



|                  |   |
|------------------|---|
| Title            | カラマツ精英樹クローンの生長とヤング係数  |
| Author(s)        | 高田, 克彦; 小泉, 章夫; 上田, 恒司  |
| Citation         | 北海道大學農學部 演習林研究報告, 46(4), 989-1001   |
| Issue Date       | 1989-08   |
| Doc URL          | <a href="http://hdl.handle.net/2115/21312">http://hdl.handle.net/2115/21312</a> |
| Type             | bulletin (article)  |
| File Information | 46(4)_P989-1001.pdf   |



[Instructions for use](#)

# カラマツ精英樹クローンの生長とヤング係数

高田 克彦\* 小泉 章夫\*\* 上田 恒司\*

## Growth and Modulus of Elasticity of Plus Tree Clones of Japanese Larch (*Larix kaempferi*)

By

Katsuhiko TAKADA\*, Akio KOIZUMI\*\* and Koji UEDA\*

### 要 旨

道内2カ所の林地において、体重負荷方式の生立木曲げ試験によってカラマツ精英樹クローンの樹幹ヤング係数を非破壊的に測定した。同時に対象クローンの胸高直径を測定し、これらのデータに基づいてクローン内、クローン間の生長、材質両面における変動を調べた。その結果、生長、材質いずれにおいてもクローン内変動は小さく、一方クローン間変動は大きいことがわかった。カラマツ精英樹クローンの生長は林地の影響をうけるが、その樹幹ヤング係数の相対的な優劣は両林地において変動が殆どなく、生長と材質は互いに独立性の高い形質であることが示唆された。

キーワード： クローン，生立木，樹幹ヤング係数，生長，カラマツ。

### 1. 結 論

北海道の人工林約150万haのうちカラマツ人工林の占める割合は約30%、50万haにも及ぶ<sup>1)</sup>。この内の約60%、30万haが林齢16~30年の林であり、適度な間伐と将来きたるべき主伐期に備えての材質予測が急務となっている。近年カラマツ造林は、ネズミによる食害や材のネジレ等の原因により手控えられる傾向にあるが、もとよりカラマツはその初期生長が良好であり、大径木の価値も高いことから、材質に重点を置いた育種や施業方法の見直しも検討されており、今後も北海道における主要な造林樹種の一つであることは否定できない。

このような見地に基づいて、当講座では生立木の曲げ試験によりカラマツ材の材質評価を

---

1989年2月28日受理 Received February 28, 1989.

\* 北海道大学農学部林産学科木材加工学講座

Laboratory of Timber Engineering, Faculty of Agriculture, Hokkaido University.

\*\* 北海道教育大学札幌分校

Sapporo College, Hokkaido University of Education.

行ない、樹種内の変動を調べカラマツ造林木の現状と育種の方向を探ってきた。しかしながら、出所の明らかでないカラマツ造林木に対する試験では、対象試験地での現状把握は出来るが、材質育種の研究に有益な情報を提供することは難しいと判断される。

林木を出所が同じグループに分け性質を比較する研究は、選抜育種を目的として数多く行なわれてきている。それらの研究で取扱われている性質は、比較的木材強度と相関が低いものが多く、木材の強度材質に直接焦点をあてた選抜の基準項目にはなりにくい。そこで今回の実験では、クローン間の材質比較のパラメーターとして樹幹ヤング係数を用いた。樹幹ヤング係数はその樹木のもつ諸性質が複合して現れる形質と考えられ、個々の樹木の材質を相対的に評価、比較するのに都合がよい。木材の強度評価という面から見ても、曲げ強さなどの力学的諸性質と最も相関の高い形質はヤング係数であり、これによる相対評価は有効な基礎資料となると考える。

なお、本来“クローン”という単語は生物の単一細胞、または1個体から有性生殖を経ることなく栄養繁殖的に生じた細胞集団または子孫をいい<sup>2)</sup>、通常はその集団を指すことが多い。しかし、単木的な意味に用いられることもあり、判断が難しい場合もある。そこで、本論文では便宜上“クローン”はその集団を表わすことにし、単木的には“個体”と呼ぶこととする。

## 2. 試験地と供試木

試験は以下の林地で行なった。

|             |              |        |
|-------------|--------------|--------|
| 林野庁北海道林木育種場 | カラマツ類クローン集植所 | 江別市文京台 |
| 北海道立林業試験場   | カラマツ類クローン集植所 | 美唄市光珠内 |

江別、美唄試験地の供試木の樹齢は、各々28年、29年である。試験は、江別、美唄両試験地に共通の25クローンに対して行ない、各試験地1クローンにつき3本をめぐりて個体を選木、生立木曲げ試験によって樹幹ヤング係数 ( $E_s$ ) を測定し、その平均値 (Av.  $E_s$ ) をそのクローンの代表値とした。両試験地とも各クローンの植栽本数が少ないうえ、試験実施が困難な幹曲りのあるものを除いて選木したため、2本だけしか試験できなかったクローンもあった。また、胸高直径 (DBH) を測定し、その平均値 (Av. DBH) とともに生長のデータとして使用した。

## 3. 試験方法

樹幹ヤング係数は、当講座で考察した生立木の曲げ試験装置を使用して非破壊的に測定した。本試験は体重負荷によるモーメント荷重での樹幹の撓みをダイヤルゲージによって測定し、樹幹ヤング係数を算出する方法で、カラマツへの適用性についてはすでに報告されている<sup>3-7)</sup>。本実験において樹幹ヤング係数 ( $E_s$ ) は以下の式から求められる。

$$E_s = \frac{s^2 M}{8 I \delta} = \frac{1592 W (L + r_{180})}{\delta (r_{120} - t_b)^4}$$

ここで、 $s$  : 矢高測定区間の長さ (100 cm)

$M$  : 負荷モーメント

$I$  : 樹幹の断面 2 次モーメント

$\delta$  : 区間  $s$  における樹幹の曲げ矢高

$W$  : 試験者の体重

$L$  : アーム (挺子) 長さ

$r_{180}$  : 高さ 180 cm の樹幹半径

$r_{120}$  : 高さ 120 cm の樹幹半径

$t_b$  : 樹皮厚

試験手順は次のとおりである。

- (1) 樹高 2 m 附近までの枝を払い、樹高 120 cm, 180 cm の 2 カ所の周囲長を測定する。
- (2) 樹高 120 cm での樹皮厚を 1 mm 毎に刻みを付けた精密ドライバーを用いて 3 方向で測定する。
- (3) 樹高 2 m 附近にロープを巻きつけ樹幹に対して水平に挺子を取り付ける。
- (4) 樹高 70~170 cm の区間に矢高測定器を取り付ける。
- (5) 挺子から吊り下げたアブミに試験者が乗り、樹幹にモーメント荷重を与えそれによる撓みを矢高測定器で測定する。

なお、試験は供試木 1 本につき直交 2 方向で行ない、その平均値から供試木の樹幹ヤング係数を算出する。

#### 4. 結果と考察

江別、美唄両試験地での試験結果を Table 1 に示す。

Table 1. Test results

EBETSU (Number of sample trees=71)

|                             | MAX   | MIN  | Av   | S. D. | C. V. (%) |
|-----------------------------|-------|------|------|-------|-----------|
| DBH (cm)                    | 24.0  | 13.9 | 19.2 | 2.0   | 10.4      |
| $E_s$ (tf/cm <sup>2</sup> ) | 150.9 | 69.1 | 95.9 | 16.9  | 17.6      |

BIBAI (Number of sample trees=63)

|                             | MAX   | MIN  | Av   | S. D. | C. D (%) |
|-----------------------------|-------|------|------|-------|----------|
| DBH (cm)                    | 27.7  | 17.1 | 22.3 | 2.1   | 9.7      |
| $E_s$ (tf/cm <sup>2</sup> ) | 156.6 | 71.5 | 98.4 | 17.9  | 18.2     |

#### 4.1 クローン内の個体差

本来、同一クローン内では個体差はないものと考えられるが、樹木の場合後天的な環境要因などにより個体差が生じる可能性がある。そこで、江別、美唄両試験地での試験結果のクローン内変動を調べてみた。

##### 4.1.1 直径生長

Fig. 1 は江別試験地における各個体のクローン別の胸高直径の変動, Fig. 2 はその平均と標準偏差である。クローンの標準偏差の平均(Av. S. D.)は1.1 cm(最大値=3.2 cm 最小値=0.1 cm)と非常に小さく, 変動係数の平均(Av. C. V.)は5.9%(最大値=17.5%最小値0.4%)

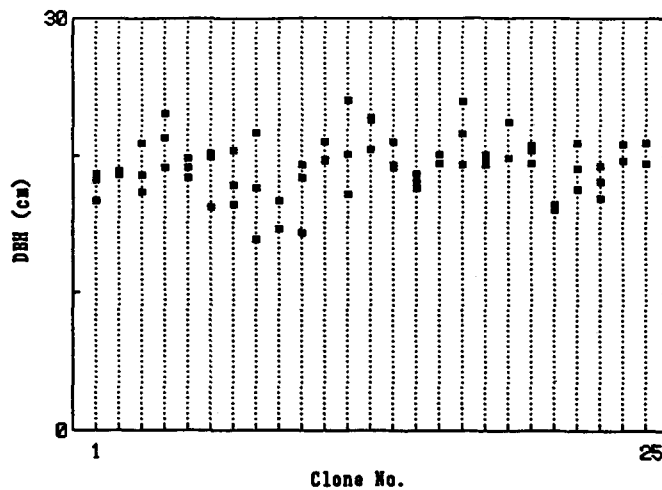


Fig. 1. Variation of DBH of clones. (EBETSU)

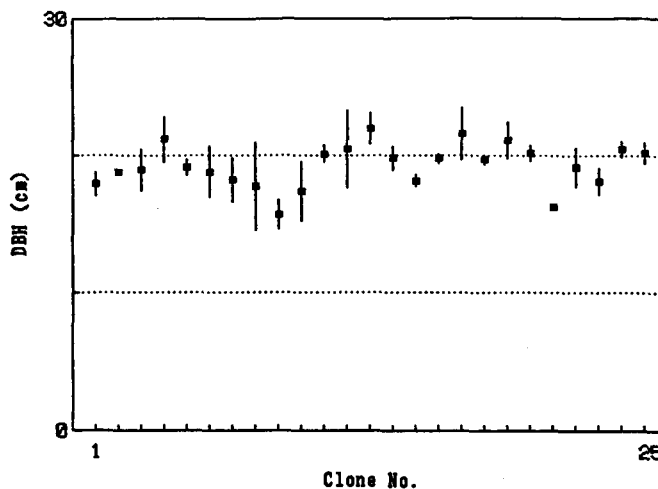


Fig. 2. Average and standard deviation of DBH of clones. (EBETSU)

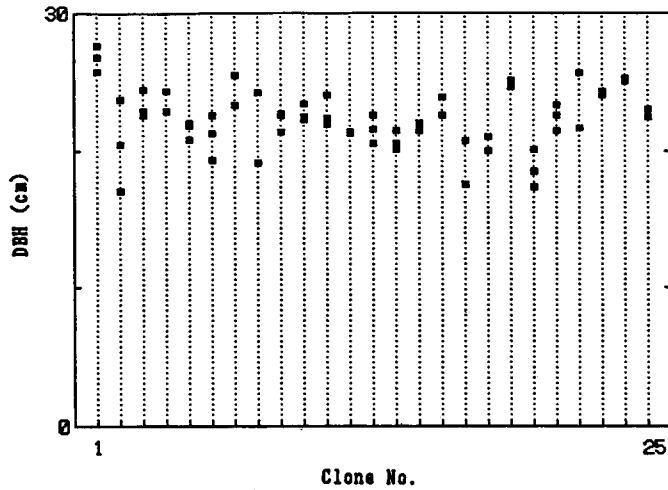


Fig. 3. Variation of DBH of clones. (BIBAI)

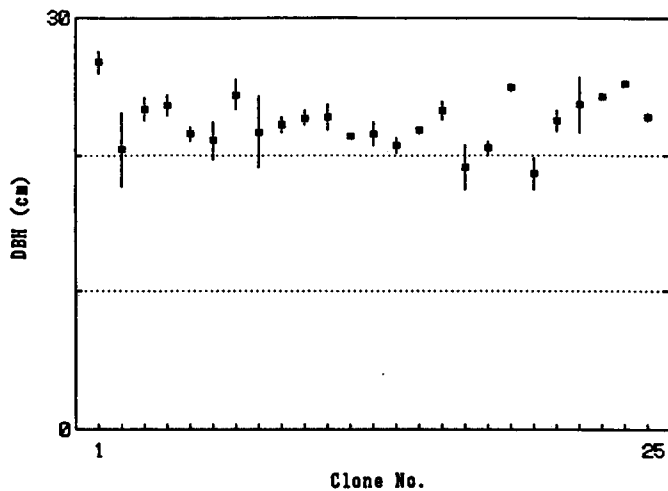


Fig. 4. Average and standard deviation of DBH of clones. (BIBAI)

となる。また、変動係数比(クローン変動係数/試験木全体の変動係数)の平均は0.55であった。

Fig. 3は美唄試験地における各個体のクローン別の胸高直径の変動, Fig. 4はその平均と標準偏差である。ここでもクローンの Av. S. D.は0.9 cm (最大値=2.7 cm 最小値=0.05 cm)と非常に小さく, Av. C. V.は4.0% (最大値=13.1% 最小値=0.2%)となる。また, 変動係数比の平均は0.40であった。これらの結果は, 同一クローン内の個体差が小さいことを示しており, いずれの林地においても後天的な環境要因などにより生長に関してクローン内に個体差が生じる可能性は小さいと考えられる。

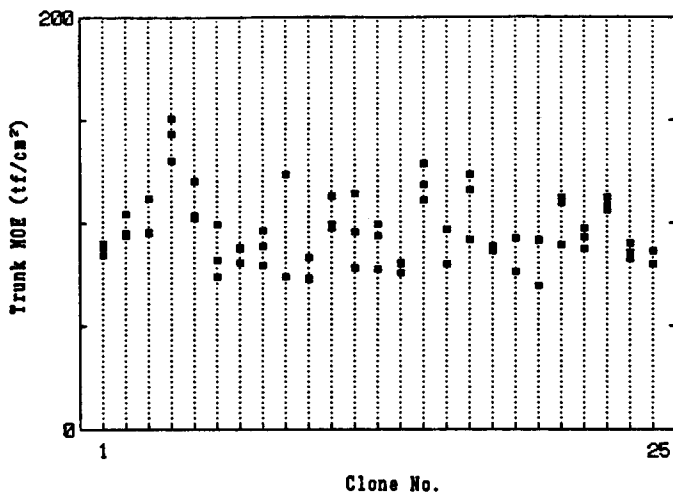


Fig. 5. Variation of trunk MOE of clones. (EBETSU)

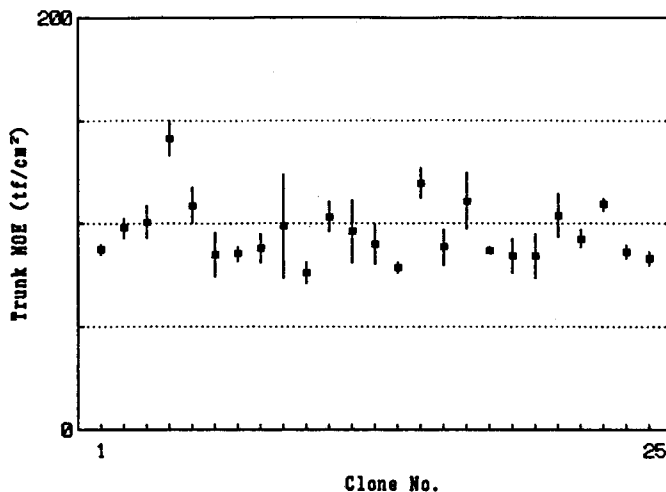


Fig. 6. Average and standard deviation of trunk MOE of clones. (EBETSU)

#### 4.1.2 樹幹ヤング係数

Fig. 5 は江別試験地における個体のクローン別の樹幹ヤング係数の変動, Fig. 6 はその平均と標準偏差である。クローンの Av. S. D. は  $7.6 \text{ t/cm}^2$  (最大値 =  $25.3 \text{ t/cm}^2$  最小値 =  $1.3 \text{ t/cm}^2$ ) と非常に小さく, Av. C. V. は  $7.8\%$  (最大値 =  $25.6\%$  最小値 =  $1.5\%$ ) となる。また, 変動係数比の平均は  $0.45$  であった。また, Fig. 7 は美唄試験地のクローン別の樹幹ヤング係数の変動, Fig. 8 はその平均と標準偏差である。クローンの Av. S. D. は  $6.8 \text{ t/cm}^2$  (最大値 =  $15.1 \text{ t/cm}^2$  最小値 =  $0.6 \text{ t/cm}^2$ ) とさらに小さく, Av. C. V. は  $7.0\%$  (最大値 =  $16.1\%$  最小値 =  $0.5\%$ ) となる。また, 変動係数比の平均は  $0.39$  であった。これらの結果はいずれの試験地で

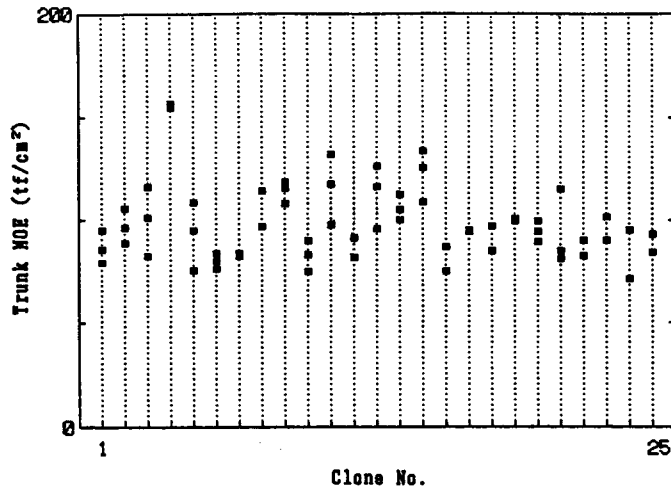


Fig. 7. Variation of trunk MOE of clones. (BIBAI)

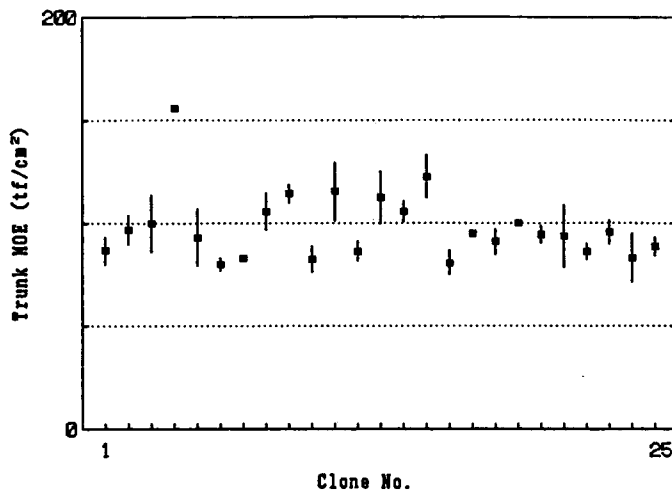


Fig. 8. Average and standard deviation of trunk MOE of clones. (BIBAI)

も生長と同様、樹幹ヤング係数においても同一クローンに属する個体間の差が小さいことを示しており、樹幹ヤング係数に関しても後天的な環境要因などによりクローン内に個体差が生じる可能性は小さいと考えられる。

#### 4.2 クローン間の比較

今回の試験対象木はカラマツ精英樹クローンであり、精英樹選木における主要な基準が直径生長であることを考えると試験対象木の生長は平均的に良好なものが多いはずである。これらの中から生長のより優良で、なおかつ樹幹ヤング係数の大きいクローンを選定することが出来れば今後のカラマツ造林にとって非常に有益な情報となるであろう。そこで両試験地での生



長および樹幹ヤング係数をクローン間で比較し差異の有無を検討した。

#### 4.2.1 直径生長

江別試験地では、クローンの Av. DBH の最大値は 21.9 cm (クローン番号 13)、最小値は 15.7 cm (クローン番号 9) で、その差は 6.2 cm と有意 (危険率 1%) であった。また、Av. DBH の最大値と全供試木の平均 (19.2 cm) の差は 2.7 cm (危険率 5% で有意)、Av. DBH の最小値と全供試木の平均の差は 3.5 cm (危険率 1% で有意) であった。

一方、美唄試験地ではクローンの Av. DBH の最大値は 26.8 cm (クローン番号 1)、最小値は 18.6 cm (クローン番号 20) で、その差は 8.2 cm と有意 (危険率 1%) であった。Av. DBH の最大値と全供試木の平均 (22.3 cm) の差は 4.5 cm (危険率 1% で有意) であった。Av. DBH の最小値と全供試木の平均の差は、3.7 cm (危険率 1% で有意) であった。以上の結果は、各試験において他のクローンに比べて明らかに生長の優れたクローンが存在することを示している。

#### 4.2.2 樹幹ヤング係数

江別試験地では、クローンの Av.  $E_s$  の最大値は 141.4 t/cm<sup>2</sup> (クローン番号 4)、最小値は 76.2 t/cm<sup>2</sup> (クローン番号 10) で、その差は 65.2 t/cm<sup>2</sup> (危険率 1% で有意) であった。また、Av.  $E_s$  の最大値と全供試木の平均 (95.9 t/cm<sup>2</sup>) と差は 45.5 t/cm<sup>2</sup> (危険率 1% で有意) であった。Av.  $E_s$  の最小値と全供試木の平均の差は 19.7 t/cm<sup>2</sup> (危険率 5% で有意) であった。

一方、美唄試験地ではクローンの Av.  $E_s$  の最大値は 155.9 t/cm<sup>2</sup> (クローン番号 4)、最小値は 80.1 t/cm<sup>2</sup> (クローン番号 16) で、その差は 75.8 t/cm<sup>2</sup> (危険率 1% で有意) と江別試験地より大きい差があった。Av.  $E_s$  の最大値と全供試木の平均 (98.4 t/cm<sup>2</sup>) の差は 57.5 t/cm<sup>2</sup> (危険率 1% で有意) であった。Av.  $E_s$  の最小値と全供試木の平均の差は 18.3 t/cm<sup>2</sup> であった。

これらの結果は、各試験地において樹幹ヤング係数においても他のクローンに比べて明らかに優れたクローンが存在することを示している。同一林地内において樹幹ヤング係数の優れたクローンと生長の優れたクローンは必ずしも一致しないが、これらの両形質がともに比較的優秀なクローンを選ぶことは可能である。江別試験地ではクローン番号 4, 5 が、美唄試験地ではクローン番号 4, 11, 19 がこれに相当すると考えられる。

### 4.3 林地間の比較

これまでに、クローン内の個体差が小さく、各試験地において他のクローンと比較して生長、樹幹ヤング係数の優れたクローンが存在することが分かった。しかし、それらの相対的な序列が林地によって変動するのではクローンを総合的に評価することはむずかしい。そこで次に林地間におけるその優劣の相対的な変動を調べてみた。

#### 4.3.1 直径生長

Fig. 2, Fig. 4 に江別, 美唄両試験地での各クローンの平均胸高直径を示した。

2 林地の平均胸高直径の差は 3.1 cm であった (危険率 1% で有意)。この結果は、植栽する場所により同じクローンであってもその生長に違いが生じることを示している。両林地での相関を求めてみたが (Fig. 9), 両林地の間には相関は認められなかった。この結果は、カラマツ精英樹クローンの生長は林地により差が生じ、林地に関係なく優良な生長を示すクローンが存在する可能性が小さいことを示唆している。これらのことより、生長は林地の環境に影響されやすい形質であることが予想される。

4.3.2 樹幹ヤング係数

Fig. 6, Fig. 8 に江別, 美唄両試験地での各クローンの平均樹幹ヤング係数を示した。

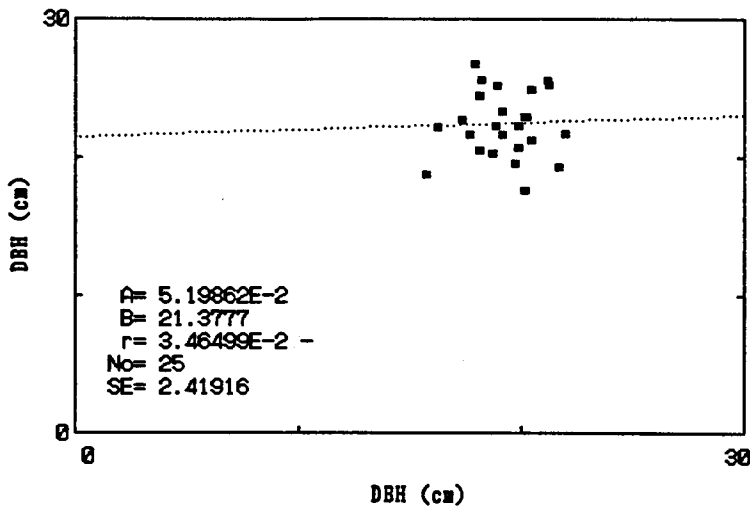


Fig. 9. Correlation of DBH between two sites.

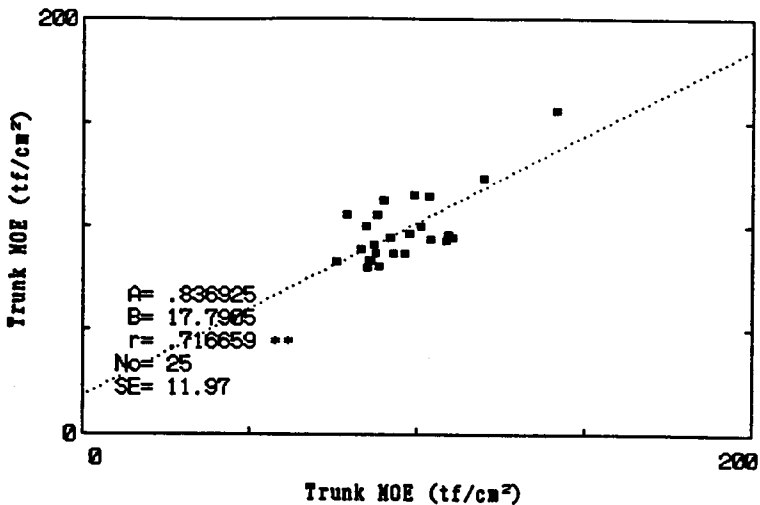


Fig. 10. Correlation of trunk MOE between two sites.

2林地の平均樹幹ヤング係数の差は $2.5 \text{ t/cm}^2$ でその差は有意ではない。また、両林地での相関を求めたところ (Fig. 10), 両者の間には高い相関が認められた (危険率1%で有意)。この結果は、カラマツ精英樹クローン間の樹幹ヤング係数の相対的な優劣は植栽する場所が異なっても殆ど変化しないことを示している。すなわち、材質面においては林地を問わず優良なクローンを選定することが可能であることを示唆している。しかし、有意ではないが2林地の平均樹幹ヤングに差があったことは樹幹ヤング係数が環境影響と無縁ではないことを示しており、クローンの選定とともに造林地の選定も良質木の生産にとっては重要なポイントであることが明らかになった。

#### 4.4 直径生長と樹幹ヤング係数

Fig. 11, Fig. 12 に両林地での生長と樹幹ヤング係数の関係を示す。いずれの林地においても両者に相関は認められない。

この結果はカラマツ精英樹クローンのヤング係数とその生長の良否に影響されない形質であることを示唆している。また、今回の試験対象クローンを含む74クローン、216本に対する江別試験地での実験においても同様の結果が得られており、生長と材質は互いに独立性の高い形質であることが予想された。Fig. 13 は両試験のデータをプロットしたものである。この図より胸高直径に関わらず樹幹ヤング係数の下限値がほぼ一定値をとることがわかる。生長と材質が独立性の高い形質であることは先に述べたが、ヤング係数の下限が生長の良否に影響されないで一定の値をとる傾向をもつことは非常に興味深い。これは、今回の試験供試木の樹齢が約30年とすでに成熟期に達しており、個体間に初期生長速度に違いがあったにせよ、林内の鬱閉に伴い外側の年輪幅に差がなくなってきていることも原因の一つとして考えられるが、他の林地での試験でも同様の結果が得られており、カラマツの樹種特性ではないかと考えられ

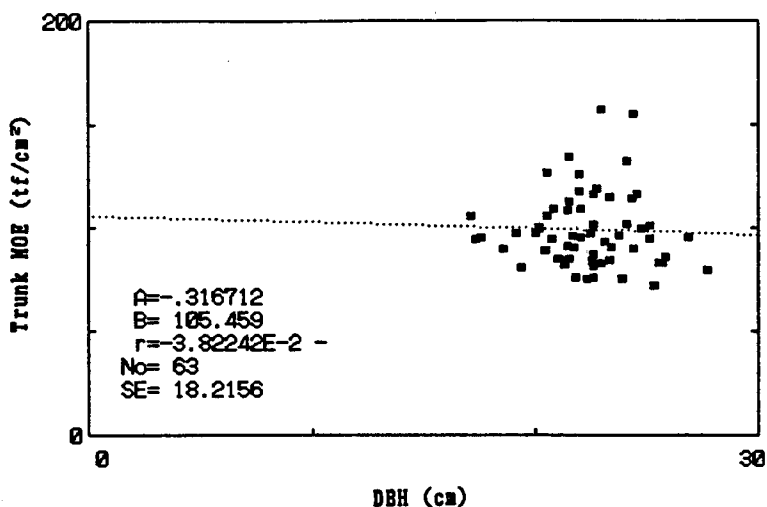


Fig. 11. DBH and trunk MOE. (EBETSU)

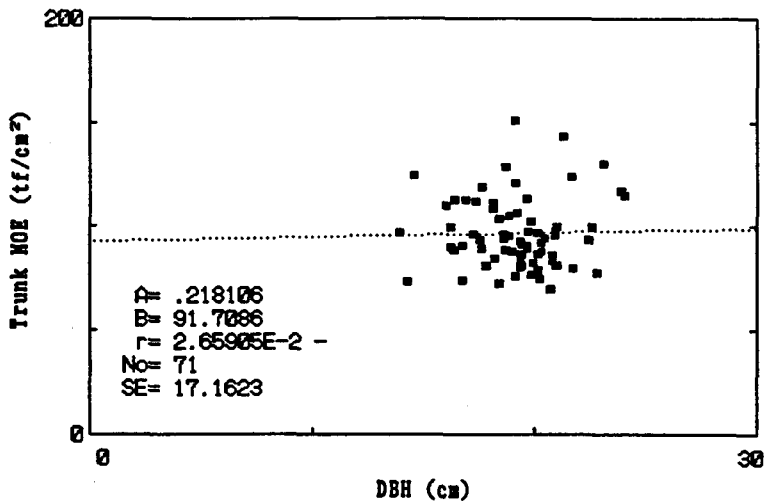


Fig. 12. DBH and trunk MOE. (BIBAI)

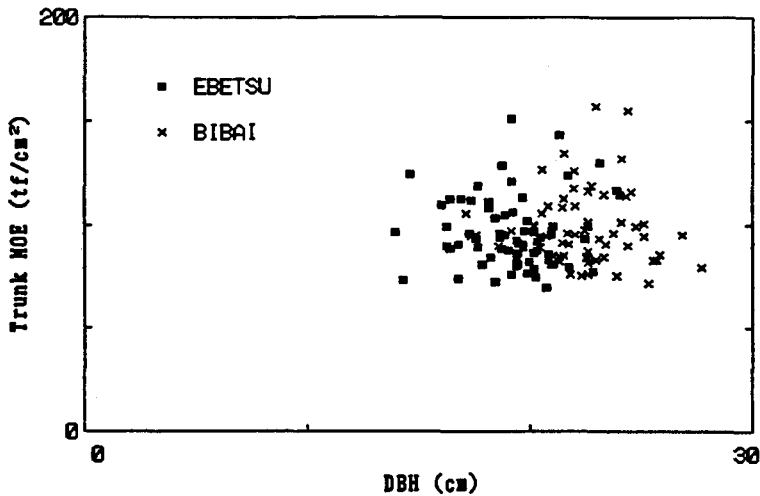


Fig. 13. DBH and trunk MOE. (combined)

る。

## 5. 結 論

クローンによるグループ分けは生長、材質両面の比較、検討において非常に有効である。すなわち、生長、材質共にクローン内のバラツキは小さく、一方クローン間のバラツキは大きい。また、林地間で各クローンの生長には相関が認められなかったが、樹幹ヤング係数には高度の相関が認められた。さらに、生長と材質は独立性の高い形質であり、生長の良好な個体が必ずしも材質が劣るわけではないことがわかった。これらを総合すると材質優良クローンによ

る効率的な育種，造林は可能と言える。すなわち，樹幹ヤング係数が大きく，比較的生長の良好なクローンを選抜し，地位の高い林地に造林することによって良質材の生産を確保してゆくことができるであろう。

今後の課題としては，材質優良クローンに対する遺伝的，環境的影響を調べることであろう。そのためには，土壌条件，気温，積雪量などの環境因子を吟味した上で複数の次代検定林を設置する必要があると考える。材質優良クローンを候補として終らせてしまわないためにも次代検定の実施が不可欠であると考えられる。

## 謝 辞

本研究を行なうにあたり試験の実施に際して御配慮いただいた北海道立林業試験場 古本忠場長，大島紹郎氏，林野庁北海道林木育種場育種課長 片寄 藤氏に深く感謝する。また，実験にあたって御協力いただいた当講座専攻生 久保英之氏にお礼申し上げる。

## 参 考 文 献

- 1) 北海道林業統計昭和61年度
- 2) 岩波理化学辞典：岩波書店
- 3) 小泉章夫：生立木の非破壊試験による材質評価に関する研究．北大演研報，44(4)，1329-1415，(1987)．
- 4) 小泉章夫，上田恒司：立木の曲げ試験による材質評価(第1報)樹幹曲げ剛性の測定，木材学会誌，32(9)，669-676 (1986)．
- 5) 小泉章夫：生立木の非破壊材質試験，北方林業，40(1)，2-6 (1988)．
- 6) 小泉章夫，高田克彦，上田恒司，片寄 藤：カラマツ類精英樹クローンの生長と材質，第38回日本木材学会大会研究発表要旨集 p. 461 (1988)．
- 7) 小泉章夫，高田克彦，上田恒司：桧山地方演習林の造林木の樹幹ヤング係数，北大演研報，46(2)，441-450，(1989)．

## Summary

The authors have investigated trunk MOEs (modulus of elasticity) at several plantation forests of conifers in Hokkaido. This report is the result of experiments with plus tree clones of larch (*Larix kaempferi*) at two sites.

The results can be summarized as follows:

- 1) The variation of trunk MOE and DBH (diameter at breast height) within each group of clones is small at each site (Figs. 2, 4, 6, 8).
- 2) Between the each group of clones, the variation of trunk MOE and DBH is large at each site.
- 3) There is a high correlation between the average values of trunk MOE obtained from the two sites for the same type of clone (Fig. 10).
- 4) The growth rate and trunk MOE seem to be independent characteristics in the larch tree (Figs. 11, 12).

5) Trunk MOE values tend to be above a certain lower limit (Fig. 13).

From these results and from further investigations, it may become possible to select the best clones and produce timber that has the qualities of both fast growth and good structural properties. In order to realize this strategy, the establishment of the progeny test forests and the systematic determination of trunk MOE are indispensable.