

琉球大学学術リポジトリ

北方産木材の性質と利用：
特にマンシウ区系樹種の性質と利用(農芸化学科)

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学農学部 公開日: 2008-02-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 福渡, 七郎, 奥山, 稔夫, Fukuwatari, Shichiro, Okuyama, Toshio メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/4465

北方産木材の性質と利用—特にマンシウ区系樹種の性質と利用

福 渡 七 郎* 奥 山 稔 夫**

SHICHIRO FUKUWATARI and TOSHIO OKUYAMA: Properties of the woods produced in the manchurian flora and their uses

目 次

I まえがき	311
II 研究材料と標準試験片	312
III 化学的性質とその利用の工業的研究	312
IV 木材試験標準法	315
V 機械的性質とその考察	315
VI 接着フィルム, プラスチックス合板および積層材の製造研究	326

I ま え が き

1935年より1953年にいたる18年のあいだ、著者らは北方産木材、とくにダフリヤ区系およびマンシウ区系樹種の化学的性質ならびに機械的性質について分析し測定するとともに、その利用に関する研究をつづけた。ダフリヤ区系樹種についてはすでに公表した(25, 26)。ひきつづき行ったマンシウ区系樹種の研究については、最初の原稿がハルビンの東北農学院にて1950年に印刷されたが(27)、一般に公布されていない。

アジアにおける木材資源は、現在もフィリピンその他の南方地域とシベリア、マンシウその他の北方地域に天然林として蓄積され、温帯の諸国は、これら南北両資源を多量に輸入して木材工業あるいは木材化学工業、パルプ製紙工業などを維持しているのが現状である。しかるに、北方材、特にマンシウ産木材の機械的性質をテストした信頼すべき標準データに乏しかった。緊急を要するため、1937年より著者らは、木材試験法研究の委員会をおこし、1941年に標準法を制定し、政府より公布した(24)。

ここに発表するデータは完全にこの標準法に従って行なわれた最初の研究であり、十年近い日月を要したものである。その間に著者らは二回の戦争を経験した。しかしさいわいにして実験は1945年の8月に一応終了した。戦争により研究室は破壊されたが本報告の実験記録は偶然にも救出されたのである。そののち4ケ年の日月を要して1949年に整理を終った。

一方において著者らは、これらの木材資源の利用開発をすすめた。その主たるものは

1. クラフトパルプの製造法、及び混合蒸煮に関する研究(1937~45)

* 琉球大学農学部農芸化学科, もと大陸科学院, 林産化学研究室

** 大陸科学院, 林産化学研究室(木材試験室)

琉球大学農学部学術報告, 19: 311~330

2. 接着フィルム, プラスチック合板, 積層材の研究 (1937~45)
3. 天然樹脂, タンニン, ペントーザン, リグニンなどの成分利用の研究 (1940~50)
4. メタノール, アセトン, 工業用木炭などの製造研究 (1950~53)

本報告はこれらの一連の研究に対する基礎研究をふくんでいる。

マンシウ森林の分布する緯度は北緯 40° ~ 50° 前後で, 北海道, 樺太のそれとほぼ同じであり, 北方材の理解に役立つものである。なお沖縄の南端は北緯 24° である。

本研究は次の各氏により分担された。

1. 試料原木の選別, 伐採, 輸送: 太田 基, 森田貞三
2. 材料試験: 奥山稔夫及び協力者
3. データ整理: 中村昇永, 安達正義

これらの各位が, きわめて困難な戦乱の時代において協力され, また科学研究へ示された情熱と努力に対し永久に謝意と敬意を表わしたい。なお, 本研究に要した経費の大部分は大陸科学院の研究費によるものであるが, データ整理の半ばは個人の負担によったことを附記する。

II 研究材料と標準試験片

マンシウ植物分布区系の代表的森林として, その中央に当る小白山脈区の森林, 北緯 45° , 東経 129° 附近を選定した。森林型は山地の針葉喬木林群叢にはエゾマツ, タウシラベ, テウセンマツ群叢の他にモウコナラ群叢やダフリヤ・カラマツ群叢が団地的に存在する。採取せる喬木樹種は第1表に示す通り針葉樹5種, 広葉樹21種, 計26種である。

一般に供試材料を, 我々は(1)研究材料, (2)試験材料, (3)参考材料の3種に分けた。すなわち, 生育地にて直接試験用に採取したものを科学的な研究材料とした。参考材料は原木に関する科学的な記載を欠いているもの, 試験材料は産地, 伐採時期等の判明せるものである。研究材料は林況を基礎として選定した中庸木の中より, 一樹種につき三本以上を採取することを原則とした。伐採法は冬期に地上より3mの間において行い, 2.4m材を採取し, 木口にバラフィンを附し陸送する。木取法は5cm角として中心の角材を木取番号0号とし, その上を1号, 次いで時計の方向にらせん状に追番号を附する。乾燥は含有水分10%以下に達した時, これを気乾材と認めた。試験片は木理走行及び組織が正しく, アテ材, 節, クサレ, 変色, 自然現象等によるキズを含んでいないものに限るが, 試験片は特別の場合を除いては四方枳をとることを原則とする。従って木取番号, No. 2, No. 4, No. 6, No. 8の材より一定方法で試験片を得る。試験片製作の公差は $\pm 0.5\text{mm}$ 以下とした。

このように, 我々は各分野の研究者の間で規定した研究材料を用い標準試験片の製作を厳格に施行した。上述の如く採取した原木は次の23種である。うち2種は参考試料とし, 21種を研究試料とした。

III 化学的性質とその利用の工業的研究

A 化学的分析

マンシウ区系木材の系統的な化学分析は, ついに完結を見ずに終っている。しかし著者らの分析をも含めて, 日本の各大学, 特に京都, 九州, 東京の各大学で行なわれた断片的な分析結果を集めた報告を大陸科学院の研究報告に発表したので [1937年] (1), ここに再報告しない。それらの分析方法は統一されていないので, その結果を直ちに比較しがたいものであるが, 木材の化学的利用には十分に参考とするに足るものである。1937年ころまではマンシウ地域はその治安や人的資源の点よりみても, 適格な分析

Table 1. Names of the trees of the manchurian flora district tested

表 1. 試料のマンシウ区系樹木名

針 葉 樹	
1	タウシラベ <i>Abies nephrolepis</i> Maximowicz
2	マンシウカラマツ <i>Larix olgensis</i> A. Henry
3	エゾマツ <i>Picea jesoensis</i> Carriere
4	テウセンハリモミ <i>Picea Koraiensis</i> Nakai
5	テウセンマツ <i>Pinus Koraiensis</i> Siebold & Zuccarini
広 葉 樹	
6	テウセンヤマナラシ <i>Populus Davidiana</i> Dode
7	ドロノキ <i>Populus Maximowiczii</i> A. Henry
8	マンシウクルミ <i>Juglans mandshurica</i> Maximowicz
9	ケシベリヤハンノキ <i>Alnus hirsuta</i> Trautvetter
10	テウセンミネバリ <i>Betula costata</i> Trautvetter
11	マンシウシラカンバ <i>Betula Platyphylla</i> Sukatschev subsp. <i>mandshurica</i> Kitagawa
a	サワシバ <i>Carpinus erosa</i> Blume
12	モウコナラ <i>Quercus mongolica</i> Fischer
13	オヒョウニレ <i>Ulmus laciniata</i> Mayr
14	ハルニレ <i>Ulmus propinqua</i> Koidzumi
b	カライスエンジュ <i>Maakia amurensis</i> Ruprecht & Maximowicz
15	アムールキハダ <i>Phellodendron amurense</i> Ruprecht
16	マンシウカヘデ <i>Acer mandshuricum</i> Maximowicz
17	イタヤカヘデ <i>Acer mono</i> Maximowicz
18	アムールシナノギ <i>Tilia amurensis</i> Ruprecht
19	マンシウボダイジュ <i>Tilia mandshurica</i> Ruprecht & Maximowicz
20	ヤチダモ <i>Frsxinus mandshurica</i> Ruprecht
21	マンシウハシドイ <i>Syringa amurensis</i> Ruprecht

註：1～21は研究用材料， a， bは参考材料として採取したものである。

試料をうることは困難であった。しかし、以上の如き多数の分析の行なわれたのは、各国の経済が繊維資源を強く求めていた当時の世界的事情によるものである。

B パルプ製造に関する研究

イ 小興安嶺材を原料とするパルプ製造

マンシウ区系としては、小興安嶺の森林資源の開発がのこされていた。1937年4月の初め、著者らは当局の要求により、亜硫酸法によるパルプ工場立地の調査を開始し、松花江及び湯旺河の流域について航空調査と踏査を行なった。その結果、水害のない立地として、チャムス市、東方のモンコリー（蒙古力）の地区に立地を定めた。1933～41年にわたり、同地における工用水の分析も行なった（11～13）。モンコリーの工場は亜硫酸パルプ生産年10万トン为目标とするもので、1945年に完成し、その後も稼働されている。

ロ 混合蒸煮に関する研究（3～6）

上記化学分析の結果による広葉樹材は、例へばシラカバの如く、セルローズ含量の多く、比重の大きいことはセルローズ資源として工業的価値の大きいことを示している。しかし広葉樹は繊維の短いことなどの欠点ももっている。

マンシウ区系の森林は針広の混合する林相であって、パルプ原木としても広葉樹の利用が望ましい。著者らは基本的な方法として異種の原木をチップのまま混合して蒸煮する研究をつづけた（1942）。そののち牡丹江の中部に建設された樺林のパルプ工場において、奥田氏らがこの研究を工業生産に応用して成功した。この混合法の研究は、戦後にも日本および中国で引きつづき研究がすすめられた。

C 天然樹脂の木口樹脂の新採取法とロゼンの製造研究

満州地方は大陸の気候であって、3月末ころ零下30°前後の厳寒から急激に夏に向って気温は上昇する。このために冬期に伐採され、雪を利用して搬出された原木の木口より、樹脂が一度に分泌され流下することを発見した。筆者らは、これを新しい天然樹脂資源として利用する研究を初めた。最初は民間の力を借りたが、1943年には会社の協力により吉林敦化沿線において生松脂約10トンを試験的に集荷した。その後、1950年3月、新しい政府は直接指導によって約300トンを集荷することに成功した。この木口樹脂は切付樹脂とはやゝ性質を異にするので、これより、ロゼンとテルペン油を分離する工業実験研究を行なった。その結果に基づきハルビンに原料樹脂を1回に約2,000kgを処理する工場を建設し、当時の満州における特殊製紙工業の要求に応ずることができた。この実験研究は東北農学院林産化学研究室及び東北森林工業総局、化工処において著者らが担当した。

D クラフトパルプ製造およびタンニン原料に関する研究

満州のアカマツタンニンはその色調があざやかなために民間に好まれていた。著者らはさらにカラマツのタンニンに着目して研究を行い、カラマツのパルプ化と同時にその樹皮をタンニン資源として利用することの可能性を見出した（1943）（9,10）。

大興安嶺の森林は、カラマツとシラカバとの二樹種を主とする、きわめて単純な林相である。そこで、まづカラマツをクラフト法によってパルプ化するシステムの研究（1940）を初めた（3,4,5,6,）。工場の立地としては大興安嶺に近いハイラルなどを第一候補として現地調査を行なったが、実現したのは南満州の遼陽であり、加藤、渡の両氏らが工業化に当たった。満州で最初の試みであるこのクラフト工場は、著者らの研究データに基づいて設計されたが、パルプ部門の他に、タンニン部門をもち、南方のタンニン資源と北方タンニン資源とを併用する方法が実現した。この工場は1945年にはほぼ完成した。

E メタノール、アセトン、ホルマリン、木炭などの工業生産と化学工学的研究

満州におけるメタノール、ホルマリンの製造研究は、一つは水性ガスを原料とするもので撫順において行なわれ、ほぼ完成に近づいていた。今一つの研究は、木材を乾溜する方法で朝陽鎮の東方の森林地帯の地、竜泉鎮にその工業化が計画されていた。著者らは、政府の要請により、1951年8月より、この研究に着手した。研究の主力は化学工学的な分野におかれ著者らはハルビンの化工処（森林工業総局）において精力的にこれに努力した。協力した主要な化学技術者グループは約15名であった。一方竜泉鎮工場の精溜塔、醋酸石灰の乾燥器、多段濃縮装置など、約百点に近い化学機械の設計研究を行なった。

これらの装置は満州の現地で試作に成功した。この成功は化学者、機械技師及び関係する多数の人々の徹底した奉仕精神の結晶であった。1952年12月竜泉鎮工場は試運転を終えて稼働にはいった。

工業的実験規模は200kgの原木を用いる小型炉によった。工場の規模はその30倍にあたる6,000kgを仕込む直径2m、長さ6mの炉3基。燃料には副生するウッドガスを利用した。内燃式及び連続方式へ研究をすすめた。この工場は、年間の使用原木約1万m³を消化するパイロットプラントである。原木伐採まで入れて総関係従業者数は約500名に達した。成品のメタノールの純度は99%、収量は無水原木に対して1.38%（80%メタノール換算）に達した。樹種は比重の高い樹種をすべて利用した。計算値としてはマンシウ系広葉樹の比重平均値、0.55（水分12%）を用いて設計し、実際の結果とよく一致した。原料からはドロノキ類は除いた。層積の計算は志賀博士の表がそのまま完全に適用した。広葉樹原木を利用する場合、乾燥と腐朽の問題がある。天然乾燥では一年後の水分27%、2年後19%である。乾燥原木としては水分20%がよい。剥皮は不完全剥皮を行い、重量約7%の皮をのこした。製炭の収率は乾燥木材に対し約30%に達した。メタノールの収量に伴う問題としては、アセトンとの共沸混合物の処理がある。実際にはそのまま、“メチル・アセトン”として溶剤に利用した。

大規模な製炭工業の研究は大陸のみでなく、日本においても考慮の必要があろう。小規模な山村製炭は必ずしも近代化しようと保証しえないからである。

IV 木材試験標準法

本試験で行なった方法はすべて前にのべた木材試験法規格に準じたが、横圧縮試験の減込み量を5%としたことを異にしている。また縦引張試験片の長さは材料を厳選するため、幾分か異なったものを用いたが影響なき程度に限定した。試験原木数は5本を用い、試験片はそれぞれ25個を用いた。ただし、余り重要でない2樹種についてはその個数を少なくしている。本試験法の特長は、試験片の大きさを辺長30mmに統一し、完全年輪4箇以上を保証していることなどの点にある。本法の測定のため、実験研究をすすめるとともに、各国法を研究し、1941年に定めたものであるが、そののち決定された現在の日本の試験法規格は本法と規を一にしている。詳細はすでに報告したので参照されたい（18～24）。

なお、本試験に用いた衝撃曲げ試験機は、新標準試験機として、当時特別に新しく設計せるもので、シャルビー式、力量20kg、mである。試験片は30mmシステムで行なったが、当時、一般に20mmシステムで行なわれているものが多いので、20mmシステムの値に換算せる値を第二表の中に附記した。我々が先に行なったダフリヤ区系樹種の試験法も20mmシステムによるものである（25,26）。

V 機械的性質とその考察

前述のごとくマンシウ材の機械的性質の数値は我々の目的とする材質の化学的改良に対する基礎を与えるものである。

同時に、原木を定義し、また規格づける基礎である。今各項目について、特にプラスチック合板製

造やパルプ原料の調製など化学的利用の立場からも若干の考察を加へ、先に報告したダフリヤ区系樹種の結果との比較考察をもまじえる。

a 縦圧縮の強さ

木材の基本的な性質を示す値として縦圧縮の強さFcは、試験しやすく、かつ、信頼されている意味で重要である。縦圧縮の強さ集団 (Xi), 縦引張りの強さ集団 (Yi) についてその相互間の関係を考察すると両者の間に高い相関係数値rがみとめられる。マンシウ区系21種についてrの値を求めると

$$r = \frac{\sum (Xi - Mx) (Yi - My)}{\sqrt{(\sum (Xi - Mx)^2) (\sum (Yi - My)^2)}} = 0.95 \dots \dots \dots 1$$

なる値をえた。ここに Mx・My はXi 及び Yi の相加平均である。Xi と Yi の関係は第1図に示す。ダフリヤ区系の場合は直線関係と見て差支えなく、又、マンシウ区系の場合も針葉樹と広葉樹とを別々にすると、Xi・Yi の関係は先づ直線関係と見ても大過がない。故に縦引張りの強さ、Ftとの関係式として Ft// = k × Fc//..... 2

がえられる。すなわち、測定値よりkを求めると、(ダフリヤ区の試験法は20mmシステム)

マンシウ区系針葉樹に対し	Ft// = 1.73	Fc//..... 3
" 広葉樹 "	Ft// = 2.22	Fc//..... 4
" 全樹種 "	Ft// = 2.11	Fc//..... 5
(ダフリヤ区系全樹種 "	Ft// = 1.27	Fc//..... 6)

今、縦圧縮強さの制定値より縦引張り強さの計算値 (Ki) を求め、これとその測定値 (mi) の偏差、(Δ Yi = mi - Ki) を算出し、計算値に対する偏差の割合を求めると、マンシウ区系針葉樹 (上の3式) の場合、各樹種について最高偏差 9.5% (タウシラベ)、平均 6.8%の偏差が認められた。マンシウ区系広葉樹では10.6%である。ダフリヤ区系では平均偏差は 7.1%である。この結果を見ると大体直線関係と見られるが、針葉樹と広葉樹とは関係式の係数を異にする。またマンシウ区の系数は2.11で、ダフリヤ区1.27より大きいのは、試験法を異にするために直ちに結論しがたい。試験法を標準法に統一する時は、これらの関係式も実用性を高められると思われる。縦圧縮強さと曲げ強度との間にも後節のべるように更に密接な関係が存在する。要するに縦圧縮強さが原木の強さを批判するために最も重要な性質であることは確かである。

本測定結果によるとカラマツ属の強度が 789kg/cm² を示し、特に大きいことが注目される。マンシウ区系広葉樹平均値 604 (kg/cm²) 以上の値を示したのは、カバ属、ナラ属、カヘデ属、トネリコ、カラマツ属の5種である。

b 横圧縮強さ

この強さは材質改良の技術の上にも重要である。圧着して集成又は合板する場合の加圧力はなるべく大きくすることが望ましいが、余り大きくすると素材を破壊するからその限度の強さを知らねばならない。試験結果を見ると、最も弱いのはシベリヤアカマツの 26.4 (kg/cm²)、テウセンハリモミの82 (kg/cm²)、広葉樹ではケショウヤナギの29.3 (kg/cm²) M-ドロノキ 30 (kg/cm²) 注1) である。従って、設計の場合、弾性限界を考え、加圧力を 10 (kg/cm²) とすると、常用圧 200トンのプレスを必要とする。又、横圧縮の強さの大なることは、合板積層材の製造には可成り重要である。カヘデ属の優秀さが目立っている。次いでナラ属、カバ属、トネリコ属が強く、以上の計4種がマンシウ区系広葉樹平均値30 (kg/cm²) より大なる強さを示す。

○ 註 1, Mはマンシウ区系 Dはダフリヤ区系を示めす記号

Table 2. Data of material testing of the wood produced in the manchurian flora district
表 2-1 マンシウ植物区系樹種の材質試験結果

試験法	樹種	試験本数	試験片数	(1) 縦圧縮試験			比強度		
				平均年輪幅 mm	含水率 %	比重試験時			
標準 マンシウ区系樹種	針葉樹	1	タクシラベ	2.7	9.8	0.367	435	1183	
		2	マンシウカラマツ	1.6	10.2	0.624	789	1259	
		3	エゾマツ	1.9	10.0	0.418	515	1230	
		4	テウセンハリモミ	1.6	9.9	0.413	501	1209	
		5	テウセンモミ	1.4	9.2	0.424	526	1238	
		平均 (N)					553.2	1223.8	
	標準 マンシウ区系樹種	広葉樹	6	テウセンヤナラシ	3.1	9.1	0.434	471	1086
			7	ドロノキ	3.7	9.3	0.360	406	1128
			8	マンシウクルミ	1.8	9.6	0.447	518	1156
			9	クシベリヤハンノキ	2.9	9.1	0.411	431	1050
			10	テウセンミネバリ	1.5	9.5	0.687	856	1259
			11	マンシウシラカソバ	2.6	8.9	0.578	677	1170
			12	モウコナラ	1.6	9.1	0.736	824	1118
			13	オヒヨウニレ	0.9	9.3	0.528	511	963
			14	ハルニレ	1.2	9.4	0.546	578	1038
			15	アムールキハダ	2.0	10.0	0.457	525	1148
			16	マンシウカヘダ	1.1	9.9	0.640	635	993
			17	イタヤカヘダ	1.0	9.5	0.704	826	1174
			18	アムールシナノキ	1.8	8.1	0.455	531	1156
			19	マンシウボダイジュ	1.8	8.9	0.430	511	1184
			20	ヤチダモ	1.6	10.1	0.660	705	1033
21			マンシウハンソドイ	1.8	9.4	0.593	651	1116	
			平均	(L)				604.1	1112.6
			マンシウ区系樹種平均	(L/N)				592	1139.1
			(広/針)の比					109	0.91

Table 2-3 Data of material testing of the wood produced in the manchurian flora district
表 2-3 マンシウ植物区系樹種の材質試験結果 (つづき)

	(4) 剪 断 試 験					(5) 縦 引 張 り 試 験					(6) 割 裂 試 験 (マンシウ系)				
	平均 年輪幅 mm	含水率 %	比 重 (試験時)	剪断強度 kg/cm ²	比強度	平均 年輪幅 mm	含水率 %	比 重 (試験時)	引張強度 kg/cm ²	比強度	平均 年輪幅 mm	含水率 %	比 重 (試験時)	割裂強度 kg/cm ²	比強度
1	2.4	11.3	0.366	69.9	191	2.4	10.4	0.378	823	2133	2.2	9.0	0.369	414.6	39.6
2	1.7	11.6	0.633	104.1	164	1.5	9.8	0.656	1316	2006	1.5	9.2	0.641	24.2	37.8
3	1.5	12.1	0.426	92.0	216	1.7	11.7	0.434	973	2247	1.8	9.0	0.417	21.7	52.0
4	1.7	11.7	0.419	88.8	212	1.9	11.2	0.440	806	1834	1.8	8.9	0.440	18.2	41.4
5	1.5	10.9	0.428	88.7	207	2.0	11.1	0.429	866	2019	1.9	8.1	0.418	23.8	56.9
平均(N)				88.7	198				957.6	2057.4				20.5	45.5
6	3.2	9.7	0.434	94.2	217	2.8	9.9	0.437	1097	2510	2.8	8.2	0.431	31.2	72.4
7	3.6	10.1	0.355	73.2	206	3.3	11.2	0.383	949	2446	3.2	8.0	0.383	25.7	67.1
8	1.9	9.8	0.446	102.9	231	1.8	9.2	0.445	1056	2373	1.8	8.2	0.443	33.1	74.7
9	3.0	10.0	0.412	73.6	179	2.5	9.9	0.423	849	2007	2.4	8.3	0.421	31.0	73.6
10	1.4	10.3	0.694	157.8	227	1.6	10.6	0.705	2300	3262	1.6	9.1	0.697	61.9	88.8
11	2.4	10.4	0.584	123.4	211	2.1	11.8	0.616	1840	2987	2.1	9.0	0.597	37.0	62.0
12	1.4	10.4	0.739	167.4	227	1.5	12.8	0.692	1672	2416	1.4	8.8	0.714	52.4	73.4
13	0.9	10.0	0.514	93.6	182	0.9	9.7	0.509	1249	2454	0.9	8.4	0.496	42.5	85.7
14	1.3	10.0	0.560	114.6	205	1.4	10.2	0.528	1179	2233	1.2	8.3	0.516	46.7	90.5
15	2.0	9.7	0.446	96.4	216	2.0	10.6	0.444	949	2137	1.8	8.9	0.445	31.2	70.1
16	1.1	10.0	0.637	152.6	240	1.1	10.0	0.621	1408	2364	1.1	8.9	0.623	63.1	101.3
17	1.0	10.2	0.699	149.8	214	1.0	9.6	0.683	1986	2908	1.0	8.7	0.685	77.3	112.8
18	1.8	8.8	0.456	81.7	179	1.4	8.7	0.475	918	1933	1.5	7.2	0.459	45.3	98.7
19	1.7	9.6	0.427	85.0	198	1.5	9.1	0.470	1017	2164	1.5	7.9	0.457	45.7	100.0
20	1.6	10.0	0.669	135.8	203	1.6	8.7	0.645	1574	2440	1.6	8.8	0.646	54.8	84.8
21	1.6	9.9	0.584	101.5	174	2.0	10.5	0.581	1382	2379	1.6	8.4	0.578	45.4	78.5
平均(L)				112.7	206.8				1342.8	2438.3				45.3	83.4
全平均				107.0	204.7				1281.1	2347.6				39.4	74.3
L/N				1.27	1.04				1.40	1.19				2.21	1.84

Table 2-4 Data of material testing of the wood produced in the manchurian flora district
表 2-4 マンシウ植物区系樹種の材質試験結果 (つづき)

番号	標準 比重 (水分12%)	全平均 含水量 (試験時) %	全平均 重量 (試験時)	比強度 30mm システム	試験 値		衝撃 曲 げ 試験 値 計算値	含水率 %	平均 輪幅 mm
					衝撃 値 mkg/cm ²	30mmシステム 実験値			
1	0.374	10.2	0.372	1.75	0.29	0.65	0.380	10.5	2.4
2	0.643	10.4	0.639	1.80	0.50	1.13	0.637	10.6	1.5
3	0.426	10.9	0.427	2.23	0.42	0.93	0.424	11.1	1.7
4	0.430	10.6	0.427	2.08	0.38	0.85	0.426	10.9	1.8
5	0.429	10.0	0.425	1.38	0.26	0.59	0.418	11.1	1.8
平均(N)	0.460	10.4	0.457	1.848	0.37	0.84	0.485	10.8	
6	0.439	9.4	0.434	1.62	0.32	0.71	0.439	11.2	2.9
7	0.373	9.6	0.371	2.17	0.37	0.83	0.382	10.9	3.0
8	0.450	9.5	0.445	1.53	0.32	0.72	0.455	11.3	1.9
9	0.424	9.6	0.419	1.43	0.28	0.63	0.424	11.1	2.6
10	0.700	10.1	0.696	2.28	0.71	1.59	0.700	10.9	1.5
11	0.596	10.1	0.592	2.18	0.58	1.31	0.598	11.5	2.1
12	0.724	10.5	0.720	1.88	0.60	1.36	0.721	11.2	1.3
13	0.519	9.6	0.513	1.95	0.46	1.03	0.501	10.8	1.0
14	0.541	9.8	0.536	2.01	0.48	1.07	0.522	10.7	1.3
15	0.447	10.0	0.441	1.55	0.32	0.71	0.447	11.9	1.9
16	0.637	9.9	0.631	1.43	0.40	0.90	0.631	11.7	1.2
17	0.698	9.8	0.693	2.07	0.64	1.48	0.692	10.9	1.0
18	0.473	8.4	0.462	1.65	0.34	0.77	0.468	10.5	1.6
19	0.454	9.2	0.445	1.56	0.31	0.70	0.458	10.8	1.6
20	0.662	9.8	0.655	1.97	0.57	1.29	0.652	11.7	1.6
21	0.589	9.7	0.532	1.45	0.37	0.83	0.575	11.2	1.6
平均(L)	0.546	9.7	0.540	1.83	0.48	1.01	0.544	11.2	
全平均	0.525	9.86	0.520	1.814	0.42	0.95			
L/N	1.19	0.93	1.18	0.99		1.20			

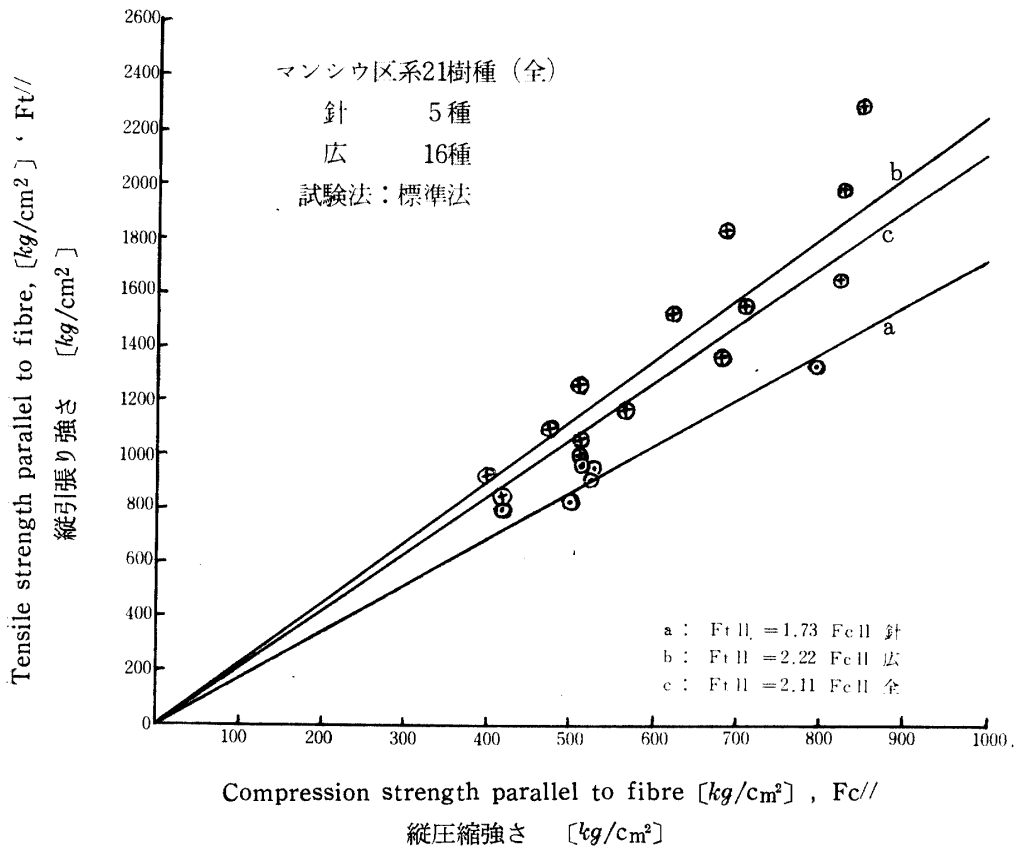


Fig 1. Correlation of the strengthes of the manchurian wood I
 マンシウ区系, 木材強度の相関関係 I

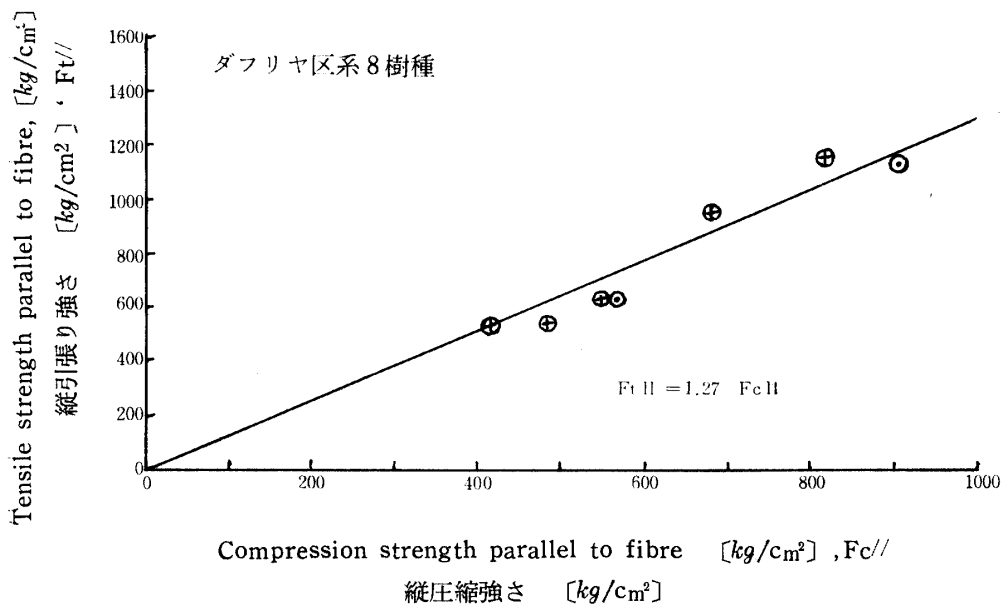


Fig 2. Correlation of the strengthes of the dahurian wood
 ダフリヤ区系, 木材強度の相関関係

c 曲げ強さ

曲げ強さも材質改良の行程の上に可成り重要な性質である。曲げ強さ (Y) は縦圧縮強さ (X) と相関関係が非常に深い。その相関係数 r の値は、 $r = 0.984 \dots \dots$ (マンシウ系) $\dots \dots 7$

縦圧縮強さとの関係は緊密な直線関係が認められ、次式が適用しえられよう。

$$Y = 1.615X \dots \dots \dots \text{(マンシウ区系)} \dots \dots \dots 8$$

曲げ強さについては、カバ属、ナラ属、カヘデ属などが優秀である。

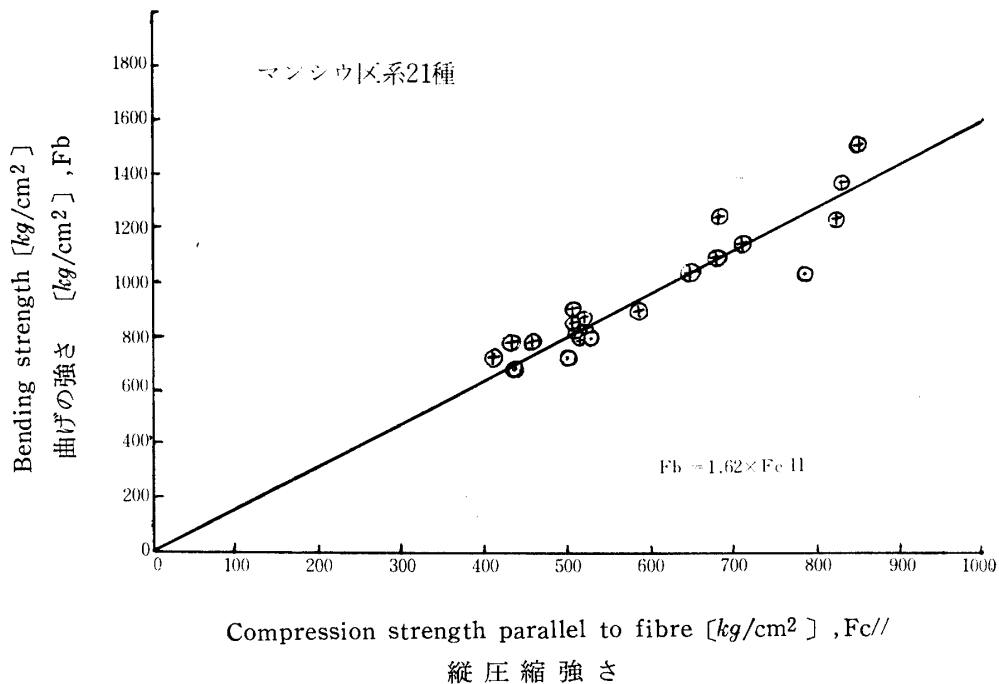


Fig 3 Correlation of the strengthes of the manchurian wood II

マンシウ区系, 木材強度の相関関係 II

d 剪断強さ

剪断強さはパルプ製造の場合のチップの調製、合板又は積層材において接着剤の接着力を保証する場合に、最後の目標を与える値としてきわめて重要である。言いかえると、剪断強さの弱い材を合板する場合にはそれに応じた弱い接着剤で充分である。又、強い合板を作るために素材の剪断強さが強いことがその先決条件である。この意味で、我々が強力な接着剤による合板を製造しうる樹種は、ナラ属、カヘデ属、カバ属、トネリコ属 (*Fraxinus*)、ニレ属の5属で、これらの材は広葉樹平均値113 (kg/cm^2)以上の剪断強さを示めす。

e 縦引張り強さ

繊維に平行なる引張り強さは最も重要な性質の一つであるが、試験法の改良により可成り信頼性が高められたにかかわらず、なお充分とは言いがたい。又試験に手数と材料とがかかりすぎる。簡単に縦引張りの強さを知るには、縦圧縮から概算しうるであろう。たとえば、マンシウ区系については第2～5式が利用しえられる。引張り強さにおいてマンシウ区系広葉樹の平均値1342.8 (kg/cm^2)以上の値を示

したのは、カバ属、ナラ属、カヘデ属、トネリコ属の4属である。

f 割裂強さ

これらの強さは、たとえば伐採、パルプ原木の割木行程上、また合板製造上においてもきわめて重要な性質で、割裂強さの弱い原木はその単板が破壊され易い。今、マンシウ区系広葉樹の平均値を標準として考えると、特に薄板の場合はその比強度が問題となるので、その平均値83.4を標準にとる。これに達しないものとしては針葉樹のうち特にカラマツ属、モミ属は弱い。広葉樹は一般に強いけれどもナラなどの環孔材は実際に薄板を作るには適すると言いがたい。カバ属ではマンシウシラカンバが低い値を示した。なお、割裂強さと横引張り強さの絶対値が非常に近い値を示していることは上述したところである。全樹種のうちカヘデが強度と比強度とともにすぐれた値を示したことは特に注目すべきであろう。

g 衝撃曲げ強さ

マンシウ区系とダフリヤ区系とは衝撃曲げ試験片の大きさが異なるのでその強さを相互に比較するためには補正を要する。一般に試験片の断面が大となるほど、大なる値を示す。2センチシステムの換算係数は当分上記の2.25を用いる。今、マンシウ区系広葉樹の平均値より高い値を示したのは、カバ、ナラ、ニレ、キハダ、シナノキ、タモ、カラマツ等の各属で、カヘデ属が劣った値を示したことに注目したい。

h 含水率

実験室外の年平均関係湿度は74%である。この地方における木材の全平均水分は9.6%である。測定値としては、最小7.8%、最大10.9%で、これが室内にて十分に乾燥された時の含有水分である。ただし、試験室外の年平均関係湿度は春秋2期の日中は甚だしい低下を示す。含水率と強度との関係は、本文では外国の研究文献に従って計算した。

i 比重

木材の取引を金属材料と同様に重量によるべきであるとする意見がある。その意味でも木材の標準比重は重要である。又、第二には木材の強さは比重と一定の関係にあるから強さの目安となる所に実用上の重要性がある。さらに航空機用材においてはその比重が重要な性質であることは云うまでもない。英米においては比重により3群に分類している。従って同一樹種でも比重の異なるものは規定上、同一階級に入ることは出来ない場合がある。しかし実際はその樹種の代表比重で3群に分ける結果になっている。たとえば、Mil—P—36A1952。航空機用材では、たとえば比重0.58のBirchはhigh density 比重0.58の第一群と、medium density (0.53)の第2群に分れていて、属については比重により統一されない。(British standard specification for air craft material, (1947) 及び米国のA. M. S. military specification “Plywood & Veneer air craft Flat Panel Mil—P—36A. amendment—19 January 1952等を参照)

比重は気乾比重、絶乾比重と標準比重の三者がある。比較するためには標準比重が良い。マンシウ材の標準水分12%時の比重を標準比重とする。比重は試験時に測定された全測定値の平均値に基いている。その最小値は、ダフリヤ区系のドロノキ0.371で、最高はモウコナラの0.724である。比重により3群に分け、所属で属名を挙げると次のごとくである。級間は0.12。

(イ) 高比重群：0.73—0.61

Larix (カラマツ)

Betula (カバ) I, Ulmus (ニレ) I, Quercus (ナラ), Acer (カヘデ), Fraxinus (トネリコ)

(ロ) 中比重群：0.61—0.49

Betula (カバ) II, Ulmus (ニレ) II, Syringa (ハンドイ)

(ハ) 低比重群 : 0.49—0.37

Pinus, Abies, Picea

Chosenia, Populus, Juglans, Alnus, Phellodendron, Tilia.

この分類で2群にまたがる属は Betula と Ulmus である。その樹種は次のごとくである。

Betula I : Betula dahurica (ダフリヤ区系)

Batula platyphylla (ダフリヤ区系)

Batula costata (マンシウ区系)

Betula II : Betula platyphulla, sugsp. mandshurica (マンシウ区系)

Ulmus I : Ulmus propinqua (ダフリヤ区系)

Ulmus II : Ulmus laciniata (マンシウ区系)

Ulmus propinqua (マンシウ区系)

すなわち、同属異種であるか、同属同種異亜種であるか、または、産地の区系を異にする場合により所属群を異にしている。

j 平均年輪および重量肥大生長

測定された試験片の全平均年輪幅 A を算出すると第3表をえる。オヒヨウニレが最小で0.93mm ドロノキが最大で 3.40mm (M), 5.01mm (D) である。この A の値は先にのべたように試験片の大きさを定めた一つの根拠となった。カヘデ属、カバ属の如きすぐれたベニヤ原木はおおむね A の値が小さい。アムールシナノキ、ヤチダモは下位に属する。主として中板(心板)に使用せられるドロノキは最上位にある。単板における春材部と秋材部との関係は一つの研究問題であろう。

原木の用材としての資源価値を考察するために、重量肥大生長 (u) を A^2 に比重 S を乗じた値で示すことができる。その結果おおむね年輪幅の大なるものは、実質生長 U もまた大きい、若干のものはその位置をかえる。特にテウセンミネバリ、ヤチダモの如き樹種は上位に上り、その用材としての資源価値が低くないことを示した。ドロノキ、テウセンヤマナラシ等のポプラ属は上階級にある。ニレ属ではハルニレは第2位の高位にあるが、オヒヨウニレは最下位にある。

A^2S なる数値は単位の高さにおける重量肥大生長を比較する値であるから、特に大径木を要求する用材の資源価値を示す数値として用いられると思われ、造林に役立つ数値とみとめられる。

K 針葉樹と広葉樹との強さの比較

一般に針葉樹のマツ属は建築用材に、タウヒモミ属はパルプ用材に用いられているが、大径木のタウヒ、モミ属とカラマツ属は合板用材としても特長が見られ、再検討を要すると思う。我々は先づ強度平均値に関する一考察として、針葉樹と広葉樹とを比較して、両者の大要を理解する助けとしたい。

比較の方法として、ダフリヤ区系およびマンシウ区系樹種について各平均値の比をとると第4表をうる。ここに i なる数値は、+の時、広葉樹の強度がその数値に相当する割合だけ、針葉樹より大なることを意味する。j は比強度に関する同様の値である。

表によると、ダフリヤ区系とマンシウ区系とは同じような結果を与えているけれども、ダフリヤ区系の針葉樹がわずか2種に過ぎないから、主としてマンシウ区系に重点をおいて考察する。

結果を通じて見ると、針葉樹が確かに優れているのは縦圧縮の比強度と、衝撃曲げ比強度とである。その他はすべて広葉樹の方が優れている。i の値の最高は 127% に達している。

横圧縮、割裂(又は横引張)の2項目については広葉樹は針葉樹に比し、120%も強い。このことはベニヤ原木として可成り有利な長所である。これらの強さについては、その比強度についても広葉樹は約80%も強い。この点は特に目立った針広の差である。

Table 3 Average width of annual rings, A and weight diameter growth, u

表 3 全平均年輪幅, A と重量肥大生長, u

A 順位	樹 種 名	A	階 級	$u = A^2 \cdot S$	u 順位
1	ドロノキ (D)	5.01	1—1	9.29	1
2	ドロノキ (M)	3.40	3—1	4.34	3
3	ハルニレ (D)	3.09	—2	5.92	2
4	テウセンヤマナラシ (M)	3.01	—3	3.96	4
5	ケシベリヤハンノキ	2.69	4—1	3.04	6
6	タウシラベ	2.41	—2	2.17	9
7	ナウセンヤマナラシ (D)	2.33	—3	2.58	7
8	マンシウシラカンバ	2.27	5—1	3.06	5
9	シベリヤアカマツ	2.27	—2	2.33	8
10	アムールキハダ	1.91	—3	1.62	13
11	マンシウクルミ	1.83	—4	1.51	16
12	ケシヨウヤナギ	1.81	—5	1.32	20
13	テウセンハリモミ	1.79	—6	1.38	18
14	マンシウハシドイ	1.73	—7	1.76	11
15	ダフリヤカラマツ	1.71	—8	2.00	10
16	テウセンマツ	1.71	—9	1.33	19
17	エゾマツ	1.69	—10	1.22	21
18	アムールシナノキ	1.63	—11	1.18	22
19	マンシウボダイジュ	1.61	6—1	1.175	23
20	ヤチグモ	1.59	—2	1.66	12
21	マンシウカラマツ	1.56	—3	1.57	15
22	テウセンミネバリ	1.50	—4	1.58	14
23	モウコナラ	1.43	—5	1.48	17
24	コオノオレ	1.27	—6	1.03	24
25	ハルニレ	1.27	—7	0.873	25
26	コウアンシラカンバ	1.14	—3	0.838	26
27	マンシウカヘデ	1.11	—9	0.785	27
28	イタヤカヘデ	1.00	—10	0.698	28
29	オヒヨウニレ	0.93	—11	0.435	29

**Table 4 Ratios of the strengthes of broad-leaved trees
against needle-leaved trees**

表 4 針葉樹に対する広葉樹の強度差

強 度	マンシウ区系		ダフリヤ区系		備 考
	$i = \left(\frac{FL}{FN} - 1 \right) \times 100$	$j = \left(\frac{HL}{HN} - 1 \right) \times 100$	$i = \left(\frac{FL}{FN} - 1 \right) \times 100$	$j = \left(\frac{HL}{HN} - 1 \right) \times 100$	
(1) 比 重	+ 18	—	— 7	—	1) F. は強度 H. は比強度 L. は広葉樹 N. は針葉樹 を示めす。 2) ダフリヤ区系は N. 2種 L. 6種 3) マンシウ区系は N. 5種 L. 16種
(2) 縦 圧 縮	+ 9	— 9	— 15	— 8	
(3) 横 圧 縮	+120	+ 1	+ 43	+ 58	
(4) 曲 げ	+ 25	+ 5	+ 11	+ 13	
(5) 剪 断	+ 27	+ 4	+ 36	+ 33	
(6) 縦 引 張	+ 40	+ 19	+ 0	—	
(7) 横 引 張	—	—	+127	+123	
(8) 割 裂	+121	+ 84	—	—	
(9) 衝 撃 曲 げ	+ 20	— 1	— 10	— 5	
(10) 硬 度 (柁 目)	—	—	— 7	— 8	

次に20%~40%差のあるのは横圧縮、曲げ、剪断、縦引張り、衝撃曲げの5項目である。これらの強さについて広葉樹は針葉樹より平均して約30%だけ強い。ただし比強度ではこの範囲の差を示す項目は存在しない。

次にその差±20%以下の範囲に属するのは、強度では縦圧縮のみである。すなわち、縦圧縮については針広の差は少ない。然るに比強度においては、±20%以下の範囲に属する項目は曲げ、剪断、縦引張り、及び縦圧縮、衝撃曲げ、合せて5項目である。要するに比強度については、横圧縮と割裂以外は差が少ないと結論される。従ってこれらの2項目につき差支えなければ針葉樹を考慮しようという結論がえられる。

VI 接着フィルム、プラスチック合板および積層材の研究

プラスチックと木材と組合せて作製する合板又は積層材の研究を行なった(30~41)。著者らが工業的生産までに研究をすすめた方法は、きわめて薄い単板、たとえば0.25mm単板を用い、これに、強質紙に合成樹脂接着剤を含浸せしめた接着フィルムを作製して、加温の下に加圧接着すると、接着剤は木材組織に浸入するとともに強く接着して、きわめて強い合板又は、積層材を形成する。この合板は当時、電波をのがれるために、航空機に使用された。また、積層材は軽舟艇や艦材に用いられた。

著者らの最も苦心したのは、特別に薄くて強い紙の試作であった。初め、麻繊維の利用をテストしたがついに成功せず、結局、強質のクラフトパルプ薄葉紙に抄く特殊の網部をもつ製紙機械によって試作に成功した。この試作には六合製紙の小林氏の協力をえた。使用する合成樹脂には、結局、強力で耐水性のフェノール系レジンの研究したが、レゾルシノール系を用いるに至らなかった。接着レジンに強質薄紙にコートするコーターは特別の設計の下に試作された。

用いる単板用の原木に、上記の機械的性質と資源的理由からテウセンミネバリを選択しえたことは、われわれの大きな喜びであり、勝利であった。テウセンミネバリは最も伐採が困難であり、搬出もむづかしい材として、マンシウ地区の森林に多量にとりのこされ、かつ、鉄道沿線の近くにも蓄積されていたので、これをすみやかに搬出集荷することにも成功した。このために政府側から萬氏らの大きな協力があった。原木の問題は接着フィルムのベースの問題とともに、最も苦慮した。原木のもたねばならない不可欠の条件は、最も強く、かつ、大径級の材であることである。この条件を満足させるテウセンミネバリの発見は、この研究を大きく成功にみちびいた。勿論、テウセンミネバリにも心材について問題があり、劣化した心材をもつ原木をきびしく探査して除外する必要があるがあった。

著者らは、強さについて詳細な比較研究を行なった(41)。

その結果を要約すると、マンシウ区系木材21種のうち上位の強さをもつものは次の如くである。次の表は木材を強度6階級に分類したとき、その第1級材のうちの三位までの木材を示す。マンシウ材の強さを度数分布から見ると、おおむねL字分布を示し、弱い木材が多い。

1級材に属した樹種は5種であるが、その上位の3位に属する木材の秀れた点は次の如くである。

(1) テウセンミネバリ, 1位

縦圧(1位), 曲げ(1位), 縦引き(1位), 衝曲(1位), 曲げ弾性限界(1位), 曲げヤング係数(1位), 剪断(2位), 比重(2位)

(2) イタヤカエデ, 2位

横圧(1位), 割裂(1位), 衝撃曲げ(2位), 比重(3位)

(3) モウコナラ, 3位

剪断(1位)

この順位は、総合順位の決定式に従って定められたもので、その計算値は次の如くである。マンシウ区系に対しては次式を用いた。Rは総合順位数である。

$$R = \frac{1}{4} \left\{ \frac{1}{2} (rF_c + rF_t) + \frac{1}{2} (rF_s + rF_p) \right\} + rF_i + rE_b$$

ここにF_c, F_tは繊維方向の縦圧縮と縦引張り, F_s, F_pは繊維に直角な方向の剪断と割裂の強さ, F_iとE_bとは他の重要な強さとして選定された衝撃曲げ強さと曲げヤング係数を意味する。rの数値はそれぞれの強さにおける順位数である。

上記の三者の順位とR値をマンシウ区系代表用材であるテウセンマツと比較すると次の如き結果を示した。

級	判定順位	Rの値	樹種名	階級分布
1	1	1.38	テウセンミネバリ	1—1
1	2	2.38	イタヤカヘデ	1—2
1	3	3.88	モウコナラ	1—3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
6	20	17.88	モウセンマツ	6—4

強度の等方性の順位については、アムールシナノキ, 1位, マンシウボダイジュ, 2位, マンシウカヘデ, 3位で、等方型である。いずれも等方性の一級材である。テウセンミネバリは3級5位であり、異方性による伐採の困難さを示している。ここに異方性(a)は次式で算出した。F_pは割裂強さ。

$$a = F_t // F_{tL} \quad \text{または} \quad a = F_t // F_p$$

いま、これをF_t//F_sの比で計算すると、1位はマンシウカヘデ, 2位はモウコナラ, マンシウケルミ3位となり、モウセンミネバリは7位となる。但し、F_sは剪断強さ。

比強度については、強度と比重との関係は $F = aS^b$ (S は比重) の式で一般に示されるが、衝撃曲げについては、マンシウ系において、標準法 (30mmシステム) のとき、16種について、 $F_b = 1.54 S^2$ の実験式をえた。(41:P,149)

比強度の大なることは、木材が材料としてもつ大きい特長の一つで、航空機用材として重用された理由はここにある。たとえば、チュラルミンの縦引張りの比強度は、13.5であるが、テウセンミネバリは32.6である。最下位のテウセンハリモミでさえも、18.3の値をもつ。

マンシウ区系における比強度の階級区分における、総合順位を次式で計算した。

$$R_H = \frac{1}{4} \left\{ \frac{rHc// + rHt//}{2} + \frac{rHs + rHp}{2} + rHi + rHE \right\}$$

ここに H は比強度の意を示し、 Hs は比剪断強さ。

順位	順位数	樹種	階級分布	各比強度順位
R	RH			
1	3.5	テウセンミネバリ	I-1	比縦圧 (1位) 比曲げ (1位) 比縦引張り (1位) 比衝撃曲げ (1位)
2	6.4	エゾマツ	II-1	比衝撃曲げ (2位) 比縦圧 (4位)
3	7.5	イタヤカヘデ	III-1	比横圧縮 (1位) 比割裂 (2位) 比剪断 (1位)

航空用素材としてのテウセンミネバリ材の価値を定める他の1つの方法は、日本航空規格との比較である。何れの強度規格と比較しても5種用材の2倍以上、4種用材の1.5~2.0倍の強さを示した。

このプラスチック合板の製造は、新京 (長春) の大陸科学院、研究工場と、新設した蘇家屯 (奉天) の接着フィルム工場との合作で行なわれた。この工業化に特に協力された、森山、西山 (芳太郎) の両氏らに甚大な敬意を表します。

文 献

- 1 志方, 福渡 1937 パルプに関する研究, 大陸科学院研究報告 **1** (4) : 103
- 2 志方, 福渡, 四方 1937 —, —, **1** (4) : 128
- 3 福渡, 星野 1940 クラフトパルプに関する研究, —, **4** (11) : 201
- 4 福渡, 星野, 北原 1940 —, —, **4** (11) : 222
- 5 福渡, 唐川, 水上 1942 —, 大院科学院井報 **6** (3) : 70
- 6 福渡, 唐川 1942 —, —, **6** (3) : 71
- 7 福渡, 藤本, 三戸 1942 —, —, **6** (3) : 72
- 8 福渡 1955 クラフトパルプ製造に関する研究, 論文
- 9 福渡, 森田 1943 満州産タンニン原料に関する研究, 大院科学院井報 **7** : 520
- 10 福渡, 竹田 1943 —, —, **7** : 530
- 11 福渡 1938 満州パルプ工業用水について, — **2** (4)
- 12 福渡, 森田 1941 —, —, **5** (1)

- 13 福渡, 森田 1941 —, —, **5** (6)
- 14 福渡, 森田 1942 フルフラール樹脂に関する研究 —, **6** (3) : 74
- 15 福渡, 藤本, 孫 1943 —, —, **7** : 51
- 16 福渡, 柴田 1945 木材の化学的構成成分とその基礎的諸性質との関係, 満州航空 **12** (3) : 12~16
- 17 福渡 1951 ヘミセルローズの機能, 東北農学院学報 **1** (3)
- 18 福渡 1937 満州木材試験標準法の決定について, 大陸科学院并報 **1** (4) : 31
- 19 福渡, 大倉, 堀 1938 —, —, **2** (4) : 584
- 20 福渡, 山本 1939 —, —, **3** : 27
- 21 福渡, 太田 1940 —, —, **4** : 1
- 22 福渡, 太田 1940 —, —, **5** : 673 (木材試験法の規格原案について)
- 23 福渡, 奥山, 未発表, 大陸科学院保管
- 24 木材試験法規格 1941 大陸科学院, 満州国政府公報 (4月15日号)
- 25 福渡, 1942 木材の強度に関する研究, 大陸科学院研究報告, **6** (3) : 29
- 26 福渡, 太田, 山本 1942 —, —, **6** (3) : 47
- 27 福渡, 奥山 1951 —, —, 東北農学院学報 **1** (2)
- 28 福渡, 1940 —, 日本学術協会報告 **16** : 544
- 29 太田, 1943 —, 大陸科学院并報 **7** : 683
- 30 福渡, 金田 1941 接着剤に関する研究, 大陸科学院研究報告 **5** (18) : 435
- 31 福渡, 金田 1940 —, 大陸科学院并報 **4** (3) : 352
- 32 福渡, 勝二 1942 —, —, **6** (2) : 127
- 33 福渡, 田中 1942 —, —, **6** (2) : 163
- 34 福渡, 1939 合板製造の研究 —, **3** : 443
- 35 福渡, 桜井 1942 —, —, **6** : 829
- 36 福渡, 桜井 1942 —, —, **6** : 873
- 37 福渡, 1943 航空機材料, 航空朝日 **4** (1) : 76
- 38 福渡, 1944 —, —, **5** (2) : 62
- 39 福渡, 桜井, 赤木, 1943 —, 大陸科学院并報 **7** (4) : 48
- 40 福渡, 太田, 漆島 1941 造船用材, —, **5** (2) : 119
- 41 福渡, 1955 合板製造に関する研究, 論文

**Properties of the Wood produced in the Manchurian
Flora and their Uses**

by

Shichiro FUKUWATARI and Toshio OKUYAMA

In this paper, the Summary is reported of the researches continued during 18 years between 1935 and 1953, on the chemical and mechanical properties of 23 species of the wood produced at the district of the River Botanko as the representative samples of the manchurian flora, tested by the official standard methods, and furthermore on the industrial researches of the manufactures of the pulps by mixed cooking, of the dry distillation process used 10,000 m³ wood per year, and of the plastics-paper-wood laminates for the air kraft and the shipping kraft.