

ヒノキ・アカマツ混交林に関する研究 (3)

混交林の材積について

誌名	日本林學會誌 = Journal of the Japanese Forestry Society
ISSN	0021485X
著者名	河原,輝彦 山本,久仁雄
発行元	日本林學會
巻/号	68巻8号
巻号補足	
掲載ページ	p. 327-332
発行年月	1986年8月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



論 文

ヒノキ・アカマツ混交林に関する研究 (III)

混交林の材積について

河原輝彦*・山本久仁雄*

河原輝彦・山本久仁雄：ヒノキ・アカマツ混交林に関する研究 (III) 混交林の材積について 日林誌 68: 327~332, 1986 ヒノキ・アカマツ混交林の材積とヒノキ純林あるいはアカマツ純林の材積との比較検討を行った。(1) 混交林のヒノキと純林のヒノキとを比較すると、樹高は両者でほとんど差がなかったが、直径と平均個体材積では純林のほうが大きかった。最多密度線にある混交林のヒノキの平均個体材積は、同一密度にある純林のヒノキのおよそ 70% であった。(2) 混交林において、混交率と材積との間には、林齢階別につぎの関係がみられた。アカマツ: $1/V_P = A/m_P + B$, ヒノキ: $1/V_O = a/m_O - b$ 。ここで、 V_P , V_O はアカマツ, ヒノキの材積 (m^3/ha), m_P , m_O はそれぞれの混交率 (%) である。(3) 混交林の全材積は、ヒノキ純林やアカマツ純林よりも大きい。たとえば、60 年生のヒノキ純林で約 $400 m^3/ha$, アカマツ純林で約 $420 m^3/ha$ であったのに対して、混交林ではヒノキ混交率が約 65% のとき最大になり、そのときの材積は約 $550 m^3/ha$ となった。これらの結果をもとにモデル混交林の材積の経年変化を図示した。

KAWAHARA, Teruhiko and YAMAMOTO, Kunio: Studies on mixed stands of akamatsu (*Pinus densiflora*) and hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) (III) Stem volume of mixed stands J. Jpn. For. Soc. 68: 327~332, 1986 (1) Comparing hinoki in mixed stands and pure stands, mean tree height is equal, but mean diameter and stem volume per tree are larger in pure stands than in mixed stands. (2) In mixed stands, the relationships between mixture proportions and stem volumes are as follows in each stage: akamatsu: $1/V_P = A/m_P + B$, hinoki: $1/V_O = a/m_O - b$ (V_P and V_O : stem volumes of akamatsu and hinoki, respectively, m^3/ha ; m_P and m_O : mixture proportions of akamatsu and hinoki, respectively, %). (3) Total stem volume per hectare is larger in mixed stands than in pure hinoki or akamatsu stands. For example, the stem volumes in 60-year-old pure akamatsu and hinoki stands are about $420 m^3/ha$ and $400 m^3/ha$, respectively. On the other hand, stem volume reaches the maximum of $550 m^3/ha$ in a 65% hinoki stand.

I. はじめに

近年、スギ材価格とヒノキ材価格との較差、スギ造林適地の減少などから、人工造林地におけるヒノキ植栽の割合が大きくなってきている。とくにアカマツ枯損跡地の造林においては、適当な造林樹種がないために、ヒノキ植栽が増大している。一般にアカマツ林跡地のヒノキ造林地には、天然生アカマツの稚樹が侵入してくるが、アカマツはヒノキより生長が早いために、下刈り時や除伐時に切り払わずに残しておくと、ヒノキ造林地はアカマツを上木、ヒノキを下木とした混交2段林となっていく。

ヒノキ純林では生育にともなって林床植生が消失する結果、地表の有機物や土壌が雨水によって流亡し、林地

の悪化をもたらしやすい。これに対して、ヒノキ・アカマツ混交林では、アカマツの落葉が地表面をおおうため有機物や土壌の流亡防止に役立ち、水土保持的機能がすぐれている(2)。

また、混交林は単純林よりも光、水、養分などをより有効に利用するために、生産量はヒノキ純林よりも大きくなりそうである(2,3)。しかし、目的樹種であるヒノキは、しだいにアカマツの樹冠下になるため、その生長はおさえられる。

このようにヒノキ・アカマツ混交林については、いろいろな事象が指摘されているが、それに関する報告はまだ少ない。そこで、ここではいままでに報告されている調査データ(1,2)を用いて、混交率と材積との関係を解析し、モデル混交林の材積予測図の作成を試みた。

* 林業試験場関西支場 Kansai Br., For. and Forest Prod. Res. Inst., Kyoto 612

なお、ここで用いたデータの多くは、関西地区試験研究機関連絡協議会保育部会の共同試験で得られたもの(1)であり、このデータを使わせていただいたことに対して保育部会にお礼申しあげる。また、電算機による計算・図示は林業試験場関西支場の長谷川敬一技官にお願いしたことに対し、感謝する。

II. 解析結果と考察

1. 混交林のヒノキ平均個体材積

ヒノキ・アカマツ混交林において、生育が進むにつれて、アカマツが上木、ヒノキが下木となる混交2段林型に変化していくため、混交林のヒノキは純林のヒノキにくらべて生長はおさえられる(2)。また、苗畑の模型混交林で得られた結果では、ヒノキの平均樹高はアカマツの影響を大きく受けなかったが、平均直径や平均個体重量は、混交林のほうが小さく、アカマツの影響を大きく受けていた(3)。

また、ヒノキの林齢が21~31年生である混交林において、上木のアカマツを伐採してから10年目のヒノキの生長を、混交区と伐採区とで比較してみると、全体的な傾向は苗畑林分で得られたのとはほぼ同じであった(5)。

このようにヒノキ・アカマツ混交林でのヒノキの生長は、アカマツに大きく影響されているので、混交林の本数密度とヒノキの平均個体材積との関係について検討した。

同一樹種の森林がうっ閉し、自然間引の状態にあるとき、平均個体材積と本数密度との間には、2分の3乗則が成り立っていることはよく知られている。そこで、育林部会の調査結果(1)を用いて、ヒノキ純林を除いた林分の最多密度線としてフリーハンドで傾きを $-3/2$ として求めた線、さらにこの線に平行なヒノキ純林の上限にフリーハンドで求めた線を図-1に示した。その結果、

ヒノキ純林 $\bar{v}=2.6 \times 10^4 \rho^{-3/2}$

混交林 $\bar{v}_m=1.8 \times 10^4 \rho_m^{-3/2}$

$\bar{v}$: ヒノキ純林のヒノキ平均個体材積

$\bar{v}_m$: 混交林のヒノキ平均個体材積

ρ : ヒノキ純林の本数密度

ρ_m : 混交林の本数密度

が得られた。上で求めた最多密度線上にある林分の場合、混交林と純林とでヒノキの平均個体材積にどれくらいの違いがあるかをみると、

$$\bar{v}_m/\bar{v}=0.69$$

となり、ヒノキ混交率が80%以下での平均個体材積は、ヒノキ純林にくらべて約70%の材積にすぎない。

ヒノキ・アカマツ混交林において、本数密度(ρ_m)と

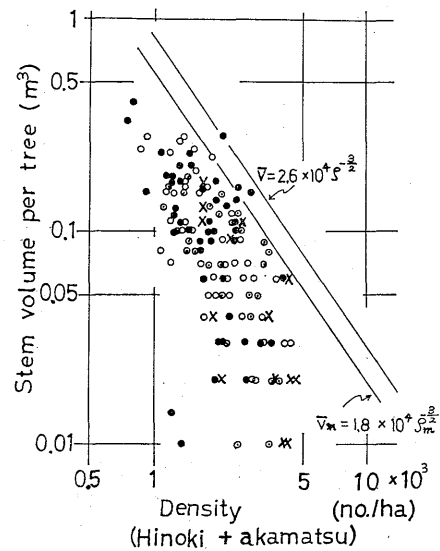


図-1. 全密度(ヒノキ+アカマツ)とヒノキ平均個体材積との関係

Relationship between total density (akamatsu+hinoki) and stem volume per tree of hinoki

ヒノキの混交率

Stand proportions of hinoki

● 100%; ⊙ 70~80%; ○ 50~70%; × 30~50%

ヒノキ平均個体材積($\bar{v}_m$)との間には、

$$\bar{v}_m = k \rho_m^{-3/2} \quad (k=1.8 \times 10^4)$$

の関係があったが、

$$\rho_m = \rho_{mC} + \rho_{mP}$$

$$\begin{aligned} \text{から} \quad \bar{v}_m &= k \left(\frac{\rho_{mC} + \rho_{mP}}{\rho_{mC}} \right)^{-3/2} \cdot \rho_{mC}^{-3/2} \\ &= k \left(\frac{\rho_{mC}}{\rho_{mC} + \rho_{mP}} \right)^{3/2} \cdot \rho_{mC}^{-3/2} \end{aligned}$$

となる。なお、 ρ_{mC} と ρ_{mP} は混交林のヒノキの本数密度とアカマツの本数密度である。この式はヒノキの混交率($\rho_{mC}/(\rho_{mC} + \rho_{mP})$)が仮に一定とすれば、あるいはそのような林分群を対象にすれば、両対数グラフ上で、ヒノキ平均個体材積($\bar{v}_m$)とヒノキの密度(ρ_{mC})との間に直線関係が成り立つことを示している。そこで、現実林分での調査データをヒノキの混交率別に上限を、ヒノキ純林の最多密度線に平行に引くと図-2のようになり、およそ上式の関係が認められた。すなわち、ヒノキ混交率が小さくなるにつれて、ヒノキの平均個体材積は小さくなっていく。

2. 単位面積あたりの材積

混交林の単位面積あたりの乾物量や材積は、林齢、本

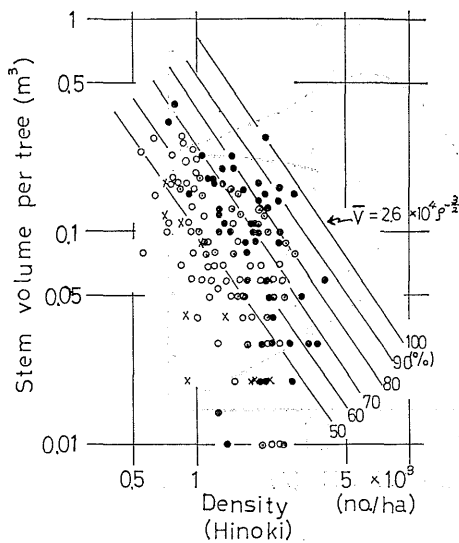


図-2. ヒノキの密度とヒノキ平均個体材積との関係

Relationship between hinoki density and stem volume per tree of hinoki

凡例は、図-1に同じ。図中の数字はヒノキの混交率。

Legend is the same as in Fig.1. Numbers indicate stand proportions of hinoki.

数密度、混交率などによって異なる。苗畑でのヒノキ・アカマツ混交林で得られた結果では、ヒノキやアカマツの地上部重量と混交率の間には、年次別につきのような関係が得られている(3)。

$$\text{アカマツ} \quad \frac{1}{y_P} = \frac{A'}{m_P} + B'$$

$$\text{ヒノキ} \quad \frac{1}{y_C} = \frac{a'}{m_C} - b' \quad (m_C + m_P = 100)$$

ここで、 y_P と y_C はアカマツとヒノキの地上部重量 (g/m^2)、 m_P と m_C はアカマツとヒノキのそれぞれの混交率(%), また、 A', B', a', b' は定数である。また、アカマツとヒノキを加えた全重量では、生育の初期の段階では純林と混交林とで大差なかったが、生育が進むにともなって純林よりも混交林のほうが大きくなる傾向があることが認められた(3)。

高木の混交林においても、材積は純林よりも混交林のほうが大きくなる傾向があるとされているので(1)、いままでに報告されているデータを用いて、苗畑と同様の解析方法で、より詳しく検討してみた。

まず、林齢階別にアカマツの混交率とアカマツの材積およびヒノキの混交率とヒノキの材積との関係を図示した(図-3)。なお、図示したものは、調査林分数の多い林齢のものだけ例としてあげたものである。また、各林齢

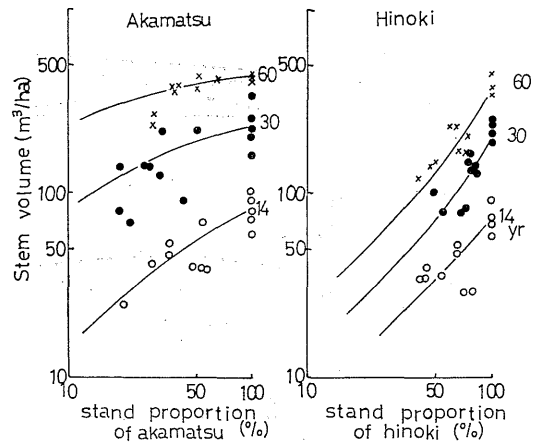


図-3. 混交率と材積との関係

Relationship between stem volume and stand proportion in mixed stands of various ages

図中の数字は林齢

Numbers indicate stand ages.

階において、本数密度に極端な差のある林分は除外し、それぞれの林齢階の本数密度のおおよその範囲は、14年生で2,500~3,500本/ha、30年生林で1,400~2,600本/ha、60年生林で1,200~1,700本/haであった。しかし、まだ林分間で差があるために、図-3にみられるように、アカマツ、ヒノキとも混交率と材積の間にはばらつきがみられる。けれども、全体的な傾向としては、苗畑のヒノキ・アカマツ混交林でみられたと同様の関係がありそうなので、篠崎のC-D定規(4)を使って線を引いた。なお、各林齢階ともC-D定規のBポイントは、一定の直線上を動いているとした。

アカマツの材積は、若齢林ではアカマツの混交率が大きくなるにともなって大きくなっている。しかし、林齢が進むにともなってアカマツの混交率の大きい林分から一定になる傾向がみられる。たとえば、林齢が60年になると、アカマツの混交率が40%以上の林分ではアカマツの材積の違いは小さくなり、400~420 m^3/ha の値を示す。すなわち、アカマツの材積 V_P とアカマツの混交率(m_P)との関係は、苗畑林分と同様、林齢階別に

$$\frac{1}{V_P} = \frac{A}{m_P} + B \quad (A, B: \text{定数})$$

で表わされる。

一方、ヒノキの材積は、ヒノキの混交率が小さくなるにつれて指数関数的に減少し、林齢階別に、

$$\frac{1}{V_C} = \frac{a}{m_C} - b \quad (a, b: \text{定数})$$

の関係で近似できる。

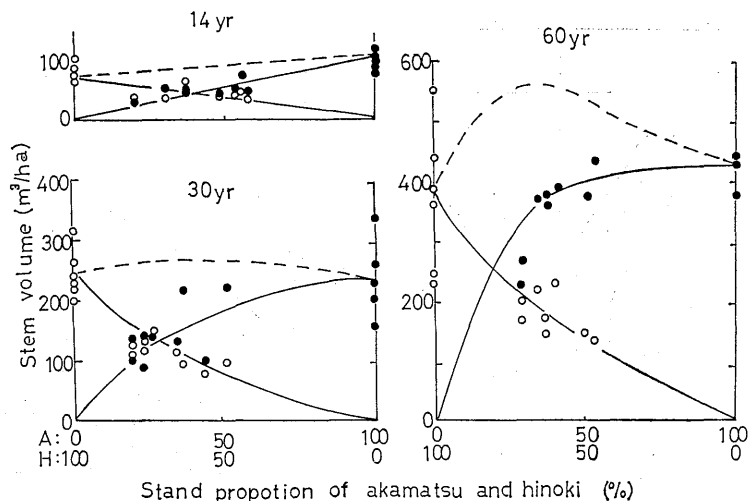


図-4. 混交率と全材積との関係
Relationship between stand proportions and total stem volumes in mixed stands of various ages
○ ヒノキ Hinoki; ● アカマツ Akamatsu

つぎにアカマツとヒノキを加えた全材積とヒノキの混交率との関係を、林齢階別にみると図-4 のようになる。この関係もばらつきはあるが、苗畑の混交林でみた地上部重量と混交率との関係とほぼ同様の関係がみられ、林齢が大きくなるにともない、混交林のほうが純林より全材積は大きくなる傾向がみられる。たとえば、60 年生林で比較すると、ヒノキ純林では約 400 m³/ha、アカマツ純林で約 420 m³/ha であるのに対して、ヒノキ・アカマツ混交林ではヒノキ混交率約 65% でおおよそ 550 m³/ha となっている。

3. モデル混交林の材積予測

苗畑林分あるいは高木混交林において、混交率と重量現存量あるいは材積との間には、点のばらつきがあったとしても、逆数式的関係

$$\text{ヒノキ } 1/y_0 \text{ または } 1/V_0 = a/m_0 - b$$

$$\text{アカマツ } 1/y_P \text{ または } 1/V_P = A/m_P + B$$

が認められたことから、混交率と材積との間には上記の逆数式的関係が広く成り立っていると思われる。そこで、これらの結果を用いてモデル混交林の材積予測を試みた。

調査された高木混交林の多くは、アカマツで1等地(近畿地方の収穫表)、ヒノキで2等地(中国地方の収穫表)に位置し、また、林齢階ごとの混交林の平均本数密度は、植栽直後で約 5,000 本/ha、20 年生林で約 3,000 本/ha、40 年生林で約 2,100 本/ha、60 年生林で約 1,500 本/ha、80 年生林で約 1,300 本/ha となってい

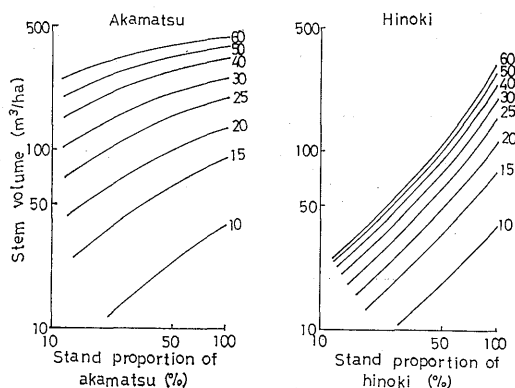


図-5. モデル混交林における混交率と材積との関係

Relationship between stand proportions and stem volumes in model mixed stands of various ages

図中の数字は林齢を示す。
Numbers indicate stand ages.

る。ここでは上記のような条件にある混交林を想定し、そのモデル林の材積を推定した。

その推定方法としては、収穫表から求めたアカマツ、ヒノキそれぞれの純林の材積を満足するように、混交率と材積との関係(逆数式)を林齢階別に篠崎の C-D 定規を使って求めた。ここで C-D 定規を使って逆数式を求めるための重要な点(Bポイント)は、図-3 から推定した一定の直線上

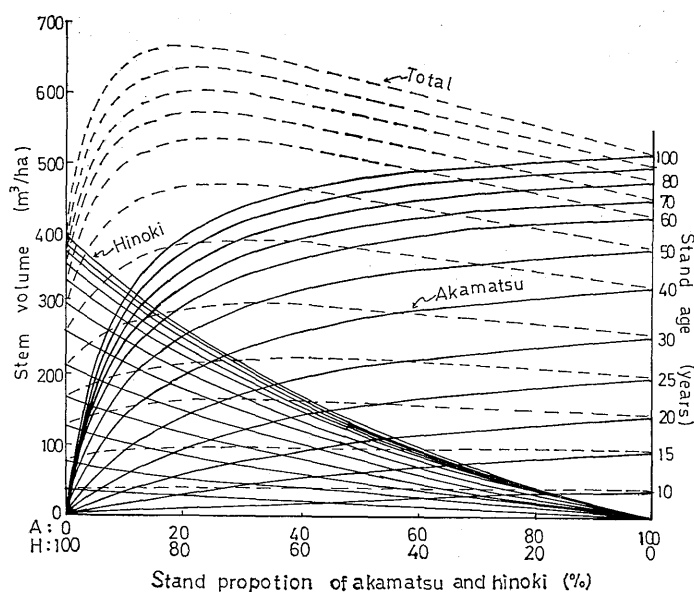


図-6. モデル混交林での材積予測図
Stem volumes in model mixed stands of various ages

表-1. $1/V_P = A/m_P + B$ および $1/V_C = a/m_C - b$ 式の定数 A, B, a, b の値
Values of constants A, B, a , and b of the formulas

林 齢 (年) Age (yr)	A	B	a	b
10	1.637	0.0086	3.048	0.0048
15	0.494	0.0058	1.519	0.0037
20	0.245	0.0045	1.161	0.0032
25	0.133	0.0037	0.882	0.0029
30	0.078	0.0031	0.750	0.0028
40	0.047	0.0026	0.641	0.0026
50	0.032	0.0023	0.575	0.0025
60	0.024	0.0021	0.537	0.0024
70	0.021	0.0020	0.518	0.0024
80	0.019	0.0019	0.500	0.0023
90	0.016	0.0018	0.492	0.0023
100	0.014	0.0018	0.480	0.0023

ヒ ノ キ $\log V_C = -0.68 \log m_C + 4.01$

アカマツ $\log V_P = -0.51 \log m_P + 2.92$

を動いているとした。このような方法で求めた混交林のアカマツとヒノキの材積は、林齢別に図示すると図-5のようになる。なお、ヒノキとアカマツの逆数式のパラメータ A, B, a, b は表-1 のとおりである。

つぎに、アカマツとヒノキの材積を加えた全材積について考えてみた。混交林の全材積 (V) は、

$$V = V_P + V_C = \frac{1}{A/m_P + B} + \frac{1}{a/m_C - b}$$

となり、各林齢でのパラメータ A, B, a, b が与えられれば、 m_P の関数として計算できる。

林齢階別の V を最大にする m_P の値は、

$$m_P = \frac{\sqrt{A(a-100b)} - \sqrt{a \cdot A}}{\sqrt{a \cdot B} - \sqrt{A \cdot b}}$$

となる。 m_P がわかれば $m_C = 100 - m_P$ からヒノキの混交率も決まる。これら m_P と m_C をアカマツの材積、ヒノキの材積、および全材積を求める式に代入すれば、最大の全材積とそのときのアカマツ、ヒノキそれぞれの材積が求められる。

表-1 のパラメータを使って計算し、図示すると図-6のようになる。全体的には苗畑林分(3)や高木林(図-4)とほぼ同じ傾向を示している。生育初期の若齢林では両純林を結ぶとほぼ直線になるが、林齢が大きくなるともなつて凸型になり、純林よりも混交林のほうが材積は多くなっている。その最大値は林齢が進むともなつてヒノキの混交率の大きいほうへ移動している。たとえば、林齢 50 年生林では、アカマツの混交率が 26% で最大値 (470 m³/ha) をとっている。また、林齢が 100 年になると、アカマツの混交率 20% で最大値 (670 m³/ha) になっている。このときヒノキ純林では 400 m³/ha、アカマツ純林では 520 m³/ha である。

以上のようにしてモデル混交林の材積を求めたが、いろいろな条件を想定しているため、現実の混交林の材積が図-6 に適合しないことも多いと思われる。それは立

地条件や本数密度などの違いが影響しているためであろうから、今後もより多くのデータを集め、より正確な材積予測をはかりたい。

引用文献

- (1) 関西地区林試協会保育部会：アカマツ・ヒノキ混交林に関する研究。121 pp, 1976
- (2) 河原輝彦・山本久仁雄：ヒノキ・アカマツ混交林に関する研究（I）物質生産と分解速度について。日林誌 64: 331～339, 1982
- (3) 河原輝彦・山本久仁雄：ヒノキ・アカマツ混交林に関する研究（II）模型林分における現存量の経年変化。日林関西支講 34: 116～119, 1983
- (4) SHINOZAKI, K. and KIRA, T.: The C-D rule, its theory and practical uses (Intraspecific competition among higher plants 10). J. Biol. Osaka City Univ. 12: 69～82, 1961
- (5) 山本久仁雄・河原輝彦・加茂皓一：アカマツ・ヒノキ混交林の上木伐採後におけるヒノキの生長。日林関西支講 33: 42～45, 1982

(1985 年 8 月 22 日受理)