HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	苫小牧地方演習林産造林木3樹種の基礎材質
Author(s)	宮島, 寛
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 42(4), 1089-1115
Issue Date	1985-10
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/21166
Type	bulletin (article)
File Information	42(4)_P1089-1115.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

苫小牧地方演習林産造林木3樹種の基礎材質*

宮　島　　寛**

Basic Wood Quality of Plantation-Grown Larch, Todo-Fir and Korean Pine in the Tomakomai Experiment Forest*

By

Hiroshi MIYAJIMA**

目　　次

1. 緒　　言 …… 1089
2. 材　　料 …… 1090
3. 方　　法 …… 1091
4. 結果および考察 …… 1092
4.1 生長経過 …… 1092
4.2 平均年輪幅，含水率および容積密度数 …… 1095
4.3 平均年輪幅と容積密度数との関係 …… 1098
4.4 無欠点生材の力学的性質 …… 1099
4.5 平均年輪幅と力学的性質との関係 …… 1101
4.6 ヤング係数と力学的性質との関係 …… 1102
4.7 204材の乾燥による収縮と狂い …… 1103
4.8 204材の力学的性質 …… 1104
4.9 無欠点小試片の力学的性質 …… 1106
4.10 204材における節の曲げ性能への影響 …… 1108
5. 結　　言 …… 1112
文　　献 …… 1113
Summary …… 1114

1. 緒　　言

北海道において現在144万haの造林地があり，うち半数を越える74万haがトドマツ，50万haがカラマツで，これら両樹種で全体の86%を占めている[1]。トドマツについては先に行なった国有林材の試験結果から，人工植栽木の樹幹には水食い材の発生が異常に多いこと，低密度材が現われること，髄に近い部分からの材は乾燥によりカラマツ同様にねじれることな

* 1984年4月28日受理　Received April 28, 1984.
** 北海道大学農学部木材加工学講座
** Laboratory of Wood Engineering, Faculty of Agriculture, Hokkaido University.

どを指摘し，水食い材は将来樹幹に凍裂を生ずるおそれがあり，現在のようなトドマツの育成には重大な問題がある，と述べた[2)~4)]。このような育林の現状から1日も早く脱却して，造林樹種の選定ならびに育成方法を確立しなければならないと考えている。このためには，これまでに北海道内に植栽された造林木についての生長と材質に関する資料が必要である。

今回は北海道大学農学部附属苫小牧地方演習林のカラマツ，トドマツおよびチョウセンゴヨウの3樹種を研究の対象とした。これらはいずれも1981年の台風による被害木または残存木の中から選んだものである。この地方では，これまでに病虫害にかかったものも多く，生長量については道内に適用できる適切な資料とはいえないが，1地方の生長経過として育林の参考となり得ると考えている。

この研究を行なうに当たり，材料採取に便宜を計られた苫小牧地方演習林長石城謙吉博士はじめ教職員の方がた，ならびに当時木材加工学教室専攻生として卒業論文にこの課題を選び，各種の測定および実験を行なった広田篤彦，井上晋の両君に対し感謝の意を表する。また，この研究の昭和58年度に行なった部分は，昭和58年度文部省科学研究費特定研究 (1)「森林の生態系維持と森林資源の高度な有効利用に関する研究（代表者　松本勗九州大学名誉教授)」研究分担「木材の高度利用のための木材材質評価（班長　寺沢真名古屋大学教授)」の中の「造林木の力学的材質評価方法」の一部である。

2. 材　　料

北海道大学農学部附属苫小牧地方演習林から昭和56年12月から翌57年5月の間に材料を採取した。各樹種ごとの造林地の概要はつぎのとおりである。

カラマツ：139林班の広葉樹林を昭和2～3年に木炭資材として伐採した跡の3.01 haに昭和5年5月にヨーロッパトウヒ1.11 ha，カラマツ1.90 ha植栽。地況は一部南面，一部北面の緩傾斜地で，腐植土十数cmあり，火山れきに達している。植栽後4年間下刈りと補植，10年9月，15年5月および25年7月に蔓切りと除伐が行なわれた。昭和29年の15号台風の被害はカラマツ5本，0.483 m^3，ヨーロッパトウヒ10本，0.414 m^3，49年の風倒による伐採カラマツ80本，6.329 m^3，ヨーロッパトウヒ4本，1.258 m^3，52年にカラマツ386本，58.490 m^3，ヨーロッパトウヒ293本，33.300 m^3間伐。56年の台風による被害はカラマツ林の全面積に及び，392本，166.44 m^3に達し，平均胸高直径26 cm，樹高17 m，材積0.425 m^3で，ha当り204本，86.96 m^3である。この中から5本を供試木として選んだ。

トドマツ：122林班の広葉樹林を昭和3～4年に木炭資材として伐採した跡の2.26 haに昭和5年5月にトドマツ1.97 ha，ヨーロッパトウヒ0.02 ha，カラマツ0.27 ha植栽。地況はカラマツ供試木採取地とほぼ同じである。植栽後6年間毎年下刈りと補植，昭和10年，18年，25年，28年，34年に蔓切りと除伐。昭和56年の台風被害時のトドマツは1,371本，260.08 m^3で，平均胸高直径18 cm，樹高14 m，材積0.1897 m^3，ha当り696本，132 m^3である。この中

から5本を供試木として選んだ。

チョウセンゴヨウ：315林班の広葉樹林を昭和12年度に皆伐した跡の0.72 haに昭和15年5月にチョウセンゴヨウ0.70 ha，トドマツおよびヨーロッパトウヒ各0.01 ha植栽。列間2.70 m，苗間1.80 mで，ha当り2,000本植えである。地況は平坦地で腐植質土が10 cmあり，火山れきに達している。3年間毎年下刈り，昭和26年，31年，34年に除伐，35年に枝打ちと除伐，41年に蔓切りと除伐，52年にチョウセンゴヨウ104本，9.962 m^3間伐。56年度の台風被害木はチョウセンゴヨウ249本，101.00 m^3，エゾマツ（補植したもの）11本，2.75 m^3，ヨーロッパトウヒ21本，4.57 m^3，計281本，108.32 m^3である。チョウセンゴヨウの平均胸高直径24 cm，樹高15 m，材積0.406 m^3，ha当り356本，144 m^3である。材料採取が風倒木処理後になったので，数少ない残存木から3本を選んだ。

供試木の概要を表-1に示す。

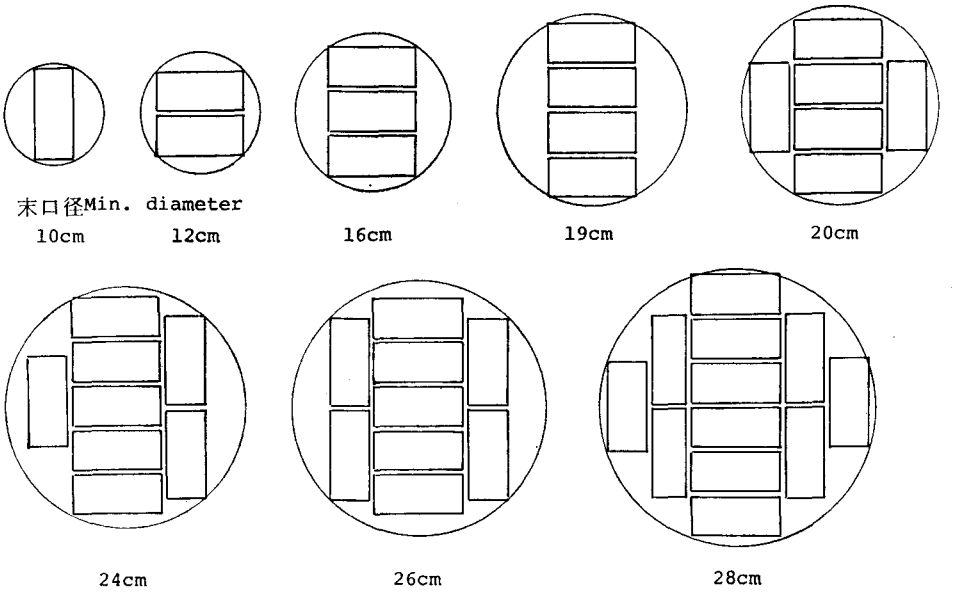
表—1　供試木の概要

Table 1.　Outline of sample trees

樹種 Species	供試木 Tree No.	樹齢 Age (Yrs.)	胸高直径 D.B.H. (cm)	樹高 Height (m)	幹材積 Stem volume (m^3)
カラマツ Japanese Larch	1	53	28	18.6	0.488
	2	53	28	19.2	0.494
	3	53	28	17.8	0.445
	4	53	26	19.0	0.436
	5	53	30	19.6	0.591
トドマツ Todo-fir	1	55	25	15.3	0.334
	2	55	30	16.1	0.474
	3	55	24	15.3	0.311
	4	55	22	15.3	0.271
	5	55	27	16.3	0.470
チョウセンゴヨウ Korean Pine	1	43	31	16.1	0.607
	2	43	22	15.2	0.289
	3	43	28	15.6	0.438

3. 方　法

カラマツとトドマツについては風倒木処理時に供試木を採取し，チョウセンゴヨウは前述のように処理後の残存木から採取した。台風被害時の立木本数，幹材積は演習林の調査によった。供試木には比較的健全な樹幹通直なものを選んだ。伐倒後，枝払いし，一般の樹幹解析の方法により厚さ約5 cmの円板を採取し，生長量測定後4半径方向からブロックを切取り，平均年輪幅，生材含水率および容積密度数を測定した。円板採取後の残材のうち0.3～1.3 mの部分から4×4×64 cmおよび4×4×8 cmの無欠点試験材をできるだけ多く採取し，それぞれ



図—1　204材の木取り方法

Fig. 1.　Sawing patterns to get 2″×4″ lumber.

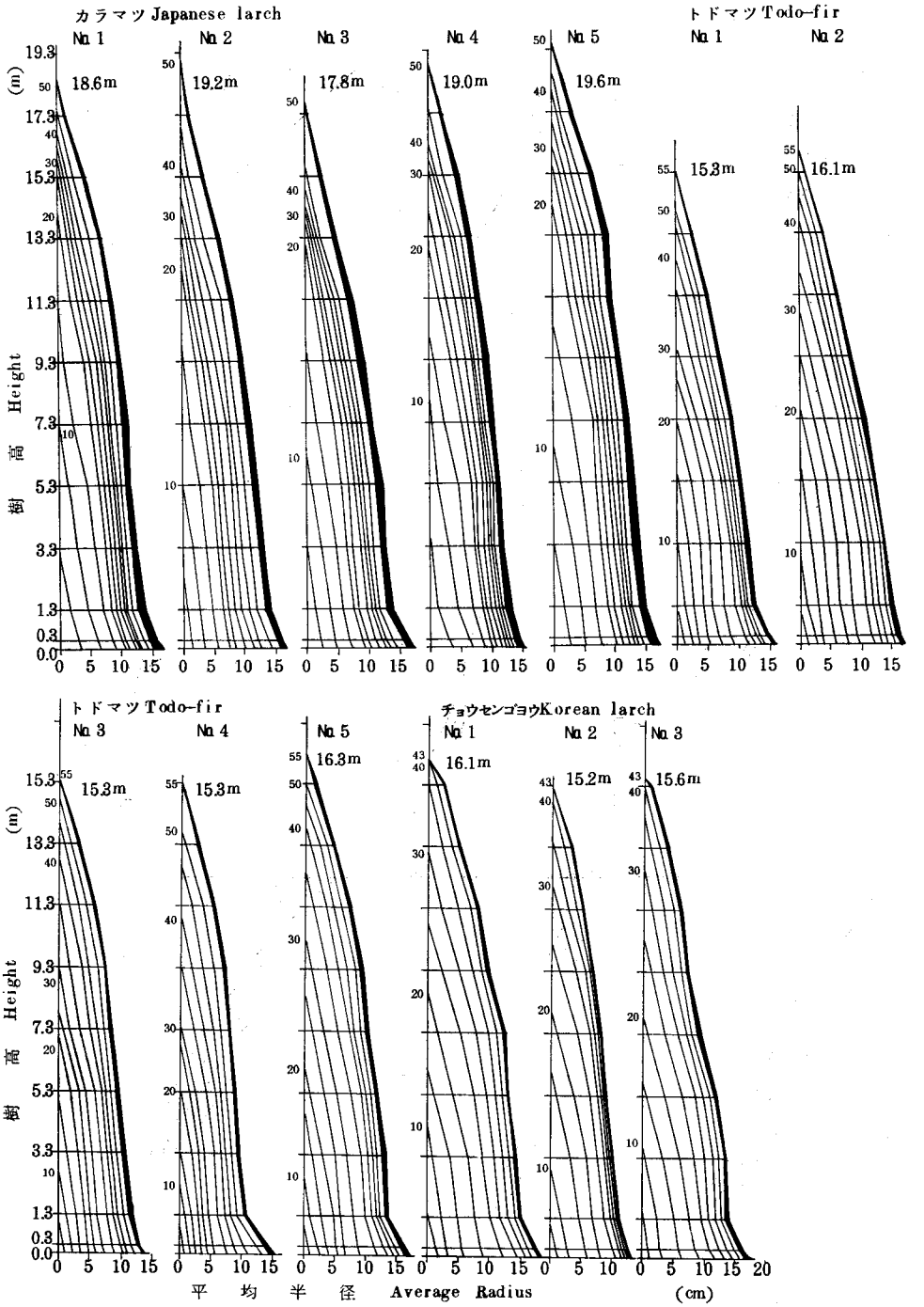
生材状態での曲げ試験および縦圧縮試験に供した。この上の長さ約1.9 mの丸太のうち末口径9 cm以上のものから図-1に示す方法で，204材を製材し，4面かんな仕上げにより40×90 cm断面とし，生材状態で，寸法，重量，平づかいの中央集中荷重による曲げ剛性試験を行なってから，桟積みし，天然乾燥した。気乾状態になってから同様の測定と狂い（曲がり，弓反りおよびねじれ）の測定を行ない，さらにたてづかいによるスパン150 cm，3分点荷重による曲げ破壊試験を行なった。この試験においては欠点の多い方を下面（引張り側）にした。この破壊試験後，下面の無欠点非破壊部から厚さ2 cm，長さ32 cmの試験体を採取し，曲げ試験を行なった。

4.　結果および考察

4.1　生長経過

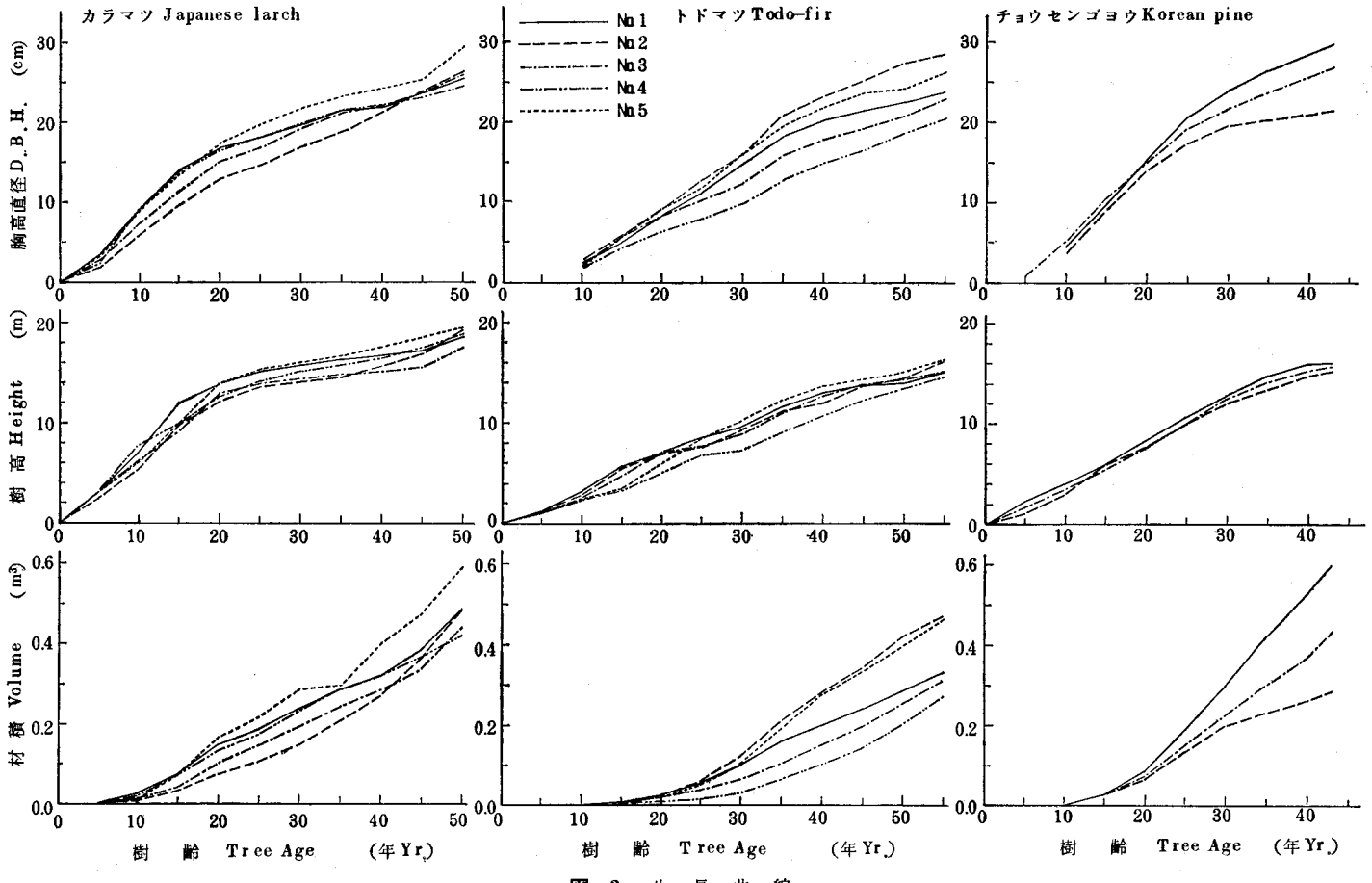
樹幹解析図を図-2に示す。カラマツは20年までは直径生長がよいが，その後急激に悪くなっている。これは間伐の遅れを示すものである。そして昭和52年の間伐後，生長は再びよくなっている。植栽20年後の蔓切りと除伐は蔓茎類の刈り払いと潅木，枯損木および不良木に限られているが，この時期にもっと強度の除伐を行なうべきであった，と思われる。トドマツは35～40年頃から直径生長が悪くなっている。この時期の立木本数が記載されていないので，それまでの除・間伐が適切であったかどうかは明確でない。チョウセンゴヨウは30年以降生長が悪くなっているが，これは間伐の遅れであろうと思われる。

胸高直径，樹高および材積の生長経過を図-3に示す。胸高直径生長については上述のと



図—2　樹幹解析図

Fig. 2.　Basic stem-growth diagrams.



図—3 生長曲線

Fig. 3. Growth curves.

おりである。樹高生長においては，カラマツは15～20年後非常に悪くなっているが，これは先枯れ病などの影響であると考えられる。昭和52年の間伐後には樹高生長もよくなっている。トドマツは伐採時まで緩やかなほぼ直線的な生長である。チョウセンゴヨウは30年後樹高生長が悪くなっているが，この樹種では稍頭部がほとんど2叉になっていることと関係あるものと思われる。幹材積生長においては，とくにカラマツが伐採時期に近くなってからよくなっている。トドマツおよびチョウセンゴヨウにおいては供試木による差が大きい。これらの生長経過からカラマツ15～20年，トドマツ35年，チョウセンゴヨウ25～30年ぐらいまでに除・間伐を十分に行なうことが必要であると考えられる。さらに除・間伐材は利用価値の低いものであるので，この数をできるだけ少なくすることが必要で，このためにはより少ない植栽本数で育成する技術の確立が望まれる。とくに植栽列間を十分にとり，下刈りはブルドーザで行なえるぐらいにすべきである。

4.2 平均年輪幅，含水率および容積密度数

3樹種についての測定結果を表-2，3および4に，平均年輪幅と容積密度数の出現状態を図-4および5に示す。

平均年輪幅：辺材と心材を比べると，いずれの樹種においても辺材の方が年輪幅狭く，直径生長がこの部分で悪くなっていることが現われている。全平均値においてはチョウセンゴヨウが最大で，4.1 mm，カラマツとトドマツは3.0および2.9 mmで大差ない。図-4の出現状態によれば，チョウセンゴヨウが年輪幅の広い部分に多く分布し，4 mm以下ではトドマツがカラマツより広い部分に，5 mm以上ではカラマツの方が広い部分に多く分布している。一般にはカラマツの方が生長がよいので，年輪幅は広くなるが，前述のように除・間伐の遅れと病害により直径生長がよくなかったため，このような結果となったものである。

生材含水率：辺材含水率は平均でカラマツ151%，トドマツ150%で，ほぼ同じ，チョウセンゴヨウは187%で，やや高い。心材含水率はトドマツが最も高く平均101%，とくに最大値は各供試木において220%以上あり，全供試木に水食い材が存在することが分かる。チョウセンゴヨウもやや高く，各供試木の心材に120%以上の最大値があり，平均88%である。カラマツ心材の含水率は最も低く，最大値が89%，平均値43%である。

容積密度数：あて材部を除く全平均値はカラマツ383 kg/m^3，チョウセンゴヨウ343 kg/m^3，トドマツ325 kg/m^{3}である。構造材としては材のめり込み，釘の保持力，ほぞのような接合部の耐力などを考慮すれば平均値320 kg/m^3，最低値300 kg/m^{3}以上が好ましいと考えられるので，容積密度数においては3樹種とも構造材としての適性を持つといえよう。この出現状態は図-5に示すように，カラマツがその値のやや高いところに分布し，トドマツとチョウセンゴヨウはほぼ同じ位置にある。

カラマツとトドマツのあて材についてのこれらの値を参考のため表-5に掲げる。

表—2 カラマツ材の平均年輪幅,

Table 2. Average width of annual rings, moisture

供試木 Tree No.	辺心材 Sap/heartwood	測定数 n	平均年輪幅 Av. ring width (mm) 平均値 Av.	最大値 Max.	最小値 Min.	標準偏差 S.D.	変化係数 cv (%)
1	辺材 S	36	1.8	3.4	1.0	0.65	35.1
	心材 H	76	3.5	7.5	1.1	1.75	50.2
	全体 All	112	3.0	7.5	1.0	1.76	59.2
2	辺材 S	37	2.9	5.1	2.0	0.71	24.3
	心材 H	75	3.0	6.7	1.1	1.13	38.1
	全体 All	112	2.9	6.7	1.1	1.06	36.1
3	辺材 S	34	2.0	5.1	1.2	0.83	42.4
	心材 H	65	3.3	5.9	1.1	1.30	39.7
	全体 All	99	2.8	5.9	1.1	1.38	48.8
4	辺材 S	37	2.0	4.1	0.9	0.81	41.5
	心材 H	76	3.7	8.0	1.0	1.78	47.7
	全体 All	113	3.0	8.0	0.9	1.91	63.8
5	辺材 S	40	1.5	3.8	0.7	0.78	52.5
	心材 H	86	3.8	7.4	0.9	1.66	44.2
	全体 All	126	3.1	7.4	0.7	1.74	55.4
全体 All	辺材 S	184	2.0	5.1	0.7	0.75	36.9
	心材 H	378	3.5	8.0	0.9	1.54	44.5
	全体 All	562	3.0	8.0	0.7	1.49	49.7

Remarks; S: sapwood, H: heartwood, n: number of pieces.

表—3 トドマツ材の平均年輪幅,

Table 3. Average width of annual rings, moisture

供試木 Tree No.	辺心材 Sap/heartwood	測定数 n	平均年輪幅 Av. ring width (mm) 平均値 Av.	最大値 Max.	最小値 Min.	標準偏差 S.D.	変化係数 cv (%)
1	辺材 S	30	1.7	3.1	1.1	0.55	32.2
	心材 H	64	3.1	5.3	1.4	0.75	24.0
	全体 All	94	2.7	5.3	1.1	0.95	35.6
2	辺材 S	32	1.9	3.4	1.1	0.45	23.4
	心材 H	87	3.4	5.2	1.6	0.85	25.1
	全体 All	119	3.0	5.2	1.1	1.03	34.5
3	辺材 S	31	2.1	4.1	0.8	0.86	40.7
	心材 H	74	3.0	7.4	1.6	1.19	40.2
	全体 All	105	2.7	7.4	0.8	1.19	43.9
4	辺材 S	30	2.9	4.4	1.8	0.68	23.0
	心材 H	65	2.7	5.2	1.4	0.70	26.0
	全体 All	95	2.8	5.2	1.4	0.78	28.2
5	辺材 S	33	2.1	3.4	0.9	0.70	33.4
	心材 H	83	3.7	7.7	2.1	1.07	29.0
	全体 All	116	3.2	7.7	0.9	1.24	38.5
全体 All	辺材 S	156	2.1	4.4	0.8	0.65	30.4
	心材 H	373	3.2	7.7	1.6	0.94	29.4
	全体 All	529	2.9	7.7	0.8	0.79	27.0

* Without compression wood.

生材含水率および容積密度数
content and basic density of Japanese larch wood

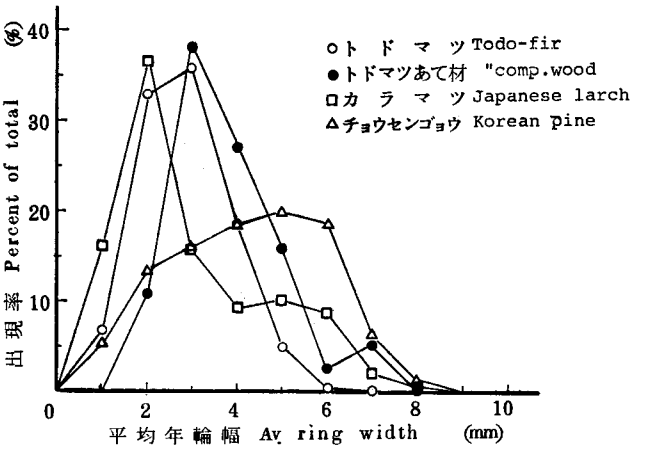
含水率 Moisture content (%)					容積密度数 Basic density (kg/m³)				
平均値 Av.	最大値 Max.	最小値 Min.	標準偏差 S.D.	変化係数 cv (%)	平均値 Av.	最大値 Max.	最小値 Min.	標準偏差 S.D.	変化係数 cv (%)
153	202	137	13.3	8.7	381	417	334	22.4	5.9
43	72	32	8.2	19.0	380	528	315	34.0	10.2
77	202	32	52.0	67.4	380	528	315	47.5	12.5
149	178	95	17.4	11.7	379	414	347	16.6	4.4
40	61	32	6.2	15.5	378	515	282	38.6	10.2
75	178	32	52.1	69.4	379	515	282	49.3	13.0
170	211	143	14.6	8.6	347	384	245	24.3	7.0
46	89	31	14.4	30.9	359	447	277	34.2	9.5
89	211	31	61.2	68.6	355	447	245	48.1	13.6
148	172	117	13.7	9.2	395	494	358	27.7	7.0
44	57	36	5.5	12.6	389	491	294	44.7	11.5
78	172	36	50.0	64.2	391	494	294	54.6	14.0
137	164	100	13.2	9.7	424	537	377	31.8	7.5
41	61	30	7.1	17.6	397	503	313	47.0	11.9
69	164	30	45.4	65.7	405	537	313	57.6	14.2
151	211	95	14.3	9.5	387	537	245	25.1	6.5
43	89	30	8.3	19.6	381	528	277	40.2	10.5
77	211	30	51.5	66.4	383	537	245	36.1	9.4

生材含水率および容積密度数
content and basic density of Todo-fir wood*

含水率 Moisture content (%)					容積密度数 Basic density (kg/m³)				
平均値 Av.	最大値 Max.	最小値 Min.	標準偏差 S.D.	変化係数 cv (%)	平均値 Av.	最大値 Max.	最小値 Min.	標準偏差 S.D.	変化係数 cv (%)
141	178	85	21.7	15.4	345	388	301	23.3	6.7
90	224	33	38.0	42.4	319	434	243	26.5	8.3
104	224	33	42.3	40.8	327	434	243	43.1	13.2
118	169	53	32.1	27.1	343	534	283	46.5	13.6
99	225	41	45.4	46.0	337	433	301	16.6	4.9
104	225	41	41.6	39.9	339	534	283	29.3	8.6
149	224	66	46.5	31.3	340	455	292	35.9	10.6
93	220	28	43.6	46.9	320	429	267	28.7	9.0
109	224	28	49.3	45.0	326	455	267	48.1	14.7
183	233	95	28.2	15.4	302	411	250	34.3	11.3
128	265	49	43.1	33.6	310	411	229	20.2	6.5
146	265	49	45.4	31.1	307	411	229	25.6	8.3
157	210	96	23.4	14.8	333	398	294	26.2	7.9
98	232	35	48.1	49.0	322	463	282	22.5	7.0
115	232	35	48.4	42.1	325	463	282	24.0	7.4
150	233	53	29.0	19.3	332	534	250	33.8	10.2
101	265	28	34.9	34.6	322	463	229	24.6	7.6
115	265	28	40.0	34.7	325	534	229	29.4	9.0

表—4　チョウセンゴヨウ材の平均年輪幅，
Table 4.　Average width of annual rings, moisture

供試木 Tree No.	辺心材 Sap/heartwood	測定数	平均年輪幅 Av. ring width (mm)				
			平均値 Av.	最大値 Max.	最小値 Min.	標準偏差 S.D.	変化係数 cv (%)
1	辺材 S	35	2.8	3.6	1.8	0.84	29.7
	心材 H	60	5.6	7.7	3.3	0.96	17.1
	全体 All	95	4.5	7.7	1.8	1.64	36.2
2	辺材 S	29	1.7	3.6	0.9	0.74	42.0
	心材 H	49	5.1	6.8	2.5	1.02	20.2
	全体 All	78	3.8	6.8	0.9	1.85	48.5
3	辺材 S	32	2.5	3.6	1.6	0.59	23.2
	心材 H	55	4.8	6.9	2.1	1.08	22.2
	全体 All	87	3.9	6.9	1.6	1.48	37.7
全体 All	辺材 S	96	2.4	3.6	0.9	0.84	34.8
	心材 H	164	5.1	6.9	2.1	1.14	22.2
	全体 All	260	4.1	6.9	0.9	1.66	40.3



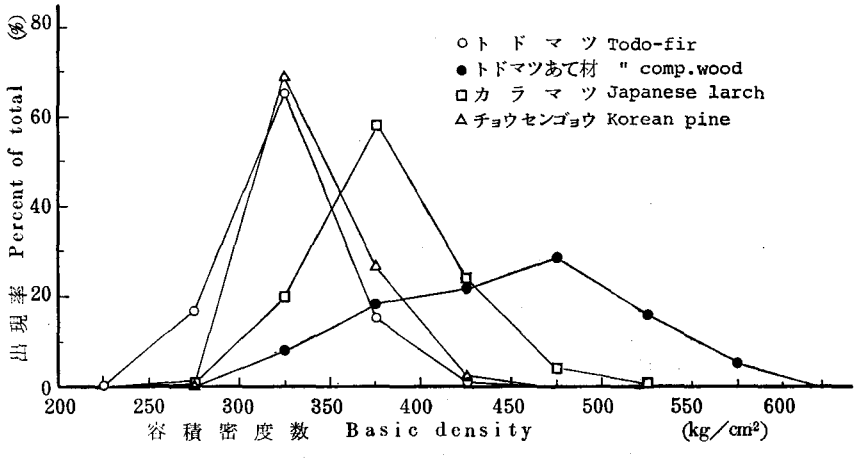
図—4　平均年輪幅の出現状態
Fig. 4.　Frequency of average width of annual rings.

4.3　平均年輪幅と容積密度数との関係

3樹種についての両者の関係を図-6に示す。カラマツでは年輪幅2～4 mm，トドマツでは1～3 mmの範囲で，密度が減じ，チョウセンゴヨウでは1～4 mmの範囲で密度は逆に増加する傾向がみられた。同一年輪幅の場合，密度の値はカラマツ＞チョウセンゴヨウ＞トドマツという順位となる。構造材として必要な容積密度数を上述のようにきめるとすれば，年輪幅はカラマツおよびチョウセンゴヨウ7 mm以下，トドマツ4 mm以下になるよう育成すべきである，ということになる。チョウセンゴヨウの年輪幅1 mm以下の部分の平均値が310 kg/m^{3}で，

生材含水率および容積密度数
content and basic density of Korean pine wood

含水率 Moisture content (%)					容積密度数 Basic density (kg/m³)				
平均値 Av.	最大値 Max.	最小値 Min.	標準偏差 S.D.	変化係数 cv (%)	平均値 Av.	最大値 Max.	最小値 Min.	標準偏差 S.D.	変化係数 cv (%)
191	220	170	12.4	6.5	334	364	305	13.6	4.1
86	157	36	32.7	38.0	357	441	334	28.5	8.0
121	220	36	58.4	48.4	350	441	305	45.7	13.1
192	227	167	21.2	11.0	321	343	294	19.6	6.1
95	145	57	25.3	26.5	337	384	304	19.2	5.7
130	227	57	54.5	41.8	331	384	294	43.1	13.0
178	209	153	24.8	13.9	343	378	321	18.2	5.3
88	121	35	28.6	35.0	350	450	302	25.6	7.3
121	209	35	56.4	46.6	347	450	302	44.1	12.7
187	227	153	28.9	15.5	333	378	294	40.1	12.1
88	157	35	30.4	34.7	349	450	302	37.8	10.8
124	227	35	55.4	44.7	343	450	294	33.1	9.7



図—5　容積密度数の出現状態
Fig. 5. Frequency of basic density.

広い部分より小さくなるのも留意すべきである。

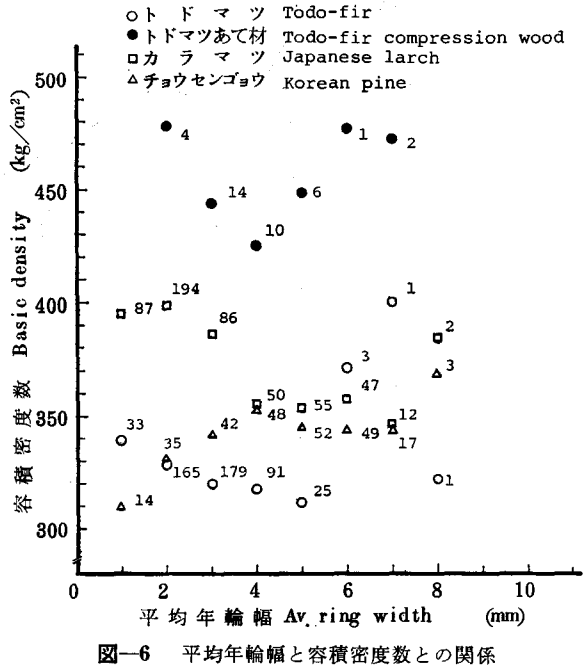
4.4 無欠点生材の力学的性質

各供試木の地上高0.3～1.3 m の部分から採取した4×4 cm 断面材の生材状態における強度試験の結果の総括を表-6に示す。容積密度数はカラマツとチョウセンゴヨウにおいて円板についての値よりやや大であるが，トドマツではほぼ同じで，各樹種の力学的性能を表わす値として，不都合ではないと思われる。ヤング係数は平均値で，カラマツが 60×10^3 kg/cm² で最小，トドマツは 77×10^3 kg/cm² で最大である。曲げ比例限度ではカラマツ＝トドマツ＞チョウ

表—5 アテ材の性質

Table 5. Properties of compression wood

樹種 Species	辺心材 Sap/heartwood	測定数 n.	平均値 Av.	最大値 Max.	最小値 Min.	標準偏差 S.D.	変化係数 cv (%)
		平均年輪幅		Av. ring width (mm)			
トドマツ Todo-fir	辺材 S	9	3.1	4.1	2.5	0.58	18.5
	心材 H	25	4.3	6.1	2.4	1.21	28.4
	全体 All	34	4.0	6.1	2.4	1.02	25.7
カラマツ Japanese Larch	辺材 S	3	4.1	5.1	3.4	0.89	21.7
	心材 H	5	2.1	2.7	1.6	0.42	20.5
	全体 All	8	2.8	5.1	1.6	1.20	42.5
		生材含水率		Moisture content (%)			
トドマツ Todo-fir	辺材 S	9	102	142	76	30.7	30.1
	心材 H	25	75	162	28	37.9	30.5
	全体 All	34	82	162	28	30.1	36.5
カラマツ Japanese Larch	辺材 S	3	102	143	69	37.5	36.7
	心材 H	5	32	33	31	0.9	2.9
	全体 All	8	58	143	31	41.5	71.4
		容積密度数		Basic density (kg/m³)			
トドマツ Todo-fir	辺材 S	9	462	522	406	43.2	9.4
	心材 H	25	433	597	318	72.6	16.8
	全体 All	34	441	597	318	66.7	15.1
カラマツ Japanese Larch	辺材 S	3	518	619	406	107.0	20.6
	心材 H	5	497	545	456	34.7	7.0
	全体 All	8	505	619	406	63.9	12.7



図—6 平均年輪幅と容積密度数との関係

Fig. 6. Relation between average width of annnal rings and basic density.

表—6 無欠点生材の力学的性質

Table 6. Mechanical properties of clear green wood

樹種 Species (n)	項目 Items	平均年輪幅 R_w (mm)	容積密度数 R (kg/m³)	ヤング係数 M.O.E. E (10^3 kg/cm²)	比例限度 Stress/p.l. σ_{bp} (kg/cm²)	曲げ強さ M.O.R σ_b (kg/cm²)	縦圧縮強さ Max. Crush. Str. σ_c (kg/cm²)
カラマツ Japanese Larch (79)	平均値 Av.	3.1	395	60.2	191	450	215
	最大値 Max.	7.9	463	85.7	250	651	297
	最小値 Min.	1.3	325	37.3	97	300	140
	標準偏差 S.D.	1.5	34	12.7	40	76	41
	変化係数 cv%	49.0	8.7	21.0	21.1	16.9	19.1
トドマツ Todo-fir (71)	平均値 Av.	2.8	334	76.9	190	390	190
	最大値 Max.	4.9	383	105.7	235	556	260
	最小値 Min.	1.6	309	37.3	116	262	150
	標準偏差 S.D.	0.7	18	14.5	26	46	24
	変化係数 cv%	25.4	5.2	18.9	13.8	11.9	12.4
チョウセンゴヨウ Korean Pine (48)	平均値 Av.	4.4	353	72.0	164	338	173
	最大値 Max.	6.6	378	85.7	197	390	195
	最小値 Min.	2.3	330	51.8	137	295	149
	標準偏差 S.D.	1.1	12	8.8	16	23	11
	変化係数 cv%	25.8	3.5	12.2	9.6	6.8	6.2

注 Remarks (n): 試験体数 Number of specimens, R_w: Average ring width, R: Basic density.

センゴヨウ，曲げ強さおよび縦圧縮強さではカラマツ＞トドマツ＞チョウセンゴヨウの傾向が見られる。苫小牧演習林産カラマツの昭和29年の風害木についての生材時の材質試験の結果[5]では，平均値は平均年輪幅2.1 mm，容積密度数390 kg/m³，縦圧縮強さ240 kg/cm²，曲げヤング係数63×10³ kg/cm²，同強さ518 kg/cm²であり，同一試験条件の虻田町37年生[6]ではそれぞれ3.4 mm，450 kg/m³，258 kg/cm²，83×10³ kg/cm²，548 kg/cm²で，今回の材料より力学的性質はいずれも若干高めであった。トドマツについて既往の結果[2)~4)]と比べると，今回の平均値は恵庭産のものとほぼ同じで，厚賀，上芦別，白老地方産材より大であった。チョウセンゴヨウは容積密度数がトドマツより大であるにもかかわらず，その力学的性質はトドマツより小であった。木構造の構造部材としてはトドマツがその適性値の下限にあるとみられるので，これより性能の劣るものは造林木として推奨できない。

4.5 平均年輪幅と力学的性質との関係

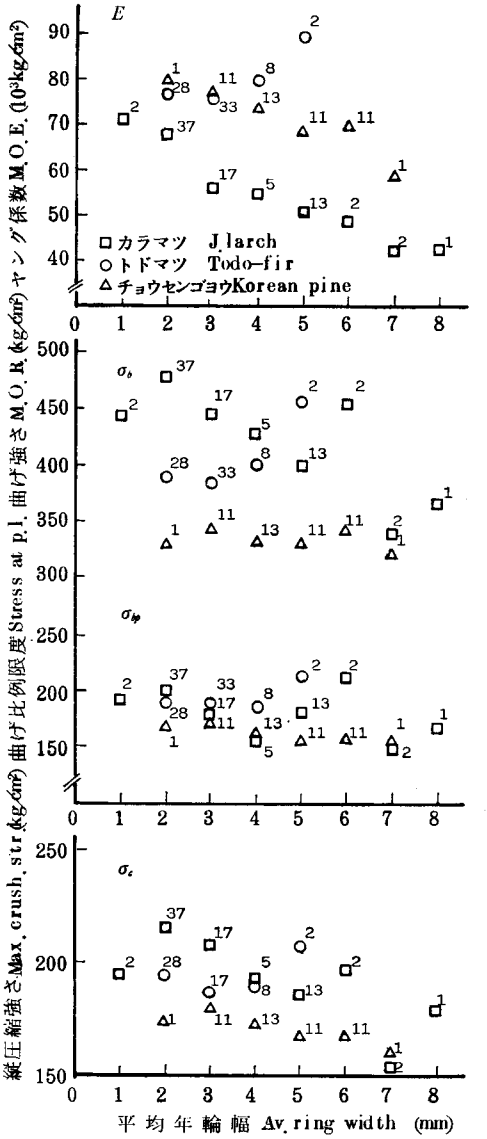
無欠点生材試験体における平均年輪幅と力学的性質との関係を図-7に示す。同一年輪幅の場合，ヤング係数においてはカラマツが最も小で，トドマツとチョウセンゴヨウがほぼ同じ値である。これはカラマツの繊維の通直性がよくないことを示すものであろう。曲げ強さおよび縦圧縮強さではカラマツが最大で，トドマツ，チョウセンゴヨウの順となる。樹種別にみる

と，カラマツはいずれの性質においても年輪幅が広くなれば，それらの値は減ずる傾向がみられるが，トドマツおよびチョウセンゴヨウではこれらの関係はあまり明確ではない。したがって年輪幅による材質の抑制はカラマツでは可能性はあるが，他の2樹種ではむずかしいと考えられる。

4.6　ヤング係数と力学的性質との関係

両者の関係を図-8に示す。前述の年輪幅と力学的性質との関係では同一年輪幅の場合，カラマツの値が最小であったが，ヤング係数との関係においてはその同一数値の場合，カラマツが曲げ比例限度，同強さおよび縦圧縮強さのいずれにおいても，値は大で，かつヤング係数が増せば，それらの値も明確に増すという関係がみられる。トドマツではヤング係数が 60×10^3 kg/cm² 以下ではこれらの関係は明瞭でなく，それ以上においても，カラマツより関係の傾斜はゆるい。チョウセンゴヨウではトドマツよりさらに不明確である。

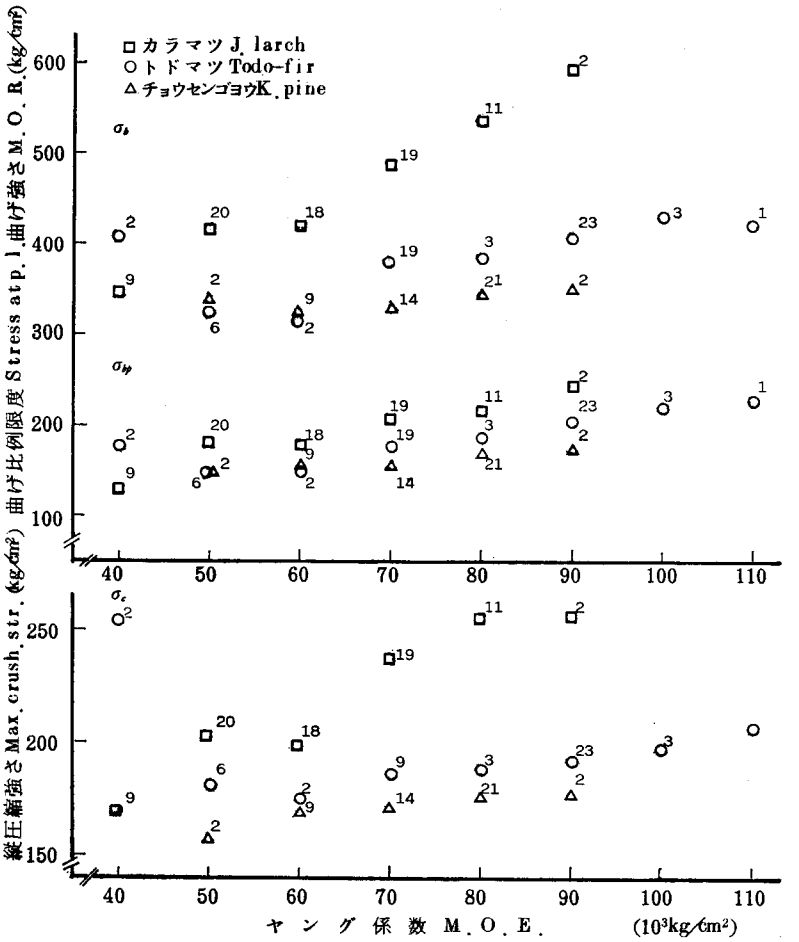
造林木では一般にヤング係数が低い未成熟材部を含むため，強さとの関係が明確でないことが多い。このため造林木に対しヤング係数を材質指標として用いるには，この点を留意する必要がある。このことはヤング係数を測定し，その小さいものを除去すれば，未成熟材部と低質材部を除去したことにもなる。ここに試験した3樹種についてのヤング係数と各強度値との相関係数はつぎのようであった。



図—7　無欠点生材試験体における年輪幅と力学的性質との関係

Fig. 7. Relations between average ring width and some mechanical properties of small clear specimens in green condition.

樹　　種	曲げ比例限度	曲げ強さ	縦圧縮強さ
カラマツ	0.556	0.793	0.635
トドマツ	0.665	0.450	0.038
チョウセンゴヨウ	0.477	0.357	0.342



図—8　ヤング係数に対する縦圧縮強さ，曲げ比例限度および曲げ強さの関係

Fig. 8. Relations of maximum crushing strength, stress at proportional limit and modulus of rupture to modulus of elasticity of small clear specimens in green condition.

上述のヤング係数ごとに取まとめて求めた結果と合わせ，つぎのようにいえる。

(1) カラマツではヤング係数による各強度の推定がある程度可能である。(2) トドマツでは縦圧縮強さとの関係が不明瞭で，ヤング係数によるその値の推定はできない。曲げ性能に関しても，よい精度は期待できない。(3) チョウセンゴヨウではトドマツよりさらにヤング係数による強度値の推定は困難であろう。

4.7　204材の乾燥による収縮と狂い

生材状態から気乾材にいたるまでの収縮は表-7に示すとおりで，幅の面，厚さの面ともにトドマツが最も大で，平均値は幅の面で0.156 cm，1.8%，厚さの面で0.052 cm，1.4%であり，最大値はこれらの約2倍の値である。幅の面ではカラマツが，厚さの面ではチョウセンゴ

表—7 乾燥による204材の収縮

Table 7. Shrinkage of 2″×4″ lumber from green to air-dry condition (cm)

樹種 Species	幅の面 Wide face		厚さの面 Narrow face	
	平均 Av.	最大 Max.	平均 Av.	最大 Max.
カラマツ (JL)	0.129	0.250	0.043	0.085
トドマツ (TF)	0.156	0.315	0.052	0.115
チョウセンゴヨウ (KP)	0.142	0.275	0.035	0.115

Remarks (JL): Japanese larch, (TF): Todo-fir, (KP): Korean pine.

表—8 204材の乾燥による狂い

Table 8. Warp of 2″×4″ lumber after air-drying (mm)

樹種 Species	カラマツ J. Larch			トドマツ Todo-fir			チョウセンゴヨウ K. Pine		
項目 Items	弓反り Bow	曲り Crook	ねじれ Twist	弓反り Bow	曲り Crook	ねじれ Twist	弓反り Bow	曲り Crook	ねじれ Twist
平均 Av.	4.7	3.2	5.2	2.3	1.4	3.2	1.9	2.2	3.5
最大 Max.	15.0	16.2	20.5	7.0	7.1	17.2	8.4	4.9	13.3
除外 Reject (%)	—	8.3	13.6	—	0.0	5.7	—	0.0	10.2

注: 曲り6mm, ねじれ4.5mm以上を除外した。Remarks: Lumbers having 6mm or more in crook, or 4.5mm or more in twist were rejected.

ヨウがそれぞれ最小であった。

この乾燥による狂いは表-8に示すとおりで，弓反り，曲り，ねじれのいずれにおいてもカラマツが最大であった。弓反りについては利用時にある程度矯正できるので，これを無視し，カナダ規格[7]のたて枠に対する値を準用し，曲り6mm，ねじれ4.5mm以上のものを除外した。その割合はカラマツで，最大で，曲りで8.3%，ねじれで13.6%であった。チョウセンゴヨウのねじれによる除外率はかなり大きく，10.2%に達した。

4.8 204材の力学的性質

204材についての各種曲げ試験の結果の総括を表-9に示す。

まず，生材時に平使いにより測定したヤング係数 ($_fE_g$) の平均値を表-6に掲げた無欠点生材のヤング係数平均値と比較すれば，カラマツでは60が79×10^3 kg/cm^{2}となり，約30%大きくなり，トドマツでも77が88×10^3 kg/cm^{2}となり，14%大となった。204材の平使いの場合，せん断付加たわみを無視できるので，ヤング係数は若干高くなるが，カラマツではこれ以上の上昇で，その理由はわからない。これとは反対に，チョウセンゴヨウにおいては72が69×10^3 kg/cm^{2}と4%減少しており，これは欠点および未成熟材部の影響が204材に出たものと思われる。この気乾材の値 ($_fE_d$) は生材時よりカラマツおよびトドマツで6～7%，チョウセンゴヨウで14%大であった。しかし断面の収縮があるので，乾燥による曲げ剛性の上昇は前2樹種で

表—9 204材の曲げ性能

Table 9. Flexural properties of 2″×4″ lumber

樹種 Species	項目 Items	平均値 Av.	最大値 Max.	最小値 Min.	標準偏差 S.D.	変化係数 cv (%)
	$_fE_g$ (10^3 kg/cm^2)	79	110	50	13.6	17.3
	$_fE_d$ (10^3 kg/cm^2)	84	130	56	14.3	17.0
カラマツ	E_l (10^3 kg/cm^2)	82	113	51	13.4	16.4
Japanese Larch	E_m (10^3 kg/cm^2)	87	124	56	14.6	16.7
	σ_{bp} (kg/cm^2)	237	401	132	61.8	26.1
	σ_b (kg/cm^2)	434	729	252	106.1	24.5
	$_fE_g$ (10^3 kg/cm^2)	88	116	64	11.9	13.4
	$_fE_d$ (10^3 kg/cm^2)	94	122	69	11.5	12.3
トドマツ	E_l (10^3 kg/cm^2)	89	136	71	9.0	10.1
Todo-fir	E_m (10^3 kg/cm^2)	100	136	61	13.0	13.0
	σ_{bp} (kg/cm^2)	233	318	104	55.0	23.6
	σ_b (kg/cm^2)	395	597	172	88.6	22.4
	$_fE_g$ (10^3 kg/cm^2)	69	89	44	10.0	14.5
	$_fE_d$ (10^3 kg/cm^2)	79	102	55	10.3	13.0
チョウセンゴヨウ	E_l (10^3 kg/cm^2)	77	94	58	9.3	12.2
Korean Pine	E_m (10^3kg/cm^2)	83	103	51	12.6	15.2
	σ_{bp} (kg/cm^2)	207	385	76	62.7	30.3
	σ_b (kg/cm^2)	307	531	131	83.4	27.1

注 Remarks $_fE_g$: 生材時のひら使いによるヤング係数, M.O.E. by flatwise bending at green condition, $_fE_d$: 気乾材のひら使いによるヤング係数, M.O.E. of air-dry lumber, E_l: 気乾材のたて使い，3分点2点荷重によるスパン全長のたわみから求めたヤング係数, M.O.E. obtained from the deflection all over the span by edgewise third-point loading for air-dry lumber, E_m: 荷重点間のたわみから求めたヤング係数, M.O.E. obtained from the deflection between two loading points, σ_{bp}: 曲げ比例限度, Stress at proportional limit, σ_b: 曲げ強さ, Modulus of rupture.

はほとんど無く，チョウセンゴヨウで7%程度であった。

気乾材のたて使いによりスパン全長のたわみから求めたヤング係数 (E_l) は，その荷重点間のたわみから求めた値 (E_m) と平使い気乾材の値 ($_fE_d$) との間にあり，せん断付加たわみが含まれない E_m が最大であった。枠組壁工法構造用製材のヤング係数として204材にはつぎの値 (10^3 kg/cm^2) が与えられている[8]。

等級	カラマツ	トドマツ	チョウセンゴヨウ
特級，1級	100	85	80
2級	90	75	70
3級，Const., Stand., Util.	80	70	65

本試験における気乾材の値をこれらの値と比較すれば，カラマツの平均値が3級からユー

ティリティーに入り，5% 下限値は 60×10^3 kg/cm^2 であるので，カラマツの樹種グループ (Hem-Tam) に入らなくなる。ヤング係数は平均値でよいという考えもあり，これによればこのカラマツはユーティリティー3級の値を適用できることになる。トドマツは平均値では1級以上に，5% 下限値は 74×10^3 kg/cm^2 であるので，ほぼ2級に相当する。チョウセンゴヨウは平均値では2級に，5% 下限値は 61×10^3 kg/cm^2 で，ユーティリティー3級の値に若干不足である。

曲げ比例限度はカラマツ＝トドマツ＞チョウセンゴヨウ，曲げ強さはカラマツ＞トドマツ＞チョウセンゴヨウの順位にある。曲げ強さの5% 下限値はこの順序で，259, 249, 138 kg/cm^2 となり，それぞれの1/3を長期応力に対する許容応力度とすれば，86, 83, 46 kg/cm^2 となる。こられの値は，カラマツではコンストラクション (70 kg/cm^2) 以下，トドマツでは2級以下，チョウセンゴヨウでは3級以下の値となる。

なお，これら3樹種の枠組壁工法構造用製材の長期応力に対する許容応力度（曲げ）の値 (単位 kg/cm^2) はつぎのとおりである[8]。

樹　種	甲種枠組材 特級	1級	2級	3級	乙種枠組材 コンストラクション	スタンダード	ユーティリティ
カラマツ	130	110	90	50	70	40	20
トドマツ	110	95	75	45	60	35	15
チョウセンゴヨウ	100	90	75	45	55	30	15

4.9　無欠点小試片の力学的性質

204材の曲げ破壊試験後，試験体の非破壊部から採取した無欠点試験体に対する試験結果

表—10　無欠点小試片の曲げ性能

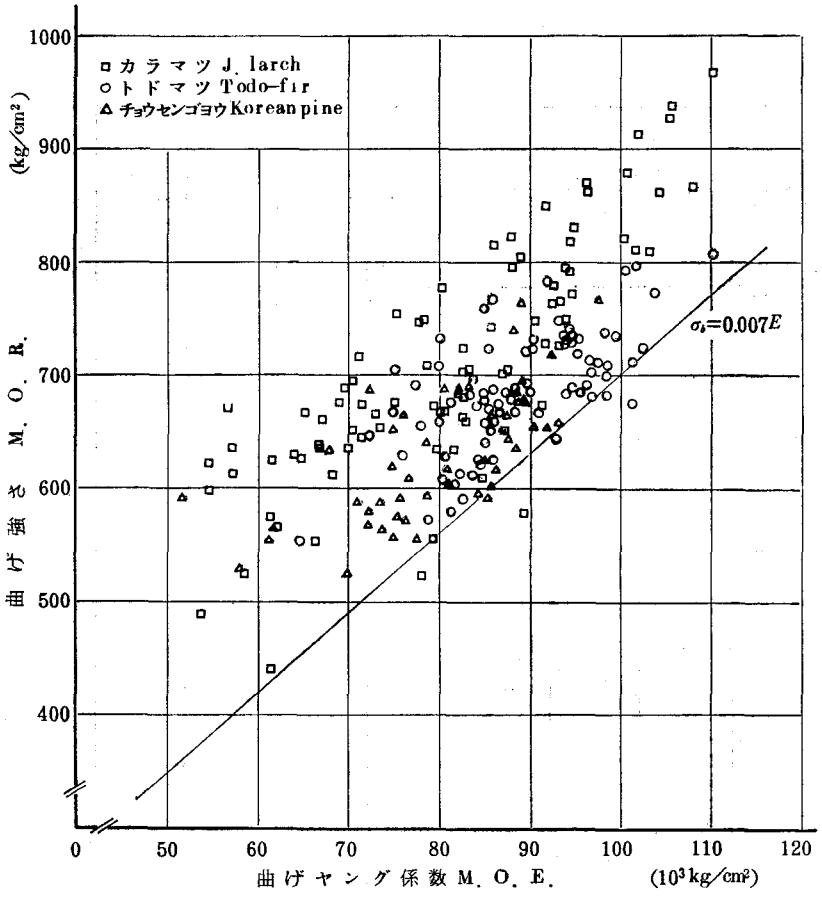
Table 10.　Flexural properties of small clear specimens

樹種 Species	項目 Items	平均値 Av.	最大値 Max.	最小値 Min.	標準偏差 S.D.	変化係数 cv (%)
	u (%)	13.1	13.9	12.0	0.5	3.8
カラマツ	E (10^3 kg/cm^2)	81	110	55	14.4	17.6
Japanese Larch	σ_{bp} (kg/cm^2)	429	597	273	84.0	19.6
	σ_b (kg/cm^2)	712	967	440	104.7	14.7
	u (%)	12.9	14.7	11.4	0.7	5.6
トドマツ	E (10^3 kg/cm^2)	89	110	65	8.1	9.1
Todo-fir	σ_{bp} (kg/cm^2)	417	546	303	57.8	13.8
	σ_b (kg/cm^2)	683	808	553	52.9	7.7
	u (%)	13.6	14.5	12.6	0.6	4.1
チョウセンゴヨウ	E (10^3 kg/cm^2)	80	97	51	9.2	11.4
Korean Pine	σ_{bp} (kg/cm^2)	387	551	254	60.9	15.7
	σ_b (kg/cm^2)	633	766	528	56.3	8.9

注 Remarks　u: 含水率 Moisture content, E: ヤング係数 M.O.E., σ_{bp}: 曲げ比例限度 Stress at proportional limit, σ_b: 曲げ強さ M.O.R.

の総括を表=10に示す。平均値についてみると，ヤング係数は204材の E_l とほぼ同じであるが，無欠点のため比例限度および曲げ強さの値は204材よりかなり大きく，それぞれカラマツ，トドマツおよびチョウセンゴヨウの順序で，429, 417, 387および712, 683, 633 kg/cm² となり，204材の値は無欠点試験体の0.48～0.61である。この比の大きいのはカラマツで，比例限度0.55，曲げ強さ0.61で，この小さいのはチョウセンゴヨウで，それぞれ0.55および0.48である。この試験において，欠点による強度低下の最も大きいのがチョウセンゴヨウ，小さいのがカラマツであった。一方，無欠点試験体においてこれらの値の変動の最も大きいのがカラマツであった。

この試験結果におけるヤング係数と曲げ強さの関係を全試験体についてプロットすれば図-9に示すようになる。変動はかなり大きいが，全体としてヤング係数が大きくなれば，曲げ強さもまた大きくなる傾向がみられる。3樹種について，両者の関係を求めると，



図—9　無欠点気乾小試験体におけるヤング係数と曲げ強さとの関係

Fig. 9. Relation between modulus of elasticity and modulus of rupture for small clear specimens in air-dry condition.

カラマツ	$\sigma_b=0.00606\,E+219$	相関係数	0.829
トドマツ	$\sigma_b=0.00428\,E+303$	相関係数	0.657
チョウセンゴヨウ	$\sigma_b=0.00214\,E+460$	相関係数	0.430

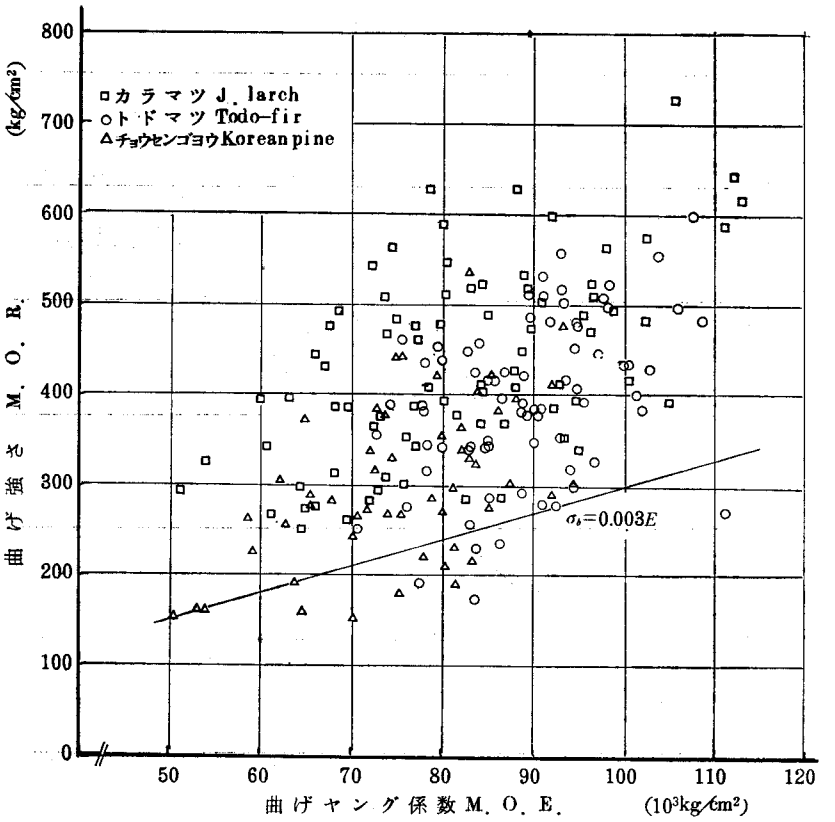
となり，カラマツにおいて相関関係が最も高い。この場合，図中の $\sigma_b=0.007\,E$ によれば，ヤング係数から曲げ強さをほぼ安全側で推定できる。

4.10　204材における節の曲げ性能への影響

204材についてヤング係数と曲げ強さとの関係を求めると，図-10に示すようになる。無欠点試験体の場合に比べ，バラツキが非常に大きく，両者の関係は

カラマツ	$\sigma_b=0.00421\,E_l+90$	相関係数	0.531
トドマツ	$\sigma_b=0.00407\,E_l+31$	相関係数	0.415
チョウセンゴヨウ	$\sigma_b=0.00384\,E_l+14$	相関係数	0.428

となり，いずれも相関係数の値は低い。また，図中の式 $\sigma_b=0.003\,E_l$ によれば約5%の試験体

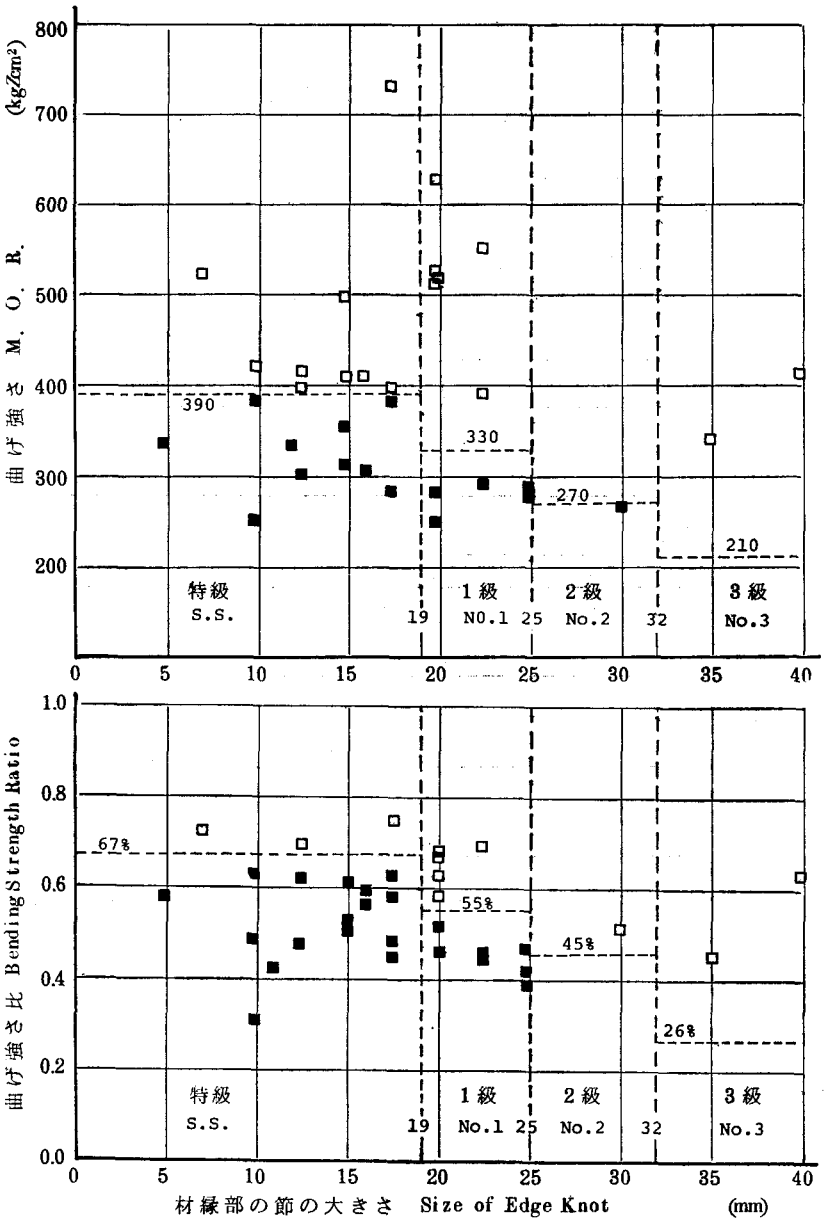


図—10　気乾204材におけるヤング係数と曲げ強さとの関係

Fig. 10.　Relation between modulus of elasticity and modulus of rupture for air-dried 2″×4″ lumber.

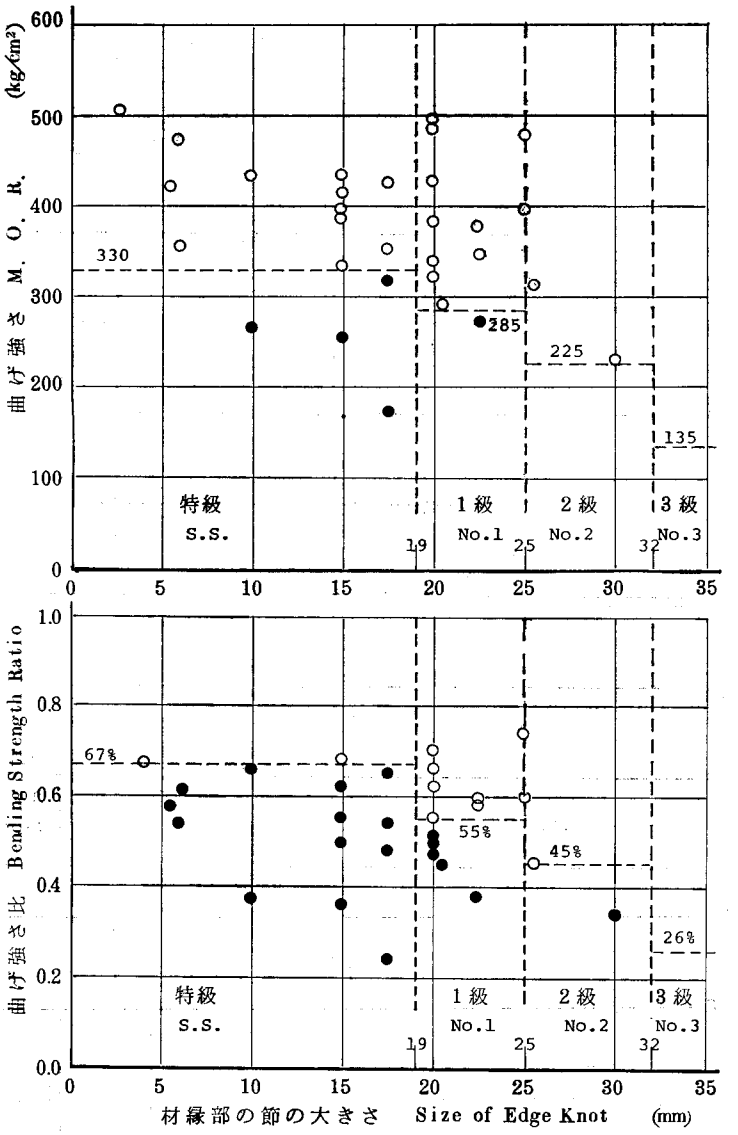
を除き，ヤング係数から曲げ強さを推定できることになるが，この E に対する係数は無欠点試験体の場合の 43% である。

つぎに 204 材の材縁部の節の大きさと曲げ強さとの関係を求めると，図-11 に示すようになる。節の大きさによる等級と各等級の長期応力に対する曲げ許容応力度の 3 倍の値を材料強



図—11 材縁部の節の大きさと曲げ強さおよび同比との関係 (1) カラマツ

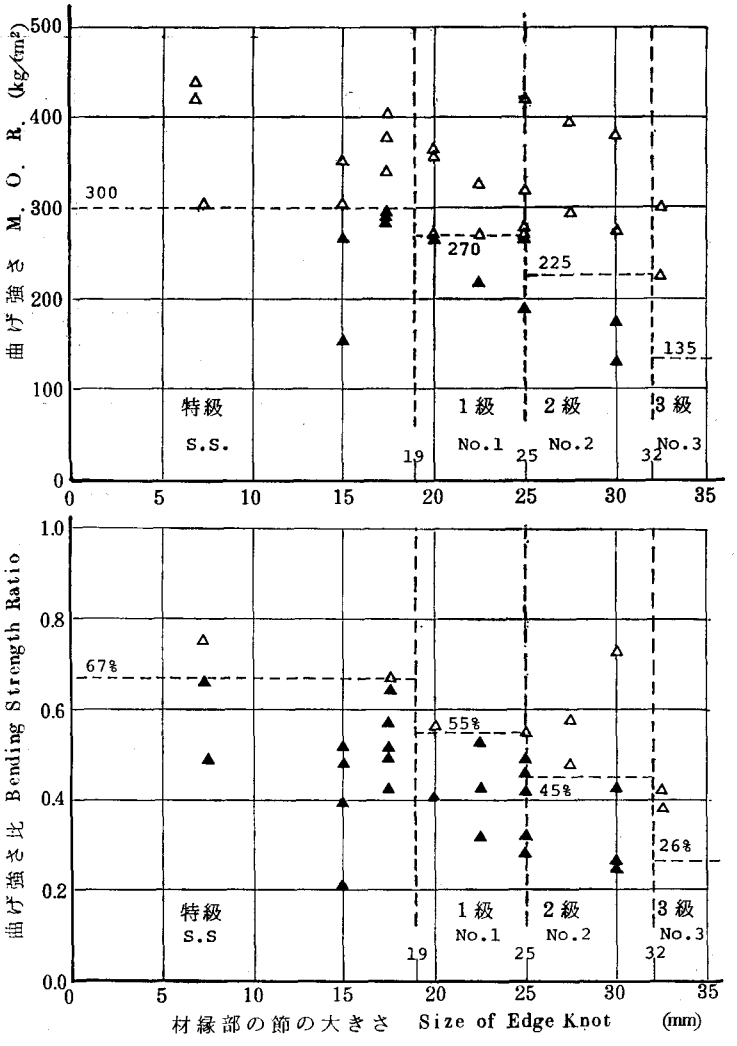
Fig. 11. Relations of modulus of rupture and bending strength ratio to size of edge knot for air-dried 2″×4″ lumber. (1) Japanese larch.



図—11　(2) トドマツ

Fig. 11.　(2) Todo-fir.

度として検討すれば，この材料強度以下のものは，カラマツでは特級19中10，1級11中5，2級1中1，3級2中0，トドマツでは特級16中4，1級12中1，2級2中0，チョウセンゴヨウでは特級13中5，1級13中4，2級6中2，3級2中0となる。このように全樹種とも，特にカラマツにおいて，上位の等級のものに材料強度以下のものが多かった。そして各等級における低い方の値には差はみられない。このことはB. MADSENのin-grade testの結果[9]においても指摘されている。このように現在の等級格付けに問題があるとすれば，どのようにすればよいか，この解答はまだ出されていない。最も可能性のある方法としては，重要部材に対し



図—11 (3) チョウセンゴヨウ

Fig. 11. (3) Korean pine.

proof-loading を行なうことである，と考えられる。

204 材の節の大きさに対する曲げ強さ比 [(204 材の曲げ強さ)/(無欠点小試片の曲げ強さ)] の関係でみると，各等級の曲げ強さ比以下のものが非常に多い。特に特級では全樹種とも大部分が 67% 以下である。

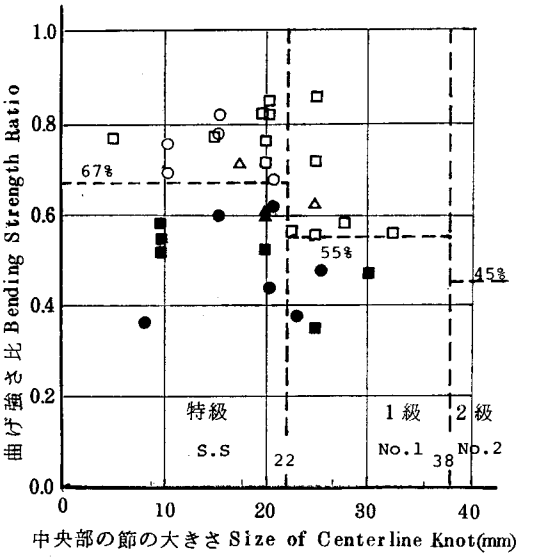
中央部の節については該当する試験体が少なかったが，その大きさと曲げ強さ比との関係は図-12 に示すように，特級，1 級ともに基準値を下回るものがかなりあった。

以上行なった力学的性質の試験結果を総括すれば，ここに試験した各樹種とも特級材に対し，204 材の許容応力度をそのまま適用するのは無理で，それぞれ 80% 程度が妥当な値であると考えられる。

5. 結　　言

北海道大学苫小牧地方演習林産の50年生カラマツ5本，55年生トドマツ5本および43年生チョウセンゴヨウ3本の供試木について，生長経過調査と基礎材質試験を行なった。その結果はつぎのように要約される。

1) ここに試験した3樹種についてはいずれも植栽後の除・間伐の遅れ，病虫害，風害などの影響を受け，カラマツでは20年後，トドマツでは35～40年後，チョウセンゴヨウでは30年後の生長がそれぞれ悪くなっている。平均年輪幅はカラマツ3.0 mm，トドマツ2.9 mm，チョウセンゴヨウ4.1 mmで，この中ではチョウセンゴヨウの直径生長が最もよかった。樹高生長においても直径生長とほぼ同様の樹齢から低下する傾向がみられた。



図—12　中央部の節の大きさと曲げ強さ比との関係

Fig. 12. Relation between the size of certerline kont and the bending strength ratio.

2) 心材含水率において，トドマツでは各供試木とも最大値は220%以上あり，すべてに水食い材が存在していた。トドマツにはあて材も多く，この両者がこの樹種の重要な欠点となっている。チョウセンゴヨウの心材には含水率の最大値が120%以上の部分が各供試木にあり，その平均値は88%で，辺材部の187%とともに含水率の高い樹種である。カラマツの心材部の平均値は43%で，最も低かった。

3) あて材部を除く容積密度数の平均値はカラマツ383，チョウセンゴヨウ343，トドマツ325 kg/m^{3}で，いずれの樹種も構造材として利用しうる最低値を確保している。

4) 平均年輪幅と容積密度数との関係では，カラマツでは年輪幅2～4 mmの範囲で，それが広くなれば，密度が減ずる傾向がみられたが，他の樹種ではあまり明確でなかった。同一年輪幅の場合，密度はカラマツ＞チョウセンゴヨウ＞トドマツの順位にあった。

5) 地上高0.3～1.3 mの部分から採取した4×4 cm断面の生材試験体の力学的性質において，ヤング係数の平均値はトドマツ，チョウセンゴヨウ，カラマツの順序で，77, 72, 60×10^3 kg/cm^{2}で，カラマツが最も低く，曲げ強さおよび縦圧縮強さはそれぞれ390, 338, 450 kg/cm^{2}および190, 173, 215 kg/cm^{2}で，ともにカラマツが最大であった。

6) 平均年輪幅と力学的性質との関係はカラマツでは比較的明瞭で，年輪幅が広くなれば，各性質の値は減ずる傾向がみられ，育成上年輪幅を抑制し，希望材質のものを生産するこ

とが可能であると考えられるが，他2樹種では両者の関係が明瞭でないので，これはできないであろう。

7) ヤング係数と曲げ強さとの関係は，カラマツにおいて最も明瞭な正の比例関係がみられた。両者の関係を表わす回帰直線の傾斜はカラマツにおいて最も急で，トドマツ，チョウセンゴヨウの順に緩くなる。このことはヤング係数による曲げ強さの推定が，カラマツにおいて最も精度よくできるということを意味する。

8) 204材の乾燥による収縮はトドマツが，狂いはカラマツがそれぞれ最も大であった。

9) 204材の等級別に曲げ強さをみると，特級材および1級材に基準の材料強度および強さ比を下回るものが多い。これは現在の等級格付け方法とここに試験した造林木の材質の両者に検討課題があることを示唆するものであろう。また，特級材および1級材に対しては現行の許容応力度の80%程度の値を適用するのが，妥当であろう。

以上の結果を各樹種について総括すればつぎのようになる。

カラマツ：生育途中においてたびたび病虫害，風害を受け，かつ除・間伐が遅れたこともあって，樹高および直径生長ともに樹齢20年ぐらいから悪くなっている。生長をもっと促進する育成方法をとるべきである。材質が既往の試験結果に比べ，劣るので，他地方の産地を調査し，生長，材質のともに優れたものを選択し，育成すべきである。

トドマツ：水食い材とあて材の存在が極めて多く，この地域の造林木とするには非常に大きな問題がある。

チョウセンゴヨウ：ここに試験した3樹種の中では，直径生長が最もよく，材の容積密度数もトドマツより大であったが，力学的性質が劣り，主要造林木にはなりえない。

文　献

1) 北海道林務部：昭和57年度　北海道林業統計．北海道，1983年12月．
2) 宮島　寛：トドマツ造林木の材質と利用　第1報　恵庭産トドマツの生長と基礎材質．北大演報，37-3, 789-816, 1980.
3) 宮島　寛：同上　第2報　厚賀産トドマツの生長と基礎材質．北大演報，38-2, 305-322, 1981.
4) 宮島　寛：同上　第3報　白老産および上芦別産トドマツの生長と基礎材質．北大演報，39-2, 191-212, 1982.
5) 宮島　寛：苫小牧演習林産人工植栽ストローブマツ，バンクスマツ，およびカラマツの材質試験．北大演報，19-3, 99-216, 1958.
6) 宮島　寛：有珠山噴火による降灰被害カラマツ造林木の材質試験．木材学会道支部講演集，11号，37-39, 1979.
7) NLGA 1970: Standard Grading Rules for Canadian Lumber. National Lumber Grades Authority.
8) 枠組壁工法構造研究会編：枠組壁工法構造計算の手引．井上書院，1978.
9) MADSEN, B.: In-grade testing problem analysis. Structural Research Series Report No. 18, Univ. of British Columbia, Dept. of Civil Engineering, 1977.

Summary

There are many silvicultural problems for man-made forests in Hokkaido. The main problems are the selection of the most suitable species and the method of silvicultual treatment to get useful lumber. These are the most primary problems. Why do we have these problems? Because there were a large quantity of high quality forest resources, both softwood and hardwood, in Hokkaido. But nowadays the resources are decreasing day by day, especially those of high quality wood.

The silvicultural history in Hokkaido is not so new. The Matsumae clan started to plant Sugi (*Cryptomeria japonica*) trees in the southern part of Hokkaido several hundred years ago. From the end of last century to around 1920, many kinds of species were imported from foreign countries and planted. These species were Norway spruce, European larch, Corsican pine, Scotch pine, Jack pine, eastern white pine, black poplars, red oak, black locust and others from Europe and North America. Also Japanese larch was introduced from Honshu. But except Japanese larch, no species has become an available plantation species. Today, there are 1,440,974 ha man-made forests including 738,104 ha of Todo-fir (*Abies sachalinensis*) forest and 495,380 ha of Japanese larch forest in Hokkaido. There is an important problem in the Todo-fir forest. In previous reports, it has been revealed that there are many Todo-fir trees having wet-wood in their trunks. If the trunk has wet-wood, there will be a high possibility of occurring a frost crack in the trunk in the near future.

For the reasons mentioned above, growth rate and wood quality of plantation-grown trees in Hokkaido have been investigated. In this paper, those of five Japanese larch trees, five Todo-fir trees and three Korean pine trees grown in the Tomakomai Experiment Forest of Hokkaido University are described concerning some silvicultural problems.

The results are briefly summarized as follows:

1) The growth rates of the trees decreased after about 20 years old in Japanese larch, 35 to 40 years in Todo-fir and about 30 years in Korean pine, because thinning was too late and some disease and insets attacked the trees. The average values of ring width were 3.0, 2.9 and 4.1 mm in the larch, fir and pine, respectively.

2) All Todo-fir trunks had wet-wood in their heartwood. The heartwood of Korean pine trees had partly relatively high moisture content which was more than 100 percent and the average moisture content of the heartwood was 88 percent. That of the larch trees was the lowest and only 43 percent.

3) The average values of basic density of clear wood were 383, 343 and 325 kg/m^3 in the larch, pine and fir, respectively. These values might cover the minimum value for structural materials.

4) In the relation between the average ring width and the basic density, the tendency of decreasing the density with increasing the ring width in the range of 2 to 4 mm of ring width of the larch was seen clearly, but the relations for the other species were not clear. The density of wood having the same ring width was the highest in the larch wood and the lowest in the fir wood.

5) The results of mechanical test for clear green specimens with 4×4 cm cross section obtained from the part of 0.3 to 1.3 m of the trunks above the ground showed that the modulus of elasticity of the larch wood was the lowest, 5.8 GPa, and that the modulus of

rupture and the maximum crushing strength were the highest, which were 44.1 and 21.1 MPa, respectively. For this reason, it might be seen that the fiber direction of the larch wood was not so straight compared with the other species.

6) The relations between the annual ring width and the mechanical properties for the larch wood were relatively clearly seen, in which increasing the ring width bespoke decreasing the values of the elasticity and strength. It may show that the wood quality of larch will be controlled with the growth rate which mainly depends on silvicultural treatment. The relations for the other species were not clear.

7) The relations between the modulus of elasticity and the strength properties for the larch wood were clear and the regression lines showed the highest-pitched slopes. It may mean that it is possible to predict the strength of the larch wood from the modulus of elasticity. The lines for the pine wood were the most gentle slopes.

8) Shrinkage of 2″×4″ lumber from green to air-dry condition showed the maximum value for the fir wood. Warp, especially crook and twist, was the maximum for the larch.

9) The results of strength tests for graded 2″×4″ lumber showed that there were many Select Structural and No. 1 grade specimens. The strength values of the two grades were lower than those for the design values. The similar tendency was also seen for the bending strength ratio. This fact may suggest that it is adequate to apply about 80% of the allowable stresses to the Select Structural and No. 1 grades of the three species tested.