

# カラマツ類の無欠点小試片による強度性能

高橋政治 川口信隆

## 1. はじめに

ニホンカラマツの強度試験は、かつて大沢正之（1932）、工藤一郎（1936）、平井信二（1953）の方々によって実施、報告されている。最近では、宮島寛（1958）、塩倉高義、渡辺治人（1971）両氏らによって報告されており、林野庁現地適応試験（1967）では当場のほか岩手、山梨、長野県の各林業試験場が実大梁、さらにこれから採片した無欠点小試片の強度試験をおこなっている。

しかし、既往の報告では、通例として樹幹からの採片位置が一部にかぎられており、樹幹全体から採取した供試片によって試験されたものは希である。

全樹幹から採片したニホンカラマツについて、年輪巾または比重と強度の関係を求めたものとしては宮島氏の報告がある。また、グイマツについては、旧樺太産天然木について矢沢<sup>1)</sup>、渡辺<sup>2)</sup>両氏の報告があるが、造林木のグイマツ、チョウセンカラマツについての報告はない。

筆者らは、カラマツ造林木の材質と利用に関する試験の一部として、ニホンカラマツ、グイマツ、チョウセンカラマツ造林木について無欠点小試片および実大角材の試験を実施してきた<sup>1), 2)</sup>。今回は、これらのうちから無欠点小試片の強度試験結果を取まとめ報告することとした。

この報告では、カラマツ類3品種の年輪巾または比

重と各強度数値の関係を求めるとともに、木構造設計規準に示されている無欠点材の強度と比較し、構造用材としての年輪巾の限界を求めようとした。即ち、造林木を強度部材として用いる場合の使用限界の推定を目標としている。なお、本報は昭和46年度に取まとめたものである。

## 2. 供試木・林地の概要

今回の試験に用いた供試木の概要を第1表に示した。これらの供試木は林分を毎木調査し、胸高径によって立木を大、中、小に3区分し、それぞれの区分または林分の平均径のものを選定している。

これらの供試木を採取した林分の概要は、つぎのとおりである。

グイマツは、稚内市沼川字開進、稚内営林署稚内事業区95林班、植栽面積25.53ha、植栽後4回ほど間伐がおこなわれ、供試材採取時の立木本数は738本/haで、経営目的は当初、防風保安林、現在一級採種林に指定されている林分から供試材を採った。

チョウセンカラマツは、旭川営林署江丹別事業区141林班の採種林から供試材を採った。

ニホンカラマツ(A)は、上川郡東旭川町字桜岡244番地、植栽面積0.89ha、植栽後2回の間伐材打ちなどが行なわれ、供試材採取時の立木本数は507本/haであった。

ニホンカラマツ(B)は、空知郡南富良野村字幾寅、幾寅営林署北落合経営区9林班、植栽面積4.8ha、植栽後の手入れは不明であるが、立木本数778本/haの林分から供試材を採った。

なお、これら供試木の基礎材質については、既に報告済である<sup>1)2)3)</sup>

第1表 供試木の概要

品 種	産 地	樹 令 (年)	胸高径 (cm)	樹 高 (m)	枝下高 (m)	供 試 木 本 数
グイマツ	稚内市沼川 国 有 林	40	24.8	16.0	8.9	4
チョウセン カラマツ	旭川市江丹別 国 有 林	45	24.0	19.2	5.7	1
ニホン カラマツ	富良野市幾寅 国 有 林 (B)	33	20.0	18.9	12.8	2
	東旭川町 私 有 林 (A)	40	27.0	22.4		6

### 3. 試片の木取と試験方法

それぞれの林分から選定した供試木は、地上高0.3mから伐倒し、これを2mごとに玉切り、樹幹析解用円板約10cmを切取ったのちの玉切材を供試材とした。

本試験に供した材は、5番玉、地上高10.3mまでとした。原木は樹芯を通し厚さ4cmの柵目板に製材し、約2ヶ月間天然乾燥、さらに人工乾燥をおこなった。

供試片の木取の方法は、試片の長手方向が繊維方向に平行な二方柵木取りとし、目切れ、節などの欠点の入らないよう鉋削仕上げをした。なお、試片寸法は、いずれも日本工業規格、木材試験法に準ずるものとし、試片を20℃、65%の恒温恒湿室内に一定期間放置したのち、各試験に供した。

強度試験機は、島津製作所製IS5000型オートグラフ、森試験機製オルゼン型でいずれも容量5ton、および島津製作所製アムスラー付属衝撃試験機、容量10kgmを用いて試験をおこなった。

曲げ試験は、中央集中荷重方式、スパンはりたけ比14倍とし、荷重速度1mm/min、記録紙上より荷重、歪みを求めた。圧縮試験は、5×2×2cmの試片とし、荷重速度0.1mm/min、引張試験の荷重速度は毎分100kg/cm<sup>2</sup>、歪みの測定は、いずれの試験もエキステンソミラーおよび抵抗線歪ゲージを用いた。せん断試験は荷重速度毎分100kg/cm<sup>2</sup>とし、年輪に直角、平行の両方向について試験をおこなった。

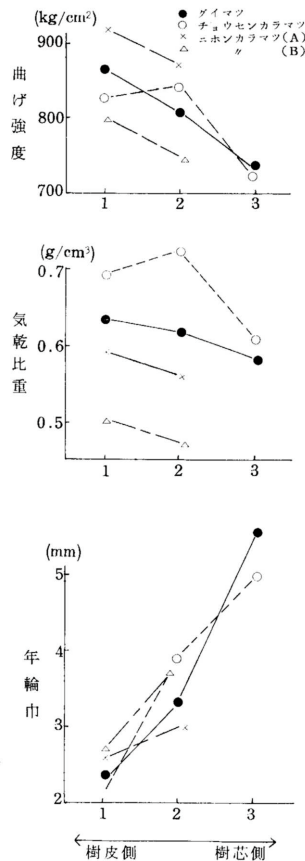
衝撃曲げ試験は、スパン24cmとし、10kgmの衝撃エネルギーをもつハンマーでその中央を衝撃し、その吸収エネルギーを求めた。

年輪巾、夏材率の測定は、1/10mm目盛のメスルーペを使用し、両木口面で測定、その平均値で求めた。

### 4. 試験結果

#### 4. - 1、樹幹横断面および品種別の強さ

樹皮側から樹芯方向に連続的に採片した試料によって、年輪巾、比重、曲げ強さの変動をとりまとめ、第1図に示した。この図で、グイマツ、ニホンカラマツは樹芯側にむかって、比重、強度ともに低下するが、チョウセンカラマツでは樹皮側で比重、強度ともにや



第1図 採材位置と強度、比重、年輪巾の関係

や小さく、中央部(採片位置番号2)で、いずれも大きな値を示した。

ニホンカラマツ(A)、(B)は、いずれも樹皮側の年輪巾に大きな差はないが、比重、強度の差は大きくなっている。また、他の品種に比べて比重は小さいが、強度数値は比較的高い値を示している。これらの現象については、樹種別特性か、産地別・樹令によるものが明らかでない。これらの強度数値を品種別・試験項目別の平均値で示

すと、第2表のとおりである。さらに、平均年輪巾・比重は、各試験ともチョウセンカラマツがもっとも大きく、ついでグイマツ、ニホンカラマツの順となっており、夏材率ではグイマツ、チョウセンカラマツ、ニホンカラマツの順となっている。チョウセンカラマツは、年輪巾が大きく、比重も高いが、強度では他の品種に比べ、全試験項目をつうじ、さほど大きな値を示していない点が特徴とされる。

ニホンカラマツ(B)は、比重・強度ともに小さく、(A)は年輪巾・比重ともに小さいが、強度は大きな値を示している。これは材の心材部から採片されていないので、平均年輪巾も狭く、強度値も高くなったものとする。

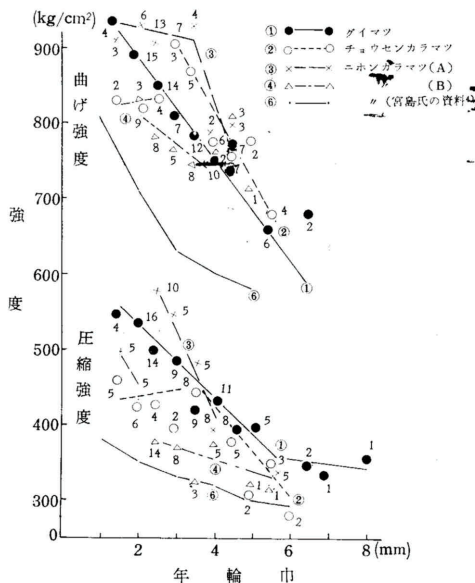
第2表 カラマツ類無欠点小試片の強度試験結果

試験項目	種 別	年 輪 巾 (mm)	夏材率 (%)	気乾比重 (g/cm <sup>3</sup> )	含水率 (%)	強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )	比例限度内 度 強 (kg/cm <sup>2</sup> )	ヤ ン グ 係 数 (ton/cm <sup>2</sup> )	試片数
曲 げ	グ イ マ ツ	3.35	39	0.614	13.3	806.3	441.9	100.7	78
	チョウセンカラマツ	3.57	32	0.681	15.1	795.1	431.5	96.9	44
	ニホンカラマツ (A)	2.76	32	0.583	14.2	902.6	588.9	107.0	38
	〃 (B)	3.25	33	0.492	14.5	778.8	547.3	92.3	30
圧 縮	グ イ マ ツ	3.31	38	0.616	14.1	466.5	257.7	132.3	78
	チョウセンカラマツ	3.52	33	0.656	15.0	414.5	230.6	117.9	45
	ニホンカラマツ (A)	3.16	26	0.541	14.5	477.9	286.8	110.6	44
	〃 (B)	3.14	32	0.476	14.4	368.5	281.9	96.4	32
引 張	グ イ マ ツ	3.22	37	0.626	13.5	1509.8	1035.8	156.0	50
	チョウセンカラマツ	3.53	31	0.679	14.8	892.7	527.7	99.8	34
	ニホンカラマツ (A)	2.99	29	0.578	12.4	1110.6	917.6	116.0	23
せん断 (I)	グ イ マ ツ	3.30	37	0.606	13.8	82.7	—	—	78
	チョウセンカラマツ	3.65	32	0.644	15.2	61.6	—	—	45
	ニホンカラマツ (A)	3.30	25	0.540	13.7	92.2	—	—	49
せん断 (II)	グ イ マ ツ	3.38	40	0.611	13.9	90.7	—	—	77
	チョウセンカラマツ	3.67	33	0.645	15.3	70.4	—	—	45
衝撃曲げ	グ イ マ ツ	3.16	40	0.626	14.0	0.88 (kg·m/cm <sup>2</sup> )	—	—	72
	チョウセンカラマツ	3.40	31	0.679	15.2	0.60	—	—	42
	ニホンカラマツ (A)	2.77	31	0.587	14.7	0.87	—	—	31

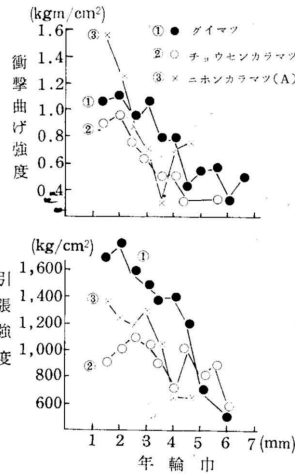
(注) 表中の数値は平均値, (A)は東旭川産, (B)は幾賀産を示す。

4. -2 年輪巾と強さの関係

樹幹横断面における材の強さの分布は、採片位置によって樹皮側から樹芯側に向って、次第に低下する傾向になる。各年輪巾における強度の関係を求めると第2~4図のように取まとめられる。



第2図 年輪巾と曲げ圧縮強度の関係  
(注: 図中の数字はすべて試片個数を示す)



第3図 年輪巾と引張、衝撃曲げ強度の関係

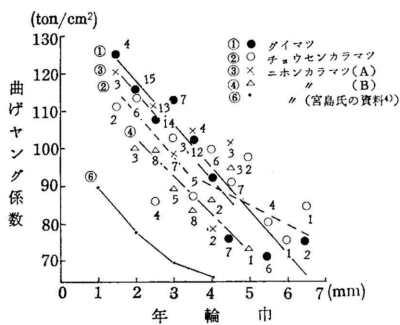
グイマツは、各試験とも年輪巾と強さの関係が、ほぼ直線的な傾向を示した。

チョウセンカラマツは、各試験とも年輪巾2.5mm前後で強度が低下、3mm前後で最大の強度となり、これ以上の年輪巾では徐々に低下する傾向となっ

た。

ニホンカラマツ (A) は、各試験項目ともチョウセンカラマツと類似の数値、傾向となっているが、(B)は前項でも述べたように (A) に比べ数値、傾向とも低位となっている。

曲げヤング係数と年輪巾の関係では、数値にバラツキがあり、品種別の差異が明らかでないが、グイマツ



第4図 年輪巾と曲げヤング係数の関係

	圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	曲げ強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (ton/cm <sup>2</sup> )
針葉樹 I類	350~450~550	650~850~1100	65~80~120
針葉樹 II類	250~350~450	450~650~850	55~70~100

(それぞれの数値は、下限品質、平均、上限品質の値である。)

この基準値によって第2~4図を検討すると、つぎのとおりである。

曲げ、圧縮、ヤング係数ともに上級構造材の強さをもつもの(表の平均値以上の強さのもの)は、グイマツで平均年輪巾約2.5mm、ニホンカラマツ(A)は3mm前後となり、チョウセンカラマツは圧縮強さが低く、これに適合しない。

普通構造材 類に合格するもの(表の下限値以上の強さのもの)は、3品種ともに曲げ破壊係数、同ヤング係数で合格するが、圧縮強さによって規制され、合格値に適合する年輪巾は、ニホンカラマツ(A)、(B)4mm、グイマツ5.5mm、チョウセンカラマツ5.0mmとなり、これ以上の年輪巾のものは 類の合格値を示す。

上級構造材に合格する年輪巾2~2.5mm以下のものは、図で明らかのように、強度数値が多少低下する傾向にみられるので、普通構造材 類の許容応力を適用することが適当であろう。また、品種別で多少の差はあるが、およそ年輪巾4~5mm以下を普通構造材 類に、それ以上の年輪巾をもつものは 類に分けることが出来よう。

#### 4. -3 比重と強さの関係

この項では、比重と強度の関係、既往の報告との比較、木構造設計規準にもとづく考察について述べる。

一般に強度は、木材の比重の増加と比例関係にあるが、今回の品種別の各試験とも、比重と強度の関係は第5、第6図に示すように直線的関係が認められる。

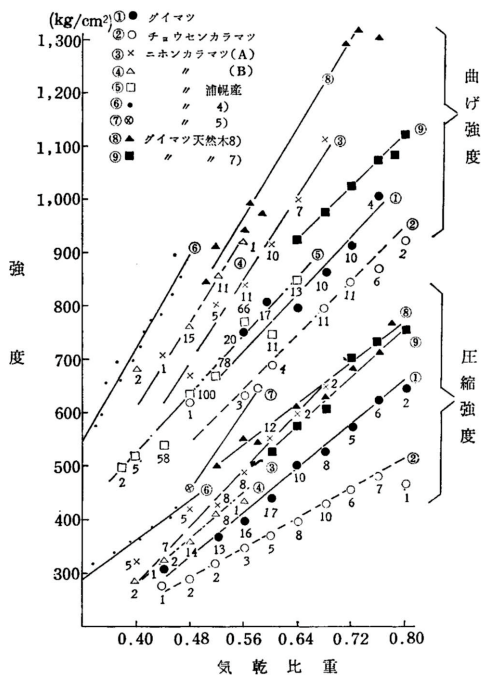
ここで、既に報告されている天然木グイマツ<sup>7),8)</sup>と造林カラマツ<sup>4),5)</sup>および浦幌産50年生ニホンカラマツ(未発表、現在試験中のもの)の曲げ、圧縮試験結果を第5図に比較のため記入した。なお、これらの図のうち、ニホンカラマツ(A)、(B)は、前述のように採片位置が樹芯部すなわち年輪巾の広い、低比重材部が

は他の強度数値と同様にもっとも大きな数値を示している。

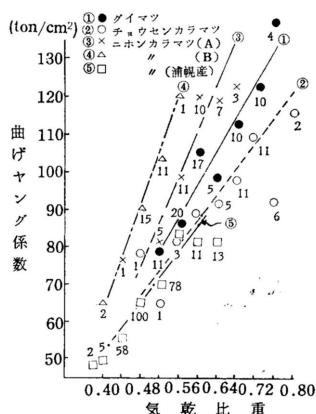
せん断強さは、年輪巾の広狭による差異より、交錯木理などによる影響が大きいと考えられ、年輪に平行方向の強度の範囲は、グイマツ36~131kg/cm<sup>2</sup>、チョウセンカラマツ48~97kg/cm<sup>2</sup>、年輪に直角方向ではグイマツ35~130kg/cm<sup>2</sup>、チョウセンカラマツ46~79kg/cm<sup>2</sup>、ニホンカラマツ(A)50~141kg/cm<sup>2</sup>であった。

衝撃吸収エネルギーと年輪巾の関係では、グイマツ0.30~1.88kgm/cm<sup>2</sup>、チョウセンカラマツ0.24~1.31kgm/cm<sup>2</sup>、ニホンカラマツ0.18~2.09kgm/cm<sup>2</sup>の範囲にあり、ニホンカラマツの強度低下の傾向が他の品種に比較して急激であり、かつバラツキも大きく、年輪巾が広くなると材のモロサがうかがわれる。

以上、年輪巾と強度の関係について検討したが、つぎに、これらの数値を木構造設計規準に示されている普通構造材の許容応力度、ヤング係数によって考察する。許容応力度の短期応力に対する値は、針葉樹 類で、縦圧縮(sfc)160kg/cm<sup>2</sup>、引張(sft)および曲げ(sfb)180kg/cm<sup>2</sup>である。これらの値は、無欠点材の下限品質強度×2/3×(ここで2/3は比例限度、は欠点による低減係数で、圧縮の場合0.6~0.7、曲げの場合0.4~0.5、引張の場合0.3~0.4の値がとられる)によって求められたもので、これを基礎として求められた無欠点材の強度値は、針葉樹 類について、つぎのとおりである。



(注①～⑨は、文献から引用)  
第5図 比重と曲げ、圧縮強度の関係



第6図 比重と曲げヤング係数の関係

除かれており、  
比重の出現範囲  
が狭くなってい  
る。

天然木は、一  
般に年輪巾が狭  
く、均一であ  
り、その比重が  
高く、したがっ  
て強度も大き  
い。第5図か  
ら、最低の比重

ウセンカラマツは、いずれの試験項目でも、比重と強度の関係は他の品種より低位となっており、再試験をおこない確認をする予定である。塩倉氏ら<sup>5)</sup>によるとニホンカラマツについては、欠点を含む材(節など)として実験されたもので、このような低い値を示したものと考える。

このように、天然木と造林木とは、比重の出現範囲が異なり、年輪巾においても造林木の場合、出現が広範囲(バラツキが大きい)なので、強度も必然的に大きな差となってあらわれている。

つぎに、比重と強さの関係から、前述の木構造設計規準に示されている許容応力度とヤング係数にもとづいて検討する。

上級構造材に適合する強さをもつ比重は、ニホンカラマツ(A)0.57、グイマツ0.65、チョウセンカラマツ0.72となり、いずれも曲げ強さで決定され、ニホンカラマツ(B)はこれに適合しない。

普通構造材 類に合格する比重は、ニホンカラマツ(A)、(B)とも0.50、ニホンカラマツ浦幌産0.55、グイマツ0.55、チョウセンカラマツ0.64となる。この場合の強さは、すべて圧縮強さによって決定される。浦幌産カラマツは曲げ強さのみで決定したものであり、これ以下の比重をもつ材は、類の合格値を示すが、ヤング係数で低い値を示し、針葉樹 類の合格値55 ton/cm<sup>2</sup>にみえないものもある。ニホンカラマツ(A)(B)の場合も樹芯部付近から採片されていれば、浦幌産のものと同じようなことがいえる。

一般に、造林木では樹芯付近を構成する材は、未成熟といわれ、比重、ヤング係数などが特に低い傾向となる。したがって、このような材部のものは、類にも適合しないことがある。

#### 4. - 4 比重と年輪巾の関係

4. - 2, 4. - 3項で検討した結果を一覧表として示すと第3表のとおりである。

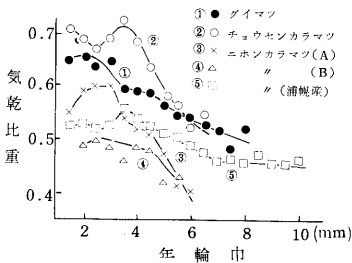
また、上級構造材に対する比重と年輪巾は、類で含水率15%時の気乾比重の最小値が0.50g/cm<sup>3</sup>、類は0.43g/cm<sup>3</sup>で、平均年輪巾の最大値は、類とも6mmとなっている。

は0.52g/cm<sup>3</sup>～0.60g/cm<sup>3</sup>であるが、ニホンカラマツ造林木では最高の比重がこれと同程度である。また、造林グイマツの平均値は、天然グイマツの比重下限値にほぼ同程度となっている。チョウセンカラマツでは、造林木の平均値よりやや上位となっている。しかし、造林グイマツ、チョウセンカラマツは、天然木からのものに比べ、同じ比重でも強度は低く、チョ

第3表 年輪巾, 比重の総括表

種別	樹種区分	比重 (g/cm <sup>3</sup> )	年輪巾 (mm)
上構造材類	グイマツ	0.65以上	2.5以下
	チョウセンカラマツ	0.72以上	—
	ニホンカラマツ (A)	0.57以上	3.0以下
普通構造材類	グイマツ	0.55以上	5.5以下
	チョウセンカラマツ	0.64以上	5.0以下
	ニホンカラマツ (A)	0.50以上	4.0以下
	ニホンカラマツ (B)	0.50以上	4.0以下
	浦幌産	0.53以上	*(4.0以下)

\*第7図から推定



第7図 年輪巾と比重の関係

第3表は年輪巾と強度, 比重と強度の関係から求めたもので, 本来, 年輪巾, 比重, 強度の関係には相関関係があるから, 第3表の年輪巾と比重は一般的な関係をもつはずである。そこで, 基礎材質試験のさいに全樹幹から求めた年輪巾と比重の関係, 第7図と第3表の数値を比較してみると, よく一致することが判る。

上述のことから, 造林カラマツ類を年輪巾によって上級構造材, 普通構造材のI, II類に区別した。

### 5. むすび

以上, 無欠点小試片の強度試験結果を, カラマツの品種別に要約すると,

(1) チョウセンカラマツは, 年輪巾2.0~2.5mm以下で比重・強度ともに低下し, 3.0mm前後で最大に

達する傾向となった。比重は3品種のうちで最も大きかったが, 強度的にはさほど大きな値を示さなかった。

(2) グイマツは, いずれの試験項目でも, 比重, 強度のバラツキが少なく, その数値も大きかった。

(3) ニホンカラマツは, 産地によって, 比重, 強度の差, 数値のバラツキが大きかった。浦幌産のものはごく生長可良な林木を対象としており, 比重の高い領域で曲げヤング係数が比例的に増加しない部分があった。

(4) 今回の試験結果によって, 構造材としての等級と年輪巾の関係を知らることができた。上級構造材は年輪巾2~3mm程度の狭い領域のものであり, これより小さな年輪巾のものは強度が低下する。普通構造材は4~5mmを境界としてI, II類に区別される。

なお, ニホンカラマツ(A), (B)は本道の中庸な生長をした造林木を対象としているが, 数値の変動が大きかったこと, チョウセンカラマツは供試木1本を対象としていることなど, 今後の追試を必要としよう。

### 文 献

- 1) 小野寺重男, 川口信隆, 高橋政治: カラマツ造林木品種間の質的差異とチョウセンカラマツ樹幹内の垂直変動, 本誌 1971-2
- 2) 同上: カラマツ樹幹内の垂直変動, 同上 1971-11
- 3) 北海道立林産試験場: 試験結果報告書, 昭和42年3月
- 4) 宮島寛: 苫小牧演習林産人工植栽ストロブマツ, パンクスマツ, およびカラマツの材質試験, 北海道大学農学部演習林研究報告, 第19巻, 第3号, 昭和33年
- 5) 塩倉高義, 渡辺治人: カラマツの品質に関する基礎的研究 (第2報)樹幹内のカラマツ材の曲げ特性について, 農学集報第16巻, 第2号, 昭和46年
- 6) 半沢道郎, 沢田稔共編: カラマツ材の性質と利用, 北方林業叢書41, 昭和44年
- 7) 矢沢亀吉: 樺太産有用針葉樹材の機械的性質に関する研究, 樺太庁中央試験所報告第2類, 第6号
- 8) 渡辺治人: 木材の機械的性質の相互関係について, 第1報, トドマツ, エゾマツ, グイマツ。

—木材部 材質科—  
(原稿受理 47.10.18)