

樹液流を利用した材の染色と寸法安定化処理^{*1}

飯田生穂^{*2}, 野村隆哉^{*3}, 森岡茂勝^{*4}

Ikuho Iida^{*2}, Takaya Nomura^{*3} and Sigekatu Morioka^{*4}

Dyeing and dimensional stabilization of xylem utilizing
the sap flow of freshly-felled trees^{*1}

要旨: 未利用樹の有効利用をはかる一つの方法として、立木注入法による材の染色ならびに寸法安定性の付与について検討し、樹高方向の染色程度、横断面の染色模様、抗収縮能、ならびにこれらの樹種、染料による差異を調べた。

染料水溶液の吸液量は、染料の種類によって異なる。供試4染料によるその順位はスギ材について、マラカイトグリーン>メチレンブルー>酸性フクシン>ニグロシンで、マラカイトグリーンの場合には17日間で96ℓ吸液した。染料による吸液量の大きさの順位と材の等しい高さにおける染色程度の順位はニグロシンを除き一致せず、染色程度は酸性フクシンで最大であった。木口染色面積割合は、環孔材グループの樹種に比べ散孔材グループの樹種で大きく、高さ2m位置において散孔材は横断面の平均約70%を染色しているが環孔材は約33%であった。染色材横断面の染色模様は広葉樹の場合、樹種によってFig. 4に示しているように特徴的なものとなる。スギ材は高さ2.8mまで抗収縮能約66%を示し、割れなしに円盤を乾燥できるが、広葉樹材は乾燥中に割れが発生し、処理効果は十分でなかった。

緒 言

樹木の樹液流を利用して材部に薬液を浸透させ防腐処理を施すこと¹⁾²⁾や樹木の生理作用の機構を解明する一手段として材部に染料水溶液を浸透させ染色すること³⁾⁴⁾は、これまでも検討されてきている。しかし、立木注入法による防腐処理の方法は、単木処理で生産性に劣る、薬液を材全体に均一に浸透させることができないので、十分な処理効果を期待できないなどの理由から現在では殆ど行われていない。しかしながら、この方法を小径木の有効利用の観点から、小径木を対象に染色加工と寸法安定

化処理の目的よりみなおしてみると以外に興味のある処理法のように考えられる。すなわち、小径木は大径木に比較して一般に辺材の占める割合が大きいので、樹液流動部分の割合が大で、大径木に比し処理効果をより以上に活かすことができる。染色加工では材全体を均一に染色するのが必須の条件ではなく、細胞・組織、早・晩材などにおける染色の差異がむしろ特徴的な染色模様を示すこととなり、それを活かすことにより無処理材にはない特徴を持つ材料として新たな加工・利用を期待できる、樹木は蒸散作用下で、加圧注入法による常用圧力10~15 kg/cm²以上の負圧(木部圧ポテンシャル)を生じるほ

*1 本報告の一部は、第36回日本木材学会大会(1986年4月、静岡)で発表した。

*2 京都府立大学農学部木材工学研究室

Laboratory of wood technology, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural University, Kyoto 606 Japan.

*3 京都大学木材研究所 木材物理部門

Division of Wood Physics, Wood research institute, Kyoto university, Uji 611

*4 兵庫教育大学芸術系

Department of Art, Hyogo university of education, Yashiro-cho, Hyogo 673-14

か、生材は乾燥材に比べて壁孔閉鎖をおこしていないので染色速度、溶液の浸透速度が格段に大きいと考えられる。乾燥による丸太材横断面の寸法変化は、髄からの距離に比例して絶対値は大きくなるので辺材を寸法安定化処理することにより丸太のまま乾燥しても割れなしに乾燥できる可能性がある。立木注入法は樹木の蒸散作用、樹液流動を駆動力としているので省エネルギー的な方法であり小径木の加工・利用からみて有利な方法であると考えられるなどである。このような理由から既存の立木注入法を小径木の染色、寸法安定化処理を目的にみなおし、その基礎的検討を行ってみることは意義のあることと考えられる。

本研究は、未利用早生広葉樹、ズギ間伐材などを有効利用する一方法として、立木注入法による染色と寸法安定性の付与について検討した。すなわち、直径5.4～13.2 cmの樹木を伐木した後、元口をただちに薬液に浸す方法で染色材、PEG処理材を製作し、樹高方向の染色程度、抗収縮能、ならびにこれらの樹種、染料による相違などを調べた。

実験方法

1. 供試材料

供試樹種を供試木の樹齢、元口直径とともにTable 1に示す。スギは供試本数が12本で他はい

Table 1 Test materials

No.	Species	Botanical name	Tree age	Butt end diameter (cm)
1	Sugi	<i>Cryptomeria japonica</i> D. Don	19	10.5
2				10.0
3				10.4
4				9.9
5				10.1
6				8.8
7				8.6
8				8.8
9				12.5
10				11.1
11				12.0
12				10.0
13	Hannoki	<i>Alnus japonica</i> Steudel	15	12.5
14				8.0
15	Ryobu	<i>Clethra barbineris</i> Sieb. et Zucc.	16	6.5
16				9.5
17	Yamazakura	<i>Prunus jamasakura</i> Sieb. ex Koidz.	—	11.5
18				9.5
19	Nemunoki	<i>Albizia julibrissin</i> Durazz.	18	8.5
20				7.2
21	Konara	<i>Quercus serrata</i> Murray	17	8.0
22				6.5
23	Arakasi	<i>Quercus glauca</i> Thunb.	25	10.0
24	Tubaki	<i>Camelia japonica</i> L.	35	6.5
25	Irohamomiji	<i>Acer palmatum</i> Thunb.	50	9.3
26				27
27	Itayakaede	<i>Acer mono</i> Ataxlm.	22	8.5
28	Hoonoki	<i>Magnolia obovata</i> Thunb.	43	10.8
29				18
30	Asebi	<i>Pierls japonica</i> D. Don.	47	7.9
31	Uwamizuzakura	<i>Prunus grayana</i> Maxlm	32	13.2

Table 1 Continued

No.	Species	Botanical name	Tree age	Butt end diameter (cm)
32	Karasuzanshou	<i>Zanthoxylum ailanthoides</i> Sleb. et Zucc.	10	7.2
33	Onigurumi	<i>Jugans sieboldiana</i> Maxim.	10	8.5
34	Kusunoki	<i>Cinnamomum Camphora</i> (Linn.) Sieb.	36	6.8
35	Tochinoki	<i>Aescu turbinata</i> Blume	10	5.4
36	Kuri	<i>Castanea crenata</i> Sieb. et Zucc.	13	10.0
37	Kenponasi	<i>Hovenla, dulcis</i> Thunb.	27	9.2
38			15	7.3
39	Isonoki	<i>Rhamnus crenata</i> Sieb. et Zucc.	23	7.6
40	Akamegasiwa	<i>Mallotus japonicus</i> Muell. Arg.	20	8.3
41	Nurude	<i>Rhus chinesls</i> Mill.	11	9.1
42	Keyaki	<i>Zelkova serrata</i> Makino.	31	12.0
43			26	8.8
44	Enoki	<i>Celtis sinensis</i> Pers. var. <i>japonlca</i> Nakai	25	7.9
45	Niseakasiya	<i>Robinia Pseudo-acacia</i> Linn.	12	6.2
46	Sendan	<i>Melia Azedarach</i> Linn. <i>subtripinnata</i> Minquel	14	5.3
47	Niwaurusi	<i>Allanthus altissima</i> Swingle	25	6.3

ずれも各樹種1ないし2本である。薬品は、染料として酸性フクシン、マカライトグリーン、メチレンブルー、ニグロシンおよびサフラニンを、また寸法安定化処理用としてポリエチレングリコール600(PEG600)を用いた。

2. 染色およびPEG処理

染料水溶液の濃度は0.2ないし0.5%, PEG濃度は15%一定であった。注入処理の方法は、まず生育木を地上高0.5mで切断、伐木後あらかじめ用意した所定濃度の染料またはPEG水溶液の入った容器中に元口を浸せし、隣接樹木を利用して試料木を直立状態に保ち、この状態で一定時間放置することにより染色材、PEG処理材を作製した。これらの実験は、8月の中、下旬に24~29時間および48時間処理を、また11月初旬から下旬にかけて17日間の処理をそれぞれ行った。後者の実験は、スギ材に限り、とくに樹高、元口直径のほぼ等しいものを選び出し、4種染料による吸液量の経時的変化、処理材の高さ方向の染料程度を詳しく調べた。

3. 処理材の染色程度

染色処理した材の元口より、25、50ないし100cm高さ毎に木口円盤を採取し、木口面上にあらわれる染色形態、模様を肉眼的に観察するとともに、木口面をゼロックス紙上に写しとり、染色部分と無染色部分を切り抜き重量法で測定し、樹高方向の染色の推移を調べた。

4. PEG処理材の収縮率の測定

処理材の抗収縮能(ASE)を明らかにするためにPEG処理材、無処理材の収縮率を測定した。前述3.と同様に各高さより円盤を採取し、髓をとる基準線(円盤の直径寸法)を円盤上に2ヶ所しるし、室内に約2週間、続いて50℃、105℃の熱気乾燥器中で数時間乾燥し、円盤直径の寸法変化を測定した。なお、無処理材の収縮率は、別途試料について高さ方向の収縮率測定を行ったほかに、PEG処理したのと同じ木の地上高0~50cmの丸太より円盤をとり、処理材と同様にして収縮率を求めた。

結果および考察

1. 吸液量と樹高方向の染色の推移

4種の染料による吸液量の経過をスギについてFig.1に示す。図より染料が異なると吸液量が著しく異なることが認められ、ニグロシンの場合には408時間経過後においてもたかだか3ℓ程度の吸液量にすぎないが、マカライトグリーン、メチレンブルー、酸性フクシンの場合には最大吸液量が96ℓ、66ℓ、44.5ℓに達している。結果としてマカライトグリーンは4種染料中で最大の吸液量を示し、その量は極めて大きなものである。注入処理中の葉の様子を肉眼観察した結果によると、酸性フクシン水溶液で処理したスギ材は、実験開始3日後には樹高6.9mの最先端の葉に染料が到達し、葉が赤く着色

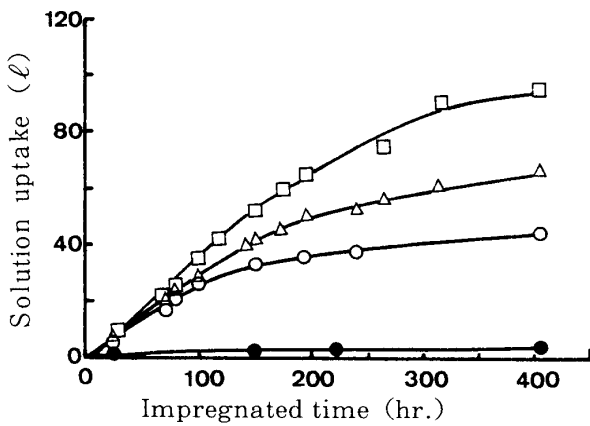


Fig. 1 Amount of the solution uptake of dyes by impregnation for living tree
Legend: □—□; Malachite Green,
△—△; Methylen Blue
○—○; Acid Fuchshin
●—●; Nigrosin

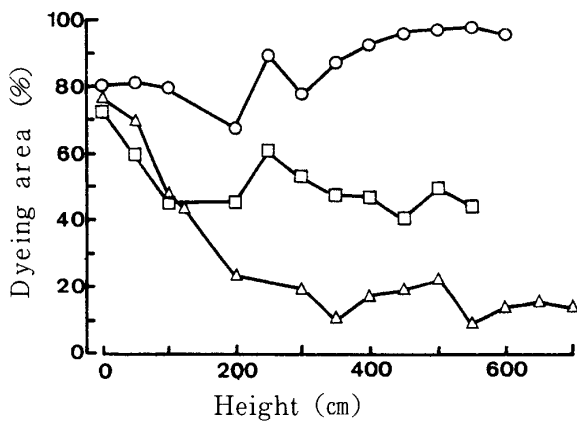


Fig. 2 Relationship between dyeing area and height for Sugi wood dyed by impregnation for living tree, Values of dyeing area shows as the percent of dyed area to total area of cross section on the each height of tree.
Legend: ○—○: Acid Fuchshin,
□—□: Malachite Green
△—△: Methylen Blue

するのがみられた。Fig. 2 にスギ染色材の樹高方向における染色の推移を示す。図中の染色面積の値は、各高さで採取した円盤の横断面面積を 100 としたときの同一面の着色面積の割合で示してある。なお、Fig. 1 から明らかなようにニグロシンの場合には吸液量も小さく、染色も殆ど認められなかったので図中割愛している。図によると酸性フクシンで染色したスギ材は高さ 6 m 以上になってもよく染色しており、しかも高くなるにつれて染色面積が増大する傾向を示している。マカライトグリーン、メチレンブルーの場合には、初期の値は酸性フキシンの

値と大差ないが、高さとともに染色面積割合が減少し、前者は 1 m 以上の高さで約 40 % の一定値を示し、後者は 3 m 高さまで漸減し続け、より以上ではせいぜい 10 % で、円盤の $\frac{1}{10}$ が染色しているにすぎない。従って、ある高さ (1 m) 以上の等しい高さで比較すると、全く染色していないニグロシンを含めて染色程度の染料による順位は、酸性フクシン > マラカイトグリーン > メチレンブルー > ニグロシンとなる。ここで、前述吸液量の順位、マラカイトグリーン > メチレンブルー > 酸性フクシン > ニグロシンと対比すると両者の間にはニグロシンを除き順位が一致していないことがわかる。このような結果は吸液量によって染色程度を予測できないことを示しており、加えて染料によって染料水溶液の選択吸着をおこしており、その程度が染料間で異なることを示唆している。

Fig. 3 は、広葉樹 5 樹種の樹高方向の染色推移を示す。また、計 21 樹種の 0.5 および 2 m 高さにおける染色面積割合の値を Table 2 に示す。図お

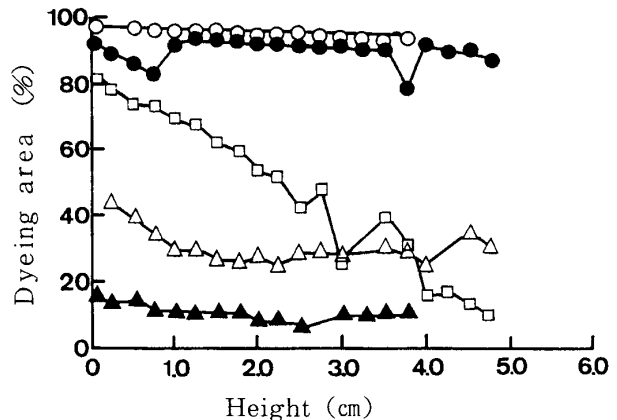


Fig. 3 Relationship between dyeing area and height for various hardwoods dyed by impregnation for living tree
Legend: ○—○: Irohamomiji,
●—●: Itayakaede
□—□: Hoonoki
△—△: Nemunoki
▲—▲: Niseakasiya

および表に示した樹種は、いずれも 0.5 % サフラニン水溶液で 24 ~ 29 時間注入処理されたものである。図によると広葉樹の場合には樹種によって染色程度にかなりの相違があることがわかる。すなわち、イタヤカエデ、イロハモミジのカエデ類は高さ 3.75 m まで木口円盤の 90 % から 95 % を染色しているが、環孔材であるネムノキ、ニセアカシヤは、初期の高さから染色程度が小さく、木口円盤の $\frac{1}{3}$ から $\frac{1}{10}$

Table 2 Dyeing area in a cross section on the each height for hardwoods dyed by the impregnation for the living tree

Species		Dyeing area in a cross section (%)	
		Height of 0.5 m	Height of 2 m
Diffuse- porous wood	Irohamomiji	96.6	94.6
	Itayakaede	85.7	92.0
	Hoonoki	74.7	53.7
	Asebi	81.5	34.9
	Uwamizuzakura	45.9	40.4
	Karasuzanshou	79.3	78.6
	Ryōbu	90.9	95.8
	Onigurumi	68.5	64.4
	Kusunoki	55.8	72.2
	Tochinoki	87.6	66.4
	Ave.	76.7	69.3
Ring- porous wood	Kuri	31.7	19.8
	Nemunoki	39.1	27.2
	Kenponasi	39.1	34.9
	Isonoki	41.6	49.2
	Akamegasiwa	17.8	17.6
	Nurude	23.2	17.1
	Keyaki	75.1	67.8
	Enoki	51.3	54.3
	Niseakasiya	14.1	8.3
	Sendan	30.8	26.2
	Niwaursi	46.4	37.6
	Ave.	37.3	32.7

が染色しているにすぎない。ホオノキは、低いところでは良く染色しているが高くなるにつれて、その程度が減少している。ホオノキが漸減傾向を示したのは、カエデ類に比べると染色速度が小さいためになお十分に染色されていないことによると考えられる。しかし、ネムノキとニセアカシヤの場合には、比較的低いところから染色面積割合が小さく、ほぼ一定の値で推移しているため、より以上の時間注入処理しても大きく染色面積が改善されることはなく、横断面で染色できる範囲が限られていると考えられる。ここで本実験に用いたイタヤカエデは、元口直径が8.5 cmと小さいものであるが、元口直径が20 cm以上であっても小径木同様に横断面がほぼ完全に染色することをすでに確かめている⁹⁾ので、とくに

カエデ類については、心材形成、樹液流動の機構からも興味深い樹種である。Table 2は、散孔材10樹種と環孔材11樹種の等しい高さにおける染色面積割合を比較したものである。表によると、それぞれの樹種グループのなかにおいて、良く染色しているものとそうでないものがあるが、ここでは、とくに散孔材グループと環孔材グループ間の相違に着目すると、両グループでは散孔材グループの樹種が環孔材グループの樹種よりも等しい高さにおいて染色面積割合の値が大きいことが認められる。各グループの0.5 mおよび2 m高さにおける平均値は表に示しているように散孔材グループで76.7%および69.3%、環孔材グループで37.3%、32.7%であり、前者は後者の約2倍の染色面積割合であることがわ

かる。従って、着色面積の大小のみによって評価するときには、環孔材に比べて散孔材がよく染色していることになる。しかしながら広葉樹の場合には、樹種あるいは樹種グループで後述するように特徴的な染色形態、模様を示すので、染色の程度のみでな

く染色形態、模様についても染色材の利用、加工にあたって検討しておくことが必要であると思われる。

Fig. 4は、4樹種の横断面の染色の様子を示す。図中のAはスギ、Bはリョウブ、Cはハンノキ、Dはアラカンである。スギは髄付近を除くと他はほと

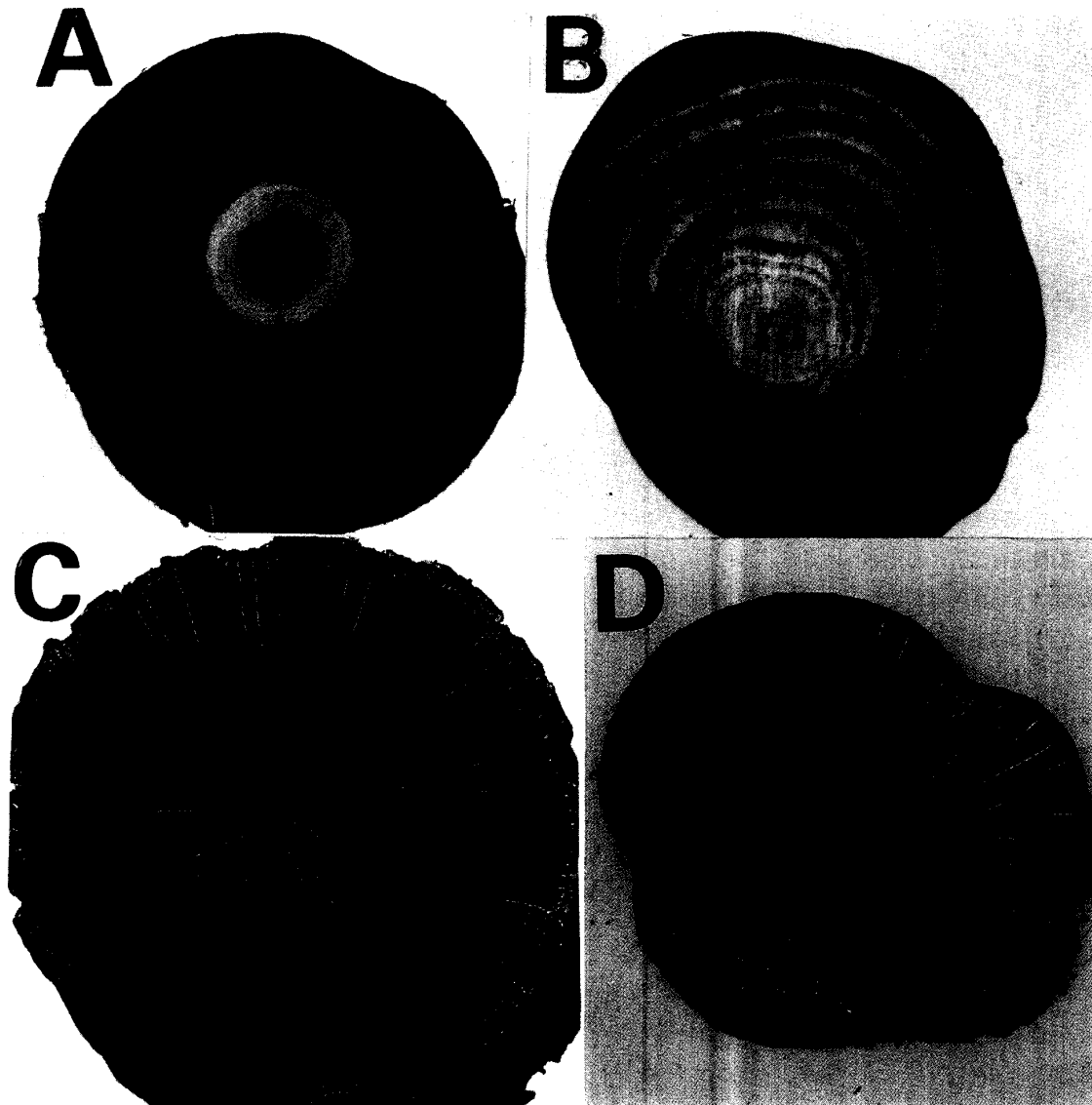


Fig. 4 Dyeing pattern on the cross section of the trees dyed by impregnation for living tree

Legend; A; Sugi, B; Ryōbu, C; Hannoki, D; Arakasi

んど均一に染色している。リョウブは早材部よりも晩材部をよく染色している。ハンノキとアラカシは放射組織が染色していないため、前述2樹種とは異なる染色模様を示している。さらに両樹種を詳しくみると、ハンノキは放射組織以外によく染色しているのに対してアラカシは放射状に配列する道管が染

色し、道管からの横浸透が概して小さいため染色が放射方向につらなる無数の棒状の着色として認められる。結果として横断面の染色模様はハンノキと異なる。とくにアラカシ染色材より板目板をとると着色部と無着色部の組み合わせによって、一見まさ目面にもた染色模様を呈する。図示していない樹種も

含めると広葉樹は、樹種ごとに特有の染色模様を示し、無処理材とは異なる特徴のある染色材となる。

2. PEG処理材の抗収縮能

PEG処理を48時間施したスギ材の樹高方向のASEの推移をFig. 5に示す。無処理材における放射方向の収縮率は高さによって顕著な差異はなく3.5～4.5%であった。ASEは各高さにおいて若

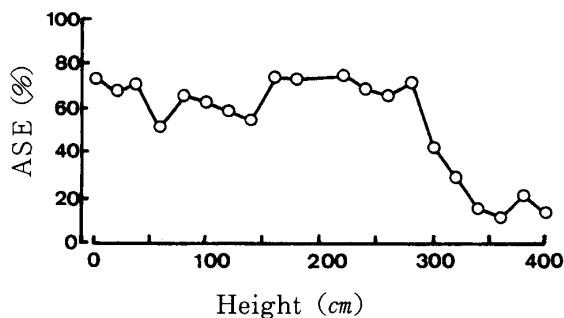


Fig. 5 Relationship between ASE and height of Sugi wood treated 15% aqueous solution of polyethylene glycol-600

干変動しているが、高さ2.8 mまでは平均約66%を示し、より以上になると値が急激に減少している。この挙動は48時間の処理でPEG水溶液が高さ約2.8 mに達し、これ以下で効果が認められ、以上で効果を示さなかったことによる。結果として生材を急速乾燥しても割れなしに乾燥できた。しかし、広葉樹3樹種（リュウブ、ヤマザクラ、コナラ）のPEG処理材は、いずれの高さから採取した円盤も室内に放置して乾燥している段階で割れが発生し、PEGによる寸法安定性の付与の効果は認められなかった。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、多大の便宜を賜った本学演習林本部本城尚正助教授、妹尾俊夫講師、ならびに徳田利春技師に心から謝意を表します。また、実験に協力して頂いた京都府立大学農学部木材工学研究室、昭和60年度専攻生河辺友好君、昭和61年度専攻生佐藤肇君に感謝の意を表します。

文 献

- 1) Stalker, I.N., McClymont, C.S.: Journal of Institute of Wood Science, 8, 5-9 (1976)
- 2) 日本木材加工技術協会木材保存部会編: 木材保存ハンドブック, 昭晃堂, 164 (1961)
- 3) 岸本潤, 三城昭義, 飯田生穂: 第16回日本木材学会大会要旨集, p87 (1966)
- 4) 岸本潤: 木材工業, 21 (8), 345-348 (1966)
- 5) 森川靖: 東京大学農学部演習林報告, 66 251-296 (1974)
- 6) 飯田生穂, 野村隆哉: 第39回日本木材学会大会要旨集, p404 (1989)

Summary

For effective utilization of lesser-used species the impregnation of dye aqueous solution and dimensional stability agents to green trees using the sap-flow and transpiration actions of leaves is described. The effect of using different dyes and species on the shape of the dye patterns in the cross section, antishrink efficiency (ASE) and the extent of dyeing in the height of tree (ratio of dyeing areas to cross section) were investigated.

The amount of adsorption of the dye aqueous solution differs with dyeing materials and adsorption of four dye aqueous solutions for sugi wood has been shown to decrease in the following order: Malachite green > Methylene blue > Acid fuchusin > Nigroshin.

Malachite green aqueous solution was absorbed 96 liters in 17 days by Sugi wood. In the same height of tree the adsorption of dye aqueous solution did not correspond to the extent of dyeing area except Nigroshin and the extent of dyeing areas was maximum in the Acid fuchusin. The ratio of dyed area to cross section was bigger in the diffuse porous woods than in the ring porous woods: at the 2 m height of tree the dyed area of cross section was about 70% for the diffuse porous woods and about 33% for the ring porous woods. The hardwoods showed the characteristic dye patterns in the cross section as shown in Fig. 4.

Sugi wood showed about 66% ASE up to the 2.8 m height of tree. Sugi wood discs could be dried without checking from green to oven-dry state, but the checking was found in hardwoods discs during drying and this treatment did not give enough efficiency for hardwoods.