

複層林の造成管理技術の開発

(情報活動システム化課題 平成1～5年度)

主任研究員 今井辰雄
専門技術員 大竹清美
(現 福島県林業振興課 専門技術員)

造林経営部長 北島瑞穂

研究員 鈴木千秋

(現 福島県森林土木課 技師)

造林経営部長 青砥一郎

(平成6年3月 退職)

研究員 富樫誠

(現 いわき林業事務所 改良普及技師)

研究員 大久保圭二

(現 福島県森林整備課 副主査)

主任専門技術員 渡部政善

(現 福島県総合緑化センター)

目次

要旨	2
はじめに	3
郡山試験地	4
調査結果	7
考察	19
いわき試験地	21
調査結果	23
考察	32
おわりに	33

要 旨：

平成1年から5年度にかけて福島県郡山市・いわき市の両試験地において、複層林の造成管理技術開発のため、各種の調査を行ってきたが、その概要は下記に示すとおりである。

- ① 郡山試験地においては上木をアカマツ、下木をヒノキとして上木の胸高断面積合計を6区分し、対照区と比較した。その結果、相対照度は設定当初29～45%であったが、次年度以降は22～44%とすべての試験区で低下したが、その後照度は徐々に回復し5年後には設定当初とほぼ同じか多少増加に転じた。
- ② 半乾燥地における雑草木の優占種はアズマネザサ、コバノカモメズル等が主流で、時間の経過とともにウワミズザクラ、クリ、コナラ、ノダフジ等といった木本類が多く出現する傾向にあった。対照区においてはアズマネザサのほかススキの侵入が高くなっていて、種の数も各試験区に比べ少なくなってきた。
- ③ 相対照度をもとにした樹高等の相関係数行列では樹高と枝下高で0.977、胸高断面積と立木本数で0.915とそれぞれ1%水準で有意性がみられた。ヒノキの成長は対照区に比較し相対樹高で66～82%、相対直径で53～70%、相対枝張りで68～93%となり、樹高と直径で照度の影響が大きい傾向にある。ヒノキの健全度や幹曲がり度合いについても健全で、充実度合いが高い傾向を示した。
- ④ 雑草木の成長では刈り取りを毎年、1年置き、2年置きとしたが、隔年になるにしたがい本数の減少化と生重量が高まる傾向にある。
- ⑤ 下刈り工程では対照区に比べ28%の軽減が認められた。また、ha当たりの所要人工数においても1名の減となった。
- ⑥ 伐出作業は方向性や機材を使用することにより損傷度合いが低くなり、これらは急傾斜地では特に考慮すべき事項と思われる。
- ⑦ いわき試験地においては上木をスギ、下木をスギ・ヒノキとして上木の胸高断面積合計を6区分した。その結果、相対照度は設定当初13～24%と郡山試験地に比べ全般的に低かったが、次年度以降は11～22%とさらにほとんどの試験区で低下したが、その後照度は急激に回復し、5年後には設定当初より多少増加に転じた。
- ⑧ 湿潤地における雑草木の優占種はシダ類、チヂミザサ、サルナシ等が主流で、時間の経過とともに木本類が多く出現する傾向には無かった。種数は全体で61種で各試験区では19～23種であった。
- ⑨ 相対照度をもとにした樹高等の相関係数行列では胸高断面積と立木本数で0.969、胸高直径と立木本数で0.829とそれぞれ1%、5%水準で有意性がみられた。
- ⑩ スギの成長は5年間の樹高で1.5～1.8倍にしか達せず、健全度や幹曲がり度合いにおいても不健全木が多く正常なものが極めて少なかった。これに対しヒノキの成長はスギを100とした相対樹高・直径で179%、相対枝張りで159%となり、ヒノキの優位性と充実度合いが高いことを示した。
- ⑪ 雑草木の成長では刈り取りを毎年としたが、スギ・ヒノキ区においての差は無かった。
- ⑫ 後生芽は上木伐採後に出現したが、一般的には樹幹の東から南西方向で多く出現した。

はじめに

複層林の造成管理技術の開発は、平成1年～5年度にかけて国庫助成による「森林施業の高度化に関する総合調査」の一貫として、大型プロジェクト研究開発（一部の県は情報活動システム化事業）により実施されてきたもので、本県をはじめ全国で34都道県・35機関が参画して行われたものである。

まず、その前段に東北地域重要課題研究担当者会議⁶⁾（昭和63年1月26日）が開催され、そこで複層林施業技術の確立に関する共同研究を進めるに当たっての、東北地区ブロックとしての基本的事項（共通認識事項）が確認された。

それは、複層林施業を進める必要性を、今後の森林整備の方向として、森林の有する公益的機能の高度発揮と多様な木材需要への対応が求められているが、これらの機能を恒常的に発揮させるためには、森林を恒存させることが前提となる。また、森林が恒存するためには更新回転（世代交替のゆるやかな進行）が必要である。したがって、森林の裸地化を回避して更新回転を図るためには、森林の複層林化を進める以外に方策はない。しかも、複層林施業においては太陽エネルギーの有効利用、異世代の同一時期利用、気象害の回避、木材生産の恒続性、需要変化に対応した木材生産、高品質材の生産、更新作業の省力などが期待でき、林業経営上も有利な点が多いことから、今後、積極的に推進する必要がある。

一方、東北地方における複層林施業の現状と問題点については、複層林施業を積極的に進めることを目的として造成された林分ではないが、各地に複層化された林分が存在し、複層林施業試験林もいくつか設定されている。しかし、東北地方全体、あるいは狭い地域に限定しても、複層林施業の具体的指標となる事例に乏しい。そのような状況の下で、行政指導による複層林造成事業が計画的に進められている。

複層林施業に関する研究情報は全国的に見るとかなりの数にのぼるが、その多くは西日本のものである。複層林の造成・維持管理においては成育環境および林分の履歴など個別的要因が大きく影響するので、一般論では具体的な個別指導は困難であり、各地域の成育環境に応じた施業技術を確立する必要がある。今後、東北地方において複層林造成を推進し複層林施業を定着させるためには、第一には実地に即した手引き書の作成が必要であり、第二には各県および国有林の複層林適用可能地域に施業指標林を配置し、将来の研究情報源および当該地域の普及の拠点とする必要がある。なお、施業指標林は厳密な試験林である必要はないが永続的な調査が可能な内容に維持されることが望ましい、という趣旨内容であった。

そこで、当场では平成1年5月から平成6年3月にかけて本県に適合した複層林の施業体系を確立するため、郡山市安積町成田地内（本場内）および、いわき市三和町遅川地内の民有林2カ所に施業試験林を設定し、施業基準・施業技術等の研究情報を得て、これらの施業体系を図ろうとしたものである。

しかし、複層林の造成管理技術の研究期間は5カ年に及んだため、本県においては調査担当者の変更を余儀無くされ、かならずしも当初の設計思案通りとはいかなかったが、単年度毎の結果概要については既に福島県林業試験場報告^{1) 2) 3) 4) 5)}に掲載されていることを付記する。

なお、本研究は北海道、青森、岩手、宮城、秋田、山形、福島、茨城、埼玉、千葉、東京、新潟、

石川、山梨、長野、岐阜、静岡、愛知、三重、兵庫、奈良、和歌山、鳥取、広島、山口、徳島、愛媛、高知、福岡、佐賀、熊本、大分、宮崎、鹿児島等の公立試験場との共同試験であり、研究の遂行にあたっては、林野庁発行「平成元年度林業試験研究設計書＝複層林の造成管理技術の開発」に準じて進めようと努力したものである。

I 目 的

国民の生活様式や価値観等の変化にともない、多様化・高度化する国民の森林に対するニーズに的確に応えるためには多様な森林の整備が必要であり、そのひとつの方策として複層林施業の積極的導入が林政審議会の報告や、第4次全国総合開発計画および森林資源基本計画等で取り上げられている。

しかし、複層林施業はきめ細かで、かつ高度な技術を要するため、今後その適正な普及を促進するには地域の実情に応じた複層林施業体系を提示していく必要がある。

このため、本県においてはマツノザイセンチュウによる枯損が甚だしく、今後の造林推進上問題となっている県中地方のアカマツ天然林下（上木アカマツー下木ヒノキ）の半乾燥地帯と、もう一つは県内的にスギの林地生産力が高く、土壌的にもやや湿潤地帯のいわき地方のスギ人工林下（上木スギー下木スギ・ヒノキ）の2カ所を対象に、複層林への誘導およびその維持管理等について検討を加え、その体系化の可能性を試みようとしたものである。

【郡山試験地】

II 調査方法

1. 調査地の概況

調査地は図-1に示すように本県のほぼ中央、郡山市の南部に位置し、安積町成田字西島坂1番地の、林業試験場試験林内（1林班つ、小班と同2林班か小班）に設置した。

当地域の地形は郡山盆地の笹川台地「砂礫台地（上位）」に属し、一般的には丘陵状を呈しているが、笹原川により抉り取られた急斜面が郡山台地との境に存在する。試験林一帯の標高は260mで傾斜は緩やかでスギ採種園・各種展示林となっているが北側一帯にはしばしば崩壊地がみられ、土砂崩壊防備保安林に指定されている。地質は第四系の洪積統で泥岩・砂岩を主とする郡山層に属し、岩質は半固結堆積物でやわらかい。土壌は深さ20cm以降の断面から班鉄等が存在するが、これは季節的な水分の停滞と風の影響が考えられることからpsG型を主としたB₀(d)型が出現している。

気象は本場の過去10カ年間の平均を用いたが、これによると年平均気温は11.8度、年降水量は1,041mm、最高積雪深は15cm内外、最高積雪極は45cmであり、年間を通じ穏やかな気候下にある。

2. 調査の方法

調査地および試験区は図-2に示すように、本場の西側に位置し、試験区の設定は作業道を挟んで北側にI-1・I-2・I-3、南側にII-1、II-2・II-3の計6区とし、南東部に対照区を配置した。起伏はなく平坦面である。

調査地の上木状況は表-1、写真-1に示すように、アカマツ天然林で更新年はI区が1942年、II区が1946年で、1989年5月の設定時ではそれぞれ48、44年生となっている。これをアカマツーヒ

ノキ二段林にするため、上木のアカマツを適宜間伐し、下部にヒノキをha 当たり 2千本を植栽した。各試験区の面積は 0.0397 ha ~ 0.12 ha で、上木の残存本数は 28~77本、樹高は 12.6 ~ 17.3 m、胸高直径は 24.1 ~ 26.7 cm、枝下高は 6.4 ~ 11.8 m、形状比は 49~72となっている。これを 1 ha 当りに換算して上木指標を求めると、胸高断面積合計は I 区が 24、28、32 m²とそれぞれ 4 m²の間隔とし、II 区が 31、40、49 m²とそれぞれ 9 m²の間隔とした。立木本数は 458 ~ 831 本と区間内の 1 と 2 は少なく、2 と 3 の開きが多い試験区となった。なお、試験区内のアカマツの地位は人工林収穫予想表から 3 ~ 4 の中間に位置する。

以上のことを基本として、これに上記以外の調査項目として林内の相対照度を測定し、下木の成長や雑草木の推移、下刈り作業工程と能率、地力要因としての土壌調査、上木伐

採と搬出に伴う下木の損傷等を調査し、併せて上木をアカマツ、下木をヒノキとした複層林施業モデルを作成することとした。以下調査項目毎の目的および調査方法の詳細を記述する。

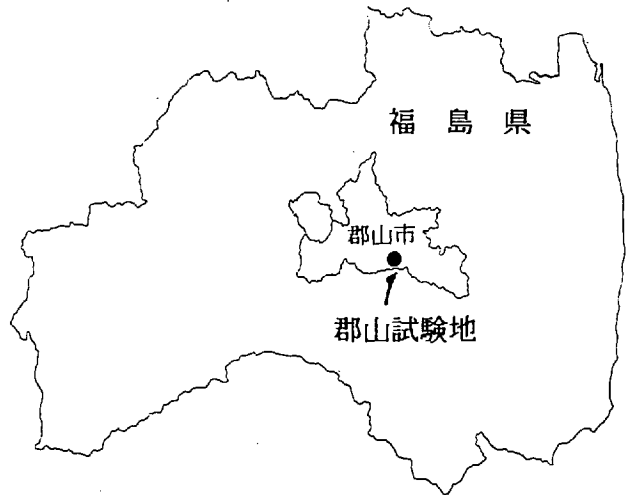


図-1 調査位置

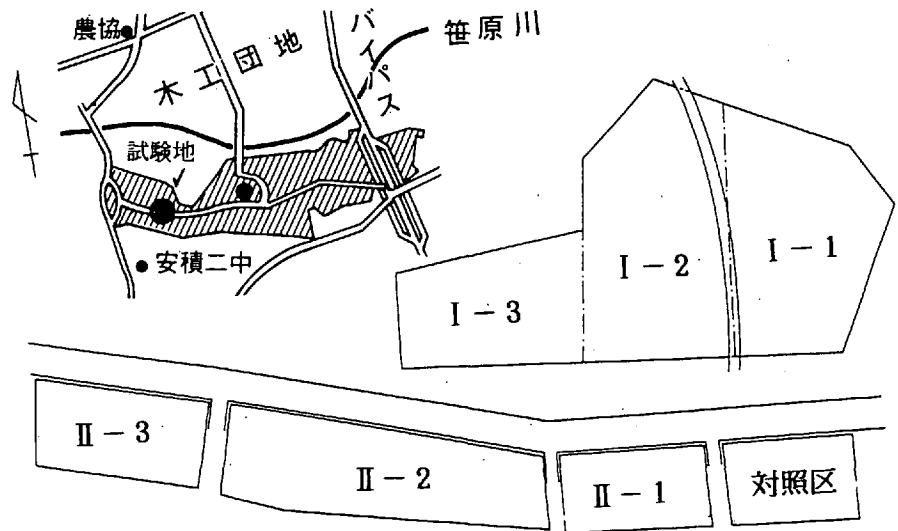


図-2 試験区の位置

表-1 調査地の上木状況 (郡山試験地)

調査区	面積 (ha)	上木本数 (本)	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	枝下高 (m)	胸高断面積 (m ²)	材積 (m ³)	形状比	更新年	上木	下木
I-1	0.1068	70	16.2	24.4	11.2	3.4149	26.673	66	1942年	アカマツ	ヒノキ
I-2	0.1200	75	17.3	24.1	11.8	3.3594	30.213	72	"	"	"
I-3	0.0698	32	14.9	25.6	8.9	1.6937	12.661	58	"	"	"
II-1	0.0397	33	13.4	26.7	7.9	1.9391	12.470	50	1946年	"	"
II-2	0.0931	77	14.2	24.2	7.7	3.7148	25.106	59	"	"	"
II-3	0.0494	28	12.6	25.5	6.4	1.5174	9.630	49	"	"	"
対照区	0.0349	-	-	-	-	-	-	-	-	-	"

(1) 下層植物指標

林内の相対照度と下層植物の優占度関係を調査し、光関係の指標となる植物を明らかにすることを目的とする。調査の方法は各試験区内の標準地三カ所にコドロード(2×2 m)を設置し、ブラウンプランケの手法により、下層植物の優占度を求める。また、曇天日に



写真-1 複層林と雑草木の成長

各試験区内の照度をミノルタデジタル照度計T-1Hで30秒間測定し、対照区との照度から相対照度を算出する。

(2) 上木指標

林内の相対照度と上層木の測定項目との関係を調査し、光環境の指標となる測定項目をピックアップすることを目的とする。調査の方法は各試験区内の上層木の樹高、胸高直径、枝下高、立木本数等を調査し、単位面積当たりの胸高断面積合計、立木本数を算出する。また、相対照度と各測定項目との関係についても分析する。

(3) 林内光環境と下層植物の成長(植栽木の成長・雑草木の成長)

林内相対照度を中心として検討した光環境と下層植物の成長関係を調査し、施業体系確立のための情報を整理する。調査の方法はまず、植栽木の成長については各試験区内に植栽したヒノキ苗20本の樹高、根元直径、枝張りを測定し、植栽木の成長状況を調査するとともに、相対照度の関係について分析する。また、植栽木の健全度合いと植栽木の幹曲がりについても調査する。次に、雑草木の成長については各試験区内の雑草木を刈り取り(2×1 m)、地上部の生重量を測定するとともに、乾燥重量をも併せ測定し、相対照度との関係について分析する。

(4) 地力要因の動態(林床植生とA₀層等地床状態・土壌特性)

林床の植物や地床の影響を直接受けるA₀層直下の土壌構造、水湿、土壌硬度、孔隙組成等の物理的性質を詳細に調査し、試験区間の比較を行うものとする。調査の方法は土壌調査は試験区内に代表断面を設定し、林野土壌調査方法書に従いその概要を把握するものとし、物理性の調査は400 ccの採土円筒で各層位毎に土壌試料を採取し、容積重、透水性、三相組成等の孔隙量を測定する。また化学性についてはH₂OとKcl pHを測定し、土壌の酸性化を把握する。

(5) 更新作業工程と能率(下刈り)

複層林施業後の下刈り工程を調査し、複層林施業の指標とする。調査の方法は試験区内の下刈りを実施し、その時間工程を把握して、試験区毎の単位面積当たりの人工数を算出する。

(6) 伐出方法と能率（伐出に伴う下木等の損傷）

下木等の損傷は主として、伐倒作業時に伐倒木の枝・葉、幹による衝撃、あるいは搬出作業時にトラクター等機械の走行、材の移動、ワイヤロープの巻き取り等により発生し、その損傷形態や程度は作業条件、作業方法の違いによって異なると考えられる。そこで、作業時点別損傷形態および損傷程度を調査するとともに損傷木がどのように回復するかを調査し、複層林の伐採作業の指針とする。調査の方法は伐倒時に発生した損傷木について、損傷程度、損傷形態を調査し、損傷木の分布図を作成する。なお、本場の調査地は平坦でほとんど傾斜がないことから、対比させる意味合いを含め滝根町の急傾斜地においても実施する。

(7) 一代限り複層林の評価

(3)～(6)で得られた情報を整理し、アカマツ・ヒノキの一代限り複層林の評価を行い、その施業体系モデルを作成する。

III 調査結果

1. 林内光環境の推定法

(1) 下層植物指標

① 林内の相対照度

年度別林内相対照度を表-2に示す。これによると各試験区の林内相対照度は設定当初の1989年8月にはI区で32～35%、II区で29～45%とややII区内でのバラツキが認められたが、次年度の1990年9月にはI区で25～29%、II区で22～44%とすべての試験区で低下した。その後林内の照度は徐々に回復し、1993年9月にはII-3区においては減少傾向にあるものの、他の区においては設定当初と同じか多少増加の傾向にある。

表-2 年度別林内相対照度（郡山試験地）

調査区	1989.8	1990.9	1991.7	1992.7	1993.9
I-1	32%	25%	27%	32%	33%
I-2	32	25	25	31	36
I-3	35	29	35	35	35
II-1	29	22	26	27	43
II-2	33	27	22	28	33
II-3	45	44	39	39	37
対照区	100	100	100	100	100

② 雑草木の優占度

各試験区の相対照度と雑草木の優占度との関係（1993年）を付表-1に示す。これによるとすべての試験区内に出現した雑草木の合計は84種に上り、このうち草木が68種、木本が16種であった。

各試験区に出現した種は多い所で39種、少ない所で27種で、1ヶ所当たりでは22～11種であった。

出現する雑草木のうち、乾性な植物といわれているウシノケグサ・オカトラノオ・コカリヤス・ノハラアザミ・ヒカゲスゲ・ヒヨドリバナ・ヤマハギ・ワラビといった種や、湿性な植物といわれているカンスゲ・ホガエリガヤ・マムシグサといった両極端な種は優占度的にも少なく、一般的な立地に出現するアズマネザサ・ガマズミ等といった雑草木が多くを占めている。これを1989年の設定時と比較するとウワミズザクラ・クリ・コナラ・ノダフジ・ヤマウルシ・ヤマザクラ・ヤマツツジ等、木本類の種が多く出現する傾向にあり、チヂミザサにおいては年度間を通して平均的に出現していた。

③ SDRの上位5種

各試験区の1991～1993年の平均積算優占度（平均SDR＝草丈および被度の最大種の値を100として、他をこれに対する百分率で示したもの）の上位5種を表-3に示す。これによると各試験区の上位種は1991～1992年時ではアズマネザサ・クズ等が主流を占めていたが、1993年時ではアズマネザサ・コバノカモメズル・ウワミズザクラ・ヤマウルシ・コナラ等、半乾燥地に出現する木本類とツル類が増加の傾向にある。また、対照区においては上位優占がアズマネザサ以外にススキの進入が高まってきている。これらのことから傾向としてのSDRは考えられるが、林内の相対照度と下層植生の優占度には明確な関係を断定できるまでには至らなかった。つまり、22～45%範囲の相対照度と5カ年程度の時間的変化では植生内容に歴然とした影響は少ないと考えられる。

表-3 下層植生の平均SDR 上位5種（郡山試験場）

調査区	年度	相対照度	1位	SDR	2位	SDR	3位	SDR	4位	SDR	5位	SDR
I-1	1991	27%	アズマネザサ	54.9	クズ	46.5	ウツギ	39.2	フキ	38.7	コバノカモメズル	36.2
	92	32	コバノカモメズル	59.0	アズマネザサ	46.5	ヤマザクラ	38.4	クズ	32.1	ナンテンハギ	30.5
	93	33	アズマネザサ	95.9	コバノカモメズル	95.3	ミツバアケビ	30.2	ヤマザクラ	30.1	トコロ	27.2
I-2	1991	25	アズマネザサ	63.9	クズ	46.5	スイカズラ	35.6	コバノカモメズル	35.3	ノグサ	34.0
	92	31	アサショウマ	73.2	クズ	59.0	アズマネザサ	51.2	ヒメヨモギ	43.0	コバノカモメズル	42.7
	93	36	コバノカモメズル	87.1	アズマネザサ	86.2	ウツギ	68.9	ススキ	47.1	ヘクソカズラ	39.7
I-3	1991	35	アズマネザサ	85.1	アキノタムラソウ	53.9	クリ	48.3	コナラ	43.8	ノダフジ	39.3
	92	35	アズマネザサ	78.7	ヤマザクラ	66.8	ヒメヨモギ	50.4	ノダフジ	40.0	ノガリヤス	33.1
	93	35	アズマネザサ	87.2	コバノカモメズル	77.5	ノダフジ	68.9	ノガリヤス	58.5	ヤマザクラ	53.9
II-1	1991	26	アズマネザサ	78.2	ヤマザクラ	55.6	ヤマハギ	46.0	コナラ	36.8	クズ	32.9
	92	27	アズマネザサ	75.2	ヤマウルシ	53.7	ノダフジ	44.2	サワフタギ	37.5	クリ	36.7
	93	43	アズマネザサ	85.7	コナラ	67.0	ヤマウルシ	60.0	クリ	55.6	ウワミズザクラ	52.5
II-2	1991	22	チヂミザサ	69.0	アズマネザサ	61.4	クズ	50.7	ノダフジ	33.2	コナラ	32.5
	92	28	アズマネザサ	73.2	クズ	54.5	ナキリスゲ	44.4	ノハラアザミ	38.2	コバノカモメズル	38.0
	93	33	アズマネザサ	86.5	コバノカモメズル	63.7	ガズミ	63.0	ウワミズザクラ	60.0	クズ	55.5
II-3	1991	39	アズマネザサ	86.2	ヤマユリ	38.3	ゴメウツギ	36.7	クリ	36.6	コナラ	36.0
	92	39	アズマネザサ	53.5	ノダフジ	49.3	ススキ	35.2	ヤマウルシ	29.5	ヤマユリ	28.7
	93	37	ウワミズザクラ	82.5	アズマネザサ	76.7	コナラ	66.6	ヤマウルシ	50.7	ニガイチゴ	36.3
対照区	1991	100	アズマネザサ	82.8	クズ	42.5	イワハナザオ	32.4	クズ	29.1	カンスゲ	29.1
	92	100	アズマネザサ	82.7	ヤマウルシ	46.5	コナラ	42.4	ススキ	39.9	クズ	39.3
	93	100	ススキ	85.7	アズマネザサ	80.2	コナラ	36.2	ヤマウルシ	31.7	ヤマザクラ	29.7

④ 主要植生の経年変化

日当たりの良い土地に普通に生えるススキと、やや日陰の土地に生えるチヂミザサ、また、多くの試験区に出現しているヘクソカズラについて、1991年と1992年の経年変化を表-4に示す。これによると明るい試験区内ではススキの成育がみられ、特に対照区ではススキの出現が旺盛である。その

表-4 主要植生の経年変化（大竹1992年一部改変）

調査区	ス ス キ		チヂミザサ		ヘクソカズラ	
	1991	1992	1991	1992	1991	1992
I-1	-	-	△	△	○	-
I-2	-	-	△	○	△	△
I-3	-	-	△	△	△	△
II-1	-	-	-	◎	△	△
II-2	-	-	○	△	△	○
II-3	-	○	-	△	△	△
対照区	◎	○	-	-	○	△

※ ◎新規 ○増加 △減少

他の調査区ではチヂミザサの優占度が高い傾向を示した。ヘクソカズラは草やぶのある場所に生えることが多く、照度の変化による影響が少ないために多くの調査区に出現すると考えられる。

(2) 上木指標

① 相関係数行列

調査地における上木状況をもとに ha 当たりの上木指標を表-5 に示す。これによると 1989 年 5 月設置時では I-3 区の胸高断面積合計が 24.3 m²、立木本数が 458 本と最も疎の状態であり、II-1 区が 48.8 m²、831 本と最も密の状態にある。先にも説明したように胸高断面積合計は I 区が 4 m² 間隔、II 区が 9 m² 間隔となっていて、林齢の更新もそれぞれ 1942 年、1946 年となっている。これを相対照度をもととして樹高・胸高直径・枝下高・胸高断面積合計・立木本数の 6 項目の相関係数行列を示すと表-6 のとおりである。これによると相対照度と各測定項目には相関は認められなかった。ただ、樹高と枝下高が 0.977、および胸高断面積合計と立木本数が 0.915 の値となり、それぞれ 1% 水準で有意性があつた。なお、これらの相関係数行列は 5 年後の上木の調査でも同様の傾向を示した。

表-5 上木指標 (郡山試験区)

調査区	相対照度 (%)	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	枝下高 (m)	胸高断面積 (m ² /ha)	立木本数 (本/ha)
I - 1	32	16.2	24.4	11.2	32.0	655
I - 2	32	17.3	24.1	11.8	28.0	625
I - 3	35	14.9	25.6	8.9	24.3	458
II - 1	29	13.4	26.7	7.9	48.8	831
II - 2	33	14.2	24.2	7.7	39.9	827
II - 3	45	12.6	25.5	6.4	30.7	567

表-6 相関係数行列 (郡山試験区)

1989 年

変数名	相対照度	樹高	胸高直径	枝下高	胸高断面積	立木本数
相対照度	1.000	- 0.496	0.043	- 0.541	- 0.441	- 0.530
樹高	- 0.496	1.000	- 0.668	** 0.977	- 0.457	- 0.194
胸高直径	0.043	- 0.668	1.000	- 0.555	0.427	0.031
枝下高	- 0.541	** 0.977	- 0.555	1.000	- 0.377	- 0.162
胸高断面積	- 0.441	- 0.457	0.427	- 0.377	1.000	** 0.915
立木本数	- 0.530	- 0.194	0.031	- 0.162	** 0.915	1.000

** 1%水準で有意

2. 施業体系確立のための必須条件の把握

(1) 林内光環境と下層植物の成長

1) 植栽木の成長

① 植栽木の成長

アカマツの下に植栽したヒノキ苗木の成長を植え付け当初と 5 年後を比較したものを表-7 に示す。これによると相対照度が 29~45% の場合、苗高 61~64 cm が 5 年後には 218~262 cm と平均 3.5~4 倍に成長し、根元直径は同様に 7~9 mm が 25~33 mm と平均 3.5 倍に、枝張りは 88~101 cm が 269~366 cm と平均 3~3.5 倍となった。また、この 5 年間の上木としての胸高断面積合計は 5~9 m² の増となつ

ている。これを対照区を100として樹高等の相対比数表したのが表-8である。

これによると5年時の相対樹高は66~82、相対根元直径は53~70、相対枝張りは68~93となり、I区においては区間内での成長の差はそれほど大きくないが比較的I-2の成長が安定している。II区においては総体的に成長は劣り、区間内での成長にもバラツキがみられるが、II-2が他をやや上回っているといえよう。6区間内での成長比数で最も良好なものはI-2で、最も不良なものはII-1であった。これらは光環境、その他の影響によりそれぞれの値となって示されたが、樹高や根元直径はその影響を強く受けやすく、枝張りはこれらより弱いものと思われる。

表-7 植栽木の成長(郡山試験地)

調査区	調査年月	樹高 (cm)	根元直径 (mm)	枝張り		上木の断面積 (m ² /ha)	相対照度 (%)
				東西	南北		
I-1	1989. 7	61	7	43	51	32.0	32
	1993. 11	248	32	180	183	37.0	33
I-2	1989. 7	63	8	56	45	28.0	32
	1993. 11	262	33	182	184	35.3	36
I-3	1989. 7	63	9	51	42	24.3	35
	1993. 11	264	33	168	159	29.2	35
II-1	1989. 7	61	8	50	38	48.8	29
	1993. 11	218	25	139	130	57.8	43
II-2	1989. 7	62	9	53	40	39.9	33
	1993. 11	248	30	158	143	48.4	33
II-3	1989. 7	64	8	54	43	30.7	45
	1993. 11	242	29	146	140	38.0	37
対照区	1989. 7	60	8	48	37	-	100
	1993. 11	322	47	199	196	-	100

表-8 植栽木の成長(対照区比数)(郡山試験地)

調査区	調査年月	相対樹高	相対根元直径	相対枝張り		相対枝張り 全方位平均	相対照度 (%)
				東西	南北		
I-1	1989. 7	102	88	90	138	111	32
	1993. 11	77	68	90	93	92	33
I-2	1989. 7	105	100	117	122	119	32
	1993. 11	81	70	91	94	93	36
I-3	1989. 7	105	113	106	114	109	35
	1993. 11	82	70	84	81	83	35
II-1	1989. 7	102	100	104	103	104	29
	1993. 11	68	53	70	66	68	43
II-2	1989. 7	103	113	110	108	109	33
	1993. 11	77	64	79	73	76	33
II-3	1989. 7	107	100	112	116	114	45
	1993. 11	77	62	73	71	72	37
対照区	1989. 7	100	100	100	100	100	100
	1993. 11	100	100	100	100	100	100

② 植栽木の健全度

植栽したヒノキ苗木の健全度について表-9に示した。健全度合いは見た目が健全なものと、不健全なものに分類し、その中間をやや健全にしたものである。これによる

とI区の健全木は84~95%、やや健全木が5~16%、不健全木が0%と健全木が多いのが特徴的である。これに対しII区の健全木は63~84%、やや健全木が11~32%、不健全木が5%と健全木がI区より少なくなっている。健全木率ではI-1が最も健全度の充実率が高く、II-3が最も不良であった。

表-9 植栽木の健全度(郡山試験区)

1993年

調査区	健全 (%)	やや健全 (%)	不健全 (%)	胸高断面積 (㎡/ha)	相対照度 (%)
I - 1	95	5	0	37.8	33
I - 2	84	16	0	35.3	36
I - 3	94	6	0	29.2	35
II - 1	79	16	5	57.8	43
II - 2	84	11	5	48.4	33
II - 3	63	32	5	38.0	37
対照区	100	0	0	-	100

③ 植栽木の幹曲がり

植栽したヒノキ苗木の幹曲がりについて表-10に示した。幹曲がり度合いは見た目が通直なもの大きな曲がりとに分類し、その中間を小さな曲がりにしたものである。これによるとI区に通直木は63~69%、小さな曲がり木が26~33%、大きな曲がり木が0~5%と全体的に曲がりが少ないのが特徴的である。これに対しII区に通直木は21~32%、小さな曲がり木が63~74%、大きな曲がり木が5%と総体的に幹曲がりがI区より多くなっている。6区の中で幹曲がり度合いが高かったのはII-3で、最も低かったのはI-1であった。

表-10 植栽木の幹曲がり(郡山試験区)

1993年

調査区	通直 (%)	小さな曲がり (%)	大きな曲がり (%)	相対照度 (%)
I - 1	69	26	5	33
I - 2	63	32	5	36
I - 3	67	33	0	35
II - 1	26	69	5	43
II - 2	32	63	5	33
II - 3	21	74	5	37
対照区	85	15	0	100

2) 雑草木の成長

① 雑草木の成長

雑草木の成長状況を表-11に示す。雑草木の成長状況は1試験区の中に3カ所のコドラードを設置したもので面積は2㎡、それぞれの刈り取りを毎年、1年置き、2年置きとした。これによると毎年刈り取り区におけるコドラード内の出現種は12~22種(平均17.5)で、これは1年置きの出現種12~18種(平均16)、2年置きの出現種11~18種(平均15.1)に比較し、わずかながら多くなる傾向にある。また、その時の刈り取り本数は毎年が159~377本(平均316)、1年置きが142~324本(平均247)、2年置きが241~338本(平均286)と、多少の開きはあるものの両者とも毎年刈り取り区より隔年刈り取り区が少ない傾向にある。このことは種の1本当たりの充実率が少しづつ高まっているものと思われる。次に地上部の生重量では毎年刈取りが472~923g(平均663)、1年置きが710~1,578g(平均1,114)、2年置きが1,636~2,438g(平均1,965)と、隔年刈り取り区が次第に増加する傾向にある。さらに刈り取った雑草木の風乾重では毎年が236~397g(平均315)、

表-11 雑草木の成長 (郡山試験地)

1993. 11

調査区	照度	出現種数	本数	地上部生重量	地上部乾重量	雑草高 (cm)	刈り取り区分
I-1-①	33	12	159 ^本	543 ^g	292 ^g	53 (20-150)	◎ 毎年
" ②		12	241	759	343	53 (20-130)	○ 1年
" ③		13	270	1,954	880	40 (15-230)	● 2年
I-2-①	36	19	300	923	380	50 (10-130)	◎
" ②		16	324	1,164	534	46 (10-185)	○
" ③		17	319	1,647	779	80 (15-230)	●
I-3-①	35	18	377	659	273	51 (10-140)	◎
" ②		15	319	1,455	778	60 (15-160)	○
" ③		14	241	1,795	1,022	74 (15-160)	●
II-1-①	43	18	348	816	397	43 (10-110)	◎
" ②		16	148	1,578	934	60 (15-170)	○
" ③		18	321	1,636	891	66 (15-160)	●
II-2-①	33	16	338	567	236	53 (15-150)	◎
" ②		11	228	2,438	1,420	66 (20-180)	●
" ③		17	142	710	357	66 (10-160)	○
II-3-①	37	22	376	472	312	39 (10-140)	◎
" ②		20	309	1,019	726	59 (15-115)	○
" ③		18	338	2,322	1,544	62 (15-180)	●
対照区 ①	100	15	519	1,068	586	49 (15-190)	◎
" ②		17	575	2,094	1,084	69 (20-195)	○
" ③		10	446	5,671	3,944	107 (25-230)	●

1年置きが357～934 g (平均612)、2年置きが779～1,544 g (平均1,089) と、生重量と同様に隔年刈り取り区が次第に多くなる傾向にある。生重量と風乾重との重量比較では毎年で47%、1～2年毎で55%の重量となり、刈り取りを延ばすことによるコナラ・ヤマウルシ・サクラ等の木本類の木質化の影響が考えられる。なお、優占種の群落高は毎年刈り取りより隔年刈り取りが高くなってきているのが伺える。以上の事を対照区の項目と単純比較すると、出現種数では刈り取り2年置きが対照区より5種程度多く、

このことは対照区において優占種の平均群落高が徐々に高くなってきており、木本類の出現と同時にススキ等の数種に限定されてきた感がある (写真-2「対照区3の植生」)。各試験区の総体的な出現本数は対照区の43～64%に止まっており、光環境の影響が上木があることによって抑制



写真-2 雑草木の成長 (対照区3)

されていることが伺える。また、生重量においては毎年時で62%、1年置きで53%、2年置きで35%と雑草木の成長が抑制されており、これらは風乾重でも同様な値となっている。

(2) 地力要因の動態

1) 林床植生とA層等地床状態

① 林床植生

土壤調査付近で行った林床植生の結果は2㎡当たりアズマネザサ(優占度3)を主としてウツギ(2)ガマズミ(+)の木本類があり、草本類のアキノタムラソウ(1)スイカズラ(1)チヂミザサ(1)ヌスビトハギ(1)ハエドクソウ(+)マムシグサ(+)ミツバツチグリ(+)、さらにツル類のコバノカモメズル(2)キズタ(+)トコロ(+)ヘクソカズラ(+)ミツバアケビ(+)ヤマイモ(+)等、16種が存在している。この時の相対照度は設定時から25~36%と比較的明るく、林床は上記の植生と上木のアカマツの落葉で安定しており、被覆率は90%以上で裸地は無い。また2㎡当たりの植生本数は330本程度で地上部の生重量は約1.2kg、乾燥重量は約0.5kgで、植生高は平均45cmである。

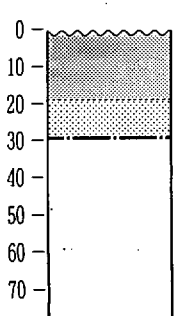
2) 土壤特性

① 土壤断面調査

代表的な土壤断面調査を試験区内のI-2②付近で行ったが、これらの詳細を表-12に示す。地形は丘陵平坦で傾斜は3度内外、方位はN40°E、標高は255mである。母材は洪積層砂岩で堆積様式は残積である。層位はA層上部にL層が2.5cm、HA層が0.5cmとやや薄く存在しているが、これらはアカマツ落葉や林床植生の堆積したものである。表層(A-B₁)は暗褐色で20cmあり、腐植を含む。石礫は無く土性は壤土で地表部に弱い粒状構造を持つ。堅さはやや柔らかく水湿状態は潤で、小・中根を含む。土の比重は2.45である。表層(B₂g)は褐色で10cmあり、少しの腐植を含む。石礫は無く土性は壤土で無構造である。堅さはやや堅く水湿状態は潤で、小根を少し含む。土の比重は2.49である。冬季の水分がこの層以下に停滞するため、鉄・マグネシウム等の斑紋核がみられる。下層(Cg)はにぶい黄褐色で30cm以上あり、腐植に乏しい。石礫は無く土性は壤土~微砂質壤土で無構造である。堅さはすこぶる堅く水湿状態は潤で根は無い。土の比重は2.51であり下層に行くに従い土の比重が高くなっている。冬季の水分はB₂g層と同様に停滞するため、鉄・マグネシウム等の

表-12 土壤調査(郡山市安積町=アカマツ-ヒノキ)

1992年12月



層位	土色	腐植	石礫	土性	構造(比重)	堅密度 硬度計	水湿状態 斑紋	根
L 2.5 cm HA 0.5 cm								
A-B ₁	10YR 3.5/4 (暗褐)	含む	-	L	Gr(弱) (2.45)	軟 (12)	潤	小中根 含む
B ₂ g	10YR 3.5/4 (褐)	含む	-	L	- (2.49)	やや堅 (17)	潤 Fe+	小根 含む
Cg	10YR 4.5/4 (にぶい黄褐)	乏し	-	L-SiL	- (2.51)	すこ堅 (25)	潤 Fe+++	-

斑紋核が極めて多くみられる。以上のことから土壤型は疑似グライ = psG を主体とした褐色森林土 (偏乾亜型) = B_o(d) と思われる。

② 土壤の物理性

土壤の物理的性質の分析値を表-13に示す。これによるとA-B₁層の透水速度は1分間に28mlと少なく、容積重は100cc当たり89gとやや重い。全孔隙量は64%でこのうち細孔隙量は26%、粗孔隙量は38%で、粗孔隙量そのものは大きいが細孔隙量は中である。また最大容水量は59%、最小容気量は5%と少ない。三相組成は固体36%、液体29%、気体35%と固体が大きく液体が少ない緻密な層といえよう。B₂g層の透水速度は1分間に37mlと少なく、容積重は100cc当たり96gとやや重い。全孔隙量は61%でこのうち細孔隙量は25%、粗孔隙量は36%で、A-B₁層に準じた孔隙量といえる。また最大容水量は52%、最小容気量は9%と全体的にA-B₁層より多少劣っている。三相組成は固体39%、液体28%、気体33%と緻密な層といえよう。Cg層の透水速度は1分間に5mlと極めて少なく、容積重は100cc当たり134gと非常に重い。全孔隙量は47%でこのうち細孔隙量は22%、粗孔隙量は25%で、孔隙量はより少なくなっている。また最大容水量は43%、最小容気量は4%で全体的に緻密で締まっている。三相組成は固体53%、液体25%、気体22%と固体層が50%以上を占めた緻密な層で、これらのことから総体的には土壤が緻密で半乾燥の傾向にあることが伺え、適地適木の観点からアカマツが主林木となっている。

表-13 土壤の物理的性質

層位	厚さ	透水性 ml/min		容積重 g	孔隙量 %			最大容水量 %		最小容気量 %	採取時含水量%		透水指数
		5分後	15分後		細孔隙	粗孔隙	全孔隙	重量	容積		重量	容積	
A-B ₁	20 cm	29	27	89	26	38	64	67	59	5	23	29	*1,025
B ₂ g	10	39	34	96	25	36	61	55	52	9	29	28	
Cg	30+	6	5	134	22	25	47	32	43	4	19	25	

* 透水指数 = 深さ50cm

③ 土壤の化学性

土壤の化学的性質のうち pH (H₂O・Kcl) の分析値を表-14に示す。これによるとA-B₁層のH₂O pHは4.75で、Kcl pHは4.08と中酸性である。B₂g層のH₂O pHは4.85で、Kcl pHは4.05とA-B₁層と同様に中酸性である。Cg層のH₂O pHは5.45で、Kcl pHは4.15と弱酸性であるが、H₂O pHとKcl pHの開きが大きい。これは特にCg層にFe・Mg等の斑紋があり、それらの養分がH₂O pHに遊離し、反応したものである。

表-14 土壤の化学的性質

層位	pH	
	H ₂ O	Kcl
A-B ₁	4.75	4.08
B ₂ g	4.85	4.05
Cg	5.45	4.15

(3) 更新作業工程と能率

1) 下刈り

① 下刈り工程調査

複層林の更新作業にあたっては上木のアカマツの胸高断面積合計を算出して、間伐を行い、その後下木としてヒノキをha当たり2,000本(約2.2×2.2m)を植栽したもので、植え付けは唐鋤を使用する通常の方法によった。植栽後の下刈りは下刈り機械で行い各試験区毎の実働時間から1日当た

りの作業面積および ha 当たりの所要人工数を算出し、対照区を 100 とした人工平均比数を求めることとした。なお、刈り取りは同一人とし毎年 8 月に実施したもので、調査は 1990～1992 年の 3 カ年から平均化したもので、これらの結果は表-15 に示すとおりである。これによると、下層の雑草木の多い対照区の下刈りは、複層林内の試験区に比較して時間当たりの作業面積、単位面積当たりの所要人工数に相当の開きがみられる。まず、時間当たりの作業面積では複層林内の各試験区が毎分 9.10～9.84 m² (平均 9.37) に対し、対照区では毎分 6.74 m² と 39% の低下となった。したがって林内の ha 当たりの所要人工数を算出し、対照区を 100 とした比数で表すと各試験区は 69～74 (平均 72) となり、28% の軽減が認められたことになる。このことは ha 当たりの人数で各試験区が 2.43～2.63 人 (平均 2.54 人) で作業を効率良く行うことができるのに対し、対照区で 3.53 人と 1 名多いことから伺い知れる。さらに上記以外にも対照区に比較し、各試験区は雑草木の質・量が絶対的に少ないことや、上木のアカマツが存在することでの仕事の快適さ、気温や湿度の調節機構、さらに風の流れがあることや直射日光が頭上から直接こないなどの心理的な影響も少なくないものと思われる。

表-15 下刈工程調査結果 (郡山試験地)

調査区	調査面積 m ²	下刈り 面積 m ²	年度	実働時間 min	1分当り 作業面積	1日当り 作業面積	ha当り所 要人工数	人工平均 比 数
I - 1	1,068	1,013	1990	103.0	9.83 m ²	4,129 m ²	2.42人	74
			91	120.1	8.43	3,541	2.82	
			92	112.0	9.04	3,797	2.63	
			平均	111.7	9.10	3,822	2.62	
I - 2	1,200	1,145	1990	128.3	8.92	3,746	2.67	72
			91	120.1	9.53	4,003	2.50	
			92	118.0	9.70	4,074	2.45	
			平均	122.1	9.38	3,941	2.54	
I - 3	698	683	1990	77.7	8.79	3,692	2.71	73
			91	76.0	8.99	3,776	2.65	
			92	70.0	9.76	4,099	2.44	
			平均	74.6	9.18	3,856	2.60	
II - 1	397	382	1990	43.3	8.82	3,704	2.70	72
			91	40.0	9.55	4,011	2.49	
			92	40.0	9.55	4,011	2.49	
			平均	41.1	9.31	3,909	2.56	
II - 2	931	916	1990	108.5	8.44	3,545	2.82	72
			91	93.0	9.85	4,137	2.42	
			92	92.0	9.96	4,183	2.39	
			平均	97.8	9.42	3,955	2.54	
II - 3	494	489	1990	54.0	9.06	3,805	2.63	69
			91	45.0	10.87	4,565	2.19	
			92	51.0	9.59	4,028	2.48	
			平均	50.0	9.84	4,133	2.43	
対照区	349	334	1990	47.0	7.11	2,986	3.35	100
			91	50.0	6.68	2,806	3.56	
			92	52.0	6.42	2,696	3.71	
			平均	49.7	6.74	2,829	3.54	

※ 1日当りの作業実働時間は7時間とした。

(4) 伐出方法と能率

1) 伐出に伴う下木等の損傷

伐倒や伐出時に伴う下木等の損傷形態や損傷程度は作業時の条件や地形等の状況により異なることはいうまでもない。そのため複層林として施業している上木林分を実際に伐倒し、下木に与える被害を把握するため、図-3に示すように郡山市の本場試験林と田村郡滝根町の民有林で伐倒を行った。

① 郡山試験地

調査地は図-4に示すように本場の東門付近(1林班い、小班)で、地形は平坦で西に5度内外の緩い傾斜を持っている。土壌条件や地質・自然条件は1林班つ、小班、2林班か小班とほぼ同程度である。上木のアカマツ天然林の更新は1945年で樹高は15m、胸高直径は24cm、伐採時は47年生であった。下木は伐採時2年生のスギ・ヒノキでha当たり2,500本を植栽したものである。以上の条件のもとでアカマツ14本をチェーンソーにより伐採したが、その際にチルホールにより伐倒方向を指定した。下木の損傷結果については表-16、損傷の位置関係については図-5に示したとおりである。これによると下木の被害は12本で被害率は5.2%と総体的に少なかった。これら被害の内訳は損傷程度が4の、いわゆる強度な損傷を受けその後の成育が不可能なものはわずか0.5%で、将来材の形質・成育に多大な影響を与える程度3は0%、損傷が中程度で将来材の形質・成育に別状ない損傷程度2が1.7%、損傷が比較的軽微で将来の成育にほとんど関与しない程度1が3%と、極めてその被害は少ないことがわかった。このように機材の利用や樹冠部を調査区外に出したことなどにより損傷率は低くなったものと考えられ、また、伐倒時点での地形面の平坦化なども大いに損傷程度の軽微に反映したものと思われ、さらに伐倒する人材の技術

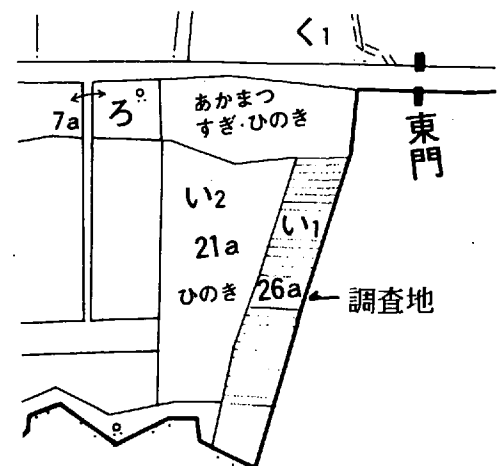
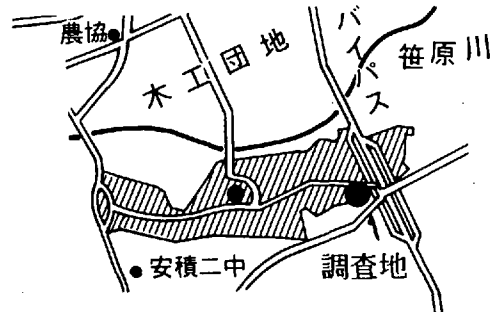


図-4 調査地の位置

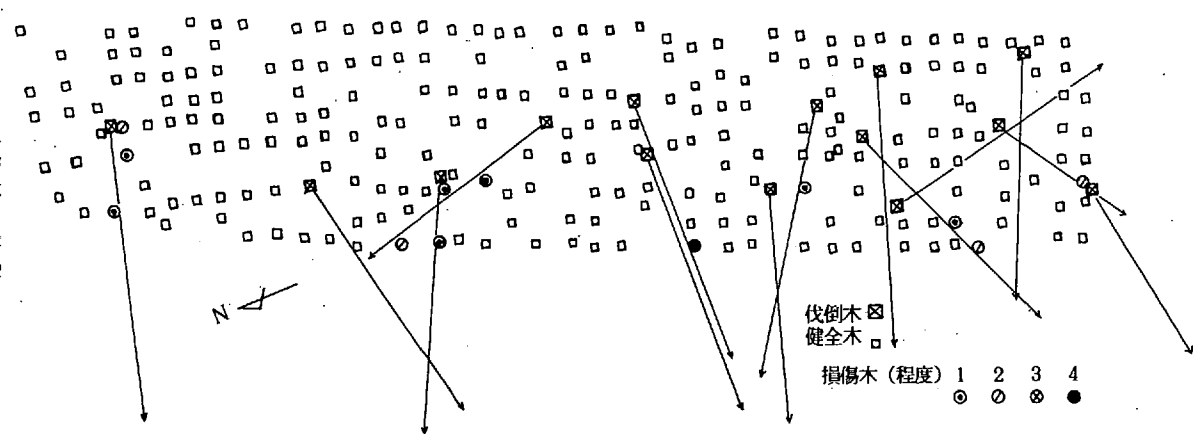


図-5 損傷木分布図

レベルも関与しているものと思われる。なお、上木の損傷では伐倒木の倒列方向にある上木の一部に樹皮剥離や枝折れがみられたが、いずれも軽微な損傷であり、伐出作業における林地の攪乱も軽度なものであった。

② 滝根試験地

調査地は図-4、図-6に示すように滝根町字矢大臣地内の民有林で、標高は650m、斜面は尾根を境に南西と南東斜面に分かれている。斜面は急で30度程度の傾斜を持っている。伐採する上木の樹高は18m、胸高直径は20cm、伐採時は31年生であった。下木は伐採時7年のスギでha当たり1,200本が残存していた。以上の条件のもとで南西斜面は6本、南東斜面は3本のスギをチェーンソーにより伐採したが、その際に伐倒方向を指定する機材の指定は無く、下木の有無も関係無く伐倒した。下木の損傷結果については表-17、損傷の位置関係については図-6

表-16 下木損傷調査結果（郡山試験地）

調査地の概要	
所在地	郡山市安積町（林業試験場試験林 1林班い1小班）
伐採面積	0.094 ha
伐採率	29%（択伐）
調査年月	1992年4月15日
上木	アカマツ47年生 500本/ha
下木	スギ・ヒノキ2年生 2,500本/ha
伐倒本数	14本
損傷木	12本
損傷率	5.2%
損傷程度	程度1-3%、程度2-1.7%、程度3-0%、程度4-0.5%

表-17 下木損傷調査結果（滝根試験地）

調査地の概要	
所在地	田村郡滝根町矢大臣地内
伐採面積	0.08 ha
伐採率	100%（皆伐）
調査年月	1992年4月7日
上木	スギ31年生 120本/ha
下木	スギ7年生 1,200本/ha
伐倒本数	6本（No.1）
損傷木	15本
損傷率	25%
損傷程度	程度1-5%、程度2-15%、程度3-5%、程度4-0%
伐倒本数	3本（No.2）
損傷木	10本
損傷率	28%
損傷程度	程度1-11%、程度2-6%、程度3-11%、程度4-0%

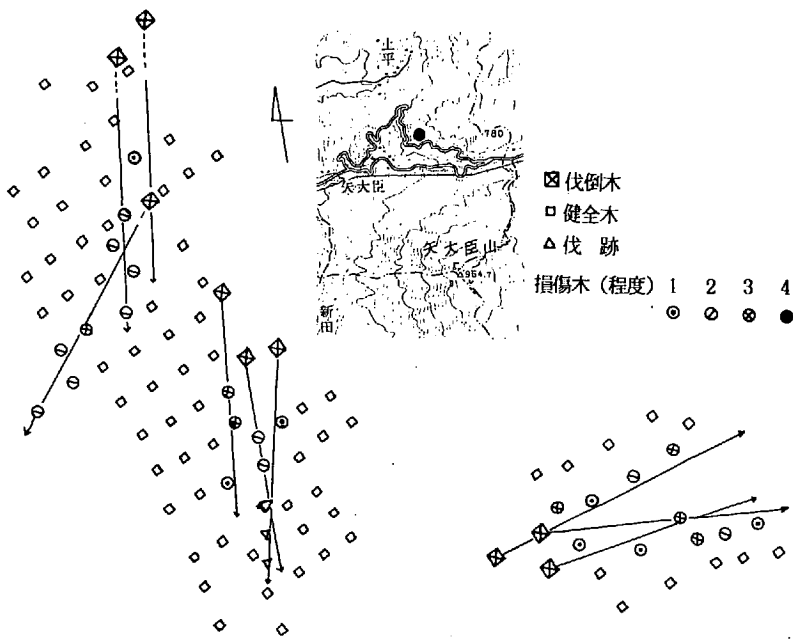


図-6 調査地の位置および損傷分布図

に示したとおりである。これによると下木の被害は南西斜面のNo.1で15本と被害率は25%と総体的に多く、また南東斜面のNo.2でも10本と被害率は28%に達するなど被害が多かった。これら被害の内訳はNo.1で損傷程度が4の、いわゆる強度な損傷を受けその後の成育が不可能なものは0%であったが、将来、材の形質・成育に多大な影響を与える程度3は5%、損傷が中程度で将来材の形質・成育に別状ない損傷程度2は15%、損傷が比較的軽微で将来の成育にほとんど関与しない程度1が5%であった。一方、No.2の被害はNo.1より程度3が6%、程度1が6%それぞれ多く、将来下木の植栽木の形質になんらかの不安を残す結果となった。このように伐倒方向機材の不使用や樹冠部が調査区内であることなどにより損傷率は郡山試験地より高まったものと考えられ、また、伐倒時点での急斜面は材幹を下方に引きずり損傷程度に拍車をかけたものと思われる。したがって下木の損傷を軽微なものにするためには、伐倒方向の指定や列状（帯状）に伐倒する方法を考慮すべきである。なお、上木の一部に樹皮剥離や枝折れがみられたが、これらはいずれも伐倒する方法が同一であるため引き起こされたもので、伐出作業における林地の攪乱も多少みられた。

3. 施業体系の検討

(1) 一代限り複層林の評価

上木をアカマツ、下木をヒノキの組み合わせとして本試験地で数々の調査を行ってきた。これらを総合的に勘案し作成した複層林施業モデルを表-18に示す。このモデルは本県の中・浜通り地方を対象に小雪地帯を主として、地位2の条件設定のもとで行うことを条件に、上木と下木の重複期間を30年とした一代限り複層林の施業モデルである。モデル設定に当たっては表日本-福島県中・浜地方あかまつ人工林収穫予想表（1984年）、ならびに福島県民有林ヒノキ人工林収穫予想表（1990年）を活用した。近年の材の利用は長伐期化の傾向にあることから上木の伐期を80年に設定し、上木が50年の時点で上木の本数管理をすべて終了させることとし、この時点で下木の植栽を行うこととしたものである。施業体系は17年と22年に上木の除伐・間伐を32%程度行うこととし、30年から50年の3回に渡って28~11%の間伐を実施するものとした。50年時の間伐終了時点で上木本数は482本、材積は385 m³となり、胸高断面積合計は38.3 m³と推計される。下木のヒノキはha当たり2,000本の割合で植栽し、20年に11%の除・間伐、30年の20%の間伐割合とした。この時上木の材積は543 m³に達し、上木伐採後の下木本数は1,080本、材積は146 m³に達していることになる。林内の相対照度は+-30%、平均25~35%で推移するものと思われるが、間伐実施後の照度はこれより10%程度上回るのではないかと考えられえる。なお、下木に植栽したヒノキ2,000本の成長は林分材積表の地位4に準じて施業体系を組み合わせたものである。

表-18 複層林施業モデル(地位級=2)

区 分		施 業 体 系									
上層木 (アカマツ)	林 齢 (年)	1	10	17	22	30	40	50	60	70	80
	平 均 樹 高 (m)		5.1	9.1	11.6	15.0	18.3	20.8	22.7	24.2	25.3
	平 均 胸 高 直 径 (cm)		6.4	10.7	14.6	19.8	25.3	30.0	33.1	35.7	38.1
	施業区分(主間伐・植栽等)	植栽	自然枯死	除・間伐	除・間伐	間伐	間伐	間伐	—	—	主伐
	立木本数	伐採前(本/ha)	3,000	2,899	2,613	1,673	1,062	722	541	482	482
	伐採後(本/ha)			1,777	1,137	765	563	482	482	482	0
	本数伐採率(%)			32	32	28	22	11	0	0	100
	立木材積	伐採前(m ³ /ha)	35.5	136.5	188.7	265.5	342.8	399.6	450.8	498.9	542.4
	伐採後(m ³ /ha)			116.4	162.1	235.6	314.7	384.4	450.8	498.9	0
	本数伐採率(%)			14.7	14.1	11.3	8.2	3.8	0	0	100
下層木 (ヒノキ)	林 齢 (年)							1	10	20	30
	平 均 樹 高 (m)								5.4	9.0	11.8
	平 均 胸 高 直 径 (cm)								9.1	13.0	16.4
	施業区分(主間伐・植栽等)							植栽	自然枯死	除・間伐	間伐
	立木本数	伐採前(本/ha)							2,000	1,917	1,739
	伐採後(本/ha)									1,553	1,080
	本数伐採率(%)									11	20
	立木材積	伐採前(m ³ /ha)								108.4	160.7
	伐採後(m ³ /ha)								35.9	102.3	146.1
	本数伐採率(%)									6	9
計	立木本数	伐採前(m ³ /ha)						541	2,221	1,833	
	伐採後(m ³ /ha)							2,482	2,035	1,080	
	本数伐採率(%)								8	41	
	立木材積	伐採前(m ³ /ha)								607.3	703.1
	伐採後(m ³ /ha)								488.7	601.2	146.1
	本数伐採率(%)									1	79
林内相対照度	伐採前(%)							25~35	30~40	30~40	25~35
	伐採後(%)							35~45	30~40	30~40	100
上層木収量比(RY)	伐採前			0.73	0.75	0.77	0.78	0.78	0.79	0.79	0.79
	伐採後		0.39	0.62	0.64	0.68	0.72	0.75	0.79	0.79	—

IV 考 察

以上述べてきたように、本場(郡山試験地)における5年間の複層林の成育状況は、単層林の成育とは多少異なるが、その成育はまずまずの状況にあるといえよう。調査地内の相対照度は上木がアカマツ林のため、光関係は下層部にほどよく進入し、しかも下層に植栽されたヒノキは半陰樹のため、対照区ヒノキの成育のようには行かなくとも、相対樹高で77%、根元直径で65%、枝張りで81%の結果となった。また、健全木の度合いも83%、幹曲がり度合いも46%に達し、しかもI区においてはこれら平均的な数字より、さらに値が良くなっている。雑草木の成育についても毎年度刈り取り区で対照区の62%に抑制されており、1年経過時においても53%、2年経過時で35%程度の抑制率となっている。雑草木の種においては対照区でアズマネザサ・ススキが主体となって、その量や質においても木質化の度合いが高まっているが、各試験地においてもこれと同じように徐々に高まってきているものの、まだ対照区の域には達していない。下刈り作業工程においてもha当たりの所要人工数は対照区に比較すると1人の減となっており、上木があることでの作業環境が良いことを裏付けていると

いえよう。ただ、光の抑制とともに、各試験地のすべてにおいて、コバノカモメズルやアケビ等のツル類が繁茂しており、完全に雑草木の刈り取りやツル類を除去しなくとも良い、ということにはならない。土壌条件については1992年になってから行ったため、養分や下層のヒノキに直接プラスの働きがあるかどうかは今のところ不明であるが、上木の皆伐施行地と違い、エロージョン等のマイナス作用はみられない。伐採についての下木の損傷や上木の剥離については多少あったものの、伐採方向を定めることやチルホール等の機材を使用することにより、また、伐倒技術の高度化、さらに複層林を造成する際の上木の枝払いを行うことなどにより、これら損傷程度はさらに軽減されるものと思われる。

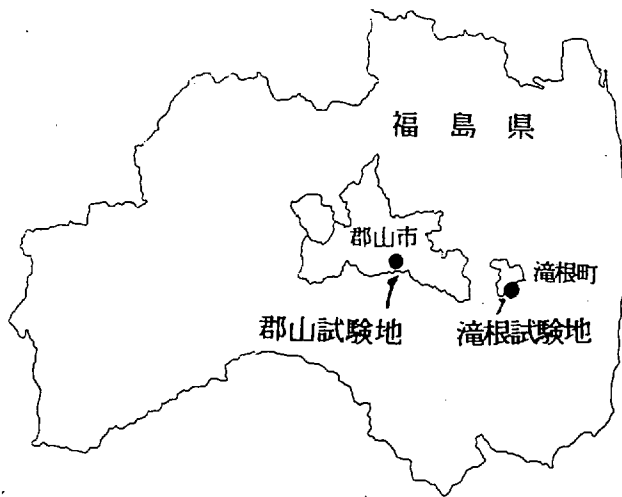


図-3 調査位置

【いわき試験地】

II 調査方法

1. 調査地の概況

調査地は図-7に示すように本県の南東、いわき市のほぼ西部に位置し、三和町下市萱字滝ノ上100-45番地(95林班ほ小班=草野泰美氏所有)に設置した。当地域の地形は阿武隈山系の小起伏山地に属し、大きな山々から派生した斜面長の長い山腹斜面が連なっている。試験林一帯の標高は430~500mで傾斜は25~35度内外の平衡な斜面を呈している。地質は中生代の緑色片岩類(御在所式結晶変岩)で泥・砂を主とする堆積岩が熱の力によって変成作用を受けたものである。岩質は固結~半固結で堅い。土壌は適潤で深く、根の侵入も比較的良好であり、山腹上部には偏乾亜型のB_D(d)型が、山腹中部から下部にかけて広くB_D~B_D(w)型が出現している。岩質の影響から粘土質が強い土壌といえる。林地の地位は2に該当する。気象は年平均気温11.2度、年降水量は1,384mm、最高積雪深は20cm内外であり、郡山試験地に比較すると雨量が多いのが特徴的である。

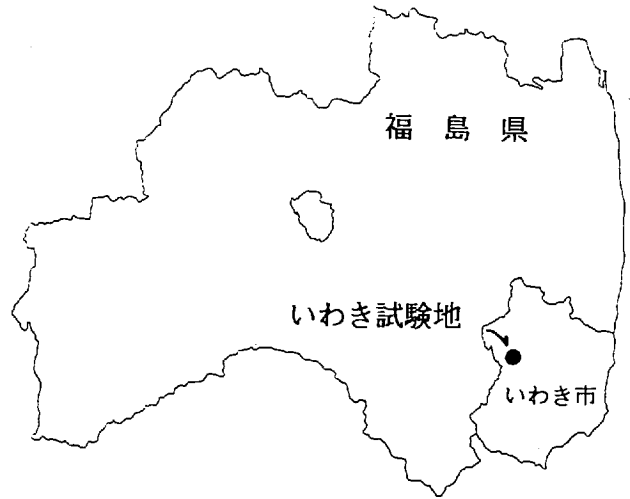


図-7 調査位置

2. 調査の方法

調査地および試験区は図-8に示すように、国道49号線三和町遅川より南に1.5km入った所に位置し、試験区の設定は山腹下部東側よりI-1・II-1・III-1、山腹上部東側よりI-2・II-2・III-2の計6区とし、対照区は配置しなかった。斜面長が南東部に長い地形形態である。

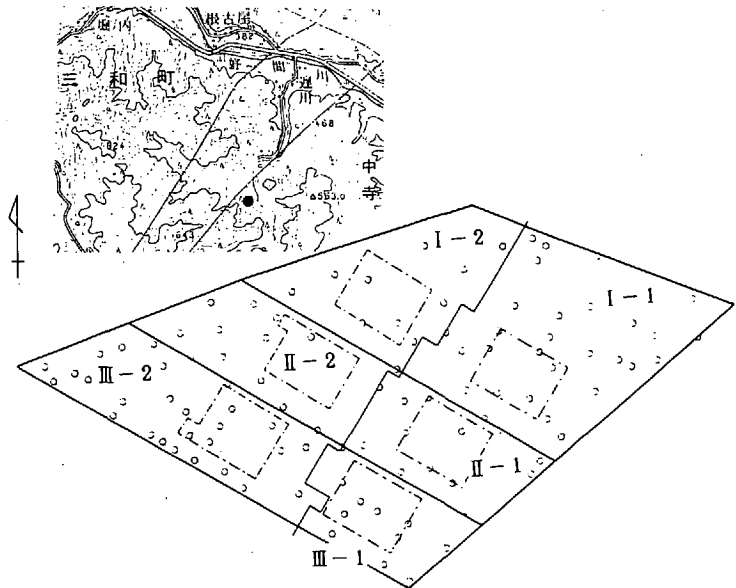


図-8 試験区の位置

調査地の上木状況は表-19、写真-3に示すように、スギ人工林で更新年は各試験区とも1925年で1989年5月の設定時では65年生となっている。これをスギスギ、スギヒノキ二段林にするため、上木のスギを適宜間伐し、山腹下部の各区1にスギをha当たり2千本植栽し、山腹上部の各区2にヒノキをスギ同様に2千本植栽した。各試験区の面積は0.0298ha~0.0812haで、上木の残存本数は10~30本、樹高は24.3~27.3m、胸高直径は38.8~45.3cm、枝下高は6.6~10.5m、形状比は58~67となっている。これを

1 ha 当たりに換算して上木指標を求めると、胸高断面積合計は1が44、46、51㎡とそれぞれ2と5㎡の間隔とし、2が37、44、67㎡とそれぞれ7㎡、14㎡の間隔とした。立木本数は228～548本と1は350本程度、2はⅠ・Ⅱが200本台でⅢが500本台となった。なお、試験区内のスギ地位は人工林収穫予想表から2に位置するが下部の一部は地位2～1に該当する。以上のことを基本として、これに上記以外の調査項目として林内の相対照度を測定し、下木の成長や雑草木の推移、下刈り作業工程と能率、地力要因としてのA層の量と土壌調査を行い、併せて上木をスギ、下木をヒノキとした複層林施業モデルを作成することとした。以下調査項目毎の目的および調査方法の詳細を記述する。

表-19 調査地のの上木状況 (いわき試験地)

調査区	面積 (ha)	上木本数 (本)	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	枝下高 (m)	胸高断面積 (㎡)	材積 (㎡)	形状比	植栽年
Ⅰ-1	0.0812	29	27.3	41.9	10.5	4.1146	49.952	65	1925年
Ⅰ-2	0.0482	11	26.1	44.9	6.9	1.7912	20.011	58	〃
Ⅱ-1	0.0339	12	27.0	40.2	6.6	1.5529	18.684	67	〃
Ⅱ-2	0.0419	11	26.9	45.3	7.8	1.8278	21.373	59	〃
Ⅲ-1	0.0298	10	25.2	39.9	6.7	1.3088	14.173	63	〃
Ⅱ-2	0.0547	30	24.3	38.8	6.8	3.6486	39.048	63	〃

(1) 下層植物指標

林内の相対照度と下層植物の優占度関係を調査し、光関係の指標となる植物を明らかにすることを目的とする。調査の方法は各試験区内の標準地一カ所にコロード(2×2m)を設置し、ブラウンランケの手法により、下層植物の優占度を求める。また、曇天日に



写真-3 いわき試験区における複層林の状況

各試験区内の照度をミノルタデジタル照度計T-1Hで30秒間測定し、林外との照度から相対照度を算出する。

(2) 上木指標

林内の相対照度と上層木の測定項目との関係を調査し、光環境の指標となる測定項目をピックアップすることを目的とする。調査の方法は各試験区内の上層木の樹高、胸高直径、枝下高、立木本数等を調査し、単位面積当たりの胸高断面積合計、立木本数を算出する。また、相対照度と各測定項目との関係についても分析する。

(3) 林内光環境と下層植物の成長(植栽木の成長・雑草木の成長)

林内相対照度を中心として検討した光環境と下層植物の成長関係を調査し、施業体系確立のための情報を整理する。調査の方法はまず、植栽木の成長については各試験区内に植栽したスギ・ヒノキ苗20本の樹高、根元直径、枝張りを測定し、植栽木の成長状況を調査するとともに、相対照度の関係について分析する。また、植栽木の健全度合いと植栽木の幹曲がりについても調査する。次に、雑草木の成長については各試験区内の雑草木を刈り取り(2×1m)、地上部の生重量を測定するとともに、乾燥重量をも併せ測定し、相対照度との関係について分析する。

(4) 地力要因の動態(林床植生とA₀層等地床状態・土壌特性)

林床の植物や地床の影響を直接受けるA₀層直下の土壌構造、水湿、土壌硬度、孔隙組成等の物理的性質を詳細に調査し、試験区間の比較を行うものとする。調査の方法は土壌調査は試験区内に代表断面を設定し、林野土壌調査方法に従いその概要を把握するものとし、A₀層の落葉についても採取(1×1m)して生重量等を測定する。物理性の調査は400ccの採土円筒で各層位毎に土壌試料を採取し、容積重、透水性、三相組成等の孔隙量を測定する。また化学性についてはH₂OとKcl pHを測定し、土壌の酸性化を把握する。

(5) 更新作業工程と能率(下刈り)

複層林施業後の下刈り工程を調査し、複層林施業の指標とする。調査の方法は試験区内の下刈りを実施し、その時間工程を把握して、試験区毎の単位面積当たりの人工数を算出する。

(6) 間伐後の上木の材質劣化要因(後生芽)

上木伐採の強度と後生芽の発生度合いを調査する。

(7) 一代限り複層林の評価

(3)~(6)で得られた情報を整理し、スギ・ヒノキの一代限り複層林の評価を行い、その施業体系モデルを作成する。

Ⅲ 調査結果

1. 林内光環境の推定法

(1) 下層植物指標

① 林内の相対照度

年度別林内相対照度を表-20に示す。これによると各試験区の林内相対照度は設定当初の1989年8月にはI区で16~18%、II区で13~24%、III区で17~20%と総体的に低かった、次年度の1990年9月にはI区で13~16%、II区で15~22%、III区で11~14%と89年時の相対照度よりかなり低下した。その後林内の照度は1991年に急激に上昇し、1993年9月には各試験区とも設定当初より若干上回り、17~28%となった。

② 雑草木の優占度

各試験区の相対照度と雑草木の優占度との関係(1993年)を付表-2に示す。これによるとすべての試験区内に出現した雑

表-20 年度別林内相対照度(いわき試験地)

調査区	89. 8	90. 9	91. 7	92. 6	93. 9
I-1	16	13	15	23	17
I-2	18	16	28	18	20
II-1	13	15	39	18	21
II-2	24	22	40	24	28
III-1	17	14	28	13	18
III-2	20	11	25	26	21

草木の合計は61種に上り、このうち草本が56種、木本が5種であった。各試験区に出現した種は多い所で23種、少ない所で19種と試験区間の差は少なかった。出現する雑草木のうち、乾性な植物はほとんど存在してなく、湿性な植物といわれているチヂミザサ・ムカゴイラクサ・ミツバウツギ・シダ類といった種が優占度的にも多く示めている。これらは湿性のやや半日陰の土地を好むことから、ほぼ全調査区に安定的に出現している。これを1989年の設定時と比較すると植生的には大きな変化は認められない。

③ SDRの上位5種

各試験区の1991～1993年の平均積算優占度（平均SDR＝草丈および被度の最大種の値を100として、他をこれに対する百分率で示したもの）の上位5種を表-21に示す。これによると各試験区の上位種はシダ類・チヂミザサ・サルナシ等のツル類が主流を占めており、これは各年度間に大きな隔たりは無い。また、スギを植栽した1とヒノキを植栽した2においては、1でシダ類が多いのに対し、2においてはやや少なくなっている傾向がある。これらのことから傾向としてのSDRは考えられるが、林内の相対照度と下層植生の優占度には明確な関係を断定できるまでには至らなかった。つまり、11～40%範囲の相対照度と5ヵ年程度の時間的変化では植生内容に歴然とした影響は少ないと考えられる。

表-21 下層植生の平均SDR上位5種（いわき試験場）

調査区	年度	相対照度	1位	SDR	2位	SDR	3位	SDR	4位	SDR	5位	SDR
I-1	1991	15%	シダ類	74.0	ヤマブキ	61.9	ウマノミツバ	48.4	チヂミザサ	42.8	ヘクソカブラ	35.9
	92	23	シダ類	81.3	チヂミザサ	76.1	ヒキオコソ	45.1	サルナシ	37.5	ヘクソカブラ	36.4
	93	17	シダ類	75.0	ヒヨドリバナ	73.4	サルナシ	65.0	ヒカゲスゲ	52.5	クニナデ	48.4
I-2	1991	28	シダ類	75.0	マタタビ	70.2	サルナシ	48.3	アズマヤマアザミ	47.5	ヤマグル	43.8
	92	18	シダ類	77.8	チヂミザサ	61.7	アズマヤマアザミ	49.9	ヒカゲスゲ	43.5	サルナシ	39.9
	93	20	シダ類	68.8	ウツギ	64.0	アマチャヅル	50.2	ミツバウツギ	48.4	ニワトコ	45.2
II-1	1991	39	シダ類	76.0	マタタビ	75.2	イタヤカエデ	60.0	ミツバウツギ	59.8	チヂミザサ	42.0
	92	18	チヂミザサ	72.9	ミツバウツギ	71.1	ヤマブキ	34.2	アマチャヅル	32.5	アカネ	31.7
	93	21	ヤマブキ	88.5	ミツバウツギ	76.9	ヤマブキ	69.3	シダ類	65.4	ツルハコバ	65.4
II-2	1991	40	トコロ	69.8	ヤマグル	55.8	オタカラコク	52.3	チヂミザサ	47.0	ミツバウツギ	40.4
	92	24	トコロ	68.3	クチツボスミレ	47.9	オタカラコク	47.3	ミツバウツギ	42.6	ナキリスゲ	40.4
	93	28	オタカラコク	75.0	カンスゲ	70.5	トコロ	64.3	ヒカゲスゲ	63.7	アカネ	50.7
III-1	1991	28	シダ類	45.3	トコロ	36.0	ヤエムグラ	33.9	ヒメジョオン	33.2	アカネ	32.9
	92	13	シダ類	69.3	チヂミザサ	57.1	ヤマニンジン	43.8	アズマヤマアザミ	43.3	クサアジサイ	40.3
	93	18	クサアジサイ	81.3	シダ類	68.8	トコロ	64.3	カンスゲ	39.3	モミジガサ	33.1
III-2	1991	25	クサアジサイ	59.1	シダ類	48.0	ヘクソカブラ	39.5	ヒメカンスゲ	32.3	ツルウメモドキ	27.8
	92	26	クサアジサイ	60.6	ヒメカンスゲ	52.1	ミツバウツギ	42.2	ヒキオコソ	32.3	モミジチゴ	29.2
	93	21	ニガイチゴ	99.8	ミツバウツギ	89.6	ヤマブキ	81.3	カキドクシ	75.0	シダ類	64.6

(2) 上木指標

① 相関係数行列

調査地における上木状況をもとに ha 当たりの上木指標を表-22に示す。これによると1989年5月設置時ではI-2区の胸高断面積合計が37.2 m²、立木本数が228本と最も疎の状態であり、III-2区が66.7 m²、548本と最も密の状態にある。これを相対照度をもとにして樹高・胸高直径・枝下高・胸高断面積合計・立木本数の6項目の相関係数行列を示すと表-23のとおりである。これによる

と相対照度と各測定項目には相関は認められなかった。ただ、胸高断面積合計と立木本数が0.969、胸高直径と立木本数が0.829の値となり、それぞれ1%、5%水準で有意性があった。なお、これらの相関係数行列は5年後の上木の調査でも同様の傾向を示した。

表-22 上木指標(いわき試験区)

調査区	相対照度 (%)	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	枝下高 (m)	胸高断面積 (m ² /ha)	立木本数 (本/ha)
I - 1	16	27.3	41.9	10.5	50.7	357
I - 2	18	26.1	44.9	6.9	37.2	228
II - 1	13	27.0	40.2	6.6	45.8	354
II - 2	24	26.9	45.3	7.8	43.6	263
III - 1	17	25.2	39.9	6.7	43.9	336
III - 2	20	24.3	38.8	6.8	66.7	548

表-23 相関係数行列(いわき試験区)

1989年

変数名	相対照度	樹高	胸高直径	枝下高	胸高断面積	立木本数
相対照度	1.000	- 0.218	0.485	- 0.011	- 0.109	- 0.070
樹高	- 0.218	1.000	- 0.536	0.563	- 0.540	- 0.612
胸高直径	0.485	0.536	1.000	0.221	0.677	* - 0.829
枝下高	- 0.011	0.563	0.221	1.000	- 0.071	- 0.074
胸高断面積	0.109	- 0.540	- 0.677	0.071	1.000	** 0.969
立木本数	- 0.070	- 0.612	* - 0.829	- 0.074	** 0.969	1.000

** 1%水準で有意 * 5%水準で有意

2. 施業体系確立のための必須条件の把握

(1) 林内光環境と下層植物の成長

1) 植栽木の成長

① 植栽木の成長

スギの下に植栽したスギ・ヒノキ苗木の成長を植え付け当初と5年後を比較したものを表-24に示す。これによると相対照度が13~28% (総体的には11~40%) の場合、各区1のスギでは苗高58cmが5年後には89~107cmと平均1.5~1.8倍に成長し、根元直径は同様に9mmが11~13mmと平均1.3倍に、枝張りは85~89cmが97~126cmと平均1.1~1.5倍となった。また、この5年間の上木としての胸高断面積合計は4.5~6m²の増となっている。次に各区2のヒノキでは苗高52~58cmが5年後には145~168cmと平均2.9~3.2倍に成長し、根元直径は同様に7mmが15~19mmと平均2.4倍に、枝張りは80~89cmが189~232cmと平均2.5倍となった。また、この5年間の上木としての胸高断面積合計は3.7~7.1m²の増となってスギスギ区より0.2m²低いものの、上木成育ではほとんど差がなかった。また、スギを100としてヒノキ樹高等の相対比数を表すと5年時の相対樹高は179%、相対根元直径は179%、相対枝張りは159%となりすべてヒノキ植栽区が優位であった。6区間内での下木の成育度合いはII-2のヒノキ植栽区が最も良く、最も悪かったのはIII-1のスギ植栽区であった。これを序列化するとII-2>I-2>III-2>II-1>I-1>III-1となり、II-2の成育とIII-1

の相対的格差は樹高で53%、根元直径で58%、枝張りで42%となった。これらは光環境その他の影響によりそれぞれの値となって示されたが、スギではヒノキより光の要求が大きく、さらに野兎に毎年度被害を受けているなど、その影響が表れたものと思われる。なお、今回はスギの植栽は挿し木を用いたが、通常スギの挿し木苗は実生苗より初期成長が遅れる結果となっていることから、スギ苗の品種をも考慮した植栽方法が必要かと思われる。

表-24 植栽木の成長 (いわき試験地)

調査区	調査年月	樹高 (cm)	根元直径 (mm)	枝張り		上木の断面積 (㎡/ha)	相対照度 (%)
				東西	南北		
I - 1	1989. 6	58	9	40	45	50.7	16
	1993. 11	97	12	63	63	56.7	17
I - 2	1989. 6	54	7	43	46	37.2	18
	1993. 11	156	16	98	105	40.9	20
II - 1	1989. 6	58	9	44	45	45.8	13
	1993. 11	107	13	64	59	51.8	21
II - 2	1989. 6	52	7	39	41	43.6	24
	1993. 11	168	19	111	121	48.6	28
III - 1	1989. 6	58	9	44	46	43.9	17
	1993. 11	89	11	49	48	48.4	18
III - 2	1989. 6	50	7	41	46	66.7	20
	1993. 11	145	15	89	100	73.8	21

② 植栽木の健全度

植栽したスギ・ヒノキ苗木の健全度について表-25に示した。健全度合いは見た目が健全なもの、不健全なものに分類し、その中間をやや健全にしたものである。これ

表-25 植栽木の健全度 (いわき試験区)

1993年

調査区	健全 (%)	中間 (%)	不健全 (%)	枯損 (%)	胸高断面積 (㎡/ha)	相対照度 (%)
I - 1	15	30	45	10	56.7	17
I - 2	60	35	5	0	40.9	20
II - 1	5	40	45	10	51.8	21
II - 2	70	25	0	5	48.6	28
III - 1	0	55	20	25	48.4	18
III - 2	65	35	0	0	73.8	21

によると各区1のスギの健全木は0~15%、やや健全木が30~55%、不健全木が20~45%、さらに枯損木が10~25%となるなど、全体的に不健全木が多いのが特徴的である。これに対し各区2のヒノキの健全木は60~70%、やや健全木が25~35%、不健全木が0~5%と健全木がスギより絶対的に多くなっている。健全木率ではII-2のヒノキ区が最も充実率が高く、III-1のスギ区が最も不良であった。

③ 植栽木の幹曲がり

植栽したスギ・ヒノキ苗木の幹曲がりについて表-26に示した。幹曲がり度合いは見た目が通直なもの、大きな曲がり、小さな曲がり、大きな曲がり、さらに枯損木が10~25%となるなど、全体的に曲がりが多く不成績なのが特徴的である。これに対し各区2のヒノキでの通直木は60~90%、小さな曲がり木が10~35%、大きな曲がり木が0~5%、さらに枯損木が0~5%と小さな曲がりはあるものの総体的に幹曲がり率が少なくなっている。6区の中で幹曲がり率が

最も高かったのはⅢ-1の
 スギ区で、最も低かったのはⅢ-
 2のヒノキ区であり、その差
 は歴然としている。

2) 雑草木の成長

① 雑草木の成長

雑草木の成長状況を表-27、

写真-4に示す。雑草木の成長状況は1試験区の中に1カ所のコドロードを設置したもので面積は2
 m²、それぞれの刈り取りを毎年とした。なお、各区のスギとヒノキ植栽の境にもコドロードを設置し、
 両樹種が混交することで雑草木の成長がどうなるかについても試みた。これによると各区のスギ、ヒ
 ノキコドロード内の出現種は19~25種(平均21.3)で、樹種間内での差は無かった。これに対し両
 樹種が混交するコドラ
 ド内では15~18種(平
 均16.3)と種の減が
 みられた。また、刈り
 取り本数はスギⅠ-1、
 Ⅱ-1で780~670本
 と多く、ヒノキⅠ-2、
 Ⅱ-2の454~390本
 を上回った。Ⅲ区にお
 いては350本程度とほ
 ぼ同数の値となった。
 これに対し両樹種が混
 交するコドロード内で
 は296~286本とさら

表-26 植栽木の幹曲がり(いわき試験区)

1993年

調査区	通直 (%)	小さな曲がり (%)	大きな曲がり (%)	枯損 (%)	相対照度 (%)
Ⅰ-1	15	35	40	10	17
Ⅰ-2	60	35	5	0	20
Ⅱ-1	10	35	45	10	21
Ⅱ-2	70	25	0	5	28
Ⅲ-1	0	50	25	25	18
Ⅲ-2	90	10	0	0	21



写真-4 雑草木の成長(Ⅱ-2区)

表-27 雑草木の成長(いわき試験地)

1993. 8

調査区	照度	出現種数	本数	地上部 生重量	地上部 乾重量	雑草高 cm	刈り取り区分
Ⅰ-1	17	23	780本	990g	204g	31 (15-50)	毎年 2m ² 1の下木はスギ 2の下木はヒノキ *の下木はスギ ・ヒノキ
	* -	18	286	970	200	33 (15-80)	
	20	21	454	937	206	34 (15-80)	
Ⅱ-1	21	21	670	930	150	30 (15-65)	*の下木はスギ ・ヒノキ
	* -	15	296	1,200	192	36 (15-100)	
	28	25	390	1,304	216	34 (5-210)	
Ⅲ-1	18	19	342	772	124	30 (10-80)	*の下木はスギ ・ヒノキ
	* -	16	320	982	192	47 (15-100)	
	21	19	362	764	174	49 (15-120)	

※ 1は斜面上部、2は斜面下部、*は1と2の間

に本数が減っている。次に地上部の生重量ではスギのⅠ区からⅢ区にしたがい次第に減少しているが、ヒノキⅡ区がやや突出した値となっている。風乾重においてはスギの生重量と同じ傾向を示している。以上のことからスギにおいては出現種数が多い場合、本数、生重量、さらに風乾重量がそれぞれの試験区で比例する傾向にみられた。ただ、相対照度との関係においては断定づけることはできなかった。ヒノキ区においてはスギ区より生重量に対する風乾重量が少し重く、気質化の影響が進行しているように考えられる。優占種の平均群落高はスギ区よりヒノキ区が高くなっているのが伺える。これは単純な相対照度が年度間においてスギより総体的に高くなっており、その表われと思われる。

(2) 地力要因の動態

1) 林床植生とA₀層等地床状態

① 林床植生

土壌調査付近で行った林床植生の結果は2㎡当たりシダ類（優占度3）を主としてヒヨドリバナ（2）サルナシ（2）ヒカゲスゲ（2）タニタデ（2）チヂミザサ（2）、ウマノミツバ（1）クサアジサイ（1）タマブキ（1）ツリフネソウ（1）ノグワ（1）ノコンギク（1）ヒメシラスゲ（1）ヘクソカズラ（1）ミツバウツギ（1）ムカゴイラクサ（1）ヤマヅソ（1）ヤマブキ（1）アカネ（+）シラヤマギク（+）ハルジョオン（+）ホウチャクソウ（+）モミジイチゴ（+）等、23種が存在し、木本類は極めて少なく湿性な草本類が多くを占めている。この時の相対照度は設定時から13～25%とやや薄暗く、林床は上記の植生と上木のスギの落葉で安定はしているものの、傾斜度があるため、被覆率は70～75%で多少土壌が露出している部分がみられる。また、2㎡当たりの植生本数は780本程度で地上部の生重量は約1.0kg、乾燥重量は約0.2kgで、植生高は平均31cmである。

② A₀層の状態

1㎡（1×1m）当たりの落葉量を採取し生重量と乾燥重量を測定したが、その数量を表-28に示す。これによると生重量は1.2～2.3kg、乾燥重量は0.9～1.4kgと試験区によって約2倍の開きがあるが、生重量に対する乾燥重量はⅠ-1を除き72～75%となっている。相対照度や胸高断面積合計と落葉量とは直接関係が無かった。

表-28 A₀層の状態（いわき試験地）

試験区	生重量(A)	乾重量(B)	B/A%
Ⅰ - 1	2,330 g	1,370 g	59
Ⅰ - 2	1,430	1,075	75
Ⅱ - 1	1,200	860	72
Ⅱ - 2	1,930	1,415	73
Ⅲ - 1	1,650	1,220	74
Ⅲ - 2	1,710	1,270	74

採取年月 1993. 11 ※ 1㎡（1×1m）

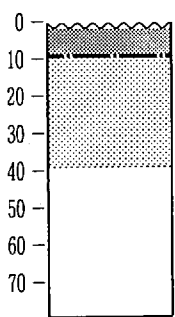
2) 土壌特性

① 土壌断面調査

代表的な土壌断面調査を試験区内のⅠ-1付近で行ったが、これらの詳細を表-29に示す。地形は山腹平衡斜面で傾斜は30～35度内外、方位はS50°E、標高は470mである。母材は結晶変岩で堆積様式は匍行土である。層位はA層上部にL層が1.5cmあり、これらはスギ落葉や林床植生の堆積したものである。表層（A）は黒褐色で10cmあり、腐植に富む。石礫は中角礫を含み土性は埴土で地表部に団粒状構造を持つ。堅さは柔らかく水湿状態は潤～やや湿で、小・中根を含む。土の比重は2.26である。表層（A-B）は暗褐色で30cmあり、腐植を含む。石礫は小・中角礫を含み土性は埴土で塊状構造を持つ。堅さは堅く水湿状態は潤で、小根を含む。土の比重は2.56である。下層（B-C）

表-29 土 壤 調 査 (いわき市三和町=スギ=スギ)

1992年9月



層 位	土 色	腐 植	石 礫	土 性	構 造 (比重)	堅密度	水湿状態	根
L 1.5 cm								
A	10YR 2/2 (黒褐)	富む	中角含む	C-CL	Gr (2.26)	軟	潤-やや湿	小中根 含む
A-B	10YR 3/4 (暗褐)	含む	小・中角 含む	C	Bk (弱) (2.56)	堅	潤	中根 含む
B-C	10YR 4/3 (にぶい黄褐)	含む	中角含む	C	-	堅	潤	中根 含む

は、にぶい黄褐色で30cm以上あり、腐植を含む。石礫は中角礫を含み粘土質の強い埴土で、無構造である。堅さは堅く水湿状態は潤で中根を含む。総体的に養分に富む土壌で、土壌型は典型的なB₀を主体とした適潤性褐色森林土である。なお、山腹上部には偏乾亜型のB₀(d)が出現している。

② 土 壌 の 物 理 性

土壌の物理的性質の分析値を表-30に示す。これによるとA層の透水速度は1分間に137 mlと大きく、容積重は100 cc当たり56 gと少ない。全孔隙量は72%でこのうち細孔隙量は46%、粗孔隙量は26%で、細孔隙量そのものは大きい粗孔隙量は中である。また最大含水量は70%、最小容気量は2%と土壌水分を保持する力は大きい。三相組成は固体28%、液体54%、気体18%と液体が大きいのが特徴といえよう。A-B層の透水速度は1分間に27mlと少なく、容積重は100 cc当たり101 gとやや重い。全孔隙量は56%でこのうち細孔隙量は43%、粗孔隙量は16%で、A層よりかなり少ない孔隙量といえる。また最大含水量は56%、最小容気量は3%と全体的にA層より劣っている。三相組成は固体41%、液体49%、気体10%と固体分が多い緻密な層といえよう。また、B-C層は上記の層より透水速度がさらに少なく、容積重は重い。全孔隙量その他の孔隙量においても小さな値となることが予想される。総体的には下層に若干問題が残るものの表層は極めて良く、適地適木の観点からもスギが主林木ある。

表-30 土 壌 の 理 学 的 性 質

層 位	厚 さ	透水性 ml/min		容積重 g	孔 隙 量 %			最大含水量 %		最 小 容 気 量 %	採取時含水量%		透 水 指 数
		5分後	15分後		細孔隙	粗孔隙	全孔隙	重量	容積		重量	容積	
A	10 cm	137	136	56	46	26	72	129	70	2	100	54	*2.465
A-B	30	28	27	101	43	16	56	57	56	3	50	49	
B-C	30+												

* 透水指数=深さ50cm

③ 土 壌 の 化 学 性

土壌の化学的性質のうち pH (H₂O・Kcl) の分析値を表-31に示す。これによるとA層のH₂O pHは5.40で、Kcl pHは4.82と弱酸性である。A-B層のH₂O pHは5.80で、Kcl pHは4.35とA層と同様に弱酸性である。ただ、H₂OとKcl pHの差が大

表-31 土 壌 の 化 学 的 性 質

層 位	pH	
	H ₂ O	Kcl
A	5.40	4.82
A-B	5.80	4.35

きいため、A層に比較すると養分の吸収率において多少劣る層といえよう。これらは地質の影響が大きく関与しているものと思われるが、C層においてはこれらより値は低くなるものと予想される。設定当初の土壌分析値が無いため、今後追跡する必要がある。

(3) 更新作業工程と能率

1) 下刈り

① 下刈り工程調査

複層林の更新作業にあたっては上木のスギの胸高断面積合計を算出して、間伐を行い、その後下木としてスギおよびヒノキをha当たり2,000本(約2.2×2.2m)を植栽したもので、植え付けは唐鋏を使用する通常の方法によった。植栽後の下刈りは下刈り機械で行い各試験区毎の実働時間から1日当たりの作業面積およびha当たりの所要人工数を算出した。なお、刈り取りは同一人とし毎年8月に実施したもので、調査は1990～1992年の3カ年から平均化したもので、これらの結果は表-32に示すとおりである。これによると、複層林内での1日当たり作業面積は、I区で約3,500㎡、II区で約3,000㎡、III区で4,300㎡とIII区の試験区がI、II区に対し19%～29%それぞれ上回った。また、ha当たりの所要人工数においてもIII区の2.34人に対し、I区で2.86人、II区で3.30とそれぞれ0.52人、0.96人少ない人数で作業を進められたことが伺える。このことは、総体的にII区は作業面積が少なく、また、上木本数が少ないことでの刈り取り面の多さ、さらに傾斜度が急な所や緩やかな所等、地形に凹凸がみられたことで作業効率の伸び悩みが、他の区に比較してあったこと等が影響したものと思われる。しかし、対照区を設定しないため、上木のスギが存在することでの仕事の快適さ、気温や湿度の調節機構、さらに風の流れがあることや直射日光が頭上から直接こないなどの心理的な影響を直接把握することは出来なかった。

表-32 下刈り工程調査結果(いわき試験地)

調査区	調査面積 ㎡	下刈り 面積 ㎡	年 度	実働時間 min	1分当り 作業面積	1日当り 作業面積	ha当り所 要人工数
I 区	1,294	1,282	1990	148.0	8.66 ㎡	3,637 ㎡	2.75人
			91	150.0	8.55	3,591	2.78
			92	165.0	7.77	3,263	3.06
			平均	154.3	8.33	3,497	2.86
II 区	758	746	1990	105.0	7.10	2,982	3.35
			91	100.0	7.46	3,133	3.19
			92	105.0	7.10	2,982	3.35
			平均	103.3	7.22	3,032	3.30
III 区	845	830	1990	75.0	11.07	4,649	2.15
			91	80.0	10.38	4,360	2.29
			92	90.0	9.22	3,872	2.58
			平均	81.7	10.22	4,294	2.34

* 1日当りの作業実働時間は7時間とした。

(4) 間伐後の上木の材質劣化要因

1) 後生芽

上木伐採による後生芽の発生度合いを表-33に示した。発生度合いは見た目が多いものと少ないも

のとに分類し、一般的なもの
は中間とした。これによると
スギ区の1が28~45% (平均
38) と多く、ヒノキ区の2が
18~30% (平均22) とやや少
なかった。地形的にはII-1、
III-1の山腹下部が多く、上
部はこれより少ない傾向にある。

表-33 後生芽の発生度合い (いわき試験地)

1993年

試験区	相対照度 (%)	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	多い (%)	中間 (%)	少ない (%)
I-1	17	28.2	44.3	28	24	48
I-2	20	27.0	47.2	18	64	18
II-1	21	27.5	42.8	42	33	25
II-2	28	27.5	47.7	18	36	45
III-1	18	28.4	41.9	45	22	33
III-2	21	25.1	40.8	30	23	47

3. 施業体系の検討

(1) 一代限り複層林の評価

上木をスギ、下木をスギ・ヒノキの組み合わせとして本試験地で数々の調査を行ってきた。これらを総合的に勘案し作成した複層林施業モデルを表-34に示す。このモデルは本県の中・浜通り地方を

表-34 複層林施業モデル (地位級=2)

区 分		施 業 体 系									
上層木 (スギ)	林 齢 (年)	1	10	17	28	36	46	50	60	70	80
	平 均 樹 高 (m)		7.9	12.4	17.9	20.9	23.8	24.8	26.7	28.1	29.1
	平 均 胸 高 直 径 (cm)		10.4	15.2	22.5	26.7	31.0	33.5	36.6	39.1	40.1
	施業区分 (主間伐・植栽等)	植栽	自然枯死	除・間伐	除・間伐	間伐	間伐	間伐	-	-	主伐
	立木本数	伐採前 (本/ha)	3,000	2,831	2,131	1,181	903	685	545	491	491
	伐採後 (本/ha)			1,633	928	699	547	491	491	491	0
	本数伐採率 (%)			23	22	23	20	10	0	0	100
	立木材積	伐採前 (m ³ /ha)	125.6	288.1	459.8	553.9	627.6	596.4	629.6	645.9	699.7
	伐採後 (m ³ /ha)			248.3	400.4	477.4	548.7	560.6	629.6	645.9	0
	本数伐採率 (%)			13.8	12.9	13.8	12.6	6.0	0	0	100
下層木 (ヒノキ)	林 齢 (年)							1	10	20	30
	平 均 樹 高 (m)								5.4	9.0	11.8
	平 均 胸 高 直 径 (cm)								9.1	13.0	16.4
	施業区分 (主間伐・植栽等)							植栽	自然枯死	除・間伐	間伐
	立木本数	伐採前 (本/ha)							2,000	1,917	1,739
	伐採後 (本/ha)									1,553	1,080
	本数伐採率 (%)									11	20
	立木材積	伐採前 (m ³ /ha)								108.4	160.7
	伐採後 (m ³ /ha)								35.9	102.3	146.1
	本数伐採率 (%)									6	9
計	立木本数	伐採前 (m ³ /ha)						545		2,230	1,842
	伐採後 (m ³ /ha)							2,491	2,408	2,044	1,080
	本数伐採率 (%)									8	41
	立木材積	伐採前 (m ³ /ha)								754.3	860.4
	伐採後 (m ³ /ha)								665.5	748.2	146.1
	本数伐採率 (%)									1	83
林内相対照度	伐採前 (%)							20~30	25~35	25~35	20~30
	伐採後 (%)							30~40	25~35	25~35	100
上層木収量比 (RY)	伐採前		0.58	0.72	0.70	0.68	0.65	0.67	0.68	0.70	0.72
	伐採後			0.62	0.61	0.59	0.57	0.58	0.59	0.61	-

対象に小雪地帯を主として、上木をスギ（地位＝2）とし、下木をヒノキとする試案設定のもとに、上木と下木の重複期間を30年とした一代限り複層林の施業モデルである。モデル設定に当たっては、スギ人工林の実態調査結果とその応用について「表日本－福島県中・浜通り地方」（1980年）、ならびに福島県民有林ヒノキ人工林収獲予想表（1990年）を活用した。近年の材の利用は長伐期化の傾向にあることから郡山試験地でのアカマツ同様、上木の伐期を80年に設定し、上木が50年の時点で上木の本数管理をすべて終了させることとし、この時点で下木の植栽を行うこととしたものである。施業体系は17年と28年の2回にわたって上木の除伐・間伐を23%程度行うこととし、36年と46年の2回に22～20%の間伐を実施するものとした。さらに50年時の間伐終了時点で10%の本数調節を行い上木本数を491本、材積は561 m³として、この時点での胸高断面積合計は50 m³と推計した。下木のヒノキはha当たり2,000本の割合で植栽し、20年に11%の除・間伐、30年の20%の間伐割合とした。この時、上木の材積は700 m³に達し、上木伐栽後の下木本数は1,080本、材積は146 m³に達していることになる。林内の相対照度は±30%、平均25～35%で推移するものと思われるが、間伐実施後の照度はこれより5%程度上回るのではないかと考えられえ。なお、下木に植栽したヒノキ2,000本の成長は林分材積表の地位4に準じて施業体系を組み合わせたものである。

IV 考 察

以上述べてきたように、いわき試験地における5年間の複層林の成育状況は、単層林の成育とはかなり異なるが、その成育はスギで問題があるものの、ヒノキにおいてはまずまずの状況にあるといえよう。調査地内の相対照度は上木がスギ林のため、光関係は下層部にかなりの影響を与え、少なくともスギの挿し木苗では問題が残された形となった。しかし、下層に植栽されたヒノキ苗は半陰樹のため、スギ挿し木苗と比較すると相対樹高・根元直径で79%、枝張りで59%増の結果となった。また、健全木の度合いもすべての区において60%以上となり、やや健全木を含めると総体的には90%以上とヒノキが優位であった。これらは幹曲がり度合いでも似たような傾向であった。雑草木の成育については毎年度刈り取り区のみで対照区の設定がなされなかったが、現在までの所では草本類が圧倒的に多く、上木スギの抑制効果はあるものと考えられえ。雑草木の種においては山腹上部においてやや木本類が出現してきたように思われるが、断定は出来ないため、今後の調査を待つとしたい。下刈り作業工程においても付近に対照区を設定し、その効果をもつきたいと考える。しかし、上木があることでの作業環境が良いことを裏付けているとはいえ、郡山試験地同様、光の抑制とともに、各試験地の多くにおいて、ヘクソカズラやアケビ等のツル類が繁茂しており、完全に雑草木の刈り取りやツル類を除去しなくとも良いということにはならない。下木スギの成長が悪い分、ツル類除去は必須条件といえよう。土壌条件については1992年になってから行ったため、複層林施業が養分や下層のスギ・ヒノキに直接プラスの働きがあるかどうかは今のところ不明であるが、地形的に急峻なこの地において、上木があることでの土壌流出やエロージョン等のマイナス作用はみられず、むしろプラスの作用が大きいものと思われる。上木スギの後生芽については思った以上にその量が多い傾向にあることから、今後材を伐採し、材質に与える影響を分析したいと考える。

以上のように本試験地においては、複層林施業が開始されてからまだ5年程度の内容であり、結論

を急ぐことなく今後とも継続した調査が望まれるところであるが、適切な施業を必要とする時期に行うことが複層林化を図る上から最も大切であることを強調したい。

おわりに

複層林における造成技術の開発に関する研究は、平成1年より平成5年度の5カ年間にかけて、大型プロジェクト研究開発課題（本県では情報活動システム）として、本県においては郡山試験地（林業試験場試験林）ならびに、いわき試験地において実施してきたものである。森林の公益的機能を発揮させることと多様な木材需要への対応から、森林を裸地化せず更新を図るため、複層林化への施業体系を確立することは保全機能や森林の育成検討から考えて、的を得た試験内容といえよう。

今回の報告は郡山試験地では上木をアカマツ、下木をヒノキとしてその成育状況を検討してきたが、光環境やその他の因子とヒノキ成育の相性については相対照度が30%内外、上木本数が500～600本、胸高断面積合計が25㎡程度、樹高が15m以上、胸高直径が25cm、枝下高が10m程度の時点で複層林化を行うことが、その後の下木成長に良好な結果をもたらすものと思われる。

一方、いわき試験地では上木をスギ、下木をスギ・ヒノキとしてその成育状況を検討してきたが、光環境やその他の因子とスギ成育の相性については相対照度が20%内外（設定時18%）で推移したのと、野兎の連続的食害によるダメージのため、成育そのものが危ぶまれている。これは設定当初に使用したスギ挿し木苗の影響と思われるが、複層林化を図る上で更なる検討課題として残された。また、下木ヒノキの成育についてはスギに比較すると総体的に良く、上木をスギ、下木をヒノキとする相性については相対照度が25%内外、上木本数が500本、胸高断面積合計が50㎡程度、樹高が25m程度、胸高直径が35cm以上、枝下高が13m程度の時点で複層林化を行うことが、その後の下木成長に良好な結果をもたらすものと思われ、この値はスギの相性にも当てはまるものと考えられる。なお、上木をアカマツ、スギにした場合の立地的位置付けはいずれも地位=2を対象としたものである。

森林の永続的利活用と環境整備は林業関係者の誰もが考慮しなければならない難しい問題ではある。しかし、国土保全機能の維持と森林資源の保続培養機能の両者を保ち得るなら、林業は永遠であろうし、複層林施業技術の発揮はここにあるように思われる。

本稿を終えるに当たっては多くの研究者の皆さんに適切なご指導・ご助言をいただいた。特に、長野県林業総合センター主任研究員片倉正行氏には、相対照度の考え方と複層林施業を事業的に進める場合の帯状施業等について諏訪・松本市の現場で多大なご便宜とご指導をいただいた。また、秋田県林業技術センター主任専門研究員石田秀雄氏には、複層林施業を広葉樹林の中で行う場合のスギ巢植えと育苗の混交化について秋田市の現場においてご指導をいただいた。さらに、現地調査を行う上で、いわき試験地の森林所有者草野泰美氏には、5年間にわたって複層林施業の現場を心血注いで快く協力していただいた。本稿の統計処理では当场緑化保全部柳田範久研究員、育苗部寿田智久研究員、土壌分析の分野においては造林経営部高原尚人研究員、文章の校正と印刷製本においては企画情報室阿久津幸雄専門技術員、また当場に委託研修生としてガーナ共和国より来日していた、ピータM. D アブガ氏には植生調査の刈り取りにご苦勞とご援助をいただいた。なお、試験地設定に伴う細かな配慮については、いわき試験地を所管するいわき林業事務所経営課職員の方々に多くのご足勞をお掛け

したことに對し、この場をお借りし厚くお礼を申し上げます。

引用文献

- 1) 富樫誠. 青砥一郎: 複層林の造成管理技術の開発, 福島県林業試験場報告No.22 p 2-4, 1990
- 2) 富樫誠. 青砥一郎: 複層林の造成管理技術の開発, 福島県林業試験場報告No.23 p 2-4, 1991
- 3) 青砥一郎. 大久保圭二: 複層林の造成管理技術の開発, 福島県林業試験場報告No.24 p 2-3, 1992
- 4) 大竹清美. 今井辰雄: 複層林の造成管理技術の開発, 福島県林業試験場報告No.25 p 2-3, 1993
- 5) 今井辰雄. 北島瑞穂: 複層林の造成管理技術の開発, 福島県林業試験場報告No.26 p 2-5, 1994
- 6) 林業試験場東北支場: 複層林施業技術の確立に関する共同研究計画 63年度東北地域重要課題研究担当者会議資料, p 1-8 1988
- 7) 蜂屋欣二: 森林の生態的見方, 日本林業技術協会 p 1-97, 1970
- 8) 佐竹義輔ほか: 日本の野性植物 I, 平凡社, p 1-305, 1982
- 9) 牧野富太郎: 牧野新日本植物図鑑, 北隆館, p 1-985, 1979
- 10) 安藤貴: 複層林施業の要点, 林業化学技術振興所, p 1-80, 1985
- 11) 藤森隆郎: 複層林の生態と取扱い, 林業化学技術振興所, p 1-96, 1989
- 12) 坂口勝美ほか: 複層林の施業技術, 日本林業技術協会, p 1-164, 1982
- 13) 藤森隆郎: 多様な森林施業, 全国林業改良普及協会, p 1-191, 1991
- 14) 牧野富太郎: 牧野日本植物図鑑, 北隆館, p 1-446, 1967
- 15) 堤利夫: 森林生態学, 朝倉書店, p 1-166, 1989
- 16) 今井辰雄ほか: 高海拔地における造林技術に関する研究, 福島県林業試験場研究報告No.26 p 11-57, 1994
- 17) 今井辰雄: いわき試験地における複層林の現状, 未発表, p 1-4, 1994
- 18) 大竹清美: 複層林の造成管理技術の開発 (平成4年度報告), 未発表, p 1-6, 1993
- 19) 今井辰雄: 複層林の造成管理技術の開発 (平成5年度報告), 未発表, p 1-9, 1995

附表-1 相対照度と雑草木の優占度(郡山試験地)

1993年

試験区 相対照度	I-1 ①②③ (33)	I-2 ①②③ (36)	I-3 ①②③ (35)	II-1 ①②③ (43)	II-2 ①②③ (33)	II-3 ①②③ (37)	対照区 ①②③ (100)
	アカショウマ		2	1			
アカネ	+						
アカマツ						+ +	
アキノキリンソウ			1	++	+		1
アキノタムラソウ	1	1	2	+			
アケビ				+			
アズマネザサ	1 3 3	2 3 2	2 3 2	3 3 3	3 3 2	2 3 3	4 3 4
イヌコウジュ	1		+				
ウグイスカグラ		1				+	
ウシノケグサ	+						
ウツギ	+	1 2 1					
ウド	1						
ウラハグサ		+	+ 1				
ウリカエデ						1 1	
ウワミズザクラ				1 3	3 2	2 1 3	
エゾノタチツボスミレ			+				
オカトラノオ			1			+	
カスミザクラ					1		
ガマズミ	1	++	2		+ 4		
カンスゲ						1 +	
キズタ	++	1 +			+		
クズ	1	+			1 1 +		1 1
クリ			2	3 1			2
コウゾリナ					+		
コカリヤス					+		+
コゴメウツギ			+			1 1	
コナラ			1	1 3 1	2	1 2 3	1 1
コバノカモメズル	2 3 2	1 2 3	2 1 2	1	2 3 1		+
コボタンズル	+	1					
コマユミ						++	
ゴヨウアケビ						1	
サルトリイバラ		+	+ 1	++ 2	1	+++	1 +
サワフタギ		+		2			
サンカクイ		+		++			
シオン		1				+	+
シダ類		1	+				
スイカズラ		1			1		
スギナ		1		+			
ススキ		3	1			1 +	2 3 2
チヂミザサ	1 1	1 +	+ 2 1	1	1		
ツゲ				+		+	
ツルリンドウ						1	
テリハノイバラ			+ +	+	+	+ 1	1 1
ドクダミ		1			+		
トコロ	+++	+		+	+	+	+ 1
ナガイモ	+						
ナツハゼ						1	
ナワシロイチゴ	1	+	+			+	1
ナンテンハギ	1	+	1 1		+		
ナンブアザミ							+ 1
ニガイチゴ					1	1 2	
ヌスビトハギ	+	1					+
ノガリヤス		+	1 2	2 2	1 1	+	2
ノダケ	++				+		

試 験 区 相 対 照 度	I - 1 ①②③ (33)	I - 2 ①②③ (36)	I - 3 ①②③ (35)	II - 1 ①②③ (43)	II - 2 ①②③ (33)	II - 3 ①②③ (37)	対 照 区 ①②③ (100)
ノダフジ	+	+	1 1 2	1 + 1	1 +	1 1	1
ノハラアザミ		1		+	1		
ノブドウ				+			
ハエドクソウ	+	++	+				
ハナビガヤ			+				
ヒカゲスゲ							1
ヒメシオン			1				
ヒメヨモギ	1	2	1				
ヒヨドリバナ		2	2		+		1
フキ	2						
ヘクソカズラ		+ 1	1		+++	+ 1	1 1
ホガエリガヤ				+			
マムシグサ		+					
ミツバアケビ	1 +	++		1	+ 1	+++	++
ミツバツチグリ		+	1	++			
ミヤコザサ				1	2	2 2	
ミヤマウグイスカグラ	1			1 1	1 2	+	
ミヤマガマズミ				+			
ムラサキシキブ	1						
ヤマイモ		+					
ヤマウルシ				1 + 2	1	1 1 2	1 2
ヤマザクラ	1	2	2 1	1 1 1	+		1 2
ヤマツツジ			++	++		1 + 1	1
ヤマニガナ							1
ヤマハギ				1		+	
ヤマユリ			2	1		1 1	+ 1
ヨツバヒヨドリバナ				1			
レンゲツツジ						1	+
ワラビ		+					
ワレモコウ		+ 1				1	
出現種数	12 12 13	19 16 17	18 15 14	18 16 18	16 11 17	22 20 18	15 17 10

※ 出現種数合計84種 郡山

附表-2 相対照度と雑草木の優占度(いわき試験地)

1993年

試験区 相対照度	I-1 (17)	I-2 (20)	II-1 (21)	II-2 (28)	III-1 (18)	III-2 (21)
アカソ			1		+	
アカネ	+	1	1	1		1
アケビ		+		+		
アマチャズル		+	+			+
ウツギ		2				
ウマノミツバ	1					
エイザンスミレ				+		
エゾノタチツボスミレ		+				+
オオミゾソバ						+
オカトラノオ			+	+		
オタカラコウ				2		
オトギリソウ		+				1
カキドウシ				1	1	2
ガンクビソウ		+				
カノスゲ				2	1	
キバナアキギリ			1	1	1	
クサアジサイ	1			1	2	
コウゾリナ			+			
コヤブタバコ			+			
サルトリイバラ		+				+
サルナシ	2					
シダ類	3	3	2	+	2	2
シラヤマギク	+	+				
タチツボスミレ						+
タニタデ	2				+	
タマブキ	1			1	1	
チゴユリ				+		
チヂミザサ	2	1	2	+	1	1
ツリフネソウ	1		1			
ツルハコベ			2			
トコロ				1	1	+
ナンブアザミ		+	1			
ニガイチゴ						2
ニワトコ		2				
ノグワ	1					
ノコンギク	1			1		+
ハナイカダ		2				
ハルジョオン	+				+	
ハンショウズル		+				
ヒカゲスゲ	2	1		2		
ヒカゲスミレ				1		
ヒメシラスゲ	1			+		
ヒメジョオン		+		1	+	1
ヒヨドリバナ	2					
フタリシズカ			1			1
ヘクソカズラ	1		+			+
ハウチャクソウ	+		+		+	
マタタビ				+		
ミズギボウシ				+		
ミズナ					1	
ミツバウツギ	1	2	2	1		2
ミツバツチグリ		1				
ムカゴイラクサ	1		1	1	1	1
モミジイチゴ	+	1	1			
モミジガサ			+		1	
ヤマウコギ						1
ヤマジソ	1					
ヤマニガナ					+	
ヤマニンジン			1		1	
ヤマブキ	1	1	2		1	2
ヨモギ			1			
出現種数	23	21	22	23	19	19

※ 出現種数合計61種いわき