

北海道演習林産ドロノキ属の材の機械的性質*

平井信二・土屋欣也・会田武郎

Shinji HIRAI, Kinya TSUCHIYA and Takeo AIDA

Mechanical Properties of the Woods of *Populus* spp. of the Tokyo University Forest in Hokkaidô

I 緒 言

本学北海道演習林より送付を受けたドロノキ属樹種の丸太を用いて材の機械的性質を試験したので、その結果を報告する。この試験材は平井が重量生長について報告⁴⁾したものと同一である。試料を送付された北海道演習林長高橋延清教授および同演習林職員の方々に厚く感謝の意を表す。

II 供 試 木

供試木は北海道富良野町東山・西達布所在の東京大学農学部演習林 72, 73 および 74 林班で採取された。樹種はチョウセンヤマナラシ *Populus tremula* LINNAEUS var. *Davidiana* SCHNEIDER およびドロノキ *Populus Maximowiczii* A. HENRY で、前者は樹皮の外観色調によってグリーン、オレンジ、グレイの3種の名称がつけられている。これは厳密な品種とは考えられず、生長はグリーンとオレンジはほぼ同様であるが、グレイはこの両者よりかなり劣るものである。送付された丸太は各種類について長さ約 1 m のもの2本宛で接続して採取されたものである。供試木採取地の地況、林況および供試木の記載とその生長経過の詳細は平井の報告⁴⁾に挙げたので、ここには直径、年輪数のみを Table 1 に示す。

Table 1. 供試材の直径と年輪数(1端)

樹 種 お よ び 種 類	No.	皮付平均直径 (cm)	年 輪 数
チョウセンヤマナラシ・グリーン	I	24.4	39
	II	23.8	36
チョウセンヤマナラシ・オレンジ	I	25.2	34
	II	24.9	40
チョウセンヤマナラシ・グレイ	I	14.4	30
	II	14.6	28
ド ロ ノ キ	I	22.0	33
	II	22.7	34

* 東京大学農学部木材材料科学第一教室業績, 第 166 号

III 試験の項目と方法

機械的性質の試験に供した材料は1年以上屋内に放置したもので、すべて気乾状態において試験を行なった。試験の方法はほとんど JIS 木材試験方法⁷⁾によつたが、その項目と方法の要点は次のごとくである。

- (1) 縦圧縮試験 試験体 $30 \times 30 \times 60$ mm, ヤング係数は高さの中央部 20 mm を標点距離として OKHUIZEN's extensometer (精度 1/1000 mm) により縮みを測定して求めた。
- (2) 曲げ試験 試験体 $30 \times 30 \times 60$ mm, スパン 360 mm, 荷重はまさ目面に加えた。撓みはスパン中央部においてダイヤルゲージ (精度 1/100 mm) により測定した。
- (3) せん断試験 試験体 せん断面 30×30 mm, せん断面はまさ目および板目。
- (4) 衝撃曲げ試験 試験体 $20 \times 20 \times 300$ mm, スパン 240 mm, 荷重面まさ目。
- (5) 硬さ試験 試験体 $30 \times 30 \times 30$ mm, 試験面とその際の荷重は木口面 30 kg, まさ目面 5 kg, 板目面 10 kg。

以上の各試験においては各試験体につき平均年輪巾, 気乾容積重, 含水率を測定した。

IV 試験結果

試験結果を取りまとめたものを Table 2~Table 7 に示す。

本試験に用いた供試材にはかなり種々の欠点が存在していたが、試験体の採取に当つてはなるべく欠点をさけるように努めた。しかし多少のものが含まれていて、チョウセンヤマナラシ・グリーンおよびオレンジには変色(辺材部, 伐採後に入つたもの), 同グレイには変色, 髓斑, もめおよび僅少の tension wood (あて) が含まれているものがあり, ドロノキには変色, 小節,

Table 2. 圧縮試験結果

樹種および類		試験体数	平均年輪幅 (mm)	含水率 (%)	気乾容積重	圧縮強さ (kg/cm ²)	圧縮ヤング係数 (10 ⁻⁴ kg/cm ²)
チョウセン ヤマナラシ グリーン	平均	10	2.7	13.1	0.40	321	10.6
	最大			13.9	0.41	377	12.8
	最小			11.5	0.36	276	8.0
チョウセン ヤマナラシ オレンジ	平均	7	2.5	13.4	0.42	324	11.2
	最大			14.1	0.45	356	15.4
	最小			12.8	0.41	278	6.7
チョウセン ヤマナラシ グレイ	平均	10	3.0	14.4	0.40	321	12.6
	最大			15.6	0.41	347	19.7
	最小			13.9	0.38	303	8.3
ドロノキ	平均	9	3.3	14.8	0.39	337	10.7
	最大			16.4	0.39	358	17.3
	最小			13.9	0.38	318	7.4

Table 3. 曲げ試験結果

樹種および種類		試験体数	平均年輪幅 (mm)	含水率 (%)	気乾容積重	曲げ破壊係数 (kg/cm ²)	曲げヤング係数 (10 ⁻⁴ kg/cm ²)
チョウセンヤマナラシグリーン	平最	12	3.3	14.5	0.40	629	7.5
	均大			15.1	0.43	668	8.2
	小			13.9	0.38	600	6.9
チョウセンヤマナラシオレンジ	平最	11	3.8	16.6	0.41	648	7.9
	均大			22.1	0.44	680	8.5
	小			15.2	0.40	632	7.6
チョウセンヤマナラシグレイ	平最	8	2.7	14.7	0.42	668	7.5
	均大			16.3	0.44	726	7.9
	小			13.8	0.39	612	7.0
ドロノキ	平最	9	3.8	14.7	0.40	652	7.8
	均大			15.5	0.41	703	8.4
	小			13.6	0.39	588	7.2

Table 4. せん断試験結果 (せん断面: まさ目)

樹種および種類		試験体数	平均年輪幅 (mm)	含水率 (%)	気乾容積重	せん断強さ (kg/cm ²)
チョウセンヤマナラシグリーン	平最	7	3.0	11.7	0.43	67.9
	均大			12.3	0.43	70.0
	小			10.3	0.42	65.5
チョウセンヤマナラシオレンジ	平最	5	3.8	11.8	0.45	74.9
	均大			12.2	0.43	91.1
	小			11.5	0.38	61.1
チョウセンヤマナラシグレイ	平最	5	3.3	11.8	0.40	80.0
	均大			13.1	0.41	83.6
	小			10.2	0.39	77.7
ドロノキ	平最	5	3.3	11.7	0.40	75.8
	均大			12.2	0.41	83.6
	小			11.1	0.38	67.7

Table 5. せん断試験結果 (せん断面: 板目)

樹種および種類		試験体数	平均年輪幅 (mm)	含水率 (%)	気乾容積重	せん断強さ (kg/cm ²)
チョウセンヤマナラシグリーン	平最	3	3.3	11.9	0.43	78.5
	均大			13.4	0.45	96.6
	小			10.9	0.42	66.6
チョウセンヤマナラシオレンジ	平最	5	3.3	12.7	0.40	84.5
	均大			13.3	0.40	90.0
	小			11.1	0.39	73.3
チョウセンヤマナラシグレイ	平最	5	3.0	12.0	0.41	86.6
	均大			12.8	0.42	103.0
	小			11.5	0.40	78.8
ドロノキ	平最	5	3.8	12.4	0.40	88.6
	均大			13.3	0.42	95.5
	小			11.5	0.38	72.2

Table 6. 衝撃曲げ試験結果

樹種および種類		試験体数	平均年輪幅 (mm)	含水率 (%)	気乾容積重	衝撃曲げ吸収 エネルギー (kgm/cm ²)
チョウセンヤマナラシ グリーン	平均	6	2.9	13.2	0.42	0.30
	最大			14.0	0.43	0.40
	最小			12.8	0.38	0.16
チョウセンヤマナラシ オレンジ	平均	6	2.9	14.8	0.41	0.60
	最大			18.3	0.43	0.74
	最小			13.4	0.40	0.36
チュウセンヤマナラシ グレイ	平均	5	2.2	14.4	0.43	0.73
	最大			15.3	0.46	1.50
	最小			13.2	0.38	0.31
ドロノキ	平均	6	4.0	13.3	0.40	0.42
	最大			14.6	0.41	0.75
	最小			12.7	0.39	0.31

Table 7. 硬さ試験結果

樹種および種類		試験体数 (試験個数)	平均年輪幅 (mm)	含水率 (%)	気乾容積重	硬さ (kg/mm ²)		
						木口面	まさ目面	板目面
チョウセンヤマナラシ グリーン	平均	4 (16)	2.7	11.0	0.41	3.26	0.70	0.93
	最大			11.8	0.43	3.67	1.06	1.07
	最小			10.0	0.40	2.73	0.57	0.82
チョウセンヤマナラシ オレンジ	平均	4	2.5 (16)	11.0	0.42	3.43	0.66	0.93
	最大			11.5	0.43	4.34	0.80	1.10
	最小			10.5	0.41	2.81	0.53	0.82
チョウセンヤマナラシ グレイ	平均	4 (16)	3.0 (16)	11.2	0.42	3.50	0.72	0.92
	最大			11.8	0.43	3.98	1.14	1.06
	最小			11.0	0.41	2.98	0.55	0.76
ドロノキ	平均	4	3.7	11.3	0.38	2.96	0.56	0.80
	最大			11.8	0.38	3.67	0.61	0.94
	最小			10.5	0.37	2.39	0.49	0.68

虫穴などが含まれているものがあつた。試験個数が少ないので、これらの欠点が機械的性質に如何に影響するかは明らかになし得なかつたが、おおよその観察として、衝撃曲げの場合を除きほとんど影響がなかつたものと認められる。

Table 6 に示すように衝撃曲げ吸収エネルギーの値はとくにチョウセンヤマナラシ・グレイにおいて最大最小の差が甚しい。そのうち特に値の大きいのは2個の試験体 (1.50 および 1.12 kgm/cm²) であつて、これらはいずれもあてを部分的に含むものである。その破壊形態は同一試験体についての両側の写真 Fig. 1 および Fig. 2 に示す如く、あての存在する側にささくれ立ち、存在しない側に脆い破壊型を現わしている。このあては肉眼では識別しにくいものであるが、塩化亜鉛沃度により膠質層を紫色に染色してその存在を確認した⁵⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾。Fig. 3 は春材部に膠質層の発達した繊維が存在し、これに隣接する秋材部にはそれがほとんど認められない状況

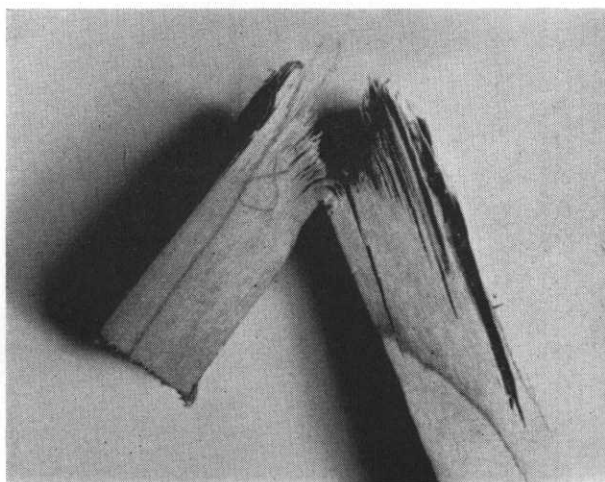


Fig. 1. 衝撃曲げ破壊型
チョウセンヤマナラシ・グレイ, あてを含む側

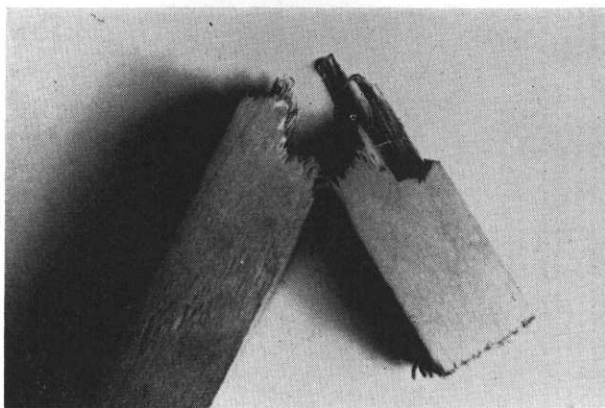


Fig. 2. 衝撃曲げ破壊型
チョウセンヤマナラシ・グレイ, あてを含まぬ側

Table 8. 日本周辺のドロノキ属樹種の材質比較

樹種	1 チヨウ ウチ ナラ シ	2 チヨウ ウチ ナラ シ	3 チヨウ ウチ ナラ シ	4 チヨウ ウチ ナラ シ	5 チヨウ ウチ ナラ シ	6 チヨウ ウチ ナラ シ	7 チヨウ ウチ ナラ シ	8 チヨウ ウチ ナラ シ	9 チヨウ ウチ ナラ シ	10 チヨウ ウチ ナラ シ
産地	北海道, 東大演習林	北海道, 東大演習林	北海道, 東大演習林	北海道, 東大演習林	太小沼	朝鮮, 平安北道	瀧洲, 吉林省	瀧洲, 黒河省	瀧洲, 黒河省	瀧洲, 東安省
平均年輪幅 (mm)	2.7	2.5	3.0	—	5.9	2.9	2.4	2.4	2.7	2.5
含水率 (%)	13.1	13.4	14.4	乾	16.0	13.6	12.1	7.4	8.2	11.5
容積重全	0.40	0.42	0.40	0.42 0.37	0.46 0.39	0.33	0.48 0.43*	0.49 0.45	0.43	0.47
縦圧縮 強さ (kg/cm ²) ヤング係数 (10 ⁻⁴ ・kg/cm ²)	321 10.6	324 11.2	321 12.6	482 —	330 —	213	429 —	553 —	451	378
全面横圧縮強さ (kg/cm ²)	—	—	—	83	—	—	—	—	—	—
減込比例(縦断)応力 (kg/cm ²)	—	—	—	—	—	—	73 (超まさ)	42	—	—
厚さの10%減込 応力 (kg/cm ²)	—	—	—	—	—	—	120 (超まさ)	—	—	—
ヤング係数 (10 ⁻⁴ ・kg/cm ²)	—	—	—	—	—	—	—	0.38	—	—
縦引張強さ (kg/cm ²)	—	—	—	432	—	356	1148	629	—	—
横引張強さ (kg/cm ²)	—	—	—	—	—	—	—	38	—	—
破壊係数 ヤング係数 (kg/cm ²)	629	648	668	755	—	317	663 (まさ目)	1045	729	864
曲げ ヤング係数 (10 ⁻⁴ ・kg/cm ²)	7.5	7.9	7.5	—	—	5.8	8.1 (まさ目)	—	—	—
せん断強さ (kg/cm ²)	68 (まさ目)	75 (まさ目)	80 (まさ目)	—	—	51	85 (超まさ)	84	84	—
割裂抵抗 (kg/cm)	—	—	—	—	—	—	34	—	—	—
シヤルベ一型断面弾性エネルギー (kg・m/cm ²)	0.30	0.60	0.73	—	—	—	0.44	0.52	0.55	0.79
アイソット型断面弾性エネルギー (kg・cm)	—	—	—	—	—	—	117	—	—	—
硬さ 木口面 (kg/mm ²) まさ目面 (kg/mm ²) 板目面 (kg/mm ²)	3.26 0.70 0.93	3.43 0.66 0.93	3.50 0.72 0.92	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —
試験体寸法** (cm) (試験法)	JIS 3cm シスターム	同 左	同 左	縦: 2.5×2.5×2.5 引: 1.5×1.5 曲: 2.5×2.5×2.9	縦: 2×2×2	縦: 5×5×5 引: 1×1 曲: 5×5×70? 剪: 5×3	JIS 3cm シスターム 引: 3×0.5	縦注: 2×2×6 部分横注: 5×5×15, 厚 5 縦引: φ 1.5 横引: 2.4×5 曲: 2×2×24 衝: 2×2×24	同 左	同 左
研究 者	平井信二, 他	平井信二, 他	平井信二, 他	西垣 晋作 (9)	矢 沢 龜 吉 (16)	森 (6)	渡 辺 誠, 他 (14) (15)	福 渡 七 郎, 他 (3)	福 渡 七 郎, 他 (3)	福 渡 七 郎, 他 (3)

* 全乾重量と気乾容積による全乾容積重. ** 縦圧縮及び全面横圧縮: 幅×厚×高, 部分横圧縮: 幅×厚×高, せん断: せん断の幅×高

Table 8. 日本周辺のドロノキ属樹種の材質比較

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
ヤマナラシ	ヤマナラシ	ドロノキ	ドロノキ	ドロノキ	ドロノキ (ウタドロ)	ドロノキ	ドロノキ	ドロノキ	ドロノキ	ドロノキ	ドロノキ
—	秋	田	—	—	北海道, 東大瀨習林	青森県, 鯉ヶ沢	樺太, 東大瀨習林	樺太, 小沼	朝鮮, 平安北道	満洲, 吉林省	満洲, 黒河省
2.6	—	3.3	2.6	—	—	4.2	—	1.5	3.1	2.8	5.0
気乾	気乾	14.8	気乾	気乾	気乾	気乾	気乾	18.0	15.0	11.9	7.9
0.43	0.59	0.39	0.41	0.42	0.40	0.49	0.37	0.63	0.51	0.41	0.37
—	—	—	—	0.40	0.35	—	0.32	0.51	—	0.36*	0.35
399	314	337	341	280	445	239	271	401	344	379	420
—	—	10.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	71	—	28	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	44 (道まだ)	31
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	69 (道まだ)	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.36
—	475	—	—	850	372	623	475	—	665	1361	504
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	26
648	480	652	468	450	519	435	407	—	486	581 (まさ目)	770
8.7	—	7.8	7.3	7.5	—	—	—	—	7.8	7.2 (まさ目)	—
76	40	76 (まさ目)	70	70	—	48	—	—	70	53 (道まだ)	64
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23	—
—	—	0.42	—	0.35	—	—	—	—	—	0.35	0.29
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	91	—
—	—	—	—	2.7	—	—	—	—	—	2.89	—
—	—	2.96	—	0.6	—	—	—	—	—	1.39	—
—	—	0.56	—	0.7	—	—	—	—	—	1.59	—
—	—	0.80	—	—	—	—	—	—	—	—	—
不明	庄: 5×5×5 引: 1.5×1.5 曲: 2×2.5×25 剪: 3×6 (2面)	JIS 3cm システム	不明	JIS	庄: 2.5×2.5×2.5 引: 1.5×1.5 曲: 2.5×2.5×29	庄: 5×5×5 引: 1.5×1.5 曲: 2×2.5×25 剪: 3×6 (2面)	庄: 2.5×2.5×2.5 引: 1.5×1.5 曲: 2.5×2.5×29	庄: 2×2×2 引: 1×1 曲: 5×5×70 剪: 5×3	庄: 5×5×5 引: 1×1 曲: 5×5×70 剪: 5×3	JIS 3cm システム 引: 3×0.5	縦庄: 2×2×6 部分縦庄: 5×5×5, 庄 5 横引: φ1.5 横引: 2.4×5 曲: 2×2×24 剪: 2×2×24
農林省林試 (10)	藤岡光長 (2)	平井信二, 他	農林省林試 (10)	木材加工技術協会 (8)	西垣言作 (9)	藤岡光長 (2)	藤林誠, 他 (1)	矢沢亀吉 (16)	三郎森 (6)	辺渡, 他 (14)	福渡七郎, 他 (3)

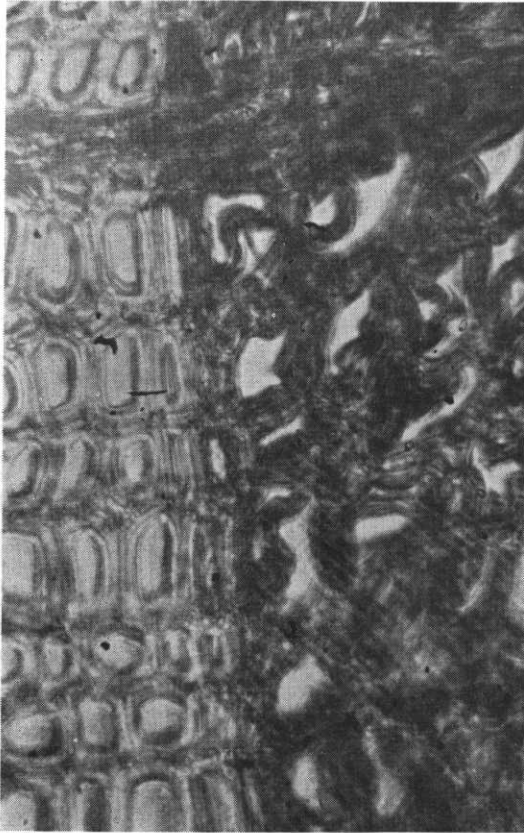


Fig. 3. 膠質層をもつ繊維 (右側)
 チョウセンヤマナラシ・グレイ

を示したものである。

チョウセンヤマナラシ3種類間の機械的性質を比較すると、その間にほとんど差違が認められないが、圧縮強さを除いてはグレイが他の2者より僅かながら大きい値を示す傾向が認められる。ドロノキもまた容積重、機械的性質ともにチョウセンヤマナラシの3者に近似している。

ドロノキ属の材の機械的性質を求めた研究は既往にも少なくない。これらの結果の一部を Table 8 に一括表示した。

引用文献

- (1) 藤林 誠・西垣晋作: 樺太演習林重要木材強弱試験成績, 東大演習林報告, 8, 115~122 (1929)
- (2) 藤岡光長: 建築用本邦産木材及石材, 第一編木材之部, 578~866 (1914)
- (3) 福渡七郎・太田 基・山下亮斉: 木材の強度に関する研究 (第2報) 北部大興安嶺産主要樹種の強度, 大陸科学院研究報告, 6-3, 47~109 (1942)
- (4) 平井信二: 林木の重量生長に関する研究 第7報 北海道演習林産ドロノキ属(1), 東大演習林報告 (投稿中)
- (5) JAYME, G.: Über die Bedeutung des Zugholzanteils in Pappelhölzern, Holz als R.u.W., 9, 173~175 (1951)
- (6) 森 三郎: 鴨緑江材材質試験, 林業試験彙報, 30, 31~52 (1931)
- (7) 日本工業規格・木材試験方法 (JIS Z 2101~Z 2118) (1957)
- (8) 日本木材加工技術協会: 日本産主要木材, ドロノキ, 木材工業, 12-6, 付録 (1957)
- (9) 西垣晋作: 北海道演習林産重要木材強弱試験成績, 東大演習林報告, 1-1, 1~40 (1957)
- (10) 農林省林業試験場: 主要木材の強度及収縮率一覽表 (1943)
- (11) 尾中文彦: 樹木の肥大生長偏倚に関する研究, 特にあての形成に伴う偏心成長の原因的考察, 京大演習林報告, 10, 1~81 (1937)

- (12) 尾中文彦：潤葉樹材の「アテ」の部分における膠質層の出現について，林誌，**19**，639～652（1937）
- (13) 尾中文彦：アテの研究，木材研究，**1**，1～88（1944）
- (14) 渡辺 誠・陳 陸 圻：満洲国産材の材質試験（第Ⅰ報），東大演習林報告，**30**，1～22（1942）
- (15) 渡辺 誠：同 上（第Ⅱ報），同 上，**31**，95～119（1943）
- (16) 矢沢亀吉：樺太産潤葉樹の材質，其の他について，樺太山林会報，**42**，23～37（1937）

（昭和 36 年 8 月稿）