

林分の緊密度とそれを応用した収量 - 密度図の改良

菊 沢 喜 八 郎

Stand Compactness and its Application for Development of the Yield -Density Diagram Kihachiro KIKUZAWA *

は じ め に

天然生広葉樹林を対象にして、保育間伐を行おうとするときは、先に提示した収量 - 密度図（菊沢，1978，1982）を利用することができる。これは各林分において、大きな木から積算した積算材積 Y と積算本数 N との関係を $Y - N$ 曲線としてしめし、各 $Y - N$ 曲線上の等しい直径をしめす点や、等しい平均直径をしめす点を結んだものであるから、それぞれの林分において、林分全体の本数・材積のみならず、各直径階についての本数・材積をも知ることができるのである。

ところで、現実の林分を対象にして、保育間伐に着手するかどうかを決定するためには、その林分の`混みあいかた`を判定する必要がある。人工林であれば、`混みあいかた`は本数密度、あるいは林分材積レベルに応じた本数密度で判定される。しかし天然生林の場合、本数密度のみでは十分ではない。なぜなら天然生林においては、本数概念そのものがかならずしも明確でない（菊沢，1978）うえに、個体間の大小差がきわめて大きいために、同じ本数であっても`混みあいかた`に差のある場合が生じるからである。先にしめした、ミズナラ林を対象とした収量 - 密度図も、よく混みあった一斉林を想定したモデルであるため（菊沢 1979 a）、さまざまな混みあいかたをした林分に適用範囲をひろげるためには、さらに一工夫を要するのである。

この論文では、林分の`混みあいかた`を表わす指標として、林分緊密度（stand compactness）を定義した。次に、各緊密度に応じた収量 - 密度図を描くことにより、その適用範囲をひろげるとともに、実際の林分のとりあつかいに対しても、より有効なものにしようとした。

材 料 と 方 法

北海道内の天然生落葉広葉樹林 101 林分の資料を用いた。われわれが調査した林分資料（菊沢 1978，菊沢ら 1979）に加えて、林業技術現地適応化促進事業および道有林固定生長量測定試験地の資料を用いた。これらは、ミズナラ、シナノキ、イタヤカエデなどを主とする林分が多いが、シラカンバ、ウダイカンバ、ダケカンバを主とする林分や、ブナを主とする林分などをも含んでいる。

各林分において、各個体を大径木から順番に配列し、上位からの積算本数 N および、積算材積 Y を計算した。各 $Y - N$ の値を両対数グラフ上にプロットして、各林分における $Y - N$ 関係を得た。C - D定規（SHINOZAKI & KIRA，1961）を、この $Y - N$ 関係にあてはめ、 $Y - N$ 曲線とそのB - ポイントの位置を決定した。

* 北海道立林業試験場 Hokkaido Forest Experiment Station, Bibai, Hokkaido, 079 - 01

〔北海道林業試験場報告 第 21 号 昭和 58 年 12 月, Bulletin of the Hokkaido Forest Experiment Station, No. 21, December, 1983〕

定義と理論

Y - N曲線は次の逆数式でしめされる (HOZUMI, et al, 1968)

$$\frac{1}{Y} = \frac{B}{N} + A \quad (1)$$

ただし A, B は定数である。

Y - N曲線の位置は, その B - ポイントの座標 (N_B, Y_B) によって決定される。(1) 式の A, B を用いると, N_B, Y_B は次のように表わされる。

$$\left. \begin{aligned} N_B &= \frac{B}{A} \\ Y_B &= \frac{1}{2A} \end{aligned} \right\} (2)$$

林分の B - ポイントはさまざまな位置をとり得るが, 上限値が存在して, それより右上方には点は存在しないと考える。この上限値をしめす両対数軸上の直線を, B - ポイント線と名づける。これは次式であらわされる (菊沢, 1979 a)

$$Y_B = KN_B^{-h} = 15900N_B^{-0.835} \left[m^3/ha, 1/ha \right] \quad (3)$$

この線は, 右下方向から左上方向への線となり, 最多密度線に平行になるものと想定される。したがって, 最多密度に達した密な林分の Y - N曲線の B - ポイントは, B - ポイント線上に位置するものと考えられる。逆に, ある林分の Y - N曲線の B - ポイントが, B - ポイント線上に位置するならば, その林分はよくそろった密な林分であろうと判断できる。

ここで, 林分の緊密度を, 「林分が構成個体によってぎっしりと詰まっている程度」と定義する。この程度を表わす指数を a とし, その Y - N曲線の B - ポイントが, B - ポイント線上に位置する林分では $a = 1$ と規定する。

次に, このような林分から全層間伐を行う場合を考えてみよう。間伐率を r とすれば, 間伐後の B - ポイントの座標は $(1 - r) N_B, (1 - r) Y_B$ となる (図 - 1)(菊沢, 1979 b)。間伐後の林分は, 間伐前に比べて, r だけその緊密度が低下したといってよいだろう。したがって, もとの林分の緊密度 a が 1 であったとすれば, 間伐後の a は $1 - r$ となる。以上から, a の値の範囲は

$$0 < a = 1 - r \leq 1$$

となることが容易に理解されるであろう。

$a = 1$ の点は B - ポイント線上に位置するのであるから, この線上の諸点は, 林分の緊密度という面からは等価である。また $a < 1$ の点は, B - ポイント線よりも左下側に位置し, これらのうち a がある特定の値をしめす点を結べば, B - ポイント線 (3 式) に平行な線になる。これは次のように表すこと

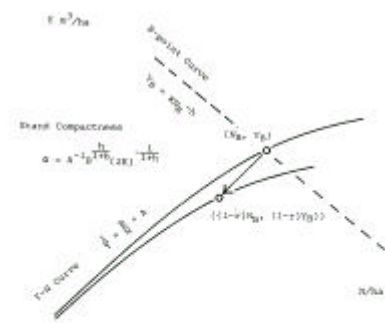


図-1 間伐による Y - N曲線の移動をしめす模式図
The translocation of Y - N curve by thinning.
B - point of the Y - N curve before thinning whose co - ordinates are N_B, Y_B is situated on the B - point curve. The co - ordinates of B - point after thinning become $(1 - r)N_B, (1 - r)Y_B$.

ができる。

$$Y_B = K_a N_B^{-h} \tag{4}$$

ただし、

$$K_a = a^{1+h} \cdot K \tag{5}$$

である。(2),(5),(4)式より a は次式で与えられる。

$$a = A^{-1} B^{\frac{h}{1+h}} (2K)^{-\frac{1}{1+h}} \tag{6}$$

さて以上のような概念は、林分の B - ポイントによらなくても、林分全体の本数・材積に関して定義できよう。特に同齢単純林である人工林の場合は、このような定義で十分であろう。安藤(1968)の収量比較 R_y は、まさしく林分本数・材積によってその混みあいかたを表現したものに他ならない。

天然生林の場合には、異齢でさまざまな大きさの個体が含まれていることが多く、また天然更新によって若木が補充されている場合もあるので、同齢単純林とは異質の問題点が生じる。ひとつは、天然更新による補充がある場合には、林分本数そのものを十分明確には定義しえないことである。もうひとつは、さまざまな大きさの個体を含むために、本数、材積がほぼ等しくても、林分構造にちがいが生じる場合があることである。

図 - 2 には、本数・材積のほぼ等しい a, b , 2つの林分をしめた。 a は個体間の大小差の大きい林分であり、 b は大小差が小さくよくそろった林分である。 a では林冠に隙間があるが b では隙間がない。これらのことから、 b の方が a よりも緊密であることが、直観的に理解される。林分樹高は a の方が b よりも高いから、林分材積を林分樹高で割った商も、 a よりも b の方が大きくなる。

両林分の $Y - N$ 曲線を図 - 3 にしめた。林分 b の $Y - N$ 曲線は林分 a の $Y - N$ 曲線よりも、明らかに右側に位置する。したがってその B - ポイントも、 a のそれよりも右側になる。それゆえ、上にのべた定義にしたがうならば、 b は a よりも緊密度が高いと判断される。

結論として、林分本数・材積に大差がなくとも個体間の大小差にちがいがあるとき、この論文でしめた定義にしたがうことにより、その林分の緊密度を計量することができるといえる。

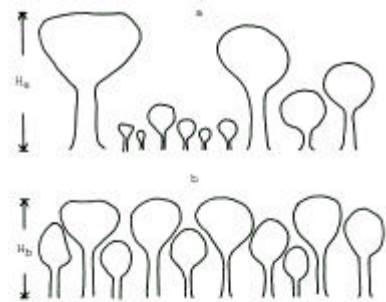


図-2 同じ林分本数、材積を有しながら、林分構造の異なる2つの林分をしめた模式図
Schematic representation of structures of the stands having same stand-number and volume.
a : uneven, loose stand
b : even, compact stand.
 H_a and H_b represent the stand height of a and b.

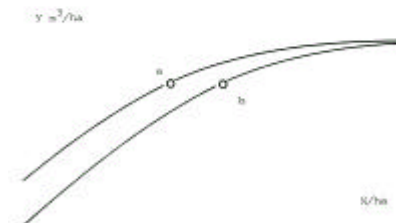


図-3 図-2の林分a, bのY-N曲線をしめた模式図
Schematic representation of Y-N curves of stand a and b.
Open circles indicate B-points of the Y-N curve.

適用と結果

林分のB-ポイント

図-4には、今回調査した101林分のY-N曲線のB-ポイントをしめした。前に報告したB-ポイント線(菊沢, 1979 a)も同時にしめしてある。この線をはみだす点もあるが、それは全体の中ではごくわずかであり、この線がB-ポイントの上限をしめすものとして、妥当であることをしめすものと考えられる。

このB-ポイント線に平行に、 $a=0.2\sim 0.8$ に相当する線を、0.2間隔で引いた。全101林分のうち、 a が0.8以上のものが23、0.6~0.8が18、0.4~0.6が26、0.2~0.4が25、0.2以下が9林分であった。今回調査した林分の緊密度は、きわめて広い範囲に分布しているといえる。

等限界直径線

林分のB-ポイントが、B-ポイント線上を推移するとした場合の等限界直径線は次式により与えられる(菊沢, 1979 a)。

$$N_D = (2K)^{\frac{1}{2h}} W_D^{\frac{1}{2}} A^{-\frac{1}{2}} \left(1 - \frac{1}{h}\right) - (2K)^{\frac{1}{h}} A^{\frac{1}{h}} \quad (7)$$

$$Y_D = A^{-1} - (2K)^{\frac{1}{2h}} W_D^{\frac{1}{2}} A^{-\frac{1}{2}} \left(1 - \frac{1}{h}\right)$$

ここに W_D は直径Dを有する木の個体材積であり、 N_D 、 Y_D は、直径D以上の木の本数および材積である。

(5)式の K_a の値を(7)式のKに代入することにより、林分緊密度 a の値に応じた等限界直径線を描くことができる。

図-5には、 a の値を0.2から1.0まで、0.2間隔で変化させた場合の、10cmの等限界直径線をしめた。図の左側部分では、各曲線は勾配1の直線に収斂し、右側部分では互によく似た曲線群となつて、

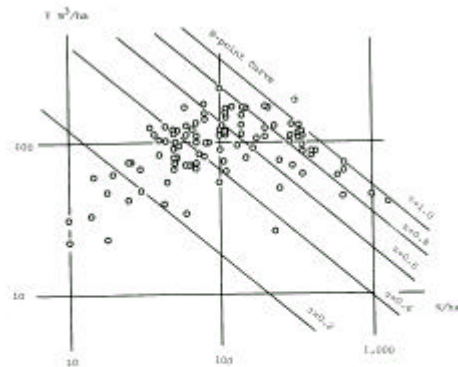


図-4 道内の落葉広葉樹林101林分のB-ポイント
B-points of 101 stands examined in this study. Parallel lines to the B-point curve indicate equivalent stand compactness. Numerals above each line indicate α values. The line of $\alpha=1$ is identical to the B-point curve.

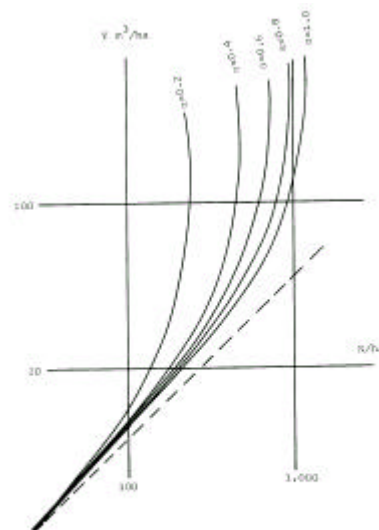


図-5 各 α の値に対応する10cmの等限界直径線
Equivalent diameter curves of 10 cm on every α values. Numerals above the curves indicate α values.

の値が小さいほど左側に、大きいほど右側に位置

図-4にしめした林分のB-ポイントをその a の値に応じて3つのグループに分けた。

すなわち $0.6 < a$ ($a = 0.8$ で代表)
 $0.4 < a \leq 0.6$ ($a = 0.5$ で代表)
 $a \leq 0.4$ ($a = 0.2$ で代表)

である。

3つのグループそれぞれについて、直径 10, 20, 30, および 40 cm の限界直径点を、それぞれの等限界直径線とともに図示した (図6 ~ 図9)。点のばらつきはかなり大きいものの、それぞれの直径階において、林分緊密度 a の小さい林分の限界直径点は図の左側に、大きい林分では図の右側に位置するという傾向がある。

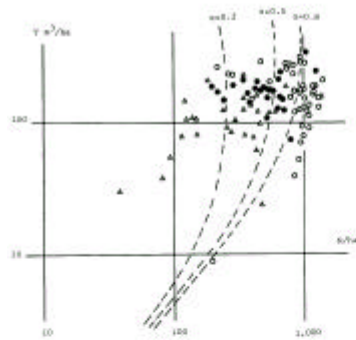


図-6 10 cm の限界直径点
 Equivalent diameter points of 10 cm.
 Broken curves indicate equivalent diameter curves.
 Numerals above the curves indicate a values.
 ○ : $0.6 < a$
 ● : $0.4 < a \leq 0.6$
 △ : $a \leq 0.4$

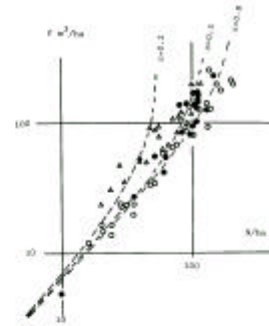


図-8 30 cm の限界直径点
 Equivalent diameter points of 30 cm.
 Broken curves indicate equivalent diameter curves.
 Numerals above the curves indicate a values.
 ○ : $0.6 < a$
 ● : $0.4 < a \leq 0.6$
 △ : $a \leq 0.4$

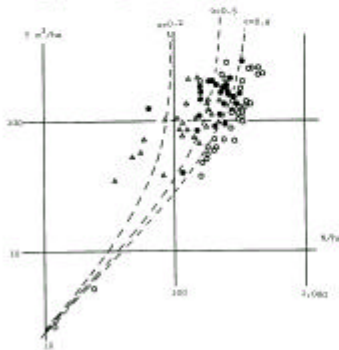


図-7 20 cm の限界直径点
 Equivalent diameter points of 20 cm.
 Broken curves indicate equivalent diameter curves.
 Numerals above the curves indicate a values.
 ○ : $0.6 < a$
 ● : $0.4 < a \leq 0.6$
 △ : $a \leq 0.4$

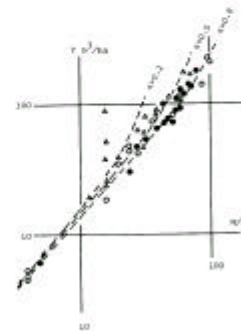


図-9 40 cm の限界直径点
 Equivalent diameter points of 40 cm.
 Broken curves indicate equivalent diameter curves.
 Numerals above the curves indicate a values.
 ○ : $0.6 < a$
 ● : $0.4 < a \leq 0.6$
 △ : $a \leq 0.4$

以上によって、限界直径点の位置のちらばりのうち、かなりの部分はその林分緊密度によって説明できることがしめされた。

論 議

物理的な観点からいうならば、林分の緊密度も物理学的な密度 (kg / m^3) といった尺度で表わすのが正しいといえる。物質現存量密度 (KIRA & SHIDEI, 1967) は、まさしくこれに該当する。ただしこのような密度を、林分の管理に応用する方法は、現在までのところ未だ見出されていない。

本数密度 ($1 / \text{ha}$) は、人工林のような単純林では、緊密度の尺度として十分に有用である。安藤 (1968) による収量比数は、本数密度を同じ生育段階における最多密度と比較して、混みあいかたの程度をしめそうとしたものにほかならない。

しかし天然生林のように、林分構造に大差がある場合には、本数密度だけで緊密度を表わすことはできない。同じ林分本数・材積を有していても、図 - 2 にしめたように、緊密度に差のある林が存在するからである。この論文で提唱した緊密度の表現方法は、林分の構造をしめす Y - N 曲線に基づいているために、林分構造の変化にともなう緊密度のちがいを表わすことが可能である。また図 - 2 にしめたように、この方法は物質現存量密度とも矛盾しない。

林分緊密度の値に応じて、等限界直径線を描くことができる。a の値を 0.8, 0.5, 0.2 すなわち密、中、疎に分けて、それぞれについて限界直径点をプロットすると、疎な林分の点は左側に、密な林分の点は右側に位置するという傾向が認められた。すなわち、限界直径点のちらばりの多くの部分は、林分緊密度のちがいによって説明できる。このようにして、林分緊密度に応じて等限界直径線を描くということは、密、中、疎のそれぞれの林分に応じて収量 - 密度図を作成したということにほかならない。

このような収量 - 密度図は、逆に、対象とする林分の緊密度を、各直径階に応じて判断する基準を与えるであろう。すなわち、各直径階について、それ以上の木の本数・材積を計算し、それが各等限界直径線のどの a のレベルに対応しているかによって、林分の緊密度を直径階に応じて判断できるというわけである。また、このような収量 - 密度図は、単に緊密度の判断に利用できるだけでなく、各 a の値に応じた等限界直径線を本数調節の目安とすることにより、緊密度に応じた林分管理の指針を与えることにもなるであろう。

摘 要

「林分が構成個体によってぎっしりと詰まっている程度」を表わす新しい概念、林分緊密度と、それを表わす指数 a を導入した。Y - N 曲線の B - ポイントが、B - ポイント線上に位置する林分は最も緊密であると考えられるので、その林分緊密度 $a = 1$ であるとした。林分緊密度の3つのレベル、すなわち、密 ($a = 0.8$)、中 ($a = 0.5$)、疎 ($a = 0.2$) に応じて、各等限界直径線を描いた。道内の落葉広葉樹林 101 林分を、その緊密度に応じて、上の3つのグループに分類した。各グループについて、10 cm から 40 cm まで 10 cm 間隔の限界直径点をプロットした。限界直径点のちらばりのかなりの部分は、林分緊密度のちがいによって説明できるようであった。

文 献

- 安藤 貴 1968 同齡単純林の密度管理に関する生態学的研究 . 林試研報 210 : 1 ~ 153
- HOZUMI ,K . ,SHINOZAKI ,K . &TADAKI ,Y . 1968 Studies on the frequency distribution of the weight of individual trees in a forest stand (I) A new approach toward the analysis of the distribution function and the - 3 / 2th power distribution . Jap . J . Ecol . 18 : 10 ~ 20
- 菊沢喜八郎 1978 北海道における天然生広葉樹林の収量 - 密度図 日林誌 60 : 56 ~ 63
- 1979 a ミズナラを主とする広葉樹林の収量 - 密度図 日林誌 61 : 8 ~ 14
- 1979 b 収量 - 密度図を利用した収穫予測の試み 日林誌 61 : 429 ~ 436
- 1982 Yield - density diaqram for natural deciduous broad-leaved forest stands . Forest Ecol . Manage . 4 : 341 ~ 358
- 菊沢喜八郎・浅井達弘 1979 日高地方における広葉樹林の林分構造と生長量 北林試報 16 : 1 ~ 17
- KIRA , T . &SHIDEI , T . 1967 Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the western Pacific . Jap . J . Ecol . 17 : 70 ~ 87
- SHINOZAKI , K . &KIRA , T . 1961 The C - D rule , its theory and practical uses . , Jour . Biol . Osaka City Univ . 12 : 69 ~ 82