

論文

植栽密度の違いが植栽木の成長に及ぼす影響*1

—ヒノキ34年生林分における事例—

佐々木祐希子*2 · 竹内郁雄*3 · 寺岡行雄*3

佐々木祐希子・竹内郁雄・寺岡行雄：植栽密度の違いが成長に及ぼす影響—ヒノキ34年生林分における事例—九州森林研究 62:14-17, 2009 植栽密度が1,000, 1,500, 2,000, 3,000本/haの4段階から成るヒノキ34年生林分の調査を行い、植栽密度の違いが植栽木の成長に及ぼす影響を検討した。その結果、平均胸高直径と平均幹材積は密度が低いほど大きくなり、林分材積は密度が低いほど小さくなる傾向があった。また、収量比数と胸高直径の頻度分布から、今後の間伐は2,000本植栽区と3,000本植栽区では切捨てになるが、1,500本植栽区では利用間伐が検討可能な大きさであると考えられた。また、1,000本植栽区では平均枝下高が他より有意に低く、幹形も他より有意にウラゴケであり、無節性や製材上の条件が不利になる可能性が示唆されたが、1,500本植栽区以上では有意差は認められなかった。以上の結果から、低密度植栽の導入には1,500本/ha以上の植栽密度が大きな欠陥のない密度であることが示唆された。

キーワード：ヒノキ, 成長, 植栽密度

I. はじめに

近年、集成材や合板への国産材の利用が増加傾向にあり(林野庁, 2006)、今後並材が需要の中心になると考えられる。国産材の競争力を生み出す上で、生産コストの低減や量的な安定供給のために皆伐が増加することは確実であり、再造林を促すためには低コスト育林体系の構築が必要となる。

並材生産を目標とした低コスト育林体系では、まず、従来一般的に採用されてきた3,000本/haという植栽密度の見直しが必要である。植栽密度試験での高密度について、富田ら(1987)はヒノキ26年生林分の4,000本/ha~10,000本/haを対象として、田中ら(1994)はスギ24年生林分の4,000本/ha~7,000本/haを対象とした生育状況の比較を報告している。一方、低密度植栽については、トドマツやグイマツ(小山, 2001)あるいは広葉樹(甲斐, 1998)を対象としたもの、あるいは国有林での造林コストとの関係などに関する業務・技術報告が多い。これまでの低密度植栽に関する報告(佐倉ほか, 1982)は全て幼齢段階のものであり、成林段階における生育状況を検討したものはみられないため、森林経営者へ具体的な低コスト育林の体系を示すことができない現状にある。

そこで本研究では低コスト育林体系構築の基礎資料とするため、植栽密度が1,000, 1,500, 2,000, 3,000本/haの4段階で植栽された34年生のヒノキ人工林において、植栽密度の違いが林分の成長に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

II. 調査林分

調査林分は広島県福山市に位置する広島森林管理署新元重山国有林755ち2林小班にあり、スギ・ヒノキ人工林の皆伐跡地に

1974年3月にヒノキが植栽された。本調査では、755ち2林小班内で植栽密度の異なる4つの林分を調査対象(P-1~P-4)とした。各々のhaあたりの植栽密度は1,000本(P-1, 0.58ha)、1,500本(P-2, 0.90ha)、2,000本(P-3, 0.62ha)、3,000本(P-4, 0.28ha)の4段階で、正方形植栽である。調査地の標高は460m~490m、斜面方位はP-1が北西向き、P-2, P-3が北向き、P-4が西向きで、傾斜は39~43°の急傾斜である。地質は4林分とも古生層粗粒砂岩で土壌型はいずれもB_{D(d)}である。

国有林の施業履歴(岩田ほか, 2005)より保育状況は以下のようになっていた。植栽後に枯死が発生したため、4林分ともhaあたり250本程度の補植が行われた。また、下刈りは5回行われ、下刈り、補植、植付にかかった人工数は植栽密度が低いほど少なかった。下刈り終了後はつる切りが3回、除伐が3回行われ、12年生時に選木枝打ちが1回、26年生時にP-1を除いた他の林分で切捨て間伐が1回行われた。

III. 方法

1. 現地調査

調査は34年生時の2007年9月から翌年2月にかけて実施した。調査面積はP-1からP-4で各々352, 306, 245, 198m²である。調査項目は胸高直径、樹高、枝下高、枯枝高で、毎木調査を行い、下層植生の植被率を目視により測定した。また、すべての個体を樹型級区分に準じてA~Cの三段階に区分し、各プロットで平均的な個体について、地上高1.1, 2.1, 3.1, 4.1, 5.1, 6.0mにおける上部直径を測定した。

胸高直径と上部直径は直径巻尺を用いて1mm単位で、樹高、枝下高は超音波式の樹高測定器を用いて0.1m単位で測定した。枯枝高は、枯枝が巻き込まれなくて明らかに樹幹表面に着生してい

*1 Sasaki, Y., Takeuchi, I. and Teraoka, Y.: Relationship between planting tree densities and its growth-case of 34-year-old Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) stand.

*2 鹿児島大学大学院農学研究科 Grad. Sch. Agric., Kagoshima Univ., Kagoshima 890-0065

*3 鹿児島大学農学部 Fac. Agric., Kagoshima Univ., Kagoshima 890-0065

るもので、最も下部に位置する枯枝までの高さとし、0.1m単位で測定を行った。なお、枯枝高は選木枝打ちが行われていない個体で測定した。樹型級区分の方法はA；通直で被圧されていないもの、B；幹曲がり小さいか、やや被圧されているもの、C；曲がり大きい個体や被圧木で間伐対象木とした。地位は中国地方ヒノキ林分収獲表（広島県林政課，1975）より、収量比数は近畿・中国地方国有林ヒノキ林分密度管理図（林野庁，1979）より、幹材積は立木幹材積（林野庁計画課，1984）より求めた。

2. プロット間の比較

比較の指標として、成長は胸高直径、樹高、幹材積について、形質は樹型級区分、枝下高、枯枝高、形状比、幹形（地上高1.1mの直径を1とした相対上部直径）について検討を行った。また、平均胸高直径、平均樹高、平均幹材積、平均枝下高、平均枯枝高と密度との関係については分散分析を行い、有意差が認められた場合にはDuncanの多重比較によって検定を行った。等分散性が仮定できない場合は、ノンパラメトリック分散分析（Kruskal Wallis 検定）により植栽密度間での平均値の差を検定した。なお、統計処理にはSPSS11.0Jを用いた。幹形については、t検定によって相対上部直径の比較を行った。

IV. 結果と考察

1. 成長

林分調査結果を表-1に示す。立木密度はP-4が2,020本/haと大きく減少していたが、他のプロットでは約10%程度の減少であった。P-4は自然枯死に加えて切捨て間伐が比較的強度であったため密度が低くなったと考えられた。平均胸高直径は18.5~24.9cmで、P-4がP-3より若干大きくなっていった。平均樹高は16.5~17.3mで、地位はいずれの林分も地位Iに該当した。林分材積は354~506m³であった。収量比数はP-2~P-4で0.80を超えており要間伐林分であったのに対し、P-1では0.66と低かった。また、P-2~P-4では下層植生の植被率が0~5%と低いのにに対し、P-1では35%と他のプロットより高かった。

表-1. 林分調査結果

調査 本数 (本)	立木 密度 (本/ha)	平均 直径 (cm)	平均 樹高 (m)	材積 (m ³ /ha)	収量 比数	地位 (等)	植被率 (%)
P-1	31	881	24.9±4.0	16.5±1.5	355	0.66	I 35
P-2	41	1340	21.0±3.1	17.3±1.2	409	0.81	I 1
P-3	46	1878	18.5±3.5	16.8±1.6	455	0.89	I 0
P-4	40	2020	19.3±3.0	16.5±1.5	507	0.90	I 5

平均直径、平均樹高は平均値 ± 標準偏差

図-1に立木密度と平均樹高、立木密度と平均胸高直径の関係を示す。まず、平均樹高はP-1やP-4が16m程度であるのに対しP-2が17.3mでやや高かったが、分散分析の結果5%水準でプロット間に有意差は認められなかった。次に、平均胸高直径では分散分析の結果プロット間の差が0.1%水準で有意であり、多重比較ではP-1が他のプロットに対して有意に大きかった（表-2）。また、P-2とP-3、P-4のプロット間では有意差が認められたが、P-3とP-4のプロット間には有意差が認められなかった。

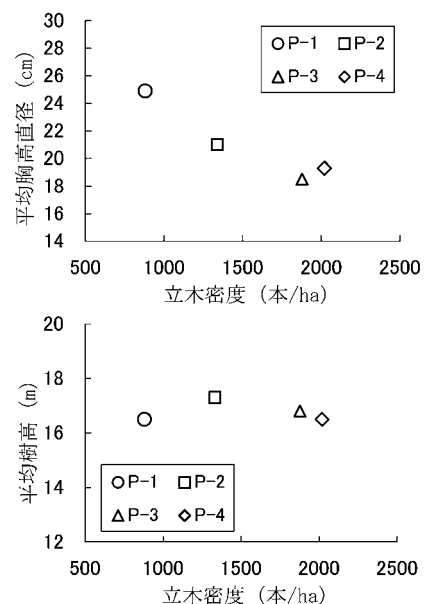


図-1. 立木密度と平均樹高（上）、および立木密度と平均胸高直径（下）の関係

表-2. プロット間の多重比較 (Duncan 法)

プロットの対		平均胸高直径	平均幹材積
P-1	P-2	**	**
P-1	P-3	**	**
P-1	P-4	**	**
P-2	P-3	**	*
P-2	P-4	*	*

* 5%水準で有意 ** 1%水準で有意
注) 差が有意な対のみを示す

められなかった（表-2）。P-4では被圧木等が間伐で比較的強度に除かれた影響を受け、平均胸高直径が大きくなったためだと考えられた。しかし、全体としては密度が低くなるに従い、平均胸高直径は増加する傾向であった。同様の傾向は系統的スギ植栽試験地（NPOFORI, 2007）でも認められている。図-2に胸高直径の頻度分布を示す。各プロットの胸高直径の頻度分布は、P-1、P-2では20cm以上の個体が多いのに対し、P-3、P-4では20cm以下の割合が高かった。収量比数と併せて考えるとP-1では間伐の時期に達していないが、P-2では今後利用間伐が検討できる大きさであった。これに対し、P-3、P-4では小径木が多く現在切捨て間伐が必要な状態であると考えられた。

立木密度と幹材積の関係を図-3に示す。林分材積は立木密度が低くなるほど減少した。平均幹材積については分散分析の結果0.1%水準でプロット間に有意差が認められ、多重比較ではP-1が他のプロットに対して有意に大きかった（表-2）。また、P-2とP-3、P-4のプロット間では有意差が認められたが、P-3とP-4のプロット間には有意差が認められなかった（表-2）。平均胸高直径と同様に、P-2、P-3が弱い切捨て間伐であったのに対し、P-4では比較的強度に間伐された影響を受けたためだと考えられた。林分材積はP-2の立木密度以上なら400m³/ha以上の蓄積があり、平均幹材積はP-1とP-2では

0.30m³以上であった。このように植栽時の密度が低いほど単位面積あたりの材積成長量は小さくなるが、平均幹材積は増加することで、同林齢における単木あたりの材積が大きな木材生産が可能であるという密度効果の一般的傾向が認められた。

2. 個体の形質

樹型級区分：A～C区分による樹型級区分は、P-1でAの本数割合が高かったが、A、Bを合計した本数割合はP-1～P-3で類似していた（図-4）。これに対し、P-4では間伐対象木であるCの本数割合が低く、切捨て間伐の際に選木されたことが示唆された。また、無間伐のP-1と弱い切捨て間伐が行われたP-2、P-3ではCの本数割合が高かった。このように植栽密度が低くなると共に間伐による選木が十分行えないことが考えられた。なお、P-1でAの本数割合が高いのは、現段階では競争が生じていないことなどが影響したためと考えられた。

枝節性：図-5に立木密度と平均枝下高、立木密度と平均枯枝高の関係を示す。平均枝下高はKruskal Wallis 検定の結果、0.1%水準でプロット間の差が有意であった。また、枝下率（（枝下高/樹高）×100）はP-2～P-4が60%前後なのに対し、P-1では48%と低かった。これは、P-1が閉鎖前で枯れ上がりが遅れているためだと考えられた。高密度では4,000～10,000本/haで植栽されたヒノキ26年生林分において、密度の増加に伴い枝下高が高くなった（富田ら、1987）と報告されており、低密度

についても同様の傾向があることが示唆された。平均枯枝高はKruskal Wallis 検定の結果、5%水準でプロット間に有意差は認められなかった。これは、ヒノキの自然落枝が遅いことが影響しているためと考えられた。以上の結果から、植栽密度が低いP-1のように平均枝下高が低いと、枝は育成期間が長くなって平均枝径や最大枝径が大きくなる（竹内、2002）ので、P-1では無節性の面で不利になる可能性が高い。この点については、今後の推移をみて検討することが必要である。

形状比：個体形状比の頻度分布をみると（図-6）P-1では75以下に90%以上が集中し、P-2では65から95の間に70%以上が集中しており、P-3、P-4に比べて低い個体の割合が高く、そのばらつきも小さかった。特にP-1では形状比が低い範囲に集中していた。これは、P-1が閉鎖前で競争が起こっていないため、P-2～P-4に比べて単木あたりの生育空間が十分に確保されていたためだと考えられた。また、全生育期間を通じて疎仕立てを基本とする飫肥地方のスギ林では、形状比の個体差は小さく、林齢によってもそれほど変化することはなく、60前後であった（千葉、2002）と報告されており、ヒノキについても同様の傾

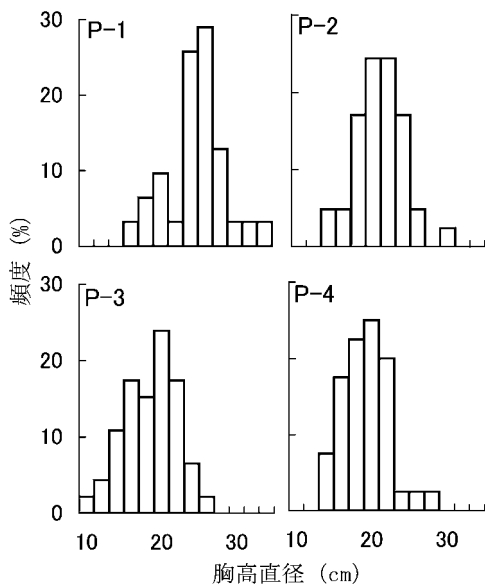


図-2. 胸高直径の頻度分布

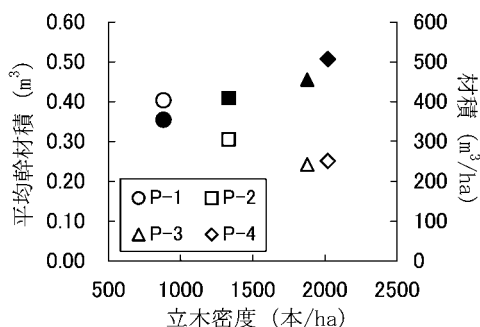


図-3. 立木密度と幹材積の関係
（白抜き：平均幹材積，黒：haあたりの材積）

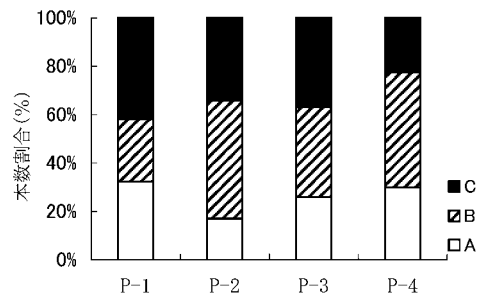


図-4. 樹型級区分の本数割合
（A：通直で被圧されていないもの、B：幹曲がり小さいか、やや被圧されているもの、C：曲がり大きい個体や被圧木）

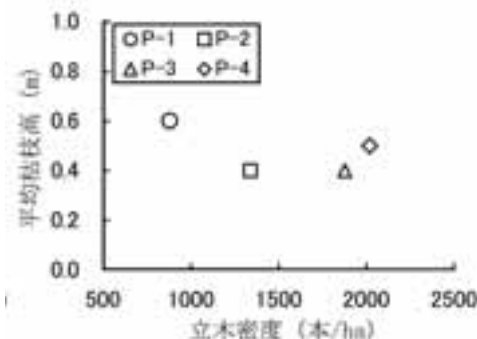
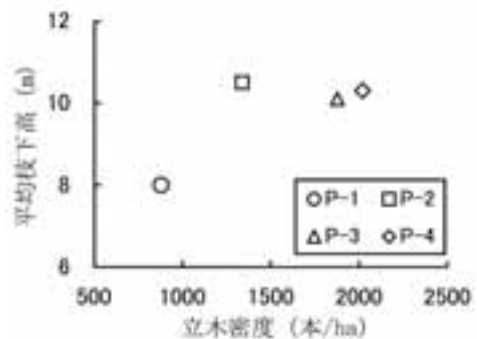


図-5. 立木密度と平均枝下高（上）、および立木密度と平均枯枝高（下）の関係

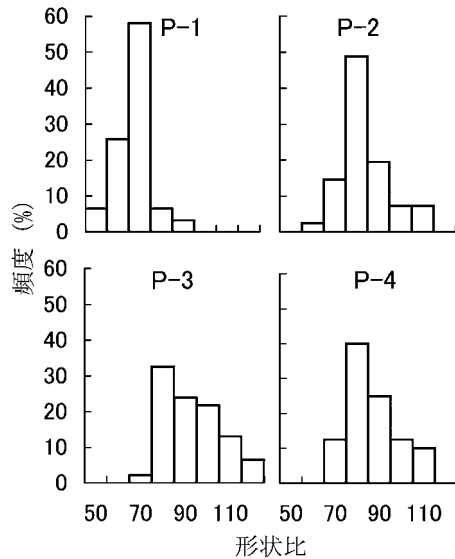


図-6. 形状比の頻度分布

向があることが示唆された。平均形状比はP-1で68, P-2で84, P-3で93, P-4で87であり, P-2からP-4では80を越えていた。このことから, 植栽本数1,000本/ha程度ならば間伐をしなくとも立木としての健全性が高いといえる。

幹形: 1.1m部の直径を1とした相対上部直径を求め, その平均を図-7に示す。P-2~P-4の林分間では, t検定の結果5%水準で有意差は認められなかった。これに対しP-1はP-2~P-4に対して, すべての上部直径で5%ないし1%水準で有意差が認められた(表-3)。よって, P-1の幹形は34年生の現段階では, 他のプロットと有意に違ってウラゴケになると考えられる。幹の形がウラゴケであるか完満であるかは, 造材歩止りや製材歩止りに影響する(安藤, 1968)ので, P-1では歩止りが悪く製材上の条件が不利になる可能性が示唆された。

V. まとめ

3,000本/ha植栽のP-4では, haあたりの幹材積が34年生において他のプロットより多く確保でき, 加えて間伐時の選木が与えるなど, 2,000本/ha以下の植栽に比べ優れた点が多かった。しかし, 初期の造林人工数が最も多く, また, 今後必要となる間伐は切捨てになると考えられた。2,000本/ha植栽のP-3では材積以外の主な特徴はP-4に類似しているが, 間伐時の選木が十分に行えないという点で不利であった。また, P-4と同じく2回目の間伐も切捨てになるが, 初期の造林人工数をP-4より少なくすることが可能であるという特徴があった。これに対し, 1,500本/ha植栽のP-2では, 林分材積はP-3, P-4よりも劣るものの, 収量比数と胸高直径の頻度分布から考えて, 今後の間伐は切捨てでなく利用間伐が検討できる大きさであった。形質面の枝節性や幹形ではP-3, P-4と有意差が認められず, また, 34年生において林冠はほぼ閉鎖しているため, 今後は年輪幅の調整も可能であり, 製品上の品質条件を向上していけると考えられた。1,000本/ha植栽のP-1は現林齢では閉鎖しておらず, 林分材積や形質面で劣る点が多かった。しかし, 初期の造林人工数が最も少ないことや閉鎖が遅いため下層植生が他より多く, 形状比の低い個体の占める割合が高いことから, 間伐等の施業が行

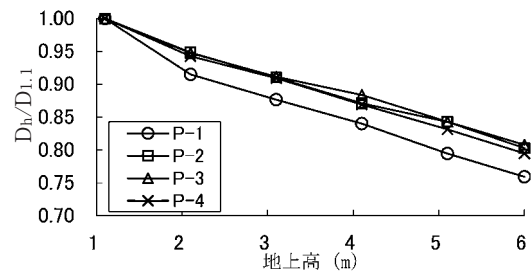


図-7. 地上高別 $D_h/D_{1.1}$ の平均
(1.1m部の直径を1とした相対上部直径)

表-3. P-1に対するP-2~P-4のt検定結果
(1.1m部の直径を1とした相対上部直径の検定)

地上高 (m)	2.1	3.1	4.1	5.1	6.0
P-1・P-2	*	*	*	*	**
P-1・P-3	*	*	**	**	**
P-1・P-4	*	*	**	*	*

* 5%水準で有意 ** 1%水準で有意

き届かない林分においては省力的な施業で立木の健全性を維持し, 林分の多様性を保つ施業として選択することも可能だと考えられた。

以上の結果から, 形質面でP-3, P-4に大きく劣らず, 初期の造林人工数の低減が可能であるため, 低密度植栽の導入には1,500本/ha以上の植栽密度が大きな欠陥のない密度であることが示唆された。

謝辞

本調査を行うに際し, 近畿中国森林管理局広島森林管理署には調査地を快く提供して頂いた。ここに深く御礼申し上げます。

引用文献

- 安藤 貴ほか(1968) 林業試験場報告 209:1-76.
 広島県林政課(1975) 林分収穫表. p.10.
 岩田幸治・村上隆史(2005) 森林・林業交流研究発表収録. 近畿・中国森林管理局, 35:26-32.
 甲斐重貴(1997) 日林論 108:229-232.
 NPOFORI(2007) 森林誌研究 3:18-24.
 小山浩正(2001) 山林 1404:18-26.
 佐倉詔夫ほか(1982) 日林論 93:279-281.
 竹内郁雄(2002) 森林総合研究所研究報告 382:1-114.
 田中正臣ほか(1994) 日林講 105:298.
 千葉幸弘(2002) 日林講 113:23.
 富田浩二ほか(1987) 日林中支論 85:61-64.
 林野庁(1979) 近畿・中国地方国有林ヒノキ林分密度管理図. 7pp, 日本林業技術協会.
 林野庁計画課(1984) 立木幹材積表-西日本編-. 319pp, 日本林業調査会, 東京.
 林野庁(2006) 森林・林業白書平成18年版. p.124-125, 日本林業協会, 東京.

(2008年12月6日受付;2008年12月12日受理)