



Title	トドマツ造林木の材質と利用：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
Author(s)	宮島, 寛; MIYAJIMA, Hiroshi
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 39(2), 191-212
Issue Date	1982-09
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/21071">https://hdl.handle.net/2115/21071</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	39(2)_P191-212.pdf



# トドマツ造林木の材質と利用

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\*

宮 島 寛\*\*

## Quality and Utilization of Plantation-Grown Todo-Fir Wood

Report 3. Growth and Wood Quality of Todo-Fir Grown in  
Shiraoi and Kami-Ashibetsu Districts\*

By

Hiroshi MIYAJIMA\*\*

### 目 次

1. 緒 言 .....	191
2. 材料および方法 .....	192
3. 結果および考察 .....	195
3.1 生長経過 .....	195
3.2 平均年輪幅, 生材含水率および容積密度数 .....	197
3.3 力学的性質 .....	204
3.4 平均年輪幅と諸性質との関係 .....	206
3.5 容積密度数と力学的性質との関係 .....	209
3.6 ヤング係数と強度との関係 .....	210
4. 結 言 .....	210
文 献 .....	211
Summary .....	212

### 1. 緒 言

北海道営林局恵庭営林署管内の昭和10年植栽, 林齢44年および同厚賀営林署管内の昭和25年植栽, 林齢30年のトドマツ造林木について生長経過と基礎材質に関する研究を行い, 水食い材の発生が多いこと, 天然木に比べて容積密度数が若干低いことなどを報告した<sup>1,2)</sup>。さらにこの研究を続け, 昭和56年度においては白老営林署管内の昭和33年植栽, 林齢23年および上芦別営林署管内の同9年植栽, 47年の林分から採取した試験材について同様の研究を行ったので, その結果について報告する。

\* 1982年2月22日受理 Received February 22, 1982.

\*\* 北海道大学農学部林産学科木材加工学教室

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

この研究を行うにあたり、標準地設定、毎木調査、供試木の伐倒、試験材の搬出・輸送に尽力された北海道営林局技術開発室、白老営林署および上芦別営林署の方々ならびに各種測定、実験、計算などに熱心な協力を得た当木材加工学講座専攻生吉田裕一・藤田洋一両君に対し、心からお礼を申し上げます。

## 2. 材料および方法

供試木採取地は北海道営林局白老営林署白老事業区萩野66林班ろ小班の昭和33年植栽、林齢23年および同上芦別営林署497林班ろ小班の昭和9年植栽、同11年補植の林齢45~47年のトドマツ造林地である。白老営林署管内の対象林は4m間隔に幅5mの帯状に設けられた植栽帯の中央部に間隔約1.5mに3条植えされたものである。植栽木の縦の間隔は約1mで、除・間伐のまだ行われていない林分である。この林分における50×50m=0.25haの標準地における胸高直径および樹高の測定結果は表-1のとおりである。

表-1 白老営林署管内標準地における23年生トドマツ造林木の胸高直径および樹高別本数分布

Table 1. Distribution of number of 23-year-old Todo-fir trees depend on their diameter at breast height and height in a sample plot in Shiraoi district

	樹 高												Total
	Height (m)												
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
胸高直径 D. B. H. (cm)	4	1	13	11	5	4	1						35
	6		1	11	28	39	29	8					116
	8		1	1	5	32	66	36	28	1			170
	10					9	29	72	71	24	1		206
	12					1	3	24	50	60	17	2	157
	14							6	16	45	16	3	86
	16								4	6	8	3	21
	18									1	2	5	8
	20									1			1
Total	1	15	23	38	85	128	146	169	138	44	13		800

Remarks: Area of the sample plot is 50×50 m=0.25 ha.

この表に示すように胸高直径は4~20cmの範囲にあって、6~14cmのものが全体の92%を占め、また10cmが最も多く全体の26%である。樹高は2~12mの範囲にあって、6~10mのものが全体の83%を占め、9mのものが最も多く、21%である。ha当りの立木本数は3200本となる。この林分から胸高直径9, 11, 14, 16, 18および19cmの6本の供試木を選んだ。

一方、上芦別営林署管内の標準地は昭和9年に5.09haに3400本(ha当り730本)植栽、同11年に1848本(ha当り403本)補植された造林地内に設けたものである。この造林地にお

ける保育の概要は下刈り昭和9~18年に8回, 除伐昭和18年1回, つる切り昭和11~27年5回, 除伐昭和29年1回, 枝打ち昭和29年1回, つる切り昭和30年1回, 間伐(弱度)昭和42年頃である。調査時の標準地(0.25 ha)内の立木本数は243本で, ha当り972本となり, 植栽本数と補植本数の合計の86%に相当し, 植栽本数から想定される本数よりかなり多いが, これらの理由および詳細は明らかでない。この標準地から胸高直径16, 20, 24, 28および32 cmの5本の供試木を選んだ。

これらの二つの標準地における蓄積は白老37.71 m<sup>3</sup>, 上芦別84.69 m<sup>3</sup>で, ha当りそれぞれ151 m<sup>3</sup>および339 m<sup>3</sup>となる(表-2)。表-2における単木の幹材積はそれぞれの標準地からの供試木の樹幹析解によった求めた材積から想定した値である。これまでの試験結果について胸高直径と幹材積の関係をプロットすれば図-1に示すようになり, 同一直径でも産地により樹高が異なるため, 材積に差が生じていることがわかる。

表-2 標準地毎木調査結果

Table 2. Results of diameter measurement in a sample plot having an area of 50×50 m

産地 Locality		白老 Shiraoi		上芦別 Kami-Ashibetsu			
胸高直径 D. B. H. (cm)	本数 No. of trees	幹材積 A tree (m <sup>3</sup> )	合計 Total (m <sup>3</sup> )	胸高直径 D. B. H. (cm)	本数 No. of trees	幹材積 A tree (m <sup>3</sup> )	合計 Total (m <sup>3</sup> )
4	35	0.003	0.11	8	1	0.02	0.02
6	116	0.01	1.16	10	1	0.04	0.04
8	170	0.02	3.40	12	4	0.07	0.28
10	206	0.04	8.24	14	11	0.10	1.10
12	157	0.06	9.42	16	9	0.13	1.17
14	86	0.08	6.88	18	20	0.18	3.60
16	21	0.10	2.10	20	35	0.25	8.75
18	8	0.15	1.20	22	35	0.29	10.15
20	1	0.20	0.20	24	41	0.37	15.17
				26	29	0.42	12.18
				28	34	0.52	17.68
				30	15	0.59	8.85
				32	6	0.69	4.14
				34	2	0.78	1.56
Total	800		37.71	Total	243		84.69

Remarks: 3200 trees and 151 m<sup>3</sup> per ha in Shiraoi district, 972 trees and 339 m<sup>3</sup> per ha in Kami-Ashibetsu district.

供試木の概要は表-3に示すとおりである。樹齢は0.0 mの円盤における年輪としたが, 植栽年度からの年数と必ずしも一致していない。白老産の場合, 胸高直径9 cmのNo. 1を除くと樹高にほとんど差がない。また, その枝下高の記入がないのは, まだ樹幹下部まで生枝があるためである。供試木の伐倒は白老で昭和56年4月27日, 上芦別で同6月4日である。

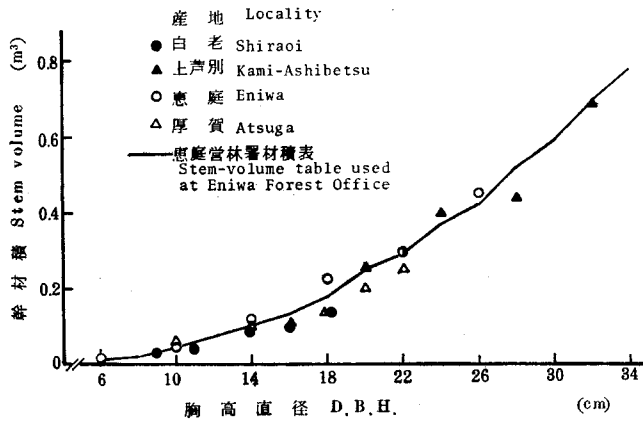


図-1 胸高直径と幹材積との関係

Fig. 1. Relation between diameter breast height and stem-volume.

表-3 供試木の概要

Table 3. Out line of sample trees

産地 Locality	供試木 Tree No.	樹齢 Tree age (yrs.)	胸高直径 D. B. H. (cm)	樹高 Height (m)	枝下高 Height to main branch (m)	幹材積 Stem volume (m³)
白老 Shiraoi	1	20	9	9.1	—	0.0307
	2	23	11	11.5	—	0.0468
	3	21	14	10.6	—	0.0802
	4	23	16	11.3	—	0.1027
	5	23	18	11.8	—	0.1462
	6	23	19	11.6	—	0.1474
上芦別 Kami-Ashibetsu	1	45	16	13.2	8.0	0.1116
	2	45	20	16.0	11.0	0.2593
	3	45	24	18.5	13.0	0.4005
	4	45	28	16.5	10.7	0.4442
	5	45	32	18.8	10.0	0.6992

供試木からは地上高 0.0, 0.3, 1.3, 3.3, 5.3 m … 以後 2 m おきに繊維方向約 40 mm の円板を採取し、各供試木の樹齢は 0.0 m の位置における年輪数とした。円板についてはかな仕上げを行い、樹幹析解の方法で、4 半径について 5 年ごとの年輪幅を測定し、のちこの 4 半径方向から板目方向約 25 mm、半径方向 5~30 mm (辺・心材および年輪幅の広狭により分割をきめた)、繊維方向 25~30 mm に丸鋸盤で分割し、ブロックをつくり、これらについて平均年輪幅、容積密度数および含水率を測定した。さらに、地上高 0.3~1.3 m 間の丸太から生材状態で 40×40×600 mm の試験体を作製し、スパン 56 cm (材せいの 14 倍) として中央集中荷重による曲げ試験を行い、その終了後、非破壊部分から長さ 80 mm の試験体を採取し、縦圧縮試験を

行った。この縦圧縮試験体採取時に含水率測定用小片も採取し、試験時の含水率を求めた。この強度試験では生材状態における曲げヤング係数、曲げ比例限度、曲げ強さおよび縦圧縮強さを求めた。

### 3. 結果および考察

#### 3.1 生長経過

各供試木の生長経過を図-2 および3 に示す。白老産の場合、前述のように幅5 mの植栽帯に間隔約1.5 mの3条植えである。供試木のうちNo. 1~3がこの3条の中列のもので、No. 1は樹齢10~15年の間においてすでに被圧木となっている。この胸高における平均年輪幅は心

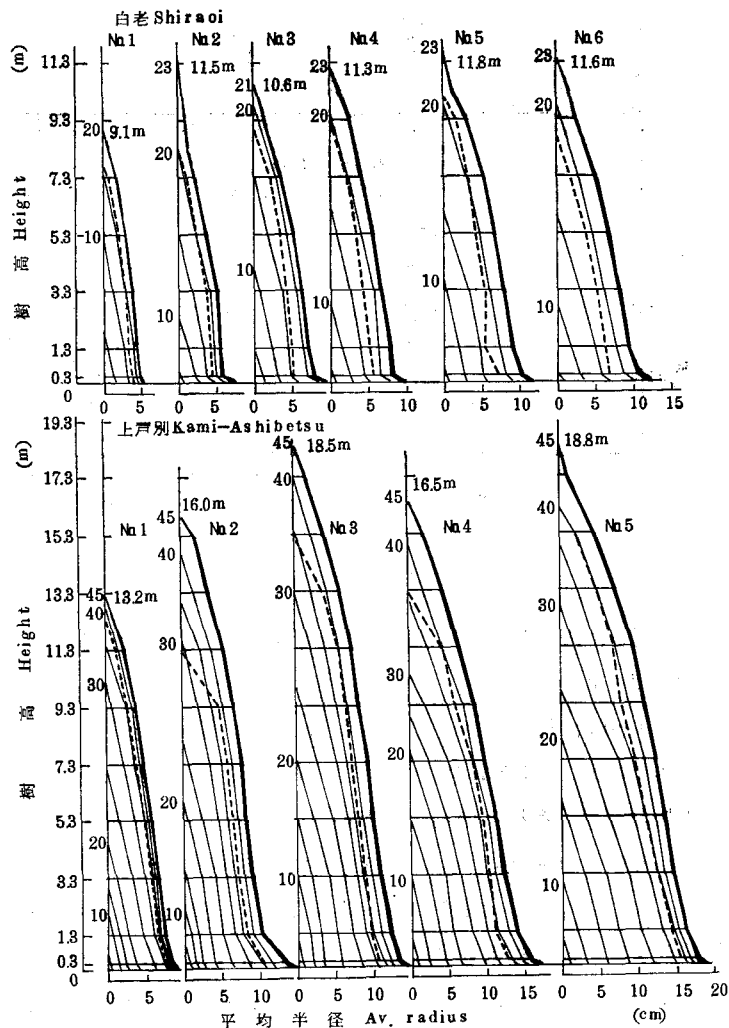


図-2 樹幹析解図

Fig. 2. Basic stem-growth diagrams.

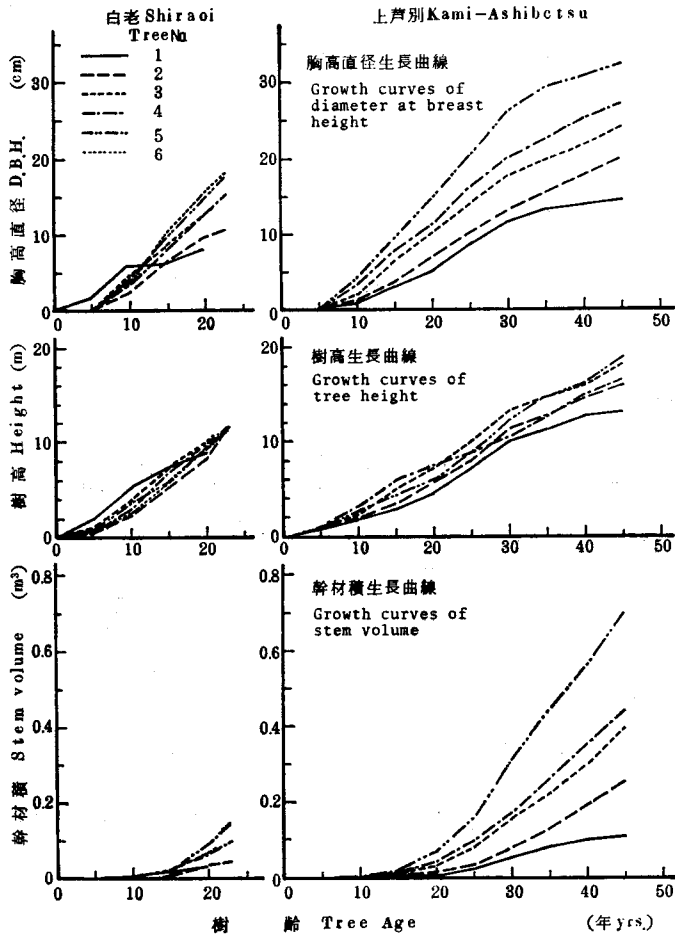


図-3 生長曲線  
Fig. 3. Growth curves.

材部 3.1~4.4 mm に対し、辺材部 0.7~1.0 mm である。No. 2 も同様被圧木で、心材部 3.8~4.9 mm に対し、辺材部 1.5~3.2 mm である。No. 3 は平均よりやや胸高直径は大で、被圧木ではないが、心材部 3.8~5.4 mm に対し、辺材部 3.0~4.5 mm と年輪幅は若干狭くなっている。No. 4~6 供試木では辺材部においても年輪幅は 4.1~5.9 mm を維持し、肥大生長は落していない。このように幅 5 m の植栽帯に 3 条植えの場合、樹齢 10~15 年ですでに被圧木が生じていることは植栽間隔が狭過ぎることを意味し、この中列を列状間伐するようなことになれば、3 条植えの意味がなくなることになる。この程度の幅の植栽帯では 2 条植えが適切であろう。しかし、このような带状植栽することの意味も明確でないので、もっと植栽間隔をひろげ、たとえば、3.6 m, 5.4 m, 7.2 m などといった間隔にし、列状間伐の必要のない方法をとるべきであると考え。樹高生長は上芦別産のものより優れている。

上芦別産の場合、植栽本数が補植を加えても ha 当り 1100 本程度で、最初から植栽間隔も

充分とっており、かつ下刈り、除・間伐、枝打ちも行われていたため、北海道のトドマツ造林地として基準となりうるような林分となっている。供試木の胸高における平均年輪幅は辺材部で No. 1~No. 5 において、それぞれ 0.4~0.7, 2.1~2.6, 1.7~2.4, 1.4~2.9 および 1.1~1.8 mm であるのに対し、心材部ではそれぞれ 1.9~4.1, 2.1~3.4, 2.6~4.0, 3.2~4.7 および 4.1~6.2 mm で、いずれも肥大生長が劣って来ていることを示している。しかし、材積生長は No. 1 を除いて直線的に増加の傾向にある。この林分における ha 当り 972 本の立木密度は部分的には密になっていたため、近く収入間伐が行われることになっていた。

ha 当りの年平均生長量は白老 6.57 m<sup>3</sup>, 上芦別 7.53 m<sup>3</sup> である。林齢が白老 23 年、上芦別 45 年で、単純に比較することはできないが、両地方とも北海道のトドマツ造林地として生長がよい方である。前報の厚賀産材<sup>2)</sup>の場合林齢 30 年で、6.7 m<sup>3</sup> (ha 当り年平均生長量) であったが、材積生長は 25~30 年において急激に増加していることを考慮すれば、白老の林分における生長は非常によいといえる。また、恵庭産材<sup>1)</sup>では林齢 44 年で、5.02 m<sup>3</sup> であったので、上芦別の標準地ではこの 50% 増の生長量である。さらに、樹幹材の全乾重量の ha 当り年平均生長量をそれぞれの容積密度数の平均値を乗じて求めると、白老 1.85 t, 上芦別 2.37 t となる。白老産材は後述するように容積密度数が小であったので、厚賀の 2.07 t より若干少ない値である。上芦別の場合、恵庭の 1.60 t の 48% 増であるが、野幌産トドマツ (加納<sup>3)</sup>) の 3.28 t よりは少ない。

### 3.2 平均年輪幅、生材含水率および容積密度数

樹幹析解に用いた円板から採取したブロックについて測定した平均年輪幅、生材含水率および容積密度数の各供試木について辺・心材別にまとめた値を表-4(1)および(2)に、辺・心材別・樹高別生材含水率を表-5(1)および(2)に、地上高別容積密度数を表-6に、また平均年輪幅と容積密度数の出現状態をそれぞれ図-4および5に示す。

まず、平均年輪幅についてみると、つぎのようになる。白老産材の場合、林齢 23 年という幼齢木であるため、年輪幅は一般に広く、全供試木の平均で、辺材 4.3 mm, 心材 5.6 mm, 全平均 5.0 mm である。とくに肥大生長のよい No. 5 および 6 においては最大値は心材部で 10 mm を超え、心材部の平均はそれぞれ 6.3 および 7.0 mm に達し、辺材部でも 5.5 および 5.9 mm あり、供試木ごとの平均値は 6.0 および 6.5 mm である。その変動は胸高直径が最小の No. 1 において最も大きく、範囲が 0.7~5.5 mm, 標準偏差 1.54 mm, 変化係数 57.9% である。この変動は胸高直径が大きくなるにしたがって減じ、その最大の No. 6 ではそれぞれ 3.7~9.3 mm, 1.17 mm および 18.0% となる。上芦別産材の平均年輪幅は辺材が 0.9~3.0 mm, 心材が 3.3~5.4 mm, 全平均が 3.6 mm で、前者の場合よりいずれも狭い。全体における範囲は 0.3~8.8 mm で、最小値が白老産材よりかなり小さい。このように年輪幅が狭い部分を含むため、その変動は白老産材より大きい。すなわち、No. 1 では 0.3~6.5 mm の範囲で、標準偏差 1.53 mm, 変化係数 65.9% に達する。No. 2 は心材部においても年輪幅があまり大でなかったため、この変

表—4 (1) 平均年輪幅, 生材含水率および容積密度数 (白老産材)  
 Table 4 (1). Average width of annual rings, moisture content and basic density  
 (wood grown in Shirai district)

供試木 Tree No.	測定数 n	平均年輪幅 Av. ring width (mm)					含水率 Moisture content (%)					容積密度数 Basic density (kg/m <sup>3</sup> )					
		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 (%)	平均値 Av.	最大値 Max.	最小値 Min.	標準偏差 S. D.	変化係数 cv (%)	
1	S	17	1.5	3.5	0.7	0.85	57.0	160	195	111	26.2	16.4	317	361	286	22.4	7.1
	H	15	4.0	5.5	1.9	0.95	23.8	70	144	39	29.5	41.8	309	363	283	19.4	6.3
	All	32	2.7	5.5	0.7	1.54	57.9	118	195	39	53.2	45.0	313	363	288	21.1	6.8
2	S	18	2.8	5.1	1.3	1.32	47.3	208	277	151	30.4	14.6	290	353	253	29.3	10.1
	H	16	4.4	5.8	3.0	0.93	21.3	64	96	37	14.3	22.4	286	347	246	31.3	10.9
	All	34	3.6	5.8	1.3	1.34	37.7	140	277	37	77.0	54.9	290	353	246	29.7	10.3
3	S	21	4.6	6.4	3.0	1.07	23.1	236	283	130	39.7	16.8	278	307	259	12.5	4.5
	H	21	4.9	6.4	3.7	0.94	18.9	68	144	41	32.4	47.5	274	334	252	21.7	7.9
	All	42	4.8	6.4	3.0	1.01	20.9	152	283	41	92.0	60.5	277	334	252	17.8	6.4
4	S	22	4.5	6.1	3.2	0.61	13.7	290	353	184	41.2	14.2	235	276	217	17.8	7.6
	H	25	5.5	6.9	3.8	1.00	18.4	64	98	44	15.0	23.5	239	294	210	20.6	8.6
	All	47	5.1	6.9	3.2	0.98	19.4	170	353	44	118.1	69.5	237	294	210	19.3	8.1
5	S	23	5.5	8.7	3.6	1.32	23.9	231	288	147	29.6	12.8	289	385	262	24.3	8.4
	H	30	6.3	10.4	4.5	1.28	20.2	67	233	41	37.8	56.2	283	335	256	16.6	5.9
	All	53	6.0	10.4	3.6	1.35	22.5	138	288	41	88.7	64.2	285	385	256	20.3	7.1
6	S	22	5.9	7.2	4.6	0.87	14.7	228	265	174	24.1	10.5	287	325	272	13.0	4.5
	H	26	7.0	9.3	3.7	1.16	16.7	53	298	36	50.8	95.6	285	344	259	18.2	6.4
	All	48	6.5	9.3	3.7	1.17	18.0	134	299	36	97.6	72.8	286	344	259	15.9	5.6
All	S	123	4.3	8.7	0.7	1.81	42.4	229	353	111	49.5	21.6	282	385	217	31.3	11.1
	H	132	5.6	10.4	3.0	1.47	26.3	64	298	36	33.9	53.1	277	363	210	29.2	10.6
	All	254	5.0	10.4	0.7	1.75	35.3	143	353	36	92.7	64.7	279	385	210	30.9	11.1

(注 Remarks) S: 辺材 sapwood, H: 心辺 heartwood, All: 全体, n: number of specimens.

表-4 (2) 統 ぎ (上芦別産材)

Table 4 (2). Continued (wood grown in Kami-Ashibetsu)

供試木 Tree No.	測定数 n	平均年輪幅 Av. ring width (mm)					含水率 Moisture content (%)					容積密度数 Basic density (kg/m <sup>3</sup> )					
		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 (%)	平均値 Av.	最大値 Max.	最小値 Min.	標準偏差 S. D.	変化係数 cv (%)	
1	S	26	0.9	1.5	0.3	0.35	39.7	196	258	141	28.8	14.7	301	338	276	17.9	6.0
	H	33	3.5	6.5	1.8	1.04	29.9	55	104	37	18.8	30.7	287	348	257	23.4	8.1
	All	59	2.3	6.5	0.3	1.53	65.9	117	258	37	74.2	63.5	293	348	257	22.0	7.5
2	S	36	2.7	5.7	1.8	0.86	32.0	211	275	169	25.9	12.2	327	397	273	27.2	8.3
	H	46	3.3	5.9	1.7	0.92	27.6	120	193	47	37.5	31.2	353	433	267	36.2	10.3
	All	77	3.0	5.9	1.7	0.94	30.8	159	275	47	55.5	35.0	344	433	267	34.0	10.0
3	S	34	2.5	6.0	1.5	0.80	31.7	216	246	164	18.1	8.4	328	407	307	17.7	5.4
	H	58	3.9	6.6	2.3	1.03	26.3	86	201	43	31.3	36.4	329	424	262	28.9	8.8
	All	92	3.4	6.6	1.5	1.17	34.2	134	246	43	68.5	51.2	329	424	262	25.0	7.7
4	S	32	2.6	5.9	1.3	1.20	44.0	225	265	168	25.5	11.4	313	389	227	22.7	7.3
	H	59	4.4	8.1	1.9	1.02	23.3	68	229	39	28.8	42.4	310	422	281	19.9	6.4
	All	91	3.7	8.1	1.3	1.34	36.1	123	265	39	78.9	64.1	311	422	277	21.0	6.8
5	S	37	3.0	5.1	0.8	1.33	44.5	214	270	155	29.2	13.6	299	355	253	23.1	7.7
	H	74	5.4	8.8	2.1	1.04	19.5	125	271	46	55.9	44.8	297	383	259	25.2	8.5
	All	111	4.6	8.8	0.8	1.60	35.1	155	271	46	64.5	41.7	298	383	253	24.0	8.2
All	S	160	2.4	6.0	0.3	1.20	49.6	213	275	141	26.9	12.6	314	407	253	25.1	8.0
	H	270	4.3	8.8	1.7	1.26	29.7	95	271	37	47.2	49.9	315	433	257	34.6	11.0
	All	430	3.6	8.8	0.3	1.50	43.3	139	275	37	70.1	50.5	315	433	253	31.0	9.9

表—5 (1) 辺心材別・樹高別含水率 (白老産材)  
 Table 5 (1). Variation of moisture content in sap- and heartwood with height  
 (wood grown in Shiraoi district)

地上高 Height (m)	辺材 Sapwood			心材 Heartwood			辺材 Sapwood			心材 Heartwood		
	平均 Av.	最大 Max.	最小 Min.	平均 Av.	最大 Max.	最小 Min.	平均 Av.	最大 Max.	最小 Min.	平均 Av.	最大 Max.	最小 Min.
	No. 1						No. 2					
0.3	152	176	111	57	119	39	193	209	177	52	65	37
1.3	148	192	128	69	90	55	209	230	190	65	81	52
3.3	188	195	177	71	82	56	224	233	216	68	83	62
5.3	161	191	125	144			228	277	168	74	95	53
7.3	157						179					
8.3	158						151					
	No. 3						No. 4					
0.3	261	283	231	59	100	41	291	333	268	54	76	44
1.3	240	263	224	67	127	44	304	326	271	62	84	52
3.3	252	267	240	65	139	43	334	353	320	64	73	50
5.3	258	273	242	78	144	58	301	330	279	69	79	58
7.3	195	242	150	88			276	291	259	90	98	76
9.3	130						228	231	226			
	No. 5						No. 6					
0.3	257	288	231	68	146	43	234	253	212	44	66	36
1.3	234	252	211	85	233	41	229	237	222	40	45	36
3.3	217	243	194	56	70	50	237	243	228	39	41	37
5.3	235	264	204	54	68	46	247	254	243	45	55	39
7.3	236	255	202	53	67	44	224	265	181	68		
9.3	224	232	216	89			192					
10.3	147						174					

表-5 (2) 続 き (上芦別産材)

Table 5 (2). Continued (wood grown in Kami-Ashibetsu district)

地上高 Height (m)	辺 材 Sapwood			心 材 Heartwood			辺 材 Sapwood			心 材 Heartwood		
	平 均 Av.	最 大 Max.	最 小 Min.	平 均 Av.	最 大 Max.	最 小 Min.	平 均 Av.	最 大 Max.	最 小 Min.	平 均 Av.	最 大 Max.	最 小 Min.
	No. 1						No. 2					
0.3	185	218	151	50	82	39	193	201	180	108	172	47
1.3	179	228	141	51	104	37	191	203	174	128	159	81
3.3	184	201	173	45	53	40	226	262	195	101	145	59
5.3	188	218	158	51	56	47	210	215	207	115	134	91
7.3	207	240	193	67	94	58	213	227	204	141	193	106
9.3	213	238	179	61	69	52	258	275	244	149	173	96
11.3	234	258	210	88			206	223	183	113	139	97
13.3							182	195	169	124		
15.3							206					
	No. 3						No. 4					
0.3	217	230	192	85	149	52	228	241	197	68	148	40
1.3	214	246	185	77	131	51	214	253	168	55	67	44
3.3	220	234	210	75	109	43	227	254	186	62	80	45
5.3	220	233	193	96	201	45	241	262	225	85	229	44
7.3	200	226	164	86	114	50	238	265	221	61	82	39
9.3	222	245	208	117	195	81	225	252	193	71	100	59
11.3	218	229	210	70	76	65	226	241	197	72	75	69
13.3	219	228	210	91	122	75	191	197	184	114		
15.3	203	222	184	84			190					
	No. 5											
0.3	201	233	165	122	230	68						
1.3	214	249	190	140	231	61						
3.3	228	241	206	123	235	53						
5.3	236	259	220	113	271	46						
7.3	223	237	202	148	217	98						
9.3	223	264	175	113	178	76						
11.3	204	241	155	133	238	69						
13.3	220	270	201	79	92	72						
15.3	191	226	166	131								
17.3	181											

動は最小で、それぞれ1.7~5.9 mm, 0.94 mm および 30.8% である。また、全体の変化係数も白老産材の 35.3% に対し、43.3% で、大きい。この平均年輪幅の出現状態を既往の恵庭および厚賀両地方産材を入れて比較すると、図-4 に示すようになり、4 地方産材のなかで、白老産材の平均年輪幅は最もその広い部分に分布し、ついで厚賀産材、上芦別産材の順となり、恵庭産材はその最も狭い部分にある。

生材含水率の各供試木の平均値は、

白老産材の辺材において 160~290%、心材 53~70% で、辺材における供試木間の差が大きい。すなわち No. 1 が 160%、No. 4 が 290% であり、これは次に述べる容積密度数と関係がある。辺材含水率が最小の No. 1 の容積密度数は  $317 \text{ kg/m}^3$  で、全供試木中最大であり、その値が 290% の No. 4 の容積密度数は  $235 \text{ kg/m}^3$  で、これは最小である。また、他の値はこの両者の中間にある。容積密度数が小である程、空隙率は高くなるので、含み得る水分量も多くなり、このような傾向になったものと思われる。しかし、いずれもその含み得る最大量には達していない。心材部の水分には他産材ほどの差はなかった。しかし、表-5(1)に見られるように、No. 1 においては 0.3 m の円板に 119% の部分があり、これは根からの水食い材であると判断される。No. 3 では 5.3 m までの円板にすべて 100% 以上の部分があつて、弱度の水食い材、さらに No. 5 では 1.3 m に 233% の部分があつて、明確な水食い材である。このように、その程度はあまり強くないが、供試木 6 本中、半分の 3 本に水食い材部が見られる。上芦別産材の場合は辺材部 196~225% で、供試木間の差は少ない。心材部では 55~125% で、水食い材の影響が見られる。表-5(2)に示すように、心材部においては No. 1 を除いて、いずれも高含水率部が見られ、供試木 5 本のうち 4 本が水食い材である。この水食い材は恵庭産材では 6 本中 5 本、厚賀産材では 6 本中 4 本に見られ、いずれの地方においてもその発生が異常に多い。水食い材に関する B. SCHINK らの研究<sup>4)</sup>では *Populus* と *Ulmus* の水食い材部に嫌気性バクテリアの存在が異常に多く、その数は健全材部の 1 万倍にも達すると報告している。また、J. BAUCH ら<sup>5)</sup>は西ドイツ産のモミについて、その水食い材部細胞の毛管水中における脂肪酸の発生は条件的嫌気性バクテリア (facultative anaerobic bacteria) によって起されるものであり、辺材部に比較的高いアムモニウム-チッ素の含有量も柔組織におけるたん白質によるというよりもバクテリアによるものであろう、と述べている。これらの研究においては水食い材の成因はバクテリアであるとは述べられていないが、水食い材とバクテリアにはかなり密接な関係があることが示

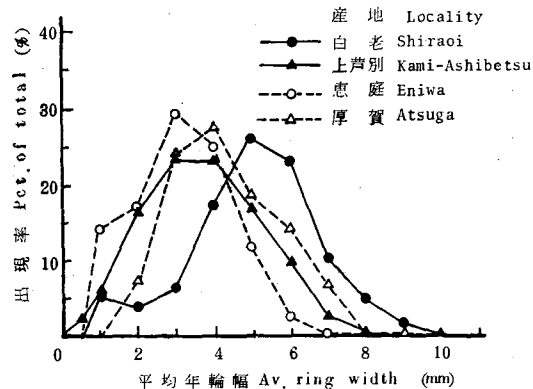


図-4 平均年輪幅の出現率

Fig. 4. Frequency of average width of annual rings.

表—6 地上高別容積密度数 ( $R$ :  $\text{kg/m}^3$ )

Table 6. Variation of wood density with height

産地 Locality 地上高 Height (m)	白老 Shiraoi						上芦別 Kami-Ashibetsu					
	平均 Av.	最大 Max.	最小 Min.	平均 Av.	最大 Max.	最小 Min.	平均 Av.	最大 Max.	最小 Min.	平均 Av.	最大 Max.	最小 Min.
	No. 1			No. 2			No. 1			No. 2		
0.3	333	363	306	323	347	302	298	348	267	355	433	314
1.3	303	322	293	282	353	252	308	343	281	375	426	267
3.3	306	334	283	276	292	258	284	325	258	330	364	280
5.3	305	330	286	259	277	246	282	309	257	333	364	307
7.3	303			264			289	338	270	328	342	300
8.3	329			294								
9.3							299	320	276	316	360	273
11.3							281	294	281	330	344	320
13.3										385	419	340
15.3										323		
	No. 3			No. 4			No. 3			No. 4		
0.3	286	334	254	258	294	227	332	424	299	304	323	281
1.3	279	305	253	236	263	220	330	360	305	312	389	287
3.3	268	289	252	223	255	214	318	338	302	319	370	292
5.3	272	303	259	223	236	210	314	329	298	306	329	291
7.3	276	290	267	234	240	221	341	424	302	308	329	285
9.3	302			251	256	245	316	343	262	307	333	277
11.3							343	409	321	307	328	295
13.3							333	356	316	347	422	308
15.3							345	375	328	329		
	No. 5			No. 6			No. 5					
0.3	285	335	256	296	344	275	298	355	263			
1.3	278	297	266	284	303	269	288	313	259			
3.3	279	287	266	281	305	261	295	325	266			
5.3	289	324	277	273	279	259	291	311	262			
7.3	283	301	270	282	296	272	319	355	279			
9.3	298	326	280	292			310	383	268			
10.3	385			318								
11.3							297	339	266			
13.3							288	330	253			
15.3							308	340	275			
17.3							291					

唆されている。トドマツの場合、水食い材は根から上ってくる根水食い材と樹幹内の枯枝を中心にしてできる枝水食い材があるが、傷害部、枯枝などからバクテリアが侵入し、水食い材ができるとすれば、トドマツ育成にあたっては枯枝をつけないように枝打ちを徹底する必要がある。

容積密度数においては、白老産材の場合、供試木間に大きな差があり、それぞれ平均値で見ると、No. 1 は  $313 \text{ kg/m}^3$  で最大、No. 4 は  $237 \text{ kg/m}^3$  で最小である。さらに、 $300 \text{ kg/m}^3$  以上は No. 1 のみである。構造用材として使用する場合には容積密度数は  $300 \text{ kg/m}^3$  以上が望ましい。したがって、現状における白老産材は密度がかなり不足しているといえる。とくに No. 4 に見られるように、平均値が  $237 \text{ kg/m}^3$  という値は構造材としては全く不適で、パルプ材としても収量が劣り、軽量複合材のコア材としての用途ぐらいしか考えられない。造林木としてはこのような低密度材が出ないよう、母樹選定に当っては生立木の材密度を生長錐または pilodyn (パイロディン) により測定する必要がある。この白老産材の辺・心材別の全体の平均値は辺材  $282 \text{ kg/m}^3$ 、心材  $277 \text{ kg/m}^3$  で、その差は少なく、標準偏差はそれぞれ  $31.3$  および  $29.2 \text{ kg/m}^3$ 、変化係数は  $11.1$  および  $10.6\%$  である。また、辺・心材を合せると標準偏差  $30.9\%$ 、変化係数  $11.1\%$  である。地上高別の値は表-6 に示すように、一般に  $0.3 \text{ m}$  においてやや大きい傾向がみられるが、他の位置との差は大きくない。上芦別産材の場合、供試木ごとの平均値は  $293 \sim 344 \text{ kg/m}^3$  で、差はあまり大きくなく、全平均が  $315 \text{ kg/m}^3$  である。辺・心材別の差もあまり大きくない。全体の標準偏差が  $31.0 \text{ kg/m}^3$ 、変化係数  $9.9\%$  で、ばらつきは少ない。この場合、白老産材に見られた低密度材はない。また、個々の試片における最小値が  $253 \text{ kg/m}^3$  で、他地方産材の最小値より大きい。樹高別変化はあまり明確でない。この上芦別産材は容積密度数からは構造材として使用できよう。この容積密度数の出現状態を4地方産材について比較すると図-5 に示すようになり、モードは恵庭、厚賀および上芦別産材が同じで  $325 \text{ kg/m}^3$ 、白老産材はこれより小で  $275 \text{ kg/m}^3$  である。それらの分布範囲も白老産材が低い値の位置にあり、他の3地方産材はこれより上位のほぼ同じ位置にある。

### 3.3 力学的性質

生材状態における試験結果の総括を表-7 に示す。試験体数は白老産 23、上芦別産 71 である。これらの平均年輪幅の平均値はそれぞれ  $5.0$  および  $3.9 \text{ mm}$  で、円板における測定値の  $5.0$  および  $3.6 \text{ mm}$  とほぼ同じである。容積密度数はそれぞれ  $283$  および  $313$  で、これも円

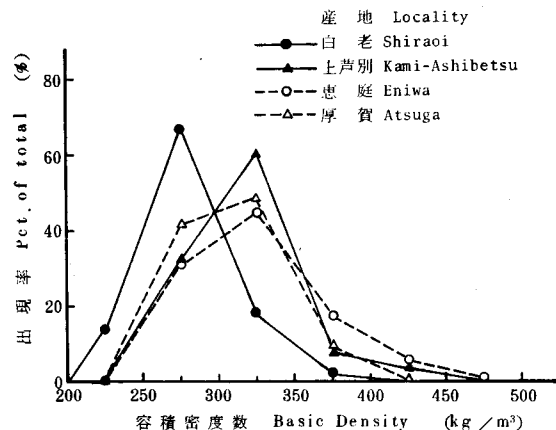


図-5 容積密度数の出現率  
Fig. 5. Frequency of basic density.

板の総平均値 279 および 315 とほぼ同じである。したがって、これらの試験体は 0.3~1.3 m の位置から採取したものであるが、平均年輪幅および容積密度数からはそれぞれの産地材を代表するものと考えてよいであろう。試験時の含水率は両地方産材において、それぞれ 22~148% および 37~193% で、白老産材において繊維飽和点ぎりぎりのものを含むが、全体として生材状態という条件を満していると思う。

力学的性質においては、まずヤング係数は白老産材が  $32\sim 71 \times 10^3$ , 平均  $55 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ , 上芦別産材が  $33\sim 90 \times 10^3$ , 平均  $65 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$  で、樹齢の若い前者の方が低い値となっている。恵庭産材では  $49\sim 100 \times 10^3$ , 平均  $75 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ , 厚賀産材では  $43\sim 92 \times 10^3$ , 平均  $70 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$  であったので、白老産材が 4 地方産材中最小、上芦別産材は第 3 位である。これら

表-7 強度試験結果  
Table 7. Mechanical properties

産地	平均年輪幅 $R_w$ (mm)	容積密度数 $R$ ( $\text{kg/m}^3$ )	含水率 $u$ (%)	ヤング係数 $E$ ( $10^3 \text{ kg/cm}^2$ )	曲げ比例限度 $\sigma_{bp}$	曲げ強さ $\sigma_b$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	縦圧縮強さ $\sigma_c$	
白老 (23)	平均値	5.0	283	85	54.7	140	318	141
	最大値	6.9	325	148	70.5	165	392	166
	最小値	3.5	244	22	32.3	101	253	114
	標準偏差	1.0	21	40	10.5	22	38	13
	変化係数 (%)	20.4	7	47	19.1	15	12	9
上芦別 (71)	平均値	3.9	313	94	65.4	159	349	164
	最大値	6.6	380	193	89.6	249	433	196
	最小値	2.0	267	37	32.8	87	250	126
	標準偏差	1.4	27	41	11.4	39	46	18
	変化係数 (%)	34.7	9	44	17.4	24	13	11

Locality (No. of specimens)	Average ring width $R_w$ (mm)	Basic density $R$ ( $\text{kg/m}^3$ )	Moisture content $u$ (%)	Modulus of elasticity $E$ (GPa)	Stress at p. l. $\sigma_{bp}$ (MPa)	Modulus of rupture $\sigma_b$ (MPa)	Max. crushing strength $\sigma_c$ (MPa)	
Shiraoui (23)	Average	5.0	283	85	5.37	13.8	31.2	13.9
	Max.	6.9	325	148	6.91	16.2	38.4	16.3
	Min.	3.5	244	22	3.17	9.9	24.8	11.2
	S. D.	1.0	21	40	1.03	2.1	3.7	1.2
	C. V. (%)	20.4	7	47	19.1	15.5	11.8	9.0
Kami-Ashibetsu (71)	Average	3.9	313	94	6.41	15.6	34.2	16.1
	Max.	6.6	380	193	8.79	24.4	42.5	19.2
	Min.	2.0	267	37	3.22	8.5	24.5	12.4
	S. D.	1.4	27	41	1.12	3.8	4.6	1.7
	C. V. (%)	34.7	9	44	17.4	24.5	13.3	10.7

の4地方産の試験体の容積密度数の平均値は恵庭335, 厚賀329, 白老283および上芦別313 kg/m<sup>3</sup>であったので, ヤング係数はこれにほぼ比例しているといえる。これらのなかで, 白老産材の平均値  $55 \times 10^3$  kg/cm<sup>2</sup> は明らかに構造材としての条件には不足である。その他の地方産材においてもその平均値は構造材料としての最低限度と考えられる値である。

曲げ比例限度は白老産材で101~165, 平均140 kg/cm<sup>2</sup>, 上芦別産材87~249, 平均159 kg/cm<sup>2</sup>で, 他地方産材と比較するとその順位はヤング係数と同じである。曲げ強さに対する比は平均値において白老産材44%, 上芦別産材46%で, 両者にあまり差はない。曲げ強さは白老産材253~392, 平均318 kg/cm<sup>2</sup>, 上芦別産材250~433, 平均349 kg/cm<sup>2</sup>で, 標準偏差と変化係数はそれぞれ38 kg/cm<sup>2</sup>, 12%および46 kg/cm<sup>2</sup>, 13%で, これらの値から下限品質値(5th-percentile)を求めると, 白老産材255 kg/cm<sup>2</sup>, 上芦別産材273 kg/cm<sup>2</sup>となる。また, 平均値に3/4を乗じた near-minimum value はそれぞれ239および262 kg/cm<sup>2</sup>となり, いずれもそれぞれの下限品質値より小である。縦圧縮強さは白老産材114~164, 平均141 kg/cm<sup>2</sup>, 上芦別産材126~196, 平均164 kg/cm<sup>2</sup>で, 他地方産材と比較すると順位はヤング係数および比例限度と同じになる。標準偏差および変化係数はそれぞれ13 kg/cm<sup>2</sup>, 9%および18 kg/cm<sup>2</sup>, 11%となり, 下限品質値はそれぞれ120および134 kg/cm<sup>2</sup>と計算される。木構造設計規準・同解説<sup>6)</sup>の表403.1(p. 120)に記載されているトドマツ気乾材の下限品質値は曲げ強さ450 kg/cm<sup>2</sup>, 縦圧縮強さ250 kg/cm<sup>2</sup>である。上記の値は生材状態における試験結果であるので, 乾燥による強度の上昇を10/7(許容応力度において常時湿潤常態にあるものには乾燥状態の場合の70%の値を適用するので, 逆算した。)とすれば, 白老および上芦別産材において曲げ強さ下限品質値は364および390 kg/cm<sup>2</sup>, 縦圧縮強さ下限品質値は171および191 kg/cm<sup>2</sup>となるが, いずれも同表の数値よりかなり低く, 許容応力度もこれに応じて小さな数値になるであろう。

### 3.4 平均年輪幅と諸性質との関係

まず, 円板から採取した試片について平均年輪幅と容積密度数との関係を図-6に示す。この図の各点は年輪幅1mmごとにまとめた平均値である。上芦別産材の場合, 年輪幅2~7mmの範囲で容積密度数は326~299 kg/m<sup>3</sup>と減ずる傾向が見られる。年輪幅1mmまでの狭いものでは300 kg/m<sup>3</sup>で, この部分も小さい値を示す。白老産材の場合, 前述のようにNo. 4供試木の容積密度数が異常に小さかったので, これを分けて両者の関係を求めた。No. 4を除いた場合でも同一年輪幅に対する容積密度数の値は上芦別産材より低

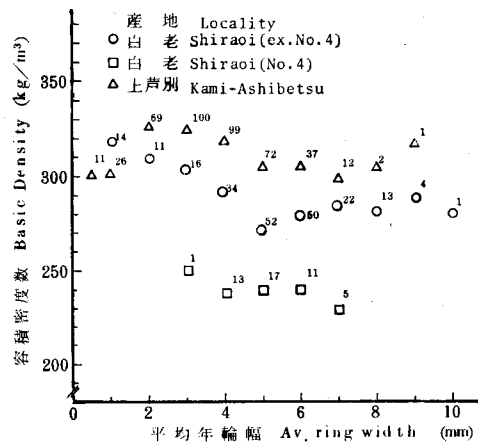


図-6 平均年輪幅と容積密度数との関係

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

く、かつ平均年輪幅5 mmのものの値が最小で、 $270 \text{ kg/m}^3$ である。さらに、No. 4ではその値は $229 \sim 249 \text{ kg/m}^3$ の範囲にあって、同一年輪幅の上芦別産材との差は $80 \sim 90 \text{ kg/m}^3$ もある。このように容積密度の産地および立木による差が非常に大きく、年輪幅のコントロールのみでは適切な密度の材を得ることはできないであろう。上芦別産材における両者の関係は恵庭および厚賀産材における関係とほぼ同じ位置にあり、この場合、白老産材のみが異常に密度が低

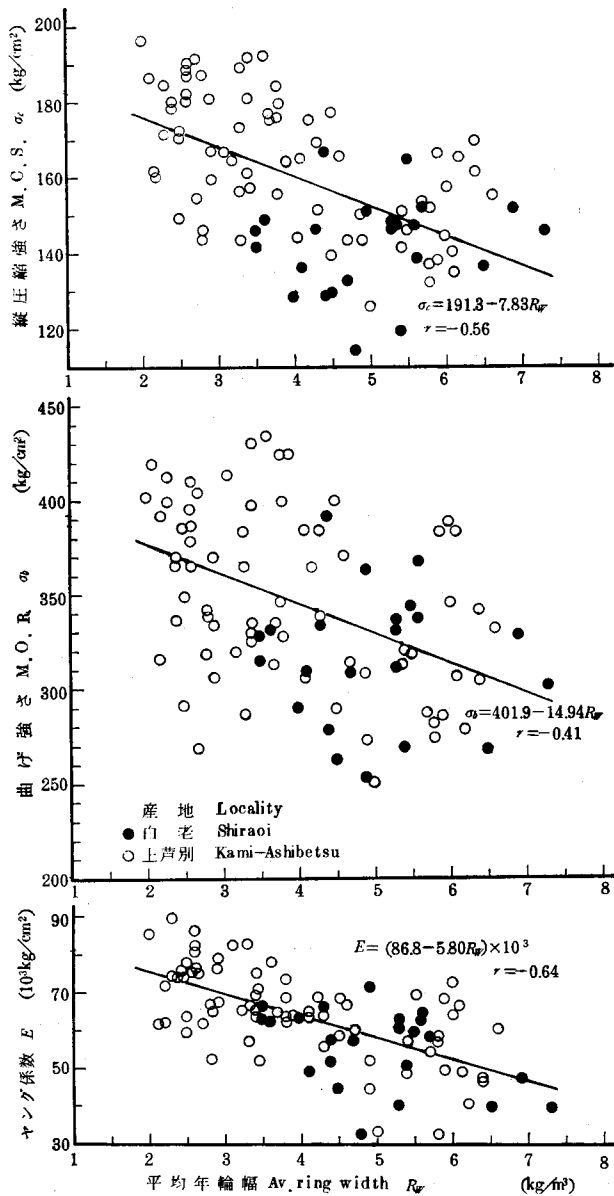


図-7 平均年輪幅と力学的性質との関係

Fig. 7. Relations between average width of annual rings and mechanical properties.

いといえる。

平均年輪幅と力学的性質との関係は図-7に示すようである。この図からヤング係数、曲げ強さおよび縦圧縮強さはともに年輪幅が広くなれば値が減少する傾向がわかる。しかしその相関関係はあまりよくない。白老と上芦別産材を合わせて、これらの関係を回帰直線で表わすとつぎのようになる。

平均年輪幅  $R_w$  (mm) とヤング係数  $E$  (kg/cm<sup>2</sup>) との関係 ( $r$ : 相関係数)

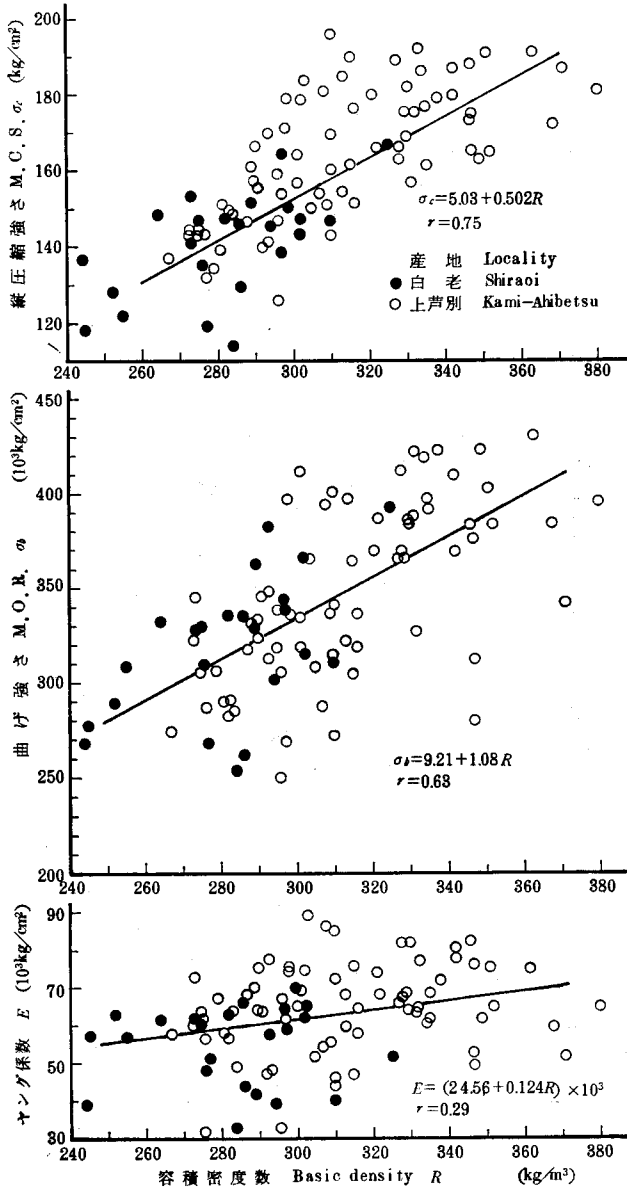


図-8 容積密度数と力学的性質との関係

Fig. 8. Relations between basic density and mechanical properties.

$$E = (86.8 - 5.80 R_w) \times 10^3; r = -0.64$$

平均年輪幅と曲げ強さ  $\sigma_b$  ( $\text{kg/cm}^2$ ) との関係

$$\sigma_b = 401.9 - 14.94 R_w; r = -0.41$$

平均年輪幅と縦圧縮強さ  $\sigma_c$  ( $\text{kg/cm}^2$ ) との関係

$$\sigma_c = 191.3 - 7.83 R_w; r = -0.56$$

以上のように、年輪幅が広くなれば力学的諸性質は低下する傾向が見られるが、同一年輪幅の材におけるこれら諸性質の値の範囲は広く、年輪幅は明確な材質指標とはなりえず、むしろ、広年輪幅で、かつこれら諸性質の優れたものを母樹として選ぶようにすべきであると考えられる。

### 3.5 容積密度数と力学的性質との関係

これらの関係を図-8に示す。ヤング係数、曲げ強さおよび縦圧縮強さはいずれも容積密度数の増加により、それらの値も増す傾向が見られるが、最も高い相関関係が認められるのは縦圧縮強さとの関係で、ついで曲げ強さとの関係である。ヤング係数との間にはほとんど明確な関係が見られない。これはヤング係数が低い未成熟材部を含むためである。両地方産材を合わせて、容積密度数に対する力学的性質の関係を回帰直線で表わすとつぎのようになる。

容積密度数  $R$  ( $\text{kg/m}^3$ ) とヤング係数  $E$  ( $\text{kg/cm}^2$ ) との関係。

$$E = (24.56 + 0.124 R) \times 10^3; \\ r = 0.29$$

容積密度数と曲げ強さ  $\sigma_b$  ( $\text{kg/cm}^2$ ) との関係

$$\sigma_b = 9.21 + 1.08 R; r = 0.63$$

容積密度数と縦圧縮強さ  $\sigma_c$  ( $\text{kg/cm}^2$ ) との関係

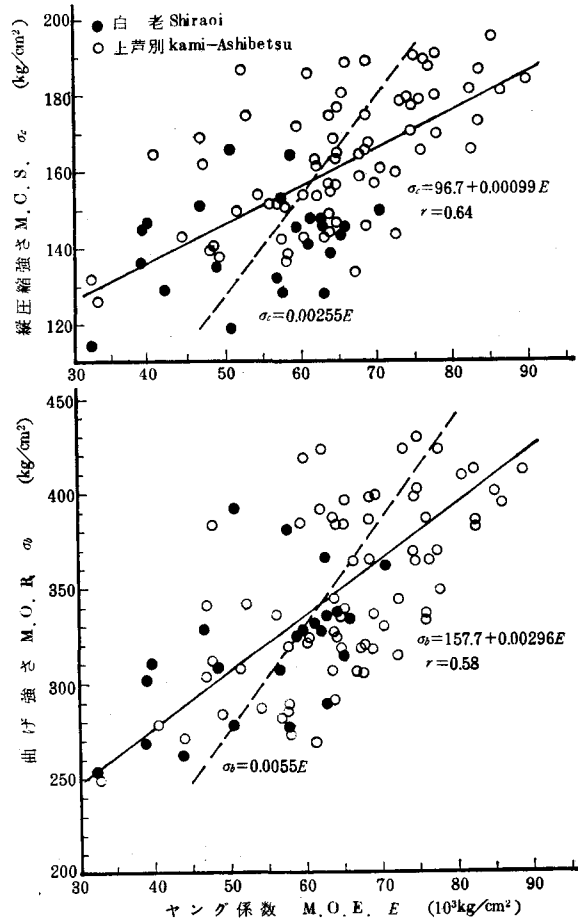


図-9 ヤング係数と縦圧縮強さおよび曲げ強さとの関係

Fig. 9. Relations of maximum crushing strength and modulus of rupture to modulus of elasticity.

$$\sigma_c = 5.03 + 0.502 R; r = 0.75$$

以上のように容積密度数は縦圧縮強さと曲げ強さの予測にはかなりばらつきはあるが、その指標となりうる。しかし、若齢木の場合ヤング係数との相関関係は明確でないので、容積密度数によるその予測は不可能である。

### 3.6 ヤング係数と強度との関係

この関係を図-9に示す。両地方産材を合わせたものについて、ばらつきはあるが、ほぼ直線的な関係が見られる。

ヤング係数  $E$  ( $\text{kg/cm}^2$ ) と曲げ強さ  $\sigma_b$  ( $\text{kg/cm}^2$ ) との関係

$$\sigma_b = 157.7 + 0.00296 E; r = 0.58$$

ヤング係数と縦圧縮強さ  $\sigma_c$  ( $\text{kg/cm}^2$ ) との関係

$$\sigma_c = 96.7 + 0.00099 E; r = 0.64$$

この場合には、いずれも容積密度数との関係よりも相関係数は小であった。これには白老産材のようにそのほとんどが未成熟材である材料を含むためであると考えられる。これら両直線が原点をとおり、ヤング係数の平均値である  $62.8 \times 10 \text{ kg/cm}^2$  で上記直線と交わるとすれば、それぞれつぎのように表わされる。

$$\sigma_b = 0.0055 E$$

$$\sigma_c = 0.00255 E$$

以上のように若齢木の場合、ヤング係数の低い材の占める割合が多くなるので、ヤング係数と強度との関係においてばらつきが大きくなる。

## 4. 結 言

今回、北海道営林局管内の白老営林署白老事業区内の林齢23年および上芦別営林署内の林齢47年のトドマツ造林木について生長経過と基礎材質に関する研究を行ったが、さきに行った恵庭営林署内の林齢44年および厚賀営林署内の林齢30年についての研究結果も含めて総括し、結言とすればつぎのようになる。

1. 生長量：ha当りの立木本数と幹材積は恵庭1158本、221  $\text{m}^3$ 、厚賀1188本、158  $\text{m}^3$  (間伐前1580本、200  $\text{m}^3$ )、白老3200本、151  $\text{m}^3$  および上芦別972本、339  $\text{m}^3$  であり、年平均生長量はそれぞれ5.0、5.3 (間伐前6.7  $\text{m}^3$ )、6.6 および7.5  $\text{m}^3$  である。若齢時の生長が最もよいのが白老、その劣るのが恵庭である。

2. 植栽本数と除・間伐：恵庭の場合、植栽本数は3000~3600本/haと思われる。除・間伐が行われなかったため、自然枯死によって現存の本数となったもので、立木密度が非常に密な部分と疎な部分があり、早期に除・間伐を行って適切な立木密度にすべきであった。厚賀の場合は、この調査の前年に1列伐、3列残の列状間伐が行われ、立木本数を3/4にしている。

作業性の向上のためこのような間伐が行われたものと思われるが、残存木の中には将来優良木となりえない形状のものも多数あり、選木による真の間伐が望まれる。また、間伐の際には枝打ちも実施すべきである。白老の場合は5 m幅の植栽帯に、列間隔1.5 mで3条植えしたものであり、林齢10~15年で、すでに被圧木が生じており、この列間隔は狭過ぎると考えられる。列間隔を5~7 mと広くし、縦間隔1.8 m程度で、ha当り800~1200本の植栽試験を行うことを提案したい。列状間伐の必要がない間隔が好ましいと考える。上芦別の場合は、最初ha当り730本植栽し、2年後に403本を補植している。合計1100本程度であり、3回の弱度の除・間伐後に林齢47年で、972本、339 m<sup>3</sup>の蓄積となったもので、植栽本数、育林作業ともほぼ適切であったと判断される。

3. 水食い材：4地方から採取した23本の供試木のうち16本の心材部に異常に含水率の高い部分が見られ、水食い材であると判断された。これは天然のトドマツ生立木に比べて異常に多い数であると思われる。これらには根から上って来た根水食い材と樹幹内に枯枝を中心として存在する枝水食い材がある。最近、この水食い材にバクテリアが異常に多いことが発表されており、その成因がバクテリアによるものとすれば、根部の傷口、枯枝などからバクテリアが侵入し、水食い材が生ずることになる。この場合には樹幹の細いうちに枝打ちを徹底し、枯枝をつけない育成方法が必要である。

4. 容積密度数：産地ごとの平均値は恵庭335、厚賀329、白老283、上芦別313 kg/m<sup>3</sup>で、天然木<sup>7)</sup>(厚田産68供試木の正常材の平均値342 kg/m<sup>3</sup>)に比べ、2~17%小である。とくに白老産材の値が低く、この中には供試木の平均値が237 kg/m<sup>3</sup>というものがあり、構造材として不適な値である。これら低密度材の出現を防ぐには母樹選定にあたって、生立木時の材密度の測定を行う必要がある。年輪幅と容積密度数との関係は、全体的には前者が広くなれば後者の値が減る傾向が見られるが、同一年輪幅のものにおける密度の値のばらつきがかなり大きく、年輪幅を狭くするのみでは低密度材の出現を防ぐことはできないであろう。

5. 力学的性質：若齢木のため未成熟材特有の低ヤング係数材が多く、ヤング係数の各地方産材ごとの平均値は55~75×10<sup>3</sup> kg/cm<sup>2</sup>で、とくに白老産材の値が小さい。低密度のため曲げ強さおよび縦圧縮強さが非常に小さなものも含まれ、これらは構造材として不適である。この力学的性質の評価については供試木から採取した204材の試験結果とともに論ずる予定である。

## 文 献

- 1) 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。
- 2) 宮島 寛：同。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。
- 3) 加納 孟：木材材質の森林生物学的研究。第11報 北海道野幌地方における造林木の材質成長。林試報，90，37-76，1956。
- 4) SCHINK, B., J. C. WARD and J. G. ZEIKUS: Microbiology of Wetwood: Role of Anaerobic

- Bacterial Populations in Living Trees. *J. General Microbiology* **123**, 313-322, 1981.
- 5) BAUCH, J., W. HÖLL and R. ENDEWARD: Some Aspects of Wetwood Formation in Fir. *Holzforschung* **29-6**, 198-205, 1975.
- 6) 日本建築学会: 木構造設計規準・同解説. 1973改, 丸善, 1973.
- 7) 加納 孟・燕木自輔: 木材材質の森林生物学的研究 (第1~10報) 要旨. 第64回日本林学会大会講演集, 1955.

### Summary

Growth rates and basic wood properties were examined in plantation-grown Todo-fir (*Abies sachalinensis*) trees taken from Shiraoi and Kami-Ashibetsu districts of Hokkaido National Forests. The test results including the previous investigations carried out using the wood from Eniwa and Atsuga districts are summarized as follows:

1) Number of trees and total stem volume per ha were 1158 and 221 m<sup>3</sup> for the 44-year-old forest in Eniwa, 1188 and 158 m<sup>3</sup> just after a quater-thinning for the 30-year-old forest in Atsuga, 3200 and 151 m<sup>3</sup> for the 23-year-old forest in Shiraoi, and 972 and 339 m<sup>3</sup> for the 47-year-old forest in Kami-Ashibetsu. The values of average volume growth per year were 5.0, 5.3, 6.6 and 7.5 m<sup>3</sup>, respectively. Growth rates in young age were superior in Shiraoi and inferior in Eniwa.

2) There were many suppressed trees in Eniwa district because of no thinning. The majority of them decreased their growth rates after they became 20 to 30 years old. In Atsuga district, there were still too many trees in the sample plot in spite of a line thinning in every fourth row. A real thinning might be required to cut off suppressed trees. In Shiraoi district, the distance between the planted tree lines was very narrow. A thinning and pruning should be done as soon as possible. Number of trees per ha in Ashibetsu district may be almost adequate.

3) Wetwood in the heartwood could be seen in the trunks of sixteen trees from twenty-three sample trees in total. This frequency might be very high in comparison with the case of natural Todo-fir trees. If the wetwood was caused by some kind of bacteria that invaded through dead branches, perfect pruning in young age should be required.

4) The basic density of the wood except that from Shiraoi district was similar to or slightly smaller than that of natural Todo-fir trees. The value for the wood from Shiraoi was the smallest and 279 kg/m<sup>3</sup> in average, and especially the average value of No. 4 tree was only 237 kg/m<sup>3</sup>. This low density wood might not be adaptable for the use as structural lumber.

5) Some mechanical properties of the wood in green condition were slightly lower than those of natural trees. The modulus of elasticity of wood taken from the part near or including pith was very low. It may show a specific property of juvenile wood.