

県産材の材質試験

— キリ材の利用試験 —

(県単課題 昭和60～平成5年度)

専門研究員 中島 剛

主任研究員 竹原 太賀司

研究員 高橋 宏成

要 旨

キリ材の変色防止技術を確立するため、従来より行われてきた長期間にわたる天然暴露処理に変わる方法として、薬品処理及び温水浸せき処理の変色抑制の効果について検討した。その結果明らかとなったことは以下のとおりである。

- 1 薬品処理による変色防止はある程度可能であるが、キリ材特有の色調が失われ、実用化には問題が残った。
- 2 70～80℃の温水浸せき処理は、薬品処理に比べ良好な結果が得られた。
- 3 温水の入れ替えを間断なく、しかも多くするほど材色が向上し、材面全体の色調が比較的均一化した。しかし、明度が若干低く、赤褐色に変色した部分も完全に除去できず問題が残った。しかし、処理後の変色は極めて少なかった。温水温度を80℃以上にすると木目部分が陥没し、製品の歩止りに影響することが懸念された。
- 4 生材も気乾材も温水浸せき処理効果の差はみられなかった。

I 目 的

キリ材は、キリだんすに代表されるように表面材に使用されることが多いので、製品での長期間にわたる赤褐色の変色¹⁾は非常に大きな欠点となり、キリ材特有のクレーム・トラブルとなる事例が多い。

このため、変色防止の一手法として、以前はキリを板にひいたあと、十分雨にあてて材内に含まれている水溶性成分を除去し、半年から1年くらい井桁に組んで乾燥を行っていた²⁾。

キリ材は淡色の見かけによらず抽出成分含有量が多く³⁾、変色原因成分に関する報告も多くみられ、変色成分は明確でないがポリフェノール類、有機酸類、ポリアミン類の3種が最も変色に関与していると推定されること⁴⁾、また、木材加工の過程で材のフェノール性成分が、種々の反応をおこし、予期せぬ変色汚染をひきおこす^{5)～8)}こと、有効なアク抜きの方法として、水、熱水可溶成分を少なくすればアク変色度の進行を抑制できるが、両者の相関を明確に把握することはできなかったことなどが報告されている⁹⁾。なお、ごく最近、変色原因成分が調べられ、アセトンシッド、トメントシッド等のフェノール性配糖体が報告されている³⁾が、これまで実用的な変色防止の技術は未だ確立されて

いない。

そこで、短時間で変色防止が可能な処理法を確立し、クレーム等の解消及び製品コストの低減を図ることを目的とする。今回は、以下の2種類の処理効果について検討した。先ず、安価で一般的に使用されている酸化剤・還元剤に浸せきすることにより、変色成分の分解が考えられるので¹⁰⁾、これらの反応を期待した変色抑制の効果、次に、キリ材のアク抜きには、天然暴露による方法が最善な方法と考えると、樹液(水)の吸脱、つまり、乾燥と雨水にさらすことの繰り返しによって変色成分を溶脱させることが可能であると考えられるので、人工的に短時間で、しかも簡単で実用性の面から可能と思われる温水浸せき処理による変色抑制の効果について検討した。

II 試験方法

1 薬品処理と変色抑制の効果

薬剤及び濃度別の効果を検討するため4回行った。

(1) 供試材

当場内の会津桐植栽試験地で伐採した樹齢14、15年生、胸高直径18、26cmの伐採直後及び伐採後1年野積みして置いた原木を用いた。

試験片の作成は、柁目びき製材木取りとし、厚さ20、幅90、長さ250mmにプレーナー加工して供した。

なお、1種の処理につき試験片2枚を用いた。

(2) 処理方法

薬液浸せき及び常温水浸せきの2種とし、浸せき処理にはプラスチック容器を用いた。試験に用いた薬剤、処理条件等は表-1に示した。

表-1 薬品処理方法

薬液	一回目		二回目		三回目		四回目	
	濃度 (%)	浸せき日数	濃度 (%)	浸せき日数	濃度 (%)	浸せき日数	濃度 (%)	浸せき日数
対照 (無処理)								
常温水			5、10、20					
過酸化水素	10 (メタノール10%添加)	3	5 (メタノール10%添加) 10 (等量のメタノール添加)	3	10 (メタノール10%添加)	3	0.2	3
シュウ酸	10 (メタノール10%添加)	3						
尿素	10 (メタノール10%添加)	3	10 (等量のメタノール添加)	3	10 (メタノール10%添加)	3	5	3
メタノール			50 100	5 5	100	3		
亜塩素酸 ナトリウム					6	3	0.05	3

(3) 材色の測定

処理材を気乾材になるまで室内に放置した。処理前後の材色の測定は測色色差計を用い、一定か所のL値（明るさ）、a値（赤色度）、b値（黄色度）を測定して色差を求めた。

なお、一枚の試験片につき4か所測定し、各々の平均値から色差を求めた。

2 温水浸せき処理と変色抑制の効果

(1) 温水浸せき処理

① 供試材

供試材は、伐採後1年間野積みした原木と伐採直後の原木を用いた。試験片の作成は、厚さ9、幅90～150、長さ800mmの柁目板45枚と厚さ24mm、長さは前述に同じ板44枚を用いた。

② 処理方法

浸せき温度は80℃とし、昼間だけ温水中に浸せきして夜間は常温水中に浸せき、の繰り返しを温水の色が水道水とほぼ同じになるまで行った。温水、常温水（休日を除く）とも1日ごとに入れ替えをした。

なお、給湯は木材乾燥用ボイラーにより行い、浸せき容器は容量180ℓのドラム缶を用いた。

③ 材色の測定

前述と同じ方法で処理前後とその後5か月経過時点まで1か月ごとの材色変化を測定し目視による観察と併せて対照材と比較検討した。

(2) 温水浸せきと人工乾燥とその併用処理

① 供試材及び処理方法

供試材、処理方法を表-2に示した。

表-2 供試材及び処理方法

供 試 材		処 理 方 法	天 然 乾 燥	人 工 乾 燥
原 木	製 材 品			
当場内の会津キリ植栽試験地で伐採（H2・2/30）した樹齢14年生、胸高直径26cm。平均年輪幅7.8mm	6/5製材（柁目木取り）	6/5温水中に浸せき。温水は、1日ごとに交換。期間は、湯の色がきれいになるまで実施。 温水温度 50・70℃の二種。 給湯 木材乾燥用ボイラーにより温度調整。 浸せき容器 PP製パレットコンテナ 26mmの供試材は、人乾で含水率36%になった時点で、2回目の温水浸せき処理実施。	材表面の水分がなくなるまで実施	しいたけ乾燥機を使用。
	寸法 50×6～13cm×11mm " 26mm			乾燥条件 含水率、 15%まで50℃ 15～10%まで60℃。
	供試数 11mm 17枚（一処理） 26mm 20枚 " 対照材-15枚 "			仕上り目標含水率 10%
	含水率 11mm平均 111.5% 26mm平均 138.6%			

② 材色の測定

II、1の(1)に同じ。

(3) 温水浸せきと天然暴露との併用処理

① 供試材

厚さ13、幅90～150、長さ800mmの柾目板90枚と厚さ28mm、幅、長さは前述に同じ柾目板75枚の生材を用いた。

② 処理方法

浸せき温度を75～85℃とし、以下2(1)の②と同じく行い、温水処理後の天然暴露期間は2、4、6か月の3期間とした。

③ 材色の測定

前述と同じく各条件処理終了後に材色を測定し、目視による観察と併せて対照材（天然暴露のみ実施）と比較検討した。

(4) 流水による温水浸せき処理

① 供試材

厚さ13、幅90～150mm、長さ500mmの板（生板132枚、気乾材45枚）を用いた。

② 処理方法

温水の入れ替えを行った浸せき温度を50～60℃とし、2(1)の②と同じく行ったが、温水の給湯は灯油を燃料とした風呂桶（水の量約220ℓ）を浸せき容器として用いた。処理条件は表-3のとおりとした。

③ 材色の測定

前述と同じく行った。

表-3 流水による温水浸せき処理条件

試験区	処 理 条 件 (内 容)
I-(1)	生材処理、初期に一回のみキリ木灰を投入した温水に浸せき
I-(2)	気乾材処理→I-(1)と同じ
I-(3)	天然暴露処理（対照材）
I-(1)-天暴	生材処理、温水に浸せき→天然暴露3か月
I-(2)-気乾	気乾材処理→I-(1)-天暴と同じ
II-(1)	生材処理、初期にキリ木灰を3回に分けて投入した温水に浸せき
II-(2)	生材処理、温水の交換量をII-(1)の倍にした温水に浸せき
II-(3)	天然暴露処理（対照材）

注：全試験区の処理終了後の材は気乾材程度まで天乾してプレーナー加工に移す。

III 結果と考察

1 薬品処理と変色抑制の効果

(1) 一回目（生材処理）

図-1～4に処理5か月经過時点までの測定結果を示すが、明度は、過酸化水素処理と尿素処理は製材直後とほとんど変わらなかった。

赤色度の変化は、過酸化水素処理と尿素処理は製材直後とほとんど変わらず、水処理（20日間）は若干高くなり、その他の処理はやや低くなる傾向を示した。

色差の変化が比較的少ないのは、過酸化水素処理と尿素処理であり、処理5か月経過時点でも、過酸化水素処理と尿素処理が比較的良好な結果を示した。

なお、処理10か月経過時点で試験片を1mmの深さまでプレーナー加工し、その直後と1か月後の材色を測定し色差を求め、材色の変化を追跡した。その結果を図-5～8に示すが、処理5か月経過時点で比較的良好な結果を示した過酸化水素処理と尿素処理が赤色度及び色差がともに高い値に変化しており、とくに、尿素処理は顕著で、薬液処理の効果は認め難い結果となった。

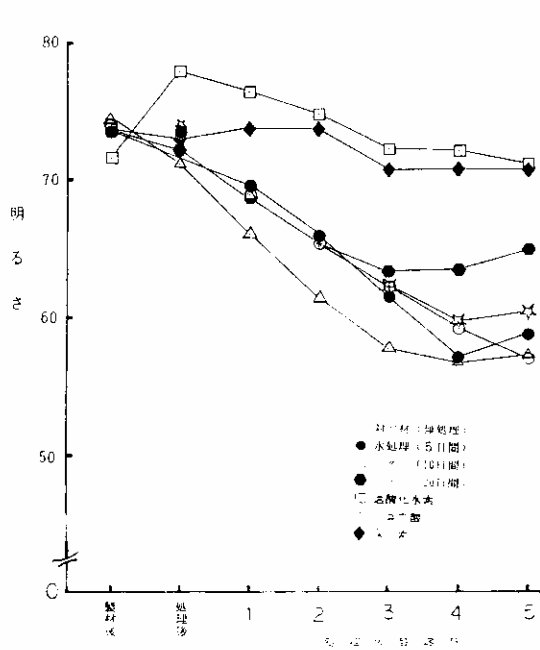


図-1 L値（明るさ）の変化

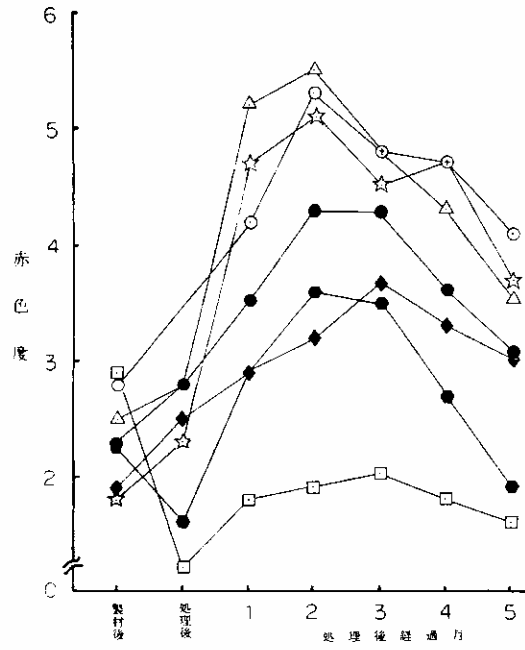


図-2 a値（赤色度）の変化

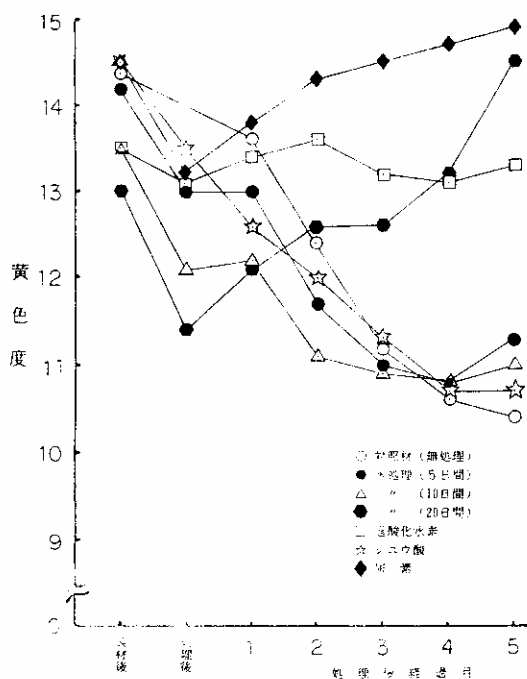


図-3 b値（黄色度）の変化

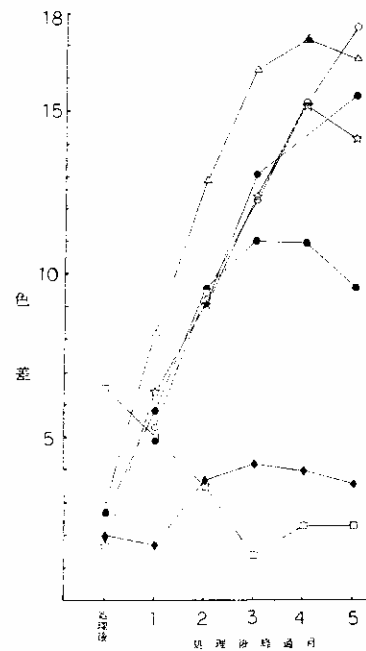


図-4 E値（色差）の変化

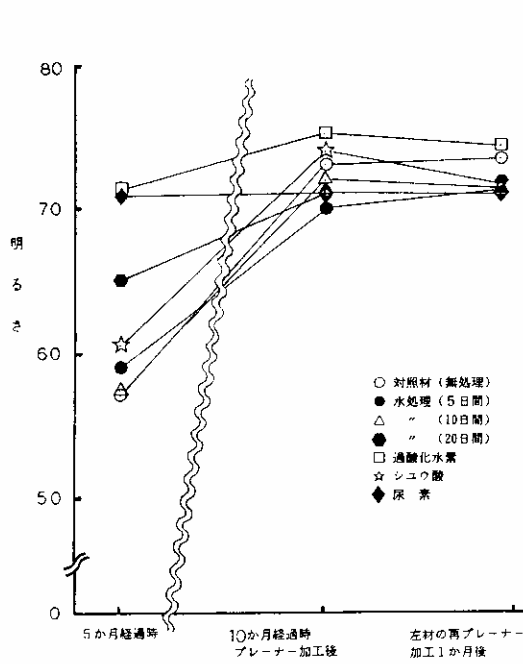


図-5 L値 (明るさ) の変化

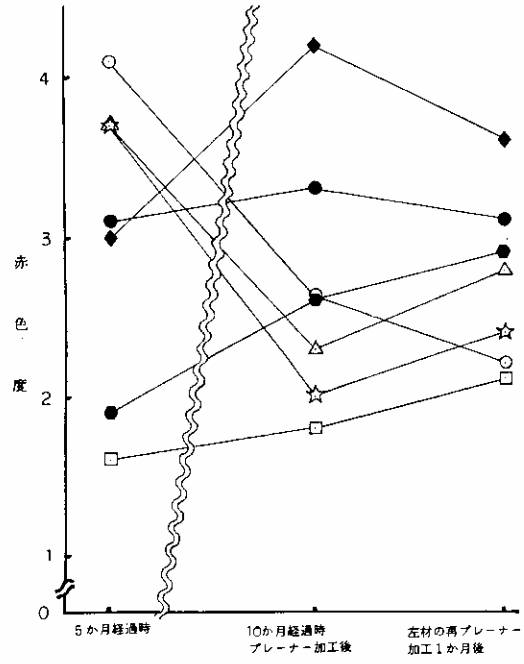


図-6 a値 (赤色度) の変化

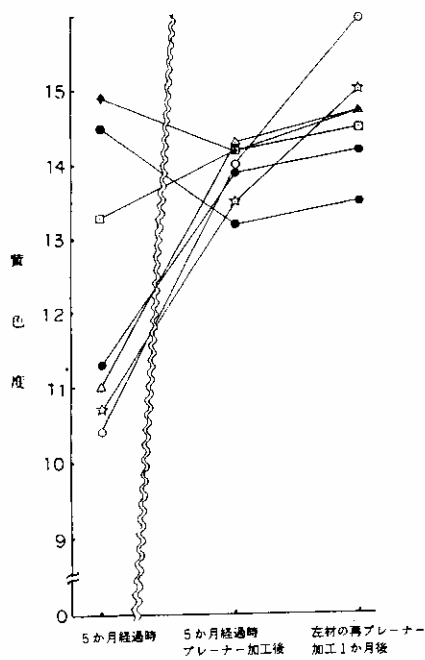


図-7 b値 (黄色度) の変化

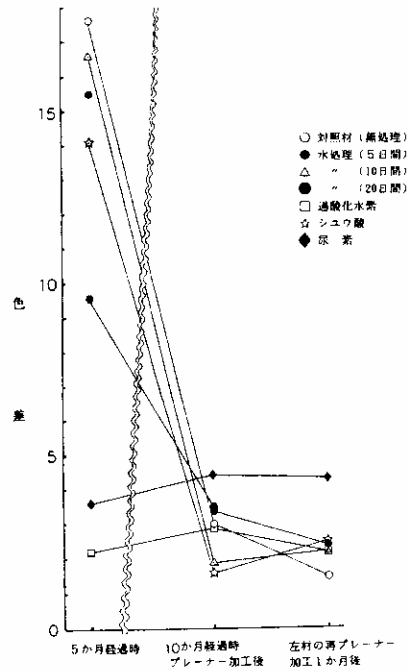


図-8 E値 (色差) の変化

(2) 二回目 (生材処理)

図-9に処理5か月経過時点までの結果を示すが、明度は尿素処理(3)(5)は製材直後と大差はなかったが、その他は大きく低下し暗い色調となった。

赤色度の変化は、過酸化水素処理(2)(4)とメタノール処理(7)が製材直後とほぼ同じであり、黄色度の変化は、尿素処理(3)(5)が処理後徐々に上昇し、全体に黄色味を帯びた色調となり、実用性に問題が残ったがその他は変化が少ない傾向を示した。

色差の変化が小さいのは尿素処理(3)(5)と過酸化水素処理(2)であり、処理5か月時点で色差の変化が最も少ないのは尿素処理であるが、黄色度が高くなり、かつ、赤色度も高くなる傾向にあり、変色防

止の観点から赤色度の変化が少ない10%過酸化水素処理及びメタノール処理が比較的良好な結果と考えられた。

また、処理5か月経過時点で測定したプレーナー加工後の測定値をみると、すべて赤色度が高くなり、プレーナー加工後ではまた低い値となった。一方、一回目のプレーナー加工1か月後から5か月までの赤色度測定結果を図-10に示したが、プレーナー加工3か月までは上昇を続け高い値に変化しており、4か月以降で横ばいとなった。前述のように2年にわたる測定結果を検討すると、両年度とも処理材をプレーナー加工すると赤色度が著しく高くなり、薬品処理の効果は認められなかった。

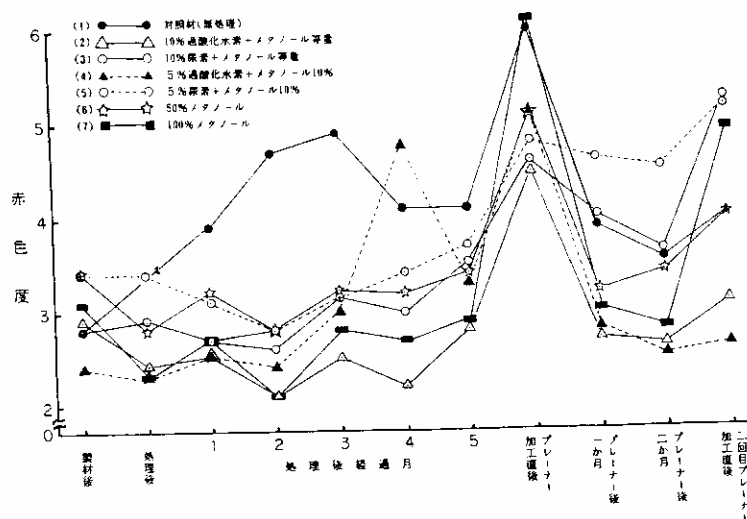


図-9 a値(赤色度)の変化(昭和63年度)

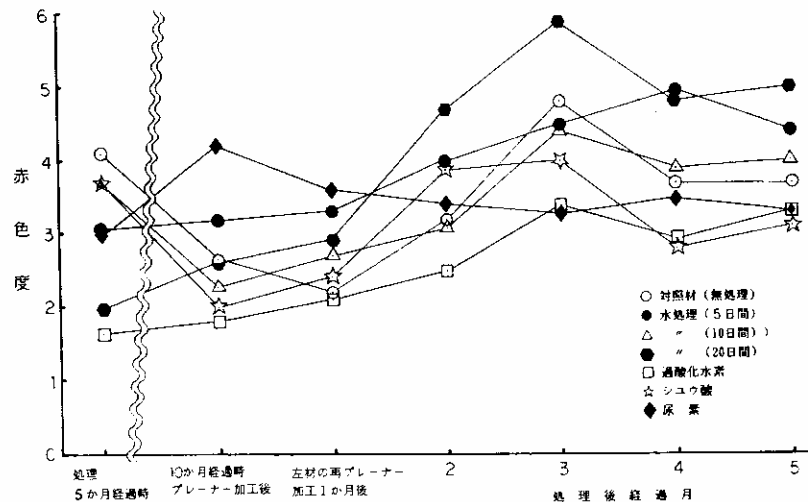


図-10 a値(赤色度)の変化(昭和62年度)

なお、セミカルバジト処理についても、赤色に対しては抑制効果が著しいが処理による二次的な黄変が生じるとの報告がある¹⁰⁾

(3) 三回目(伐採後1年間野積みして置いた原木から製材した試験片を処理) 試験に用いた試験片の含水率は、23.3～29.6%であった。

表-4に処理3か月経過時点までの材色測定結果を示したが、明度は10%過酸化水素処理とメタノール併用処理はやや低く、6%亜塩素酸ナトリウム処理は高くなる傾向を示したが、メタノール処理は大きく低下し暗い色調となった。

赤色度の変化を図-11に示したが、10%過酸化水素処理とメタノール併用処理は、製材直後及び天然暴露処理とほぼ同じ数値であった。6%亜塩素酸ナトリウム処理は表-4、図-11に示すように処理後から極端に低下しマイナス側(緑味大)に移行し、その後徐々に1か月経過時点で大きく上昇し、肉眼で変色が明瞭に認められた。

黄色度は、いずれの処理でも変化が少ない傾向を示した。

表-4 薬品処理によるキリの材色変化

薬品名	色差計	供試 サンプル	処理後	1か月後	3か月後	同左 プレーナー 加工直後	プレーナー 加工 1か月後	プレーナー 加工 3か月後
	L							
対照 (無処理)	L	70.1	76.0	59.3	54.5	69.2	65.3	63.1
	a	3.1		5.2	5.2	3.5	6.7	4.0
	b	13.7		11.6	10.6	13.2	11.5	11.5
	E			11.2	19.0	2.9	8.7	7.6
10%過酸化水 素+メタノー ル等量 3日間浸漬	L	71.3	76.0	71.7	68.0	72.8	72.8	65.1
	a	2.5	1.9	2.5	2.6	2.8	2.4	1.9
	b	14.0	14.8	15.0	14.8	13.8	14.0	13.6
	E		6.3	1.7	3.5	3.0	3.4	3.5
同上 5日間浸漬	L	74.9	78.2	74.0	72.0	74.8	73.5	64.2
	a	3.0	2.0	2.6	2.6	3.0	2.5	1.7
	b	13.4	15.0	15.1	16.5	13.4	14.1	13.8
	E		5.0	1.6	4.1	2.1	2.8	9.6
6%亜塩素酸 ナトリウム 3日間浸漬	L	70.2	83.3	78.3	75.3	78.1	77.6	68.3
	a	2.9	1.3	0.9	1.6	1.1	0.8	0.4
	b	14.2	14.3	16.0	16.4	16.3	16.2	14.8
	E		14.2	8.5	5.6	8.4	7.8	4.0
同上 5日間浸漬	L	73.0	85.1	79.4	75.6	80.5	79.8	69.7
	a	2.8	0.7	1.2	2.0	1.1	1.0	0.7
	b	13.7	13.5	15.3	17.1	14.7	15.0	13.9
	E		13.0	7.6	6.3	8.9	8.0	3.9
メタノール 3日間浸漬	L	72.7	67.5	61.1	57.4	66.1	66.1	57.7
	a	3.1	2.8	4.7	4.6	5.4	5.2	3.2
	b	13.6	14.4	13.0	12.8	12.0	11.4	11.2
	E		4.3	10.1	14.7	4.9	9.6	13.4
同上 5日間浸漬	K	74.8	69.8	64.3	60.8	67.1	65.3	58.6
	a	3.0	2.7	4.2	3.8	5.1	5.1	3.0
	b	13.6	14.2	13.2	13.3	11.8	10.6	10.5
	E		3.3	9.6	12.1	6.6	8.2	15.1

色差の変化が比較的少ないのは、10%過酸化水素処理とメタノール併用処理であったが、処理2か月経過及びプレーナー加工後においても、材の表面は白色の明るい色から黒味がかかった暗い色へと変化し、数値が徐々に大きくなり2～3か月後には3.0以上（視覚的にも感じるほどに）上昇して材観を損なわせる結果となった。

(4) 四回目（三回目と同じ材を処理。ただし製材後気乾材になるまで室内に放置）

試験に用いた試験片の含水率は15～22%であった。表-5に測定結果を示したが、いずれの処理、対照材も測定値が製材直後とほぼ同じで、当然色差も1.0～1.8で問題になる変色はみられず、薬品処理による変色防止の効果の判定はできなかった。

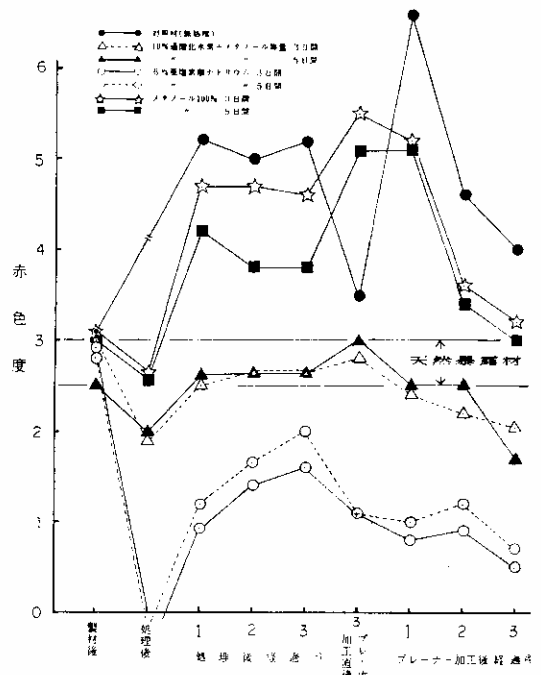


図-11 a 値（赤色度）の変化

表-5 薬品処理によるキリ材の材色変化

薬品名	色差計	供試サンプル	処理後	1か月後	3か月後	同左プレナー加工直後	プレナー加工後1か月後	プレナー加工後3か月後
対照 (無処理)	L	71.4		70.1	69.8	69.3	72.5	71.8
	a	9		3.0	2.7	3.3	2.9	3.0
	b	13.9		13.6	14.0	13.9	13.4	12.9
	E			1.5	1.7	2.1	1.5	1.4
10% 尿素	L	69.2	69.4	68.9	68.2	69.0	70.9	70.0
	a	3.5	3.2	3.1	2.8	3.2	3.4	3.7
	b	13.4	12.5	12.8	13.1	13.4	13.7	13.4
	E		1.2	1.1	1.0	0.6	1.8	1.0
0.2% 過酸化水素	L	68.9	70.0	68.9	68.5	68.4	70.5	69.9
	a	3.3	3.2	3.0	2.4	3.1	3.6	3.4
	b	13.7	13.4	13.6	13.6	13.8	13.5	13.6
	E		1.6	1.4	1.7	1.9	2.0	1.7
0.05% 亜塩素酸ナトリウム	L	70.0	72.8	70.3	69.9	69.2	70.7	70.5
	a	3.0	2.6	2.9	2.4	3.1	3.2	3.1
	b	18.8	14.8	14.1	14.2	14.1	14.2	13.9
	E		3.0	0.9	1.2	1.3	1.9	1.8

2 温水浸せき処理による

変色抑制の効果

(1) 温水浸せき処理

処理日数は、厚さ9、24mm材とも20日、うち常温浸せき7日であった。

厚さ9mm材の材色変化を図-12~14に示した。厚さ9、24mm材ともに、処理材は対照材に比べ一般的に材色の変化が少ない傾向を示したが、赤褐色に変化した部位の除去がまだ完全でなく、温水浸せきの方法、処理後の対策が必要と考えられる。なお、伐採後1年間野積みした原木と伐採直後の原木から製材した供試材間に処理効果の差はみられなかった。

(2) 温水浸せきと人工

乾燥の併用処理

処理日数、乾燥日数を表-

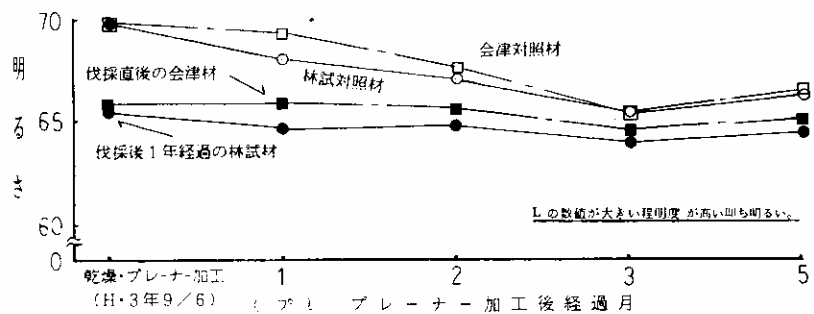


図-12 L値(明るさ)の変化(厚さ9mm板80℃温水浸せき材)

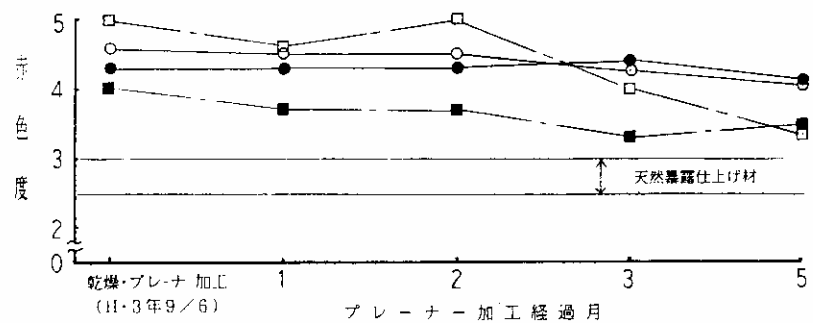


図-13 a値(明るさ)の変化(厚さ9mm板80℃温水浸せき材)

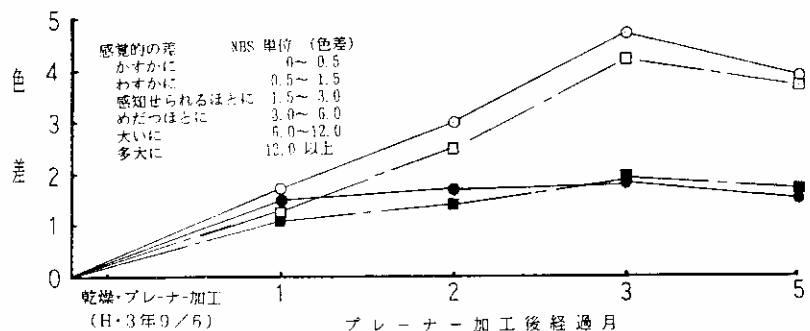


図-14 E値(色差)の変化(厚さ9mm板80℃温水浸せき材)

表-6 処理日数・供試材の含水率

温水浸せき処理日数	天然乾燥日数	人工乾燥	プレーナー仕上げ
材厚さ、11、26mmとも3日 26mm材の2回目は1日	温水浸せき処理材 11、26mmとも4日 対照材（無処理材） 11mm、14日 26mm、29日	開始前の供試材含水率 11mm、108% 26mm、195% 日数（間欠運転） 11mm、2日 26mm、9日 仕上り含水率 11mm、11.3% 26mm、10.9%	仕上げ寸法 11→9mm 26→24mm

6に示し、処理後の材色の測定結果を図-15、16に示した。

明度は、温水中に浸せきした材は浸せき温度別に差はみられず、対照材はやや暗かった。

黄色度及び色差の両者は、温水中に浸せきした材に好結果がみられ、また、浸せき温度は50℃より70℃の方が、厚さ24mmの材は1回浸せきより2回浸せきの方が好結果となる傾向を示した。

今後は、伐採後1年程度経過した材を供試材に加えるほか温水温度、人工乾燥方法等試験条件を変えて検討する必要がある。

(3) 温水浸せきと天然暴露との併用処理

処理日数は、厚さ15mm材が24日、うち常温浸せき4日、厚さ28mm材は30日、うち常温水浸せき4日であった。

温水は流水し、入れ替えをしないとある程度までの赤褐色変化は防止できても、明度の面で満足できる材色に達せず問題が残った。

(4) 流水による温水浸せき処理

処理日数は、表-3試験区のI-(1)が29日、うち常温水浸せき8日、I-(2)が18日、うち常温水浸せき4日、II-(1)が8日、うち常温水浸せき4日、II-(2)が14日、うち常温水浸せき6日であった。

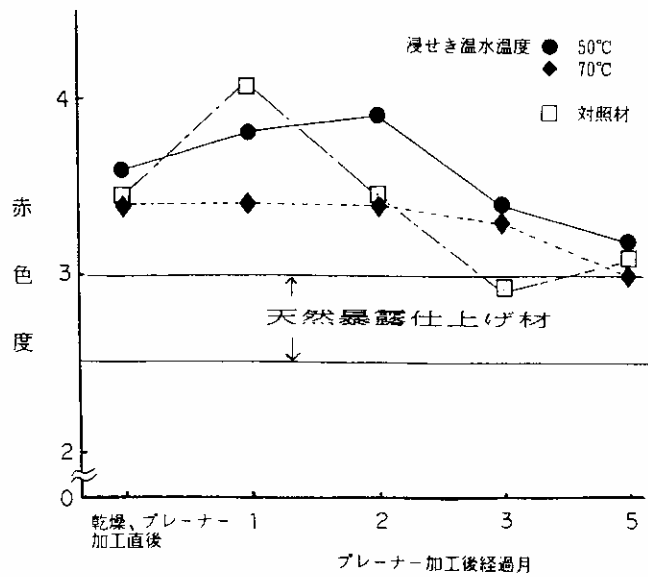


図-15 a値（赤色度）の変化（厚さ9mm板平均値）

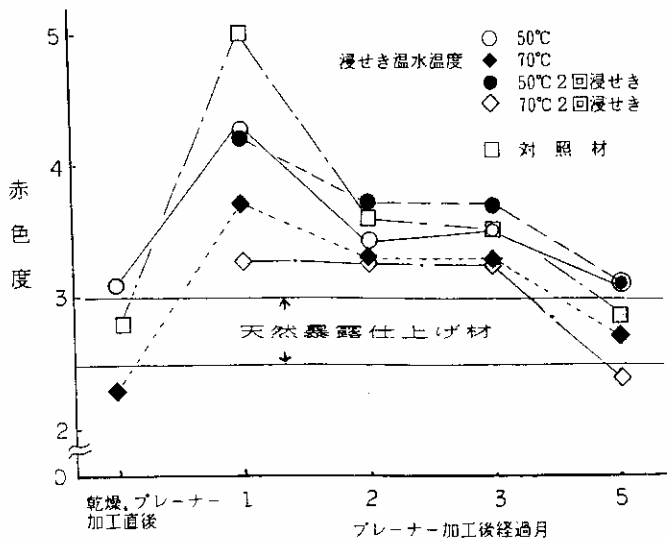


図-16 a値（赤色度）の変化（厚さ24mm板平均値）

各々の条件別処理後3か月経過時点までの材色変化を図-20、21に示した。

流水による温水浸せき法では、材面全体の色調は比較的均一化し、処理後の赤褐色化は極めて少なかったが、若干暗く、すべての試験区ともキリ材特有の色調には至らなかった。また、温水中にキリ木灰を330g×1回及び330g×3回投入した浸せき処理の効果はみられなかったが、温水の交換を中断なく、しかも、多くするほど好結果が得られた。

目粗材は、浸せき温度をおよそ80℃以上にするると木目部分が陥没する材がみられ、これらは製品の歩止りに影響することが懸念された。

以上の結果から、処理をしようとする材質、厚さ、用途など総合的な要素を考慮し、温水浸せき方法の見直しが必要と考える。

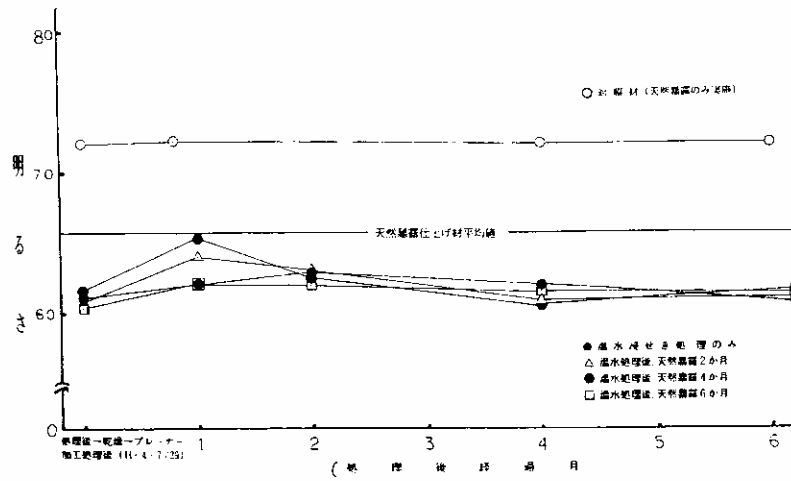


図-17 L値（明るさ）の変化（厚さ28mm板平均値）

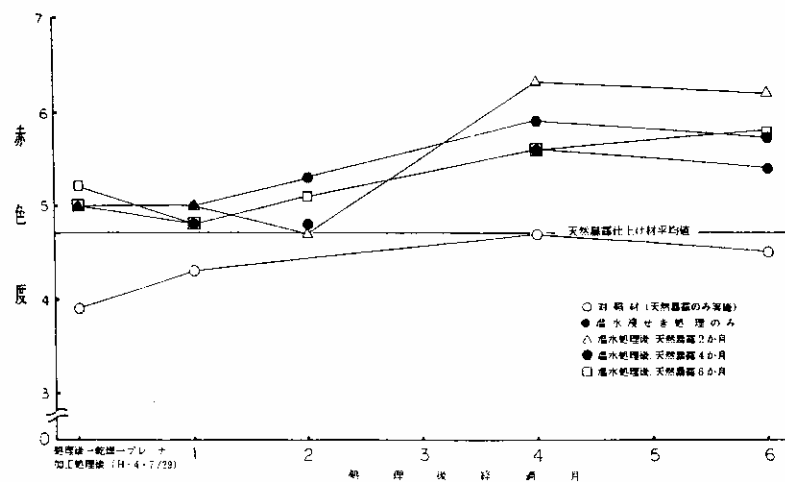


図-18 a値（赤色度）の変化（厚さ28mm板平均値）

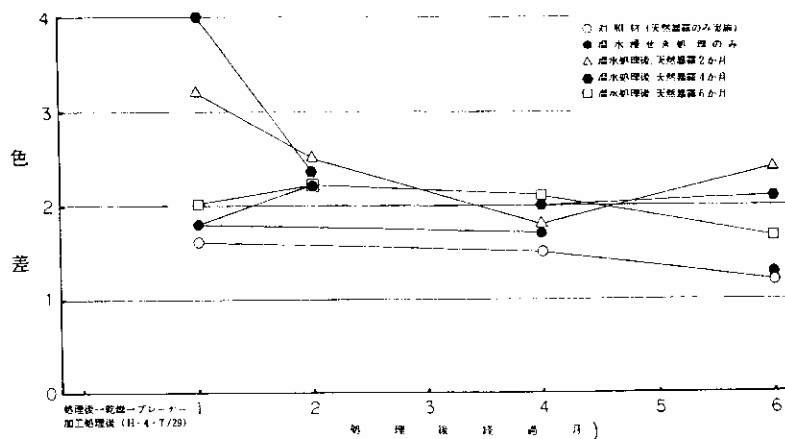


図-19 色差（色ちがい）の変化（厚さ28mm板平均値）

IV おわりに

薬品処理により赤褐色の変色防止はある程度は可能であるが、処理による二次的な白変及び黄変が生じ、キリ材特有の色観には達せず実用性に問題が残った。

温水浸せき処理の実験に当たっては、実験に用いた施設、器具等の状況から浸せき温度の調整、温水の交換量を多くできなかったなど種々の問題点が多かった。しかし、温水浸せき処理は有効な一手法と思われる知見を得た。

これまで、キリ材の変色防止技術については国、各県等の林業及び工業部門の試験研究機関、大学等でも取組んでいるようであるが、難しい研究課題であると実感した。一方、まったく別な角度、立場から解決法を検討した方がよいのかも知れないと考えられた。

本試験を行うに当たり、懇切なご指導ご助言を頂いた新潟県工業技術センター加茂試験

場須佐博典氏、広島県立東部工業技術センター牧野耕三氏に深く感謝の意を表します。

また、現地予備調査等において多大なご協力を頂いた両沼西部森林組合桐加工場および会津地域の桐関係業者の方々に対し厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 1) 牧野耕三ほか：キリの変色とその防止について。第29回日本木材学会大会発表要旨 180 (1979)
- 2) 波：桐の筆筈で微被害。木材保存, 通巻74号, 40, 社団法人日本木材保存協会
- 3) 林 良興：樹木の成分と利用。キリ, 森林総合研究所所報, No.57, 6, (1993)
- 4) 吉田 暁ほか：内外桐材の前処理と特性向上技術に関する研究(未利用材のトータルシステムによる産業工芸品の開発に関する研究)第6章, 137, 中小企業庁(1979)
- 5) 今村・高橋ほか：林試研究報告, No.232, 658, (1970)
- 6) 李 春来・中塚友一郎：木材工業, 21, 28, (1793)
- 7) 善本知孝：木材工業, 29, 549, (1974) 28, 288, (1973)
- 8) 安江保民：木材工業, 26, 384, (1971)
- 9) 吉田 暁・広瀬 昇ほか：「キリ材の「人工アク抜き乾燥」試験」。工業技術研究報告書, 新潟県工業技術センター, 124, (1980)
- 10) 牧野耕三ほか：キリのアク抜きに関する研究。(第5報) 広島県工業試験場研究報告 No.9, 24, 28, (1980)

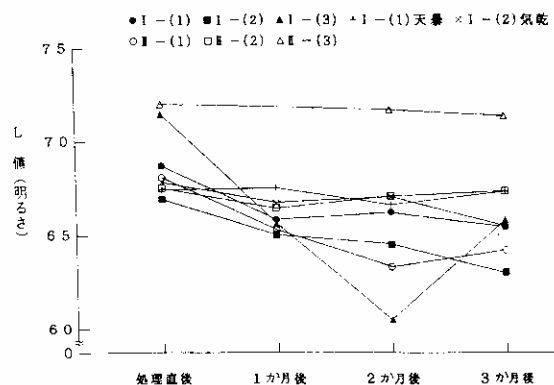


図-20 L値(明るさ)の推移

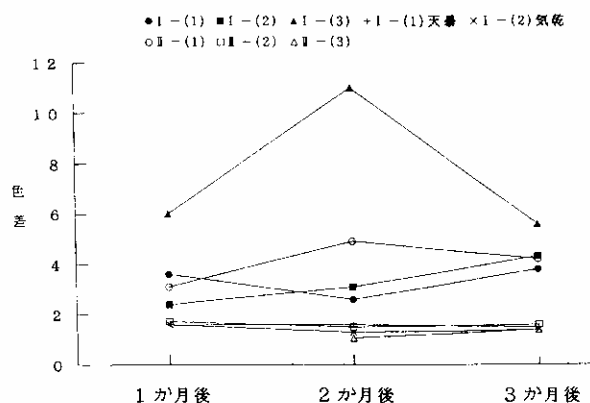


図-21 色差の推移