

品確法に対応するための高品質乾燥材の生産技術の開発（Ⅰ）

－乾燥材の品質に対する要求と現状－

河崎弥生・三枝道生・野上英孝

1. はじめに

住宅の品質確保の促進等に関する法律（品確法）が、平成 12 年 4 月に施行になり、工務店等の住宅に対する品質保証が必要不可欠なものとなった。品確法の中では、10 年の瑕疵保証が義務付けられ、主要構造部に端を発する不具合等については、施工者が無料で修理しなければならないことになっている。木造住宅の主要構造部は製材品や集成材などによって構成され、これらの部材の不具合は住宅の不具合を引き起こす原因となることが容易に推察できる。

さらに、平成 13 年 4 月には消費者契約法が施行になり、消費者に不利益を与える可能性がある項目については、契約時に予め説明し、それを契約書に盛り込まなければならなくなった。例えば、設計図書に柱材の断面寸法が 12.0 cm と記載されていた場合、それは一般的には仕上がり寸法を示すものであるが、表面の仕上げ加工や加工後の収縮によって、引き渡し時に 12.0 cm を下回ることもあり得ることを事前に説明していなかった場合には、現に断面寸法が 12.0 cm を下回り、かつ発注者がそれを不服として損害賠償の請求を行った場合には、工務店はその請求に応じなければならなくなる。

このような法的な背景を受けて、製材品の品質管理はより厳しいものが求められ、その際に最も基本的要素となるのが乾燥処理である。木材乾燥は、寸法安定性を確保する上での基本的加工処理であり、さらに強度性能や耐朽性との関係も深く、木材の品質管理を行う上で必要不可欠である。

本研究課題は、品確法に対応できる高品質乾燥材の生産技術について、現状の技術の検証も含めて、新たな技術開発を行うことを目的として設定されたものである。

本年度は、手始めとして、建築業界がどのような品質の乾燥材を求めているのかという点を調査するとともに、県内の製材工場で今後主流となるのではないかとされている高温乾燥法を用いて生産された高温乾燥材の品質を分析し、問題点の抽出等を行った。さらに、これらの結果を基に、今後の技術改良に向けての方向性について考察した。

2. 試験方法

1) 工務店の乾燥材の品質に対する要求度合いについての調査

県内の工務店等を訪問して、乾燥材の品質などに対する基本的な考え方や具体的な要求度合いを調査した。調査項目は、仕上がり含水率、割れや変色などの許容度合い、乾燥材使用と不具合の抑

制との関係に対する考え方などである。聞き取りをした相手は各企業の役員レベルの責任者である。

2) 高温乾燥材の品質調査

高温乾燥材を生産している製材工場で、かま出し後1週間程度の高温乾燥材を調査した。調査項目は、含水率（モコ2による）、材面割れ、狂い等である。また、乾燥スケジュールなどについても現場責任者から聞き取り、操作日誌などで実際の乾燥装置の挙動などを確認した。さらに、経営者から、乾燥材生産に対する基本的な考え方や納材先の要求などを聞き取り調査した。

3) 高温乾燥材生産工場での乾燥実験

高温乾燥材を実際に生産している工場で、実用機を使って高温乾燥試験を行った。試験材は、スギ・心持ち・背割り無し材で、仕上げ寸法を12.0 cm×12.0 cm×6 mとする粗挽き状態の材である。試験材は、葉枯らし処理が高温乾燥の際に及ぼす影響を見るために、葉枯らし処理材（約3カ月）と葉枯らし未処理材を、それぞれ20本ずつ準備した。

乾燥は、製材工場が実際に行っている乾燥スケジュールを用いて、製材工場の他の材と混材した状態で実施した。乾燥スケジュールは、現在、全国的に標準的なものとして用いられているものに類似した内容のものである。概略は、90℃で初期蒸煮を行った後、乾球温度120℃、湿球温度90℃で高温熱処理を行い、その後115～95℃の間の乾球温度を用いて乾燥処理するものである。処理に要した時間は、全体で225時間である。

乾燥前に、試験材の重量、含水率（モコ2による）、材面の状況などを測定した。乾燥終了後には、まず長尺材の状態では重量、含水率、材面割れなどを測定し、その後材長方向に分割して、5カ所の位置から小試片を採取し、全乾重量法による含水率や水分分布の測定を行った。さらに、切断した断面において内部割れの発生量や心材率などを測定した。また、材面や木口面において、色差計によって材色を測定した。

3. 試験結果

1) 工務店の乾燥材の品質に対する要求度合い

①工務店が求める含水率のレベル

乾燥材の品質に対して、工務店の経営者が求めるレベルの一例を、第1-1表に示した。工務店が使用する製材品に要求する含水率レベルは、柱材では15%以下、その他の梁・桁材、根太材、大引き材などでは20%以下であった。現在、柱材で含水率が15%以下に調整された乾燥材は、製品市場などの流通段階においては、ほとんど見かけることはない。また、過去に実施した製材工場における調査においても、品評会への出展など特別の場合を除いて、生産されることは非常に数少ないことが確認されている。しかし、乾燥材の納材先でありユーザーである工務店は、JAS規格の乾燥材基準で最もハイグレードであるD15相当に仕上がった乾燥材の供給を望んでいる。このことから、乾燥材の生産者と消費者との間に、乾燥材の品質に関して、明確な意識の差が存在する

ことが分かる。このような状況の中で、工務店が、製材品から集成材への転換をより一層加速させているのではないかとの懸念が持たれる。

第1-1表 工務店が乾燥材に要求する品質の一例

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△，あった方がよい○で表す。

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

②工務店が許容する欠点の発生量

乾燥材の材面割れなどの欠点の許容範囲については、工務店はかなり厳しい認識を持っていることが窺い知れる。例えば、見え隠れ柱材の材面割れの許容値を見ると、総長さ 50 cm以下、最大幅 2 mm以下となっているが、このレベルの乾燥材を確率高く生産することは、かなり難しく、生産工場が自社の乾燥装置に適したハイレベルな乾燥技術を確立することが必要となる。現状の乾燥技術では、割れの発生量が許容範囲内に留まった乾燥材を出荷しようとするれば、乾燥終了後に割れの少

ない材を選別することが必要であり、結果として多くのロスが発生することが予想される。軽度の材面割れが存在しても、構造材としての強度性能が著しく低下することは無いということは、過去の研究から明らかであり、この点を工務店や施主などに対して説明し、一定の理解を求めることも必要であると考えられる。

工務店が、各種の欠点が許容範囲を越えた場合に発生すると考えている不具合の一例を、第1－2表に示した。

第1－2表 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

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
筋交い	強度の低下	壁クロスの亀裂 壁タイルの亀裂	壁クロスの亀裂 壁タイルの亀裂
根太	1 階床鳴り 2 階床鳴り	1 階床鳴り	1 階床鳴り 2 階床鳴り
大引き	1 階床鳴り	1 階床鳴り	1 階床鳴り 2 階床鳴り
土台	大割れへの伸長 構造材の変形	1 階床鳴	構造材の変形 1 階床鳴り 2 階床鳴り

工務店は、明確な意図を持って、乾燥材の品質レベルを担保することを製材工場に対して要求していることが分かる。したがって、これらの要求を満たす乾燥材を、仮に生産者が提供できないことがあれば、一気に、集成材など他の部材を採用することを決断することになると考えられる。しかし、一方では、これらの要求基準が乾燥材の性能を担保する上で妥当なものであるかどうかとい

う点については、再度、検証が必要な側面もある。仮に、不具合の発生の程度を、実際に発生するものよりも過度に考えていると判断される場合には、正確な研究データを示し、許容限度の見直しを求めることも必要であると思われる。

2) 製材工場で生産されている高温乾燥材の品質

①人工乾燥への取り組み

本製材工場は、約15年前から構造用製材の人工乾燥に取り組み、徐々に乾燥装置を増設し、乾燥材生産を軌道に乗せている企業である。

高温乾燥についても、約3年前から取り組みを開始し、様々な技術改良を独自で行ってきている。まず、中温タイプの乾燥装置の一部を、ボイラー容量の増大、加熱ヒーターの増設、内部循環ファンの増設と改良等によって、高温仕様に改修し、高温乾燥を始めた。現在は、主にスギ・心持ち・背割り無し柱材について、高温乾燥を実施している。また、一部、納材先からの要求があれば、ヒノキの柱材や土台材についても、高温乾燥材を出荷することがある。

乾燥条件は、優良なスケジュールとして、全国で一般的に用いられているものに、自社独自の改良を加えたものである。

②乾燥材の品質

高温乾燥終了後、約1週間を経過した時点におけるスギ・心持ち・背割り無し柱材(12.0 cm×12.0 cm×3 m)の含水率を、第2-1表に示した。含水率の測定は、高周波式木材水分計モコ2による。水分計による測定では、11%にピークがあり、8~13%の範囲に分散していた。全体的に低含水率であり、ばらつきも比較的少なく、仕上がり状態は良好であった。

第2-1表 高温乾燥したスギ柱材の含水率

仕上がり含水率(%)	本数(本)	比率(%)
8	1	3.3
9	1	3.3
10	6	20.0
11	14	46.6
12	6	20.0
13	2	6.7

注) 高周波式水分計
モコ2による。

材面割れの発生状況を第2-2表に示した。さらに、材面割れの発生レベルの判断基準を第2-3表に示した。外観的に全く割れが観察されなかったレベル0は16.7%にとどまり、かなり大きな材面割れが発生しているレベル3及びレベル4も全体の1/4を占めていた。材面割れの幅は、レベル1及びレベル2では1～2mmのものが多かったが、レベル3以上になると3mm以上となり、最大では6mmのものもあった。最近の製材工場においては、材面割れの発生を抑制することを最大の目的として、高温乾燥法を採用していることが多いが、乾燥設備や乾燥条件の整備が不備である場合には、必ずしも目標を達成できていないことが、この事例からも窺い知れる。

第2-2表 材面割れの発生状況

割れの発生レベル	本数(本)	比率(%)
0	5	16.7
1	9	30.0
2	9	30.0
3	4	13.3
4	3	10.0

第2-3表 材面割れの発生レベルの判断基準

割れの発生レベル	4材面に発生した割れの長さ(mm)
0	外見上観察されない
1	1000未満
2	1000以上2000未満
3	2000以上4000未満
4	4000以上

③材面割れの閉塞状況と評価

材面割れの発生状況を詳細に見ると、一旦発生した割れが塞がって、外見上、見え難くくなっているものがある。一例として、5本の個体に発生していた割れについて、全体の長さ、割れ幅が存在した部分の長さ、及びそれらから計算される割れが閉塞していた部分の割合を、第2-4表に示した。

第2-4表 割れの閉塞状況の一例

個体 番号	割れの レベル	木口割れ			材面割れ		
		全体の 長さ (mm)	割れが開い ている長さ (mm)	閉塞率 (%)	全体の 長さ (mm)	割れが開い ている長さ (mm)	閉塞率 (%)
1	レベル1	540	310	42.6	400	50	87.5
2	レベル2	1250	740	40.8	420	300	28.6
3	レベル2	650	530	18.5	800	450	47.7
4	レベル3	220	190	13.6	2500	2150	14.4
5	レベル4	750	620	17.3	4250	2620	38.3
平均				26.6			43.3

全ての個体において割れの閉塞部分が存在し、外見上は、割れの長さが少なく見えていることが分かる。平均すると、材面割れの閉塞率は約43%に達し、木口割れも約1/4が閉塞している。この現象を、「割れの閉塞効果」と称して、高温乾燥特有のメリットとして評価する風潮が、一部の企業の間で見られる。つまり、一旦割れたものであっても、閉じてしまえば、割れていないのと同様な品質を持った乾燥材であると評価しようとする考え方である。これらの企業の考え方の根底には、材面割れは強度的な性能に影響を及ぼさないため、割れの問題はあくまで外見的なものであり、外見上見えにくい割れは発生していないのと同じであるという評価をしても、現実的に何ら問題はないとする思想がある。現状では、このような考え方を支持する人が多いが、例えば消費者契約法が施行されている今日の状況を考えると、割れが発生していないのではなく、閉塞して見えなくなっている可能性が否定できないことを、ユーザーに対して明らかにしておくことも必要であると考えられる。

3) スギ柱材の高温乾燥の実験結果

①乾燥の仕上がり状態

(1)試験材の平均年輪幅と心材率

葉枯らしをしていない試験材（以下、未処理材とする）と葉枯らし処理を行った材（以下、葉枯らし材とする）の平均年輪幅と心材率を、第3-1表に示した。平均年輪幅と心材率は、人工乾燥

後に採取した5枚の試片の平均値である。

平均年輪幅は、未処理材で 5.6 mm、葉枯らし材で 4.5 mm であり、葉枯らし材の方が若干小さい。心材率は、未処理材で 84.2 %、葉枯らし材で 87.4 % であり、葉枯らし材の方が若干大きく、標準偏差も小さい。しかし、大まかに言うならば、未処理材と葉枯らし材の間には、顕著な材質的な違いは存在せず、乾燥実験は材質が似かよったグループを用いて行われたと判断している。

第3-1表 試験材の平均年輪幅と心材率

項目	種類	最大	平均	最小	標準偏差	変動係数
平均年輪幅 (mm)	未処理材	7.3	5.6	3.8	0.8	14.5
	葉枯らし材	5.5	4.5	3.8	0.5	11.6
心材率 (%)	未処理材	96.4	84.2	63.0	8.3	9.8
	葉枯らし材	95.6	87.4	78.6	4.4	5.0

(2) 初期含水率及び仕上がり含水率

試験材の初期含水率と仕上がり含水率を第3-2表に示した。初期含水率の平均値は、未処理材の 88.4 % に対して、葉枯らし材は 68.1 % であり、標準偏差も未処理材より小さく、葉枯らし処理の効果が認められた。

第3-2表 試験材の初期含水率及び仕上がり含水率

項目	種類	最大	平均	最小	標準偏差	変動係数
初期含水率 (%)	未処理材	159.2	88.4	51.0	23.3	26.4
	葉枯らし材	113.4	68.1	42.0	18.1	26.7
仕上がり 含水率 (%)	未処理材	36.6	16.9	11.2	16.9	34.0
	葉枯らし材	34.8	13.7	7.2	6.0	44.1

仕上がり含水率の平均値は、未処理材の 16.9 % に対して、葉枯らし材は 13.7 % と小さかった。

標準偏差を比較すると、未処理材 16.9 %に対して、葉枯らし材は僅かに 6.0 %にとどまり、ロットとして比較的均一に仕上がったのが特徴的であった。この結果は、ある意味では、葉枯らし処理の効果を示唆するものであろう。

初期含水率と仕上がり含水率との関係を、第 3-1 図と第 3-2 図に示した。未処理材、葉枯らし材ともに、初期含水率と仕上がり含水率との相関は高い。つまり、初期含水率が高かった材は、概して、仕上がり含水率も高い傾向にある。現在、高温乾燥においては、イコーライジング処理という考え方を取り入れていないため、人工乾燥の工程中に含水率のばらつきを解消させることは不可能である。ロットとして仕上がり含水率を揃えるためには、乾燥前に含水率の高低によって材料の選別を行う、あるいは乾燥終了後に仕上がり含水率によって選別し、含水率レベルごとにグループ化して出荷することが必要である。

(3) 乾燥終了時点の含水率分布

乾燥終了時点における個体別の長さ方向の含水率分布について、未処理材を第 3-3 図に、葉枯らし材を第 3-4 図に示した。図中には、個体の平均含水率が高いレベルの材、平均的なレベルの材、低いレベルの材の 3 種類をサンプルとして示してある。

これらの図から、長さ方向にも含水率の分布が存在することが分かる。例えば、未処理材グループの試験材 A-2 は、個体の含水率は 21.3 %であるが、木口付近と中央部との間には 10 %以上の含水率の違いが存在する。このことは、この状態で表面仕上げをして出荷した場合、最終的に平衡含水率に達した段階では、断面寸法が長さ方向で異なる状態になることを示唆するものである。筆者らの過去の研究から推察すると、木口部よりも中央部の方が約 2 mm 程度断面が小さくなるものと思われる。

乾燥終了時点における各個体の中央部における断面方向の含水率分布について、未処理材の状態を第 3-5 図に、葉枯らし材の状態を第 3-6 図に示した。例えば、個体含水率が 21.4 %である未処理材グループの試験材 A-2 を見ると、材表面に近い部分は含水率が 10 %まで乾燥しているが、材中心部は 40 %を上まわる状態である。つまり、乾燥による仕上がり状態が、結合水領域の部分と自由水領域の部分が混在した状況にある。この個体の仕上がり状態を水分計によって評価した場合、17 %という結果が得られた。これは、水分計の値を絶対値として評価することが多い現在の流通体制下においては、この個体が D 20 として十分通用するというを示すものである。しかし、実際には、この個体には多くの自由水領域が残存しており、寸法安定性を担保しうる高品質な乾燥材とは、とても言い難い状態にあると判断される。

未処理材グループの試験材 A-2 と葉枯らし材グループ B-2 について、5 箇所の断面方向の水分分布の状態を、第 3-7 図及び第 3-8 図に示した。木口付近であっても、断面方向に大きな水分傾斜が存在し、材中央部ではそれがより一層顕著になることが分かる。つまり、1 本の個体を考えると、材の中央部の中心部の含水率が一番高く、それを中心にして周辺部へと含水率が漸減して

いる状態にあると言える。

(4)モコ2による仕上がり含水率の評価

乾燥後における試験材の高周波式水分計モコ2による測定値と全乾重量法による測定値との比較を第3-9図に示した。現段階では、水分傾斜を有した材の含水率の評価に際して、ハンディタイプの機器としては最も適していると言われていた高周波式水分計モコ2を用いても、なお高温乾燥材の含水率の評価は的確には行えないことが窺い知れる。全体的なばらつきは大きいですが、モコ2による測定値は、全乾値よりも概して低めに表示されることが多い傾向にある。

(5)欠点の発生に関する全体的な傾向

乾燥によって試験材に発生した割れと曲がりの量を、第3-3表と第3-4表に示した。

第3-3表 試験材に発生した割れの状況の総括

項目			最大	平均	最小	標準偏差	変動係数
材面割れ (mm)	未処理材	長さ	5540	2748	90	2183	79.5
		幅	4.0	2.5	0.5	1.17	46.9
	葉枯らし材	長さ	7740	2707	70	2286	84.5
		幅	3.5	1.7	0.5	1.10	63.8
木口割れ (mm)	未処理材	長さ	1480	646	45	467	72.5
		幅	4.5	2.0	0.5	1.11	54.9
	葉枯らし材	長さ	2590	740	20	643	86.9
		幅	4.0	1.4	0.5	0.85	60.4
内部割れ (mm)	未処理材	長さ	174	60	4	39.9	66.0
		幅	2.3	1.2	0.1	0.56	46.6
	葉枯らし材	長さ	184	66	6	47.1	70.7
		幅	3.5	1.4	0.2	0.82	58.8

(注) 材面割れと木口割れは4材面の合計、内部割れは採取した5枚の試片の平均値である。

第3-4表 試験材に発生した曲がりの状況

項目		最大	平均	最小	標準偏差	変動係数
曲がり (mm)	未処理材	10.0	2.6	1.0	2.1	83.7
	葉枯らし材	6.5	2.0	0.5	1.6	80.3

(注) 曲がりは、4材面に発生した曲がりの、最大矢高である。

材面割れ、木口割れ、内部割れともに、平均値では、未処理材と葉枯らし材との間に、顕著な差は見られなかった。ただし、最大値では、いずれの割れについても、未処理材よりも葉枯らし材の方が大きく、葉枯らし材の中には大きな割れが生じている個体が存在した。また、割れの発生量を絶対値として評価すると、これらは決して小さな値とは言えず、材面割れと内部割れの両方が発生している個体も多く見られた。乾燥初期の高温熱処理あるいは高温乾燥を採用する最大の理由は、無背割り材における材面割れの抑制にある。さらに、材面割れさえ抑制できれば、内部割れの発生は許容されるとする考え方も、高温乾燥を採用している企業には根強く存在する。しかし、現実的には、今回の結果が示すとおり、材面割れの抑制も十分なものとは言えず、さらにかかりの量の内部割れも同時に発生してしまっているという実態があることが、明らかである。

一方、曲がりの発生量については、平均値、最大値ともに、葉枯らし材の方が未処理材よりも小さいが、顕著な違いがあるとは言いきれない。また、絶対値としても、歩留まりに大きな影響を与える程の値ではない。

②乾燥による損傷の発生についての考察

(1)材面割れ

各個体における材面割れの発生量と仕上がり含水率との関係を、第3-10図及び第3-11図に示した。未処理材、葉枯らし材ともに、ゆるい正の相関が見られるが、基本的には、ばらつきの大きい分布であり、明確な傾向が見られるとまでは言い切れない。ただ、ゆるい正の相関が見られるのは、仕上がり含水率が低い個体ほど初期含水率が低い傾向が見られたことを勘案すると、採用した乾燥条件が低含水率材にとって比較的適した条件となっていたことが、先ず考えられる。さらには、材面割れを測定した際に、低含水率材では一旦発生した割れが閉塞していることが多いため、材面割れとしてカウントできなかった可能性がある。このことは、すでに前述したとおりである。

(2)木口割れ

各個体における木口割れの発生量と仕上がり含水率との関係を、第3-12図及び第3-13図に示し

た。材面割れと同様に、未処理材、葉枯らし材ともに、ゆるい正の相関が見られるものの、分布は大きくばらついている。この分布の中には、絶対量として無視できない大きな割れもあり、これらは結果として歩留まりを低下させる原因となる。針葉樹の構造用製材の人工乾燥においては、木口割れの発生について議論されることは少ない。また、現実的に、木口割れを抑制するため、割れ止めなどの処置をされることも少ない。しかし、実際には、大きな木口割れが発生することもあり、必要に応じて木口シールなどを行うことも必要である。

(3) 内部割れ

人工乾燥後の切断面（1個体あたり5試片）の含水率と内部割れの発生量との関係を、第3-14図と3-15図に示した。基本的に、ばらつきの大きい分布ではあるが、未処理材、葉枯らし材ともに、ゆるやかな負の相関が見られる。このことは、低含水率に仕上がった場所ほど内部割れの発生量が大きいということを示すものである。内部割れの発生のメカニズムについては、表面の引っ張りセットとの関連で説明しようとするセオリー、あるいは断面方向の水分傾斜の発生と引っ張り応力などをキーワードとして説明しようとするセオリーなどがあり、現在のところ理論的な収束を見えないように思われる。内部割れの発生時期についても、前者の説を基本にすれば乾燥後期ということになるであろうし、一方、後者の説を基本にすれば、断面方向の乾燥が次第に進行する乾燥中期になるのではないかと考えられる。

長さ方向の内部割れの発生量（平均値）を第3-16図に示した。未処理材、葉枯らし材ともに、材中央部よりも木口に近い部分の方が、内部割れの発生量が多いことが分かる。

個体別の長さ方向の内部割れの発生量を、第3-17図及び第3-18図に示した。仕上がり含水率の違いによって、内部割れの発生状況には明確な違いが認められる。仕上がり含水率が30%を越える試験材A-1及び試験材B-1では、ほとんど内部割れは発生していない。しかし、含水率が20%前後の試験材A-2と試験材B-2では、木口付近に内部割れが発生している。さらに、仕上がり含水率が10%前後に達した試験材A-3と試験材B-3では、木口部分だけではなく、中央部でも大きな内部割れが発生している。これらの結果から考察すると、少なくともこの実験においては、乾燥が進行し一定の含水率に到達した時点になると、比較的高い確率で内部割れが発生するという現象が生じていたものと推察される。しかし、この内部割れが発生するメカニズムについては、今後、詳細な研究が必要である。

(4) 曲がり

各個体における曲がりの発生量と仕上がり含水率との関係を、第3-19図及び第3-20図に示した。葉枯らし材においては、仕上がり含水率が低くなると、曲がりが大きくなるという傾向が見られるが、未処理材では明確な傾向は見られない。曲がりの発生量については、仕上がり含水率よりも、試験材の材質特性の方が大きな影響を及ぼすものと考えられる。

③変色

試験材の乾燥後の材色を第3-5表に示した。表中の中温乾燥材のデータは、過去に筆者らが実施した中温乾燥の実験データであり、比較のために併記した。

第3-5表 高温乾燥による変色

測定箇所	項目	高温乾燥材			中温乾燥材		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
心材	平均	56.40	9.84	28.99	60.87	13.82	22.63
	標準偏差	2.96	0.80	1.59	3.42	1.32	1.35
辺材	平均	63.10	7.37	27.36	76.40	5.16	21.52
	標準偏差	0.44	0.39	0.63	3.29	1.08	1.15

(注) 中温乾燥材のデータは、過去に実施した実験データであり、今回の高温乾燥材のロットとは異なる。

高温乾燥材は、中温乾燥材と比較すると、心材及び辺材ともに明度L*が低い。特に、辺材での明度の低下が著しく、辺材が暗い感じに変色している。高温乾燥材のクロマティックネス指数a*は、中温乾燥材と比較すると、心材では低く、辺材では高くなっている。すなわち、心材の赤みが薄れ、辺材の褐色化が進行している。さらに、クロマティックネス指数b*は、高温乾燥材は中温乾燥材よりも、心材と辺材の両方において高く、黄色化が進行している。

これらの結果を、視覚的に表現すると、高温乾燥材の材色は全体的に暗褐色化が進行し、スギ材特有の心材色も全く無くなった状態にある。これは、乾燥によって、明らかに大きな変色が生じていると評価すべき状態にある。

4. まとめ

1) 工務店などの建築業界は、品確法などに対応するために高品質な乾燥材の供給を望んでいる。しかし、現実的には、必ずしも希望する品質のレベルの乾燥材が入手できず、一部の工務店では集成材の採用に踏み切っている。

2) 工務店は、施主と身近に接するところで仕事をしており、施主の意識や時代の流れを敏感に

感じている。最近の住宅をめぐる変革を、前向きに仕事に活かそうとする工務店は、乾燥材の品質についても明確な基準を持っていることが多い。

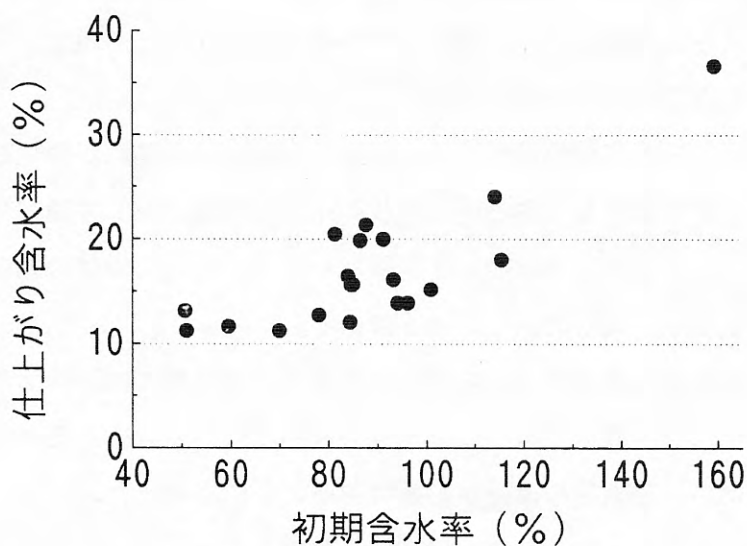
3) 製材工場での乾燥材生産は、納材先(問屋、小売り店、工務店など)の意向を、その時々で、とりあえず満足させるという視点で行われていることが多い。したがって、長期的な展望や戦略を持って、乾燥材の生産を行いきにくい面がある。

4) 工場で生産されている高温乾燥材には、かなりの量の材面割れが発生しているが、割れが閉塞していればとりあえず商品となり得るとい現状の中で、問題点として顕在化することは少ない。変色も決して小さいというレベルでは無いと判断されるが、高温乾燥材の納材先では、現段階においては、問題になることは、比較的少ないようである。

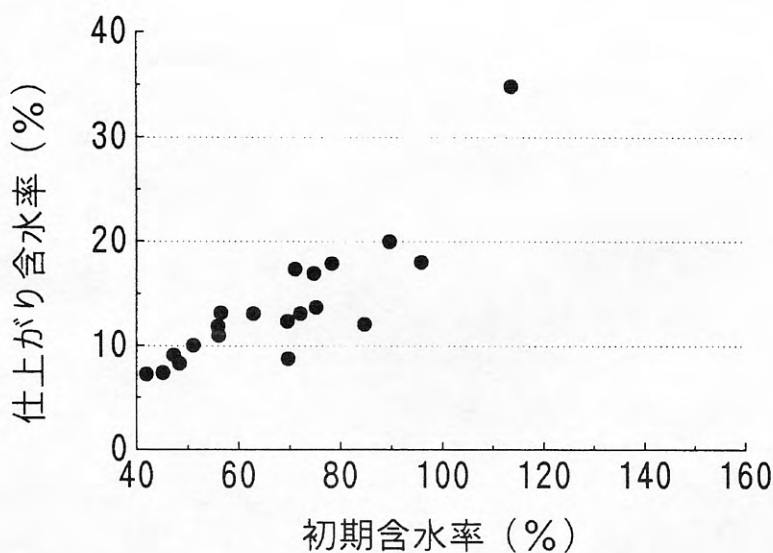
5) 製材工場における実用機を使ったスギ柱材の高温乾燥実験では、材面割れと合わせて大量の内部割れが観察された。この製材工場では、自社の製品については内部割れは発生していないと考えているようであったが、定期的な確認が必要であるように思われた。

6) 高温乾燥法は、心持ち・背割り無し構造材の乾燥方法として、今後も一定の役割を担うことになるであろう。しかし、現在の高温乾燥法が技術的に確立されたものであるかという点には、現地調査や実験結果から見て疑問を持たざるを得ない。今後は、本来のエンドユーザーである施主が、どのような乾燥材を望んでいるのかという視点も取り入れて、より高品質な乾燥材の生産を目指す必要がある。特に、内部割れや変色の抑制方法について、技術的な検討が必要である。

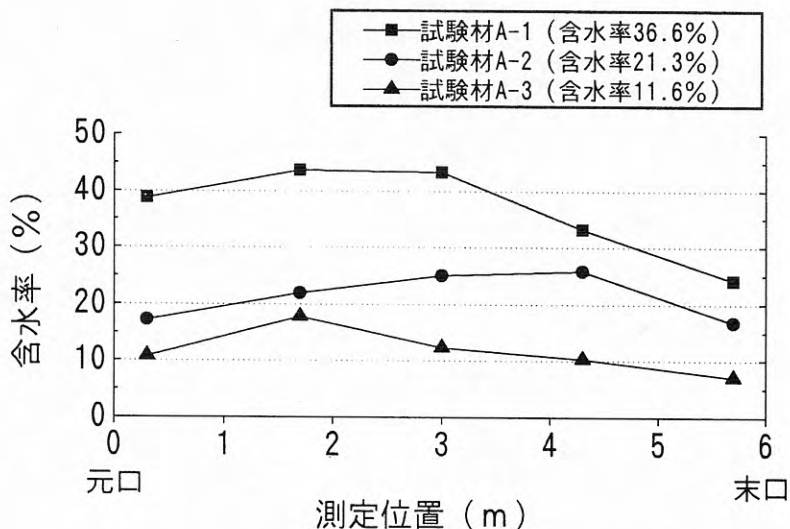
7) 今後は、当センターに新規導入された複合型の実験用乾燥装置を用いて、乾燥スケジュール等の改良のための検討を行う予定である。



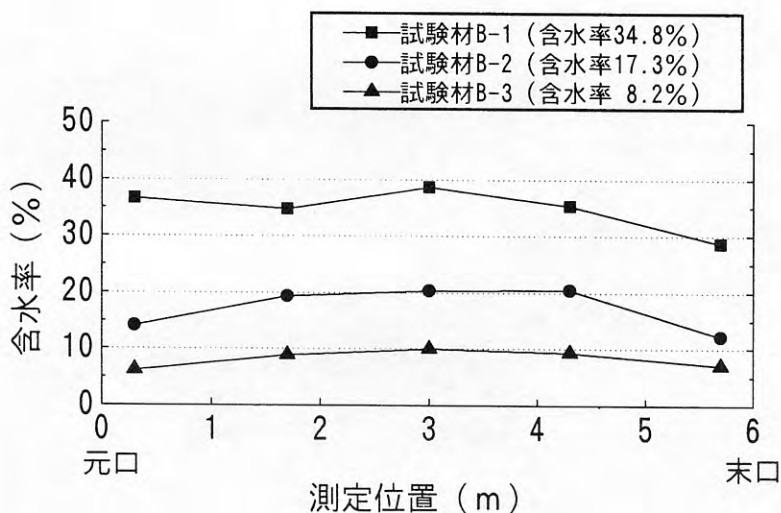
第3-1図 未処理材における初期含水率と仕上がり含水率との関係



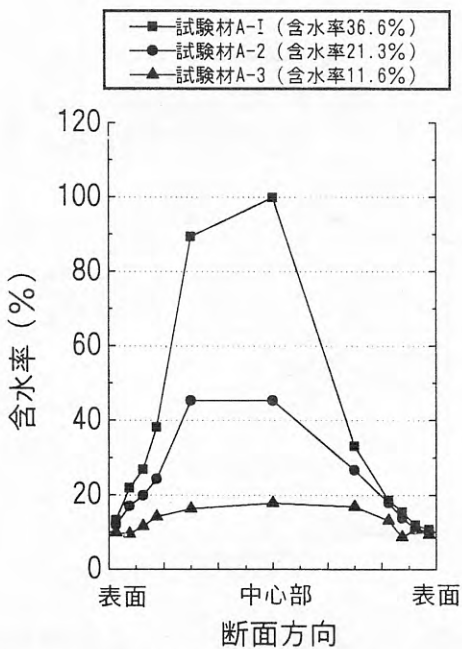
第3-2図 葉枯らし材における初期含水率と仕上がり含水率との関係



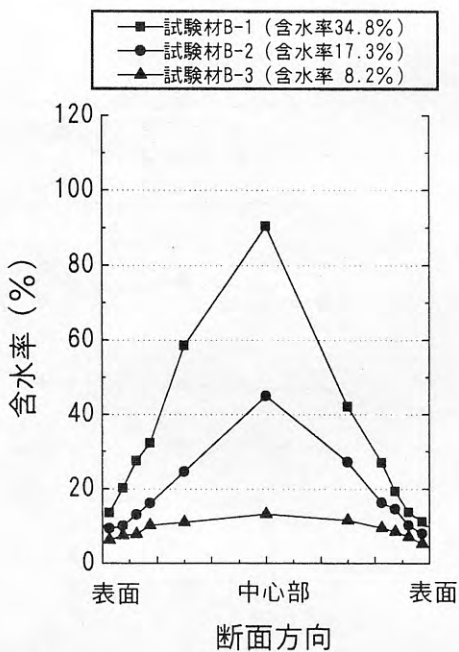
第3-3図 乾燥終了時における個体別の長さ方向の含水率分布 (未処理材)



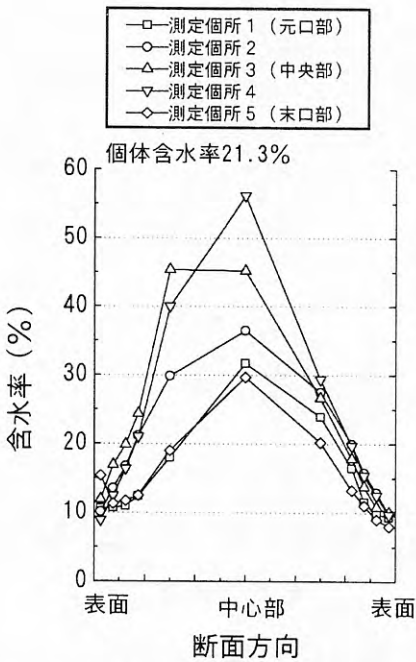
第3-4図 乾燥終了時における個体別の長さ方向の含水率分布 (葉枯らし材)



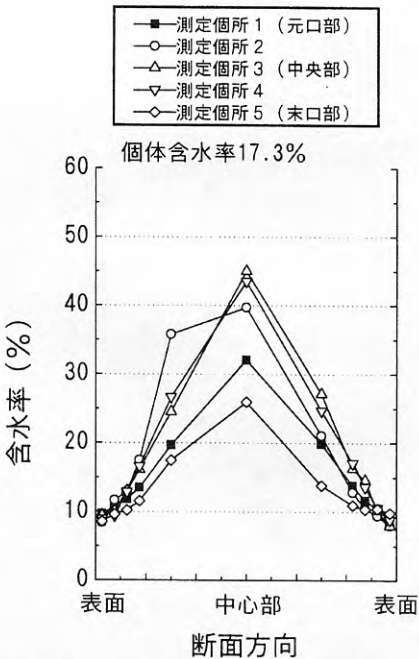
第3-5図 乾燥終了時における中央部の断面方向の含水率分布 (未処理材)



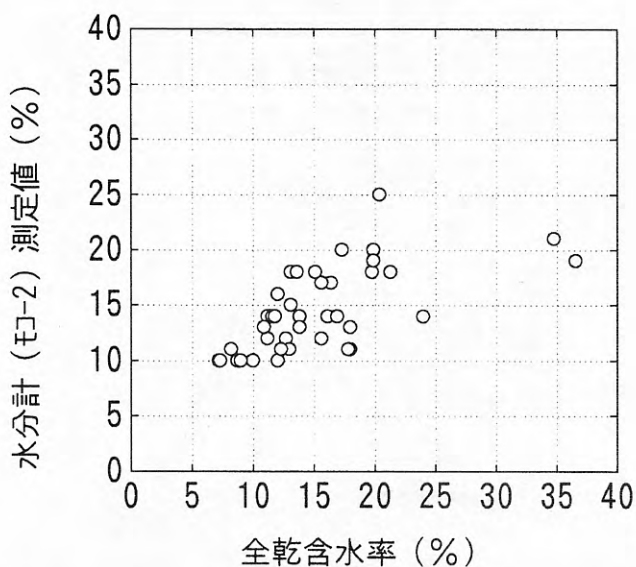
第3-6図 乾燥終了時における中央部の断面方向の含水率分布 (葉枯らし材)



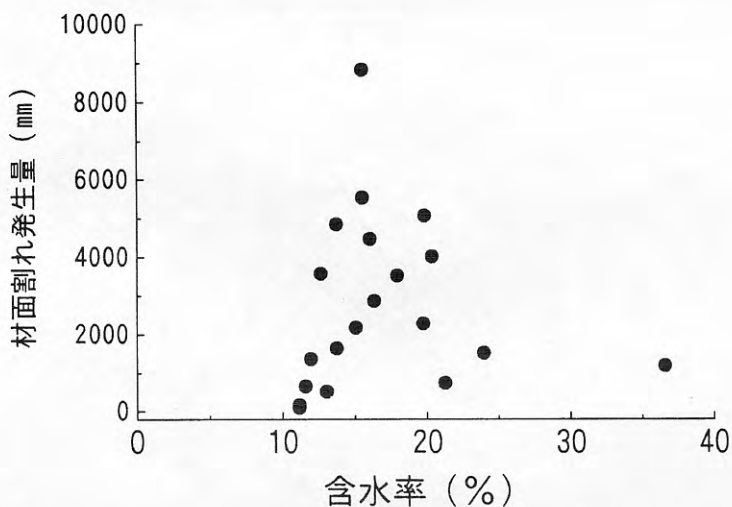
第3-7図 乾燥終了時における試験材A-2（未処理材）の断面方向の含水率分布



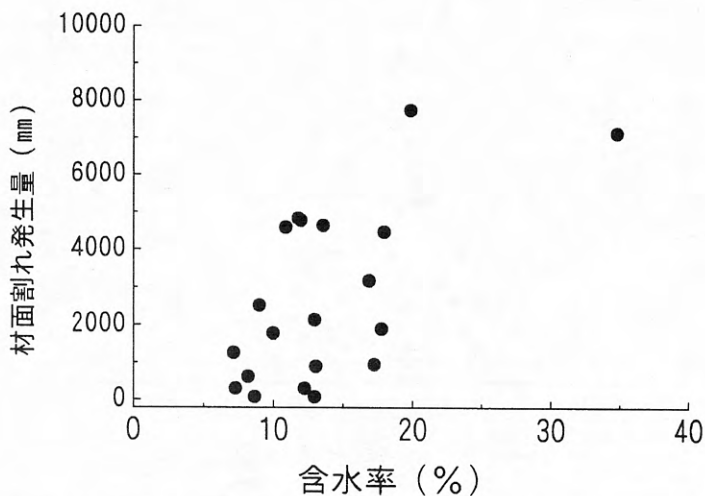
第3-8図 乾燥終了時における試験材B-2（葉枯らし材）の断面方向の含水率分布



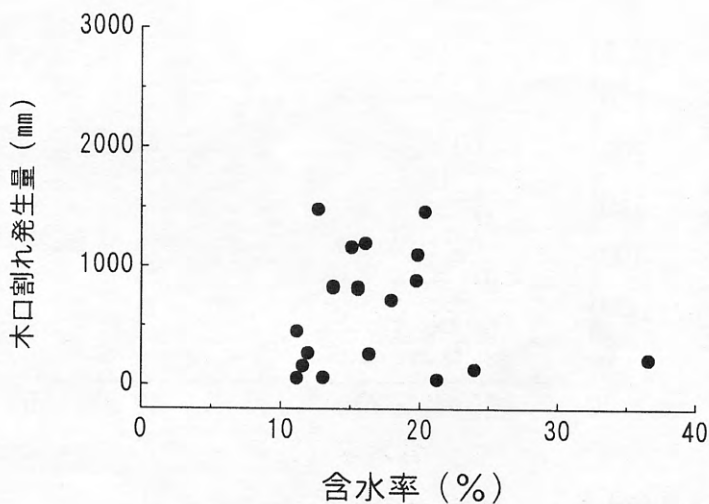
第3-9図 乾燥後における水分計と全乾重量法による含水率の比較



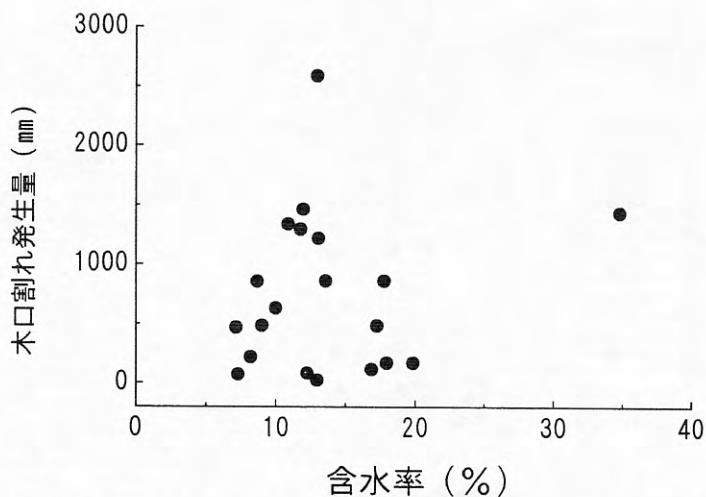
第3-10図 未処理材における材面割れの発生量



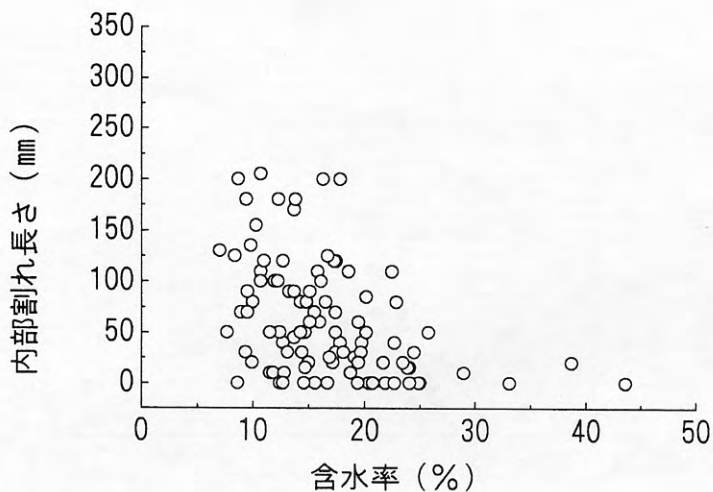
第3-11図 葉枯らし材における材面割れの発生量



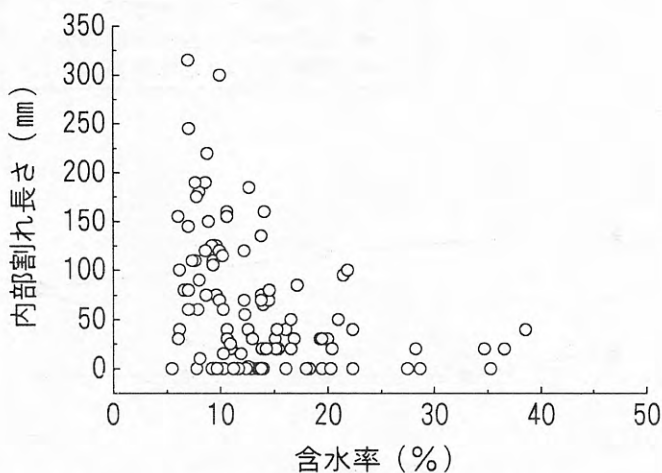
第3-12図 未処理材における木口割れの発生量



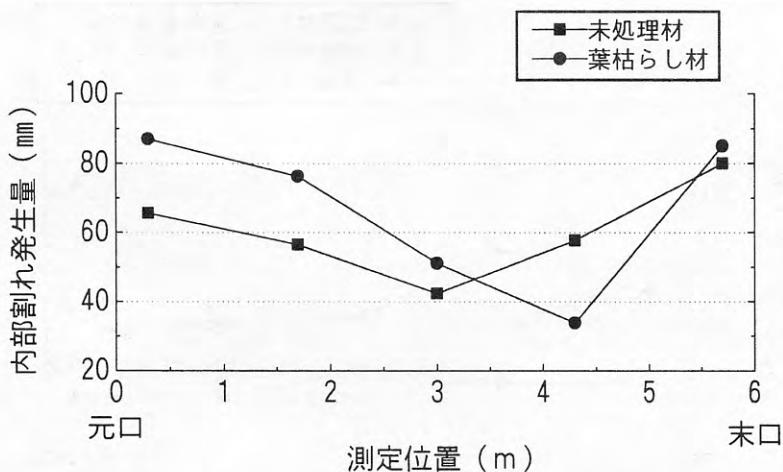
第3-13図 葉枯らし材における木口割れの発生量



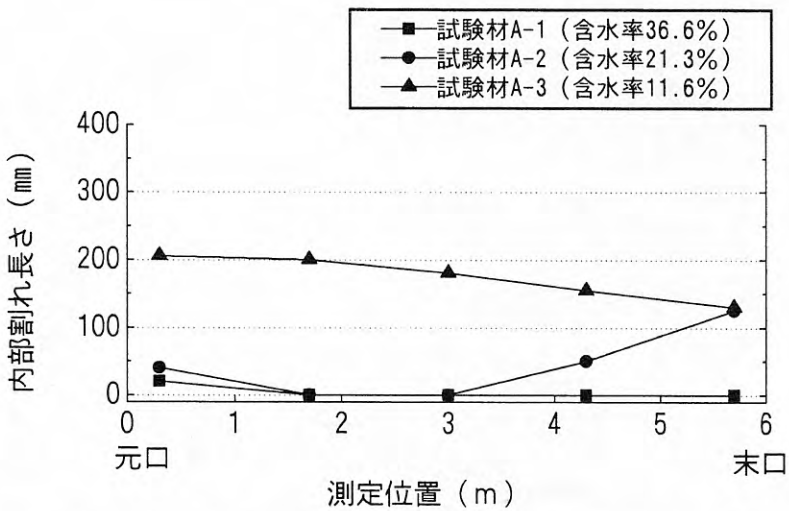
第3-14図 人工乾燥後の切断面の含水率と内部割れ発生量との関係 (未処理材)



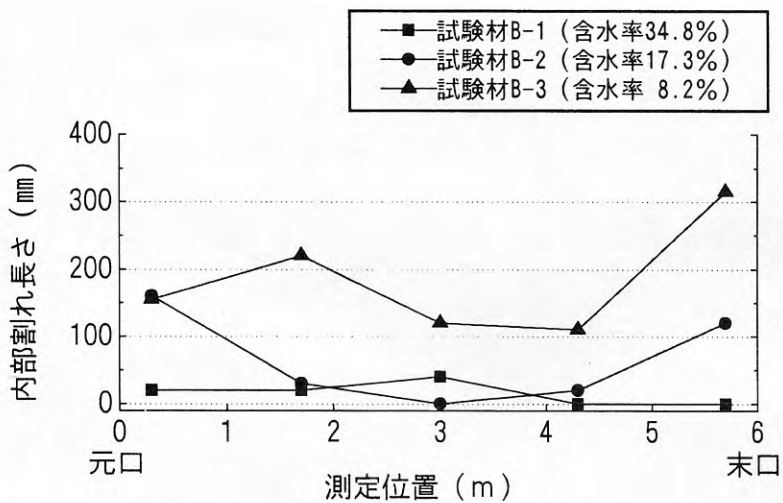
第3-15図 人工乾燥後の切断面の含水率と内部割れ発生量との関係（葉枯らし材）



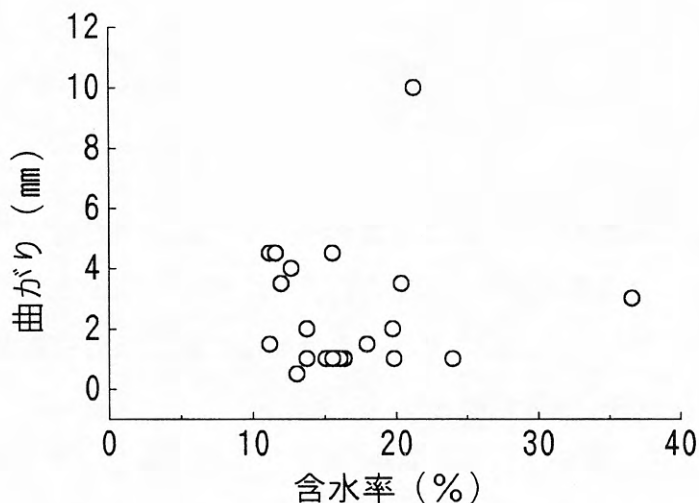
第3-16図 長さ方向の内部割れ発生量（平均値）



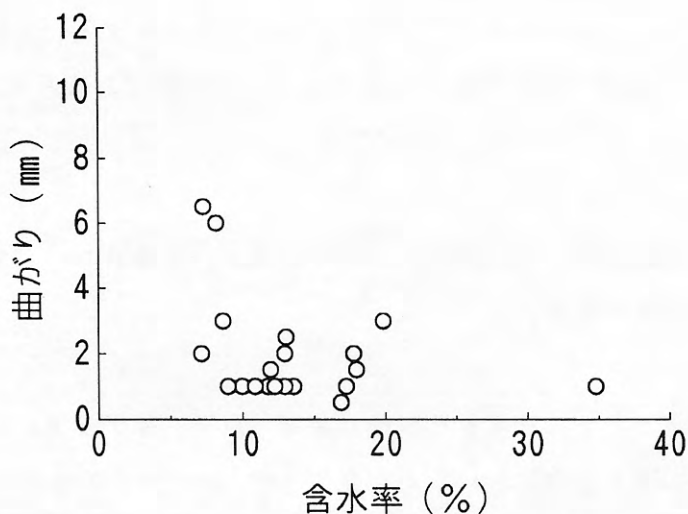
第3-17図 個体別の長さ方向の内部割れ発生量 (未処理材)



第3-18図 個体別の長さ方向の内部割れ発生量 (葉枯らし材)



第3-19図 未処理材における仕上がり含水率と曲がりの発生量との関係



第3-20図 葉枯らし材における仕上がり含水率と曲がりの発生量との関係