

# 九州地方ヒノキ収穫試験地データを用いた 林分密度推移の解析

## The Transition of the Stand Density on Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) Yield Experimental Plots in Kyushu District

近藤洋史・今田盛生・吉田茂二郎・川崎優介

Kondoh, H., Imada, M., Yoshida, S. & Kawasaki, Y.

キーワード: 収穫試験地、ヒノキ、九州地方、林分密度、相対幹距、収量比数

要約: 高密度でかつ高齢となった九州地方ヒノキ収穫試験地のデータを用いて林分密度の推移について解析を行った。林分密度の尺度として相対幹距と林分密度管理図の収量比数を主に利用した。相対幹距を用いて林分密度を解析すると、ヒノキの無間伐林分の相対幹距はスギのそれと同様10%に漸近することが明らかになった。また、収量比数と相対幹距には強い負の相関がみられた。さらに密度管理図の最多密度曲線を超過する試験地が存在し、ヒノキの最多密度曲線調製の必要性を示唆するものと考察された。

Abstract: The transition of the stand density is studied with high density and old-age yield experimental plots for hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) in Kyushu district. As a measurement for the stand density, tree density, basal area density, relative spacing and a yield index are analyzed. The relative spacing at unthinned hinoki stands is perceived to approach asymptotically to 10%, which is similar to sugi (*Cryptomeria japonica*) stands. There exist some plots whose density is above the full density curve from the stand density control diagram of hinoki in Kyushu district. This implies a need for reconstruction of the stand density control diagram.

## はじめに

1998年10月に森林法が改正され、翌年4月から施行された。今回の改正の主な目的は、1) 間伐を適切に推進し、2) 公益的機能を重視する長伐期施業・複層林施業等を推進し、伐期の長期化を図ろうというものである(橋本1998)。長伐期施業とは、森林法施行令に規定されているように、これまでの標準伐期齢のおおむね2倍に相当する林齢を越えて主伐を行う森林施業のことである。複層林施業とは、林地の裸地化を回避し常に森林の状態を維持する施業である(森林施業計画研究会1996)。これまでの森林施業では、主伐の最も適切な伐期齢としてヒノキ40年・スギ35年(林野庁計画課1970)という標準伐期齢を基準としていた。森林管理・森林経営に関する調査研究も標準伐期齢までの森林を対象とする場合が多い。そのため標準伐期齢を超える森林についての林木の成長過程、林分構造の変化など森林施業の基本となる情報が不足しているのが現状である。

そのような状況において、30年間以上も長期に継続調査された収穫試験地と呼ばれる固定試験地のデータが注目されている。収穫試験地とは、所属施業団の現行あるいは将来予測される施業方法によって施業を行った場合の成長量、収穫量およびその他統計資料を収集するとともに林分構造の推移を解明する目的で、1959(昭和34)年から順次、全国の国有林内に整備された固定試験地である。この収穫試験地は設定後の調査開始年から30年を経過しようとしている。九州地方でも、これまで測定を行った人工林の試験地42箇所、スギ・ヒノキの標準伐期齢を越える試験地が40箇所へのぼり、高齢林分のデータが得られつつある。

長伐期施業では、森林の立木の成長に伴って林内照度が低下し、林床植生が失われ、表土の流出などを引き起こすおそれがある。この結果健全な森林の維持・造成、公益的機能の発揮が期待できなくなる。そのため長伐期施業において、立木の密度管理は重要であるが、標準伐期齢を越える高齢林の林分密度の解析は、その解析データの入手が困難なため、ほとんど行われていない。そこで、本論では無間伐試験地など多様な施業で管理されている九州地方の高齢ヒノキ収穫試験地のデータを用いて林分密度の推移を解析した。

### 材料と方法

これまでスギ15箇所、ヒノキ26箇所、アカマツ1箇所、計42箇所の人工林の試験地調査を行ってきた。これらの試験地で調査データが残っている35箇所の試験地データを分析に利用した（近藤1997、近藤1998、近藤ら2000）。調査項目の主なものは各調査木の樹高と胸高直径である。樹高はm単位で小数点以下第一位まで求めている。測定道具はブルーメライスである。なお、データの中には標本木の樹高測定データから得られた樹高曲線により樹高を算出したものも存在している。各調査木の胸高直径は輪尺を用いて山側とその直角方向の2方向を測定し、その平均値を用いている。胸高直径はcm括約で小数点以下第一位まで求めている。

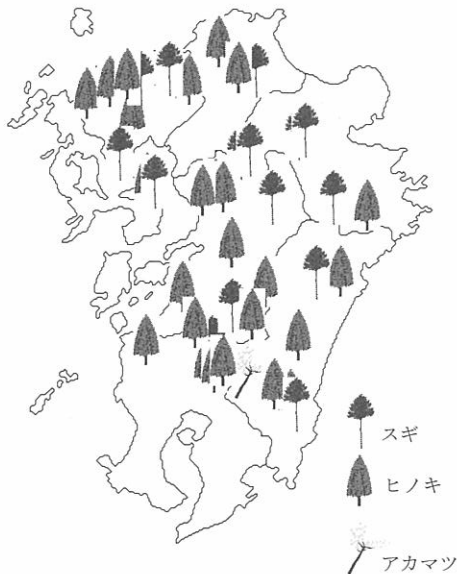


図1 全試験地位置

試験地位置を図1に示した。図1より試験地が九州全体に散在していることが理解される。また最終調査年の現況を表1に示した。表1より、ほとんどの試験地でスギ・ヒノキの標準伐期齢を越えていることがわかる。現在も測定を継続している試験地は17箇所である（図2）。表1の下部には現行の

試験地の最終調査年における現況をまとめた。ほとんどの試験地でスギ・ヒノキの標準伐期齢を越えている。

表1 九州地域の収穫試験地

試験地	営林署等	樹種	測定回数	面積 (ha)	廃止年月	林齢 (廃止時)
<b>&lt;廃止&gt;</b>						
白水	高鍋	スギ	4	0.1230	1969. 3	38
頭野	佐賀	ヒノキ	3	0.5105	1969. 3	59
金峰山	熊本	〃	4	0.2500	1971. 8	46
内住山	直方	〃	3	0.9040	1979. 2	69
霧島	高崎	〃	8	1.2000	1983. 6	70
権現	高崎	アカマツ	6	0.7620	〃	76
御所大矢	矢部	スギ	4	1.1000	〃	37
青井岳	都城	ヒノキ	9	0.6320	1984. 10	69
本城	佐賀	〃	9	1.6900	1988. 1	81
杉崎	出水	〃	8	1.7084	1988. 7	80
背振山	佐賀	スギ	9	0.5000	〃	77
萱瀬山	〃	〃	8	1.1500	〃	75
越差	武雄	ヒノキ	11	1.0000	1990. 1	78
菊池深葉	熊本	スギ	9	1.0451	1991	78
寺床第1	玖珠	スギ	7	0.7700	1994. 1	46
仁川2号	熊本	ヒノキ	9	0.1860	1993. 5	63
万膳2号	加治木	ヒノキ	4	0.4900	1992. 11	74
万膳3号	加治木	ヒノキ	3	0.4900	1992. 11	74
<b>&lt;現存&gt;</b>						<b>(最終調査時)</b>
菊池水源	熊本	スギ	9	1.0000	現存	54
河原谷	飨肥	〃	8	1.0400	現存	62
小石原	日田	〃	8	0.8300	現存	51
水無平	高千穂	〃	7	0.6200	現存	51
川添	加治木	〃	8	0.8200	現存	49
寺床第2	玖珠	〃	7	0.9648	現存	46
西郷温泉岳	長崎	〃	8	1.0150	現存	47
丸山	水俣	ヒノキ	12	0.3220	現存	80
本田野	宮崎	〃	10	1.0180	現存	82
夏木	綾	〃	10	0.7700	現存	80
尾鈴	日向	〃	9	0.4930	現存	87
仁川1号	熊本	〃	8	0.9200	現存	65
久間横山	武雄	〃	10	1.0000	現存	57
端海野	多良木	〃	7	0.5000	現存	82
万膳1号	加治木	〃	9	1.0150	現存	72
鬼神	大口	〃	8	1.1670	現存	45
西郷温泉岳	長崎	〃	6	1.0140	現存	48

これらの試験地のうち本論では試験地数の多いヒノキの試験地を対象とした。このヒノキの試験地データを、熊本営林局調製の立木材積表に用いられている幹材積式（熊本営林局1970）に代入して各調査木の幹材積を求めた（表2）。大隅（1971）は単木の集合としての林分材積の推定に材積表を用いることは合理的で良好な結果を与えると述べている。そこで、収穫試験地データを解析する際には、熊本営林局立木材積表の幹材積式から単木材積を

算出し、それらの合計である林分材積を試験地面積で除したものを単位面積当たりの幹材積とした。

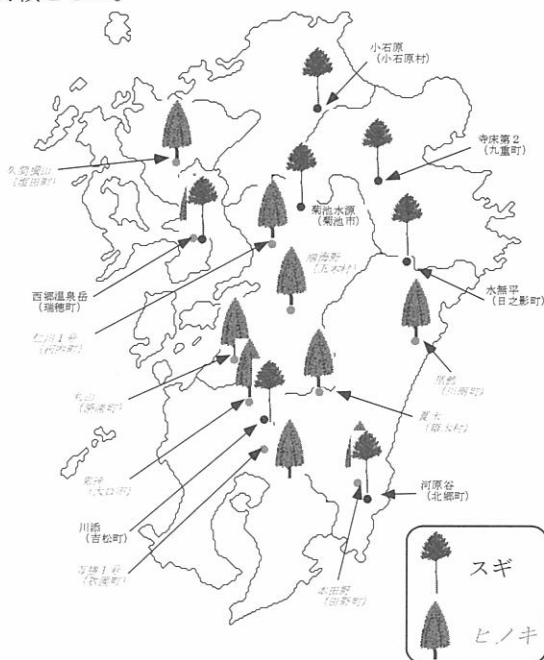


図2 現在調査を継続している収穫試験地位置図 (全17箇所)

注) 図中には試験地名称を示した。( )内は所在地。イタリック体は、ヒノキ試験地を示す。ただし、西郷温泉岳試験地はスギ、ヒノキともにある。1997年11月現在。

表2 九州地方国有林ヒノキ材積式

直径範囲 (cm)	材積式
4~10	$\log v = -4.12789 + 1.93699 \log d + 0.81243 \log h$
12~20	$\log v = -4.317069 + 1.921617 \log d + 1.016795 \log h$
22以上	$\log v = -4.2014653 + 1.7862040 \log d + 1.0696647 \log h$

v : 幹材積 (m<sup>3</sup>), d : 胸高直径 (cm), h : 樹高 (m)

林分密度の尺度として、本数密度、断面積密度、相対幹距、収量比数を利用した。本数密度ならびに断面積密度、相対幹距を取り上げたのは胸高直径ならびに樹高データから簡単に求めることができるためである。収量比数を

取り上げたのは1998年に改正された森林法の中で間伐実施の基準とされているためである。これら以外にも林分密度の尺度は存在する（西沢1972、嶺1955）が、前述した以外のは係数等を求める必要がある。そのため容易に林分密度を求めることができないため本論では考慮していない。

なお、収量比数の描かれている林分密度管理図では上層木の平均樹高から単位面積当たりの幹材積を求めることとしているが、収穫試験地調査では上層木・下層木等を区分した測定は行っていない。そこで、各調査時の枯損木を除いた残存木をすべて上層木と考え、この平均樹高を上層樹高とした。また、林分密度管理図を用いて解析するための幹材積は、熊本営林局立木材積表の幹材積式から求めたものを用いた。

### 解析結果と考察

樹種がヒノキである全収穫試験地のデータを九州地方国有林ヒノキ林分密度管理図に書き込んだものを図3に示した。図中の線は収量比数0.95を示す。本論では、この収量比数0.95以上になったことのある端海野、西郷温泉岳、夏木、万膳1号、越差、万膳3号、仁川1号、青井岳の各試験地を高密度試験地とした。これらの高密度試験地データを用いて、本数密度、断面積密度、相対幹距、収量比数についての解析を行った。

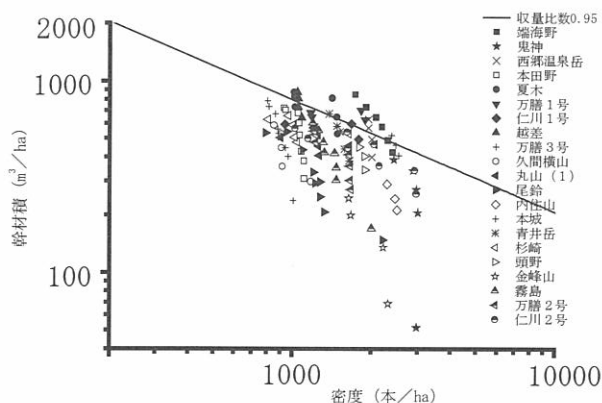


図3 ヒノキ収穫試験地の林分密度管理図への適用

1. 本数密度

本数密度と林齢との関係を図4に示した。各試験地において林齢の増加に伴い単位面積あたりの本数は減少していることが理解される。夏木試験地、万膳1号試験地、越差試験地、万膳3号試験地では間伐の影響のため、本数密度が大きく減少している林齢がみられる。

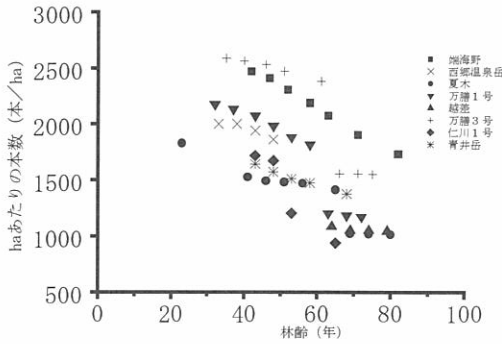


図4 本数密度の推移

本数密度は簡単に査定ができるため、収穫や実務上で利用されている。しかし、試験地ごとに植栽本数が異なる場合や、間伐強度などの生育過程が異なる場合、各試験地間の本数密度を安易に比較することはできない。西沢(1972)は、立木の大きさや空間分布等を組み合わせなければ幼齢林以外は林分密度の尺度としてあまり価値がないと指摘している。そのため、南雲・箕輪(1990)が言及しているように、他の林分因子と結合した形で利用した方がよいと考えられる。

表3 胸高断面積密度式

$G = (\pi/4) d_g^2 N / 100^2$	
G	: 胸高断面積密度 (m <sup>2</sup> /ha)
d <sub>g</sub>	: 断面積平均直径 (cm)
N	: haあたり本数

## 2. 胸高断面積密度

胸高断面積密度は表3のような式で表される(西沢1972、南雲・箕輪1990)。この胸高断面積密度は本数密度、平均胸高直径、胸高直径の変動係数を結合したものである。この密度の尺度は調査が容易な胸高直径の測定から簡単に算出できる。また材積との相関も高い。図5には胸高断面積密度と林齢との関係を示した。図よりすべての試験地において胸高断面積密度と林齢には正比例の関係がみられる。

なお、胸高断面積密度は地位によって変化することが指摘されている(嶺1955)。また、本数密度の影響の結果ともいうべき胸高直径を用いて密度の尺度とすることについての問題も取り上げられている(只木1969)。したがって、胸高断面積密度はその計測が容易であるが、本数密度や疎開度に強い影響を受けるという性質があるため、各試験地の林分密度を胸高断面積密度で比較することは難しいと考えられる。

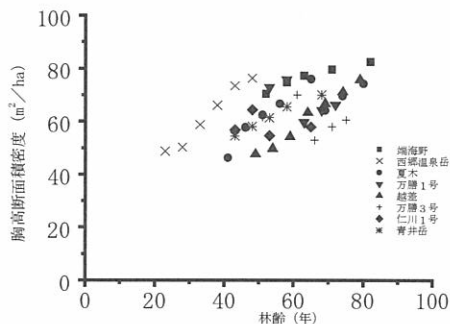


図5 ヒノキ収穫試験地のhaあたり胸高断面積と林齢との関係

## 3. 相対幹距

相対幹距とは、林木の平均樹幹距離(平均幹距:S)と林分の上層木の平均樹高との比である(西沢1972)。この相対幹距は表4のような式で表される。相対幹距はha当たり本数と関連があり、ha当たり本数と樹高とを組み合わせた林分密度である。特に上層木樹高は立木密度に影響を受けないとされている(安藤1982、只木1969)。本報では、正方形植として高密度試験地の相対幹距を算出した。その結果を図6に示す。



表4 相対幹距式

$$Sr=100(S/Hm)$$

Sr : 相対幹距(%)

S : 平均幹距(m)

Hm : 上層木の平均樹高(m)

正方形植栽  $S=(100/\sqrt{N})$

三角形植栽  $S=1.0746(100/\sqrt{N})$

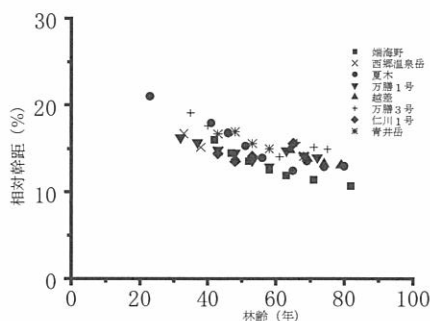


図6 ヒノキの収穫試験地の相対幹距と林齢との関係

西沢 (1972) は、国有林のスギ収穫表調整に用いられた林分において無間伐林の相対幹距は10%程度であることを指摘している。図6に示した試験地では、端海野試験地の相対幹距が最小値をとっている。端海野収穫試験地は近年まで係争地内に存在し、無間伐のまま推移してきた試験地である。そこで、この端海野試験地のデータに指数減少関数をあてはめると図7のようになった。この関数式は相対幹距10%付近に漸近することがわかる。すなわち、ヒノキにおいても無間伐林分の相対幹距は10%程度になると推測される。

相対幹距は、表4にあるように、変数や係数を求める必要がなく、調査から得られるha当たり本数と樹高で林分密度を表すことができるという点が大きな特徴といえる。

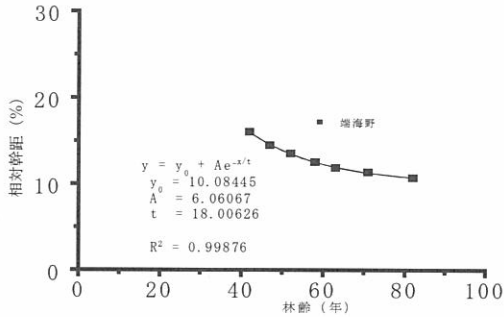


図7 端海野収穫試験地の指数減少式の当てはめ

#### 4. 収量比数

前にも述べたように、収量比数は、現在、間伐の基準として法令で規定されている。そこで、高密度であるヒノキ収穫試験地と収量比数との関係を図8に示した。この図には収量比数算出の基礎である収量比数1.0、すなわち最多密度曲線も加えた。自然間引が十分におこると、植物の種ごとにそれぞれの生育に応じた密度の上限があり、これを超えた密度は普通出現しないとされている(安藤1982)。しかし、端海野試験地、西郷温泉岳試験地、万膳1号試験地、夏木試験地ではこの最多密度曲線を超えた本数密度が出現している。最多密度曲線を最も大きく超えている端海野試験地の最大値に対して、現行の収量比数を算出すると1.11であった。これらのことより、現行の最多密度曲線を調製するとともに、林分密度管理図においても調製の必要があると考えられる。

図9には相対幹距と収量比数との関係を示した。相関係数は-0.9726となり、強い負の相関があると考えられる。

#### おわりに

本論の解析結果から、現在、林分密度の尺度としては相対幹距が適当であると考えられる。相対幹距は変数や係数を求める必要がなく、実測が可能であるha当たり本数と上層木樹高とで算出できる。しかし、相対幹距の最小値

は地域によって異なるのかなど不明な事項も存在している。そのため今後も継続調査から得られるデータの解析を進めていく必要があると考えられる。

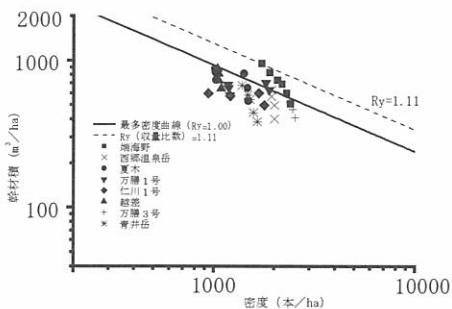


図8 ヒノキの収穫試験地の本数密度と最多密度曲線との関係

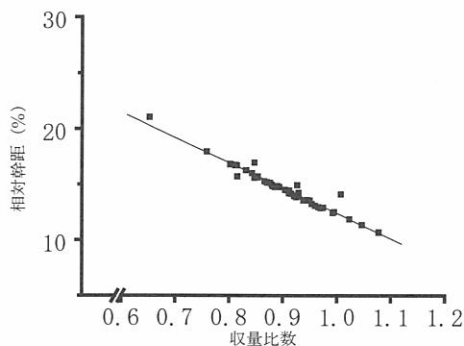


図9 ヒノキの収穫試験地の相対幹距と収量比数との関係

引用文献

安藤 貴 1982. 林分の密度管理、農林出版、126p.  
 橋本政樹 1998. 森林法等の一部を改正する法律について、森林計画研究会会報383、384合併号:2-26.  
 近藤洋史 1997. 収穫試験地調査30年間の概要、日林九支研論50:27-28.

- 近藤洋史 1998. 高齢林分調査データの林分密度管理図への応用、日林九支研論51:9-10.
- 近藤洋史・今田盛生・吉田茂二郎 2000. 九州地方における収穫試験地データと最多密度曲線との関係解析、日林九支研論53:31-32.
- 熊本営林局 1970. 立木材積表、102p.
- 嶺 一三 1955. 収穫表に関する基礎的研究と信州地方カラマツ林収穫表の調製、収穫表調製業務研究資料第12号、林業試験場、201p.
- 南雲秀次郎・箕輪光博 1990. 測樹学、地球社、243p.
- 西沢正久 1972. 森林測定、農林出版、348p.
- 大隅眞一 1971. 森林計測学、養賢堂、415p.
- 林野庁計画課 1970. 森林計画の実務、地球出版、367p.
- 森林施業計画研究会 1996. 森林施業計画の手引、地球社、392p.
- 只木良也 1969. 林分密度管理の基礎と応用、日本林業技術協会、126p.