平成13年度　農林水産省補助事業
木材加工・利用技術開発促進事業

# 品質・性能向上技術調査・開発事業報告書

## （高品質乾燥材生産に関する技術調査・試験研究）

平成14年3月

財団法人　日本住宅・木材技術センター

# まえがき

住宅の高品質・高性能化に対処するため、使用木材の品質・性能の向上が求められている。
この中で、建築サイドから材料生産・供給側に対して乾燥材の要求が一段と強まっており、木材産業界の乾燥材への取り組みが進展しつつる。しかし、住宅用木材としての乾燥材には、単に含水率に限らず、乾燥後における仕上げ寸法の精度、材の反りや変形、表面割れや内部割れ、変色の程度など、部材によって要求される品質や性能に違いがある。ところがこれらの実際面での基準が必ずしも明確になっていない。

本事業は、平成１３年度から３ヵ年を実施期間にして部材毎に求められる乾燥度合いや許容される狂い、割れ、材色の程度などを明らかにして、特に、国産針葉樹材を対象にして、これらを満足する実際的な乾燥技術や品質管理技法を確立することを目的としている。

事業初年度目は、部材別に要求される乾燥材の品質・性能を検討する基礎資料を得るため、工務店を対象にした乾燥材品質に関する実態調査と、解体直前の住宅を対象にした部材毎の木材含水率の調査・測定、及び居住宅における乾燥材の使用環境と木材含水率の挙動や寸法変化について実験的に解明してきた。２年目の今年度は、工務店、プレカット工場、木材流通業を対象にして、それぞれの段階で要求されている乾燥材の品質・性能基準に関する調査、またスギ、カラマツ乾燥柱の割れと寸法変化、強度の関係解明と昨年度に継続した居住宅における乾燥材の使用環境と性状変化の解明を目的にした実験、さらに輸入柱とスギ柱の輸送・保管・建築過程における木材含水率と寸法変化の追跡調査を行った。

本事業は、下記委員から構成する委員会で調査・実験の進め方やデータの取り纏め方について協議し、具体的な調査・実験の実施及び結果の取り纏めは信田委員長、河崎、齋藤、吉田の各委員が担当した。多忙な中、多大なご協力を賜った４氏、また委員会での審議、ご助言いただいた委員の皆様に対して厚く御礼申し上げます。

平成 14 年３月

(財)日本住宅・木材技術センター
理事長　　岡　　勝　男

## 品質・性能向上技術委員会　委員会名簿

（五十音順）

| | | |
|---|---|---|
| 委員長 | 信田　聡 | 東京大学大学院農学生命科学研究科　助教授 |
| 委　員 | 相原　庸夫 | 中国木材(株) 経営企画部　副部長 |
| | 阿部　正吾 | (社)全国木材組合連合会　検査部長 |
| | 柏田　義彦 | 住友林業(株) 住宅本部品質保証部　次長 |
| | 河崎　弥生 | 岡山県木材加工技術センター　専門研究員 |
| | 小須田廣利 | (株) 空間工作所　代表取締役 |
| | 齋藤　周逸 | 独立行政法人　森林総合研究所乾燥研究室　主任研究官 |
| | 吉田　孝久 | 長野県林業技術総合センター　研究員 |
| | 松本　庸夫 | (財)日本住宅・木材技術センター　客員研究員 |
| 事務局 | 西村　勝美 | (財)日本住宅・木材技術センター　研究開発部 |
| | 杉岡　弘美 | 同　上 |

## 本報告書の要約


本報告書は、住宅用木材としての乾燥材に要求される実際的な品質・性能基準を検討するための技術資料を得ることを目的にして、下記の項目について調査・試験を行いそれらの結果を取り纏めたものである。

①乾燥材の品質向上に関する調査

工務店、プレカット工場、流通業を対象とした構造用の乾燥材に要求される品質・性能調査では、含水率については高周波式木材水分計による計測で 20%以下、寸法精度は未仕上げ材で＋0.5mm、仕上げ材で-0mm、また割れでは貫通割れは不可、割れ長さは１m未満で、この時の最大幅は 3mm 以下とするなど、実用上の基準値に関するデータを収集したが、現実にはこれらの基準に満たない乾燥材が多く供給されており、取引単価で調整されている実態を指摘し、今後における乾燥材の生産技術、品質管理技術の改善の必要性を述べている。

②スギ柱角の乾燥による割れの出現状況と寸法変化（実験）

天然乾燥、蒸気式人工乾燥の試験によって、乾燥過程で生ずる割れの発生、進行状況と寸法変化の程度を詳細に測定し、蒸気式人工乾燥による表面割れと内部割れを軽減するためには、乾燥初期で 6～7 時間の蒸煮を加え、本乾燥を中温度で行うことの有効性を実験で確認した。

③スギ及びカラマツ天然乾燥材の割れと曲げ強度との関係（実験）

長野県における天然乾燥試験では、初期含水率 80～120%のスギ、35～40%のカ

ラマツをそれぞれ材表層部及び材中心部ともに含水率 20%程度で平衡状態になるにはスギで約 180 日、カラマツで約 120 日を要した。天然乾燥で発生した材面割れの程度は割れ面積で捉え、割れ面積と曲げ強度及び曲げヤング係数との関係を実験で検証したが、材面割れ面積と曲げ強度との関係は認められず、またヤング係数との関係ではカラマツにおいて割れ面積が大なるほどヤング係数が大きくなることを確認した。曲げ強度及びヤング係数の低下は、材面割れ面積よりも節の影響が大きくなることを明らかにした。

④木材の使用環境と部材含水率測定（実験）

住宅部材の使用環境による乾燥材の仕上げ含水率を検討するため、4つの実際に居住している住宅を選定し、環境の異なる住宅室内に設置したスギ柱材と板材の含水率変化を昨年度に継続して測定し、1年間分のデータを収集・解析した。供試材は 20%の乾燥材であるが、1年経過の平均含水率は、日当たり無しで 11.1%、日当たり有りで 11.3%、全平均は 11.6%となる。しかし全平均の含水率は低温の冬期に低下し、高温の夏期に上昇しながら、年間で 10.3～13.6%の間で変動することが確認された。また含水率が 1%変化すると、柱材の断面寸法は 0.12mm 変化し、板材は幅で 0.26mm、厚さで 0.05mm 変化することが知られた。

⑤輸入ベイツガ柱角とスギ柱角の輸送・保管・建築過程における含水率と寸法変化（調査測定）

含水率 10～15%と 15～20%、20～25%に乾燥して輸入したベイツガ柱角は、保管中において前者よりも後者の含水率変化が大きく、狂いも大きくなる。また未乾燥のスギ背割り柱角は、約2ヵ月の保管で背割り面の断面寸法が背割りのない面に比べて数mm程度大きくなるが、20%以下の乾燥材になると断面寸法の変化は軽微になることを確認した。

## キーワード

乾燥材、天然乾燥、人工乾燥、含水率、平衡含水率、木材水分計、表面割れ、表面割れ面積、内部割れ、背割り、仕上げ材、未仕上げ材、木材収縮率、材色変化、断面寸法、加熱蒸煮、乾燥温度、曲げ強度、曲げヤング係数、スギ、カラマツ、ベイツガ

目　次


１章　乾燥材の品質向上に関する調査（河崎弥生）……1
１．調査の目的と方法……1
１．１　調査目的……1
１．２　調査方法……1
２．工務店の乾燥材に対する品質要求(H12 年度の調査結果の概要)……2
２．１　調査対象……2
２．２　乾燥材の使用状況……2
２．３　乾燥材の品質に対する要求……2
２．４　総括及び今後の再調査事項……3
３．工務店及びプレカット工場における乾燥材の利用状況……4
３．１　Ａ社(郡部に位置する工務店)……4
３．２　Ｂ社(郡部に位置する工務店)……14
３．３　Ｃ社(郡部に位置する工務店)……20
３．４　Ｄ社(都市部に位置する工務店)……24
３．５　Ｅ社(プレカット工場)……27
４．生産者に要求される乾燥材の品質基準……33
４．１　木材流通業からの要求……33
４．２　住宅産業からの要求……33
５．まとめ……34

２章　スギ柱角の乾燥による割れの出現状況と寸法変化（齋藤周逸）……35
１．供試材と試験方法……35
１．１　供試材……35
１．２　天然乾燥試験……35
１．３　人工乾燥試験……36
２．天然乾燥の結果……36
２．１　天然乾燥中の温湿度変化……36
２．２　天然乾燥中の重量, 含水率変化……37
２．３　表面割れ……38
２．４　天然乾燥中の寸法変化……40
３．人工乾燥温度によるスギ柱角の乾燥特性……42
３．１　重量選別……42
３．２　仕上がり含水率……42
３．３　乾燥温度による割れの出現状況……44

**4．乾燥温度による収縮率と寸法の変化**……54
4．1　収縮挙動……54
4．2　収縮率を考慮した製材寸法の設定……59
**5．割れの評価**……60

**3章　スギ及びカラマツ天然乾燥材の割れと曲げ強度との関係（吉田孝久）**……63
**1．目的**……63
**2．試験方法**……63
**3．試験結果**……65
3．1　天然乾燥の経過……65
3．2　強度試験結果……66
4．まとめ……72
（付表1．曲げ試験：スギ天然乾燥材）……73
（付表2．曲げ試験：カラマツ天然乾燥材）……74
（実験写真：スギ、カラマツ天然乾燥材強度試験―割れとの関係）……75
**5．既往の関連試験研究**……81
5．1　スギ構造材の干割れが力学的性質に及ぼす影響……81
―曲げ強さと曲げヤング係数について―
5．2　スギ平角の曲げ試験……83
―静岡県産スギ中目丸太を原料とし製材・乾燥した平角の曲げ試験―
5．3　スギ乾燥材の割れと強度の関係……85

**4章　木材の使用環境と部材含水率測定**……87
**（信田聡、河崎弥生、吉田孝久、齋藤周逸）**
**1．目的**……87
**2．実験方法**……87
2．1　試験材……87
2．2　設置場所……87
2．3　室内温湿度・木材含水率の測定……93
2．4　試験期間……93
**3．結果**……93
3．1　室内温湿度……93
3．2　室内の木材含水率……99
3．3　木材含水率と室内の温湿度の気候値から求めた平衡含水率の比較……102
3．4　室内温湿度の経時変化……102

３．５　含水率の経時変化……108
３．６　室内放置中のスギ材の含水率変化に伴う寸法変化……113
４．まとめ……117
４．１　室内環境……117
４．２　含水率……117
４．３　気候値平衡含水率による木材含水率の推定……118
４．４　含水率の経時変化……118
４．５　寸法変化……118
５．提言……118
５．１　建築用針葉樹製材の乾燥程度について……118
５．２　気候値平衡含水率からの木材含水率の推定……119
５．３　含水率が１％変化した時のスギ製材の寸法変動……119
５．４　住宅の室内環境……119

５章　輸入柱角とスギ柱角の輸送・保管・建築過程における含水率と寸法変化……120
（信田　聡）
１．試験方法……120
１．１　試験材……120
１．２　輸送期間・方法……121
１．３　保管期間と計測スケジュール……121
１．４　重量・含水率・狂い等の測定方法……122
２．試験結果……126
２．１　輸入乾燥柱角の輸送前と受け入れ直後における重量変化……126
２．２　輸入時期のバンクーバーと東京の平衡含水率……131
２．３　保管場所の環境……131
２．４　保管期間における各種柱角の含水率変化……132
２．５　想定建築過程における各種柱角の断面寸法変動……137
２．６　想定建築過程における各種柱角の縦ぞりの変化……142
２．７　想定建築過程における各種柱角のねじれの変化……147
２．８　想定建築過程における各種柱角断面の菱形変形の変化……151
３．まとめ……155
３．１　重量変化……155
３．２　含水率変化……156
３．３　狂いと断面寸法変化……156

# １章　乾燥材の品質向上に関する調査

## １．調査の目的と方法

### １．１　調査目的

住宅の高品質・高性能化に対するニーズの高まりと、建築基準法の改正や品確法、消費者契約法の施行にともない、住宅用部材の品質や性能の向上を図ることが重要になっている。このような状況下で、乾燥材に対する要求が一段と高まっている。しかし、各部材ごとに必要とされる乾燥材の品質については、必ずしも明確になっていない。

今後、国産材を住宅用部材として需要拡大を図るためには、住宅部材ごとに、求められる乾燥度や許容される割れ、狂い、変色の程度などを明らかにし、これらを満足する乾燥方法や品質管理法を確立する必要がある。

平成１２年度は、工務店を対象とした「木材の乾燥度に関するアンケート調査」を実施した。その結果、工務店における乾燥材の使用状況や品質に対する考え方等について、大まかな現状を把握することができた。また、それらは「品質・性能向上調査・開発事業報告書（木材の乾燥度に関するアンケート調査)、平成13年３月」に取りまとめて、工務店及び木材産業並びに関係団体、公立試験場等に配布したところである。

この調査結果によって、乾燥材のユーザーである工務店の乾燥材に対する大まかな意識は把握できたが、各部材ごとにどの様な品質を希望しているのかという点や品確法等に対してどの様な対応をしているのかという点などについて、具体的な回答を得ることはできなかった。したがって、本年度は、これらの点を明らかにするために、さらに調査を実施した。

### １．２　調査方法

#### （１）平成12年度の調査結果の分析

平成12年度に実施したアンケート調査の結果を、品質・性能向上委員会において検討し、さらに詳細な調査が必要な項目等を抽出した。

#### （２）平成13年度の調査方法

①調査対象は、平成12年度にアンケート調査を実施した岡山県内の工務店とした。

②乾燥材に対して要求する部材ごとの品質、品確法や消費者契約法への対応方法等の項目を記載した調査票を作成して、工務店10社に対して郵送した。

③その内の数社については、訪問して経営者・担当者等から聞き取り調査するとともに、一部の工務店では建築現場において乾燥材使用の実態について説明を受けた。訪問しなかった工務店については、郵便にて調査票を回収し、不明瞭な点を電話等で確認した。

## ２．工務店の乾燥材に対する品質要求（H12年度の調査結果の概要）

### ２．１　調査対象

全国中小建設業団体連合会傘下の工務店127社と公設林業試験研究機関が調査した51社の合計178社を対象に、「木材の乾燥度に関するアンケート調査」を行った。調査対象工務店の平均建築棟数は約18棟で、元請けが全体の80％を占めていた。

### ２．２　乾燥材の使用状況

①国産材の樹種別使用割合は、スギ48％、ヒノキ36％、その他16％であった。乾燥材の平均使用割合は、スギで約68％、ヒノキで約71％、その他で57％という回答が得られ、予想よりも高い結果となった。

②外材の樹種別使用割合は、ベイマツ73％、ベイツガ16％、その他11％であった。乾燥材の平均使用割合は、ベイマツとベイツガで約64％、その他で69％と、国産材と同様に高い割合を示した。

③部材ごとの乾燥材使用率は、見え掛かりの柱材が93％と最も高く、母屋、筋かい、大引き、土台等ではやや低めの70％前後であった。

④乾燥材の中に占める人工乾燥材の比率は、各部材において、概ね50～70％であった。一方、天然乾燥材の比率は30～50％の範囲にあった。一般に、乾燥材の使用割合が低い部材（母屋、筋かい、大引き、土台）において、天然乾燥材への依存度が高いという傾向が見られた。

⑤工務店の規模別にみると、年間建築棟数が５棟未満の工務店では人工乾燥材使用率が低く、どの部材でも50％以下であった。工務店の規模が大きくなるに従って、人工乾燥材の比率が高くなる傾向が確認された。

### ２．３　乾燥材の品質に対する要求

①工務店が使用している乾燥材の含水率は、人工乾燥材では20％前後、天然乾燥材では20～30％と、相対的に天然乾燥材は含水率が高いという結果になった。

②入手した乾燥材の含水率のチェック方法について、特にしていないとする回答が46％と約半数を占めており、水分計を利用しているのは僅かに21％に過ぎなかった。

③乾燥材に対して感じていることは、「使用してクレームが減少した」、あるいは「工期短縮には不可欠」とする肯定的な認識をしている割合が高かった。しかし、一方では、「乾燥材は高価で使いにくい」、「乾燥が不十分である」とする回答も多かった。

④乾燥が不十分な材を使用したことによって生じたクレームを体験した割合が高い不具合は、１階の床鳴り、壁クロスの亀裂、ドア・引き戸の開閉困難等であった。

⑤欠点の許容平均値について、割れ幅は、見え掛かり部分0.8㎜、見え隠れ部分2.3㎜であり、見え掛かり部分は見え隠れ部分よりもかなり許容限度が小さかった。割れ長さ

は、見え掛かり部分72㎜、見え隠れ部分244㎜であった。プレカットの仕口・継ぎ手部分での割れは、幅１㎜、長さ73㎜が許容限界であった。

⑥反り・曲がりとねじれは、見え掛かり部分で2.5㎜と1.9㎜、見え隠れ部分で3.8㎜と2.7㎜であった。

⑦見え掛かり部分でも、多少の変色なら許容するとする回答が47％あった。しかし、全体の褐色化については、見え隠れ部分ではほとんど許容せず、見え隠れ部分でも64％の許容に留まった。

⑧今後、乾燥材生産者に望むことは、低価格、高品質、安定供給の順で多かった。

## ２．４　総括及び今後の再調査事項

### （１）総括

①乾燥材の使用割合が、予想していた値よりも非常に高かった。このことは、工務店の中にストックしていた材を含めて乾燥材と認識していたり、乾燥処理材でも乾燥が不十分な材も乾燥材として扱っている可能性があったと思われる。この点は、仕入れた乾燥材の含水率をほとんど測定していないことからも推察される。

②工務店の乾燥材の品質に対する要求は、例えば含水率については、人工乾燥材の場合、平均で20％前後であったが、中には40％程度で十分とする回答もあり、含水率の概念自体が工務店に対して正確に伝わっていないことが懸念された。したがって、部材の寸法精度と含水率をリンクさせた上での品質管理が、十分に行われていない可能性が高い。

③割れや狂いに対する要求は、平均値では比較的厳しい結果が得られたが、実際には値は分散しており、工務店によって要求度がかなり異なることが示唆された。

④乾燥材への希望としては、価格を安くすることが第一に挙げられ、乾燥材が置かれている状況が顕著に示された。

### （２）今後の再調査事項

平成12年度の調査結果を分析した結果、平成13年度には以下のような調査が必要であるという結論に達した。

①乾燥材に要求する品質を、部材ごとに明らかにする必要がある。

②乾燥材使用の実態を、個別の企業で詳細に調査する必要がある。

③品確法、消費者契約法という外部からの圧力に対して、工務店はどの様に対処し、その中で乾燥材がどの様な位置を占めているのかという点について調査する必要がある。

## ３．工務店及びプレカット工場における乾燥材の利用状況

### ３．１　Ａ社（郡部に位置する工務店）

#### ３．１．１　企業の概要

**（１）所在地**

岡山県真庭郡落合町

**（２）業態及び規模**

工務店を主にして、製材業を兼業とする企業である。年間の建築棟数は、平均で約10棟であり、100％元請けである。１棟当たりの平均床面積は約200m$^2$である。

国産材にこだわることで特徴を出しており、特別な営業は行っていないが、口コミで存在を知った施主が発注するケースが多い。建築施工は、岡山県北地域が大半を占める。

プレカット材は、原則として利用していない。

#### ３．１．２　乾燥材利用に対する基本姿勢と現状

**（１）乾燥材に対する基本姿勢**

従来は、専ら天然乾燥材を使用してきており、アカマツ梁・桁材は２～３カ月、ヒノキ柱・土台材は１カ月、ヒノキ垂木材は0.5カ月等の天然乾燥をしたうえで使用し、さらに上棟後１～２カ月した後に造作に入ることで、十分に乾燥が進行すると考えていた。しかし、住宅の品質向上が求められるようになったため、数年前に自社の製材工場に小型の人工乾燥装置を導入して、現在は、特に天然乾燥がしにくい梁・桁材を中心に人工乾燥を行っている。さらに、来年度には大型の人工乾燥装置を増設し、主要な構造材はもとより羽柄材に至るまで人工乾燥する計画にしている。

乾燥コストは、住宅の施工経費全体の枠の中で吸収していくことを考えている。竣工後における不具合の修理手間などを考えると、現在でも十分に乾燥コストを吸収できている。また、人工乾燥材を使用しているということが、大きなコマーシャル効果を生み出している。特に、人工乾燥装置を有しているということで、建築士からの施工依頼が増加しつつある。

**（２）乾燥材利用の現状**

建築に使用する樹種はスギ５％、ヒノキ35％、その他（主にアカマツ）60％である。これらの材の中で、スギは人工乾燥材20％、天然乾燥材60％、未乾燥材20％の割合である。また、ヒノキは人工乾燥材60％、天然乾燥材30％、未乾燥材10％で、その他（アカマツ）は人工乾燥材30％、天然乾燥材40％、未乾燥材30％である。

乾燥材の利用状況を部材ごとに見ると、表１－１に示す通りである。

**表１－１　主な部材における乾燥材の使用状況**

| 主　な<br>部材名 | 乾燥材<br>使用率<br>(%) | 乾燥材使用の内訳 | | 含水率の範囲（%） | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 人工乾燥材（%） | 天然乾燥材（%） | 人工乾燥材 | 天然乾燥材 |
| 見え掛かり柱 | 100 | 100 | 0 | 20以下 | |
| 見え隠れの柱 | 100 | 100 | 0 | 20以下 | |
| 間　柱 | 80 | 30 | 70 | 20以下 | 20以下 |
| 梁・桁・胴差し | 80 | 30 | 70 | 20以下 | 20以下 |
| 母　屋 | 30 | 20 | 80 | 20以下 | 20以下 |
| 筋かい | 50 | 20 | 80 | 20以下 | 20以下 |
| 根　太 | 50 | 20 | 80 | 20以下 | 25以下 |
| 大引き | 50 | 20 | 80 | 20以下 | 25以下 |
| 土　台 | 30 | 10 | 90 | 20以下 | 20以下 |

購入した部材については、高周波式木材水分計（モコー２）で含水率を測定している。

### ３．１．３　乾燥材に品質に対する要求

#### （１）乾燥材の品質

今後の乾燥材使用計画については、柱、間柱、梁、桁、母屋など全ての材に乾燥材を使用しようと考えている。この企業が乾燥材に求める含水率や割れなどの欠点に関する許容範囲を表１－２に示した。

部材の理想的な含水率については、柱と間柱については15％以下、その他の梁、桁、土台等の部材については20％以下であれば実用上支障がない（クレームが生じない）と回答した。

材面割れに対しては、許容されるのは最大でも２㎜であって、かなり厳しい品質基準を求めている。内部割れについては、柱材以外の部材では、ごく軽微なものであれば許容している。狂いについては、曲がりはある程度許容しているが、ねじれに対しては厳しい基準を示している。変色は、見え掛かりとなる可能性がある柱、梁以外では、軽度な程度のものは許容している。背割りについては、柱材以外は無い方が良いとしている。また、この企業では、見え隠れ柱材であっても、内部割れが生じるよりは背割りをした方が良いとの判断をしていた。

**表１－２　Ａ社が乾燥材に要求する品質**

| 部材名 | 含水率（%） | 材面割れ（mm） | | 内部割れ（mm） | | 曲がり（mm） | ねじれ（mm） | 変色 | 背割り | 寸法変化（mm） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 幅 | 長さ | 幅 | 長さ | | | | | |
| 見え掛かり柱 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | × | ○ | ±１ |
| 見え隠れ柱 | 15 | 2 | 500 | 0 | 0 | 2 | 0 | △ | ○ | ±１ |
| 間柱 | 15 | 1 | 300 | 1 | 50 | 4 | 1 | △ | × | ±１ |
| 梁・桁・胴差し | 20 | 2 | 1000 | 1 | 50 | 3 | 2 | × | × | ±１ |
| 母屋 | 20 | 1 | 500 | 1 | 50 | 3 | 0 | △ | × | ±１ |
| 筋交い | 20 | 0 | 0 | 1 | 50 | 4 | 1 | △ | × | ±１ |
| 根太 | 20 | 1 | 500 | 1 | 50 | 2 | 0 | △ | × | ±１ |
| 大引き | 20 | 1 | 500 | 1 | 50 | 2 | 0 | △ | × | ±１ |
| 土台 | 20 | 2 | 1000 | 1 | 50 | 4 | 0 | △ | × | ±１ |

（注１）割れは、幅、長さともに、許容される最大値を表す。

（注２）変色：認めない×、多少の変色は許容△、許容○で表す。

（注３）背割り：ない方がよい×、どちらでも良い△、あった方が良い○で表す。

（注４）寸法変化：例として、12.0cmの断面に対して許容する寸法変化の許容範囲を示す。

## （２）許容値を越えたときに発生する不具合

Ａ社が、表１－２に示した欠点の許容値を越えた時に発生すると考える不具合について表１－３に示した。全般的に、割れは主に強度の低下を懸念し、曲がり・ねじれは壁クロス等の亀裂、床鳴りの発生や構造体の変形に繋がると考えていることが知られる。

**表１－３　欠点が許容値を越えた時に発生すると考えている不具合（Ａ社）**

| 部材名 | 材面割れ | 内部割れ | 曲がり・ねじれ |
|---|---|---|---|
| 見え掛かり柱 | 見た目の悪化 | 強度の低下 | 造作材の変形 |
| 見え隠れ柱 | 大割れへの伸長 | 強度の低下 | 造作材の変形 |
| 間柱 | 強度の低下 | 強度の低下 | 構造材の変形 |
| 梁・桁・胴差し | 強度の低下 | 強度の低下 | 構造材の変形 |
| 母屋 | 強度の低下 | 強度の低下 | 構造材の変形 |
| 筋かい | 強度の低下 | 壁クロスの亀裂<br>壁タイルの亀裂 | 壁クロスの亀裂<br>壁タイルの亀裂 |
| 根太 | １階床鳴り<br>２階床鳴り | １階床鳴り | １階床鳴り<br>２階床鳴り |
| 大引き | １階床鳴り | １階床鳴り | １階床鳴り<br>２階床鳴り |
| 土台 | 大割れへの伸長<br>構造材の変形 | １階床鳴 | 構造材の変形<br>１階床鳴り<br>２階床鳴り |

### ３．１．４　品確法や消費者契約法に対する対応

#### （１）品確法に対する対応

「品確法によって、乾燥材の使用が増えたか。」という質問に対しては、「いいえ」と回答した。さらに、「乾燥が不十分な木材を使用したことによって、瑕疵保証の対象となる不具合が発生した事例があるか。」という質問に対しても、事例はないと回答した。

しかし、本企業は、品確法施行に先駆けて人工乾燥装置を導入し、住宅部材の品質管理に努めている。さらに、住宅性能表示も取得できるように所定の検査機構に登録を済ませている。つまり、品確法に対しては十分な認識を持っており、対応も進めてきているといえる状態にある。

#### （２）消費者契約法に対する対応

「消費者契約法の施行によって、施主と貴社との間の契約方法や契約書が変化したか。」という質問に対しては、いいえと回答した。さらに、「消費者契約法では、消費者にとって不利益となる情報の告知を行う義務があるとされているが、木材の寸法変化や損傷の発生の可能性について、事前に説明しているか。」という質問に対しては、説明していると

回答した。

さらに、今後、消費者契約法がＡ社の経営にどの様な影響を与えるかという点と、今後の対応策について回答を求めたところ、今まで以上に消費者の立場に立った営業努力をしていく必要があるとした。また、必要な事項については、今後は契約書に盛り込んでいく予定であると回答した。

### ３．１．５　建築現場での乾燥材使用の状況

#### （１）調査住宅の概要

建築途中の在来軸組工法住宅４棟について、現地調査を実施した。ここでは、それらの中の１棟について結果を記載する。

在来木造軸組・モルタル仕上げ・２階建てで、建築床面積は約162m$^2$である。構造材の使用材積は約20m$^3$であり、その内訳は床組（ヒノキ）1.7m$^3$、軸組（ヒノキ、アカマツ、スギ）11.0m$^3$、小屋組（アカマツ）5.3m$^3$、その他（アカマツ）2.0m$^3$である。そのうち、人工乾燥材は自社で乾燥したアカマツ梁・桁材等の4.6m$^3$であった。その他は、天然乾燥材であった。

#### （２）乾燥材使用の実態

用いている部材の乾燥に対する基本的な考え方は、以下のようであった。

①梁・桁は１～２カ月天然乾燥した後、約10日間の人工乾燥を行った材を使用する。

②柱材は、完全に乾燥が仕上がった良好なものを用いる。製品市場から人工乾燥材を購入することもある。

③土台は、１カ月程度天然乾燥した材を用いる。大引き、根太には、３カ月以上天然乾燥させた含水率が低い材を使用する。

④小屋組には原則として１カ月程度天然乾燥した材を用いるが、垂木、野地板等は２週間程度天然乾燥させた半乾き状態で十分である。

⑤ラス下地板は、屋内の壁用は１カ月以上天然乾燥させた良品を用いるが、外壁用は乾燥が不十分なもので問題はない。

⑥畳下地板には、乾燥が良好なものを用いる。可能な場合には人工乾燥させた材料を使用する。

⑦背割りについては、管柱材であっても全く問題はない。金具を用いる場合にも、工夫すれば何ら問題は発生しない。無背割り材では、内部割れが内在していたり、その後材面割れが発生しないという保証はない。したがって、背割り材の方がむしろ望ましい。

⑧変色は、国産材の良さを損なうものである。壁の中に隠れてしまうから許容されるという考え方は、施主に対して不遜な態度である。

⑨施工後、内装に入るまでには少なくとも１カ月以上は放置して、部材の乾燥を進行さ

せることと構造を安定させる工程を踏むようにしている。湿式の塗り壁の場合は春先で３カ月、冬場で４～５カ月間の乾燥期間を設ける。また、内装工事に入る前に、可能な範囲で金具の締め直しを行っている。

⑩以上のような配慮に加えて、大工棟梁の匠の技を駆使して、不具合が発生しないように心がけている。例えば、木材の素性を把握して木使いの方向等を決定するということや、隙間の発生を抑制する鉋がけの方法を採用する等の工夫を、棟梁が慎重に行っている。

写真１－１　調査住宅Ａの外観

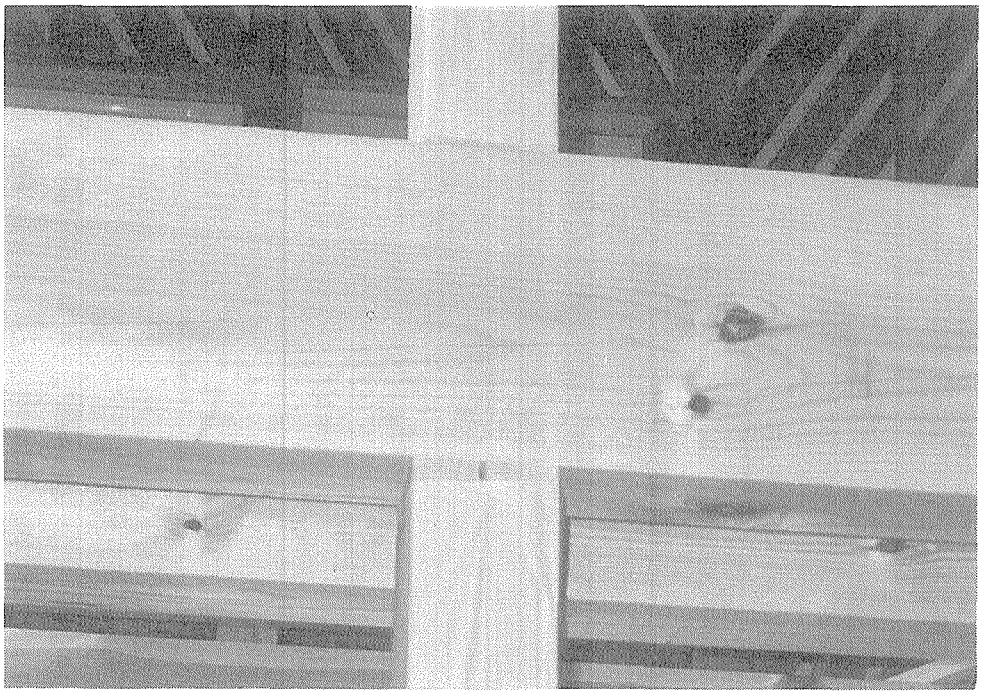


写真１－２　この程度の割れは許容される

写真１－３　胴縁による壁の水平出し

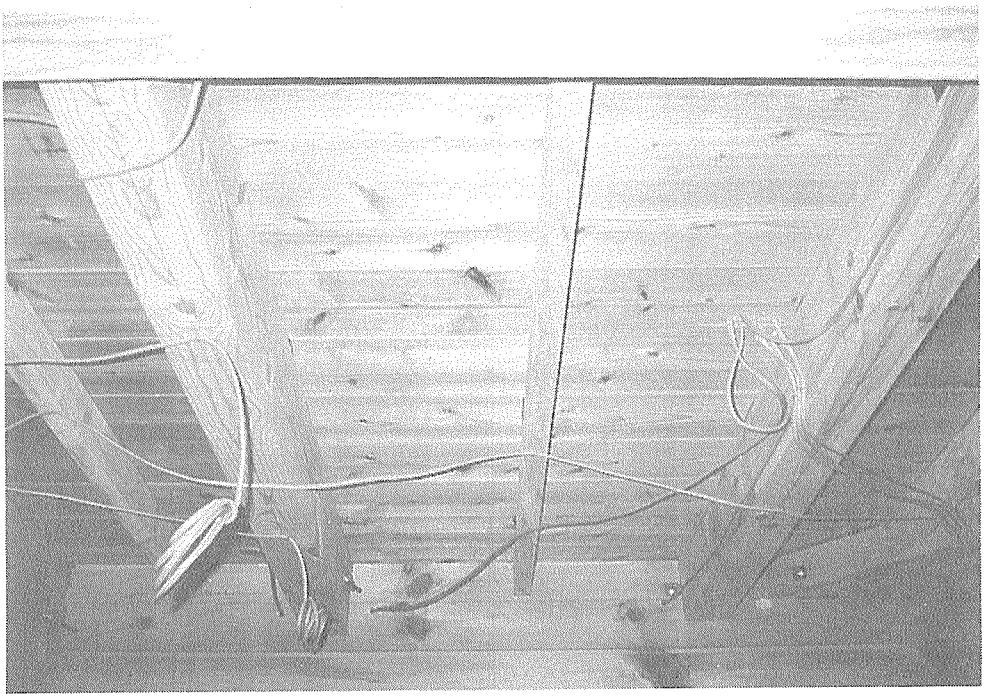


写真１－４　２階部分の根太レス床張り
（スギ30㎜厚材、含水率10％前後）

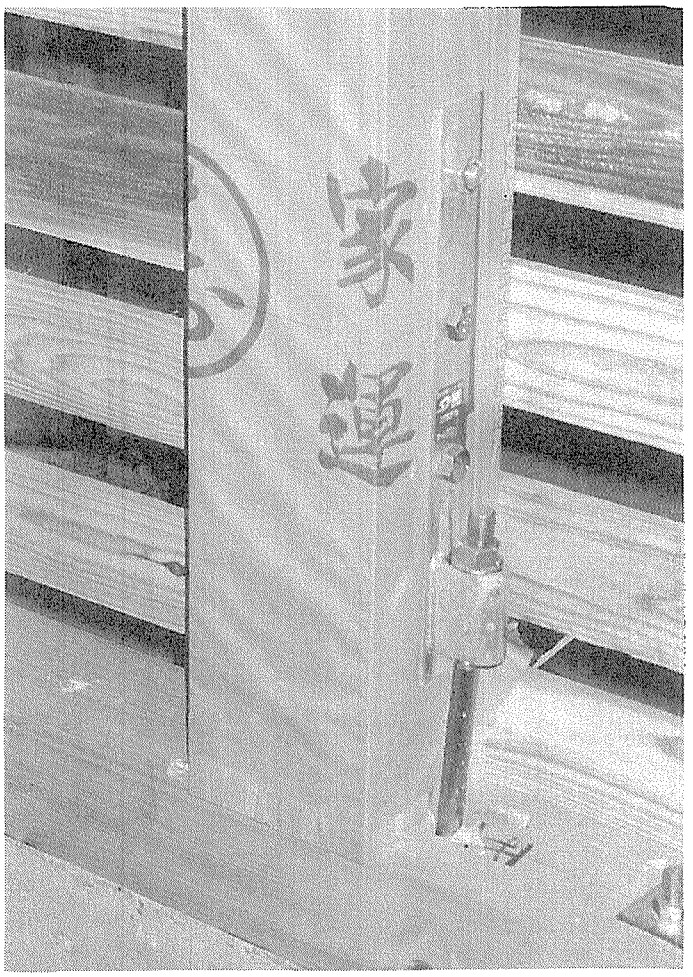


写真１－５　背割り材であっても金具接合には問題なし

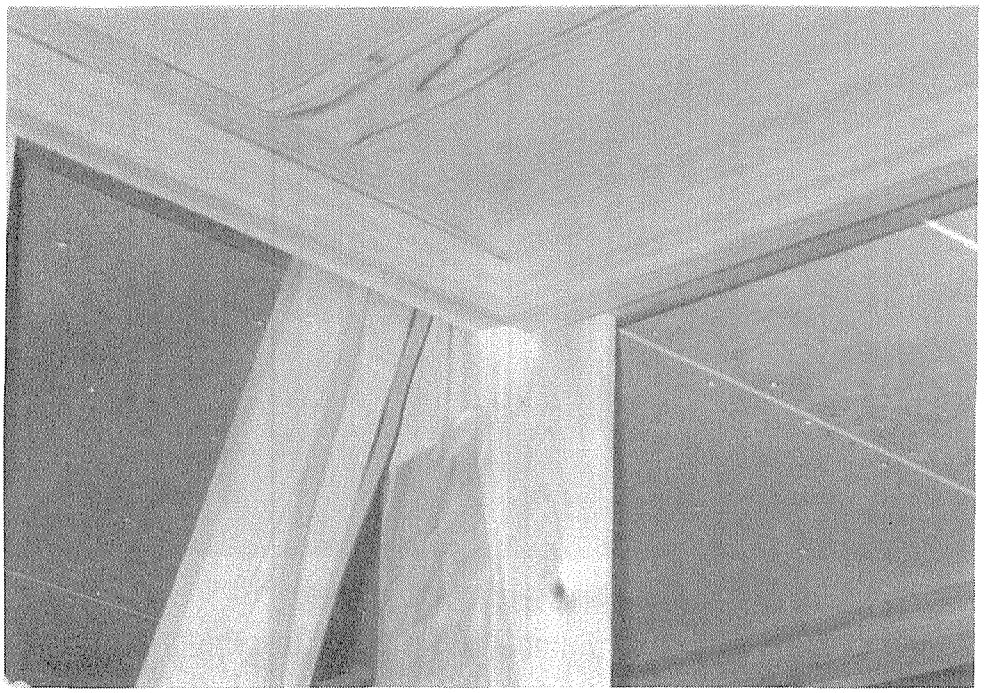


写真１－６　未乾燥材による不具合はコーナー部分に目立つ

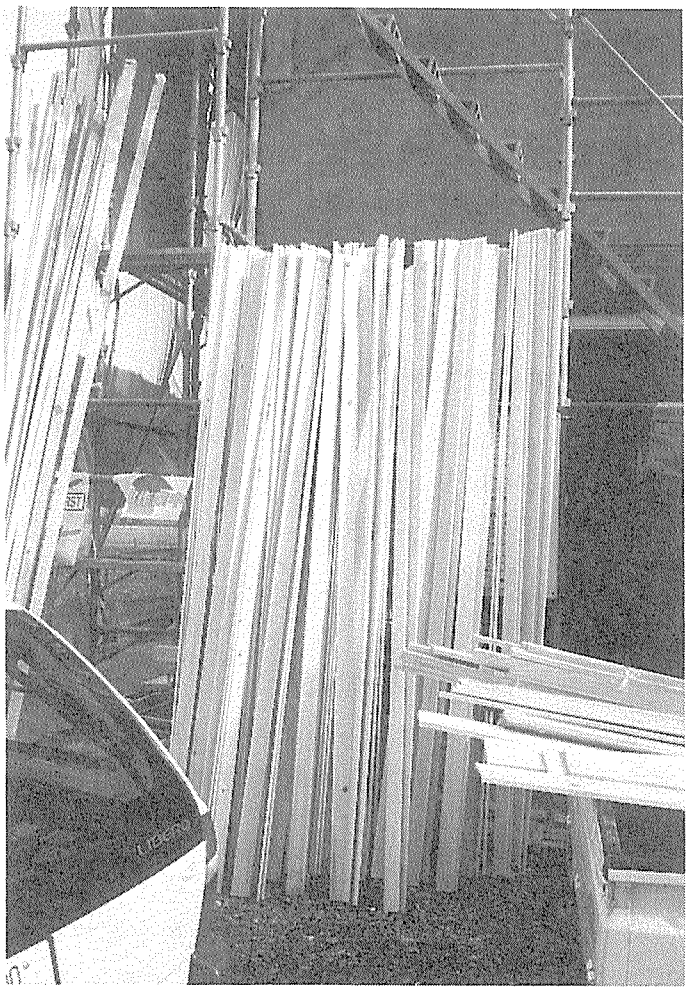


写真１－７　施工現場での材料の天然乾燥

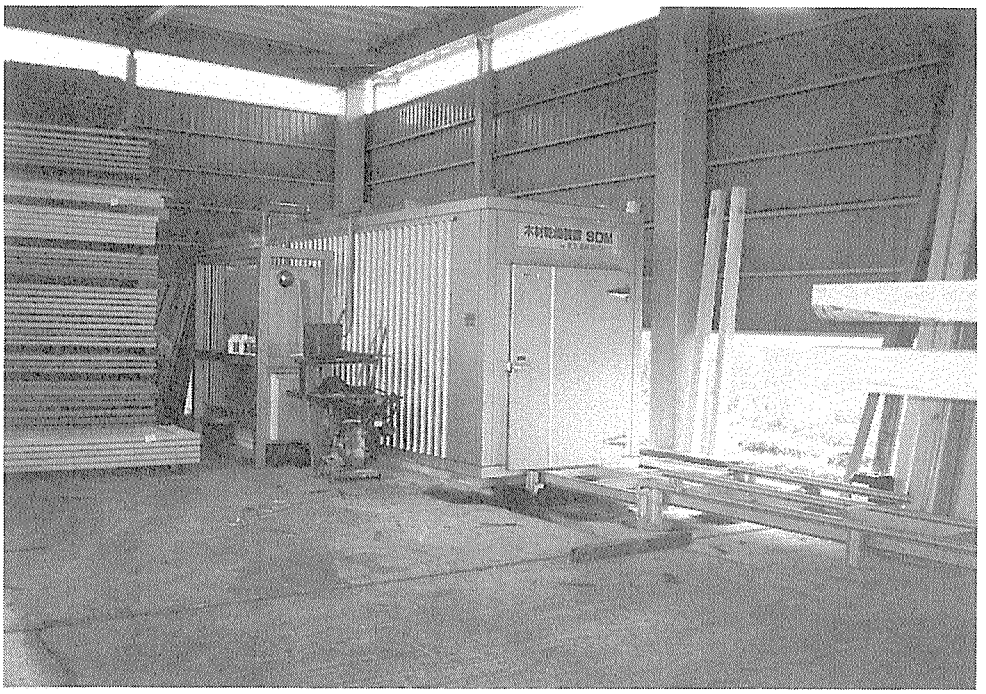


写真１－８　導入している人工乾燥装置と養生ヤード

## ３．２　Ｂ社（郡部に位置する工務店）

### ３．２．１　企業の概要

#### （１）所在地

岡山県真庭郡久世町

#### （２）業態及び規模

工務店を主にして、一部不動産業を兼業とする企業である。年間の建築棟数は、平均で約５棟であり、100％元請けである。１棟当たりの平均床面積は約165m²である。

国産材を使用することで特徴を出しており、県北地域で多少営業活動を行っている。また、建築施工も岡山県北地域が大半を占める。

プレカットは、原則として利用していない。

### ３．２．２　乾燥材利用に対する基本姿勢と現状

#### （１）乾燥材に対する基本姿勢

従来から、天然乾燥材を中心に、十分な量の材料を保管する倉庫を有しており、必要に応じて使用する体制をとっている。また、小型の人工乾燥装置を10年以上前に導入して、ログハウス材を中心に人工乾燥してきた経験も有する。住宅用材も造作材を中心に人工乾燥することもある。また、柱材等については、製品市場から乾燥材を入手するなど、自社のストック材と併用することで、使用する部材の品質レベルを保持するように努めている。

また、上棟後１～２カ月経過した後に造作に入ることで、さらに乾燥を進めて不具合が発生しないように考えている。十分に乾燥した材を使用するということも、Ｂ社の営業活動において重要なコマーシャル因子となっている。住宅の引き合いがあった段階で、自社の製品倉庫に施主を案内し、使用する材料について現物を示しながら十分な打ち合わせを行っている。

この様な点は、Ｂ社の信頼性を向上させるのに大きく役立っているようである。

乾燥にかけるコストやストックに掛かる経費は、住宅の施工経費全体の枠の中で吸収していくことを考えている。竣工後における不具合の修理手間などを考えると、現在でも十分に吸収できているようである。

#### （２）乾燥材利用の現状

建築に使用する樹種はスギ20％、ヒノキ40％、その他（主にアカマツ）40％である。これらの材の中で、スギとその他（アカマツ）は全てが天然乾燥材で、ヒノキは人工乾燥材50％、天然乾燥材50％であった。原則として、全くの未乾燥材は使用していない。

部材別には、見え掛かり、見え隠れを問わず柱材には人工乾燥材が用いられ、その他の梁・桁、大引き、土台には天然乾燥材が用いられることが多い。

部材の含水率については、外部から購入した柱材等については表示によって判断しているが、自社の材については特別に測定は行っていない。

### ３．２．３　乾燥材に品質に対する要求

#### （１）乾燥材の品質

今後の乾燥材使用計画については、これまで通り、原則として乾燥材を用いることにしている。また、人工乾燥材と天然乾燥材を、必要とされる品質に応じて使い分けるようにしていくとの回答であった。この企業が乾燥材に求める含水率や割れなどの欠点に関する許容範囲を表１－４に示した。

**表１－４　Ｂ社が乾燥材に要求する品質**

| 部材名 | 含水率（%） | 材面割れ（㎜） | | 内部割れ（㎜） | | 曲がり（㎜） | ねじれ（㎜） | 変色 | 背割り | 寸法変化（㎜） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 幅 | 長さ | 幅 | 長さ | | | | | |
| 見え掛かり柱 | 20 | 0 | 0 | 強度が低下しない程度 | | 0 | 0 | × | ○ | ±1.0 |
| 見え隠れ柱 | 20 | 2 | 300 | 〃 | | 3 | 3 | △ | ○ | ±1.0 |
| 間柱 | 25 | 1 | 200 | 〃 | | 2 | 2 | △ | × | ±1.0 |
| 梁・桁・胴差し | 20 | 5 | 1000 | 〃 | | 3 | 3 | △ | × | ±2.0 |
| 母屋 | 20 | 2 | 500 | 〃 | | 3 | 3 | △ | × | ±1.5 |
| 筋かい | 20 | 2 | 300 | 〃 | | 3 | 3 | △ | × | ±1.5 |
| 根太 | 25 | 1 | 500 | 〃 | | 2 | 2 | △ | × | ±1.0 |
| 大引き | 25 | 2 | 500 | 〃 | | 2 | 2 | △ | × | ±1.5 |
| 土台 | 20 | 2 | 500 | 〃 | | 2 | 2 | △ | × | ±1.5 |

（注１）割れは、幅、長さともに、許容される最大値を表す。
（注２）変色：認めない×、多少の変色は許容△、許容○で表す。
（注３）背割り：ない方がよい×、どちらでも良い△、あった方が良い○で表す。
（注４）寸法変化：例として、12.0㎝の断面に対して許容する寸法変化の許容範囲を示す。

部材の理想的な含水率については、間柱、根太、大引きについては25%以下、柱や梁・桁等のその他の部材については20%以下であると回答した。

材面割れに対しては、梁・桁材で５㎜まで許容しているが、その他の部材では２㎜程度を許容限界としている。内部割れについては、数値での回答は得られず、構造材の場合は強度の低下を生じさせない程度であれば許容するとしている。造作材については、内部割れがあっても問題ないと回答した。狂いについては、曲がり、ねじれの両方において、２～３㎜程度を限界値としている。変色は、見え掛かり柱材では認めないが、それ以外の部材では軽度なものは許容している。背割りについては、柱材以外は無い方が良いとしている。寸法変化の許容値は、柱材等で最小の±1.0㎜、梁材等で最大の±2.0㎜であり、他の部材は概ね±1.5㎜であった。

### （２）許容値を越えたときに発生する不具合

許容値を越えた時に発生する不具合について、部材ごとに詳細な回答は得られなかったが、以下のような認識が聞かれた。

①見え掛かり柱材の割れは、見栄えが悪くなる。

②柱材の狂いは、建て付けの悪るさを誘発する。また、柱材や間柱材の狂いは、壁面の通りを出しにくくする。

③梁・桁、土台等における限界を超えた割れは、強度の低下に繋がる。

④梁・桁、土台等で限界を超えた曲がりやねじれは、墨付けの手間を増大させる。

⑤欠点材は、欠点材なりに用途を考えて使うように心掛ければ、発生する不具合のレベルを低減させることが可能である。

## ３．２．４　品確法や消費者契約法に対する対応

### （１）品確法に対する対応

「品確法によって、乾燥材の使用が増えたか。」という質問に対しては、「いいえ」と回答した。さらに、「乾燥が不十分な木材を使用したことによって、瑕疵保証の対象となる不具合が発生した事例があるか。」という質問に対しても、事例はないと回答した。しかし、今後は施主の意識が向上することによって、瑕疵保証の対象となる事例が増加する可能性は否定できないとの意識を持っていた。だだし、これまでも施工後20年間程度は、不具合が発生すれば対応してきた実績があるので、不安はないとのことであった。不具合の修理費に関しては、工務店の瑕疵によるものについては無料、工務店の瑕疵とはいえないものについては、材料費程度を施主に負担してもらっていた。今後もこの方針で進めるが、これまで以上に不具合が発生しないような施工に努めることにしている。

### （２）消費者契約法に対する対応

Ｂ社の経営者は、消費者契約法そのものの存在を知らなかった。基本的には、施主に対して事前に木材の性質について十分に説明してきているので、これまで大きな問題は発生しなかった。だだし、法的な背景があるのであれば、必要な事項については、今後は契約

書に盛り込んでいくことにするとの認識を示した。

### ３．２．５　建築現場での乾燥材使用の状況

#### （１）調査住宅の概要

建築途中の在来軸組工法住宅１棟について、現地調査を実施した。

在来木造軸組・モルタル仕上げ・２階建てで、建築床面積は約193m$^2$である。構造材の使用材積は約27m$^3$であり、その内訳は床組（ヒノキ）2.8m$^3$、軸組（ヒノキ、アカマツ、スギ）14.0m$^3$、小屋組（アカマツ、ヒノキ）6.7m$^3$、その他（スギ）3.5m$^3$である。そのうち、ＪＡＳに相当するレベルの乾燥材（含水率25％以下）は、アカマツ梁・桁材、ヒノキ柱材等の11.3m$^3$であった。その他も、何らかの天然乾燥がなされた材であった。

#### （２）乾燥材使用の実態

用いている部材の乾燥に対する基本的な考え方は、以下のようであった。

①原則として、主要な構造材には自社で十分に天然乾燥した材、もしくは購入した人工乾燥材を用いる。例えば、梁・桁では、数年間も天然乾燥した材料を使用することもある。

②柱材は、含水率表示を見ながら、製品市場から人工乾燥材を購入することが多い。要するに、柱材に関しては製品市場である程度良好な品質のものが入手可能であるということである。

③化粧材の施工時における割れは、全く許容されない。構造材でも、施工後にあまり大きくなった場合には、パテで埋めるなどの処置を行っている。

④下地材は、乾燥が少々甘くても問題は生じない。しかし、なるべく施工現場に立てかける等によって乾燥させるようにしている。

⑤床部分での釘打ちは、なるべくビス留めするようにして、床鳴りの防止に繋げている。

⑥背割りについては、管柱材であっても全く問題はない。金具を用いる場合にも、大きな座金を用いるなどの工夫をすれば、何ら問題は発生しない。

⑦施工後、内装に入るまでには少なくとも１～２カ月以上は放置して、部材の乾燥を進行させることと、構造を安定させる工程を踏むようにしている。

⑧施主は、不具合が発生しない部材を使うことが当然と思っているので、結果的に乾燥材使用が不可欠となる。部材に経費を上乗せして利益を得るという発想は持たずに、乾燥経費は一種の営業経費としてとらえている。

⑨今後の乾燥材のＰＲ方法としては、施主に対して木材に関する正確な情報を提供することから始めるべきである。工務店にＰＲするだけでは、見積もりの段階で採用しないことが多くなる。

写真１－９　調査住宅Ｂの外観

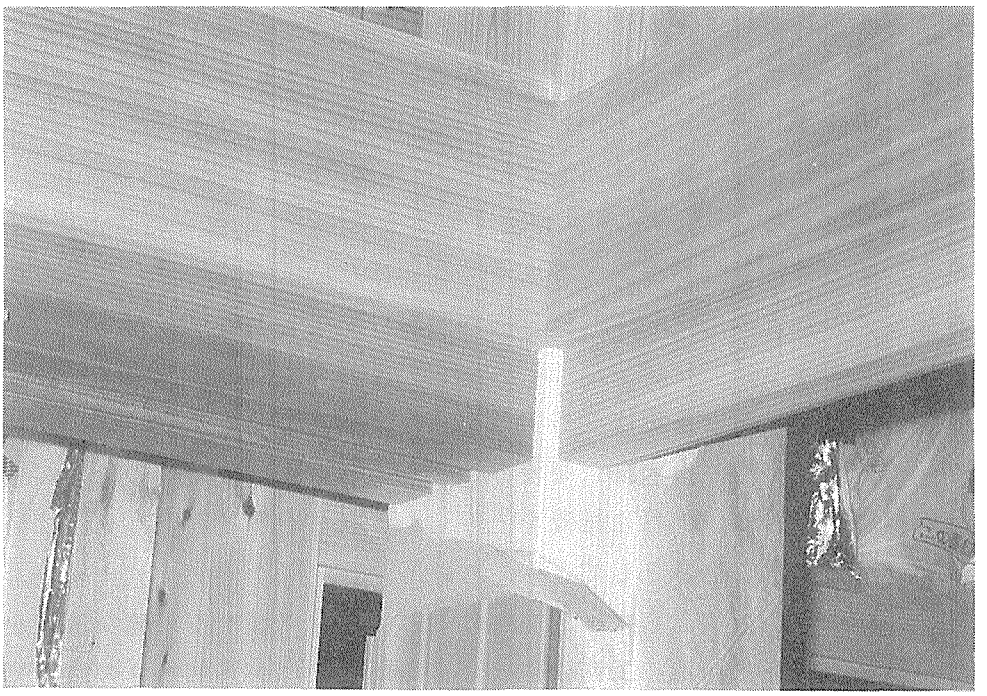


写真１－10　乾燥が不十分であれば柱と鴨居、長押
との間に隙間が生じる

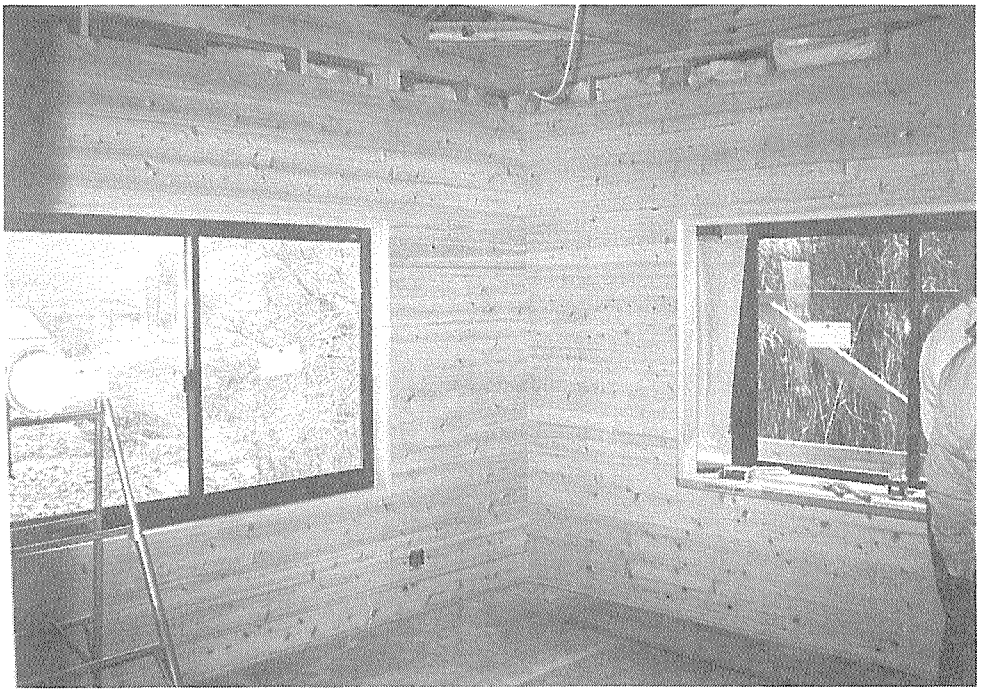


写真１－11　壁材に用いるヒノキ材の乾燥にも
十分な注意を払っている

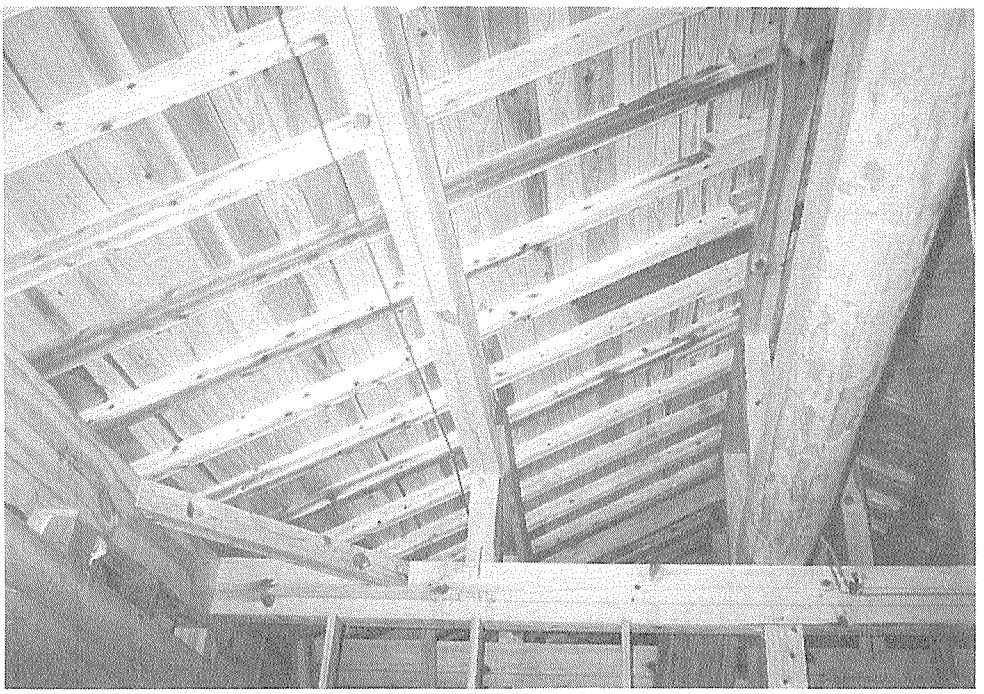


写真１－12　梁材や垂木、野地板も乾燥したものを使用する

## ３．３　Ｃ社（郡部に位置する工務店）

### ３．３．１　企業の概要

**（１）所在地**

岡山県真庭郡落合町

**（２）業態及び規模**

工務店を専業とする企業である。年間の建築棟数は、平均で約25棟であり、100％元請けである。１棟当たりの平均床面積は約140m$^2$である。

岡山県北地域では比較的大きな規模の工務店であり、近年はイベントなどの機会をとらえて、積極的な営業活動を行っている。建築施工は、主に岡山県北地域であるが、他の地域にも進出しつつある。

構造材は、90％以上をプレカットしている。羽柄材も、30％はプレカット材を用いている。

### ３．３．２　乾燥材利用に対する基本姿勢と現状

**（１）乾燥材に対する基本姿勢**

品確法が施行になる前から、積極的に乾燥材の採用に踏みきって、住宅の品質向上をはかる努力をしてきた。日本住宅・木材技術センターの合理化認定を取得するなど、このところ積極的な企業経営を行っている。

乾燥材は、製品市場や近隣の製材所から入手して用いてきた。特に、不具合の発生に繋がる部材については、乾燥コストは高品質住宅を提供する上での必要経費であるという位置づけをして、なるべく高品質なものを使用するように努めてきた。そのことによって、ある程度施主の信頼も勝ち得てきたし、竣工後の修繕代の減少によって、乾燥材使用はある程度経営ベースに乗ってきた。

しかし、ここに来て、住宅の建築単価の低減を早急にはかる必要が生じ、企業全体の経営を見直す必要に迫られている。この中では、比較的高価な乾燥材から材価、品質ともに安定した集成材に転換することが得策であるとの方針が立てられるに至った。これまで、乾燥材を使用しては来たが、品質や価格に対しては満足していなかったということである。

来年度からは、注文住宅に用いる部材は原則としてオール集成材とする。型式が決まっているシステム住宅についても、外材製材品使用をやめて、集成材へ転換する。ただし、国産材使用を希望する施主に対しては、これまで通り、乾燥材を使用した住宅を提供していく。これらのことにより、多種多様な施工ができる工務店へと転換をはかる予定であるとのことである。ここに示すのは、転換を図る前の現在の状況である

**（２）乾燥材利用の現状**

建築に使用する材は、国産材60%、外材35%、集成材５%である。国産材の中では、スギ35%、ヒノキ50%、その他国産材（主にアカマツ）15%である。一方、外材では、ベイマツ80%、ベイツガ５%、その他の外材15%の割合を占める。

乾燥材の割合を部材別に見ると、見え掛かり、見え隠れを問わず全ての柱材と土台材には人工乾燥材が用いられている。その他、間柱、梁・桁の80%にも人工乾燥材が採用されている。しかし、母屋、筋かい、根太などの羽柄材には、未乾燥材が使用されている。

部材の含水率については、購入した際の表示を全面的に信用するか、若しくは納入者を信用している。したがって、水分計を所有してはいるが、測定は全く行っていない。

### ３．３．３　乾燥材に品質に対する要求

#### （１）乾燥材の品質

Ｃ社が、現時点で乾燥材に求める含水率や割れなどの欠点に関する許容範囲を、表１－５に示した。

**表１－５　Ｃ社が乾燥材に要求する品質**

| 部材名 | 含水率（%） | 材面割れ（mm） | | 内部割れ（mm） | | 曲がり（mm） | ねじれ（mm） | 変色 | 背割り | 寸法変化（mm） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 幅 | 長さ | 幅 | 長さ | | | | | |
| 見え掛かり柱 | 20 | 0.5 | 50 | 原則として認めない | | 1 | 0 | × | × | ±1.0 |
| 見え隠れ柱 | 20 | 1.0 | 100 | 〃 | | 2 | 2 | △ | × | ±3.0 |
| 間柱 | 25 | 1.0 | 100 | 〃 | | 2 | 2 | △ | × | ±3.0 |
| 梁・桁・胴差し | 25 | 1.0 | 200 | 〃 | | 2 | 3 | △ | × | ±3.0 |
| 母屋 | 25 | 1.0 | 200 | 〃 | | 2 | 2 | △ | × | ±3.0 |
| 筋かい | 30 | 1.0 | 200 | 〃 | | 2 | 2 | △ | × | ±3.0 |
| 根太 | 20 | 1.0 | 200 | 〃 | | 2 | 2 | △ | × | ±3.0 |
| 大引き | 20 | 1.0 | 200 | 〃 | | 2 | 2 | △ | × | ±3.0 |
| 土台 | 25 | 1.0 | 200 | 〃 | | 2 | 2 | △ | × | ±3.0 |

（注１）割れは、幅、長さともに、許容される最大値を表す。

（注２）変色：認めない×、多少の変色は許容△、許容○で表す。

（注３）背割り：ない方がよい×、どちらでも良い△、あった方が良い○で表す。

（注４）寸法変化：例として、12.0cmの断面に対して許容する寸法変化の許容範囲を示す。

部材の理想的な含水率については、筋かいが30％以下、間柱、梁・桁、母屋、土台が25％以下、柱、大引き、根太が20％以下としていた。

材面割れに対しては、全般的に１㎜以下、長さも200㎜以下と厳しい基準を設けている。内部割れは、原則として認めていない。変色は、見え掛かり柱材では認めないが、それ以外の部材では軽度なものは許容している。背割りについては、使用後の狂いが少ないという理由から、全ての材で無い方が良いとしている。寸法変化の許容値は、見え掛かり柱材では±1.0㎜としているが、その他の部材では±3.0㎜まで許容している。

### （２）許容値を越えた時に発生する不具合

許容値を越えた時に発生する不具合について、部材ごとに詳細な回答は得られなかったが、以下のような認識が聞かれた。

①最も多いのは、床鳴りである。

②材面割れも、最近の若い人は許容してくれないことが多く、クレームになる。

③梁・桁材のねじれが、建て付けの悪さを引き起こす。

④寸法の減少を気にする施主が増加している。説明していない場合には、クレームになる。

## ３．３．４　品確法や消費者契約法に対する対応

### （１）品確法に対する対応

「品確法によって、乾燥材の使用が増えたか。」という質問に対しては、「はい」と回答した。さらに、「乾燥が不十分な木材を使用したことによって、瑕疵保証の対象となる不具合が発生した事例があるか。」という質問に対しては、事例はないと回答した。しかし、今後は施主の意識が向上することによって、瑕疵保証の対象となる事例が増加する可能性は否定できないとの意識を持っていた。特に、施主のこだわりには個人差が大きく、最悪の事態を想定しておく必要があると考えている。これまでも施工後10年間程度は、不具合が発生すれば対応してきた実績はあるが、できれば、最初からリスクの少ない集成材を使用することで、より完璧なものを目指したいとしている。

性能表示制度にも対応できるように体制を整えているが、現在のところ実績はない。完成保証についても重要と考えている。

### （２）消費者契約法に対する対応

Ｃ社の経営者は、消費者契約法について認識を持っていた。これまでにも、挽きたて寸法や減寸の可能性については事前に説明して来ている。現段階では、それらを契約書に記載してはいないが、必要な事項については、今後は契約書に盛り込んでいくことにしていきたいとの認識を示した。

しかし、地場の工務店は、契約にあろうが無かろうが、施主からクレームが寄せられた

場合には、対応せざるを得ない。逃げも隠れもできないのであって、誠意を見せるように心掛けていなければ、企業の存立自体がおぼつかなくなる。

### ３．３．５　乾燥材のＰＲ方法

①国産材住宅が安く建築できることを、都市部の人々に知らせる必要がある。都市部の人は、極端に高価な物件か極端に劣悪な物件しか見ていない。リーズナブルな値段で良質な木造住宅が入手できることを伝えることが重要である。

②製材所は、乾燥材を安価にする必要がある。ユーザーが乾燥材の値段を決定するのであって、原材料費から乾燥コスト等を順に積み上げて販売価格が決まるわけではないことを認識すべきである。

③乾燥材の品質を、集成材並に向上させるべきである。集成材と同等の品質で同等の価格が実現できれば、再び、乾燥製材品を使用するようになる。

④製材所は、多用なニーズに応える体制をとるべきである。少し違った部材を要求すると、必ずできないと返事してくる。これでは、需要は増加しない。

## ３．４　Ｄ社（都市部に位置する工務店）

### ３．４．１　企業の概要

**（１）所在地**

岡山県倉敷市

**（２）業態及び規模**

岡山県南部の都市部で経営されている建築業を専業とする工務店である。年間の建築棟数は平均で約40棟で、地方では準大手の工務店である。元請けが100％であり、１棟当たりの平均床面積は約125m$^2$である。

経営者は、木材に対する造詣も深く、木材関連の情報も十分に得ている。建築施工は、主に岡山県南部地域で行っている。

構造材は、90％以上をプレカットしている。

### ３．４．２　乾燥材利用に対する基本姿勢と現状

**（１）乾燥材に対する基本姿勢**

品確法が施行になる前から、天然乾燥材を中心に使用し、梁・桁材にも乾燥された製材品を使用するなど、積極的に乾燥材を採用し、住宅の品質向上をはかる努力をしてきた。最近は、より品質の高い乾燥材を使用するために、積極的な努力をしている。

また経営者は、可能な限り、製材品にこだわった木造住宅を提供しようとしている。

**（２）乾燥材利用の現状**

建築に使用する材は、国産材25％、外材75％、集成材５％である。国産材の中では、スギ60％、ヒノキ20％、その他国産材（主にアカマツ）10％である。一方、外材では、ベイマツ80％、その他の外材20％の割合を占める。

乾燥材の使用率は、母屋で80％に留まっている以外は、他の部材はすべて100％である。内訳を部材別に見ると、見え掛かり、見え隠れ柱材には全てが天然乾燥材である。その他の部材は、全て人工乾燥材である。Ｄ社は、乾燥材の使用率が極めて高い企業である。

部材の含水率については、購入した際の表示を全面的に信用するか、若しくは納材者を信用している。したがって、水分計による測定は全く行っていない。

### ３．４．３　乾燥材に品質に対する要求

**（１）乾燥材の品質**

Ｄ社が、乾燥材に求める含水率や割れなどの欠点に関する許容範囲を、表１－６に示した。

**表１－６　Ｄ社が乾燥材に要求する品質**

| 部材名 | 含水率（%） | 材面割れ（mm） | | 内部割れ（mm） | | 曲がり（mm） | ねじれ（mm） | 変色 | 背割り | 寸法変化（mm） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 幅 | 長さ | 幅 | 長さ | | | | | |
| 見え掛かり柱 | 18 | 3 | 幅×3倍 | 軽微な程度 | | 3 | 1 | × | ○ | ±1.0 |
| 見え隠れ柱 | 20 | 3 | 幅×3倍 | 〃 | | 3 | 1 | △ | × | ±1.0 |
| 間柱 | 20 | 2 | 100 | 〃 | | 0 | 1 | △ | × | ±1.0 |
| 梁・桁・胴差し | 20 | 4 | ｾｲ×1倍 | 〃 | | 5 | 1 | △ | × | ±1.0 |
| 母屋 | 20 | 3 | ｾｲ×1倍 | 〃 | | 5 | 1 | △ | × | ±1.0 |
| 筋かい | 20 | 3 | ｾｲ×1倍 | 〃 | | 1 | 1 | △ | × | ±1.0 |
| 根太 | 20 | 1 | 幅×2倍 | 〃 | | 1 | 1 | × | × | ±0.5 |
| 大引き | 20 | 2 | 幅×2倍 | 〃 | | 1 | 1 | × | × | ±1.0 |
| 土台 | 20 | 2 | 幅×2倍 | 〃 | | 1 | 1 | × | × | ±1.0 |

（注１）割れは、幅、長さともに、許容される最大値を表す。
（注２）変色：認めない×、多少の変色は許容△、許容○で表す。
（注３）背割り：ない方がよい×、どちらでも良い△、あった方が良い○で表す。
（注４）寸法変化：体として、12.0cmの断面に対して許容する寸法変化の許容範囲を示す。

部材の理想的な含水率については、見え掛かり柱材が18%以下であるが、他の部材はすべて20%以下としていた。

材面割れに対しては、幅については他社と比較してやや大きなものまで許容しているが、長さについてはかなり厳しい基準となっている。ねじれについては１mm以下と厳しいが、曲がりは部材ごとに異なる基準を設けている。内部割れは、軽微なものとしているが、おそらく発生していることを想定していないのであろう。変色は、見え掛かり柱材、根太、大引き、土台では認めていない。背割りについては、見え掛かり柱材以外では認めていない。寸法変化の許容値は、概ね±1.0mmとしている。

### （２）許容値を越えた時に発生する不具合

許容値を越えた時に発生する不具合について、部材ごとの回答は得られなかったが、全般的に以下のような認識が見て取れた。

①最も多いのは１階部分の床鳴りであって、発生したら全く許容されない。不具合として指摘される。

②２番目に多いのは、内装部分に生じる隙間であるが、僅かな量に留まれば許容されるが、限界を超えるとクレームの対象となる。

③ドア・引き戸の開閉困難は、発生した時点で調整が可能である。

④材面割れも、大きいものはクレームの対象となる。特に造作材では全く許容されない。

### ３．４．４　品確法や消費者契約法に対する対応

#### （１）品確法に対する対応

「品確法によって、乾燥材の使用が増えたか。」という質問に対しては、「はい」と回答した。さらに、「乾燥が不十分な木材を使用したことによって、瑕疵保証の対象となる不具合が発生した事例があるか。」という質問に対しては、事例はないと回答した。しかし、今後は施主の意識が向上することによって、瑕疵保証の対象となる事例が増加する可能性があるとの意識を持っていた。

材料を選択する時には、シミや変色が発生しているスギ材は使用しないようにしている。材料の善し悪しがクレームの対象になる可能性がある。

#### （２）消費者契約法に対する対応

Ｄ社の経営者は、消費者契約法について認識していたが、これまでにも、木材の寸法変化や損傷の発生の可能性については事前に説明していた。現段階では、それらを契約書に記載してはいないが、必要な事項については、今後は契約書に盛り込んでいくことにしていきたいとの認識を示した。

## ３．５　Ｅ社（プレカット工場）

### ３．５．１　企業の概要

**（１）所在地**

岡山県真庭郡久世町

**（２）業態及び規模**

岡山県北部で経営されている製材業を兼業とする中規模のプレカット工場である。発注形態は、外部から持ち込まれた材を賃加工する割合が40％、材料調達までまかされて加工する割合が60％である。材料調達をまかされた場合には、自社生産の製材品も利用する。

岡山県北部では、数少ないプレカット工場の一つであり、工務店や問屋との取引が多い。

### ３．５．２　乾燥材利用に対する基本姿勢と現状

**（１）乾燥材に対する基本姿勢**

Ｅ社の製材部門では10年以上前から人工乾燥装置を導入して、スギ、ヒノキの構造材を中心に人工乾燥を行ってきた。また、最近では壁材やフローリングの生産も行っており、建材としての水分管理に対する知識も豊富である。したがって、乾燥材の利用に対する意欲が高い企業であるといえる。

**（２）乾燥材利用の現状**

プレカット工場で使用されている材は、国産材25％、外材60％、集成材15％である。国産材の中では、スギ45％、ヒノキ40％、その他（主にアカマツ）15％である。一方、外材では、ベイツガ98％、その他2％の割合である。

部材ごとに乾燥材の使用状況を見ると、表１－７に示す通りである。

**表１－７　主な部材における乾燥材の使用状況**

| 主な部材名 | 乾燥材使用率（%） | 乾燥材使用の内訳 | | 含水率の範囲（%） | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 人工乾燥材（%） | 天然乾燥材（%） | 人工乾燥材 | 天然乾燥材 |
| 見え掛かり柱 | 70 | 60 | 40 | 20以下 | 28前後 |
| 見え隠れの柱 | 55 | 50 | 50 | 20以下 | 28前後 |
| 間　柱 | | | | | |
| 梁・桁・胴差し | 15 | 100 | 0 | 20前後 | |
| 母　屋 | 10 | 100 | 0 | 20前後 | |
| 筋かい | | | | | |
| 根　太 | 50 | 100 | 0 | 20前後 | |
| 大引き | 5 | 100 | 0 | 20前後 | |
| 土　台 | 1 | 100 | 0 | 20前後 | |

生産した部材や購入した部材については、高周波式木材水分計（モコー２）によって含水率を測定している。

### ３．５．３　乾燥材に品質に対する要求

#### （１）乾燥材の品質

プレカット工場では、持ち込み材についてはその品質について意見をはさむ余地が無く、仮に劣悪な材であっても関知するところではないとのことであった。また、材料調達を全てまかされた場合でも、指定された材料単価を判断材料として、乾燥材の使用部位や品質を決定せざるを得ないとのことである。つまり、プレカット工場は、本来の意味において人工乾燥材に関する選択権や決定権を持ってはおらず、多くの場合、結果としてユーザーである工務店や問屋の判断に左右されているという実態にある。

材料費が制限された場合に、乾燥材を選択する順番は次のようにしている。

①柱材類（間柱を含む）

②２階部分の床組材（梁、根太など）

③小屋組材（梁、桁、母屋など）

④１階部分の床組材（特に根太など）

乾燥材の品質については、ユーザー次第であるため具体的な基準は設けていないということであったが、イメージ的には次のような意見を持っているとのことであった。

①割れについては、見え掛かり柱材では許容されない。見え隠れ柱材においては、背割り材では許容されず、無背割り材では幅２㎜以下であることが望ましい。

②内部割れは、どんなものでも許容されない。

③曲がりは、柱材では許容されない。土台では一方反りは許容される。

④ねじれは、どの部材でも基本的には許容されない。しかし母屋などでは、軽度なものは問題ない。

⑤背割りは、見え掛かり材ではあった方が良い。気になれば、埋木をすればよい。大壁の中に使用する材の場合は、背割りが動けば不具合の発生に繋がるため、無背割り材の方が望ましい。

#### （２）乾燥材に対する意見

Ｅ社では、乾燥材に関して次のような意見を持っていた。

①バリアフリー仕様に対応するために、床組が従来の「ころばし根太」から「落とし込み根太」に変化した。この場合、根太やその他の床組材に寸法変化が生じると、床鳴りの発生に繋がる。したがって、２階床組部分のＫＤ化が必要になった。

②これに対して１階部分の床組では、床束が、従来の木製からアジャスター付きの鋼製に変化しているため、部材の寸法変化が生じても、かなり場合、修正が可能となって

いる。

③未乾燥材使用による不具合の発生は乾式工法に限定されるもので、湿式の場合はほとんど問題は無い。木材に対する施工業者の知識不足も、不具合発生の原因の一つとなっている。

④梁・桁材は乾燥しにくいが、仮に狂いが生じると、それらは住宅全体の構造を歪めることになるため、基本的には乾燥材であることが望ましい。

⑤壁の施工方法として、従来は胴縁を用いていたが最近は使用しないことが多い。したがって、間柱に良好な乾燥材を用いることが重要である。

⑥土台については、乾燥材の要求がほとんど無い。人工乾燥材を自社で生産して売り込みをしてみたが、全く反応は悪かった。

⑦ＪＡＳの乾燥材の含水率基準は、厳しすぎるのではないか。含水率15％以下の材は、寸法が増加するのではないか。したがって、出荷後に寸法調整が可能なＤ表示材にはＤ15があっても良いが、ＳＤ表示材ではＳＤ15を廃止すべきである。乾燥材の場合、平均含水率が何％ということが重要なのではなく、養生が十分になされて使用後の寸法変化が少ないということが重要なのである。

⑧乾燥材の使用を考える場合に考えなければならないのは、工法と工期である。

### ３．５．４　品確法や消費者契約法に対する対応

#### （１）品確法に対する対応

「品確法によって、乾燥材の使用が増えたか。」という質問に対しては、「多少」と回答した。さらに、「乾燥が不十分な木材を使用したことによって、瑕疵保証の対象となる不具合が発生した事例があるか。」という質問に対しては、事例はないと回答した。また、今後、瑕疵保証の対象となる事例が増加する可能性も少ないとの認識を示した。既に、２階部分のＫＤ化を図るなど、必要な対応策は立てているため、問題は無いという意見であった。問題が起こるとすれば、都市部の工務店が、木材の特質を無視した使い方をした時であろうとした。

#### （２）消費者契約法に対する対応

Ｅ社の経営者は、消費者契約法について情報を得ていた。特に、寸法に関してはこれまでにもトラブルに巻き込まれたことがあり、施主に対して十分な説明が必要である。これまでにも、工務店や問屋に対しては、木材の寸法変化や損傷の発生の可能性については事前に説明していたが、工務店は今後は契約書に盛り込んでいくことが必要であるとの認識を示した。

### ３．３．５　乾燥材のＰＲ方法

①乾燥材のＰＲは、設計事務所に対して行うのが効果的である。設計事務所のような積み上げ式でないと乾燥コストを上乗せできない。最初に材料費の単価が決まるようなシステムの中では、値が張る乾燥材は採用されない。

②乾燥材は不足しているのではなく、需要がないのが現状だ。したがって、あてもなく乾燥材を増産することはできない。もっと、需要開拓をしなければならない。

③住宅のメンテナンスのための手引き書のようなものを作成して、住宅の引き渡しの時に施主に配布してはどうか。その中には、当然乾燥材の必要性や具体的な効果が盛り込まれるだろうから、結果的に乾燥材を使用せざるを得なくなる。

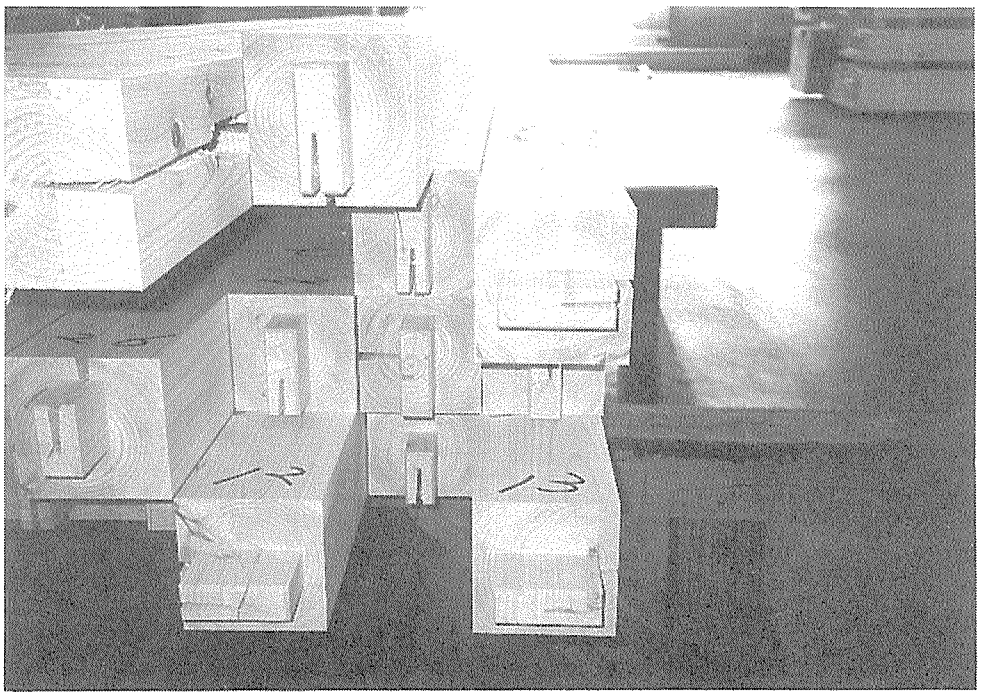


写真１－13　プレカット材の仕口
（背割り材でも問題はない）

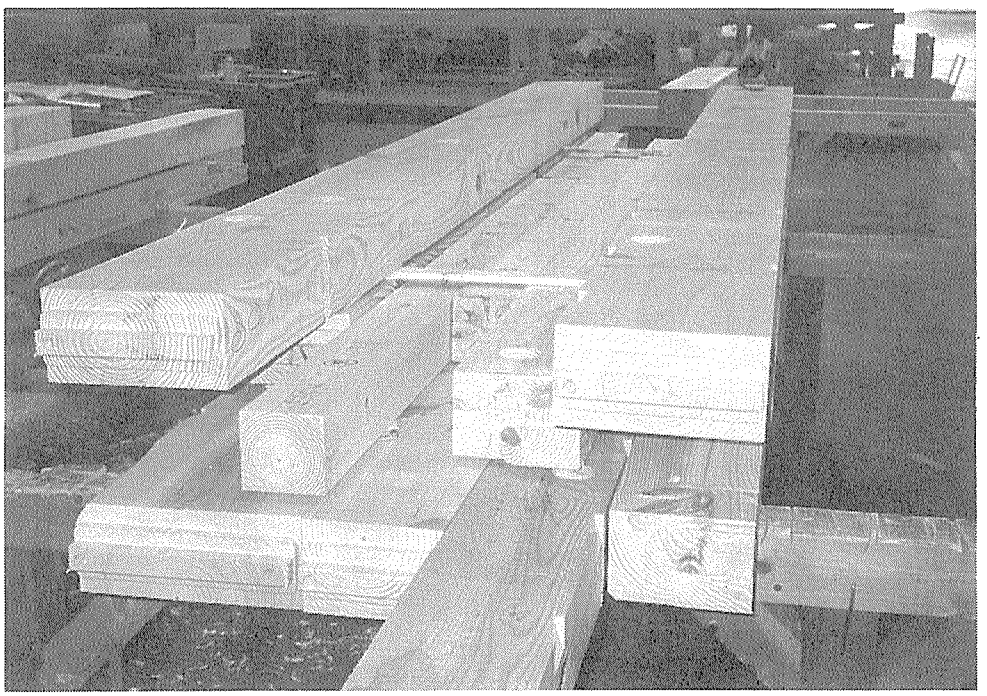


写真１－14　プレカット後のアカマツ平角材
（梁・桁の人工乾燥が不可欠である）

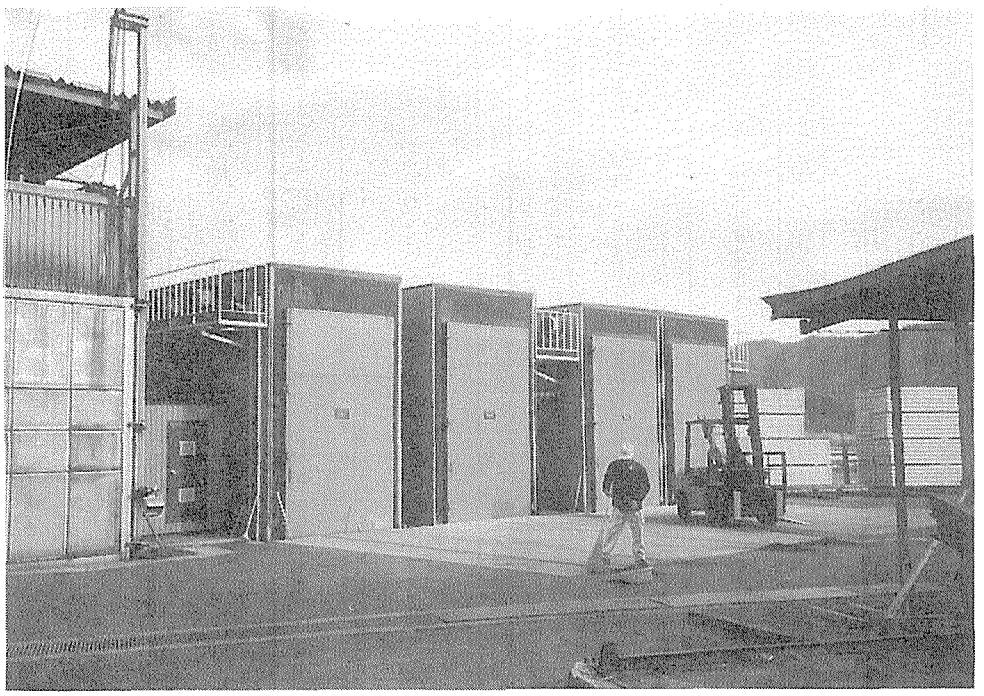


写真１－15　製材部門が導入している人工乾燥装置
（羽柄材も人工乾燥して提供している）

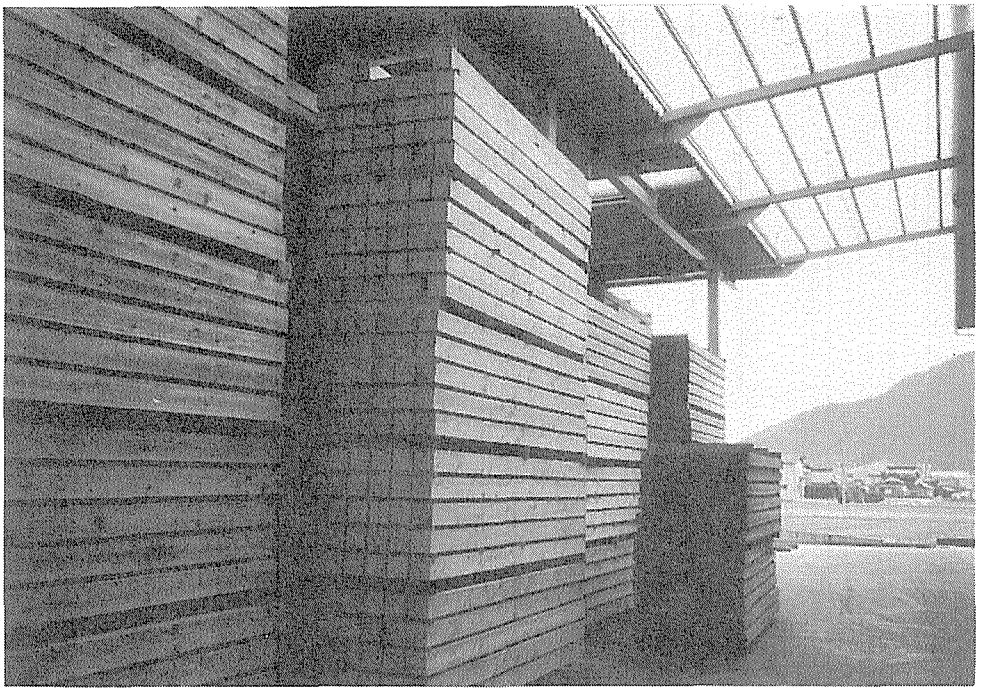


写真１－16　人工乾燥後のストックヤード
（様々な需要に対応可能なように品揃えしている）

## 4．生産者に要求される乾燥材の品質基準

### 4．1　木材流通業からの要求

調査によれば、流通業界からも乾燥材に品質について納材基準が示され、それを満たさない材料は出荷できなくなりつつあるとのことであった。

ある木材問屋が納材する製材所に示している人工乾燥柱材の品質基準は、以下のようなものである。

①含水率：Ｄ２０（高周波式水分計による測定）
②割れ　：貫通割れは、幅、長さにかかわらず不可，
　　幅は、１面ずつ２㎜以下。２㎜以下であれば、１材面当たり長さ１ｍ以下であれば４材面にあっても可。
　　長さは、１面ずつ１ｍ以下で、複数本の場合は１面の合計値とする
③虫食い：不可。ピンポール状であっても不可
④原木　：丸太は直材であること。曲がり材や中落ち材は不可。
⑤丸み　：ある場合は、４方均等ねらいとする。

### 4．2　住宅産業からの要求

調査によれば、ある住宅メーカーが納材する製材所に示している管柱購買基準では、人工乾燥材には以下のような品質を要求しているとのことであった。

①含水率：23％未満（高周波式水分計による測定）
②寸法精度：＋0.5㎜，－０㎜（モルダー仕上げの場合）
③割れ（背割り材）　：貫通割れは不可，割れ幅３㎜以上が１ｍ以上ある場合は不可，割れ幅が２㎜以上３㎜未満であっても長さ２ｍ以上であれば不可，割れ幅２㎜未満であっても1.5ｍ以上の割れが２材面にある場合は不可
　（無背割り材）：６㎜以上の割れが１ｍ以上ある場合は不可，割れ幅が５㎜以上６㎜未満であっても長さが２ｍ以上あれば不可，割れ幅が５㎜未満であっても，1.5ｍ以上の割れが３材面以上にある場合は不可，小さい割れであっても全面に及ぶ場合は不可
④曲がり（背割り材）：背割り面に対して垂直な面は長さの0.1％以下，背背割り面に水平な面は長さの0.2％以下
　（無背割り材）：任意の面を基準に垂直方向0.1％以下，水平方向0.2％以下
⑤元口の随の位置：10.5㎝角の場合は，材の側面から20㎜以上内側にあること。
⑥その他：丸み，入り皮，虫食い，腐れ，あて等に関する基準がある。

他社についても似かよった基準が示されているようであったが、最近では徐々に品質基準が高まり、割れについては幅２㎜以下で長さ50㎝未満までしか許容されなくなっているという意見も聞かれた。この制限を越えた材は半値以下でしか取り引きされず、近い将来には割れが全く許容されなくなるのではないかとの懸念が、生産現場からは示されていた。

性能基準が厳しくなると、それに対応するための乾燥技術の開発が順調に行われない限り、相対的に不良率が増加し、歩留まりは減少して乾燥経費の増加に繋がる。つまり、乾燥コストは、生産する乾燥材の品質基準と一体化したものであり、要求される品質基準に応じた乾燥方法が確立される必要がある。

## ５．まとめ

人工乾燥材の普及に際しては、ユーザーがどの様な品質の材を求めているのかということを的確に把握し、生産者はその要求を確実に満たすことができる製品を提供することが何よりも重要であろう。しかし、これまで、このような視点から議論されたことは少なく、人工乾燥材の住宅用部材としての品質について、一般論として語り得るまでには木材関連業界間での意見の一致を見ていない。確かに、今回の調査からも、大手の住宅メーカー等は自社基準を納材先に示すことで、ある程度必要とする材を入手できていることが知られるが、それらはあくまで個別企業の個別の基準であって、経営方針なども複雑に絡み合い、スタンダードといえるものであるかどうかは分からない。今後、人工乾燥材を大手住宅メーカーだけではなく、一般の地場工務店に対して広くかつ大量に普及していくためには、建築業界と製材業界等が密接に連絡を取り合って、人工乾燥材のスタンダードといえる規格を構築することが望まれる。

今回の調査では、工務店における乾燥材使用の実態と乾燥材に対して求める品質の一端が明らかとなったが、それらのデータは限定した地域の実態を示すのもに過ぎない。今後、調査対象を広げて、標準的な状態を把握する必要があろう。

また、調査を通して感じたのは、要求する乾燥材の品質に対して、工務店自身が明確な根拠を持っていないケースが比較的多いという点である。質問すれば、何となく回答は帰ってくるが、何故その含水率であるべきなのかという点、或いは寸法変化の許容範囲と含水率基準がリンクしていないことが多い点など、工務店自身も根拠ある明確な指針を持ち得ていないのではないかと感じた。この様な状況を打開するためには、乾燥材に関して、住宅用部材という視点に立った基礎的データを丹念に収集し、乾燥材使用の意義と必要とされる品質について、生産者と工務店が議論を尽くす必要がある。この点については、調査を進める中で、「乾燥材を使うメリットについて、数値で表したようなデータがないことには、施主に対してコスト負担を求められない。」といった意見が、工務店自身から出されたことからも示唆される。

今後は、以上のような視点に立った試みがなされることが期待される。

## 2章　スギ柱角の乾燥による割れの出現状況と寸法変化

### 1. 供試材と試験方法

#### 1. 1　供試材

試験材は，栃木県内において経常的にスギ材を生産している製材工場から，実大サイズの心持ち柱角を生材状態で購入した。柱角製材に用いた原木は那須山系産の人工林材で,末口径は16～22cm,材長は300cmである。製材では原木1本から,最終の製品仕上げ寸法で105mm正角を想定して，粗挽き時の断面寸法114×114mmを1本取りとした。

供試材に用いたスギ柱角の含水率分布を図2－1に示す。初期含水率の平均値は 87.0%(標準偏差(σ)22.8%,n=402)であった。また，試験材の気乾平均密度は0.38g/m$^3$(標準偏差(σ)0.04g/m$^3$, n＝110)で,平均年輪幅は4.0mm(標準偏差(σ)0.7mm, n=110)であった。

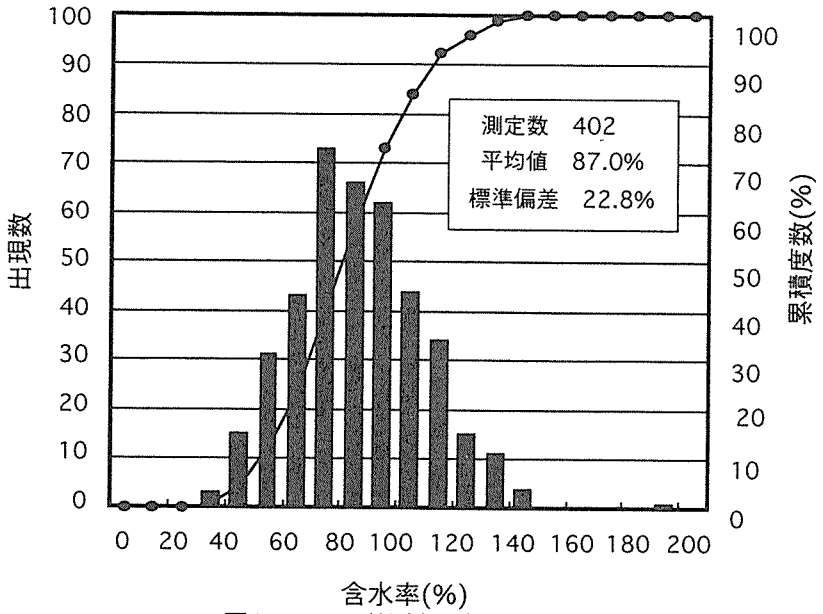



図2-1　スギ柱材の含水率分布

#### 1. 2　天然乾燥試験

試験材は,背割りなしのスギ心持ち柱角20本である。天然乾燥では,桟積み場所を建物の西側とし,桟積み上部に屋根をかけ,屋根と桟積み上の間は十分通風がとれるようにして,乾燥期間を1ヵ月とし,この間,重量,含水率,割れの数,長さおよび幅を随時測定した。

天然乾燥中の温度湿度は屋外用のデータロガー(GDP-1713, ﾃｽﾄﾀｰﾑ製)で測定した。データロガーは桟積みの後部にとりつけ,30分毎に温度，湿度を測定した。

## 1．3　人工乾燥試験

人工乾燥試験は高温仕様の装置で行った。乾燥スケジュール試験に使用した本数は 49 本で，これらはそれぞれの試験で70本を1ロットとした試験材から重量選別を行った。乾燥スケジュールは，温度域別に7種類を試みた。それらは，第一に乾球 120℃，湿球 90℃一定，第二に乾球 110℃，湿球 90℃一定，第三に乾球 100～110℃，湿球 95～99℃，第四に乾球 90～100℃，湿球 85～89℃，第五は乾球 85～95℃,湿球81～82℃，第六は乾球60～80℃，湿球56～71℃，第七は乾球50～70℃,湿球46～51℃の7種類である。いずれの乾燥スケジュールでも乾燥初期に85～95℃の蒸煮処理を6～8 時間行った。仕上がり目標含水率は 20±10%とした。欠点とみなされる割れの発生状況は,数，長さおよび最大幅で評価した。このとき表面割れは試験材に現れた全数を，内部割れは末口端から 1mの部分の断面に出現した全数を測定した。

# 2.　天然乾燥の結果

## 2．1　天然乾燥中の温湿度変化

図2－2は,天然乾燥の場所における乾燥期間中の温湿度変化を表したものである。

図示のように,今回の天然乾燥期間中では温湿度の変動が大きく,特に湿度の変動幅が温度より大きく表される。木材乾燥では,湿度の変動が乾燥速度に影響を与えることになるが,この変動が大きなことはそれだけ材表面に発生する乾燥応力の強弱が不安定になり,したがって,背割りを施していない心持ち柱角では,それだけ表面割れが生じ易くなることが考えられる。

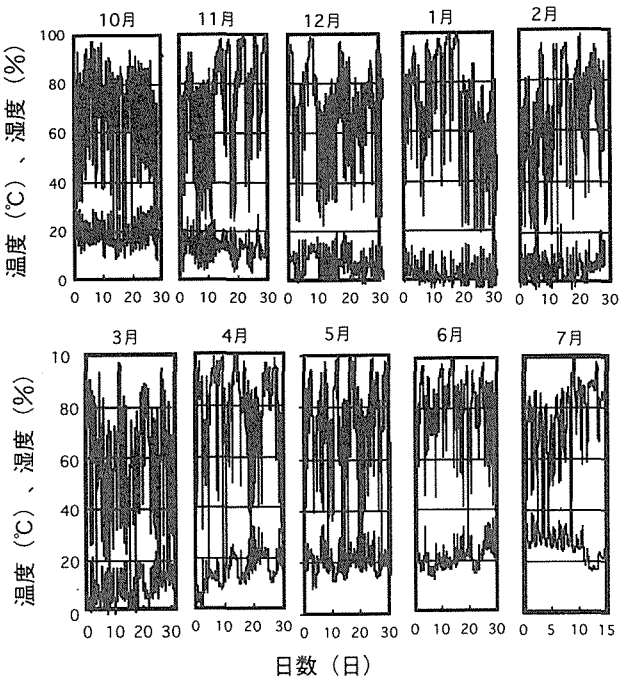



図2-2　天然乾燥期間中の温度、湿度

## 2．2　天然乾燥中の重量,含水率変化

図2－3は,天然乾燥期間中の重量,含水率および割れの変化を表している。

天然乾燥開始後の一定期間では重量減少,すなわち含水率低下が大きくなるが,今回の測定では図示のように,乾燥後 66 日頃まで重量減少,含水率低下が顕著で,それに伴って表面割れも増加してくる。しかし,その後は肉眼で観察できるような表面割れの発生は軽微になる。表面割れの発生は含水率変化が大きい 41 日の間までの増加が著しかった。なお同図で,90～120 日の間で含水率が増加し,割れが減少したが,これは測定日の前日まで数日雨天が続き，割れ幅の小さいものが見かけ上閉じたためである。また重量変化は乾燥後,約 90 日,含水率は 150 日後で 20%前後に安定したことが認められる。

図2－4は,乾燥前と乾燥後の重量変化を表したヒストグラムである。乾燥前のバラツキは主に含水率の差を表している。一方，含水率がほぼ同一と考える乾燥後のバラツキは密度の差を表すものと思われる。

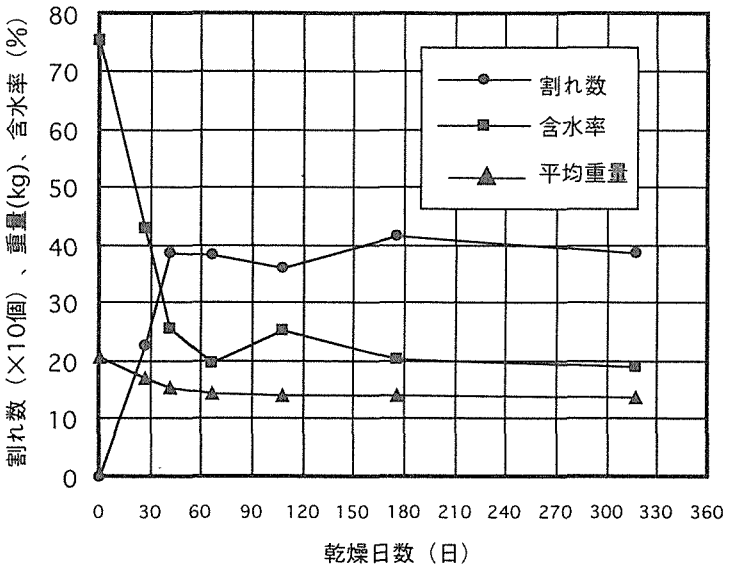



図2-3　天然乾燥期間中における割れの数、含水率、重量の変化

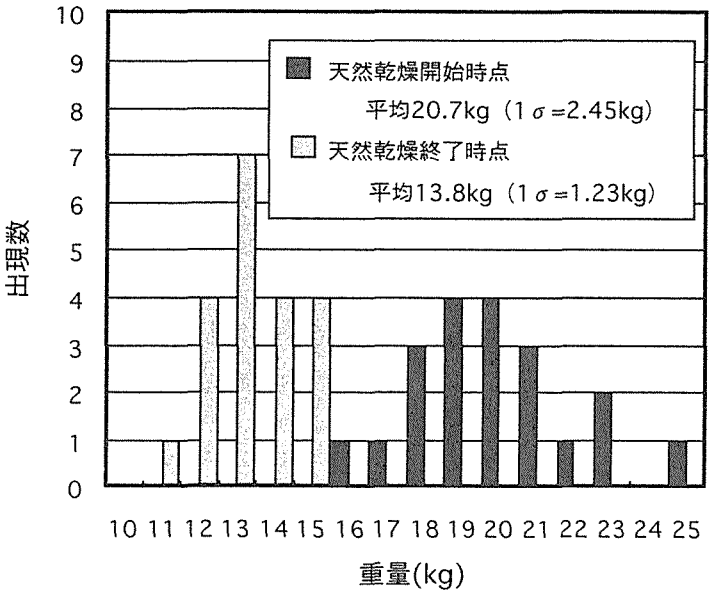



図2-4　天然乾燥中の重量変化

## 2．3　表面割れ

### (1)　割れ長さ

天然乾燥終了時に柱角 20 本に現れた表面割れの全数は 385 ヵ所であった。

図2－5は割れ長さ 500mmまでの箇所数の頻度分布である。発生した割れの最長は,全長(3000mm)にわたるものもあるが,割れ長さ 500mm以下の箇所数は,総数 385 ヵ所の割れのうち 69% 占め,うち割れの長さが 200mm以下に 51%が該当した。したがって,発生した割れの約半数は 200mm以下の長さの範囲に止まっている。

図2－6は天然期間中における割れ長さの変化である。乾燥後 27 日目(含水率 40～50%)では 500mm 以上の割れは少ないが,41 日目(含水率 20～30%)では 500mm 以下の小さな割れが増加し, 500mm を越える割れも目立っている。そして 66 日目(含水率 20%前後)では, 500mm 以下の割れが伸びて, ヒストグラムの右の裾野が広がり始めている。その後含水率は 15～20%に収束し, 175 日目に割れの数は最大値を示した。

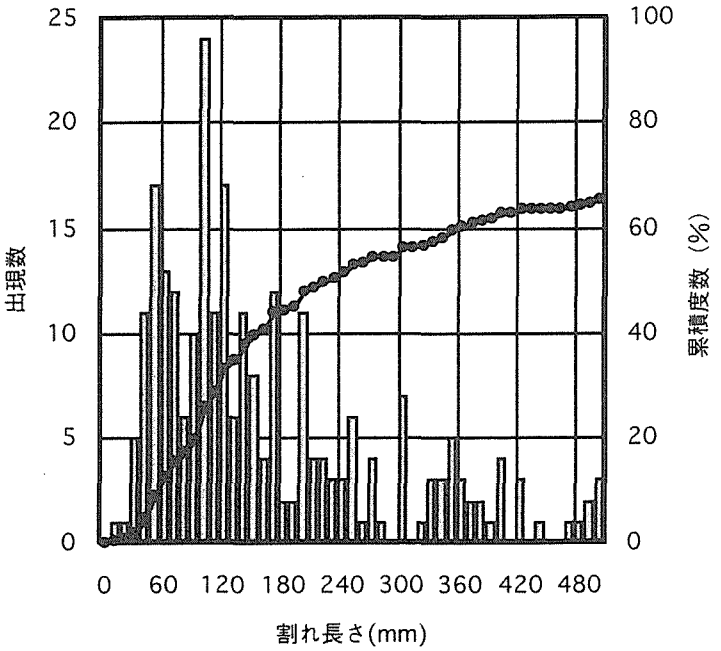



図2-5　天然乾燥中に生じた割れ長さの頻度分布

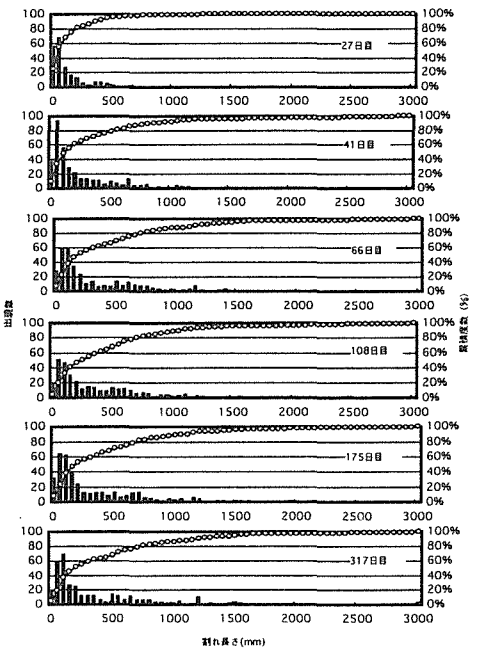



図2-6　天然乾燥期間中の割れ長さの頻度分布

## (2) 割れ幅

図2－7は,割れ長さと同時に測定した割れ幅のヒストグラムである。なおこれらは,測定した割れの最大幅で表している。今回の測定では割れの最大幅は 5mm であり,極微少のヘアークラックは 0.1mm以下に含めている。ここでは割れ幅 1mm以下が全数の 74%,0.5mm以下は 50%であった。

図2－8は,乾燥中における割れ幅の変化である。この割れ幅の変化は,表面割れと同一材を用いて測定しているため, その出現の傾向は表面割れとほぼ同じと考えてよい。ただし,割れ幅の大きさは含水率が 20%になる 66 日目がピークであった。その後は大きな割れの幅は狭くなっていく傾向が見られた。このことは, 含水率 20%を下回り始めると柱角内部の乾燥により材表面に圧縮側の力が働くためと考えられる。

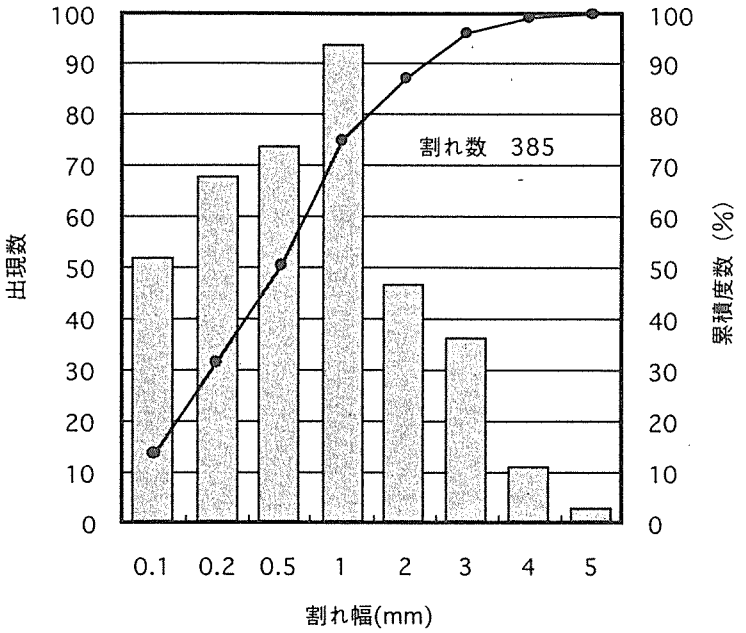



図2-7 天然乾燥中に生じた割れ幅の頻度分布

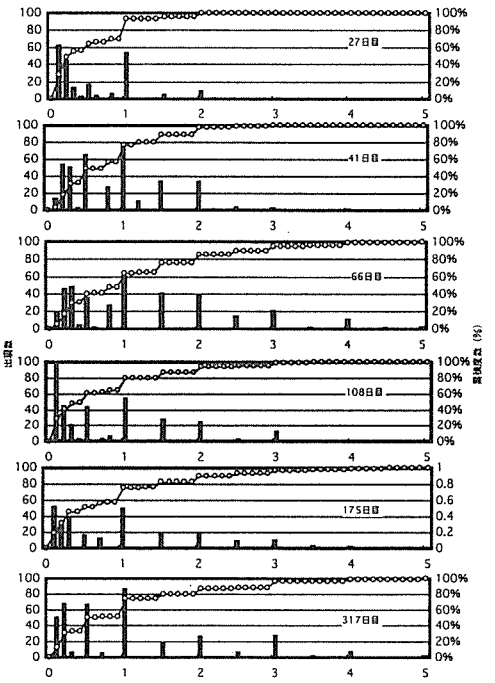



図2-8 天然乾燥期間中の割れ幅の頻度分布

## 2．4　天然乾燥中の寸法変化

図2－9は天然乾燥開始から66日目の収縮率ヒストグラムである。このとき含水率は平均で約20%である。これは,この後に述べる人工乾燥の収縮率と比較するためである。このとき収縮率は平均0.89%であった。この値はスギ材の物理的デタと比較すると小さいが，幅を測定した面に割れが生じていたためである。割れ幅が大きいと元の寸法よりも大きくなり，ここではマイナスの値として表した。

図2－10は天然乾燥開始から175日目の収縮率ヒストグラムである。このとき含水率は15～20%の範囲であった。重量変化を見ても一定値を示していることからほぼ平衡に達していたと考えられる。このとき収縮率は平均0.99%であった。ただし，柱材の4面に割れが観察できた状態であることから寸法変化が見かけ上小さい値となった。写真2－1,2に天然乾燥の状況と乾燥終了時の木口からみた状態を示す。

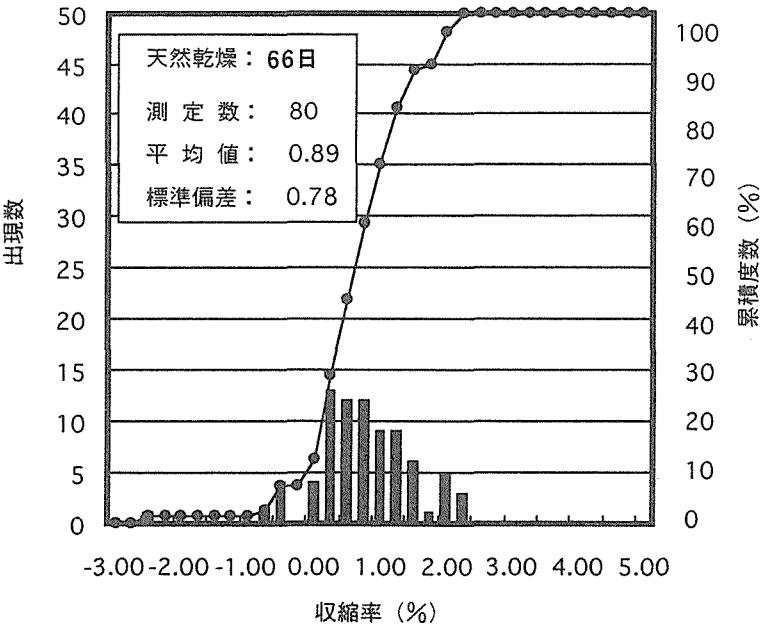



図2-9　天然乾燥66日目の収縮率分布

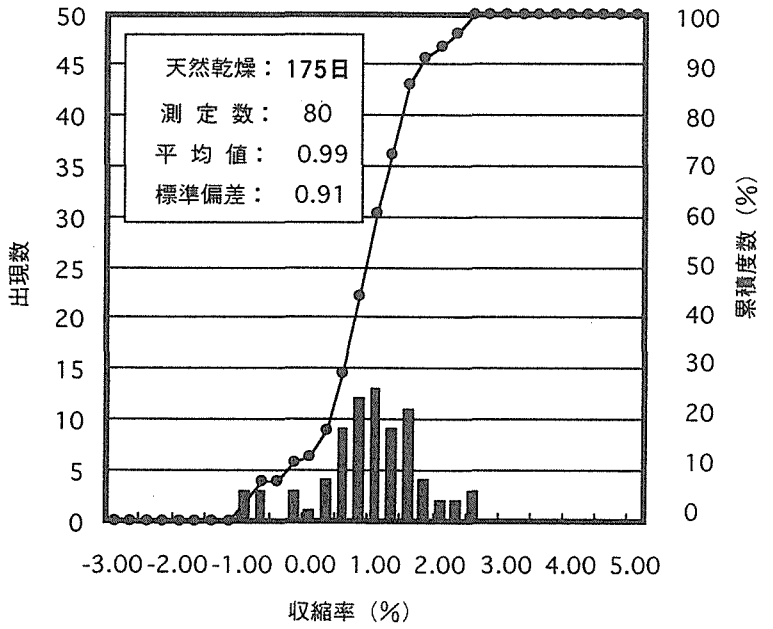



図2-10　天然乾燥175日目の収縮率分布

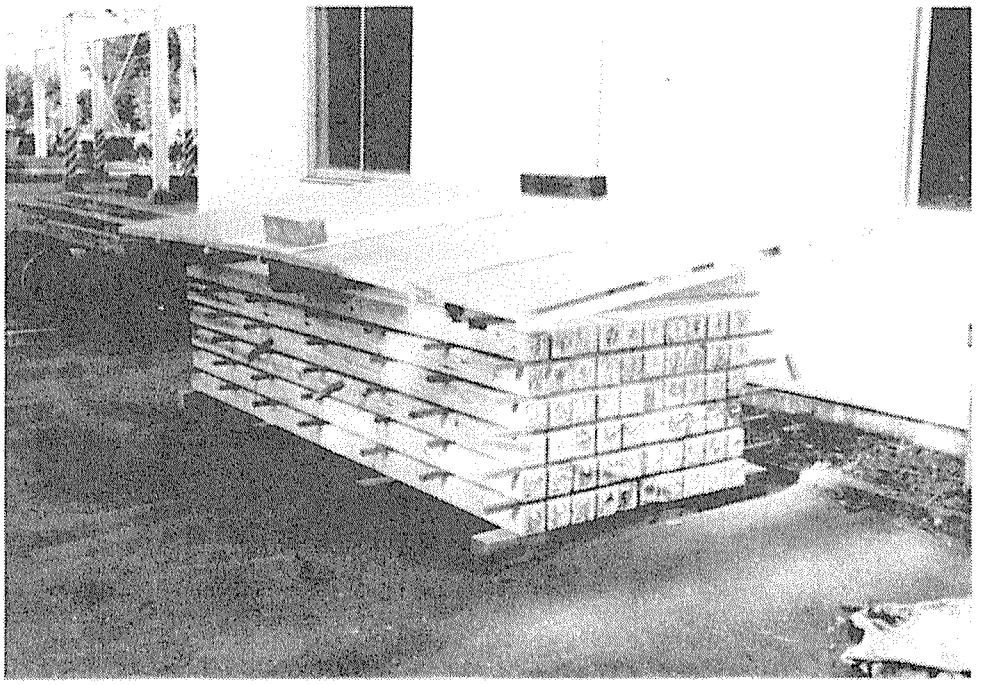


写真2-1　　天然乾燥の状況

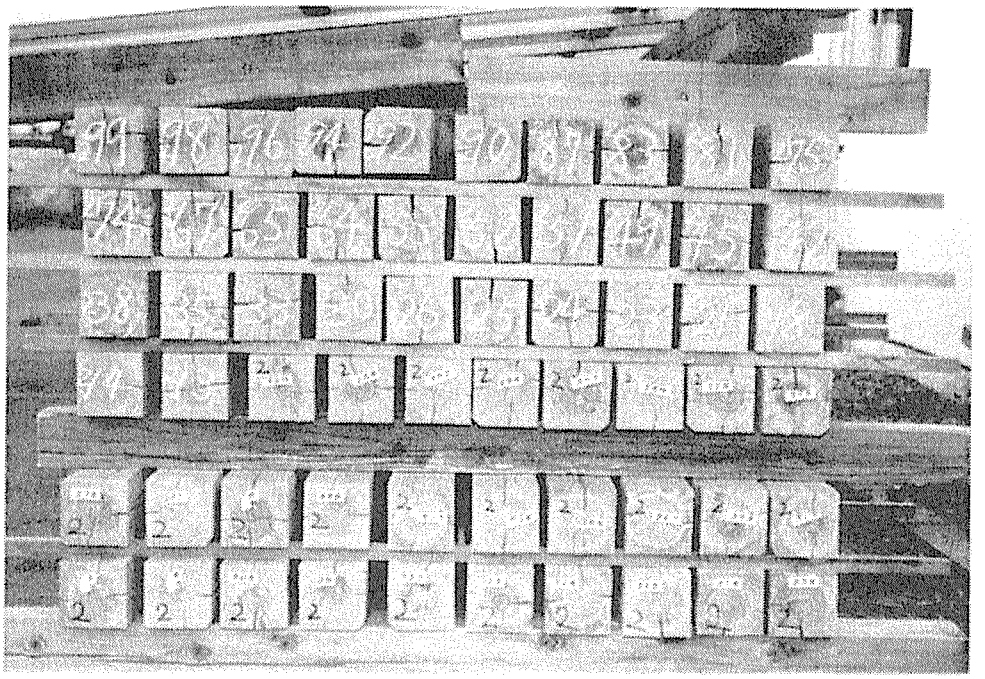


写真2-2　天然乾燥後の木口にみられた割れの状況

## 3.　人工乾燥温度によるスギ柱角の乾燥特性

### 3．1　重量選別

各乾燥試験は重量選別された 49 本(試験時は 7 列 7 段の桟積み)で行った。なお重量選別に際しては全供試材の重量と含水率の関係をしめした図2－11を基にして,23～29kg のものを対象とした。この範囲は含水率に換算すると 80±20%の範囲であったが,材密度によりこの範囲外となる確率が約 10%生じたことを付言しておく。

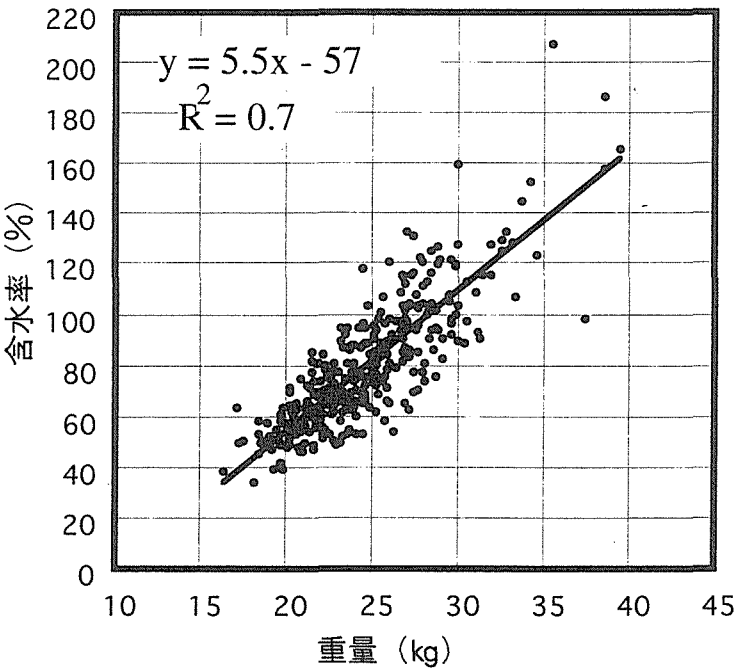



図2-11　試験材の重量と含水率分布（生材時）

### 3．2　仕上がり含水率

図2－12は,乾燥時間, 試験終了時の仕上がり含水率および割れの発生数を示したものである。乾燥時間は外周雰囲気の温度, 湿度等に影響されるので高温, 低湿の乾燥条件では短くなった。

同図に示した含水率の値は柱角断面の平均含水率である。今回のような乾燥の場合, 生材状態から乾燥させているので, 乾燥温度による乾燥速度の違いから材外側の部分と中心部の含水率傾斜が異なると考えられる。仕上がり平均含水率 10～25%の範囲から 5 本を各試験から選択して含水率傾斜を測定したところ次のようになった。

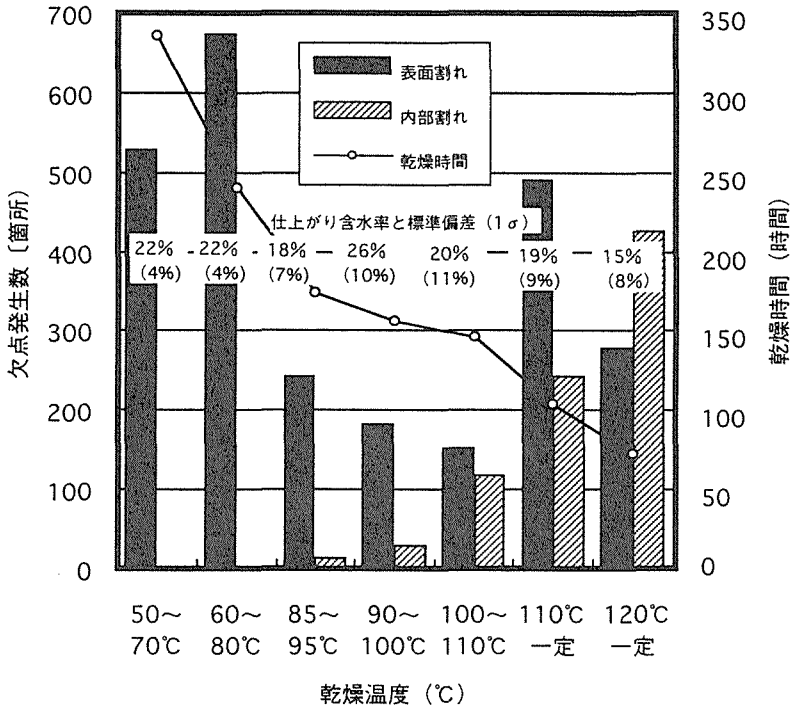



図2-12　乾燥温度による乾燥時間と欠点発生数

図2－13は,85～95℃で人工乾燥した場合の含水率傾斜を,また図2－14は 110℃で人工乾燥した場合の含水率傾斜をそれぞれ示したものである。これらは平均含水率がほぼ同じであったが,表面の含水率が110℃の乾燥では10%を下回っていたため,85～95℃の乾燥より含水率傾斜が大きくなっている。含水率傾斜が大きい場合には断面の平均含水率が20%であっても中心部が生材状態ということが考えられる。つまり平均含水率でD20に乾燥した柱角でも,ホゾ等の加工部分となる中心部が生材状であるため,プレカットや手刻み後の乾燥収縮による寸法変化は免れず,人工乾燥ではいかに水分傾斜を少なくして,目標平均含水率に仕上げるかということになる。

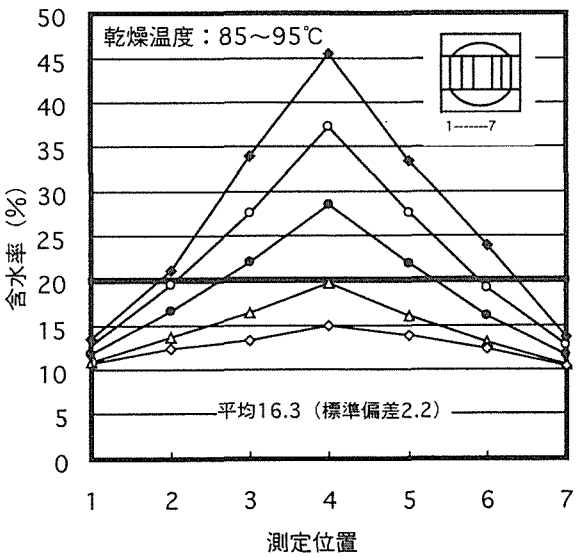



図2-13乾燥終了時の含水率傾斜85～95℃の乾燥

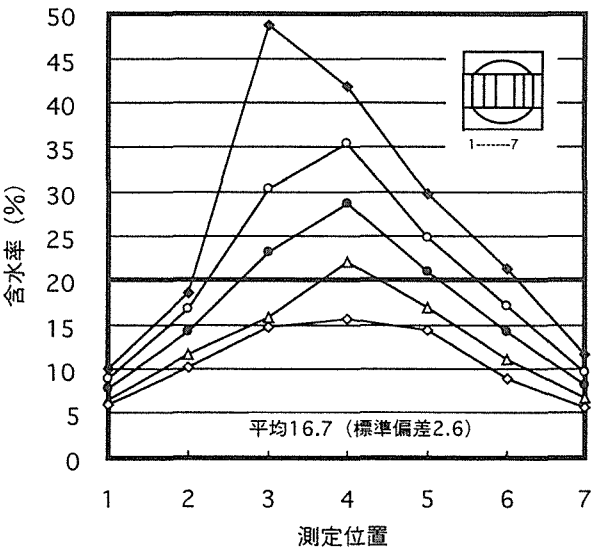



図2-14　乾燥終了時の含水率傾斜110℃の乾燥

## 3．3　乾燥温度による割れの出現状況

### (1)　表面割れ

試験材の人工乾燥による表面割れは,既掲図2－12のように,乾燥温度の違いによる出現数に有意差は認められなかった。しかし,表面割れの観察では,木口から伸長するものと,節の部分の密度差により割れたものと考えられるものが確認されている。

図2－15～21は,乾燥温度別に発生した表面割れ長さのヒストグラムである。乾燥温度が 80℃以下では長さ20cm 以下の比較的小さな割れの出現が多くなり,乾燥温度が85～100℃では長さ100cmまでの範囲にばらついて分布した。乾燥温度が 100℃を越えると大半の割れは長さ 20cm以下の範囲に収まる傾向がみられた。

図2－22～28は,乾燥温度別に発生した表面割れの最大幅のヒストグラムである。乾燥温度が 80℃以下では割れ幅 1mm 以下の割れが多く見られ,乾燥温度 85～100℃では割れ幅が大きくなる傾向が見られた。また乾燥温度が 100℃を越えると割れ幅 2mm 以上の割れが少なくなる傾向がある。

これらの理由は,乾燥温度が 100℃を超えるような乾燥では乾燥速度が速く,乾燥末期には材内部の含水率減少とともに生じる材表面の圧縮応力により, 0.2mm未満程度の割れは閉じて肉眼では見えなくなると考えられる。また, 2mm以上の割れは, 閉じて見えなくなることはないが,割れ幅が小さくなると考えられる。

今回の初期蒸煮 6～8 時間を加えた試験結果からいえば,従来型の蒸気加熱方式によるスギ無背割り心持ち材の乾燥では, 表面割れを全く生じさせずに乾燥材に仕上げる確率は試験体約 50 本のうち 20%弱となり,一般にはこの値がおおよその目安になると云えよう。

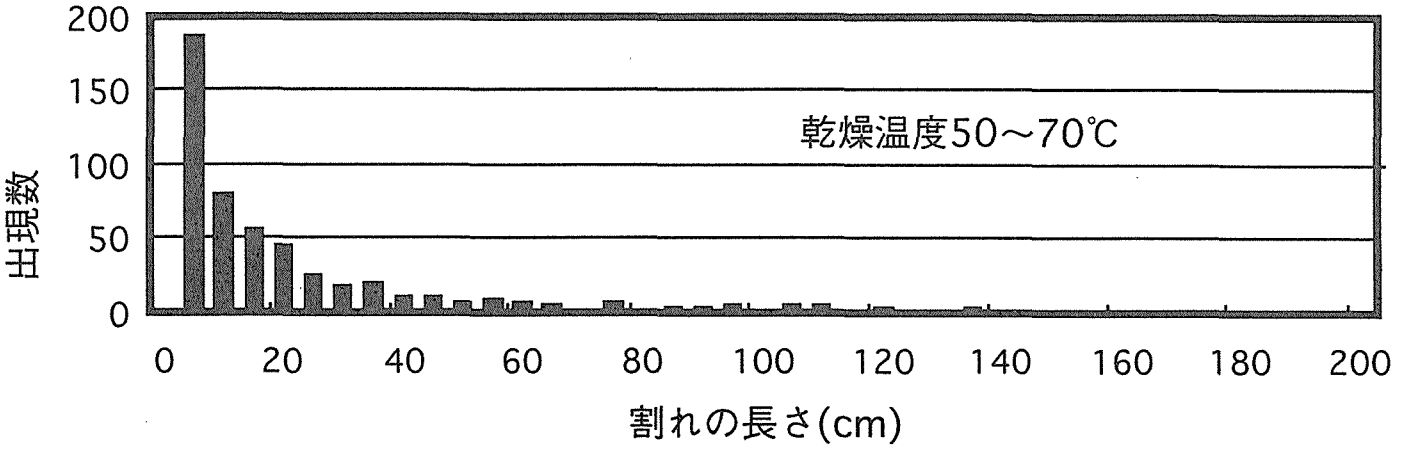



図2-15　表面割れ長出現分布
（乾燥温度50～70℃）

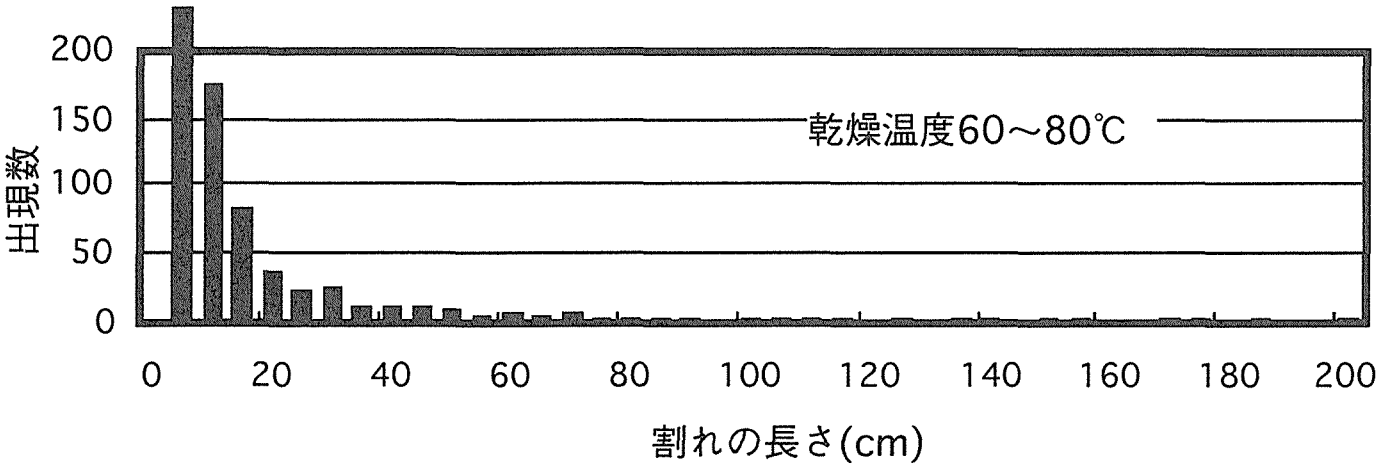



図2-16　表面割れ長出現分布
（乾燥温度60～80℃）

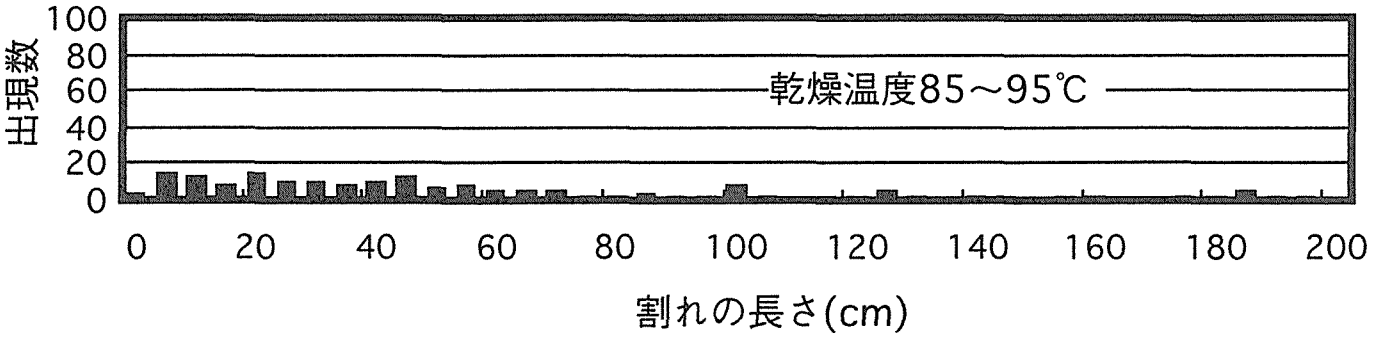



図2-17　表面割れ長出現分布
（乾燥温度85～95℃）

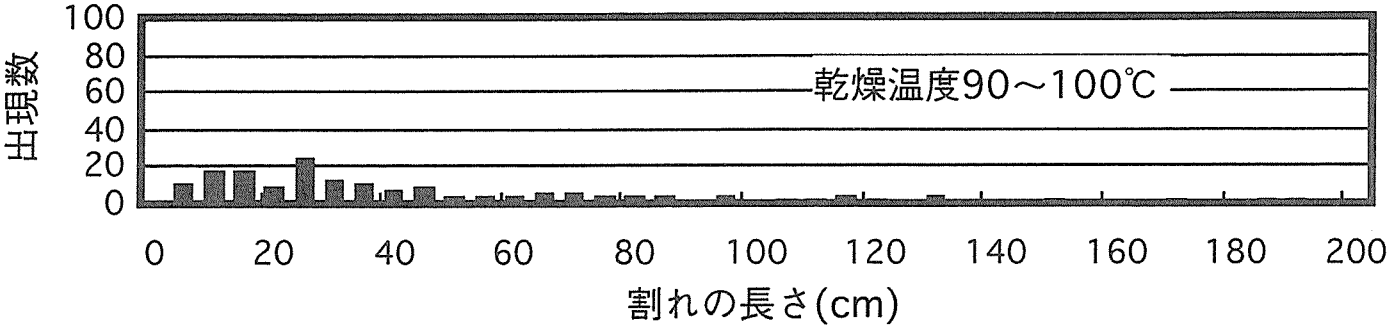



図2-18　表面割れ長出現分布
（乾燥温度90～100℃）

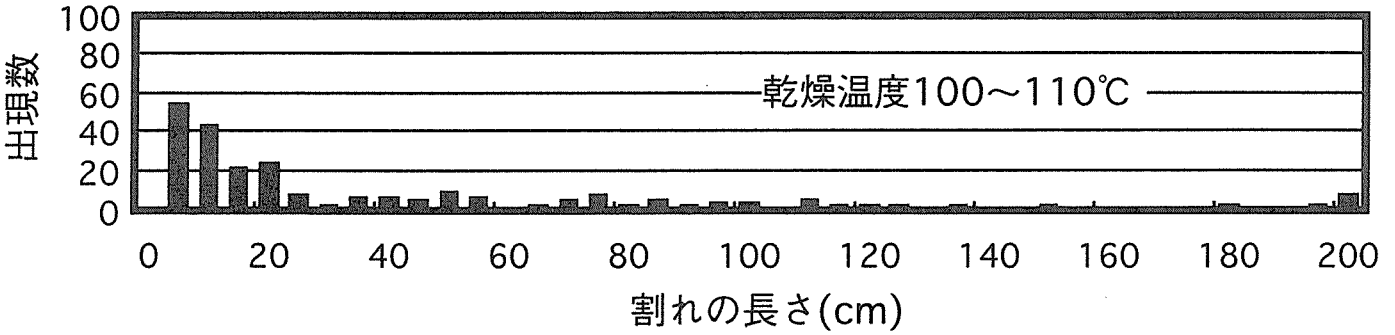



図2-19　表面割れ長出現分布
（乾燥温度100～110℃）

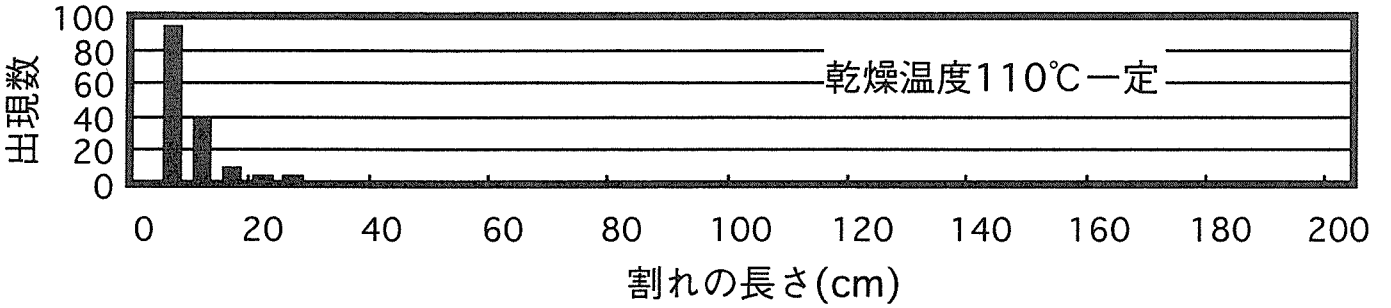



図2-20　表面割れ長出現分布
（乾燥温度110℃一定）

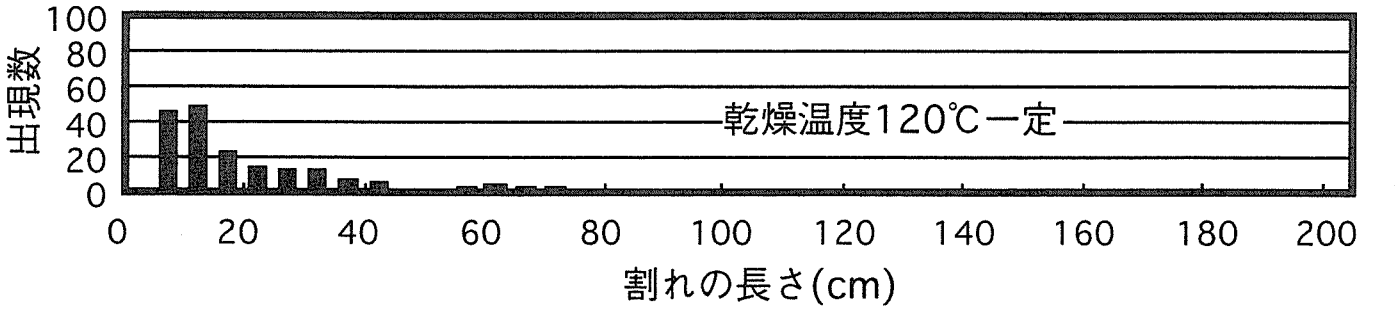



図2-21　表面割れ長出現分布
（乾燥温度120℃一定）

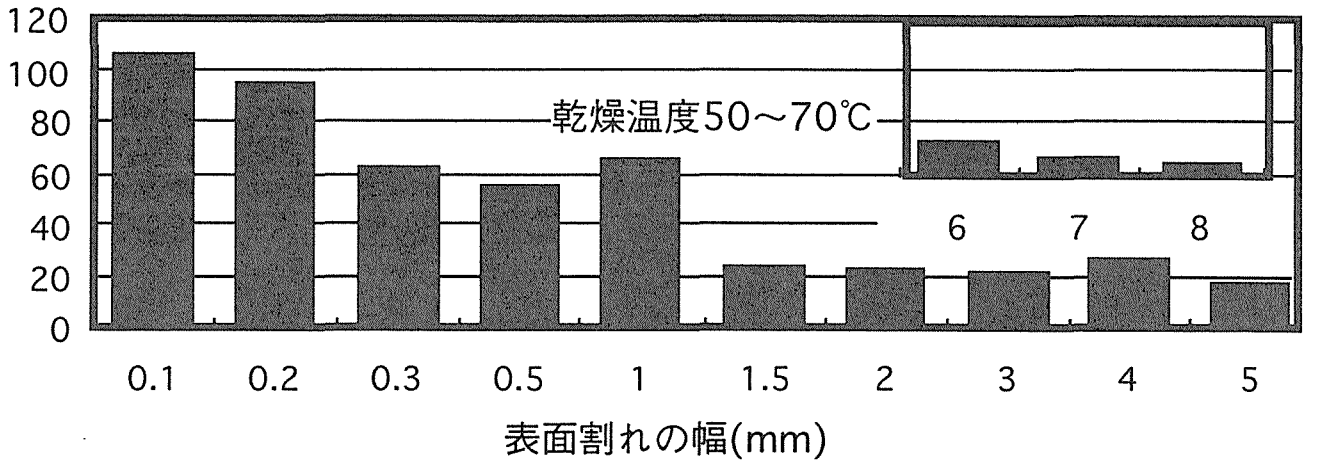



図2-22　表面割れ幅出現分布
（乾燥温度50～70℃）

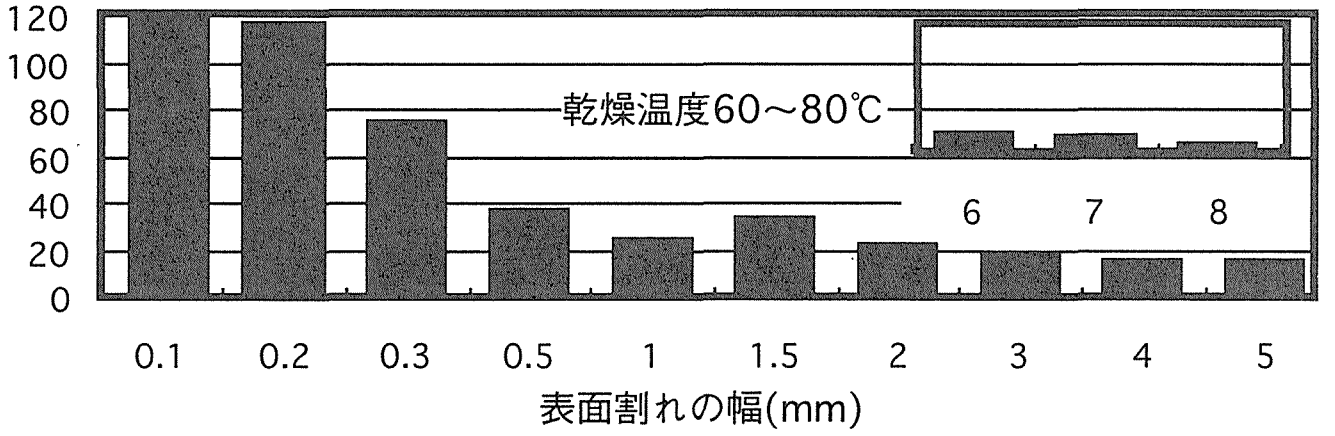



図2-23　表面割れ幅出現分布
（乾燥温度60～80℃）

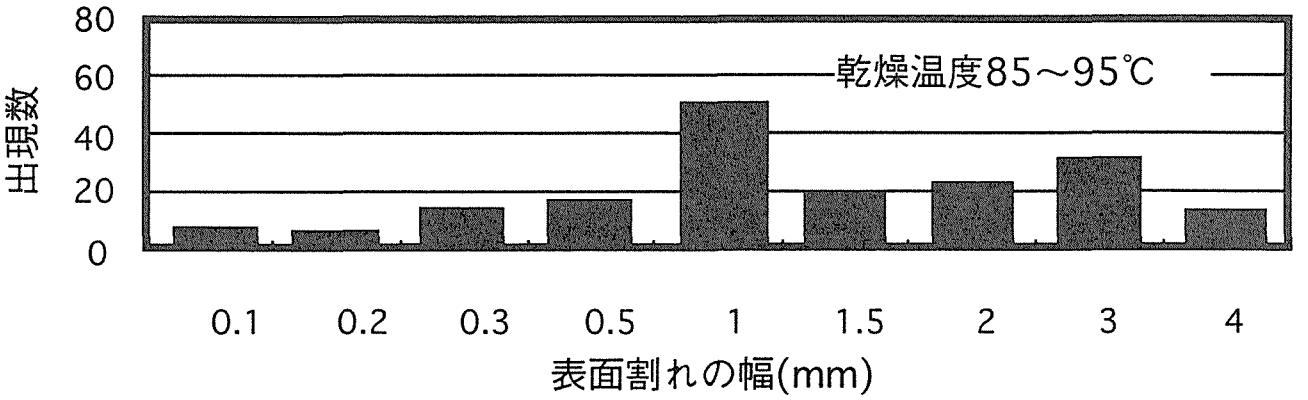



図2-24　表面割れ幅出現分布
（乾燥温度85～95℃）

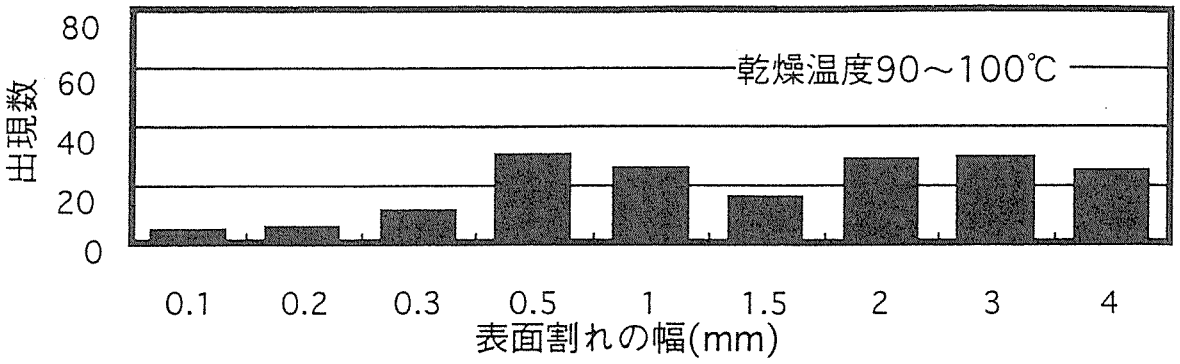



図2-25　表面割れ幅出現分布
（乾燥温度90～100℃）

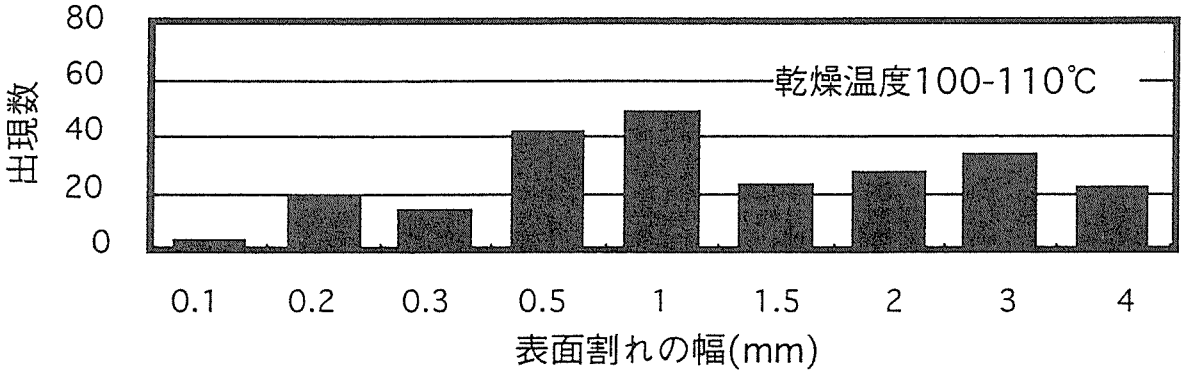



図2-26　表面割れ幅出現分布
（乾燥温度100～110℃）

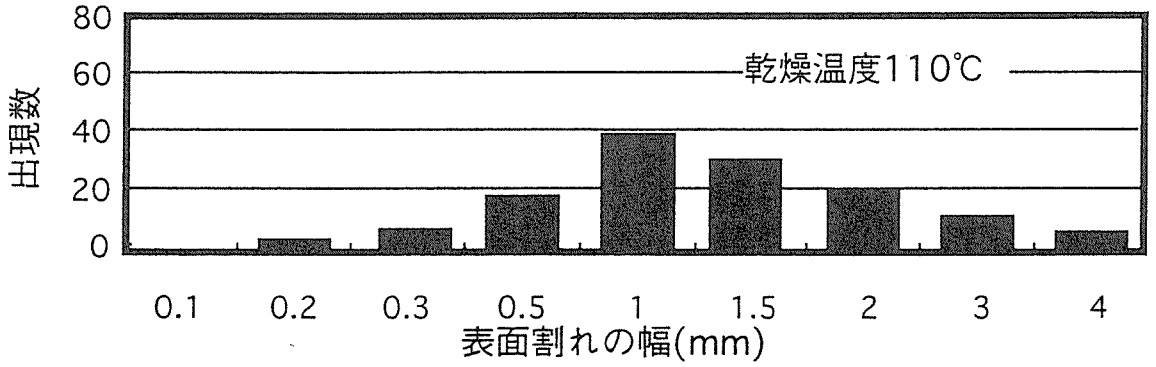



図2-27　表面割れ幅出現分布
（乾燥温度110℃一定）

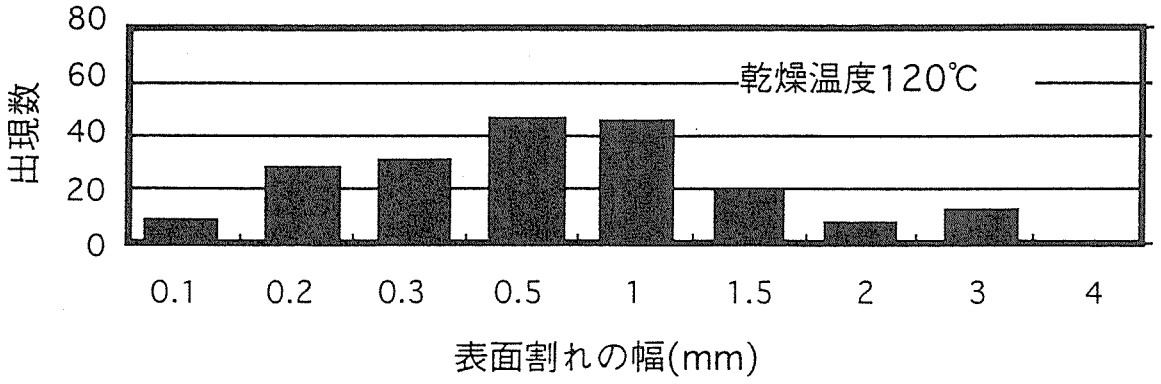



図2-28　表面割れ幅出現分布
（乾燥温度120℃一定）

### (2) 内部割れ

初期蒸煮 6～8 時間を加えた人工乾燥による試験材の内部割れは(末口から材長方向1m部分の断面に出現する割れ),既掲図2－12のように,乾燥温度が 85～95℃の乾燥から出現している。また内部割れの数は乾燥温度100℃未満では少ないが,100℃以上の乾燥で120ヵ所以上に急増し，肉眼的にも目立ちはじめ,120℃の乾燥では 420 ヵ所以上にも及び、肉眼でも明瞭なものも認められ,構造用の柱として使用するには強度上に問題が生じることが予想された。

内部割れでは,切断面において表面割れが閉じ，これが内部割れを引き起こしたものと考えられる。また今回の試験によると,心持ち柱角に現れる内部割れには次ぎのように,おおよそ 2 タイプに分けて考えることができる。第一は，髄から伸長する割れである。この原因として,乾燥初期の高温処理が関係すると考えられる。すなわち伐倒時における成長応力解放により髄の部分から放射状に生じていた割れが,乾燥初期の加熱処理により内部応力の解放がさらに進むことによって，割れが進行する。これらの割れが，乾燥末期の乾燥応力により，さらに広がる場合である。第二は，柱角の材表面と中心部の間に現れる割れである。これは材の内部が乾燥初期から中期にかけて湿熱条件が高い状態に曝されることが原因であること，および乾燥応力のバランスの崩れに起因すると考えられる。すなわち，高い含水率状態で熱を受けつづけた材内部分は，乾燥中に相対的にドライイングセットが生じた場合，内部の乾燥時に生じる引張り応力により割れが生じると考えられる。

図2－29～35は,柱角の断面に見られた放射状の内部割れについて、その長さと出現数の関係を示したものである。この内部割れのカウントは髄からの割れと材表面と中心部に現れる割れを合わせたものであるが,供試材が心持ち角であるため,ほとんどの割れは髄から放射状に伸びたものである。なお,希に髄を渡って対角線上に割れる場合もあるため 10cmという長さもありえた。割れの出現は,図2-29～2-32 のように 100℃以下の乾燥ではほとんどみられず，出現した割れも小さなものであった。一方 100℃を超える乾燥スケジュ ルでは温度が増すとともに割れの長さも増加し,110℃までは長さ1cm以下の比較的小さな割れを,また120℃で 2cm 以上の割れを発生させている。

図2－36～42は乾燥温度別の内部割れ最大幅のヒストグラムである。割れ幅の乾燥温度別の出現状況は上記した割れ長とほぼ同様な傾向を示し,乾燥温度100℃未満ではほとんど割れがなく、100℃以上になって割れが増加し、その幅も広がり、110℃以上では割れ幅 2mm 以上のものも出現している。なお,110℃以上の乾燥温度で 0.5mm 以下の割れ幅が少なくなったのは乾燥の進行とともに割れ幅が閉じたものと考えられる。

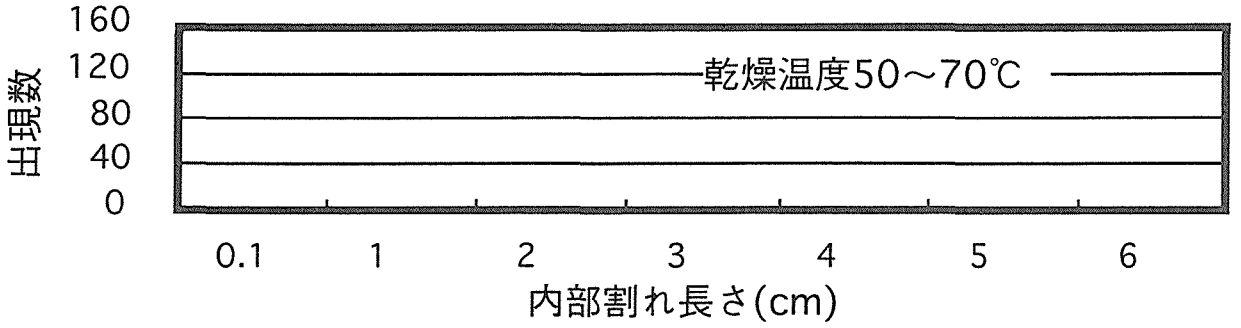



図2-29　内部割れ長出現分布
（乾燥温度50～70℃）

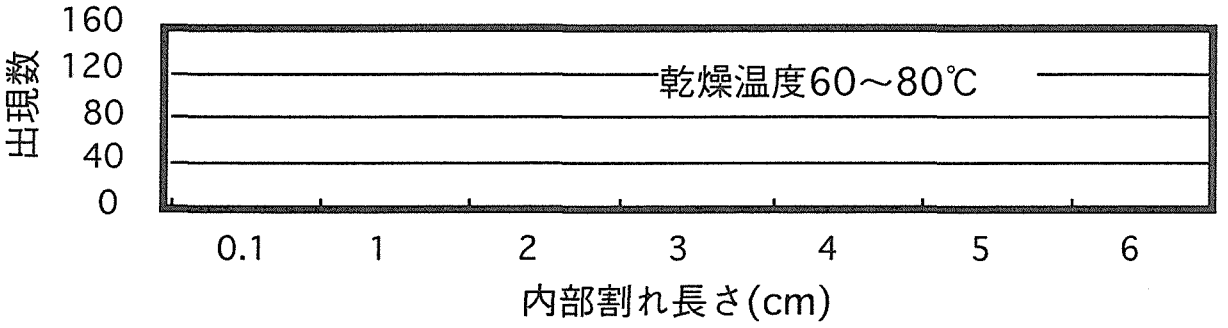



図2-30　内部割れ長出現分布
（乾燥温度60～80℃）

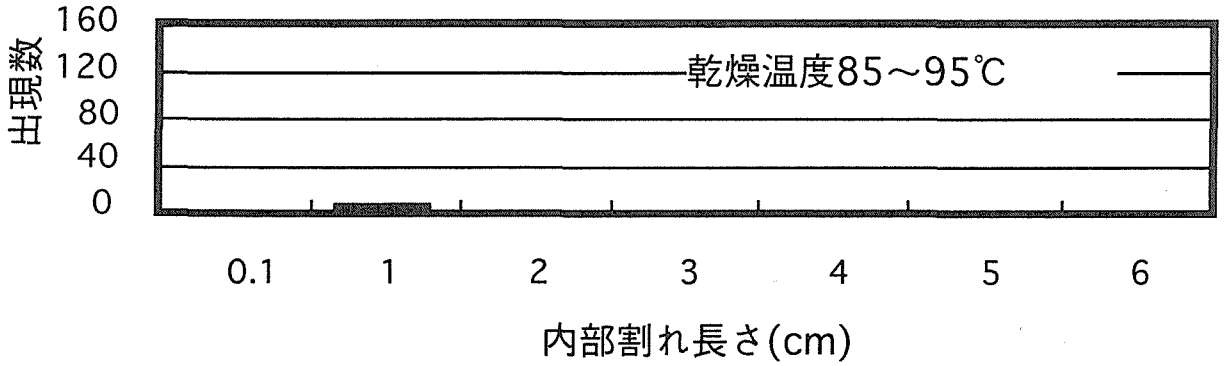



図2-31　内部割れ長出現分布
（乾燥温度85～95℃）

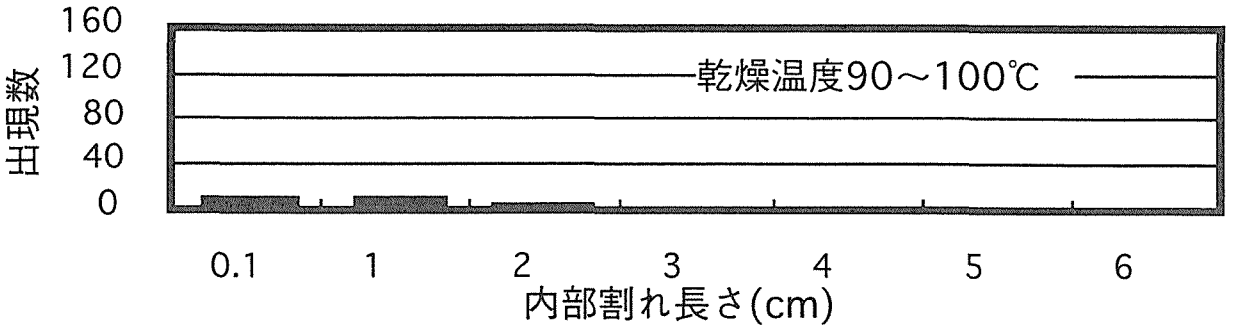



図2-32　内部割れ長出現分布
（乾燥温度90～100℃）

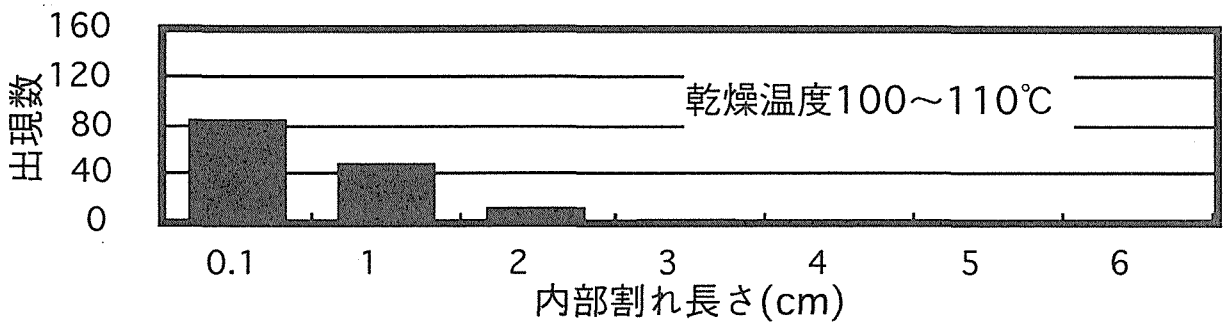



図2-33　内部割れ長出現分布
（乾燥温度100～110℃）

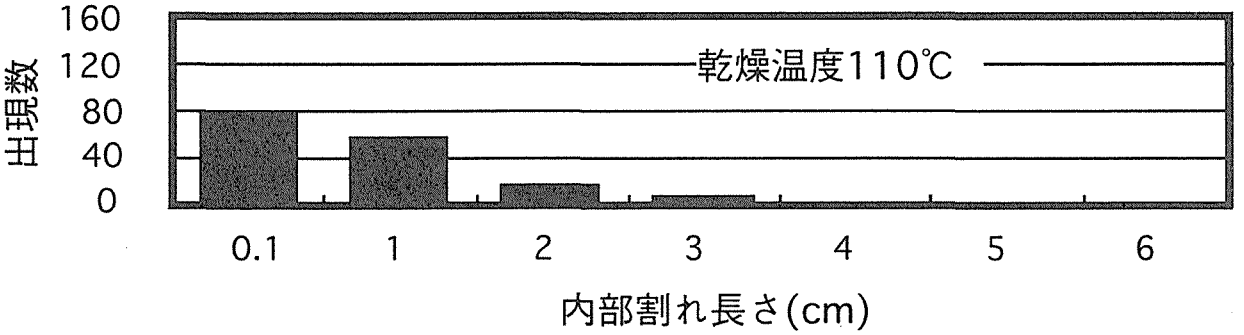



図2-34　内部割れ長出現分布
（乾燥温度110℃一定）

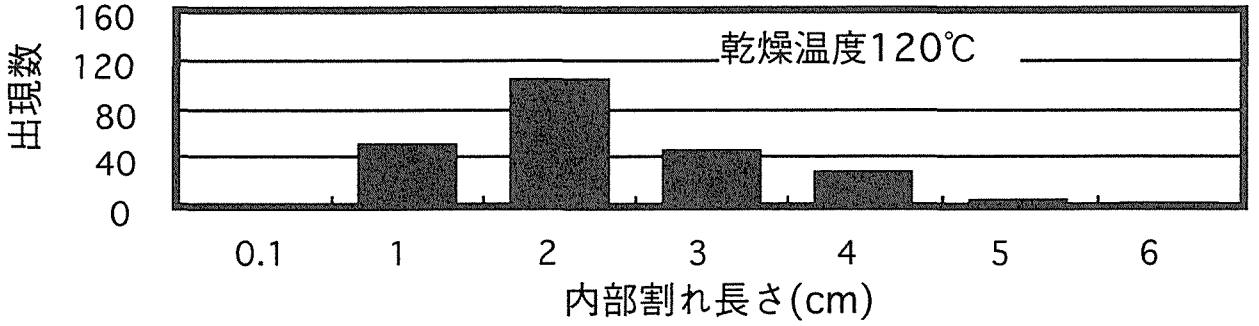



図2-35　内部割れ長出現分布
（乾燥温度120℃一定）

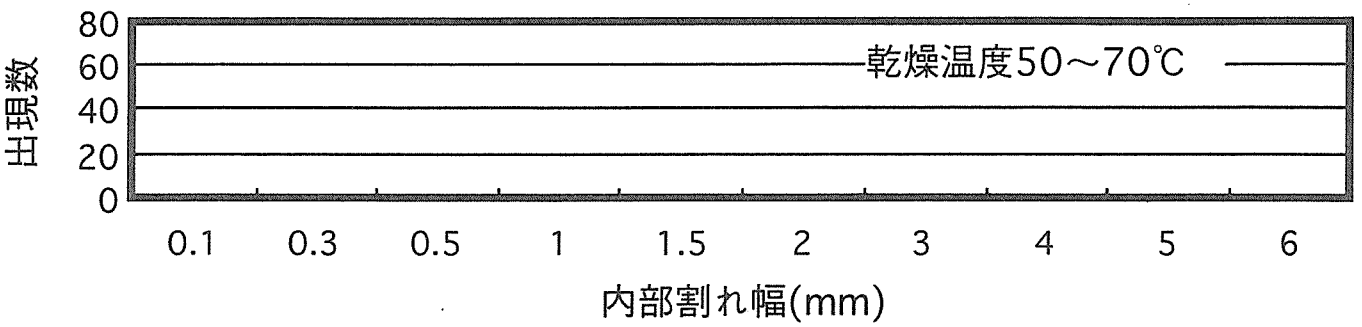



図2-36　内部割れ幅出現分布
（乾燥温度50～70℃）

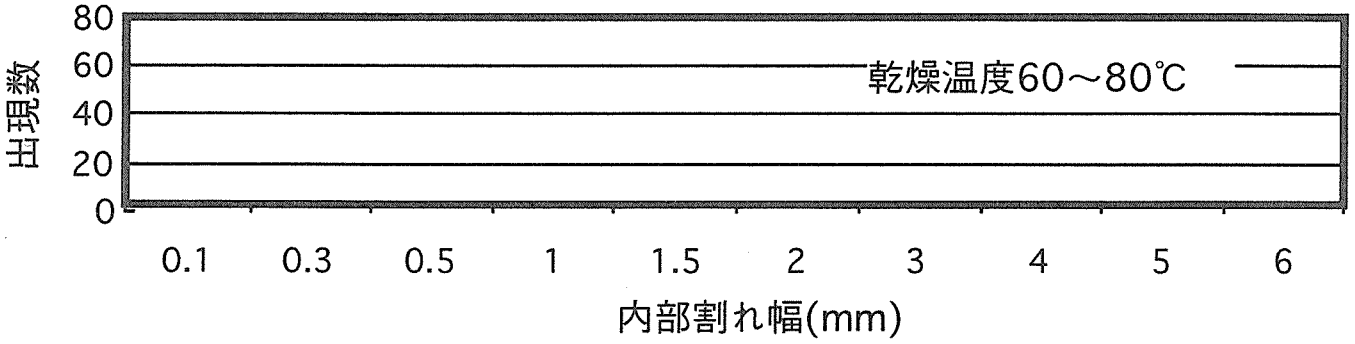



図2-37　内部割れ幅出現分布
（乾燥温度60～80℃）

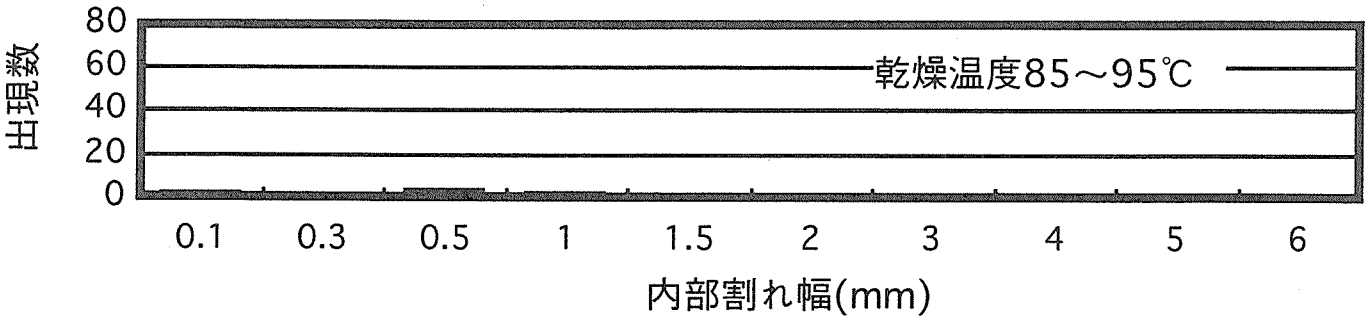



図2-38　内部割れ幅出現分布
（乾燥温度85～95℃）

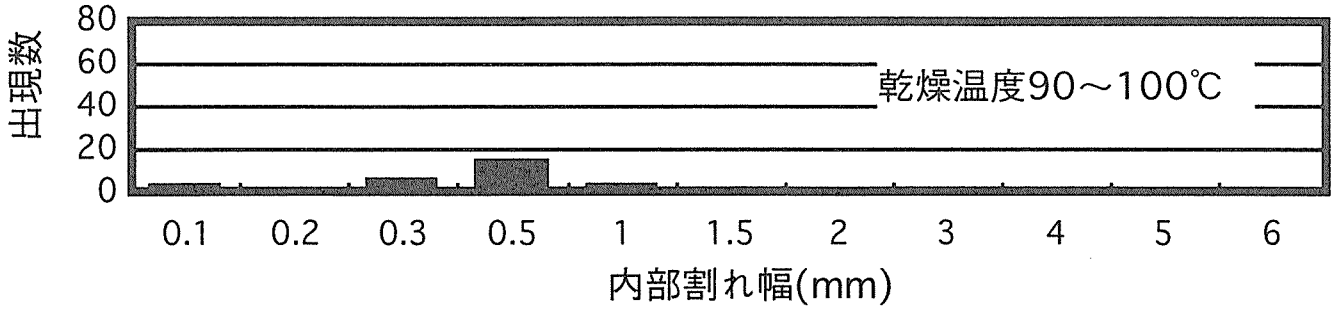



図2-39　内部割れ幅出現分布
（乾燥温度90～100℃）

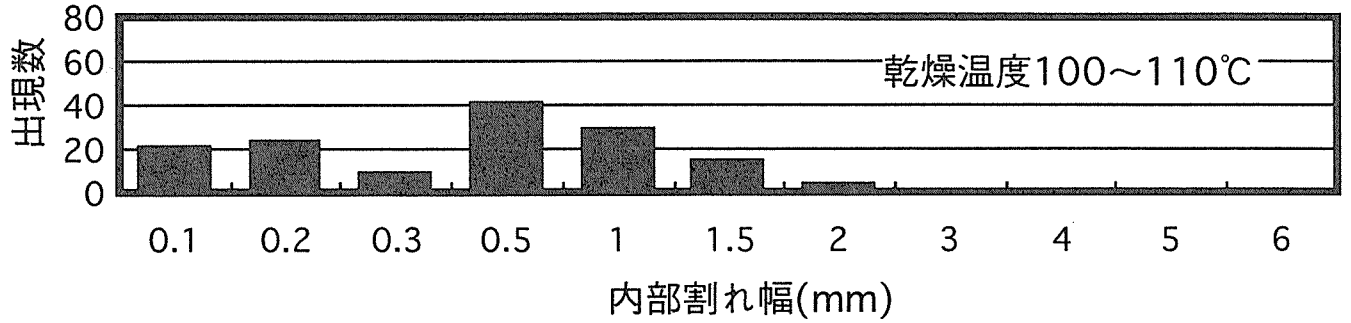



図2-40　内部割れ幅出現分布
（乾燥温度100～110℃）

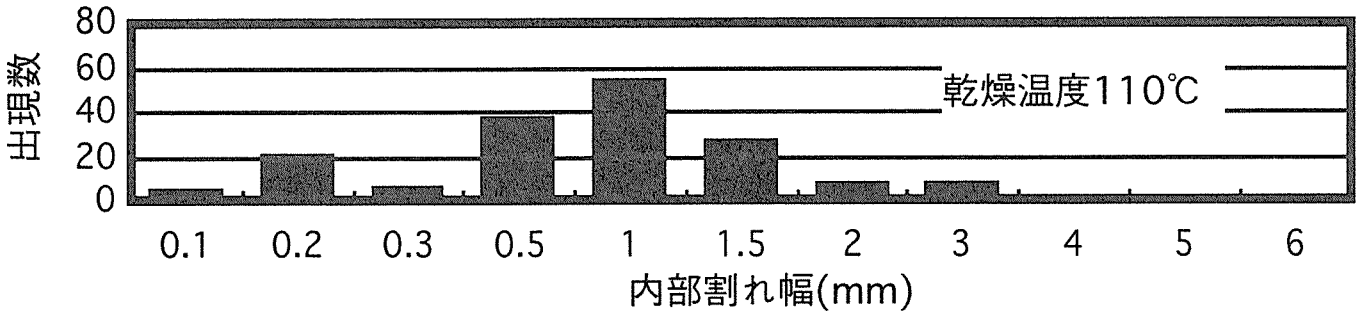



図2-41　内部割れ幅出現分布
（乾燥温度110℃一定）

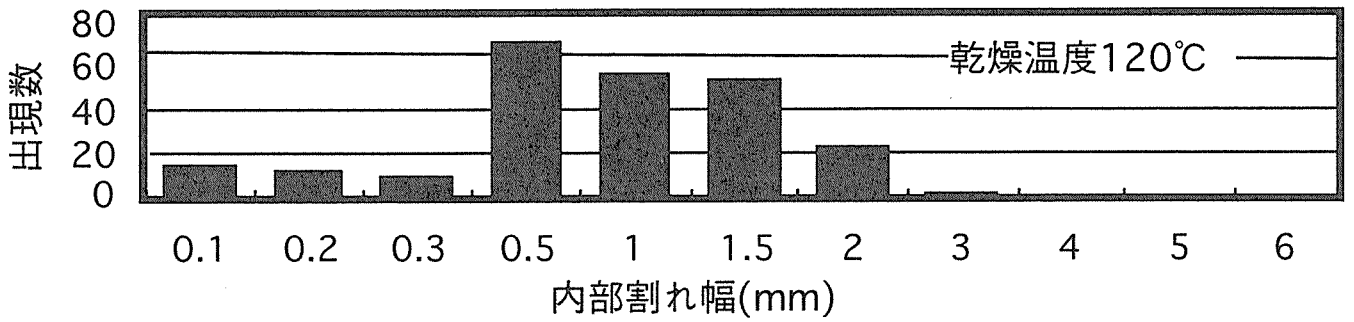



図2-42　内部割れ幅出現分布
（乾燥温度120℃一定）

### (3) 割れ軽減化のための温度条件

今回の試験では，スギの実大柱角は人工乾燥工程前で重量選別を行うことによって，乾燥前のロットの含水率が揃い，乾燥によって目標どおりの含水率幅で仕上げることが可能になることが確認された。

表面割れは今回試験した乾燥温度の範囲では，発生率に有意な差は観られなかった。110℃以上の乾燥では乾燥末期の材表面にかかる圧縮応力により割れが閉じる場合も観察された。内部割れについては，乾燥温度 100℃以上の乾燥温度から，その発生が増加してくることを確認した。人工乾燥技術の基本に照らし合わせると,単に乾燥時間の短縮を狙い，従来型の蒸気加熱加湿方式の人工乾燥装置を用いて100℃以上の高温度域で行う乾燥は，収縮率や内部割れ等の観点からいって改良の余地があると考えられる。今回の試験の範囲では乾燥温度が 85～100℃の範囲において表面に出現する割れが比較的少なくなった。同じ温度範囲では内部割れは生じるが最大で長さ 2cm，幅 0.5mm 程度であった。

乾燥時間は,85～95℃で 8 日間，90～100℃で 7 日程度であった。従って,スギ柱角の人工乾燥では，乾燥時間を約 1 週間に設定して，比較的割れの発生の少ない 85～100℃の範囲で行うことが現実的と考えられる。

## 4. 乾燥温度による収縮率と寸法の変化

### 4．1 収縮挙動

図2－43～49は柱角の幅寸法収縮率のヒストグラムである。割れ幅が大きいと元の寸法よりも大きくなり，ここではマイナスの値として表した。このときの含水率は図2－12に示したとおり，含水率は 20±10%であった。

表2－1は,図2－43～49を基にして,乾燥温度による収縮率の程度を整理したものである。天然乾燥の寸法変化(2．4)でも述べたが，これらの収縮率の値はスギ材の物理的デ　タと比較すると小さいが，試験材の含水率が 20%程度の段階であることと,材幅を測定した面に割れが生じていたためと考えられる。

乾燥温度と収縮率の関係では,平均値でみると，80℃以下では収縮率が 1.5%以下となり,85～100℃で2.5%以下,そして 100～110℃では 3%以下,120℃では 3%を超え,当然だが,乾燥温度が高くなるに伴って収縮率が大きくなってくる。

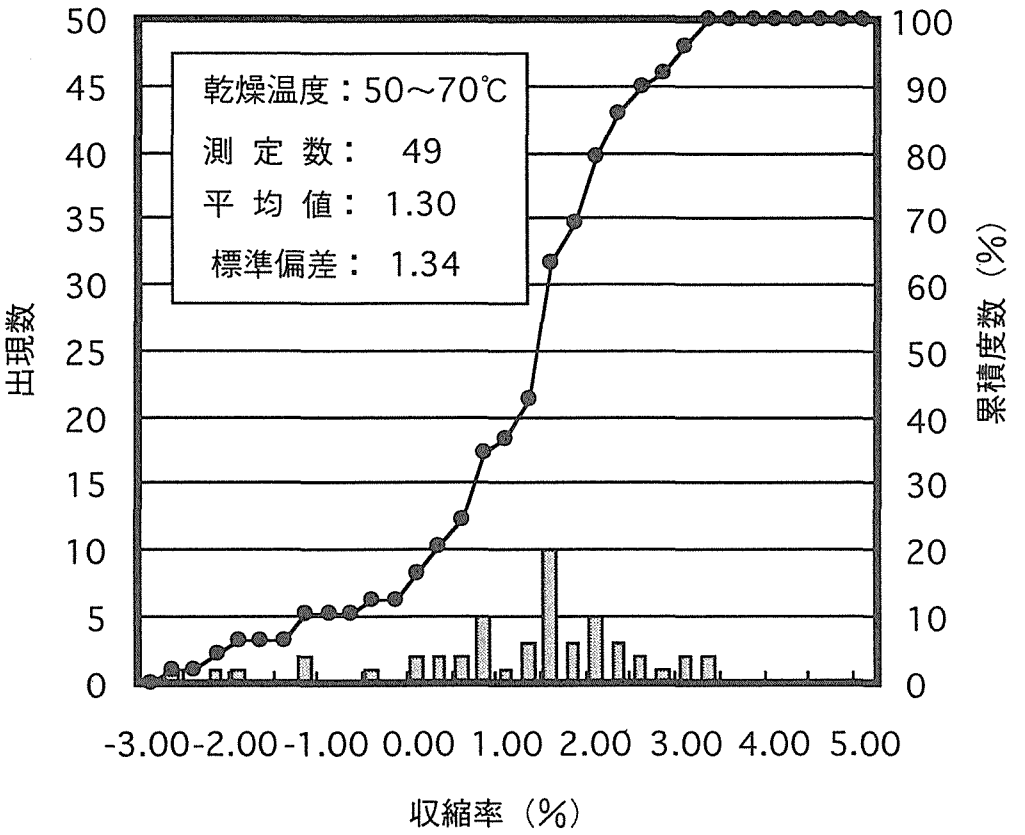



図2-43　乾燥終了時の収縮率分布（乾燥温度50～70℃）

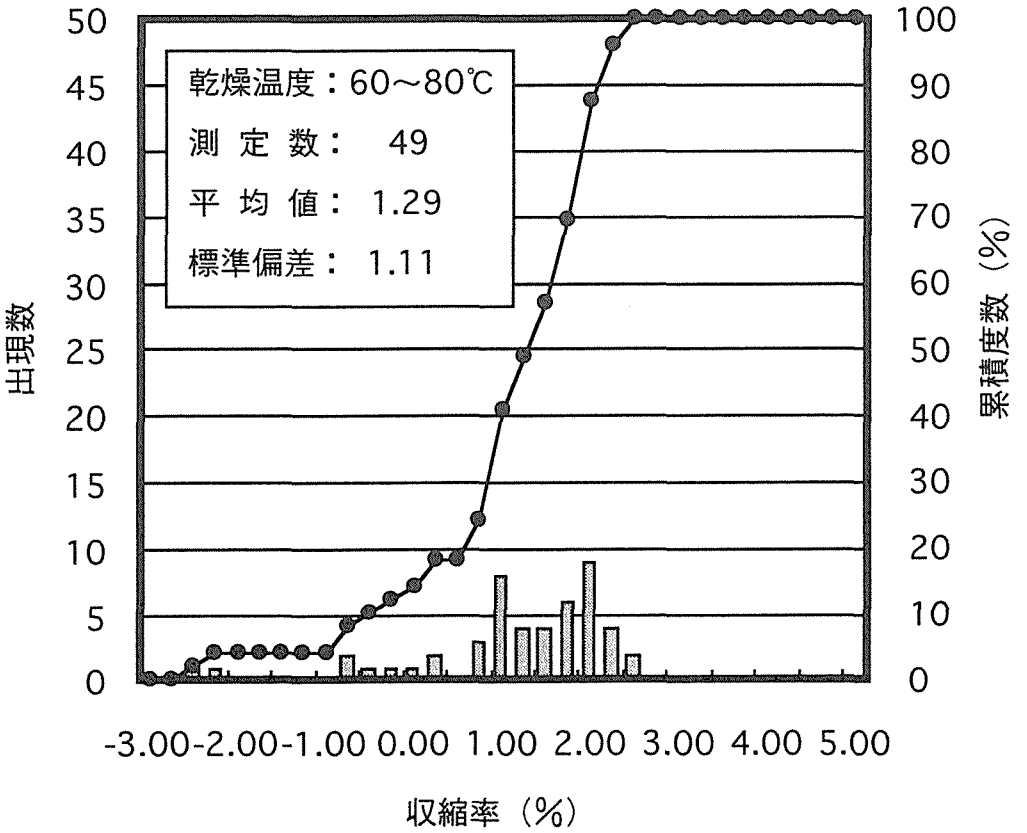



図2-44　乾燥終了時の収縮率分布（乾燥温度60～80℃）

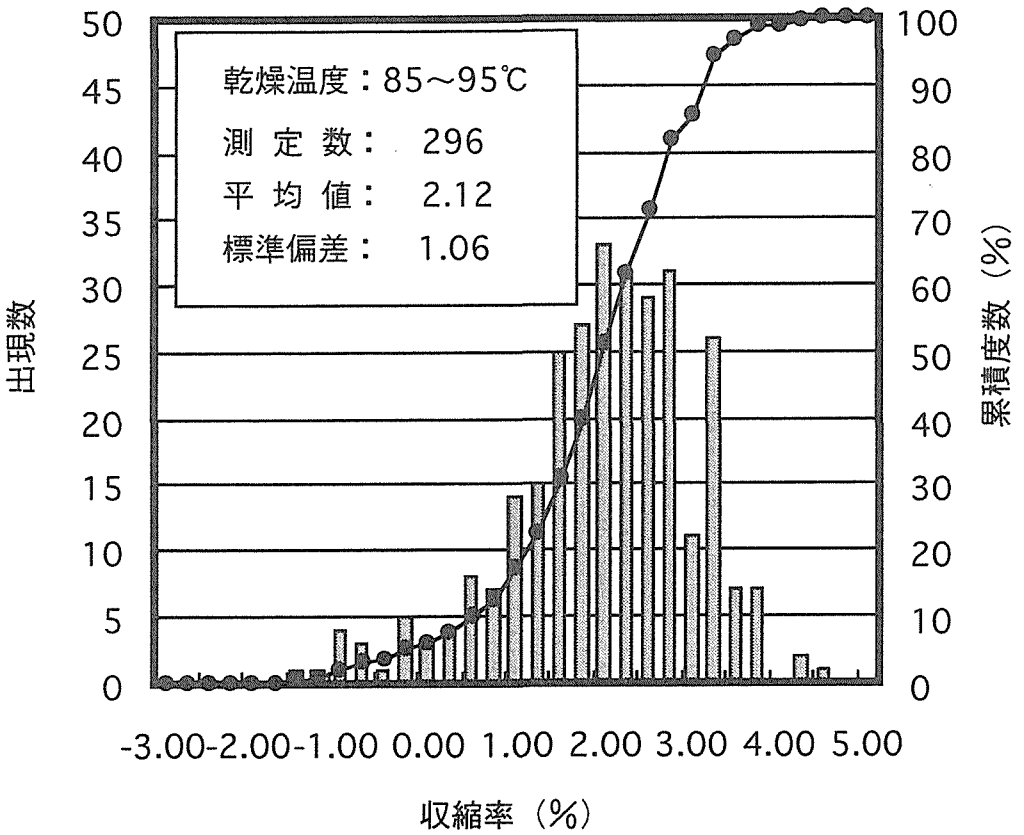



図2-45　乾燥終了時の収縮率分布（乾燥温度85～95℃）

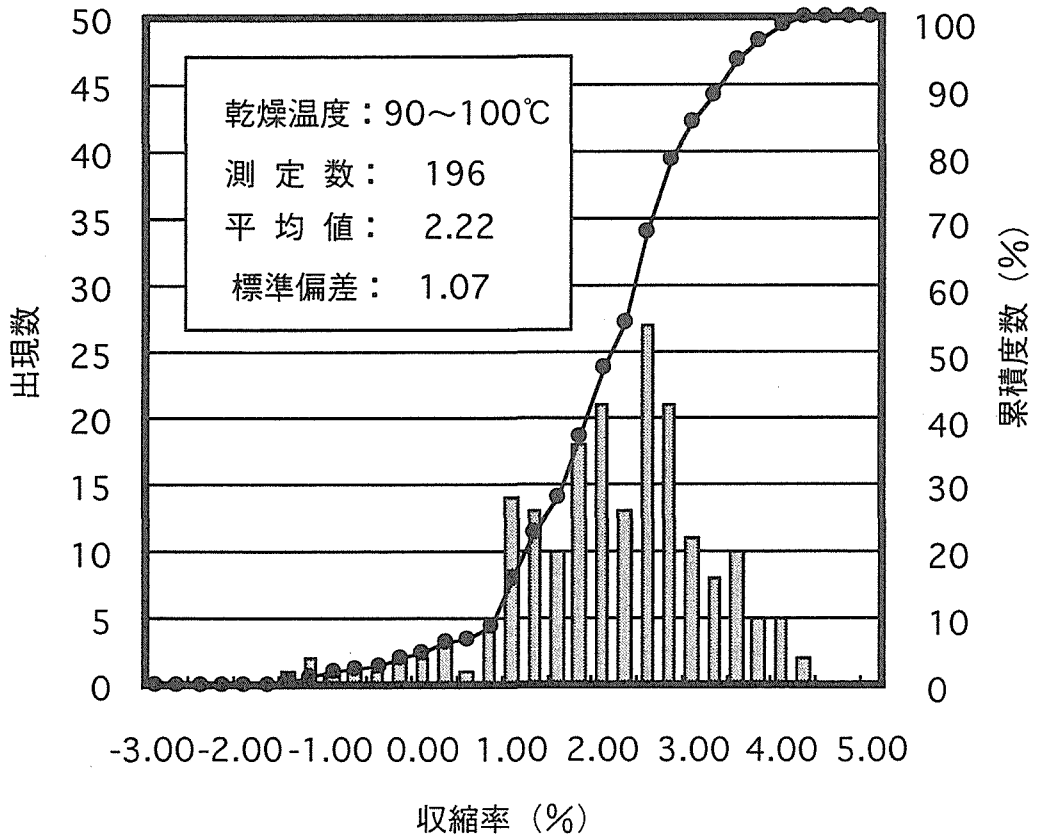



図2-46　乾燥終了時の収縮率分布（乾燥温度90～100℃）

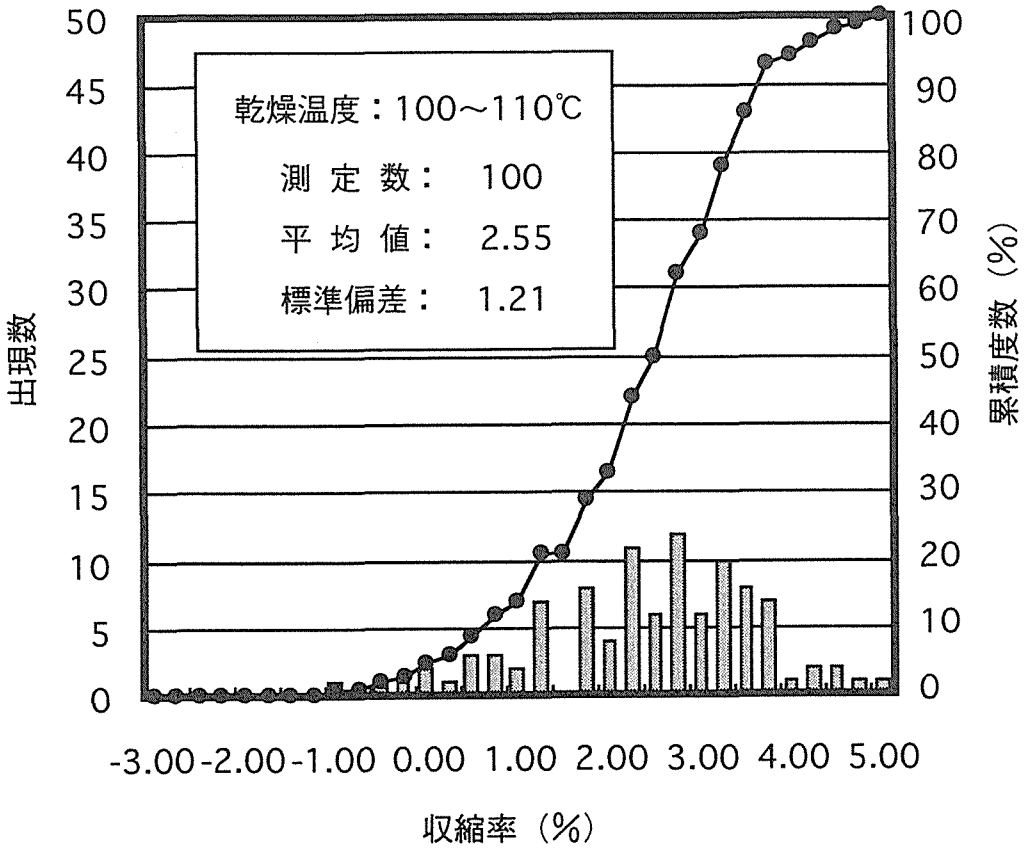



図2-47　乾燥終了時の収縮率分布（乾燥温度100～110℃）

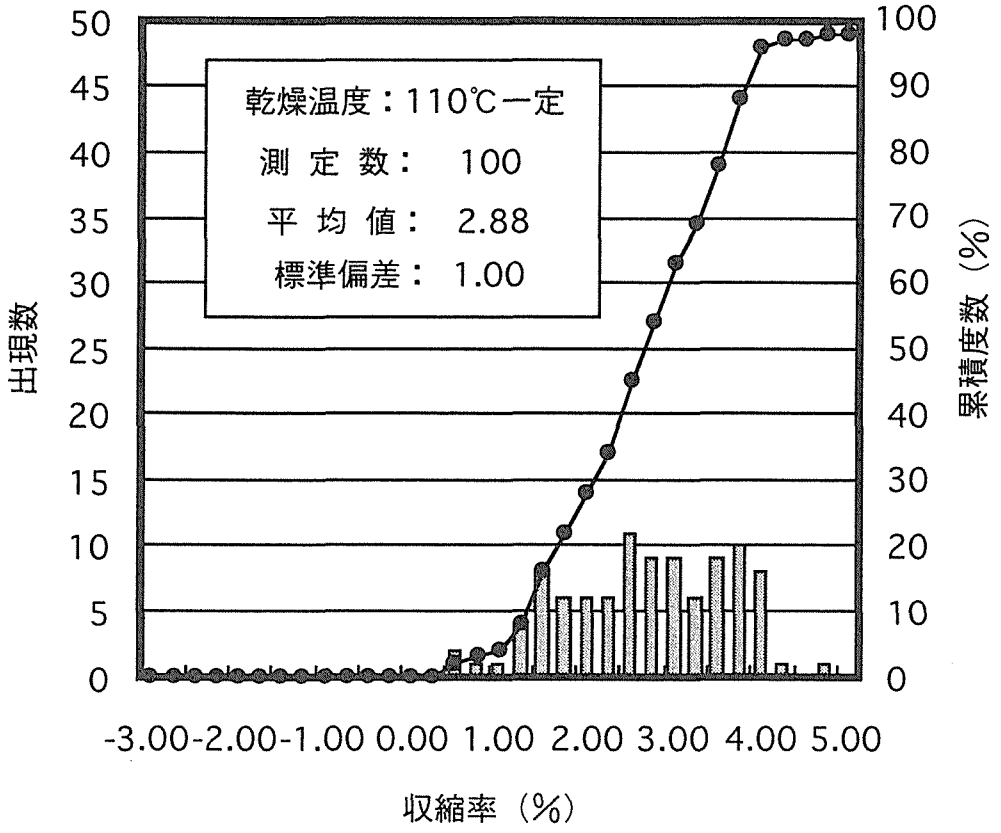



図2-48　乾燥終了時の収縮率分布（乾燥温度110℃一定）

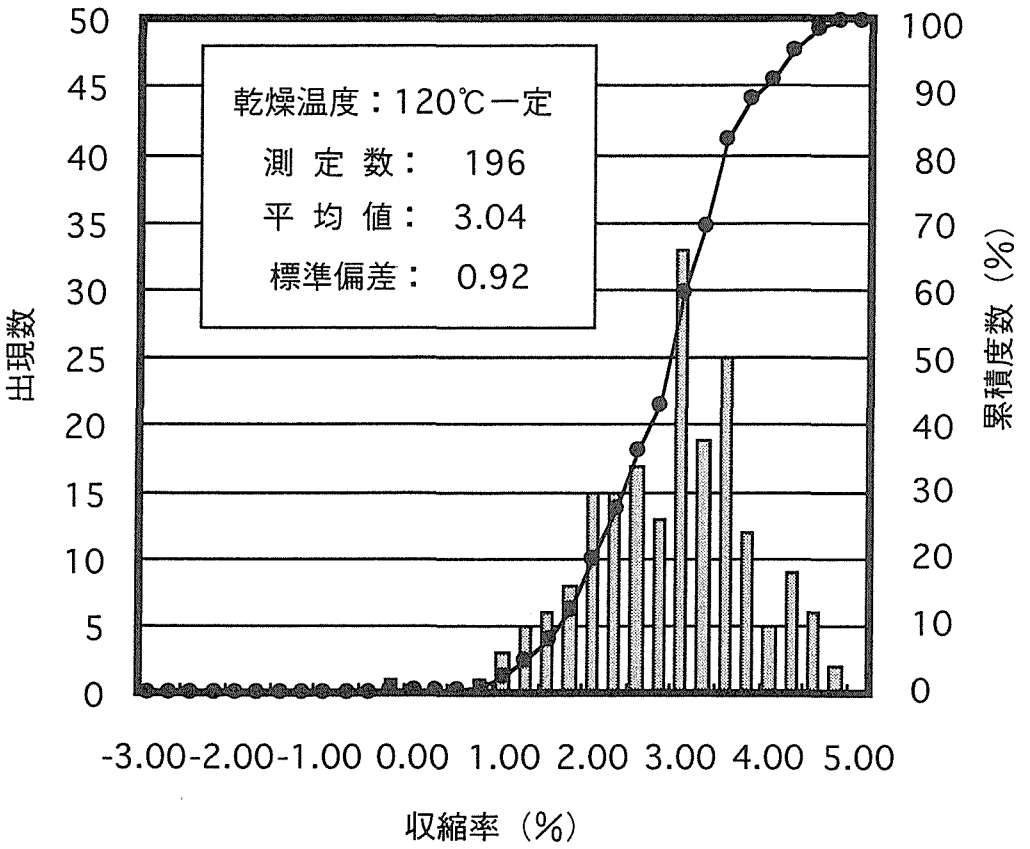



図2-49　乾燥終了時の収縮率分布（乾燥温度120℃一定）

表 2-1　乾燥温度による収縮率（平均含水率 20%）

| 乾燥温度範囲 (℃) | 測定数 (箇所) | 平均値 (%) | 標準偏差（1σ） (%) | 不良率 5%の 収縮率 (%) | 収縮を考慮した 製材寸法 (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| 50～70 | 49 | 1.30 | 1.34 | 2.75 | 108.5 |
| 60～80 | 49 | 1.29 | 1.11 | 2.25 | 108.0 |
| 85～95 | 296 | 2.12 | 1.06 | 3.00 | 108.5 |
| 90～100 | 196 | 2.22 | 2.22 | 3.50 | 109.0 |
| 100～110 | 100 | 2.55 | 1.21 | 4.00 | 109.5 |
| 110 | 100 | 2.88 | 1.00 | 3.75 | 109.5 |
| 120 | 196 | 3.04 | 0.92 | 4.25 | 110.0 |
| (天然乾燥) | 80 | 0.89 | 0.78 | 1.75 | 107.5 |

## 4．2　収縮率を考慮した製材寸法の設定

実際に製材工場で乾燥材を製造するには，予め最終仕上げの寸法を設定して、製材時における粗挽き寸法を決めなくてはならない。すなわち，製材時における粗挽きの寸法決めは,第一義に乾燥による木材の収縮率を考慮し，これに乾燥後の寸法仕上げのための修正挽きもしくはプレナ,モルダなどによる削り代を加算しておかねばならない。

ここでは 5%の不良率で 105mm の正角乾燥材を生産することをと仮定して製材寸法を逆算し,前掲した表2－1の中に製材時の寸法を示す。表示のように,乾燥温度が高くなると収縮率が大きくなって,製材時の歩増し量が大きくなる。ただし，木材の乾燥によって生じる木材の変化は収縮だけではなく,上記した寸法仕上げのための削り代のほかにも,材にそりや曲がりが存在すれば，さらに数%の歩増しが必要となってくる

今回の試験に使用した試験材の寸法は 114mm 正角であり，この寸法は乾燥処理した柱材を 105mm 正角にモルダ 仕上げしたときに 99%の確率で削り残しがないように設定した値で,歩増し率は 8.6%であった。表2－2は,各種の最終仕上げ寸法に対する乾燥による収縮を見込んだ歩増し寸法を示したものである。なお,同表の太線で囲んだ箇所は、105mm 柱角の製材に必要な歩増し量であり、今回の試験では歩増し率 8%(歩増し量 9mm),したがって製材時の粗挽き寸法は 114mm となる。

表2-2　乾燥による収縮率分を想定したときの歩増し

単位：mm

| 仕上げ寸法(mm) | 歩増し（%） 0 | 0.5 | 1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 2.0 | 2.0 |
| 18 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 2.0 | 2.0 | 2.5 |
| 21 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 2.0 | 2.0 | 2.5 | 2.5 |
| 24 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 2.0 | 2.0 | 2.5 | 2.5 | 3.0 |
| 27 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 2.0 | 2.0 | 2.5 | 2.5 | 3.0 | 3.0 |
| 30 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 2.0 | 2.0 | 2.5 | 2.5 | 3.0 | 3.0 | 3.5 |
| 36 | 0.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.5 | 1.5 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.5 | 2.5 | 3.0 | 3.5 | 3.5 | 4.0 |
| 39 | 0.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 2.0 | 2.0 | 2.5 | 2.5 | 3.0 | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.5 |
| 45 | 0.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.5 | 1.5 | 2.0 | 2.0 | 2.5 | 2.5 | 3.0 | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.5 | 5.0 |
| 60 | 0.0 | 1.0 | 1.0 | 1.5 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 2.5 | 3.0 | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.5 | 5.5 | 6.0 | 6.5 |
| 75 | 0.0 | 1.0 | 1.5 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.5 | 5.0 | 6.0 | 6.5 | 7.5 | 8.0 |
| 90 | 0.0 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 2.5 | 2.5 | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.5 | 5.0 | 6.0 | 6.5 | 7.5 | 8.5 | 9.5 |
| 105 | 0.0 | 1.5 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.5 | 5.0 | 6.0 | 6.5 | 8.0 | 9.0 | 10.0 | 11.0 |
| 120 | 0.0 | 1.5 | 1.5 | 2.5 | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.5 | 5.5 | 6.0 | 6.5 | 7.5 | 9.0 | 10.0 | 11.5 | 12.5 |
| 135 | 0.0 | 1.5 | 1.5 | 2.5 | 3.5 | 4.0 | 4.5 | 5.0 | 6.0 | 6.5 | 7.5 | 8.5 | 10.0 | 11.5 | 12.5 | 14.0 |
| 150 | 0.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.5 | 4.5 | 5.0 | 6.0 | 6.5 | 7.5 | 8.0 | 9.5 | 11.0 | 12.5 | 14.0 | 15.5 |
| 180 | 0.0 | 1.5 | 2.5 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 7.0 | 7.5 | 8.5 | 9.5 | 11.5 | 13.0 | 15.5 | 16.5 | 18.5 |
| 210 | 0.0 | 1.5 | 2.5 | 3.5 | 4.5 | 5.5 | 7.0 | 8.0 | 9.0 | 10.0 | 11.0 | 13.0 | 15.5 | 17.5 | 19.5 | 21.5 |
| 240 | 0.0 | 1.5 | 3.0 | 4.0 | 5.5 | 6.5 | 7.5 | 9.0 | 10.0 | 11.5 | 12.5 | 15.0 | 17.5 | 19.5 | 22.0 | 24.5 |
| 270 | 0.0 | 1.5 | 3.0 | 4.5 | 6.0 | 7.5 | 8.5 | 10.0 | 11.5 | 12.5 | 14.0 | 16.5 | 19.5 | 22.0 | 24.5 | 27.5 |
| 300 | 0.0 | 2.0 | 3.5 | 5.0 | 6.5 | 8.0 | 9.5 | 11.0 | 12.5 | 14.0 | 15.5 | 18.5 | 21.5 | 24.5 | 27.5 | 30.5 |
| 330 | 0.0 | 2.0 | 3.5 | 5.5 | 7.0 | 8.5 | 10.5 | 12.0 | 13.5 | 15.5 | 17.0 | 20.5 | 23.5 | 27.0 | 30.5 | 33.5 |
| 360 | 0.0 | 2.5 | 4.0 | 6.0 | 7.5 | 9.5 | 11.5 | 13.0 | 15.0 | 16.5 | 18.5 | 22.0 | 25.5 | 29.5 | 33.0 | 36.5 |

## 5.　割れの評価

現在のところ，スギ心持ち柱角を表面割れも内部割れもまったく生じさせずに経常的に人工乾燥することは工業的に達せられていない。スギ柱を住宅用の構造材として用いる場合,従来は背割りを行うことで割れを防いできた。その後、柱材が壁の中に隠れる大壁工法が一般的になってきたことや、機械プレカットが普及してきたことなどにより，無背割りの柱角が要求されてきた。加えて集成柱が進出されてからは、使用中に乾燥によって生じる柱の割れについて論議されることが少なくなってきた。しかし,ごく最近になって,再び梁や柱を見えがかりで使用する住宅構法も見直され、使用材の割れの程度が問われてきている。ここでは，今回の試験で得られた柱角の割れに関する諸デ　タに基づき、材面割れの評価についての試案を紹介する。

柱の材表面に現れる割れは，その長さと最大幅の程度が問われるのが実態であるため、ここでは天然乾燥時に現れた割れデ　タを基に，その長さと最大幅を乗じた値をポイント(p)として評価することにした。

図2－50は,天然乾燥で観察された割れの長さと最大幅を乗じた値のヒストグラムを表している。図中の横軸の最大値に該当する割れ 2500p 以内には割れ全体数の 93%が含まれた。この 2500p という値は割れの最大幅 5mmに,長さ 500mmを乗じた値であり，現実的にかなり大きな割れといえる。また割れ 600p では全体数の 70%,300p 以内には全体の 61%であった。同図中の 100p 以内を拡大したものが図2－51である。この図から 100p 以内では全体数の 44%であり,50p 以内では 36%,そして 50p 以内では 26%が含まれている。表2－3は,この割れの長さと幅を乗じた面積として表したものである。表中の実線は割れ面積600p,300p,100p,50p,20p のそれぞれが範囲内に収まる長さと幅の境界線である。使用材の表面割れを評価する目安として同表が参考になれば幸いである。

天然乾燥では表面割れを免れることは不可能である。なお,今後に適切な人工乾燥工程が確立されれば，その工程で現れる割れを今回と同様な手法で統計的に評価することが可能になるが、その前提として,先ずは人工乾燥法の標準化に関しての検討が必要なことになる。

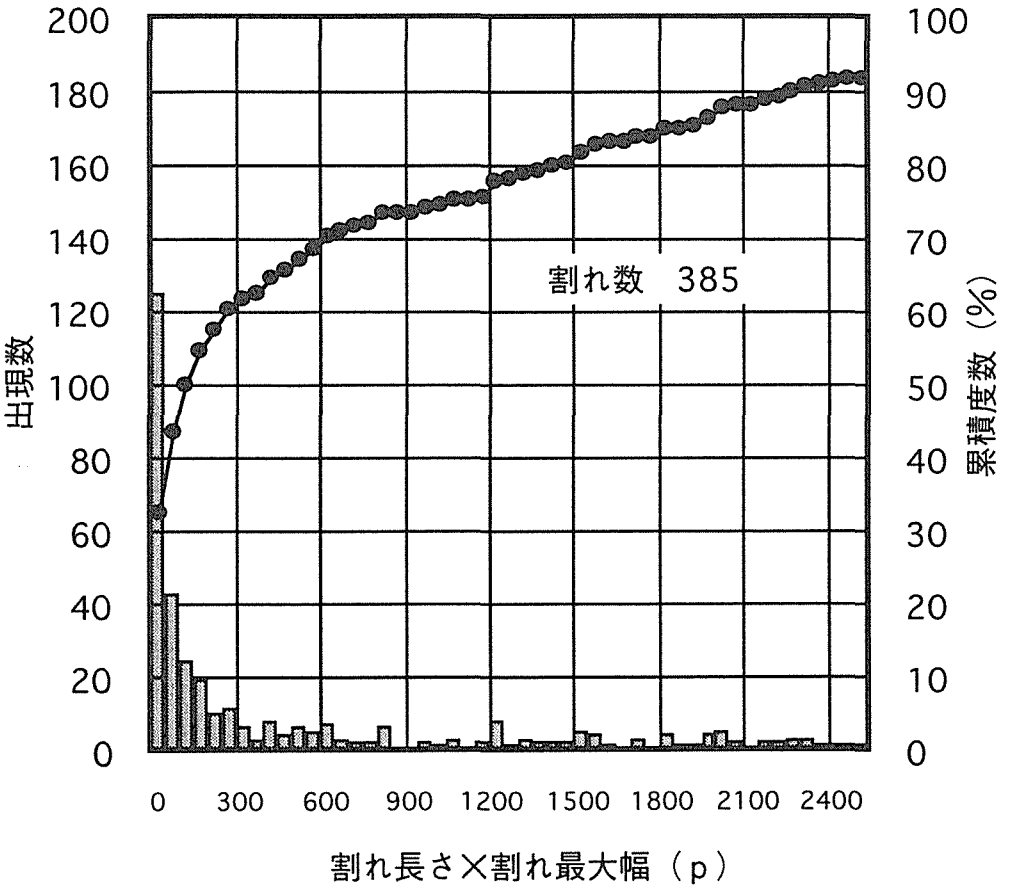



図2-50　割れの長さに最大幅を乗じた値（2500ｐ以下）

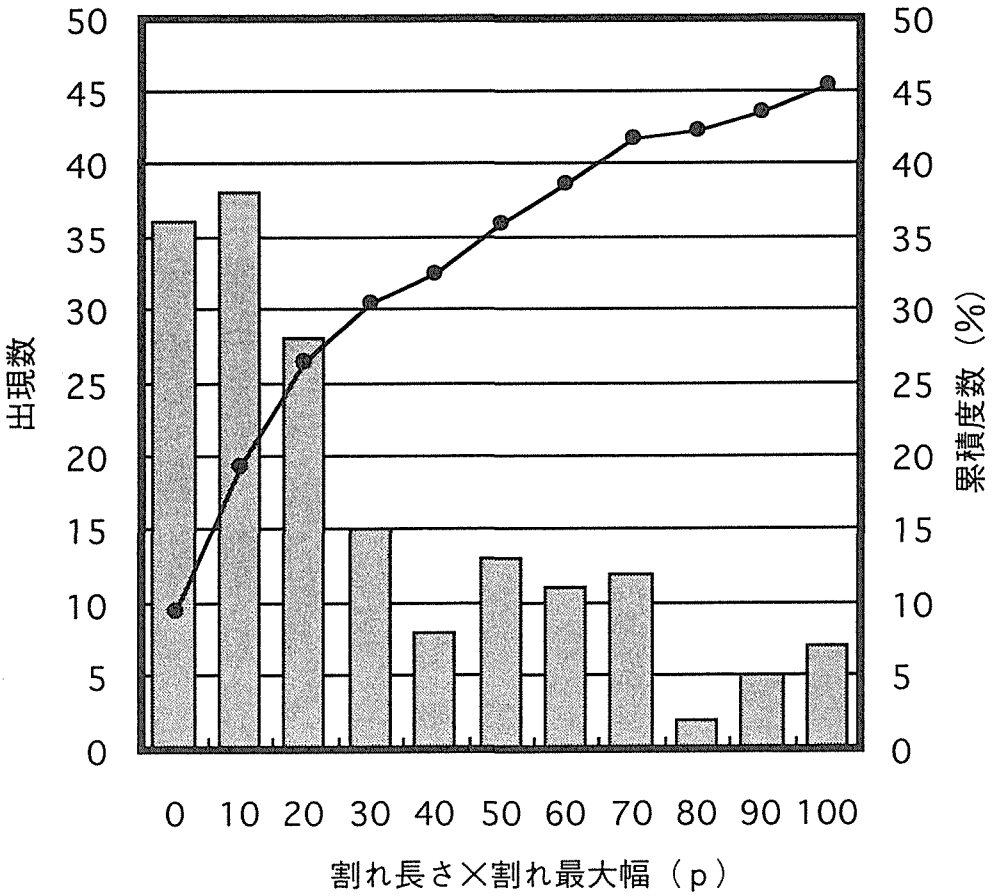



図2-51　割れの長さに最大幅を乗じた値（100ｐ以下）

## 表2-3　割れポイントによる表面割れの評価表

| | | 割れ幅　(mm) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ﾎﾟｲﾝﾄ(p) | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 割れ長さ | 10 | 1 | 2 | 3 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| (mm) | 20 | 2 | 4 | 6 | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| | 30 | 3 | 6 | 9 | 15 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 |
| | 40 | 4 | 8 | 12 | 20 | 40 | 80 | 120 | 160 | 200 |
| | 50 | 5 | 10 | 15 | 25 | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 |
| | 60 | 6 | 12 | 18 | 30 | 60 | 120 | 180 | 240 | 300 |
| | 70 | 7 | 14 | 21 | 35 | 70 | 140 | 210 | 280 | 350 |
| | 80 | 8 | 16 | 24 | 40 | 80 | 160 | 240 | 320 | 400 |
| | 90 | 9 | 18 | 27 | 45 | 90 | 180 | 270 | 360 | 450 |
| | 100 | 10 | 20 | 30 | 50 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
| | 110 | 11 | 22 | 33 | 55 | 110 | 220 | 330 | 440 | 550 |
| | 120 | 12 | 24 | 36 | 60 | 120 | 240 | 360 | 480 | 600 |
| | 130 | 13 | 26 | 39 | 65 | 130 | 260 | 390 | 520 | 650 |
| | 140 | 14 | 28 | 42 | 70 | 140 | 280 | 420 | 560 | 700 |
| | 150 | 15 | 30 | 45 | 75 | 150 | 300 | 450 | 600 | 750 |
| | 160 | 16 | 32 | 48 | 80 | 160 | 320 | 480 | 640 | 800 |
| | 170 | 17 | 34 | 51 | 85 | 170 | 340 | 510 | 680 | 850 |
| | 180 | 18 | 36 | 54 | 90 | 180 | 360 | 540 | 720 | 900 |
| | 190 | 19 | 38 | 57 | 95 | 190 | 380 | 570 | 760 | 950 |
| | 200 | 20 | 40 | 60 | 100 | 200 | 400 | 600 | 800 | 1000 |
| | 210 | 21 | 42 | 63 | 105 | 210 | 420 | 630 | 840 | 1050 |
| | 220 | 22 | 44 | 66 | 110 | 220 | 440 | 660 | 880 | 1100 |
| | 230 | 23 | 46 | 69 | 115 | 230 | 460 | 690 | 920 | 1150 |
| | 240 | 24 | 48 | 72 | 120 | 240 | 480 | 720 | 960 | 1200 |
| | 250 | 25 | 50 | 75 | 125 | 250 | 500 | 750 | 1000 | 1250 |
| | 260 | 26 | 52 | 78 | 130 | 260 | 520 | 780 | 1040 | 1300 |
| | 270 | 27 | 54 | 81 | 135 | 270 | 540 | 810 | 1080 | 1350 |
| | 280 | 28 | 56 | 84 | 140 | 280 | 560 | 840 | 1120 | 1400 |
| | 290 | 29 | 58 | 87 | 145 | 290 | 580 | 870 | 1160 | 1450 |
| | 300 | 30 | 60 | 90 | 150 | 300 | 600 | 900 | 1200 | 1500 |
| | 310 | 31 | 62 | 93 | 155 | 310 | 620 | 930 | 1240 | 1550 |
| | 320 | 32 | 64 | 96 | 160 | 320 | 640 | 960 | 1280 | 1600 |
| | 330 | 33 | 66 | 99 | 165 | 330 | 660 | 990 | 1320 | 1650 |
| | 340 | 34 | 68 | 102 | 170 | 340 | 680 | 1020 | 1360 | 1700 |
| | 350 | 35 | 70 | 105 | 175 | 350 | 700 | 1050 | 1400 | 1750 |
| | 360 | 36 | 72 | 108 | 180 | 360 | 720 | 1080 | 1440 | 1800 |
| | 370 | 37 | 74 | 111 | 185 | 370 | 740 | 1110 | 1480 | 1850 |
| | 380 | 38 | 76 | 114 | 190 | 380 | 760 | 1140 | 1520 | 1900 |
| | 390 | 39 | 78 | 117 | 195 | 390 | 780 | 1170 | 1560 | 1950 |
| | 400 | 40 | 80 | 120 | 200 | 400 | 800 | 1200 | 1600 | 2000 |
| | 410 | 41 | 82 | 123 | 205 | 410 | 820 | 1230 | 1640 | 2050 |
| | 420 | 42 | 84 | 126 | 210 | 420 | 840 | 1260 | 1680 | 2100 |
| | 430 | 43 | 86 | 129 | 215 | 430 | 860 | 1290 | 1720 | 2150 |
| | 440 | 44 | 88 | 132 | 220 | 440 | 880 | 1320 | 1760 | 2200 |
| | 450 | 45 | 90 | 135 | 225 | 450 | 900 | 1350 | 1800 | 2250 |
| | 460 | 46 | 92 | 138 | 230 | 460 | 920 | 1380 | 1840 | 2300 |
| | 470 | 47 | 94 | 141 | 235 | 470 | 940 | 1410 | 1880 | 2350 |
| | 480 | 48 | 96 | 144 | 240 | 480 | 960 | 1440 | 1920 | 2400 |
| | 490 | 49 | 98 | 147 | 245 | 490 | 980 | 1470 | 1960 | 2450 |
| | 500 | 50 | 100 | 150 | 250 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 |

ポイント：割れ長さ(mm)×最大割れ幅(mm)

# 3章　スギ及びカラマツ天然乾燥材の割れと曲げ強度との関係

## 1．目的

住宅の品質保証が求められる現在，木造住宅の構造用部材への乾燥材の使用はもちろん，強度性能なども，ユーザーにとって強い関心事となってきている。

近年の住宅建築では，木材をふんだんに使ったり,梁・桁材を現しとした，いわゆるこだわりの建築も数多く見られるようになり,割れや狂いなど木材に対する見た目での評価に加え，強度性能への要求も強くなってきている。施主をはじめ,ハウスメーカーや工務店などの材面割れに対する評価は厳しく，最近「割れている材は弱いのではないか」というとう質問も増えてきている。

針葉樹構造用製材の日本農林規格（JAS）の目視等級区分では，強度に最も影響する因子は節であるとしているが，この他に年輪幅，繊維傾斜，割れ等も挙げられている。JAS における割れは，一材面から他材面に貫いた貫通割れを対象としており，一般の材面割れは強度への影響は小さいとみている。

しかし，この材面割れと強度の関係について検討した文献は極めて少ないため，ユーザーの理解を得るには，さらなるデータの蓄積を得ていく必要がある。

本試験は，スギ及びカラマツ正角について，材面割れと曲げ強度性能との関係を明らかにすることを目的に実施した。なお，既往におけるこの種の試験結果については、文末に５として３つの報告[1), 2), 3)]を紹介したので、これらも参考にされたい。

## 2．試験方法

11.7×11.7×300cm のスギ心持ち無背割り材 38 本と 12.0×12.0×300cm のカラマツ心持ち無背割り材 40 本を約 6 ヶ月間天然乾燥し（乾燥開始は 5 月），両樹種とも 10.5×10.5×300cm にモルダ仕上げし（**表３－１**），これを試験材にして実大材曲げ強度試験を実施した。

強度試験を実施する前に，重量，寸法，割れの面積を測定した。割れの面積は次式により算出した（**図３－１**）。

（割れの面積 $cm^2$）＝（割れ長さ cm）×（割れ幅 cm）×1/2

曲げ試験は,当所の実大材試験機(UH-1000kNA 島津製作所製)を用い,下部スパン 270cm の 3 等分点 4 点荷重方式により実施した。また，試験材は割れのある面をできるだけ側面にくるように配置した（**図３－２**）。

表３－１　試験材の概要

| | 寸法 | | 試験体本数 |
|---|---|---|---|
| | 製材時 | モルダ仕上げ時 | |
| スギ正角材 | 11.7×11.7×300cm | 10.5×10.5×300cm | 38 本 |
| カラマツ正角材 | 12.0×12.0×300cm | | 40 本 |

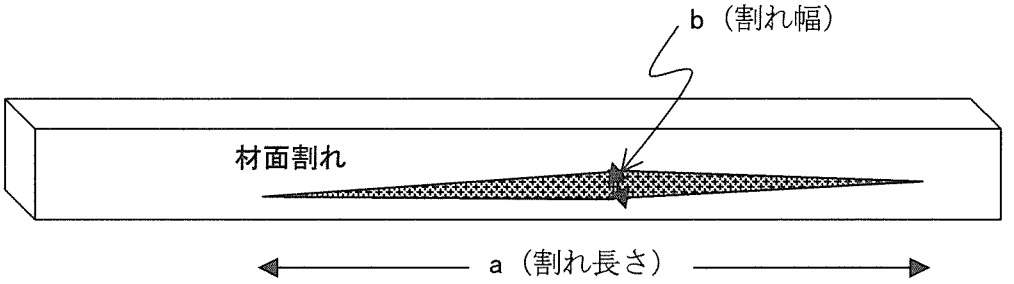



図３－１　材面割れの評価方法

材面割れ面積（cm²）＝a（cm）×b（cm）×1/2

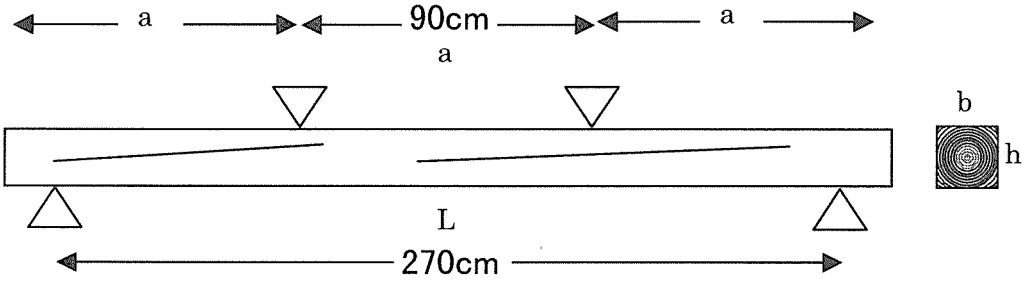



図３－２　曲げ強度試験の方

$$\text{曲げヤング係数（MOE）} = \frac{\triangle P \times a(3L^2 - 4a^2)}{4b \times h^3 \times \triangle y} \quad (\mathrm{kN/mm^2})$$

$$\text{曲げ強度（MOR）} = \frac{3a \times P_{max}}{bh^2} \quad (\mathrm{N/mm^2})$$

ここで

$P_{max}$＝破壊荷重

$\triangle P$＝比例域内における上限荷重と下限荷重との差

$\triangle y$＝$\triangle P$ に対するたわみ

L＝下スパン（270cm）

a＝支点と荷重点との距離（90cm）

b＝材の幅

h＝材の厚さ

## 3．試験結果

### 3．1　天然乾燥の経過

スギ及びカラマツの天然乾燥での乾燥経過を**図3**に示した。

初期含水率80～120%のスギの場合，4ヶ月後にほぼ20%に達した。この時の材内水分傾斜は**図3－4のように**，材中心部付近では20～23%の含水率を示し,6ヶ月後での水分傾斜は**図3－5**に示したが，これを見ると中心部も20%程度の含水率となり，材表層部，材中心部ともにほぼ平衡状態となったと判断された。(表層部の含水率は，外気湿度の変動により吸湿している。)

初期含水率35～40%のカラマツはおよそ2.5ヶ月経過で含水率20%に達した。この時の材内水分傾斜を**図3－6**のように，材中心部付近では20～23%の含水率を示し、4ヶ月後での水分傾斜を**図3－7**に示したが，中心部含水率も20%を下回る含水率となり，ほぼ平衡状態となったと判断された。

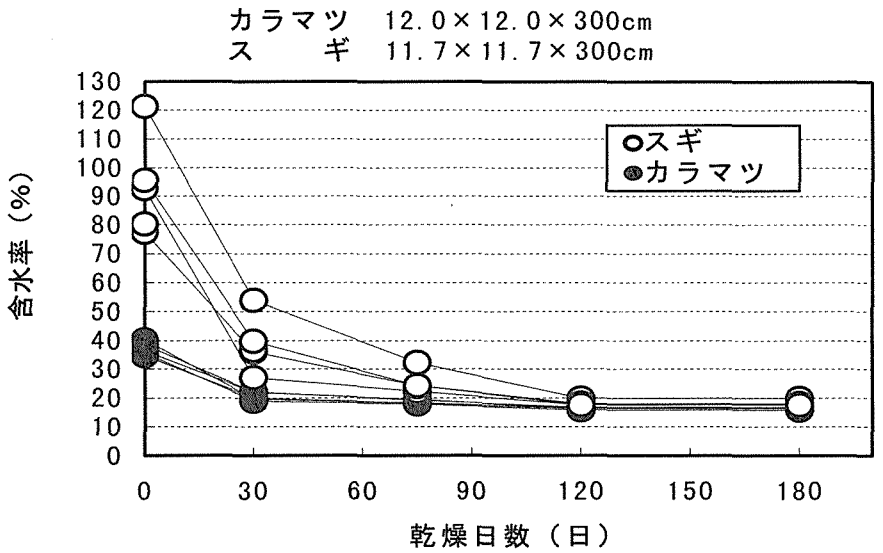



**図3－3　天然乾燥における乾燥経過**

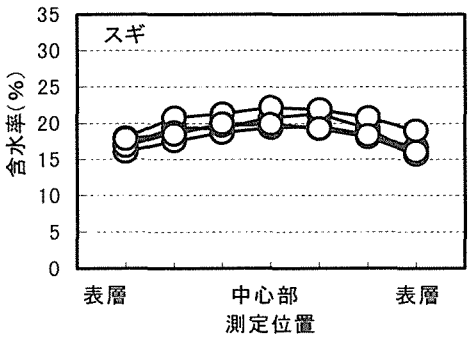



**図3－4　4ヶ月経過時の材内水分傾斜**

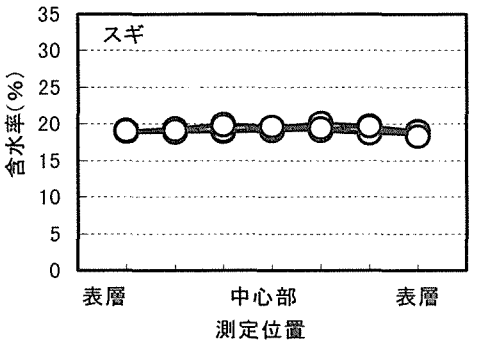



**図3－5　6ヶ月経過時の材内水分**

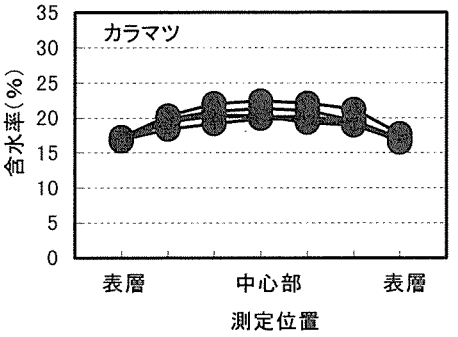



図３－６　2.5ヶ月経過時の材内水分傾斜

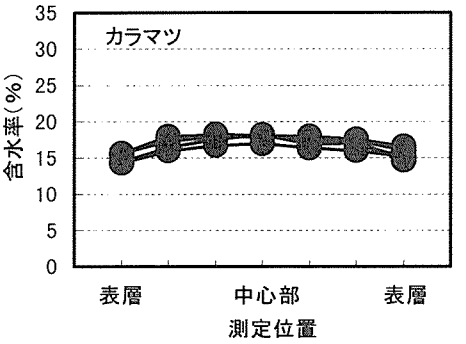



図３－７　４ヶ月経過時の材内水分

## ３．２　強度試験結果

曲げ強度試験時での各測定項目の結果を**表３－２と表３—３**に示した。

**表３－２　スギ天然乾燥材の測定結果**

| | 密度 ($cm^3$) | 含水率 (%) | 側面の割れ面積 ($cm^2$) | ヤング係数 ($kN/mm^2$) | 曲げ強度 ($N/mm^2$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 平均値 | 0.404 | 14.0 | 31.2 | 6.61 | 39.8 |
| 標準偏差 | 0.027 | 1.1 | 23.2 | 1.29 | 5.6 |
| 最小値 | 0.338 | 11.4 | 0 | 4.17 | 25.6 |
| 最大値 | 0.461 | 15.8 | 85.9 | 9.58 | 48.9 |
| 試験体本数 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 |

**表３—３　カラマツ天然乾燥材の測定結果**

| | 密度 ($cm^3$) | 含水率 (%) | 側面の割れ面積 ($cm^2$) | ヤング係数 ($kN/mm^2$) | 曲げ強度 ($N/mm^2$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 平均値 | 0.533 | 15.3 | 69.1 | 11.29 | 53.3 |
| 標準偏差 | 0.063 | 0.3 | 22.9 | 1.81 | 10.9 |
| 最小値 | 0.437 | 14.4 | 31.3 | 8.19 | 30.4 |
| 最大値 | 0.780 | 15.9 | 119.1 | 15.00 | 74.1 |
| 試験体本数 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |

### 3．2．1　曲げヤング係数（MOE）と曲げ強度（MOR）との関係

**図３－８，９**に曲げヤング係数（MOE）と曲げ強度（MOR）との関係を示した。MOE と MOR の関係は一般に言われるとおり，スギ及びカラマツ共に高い正の相関にあった。

スギの場合，MOE の平均は 6.61kN/mm$^2$（4.17～9.58 kN/mm$^2$）で MOR の平均は 39.8 N/mm$^2$（25.6～48.9N/mm$^2$）であり，カラマツの場合は，MOE の平均は 11.29kN/mm$^2$（8.19～15.00 kN/mm$^2$）で MOR の平均は 53.3N/mm$^2$（30.4～74.1N/mm$^2$）であった。

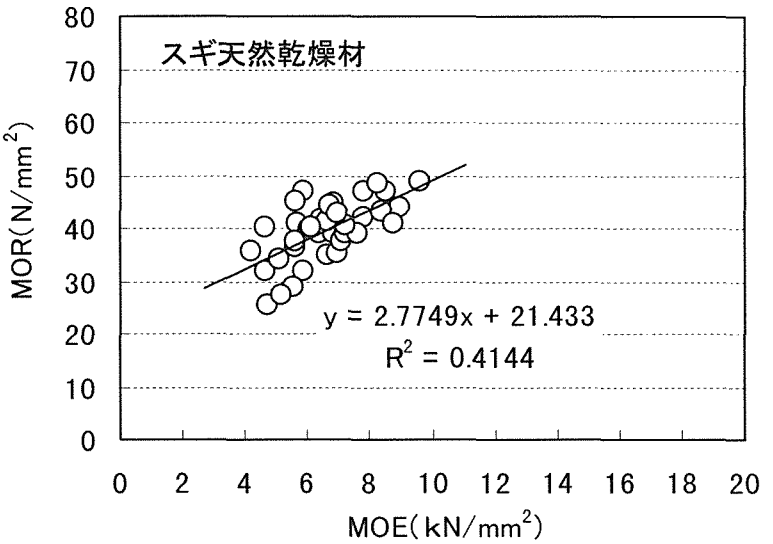



**図３－８　MOE と MOR との関係（スギ天然乾燥材）**

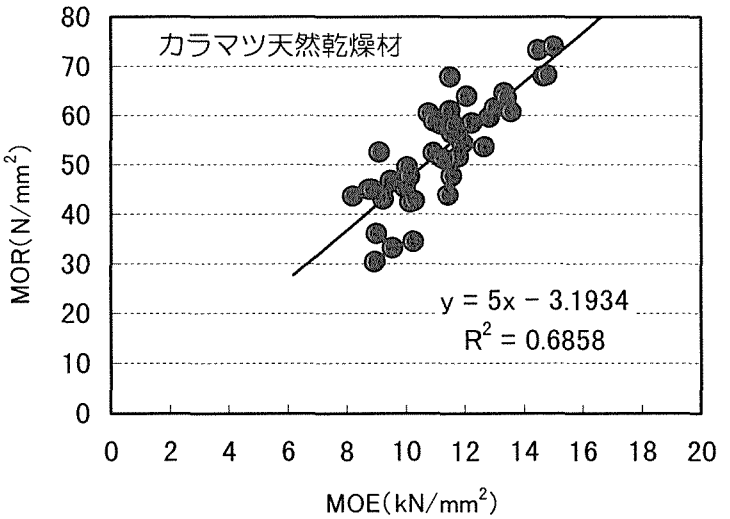



**図３－９　MOE と MOR との関係（カラマツ天然乾燥材）**

### 3．2．2　材面割れ面積と曲げ強度（MOR），曲げヤング係数（MOE）との関係

材面割れ面積と MOR との関係を**図３－１０**（スギ）及び**図３－１１**（カラマツ）に，また，材面割れ面積と MOE との関係を**図３－１２**（スギ）及び**図３—１３**（カラマツ）に示した。

スギにおいて，曲げ強度試験時に材面割れの生じている面を意図的に配置せず，試験材ナンバーを付した面を荷重面としたため，グラフ上でのサイドの材面割れ面積にゼロの材が存在した。これに対してカラマツは，材面割れのある面を意図的にサイド側に配置したため，全ての材に材面割れが大きく存在していた。

スギ及びカラマツにおいて材面割れ面積と MOR）との関係は，ほとんど認められない。しかし，傾向的には右肩上がりにあり，少なくとも材面割れは MOR を低下させる原因にならないと言える。

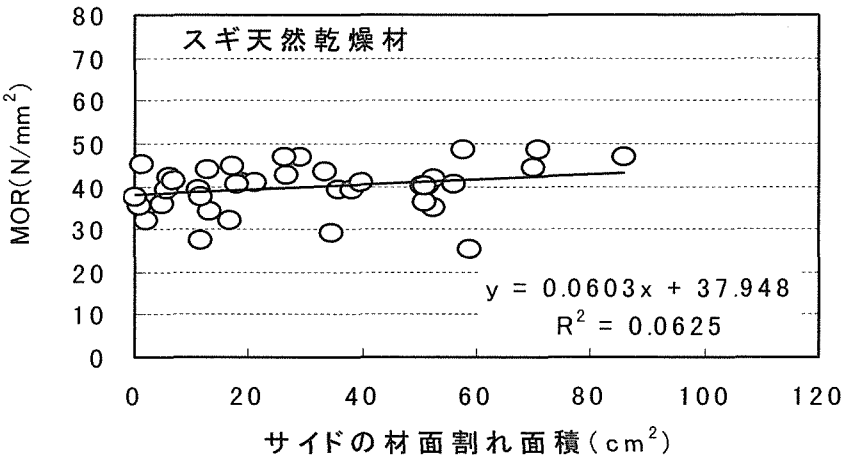



**図３－１０　材面割れ面積と MOR との関係（スギ）**

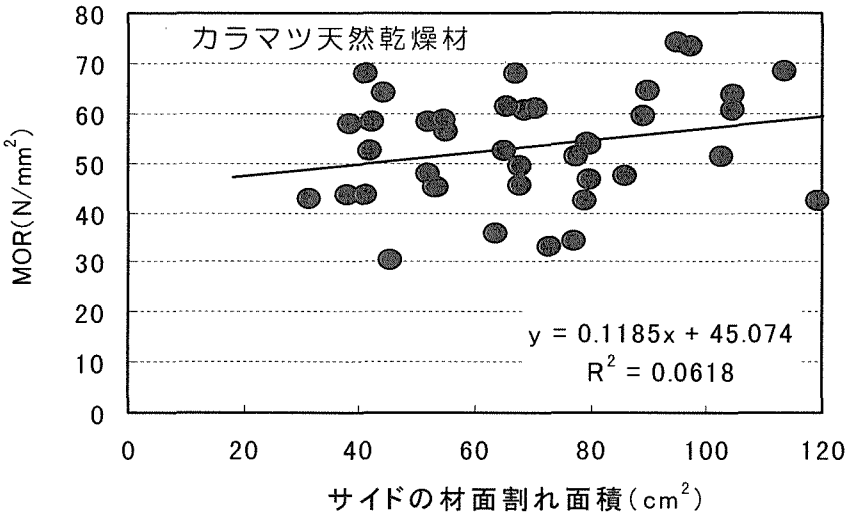



**図３－１１　材面割れ面積と MOR との関係（カラマツ）**

また，材面割れ面積と MOE との関係は， カラマツについて決定係数 $R^2$ が他に比べやや大きいが，スギについてはほとんど認められない。傾向からすると，材面割れは MOE についてこれを低下させる原因にならないと言える。

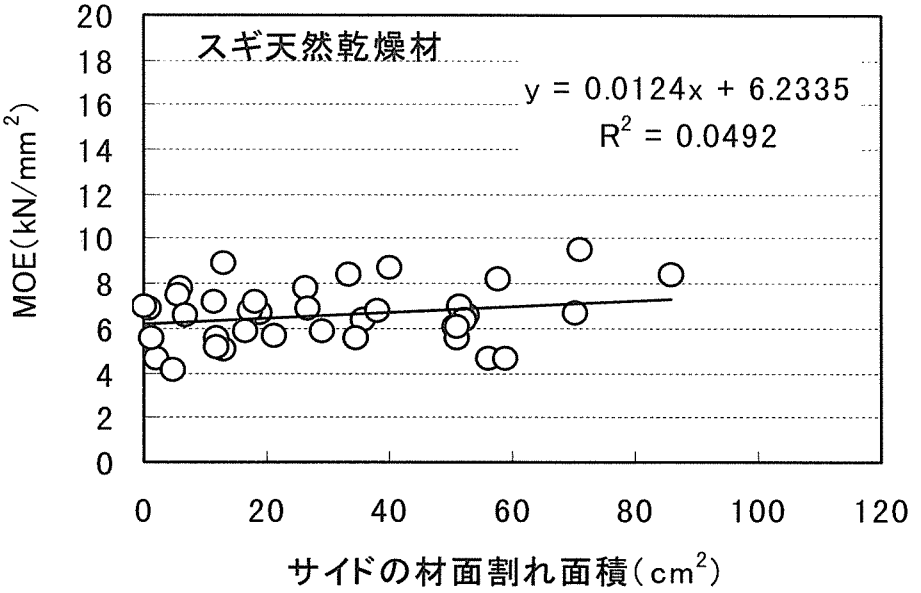



図３－１２　材面割れ面積と MOE との関係（スギ）

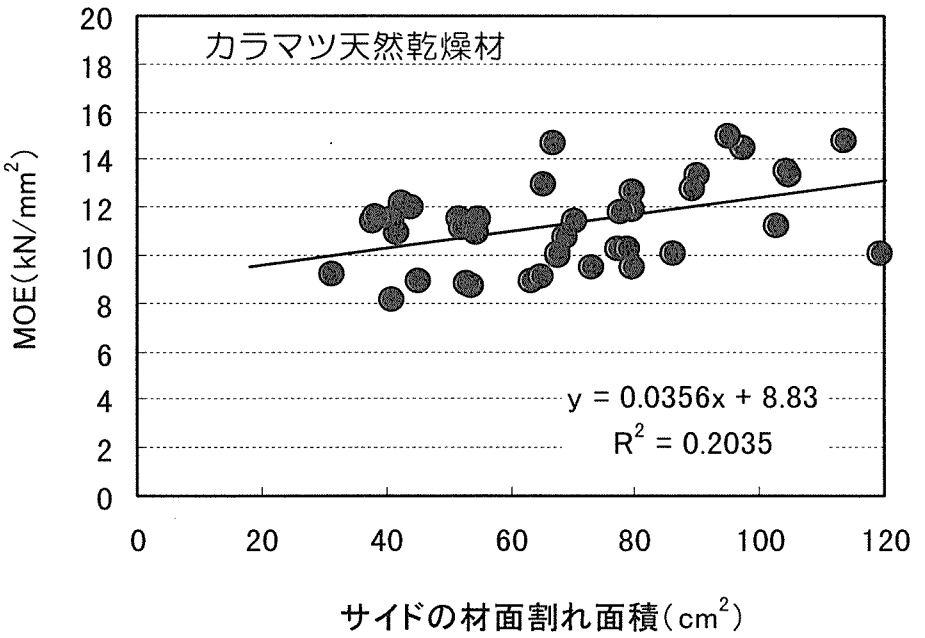



図３－１３　材面割れ面積と MOE との関係（カラマツ）

### 3．2．3　節と曲げ強度（MOR）との関係

スギについて，全スパン270cmのうち，材長方向に中央90cm区間の最大節とMORとの関係を**図３－１４**に，集中節とMORとの関係を**図３－１５**に示した。またスパン270cm間の最大節とMORとの関係を**図３－１６**に，集中節とMORの関係を**図３－１７**に示した。

どの区間，どの節の測定方法（最大節，集中節）においてもMORとの関係は負の相関にあるが，この中で最も決定係数$R^2$が大きいのは，スパン270cm間の最大節であった。

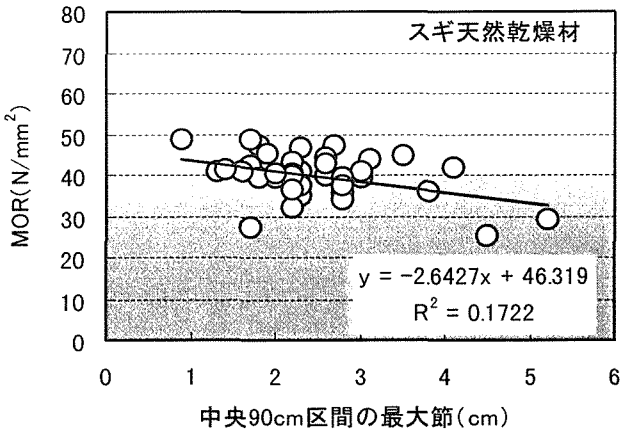



図 3-14　中央 90cm 区間の最大節と MOR との関係（スギ）

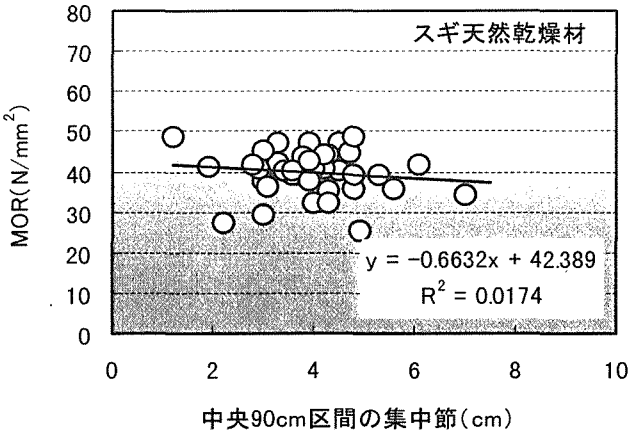



図 3-15　中央 90cm 区間の集中節と MOR との関係

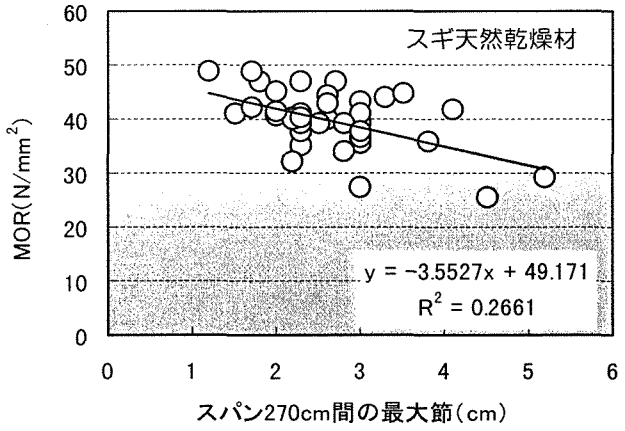



図 3-16　スパン 270cm 間の最大節と MOR との関係（スギ）

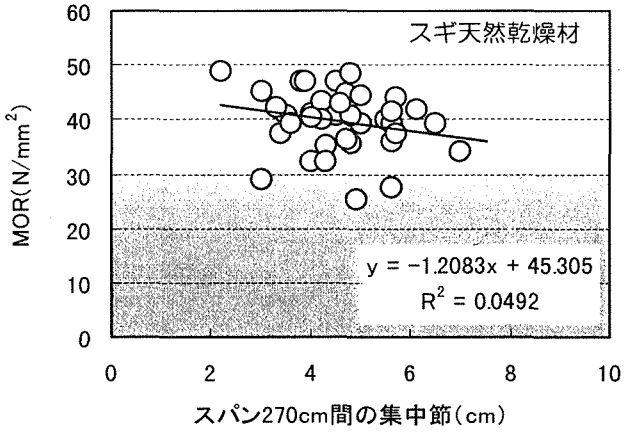



図 3-17　スパン 270cm 間の集中節と MOR の関係（スギ）

カラマツについて，全スパン270cmのうち，材長方向に中央90cm区間の最大節とMORとの関係を**図３－１８**，集中節とMORとの関係を**図３－１９**に示した。またスパン270cm間の最大節とMORとの関係を**図３－２０**に，集中節とMORの関係を**図３－２１**に示した。

スギと同様にどの区間，どの節形態においてもMORとの関係は負の相関にあり，この中で最も決定係数$R^2$が大きいのは，スパン270cm間の最大節であった。

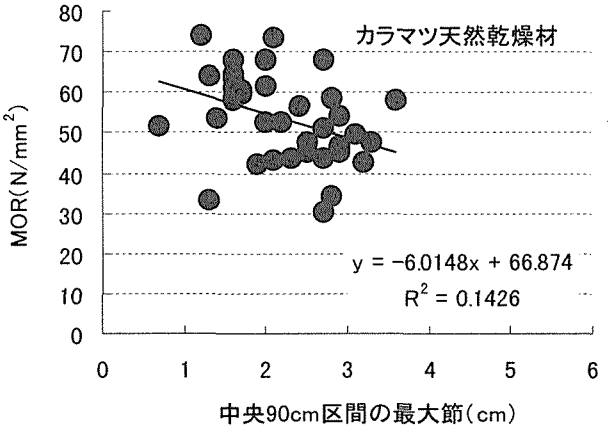



図 3-18　中央 90cm 区間の最大節と MOR との関係（カラマツ）

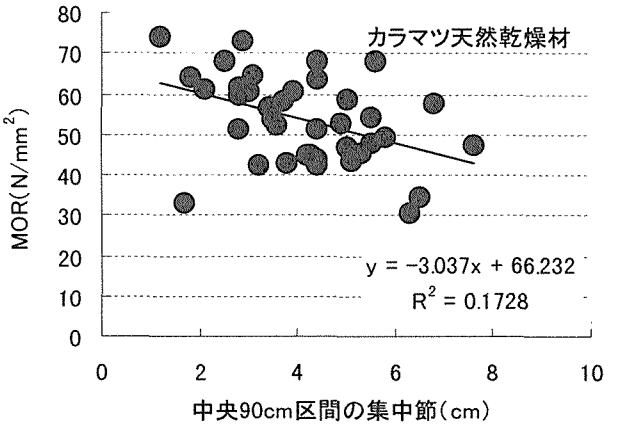



図 3-19　中央 90cm 区間の集中節と MOR との関係（カラマツ）

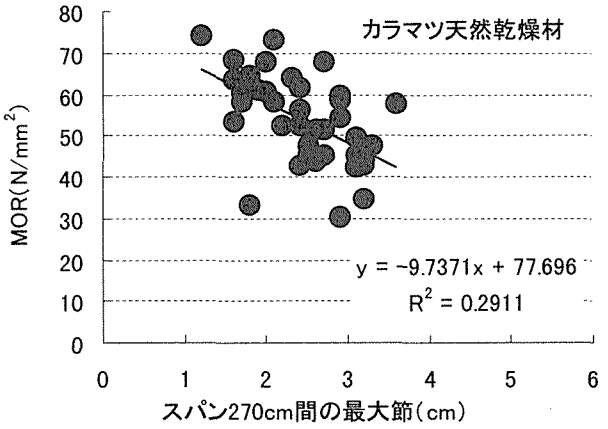



図 3-20　スパン 270cm 間の最大節と MOR との関係（カラマツ）

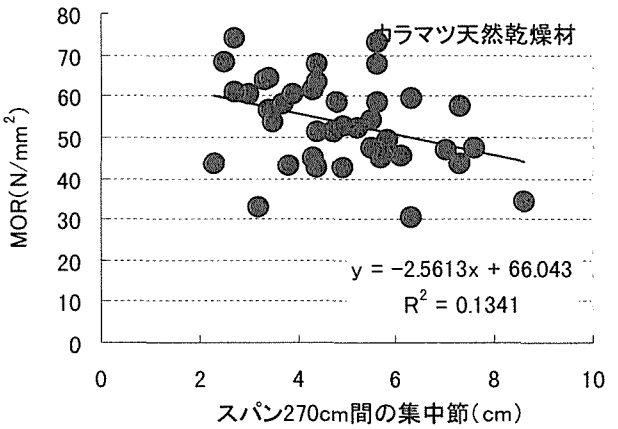



図 3-21　スパン 270cm 間の集中節と MOR との関係（カラマツ）

## 4．まとめ

スギ心持ち無背割り材及びカラマツ心持ち無背割り材を天然乾燥した後，実大材曲げ強度試験を実施した。この強度試験結果と材面割れとの関係について検討した。また，節との関係についても併せて検討した。その結果，

（1） 材面割れ面積と曲げ強度との関係は認められなかった。

（2） 材面割れ面積とヤング係数との関係は認められなかったが，カラマツについては材面割れ面積が大きいほどヤング係数が大きくなる傾向にあった。

（3） 節と曲げ強度との関係はほとんど認められなかったが，節が大きいほど曲げ強度が低下する傾向にあった。

（4） 曲げ強度及びヤング係数に及ぼす影響は，材面割れ面積よりも節の影響のほうが大きかった。

**【参考文献】**

1）スギ構造材の干割れが力学的性質に及ぼす影響－曲げ強さと曲げヤング係数について－ 荒武志朗他，木材工業 Vol.48，No.4，1993

2）スギ平角の曲げ試験－静岡県産スギ中目丸太を原料とし製材・乾燥した平角の曲げ試験－ 池田潔彦，エンジニアリングウッド性能評価事業報告書，（財）日本住宅・木材技術センター，1996

3）スギ乾燥材の割れと強度の関係 岡崎泰男他，第 51 回日本木材学会大会研究発表要旨集，2001

付表-1

曲げ強度試験　　スギ天然乾燥材

| | 節270MAX (cm) | 節270集中 (cm) | 節90MAX (cm) | 節90集中 (cm) | 密度 (g/cm$^3$) | 割れ面積(右) (cm$^2$) | 割れ面積(左) (cm$^2$) | 割れ合計 (cm$^2$) | 含水率 (%) | ヤング係数 (kN/mm$^2$) | 曲げ強度 (N/mm$^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AVG | 2.7 | 4.7 | 2.5 | 4.0 | 0.404 | 17.1 | 14.0 | 31.2 | 14.0 | 6.61 | 39.8 |
| STD | 0.8 | 1.1 | 0.9 | 1.2 | 0.027 | 18.4 | 15.5 | 23.2 | 1.1 | 1.29 | 5.6 |
| MIN | 1.2 | 2.2 | 0.9 | 1.2 | 0.338 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 11.4 | 4.17 | 25.6 |
| MAX | 5.2 | 7.5 | 5.2 | 7.5 | 0.461 | 65.5 | 59.6 | 85.9 | 15.8 | 9.58 | 48.9 |
| COUNT | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 38 | 38 |

| NO | 節270MAX | 節270集中 | 節90MAX | 節90集中 | 密度 (g/cm$^3$) | 割れ面積B (cm$^2$) | 割れ面積D (cm$^2$) | 割れ合計 (cm$^2$) | 含水率 (%) | ヤング係数 (kN/mm$^2$) | 曲げ強度 (N/mm$^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.8 | 3.8 | 1.8 | 3.3 | 0.46 | 65.5 | 20.4 | 85.9 | 14.9 | 8.47 | 47.2 |
| 2 | 2.3 | 4.3 | 2.3 | 4.3 | 0.39 | 3.6 | 49.0 | 52.5 | 13.9 | 6.61 | 35.2 |
| 3 | 2.6 | 5.5 | 2.6 | 4.5 | 0.40 | 31.4 | 20.1 | 51.4 | 14.8 | 6.98 | 40.2 |
| 4 | 2.2 | 4 | 2.2 | 4 | 0.39 | 2.1 | 0.0 | 2.1 | 14.2 | 4.66 | 32.2 |
| 5 | 1.5 | 3.5 | 1.3 | 1.9 | 0.38 | 18.6 | 0.0 | 18.6 | 15.5 | 6.72 | 41.0 |
| 6 | 2.5 | 6.5 | 2 | 3.7 | 0.40 | 5.5 | 30.2 | 35.6 | 14.2 | 6.38 | 39.3 |
| 7 | 2.7 | 4.5 | 2.7 | 4.5 | 0.45 | 19.4 | 9.4 | 28.9 | 14.2 | 5.87 | 47.2 |
| 8 | 2.3 | 3.9 | 2.3 | 3.9 | 0.44 | 0.0 | 26.2 | 26.2 | 14.8 | 7.79 | 47.0 |
| 9 | 3.3 | 5.7 | 3.1 | 4.3 | 0.45 | 0.0 | 12.8 | 12.8 | 14.9 | 8.94 | 44.1 |
| 10 | 4.1 | 6.1 | 4.1 | 6.1 | 0.43 | 40.8 | 11.5 | 52.3 | 14.0 | 6.43 | 41.8 |
| 11 | 1.7 | 3.3 | 1.7 | 3.3 | 0.43 | 5.2 | 0.8 | 5.9 | 14.6 | 7.80 | 42.2 |
| 12 | 3 | 5.6 | 3 | 5.3 | 0.39 | 17.2 | 20.9 | 38.1 | 14.4 | 6.82 | 39.3 |
| 13 | 3.3 | 7.5 | 3.3 | 7.5 | 0.40 | 13.2 | 17.1 | 30.4 | 14.3 | - | - |
| 14 | 2.4 | 4.7 | 2.3 | 3.9 | 0.40 | 11.3 | 54.5 | 65.9 | 14.1 | - | - |
| 15 | 2.3 | 4 | 2.3 | 4 | 0.44 | 12.3 | 8.9 | 21.2 | 14.7 | 5.64 | 41.1 |
| 16 | 3.8 | 5.6 | 3.8 | 5.6 | 0.44 | 4.8 | 0.0 | 4.8 | 15.2 | 4.17 | 36.0 |
| 17 | 3 | 4.8 | 2.8 | 4.8 | 0.40 | 0.8 | 0.0 | 0.8 | 13.8 | 6.95 | 35.5 |
| 18 | 3 | 4.2 | 2.2 | 3.8 | 0.43 | 21.1 | 12.2 | 33.2 | 14.3 | 8.39 | 43.5 |
| 19 | 2.3 | 3.4 | 2.3 | 3 | 0.37 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 14.5 | 7.05 | 37.7 |
| 20 | 2.8 | 7 | 2.8 | 7 | 0.43 | 13.1 | 0.0 | 13.1 | 15.8 | 5.08 | 34.2 |
| 21 | 2.3 | 3.6 | 1.8 | 3.6 | 0.40 | 6.4 | 4.9 | 11.3 | 15.2 | 7.18 | 39.4 |
| 22 | 3 | 4.5 | 3 | 4.2 | 0.41 | 31.9 | 8.0 | 39.8 | 14.6 | 8.77 | 41.0 |
| 23 | 2.8 | 5 | 2.8 | 4.8 | 0.40 | 0.0 | 5.4 | 5.4 | 14.6 | 7.56 | 39.3 |
| 24 | 3.5 | 4.7 | 3.5 | 4.7 | 0.35 | 17.3 | 0.0 | 17.3 | 13.5 | 6.84 | 44.8 |
| 25 | 2 | 3 | 1.9 | 3 | 0.38 | 1.1 | 0.0 | 1.1 | 11.4 | 5.59 | 45.3 |
| 26 | 2 | 4.8 | 1.6 | 2.9 | 0.36 | 0.0 | 18.0 | 18.0 | 13.9 | 7.21 | 40.8 |
| 27 | 2.2 | 4.3 | 2.2 | 4.3 | 0.41 | 1.7 | 15.0 | 16.7 | 14.5 | 5.85 | 32.2 |
| 28 | 2.2 | 4 | 2.2 | 4 | 0.41 | 54.8 | 1.3 | 56.1 | 14.3 | 4.65 | 40.5 |
| 29 | 2.2 | 4.2 | 2.2 | 3.4 | 0.39 | 12.3 | 38.2 | 50.5 | 13.9 | 6.06 | 40.1 |
| 30 | 4.5 | 4.9 | 4.5 | 4.9 | 0.34 | 58.7 | 0.0 | 58.7 | 14.0 | 4.71 | 25.6 |
| 31 | 3 | 4.7 | 2.2 | 3.1 | 0.38 | 49.8 | 1.0 | 50.8 | 13.1 | 5.62 | 36.5 |
| 32 | 2 | 5.6 | 1.4 | 2.8 | 0.41 | 0.0 | 6.9 | 6.9 | 14.8 | 6.60 | 41.6 |
| 33 | 1.2 | 2.2 | 0.9 | 1.2 | 0.40 | 46.8 | 24.0 | 70.8 | 14.4 | 9.58 | 48.9 |
| 34 | 2.3 | 4 | 2 | 3.6 | 0.43 | 38.5 | 12.6 | 51.0 | 14.0 | 6.12 | 40.4 |
| 35 | 5.2 | 3 | 5.2 | 3 | 0.36 | 6.4 | 28.3 | 34.7 | 13.7 | 5.54 | 29.2 |
| 43 | 1.7 | 4.8 | 1.7 | 4.8 | 0.39 | 30.6 | 27.0 | 57.6 | 11.4 | 8.21 | 48.8 |
| 44 | 2.6 | 5 | 2.6 | 4.2 | 0.42 | 10.4 | 59.6 | 70.0 | 14.7 | 6.68 | 44.4 |
| 45 | 2.6 | 4.6 | 2.6 | 3.9 | 0.39 | 21.5 | 5.1 | 26.6 | 11.4 | 6.93 | 42.9 |
| 46 | 3 | 5.7 | 2.8 | 3.9 | 0.41 | 11.6 | 0.0 | 11.6 | 11.4 | 5.58 | 37.6 |
| 47 | 3 | 5.6 | 1.7 | 2.2 | 0.38 | 0.0 | 11.7 | 11.7 | 11.4 | 5.14 | 27.6 |

付表-2

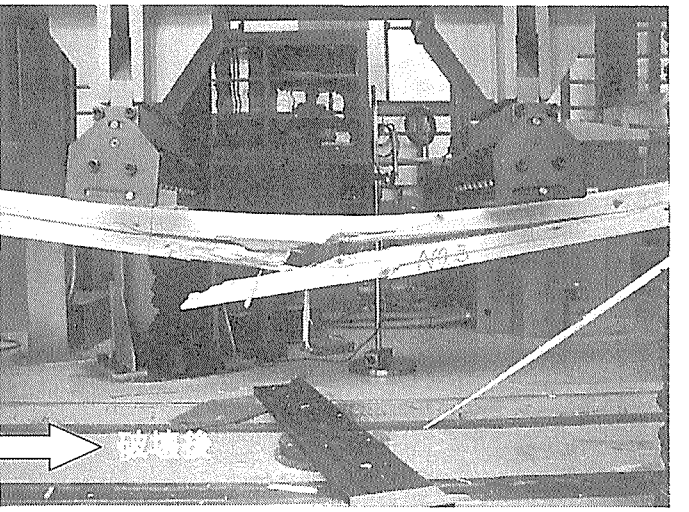
曲げ強度試験　　カラマツ天然乾燥材

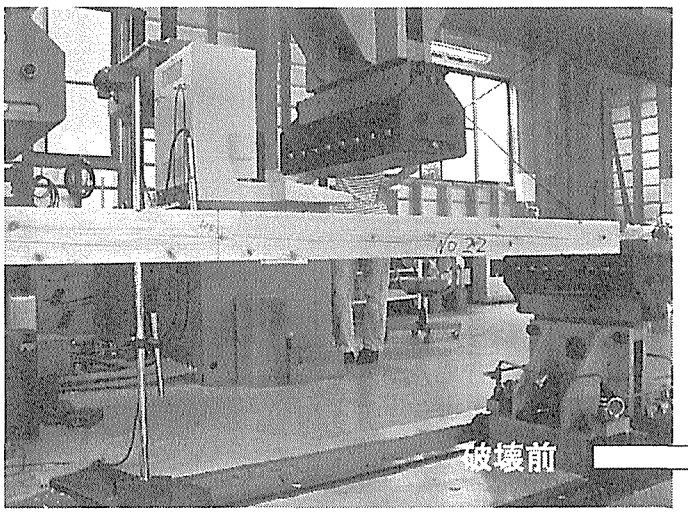
| | 節270MAX (cm) | 節270集中 (cm) | 節90MAX (cm) | 節90集中 (cm) | 密度 (g/cm³) | 割れ面積(右) (cm²) | 割れ面積(左) (cm²) | 割れ合計 (cm²) | 含水率 (%) | ヤング係数 (kN/mm²) | 曲げ強度 (N/mm²) | 平均年輪幅 (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AVG | 2.5 | 4.8 | 2.2 | 4.1 | 0.533 | 32.0 | 37.1 | 69.1 | 15.3 | 11.29 | 53.3 | 4.24 |
| STD | 0.6 | 1.5 | 0.7 | 1.5 | 0.063 | 22.7 | 22.0 | 22.9 | 0.3 | 1.81 | 10.9 | 0.93 |
| MIN | 1.2 | 2.3 | 0.7 | 1.2 | 0.437 | 0.0 | 0.0 | 31.3 | 14.4 | 8.19 | 30.4 | 2.60 |
| MAX | 3.6 | 8.6 | 3.6 | 7.6 | 0.780 | 80.1 | 73.4 | 119.1 | 15.9 | 15.00 | 74.1 | 6.55 |
| COUNT | 39 | 39 | 39 | 39 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |

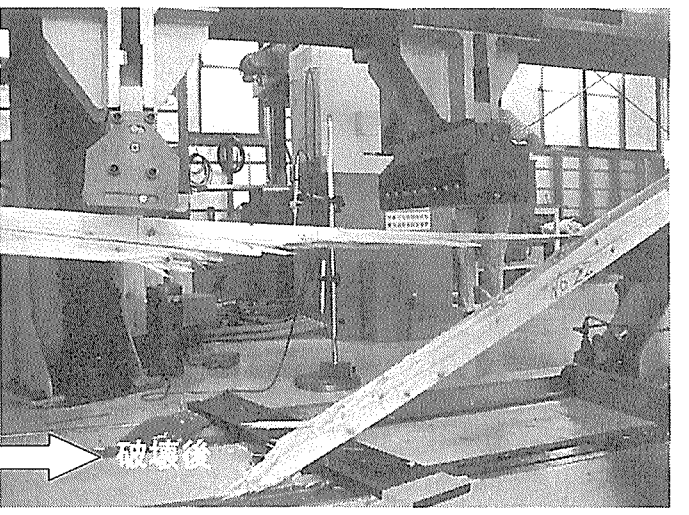
| NO | 節270MAX | 節270集中 | 節90MAX | 節90集中 | 密度 (g/cm³) | 割れ面積B (cm²) | 割れ面積D (cm²) | 割れ合計 (cm²) | 含水率 (%) | ヤング係数 (kN/mm²) | 曲げ強度 (N/mm²) | 平均年輪幅 (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.3 | 3.3 | 1.3 | 1.8 | 0.54 | 11.7 | 32.3 | 44.0 | 15.4 | 12.05 | 64.0 | 3.12 |
| 2 | 2.0 | 4.4 | 2.0 | 4.4 | 0.57 | 9.6 | 57.3 | 66.9 | 15.4 | 14.66 | 68.1 | 4.02 |
| 3 | 1.8 | 3.4 | 1.6 | 3.1 | 0.50 | 40.9 | 49.0 | 90.0 | 15.5 | 13.33 | 64.6 | 4.05 |
| 4 | 2.9 | 6.3 | 2.7 | 6.3 | 0.52 | 16.7 | 28.4 | 45.1 | 15.6 | 8.94 | 30.4 | 6.55 |
| 5 | 2.4 | 3.8 | 2.1 | 3.8 | 0.55 | 9.4 | 21.9 | 31.3 | 15.5 | 9.24 | 43.0 | 4.81 |
| 6 | 3.1 | 4.4 | 1.9 | 4.4 | 0.49 | 45.6 | 73.4 | 119.1 | 15.3 | 10.13 | 42.5 | 5.43 |
| 7 | 2.1 | 5.6 | 2.1 | 2.9 | 0.64 | 36.0 | 61.3 | 97.3 | 15.4 | 14.48 | 73.3 | 3.39 |
| 8 | 3.2 | 7.3 | 2.7 | 4.4 | 0.56 | 4.9 | 32.9 | 37.9 | 15.9 | 11.43 | 43.9 | 3.67 |
| 9 | 2.9 | 6.3 | 1.7 | 2.8 | 0.53 | 26.5 | 62.5 | 89.0 | 15.4 | 12.82 | 59.6 | 4.34 |
| 10 | 1.8 | 3.2 | 1.3 | 1.7 | 0.49 | 39.6 | 33.4 | 72.9 | 15.7 | 9.54 | 33.2 | 3.71 |
| 11 | 1.7 | 4.8 | 1.6 | 3.7 | 0.51 | 36.9 | 5.4 | 42.4 | 15.3 | 12.21 | 58.5 | 5.03 |
| 12 | — | — | — | — | 0.50 | 12.4 | 51.0 | 63.4 | 15.0 | 8.99 | 36.1 | 5.68 |
| 13 | 3.2 | 8.6 | 2.8 | 6.5 | 0.48 | 23.2 | 54.0 | 77.2 | 15.5 | 10.24 | 34.5 | 3.73 |
| 14 | 2.9 | 5.5 | 2.9 | 5.5 | 0.48 | 22.7 | 56.7 | 79.4 | 15.0 | 11.93 | 54.3 | 3.58 |
| 15 | 3.2 | 4.9 | 3.2 | 3.2 | 0.57 | 27.8 | 51.1 | 78.9 | 15.7 | 10.28 | 42.7 | 3.46 |
| 16 | 2.5 | 4.3 | 2.5 | 4.3 | 0.78 | 24.4 | 29.2 | 53.5 | 14.8 | 8.75 | 45.1 | 5.71 |
| 17 | 2.5 | 5.5 | 2.5 | 5.5 | 0.56 | 40.6 | 11.3 | 51.9 | 15.9 | 11.55 | 47.7 | 4.00 |
| 18 | 2.4 | 3.4 | 2.4 | 3.4 | 0.64 | 16.9 | 38.0 | 55.0 | 15.0 | 11.52 | 56.6 | 5.33 |
| 19 | 2.2 | 5.2 | 2.0 | 3.6 | 0.51 | 26.7 | 15.1 | 41.8 | 15.7 | 10.93 | 52.5 | 5.88 |
| 20 | 1.7 | 3.0 | 1.7 | 3.0 | 0.48 | 57.4 | 11.2 | 68.5 | 15.7 | 10.75 | 60.6 | 4.06 |
| 21 | 3.1 | 6.1 | 2.9 | 5.3 | 0.49 | 10.9 | 56.7 | 67.6 | 15.0 | 9.97 | 45.4 | 4.21 |
| 22 | 3.2 | 7.0 | 2.9 | 5.0 | 0.52 | 21.5 | 58.1 | 79.6 | 14.9 | 9.49 | 46.8 | 4.52 |
| 23 | 2.1 | 3.7 | 1.6 | 3.7 | 0.54 | 35.3 | 16.6 | 51.9 | 15.6 | 11.14 | 58.3 | 3.82 |
| 24 | 1.6 | 3.5 | 1.4 | 3.5 | 0.49 | 79.7 | 0.0 | 79.7 | 15.5 | 12.66 | 53.6 | 4.90 |
| 25 | 3.1 | 5.8 | 3.1 | 5.8 | 0.46 | 11.7 | 55.9 | 67.7 | 15.2 | 10.05 | 49.5 | 5.18 |
| 26 | 1.2 | 2.7 | 1.2 | 1.2 | 0.60 | 28.8 | 66.1 | 95.0 | 15.2 | 15.00 | 74.1 | 3.36 |
| 27 | 1.9 | 2.7 | 1.6 | 2.1 | 0.50 | 0.0 | 70.3 | 70.3 | 15.3 | 11.48 | 61.0 | 3.43 |
| 28 | 2.7 | 5.7 | 2.5 | 4.2 | 0.47 | 8.1 | 44.8 | 52.9 | 15.2 | 8.84 | 45.1 | 4.24 |
| 29 | 2.4 | 4.3 | 2.0 | 2.8 | 0.56 | 62.5 | 2.9 | 65.4 | 14.5 | 12.99 | 61.6 | 4.19 |
| 30 | 2.6 | 2.3 | 2.3 | 5.1 | 0.44 | 0.0 | 41.0 | 41.0 | 15.3 | 8.19 | 43.7 | 2.97 |
| 31 | 2.6 | 4.7 | 0.7 | 2.8 | 0.48 | 77.4 | 0.0 | 77.4 | 15.3 | 11.79 | 51.6 | 2.94 |
| 32 | 1.6 | 2.5 | 1.6 | 2.5 | 0.55 | 45.9 | 67.6 | 113.5 | 15.4 | 14.76 | 68.3 | 3.31 |
| 33 | 1.6 | 4.4 | 1.6 | 4.4 | 0.53 | 41.9 | 62.8 | 104.7 | 15.6 | 13.40 | 63.6 | 3.43 |
| 34 | 2.0 | 3.9 | 1.7 | 3.9 | 0.53 | 73.6 | 30.8 | 104.4 | 15.4 | 13.56 | 60.7 | 2.60 |
| 35 | 3.3 | 7.6 | 3.3 | 7.6 | 0.50 | 78.0 | 8.0 | 86.0 | 14.4 | 10.13 | 47.6 | 5.81 |
| 43 | 2.7 | 5.6 | 2.7 | 5.6 | 0.53 | 29.0 | 11.9 | 40.9 | 15.1 | 11.50 | 67.9 | 4.63 |
| 45 | 2.4 | 4.9 | 2.2 | 4.9 | 0.46 | 17.1 | 47.9 | 64.9 | 15.4 | 9.10 | 52.6 | 3.62 |
| 46 | 2.9 | 5.6 | 2.8 | 5.0 | 0.56 | 27.9 | 26.6 | 54.5 | 15.5 | 10.94 | 58.8 | 4.63 |
| 48 | 3.6 | 7.3 | 3.6 | 6.8 | 0.61 | 20.1 | 18.1 | 38.2 | 15.3 | 11.64 | 57.9 | 3.81 |
| 49 | 2.7 | 4.4 | 2.7 | 4.4 | 0.61 | 80.1 | 22.4 | 102.5 | 14.6 | 11.24 | 51.3 | 4.43 |

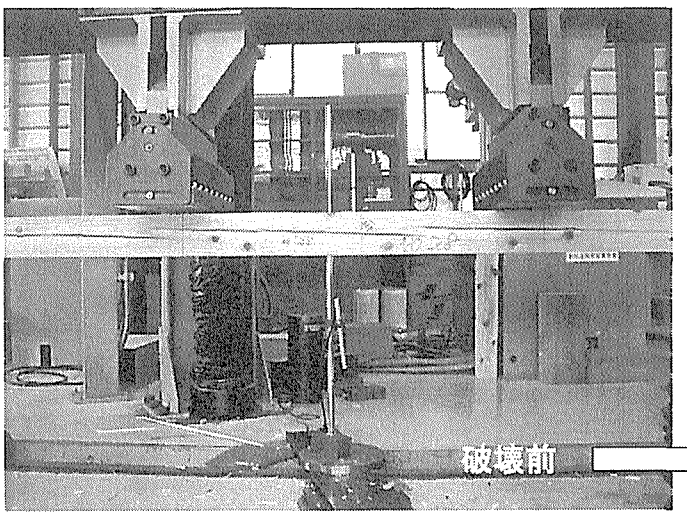
（実験写真）

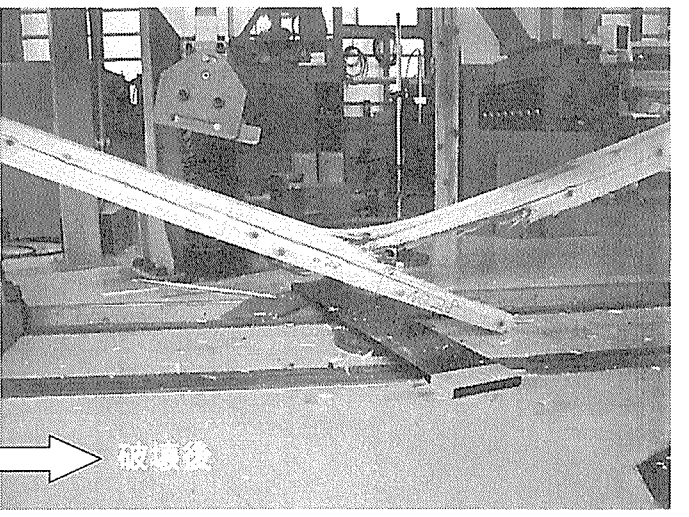
スギ天然乾燥材の強度試験（割れとの関係）―その１―



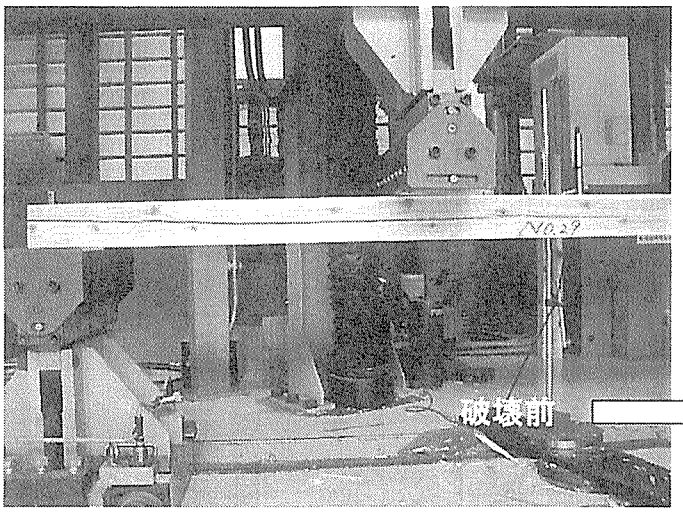



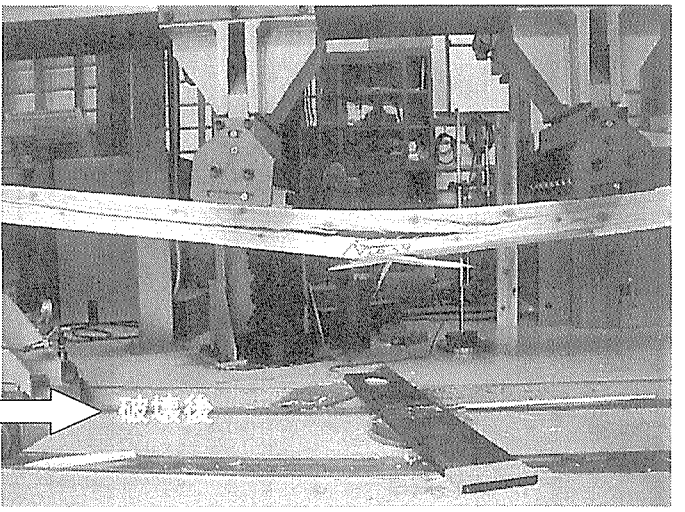



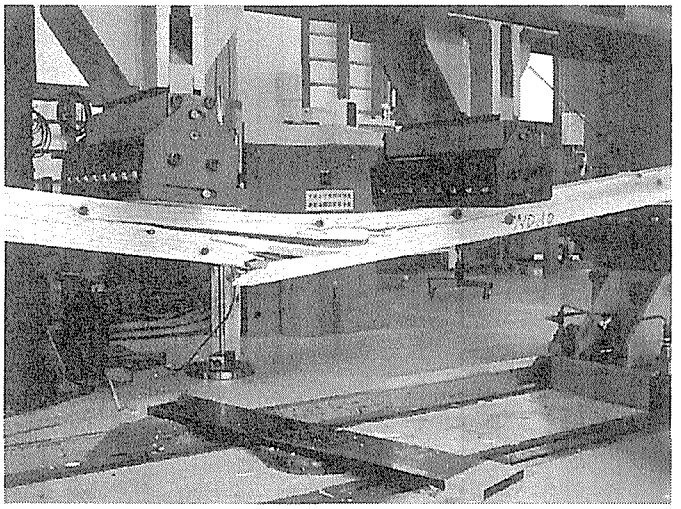



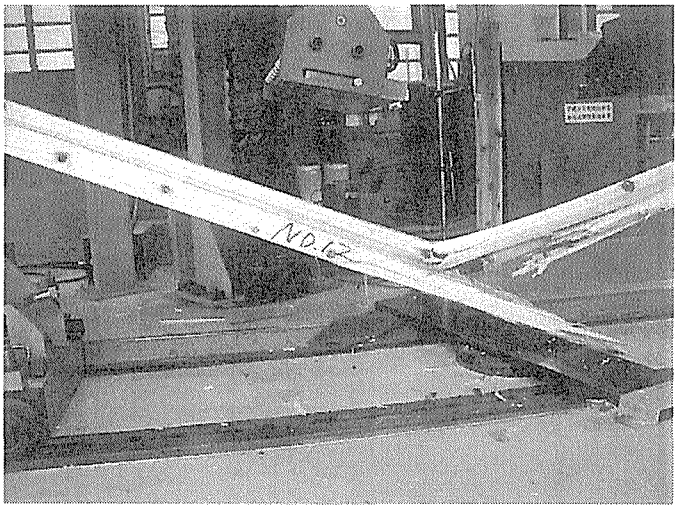



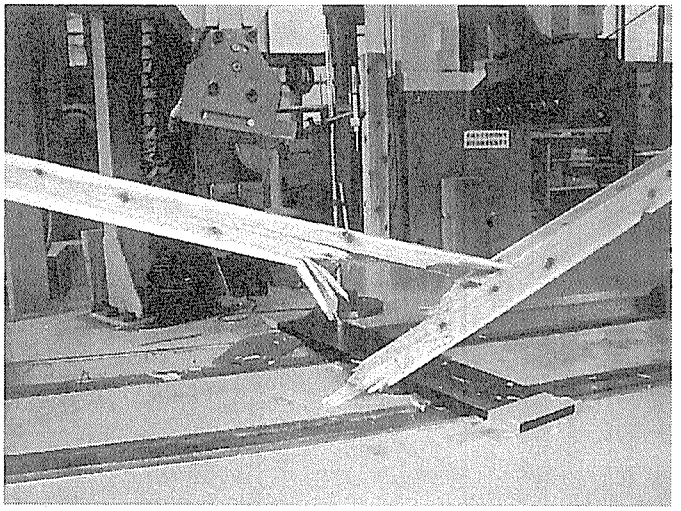
## スギ天然乾燥材の強度試験（割れとの関係）―その２―

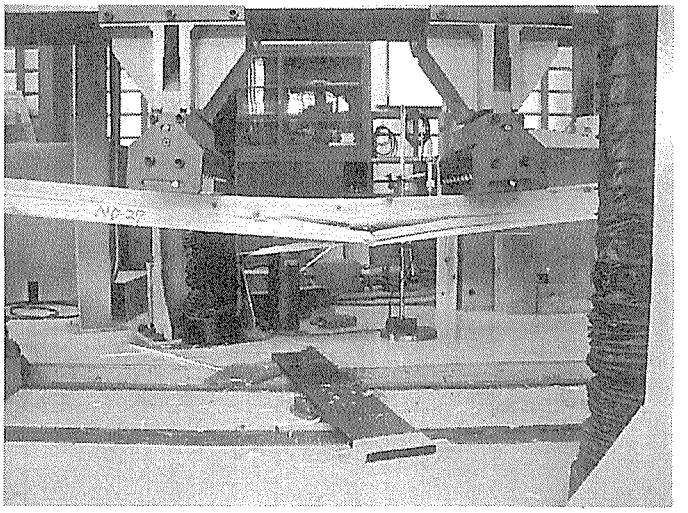


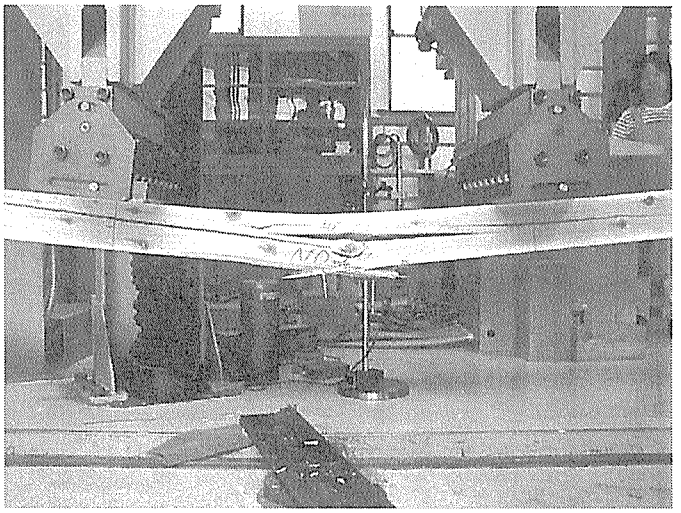



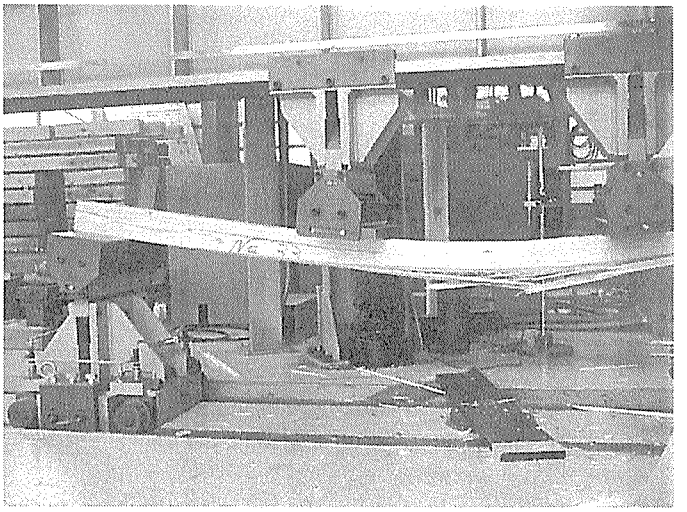


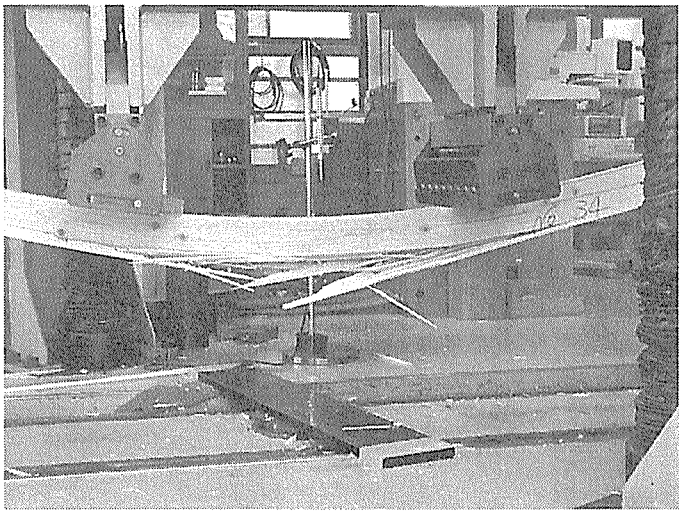


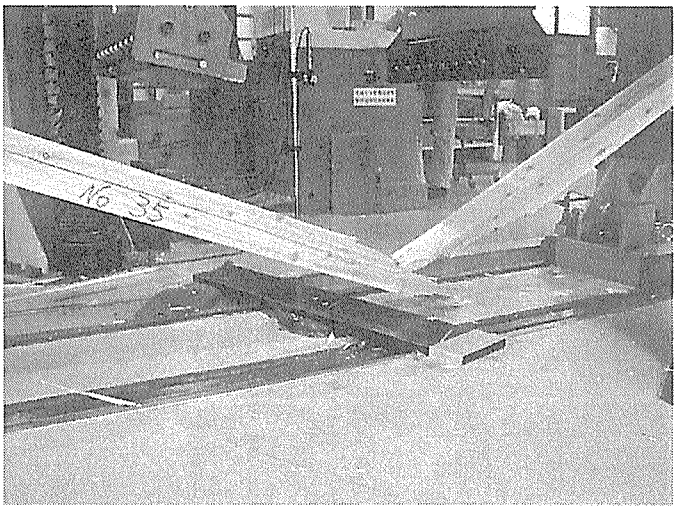


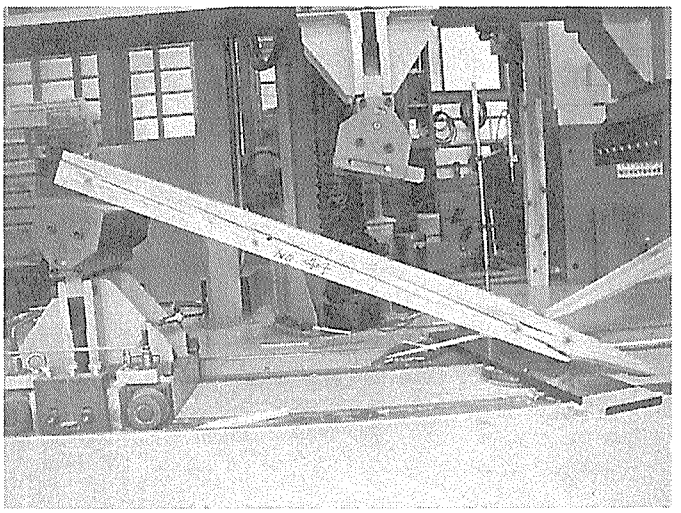
## スギ天然乾燥材の強度試験（割れとの関係）―その３―

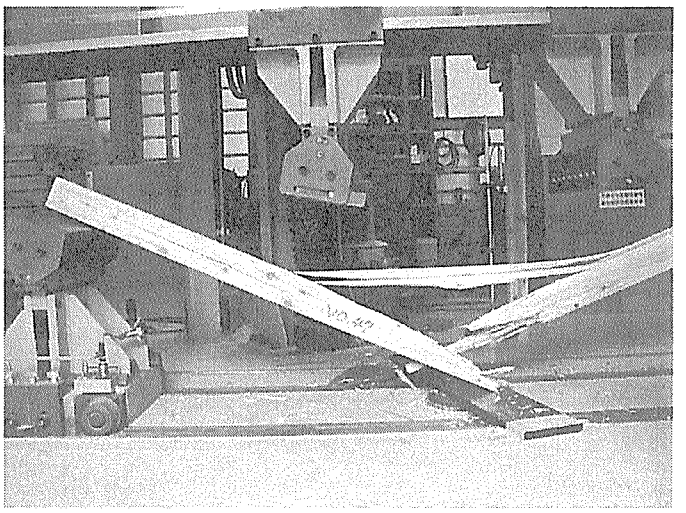




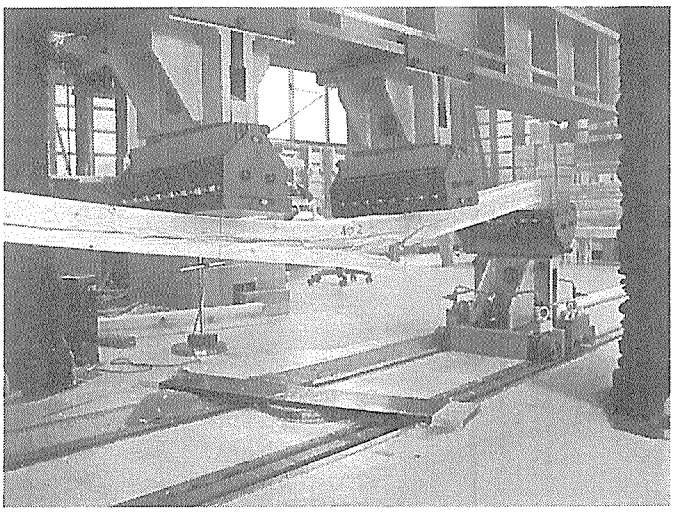


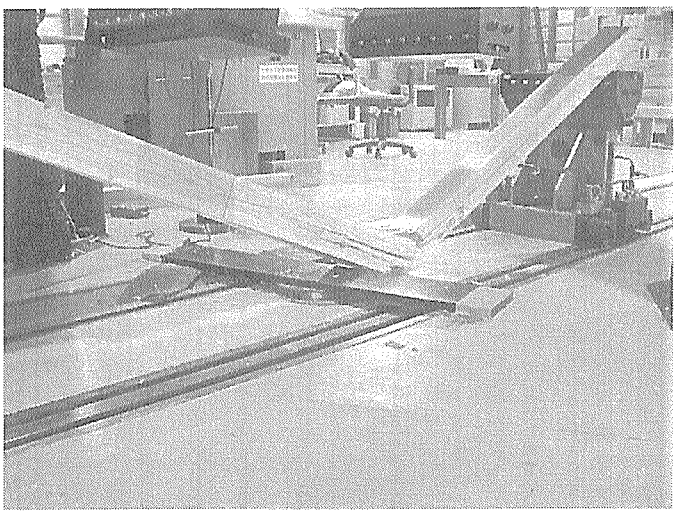


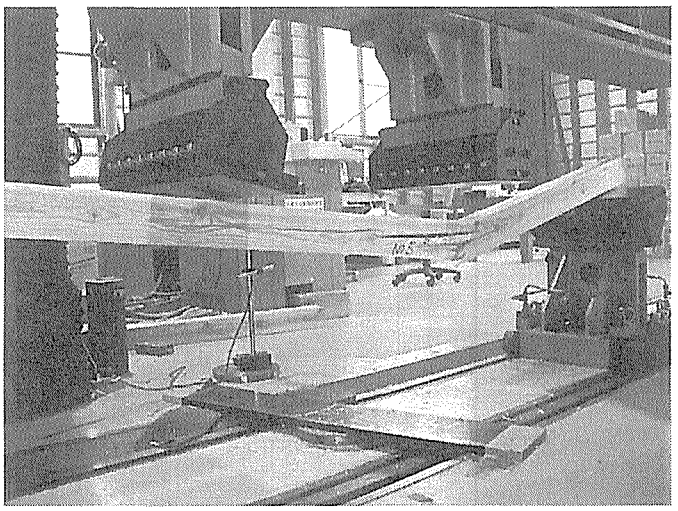



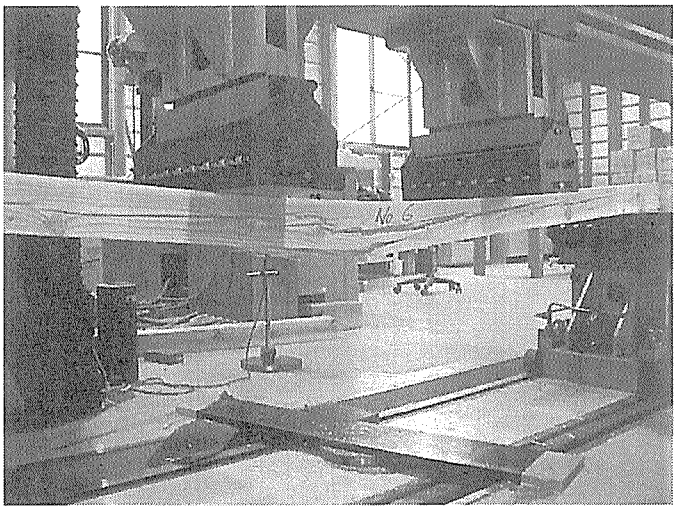


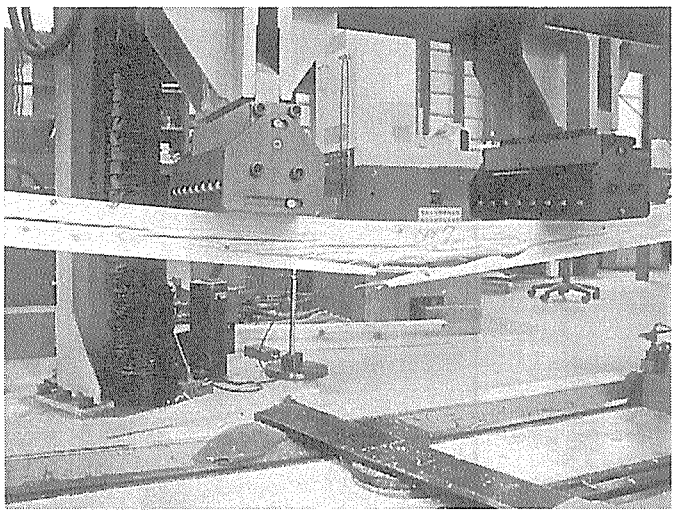
## カラマツ天然乾燥材の強度試験（割れとの関係）―その１―

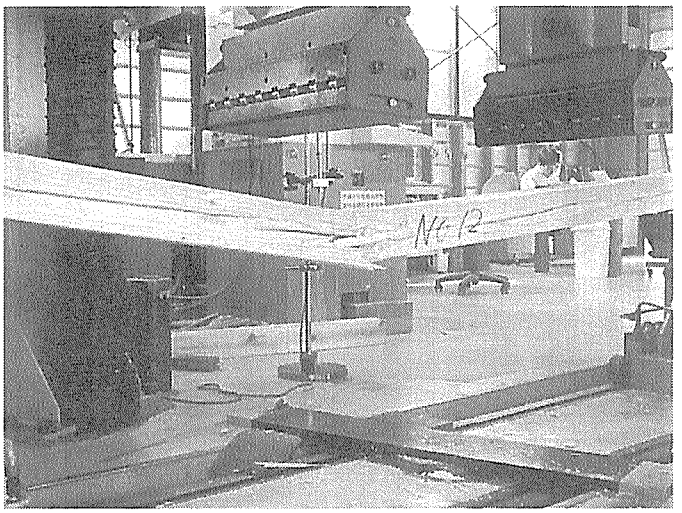




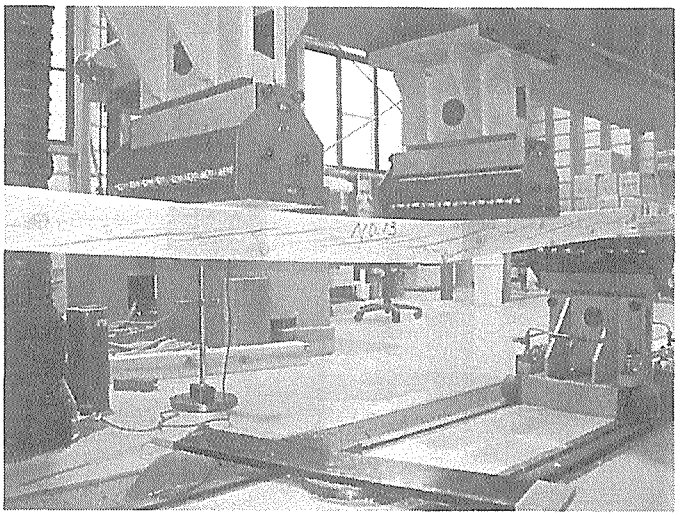


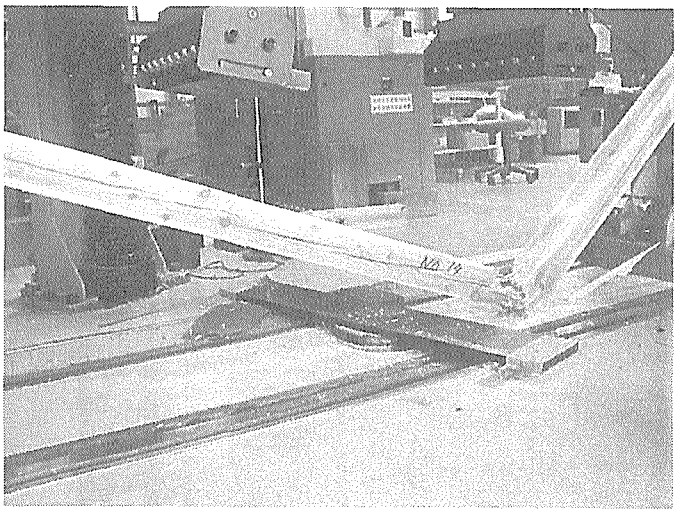


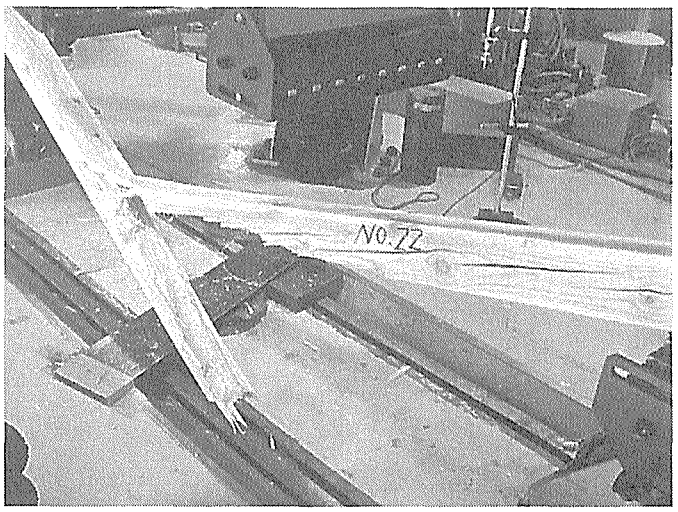



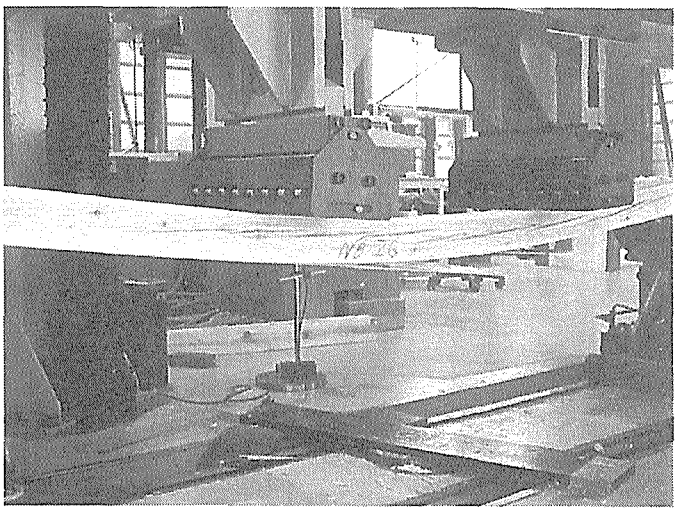


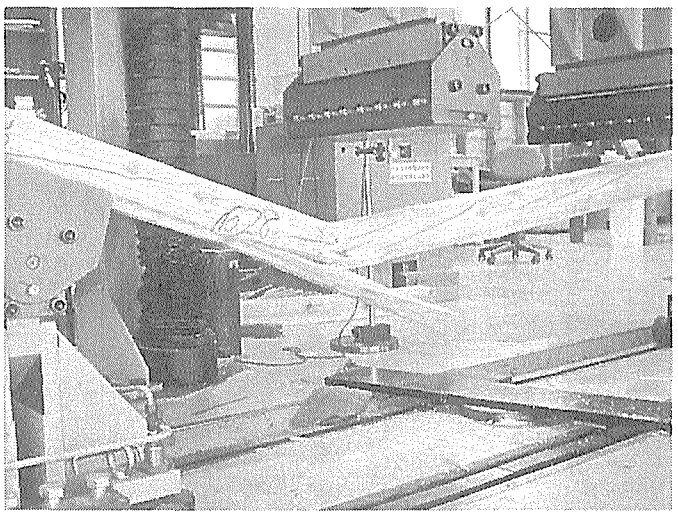
## カラマツ天然乾燥材の強度試験（割れとの関係）—その２—

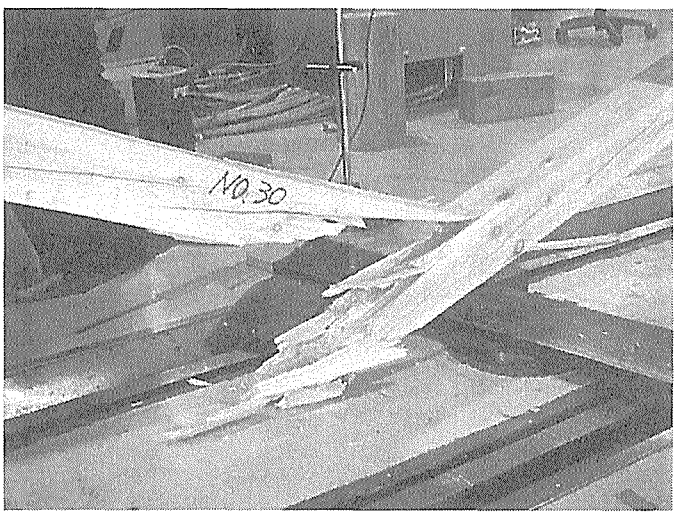




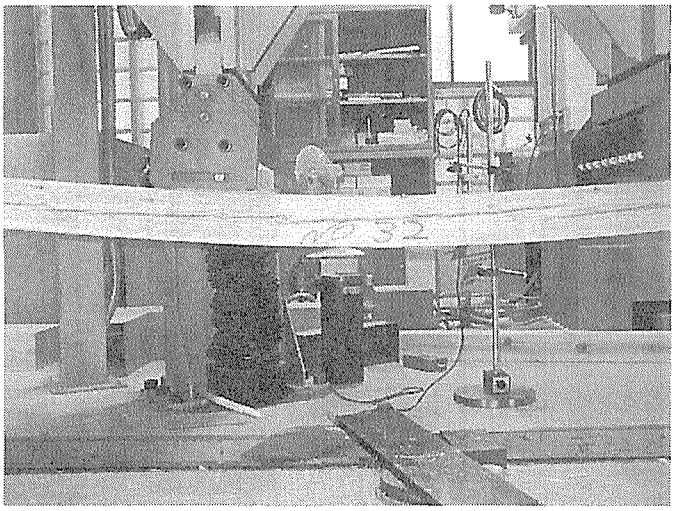



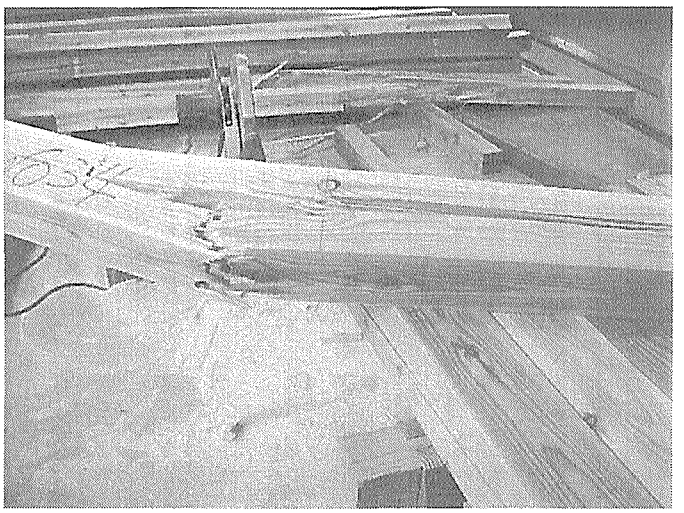



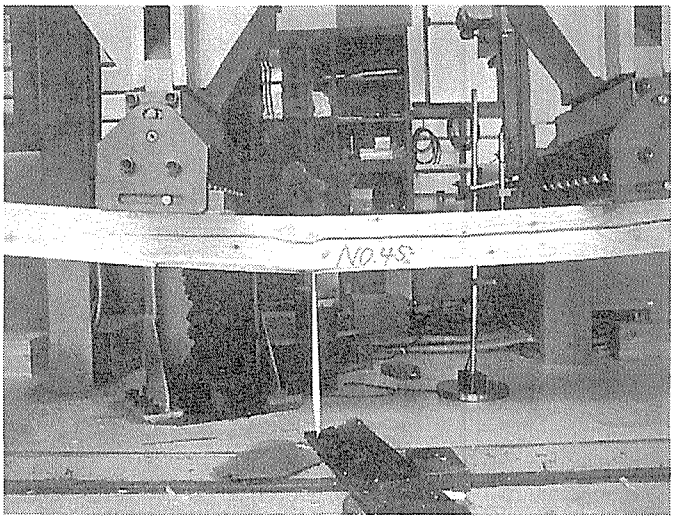


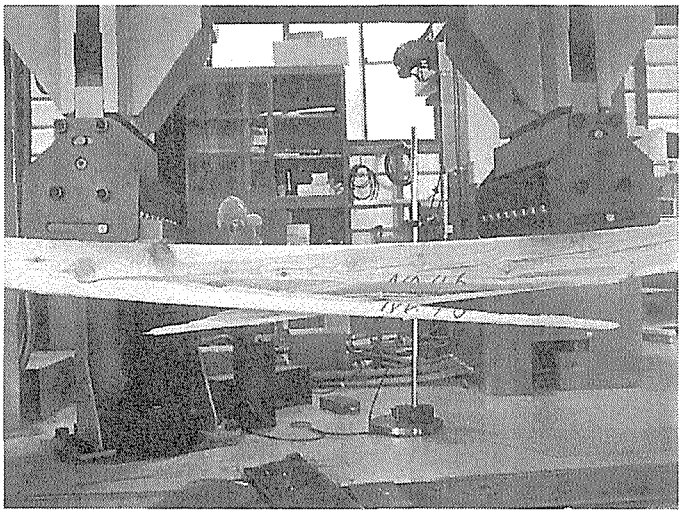


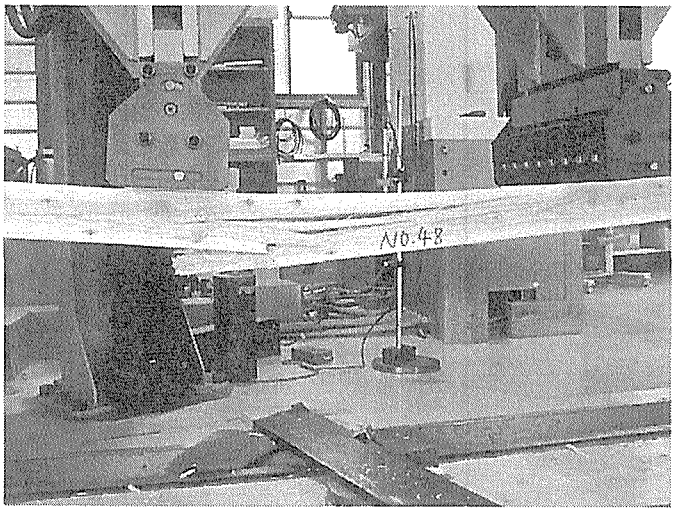
## カラマツ天然乾燥材の強度試験（割れとの関係）―その３―

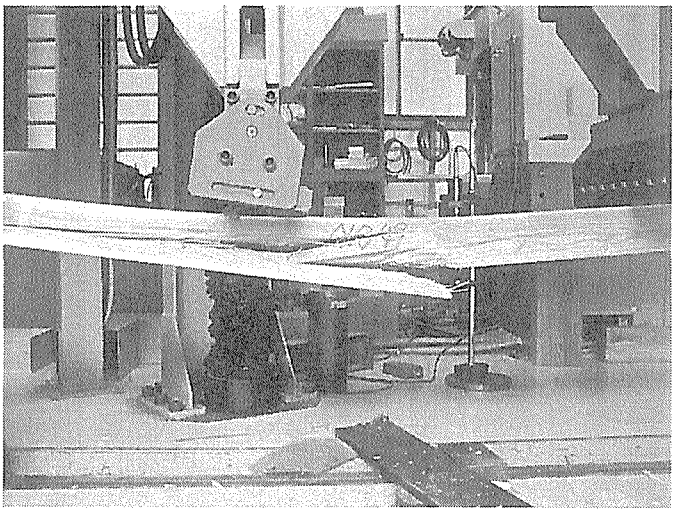






## 5．既往の関連試験研究

割れと強度との関係については，これまでに研究報告されている例が非常に少ないが，以下に３つの事例について，その要約（引用）を示す。

### 5．1　『スギ構造材の干割れが力学的性質に及ぼす影響－曲げ強さと曲げヤング係数について－』荒武志朗他，木材工業 Vol. 48，No. 4，1993

10.5×10.5×300cm のスギ心持ち材 60 本を試験材とした。天然乾燥を２ヶ月間施し，その後蒸気式木材乾燥装置にて 65～70℃，湿度 80～95％で 30 日間人工乾燥を行った。
曲げ試験時の含水率は，平均で 13.2％である。曲げ強度試験は，オルゼン式万能試験機（10tf）を用いて３等分点４点荷重方式により実施した。

割れと強度との関係は，割れ面積との関係で評価した。

（1）干割れの曲げ強さに及ぼす影響

干割れ面積が顕著なほど曲げ強さは高い傾向を示す（**図３－２２**）。これは，干割れによって縦断面が大きく欠損した材であっても，曲げ強さは低いとは言えず，むしろ干割れを生じやすい材の曲げ強さは，材質的に高いことが示唆された。

曲げ強さと比重との関係は，r＝0.743 で比重の依存性は高かったが，干割れ面積と比重との関係は**図 23** に示すように，ほとんど認められなかった。このことから，干割れ材の曲げ強度が高い原因を，比重との関連から説明することはできない。

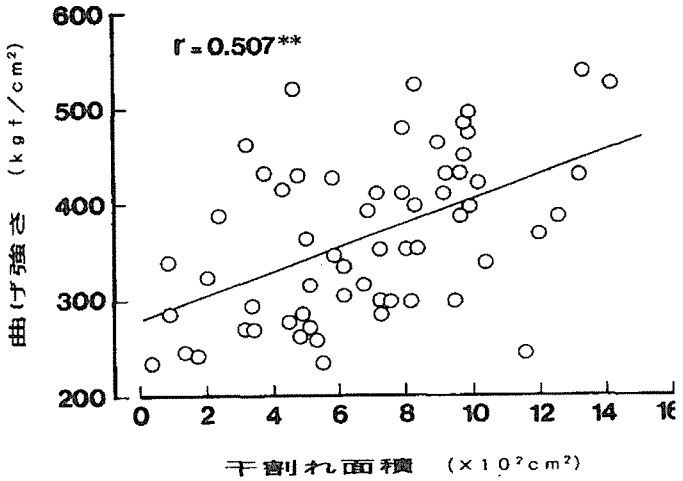



**図３－２２　曲げ強さと干割れ面積との関係（荒武）**

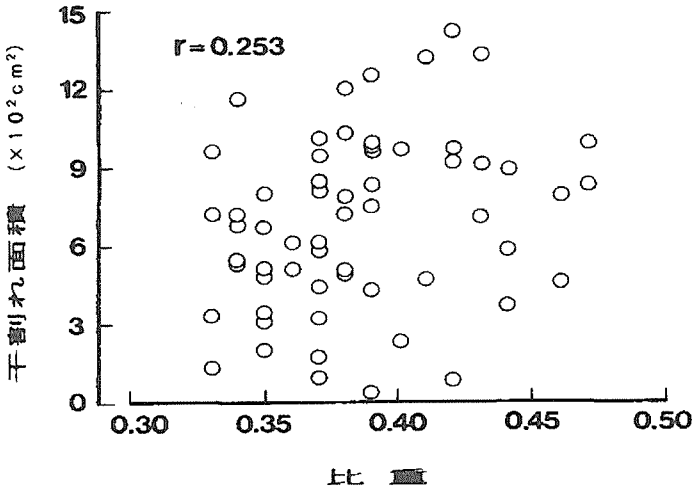



図３－２３　干割れ面積と比重との関係（荒武）

（２）干割れの曲げヤング係数に及ぼす影響

曲げヤング係数と干割れ面積の関係は，干割れを生じやすい材の方が高い値を示す正の相関にあり，この傾向は曲げ強さにおけるよりもさらに著しい（図 24）。

曲げヤング係数と曲げ強度の関係が，r＝0.628 と相関が高いことから，干割れの生じやすい材を曲げヤング係数の高い材と考えれば，曲げ強さと干割れの関係は説明できる。

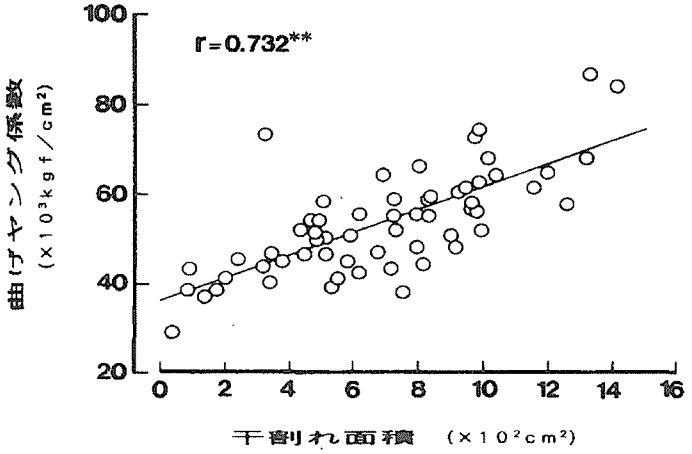



図３－２４　曲げヤング係数と干割れ面積との関係（荒武）

（３）まとめ

スギ心持ち正角材に対して，比較的厳しい乾燥条件により気乾状態まで乾燥した後曲げ試

験を行い，干割れが曲げ強さ及び曲げヤング係数に及ぼす影響について調べた。また，干割れを生じやすい材の予測因子について併せて検討した。

その結果，干割れは曲げ強さ及び曲げヤング係数には影響せず，むしろ干割れを生じやすい材はそれらの値が高い傾向を示すことが示唆された。また，干割れを生じやすい材の予測指標は，偏心率などの視覚的因子よりも，曲げヤング係数が高い推定精度を示すことが分かった。

### 5．2　『スギ平角の曲げ試験－静岡県産スギ中目丸太を原料とし製材・乾燥した平角の曲げ試験－』池田潔彦，エンジニアリングウッド性能評価事業報告書，（財）日本住宅・木材技術センター，1996

6ヶ月間の葉枯らしを行った丸太から製材された，10.5×21.0～24.0×380～400 cm のスギ平角材 192 本を試験体とした。平角の乾燥は，96 本を天然乾燥（4～12ヶ月間），96 本を人工乾燥（標準：乾球温度 50～69℃，高温：乾球温度 85～95℃，超高温：乾球温度 93～121℃）した。

実大材曲げ試験は，実大強度試験機（50tf）を用いて，スパン 360cm の 3 等分点 4 点荷重方式で実施した。

（1）　曲げヤング係数（MOE）及び材質と曲げ強度（MOR）との関係

**図３－２５**に MOE と MOR との関係を示した。両者の相関は乾燥材（全乾法 25%以下のもの）が未乾燥材（全乾法 25%を超えるもの）に比べやや高く，両者間の回帰式によれば乾燥材は未乾燥材に比べ MOE が大きな領域で MOR が大きくなる傾向が見られた。

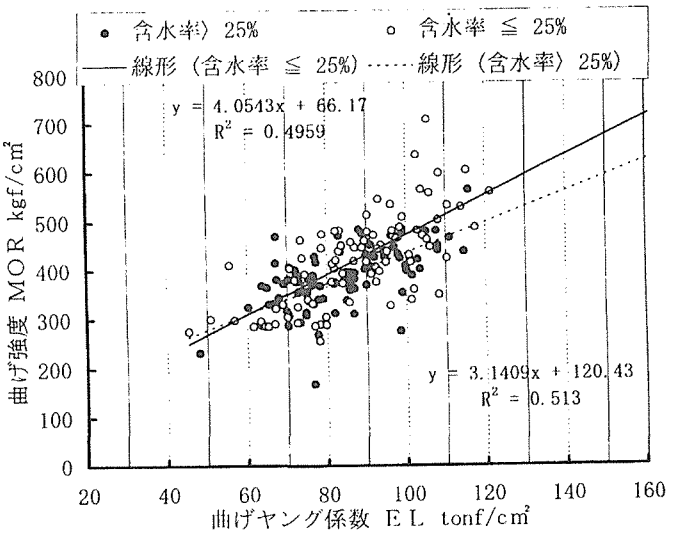



**図３－２５　スギ平角の MOE と MOR との関係（池田）**

また，MOR と材質項目との単相関分析を行った結果では，有意な相関が認められたのは，含水率，Efr（動的ヤング係数），MOE，比例限強度であり，平均年輪幅や密度には相関が認

められなかった。

また，MOR と節径比との相関は，狭い面における荷重点間の最大単独節径比，狭い面における全区間の最大単独節径比，広い面の材縁部における全区間の最大単独節径比に低い相関が認められたが，その他の節径比とは相関が認められなかった。

（2）割れと MOE，MOR との関係

**図３－２６**に乾燥に伴い発生した木口や材面の割れの量と MOE との関係を，**図 27** に同じく MOR との関係を示した。

両者には相関が認められず，木口や材面割れが MOR の低減に及ぼす影響は極めて少ないと考えられた。ただし，曲げ試験の破壊形態では，木口や材面の割れが大きなものは，割れ発生個所よりせん断力によって破壊するものが見られた。そのようなものは，接合部における耐力の低減に極めて密接に関与するため注意する必要があると思われる。

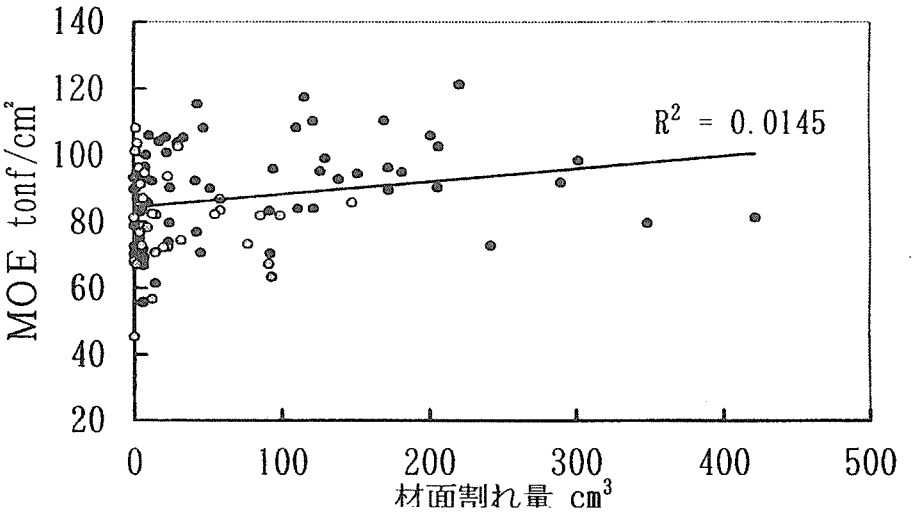



**図３－２６　乾燥による材面割れ量と MOE との関係（池田）**

○含水率 25%より大，●含水率 25%以下

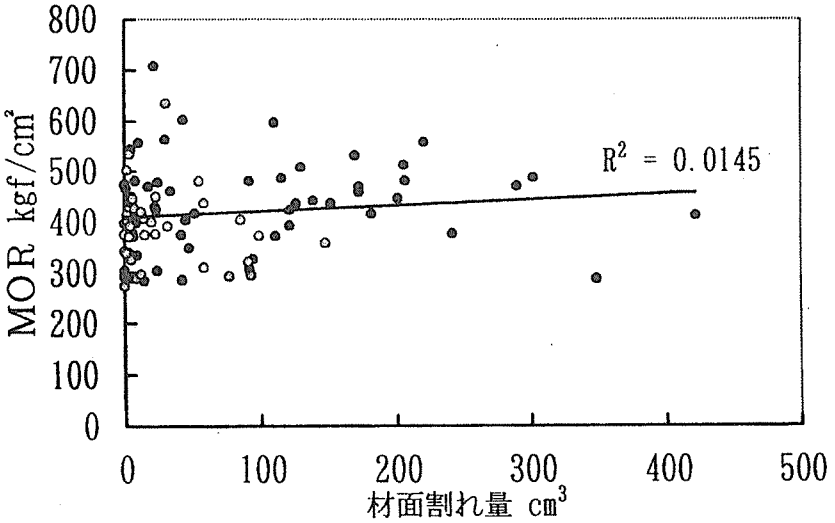



図 27　乾燥による材面割れ量と MOR との関係（池田）

材面割れ量 $cm^3$ ＝ 両木口の平均割れ幅 × （両木口の割れ長さ ＋ 材面割れ長さ）

○含水率 25%より大，●含水率 25%以下

## 5．3　『スギ乾燥材の割れと強度の関係』岡崎泰男他，第 51 回日本木材学会大会研究発表要旨集，2001

10.5×10.5×300～365 cm のスギ正角材 155 本を試験体とした。この内，116 本は高周波・熱気複合乾燥，残り 39 本は熱気乾燥によるもので，含水率が 20%以上のものについては戸外で 4～6 ヶ月間天然乾燥を行い，含水率が 20%以下になるまで調整を行った。

4 面の表面割れの長さ及びその幅，両木口の木口割れを測定した後に強度試験を実施した。

強度試験は曲げ試験，圧縮強度試験，接合部試験を実施した。曲げ強度試験は，スパン 270cm の 3 等分点 4 点荷重方式で実施し，圧縮試験は，長さ 50cm の試験体で実施した。接合部試験では，土台－柱接合とし，接合部は，釘 N90-8 本を使用した山型プレート接合と金物 HD-B10，ラグスクリューLS12－2 本を使用したホールダウン接合の 2 種類とした。

結果を以下に示す。

（1）曲げ強度は，乾燥割れの影響を受けない（**図３－２８**）。

（2）短柱圧縮強度は，ヤング係数が低いものについては割れの影響を受けないが，高いものについては割れ長さが大きいほど強度が低下するという傾向が見られた　（**図３－２９**）。

（3）山型プレート接合部については，試験体のほとんどが土台側で破壊した。したがって柱の割れの影響はない。

（4）ホールダウン接合部については，乾燥割れの存在の影響をうけるものと受けないものがあり，結果として明確な傾向は得られていない。

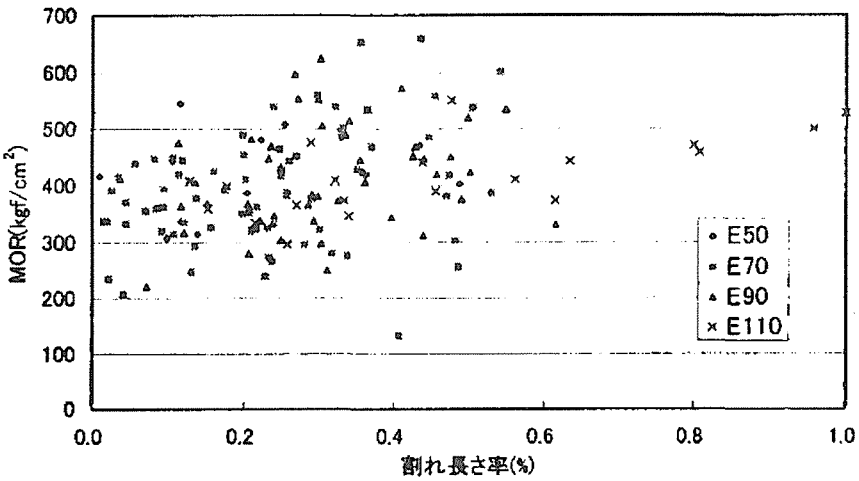



図３－２８　表面割れ長さと MOR の関係（岡崎）

（割れ長さ率）＝（４面の表面割れ長さの合計）/（長さ×4）

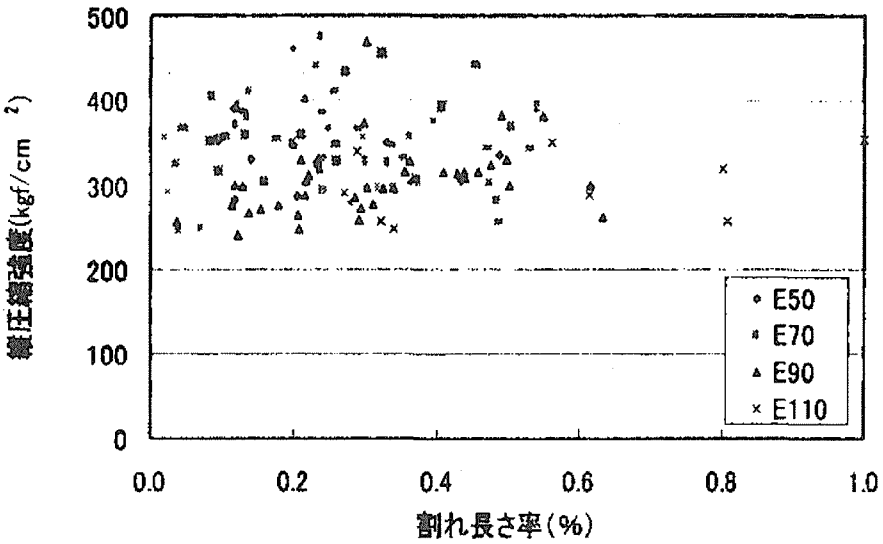



図３－２９　表面割れ長さと短柱縦圧縮強度の関係（岡崎）

## ４章　木材の使用環境と部材含水率測定

### １　目的

実使用状態の住宅室内の環境（温度、湿度）および部材含水率を把握することは、木材品質向上、住宅性能向上および適正な乾燥材含水率基準を考えるための基礎的情報として重要であるが現在これらのデータの蓄積が少ない。そこで、居住宅室内の温湿度環境測定ならびに、それらの住宅室内に置かれた木材の含水率の経時的変化を通年追跡することとした。加えてひとつの住宅においては、寸法変動を計測した。

### ２　実験方法

#### ２．１　試験材

スギ正角(105mm 角，長さ 20cm)，スギ板目板（幅 10cm，厚さ 2cm，長さ 20cm）を各２体ずつ４体を１組として２組を準備した。室内において図4-1のように桟積みして次項に述べる室内に設置した。

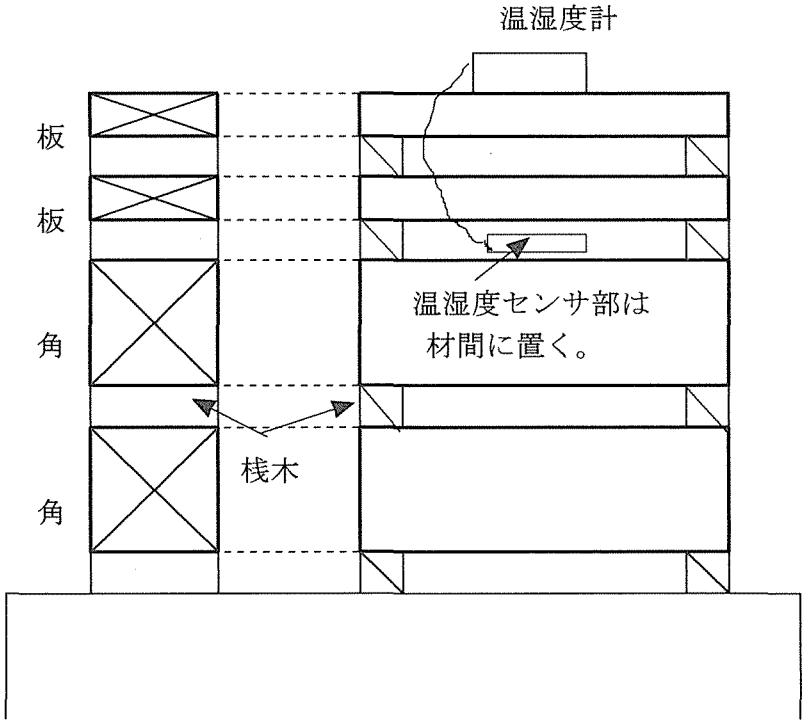



**図４－１　試験材の設置方法**

#### ２．２　設置場所

実際に居住している（冷暖房運転あり）以下の表 4-1 に示すア～エの４つの住宅室内に試験材を設置した。試験材設置室内の内装仕上げ概要を合わせて表 4-2 に示す。

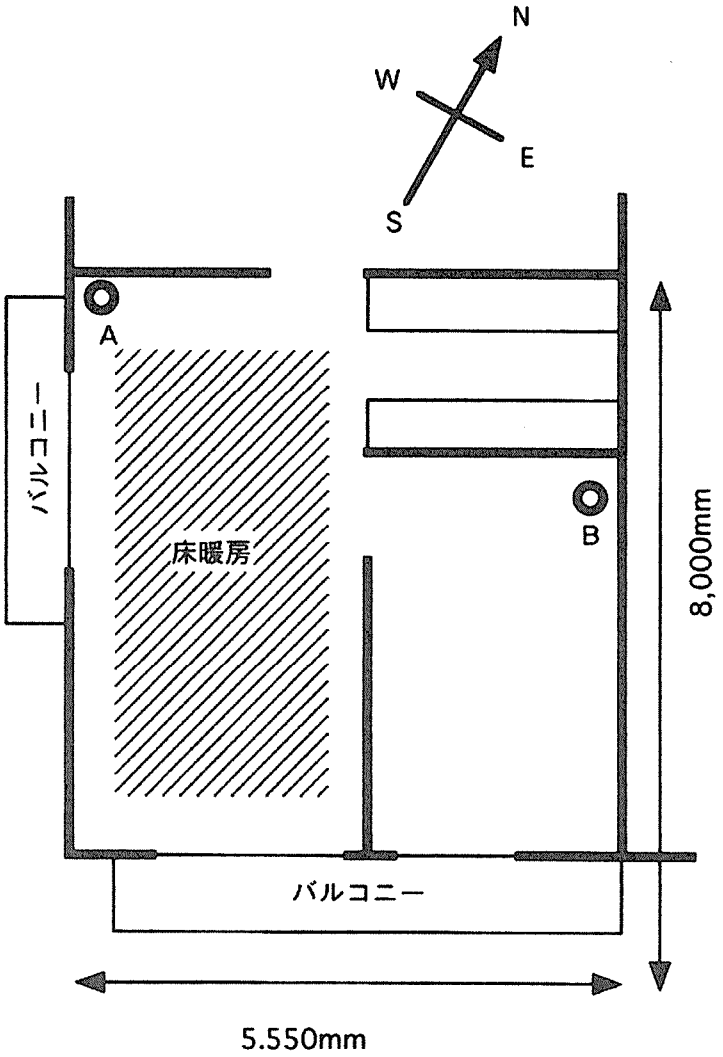
なお２組の試験体のうち１組は日当たりのある位置、１組は日当たりのない位置に設置した。また、各室内での試験材の設置位置について図4-2～図4-5までに示した。

**表４－１　測定に用いた住宅の概要**

| 対象住宅番号 | 構造 | 階数 | 築年数 | 所在地 |
|---|---|---|---|---|
| ア | ＲＣ集合住宅 | １５階建ての１１階部 | 新築１年未満 | 東京都文京区（SA宅） |
| イ | 軽量鉄骨造スレート葺き | ２階建ての２階部 | 築４０年以上 | 東京都台東区（SI宅） |
| ウ | 木造戸建て | １，２階 | 築１０年 | 長野県塩尻市（YO宅） |
| エ | ＲＣ集合住宅 | ４階建ての１階部 | 築１０年以上 | 岡山県津山市（KA宅） |

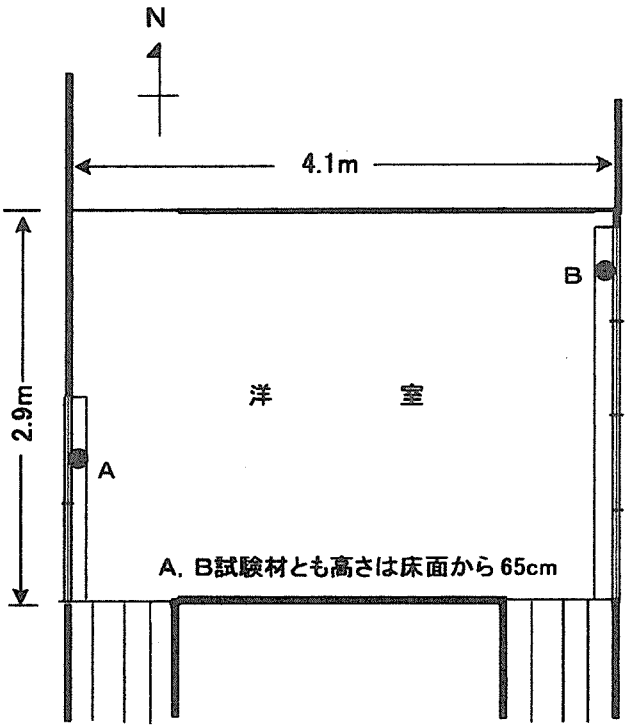
**表４－２　測定に用いた住宅の内装仕上げ概要と木材等吸放湿性材料使用割合**

| 測定対象住宅 | 床 | 壁 | 天井 | その他特記事項 |
|---|---|---|---|---|
| ア | 南西部屋<br>複合フローリング | ビニルクロス | クロス貼り | デスクの天板、ドア、フローリングが木材<br>木材率 26.2% |
| | 北東の部屋<br>カーペット | ビニルクロス | クロス貼り | デスク天板、ドアのみ木材。木材率 5.6% |
| イ | カリン無垢無塗装単層フローリング | セッコウボード＋ビニルクロス貼り | ベイマツ柾目無塗装材（単層羽目板貼り） | 内装仕上げにおける木材率は39. 5%<br>窓は東西方向に２カ所、（暖房）ガスストーブ、（冷房）壁取り付け型エアコン。 |
| ウ | 日の当たる部屋<br>フローリング | ビニルクロス貼り | ビニルクロス | 内装仕上げにおける木材率は約 15 %。<br>その他、木製机（１）、タンス(3)、ベッド(1)あり。ｸﾛｽ:ｶﾞﾗｽ:ﾌﾛｰﾘﾝｸﾞ=7.5:1:1.5 |
| | 日が当たらない部屋<br>フローリング、畳 | ビニルクロス他 | 天井板 | 部屋の仕上げにおける木材率は約 25 %。<br>ｸﾛｽ:ｶﾞﾗｽ:木材:畳=5:1.5:2.5:1。 |
| エ | 日の当たる部屋<br>畳（2.25m$^2$、18.8%）、コンクリート（2.25m$^2$、18.8%）、漆喰（4.075m$^2$、33.9%）、<br>ふすま（紙貼り）1.875m$^2$、15.6%）、ガラス 1.0m$^2$、8.3%）、木材（0.55m$^2$、4.6%）<br>木材（4.6%)＋畳＋ふすま＝ 39.0%が主な吸湿性材料と見なせる。 | | | |
| | 日の当たらない部屋<br>畳（3.0m$^2$、20.3%）、コンクリート（3.0m$^2$、20.3%）、漆喰（3.0m$^2$、20.3%）、<br>ふすま（紙貼り）3.0m$^2$、20.3%）、ガラス 0.5.m$^2$、.3.4%）、木材（2.25m$^2$、15.4%）<br>木材（15.4%)＋畳＋ふすま＝ 56.0%が主な吸湿性材料と見なせる。 | | | |

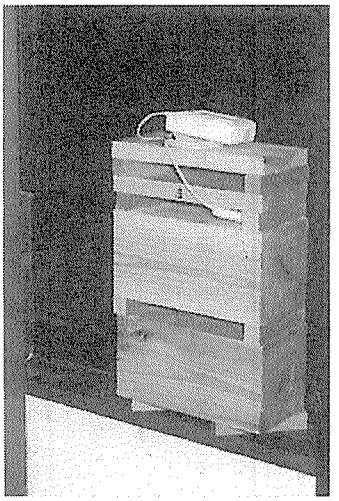



A: 日当たり有り、 B: 日当たり無し

図４－２　試験材設置位置（住宅（ア））




A:日当たり無し、B:日当たり有り



A

B

**図４－３　　試験材設置位置（住宅（イ））**

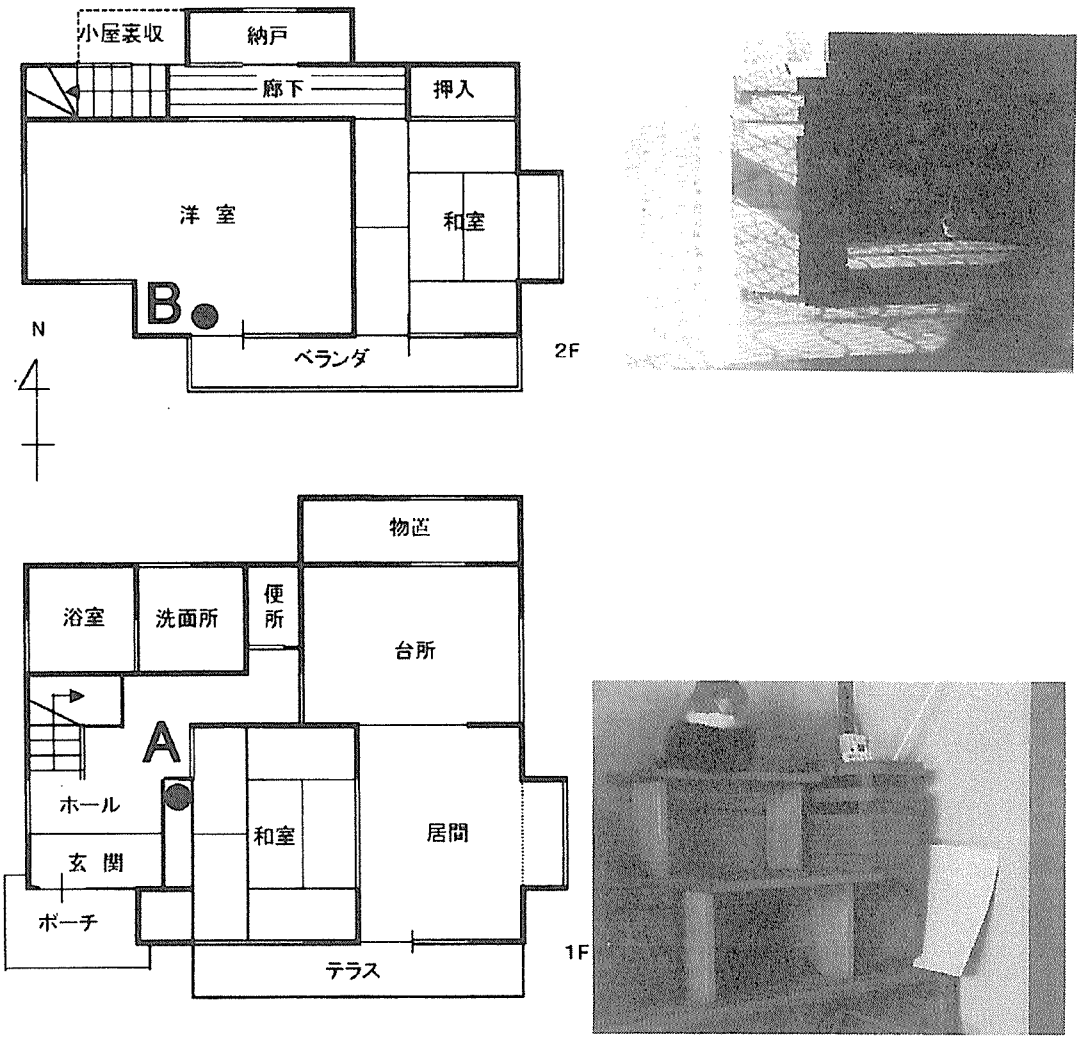



図４－４　試験材設置位置（住宅（ウ））

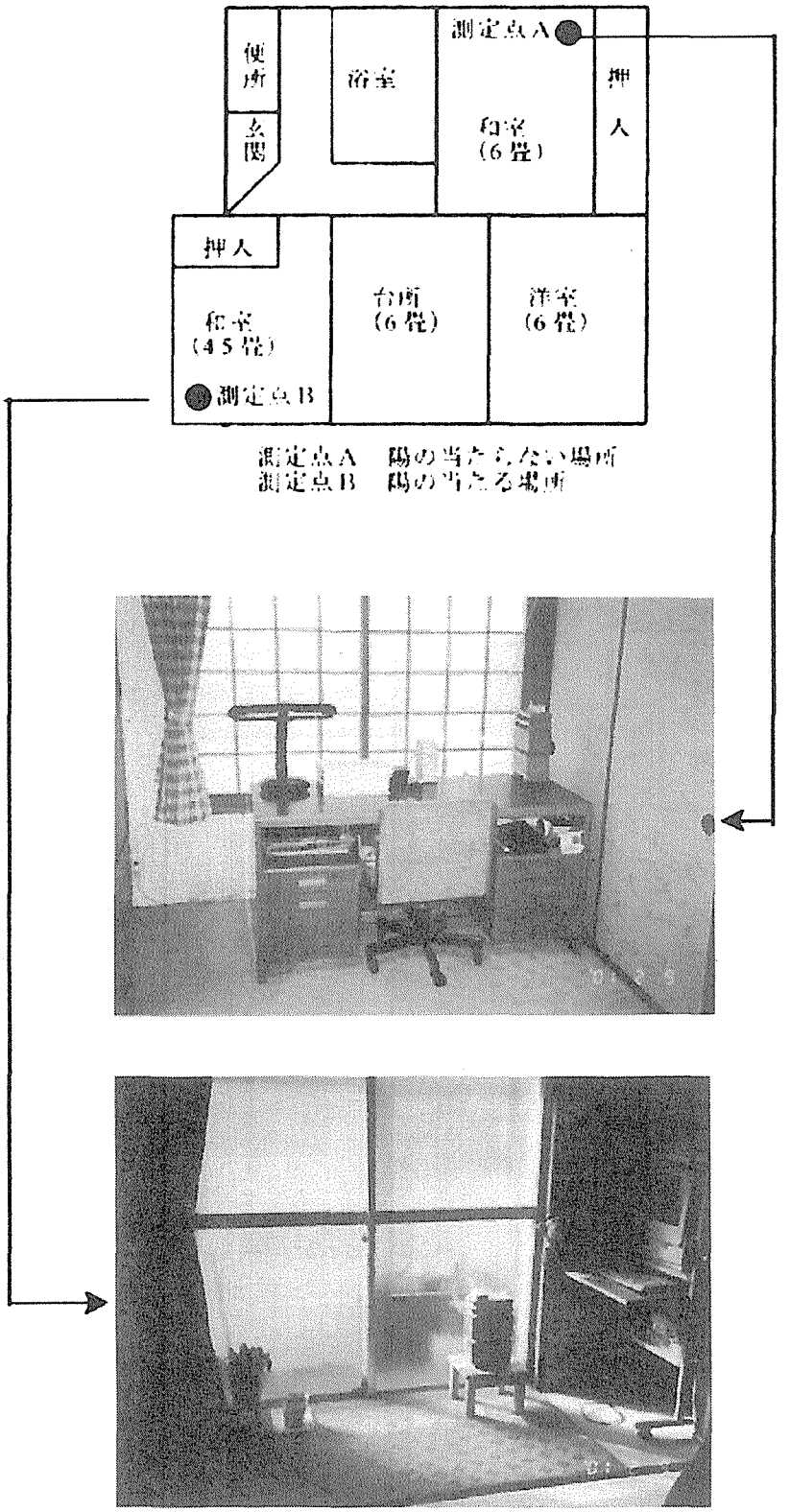



**図４－５　　試験材設置位置（住宅（エ））**

## ２．３　室内温湿度・木材含水率の測定

測定手順：

①製材後，木口面処理、20℃，65%RH にて調湿

②４つの住宅に木材サンプルを郵送

③４つの住宅において同型電子天秤にて重量計測定後室内に放置（前出の図4-1）

④７日に１回電子天秤にて重量計測，温度湿度連続計測（サンプリングインターバル１時間），２週間に１回温湿度データをパソコンに移す。

⑤2000年11月～2001年11月までの最低１年間データを採取する。

前出の図4-1にある材を１セットとして、日光があたる室内および日光があたらない室内に２組セットした（例えば**図4-3**参照）。

重量測定には、表示値が同一であることを確かめた同じ種類の電子天秤４台（各住戸に１台ずつ設置）を使用し、重量を 1/100g 単位で測定した。温度湿度測定はﾒﾓﾘ機能のある電子式の簡易温度湿度計を用いた。

## ２．４　試験期間

試験は平成 12 年 11 月～平成 13 年 11 月までの１年間とした。

# ３　結果

## ３．１　室内温湿度

４つの住宅における室内環境（室温、室内相対）の測定結果を、日当たりの少ない場所に設置した場合、日当たりのあるところに設置した場合の別にそれぞれ、クリモグラフ（横軸の室温、縦軸に相対湿度として描いた図）として**図 4-6，図 4-7、図 4-8，図 4-9、図 4-10、図 4-11、図 4-12、図 4-13** に示す。

また、室内の温度湿度統計値を、住宅別に、それぞれ**表 4-3，表 4-4、表 4-5，表 4-6** にまとめた。

これらの結果より室内環境についてわかることを列記すると、

### ３．１．１　最近新築されたＲＣ造住宅の傾向

他の住宅に比較して温度、湿度の変動が非常に少ない（図 4-6，4-7）

### ３．１．２　ＲＣ造以外の住宅の傾向

ＲＣ造住宅以外の住宅の室内環境は類似した傾向を示し、日当たりがある場所の温度、湿度の変動が大きく（図 4-8，図 4-10，図 4-12）、一方、日当たりのない場所の温度、湿度の変動は小さい（図 4-9、図 4-11、図 4-13）。

### ３．１．３　日当たりのある場所の温度湿度の傾向

日当りのある場所では、明け方の低温高湿、それ以外の時間帯の高温低湿のサイクルの繰り返しが明確であり、図 4-13 において低温時間帯での高湿状態が観測され

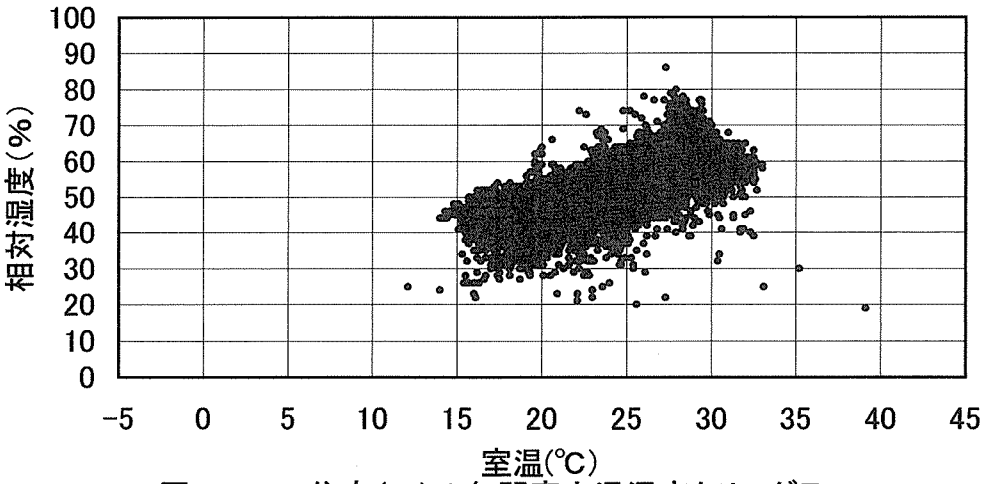



図4－6　住宅(ア)の年間室内温湿度クリモグラフ
(測定期間:2000.11.18-2001.12.1、日当り無)

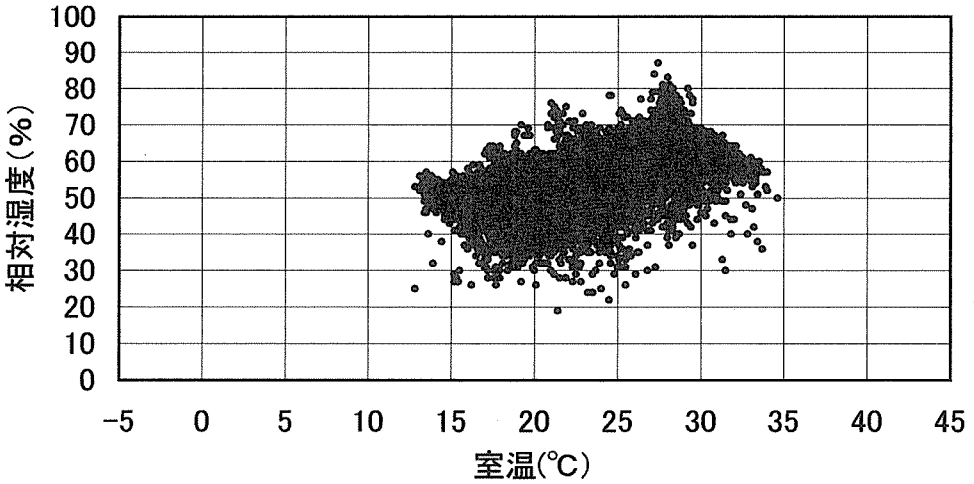



図4－7　住宅(ア)の年間室内温湿度クリモグラフ
(測定期間:2000.11.8-2001.12.1、日当り有)

表4－3　住宅(ア)の年間室内温湿度統計値

| 設置条件 | 測定項目 | 平均値 | 最大値 | 最小値 | 最大値-最小値 | 標準偏差 | 変動係数(%) | データ数 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 日当り無 | 室温(℃) | 23.5 | 39.1 | 12.1 | 27.0 | 4.4 | 18.8 | 9072 |
| | 相対湿度(%) | 51.8 | 86.0 | 19.0 | 67.0 | 8.8 | 17.0 | 9072 |
| 日当り有 | 室温(℃) | 23.0 | 34.6 | 12.8 | 21.8 | 4.7 | 20.5 | 9301 |
| | 相対湿度(%) | 54.3 | 87.0 | 19.0 | 68.0 | 8.5 | 15.6 | 9300 |

測定期間:2000.11.8-2001.12.1

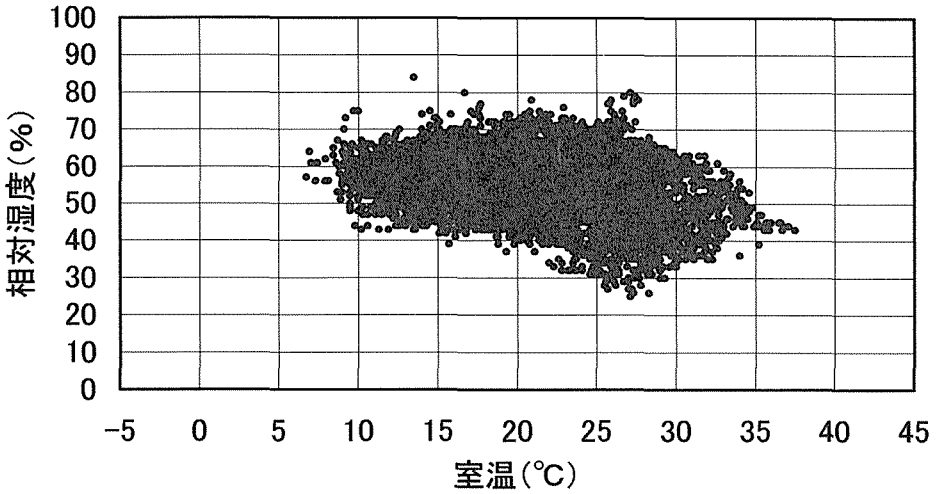



図4－8 住宅(イ)の年間室内温度湿度クリモグラフ
(測定期間:2000.11.22-2001.11.25、日当り無)

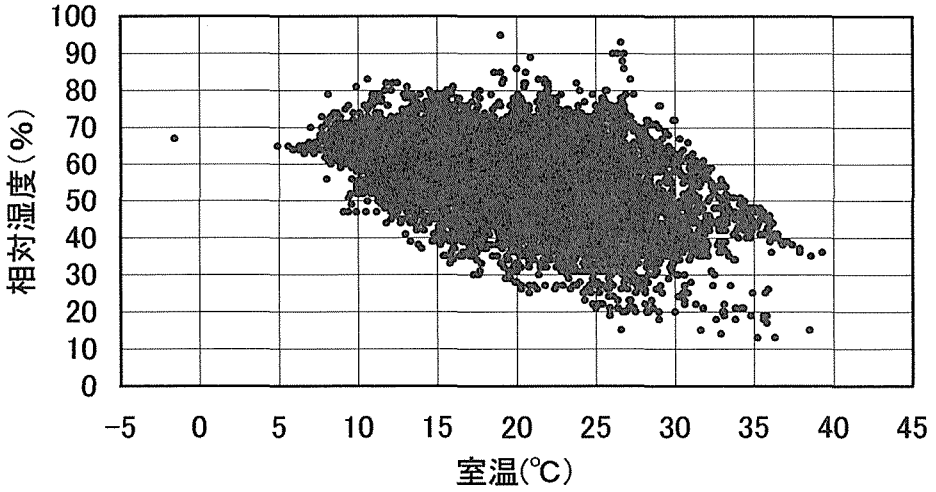



図4－9 住宅(イ)の年間室内温湿度クリモグラフ
(測定期間:2000.11.22-2001.11.25、日当り有)

表4－4 住宅(イ)の年間室内温湿度統計値

| 設置条件 | 測定項目 | 平均値 | 最大値 | 最小値 | 最大値-最小値 | 標準偏差 | 変動係数(%) | データ数 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 日当り無 | 室温(℃) | 21.1 | 37.5 | 6.7 | 30.8 | 5.3 | 25.0 | 8824 |
| | 相対湿度(%) | 54.9 | 84.0 | 25.0 | 59.0 | 7.8 | 14.2 | 8824 |
| 日当り有 | 室温(℃) | 20.8 | 39.3 | -1.6 | 40.9 | 5.7 | 27.3 | 8824 |
| | 相対湿度(%) | 56.0 | 95.0 | 25.0 | 70.0 | 11.0 | 19.6 | 8824 |

測定期間:2000.11.22-2001.11.2

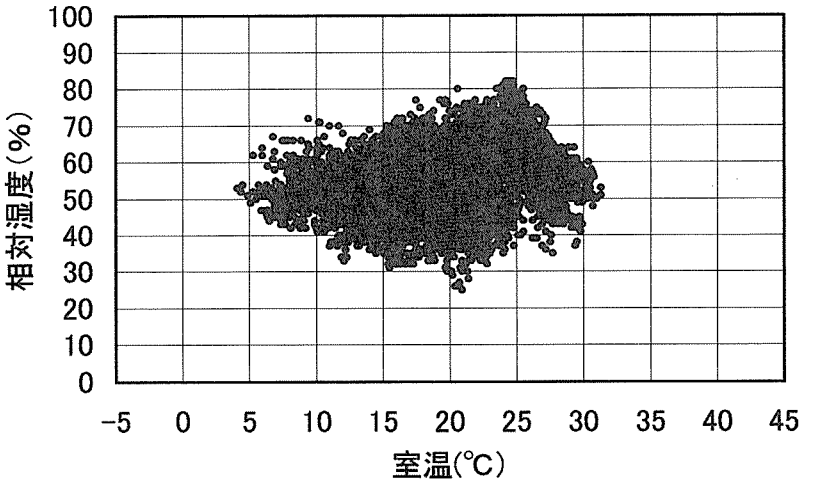



図4－10　住宅(ウ)の年間室内温湿度クリモグラフ
(測定期間:2000.11.5-2001.12.1、日当り無)

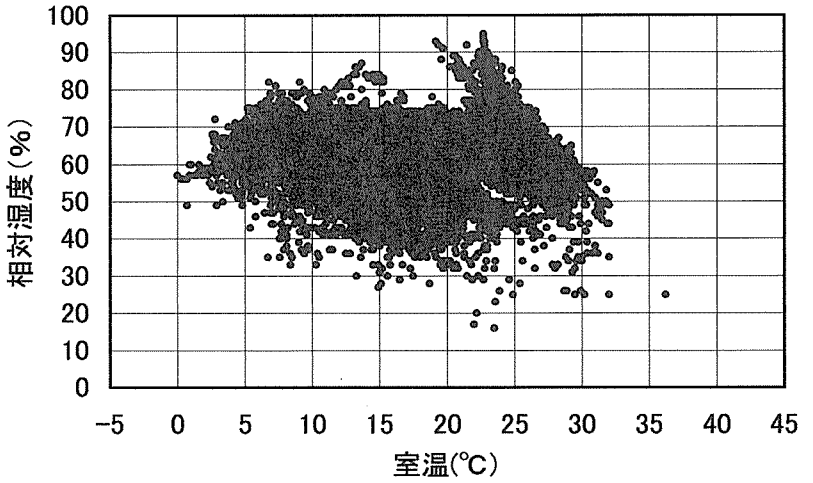



図4－11　住宅(ウ)の年間室内温湿度クリモグラフ
(測定期間:2000.11.16-2001.12.1、日当り有)

表4－5　住宅(ウ)の年間室内温湿度統計値

| 設置条件 | 測定項目 | 平均値 | 最大値 | 最小値 | 最大値-最小値 | 標準偏差 | 変動係数(%) | データ数 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 日当り無 | 室温(℃) | 20.1 | 31.3 | 4.1 | 27.2 | 4.6 | 22.9 | 9321 |
| | 相対湿度(%) | 54.3 | 82.0 | 25.0 | 57.0 | 8.9 | 16.5 | 9321 |
| 日当り有 | 室温(℃) | 16.7 | 36.2 | 0.0 | 36.2 | 6.7 | 40.2 | 8783 |
| | 相対湿度(%) | 61.1 | 95.0 | 16.0 | 79.0 | 9.8 | 16.0 | 8783 |

測定期間:2000.11.16-2001.12.1

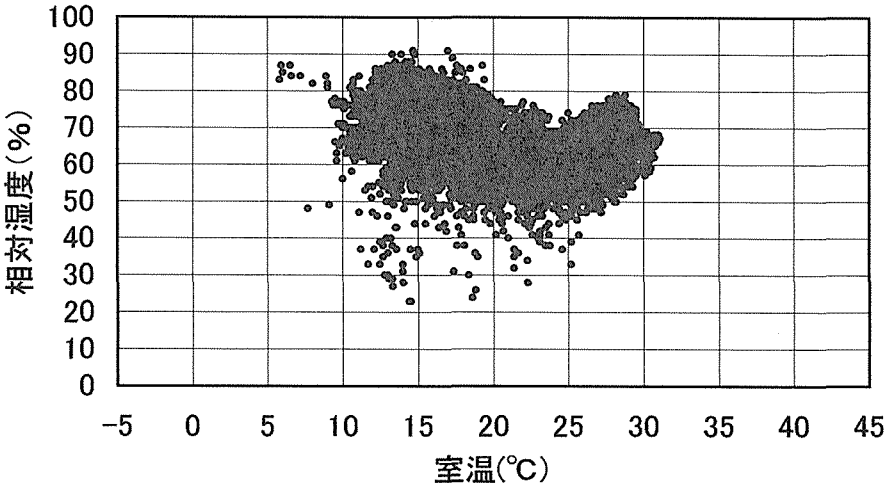



図4－12　住宅(エ)の年間室内温湿度クリモグラフ
(測定期間:2000.11.4-2001.11.24、日当り無)

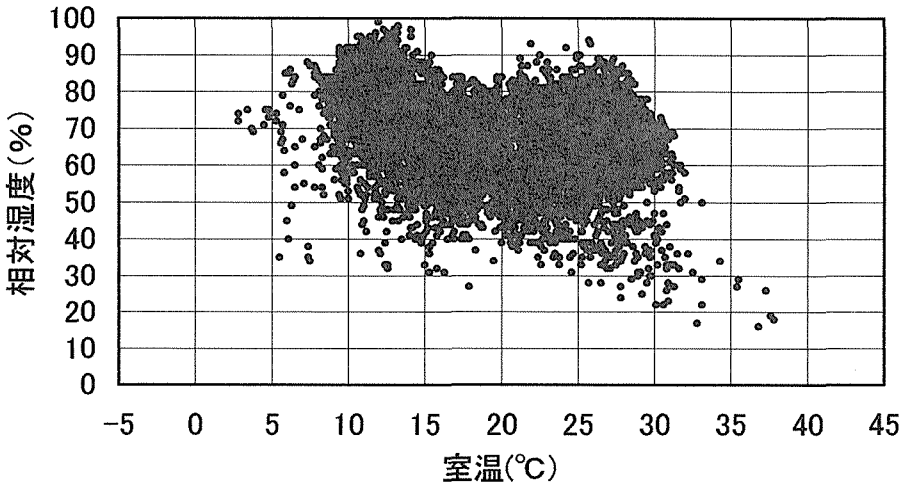



図4－13　住宅(エ)の年間室内温湿度クリモグラフ
(測定期間:2000.11.19-2001.11.24、日当り有)

表4－6　住宅(エ)の年間室内温湿度統計値

| 設置条件 | 測定項目 | 平均値 | 最大値 | 最小値 | 最大値-最小値 | 標準偏差 | 変動係数(%) | データ数 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 日当り無 | 室温(℃) | 19.9 | 31.1 | 5.8 | 25.3 | 5.6 | 28.1 | 9159 |
| | 相対湿度(%) | 66.2 | 91.0 | 23.0 | 68.0 | 8.2 | 12.4 | 9159 |
| 日当り有 | 室温(℃) | 19.4 | 37.8 | 2.8 | 35.0 | 6.4 | 32.9 | 8678 |
| | 相対湿度(%) | 68.7 | 99.0 | 16.0 | 83.0 | 11.5 | 16.8 | 8678 |

測定期間:2000.11.19-2001.11.24、日当り有。2000.11.4-2001.11.24、日当り無。

結露発生の可能性が認められる。

### ３．１．４　木造住宅の特徴

住宅（イ）、住宅（ウ）では、温度変動の大きさに対して湿度変動が小さい。このことは内装仕上げにおける木材等の吸湿性材料の使用率が関係するものと思われる。

### ３．１．５　ＲＣ造住宅での木質内装による調湿の影響

住宅（ア）、（エ）のＲＣ造住宅では、温度変動が小さい割に湿度変動が相対的に木造住宅よりも大きく（図 4-6, 図 4-12）木材等の内装仕上げによる調湿が少ないように見受けられる。

### ３．１．６　４つの住宅の年間温度湿度

4 つの住宅を合わせたデータを日当たり無し、日当たり有り別に集計して表すと、図 4-14、図 4-15 のようになる。図 4-14 における平均値は室温 21.1 ℃、湿度 57 %であった。また図 4-15 における平均値は 18.2 ℃、湿度 60 %でった。また変動幅を見ると、日当り無しの場所では、室温が 4.1 ℃～ 39.9 ℃、また、湿度変動は 19 %ＲＨ～ 91 %ＲＨとなった。一方、日当り有りの場所では室温が-1.6 ℃~37.8 ℃、湿度が 14%～ 99 %ＲＨとなった。変動係数を見ると、日当りありの場所のほうが大きくなった。これは図 4-15 を見てもわかるが日当りのある場所では、日射を受けて高温低湿となる時間および低温高湿となる時間があるため室内環境の変動が日当り無しの場所に比べて大きくなるためである。すなわち室温が 4.1 ℃～ 39.9 ℃、また、湿度変動は 19 %ＲＨ～ 91 %ＲＨとなった。

以上の結果を年間温度湿度の統計値として表 4-7 に示した。

**表４－７　室内の年間温度湿度の統計値（４つの住宅総合）**

| 試験材設置場所 | 室内環境 | 平均値(%) | 最大値 | 最小値 | 標準偏差 | 変動係数(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 日当たり無し | 室温（℃） | 21.1 | 39.1 | 4.1 | 5.2 | 24.5 |
| | 湿度（%） | 57 | 91 | 19 | 10.1 | 17.8 |
| 日当たり有り | 室温（℃） | 18.2 | 37.8 | -1.6 | 6.3 | 31.7 |
| | 湿度（%） | 60 | 99 | 14 | 11.7 | 19.5 |

データ数：日当たり無しでは 36376、日当たり有りでは 35586。

### ３．１．７　居住宅環境における室内の平衡含水率

図 4-14、および図 4-15 には、温度湿度データにあわせて、局所的な環境における平衡含水率（EMC）を表示した。EMC は W.T.Simpson の表した(1)式を用いて求めた。

すなわち、室内環境として測定した温度(C)と相対湿度(RH) を使って、計算に必要な係数を(2)～(6)式に代入して求め、最終的に、これらを(1)式に代入して求められる。

$$EMC = 1800W \left( \frac{K \cdot L \cdot H}{1 + K \cdot L \cdot H} + \frac{L \cdot H}{1 - L \cdot H} \right) \quad (1)$$

$T=9/5*C+32$, （摂氏温度（C)から華氏温度(T）へ変換） (2)

$W=216.9+0.01961T+0.00572T^2$、 (3)

$K=3.73+0.03642T - 0.0001547T^2$, (4)

$L=0.674 + 0.001053T-0.000001714T^2$, (5)

$H=RH/100$ （相対湿度を 100 で序した湿度） (6)

ふたたび、図 4-14 および図 4-15 を見ると、それぞれの年平均温度湿度からもとまる EMC はそれぞれの図の中央に記載したごとく、10.4%および 11.1%であった。これは室内環境下で用いる木材が保持すべき乾燥程度を示すものでもある。したがって乾燥材含水率としては 10~11%程度が望ましいことを示している。

また一年を通して EMC は大きく変動することがわかる。すなわち、室内温度湿度データから求めた EMC は、日当りなしの場所では EMC5%～ 18%、日当たり有りの場所では、EMC3.5%～ 23%の範囲で変動した。

EMC はあくまで平衡時の含水率である。したがって、実際の木材の示す含水率は平衡に達するまでに時間を要するため EMC と同じ値を示すことはなく、EMC の変動範囲内の含水率で変動する。これについては次項にて詳述する。

## ３．２　室内の木材含水率

**表 4-8, 表 4-9, 表 4-10, 表 4-11** に４つの住宅室内に設置した木材の含水率を１週間間隔で１年間測定した結果を示した。結果からわかることは、

### ３．２．１　室内湿度環境と木材含水率

表 4-11 で示す住宅（エ）では、室内環境が高湿であったため木材含水率は 11.7%～ 13.6%と相対的に高い含水率状態にある。また表 4-8 に示す高温低湿であった住宅（ア）（ＲＣ造新築住宅）では相対的に低い含水率を示した。

### ３．２．２　木材の年間平均含水率

４つの住宅の角材、板材のデータを総合すると、年平均含水率は 10.3 %～ 13.6%の間で変動していた。また試験材の全含水率平均値は 11.6%であった。

### ３．２．３　角材と板材の年平均含水率

各住宅に置かれた木材の年平均木材含水率は板材の方が角材よりも低い値で推移した。この理由は、測定開始時の含水率が角材の方が板材よりも若干高い状態でス

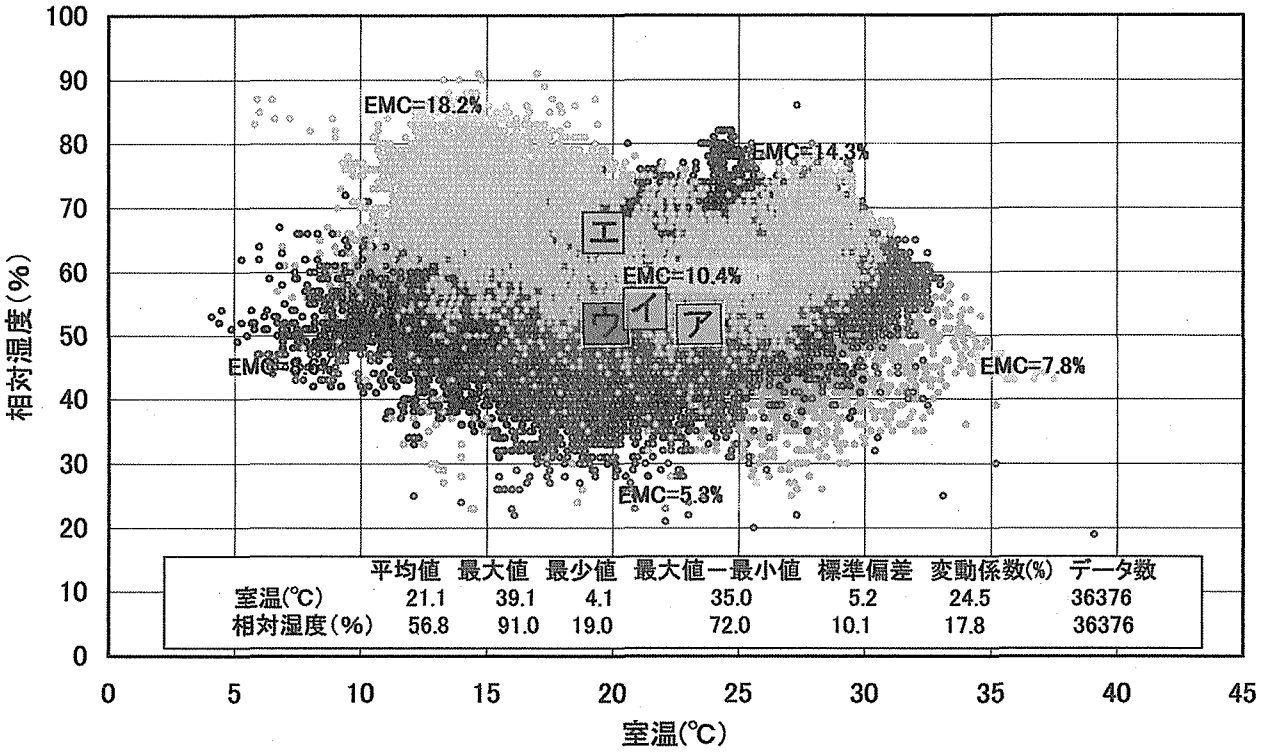



図4－14　4つの住宅の室内環境クリモグラフ(日当り無)
ア、イ、ウ、エはそれぞれの住宅の室温、相対湿度の年平均値。測定期間:2000.11月から1年間。EMC:平衡含水率(%).

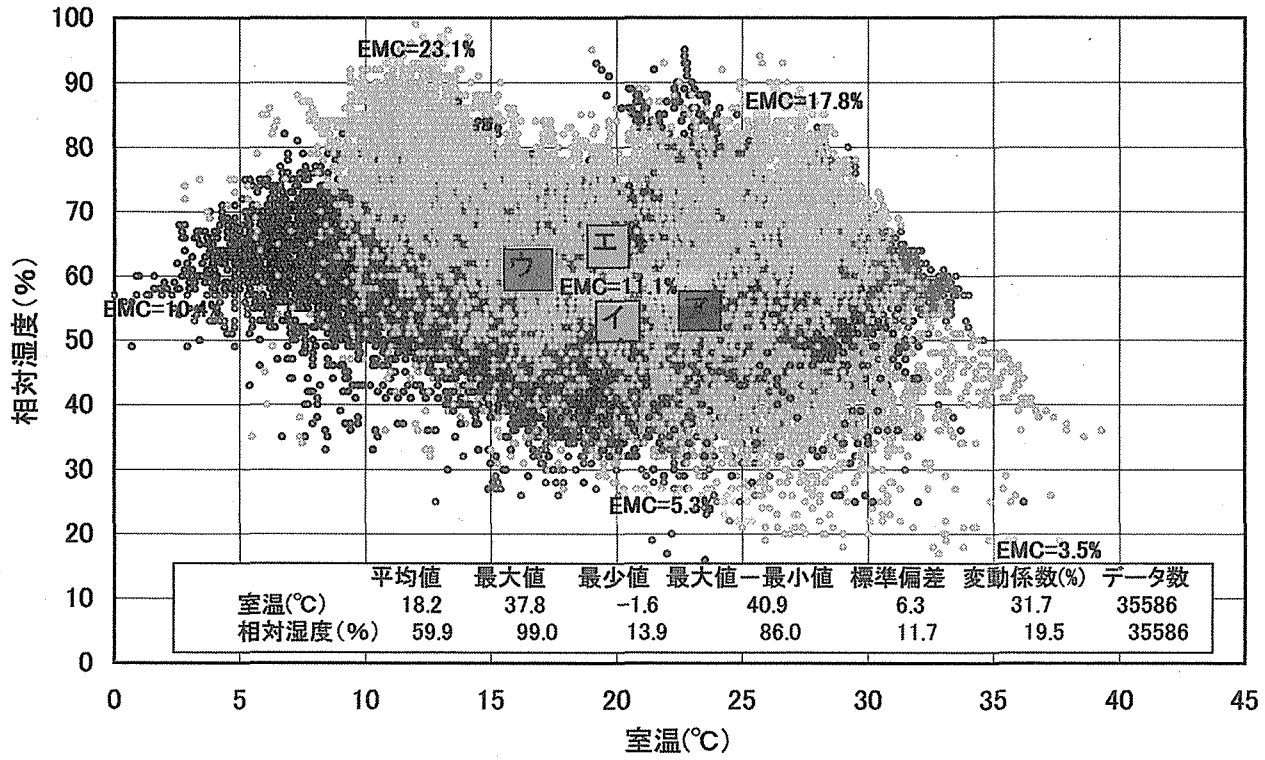



図4－15　4つの住宅の室内環境クリモグラフ(日当り有)
ア、イ、ウ、エはそれぞれの住宅の室温、相対湿度の年平均値。測定期間:2000年11月から1年間。
EMC:平衡含水率(%)

表4－8　室内放置木材の含水率（設置場所：住宅（ア）東京都）

| 設置条件 | 試験材(NO.) | 平均値（%） | 最大値（%）① | 最小値（%）② | 含水率変動①－② | 標準偏差（%） | 変動係数（%） | | データ数 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 日当たりなし | 柱（SSC-1） | 11.9 | 12.9 | 11.3 | 1.6 | 0.7 | 6.2 | 6.1 | 57 |
| | 柱（SSC-2） | 11.2 | 12.4 | 10.5 | 1.8 | 0.7 | 6.0 | | 57 |
| | 板（SSB-1） | 11.0 | 12.4 | 10.1 | 2.3 | 0.7 | 6.3 | 6.5 | 57 |
| | 板（SSB-2） | 10.7 | 11.9 | 10.0 | 1.9 | 0.7 | 6.6 | | 57 |
| 日当たりあり | 柱（SSC-3） | 11.3 | 13.9 | 10.5 | 3.4 | 0.8 | 6.7 | 6.5 | 57 |
| | 柱（SSC-4） | 10.8 | 13.1 | 10.0 | 3.1 | 0.7 | 6.2 | | 57 |
| | 板（SSB-3） | 10.7 | 12.3 | 9.7 | 2.5 | 0.6 | 5.9 | 5.4 | 57 |
| | 板（SSB-4） | 10.3 | 11.5 | 9.5 | 2.0 | 0.5 | 5.0 | | 57 |

2000年11月～2001年11月のデータの集計結果。

表4－9　室内放置木材の含水率（設置場所：住宅（イ）東京都）

| 設置条件 | 試験材(NO.) | 平均値（%） | 最大値（%）① | 最小値（%）② | 含水率変動①－② | 標準偏差（%） | 変動係数（%） | | データ数 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 日当たりなし | 柱（SC-3） | 11.8 | 13.5 | 9.7 | 3.8 | 1.2 | 10.1 | 10.1 | 44 |
| | 柱（SC-4） | 11.2 | 12.9 | 9.2 | 3.7 | 1.1 | 10.0 | | 44 |
| | 板（SB-3） | 10.8 | 12.0 | 8.6 | 3.4 | 0.8 | 7.5 | 6.9 | 44 |
| | 板（SB-4） | 10.6 | 11.5 | 8.6 | 2.8 | 0.7 | 6.4 | | 44 |
| 日当たりあり | 柱（SC-1） | 11.8 | 13.7 | 9.3 | 4.4 | 1.4 | 11.9 | 10.9 | 44 |
| | 柱（SC-2） | 12.0 | 13.9 | 9.8 | 4.1 | 1.2 | 9.9 | | 44 |
| | 板（SB-1） | 10.7 | 12.2 | 8.4 | 3.7 | 0.9 | 8.7 | 8.1 | 44 |
| | 板（SB-2） | 10.7 | 11.8 | 8.6 | 3.2 | 0.8 | 7.5 | | 44 |

2000年11月～2001年11月のデータの集計結果。

表4－10　室内放置木材の含水率（設置場所：住宅（ウ）塩尻市）

| 設置条件 | 試験材(NO.) | 平均値（%） | 最大値（%）① | 最小値（%）② | 含水率変動①－② | 標準偏差（%） | 変動係数（%） | | データ数 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 日当たりなし | 柱（YC-1） | 12.2 | 13.3 | 11.4 | 1.9 | 0.4 | 3.5 | 3.9 | 57 |
| | 柱（YC-2） | 11.7 | 13.5 | 10.9 | 2.7 | 0.5 | 4.4 | | 57 |
| | 板（YB-1） | 11.4 | 12.9 | 10.2 | 2.7 | 0.6 | 5.3 | 4.9 | 57 |
| | 板（YB-2） | 11.3 | 12.6 | 10.3 | 2.3 | 0.5 | 4.5 | | 57 |
| 日当たりあり | 柱（YC-3） | 12.4 | 13.1 | 11.6 | 1.5 | 0.3 | 2.8 | 2.8 | 57 |
| | 柱（YC-4） | 11.7 | 12.4 | 10.9 | 1.4 | 0.3 | 2.8 | | 57 |
| | 板（YB-3） | 11.7 | 12.9 | 10.4 | 2.5 | 0.5 | 4.6 | 4.3 | 57 |
| | 板（YB-4） | 11.2 | 12.2 | 10.2 | 2.0 | 0.4 | 4.0 | | 57 |

2000年11月～2001年11月のデータの集計結果。

表4－11　室内放置木材の含水率（設置場所：住宅（エ）津山市）

| 設置条件 | 試験材(NO.) | 平均値（%） | 最大値（%）① | 最小値（%）② | 含水率変動①－② | 標準偏差（%） | 変動係数（%） | | データ数 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 日当たりなし | 柱（KC-1） | 12.8 | 13.9 | 11.9 | 2.0 | 1.0 | 7.7 | 7.9 | 56 |
| | 柱（KC-2） | 12.8 | 14.4 | 11.5 | 3.0 | 1.0 | 8.0 | | 56 |
| | 板（KB-1） | 12.2 | 13.8 | 10.7 | 3.1 | 1.0 | 8.5 | 8.6 | 56 |
| | 板（KB-2） | 12.2 | 13.4 | 11.1 | 2.3 | 1.1 | 8.7 | | 56 |
| 日当たりあり | 柱（KC-3） | 13.3 | 14.6 | 12.1 | 2.6 | 1.1 | 8.4 | 8.6 | 56 |
| | 柱（KC-4） | 13.6 | 15.5 | 12.0 | 3.5 | 1.2 | 8.7 | | 56 |
| | 板（KB-3） | 12.7 | 14.4 | 11.2 | 3.2 | 0.9 | 7.2 | 6.4 | 56 |
| | 板（KB-4） | 11.7 | 12.9 | 10.6 | 2.3 | 0.6 | 5.5 | | 56 |

2000年11月～2001年11月のデータの集計結果。

タートしたことに起因する。1年経過後は差は少なくなった。

また、含水率の変動は、各表の変動係数を見ると板材と柱材の含水率変動に明確な差は認められない。

### ３．２．４　日当たりなし、日当たりありの設置条件別の木材含水率の違い

同一部屋にて、日当り有り、日当り無し、の設置条件を変えた住宅（イ）の場合で評価すると、表 4-9 から木材含水率の年平均値は 11.1%（日当り無）、11.3%（日当たり有り）と計算され、日当り有りの方が幾分低い値であるが、平均値はそれほど差はないといえる。しかし室内温度湿度の変動が大きかった日当たり有りの場所における含水率の変動は表の変動係数を見ると、柱材と板材ともに大きくなった。

## ３．３　木材含水率と室内の温度湿度の気候値から求めた平衡含水率の比較

表 4-12 に各住宅における温度湿度の測定結果から求めた気候値平衡含水率（以下ＥＭＣと表記）と実際に重量測定から求めた含水率（ｕと表記）の関係を求めた。

表の右端に、ＥＭＣに対するｕの比率を求めたが、全体の平均値が 1.07 となった。すなわち、実際の木材含水率はＥＭＣと比べると１割弱高い含水率を示したという結果となった。この理由は、(1)式で求めるＥＭＣは木材の吸湿過程と放湿過程における含水率の平均値を元に作成されている。今回の実測値は放置開始後含水率が減少するものが多く、このような放湿過程では吸湿過程の場合よりも含水率が高い値を示すことが知られているが、この影響が考えられる。

現状の乾燥材を考えても、使用後にはおそらく含水率が減少するものが多いと思われる。したがって、この結果は実際の場合を十分想定した結果であろう。

スギ材について気候値平衡含水率と実際の木材含水率の関係は、**「乾燥材の含水率は、それらが使用された室内の温度湿度から求めた気候値平衡含水率（ＥＭＣ）よりも値の７%高い値となる」**と、まとめることができる。

図 4-16 には、表 4-12 における温度、湿度の年間平均値から求めた気候値平衡含水率と木材含水率の関係を示した。この図に引いた原点を通る一次回帰直線の傾きは 1.07 となっており、気候値平衡含水率よりも実際の木材含水率は 7%程度大きな値で推移することを示している。

## ３．４　室内温度湿度の経時変化

年間の室内の温度湿度の経時変化を、住宅別、日当たりが無い、または日当たりがある場合に分けてそれぞれ住宅（ア）は**図 4-17、図 4-18**、住宅（イ）は**図 4-19、図 4-20**、住宅（ウ）は**図 4-21、図 4-22**、住宅（エ）は**図 4-23、図 4-24** に示す。

温度、湿度の経時変化図から読みとれる傾向は、

### ３．４．１　日の当たる場所の湿度変動は大きい

表4－12　各住戸の室内環境から計算した気候値平衡含水率と試験材含水率の比較

| 試験住宅 | 日当たり条件 | 室温年平均値(℃) | 湿度年平均値(%) | 気候値平衡含水率(%)① | 試験材(NO.) | 年間含水率平均値(%)② | | 含水率比(②／①) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 住宅(ア) | 無し | 23.5 | 52 | 9.5 | 柱(SSC-1) | 11.9 | 11.2 | 1.18 |
| | | | | | 柱(SSC-2) | 11.2 | | |
| | | | | | 板(SSB-1) | 11.0 | | |
| | | | | | 板(SSB-2) | 10.7 | | |
| | 有り | 23.0 | 54 | 9.8 | 柱(SSC-3) | 11.3 | 10.8 | 1.10 |
| | | | | | 柱(SSC-4) | 10.8 | | |
| | | | | | 板(SSB-3) | 10.7 | | |
| | | | | | 板(SSB-4) | 10.3 | | |
| 住宅(イ) | 無し | 21.1 | 55 | 10.1 | 柱(SC-3) | 11.8 | 11.1 | 1.10 |
| | | | | | 柱(SC-4) | 11.2 | | |
| | | | | | 板(SB-3) | 10.8 | | |
| | | | | | 板(SB-4) | 10.6 | | |
| | 有り | 20.8 | 56 | 10.3 | 柱(SC-1) | 11.8 | 11.3 | 1.10 |
| | | | | | 柱(SC-2) | 12.0 | | |
| | | | | | 板(SB-1) | 10.7 | | |
| | | | | | 板(SB-2) | 10.7 | | |
| 住宅(ウ) | 無し | 20.1 | 54 | 9.9 | 柱(YC-1) | 12.2 | 11.7 | 1.18 |
| | | | | | 柱(YC-2) | 11.7 | | |
| | | | | | 板(YB-1) | 11.4 | | |
| | | | | | 板(YB-2) | 11.3 | | |
| | 有り | 16.7 | 61 | 11.4 | 柱(YC-3) | 12.4 | 11.7 | 1.03 |
| | | | | | 柱(YC-4) | 11.7 | | |
| | | | | | 板(YB-3) | 11.7 | | |
| | | | | | 板(YB-4) | 11.2 | | |
| 住宅(エ) | 無し | 19.9 | 66 | 12.3 | 柱(KC-1) | 12.8 | 12.5 | 1.02 |
| | | | | | 柱(KC-2) | 12.8 | | |
| | | | | | 板(KB-1) | 12.2 | | |
| | | | | | 板(KB-2) | 12.2 | | |
| | 有り | 19.4 | 69 | 13.1 | 柱(KC-3) | 13.3 | 12.8 | 0.98 |
| | | | | | 柱(KC-4) | 13.6 | | |
| | | | | | 板(KB-3) | 12.7 | | |
| | | | | | 板(KB-4) | 11.7 | | |
| | **全平均値** | **20.6** | **58** | **10.8** | | | **11.6** | **1.07** |

測定期間：2001年11月～2001年11月。気候値平衡含水率は(1)式を用いて算出した。

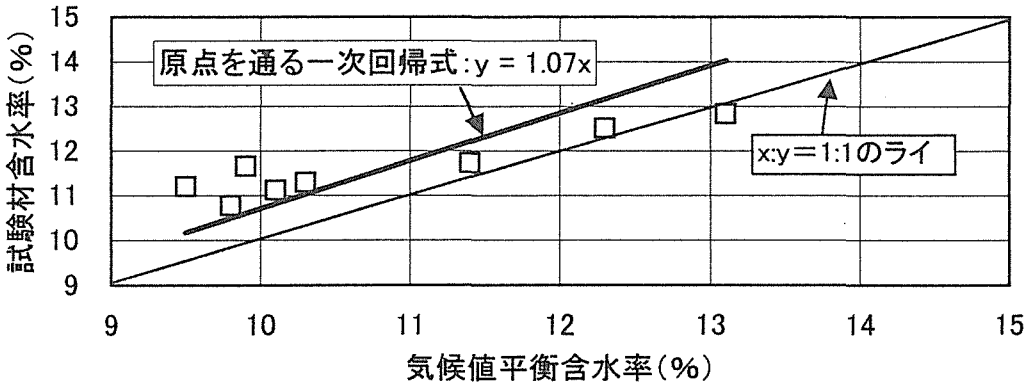



図4－16　気候値平衡含水率と試験材含水率の関係

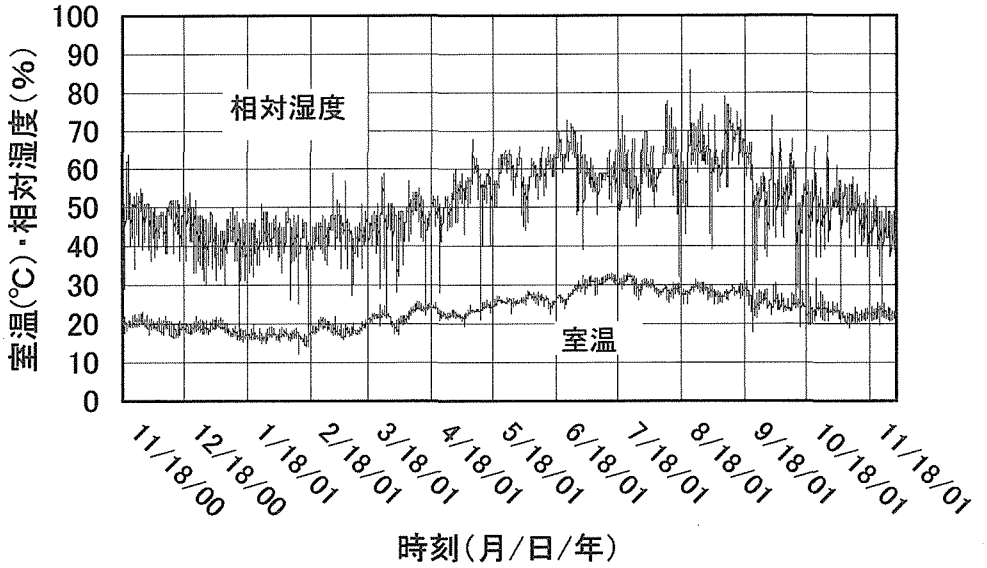



図4－17　住宅(ア)の室内温度湿度年変動
(日当り無)

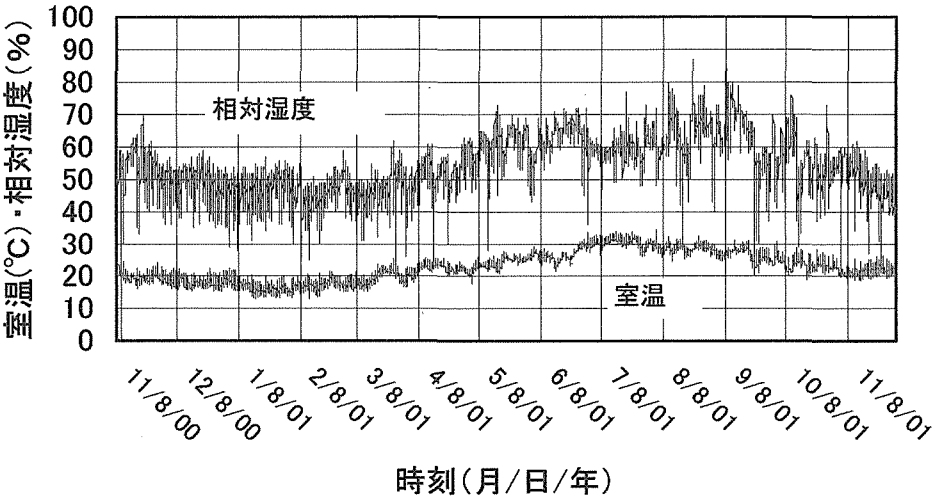



図4－18　住宅(ア)の室内温度湿度年変動
(日当り有)

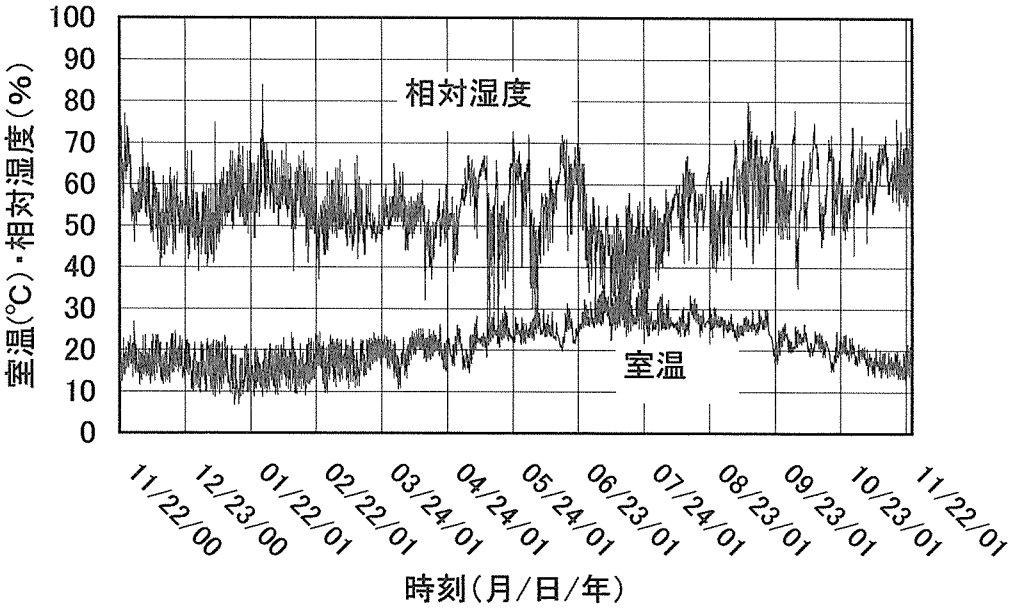



図4－19　住宅(イ)の室内温度湿度年変動
(日当り無)

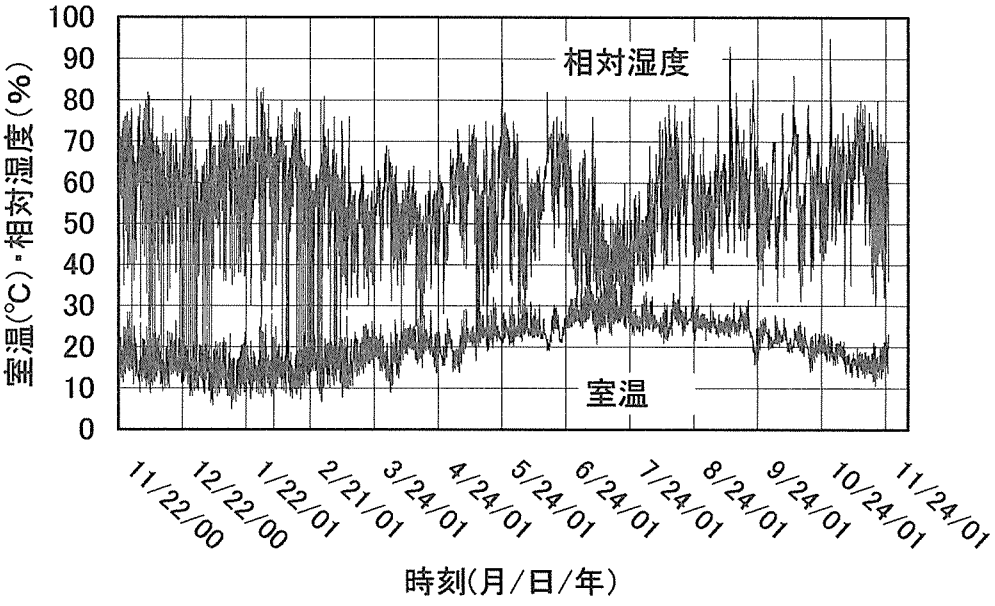



図4－20　住宅(イ)の室内温度湿度年変動
(日当り有)

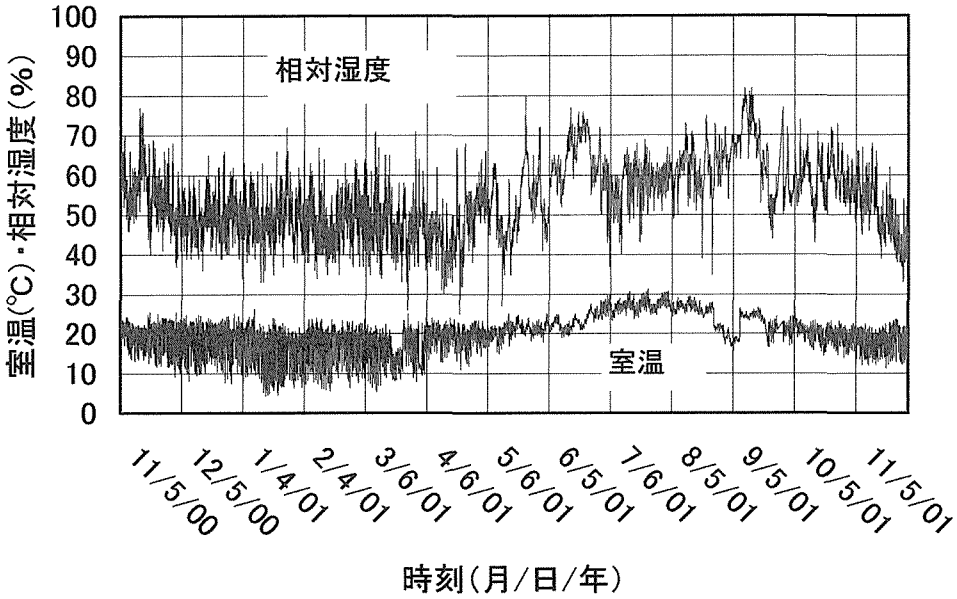



図4－21　住宅(ウ)の室内温度湿度年変動
(日当り無)

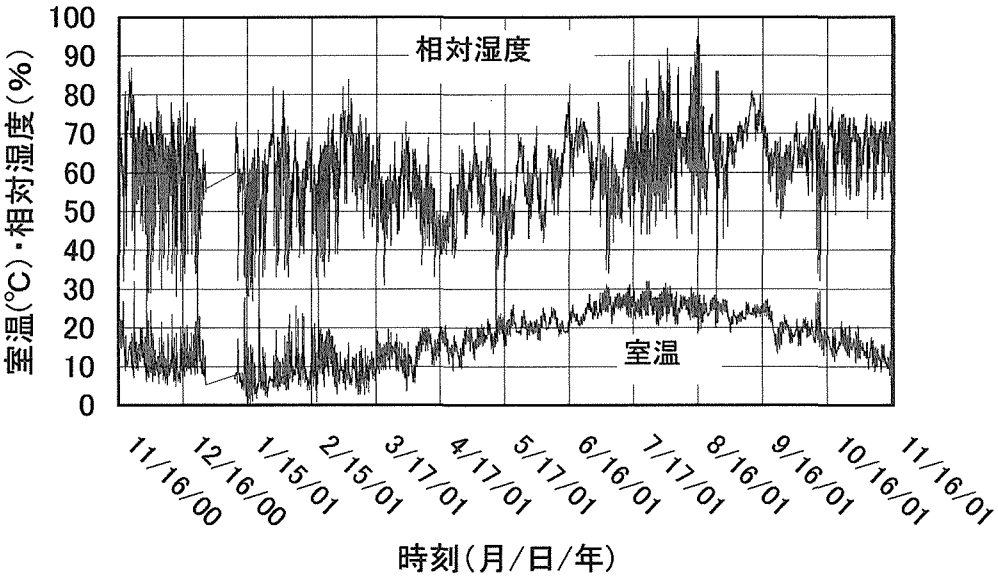



図4－22　住宅(ウ)の室内温度湿度年変動
(日当り有)

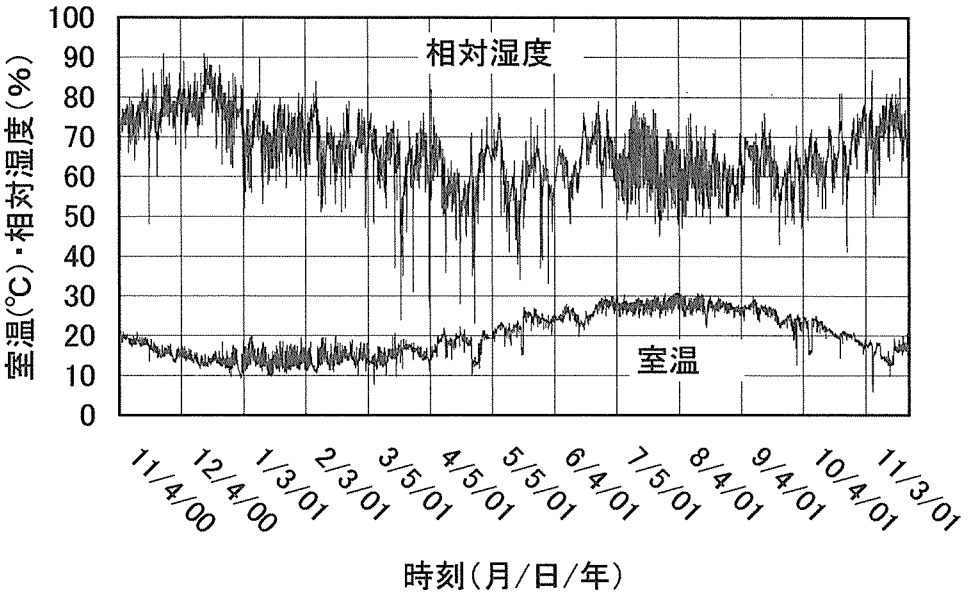



図4－23　住宅(エ)の室内温度湿度年変動
(日当り無)

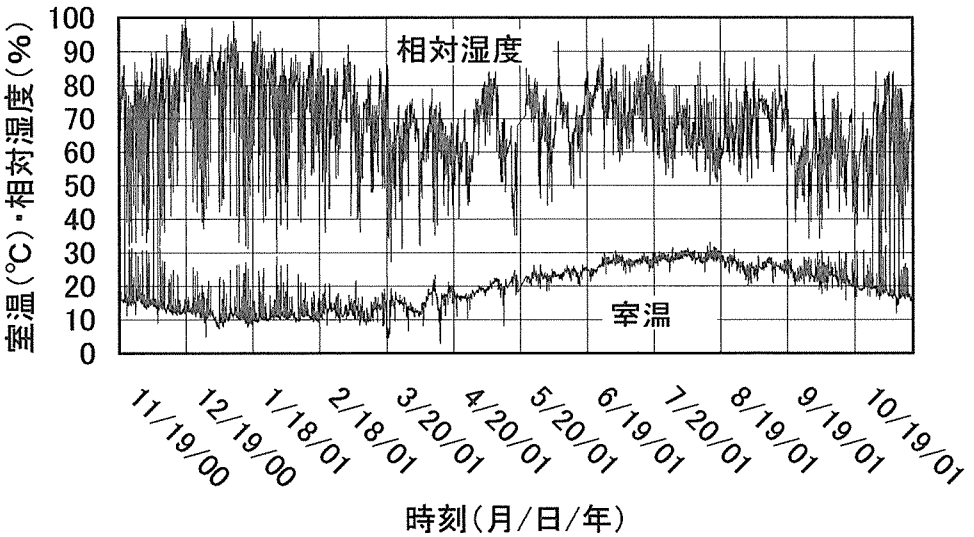



図4－24　住宅(エ)の室内温度湿度の年変動
(日当り有)

日のあたる場所の空気の相対湿度は大きく変動している。これは、日中窓等から日射がある場合に室温上昇が起こり、それとともに相対湿度が低下したことを示している。また早朝等外気温が低下する場合はその影響を大きく受けて低温高湿状態となるため、変動が大きくなる傾向がある。

### ３．４．２　ＲＣ造住宅では室温変動が少ない

住宅（ア）および住宅（エ）は室温変動が比較的少なく、RC 造のため気密性、断熱性が良いことが、この結果から類推される。

## ３．５　含水率の経時変化

測定期間中の含水率の経時変化を、住宅（ア）は**図 4-25**、**図 4-26**、住宅（イ）は**図 4-27**、**図 4-28**、住宅（ウ）は**図 4-29**、**図 4-30**、住宅（エ）は**図 4-31**、**図 4-32** に、それぞれ示す。

### ３．５．１　全般的傾向

室内といえども外気環境の影響を受ける。木材含水率は湿度の影響を大きくうけるので、低湿な冬期には含水率が低くなる。一方高湿な夏期には含水率が高くなる傾向がある。

### ３．５．２　住まい方の違いによる含水率変動

木材を各住宅に設置した後の木材の含水率は、住宅によって変動傾向が異なっている。

住宅（ア）では、4 つの住宅内では高温低湿な室内条件であったため、設置後、次第に含水率は低下している。

住宅（イ）では、設置直後の冬期の暖房による水蒸気発生により、室内は高湿となっており、含水率低下は著しくない。また 6 月~9 月までの冷房の多用により湿度が低下するとともに木材含水率も低下した。

住宅（ウ）では設置後、(1)で述べた外気の影響が比較的すなおに現れ、設置直後からの冬期に含水率は低下し夏期の梅雨時期には高くなりながら測定期間内にほぼ平衡状態に達している。

住宅（エ）では、4 つの住宅の中では高湿状態にある住まい方であることと、設置後、冬期水蒸気発生の多い暖房方式を採用し湿度が高まったため含水率は上昇を始めて、測定期間後半で平衡に達している。

以上のように、実際の住宅室内の空気温度湿度環境は、冷暖房の使い方など住人の住まい方により異なるので、ほぼ同じ含水率に調整した木材を、それぞれの住宅に設置しても、その後の含水率の変動は、それぞれ異なる経過をたどった。

### ３．５．３　日の当たる場所、日の当たらない場所に置いた場合の違い

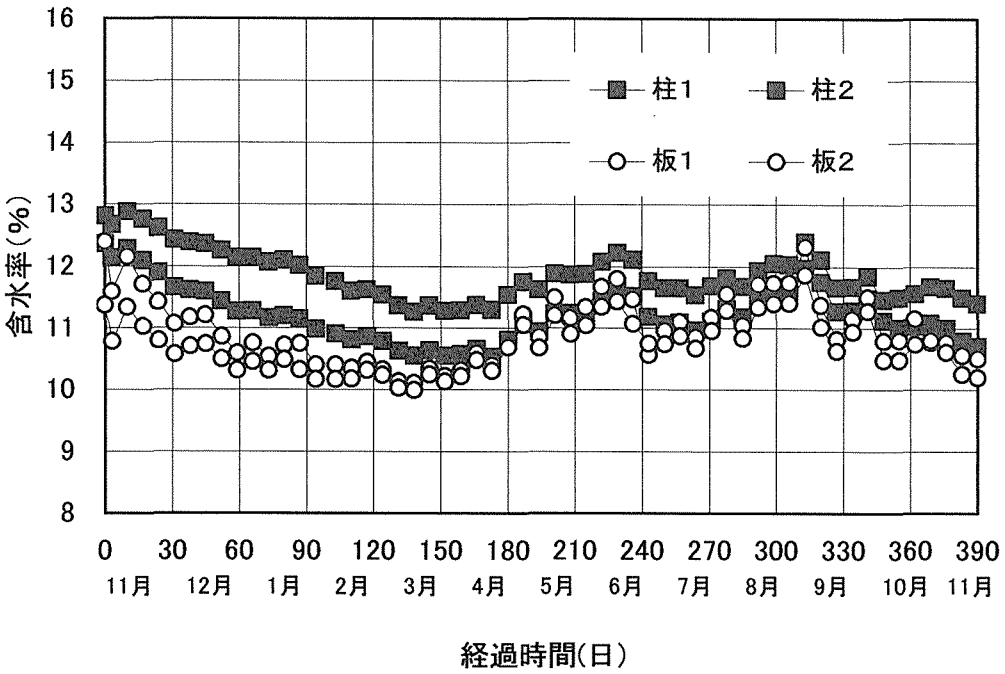



図4－25 室内設置木材の含水率経時変化

(住宅(ア)、東京都、新築マンション、2000年11月－2001年11月、日当たり無)

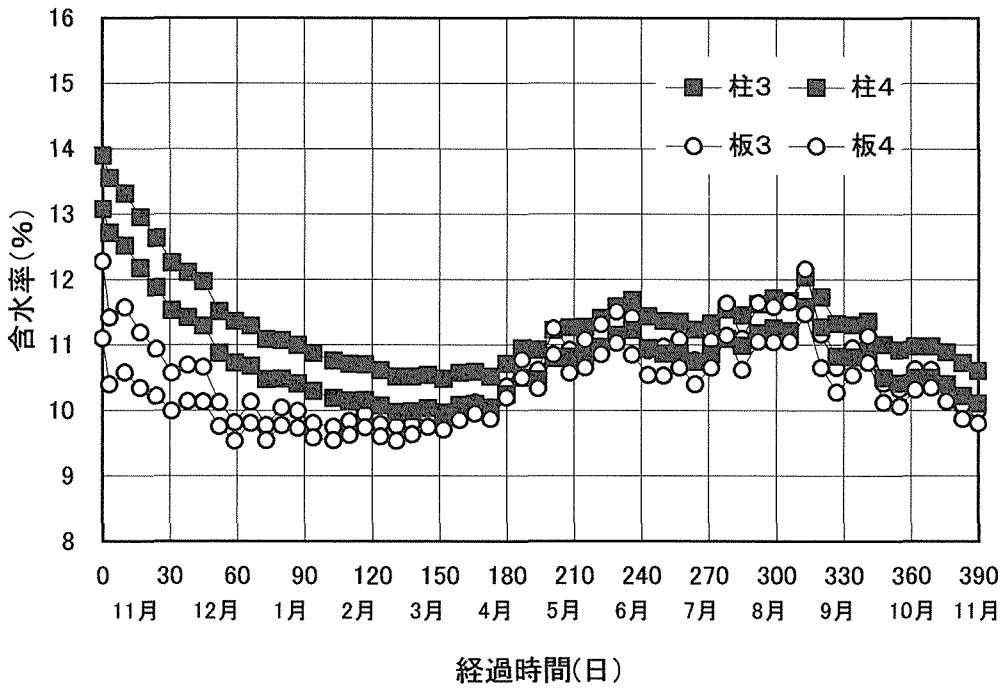



図4－26 室内設置木材の含水率経時変化

(住宅(ア)、東京都、新築マンション、2000年11月－2001年11月、日当たり有)

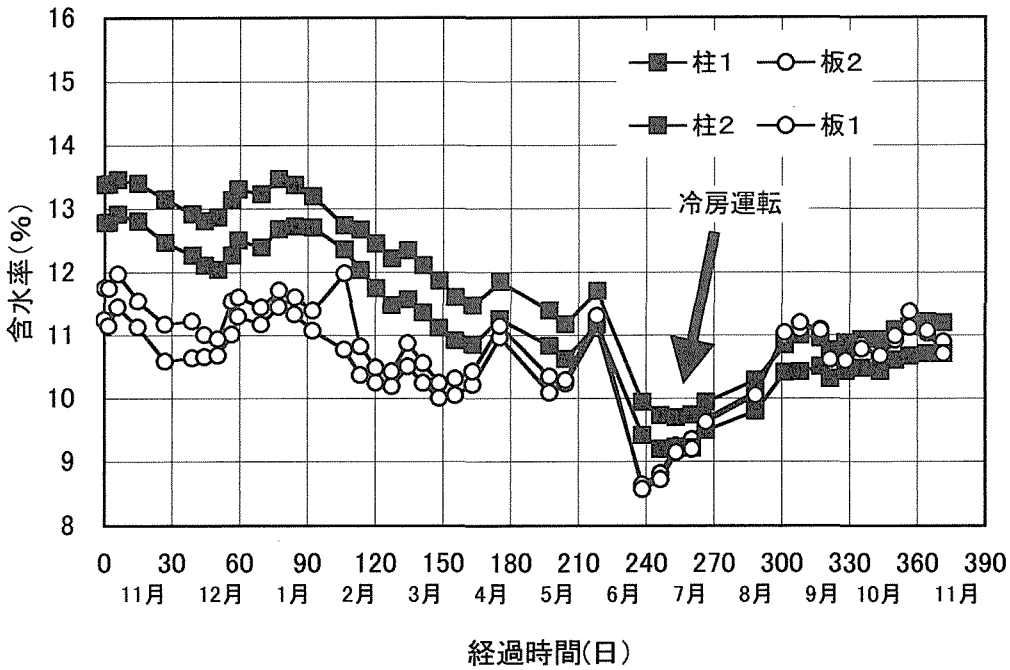



図4－27 室内設置木材の含水率経時変化

(住宅(イ)東京都、軽量鉄骨造2階建て2階部、2000年11月から2001年11月まで、日当り無)

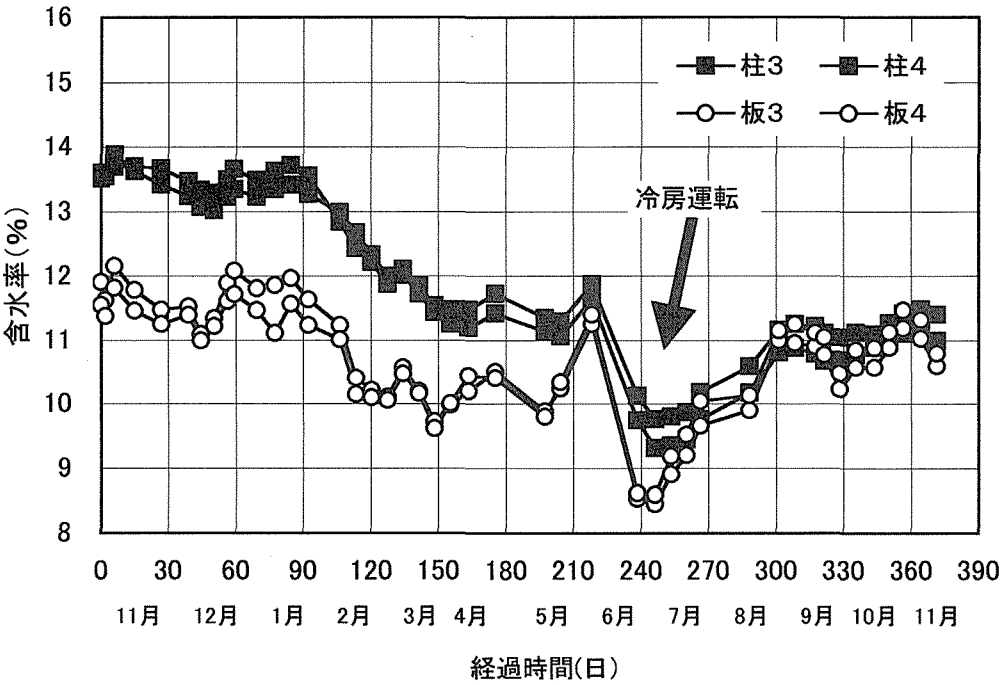



図4－28 室内設置木材の含水率経時変化

(住宅(イ)東京都、軽量鉄骨造2階建て2階部、2000年11月から2001年11月まで、日当り有)

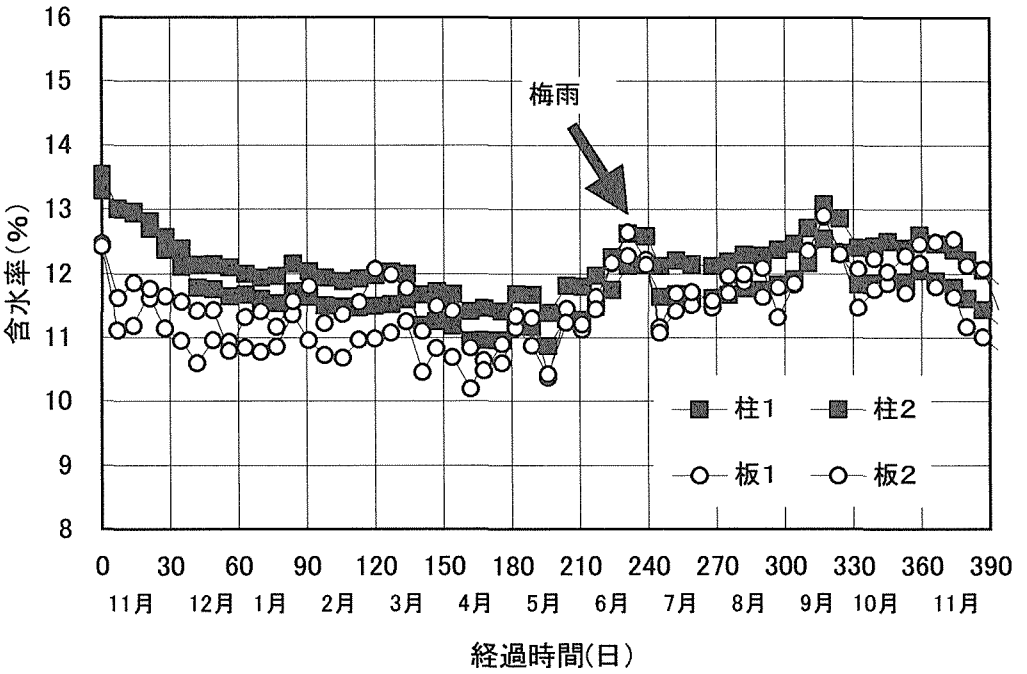



図4－29 室内設置木材の含水率経時変化

(住宅(ウ)塩尻市、木造戸建て1階部、2000年11月～2001年11月まで、日当り無)

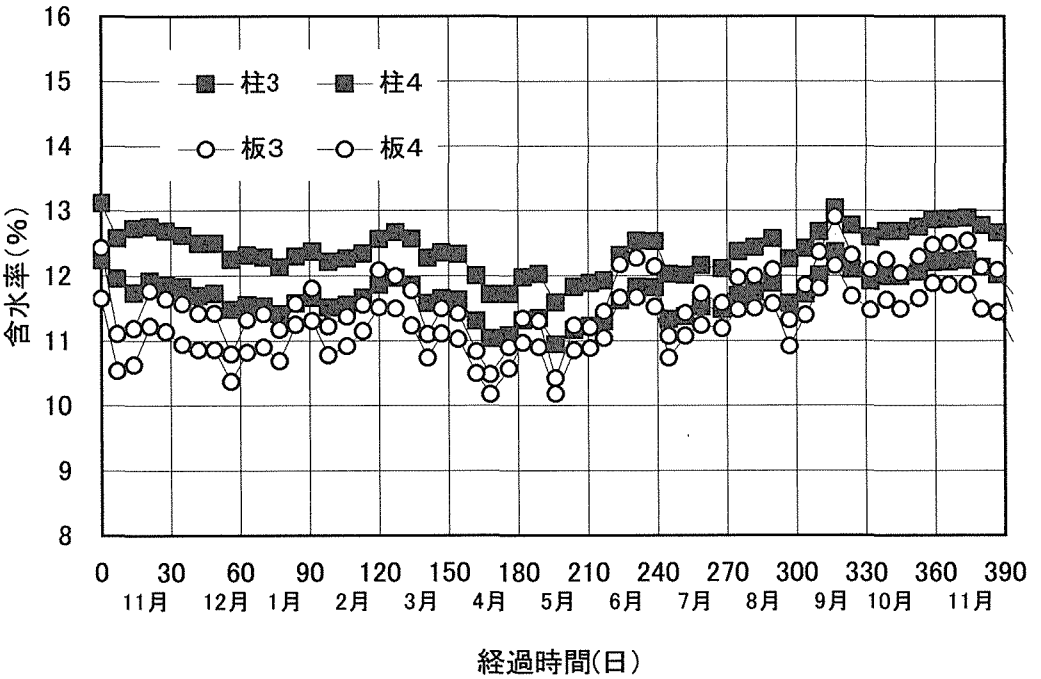



図4－30 室内設置木材の含水率経時変化

(住宅(ウ)塩尻市、木造戸建て1階部、2000年11月～2001年11月まで、日当り有)

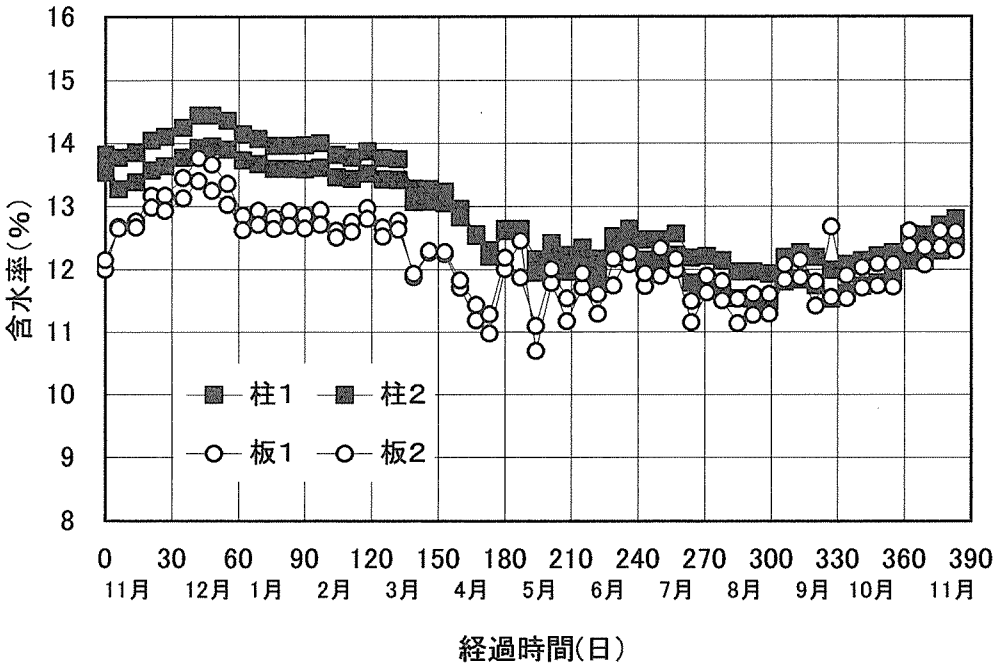



図4－31　室内設置木材の含水率経時変化

（住宅（エ）津山市、RC造集合住宅1階部、2000年11月から2001年11月まで、日当り無）

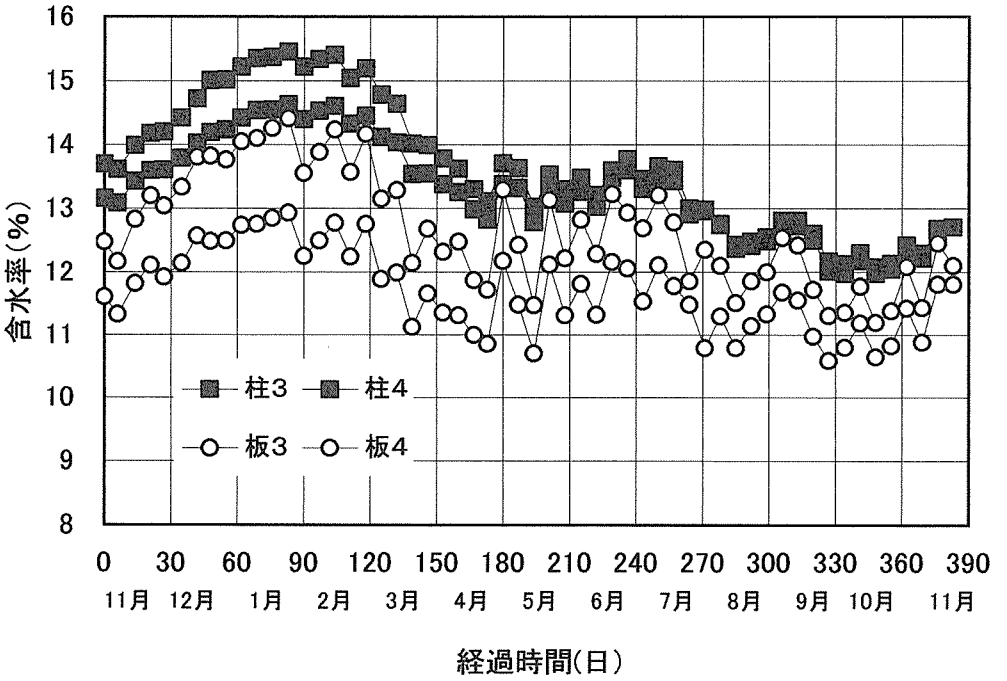



図4－32　室内設置木材の含水率経時変化

（住宅（エ）津山市、RC造集合住宅1階部、2000年11月から2001年11月まで、日当り有）

同じ部屋で日射の有無があった住宅（イ）の結果である図 4-27 と図 4-28 で比較すると日射の有無による木材含水率の変動の差は少ないように思われた。一方、住宅（エ）の結果である図 4-31、図 4-32 を比較すると、日当りのある場所に置いた板材の含水率変動が大きいことが伺われる。

### ３．５．４　角材と板材の含水率経時変化の違い

全体的に初期の角材（柱材）含水率は板材含水率よりも高い状態にあったため、室内に設置した直後の含水率低下は板材よりも顕著であった。しかし半年後以降は平衡に達し、板材の含水率と同じ程度になり変動をした。

## ３．６　室内放置中のスギ材の含水率変化に伴う寸法変化

住宅（ウ）に設置したスギ柱材、板材について、放置中の含水率変動と寸法変化の測定を行った。その結果を**図 4-33 ～図 4-36**、および**表 4-13,表 4-14** に示した。

### ３．６．１　柱材の断面寸法変動

図 4-33 と図 4-34 は柱材（4 本）の断面寸法と含水率の関係の結果であるが、一年間の室内放置中に含水率は 2.5%強変動している。その間の寸法変動は、回帰式の傾きが含水率 1 %変化当たりの寸法変化を示すから、これより、0.15mm ～ 0.26mm の範囲で変動したことになる。そして表 4-13 に示すように、柱材の場合は含水率が 1%変化した場合、断面寸法の変化は平均値で 0.21mm となった。

### ３．６．２　板材の幅寸法変動

図 4-35 はスギ板幅(4 枚）の寸法変動を示している。年間の含水率変動は柱材と同じく 2.5%強であった。回帰式の傾きより、含水率１%変化当たりの板幅変化を見ると 0.25mm~0.28mm の範囲にあった。表 4-14 より含水率が 1%変化した場合の板幅変化の平均値は 0.26mm となった。

### ３．６．３　板材の厚さ寸法変動

図 4-36 はスギ板厚(4 枚）の変動を示しているが、回帰式の傾きから含水率 1%変化当たりの寸法変化は 0.03mm ～ 0.08mm の範囲にあった。測定期間中 0.3mm 程度の変動が伺えた。表 4-14 より厚さ変動の平均値は含水率 1%変化当たり 0.05mm となった。

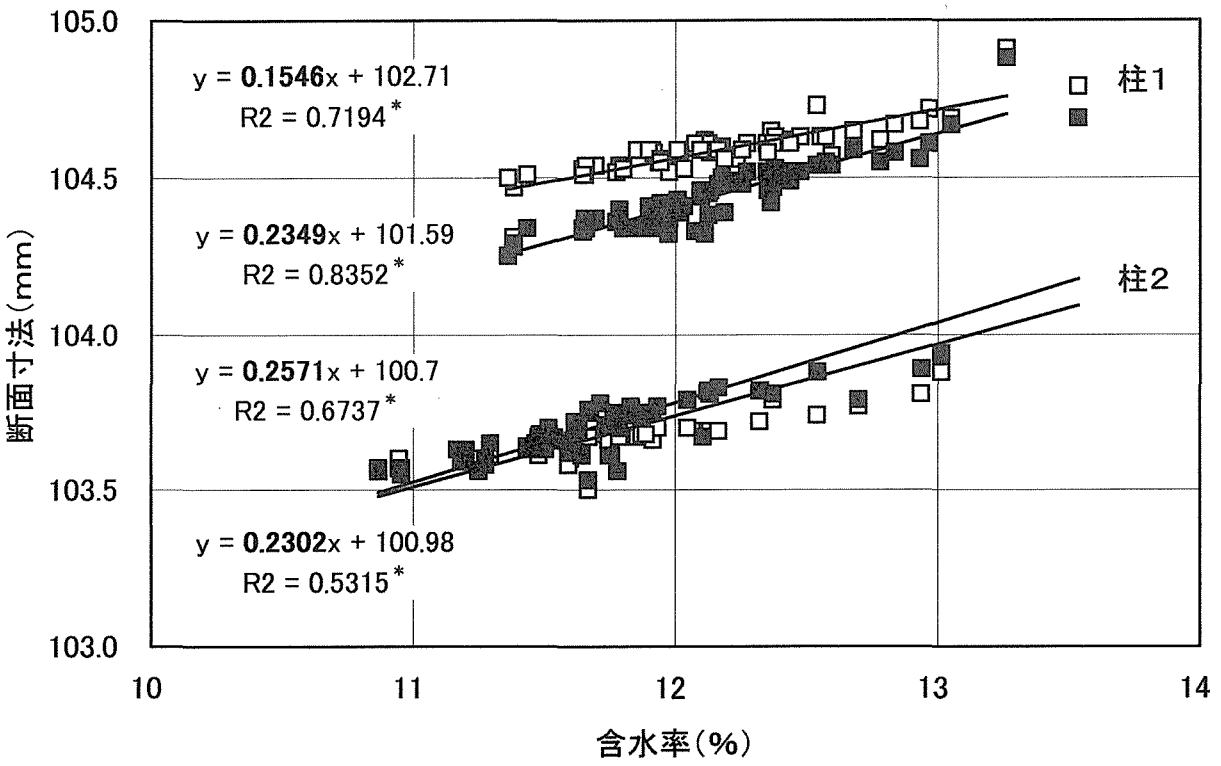



図4－33　室内放置中のスギ乾燥柱材の断面寸法と含水率の関係
(住宅(ウ)での通年測定結果、日当たり無)

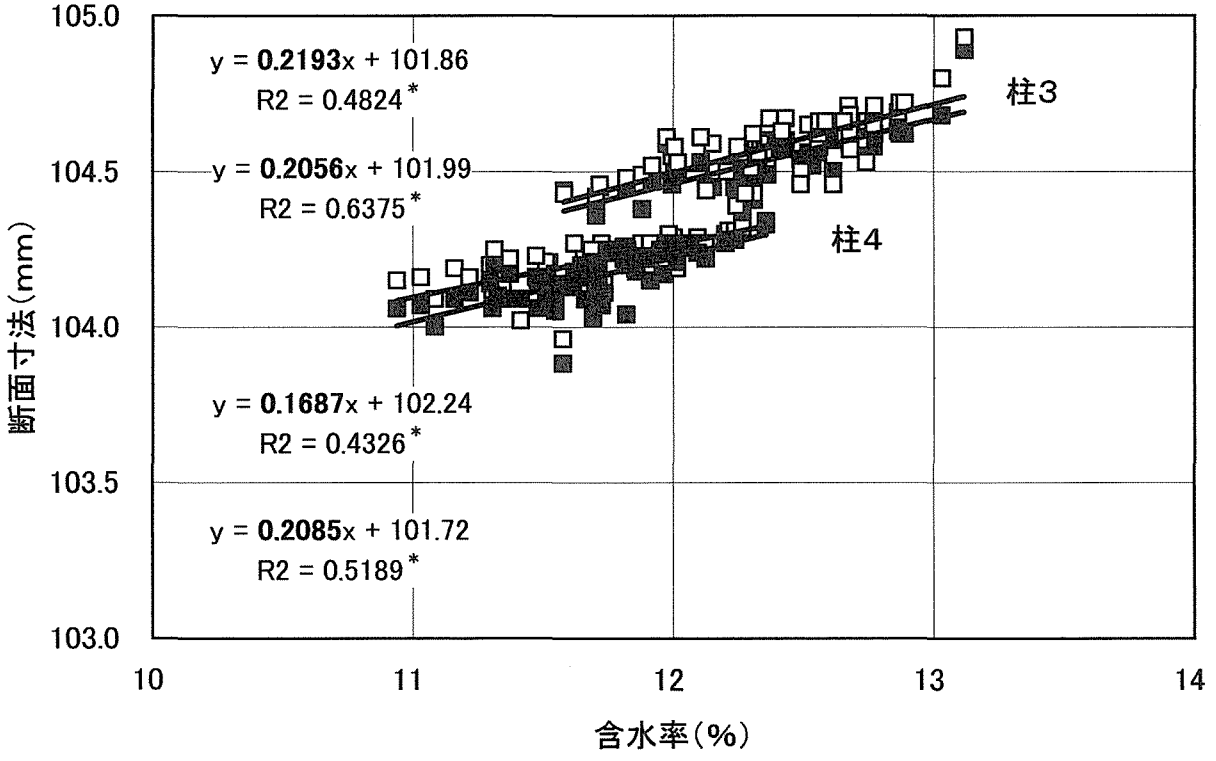



図4－34　室内放置中のスギ乾燥柱材の断面寸法と含水率の関係
(住宅(ウ)での通年測定結果、日当たり有)

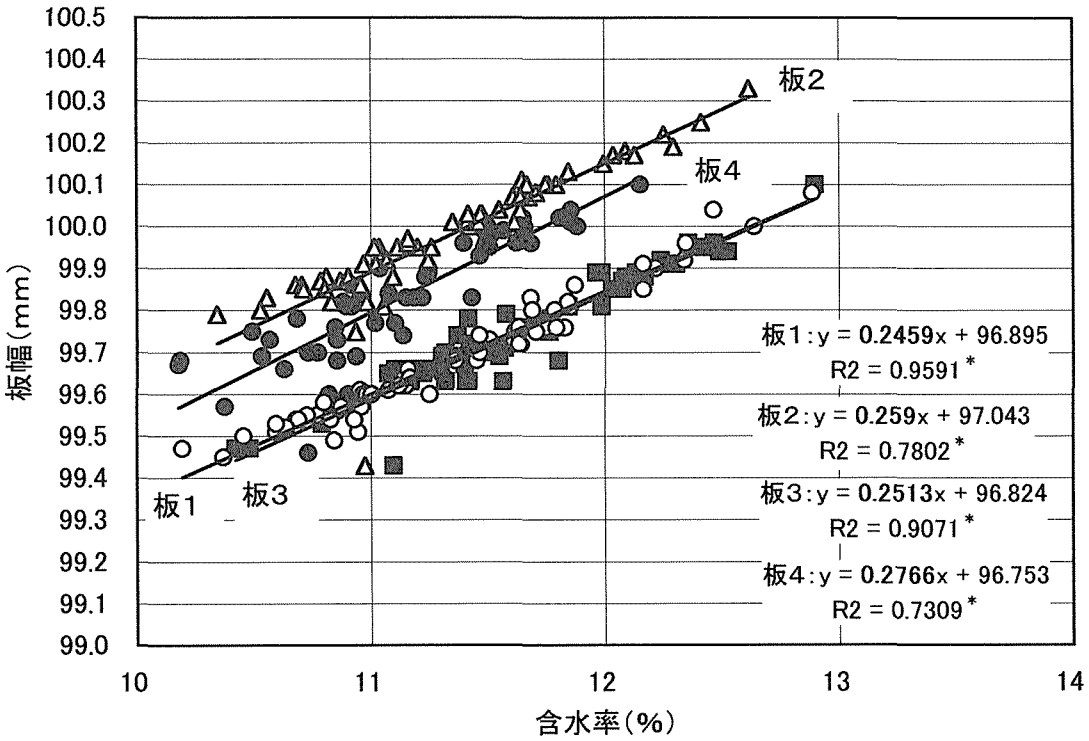



図 4－35　室内放置中のスギ乾燥板材の幅と含水率の関係
（住宅（ウ）での通年測定結果）

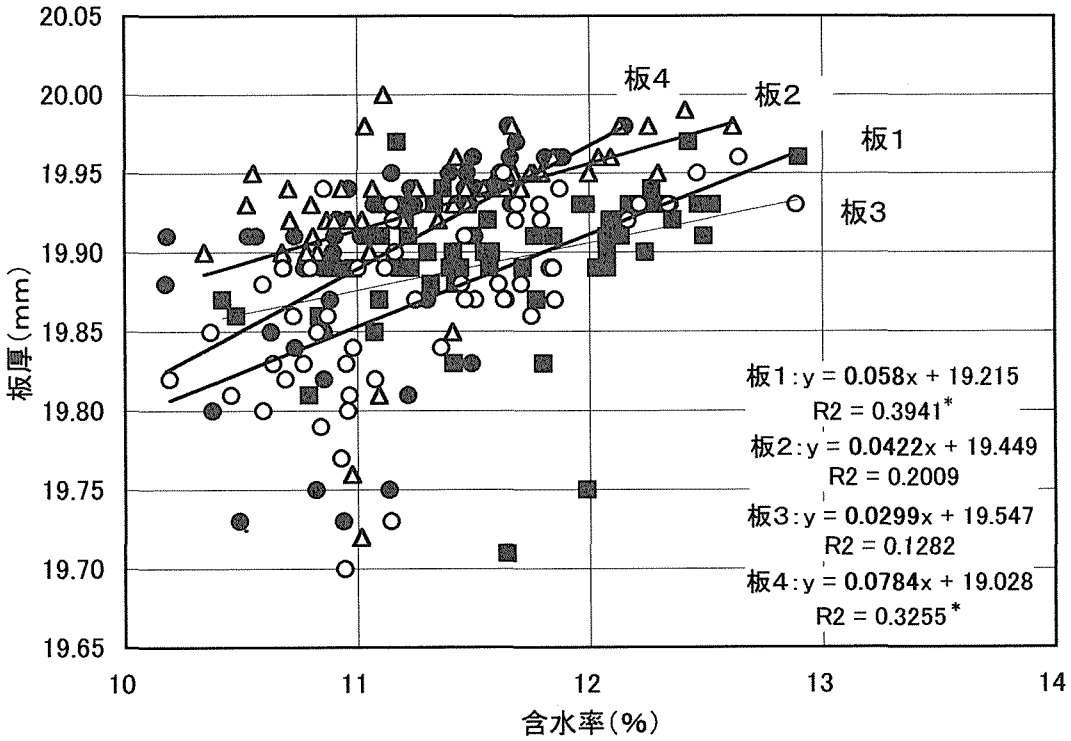



図4－36　室内放置中のスギ板材の厚さと含水率の関係
（住宅（ウ）での通年測定結果）

表4－13　室内放置スギ乾燥柱材の含水率変動に伴う寸法変化
（通年測定結果）

| 試験材[1)] | | 含水率1%変化当たりの寸法変化量(mm/%)[2)] | 平均値 (mm/%) |
|---|---|---|---|
| 柱1 | 辺1 | 0.15 | 0.21 |
| | 辺2 | 0.23 | |
| 柱2 | 辺1 | 0.25 | |
| | 辺2 | 0.23 | |
| 柱3 | 辺1 | 0.22 | |
| | 辺2 | 0.20 | |
| 柱4 | 辺1 | 0.17 | |
| | 辺2 | 0.21 | |

1）柱材：105mm心持角。2)寸法－含水率関係の回帰式の傾き。

（例）含水率が仮に5%変化したとすればスギ柱材の平均的な断面寸法変化は0.21mm×5%＝1.05mm。

表4－14　室内放置スギ乾燥板材の含水率変動に伴う板幅・板厚変化
（通年測定結果）

| 試験材[1)] | | 含水率1%変化当たりの寸法変化量(mm/%)[2)] | 平均値（mm/%） |
|---|---|---|---|
| 板幅 | 板1 | 0.25 | 0.26 |
| | 板2 | 0.26 | |
| | 板3 | 0.25 | |
| | 板4 | 0.28 | |
| 板厚 | 板1 | 0.06* | 0.05 |
| | 板2 | 0.04 | |
| | 板3 | 0.03 | |
| | 板4 | 0.08* | |

1)板材：幅×厚さ＝100mm×20mmの板目板。2）板幅（板厚）vs含水率関係の一次回帰式の傾き。＊：5%有意水準で有意差有。

（例）含水率が仮に5%変化したとすればスギ乾燥板材の板幅の平均的な寸法は0.26mm/%×5%＝1.3mm変化する。板厚は0.05mm/%×5%＝0.25mm変化する。

## 4　まとめ

４つの居住宅室内環境下において示すスギ柱材および板材の含水率を 2000 年 11 月~2001 年 11 月までのほぼ 1 年間測定した。同時に室内温度、湿度を測定した。得られた知見を要約すると、以下のようになる。

### 4．1　室内環境

（1）ＲＣ造住宅では温度、湿度の変動が少ない。

（2）日当たりがある場所の温度湿度の変動は大きく、日当たりのない場所の温度湿度の変動は小さい。

（3）木造住宅では、温度変動の大きさに対して湿度変動が小さい。このことは内装仕上げにおける木材等の吸湿性材料の使用率が関係するものと思われる。

（4）ＲＣ造住宅での木質内装による調湿の影響

ＲＣ造住宅では、温度変動が小さい割に湿度変動が相対的に木造住宅よりも大きく木材等の内装仕上げによる調湿が少ないように見受けられる。

（5）年間の温度湿度平均値

4 つの住宅を合わせた居住宅室内環境の年平均値は、室温 21.1 ℃、湿度 57 %（日当りのある場所）、18.2 ℃、湿度 60 %（日当りのある場所）であった。

（6）年間の温度湿度変動

変動幅を見ると、日当り無しの場所では、室温が 4.1 ℃～ 39.9 ℃、また、湿度変動は 19 %ＲＨ～ 91 %ＲＨとなった。一方、日当り有りの場所では室温が-1.6 ℃~37.8 ℃、湿度が 14%～ 99 %ＲＨとなった。変動係数を見ると、日当りありの場所のほうが大きくなった。

（7）年平均温度湿度からもとまる EMC は 10.4%および 11.1%であり、これが乾燥材含水率指標となる。

### 4．2　含水率

（1）木材の年間平均含水率

４つの住宅の角材、板材のデータを総合すると、年平均含水率は 10.3 %～ 13.6%の間で変動し、全含水率平均値は 11.6%であった。

（2）角材と板材の年平均含水率

年平均木材含水率は板材の方が角材よりも低い値で推移した。1 年経過後は差は少なくなった。含水率の変動は、板材と柱材の含水率変動に明確な差は認められない。

（3）日当たりなし、日当たりありの設置条件のちがいによる木材含水率の違い

木材含水率の年平均値は 11.1%（日当り無）、11.3%（日当たり有り）と計算され、日当り有りの方が幾分低い値であるが、平均値はそれほど差はない。日当たり有り

の場所における含水率の変動は柱材と板材ともに大きくなった。

### ４．３　気候値平衡含水率による木材含水率の推定

スギ材については、気候値平衡含水率よりも実際の木材含水率は 7%程度大きな値で推移するため、木材含水率は、それらが使用された室内の温度湿度から求めた気候値平衡含水率（ＥＭＣ）よりも７％高い値として推定可能である。

### ４．４　含水率の経時変化

（１）全般的傾向

低湿な冬期には含水率が低くなる。一方高湿な夏期には含水率が高くなる傾向がある。

（２）住まい方の違いによる含水率変動

木材を各住宅に設置した後の木材の含水率は、住人の住まい方（冷房暖房の運転の違い）により住宅によって変動傾向が異なっている。

（３）日の当たる場所、日の当たらない場所に置いた場合の違い

木材含水率の差はわずかであった。

（４）角材と板材の含水率経時変化の違い

全体的に初期の角材（柱材）含水率は板材含水率よりも高い状態にあったため、室内に設置した直後の含水率低下は板材よりも顕著であった。しかし半年後以降は平衡に達し、板材の含水率と同じ程度になり変動をした。

### ４．５　寸法変化

（１）柱材の断面寸法変動

柱材の場合は含水率が 1%変化した場合、断面寸法の変化は平均値で 0.21mm となった。

（２）板材の幅寸法変動

含水率１％変化当たりの板幅変化の平均値は 0.26mm となった。

（３）板材の厚さ寸法変動

含水率 1%変化当たりの寸法変化は 0.05mm となった。

## ５　提言

### ５．１　建築用針葉樹製材の乾燥程度について

室内に置いた木材（スギ材）の年間平均含水率は 11.6%であった。この結果は本事業において住宅解体時に調べた構造要木材の含水率とほぼ近い値となった。したがって、使用環境下での平衡含水率の立場から建築用構造用製材の乾燥材としての含水率値を求める

と、造作・構造の別に係わらず、含水率 12%程度が理想的であると思われる。

### ５．２　気候値平衡含水率からの木材含水率の推定

木材の使用環境として周囲空気の温度および湿度データが得られた場合、気候値平衡含水率が双方の値から計算できるが、その気候値平衡含水率値から実際の木材（スギ）の示す含水率を推定するには、次式が適用できることを提案する。

**実際のスギ材含水率＝１．０７×気候値平衡含水率　　（%）**

### ５．３　含水率が1%変化した時のスギ製材の寸法変動

（１）柱材（105mm 角）の場合、その断面寸法の変化は平均値で 0.21mm となった。

（２）板材（100mm は場）の場合、板幅の変化量平均値は 0.26mm となった。

(3)板材（20mm)の厚さの寸法変化は 0.05mm となった。

### ５．４　住宅の室内環境

4 つの住宅を合わせた居住宅室内環境の年平均値は、室温 21.1 ℃、湿度 57 %（日当りのある場所)、18.2 ℃、湿度 60 %（日当りのある場所）であった。おおむね 20 ℃、60%RH が典型的な室内環境の代表値として推奨される。

# 5章　輸入柱角とスギ柱角の輸送・保管・建築過程における含水率と寸法変化

## 1　試験方法

### 1．1　試験材

試験材として表 5-1 に示した柱材を用いた。すなわち、カナダにおいて乾燥処理を施した日本向け乾燥柱材、5 種類、各 30 本、合計 150 本と、日本において調達した乾燥柱材 4 種類、各 30 本、合計 120 本、全部で 270 本とした。断面寸法は 105mm 角、長さ 300cm 材を用いた。ベイツガ柱、ベイマツ柱は心去り、スギ柱はすべて心持ちである。保管場所に置かれた試験材の様子を図 5-1 に示す。

**表５－１　試験材の種類**

| | 種類 | 寸法(mm) | 数 | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| カナダから輸送 | ベイツガ（含水率 10 ～ 15 %） | 105 × 105 × 3000 | 30 | カナダ西海岸産 |
| | ベイツガ（含水率 15 ～ 20 %） | 同上 | 30 | 同上 |
| | ベイツガ（含水率 20 ～ 25 %） | 同上 | 30 | 同上 |
| | ベイツガ FJ 集成材（含水率 10 ～ 15 %） | 同上 | 30 | FJ:ﾌｨﾝｶﾞｰｼﾞｮｲﾝﾄ。縦接ぎ集成柱 |
| | ベイマツ（含水率 10 ～ 20 %） | 同上 | 30 | |
| 日本で調達 | スギ生材 | 同上 | 30 | 背割れ有、心持ち |
| | スギ(含水率 15 ～ 20 %) | 同上 | 30 | 背割れ有、心持ち |
| | ホワイトウッド集成材 | 同上 | 30 | 製造後 3 ～ 6 ヶ月経過。５プライ |
| | スギ（含水率 15 ～ 20%） | 同上 | 30 | 背割れ無、心持ち |

（　　）内の含水率は含水率計による測定表示。

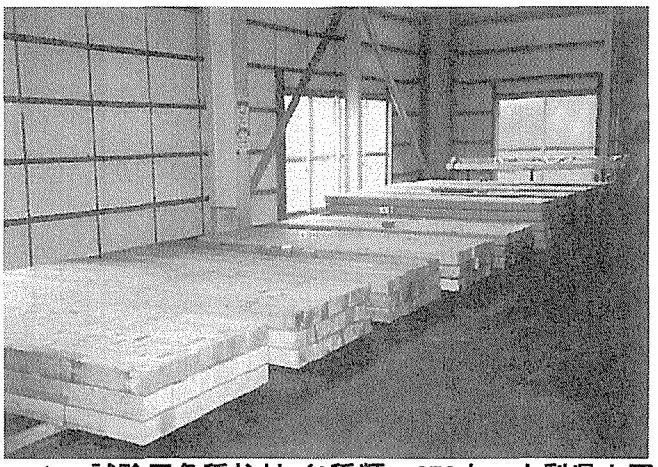


**図５－１　試験用各種柱材（9種類、270本。山梨県上野原町）**

## １．２　輸送時期・方法

カナダから日本への輸送は、通常の船便を用いた。材は船倉に入れて輸送した。

輸送時期は 2001 年 8 月であった。船による輸送期間は約 2 週間であった。8 月末に東京港へ到着後、9 月初旬に山梨県上野原町の実験場にトラック輸送し直ちに諸測定を行った。スギ、ホワイトウッドは日本にて調達し 8 月初旬に保管場所に移した。

## １．３　保管期間と計測スケジュール

**表 5-2** に、試験材とその計測スケジュールを示した。カナダからの輸入材については、第 1 回目の初期測定（STEP0）後、約 2 週間の船による輸送そして保管場所への陸送後に第 2 回目の測定（STEP01=日本材の STEP0）、さらに 1 ヶ月の保管期間を経て第 3 回目の測定（STEP1）、そしてプレカット工場での加工を行い建て方までの期間を 1 ヶ月想定した後第 4 回目の測定（STEP2)というスケジュールで行なった。

また、日本で準備した材については、同様に**表 5-2** に示したが、カナダからの試験材が到着するまでまでに 1 ヶ月間保管場所で保管した。なおこの時点で試験材の重量のみ測定した。このときカナダ材が到着し、第 1 回目の初期測定（STEP0 ＝カナダ材の STEP01）を行なった。その後はカナダ材と同じ経過で第 2 回目の測定（STEP1）、第 3 回目の測定（STEP2）を行なった。

**表５－２　各種試験材の保管期間と測定スケジュール**

| 試験段階 | カナダ材<br>（ベイツガ乾燥材（含水率３段階)ベイマツ乾燥材(含水率 10-20%)、ベイツガ縦接ぎ集成材（含水率 10-15%)、各 30 本、計 150 本、いずれも 105mm 角。 | 日本で準備した材<br>（スギ生材、スギ乾燥材（含水率 15-20%、スギ乾燥材背割有（含水率 15-20%)、ホワイトウッド集成材、各 30 本、計 120 本、いずれも 105mm 角。 |
|---|---|---|
| **ＳＴＥＰ０(2001.7 月中旬)**<br>第 1 回目の測定（カナダ材・日本材） | カナダにて計測 | 日本の保管場所へ輸送搬入（重量のみ計測） |
| **輸送期間**<br>(2001.8 月中旬～下旬) | 約２週間の船による輸送 | 保管場所で保管 |
| **ＳＴＥＰ０(2001.9 月初旬)**<br>第１回目測定（日本材）<br>**ＳＴＥＰ０１(2001.9 月初旬)**<br>第２回目の測定（カナダ材） | ――――<br>含水率・狂いほか計測 | 繊維傾斜・含水率・狂いほか計測<br>―――― |
| **ＳＴＥＰ１(2001.10 月初旬)**<br>第２回目の測定（日本材）<br>第３回目の測定（カナダ材） | 含水率・狂いほか計測 | 含水率・狂いほか計測 |
| **ＳＴＥＰ２(2001.11 月初旬)**<br>第３回目の測定（日本材）<br>第４回目の測定（カナダ材） | 含水率・狂いほか計測 | 含水率・狂いほか計測 |

## １．４　重量・含水率・狂い等の測定方法

### １．４．１　重量測定

試験材の重量は電子式台ばかり（㈱ Yamato 製、電気抵抗式台秤、EDI-302 型、秤量範囲 5 ～ 150kg）（**図 5-2**）を用いて読みとり限度を 50g で測定した。カナダにおける秤量値と日本における秤量値の差の校正は同一重量の重りを用いてカナダおよび日本でその重量を測定し確認した。

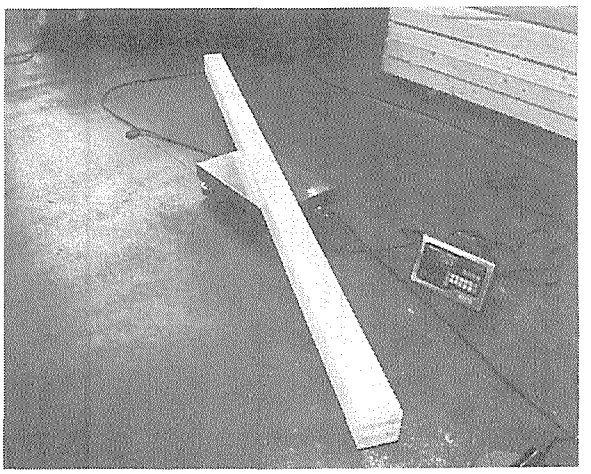


**図５－２　デシタル式台秤**

### １．４．２　含水率測定

電気抵抗式（針状電極）含水率計（Delmhorst 社製　RDM-2 型）を用いた（**図 5-3**）。読み取り限度は 0.1 %である。また精度は± 0.5%（含水率範囲 6 ～ 12 %）、± 1.0 %（含水率範囲 12 ～ 20 %）である。測定箇所は、長さ方向で３カ所（長さ中央、両端から 75cm の地点）とした。各測定点において測定深さを表面から浅い箇所（20mm 深さ）よび深い箇所（50mm 深さ）の２点測定した。浅い箇所には短い電極を、深い箇所については長い電極を装着した２台の含水率計を用いた。針は先端部以外は電気的なシールドのための塗装が施されているものを用いた。使用方法はメーカの仕様書に従い樹種設定、温度補正を行い測定に供した。

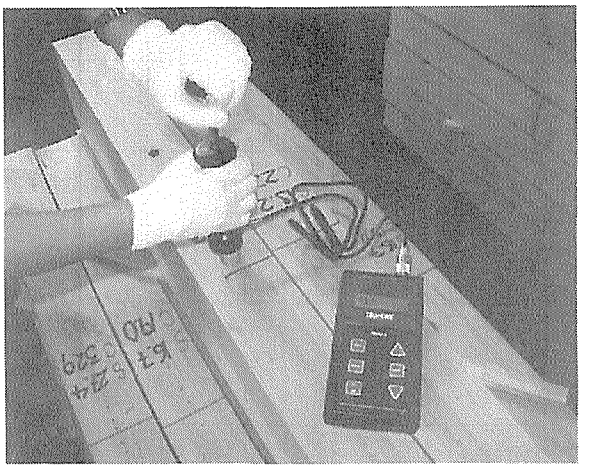


**図５－３　含水率計**

### １．４．３　断面寸法測定

柱材の断面寸法計測は、長さ方向の中央部ならびに両端から 75cm の地点、計 3 箇所について、断面の隣り合う 2 辺の長さを**図 5-4** に示すデジタルノギス（㈱ Mitutoyo 製、500-196 モデル、精度は± 0.025mm、読み取り限度は 0.001mm）を用いた（。測定は繰り返し行なうため、同じ位置の測定が行なえるように最初の測定時に、あらかじめマークをしておいた。

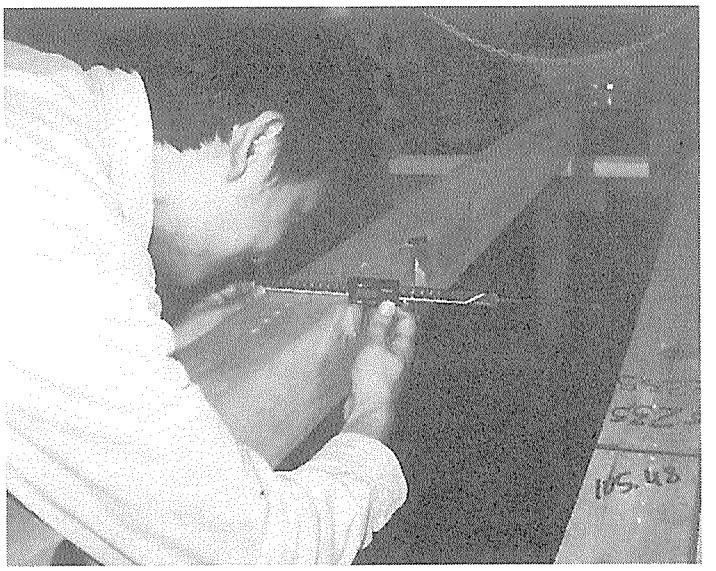


**図５－４　断面寸法測定用デジタルノギス**

### １．４．４　狂い測定

#### （１）狂い測定用テーブル

アルミ製の定規により組み立てられた狂い測定用テーブル（**図 5-5**）をカナダから日本に輸送し、同一のものを用いて狂いを測定した。すなわち狂い測定テーブルの上に材を置き、縦そり（Crook）、ねじれ（Twist)、断面変形（菱形変形：Diamond）を測定した。それぞれの狂い測定位置は最初に計測した位置をマークしておき、その位置で測定した。測定方法詳細は以下のとおりである。

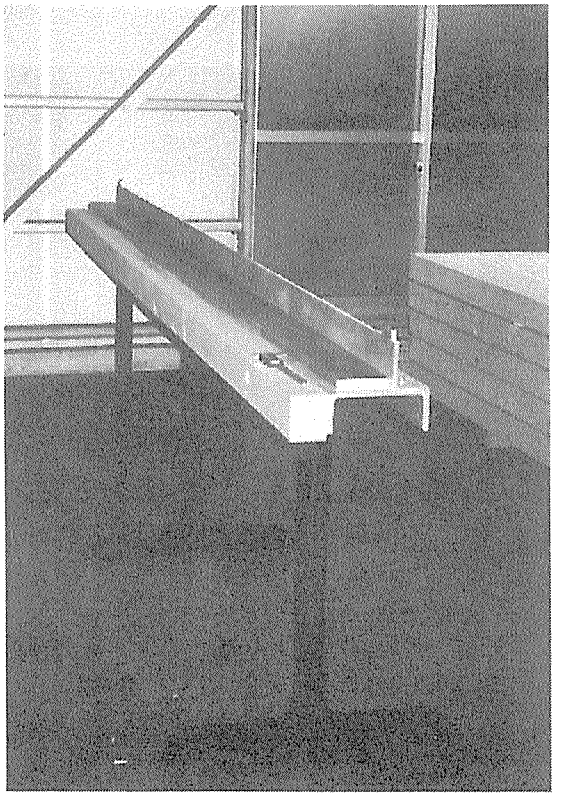


**図５－５　狂い測定用テーブル**

### （2）縦ぞりの測定

狂い測定テーブルに置いた柱材の両端をテーブルに接触させ人が抑え、そのときテーブルの直線定規と材の間に生じる長さ中央部の隙間をそり量としてアルミニウム製板を取り付けたダイヤルゲージ（㈱ Mitutoyo 製、543-272B 型）にて 1/100mm 単位で読み取った（**図 5-6,図 5-7**）。測定精度は± 0.5mm である。

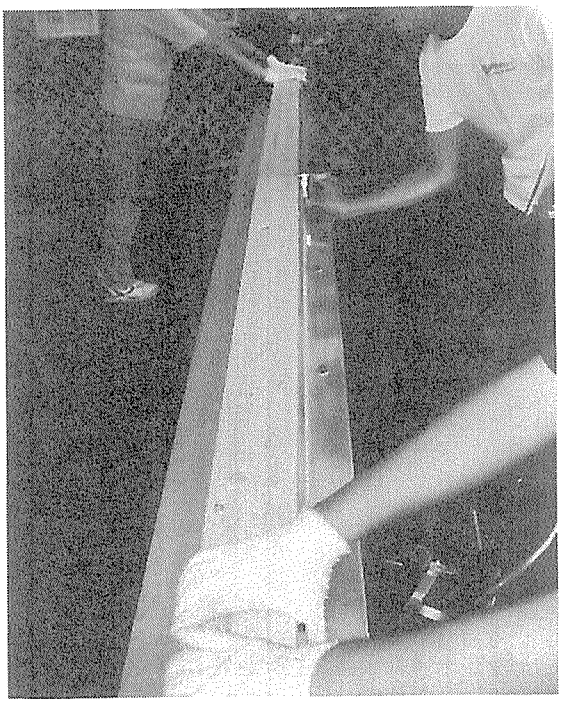


**図５－６縦ぞりの測定方法**

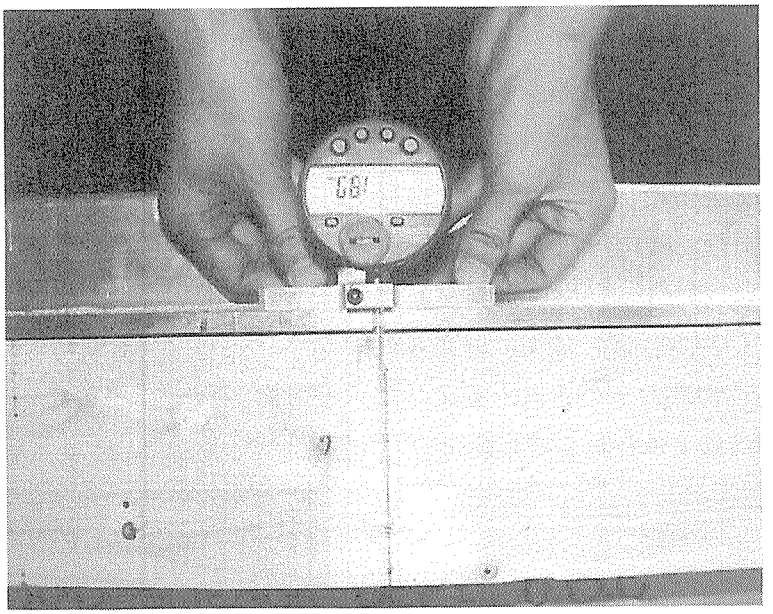


**図５－７　そり測定部拡大（ダイヤルゲージ）**

### （3）ねじれの測定

狂い測定テーブル上に置いた柱材の 4 つの角面のうちの 3 面をテーブルに接触させ抑え、残りの 1 面とテーブル面との間に生じる隙間の距離を、前述のダイヤルゲージにて 1/100mm 単位で計測した（**図 5-8**）。ねじれが大きな場合は、前述のデジタルノギスを用いて、同じく 1/100,mm まで読み取った。

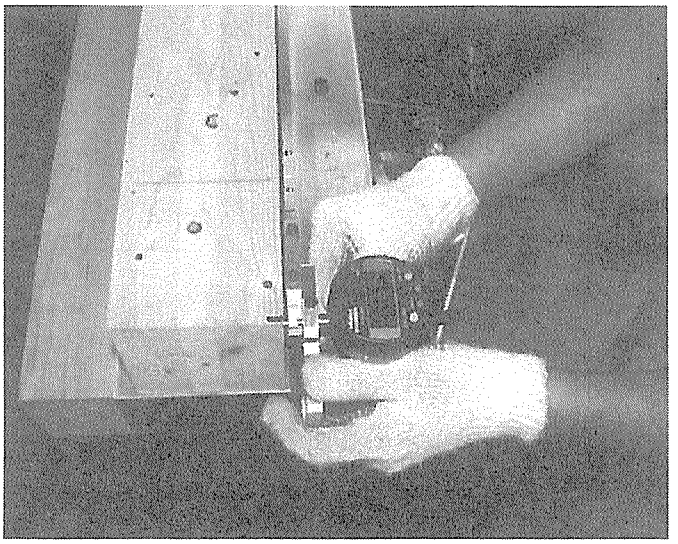


**図５－８　ねじれ測定方法**

### （4）菱形変形の測定

柱材の断面において、あらかじめ定めておいた面にステンレス製Ｌ型直定規にセットした前述同様のダイヤルゲージ（**図 5-9**）を置いて、柱材の一辺と直定規の間隔を変形量として 1/100mm 単位で読み取った。

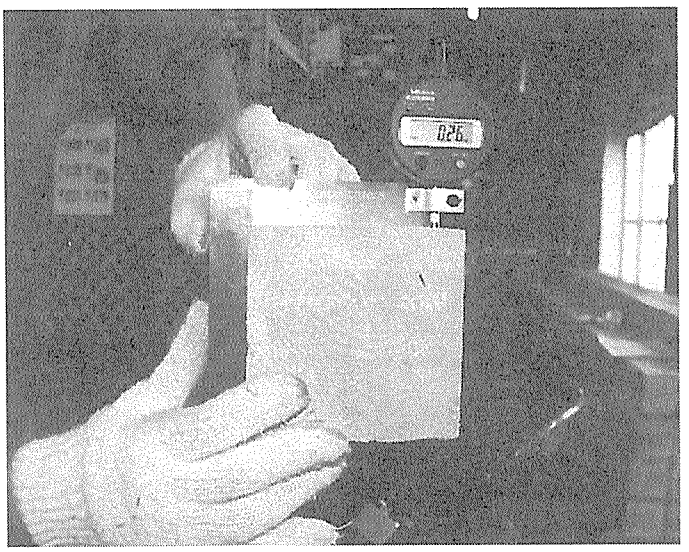


**図５－９　断面の菱形変形測定方法**

## 2　試験結果

### 2．1　輸入乾燥柱角の輸送前と受け入れ直後における重量変化

図 5-10 に船による輸入前後の試験材 150 本の重量のヒストグラムを示した。左側の棒グラフが輸入前、右側の棒グラフが輸入後である。概観するに変動は少ないことが見て取れる。さらに図 5-11 は輸送前後の試験材重量の相関を調べたものである。係数が回帰式の係数が 0.9985 で、わずかに輸送後の重量が減少している傾向が認められる。重量変化は図5-11より、柱材 1 本あたり平均値で 0.03kg 減少していることが伺える。
しかし、試験材個々について見ると図 5-12 に示すように重量増加したもの、重量減少したものが見られ、それぞれ異なる傾向を示した。

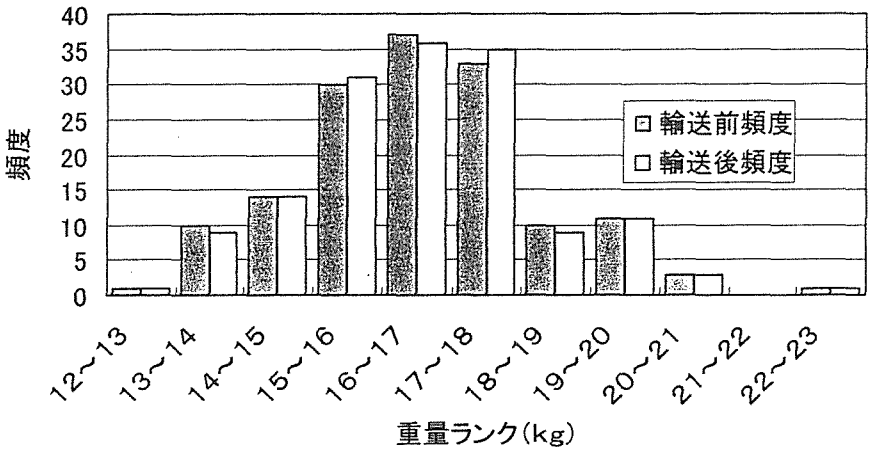



図5-10 カナダ→日本への輸送前後の柱材重量分布

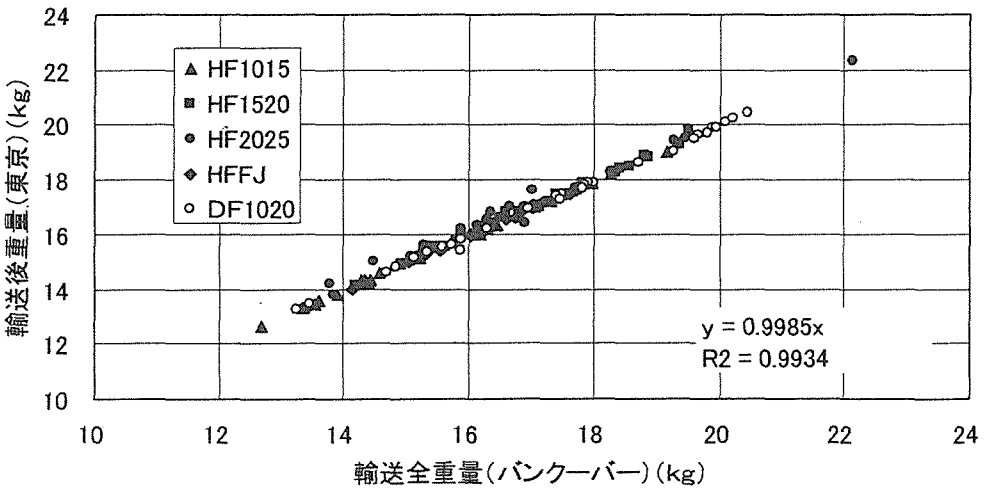



図5-11　輸送前後の柱材重量の相関(バンクーバー～東京)

HF1015:ベイツガ柱含水率10-15%、HF1520:ベイツガ柱含水率15-20%、HF2025:ベイツガ柱含水率20-25%、HFFJ:ベイツガ縦継柱、DF:ベイマツ柱(含水率10～20%)。各30本合計150本。

表5-2 カナダから日本への輸送前後の柱材重量比較

| 条件 | 平均(kg) | 標準偏差(kg) | 変動係数(%) |
|---|---|---|---|
| 輸送前(カナダ) | 16.56 | 1.73 | 10.45 |
| 輸送後(日本) | 16.53 | 1.74 | 10.54 |

測定材:150本、ベイツガ・ベイマツ・ベイツガ縦継柱材、いずれも105mm角、3m長さ、乾燥材。輸送時期:2001年8月。

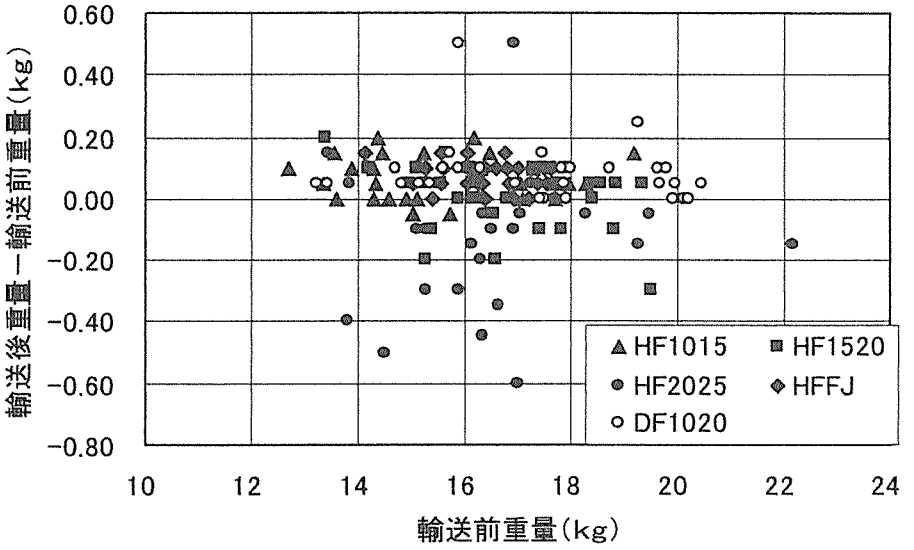



図5-12 船による輸送前後の各種柱の重量変化

HF1015:ベイツガ柱含水率10-15%、HF1520:ベイツガ柱含水率15-20%、HF2025:ベイツガ柱含水率20-25%、HFFJ:ベイツガ縦継柱、DF:ベイマツ柱。各30本合計150本。

さらに詳細に種類別に重量変動を見たのが、**図 5-13 ～図 5-17** である。試験材の種類別の傾向を示すと、

### 2．1．1　ベイツガ（含水率 10~15 %）

図 5-13 に示す、含水率が 10 ～ 15%に仕上げられた材は、輸送後に重量変化なしあるいは増加したものが 30 本中 28 本あった。おおむね重量は増加した。1 本当たりの重量増加は平均値で 0.06kg であった。

### 2．1．2　ベイツガ（含水率 15~20 %）

図 5-14 に示す、含水率が 15 ～ 20%に仕上げられた材は、輸送後に重量が増加したものが 30 本中 18 本あった。この含水率ランクでは、重量減少したもの、重量増加したものと拮抗するが全体としては重量が微増した。1 本当たりの重量増加は平均値で 0.01kg であった。

### ２．１．３　ベイツガ（含水率 20~25 %）

図 5-15 に示す、含水率が 20 ～ 25%に仕上げられた材は、以上の 2 種類とは対照的に輸送後に重量減少したものが 30 本中 19 本あった。全体としては重量が減少した。1 本当たりの重量減少は平均値で 0.11kg であった。減少量が最も大きい。

### ２．１．４　ベイツガフィンガージョイント縦接ぎ集成材（含水率 10 ～ 15 %）

図 5-16 に示す、含水率が 10 ～ 15%に仕上げられたこの集成柱は、輸送後に重量変化なしあるいは増加したものが 30 本中 30 本あった。ほとんどの材の重量が増加した。1 本当たりの重量増加は平均値で 0.08kg で、増加量が大きかった。

### ２．１．５　ベイマツ（含水率 10 ～ 20 %）

図 5-17 に示す、含水率が 10 ～ 20%に仕上げられたこの材は、輸送後に重量変化なしあるいは増加したものが 30 本中 30 本あった。ほとんどの材の重量が増加した。1 本当たりの重量増加は平均値で 0.09kg で、もっとも増加量が大きかった。

以上の重量変動の結果を見ると、それぞれの含水率程度に良く一致した挙動を示したといえる。すなわち、含水率が 10 ～ 15%の材は輸送後重量が増加した。また含水率が 15 ～ 20 %の範囲の材では重量が増加あるいは減少する材が混在した。そして含水率が 20% 以上では重量が減少する傾向が認められた。

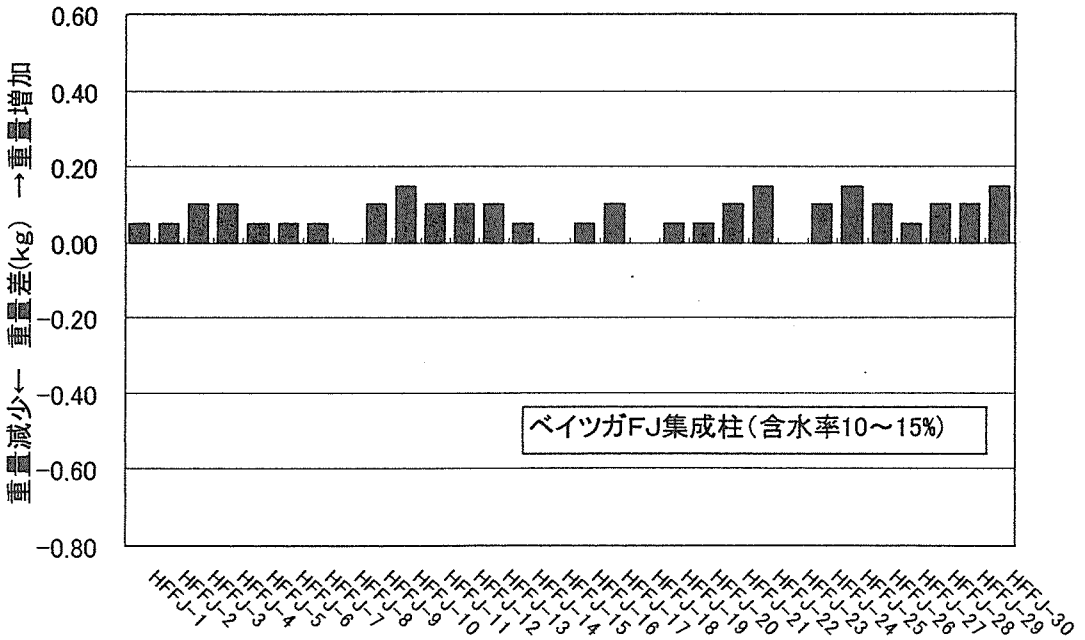



図5-13　　カナダ→日本への輸送前後の重量差
2001年8月に14日間船にて輸送

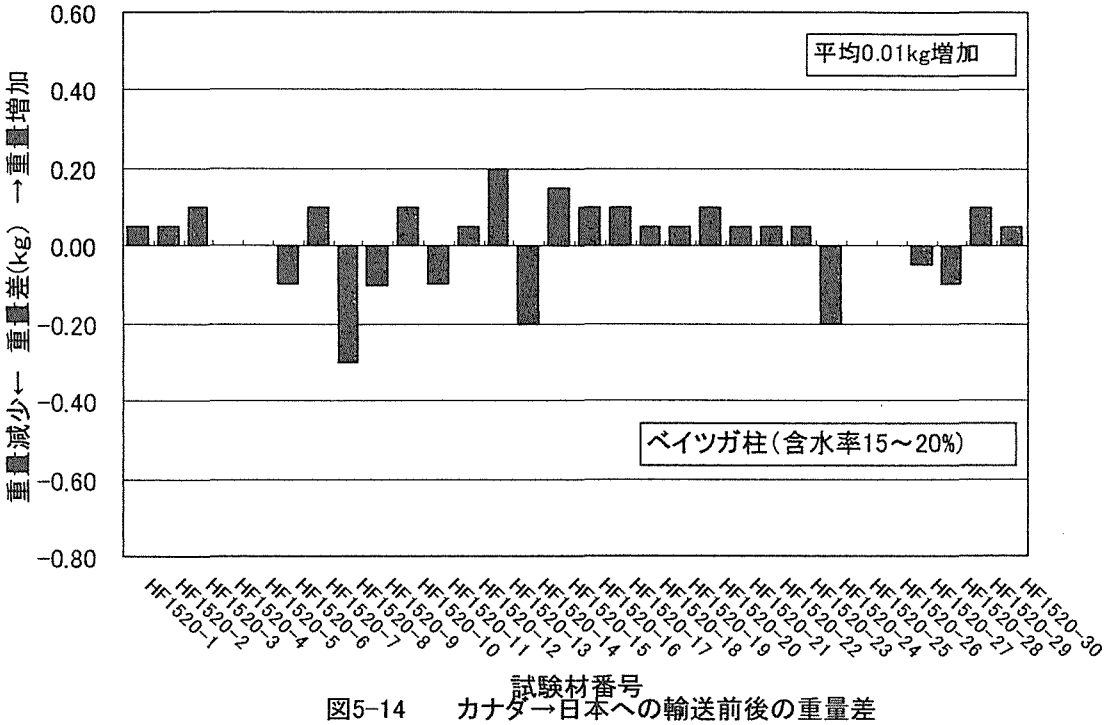



図5-14　カナダ→日本への輸送前後の重量差
2001年8月に14日間船にて輸送

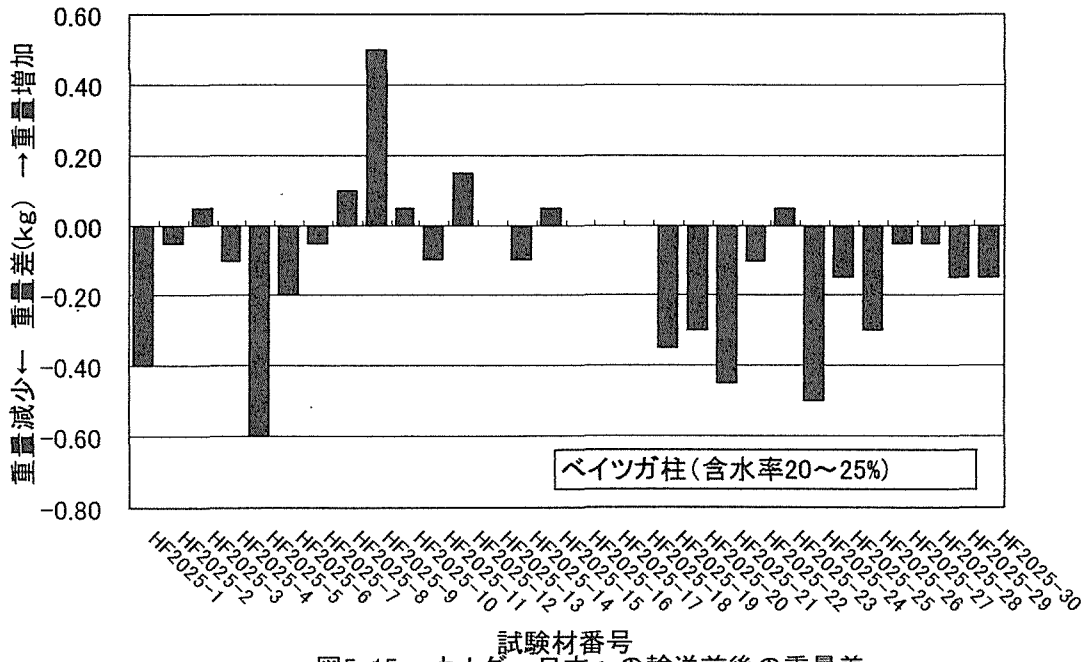



図5-15　カナダ→日本への輸送前後の重量差
2001年8月に14日間船にて輸送

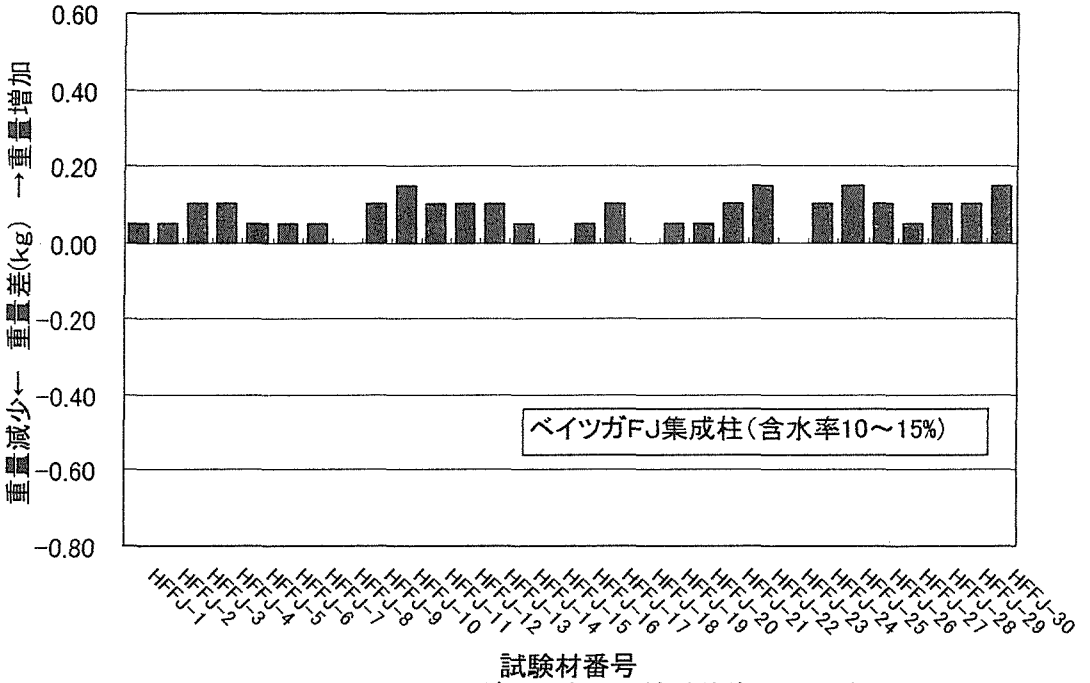



図5-16 カナダ→日本への輸送前後の重量差
2001年8月に14日間船にて輸送

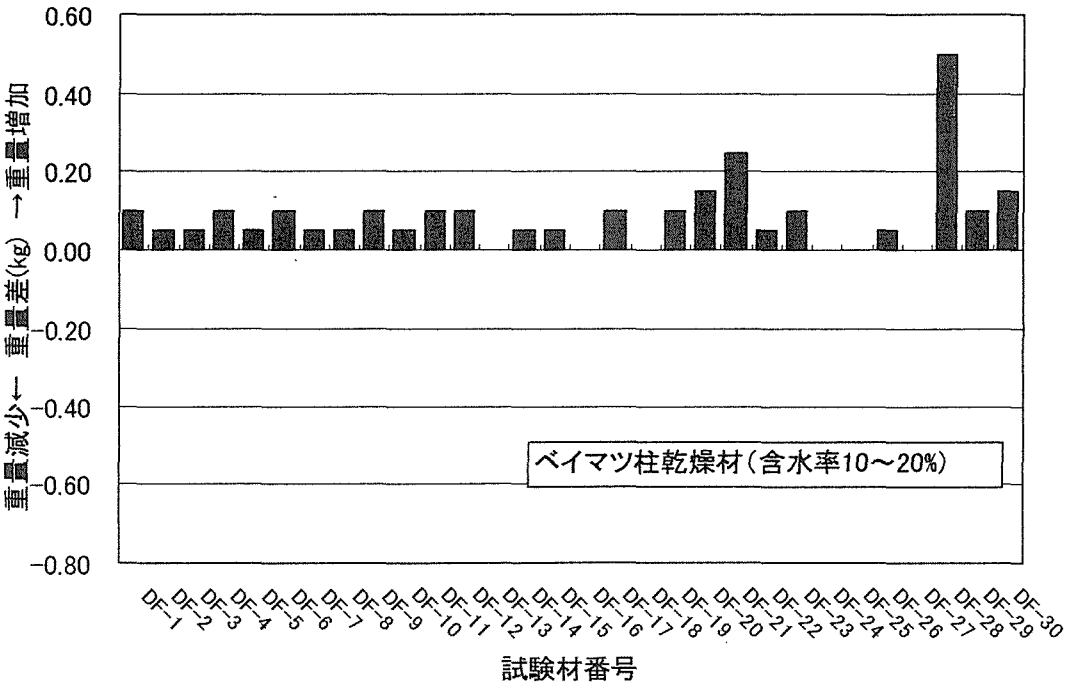



図5-17 カナダ→日本への輸送前後の重量差(kg)
2001年8月に14日間船にて輸送

## ２．２　輸入時期のバンクーバーと東京の平衡含水率

輸入材の含水率変化を考えるにあたり、輸出先および荷受先の温度、湿度からもとまる月別の平衡含水率（ＥＭＣ）を計算して**図 5-18** に示す。平衡含水率計算に用いた温度湿度データは日本建築学会発行の拡張アメダス気象データ（1981-1995 年までの 15 年分の気象データ）の標準年用のデータを使用した。

今回の実験では乾燥材輸入時期が 8 月であったが、この時期の輸出元のバンクーバーの平衡含水率は東京のそれとほぼ同じで EMC ＝ 15%前後である。輸入後の 9 月、10 月、11 月と東京の平衡含水率はしだいに低下する。したがって、東京の保管場所が外気環境に影響さやすい場所である場合は、乾燥材が保管されている間に含水率が高い材の場合は乾燥が促進しやすい環境に置かれることになる。

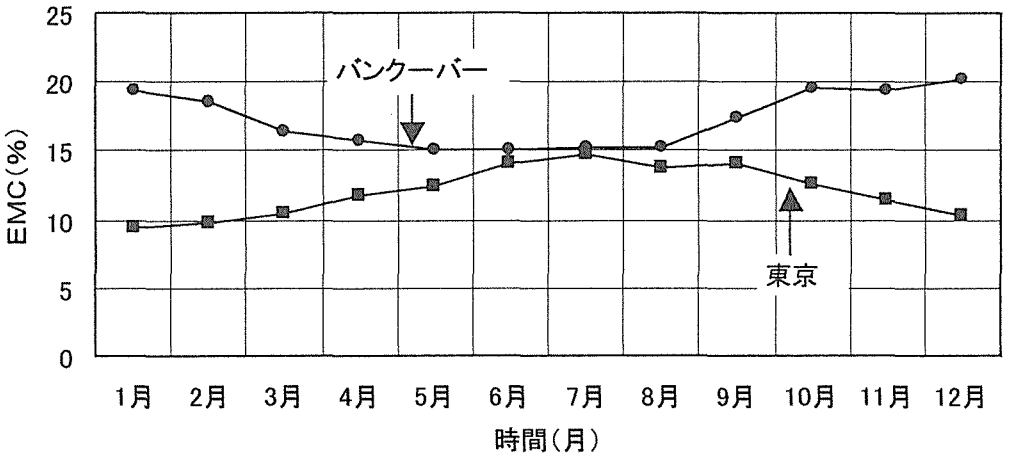



図5-18　　東京とバンクーバーの月平均気温と相対湿度から求めた平衡含水率(EMC)

## ２．３　保管場所の環境

今回の保管場所（実験場所）は山梨県上野原町のプレカット工場の建屋内であった。そこの温度湿度環境を計測した結果（1 時間ごとに計測）を**図 5-19** に示す。ここでは材が保管されている期間である 8 月~11 月の間の建屋内の温度、相対湿度の時間経過を示した。図の中の太い線は、温度湿度とも 24 時間の移動平均を示したものである。平均値とみなせる。細い線は 1 時間ごとのデータで、これはバラツキの程度を表すものとみなせる。

この期間の平均気温は 21.3 ℃、平均相対湿度は 75%であった。また、これらの温度、湿度から計算できる平衡含水率（ＥＭＣ）は平均値で 14.6%となってっていた。理論的には、ＥＭＣより含水率が高い材は保管中含水率が低下し、逆にＥＭＣよりも低い含水率であった場合は保管中に含水率が増加する。

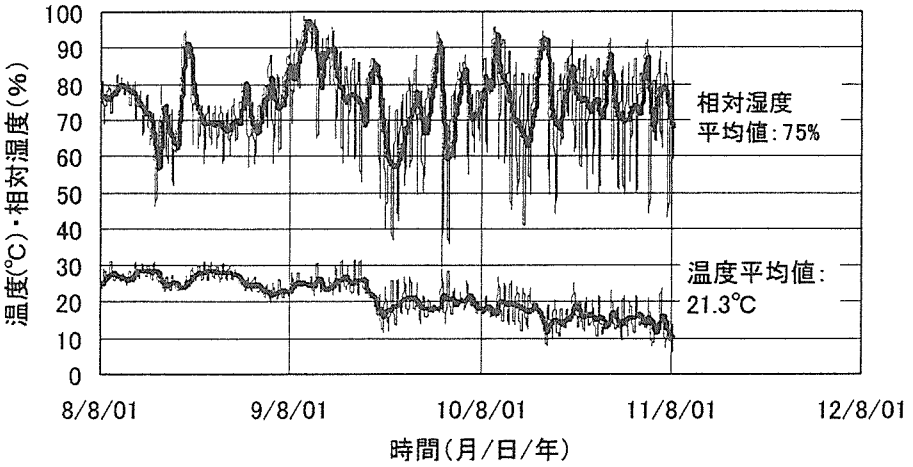



図5-19　柱材設置場所の環境(2001年8月～11月)

## 2．4　保管期間における各種柱角の含水率変化

**図 5-20** ～**図 5-28** に各種柱角の保管期間における含水率変化を図示した。これらの図では横軸に、試験材番号が示してある。それぞれ 30 本の試験材含水率を低い順に並べなおして示した。含水率は電気抵抗式含水率計（読み取り含水率限度 60%）を用いた。

### 2．4．1　ベイツガ柱（含水率 10 ～ 15%)

**図 5-20** より輸入前と荷受後の間で、はじめに高い含水率状態にあった試験材の含水率の低下が見られる。9 月から 11 月までの保管期間では含水率変化が少ない。これは乾燥程度が含水率 10~15%であったため、荷受後の保管時の周囲の平衡含水率に近い値となっていたためである。

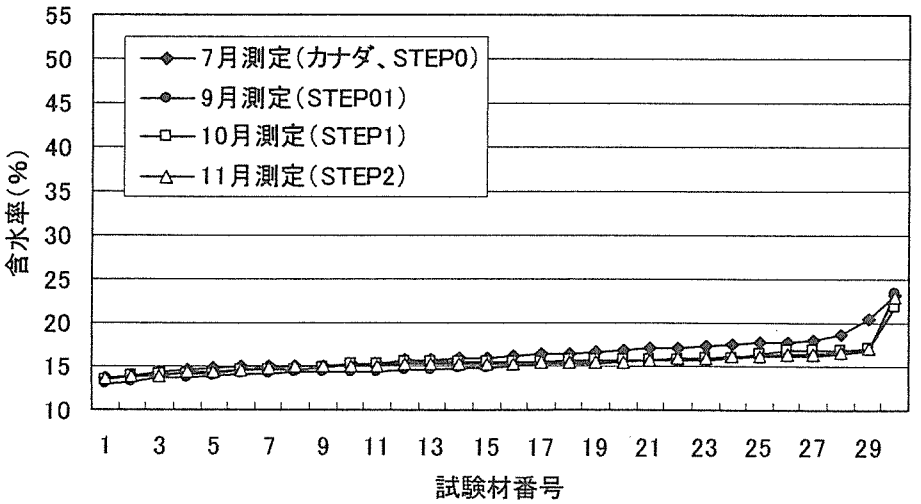



図5-20　含水率の経時変化(ベイツガ柱、含水率10～15%、30本)

### 2．4．2　ベイツガ柱（含水率 15~20 %）

**図 5-21** より、前述の含水率が之よりも低く乾燥された材に比べて、輸入前後の含水率低下の程度が大きい。初期に含水率が 20%～ 30%の範囲にあった材は輸入前後での含水率低下幅が大きいことが認められる。保管中の 9 月、10 月、11 月の含水率変化は少ない。

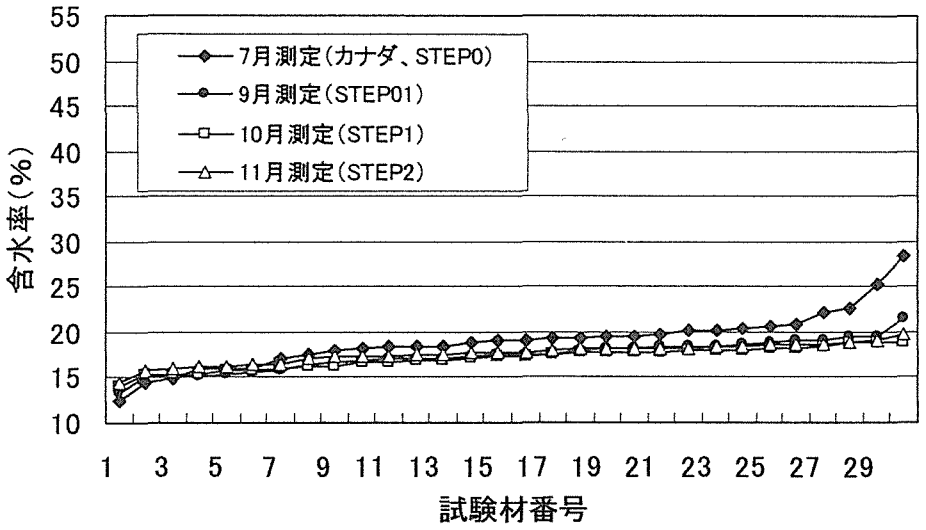



図5-21　含水率の経時変化(ベイツガ柱、含水率15～20%、30本)

### 2．4．3　ベイツガ柱（含水率 20~25%）

**図 5-22** より、含水率が 20~25 %の材は輸入前に比べて輸入直後の 9 月ではすべての材の含水率低下が起こっている。さらに保管中の 9 月、10 月、11 月のあいだにも時間とともにすべての材の含水率は低下する傾向が認められる。

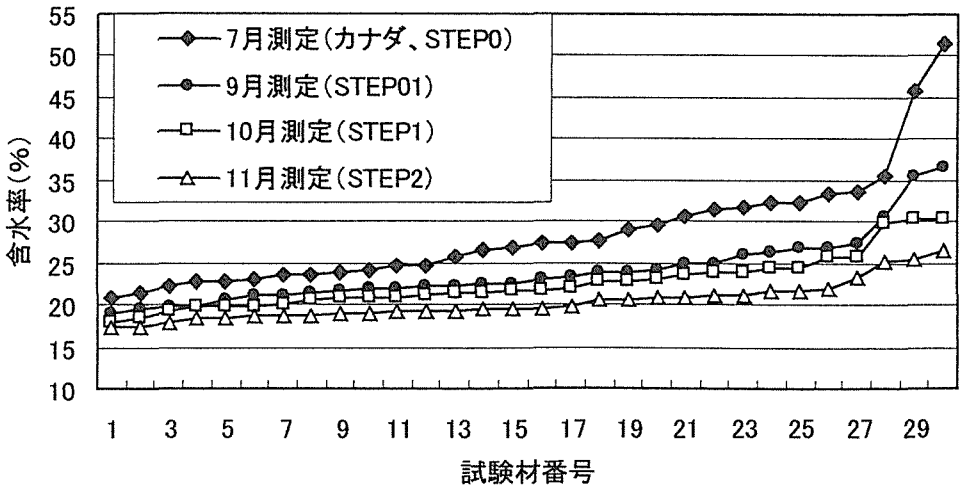



図5-22　含水率の経時変化(ベイツガ柱、含水率20～25%、30本)

### 2．4．4　ベイツガフィンガージョイント縦接ぎ集成柱

**図 5-23** より、集成材であるため初期の含水率が低く、輸入後の含水率は 15%前後で安定しており変化は少ない。ただし若干含水率増加が認められる材があった。どちらかといえば過乾燥状態であった。

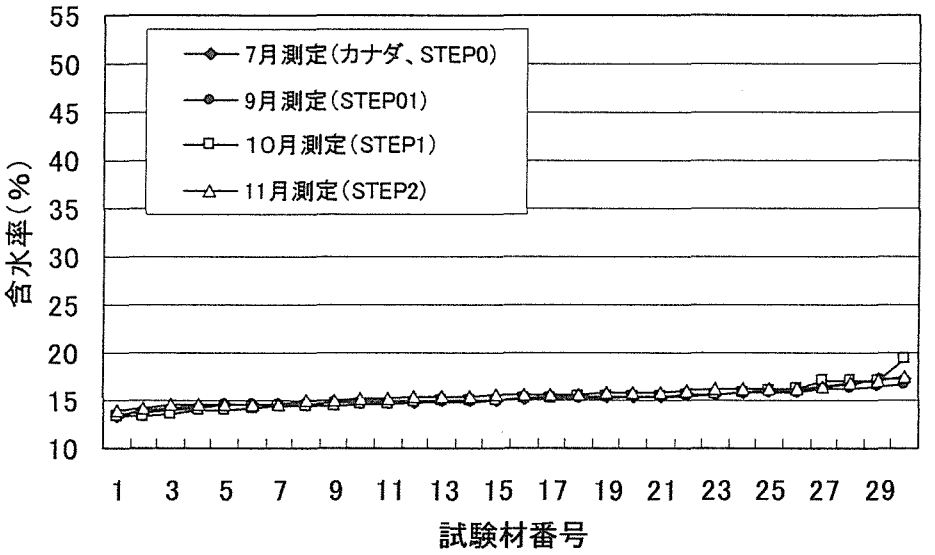



図5-23　含水率の経時変化(ベイツガFJ集成柱、含水率10～15%、30本)

### 2．4．5　ベイマツ柱（含水率 10~20%）

**図 5-24** より、この材はかなり乾燥がすすんでいたものと考えられ、バラツキが意外と少なかったため、輸入前後および保管中の含水率は安定しており、その変化は前述の集成材と同程度に少なかった。ただし、含水率は平衡含水率よりも多少高いので、さらなる長期間の保管により 1~2%の含水率低下が起こる可能性がある。

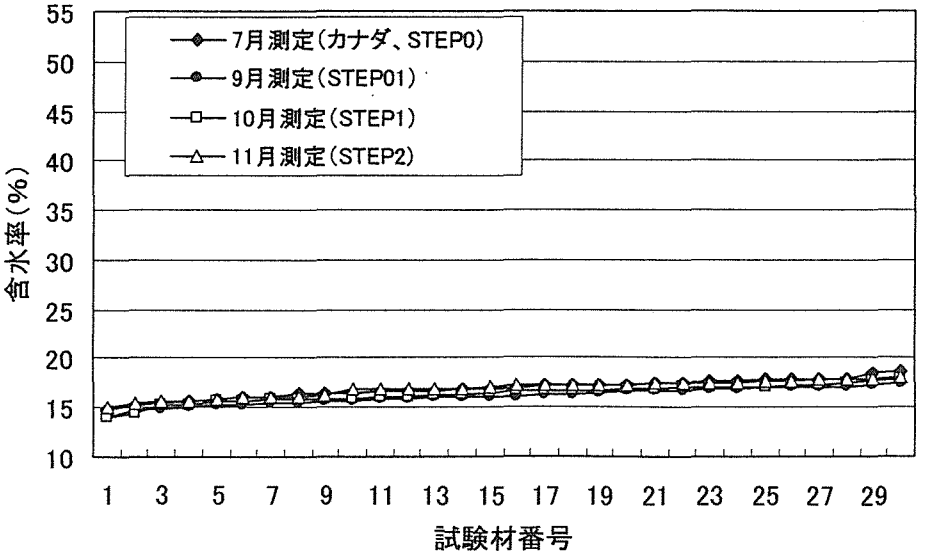



図5-24　含水率の経時変化(ベイマツ柱、含水率10～20%、30本)

### ２．４．６　スギ生材（背割り有り）

**図 5-25** より、保管場所への搬入後 1 ヶ月間は含水率変化が少ないことが特徴である。これは 8 月、9 月の平衡含水率が 10 月、11 月に高いこと、また含水率測定は含水率計を用いて表層部および中心部の 2 点 3 箇所合計 6 点の平均値で求めたが、含水率 60 %以上は表示されない含水率計であったため、含水率欠足値が出て測定誤差が大きくなったが原因と考えられる。しかし以後の 10 月から 11 月の 1 ヶ月間でかなり含水率が低下した。

11 月の測定時の含水率はまだ高いものが多く含水率が 20%以下となっている材は 30 本中 6 本程度であった。さらに保管することにより含水率は低下するものと見られる。

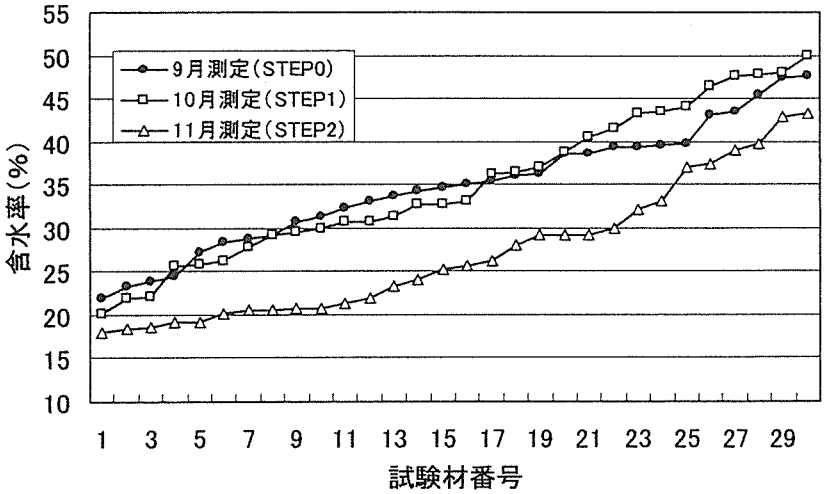



図5-25　含水率の経時変化(スギ生柱材、30本)

### ２．４．７　スギ乾燥材（背割り有り、含水率 15 ～ 20%）

**図 5-26** より、含水率が 20%を超える材が 1 本有り、この材の含水率が保管中に時間とともに低下した。それ以外の材の多くは均一かつ多少周囲空気の平衡含水率よりも過乾燥状態（15%以下）にあったため、保管中の含水率は微増した。

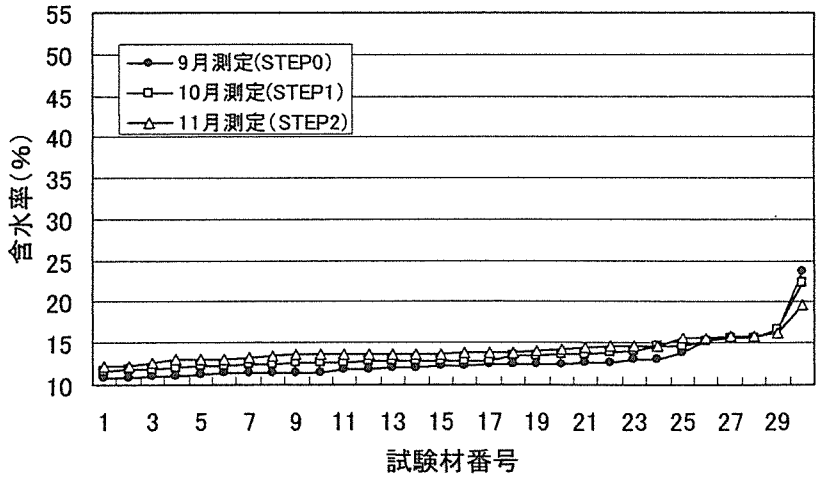



図5-26　含水率の経時変化(スギ柱背割有、含水率15～20%、30本)

### ２．４．８　ホワイトウッド集成柱

**図 5-27** より、保管開始時にすでにかなり低い含水率状態（含水率 12%前後）にあったことがわかる。この材は製造後 3~6 ヶ月経過した材であり本実験に供する前に倉庫において十分な期間養生がなされていたため、実験スタート時に均一で低い含水率となっていた。保管中は水分を吸湿して含水率が増加傾向を示した。10 月から 11 月にかけて含水率増加が大きい。さらに 9 月から 10 月にかけて含水率が高い材はわずかに低下し含水率が低い材はわずかに増加している。

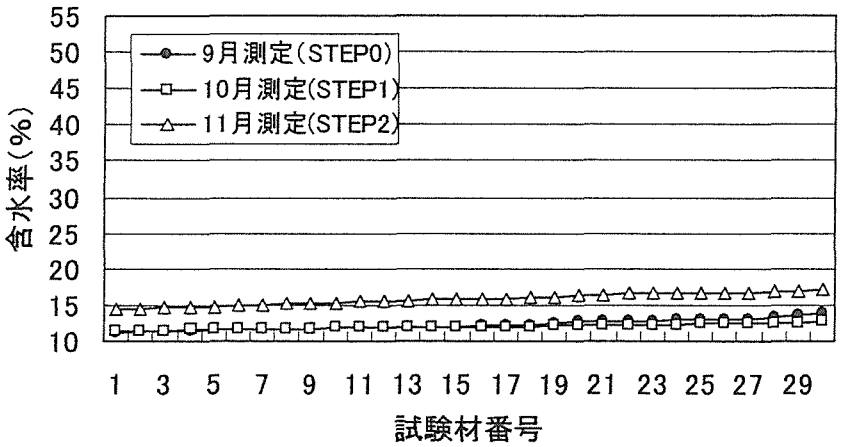



図5-27　含水率の経時変化（ホワイトウッド集成柱、30本）

### ２．４．９　スギ柱（含水率 15~20%）

**図 5-28** に最もポピュラーな乾燥材として位置付けられるスギ材の保管中の経過を示す。試験材間のバラツキがあるため含水率 25%を超える材が 2 本あった。これらは保管中に時間経過とともに含水率低下が認められる。含水率 15~25%までの材は保管中の環境変動に呼応して含水率が上下している。また含水率が 15%前後の材は周囲環境の変動の影響が少なく含水率の変化が少ない。

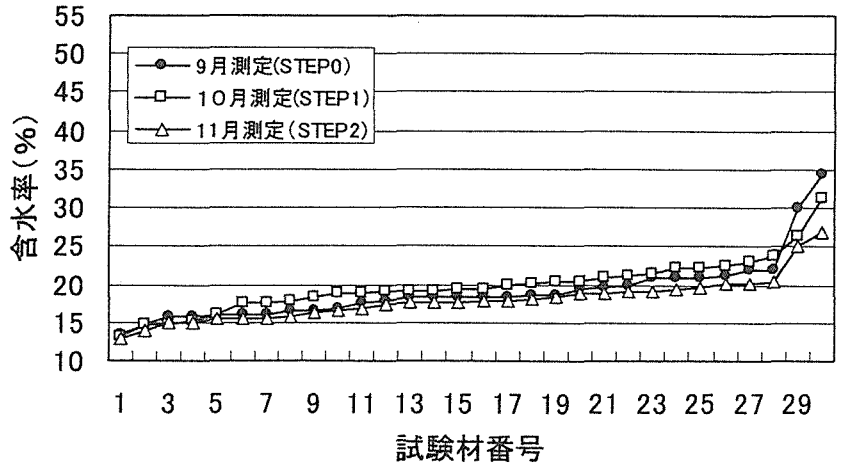



図5-28　含水率の経時変化（スギ柱、含水率15～20%、30本）

## ２．５　想定建築過程における各種柱角の断面寸法変動

ベイツガ柱、ベイツガ縦接ぎ集成柱、ベイマツ柱などカナダから船により輸送した柱角およびスギ柱、ホワイトウッド集成柱など日本で準備した柱角それぞれ 30 本合わせて 270 本について、輸入－保管－プレカット－建て方を想定した 2001 年 9 月~11 月までの期間で、断面寸法、ねじれ、縦ぞり、断面の菱形変形を計測した。その結果を以下に示す。

### ２．５．１　ベイツガ柱（含水率 10~15%）

**図 5-29** に断面寸法の変化を示す。横軸には試験材の断面寸法が小さいものから順に並べて示した。乾燥程度が低かったためカナダからの輸送後、若干含水率が上昇したが、その後の日本における保管期間中の断面寸法は漸減したが全体として寸法変動は少ない。

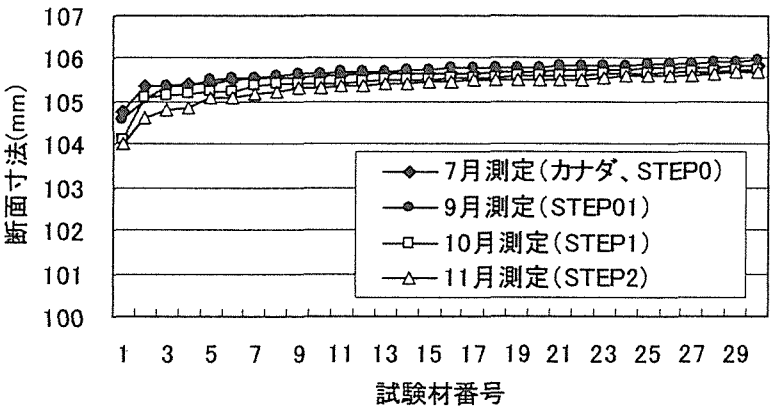



図5-29　ベイツガ柱(含水率10～15%)の断面寸法の経時変化

### ２．５．２　ベイツガ柱（含水率 15 ～ 20%）

**図 5-30** に含水率 15 ～ 20%に乾燥されたベイツガ柱の結果を示す。輸入前後の寸法変化は前述（1）よりも少ないが、10 月、11 月と寸法が小さくなった。

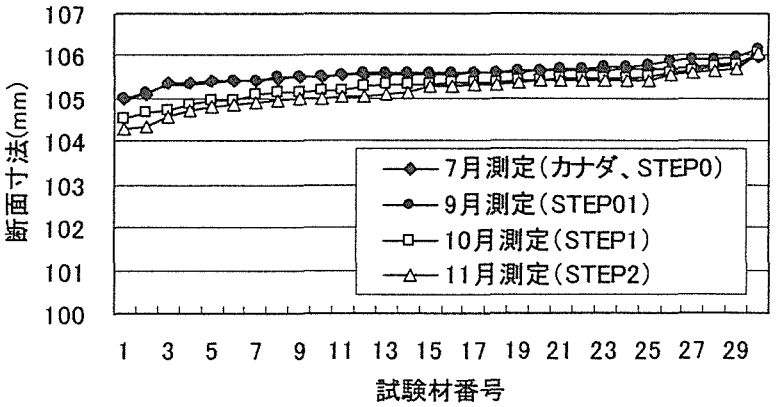



図5-30　ベイツガ柱(含水率15～20%)の断面寸法の経時変化

### ２．５．３　ベイツガ柱（含水率 20~25%）

**図 5-31** に、含水率 20~25%に乾燥したベイツガ柱の断面寸法経過を示した。前述（１），（２）よりも含水率が高いため、輸送および保管期間中の寸法の変化（寸法減少）が大きいことがわかる。夏期にカナダから日本へ輸入した場合の、その後の寸法変動の様子をうかがい知る結果とみなせる。

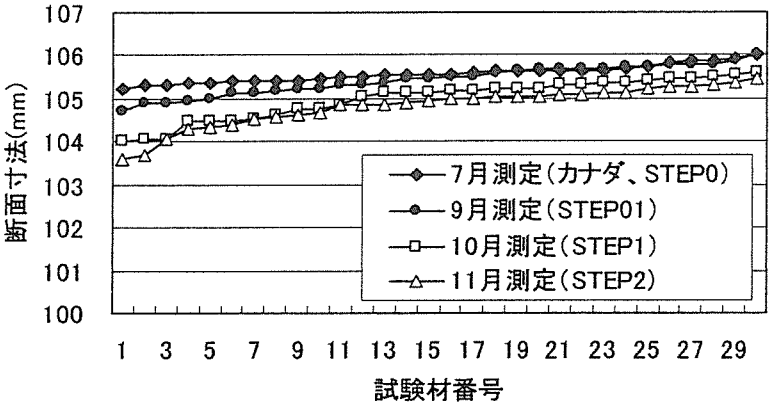



図5-31　ベイツガ柱(含水率20～25%)の断面寸法の経時変化

### ２．５．４　ベイツガＦＪ集成柱（含水率 10 ～ 15%）

**図 5-32** に結果を示す。ミニフィンガージョイントにより縦接ぎしたラミナを用いた集成柱である。含水率が低く乾燥してあるため、断面寸法の変動は少ない結果となった。公称寸法 105mm を、はじめから割り込んだ断面のものが見受けられた。それら（図の左端付近のプロット）ははじめから過乾燥気味であったと思われ、日本に輸入期間を含め、日本での保管中、9 月、10 月と寸法が一旦増加し、11 月にはまたわずかに減少した。11 月時点でも当初の寸法よりも増加していた。

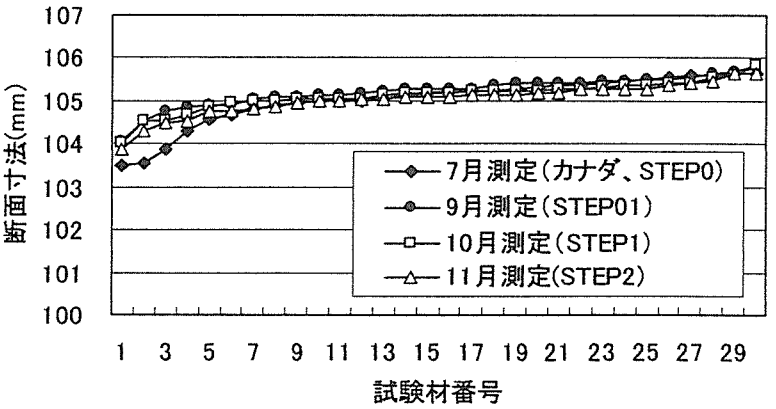



図5-32　ベイツガFJ集成柱(含水率10～15%)の断面寸法の経時変化

### 2．5．5　ベイマツ柱（含水率 10~20%）

**図 5-33** に結果を示す。ベイマツ柱の断面寸法ははじめから多少短めであった。輸入により断面寸法は一旦微増し、その後微減した。しかし全体としては乾燥程度が低かったので、保管中の断面寸法変動は少ない。

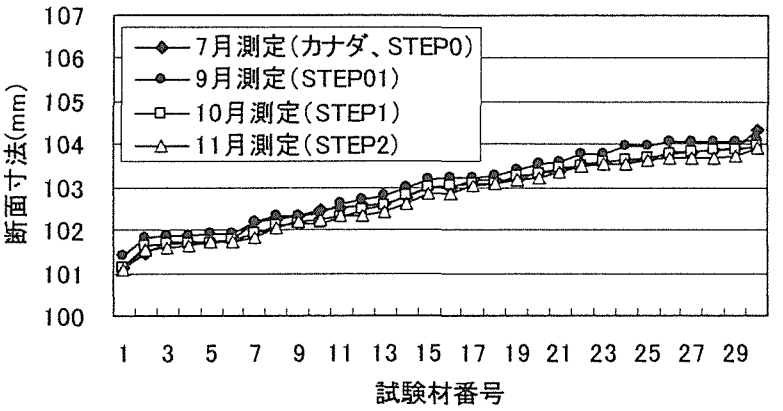



図5-33　ベイマツ柱(含水率10～20%)の断面寸法の経時変化

### 2．5．6　スギ柱（生材、背割り有り）

**図 5-34** に結果を示す。背割り面を除外した他の 3 面の寸法を平均して表示した。生材であったため、保管中の寸法変化が大きい。9 月~11 月までの保管中に収縮して断面寸法が 105mm を割り込む試験材はないが、11 月以降さらに保管することにより、いわゆる歩切れする試験材が発生する可能性が高い。適切な乾燥処理の必要性を示す結果の一例といえる。

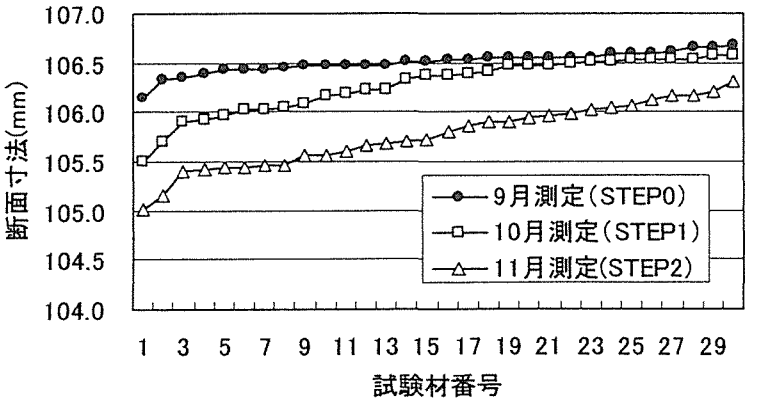



図5-34　スギ柱(生材、背割り有り) の断面寸法の経時変化

## ２．５．７　背割れの有無による断面寸法の違い

**図 5-35** にスギ柱（生材）の背割り面と背割りの無い面の断面寸法について 11 月測定（2 ヶ月経過後）の結果を示した。保管中 2 ヶ月間で背割れ面が開き寸法が増加し他の面との寸法の違いが発生した。

一方、**図 5-36** には、乾燥程度を 15~20%にしたスギ柱に背割りを施した試験材の 11 月（2 ヶ月経過）に測定した断面寸法の結果を示した。前述の、生材に背割りを施した図 5-35 の結果と比べて、背割り面の寸法はそれほど変化せず柱の 4 面の断面寸法の差は少ない。背割り面は、その他の面よりも寸法が若干小さい傾向が認められた。

以上の比較からわかることは、適正な乾燥を施した後で背割りを入れることは、その後の寸法変動を少なくすることができるということである。

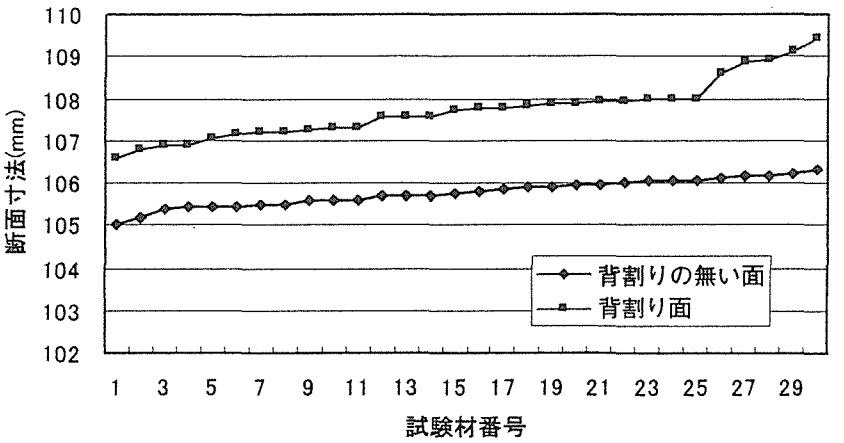



図5-35　スギ柱（生材）の背割り面と背割りの無い面の断面寸法比較
（試験開始後2ヵ月後）

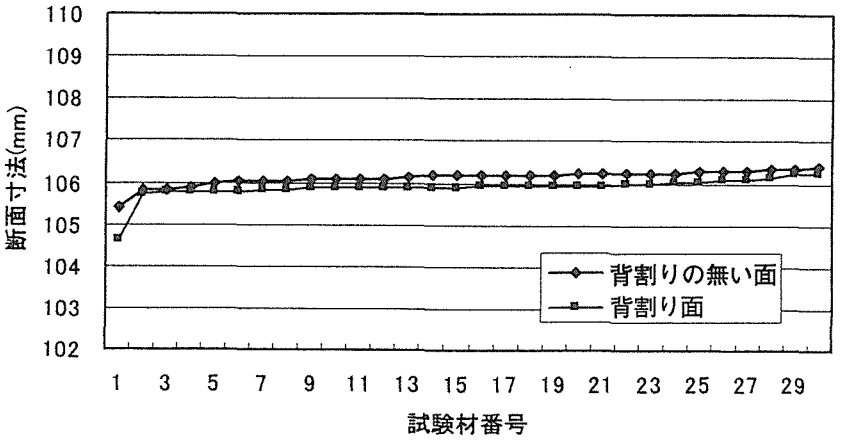



図5-36　スギ柱（含水率15～20%）の背割り面と背割りの無い面の
断面寸法比較（試験開始後2ヵ月後）

### 2．5．8　スギ柱（背割り有り、含水率 15 ～ 20%）

**図 5-37** に結果を示す。背割り面の寸法が他の面と同様な寸法経過を示したので、断面の 4 面の寸法を平均して示した。この結果を詳細に見ると保管開始時より 2 ヶ月間で若干寸法は増加したが、全体としては寸法変動は少ない。

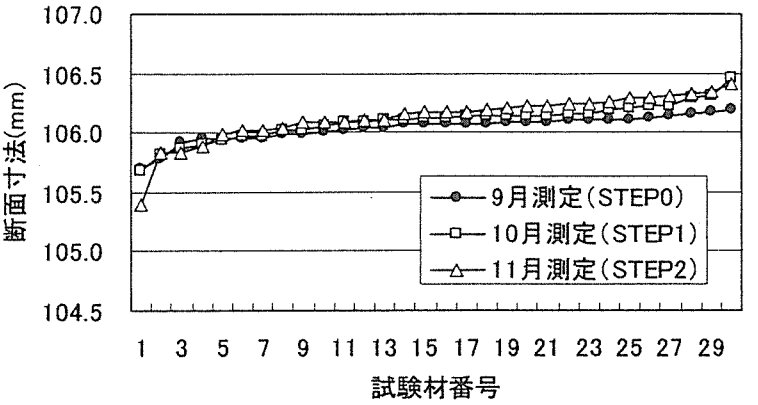



図5-37　スギ柱（背割有、含水率15～20%）の断面寸法の経時変化
（背割り面を含む4面の寸法の平均値）

### 2．5．9　ホワイトウッド集成柱

**図 5-38** に結果を示す。試験材 30 本のうち、断面寸法が大きな試験材が 5 本見受けられるが、これは試験材調達の時に 30 本をそろえる必要性から異なる 2 企業から試験材を取り寄せたため、それぞれの初期寸法が異なっていたためである。本試験材は製造後 3~6 ヶ月を経ている材であり、倉庫などにおいて養生が十分なされ含水率が均一化かつ低い状態にあったと推察される。したがって、本実験における保管期間中、水分を吸湿して断面寸法は微増した。

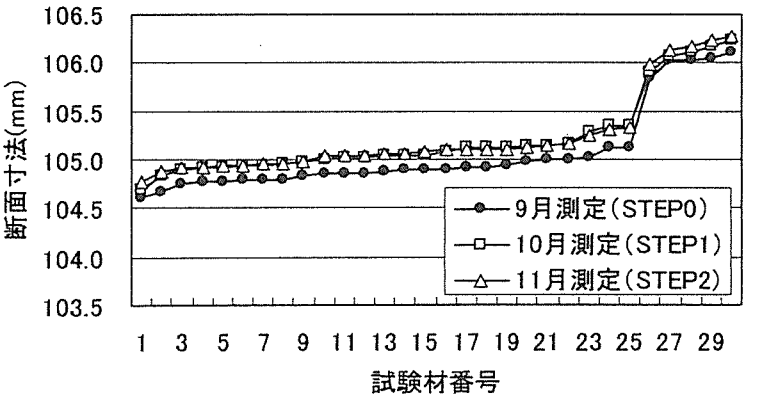



図5-38　ホワイトウッド集成柱の断面寸法経時変化

### ２．５．１０　スギ柱（含水率 15~20%）

**図 5-39** に結果を示す。保管期間中、断面寸法は時間経過とともに小さくなった。これは保管場所の示す平衡含水率よりも試験材の含水率が高かったことを示している。そして 11 月測定結果では 105mm を割り込む断面寸法が現れた。

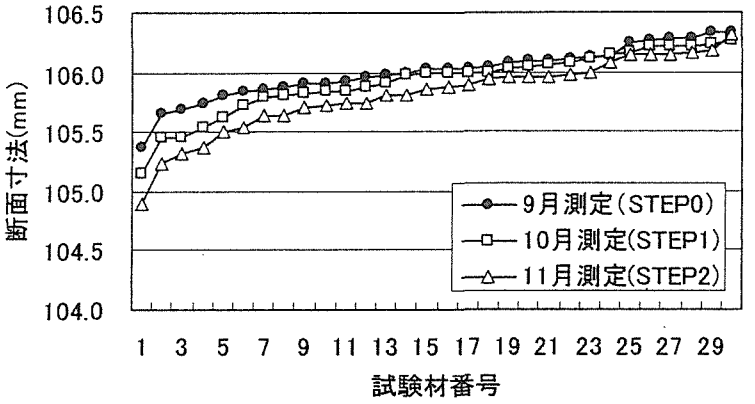



図5-39　スギ柱（含水率15～20%）の断面寸法経時変化

## ２．６　想定建築過程における各種柱角の縦ぞりの変化

### ２．６．１　ベイツガ柱（含水率 10 ～ 15%）

**図 5-40** に結果を示す。初期にたてぞりが大きかった試験材 2 本は、輸入前後および保管期間中に反り量の変動が大きいが、一定の傾向はない。保管場所の温度湿度の環境に応じて変動した。残りの試験材は輸入前後および保管期間中の変動は少ない。

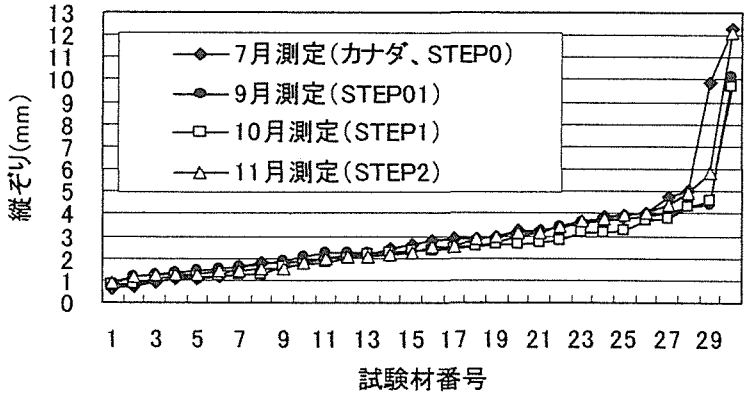



図5-40　ベイツガ柱（含水率10～15%）の縦ぞり経時変化

### 2．6．2　ベイツガ柱（含水率 15~20%）

**図 5-41** に結果を示す。相対的に大きな反りがあった 2 本程度の材が輸入直後反り量が一時的に減少するものがあった。しかし、保管期間中をとおして縦ぞりの変化量は少なかった。個々の当初の反り量に応じて、保管場所の気候に呼応して増減した。

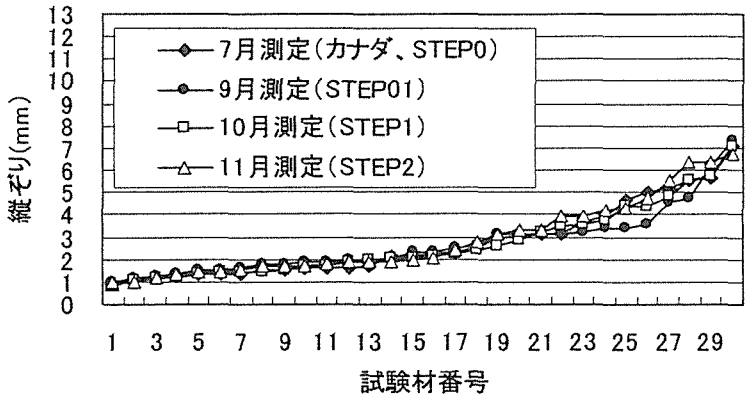



図5-41　ベイツガ柱(含水率15～20%)の縦ぞり経時変化

### 2．6．3　ベイツガ柱（含水率 20~25%）

**図 5-42** に結果を示す。まず、カナダで測定が行なわれた 7 月中旬から輸送を挟んで日本で測定した 9 月初旬までの間に反り量は減少した。その後 10 月、11 月と反り量が増加した。これは乾燥程度が十分ではないため、含水率減少に伴う収縮が反り量の増加をもたらしたものと考えられる。輸入製材の乾燥程度としても含水率 20 ～ 25%では狂い増加をもたらす危険性が含まれていることを示す結果といえる。

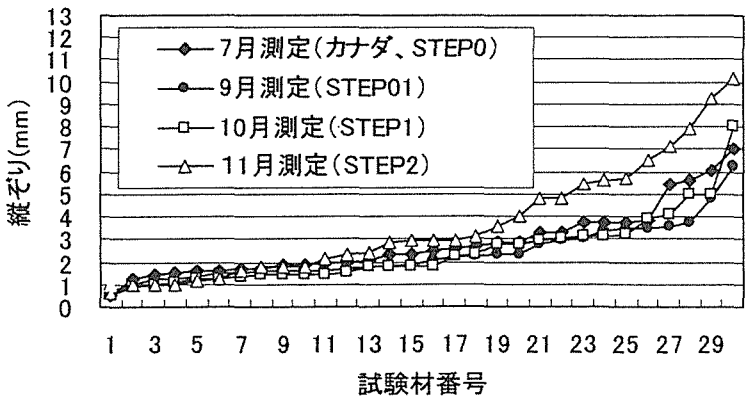



図5-42　ベイツガ柱(含水率20～25%)の縦ぞり経時変化

### ２．６．４　ベイツガフィンガージョイント縦接ぎ集成柱（含水率 10~15%）

**図 5-43** に結果を示す。前述（ａ）の場合と同様に、含水率が 10~15 %程度と乾燥程度が十分であるため輸送中および保管中の縦ぞり量の変化は少なく、7 月中旬カナダで計測した初期の反り量からの変化は少ない。

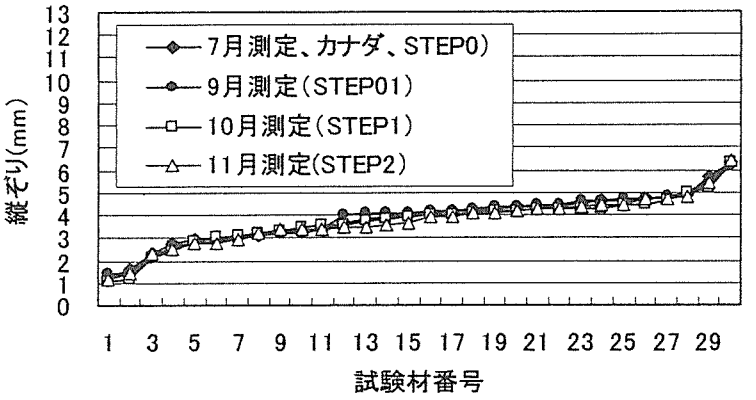



図5-43　ベイツガFJ集成柱(含水率10～15%)の縦ぞり経時変化

### ２．６．５　ベイマツ柱（含水率 10 ～ 20%）

**図 5-44** に結果を示す。縦ぞりの量および期間内の変動は小さい。変動の傾向に規則性は無い。

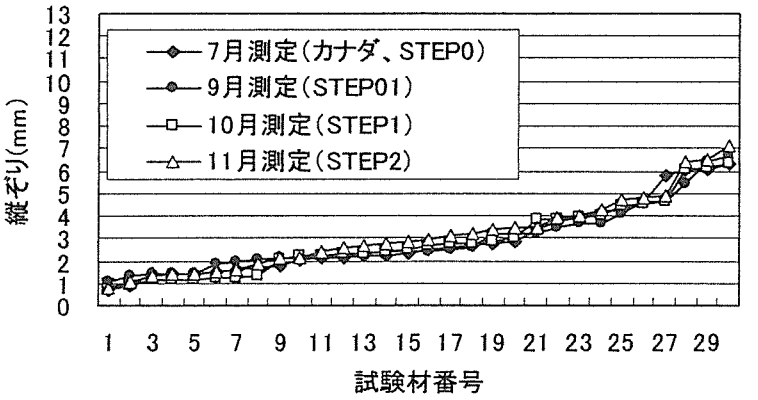



図5-44　ベイマツ柱(含水率10～20%)の縦ぞり経時変化

### ２．６．６　スギ柱（生材、背割り有り）

**図 5-45** にスギ柱（生材）の縦ぞりの結果を示す。試験開始時より時間が経過するとともに縦ぞりは小さくなっていった。この結果は材の木取り、材質に起因するところが大きい。したがって、今回の結果から一般論として「保管期間を経た材の縦ぞりは減少する」ということを結論できるものではない。未乾燥材は保管期間中に含水率減少とともに縦ぞりの変動が大きいというふうに結論すべきであろう。

背割りのある柱の縦ぞりの方向について特筆すべきは、背割れ面が凸面となるような縦ぞりが多いことがあげられる。

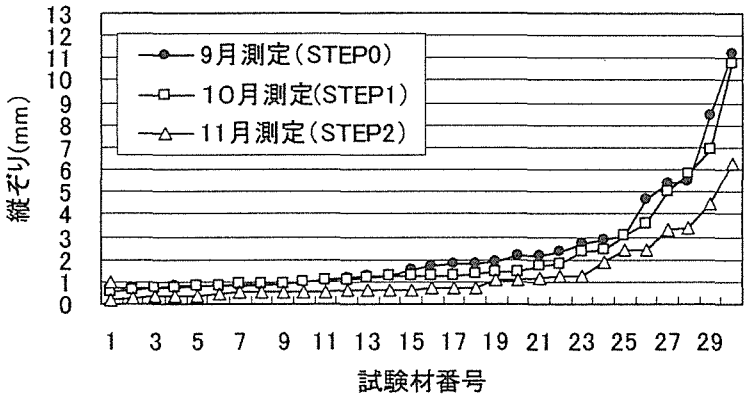



図5-45　スギ柱(生材、背割り有り)の縦ぞり経時変化

### ２．６．７　スギ柱（背割り有り、含水率 15 ～ 20%）

**図 5-46** に結果を示す。保管期間中の縦ぞりの変化量は少なかった。またその絶対量は小さかった。詳細に見ると９月~11 月の保管期間中でそりは漸減した。

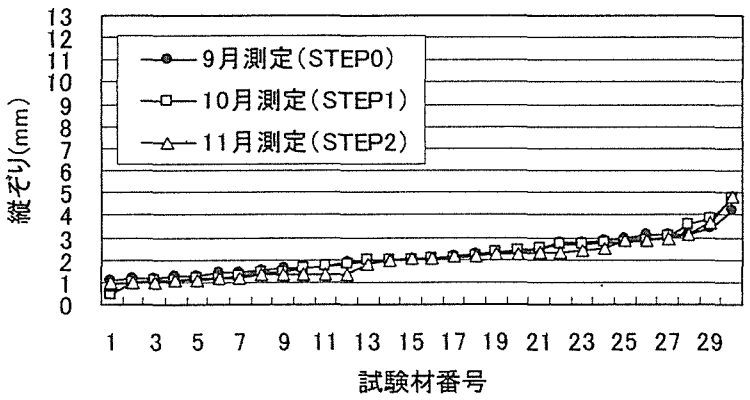



図5-46　スギ柱(背割り有り、含水率15～20%)の縦ぞり経時変化

### ２．６．８　ホワイトウッド集成柱

**図 5-47** に結果を示す。乾燥程度が低かったので、含水率変動が少なく、その結果、保管期間中の縦ぞりの変動ならびに、その絶対値も小さい。

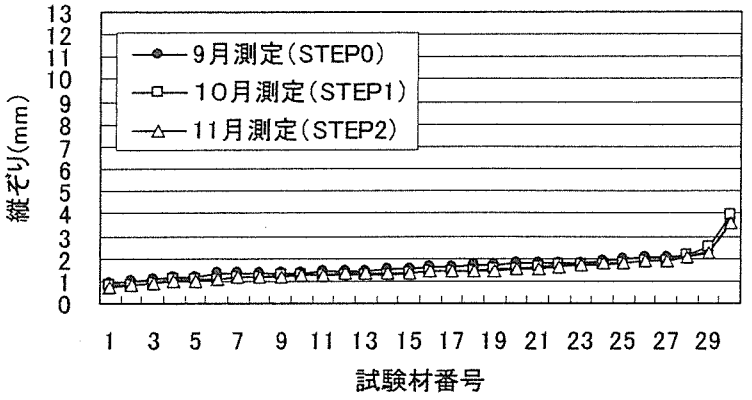



図5-47　ホワイトウッド集成柱の縦ぞり経時変化

### ２．６．９　スギ柱（含水率 15~20%）

**図 5-48** に結果を示す。もともと縦ぞりが大きかった２本については時間経過とともに反り量が増加した。一方反り量が少なかった材はほとんど変化はない。

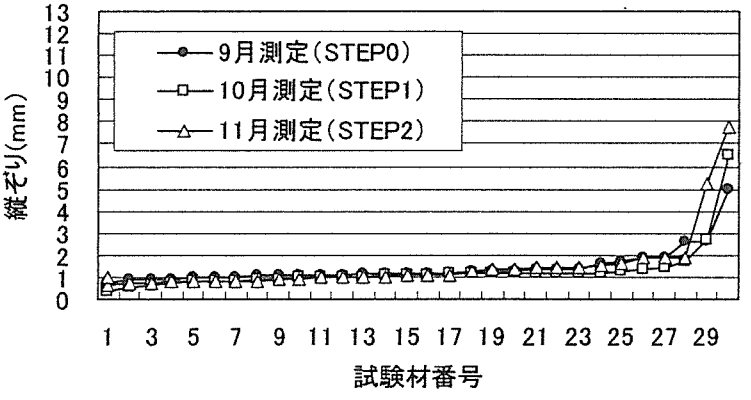



図5-48 スギ柱(含水率15～20%)の縦ぞり経時変化

## ２．７　想定建築過程における各種柱角のねじれの変化

### ２．７．１　ベイツガ柱（含水率 10~15%）

**図 5-49** に結果を示す。試験材によって初期のねじれ量が異なるが、測定期間中のねじれの変動は少ない。初期のねじれ量に応じてわずかに変動した。また時間経過とねじれ変動とは一定の傾向は認められない。

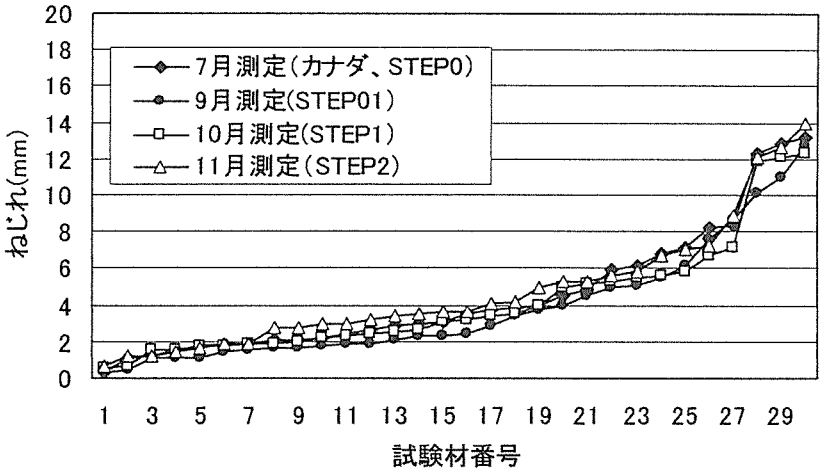



図5-49　ベイツガ柱(含水率10～15%)のねじれ経時変化

### ２．７．２　ベイツガ柱（含水率 15~20%）

**図 5-50** に結果を示す。図の右側にプロットした、当初ねじれが大きかったグループでは輸送直後の９月測定時および 10 月測定時にねじれの減少が見られたが、11 月には再び 7 月当初のねじれ量に戻るという変動を見せた。（ａ）に比べてねじれの絶対量はそれほど変わらないが、含水率が多少高かったために期間中のねじれ変動幅が多少大きい。

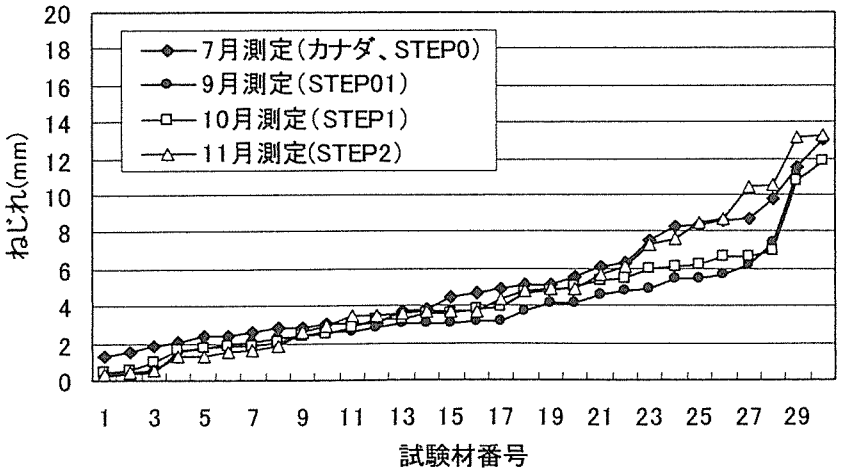



図5-50　ベイツガ柱(含水率15～20%)のねじれ経時変化

### ２．７．３　ベイツガ柱（含水率 20~25%）

**図 5-51** に結果を示す。カナダにおいて 7 月中旬に計測した時点と 11 月に日本において計測した時点を比較すると、明らかにねじれが増加した。また輸送直後の 9 月測定では一度ねじれが減少したが、続く 10 月に増加傾向に転じ 11 月にさらに増加した。（a）、（b）の結果と比較すると明らかに含水率 20~25%という乾燥程度ではねじれ抑制上は不十分な乾燥程度であることが示唆される。

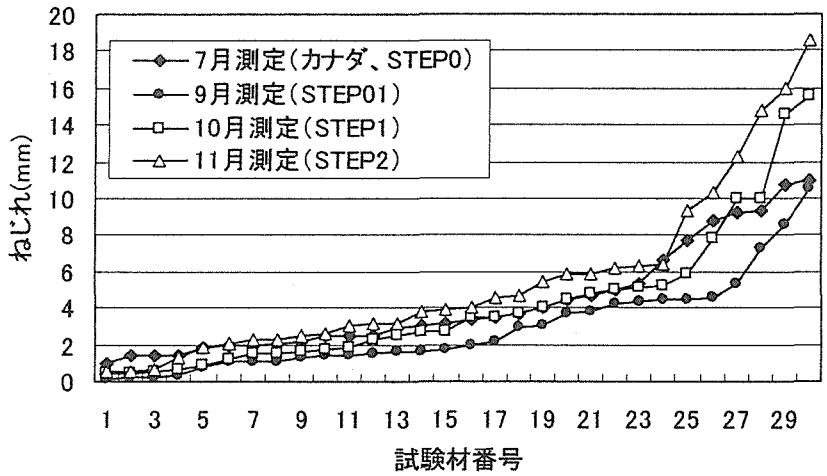



図5-51　ベイツガ柱(含水率20～25%)のねじれ経時変化

### ２．７．４　ベイツガフィンガージョイント集成材（含水率 10~15%）

**図 5-52** に結果を示す。ねじれ量の絶対値自体、他の種類の柱と比較して少ない。また変動幅も小さい。これは含水率が 10~15%と低く保たれていたこと、集成柱であるため狂いが発生しにくいことに起因すると思われる。

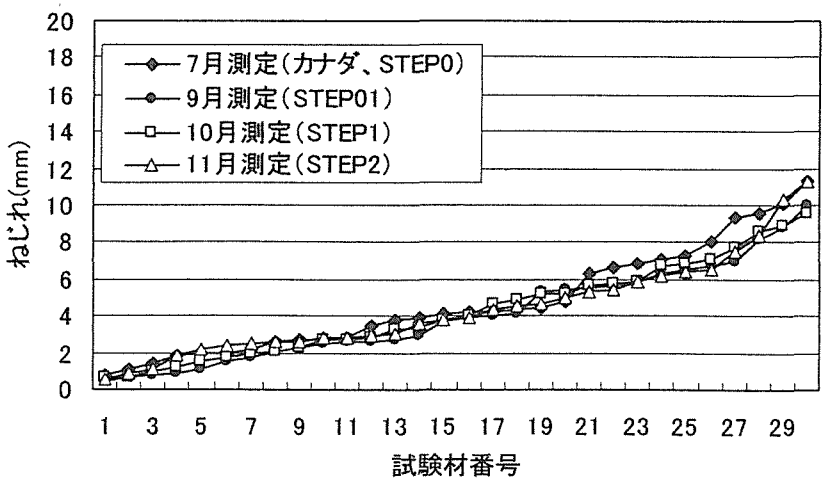



図5-52　ベイツガFJ集成柱のねじれ経時変化

### ２．７．５　ベイマツ柱（含水率 10~20%）

**図 5-53** に結果を示す。この材のねじれの傾向の特徴は、7 月中旬にカナダで測定したねじれ量に対して、日本へ輸送後のねじれがいずれも小さな値を示し、輸送前後での差が大きかったことである。この結果の理由として、他の試験材はベイツガであったが、それと比べてベイマツは、密度が高く、収縮率も一般に多きいことから、含水率 1%変化当たりの収縮量も大きい特性があったことが影響したことが考えられる。一方日本へ導入後の 9 月、10 月、11 月測定におけるねじれ量の変動は少なかった。データを信じると、ベイマツはベイツガと比較して輸送前後でねじれ量の変動が大きくなる可能性がある。

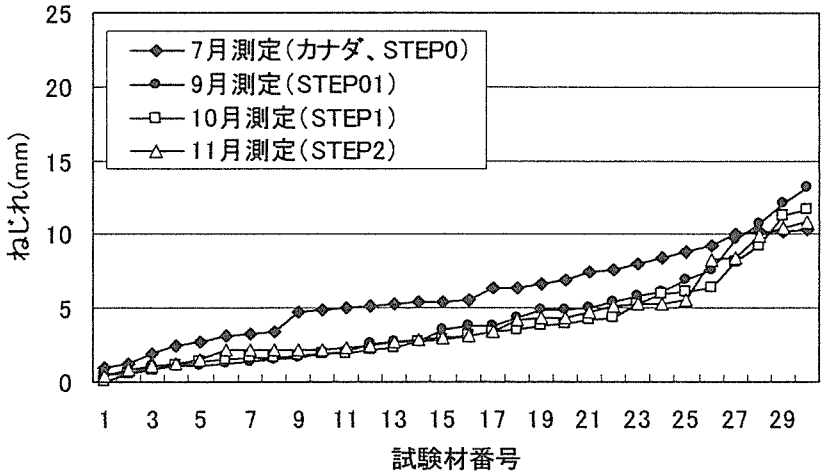



図5-53　ベイマツ柱(含水率10～20%)のねじれ経時変化

### ２．７．６　スギ柱（生材、背割り有り）

**図 5-54** に結果を示す。ねじれが大きな２本についてみると、時間経過とともに減少している。その他の試験材では測定期間中のねじれ量の変化は少ない。

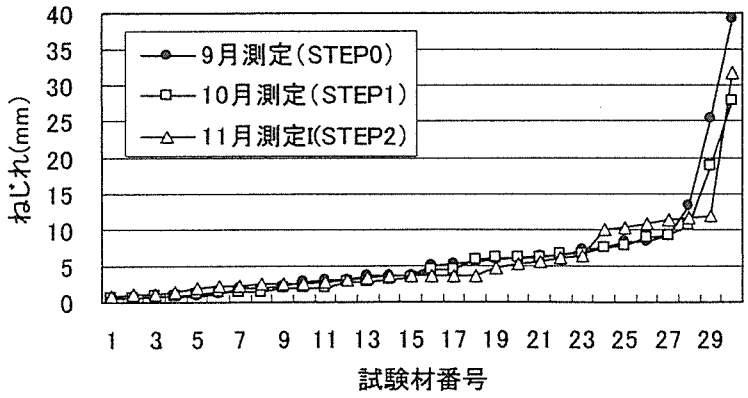



図5-54　スギ柱(生材、背割り有り)のねじれ経時変化

### ２．７．７　スギ柱（背割り有り、含水率 15 ～ 20%）

**図 5-55** に結果を示す。ねじれは少ない。また保管中の変動も少ない。

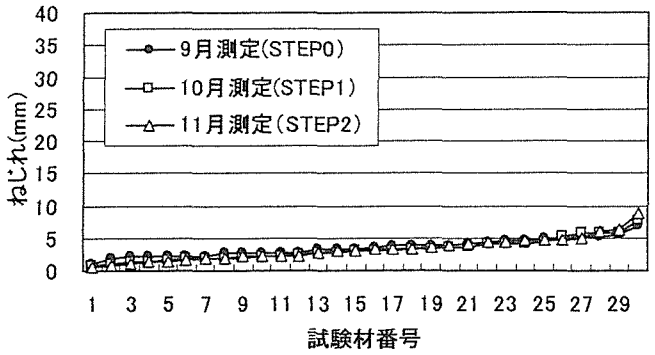



図5-55　スギ柱(背割り有り、含水率15～20%)のねじれ経時変化

### ２．７．８　ホワイトウッド集成柱

**図 5-56** に結果を示す。全体的にねじれは少ない。保管中の変動も非常に少ない。

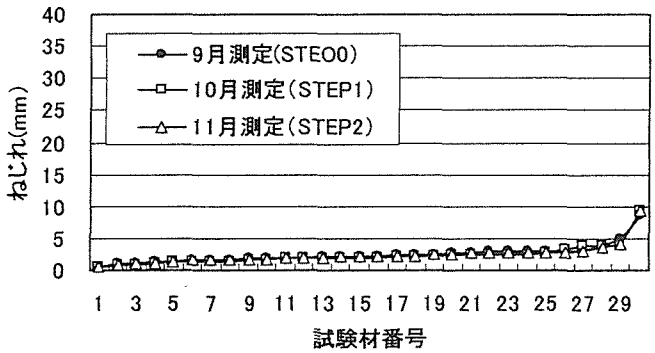



図5-56　ホワイトウッド集成柱のねじれ経時変化

### ２．７．９　スギ柱（含水率 15~20%）

**図 5-57** に結果を示す。ねじれの変動は少ないが、多少大きな材が含まれる。

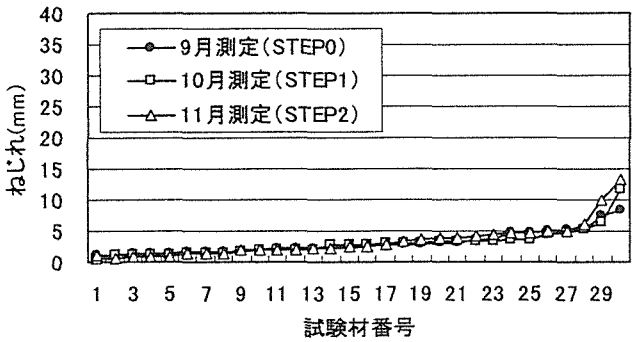



図5-57　スギ柱(含水率15～20%)のねじれ経時変化

## ２．８　想定建築過程における各種柱角断面の菱形変形の変化

菱形変形（Diamond）とは、柱材の正方形の横断面が含水率の増減により主に菱形に変形することを意味している。この変形を前述図 5-9 のようにして本来の正方形断面との差を長さとして計測した。

### ２．８．１　ベイツガ柱（含水率 10~15%）

**図 5-58** に結果を示す。2,3 大きな変形を示した材があるが、全体としては変形量も少なくまた測定期間中変動も少ない。

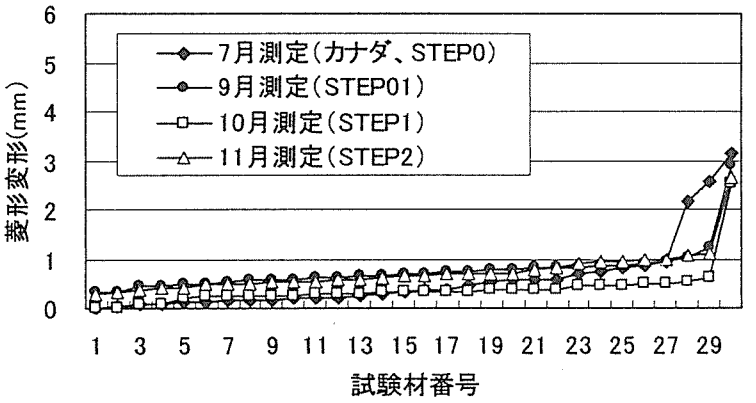



図5-58 ベイツガ柱(含水率10～15%)の菱形変形経時変化

### ２．８．２　ベイツガ柱（含水率 15~20%）

**図 5-59** に結果を示す。全体的に菱形変形量は少ない。カナダから日本へ輸送後の 9 月、10 月、11 月の各月に変形量は漸増した。

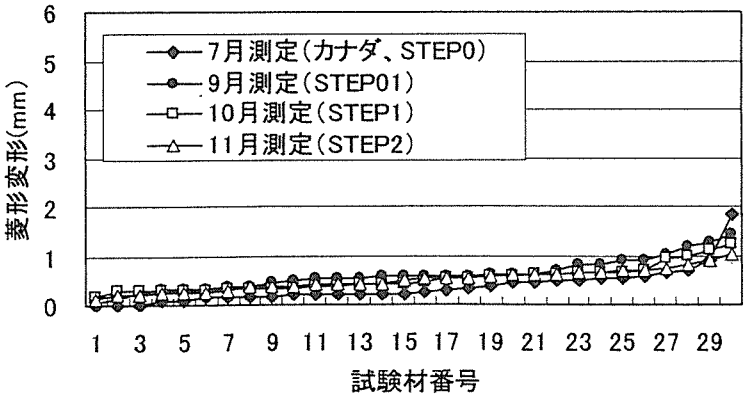



図5-59　ベイツガ柱(含水率15～20%)の菱形変形経時変化

### ２．８．３　ベイツガ柱（含水率 20~25%）

**図 5-60** に結果を示す。前述の（b）に比べて、含水率が高い分、測定期間中の変動幅が大きくなっている。日本へ導入以後の変形量が増加した。輸入のベイツガ柱はスギ柱と異なり心去り角であるため、断面が菱形に変形する傾向が大きいが、含水率 20~25%の乾燥程度ではこの菱形変形は歩留まり低下の原因となりうる。

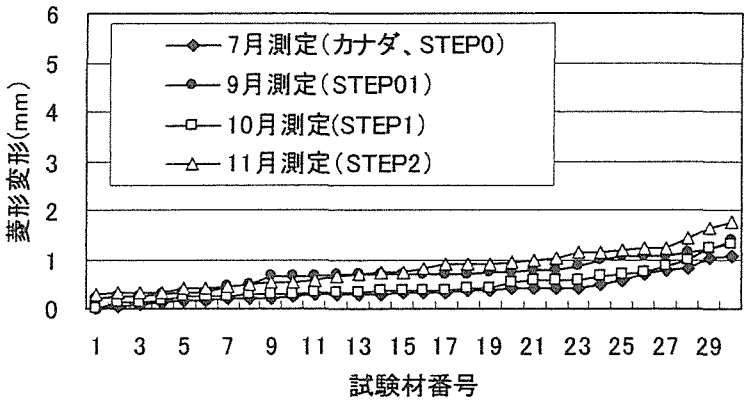



図5-60　ベイツガ柱(含水率20～25%)の菱形変形経時変化

### ２．８．４　ベイツガフィンガージョイント集成柱（含水率 10~15%）

**図 5-61** に結果を示す。全体的に、集成材であるためか乾燥程度が良好であり測定期間中の菱形変形量の変動は少ない。数本、当初の変形量が大きかった材があるが、日本へ導入後それらの変形量は減少した。

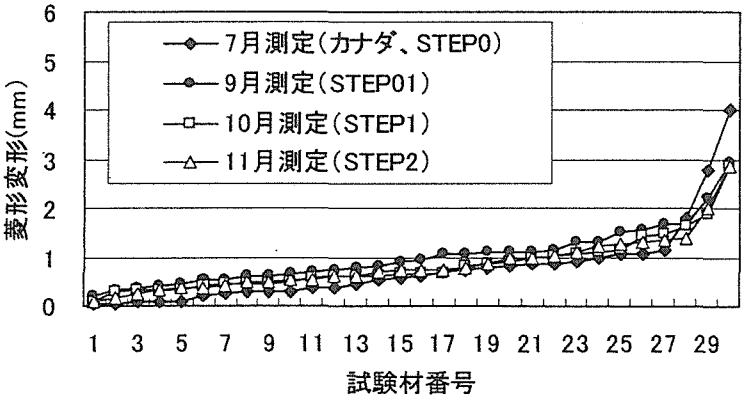



図5-61　ベイツガFJ集成柱(含水率10～15%)の菱形変形経時変化

### ２．８．５　ベイマツ柱（含水率 10~20%）

**図 5-62** に結果を示す。ベイツガ材と比べて幾分菱形変形量が大きい傾向がある。これはベイマツ材の密度あるいは収縮率がベイツガ材に比べて大きいことが影響しているものと考えられる。測定期間中は保管場所の温度湿度変動に影響され増減した。

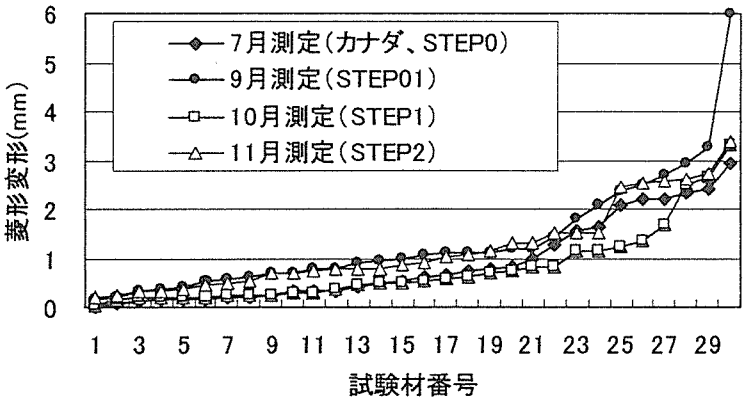



図5-62　ベイマツ柱(含水率10～20%)の菱形変形経時変化

### ２．８．６　スギ柱（生材、背割り有り）

**図 5-63** に結果を示す。菱形変形量が大きい。背割りの存在が影響している。また生材に背割りを施した場合は、以後に生じる断面変形が複雑化するため菱形変形の測定に誤差が生じやすい。このため 10 月測定値が小さな値を示しているものと思われるが、正確な理由は明らかではない。

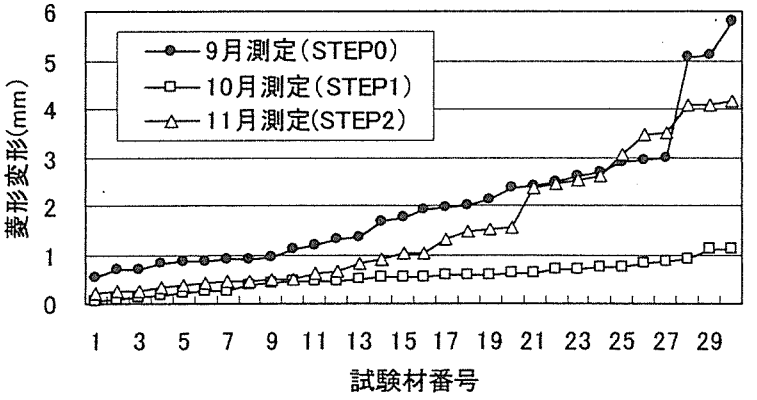



図5-63　スギ柱(生材、背割り有り)の菱形変形経時変化

### ２．８．７　スギ柱（含水率 15~20%、背割り有り）

**図 5-64** に結果を示す。菱形変形量およびその経時変化も少ない結果となった。この材には背割りがあるが、柱を乾燥した後に背割り加工を施してあるため、背割り面の変形が他の面の変形とほぼ等しかったため、断面変形がそれほど著しくない。したがって、背割り加工が必要な場合は、あらかじめ十分乾燥を行なってから施せば菱形変形も少なくなる。

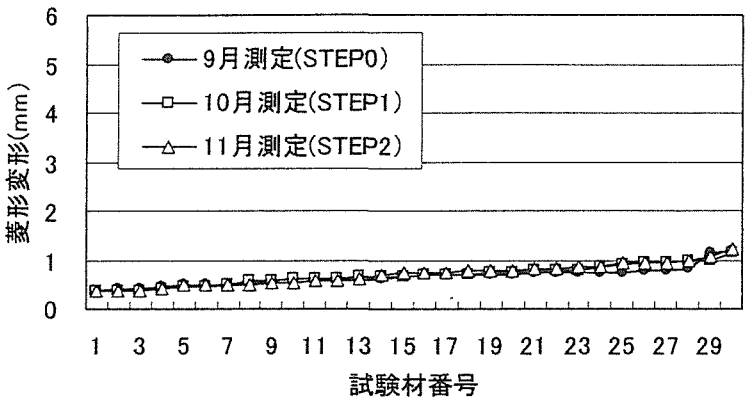



図5-64　スギ柱(含水率15～20%、背割り有り)の菱形変形経時変化

### ２．８．８　ホワイトウッド集成柱

**図 5-65** に結果を示す。菱形変形量および保管中の変動幅は非常に少ない。

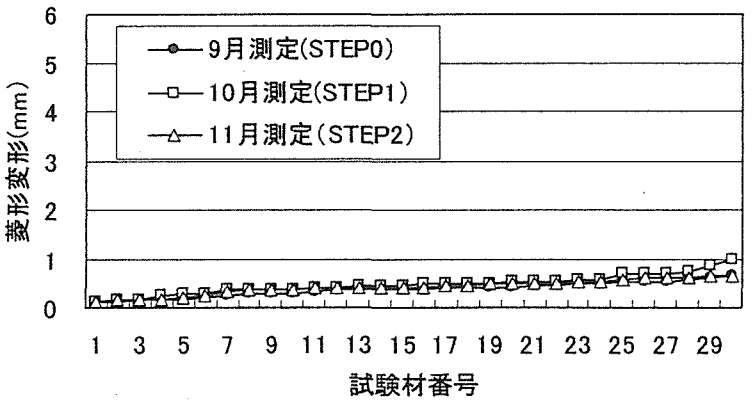



図5-65　ホワイトウッド集成柱の菱形変形経時変化

### 2．8．9　スギ柱（含水率 15~20%）

**図 5-66** に結果を示す。変形量は測定期間中小さい状態で推移した。また時間経過とともに漸増した。

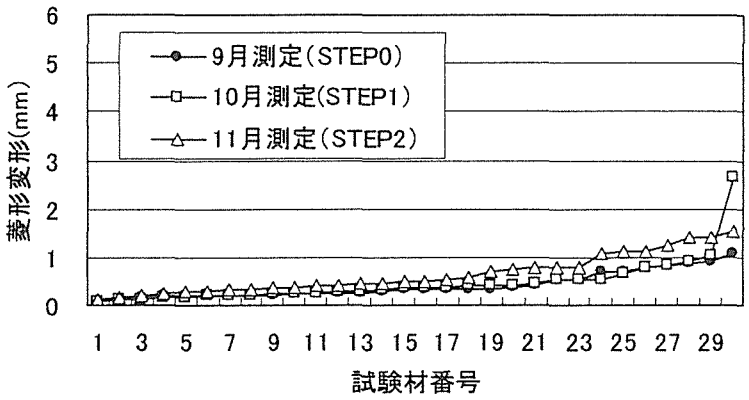



図5-66　スギ柱(含水率15-20%)の菱形変形経時変化

## 3　まとめ

### 3．1　重量変化

各種柱角の重量変化の測定から得られた主な知見をまとめると以下のようになる。

（1）105mm 角、3m 長さの輸入乾燥材の平均重量は 16.6kg であった。

（2）150 本の様々な乾燥程度の材の全体重量を輸入前と輸入後で比較すると、ほとんど差がなかった。しかし柱の種類（乾燥程度）により分けて調べると傾向が異なった。すなわち、乾燥程度の違いにより、重量増加した材と重量減少した材があったため、重量が相殺され輸入前後の試験材全重量については違いが生じなかったことが明らかとなった。

（3）含水率 20~25%の乾燥材では重量低化が大きかった。

（4）含水率 15~20%の乾燥材は、個々の材の含水率のバラツキがあり重量減少するものと増加するものがあった。

（5）含水率 10~15%の乾燥材は輸入後に重量増加が見られた。とくに集成材ではこの傾向が顕著であった。

（6）要するに、保管場所の平均平衡含水率が約 15%であったので、15%を境界として、それよりも高い材は重量低下し、低い材は重量増加するという傾向が確認できた。

## ３．２　含水率変化

各種柱角の狂含水率変測定から得られた主な知見をまとめると以下のようになる。

（１）乾燥程度によって保管中の含水率変化が決定される。

（２）すなわち、含水率 10~15%に乾燥された材はいずれも保管中の含水率変化は少なかった。含水率 15~20%に乾燥された材はそれよりも含水率変化が大きかった。さらに含水率 20~25%に乾燥された材の保管中の含水率変化は大きかった。

（３）夏から秋にかけての試験における含水率変化の傾向としては、含水率 10~15%の乾燥材は保管中、含水率がわずかに増加する傾向があり、含水率 15~20%の乾燥材は増加と減少が拮抗した。含水率 20~25%の乾燥材は保管中含水率は減少した。

（４）今回は含水率計による測定値を比較したが、おおむね傾向はつかめたが、さらに正確な考察のためには全乾法の含水率値と比較する必要があることを付記しておく。

## ３．３　狂いと断面寸法変化

以上、各種柱角の狂いおよび断面寸法変化の測定から得られた主な知見をまとめると以下のようになる。

（１）ベイマツ柱はベイツガ柱に比べて狂いやすい傾向が認められる。

（２）夏期（8 月）に輸入したカナダ材のうち含水率 20~25%程度の乾燥材は輸入後に狂い増加をもたらす。

（３）背割りを施したスギ柱の縦ぞりの変形挙動は背割り面が凸となる変形を生じることが多い。

（４）スギ柱（生材）の断面寸法のうち背割り面の断面寸法は２ヶ月の保管期間中に背割りのない面に比べて数 mm 大きくなり、断面変形が大きくなる。

（５）背割りを施す場合の柱材の断面変形および縦ぞり抑制のためには、含水率 15~20%に乾燥した後に背割り加工を施すことが望ましい。こうすることで、以後、通常の工場等での加工・保管環境下での断面変形、縦ぞりの増加を少なくできる。

（６）柱角の狂いを抑制するための乾燥程度は含水率 10~15%が最適である。次に含水率 15~20%が推奨される。

（７）乾燥程度が含水率 20~25%程度では外国産乾燥材、国産のスギ乾燥材ともに加工・保管中の狂い増加は避けられない。

（８）ホワイトウッド集成柱、ベイツガ集成柱等、含水率が 10~15%で製造されるような材料は狂い発生量は少ない。