

木材力学資料— I 素材の静的粘弾性

山田 正*・角谷 和男*・則元 京*
大迫 靖雄*・竹村 富男**・鈴木 正治**

Tadashi YAMADA*, Kazuo SUMIYA*, Misato NORIMOTO*, Yasuo OHSAKO*,
Tomio TAKEMURA** and Masaharu SUZUKI**: Short Manual on Wood
Mechanics I, Static Viscoelasticity of Wood.

木性諸材料の力学に関する研究状況を理解し、さらに将来の研究指針を求めるため一連の小資料を集めることを計画した。ここでは、その事始めとして、材料を素材に限り、かつ応力または歪の時間変化が最も単純な step function history を示すクリープと応力緩和（ただし、破壊は除く）に焦点をしばつた。文献の項にあげられている諸研究報告中に図示された生のデーターについて、歪または応力依存性、水分依存性、温度依存性の観点から整理したものが表 1 である。この表の中の文献記号は次頁以下に記載されたものに対応し、図中（ ）内の数字は各文献中の図番号を示す。表 1 において、クリープの応力依存性に関するデーターの密度が高いが、これは、たとえば一本のクリープ曲線のみが図示されている場合にはこの項に入れて整理したことなどもその一因となつている。

文献は単行本を除き、大体において掲載された雑誌の国別年代順に集められていて慣例によつていないが、各国における研究状況を知る目安として、かえつて好都合かと思われる。文献記号において A～D：日本，E～H：アメリカ，I～K：ドイツ，L～O：イギリス，P：オーストラリア，Q：オーストラリアにおける訳（ここにあげたものは主にソ連）T：北欧である。

表 1 にあげたデーターについて、樹種、応力状態、環境条件、測定時間などを一覧表にまとめたのが表 2 である。

本資料は、時間その他の制約のため、脱落などの不完全な個所も多いことと思う。追補して完成を期したい。

* 木材物理研究部門，Division of Wood Physics.

** 京都大学農学部，Faculty of Agriculture, Kyoto University.

表 1

		応 力 緩 和		ク リ ー プ	
歪, 応力 依存性		R(a)	A-15(6,7). B-16(3~6). D-45(11). D-76(10). O-1(1). P-2(5,6). P-9(4,5). Q-3(1,4,7). Q-4(4,5,20). Q-10(1).	C(a)	A-6(12,13). A-15(2,4,7). A-16(2,4). A-17(9,10). B-4(2~4,6). B-16(1,3,7). B-17(9,10). B-23(2,3,8~11). B-34(15~17). C-9(2,3). D-37(1,3). D-45(3). E-5(2~5,8,10). E-7(2~9). E-9(7,8,11). E-12(1). H-1(1~3). I-52(3). I-53(2). I-55(7). P-2(4,7). P-8(1~11). P-9(4,5,7,8). Q-3(1,4,7). T-3(11,16,18,19). Q-7(1~7). Q-8(3~8,9~10). D-10(1~4). Q-9(6~19). Q-10. D-71(1,2,3). D-67(6~21). D-68(1). D-70(1,3). D-66(12,13). D-69(1). D-72(5,6). D-76(3~6,15,16). D-77(8~14,18~25). D-78(2~7,11~13).
水 分 依存性	平 衡	R(b)	D-45(6). D-65(3). E-16(14,15). H-4(47,48). H-8(7,9,10).	C(b)	D-36(6). D-37(3.3a,3.3b). D-64(1~4). D-76(7,11~14).
	非平衡	R(c)	D-36(8,9). D-48(7). D-65(4,5,7). Q-4(2~6,8,9,14a,b,16a,b,17,21,22).	C(c)	E-15(1~3). O-2(1). P-2(8). P-7(1~10).
温 度 依存性	平 衡	R(d)	B-43(13). D-45(2,8~10). D-37(3.5a,3.5b,3.6,3.7a,3.7b,3.8,3.9,3.10). H-8. Q-4(2,4,6,8,9,14a,b,16a,b).	C(d)	A-6(4~7,12,13). A-37(3~5,7). B-34(12~14). D-36(2,4,6). D-37(3.1,3.8,3.12,3.13). D-45(7). E-12(2~6). E-16(10,11,12). H-4(37,38,39,40,41,43). O-3(1,2).
	非平衡	R(e)	D-37(4,6)	C(e)	A-37(6,8~10).

表 2
R-(a) 応力緩和 (歪依存性)

	(1) 樹 種	(2) 応力又は歪	(3) 水 分	(4) 温 度	(5) 時 間	(6) 備 考
A-15 Fig. 6	ブナ 0.73~0.79	曲げ (片持梁) 0.140~1.183cm	m. c. 8.0~ 15.5%, 75% R. H.	室 温	0~1000min	
A-15 Fig. 7	ブナ	曲げ (片持梁)	75% R. H.	室 温	0~1000min	
B-16 Fig. 3	ヒノキ, カバ	圧縮 (初期応力) A : 150~300 kg/cm ² T : 25~50 " R : 20~35 "	気 乾	室 温	0~6 hrs.	
B-15 Fig. 4	ヒノキ, カバ	圧縮 (初期荷重) A : 600~1200kg	気 乾	室 温	負荷時間 1min.~ 5hrs.	
B-15 Fig. 5	ヒノキ, カバ	圧縮 (初期荷重) R : 60~140kg	気 乾	室 温	負荷時間 1min.~ 4hrs.	
B-15 Fig. 6	ヒノキ, カバ	圧縮 (初期荷重) T : 70~200kg	気 乾	室 温	負荷時間 1min.~ 3hrs.	

* 0は負荷直後を示す。

D-45 Fig. 11	ブ ナ	曲 げ	wet	28°C	10 ⁻¹ ~10 ⁶ min.	
O-1 Fig. 1	hoop pine	曲 げ 16.4,17.8,19.16kg	e : green a, b, d : equ. m. c.	21°C	0~10 ⁵ min.	
P-2 Fig. 5	hoop pine	曲 げ 撓 み 45%	green	25°C	0~80 day.	初期応力に対 する緩和応力 比—時間
P-2 Fig. 6	Tasmanian mauntain ash	曲 げ 撓 み 51%		21.5°C	0~18 hr.	同 上
P-9 Fig. 4	不 明	曲 げ 250kg/cm ² (強度の47%)	green	25°C	~10 ⁵ min.	
P-9 Fig. 5	不 明	四点曲げ 280kg/cm ² (強度の37%)	7% m. c.	50°C	~10 ⁵ min.	
Q-3 Fig. 1	pine	強 度 の 0.61, 0.79, 0.95 1.13 (comp.)	10~12%	不 明	0~10 hr.	
Q-3 Fig. 4	aspen, alder	comp. 強 度 の 0.58~1.07	10~12%	不 明	~10 hr.	
Q-3 Fig. 7	pine (1.02)	comp. 強 度 の 0.52, 0.78, 1.07	10%	不 明	~10 hr.	
Q-4 Fig. 2	pine	曲 げ	0%→wet	20, 60, 100°C	0~1200 min.	
Q-4 Fig. 3	pine	曲 げ	30%→0%	60°C	0~720 min.	
Q-4 Fig. 4	pine	曲 げ 強度の 25, 50, 75 (%)	0 →wet	20, 60, 100°C	0~720 min.	
Q-4 Fig. 5	pine	"	30% m.c. →R.H. 10%	60~65°C	0~720 min.	
Q-4 Fig. 20	pine, beech	曲 げ pine 50% beech 68%	wet→ air drying	60°C	0~1440 min.	

R-(b) 応力緩和(水分依存性—平衡状態)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
D-45 Fig. 6	ヒノキ(ホルム アルデヒド処理 と未処理)	片持曲げ Ri たわみ 6~7mm	75% R.H.—wet	20°C	1~10 ³ min.	Eとφ
D-65 Fig. 3	ブ ナ 0.60~0.61	曲 げ 両端支持梁	80±2.5% R. H.	25±0.5°C	1~10 ⁴ sec	
D-76 Fig. 10	ヒ ノ キ	曲げ初期荷重 170gr	R. H. 40~65%	約 20°C	0~31day	室内の湿度変 化が応力緩和 に及ぼす影響
E-17 Fig. 14 H-4 Fig. 48	Red oak	tension, comp. initial stress (p. s.i.) 127, 159, 191, 223, 254, 286, 162, 78, 94, 110, 126, 142	...m.c. 12% ...green	180°F	0~30hr.	
E-17 Fig. 15 H-4 Fig. 47	"	tension, comp. initial stress (p. s.i.) 425, 531, 637, 744, 850, 955, 271, 339, 407, 475, 542, 610,	...m.c. 12% ...green	75°F	0~70hr.	

R-(c) 応力緩和 (水分依存性—非平衡状態)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
D-36 Fig. 8	ブ ナ	曲 げ	気乾, 生材→ 乾燥過程	25°C	2~5000 min.	
D-48 Fig. 7	ヒ ノ キ	曲 げ 比例限度の 1/3 の初期応力	気 乾 湿 潤	18°C	1~10 ⁵ sec.	
D-65 Fig. 4	ブ ナ 0.60~0.61	曲 げ	80±2.5% R. H.	25±0.5°C	1~10 ⁴ sec.	
D-65 Fig. 5	ブ ナ 0.60~0.61	曲 げ	80±2.5% R. H.	25±0.5°C	1~10 ⁴ sec.	
D-65 Fig. 7	ブ ナ	曲 げ	80±2.5% R. H.	25±0.5°C	1~10 ⁴ sec.	
Q-4 Fig. 2	pine	曲 げ	0→wet	20, 60, 100°C	0~1200min.	
Q-4 Fig. 3	pine	曲 げ	30% m. c.→ 10% R.H.	60°C	0~720 min.	
Q-4 Fig. 4	pine	曲 げ	0→wet	20, 60, 100°C	0~720 min.	
Q-4 Fig. 5	pine	曲 げ 強度の 25, 50, 75%	30% m. c.→ 10% R.H.	60~65°C	0~720 min.	
Q-4 Fig. 6	pine	曲 げ	0%→wet 15%→" 30%→"	20, 60°C	~200 hr.	
Q-4 Fig. 8	pine	曲 げ	0→wet	20, 60, 100°C		
Q-4 Fig. 9	pine	曲 げ	15%→wet	20, 60, 100°C		
Q-4 Fig. 14	pine	曲 げ	a. 0→20% b. 18→25%	20, 60, 100°C		
Q-4 Fig. 16	pine, beech	曲 げ	a. 0→wet b. 15→"	20, 60, 100°C	0~1440min.	
Q-4 Fig. 17	pine, beech	曲 げ	0~30%	60°C		
Q-4 Fig. 20	pine, beech	曲 げ pine 50% beech 68%	wet→気乾	60°C	0~1440min.	
Q-4 Fig. 21	pine, beech	曲 げ	wet→66~68% R. H. 0 → "	60°C	0~1440min.	
Q-4 Fig. 22	pine, beech	曲 げ	50%→wet 15%→ "	60°C	0~4320min.	

R-(d) 応力緩和 (温度依存性—平衡状態)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
D-37 Fig. 3.4	ブ ナ	曲 げ R—方向	湿 潤	6~73°C 5~55.5°C	~100min.	緩和弾性率— 時間

D-37 Fig. 3.5	〃	〃	〃	〃	〃	緩和スペクトル—時間
D-37 Fig. 3.6 D-45 Fig. 8	ブ ナ 0.52	片持曲げ R—方向	湿 潤	20, 34°C	1~10 ⁴ min.	E(t)φ(logτ)
D-37 Fig. 3.7 a D-45 Fig. 10	ブ ナ 0.52, 0.46	片持曲げ R—方向	湿 潤	5~55°C 6~73°C	1~100min.	master curve of E(t)
D-37 Fig. 3.8	ブ ナ	片持曲げ R—方向	〃	C : 8°C~72°C R : 6~73 〃	C 0.3~ 100min. R 0.5~ 100min.	sift factor— 1/T
D-45 Fig. 2	ス ギ	片持曲げ 繊維方向	〃	室温~60°C	1~100min.	P/P ₁ —t
D-45 Fig. 9	ブ ナ 0.52	片持曲げ R—方向	〃	6~73°C	0.5~ 100min.	
Q-4 Fig. 2	pine	曲 げ	0→wet	20, 60, 100°C	0~ 1200min.	
Q-4 Fig. 4	pine	曲 げ 強度の 25, 50, 75%	0→wet	20, 60, 100°C	0~ 720min.	
Q-4 Fig. 6	pine	曲 げ	0→wet 15→〃 30→〃	20, 60°C	~60hr.	
Q-4 Fig. 8	pine	曲 げ	0→wet	20, 60, 100°C		
Q-4 Fig. 9	pine	曲 げ	15→wet	20, 60, 100°C		
Q-4 Fig. 14	pine	曲 げ	0→20%	20, 60, 100°C		
Q-4 Fig. 16	pine, beech	曲 げ	0→wet 15→〃	20, 60, 100°C	0~ 1440min.	

R—(e) 応力緩和（温度依存性—非平衡状態）

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
D-37 Fig. 4.6	ヒ ノ キ	曲 げ	飽 水	0~70°C	14日間	

C—(a) クリープ（応力依存性）

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
A-6 Fig. 12	ヒ ノ キ (r ₀ =0.36) 曲げヤング率 7.06×10 ⁴ kg/cm ²	曲げ(四点荷重) 47.5, 94.5, 148.5 kg/cm ²	飽水状態	10, 20, 30, 50, 70°C	1~120min.	
A-6 Fig. 13	〃	〃	〃	〃	〃	

木 材 研 究 第34号 (1965)

A-15 Fig. 2	ブ ナ (0.72~0.81)	曲げ (片持梁) 3.1~56.70 g	75% R.H. (m.c. 12.5~ 17.0%)	室 温	0~100min.	
A-15 Fig. 4	"	"	"	"	"	time (log)
A-15 Fig. 7	"	"	"	"	"	Com- pliance —time
A-16 Fig. 2	ブ ナ 0.78	片持曲げ	気 乾 13% m.c. 75% R.H.	"	0.2~10 min.	"
A-16 Fig. 4	"	片持曲げ 22gr←→0	"	"	0~40 min.	10min. づつ の Creep, re- covery 2回
A-17 Fig. 4	ヒ ノ キ	曲 げ	気 乾	"	0.5~100 min.	Creep com- pliance— time (log)
A-17 Fig. 5	"	曲 げ 10kg/cm ² 50kg/cm ²	"	"	0.2~10 min.	
B-4 Fig. 2	ヒ ノ キ	曲 げ 350~600kg/cm ²	"	"	0~24 hr.	
B-4 Fig. 3	"	曲 げ 560kg/cm ²	"	"	0~20 min.	
B-4 Fig. 4	"	曲 げ 0~700kg/cm ²	"	"	4 min.	
B-4 Fig. 6	"	曲 げ 0~600kg/cm ²	"	"	"	E(7.0, 9.0, 12.0×10 ⁴). kg/cm ²
B-16 Fig. 1	ヒノキ, カバ	圧 縮	"	"		
B-16 Fig. 7	ヒノキ, カバ	圧 縮 kg/cm ² C: 150~300 " R: 20~35 " T: 25~50 "	"	"	0~4 hr.	
B-17 Fig. 9	ヒノキ, カバ	引 張 り 50~800kg/cm ²			1~50 min.	
B-17 Fig. 10	ヒノキ, カバ	圧 縮 30~300kg/cm ²			1~50 min.	
B-23 Fig. 2, 3	ヒノキ, (0.49~0.52) スギ (0.39)	引張 り kg/cm ² A: 44.5~345.8 " R: 12.8~52.52 " T: 12.8~52.52 "	ヒノキ 13.1~14.5% スギ 11.4%		1~10 min.	
B-23 Fig. 8~14	ヒノキ, (0.49~0.52) スギ (0.39)	同 上	"		"	
B-34 Fig. 15	hoop pine	圧 縮 500~1750 p.s.i.			0~30 hr.	
B-34 Fig. 16	"	圧 縮 0~1200 p.s.i.	4.1~22.6%			残留変形
B-34 Fig. 17	トドマツ	圧 縮 1~7kg/cm ²	飽 水	120~180°C		
C-9 Fig. 2	ス ギ (0.25~0.26) エゾマツ (0.40~0.47) アカマツ (0.44~0.48)	曲 げ スギ 25, 35, 45kg エゾマツ 50, 65, 80 " アカマツ 50, 75, 105 "	75% R. H.	20°C	0~270hr.	

C-9 Fig. 3	スギ, エゾマツ, アカマツ	曲 げ	75% R. H.	20°C	0~270hr	
D-37 Fig. 3.2	ブ ナ	曲 げ	気 乾 (75% R.H.)	室 温	~40 min.	Creep と recovery と の重ね合わせ
D-37 Fig. 1.3		振 り 40kg/cm ²			0~10 day.	
D-45 Fig. 3	ブナ, ヒノキ	片持曲げ 10gr~30gr R方向	湿 潤	室 温	1~90 min.	Scale factor
D-66 Fig. 12	秋田スギ	片持曲げ 応力比 55, 60%	気 乾	室 温		長期荷重を受 けた材と受け ていない材の 荷重-撓み曲 線の比較
D-66 Fig. 13	"	" 30, 45%	"	"		"
D-67 Fig. 5	秋田スギ	四点曲げ 応力比 3~82%	気 乾	室 温	200時間で除 荷, 除荷後 200時間まで 測定	クリープおよ びクリープ回 復
D-67 Fig. 6	"	" 12~69%	"	"	"	"
D-67 Fig. 7	"	"	"	"	~400 hr.	クリープ曲線
D-67 Fig. 8	"	" 12~48%	"	"	~200 hr.	クリープ関数 -時間曲線
D-67 Fig. 9	"	" 3~82%	"	"	"	"
D-67 Fig. 10	"	" 12~69%	"	"	"	"
D-67 Fig. 11	"	" 12~48%	"	"	"	" 時間目盛が対 数
D-67 Fig. 12	"	" 3~82%	"	"	"	"
D-67 Fig. 13	"	" 12~69%	"	"	"	"
D-67 Fig. 16	"	" 3~82%	"	"	"	クリープ回復 曲線
D-67 Fig. 17	"	" 12~69%	"	"	"	"
D-67 Fig. 18	"	" 3~82%	"	"	"	" 時間が対数目 盛
D-67 Fig. 19	"	" 12~69%	"	"	"	"
D-67 Fig. 20	"	"	"	"	"	クリープ試験 を行った試片 の応力-歪曲 線

木 材 研 究 第34号 (1965)

D-67 Fig. 21	秋田スギ	四点曲げ	気 乾	室 温	~200時間	クリープ関数 と応力比の関 係
D-68 Fig. 1	秋田スギ	片持梁 静的破壊荷重の 70~90%	気 乾	室 温	破壊までの時 間	
D-68 Fig. 2	"	"	"	"	"	
D-69 Fig. 1	秋田スギ		気 乾	室 温	100日間	曲げクリープ 特性曲線
D-70 Fig. 1	秋田スギ	片 持 梁 最初の1カ月は1 日おき以後2日お きに負荷, 除荷	気 乾	室 温	100日間	
D-70 Fig. 3	"	"	"	"	"	繰返荷重形式 のものと放置 荷重形式のも のについて 破壊迄の時間 の対数と荷重 率%との関係
D-71 Fig. 2	"	"	"	"	25時間	曲げクリープ 特性曲線
D-71 Fig. 3	"	"	"	"	100日間	曲げクリープ 特性曲線と最 大曲げ応力度
D-72 Fig. 5	秋田スギ $\gamma=0.35$	圧 縮 荷重 400, 800, 1200, 1600 kg	35~80% R.H.	11~24°C	105日間	クリープを受 けた材と処女 材との応力一 歪曲線
D-72 Fig. 6	"	"	"	"	"	"
D-76 Fig. 3	ヒ ノ キ	曲 げ $\sigma=100\sim498$ kg/cm ²	室内のR. H. の 変化で変化する	室内の温度は変 化	0~20 days.	各荷重での Creep 曲線
D-76 Fig. 4	"	曲 げ $\sigma=293\sim558$ "	"	"	"	"
D-76 Fig. 5	"	曲 げ $\sigma=498$ "	"	"	0~60 min.	Creep 曲線
D-76 Fig. 6	"	曲 げ $\sigma=150\rightarrow533$ "	"	"	0~30 day.	最初 150kg/ cm ² の荷重で Creepを見, その状態で荷 重を増加して いきその Creepを見る
D-76 Fig. 15	"	曲 げ $\sigma=293, 415$ "	"	"	0~30 day.	Creep と recovery 曲線
D-76 Fig. 16	"	曲 げ $\sigma=100\text{kg}/\text{cm}^2$ "	"	"	0~80 day.	"
D-77 Fig. 8	ヒ ノ キ	引 張 $\sigma=150\sim500$ " (6段階)	気 乾	不 明	0~200min. 0~400 "	
D-77 Fig. 9	"	引 張 り $\sigma=150\sim700$ " (7段階)	"	"	0~100~ 500 min.	Creep 曲線と ともに各応力 に対応する残 留歪の記入

D-77 Fig. 10	スプルース	引張り $\sigma=118\sim750$ "	"	"	"	"
D-77 Fig. 11	ヒノキ	引張り $\sigma=450\sim700$ "	"	"	0~200 min.	歪の回復を 記入
D-77 Fig. 12	スプルース	引張り $\sigma=450\sim750$ "	"	"	"	"
D-77 Fig. 13	ヒノキ	引張り $\sigma=150\sim700$ "	"	"	0~100~ 500 min.	Fig. 9. の関 係を対数グラ フに記入した もの
D-77 Fig. 14	スプルース	引張り $\sigma=150\sim750$ "	"	"	"	Fig. 10 "
D-77 Fig. 18	ヒノキ	引張り $\sigma=450\sim700$ "	"	"	0~200 min.	Fig. 11 "
D-77 Fig. 19	スプルース	引張り $\sigma=450\sim750$ "	"	"	"	Fig. 12 "
D-77 Fig. 20	ヒノキ	引張り $\sigma=370$ "	R.H. 約 50~90%	12°C~18°C	0~150 hr.	
D-77 Fig. 21	"	引張り $\sigma=490$ "	" 70~90%	18°C~20°C	0~600 hr.	
D-77 Fig. 22	"	引張り $\sigma=370$ "	" 65~70%	15°C~17°C	8~13 hr.	Fig. 20 の間 を拡大記入
D-77 Fig. 23	"	引張り $\sigma=490$ "	" 83%	18°C~20°C	8~17 hr.	Fig. 21 "
D-77 Fig. 24	"	引張り $\sigma=370$ "	" 65~70%	15°C~17°C	8~13 hr.	Fig. 22 から $d\varepsilon/dt-dH/dt$ を求めたもの
D-77 Fig. 25	"	引張り $\sigma=490$ "	" 83%	18°C~20°C	8~17 hr.	Fig. 23 "
D-78 Fig. 2	"	圧縮 $\sigma=44.5\sim345$ "	気 乾	不 明	0~10 min.	A—方向での load, unload の creep 曲線
D-78 Fig. 3	"	" $\sigma=12.8\sim52.52$ "	"	"	"	R—方向 "
D-78 Fig. 4	"	" $\sigma=12.8\sim52.52$ "	"	"	"	T—方向 "
D-78 Fig. 5	スギ	" $\sigma=39\sim209$ "	R.H. 43±3%	"	0~60 min.	A—方向 "
D-78 Fig. 6	"	" $\sigma=6.30\sim23.20$ "	"	"	"	R—方向 "
D-78 Fig. 7	"	" $\sigma=4.79\sim23.70$ "	"	"	"	T—方向 "
D-78 Fig. 10	ヒノキ	" R, T -方向 $\sigma=0\sim50$ " A -方向 $\sigma=10\sim300$ "	気 乾	"	"	$d\varepsilon/dt$ — σ のグラフ
D-78 Fig. 11	"	"	"	"	0~40 min.	$d\varepsilon/dt$ — t "

木 材 研 究 第34号 (1965)

D-78 Fig. 12	スギ	圧縮 (三方向)	R.H. 43±3%	"	0~60 min.	$\frac{d\epsilon}{dt}-\sigma$
D-78 Fig. 13	"	"	"	"	0~40 min.	$\frac{d\epsilon}{dt}-t$
D-78 Fig. 16	ヒノキ	" R.T -方向 0~50kg/cm ² A-方向 0~300 "	気乾	不明	0~60 min.	recovery における $\frac{d\epsilon}{dt}-\sigma$
D-78 Fig. 17	"	"	"	"	0~40 min.	$\frac{d\epsilon}{dt}-t$
D-78 Fig. 18	スギ	"	R.H. 43±3%	"	0~60 min.	$\frac{d\epsilon}{dt}-\sigma$
D-78 Fig. 19	"	"	"	"	0~40 min.	$\frac{d\epsilon}{dt}-t$
E-5 Fig. 2	Red oak 0.64	引張り 0~100%	12%	75~85°F	~28 min.	
E-5 Fig. 3	Cedro branco 0.46	引張り 0~100%	12%	75~85°F	"	
E-5 Fig. 4	Douglas-fir 0.56	"	"	"	"	
E-5 Fig. 5	Kaneel hart 1.04 Douglas-fir 0.56 Angelique 0.78 Cedro branco 0.46 Determa 0.52 Timbauba 0.94 Bass wood 0.40 Red wood 0.64	引張り 強度の 0~70%	12%	75~85°F	~28 min.	
E-5 Fig. 8	Red oak	"	"	"	"	
E-5 Fig. 10	Cedro branco	引張り 0~90%	"	"		
E-7 Fig. 2	Cedro branco	引張り 0~8000 microin./in.	12%	75~86°F	~30min.	
E-7 Fig. 2	Red oak	"	"	"	"	
E-7 Fig. 3	Cedro branco Red oak	引張り 0~12,000 microin/in.	"	"	"	Creep index —initial strain
E-7 Fig. 4	Red oak (0.64)	引張り 強度の0~100%	"	"	"	
E-7 Fig. 5	Cedro branco (0.45)	引張り 0~100%	"	"	"	
E-7 Fig. 6	Douglas-fir (0.45)	引張り 0~80%	"	"	"	
	Red oak Bass wood					

E-7 Fig. 7	Determa Red wood 0.32 Cedro branco Man wood Red wood 0.37 Douglas-fir 0.45 Timbauba Angelique Douglas fir 0.55 Cupiuba Kaneel hart	引張り 0~10,000 microin/in.	12%	75~86°F	~30min.	
E-7 Fig. 8	同 上	引張り 強度の 0~80%	"	"	"	
E-7 Fig. 9	同 上	引張り 5000~14000 microin/in.	"	"	"	
E-9 Fig. 7	white pine	曲 げ			0~750 sec.	
E-9 Fig. 8	white pine western red cedar	曲 げ 2,100 p.s.i.			~10 ³ min.	
E-9 Fig. 11	hoop pine	tan δ (曲げ)			10 ⁻⁸ ~10 ⁴ cps	
E-12 Fig. 1	western red cedar (0.31)	三点曲げ 6196gr—1.12 ×10 ⁵ dyn/cm ²	16%	40°C	1~100 min.	
H-1 Fig. 1	Sitka spruce	comp. 強度の 105%			0~4 sec.	
H-1 Fig. 2	Douglas-fir	曲 げ 強度の 75%			0~24—28日	
H-1 Fig. 3	同 上	comp. 強度の 52%			0~60日	
I-52 Fig. 4	Fichte	comp. 25, 50, 100, 200 kp/cm ²	17%		~60 min.	
I-53 Fig. 2	同 上	引張り 70%	気 乾	室 温	0~120 hr.	
I-55 Fig. 7	balsa	曲 げ 強度の 60, 58%			~220 hr.	Technologie des Holzes の引用
P-2 Fig. 4	mountain ash	曲 げ 500~4000lb/in ² .	気 乾	40°C	0~16ヵ月	
P-2 Fig. 7	Tasmanian mountain ash Victorian mountain ash Alpine ash	曲 げ 強度の 0~80%	0~100 R.H.		0~54 hr.	
P-8 Fig. 1	hoop pine	曲 げ 85, 80, 75, 70, 65, 60, 55%		21.5°C 41.5°C	0~16 hr.	creep
P-8 Fig. 2	hoop pine	同 上		"	"	recovery
P-8 Fig. 3	Victorian mountain ash	曲 げ 80, 75, 70, 65, 60, 55, 50, 45%		21.5°C 41.5°C 56.5°C	1~16 hr.	creep

木 材 研 究 第34号 (1965)

P-8 Fig. 4	Victorian mountain ash	曲 げ 80, 75, 70, 65, 60 55, 50, 45%		21.5, 41.5, 56.5°C	0~16 hr.	recovery
P-8 Fig. 5	Tasmanian mountain ash	曲 げ 同 上		21.5°C	0~16 hr.	creep
P-8 Fig. 6	black butt	曲 げ 85, 80, 75, 70, 65, 55, %		21.5°C	0~16 hr.	
P-8 Fig. 7	hoop pine	曲 げ 同 上		21.5°C 41.5°C	0~16 hr.	
P-8 Fig. 8	hoop pine	同 上		同 上	"	
P-8 Fig. 9	Victorian mountain ash	同 上		21.5, 41.5, 56.58	"	creep
P-8 Fig. 10	同 上	同 上		"	"	recovery
P-8 Fig. 11	Tasmanian mountain ash	曲 げ 85~50%		21.5°C	"	
P-9 Fig. 4	不 明	三点曲げ 250kg/cm ²	green	25°C	~10 ³ min.	
P-9 Fig. 5	不 明	四点曲げ 280kg/cm ²	7%	50°C	~10 ³ min.	
P-9 Fig. 7	不 明	剪 断 17~35kg/cm ²	11%	25°C	~4日	creep- recovery
Q-3 Fig. 1	pine	comp. 強度の 61, 79, 95, 113%	10~12%		0~10 hr.	
Q-3 Fig. 4	aspen alder	comp. 強度の 58~107%	10~12%		~10 hr.	
Q-3 Fig. 7	pine 1.02	comp. 強度の 52, 78, 107%	10%		~10 hr.	
P-15 Fig. 1	mountain ash	曲げ四点荷重破壊 強度の7%の荷重	12% m. c.	室 温	2日間	クリープ
P-15 Fig. 2	"	" 14%	"	"	"	"
P-15 Fig. 3	"	27%	"	"	"	"
P-15 Fig. 4	"	7.14, 27%	"	"	"	"
P-15 Fig. 5	"	7%	"	"	"	クリープ 回復
P-15 Fig. 6	"	14%	"	"	"	"
P-15 Fig. 7	"	27%	"	"	"	"
P-14 Fig. 3	mountain ash	曲げ四点荷重 fibre stress 4000lb/in ²	気 乾	室 温	破壊まで	9 ft span

P-14 Fig. 4	mountain ash	四点曲げ fiber stress 1000 lb/in.	気 乾	室 温	破壊まで	12 ft. span.
P-14 Fig. 5	"	2000 "	"	"	"	12 "
P-14 Fig. 6	"	4000 "	"	"	"	12 "
P-14 Fig. 7	"	4000 "	"	"	"	15 "
P-14 Fig. 8	"	4000 "	"	"	"	20 "
P-14 Fig. 10	"	250, 500 "	"	"	"	9 "
P-14 Fig. 11	"	2000 "	"	"	"	"
P-14 Fig. 12	"	4000 "	"	"	"	"
P-14 Fig. 13	"	250, 500 "	"	"	"	9 ft span クリープ回復
P-14 Fig. 14	"	1000 "	"	"	"	12ft span "
P-14 Fig. 15	"	2000 "	"	"	"	12 " "
P-14 Fig. 16	"	4000 "	"	"	"	15 "
F-3 Fig. 6	Douglas-fir	曲げ三点荷重 破壊の60~95%	6% m.c.	80°F	破壊までの 時間	初期歪の応力 依存性
F-3 Fig. 7	"	"	12%	"	"	"
F-3 Fig. 8	"	"	6%	"	"	クリープ曲線 の勾配
F-3 Fig. 9	"	"	12%	"	"	"
F-3 Fig. 10	"	"	6%	"	"	クリープ係数
F-3 Fig. 11	"	"	12%	"	"	"
F-3 Fig. 12	"	"	6%	"	"	変曲点におけ る撓み
F-3 Fig. 13	"	"	12%	"	"	"
F-3 Fig. 14	"	"	6%	"	"	変曲点までの 時間
F-3 Fig. 15	"	"	12%	"	"	"

木 材 研 究 第34号 (1965)

F-3 Fig. 16	Douglas-fir	三点曲げ 破壊の60~95%	6%	80°F	"	最小クリープ 速度
F-3 Fig. 17	"	"	12%	"	"	"
F-3 Fig. 18	"	"	6%	"	"	破壊時間
F-3 Fig. 19	"	"	12%	"	"	"
T-3 Fig. 11	不 明	曲 げ 200kg/cm ²			0~7 hr.	歪計の比較
T-3 Fig. 16	不 明	曲 げ recovery 262→0kg/cm ²			~12日	
T-3 Fig. 18	不 明	曲 げ 262kg/cm ²			242 hr.	
T-3 Fig. 19	不 明	曲 げ 262kg/cm ²			242 hr.	
E-4 Fig. 2	Determa (Ocotea rubra) $\gamma=0.53$	引 張 り 33%~68%	12% m.c.	90±1/2°F		
E-4 Fig. 3	Determa $\gamma=0.53$	initial strain 2~8C×1000 microin/in	12% m.c.	90±1/2°F		
E-4 Fig. 4	Determa $\gamma=0.53$	30~70% (ultimate tensile strain)	12% m.c.	90±1/2°F		
E-4 Fig. 5	Kaneel hart (Licaria caynnensis) $\gamma=0.57$	30~70% (percentages of the ultimate tensile strain)	12% m.c.	90±1/2°F		
E-4 Fig. 6	Ceiba (Ceiba pentandra) $\gamma=0.54$	30~70% (percentages of the ultimate tensile strain)	12% m.c.	90±1/2°F		
E-4 Fig. 7	Ceiba $\gamma=0.54$ Determa $\gamma=0.53$ Kaneel hart $\gamma=0.57$	30~70% (ultimate tensile strain)	12% m.c.	90±1/2°F		
E-4 Fig. 9	Ceiba $\gamma=0.54$ Determa $\gamma=0.53$ Kaneel hart $\gamma=0.57$	引 張 り 6000 microin/in 3000 microin/in	12% m.c.	90±1/2°F		
E-6 Fig. 3	White pine $\gamma=0.37$	引張 (L方向) 破壊強度の 30~80% の繰返し (10~110 cycle)	11.2% m.c.	90°F		初めの歪—残 留歪
E-6 Fig. 5	Determa $\gamma=0.55$ Ceiba 0.25 Kaneel hart 1.05 Timbauba 0.95 Cedrograna- dinc 0.40	引 張 り 破壊強度の 30~80%繰返し (100 cycle)	気 乾 10~13%	90°F		初めの歪—残 留歪

	Red wood 0.37 Hickory 0.82 Chewstick 0.69 White pine 0.37					
E-6 Fig. 6	Determa 0.55 Ceiba 0.25 Kaneel hart 1.05 Timbauba 0.95 Cedrogranadinc 0.40 Red wood 0.37 Hickory 0.82 Chewstick 0.69 White pine 0.37	引張り 破壊強度の 60%の繰返し (10~100 cycle)	気 乾 (10~13%)	90°F		繰返し数一残 留歪
E-6 Fig. 7	Determa 0.55 Ceiba 0.25 Kaneel hart 1.05 Timbauba 0.95 Cedrogranadinc 0.40 Red wood 0.37 Hickory 0.82 Chewstick 0.69 White pine 0.37	引張り 破壊歪みの50% の繰返し (10~100 cycle)	気 乾	90°F		繰返し数一残 留歪
E-6 Fig. 8	Determa Ceiba, Kaneel hart Timbauba. Cedrogranadinc Red wood Hickory Chewstick White pine	引張り 初期歪 5000 μ in/in の繰返し (10~100 cycle)	気 乾	90°F		繰返し数一残 留歪
E-6 Fig. 9	Chewstick 0.69	引張り, 繰返し, 破壊強度の30~80 % (100 cycle)	11.9% m.c.	90°F		初期歪一残留 歪引張り強度 弾性係数
E-12 Fig. 8	Western red cedar $r=0.31$	三点曲げ (6196g—1.12 $\times 10^8$ dyn/cm ²)	16% m.c.	60°C	1~1000 min.	60minよりの recovery 600minよりの recovery
E-13 Fig. 7	Douglas-fir	強度の 62%	6% m.c.			
E-16 Fig. 2	pine wood	木理に平行に 圧縮	湿 潤 気 乾			塑性限界応力 と荷重速度と の関係, 破壊 応力と荷重速 度の関係
Q-1 Fig. 1	oak	comp. (L方向) 214kg/cm ²	swollen	17.6°C	0~150 min.	
Q-1 Fig. 2	beech	180kg/cm ²	swollen	15.6°C	0~120 min.	

Q-2 Fig. 3	pine		12%	18°C		
P-14 Fig. 17	mountain ash	曲げ四点荷重 2000lb/in ²	気 乾	室 温		12ft span 2週間間隔で 負荷および除 荷

C—(b) クリープ (水分依存性—平衡状態)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
D-36 Fig. 6	ヒノキ, ブナ	曲げ, 木口面木取 り ヒノキ (10g) ブナ (140g)	5~25%	ヒノキ 30~75°C ブナ 25°C	120 min.	
D-64 Fig. 1	ブナ	片 持 梁 25.0kg/cm ²	4.1, 10.8, 12.9, 18.1, 25.5, 93.4 % m.c.	82.5°C 12°C	0.5~100分	
D-64 Fig. 2	ブナ	曲 げ 25.0kg/cm ²	4.1, 10.8, 12.9, 18.1, 25.5, 93.4 % m.c.	25°C	0.5~100分	
D-64 Fig. 3	ブナ	曲 げ 25.0kg/cm ²	4.1, 10.8, 12.9, 18.1, 25.5, 93.4 % m.c.	25°C	0.5~100分	
D-64 Fig. 4	ブナ	曲 げ 25.0kg/cm ²		25°C	1~100分	
D-62 Fig. 2	ヒノキ	振 り	R.H. 3, 10, 30, 50, 75, 80, 95%	15°~70°C	1~10 ⁴ 秒	
D-76 Fig. 7	ヒノキ	曲げ 撓 10/100mm (初期)	R.H. 50~70%	約 20°C	0~32 day.	図中に温度, 湿度の変化同 時に記入
D-76 Fig. 11	ヒノキ	曲げ 67kg/cm ² (弾性限界)	R.H. 50~80%	約 20°C	0~15 day.	試片の上面の 縮, 下面の伸 測定, 温度, 湿度の変化を 同時に記入
D-76 Fig. 12	"	曲 げ 歪 6/200 mm	R.H. 60~90%	約 25°C	0~18 day.	室内の湿度の Creep 曲線に およぼす影響
D-76 Fig. 13	"	曲げ 下側の伸 0~-1/100mm 上 " 0~-1/100mm	R.H. 70~85%	20~25°C	0~18 day.	曲げ試片の上 側と下側の伸 に室内湿度変 化の及ぼす影 響
D-76 Fig. 14	"	曲げ $\sigma=384\text{kg/cm}^2$ 撓み 40/100mm (初期)	R.H. 60~90%	約 25°C	0~18 day.	室内湿度変化 の Creep 曲 線に及ぼす影 響

C—(c) クリープ (水分依存性—非平衡状態)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
E-15 Fig. 1	beech	曲 げ 破壊荷重の 3/8, 1/8	0%↔93% R. H. 各 1 日 cycle		30日間	deflection- time
E-15 Fig. 2	beech	曲 げ 荷重 100, 200, 300 g	0%↔100% R. H.		2~6 cycle.	deflection- load
E-15 Fig. 3	beech	曲 げ 200 g	0↔53% R. H. 0↔81% " 0↔93% " 0↔100% " 53↔93% "		3.5 cycle.	deflection- m.c.

O-2 Fig. 1	Klinki pine (Araucaria klinkii)	曲 げ	0~100% R. H.		0~54時間	
P-7 Fig. 1	Alpine ash	曲げ, 四点, L方 向応力—生材破壊 強度の24%	green, 12% m.c., green →12% m.c. 12%→吸水	25°C	36日	
P-7 Fig. 2	Black butt	曲げ, 四点L方向 生材の破壊強度の 18%	57% m.c.→10%	30°C	14日	乾燥速度と クリープ
P-7 Fig. 3	Alpine ash	曲げ, 生材の破壊 強度の24%	112%→ 13% m.c.	40°C	20日	乾燥と クリープ
P-7 Fig. 4	Hoop pine	曲げ, 生材破壊強 度の37%	5% m.c.↔ 90% m.c.→5%	25°C	100日	
P-7 Fig. 5	Hoop pine	曲げ, 生材破壊強 度の37%	140→3%↔ 100%	25°C	73日	
P-7 Fig. 6	Alpine ash	曲げ, 生材破壊強 度の24%	green→ 14% m.c.↔ 25%	40°C	73日	
P-7 Fig. 7	Hoop pine	圧縮 (L方向) 生材破壊強度の 38%	4% m.c.↔ saturate(60%) ↔4%	25°C	106日	
P-7 Fig. 8	Hoop pine	圧縮, 生材破壊強 度の38%	110%→10% ↔saturate	25°C	61日	
P-7 Fig. 9	Hoop pine	引張 (L方向) 生材破壊強度の 29%	11% m.c.↔ saturate (90~60%)	25°C	77日	
P-7 Fig. 10	Hoop pine	引張, 生材破壊強 度の29%	green (100% m.c.) ↔7% m.c.	25°C	105日	

C—(d) クリープ (温度依存性—平衡状態)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
A-6 Fig. 4	ヒノキ ($r=0.36$)	曲げ(両端支持梁) 荷重 5.5, 3.5, 1.75 kg	飽 水	5°, 20°, 30°, 50°, 70°C	0~120分	
A-6 Fig. 5	ヒノキ (0.36)	曲げ 荷重 5.5, 3.5, 1.75 kg	飽 水	5°, 20°, 30°, 50°, 70°C	0~120分	
A-6 Fig. 6	ヒノキ (0.36)	曲げ 荷重 5.5, 3.5, 1.75 kg	飽 水	5°, 20°, 30°, 50°, 70°C	0~120分	
A-6 Fig. 7	ヒノキ (0.36)	曲げ 荷重 1.75, 5.5 kg	飽 水	5°, 20°, 30°, 50°, 70°C	1~120分	
A-6 Fig. 12	ヒノキ (0.36)	曲げ 47.5, 94.5, 148.5 kg/cm ²	飽 水	10°, 20°, 30°, 50°, 70°C	1~120分	クリープ速度 —温度
A-6 Fig. 13	ヒノキ (0.36)	曲げ, 応力 47.5, 94.5, 148.5 kg/cm ²	飽 水	10°, 20°, 30°, 50°, 70°C	1~120分	クリープ速度 —時間
A-37 Fig. 3	ヒノキ	三点曲げ 1.35 kg	飽 水	20°, 30°, 40°, 50°C	1~120分	撓み—時間
A-37 Fig. 4	ヒノキ	曲げ 1.35 kg	飽 水	20°, 30°, 40°, 50°C	1~120分	撓み—温度

木 材 研 究 第34号 (1965)

A-37 Fig. 5	ヒノキ	曲げ 1.35 kg	飽 水	20°~50°C	1~120分	$\delta_{ct} = k \exp(\alpha T)$ 中の k -time
A-37 Fig. 7	ヒノキ	曲げ 1.35 kg	飽 水	20°~50°C		弾性撓み —温度
B-34 Fig. 12	Hoop pine 合板			120~200°C		
B-34 Fig. 13~14	Hoop pine 合板	圧縮, 残留変形 0~1200 p.s.i.		120~200°C	5分 (圧縮) 55日 (回復)	
D-36 Fig. 6	ヒノキ, ブナ	曲げ, 木口面木取 り ヒノキ 10 g, ブナ 140 g	5~25% m.c.	ヒノキ 30~75°C ブナ 25°C	120分	
D-37 Fig. 3.1	ブ ナ	曲 げ	湿 潤	15°~65°C	10~6000分	
D-37 Fig. 3.8	ブ ナ	片持曲げ R—方向	湿 潤	8°C~72°C	0.3~100分	
D-37 Fig. 3.12	ブ ナ	曲 げ	湿 潤	10~70°C	$k(t)-t$ 3×10 ³ sec にて求めた もの	$\tan \delta \div \frac{n\pi}{2}$ $n = \log k(t) / \log t$ $k(t)$: クリー プコンプライ アンス
D-37 Fig. 3.13	ブ ナ	曲 げ	湿 潤	10~70°C		$\log \eta - 1/T$
D-45 Fig. 7	ブ ナ	片持曲げ R—方向	湿 潤	8°~72°C	1~100分	spectrum
E-12 Fig. 2	White pine (0.32)	三点曲げ ~1.15×10 ⁸ dyn/cm ²	16% m. c.	20°C~60°C	1~100分	recovery
E-12 Fig. 3	Western Red cedar (0.32)	三点曲げ ~1.14×10 ⁸ dyn/cm ²	16% m. c.	20°C~60°C	1~100分	recovery
E-12 Fig. 4	Sugar maple (0.58)	三点曲げ ~1.07×10 ⁸ dyn/cm ²	20% m. c.	20~100°C	1~100分	recovery
E-12 Fig. 5	White pine (0.37~0.40)	三点曲げ ~1.1×10 ⁸ dyn/cm ²	18%, 16% m. c.	20~60°C	1~100分	$\tan \delta$
E-12 Fig. 6	〃	〃	〃	〃	〃	flow
E-17 Fig. 10 H-4 Fig. 37	Red oak	引 張 り 強度の 40, 50, 60, 70, 80%	m. c. 12%	80°F, 180°F	creep— (0~70hr.) recovery (0~70hr.)	grain に 垂 直な stress
E-17 Fig. 11 H-4 Fig. 38	〃	〃 tension	green	〃	〃	〃
E-17 Fig. 12 H-4 Fig. 43	〃	〃 400~800 p.s.i. 150~300 〃	m. c. 12%	80°F, 180°F	1, 5, 10, 20, 30, 70hr.	irrecover- able creep stress in tension
H-4 Fig. 39	〃	comp. 40~80%	m. c. 12%	80°F, 180°F	creep— (0~70hr.) recovery (0~70hr.)	grain に 垂 直な stress

H-4 Fig. 40	red oak	comp. 40~80%	green	80°F, 180°F	creep (0~70hr) recovery (0~70hr)	grain に垂直 な stress
H-4 Fig. 41	"	tension 40~80%	m. c. 12% green	80°F, 180°F		"
	ヒノキ	振 り	3, 10, 30, 50, 75, 80, 95% R. H.	15°~70°C	1~10 ⁴ sec.	
E-12 Fig. 6	white pine (0.37~0.40)	三点曲げ 1.1×10^8 dyn/cm ²	18% m. c.	20°~60°C	1~100分	flow
O-3 Fig. 1	ブ ナ	横圧縮 plastic flow が生 じる応力の120%	green	20, 40, 60, 80 100°C	0~15分	
O-3 Fig. 2	beech	tangential 圧縮, plastic flow が生 ずる応力の120%	green	20, 40, 60, 80, 95°C	0~15分 creep 15~30分 recovery	

C-(e) クリープ (温度依存性—非平衡状態)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
A-37 Fig. 6	ヒノキ	曲 げ	飽 水	20°→50°C 30°→50°C 40°→50°C	1~120分	温度上昇時間 3~5分
A-37 Fig. 8	ヒノキ	曲 げ 1.35 kg	飽 水	"	1~140分	温度上昇時間 40分
A-37 Fig. 9	ヒノキ	曲 げ 1.35 kg	飽 水	30°→50°C	1~140分	温度上昇時間 10, 30, 50分
A-37 Fig. 10	ヒノキ	曲 げ 1.35 kg	飽 水	50°→40°C	1~120分	温度下降数分

文 献

応力緩和

日 本

- 南 義夫, 木材の長時間曲げ試験. 東大航研彙報 No. 136, 1090 (1935). D-76
- 山田 正, 梶田 茂, 木材の吸湿 (第4報). 木材研究 No. 13, 224 (1954). D-73
- 山田 正, 竹村富男, 梶田 茂, 木材のレオロジーに関する研究 (第3報). 木材誌, 7, 63 (1961). A-15
- 山田 正, 佐道 健, 白石信夫, 木材のレオロジーに関する研究 (第6報). 材料, 11, 50 (1962). D-45
- 山田 正, 木材のレオロジー. 木材工業, 18, 360, 402 (1963). B-42, 43
- 山田 正, 木材の粘弾性 (綜説). 京大演習林報告, 34, 159 (1963). D-37
- 山田 正, 浦上弘幸, 宮野寛文, 木材の水分拡散と粘弾性の異方性. 材料, 12, 745 (1963). D-48
- 竹村富男, 福山万治郎, 池田 豊, 水分非平衡と応力緩和. 島根農大研報, 11, 106 (1963). D-65

アメリカ

- KITAZAWA, G., Relaxation of wood under constant strain. N. Y. State Univ., Col. For., Tech. Publ. No. 67 (1947). H-

- YOUNGS, R. L., The perpendicular to grain mechanical property of red oak as related to temperature, moisture content and time. F.P.L. Rep., No. 2079 (1957). H-4
- YOUNGS, R. L., Mechanical properties of red oak related to drying. F.P.J., 7, 315 (1957). E-17
- KUNESH, R. H., The inelastic behavior of wood. F.P.J., 11, 395 (1961). E-8
- KINGSTON, R. S. T., Creep, relaxation and failure of wood. Research, 15, 164 (1962). P-2

ドイツ

- KOLLMANN, F., Über die Abhängigkeit einiger mechanischer Eigenschaften der Hölzer von der Zeit, von Kerben und Temperatur. Holz a.R.u.W., 10, 187 (1952). I-76

イギリス

- GROSSMAN, P. U. A., Stress relaxation in wood. Nature, 173, 42 (1954). O-1

オーストラリア

- GROSSMAN, P. U. A. and R. S. T. KINGSTON, Creep and relaxation in wood during bending. Aust. J. Appl. Sci., 5, 403 (1954). P-
- KINGSTON, R. S. T. and L. N. CLARK, Some aspect of the rheological behavior of wood. Aust. J. Appl. Sci., 12, 211 (1961). P-8
- GROSSMAN, P. U. A. and R. S. T. KINGSTON, Some aspect of the rheological behavior of wood. Aust. J. Appl. Sci., 14, 305 (1963). P-9

その他

- KHUKHRYANSKII, P. N., Relaxation and creep of natural and densified wood under compression. Trudy Inst. Lesa, Akad. Nauk. S. S. S. R., 9, 337 (1953), C. S. I. R. O., Trans. No. 4802. Q-3
- あるいは Relaxation and "Aftereffect" in natural wood and presswood under compression. P. S. T. Cat. No. 166. Q-3'
- LAWNICZAK, M., Investigation on creep deformations and stress relaxation in stermed beech wood. C. S. I. R. O., Trans. No. 4395 (1958). Q-6
- LAWNICZAK, M., Study of the effect of moisture content in wood on relaxation of stresses imparted in preliminary bending. Folio forestalia polonica (1B), 103 (1959), C. S. I. R. O., Trans. No. 5099. Q-4

クリープ

日 本

- 南 義夫, 木材の長時間曲げ試験. 航研彙報, No. 136, 1090 (1935). D-76
- 南 義夫, 木材の長時間引張試験. 航研彙報, No. 174, 23 (1939). D-77
- 竹山謙三郎, 木材並びに接手の匍匐に関する予備実験 (第一報) マツ材の長期曲げ試験. 日本建築学会論文集, No. 33, 16 (1944). D-73
- 鈴木 寧, 木材の匍匐変形の研究 (第一報) 片持梁の撓匍匐と負荷時間応力との関係. 木材工業, 2, No. 8 (1947). B-4
- 鈴木 寧, 木材のクリープと含水率の関係. 林学会誌, 31, 188 (1949). A-2

- 南 義夫, 木材の匍匐的性質 (1). 木材工業, 4, 156 (1949). B-16
- 南 義夫, 木材の匍匐的性質 (2). 木材工業, 4, 222 (1949). B-17
- 南 義夫, 木材の匍匐と歪の回復. 木材工業, 8, 67 (1953). B-23
- MINAMI, Y., Compressive creep test on wood. Bulletin of eng. Yokohama National Univ., 2, 23 (1953). D-78
- 杉山英男, 田村孝之, 加賀屋靖, 河田道彦, 曲げを受ける木材のクリープ変形に関する実験的研究. 日建研報, No. 26, (1954). D-68
- 杉山英男, 田村孝之, 加賀屋靖, 河田道彦, 木材の曲げ塑性変形に関する実験的考察—クリープ現象の理論化への予備的実験として—. 日建研報, No. 26, (1954). D-69
- 杉山英男, 他4名, 木造梁のクリープに及ぼす荷重方法の影響に就て. 日建研究, No. 32, (1955). D-70
- 杉山英男, 他4名, 外気条件に於ける木造梁の曲げクリープ特性の実験式. 日建研報, No. 32, 57 (1955). D-71
- 杉山英男, 木材の曲げ強度と剛性に及ぼす荷重時間. 日本建築学会論文集, No. 52, 85 (1956). D-66
- SUGIYAMA, H., The creep deflection of wood subjected to bending under constant loading. 日本建築学会論文集, No. 55, 60 (1956). D-67
- 北原覚一, 岡部 登, 木材の曲げクリープに及ぼす温度の影響. 木材学会誌, 5, 12 (1956). A-6
- 沢田 稔, 木材梁に関する研究 (第4報). 林誌報告, 98, (1957). C-9
- 古谷 剛, 木材と塑性流動. 木材工業, 13, 526 (1958). B-34
- 杉山英男, クリープ経歴を有する木材の短期圧縮強度と弾性に就て. 日建論報, No. 58, 21 (1958). D-72
- SUGIYAMA, H., Experimental data on the prediction of the creep limit of wood in bending for creep and creep recovery tests. Res. Rep. Fev. Eng., Meiji Univ. No. 11 (1958). D-74
- 竹村富男, 福山万次郎, スギのクリープと温度について. 島根農大報, 7・8 A, 196 (1956~1960). D-63
- 竹村富男, 福山万次郎, 春名伸哉, ブナ材のクリープと含水率について. 島根農大報, No. 9, A-2, 103 (1961). D-64
- 山田 正, 竹村透己男, 梶田 茂, 木材のレオロジーに関する研究 (第3報). 木材学会誌, 7, 62 (1961). A-15
- 竹村透己男, 山田 正, 梶田 茂, 木材のレオロジーに関する研究 (第4報). 木材学会誌, 7, 68 (1961). A-16
- 竹村透己男, 福山万次郎, 荷重—たわみ曲線の初期部分とクリープについて. 木材学会誌, 7, 72 (1961). A-17
- 福山万次郎, 乾燥応力に関連する木材の物理的, 機械的性質. 京都府立大学学術報告, No. 14, 85 (1962). D-36
- 山田 正, 佐道 健, 白石信夫, 木材のレオロジーに関する研究 (第6報). 材料, 11, 50 (1962). D-45
- 山田 正, 木材のレオロジー (その1). 木材工業, 18, 360 (1963). B-42
- 山田 正, 木材のレオロジー (その2). 木材工業, 18, 402 (1963). B-43
- 山田 正, 木材の粘弾性 (綜説). 京大演習林報告, 34, 158 (1963). D-37

- 大迫靖雄, 山田 正, ブナ材における鋼球圧入. 木材研究, No. 33, 29 (1964). D-61
 北原覚一, 湯川公夫, 木材の曲げクリープに及ぼす温度変化の影響について. 木材学会誌,
 10, 169 (1964). A-37
 則元 京, 宮野寛文, 山田 正, ヒノキの振りクリープ. 木材研究, No. 34, (1965). D-62

アメリカ

- DRAFFIN, J. O. and C. W. MUHLENBURCH, The mechanical properties of balsa wood.
 Proc. Am. Soc. Test Materials, 37, 582 (1937). H-
 NORRIS, C. B. and W. J. KOMMERS, Plastic flow properties of two yellow birch ply-
 wood plates under constant shear stress. U. S. F. L. Rep., No. 1324, (1943). F-4
 WOOD, L. W., Behavior of wood under continued loading. Eng. News-Record, 804
 (1947). H-1
 DIETZ, A. G. H., Short time creep tests on Douglas fir. Proc. For. Prod. Res. Soc.,
 (1949). H-
 ELLWOOD, E. L., Properties of American beech in tension and compression per-
 pendicular to the grain and their relation to drying. Yale Univ. School of Forestry
 Bull., No. 61, (1954). H-
 STONE, J. E., The rheology of cooker wood. Tappi, 38, 452 (1955). G-3
 IVANOV, Yu. M., The strain behavior of wood. F. P. J., 7, 41-A (1957). E-16
 YOUNGS, R. L., Mechanical properties of red oak related to drying. F. P. J., 7, 315
 (1957). E-17
 YOUNGS, R. L., The perpendicular to grain mechanical property of red oak as
 related to temperature, moisture content and time. F. P. L. Rep., No. 2079 (1957). H-4
 IVANOV, Yu. M., Composite Wood, 4, 51 (1957).
 KELLOG, R. M., Strain behavior of wood subjected to repetitive stressing in tension
 parallel to the grain. F. P. J., 8, 301 (1958). E-4
 KING, E. G., The strain behavior of wood in tension parallel to the grain. F. P. J.,
 8, 330 (1958). E-5
 CLOUSER, W. S., Creep of small wood beams under constant bending load. U. S., F.
 P. L. Rep., No. 2150, (1959). F-3
 KELLOGG, R. M., Tensile properties of wood. F. P. J., 10, 586 (1960). E-6
 KING, E. G., Time-dependent strain behavior of wood in tension parallel to the
 grain, F. P. J., 11, 156 (1961). E-7
 PENTONEY, R. E. and R. W. DAVIDSON, Rheology and the study of wood. F. P. J.,
 12, 243 (1962). E-9
 DAVIDSON, R. W., The influence of temperature on creep in wood. F. P. J., 12, 377
 (1962). E-12
 MURPHEY, W. K., Cell-wall crystallinity as a function of tensile strain. F. P. J.,
 13, 151 (1963). E-18
 YOUNGS, R. L. and H. C. HILBRAND, Time-related flexural behavior of small Douglas-
 fir beams under prolonged loading. F. P. J., 13, 227 (1963). F-13
 HEARMON, R. F. S. and J. M. PATON, Moisture content changes and creep of wood.
 F. P. J., 14, 357 (1964). E-15

フランス

- CAMPREDON, J., Etude des Déformations du Bois sous l'influence des charges Permanentes. Part I, Bull. Tech., Service central d'Essais des Bois et Laboratoires de l'Inst National du Bois, 2 (1945).

ドイツ

- KOLLMANN, F., Zeit und Festigkeit. München, (1959). K-2
 KOLLMANN, F., Rheologie und Strukturfestigkeit von Holz. Holz R. W., 19, 73 (1961). I-52
 NORÉN, B., Zur Rheologie der Holzverbände. Holz R. W., 19, 93 (1961).
 KUHNE, H., Beitrag zur Theorie des Mechanischen Formänderungsverhaltens von Holz. Holz R. W., 19, 81 (1961). I-53
 CIZEK, L., Dauerfestigkeit und Rheologische Eigenschaften von Holz und Holzwerkstoffen. Holz R. W., 19, 83 (1961). I-54
 GILLWALD, W., Beitrag zur Bestimmung der Formänderung von Holz unter schwingender Beanspruchung. Holz R. W., 19, 86 (1961). I-55

イギリス

- ARMSTRONG, L. D. and G. N. CHRISTENSEN, Influence of moisture changes on deformation of wood under stress. Nature, 191, 869 (1961). O-2
 LAWNICZAK, M. and J. RECZKOWSKI, Effect of temperature on the strain recovery in wood. Nature, 192, 583 (1961). O-3

オーストラリア

- KINGSTON, R. S. T., Creep in initially green beams. C. S. I. R. O., Prog. Rep. No. 1, (1949). P-11
 KINGSTON, R. S. T. and L. D. ARMSTRONG, Creep in initially green wooden beams. Aust. J. Appl. Sci., 2, 306 (1951). P-12
 BARNARD-BROWN, E. H. and R. S. T. KINGSTON, Effect of temperature and grain orientation on strength properties of wood in tension perpendicular to grain. C. S. I. R. O., Div. For. Prod. Proj. T. P. 10-3, (1951). P-13
 HIGGINS, H. J., Factors influencing the plastic deformation of timber and plywood in compression. Anst. J. Appl. Sci., 4, 84 (1953).
 ARMSTRONG, L. D., Short term creep tests on air-dry wooden beams. C. S. I. R. O., Div. For. Prod. Proj. T. P. 16-1, Prog. Rep. No. 2 (1953). P-10
 GROSSMAN, P. U. A. and R. S. T. KINGSTON, Creep in tension and compression. The influence of stress on creep. C. S. I. R. O., Div. For. Prod. Proj. T. P. 16-2, Prog. Rep. No. 1 (1954).
 GROSSMAN, P. U. A. and R. S. T. KINGSTON, Creep and stress relaxation in wood during bending. Aust. J. Appl. Sci., 5, 403 (1954).
 GROSSMAN, P. U. A. and R. S. T. KINGSTON, Superposition tests. C. S. I. R. O., Div. For. Prod., Prog. Rep. No. 1 (1955).
 ARMSTRONG, L. D. and R. S. T. KINGSTON, Effect of moisture changes on creep in wood. Nature, 185, 862 (1960). P-1

- KINGSTON, R. S. T. and L. N. CLARK, Some aspects of the rheological behaviour of wood. **12**, 211 (1961). P-8
- KINGSTON, R. S. T., Creep, relaxation and failure of wood. *Research*, **15**, 164 (1962). P-2
- CHRISTENSEN, G. N., The use of small specimens for studying the effect of moisture content changes on the deformation of wood under load. *Aust. J. Appl. Sci.*, **13**, 242 (1962). P-4
- ARMSTRONG, L. D. and R. S. T. KINGSTON, The effect of moisture content changes on the deformation of wood under stress. *Aust. J. Appl. Sci.*, **13**, 257 (1962). P-7
- MACK, J. J., A study of creep in nailed joints. C. S. I. R. O., Aust. Div. For. Prod. Tech. Pap., No. 27 (1963). P-3
- GROSSMAN, P. U. A. and R. S. T. KINGSTON, Some aspects of the rheological behaviour of wood. *Aust. J. Appl. Sci.* **14**, 305 (1963). P-9
- KINGSTON, R. S. T. and L. D. ARMSTRONG, Creep in initially green wooden beams. *Aust. J. Appl. Sci.*, **2**, 306 (1951). P-14
- ARMSTRONG, L. D., Short term creep on air-dry wooden beams. C. S. I. R. O., Prog. Rep. No. 2, (1953). P-15
- そ の 他
- IVANOV, Yu. M., Phenomenon of high elasticity of swollen wood. *Doklady Akademii nauk, SSSR.*, **111**, 777 (1956). C. S. I. R. O., trans No. 3593. Q-1
- LAWNICZAK, M., Investigation on creep deformations and stress relaxation in steamed beech wood. C. S. I. R. O., trans. No. 4395 (1958). Q-6
- ZENKTELER, M., More about rheology of wood. *Sylvan*, **105**, 49 (1961) C. S. I. R. O. Trans. No. 5858 (1961). Q-5
- BYVSHIKH, M. D., Effect of moisture content and temperature of wood on its elastic and plastic properties. C. S. I. R. O. trans. Q-2
- 北 欧
- NORÉN, B., The measurement of strain and creep in wood. *Svenska T. T. A.*, 29B (1952). T-3