

寒冷地帯におけるアカマツ-ヒノキ二層林*の 初期保育に関する研究

齋 藤 勝 郎⁽¹⁾

SAITO, Katsuro : Studies on Silvicultural Techniques at the Early Stages of
Growth Development of Two-storied Stands of *Pinus densiflora*
and *Chamaecyparis obtusa* in a Cold District, Japan

要 旨：東北地方においてアカマツの大径材とヒノキの小径材生産を目標としたアカマツ-ヒノキ二層林を造成するため、アカマツ林下にヒノキを植栽する樹下植栽試験地及びアカマツ皆伐跡地にヒノキを植栽し、その保育過程で侵入してきたアカマツ天然生稚樹を育成し、二層林に誘導するアカマツ・ヒノキ同時更新試験地をそれぞれ設定した。この二つの試験地において、13~15年間にわたり、植栽木の生育環境及び成長などを調査した。

アカマツ壮齢林の間伐時の林内相対照度は、およそ40~70%の範囲にあった。間伐9年後の林内相対照度は、間伐時より3~10%減少しただけで、その経年変化は小さかった。樹下植栽試験地の13生育期を経たヒノキの平均樹高は6.6~7.3mでアカマツ・ヒノキ同時更新試験地の15生育期を経たヒノキの平均樹高6.3~6.5mと同等以上であった。樹下植栽試験地の植生の再生量はアカマツ・ヒノキ同時更新試験地のそれに比べ30~60%少なく省力化に結びつくと考えられた。ヒノキの枯損をみると、樹下植栽試験地では枯損率が8.8%と低く、その内訳は活着不良が7.7%、寒風害が1.1%であった。これに対し、皆伐跡地に設定したアカマツ・ヒノキ同時更新試験地の枯損率は52.4%と高い値を示した。内訳は活着不良13.1%、胴枯型凍害33.7%、寒風害1.3%、雪害0.3%などで、植栽後4~5年までに発生した胴枯型凍害がその大部分を占めた。本地域のような寒冷地においては胴枯型凍害や寒風害のようないわゆる寒害は皆伐新植地におけるヒノキの不成績造林地の大きな原因であると考えられた。また、植生の再生量の多い同時更新試験地内に下刈り方法の異なる全刈区、筋刈区、交互刈区を設け、12生育期を経たヒノキの生育を調べた結果、下刈り作業を最も省力化した筋刈区（樹高3.7m、胸高直径3.3cm）で刈り残しの広葉樹の被圧によりヒノキの生育は極めて劣った。交互刈区（樹高5.1m、胸高直径6.3cm）では、下刈り回数が全刈区の半数にもかかわらず全刈区（樹高4.8m、胸高直径6.3cm）と同等以上の成長を示した。

目 次

| | | |
|-----|-------------|----|
| 1 | はじめに..... | 46 |
| 2 | 試験地の概要..... | 47 |
| 3 | 試験計画..... | 50 |
| 3.1 | 樹下植栽地..... | 50 |
| 3.2 | 同時更新地..... | 50 |
| 3.3 | 保育..... | 50 |

* 二層林は二段林ともいう。

| | | |
|-------|-------------------|----|
| 4 | 調査方法 | 50 |
| 4.1 | 相対照度の測定 | 50 |
| 4.2 | 生育調査 | 50 |
| 4.2.1 | ヒノキ | 50 |
| 4.2.2 | 天然更新したアカマツ | 51 |
| 4.3 | 雑草木の再生量調査 | 51 |
| 4.4 | ヒノキの枯損原因調査 | 51 |
| 4.5 | 下刈り方法を変えたヒノキの成長比較 | 51 |
| 5 | 結果と考察 | 51 |
| 5.1 | 林内相対照度の経年変化 | 51 |
| 5.2 | 生育調査 | 52 |
| 5.2.1 | 樹下植栽地のヒノキ | 52 |
| 5.2.2 | 同時更新地のヒノキ | 55 |
| 5.2.3 | 同時更新地のアカマツの更新と生育 | 56 |
| 5.3 | 雑草木の再生量 | 57 |
| 5.4 | ヒノキの枯損原因 | 57 |
| 5.5 | 下刈り方法を変えたヒノキの成長比較 | 60 |
| 6 | まとめ | 62 |
| | 引用文献 | 62 |

1 はじめに

我が国の主要な造林樹種であるヒノキは、寒さや雪などによる気象害を受けやすいことや、漏脂病が発生しやすいことなどから、福島県より北の東北地方ではあまり植林されていない。しかし、明治末期から大正にかけては、東北地方北部の国有林においてもヒノキが植林された実績がある。そして、成林した林分がある反面、かなりの不成績地も出たため、それ以後の植林はほとんど行われていない（瀧田，1934）。

近年、マツ材線虫病によるアカマツの枯損が東北地方にも発生し、北進の傾向があるため、アカマツに代わる樹種としてヒノキが見直され、1960年代にはわずかながら造林面積に増加のきざしがみえた。しかし、東北地方のヒノキ造林の可否については、これまでの調査研究の実績が乏しく、いまだに不明な点が多い。

山谷ら（1984）によれば、東北地方でも少雪地帯を中心にかなり良好な造林地が現存しており、樹高成長や材積成長も良好な例があるとされる。また、立地条件の厳しい東北地方でも適地を選び、混交二層林施業などによって適切な保育管理を実施すればヒノキ人工林の造成が可能であることが示唆されている（星野，1941；加藤・森，1974）。

著者らは、1975～1979年にかけて行われた林業試験場プロジェクト研究「人工林の非皆伐施業に関

する研究」の課題のもとに、アカマツの大径材とヒノキの小径材生産を目標に、アカマツ林を対象とした樹下植栽 (異齢二層林) 試験地及びアカマツ・ヒノキ同時更新 (同齢二層林) 試験地を設定した (齋藤・森, 1983)。この二つの試験地は、1990年秋の時点で試験開始後の経過年数が樹下植栽試験地では13年、アカマツ・ヒノキ同時更新試験地では15年となり、ほとんどの試験区において植栽木がうっ閉状態に達し、更新・保育の初期段階を終了した。この間、アカマツ・ヒノキ二層林造成の初期過程における様々な知見を得ることができ、その一部については、すでに発表してきたが (齋藤ほか, 1983 a, b, c; 1986 a, b; 齋藤ほか, 1987; 齋藤ほか, 1990)、本論文では、両試験地における保育管理と生育状況や気象害等との関係及びアカマツ・ヒノキ二層林造成における更新初期の問題点などを検討した。

試験地の設定、調査、維持管理など試験遂行にご協力をいただいた林業試験場東北支場 (現森林総合研究所東北支所) 造林第二研究室の井沼正之元室長と瀬川幸三元室長、元森林総合研究所東北支所育林技術研究室の森麻須夫氏、東北支所育林技術研究室佐藤昭敏氏と大住克博氏、東北支所土壌研究室の長谷川浩一氏に厚くお礼申しあげる。

この報告をまとめるに当たり、森林総合研究所生産技術部更新機構研究室長桜井尚武氏、森林総合研究所東北支所育林技術研究室長鈴木和次郎氏に適切なお助言とお指導をいただいた、深くお礼申しあげる。

2 試験地の概要

試験地は、岩手県岩手郡玉山村大字好摩にある森林総合研究所東北支所好摩実験林4林班内の海拔220~240mの丘陵地帯にある。当地域の気象条件を1971~1980年間の日本気象協会の資料で見ると、年平均気温が9.4℃、年降水量が1300mm程度である。周囲はアカマツ、カラマツの幼、壮齡人工林である。この付近一帯の土壌は岩手山の火山噴出による火山灰及び火山放出物が堆積した黒色土壌で、地表下10~25cmの部分には5~6cm程度のスコリヤの堆積層がみられる。

試験地の配置をFig. 1に示した。樹下植栽試験地 (以下樹下植栽地) は、Table 1に示すように、5プロットからなっている。試験地は、下記のアカマツ・ヒノキ同時更新試験地に隣接し、P-1は北斜面、P-2~5は南斜面であり、いずれも10度前後と傾斜は緩い。上木のアカマツ林は、1977年当時林齢62年の天然生林である。P-1は1935年頃、P-2は1941年頃にそれぞれ間伐が行われた林分で、成立本数が少ない。胸高直径は大きく、枝下高が約13mで樹冠は大きい。一方、P-3~5は無間伐のまま放置したと思われる密な林分で、枝下高が16m前後と高く樹冠は小さい。これらの林分の中でP-2~5について1977年に本数率で33~80%の間伐を行った (Table 1)。P-1は無間伐とした。なお、各プロットとも林内に広葉樹の小径木が多かったがすべて伐採した。

アカマツ・ヒノキ同時更新試験地 (以下同時更新地) は、北向きの緩斜面のアカマツ人工幼齡林 (1974年当時18年生) を皆伐した跡地に設けた。

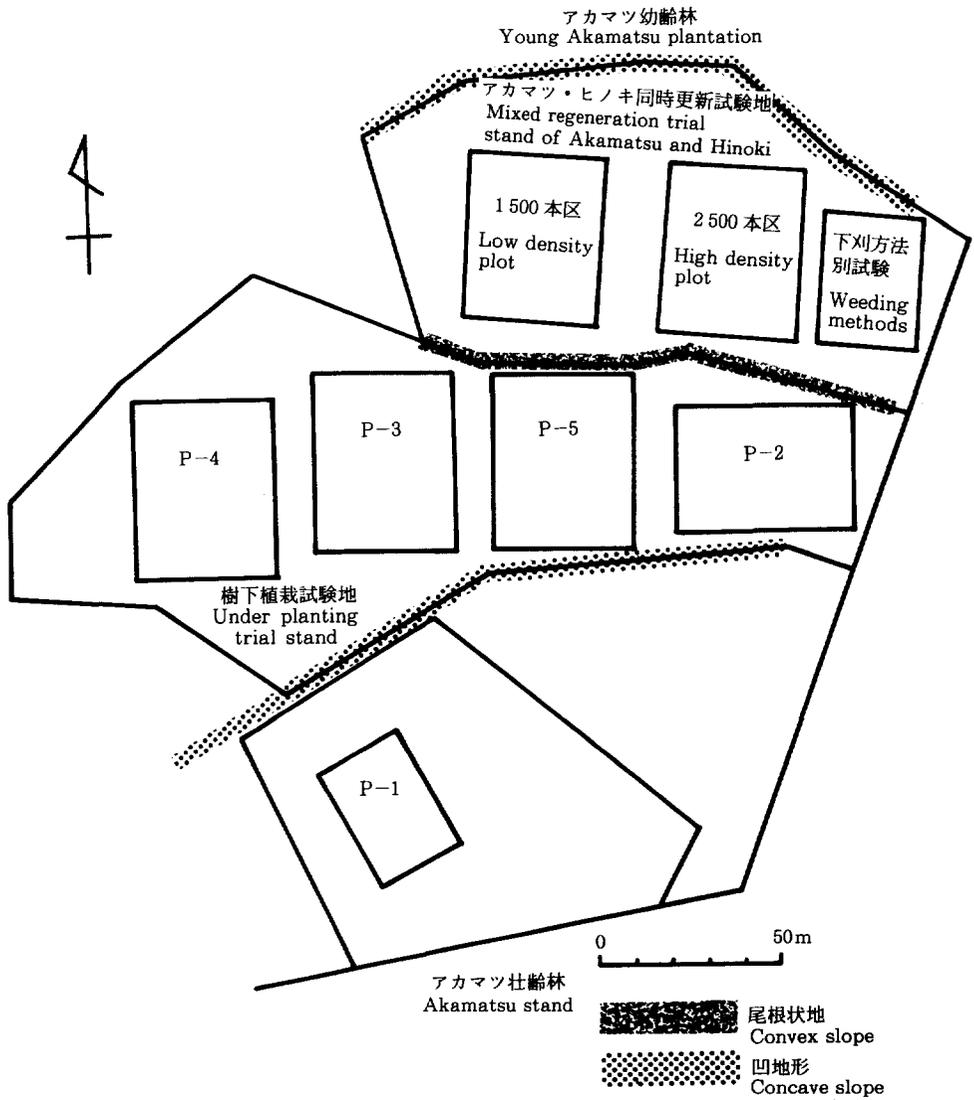


Fig. 1. 試験地の配置
Location of study plots

Table 1. 樹下植栽試験地のアカマツ林分及び植栽されたヒノキの概況
Description of the thinning and under planting in study plots

(ha 当たり)

| Plot type | | アカマツ林分の処理 Pre-treatment (thinning) of Akamatsu stand | | | | | | | | | | | | | ヒノキ植栽木 Planting | |
|---|---|---|----------------------------|---------------|----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------|---------------|----------------------------|----------------------|---|-------------------------|
| | | 間伐前 Before thinning | | | | | 間伐率 Thinning rate | | | 間伐後 After thinning | | | | | | |
| Plot Density of upper story | Density of seed- ling | 平均 直径 Mean DBH | 平均 樹高 Mean height | 本数 Density | 断面積 合計 Basal area | 材積 Stem Volume | 本数 Density | 断面積 合計 Basal area | 材積 Stem Volume | 平均 直径 Mean DBH | 平均 樹高 Mean height | 本数 Density | 断面積 合計 Basal area | 材積 Stem Volume | 植栽 本数 No. of trees planted (N) | 植栽年 Planting year |
| | | (cm) | (m) | (N) | (m ²) | (m ³) | (%) | (%) | (%) | (cm) | (m) | (N) | (m ²) | (m ³) | | |
| P-1 | 無間伐—疎立区 Non-thinning- low density | 36.1 | 21.4 | 309 | 33 | 317 | — | — | — | 36.1 | 21.4 | 309 | 33 | 317 | 1 500 | 1979 |
| P-2 | 疎立—疎立区 Low-high density | 35.4 | 22.0 | 264 | 27 | 280 | 33 | 30 | 33 | 35.9 | 22.0 | 177 | 19 | 189 | 1 500 | 1978 |
| P-3 | 密立—疎立区 High-low density | 23.7 | 21.6 | 965 | 44 | 486 | 73 | 59 | 58 | 29.7 | 22.8 | 260 | 18 | 204 | 1 500 | '' |
| P-4 | 密立—密立区 High-high density | 27.2 | 23.5 | 740 | 44 | 520 | 68 | 59 | 60 | 30.5 | 24.3 | 240 | 18 | 210 | 2 500 | '' |
| P-5 | 疎立—密立区 Low-high density | 24.7 | 22.5 | 965 | 49 | 555 | 80 | 69 | 69 | 30.8 | 23.7 | 195 | 15 | 170 | 2 500 | '' |

寒冷地帯におけるアカマツ—ヒノキ二層林の初期保育に関する研究 (齋藤)

3 試験計画

3.1 樹下植栽地

樹下植栽地は Table 1 のアカマツ天然生林下にヒノキを植栽し、収穫時に、アカマツ大径材とヒノキ小径材生産を目標とする、異齢二層林の造成をめざしたものである。ヒノキは Table 1 に示すように 1978 年 4 月に植栽した。ただし、P-1 のみ 1979 年の 4 月に植栽した。植栽苗は宮城県内で育苗した苗であり、平均苗高 48 cm、平均根元径 0.7 cm の 3 年生苗である。樹下植栽地における各プロットの面積は、P-1 では、0.097 ha、P-2 では 0.175 ha、P-3~5 では 0.2 ha である。なお、活着不良のため枯死した箇所には植栽翌年に補植を行った。

3.2 同時更新地

同時更新地はアカマツ皆伐跡地にヒノキを植栽し、更新初期に侵入するアカマツ天然生稚樹を同時に育成し、アカマツ-ヒノキの同齢二層林を造成しようとしたものである。試験区は 2 区とし、ヒノキの植栽本数はそれぞれ ha 当たり 1 500 本、2 500 本、各区の面積は、それぞれ 0.2 ha とした。1976 年 6 月に植栽したヒノキは福島県内で育苗した苗であり、平均苗高 42 cm、平均根元径 0.6 cm の 3 年生苗である。樹下植栽地の場合と同様、活着不良のため枯死した箇所には植栽翌年に補植を行った。

3.3 保育

下刈りは、両試験地とも全刈り方法により、年 1 回とし 7 月の中～下旬に行った。ただし、樹下植栽地では、植栽年（1978 年）には雑草木の再生が少なかったため下刈りを行わず、翌年から 1982 年まで計 4 回行った。同時更新地においては、寒害防止を考慮し植栽当年の下刈りは行わず、1977~1982 年まで計 6 回行った。つる切り作業は、樹下植栽地、同時更新地のいずれも、1982、1985、1987 年の 3 回行った。除伐は樹下植栽地では行わなかったが、同時更新地では 1986、1988 年の 2 回行った。

4 調査方法

4.1 相対照度の測定

樹下植栽地の P-1、2、5 では 384 m^2 (16 m×24 m)、P-3、4 では 216 m^2 (12 m×18 m) の調査区を設定し、同一調査点の相対照度を毎年測定できるようにした。調査は 1978~1986 年の 9 年間行った。調査にはサンヨー積分照度計 VIP-SYS-1 型を使用し、林外では固定点で、林内では調査区内を移動しながら同時に測定し、連続して照度の値を積分し、両者の相対値として求めた。各区での測定高は、植栽したヒノキの梢端部に相当する高さとしたため、年々測定地上高が高くなった。測定は 6、7 月の晴天時の 11~13 時の間に行ったが、年により必ずしも同一条件で測定できたとはいえない。

4.2 生育調査

4.2.1 ヒノキ

生育調査は、樹下植栽地では P-1、2、5 は 16 m×24 m、P-3、4 は 12 m×18 m、同時更新地では 40 m×50 m の調査区を設定し、樹高、胸高直径を 11 月に測定した。ただし、樹高が胸高に達しない期間は胸高直径は測定しなかった。最終調査は 1990 年に行った。

4.2.2 天然更新したアカマツ

同時更新地の天然生アカマツ稚樹の本数調査は、各区にそれぞれ $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ の調査区を10か所設定し、1977、1978、1979年10月の3回調査した。成立したアカマツの樹高は1980年から、胸高直径は1986年からそれぞれの年の11月に測定した。最終調査は1990年に行った。

4.3 雑草木の再生量調査

雑草木の再生量は、各調査区に $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ の刈り取り調査区を設定し、7月に種別に刈り取り秤量し、地上部現存量(乾重)を調べた。

4.4 ヒノキの枯損原因調査

ヒノキの枯損調査は、樹下植栽地では 0.16 ha 、同時更新地では 0.4 ha 、の調査区を設定して行った。調査は主幹のみを対象に、枯死(樹幹全体が枯死したもの)、半枯れ(樹幹の1/2以上が枯死したもの)、折れ(樹幹が折れたもの)、切断(刈り払い時の人為によるもの)などを記録した。また、すでに枯死した個体のほか、枯損の程度から判断して、正常な回復が困難と思われる状態の個体も枯損木として記録した。調査期間は、樹下植栽地では1978~1987年の間、同時更新地では1976~1985年の間それぞれ植栽後、10年間にわたって行った。調査時期と回数は植栽後5年間は6月及び11月の年2回、6年以降10年までは多くの枯損木が発生した年以外は11月の成長調査時の年1回とした。

4.5 下刈り方法を変えたヒノキの成長比較

同時更新地において、下刈り方法の違いによる下刈り終了後のヒノキの成長の違いを比較すること、及び過去の造林が不成功となった原因を解明するため、2500本植栽地に調査区を設定した。調査面積は、全刈区、筋刈区、では 240 m^2 ($8\text{ m} \times 30\text{ m}$)、交互刈区では 360 m^2 ($12\text{ m} \times 30\text{ m}$) である。ここでの下刈り方法は下記の3方法である。

全刈区：毎年全面的に地際から刈り払う。

筋刈区：毎年植栽木を中心に幅80cm列状に刈り払い、列間120cmを刈り残す。

交互刈区：1列毎に刈り払い、次年度は刈り残した列を同様に刈り払う。

下刈り方法別のヒノキの成長比較調査は、ヒノキ林齢12年の1987年11月に行い、すべてのヒノキと樹高2m以上の広葉樹について、樹高、胸高直径、被圧状況を記録した。各区共に下刈りは1977~1982年の6年間行った。

5 結果と考察

5.1 林内相対照度の経年変化

林内に植栽を行う場合、上木の間伐または枝打ちによって、林内をある程度明るくし、下木を植栽する機会が多い。林内相対照度は、植栽木の成長量、下刈り作業の回数等に大きく影響する。樹下植栽地の各プロットにおける間伐後の林内相対照度の経年変化を Fig. 2 に示した。試験地設定時の林内相対照度は、無間伐の P-1 は23%で最も低く、間伐した P-2, 3, 4, 5 では40~70%で上木の胸高断面積合計が大きくなるに従って相対照度が低下した。各区の植栽9年後の相対照度は、設定時より3~10%減少しただけで、アカマツ林内における相対照度の経年変化は小さかった。これはアカマツ壮齡林

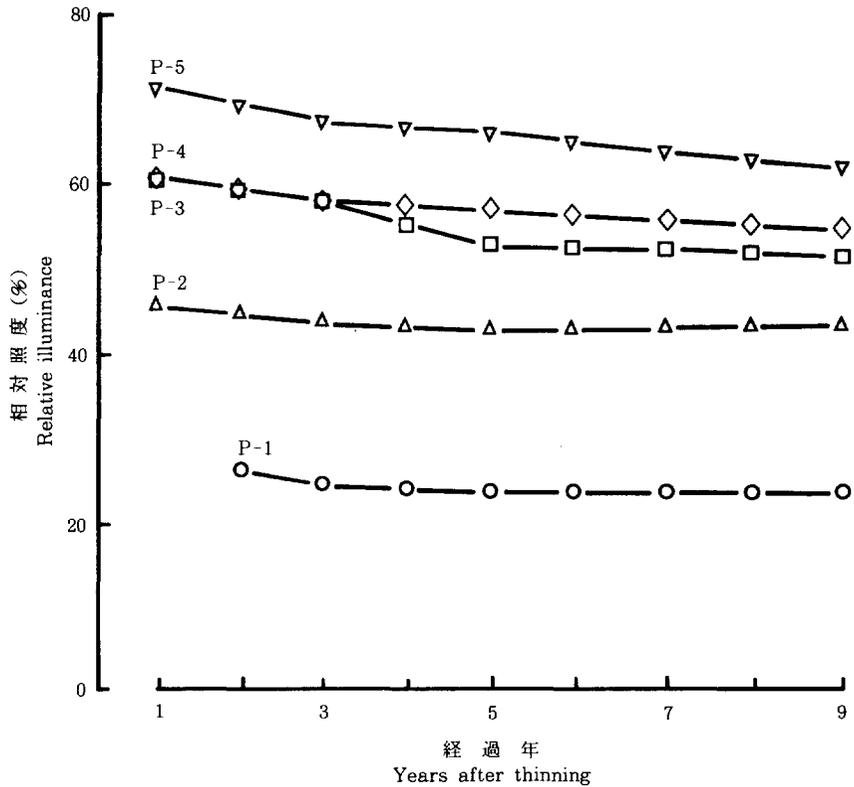


Fig. 2. 樹下植栽地における林内相対照度の経年変化
Changes in relative illuminance at the understory of Akamatsu forest after thinning

がスギ、ヒノキなどの樹種に比べて間伐後の樹冠閉鎖速度が遅い（安藤ほか，1975；安藤ほか，1980）ためと考えられる。

5.2 生育調査

5.2.1 樹下植栽地のヒノキ

樹下植栽されたヒノキの13生育期後の胸高直径、樹高の頻度分布を Fig. 3 に示した。胸高直径は4.0～11.5 cm，樹高は4.9～8.5 m の範囲にあり，各プロットにより絶対値は異なるが，胸高直径は樹高の場合よりバラツキが大きかった。全光下の単層林においても胸高直径は樹高よりも差が大きいのが普通であるが，被陰条件は樹高成長より直径成長に大きく影響することが知られている（尾方・上中，1978）。そのうえ，ここでは下木のヒノキと上木アカマツとの位置関係により下木の受ける照度が異なり，バラツキをより顕著としたと考えられる。

成長経過を Figs. 4, 5 に示した。樹高成長は，各プロットともに植栽年は7～9 cm と少なく，植栽2年目は P-1 では16 cm，P-2, 3, 4, 5 では30～38 cm と成長量は次第に増加した。林内相対照度が23～26% と低い P-1 の3～5年目の成長量は35～44 cm，6年以降は48～53 cm で推移し，年平

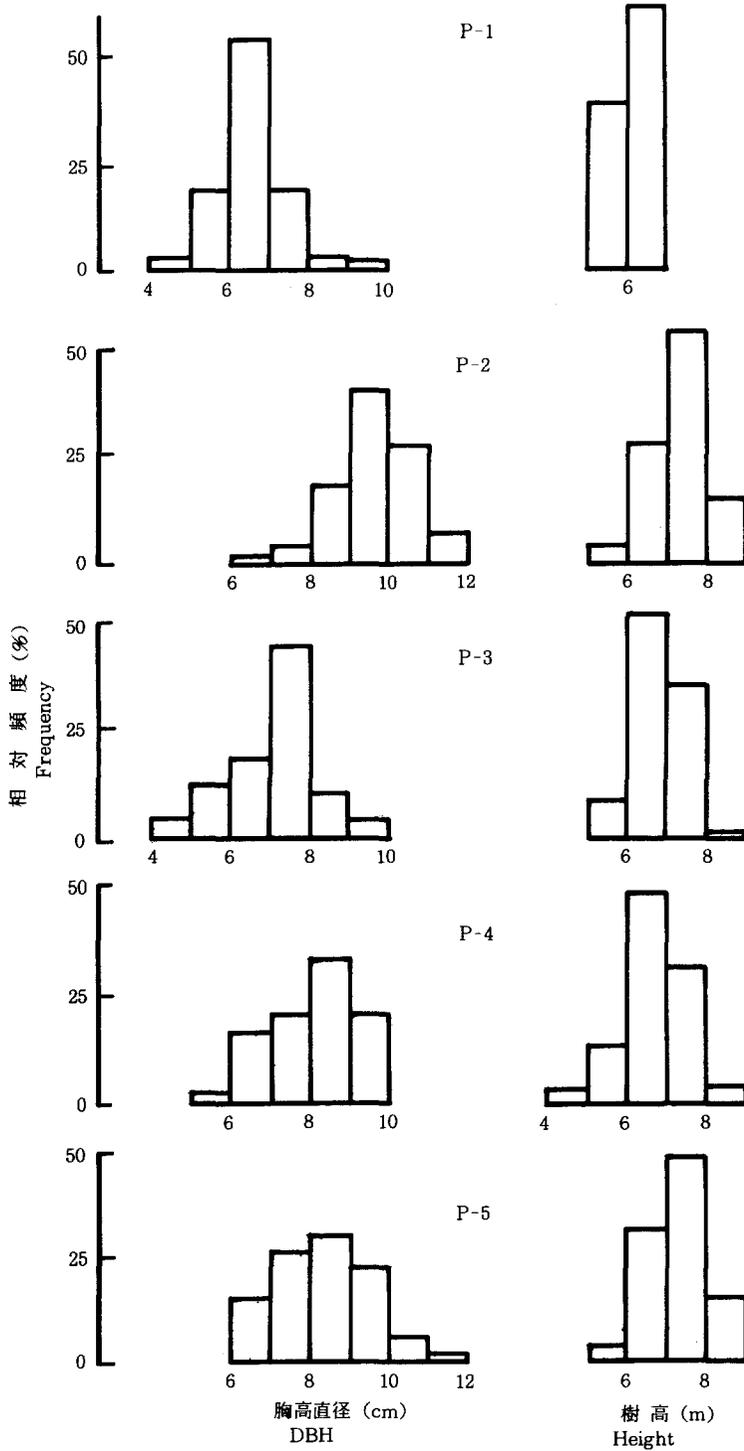


Fig. 3. 樹下植栽されたヒノキの13生育期後の胸高直径, 樹高の頻度分布
 DBH-class and Height-class distributions of Hinoki trees which were planted in
 the forest floor of Akamatsu trees 13 years ago

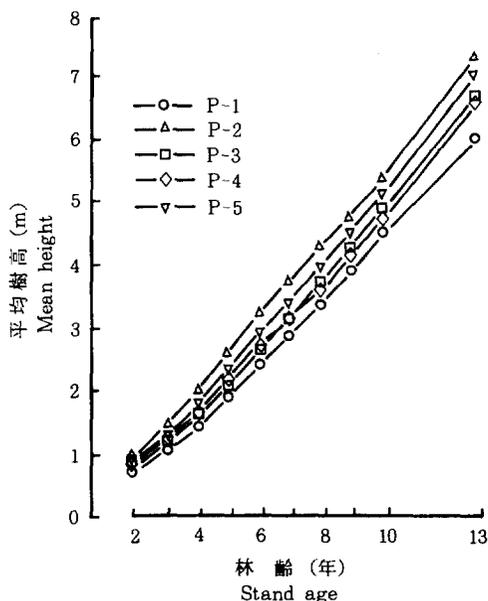


Fig. 4. 樹下植栽されたヒノキの平均樹高の成長経過

Changes in mean height of Hinoki trees which were planted under Akamatsu tress

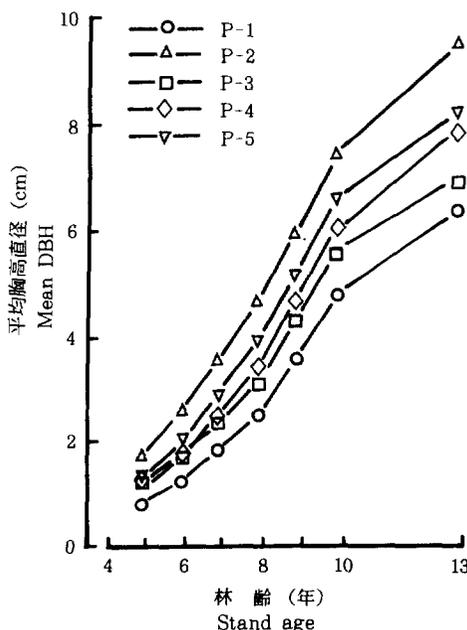


Fig. 5. 樹下植栽されたヒノキの平均胸高直径の成長経過

Changes in mean DBH of Hinoki trees which were planted under Akamatsu trees

均成長量 41 cm とプロット間では最も少なかった。相対照度 40~45% の P-2 は植栽 3~5 年目の成長量は 43~54 cm, 6~10 年目は 50~62 cm, 11 年以降は 70 cm で、年平均成長量 52 cm はプロット間で最も大きかった。林内相対照度 50~70% の P-3, 4, 5 では、植栽 3~5 年目は 30~60 cm, 6~10 年目は 40~71 cm, 11 年以降は 60~70 cm の成長を示し、年平均成長量 47~50 cm であった。樹下植栽木の成長は植栽当年は少ないが、2 年以降は次第に増加し、11 年以降は林内相対照度の高いプロットでより増加する傾向がみられた。直径成長をみると植栽 6 年目の P-1 では 0.4 cm, P-2, 3, 4, 5 では 0.6~0.9 cm, 7~9 年目には P-1 で 0.7 cm, P-2, 3, 4, 5 では 0.8~1.1 cm, 10 年目には各プロットともにさらに増加し 1.6~1.9 cm の成長量を示した。しかし、11 年以降は 0.5~0.7 cm の成長量で頭打ちの傾向がみられた。

13 生育期後の諸量を Table 2 に示した。林内相対照度が 40~45% で推移してきた P-2 で樹高、直径成長が最も優れ、次いで 50~70% の P-5, P-3, P-4, となった。林内相対照度が最も低かった無間伐 (23~26%) の P-1 は最も生育が劣り、とくに樹高成長に対して直径成長の小さいことが目立った。一方、形状比 (樹高 (m)/直径 (m)) は、直径が大きくなるにつれて年々低下し、9 年目以降鈍化する傾向がみられた。形状比は 77~96 で後述する同時更新地のものより樹幹が細長い樹形を示しているといえる。

ヒノキは適当な保護樹下に造林するほうが、皆伐地におけるよりよい成長結果が得られるという報告

(粟野, 1934; 海藤, 1951) がある。川那辺 (1968) 安藤 (1972) の行った被陰試験の結果によれば、ヒノキの樹高成長は、相対照度が15%以上の明るさでは裸地より高く、27%が最も良いとされ、また、直径成長では30%ぐらいまでは変わらずそれ以下になると急激に悪くなるとされている。今回の試験においても林内相対照度がおおよそ40~70%の光環境下で、後述する同時更新地と同等か、それ以上の生育結果が得られた。

5.2.2 同時更新地のヒノキ

同時更新地である皆伐地に植栽されたヒノキの15生育期後の胸高直径、樹高の頻度分布を Fig. 6 に示した。胸高直径は4.0~14.6 cm、樹高は4.1~9.4 mの範囲にあり、前記の樹下植栽されたヒノキ以上に胸高直径の個体差が大きい。このことは、植栽初期の枯損による植栽密度の低下、雑草木及び侵入してきたアカマツとの競り合いなどによるものと考えられた。ヒノキの樹高・胸高直径の成長経過

Table 2. 樹下植栽されたヒノキの13生育期後の諸量
Description of 13-year-old Hinoki trees which were under planted.

| 試験区 Plot No. | P-1 | P-2 | P-3 | P-4 | P-5 |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 平均直径 (cm) Mean DBH | 6.4 | 9.5 | 7.0 | 8.0 | 8.2 |
| 平均樹高 (m) Mean height | 6.0 | 7.3 | 6.7 | 6.6 | 7.1 |
| 形状比 (H/D) Shape factor | 94 | 77 | 96 | 83 | 87 |

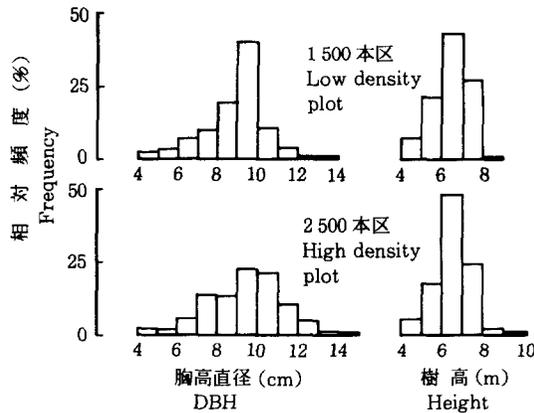


Fig. 6. 同時更新地のヒノキの15生育期後の胸高直径、樹高の頻度分布
DBH-class and Height-class distributions of Hinoki trees planted 15 years ago

を Figs. 7, 8 に、ヒノキの植栽後 15 生育期後の諸量を Table 3 に示した。

樹高成長は 1 500 本区、2 500 本区とも同様の経過を示し、植栽 4 年までは 7~20 cm、5~10 年までは 30~55 cm、11 年以降は 60~70 cm それぞれ伸長し、年平均伸長量は 40~41 cm であった。植栽後 10 年間の伸長が少なく、11 年以降の伸長量の増加が目立った。直径成長は、植栽 7 年以降 0.7~1.8 cm/年の割合であった。前述した樹下植栽地と比較すると、樹高成長では植栽後 10 年の成長量は小さく、一方、直径成長は大きい傾向がみられた。

5. 2. 3 同時更新地のアカマツの更新と生育

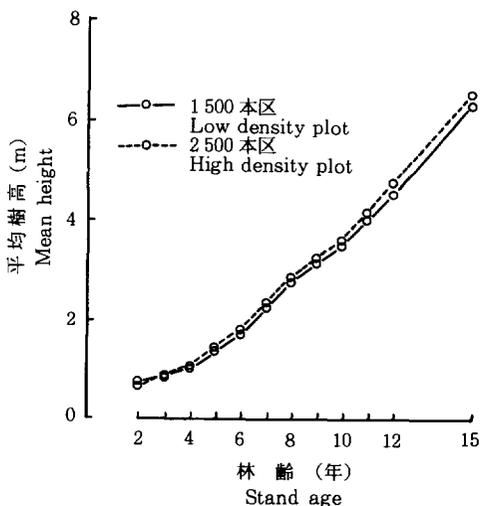


Fig. 7. 同時更新地のヒノキの平均樹高の成長経過

Changes in mean height of Hinoki trees at each plantation

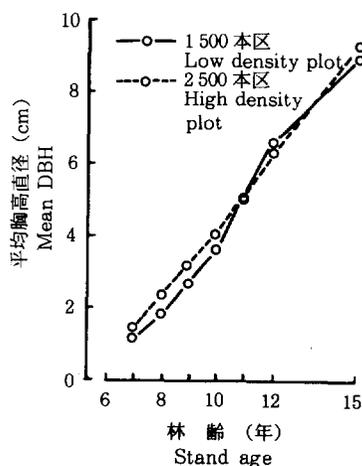


Fig. 8. 同時更新地のヒノキの平均胸高直径の成長経過

Changes in mean height of Hinoki trees at each plantation

Table 3. 同時更新地に植栽されたヒノキの 15 生育期後の諸量
Description of 15-year-old Hinoki plantation

| 試験区 Plot No. | 1 500 本区 Low density plot | 2 500 本区 High density plot |
|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 成立本数 (N/ha) Tree density | 890 | 1 600 |
| 平均直径 (cm) Mean DBH | 9.0 | 9.2 |
| 平均樹高 (m) Mean Height | 6.3 | 6.5 |
| 形状比 (H/D) Shape factor | 70 | 71 |

同時更新地における天然生アカマツ実生の発生数は、バラツキがあるものの、植栽当年(1976)から毎年認められた。しかし、発生当年の実生を含めたアカマツ稚樹の個体数は、1979年時点において1500本区及び2500本区では、それぞれ平均で0.9本/m²、1.6本/m²と少なかった。植栽の際、地ごしらえをしたにもかかわらず、発生稚樹数が少ないのは、アカマツ林を皆伐後4年間放置したため、雑草木の再生が著しくアカマツ稚樹の発生には不利な林床条件になっていたことによると考えられた。天然更新したアカマツはTable 4のとおりである。保育過程で密度調節のため成立したアカマツの除伐を行ったが、樹高3m以上の個体についてみると、1500本区、2500本区で、それぞれ660本/ha、620本/haであり、ヒノキとの本数混交率は42.5~27.9%であった。混交率や両者の平均樹高が等しくなる時のヒノキの林齢は、他の調査事例(早稲田ほか、1976)と同様の傾向を示した。アカマツの平均樹高は15年目になって6.0~6.3mに達し、植栽されたヒノキの樹高6.3~6.5mにほぼ等しくなった。今後はヒノキとアカマツの樹高の優劣が交代し、アカマツが上層を形成する二層林となることが考えられる。

5.3 雑草木の再生量

上木の密度と雑草木の関係をみるために、P-1、P-2、P-5において再生した雑草木の地上部現存量を調査し、Fig. 9に示した。主な植生は、ウワミズザクラ、ヤマウルシ、コナラ、ガマズミ、コバノトネリコ、ヒカゲスゲ、ハルガヤ、ヨツバヒヨドリ、クマヤナギなどである。各プロットの再生量は異なるが、植栽後3年目までは増加し、4年目以降は減少した。年間の再生量は無間伐のP-1で最も少なく23~53g/m²で、80%間伐区のP-5でも38~124g/m²と雑草木の再生量は少なかった。これは、間伐木の搬出の際の林床の攪乱により下層植生が破壊され、林内の被陰と下刈りにより雑草木の再生が抑制されたためと考えられた。

下刈り終了後3年を経過した樹下植栽地と同時更新地の林地雑草木の地上部現存量を調査した結果では、樹下植栽地の再生量が190~400g/m²、同時更新地は700g/m²と、同時更新地での再生量が大きかった。樹下植栽地では除伐作業が必要なかったのに対し、同時更新地では2回必要であったのは再生量の違いからも説明できる。

複層林施業で行われる林内更新は、上木の被陰によって雑草木が抑制され、造林後の保育作業の省力化が期待でき、施業上の利点とされている(安藤、1974; 蜂屋、1979; 早稲田、1975)。また、早稲田(1975)は林内更新された下木の成長を低下させないで、なおかつ下刈り作業の省力化につながる適当な明るさの範囲を人工幼齢林で5~20%、人工壮齢林で5~25%、天然林で5~30%としている。本試験でも、林内相対照度は40~70%と早稲田(1975)の場合より明るかったものの、樹下植栽地では雑草木防除の面では省力化につながった。

5.4 ヒノキの枯損原因

ヒノキの造林地が不成績となる原因については、不適切な造林法の採用や保育管理の不備(山谷、1984)のほか、積雪地帯での雪害などがあげられている(寺崎ほか、1953; 竹下ほか、1971)。また、東北地方以外にも、植え付け後7~10年頃から枯損がはじまり、雪害・寒害が原因し漏脂病となり全滅した報告もある(川瀬、1969)。そこで、寒冷地におけるヒノキの造林技術情報を得るため、ヒノキの

枯損原因を植栽後10年間調査した。年別の枯損数・原因の経過を Figs. 10, 11 に示す。樹下植栽地では植栽年に活着不良がみられた、同時更新地では枯損木の多くは植栽後5年間に発生し、主たる原因は活着不良及び寒害であった。

枯損原因の内、活着不良によるものは、植栽木全体に対する比率で樹下植栽地が7.7%、同時更新地が13.1%と同時更新地で高い値を示した。しかし、両試験地の活着率は、ヒノキ造林地の一般的な活着率の範囲内にあると思われる。

Table 4. 同時更新地に天然更新した樹高3m以上のアカマツの諸量
Description of Akamatsu trees above 3 m in height which were regenerated naturally in the Hinoki plantation

| 試験区 Plot No. | 1 500 本区 Low density plot | 2 500 本区 High density plot |
|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 成立本数 (N/ha) Tree density | 660 | 620 |
| 平均直径 (cm) Mean DBH | 8.7 | 8.8 |
| 平均樹高 (m) Mean height | 6.0 | 6.3 |
| 形状比 (H/D) Shape factor | 69 | 72 |

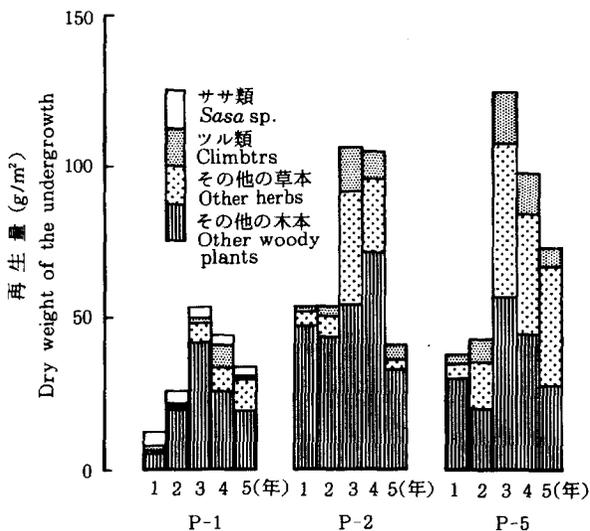


Fig. 9. 樹下植栽地における雑草木の再生産の経年変化
Changes in dry weight of undergrowth in each plot subjected to weeding

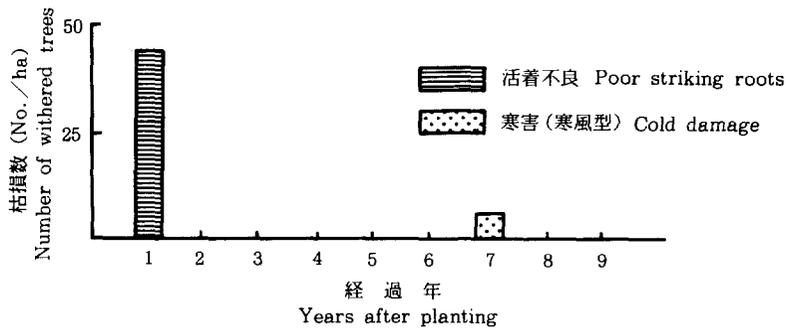


Fig. 10. 樹下植栽地における年別枯損数と枯損原因
Changes in number of withered Hinoki trees which were planted under the upper Akamatsu trees

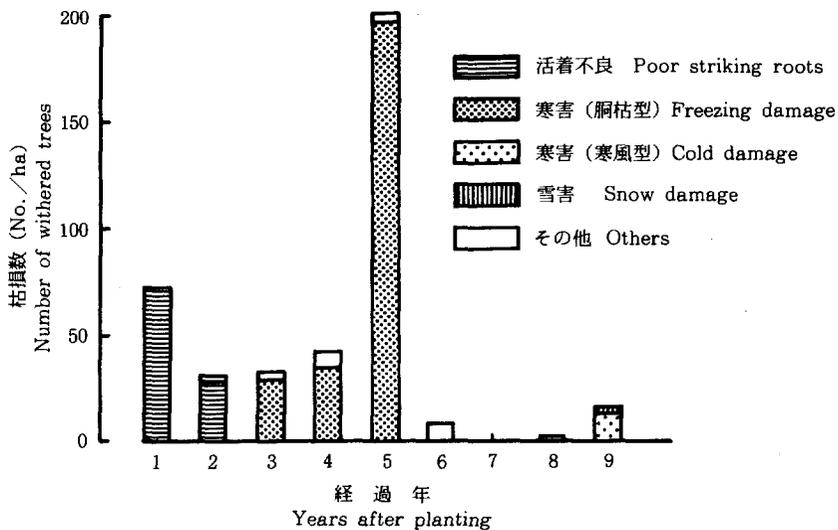


Fig. 11. 同時更新地における年別枯損数と枯損原因
Changes in number of withered trees and the damage categories types in the Hinoki plantation

寒害による枯損木には、植栽後2~4年に植栽木の地上高10~15cmの樹幹部が胴枯型凍害により枯死したものと、凍害を伴う寒風害により樹幹の上半部が枯損したもの(林野庁指導部造林課, 1984)の二つの枯損型がみられた。そこで、本報告における寒害を胴枯型凍害と寒風害に区分けした。後者は、1983~1984年冬季の異常低温の際に発生したものである。

樹下植栽地では、植栽初期の胴枯型凍害による枯損は無く、寒風害枯損も1.1%と極めて少なかった。同時更新地の寒害による枯損率は35.2%で、その大部分が植栽後2~4年の胴枯型凍害枯損(33.7%)であった。しかし、それ以降、胴枯型凍害枯損の発生はみられなかった。樹下植栽地の枯損が極めて少ないことの原因としては、地形その他周囲の状況などとともに、上木による気象緩和効果が考えられた。

このような事例は、カラマツ等を上木とした樹下植栽の場合にも報告されている（河田・大橋，1942；山内，1935）。

冠雪害は、積雪地帯での大きな枯損原因とされるが、ここでは雪に由来する幹曲がりなどの被害は無かった。これは、積雪量が1 m 以下と少なく、雪質が軽い上に、植栽木の樹高（樹下植栽地 4.4~5.3 m，同時更新地 3.5~3.6 m）がまだ低いためと考えられた。林内で生育した林木は形状比が大きき、形状比が大きくなるほど冠雪害を受けやすくなることが知られており（安藤，1972），また冠雪害は、植栽木がある程度大きくなった時期（胸高直径 10~20 cm ぐらい）に被害を受けやすい（藤森，1991）とされることなどから、冠雪害については今後の問題として残される。

その他、同時更新地において野兎・野鼠による被害（0.6%），下刈り時の切損（2.8%），被圧（0.1%），不明（0.3%）などに基づく枯損がみられたがその数は少なかった。

5.5 下刈り方法を変えたヒノキの成長比較

同時更新による二層林造成ではすでに記したように雑草木の再生量が多くなる。このため効率的な下刈り方法の検討が必要とされる。全刈り，筋刈り，交互刈りという異なる下刈り方法を適用してから5年経過したヒノキ12年生生林分には、木本類が優占していた。

各区ともコナラ，ウワミズザクラ，クリが多く，3樹種で全刈区，筋刈区，交互刈区それぞれの全植生の60.4，54.4，72.7%を占めた。各下刈り区におけるヒノキ及び広葉樹の樹高階分布を Fig. 12 に示した。全刈区，交互刈区で5 m 以上のヒノキの占める割合はそれぞれ74%と73%なのに対し，筋刈区では14%と少なく成長の遅れがみられた。広葉樹の樹高2 m 以上の成立本数は，全刈区9100本/ha，筋刈区10800本/ha，交互刈区11200本/haと各区で大きな差は見られなかった。しかし，ヒノ

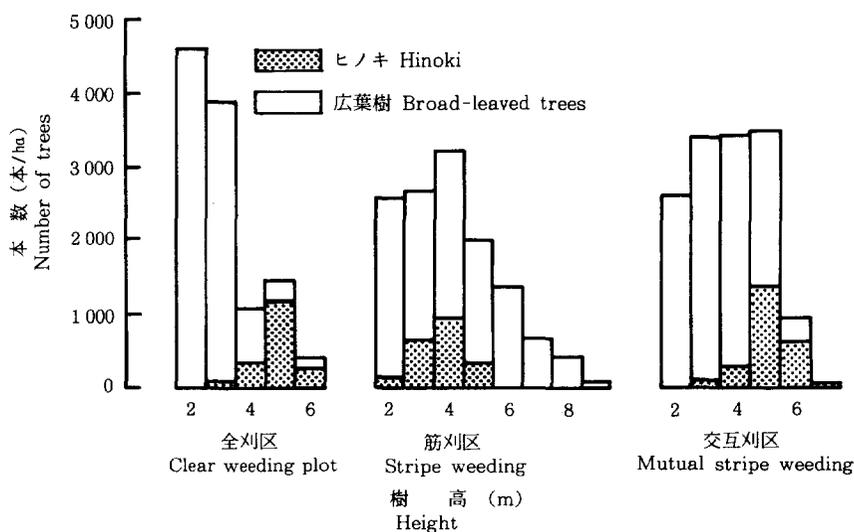


Fig. 12. 下刈り方法別試験区におけるヒノキ及び広葉樹の樹高階別頻度分布
Height-class distributions of planted Hinoki trees and broad-leaved trees which were regenerated naturally in the plantations by weeding methods

キの平均樹高以上の広葉樹の成立本数は、全刈区、交互刈区では、それぞれ 300 本/ha, 1 150 本/ha と少ないものの、筋刈区では 5 900 本/ha と大きく異なった。これらの広葉樹の大部分はヒノキを被圧し、その成長を妨げ、被圧されたヒノキの中には後述するように梢端部の枯死するものがみられた。

下刈り方法別のヒノキの生育状況を Table 5 に、最も生育の劣った筋刈区のヒノキの被圧状況を Table 6 に示した。平均樹高は交互刈区、全刈区、筋刈区の順序で筋刈区が最も劣り、筋刈区の樹高は 2~5 m の範囲にあった。交互刈区が全刈区と同等以上の成長を示したが、これが刈り残しによる気象の緩和などの影響によるものかは不明である。先に指摘したようにヒノキはある程度被陰された方が無被陰の場合より良い成長を示すとの報告もあり、刈り残しの効果についてはさらに検討する必要がある。下刈り作業を最も省力化した筋刈区における刈り残しの広葉樹下の相対照度は 3.5% と低かったが、これはヒノキの初期成長が遅いことから、早期から広葉樹に被陰されて成長が抑制された結果と思われる。

以上のことから、この調査地では交互刈りも全刈りと同等の有効な下刈り方法であることが分かった。

Table 5. 下刈り方法別ヒノキの生育状況
Description of planted Hinoki trees which were subjected to different weeding methods
林齢 12 年
12-year-old plantation

| 試験区 Plot | 樹高 Mean height (m) | 胸高直径 Mean DBH (cm) | 形状比 Shape-factor (H/D) | 成立本数 Tree density (N/ha) |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| 全刈区 Clear weeding | 4.8 | 6.3 | 76 | 1 820 |
| 筋刈区 Stripe weeding | 3.7 | 3.3 | 112 | 2 110 |
| 交互刈区 Mutual weeding | 5.1 | 6.3 | 81 | 2 470 |

Table 6. 筋刈区ヒノキの被圧状況
Description of the oppressed conditions in Hinoki trees which were subjected to stripe weeding
林齢 12 年
(12-year-old)

| 被圧状況 Oppressed conditions | 本数率 Density rate (%) | 樹高 Mean Height (m) | 胸高直径 Mean DBH (cm) |
|---|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 無被圧 Non-oppressed | 9.7 | 5.0 | 4.8 |
| 梢端無被圧 Non-oppressed at the terminal | 17.7 | 4.8 | 4.6 |
| 被圧 Oppressed | 67.8 | 3.6 | 3.0 |
| 枯死(被圧) Withered by oppression | 4.8 | 3.0 | 2.6 |

しかし、すべての造林地でこの刈り払い方法が有効かは不明である。例えば、すでに植栽木が他の植生により被圧されている箇所では、最初の段階で全刈りが必要であり、現地の実態に応じた下刈り方法の採用が求められる。

6 ま と め

アカマツ壮齢林の間伐9年後の林内相対照度は、間伐時より3~10%の減少しただけで、アカマツ林内の経年変化は少なかった。

樹下植栽地のヒノキの生育は、林内相対照度がおよそ40~70%の範囲では、同時更新地と同等以上の生育を示した。しかし、幼齢段階で生育が良好であることは、決してヒノキ造林地の将来を保証するものではない。

樹下植栽地の林床の植生量は同時更新地のそれに比してかなり少なく、下刈りの省力化につながる結果が得られたが、ヒノキの幼齢時の樹高成長が遅いため、他の植生との競争に負けないような最小限の保育は実施する必要がある。

植栽後10年間のヒノキの枯損率は、樹下植栽地では全植栽本数の8.8%で、そのほとんどが活着不良によるものであった。一方、皆伐地に設定した同時更新地では52.4%で、活着不良も含まれるが、植栽後4~5年までに発生した胴枯型凍害枯損が35.2%を占め、その多くは寒害によるものであった。このように両試験地には、枯損率ばかりでなく、その枯損原因にも大きな違いがみられた。こうした寒害（凍害、寒風害）が寒冷地におけるヒノキの皆伐一斉造林地における不成績の大きな原因と考えられる。しかし、樹下植栽地では胴枯型凍害の被害がみられず、樹下植栽が寒害回避に有効であると考えられた。

同時更新地に更新したアカマツはha当たり620~660本あり、平均樹高は6.0~6.3mと15年でほぼヒノキの樹高に達し、今後は、アカマツが上層を形成する二層林が考えられる。

全刈区、筋刈区、交互刈区という異なる下刈り方法を行い、終了後放置し12生育期を経たヒノキの生育は、下刈り作業を最も省力化した筋刈区では刈り残しの広葉樹の被圧により極めて劣った。交互刈区では、下刈り回数が全刈区の半数にもかかわらず全刈区と同等以上の成長を示した。この調査地では交互刈りも全刈りと同等の有効な下刈り方法であることが分かった。しかし、すべての造林地でこの刈り払い方法が有効かは不明である。

二層林（複層林）施業は、集約的な作業を必要とするもので、それ相応の技術が要求される。今回の二層林造成試験では、更新の初期過程の調査を通して、樹下植栽による二層林造成の有効性を確認してきたが、施業体系を確立するには、漏脂病の問題も残されているなど未解明の部分が多い。今後さらに、ヒノキの成長経過を継続調査をする必要がある。

引 用 文 献

- 安藤 貴：林内の光環境と被陰下における林木の成長，現代林業，79，58~65（1972）
———：先行植栽について，高知林友，570，4~14（1974）
———：非皆伐施業法に関する研究資料“主として林内人工更新に関する中間報告”，林試，35~

67 (1975)

- ほか：人工林の非皆伐施業法に関する研究，第3次経過報告書，林試，21～40 (1980)
- ほか：二段林の光環境の経年変化，林試研報，323，65～73 (1983)
- 粟野武雄：保護樹下に於けるヒノキ造林に就いて，日林誌，16 (9)，1～16 (1934)
- 藤森隆郎：多用な森林施業，林業改良普及双書，107，167～170 (1991)
- 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)
- 星野弥平：東北地方のヒノキ林造成に就いての考察，青森林友，315，4～26 (1941)
- 海藤精一郎：アカマツを上木とするヒノキの樹下植栽について，東京営林局技術研究，2，21～23 (1951)
- 加藤亮介・森麻須夫：野辺地営林署におけるアカマツ・ヒノキ二段林の成長と物質生産，85回日林講，167～169 (1974)
- 河田 杰・大橋英一：カラマツ，ヒノキ混こう林試験の成績，林試研報，38，63～89 (1942)
- 川那辺三郎：陽光量と樹木の生育に関する研究 (Ⅲ)，針葉樹苗木の生育におよぼす被陰の影響，京大演報，40，111～121 (1968)
- 川瀬健一：消えた造林地 —八万本のヒノキのゆくえ，みどり，名古屋営林局，21 (11)，20～29 (1969)
- 日本気象協会：岩手県気象月報，(1971～1980)
- 尾方信男ほか：造林の初期管理における省力技術の最適化，国有林野事業特別会計技術開発試験成績報告書 (完了分) 昭和52年度，133～146 (1978)
- 林野庁指導部造林課：凍害等被害造林地復旧技術調査報告書，1～27 (1984)
- 齋藤勝郎・森麻須夫：寒冷地におけるアカマツ・ヒノキ二段林の造成試験，林試東北たより，258，1～4 (1983)
- ほか：アカマツ林における光環境の経年変化，林試研報，323，79～80 (1983)
- ほか：アカマツ林における雑草木の再生量，林試研報，323，177～179 (1983)
- ほか：ヒノキ幼齢木の寒害 (I)—寒害による被害状況—，日林東北支誌，38，151～152 (1986)
- ほか：ヒノキ幼齢木の寒害 (II)—被害木の回復経過—，日林東北支誌，38，153～154 (1986)
- ほか：アカマツ壮齢林に樹下植栽したヒノキの生長，日林東北支誌，39，149～150 (1987)
- ほか：複層林のタイプ別試験事例と問題点 アカマツ・ヒノキ二段林の造成，森林総研東北支所年報，31，52～55 (1990)
- 鈴木 誠・高浜静子：非皆伐施業における二段林造成に関する研究 (V)，96回日林論，435～436 (1985)
- 竹下純一郎ほか：飛騨地域における人工造林地について，20回日林中支論，34～39 (1971)
- 瀧田周三：青森管内造林一般について，大阪営林局造林研究会記録，3，162～182 (1934)
- 寺崎康正ほか：広葉樹林のスギ，ヒノキ下木植栽，62回日林講，104～106 (1953)
- 早稲田収：非皆伐作業法 (その2) 多段林作業，総説，坂口勝美 (監)，これからの森林施業，全林協，360～373 (1975)
- ほか：アカマツ・ヒノキ混交林に関する研究，関西地区林業試験研究機関連絡協議会，121 pp. (1976)
- 複層林研究班：人工林の複層林施業に関する研究，林試研報，323，1～218 (1983)
- 山内俊枝：樹下植栽について，御料林，86，29～39 (1935)
- 山谷孝一ほか：東北地方におけるヒノキ人工林の生育状態と造林上の問題点，林試研報，325，1～96 (1984)

**Studies on Silvicultural Techniques at the Early Stages of Growth
Development of Two-storied Stands of *Pinus densiflora* and
Chamaecyparis obtusa in a Cold District, Japan**

SAITO, Katsuro⁽¹⁾

Summary

Two experimental stands were established from two storied forests of *Pinus densiflora* and *Chamaecyparis obtusa* in the Koma Experimental Forest of the Forestry and Forest Products Research Institute, located in Iwate-cho, Iwate Prefecture, Japan. In one stand, *C. obtusa* saplings were planted in the understory of 60 year old *P. densiflora* trees. In the other, *C. densiflora* saplings were planted, and in the same stand naturally generated *P. densiflora* seedlings were also grown. The purpose of establishing these two storied stands was for producing large size logs of *P. densiflora* and small size logs of *C. obtusa*. In these two experimental stands, the growing conditions for planted trees such as light conditions and the biomass of the undergrowth have been investigated for 13-15 years after the planting. Also tree height and DBH (diameter at the breast height) of the planted *C. obtusa* trees and the *P. densiflora* trees which were naturally regenerated have also been measured.

Relative illuminance at the forest floor of *P. densiflora* in which *C. obtusa* saplings were planted ranged from 40-70% among plots with a different degree of thinning at the thinning time. However, changes in relative illuminance after the thinning were not apparent. Nine years after thinning, relative illuminance was found to be 3-10% lower. The mean height of 13 year old underplanted *C. obtusa* trees was 6.6-7.3 m, higher than the 15 year old *C. obtusa* trees (6.3-6.5 m). The underplanted stand's biomass was only 40-70% that of the *C. obtusa* plantation. These results suggest that underplanting helps to eliminate weeding. The withering rate of underplanted trees was as low as 8.8%, and the causes of tree withering were poor striking roots (7.7%) and cold damage (1.1%). On the other hand, the withered rate of the trees in the *C. obtusa* plantation was as high as 52.4%, and in this case the causes were poor striking roots (13.1%), freeze damage (33.7%), cold damage (1.3%) and snow damage (0.3%). Most of the withered trees suffered freeze damage and this was regarded as the main cause for the formation of poor *C. obtusa* stands after clear cutting in a cold district.

Three plots each to be subject to one of three different types of weeding (clear, stripe or alternate weeding) were established at the *C. obtusa* plantation. Although the stripe weeding plot required much less labor, the growth of the planted trees in this plot was worsened due to oppression by the broad-leaved trees that remained. The growth of the planted trees in the alternate weeding plot was superior to that of the trees in the clear weeding plot, even though the labor for weeding was half that required for clear weeding.

Received March 31, 1992

(1) Tohoku Research Center



Photo 1. 樹下植栽地の植栽5年目の状況 (1982年)
Akamatsu stands in which Hinoki trees were planted in the understory within 5 years after planting



Photo 2 樹下植栽地の現況 (1991年)
Akamatsu stand in which Hinoki trees were planted in the understory within 14 years after planting



Photo 3. 同時更新地の植栽 7 年目の状況 (1982 年)
7-year-old Hinoki plantation



Photo 4. 同時更新地の現況 (1991 年)
16-year-old Hinoki plantation with natural regenerated Akamatsu trees