

平成9年度 農林水産省補助事業
調査・技術指導事業

調査事業報告書

〈建築用木材の乾燥に関する調査〉

平成10年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター

建築用木材の乾燥に関する調査報告書目次

調査要綱	1
第1章 平成9年度の事業実施状況について	3
1 はじめに	3
2 実地調査の方法	3
3 平成9年度における調査の概要	4
第2章 岩手県における乾燥技術開発等乾燥材普及への取組	5
1 岩手県における製材品の流通及び乾燥施設と乾燥材の生産動向	5
2 岩手県における乾燥材普及への取組	8
3 木材乾燥に関する技術開発の状況	9
第3章 長野県における木材事情及び木材乾燥の研究と普及	13
1 長野県の木材事情	13
2 長野県における木材乾燥の研究と普及	15
3 おわりに	26
第4章 富山県	27
1 富山県における製材品の流通及び乾燥施設と乾燥材の生産動向	27
2 県産材の乾燥材普及への取組	30
3 乾燥技術開発・低コスト化への取組	30
第5章 愛媛県における乾燥技術開発と乾燥材普及への取組	33
1 愛媛県の製材製品の流通および乾燥施設	33
2 乾燥材普及への取組	35
3 乾燥技術開発・コストダウンへの取組	37
第6章 熊本県における乾燥技術開発等乾燥材普及への取組	42
1 熊本県における製材品の流通及び乾燥施設と乾燥材の生産動向	42
2 乾燥材普及への取組	45
3 乾燥技術開発・コストダウンへの取組の動向	47
<調査表>	54

調査研究要綱

1 目的

近年、木造住宅に使用する部材の乾燥に対する要求が非常に高まっている。この背景には、工期の短縮、大工技能者の減少、工法の変化があり、プレカット化、部品化の動きと相まって使用中の寸法変化の少ない高品質の乾燥材が求められている。しかし、人工乾燥材の生産量は必ずしも十分でなく、一般市場に求めることは困難な状況にある。

これは、現在の乾燥技術や乾燥装置が乾燥コストの面で乾燥材生産者及びその使用者の期待に十分応えることができていないことが大きな要因の一つと考えられる。

この調査は、こうした状況に対応し、乾燥コスト、特にその主体を占めるエネルギーコストに注目し、その実態を把握・分析することによって、生産者に対し乾燥施設の導入や乾燥材生産のための指針を提供するとともに、乾燥技術の改良開発の資料とするものである。

2 調査研究体制

本事業は、(財)日本・住宅・木材技術センターにおいて、学識経験者、乾燥の専門家で構成する委員会を設けて実施する。

委員長 久田卓興 森林総合研究所 加工技術科長

委員 黒田尚宏 森林総合研究所 乾燥研究室長

〃 小玉牧夫 (財)日本住宅・木材技術センター 客員研究員

〃 檜原正規 日本木材乾燥施設協会 専務理事

〃 久慈 敏 岩手県林業技術センター 主任専門研究員

〃 吉田孝久 長野県林業総合センター 研究員

〃 越智仁夫 愛媛県林業試験場 研究員

〃 池田元吉 熊本県林業研究指導所 研究員

3 要約

木材乾燥コスト、特にエネルギーコストに注目し、その実態を調査・分析することによって、生産者に対して乾燥施設の導入や乾燥材生産の技術指針を提供することをねらいとして実施したもので、平成9年度は4県6工場7ケースの調査を行った。調査結果の集計分析は平成10年度に行われる。また、5県（岩手、長野、富山、愛媛、熊本）における乾燥技術開発、乾燥材普及への取組の現状が報告されている。

主な調査項目は次のとおり、乾燥方法、電力・燃料消費、含水率、割れ・曲がりの発生、水分分布、人件費

<キーワード>

木材乾燥、選別乾燥、エネルギーコスト、コストダウン、燃料消費、電力消費、乾燥技術開発、乾燥材の普及、ブランド化、人工乾燥普及協議、スギ、アカマツ、カラマツ、高温乾燥、形質変化、強度性能、郷の匠、前処理、熊本型乾燥システム

第1章 平成9年度の事業の実施状況について

1 はじめに

木造住宅部材の乾燥に対する要求が高まっているが、人工乾燥材の生産量は必ずしも多くなく、需要を満たすには至っていない状況にある。この原因の一つに、乾燥コストがあり、その低減が乾燥材の供給を増やすための大きな課題となっている。したがって、この「建築用材の乾燥に関する調査」では、乾燥コスト、特に主体を占めるエネルギーコストの実態を調査・分析することによって、生産者に対し乾燥設備導入や乾燥材生産のための指針を提供するとともに、低コスト乾燥技術の開発のための資料とすることを目的としている。

この事業目的を達成するために、調査区域としては、乾燥材の普及や技術開発への取り組みが積極的に行われている地域のなかから、岩手県、長野県、富山県、愛媛県、および熊本県を抽出することによって全国に広がる調査区域を設定した。また、乾燥スケジュールおよび燃料消費をはじめ乾燥工程における諸経費を詳しく把握するために、調査対象の材種をできるだけスギ柱材とし、調査期間を平成9年11月から平成10年9月までに限定することによってよりの確な工場実態調査とその分析を行うこととした。なお、期間中に、スギ柱材の乾燥工程を中心に各県最低2工場5～6件の調査を行うこととした。

平成9年度においては、まず調査項目の検討と調査要領の作成とを行い、次に4県6工場7件について実地調査を行ったところである。

2 実地調査の方法（調査表の作成とその概要）

第1回の委員会において調査項目の検討を行い、工場の概況、乾燥方法、乾燥経過、含水率、欠点（割れ・曲がり）、材内の水分分布、人件費の7項目について調査を行うこととした。調査場所・調査員による調査内容の相違をなくするために、調査方法をできるだけ統一することとし、以下の内容の調査表を作成した。

(1) 工場の概況に関する調査表

乾燥材製品について、製品名、製材寸法、生産量、およびその主な出荷先を調査する。乾燥機については、機種、乾燥機の寸法、制御方法、収容材積、送風機容量などを、ボイラー燃料の種類・使用量・単価と換算蒸発量（最大蒸発量）とともに調査する。また、乾燥スケジュールや目標含水率（乾燥終了時の仕上げ含水率）についても概要を記述する。

(2) 乾燥方法に関する調査表

伐採時期等の製材の履歴、棧積の方法、乾燥温度やその制御方法、乾燥時間などの調査結果を記述する。

(3) 乾燥経過の調査表

乾燥時間経過に沿って乾球温度と湿球温度を記録し、消費電力量は乾燥機本体とボイラー別に積算電力計によって測定する。燃料消費量について、重油・灯油はリットルで、木くずの場合には立方もしくはキログラムで記録する。

(4) 含水率の調査表

調査対象の柱材30～35本について、乾燥前後の重さを測定し、また含水率計（できる限り高周波木材水分計：（株）ケット科学研究所 MOCO-2）を使用し、材長中央

部の4材面の含水率を測定・記録する。

(5) 割れ・曲がりの調査表

対象材全数の中から10本を選び、試験材4材面毎に割れ幅と割れの長さ（複数ある場合はその合計長さ）を測定する。割れ幅と割れ長さの表示は、別途作成した区分表に基づき記号で表示する。また、曲がりを、材長方向に沿う内側曲面の最大矢高を測定することにより求める。

(6) 水分分布の調査表

割れ・曲がりを調査した乾燥材について、断面内の含水率の分布（9分割）を求める。

(7) 人件費の調査表

棧積み、棧ばらし、フォークリフト作業、ボイラーマン、および乾燥機運転操作の別に、所要人件費の調査を行う。

2 平成9年度における調査の概要

平成9年度においては、4県6工場/ケースの調査を実施している。その概要を表1に示している。

調査した工場は年間500～5,500 m³の乾燥材を生産し、そのうち乾燥スギ柱材の生産比率は2工場が100%で、その他は20%以下であった。7件の調査のうち、ヒノキ柱材の乾燥が1件で、それ以外はスギ柱材の乾燥であった。ヒノキ柱材の乾燥は中温乾燥であったが、スギ柱材は最高温度が90℃を越える高温乾燥によるものであった。また、スギ柱材の乾燥は同一機種によったが、乾燥時間は乾燥スケジュールと目標含水率の違いによって、102～144時間に分布していた。

なお、表1に示した調査項目以外の検討結果については、平成10年度予定のすべての工場調査が終了後に分析と取りまとめを行う予定である。

表1 調査工場の概要

県名	会社名	材種	乾燥材生産 (m ³ /yr)	乾燥材 率(%)	乾燥機 メーカー名	乾燥温度 (°C)	乾燥時間 (hr)	目標含水 率(%)	出荷先
岩手	A社	スギ柱材	1,100	100	新柴設備	90	144	18	住宅メーカー
	A社	スギ柱材				130	120	18	住宅メーカー
長野	B社	スギ柱材	106	19	新柴設備	130	120	25	プレカット工場
	C社	ヒノキ柱材	5,400	100	7批動熱	70	97	15	市場
富山	D社	スギ柱材	—	—	新柴設備	110	116	20	自社使用
愛媛	E社	スギ柱材	1,050	15	新柴設備	—	102	—	住宅メーカー
	F社	スギ柱材	500	10	新柴設備	—	118	—	木材問屋

第2章 岩手県における乾燥技術開発等乾燥材普及への取組

1 岩手県における製材品の流通及び乾燥施設と乾燥材の生産動向

1.1 木材需給量

岩手県における木材需要は昭和47年の326万5千 m^3 をピークに減少傾向にあり、61年には252万 m^3 まで減少した。62年以降はやや増加の傾向を示したが、平成元年の271万7千 m^3 を境に減少している。平成7年以降はやや持ち直しの傾向が見られ、平成8年の需要総数は236万3千 m^3 となった。

供給について見ると、県内素材生産量は昭和46年の231万2千 m^3 をピークに減少傾向にあり、50年以降は170万 m^3 前後を上下していたが、平成4年以降減少傾向に拍車がかかり、8年には127万2千 m^3 まで減少した。なお、国産材率は近年減少の傾向にある。

表2-1 平成8年岩手県内木材需給量

(単位：千 m^3)

区分	需 要 量					供 給 量				国産材率 (%)
	総 数	製材用	パルプ チップ用	合板 その他	県外 移出	総 数	県産材 生産量	県外 移入	外材 入荷	
需給量	2,363	887	544	849	83	2,363	1,272	159	932	60.6
構成比(%)	100	38	23	36	4	100	54	7	39	-

1.2 製材品出荷量

製材品出荷量は昭和48年の108万1千 m^3 をピークに減少傾向にある。昭和59年以降は減少傾向に歯止めがかかり、70万 m^3 前後で推移していたが、平成3年に70万 m^3 を割ってからは年々減少し、8年には57万5千 m^3 となった。

表2-2 平成8年製材品出荷量

(単位：千 m^3)

区分	総 数	建 築 用 材				土 木 建 設 用 材	木箱 仕組板 梱包用材	家具 建具 用 材	その 他 用 材	内 訳	
		小計	板類	挽き割類	挽き角類					国産材	外材
製材品出荷量	575	456	122	142	192	25	44	13	37	427	148
構成比(%)	100	79	21	25	33	4	8	2	6	74	26

1.3 製材品の出荷先

平成8年の出荷先別の出荷割合は県内が51%で約半数となっている。県外では京浜地

区（東京、神奈川、千葉、埼玉）が多く、総出荷量の26%を占めている。

表 2 - 3 平成 8 年出荷先別製材品出荷量

（単位：千 m³）

区 分	総 数	県 内	県 外						
			計	北海道	東 北	関 東	中部	近畿	その他
出荷量	575	293	282	1	69	190	11	5	6
構成比(%)	100	51	49	0	12	33	2	1	1

1. 4 木材加工工場、製材工場数

海外産地国の丸太輸出規制強化や製材品の輸出増加、円高による経済的環境の悪化、深刻化する労働力不足等により製材工場の経営は厳しい状況にあり、製材工場数は減少の一途をたどっている。

平成 8 年の 1 工場当たりの平均出力量は 87.1kW、1 kW 当たりの製材品出荷量は 19.9 m³ となっている。なお、1 工場当たりの平均製材品出荷量は 1,737 m³ で、平均従業員数は 7.9 人となっている。

表 2 - 4 平成 8 年加工品別木材加工工場数

区 分	製 材 工場	チップ 工場	マッチ軸木 工場	床 板 工場	合単板 工場	紙パルプ 工場	集成材 工場	フレット 工場
工場数	331	101	3	3	8	2	7	17

表 2 - 5 平成 8 年出力数別製材工場数（7.5kw以上）

区 分	製 材 工 場 数							素 材 入 荷 量 (千 m ³)
	計	7.5~ 22.5KW	22.5~ 37.5KW	37.5~ 75KW	75~ 150KW	150~ 300KW	300KW 以上	
工場数	331	41	56	120	60	41	13	887
構成比(%)	100	12	17	36	18	12	4	-

1. 5 木材乾燥施設保有数

近年の木材乾燥に対する関心の高まりなどにより、乾燥施設の保有者数、乾燥室数は増加の傾向にある。増加しているのは建築材用の乾燥施設で、平成元年に比べ 8 年では室数が倍増となった。乾燥方式別では蒸気式の占める割合が多く、全体の 61%（平成 8 年）が蒸気式乾燥装置となっている。

表 2 - 6 平成 8 年岩手県内乾燥機保有数

乾燥機保有者数(社)		室数(室)		容量(m ³)	
総数	うち建築材用	総数	うち建築材用	総数	うち建築材用
93	57	169	107	3,194	1,988

注)乾燥機保有者には、製材業者、集成材工場、プレカット工場等の他、家具・木工業者を含む。

表 2 - 7 平成 8 年岩手県内方式別乾燥施設数

区分	蒸気	除湿	ローラー	電熱	温水ボイラー	計
室数(室)	103	37	5	20	4	169
容量(m ³)	1,960	505	82	216	431	3,194
生産量(m ³)	32,531	4,561	472	7,300	12,216	57,079

注)乾燥機保有者には、製材業者、集成材工場、プレカット工場等の他、家具・木工業者を含む。

1. 6 乾燥材生産量

県内における乾燥材の生産量は平成 4 年にゆるやかなピークを迎えるが、おおむね横ばいで推移している。そのなかで建築用材はやや増加の傾向にあり、平成 6～8 年には建築用材が乾燥材全体の約半分を占めている。建築材の中でも特に構造材は乾燥比率が高まっている。ただし、乾燥材率は全体で 10%、建築材で 6% 程度のところで頭打ちになっており、乾燥装置の稼働率も必ずしも高くないものと考えられる。

表 2 - 8 平成 8 年岩手県内乾燥材生産量

(単位: m³)

区分	乾燥材全体	建築材				家具材	木箱その他梱包材	その他
		計	造作材	構造材	その他			
生産量	57,079	27,718	7,783	15,952	3,983	9,353	480	19,529
構成比(%)	100	49	14	28	7	16	1	34

表 2 - 9 平成 8 年岩手県内生産乾燥材率

製材出荷量(m ³)		乾燥材出荷量(m ³)		乾燥材率(%)	
総数	建築材	総数	建築材	総数	建築材
575,000	456,000	57,079	27,217	9.9	6.1

2 岩手県における乾燥材普及への取組

2. 1 乾燥材普及への県の取組

乾燥材の普及が進まない原因として、乾燥コストを製材品価格に上乗せできないため生産者側が乾燥コストを負担しきれないといった問題や、大工・工務店といった施工者と比較して、生産者である製材工場等やエンドユーザーである消費者が乾燥材に対して認識が低いといった問題があげられる。これらの課題に対する県の取組を紹介する。

2. 1. 1 業界及び消費者への普及活動

県では、木材関係団体、製材工場等に対して乾燥施設導入に対する助成制度、金融制度の活用について普及を行うとともに、乾燥材の品質、規格の統一に向けた業界指導を行ってきている。また、乾燥実務者を対象に木材乾燥技術研修を実施するとともに、木材乾燥にかかる手引書を数種類作成、配付し、実際の現場における乾燥技術の向上に努めている。

なお、消費者など木材を利用する側に対しては、パンフレット等により木材乾燥に関する情報の提供や普及啓発を行うとともに、木材需要拡大会議等を通じて、公共施設、「いわて優良木造住宅資金利子補給補助事業」対象住宅での乾燥材使用を推進している。

2. 1. 2 乾燥材普及に関する県事業の概要

乾燥材の普及のため、県では、平成元年度から「県産材乾燥合理化モデル事業」を、平成9年度からは「いわてブランド材確立対策事業」を実施している。

(1) 県産材乾燥合理化モデル事業（平成元～8年度）

乾燥材のトータルコストの縮減と乾燥材の安定供給を促進するため、乾燥材安定供給体制整備、乾燥材生産技術の推進、荒挽き材乾燥施設整備、乾燥材安定供給資金の貸付、乾燥材生産施設整備資金造成等の事業を行った。

(2) いわてブランド材確立対策事業（平成9年度～）

今後ますます激化することが予想される国産材の産地間競争、外材との競合に打ち勝っていくため、「いわてブランド材」及び乾燥材の需要拡大と普及宣伝を行うため、次の事業を実施している。

1) いわてブランド材普及宣伝事業

県産ブランド材及び人工乾燥材の安定生産及び販路拡大のための広報活動、説明会の開催、常設展示、フェア開催等の普及宣伝活動を行う。

2) 高品質木材利用研修事業

人工乾燥材に対する認識を高めるため、大工・工務店等の木造建築の担い手等に対して木材利用の研修会を開催する。

3) 乾燥材安定供給促進資金貸付金

乾燥材の需要に即応するため、乾燥材を一定量木材市場等にストックしておくために必要な資金の貸付けを行う。

2. 2 岩手県人工乾燥材普及協議会

平成元年、「岩手県人工乾燥材普及協議会」が設立された。この会は、岩手県内の製材所、工務店や森林組合など建築資材の人工乾燥材を供給する事業体を正会員、趣旨に賛同するものを賛助会員としており、平成9年時点で会員が18名、賛助会員1名となっている。活動としては、乾燥材の品質・規格の統一、乾燥材の普及宣伝の他、需要者のニーズに合致した建築資材の安定供給等を図るため、行政等とも連携しながら、流通情報のシステム化、各種シンポジウム・研修会の開催、新聞広告の掲載、パンフレット等の作成、いわてブランド材フェアへの参画等を行っている。

3 木材乾燥に関する技術開発の状況

3. 1 岩手県林業技術センターでの取組

岩手県林業技術センターでは、前身である林業試験場時代から木材乾燥にかかる試験研究に取り組んできた。これまで実施してきた主な研究内容は、県産広・針葉樹材の適正乾燥条件の検討、コスト低減のための葉枯らしや太陽熱を利用した乾燥の効果の検討などである。

3. 2 アカマツ平角材の乾燥

岩手県のアカマツの蓄積は広島県に次いで全国2位であり、人工林に限れば面積、蓄積とも全国1位である。アカマツは構造用としては平角材で使用されることが多いが、近年のプレカットの普及などにより「梁」や「桁」などの横架用平角材についても乾燥の必要性が高まっている。岩手県林業技術センターでは平成8年度からアカマツ平角材の乾燥技術の検討に取り組んでいるが、これまでの成果の一部として、蒸気式乾燥装置で温度条件別に乾燥試験を行った結果について紹介する。

3. 2. 1 実験方法等

岩手県産アカマツ心持ち平角材（幅23～27cm、厚さ12cm、材長4m）について、蒸気式乾燥装置を用いて、表2-10のスケジュールで温度条件別に乾燥試験を行った。なお、

ねじれ防止のため、上部から平面圧縮（棧木荷重約 1 kg/cm²）を行った。

表 2-10 乾燥スケジュール

含水率範囲 (%)	初期乾球温度 60℃		初期乾球温度 85℃		初期乾球温度 100℃	
	乾球温度	湿球温度	乾球温度	湿球温度	乾球温度	湿球温度
蒸煮(8h)	100℃	100℃	100℃	100℃	100℃	100℃
生材 ~ 60	60	57	85	82	100	97
60 ~ 40	60	55	85	80	100	95
40 ~ 30	60	53	85	78	100	93
30 ~ 25	60	50	85	75	100	90
25 ~ 20	65	50	85	70	100	85
20 ~ 終末	70	50	85	65	100	80
調湿(6h)	70	65	85	80	100	95

3. 2. 2 乾燥速度

乾燥時間と含水率変化について表 2-11 に示す。乾燥温度が高いほど含水率の低下速度が早まった。なお、材色は温度が高くなるほど褐色に変色した。

表 2-11 乾燥時間と含水率変化

初期乾球温度 (℃)	60	85	100
供試材数(本)	10	10	14
乾燥時間(h)	273	204	159
初期含水率(%)	74.6	71.0	73.8
仕上がり含水率(%)	14.6	13.4	16.8

注) 含水率は全乾法による試験材全体の平均値

3. 2. 3 表面割れ

乾燥後に生じた表面割れについて、幅 0.5mm 未満と 0.5mm 以上に分けて長さを測定した結果を図 2-1 に示す。乾燥温度が高いほど表面割れが減少した。ただし、0.5mm 以下の細かな割れはやや増加した。

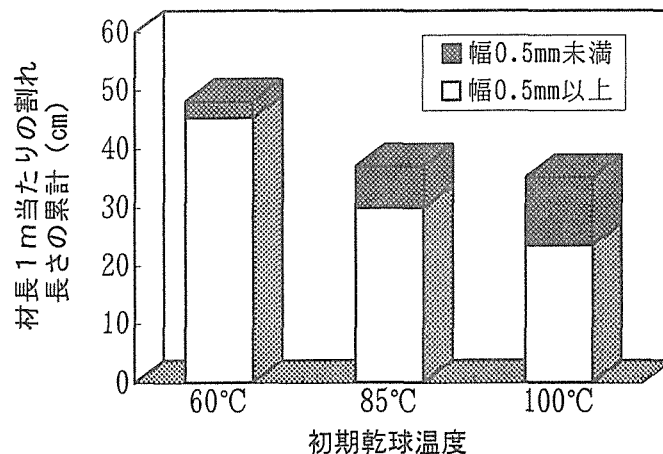


図 2-1 温度条件別の割れ長さ

3. 2. 4 狂いの発生

乾燥後に生じた狂い（そり、曲がり、ねじれ）について図2-2に示す。狂いのなかではねじれの発生量が大きかった。

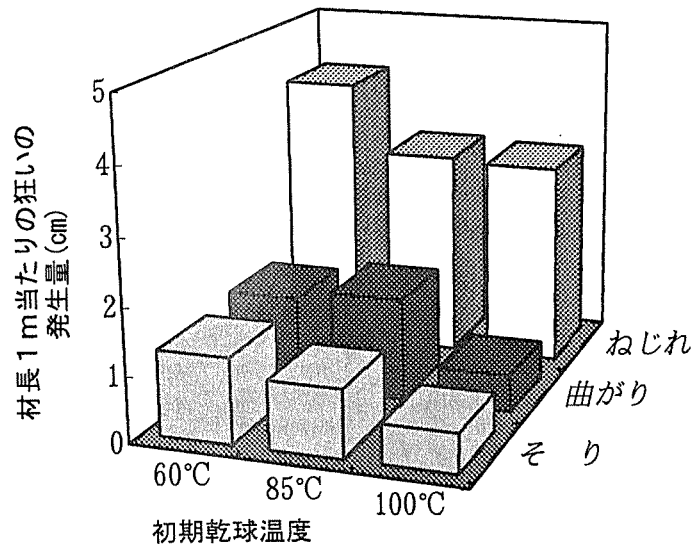


図2-2 温度条件別の狂いの発生

3. 2. 5 ねじれと繊維傾斜の関係

狂いのなかで最も問題となる「ねじれ」については、過去の知見により繊維傾斜が要因となっていることが指摘されていた。平角材のような大断面材においても同様な傾向が見られるとすれば、乾燥前に繊維傾斜を測定することにより、乾燥に伴うねじれの予測がある程度可能になる。そこで、乾燥前に引っかき式繊維走向測定器により繊維傾斜を測定し、乾燥後のねじれとの相関を調べた結果を図2-3に示す。今回の試験においてもねじれの発生には繊維傾斜が大きく関与していることが確認できた。

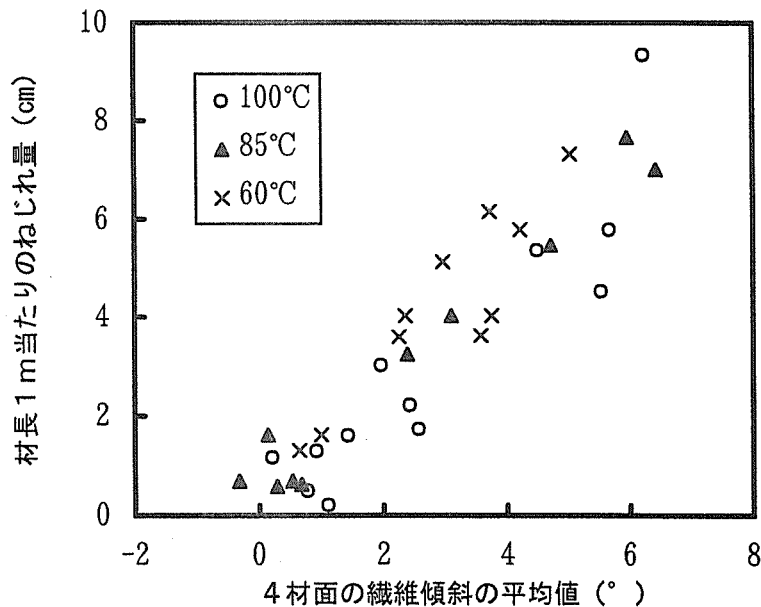


図2-3 繊維傾斜とねじれ量

3. 2. 6 養生後の表面割れ、狂いの変化

人工乾燥した材について屋内で半年以上養生した後、表面割れと狂いを測定し、乾燥直後と比較した結果を図2-4～8に示す。養生中に表面割れは減少したが、狂いはさらに増加した。このため、修正挽きの時期等については注意が必要となる。

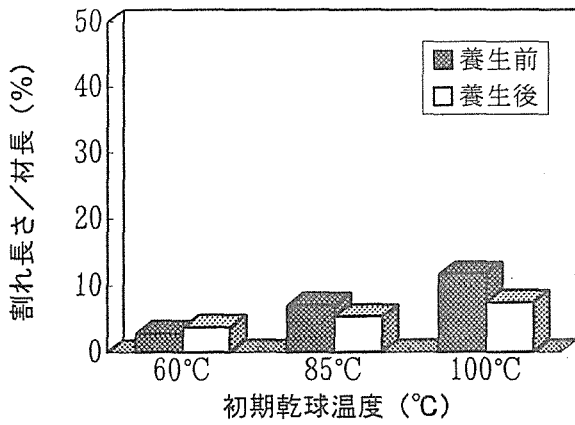


図2-4 養生前後の割れ長さ (0.5mm未満)

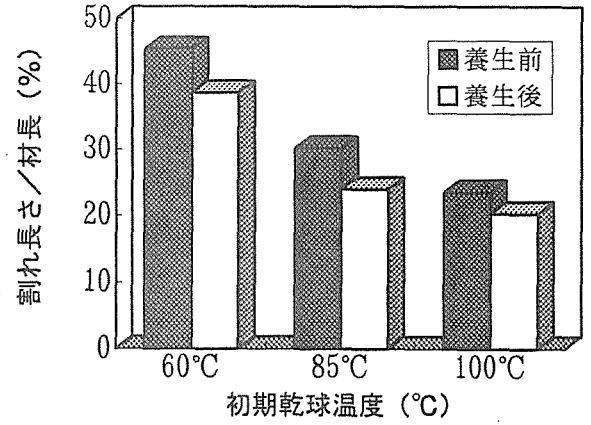


図2-5 養生前後の割れ長さ (0.5mm以上)

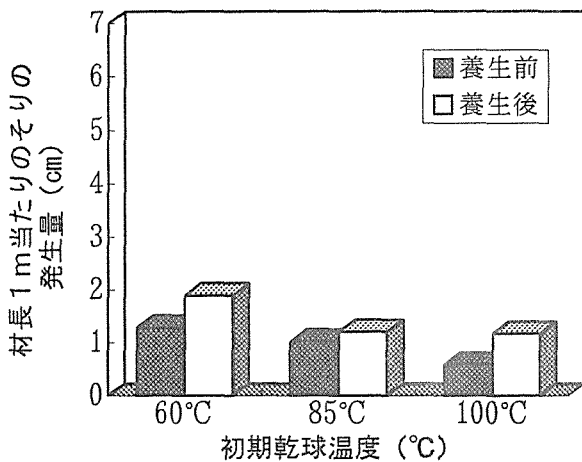


図2-6 養生前後のそり発生量

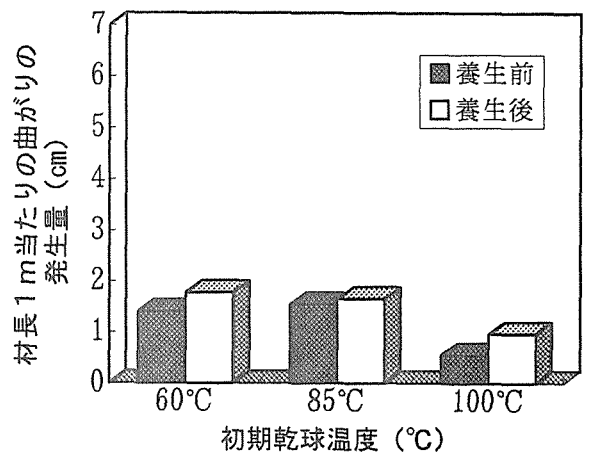


図2-7 養生前後の曲がり発生量

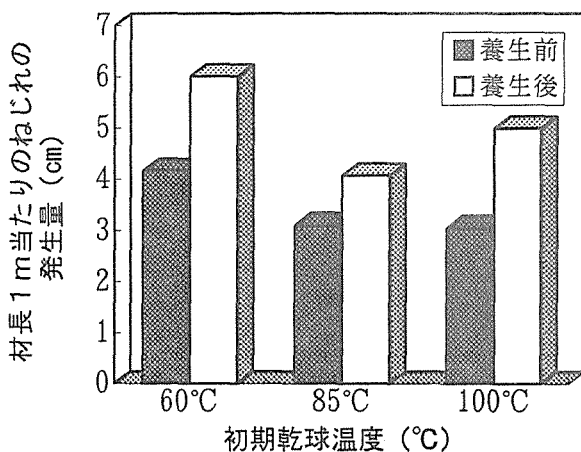


図2-8 養生前後のねじれ発生量

長野県における木材事情及び木材乾燥の研究と普及

長野県林業総合センター
木材部 吉田孝久

1、長野県の木材事情

1.1 長野県の森林

長野県は県土の約78%が森林で占められ、北海道、岩手県に次いで第3位の森林県である。林業では、木曾のヒノキの歴史が古く、知名度も高いが、県土が南北に細長く標高差も大きいことから、生育する樹種も多い。その中で、信州の代表的な景観を構成し、さわやかなイメージを生み出しているカラマツは、県内森林面積全体では23%、人工林面積ではその55%を占める重要な樹種である。

1.2 長野県の素材需給の動向

平成8年の素材需要量（図-1）は812,000 m³、このうち県産材は307,000 m³、外材は472,000 m³といずれも前年より減少した。その結果、外材依存率は全需要量の58%となった。

平成8年長野県における素材の生産量（図-2）は、461,000 m³で前年に比べ4%減少した。樹種別に見ると、カラマツが141,000 m³と全体の31%を占め、次いでヒノキが126,000 m³で27%を占めている。全国的に多いスギは、長野県では北信地域で多く生産されるが、その生産量は50,000 m³と、カラマツやヒノキに比べかなり少ない。

全国的に素材生産量をみると、カラマツは北海道、岩手県に次いで第3位、ヒノキは第9位、スギにあっては第35位である。従って、このような状況からみても、カラマツの需要開発は長野県林業及び林産業の発展にとって重要な課題である。

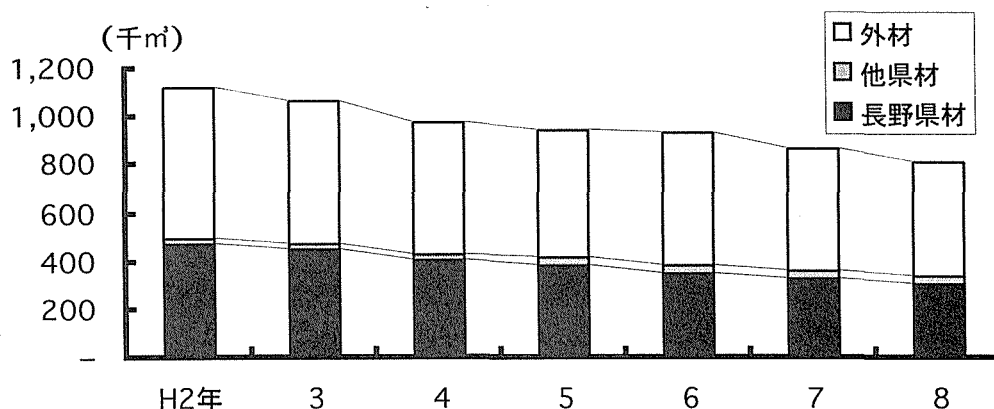


図-1 長野県における素材供給量の推移

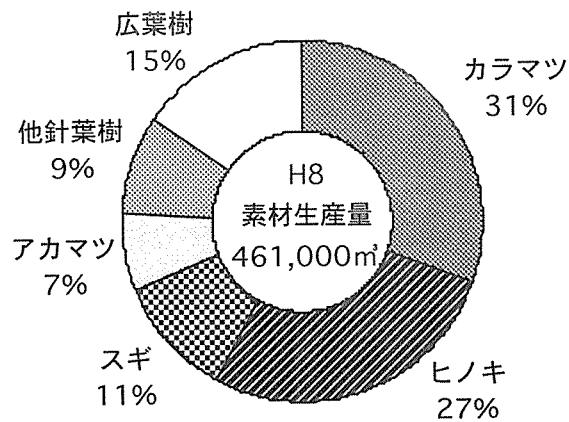


図-2 長野県における樹種別素材生産量

1.3 長野県の木材産業の動向

長野県における平成8年度の製材工場数は478工場と年々減少傾向にある中、平成8年度も前年度より21工場減少した。内容的には中規模工場の閉鎖が目立った。木曾ヒノキを売り物にしている木曾谷では平成8年、平成9年と相次いで中規模製材工場が閉鎖し、さらに平成10年に入っても大手人工林ヒノキ製材工場が自己破産を申請した。この工場は木曾の木材業界ではトップメーカーで業界をリードする優秀な工場であり、長野県にとっても大きな痛手であった。

平成8年度の製材用素材入荷量は712,000m³で、前年より6.4%減少した。このうち国産材の占める割合は34.1%であった。

また、製材品出荷量は516,000m³で、前年に比べ5.0%減少した。用途別では建築用材が344,000m³と最も多く、全体の66.7%を占めている。

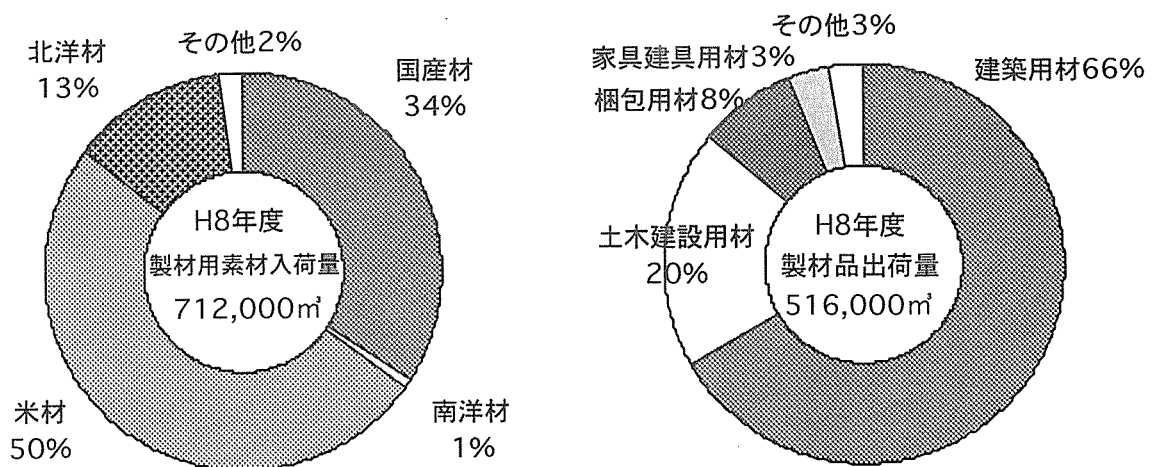


図-3 長野県における製材用素材入荷量と製材品出荷量

1.4 長野県の木材価格の動向

平成9年の木材価格は春頃から下がり始め、秋になっても例年のように木材の需要が増加せず、下落し続け平成9年12月のヒノキの中丸太は33,500円/m³、正角が86,000円/m³となり、それぞれ前年同月より16,300円、26,500円と大きく値下がりをした。

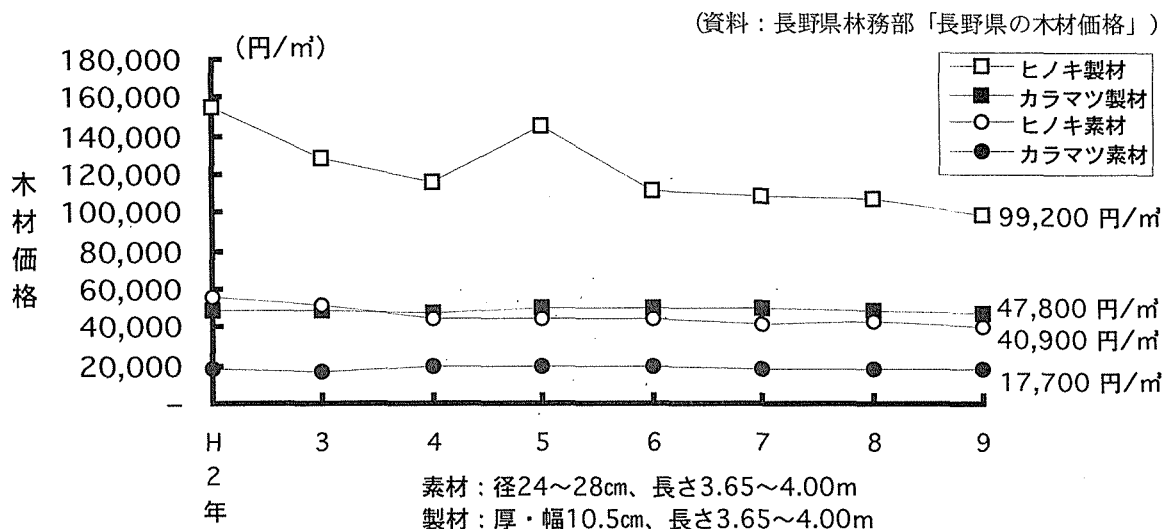


図-4 長野県における木材価格の推移

2、長野県における木材乾燥の研究と普及

2.1 カラマツ材の人工乾燥技術開発への着手

カラマツの人工造林が最も盛んに行われたのは戦後間もなくであったため、現在の資源は5齢級~8齢級の若齢林がほとんどを占めている。木材利用の面からは、素材生産が小中径材に偏っているため、現在に至っても杭・仮設材等の土木用材や梱包用材等の用途に向けられるものが多い。

人工造林されたカラマツ材は、その樹種特性から「割れる」「ヤニがでる」「狂う」の3つの欠点が以前から指摘され、住宅関連の分野にはなかなか利用されなかった。しかし、これらの欠点は材の乾燥に伴って発生することから、新しい用途開発のため、S52年頃からその基本となる乾燥技術の開発に着手し、それなりの成果を収めながら今日まで至っている。

2.2 業界の木材人工乾燥への取り組み

カラマツ材の人工乾燥技術開発における研究成果は、技術指導あるいはマニュアルの発行等により業界に普及し、現在では県内10社以上でカラマツ材の人工乾燥が行われ、壁板、集成材ラミナ、家具等に向けられている。

平成7年のカラマツ乾燥材生産量は、開発当初の生産量のおよそ20倍以上にも伸びた(図-5)。その経緯をみると、昭和57年、カラマツの脱脂乾燥技術の開発を背景として、カラマツの加工技術の向上と需要拡大を図ろうとする企業が集まって、「信州からまつ工業会」が組織された。これをきっかけに、カラマツの利用拡大の先駆けとして、壁板の開発が始められたが、この年この壁板は、県住宅部建築課によって高校体育館の壁板として指定さ

れた（写真-1）。採用されるに当たっては、生産する側と使う側の一定の基準の同意のもとで製品開発が進められた。

この製品開発の過程を通して、関係者の間に、「今後も木材製品の提供には業界統一の基準のもとに、品質の安定した製品製造を行うことが重要である」という認識が生まれることになった。

現在では、このような関係者の努力により、カラマツ製品に対する信頼度も増し、その良さが各方面で認められ、木材業界でも蒸気式木材乾燥装置が導入され、カラマツ材の利用を積極的に行うようになってきている。また一方では、木材乾燥の重要性について消費者側の理解も次第に深まっている。

昭和62年には、カラマツの大量消費をねらい、高速道路の防音壁の開発を業界と共同で行ったが（写真-2）、断面がやや大きく難乾燥材（当時としては）であったことや、生産コストの面で課題を残した。

一方行政サイドでは、県の施策として「カラマツ材等高度加工化事業」を展開、また、平成元年より「乾燥材供給総合対策事業」を実施し、カラマツをはじめとした人工乾燥材の普及に努めた。

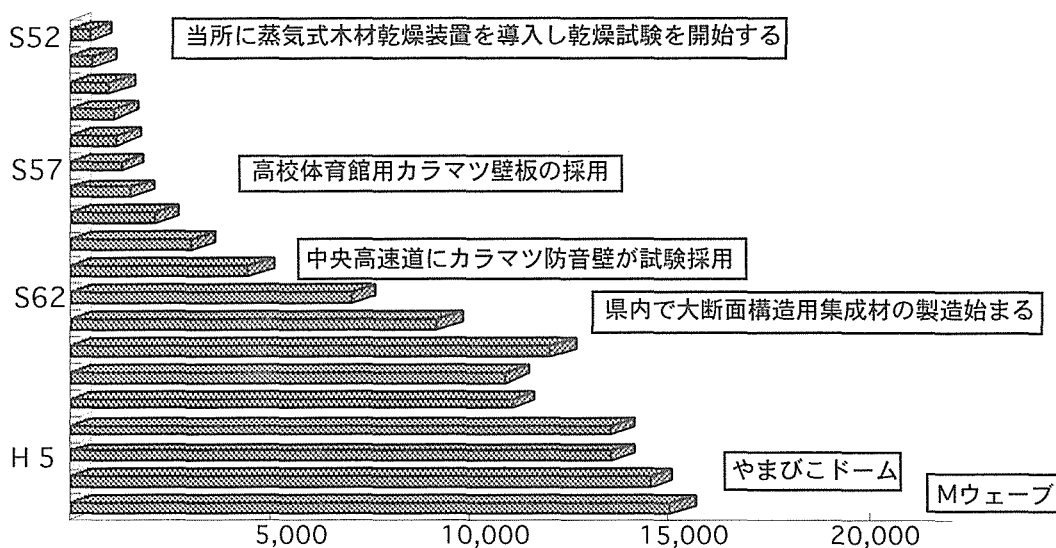


図-5 長野県におけるカラマツ乾燥材生産量の推移 (m³)

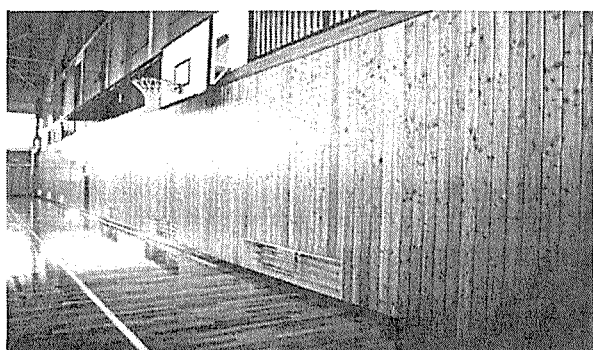


写真-1 高校体育館用カラマツ壁板
カラマツ人工乾燥材のデビュー作

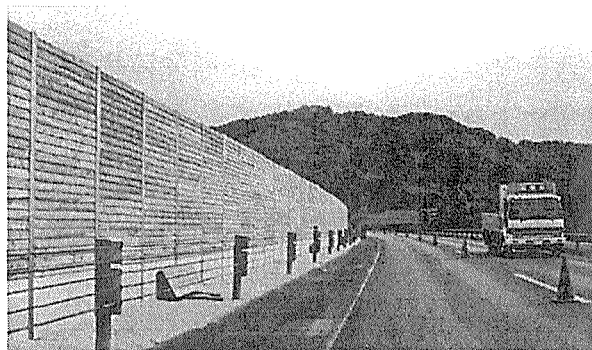


写真-2 カラマツ防音壁：中央自動車道で試験採用された。大量使用が期待されたのだが・・・

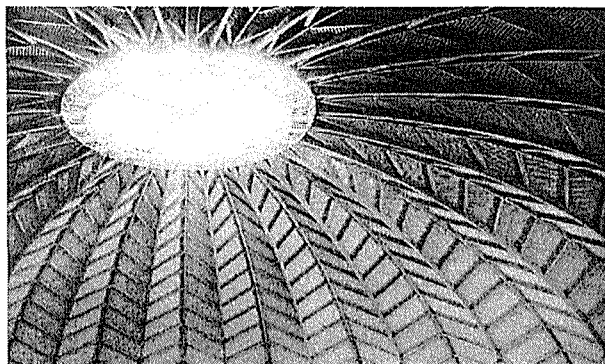


写真-3 信州博覧会メイン会場：カラマツを使用
した“やまびこドーム”
直径110mは当時国産材では日本一

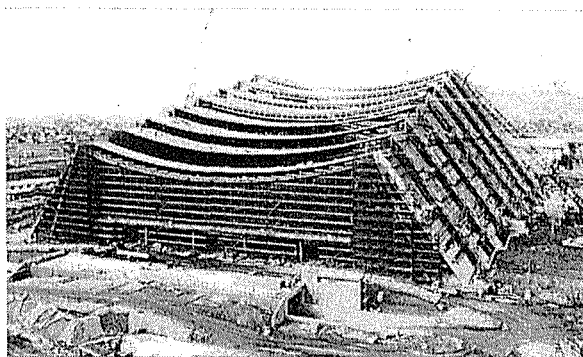


写真-4 長野オリンピックスケート会場（Mウェーブ）
スパン80mのカラマツ大断面集成材を使用

壁板から広がったカラマツ材の用途は、しだいに集成材のラミナの乾燥技術へと発展し、大断面構造用集成材へとその利用を広げた。平成5年の信州博覧会のメイン会場であるカラマツドームや長野冬季オリンピックに向けて平成8年に完成したスピードスケート会場（Mウェーブ）は、我々に大きな自信を与えた（写真-3、4）。

このように、かつて土木仮設用材としての利用がほとんどであったカラマツ材は、人工乾燥技術の確立に伴い、現在では建築材や集成材をはじめ、家具・建具材にまで幅広く利用されるようになった。

2.3 平成8年における乾燥材の生産量

カラマツを含めた平成8年における乾燥材（人工乾燥材+天然乾燥材）の総生産量は89,000m³であり、そのうち国産材が45,000m³で51%を占めている。県内製材工場の製材品出荷量が516,000m³であるので、その17%に相当する製材品から乾燥材が生産されている。

また、乾燥材のうち67%は人工乾燥材で、製材品出荷量全体からするとおよそ12%を占めている。

人工乾燥材、天然乾燥材別にその内訳をみると、外材の場合、乾燥材の内、約5割が人工乾燥材であるのに対し、国産材では約8割とかなりの割合を人工乾燥材が占めている。これは、人工乾燥材のほとんどがカラマツであることから、カラマツの乾燥に関する認識が高まっていることと、さらに外材に比べ径級の小さい国産材は、乾燥しなければ狂ったり割れたりしてしまうと言った考え方が、かなり浸透しているためと思われる。

表-1 乾燥材生産量（平成8年） 単位：m³（ ）内は%

	人工乾燥材	天然乾燥材	合計
国産材	35,504 (78)	10,137 (22)	45,641 (100)
外材	24,388 (56)	19,307 (44)	43,695 (100)
合計	59,892 (67)	29,444 (33)	89,336 (100)

2.4 カラマツ材の人工乾燥スケジュール

現在普及指導しているカラマツ材の乾燥法は、ヤニ滲出防止のための「初期蒸煮」、割れ防止及び短時間乾燥のための「高温（高湿）乾燥」、狂い防止のための「圧縮乾燥」の3本柱から成り、表-1に示した乾燥スケジュールがほぼ確立された。またこの乾燥スケジュールは、ベイマツにも応用されている。

人工乾燥の対象となるのは、現在のところ壁板（厚さ10mm～25mm）及び集成材用ラミナ（厚さ25mm～30mm）が多いが、このクラス程度の厚さでは2～3日間程度の乾燥期間で終了する。間欠運転の場合であっても、5日間程度で終了する。現在各社で初期蒸煮時間が異なり、全体の乾燥時間も様々であるが、これは蒸煮温度の違いや、各社間の製品に対する安心感といった考え方の違いからくるものと考えられる。

柱材の人工乾燥材は、現在のところその需要はもちろん供給も少ないが、今後その量は増大するものと思われる。カラマツの場合、含水率15%程度に仕上げるのに、表-2の乾燥スケジュールでおよそ5～6日間の乾燥日数で行える。この場合、背割り材を対象とする。

また、100℃以上の高温乾燥について表-3に示した。この場合はおよそ2～3日間の乾燥日数となり、スギの場合と比較して高温乾燥での材色の変化は少なく、無背割り材であっても比較的割れの少ない乾燥材が得られる。

この100℃以上の高温乾燥については、後述する2.5.1の「カラマツ柱材の高温乾燥」の項で述べる。

表-2 カラマツ材の乾燥スケジュール（蒸気式木材乾燥）

平割材・板材（ラミナ）			柱材		
含水率（%）	乾球温度（℃）	温度差（℃）	含水率（%）	乾球温度（℃）	温度差（℃）
初期蒸煮	95	0	初期蒸煮	95	0
生材～40	90～95	5	生材～30	90～95	5
～30	＂	10	～25	＂	7
～25	＂	15	～20	＂	10
～20	＂	20	～15	＂	15
20以下	＂	30	15以下	＂	20
調湿	80	2	調湿	＂	0

☆蒸煮時間は装置内温度が95℃に達してからの時間とする。

☆蒸煮温度が95℃以下の場合は、蒸煮時間を長くする。

☆柱材は背割り材とする。

2.5 現在の取り組みと普及

これまで我々が取り組んできた木材乾燥に関する試験は、カラマツを主体として、断面の小さなもの（板類や割材）から大きなもの（角材）まで行ってきたが、業界に普及したのは、乾燥が比較的容易な壁板や集成材用ラミナ、また家具用材の割材が主体であった。比較的断面の大きな構造材（柱、梁・桁）へは、乾燥時間、コストの面から普及はしなかった。

そこで、数年前から比較的断面の大きな材に対して、短時間、低コスト乾燥の取り組みを始めた。

当初は、120℃液体中での乾燥や過熱蒸気を用いた乾燥を試みたが、100℃以上の蒸気式の高温乾燥装置が開発され始めた平成7年から、本格的に心持ち柱材の高温乾燥に取り組んだ。その結果、乾燥時間の短縮が可能となり、心持ち柱としての用途の可能性がでてきた。写真-5、6はこの方法で乾燥した心持ち柱を使用した住宅の一例である。カラマツに対しては新しい試みであり、今後の間伐材対策として、このカラマツ心持ち柱材への期待は大きい。

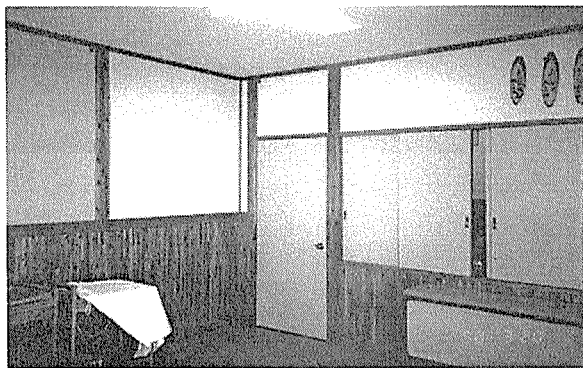


写真-5 心持ち柱材の公共施設への使用例
真壁用として使用

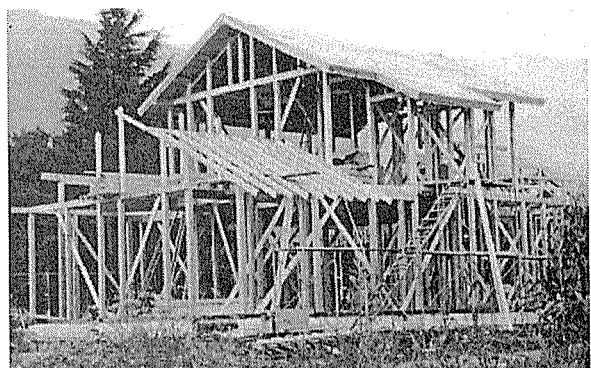


写真-6 心持ち柱材の一般住宅への使用例
大壁用として使用

2.5.1 カラマツ柱材の高温乾燥

現在までのところ、末口径20cm上の素材は前述のとおり壁板や集成材用ラミナとして利用はされているが、20cm下の素材の利用は少ない。

末口径16～20cmの中径材から、10.5cmあるいは12.0cm心持ち一丁取りの正角材を木取り、柱として利用することは、スギやヒノキでは一般的な利用方法ではあるが、カラマツの場合、このような使い方はこれまでされてこなかった。これには、カラマツが建築材として馴染みがなかったことは勿論であるが、乾燥時のねじれの発生や割れの発生等が大きく原因している。

そこで、カラマツ心持ち一丁取り柱材の高品質な乾燥材生産及び乾燥時間の短縮をねらいとした低コスト高速乾燥法を確立するため、全乾燥時間56時間（130℃、2.4日間）の蒸気式乾燥をこれまでに十数回試みた。

表-3 カラマツ12.0cm正角材（10.5cm仕上り）
の高温乾燥スケジュール（背割材）

時間 (hours)	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	備考
3~5	95	95	蒸煮
48	120~130	80	
調湿	高温状態にして冷却		

☆無背割材は乾燥日数を1日延長

☆13.5cm正角材は乾燥日数を1日延長

☆上部に4トン以上の死荷重載荷

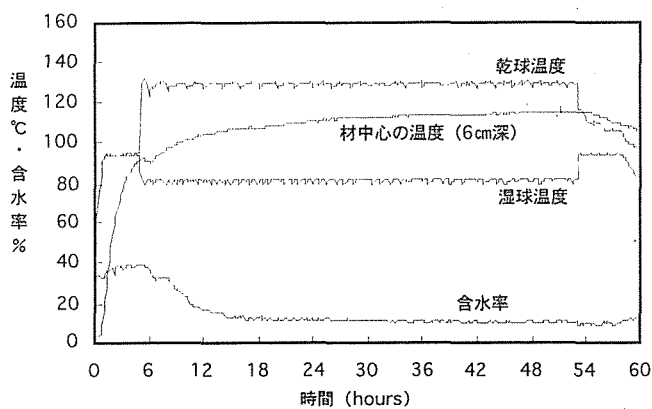


図-6 高温乾燥の乾燥経過と材温の上昇状況

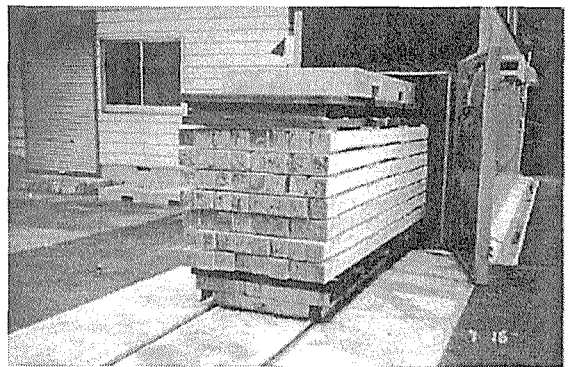


写真-7 カラマツ柱材の高温高速乾燥

（材温上昇状況と乾燥経過）

初期材温上昇状況の一例を図-6に示した。材中心部が95℃に達するのにほぼ5時間を要した。乾燥初期の5時間の蒸煮は材中心部の温度を室内温度と同じにすることを目的としたが、ほぼ予定どおり所定の温度に達した。初期材温上昇に要する時間は、乾燥する量や乾燥する季節によっても大きく変化するものと考える。

カラマツはヒノキと同様、初期含水率が35～45%で心材部では自由水の存在が非常に少ない樹種である。材温の上昇状況を図-6で見ると、蒸煮後乾燥期間に移行してから徐々に上昇し、乾燥開始12時間後に108℃、24時間後に112℃、48時間後に114℃となった。

乾燥経過をみると、初期蒸煮後、乾湿球温度差を50℃まで開くと含水率の低下は著しく、含水率20%まで一気に低下した。しかし、含水率20%以下になると、含水率の低下は漸減傾向になりほとんど横這状態になった。

含水率25%から15%までの範囲の乾燥速度はおよそ2.354%/hourであった。

（仕上がり含水率と水分傾斜）

このスケジュールでの乾燥で仕上がり含水率は、ほとんどの材が針葉樹構造用製材の日本農林規格（JAS）のD15をクリアした。含水率の平均値は全体で8.8%、標準偏差1.9であった。全乾法での平均値は8.5%であり含水率計の測定と対応していた。

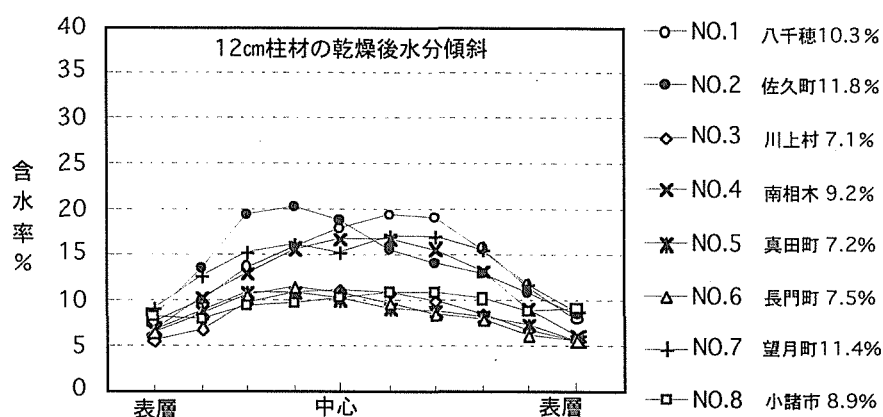


図-7 材内部の水分傾斜（全乾法）

図-7に乾燥終了後の材内部の水分傾斜を示した。材表層と材中心部とは5～10％程度の水分傾斜はあるものの、材中心部の含水率を20％以下に仕上げることができた。

カラマツの場合、ねじれの原因となる繊維傾斜が、髄周辺の未成熟材部ほど大きいため、水分傾斜が大きくこの部分に水分が残っている材では、その後の水分拡散や放湿に伴ってねじれの発生が懸念される。予備的に行った乾燥試験で、材の中心部に水分が多く残った材では、その後にねじれ発生が認められた。また、その程度は材中心部に水分が多く残っている材ほど大きかった。

したがって、図-7で示す試験では材中心部の含水率が、20％以下に仕上がることを目的としてスケジュールを組んだが、これについてはほぼ達成できた。しかし、前述したとおり材表層部と材中心部との水分傾斜は大きいため、その後の狂い発生状況の調査を継続している。

（乾燥後の形質変化）

乾燥後の形質変化を表-4及び産地別に図-8に示した。

表-4 高温乾燥による形質変化（圧縮・非圧縮別）							無背割材		
区分	本数 (本)	圧縮	含水率 (%)	収縮率 (%)	曲がり (mm/3m)	ねじれ (mm/3m)	材面割れ (cm)	木口割れ (cm)	密度 (g/cm ³)
平均値	223	有	8.8	2.92	3.3	8.7	183	39	0.481
標準偏差			1.8	0.66	1.9	5.8	138	37	0.036
最小値			5.7	0.97	0.0	0.0	0	0	0.412
最大値			17.0	4.98	12.0	33.0	601	175	0.604
平均値	50	無	8.7	3.03	4.9	14.1	184	44	0.492
標準偏差			1.5	0.68	4.1	7.9	133	29	0.039
最小値			5.7	1.60	1.0	0.0	0	0	0.398
最大値			14.7	5.23	24.0	35.0	498	112	0.591

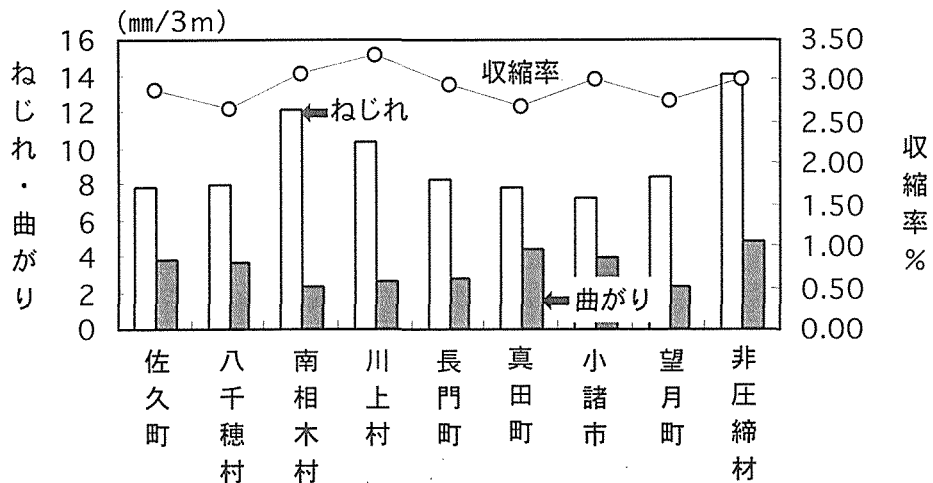


図-8 産地別に見た収縮率・ねじれ・曲がり

収縮率はほぼ3%の値を示し、これはこれまでの試験データと同様な値であった。12cm心持ち柱材の乾燥による実質的な縮みは、平均的にはおよそ4mm、多いもので5mm程度と考えてよい。

乾燥後の曲がりは、多い地域と少ない地域に分かれたが、これは成育時の環境によるアテ発生量に左右されるものと思われる。曲がりの多い地域はアテの認められる材が多かった。

全圧縮乾燥材224本中で、曲がりがJAS 1級の許容限度である6mmを越えるものは9本であり、これらにはいずれもアテが認められた。

圧縮材のねじれ発生量は、平均値8.7mm/3mであり、一方非圧縮材は14.1mm/3mあった。したがって、圧縮することにより、およそ40%のねじれ抑制効果が認められた。試験では、ねじれ抑制のため、被乾燥材の上部に4.0tonの荷重を積載（栈木加圧3.3kg/cm²）したが、これは木製の栈木であればつぶされるほどの荷重であるにもかかわらず（現在はアルミ製の栈木を使用）、ねじれの発生を防止することはできなかった。

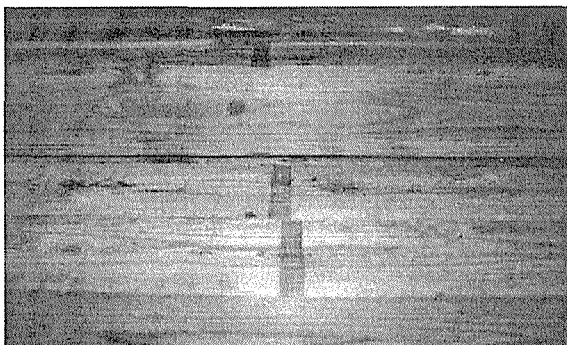


写真-8 乾燥材についた栈木跡
モルダ仕上げにより消える

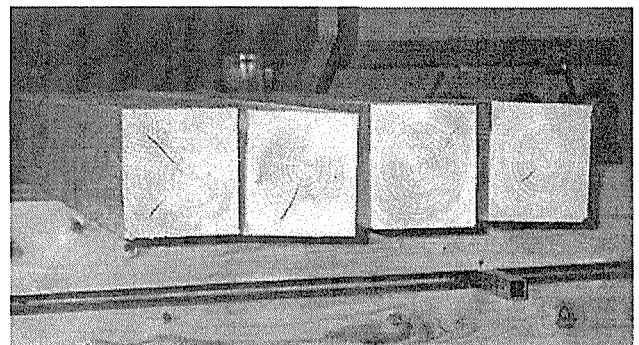


写真-9 乾燥後の内部割れ

乾燥材には荷重による栈木跡（スティッカーマーク）が付くものの（写真-6）、これはモルダ仕上げにより完全に消去された。

乾燥による割れの発生状況は、材面割れ・木口割れともに感覚的にはかなり少ないものであり、利用上問題となる程度のもものではなかった。

しかし、今回の乾燥スケジュールで内部割れの発生が見られる材があった（写真-7）。この内部割れは、柱とした場合、仕口ほぞ部での加工性や強度性能に対してどのような影響があるのか、今後の検討課題である。

プレーナーにより10.5cm柱材に仕上げた時の材色は、100℃以下の乾燥材と比較して、若干茶色がかかった色合いであった。この材色の変化が少ないことは、スギの高温乾燥による材色変化と比較して、カラマツ材の高温乾燥に対しての大きな特長であると言える。

2.5.2 カラマツ高温乾燥材の強度性能

木材を高い温度で乾燥すると、脆くなると言われる。しかし、これは乾燥時に材に与えた温度や湿度、また乾燥時間や蒸煮時間、あるいは樹種の違いといった様々な要因が関係するので、一概には結論できないと考える。

カラマツの心持ち柱材に対しておよそ2日間の100℃～130℃の乾燥を行った場合について、現在までに行った高温乾燥材の実大材の曲げ強度試験及び短柱圧縮試験の結果を以下に示した。

（カラマツ柱材の実大材曲げ強度試験）

表-4に実大材曲げ強度試験の結果を乾燥温度別（スケジュール別）に、表-5には全体の結果を示した。また、図-9には静的曲げヤング係数及び曲げ強度の出現頻度を示した。

表-5 実大材曲げ強度試験結果（乾燥温度別）

条 件		乾燥条件（乾燥日数は2日間）				
		A 110-10℃差 (35本)	B 110-30℃差 (19本)	C 120-20℃差 (30本)	D 120-30℃差 (27本)	E 130-30℃差 (33本)
静的 曲げヤング係数 (tonf/cmi)	平均値	94.0	102.6	95.1	100.8	100.4
	標準偏差	13.8	13.0	15.6	13.0	16.6
	最小値	64.5	72.5	65.0	78.6	64.7
	最大値	124.5	123.7	150.8	133.2	137.9
曲げ強度 (kgf/cmi)	平均値	406	439	367	416	426
	標準偏差	85	95	82	74	97
	最小値	234	263	237	313	238
	最大値	592	692	642	572	623

表-6 全体の実大材曲げ強度試験結果

試験材本数144本

区分	動的ヤング係数 (tonf/cm ²)	静的ヤング係数 (tonf/cm ²)	曲げ強度 (kg/cm ²)	含水率 (%)	密度 (g/cm ³)	平均年輪幅 (mm)
平均値	107.3	98.1	409	12.8	0.49	4.82
標準偏差	15.1	15.0	90	0.8	0.04	1.13
変動係数	14.1	15.3	22	5.9	8.22	23.35
最小値	72.4	64.5	234	9.8	0.42	1.43
最大値	161.4	150.8	692	15.1	0.60	10.78
5%下限値	82.5	73.4	261	11.5	0.42	2.96

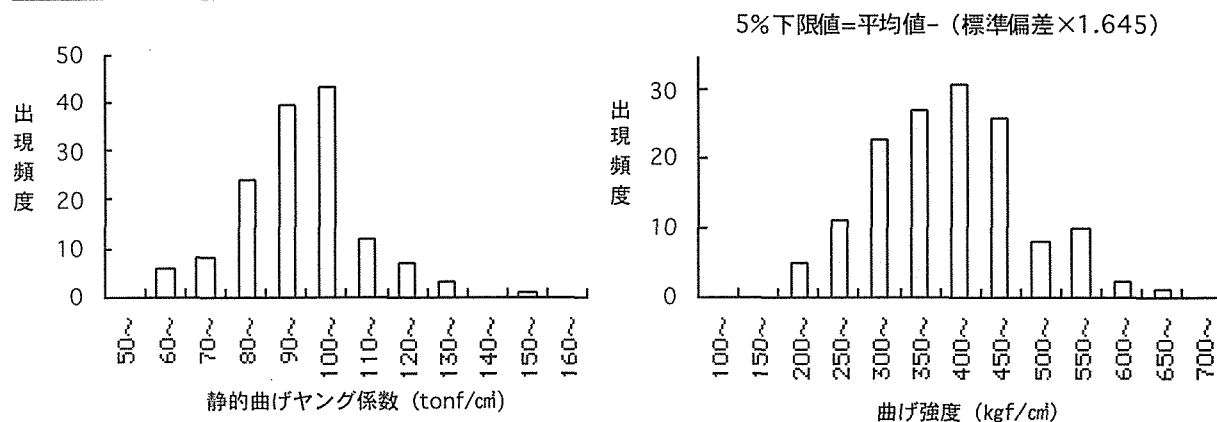


図-9 静的曲げヤング係数及び曲げ強度の出現頻度

静的曲げヤング係数の全体平均値は98.1tonf/cm²、5%下限値は73.4tonf/cm²であった。日本建築学会の木質構造設計規準に示されたカラマツのヤング係数（普通構造材80tonf/cm²、上級構造材90tonf/cm²）と比較すると、平均値では上級構造材となるが、一本いっぼんについてみると90%の材が普通構造材、74%の材が上級構造材に入る。

曲げ強度の全体平均値は409kgf/cm²、5%下限値は261kgf/cm²であった。乾燥処理温度別にみると条件C（120℃-20℃差）の平均値が367kgf/cm²とやや低い。しかし、これが処理温度の影響であるかは条件D（120℃-30℃差）及び条件E（130℃-30℃差）が全体平均値を上回っていることから結論できない。また、一本いっぼんについて建築基準法施行令のカラマツの材料強度値270kgf/cm²と比較してみると、これを下回るものは全体144本中で9本であった。

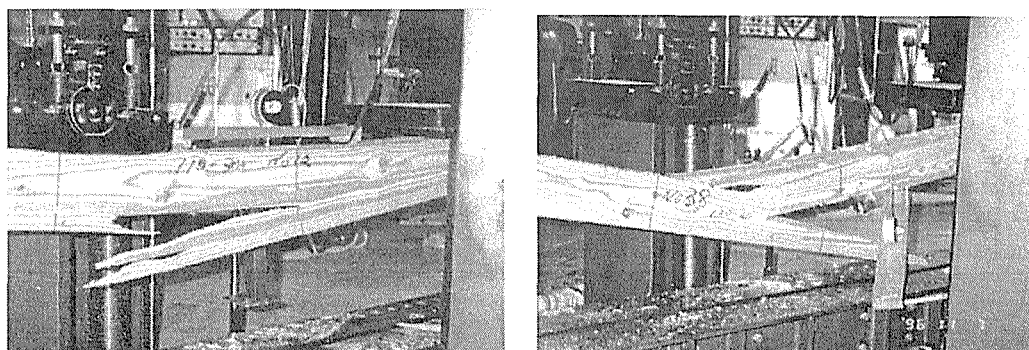


写真-10 カラマツ柱材の実大材曲げ破壊試験

(カラマツ柱材の縦圧縮強度性能)

縦圧縮強度及び縦圧縮ヤング係数の試験結果を表-6に示した。また、全試験体の縦圧縮強度及び縦圧縮ヤング係数についての出現頻度を図-10に示した。

縦圧縮強度の平均値は、乾燥温度条件Bが最も高く375.1 kgf/cm²、条件Aが最も低い347.4 kgf/cm²となった。縦圧縮ヤング係数は、縦圧縮強度と同様に条件Bが最も高く89.3 tf/cm²、条件Aが最も低く79.0 tf/cm²であった。

縦圧縮強度の5%下限値は、最も高いのが条件Bの315 kgf/cm²で、最も低いのが条件Eの278 kgf/cm²であり、全体では287 kgf/cm²であった。これらの結果を既往の試験結果と比較してみると、小泉らの報告では北海道産カラマツ心持ち正角材の縦圧縮強度5%下限値を210~276 kgf/cm²としており、森の報告では長野県産カラマツ心持ち材の5%下限値を260 kgf/cm²、また徳本らの報告では長野県産カラマツ心持ち材の5%下限値を233 kgf/cm²としている。乾燥条件として、これらの試験体は全て天然乾燥によるものであった。今回の試験結果は、これらの値と比べてやや高い数値であった。

表-7 カラマツ柱材の縦圧縮強度試験結果（乾燥温度条件別）

		温度条件 A (35本)	温度条件 B (18本)	温度条件 C (29本)	温度条件 D (27本)	温度条件 E (32本)	全体 (141本)
縦圧縮強度 (kgf/cm ²)	平均値	347.4	375.1	361.5	359.6	361.7	359.4
	最小値	269.5	325.9	296.0	285.7	261.6	261.6
	最大値	437.3	461.3	429.4	462.3	519.1	519.1
	標準偏差	40.0	36.7	40.9	42.5	51.0	43.8
	5%下限値	281.6	314.8	294.3	289.7	277.7	287.3
縦圧縮 ヤング係数 (tonf/cm ²)	平均値	79.0	89.3	84.9	85.4	87.7	84.7
	最小値	41.7	68.8	60.0	61.9	55.6	41.7
	最大値	118.2	112.8	130.2	119.5	121.7	130.2
	標準偏差	14.3	12.2	14.4	12.6	17.1	14.8
	5%下限値	55.6	69.3	61.3	64.7	59.6	60.3

5%下限値=平均値-（標準偏差×1.645）

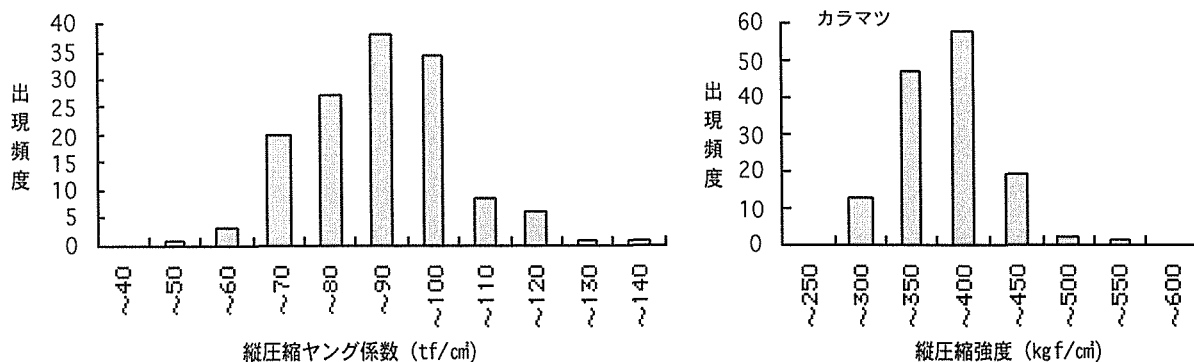


図-10 縦圧縮ヤング係数と縦圧縮強度の頻度分布

心持ち柱材の高温乾燥に関して以上のような結果を得たが、当面の課題として上げられるのは、乾燥後の水分傾斜がその後の狂い、特にねじれの発生に対してどの程度影響するかである。これは1年間の養生後（現在実施中）の結果を待って再度検討したい。

今後のカラマツ心持ち一丁取り柱材の実用化を考えた場合、乾燥後のねじれの発生量をいかに抑えるかが一重要となる。製材寸法12.0cm柱材をモルダで仕上げる際、ねじれ発生量が15mm/3mまでであれば、10.5cm柱材製品に仕上げるのが可能であった。しかし、ねじれ発生量が15mm/3mを超えるものは全体の11.2%（25本/224本）あり、この不良率を下げるのが、今後の大きな課題である。

製材寸法が仕上げ寸法の15mm上乘せということは、乾燥時間を長引かせるばかりでなく、歩止りを低下させる大きな原因となっている。そこで、さらなるねじれ抑制のための技術開発と、育種育林からも繊維傾斜の小さな品種の生産等、多方面からの取り組みが必要であろう。

カラマツ心持ち一丁取り柱材の生産が可能となることは、長野県のカラマツ林業の発展に大きく貢献することだろうし、またそのためには、高温高速乾燥技術の確立が最も重要であると考えられる。

3 おわりに

一般住宅への空調設備の普及、建築工法の変化、新たな木質建材の生産などに対応して、今後も乾燥材の需要は益々増大するものと思われる。

現在、人工乾燥される材種は、乾燥が比較的容易な板類が主体であり、断面の大きな構造材等に対する人工乾燥技術の確立が、長野県においても期待されている。

乾燥コストの低減、高品質乾燥材の生産、乾燥材の品質管理や保証等の確立、一般住宅建築等における乾燥材使用の促進等、取り組むべき課題はまだ多い。

特に、低価格と大量供給メリットを持つ外材などに対抗していかなければならない県産材にとっては、乾燥材を安定的に供給していくことが、地域材としてブランド化を図り、県産材の需要拡大を推進する上で、重要な条件であると考えられる。

今後、県産材さらには国産材の乾燥材供給を推進していくには、木材に関わる者が製材から最終製品の仕上げまでの全ての工程を総合的に把握し、消費者とともに検討していくことが重要であろう。

第4章 富山県における乾燥技術開発等乾燥材普及への取組

1 富山県における製材品の流通および乾燥施設と乾燥材の生産動向

1.1 富山県の木材産業の現状

本県の木材需給量は、表4-1に示すとおり1,742千m³で全国的にみると高い水準にあり、供給量の96.0%を外材が占めている。とくに、外材の85%が北洋材で、全国シェアの24%を占めており、全国一の北洋材集散・加工基地となっている。

一方、国産材の供給量は69千m³となっており、うち県内生産は57千m³で平成3年以降60千m³程度で横ばいとなっている。しかし、戦後、造林が続けられたスギを主体とした人工林の木材蓄積は着実に増加し、21世紀初頭には本格的な主伐期を迎え、200千m³（スギ160千m³）の出材が見込まれる。このため、森林組合を中心として高性能林業機械を利用した生産性が高く安定的に素材生産ができる体制が作られつつある。生産が見込まれるスギ材の多くは、中小径木で節等も多く、品質的に良好とは言えない「並材」とみられており、その加工・利用技術の開発が本県森林・林業の大きな課題になっている。また、天然林についても人工林を上回る15百万m³の蓄積があることから、コナラ等未利用広葉樹の加工・利用技術の開発が必要となっている。

表4-1 富山県における木材需給量（平成8年度）

単位：千m³

供 給				需 要				
総数	県産材 生産量	外材 入荷量	県外 移入量	総数	製材用	合板用	チップ パルプ用	県外 移出量
1,742	57 (3.3)	1673 (96.0)	12 (0.7)	1,742	1,310 (75.2)	57 (3.3)	37 (2.1)	338 (19.4)

()は構成比

本県木材産業の中心は北洋材を原料とする製材業で港湾型製材に特色があり、県産材についての生産・加工・流通体制は脆弱な状況にある。製材工場数は207工場あり、約4割が港湾の富山市、高岡市、新湊市に集中している。また、1工場当りの平均動力出力数は145kwで全国3位と高く、大型化、自動化が進んでおり、最近では、ロシア国内で日口合弁・技術協力による製材工場が4工場稼働するなど国際化が進展している。

一方、国産材を50%以上挽く工場は31工場（うち国産材専門工場は15工場）あるが、いずれも経営規模の小さい内陸型製材工場であり、優良材を中心に県外（石川、青森、群馬など）から原木を購入している。これらの工場は地場販売型が多く、製品流通は大工・工務店に流通する経路、同業者（製材・木材販売業者）に流通する経路などがある。市場流

通量は約 16千m³（平成7年度）と少なく、県産材については、主に山元製材を中心に小規模な生産状況にあるため、近代的な県産材加工体制の整備、拡大を進めることが求められている。

製材品の出荷量は表4-2に示すとおり、839千m³で、このうち約90%が建築用材であり、住宅着工の動向が需要に大きく影響している。用途別製材品出荷量をみると、建築用材のひき割類が58%、ひき角類が26%と、全国に比べてひき割類が多く、北洋材産地としての特徴を示している。しかし、国産材に限れば、ひき角類44%、ひき割類19%、板類25%と全国の国産材用途別出荷量比率と同様にひき角中心の生産を行っており、本県のひき角類出荷量は全国平均を約10ポイント上回っている。

表4-2 富山県産製材品の用途別出荷量（平成8年度） 単位：千m³

区 分	総数	建 築 用 材				木箱 仕組板 梱包用材	土木 建設 用材	家具 建具 用材	その他
		小計	板類	ひき 割類	ひき 角類				
全 国 (構成比)	24,206 (100)	19,587 (81)	3,547 (15)	7,293 (30)	8,747 (36)	2,275 (9)	922 (4)	710 (3)	712 (3)
富山県 (構成比)	839 (100)	756 (90)	58 (7)	483 (58)	215 (26)	30 (4)	47 (6)	3 (0)	3 (0)

農林水産省「木材需給報告書」による

製材品の出荷先別の割合は、表4-3に示すとおり、県内消費が34%、県外への移出が66%で、主な出荷先は愛知、東京、長野、大阪で、近年、県外出荷の比重が大きくなっている。

表4-3 富山県製材品の出荷先（平成8年度） 単位：千m³

地 域	富山県	県外小計	愛知県	東京都	長野県	大阪府	石川県	新潟県	その他
移出量	273	534	115	104	72	59	31	27	126
構成比	34	66	14	13	9	7	4	3	16

北陸農政局富山統計情報事務所資料による

プレカット工場は17工場あり、年間加工棟数は 3,316棟で年々増加しており、本県木造住宅戸数の約4割を占めている。その理由として、熟練した大工など技能者の減少および高齢化、住宅建築工期の短縮に対する強い要望などがある。17工場におけるプレカット用製材品の用途別合計量を表4-4に示す。国産材は約2割使用され、その大部分は他県産

スギ材で、98%が柱材として使用されている。これに対して県産スギ材は、柱材以外の用途にわずか1%使用されているに過ぎず、逆に言えば、県産スギ需要拡大の有力な目標と考えられる。そのためにも今後は、量的にも時期的にも安定的な供給が必要となるほか、乾燥材の供給が不可欠となってくる。

表4-4 プレカット用製材品用途別使用量 単位：m³

区分	柱材	横架材	羽柄材	合計
木材使用量	13,826	38,154	15,326	67,216
割合	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
国産材	10,765	35	99	10,899
割合	77.9%	0.1%	0.7%	16.2%
外材	558	36,695	15,033	52,286
割合	4.0%	96.2%	98.7%	77.8%
集成材	2,503	1,424	104	4,031
割合	18.1%	3.7%	0.7%	6.0%

近年の木材産業の新しい動きとして、現在、製材業から約10社が木造住宅建設分野に進出している。木造住宅の着工数は約7,800戸であり、木造率は約64%と全国に比べて高い。また、プレハブ、ツーバイフォーの非在来型木造住宅は、全国に比べてシェアは小さいが着実に増加している。

1. 2 乾燥施設と乾燥材の生産動向

乾燥装置の保有工場は木材産業全体で約40社あるが、うち製材工場関係では15社となっている。乾燥材に対する製材工場の意識は高いが、施設整備に多大な投資が必要なことや、乾燥コストの価格転嫁が難しいことなどから、製材工場段階での対応は立ち遅れている。県内の乾燥方式別の装置数は、表4-5に示すとおりである。最近導入されている蒸気式は高温タイプが多く、現在13基になっており、主に北洋材の乾燥が行われている。また、特殊なものとしては、微減圧乾燥装置が2社、燻煙乾燥装置が1社で導入されている。

表4-5 県内の乾燥方式別装置数

乾燥方式	乾燥装置数
蒸気式	56
高温蒸気式	13
除湿式	18
減圧式	6
煙道式	9
その他	12

表4-6は富山県が実施した平成7年度の乾燥材生産量の調査結果であるが、乾燥材生産量は48.1千m³で、製材品生産量の5.6%を占めている。現在、北洋材の多くは未乾燥材のまま出荷・販売されているが、今後は製材の加工度の向上、付加価値付与や性能保証の明確化により、住宅メーカー、プレカット工場が使用しやすいよう、多少コスト高になっても乾燥された製品を出荷することが要求されると考えられる。

表4-6 製材における乾燥材生産（平成7年度） 単位：千m³

区 分	全製材 生産量	乾燥材生産量		
			人工乾燥材	天然乾燥材
国産材専門	3	—	—	—
国産材外材併用	145	33.9	25.2	8.7
外材専門	718	14.2	13.8	0.4
合 計	866	48.1	39.0	9.1

2 県産材の乾燥材普及への取り組み

現在、県産材の地場需要の拡大を図っていくことが重要な課題となっており、川上から川下に至るトータルコストの低減と加工の高付加価値化が求められている。そこで、小規模な企業が連携し、住宅産業が求める乾燥材、プレカット材などを供給できる県産材の加工、流通拠点として、県内では初めての協同組合方式によるプレカット工場が平成8年に完成したので、その概要を紹介する。

（協）プレカットタテヤマは、国・県からの補助を受け、県内の製材業者、住宅メーカー、県森林組合連合会などがメンバーとなり設立されたもので、資本金は1億円で、現在組合員は56名である。とくに、県森林組合連合会が参加して、県産材を積極的に供給していくこととしており、今後、山元における県産材の安定的生産体制の構築と合わせて、県産材振興に大きな役割を果たすことが期待されている。導入機械は、CAD/CAMに接続した最新鋭機械で、企画、設計から積算、施工、部材準備まで、各段階に適したトータルサポートが可能である。ロボットの自由度を100%生かした全自動プレカットシステムはロボット5台で、1日当たり約60坪、年間330棟程度の住宅部材を加工することができる。また、高温蒸気式乾燥装置（25m³収容 2基）、防腐防蟻処理装置も設置され、高品質な住宅部材が供給できる。これに使用する木材は、年間4,500m³程度で、タテヤマスギの他、米材や北洋材などを投入している。

3 乾燥技術開発・低コスト化への取り組み

以上のように、県産スギの安定した需要を確保することが課題となっているが、とくに多くの出材が予想される並材については、建築構造用材とりわけ大壁工法用柱材としての展開を今後進める必要がある。そのためには部材の乾燥が必要であり、しかもそれを低コスト化することが課題となる。そこで、乾燥コストの低減を図るために、スギ心持ち柱材を高温乾燥（処理温度100℃以上）し、処理温度、時間が乾燥速度、仕上がりの品質に及ぼす影響について、当センターで検討した結果について紹介する。

試験材にはタテヤマスギ心持ち柱材（12cm角、材長4m）を60本用いた。乾燥温度は開始から終了まで一定とし、乾球温度は110、130、150℃の3水準、湿球温度は99℃、乾燥

時間は所定温度到達後24、65時間の2水準とし、計6条件（10本／条件）行った。栈積みは同寸法のダミー材を試験材のまわりに配置することにより7本x5段積みとし、栈積みの上には、約1.5tonの荷重を積載した。

表4-7に乾燥温度・時間と乾燥前後の含水率を示す。24時間経過後の処理材の含水率は、処理温度の上昇に伴う乾燥速度の増大により、110、130、150℃では42.9%、17.1%、12.5%と低下した。このような処理温度と仕上がり含水率の関係は、65時間経過後も同様であり、本試験の処理温度の範囲では2～4日で乾燥を終了させることが可能である。別に実施した中温乾燥（60～70℃）試験では、含水率20%以下に低下するまで13日間要したことに比べると、高温乾燥による乾燥時間の短縮効果は著しい。

表4-8に乾燥温度・時間と発生した材表面割れの関係を示す。処理温度の上昇に伴い、材表面の割れの長さ、本数は、減少する傾向がみられた。中温乾燥の場合と比較すると、極めて小さく、高温乾燥による材表面の割れ抑制効果が認められる。

表4-7 乾燥条件別の含水率変化

乾燥条件		含水率(%)	
時間	温度	初期	終了時
24hr	110℃	75.9	42.9
	130℃	59.2	17.1
	150℃	67.6	12.5
65hr	110℃	70.7	24.0
	130℃	76.1	5.9
	150℃	69.1	3.5
13日60～70℃		70.8	19.4

表4-8 乾燥条件別の表面割れ

乾燥条件		本数	長さ
時間	温度	(本)	(cm)
24hr	110℃	8.7	248
	130℃	11.9	218
	150℃	10.0	182
65hr	110℃	9.2	237
	130℃	8.9	164
	150℃	8.7	64
中温(60～70℃)		20.6	1016

表面割れ本数、長さは試験材1本あたりに発生した平均値

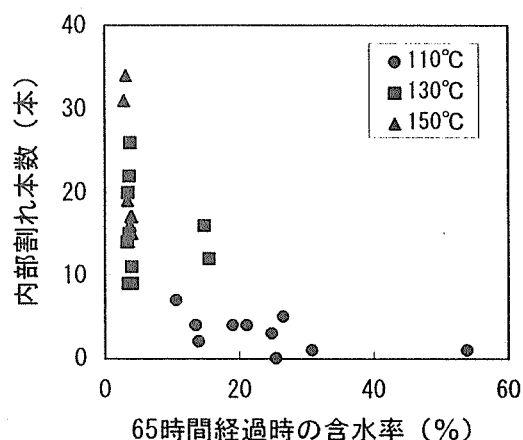
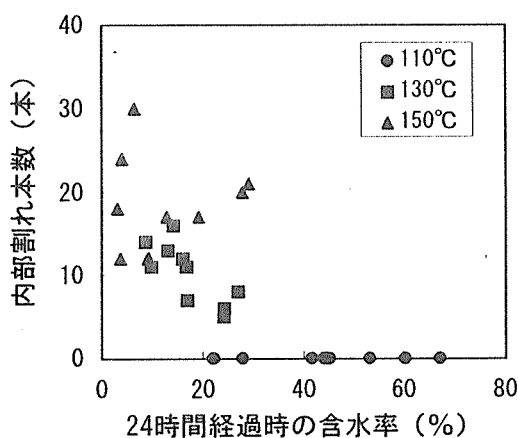


図4-1 含水率と内部割れ

図4-1に、元口から80cmの位置の横断面に発生した内部割れの発生状況を示す。内部割れの長さおよび本数は、一定の乾燥時間（24、65時間）で比較すると、処理温度の上昇に伴い、その発生程度は増加する傾向がみられた。内部割れの発生を抑制するには、110℃以下で乾燥すること、あるいは乾燥途中において温湿度を制御する必要があると考えられる。

表4-9に乾燥前後の曲りを示す。乾燥に伴う曲りの増加は小さく、高温域での処理温度の違いによる曲りの発生量の明確な差は認められなかった。また、高温乾燥の曲りの発生量は、中温乾燥試験で得られた4.8 (mm/4 m) に比較して小さく、高温乾燥により曲りが著しく増加することは少ないと考えられる

表4-9 乾燥条件と曲り量

乾燥条件		乾燥前	乾燥後
時間	温度	(mm/4m)	
24hr	110℃	3.5	2.8
	130℃	1.5	3.2
	150℃	2.2	2.8
65hr	110℃	1.4	2.4
	130℃	2.9	2.9
	150℃	1.5	5.3

曲り量は、材長方向に沿う内側曲面の最大矢高

今後の検討課題としては、乾燥温度、時間等の条件を組み合わせ、損傷の少ない低コストなスギ柱材の乾燥スケジュールを確立することである。さらに乾燥スケジュールの自動制御による効率的なシステムの検討を予定している。

5章 愛媛県における乾燥技術開発と乾燥材普及への取り組み

1 愛媛県の製材製品の流通および乾燥施設

1. 1 愛媛県における木材需給量

愛媛県における木材の総需給量（平成4，8年）は、表5-1に示すとおり1847千 m^3 となっている。そのうち県産材供給量は、656千 m^3 であり、県産材の自給率は約36%と低迷している。また、米材を中心とする外材入荷量はここ数年横バイ状況にあり、平成8年現在では入荷量は1025千 m^3 で、木材供給量の55%を占めている。需要部門別では、県外移出量53千 m^3 （3%）、製材用1379千 m^3 （75%）、パルプ・チップ用330千 m^3 （18%）、合板・その他65千 m^3 （4%）の内訳になっており製材用に加工される割合が高い。

表5-1 愛媛県における木材需給量 （単位：千 m^3 ）

年次	供給				需要				
	総数	県産材	外材 入荷量	県外 移入量	総数	県外 移出量	製材用	パルプ チップ用	合板 その他
4	1,969 (100)	644 (33)	1,107 (56)	218 (11)	1,969 (100)	54 (3)	1,425 (72)	405 (21)	85 (4)
8	1,847 (100)	656 (36)	1,025 (55)	166 (9)	1,847 (100)	53 (3)	1,379 (75)	330 (18)	65 (4)

1. 2 愛媛県における製材品の用途別出荷量及び出荷先

表5-2は、県内で生産される製材品の用途別出荷量についてまとめたものである。

本県で生産される製材品は、建築用材として出荷されるものが855千 m^3 （83%）と非常に大きなウエイトを占めている。また、建築用材の種類毎の生産量では挽き角類の占めるウエイトが高く、続いて挽き割類、板類となっている。挽き角類、板類については、生産量が年々増加傾向にあるので、本県においては今後も挽き角類が主体になると思われる。生産された製品の出荷先は、県内消費が47%、県外消費が53%と半数以上が県外に移出されており、その内訳は表5-3に示すように、四国3県67千 m^3 （6%）、中国地域が58千 m^3 （6%）、九州地域55千 m^3 （5%）、近畿地域197千 m^3 （19%）中京地域72千 m^3 （7%）、関東地域75千 m^3 （7%）と近畿地域のウエイトが高くなっている。しかし、関東・中京地域の製材品大量消費地における出荷が少ない状況であり、今後新たに関東・中京地域において市場開拓を行い需要拡大を図る必要があると思われる。

表5-2 愛媛県における製材品の用途別出荷量（平成8年）

（単位：千m³）

	出 荷 量								
	合 計	建 築 用 材				土木・建設	木箱・仕組板	家具建具	造船・車両
		小 計	板 類	挽き割類	挽き角類	用 材	梱包用板	用 材	その他用材
全 国	24,206	19,587	3,547	7,293	8,747	922	2,275	710	712
(%)	(100)	(81)	(15)	(30)	(36)	(4)	(9)	(3)	(3)
愛 媛	1,031	855	169	220	466	26	113	5	32
(%)	(100)	(83)	(16)	(22)	(45)	(2)	(11)	(1)	(3)

表5-3 愛媛県における製材品の出荷先（平成8年）

（単位：千m³）

地 域	県内消費	県外小計	四 国	中 国	九 州	近 畿	中 京	関 東	その他
移出量	497	555	67	58	55	197	72	75	31
%	47	53	6	6	5	19	7	7	3

1. 3 乾燥材生産状況

本県には、平成8年現在で289の製材工場が稼働しているが、近年の木造軸組工法におけるプレカット加工やエンジニアリングウッドの普及にみられるように、製材製品においても強度性能、寸法精度等の要求が多様化、高度化している。このような状況のなかで、製材工場においては設備投資が積極的に行われノーマンツインバンドソーや乾燥・モルダ一施設等の導入が見られ、乾燥材生産への取り組みを行う製材工場が多くなってきている。

表5-4は県内の乾燥機保有

表5-4 乾燥機設置状況

工場、乾燥施設数等を示したものである。乾燥機を導入する工場は最近増加傾向にあるが、県内の全製材工場のうち乾燥機保有工場が占める割合

区 分	工場数	乾燥施設数	能力 (m ³)
国産材専門工場	14	41	1,120
外材専門工場	5	26	1,130
合 計	19	67	2,430

は約7%と低い状態である。1工場あたりの施設数では、国産材専門工場では2.9基、外材専門工場では5.2基となっている。最近の動向としては、新たに乾燥機を導入する工場より、規模拡大等により乾燥機を増設する工場が増える傾向となっている。

さらに、今後稼働予定である大規模製材工場においては特に乾燥材生産に意欲的で数十室の乾燥施設を導入する計画があり、今後も県内の乾燥施設は増加する傾向となっている。表5-5は乾燥方法別の施設数を示したものである。県内の乾燥方法は蒸気式がほとんど

であり、近年導入される蒸気式乾燥機は乾燥時間の短縮による乾燥コストの低減を目的とした高温タイプを導入する工場が多くなっている。

乾燥材の生産状況は、国産材工場ではスギ・ヒノキの構造材が主流を占めている。また、本県には米マツの大規模専門工場、米ツガ・ヒバ、トウヒ等をラミナとする集成材工場がありここから生産される外材の生産量も多くなっている。

表 5-5 乾燥方法別施設数

乾燥方法	国産材専門工場		外材専門工場	
	工場数	乾燥施設数	工場数	乾燥施設数
蒸気式（高温）	7	14	5	23
蒸気式（中温）	8	13	1	3
除湿式	3	7	-	-
その他	2	7	-	-

2 乾燥材普及への取り組み

2.1 愛媛材ブランド化推進協議会の取り組み

愛媛県内の木材供給量は、先にも述べたようにここ数年約190万m³で推移しており、県産材は36%の66万m³を占めている。このうち製材用に供されるのは、約150万m³で、約100万m³の製材製品が出荷されている。しかし、県内で消費されるのは約45%の50万m³程度で、残りの55%は県外に移出されている状況であり、今後、蓄積量が増加する県産材の需要を拡大するには、県外の販路を開拓する事が必要である。

また、近年の木材需要の変化、例えば、住宅建築におけるプレット加工や部材の工場生産が増え、構造用集成材や輸入製品の増加にみられるように、エンドユーザーが住宅部材に強度や寸法精度の信頼性を要求するようになってきた。

このように、木材需要が変化していくなかで、愛媛県として県産材の需要の拡大と県外販路の拡大を目指して、「愛媛材ブランド化推進協議会」を組織し、県産材のブランド化に取り組んでいる。

2.2 愛媛材ブランド化推進協議会の組織

愛媛材ブランド化推進協議会は、愛媛県森林組合連合会・社団法人愛媛県木材協会等の木材関係団体代表者、県内主要流通業者、学識経験者、行政関係者等で組織されており、円滑な運営を行うために品質管理センター、出荷推進センターの2つの組織を協議会内に設置し、組織的に品質管理や販売促進等に取り組みブランド化を進める体制を整えている。

品質管理センターは、ブランド材の規格を厳守し、ブランド材の品質管理を行うことを

目的としてブランド材品質管理技術の開発、ブランド材の品質確認、ブランド材生産工場の認定等の事業を行っている。

ブランド化を進めるにあたって、最も重要となってくるのが製材品の品質管理であり、均一化した商品の生産である。このため、品質管理センターが中心となり、ブランド材生産に係る製材工場毎に製材工程、乾燥方法、生産された製材品の含水率等の調査を行い、ブランド材規格をクリアできる生産体制を整えている工場だけをブランド材生産認定工場として認定を行うことにしている。

出荷推進センターは、ブランド材の出荷推進を図ることを目的としてブランド材生産認定工場の生産指導、ブランド材の出荷に関する各種情報の収集と提供等の事業を行っている。

2. 3 ブランド材の規格

愛媛ブランド材はスギ・ヒノキ構造材（当面は正角）を対象としており、規格は、強度を担保するために「針葉樹構造用製材の日本農林規格（JAS）」の乙種構造材2級以上とし、また寸法精度を保つため含水率は20%以下としモルダー加工を行っている。含水率は、含水率計（日本住宅・木材技術センター認定機種）を使ってJASの乾燥材の検査方法に従い測定し、目標平均含水率を20%として、標準偏差が5%になるように品質管理を行っている。表5-6に示す各項目において、その基準をクリアする品質の製材品にのみ「愛媛ブランド材」の強度性能・寸法精度という信頼のブランドが与えられ、ブランドシールを貼付して出荷されている。

表5-6 愛媛ブランド材品質管理基準

区 分		基 準	適 用
寸 法	材 長	+制限なし～0mm	
	材 辺	+1.0mm	
節	節 径	径比が40%以下	
	集中節	径比が60%以下	
丸 身		なし	
貫通割れ	木 口	長辺寸法の1.5倍以下	
	材 面	材長の1/6以下	
繊維方向の傾斜		1：8以下	
平均年輪幅		8mm以下	
曲 が り		0.5%以下	
その他欠点		軽微なこと	
目標含水率		20%	平均値
表面仕上げ		モルダー加工	

2. 4 ブランド材の生産への取り組み

前述のようなブランド材規格に適合した製材品は、推進協議会の構成員である愛媛県森林組合連合会、八幡浜官材協同組合、愛媛林産商事（株）の3流通業者が窓口となり出荷並びに販売を行い、需要者からの受注に対し迅速に対応できる体制となっている。流通3者の出荷並びに販売については、各社の商行為として行われている。

また、平成9年度には厳しい品質管理を行って生産されているブランド材規格の認知及び、協議会の設立の目的である県外での需要拡大を目指す為、関東・中京・関西地域の製品市場においてブランド材の見本市を開催する等、広く宣伝活動を行ってきた。さらに、見本市を開催した市場において買方である流通業者等と意見交換会の開催やアンケート調査を実施するなど、ブランド材の規格の検討、評価等を含めた意見を聴取するとともに、宣伝普及・販路拡大方法について検討を行っている。

2. 5 ブランド材生産の今後の取り組み

現在のように原木価格並びに製品価格が低迷した状況のなかにおいては、ブランド材のよきな強度性能・寸法精度を確保した良質な製材品であっても、新しく市場拡大を行うことは非常に難しい状況である。またブランド材生産にかかるコスト、すなわち徹底した品質管理にかかるコスト、特にスギ正角材の人工乾燥に伴う乾燥コスト等によって製品のコストが必然的に増高してしまうが、現在の製品価格の低迷のなかでは、それらのコストを全て回収することは難しい状況である。

しかし、集成材の増加に見られるように、部材への信頼性の要請が高まっているなかでは、最低限愛媛ブランド材のように品質管理を行った製材品を供給していく必要があり、ブランド材生産にかかるコストは、製材工程での省力化、高温乾燥を含めた新しい乾燥技術の開発等による乾燥コストの低減、製品流通の短絡化により、生産過程全般において生産コストを低減させていかなければならない。

3 乾燥技術の開発・コストダウンへの取り組み

3. 1 はじめに

近年、乾燥時間の短縮を目的として、乾燥温度を100℃以上に設定できる高温乾燥機が販売されるようになり、県内においても高温乾燥機を導入しスギ正角の乾燥を行う工場が多くなっている。

しかし、高温乾燥法については高温域における内部割れの発生、材色の変化、強度性能の劣化、曲がりの発生について不明であり、このため、乾燥スケジュールにおいてはこれら問題点を解決する定まったスケジュールがないのが実状である。

そこで当林業試験場においては、スギ正角を対象として高温乾燥の最適スケジュールを開発するため試験に取り組んでいるのでその一部について紹介する。

3. 2 スギ正角の選別による乾燥

スギ正角の乾燥は、初期含水率は高く非常にバラツキが大きいことから、乾燥に際して時間が長くなり仕上がり品質は均一になりにくいので乾燥が難しいとされている。さらに、高温乾燥を採用すると乾燥時間が短縮されるため、一層仕上がり品質は安定しにくいと考えられる。

スギ正角の初期含水率は正角の生材密度と高い相関があることが判っている。そこでスギ正角の初期含水率のバラツキを小さくするため、生材密度による選別を乾燥前に行った。供試材は愛媛県産スギ正角（12 cm角・材長4 m・心持ち・背割り無し）を用い、生材密度から求めた含水率により3グループ（1：2：1の本数割合）に選別を行った。図5-1、-2に示すとおり、グループ分けを行うことで、初期含水率のバラツキを小さくすることが可能であった。

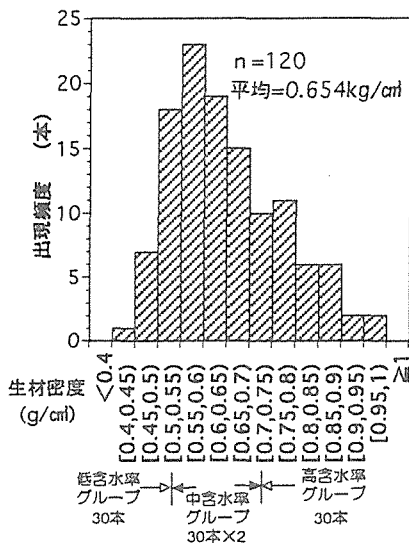


図5-1 生材密度のヒストグラム

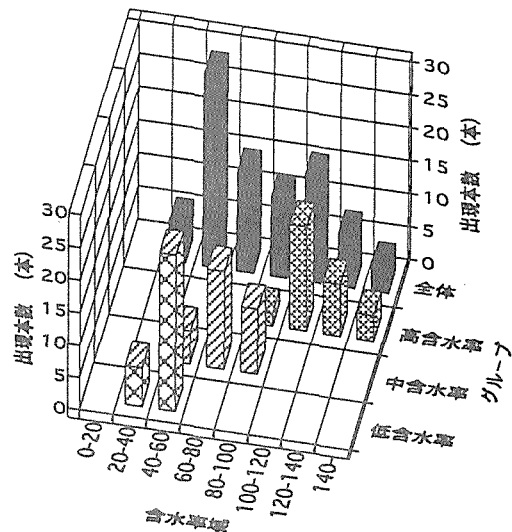


図5-2 生材含水率のグループ別ヒストグラム

3. 3 高温乾燥による含水率の減少経過

3グループに選別した試験材は、両端を切断し3 mに調整して高温乾燥を行った。目標含水率は全乾法で20%とし、乾燥スケジュールは、乾球温度を急速に上昇させ、乾燥初期に乾湿球温度差を付けることにより材面割れの抑制と乾燥速度の確保を狙いとしたスケジュールを用いた。スケジュールの内容は表5-7に示す。各含水率グループに表5-7のスケジュールを用いたが、高含水率グループの試験では乾燥機の蒸気漏れによりスケジュール初期の乾球温度120℃の条件がとれなかった。

人工乾燥途中の含水率は、3グループの試験材からそれぞれ無作為に含水率測定用試験材

6本を選び、乾燥機から適宜取り出し重量を測定して求めた。各グループの含水率測定用試験材の含水率減少経過を図5-3に、各含水率域における乾燥速度を図5-4に示す。また、試験材全ての仕上がり含水率

表5-7 乾燥スケジュール

含水率 (%)	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	平衡含水率 (%)	時間 (h)
G	95	95	—	24
G~3h	120	95	3.7	3
~50	109	95	6.1	—
50~20	105	95	7.5	—

を表5-8に示す。これら3回の試験結果から初期含水率によるグループ分けを行うことで、目標含水率に到達する乾燥時間をグループ別に調整して乾燥効率を向上させることが可能であり、乾燥後の含水率のバラツキは抑制できると思われる。

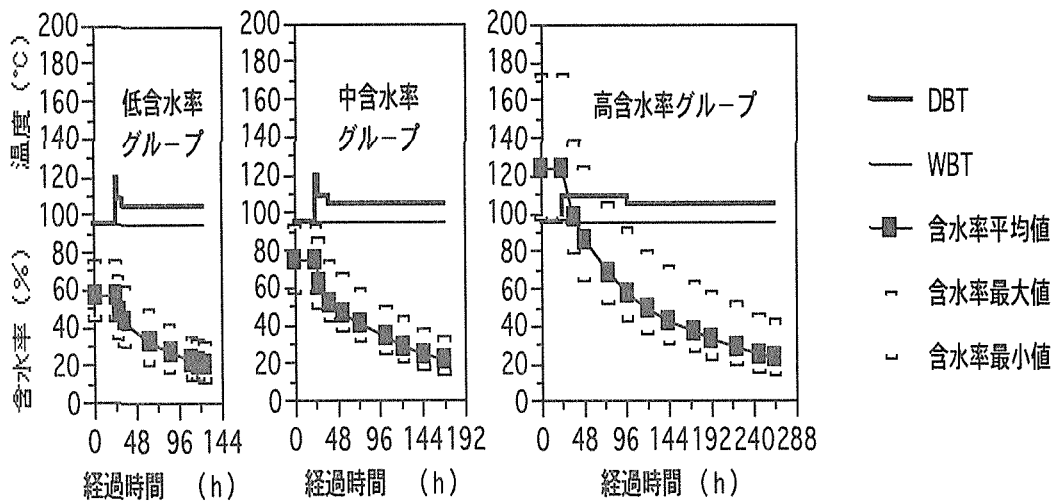


図5-3 グループ別含水率の減少経過 (含水率経過測定用試験材6本)

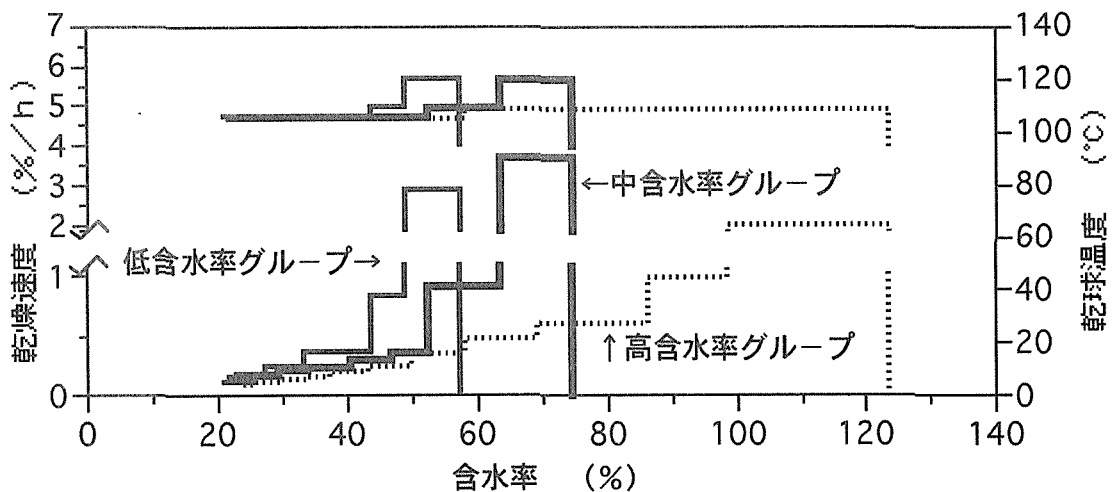


図5-4 グループ別による乾燥速度の比較

表 5-8 乾燥前後の含水率

グループ 区 分	初期含水率 (%)			乾燥後含水率 (%)		
	平 均	範 囲	標準偏差	平 均	範 囲	標準偏差
低含水率	60.3	31.5-100.5	16.0	18.2	4.3-43.7	4.3
中含水率	78.8	51.3-144.4	17.9	21.4	5.3-53.0	9.9
高含水率	126.2	85.7-183.5	25.6	23.5	9.1-42.9	9.3

3. 4 高温乾燥による材の損傷

各グループにおける材面割れと内部割れの発生を表 5-9 に示す。

低含水率グループ・高含水率グループは中含水率グループに比べると材面割れの発生が低くおさえられた。中含水率グループの材面割れが多くなったことについては、グループ中で一番最初に試験を行ったため、乾燥途中で乾燥機から試験材を取り出す作業に時間が掛かり材表面の急激な温度低下により材面割れが多く発生したと思われる。その後に行った低含水率・高含水率グループは、乾燥途中で試験材の取り出しは、なるべく短時間で行った。

幅 2 mm 以上の割れは全体では 64% の試験材に発生した。内部割れについては、低・中含水率グループでは半数に発生し、高含水率グループでは全ての試験材で発生した。

表 5-9 材面割れと内部割れの発生

グループ 区 分	材面割れ発生面と本数					内部割れ 発生本数
	なし	一面	二面	三面	四面	
低含水率	11	10	6	2	1	5
中含水率	6	8	9	4	3	5
高含水率	15	6	5	4	0	10

(材面割れは幅 2 mm 以上の割れ 材面割れは 30 本中 内部割れは 10 本中)

3. 5 乾燥後の含水率と寸法変化

人工乾燥後、修正挽きを行わないで試験材を室内に放置したときの含水率（全乾法）と収縮率の経過（中含水率グループから無作為に抽出した 10 本について）を図 5-5、6 に示す。

含水率の変化は、人工乾燥後の含水率が 20% 以上の試験材は含水率が減少傾向を示したが、20% 以下の試験材は、顕著な変化はなかった。

収縮率は最初膨潤傾向を示した。これは、人工乾燥によって材の表層はほぼ乾燥スケジュールの平衡含水率まで下がっており、乾燥終了後は室内の平衡含水率に近づくためと考えられる。収縮率の変化は、室内の平衡含水率に連動して多少は変化はするものの、全

ての試験材について顕著な変化は認められなかった。

含水率20%以上の試験材は、放置期間中含水率が低下しているが、収縮率の変化は20%以下の試験材と比べても顕著な差はなかった。高含水率の試験材は、材の表層の含水率は20%以下の試験材と同程度まで下がっていると考えられるが、材内部の含水率が高く含水率傾斜が大きいいため平均含水率が高くなっていると考えられる。

今回用いたスケジュールでは、乾燥初期の高温熱処理により表層に強い引張り応力が発生するため表層に引張りセットが生じていると考えられる。また、材内部については圧縮セットが生じていると考えられる。これらのことから、含水率20%以上の試験材は材内部の含水率が低下すると、材内部は収縮しようとするが表層は引張りセットの影響のため収縮率が小さくなっており、表層と材内部に収縮量の差が発生し内部割れの原因になると推測できる。含水率20%以上の試験材の含水率の減少に伴う収縮率の変化が20%以下の試験材と比べても顕著な差がない理由については、上述の表層の引張りセット及び内部割れの発生の影響の為ではないかと推測できる。

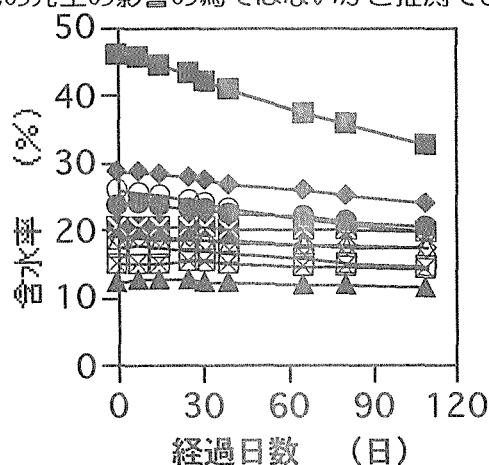


図5-5 人工乾燥後の含水率の経過

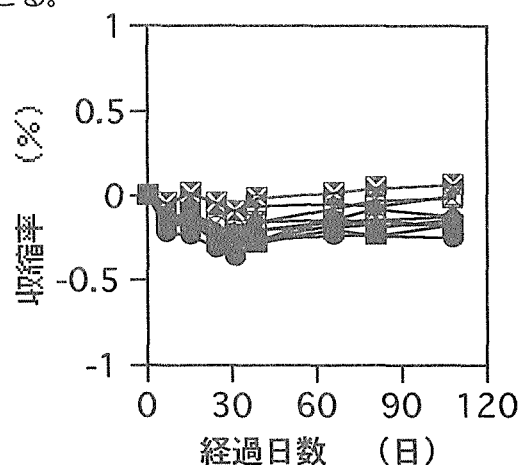


図5-6 人工乾燥後の収縮率の経過

3. 6 おわりに

スギ正角の初期含水率は高く、非常にバラツキが大きいため、生材密度によりグループ分けを行うことで、初期含水率のバラツキを小さくすることができた。また、乾燥前に選別を行うことにより、乾燥時間等の乾燥効率の向上や仕上がり品質の均一化が可能である。

また、今回の試験では乾燥途中に試験材の取り出しを行って、試験材の取り出しを行わない試験を行い材面割れの発生について検討する必要がある。また、内部割れについては、低含水率・中含水率グループでは半数、高含水率グループは全ての材に発生しており、内部割れを抑制するためには乾燥途中の温湿度条件について検討する必要がある。

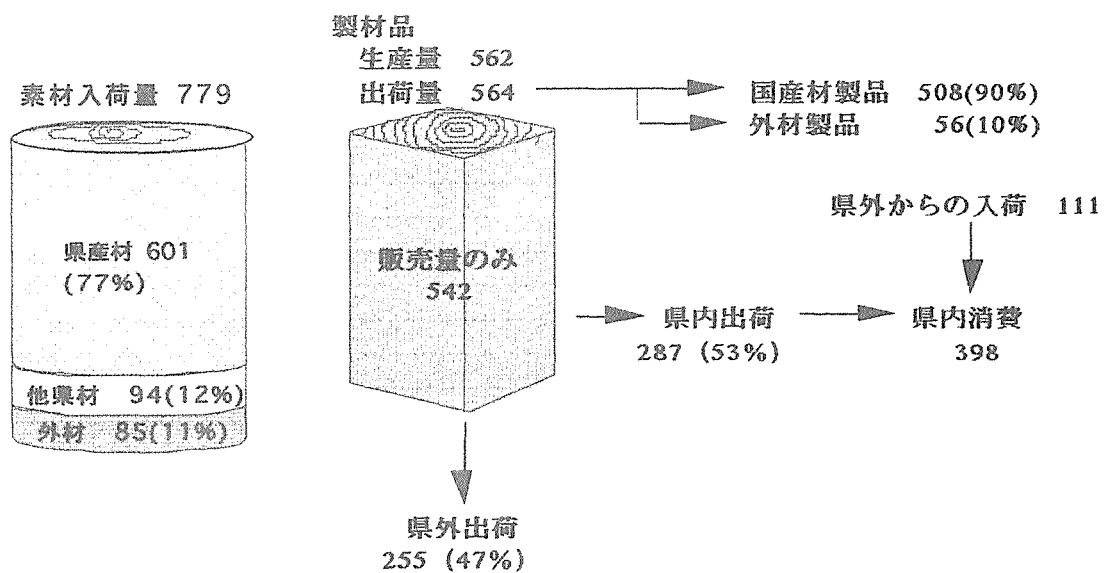
高温乾燥による材面割れや内部割れだけでなく材色や強度の変化についても、今後検討を行いたい。

熊本県における乾燥技術開発等乾燥材普及への取組

1 熊本県における製材品の流通及び乾燥施設と乾燥材の生産動向

平成8年分の県内の素材・製材品の生産・流通状況を図-1に示す。7年分と比較すると、販売量で40千㎡、県内出荷量で15千㎡と共に8年分が少なく、県内消費量も30千㎡の減であった。平成8年分の県内消費量に占める県内出荷量の割合、いわゆる県産材自給率は、7年分から僅かではあるが2%増の72%であった。このように自給率は、全国の製材用材の自給率32.3%（平成7年の林野庁木材需給表から）のほぼ倍と高い水準にある。

図-1の販売量542千㎡を100%として県外出荷状況をみると、県外出荷分は47%（255千㎡）、この内訳は多い地域から九州の35%、中京の5%、阪神の3%と続き、九州内への出荷が県外出荷分の74% $\{(189/255) \times 100\%$ を占める。特に福岡県への出荷量は県外出荷量の40% $\{(101/255) \times 100\%$ を占めている。



県外出荷状況

単位；千㎡，割合%

	出 荷 先 内 訳													
	合計	京浜	中京	阪神	中国	その他	九州	福岡	佐賀	長崎	大分	宮崎	鹿児島	沖縄
出荷量	255	14	27	15	6	4	189	101	28	39	8	4	9	0
割合(%)	47	2	5	3	1	1	35							

図-1 熊本県の製材品の生産・流通状況（平成8年度調べ） 単位：千㎡

ところで、ここ数年内に稼働を始めた比較的規模の大きな製材工場や規模拡大した工場は、県外出荷に意欲的である。その背景には、上述したように県産材自給率が70%と高い水準にあることから、増産分が自ずと県外出荷へ向けられるためではないかと推

察される。

表-1に製材品、乾燥材の生産量及び乾燥材割合の推移を示す。平成8年以前の人工乾燥材の生産量が把握されていないが、現在の県内の乾燥材生産量は、県外出荷に意欲的な工場の取組により増加傾向にある。1996年の人工乾燥材割合は生産量45千 m^3 の9%となっ

表-1 乾燥材生産量の推移

	1984年	1990年	1996年
製材品生産量 (国産材のみ)	千 m^3 454	千 m^3 546	千 m^3 508
うち乾燥材量	15	30	85
人工乾燥材	-	-	45
天然乾燥材	-	-	40
人工乾燥材割合(%)	-	-	9

ているが、このうち針葉樹の構造用製材の日本農林規格(JAS)の乾燥材の含水率基準を満足する量は少ないと推察される。

表-2に県内に導入されている乾燥機113基の方法別施設数を示す。なお、方法を明らかに区分できない施設はその他に含めた。蒸気式と除湿式の2方法で78%を占める。また最近導入される蒸気式は高温タイプのもが多く、これまでに約10基が導入されている。

表-2 乾燥方法別施設数

方式	施設数
蒸気式	60
除湿式	28
電気式	2
遠赤放射	2
温水式	6
燻煙	2
蒸煮減圧	1
その他	12

温水式には熊本型乾燥システムの施設も含む。

図-2に導入された乾燥施設数、乾燥機を保有する製材工場数、1社あたりの保有数の変化を84年を100として示した。この12年間に施設数はほぼ直線的に増加し3.8倍に、工場数は90年以降の伸びが若干小さくなったものの4.2倍に、また乾燥施設保有工場数が全工場数に占める割合は、全工場数の減少もあって5.1%から24.4%へと大きく4.8倍へと増加しており、乾燥材生産への感心の高まりを示している。

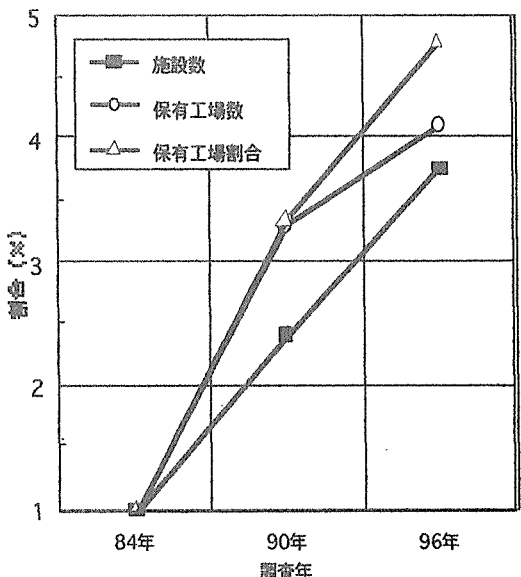


図-2 乾燥施設及び乾燥施設を保有する製材工場数の変化(84年を1とした場合)

表-2に示す方式のうち、スギ構造用製材の乾燥に用いることを特徴としている方法として、燻煙式、蒸煮減圧式並びに温水式に含めた熊本型乾燥システムの施設が挙げられる。

現在、熊本型乾燥システムの施設は、主に板類の乾燥に用いられている。

表-3は平成9年(1997年)7月の調査による県内地域別にみた素材、製材品、人工乾燥材の生産量および乾燥機の導入状況である。地域毎

の素材と製材品との生産量を比較すると、熊本地域のように製材品生産量が多い加工する地域と、阿蘇や球磨のように素材供給をする地域とに分けられる。現在の乾燥材生産量は、消費地やその周辺の加工する地域、言い換えれば川下側の地域に多い。特徴的な地域として天草地域がある。素材生産量は全体の1.3%と少ないが、乾燥材生産割合は21.6%、単純計算すれば域内で生産される製材品の42%を乾燥している地域である。このような乾燥への取組は、製品の多くを域外へ出荷しなくてはならないという地理的に不利な条件への対応策と考えられる。

表-3 熊本県の地域別素材、製材品、乾燥材、乾燥施設状況

地域名	素材生産量	製材品生産量	人工乾燥材 生産量(DWV)	乾燥機の導入状況	
	VL	VP		容量(KDV)	施設数
	千m ³ (%)	千m ³ (%)	千m ³ (%)	m ³	基
熊本	5(0.6)	72(11.9)	12(23.5)	304	15
宇城	8(1.0)	23(3.9)	0	108	7
玉名	1(0.2)	20(3.4)	0	36	4
鹿本	37(4.7)	24(4.0)	3(5.9)	126	6
菊池	29(3.7)	7(1.2)	1(2.0)	15	2
阿蘇	162(20.8)	81(13.6)	5(9.8)	207	8
上益城	47(6.1)	49(8.2)	4(7.8)	700	2
八代	82(10.5)	101(16.8)	8(15.7)	311	18
芦北	98(12.7)	40(6.6)	2(3.9)	166	9
球磨	298(38.4)	156(26.0)	5(9.8)	433	22
天草	10(1.3)	26(4.3)	11(21.6)	567	16
計	777	601	51	2,973	109

()内は各々地域の生産割合を示す。

乾燥材の生産動向のなかでも、熊本県森林組合連合会が八代事業所ではじめた取組¹⁾が期待されている。事業所では、球磨川流域内の森林組合系統、第三セクターの製材所をはじめ一般の製材所から、年間17,500m³の未乾燥製材品を購入し、蒸煮減圧処理後に養生と2次乾燥を組合せ用途に応じた目標含水率に仕上げている。年間の乾燥材生産目標が15,000m³の『流域の乾燥・加工工場』を目指している。この取組に対して、地域の製材・加工業からは、自社の設備事情に応じた前処理、仕上げ乾燥、モルダー加工などの依頼が増加している。

ところで、表-3に示した乾燥機容量と各社の営業内容を考慮した場合、乾燥材生産能力は81,000m³であるとの試算がある。この量と実態とのズレがいかほどかは別にして、大きな生産余力があることを示している。

このような状況から、乾燥材の生産量を増加させるためには、既存の乾燥機をより有効に活用できる前処理技術の導入が望ましいと考えられる。

2 乾燥材普及への取組

2.1 くまもと型新木造住宅工法『郷の匠；さとのたくみ』の開発

熊本県における乾燥材普及の取組は、県が開発した郷の匠工法の推進からと思われる。同工法は、消費者アンケート調査を受けて1986年に設計・施工マニュアルが作成された。工法開発の目的は、木造住宅の振興を通して県産針葉樹製材の需要拡大を図ることである。工法の特徴は、在来軸組工法+壁枠組工法で表現される。材料側の特徴は、柱の基本断面寸法を12cm正角材とし、主要部材を12種類に整理したこと、構造用部材は含水率20%以下で仕上げは4材面プレーナー加工としたことである。また、県内の資源状況を考慮して、接着による重ね梁も提案された。

1988年の建築コンペで選ばれた13棟がモデル住宅として建築されたが、各メーカーは乾燥したスギ心持ち12cm正角材を入手するのに苦労したと聞いている。その原因は、12cm正角材の流通量が少なかったこと、その乾燥材となればなおさら入手困難であったと推察される。

以前、郷の匠工法の建築現場で、部材についての感想を聞いたことがある。部材の重量が軽い、寸法が揃っている、重ね梁は曲がり少なく壁面がきれいに仕上がる、接合部のボルトの増し締めが少なく済む、現場でのかなな屑が少ないなどの好評な意見と、逆に、全ての構造用部材を4材面プレーナー加工する必要はないなどの声が聞かれた。

ところで、郷の匠工法の各部詳細図や施工方法解説書はオープンにされている。県内の住宅メーカーにとってこのオープン化は、自社の施工方法等を検討する確かな情報となり、より質の高い住宅供給へつながり、地元材が利用される機会を増やすことに貢献している。先に記したように、当時は乾燥+プレーナー加工材の供給は順調ではなかった。しかし郷の匠工法への取組は、県内の材料供給から建築までに携わる業界に、乾燥技術の難しさ、乾燥材の利点等を体験させ、以降の各々企業の取組みの方向性に良い影響を与えたことは容易に推察される。

2.2 熊本県独自品質基準材の出荷

熊本県は平成5年からの3年間、業界団体を実施主体として『統一基準適合材出荷モデル事業』に取り組み、乾燥材生産に積極的な工場が関東、関西地域へ乾燥材を共同出荷する支援を行い、乾燥材の生産促進を図ってきた。この取り組むは、事業終了後に業界の自主的な組織として現在に至り、参加工場数5社で乾燥管柱を主に、乾燥面材料の共同出荷に取り組んでいる。また、県は先の事業を継続、拡大するため平成8年度からは『くまもとブランド材供給体制整備事業』をスタート、同事業で『くまもとブランド材共同出荷協議会』を発足させ生産量拡大を推進している。この協議会に参加しているメンバーは主に森林組合系列の製材工場で12社が参加している。なお、同協議会で出荷した乾燥材の量は、初年度の平成8年度が4千 m^3 、平成9年度が1万 m^3 、平成10年度以降の計画は年1万5千 m^3 である。統一基準材とブランド材の品質基準はほぼ同じ内

容である。表-4に品質基準の内容を示す。基準内容はJASの乙種1級を基本とし、曲がり、寸法精度、材面仕上げが独自の基準となっている。特に曲がり、寸法精度はJAS基準より厳しい基準となっている。

これらの取り組みは、複数工場をグループ化することで、取り扱う商品の幅が広がり、結果的にグループ内の各々工場の商取引量の拡大につながっているようである。

共同出荷に取り組む場合のポイントは、各工場からの製品品質のばらつきが少ないことであり、そのための各工場における出荷時の品質管理と考えられる。協議会では品質管理技術の向上を図るため林業研究指導所において技術研修会を行っている。研修内容は寸法や含水率の測定方法などの基本的なことから、持ち寄った未乾燥材を人工乾燥し乾燥後の品質調査を行うなどの乾燥技術に関するものである。その中で、乾燥材の品質管理の重要なポイントである含水率計の取り扱い方法が、十分に周知出来ていないことが分かった。PL法や建築基準法の性能規定化など、今後、材料供給側がより厳しい品質管理を求められるのは必至なことから、生産者の意識改革を図るための日々の取り組みが必要と考える。

表-4 くまもと統一基準適合材の品質比較表

区分	基本となるJAS基準	独自基準
表示	乙種1級(★★★)	同左
節	単独	径比が30%以下
	集中	径比が45%以下
丸身	10%以下	同左
貫通割れ	木口	長辺の寸法以下
	材面	ないこと
目まわり	短辺寸法の1/2以下	同左
繊維走行の傾斜比	1:12以下	同左
平均年輪幅	6mm以下	同左
腐朽	ないこと	同左
曲がり	0.2%以下	0.15%以下
狂い及びその他の欠点	軽微なこと	同左
含水率	D25,D20,D15	D25,D20,D15
寸法精度	±1.5mm	±0.5mm
材長	+制限なし、-ゼロ	同左
材面仕上げ	—	キルダ一仕上げ

*乙種：目視等級区分製材のうち、主として圧縮性能を必要とする部分に使用されるもの。
(熊本県木材乾燥統一基準材出荷協会)

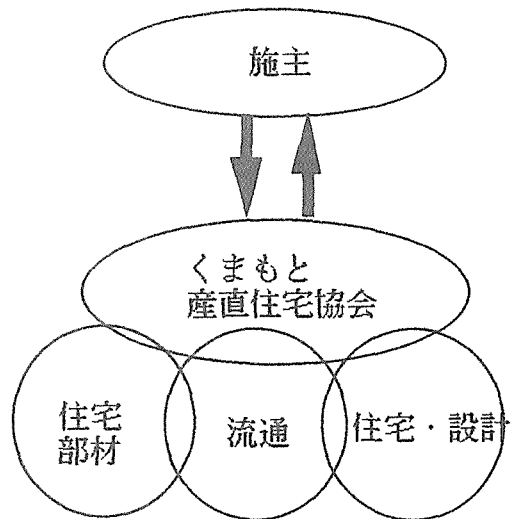


図-3 くまもと産直住宅協会組織

2.3 くまもと産直住宅協会

図-3は熊本県が平成8年にスタートさせた『くまもと産直住宅協会』の組織図である。

組織構成は流通業3社，製造・加工業10社，住宅・設計業7社の計20社である。3年目になる同協会の活動が，県外での住宅販売をとおして県産材の需要拡大につながることを期待されている。

3 乾燥技術開発・コストダウンへの取組の動向

3.1 民間での取組

県内で積極的に構造用柱材の乾燥に取り組んでいる工場が選択した乾燥技術は2，3の方式に分類される。それは次のようなものである。

①熱気乾燥（最近は高温乾燥が多い），②前処理方法と熱気乾燥の組合せ，③製材の天然乾燥 の三つの方式である。

①熱気乾燥

一般温度域の熱気乾燥では所要日数が7～10日程度のところが多いようである。スケジュールは，初期蒸煮→乾球温度一定（湿球温度のみ調節）のタイプが多くみられる。使用温度域は初期蒸煮が80℃程度，一定にする乾球温度が70℃程度である。

一般熱気乾燥に取り組んでいる工場において，乾燥材の品質向上を図るための調査を依頼されたことがある。その結果は添付資料-1の内容で短期または長期の改善事項として示した。また添付資料-2の写真3-1から3-3は調査した工場の状況である。改善内容は乾燥によるはね材を減少させるのに有効とされる一般的なことである。

高温乾燥のみで仕上げ乾燥を行っているのは2，3の工場である。その内の一工場で調査した仕上げモルダ加工前の選別結果を表-5に示す。同工場での通常の生産工程は，乾燥4～5日間，冷却2日間，屋内養生2週間，その後仕上げ加工から出荷となる。表中の

寸法はモルダ加工直前の寸法を，含水率はモルダ加工前後の含水率を示す。仕上げ加工をするかしないかは割れ幅4mm以下と重量で判断されている。重量は材種毎の基準値があるわけではなく経験により判断されている。

このような選別方法のため，仕上げ材の含水率平均値は30%と25%より大きな値であった。加工後に含水率測定ができた25本中7本の含水率が25%以下であったことから，D25を満足する材の本数割合は，仕上げ材の内の3割弱，全体の13%程度と推察された。これらのことから二つの問題点が挙げられる。一つはD25合格本数の少ないこ

表-5 乾燥後の仕上げモルダ加工前の選別結果

区分	内容	本数	割合 %	寸法 mm	含水率(%)	
					加工前	加工後
仕上げ材		41	42.7	125.6	23.4	30.1
ハネ材	割れ	16	16.7	129.0	19.3	-
	重さ	27	28.1	129.4	31.5	-
	返品	12	12.5	129.0	22.6	-

調査本数スギ120mm正角96本。寸法，含水率は各材の中央部の隣接する2材面の測定結果の平均値を示す。使用含水率計はモコ2。

と、もう一つは品質管理に認定の含水率計が上手く使われていないことである。

前者の改善方法としては、別添資料に示したような一般的な取り組みをいかに日常の生産工程の中に取り入れるか、後者については、例えば選別作業中に測定台に乗せるだけで含水率が測定できる装置、またはモルダ加工ラインに組み込み可能な装置等の開発が必要と考えられる。

②前処理方法と熱気乾燥の組合せ

県内では燻煙熱処理と蒸煮減圧処理が前処理に利用されている。燻煙熱処理は、県内の住宅メーカーが自社建築分の材料処理に使用している。この住宅メーカーは製材機械を持ち主な部材は自社で製材している。スギ構造用部材の生産の流れを図-4に示す。燻煙熱処理は丸太での処理と処理丸太からの製材の処理の2回行われており、それぞれに処理内容は異なる。処理丸太の製材後、2度目の燻煙熱処理と屋内養生によって仕上げ乾燥されている。屋内養生場所には材表面が黒い正角や平角材が積み重ねられている。この組合せの技術的な、中でも仕上げ材の損傷を抑制するためのポイントは、製材の燻煙熱処理により一挙に低含水率まで乾燥させず、その後の養生で目標含水率まで乾燥させることのようなのである。

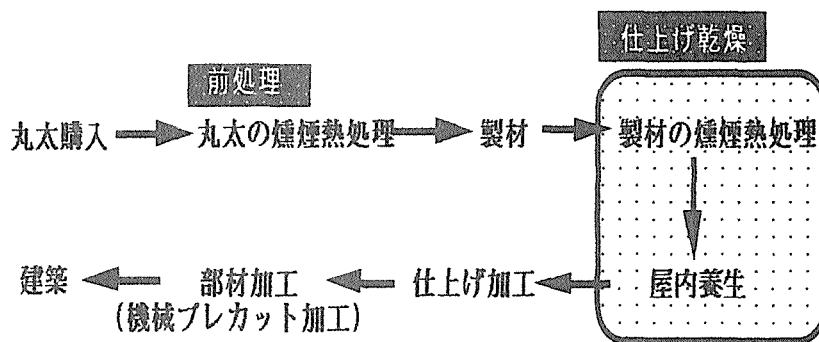


図-4 燻煙熱処理を前処理としたスギ構造用材の製造工程

次に、蒸煮減圧処理は養生または仕上げのための熱気乾燥との組合せで使用されている。これについては3.2.2で述べる。

③製材の天然乾燥

ある程度まとまった量のスギ構造用材の天然乾燥は、地元住宅メーカー1社が屋内天然乾燥の形で取り組んでいる。写真3-4にその状況を示す。4棟の建物に、材種別の材積では柱が7ヶ月分、平角材が5ヶ月分、棟数にして60棟分、約600m³の材が養生されている。

現在、平角材の乾燥期間が長くなること、羽柄材の乾燥方法、季節により乾燥時間が変わり計画的な生産が難しいことなどから、部分的には人工乾燥機の導入が検討されている。

3.2 公的機関での取組

3.2.1 熊本型乾燥システムの開発と改良

熊本型乾燥システムは県工業技術センターが開発したシステムで、乾燥機の形式は温水を熱源とする熱気式乾燥機に分類される。同システムの特徴は、天井部に設置したトラック用ラジエータに焼却炉からの温水を循環させ、ラジエータ上部の循環ファンで温風を循環させることである。稼働中の一部の施設では、温風の吹き出し口に近い棧積み上部の製材に大きな割れが発生しやすいこと、棧積み内部の風速不足など改善すべき点がみられた。対策として加湿装置の設置、天井から下降へ吹き出す温風を床下まで導くなどの工夫がされている。これらの点が改良された施設の温度と相対湿度の測定結果並びに平衡含水率の変化を

図-5に示す。図の横軸は時刻ではなく測定の時間間隔を示す。横軸中央部の加温開始時に相対湿度が大きく低下しており、加湿のタイミングと量の検討が必要である。現在、導入された同システムの多くは、ヒノキ正角材、板類、スギ平角の乾燥に利用されている。

同システムについては風の循環方法、ラジエータへ循環させる温水温度のばらつきを小さくする

工夫、排気方法の改良を行うことで、より使いやすいシステムになると期待される。

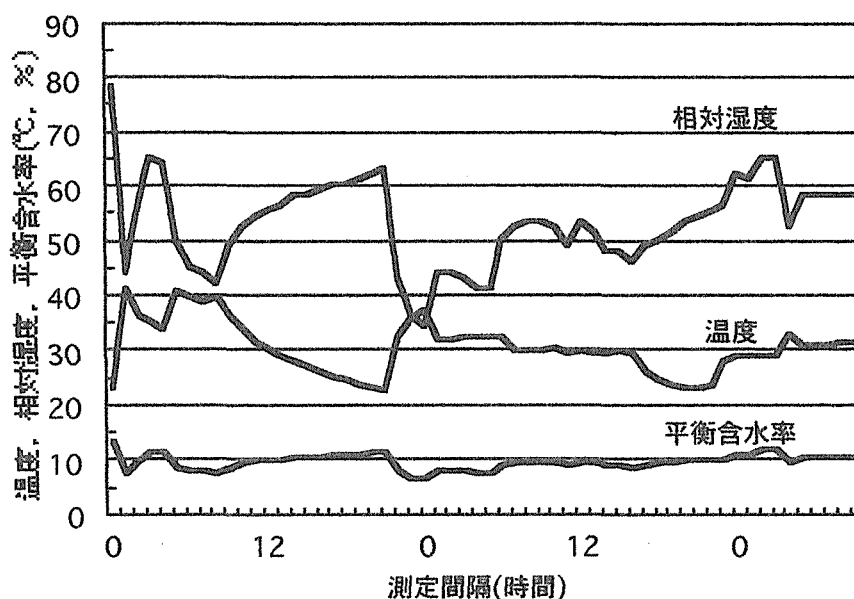


図-5 熊本型乾燥システム施設内の温度、相対湿度と平衡含水率の経時変化の一例

3.2.2 前処理技術との組合せによる仕上げ乾燥

県内の既存乾燥施設を有効に活用するための前処理技術の検討の一つとして、蒸煮減圧処理したスギ心持ち正角材の仕上げ乾燥方法を検討している。

未乾燥材を湿熱処理した効果として、仕上げ乾燥時の材の曲がり、割れの軽減が知られており、このことは県森連八代事業所においてこれまでに生産された乾燥材でも確認されている。

林業研究指導所では、蒸煮減圧処理し養生中の材を仕上げ乾燥するタイミングを知るため、処理後の含水率変化を調査している。調査した製材は、八代事業所が未乾燥製材を主に購入する3地域別に12本ずつとした。その理由は、3地域に主に植栽されているスギ品種が異なり、それが処理材の含水率変化に影響するかどうかを確認するため

ある。図-6に処理前後と養生中の含水率を示す。含水率は地域別に3本ずつを抜き取り、切り出した試片を用い全乾法で測定した。図から処理前の含水率は、40~160%と大きなばらつきがあるが、処理により含水率が全体的に低下すること、特に材表面の含水率が大幅に低下しそのばらつきも小さくなることが分かった。また地域毎の差はみられなかった。養生中の含水率は、30日間でほとんどの材で表層と中央部との差が10%程度になり、67日間では表層と中央部との差はさらに小さくなり全体的にも20~30%に減少することが分かった。

このことから、仕上げ乾燥するために必要な養生期間は一ヶ月間程度と判断される。今後は、一般温度域での熱気乾燥による仕上げ乾燥スケジュールを検討する計画である。

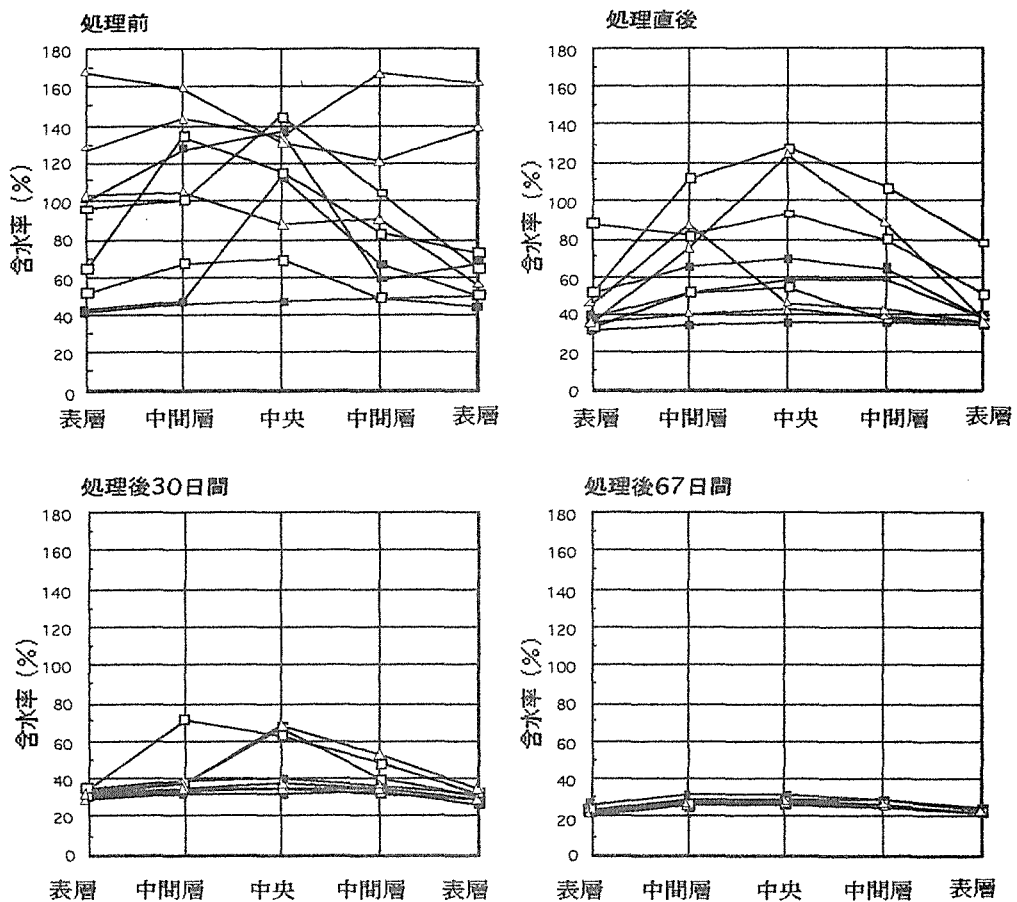
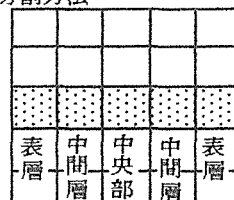


図-6 蒸煮減圧処理前後および養生中の含水率変化

分割方法



3 m材の中央部から取った厚さ 2 cmの試片を左図の様に分割し [] の5ブロックで含水率を測定した。

添付資料一1 一つの熱気乾燥工場における現状と改善点

生産工程		改善点		対応策(短期)		対応策(中、長期)	
項目	生産目標	日産、月産の生産目標がたてられているか。	材種と乾燥機の規格別の乾燥・養生スケジューールを把握する。	乾燥スケジューールの日数を決め、在庫管理に反映させる。	乾燥スケジューールを把握したうえで、注文から発注までの日数を決め、在庫管理に反映させる。	乾燥スケジューールを把握したうえで、注文から発注までの日数を決め、在庫管理に反映させる。	乾燥スケジューールを把握したうえで、注文から発注までの日数を決め、在庫管理に反映させる。
乾燥前	乾燥用丸太の選別	黒心材や曲がり材が含まれている。	丸太段階で乾燥用丸太から除く。(写真3-1)	丸太段階で乾燥用丸太から除く。(写真3-1)	丸太市場で乾燥用丸太のはえ積みが出来ないか。	丸太市場で乾燥用丸太のはえ積みが出来ないか。	丸太市場で乾燥用丸太のはえ積みが出来ないか。
	乾燥前の製材品の選別	黒心材、曲がり材、節の多い材、繊維走行傾斜の大きい材、その他欠点のある材の乾燥が、ハネ材の割合を大きくしていないか。	乾燥前に、左記のような欠点材は除く。(写真3-2)	乾燥前に、左記のような欠点材は除く。(写真3-2)	上記の原木段階での選別と併せて、どの段階でという欠点材の選別が可能で、且つ効率的か検討を必要とする。	上記の原木段階での選別と併せて、どの段階でという欠点材の選別が可能で、且つ効率的か検討を必要とする。	上記の原木段階での選別と併せて、どの段階でという欠点材の選別が可能で、且つ効率的か検討を必要とする。
乾燥	積み	製材後の積みは整然となされていないが(機械化)、乾燥待ちの製材品の積みで、積木の横・縦方向での乱れが見られた。これは、製材後、乾燥機周辺へ移動するの通路が狭く、移動中に周囲の物とぶつかるため	スムーズな運搬のための通路、製材品設置場所の確保が必要ではあるが、とりあえずは、製材後のはえ積みと運搬に携わる人へ、確實なはえ積みの必要性を周知してもらう。(写真3-3)	スムーズな運搬のための通路、製材品設置場所の確保が必要ではあるが、とりあえずは、製材後のはえ積みと運搬に携わる人へ、確實なはえ積みの必要性を周知してもらう。(写真3-3)			
	乾燥スケジューール	乾燥機内の通風を妨げる積みがなされていないか。	使用材木は樹種、寸法を統一し、材種と乾燥スケジューールに応じた間隔で設置する。 乾燥機内では、送風むらを防ぐため積みと壁との距離を30~40cm確保する。	使用材木は樹種、寸法を統一し、材種と乾燥スケジューールに応じた間隔で設置する。 乾燥機内では、送風むらを防ぐため積みと壁との距離を30~40cm確保する。			
乾燥後	養生	(参考までに) 割れ発生を抑えるのに効果的な方法として初期蒸煮がある。但し、初期の昇温時の乾湿球温度差が大きくならないよう注意が必要である。一般にタイムスケジューールでの運転が多いが、割れ防止には、各ステッブへの変更をより滑らかにするため、時間的に小刻みな温度設定が望ましい。	換気の良い屋内での養生が望ましい。そのような場所がない場合、フオークリフトで動かすことによる簡易屋根の利用が考えられる。	換気の良い屋内での養生が望ましい。そのような場所がない場合、フオークリフトで動かすことによる簡易屋根の利用が考えられる。	養生条件により養生に必要な時間が異なるので、方法毎の必要時間の設定が必要である。(養生条件：季節、場所の通風、材種など)	養生条件により養生に必要な時間が異なるので、方法毎の必要時間の設定が必要である。(養生条件：季節、場所の通風、材種など)	養生条件により養生に必要な時間が異なるので、方法毎の必要時間の設定が必要である。(養生条件：季節、場所の通風、材種など)
	品質管理	含水率、割れ等の測定方法を含めた明確な品質基準がないため、出荷製品の品質に関するトラブルが生じている。	出荷時の製品品質と品質検査方法を定め実行する。	出荷時の製品品質と品質検査方法を定め実行する。	左記のことを実行すると同時に、検査区分した製品が各々区分に適合しているか定期的なチェックを行う。	左記のことを実行すると同時に、検査区分した製品が各々区分に適合しているか定期的なチェックを行う。	左記のことを実行すると同時に、検査区分した製品が各々区分に適合しているか定期的なチェックを行う。

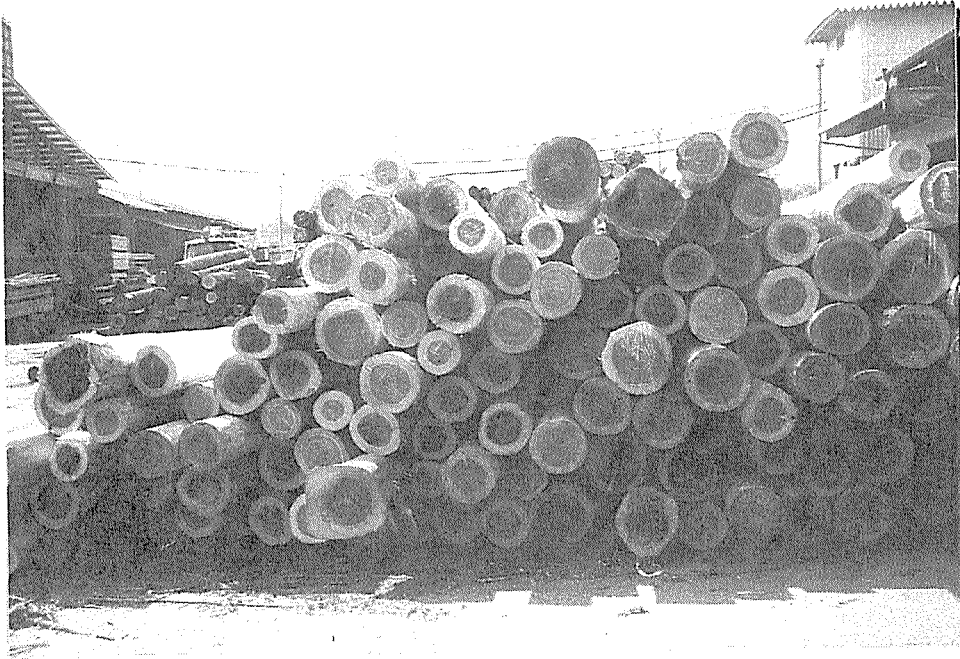


写真 3-1 選別の第一段階

製材前の丸太状況。乾燥材生産の場合、丸太の木口面の材色、曲がりなどを見て乾燥に適した製材が取れる丸太を選ぶことがハネ材を少なくし、効率的な乾燥材生産につながる。

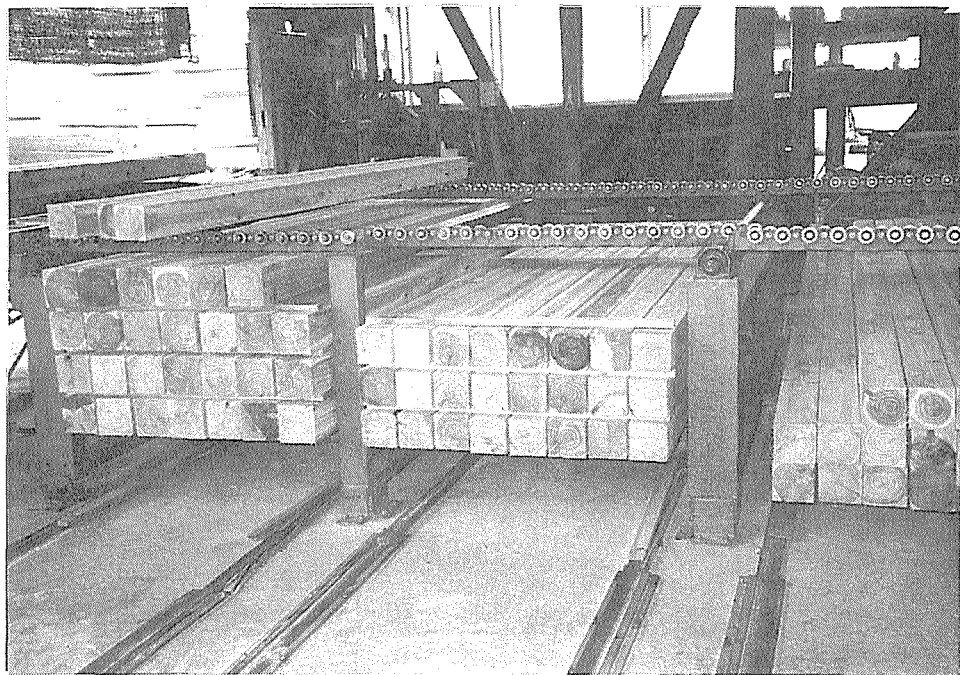


写真 3-2 選別の第二段階

棧積み機の製材の現状。黒心材が含まれており、乾燥後のハネ材となりやすく、乾燥用材としては選別が不十分。

第一段階の選別の選別が行われていれば、第二段階の選別では丸みの有無などのチェックを行うことができ、より高い品質の乾燥材生産につながる。

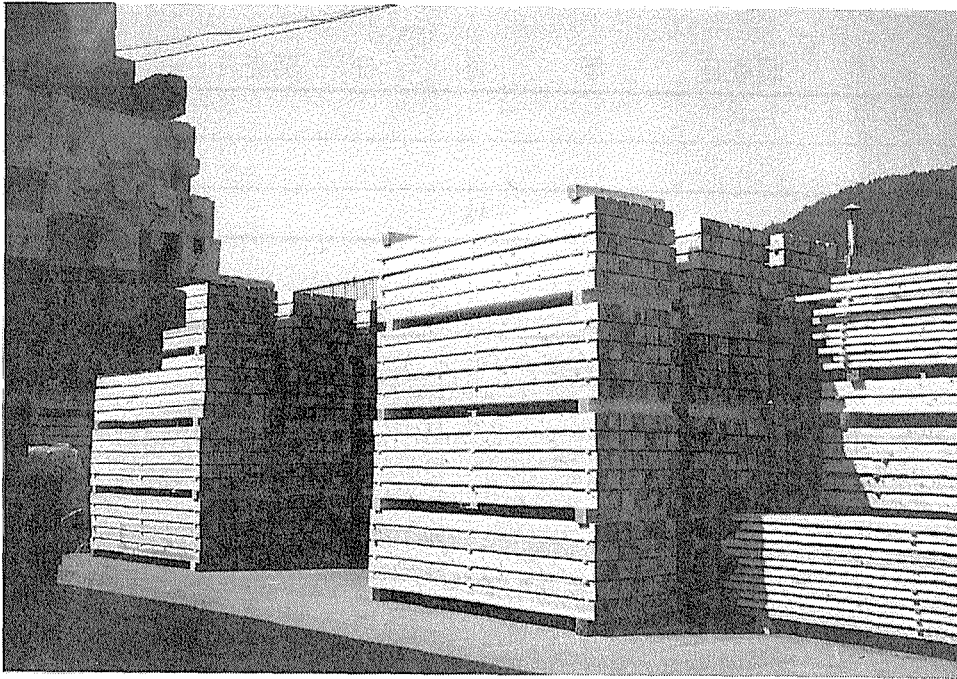


写真 3-3 乾燥前の製材の保管状態

この保管方法では、保管中に表面割れを起こしやすく、その割れは人工乾燥によって拡大し、ハネ材の原因となりやすい。

計画的な乾燥材生産による保管期間の短縮が望まれる。

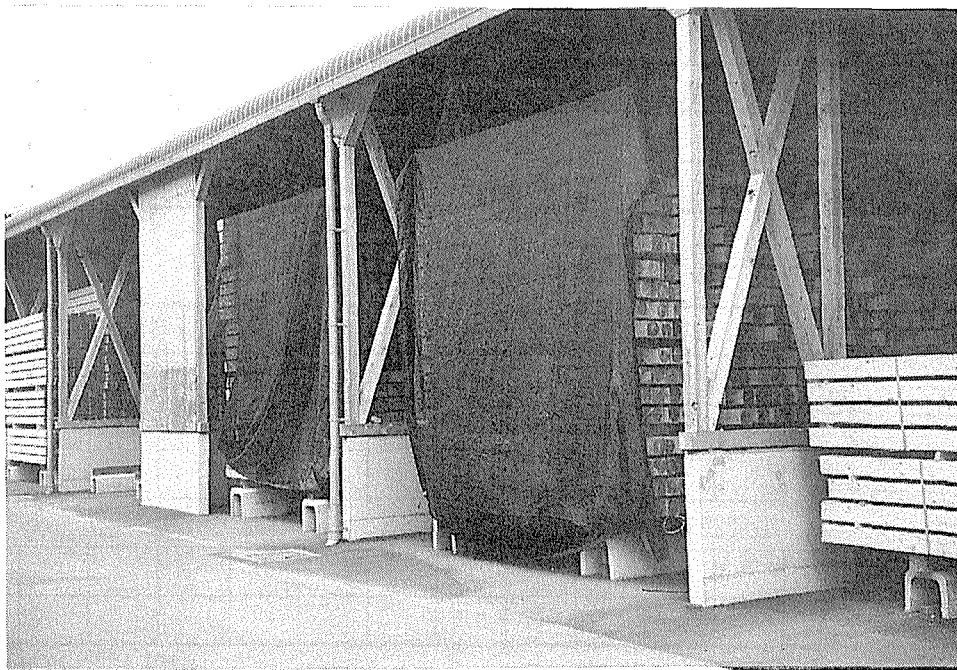


写真 3-4 製材品の屋内天然乾燥の様子

様式1. 工場の概況に関する調査表

調査日 年 月 日 / 調査員

会社名	
住所	
TEL:	FAX:

(1) 製品

製品名	樹種	製材寸法	生産量 m ³ /年	乾燥材m ³ /年	主な出荷先
計					

(柱材の場合、背割りの有無を必ず記入。)

(2) 乾燥機

メーカー名	型 式	動力 Kw	外法寸法(m) 間口×奥行×高さ	内法寸法(m) 間口×奥行×高さ	収容材積 m ³	室数	制御方法

(3) ボイラー

メーカー名	型 式	換算蒸発量	最高圧力	常用圧力	燃料の種類	単価

(4) 乾燥(温度)条件

乾燥日数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
材種:	温度設定方法:								目標含水率:									
乾球温度																		
湿球温度																		
材種:	温度設定方法:								目標含水率:									
乾球温度																		
湿球温度																		

様式6. 水分分布調査表

会社名：

乾燥開始月日：

乾燥完了月日：

水分分布

NO.		重量		含水率 %
		乾燥後 g r	全乾 g r	
A	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
B	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			

水分分布

NO.		重量		含水率 %
		乾燥後 g r	全乾 g r	
A	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
B	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			

水分分布

NO.		重量		含水率 %
		乾燥後 g r	全乾 g r	
A	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
B	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			

水分分布

NO.		重量		含水率 %
		乾燥後 g r	全乾 g r	
A	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
B	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			

水分分布

NO.		重量		含水率 %
		乾燥後 g r	全乾 g r	
A	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
B	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			

水分分布

NO.		重量		含水率 %
		乾燥後 g r	全乾 g r	
A	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
B	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			

水分分布

NO.		重量		含水率 %
		乾燥後 g r	全乾 g r	
A	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
B	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			

水分分布

NO.		重量		含水率 %
		乾燥後 g r	全乾 g r	
A	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
B	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			

水分分布

NO.		重量		含水率 %
		乾燥後 g r	全乾 g r	
A	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
B	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			

水分分布

NO.		重量		含水率 %
		乾燥後 g r	全乾 g r	
A	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
B	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			

様式7. 人件費調査表

会社名： _____

(サンプル番号 _____) 調査月日： _____

	従事人数 (人) A	一人当たり従事 日数(人) B	日当(円) C	所要人件費(円) A x B x C	備 考
棧積					
棧降					
フォ					
ボイ					
操作					
合計					

注1) 「フォ」：フォークリフトマン、「ボイ」：ボイラーマン、「操作」：乾燥機の
 運転操作・管理

注2) 従事日数、日当などは聞き取りにより記入(概数で構いません)

注3) 調査サンプル(1乾燥サイクル)ごとに作成