

1990. 3 No. 17

パソコンを利用したカラマツ-ヒノキ複層林の造成管理方法の予測 1

松くい虫によるクロマツの被害
(樹脂流出異常と年越し枯れ)14

防火性能のある複合壁材の開発 (I)
(難燃剤の注入方法の検討)36

山梨県林業技術センター

山梨県中巨摩郡白根町上今諏訪 850
〒400-02 Tel (0552) 82 - 4 2 1 0

パソコンを利用したカラマツーヒノキ複層林の造成管理方法の予測

田 中 格

I はじめに

近年、森林の機能に対する社会的要請が多様化し、木材生産のみでなく水源かん養、水土保持、保健休養、景観の保全等様々な機能の高度発揮が望まれている。

そうした要望に応え得る施業方法の一つとして複層林施業が注目され、全国的にその造成が推進されている。

複層林は伐倒搬出の高コスト化など幾つかの解決すべき問題点を抱えてはいるものの、皆伐に伴う地力低下及び公益的機能の減退の回避、植栽、下刈等保育作業の省力化、収穫の間断を少なくすることによる生産基盤の安定化とそれに伴う労務配分の平準化など利点も多く有しているので、山梨県においても積極的な造成を行うことが必要と考えられる。

今回は、複層林の造成及び造成後の保育管理方法を予測するパソコンプログラムを作成し、山梨県で複層林施業を推進するための目安として提供することにした。

複層林の定義は、広義には「林冠層を二層以上有する森林」であるといわれ、高木層、亜高木層、低木層を有する天然林等も、広い意味では複層林である。

しかし、山梨県における当面の課題は一斉人工林の複層林への誘導技術の確立であると考えられるので、ここでは人工林の林床に苗木を人工植栽する場合の造成管理技術を取り上げ、複層林造成の対象となる樹種としてカラマツを取り上げることにする。

II 山梨県におけるカラマツーヒノキ複層林造成の意義

ここで、対象樹種としてカラマツを取り上げ、カラマツーヒノキ複層林を造成する意義について検討する。

山梨県におけるカラマツ人工造林面積の実態を表-1に示した。これによると、カラマツ人工林の面積は県有林、民有林を合わせて45,405haであり、面積でも全人工林に対して、県有林で約50%、民有林で約20%、全体でも約35%を占めていることから、カラマツは山梨県の主要造林樹種と言える。

山梨県におけるスギ、ヒノキ、カラマツの各中径材の昭和58年～62年の価格の変動を図-1に示した。

これによると、カラマツ中径材の材価は他樹種と比較してスギとは大きな差はないが、ヒノキとはかなりの価格差があり、材価は総じて低く、市況的にみてあまり芳しい状況とは言い難い。

一方、カラマツの胸高直径は、山梨県県有林収穫予測表によると地位中のカラマツで伐期とされる40年生で胸高直径が22cm、50年生でも24cm、70年生でも27cmで30cmに至らない。

表-1 山梨県におけるカラマツ人工林面積 (ha) の概況

	カラマツ人工林	1,200 m以下の カラマツ人工林	全人工林
県有林	27,709	5,637	56,520
民有林	17,697	10,439	89,291
全体	45,406	16,076	145,881

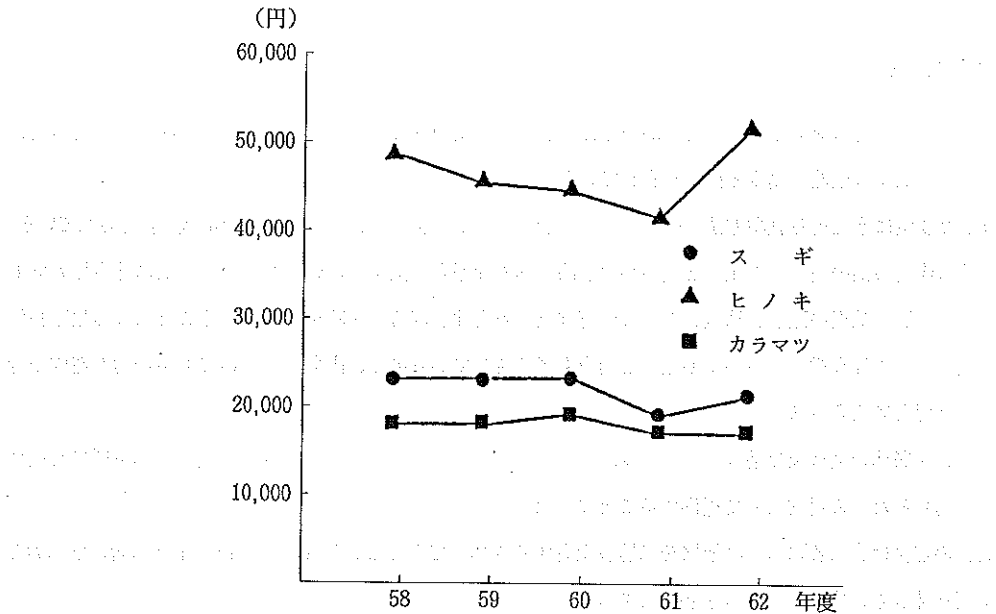


図-1 各樹種の中径材の材価の変動

(昭和62年度山梨県林業統計の数値に基づき作成)

長期に渡る材価の予測は簡単には行えないが、現在のカラマツ中径材の市況等から考えると皆伐—斉造林を実施した場合、伐期齢40年生前後で収穫したのでは採算割れの危険性がきわめて高いため、非皆伐—複層林を採用して長伐期に誘導したほうが有利であると思われる。

カラマツを上木とする複層林を造成する際問題となるのは、下木にどんな樹種を植栽するかの判定である。

現在の材価等から下木として最適な樹種はヒノキであると考えられ、上木からカラマツ大径材を、下木からヒノキ高質材を生産するカラマツ—ヒノキ複層林の造成が有利と考えられる。

山梨県における皆伐—斉造林でのヒノキの植栽限界は標高1,200mと考えられているので、標高1,200m以下の地域のカラマツ人工林ではヒノキを下木として選定しても大きな問題はなく、この地域ではカラマツ—ヒノキ複層林を積極的に導入すべきであろう。

ここで、前出の表-1より、山梨県で標高1,200m以下のカラマツ人工林の面積は県有林、民有林合わせて全人工林面積の約11%に相当する16,076haに及んでいて、カラマツ—ヒノキ複層林の対象となる可能性があ

る林分は比較的多く存在していることがわかる。

次に、標高1,200mを越える地域について考える。

標高1,200m以上の地域では下木として植栽する樹種としてはウラジロモミとシラベが考えられる。ここで、浅田節夫、佐藤大七郎両博士の著書であるカラマツ造林学によると、ウラジロモミはカラマツと複層林を形成しにくいとされているため、カラマツの下木としてはシラベが考えられる。しかし、カラマツ—シラベ複層林は公益的には価値があると考えられるが、材価等を考慮すると経済林としての複層林造成には適した樹種とは言い難い。

当センターが標高1,400m~1,500mの広葉樹林下に試験的に植栽したヒノキが枯損せずに概ね良好な生育をしている例が見られることから、複層林では上木の保護により皆伐—斉造林での植栽限界以上の地域でも植栽が可能となり、造林可能地域の拡大が期待できると考えられる。

そのため、1,200m以上の地域でも上木の保護を期待して、思い切ってヒノキを樹下植栽するという考え方もできるが、一般的には1,200mを越す高標高の地域では、下木としてヒノキを植栽することは避けたほうが無難である。

以上のことから、今回は標高1,200m以下のカラマツ人工林をカラマツ—ヒノキ複層林に誘導することを主眼として、パソコンによる複層林の造成・管理方法の推定を試みた。

Ⅲ 複層林の造成管理方法についての基本的考え方

パソコンで複層林の造成管理技術の推定を行うにあたっては、次のような考え方に従った。

複層林を造成する際、最も重要となるのは下木の生育に十分な林床の明るさを確保することである。明るさの指標として相対照度が採用されることが多く、既往の調査結果から、相対照度20%以上を確保することが施業の目安と考えられる。

しかし、相対照度を現地計測するのは意外に繁雑であり、何か現地で簡単に計測できる指標により相対照度を推定する必要がある。

そこで、今回のパソコンによる林床の相対照度の推定には、当センターの調査によって導かれた収量比積（以下 R_y と記す）と相対照度の関係を利用して、測定した R_y から相対照度を推定することにした。

ここで、 R_y を採用した理由は、 R_y が施業対象林分の成立本数と平均樹高から比較的簡単に導かれるためである。

カラマツ—ヒノキの複層林に限らず、複層林施業においては、その造成技術も重要であるが、複層林の面積が増加するに従って、造成後の保育管理を如何に行うかが重要な課題になると考えられる。

上木を間伐し複層林を造成した場合、保残された上木の樹冠は年々葉量を増し、うっ閉が進むにつれて下木に供給される光りの量は減少し、林内相対照度が低下し、それに伴って下木はいわゆる被圧状態になり、生長が抑制され、極端な光不足になると枯死する。

従って、複層林の保育・管理は、下木への光の供給量を再度高める方向ですすめる必要があり、具体的な保

育方法は間伐と枝打である。

複層林でこれらの保育方法を行う際に、間伐を行う場合には下木の損傷をできる限り少なくする必要があり、単層林の場合と比べて高度の伐倒搬出技術を要するのみでなく、伐出費も高くなる。また、枝打を行う場合でも、上木の枝下高が低い林は複層林の造成には向かないので、多くの場合複層林では上木の枝下がかなり高くなっていると考えられ、枝打に多くの人工と費用を要すると考えられる。まして上木がカラマツの場合、あえて枝打を行う価値があるかどうか疑問である。

このように、造成した複層林を維持管理するためには集約的な施業が必要で経費もかさむので、造成した複層林が短期間でうっ閉してしまうと、その維持管理は経済的に見て、きわめて不利益と言わざるをえない。

そこで、複層林の管理方法としては、複層林造成後どのくらいの年月を経過したのちに保育管理が必要になるのかの予測が大切になる。

カラマツーヒノキ複層林造成の際に、目標相対照度の目安として、少なくとも20%以上の相対照度を確保することにした。そこで、保育に関してもこの目安を採用して、複層林造成後林内相対照度が20%を割り込んだ時点で手入れを開始することにして、カラマツ人工林で複層林造成後、林内相対照度20%を割り込むのにどれくらい年数を要するかをパソコンにより推定させた。

ここで、推定方法としては、地位ごとに作成されている樹高曲線式（ゴンベルツ式）に基づき R_y 、相対照度の経年変化を推定し、その結果に基づき保育開始時期を推定することにしたがその詳しい内容については省略する。

IV カラマツーヒノキ複層林造成管理技術プログラムの作成と使用法

Ⅲの考え方に従い、カラマツーヒノキ複層林造成管理方法を推定するプログラムを作成し、カラマツ人工林を複層林に誘導するさいの技術指針をパソコンで試算させることにした。

このプログラムの詳細な解説は省略し、使用方法について説明する。

このプログラムは、はじめに対象林分の所在地（郡、市町村、字、事業区又は計画区、林小班）を入力し、次いで対象林分の林齢、ha 当たり成立本数、平均樹高を、さらに目標相対照度を指定し、保育を開始する目安とする相対照度を指定し、保育を開始する目安とする相対照度を入力する。

入力終了すると一連の計算を実行して、そのカラマツ林の地位、現在の収量比数、現在の林内相対照度を計算したのち、複層林を造成するさいの目標相対照度を確保するために必要な ha 当たりの間伐本数、本数間伐率を試算するとともに、複層林造成後何年で手入れが必要になるかの推定を行ったのち、複層林造成後に無手入れで置いた場合の各数値の経年変化の一覧表を作成する。

このプログラムの実行例を次に示す。

次に示す資料を用いてプログラムを実行させた例を示す。

所在地：東山梨郡牧丘町字塩平

事業区：塩山

林小班：11林班い5 小班

樹種：カラマツ

林齢：30年

成立本数：1650本/ha

平均樹高：13m

地位：5等

(注) この林分は試算のために想定した架空のもので実在のものではない。

(プログラム実行例)

(1) プログラムの呼び出しと起動 (画面)

Disk version

How many files (0-15) ? 3

NEC N-88 BASIC (86) version 3.0

Copyright (C) 1983 by NEC Corporation/Microsoft Corp.

573164 Bytes free

Ok

load "フクソウリン"

Ok

run ← f・5を押すとプログラムが動き出す

f・1	f・2	f・3	f・4	f・5	f・6	f・7	f・8	f・9	f・10		
oad	"	auto	go to	list	run	save	"	key	print	edit	cont

(2) 対象林分の所在位置の入力 (画面)

●カラマツ-ヒノキ複層林の造成管理技術プログラム

施業対象林分の所在地の入力

(漢字の入力方法)

- 1 CTRI キーを押しながら ZFER キーを押す。
- 2 一番下に (かな) の表示がでたら文字キーで名前等を入れる。
- 3 XFER キーを押すと漢字に変換される。
- 4 OK ならリターンキーを押し、更にもう一度リターンキーを押す。

市・郡名を入力せよ CG1 \$ = ? 東山梨郡

町・村名を入力せよ TV1 \$ = ? 牧丘町

字を入力せよ AG1 \$ = ? 塩平

計画区（事業区）を入力せよ KK1 \$ = ? 植山

林班を入力せよ FS1 = ? 11

小班を入力せよ FS1 = ? い5

訂正するか Yes—— 1 , No—— 0 ? 0

(3) 地位判定のための入力（画面）

●カラマツーヒノキ複層林の造成管理技術プログラム

地位判定（ゴンベルツの樹高曲線との比較による）

——標準地調査結果の入力——

(1) 施業対象林分の林齢は——→ RA1 = ? 30

(2) 施業対象林分の本数は——→ RN1 = ? 1650

(3) 施業対象林分の樹高は——→ RH1 = ? 13

訂正するか Yes—— 1 , No—— 0 ? 0

(4) 地位判定の計算結果の表示と確認（画面）

●カラマツーヒノキ複層林の造成管理技術プログラム

計算結果の予備表示——

DH1=6.1 DH2=2.6 DH4=0.9 DH5=0.9

DDH=0.9 SI=5

この計算でよいか Yes—— 1 No—— 0 ? 1

(5) (1)～(4)までの結果の表示（画面）

●カラマツーヒノキ複層林の造成管理技術プログラム

ここまでの試算結果

(1) 施業対象林分の林齢は——→ RA1 = 30本

(2) 施業対象林分の本数は——→ RN1 = 1650本/ha

(3) 施業対象林分の樹高は——→ RH1 = 13m

(4) 施業対象林分の地位は——→ SJ. = 5

●この結果に従って Ry,RI を計算するか Yes— 1 ? 1

(6) 収量比数 (Ry) と相対照度 (RI) の計算と表示 (画面)

●カラマツ-ヒノキ複層林の造成管理技術プログラム

Ry,RI の試算結果

(1) 施業対象林分の現在の Ry は → Ry1=0.80

(2) 施業対象林分の現在の RI は → RI1=14.0%

この結果を踏まえてカラマツ-ヒノキの複層林を造成するために必要な上木の間伐率を試算しますか。

Yes— 1 No— ? 1

(7) 目標相対照度の入力 (画面)

●カラマツ-ヒノキ複層林の造成管理技術プログラム

カラマツ-ヒノキ複層林造成における、上木の間伐指針の試算

現在の相対照度は RI=14.0%である。

施業目標としての獲得したい相対照度を入力せよ → FMI1=? 25

訂正するか Yes— 1, No— 0 ? 0

(8) 複層林造成目安の表示と将来予測を行うか否かの質問 (画面)

●カラマツ-ヒノキ複層林の造成管理技術プログラム

複層林造成の目安 (間伐の指針) 獲得照度: 25.0%

項目	間伐前	間伐後
成立本数 (/ha)	1650	1033
収量日数 (Ry)	0.80	0.66
相対照度 (RI)	14.0%	25.0%

間伐本数 (/ha) : 617 間伐率 : 37%

Ry の変動量 : 0.14

Ryの変動量が0.1以上になっています。

再計算しますか Yes—— 1 No—— 0 ? 0

さらに将来予測を行うか Yes—— 1 No—— 0 ? 1

(9) 複層林の手入れを開始する相対照度の指定入力(画面)

●カラマツ-ヒノキ複層林の造成管理技術プログラム

カラマツ-ヒノキ複層林管理のための照度の経年予測

間伐指針に従い、間伐率37%で実施した後の管理方法の予測。

間伐直後の Ry=0.66

間伐直後の RL=25.0

将来、何%の照度を下回った時に手をいれるか入力せよ → RMI2 = ? 20

訂正するか Yes—— 1 No—— 0 ? 0

(10) 手入れ開始までに要する年数の計算と結果の表示(画面)

●カラマツ-ヒノキ複層林の造成管理技術プログラム

カラマツ-ヒノキ複層林管理のための照度の経年予測

間伐直後の Ry=0.66

間伐直後の RL=25.0%

保育開始予定照度20.0%以下に達するのは10年後

その時の Ry=0.73

くりかえし試算を行うか。

Yes—— 1 No—— 0 ? 0

これまでの結果を Lprint するか。← プリンターでプリントするか否か。

Yes—— 1 No—— 0 ? 1

(11) これまでの結果の印刷(プリンター)

●カラマツ-ヒノキ複層林の造成管理技術指針

1 施業対象林分の所在地

山梨県東山梨郡牧丘町字塩平

計画区（事業区）第11林班い5班

2 施業対象林分の林況

(1) 施業対象林分の林齢 → RA1 = 30年

(2) 施業対象林分の本数 → RN1 = 1650本/ha

(3) 施業対象林分の樹高は → RH1 = 13m

(4) 施業対象林分の地位は → SI = 5

3 Ry,RI.の計算結果

(1) 施業対象林分の現在の Ry は → Ry1 = 0.80

(2) 施業対象林分の現在の RI. は → RI1 = 14.0%

4 施業対象地でのカラマツーヒノキ複層林造成における上木間伐指針の試算

現在の相対照度 RI. = 14.0%

施業目標相対照度 RI. = 25.0%

複層林造成の目（間伐の指針） 獲得照度：25.0%

項目	間伐前	間伐後
成立本数（/ha）	1650	1033
収量比数（Ry）	0.80	0.66
相対照度（RI.）	14.0%	25.0%

間伐本数（/ha）：617 間伐率：37% Ryの変動量：0.14

5 将来の照度変化の予測と施業の目安

カラマツ-ヒノキ複層林管理のための照度の経年予測

間伐指針に従い、間伐率37%で実施した後の管理方法の予測。

間伐直後の $R_y=0.66$

間伐直後の $RI.=25.0$

将来手入れを開始する予定の相対照度 $RI.=20.0$

間伐直後の $R_y=0.66$

間伐直後の $RI.=25.0\%$

保育開始予定照度20.0%以下に達するのは10年後

その時の $R_y=0.73$

(12) 収量比数 (R_y) と相対照度 (RI) の経年変化一覧表を作成するか否かの質問 (画面)

●カラマツ-ヒノキ複層林の造成管理技術プログラム

間伐直後から無手入れの場合の経年予測の一覧表を作るか

Yes—— 1 No—— 0 ? 0

相対照度が何%に落ちるまで計算させるか $RRDI=? 10$

この林分の伐期齢は何年か——> $SNNI=? 80$

訂正するか Yes—— 1 No—— 0 ? 0

(13) 仕事を終了するか否かの質問 (画面)

34	64	17.4	0.82	12.8
35	65	17.5	0.82	12.7
36	66	17.5	0.82	12.6
37	67	17.6	0.82	12.5
38	68	17.6	0.83	12.4
39	69	17.6	0.83	12.4
40	70	17.7	0.83	12.3
41	71	17.7	0.83	12.2
42	72	17.7	0.83	12.1
43	73	17.8	0.83	12.1
44	74	17.8	0.83	12.0

45	75	17.8	0.83	11.9
46	76	17.9	0.83	11.9
47	77	17.9	0.83	11.8
48	78	17.9	0.83	11.8
49	79	17.9	0.83	11.7
50	80	17.9	0.84	11.7

(14) の一覧表と同じものを画面表示する

これで終了するか Yes—— 1 No—— 0 ? 1 ←——一覧表の画面表示後この質問をしてくる。
ディスクを抜いて電源を切って下さい。

(14) 収量比数 (Ry) と相対照度 (RI) の経年変化一覧表のプリント (プリンター)

間伐直後から無手入れの場合の経年予測の一覧表

対象林分の状況

間伐前の林齢: 30年

間伐前の成立本数: 1650本

間伐前の収量比数: 0.80

間伐前の相対照度: 14.0%

間伐直後の林齢: 30年

間伐直後の成立本数: 1033本/ha

間伐直後の平均樹高: 13m

間伐直後の収量比数: 0.66

間伐直後の相対照度: 25.0%

経過年数	林 齢	平均樹高(m)	収量比数	相対照度(%)
0	30	13.0	0.66	25.0
1	31	13.0	0.66	25.0
2	32	13.0	0.66	25.0
3	33	13.0	0.66	24.9
4	34	13.3	0.67	24.0
5	35	13.6	0.68	23.2

6	36	13.8	0.69	22.4	
7	37	14.1	0.70	21.7	
8	38	14.3	0.71	21.0	
9	39	14.5	0.72	20.3	
10	40	14.7	0.73	19.7	この線より下から 保育が必要となる
11	41	14.9	0.74	19.2	
12	42	15.1	0.74	18.7	
13	43	15.3	0.75	18.2	
14	44	15.4	0.76	17.7	
15	45	15.6	0.76	17.3	
16	46	15.8	0.77	16.9	
17	47	15.9	0.77	16.5	
18	48	16.0	0.78	16.2	
19	49	16.2	0.78	15.8	
20	50	16.3	0.78	15.5	
21	51	16.4	0.79	15.3	
22	52	16.5	0.79	15.0	
23	53	16.6	0.79	14.7	
24	54	16.7	0.80	14.5	
25	55	16.8	0.80	14.3	
26	56	16.9	0.80	14.1	
27	57	17.0	0.81	13.9	
28	58	17.0	0.81	13.7	
29	59	17.1	0.81	13.5	
30	60	17.2	0.81	13.4	
31	61	17.2	0.81	13.2	
32	62	17.3	0.82	13.1	
33	63	17.4	0.82	13.0	
34	64	17.4	0.82	12.8	
35	65	17.5	0.82	12.7	
36	66	17.5	0.82	12.6	
37	67	17.6	0.82	12.5	

38	68	17.6	0.83	12.4
39	69	17.6	0.83	12.4
40	70	17.7	0.83	12.3
41	71	17.7	0.83	12.2
42	72	17.7	0.83	12.1
43	73	17.8	0.83	12.1
44	74	17.8	0.83	12.0
45	75	17.8	0.83	11.9
46	76	17.9	0.83	11.9
47	77	17.9	0.83	11.8
48	78	17.9	0.83	11.8
49	79	17.9	0.83	11.7
50	80	17.9	0.84	11.7

なお、本プログラムを必要な方があればディスクを提供する。

V 今後の課題

複層林の造成、保育で最も重要なポイントは下木の生育に必要な光の確保であり、その目安としての相対照度の調節が大切であると言える。今回は、相対照度の指標として R_y を用いて造成管理のための技術指針を作成した。

この指針は複層林施業を行うさいの目安の一つとして使用できると考える。しかし、林内相対照度の大小に最も影響を与えるのは樹冠の構造である。

R_y は林冠量とある程度の相関を有するので、相対照度の指標の一つとして使えるものの、あくまでも幹の量の指標であり、精度的に劣ることは否定できない。

そこで、今後は、直接林冠の構造を指標とした精度の高い技術指針の作成を継続して行う必要があると考える。

VI 引用ならびに参考文献

- (1) 安藤貴：複層林施業の要点、林業科学技術振興所、1985
- (2) 浅田節夫：佐藤大七郎：カラマツ造林学、農林出版、1981
- (3) 藤森隆郎：複層林の生態と取り扱い、林業科学技術振興所、1989
- (4) 山梨県林業技術センター：昭和60年～62年度山梨県林業技術センター報告、1985～1987
- (5) 山梨県林務部：人工林収獲予想表、山梨県林務部、1984
- (6) 山梨県林務部：昭和62年度山梨県林業統計書、山梨県林務部、1987

松くい虫によるクロマツの被害 —樹脂流出異常と年越し枯れ—

名取潤・藤本登留・大沢正嗣

1 はじめに

現在、山梨県での松くい虫の被害は一時より減少の傾向にあるとはいえ、まだ、依然大きな問題になっている。しかし、その被害は短期間に一斉に枯れるものではなく、むしろ毎年徐々に枯れていく。当センターでは1985年から1989年にかけて、甲府市岩窪町にあるクロマツ、アカマツ混合林にてマツ枯損の状況及び枯損の前に明らかになる樹脂流出異常について調査し、いくらかの知見を得たのでここに報告する。

2 材料および方法

1985年11月甲府市岩窪町にある県有林106林班イ16小班に50×100mのコードラート(標高400m、平均傾斜約30度の南向き斜面)を設けた(図1)。本小班は、78年生クロマツ、アカマツ混合林であり、その後天然に

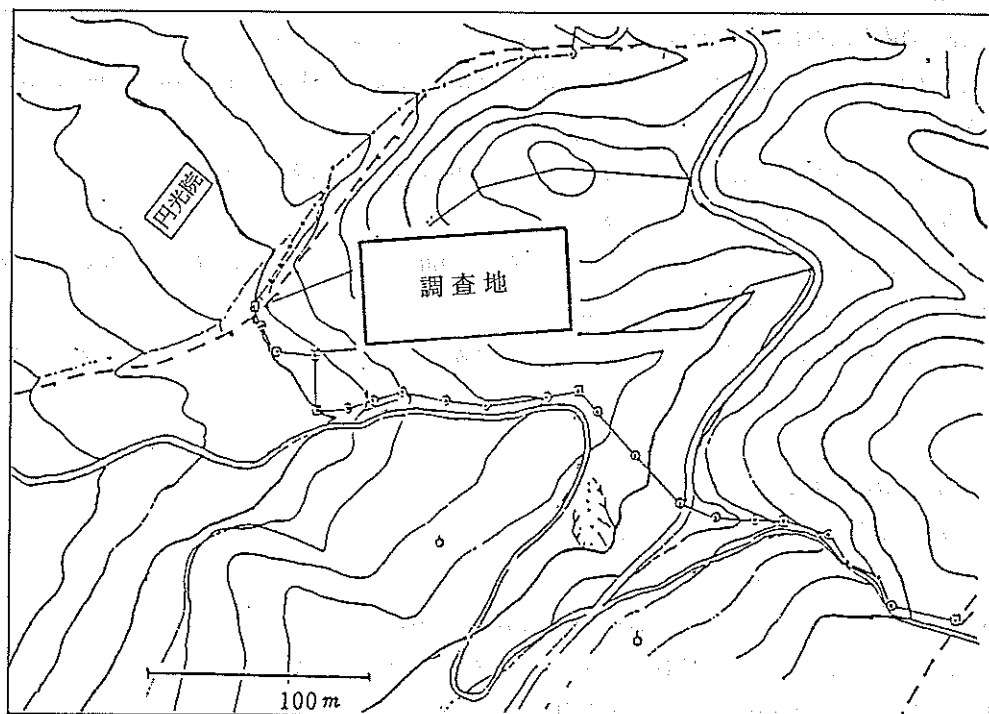


図1 調査林分(県有林106林班、イ16)

発生した小径木（クロマツ、アカマツ）が混生する。コードラート内のクロマツ、アカマツの胸高直径及び位置を計測し地図に示した。なお、106林班における松くい虫の被害は、1982年にイ6小班に3本発生したのが最初である。イ16小班及び隣接するイ17小班における過去の被害発生状況は、1983年8月の時点で1本、1984年の時点で2本、1985年の2月の時点で2本の枯損が認められている。本林班では1985年より松くい虫防除として被害木を伐倒し、1985年にスミチオン散布、1986年に臭化メチルによる薫蒸処理、1987年以降はNCSを用いた薫蒸処理を行っている。

これらコードラート内のクロマツ、アカマツについて、当年枯れが終わり、マツの樹脂移動減少する前の10月下旬から11月上旬にかけて（以後晩秋の調査と呼ぶ）、及び年越し枯れによる枯損がわかる様5月下旬から7月初めの間（以後初夏の調査と呼ぶ）に年2回、マツの樹脂流出調査並びにマツ外見の調査を行った。マツ外見の調査は針葉の状態を健全、黄変、赤変、落葉に分け、また雪折れ、倒木等についてはその都度明記した。マツ樹脂流出の調査方法は、小田式を用いた（図2）。すなわち、地際から胸高までの樹幹の樹皮に直径

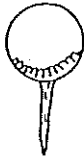




異常なし		異常あり		
卅	卅	+	-	0
				
樹脂がたまり時間がたつと流れ下る。	(卅)よりやや少ないと思われるもの。	部分的に粒出す程度。	微粒が若干あるが、樹脂気があるもの。	樹脂気なく乾燥気味。

図2 樹脂流出の判定基準（小田式）

20mmの穴をポンチであけ、翌日樹脂の流出状況を観察し、4段階に区分し、記録した。

なお、本調査では枯損木からのマツノサイセンチュウの検出を行っておらず、枯損木は全て松くい虫によるものとして扱っているが、被圧による枯損木も若干含まれている可能性がある。

3 結果及び考察

(1) 樹脂流出異常と枯損

調査の結果は表1に示した。小田式に従い++、+++が正常木、0、-、+が樹脂流出異常木である（小田久五、1967）。なお、樹脂流出が0で、葉に変色すなわち黄変、赤変が認められるようになった段階の木を枯損と見なした。

コードラート内のマツは計249本、内181本が調査中に枯損し、その間の枯損率は72.8%であった。樹種別に見てみると、クロマツは198本中158本が枯損し、枯損率は79.8%、アカマツは51本中23本が枯損し、枯損率は45.1%であった。クロマツの方が早く枯損が進んでいる。この主な理由としては、クロマツのほ

表1 調査地内のマツ（クロマツ、アカマツ）の樹脂流出状況及び枯損

番号	種名	胸高直径 (1985年)	葉色の变化					
			1985年11月13日		1986年5月21日		1986年10月16日	
			葉色 変化	樹脂流 出状況	葉色 変化	樹脂流 出状況	葉色 変化	樹脂流 出状況
1	クロマツ	40		+++		+++		+++
2	クロマツ	37		+++		+++		+++
3	クロマツ	33		+++		+++		+++
4	クロマツ	34		+++		+++		+++
5	クロマツ	29		+++		+++		+++
6	クロマツ	25		++		+++		+++
7	クロマツ	15		+		++		++
8	クロマツ	20		+++		+++		+++
9	クロマツ	36		+				○~+
10	クロマツ	41		++		+++		++~+
11	クロマツ	30		+++		+++		+++
12	クロマツ	36		+++		+++		+++
13	クロマツ	15		++		+++		+++
14	クロマツ	26		+		++~+		+++
15	クロマツ	15		++		+++		+++
16	クロマツ	29		+++		+++		+++
17	クロマツ	10		+		+++		++
18	クロマツ	32		+++		+++		+++
19	クロマツ	20		○		++~+	(伐倒)	⊕
20	クロマツ	21		+++		+++		+++
21	クロマツ	21		++		+++		+++
22	クロマツ	37		++		+++		+++
23	クロマツ	20		+++	(枯損)	+++		+++
24	クロマツ	22		+++		+++		+++
25	アカマツ	10		++		+++	(伐倒)	⊕
26	クロマツ	17		+++		+++		+++
27	クロマツ	20		++		+++		+++
28	クロマツ	12		—	○	—	○	○
29	クロマツ	38		+++		+++		+++
30	クロマツ	16		++		+++		+++
31	クロマツ	35		++		+++		—
32	クロマツ	29		+++		+++		+++
33	クロマツ	14		++		+++		+++
34	クロマツ	42		+++		+++		+++
35	クロマツ	30		+++		+++		+++
36	クロマツ	12		++		+++		+++

および樹脂流出状況(調査時別)											
1987年6月11日		1987年11月5日		1988年7月5日		1988年11月1日		1989年6月7日		1989年10月24日	
葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	+++		+++		++		+++		+++		+++
	++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	+++		+++		++	黄変	○⊕	(伐倒)			
	++		+++		+++		+++		+++		+++
	+++		+++		+++		+++		+++		++
	+++		○	(伐倒)	⊕						
	○		○	(伐倒)	⊕						
	++		+++		+++		+++		+++		+++
	++		+++		○	黄変	○⊕	(伐倒)			
	+++		+++		++		+++		+++		+++
	+++		+++		+++		+++	(伐倒)	⊕		
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	+++		+++		++		+++		+++		++
	+++		+++		+++		+++		+++		+++
	++		+++		+++		—		—		+
	++		+++		+++		—		—		+
	+++		+++		+++		+++		+++		+++
	++		+++		+++		+++		+++		+++
	+++		+++		+++		+++		+++		+++
落葉	⊕	(伐倒)									
	++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	++		+++		+++		+++		+++		+++
	++		++		○	落葉	○⊕	(伐倒)			
落葉	⊕	(樹木)		(伐倒)							
	+++		++		++	黄変	○⊕	(伐倒)			
	++		+++		+++		+++	(伐倒)	⊕		
	—	黄変	—		++		—		++		+++
	+++		+++		○		○	(伐倒)	⊕		
	+++		+++		+++		+++		+++		+
	++		+++		+++		○	(伐倒)	⊕		
	+++		+++		+++		+++		+++		+++
	+++		+++		+++		+++	(伐倒)	⊕		

番号	種名	胸高直径 (1985年)	葉色の変化					
			1985年11月13日		1986年5月21日		1986年10月16日	
			葉色 変化	樹脂流 出状況	葉色 変化	樹脂流 出状況	葉色 変化	樹脂流 出状況
37	クロマツ	34		+++		+++		—
38	クロマツ	29		++		+++		+++
39	アカマツ	36		+++		+++		+++
40	クロマツ	34		+++		+++		+++
41	クロマツ	27		—		+++		+++
42	クロマツ	39		+++		+++		+++
43	クロマツ	14		○	落葉	○ ⁺	落葉	○
44	クロマツ	53		++		+++		+++
45	クロマツ	45		+++		+++		+++
46	クロマツ	40	赤変	○ ⁺	(伐倒)			
47	クロマツ	27		+++		+++		+++
48	クロマツ	44		○	(伐倒)	⊕		
49	クロマツ	34		+++		+++		+++
50	クロマツ	17		++		++		+++
51	クロマツ	42		+++		+++		+++
52	クロマツ	17	黄変	○ ⁺	(伐倒)			
53	クロマツ	44	赤変	○ ⁺	(伐倒)			
54	クロマツ	43		++		+++		+++
55	クロマツ	38	赤変	○ ⁺	(伐倒)			
56	クロマツ	39		++		+++		—
57	クロマツ	28		+++		+++		+++
58	クロマツ	35		+++		+++		+++
59	クロマツ	28		+++		+++		+++
60	クロマツ	41	黄変	+++		+++		+++
61	クロマツ	35		+++		+++		+++
62	クロマツ	21		+++		+++		+++
63	クロマツ	32	赤変	○ ⁺	(伐倒)			
64	クロマツ	13	黄変	++		+++		++
65	クロマツ	23		++		+++		+++
66	クロマツ	39		+++		+++		+++
67	クロマツ	35		+++		+++		+++
68	クロマツ	16		+++		+++		+++
69	クロマツ	19		+++		+++		+++
70	クロマツ	11	落葉	○ ⁺	(枯木)		(枯木)	
71	クロマツ	42		+++		+++		+++
72	クロマツ	17		—		++		+++
73	クロマツ	20		++		++		+++

および樹脂流出状況(調査時別)											
1987年6月11日		1987年11月5日		1988年7月5日		1988年11月1日		1989年6月7日		1989年10月24日	
葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況
	+++		++		+-	赤変	○⊕	(伐倒)			
	+-		+++		+++	落葉	○⊕	(伐倒)			
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	+++		+++		+++		+++		+++		+++
	+-		+++		+-		+-		+++		+++
	+-	黄変	○⊕	(伐倒)							
落木											
	+++		+++		+-		—	(伐倒)	⊕		
	+++		○		—	落葉	○⊕				
	+++	黄変	○⊕	(伐倒)							
	+++		+++		+++		+++		+-		+++
	+++		—	(伐倒)	⊕						
	+++		+++		+++	赤変	○⊕	(伐倒)			
	+-		○	(伐倒)	⊕						
	○	赤変	○⊕	(伐倒)							
	+++	黄変	○⊕	(伐倒)							
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	+-		+-	赤変	○⊕	落葉	○	(伐倒)			
	+++		+++		+++	黄変	○⊕	(伐倒)			
	+++		+++		+++		+++		+++		+-
落葉	○⊕										
	+++	黄変	○⊕	(伐倒)							
	+++		○		+-		+-		+-		+-
	+++		+-		+++		+++		+++		+++
	+++		+++		+++		+++		+++		+++
	+-		+++		+++		+++		+++		+++
(枯木)		(伐倒)									
	+++		+++		+++		+++		+++		—
	+-		+++		+++		+-	(倒木)	⊕		
	+-		○	赤変	○⊕	黄変	○	(枯木)		(倒木)	

番 号	種 名	胸 高 直 径 (1985年)	葉 色 の 変 化					
			1985年11月13日		1986年5月21日		1986年10月16日	
			葉色 変化	樹脂流 出状況	葉色 変化	樹脂流 出状況	葉色 変化	樹脂流 出状況
74	アカマツ	37		+++		+++		+++
75	クロマツ	21	赤変	○⊕	(伐倒)			
76	クロマツ	32		+++		+++		+++
77	クロマツ	16		++		++		+++
78	クロマツ	21		++		+++		+++
79	クロマツ	44		—		—		⊕○
80	クロマツ	22		+++		+++		+++
81	クロマツ	13		—	葉少	○	落葉	○⊕
82	クロマツ	14		+++		+++		+++
83	クロマツ	24		+++		+++		+++
84	クロマツ	48		++		+++		+++
85	アカマツ	17	黄変	—		++	(伐倒)	⊕
86	クロマツ	35		+++		+++		+++
87	クロマツ	23		+++		+++		+++
88	クロマツ	40		+++		+++		+++
89	クロマツ	16		—		—		—
90	クロマツ	41		+++		+++		+++
91	クロマツ	20		++		—		+++
92	クロマツ	21		+++		+++		+++
93	クロマツ	36	赤変	○⊕	落葉	○	(伐倒)	
94	クロマツ	26		++		+++		+++
95	クロマツ	43		+++		+++		+++
96	クロマツ	21		+++		+++		—
97	クロマツ	42	黄変	+++	(伐倒)	⊕		
98	クロマツ	32		+++		+++		+++
99	クロマツ	38		+++		+++	赤変	⊕
100	クロマツ	13		++		+++		+++
101	クロマツ	44		+++		+++		+++
102	クロマツ	33		+++		+++		+++
103	クロマツ	31		+++		+++		+++
104	クロマツ	38	黄変	⊕	落葉	○	(伐倒)	
105	クロマツ	20	落葉	⊕				
106	クロマツ	61		++		+++		+++
107	クロマツ	36		+++		+++		+++
108	クロマツ	50	赤変	○⊕	(伐倒)			
109	クロマツ	36		++		++		+++
110	クロマツ	43	赤変	○⊕	落葉	○	(伐倒)	

および樹脂流出状況(調査時別)											
1987年6月11日		1987年11月5日		1988年7月5日		1988年11月1日		1989年6月7日		1989年10月24日	
葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況
	++		—		+++		+++		+++		+++
	+++	黄変	○⊕	(伐倒)							
	++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	+++	黄変	○⊕	(伐倒)							
	+++		+++		+		++		+++		+++
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	○										
	++		—		+	落葉	○⊕	(伐倒)			
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	+	赤変	○⊕	(伐倒)							
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	++		+++		+++		+		+++		+++
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	++		+		+++		+		++		+
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	++		○		○	落葉	○⊕	(伐倒)			
	+++		+++		+++	赤変	○⊕	(伐倒)			
	+++	黄変	○⊕	(伐倒)							
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
(伐倒)											
(伐倒)	⊕										
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	+++	黄変	○⊕	(伐倒)							
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	○	黄変	○⊕	(伐倒)							

番号	種名	胸高直径 (1985年)	葉色の変化					
			1985年11月13日		1986年5月21日		1986年10月16日	
			葉色 変化	樹脂流 出状況	葉色 変化	樹脂流 出状況	葉色 変化	樹脂流 出状況
111	クロマツ	41		—	黄変	—	(赤変・伐倒) ㊦	
112	クロマツ	22		+++		+++	(赤変・伐倒) ㊦	
113	クロマツ	44	赤変	○㊦	(伐倒)			
114	クロマツ	25		+++		+++	○	
115	クロマツ	47		+++		+++	+++	
116	クロマツ	40		+++		+++	+++	
117	クロマツ	40	赤変	○㊦	(伐倒)			
118	クロマツ	46		+++		+++	+++	
119	クロマツ	12	落葉	○㊦	枯木			
120	クロマツ	48		+++		+++	+++	
121	クロマツ	39		+++		+++	(伐倒) ㊦	
122	クロマツ	32	赤変	○㊦	(伐倒)			
123	クロマツ	20	落葉	○㊦	落葉	○	(落葉・伐倒)	
124	クロマツ	47	赤変	○㊦	(伐倒)			
125	アカマツ	17		—		+++	+++	
126	アカマツ	17		—		+++	+++	
127	クロマツ	48		+++		+++	+++	
128	アカマツ	35	黄変	○㊦	落葉	○	(伐倒)	
129	クロマツ	42	赤変	○㊦	(伐倒)			
130	アカマツ	19		—		+++	+++	
131	クロマツ	10		+++		+++	+++	
132	アカマツ	7		—		—	+++	
133	アカマツ	19		—		—	+++	
134	クロマツ	60		+++		+++	+++	
135	クロマツ	8		—		○	落葉 ○㊦	
136	アカマツ	6	黄変	○㊦	落葉	○	枯木	
137	アカマツ	10		—		—	+++	
138	アカマツ	5		—		+++	○	
139	クロマツ	28	(一部折)	○		○	落葉 ○㊦	
140	クロマツ	38		—		+++	—	
141	クロマツ	32		+++		+++	(伐倒) ㊦	
142	クロマツ	53		—		—	(伐倒) ㊦	
143	クロマツ	57		+++		—	+++	
144	クロマツ	40	黄変	—	黄変	—	(伐倒) ㊦	
145	クロマツ	32		+++		+++	○	
146	クロマツ	48		—	赤変	—	(伐倒) ㊦	
147	クロマツ	29		+++		+++	+++	
148	アカマツ	9	黄変	○㊦	落葉	○	(伐倒)	

および樹脂流出状況(調査時別)											
1987年6月11日		1987年11月5日		1988年7月5日		1988年11月1日		1989年6月7日		1989年10月24日	
葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況
(伐倒)	⊕										
	+++		+++		+++		+++		+++		+++
	+++		+++		---	落葉	○⊕	(伐倒)			
	---		○	(伐倒)	⊕						
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	+++		○		+++		+++		+++		+++
	+++		---		+++		+++		---		+++
	---	赤変	○⊕	(伐倒)							
	+++		---		+++		+++		+++		+++
	+++		+++	(伐倒)	⊕						
	○	赤変	○⊕		○	落葉	○	立枯れ	(倒木)		+++
	+++		+++		+++		---		+++		+++
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
落葉											
	+++		---		+++		+++		+++		+++
落葉	⊕	(伐倒)									
	---	赤変	○⊕	(伐倒)							
	○	赤変	○⊕	(伐倒)							
(伐倒)	⊕										
	+++		+++		+++		---		+++	赤変	○⊕

番 号	種 名	胸 高 直 径 (1985年)	葉 色 の 変 化					
			1985年11月13日		1986年5月21日		1986年10月16日	
			葉色 変化	樹脂流 出状況	葉色 変化	樹脂流 出状況	葉色 変化	樹脂流 出状況
149	ク ロ マ ツ	50	黄変	○⊕	赤変	○	(伐倒)	
150	ク ロ マ ツ	34		++		+++		++~
151	ク ロ マ ツ	16		+		+++		+++
152	ク ロ マ ツ	44		++		+		+++
153	ク ロ マ ツ	33		+++		+++		+++
154	ク ロ マ ツ	26		+++		+++		+++
155	ク ロ マ ツ	24		+++		+++		+++
156	ク ロ マ ツ	24		+++		+++		+++
157	ク ロ マ ツ	52		+++		+++		+++
158	ク ロ マ ツ	39		+++		+++		+++
159	ク ロ マ ツ	15		○	落葉	○⊕	落葉	
160	ク ロ マ ツ	30		+		+++		○
161	ク ロ マ ツ	40		+++		+++		○
162	ク ロ マ ツ	65		++		+++		+++
163	ク ロ マ ツ	37		○	黄変	○⊕	(伐倒)	
164	ク ロ マ ツ	37		+++		+++		+++
165	ク ロ マ ツ	29		+++		+++		+++
166	ク ロ マ ツ	30	黄変	○⊕	落葉	○	(伐倒)	
167	ク ロ マ ツ	36		+++		+++		+++
168	ク ロ マ ツ	28		+++		+++		+++
169	ク ロ マ ツ	43		+++		+++		+++
170	ク ロ マ ツ	32		+++		+++		+++
171	ク ロ マ ツ	34		+++		+++		+++
172	ク ロ マ ツ	21	黄変	○⊕	落葉	○	(伐倒)	
173	ク ロ マ ツ	15	黄変	++		+++		+++
174	ク ロ マ ツ	36		+		+++		++
175	ク ロ マ ツ	27		++		+++		○
176	ク ロ マ ツ	43		+		+++	(伐倒)	⊕
177	ク ロ マ ツ	14		++		+++		+++
178	ク ロ マ ツ	42	黄変	○⊕	(伐倒)		(伐倒)	
179	ク ロ マ ツ	28		+++		+++	黄変	○⊕
180	ク ロ マ ツ	39		—		+++		++
181	ク ロ マ ツ	27		+++		+++		+++
182	ク ロ マ ツ	17		—		+++		+++
183	ア カ マ ツ	36		++		+++		+++
184	ク ロ マ ツ	18		—		+++		+++
185	ク ロ マ ツ	37		+++		+++		+++

および樹脂流出状況(調査時別)											
1987年6月11日		1987年11月5日		1988年7月5日		1988年11月1日		1989年6月7日		1989年10月24日	
葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況
	—		+++		—		—		++		+
	+++		+++		+++		++		+++	赤変	○⊕
	+++		—		+		+++		+++		+
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	+++		+++		+++		—	黄変	○⊕	落葉	○
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	+++		+++		+++	赤変	○⊕	(伐倒)			
	+++		○		++	落葉	○⊕	(伐倒)			
	+++		○		+++		○	(伐倒)	⊕		
落葉											
黄変	○⊕	落葉	○	(伐倒)							
	+++	(伐倒)	⊕								
(伐倒)	⊕										
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	+++		+	落葉	○⊕	落葉	○	(伐倒)			
	+++		+		++		○	赤変	○⊕	落葉	○
落葉	⊕	落葉		(伐倒)							
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	+++		+++		+++		+++		+++		+++
	+++	黄変	○⊕	(伐倒)							
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	+++		+++		+++	落葉	○⊕	(伐倒)			
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	+++	赤変	地⊕	(伐倒)							
(伐倒)											
	+++	黄変	○⊕	赤変	○	落葉	○	(伐倒)			
	+++		+++		+++		—	赤変	○⊕	落葉	○
	+++		++	(伐倒)	⊕						
	+++		+++		+++	黄変	○⊕				
(伐倒)	⊕										
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							

番号	種名	胸高直径 (1985年)	葉色の変化					
			1985年11月13日		1986年5月21日		1986年10月16日	
			葉色 変化	樹脂流 出状況	葉色 変化	樹脂流 出状況	葉色 変化	樹脂流 出状況
186	クロマツ	26		+++		+++		+++
187	クロマツ	41		+++		+++		+++
188	クロマツ	35		+++		+++		+++
189	クロマツ	26		+-		+++		+++
190	クロマツ	33		+-		+++		+++
191	クロマツ	21		+-		+++		+++
192	クロマツ	27		+++		+++		+++
193	クロマツ	29		○	黄変	+	(伐倒)	⊕
194	クロマツ	45		+++		+++		+++
195	クロマツ	37		+++		+++		+++
196	クロマツ	40		+-		+++		+++
197	クロマツ	35		+++		+++		+++
198	クロマツ	22		+++		+++		+++
199	クロマツ	24		+++		+++		+++
200	クロマツ	6	落葉	○⊕	落葉	○	落葉	○
201	クロマツ	11	落葉	○⊕				
202	クロマツ	6		○	赤変	○⊕	落葉	
203	クロマツ	5		○	落葉	○⊕	落葉	
204	アカマツ	33		+++		+++		+
205	クロマツ	19		+		—	(伐倒)	⊕
206	クロマツ	11		+		+++		+++
207	アカマツ	29		+++		+++		+++
208	アカマツ	37		+-		+++		+++
209	アカマツ	21		+-		+++		+++
210	アカマツ	10	落葉	○⊕	落葉	○	落葉	○
211	アカマツ	15		+++		+++		+++
212	アカマツ	26		+++		+++		+++
213	アカマツ	17		+-		+++		+-
214	アカマツ	9		—		+++		—
215	アカマツ	23	黄変	+++		+++		+++
216	アカマツ	5	落葉	○⊕	落葉	○	落葉	○
217	アカマツ	11		—		+		○
218	アカマツ	17		+-		+++		+++
219	アカマツ	5	落葉	○⊕	落葉	○	落葉	○
220	アカマツ	12		+		++		—
221	アカマツ	8		—		+		+-
222	アカマツ	9		+++		+++		+++

および樹脂流出状況(調査特別)											
1987年6月11日		1987年11月5日		1988年7月5日		1988年11月1日		1989年6月7日		1989年10月24日	
葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況
	+++		+++		+++		—	赤変	○⊕	落葉	○
	+++		+++		+++	黄変	○⊕	赤変	○	落葉	○
	+++		+++		—	落葉	○⊕	(伐倒)			
	+++		○	(伐倒)	⊕						
	+++		+++		—		—		—		—
	+++		+++		+++		+++		+++		+++
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	+++		+++		—	落葉	○⊕	(伐倒)			
	+++		○	落葉	○⊕	落葉	○	(伐倒)			
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	+++		+++		+++		+++		+++		+++
	+++		+++		+++		+++		+++		+++
落葉											
(伐倒)											
落葉		(伐倒)									
落葉		(伐倒)									
	+++		+++		+++		+++		+++		+++
	+++		—		+++		—		+++		—
	+++		+++		+++		+++		+++		+++
	+++		+++		+++		+++		+++		+++
	+++		+++		+++		+++		+++		+++
	+++		+++		+++		+++		+++		+++
	+++		+++		+++		+++		+++		+++
	+++		+++		+++		+++		+++		+++
落葉	⊕	(立枯れ)									
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	+++		+++		+++		+++		—		—
	+++		—		—		—		+++		+++
(立枯れ)						(伐倒)					
	+++		—		—		+++		—		—
	+++		—		+++		—		—		—
	+++		+++		+++		+++		+++		+++

番号	種名	胸高直径 (1985年)	葉色の变化					
			1985年11月13日		1986年5月21日		1986年10月16日	
			葉色 変化	樹脂流 出状況	葉色 変化	樹脂流 出状況	葉色 変化	樹脂流 出状況
223	クロマツ	29		+++		+++		+++
224	アカマツ	6		—	黄変	—	黄変	○⊕
225	クロマツ	45		+++		+++		+++
226	アカマツ	3	黄変	○⊕	落葉	○	落葉	○
227	アカマツ	7		—		—		—
228	アカマツ	7		—		+++		+++
229	アカマツ	6		○	落葉	○⊕	落葉	○
230	クロマツ	46	落葉	○⊕	(伐倒)			
231	アカマツ	14		—		+++		+++
232	アカマツ	6	落葉	○⊕	落葉	○	落葉	○
233	アカマツ	6		—		+++		+++
234	アカマツ	12		—		—		—
235	アカマツ	17		—		+++		+++
236	アカマツ	9		+++		+++		+++
237	アカマツ	21		—		+++		—
238	アカマツ	17		—		+++		—
239	アカマツ	7		—		—		○
240	アカマツ	9	落葉	○⊕	落葉	○	落葉	○
241	アカマツ	10	赤変	○⊕	(伐倒)			
242	クロマツ	16		+++		+++		+++
243	クロマツ	18		+++		+++		+++
244	アカマツ	10		—		—		—
245	アカマツ	9		+++		+++		+++
246	クロマツ	30		+++		+++		+++
247	クロマツ	38		—		—		—
248	アカマツ	26		+++		+++		+++
249	クロマツ	31		+++		+++		+++
クロマツ 枯損木 計				26		8		16
アカマツ 枯損木 計				10		1		3

樹脂流出状況で用いた記号については図2 参照

⊕は枯損と判定したもの

および樹脂流出状況(調査時別)											
1987年6月11日		1987年11月5日		1988年7月5日		1988年11月1日		1989年6月7日		1989年10月24日	
葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況	葉色変化	樹脂流出状況
	—		+++		+++		+++		+++		+++
落葉								(風倒)			
	++		+++		+++		+++		+++		+++
	+++		○	(伐倒)	⊕						
	+++		+++		+++		+++		+++		++
	+++		+++		+		++		+++		++
(立木枯れ)											
	+++	赤変	○⊕		○	落葉	○	落葉	○	落葉	○
	+++		+++		+++		+++		+++		+++
	+		+++		++		++		+++		+++
	+++		+++		++		+++		+++		+++
	+++		+++		+++		++		+		+++
	++		+++		++		+++		+++		+++
	+		+		+++		++		+		++
							(伐倒)				
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	+++		+++		+++	落葉	○⊕	(伐倒)			
	+++		+++		++		+++		+++		+++
	+++		+++		+++		++		+++		+++
	+++		+++		+++		+++		+++		+++
	+		○	(伐倒)	⊕						
	+++	黄変	○⊕	(伐倒)							
	+++	赤変	○⊕	(伐倒)							
	10		52		13		20		12		2
	2		5		1		1		0		0

うが松くい虫に対し抵抗力が弱いこと、及びクロマツが優勢木（アカマツの多くは後から天然に侵入したものであるため、マツノマダラカミキリがクロマツに飛来しやすかったことが考えられる。

樹脂流出異常について、当年枯れでは初夏の調査で正常であったものが、晩秋の調査では枯損している場合は多く、また年越し枯れでは前年の晩秋の調査ですでに樹脂流出異常となっているものが、次年の初夏の調査時で枯損するケースが多かった。しかし、当年枯れでも前年の初夏の調査時で樹脂流出異常になっている場合もかなりあり、このことについては次章で論じる。

樹脂流出異常の調査により、枯損木を予め推定し、木が腐朽菌や青変菌に侵される前にこれらの材を使用できる可能性があるか否かについては、当年枯れでは多くの場合樹脂流出異常が起ってから枯損までの期間が短く、この期間のより詳細な調査が必要である。年越し枯れの場合多くは前年の内から樹脂の異常が明らかとなるため、松くい虫による枯損を早い時期より推定することは可能と思われる。今後、更に年越し枯れ材にいつ頃から青変、腐朽が侵入するのかについて調査を行う必要がある。

(2) 当年枯れと年越し枯れ

松くい虫による被害でクロマツ、72.8%、アカマツ、45.1%枯損したことはすでに述べたが、アカマツは調査本数が少なく、また小径木が多く被圧による枯損が多く含まれる可能性があることから、本章ではクロマツを対象とする。調査は1985年11月から行っているが、はじめの年は以前の樹脂流出状況がわからないため、1986年夏に発生したマツノマダラカミキリによる被害より、即ち1986年10月の調査から、1989年6月の調査まで3年間を考察することにする。この3年間の枯損木については表2にまとめた。単純に枯損時期より考えると、当年枯れの本数は1986年10月、1987年11月、1988年11月の枯損を加えた88本、年

表2 松くい虫によるクロマツの被害（1986—1988年）

	1986年の被害 ⁽¹⁾		1987年の被害		1988年の被害	
	当年枯れ (1986年10月)	年越し枯れ ⁽²⁾ (1987年6月)	当年枯れ (1987年11月)	年越し枯れ (1988年7月)	当年枯れ (1988年11月)	年越し枯れ (1989年6月)
樹脂流出正常 ⁽³⁾	6	6	47	2	12	4
樹脂流出異常 ⁽⁴⁾	10(5)	4(4)	5(3)	11(8)	8(4)	8(4)
合 計	16	10	52	13	20	12

(1) その年に発生したマツノマダラカミキリによる被害

(2) ここでは枯損時期により当年枯れ、年越し枯れを区分

(3) 前回の調査時に樹脂流出正常

(4) 前回の調査時に樹脂流出異常 ()内は前回の樹脂流出が0、もしくは樹脂流出に異常があり全体的に葉の変色の起こった木

越し枯れは1987年6月、1988年7月、1989年6月の枯損木の和で、35本となる。ところがこれら枯損木の樹脂流出異常になった時期について着目してみると、当年枯れでその年の初夏の調査の時点で正常であった木が64本、初夏の時点もしくはそれ以前よりすでに樹脂流出異常がみとめられた木が22本あった。これら22の木は実は前年もしくはそれ以前からの年越し枯れが丁度当年枯れと同じ時期に枯れたものと考えられる。この様は木は、前年（もしくはそれ以前）の被害で樹脂流出異常が起こっているが、その後、夏（当年枯れる木と同じ時期）に再びマツノマダラカミキリに後食されている可能性があり、どちらが主な原因でマツが枯損したのか判断が難しい。岸（1988）は、樹脂流出量が0の段階の被害木は樹勢回復の可能性が極めて低率であることを報告している。また、今回の調査でも一度樹脂流出状況が0になり1989年現在まで生存している木は2本のみである。これらのことより、前回の調査時（初夏）に樹脂流出状況が0となっていた木が枯損した場合については、前年の被害が枯損の原因と考えて良いと判断した。また、前回の調査時（初夏）に0でないが樹脂流出異常が認められ、全体的に葉が変色した木についても前年の被害の年越し枯れと考えた。これらの本数を加えると、年越し枯れは少なくとも47本、38.2%と考えられる。この様に、樹脂異常について調査を行ったところ、当年枯れと同時期に枯損する年越し枯れがあり、枯損時期より判断した年越し枯れは28.9%であったが、実際にはこれより9.3%程高いことが考察された。

(3) 気象条件と枯損

本章では各年ごとの枯損を気象条件と比較、考察した。なお、ここでも前章と同じ理由でクロマツのみを対象とした。表2より、1987年の枯損が極めて多い（他の年の約2倍）ことが明らかである。その最も大きな原因として知られる気象要因：気温、降水量について図3及び4に示した。これらの観測は甲府気象台で行われたものである。大きな被害のあった1987年は降水量が3月を除いた各月で、特に4、6、7、8、9、10月で平年に較べかなり少ないことが明らかであり、また気温もやや高い傾向が認められる。降水量の少ない年に松くい虫の被害が大きいことはよく知られており、1987年の大被害はその年の降水量が特に少なかったことが原因と思われる。

次に当年枯れ、年越し枯れを年次別に見てみると、枯損時期より両者を判断した場合1986年の被害では38.5%、1987年では20.0%、1988年では37.5%となる。しかし、先に述べたように前年からの年越し枯れであるが、当年枯れと同じ時期に枯れるものを、全章で述べた方法で見分け、これを年越し枯れに加えると、年越し枯れは1986年の被害で57.7%、1987年で24.6%、1988年で50.0%となる。1987年は先に述べたように、非常に被害の大きい年であったが、同時に年越し枯れが他の2年間と較べかなり少ない年であった。高温、乾燥は激害を与える一方、当年枯れを増やし、年越し枯れを減らすことが知られており、今回の調査もこれと一致した。1987年は降水量が特に少ない年であり、1986年及び1988年の気象状況のほうが平年の状態を表しているものと思われる。このことより、1987年よりも1986年及び1988年の枯損状況がより平年に近いと考えられる。すなわち、異常気象の時は例外となるが、平年は50%程の年越し枯れが本地域では起こっていると推定される。同調査地内のアカマツについてみても、かなり高い割合で年越し枯れが起こっていることが推定される。他地域または他樹齢のマツについて更に調査が必要であるが、本調査

より甲府の様にそれほど寒冷地でないところでも年越し枯れが高い率で起こっていることが示唆される。寒冷地における接種試験で、庄司ら（1983）、在原ら（1984a）も、接種1年経過後接種木が枯損する現象を報告している。前年からの年越し枯れが当年枯れの起こる時期に枯れる“隠れた年越し枯れ”を、より寒冷な地域の調査にも含めることにより、これらの調査の年越し枯れが更に高率である可能性が考えられる。

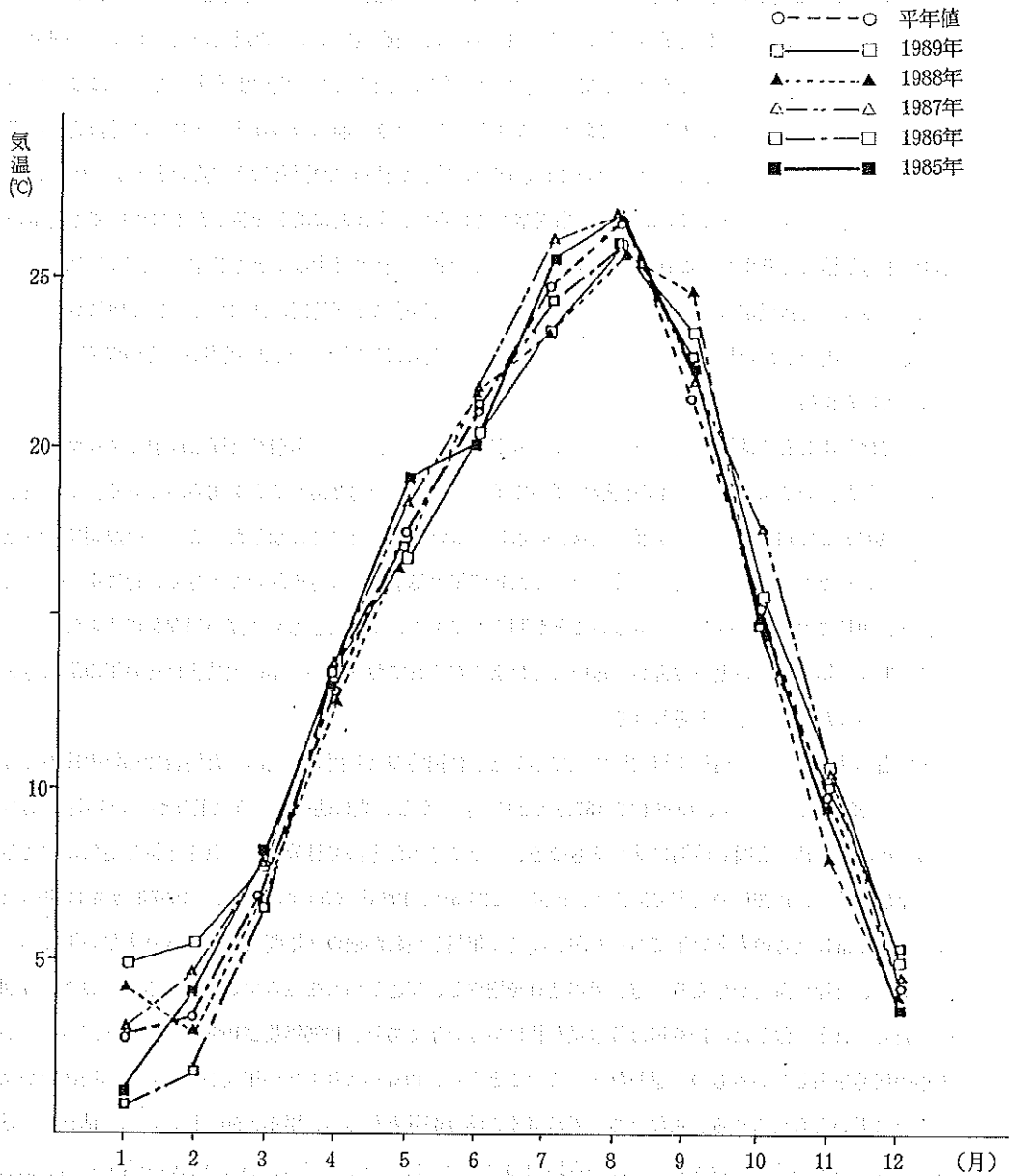


図3 1985年～1989年における甲府の気温

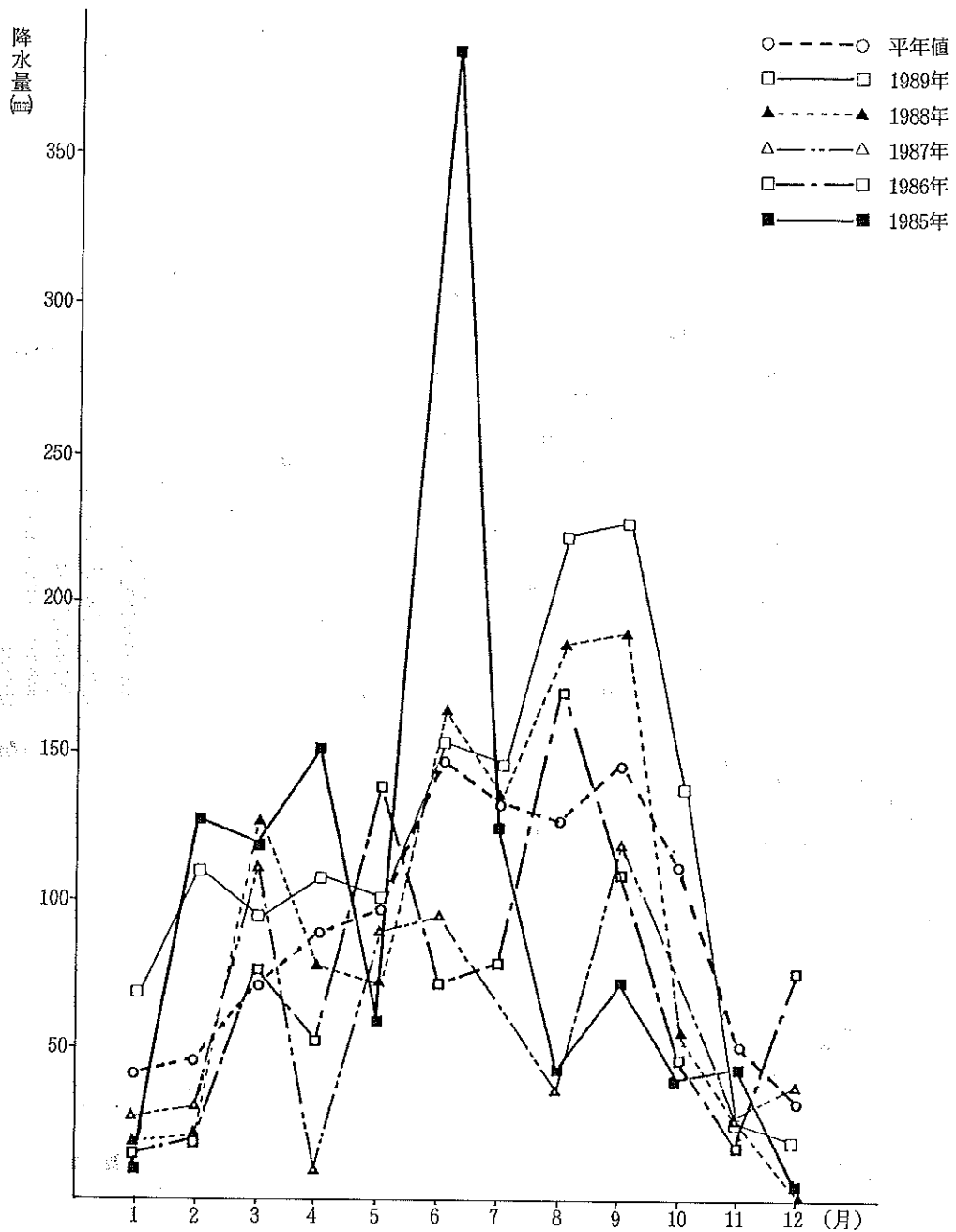
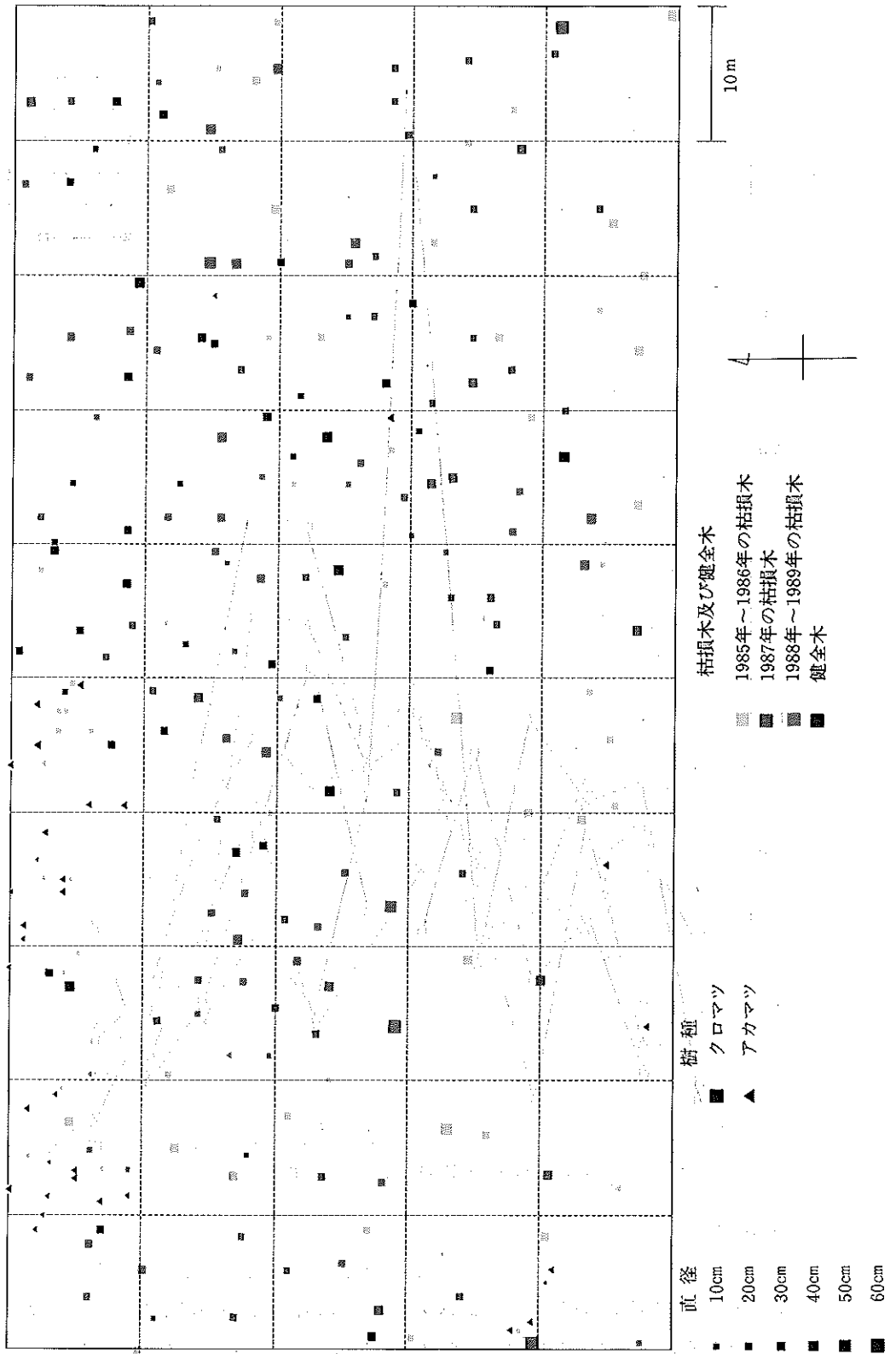


図4 1985年～1989年における甲府の降水量

(4) 枯損木の分布

コードラート内のクロマツ及びアカマツの枯損木、生存木の分布を図5に示した。生存木はコードラート中央から上方にかけて、いくらか集中している様に見えるが、Iδを調べると、むしろランダム分布に近いことが明らかとなった。これら生存木は、松くい虫に抵抗性が高いのか、または偶然生き残ったのか

図5 調査地におけるクロマツ及びアカマツ枯損木、健全木の分布



については不明である。枯損は1987年以来減少しているが、現在（1990年春）また枯損木がかなり出ており、被害はまだ続くものと考えている。

(5) 防除について

以上述べた様に本調査地（甲府市岩窪町）で年越し枯れがかなりの高率でおこっていることが明らかになった。山梨県では、南部、東部の一部を除くと本調査地より寒い地域が多く、これらの地域で年越し枯れが高率で起こっている可能性が高い。

年越し枯れとなるマツはマツノマダラカミキリの産卵時期にはまだ生きている、つまりマツノマダラカミキリの産卵時期とマツの枯損時期がずれるため、カミキリの寄生は一般的にかなり少ないと考えられていた。しかし、在原（1984b）によると、大径木では、当年枯れ木でも年越し枯れ木でもマツノマダラカミキリの寄生率はそれほど変わらず高率であることを報告している。これは大径木の場合、発病後マツが枯損するまでに、かなり時間がかかり、枝枯れや部分枯れを起こした後に枯れる場合が多く、これらの部分にカミキリが産卵するためと考えられる。今回の調査でも、木は生きているのに幹の一部からヒトクチャケが発生したり、樹脂流出状況を調査するためポンチで樹皮に穴をあけたところ、その部分がすでに枯死し、材に青変菌が入っているもの等が認められた。尚、年越し枯れ木におけるカミキリの寄生率は、中径木、小径木になるに従い減少する。

この様に年越し枯れ木にもマツノマダラカミキリが寄生する為、これらなるべく除去することが必要である。このためには年越し枯れ木の調査、処理は時期が遅いほうが良く、晩春、カミキリの発生前に枯損木の処理を行うことが望ましい。枯損木の多いところでは晩春だけでは数が多くなりすぎるため、当年枯れの終わる晩秋の調査、処理等も欠かせない。今回問題にした当年枯れと同じ時期に発生する前年からの年越し枯れは、当年枯れと一緒に処理してよいと考える。しかし、このような木に大きな枝枯れや部分枯れのある場合は、カミキリ発生前までに可能なかぎり切り落とし処理することが望まれる。

引用文献

在原登志男・斎藤勝男. 1984a. 福島県におけるマツの枯損動態に関する研究（I）—マツの枯損時期とゼンセンチュウの検出—, 95回日林論、463—464.

在原登志男・斎藤勝男. 1984b. 福島県におけるマツの枯損動態に関する研究（11）—マツの枯損時期とマツノマダラカミキリの寄生数—, 95回日林論、465—466.

小田久五. 1968. 松くい虫の加害対象木とその判定方. 森林防疫ニュース、16（12）、263—266.

岸 洋一. 1988. マツの材線虫病—松くい虫—精鋭. トーマスカンパニー、東京.

庄司次男・陳野好之・早坂義雄・尾花健喜智. 1983. クロマツに対するマツノザイセイチュウの時期別接種試験. 94回日林論、475—476.

防火性能のある複合壁材の開発 (I) 難燃剤の注入方法の検討

名取潤 藤本登留 三枝茂

1 はじめに

木質系壁材は建築基準法により、一定規模以上の公共施設等の内装材としては、難燃処理したものでないと使用できない。そこで県産カラマツ材等を用いて JISA1321「建築物の内装材料及び工法の難燃試験方法」の難燃3級に合格するような難燃処理方法を検討する。また無機質不燃材と複合して、防火性能の高い複合壁材の開発を検討する。

本報では難燃剤の注入条件並びに、注入量の測定方法について予備的な検討を行った。

2 試験方法

(1) 供試材

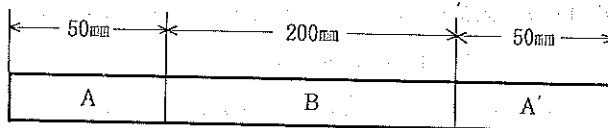
供試材としては壁材としての化粧性のある天然カラマツの節部をのぞいた心材柾目板または板目板を木目を特に考慮せずに用いた。

(2) 難燃剤

難燃剤としては大日本インキ化学工業社製の縮合燐酸アンモニウム誘導體、商品名フレーム・ガード PT-8を用いて行った。供試剤については、原液のPH、比重、固形分量、比重と濃度の関係について検討した。また注入に用いた薬液は、原液濃度を45%として30%に水で稀釈したものをを用いた。

(3) 供試材の形状

供試材は厚さ別の注入量の差異を見るため、図-1に示したように、幅100mm、長さ300mmを基本にして、厚さを2.5mm、5mm、10mm、20mmに調整した。またこの供試材両端部より、注入処理の直前に、長さ50mmの全乾密度推定用の小片を採取して、所定温度で全乾して、未処理材の全乾時の密度を推定した。



A : 全乾燥時の密度推定用供試材

B : 注入量測定用供試材

図-1 注入試験用供試材の形状

(4) 注入条件

注入装置は図-2に示すような、内径300mm直胴1100mmの耐圧タンク内に、小容器を挿入して、表-1に示すような注入条件で各板厚について、1条件3~5枚の試験片を用いて薬液注入を行った。また繰り返し処理による注入量の増加を見るため、各回ごとに所定の温度で全乾して注入量を求めたのち、条件a又はbの注入操作を3サイクルまで繰り返して、その注入量を求めた。

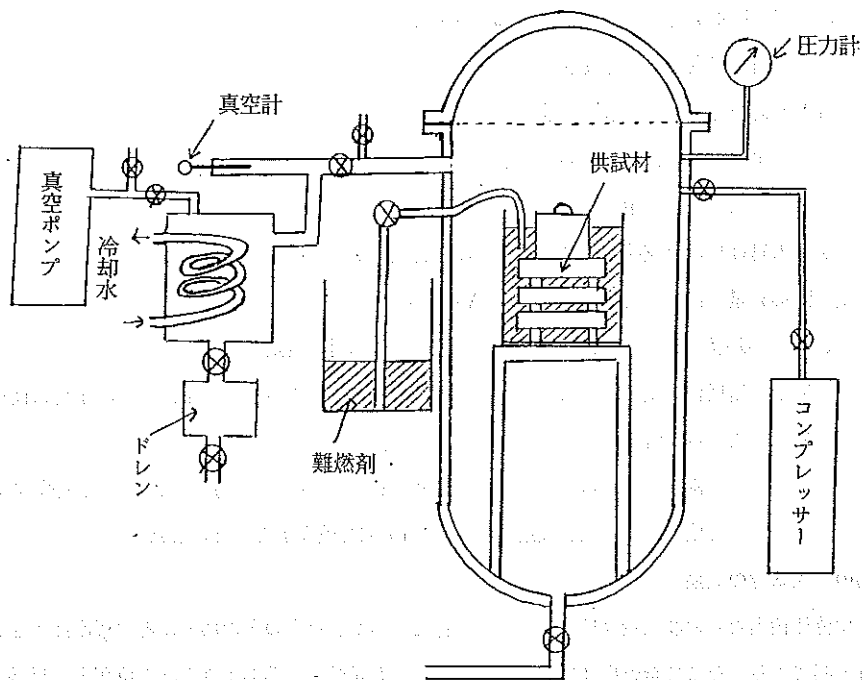


図-2 難燃剤注入装置

表-1 注入条件

操作	条件	条件a	条件b
減圧		常圧→約4トール 60分	常圧→約4トール 60分
薬液移動			
常圧		30分	30分
加圧 (コンプレッサーによる 空気加圧)		8 kgf/cm ² 、180分	10.5 kgf/cm ² 、180分
常圧			

(5) 注入量の推定方法

注入量の推定方法としては、次の2通りの方法で行った。

(1) 薬液濃度より推定する方法

薬液濃度が変化せずに、材中に圧入されるものと考えて、次の式により注入量を求める。

$$\text{湿潤注入量} : A = (GW - G) / V \quad \text{kg/m}^3$$

$$\text{注入量 (固形分量)} R_1 = D \cdot A / 100 \quad \text{kg/m}^3$$

但し、G : 薬剤処理直前の木材重量

GW : 薬剤処理直後の木材重量

V : 処理材の体積、D : 処理液濃度

(2) 推定全乾重量を求めて、推定する方法。

次式により未処理材の全乾時の密度、処理材の全乾重量から、注入量を推定した。

$$\text{注入量 (固形分量)} R_2 = (G_d - M \cdot V) / V \quad \text{kg/m}^3$$

ただし、G_d : 薬剤注入後、2日間105℃で送風乾燥した木材の重量

M : 未処理材の全乾時の密度 (難燃処理する木材とすぐ隣の部分を密度の測定用に使用)

V : 処理材の体積

全乾時の密度を求める方法として、通常の105℃で乾燥する方法と、60℃で乾燥する方法について検討した結果、後述するように105℃で乾燥することにした。

(6) 難燃剤の注入状態の観察

材中の単位体積当たりの注入量は項目(5)で把握できるが、材中のどの部分にどの程度注入されているかは不明である。そこで全乾操作で黄かっ色に変色した試験片を端部より5cmの位置と、材長20cmの中央部で鋸断して、鋸断面の変色割合から、注入状況を評価した。

板厚2.5mm、5mm、10mmの8 kgf/cm²加圧、10.5 kgf/cm²加圧のもの並びに、20mm厚の8 kgf/cm²加圧のものについては、3サイクル注入処理を行ったものについて観察したが、20mm厚の10.5 kgf/cm²加圧のものは、1サイクル、2サイクル、3サイクルの各サイクル時に鋸断して観察した。

3 結果及び考察

(1) 難燃剤の性状

難燃剤として用いたフレーム・ガードPT-8の原液は、無色透明の低粘度の液体で、原液のPHは液温25℃で6.74のほぼ中性である。比重はポーメ比重計の測定値で1.260(液温25℃)であった。水で希釈すると低濃度ではわずかに白濁する場合も見られたが、通常の使用濃度では無色であった。

毒性については、メーカーの説明ではパッチテストでは問題ないが、取扱にあたっては、手袋を着用し、使用後の廃液は回収処理が必要である。

表-2、図-3に濃度と比重の関係を示した。薬液は繰り返し使用すると黄色となり、比重も低下し

てくる傾向が認められたので、同一薬剤を繰り返し使用する場合には、濃度調整、使用回数などについて考慮する必要がある。

表-2 難燃剤フレイム・ガード PT-8 の濃度と比重の関係

濃 度 (%)		45	40	35	30	25	20	15
混 合 比	フレイム・ガード (原液) g	150.00	133.33	116.67	100.00	83.33	66.67	50.00
	水 g	0	16.67	33.33	50.00	66.67	83.33	100.00
比 重	液温19°C	1.267	1.235	1.210	1.177	1.147	1.120	1.090
	液温9°C	1.272	1.240	1.207	1.177	1.150	1.122	1.090

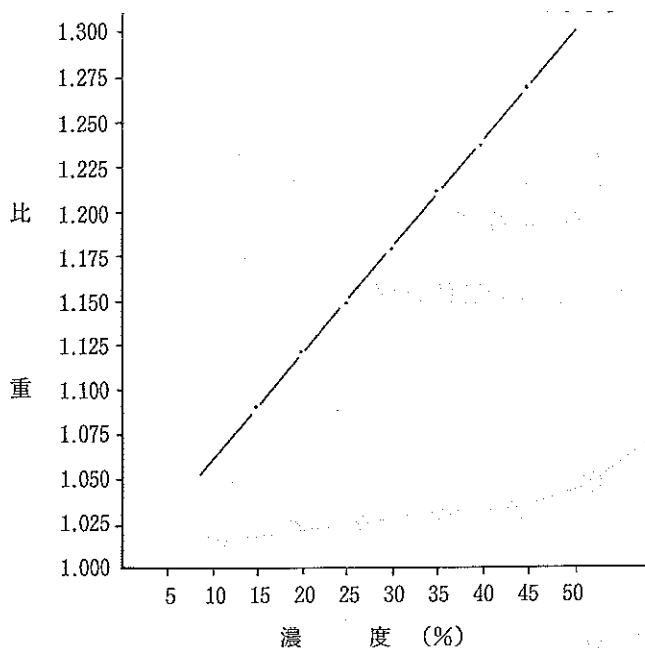


図-3 難燃剤フレイム・ガード PT-8 の濃度、比重直線 (液温 : 19°C)

(2) 注入量把握のための予備的検討

薬剤注入量として固定固形分量を求めるには、供試材を全乾にする必要がある。木材を全乾にする場合には、一般に105°Cで恒量になるまで乾燥する方法がとられるが、難燃処理した供試材を長時間乾燥すると、難燃剤が分解することも考えられるので、できるだけ低い温度で全乾に近い乾燥が得られるかどうか検討した。図-4 に近接して採取した同一寸法の2個のサンプルを、60°Cと105°Cで乾燥し、それぞれの重量を全乾重量と見なして求めた含水率を示した。近接して採取したので同一含水率であると

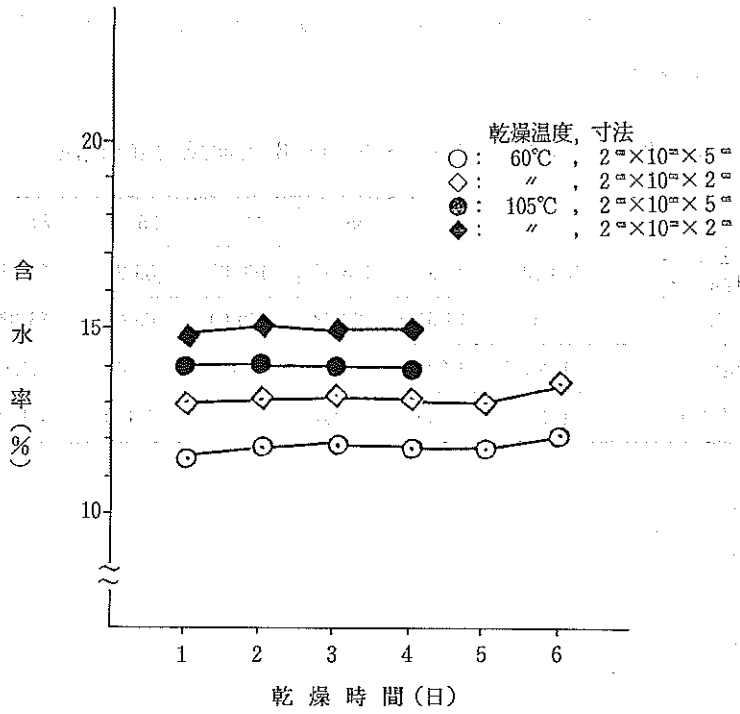


図-4 乾燥温度とその温度で求めた含水率

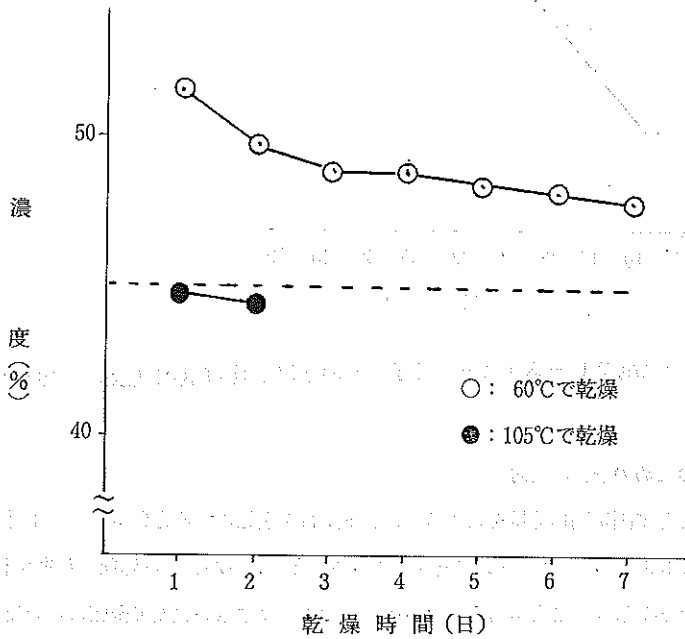


図-5 45%原液を60°C、105°Cで乾燥して求めた濃度

考えると、105°Cで乾燥した場合と、60°Cで乾燥した場合では約2%の含水率の違いがあり、6日間程度の乾燥ではこの差は縮まらないものと考えられる。

次に60°Cと105°Cで難燃剤の水分が完全に蒸発するかどうかを調べるため、秤量びんに10mlの難燃剤をとり、60°Cと105°Cで乾燥して、その溶液の濃度を求めてみた。図-5に45%の原液を乾燥した場合を示した。60°Cで乾燥した場合は7日間乾燥しても濃度は48%で完全に水が蒸発しない。一方105°Cで乾燥した場合は、1日で水を蒸発させることができた。蒸発後の固形分は発泡も見られず、105°Cで2日間程度の乾燥では、著しい分解もおこらないものと考えられた。

以上の予備的検討から、全乾して注入された固形分量を求める方法としては、注入処理した供試材を、105°Cで2日間乾燥して求めることとした。しかし注入処理した試験片を繰り返し105°Cで乾燥すると、発泡してアンモニアガスを出すものも見られたため、一連の試験終了後に、30%に濃度調整した薬液と、3サイクル加圧注入処理をした薬液を、105°Cで2日間乾燥して、その濃度を求めた。その結果を図-6に示した。30%に濃度調整した薬液は、調整著くぼのものも、加圧注入終了後のものも、発泡現象が見られ、比重より求めた濃度より低い濃度となった。従って今回行った一連の試験で求めた注入量は、実際の注入量よりやや低い値を示す可能性が考えられた。

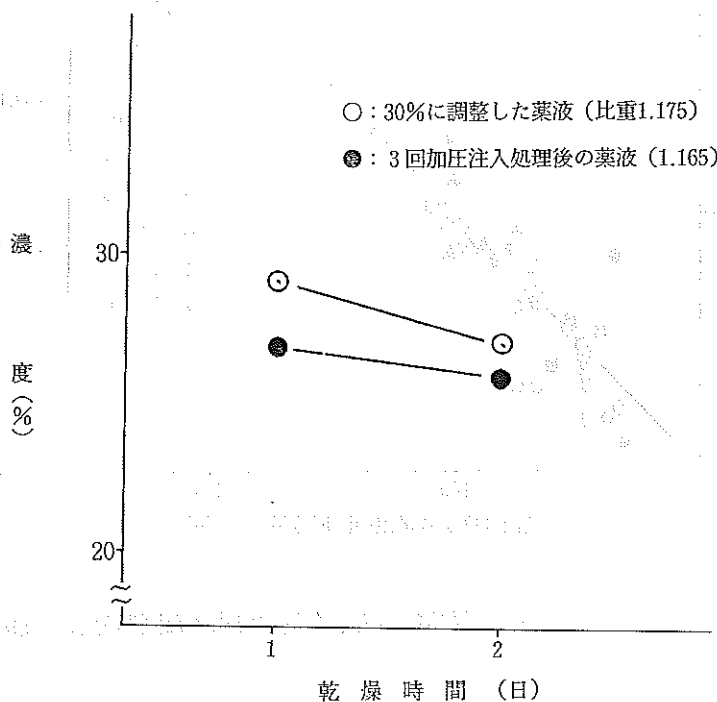


図-6 30%に濃度調整した薬液を105°Cで乾燥して求めた濃度

(3) 2通りの薬剤注入量の推定方法

薬剤注入量として、水分をのぞいた固定固形分量がどの程度であるかを調べる方法として、使用薬液の濃度と、湿潤注入量より求める方法と、供試材を全乾にさせて求める方法について検討した。図-7から図-9に各注入サイクルごとの、2通りの方法で求めた推定固定固形分量の相関図を示した。第1回目の注入では数値にバラツキはあるが、45度の直線にそって分布しており、正の相関が認められる。ところが、第2回、第3回と注入処理の回数がふえるにつれて、45度の直線の下側に分布する傾向が認められた。このことは薬液の濃度より推定した数値よりも、全乾重量から求めた数値のほうが低い値を示す傾向が、だんだんできたことを意味する。このことは、105°Cでの加熱を繰り返すことによって、難燃剤の熱分解がおり、アンモニアなどがガス化して一部飛散することにより、実際の固定固形分量より小さい値を示すためであると考えられる。したがって全乾重量より推定したものより、濃度から推定したもののほうが、推定値としては良いように思われた。

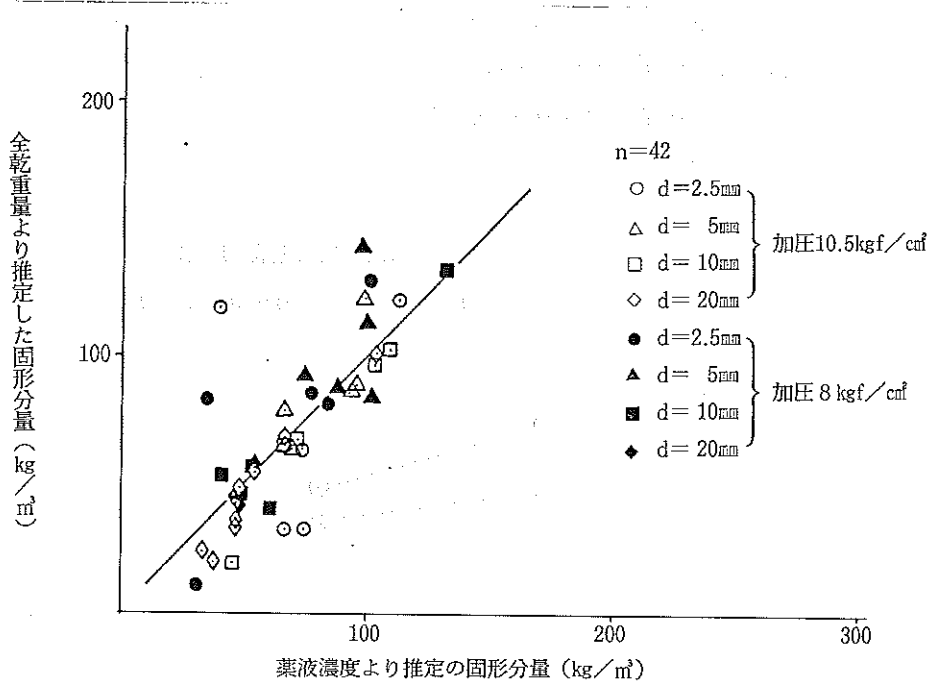


図-7 1サイクル目の、濃度推定と、全乾法で求めた固形分量の関係

(4) 注入回数と注入量

次に注入回数により注入量がどのように変化したかをみてみる。まず湿潤注入量の変化を図-10に示した。湿潤注入量は、注入直前の供試材の重量と、注入直後の湿潤時の重量から算出したものである。

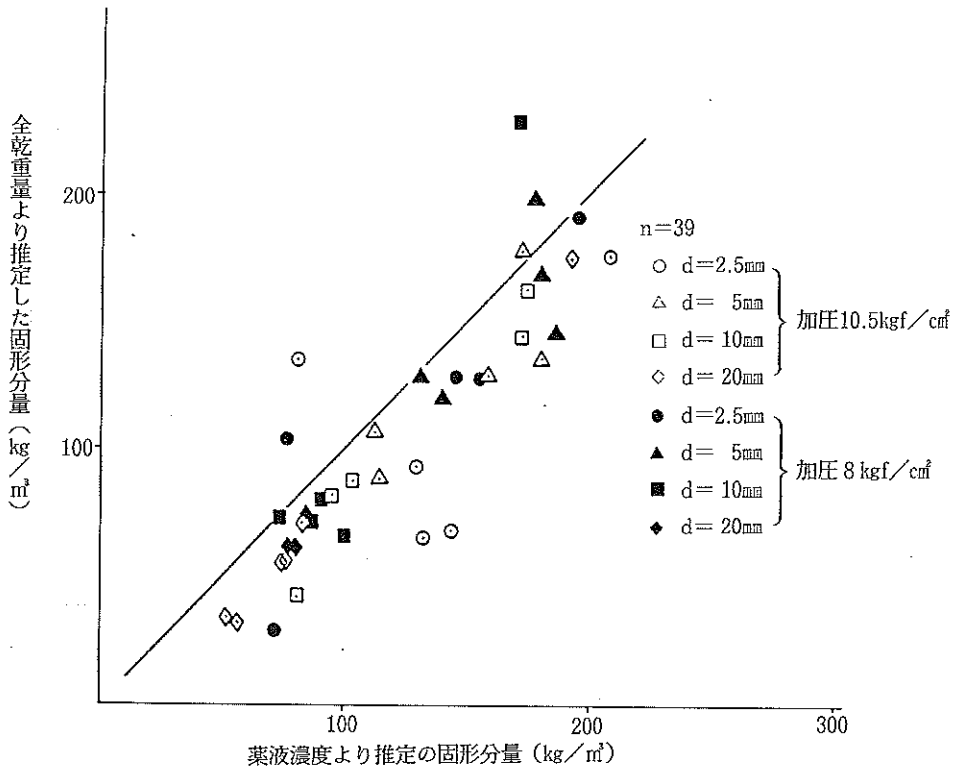


図-8 2 サイクル目の、濃度推定と、全乾法で求めた固形分量の関係

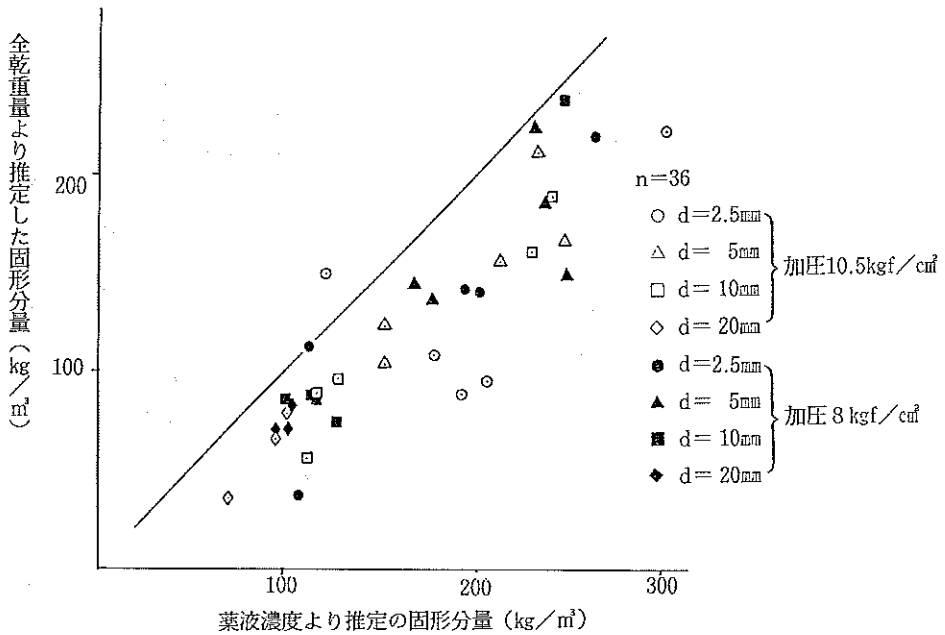


図-9 3 サイクル目の、濃度推定と、全乾法で求めた固形分量の関係

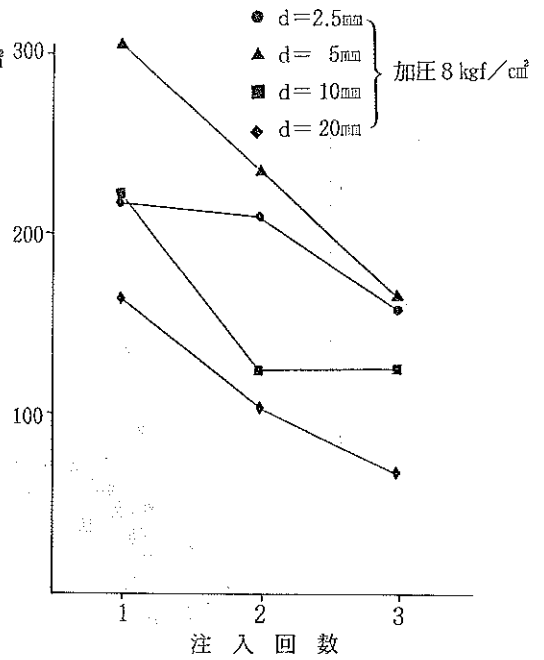
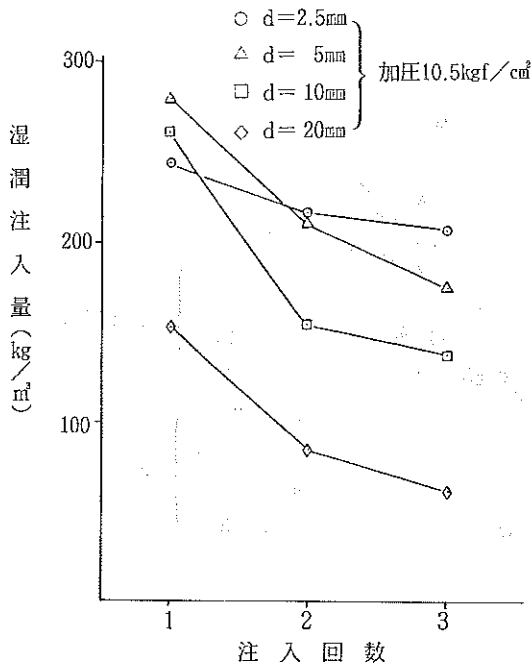


図-10 繰り返し注入処理を行った場合の注入回数と湿潤注入量の関係

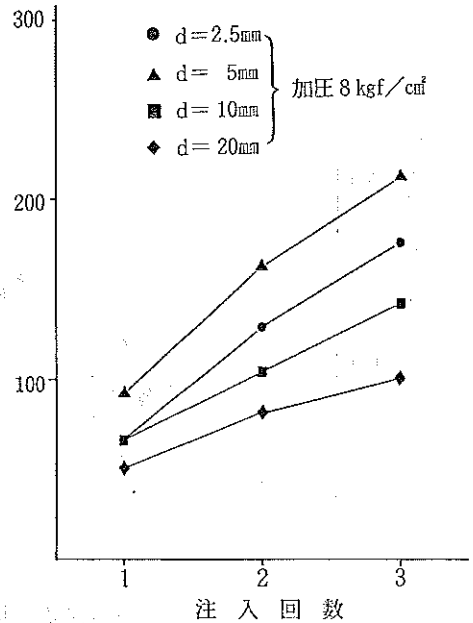
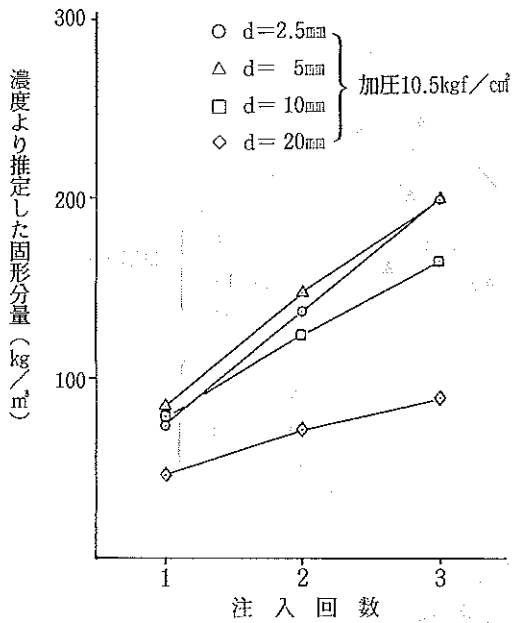


図-11 注入回数と注入量の関係

傾向としては、10.5kgf/cm²で注入したのも、8kgf/cm²で注入したのも、湿潤注入量にはあまり差はなく、繰り返し注入を行うと、湿潤注入量が減少する傾向が一様に認められた。これは注入後全乾状態にしているため、通導組織内にある前回の時に注入された難燃剤が、薬液の注入を阻害している可能性も考えられるが、顕微鏡的に確認したわけでもなく、はっきりしたことはわからない。

次に注入量として、濃度より推定した固定固形分量と、注入回数との関係を図-11示した。10.5kgf/cm²で加圧注入のも、8kgf/cm²で加圧注入のも、いずれも、繰り返し注入処理を行うことにより、固定固形分量が増加することがわかる。

(5) 試験片の材厚と注入量

次に断面形状、特に材厚と注入量の関係について検討して見る。図-12に材の厚さ別の注入量の平均値、標準偏差、最大値、最小値を示した。このような小試片では木口面からの注入がおもになるので、材厚による注入量の差はあまりないように思われるが、各グループの試片の平均注入量をとって見ると、断面の大きい厚い材のほうが注入性が悪い傾向がよみとれる。この傾向は図-11からもよみとることができる。材厚から見ると2.5mm厚と5mm厚はあまり注入性には差がないように思われる。

(6) 注入性にかかわる因子

注入性の良し悪しにかかわるものとして、比重、年輪幅などについて一応の相関性を検討した。試験片が同一の供試木から採材されたものが多いので、一般性のある結果ではないが、比重と注入量（濃度推定の固定固形分量）の間には負の相関が認められた（相関係数： $r = -0.4259$ 、資料数： $n = 42$ ）。一方年輪幅の間にはほとんど相関が認められなかった（相関係数： $r = -0.021$ 、資料数 $n = 42$ ）。また図-13に示すように、第1回目の注入量と第3回目の注入量の間には高い相関性が認められ、注入性の良い供試材は、何回注入しても注入性が良いことがわかる。また板目、柾目などによる注入性を見るため、図中の板目板に□印を付けて見ると、注入量の多いものから少ないものまで一様に分布しており、木取りによる差はあまりないようである。

(7) 材中の難燃剤の注入状態

材中のどの部分に難燃剤が入っているか、またどんな分布をしているかは興味深い問題である。本報では全乾重量を求めるため繰り返し加熱処理を行うことにより、黄かっ色に変色した部分を難燃剤が注入された部分と見なして、その分布を検討した。表-3に肉眼的に見た大略の変色部分の割合を示した。試験片の中央部分の変色の割合は端部5cmの位置より小さく、注入性が悪いことがわかる。また材厚の厚い材の方が注入性が悪い傾向も読みとれる。また変色部分を観察することによってわかったことであるが、試験片採材時点では心材部と見なしていた部分で、きわめて注入性の良い部分を含んだ試験片が6個程度見つかり、この部分は辺材の可能性が高い。この辺材と思われる部分を含んだ試験片は、図-13の○印を付けたもので、注入性の高い部分に分布していた。

写真-1に、材厚20mmの第1回注入の試験片と、2回注入の試験片の写真を示した。この試験片は隣接して採材されたもので、材質的にも近似しているものと考えられる。注入の状態を見ると、非常に不

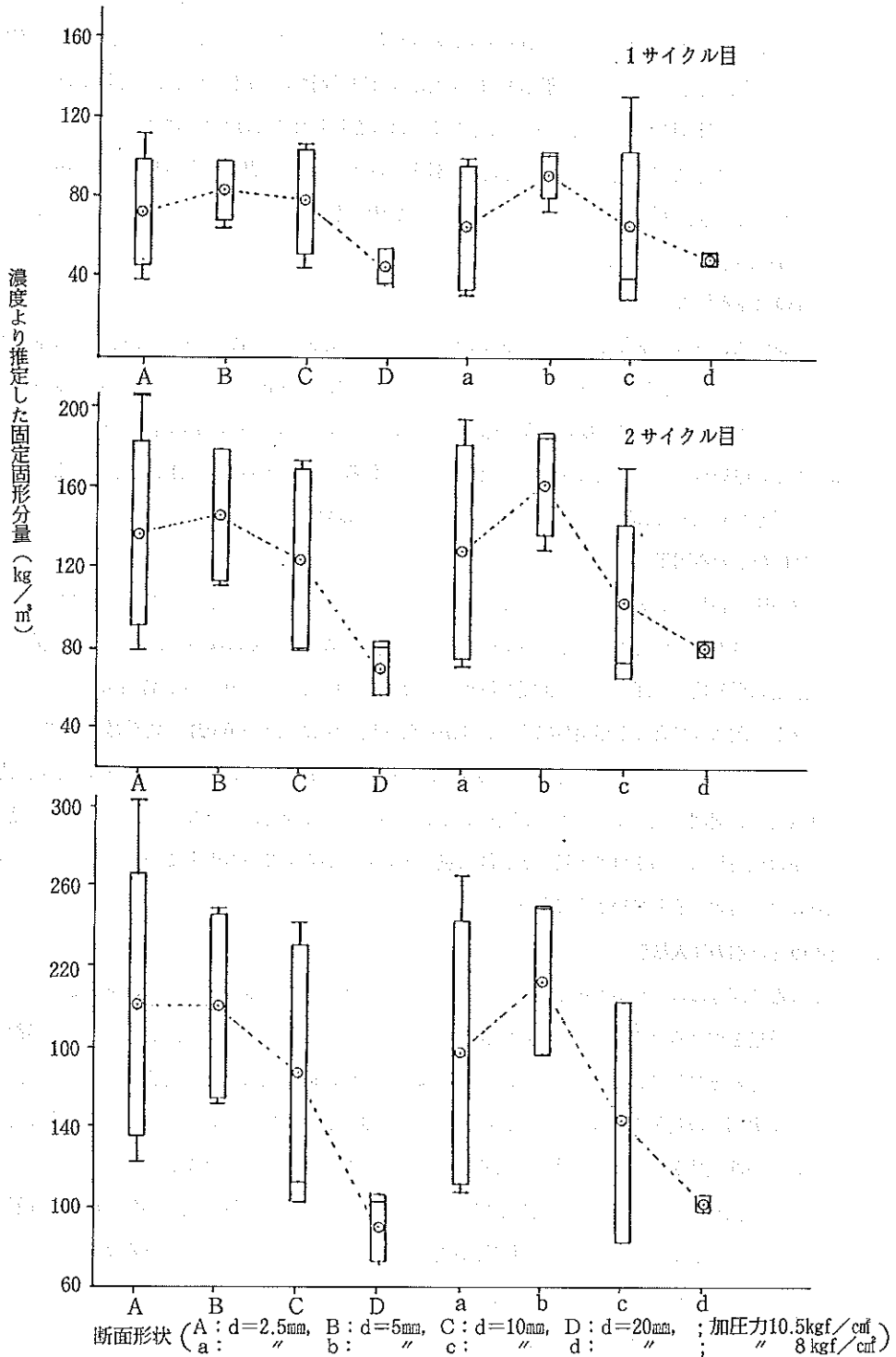


図-12 断面形状 (材厚) と、注入量の関係

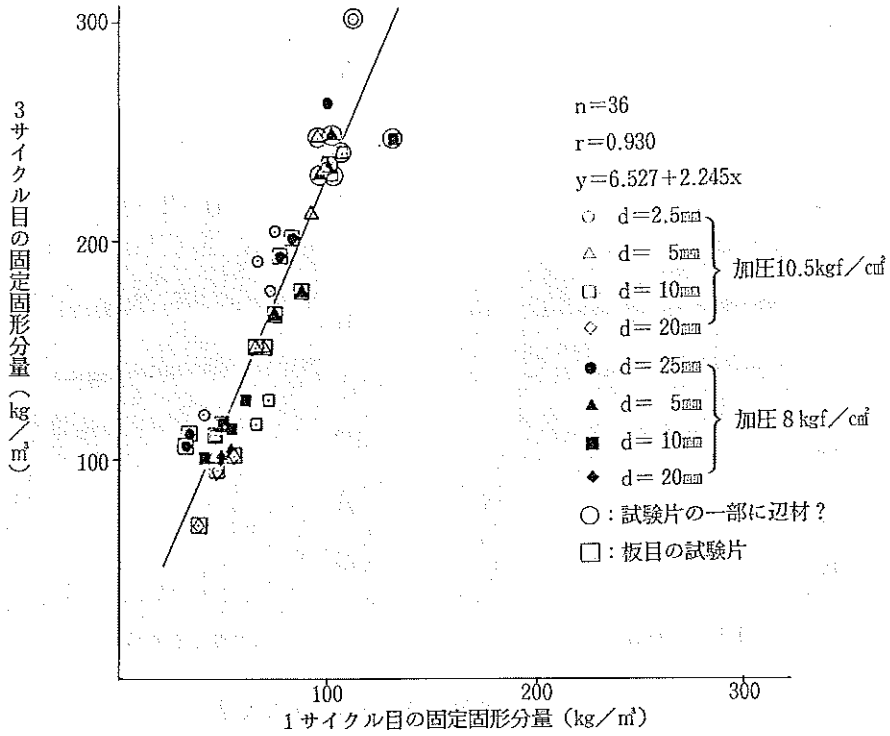


図-13 第1サイクルの注入量と、第3サイクルの注入量の関係

表-3 肉眼的観察による注入部分の割合

加圧圧力 (kgf/cm ²)	記号	板厚 (mm)	注入部分の割合 (変色面積/全断面積×100)		
			(1) 平均 (範囲)	(2) 平均 (範囲)	(3) 平均 (範囲)
10.5	A	2.5	90 (50~100)	82 (50~100)	90 (50~100)
	B	5.0	100 (100)	96 (80~100)	100 (100)
	C	10.0	99 (95~100)	91 (70~100)	100 (95~100)
	D	20.0	83 (80~90)	57 (40~70)	77 (60~90)
8.0	a	2.5	84 (60~100)	78 (40~100)	82 (50~100)
	b	5.0	100 (100)	100 (100)	100 (100)
	c	10.0	97 (90~100)	73 (60~95)	96 (90~100)
	d	20.0	98 (95~100)	70 (60~90)	98 (95~100)

(1)、(3) : 20cmの試験片の端部より5cmの位置

(2) : 試験片の中央部分

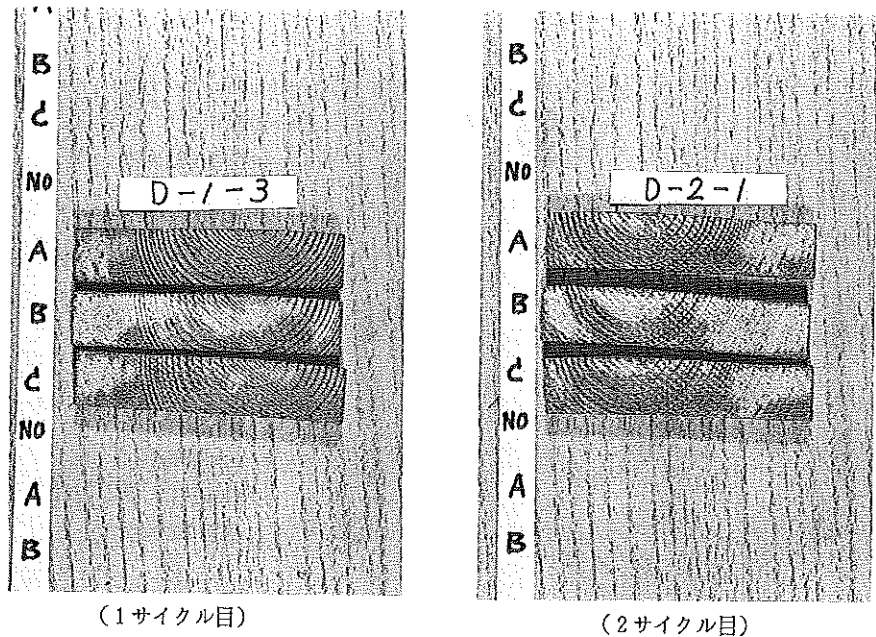


写真-1 材厚20mmの供試材の注入状態

規則で表層から0.5mmも注入されていない部分があれば、材内部まで注入されている部分もある。これが注入の実体ではないかと思われる。また注入回数をふやしても注入面積の増加はあまり見られず、薬剤の到達した部分はほぼ同じものと推察できる。従って注入回数をふやしても、注入量を増加させることは可能であるが、加圧、減圧条件が同じであれば、注入される部分の体積を増加させることは困難で、注入部分の固定固形分量のみが増加している可能性が考えられた。

4 おわりに

以上薬剤注入性の悪いカラマツ心材部について、難燃剤の注入条件を検討して来たが、全体を総括すると次のようなことが言える。

難燃剤注入性の樹種でも注入操作を繰り返すことにより注入量を増やすことができる。3サイクル同一操作を繰り返すと、5mm厚の材についてはスギ材などの難燃処理の条件とされる 180kg/m^2 をうわまわる 200kg/m^2 の平均固定固形分量を注入することができた。しかし注入状態の観察結果からわかるように、非常に良く注入されているものと、ほとんど注入されていない部分を含む試験片が認められ、この注入ムラをなくすることが今後の課題といえよう。一定の難燃性能を得るためには、表層から数mmの部分に均一に難燃剤を注入する必要がある。

また注入性の良し悪しを比重や外観の特徴から見分けられれば、注入性の良い材のみを選別できるが、今

のところ、比重との間には負の相関が認められるが、外観から注入性を見分けるのは困難である。

注入処理した材の材色は、やや黄色が強くなるが、著しく元のカラマツの心材色をそおねるようなものではない。しかし難燃剤にかぎらず、水溶性の薬剤を注入する場合の欠点として、注入処理した供試材の乾燥過程での変形の問題があり、再加工することにより、難燃性の高い表面部分の材が切削される場合がある。

以上注入性を検討した上であきらかとなったいくつかの問題点を列挙したが、今後これらの問題点の解決に向けて努力して行きたい。なお本試験を行うにあたり難燃剤を提供していただいた大日本インキ工業に対して感謝致します。

文 献

- (1) 平井信之ほか：木材工業 Vol144、324～328 (1989)

山梨県林業技術センター
〒400-02 山梨県中巨摩郡
白根町上今諏訪850
TEL (0552) 82-4210

山梨県林業技術センター

林 技 情 報 No.17

平成2年3月1日発行

発行者 有 賀 武 彦
発行所 山梨県林業技術センター
〒400-02 山梨県中巨摩郡
白根町上今諏訪850
TEL (0552) 82-4210
印刷所 (有)平和プリント社