



Title	トドマツ精英樹よりつぎ木されたクローン間の材質の比較(Ⅰ)：発足・愛知採種園の間伐木を用いて
Author(s)	片寄, 譚; KATAYOSE, Takashi; 工藤, 弘 他
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 49(2), 201-218
Issue Date	1992-08
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/21358
Type	departmental bulletin paper
File Information	49(2)_P201-218.pdf



トドマツ精英樹よりつぎ木された クローン間の材質の比較 (I)

— 発足・愛知採種園の間伐木を用いて —

片寄 皞* 工藤 弘** 氏家 雅男**

Comparisons of Some Properties on Wood Quality among Clones Grafted with the Elites of *Abies sachalinensis*

(I) Using thinned trees in the Hattari and Aichi seed orchards

By

Takashi KATAYOSE*, Hiromu KUDOH,** and Masao UJIIE**

要 旨

函館営林支局管内の発足および愛知採種園におけるトドマツ (*Abies sachalinensis*) 精英樹クローンの材質を比較した。トドマツ精英樹は、北海道の南部および中央部の天然林と人工林から表現型方式により選抜され、つぎ木によってクローン増殖・育成された後、1962年から両採種園にha当たり1,100本の割合で、49配置型に従って植栽されたものである。試料は1983年11月、列状間伐の際採取された43クローン、230個体で、それぞれ胸高直径付近の円板を用いて、トドマツ材質の指標として重要な容積密度数、平均年輪幅、および心材含水率を測定した。さらにこのデータをもとにして、分散分析によりクローン間の材質の相違を調べ、広義の遺伝力といわれる反復率を算出した。その結果、愛知採種園から得られたクローン間の辺材年輪幅と同園天然木クローン間の辺材容積密度数を除いて、いずれも有意の差があり、クローンによって材質に相違のあることが分かった。一方反復率は、容積密度数について0.4から0.5と比較的高く、心材含水率は0.3前後であったが、人工林からのクローンの辺材年輪幅のみは0.15と極めて低かった。

キーワード： トドマツ、クローン、材質、分散分析、反復率

1992年3月31日受理 Received March 31, 1992

* 林木育種センター Forest Tree Breeding Inst.

** 北海道大学演習林 College Experiment Forests, Faculty of Agriculture, Hokkaido University

目 次

I. はじめに	202
II. 採種園の概況	203
1. 発足採種園	204
2. 愛知採種園	204
III. 試料および実験方法	204
1. 試料	204
2. 実験方法	206
IV. 結果と考察	206
1. クロウン別の心・辺材容積密度数, 辺材平均年輪幅, 心材含水率	206
2. 材質のクロウン間分散分析	212
3. 材質の産地間分散分析	213
4. 材質の反復率	214
5. 容積密度数と年輪幅との相関	215
V. 結論	216
VI. 参考文献	216
Summary	217

I. はじめに

わが国においては、1956年に「林木育種事業指針」が定められ、精英樹選抜育種事業が実施された¹⁰⁾。それに伴って、北海道の国有林においても、地域の環境に適し、遺伝的にすぐれた樹種による造林を図るため、採種園造成の計画がなされた。これまでにトドマツ (*Abies sachalinensis* MAST.) はじめアカエゾマツ (*Picea glehnii* MAST.) およびカラマツ (*Larix kaempferi* CARR.) を主体として、天然林・人工林から多くの精英樹が選抜され、つぎ木によりクロウン増殖された植栽木により、45箇所の採種園が造成されている。

一方、トドマツは、北海道の天然林において1億 m³といわれる最大の蓄積(全樹種の蓄積の約20%)を有し、代表的な造林対象樹種になっている。しかし、トドマツは、幼齢の時は晩霜害に弱く、また暗色雪腐病やファンディウム雪腐病あるいは枝枯病に侵され易い。トドマツの材は、辺・心材ともに黄白色であり、材質は柔らかく、木理は通直なので、建築材として大量に使用され、その際えられる端材はパルプ原料として賞用されている。けれども、低比重で年輪幅の広過ぎる材や、心材含水率が異常に高い、いわゆる水食い材がしばしば見られ、問題となっている。水食い材は、乾燥の際、落ち込みや亀裂を生じ易く、圧縮強さが劣る。またそのような含水量の多い材は、育成中に樹幹凍裂をおこし易く、これも大きな欠点といえる。そのため最近水食い材発生の原因について調べられている^{1,12,13,16)}。

本研究では、函館営林支局管内の発足および愛知採種園に植栽されている数多くのトドマツクロウンを間伐の際採取し、その胸高直径付近の円板から心材含水率、容積密度数および平

1. 発足採種園^{2,17)}

発足採種園(写真-1, 2)は、岩内郡共和町発足に位置し、函館営林支局岩内営林署に所属している。この採種園は、もともと苗畑であり、日本海からおよそ5 km 東の平坦地に所在する。気候については、年平均気温は8.5℃、年降水量は平均1,180 mm である。日本海に面しているため、冬期間は北西の季節風が強く、吹雪の日も多い。一方土壌条件については、かつて河川敷だったので、苗畑を造成する際に客土などの土壌改良を実施し、かなり固いローム質である。排水の良好な箇所もあるが、一部は土地改良が不十分で、礫が多いうえ、排水の不良なところもある。1962年からおよそ7.5 haの苗畑が、トドマツ採種園として転用され、順次植栽されて1970年に完了した。現在はクローン数114で、その内天然林からの精英樹は51クローン、人工林からのそれは63クローンである。49配置型でha当たり1,100本の割合で植栽されたが、その後基準に従って2回の列状間伐を実施している。毎年1本当たり500gの高度化成肥料(N:7.5%, P:4.5%, K:5.0%)をほどこし、病虫害発生時には、所定の農薬で防除している。球果の豊作は、3, 4年おきであり、1981年には最大37,700箇が着花し、754 kgの種子が生産された。1991年現在の平均樹高は11 m、胸高直径は20.0 cm である。

2. 愛知採種園

愛知採種園(写真-3, 4)は、行政的には瀬棚郡北桧山町愛知に所在し、函館営林支局東瀬棚営林署に所属している。日本海からおよそ4 kmの水田に隣接する海拔高10 mの低い丘陵の先端に位置するが、日本海には面していない。気候は、年平均気温が8℃、年降水量は平均1,330 mmで、冬季には吹雪を伴う強い北西の風が吹き、発足採種園と類似している。土壌は、第四紀層の褐色森林土で細砂に富み、礫は含まれていない。三相の中、固相の占める割合は32—38%で、比較的固い土壌であるが、排水は良好である。採種園の実面積は3.7 haで、1967年に設定され、1991年現在82クローン、1,530個体が49配置型で植栽されている。その立木の平均樹高は13 m、胸高直径は28.6 cm である。しかし、最近国有林の施策方針が、天然林施業の推進と、国民のニーズに応じて保健休養の場や治山・治水等森林の公共的機能の維持に変わったため、採種園の役割はやや減少している。

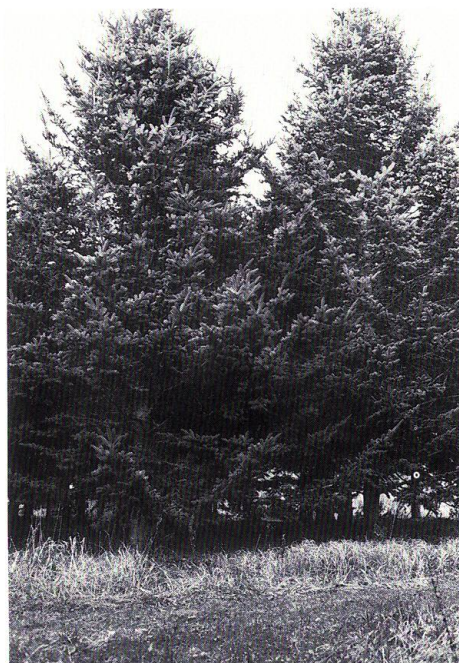
III. 試料および実験方法

1. 試料

試料は、1983年11月に列状間伐を実施した際に得られた間伐木である。発足採種園から採取されたクローン名とその数は、以下のとおりである。先ず天然林(精英樹選抜地名の後3桁の数字)からは、俄虫102(ラメット数4)、同103(3)、同104(1)、同105(2)、同106(4)、同108(3)、同109(5)、同110(4)、同111(2)、俱知安101(4)、同103(2)、同104(2)、芦別101(4)、同103(2)、夕張102(6)、大夕張110(6)、札幌102(6)、および浦河101(3)の18クローン、63個体である。次に人工林(1桁の数字)からのクローンは、俄虫2(4)、同



写真一1 発足採種園 (1)—1991年11月
Photo. 1. Hattari seed orchard (1)
in Nov., 1991.



写真一3 愛知採種園 (1)—1991年11月
Photo. 3. Aichi seed orchard (1)
in Nov., 1991.



写真一2 発足採種園 (2)—1991年11月
Photo. 2. Hattari seed orchard (2)
in Nov., 1991.



写真一4 愛知採種園 (2)—1991年11月
Photo. 4. Aichi seed orchard (2)
in Nov., 1991.

3 (4), 同4 (5), 同5 (4), 同6 (3), 同7 (2), 同8 (1), 苫小牧3 (6), 同4 (6), 同5 (6), 桧山8 (4), 余市1 (5), 同2 (5), 同3 (2), 同8 (6), 室蘭5 (4), 八雲1 (3), 白老5 (3), 同9 (2), 芦別3 (6), 上芦別1 (6), 夕張2 (4), 札幌1 (6), 定山溪1 (2), 同3 (3) の25 クローン, 102 個体である。従って両者の合計は, 43 クローン 165 個体となる。一方, 愛知採種園から採取された試料は, いずれも発足採種園産と共通するものである。その内天然林から選抜された精英樹クローンは, 俄虫 103 (5), 夕張 102 (3), および大夕張 110 (3) の3 クローン, 11 個体である。また人工林からのものは, 俄虫 2 (6), 同4 (5), 同5 (5), 同6 (6), 苫小牧 3 (5), 同5 (8), 余市 1 (6), 同2 (6), 札幌 1 (7) で, 9 クローン, 54 個体である。従ってクローンおよび個体数の合計は, それぞれ 12 と 65 となり, 両採種園を合わせた総計は, 43 クローン, 230 個体となる。

2. 実験方法

以上の試料から生材のまま, 台木の影響がない胸高直径付近の樹幹をおよそ 8 cm の厚さで円板状に切り取り, 実験室に持ち帰った。円板は, 樹皮を除いた後, 辺・心材に分け, 標準法により両材の容積密度数と心材含水率および辺材の平均年輪幅を測定した。その際, 節やアテ材の部分は除いた。次にそれぞれの材質のデータから, クローン間に有意の差があるかどうかを見るため, 分散分析を行った¹⁴⁾。さらに天然林から得られた精英樹クローンの産地間の相違を調べるため, 分散分析を行った。また, 広義の遺伝力といわれる反復率は, 両採種園の同一クローンはプールして, 次式により算出された^{8,14)}。

$$r^2 = \sigma_c^2 / (\sigma_c^2 + \sigma_e^2)$$

ただし, r^2 は反復率であり, σ_c^2 はクローン分散, σ_e^2 は環境分散である。

一方, 平均年輪幅と容積密度数との間の相関は, 以前の報告⁵⁾ では有意と認められなかったが, 今回は多数のデータがあるので, 再度その相関関係を調べた。

IV. 結果と考察

1. クローン別の心・辺材容積密度数, 辺材平均年輪幅, 心材含水率

測定した各データをクローン別にまとめて一覧表で示すと, 表-1, 2 および 3 のとおりである。

発足採種園における天然林からの精英樹クローン数は, 表-1 に示されるように 18 クローンである。心材容積密度数の平均は 303 kg/m^3 であり, その最大は俄虫 102 の 336 kg/m^3 , 最小は浦河 101 の 269 kg/m^3 であった。各クローンともその変動係数は 10% 以下と小さく, 平均では 7% となった。一方, 辺材容積密度数の全体平均は 316 kg/m^3 で, クローン別には, 俄虫 110 と大夕張 110 の 343 kg/m^3 が最大, 札幌 102 の 281 kg/m^3 最小であった。この変動係数の平均も, 7% と小さかった。心材と辺材の容積密度数を比べると, 殆どすべてのクローンで後者の方が大であり, 平均では 13 kg/m^3 だけ辺材容積密度数が上回っていた。つぎに辺材の平均年輪幅

表-1. 発足採種園におけるトドマツ天然木のクローン別の材質

Table 1 Some properties of clones from natural *Abies sachalinensis* in the Hattari seed orchard

クローン名	個 数	心材容積密度数				辺材容積密度数				辺材平均年輪幅				心材含水率			
		範 囲 kg/m ³	平 均 kg/m ³	S.D. kg/m ³	C.V. %	範 囲 kg/m ³	平 均 kg/m ³	S.D. kg/m ³	C.V. %	範 囲 mm	平 均 mm	S.D. mm	C.V. %	範 囲 %	平 均 %	S.D. %	C.V. %
俄虫 102	4	323~353	336	12.58	4	328~344	338	7.14	2	4.2~5.0	4.6	0.35	8	34~53	42.3	7.93	19
103	3	267~321	291	27.39	9	295~332	316	18.88	6	4.7~5.8	5.2	0.57	11	46~79	63.0	16.52	26
104	1	309	309	—	—	324	324	—	—	5.3	5.3	—	—	55	55.0	—	—
105	2	292~299	296	4.95	2	299~331	315	22.63	7	4.3~5.0	4.7	0.49	10	35~56	45.5	14.85	33
106	4	279~337	305	24.66	8	306~338	323	17.92	6	3.5~5.0	4.3	0.62	14	32~69	48.8	15.26	31
108	3	289~333	317	24.09	8	300~333	320	17.79	6	4.4~5.0	4.6	0.35	8	43~60	51.0	8.54	17
109	5	298~321	315	9.62	3	306~323	313	6.30	2	4.0~6.4	5.3	0.94	18	76~122	91.2	18.75	21
110	4	314~345	324	14.63	5	329~355	343	11.70	3	4.0~4.7	4.4	0.33	8	40~49	42.8	4.19	10
111	2	280~284	282	2.83	1	300~310	305	7.07	2	5.0~5.4	5.2	0.28	5	59~77	68.0	12.73	19
俱知安 101	4	294~332	317	16.11	5	313~330	325	8.06	2	4.8~5.5	5.0	0.33	7	59~94	85.0	17.34	20
103	2	294~318	306	16.97	6	309~321	315	8.49	3	4.5~6.5	5.5	1.41	26	51~62	56.5	7.78	14
104	2	304~310	307	4.24	1	319~323	321	2.83	1	4.7~5.0	4.9	0.21	4	89~94	91.5	3.54	4
芦別 101	4	288~330	307	18.14	6	302~318	309	7.90	3	5.0~7.3	5.9	0.98	17	53~70	64.8	7.93	12
103	2	275~288	282	9.19	3	291~301	296	7.07	2	3.6~5.0	4.3	0.99	23	47~90	68.5	30.41	44
夕張 102	6	272~314	291	15.80	5	280~338	305	22.75	7	4.8~6.3	5.4	0.52	10	32~63	46.5	11.04	24
大夕張 110	6	286~331	307	14.36	5	327~361	343	13.12	4	5.0~6.4	5.8	0.47	8	33~65	43.2	12.50	29
札幌 102	6	269~304	285	12.38	4	268~288	281	7.60	3	4.6~6.0	5.3	0.53	10	67~110	87.8	15.79	18
浦河 101	3	265~272	269	3.61	1	283~292	287	4.73	2	4.0~6.0	4.8	1.04	22	45~86	62.7	21.08	34
計 (平均)	63	265~353	303	21.34	7	268~361	316	21.86	7	3.5~6.5	5.1	0.74	15	32~122	61.9	21.88	35

注：S. D. ……標準偏差，C. V. ……変動係数。

表-2 発足採種園におけるトドマツ植栽木のクローン別の材質
Table 2. Some properties of clones from planted *A. sachalinensis* in the Hattari seed orchard

クローン名	個 数	心材容積密度数				辺材容積密度数				辺材平均年輪幅				心材含水率				
		範 囲 kg/m ³	平 均 kg/m ³	S.D. kg/m ³	C.V. %	範 囲 kg/m ³	平 均 kg/m ³	S.D. kg/m ³	C.V. %	範 囲 mm	平 均 mm	S.D. mm	C.V. %	範 囲 %	平 均 %	S.D. %	C.V. %	
俄虫	2	4	281~315	296	14.13	5	273~312	294	17.95	6	4.7~6.3	5.6	0.66	12	54~82	69.0	15.10	22
	3	4	281~313	296	13.15	4	289~321	310	14.27	5	6.0~7.5	6.5	0.67	10	49~88	66.3	16.86	25
	4	5	273~330	307	21.00	7	303~344	320	18.20	6	4.5~7.5	5.7	1.11	19	33~102	55.6	27.36	49
	5	4	318~349	338	14.20	4	308~354	336	21.05	6	4.5~5.6	5.1	0.54	11	32~76	49.0	20.90	43
	6	3	306~320	311	8.08	3	300~331	318	15.95	5	5.8~6.0	5.9	0.12	2	47~73	64.3	15.01	23
	7	2	272~306	289	24.04	8	320~328	324	5.66	2	5.1~6.0	5.6	0.64	11	33~62	47.5	20.51	43
	8	1	297	297	—	—	322	322	—	—	6.5	6.5	—	—	65	65.0	—	—
	苦小牧	3	6	300~315	307	6.15	2	278~326	303	16.38	5	4.9~6.3	5.4	0.50	9	43~118	64.5	27.71
4		6	279~317	302	17.10	6	291~323	311	10.96	4	4.6~5.7	5.1	0.46	9	33~46	39.7	5.20	13
5		6	250~295	277	17.04	6	288~309	296	8.22	3	4.8~6.2	5.6	0.52	9	35~56	42.8	7.44	17
桧山	8	4	284~303	293	8.29	3	303~313	307	4.32	1	5.5~7.5	6.6	0.98	15	50~86	62.5	17.00	27
余市	1	5	294~329	307	13.72	4	311~332	319	10.17	3	4.0~5.3	4.7	0.55	12	33~48	39.4	6.02	15
	2	5	300~310	305	4.55	1	265~308	292	17.73	6	4.8~6.0	5.7	0.50	9	35~44	39.4	3.65	9
	3	2	267~289	278	15.56	6	283~293	288	7.07	2	5.0~6.0	5.5	0.71	13	45~68	56.5	16.26	29
	8	6	267~293	276	9.99	4	274~316	292	14.88	5	4.5~7.3	6.0	1.13	19	38~58	47.7	9.69	20
室蘭	5	4	291~309	298	8.06	3	310~326	315	7.54	2	4.6~7.0	5.6	1.01	18	55~68	60.3	5.74	10
八雲	1	3	301~319	310	9.02	3	318~326	322	4.04	1	4.5~5.3	4.9	0.40	8	54~83	72.0	15.72	22
白老	5	3	300~332	311	17.93	6	315~329	321	7.21	2	4.5~5.0	4.8	0.25	5	87~115	102.0	14.11	14
	9	2	292~296	294	2.83	1	285~293	289	5.66	2	6.0~6.3	6.2	0.21	3	89~90	89.5	0.71	1
芦別	3	6	309~347	328	12.22	4	338~348	343	3.43	1	4.3~6.2	5.3	0.67	13	33~50	36.5	6.66	18
上芦別	1	6	267~286	279	6.97	2	284~302	295	7.47	3	4.0~6.5	5.0	1.06	21	70~111	87.8	16.92	19
夕張	2	4	283~313	299	12.39	4	309~330	316	9.49	3	4.0~4.7	4.4	0.30	7	62~133	94.8	36.07	38
札幌	1	6	270~306	287	12.71	4	291~328	305	12.89	4	4.6~6.3	5.6	0.59	11	40~46	42.7	2.16	5
定山溪	1	2	281~282	282	0.71	0	270~275	273	3.54	1	5.3~6.0	5.7	0.49	9	63~71	67.0	5.66	8
	3	3	277~314	296	18.56	6	299~329	316	15.39	5	5.0~6.8	6.0	0.93	16	59~77	69.7	9.45	14
計(平均)	102	250~349	299	19.40	6	265~354	309	19.02	6	4.0~7.5	5.5	0.82	15	32~133	58.4	22.85	39	
合計(総平均)	165	250~353	301	20.23	7	265~361	312	20.34	7	3.5~7.5	5.3	0.81	15	32~133	59.8	22.44	38	

注：S. D. ……標準偏差，C. V. ……変動係数。合計は天然木と植栽木の合計である。

表-3 愛知採種園におけるトドマツのクローン別の材質

Table 3. Some properties of clones from *A. sachalinensis* in the Aichi seed orchard

クローン名	個 数	心材容積密度数				辺材容積密度数				辺材平均年輪幅				心材含水率			
		範 囲	平 均	S.D.	C.V.	範 囲	平 均	S.D.	C.V.	範 囲	平 均	S.D.	C.V.	範 囲	平 均	S.D.	C.V.
		kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	%	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	%	mm	mm	mm	%	%	%	%	%
俄虫 103	5	266~296	282	15.11	5	264~316	293	22.53	8	4.8~6.5	5.7	0.77	14	49~87	63.4	15.01	24
夕張 102	3	252~262	258	5.13	2	258~280	269	11.02	4	6.0~8.0	7.0	1.00	14	96~134	111.0	20.22	18
大夕張 110	3	279~303	292	12.12	4	275~292	282	9.07	3	5.8~7.0	6.5	0.64	10	49~88	62.7	21.96	35
計 (平均)	11	252~303	278	17.82	6	258~316	284	18.97	7	4.8~8.0	6.3	0.93	15	49~134	76.2	27.72	36
俄虫 2	6	269~292	279	8.55	3	254~280	267	9.56	4	4.5~8.0	6.3	1.33	21	78~217	128.7	47.14	37
4	5	270~290	284	8.20	3	291~330	306	15.04	5	5.5~7.0	6.3	0.75	12	54~112	71.0	23.71	33
5	5	277~314	294	13.18	4	253~309	291	21.96	8	6.0~8.0	6.8	0.77	11	50~124	73.2	30.09	41
6	6	266~317	280	19.17	7	270~316	295	17.01	6	5.5~7.5	6.3	0.67	11	45~72	59.5	11.76	20
苦小牧 3	5	275~310	289	13.31	5	250~315	283	24.07	9	5.0~6.5	6.1	0.65	11	48~120	73.8	27.95	38
5	8	239~291	262	17.86	7	251~311	274	17.51	6	5.0~8.0	6.4	1.20	19	45~100	74.5	20.86	28
余市 1	6	270~316	289	20.10	7	258~295	278	14.58	5	5.3~6.5	6.0	0.47	8	58~102	75.2	18.54	25
2	6	238~274	255	12.30	5	260~302	278	18.39	7	5.0~8.7	7.1	1.34	19	47~99	70.3	19.91	28
札幌 1	7	254~275	263	8.75	3	257~279	267	8.50	3	6.0~8.3	7.0	0.78	11	49~92	64.6	14.52	22
計 (平均)	54	238~317	276	18.69	7	250~330	281	21.20	8	4.5~8.7	6.5	0.97	15	45~217	76.7	30.21	39
合計(平均)	65	238~317	276	18.44	7	250~330	281	19.41	7	4.5~8.7	6.5	0.96	15	45~217	76.6	29.60	39

注：S. D. ……標準偏差，C. V. ……変動係数。

を見ると、平均では5.1 mmであり、最大は大夕張110の5.8 mm、最小は俄虫106と芦別103の4.3 mmであった。変動係数の平均15%は、容積密度数のそれに比べ約2倍になっている。しかしクローン別では、僅か4%のもの(倶知安104)から最高26%のもの(倶知安103)まであり、同一産地でもクローンにより、また同一クローンでもラメットにより、年輪幅つまり成長にはかなりの変動があることがうかがわれる。心材含水率について、平均は61.9%で、その範囲は32%から122%にも達している。この中で、最大は倶知安104の91.5%、最小は俄虫102の42.3%であった。変動係数を見ると、平均は35%であり、倶知安104を除きいずれもクローン内で10%以上の大きな値を示し、とくに芦別103の44%は大きかった。

発足採種園における人工林からのクローンは、表-2に示すとおり25クローンである。心材容積密度数の平均は299 kg/m³で、最大は俄虫5の338 kg/m³、最小は余市8の276 kg/m³であった。また表-1の天然林からのクローンと比較すると、人工林のそれは4 kg/m³軽かった。いずれのクローンもラメット間での容積密度数の差は小さいので、変動係数の値は小さく、平均の変動係数は6%であった。つぎに辺材容積密度数の平均は309 kg/m³で、天然林クローンの場合と同様に、辺材容積密度数は心材のそれより10 kg/m³大である。また天然林クローンの辺材容積密度数と比べると、人工林からのそれは7 kg/m³だけ軽かった。辺材容積密度数の変動係数は、心材容積密度数の場合と同様6%と小さかった。クローン別では、芦別3の343 kg/m³が最大、定山溪1の273 kg/m³が最小であった。人工林からの精英樹クローンの辺材の平均年輪幅は、5.5 mmと天然林クローンの平均より0.4 mm広く、桧山8の6.6 mmが最大で、夕張2の4.4 mmが最小であった。以上のことから、人工林からのクローンの年輪幅は、天然林のそれより僅かに広く、そして比重は人工林からのクローンの方が僅かに軽いことが分かった。一方、心材含水率は、平均が58.4%で、その範囲は32%から133%にも及び、従って変動係数は39%にも達している。表1の天然林からのクローンと比べると、人工林からのクローンの心材含水率は、平均で3.5ポイント低くなっている。クローン別では、最大は白老5の102.0%、最小は芦別3の36.5%であった。

発足採種園における天然木、植栽木を合わせた精英樹クローンの心材容積密度数、辺材容積密度数、辺材平均年輪幅および心材含水率の総平均は、それぞれ301 kg/m³、312 kg/m³、5.3 mmおよび59.8%であった。

愛知採種園からのクローン数は表-3に示されるように、天然木、植栽木を合わせて12である。そしていずれも発足採種園のクローンに含まれるものである。心材容積密度数の平均は276 kg/m³で、最大は俄虫5の294 kg/m³、最小は余市2の255 kg/m³であった。同一クローンについて愛知と発足の採種園で比較すると、いずれも後者が大であり、立地によって成長に違いがあることが分かる。その結果、心材容積密度数の平均では発足採種園の方が、25 kg/m³大である。また変動係数は、発足採種園の場合と同様7%と小さい。つぎに辺材容積密度数の平均は281 kg/m³で、一般に天然林からのクローンの方が僅かに重いが、最大は俄虫4の306 kg/

m³, 最小は札幌1の267 kg/m³であった。また心材と比べ、辺材の容積密度数は平均で5 kg/m³程度重い。両採種園の辺材容積密度数の比較では、愛知採種園からのものが31 kg/m³軽く、同一クローンでの比較では、発足採種園のものが平均で30 kg/m³, 最大61 kg/m³(大夕張110)も重かった。一方、辺材平均年輪幅は、平均6.5 mmで、最大は余市2の7.1 mm, 最小は俄虫103の5.7 mmであった。一般に人工林からのクローンの方が、年輪幅は広く、その差は平均0.2 mmである。またその変動係数は発足採種園の場合と同様15%であった。さらに愛知と発足採種園の辺材平均年輪幅を比較すると、1.2 mmも前者が広く愛知の方が成長が旺盛であり、そのため容積密度数が小さくなっている。つぎに心材含水率は、平均76.6%で、最大は俄虫2の128.7%, 最小は俄虫6の59.5%であった。平均変動係数は39%にも達し、クローン内でもかなり心材含水率に差があることを示している。

今これらの結果について若干考察を加える。

トドマツの気乾比重は、0.4前後のものが多く、針葉樹の中ではスギと同様比較的軽い樹種である。一方建築用上級構造材の基準では、トドマツは針葉樹II類に属し、気乾比重(含水率15%)は0.43以上となっている⁶⁾。発足採種園クローンの平均辺材容積密度数312 kg/m³を次式により気乾比重に換算して見る⁷⁾。

$$r_0 = 100 R / 100 - 28 R \text{ --- ①} \quad r_u = (100 + u)r_0 / 100 + 0.84 r_0 \cdot u \text{ --- ②}$$

ただし、 r_0 : 絶乾比重, R : 容積密度(容積密度数/1,000), r_u : 含水率 u %のときの比重, u : 含水率(%)である。

その結果15%含水率における比重は0.376となり、建築用上級構造材の基準には適合しない。これはまず、成長に重点をおいた選抜指針¹⁰⁾にあると思われる。この指針によると、人工林からは林内の周囲木より格段に大きい個体を選出し、クローネがせまく、幹の曲がりなどの欠点のないこととなっている。一方天然林からの場合は、胸高直径25 cm以上で、一地位にかたよらずに、成長の他に形質がとくに優れてとるものを選抜する。つまり成長を重視するとともに、幹が完満で腐朽が見られず、クローネがせまく枝が細いことなど、いわゆる表現型で選抜することになっているからである。つぎに当然ではあるが、採種園ではha当たり1,100本という疎植の上、間伐を繰り返す、毎年肥料をほどこして球果の大量生産をめざしているため、クローンも旺盛な成長をし、容積密度数の低下を招いているのである。平均年輪幅は、同構造材の基準では最大値が6 mm⁶⁾となっているが、クローンによってはそれを超えているものがある。発足採種園の平均では5.3 mmであったが、愛知採種園の場合は平均でも6.5 mmと基準値をオーバーしている。ただ今回の試料は、つぎ木後ほぼ20年の間伐木であったため、年輪幅は広く、比重が低いといえよう。しかし今後これらクローンから得られた種子で、構造用材生産の目的の造林を実施する時には、その点を充分考慮しておく必要がある。

心材含水率は、針葉樹では通常30—40%程度であるが、トドマツはスギと共に心材含水率の高い樹種に属する。そしてこれが100%以上にもなる場合は、いわゆる水食い材といわれ、利

用上大きな欠点となっている。これらの一覧表からは、クローン内のラメット個々により、100%を超える水食い材が出ており、そのため変動係数が高くなっている。しかしクローン間では心材含水率に差があるようにも見受けられる。水食い材の発生について、真田等^{12,13)}は土壌条件との関係を調べ、地下水位が高いことが心材水分を高める要因と結論している。また石井等の研究¹⁾では、辺材と水食い材の樹液の濃度や無機組成を分析し、両者が類似していること、移行材部の水分が低いことを述べている。これらのことから、氏家¹⁶⁾は心材に高含水率をもたらす水は、枯れ枝から入る雨水や辺材から移動したのではなく、根に由来するものと推定している。従って今回測定した各同一クローン内の心材含水率の変動係数が高かったこともうなずけよう。

以上、各材質について若干考察したが、同じ基準に従って選抜された精英樹でも、相互にかなり材質の相違が認められたので、分散分析によりクローン間の差の検定を行った。

2. 材質のクローン間分散分析

心材容積密度数、辺材容積密度数、辺材平均年輪幅、および心材含水率の分散分析の結果は、表-4, 5, 6および7のとおりである。

発足採種園から採取したクローンの心材容積密度数は、天然林、人工林およびそれらを合わせた全体のいずれもクローン間で0.1%水準で有意であった。また愛知採種園からのクロー

表-4 クローン間の心材容積密度数の分散分析
Table 4. Analyses of variances on basic densities of heartwood among clones

場 所 要 因	全 体			天 然 林			人 工 林		
	d. f.	M. S.	F	d. f.	M. S.	F	d. f.	M. S.	F
発 足 クローン間	42	1,019.42	5.12***	17	999.84	4.00***	24	1,040.39	6.15***
採種園 残 差	122	198.96		45	247.72		77	169.30	
全 体	164			62			101		
愛 知 クローン間	11	1,013.44	5.07***	2	958.07	6.09*	8	1,147.15	5.53***
採種園 残 差	53	200.05		8	157.44		45	207.63	
全 体	64			10			53		

*** 0.1%水準, * 5%水準で有意である。

表-5 クローン間の辺材容積密度数の分散分析
Table 5. Analyses of variances on basic densities of sapwood among clones

場 所 要 因	全 体			天 然 林			人 工 林		
	d. f.	M. S.	F	d. f.	M. S.	F	d. f.	M. S.	F
発 足 クローン間	42	1,136.76	6.90***	17	1,278.89	7.30***	24	1,013.54	6.40***
採種園 残 差	122	164.65		45	175.24		77	158.45	
全 体	164			62			101		
愛 知 クローン間	11	843.69	3.02**	2	580.07	1.90	8	1,428.38	5.19***
採種園 残 差	53	279.74		8	304.83		45	275.28	
全 体	64			10			53		

*** 0.1%水準, ** 1%水準で有意である。

表-6 クローン間の辺材平均年輪幅の分散分析

Table 6. Analyses of variances on mean annual ring widths of sapwood among clones

場 所	要 因	全 体			天 然 林			人 工 林		
		d. f.	M. S.	F	d. f.	M. S.	F	d. f.	M. S.	F
発 足	クローン間	42	1.19	2.48***	17	0.90	2.14*	24	1.17	2.25**
採種園	残 差	122	0.48		45	0.42		77	0.52	
	全 体	164			62			101		
愛 知	クローン間	11	1.10	1.25	2	1.69	2.60	8	1.05	1.14
採種園	残 差	53	0.88		8	0.65		45	0.92	
	全 体	64			10			53		

*** 0.1%水準, ** 1%水準, * 5%水準で有意である。

表-7 クローン間の心材含水率の分散分析

Table 7. Analyses of variances on moisture contents in heartwood among clones

場 所	要 因	全 体			天 然 林			人 工 林		
		d. f.	M. S.	F	d. f.	M. S.	F	d. f.	M. S.	F
発 足	クローン間	42	1,293.65	5.59***	17	1,214.47	6.05***	24	1,383.95	5.45***
採種園	残 差	122	231.54		45	200.79		77	253.79	
	全 体	164			62			101		
愛 知	クローン間	11	2,233.97	3.76**	2	2,500.87	7.45*	8	2,446.23	3.82**
採種園	残 差	53	594.15		8	335.49		45	640.14	
	全 体	64			10			53		

*** 0.1%水準, ** 1%水準, * 5%水準で有意である。

ンでは、全体と人工林からのクローン間では0.1%水準で有意、天然林からのクローン間では5%水準で有意差が認められた。一方、辺材容積密度数は、発足採種園のクローンでは、心材容積密度数と同様0.1%水準でいずれのクローン間も有意の差があった。しかし愛知採種園のクローンでは、全体のクローン間で1%水準、人工林クローン間で0.1%水準で有意差が認められたが、天然林クローン間では有意差があるとは判定できなかった。辺材平均年輪幅は、発足採種園の場合は全体、天然林、人工林の各クローン間で有意差が認められたが、愛知採種園から採取した試料の場合は、いずれのクローン間でも有意の判定はできなかった。さらに試料を増やして検討する必要がある。しかし、心材含水率は、両採種園とも、また全体、天然林、人工林を問わずクローン間で有意差が認められた。これは、たとえ同一クローン内のラメットによってかなりの変動があったとしても、クローン間の違いがそれを大きく上回り、統計的に有意となったのであり、クローンによって、心材含水率の高いものや低いものがあることを意味している。つまり台木の性質という問題があったとしても、種々の精英樹からつぎ木されたトドマツの中に、遺伝的に水食い材になり易い性質、なり難い性質のクローンが存在していると言っても過言ではないだろう。このように、クローン間で、比重や年輪幅、心材含水率の材質に相違があることは、トドマツの材質育種を考える上で、重要な示唆を与えている。

3. 材質の産地間分散分析

天然林からの精英樹クロンを用いて、産地間の材質の違いを分散分析により検定した。その際、愛知採種園からのクロンはその数が少ないため省略し、人工林からのクロンの場合は、種子の産地が明瞭でないので、検定を実施しなかった。用いた試料は、発足採種園に植栽されていた俄虫の9クロン、倶知安3クロン、芦別2クロン、夕張、大夕張、札幌、浦河各1クロンである。その結果は表-8のとおりである。

表-8 トドマツ天然木クロン材質の産地間の分散分析
Table 8. Analyses of variances on some properties of clones from natural *A. sachalinensis* among provenance

要因	心材容積密度数			辺材容積密度数			辺材平均年輪幅			心材含水率		
	d.f.	M.S.	F	d.f.	M.S.	F	d.f.	M.S.	F	d.f.	M.S.	F
産地間	6	1,530.38	2.15	6	2,912.43	7.51**	6	1.20	1.64	6	1,773.91	1.95
産地内	11	710.46	2.85**	11	387.89	2.21*	11	0.73	1.74	11	909.32	4.53***
残差	45	249.72		45	175.24		45	0.42		45	200.79	

*** 0.1%水準, ** 1%水準, * 5%水準で有意である。

産地間で有意の差が認められたのは、辺材容積密度数のみで、心材容積密度数、辺材平均年輪幅、心材含水率については、有意の判定はできなかった。この理由として、今回は俄虫産を除いて産地別の資料が少なかつたこと、また産地が道南に偏っていたことと推察され、今後産地を広げ、試料数も増やして検定する必要がある。

4. 材質の反復率

各材質について、広義の遺伝力といわれている反復率を算出した。その際、発足と愛知採種園からの同一クロンのデータは、プールして用いた。その結果は表-9のとおりである。材質の反復率の値は、いずれもそれ程大きくはないが、容積密度数は心・辺材を問わず0.4から0.5、心材含水率は0.3前後、そして辺材平均年輪幅は0.2—0.3であった。

その中で反復率の最大は、天然林から選抜された精英樹クロンにおける心材容積密度数

表-9 トドマツクロンの材質の反復率
Table 9. Repeatabilities of some properties of clones from *A. sachalinensis*

	d.f.	心材容積密度数	辺材容積密度数	辺材平均年輪幅	心材含水率	
全体	クロン分散	42	210.24	240.06	0.23	183.30
	環境分散	187	304.05	354.68	0.75	486.39
	反復率 (229)	0.41	0.40	0.23	0.27	
天然林	クロン分散	17	253.17	217.47	0.24	177.52
	環境分散	56	273.98	383.64	0.55	371.43
	反復率 (73)	0.48	0.36	0.30	0.32	
人工林	クロン分散	24	176.51	217.19	0.15	202.76
	環境分散	131	316.91	342.30	0.84	535.53
	反復率 (155)	0.36	0.39	0.15	0.27	

の0.48であり、最小は人工林からのクローンにおける辺材平均年輪幅の0.15であった。このことは、比重は比較的遺伝力の影響を受けるが、年輪幅はむしろ環境に影響されやすいことを意味している。しかし、反復率はいずれも0.5以下なので、造林方法や立地の選択により、材質をかなり改善できることが推察される。

5. 容積密度数と年輪幅との関係

230個体を用いて、辺材容積密度数と辺材平均年輪幅の相関を調べた。その結果は図-2のとおりである。相関係数は -0.245 となり、この値は1%水準で有意である。つまり容積密度数が大となれば、年輪幅は狭くなる。以前の報告では、試料数が少なかつたため、有意と判定できなかったが、今回はこれまで針葉樹に対していわれている通りの結果が得られたことになる。

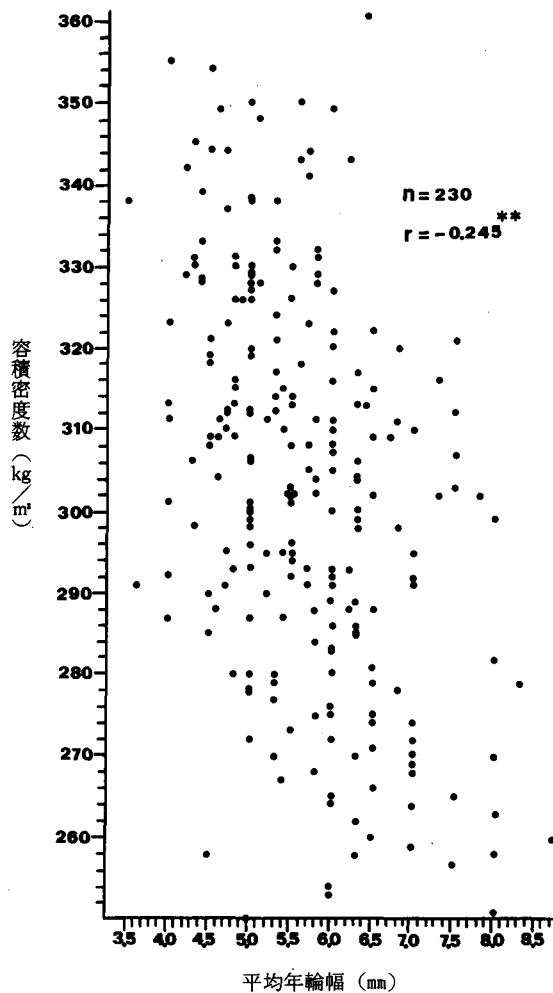


図-2 辺材容積密度数と辺材平均年輪幅との相関

Fig. 2. Correlations between basic densities and mean annual ring widths of sapwood.

前述のように、建築用上級構造材では、比重と年輪幅には制限があるので、構造材の生産をめざす時には、その点を十分考慮しなければならない。

V. 結 論

函館営林支局管内の発足および愛知採種園におけるトドマツ精英樹クローンの間伐木を用いて、トドマツの重要な材質指標である容積密度数、年輪幅、心材含水率を調べた。心材容積密度数の、天然林、人工林からのクローンを合わせた平均は、発足と愛知採種園でそれぞれ 301 kg/m³ と 276 kg/m³、また辺材容積密度数の平均はそれぞれ 312 kg/m³ と 281 kg/m³ であった。一方、辺材平均年輪幅の総平均は、発足と愛知採種園でそれぞれ 5.3 mm と 6.5 mm であった。愛知採種園からのクローンの方が年輪幅が広く、比重が軽いということは、この採種園の土壌、気象を含めた立地環境が、発足採種園より良好で、成長がよいためであろう。次に心材含水率の平均は、発足と愛知採種園でそれぞれ 59.8% と 76.6% であった。そしてこの含水率は、クローン内で変動が大きかったが、クローン間ではさらに大きな相違がみられた。分散分析の結果、殆どすべての材質についてクローン間で有意の差があり、同じ選抜指針で選ばれた精英樹でも、材質には大きな相違があることが分かった。しかし、容積密度数を気乾比重に換算して、建築用上級構造材の基準と比較して見ると、これらの比重はかなり低く、基準に適合していない。また年輪幅もこの制限を上回るものが多かった。この理由は、精英樹を成長に重点をおいて選抜したこと、つぎ木後 20 年の間伐木であったこと、そして採種園という種子生産を目的に植栽しているので、疎植であり、毎年多量の肥料を施しているからである。これらクローンの各材質の遺伝力をみるため、反復率を算出した結果、容積密度数の反復率は比較的高く、年輪幅のそれは低かった。しかし、いずれも 0.5 以下であり、環境によってかなり影響を受けることが推察される。今回の研究では、発足と愛知採種園という道南の海岸に近い互いに似た立地でのトドマツクローンの材質の比較であったので、今後は現実にトドマツ造林を実施する立地に類似した道央の採種園からの試料について検討を行い、さらに同一クローンの立地による材質の相違を追究したい。

将来、種々の精英樹クローンの自由な交配によって生産された採種園産の種子により、優良材質のトドマツ材を目標に造林する場合は、トドマツの植栽に適した立地を選ぶとともに、病虫害や気象害を防ぐことが肝心である。造林方法としては、できるだけ密に植栽し、枝打ち等の育林を実施して、過成長の抑制を図るべきであろう。さらに、今後のトドマツ育種の方向としては、柴草¹¹⁾も述べているとおり、材質の他、寒風害、霜害、枝枯れ病などの被害に抵抗力のあるものを選抜することが必要である。

VI. 参 考 文 献

- 1) 石井哲男, 深沢和三: トドマツ水食い材の水移動に関する研究. 北大演研報, 44 (4) 1277-1305, 1987
- 2) 岩内営林署: 発足採種園概要, 12 pp., 1982
- 3) 片寄 隼: トドマツ, カラマツの材質改良計画. 北方林業, 36 (2) 45-48, 1984
- 4) 片寄 隼: トドマツ精英樹クローンの特性. 日林北支論, 33, 95-97, 1984
- 5) KATAYOSE, T., M. UJIIE, and H. KUDOH: Clonal differences of some properties on wood quality of grafted plus-trees of *Abies sachalinensis*. 日林誌, (投稿中)
- 6) 川瀬 清: 新版林産学概論, 307 pp., 北大図書刊行会, 1982
- 7) 北原覚一: 木材物理(実用木材加工全書巻別), 226 pp., 森北出版, 1972
- 8) 工藤 弘: アカエゾマツ球果, 種子, 苗木の産地変異. 251-261, 天然林の生態遺伝と管理技術の研究, 340 pp., 北方林業会, 1983
- 9) MIYATA, M., M. UBUKATA, and S. EIGA: Clonal differences of the chemical constituents' contents of grafted plus-tree woods of Japanese red pine and Japanese black pine. 日林誌, 73 (2) 151-153, 1991
- 10) 大庭喜八郎, 勝田 征編: 林木育種学(現代の林学) 337 pp., 文永堂, 1991
- 11) 柴草良悦: 北海道の造林と林木育種. 北海道の林木育種, 26 (1) 7-11, 1983
- 12) 真田 勝, 高橋邦秀, 片寄 隼: トドマツ水食い材発生環境の解明(Ⅰ). 98 日林論, 187-188, 1987
- 13) 真田 勝, 高橋邦秀, 片寄 隼: トドマツ水食い材発生環境の解明(Ⅱ). 日林北支論 36, 149-152, 1988
- 14) スネデカー, G. W., コ克蘭, W. G.: 統計的方法, 546 pp., 岩波書店, 1991
- 15) 高橋延清編: 天然林の生態遺伝と管理技術野研究, 340 pp., 北方林業会, 1983
- 16) 氏家雅男: 無機物からみたトドマツ水食材発生の一考察. 北大演習林試験年報(1984), 48-49, 1985
- 17) UJIIE, M., T. KATAYOSE, and H. KUDOH: Seasonal changes of chemical components in the cones from various clones of *Abies sachalinensis* in a seed orchard and germination test of the mature seeds. 北大演研報, 48 (1) 157-182, 1991

Summary

In order to practice afforestation of good quality trees, many grafted clones of various elite trees, including *Abies sachalinensis* MAST., have been planted for seed production in seed orchards in Hokkaido. Some properties of wood quality of *A. sachalinensis* were examined by using the clones thinned in the Hattari and Aichi seed orchards in southern Hokkaido. *A. sachalinensis* is the forest tree with the most growing stock (about 100 million m³ or 20 % of total stock) in natural forests, and one of the most popular planting trees, the wood of which is soft creamy white in color and light in weight, so that its lumber has usually been used for house construction and its waste for pulp in Hokkaido. However, woods with too low density and too wide annual ring width are frequently seen, and they are not suitable for construction timber. Meanwhile, trees with extremely high moisture content in heartwood are also seen, a condition of which causes the stem to crack in winter and the wood to deteriorate (crack, collapse, or stain), when it is dried.

From the two seed orchards, we obtained 43 clones totaling 230 individuals, and examined their basic density, mean annual ring width, and moisture content in heartwood with 8-cm thick stem disks, and investigated them statistically. Furthermore, the repeatability, or heritability in a broad sense, of these properties was calculated. The results are as follows:

The average basic densities of heartwood were 301 kg/m³ and 276 kg/m³ in the clones

grafted from both natural and planted elite trees in the Hattari and Aichi seed orchards respectively, while the average basic densities of sapwood were 312 kg/m^3 and 281 kg/m^3 respectively. The average mean annual ring widths were 5.3 mm and 6.5 mm in the clones of the Hattari and Aichi seed orchards respectively. The fact that the clones obtained from the latter have wider annual ring width and lower density means that the latter's conditions, including climate and soil, are better than the former's. Consequently, the growth of the latter's clones is superior to the former's. The average moisture contents in heartwood were 59.8% and 76.6% in the clones of the Hattari and Aichi seed orchards respectively, though the coefficients of variation were large within each clone. Meanwhile, the analyses of variances showed significant differences in almost all of these properties among the clones at the 0.1%, 1%, or 5% level, even though the elite trees were selected under the same standard. In discussion, air-dried specific gravity of the clones calculated from basic density did not approach the value of 0.43, the lowest limit for higher structural timber grades for house construction, while the mean annual ring width frequently exceeded 6 mm, the broadest limit of the Japanese Agricultural Standard. The reason is that for the selection of elite trees emphasis was placed on their growth, and the clones have been planted sparsely in the seed orchard and fertilized every year for a large quantity of seed production. However, since the repeatabilities of the properties were below 0.5, improvement of wood quality could be expected by selecting good environmental conditions and managerial methods of plantation.