

短 報

奈良県川上村上多古及び高原における高齢スギ人工林の現状と今後の施業指針

高橋絵里奈*・竹内典之*

Present condition and future management possibility of old-aged Sugi (*Cryptomeria japonica*)
plantation forests at Kodako and Takahara in Kawakami Village, Nara Prefecture

Erina TAKAHASHI* and Michiyuki TAKEUCHI*

キーワード：高齢人工林，現状，スギ，樹冠，間伐

Key words: old-aged plantation forests, present condition, Sugi, crown, thinning

1. はじめに

近年，長伐期施業の重要性が見直されてきている。これからの長伐期施業の目標は，平均年輪幅がスギでは2.0~3.0mm，ヒノキでは1.0~2.5mmでそろっている優良大径材をつくることであり，このような形質をもった木材をつくるための森林管理の基本は，初めは密仕立てにして形質の向上を図り，以後は順次中よう~疎仕立てにもっていき，単木の肥大成長を促進するやりかたが優良であるといわれている（鈴木，1995）。現在の標準的な伐期である60年を延長することが，材積生産効率の点からは不合理ではないこと（大住ら，2000），200年生に近い個体であっても周囲の疎開後，成長が良くなることが確認される（大住ら，1985）など，長伐期，高齢林に関する研究事例がいくつかある。積極的な管理によって高齢になってもさらに個体の成長を促進させ，高齢・高蓄積・高生産の林分を目指すこと（熊崎，1985）ができるであろうという見通しは立ちつつある。しかし，長伐期施業の技術は十分には確立されているとはいえない。

吉野林業の特徴は，密植，多間伐，長伐期で，優良大径材の生産が行われてきており，他地域から見れば，前述した長伐期施業の目標にあった施業の技術は確立されていると考えられがちである。しかし，吉野林業地では，他地域よりさらに伐期をのばす動きが出てきており，従来の伐期（80~100年）を越える施業指針が必要になってきている（高橋・竹内，1999c）。吉野地域において100年生以上を伐期とするスギ林分の施業指針としては，150年までの収穫表がある（北村，1913）。しかし，収穫表では林分の平均値と全体量しかわからず，目標径級の

木がどれだけ収穫できるかといったサイズ分布などの情報は得られない。吉野林業地における今後の長伐期施業指針の確立のためには，目標になるであろう高齢なスギ人工林における直径分布や立木と樹冠の配置，各個体の成長等を調査し，検討することが必要である。

そこで本研究では奈良県吉野郡川上村の高齢スギ人工林2ヶ所において毎木調査を行い，直径分布と間伐効果について考察した。また，その結果を用いて今後の施業指針について考察した。

2. 調査地の概要と調査項目

調査をおこなった奈良県吉野郡川上村は，奈良県中央東部に位置し，三重県と隣接する。吉野林業地の中心地の一つであり，高齢人工林が散在する。土壌は，秩父古生層であり，年降水量は2,000mm以上，年平均気温は14℃，冬季の積雪は30cm以下で，スギの生育にとって大変恵まれた環境にある（川上村，1995）。

調査区は，上多古地区と高原地区にそれぞれ1カ所ずつ設けた。清光林業株式会社所有の山林で，代々山守によって守り育てられてきたスギ人工林である。これらのスギ林分は林としての広がりを持つ人工林としては，最高齢の部類に属すると考えられる。

2.1. 上多古調査区

上多古川上流の標高580mにある南西向きの凹地のスギ・ヒノキ人工林に70m×80mの方形区（Plot A，以下プロットA）を設け，5mメッシュに区画した。方形区内の全木の胸高直径と立木位置，標本木の樹高（プロッ

* 京都大学農学研究科

* Graduate School of Agriculture, Kyoto University

トA内35本)を測定した。さらにプロットA内外で1998年に伐採された4個体について、伐採高(山側地際から伐採面までの高さ)における直径成長を中心から10年ごとに測定した。70m×80mの方形区内には多くのヒノキが含まれていたため、本報告では、その中のスギを主とする50m×50mの方形区(Plot A-1, 以下プロットA-1)の調査結果を示した。プロットA-1内の全木について、斜面上下左右とその間の計8方向の枝張りを測定し、プロットA-1内に樹冠が入っている周辺木については、プロットA-1内に入っている樹冠部分の面積がわかるように、枝張りを測定した。調査は1999年9、10月に実施し、胸高直径は、1年間の成長量を求めるために2000年8月に再測定した。

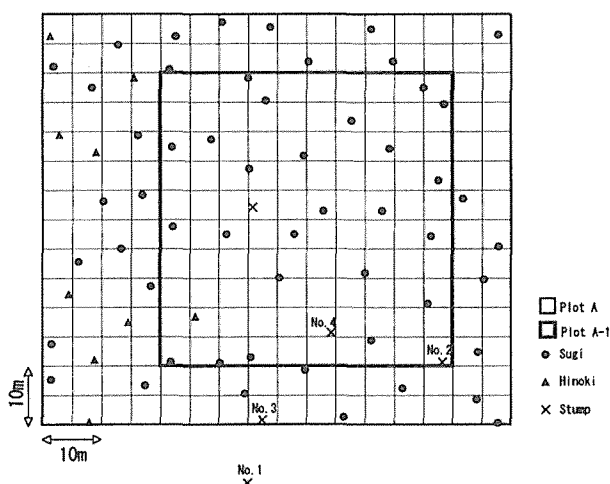
上多古調査区では、少なくとも1890年頃と1950年前後には間伐がおこなわれたとの聞き取り結果が得られた。

2.1.1 上多古調査区における林齢の推定

本調査区の林齢については約220年生で、一斉林であろうといわれてきた。そこで、各伐根の伐採高における年輪数と胸高直径、樹高の測定結果を検討し、林齢を確認した。表-1に伐根の伐採高と年輪数を示す。No.1の個体は、年輪数が204本であり、他の3個体と比較して少なかったが、プロットA-1内に位置するNo.2、4の2個体は(図-1参照)、年輪数が210本前後であつ

表-1 上多古調査区における伐採高と伐根の年輪数
Fig.1 Cutting height and annual ring number of the stumps at Kodako

No.	1	2	3	4
Above-ground height (cm)	60	100	100	0
Annual ring number (no.)	204	212	211	210



Note: Number with each stumps corresponds to Fig.1.

図-1 上多古調査区における立木位置図
Fig.1 Stand disposition at Kodako

た。図-2に8cm括約の直径階別本数分布を示す。直径階別本数分布は、84cm階に最頻値をもつ分布を示した。図-3に標本木の樹高階別本数分布を示す。飛び抜けて樹高が高い個体が56m階に2本あるが、樹高階別本数分布は44mと46m階に最頻値をもつ分布を示した。2個体の樹高が飛び抜けて高かった理由については、この2個体が小さな谷の中に位置しており、土壌条件が他の個体と異なることが考えられた。以上の結果より、本調査区は、林齢約210年生の一斉林であると考えられる。

2.2 高原調査区

高原川上流の標高750mにある南西向き河畔のスギ人工林に50m×80mの方形区(Plot B, 以下プロットB)を設け、プロットB内を5mメッシュに区画した。プロットBの胸高直径と立木位置、標本木の樹高(プロットB内39本、プロットB外7本)を測定した。さらにプロットB内外で1998年に伐採された5個体について、伐採高における直径成長を中心から10年ごとに測定した。プ

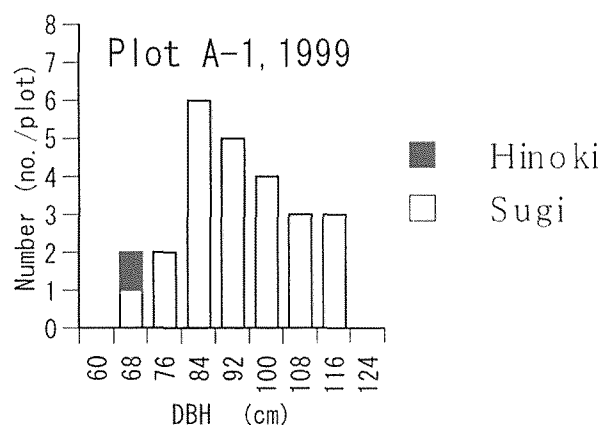


図-2 上多古調査区における直径階別本数分布
Fig.2 DBH distribution of plot at Kodako

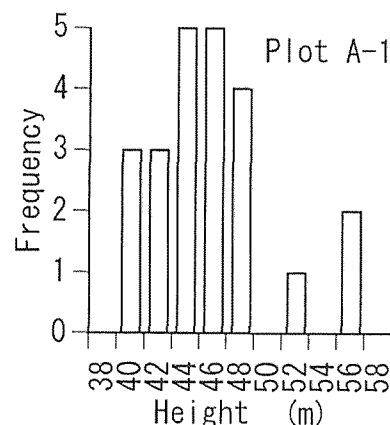


図-3 上多古調査区における標本木の樹高階別本数分布
Fig.3 Height distribution of sample trees at Kodako plot

ロットB内に50m×50mの方形区 (Plot B-1, 以下プロットB-1) を設け, プロットB-1内の全個体について, 上多古調査区と同じ方法で枝張りを測定した。調査は2000年7, 8月に実施した。

高原調査区では, 第2次世界大戦後しばらくは単木的に抜き伐りが行われていた程度であったが, 1985年に本数間伐率にして20%の間伐が行われ, 1998年には衰弱木や雷が落ちた個体など8本が伐採されたとの聞き取り結果が得られた。

2.2.1. 高原調査区における林齢の推定

高原調査区は, 林齢が約250年生であると言われてきたが, 清光林業株式会社の所有になる以前には, 所有者が異なる林分が入り組んでおり, 年代の異なる立木が含まれているとの聞き取り結果が得られた。そこで, 上多古調査区と同様にして, 立木の年代を推定した。表-2に伐根の伐採高と年輪数, 図-4に立木と伐根の位置を示す。No.1, 2の個体はプロットB内に位置し, No.3~5の個体はプロットB外に位置した。No.1, 2, 4の個体は170年生前後であった。また, No.3の個体は240年生前後, No.5の個体は210年生前後であった。図-5にプロットBにおける標本木の樹高階別本数分布

を示す。樹高階別本数分布は, 46m階と50m階の2つにピークをもつ分布を示した。樹高の測定結果と現地における分布状況を考慮した結果, プロットB内は, 図-4中左上と右下の部分が230年生前後, 区画中央部は170年生前後の3つに区分できると考えられた。図-6にこのように区画した場合の8cm括約の直径階別本数分布を示す。プロットBとB-1内の全個体の直径階別本数分布は, 84cm階と108cm階の2つにピークをもつ分布を示した。230年生前後であろうと推定した個体は, プロットB内に位置する84cm階の1個体を除いてすべてが100cm階以上の個体であり, このように区画してもさほど不都合はないと考えられた。本報告では以後, 230年生前後と170年生前後の2つの年代の立木を含むプロットB-1の調査結果を示す。

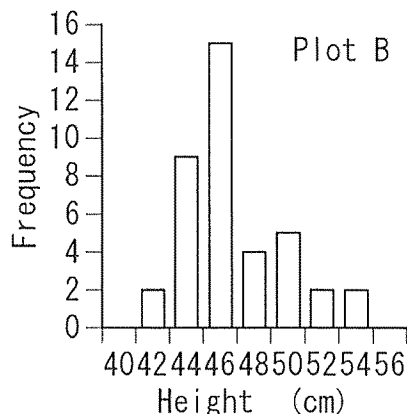
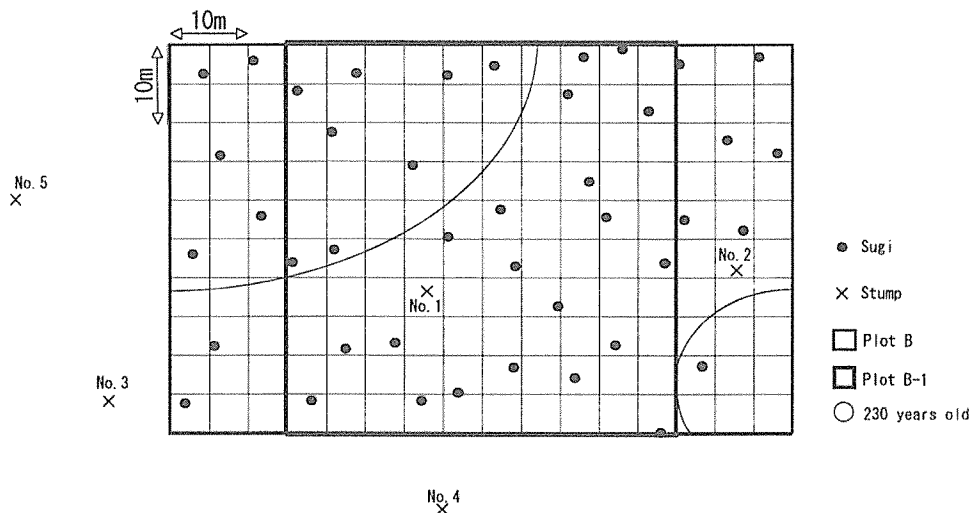


図-5 高原調査区における標本木の樹高階別本数分布
Fig.5 Height distribution of sample trees at Takahara plot

表-2 高原調査区における伐採高と伐根の年輪数
Fig.2 Cutting height and annual ring number of the stumps at Takahara

No.	1	2	3	4	5
Above-ground height (cm)	40	40	65	90	5
Annual ring number (no.)	166	178	235	174	209



Note : Number with each stumps corresponds to Fig.2.

図-4 高原調査区における立木位置図
Fig.4 Stand disposition at Takahara

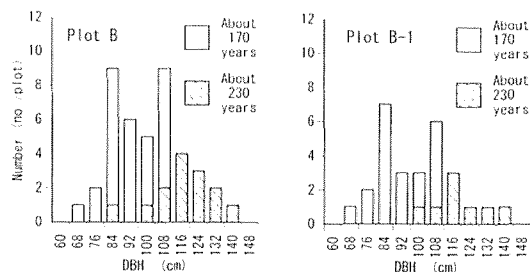


図-6 高原調査区における直径階別本数分布
Fig.6 DBH distribution of plots at Takahara

3. 調査結果

各調査区における林分概要を表-3に示す。樹高と材積については、図-7に示すように、同県東吉野村杉谷での測定結果（高橋・竹内，1999b）に上多古，高原両地区における測定値を含めて求めた以下の回帰式を用いて推定した。①②式は，スギによる回帰式であるが，プロットA-1内に1個体含まれるヒノキについても①②式を用いて樹高と材積を算出した。

$$H = \frac{D}{0.9197 + 0.01268D} \quad \dots \dots \dots ①$$

$$V = 10^{\left\{ \left[0.9477 \log(D^2 H / 10000) \right] - 0.3971 \right\}} \quad \dots \dots \dots ②$$

H : 樹高 (m) D : 胸高直径 (cm) V : 幹材積 (m^3)

3.1. 上多古調査区

プロットA-1の1999年測定の立木密度は100本/ha (内ヒノキ4本/ha)，平均胸高直径は92.8cm，平均樹高は44.0m，林分幹材積は1,304 m^3 /ha，胸高断面積合計は69.2 m^2 /haであった。また，1999年から2000年までの1

表-3 上多古・高原調査区における林分概要
Fig.3 Stand description at Kodako and Takahara

	上多古 Kodako		高原 Takahara
Stand age (year)	210		170 ~ 230
Plot	Plot A-1 (1999)	Plot A-1 (2000)	Plot B-1
Plot size (m × m)	50 × 50	50 × 50	50 × 50
Census	Sept. in 1999	Aug. in 2000	Aug. in 2000
Stand density (no./ha)	100 (4) ¹⁾	100 (4)	112
Mean DBH (cm)	92.8	93.1	99.2
Mean height (m) ²⁾	44.0	44.1	45.2
Stand stem volume (m^3 /ha) ³⁾	1304	1314	1721
Basal area (m^2 /ha)	69.2	69.7	89.3

¹⁾ Number of Hinoki is shown in the parenthesis and value of Hinoki is included in each plot

²⁾ Height of each tree is calculated by $H = \frac{D}{0.9197 + 0.01268D}$ D : DBH (cm) H : Height (m)

³⁾ Stem volume of each tree is calculated by $V = 10^{\left\{ \left[0.9477 \log(D^2 H / 10000) \right] - 0.3971 \right\}}$ V : Stem volume (m^3)

年間に林分幹材積が10 m^3 /ha，胸高断面積合計が0.5 m^2 /ha増加していた。南近畿・四国地方スギ林分密度管理図（林野庁，1999）を用いて算出した収量比数は，約0.5であった。

3.1.1. 直径分布の正規性

累積率による検定（岸根，1966）を用いて，プロットA-1における1999年の直径分布の正規性を検定した。検定の結果，直径分布は正規でないとはいえないことが確認できた。また，プロットA-1における1999年の胸高直径の測定値では，平均は92.8cm，標準偏差は14.1で，変動係数は15%であり，1999年と2000年では，8cm括約の直径階別本数分布，直径の標準偏差，変動係数にほとんど変化は見られなかった。

3.1.2. 立木配置

図-1に示したように，立木が比較的均一に分布している。プロットA-1の面積と立木本数から算出した平均立木間距離は10mであった。

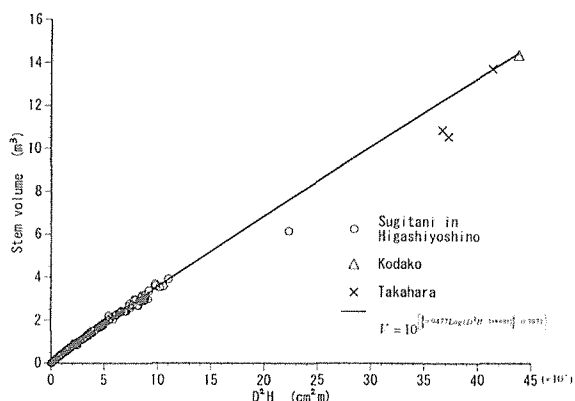
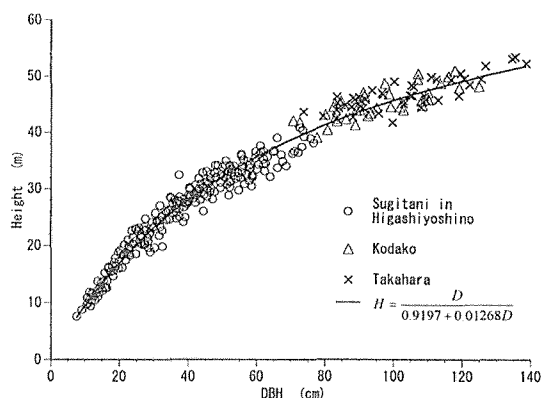


図-7 樹高と材積の推定

Fig.7 Estimation of the height and stem volume

3.1.3. 樹冠投影図

8方向の枝張りの測定点を直線で結んだ樹冠投影図を図-8に示す。平均樹冠面積は 67.6m^2 であり、樹冠面積と同じ面積を持つ円の直径として算出した樹冠直径の平均は 9.2m であった。鬱閉率は 65% であり、樹冠が比較的重なり合わずうまく配置されていた。

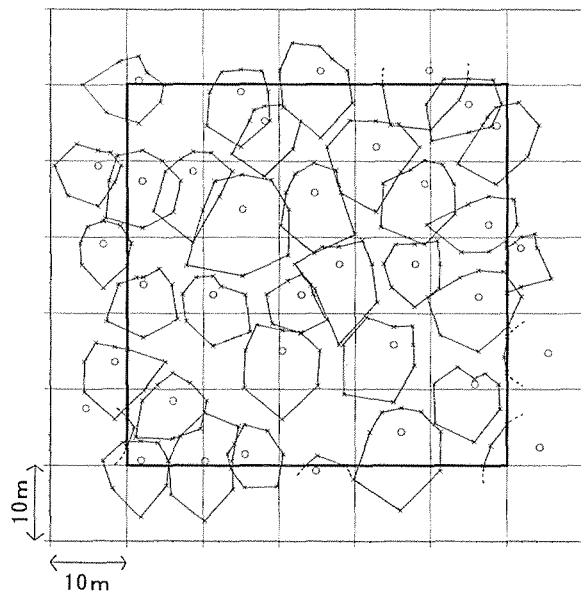


図-8 上多古調査区における樹冠投影図
Fig.8 Crown projection chart at Kodako

3.1.4. 樹冠直径

図-9に、胸高直径と樹冠直径の関係を示す。胸高直径と樹冠直径には正の相関が見られ、相関係数は 0.48 であり、胸高直径の大きい個体ほど樹冠も大きい傾向が見られた。1999年と2000年における胸高直径の測定値から算出した直径成長が、 $4\text{mm}/\text{年}$ （年輪幅 2mm ）以上の個体に注目してみると、直径成長が $4\text{mm}/\text{年}$ 以上になるためには、樹冠直径がある程度以上必要であることがわかった。図中の直線は、

$$Dc = 0.04529D + 4.985 \quad \cdots \textcircled{3}$$

Dc : 樹冠直径 (m) D : 胸高直径 (cm)

で、直径成長が $4\text{mm}/\text{年}$ 以上になるための最小樹冠を示す。

3.1.5. 伐採高における直径成長

図-10に各個体における伐採高での直径成長を示す。No.1の個体は、近年成長が衰えており、No.4の個体は初期成長がよく、4個体の内ではどの年代をとっても最大直径を示した。No.2とNo.3の個体は、ほぼ同様に成長してきていた。

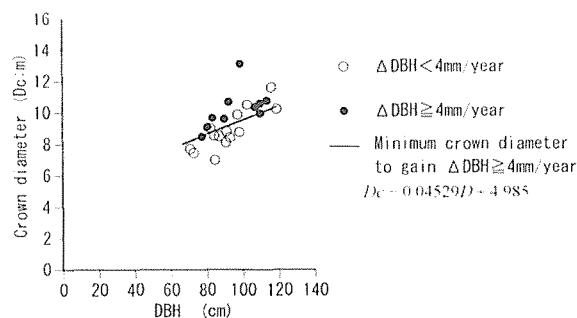


図-9 上多古調査区における胸高直径と樹冠直径の関係
Fig.9 Relationship between DBH and crown diameter at Kodako

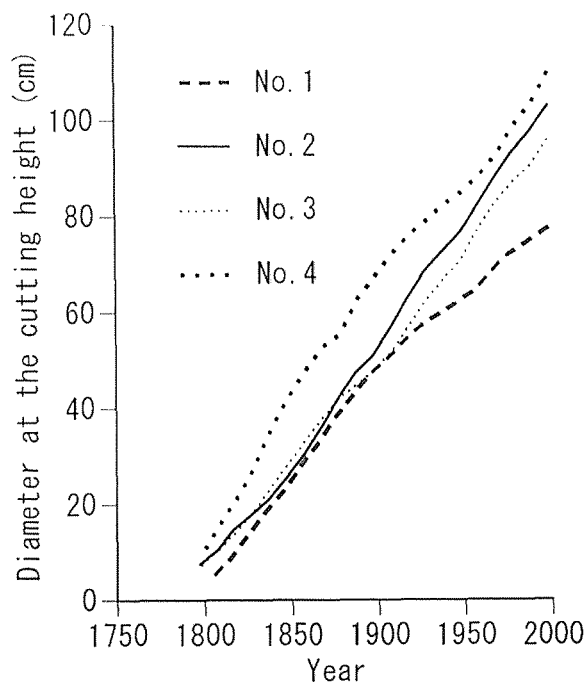


図-10 上多古調査区における伐根の直径成長の推移
Fig.10 Diameter change of the stumps at Kodako

図-11に各個体の中心から10年ごとに平均した直径成長の推移を示す。1890年頃に行われた間伐の前後では、No.1, 4の2個体では明確に増加していたとはいえないが、No.2, 3の2個体の直径成長が間伐前と比べて間伐後に増加しており、間伐前の $1.3\sim 1.5$ 倍になっていた。また、1950年前後の間伐では、すべての個体の直径成長が間伐前と比べて増加しており、 $1.3\sim 1.6$ 倍になっていた。

3.2. 高原調査区

プロットB-1の立木密度は $112\text{本}/\text{ha}$ 、平均胸高直径は 99.2cm 、平均樹高は 45.2m 、林分幹材積は $1,721\text{m}^3/\text{ha}$ 、胸高断面面積合計は $89.3\text{m}^2/\text{ha}$ であった（表-3参照）。南近畿・四国地方スギ林分密度管理図（林野庁, 1999）

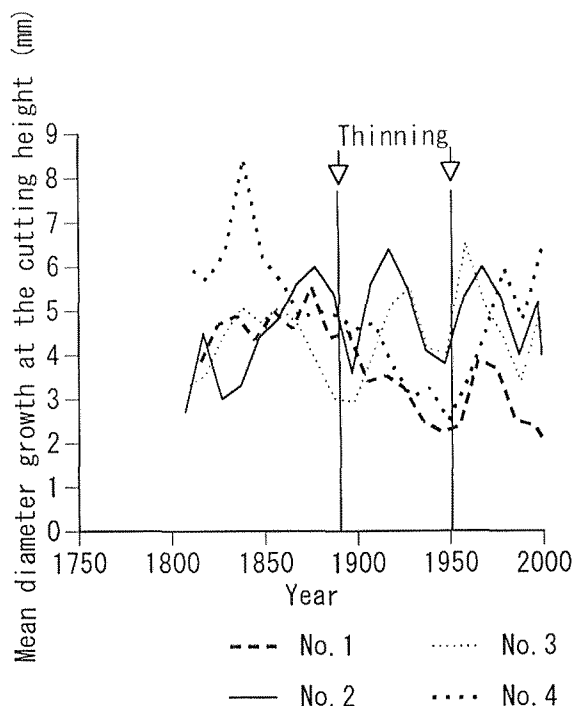


図-11 上多古調査区における伐根の10年ごとの平均直径成長
Fig.11 Mean diameter growth of the stumps with every decade at Kodako

を用いて算出した収量比数は、0.6であった。

3.2.1. 直径分布の正規性

プロットB-1内の立木は、前述したように170年生前後と230年生前後という2つの年代のものが含まれることが推定され、直径分布にもその影響が出ていると考えられた。そのため、プロットB-1においては170年生前後と230年生前後の2つの年代に分けて、上多古調査区と同様に、直径分布の正規性の検定をおこなった。検定の結果、各年代とも直径分布は正規でないとはいえないことが確認できた。また、プロットB-1は、直径の平均が99.2cm、標準偏差が17.5で、変動係数は18%であった。

3.2.2. 立木配置

図-4に示したようにプロットB-1では、比較的均一に立木が分布していた。プロットB-1の面積と立木本数から算出した、平均立木間距離は9.4mであった。

3.2.3. 樹冠投影図

図-12に樹冠投影図を示す。平均樹冠面積は71.0m²、平均樹冠直径は9.3m、鬱閉率は70%であった。樹冠がそれほど重なり合わず、比較的うまく配置されているが、片枝の個体は何本か存在した。

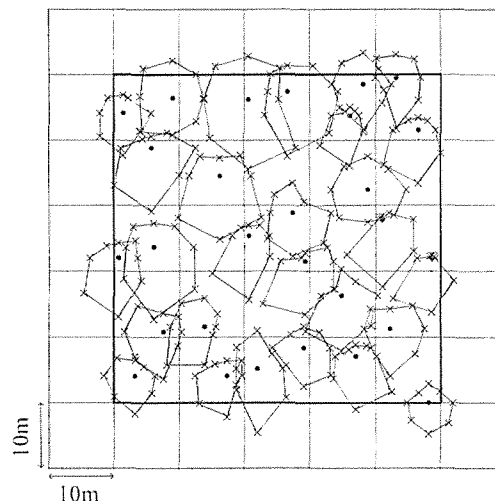


図-12 高原調査区における樹冠投影図
Fig.12 Crown projection chart at Takahara

3.2.4 樹冠直径

図-13に胸高直径と樹冠直径の関係を示す。胸高直径と樹冠直径には正の相関が見られ、相関係数は0.68であり、胸高直径の大きい個体ほど樹冠も大きい傾向が見られた。図中に全木のデータを使用して求めた原点を通る回帰線を示した。また、上多古調査区の測定値から求めた直径成長が4 mm/年以上の個体における、最小の樹冠直径を示す直線を含わせて示した。全本数の46%にあたる13個体が最小樹冠直径以上の樹冠直径を示した。

3.2.5 伐採高における直径成長

図-14に各個体における伐採高での直径成長を示す。No.3の個体の初期成長やその後の成長がやや悪く、No.2の個体は初期成長は良いが、近年成長が低下している。No.1, 4, 5の個体の成長を示す線の傾きはほぼ同じであった。

図-15に各個体の中心から10年ごとに平均した直径成長の推移を示す。中心から10~30年程度は、直径成長が6 mm/年を越える旺盛な成長を示していたが、それ以降は4~5 mm/年程度の成長を示していた。1980年頃の間伐では、No.3, 5の2個体の直径成長は低下していたが、No.1, 2, 4の3個体の直径成長は、間伐前と比べて1.1倍程度であり、やや増加傾向を示していた。

4. 考 察

4.1 直径分布

一斉同齡林の直径分布については一般に、はじめ正規型であるが、漸次左偏していき、その変動係数は、20~

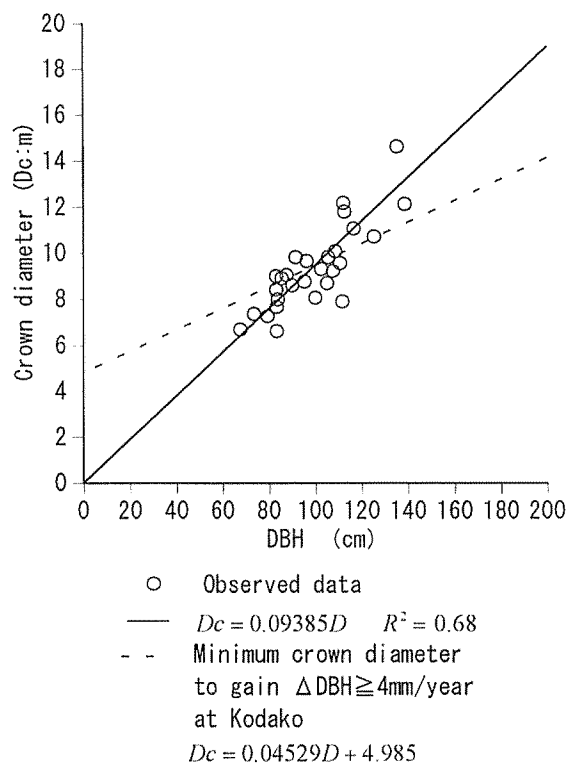


図-13 高原調査区における胸高直径と樹冠直径の関係
Fig.13 Relationship between DBH and crown diameter at Takahara

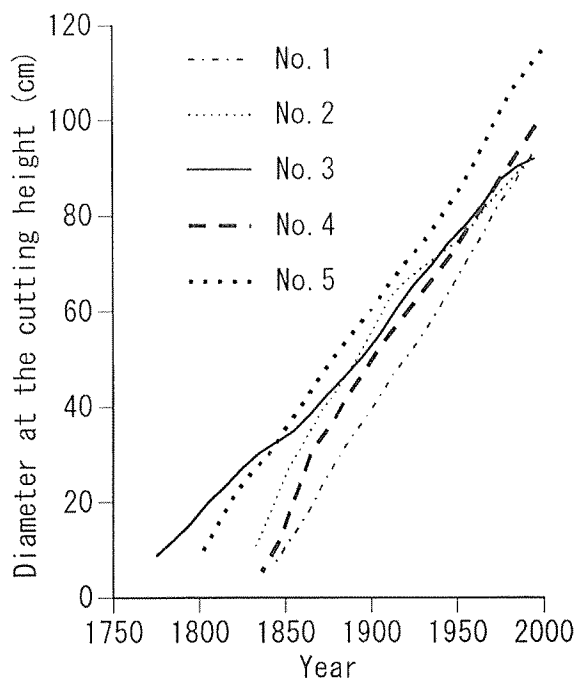


図-14 高原調査区における伐根の直径成長の推移
Fig.14 Diameter change of the stumps at Takahara

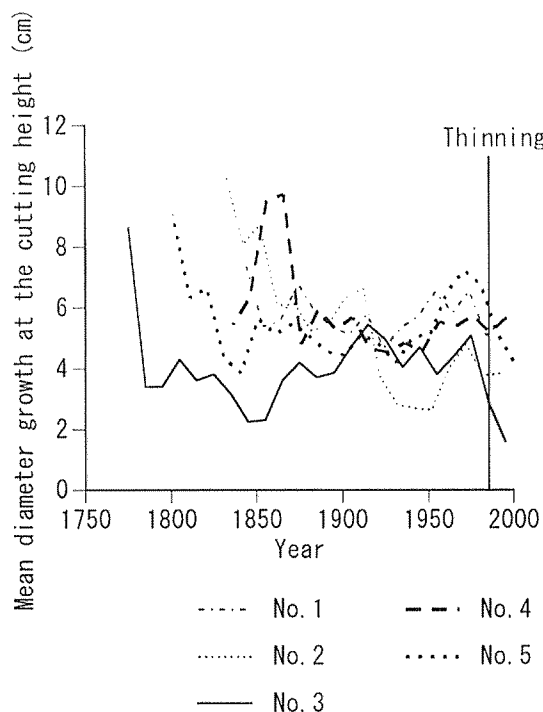


図-15 高原調査区における伐根の10年ごとの平均直径成長
Fig.15 Mean diameter growth of the stumps with every decade at Takahara

35%であると言われている (大隅, 1961)。林齢282年生のスギ人工林の調査事例によると, haあたり94本であった主林木の直径階別本数分布は, 普通に見られる正規分布や左偏型とは全く異なっており (鈴木, 1984), この林分の変動係数は39%であった。植栽後少なくとも7回の間伐が行われ, 比較的正規分布に近い分布を示す93年生のスギ人工林でも (鈴木, 1984), 変動係数は36%であり, かなり高い値を示した。

プロットA-1, そしてB-1では170年生と230年生前後の2つの林分に分けた場合の直径分布は, 正規性の検定の結果, ほぼ正規分布型を示していた。また, 直径の変動係数はプロットA-1では15%で, 2つの年代の立木を含むプロットB-1でも18%であり, 上記の研究事例と比較してかなり小さいことが特徴であるといえる。吉野林業地では, 間伐の際に立木の配置や大きさをそろえるということに重点が置かれた密度管理が行われてきた (高橋・竹内, 1999a)。このような配慮により, 直径がそろえられ, 直径の変動係数が小さくなったと考えられる。

4.2 間伐効果

立木の直径成長は, 環境条件などによって変化することが知られており, 200年に近い林分における直径成長量の変化を間伐のみによって説明することは困難である。しかし, 上多古調査区と高原調査区での伐採高にお

ける直径成長を見ると、両調査区とも間伐後に直径成長が増加に転じた個体が見られた。特に上多古調査区では、間伐後の直径成長が間伐前と比べて1.3～1.6倍になっていた。このことは、大住ら（1985）も報告しているように、100年生を越え、200年生前後の林分においても間伐の効果が見られることを示していると考えられる。高原調査区では、間伐後の直径成長が間伐前の1.1倍程度であり、間伐の効果はあまり顕著ではなかった。

4.3 今後の施業指針

上多古、高原両調査区共に今後間伐を繰り返すことによって、なるべく長期にわたって林を維持していくという方針が立てられている。では、これらの林分をこのままの状態ですばらく放置し維持するのがよいのか、それとも間伐をおこなった方がよいのであろうか。上多古調査区では、収量比数は0.5ではあったが、胸高断面積合計が約70m²/haに達しており、樹冠が大変小さく近年自然枯死した個体が存在した。高原調査区では、収量比数は0.6であり、自然枯死個体は見られないが、胸高断面積合計が85m²/haを越えている。また、図-12からわかるように片枝の個体が見られ、今後の成長が危ぶまれる。従って、両林分ともこのまま放置すれば今後枯死個体が出てくることが推察され、ある程度の密度管理を定期的におこなう必要があると考えられる。

上多古、高原両調査区では、胸高直径と樹冠直径に正の相関が見られた。また、上多古調査区ではある個体の年平均直径成長が4 mm/年以上になるためには、ある程度以上の樹冠直径が必要であることが示唆された。よって、間伐の際には胸高直径と樹冠直径の関係から、今後成長の見込めない個体を選別し伐採していけばよいのではないかと考えられるが、この点については、今後の課題である。

5. おわりに

本調査では、①170～230年生前後や210年生前後の林分が1,300～1,700m³/haもの高蓄積であること、②210年生前後の林分でも年10m³/haもの高成長を維持できるということ、③210年生前後の林分の直径分布が変動係数（すなわち標準偏差）が小さい正規分布に従うこと、④立木や樹冠の配置がかなり均一であること、⑤間伐をおこなうことによって、100年生を越え、200年生に近くなっても間伐によって成長が回復する個体が存在することが確認できた。

長伐期施業をおこなってきた吉野林業地でも、従来の伐期を越えたとほとんど間伐が行われない例が少なくな

いが、少なくとも200年生前後までは、積極的に密度管理をおこなうことによって、単木成長を衰えさせず、高蓄積、高成長、高生産の林分を目指す（熊崎，1985）ことが可能であるといえる。

謝 辞

本研究を進めるにあたって、各林分に対する聞き取り調査にご協力下さった、清光林業株式会社の岡橋清元氏をはじめとする清光林業株式会社の皆様、現地調査にご尽力下さった埴忠一氏、上西昭二氏、谷口誠一氏に厚く御礼申し上げます。さらに、貴重な高齢林の調査をご許可下さった清光林業株式会社に感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 川上村・川上村森林組合（1995）川上村の林業，12pp，川上村，奈良。
- 2) 岸根卓郎（1966）理論・応用統計学，600pp，養賢堂，東京。
- 3) 北村清治（1913）吉野杉林の収穫調査，大日本山林會報 370：1-2。
- 4) 熊崎実（1985）わかりやすい林業研究解説シリーズ 転換期の林業経営-長伐期林業への道-，79pp，林業科学技術振興所，東京。
- 5) 大住克博・桜井尚武・森麻須夫（1985）秋田スギの直径成長について，日林東北支誌37：162-163。
- 6) 大住克博・森麻須夫・桜井尚武・齊藤勝郎・佐藤昭敏・関剛（2000）秋田地方で記録された高齢なスギ人工林の成長経過，日林誌 82：179-187。
- 7) 大隅真一（1961）林木の直径分布について，京都府大演報 5：9-18。
- 8) 林野庁（1999）人工林林分密度管理図 全22図（復刻），22pp，日本林業技術協会，東京。
- 9) 鈴木正（1984）スギ・ヒノキ林の長伐期施業法に関する研究-優良高齢人工林の生長と施業-，静岡県林業試験場研究資料：1-149。
- 10) 鈴木正（1995）大径材生産の林業，175pp，全国林業改良普及協会，東京。
- 11) 高橋絵里奈・竹内典之（1999a）東吉野村におけるスギ人工林の密度管理(I)-間伐基準 埴忠一氏聞き取りを中心に-，森林応用研究 8：117-120。
- 12) 高橋絵里奈・竹内典之（1999b）東吉野村におけるスギ人工林の密度管理(II)-東吉野村における除間伐の特徴-，森林応用研究 8：121-124。
- 13) 高橋絵里奈・竹内典之（1999c）東吉野村人工林の沿革，現状と今後の施業指針，森林研究 71：71-76。