

資 料

下呂実験林の育林技術比較実験林におけるスギの成長過程

井川原 弘一

キーワード: 育林技術, 集約施業, 省力施業, スギ, 下呂実験林

I はじめに

長期にわたる試験データを記録していくことは、成長の遅い樹木を対象にする研究において非常に重要なことである。長期にわたる試験地の一つとして、スギの育林技術比較実験林がある。育林技術比較実験林は、益田郡下呂町大字小川平地内の下呂財産区有林内実験林区域（下呂実験林）内に設定されている。

この育林技術比較実験林は、短伐期での柱材生産を目的としたスギ林造成のための育林技術が合理的（集約と省力）に投入されることで、慣行的に行われる施業と比較して生産性がどのように異なるのかを知るために1964年4月に設定され、このための施業計画も立てられていた。しかし、時代の移り変わりとともに当初の目的であった短伐期の柱材生産のための施業は積極的に行われなくなり、現在は、長伐期による大径材生産へと進む方向で施業が行われている。

この実験林を対象にした報告には、竹下（1982）による材積成長と施肥効果に関する報告があり、施肥効果は植栽後6年目が最も大きく、植栽後12年目にも施肥の効果は持続しており、施肥効果は直径成長よりも樹高成長に効いていることが明らかにされている。また、中川ら（1981）による施肥と無機態窒素の動態に関する報告がある。この他には、岐阜県林業センターの作成した広報用の配付物に成長経過などが掲載されているものの、報告書という形での記録は残されてい

ない。

そこで、設定当時の目的である造林初期における育林技術の投入の違いによる造林木の成長に関して評価するために、本報告では1964年から1992年に調査されたデータを整理し、造林木の成長量の違いについて検討した。

II 育林技術比較実験林の概要と解析方法

1. 試験区

育林技術比較実験林は、1964年4月に下呂財産区有林実験林区域内（下呂実験林）の西側に設定された。ここの前生の林はヒノキ林であり、斜面方位は北東で平均傾斜角は32度、基岩は石英斑岩、土壌は適潤性褐色森林土である。

育林技術が積極的に投入されるのは、植栽、保育といった造林初期における労働力の投入である。そこで、集約育林区、普通育林区、省力育林区の3試験区を設けた。表-1に植栽方法の違いについてまとめた。集約育林区では、植え穴は他の試験区よりも大きく深い、直径45cm、深さ25cmであり、植え方は丁寧植えで、掘り下げた表土（A層、A₀層）を植え穴に混入した。省力育林区では、普通育林区と同じ大きさの直径30cm、深さ20cmの穴が機械で掘られ、根切り苗が植栽された。

試験区は、斜面の西側から省力育林区、普通育林区、集約育林区の並びで設置された。いずれの試験区も作

表-1. 試験区設定時の植栽方法

	集約育林区	普通育林区	省力育林区
品種	ボカスギ	←	←
植栽日	1964年4月22日	←	←
植栽密度	3,600本/ha	←	←
植え穴	径45cm, 深さ25cm	径30cm, 深さ20cm	←
掘り方	機械掘り	鍬掘り	機械掘り
植え方	ていねい植え A ₀ , A層を植え穴に 入れる	普通植え	根を切って、植栽

業歩道をはさんで上部と下部に分断されている。試験区の面積（上部＋下部）は、集約育林区が324m²（147＋177）、普通育林区が313m²（174＋139）、省力育林区が343m²（176＋167）であった。植栽作業は1964年4月22日に行われた。植栽されたスギの品種は、材質が柔らかく成長の早いボカスギ（宮島，1983）で、植栽密度は3,600本/haであった。

2. 施業履歴

この実験林では、短伐期で柱材を生産することを目的として施業計画が立てられた。主伐は36年生（1999年）となっていたが、2000年1月現在、主伐は行われていない。岐阜県森林科学研究所内に残された記録をもとに施業履歴を表－2にまとめた。

下刈は、集約育林区では植栽翌年は7月と9月に、

以後の5年間は6月と8月に行われた。また、刈り取った草本類は植栽木の周囲に敷かれた。普通育林区では植栽翌年には7月と9月に行われ、以後3年間は年1回（7～8月）行われた。省力育林区では植栽翌年から3年間にわたり年1回（6～7月）除草剤が散布された。

施肥は、集約育林区で植栽翌年から4年間にわたり年1回（5～6月）行われた。また、1972年度と1973年度、1979年度の6月にも施肥が行われている。省力育林区の施肥は、除草剤の中に含まれる窒素成分を施肥としてあげた。

間伐は、いずれも当年度の成長が終了した冬期に行われた。1980年度（1980年12月～1981年1月）の豪雪によって、集約育林区の下部の試験区に多大な被害が発生した。初回の間伐は1981年度にこれら折損木の処

表－2. 育林技術比較実験林の施業履歴

西暦（年度）	林齢	下刈・間伐			施肥			枝打ち		
		集約区	普通区	省力区	集約区	普通区	省力区	集約区	普通区	省力区
1964	1	植栽								
1965	2	2回 ¹⁾	2回	1回 ²⁾	1回 ⁴⁾		1回 ⁷⁾			
1966	3	2回 ¹⁾	1回	1回 ²⁾	1回 ⁴⁾		1回 ⁷⁾			
1967	4	2回 ¹⁾	1回	1回 ³⁾	1回 ⁴⁾		1回 ⁷⁾			
1968	5	2回 ¹⁾	1回		1回 ⁴⁾					
1969	6	2回 ¹⁾								
1970	7	2回 ¹⁾								
1971	8							弱度 ⁸⁾	弱度 ⁹⁾	
1972	9				1回 ⁵⁾					
1973	10				1回 ⁵⁾					
1974	11							弱度	弱度	弱度
1978	15							強度		
1979	16				1回 ⁶⁾					
1981	17	間伐	間伐	間伐						
1987	24	間伐	間伐	間伐						
1992	29	間伐	間伐	間伐						

1)：刈り取った草本類は植栽木の周りに敷く

2)：薬剤除草；PCP尿素（PCP10kg/10a=N4kg/10a=N10g/本），3)：薬剤除草；ワンタッチ12.5kg/10a

4)：1本当たりN:5～20g植栽木周りにバラマキ，5)：N:100kg/ha全面バラマキ，6)：N:180kg/ha(緩効性肥料)

7)：1本当たりN:10g全面バラマキ，8)：ナタにより樹幹径6cmの部分まで，9)：ノコにより地上2mまで

表－3. 試験区ごとの成長過程

測定年度	西暦	林齢	測定個体数			直径 (cm)			樹高 (m)		
			集約区	普通区	省力区	集約育林区	普通育林区	省力育林区	集約育林区	普通育林区	省力育林区
1964.7	-	-	100	100	100	1.1 ± 0.11	1.0 ± 0.11	1.1 ± 0.11	0.5 ± 0.05	0.5 ± 0.05	0.5 ± 0.05
1964	1	1	100	100	100	1.3 ± 0.16	1.2 ± 0.15	1.2 ± 0.14	0.6 ± 0.08	0.6 ± 0.07	0.6 ± 0.07
1966	3	3	98	100	100				1.2 ± 0.30	1.0 ± 0.19	1.1 ± 0.19
1967	4	4	99	100	100	4.4 ± 1.16	3.2 ± 0.67	3.5 ± 0.63	1.9 ± 0.45	1.3 ± 0.30	1.4 ± 0.22
1968	5	5	98	100	100	6.0 ± 1.34	4.1 ± 0.90	4.3 ± 0.70	2.7 ± 0.62	1.7 ± 0.36	1.7 ± 0.29
1969	6	6	98	100	100	7.6 ± 1.46	5.4 ± 1.00	5.6 ± 0.82	3.7 ± 0.77	2.7 ± 0.43	2.8 ± 0.36
1970	7	7	97	100	99	5.5 ± 1.55	3.5 ± 0.99	3.6 ± 0.84	4.7 ± 0.93	3.7 ± 0.55	3.7 ± 0.39
1971	8	8	97	100	100	7.0 ± 1.56	5.0 ± 1.07	4.9 ± 0.93	5.6 ± 0.97	4.4 ± 0.60	4.4 ± 0.49
1972	9	9	67	75	75	7.9 ± 1.16	5.8 ± 0.88	6.1 ± 1.02	6.1 ± 0.84	4.7 ± 0.51	4.9 ± 0.49
1973	10	10	92	100	100	8.9 ± 1.14	6.9 ± 1.00	7.4 ± 1.21	7.2 ± 0.71	5.5 ± 0.63	5.8 ± 0.62
1974	11	11	72	80	63	10.3 ± 1.08	8.3 ± 1.06	9.0 ± 1.14	8.4 ± 0.77	6.4 ± 0.70	6.5 ± 0.64
1981	18	18	90	119	135	13.0 ± 1.27	12.0 ± 1.91	11.7 ± 1.70			
1987	24	24	76	88	84	17.1 ± 2.37	16.0 ± 2.82	15.5 ± 2.55	15.1 ± 1.06	14.5 ± 1.52	13.8 ± 1.10
1992	29	29	70	78	82	19.5 ± 3.21	18.8 ± 3.84	18.0 ± 3.40	18.4 ± 1.47	17.9 ± 1.21	17.4 ± 1.40

注) 直径と樹高は調査時に測定された個体の平均値±標準偏差で示す。

直径は1964～1969年度までは根元直径，1970年度以降は胸高直径を示す。

測定時期は1992年度を除いて成長期間終了後である。

理を含めて行われた。このときの間伐率は記録が残っていないため、測定木の変化から推定すると集約育林区では16%、普通育林区では26%、省力育林区では38%（いずれも本数率）であったと推定される。1987年度はどの処理区においても一様に間伐が行われたことが推測され、間伐率は7%であった。

1972年度までに投じた総労働力は集約育林区125人、普通育林区は107人、省力育林区75人であり、各区とも下刈の比重が高かったと記録されている。

3. 調査履歴とデータの整理

測定木として、1964年に各試験区の上部下部の中央に位置する50本づつを選定し、1979年度までこれらを追跡調査した。1981年に試験区内のすべての個体を測定木とした。

過去にとられたデータは、直径（1964年～1969年は根元直径、1970年以降は胸高直径）および樹高である。直径は1964年7月（植栽後）、1964年11月、1967年11月、1968年10月、1969年11月、1970年12月、1971年11月、1972年12月、1973年12月、1974年、1979年6月と11月（省力育林区は未測定）、1981年11月、1987年6月、1992年8月に測定された。

また、樹高は1964年7月（植栽後）、1964年11月、1966年6月と11月、1967年11月、1968年10月、1969年11月、1970年12月、1971年11月、1972年12月、1973年12月、1974年、1979年6月と11月（省力育林区は未測定、実測値の明記あり）、1987年6月（実測値の明記なし）、1992年8月（実測値の明記あり）に測定された。なお、1979年から樹高はサンプリング調査となっている。樹高は、実測値が明記されている測定年については、これをもとにNÄSLUND式から未測定木の樹高を推定した。

Ⅲ 結果と考察

1. 成長過程

表-3は、測定年度ごとの直径と樹高の平均値である。成長初期の10年間（1～11年生）はその年の成長期が終了した10月以降に測定されたデータを用い、それ以降は各試験区の成長過程が把握できるものを用いて算出した。1992年度の測定個体数は、集約育林区が70本、普通育林区が78本、省力育林区が82本であった。したがって、最終調査時での成立本数は、集約育林区が2,200本/ha、普通育林区が2,500本/ha、省力育林区が2,400本/haであった。

調査個体数がばらつくのは、欠測値（特に1974年度）や測定方法の違い（1972年度）によるものである。ま

た、1981年度の測定個体数が他と比較して多いのは、この年に測定木を増やしたためである。

平均樹高の推移を図-1に示す。11年生までは集約育林区での成長が良く、11年生時で他の試験区とおおよそ2mの差がついている。11年生時の平均樹高を便宜的に岐阜県の地位別上層生長樹高曲線（岐阜県林政部、1992）にあてはめ地位級を推定すると、集約育林区の地位級は3であり、普通育林区と省力育林区の地位級は5であった。集約育林区は、植栽翌年度から施肥を行ってきたため樹高に差が生じ、他の試験区と比較して地位級で2の差が生じたものと考えられる。29年生時の調査結果によると集約育林区が18.4mと最も高く、省力育林区との差は1.0mと11年生時と比較するとその差は減少していた。この時点での地位級はいずれの試験区においても2であった。

平均直径の推移を示したものが図-2である。これを見ると、29年生まで集約育林区の直径が他の試験区よりも大きいことがわかる。

11年生時と29年生時において、平均直径および平均樹高が最も大きかったものは、集約育林区であった。集約育林区の29年生時の平均樹高と平均直径は、初期の10年間の成長によって生じた他の試験区との差が、そのまま維持されているようにみえる。この理由の一つとして初期の10年間に集約育林区のみで行われた施肥が考えられる。

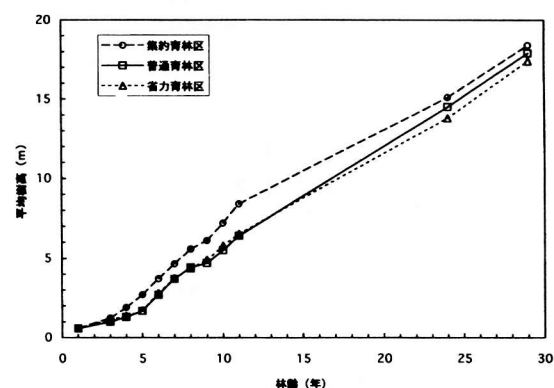


図-1. 測定木の平均樹高の推移

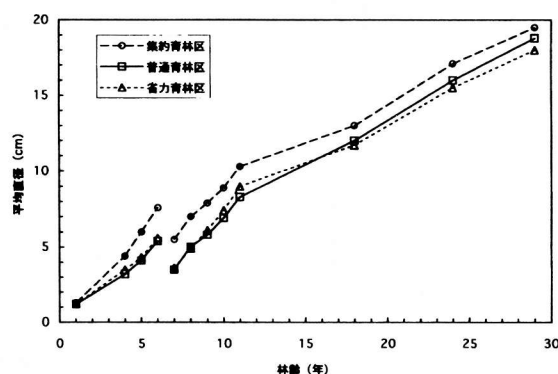
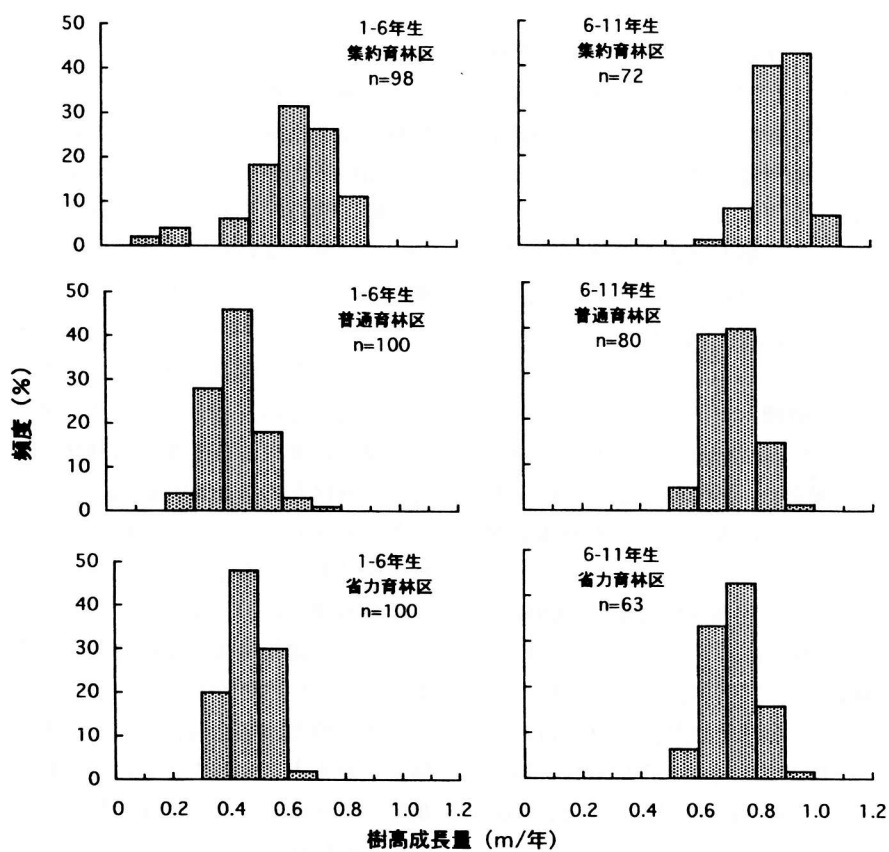
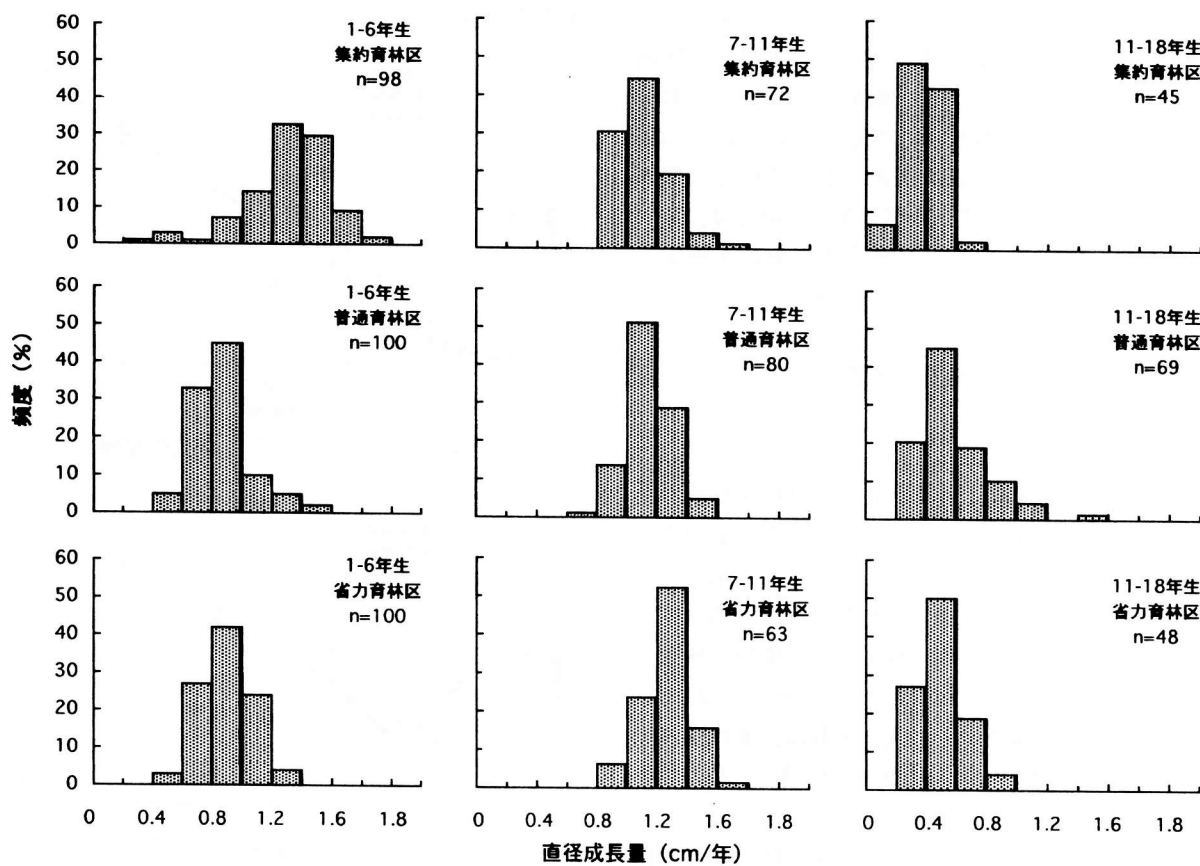


図-2. 測定木の平均直径の推移



図一 3. 樹高成長量の頻度分布



図一 4. 直径成長量の頻度分布

2. 成長量の検討

(1) 樹高成長

試験区ごとの樹高の成長量の差について検討した。植栽当年度の成長量（1964年7月～1964年11月）と植栽後5年ごと（1～6年生，6～11年生）の成長量が試験区で差があるかを検定した結果，1～6年生と6～11年生の期間において，試験区間の成長量に有意な差が認められた（Kruskal-Wallis検定： $p<0.01$ ）。両期間の試験区ごとの成長量の頻度分布を図－3に示す。どちらの期間においても集約育林区の成長量が大きいことがわかる。一方，普通育林区と省力育林区ではその差は明確ではなかった。

これらの結果から，樹高成長量の差は施肥による効果であると考えられる。この理由として，植栽方法の差が最も現れると予想される植栽当年度の成長量には差がみられなかったこと，施肥を行った集約育林区の樹高成長量が大きいことがあげられる。

11年生以降は全調査木の樹高を測定していないので成長量の検討から外したため，11年生以降の樹高成長量の差については検討できなかった。

(2) 直径成長

次に試験区ごとの直径の成長量について検討した。成長量の算出は，植栽当年度（1964年7月～1964年11月）と1～6年生，7～11年生，11～18年生，18～24年生，24～29年生の期間とした。期間ごとに試験区間の差を検定した結果，1～6年生，7～11年生，11～18年生の期間で有意な差が認められた（Kruskal-Wallis検定： $p<0.01$ ）。有意な差が認められた期間の直径成長量の頻度分布を図－4に示す。これを見ると，1～6年生では集約育林区の成長量が大きく，7～11年生では省力育林区の成長量が，11～18年生では普通育林区の成長量が他と比較して大きいことがわかる。植栽初期の2期間の頻度分布のピークに着目すると，集約育林区では1.2～1.4cm/年が1.0～1.2cm/年となり，成長量の低下がみられるのに対し，省力育林区では0.8～1.0cm/年から1.2～1.4cm/年へと，同様に普通育林区でも0.8～1.0，1.0～1.2cm/年と大きくなっている。

この理由として，集約育林区では施肥の効果により6年生までの樹高成長と直径成長が良かったために林冠が早期に閉鎖し，密度効果による直径成長量の低下が他の試験区よりも早く現れたことが考えられる。

3. 形状比

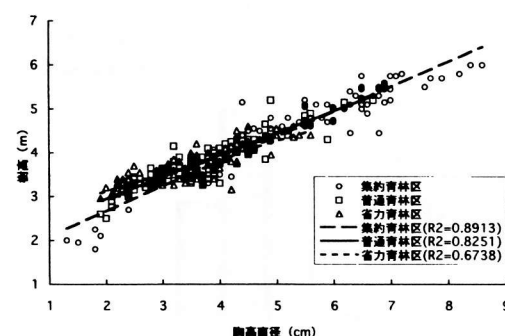
密度効果によって直径成長が抑制され，施肥効果によって樹高成長が促進されると形状比が高くなる。そこで，いつの時点から形状比に差が生じ始めたのか検

討するために，試験区ごとの胸高直径と樹高の関係について検討した。図－5は7年生時の胸高直径と樹高の関係を示したものである。各試験区の回帰直線はどの試験区においてもほぼ同じ直線で近似されることがわかった。10年生時（図－6）には，集約育林区の回帰直線は他の試験区と平行で他よりも高い位置になり，11年生時（図－7）にはその開きは大きくなっていた。

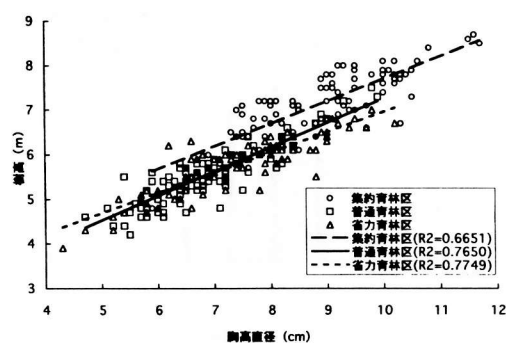
そこで，10年生時と11年生時における各試験区での形状比に差があるかどうかをKruskal-Wallis検定で検定したところ，11年生時には有意な差（ $p<0.01$ ）が認められた。11年生時の形状比の頻度分布を図－8に示す。集約育林区の形状比は85～90にピークがあるのに対し，他の2つの試験区では75～80，70～75にピークがあり，集約育林区の形状比が高いことがわかる。

4. 冠雪害

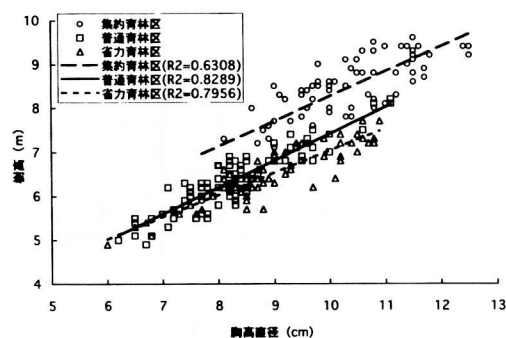
1980年12月～1981年1月にかけて記録的な降雪（56



図－5. 7年生の胸高直径と樹高の関係



図－6. 10年生の胸高直径と樹高の関係



図－7. 11年生の胸高直径と樹高の関係

豪雪)があった。この降雪によって県内の森林は甚大な被害を受けた。このときに行われた被害林分調査によると、幹折れ、幹曲がり被害は、形状比が80前後の林分で発生していた(岐阜県林政部, 1982)。当実験林における被害は、集約育林区の下部の試験区内で発生したと記録されている。そこで、被害木のデータをもとに集約育林区の被害木の形状比の頻度分布(図-9)を作成した。これをみると、被害木の形状比はすべてが80以上であり、100以上のものが半数以上を占

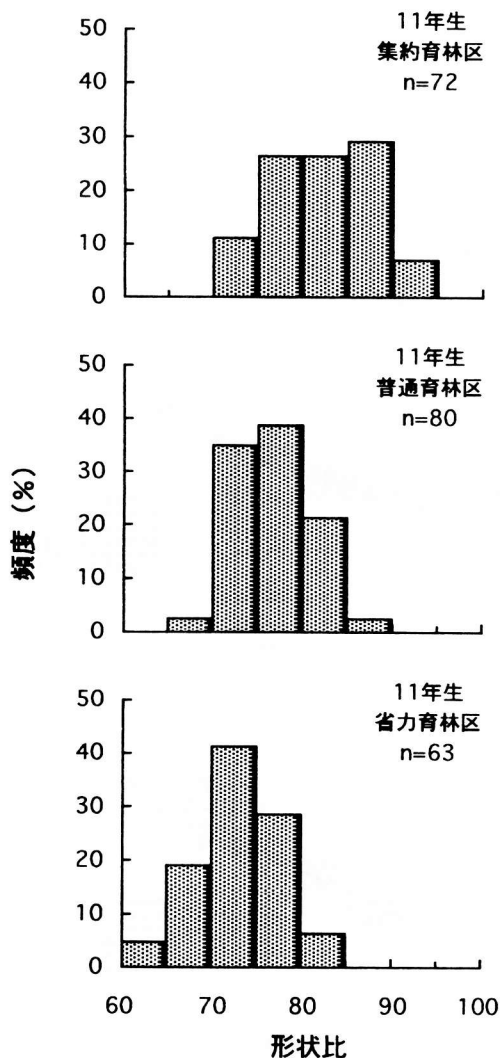


図-8. 11年生時の形状比の頻度分布

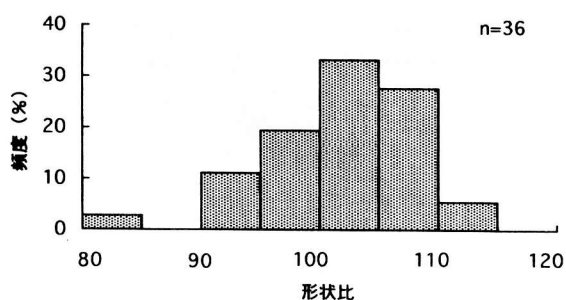


図-9. 集約育林区における被害木の形状比の頻度分布

めていることがわかった。集約育林区は形状比が高かったために、被害が発生したものと考えられる。

5. 形質

1982年に岐阜県林業センターが出した広報用の配付物によると、通直木の本数割合は、集約育林区で90%、普通育林区で82%、省力育林区で77%であった。また、曲り木は、集約育林区で6%、普通育林区で7%、省力育林区で13%であったと記載されている。

IV 初期保育の違いの評価

育林技術の違い、すなわち造林初期の労働力の投入量による造林木の成長の違いについて検討してきた結果、次のことがわかった。

植栽方法の違いによる植栽当年度の成長量に差はみられなかった。造林初期の施肥の効果は大きく、集約育林区と他の試験区の造林木の成長量には顕著な差がみられた。集約育林区では、造林木の成長が速いため、普通育林区よりも早期に密度効果による影響を受け、直径成長量が小さくなり樹高成長のみが促進されることで形状比が高くなった。また、造林初期の労働力を30%減らした省力育林でも、普通育林と比較して造林木の成長量に関しては顕著な差はみられなかった。

以上のことから、造林木の初期成長が大きくなるような施業を行うのであれば、間伐の時期を慣行よりも早い時期に行う必要があると考えられる。

引用文献

- 岐阜県林政部 (1982) 多雪地域の育林技術-56豪雪と森林被害・多雪地域の環境と育林技術-。91pp. 岐阜県。
- 岐阜県林政部 (1992) スギ人工林林分収穫表・林分密度管理図 一般地域(最深積雪深1m未満の地域)。21pp, 岐阜県。
- 宮島 寛 (1983) 品種。(新版スギのすべて。坂口勝美監修, 629pp, 全国林業改良普及協会, 東京)。126-139。
- 中川 一, 竹下純一郎 (1981) 森林土壌における無機態窒素の動態。岐阜県林業センター研究報告9: 1-22
- 竹下純一郎 (1982) 育林保育作業における林地肥培の応用に関する研究。岐阜県林業センター研究報告10: 1-114