

県産材の材質特性と加工利用技術の解明

間伐小径材の利用技術

誌名	愛媛県林業試験場研究報告
ISSN	03892875
著者名	村口,良範 武智,正典
発行元	愛媛県林業試験場
巻/号	15号
巻号補足	
掲載ページ	p. 97-112
発行年月	1994年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



県産材の材質特性と加工利用技術の解明

－（間伐小径材の利用技術）－

村 口 良 範

武 智 正 典

要旨：スギ小丸太へ2種の防腐薬剤を加圧注入し、注入材の薬剤定着後の乾燥・吸水による変化を調べた。

- ・注入時に施行した背割り等は注入量を増加させる効果はなかったが、乾燥後の割れ発生を抑制する効果は認められた。
- ・注入量は丸太の容積量と負の相関があり、事前に含水率を低下させることによって注入量は増加させることができる。
ただ、スギ小丸太においては内部への薬液の浸潤にはバラツキが多く、浸潤度を性能評価の指標とすることには検討を要する。
- ・注入後、乾燥による含水率低下にはCCA注入材では注入量が影響しており注入量が多いものは含水率の低下が緩慢である。DDACでは注入時の含水率がわずかに影響していた。
- ・注入材の吸水において木口から離れた部分ではCCA処理材は注入量が多いほど吸水量は少ないが、DDACは注入量のいかににかかわらず吸水面積が関与している。

I はじめに

間伐材を主体とした針葉樹小丸太の主要な用途である外構用部材においては、小丸太を丸太の形状のままで使用することが多く見うけられる。その場合問題となる耐久性向上のための防腐処理について、水溶性防腐薬剤のスギ小丸太への加圧注入の特性を調べ、定着後の耐朽性に及ぼす要因を探ることを目的として、同じ加圧注入条件で処理した処理材について、その品質を評価する方法の検討と各種前処理を施したスギ小丸太に薬剤定着後に現れる変化を乾燥・吸水を因子として調査したのでその結果を報告する。

II 材料及び方法

1 供試薬剤

使用した防腐薬剤は水溶性防腐剤2種（CCA2号（JIS K1554-2）とDDAC系（®日本木材保存協会認定（ジデシルジメチルアンモニウムクロライド））とした。

2 試験材の調達

注入時の供試材の乾燥条件を生材・葉枯らし処理材（樹皮付き・樹皮剥ぎの2条件で葉枯らししたもの）・人工乾燥材の4条件とした。試験に供したスギ材は末口径10～15cmの材長3mの心持ち丸太（1番玉）として調達した。生材・人工乾燥用の供試材は原木市場から入手し、葉枯らし処理材（樹皮付き・樹皮剥ぎ）は山元に依頼し3ヵ月の期間を経て入手した。

2種類の薬剤別に各条件毎に2本ずつ使用した。

Yoshinori MURAGUCHI, Masanori TAKECHI

3 試験体の作成および形状

人工乾燥条件の供試材については試験場に搬入後剥皮し、蒸気式乾燥機に入れ気乾含水率程度まで人工乾燥させた後に試験体とした。生材条件と葉枯らし条件の供試材は含水率をそのままの状態に保ち、樹皮付きのものは直前に剥皮して試験体とした。

試験に際しては、既報¹⁾を参考にして3 m材の中心部で材質調査用の円盤を採取し、加圧注入試験用に1.2 m試験体2体を採材し、残りの両端部も材質調査に使用した。

注入試験用の生材及び葉枯らし条件試験体の一部については簡易な劣化対策²⁾として行われる背割り等を施すこととし、図-1のとおりに2体のうち1体に背割りあるいは切り込み（以下背割り等という）を施し、もう1体には背割り等を施さない状態とした。

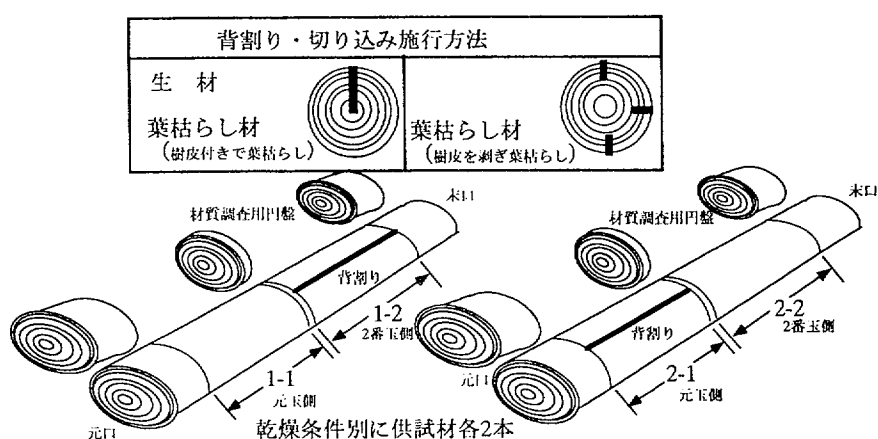


図-1 試験体の採取位置

なお、図-1のとおりに条件毎の供試材2本から採材する各2体の試験体（元玉側・2番玉側）に入れる背割り等の位置は逆とした。さらに元口からの薬液の侵入を防ぐため元口端をエポキシ樹脂接着剤でコーティングし、末口はそのままの状態で作試験体とした。

試験体を区分するために次の略号を使った。

KD——人工乾燥条件の試験体

G——生材条件の試験体

SDN——葉枯らし期間中樹皮を剥いで葉枯らしをおこなった葉枯らし乾燥条件の試験体
（以下「葉枯らし乾燥材（皮はぎ）」という）

SDB——樹皮をつけたままで葉枯らしをおこなった葉枯らし乾燥条件の試験体
（以下「葉枯らし乾燥材（皮付き）」という）

4 試験方法

(1) 注入試験

各防腐薬剤とも成分比2%の水溶液とし、加圧注入条件はJ I S (JIS A9002)に定める第

1 方法（ベセル法）により前排気（30mins.24 ～30torr）→液加圧（2hrs.15 kgf/cm²）→後
 排気（30mins.24 ～30torr）の注入条件で加圧注入を行った。注入直前と直後に重量を測定
 して注入量をもとめた。

注入量に関与する因子として試験体の含水率・容積重・気乾比重・心材率・年輪幅・晩材
 率・クラック等を調査した。

(2) 乾燥特性調査

注入した試験体は薬剤が定着後、屋内で天然乾燥を行い、気乾含水率（重量推定）になる
 まで経時的に重量を測定した。

また気乾状態となった時点における割れ発生の状況を調査した。

割れの評価に次の指標を使った。

$$\text{材長割れの率} = \frac{\text{材面に発生した材面割れの繊維方向の延長}}{\text{試験体の材長}} \times 100$$

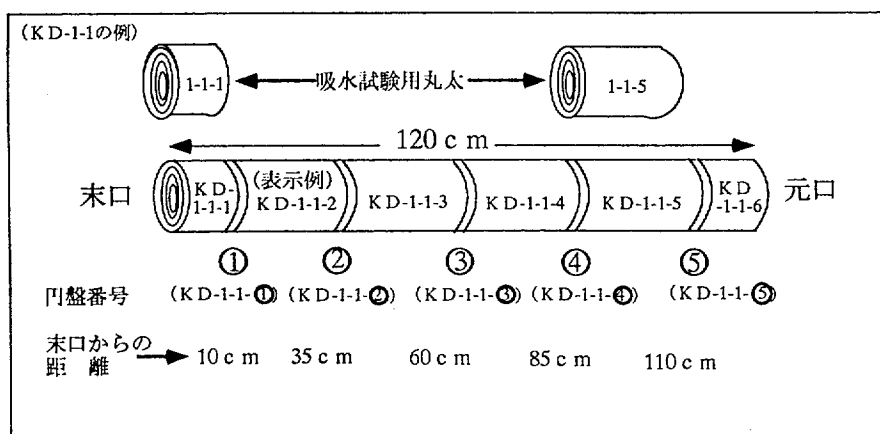
割れの深さ……………末口から1.1m離れた位置で採取した円盤の横断面中心方向へ発生した
 割れ（1本当たりに換算）

露出長……………上記円盤の割れ発生により未浸潤部が露出した延長

（雨水等の侵入により接液されると想定される辺長で概ね未浸潤部に発
 生した割れ深さの2倍）

(3) 浸潤度の測定

気乾状態に達した各試験体を図－2に示すとおり長さ方向に木口（末口）から10cm、35cm、
 60cm、85cm、110cmの位置で切断し、それぞれ円盤を採取した後、CCA・DDACとも規定
 に定められた呈色試薬を塗布して浸潤部分を発色させ、横断面上での浸潤状況を調査した。



図－2 浸潤度測定位置及び吸水試験片採取位置

なお、薬液浸潤の評価に使った浸潤度は次の算式によった。

$$\text{浸潤度 (\%)} = \frac{\text{薬液浸潤部分の合計面積}}{\text{木口横断面の全面積}} \times 100$$

(4) 吸水試験

試験体は採取位置により、末口側から10cmまでの部分で採取した丸太（以下No.1丸太という）及び末口から85cm～110cm位置で採取した丸太（以下No.5丸太という）の2種とし、No.1丸太は薬剤注入木口面側と材面からの吸水特性を見るために元口端をエポキシ樹脂接着剤でコーティングし、No.5丸太は材面からの吸水特性をみるために両木口をコーティングし吸水試験用の試験体とした。

各丸太とも木口が水面と平行に、末口が水面側になるよう配置し、末口面が水面下5cm程度の距離になるよう底面、水深を調節し、浮き止めの重石を置いた。

試験体の重量を経時的に測定した。測定時の水温は22℃～25℃であった。

吸水量の評価に次の指標を使った。

$$\text{面吸水量 (g/cm}^2\text{)} = \frac{\text{水中浸漬により吸水した水の質量}}{\text{吸水面の総面積 (割れ部分の接液面積はカウントしない)}}$$

$$\text{体積吸水量 (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{水中浸漬により吸水した水の質量}}{\text{試験体の体積}}$$

Ⅲ 研究結果及び考察

1 加圧注入試験

(1) 乾燥処理条件別の注入量について

乾燥処理方法別に各4本ずつの加圧注入をおこなった。

注入時含水率と注入量・吸水量について上村³⁾らは木レンガの試験により考察している。本試験では注入量をJ I S 9002の水溶性木材防腐剤の規定量200kg/m³を基準に評価した。

表－1に各試験体の材質と注入結果及び含水率（両端部から採取した試験片からの推定値）を示す。人工乾燥処理とはく皮して葉枯らし乾燥処理したものの注入量が300kg/m³を越えている。注入量だけでみると、辺材部の多い間伐小径材においては、葉枯らしによる含水率の調整が前処理として有効と考えられる。しかし3ヶ月の樹皮付きで葉枯らししたものの内DDAC注入試験に供試した試験体においては含水率が100%を越えており生材状態であった。そのため樹皮付きで葉枯らしした材の一部と生材においては、200kg/m³のJ I S 規定量に達していないものもあった。

表－１ 注入試験の結果及び注入材材質一覧表

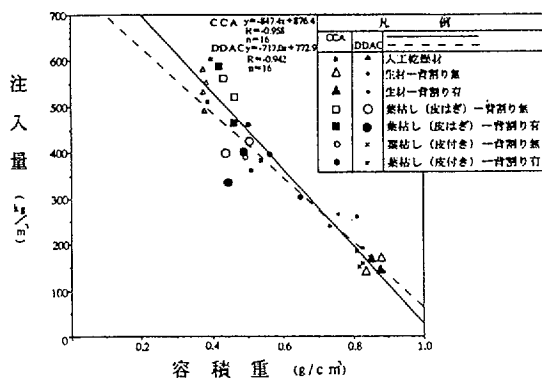
CCA試験材								
項目 番 号	注入量 kg/m ³	注入時 含水率 %	容積重 g/cm ³	元口 年輪数	平 均 年輪幅 mm	晩材率 %	心材率 %	比重
KD-1-1	511	18.8	0.390	30	2.0	16.1	47.4	0.394
KD-1-2	603	15.1	0.398	26	2.1	15.8	45.1	0.397
KD-2-1	362	13.7	0.508	25	2.2	24.2	50.2	0.512
KD-2-2	383	13.3	0.536	23	2.3	22.5	43.7	0.523
G-1-1	141	137.7	0.838	16	3.5	14.0	46.8	0.421
G-1-2	146	146.7	0.879	14	3.6	14.3	41.8	0.427
G-2-1	169	134.8	0.854	15	3.6	14.4	27.6	0.434
G-2-2	170	143.8	0.880	14	3.7	13.7	21.7	0.428
SDN-1-1	562	19.4	0.432	21	2.7	16.1	35.0	0.421
SDN-1-2	587	18.1	0.420	19	2.7	14.1	33.0	0.411
SDN-2-1	485	19.1	0.460	21	2.5	16.5	47.5	0.459
SDN-2-2	522	18.7	0.462	19	2.6	16.1	40.6	0.450
SDB-1-1	391	54.3	0.491	19	2.8	13.1	42.2	0.379
SDB-1-2	461	51.2	0.502	15	2.8	14.5	35.7	0.384
SDB-2-1	303	67.1	0.651	18	3.1	17.4	29.9	0.451
SDB-2-2	398	49.4	0.561	16	3.0	16.5	18.6	0.448

DDAC試験材								
項目 番 号	注入量 kg/m ³	注入時 含水率 %	容積重 g/cm ³	元口 年輪数	平 均 年輪幅 mm	晩材率 %	心材率 %	比重
KD-1-1	533	11.6	0.378	14	4.3	8.8	31.5	0.385
KD-1-2	581	11.1	0.378	12	4.7	8.2	26.2	0.381
KD-2-1	492	11.9	0.379	17	3.3	10.9	50.4	0.392
KD-2-2	552	10.6	0.386	15	3.3	10.5	43.4	0.386
G-1-1	238	100.2	0.734	26	2.1	10.4	57.3	0.394
G-1-2	238	107.2	0.734	24	2.1	10.6	54.6	0.399
G-2-1	285	90.2	0.759	35	1.6	15.0	58.8	0.481
G-2-2	280	86.7	0.812	32	1.6	16.1	52.1	0.480
SDN-1-1	400	36.9	0.438	30	1.9	9.5	56.2	0.365
SDN-1-2	336	35.5	0.444	28	1.8	9.4	50.8	0.374
SDN-2-1	403	47.9	0.487	29	2.1	13.1	59.6	0.430
SDN-2-2	425	50.9	0.504	26	2.2	13.4	55.8	0.391
SDB-1-1	183	142.7	0.810	21	2.9	10.4	56.9	0.401
SDB-1-2	191	151.1	0.826	19	2.9	9.9	53.7	0.394
SDB-2-1	158	135.5	0.826	18	3.5	11.5	50.3	0.440
SDB-2-2	151	136.5	0.816	16	3.5	11.0	43.6	0.430

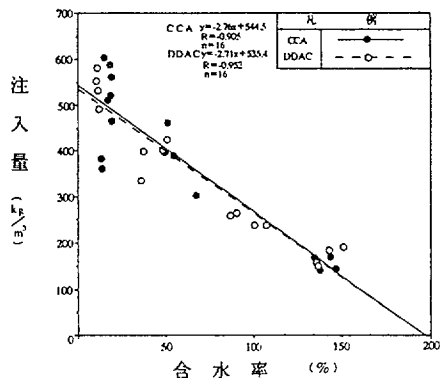
(2) 注入量に影響を及ぼす因子

今回使用した水溶性の防腐薬剤２種において、注入量と注入時の容積重には図－３のとおりに高い負の相関があり、小試験体で行った既報^{4) 5)}と同様の結果となった。図－４に示すように含水率にも大きく影響されていることから木材中の水分が防腐薬剤の侵入を阻害していると推察される。

なお、その他の因子として調査した供試材の平均年輪幅・心材率・晩材率には注入量との関係は認められなかった。



図－３ 容積重と注入量の関係



図－４ 含水率と注入量の関係

使用した2薬剤の注入における特異性は認められなかったが、DDACの注入時に気泡が発生した。

(3) 背割り等が注入量に及ぼす影響

背割り・切り込みを施した生材・葉枯らし材について、背割り等の有無による注入量を比較すると、CCA・DDACとも注入量に有為な差はなかった。このことから、背割りが注入量を増加させる効果はほとんど期待できないものと推測される。しかし、注入時の含水率が100%を超える高含水率材の注入においては木口からの薬液浸入の影響の少ない部分において、後で述べる浸潤率は背割りを施した供試材の方がCCA・DDACともに高いことから、部分的な薬液の浸入経路をつくる効果は期待できる。

(図-16・17参照)

2 注入材の乾燥試験

(1) 含水率の経日変化

CCA注入材の乾燥については石田らは人工乾燥⁶⁾をおこない処理前の乾燥管理により生材の乾燥より乾燥は早くなることを指摘している。

CCA及びDDAC試験材について屋内で天然乾燥した結果、図-5～図-8に示すように含水率が低下した。この含水率は測定した重量により、最終的に割材した全乾重量から推定することにより求めた。全ての条件の試験体は注入時には飽水状態に近い含水率であったが

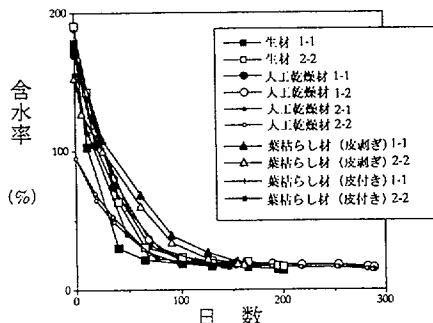


図-5 CCA注入材（背割りなし）の天然乾燥経過

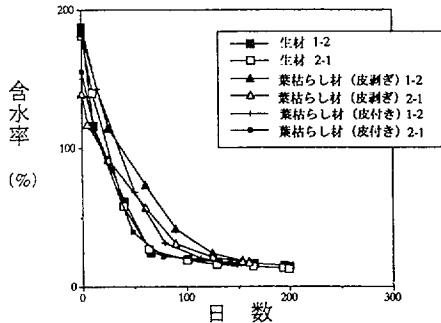


図-6 CCA注入材（背割り施行）の天然乾燥経過

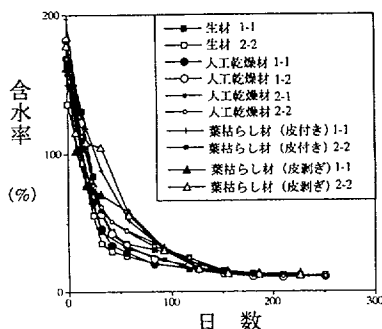


図-7 DDAC注入材（背割りなし）の天然乾燥経過

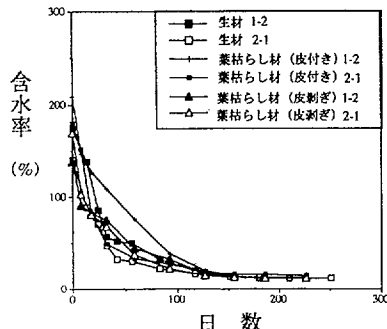


図-8 DDAC注入材（背割り施行）の天然乾燥経過

4 ヶ月で25%以下の含水率に達しており、さらに屋内の平衡状態に漸近していることがわかる。

(2) 天然乾燥途中の乾燥に影響する因子

乾燥に要する日数に背割りの有無は影響していなかった。乾燥開始1 ヶ月から3 ヶ月目の含水率に個体差があり、漸減する曲線が条件別に同じ傾向で推移していることから2 ヶ月(60日)経過時の含水率に着目し、注入量・丸太の比重・注入時含水率との関係を調べた。

なお、乾燥60日目の含水率は60日目に近い測定実施日の測定値を補正した値である。CCA注入材は乾燥途中の含水率と注入を終了した時点の乾燥初期含水率との関係が認められなかった。図-9はCCA処理丸太の注入量と含水率(60日目)との関係を示す。

CCA注入材においては、乾燥途中の含水率に注入量が影響を及ぼしていることが推察され、注入の前処理として乾燥し注入量を多くした材が乾燥しにくい結果となった。

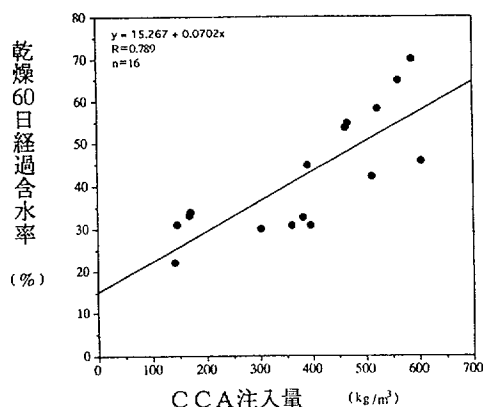


図-9 CCA注入材の注入量と乾燥60日経過含水率の関係

しかし、DDACにはこの関係は認められなかった。その他の因子には含水率に大きく影響を与えているものはなかったが、DDACでは注入開始時に含水率の高かった材が注入量にかかわらず乾燥しにくい傾向が認められた。

(3) 乾燥にともなう割れの発生状況

注入材の再乾燥による割れ発生は薬液未浸潤部分の露出や雨水の侵入路となることが想定されることから、注入時の試験体の条件別に調査した。

ア 材面に発生した割れ

各注入材について、ほぼ気乾含水率になった段階で材面に発生した割れの延長を測定し、注入前に測定したものとの比較を行った。

図-10、図-11は注入時の乾燥条件別の結果である。図中の葉枯らし乾燥材(皮はぎ)の背割り等を施行した試験体については3方より切り込みを入れているがその延長はカウントしていない。

CCA処理材・DDAC処理材とも生材・葉枯らし材(皮付き)の背割りを施した材には割れの発生が認められなかったが、背割りを施していないものには幅1mm以上の大きな割れ(貫通割れを含む)が発生していた。人工乾燥材には注入時に割れが発生しており背割りを施さなかったが、乾燥後に1mm以下の小割れが拡大していた。

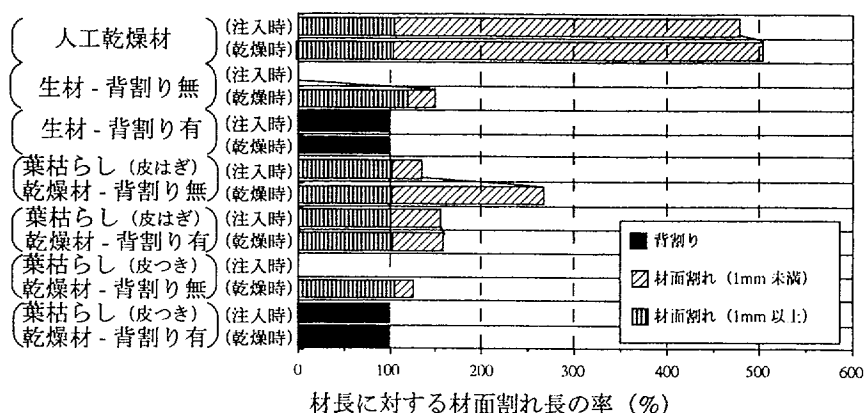


図-10 CCA注入材の材面割れの発生状況

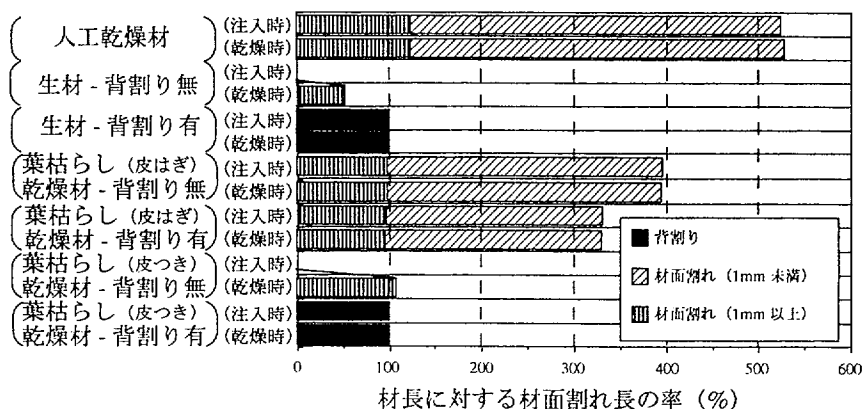


図-11 DDAC注入材の材面割れの発生状況

葉枯らし材（皮はぎ）には全て注入時に割れが発生していた。再乾燥後にCCAでは切り込みをした材の割れ発生が大きく抑制されたが、DDACでは背割り等の有無にかかわらず注入材の割れは拡大していない。

以上のことより、間伐小径木程度の丸太では、髓に到達するまで背割りを入れたものは割れの発生が著しく抑制されるが、辺材部分での切り込み程度では割れの拡大は抑制できないことが推定される。

イ 材中への割れ発生

試験体の材長が1.2mと一定であることより、各注入材について、各条件別試験体毎に乾燥後発生した割れ深さと割れ発生により露出した未浸潤部分の延長を供試木1本当たりの平均値と比較した結果を図-12～図-15に示す。CCA・DDACとも背割りの施行が未浸潤部の露出を抑制する効果が認められた。背割りを施していないものは注入時の含水率に比例して未浸潤部の露出が大きい。

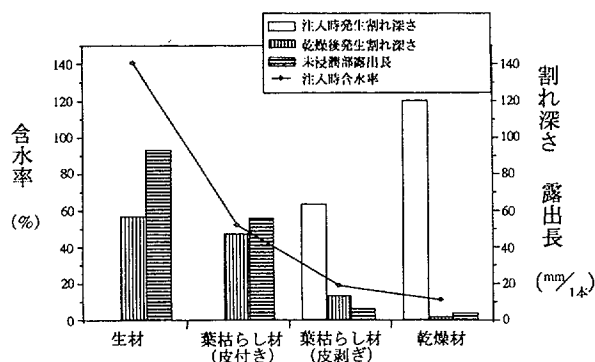


図-12 CCA注入材の乾燥による横断面(1.1m位置)上の割れ発生状況(背割り等無し)

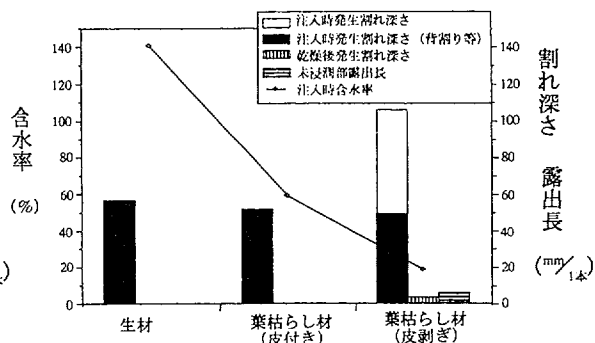


図-13 CCA注入材の乾燥による横断面(1.1m位置)上の割れ発生状況(背割り等施行)

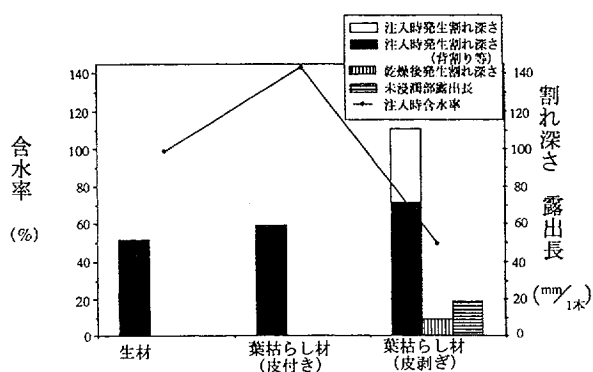


図-14 DDAC注入材の乾燥による横断面(1.1m位置)上の割れ発生状況(背割り等無し)

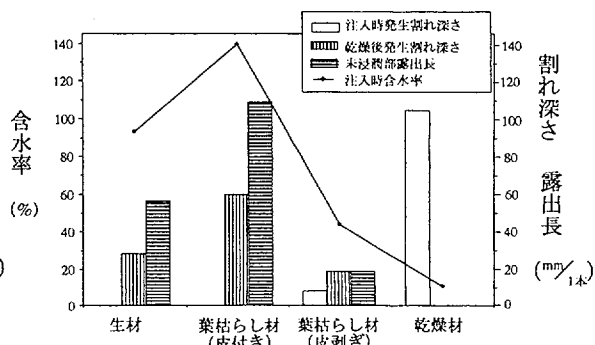


図-15 DDAC注入材の乾燥による横断面(1.1m位置)上の割れ発生状況(背割り等施行)

3 薬液の浸潤状況

(1) 繊維方向の浸潤状況

コーティングしていない末口から0.1m、0.35m、0.60m、0.85m、1.10m離れた各位置で採取した円盤横断面における浸潤度について、末口からの距離と浸潤度の関係を示したのが図-16・図-17である。末口から0.1m程度では浸潤度の差は小さく、木口から離れるにつれて、浸潤度が漸減し各条件別に開きも拡大している傾向があった。これは、薬液の木口面からの浸透が丸太材面からの浸透より容易であること、薬剤浸透に異方性があることが推察される。円盤を観察すると、写真-1・写真-2のように木口から近い距離のものは心材部にも薬液が浸透しているのが確認できる。

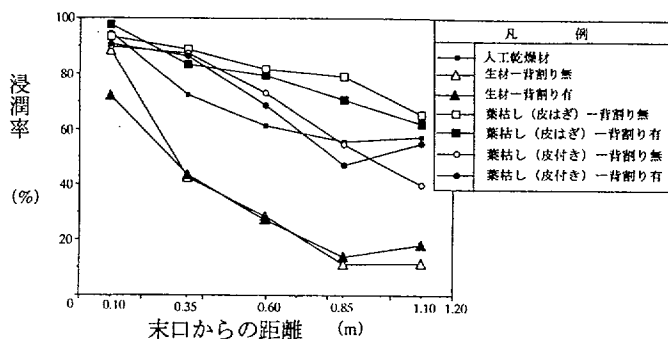


図-16 CCA注入材横断面における浸潤率

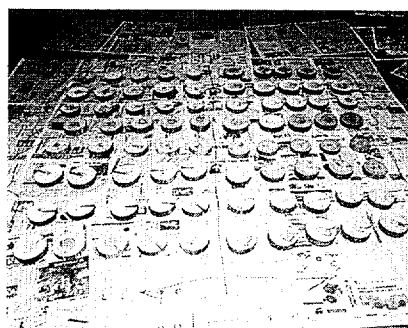


写真1 (呈色前)

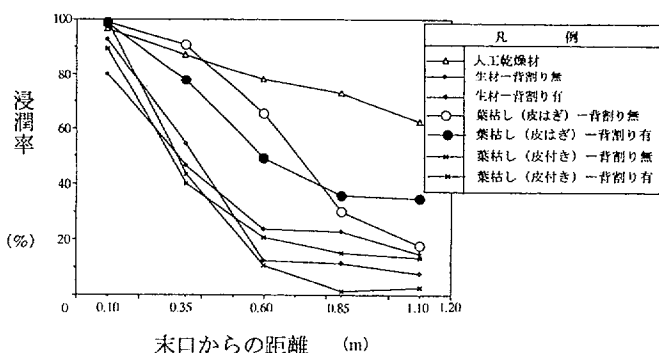


図-17 DDAC注入材横断面における浸潤率



写真2 (呈色後)

次に注入量と浸潤面積には正の相関があることから、各試験体の注入量と木口（末口）からの距離別に採取した円盤上で測定した浸潤度（全面積に対する）の単相関係数を表-2に示す。

表-2 注入量と浸潤度の単相関係数（木口からの距離別）

薬剤 \ 距離	0.10m	0.35m	0.60m	0.85m	1.10m
CCA	0.730	0.846	0.914	0.945	0.918
DDAC	0.446	0.921	0.935	0.925	0.846

今回使用した水溶性の2薬剤については浸透の程度は別にしても、注入量に見合う浸潤度は得られている。しかし木口に近い部分の浸潤度にバラツキが大きいことは浸潤度を品質評価の指標とするには木口からの浸透の影響が少ないところで調査する必要があることを示唆している。

(2) 規格・基準に基づく評価

ア 規格・基準の内容

防腐処理木材の性能基準のうち丸太を対象とした基準は(社)日本木材保存協会が定めた「薬品処理木質外構部材の製造基準」（以下「製造基準」と言う）とJIS（日本工業規

格)の製品規格である「加圧式クロム・銅・ひ素化合物系木材防腐剤処理木柱(JIS A9107)(以下木柱規格と言う)がある。金平ら⁷⁾は製材規格におけるJASとJISの比較を行っているが、本報では前述の2つの規格・基準(以下基準という)に基づき浸潤度の評価を行うこととした。JISの木柱規格についてはCCA薬剤限定規格であるがDDACにも準用した。

表-3は上記の基準・規格の内・試験片採取位置・浸潤度の評価方法を要約した。今回評価に使った浸潤度は、基準を参考にして、成長錘で穿孔する場合に評価の対象となると想定される部分(材面から規定の距離まで)に境界線を引き、その部分を評価対象面積として測定した浸潤面積との比率から求めた。また、試験片採取位置は、コーティングにより長尺材を想定していることより、木口(末口)から0.85mm位置の円盤上で行った。

表-3 規格・基準にみる浸潤度の性能評価

「薬品処理木質外構部材の製造基準」 (社)日本木材保存協会 (1) 試験片の採取方法 丸太については長さの中央付近から材面に向かって直角に成長錘を用いて30mmの長さの試験片を採取する。(樹種により心材の耐久性のグループ分けがされており試験片の長さがグループで決められている一スギはグループ II) (2) 浸潤度の性能基準 辺材の80%以上、及び表面から10mm以内に存在する心材の80%以上とする	「加圧式クロム・銅・ひ素化合物系木材防腐剤処理木柱(JIS A 9107) (1) 試験片の採取方法 浸潤長測定に使う試験片の採取位置は木柱の長さによって採取位置(木口からの距離)が決められており、木柱の長さが5.0m以上8.5m未満のものは、木口から1.2m±0.1mの位置で成長錘を用いて中心に向かって採取する。 (辺材長部分によって評価を行うため心材に達するまでの試験片が必要である) (2) 浸潤度・浸潤長の性能評価 浸潤度は辺材長に対する浸潤長でもとめ、防腐剤の浸潤長によって木柱の種類を1K、2Kに区分する。 1K――浸潤度が85%以上かつ浸潤長20mm以上 2K――浸潤度が85%以上かつ浸潤長10mm以上20mm未満
---	--

イ 評価結果

評価結果を表-4に示す。

今回用いた試験材は辺材長が3cm程度の小径木であったため、可否の判定に浸潤度が重

く関与する結果となり、木柱規格が85%の浸潤度を要求しているため、木柱規格が厳しい評価結果となった。DDAC注入材については2基準の注入量の規定はクリアーしても、この浸潤度の基準を満たせず、不合格となることが考えられる。

また辺材長の長い丸太においては木柱規格に合格することは困難であり、この規格をあてはめることは無理であった。今回供試したスギ丸太の中で注入前処理に含水率調整した人工乾燥材の一部に浸潤度の基準値を満たしていないものがある。

また、規格に定める生長錘による試験片採取では採取する位置によって合否が反転する危険性も想定され、スギ材の材質の特異性を示唆する結果となった。

図-18はCCA・DDAC薬剤について、円盤採取1.1m位置での注入量と浸潤度の関係を示す。スギ丸太への加圧注入においてDDACは、CCAと同じ注入量だと浸潤度が低い傾向がうかがえる。

表-4 各試験体の規格・基準に基づく評価

保存協会・薬品処理木質外用部材の製造基準						
番号	区分	評価の対象となる全体面積 (cm ²)		左記のうち浸潤面積率 (%)		合 否
		辺材部(3cm以外)	辺材のみ	評価採用面積	浸潤面積	
KD-1-1-4		91.7		91.7	91.7	100.00 合格
KD-1-2-4		81.9		81.9	71.6	87.42 合格
KD-2-1-4		83.4		83.4	35.4	42.45 不合格
KD-2-2-4		79.3		79.3	33.1	41.74 不合格
G-1-1-4		84.3		84.3	7.8	9.25 不合格
G-1-2-4		78.6		78.6	11.9	15.14 不合格
G-2-1-4		85.7		85.7	17	19.84 不合格
G-2-2-4		81.5		81.5	15.3	18.77 不合格
SDN-1-1-4		87.7		87.7	83.8	95.55 合格
SDN-1-2-4		76.2		76.2	71.4	93.70 合格
SDN-2-1-4			65.1	65.1	54.2	83.26 合格
SDN-2-2-4			68.5	68.5	62.1	90.66 合格
SDB-1-1-4		77.9		77.9	66.3	85.11 合格
SDB-1-2-4		63.4		63.4	35	55.21 不合格
SDB-2-1-4		85.2		85.2	46.1	54.11 不合格
SDB-2-2-4		70.7		70.7	35.5	50.21 不合格

保存協会・薬品処理木質外用部材の製造基準						
番号	区分	評価の対象となる全体面積 (cm ²)		左記のうち浸潤面積率 (%)		合 否
		辺材部(3cm以外)	辺材のみ	評価採用面積	浸潤面積	
KD-1-1-4		93.2		93.2	86.2	92.49 合格
KD-1-2-4		85.7		85.7	80	93.35 合格
KD-2-1-4		87.5		87.5	61.4	70.17 不合格
KD-2-2-4		81.5		81.5	59.3	72.76 不合格
G-1-1-4			74.6	74.6	8.5	11.39 不合格
G-1-2-4			71.5	71.5	10.9	15.24 不合格
G-2-1-4			73.8	73.8	19	25.75 不合格
G-2-2-4			66.8	66.8	7.6	11.38 不合格
SDN-1-1-4			80.8	80.8	42.6	52.72 不合格
SDN-1-2-4			69.9	69.9	39.9	57.08 不合格
SDN-2-1-4			87.2	87.2	43.7	50.11 不合格
SDN-2-2-4			81.7	81.7	25.3	30.97 不合格
SDB-1-1-4			91.9	91.9	5.1	5.55 不合格
SDB-1-2-4			79	79	11.6	14.68 不合格
SDB-2-1-4			108.8	108.8	11.3	10.39 不合格
SDB-2-2-4			104.3	104.3	1.8	1.73 不合格

日本工業規格・加圧用クロム・銅・ひ素化合物系防腐剤処理木柱						
番号	区分	木柱の種類 (浸潤長別)		全体の面積 (cm ²)		総合評価
		浸潤長	1k・2k 別	辺材部	浸潤面積	
KD-1-1-4		2cm以上	1k	99	99	100.00 1k
KD-1-2-4		2cm以上	1k	88.8	78.5	88.40 1k
KD-2-1-4		1cm以上	2k	86.4	37.2	43.06 不合格
KD-2-2-4		1cm以上	2k	84	35.3	42.02 不合格
G-1-1-4		1~2mm	エラー	85.5	8.1	9.47 不合格
G-1-2-4		0~2mm	エラー	83.3	13.4	16.09 不合格
G-2-1-4		0~1mm	エラー	103.7	18.6	17.94 不合格
G-2-2-4		0~1mm	エラー	98.1	16.3	16.62 不合格
SDN-1-1-4		全体	1k	100.7	92.1	91.46 1k
SDN-1-2-4		全体	1k	89	79.4	89.21 1k
SDN-2-1-4		1・2cm以上	1k・2k	65.1	54.2	83.26 不合格
SDN-2-2-4		2cm以上	1k	68.5	62.1	90.66 1k
SDB-1-1-4		2cm以上	1k	81.2	67	82.51 不合格
SDB-1-2-4		散在	1k・2k・イ-	64	35	54.69 不合格
SDB-2-1-4		1cm以上	2k	98.3	52.8	53.71 不合格
SDB-2-2-4		1cm以上	2k	80.2	38.2	47.63 不合格

日本工業規格・加圧用クロム・銅・ひ素化合物系防腐剤処理木柱						
番号	区分	木柱の種類 (浸潤長別)		全体の面積 (cm ²)		総合評価
		浸潤長	1k・2k 別	辺材部	浸潤面積	
KD-1-1-4		全体	1k	117.3	102.8	87.64 1k
KD-1-2-4		全体	1k	110.4	93.8	84.96 不合格
KD-2-1-4		2cm以上~1mm	1k・2k・イ-	88.1	62.4	70.83 不合格
KD-2-2-4		2cm以上~1mm	1k・2k・イ-	84.1	60.4	71.82 不合格
G-1-1-4		0~3mm	エラー	74.6	8.5	11.39 不合格
G-1-2-4		0~4mm	エラー	71.5	10.9	15.24 不合格
G-2-1-4		1~5mm	エラー	73.8	19	25.75 不合格
G-2-2-4		1~2mm	エラー	66.8	7.6	11.38 不合格
SDN-1-1-4		1cm以上	2k	80.8	42.6	52.72 不合格
SDN-1-2-4		6mm以上~1cm以上	2k・イ-	69.9	39.9	57.08 不合格
SDN-2-1-4		5mm~1cm以上	2k・イ-	87.2	43.7	50.11 不合格
SDN-2-2-4		3mm~1cm以上	2k・イ-	81.7	25.3	30.97 不合格
SDB-1-1-4		0~3mm	エラー	91.9	5.1	5.55 不合格
SDB-1-2-4		0~8mm	エラー	79	11.6	14.68 不合格
SDB-2-1-4		0~7mm	エラー	108.8	11.3	10.39 不合格
SDB-2-2-4		0~3mm	エラー	104.3	1.8	1.73 不合格

4 注入材の吸水性

(1) 注入材の吸水特性

CCA及びDDAC処理丸太の吸水特性を知るため、本試験では薬液注入時の木口面と木口から離れた丸太材面から吸水させ、経時的に質量を測定して吸水量の変化を見た。

なお、吸水量については吸水面からの吸水量と試験体単位体積当たりの吸水量で検討を行った。図-19～図-22が面吸水量の経時変化、図-23～図-26は体積吸水量の経時変化であり、図-27～図30は図-19～図-22の横軸を給水時間の平方根に変えたものである。吸水量は各条件別に試験体の平均値で示している。

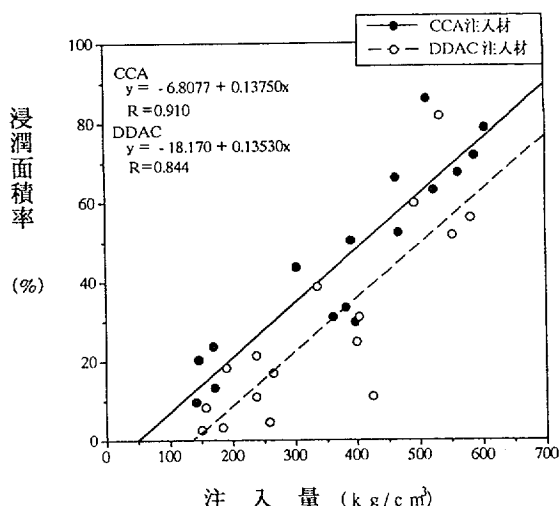


図-18 注入量と木口の浸潤面積率の関係
(末口より1.1mの円盤位置)

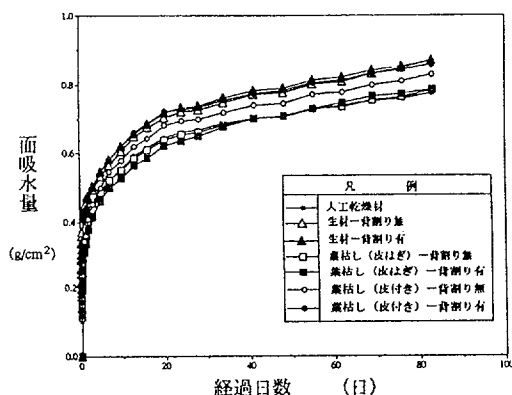


図-19 CCA注入材 (No.1丸太) の吸水経過

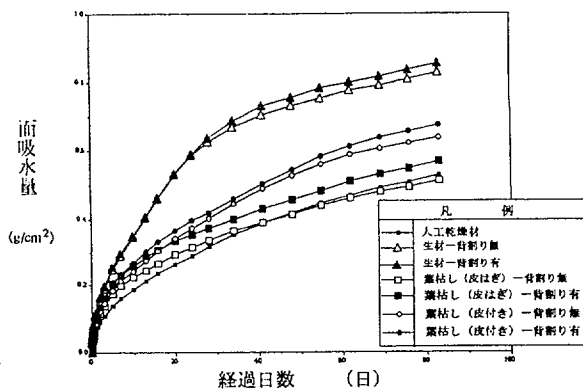


図-20 CCA注入材 (No.5丸太) の吸水経過

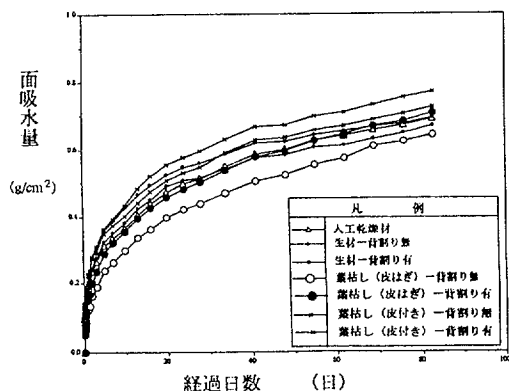


図-21 DDAC注入材 (No.1丸太) の吸水経過

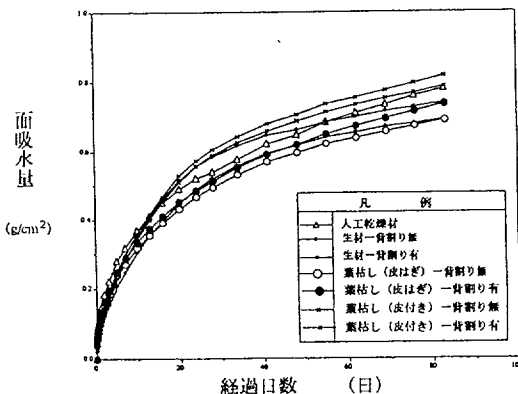


図-22 DDAC注入材 (No.5丸太) の吸水経過

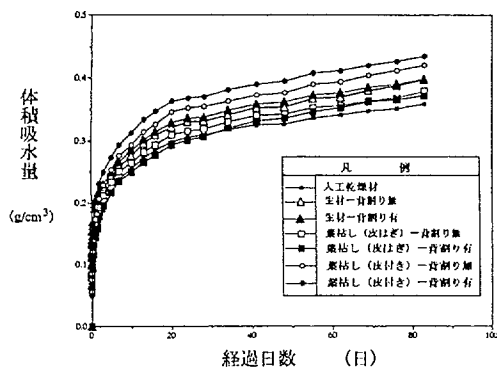


図-23 CCA注入材 (No.1 丸太) の吸水経過

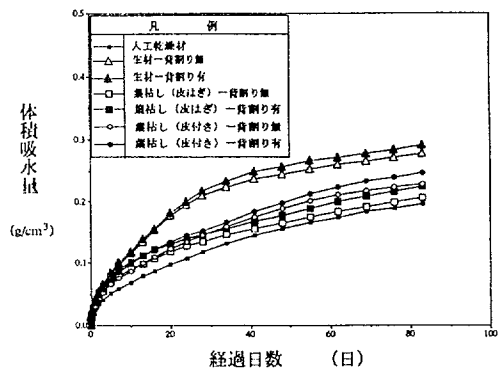


図-24 CCA注入材 (No.5 丸太) の吸水経過

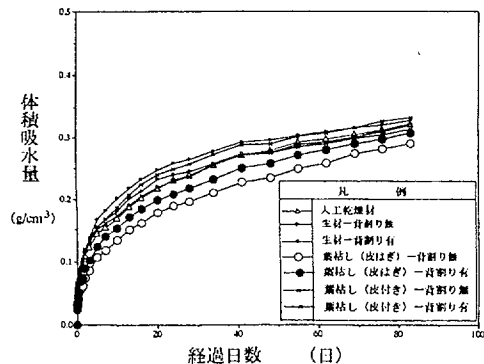


図-25 DDAC注入材 (No.1 丸太) の吸水経過

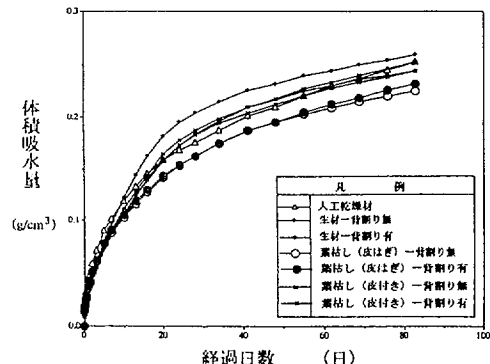


図-26 DDAC注入材 (No.5 丸太) の吸水経過

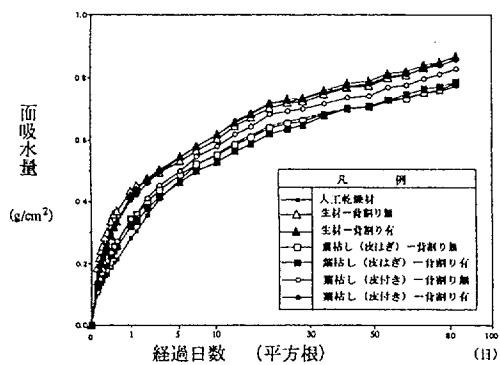


図-27 CCA注入材 (No.1 丸太) の吸水経過

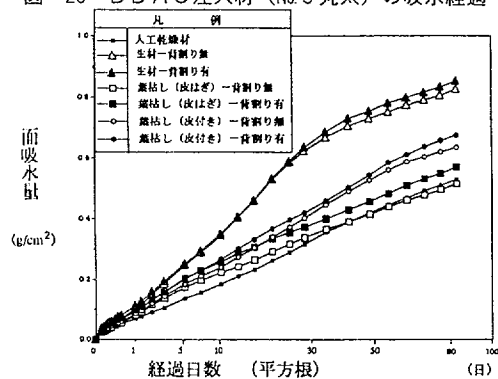


図-28 CCA注入材 (No.5 丸太) の吸水経過

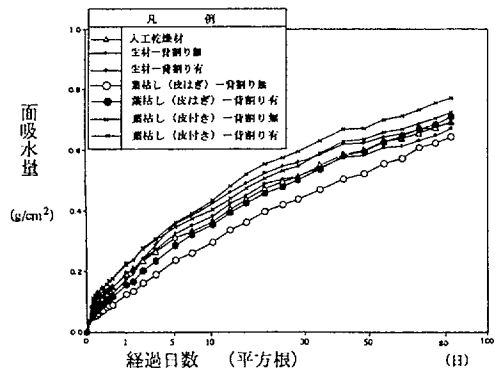


図-29 DDAC注入材 (No.1 丸太) の吸水経過

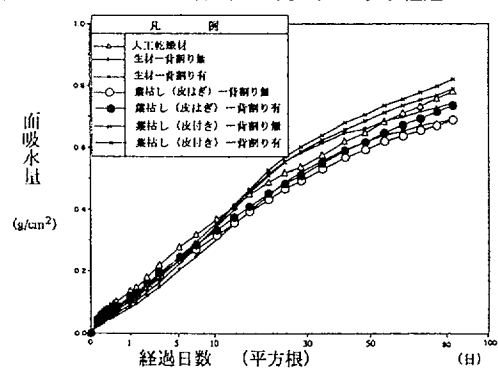


図-30 DDAC注入材 (No.5 丸太) の吸水経過

CCA・DDAC注入材とも測定を終了した83日経過時も吸水を続けており、理論上の飽水状態に近づいていることが推察される。特に材面を吸水面としたNo.5丸太はまだ吸水量が漸増していた。

一般に無欠点の小試験体において吸水面を特定した試験では横軸に給水時間の平方根をとったグラフに描いた吸水曲線は直線になるが、割れや節の存在する今回の試験体では、木口からの吸水を阻止しているNo.5丸太は、ほぼ曲線的であり、吸水が材面、割れの面から進んでいることがうかがえる。

ア CCA処理丸太の吸水特性

No.1丸太の吸水は吸水時間の平方根にプロットした面吸水量の吸水曲線においても初期の吸水が大きい曲線を示しており、注入量にかかわらず木口からの吸水の影響が大きい。そのため図-31に示すように、測定終了時点の体積吸水量は、液体浸透性の良くない心材率の影響を受けている。

No.5丸太では図-32に示すように面吸水量は注入量と関係が見られ、注入量に影響を及ぼした注入時の容積重や含水率の因子も影響している。

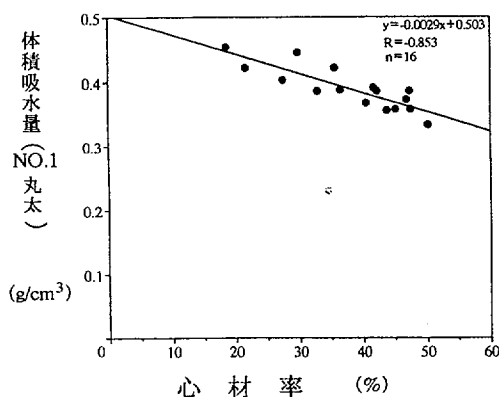


図-31 CCA注入材の心材率と体積吸水量の関係

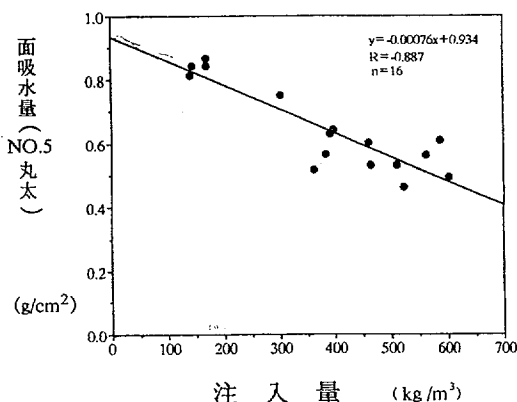


図-32 CCA注入材の注入量と面吸水量の関係

イ DDACの吸水特性

吸水時間の平方根にプロットした吸水曲線について見ると、No.1丸太の面吸水量は吸水を開始したごく初期に吸水が進んだが、その後は直線的な吸水の軌跡をとっており、吸水量に影響を及ぼしている因子もみとめられない。No.1丸太、No.5丸太とも吸水量は吸水面積が大きいほど大きい。

以上のことから、DDAC注入材の吸水はCCA注入材の吸水に比べて木口から水の浸透が緩慢であることが推察される。

IV おわりに

間伐材等小径木の主要な用途が屋外の雨ざらしで使用する外構用部材であることから、耐久性を付与するための防腐処理について、工場規模で行う防腐薬剤の加圧注入技術を取り上げ本試験を実施した。注入前の木材の前処理である含水率調整や背割り等が、薬剤定着後乾燥による割れ発生を抑制することや、未浸潤部の露出を防止することが室内試験では推定できた。今後は、屋外の暴露状態で気候因子、日光、雨水、防腐菌等がいかに作用し浸入するのかを探ることが必要である。

また、注入処理した木材の性能を正しく、簡易に評価できる基準を検討する必要がある。今後、CCA等の処理段階において取り扱いに注意を要する薬剤は作業現場や使用現場の環境問題との関わりから使用が禁止される方向に向かうことが懸念されている。毒性の低い薬剤の開発研究と地域にあった処理方法を考えることも必要である。

間伐小径材の加工利用技術の開発を図るため、さらに総合的な見地から研究を進めることが必要であろう。

最後に、この研究を実施するにあたってご協力頂いた、県下森林組合の方々及び薬剤の調達にご尽力頂いたTSK様にお礼申し上げたい。

参考文献

- 1) 古沢泰：ペンタクロールフェノールナトリウム水溶液によるスギ材の加圧注入について，林業試験場研究報告 第67号 153-158 (1954)
- 2) 矢田茂樹：最近の外構施設と劣化防止対策，木材保存 VOL.17-4 152-158 (1991)
- 3) 上村保・中村嘉明：木レンガの防腐処理，木材工業 VOL. 47 No.4 169-174 (1992)
- 4) 松岡良昭ほか：県産針葉樹材の機能拡大（第8報）低毒性防腐防虫剤の加圧注入特性，高知工試報告 No.20 85-90 (1889)
- 5) 松岡良昭ほか：低毒性防腐・防蟻剤の異なる乾燥処理材への加圧注入特性，木材保存 VOL. 16-3 140-143 (1990)
- 6) 石田英生ほか：CCA処理木材の人工乾燥，木材保存 VOL. 16-6 302-307 (1990)
- 7) 金平洋一：製材規格（JAS）における防腐・防蟻処理と土台用加圧式防腐処理木材（JIS A9108）について，木材保存第19号 57-70 (1981)