

## 6 心去り無垢梁桁材のクリープ特性の解明

木材部 今井信、吉田孝久、奥原祐司、山口健太

大径 A 材丸太から木取られた「心去り無垢梁桁材」について、曲げクリープ変形を評価するため長期荷重性能試験を実施した。

その結果、相対クリープの予測では、カラマツ及びスギともに載荷後 24 時間以内のデータを除外してパワー則で求めた回帰式が良く適合していた。また、自然環境下の実測値は、恒温恒湿室内のそれに比べて変動が大きく、クリープ調整係数の平均値は、カラマツ及びスギともに、恒温恒湿室内 > 自然環境下、減圧乾燥材 > 蒸気乾燥材となった。特にカラマツの減圧乾燥材のそれで 2 を上回る試験体があり、減圧乾燥はスケジュールの改良が必要と思われた。

キーワード：大径 A 材丸太、心去り梁桁材、カラマツ、スギ、クリープ変形

### 1 試験の目的

木材には、一定の荷重をかけ続けると変形（たわみ）が増大していく性質（クリープ特性）がある。大径材から木取られる横架材については特に長期間の荷重に対する性能を把握しておく必要がある。

本課題においては、大径 A 材丸太から木取られた「心去り梁桁材」について、クリープ変形を評価するため長期荷重性能試験を実施し、乾燥方法の違いによるクリープ変形の違い等を検討する。

### 2 試験方法

試験及び解析方法は、建築基準法第 37 条に基づく指定建築材料の品質基準を定めるための測定方法が記載された平成 12 年度建設省告示第 1446 号<sup>1)</sup>、枠組壁工法建築物構造計算指針（一般社団法人日本ツーバイフォー建築協会）<sup>2)</sup>及び「構造用木材の強度試験マニュアル」（（財）日本住宅木材・技術センター）<sup>3)</sup>、また既報の文献<sup>4,5,6,7,8)</sup>を参照して実施、検討した。

#### 2.1 試験体

長期荷重試験体は、②心去り木取りから製材されたカラマツ及びスギ「心去り無垢梁桁材」とした。心去り木取り用 20 体の丸太から、それぞれ心去り無垢梁桁材 2 体を製材し、おのおの蒸気式中温乾燥と蒸気圧力併用式中温乾燥を実施した。乾燥後にモルダールにより 105×240×4,000mm に仕上げたのち  $E_{fr}$  等を測定し、同一丸太から製材した「心去り無垢梁桁材」の 2 体の  $E_{fr}$  の平均値を算出した。次に、この 20 組の平均値を用いて、 $E_{fr}$  の平均値と変動係数がほぼ等しくなるように各 10 組（「心去り無垢梁桁材」各 20 体）に 2 分割した。その一方 10 組 20 体の梁桁材について、短期曲げ試験を実施し、もう一方 10 組 20 体を長期曲げ試験体

とした。今回は、そのうち各樹種 5 組 10 体について長期荷重試験を実施した。なお、短期曲げ試験の詳細は、「3 心去り無垢梁桁材の乾燥及び強度特性の解明」に記載している。

#### 2.2 試験方法

クリープ試験装置は、林業総合センターのモーメントアーム方式のクリープ試験装置 10 台を用いて行う（写真 6-1）。試験機は、試験体の荷重点に約 15 倍程度の荷重が加わる仕様となっており、試験前に実際に荷重点に生じる荷重をロードセルで測定し確認する。

荷重条件は、張り出し部分を 100mm 以上確保するため、短期曲げ強度試験（スパン 3,900mm の 3 等分点 4 点荷重）と異なりスパンを梁せいの 15.75 倍の 3,780mm の 3 等分点 4 点荷重法とする。

試験体の設置は、同一丸太から製材した「心去り無垢梁桁材」の 2 体の荷重面（圧縮側及び引張側）が同一となるようにして、設置に際しては、荷重点や支持点においてめり込み変位が生じないようにするため、支点及び荷重点の支持の長さはおおよそ 200mm とした（写真 6-2）。

変位については、試験体の中央部の中立軸において、全スパンのたわみと、ヨークを用いてモーメントが一定になる荷重点間のたわみを測定した（写真 6-3）。計測は、データローガーにより、荷重を加え始めてから、1 日（24 時間（1,440 分）は 1 分間隔で、その後は 1 時間間隔で自動測定、自動収集した。

試験環境は、温度 20℃、相対湿度 65%の恒温恒湿室内（温湿度一定）で 5 体、自然環境下（温湿度無調整）で 5 体を実施した（写真 6-1）。試験期間は、6 週間とした。



(恒温恒湿室内) (自然環境下)

写真 6-1 試験体設置状況



写真 6-2 支点及び荷重点の支持の状況

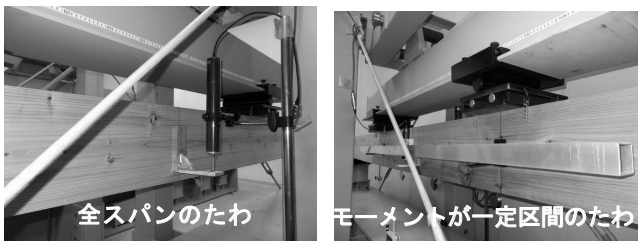


写真 6-3 変位 (たわみ) の測定状況

### 2.3 解析方法

試験で得られたクリープたわみ-時間曲線から、クリープ調整係数等を求める。

解析は、平成 12 年度建設省告示第 1446 号及び枠組壁工法建築物構造計算指針による方法（以下、告示法という）と、構造用試験マニュアルによる方法（以下、パワー則という）を行った。また、既報の研究<sup>3,4,5,6,7</sup>により、載荷後 500 分までのデータを除外し載荷後 24 時間以降のデータを対象とした解析についても、両法について行った。

告示法による解析方法を示す<sup>1,2</sup>。

経過時間  $t$  分ごとに測定されたたわみ  $\delta_t$  に対する初期たわみ  $\delta_0$  (1 分のたわみ) の比 (クリープたわみ比  $K_t$ ) を計算する (6-1) 式。次に、クリープたわみ比  $K_t$  の常用対数  $\log_{10}K_t$  と経過時間の常用対数  $\log_{10}t$  について線形回帰分析を行い、回帰直線の切片及び傾きを算出する (6-2) 式。

$$K_t = \delta_0 / \delta_t \quad (6-1)$$

$$\log_{10}K_t = e + f \cdot \log_{10}t \quad (6-2)$$

ここで、 $K_t$ :  $t$  分後のたわみに対する初期たわみの比 (クリープたわみ比)

$\delta_0$ : 載荷直後 (ここでは 1 分) の初期たわみ(mm)

$\delta_t$ :  $t$  分後のたわみ(mm)

$e$ :  $\log_{10}K_t$  と  $\log_{10}t$  の回帰直線の切片

$f$ :  $\log_{10}K_t$  と  $\log_{10}t$  の回帰直線の傾き

次に、(6-2) 式で得られた定数  $e$  と  $f$  を次式 (6-3) に代入し、荷重継続時間 50 年に対するクリープたわみ比  $K_{50y}$  を算出する。

$$K_{50y} = 10^e \times t_{50y}^f \quad (6-3)$$

ここで、 $K_{50y}$ : 荷重継続時間 50 年に対するクリープたわみ比

$t_{50y}$ : 50 年分の時間  $t$  分で

$$50 \times 365 \times 24 \times 60 = 26,280,000 \text{ 分}$$

従って、

$$K_{50y} = 10^e \times 26,280,000^f \quad (6-4)$$

次に、(6-4) 式で得られた荷重継続時間 50 年に対するクリープたわみ比  $K_{50y}$  の逆数により、荷重継続時間 50 年に対するクリープ調整係数  $\delta_{50y} / \delta_0$  を得る。

$$\delta_{50y} / \delta_0 = 1 / K_{50y} \quad (6-5)$$

ここで、 $\delta_{50y} / \delta_0$ : 荷重継続時間 50 年に対するクリープ調整係数

$\delta_{50y}$ : 50 年後の予測たわみ(mm)

次に、パワー則による解析方法を示す<sup>3</sup>。

経過時間  $t$  分ごとに測定されたたわみ  $\delta_t$  から初期たわみ  $\delta_0$  (ここでは 1 分のたわみ) を除いたクリープたわみ  $\delta_c(t)$  を計算する (6-6) 式。次に、クリープたわみ  $\delta_c(t)$  の常用対数  $\log_{10}\delta_c(t)$  と経過時間の常用対数  $\log_{10}t$  について線形回帰分析を行い、回帰直線の切片及び傾きを算出する (6-7) 式。

$$\delta_c(t) = \delta_t - \delta_0 \quad (6-6)$$

$$\log_{10}\delta_c(t) = a \cdot \log_{10}t + b \quad (6-7)$$

ここで、

$\delta_c(t)$ :  $t$  分後のクリープたわみ

$\delta_t$ :  $t$  分後のたわみ(mm)

$\delta_0$ : 載荷直後 (ここでは 1 分) の初期たわみ(mm)

$b$ :  $\log_{10}K_t$  と  $\log_{10}t$  の回帰直線の切片

$a$ :  $\log_{10}K_t$  と  $\log_{10}t$  の回帰直線の傾き

次に、(6-7)式で得られた定数  $b$  と  $a$  を、次式(6-8)に代入し、荷重継続時間 50 年に対するクリープたわみを算出する。

$$\delta_c(t_{50y}) = t_{50y}^a \times 10^b \quad (6-8)$$

ここで、 $\delta_c(t_{50y})$  : 荷重継続時間 50 年に対する  
クリープたわみ

$t_{50y}$  : 50 年分の時間  $t$  分で  
 $50 \times 365 \times 24 \times 60 = 26,280,000$  分

従って、

$$\delta_c(t_{50y}) = 26,280,000^a \times 10^b \quad (6-9)$$

次に、(6-9)式で得られた荷重継続時間 50 年に対するクリープたわみにより、50 年後の予測たわみ  $\delta_{50y}$  を求め (6-10)、荷重継続時間 50 年に対するクリープ調整係数  $\delta_{50y}/\delta_0$  (6-11) 式及び、荷重継続時間 50 年に対するクリープたわみ比 (6-12) 式を求める。

$$\delta_{50y} = \delta_c(t_{50y}) + \delta_0 \quad (6-10)$$

$$\delta_{50y}/\delta_0 = \delta_c(t_{50y})/\delta_0 + 1 \quad (6-11)$$

$$K_{50y} = \delta_0/\delta_{50y} \quad (6-12)$$

ここで、

$\delta_{50y}$  : 荷重継続時間 50 年の予測たわみ(mm)

$\delta_0$  : 載荷直後 (ここでは 1 分) の初期たわみ(mm)

$\delta_{50y}/\delta_0$  : 荷重継続時間 50 年に対する  
クリープ調整係数

$K_{50y}$  : 荷重継続時間 50 年に対する  
クリープたわみ比

## 2.4 荷重レベル及び試験体の設置

荷重レベルは、平成 12 年建設省告示第 1446 号<sup>1)</sup>や 枠組壁工法建築物構造計算指針<sup>2)</sup>、「構造用木材の強度試験マニュアル」<sup>3)</sup>などにより二つの方法が考えられる。一つは、サイドマッチング試験体による短期曲げ強度試験を行いその平均値に相当する値に、長期基準許容応力度などの設定荷重レベルを乗じた値を負荷する方法。もう一つは、平成 12 年建設省告示第 1452 号に定められた基準強度に設定荷重レベルを乗じた値を負荷する方法が示されている。

「3 心去り無垢梁桁材の乾燥及び強度特性」の短期曲げ強度試験の結果では、機械等級区分製材の告示基準強度を概ね満たしていた。このことから、荷重レベルは、平成 12 年度建設省告示第 1452 号に定められた機械等級区分製材の基準強度に 1.1/3 を乗じた値とした。

なお、同一丸太から製材した「心去り無垢梁桁材」2 体の  $E_{fr}$  による機械等級区分が違った場合は、ペア 2 体の  $E_{fr}$  の平均値により機械等級区分を決定した。

試験体の設置環境、積載荷重等の概要についてカラマツを表 6-1 に、スギを表 6-2 に示す。恒温恒湿室内及び自然環境下において、同一原木から製材した乾燥方法の違う 2 ペア (各 4 体) の心去り梁桁材についてクリープ変形等の違いを検討した。また、1 ペア (2 体) については、蒸気乾燥試験体を恒温恒湿室内に、減圧乾燥試験体を自然環境下 (温湿度無調整) に設置した。

表 6-1 カラマツ試験体の設置環境、積載荷重等の概要

設置環境	試験体 No.	乾燥区分	縦振動 ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	含水率計 含水率 (%)	機械等級区分	機械等級区分 基準強度 (N/mm <sup>2</sup> )	積載荷重 (基準強度×1.1/3)		ロードセル 確認荷重 (kN)
							(kN)	(kg)	
恒温恒湿室	38	1 蒸気	14.53	22.0	E150	55.2	32.8	3347	32.9
	38	2 減圧	15.12	19.5	E150	55.2	32.8	3340	32.8
	47	1 蒸気	11.44	16.5	E110	46.8	27.8	2837	28.0
	47	2 減圧	13.52	21.0	E130	46.8	27.8	2832	27.8
	53	1 蒸気	13.22	16.5	E130	46.8	27.9	2841	27.8
自然環境下	53	2 減圧	13.44	8.5	E130	46.8	27.8	2837	28.4
	58	1 蒸気	14.19	15.0	E150	55.2	32.8	3347	33.3
	58	2 減圧	13.29	6.5	E130	55.2	32.9	3353	33.4
	65	1 蒸気	11.76	12.0	E110	38.4	22.7	2319	22.9
	65	2 減圧	11.28	8.0	E110	38.4	22.8	2320	23.0

表 6-2 スギ試験体の設置環境、積載荷重等の概要

設置環境	試験体 No.	乾燥区分	縦振動 ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	含水率計 含水率 (%)	機械等級区分	機械等級区分 基準強度 (N/mm <sup>2</sup> )	積載荷重 (基準強度×1.1/3)		ロードセル 確認荷重 (kN)	試験体重量 (kg)			
							(kN)	(kg)		試験前 (11/5)	試験後 (1/10)	重量増減	
恒温 恒温室	9	1	蒸気	7.60	9.5	E70	29.4	17.3	1761	17.6	38.822	39.063	-0.241
	9	2	減圧	7.64	11.0	E70	29.4	17.4	1777	17.4	42.123	42.362	-0.239
	39	1	蒸気	7.98	10.5	E90	34.8	20.5	2087	20.8	36.279	36.386	-0.107
	39	2	減圧	7.89	11.0	E90	34.8	20.6	2102	20.6	35.417	35.382	0.035
	45	1	蒸気	9.08	11.0	E90	34.8	20.4	2078	20.4	37.123	37.316	-0.193
自然 環境下	45	2	減圧	8.13	11.0	E90	34.8	20.6	2099	20.6	37.694	37.518	0.176
	2	1	蒸気	9.69	11.0	E90	34.8	20.4	2083	20.4	42.028	41.993	0.035
	2	2	減圧	9.30	13.5	E90	34.8	20.6	2096	20.8	42.316	42.189	0.127
	50	1	蒸気	10.25	10.0	E110	40.8	24.0	2443	24.0	42.833	42.893	-0.06
	50	2	減圧	10.33	11.0	E110	40.8	24.2	2466	24.4	42.724	42.784	-0.06

※スギについては、試験前後に試験体重量を測定した

### 3 試験結果

#### 3.1 相対クリープの予測

カラマツ試験体の恒温恒温室内（温湿度一定）でのクリープ変形試験について、告示法によるクリープ解析結果を表 6-3 及び図 6-1 に、載荷後 24 時間以内のデータを除外した解析について表 6-4 及び図 6-2 に示す。また、パワー則による解析結果を、表 6-5 及び図 6-3 に、24 時間以内のデータを除外した解析について表 6-6 及び図 6-4 に示す。

告示法、パワー則のいずれも、載荷後から 24 時間以内のデータを除外した解析が実測値に近く、特にパワー則の 24 時間以内のデータを除外した解析結果（図 6-4）が良く適合していた。

次に、カラマツ試験体の自然環境下（温湿度無調整）でのクリープ変形試験について、告示法によるクリープ解析結果を表 6-7 及び図 6-5 に示し、告示法の 24 時間以内のデータを除外した解析について表 6-8 及び図 6-6 に示す。また、パワー則による解析結果を、表 6-9 及び図 6-7 に示し、パワー則の 24 時間以内のデータを除外した解析について表 6-10 及び図 6-8 に示す。

告示法では、載荷後から 24 時間以内のデータを除外した解析が実測値に近く、パワー則ではいずれの解析も適合していたが、載荷後から 24 時間以内のデータを除外した解析結果（図 6-8）が良く適合していた。

スギ試験体の恒温恒温室内（温湿度一定）でのクリープ変形試験について、告示法によるクリープ解析結果を表 6-11 及び図 6-9 に示し、告示法の 24 時間以内のデータを除外した解析について表 6-12 及び図 6-10 に示す。また、パワー則による解析結果を、表 6-13 及び図 6-11 に示し、パワー則の 24 時間以内のデータを除外した解析について表 6-14 及び図 6-12 に示す。

告示法、パワー則のいずれも、載荷後から 24 時間以内のデータを除外した解析が実測値に近く、特にパワー則の 24 時間以内のデータを除外した解析結果（図 6-12）が良く適合していた。

次に、スギ試験体の自然環境下（温湿度無調整）でのクリープ変形試験について、告示法によるクリープ解析結果を表 6-15 及び図 6-13 に示し、告示法の 24 時間以内のデータを除外した解析について表 6-16 及び図 6-14 に示す。また、パワー則による解析結果を、表 6-17 及び図 6-15 に示し、パワー則の 24 時間以内のデータを除外した解析について表 6-18 及び図 6-16 に示す。

恒温恒温室内と同じく、告示法、パワー則のいずれも、載荷後から 24 時間以内のデータを除外した解析が実測値に近く、特にパワー則の 24 時間以内のデータを除外した解析結果（図 6-16）が良く適合していた。しかし、自然環境下では、相対クリープはおおきく変動していた。



表 6-3 クリープ試験の結果

(告示法：カラマツ 恒温恒湿室内)

設置環境	試験体No.	乾燥区分	$\delta_{1min}$	傾き f	切片 e	$\delta_{50y}$	$C_{cp}$	$K_{50y}$
恒温 恒湿 密	38	1 蒸気	18.89	-0.024	0.039	26.19	1.386	0.721
		2 減圧	21.27	-0.029	0.051	31.27	1.470	0.680
	47	1 蒸気	18.09	-0.020	0.025	24.03	1.329	0.753
		2 減圧	17.29	-0.029	0.057	24.84	1.436	0.696
	53	1 蒸気	17.71	-0.017	0.017	22.66	1.279	0.782

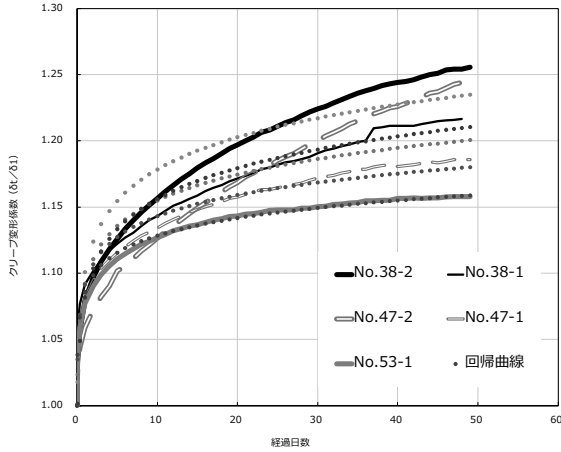


図 6-1 クリープ試験の結果  
(告示法：カラマツ 恒温恒湿室内)

表 6-4 クリープ試験の結果  
(告示法-24H 以降：カラマツ 恒温恒湿室内)

設置環境	試験体No.	乾燥区分	$\delta_{1min}$	傾き f	切片 e	$\delta_{50y}$	$C_{cp}$	$K_{50y}$
恒温 恒湿 密	38	1 蒸気	18.89	-0.035	0.086	28.15	1.490	0.671
		2 減圧	21.27	-0.044	0.117	34.54	1.624	0.616
	47	1 蒸気	18.09	-0.026	0.052	25.04	1.384	0.723
		2 減圧	17.29	-0.048	0.144	28.28	1.636	0.611
	53	1 蒸気	17.71	-0.019	0.027	23.01	1.299	0.770

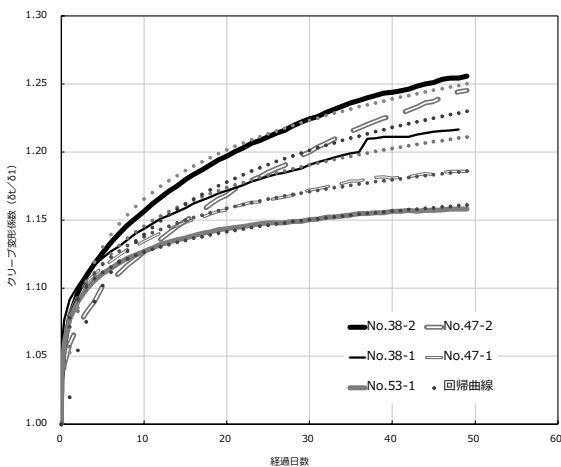


図 6-2 クリープ試験の結果  
(告示法-24H 以降：カラマツ 恒温恒湿室内)

表 6-5 クリープ試験の結果

(パワー則：カラマツ 恒温恒湿室内)

設置環境	試験体No.	乾燥区分	$\delta_{1min}$	傾き f	切片 e	$\delta_{50y}$	$C_{cp}$	$K_{50y}$
恒温 恒湿 密	38	1 蒸気	18.89	0.293	-0.800	42.60	2.255	0.443
		2 減圧	21.27	0.320	-0.805	58.22	2.737	0.365
	47	1 蒸気	18.09	0.249	-0.659	33.55	1.855	0.539
		2 減圧	17.29	0.348	-1.080	49.01	2.834	0.353
	53	1 蒸気	17.71	0.235	-0.654	30.00	1.694	0.590

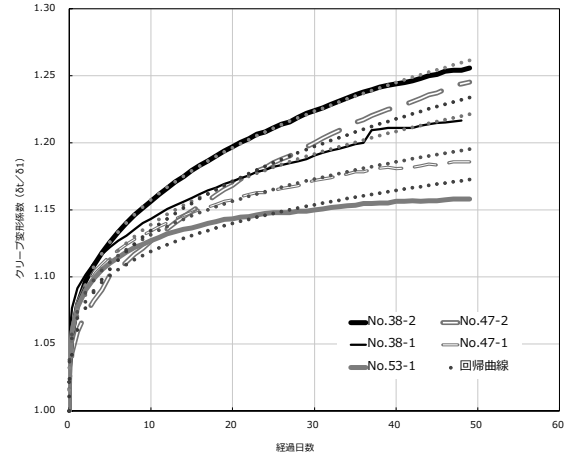


図 6-3 クリープ試験の結果  
(パワー則：カラマツ 恒温恒湿室内)

表 6-6 クリープ試験の結果  
(パワー則-24H 以降：カラマツ 恒温恒湿室内)

設置環境	試験体No.	乾燥区分	$\delta_{1min}$	傾き f	切片 e	$\delta_{50y}$	$C_{cp}$	$K_{50y}$
恒温 恒湿 密	38	1 蒸気	18.89	0.273	-0.712	39.61	2.097	0.477
		2 減圧	21.27	0.311	-0.768	56.16	2.640	0.379
	47	1 蒸気	18.09	0.216	-0.511	30.44	1.683	0.594
		2 減圧	17.29	0.387	-1.257	58.66	3.393	0.295
	53	1 蒸気	17.71	0.174	-0.379	25.81	1.458	0.686

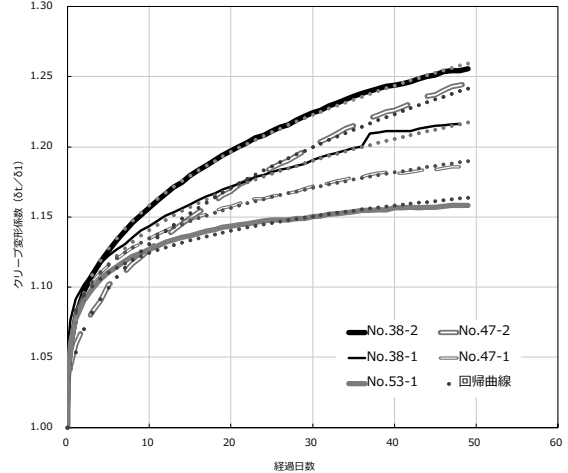


図 6-4 クリープ試験の結果  
(パワー則-24H 以降：カラマツ 恒温恒湿室内)

※ $\delta_{1min}$  : 1 分のたわみ(mm)、 $f \cdot e$  :  $\log_{10}kt$  と  $\log_{10}t$  の回歸曲線の切片  $e$  と傾き  $f$ 、 $\delta_{50y}$  : 50 年後の予測たわみ(mm)、

$C_{cp}$  : 50 年後のクリープ係数、 $K_{50y}$  : 荷重継続時間 50 年に対するクリープたわみ比の予測値

表 6-7 クリープ試験の結果  
(告示法：カラマツ 自然環境下)

設置環境	試験体No.	乾燥区分	$\delta_{1min}$	傾き f	切片 e	$\delta_{50y}$	$C_{cp}$	$K_{50y}$
自然環境下	53	2 減圧	15.06	-0.009	0.009	17.29	1.148	0.871
		1 蒸気	20.61	-0.014	0.020	25.21	1.223	0.818
	58	2 減圧	22.23	-0.019	0.030	28.73	1.292	0.774
		1 蒸気	16.47	-0.009	0.009	18.92	1.149	0.871
	65	2 減圧	15.48	-0.014	0.023	18.65	1.205	0.830

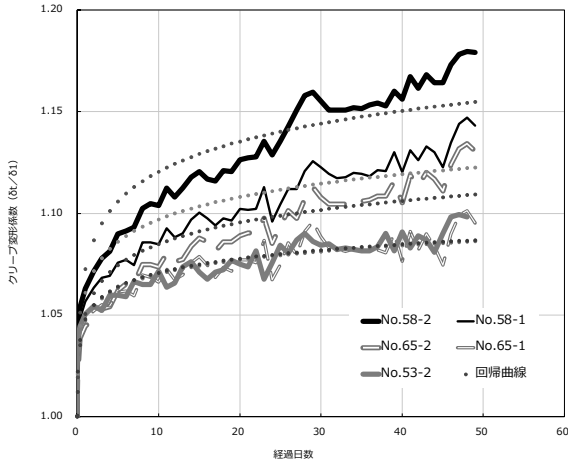


図 6-5 クリープ試験の結果  
(告示法：カラマツ 自然環境下)

表 6-9 クリープ試験の結果  
(パワー則：カラマツ 自然環境下)

設置環境	試験体No.	乾燥区分	$\delta_{1min}$	傾き f	切片 e	$\delta_{50y}$	$C_{cp}$	$K_{50y}$
自然環境下	53	2 減圧	15.06	0.210	-0.878	19.85	1.318	0.759
		1 蒸気	20.61	0.247	-0.763	32.33	1.569	0.638
	58	2 減圧	22.23	0.269	-0.732	40.52	1.823	0.549
		1 蒸気	16.47	0.228	-0.915	22.45	1.363	0.734
	65	2 減圧	15.48	0.277	-1.077	24.95	1.611	0.621

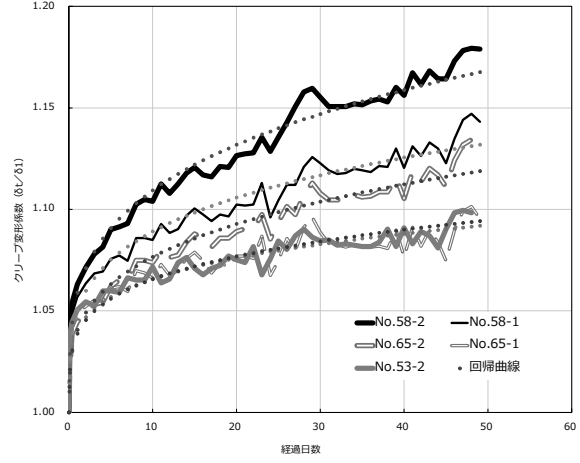


図 6-7 クリープ試験の結果  
(パワー則：カラマツ 自然環境下)

表 6-8 クリープ試験の結果  
(告示法-24H以降：カラマツ 自然環境下)

設置環境	試験体No.	乾燥区分	$\delta_{1min}$	傾き f	切片 e	$\delta_{50y}$	$C_{cp}$	$K_{50y}$
自然環境下	53	2 減圧	15.06	-0.012	0.023	17.65	1.172	0.853
		1 蒸気	20.61	-0.021	0.051	26.40	1.281	0.781
	58	2 減圧	22.23	-0.029	0.076	30.79	1.385	0.722
		1 蒸気	16.47	-0.011	0.018	19.16	1.163	0.860
	65	2 減圧	15.48	-0.022	0.057	19.64	1.269	0.788

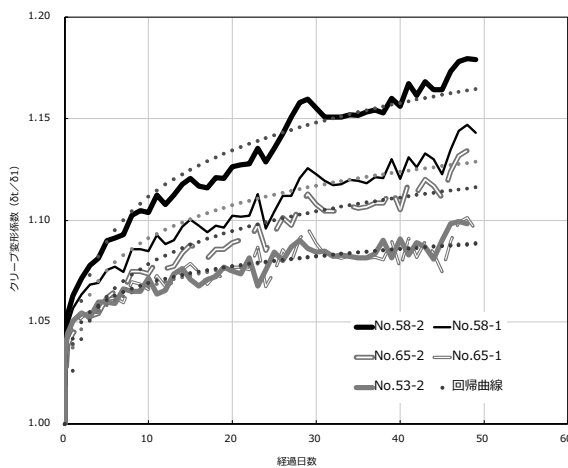


図 6-6 クリープ試験の結果  
(告示法-24H以降：カラマツ 自然環境下)

表 6-10 クリープ試験の結果  
(パワー則-24H以降：カラマツ 自然環境下)

設置環境	試験体No.	乾燥区分	$\delta_{1min}$	傾き f	切片 e	$\delta_{50y}$	$C_{cp}$	$K_{50y}$
自然環境下	53	2 減圧	15.06	0.192	-0.799	19.30	1.281	0.780
		1 蒸気	20.61	0.245	-0.756	32.15	1.560	0.641
	58	2 減圧	22.23	0.282	-0.794	42.24	1.900	0.526
		1 蒸気	16.47	0.171	-0.660	20.52	1.246	0.803
	65	2 減圧	15.48	0.287	-1.126	25.61	1.655	0.604

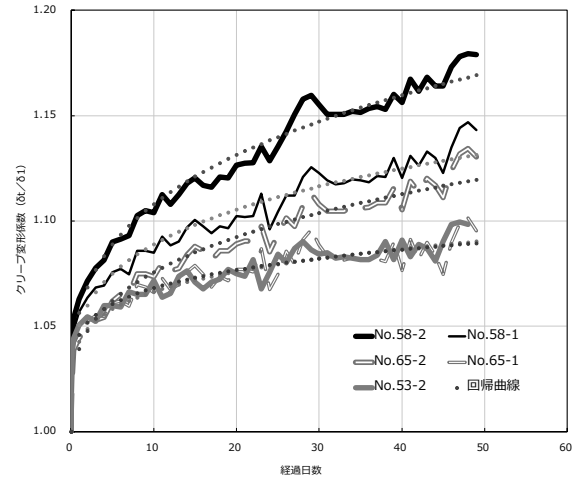


図 6-8 クリープ試験の結果  
(パワー則-24H以降：カラマツ 自然環境下)

※ $\delta_{1min}$  : 1分のたわみ(mm)、 $f \cdot e$  :  $\log_{10}Kt$  と  $\log_{10}t$ の回帰曲線の切片eと傾きf、 $\delta_{50y}$  : 50年後の予測たわみ(mm)、

$C_{cp}$  : 50年後のクリープ係数、 $K_{50y}$  : 荷重継続時間50年に対するクリープたわみ比の予測値

表 6-11 クリープ試験の結果  
(告示法：スギ 恒温恒湿室内)

設置環境	試験体No.	乾燥区分	$\delta_{1min}$	傾き f	切片 e	$\delta_{50y}$	$C_{cp}$	$K_{50y}$
恒温恒湿密	9	1 蒸気	20.12	-0.013	0.020	23.91	1.188	0.842
		2 減圧	20.32	-0.015	0.025	24.99	1.230	0.813
	39	1 蒸気	21.37	-0.001	-0.004	21.93	1.026	0.975
		2 減圧	21.22	-0.007	0.007	23.41	1.103	0.906
	45	1 蒸気	19.8	-0.012	0.017	23.42	1.183	0.845

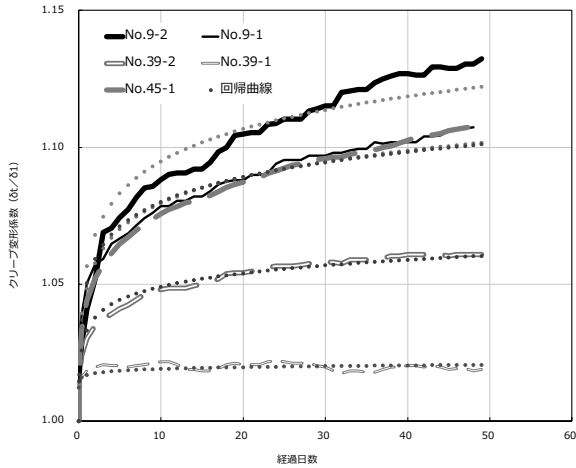


図 6-9 クリープ試験の結果  
(告示法：スギ 恒温恒湿室内)

表 6-13 クリープ試験の結果  
(パワー則：スギ 恒温恒湿室内)

設置環境	試験体No.	乾燥区分	$\delta_{1min}$	傾き f	切片 e	$\delta_{50y}$	$C_{cp}$	$K_{50y}$
恒温恒湿密	9	1 蒸気	20.12	0.311	-1.141	34.72	1.726	0.580
		2 減圧	20.32	0.282	-0.933	34.71	1.708	0.585
	39	1 蒸気	21.37	0.067	-0.677	22.03	1.031	0.970
		2 減圧	21.22	0.222	-0.935	26.35	1.242	0.805
	45	1 蒸気	19.8	0.268	-0.955	30.56	1.544	0.648

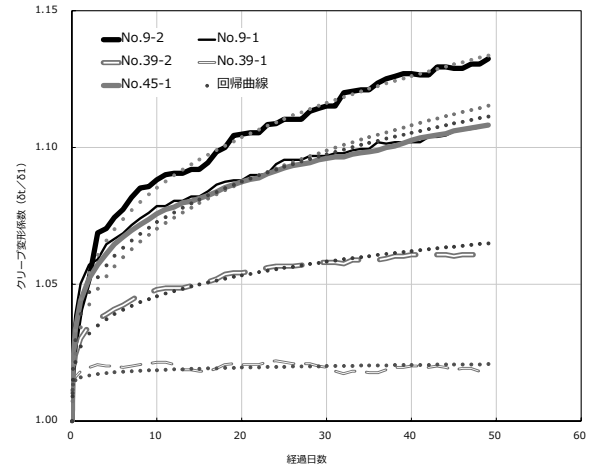


図 6-11 クリープ試験の結果  
(パワー則：スギ 恒温恒湿室内)

表 6-12 クリープ試験の結果  
(告示法-24H以降：スギ 恒温恒湿室内)

設置環境	試験体No.	乾燥区分	$\delta_{1min}$	傾き f	切片 e	$\delta_{50y}$	$C_{cp}$	$K_{50y}$
恒温恒湿密	9	1 蒸気	20.12	-0.017	0.037	24.55	1.220	0.820
		2 減圧	20.32	-0.022	0.055	26.15	1.287	0.777
	39	1 蒸気	21.37	0.000	-0.009	21.76	1.018	0.982
		2 減圧	21.22	-0.008	0.014	23.66	1.115	0.897
	45	1 蒸気	19.8	-0.016	0.035	24.07	1.216	0.823

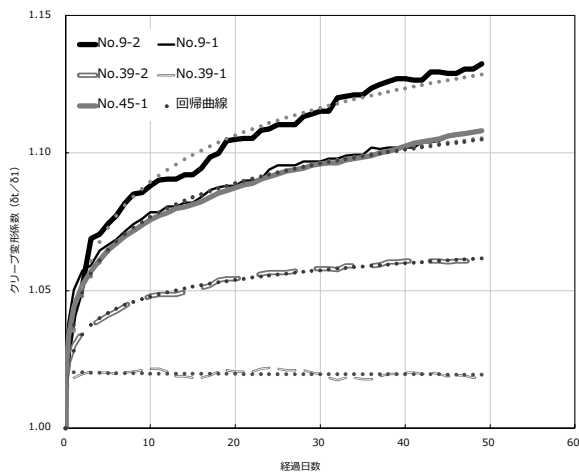


図 6-10 クリープ試験の結果  
(告示法-24H以降：スギ 恒温恒湿室内)

表 6-14 クリープ試験の結果  
(パワー則-24H以降：スギ 恒温恒湿室内)

設置環境	試験体No.	乾燥区分	$\delta_{1min}$	傾き f	切片 e	$\delta_{50y}$	$C_{cp}$	$K_{50y}$
恒温恒湿密	9	1 蒸気	20.12	0.239	-0.820	29.10	1.446	0.691
		2 減圧	20.32	0.274	-0.897	34.02	1.674	0.597
	39	1 蒸気	21.37	-0.012	-0.324	21.76	1.018	0.982
		2 減圧	21.22	0.183	-0.761	25.16	1.185	0.844
	45	1 蒸気	19.8	0.226	-0.768	27.89	1.409	0.710

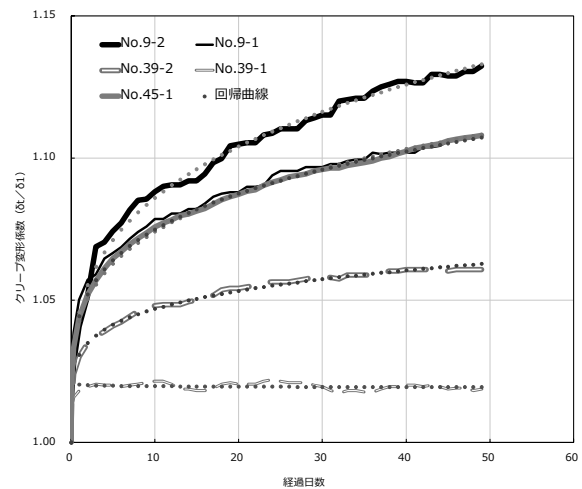


図 6-12 クリープ試験の結果  
(パワー則-24H以降：スギ 恒温恒湿室内)

※ $\delta_{1min}$  : 1 分のたわみ(mm)、 $f \cdot e$  :  $\log_{10}kt$  と  $\log_{10}t$  の回帰曲線の切片 e と傾き f、 $\delta_{50y}$  : 50 年後の予測たわみ(mm)、

$C_{cp}$  : 50 年後のクリープ係数、 $K_{50y}$  : 荷重継続時間 50 年に対するクリープたわみ比の予測値

表 6-15 クリープ試験の結果

(告示法：スギ 自然環境下)

設置環境	試験体No.	乾燥区分	$\delta_{1min}$	傾き f	切片 e	$\delta_{50y}$	$C_{cp}$	$K_{50y}$
自然環境下	45	2 減圧	20.99	-0.010	0.017	23.92	1.140	0.877
		1 蒸気	17.78	-0.005	0.003	19.27	1.084	0.923
	2	2 減圧	18.15	-0.007	0.006	20.01	1.103	0.907
		1 蒸気	18.47	-0.005	0.000	20.11	1.089	0.918
	50	2 減圧	18.41	-0.007	0.007	20.51	1.114	0.898

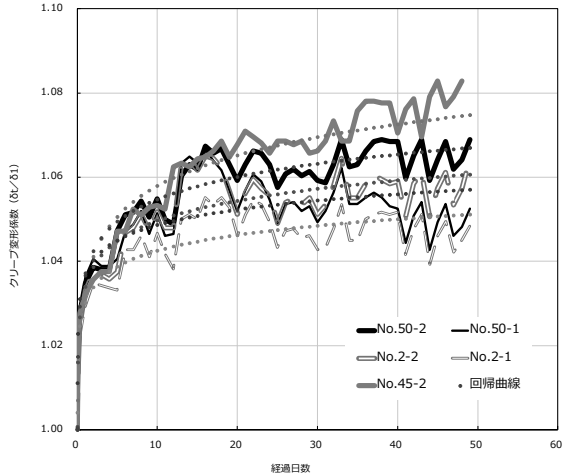


図 6-13 クリープ試験の結果  
(告示法：スギ 自然環境下)

表 6-17 クリープ試験の結果

(パワー則：スギ 自然環境下)

設置環境	試験体No.	乾燥区分	$\delta_{1min}$	傾き f	切片 e	$\delta_{50y}$	$C_{cp}$	$K_{50y}$
自然環境下	45	2 減圧	20.99	0.330	-1.350	33.63	1.602	0.624
		1 蒸気	17.78	0.238	-1.150	21.89	1.231	0.812
	2	2 減圧	18.15	0.269	-1.212	24.25	1.336	0.748
		1 蒸気	18.47	0.175	-0.800	21.62	1.170	0.854
	50	2 減圧	18.41	0.228	-0.981	23.58	1.281	0.781

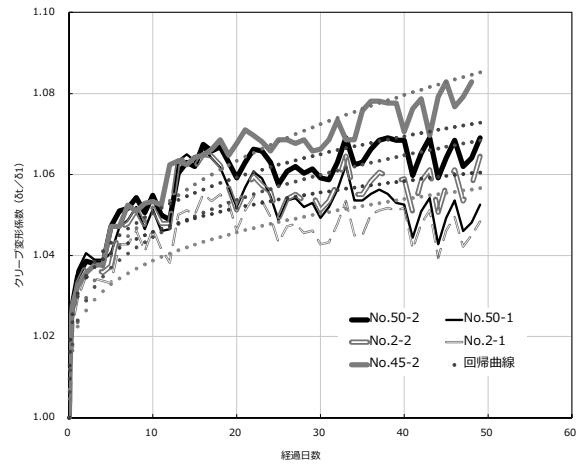


図 6-15 クリープ試験の結果  
(パワー則：スギ 自然環境下)

表 6-16 クリープ試験の結果  
(告示法-24H 以降：スギ 自然環境下)

設置環境	試験体No.	乾燥区分	$\delta_{1min}$	傾き f	切片 e	$\delta_{50y}$	$C_{cp}$	$K_{50y}$
自然環境下	45	2 減圧	20.99	-0.014	0.035	24.59	1.171	0.854
		1 蒸気	17.78	-0.004	-0.001	19.13	1.076	0.929
	2	2 減圧	18.15	-0.006	0.005	19.98	1.101	0.908
		1 蒸気	18.47	-0.003	-0.007	19.89	1.077	0.928
	50	2 減圧	18.41	-0.008	0.012	20.65	1.122	0.891

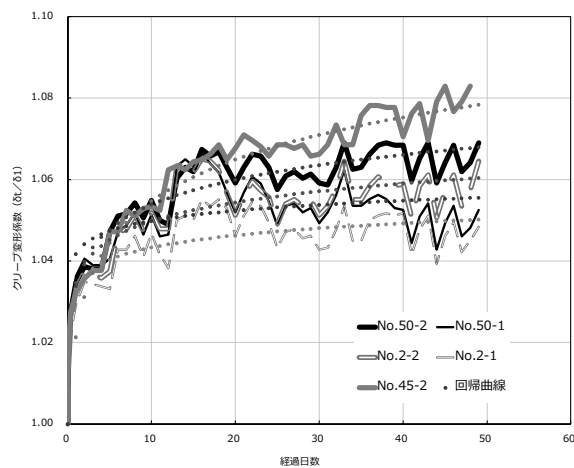


図 6-14 クリープ試験の結果  
(告示法-24H 以降：スギ 自然環境下)

表 6-18 クリープ試験の結果  
(パワー則-24H 以降：スギ 自然環境下)

設置環境	試験体No.	乾燥区分	$\delta_{1min}$	傾き f	切片 e	$\delta_{50y}$	$C_{cp}$	$K_{50y}$
自然環境下	45	2 減圧	20.99	0.277	-1.109	29.75	1.418	0.705
		1 蒸気	17.78	0.107	-0.564	19.47	1.095	0.913
	2	2 減圧	18.15	0.142	-0.643	20.72	1.142	0.876
		1 蒸気	18.47	0.079	-0.369	20.11	1.089	0.918
	50	2 減圧	18.41	0.170	-0.719	21.89	1.189	0.841

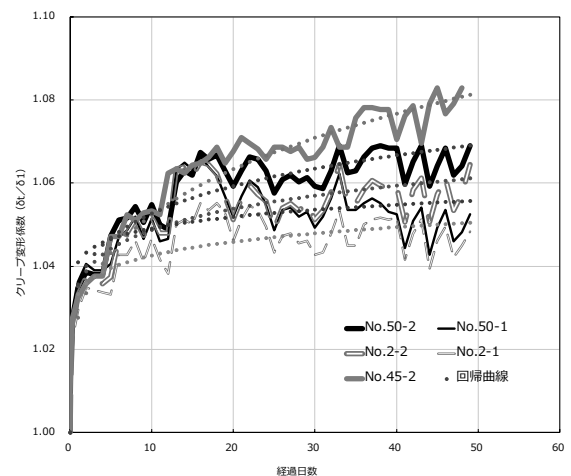


図 6-16 クリープ試験の結果  
(パワー則-24H 以降：スギ 自然環境下)

※ $\delta_{1min}$  : 1 分のたわみ(mm)、 $f \cdot e$  :  $\log_{10}kt$  と  $\log_{10}t$  の回帰曲線の切片 e と傾き f、 $\delta_{50y}$  : 50 年後の予測たわみ(mm)、

$C_{cp}$  : 50 年後のクリープ係数、 $K_{50y}$  : 荷重継続時間 50 年に対するクリープたわみ比の予測値



### 3.2 クリープ調整係数の比較

相対クリープの予測では、载荷後 24 時間以内のデータを除外してパワー則で求めた回帰式が良く適合していたため、その解析から得られたクリープ調整係数を表 6-19, 20 及び図 6-17, 18 に示す。

カラマツにおいて、恒温恒湿室に設置した減圧乾燥試験体 2 体及び蒸気乾燥試験体 1 体のクリープ調整係数が 2 を上回った。これは、クリープ試験体の含水率が測定できていないが、図 6-19 に示す短期曲げ試験体の含水率から、減圧乾燥試験体の含水率が 15%以上と高かったためと思われる。

### 4 まとめ

大径A材丸太から木取られた「心去り梁桁材」について、クリープ変形を評価するため長期荷重性能試験を実施し、乾燥方法の違いによるクリープ変形の違い等を検討した。その結果、

- (1) 自然環境下の実測値は、恒温恒湿室内のそれに比べて変動が大きかった。
- (2) カラマツ及びびスギともに、载荷後 24 時間以降のデータを対象としたパワー則による解析が良く適合していた。

(3) クリープ調整係数の平均値は、カラマツ及びびスギともに、恒温恒湿室内>自然環境下、減圧乾燥材>蒸気乾燥材となり、特にカラマツの減圧乾燥材のそれで2を上回る試験体があった。

(4) 減圧乾燥はスケジュールの改良が必要と思われた。

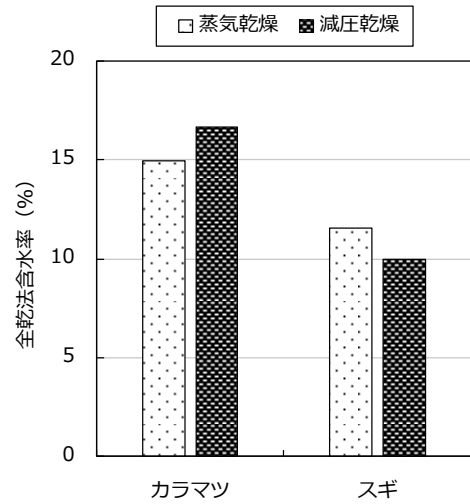


図 6-19 短期曲げ試験体の含水率

表 6-19 クリープ調整係数 (カラマツ)

樹種	カラマツ			
	恒温恒湿室		自然環境下	
試験体No.	38	47	58	65
蒸気乾燥	2.097	1.683	1.560	1.246
減圧乾燥	2.640	3.393	1.900	1.655

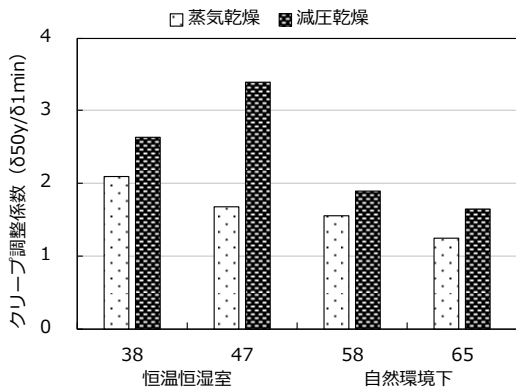


図 6-17 クリープ調整係数 (カラマツ)

表 6-20 クリープ調整係数 (スギ)

樹種	スギ			
	恒温恒湿室		自然環境下	
試験体No.	9	39	2	50
蒸気乾燥	1.446	1.018	1.095	1.089
減圧乾燥	1.674	1.185	1.142	1.189

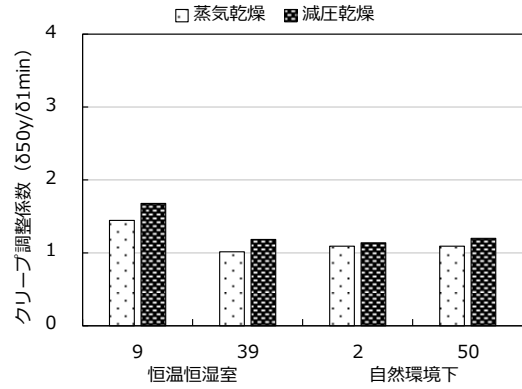


図 6-18 クリープ調整係数 (スギ)

#### 引用・参考資料

- 1)平成 12 年建設省告示第 1446 号
- 2)一般社団法人日本ツーバイフォー建築協会: : 2018 年 枠組壁工法建築物構造計算指針、232-233、(2018)
- 3) (財) 日本住宅木材・技術センター: 構造用木材の強度試験マニュアル、49-58(平成 23 年 3 月)
- 4)大橋義徳他 3 名: 木材学会誌、54(4)、174-182(2008)、

- 5)荒武志朗他 5 名: 日本木材学会大会研究発表要旨集、12: D14-04-1615、2018、
- 6)荒武志朗他 6 名: 日本木材学会大会研究発表要旨集、D14-04-1545、2019、
- 7)松元明弘他 6 名: 日本木材学会大会研究発表要旨集、D17-P1-10、2020、
- 8)荒武志朗他 2 名: 木材工業、75(1)、16-22(2020)