年となる。

このモデル林分の枯損予測本数を千葉演習林内のスギ固定試験地（約90年生林分）における60年生から85年生までの25年間の枯損本数と比較した。スギ固定試験地は55年生前後まで間伐が行われ、その後は全く行われていない5林分を対象とした。この固定試験地の1991年時における成長の悪い林分は、平均樹高20m、平均胸高直径27cmであって、良い林分はそれぞれ29m、46cmである。このように地位による違いが大きく、林分密度も750本～1,200本/haと開きがある。固定試験地での25年間の枯損本数は林分によって相違があり150～210本/ha程であって、年平均枯損本数は6～8本/haとなる。この枯損本数を本演習林の61年生以上の高齢林面積約400haに換算すると年平均2,400～3,200本枯損することになる。この固定試験地と間伐モデル林分の枯損本数の相違は地位と林分密度の違いによるものと思われる。

### ③間伐モデル林内の相対照度

本演習林における80年生前後の高齢林の林内相対照度は3～5%の林分が多い。筆者らは高齢林の間伐地8箇所を対象に間伐直後の相対照度を測定した（鈴木, 1983; 鈴木ら, 1984）。間伐後の立木本数と相対照度は先に図5-1に示した。林分密度と相対照度の関係は、間伐前の値が、林分密度460本/ha、相対照度7.4%であって、環境保全型間伐の実施後は林分密度279本/ha、相対照度約35%と予測できる。この相対照度30%前後の林分内に下木植栽を行った場合、年数の経過とともに照度が低下し5年目頃から極端に成長が低下する。さらに、8年生前後に樹高3m前後となるが傘型の樹形となり、受光伐を行わない限り下木の成長は望めない（鈴木ら, 1987a）。長伐期施業型間伐は林分密度195本/ha、相対照度50%と推定できる。本間伐法は下木植栽が可能な明るさといえる。

間伐率の最も高い複層林施業型間伐法は林分密度139本/ha、林内相対照度が約60%となる。したがって、千葉演習林に造成されている30年生のスギ二段林（上木密度150本/ha）の成育状況（鈴木ら, 1990）から、二段林造成に対応できる間伐法である。

### ④樹下植栽木の成長

長伐期施業型間伐法と複層林施業型間伐法については下木植栽を行ったと仮定し、20年間の成長を予測し図5-7に示した。長伐期施業型間伐法の下木の成長は平均直径、平均樹高とも普通造林地の約30%前後の成長量と低く、植栽後20年を経過すると光不足により10%程の枯損木を生じる。スギを被陰下に植栽した場合、植栽初期の成長は相対照度70～80%が最も良く、10%で梢端枯れを生ずる（安藤, 1985）とされているが、この報告は植栽初期の成長であって20年生前後になると下木間の成育競争等により枯損を多く生じることが予測される。したがって、本モデル林では下木が20～30年生に達すると上層木の枝打ちや受光伐を行う必要がある。複層林施業型間伐法は20年生時の平均樹高、平均直径とも普通造林地の60%前後の成長をしており、光不足等による枯損も無く、比較的安定した成長を示す。

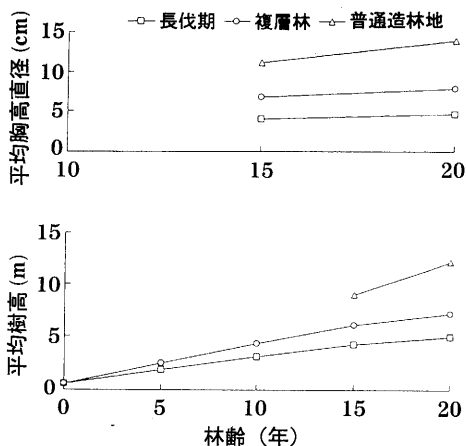


図5-7 下木の成長予測.

Fig. 5-7. Growth prediction of understory trees.

### III. 第 11 次試験研究計画における人工林の労務計画

保育に関する過去の実績は第 1 章で述べた通りであるが、今後長伐期、二段林等を導入することによって、労務計画の大幅な見直しと変更が必要となる。

本章ではこれまでに述べてきた、長伐期、二段林造成等を実施した場合、今後の主な作業量を予測し、労務計画を検討した。

#### 1) 現存林分の保育管理

非皆伐施業を導入する事によって、一斉皆伐面積の縮小にともない、今後、皆伐地の保育管理に要する人数は大幅に減少する。一方、二段林施業を実施することにより、きめ細かな管理が必要となってくる。しかし、当面は二段林施業地の管理は少ない。したがって、これらの人員によって第 10 次試験研究計画に造成された人工林の保育管理を行う。とくに、下刈りから保育間伐にいたるまでの作業量は現有勢力では消化できない状態であるため、個々の林分を検討し現状でできる範囲の林分を見極め 11 次試験研究計画中に整理する。そして 12 次試験研究計画から本施業法の保育管理を実行する。

#### 2) 各施業法導入後の保育管理計画

複層林施業は年度計画がなく、随時必要に応じて実施するため、当面の労務計画は立てない。これまで述べた各施業法を実施した場合、当面の保育管理計画は少なく、第 10 次試験研究計画の保育管理を継続する。

複層林施業を除く他の 4 施業法については各作業別の単位面積あたりに要する人数等を検討し表 5-4 に示した。

皆伐施業地における再造林の植栽本数は 3,300 本/ha とした。他の各作業の人数は過去の実績を基準として計画した。環境保全型間伐法と長伐期施業型間伐法は間伐地の決定と周囲測量のみで、下木の植栽は行わないため間伐後の労力は必要としない。

二段林施業型間伐法の保育は皆伐施業とほぼ同様であるが、地拵え作業と下刈り作業は原則として実施しない方針である。

二段林施業地の下木の植栽本数は 2,000 本/ha とするため、植栽に要する人数は皆伐地に比べ 10 人ほど少ない。

つる切り、除伐は植栽後 8~10 年目を目途として行う。

#### 3) 各施業法導入後の収穫に関する労務計画

収穫に要する各作業別人数を表 5-5 に示した。

各施業法を実施するにあたり施業法ごとの林分を設定する。収穫調査にかかる調査班の編成は皆伐の場合従来通り 4 人 1 組、間伐は 6 人編成とする。間伐調査で重要なことは間伐木の選木である。したがって、これまでの班編成に選木要員を 1 名増加する。樹高測定は対象林分中、数本測高器で計りその高さの木を基準として選木者が目測により全木測定する。

材の搬出方法は基本的に架線法により行う。その搬出路線の設定、測量は皆伐施業と二段林施

表 5-4 施業法別保育計画 (人/ha)  
Table 5-4. Tending plan by the silvicultural systems

保育項目	皆伐 施業	保全 間伐	長伐期 施業	二段林 施業
面積測量	2	2	2	2
地拵え	42	—	—	—
苗木運搬	3	—	—	2
植付	33	—	—	20
下刈	11	—	—	—
蔓切除伐	32	—	—	12
枝打 (第 1 回)	30	—	—	15
” (第 2 回)	40	—	—	20
保育間伐	13	—	—	—

表 5-5 収穫に関する労務計画 (人/ha)  
Table 5-5. Labor plan for harvesting

保育項目	皆伐 施業	保全 間伐	長伐期 施業	二段林 施業	摘要
現地設定	1	1	1	1	人/物件
収穫調査	20	15	15	15	人/ha
路線測量	5	10	10	5	人/物件
現地説明	2	2	2	2	人/物件
伐根調査	—	3	5	5	人/ha

業の両施業地とも比較的地利級がよいことから 1 林分 5 人程度とした。しかし、環境保全型間伐施業地と長伐期施業地は搬出路が長くなるため、10 人ほどを見込み計画した。

伐根調査は皆伐の場合必要としないが、間伐は誤伐等がなく適正に行われたか否かを検査するため行う。調査方法は伐根の極印を確認し極印を押す作業であるが、枝葉等の堆積により比較的困難な作業である。したがって、今後間伐

量が増加することによりこの作業を検討し改善する必要がある。

#### 4) 第 11 次試験研究計画の植伐に関する労務計画

第 11 次試験研究計画に計画した各施業法ごとの林分数と対象面積は、皆伐施業地 18 林分 28 ha、長伐期施業地 22 林分 126 ha、二段林施業地 9 林分 16 ha、さらに、年度の計画はないが環境保全型間伐と複層林施業型間伐を計画した。

つる切り、除伐は 8 年生を目的に実施することとし、とくに、二段林施業地は下刈りを行わないことにしているため、つる切りと雑木の除伐を皆伐地と同じ 8 年生前後に行う。

保育作業のうち、枝打ち、間伐を計画しているが、枝打ち開始年度が 10 年生前後から、間伐は 20~25 年生であるため、第 12 次試験研究計画以降の作業になる。

以上のことから第 11 次試験研究計画の植伐に関する労務計画は主伐面積をこれまでの約 50% 以下にしたため、各種作業に必要な人数が大幅に減少する。各施業法が定着する第 11 次試験研究計画後半はこれまでの主伐に要した約 80% 前後の人数で施業が遂行できる。しかし、この労務計画には気象被害等の自然災害に対する対応が考慮されていない。とくに、二段林、複層林は根系の発達が悪く、形状比も高い、このような下木は曲がり、根倒れを生じ易い。

千葉演習林は気候が温暖なため降雪が極めて少ないが、数年に 1 度は 20~30 cm の降雪がある。雪質は湿雪の為重く、降雪が僅かでも植林地に被害を及ぼすことがある。したがって、二段林造成地は降雪後、巡回を行い、曲がり、根倒れのある林分に対しては早急 (5 月頃まで) に雪起こしを行う。

第 11 次試験研究計画の枝打ち、間伐は 10 次以前に植栽された林分を主として行い、11 次試験研究計画中に完了し、12 次試験研究計画からは本計画による施業法の保育管理を行う。

#### IV. まとめ

千葉演習林の人工林面積のうち林齢が 61 年生以上の伐期に達した高齢林が約 50%、400 ha 余りを有する。しかし、これら的高齢林の大半が過密林分であり、利用可能な木材資源が単純に計算しても年間 1,000 本以上にもおよぶ自然枯損を生じていると推定できる。この枯損立木の有効利用を含め、健全な林分の造成を目的とする高齢林の施業方法を検討した。本モデル林分は地利条件のよいところに位置しているため、複層林の造成についても同時に検討した。さらに各施業法を導入した場合、第 11 次試験研究計画における労務計画も検討した。

## 総 括

千葉演習林の施業実験林の経営は高林作業級、中林作業級、低林作業級の3作業級の経営方針によって行われてきたが、1965年以降、国内の高度経済成長によって、国外産材の輸入、ガス、石油等の普及により低質広葉樹の需要が激減し、経営的に不可能となった。しかし、近年これらの森林も地球的規模の環境問題が社会的に大きく取り上げられてきたことにより、本演習林の低質針葉・広葉樹林も大気浄化等環境保全機能の面で益々重要性を増し、高く評価されている。

本論文は上記3作業級のうち経済林としての高林作業級（スギ・ヒノキ人工林）を対象として、今後の施業方針を経営面から検討し、今後、増加すると予想される高齡林に対し、複層林などの新たな施業方法の確立を図った。

第1章では千葉演習林の創設前後から今日に至るまでの約100年間の変遷をまとめ、これまでの研究成果を基調として今後の人工林経営における課題をまとめた。

演習林創設以降1950年前後までの約50年間は、天然林からスギ・ヒノキ一斉林に林種転換が多く行われた時代であって、立木の売り払い処分量はきわめて少なかった。創設以降植林した人工林が伐期に達した1950年頃からは造林面積が減少し、伐採量が増加した。それに伴い収穫規整法も面積平分法から齡級法を採用するに至った。その後、伐期に達した高齡林の増加にともない1970年頃に長伐期施業法が提案され、皆伐面積も年間6ha前後で推移してきた。また、大径良質材生産を目的とした長伐期施業が定着し、高齡林の間伐が進むと同時に複層林施業が試験的に実施され、第11次試験研究計画ではこれらの施業が取り入れられる基礎的研究となった。

第2章では前述の長伐期施業、複層林施業の基本方針、定義、利点、問題点を取り上げ検討した。

複層林の造成には問題点も多くあるが、これらの施業法は非皆伐のため、林地の裸地化を防ぎ表土の流亡を防止し、地力の減退を緩和する。さらに、公益的機能の面では水源涵養機能の発揮、風致景観の維持等利点も大きい。経営面においても一斉皆伐林に比べ間伐材によって中間収益を得ながら、上木の優良大径材生産と緻密な年輪幅をもつ下木の生産が可能となる。これらの利点の反面、間伐には高度な伐倒・搬出技術が要求されることと、さらに、間伐材のコストが割高となるなどの欠点もある。また、場所によっては、残存立木への損傷が大きく、地表の攪乱や残存立木に対し各種気象被害等も考えられる。これらは十分な経験と細心の注意をもって施業することにより、ある程度危険を回避できる問題である。

第3章ではこれまで千葉演習林で行ってきた二段林（複層林）の実験結果を解析し、今後の人工林施業を検討する基礎資料とした。各実験林はおおまかに次の4種類に区分することができる。

- 1) 1928年に水源涵養林を目的として造成された複層林。
- 2) 1936年の雨水被害跡地の復旧を目的として造成された複層林。
- 3) 1966年に保残木作業試験林として上層木の密度を変えて造成された複層林。
- 4) 1970年代後半に長伐期施業が導入され、その間伐跡地に植栽した複層林。

以上4種の複層林の内、水源涵養林の造成を目的とした林分と、雨水被害跡地の復旧を目的とした2林分の施業は結果的に失敗した。この失敗した最も大きい要因は二段林施業が試験的に立案、実行されたため、経営案に位置づけがされていなかったことであった。その結果立案者の転

勤、退職等により、その後の管理が適切に行われず失敗したものと考えられる。森林経営のサイクルは、長年月を要するため複層林施業を成功させるためには、経営案の中に明確な位置づけをして、基礎研究を充分に行い、持続的、確実に施業管理をしてゆくことが不可欠だという結論をえた。この意味で失敗した上記2林分は今後の二段林、複層林造成を行うに当たって非常に参考になる試験林である。

上層木の密度を変えて実施した保残木作業林は150本/haの上木密度でも地上部現存量は皆伐地の約40%ほどに低下するが、樹高、胸高直径は比較的差が少なく、現在、二段林として成林している。この試験林は今後二段林の研究を進める上で重要な参考林となる。

1980年に造成した間伐率の低い林分の下木は3~5年生の時点で成長が低下し二段林造成は無理である事が明らかとなった。間伐率の高かった林分も現在、15年を経過したが早急に再開伐を行い、下木維持のために林内光を高める必要がある。

第4章では二段林等の各施業を新たに施業実験林に導入するにあたり、千葉演習林の75年間にわたる成長測定試験地の資料を基にその成長経過を林分密度と関連させながら解析した。

樹高、直径成長は地位による影響が大きいことは明らかであるが直径成長は林分密度に影響される。したがって、高齢林では林分構造を観察し間伐適期の判定、間伐率の決定をすることは重要である。

次に上木の林齢が500年生以上と推定される超高齢複層林の林分解析を行った。本林分は長い年月生存しているため根元部分に空洞、腐れが多く、全本数の38%もあった。この原因は明らかでないが林分密度が約83本/haと少ないことから過去数回の間伐が繰り返され、その時の損傷によるものと推測された。1983年に3本伐倒された樹木の成長解析をした結果、近年、樹高成長はほとんど認められなかったが直径成長は若干認められた。

この複層林の上木の胸高断面積合計は83 m<sup>2</sup>/haであった。この値は千葉演習林のスギ高齢林の胸高断面積合計とほぼ一致していることから、スギ林分の単位面積あたりの胸高断面積合計はこの程度が上限値であると推測された。この超高齢複層林の下木の平均樹高は15 m、平均胸高直径が19 cmで形状比は雪害等に強いとされている60~100の範囲に80%の立木が含まれていた。この結果から、この林分は比較的健全な複層林と判断された。

第5章ではスギ、ヒノキ高齢林の施業方法を検討し、今後の施業法を確立した。今後の主な人工林施業法として、皆伐主体から間伐主体に施業方法を変更し、次の4種の施業法を適用し実施することとした。

- 1) 皆伐更新施業法
- 2) 長伐期施業型間伐法（長伐期大径材生産林）
- 3) 長伐期二段林施業法（非皆伐二段林施業地）
- 4) 複層林施業型間伐法（択伐施業地）

これらの各施業法を導入するにあたっては、その管理方法等を明確にし業務の一環として施業計画に位置づけをすることが必要である。それと同時に施業実施ではきめ細かな注意と管理が重要となる。また林道網の整備充実と複層林への認識を長年持続することも重要である。

千葉演習林では過去の貴重な経験と研究成果を生かし、現存する高齢人工林の経営を行うことが現在緊急の課題となっている。

今後の経営方針として、皆伐更新林分は、80年生前後の林分を対象として、学生実習、各種試

験研究遂行上必要な最低限度の面積とし、長伐期施業林は集約的な施業が不可能な場所の林分を指定し、優良大径材生産を行うと同時に最大限の中間収益をあげることにした。対象林分の林齢は70～80年生とし、車道から遠距離にある林分を対象として、強度の間伐（本数間伐率60%）を実施し最終伐期齢を150年とする。

長伐期二段林施業は前述した通り、その施業目的、内容等を職員間に周知、徹底し、各世代に継承して行かなければ成功しない。

二段林造成地は当面80～90年生の比較的林道に近い林分を対象として年間2ha前後とした。

本施業法は全国各地に多くの成功例があるが、そのほとんどが私有林であると言われている。千葉演習林に於いても管理不十分により失敗した例もあるが、本研究によって二段林造成に一定の目途がついた。しかし、実行していく中で多くの弊害が生ずることも考えられる。このような場合、その都度検討改善し、よりよい施業法を確立することが必要である。

長伐期複層林施業法（択伐施業）に関しては、その目的を優良材の生産を主とし、注文に応じ単木的に売り払い処分することとする。これらの対象林分にはとくに、予備林の要素を持たせ、様々な要求に随時対応できる林分とする。そのためには林道沿いで車両系により搬出可能な林分を対象とし、面積は1ha未満の小面積とした。この林分では伐採・搬出跡地に数本の苗木を植栽し、二段林同様、きめ細かな管理を行うこととした。

上記4施業林分の対象外の高齢過密林については、環境保全型間伐法を適用することとして、健全な林分に誘導することを目的に、比較的弱度（本数間伐率40%前後）の間伐を実施する。とくに、年度、場所は指定せず、随時林分状況に応じて実行することとした。

これら、環境保全型間伐、長伐期施業型間伐、二段林施業型間伐の各間伐方法を林齢100年生のスギ林分をモデルに間伐候補木の選定を行った。さらに、各間伐法を実施するものと仮定して、上木と下木の20年間の成長予測を行って次のような結果をえた。環境保全型間伐方法は本数間伐率40%であるが間伐後20年目には無間伐の蓄積とほぼ同様になる。

長伐期施業型間伐法の実施直後の相対照度は下木の育成に充分な明るさであるが、20年生前後に達すると枯損が発生すると予測された。したがって、本方法は下木植栽後20年前後に受光伐か上木の枝打ちを行い、人為的に林内照度を高める必要がある。

二段林施業型間伐法を実施した場合、20年後の平均直径、平均樹高とも普通造林地の60%前後の成長をすると予測でき、枯損も生じなく比較的安定した成長経過を示した。

過去の経験と100年生林分をモデルとして上木と下木の成長予測を行ったことにより、二段林施業を実施する場合の間伐方法が明らかになった。さらに、今後二段林、複層林を造成して行くにあたり、千葉演習林内袖ノ木の二段林試験地と清澄寺所有の妙見山複層林は極めて貴重な参考林となることがわかった。

最後に、本施業計画を実施、継続するにあたって、早稲田氏の強調している、一斉皆伐施業から複層林施業への発想の転換を行うと同時に長伐期から複層林にいたる各施業法を千葉演習林の試験研究計画に経営方針として位置づけを行い、職員全員の理解と意識の向上を図ることが重要だと考える。

## 要 旨

本研究は人工林808haの内約50%を占める400haの高齢林を対象として実践的立場から

今後の経営方針を検討した。

まず、第1章では千葉演習林の森林経営の歴史を分析し、今後の課題を明らかにした。とくに、これまでの経営の主体は一斉皆伐再造林であったが、今後の林業経営の在り方として環境保全、林業従事者の減少等を考慮し非皆伐施業の導入を検討した。

第2章ではこれまで千葉演習林で行ってきた複層林造成の経緯をまとめ、複層林の利点、問題点を明らかにした。また、複層林の基本方針を作成し今後の長伐期複層林造成のための間伐方法を検討した。

第3章は1928年に造成された水源涵養林としての複層林と1966年に上層木の密度を異にした複層林及び1977年から実施した高齢林の利用間伐にともなう複層林造成試験林の調査結果を解析した。

第4章では千葉演習林の75年間にわたる成長測定試験地の資料を基にその成長経過を林分密度と関連させながら解析した。さらに、上木の林齢が400年生以上と推定される超高齢複層林の林分解析を行い今後の長伐期複層林施業を遂行する上での資料とした。

第5章ではこれらの間伐方針と実験結果を基に二段林造成等を実施した場合の林分成長、林内の明るさ等の変化を予測した。とくに、100年生スギ林分をモデルとして、無間伐を含め環境保全型間伐法(本数間伐率40%)、長伐期施業型間伐法(本数間伐率60%)、複層林施業型間伐法(本数間伐率70%)を実施したと仮定し120年生までの林分成長、林分変化を予測した。

これらの結果をもとに第11次試験研究計画では次のような4種類の施業法を高林作業級において実施することとした。

- (1) 皆伐施業、(2) 長伐期施業、(3) 二段林施業、(4) 複層林施業

上記施業法に該当しない高齢林分に対しては、随時環境保全型間伐を行う。

皆伐施業を行う林分は80年生前後とし、対象面積は学生実習、研究利用に供する最小限の2ha/年前後とする。また、最近の測定機器の多様化等から林道に比較的近い林分を対象とする。

長伐期施業林分は林道から遠く集約的な施業の不可能な地域を選定し、強度の間伐を行い最大限の収益を得、残存立木の径大化を図る。対象面積は搬出コストの軽減を図るため3ha以上の林分とする。

二段林施業林分は林道から比較的近い林分を対象とし面積は2ha/年前後とする。林齢は80年生以上の高齢林を対象とし、二段林造成時に強度の間伐(本数間伐率70%)を行い林床にスギ、ヒノキ苗木を植栽する。下木の植栽密度は2,000本/haの疎植とし、植栽木の競争を避ける。

複層林施業地は林道に最も近い林分または搬出路を開設し車両系による搬出可能な林分とし最も集約的な施業を行う。

第11次試験研究計画にこれらの施業法を取り入れるに当たり、人工林の植伐に関する労務計画を検討した。

キーワード：高齢林、間伐、長伐期施業、複層林施業、試験研究計画

## 引用文献

- 荒木真之：ヒノキ林における光質問題と間伐の関係，日林関東支論，37，77-78，1986。  
浅川澄彦：林木の成長と光質，林業技術，387，6-9，1974。



- 安藤 貴：密度管理，農林出版，東京，27，1968。
- 安藤 貴：林内の光環境と庇陰下における林木の成長，現代林業，12，58-65，1972。
- 安藤 貴：スギ・ヒノキの複層林施業，林試研報，259，2-4，1973。
- 安藤 貴・竹内邦雄・宮本倫仁・桜井尚武：スギ・ヒノキ二段林上木間伐試験地の林分生長，林試研報，323，182-189，1983。
- 安藤 貴：単層林から複層林への移行—スギ，ヒノキ林内更新技術の基礎—，山林，1197，4-10，1984a。
- 安藤 貴：林学基礎講座—林内の光環境と庇陰下における林木の成長—，現代林業，12，58-65，1984b。
- 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，林業科学振興所，79，3，1985。
- Ford-Robertson, F. C.: The terminology of forestscience, technology, practice and products, Society of American Foresters, Washington D.C., 349, 1971.
- 蜂屋欣二：見直される非皆伐施業—二段林施業の問題点など—，林経協月報，215，8-15，1979。
- 堀部清武：複層林施業について，蒼林，3，4-6，秋田営林局，1985。
- 藤森隆郎：複層林施業問題検討のポイント—スギとヒノキ—，林業技術，448，6-11，1979。
- 藤森隆郎：複層林の生態と取扱い，わかりやすい林業研究解説シリーズ，林業科学振興所，93，4-5，1989。
- 河原輝彦：非皆伐施業に関する研究 (II)—非陰とりやめ1年後のスギとヒノキの苗の成長—，日林関西支部講演集，30，107-109，1979。
- 河原輝彦：人工庇陰下の植栽木と樹下植栽木の生長比較，林試研報，323，133-134，1983。
- 河原輝彦・鈴木健敬・斎藤勝郎：人工庇陰がスギ，ヒノキの生長に及ぼす影響，林試研報，323，135-138，1983。
- 中村賢太郎：林業百科辞典，丸善，990-991，1971。
- 根岸賢一郎・鈴木 誠・佐倉詔夫・丹下 健・鈴木貞夫・斯波義宏：スギ幼齡林における地上部現存量の経年変化，東大演報，78，31-57，1988。
- 大橋慶三郎：超集約林業のすすめ，森林，23，48-50，1990。
- 尾方信夫・上中作次郎：ヒノキ樹下植栽苗の陰湿害，林試研報，323，123，1983。
- 大場貞夫・浅沼辰吾・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。
- 坂口勝美：林業技術の過去・現在及び将来の展望 (IX)—複層林経営の考え方—(その1)，林経協月報，293，2-7，1986。
- 吉田正男：理論森林経理学，成美堂書店，171-173，1935。
- Sasaki, S. and Mori, T.: Growth responses of dipterocarp seedlings to light, The Malaysian Forester, 44, 319-345, 1981.
- 島崎洋路：高密スギ林分の取扱いについて，信州大演報，20，15，1983。
- 森林経理学研究室・千葉演習林：清澄寺妙見山スギ超高齡林調査報告，54，1984。
- スリーエム研究会：間伐と枝打ちの実際，48-49，1978。
- 鈴木 誠：非皆伐施業地における二段林造成に関する研究 (I)—非皆伐林分の現状—，日林関東支論，33，33-34，1981。
- 鈴木 誠：非皆伐二段林造成に関する研究 (III)—下木の生長—，日林論，94，405-406，1983。
- 鈴木 誠・粕谷伊佐義・高浜静子：非皆伐施業地における二段林造成に関する研究 (IV)—ヒノキ林内の下木の成育と枯損—，日林関東支論，35，83-84，1983。
- 鈴木 誠・高浜静子：非皆伐施業地における二段林造成に関する研究 (VI)—樹冠回復状態と下木の生長—，日林論，96，435-436，1985。
- 鈴木 誠・丹下 健・高浜静子：非皆伐施業地における二段林造成に関する研究 (VII)—被陰および土壌水分の違いとスギヒノキ苗木の生長—，日林論，97，253-254，1986a。
- 鈴木 誠・丹下 健・高浜静子：非皆伐施業地における二段林造成に関する研究 (VIII)—スギ・ヒノキ林内での苗木の生長—日林関東支論，38，63-64，1986b。
- 鈴木 誠・高浜静子・榎本 進：非皆伐施業地における二段林造成に関する研究 (X)—樹下植栽後8年目のスギヒノキの形態—，日林関東支論，39，49-50，1987a。
- 鈴木 誠・丹下 健・鈴木貞夫：非皆伐施業地における二段林造成に関する研究 (IX)—伐倒，集材による残存立木の損傷—，日林論，98，321-324，1987b。
- 鈴木 誠・鈴木 保・鶴田 好・高浜静子：非皆伐施業地における二段林造成に関する研究 (XI)—上層木の密度の違いと下木の現存量—，日林論，101，55-56，1990。
- 鈴木 誠・鶴田 好・鈴木 保・高浜静子：非皆伐施業地における二段林造成に関する研究 (V)—低照度下でのスギ，ヒノキクローン苗木の成長—，日林関東支論，36，45-48，1984。
- 鈴木 誠・龍原 哲・南雲秀次郎：スギ二段林下木の成長—低密度の上木による庇陰が下木の成長に与える

- 影響一, 日林誌, **98**, 50-56, 1996.
- 鈴木貞夫・鈴木 保: 千葉演習林における間伐方法の検討, 東大演習林試験研究会議報告, 31-35, 1986.
- 鈴木太七: いわゆる複層林に施業に反対する, 森林, **27**, 63-64, 1992.
- 竹原秀雄: 皆伐・非皆伐, 森林, **24**, 土井林学振興会, 9-11, 1991.
- 竹内公男・長谷川 茂: 千葉演習林における林分生長資料, 演習林 (東大), **19**, 69-174, 1975.
- 玉井重信・堤 利夫: ヒノキ林内に樹下植栽したヒノキの生長について (I), 日林論, **88**, 223-224, 1977.
- 田中和博: スギ, ヒノキ人工林の長伐期施業に関する研究, 昭和 58 年度科研成果報告書, 79, 1984.
- 田中和博・白石則彦・鈴木 誠・南雲秀次郎: 南房総地域スギ超高齢林の林分構造の解析 (I)—スギ老齢大径木の幹形一, 日林論, **95**, 105-106, 1984a.
- 田中和博・澤山秀尚・石原 猛・山下重夫: 南房総地域スギ超高齢林の林分構造の解析 (II)—直径, 樹高曲線及び蓄積一, 日林論, **95**, 107-108, 1984b.
- 龍原 哲: 閉鎖した同齢単純林における林分および単木の成長, 日林誌, **74**, 28-36, 1992a.
- 龍原 哲: 若い同齢単純林における林分および単木の成長, 日林誌, **74**, 364-372, 1992b.
- 龍原 哲: 同齢単純林における材積成長と林冠の閉鎖との関係, 日林誌, **75**, 120-128, 1993.
- Tatsuhara, S. and Suzuki, M.: Modelling volume growth for two-storied sugi (*Cryptomeria japonica*) stands. *J. Jpn. For. Soc.*, **77**, 9-19, 1995.
- 丹下 健・山中征夫・鈴木 誠: スギ老齢人工林の生長と現存量, 演習林 (東大), **25**, 243-259, 1986.
- 千葉演習林: 千葉演習林経営案, 1897.
- 千葉演習林: 千葉演習林概要, 1933.
- 千葉演習林: 千葉演習林沿革史, 1990.
- 千葉演習林: 造林照査簿, 1990.
- 千葉演習林: 演習林視察案内, 1953.
- 土倉梅造: 吉野林業全書, 1983.
- 上中作次郎: ヒノキ複層林施業における受光伐の程度と更新樹の成長特性, 森林総研所報, **17**, 4-5, 1989.
- 早稲田 収: 複層林施業についての危惧と提言, 山林, **1265**, 17-22, 1989.
- 渡辺定元: 同齢複層林の造成, 森林, **24**, 土井林学振興会, 12-13, 1991.
- 渡辺資仲: 台風 14 号による清澄大スギの被害, 山林, **846**, 15-19, 1954.
- Yang, Y., Nagumo, H., Yao, Y., Ohsato, S., Lin, W., Tatsuhara, S., Lin, H. and Suzuki, M.: Comparison of the growth and development of *Cryptomeria* plantations in the Chiba Forest of the Tokyo University and the Experimental Forest of Taiwan University: the analyses of 70-year data from the permanent sample plots. *Proceedings of IUFRO international workshop on sustainable forest management*. 146-166, 1994.

(1997 年 10 月 31 日受付)

(1998 年 9 月 7 日受理)

### Summary

This paper is concerned with the future management policy of 400 ha of old plantation forest which occupies about 50% of the total plantation forest in the Chiba Forest.

Chapter 1 analyzed the history of forest management in the Chiba Forest and clarified future problems in forest management. Although coniferous plantations have generally been clear-cut, trying non-clear cut management was examined protect in order to the environment and cope with the decrease of forestry workers.

Chapter 2 clarified the advantages and problems of multi-storied forests on the basis of the history of establishing multi-storied forests in the Chiba Forest. Moreover, it prescribed the treatments for multi-storied forests and examined the thinning method needed to establish long-rotation multi-storied forests in the future.

Chapter 3 analyzed data on a multi-storied forest established in 1928 to conserve water resources, multi-storied forests with different overstory densities established in 1966, and experimental multi-storied forests established after thinning from old plantation forests since 1977.

Chapter 4 analyzed the growth process of experimental plots measured over 75 years

in the Chiba Forest. Furthermore, it analyzed very old multi-storied forests where over-story trees were estimated to be older than 400 years to consider future management of long-rotation multi-storied forests.

Chapter 5 predicted the growth of two-storied forests and the change of light intensity in the forests on the basis of the thinning prescription and the results of experiments. A thinning simulation showed the effects of thinning a 100-year-old sugi stand for protection of the environment (thinning rate of 40% of stocking), for long rotations (thinning rate of 60% of stocking), and for establishment of a multi-storied forest (thinning rate of 70% of stocking). The growth of the stand was predicted for 20 years, assuming that it would be thinned at these rates, or be unthinned.

Based on the results above, it was suggested that the following four silvicultural systems should be carried out in high forests during the eleventh working period; (1) clear cutting system, (2) long rotation system, (3) two-storied forest system and (4) multi-storied forest system; and old forests, to which the methods above will not be applied, should be thinned for protection of the environment if necessary.

The clear-cutting age should be around 80 years and the clear-cutting area should be 2 ha per year, which is the minimum area for student practice and research on forest management. Stands near the road will be cut because measurement instruments have been diversified.

The long rotation system should be employed in stands far from the road and inapplicable to intensive treatment in order to get the maximum gain by intensive thinning and production of large logs from residual trees. The area for this silvicultural system should be 3 ha or more to reduce hauling costs.

The two-storied forest system should be used in stands near the road and area for this silvicultural system should be around 2 ha per year. In the system, stands older than 80 years should be thinned intensively (by thinning rate of 70% of the stocking) and sugi and hinoki seedlings should be planted under the stands by low density of 2,000 trees/ha to prevent them from competing.

The multi-storied forest system should be done in the stands next to the road or stands suitable for mechanized hauling with tower-yardes etc so on after constructing the forest roads because this silvicultural system is the most intensive one.

Finally, labor plans for planting and cutting were made to carry out these silvicultural systems in the eleventh working period.

**Key words:** Old-aged forest, Thinnig, Long rotation system, Multi-storied forest system, Working plan

# A Study on Recognition of Animals and Plants through Nature Observation

Yurie KAIZU

The focus of this study is placed on the “recognition process” of animals and plants by 7–18 year old children during nature observation. More than 1300 species were observed by 168 children. Primary school children observe less in diversity than high-school children, but at the same frequency. They prefer touchable species such as crabs and lizards. The reasons and factors of their recognition of particular species were analyzed and divided into four types and 14 sub-categories. The relationship between the characteristics of species and their ‘recognizability’ was presented as a ‘recognition model’. In general, animals are observed by its attractive features, while plants are observed by their background history or traditional values.

## Managerial Studies of Old Sugi and Hinoki Plantation —Experiments in the Management of Coniferous Plantations in the Tokyo University Forest in Chiba—

Makoto SUZUKI

This paper is concerned with the future management policy of old coniferous plantations in the Tokyo University Forest in Chiba. Firstly, future problems in forest management were clarified and multi-storied forests were considered the major target for solving the problems, secondly, data on experimental plots in old plantation forests including multi-storied forests were analyzed. Thirdly, the growth of two-storied forests and the change of light intensity in the forests were predicted. Finally, a working plan for the eleventh working period was produced and it was suggested that four silvicultural systems including a two-storied forest system and a multi-storied forest system should be employed in high forests.