

6. 2 天然乾燥材の干割れ

6. 2. 1 標準状態と屋外（屋根付き暴露）、及び水中貯木

（1）はじめに

現代工法で主に採用されている人工乾燥は表面を高温でセットするなどして表面割れを抑制するが、伝統的構法で好まれる天然乾燥では表面割れが生じることが一般的に知られている。逆に、人工乾燥は内部割れが生じやすく、天然乾燥は生じにくいなど、それぞれの乾燥方法には一長一短ある。

表面割れが生じやすい天然乾燥を取り扱う製材所及び実務者らは、乾燥方法の工夫、加工後の乾燥、干割れ状況を見て使用部位を決定するなど、材面干割れを抑制する試みを行っている。

そこで、本節では、幾つかの乾燥方法と干割れ発生状況の過程を検証し、乾燥方法及び乾燥状態と干割れ発生との関係性を定量的に把握する。

なお、材料部会では宮崎、富山、京都、茨城で天然乾燥を行う。本節では、茨城県つくば市の屋外天然乾燥と20度65%の標準状態での製材棧積み乾燥による観察の結果を報告する。

（2）干割れ影響試験の概要

伝統的構法で多用されるスギを材料として、表6.2.1-1に示す4種類の乾燥方法を採用した。なお、屋外天然乾燥は気候などの地域性が乾燥状態等に大きく影響することが予測できるため、その影響を小さくした標準状態の乾燥である屋内常態乾燥を実施し、他乾燥方法と比較する。

次に、干割れの影響試験実施に伴い、埼玉県西川産付近（名栗域）のスギ原木を入手した。4種類の乾燥方法に、それぞれ試験体数を20本とし、合計80本を135mm×2m正角に粗挽き製材し、製材棧積み乾燥を実施した。なお、生材加工後常態乾燥は図6.2.1-1に示す仕上げ寸法に生の状態で加工し製材棧積み乾燥を行う。

一方、水中前処理屋内常態乾燥は、製材棧積み前に丸太の状態で水中処理を行う。プール内で12ヶ月程度の前処理を行い、その後、丸太の井桁組乾燥、加えて、製材棧積み乾燥を実施する。

以上の乾燥過程で重量、含水率、雰囲気、干割れの発生状態を測定し、乾燥方法と干割れの発生状況の関係を検証する。

表6. 2. 1-1 干割れ影響試験の乾燥種類（それぞれ20本）

名称	乾燥方法の概略
屋内常態乾燥	恒温恒湿室内の年間平均温室度20度65%で製材棧積み乾燥する方法
生材加工後常態乾燥	生の状態でほぞ、貫あな、加工した生材を恒温恒湿室内で棧積み乾燥する方法。20度65%
屋外天然乾燥（つくば市屋外）	一般的に天然乾燥といわれる、製材棧積み乾燥方法。なお、屋根付きとする。
水中前処理屋内常態乾燥	水中処理を施した後に、恒温恒湿室内で製材棧積み乾燥をする水中前処理屋内常態乾燥。20度65%

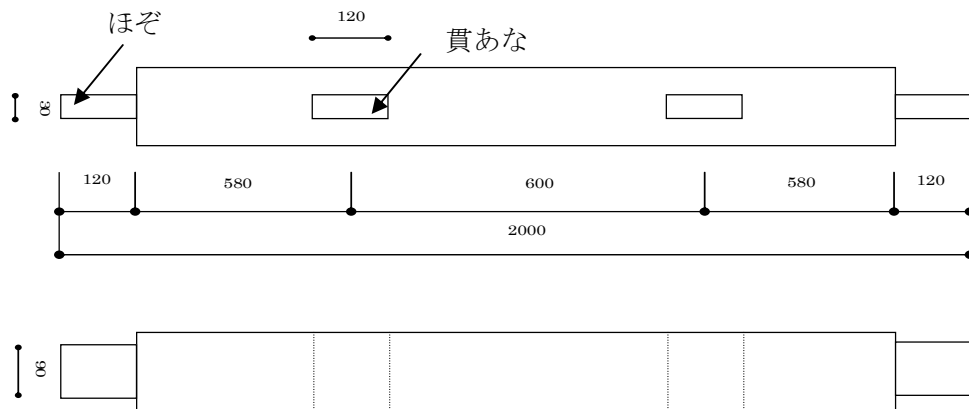


図6. 2. 1-1 生材加工後常態乾燥試験体の仕上げ

(3) 伐採

埼玉県飯能市の製材所より、西川産地域と多摩産地域の間の名栗地域における径級18cmから22cmの原木を択伐した。乾燥処理する1週間から2週間前の間に伐採し、伐採後は長くて4日程度、土場に野積みした。なお、伐採野積み期間の天候は、晴れ、晴れ、晴れ、曇り、晴れ、晴れであったが、部分的に降雨もあった。



写真6. 2. 1-1 伐採環境と状況 (1)



写真6. 2. 1-2 伐採環境と状況 (2)

(4) 原木の選別と粗挽き製材

つくばでの干割れ影響試験に用いる材料を多摩地域と西川地域の間地域の多摩側付近から伐採し、土場で8mの原木30本から、20本と予備1本の合計21本を試験体として取り出した。選別の項目は曲り、目粗、中目、目細の分類、節の有無、黒芯及び重量である。それぞれの選別を通して4種類の試験体材料に配分し、大きな偏りがないように、元末を基準とするエンドマッチングを行った。

	元口側			末口側
丸太1	1-1	1-2	1-3	1-4
丸太2	2-1	2-2	2-3	2-4
丸太3	3-1	3-2	3-3	3-4
丸太4	4-1	4-2	4-3	4-4
丸太5	5-1	5-2	5-3	5-4
丸太6	6-1	6-2	6-3	6-4
丸太7	7-1	7-2	7-3	7-4
丸太8	8-1	8-2	8-3	8-4
丸太9	9-1	9-2	9-3	9-4
丸太10	10-1	10-2	10-3	10-4
丸太11	11-1	11-2	11-3	11-4
丸太12	12-1	12-2	12-3	12-4
丸太13	13-1	13-2	13-3	13-4
丸太14	14-1	14-2	14-3	14-4
丸太15	15-1	15-2	15-3	15-4
丸太16	16-1	16-2	16-3	16-4
丸太17	17-1	17-2	17-3	17-4
丸太18	18-1	18-2	18-3	18-4
丸太19	19-1	19-2	19-3	19-4
丸太21	21-1	21-2	21-3	21-4

	水中前処理乾燥用丸太
	生材加工後常態乾燥用丸太
	屋外天然乾燥用丸太
	屋内常態乾燥用丸太

8m

図6. 2. 1-2 8m丸太と試験体の振り分け

次に、大きな曲りに配慮して、2mのシングルソーと4mのツインソーにより製材し、各材料端部を2mにクロスカットした。また、クロスカット時に全乾法テストピースを取得した。

製材後はつくば市（乾燥処理）と加工場（生材加工）に搬入し、それぞれ翌日までの乾燥を防止するためのブルーシート養生を行い保管した。そして、製材翌日に生材加工、栈積み乾燥を実施した。



写真6. 2. 1-3 原木の選別状況1

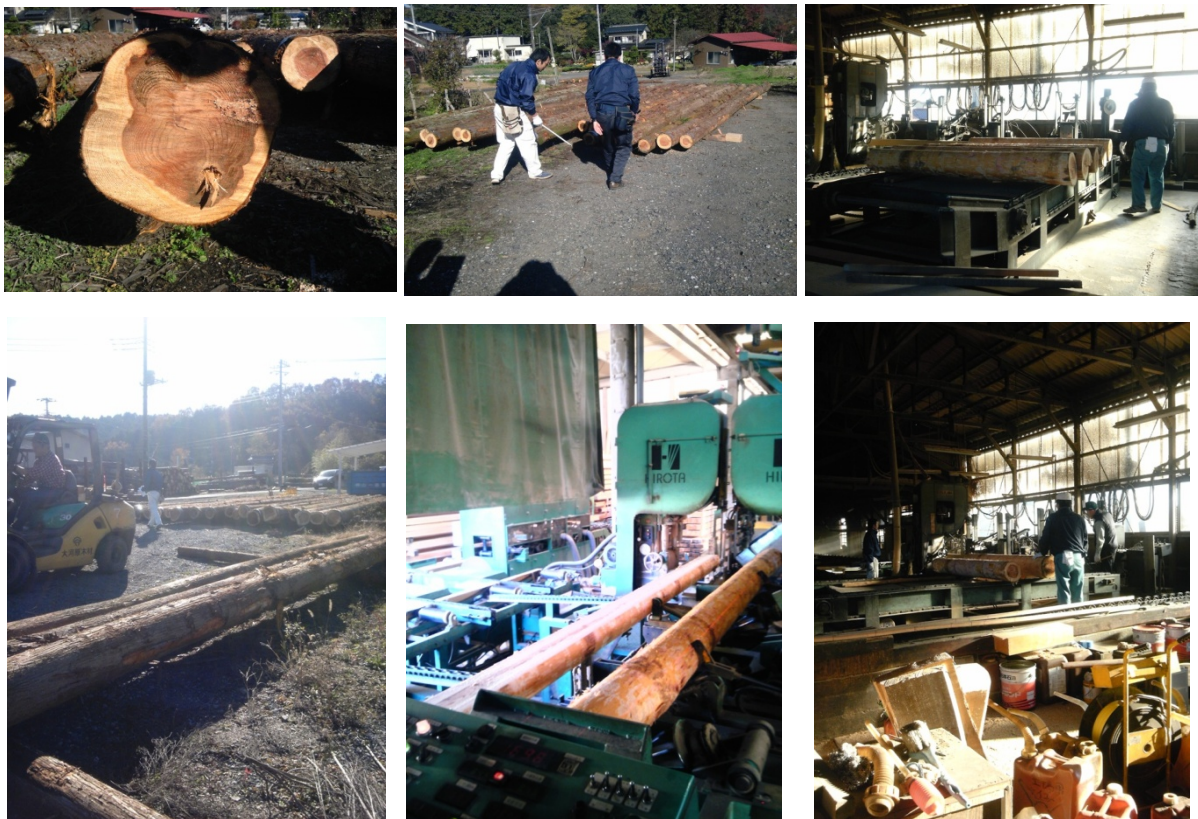


写真6. 2. 1-4 原木の選別と粗挽き製材の状況

(5) 栈積み方法

栈積み方法は、材料品質・接合委員会の天然乾燥サブワーキングで実施した天然乾燥の実態調査の結果を反映させた。図6.2.1-3に示すように4段5列の栈積みで、地盤面から30mm程度コンクリートブロックで持ち上げ、30mm×30mmの栈で3ヵ所を支持した。また、合板の屋根を最上部に水平にのせ、ビニールシートで覆い材料の直接の水濡れを防止した。

一方、栈済み位置や方向による干割れ発生の偏りを小さくするために、図6.2.1-4のように材料重量及び材料の元末を考慮して、それぞれが栈積みの片側に偏らないように栈積み位置を決定した。なお、通風と乾燥しやすさなどを考慮に入れ、材料の材長方向を東西方向に配置した。

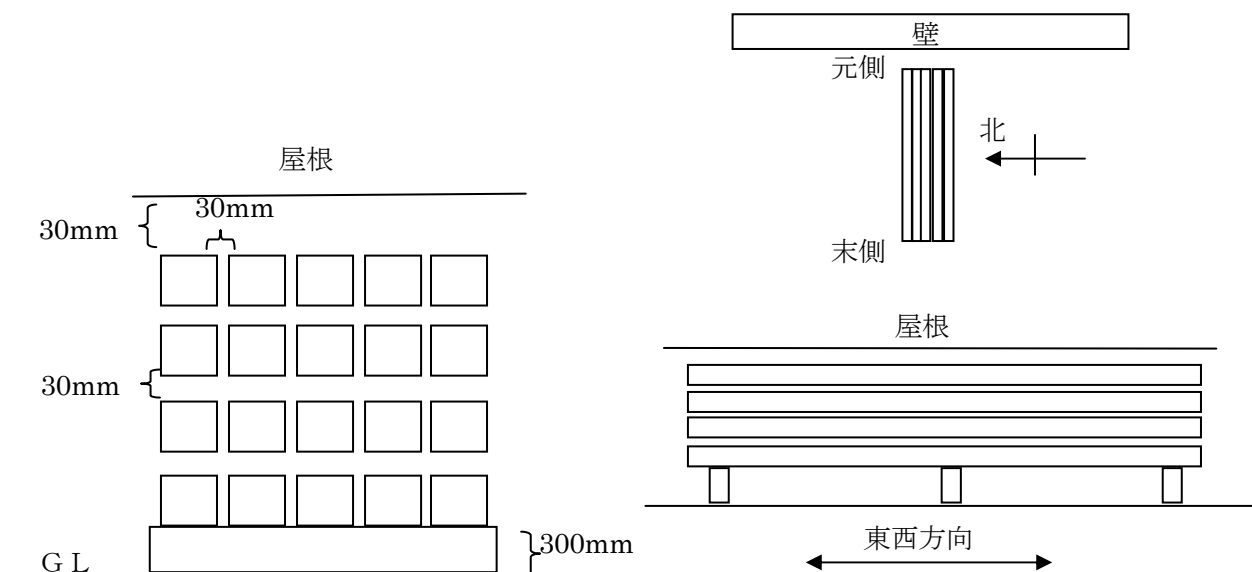


図6.2.1-3 栈積み方法（壁及び方位は屋外天然乾燥における配置関係を示す）

1-3	11-1	2-4	12-2	3-1	3-2	12-3	2-1	11-2	1-4	3-4	12-1	2-3	11-4	1-2
8-2	4-2	7-1	17-3	6-4	6-1	17-4	7-2	4-3	8-3	6-3	17-2	7-4	4-1	8-1
19-1	5-3	19-4	13-3	21-2	21-3	13-4	15-2	5-4	18-1	21-1	13-2	19-4	5-2	18-3
14-4	9-3	15-1	10-4	16-2	16-3	10-1	19-2	9-4	14-1	16-1	10-3	15-4	9-2	14-3
屋外天然乾燥					生材加工後常態乾燥					屋内常態乾燥				

図6.2.1-4 栈積み位置と試験体番号（図中は試験体番号を示す）

表6. 2. 1-2 粗挽き製材時の重量 (130mm×130mm×2000mm)

試験体番号	重量[kgf]	試験体番号	重量[kgf]	試験体番号	重量[kgf]	試験体番号	重量[kgf]
1-2	30.3	6-1	35.7	11-1	28.87	16-1	24.29
1-3	31.4	6-3	26.48	11-2	30.46	16-2	22.02
1-4	33.6	6-4	28.46	11-4	34.3	16-3	22.01
2-1	20.75	7-1	18.9	12-1	22.04	17-2	26.41
2-3	22.88	7-2	19.5	12-2	21.9	17-3	25.56
2-4	26.24	7-4	24.48	12-3	21.72	17-4	26.83
3-1	31.7	8-1	25.03	13-2	23.49	18-1	22.95
3-2	27.6	8-2	22.59	13-3	24.96	18-3	21.16
3-4	29.29	8-3	22.59	13-4	27.4	18-4	22.08
4-1	23.3	9-2	27.06	14-1	24.27	19-1	38.1
4-2	21.64	9-3	24.95	14-3	20.78	19-2	31.0
4-3	20.33	9-4	24.83	14-4	23.65	19-4	28.24
5-2	26.36	10-1	36.2	15-1	25.16	21-1	35.4
5-3	26.81	10-3	27.09	15-2	22.97	21-2	29.55
5-4	29	10-4	27.65	15-4	26.36	21-3	27.91

0.86	0.79	0.72	0.60	0.87	0.76	0.60	0.57	0.84	0.92	0.80	0.60	0.63	0.94	0.83
0.62	0.59	0.52	0.70	0.78	0.98	0.74	0.53	0.56	0.62	0.73	0.72	0.67	0.64	0.69
1.05	0.74	0.61	0.68	0.81	0.77	0.75	0.63	0.80	0.63	0.97	0.64	0.77	0.72	0.58
0.65	0.68	0.69	0.76	0.60	0.60	0.99	0.85	0.68	0.67	0.67	0.74	0.72	0.74	0.57
屋外天然乾燥					生材加工後常態乾燥					屋内常態乾燥				

図6. 2. 1-5 棧積み位置と密度 (図中の値は製材時のみかけの密度を示す)

(6) 測定の概要

干割れ測定内容の概要は次に示す通りである。干割れ深さは専用のゲージ、幅はクラックゲージ、長さ等はメジャーを用いて測定した。また、含水率は高周波式含水率測定器により測定した。

- 1) 試験体の形状・重量
- 2) 干割れの位置・長さ・幅・深さ・反り
- 3) 材面測定含水率
- 4) 全乾法による含水率
- 5) 屋外天然乾燥の場合は、材周囲の温湿度

測定対象の干割れは次に示す基準とし、ヘアクラックのような微細な干割れは無視する。

①測定面

材面の干割れ測定に限定し、試験体の両端50mm及び木口は測定対象としない。

②干割れ幅

幅0.5mm以上の干割れを測定対象とする。0.5mm未満は可能な限り発生日のみ材料面に月日を記録。

クラックゲージを使用して0.1mm単位で測定及び記録。クラックゲージのレンジを超えた時は、0.5mm精度の金尺で測定し、目盛内では末位処理で四捨五入とする。

③干割れ深さ

0.5mm単位で測定及び記録。

④干割れ長さ

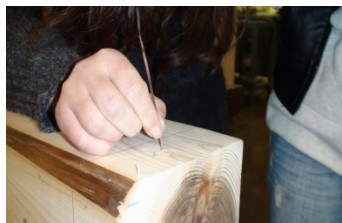
1.0mm単位で測定及び記録。

⑤節周りの割れ

材面より節周辺を曲折している干割れは測定対象とする。また、大きな節に生じる割れ、集中節及び節を周回するような割れは測定対象外とした。



幅測定



深さ測定

写真6. 2. 1-5 干割れ幅及び深さ測定状況

(7) 測定経過概要

平成22年11月29日及び30日の原木選別及び製材を行い、11月30日につくば市に材料を搬入した。なお、生材加工材は同日の12月1日に仕上げ加工した後、つくば市に搬入した。

11/29 8m原木状態の重量を測定

11/30 製材直後の含水率、重量、形状寸法を記録

12/1 屋内常態乾燥、生材加工後常態乾燥、屋外天然乾燥の製材栈積み実施

重量測定、含水率測定、寸法測定、干割れ有無、損傷有無の確認

～ 現在

2週間ほぼ各日で重量、含水率の測定を実施し、加えて、干割れの発生に伴い干割れ測定を実施した。なお、含水率は高周波式含水率測定器を用いた。恒温恒湿室内乾燥材料及び屋外天然乾燥材料は約1週間程度でわずかな干割れが発生し、屋内は0.5mmを超える干割れもある。屋外天然乾燥は0.5mm未満の干割れが主であった。それらの0.5mm未満であった干割れは、2週間程度で0.5mmを超えるような状態になった。その時の含水率は50%から130%の範囲で分布している状態であった。

1) 屋内常態乾燥、生材加工後常態乾燥

製材栈積み乾燥開始後7日後に0.5mm幅以上の干割れが数本程度、加えて、0.5mm未満の干割れが発生し始める。2カ月程度の乾燥より干割れが多数発生し、幅の増加、及び延伸を確認した。

2) 屋外天然乾燥

製材栈積み乾燥開始後7日後に0.5mm未満の干割れが発生する。その後、雨により材表面が濡れるなどして、その確認した干割れが見え隠れしている。2カ月程度の乾燥より干割れが多数発

生し、幅の増加、及び延伸を確認した。

3) 水中前処理乾燥

なお、水中前処理乾燥の原木は角材を敷材として屋外に野積みし、各丸太元口末口の円周測定、直径・長さ測定、重量測定（乾燥場搬入時）、ナンバリングを実施し、12月20日より、投入前重量を測定後に丸太21本（1本予備）をプールに投入した。

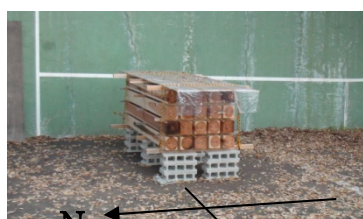
なお、水中処理乾燥では、投入後1カ月間は、7日間隔で重量測定、（木口写真記録、木口の水面ライン）の記録を行いその後1カ月間隔に移行した。加えて、丸太上空の温室度、水温を経時的に測定した。

プール水のアルカリの程度を表す水素イオン濃度指数を次に示す。

表6.2.1-3 水中処理水の水素イオン濃度指数

測定日	水素イオン濃度指数
12月20日	Ph8.6
1月5日	Ph7.8

（8）乾燥状況の記録



製材栈積み



製材栈積み



製材栈積み



屋根とロープ



屋外天乾栈積み周囲



屋外天乾栈積み周囲



西日と栈積み



西日と栈積み



含水率測定器



干割れ確認、重量等測定



材料



含水率測定状況

写真 6.2.1-6 屋外天然乾燥状況



写真6. 2. 1-7 屋内常態乾燥及び生材加工後常態乾燥の状況



写真6. 2. 1-8 水中前処理乾燥試験体の水中処理の状況

(9) 密度及び含水率の測定結果

図6.2.1-6から図6.2.1-8にみかけの密度の経時変化を示す。製材後の密度は $0.7\text{g}/\text{cm}^3$ から $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ 付近の範囲にあったが、経過日数とともに減少した。図6.2.1-9の材料20本の平均値によると、屋外天然乾燥材料、屋内常態乾燥材料及び生材加工後常態乾燥材料、共に、製材直後は $0.7\text{g}/\text{cm}^3$ 程度であったが、約1カ月後には $0.5\text{g}/\text{cm}^3$ から $0.6\text{g}/\text{cm}^3$ の範囲にまで減少している。12月28日の30日程度経過した時点では、生材加工後常態乾燥が $0.52\text{g}/\text{cm}^3$ 、屋内常態乾燥 $0.54\text{g}/\text{cm}^3$ 、屋外天然乾燥が $0.62\text{g}/\text{cm}^3$ の値を示し、生材加工後乾燥の密度低下が特に大きく、屋外天然乾燥の密度低下が一番小さかった。屋外では気象条件や雰囲気が大きく影響し、常態乾燥よりも密度低下が緩やかになったことが理由として考えられる。

水中処理による丸太のみかけの密度変化を図6.2.1-10に示した。なお、みかけの密度は、丸太重量を両端木口の円周と長さより求めた体積で除した値である。

水中への投入後、丸太の密度は増加する。最初の1週間で4%から8%の範囲で密度は増加し、30日程度経過すると、最も増加の大きい丸太で14%程度の密度増加であった。また、30日経過後には水中に沈み始める丸太もあった。

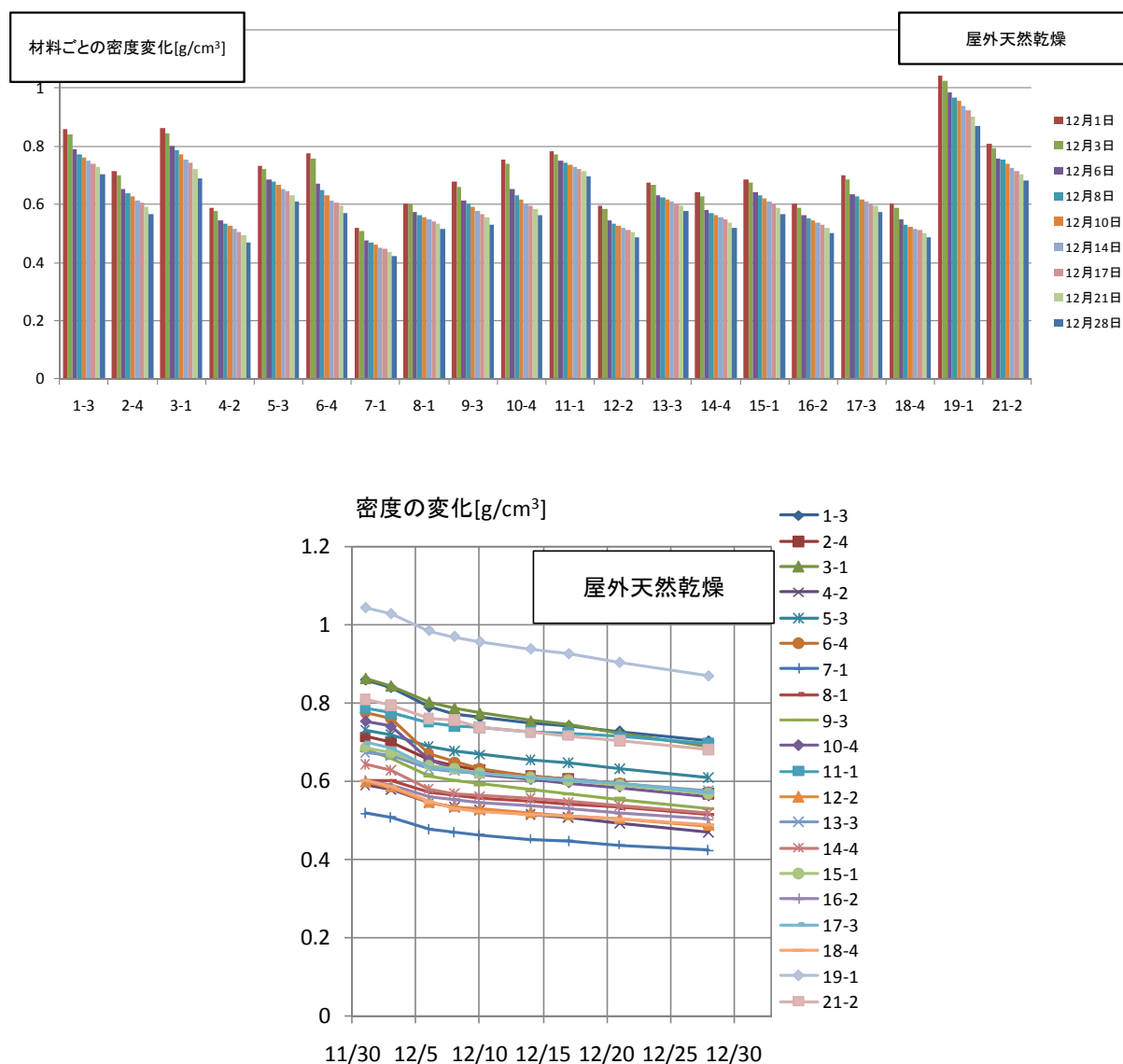


図6.2.1-6 屋外天然乾燥材料のみかけの密度の経時変化

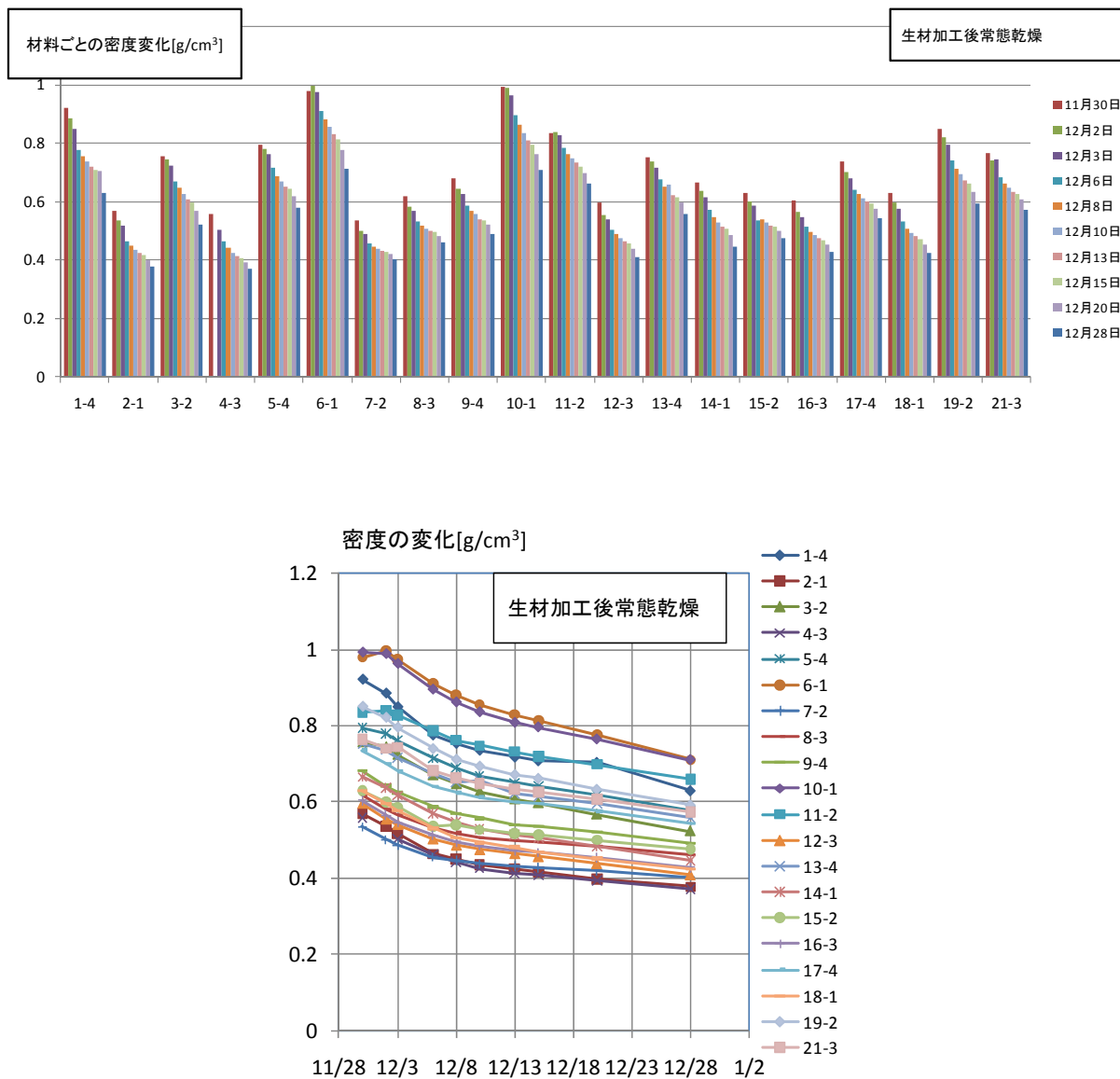


図6. 2. 1-7 生材加工後常態乾燥材料のみかけの密度の経時変化

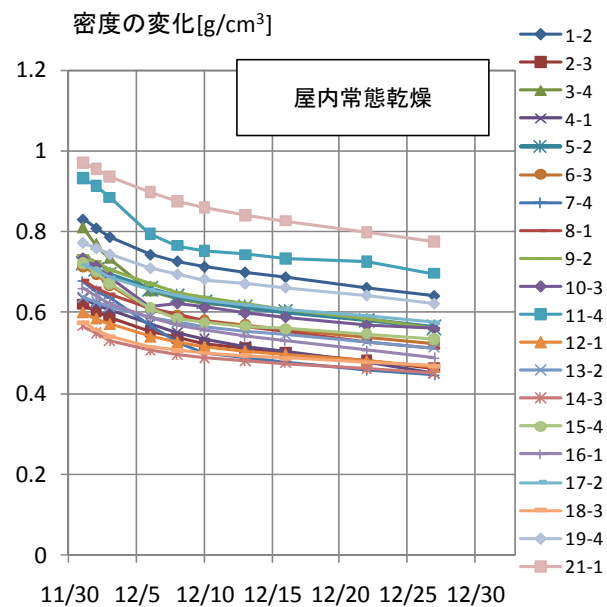
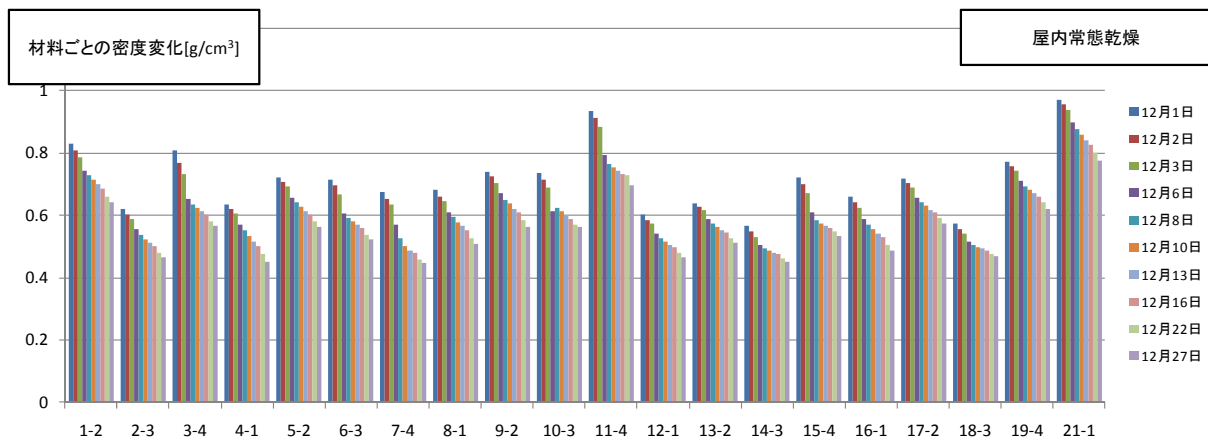


図6. 2. 1-8 屋内常態乾燥材料のみかけの密度の経時変化

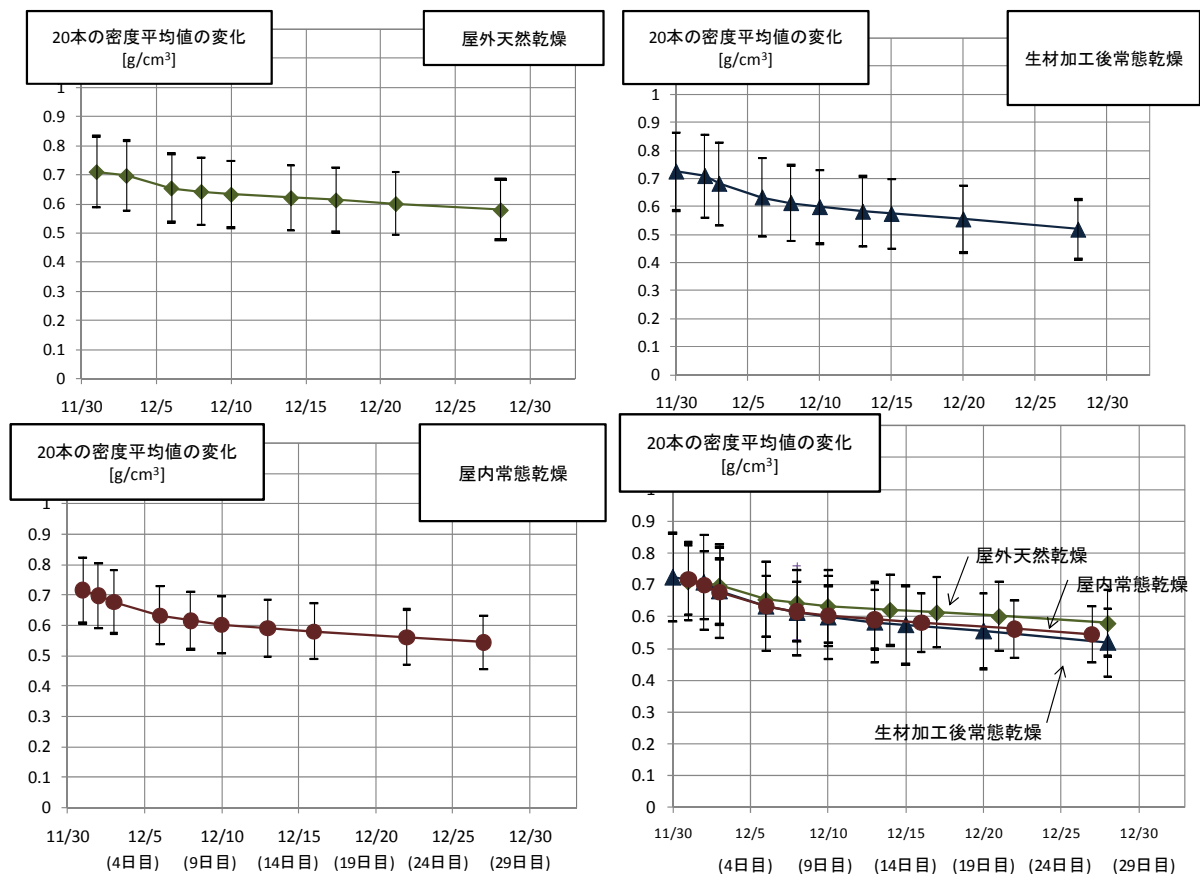


図6. 2. 1-9 各乾燥方法のみかけの密度の経時変化

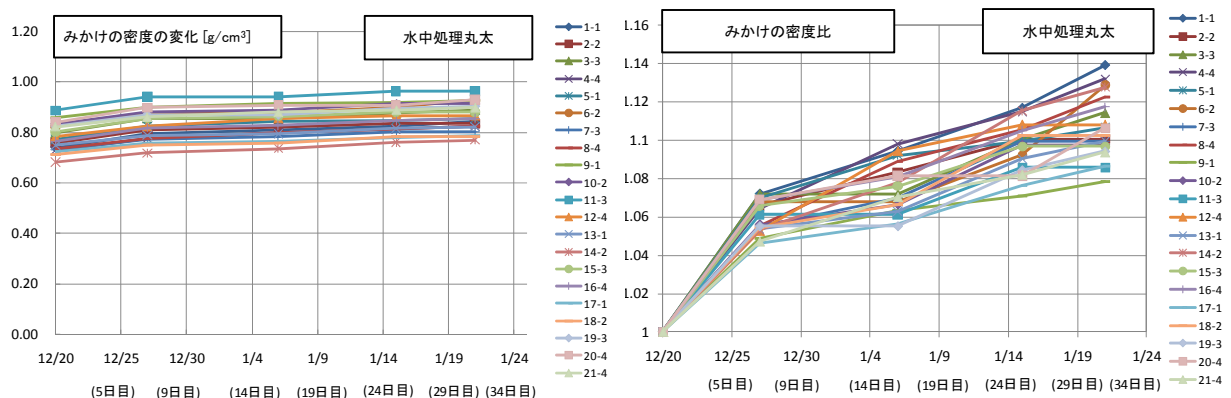


図6. 2. 1-10 水中前処理乾燥の丸太のみかけの密度の経時変化

次に、含水率の経時変化を図6.2.1-11から図6.2.1-13に示した。密度と同様に、乾燥日数の経過に伴い含水率は低下するが、材料面の測定位置の僅かなズレにより含水率が変化するため、値が増加する材料もあった。

図6.2.1-14及び図6.2.1-15に示す材料20本の平均値によると、製材直後は含水率100%程度であったが、30日程度の経過後は40%から60%にまで低下している。値がばらついたために乾燥方法の違いによる含水率低下の差が明瞭に現れていないが、図6.2.1-9に示す密度の低下傾向を考慮すると、他の乾燥方法に比べ、屋外天然乾燥の含水率低下が緩いことが考えられる。

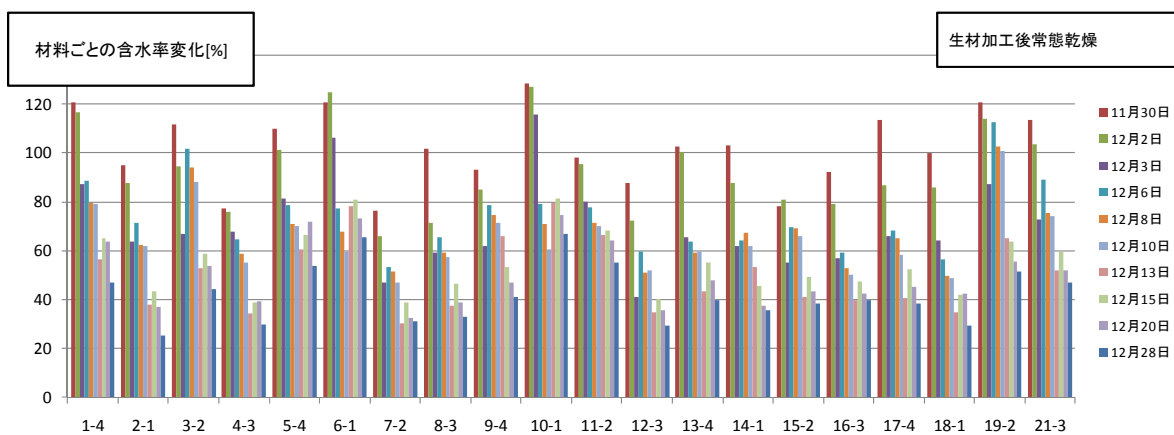
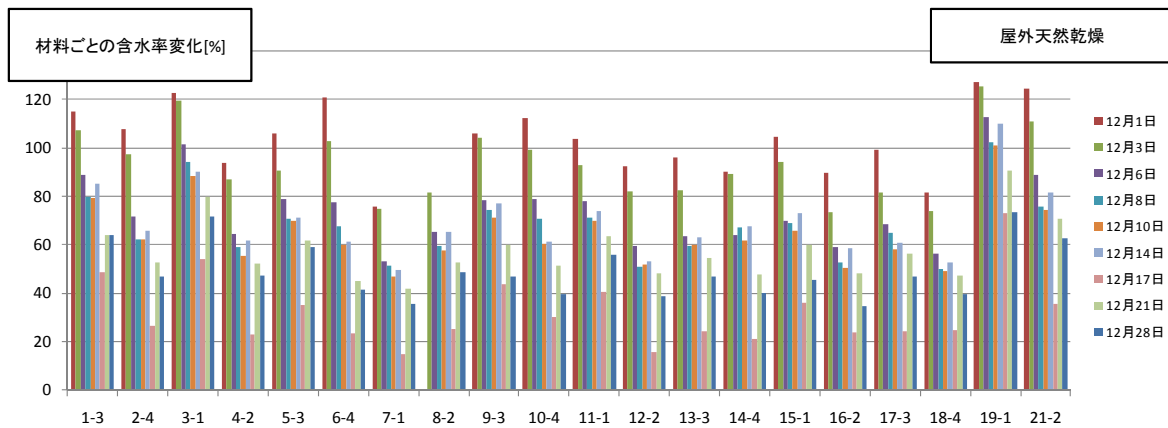


図6. 2. 1-12 生材加工後常態乾燥材料の含水率の経時変化

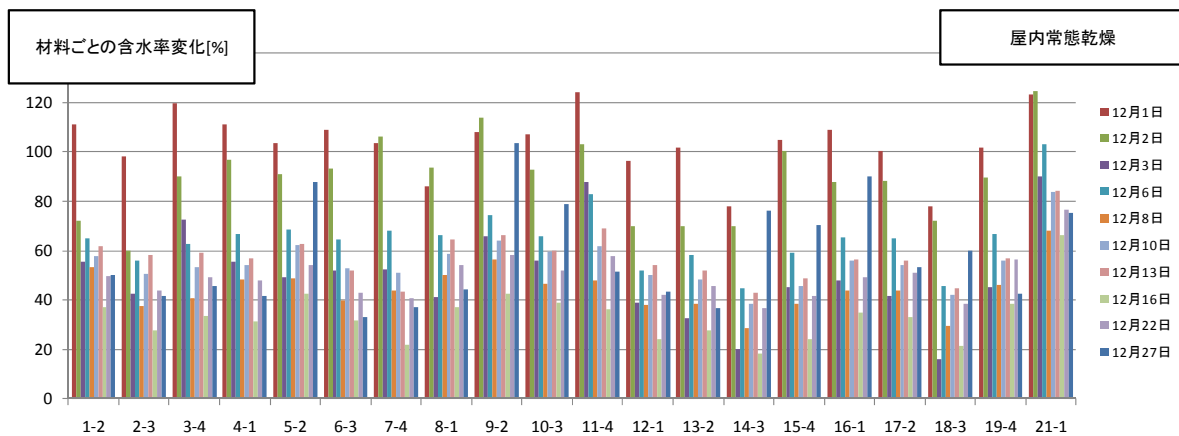


図6. 2. 1-13 屋内常態乾燥材料の含水率の経時変化

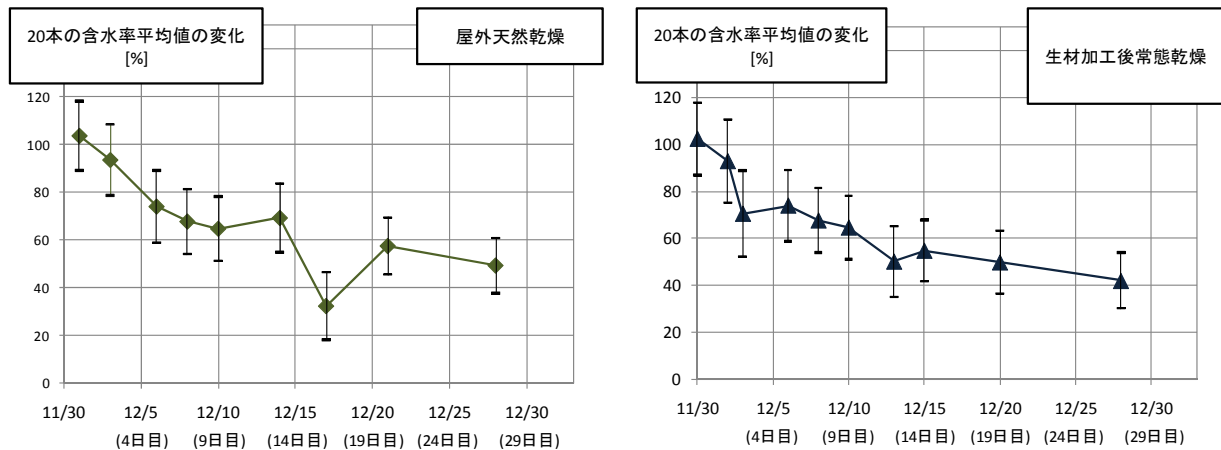


図6. 2. 1-14 各乾燥方法のみかけの含水率の経時変化(1)

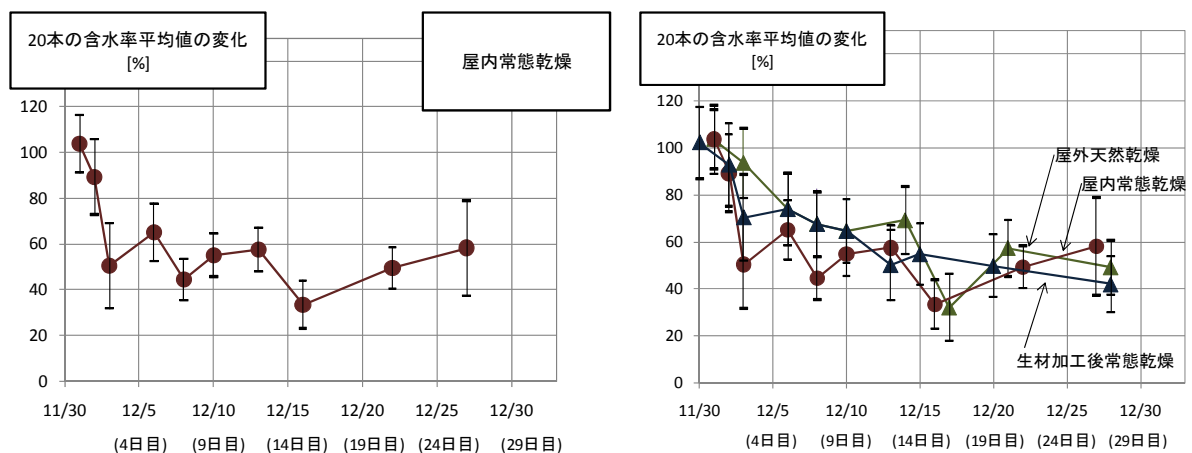


図6. 2. 1-15 各乾燥方法のみかけの含水率の経時変化(2)

(10) 干割れ数の測定結果

干割れ数の経時変化を図6.2.1-16から図6.2.1-19までに示した。前述したようにここで示した干割れ数は、最大幅が0.5mm以上になった干割れの数量である。

干割れの発生数は材料ごとに大きく異なった。屋外天然乾燥で発生数が大きい材料は材料番号6-4の21本、最小が21-2の2本である。生材加工後常態乾燥と屋内常態乾燥の最大発生数は各8-3の18本と6-3の13本、最小は各19-2の1本と4-1の1本である。

図6.2.1-19によると、30日程度の経過時点では屋外天然乾燥材料の干割れ数が最も多く20本合計で173本、生材加工後常態乾燥が144本、屋内常態乾燥が最も少なく127本であった。

屋外天然乾燥材料は20日経過後に干割れが発生しはじめたが、生材加工後常態乾燥は19日、屋内常態乾燥は12日経過後と、屋外天然乾燥よりも早い経過日数で干割れが発生した。

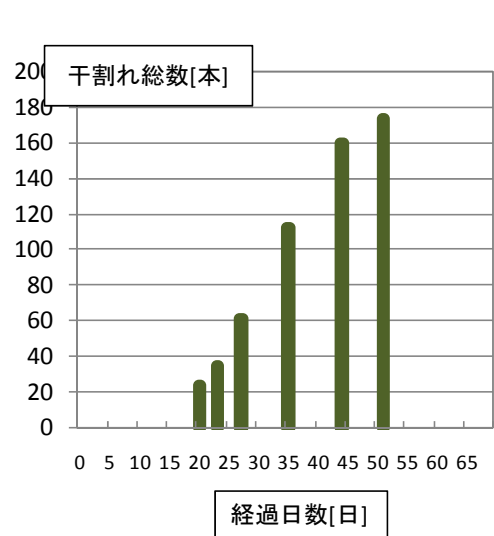
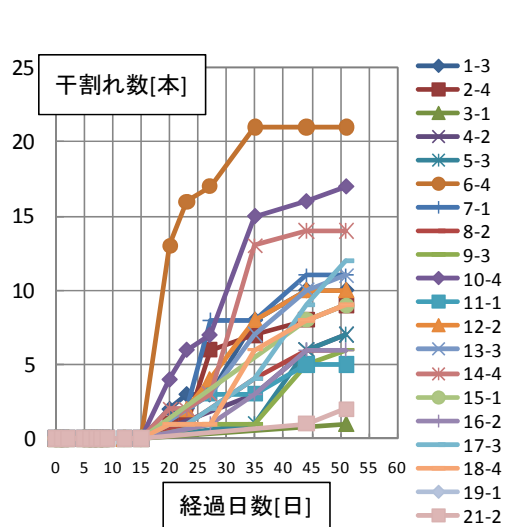
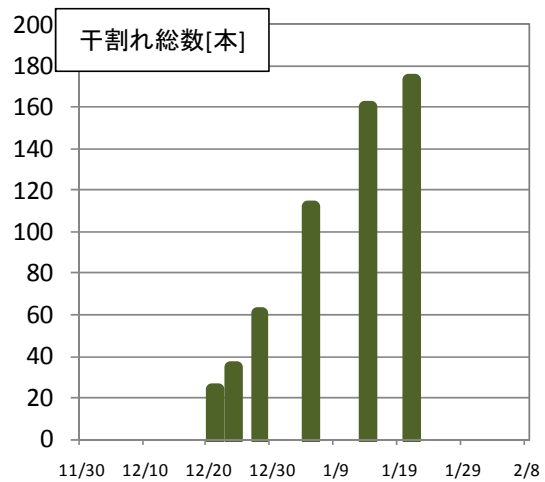
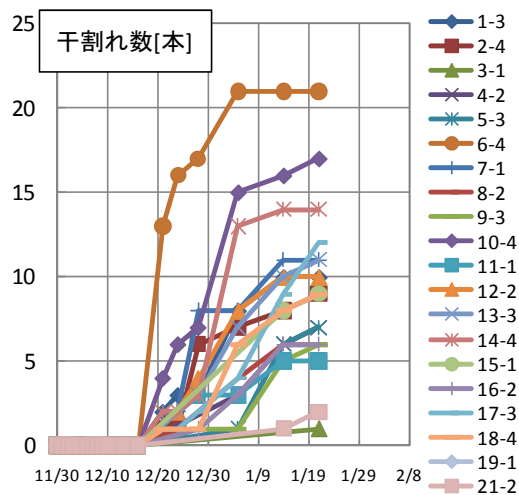
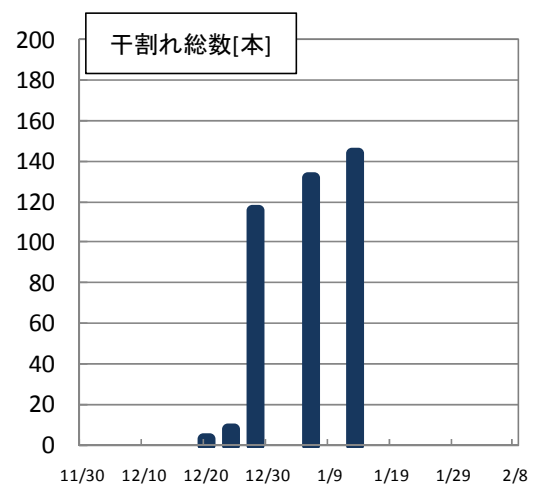
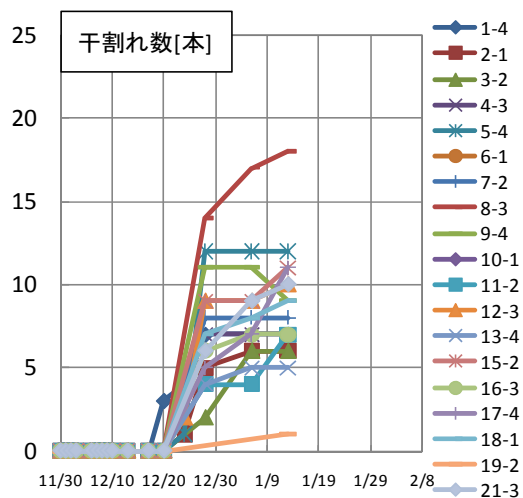
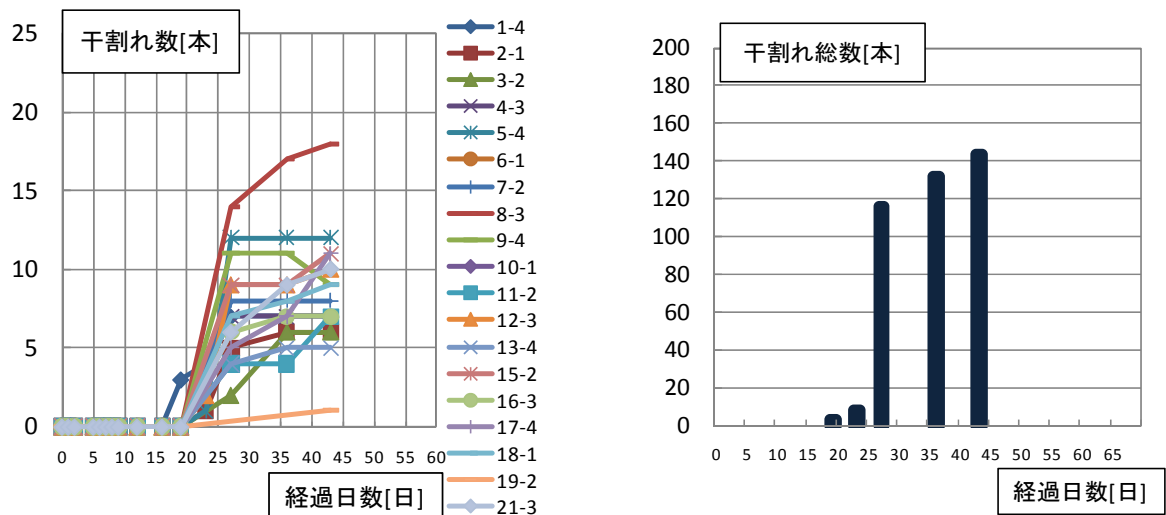


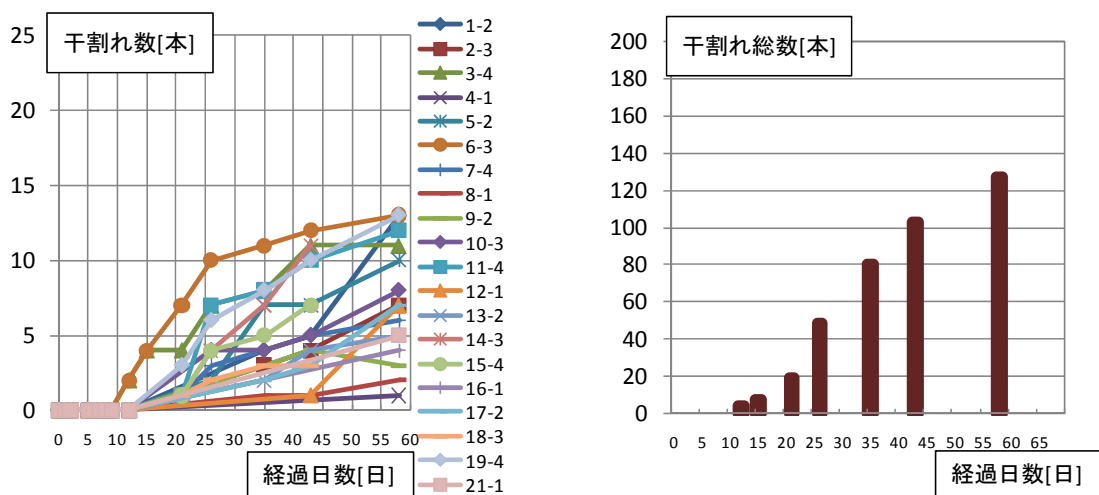
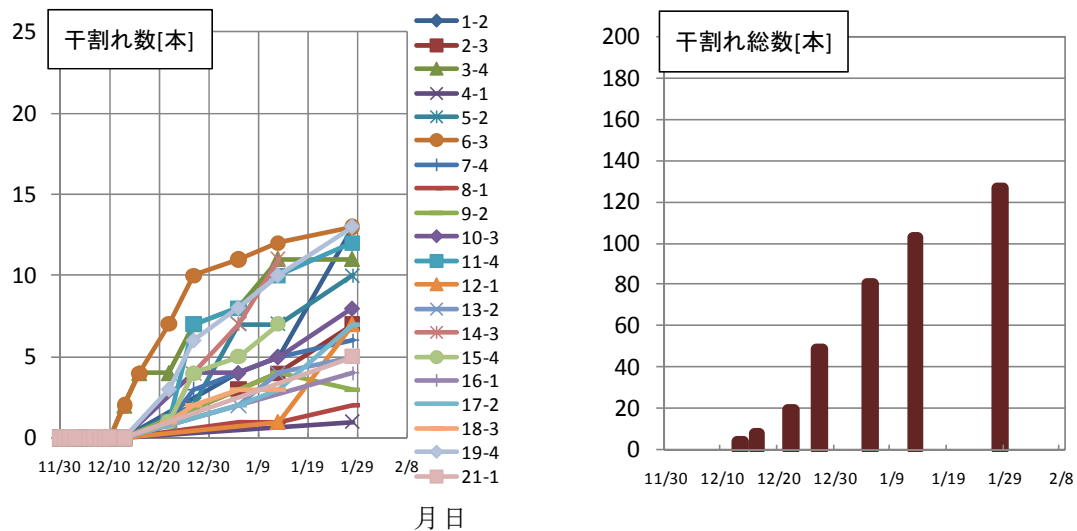
図6.2.1-16 干割れ数の経時変化（屋外天然乾燥）



月日



経過日数
図6. 2. 1-17 干割れ数の経時変化（生材加工後常態乾燥）



経過日数
図6. 2. 1-18 干割れ数の経時変化（屋内常態乾燥）

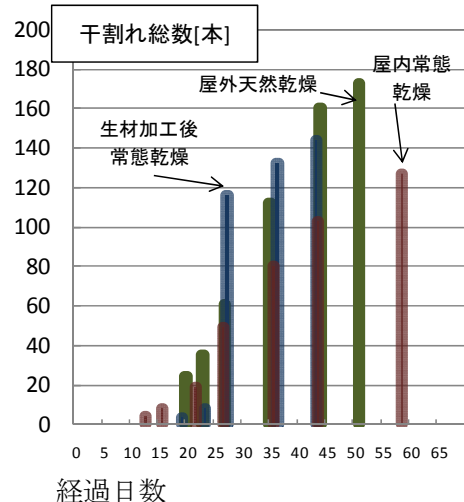
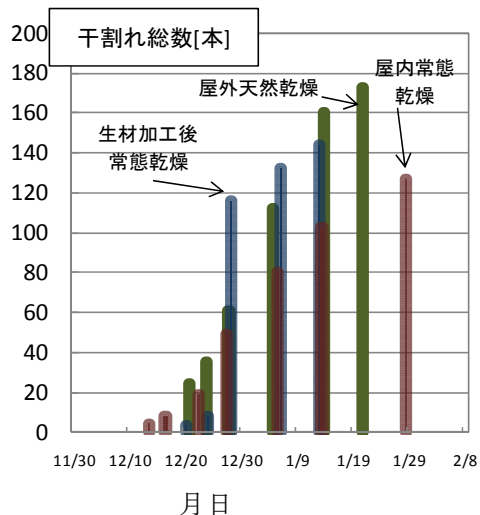


図6.2.1-19 干割れ総数（20本の合計）の経時変化

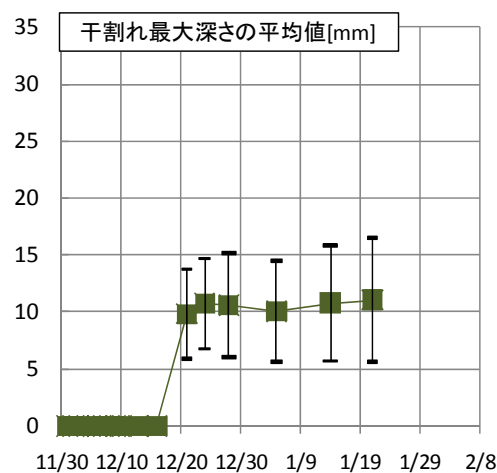
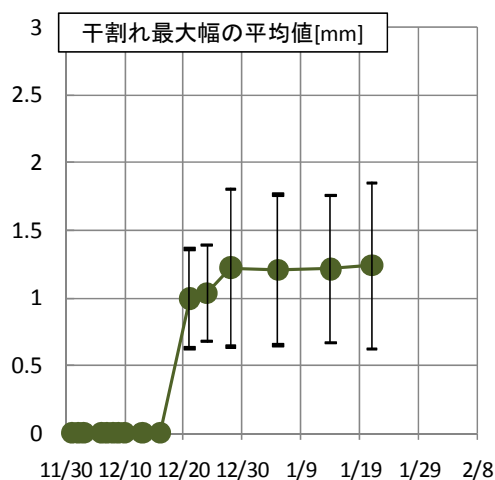
（１１）干割れ幅及び深さの測定結果

干割れ1本の3か所の測定点の最大幅と最大深さの20本平均値の経時変化を図6.2.1-20、図6.2.1-23、図6.2.1-26及び図6.2.1-29に示す。

干割れ発生後、干割れ幅及び深さは徐々に増加し、30日程度の経過時点で最大1.8mm程度まで幅の平均値が増加し、深さの平均値が最大18mm程度まで増加した。なお、干割れ発生時は細く浅い干割れの数加わるため、幅及び深さの平均値は増減しながら増加する。

30日程度の経過時点をもとめた図6.2.1-21、図6.2.1-24及び図6.2.1-27のヒストグラムによると、屋外天然乾燥の幅は0.7mmから1.0mmの狭い範囲で発生数が多く、生材加工後常態乾燥と屋内常態乾燥はそれぞれ0.7mmから2.2mm、0.6mmから3.0mmの広範囲で分布し、幅の大きい干割れが多いことがわかる。また、屋外天然乾燥は初期の干割れ発生から幅の増加が鈍く、生材加工後常態乾燥及び屋内常態乾燥は大きく増加していることが図6.2.1-22、図6.2.1-25及び図6.2.1-28の累積度数分布より判断できる。

一方、干割れ深さでも上記の幅と同様の傾向が確認できた。屋外天然乾燥の干割れ深さは5mmから12mmの狭い範囲で数多く発生し、生材加工後及び屋内常態乾燥では、それぞれ3mmから28mm程度、5mmから25mm程度の広範囲で分布している。また、累積度数分布より、生材加工後及び屋内常態乾燥は干割れ発生からの深さが経時的に大きく増加していた。



月日

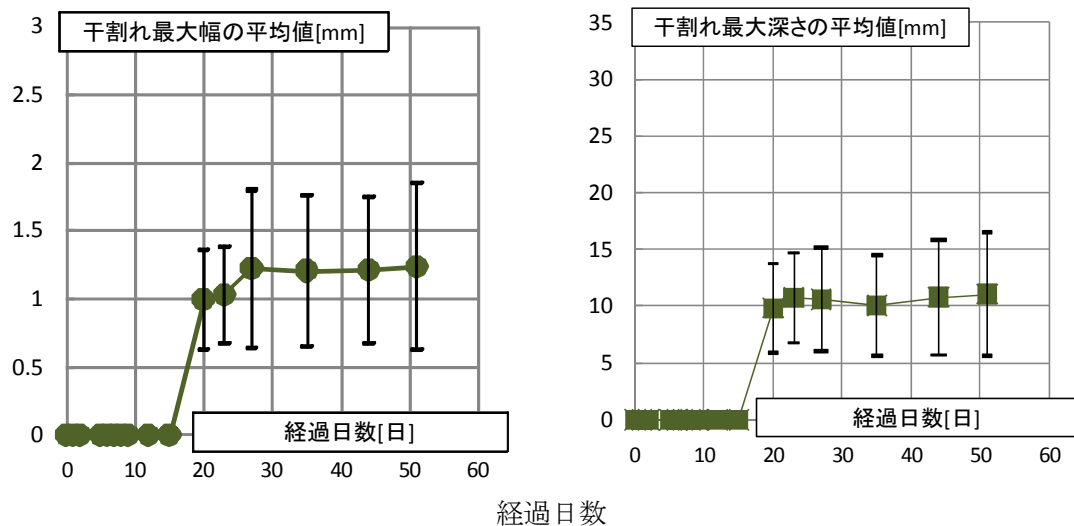


図6.2.1-20 干割れ幅と深さの20本の平均値の経時変化（屋外天然乾燥）

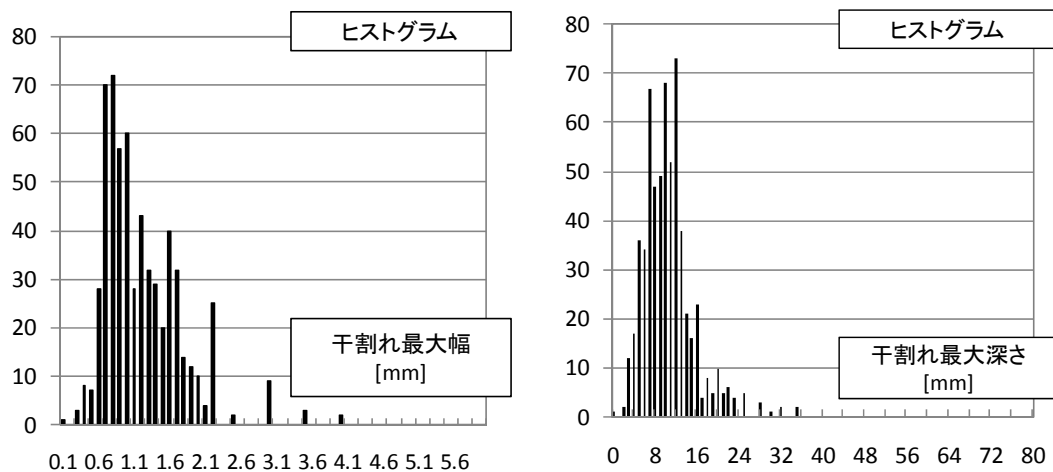


図6.2.1-21 干割れ幅と深さのヒストグラム（屋外天然乾燥）

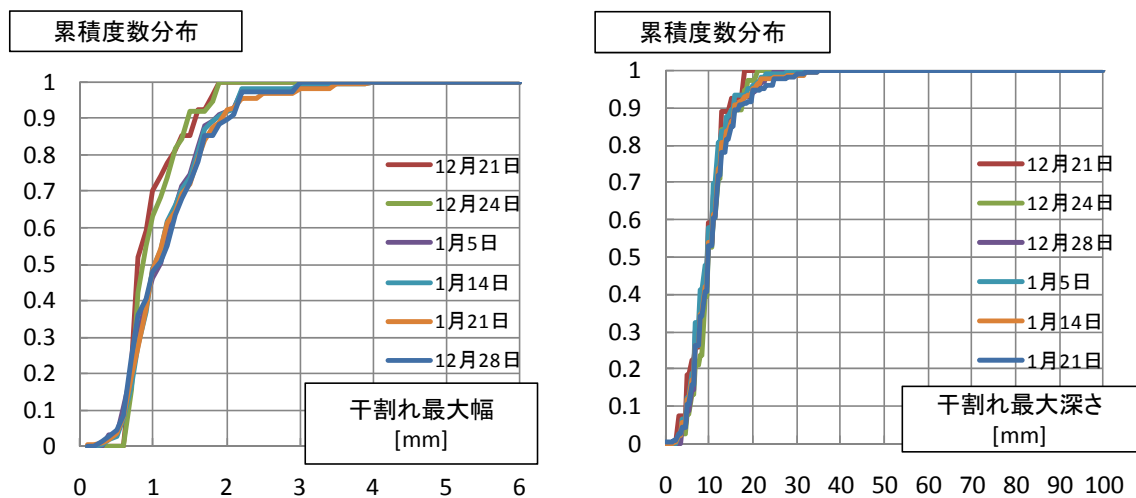
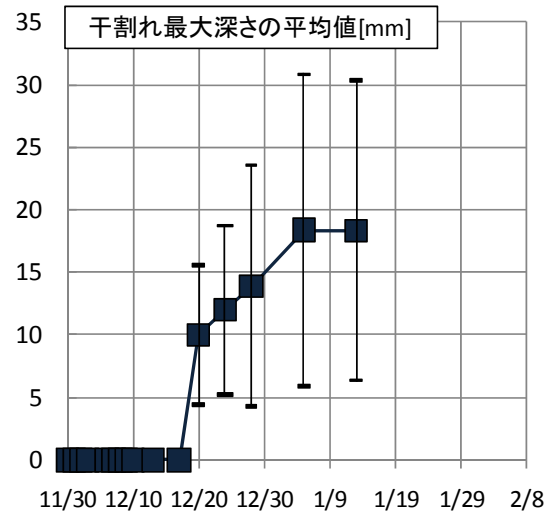
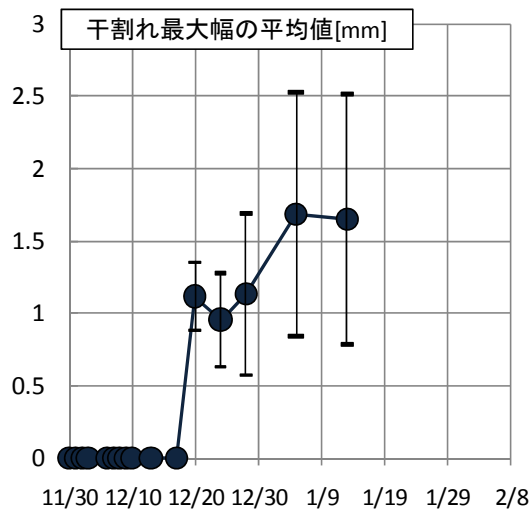
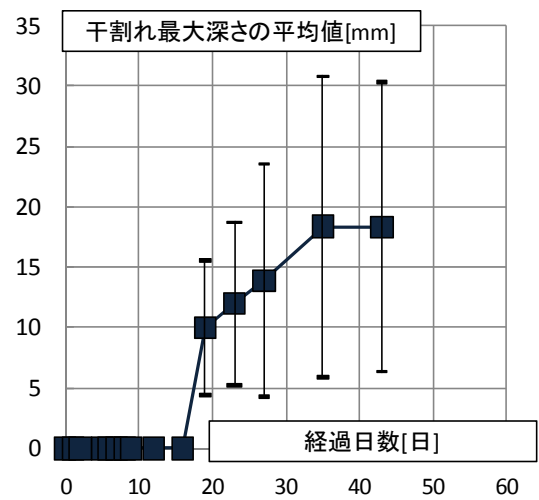
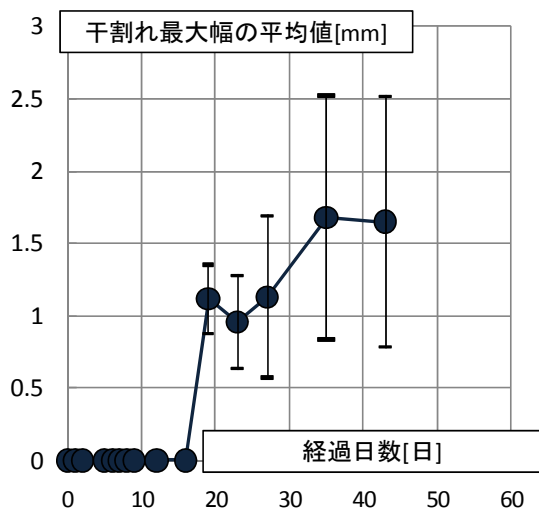


図6.2.1-22 干割れ幅と深さの累積度数分布（屋外天然乾燥）



月日



経過日数

図6. 2. 1-23 干割れ幅と深さの20本の平均値の経時変化（生材加工後常態乾燥）

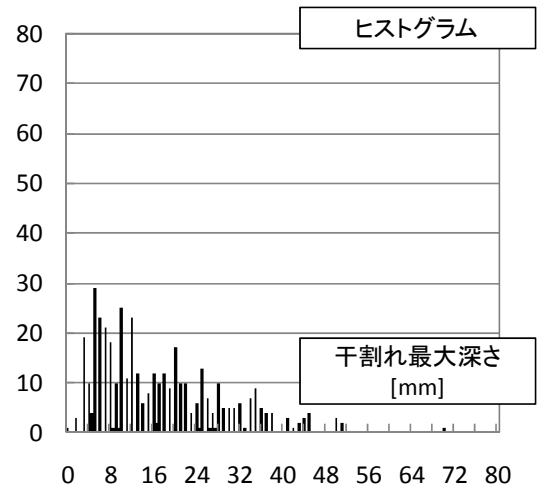
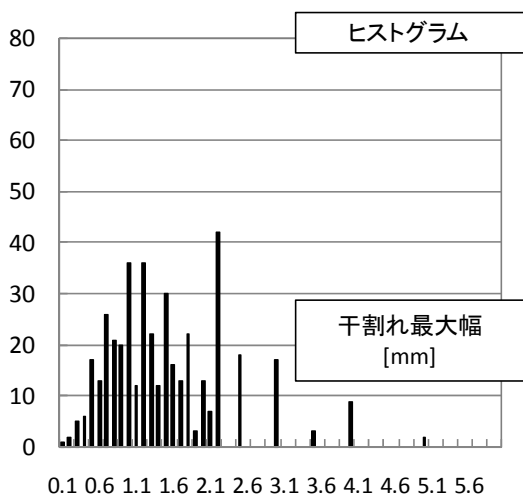


図6. 2. 1-24 干割れ幅と深さのヒストグラム（生材加工後常態乾燥）

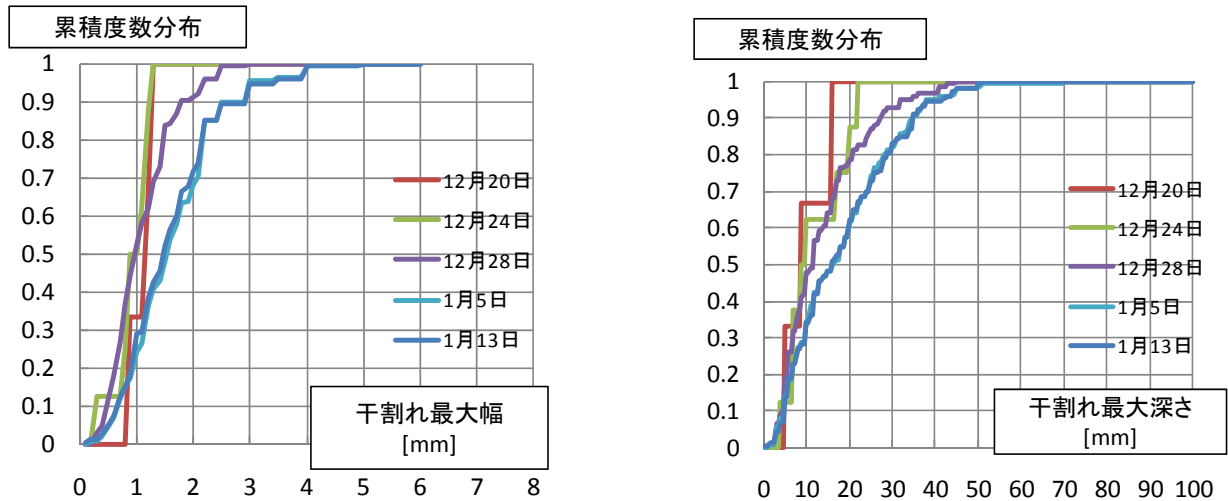


図6.2.1-25 干割れ幅と深さの累積度数分布（生材加工後常態乾燥）

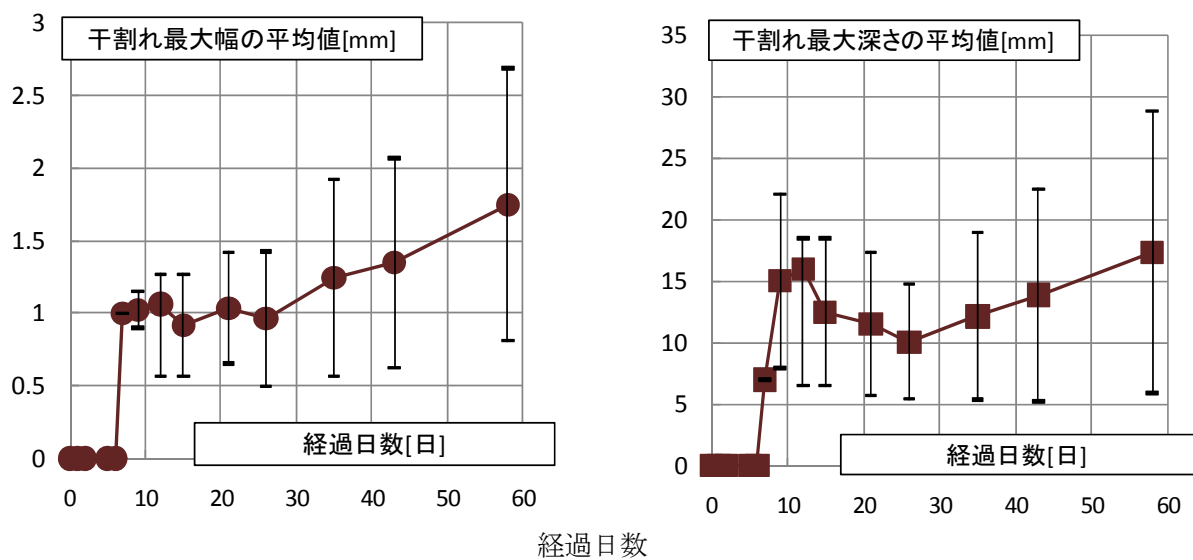
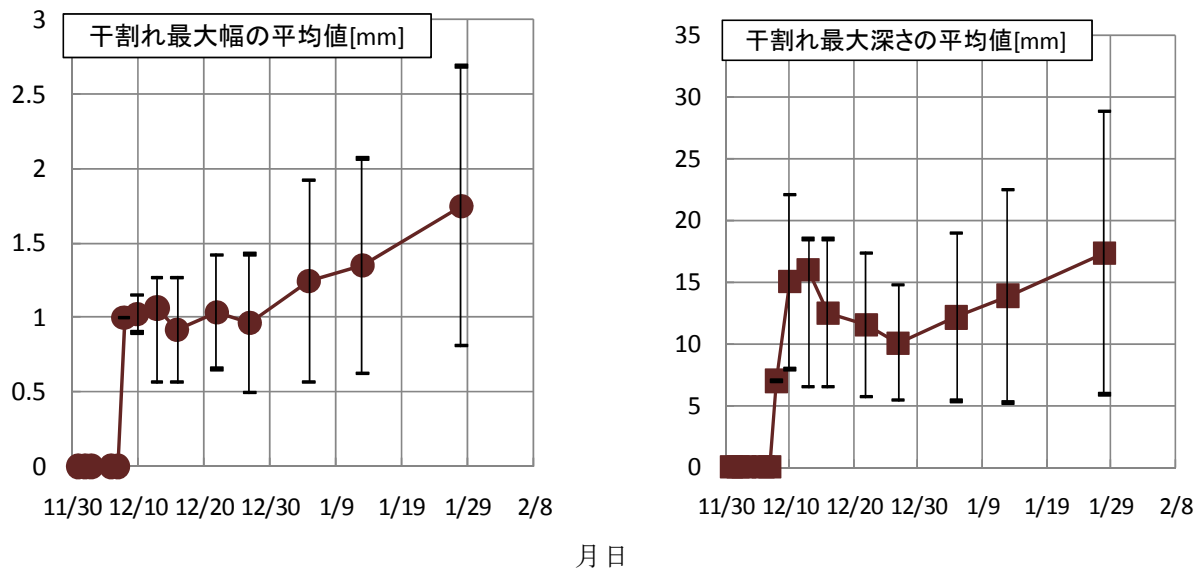


図6.2.1-26 干割れ幅と深さの経過変化（屋内常態乾燥）

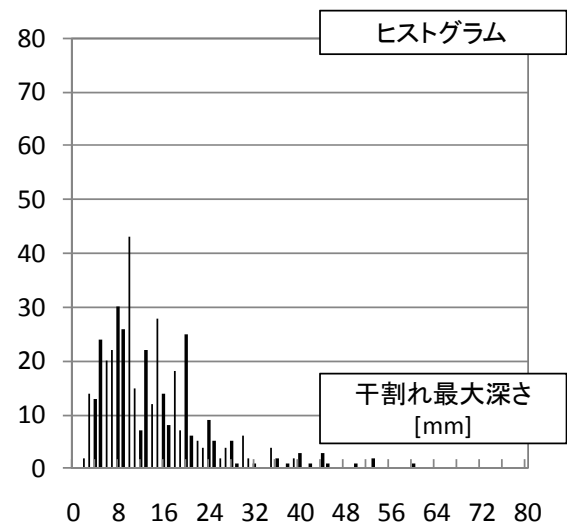
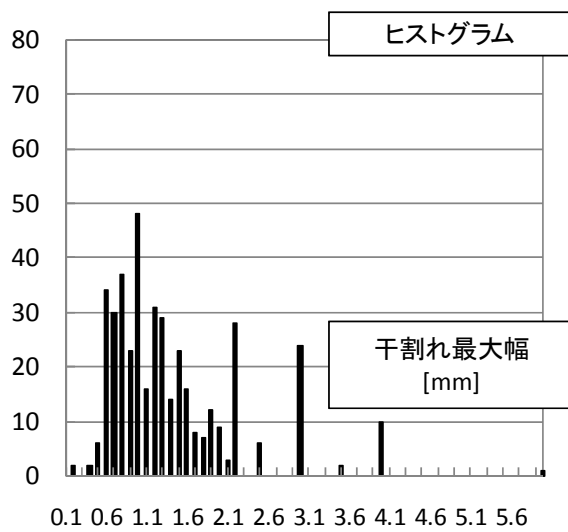


図6. 2. 1-27 干割れ幅と深さのヒストグラム（屋内常態乾燥）

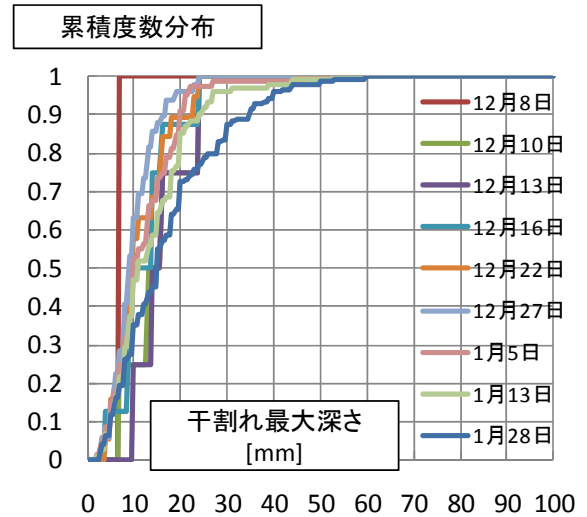
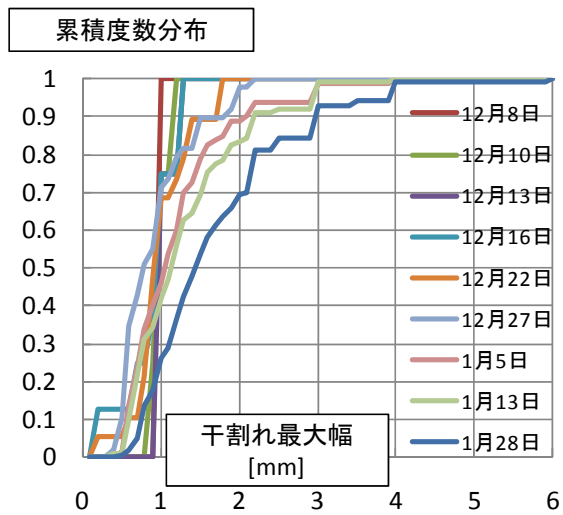


図6. 2. 1-28 干割れ幅と深さの累積度数分布（屋内常態乾燥）

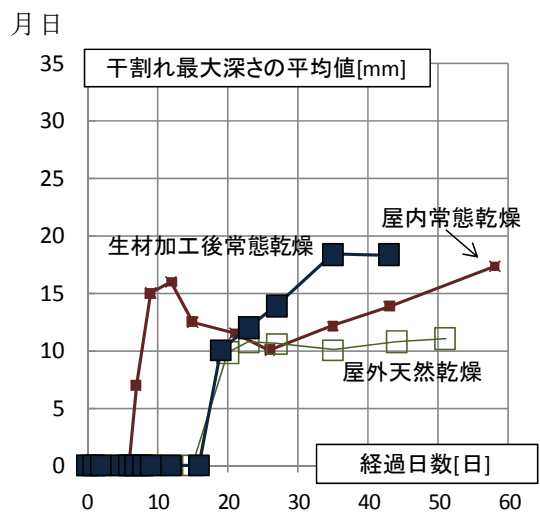
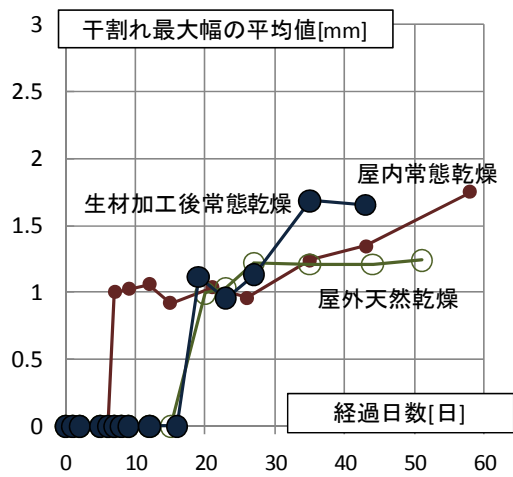
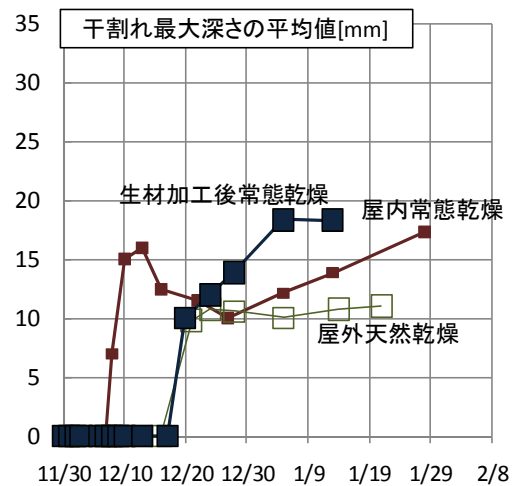
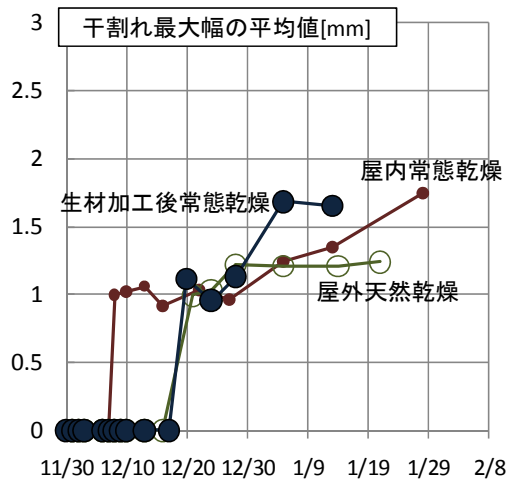


図6. 2. 1-29 干割れ幅と深さの20本の平均値の経時変化

(12) 製材栈積み及び水中前処理周囲の雰囲気

屋外天然乾燥製材栈積み及び水中前処理場所の雰囲気把握するために、温室度を測定した。その結果を図6.2.1-29から図6.2.1-31に示す。加えて、図6.2.1-32には気象庁アメダス気象データより作成した気温、湿度、日照時間、風速、合計降水量及び合計降雪量の経時変化を示した。

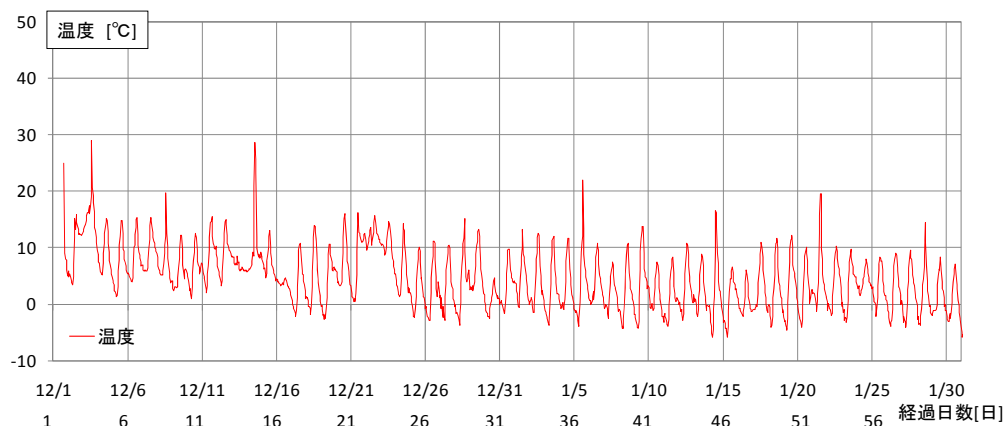


図6. 2. 1-29 屋外天然乾燥栈積み上部の温度

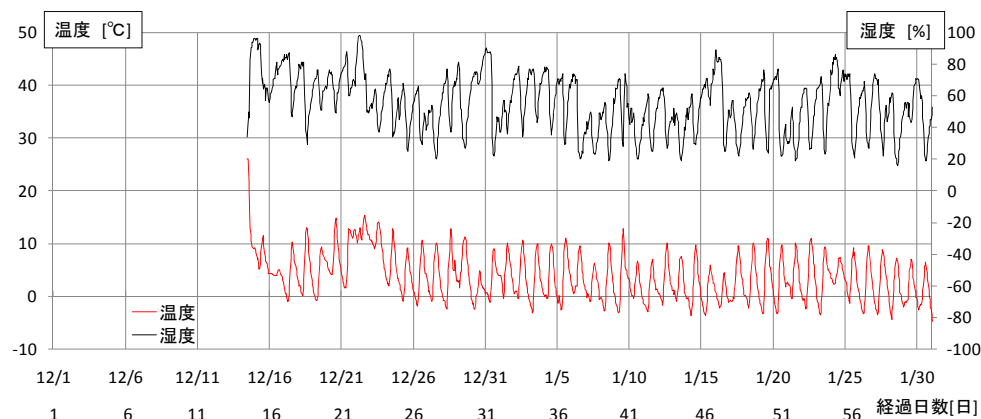
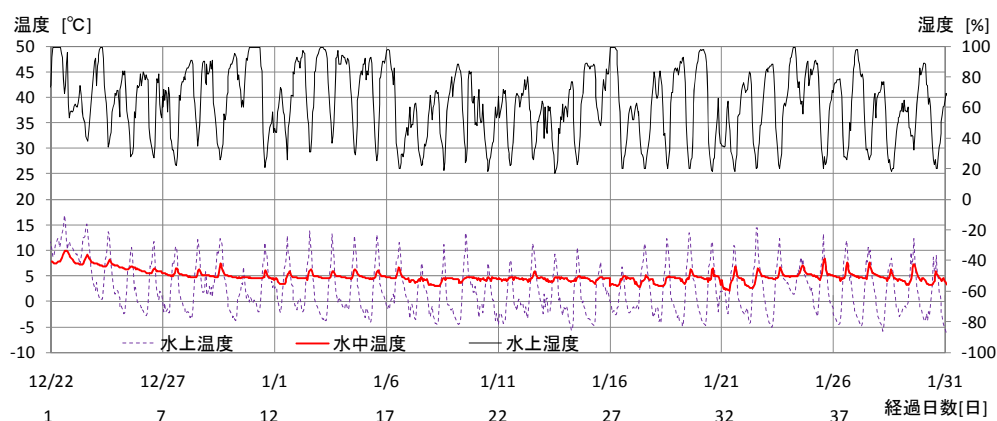
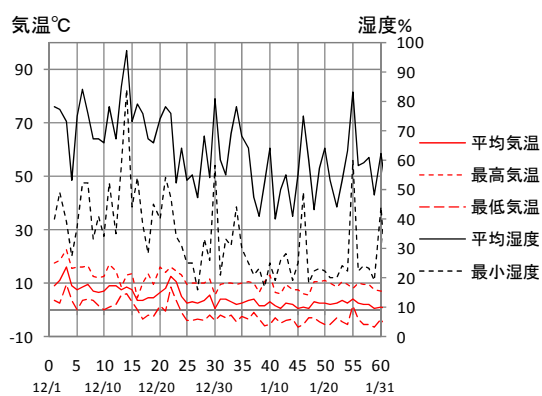


図6. 2. 1-30 屋外天然乾燥栈積み下部の温室度

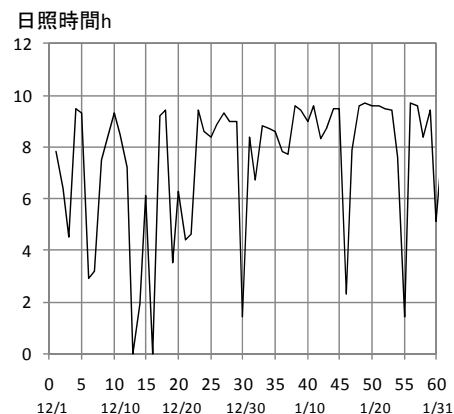


屋外天然乾燥栈積み下温度

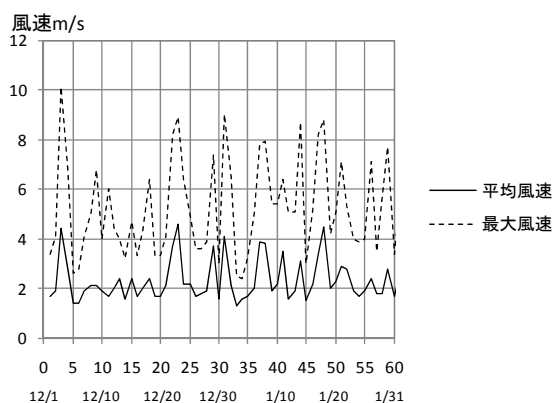
図6. 2. 1-31 水中前処理丸太上部の温室度



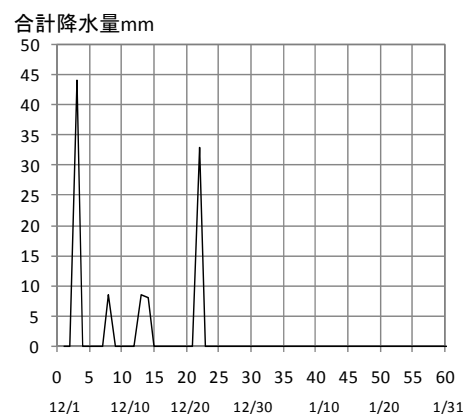
気温、湿度



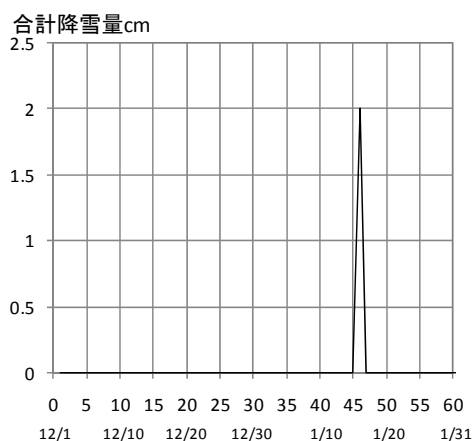
日照時間



風速



合計降水量



合計降雪量

図6.2.1-32 気象庁アメダス気象観測データ（つくば、館野）

屋外天然乾燥の栈積みを開始した12月1日の平均気温は9.1度で、多くの干割れが発生した1月20日までの51日間の平均気温は5.1度である。湿度は1日平均が40%から97%の範囲で推移していた。その期間の1日の日照は0時間から9.7時間の範囲で推移し、1月20日までで平均7.3時間の日照があった。なお、降水、降雪は図に示すとおりである。

次に、栈積み部分で測定した栈積み上部で屋根下の気温は最大で28.9℃、1月20日までの最小は

氷点下5.8℃であった。棧積み下部での相対湿度は12月14日から1月20までの期間の最小が19%、最大が98%と高く、その期間の平均値は56%であった。

一方、水中前処理の水面上部の気温は氷点下5.9℃から16.8℃の範囲で推移し、丸太付近の水中温度は気温よりも一日の変動は小さい。

今後、以上のデータと干割れの発生状況を検証し、相関を把握する。

(13) まとめ

本節ではつくば市における屋外天然乾燥、標準状態の屋内常態乾燥及び生の状態で仕上げ加工した後の屋内常態乾燥の3種類の製材棧積み乾燥を実施し、干割れ発生状況を検証し報告した。加えて、水中前処理屋内常態乾燥の水中前処理を実施しその経過を報告した。

1) 製材直後のみかけの密度の20本の平均値は0.7g/cm³であったが、30日程度の製材棧積み乾燥を経て0.5g/cm³から0.6g/cm³の範囲に低下した。また、その密度の低下速度は生材加工後常態乾燥が早く、屋外天然乾燥は最も遅い結果であった。一方、含水率の平均値も同様に低下し、製材直後は100%付近、30日経過時点で40%から60%の範囲に低下した。

2) 水中前処理を行うことにより、丸太のみかけの密度は増加し、7日経過時点で4%から8%の増加が確認できた。また、30日程度の経過時点では8%から14%の増加であった。

3) 製材棧積み乾燥が30日程度経過した時点の干割れ発生数は、屋外天然乾燥が最も多く、その次が生材加工後常態乾燥であった。最も少なかったのは屋内常態乾燥であった。

4) 干割れの幅と深さは、生材加工後常態乾燥の値が最も大きく、屋外天然乾燥の値が最も小さかった。

5) 屋外天然乾燥は最も多い干割れ発生数であったが、生材加工後常態乾燥及び屋内常態乾燥よりも狭く浅い干割れであった。

6) 屋内天然乾燥の干割れ発生後の幅と深さの増加は鈍く、大きく変化していなかった。

なお、今後は測定を継続して実施し、加えて、干割れの発生状況を詳細に検証していく。

6. 2. 2 葉枯らし乾燥の有無（京都）

（１）京都地域における葉枯らし乾燥の実態調査

今回の葉枯らし乾燥の有無による屋外天然乾燥材の干割れの発生への影響調査に際し、木材生産者がどのような目的で、どのような技術的背景のもとに葉枯らし乾燥を行っているかを知るため、京都地域に限定するものであるが、聞き取り調査により整理を行った。聞き取り対象は京都市京北地域で大規模に木材生産・製材を行っている業者３名である。

聞き取り項目・結果を表 6.2.2-1 に示す。なお聞き取りはシート記入式ではなく、対話式で行ったため、下記は調査者による３名の意見の要約である。また今回の聞き取り対象が木材生産を主流としている方であったため、特に生産サイドの意見を集約したものである。

表 6.2.2-1 京都地域における葉枯らし乾燥の実態調査：聞き取り項目

1. 京北地域の杉について

ア. 京北地域の杉の品種、割合	・ 素材用：９割、磨き丸太用：１割 ・ 素材用では京北産指定母樹から採取した種から育種する実生により生産。 ・ 指定母樹は数品種（押谷、常小屋、松林、春日神社、宮苗など）があり、それぞれの割合や分布等は不詳。 ・ 近年（20 年前程度から）は養苗家の高齢化により、県外から購入した品種の苗を用いた造林が進んでいる。
イ. 一般的な伐採時期	・ 素材用伐期はかつては 80－100 年であったが近年は 40－60 年生の林木の皆伐が主流となっている。 ・ なお、50 年生で胸高直径 30cm 程度になる。
ウ. その理由は	・ 間伐補助金の対象となるため。 ・ 上記に加え、長伐期の場合にシミ・虫害等欠点発生確率が高まることも短伐期化の要因

2. 天然乾燥材について

	・ 建築構造材用（芯持ち材）の天然乾燥はほとんど行わない。 ・ 葉枯らしによる前処理は行うが、その後人工乾燥と併用する。
--	---

3. 葉枯らし天然乾燥材について

	・ 構造材出荷までで天然乾燥はあまり行われないため、下記は葉枯らし前処理乾燥についての事項である。
ア. 歴史的にいつ頃から	・ 京北地域では京都市内への材木供給現場として発展し、材木の輸送には丸太をいかだに組んで放流することで行ってきたため、前処理乾燥としての葉枯らしの歴史は平安時代から存在する。
イ. 葉枯らし材の割合	・ 現在でも皆伐時のほぼ 100%が葉枯らし材として出荷されるが、低質の立木や択伐では、葉枯らししないこともある。
ウ. 伐採時期	・ 伐採時期は 4,5,6 月を避ける。理由はスギカミキリ幼虫の進入による穴、腐れ、色の変化を避けるため。
エ. 倒す木の向き	・ 伐倒方向は樹冠を山側に向け、伐採木口を必ず切り株の上に載せたままにする。

オ. 葉枯らし乾燥期間	・ 乾燥期間は二局化しており、伝統的な 1～3 ヶ月に及ぶ中期葉枯らし乾燥と、10 日～2 週間程度の短期葉枯らしが行われる。 ・ また、かつて 3 ヶ月以上に及ぶ長期葉枯らしも行われていたが、その場合辺材は腐朽により使用不可となるため、心材採取用の技術であった。しかし近年は無欠点の辺材が好まれる傾向（敷居鴨居用材など）のため、このような長期葉枯らしを行う事例は少ない。 ・ また葉枯らし状態で長期乾燥させると辺材に細かい割れが多数発生するのを避けるため。
カ. 葉枯らし終了の判断基準	・ 葉枯らしの終了判断はかつて外見的变化で行い、葉が萎れる程度を目安とした。葉が変色するまで継続する（3 ヶ月以上）と、上記の理由から欠点の発生を誘発するため過剰と判断した。現在は材木需要にも応じて、ほぼ乾燥日数で機械的に判断する。
キ. 葉枯らしをするかしないか決める要素は	・ 葉枯らしを行う理由は、材木価格への効果。葉枯らし材と判断されると丸太の立米単価が 2000 円ほども高く取り引きされる場合がある。なお葉枯らし材かどうかは木場で木口を見れば容易に判断できる。
ク. 葉枯らし材のどこがよいと思うか	・ 葉枯らしで 10 日程度乾燥させると木口の色に明らかな変化が生じるため、市場価値が高まる。 ・ つまり、葉枯らしの効果として心材含水率の低下を主な事由として考える。
ケ. 今後、調査、実験などで知りたい情報があるか	・ 葉枯らしにより、欠点の発生を誘発することも多い。今後巻枯らしなど、代替技術があれば検討したい。
コ. 今後、葉枯らしを増やすか、減らすか	・ 今後は葉枯らし材の割合は徐々に低下すると考えている。理由は間伐材など、B・C 材の出荷比率が高まっており、人工乾燥を前提とした用材では未乾燥の生材の方が加工性が良い上に、チップ用材では上記に加え重量単価として高く取り引きされるため。
サ. 檜は、葉枯らしするか、しないか	・ 檜材は葉枯らしによりカビ等による変色が生じるため、行わない。

4. 寒切りについて

ア. 寒切りとは	・ 立冬・立春の期間に伐採することを寒切りと呼ぶ。
	・ 寒切りの時期は木材の含水率が低下しているため、北山丸太などの磨き丸太材生産用に主に行われた。



写真 6.2.2-1 葉枯らし材生産状況聞き取り風景（2011/3/4）

（２）葉枯らし材を含む屋外天然乾燥材の干割れ計測に関わる実験計画について

１）試験概要

京都地域における干割れ測定重点項目は、葉枯らし乾燥の有無が干割れ発生に与える影響の評価である。葉枯らしにより樹幹内の初期含水率が低下・平均化した材料の場合、その後の干割れの発生の抑制効果がある可能性がある。

干割れ計測に関わる材料の木取り、栈積み方法、計測項目、計測スケジュール等は基本的に他地域と同様であり、また現時点で干割れ計測を開始していないため、ここでは説明を割愛する。

一方で葉枯らしの有無による差異のみを特徴的に抽出するため、材料のマッチング等で特殊な方法が必要となる。すなわち基本的に同一林地から木材を採取し、葉枯らし材のみを先行して伐採・葉枯らし乾燥させ、葉枯らしの有無の両条件で製材を同一時期に行い、同時に天然乾燥・干割れ計測をスタートさせる試験条件を定めた。

２）葉枯らし材料調整：切り旬の決定、計測スケジュール

京都市京北地域において、通常葉枯らしを行う場合には、山の一斜面全体を皆伐し、日当たりの良い林地において乾燥させるものであるが、今回、特に干割れの発生における非葉枯らし乾燥材との比較を意図したため、元々の材料採取において葉枯らし材と非葉枯らし材との差異を出来る限り小さくする必要があった。このため、ある山の南向きの一斜面を選び、そこに生える選別された 60 本の樹木について、19 本をランダムに選択して葉枯らし乾燥に供し、残りを非葉枯らし材として、共に後の干割れ計測に供することにした。この過程の葉枯らし乾燥条件は特殊なものであるが通常の条件と出来る限り近づけるため、葉枯らし用に伐採した樹木は林道脇まで引き下ろし、できる限り日当たりを確保させることとした。

葉枯らし用材の調達地域は写真 6.2.2-2 に示す、京都府京都市京北地域（京都市右京区京北下宇津町）における樹齢 50 年程度の山国苗を用いた同一品種のスギ人工林とした。左記林木の造林年代において、京北地域ではスギ素材は実生で造林したと考えられる。前項の聞き取り調査において、京北地域においては材料の切り旬は 7 月から翌年 3 月とされており、またもっとも多く生産する時期は 7 月に伐採し山中に 1 ヶ月放置する。今回の試験用に供した材の伐採・葉枯らしスケジュールは上記の期間としてはやや遅めではあるが、伐採を 12 月 13 日とし、葉枯らし期間は 4 ヶ月を確保して翌年 4 月初頭に引き上げることとした。なお期間中は冬期を含み、今回の葉枯らし材の採取地は積雪地域であるため、葉枯らしの進行が遅くなる可能性が予想された。このた

め材の引き上げ時期を出来る限り遅らせ、春に材に虫害の発生する時期のぎりぎりまで葉枯らし乾燥を行うスケジュールとした。なお、冬期に葉枯らしが十分行われていた場合、春期の虫害は少ないと予想される。



林道からの見上げ



枝打ちの状況



林道との位置関係

写真 6. 2. 2-2 葉枯らし用材（および非葉枯らし用材）伐採現場（2010/11/12）

この間、葉枯らしの進行状況を追うために、図 6. 2. 2-1 に示すように葉枯らし材の重量計測等を行うスケジュールを立てた。内容詳細は次項に示すが、伐倒木の実大重量計測および伐倒木から採取した円盤の含水率計測等である。計測日は伐採日である 2010 年 12 月 13 日と、林地の積雪が消え、葉枯らし乾燥が促進される直前と考えられる 2011 年 3 月初頭、および林地引き上げ日である 2011 年 5 月上旬に計 3 回の計測を行う予定であった。また非葉枯らし材について、葉枯らし用材の林地引き上げ日と同日に伐採を行い、その後同一のスケジュールで製材-干割れ測定に供する予定とした。しかしながら 3 月初頭に予定していた第 2 回目の実測日に京北地域で季節はずれの降雪があり、現場まで赴いて検討した結果、林道の状態が危険なため現地計測を断念せざるを得なかった。そのためスケジュールに変更を加え、2 回目の計測時期を春期の葉枯らしがやや進展してしまった後ではあるが、2011 年 4 月 1 日に設定することとした。今回はこれまでの実施内容である第 1 回目までの計測結果について報告を行う。

図 6. 2. 2-2、図 6. 2. 2-3 には伐採現場（北緯 35 度 9 分、東経 135 度 35 分）近辺に設置された気象庁アメダスによる気象情報の計測データを示す。近辺にはアメダス京北（北緯 35 度 10.8 分、東経 135 度 65 分）およびアメダス美山（北緯 35 度 16.5 分、東経 135 度 33 分）が設置されている。このうちアメダス京北は降水量のみの記録であるため、やや離れた位置であるが伐採場所と同一の京都北部山間地域に属するアメダス美山で計測された積雪量や気温情報を参考値として示した。図 6. 2. 2-4 に三者の位置関係を示す。

アメダス京北と美山の降水量データより、両者が近似した降水量関係にあることが分かる。また 1 週間周期程度で日量 10-30mm 程度の定期的な降水が観測された。今回の葉枯らし期間中、アメダス美山では最大 70cm 程度の積雪が記録された。積雪期間はおおむね 2 ヶ月間であり、2 月上旬には積雪が消失していることが分かる。気温は 12 月下旬-2 月上旬まで平均気温が 0 度に近く、乾燥が進展するにはやや低温であったと考えられる。

	●2010/12/13	●2011/3月上旬	●2011/4月上旬	●2011/5月上旬	
葉枯らし用材 当初スケジュール	伐採日	葉枯らし乾燥期間		林地引き上げ	製材、干割れ 測定へ
	重量計測	2ヶ月程度	重量計測	45日程度	
葉枯らし用材 変更後スケジュール	伐採日	葉枯らし乾燥期間		林地引き上げ	製材、干割れ 測定へ
	重量計測	3ヶ月程度	重量計測	1ヶ月程度	
非葉枯らし材	林地にてそのまま育成			伐採日	製材、干割れ 測定へ
				丸太重量計測	

図 6. 2. 2-1 葉枯らし材、非葉枯らし材計測スケジュール

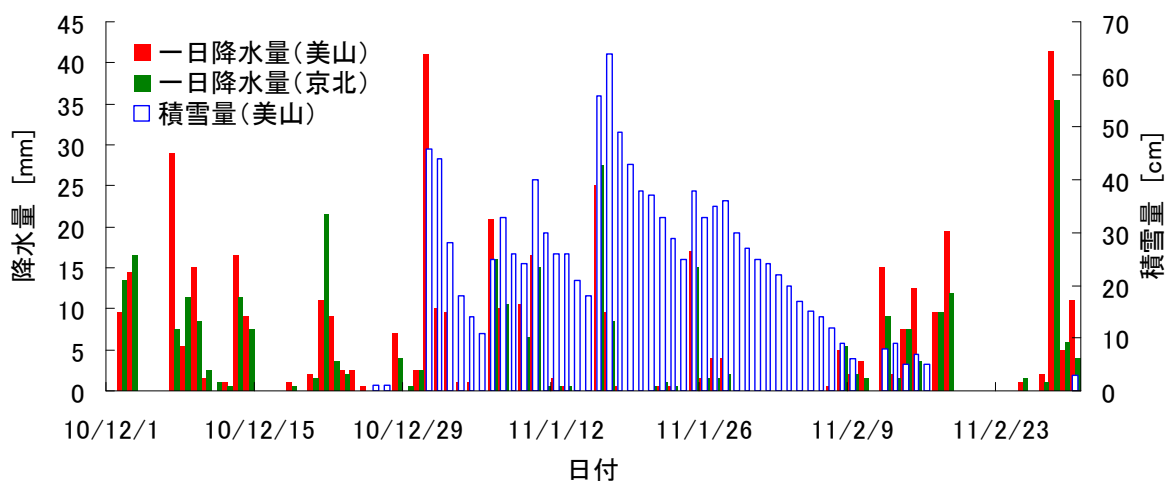


図 6. 2. 2-2 美山・京北地域におけるアメダス降水量・積雪量推移
(気象庁・気象統計情報より : <http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>)

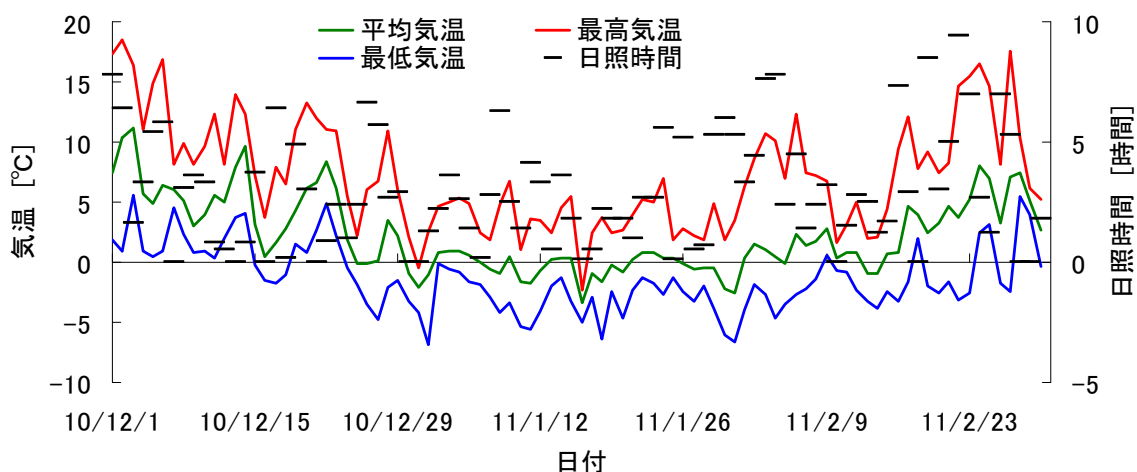


図 6. 2. 2-3 美山地域におけるアメダス気温・日照時間推移
(気象庁・気象統計情報より : <http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>)



- A: 今回の葉枯らし実施地域
(北緯 35 度 9 分、
東経 135 度 35 分)
- B: アメダス (京北)
(北緯 35 度 10.8 分、
東経 135 度 65 分)
- C: アメダス (美山)
(北緯 35 度 16.5 分、
東経 135 度 33 分)

図 6.2.2-4 アメダス設置点の位置関係 (google map より : <http://maps.google.co.jp/>)

3) 現場測定項目：樹幹サイズ計測法、林地での重量測定法

本項では葉枯らし材の定期的な現場実大重量計測、および含水率の測定法について述べる。

葉枯らし用材を林地現場にて 19 本選別し、ナンバリングを行った後に木製輪尺にて胸高直径を計測し、さらに伐倒後に根本から 5m おきに樹幹までの各点における直径を計測した。また樹木全長と樹幹長を 5m ステンレス製メジャーで計測した。その後伐倒木を林道付近まで引き下ろし許容荷重 20tf のクレーンにて釣り上げ、全体重量の計測を行った。クレーンにはワイヤ先端に鋼製リングを介して東京測器製の引張型荷重計 TLP-10KNB (容量 10kN) を取り付け、現場用デジタルロードメータ TC-31L (ケーブル長 10m) にて重量値を読みとることで行った (写真 6.2.2-3)。伐倒木は平均 22m 程度の全長があったが、クレーンのワイヤを出来るだけ重心に取り付け、樹木が全体にわたって接地しないように注意した。なお、2010 年 12 月 13 日の計測日の天候は細雨であり、樹幹部の葉に残る雨水の計測重量への影響が若干含まれる。なお、本計測は急斜面上で行い、極めて危険であったため 19 本の全数計測を断念し、比較的やりやすい場所にあった 10 本についてのみ実施した。

上記の実施後に、伐倒木の根本からチェーンソーにて厚み 100mm 程度の円盤を切り出し、密閉用プラスチック製袋中に保管して研究室に持ち帰り、後の全乾含水率計測用に供した。

なお、図 6.2.2-1 の計測スケジュール中、丸太重量計測とは、山出し用に適当な長さに切断した丸太の重量および体積の計測を指す。



写真 6. 2. 2-3 東京測器製引張型荷重計と現場用デジタルロードメータ

4) 葉枯らし用材伐採実施状況

写真 6.2.2-4 に伐採実施時における葉枯らし用材計測風景を示す。伐倒は樹幹が山側になるようにチェーンソーで切り倒し、その後重量計測を行った伐倒木についてはクレーンで林道に沿った位置まで引き下ろした。その際に樹冠の枝が切り株等に引っかかり、若干の損傷を負ったものも見られた。

(3) 実験経過報告

1) 伐採直後の断面内の含水率分布



全長計測の様子



林地での風景



クレーンによる釣り上げ



クレーンの配置状況



釣り上げ状況



伐倒木の樹幹の様子

写真 6. 2. 2-4 葉枯らし材の伐採および重量の計測状況

伐倒木 10 本の根元付近から採取した円盤を研究室に持ち帰り、円盤内で髓を通る直線上で幅 20mm 厚さ 40mm の板状に加工し、これを髓を中心として 20mm ごとに切り分けて L×R×T=40×20×20mm の小片を作成し(図 6.2.2-5)、含水重量を計測後 105℃のオープン中で 48 時間乾燥させた後に全乾重量を計測することで全乾含水率を計測した。なお、全乾含水率の定義は以下による。

$$\text{全乾法による含水率(\%)} = (\text{含水重量} - \text{全乾重量}) / \text{全乾重量} \times 100$$

図 6.2.2-6 に伐採直後の葉枯らし用材の樹幹内含水率分布を示す。横軸にそれぞれ髓を中心とした小片の採取位置を示した。若干芯ずれした材も見られたため、髓は必ずしも中央に位置したわけではない。材ごとに異なるが、最外層から 20-40mm 程度が辺材部であり、その内側に心材部があることを目視に依って判別した。図から、今回の供試材は心材部分においても個体ごとに大きく含水率のばらつきがあることが分かる。全体に 50%以上の含水率を示したが、中には心材においても 150%に達する高い含水率を有していた材も見られた。また辺材付近は一般に高含水率であり、中には 250%を上回る値も得られた。樹幹内の含水率分布は一様でなく、心材内で髓に向かって徐々に低下しているもの(no.17)や、心材と辺材の境界部のいわゆる白線帯部で最低含水率を示し、心材中では髓付近で最高の含水率になるもの (no.1,16 など) も多く見られた。なお、図中点線の縦線は表 6.2.2-2 中に示した、平均辺材厚さから算定された心辺材境界の位置である。

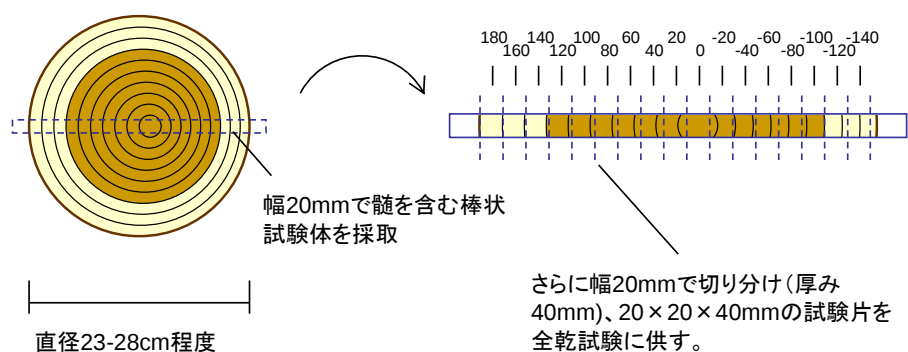


図 6.2.2-5 全乾法含水率測定用供試体の採取方法

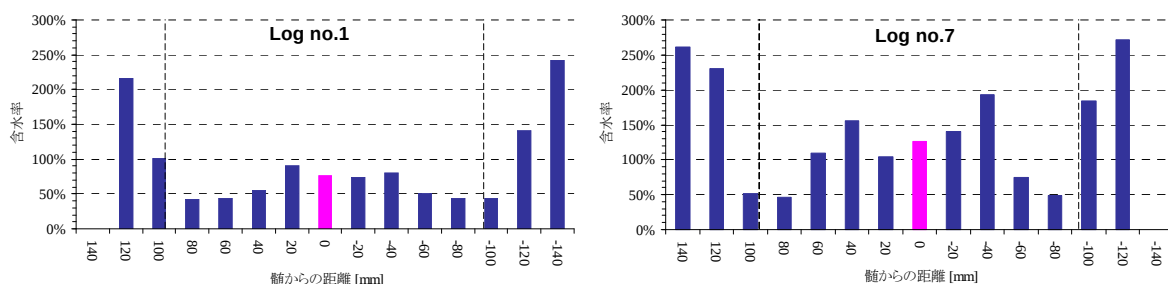




図 6.2.2-6 伐採直後の葉枯らし用材の樹幹内含水率分布

表 6.2.2-2 に実大伐倒木の現場重量測定結果を示す。今回の葉枯らし乾燥供試木は胸高直径（表 6.2.2-2 中 0m 直径）で 24-30cm 程度であった。また全長は 20-26m で、内樹幹長が 5-10m を占めた。高度 15m における直径は 12-16cm であった。なお表中平均含水率は、円盤から採取した小片より求めた全体の平均含水率である。また平均辺材厚は伐採後根元から採取した円盤において計測したものである。重量は約 400kg～700kg と大きくばらついた。

（４）まとめ

本節では京都地域の天然乾燥材の干割れ測定に関わる、葉枯らし材の実験計画の概要および途中経過報告を行った。実験自体は未だ継続中であるため有意な結論は得られていないが、立木の重量測定と伐採時の円盤含水率計測からは、冬期伐採期におけるスギ立木の含水率が個体ごとに大きくばらついているという結果が明らかとなった。

今後葉枯らしが進展するにつれ、製材時の円盤内含水率がどのように変化し、あるいは心辺材の含水率差が低下しているかを計測することは極めて興味深い。またこれらが製材後の干割れの進展

に与える影響を明らかとすることで、伝統構法木造建築の材料生産に対する、葉枯らしの効果の検証につながる事が期待される。

表 6. 2. 2-2 実大伐倒木の現場重量測定結果

Log No	直径				全長	樹冠 長	重量 ①	重量②	重量③	平均 含水 率	平均 辺材 厚	備考
	0m	5m	10m	15m			2010/ 12/13	2011/ 4 月 上旬	2011/ 5 月 上旬			
	cm	cm	cm	cm			kg	kg	kg	%	mm	
1	26.2						539			93%	35.3	
2	30.3											
3	27											
4	25.7											
5	26.6											
6	31.7											
7	27.6						620			143%	43.7	
8	28.2											
9	25.6											
10	28.5											
11	24											
12	26.9	23	19.4	15.4	20	11	570			158%	39.7	樹冠破損
13	24.1	21.4	18	14	23.1	7	507			97%	43.0	
14	24	22	17.6	12.3	20.8	5.8	417			104%	41.7	
15	24.2	22.5	17.2	14.5	22.1	5.9	393			85%	33.0	樹冠が接地 していた可 能性あり。
16	24.8	22.7	19.6	14.8	22.9	6.5	520			81%	37.7	
17	24.8	23.2	19.3	15.2	26	5.2	593			150%	41.7	
18	23.5	19.2					457			131%	42.7	樹冠破損
19	28.4	23.4	19.4	16.2	24	5.4	696			171%	46.0	試験体番号 が読めなか ったため、新 たにつけ直 した番号。別 に番号が振 ってある可 能性あり。

6. 2. 3 多雪地での屋外暴露における屋根の有無の影響

ここでは、多雪地である富山県で測定中の県産スギの屋外暴露における屋根の有無の影響について報告する。

(1) 試験材

富山県産スギには、タテヤマスギ、ボカスギ、カワイダニスギ、マシヤマスギ、ミオスギ、リョウワスギなどの品種があり、タテヤマスギとボカスギが全国的によく知られている。これらのうち、タテヤマスギは実生品種で、他は挿し木品種（クローン）である。本実験では、建築用としてよく用いられるタテヤマスギを試験材とした。

図 6.2.3-1 に試験体の作成手順を示す。丸太を、富山県富山市八尾町茗ヶ原字鎌ヶ谷の鎌ヶ谷林道沿いの山側斜面より 2010 年 11 月に伐採した（写真 6.2.3-1）。多雪地であるため、立木に根曲がりが見られるが、根曲り部を除いた 2 番玉とし、末口径 18~20cm、長さ 4m 程度の丸太約 30 本を指定し、採取した。丸太の時点では、末口径のみ選別し、欠点等による選別は行わなかった。

丸太は婦負森林組合木材加工センターにて製材した。4m 製材を 2m に切断し、元側と末側のマッチングした 2 つの試験体に加工した。その際に、元末の中心部で厚さ 2cm 程度のサンプルをとり、全乾法により製材の初期含水率を推定した。図 6.2.3-2 に推定初期含水率の分布を示す。最終的に試験体として採用した製材は、含水率が平均 76%、変動係数 21%で、概ね 50~110%程度の範囲にあったと推定される。ちなみに、これらの丸太時点の末口径は 16~22cm で、平均 19.6cm、変動係数は 8.9%であった。62 本の 2m 製材から、実務者らの目視により、マッチングを考慮しつつ、優劣材を均等に含むように、20 体 2 組の試験体を選別した（写真 6.2.3-2）。

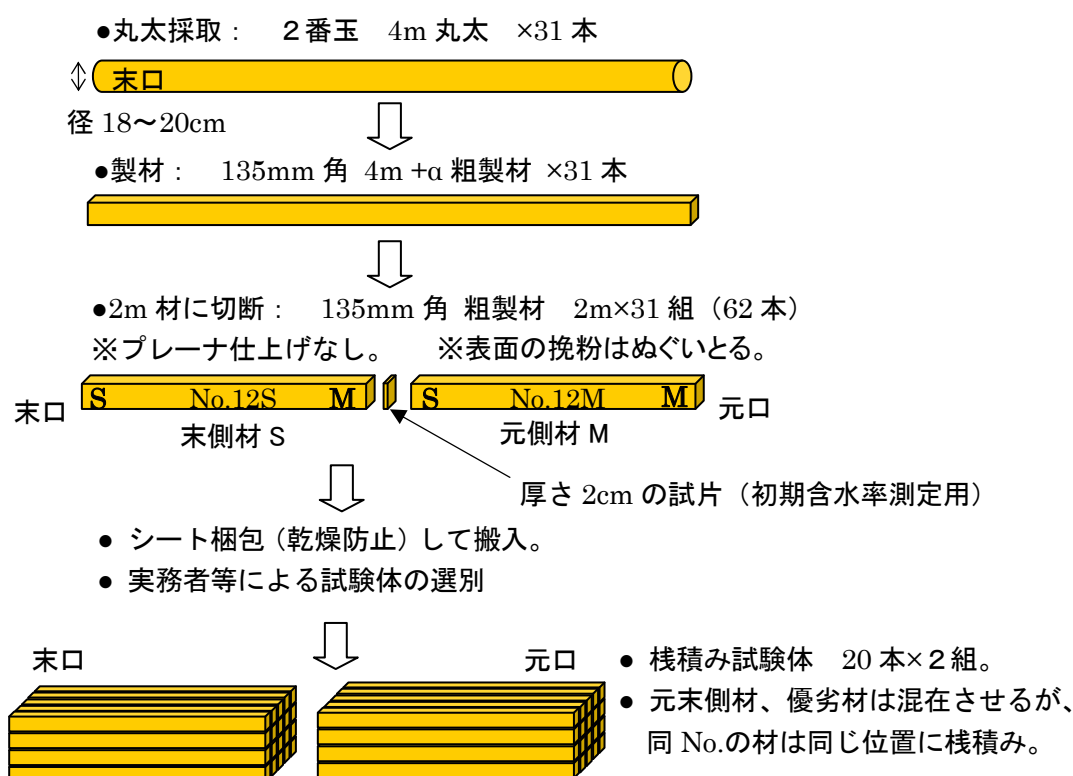


図 6.2.3-1 試験体の作成手順

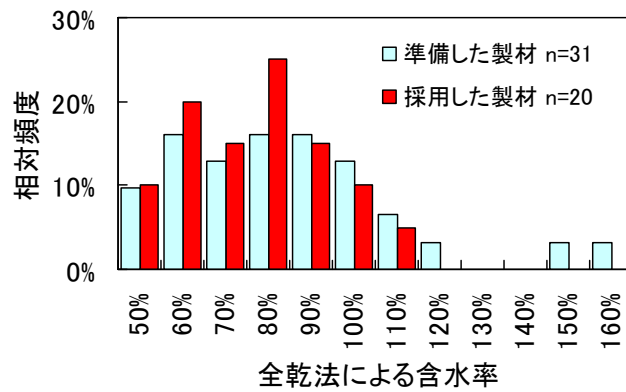


図 6. 2. 3-2 全乾法による製材の推定初期含水率



a) 出材地周辺（左側は山、右側は谷）



b) 伐倒



c) プロセッサによる枝払い・玉切り



d) 出材現場での丸太の状況

写真 6. 2. 3-1 伐採状況（富山市八尾町茗ヶ原）



a) 2m 材への切断



b) 梱包



c) 試験体選別

写真 6. 2. 3-2 製材および試験体選別の状況

(2) 栈積み試験体の設置

2010年12月4日に2m製材試験体を作成し、12月6日に実務者らによる試験体選別を行い、栈積み配置の決定ならびに各初期設定・測定を行ったのち、12月8日より屋外暴露した。

富山県農林水産総合技術センター木材研究所(富山県射水市黒河新4940)敷地内の屋外に栈積み試験体を設置・暴露した(写真6.2.3-3)。栈積みは、屋根を掛けたものと屋根を掛けないものの2種類であった。栈積みの詳細は図6.2.3-3の通りであった。以降、屋根付き栈積みの試験体を「屋根あり」、屋根なし栈積みの試験体を「屋根なし」と略す。

屋根あり、屋根なしとも試験体の長軸方向をほぼ南北方向とした。設置場所の南面には建物があるため、朝・夕に東西からの日射の直射はあるが、昼前後の直達日射はない。



写真 6.2.3-3 栈積みの屋外暴露状況

(3) 測定方法

1) 計測の概要

経時的に、暴露中の栈積みの重量、表面含水率、形状、表面割れを測定した。これらの計測は栈積みを一時的に屋内に移して行った。また、各栈積みの上下部の計4ヶ所の雰囲気の温湿度を1時間間隔で計測した。表面含水率は、静電容量式のケツト科学研究所社製木材水分計 HM-520 を用い、厚さを10mmに、比重を「スギ」に、温度補正を AUTO に設定して測定した(以降のデータでは水分補正、比重補正は行っていない)。

以下、本項の実験での特徴的な測定について述べる。

2) 温湿度の測定

温湿度の測定には、ティアンドディ社製 TR-72S を用いた。温湿度センサは、防滴と通気確保のため、写真6.2.3-4のような大きさの異なるディスコカップを切り抜いた2重構造のカバーで保護した。ロガー本体は、防水のため、市販の食品用気密パッケージに収納し、ケーブル貫通孔をコーキング材で密閉した。また、直達日射の影響防止ならびにセンサ・ロガーの保護のため、栈積み上部設置のセンサ・ロガーは、屋根内に設置した。後述する12月の暴風により、屋根付き栈積み下部のセンサが損傷したため、テープ被覆や暴風板を設け、強風対策を行った(写真6.2.3-5)。

なお、試験体の屋内での計測中には、温湿度センサ・ロガーも同じ環境に移動した。この間の温湿度記録は外気よりも概して、高温・低湿となった。

- 主試験体 (記号: 数字+M or S、12体/棧積)
 - ・M: 元側2m材、S: 末側2m材。
 - ・「屋根なし」棧積みはM/Sが逆になる。
- 副試験体 (記号: (数字)、8体/棧積)
 - ・重量、含水率、寸法のみ測定。
 - ・棧積み内の位置や向きを変えない。





a) ディスポカップ 2 重構造によるセンサ保護用カバー



b) 温湿度センサの設置状況

写真 6. 2. 3-4 温湿度センサの設置



写真 6. 2. 3-5 温湿度センサの追加防風措置

3) 割れの測定

割れ深さの測定には、薄板のゲージ（以下、「栗崎ゲージ」と略す）を用いた。このゲージは、オーステナイト系ステンレス鋼 SUS304-M 製のシックネスゲージ（0.10×2×100mm 両端 R 付・穴なし）を加工したもので、片面に測定目安とすべり留めの目的で目盛を刻んだシンプルなゲージである（写真 6.2.3-6）。断面検査における割れ深さ値との比較により、現場測定法として十分な精度があることが確認されている¹⁾。

木材は繊維方向に沿って割れやすく、割れ深さの測定では、割れの長さ方向に最深部を探索する必要がある。従来、コンクリートクラック計測用のワイヤ式クラックゲージ（ワイヤ径φ0.25mm 程度）が、木材の割れ深さ計測にしばしば用いられてきた。このゲージで木材の割れ深さを探索すると、ワイヤが座屈しやいため探索効率が良好といえず、また、深さの読み取りにワイヤの固定作業が必要であった。

栗崎ゲージは平板なので、厚さ方向に容易に湾曲可能で、幅方向の剛性が高いため座屈しにくい。ワイヤゲージ径よりも薄く、割れへの挿入性も良好である。また、指でつまむことで計測位

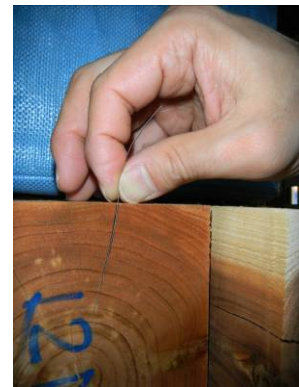
置を保持でき、計測が迅速で簡便という利点がある。



a) ワイヤ式ゲージ（上）との比較



b) ワイヤ式ゲージ



c) 栗崎ゲージ



d) 割れ最深部の探査



e) 割れ深さの読み取り

写真 6. 2. 3-6 栗崎ゲージによる割れ深さの測定

(4) 結果と考察

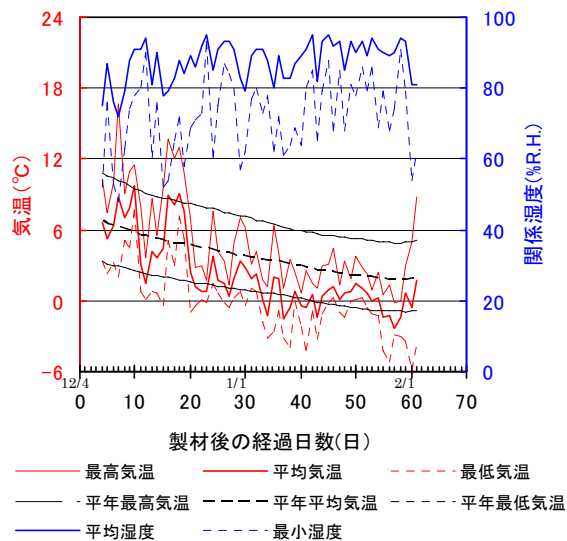
1) 測定期間中の気象と試験体周辺の温湿度

図 6.2.3-4 に測定期間中の温湿度を、図 6.2.3-5 に温湿度以外のアメダス気象経過図を示す。なお、栈積み試験体の設置場所は、気象台の観測区域では富山県西部北（伏木）の範疇である。

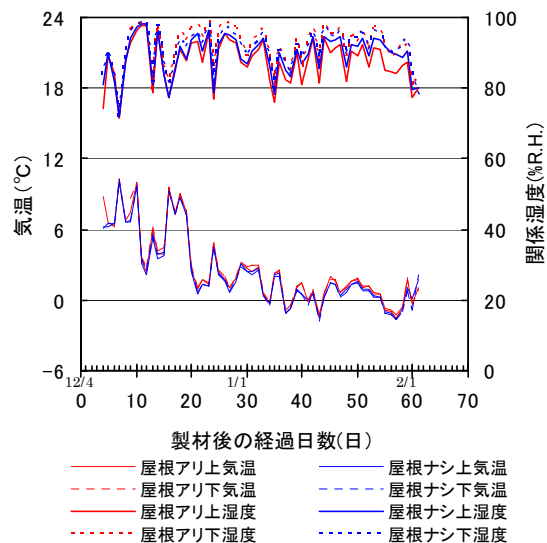
気温は、12 月中旬までは平年よりも高めで遅い初雪・初霜・初氷を観測したが、12 月下旬中頃～1 月末は概して低く、しばしば氷点下となった（平年は氷点下となることは少ない）。

また、本測定期間中は、平年になく強風・降雪があり、災害も発生した。2010 年 12 月 9 日、14 日、24～25 日、28 日に暴風警報が、2011 年 1 月 15 日に暴風雪警報が、1 月 30 日に大雪警報が発令された。大雪がたびたびあり、特に、1 月の最深積雪量は伏木で 127cm となり、記録的な数値となった。^{2, 3)}

気温の実測値は気象台観測値とほぼ変わらず、測定位置間での差も極めて小さい。湿度の実測値は、概して気象台観測値よりも若干高く、センサの精度範囲（ $\pm 5\% \text{R.H.}$ ）ながら、上部よりも下部の湿度が積雪期に高くなる傾向がみられた。測定期間中に数回除雪を行ったものの、栈積み下の周囲が積雪で塞がれ通気が低下したためと考えられる。

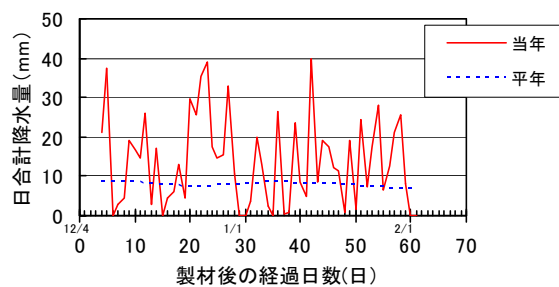


a) アメダス（伏木）

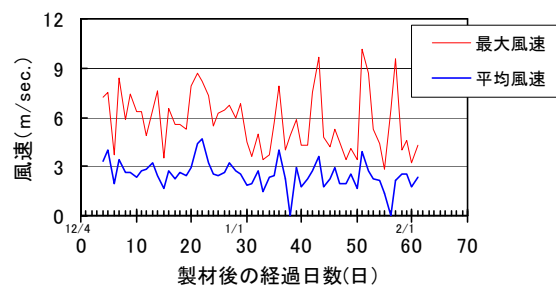


b) 栈積み試験体実測値（日平均）

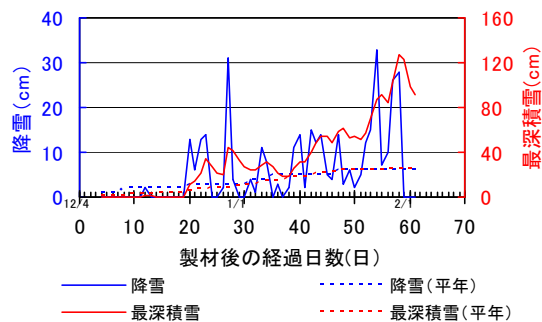
図 6. 2. 3-4 温湿度の経時変化



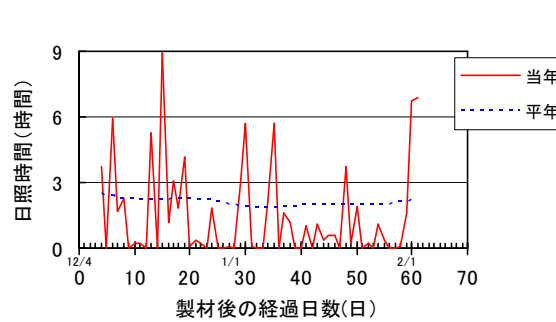
a) 降水量



b) 風速



c) 降雪



d) 日照

図 6. 2. 3-5 温湿度以外のアメダス気象経過図（伏木）

※気象庁アメダス気象データより作成

2) 重量変化

図 6.2.3-6 に試験体の重量および見かけの密度の経時変化を示す。屋根ありは、試験体重量が暴露日数の増加とともに概ね単調減少した。屋根なしでは、製材後 10 日目付近から重量が増加する試験体がみられた。見かけの密度の変化もほぼ重量の変化と同様の傾向を示した。この屋根

の有無による差は、降雨や降雪による水分の影響で、冬季に湿潤・多雪な気候である北陸地方の特徴といえる。

図 6.2.3-7 に初期重量と各計測時の重量差および見かけの密度の変化率を示す。初期重量と各計測時の重量差、見かけの密度ともほぼ同様の傾向を示した。凡例に示すように、栈積みの上から 1、2、3、4 段目をそれぞれ赤、緑、紫、青で示した。段ごとの傾向がうかがえる。屋根ありでは、重量が単調に減少したが、特に、栈積み最上段である 1 段目の試験体の重量減少が著しい。1 段目は屋根の影響で雨雪にさらされにくい上、通風量が比較的大きいことが影響したと考えられる。屋根なしでは、逆に、1 段目の試験体は重量増加が著しい。最上段では雨が上面にかかる上、雪が堆積・結氷し高い含水状態が維持されたためと考えられる。また、最上段以外では雨がかり影響は屋根なしと同等ではなく、上段ほど重量減少が小さい傾向もみられた。

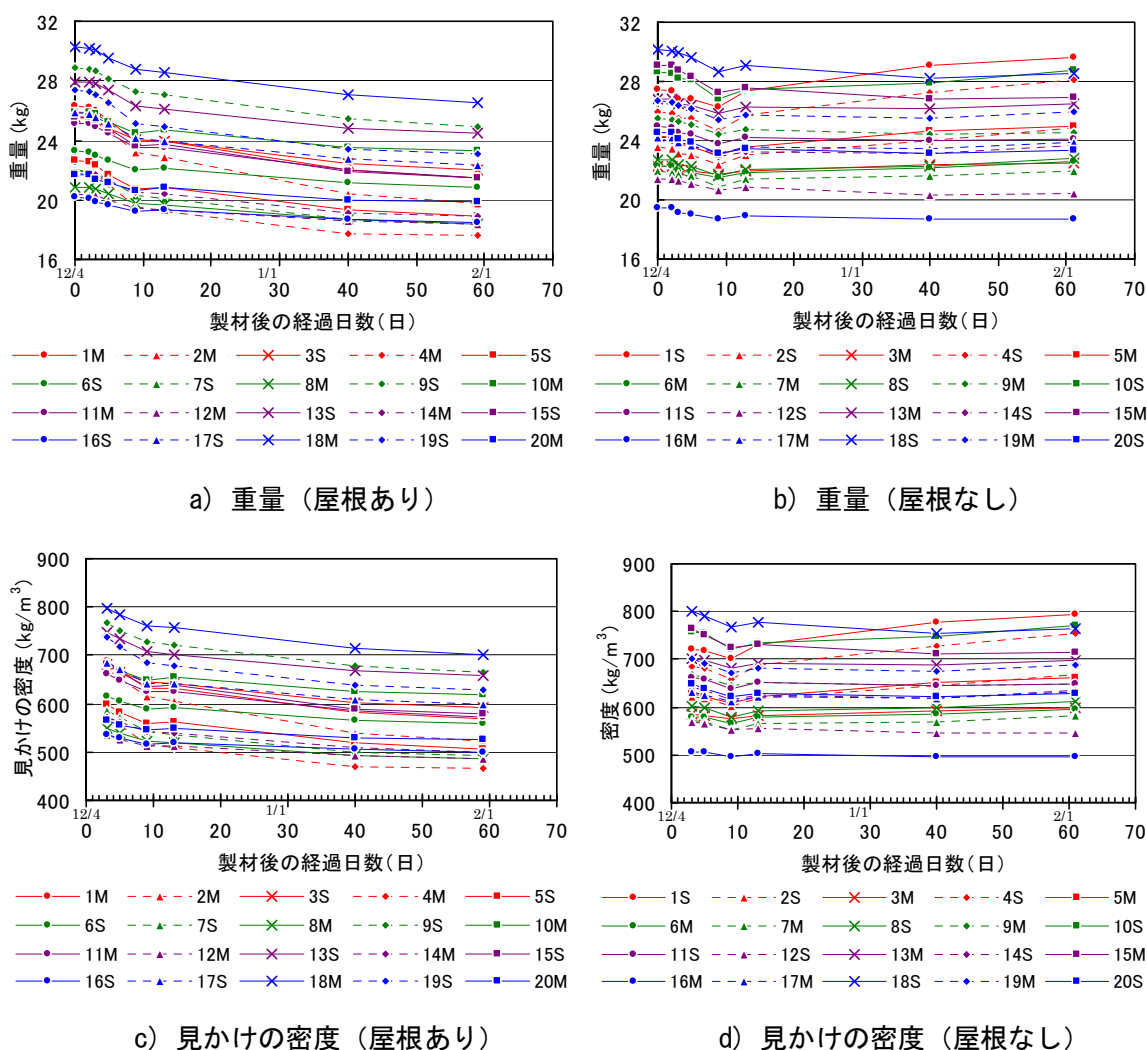
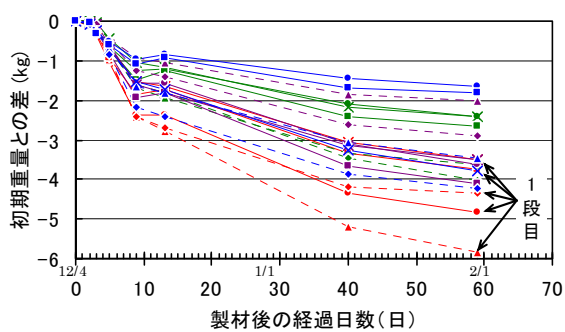
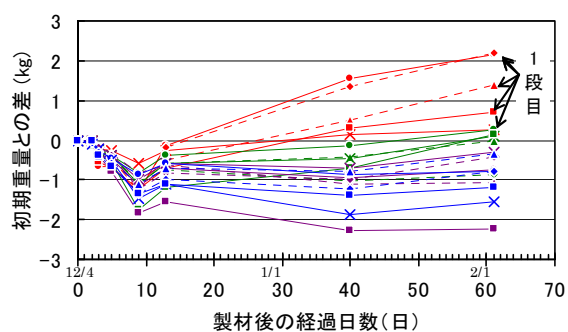


図 6.2.3-6 重量および見かけの密度の経時変化
※見かけの密度は、重量／（幅の平均値²×長さ）とした。



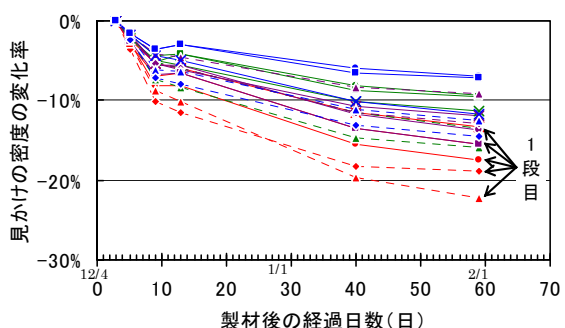
1M 2M 3S 4M 5S
6S 7S 8M 9S 10M
11M 12M 13S 14M 15S
16S 17S 18M 19S 20M

a) 重量差（屋根あり）



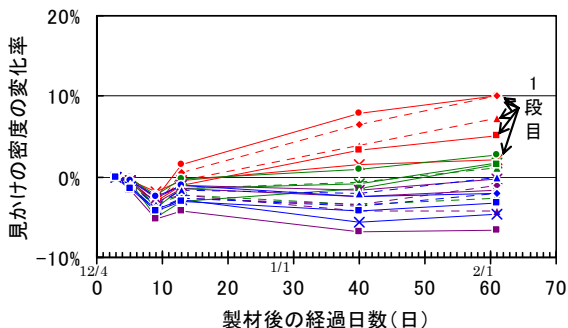
1S 2S 3M 4S 5M
6M 7M 8S 9M 10S
11S 12S 13M 14S 15M
16M 17M 18S 19M 20S

b) 重量差（屋根なし）



1M 2M 3S 4M 5S
6S 7S 8M 9S 10M
11M 12M 13S 14M 15S
16S 17S 18M 19S 20M

c) 密度の変化率（屋根あり）



1S 2S 3M 4S 5M
6M 7M 8S 9M 10S
11S 12S 13M 14S 15M
16M 17M 18S 19M 20S

d) 密度の変化率（屋根なし）

図 6.2.3-7 重量差および密度の変化率の経時変化

※初期重量との差は、各測定時の重量－製材時の重量。

※見かけの密度の変化率は、 $(\rho - \rho_0) / \rho_0$ 。ここで、 ρ および ρ_0 は、それぞれ、各測定時および暴露開始前日（製材後 3 日）の見かけの密度。

3) 含水率変化

図 6.2.3-8 に各試験体の推定含水率 M_{mean} の経時変化を示す。なお、 M_{mean} は次式で求めた。

$$M_{\text{mean}} = W / W_s (1 + M_s) - 1$$

ここで、 W と W_s は、それぞれ、各計測時の重量と初期重量、 M_s は製材切断時に採取した含水率測定用試片の全乾法による含水率（図 6.2.3-1 参照）。

図 6.2.3-9 に高周波容量式含水率計で求めた表面含水率（測定深さ 10mm）を示す。図 6.2.3-8 と図 6.2.3-9 を比較すると、屋根ありでは、表面含水率の方が試験体間のばらつきが小さいが、経時変化はやや急である。これは、測定方法の違いの影響もあるが、材表面では水分移動が著しいものの、材芯部分の水分は表面ほどは急激に変化していないことが推察される。屋根なしにも同様の傾向がみられるが、屋根なしでは、試験体の栈木接触面の表面含水率が有意に高いことが観察されており、図 6.2.3-9b はその影響も含むため、今後より詳しい検討を要する。

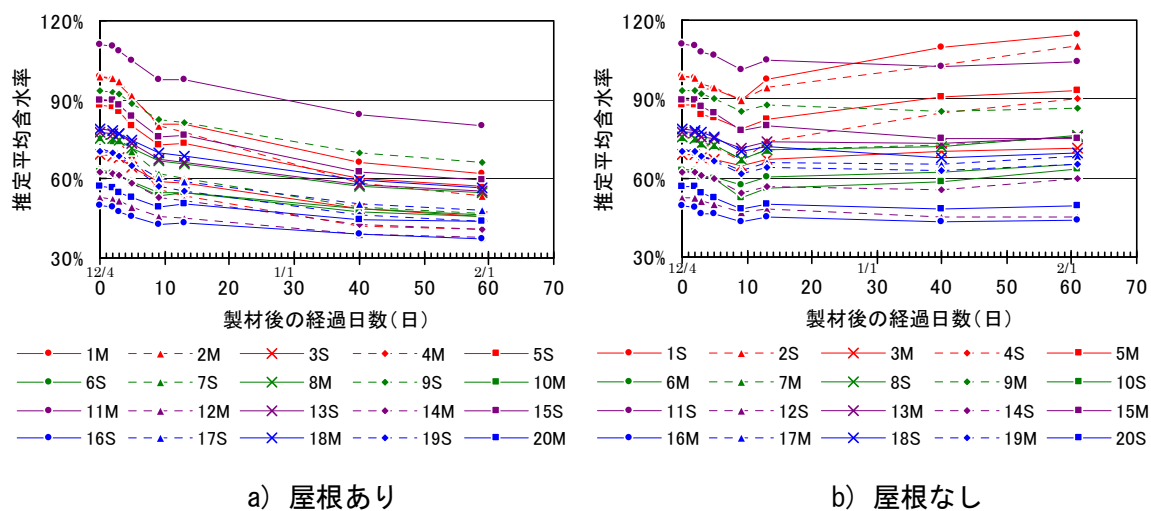


図 6.2.3-8 推定平均含水率の経時変化

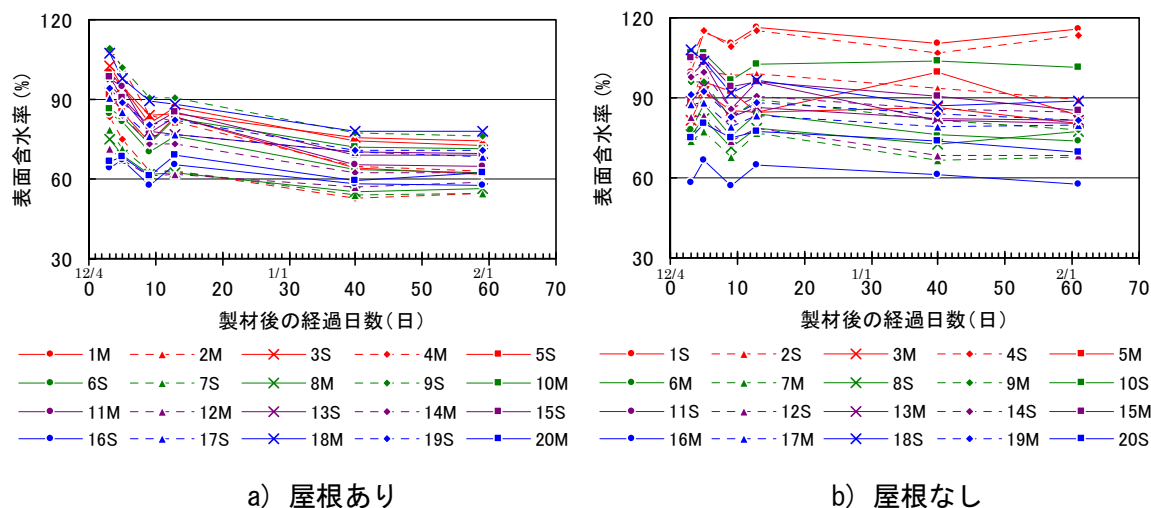


図 6.2.3-9 表面含水率の経時変化

4) 寸法変化

2011年2月3日時点まででは、屋根あり、屋根なしとも材長の変化はほとんどみられなかった。図 6.2.3-10 に材幅の経時変化を示す。ここでの材幅は各面の木口から 5cm および中央部の 3 点の平均値である。屋根ありは、わずかながら、乾燥収縮に伴う減少傾向がみられた。屋根なしでは顕著な変化はみられなかった。

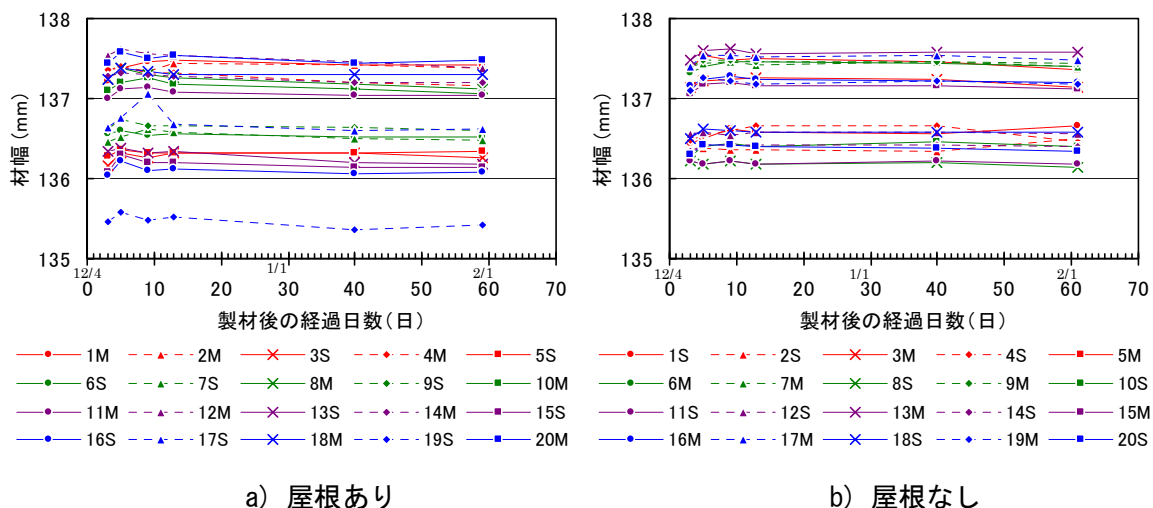


図 6.2.3-10 材幅の平均値の経時変化

5) 表面割れの発生状況

2011 年 2 月 3 日時点までに、測定対象としている試験体に最大幅 0.5mm 以上の表面割れは観察されなかった。最大幅 0.5mm に満たない割れの発生は観察されたが、一度発生した後に雨雪で表面が濡れると、割れ幅が狭くなる状態が観察された。特に、屋根なしで顕著にみられた。屋根ありでは、重量減少は続いており、木口割れも観察されているので、天候の回復にともない、表面割れが発生していくものとおもわれる。

6) 雪の影響

1) の気象で述べたとおり、2010 年 12 月下旬中頃～1 月末は気温が平年よりも低く、また、1 月下旬には記録的な大雪となった。このため、写真 6.2.3-7 に示すように、栈積み周囲と上にかなりの積雪があった。測定期間中に栈積みの除雪を数回行ったが、積雪に起因する影響がみられた。

屋根なしでは、栈積み上部の試験体上面で積雪の凍結がみられた。このため、測定時には除雪、プラスチックスクレーパーによる結氷の欠き取り、融水の拭取りを必要に応じて行った。また、栈積み内部では試験体と栈木の間が凍結し、栈木が試験体から離れず、測定できない状況も発生した。

図 6.2.3-11 に製材後約 60 日経過した時点での各測定面・位置での試験体の表面含水率を示す。屋根ありでは面や位置による顕著な差はみられなかったが、屋根なしでは、C 面（下側面）で測定位置 C（材長方向の中央）の表面含水率が顕著に高くなる傾向がみられた。C 面ほど顕著ではないが、A 面（上側面）でも、最上段（1S～5M）を除き、この傾向が見られた。測定位置 C は試験体の中央部で、最上段の A 面を除き、A・C 両面とも栈木と接する部分である。ちなみに図 6.2.3-12 に示すように、材幅の乾燥収縮は屋根ありに比べ屋根なしの方が小さく、膨潤傾向の試験体もみられたが、表面含水率のように顕著な傾向はみられなかった。

この現象の原因は次のように推測される（図 6.2.3-13）。

- ① 降雪時に栈積み上部に積雪が発生する。
- ② 晴天時の日中など、気温や材温の上昇により雪氷が融解する。栈積み上面では、積雪の下部に融水が滞留する。滞留しきれない水は栈積みの隙間を流れ落ちるだけでなく、試験体表面をつたい、毛細管現象により栈木と試験体の間に侵入・滞留する。

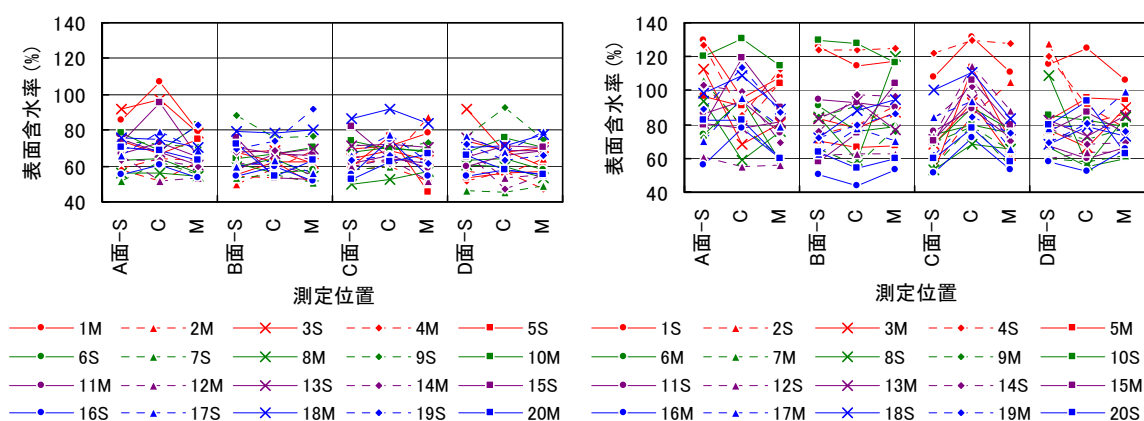
③ 滞留水は蒸発しにくく、材に浸透し、表面含水率が上昇する。また、夜間などの低温時に滞留水や高含水率状態となった材表面が凍結し、さらに蒸発しにくくなる。

④ ①～③の過程が繰り返されることで材の栈木接触面の含水率が上昇していく。

試みに、高含水率となった栈木接触部分と接触面でない近傍の表面含水率を比べたところ、有意に 10%程度の差があることが観察された。このような現象は、富山県地域の冬季平年の気象でも、屋根なし条件で長期に屋外暴露した場合に発生することが十分に考えられる。表面含水率が部分的に高くなることは、乾燥や保存の点では好ましくないので、注意すべき点といえよう。また、屋根を設けた場合はこのような問題が発生しにくく、好ましいといえよう。



写真 6. 2. 3-7 栈積み試験体の積雪



a) 屋根あり

b) 屋根なし

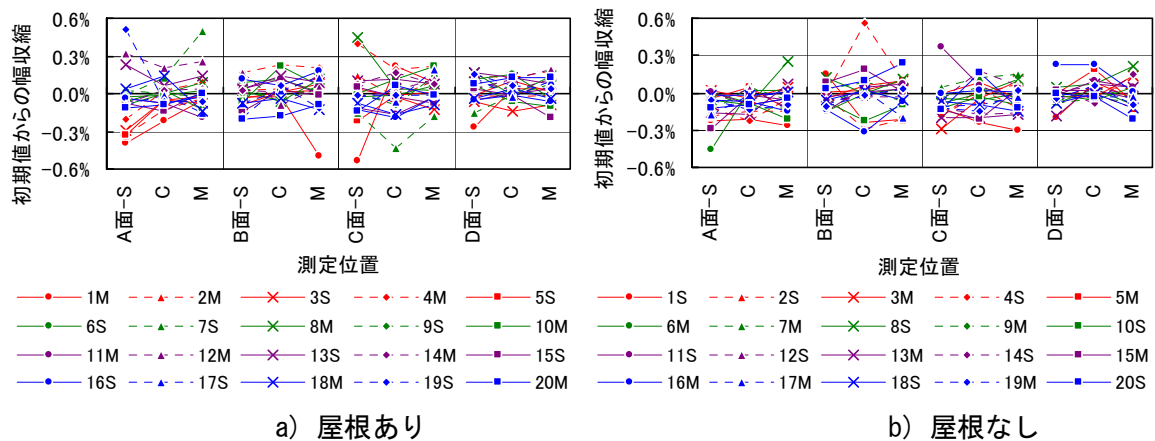
図 6. 2. 3-11 製材後約 60 日経過での表面含水率

※ 高周波容量式含水率計により、深さ 10mm に設定した計測値。

※ 各面は試験体の元口断面をみて、時計周りに A(上)、B、C(下)、D 面。

※ 測定位置 S、C、M は、各面において、それぞれ末口側、中央部、元口側付近。

特に、S、M は木口から材長方向に 30cm 中央よりの点。



a) 屋根あり

b) 屋根なし

図 6.2.3-12 製材後約 60 日経過での幅の収縮率

※ 正が収縮、負が膨潤を示す。

※ 面および測定位置は図 6.2.3-11 と同様。

ただし、S、M は木口から材長方向に 5cm 中央よりの点。

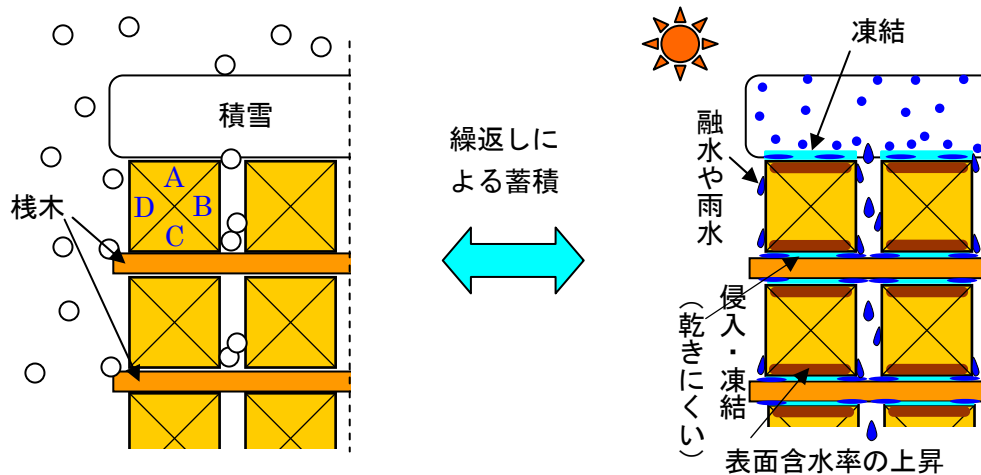


図 6.2.3-13 屋根なし栈積みでの栈木接触面への融水の侵入（模式図）

(5) まとめ

伝統的構法に用いる構造材の天然乾燥に関する知見を得る一環として、多雪地（富山県射水市）にて、栈積みされた富山県産スギの屋外暴露状態における屋根の有無の影響を調査した。冬季の屋外暴露試験を行ったところ、記録的な風雪気象ではあったが、以下の知見を得た。

なお、今後も継続して測定を実施する予定である。

- 北陸地域の日照が少なく湿潤な冬季では、天然乾燥による乾燥速度は概して遅い。
- 屋根の有無により、乾燥状態に顕著な差異がみられた。
- 屋根を設けた栈積み（屋根あり）では、次の特徴がみられた。
 - ・暴露日数が経過するにつれ、重量が緩やかに減少した。見かけの密度、平均含水率、表面含水率も同様であった。
 - ・暴露期間中の重量減少は、概ね最上段が顕著であった。
- 屋根を設けない栈積み（屋根なし）では、次の特徴がみられた。

- ・降雨や降雪により重量が増加する試験体があった。
- ・屋根ありとは逆に、暴露期間中に最上段は重量増加した。概ね、上の段ほど重量が減少しにくい傾向がみられた。
- ・栈木との接触面に水分が侵入し、局部的に高い含水状態となる。気温が低い場合には試験体と栈木の間に凍結する。
- ・微細な表面割れは雨雪に由来する膨潤により、判別困難な程度に割れ幅が縮小する。
- 屋根あり・なしとも、顕著な寸法変化はみられなかった。屋根ありでは、乾燥収縮に伴うわずかな幅の減少傾向がみられた。
- 屋根あり・なしとも、降雪の著しかった本暴露期間（2010 年 12 月 8 日～2011 年 2 月 3 日の約 60 日間）に幅 0.5mm 以上の表面割れは観察されなかった。

参考文献

- 1) Kurisaki, H., Nakatani, H., Mizumoto, K.: “Inspection method of surface checking of Sugi posts”, IRG/WP 03-20272 (2003).
- 2) 富山地方気象台「富山県の気象・地震概況 平成 22 年 12 月」.
- 3) 富山地方気象台「富山県の気象・地震概況 平成 23 年 1 月」.

6. 2. 4 温暖地での屋外暴露における屋根の有無の影響

(1) 試験材

1) 供試丸太と実験スケジュール

宮崎県日南市の国有林からオビスギ丸太を伐採し、2 番玉の赤心材 30 本を供試丸太とした。表 6.2.4-1 に丸太の概要を示す。丸太を 135mm 角に製材し、試験に適した材 20 本を実務家が選別した後、平成 22 年 11 月 29 日から栈積み試験を開始した。表 6.2.4-2 に実験スケジュールを示す。なお、試験体選別は角材 30 本の重量、年輪幅、髓の偏心を考慮し、材質的な偏りが極力小さくなるように配慮して 20 本を選択した。

表 6. 2. 4-1 供試丸太

植林地	宮崎県日南市 小布瀬国有林
林 齢	55 年
樹 種	オビスギ
番 玉	2 番玉
末口径	18~20cm
長 さ	4m
植林方法	挿し木
伐採日	平成 22 年 11 月初旬



表 6. 2. 4-2 実験スケジュール

平成 22 年 11 月 26 日	135mm 角に製材
11 月 27 日	試験体 20 本を選別
11 月 29 日	栈積み試験開始
11 月 30 日	1 日経過後測定
12 月 1 日	2 日 //
12 月 2 日	3 日 //
12 月 3 日	4 日 //
12 月 4 日	5 日 //
12 月 5 日	6 日 //
12 月 6 日	7 日 //
12 月 8 日	9 日 //
12 月 10 日	11 日 //
12 月 14 日	15 日 //
12 月 24 日	25 日 //
平成 23 年 1 月 25 日	57 日 //
2 月 22 日	85 日 //
	以後、約 1 か月おきに測定

2) 栈積み試験体の振り分けと推定初期含水率

4m 正角材 20 本を長さ方向に 2 分割し、屋根の有無 2 条件に振り分けた。このとき、長さ方向の元口側と末口側を同数ずつ振り分けた。なお、2 分割した際に 4m 中央部から試験片を採取し、全乾法により含水率を算出した。その結果、試験体の初期含水率は平均値 87%、最小値 63%、最大値 111%、標準偏差 13.3%であると推定された。

(2) 栈積み試験体の設置

栈積み試験は、コンクリートブロック上に1列5本×4段、合計20本の配置とした。試験体の幅方向の隙間を30mmとし、30mm角及び45mm角の栈木を使用して屋根あり、屋根なしの2条件で行った。図6.2.4-1に試験体の栈積み方法を示し、写真6.2.4-1に屋外暴露状況を示す。設置場所はアスファルト上で、周辺に通風を妨げるような障害物のない宮崎県木材利用技術センター(宮崎県都城市花繰町21-2)の敷地内とした。なお、試験体の長さ方向をほぼ南北方向に合わせて設置し、末口側を北側とした。また、栈積みした試験体の上部及び下部(アスファルト上部)に温湿度計を設置し、1時間に1回記録した。温湿度計は、屋根あり試験体に対してティアンドディ社TR-72S、屋根なし試験体に対してTR-72Uを用いた。

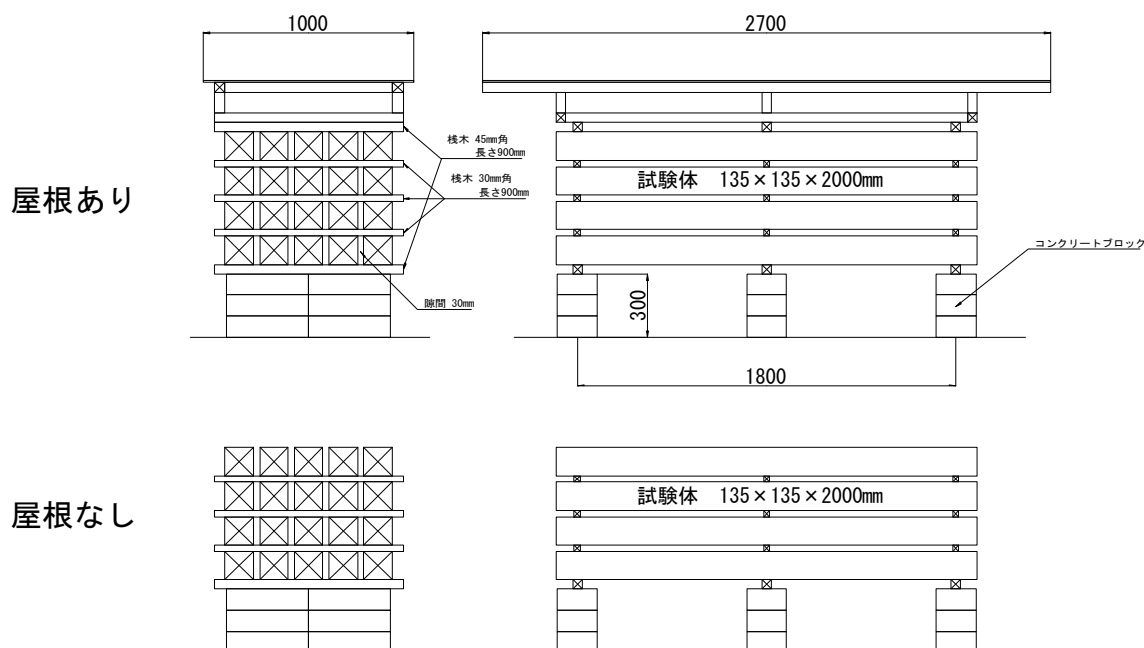


図 6. 2. 4-1 栈積み方法



写真 6. 2. 4-1 栈積み試験体の屋外暴露状況

(3) 測定項目

寸法、重量、縦振動ヤング係数、表面含水率、幅 0.5mm 以上の割れの位置、幅、深さを測定した。表面含水率は、静電容量式のケット科学研究所 HM-520(モコ 2)を用いて、厚さを 10mm、比重をスギ、温度補正を AUTO に設定し、1 面あたり 3 か所、4 材面を測定した。割れの幅及び深さは、割れ長さ中央部及び両端部から約 10mm 内側の合計 3 か所を基準点として測定した。割れが伸長した場合には、従来の測定点に加えて、新たに伸びた割れ端部から約 10mm 内側を測定した。また、1 試験体の中で最大幅を示した割れについてのみ、その最大深さを記録した。なお、割れ深さの測定には、SUS304 製のシクネスゲージを加工した専用のゲージ(栗崎ゲージ)を用いた。

以下において、平成 23 年 2 月 22 日(85 日経過後)までに測定されたデータについて結果を報告する。

(4) 結果及び考察

1) 気象データの変化

図 6.2.4-2 に栈積み試験期間中の温度、湿度、降水量、風速を示す。この気象データは、宮崎県都城市を観測地点とする気象庁提供のものである。実験開始が 11 月末であったことから、

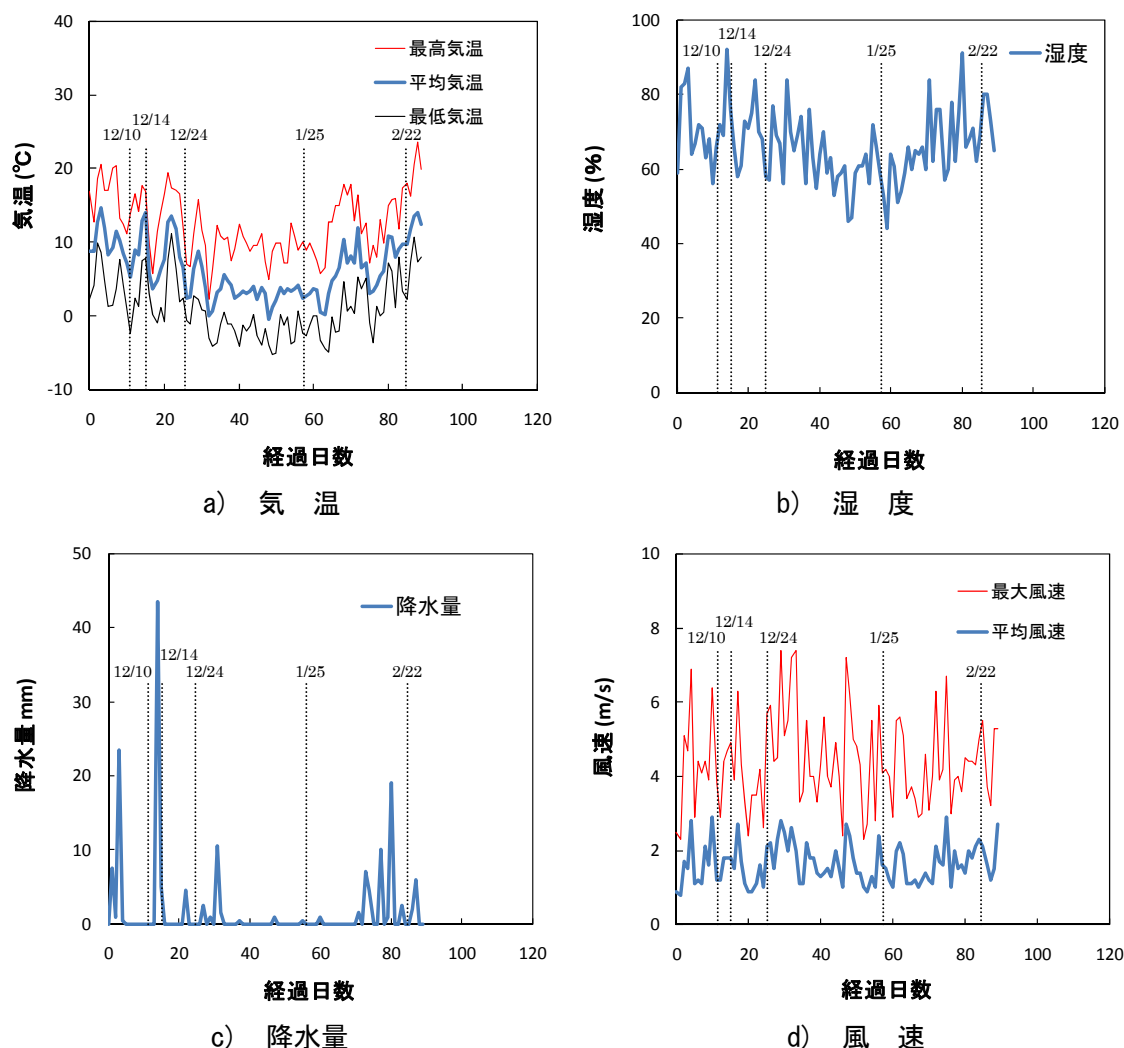


図 6.2.4-2 栈積み試験期間中の気象データ変化 (気象庁提供)

平均気温が 15°Cを上回ることなく、最低気温が氷点下を下回る日も多く観測された。実験開始

から 32 日経過後(平成 22 年 12 月 31 日)までの期間及び 70 日経過後(平成 23 年 2 月 7 日)以降は天候が悪いことが多く、降水量のデータにそれが示されている。

2) 重量及び密度変化

試験体の重量及び密度は栈積み試験経過とともにほぼ単調に減少した。その減少割合は、栈積み試験開始日(平成 22 年 11 月 28 日)から 12 日経過後(12 月 10 日)までの期間とそれ以降の期間で若干の違いが認められた。なお、屋根の有無による影響は現時点では認められなかった。

屋根なし試験体において、15 日経過後 (12 月 14 日)の重量及び密度がわずかに上昇に転じているが、これは前日からの雨による影響と考えられた。これに対し、屋根あり試験体については直接雨掛かりしないため、全期間中で単調減少した。

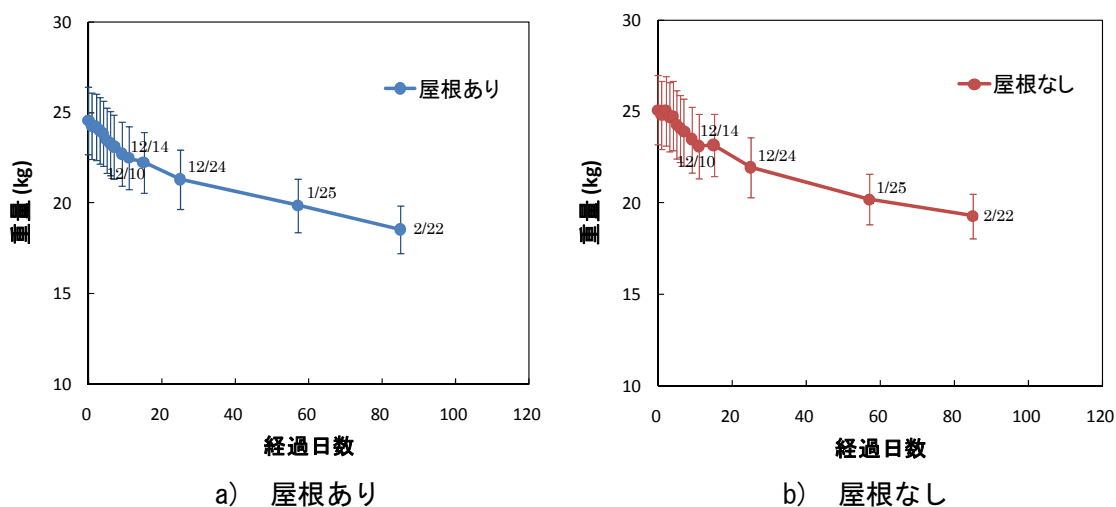


図 6.2.4-3 重量の経時変化

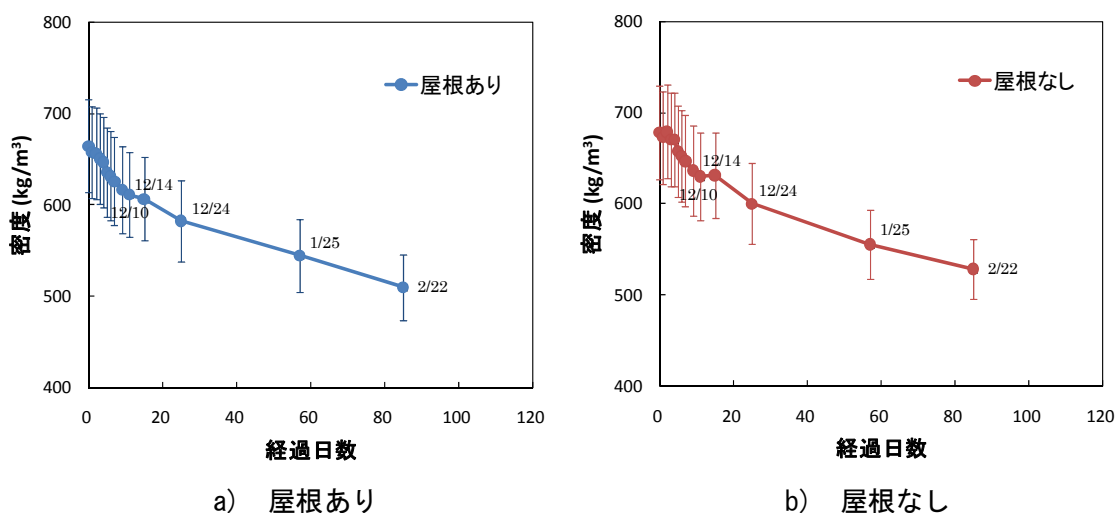


図 6.2.4-4 密度の経時変化

3) 縦振動ヤング係数変化

図 6.2.4-5 に縦振動ヤング係数の経時変化を示す。現時点までに縦振動ヤング係数の変動はほ

とんど認められていない。屋根の有無の影響も認められず、いずれも初期値に比べて $+0.1\text{kN/mm}^2$ の変動幅であった。したがって、試験体の多くの部位が繊維飽和点を上回る含水率状態にあると推察された。

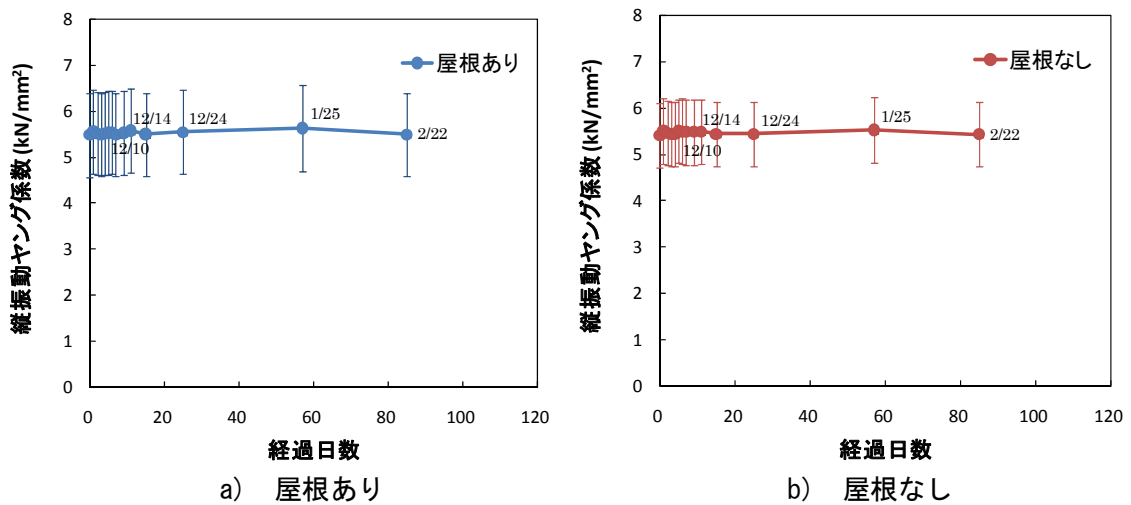


図 6.2.4-5 縦振動ヤング係数の経時変化

4) 含水率変化

図 6.2.4-6 にモコ 2 による表面含水率の経時変化を示し、図 6.2.4-7 に初期含水率から推定された試験体含水率の経時変化を示す。いずれも経過日数とともに概ね減少傾向を示した。ただし、15 日経過後 (12 月 14 日) 及び 85 日経過後 (2 月 22 日) の表面含水率が上昇に転じているが、これは測定日前日までの雨による影響であると考えられる。

表面含水率と推定試験体含水率を比較すると、57 日経過後 (1 月 25 日) までは両者はよく対応していたが、85 日経過後は表面含水率が高い結果となった。室内での天然乾燥など降雨がない条件では表層部の乾燥が進むために、モコ 2 による表面含水率がむしろ低くなる傾向にある。今回のような屋外における試験では、測定日直前の気象条件に大きく左右されることが分かる。

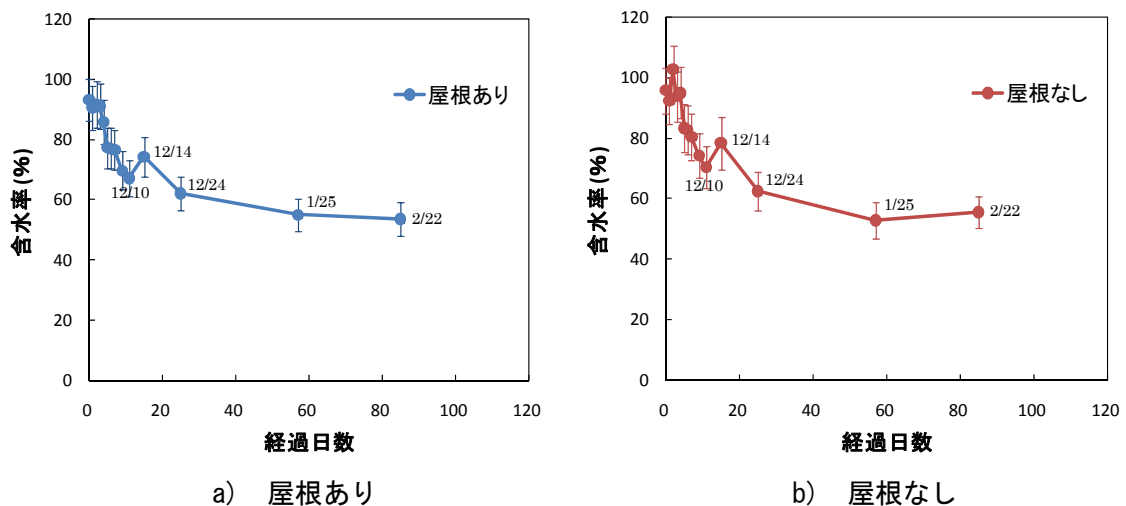


図 6.2.4-6 モコ 2 による表面含水率の経時変化

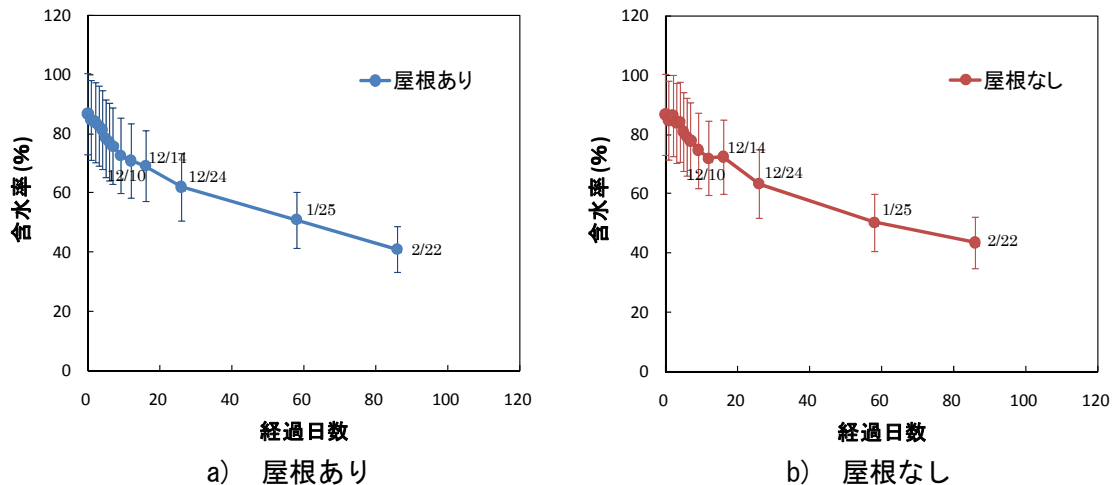


図 6.2.4-7 初期含水率から推定された試験体含水率の経時変化

5) 表面割れの発生状況

図 6.2.4-8 及び図 6.2.4-9 に試験体 1 本あたりの割れの本数(ヒストグラム)を示し、図 6.2.4-10 及び図 6.2.4-11 に 57 日経過時点(1 月 25 日)及び 85 日経過時点(2 月 22 日)における割れ発生面と本数を示す。さらには、割れの本数、長さ(最大長さ、総長さ)、面積(最大面積、総面積)、最大幅、最大深さの経時変化を図 6.2.4-12～18 に示す。図 6.2.4-8 及び図 6.2.4-9 に示すように、割れの発生は屋根あり試験体で 9 日経過後(12 月 8 日)、屋根なし試験体で 11 日経過後(12 月 10 日)から確認され、いずれも 25 日経過後(12 月 24 日)から急激に増加した。85 日経過時点(2 月 22 日)において、割れの各測定項目の平均値に屋根の有無の影響は認められないが、その経時変化には大きな違いが認められる。

割れの本数、長さ及び最大深さは、屋根の有無にかかわらず経過日数とともに増加した。ただし、屋根あり試験体が直線的な増加を示したのに対し、屋根なし試験体の 85 日経過後の増加は比較的小さいものであった。一方、割れの面積および最大幅については、屋根の有無によってその推移が異なり、屋根あり試験体が単調に増加したのに対し、屋根なし試験体は 85 日経過後に減少に転じた。この測定直前の 2 週間に降雨が多く観測され、屋根なし試験体が測定直前までの気象条件に大きく影響を受けることがその要因であると考えられる。すなわち、測定直前に晴天が続き降水量が少ない場合(1 月 25 日)には割れが促進され、逆に雨天が続いた場合(2 月 22 日)は割れが抑制される。このことは、図 6.2.4-10 及び図 6.2.4-11 の総割れ数からも見てとれる。木材の膨潤・収縮率は接線方向が最も大きく、心持ち角材の場合には表面の幅方向がそれに近い。したがって、割れ幅の測定値が気象条件の影響を最も受け、さらには割れ幅及び長さから算出される割れ面積についても同様の結果になったと考えられる。

表 6.2.4-3 に最大幅を示した割れの発生位置の内訳を示す。1 試験体の中で最大幅を示した割れは、末口側あるいは元口側木口から伸びた表面割れがほとんどであった。なお、屋根あり試験体については末口側と元口側の割合が同程度であるのに対し、屋根なし試験体の 9 割は元口側であった。これは末口側と元口側の材質的な違いに加えて、試験体元口側を南側としたことも一因であろうと考えられた。

以上のことから、現在までに多くの割れが発生している状況ではあるが、屋根の有無による影響は必ずしも明確ではない。測定対象外の幅 0.5mm 以下の割れも相当数発生しているため、今後も測定を継続して割れの推移を調査していく必要があると考えられる。

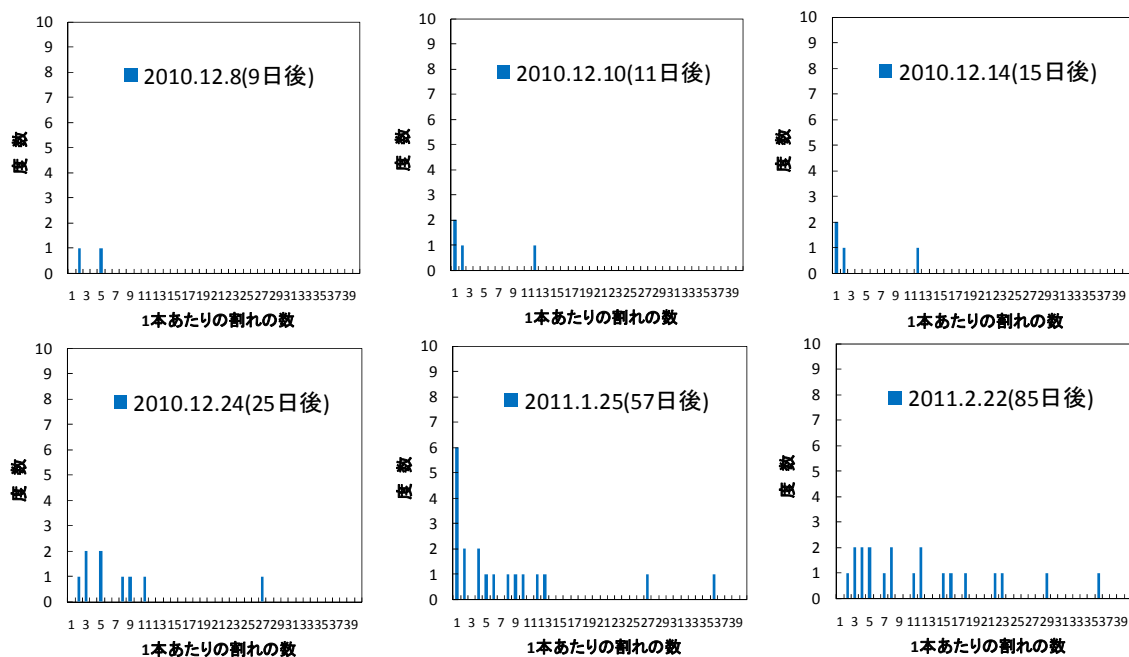


図 6. 2. 4-8 試験体 1 体あたりの割れの本数（屋根あり試験体）

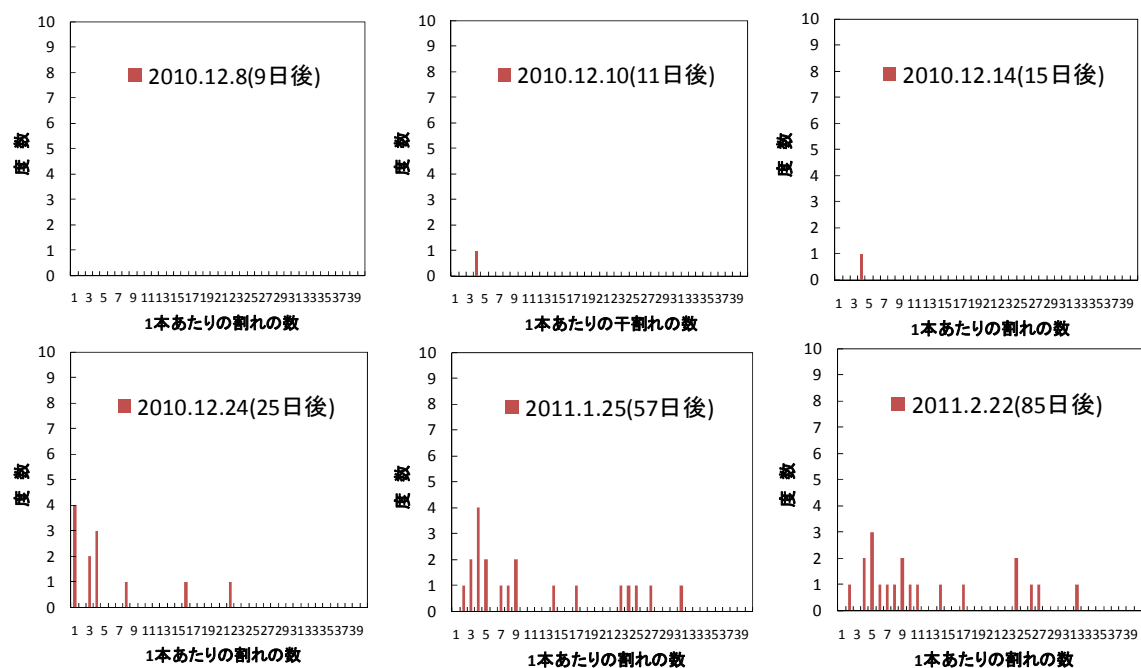
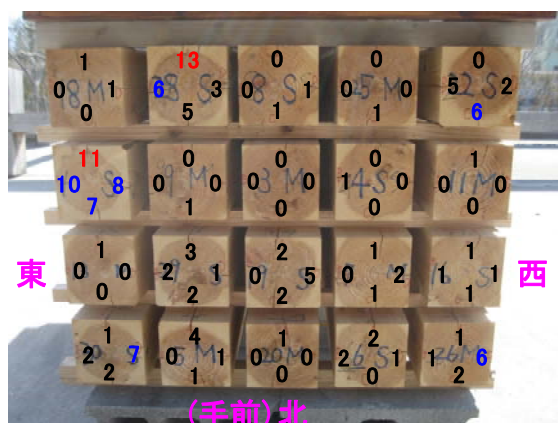
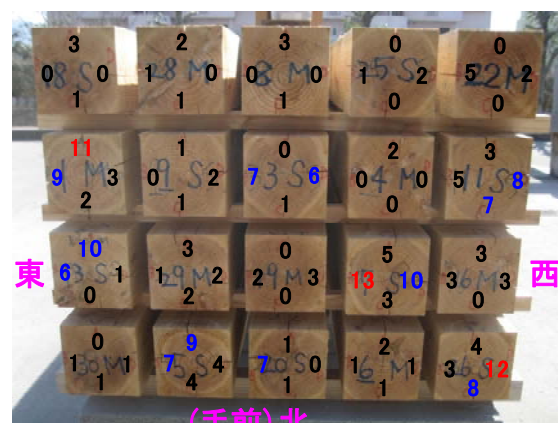


図 6. 2. 4-9 試験体 1 体あたりの割れの本数（屋根なし試験体）



総割れ数 $N = 144$

a) 屋根あり

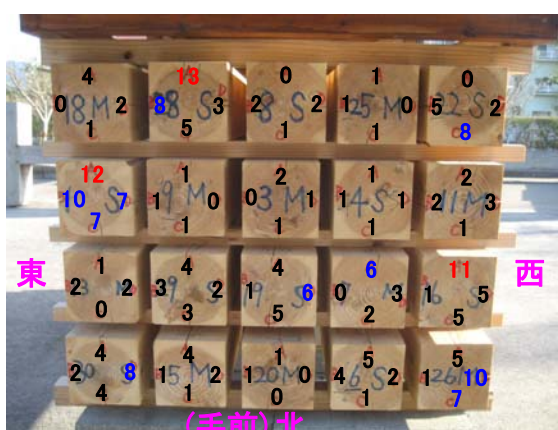


総割れ数 $N = 228$

b) 屋根なし

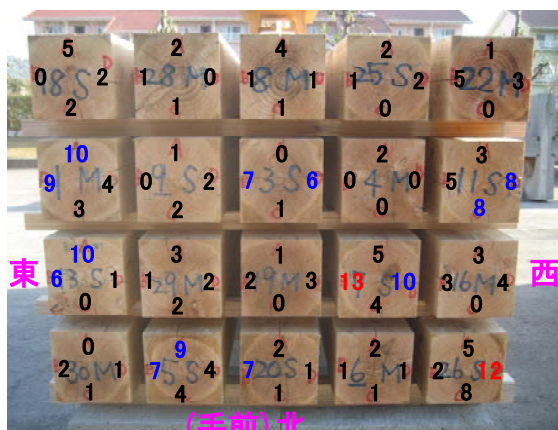
図 6.2.4-10 57 日経過時点(1 月 25 日)における割れ発生面と本数

※黒 : 0~5 本、青 : 6~10 本、赤 11 本以上



総割れ数 $N = 243$

a) 屋根あり

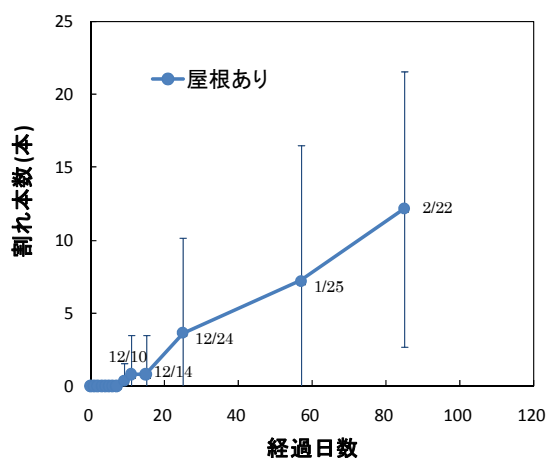


総割れ数 $N = 249$

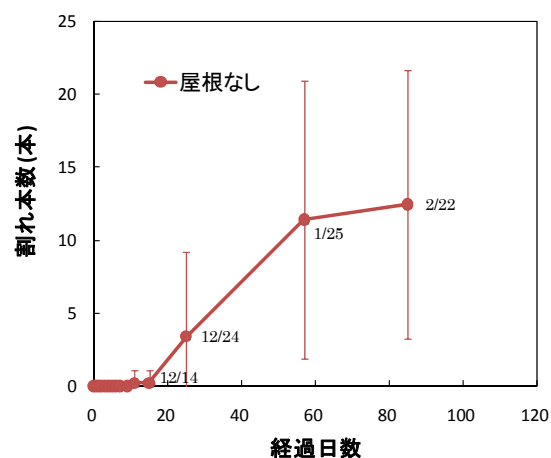
b) 屋根なし

図 6.2.4-11 85 日経過時点(2 月 22 日)における割れ発生面と本数

※黒 : 0~5 本、青 : 6~10 本、赤 11 本以上



a) 屋根あり



b) 屋根なし

図 6.2.4-12 割れの本数の経時変化

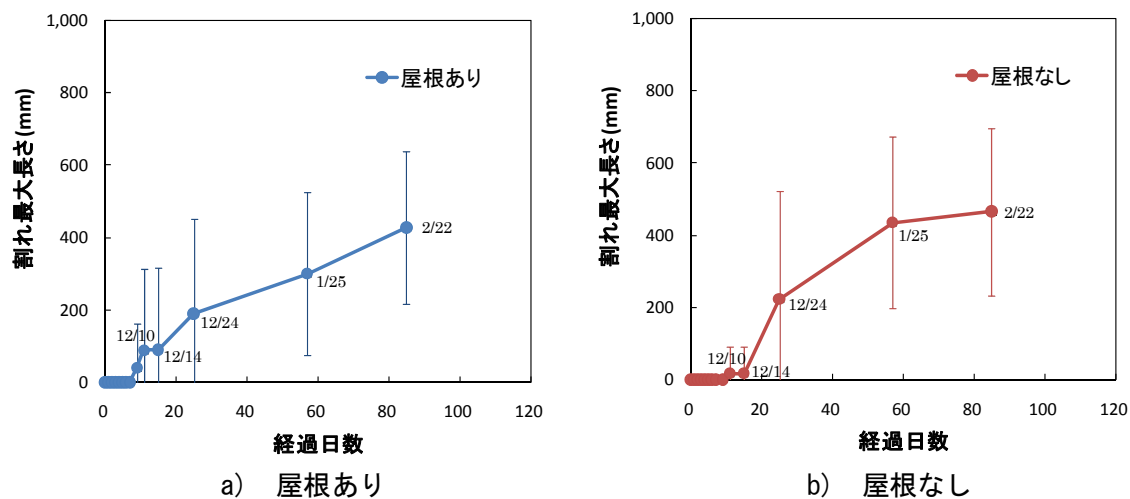


図 6.2.4-13 割れの最大長さの経時変化

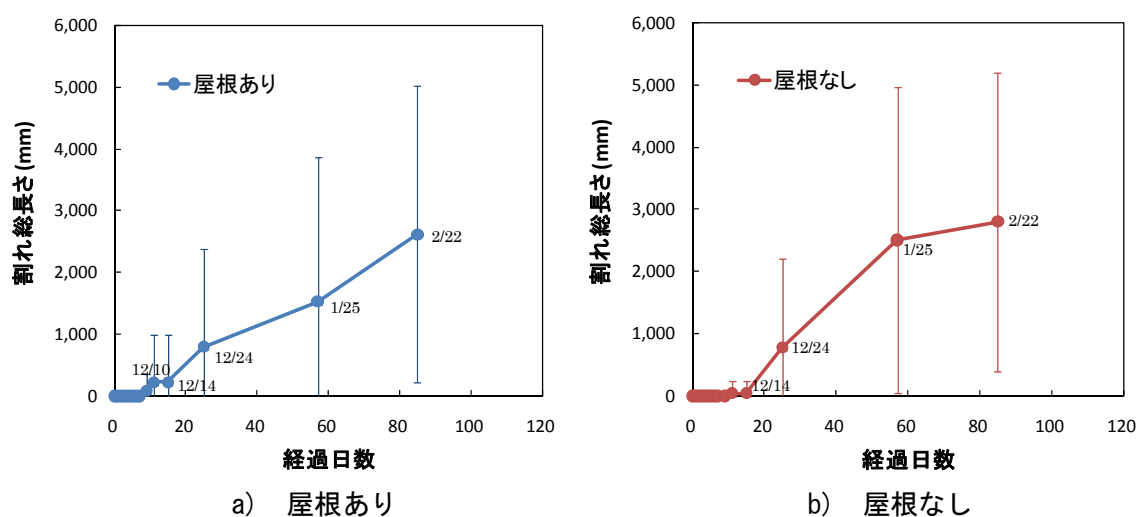


図 6.2.4-14 割れの総長さの経時変化

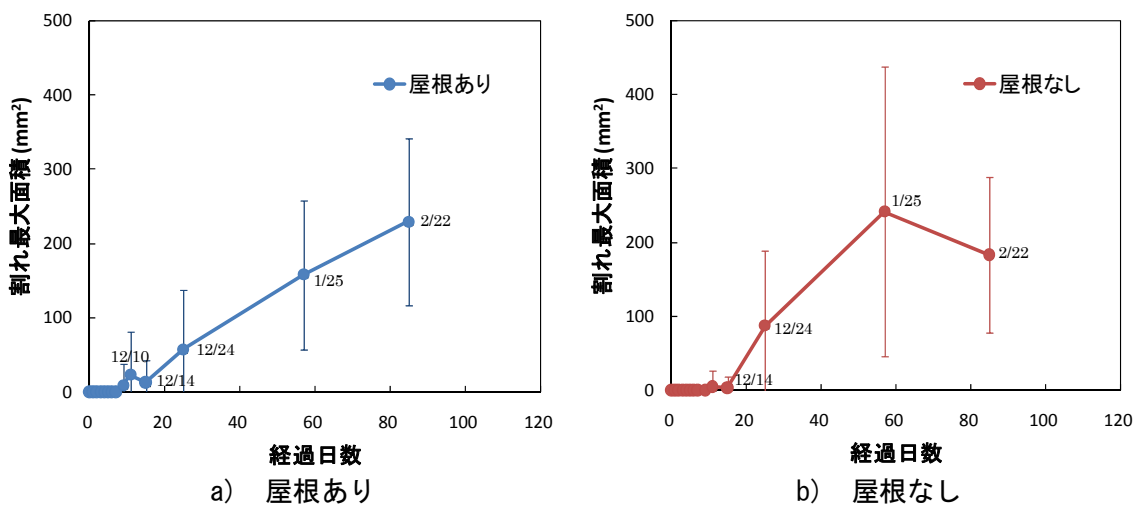


図 6.2.4-15 割れの最大面積の経時変化

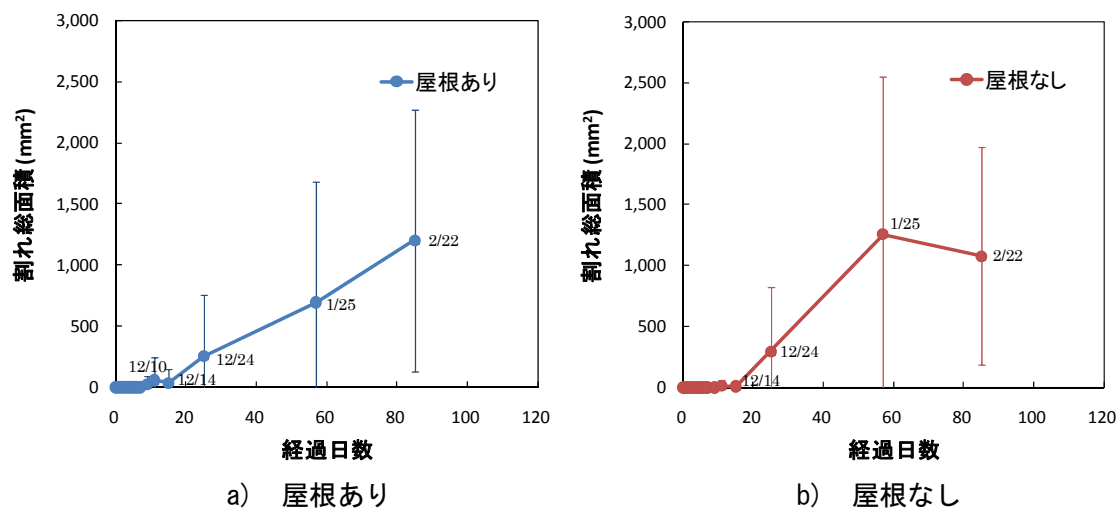


図 6.2.4-16 割れの総面積の経時変化

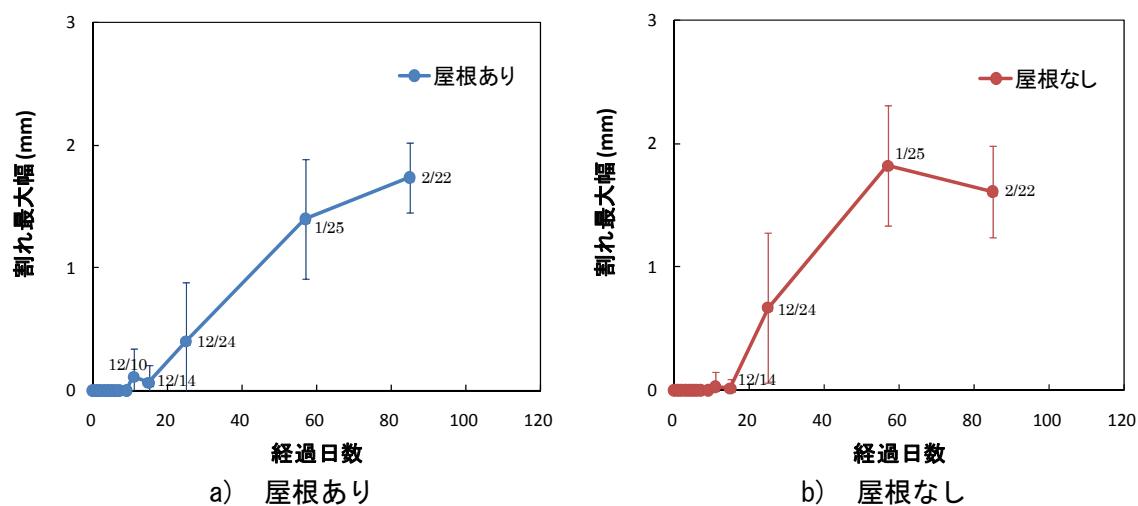


図 6.2.4-17 割れの最大幅の経時変化

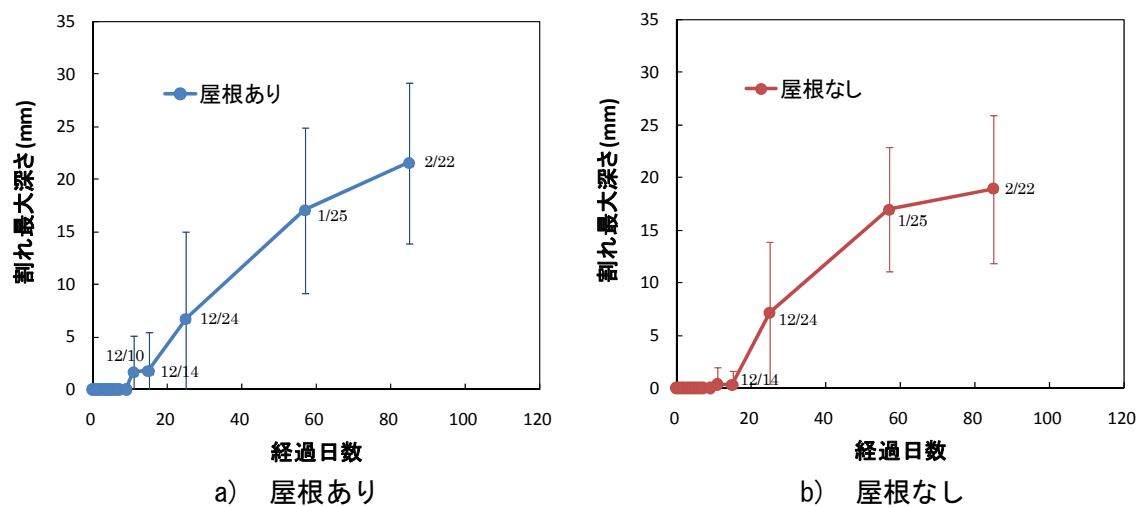


図 6.2.4-18 割れの最大深さの経時変化

表 6. 2. 4-3 最大幅を示した割れの発生位置の内訳

a) 屋根あり

測定日	経過日数	割れが発生した試験体本数	最大幅を示した割れの発生位置		
			木口から伸びた表面割れ		独立の表面割れ
			末口側	元口側	
平成22年12月 8日	9	2	–	–	–
12月10日	11	4	3	0	1
12月14日	15	4	3	0	1
12月24日	25	9	7	2	0
平成23年 1月25日	57	19	7	12	0
2月22日	85	20	8	12	0

b) 屋根なし

測定日	経過日数	割れが発生した試験体本数	最大幅を示した割れの発生位置		
			木口から伸びた表面割れ		独立の表面割れ
			末口側	元口側	
平成22年12月 8日	9	0	0	0	0
12月10日	11	1	0	0	1
12月14日	15	1	0	0	1
12月24日	25	12	6	4	2
平成23年 1月25日	57	20	10	10	0
2月22日	85	20	2	18	0

(5) まとめ

温暖地での屋外暴露における屋根の有無の影響を明らかにするために、宮崎県都城市においてオビスギ製材の栈積み試験を実施した結果、以下の知見を得た。

- ①重量は単調に減少し、初期含水率から推定された試験体含水率も同様の結果を示した。現時点において、重量変動に屋根の有無の影響は認められていない。
- ②現時点では割れの各測定項目の平均値に屋根の有無の影響は認められないが、その経時変化には大きな違いが認められた。すなわち、屋根あり試験体の表面割れは単調に増加したのに対し、屋根なし試験体は測定日前日までの気象条件に左右された。
- ③1 試験体の中で最大幅を示した割れは、末口側あるいは元口側木口から伸びた表面割れがほとんどであった。なお、屋根あり試験体については末口側と元口側の割合が同程度であるのに対し、屋根なし試験体のほとんどは元口側であった。