

大径材の有効利用に関する技術開発

—心去りスギ平角材生産技術の開発—

〇はじめに

戦後、拡大造林により植えられたスギは着実に成熟、高齢林化し、供給される丸太の主体は柱適寸丸太（末口径 16-20cm）から中・大径丸太（末口径 20cm 以上）へと移行してきています。そのため、中・大径丸太の用途拡大が今後の大きな課題であり、その対策の一つとして、中・大径丸太から採材される平角材を梁桁等の横架材として利用することが考えられます。

この平角材の採材においては、末口径 36cm 以上の大径丸太の場合、丸太の中心部を境にして、樹心部（髓）を含まない心去り平角材を 2 本採材することも可能となります。しかし、既往の研究の多くは、樹心部を含む心持ち平角材を対象にしており、心去り平角材に関する研究データはまだまだ少ない状況にあります。特に、県産の心去りスギ平角材の研究は未開拓であり、今後大径丸太の供給増が見込まれる中、利用する上で必要な研究データを整備することが重要となります。

そこで、当研究所では、県産の心去りスギ平角材を用いた乾燥試験と曲げ強度試験を実施し、その乾燥特性、曲げ強度性能について調査しました。



柱適寸丸太
(末口径16-20cm)



中・大径丸太
(末口径20cm以上)



大径丸太からの心去り平角 2 丁取りの例

生産材が柱適寸丸太から中・大径丸太へ移行

〇乾燥試験

1. 試験条件

- ・試験材 : 心去りスギ平角材（断面寸法 12cm×24cm 角、長さ 4m） 計 168 本
- ・乾燥方法 : ①人工乾燥（高温セット+中温乾燥） 44 本
[計 4 種類] ②人工乾燥（中温乾燥） 44 本
③高温セットと天然乾燥の組み合わせ（高温セット+天然乾燥） 40 本
④天然乾燥 40 本
- ・人工乾燥機：エノ産業株式会社製 EZ-20 型（収容量 約 5.5m³）

2. 乾燥条件

各乾燥方法における人工乾燥の乾燥スケジュールと天然乾燥の乾燥期間は次表のとおりです。

乾燥方法③と④の天然乾燥は、屋外に設置した簡易な木枠または鉄枠内に積み、雨滴が直接当たらないように、天井部をトタン板で覆った状態で行いました。また、各40本のうちそれぞれ選抜した14本については、天然乾燥開始から約1カ月置きに重量を測定し、乾燥の進行に伴う重量減少の経過を確認しながら、重量がほぼ変わらなくなった時点で終了としました（最長23カ月）。

各乾燥方法における人工乾燥の乾燥スケジュールと天然乾燥の乾燥期間

① [高温セット+中温乾燥] 44本				② [中温乾燥] 44本			
工程	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	乾燥時間 (h)	工程	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	乾燥時間 (h)
蒸煮	95	95	6	蒸煮	85	85	8
高温セット	120	90	24	中温	70	67	72
中温	90	60	360		71	67	72
					73	67	72
					75	67	72
					77	68	72
					79	68	96
			計 390	中温	80	68	96
							計 560

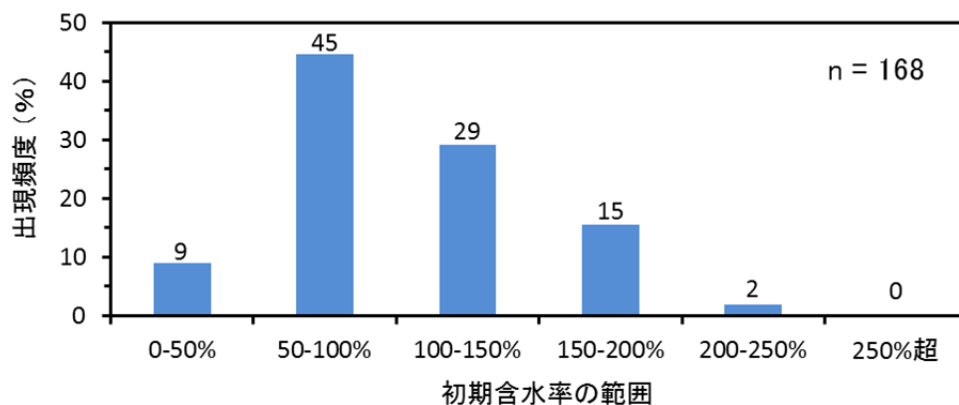
③ [高温セット+天然乾燥] 40本				④ [天然乾燥] 40本	
工程	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	乾燥時間 (h)	工程	乾燥期間
蒸煮	95	95	6	天然乾燥	23カ月以内
高温セット	120	90	24		
			計 30		
天然乾燥	—	—	23カ月以内		

※ 乾球温度・湿球温度の各設定値までの昇温及び降温時間の表記は省略

3. 試験結果

(1) 初期含水率の出現頻度

心去り平角材の初期含水率は、範囲 50~100%の出現頻度が 45%と高く、約半数を占めますが、100%以上の高含水率材の出現頻度も 46%あり、同数程度出現することが予想されます。

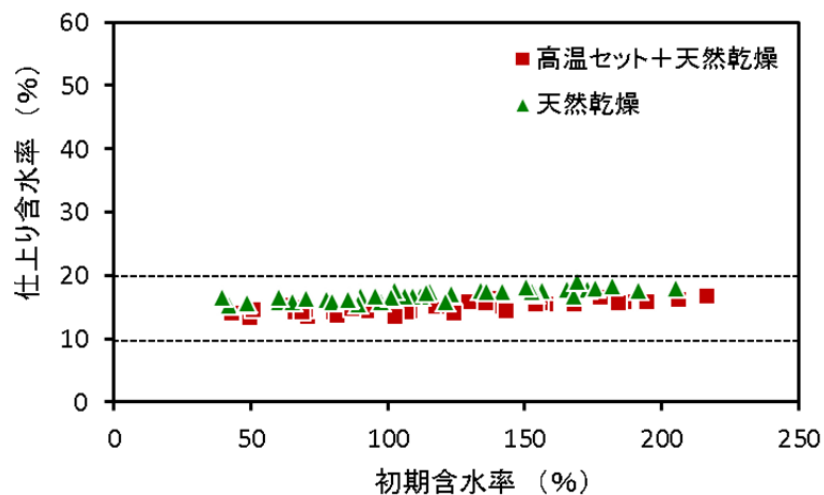
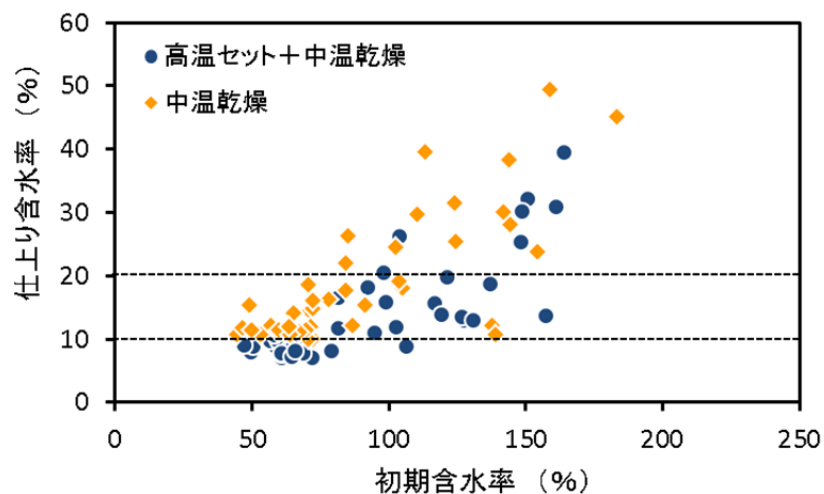


(2) 初期含水率と仕上り含水率

各乾燥方法の初期含水率のばらつきは大きく、特に乾燥方法③と④は、200%を超える非常に高い含水率の材も含まれていましたが、最長 23 カ月の天然乾燥を実施することで、仕上り含水率を全て 10~20%の範囲内に収めることができました。

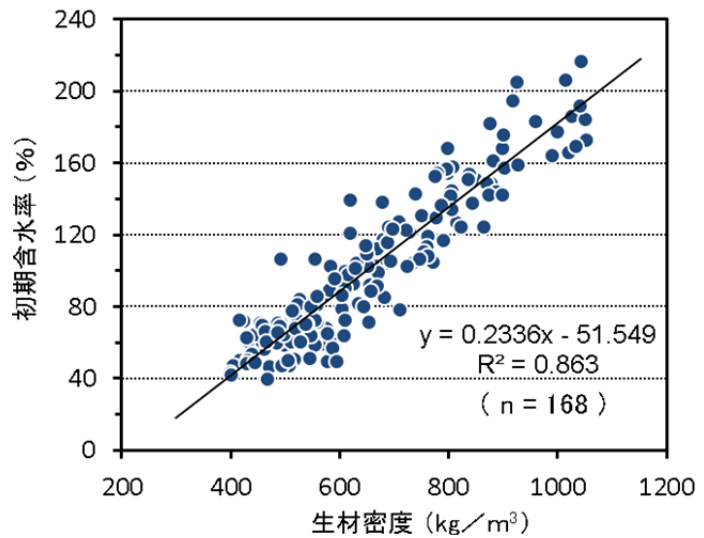
一方、乾燥方法①と②は、仕上り含水率のばらつきが大きく、乾燥試験終了後も 20%を超える未乾燥材が多数見られ、さらに乾燥方法①については含水率 10%以下の過乾燥材も多く見られました。よって、仕上り含水率を揃えるためには、乾燥前に重量や生材密度による選別を行い、軽いもの、重いものに応じて、乾燥時間を増減させる必要があります。

乾燥方法	初期含水率 (%)				仕上り含水率 (%)			
	最小	平均	最大	標準偏差	最小	平均	最大	標準偏差
① 高温セット+中温乾燥	46.8	90.5	164.0	36.6	7.0	13.9	39.5	7.8
② 中温乾燥	44.6	89.8	183.3	35.3	9.9	18.5	49.4	10.1
③ 高温セット+天然乾燥	42.9	114.8	216.4	47.1	13.3	15.0	16.8	0.9
④ 天然乾燥	39.9	115.1	205.2	44.8	15.3	16.9	19.0	0.9



(3) 生材密度と初期含水率の関係

生材密度と初期含水率の相関が高いため、生材密度から初期含水率を推定できます。よって、乾燥前の生材密度による選別に加え、生材密度から推定した初期含水率を基に乾燥スケジュールを立てることで、効率良く乾燥させることができます。

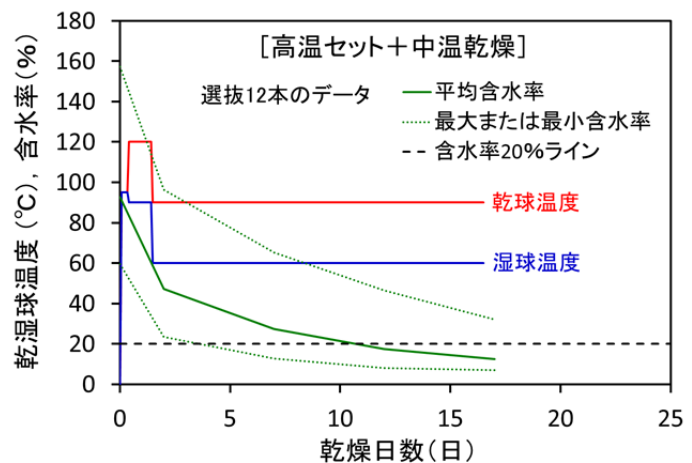


(4) 乾燥日数の目安

<仕上り含水率 20%を目標とした場合の乾燥日数の目安>

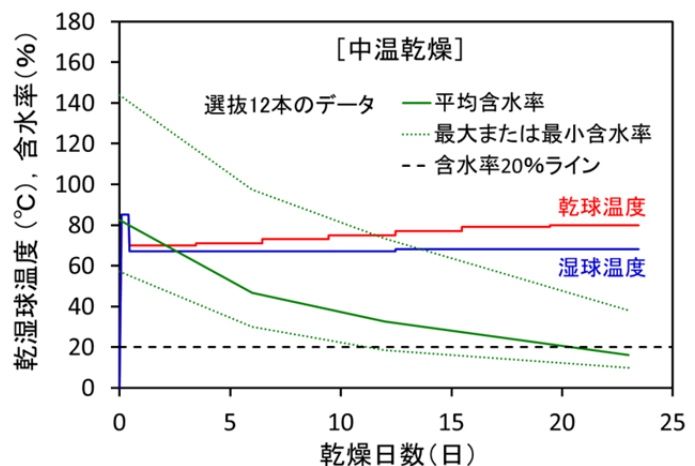
【 ①高温セット+中温乾燥 】

初期含水率約 90% (平均含水率) の場合、乾燥日数の目安は約 11 日です。また、初期含水率が約 60% (最小含水率) の場合、高温セット終了時点でほぼ 20%まで減少するため、約 3~4 日が目安となります。この場合、乾燥日数の超過による過乾燥に注意する必要があります。



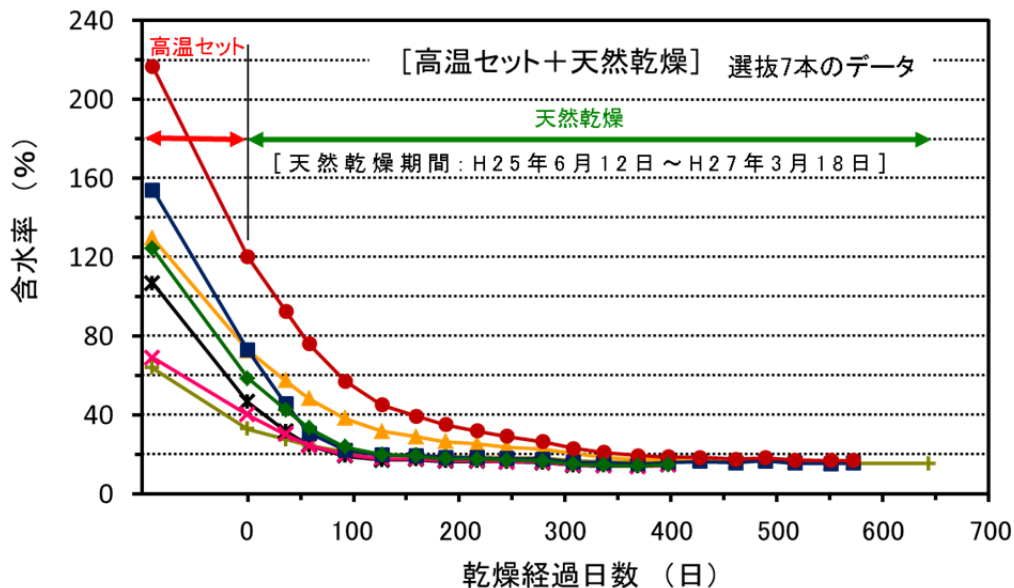
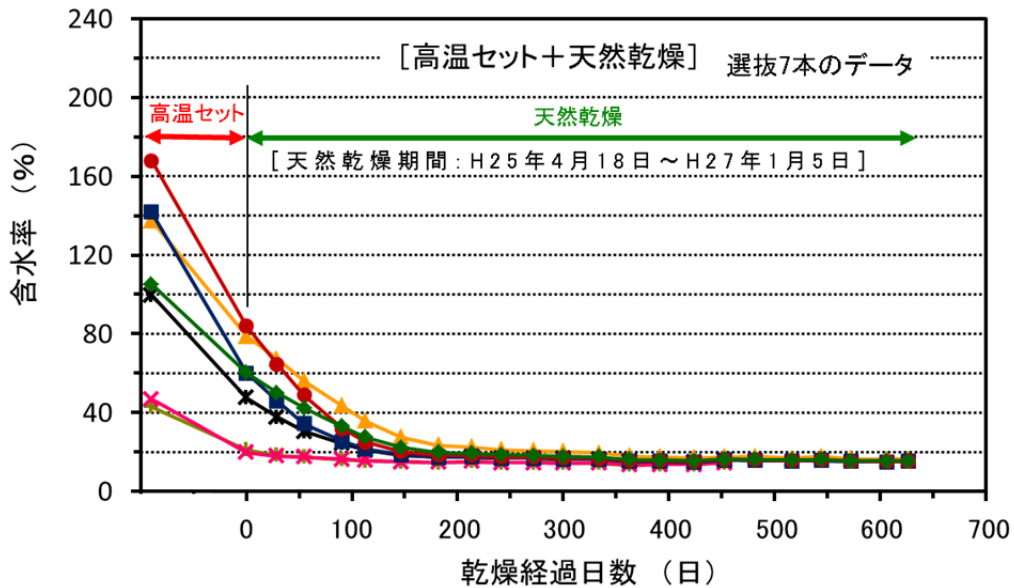
【 ②中温乾燥 】

初期含水率約 85% (平均含水率) の場合、乾燥日数の目安は約 20 日です。また、初期含水率が約 60% (最小含水率) の場合は、約 11 日が乾燥日数の目安となります。



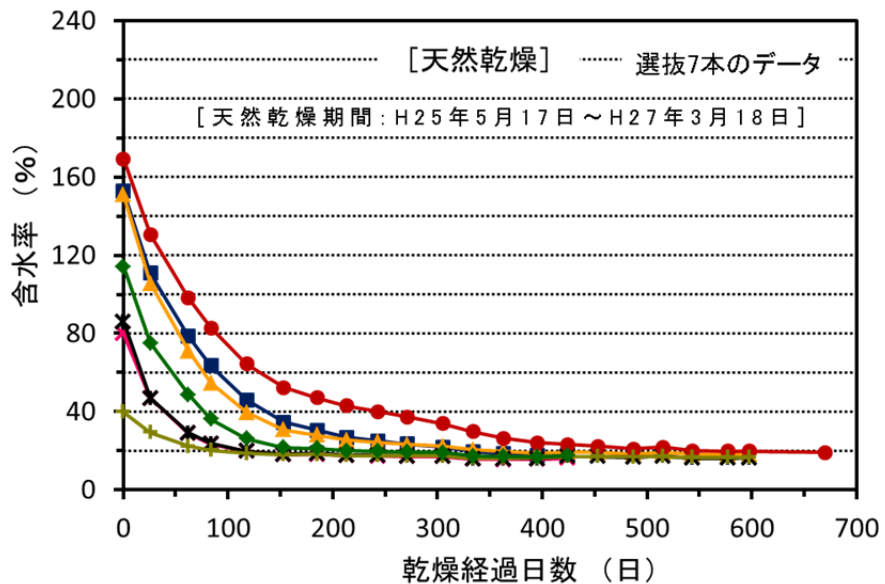
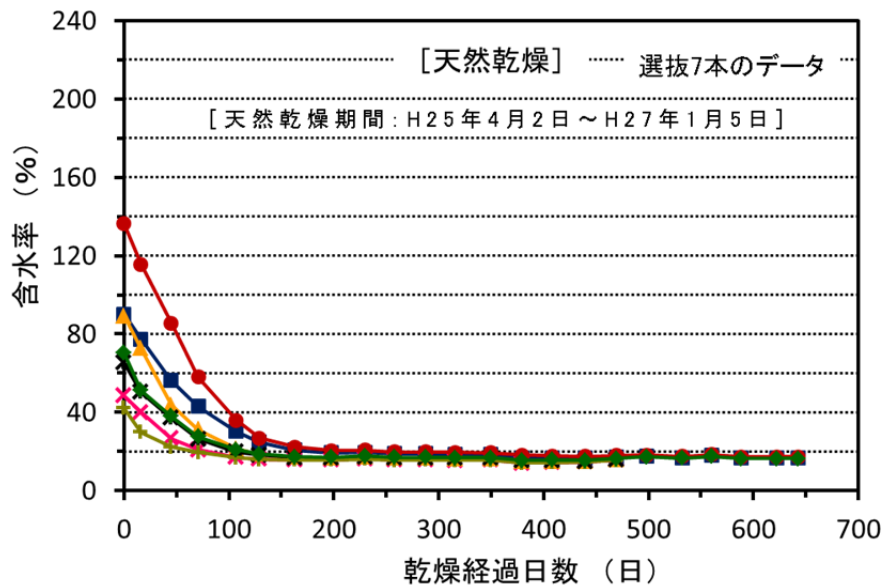
【 ③高温セット+天然乾燥 】

初期含水率が 40～50%のものは、高温セット終了時点で含水率がほぼ 20%まで減少するため、特に天然乾燥を行う必要はありません。また、初期含水率が 200%を超えるような高含水率材は、高温セット終了時点で 120%程度まで減少するため、その後の天然乾燥期間は約 1 年が目安となります。



【 ④天然乾燥 】

乾燥日数は、初期含水率の低い 40%程度のもので約 75～100 日、初期含水率の高い 170%程度のもので約 580 日が目安となります。



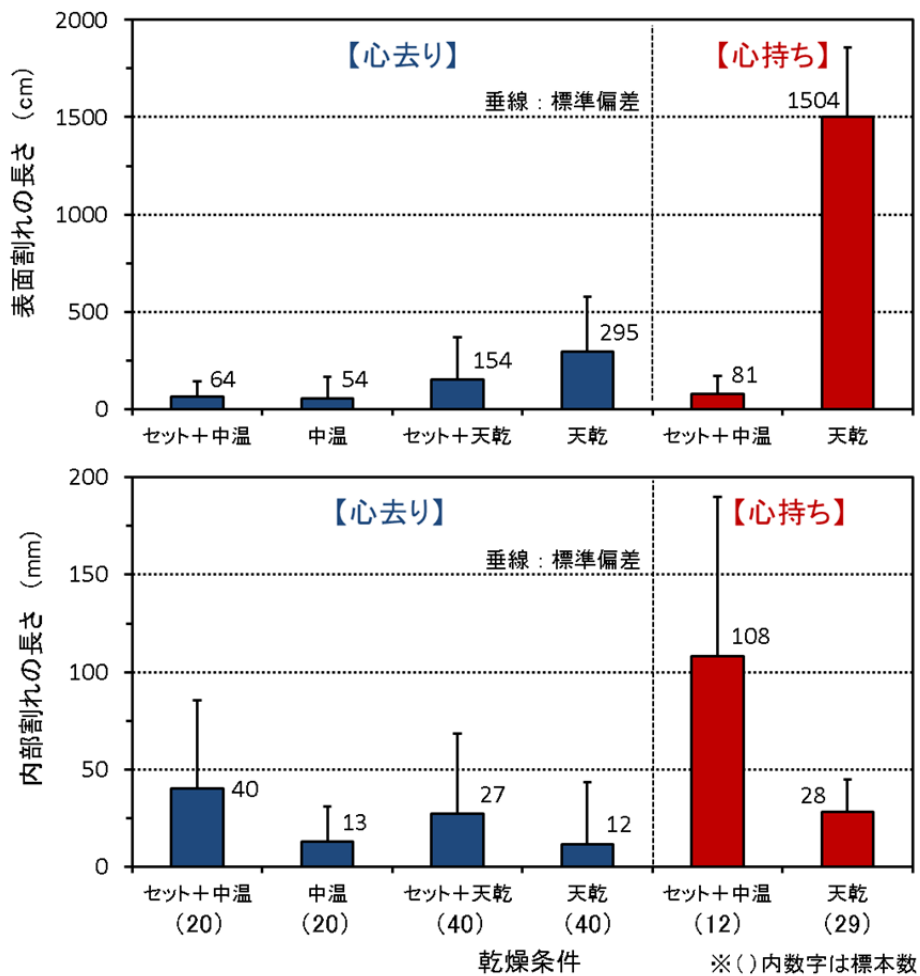
(5) 表面割れ及び内部割れの発生状況

【表面割れ】

心持ち材の場合、通常、天然乾燥材は表面割れが著しく発生しますが、心去り材は天然乾燥材でも発生が少ないという特徴があります。また、天然乾燥を実施する場合でも、天然乾燥を開始する前に高温セットを行うことで、より表面割れの発生を抑えることができます。

【内部割れ】

内部割れの発生は、100℃以上の高温で処理する時間が長いほど多くなるため、通常、高温セット後は100℃未満の中温で乾燥させますが、同じ乾燥方法の[高温セット+中温乾燥]であっても、心去り材は心持ち材に比べて、内部割れの発生が少ないという特徴があります。



○曲げ強度試験

1. 試験条件

- ・試験材 : 乾燥後の心去りスギ平角材 (修正挽きなし)
- ・試験方法 : 3等分点4点荷重方式
(スパン: 3360mm, 荷重点間距離: 1120mm, 荷重速度: 10mm/分)
- ・強度試験機: 株式会社島津製作所製 UH-100A 型 (最大曲げ負荷能力 50 tf)

2. 試験結果

曲げヤング率の機械等級は、既往の心持ち平角材の結果に比べ、1ランク下の等級 [E70] の出現頻度が最も高いという結果でした。また、曲げ強度の 5% 下限値は、乾燥方法④の天然乾燥を除き、建設省告示による無等級材の基準強度 (22.2 N/mm²) を下回る結果となりました。

この要因としては、大きな節が多数見受けられるような低質材が多かったこと、また心去り材は、枝打ちの有無に関わらず、髓から延びる節が流れ節といった形で表面に出やすいことから、これらの節が曲げ強度の低下に影響したものと考えられます。また、乾燥方法①の高温セット+中温乾燥の 5% 下限値が特に低い理由としては、試験材 44 本のうち 15 本が、曲げで破壊する前

に、材せいの中央部でせん断破壊したことが挙げられます。このせん断破壊は、仕上り含水率 15% 未満で見られ、特に 10%以下の過乾燥材に集中して生じているため、心去り平角材の乾燥においては過乾燥にならないように注意する必要があります。

乾燥方法	機械等級別の出現頻度 (%)				曲げ強度 (N/mm ²)			
	E50	E70	E90	E110	最小	平均	最大	5%下限値
① 高温セット+中温乾燥 (44本)	11	50	36	2	12.1	30.2	52.2	12.8
② 中温乾燥 (44本)	20	48	32	0	15.3	33.7	45.2	20.6
③ 高温セット+天然乾燥 (40本)	18	70	13	0	18.1	31.9	46.4	17.0
④ 天然乾燥 (40本)	18	70	13	0	24.6	35.0	44.6	26.2

注1) 曲げヤング率、曲げ強度は「日本国内の曲げ試験結果の解析による提案式」*により含水率15%時に補正した値

*参考文献: 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(平成23年3月発行)

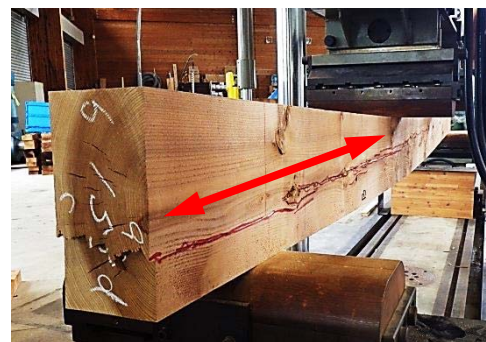
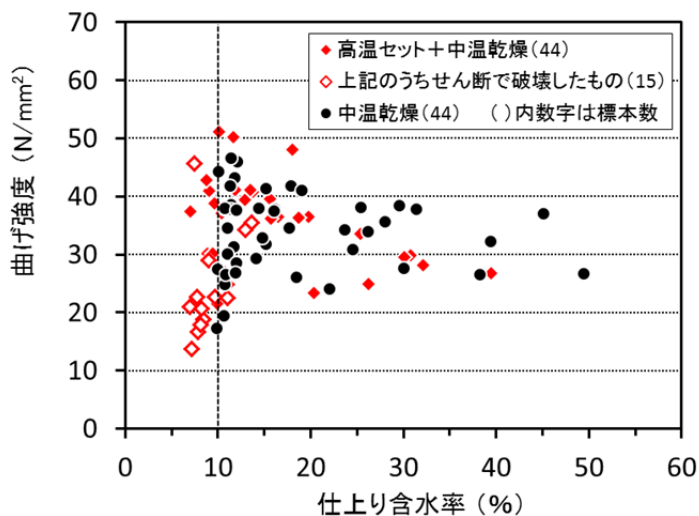
注2) 5%下限値は曲げ強度の分布形態を正規分布と仮定して信頼度75%で算出



荷重点間の下側の大節より破壊した例



髄から延びる流れ節の箇所から破壊した例



せん断破壊の例



2015年3月発行

三重県林業研究所

〒515-2602 三重県 津市 白山町 二本木3769-1
TEL059-262-0110 FAX059-262-0960

E-mail : ringi@pref.mie.jp

<http://www.mpstpc.pref.mie.lg.jp/RIN>
