

苗木のヤング係数測定法の開発

誌名	日本林學會誌 = Journal of the Japanese Forestry Society
ISSN	0021485X
著者名	中村,昇
発行元	日本林學會
巻/号	79巻1号
巻号補足	
掲載ページ	p. 43-48
発行年月	1997年2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

苗木のヤング係数測定法の開発*

中 村 昇**

中村 昇：苗木のヤング係数測定法の開発 日林誌 79：43~48, 1997 木材を構造材として用いる場合、ヤング係数や強度が重要な指標となる。強度はヤング係数と正の相関関係を有すること、ヤング係数は非破壊的に測定可能であることから、集成材やトラス等の構造部材に国産材を広範に利用して行く方法として、ヤング係数の大きな立木を育てて行くことが考えられる。そこで、苗木の段階でヤング係数を測定し、ヤング係数の値による選抜育種の可能性を探るため、苗木のヤング係数測定法の開発を行った。すなわち、苗木を苗床から掘り取り、2点で支持し、重りを載加することにより生ずるたわみから、苗木のヤング係数を求めることができた。ヤング係数の大きなものは、3年間と限られた期間ではあるが、年月を経た後も大きい傾向にあることがわかった。また、苗木のヤング係数と、成長の因子である樹高および地際直径との関係を見ると、成長の悪い苗木の方が、ヤング係数が大きいことを示す結果が得られた。

キーワード：苗木, ヤング係数

Nakamura, N.: Development of measuring Young's modulus of planting stock. J. Jpn. For. Soc. 79: 43~48, 1997 Young's modulus and strength are important indexes in the use of timber as structural material. Young's modulus has a positive correlation to strength and can be measured nondestructively. The breeding and growing of trees with a large Young's modulus would be an important way to encourage the future use of domestic timbers as structural members in glue-laminated lumber or trusses. The objective in this research was to determine whether the value for Young's modulus measured in planting stock would reflect the value for this characteristic in older trees. Specifically, would it be possible to select for this variable on the basis of the value for Young's modulus in planting stock? A procedure to measure Young's modulus in planting stock was developed. Planting stock were dug out of the nursery bed. The stem of the seedling was set at two points and a load was applied at the center of the span. Young's modulus for the planting stock was calculated from the deflection produced from the load. Two trends were observed. Firstly, planting stock that had a larger value for Young's modulus initially, also had a larger value after two years. Secondly, planting stock with poor growth, i.e. lower tree height and smaller diameter, had a larger Young's modulus.

Key words: planting stock, Young's modulus

I. は じ め に

木材のヤング係数の測定は古くから行われているが、立木に関しては歴史は浅く(1,2,4),特に苗木のような成熟樹齢に達していない立木については皆無といってよい。また、材質育種における次世代検定には、数十年という年月を費やさなければならないが、苗木の段階で材質について判定ができ、早期検定が可能となれば、育種に要する期間を飛躍的に短縮することができるであろう。

ヤング係数は、木材の物理的性質の一つにすぎない。しかし、例えば、「針葉樹構造用製材の日本農林規格」や、等級区分されたMSR (Machine Stress Rated) 材が、ヤング係数と強度の関係から等級を決めていることを考えると、ヤング係数は、構造材として利用する上で、木材に求められる材質を示す重要な指標である。そこで、重要な指標となり得るヤング係数を、苗木の段階で測定する手法を開発するため、次のような実験を行った。

苗木のヤング係数が測定可能であるかどうかを検討するため、苗木を苗床から掘り取り、2点で支持し、中央に重りを載加することにより生ずるたわみを測定することにより、ヤング係数を求めた。このようにして苗木のヤング係

数を測定し、その値の大きいものは、年月を経た後も大きい傾向にあるのか確かめるため、同一の個体に対し同様の実験を3年間にわたり行うことにより、ヤング係数の推移を調べた。

II. 実 験

1. 実験方法と試験体

実験は図-1に示すように行った。すなわち、苗木を苗床から掘り取り、2点で支持し、中央に重りを載加することにより生じるたわみを測定し、この測定結果にもとづいてヤング係数を算出した。樹種は、カラマツ・グイマツ雑種 F_1 (*Larix leptolepis* × *Larix gmelini*), エゾマツ (*Picea jezoensis*), トドマツ (*Abies sachalinensis*), アカエゾマツ (*Picea glehnii*), カラマツ (*Larix leptolepis*) である。これらを表-1~3に列挙した。2, 3年目の測定において、雪の影響で地際部分が曲がってしまった試験体については、ヤング係数の値に影響を与えるため除いてある。

測定は、カラマツを除き、1993年6月上旬(1年目)と、1994年11月中旬(2年目)、1995年11月中旬(3年目)に行った。カラマツについては、1994年6月上旬(1年目)、1995年11月中旬(2年目)に測定を行った。よっ

* 本研究の一部は日林論北支論に報告し、また第105回日本林学会大会で口頭発表した。

** 東京大学農学部附属北海道演習林 Univ. For. in Hokkaido, Fac. of Agric., The Univ. of Tokyo, Furano 079-15

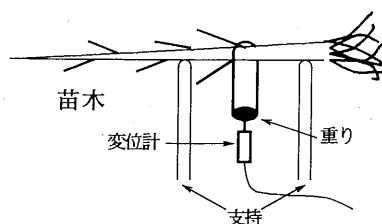


図-1. 試験方法

て、いずれの樹種についても同一個体について、同様の測定を2年間ないし3年間継続して行ったことになる。1年目の6月上旬は形成層の活動期であり、測定されるヤング係数の値に影響を及ぼす(2)ため、2年目以降では、形成層の休止期である11月中旬に測定を行った。

1年目の測定では、F₁1年生、エゾマツ2年生、トドマツ3年生、アカエゾマツ3年生については、樹幹が細いため、図-1で示した実験方法を適用するためには、重量の小さな重りを載加しなければならない。しかし、この場合

表-1. 試験体(1年目)

樹種 苗 齢	本数	苗高(cm) 最小-平均-最大 変動係数(%)	地際直径(mm) 最小-平均-最大 変動係数(%)	ヤング係数(tf/cm ²) 最小-平均-最大 変動係数(%)
F ₁ * 1年生	115	7.50- 13.9- 23.0 22.58 %	0.92- 1.78- 3.04 18.92 %	0.33- 2.66- 8.82 58.11 %
F ₁ * 2年生	100	36.9 - 64.9- 84.0 15.24 %	5.53- 8.56-12.31 14.89 %	1.20- 7.02-13.35 29.74 %
F ₁ * 3年生	108	64.7 -110.9-161.9 20.36 %	8.34-12.35-18.87 18.36 %	1.16- 3.87-10.50 46.90 %
トドマツ 3年生	76	10.0 - 15.0- 21.9 13.52 %	2.21- 3.08- 4.37 15.46 %	3.66- 8.01-17.75 32.54 %
エゾマツ 2年生	78	5.7 - 10.1- 13.0 16.18 %	1.36- 2.13- 3.96 22.58 %	0.93- 6.39-13.17 42.07 %
アカエゾマツ 3年生	106	9.1 - 14.1- 18.1 13.49 %	2.20- 2.88- 5.09 16.69 %	4.35- 9.94-16.34 27.90 %
アカエゾマツ 4年生	83	14.9 - 23.2- 36.4 18.90 %	2.65- 4.63- 7.59 24.81 %	1.93- 4.63- 8.87 36.32 %
カラマツ 2年生	51	24.8 - 39.7- 62.1 29.64 %	5.02- 8.09-11.09 14.76 %	0.73- 1.71- 3.89 41.39 %

*カラマツ・グイマツ雑種。

表-2. 試験体(2年目)

樹種 苗 齢	本数	苗高(cm) 最小-平均-最大 変動係数(%)	地際直径(mm) 最小-平均-最大 変動係数(%)	ヤング係数(tf/cm ²) 最小-平均-最大 変動係数(%)
F ₁ * 2年生	63	30.8- 86.6-153.6 38.32 %	3.94- 9.79-22.35 39.46 %	0.80- 8.64-18.65 47.17 %
F ₁ * 3年生	23	118 -166 -203 13.46 %	10.77-15.93-22.18 17.65 %	7.44-14.57-24.29 32.13 %
F ₁ * 4年生	28	114 -170 -257 23.98 %	10.18-17.86-26.32 19.88 %	6.54-13.81-43.56 50.57 %
トドマツ 4年生	10	18.6- 31.8- 44.8 27.83 %	6.21- 7.94- 9.74 13.33 %	4.29- 5.87- 7.78 18.21 %
エゾマツ 3年生	25	11.6- 18.1- 32.2 24.65 %	4.28- 6.23- 9.49 21.56 %	0.97- 3.96- 7.68 45.85 %
アカエゾマツ 4年生	34	12.6- 23.3- 29.8 17.00 %	4.45- 7.41-10.50 13.08 %	1.41- 4.82-10.51 53.40 %
アカエゾマツ 5年生	21	24.4- 34.6- 43.4 12.80 %	5.59- 9.00-13.81 21.36 %	2.96- 6.18-12.87 39.27 %
カラマツ 3年生	6	123.3-137.0-155.6 9.49 %	17.00-21.34-26.20 16.49 %	4.53- 7.75-12.31 31.56 %

*カラマツ・グイマツ雑種。積雪のため地際部分が曲がってしまった試験体は除いてある。

表-3. 試験体(3年目)

樹種 苗齢	本数	苗高(cm) 最小-平均-最大 変動係数(%)	地際直径(mm) 最小-平均-最大 変動係数(%)	ヤング係数(tf/cm ²) 最小-平均-最大 変動係数(%)
F ₁ * 3年生	62	41 -114 -222 39.62 %	7.05-14.10-24.66 37.35 %	1.59-11.16-22.15 42.11 %
F ₁ * 4年生	59	117 -189 -244 13.00 %	14.37-21.38-29.71 16.73 %	1.32-10.56-20.85 47.97 %
F ₁ * 5年生	67	126 -192 -282 20.89 %	12.78-22.16-34.85 22.58 %	1.09- 8.83-22.59 60.77 %
トドマツ 5年生	69	21.8- 31.7- 44.8 15.87 %	6.51- 9.91-13.41 16.37 %	2.76- 6.21-11.32 33.76 %
エゾマツ 4年生	31	13.2- 20.7- 36.7 27.01 %	4.45- 6.62- 8.51 19.01 %	1.73- 4.66- 9.46 43.73 %
アカエゾマツ 5年生	65	16.2- 25.6- 34.0 16.00 %	4.44- 7.78-11.40 18.11 %	2.21- 5.86-11.25 38.08 %
アカエゾマツ 6年生	67	23.6- 39.8- 52.4 14.88 %	5.08- 9.80-16.96 24.12 %	1.65- 5.84-12.16 37.70 %

*カラマツ・グイマツ雑種。積雪のため地際部分が曲がってしまった試験体は除いてある。

変位計のバネで重りが浮いてしまい、変位計によるたわみ測定ができない。そこで、重量の小さな重りを載加することにより生ずる変位を、重りに付けた目印の動きとし、目視によりデジタルノギスを用いて測定することにしたが、この測定方法は、結果と考察で述べるように、問題があると思われる。

1年目の測定では、F₁2年生および3年生、アカエゾマツ4年生において、測定可能なものについては、各節間におけるヤング係数を測定した。また、数本のF₁については、スパン内の枝を剪定することにより、スパン内のヤング係数測定に対する枝の影響も調べた。さらに、伸長方向におけるヤング係数の推移も調べた。測定後、苗を苗床に戻し、図-2に示すように、苗高、地際直径、各節間長、芽鱗痕部の直径を測定した。2、3年目の測定は、苗高、地際直径の測定から行い、ヤング係数測定は1年目に測定を行った箇所を含む地際に近い部分のみ行った。2、3年目の測定は、すべて図-1に示す方法で行った。各節間における測定箇所は、試験方法、試験装置の都合上、なるべく通直な部分で、枝が支持位置と重ならないようにしたため、地上高は一定していないが、各節間の地際に近い部位について測定を行った。

また、スパン外のシュートや根については、重りを載加していった場合、一定のモーメントとして働くだけであり、重りによる荷重とたわみの関係をプロットし、比例限度内における部分の傾きから算出されたヤング係数には影響を及ぼさない。

2. 変位計のバネおよびスパンの影響

変位計には、ストロークの反力としてバネが付いている。本実験の場合、載加する重りが小さいので、バネの反力を無視できず、たわみが実際の値より小さく測定されてしまう。したがって、苗木のヤング係数を算出する際に

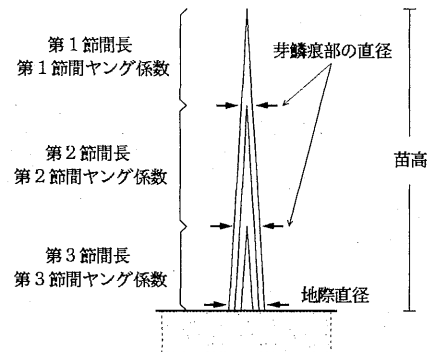


図-2. 苗木における測定項目

注：例として3年生の苗木の場合について示した。

は、変位計のストロークバネのバネ定数 k を求め、その値を考慮しなければならない。そこで、台秤に変位計を押し込み、台秤に表示される荷重と、変位計で表示される変位の関係を求めた。計測は4回行ったが、いずれも寄与率が高く(0.9以上)、線形性が認められた。これより k の平均値を求めると、 $k=0.101(\text{kgf/cm})$ となり、苗木のヤング係数 E の算出は次式を用いて行った。

$$E = \frac{l^3}{48I}(k_a - k) \quad (1)$$

ここで、 l , I はそれぞれ、スパン、断面2次モーメントである。また、 k_a は次のようにして求めた。つまり、試験体により個数は異なるが、各試験体について、1個100gの重りを数個連続して載加し、各時点での重りによる荷重とたわみの関係をプロットし、比例限度内における部分の傾きを k_a とした。

スパンは、せん断の影響を小さくするため、支持位置における平均直径の14倍ほどになるように地際直径を考慮

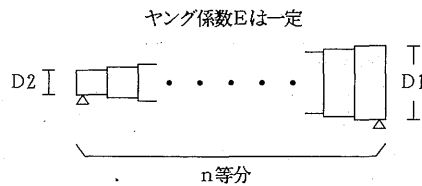


図-3. ほそりの考え方

して決めたため、それぞれの樹種、苗齢により異なっている。しかも、支持位置における平均直径にはかなりばらつきがあり、スパンに対する平均直径の比の値も、最小値5.1から最大値49.4とかなり変動していた。苗木のせん断弾性係数の値は測定していないので、たわみに及ぼすせん断の影響がどの程度かはわからない。しかし、せん断たわみを考慮せず、実際に測定されたたわみが、ヤング係数のみによるものと仮定して算出された値は、実際のヤング係数の値より小さく評価される。したがって、ヤング係数を過大評価することはなく、このようにして算出されたヤング係数を用いても差し支えないと判断した。

3. ヤング係数に及ぼすほそりの影響

苗木の樹幹には、多かれ少なかれほそりが存在する。(1)式を用いて、ヤング係数を厳密に算出するには、ほそりの影響を考慮しなければならない。しかし、ほそりの影響を考慮してヤング係数を算出するには、多大な労力を必要とする。そこで、図-1に示した両側の支持位置における直径を測定し、それらの平均値を用いてヤング係数を簡便的に算出した。このとき、平均値を用いて算出したヤング係数と、ほそりの影響を考慮して算出したヤング係数の関係を考察した。つまり、図-3に示すように、両端の支持内を n 等分（ n を十分大きくすることにより実際のほそりと考えることができる）し、それぞれは断面が一定として、連続梁の理論より算出したヤング係数と、平均値を用いて断面一定の梁として算出したヤング係数を比較した。なお、スパン内のヤング係数は一定とした。

これらのヤング係数の相違は、両端の直径の比 r_d に依存している。 r_d の最小値は0.43であり、この場合、両端の直径の平均値を用いて算出したヤング係数は、ほそりの影響を考慮して算出したヤング係数より約13%大きくなっている。しかし、 r_d の値の大部分は0.65以上であり、この場合には、平均値を用いて算出した値と、ほそりの影響を考慮して算出した値とほぼ一致する（約4%大きくなる）ことがわかった。よって、両端の支持位置の直径の平均値を用いて、簡便的にヤング係数を算出しても問題がないと判断した。

III. 結果と考察

1. スパン内に存在する枝の影響

スパン内に枝がないときのヤング係数に対する、枝が存在するときのヤング係数の比の値は、0.88~1.17の範囲にあり、平均値1.01で、スパン内に存在する枝のヤング

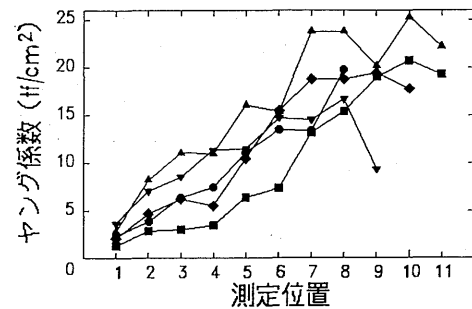


図-4. 伸長方向におけるヤング係数の推移

注：測定番号が大きくなるほど、高い部位となる。試験体はカラマツ・グイマツ雑種 F₁3 年生（1年目）。

係数に対する影響はほとんどないものと判断された。したがって、スパン内に枝が存在する状態でたわみを測定し、ヤング係数を算出しても差し支えないと考えられる。

2. 伸長方向および各節間におけるヤング係数の推移

図-4に、F₁3年生（1年目）における、伸長方向のヤング係数の推移を示した。同図の横軸は、試験体により測定した地上高が異なるため、測定位置番号を用いており、測定位置番号が大きくなるにしたがい、地上高が高くなっていることを示している。ばらつきは存在するものの、測定部位が高くなるにしたがい、ヤング係数が大きくなる傾向が見られた。また、F₁2年生（1年目）および3年生（1年目）、アカエゾマツ4年生（1年目）における、各節間ヤング係数の関係についても、第3節間よりは第2節間、第2節間よりは第1節間におけるヤング係数の値が大きいことがわかった。したがって、測定部位は、ヤング係数の値の小さい、地際部分の節間において一定高にする必要がある。

3. 1年目と2年目、2年目と3年目の地際部分の節間におけるヤング係数の関係

それぞれの樹種および苗齢における1年目と2年目、2年目と3年目の地際部分の節間におけるヤング係数について、直線回帰を行った場合の相関係数を、それぞれ表-4、5に示した。以後、地際部分の節間におけるヤング係数を地際ヤング係数と略記する。これより、1年目の測定で樹幹の細いものや、試験体個数の少ないものを除き、ほぼ正の相関が認められる。したがって、1年目で地際ヤング係数の大きいものは2年目も大きく、同様に2年目でも大きいものは3年目も大きいと考えられる。1年目の測定で樹幹の細い試験体については、実験の項で指摘したように、測定に問題があるため、1年目と2年目のヤング係数の関係を乱しているのではないかと考えられる。

実験方法の項で述べたように、1年目の測定は形成層の活動期であり、ヤング係数の値に影響を及ぼすことが報告されている(2)。しかし、結果を見る限り本研究では大きな影響を及ぼしているとは考えられない。これは、各樹種、各苗齢における測定が数時間ですんだためと考えられ

表-4. 1年目と2年目の地際ヤング係数¹⁾間における相関係数²⁾

樹 種	(1年目 -2年目)	個数	相関係数
F ₁ ³⁾	(1年生 [†] -2年生)	63	0.037
F ₁ ³⁾	(2年生 -3年生)	23	0.58**
F ₁ ³⁾	(3年生 -4年生)	28	0.39*
トドマツ	(3年生 [†] -4年生)	10	-0.055
エゾマツ	(2年生 [†] -3年生)	25	0.59**
アカエゾマツ	(3年生 [†] -4年生)	34	-0.048
アカエゾマツ	(4年生 -5年生)	21	0.68**
カラマツ	(2年生 -3年生)	6	0.61

¹⁾地際部分の節間におけるヤング係数。²⁾直線回帰による相関係数。³⁾カラマツ・グイマツ雑種。[†]測定に問題があると考えられる。^{*}危険率5%で有意。^{**}危険率1%で有意。

表-5. 2年目と3年目の地際ヤング係数¹⁾間における相関係数²⁾

樹 種	(2年目-3年目)	個数	相関係数
F ₁ ³⁾	(2年生-3年生)	42	0.69**
F ₁ ³⁾	(3年生-4年生)	18	0.36
F ₁ ³⁾	(4年生-5年生)	24	0.44*
トドマツ	(4年生-5年生)	10	0.68*
エゾマツ	(3年生-4年生)	20	0.37
アカエゾマツ	(4年生-5年生)	30	0.42*
アカエゾマツ	(5年生-6年生)	21	0.71**

¹⁾地際部分の節間におけるヤング係数。²⁾直線回帰による相関係数。³⁾カラマツ・グイマツ雑種。^{*}危険率5%で有意。^{**}危険率1%で有意。

る。また、苗木の掘り取りと植栽を繰り返したため、活着の影響も考えられるが、ヤング係数は苗木の断面2次モーメント、つまり肥大成長を考慮して算出されており、ヤング係数の値に対する影響はないと思われる。

4. 苗高および地際直径と地際ヤング係数との関係

それぞれの樹種および苗齢において、苗高および地際直径と地際ヤング係数について、直線回帰を行った場合の相関係数を表-6に示した。これより、1年目の測定で樹幹の細いものや、試験体個数の少ないものを除き、ほぼ負の相関が認められる。つまり、苗高や地際直径の大きな苗木は、地際ヤング係数が小さい。また、地際直径と地際ヤング係数における相関係数の方が、苗高と地際ヤング係数における相関係数よりも概ね大きいことがうかがえ、地際直径の方が苗高より地際ヤング係数に及ぼす影響が大きいと考えられる。

このように、苗高や地際直径の大きな苗木は地際ヤング係数が小さいという傾向は、胸高直径の大きな立木のヤング係数は小さいという、既往の研究成果(2,3,6,7)と同様である。

5. 節間長および芽鱗痕部直径と節間ヤング係数との関係

F₁2年生, 3年生, アカエゾマツ4年生(いずれも1年目)において、節間長および芽鱗痕部直径と節間ヤング係

表-6. 苗高および地際直径と地際ヤング係数¹⁾間における相関係数²⁾

樹 種	苗 齢	個数	地際直径	苗高
F ₁ ³⁾	1年生 [†]	115	-0.10	0.053
	2年生	63	-0.77**	-0.62**
	3年生	62	-0.69**	-0.54**
F ₁ ³⁾	2年生	100	-0.19	0.25*
	3年生	23	-0.63**	-0.51*
	4年生	59	-0.63**	-0.39**
F ₁ ³⁾	3年生	108	-0.57**	-0.33**
	4年生	28	-0.58**	-0.39*
	5年生	67	-0.58**	-0.55**
トドマツ	3年生 [‡]	76	-0.19	0.085
	4年生	10	-0.33	-0.39
	5年生	69	-0.64**	-0.41**
エゾマツ	2年生 [‡]	78	-0.42**	-0.056
	3年生	25	-0.67**	-0.44*
	4年生	31	-0.68**	-0.56**
アカエゾマツ	3年生 [‡]	106	-0.24*	0.035
	4年生	34	-0.29	-0.20
	5年生	65	-0.57**	-0.26*
アカエゾマツ	4年生	83	-0.49**	-0.29**
	5年生	21	-0.67**	-0.38
	6年生	67	-0.59**	-0.50**
カラマツ	2年生	51	-0.20	-0.50**
	3年生	6	-0.84*	-0.78

¹⁾地際部分の節間におけるヤング係数。²⁾直線回帰による相関係数。³⁾カラマツ・グイマツ雑種。[†]測定に問題があると考えられる。^{*}危険率5%で有意。^{**}危険率1%で有意。

数について、直線回帰を行った場合の相関係数を表-7に示した。なお、地際部分における芽鱗痕部直径は、地際直径を表している。苗齢が高くなると、節間長および芽鱗痕部直径と節間ヤング係数の関係は、地際に近くなるほど相関係数が大きくなる傾向がうかがえる。このことについて、次のように考察した。図-1に示した実験方法では、図-2に示す一番外側の年輪におけるヤング係数が樹幹ヤング係数に最も影響を及ぼすことになる。したがって、各年輪内におけるヤング係数が一定であると仮定すれば、例えば第1節間におけるヤング係数は、一番外側の年輪におけるヤング係数が測定されているが、樹幹ヤング係数に最も影響を及ぼす第1節間におけるヤング係数と第1芽鱗痕部直径および第1節間長の間には相関関係がうかがえないのであるから、地際に近い部位における節間ヤング係数と節間長における関係についても相関がうかがえないと考えられる。しかし、実際には地際に近くなるほど負の相関がうかがえる。これより、各年輪内におけるヤング係数の変動が、年輪幅(あるいは肥大成長量)の変動に比べて小さく、ヤング係数の値よりも年輪幅という断面2次モーメントが影響を及ぼしているのではないかと考えられる。

IV. ま と め

苗木のような、幼齢な立木に関するヤング係数について

表-7. 節間長および芽鱗痕部直径と節間ヤング係数間における相関係数¹⁾

樹種, 苗齢	節間	個数	地際直径	苗高	節間長	芽鱗痕部直径
F ₁ ²⁾ 2年生	第1節間	100	0.033	0.45**	0.088	0.22*
	第2節間	100	-0.19	0.25*	0.19	-0.19
F ₁ ²⁾ 3年生	第1節間	108	0.033	0.17	0.14	-0.094
	第2節間	108	-0.49**	-0.35**	-0.23*	-0.53**
	第3節間	108	-0.57**	-0.33**	-0.34**	-0.57**
アカエゾマツ4年生	第1節間	83	-0.22	-0.10	—	—
	第2節間	62	-0.39**	-0.25	—	—
	第3節間	41	-0.49**	-0.29**	—	—

注：地際部分における芽鱗痕部直径は地際直径を表す。¹⁾直線回帰による相関係数。²⁾カラマツ・グイマツ雑種。*危険率5%で有意。**危険率1%で有意。

の既存の研究は見あたらない。しかし、スギ9年生について動的ヤング係数の値が30~70 (tf/cm²) (4)であり、静的ヤング係数は動的ヤング係数に比べ小さいこと、ヤング係数の値は20~30年まで増加すること、また苗木は実際に載加した重りを支えていることを考慮し、得られたヤング係数の値を基に考察しても差し支えないと判断した。また、雪の影響であてが多いことが考えられるが、測定されたヤング係数はあてなどの性質を含んだ値である。

本研究で示した手法により、苗木のヤング係数が評価できること、地際部分におけるヤング係数の値の大きいものは翌年も大きいこと。また、成長の因子である、苗高および地際直径と地際部分におけるヤング係数との関係をみると、成長の悪い苗木の方が、地際部分におけるヤング係数が大きいことがわかった。しかし、本研究はただか1年生~6年生の苗木、つまり未成熟材についての結果であり、ヤング係数の値が安定する15年生以降(5)の値との比較ではない。したがって、各樹種、各苗齢について30本を抽出し、今後15年間同一の個体について小泉らの方法(2)を苗木用に改良し、あてが今後どのように推移して行くのかも含め、ヤング係数について経年変化を調べ、苗木のヤング係数による選抜育種の可能性を追求する予定で

ある。

苗木を苗床に戻す際に、多くの職員の方々にお世話になりました。ここに深く感謝いたします。本研究は、文部省科学研究費補助金 (No. 06660206) の補助によった。

引用文献

- (1) 川村恵洋・継田視明・桜川喜一郎(1987)冠雪被害を受けたスギ造林木の材質. 新大演報 40: 149-161.
- (2) 小泉章夫(1987)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: 1329-1415.
- (3) 工藤 弘・菅野高穂・賈 斌・門松昌彦(1996)スギ人工林間伐における寺崎式樹型級区分と樹幹曲げヤング係数の変化. 北大演研報 53: 44-68.
- (4) 名波直道・中村 昇・有馬孝禮・大熊幹章(1993)応力波による立木の材質測定 (第3報). 木材誌 39: 903-909.
- (5) 太田貞明(1972)スギ・ヒノキ樹幹内における未成熟材の力学的特性に関する基礎的研究. 九大演報 45: 1-80.
- (6) 高田克彦(1994)樹幹ヤング係数によるカラマツ林木の評価. 北大演研報 51: 115-166.
- (7) Takikawa, S., Kudoh, H., and Ujiie, M. (1989) Distribution of Young's modulus in bending of standing plantation trees classified by Terasaki's tree-Form method-. J. Jpn. For. Soc. 71: 271-275.

(1996年4月3日受付, 1996年12月21日受理)