HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	シラカンバ林の密度管理図：成長にともなう平均材積－密度関係の推移にもとづく密度管理図の修正
Author(s)	渋谷, 正人; 矢島, 崇; 松田, 彊
Citation	北海道大学農学部 演習林研究報告, 54(2), 202-211
Issue Date	1997-09
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/21416
Type	bulletin (article)
File Information	54(2)_P202-211.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

シラカンバ林の密度管理図

― 成長にともなう平均材積―密度関係の推移にもとづく密度管理図の修正 ―

渋谷　正人*　矢島　崇*　松田　彊**

A modified stand density control diagram for Japanese white birch based on a trend of mean volume-density relationships with stand growth

by
Masato SHIBUYA*, Takashi YAJIMA* and Kyo MATSUDA**

要　　旨

林分成長にともなうシラカンバ林の平均材積―密度関係の推移を，それらに適用した競争―密度効果の逆数式のパラメータ A，B の林分上層高階に対するトレンドとして解析し，その結果にもとづいて，従来と異なる密度管理図を作成した。競争―密度効果式のパラメータ A は，上層高階のべき乗式で近似されてきたこれまでの研究結果とは異なり，上層高階が大きくなると漸近的な傾向を示し，またその漸近値の逆数はシラカンバ林の最大蓄積の観察値とよく一致した。一方パラメータ B―上層高階関係は，単純なべき乗式関係であった。これらの結果にもとづき調整された密度管理図は，収量―密度関係曲線の最多密度線に対する相対的な位置関係が成長とともに変化していくという特徴があり，また林分の最大蓄積値は保育経路に大きな影響をあたえると考えられた。

キーワード：平均材積―密度関係，競争―密度効果式，密度管理図，最大蓄積

は　じ　め　に

針葉樹人工林の密度管理に関する研究において，安藤（1962）や蜂屋・安藤（1962）は競争－密度効果（C—D 効果）の逆数式（1式）のパラメータ A，B を林分の成長段階を表すと

1997年3月31日受理．Received March 31, 1997
*北海道大学農学部森林科学科造林学講座
Laboratory of Silviculture, Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060
**北海道大学農学部附属演習林
Hokkaido University Forest, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060

仮定した上層高のべき乗式で近似した。

$$1/\mathrm{v}=A\mathrm{N}+B \qquad (1)$$

ここでvとNは平均材積と密度であり，A，B は林分の成長段階できまるパラメータである。それらの相対成長的な関係は，安藤（1968）の密度管理図やその他の競争—密度効果を応用した研究でも採用されてきた（相場，1975；DREW and FLEWELLING，1977）。

しかし，シラカンバ天然林の平均個体重—密度関係を検討したSHIBUYA（1994）は，パラメータ B と林分平均樹高階との関係は相対成長的であるが，パラメータ A は成長段階が進むとあまり変動しなくなり，ほぼ一定となる傾向を見出した。

密度変化のない植物個体群の競争—密度効果に関する研究で，SHINOZAKI and KIRA（1956）は，(1) 式のパラメータの生物学的時間にともなう変化を次のように要約している：パラメータ A は成長初期段階に急激に増加し，短時間に0から極大値に達し，その後ある漸近値にむかって指数関数的に減少する。これに対し，パラメータ B は漸近値を示さずに，単調に指数関数的に減少する。また彼らは，一般ロジスティック型の成長曲線を仮定したときのパラメータ A，B の生物学的な意味を明らかにしている（2～4式）。

$$A=\mathrm{e}^{-\tau}\int(\mathrm{e}^{\tau}/\mathrm{Y})\,\mathrm{d}\tau \qquad (2)$$

$$B=\mathrm{e}^{-\tau}/\mathrm{w}_0 \qquad (3)$$

$$\tau=\int\lambda\,\mathrm{d}t \qquad (4)$$

Yは τ における最終収量，w_0 は初期平均個体重，λ は成長係数，tは物理学的時間で，τ は生物学的時間である。

この理論は密度変化のない個体群に関して構築されたものであるから，C—D効果の逆数式が密度変化のある個体群で経験的に成り立つ（安藤，1968）としても，彼らの示したパラメータのトレンドがそのまま実際の林分で成り立つことを保証するものではない。しかしここでこれらのトレンドが，密度減少のある林分でそのまま成り立つあるいは近似的には成り立つとすれば，パラメータ A，B と林分成長段階を示す指標（ここでは上層高を考える）との関係は，以下のように考えられる。

パラメータ B は，ある成長段階において競争による成長制限が作用していない場合の平均個体重の逆数である（SHINOZAKI and KIRA，1956）から，B と上層高との間には相対成長的な関係が期待できると考えられる。そうすると，(3) 式から上層高—τ 関係は線形の関係であると考えられ，したがって A—上層高関係は，A—τ 関係と同様の傾向を示すだろうと予測される。これらが成り立てば，SHINOZAKI and KIRA（1956）が示したように，パラメータ A は上層高が大きくなった段階では漸近的な傾向を示すだろうと考えられる。競争—密度効果の林分データへの適用が本格的に始まった安藤（1962）などの研究以後，逆数式のパラメータと成長段階とのべき乗式関係があまりしっかりとは検証されずに用いられてきた感がある。SHINOZAKI and KIRA（1956）の論議やSHIBUYA（1994）による結果を考慮すると，これらの

べき乗式関係を再検討する必要があるだろう。

本研究では，シラカンバ（*Betula platyphylla* var. *japonica*）林の平均材積－密度関係へ（1）式を適用し，パラメータ A，B と上層高階との関係を明らかにした。またその結果にしたがって修正した密度管理図を提唱し，従来の密度管理図との違いについて論議した。

材料と方法

使用した林分データは全部で121で，このうち71林分は直接調査した林分で，他の50林分は文献から得た。ほとんどが天然林であるが，人工林が2林分含まれる。

野外調査は北海道大学天塩地方演習林と雨龍地方演習林で行った。これらの演習林は冷温帯の最北部に位置し，針葉樹と落葉広葉樹の混交林が優占している。シラカンバは，北海道の低山帯にしばしば純林状の二次林を形成する。調査した林分のほとんどは海抜350m以下に位置し，ほぼ純林状の林分である。個体サイズによって適当な大きさ（25～2,500m²）のプロットを設定し，樹高1.3m以上の個体を対象に，胸高直径と樹高を測定した。個体材積は相対成長式（5式，渋谷・松田，1993）で算出した。

$$\log V_s = 0.932\log(D^2H) - 4.215 \qquad (5)$$

V_s は幹材積で，D と H は胸高直径と樹高である。

文献データは，合沢・滝川（1962），加藤ら（1965），松井ら（1967），吉村・古本（1973），戸沢ら（1979），滝川・板垣（1982），佐藤ら（1983），瀬川ら（1985）から得た。これらのデータは東北地方および北海道で得られたもので，複層林化している林分や林縁効果があると思われる林分は除外した。またシラカンバが優占していても，他種の稚樹などが多く混交している林分も除いた。

樹高成長速度は，直径や材積の成長速度に比べ密度の影響をあまり受けない（HAMILTON，1981；LANNER，1985；TANAKA，1988）ので，林分の成長段階を表す指標として，上層高や平均樹高などが用いられてきた（蜂屋・安藤，1962；安藤，1968；DREW and FLEWELLING，1977）。（1）式のパラメータ A，B は生物学的時間の関数であり，密度とは独立である（SHINOZAKI and KIRA，1956）ため，密度の影響をあまり受けない指標によって近似されてきたが，本研究では上層高を成長段階の指標とした。上層高は，もっとも樹高の大きな個体から250/haにあたる個体までの平均樹高とした。文献データの中には平均樹高しか示されていない林分もあったが，調査林分のデータから上層高（H_d）—平均樹高（H_m）関係を求め（6式），それによって上層高を推定した。

$$H_d = 0.979H_m + 3.396 \qquad (r^2 = 0.960) \qquad (6)$$

対象とした林分の上層高は6.6～24.4m（表—1）であり，さまざまな成長段階の林分が含まれている。蓄積は23.5～288.8m³/ha，胸高断面積合計は8.45～33.90m²/haであった（表—1）。

表-1　林分の概況
Table 1　Outline of analyzed stands*

Stand characteristics	Investigated stands		Published stands	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Density (l/ha)	176	34,000	553	45,068
Dominant height (m)	6.9	23.3	6.6	24.4
Stand stock (m^3/ha)	23.5	263.1	33.3	288.8
Mean volume (m^3)	0.0007	0.628	0.0007	0.432
Basal area** (m^2/ha)	8.45	33.41	11.00	33.90

*The number of analyzed stands is 121, including 71 investigated and 50 published stands.
**Basal areas of 27 published stands were not indicated in literatures.

平均材積—密度関係を検討するため，林分を上層高にしたがって 2 m ごとのクラスに分けた。また各上層高階の中央値が，そのクラスを代表すると仮定した。各上層高階の平均材積—密度関係への (1) 式のあてはめは最小二乗法（SHINOZAKI and KIRA, 1961）か，最小二乗法が適用できないときは C—D 定規のあてはめ（SHINOZAKI and KIRA, 1961）によった。比較的林分数の多い上層高階 8 ～22m を対象に (1) 式のあてはめを行い，8m 階以外では最小二乗法でパラメータを決定した。

結果と考察

図-1 に蓄積と密度の関係を示した。ある密度付近における最大蓄積は文献データでみられるが，それらと調査データとの間には明らかな分離はない。最多密度線はもっとも右側上方に位置する林分をつないで求めた。

$$\log V = -0.734 \log N + 4.996 \qquad (7)$$

V は蓄積である。

またこの図より，600～2,700/ha の密度範囲に蓄積280～290m^3/ha という上限が認められる。本研究ではこれらがシラカンバ林の最大の蓄積を示していると考え，そのうちの最大値である288.8m^3/ha をシラカンバ林の最大蓄積と仮定した。

図-2 は (1) 式のパラメータ値と上層高階の関係を示している。パラメータ B は上層高階が進んでも漸近傾向を示さず，単純なべき乗式関係を示した。B の生物学的な意

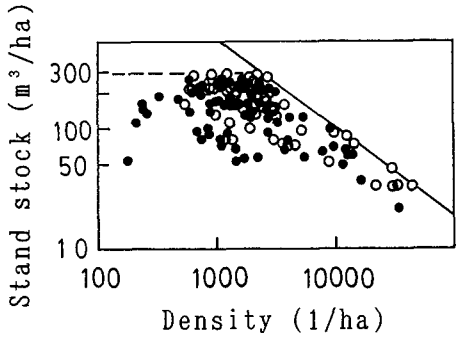

図-1　林分蓄積と密度
Fig. 1. Stand stock plotted against density. Black and white symbols indicate investigated and published stands, respectively. Also, circles and triangles are natural and artificial stands. Solid and broken lines are the full-density line and the observed maximum stand stock, respectively.

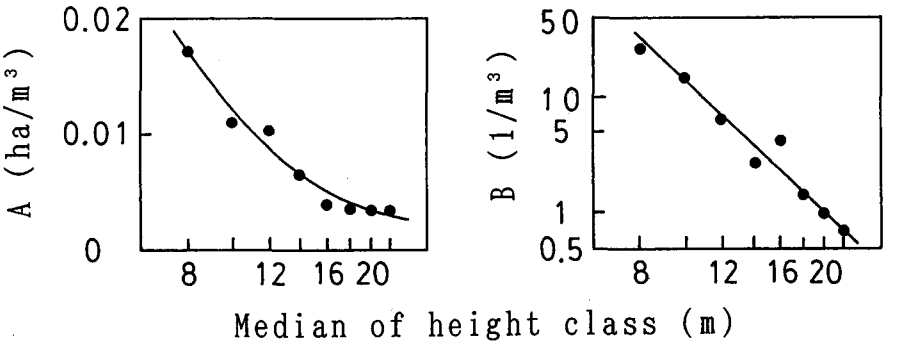

図-2　C—D効果の逆数式のパラメータ A, B と上層高階の関係
Fig. 2　Trends of the parameters, A and B, of the reciprocal equation of the C-D effect with median of dominant height class.
Regression lines are determined by Eqs. 6 and 7 in the text.

味から考えても，これは妥当な関係と考えられる。これに対し，パラメータ A と上層高階との関係は単純なべき乗式関係ではなかった。A は8～14m階では減少していくが，16m階以上ではあまり変動しなくなる。この傾向は平均個体重—密度関係でみられた傾向（SHIBUYA, 1994）と同じである。とくに18～22m階においては，3.5～3.7×10^{-3}ha/m^3 というひじょうに狭いレンジに限られるようになる。これらの上層高階での A の平均値の逆数は283m^3/haであり，経験的に得られたシラカンバ林の最大蓄積とよく一致する（図-1）。ある樹種の可能な最大蓄積は経験的にしか決定できないと考えられるが，パラメータ A の漸近傾向が正しければ，その漸近値の逆数として推定できる可能性を示すものかもしれない。

本研究では，A—上層高階関係を定数項つきの指数関数（8式）で，B—上層高階関係をべき乗式（9式）で近似し，ばらつきを除外した標準的なパラメータ値とすることとした。

$$A=7.722\times10^{-2}e^{-0.205H_d}+2.112\times10^{-3} \qquad (r^2=0.969) \qquad (8)$$

$$B=8.653\times10^{4}H_d^{-3.780} \qquad (r^2=0.961) \qquad (9)$$

この A の推定式は，平均材積の成長に単純ロジスティック式を仮定した場合の A の近似式と形は同じである（篠崎・穂積，1962）が，定数項の値は実際の漸近値よりも小さく推定された。

表-2に，A を上層高階のべき乗式で近似しC—D曲線を決定した場合と，(8) 式で近似した場合の平均材積—密度関係の残差平均平方の比を示した。B はともに (9) 式で推定していて，またすべての上層高階について有意差は認められないが，A があまり変動しなくなる16m階以上では，(8) 式による場合の方が残差が小さくなる傾向が認められる。A をべき乗式で推定すると，成長が進んだ段階では，あてはめられたC—D曲線とデータとの乖離が大きくなる可能性を示す結果と考えられる。

これまでの結果にもとづいて，従来とは異なるシラカンバ林の密度管理図が作成できる。平均材積—密度トラジェクトリーにはSHIBUYA (1995) のモデルが適用でき，

表-2　異なる方法で求めたC—D効果の逆数式のパラメータの推定値と残差平均平方の比
Table 2 Estimated parameters of the reciprocal equation of the C-D effect by two different methods and comparisons of mean squares of residuals between those two methods

H_d(m)	A^*(ha/m³)	A'^{**}(ha/m³)	B^{***}(1/m³)	F-ratio****
6	0.02469	0.02834	99.013	1.84 (4)
8	0.01710	0.01713	33.375	1.01 (8)
10	0.01206	0.01159	14.358	1.01 (8)
12	0.00871	0.00842	7.207	0.81 (11)
14	0.00649	0.00643	4.025	1.00 (24)
16	0.00502	0.00501	2.429	0.99 (16)
18	0.00404	0.00414	1.556	0.91 (18)
20	0.00339	0.00344	1.045	1.05 (20)
22	0.00296	0.00291	0.729	0.85 (8)
24	0.00268	0.00250	0.525	0.56 (3)

*This value is estimated by Eq. 6 in the text. **A' is the parameter A estimated from an allometric equation of dominant height class, $A'=0.653H_d^{-1.751}$ ($r^2=0.946$). ***Parameter B is calculated by Eq. 7. ****The ratio of mean squares of residuals when parameters are determined as A and B to that when parameters are determined as A' and B in this table. The number in the parenthesis indicates the number of stands. For all dominant height classes, F-ratios are not significant ($p>0.05$).

$$V=9.90\times10^4N^{-0.734}\{1-(N/N_0)^{1.734}\} \qquad (10)$$

N_0 は初期状態における林分密度である。平均胸高断面積—密度関係もC—D曲線で近似できる（安藤，1968）。直接調査した71林分の平均胸高断面積—密度関係から得られた（1）式のパラメータと上層高階の関係を図-3に示した。ここにおいても，A は上層高階に対し漸近的な傾向を示し，B にはそのような傾向はみられなかった。等平均直径線は形状比から求められることも多いが，今回は図-3の結果から平均断面積直径線として求めた。これらの結果から図-4に示した密度管理図が得られる。

この密度管理図の著しい特徴は，C—D曲線のBポイントの軌跡が逆シグモイド型であることである。Bポイントの座標を（X_b，Y_b）とすると，$X_b=B/A$，$Y_b=1/(2A)$ であり，上層高階を連続変数として扱

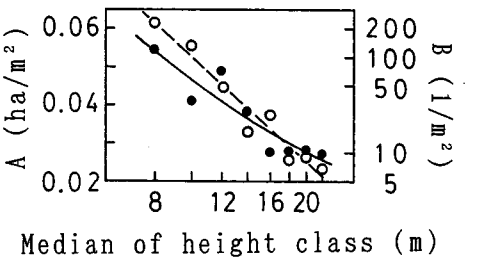

図-3　平均胸高断面積—密度関係に対するパラメータ A，B

Fig. 3. Prarmeters of the reciprocal equation of the C-D effect applied to the mean basal area-density relationships.
Black and white circles indicate A and B, respectively. Only mean basal area-density relationships of the 71 investigated stands are analyzed. Regression equations;
$A=8.521\times10^{-2}e^{-1.08H_d}+1.793\times10^{-2}$ ($r^2=0.838$),
$B=4.487\times10^5H_d^{-3.654}$ ($r^2=0.944$).

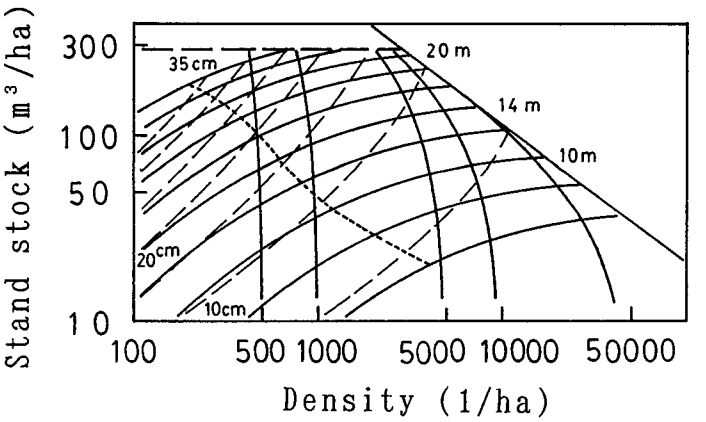

図-4 シラカンバ林の密度管理図

Fig. 4. *A* modified stand density control diagram for Japanese white birch. This diagram is composed of the stand stock-density relationships (asymptotic curves), the stand stock-density trajectories (convex curves), the full-density line (solid line), the maximum stand stock (broken line) and the equivalent quadratic mean diameter curves (concavely broken curves). The stand stock-density relationships corresponding to those at dominant height classes of 6～24m are shown in ascending order. The stand stock-density trajectories with initial densities of 500/ha, 1,000/ha, 5,000/ha, 10,000/ha and 50,000/ha are given from left to right. Also, the equivalent quadratic mean diameter curves of 5～35 cm at 5 cm-intervals are drawn in ascending order. B-point trajectory of the Y-D curve is indicated by a dotted curve.

うと（8～9）式を利用して，両対数軸上におけるBポイントの軌跡の傾き（$d\log Y_b/d\log X_b$）を求めることができる。

$$\frac{d\log Y_b}{d\log X_b}=\frac{X_b}{Y_b}\cdot\frac{(dY_b/dH_d)}{(dX_b/dH_d)}$$

$$=\frac{1}{1-\dfrac{0.292e^{-0.205H_d}+7.984\times10^{-3}}{1.583\times10^{-2}H_de^{-0.205H_d}}} \qquad (11)$$

Bポイントの軌跡の傾きは，6～14m階では－0.42から－1.05まで減少しきつくなり，その後24m階の－0.38まで増加し緩やかとなる。安藤（1968）の密度管理図では，R_y 曲線は最多密度線に平行な直線と仮定されていて，各上層高階の蓄積—密度関係を表すC—D曲線上のある特異点は，最多密度線に対してつねに一定の位置にある。またこのことは，林分成長が進むと蓄積が無限に大きくなるモデルであることを意味している。しかし本研究の結果では，蓄積には上限値が認められ，また最多密度線とC—D曲線の位置関係は成長とともに変化することを示している。蓄積が最大蓄積に達した後の林分の移動経路については我々は全く情報をもっていないが，とりあえず林分は最大蓄積線上を移動するというように仮定しておくこととす

る。また十分に時間が経過した後，林分は密度が減少するとともに蓄積も減少するという崩壊段階を迎えると考えられるが，この成長段階については全く未解明であり，また密度管理図で対象とする成長段階には含まれていない。

安藤（1968）は，日本各地の針葉樹人工林の収穫表から得られた平均材積—密度関係を分析の対象として密度管理図を作成した。収穫表の平均材積—密度関係の軌跡は，最多密度線に平行な直線となる傾向が認められることが多く（只木，1964），このことが密度管理図において，R_y曲線が最多密度線に平行であるという仮定を設けることに影響しているのかもしれない。

C—D 効果の逆数式のパラメータ A は(8)式によって近似されたが，その定数項は上層高 18m 階以上の A の観察値に比べると過小な推定値をあたえている。また A がほぼ一定となった以降には，(11)式からわかるように，収量—密度関係を表す C—D 曲線の B ポイントの軌跡の傾きは 0 あるいは 0 に近い負の値となるはずである。SHINOZAKI and Kira（1956）によるロジスティック理論がそのまま密度変化のある林分でも成り立つとすると，平均個体重の成長に一般型ロジスティック式を仮定した場合のパラメータ A は（2）式であたえられるが，ここでは τ の関数である Y（$\partial Y/\partial N=0$）が未知の関数として存在するため，A 値の推定式は一般的には決定できない。本研究では A を単純ロジスティック成長が仮定される場合と同じ形の式で近似したが，成長段階が進んだ場合の A の漸近傾向をより的確に近似でき，また経験的に応用しやすい（8）式以外の近似式を求めることも必要であろう。

パラメータ A が上層高階が進んだ段階に漸近的な傾向を示すことは，ダケカンバ林の平均個体重－密度関係および平均材積—密度関係についても確かめられている（渋谷，未発表）。これまでこの傾向を密度変化のある林分について認めた例はないと思われる（安藤（1968）の中に数例認められる）が，このことは図-4 に示したように，収量—密度関係を近似する C—D 曲線の軌跡に大きな影響をあたえている。本研究のデータでは，とくに大きな上層高階のデータ数の問題もあり，パラメータ A—上層高階関係にべき乗式を適用した場合と（8）式の場合との有意な差は認められなかった（表-2）が，蓄積が大きくなった段階での予測精度が異なる可能性が示されていると考えられる。収穫表などの調整されたデータではなく，実際の林分の成長経路を示すデータを集積し，再び平均材積—密度関係を広い成長段階にわたって検討し直す必要があるのではないかと考えられる。

謝　　辞

北海道大学高橋邦秀教授，並びに五十嵐恒夫名誉教授には，本原稿を校閲いただいた。また北海道大学演習林および造林学講座の多数の皆様には，野外調査をはじめとし，多大なご援助をいただいた。ここに深く感謝する。本研究の一部は，文部省科学研究費（03760094，05760118）によって行われた。

引 用 文 献

相場芳憲 (1975)：スギ人工林の生長におよぼす保育の影響（II） 現実林分における現存幹材積一定の傾向．日林誌 **57**, 39～44

合沢義孝・滝川貞夫 (1962)：北大天塩第2演習林におけるシラカンバ2次林の間伐とトドマツ樹下植栽．日林北支講 **10**, 47～50

安藤　貴 (1962)：アカマツ天然生除伐試験林の解析（第2報） 本数密度を中心とした解析．林試報告 **147**, 45～77

安藤　貴 (1968)：同齢単純林の密度管理に関する生態学的研究．林試報告 **210**, 1～153

DREW, T. J. and FLEWELLING, J. W. (1977) : Some recent Japanese theories of yield-density relationships and their application to Monterey pine plantations. For. Sci. **23**, 517～534

HAMILTON, G. J. (1981) : The effect of high intensity thinning on yield. Forestry **54**, 1～15

蜂屋欣二・安藤　貴 (1962)：林分の平均樹高と競争密度効果との関係について．73日林講, 164～168

加藤亮助・瀬川幸三・大場貞男 (1965)：北上山系におけるカンバ林の成長（第2報） 平庭地方のシラカンバ林の現存量と相対成長．日林東北支講 **18**, 27～32

LANNER, R. M. (1985) : On the insensitivity of height growth to spacing. For. Ecol. Manag. **13**, 143～148

松井善喜・長内　力・篠原久夫・馬場強逸・山上鶴松・斉藤佐代美・金安利喜松 (1967)：野幌試験林における各種人工林の調査成績（後編）．林試報告 **205**, 1～233

佐藤　明・石塚森吉・豊岡　洪・鮫島惇一郎 (1983)：シラカンバ林の最多密度曲線（予報）．日林北支論 **31**, 212～214

瀬川幸三・斉藤勝郎・桜井尚武・大井克博 (1985)：北上山地のシラカンバ天然林の構造と成長．日林東北支誌 **37**, 170～172

SHIBUYA, M. (1994) : aximum yield and the C-D effects in natural white birch stands. Ecol. Res. **9**, 325～332

SHIBUYA, M. (1995) : A simple and practical model for mean size-density trajectories of tree stands. J. Jpn. For. Soc. **77**, 247～253

渋谷正人・松田　彊 (1993)：シラカンバの地上部器官量の推定．北大演研報 **50**, 207～218

SHINOZAKI, K. and KIRA, T. (1956) : Intraspecific competition among higher plants. VII. Logistic theory of the C-D effect. J. Inst. Polytech. Osaka City Univ. **D7**, 35～72

SHINOZAKI, K. and KIRA, T. (1961) : The C-D rule, its theory and practical uses (Intraspecific competition among higher plants X). J. Biol. Osaka City Univ. **12**, 69～82

篠崎吉郎・穂積和夫 (1962)：逆数式の係数 A の近似．生理生態 **11**, 78～83

只木良也 (1964)：競争密度効果式を用いて検討した間伐と幹材積収穫との関係 ―アカマツ林の場合―．林試報告 **166**, 1～22

滝川貞男・板垣恒夫 (1982)：シラカンバ2次林下に植栽されたトドマツの成長について．日林北支論 **30**, 71～73

TANAKA, K. (1988) : A stochastic model of height growth in an even-aged pure forest stand —Why is the coefficient of variation of the height distribution smaller than that of the diameter distribution—. J. Jpn. For. Soc. **70**, 20～29

戸沢俊治・千葉宗男・赤坂　宿 (1979)：広葉樹二次林の生態的研究(2) 北上山地のシラカンバ林．日林東北支誌 **31**, 132～134

吉村健次郎・古本浩望 (1973)：広葉樹林の育成に関する研究―シラカンバ林の第一次生産力について―．日林北支講 **22**, 93～96

Summary

Trends of parameters, A and B, of the reciprocal equation of competition-density effect with dominant height class were examined for mean volume-density relationships of Japanese white birch stands. Parameter A was fitted by an exponential function with a constant term and showed an asymptotic trend in the later stand growth stages. The reciprocal of an asymptote of the A was approximately equivalent to the observed maximum stock in white birch stands. Parameter B was allometric overall dominant height classes examined. A modified stand density control diagram for Japanese white birch was prepared in accordance with these parameters' trends. The C-D curve expressing stand stock-density relationships moved along a reverse sigmoid curve with dominant height class on the double logarithmic plot. This trajectory was quite different from that of R_y-curve in Ando's stand density control diagram. The maximum stock is considered to affect intensively the course of stand treatments.