

今須地方にみられるスギの凍裂害

後藤 康次

中村 基^{*}

目 次

1 はじめに	11	3.2 林型の違いによる損傷木と凍裂木の発生	14
2 試験方法	12	3.3 凍裂木における樹幹内の損傷と割れの形態	17
2.1 凍裂木の分布及び林分調査	12	3.4 凍裂木の含水率の分布	20
2.2 スギ供試木の解析	12	3.5 過去の気象と凍裂の発生年	22
2.3 過去の気象の解析	12	3.6 スギ凍裂の発生機構	24
3 試験結果と考察	12	4 まとめ	24
3.1 凍裂木の分布と発生環境	12	文 献	25

1 はじめに

林木の気象害のなかに凍裂(Frost crack)¹⁾がある。凍裂は樹幹の凍結によって幹に放射方向の割裂を生じるもので、割裂部の長さは幹に沿って数 m におよぶ場合もある。

凍裂は壮令木に発生するのが一般であり、いったん割れをおこした立木は構造材としての利用価値がほとんど望めなくなる。こうした凍裂は、モミ、トウヒ、ツガ類、ミズナラ、カバ類、また北海道のトドマツやエゾマツにいくつかの事例が報告²⁾されている。

岐阜県下でも、同様な被害が県の西南部滋賀県境にある関ヶ原町から垂井町にかけてのスギ林にみられ、こうした幹割れのある立木は「モメキ」と呼ばれ敬遠されている。この地域の関ヶ原町今須地区は古くから択伐による集約的な施業がおこなわれている地域であり、凍裂木の存在は択伐林経営上の一つの問題として地域林業家の頭を悩ませている。

立木が幹割れをおこす現象の発生原因についてはこれまでも多くの報告³⁾⁴⁾がなされており、そのおもな外的要因としては、風力、低温による材の凍結、乾燥があげられる。

しかしながらスギの幹割れについては調査事例も少なく、その原因は不明な点が多い。

そこで、関ヶ原町今須の凍裂発生地区の択伐林を対象として立地環境や林型と凍裂被害の関係を調査するとともに凍裂木の樹幹を解析して、被害実態の究明とその発生原因について若干の検討をおこなった。

なお本報告は、昭和46年から昭和48年にかけて「施業改善による凍裂目回り対策試験」として、高山雄二[※]、戸田清佐^{※※}、中村により実施され、さらに引き続いて昭和49年から昭和51年にかけて、「枝打ち基準による凍裂防止対策試験」として筆者らが担当した試験の結果をとりまとめたものである。

本試験を進めるにあたり、現地調査や試験木の提供について、山本惣助氏をはじめ関ヶ原町今須地区の関係者や西南濃県事務所林務課の各位の御協力をいただいた。ここに厚く感謝の意を表したい。

※ 現林政部経営普及課 ※※ 現岐阜山林事業所 ※※※ 現寒冷地林業試験場

2 試験方法

2.1 凍裂木の分布及び林分調査

関ヶ原町今須の主要な3つの谷、大河内、祖父谷、中狭谷における、凍裂木の発生位置を調査して地図上にプロットするとともに、凍裂木のみられる林地の立地条件や凍裂木の形態の概要を調査した。

さらに、発生環境の調査によって凍裂は種々の損傷木に多く発生する傾向がみられるので、これら関係を明らかにするため、凍裂木の多く発生する地域に8カ所の調査地を設け、スギ・ヒノキの直径階別の本数、損傷木と凍裂木の出現数の調査をおこなった。

損傷木については、立木の被害を先端折れ、幹まがり、その他の幹の外傷に分類し、こうした幹に欠陥のある立木を損傷木としてあらわした。ただし「その他の幹の外傷」は削傷による樹皮のはく離・病虫害・枝打ちによる著しい幹の腐朽・根ぐされ等である。ただし凍裂による幹割れは含めていない。

また、「幹まがり」は先端折れあとや幹の損傷によると想定される著しい樹幹部の偏曲のみを対象とした。

調査地は林型としてまとまった集団を一つとしたので立木本数も面積も一定ではない。

2.2 スギ供試木の解析

樹幹内の性状をしらべるため次の供試木を選定した。(表-1)

表-1 スギ供試木の形状

供試木	場所	伐採時期	樹令	樹高	胸高直径	枝下高	備考
F-1	関ヶ原町今須祖父谷	1974年 6月	88年	18.0m	26.0cm	9.8 m	凍裂木
F-2	“ “ 祖父谷	1974 11	85	22.0	37.0	10.0	凍裂木
F-3	“ “ 大河内	1975 12	82	16.3	22.0	10.0	凍裂木
N-1	“ “ 祖父谷	1976 12	105	20.0	24.0	12.0	外傷なし
N-2	“ “ 祖父谷	1976 12	80	14.5	15.0	4.5	外傷なし

これらの供試木のうちF-1、F-2、F-3は伐採後ただちに1mごとに厚さ5cmの円盤をとり、半径方向に髓から樹皮部まで1cm間隔の試片(1×3×5cm)を作成し絶乾法により含水率を測定した。玉切りした丸太は年輪幅、心材率を測定したのち小片に分割して、枝打ち、損傷、凍裂による割れの形態や発生年を測定した。

凍裂の発生年の測定にあたっては、木口面にみられる割れのうちゆ合組織ができ、はっきりと年輪が肥厚しているものだけを対象とし最初のゆ合組織のみられる年輪の直前の年輪をもって発生年とした。従ってゆ合組織のないものや不明確なものは測定の対象から除外した。枝打ち年についても同様に、枝打ち面の巻き込みにともなうゆ合組織のある直前の年輪をもって枝打ち年とした。

N-1、N-2についても、凍裂木と同様な方法で含水率を測定した。

2.3 過去の気象の解析

樹幹解析をおこなった3本の供試木を含む9本の凍裂木について、凍裂の発生年とその年の冬の気象との関係をしらべるために過去の気象を解析した。

気象は、今須地区のある関ヶ原の1月の平均気温(日最高、最低気温の平均値)、最低気温の年極値、最深積雪量を1904年~1973年まで70カ年にわたりしらべた。

3 試験結果と考察

3.1 凍裂木の分布と発生環境

今須地区の主要な3つの谷、大河内、祖父谷、中狭谷で確認された凍裂木は、図-1のような分布

がみられる。

凍裂木の分布域は、スギ択伐林の多い谷筋の比較的せまい範囲に限定されている。

これは谷筋以外の部分は、ヒノキあるいはアカマツ、広葉樹の雑木林となっているためみかけ上、スギの択伐林分布域と凍裂木の分布域が重なって見える。

被害面積はスギ林面積の約20%、230ha、材積で150m³と推定される。⁵⁾

凍裂木の発生している林地は海拔高で200~400mにわたり、300m前後の谷ぞいの平坦地や緩傾斜地に多い。

凍裂木発生林地の斜面の方位については、南向きの斜面が34%とやや大きいものの北、東、西とも21~22%で差異はみられない。

斜面の方位と割れの方位の関係については表-2のように林地の方位の影響が強く、西向き斜面を除いて林地の方位と割れの方位は一致している。

土壌については、B_D~B_E型が多く、なかでも礫質などが多い。

3つの谷で、確認した116本の凍裂木の各形質は表-3のとおりである。

凍裂木には、樹幹や枝に雪害による先端折れ、枝抜けや隣接木の伐倒、搬出時に受けた損傷のあるものが44%もみられる。

凍裂による樹幹内の割れは、その部分の樹皮が幹に沿って肥厚(霜ばれ)するため、外観からも、はっきり識別できる。

割れは、枝下部分にみられ、その長さは平均で3.7mに達している。

1本の木で数カ所の割れがみられるものが多い。

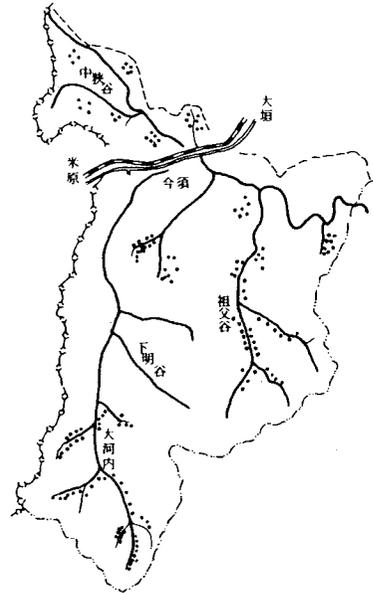
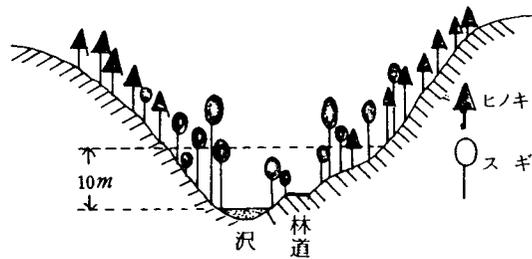


図-1 凍裂木の分布



(付 図)

表-2 凍裂木発生林地の方位と割れの方位関係
(本)

林地の方位 \ われの方位	N	S	E	W	合計
N	15	3	4	3	25
S	6	31	6	14	57
E	6	7	14	6	33
W	2	1	5	5	13
合計	29	42	29	28	128

表-3 スギ凍裂木の大きさと形質

谷	本数	樹令	樹高	胸高直径	材積	枝下高 樹高	枝張度	われの 下限高	われの 長さ	幹や枝に傷の ある個体	
凍裂木	祖父谷	48本	52°	17.8m	27.7m	0.55m ³	0.54	12.1	0.90m	4.3m	44%
	大河内	44	64	16.8	28.6	0.50	0.63	10.1	0.61	3.7	42
	中狭谷	24	60	19.2	30.4	0.70	0.54	11.8	0.60	3.0	44
	平均	116	59	17.7	28.6	0.56	0.58	11.3	0.72	3.8	
健全木	祖父谷	20	50	21.1	32.2	0.74	0.62	10.6			15

3.2 林型の違いによる損傷木と凍裂木の発生

8カ所の調査地の概要は表-4のとおりである。いずれもスギ・ヒノキの混交した択伐林で特徴のある林型がみられる。

表-4 調査地の概要

	場 所	地 形	林冠のタイプ	ヒノキの混交率	枝打ち程度	備 考
P-1	関ヶ原町今須大河内	谷沿平坦地	複層	34%	強度	湿地
2	"	山脚部	複層	42	強度	傾斜35°
3	"	平坦地	一斉~二段	10	無枝打	湿地
4	" 下明谷	支谷中腹部	複層	9	強度	傾斜35°
5	" "	支谷中腹部	複層~一斉	6	強度	傾斜40°
6	" 大河内	山脚部	複層	41	強度	傾斜37°
7	" "	平坦地	複層	37	強度	
8	" "	谷沿平坦地	二段	9	普通	湿地

林型は、図-2のようにスギヒノキの各径級ごとの混交率と本数分布であらわされる。

P-1, P-2, P-6, P-7は、今須の代表的な択伐林型である。各直径階にスギヒノキがみられ、20cm以下の径級ではヒノキの割合が高くなっている。

P-3, P-5, P-8は複層林型というよりは、一斉林や二段林になっており、ヒノキの割合が低く10%以下である。P-3の20cm以下のものは枝打ちがおこなわれていない。

P-4は直径が60cmをこすものもみられ過熟な様相を呈している。

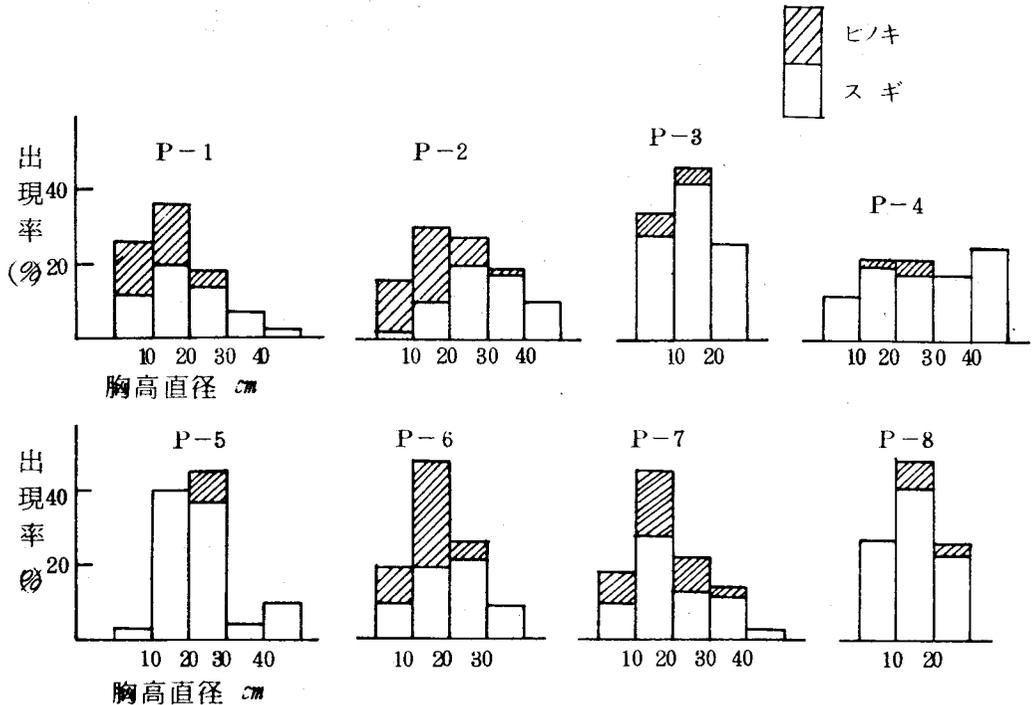


図-2 調査林分の直径分布

各調査地ごとの損傷木と凍裂木の発生数は表-5のとおりである。

凍裂木の発生率の高い林分はP-1, P-4, P-5, P-8でいずれも15~16%の凍裂木がみられる。この4つの林分は損傷木の発生率も高く、P-4では先端折れのある木だけでも3.4%を含み、損傷木は7.4%にも達している。

凍裂木の少ない林分はP-2, P-3, P-7であり、3林分とも損傷木の数も少ない。ただし、P-3では、2段林の下層を形成している20cm以下の枝打ちがおこなわれていない若い立木には、損傷木も少なく、凍裂木もみられないが20cm以上の枝打ち木には、14本中4本もの凍裂木がみられる。

このように損傷木の多い林分は、凍裂木も多いという傾向がみられ林分ごとの凍裂木の発生数は、林分の受ける損傷の程度に左右されていることがわかる。

凍裂木の発生率の高い4林分はP-1を除いて、スギが九割以上を占める林である。

ヒノキは、スギに比べて損傷木が少なく、いずれの調査地でも10%以下である。

8カ所の林分のスギ350本についてみると、損傷木のうち2.1%のものに凍裂がみられる。損傷のない木ではわずか4%と少なかったが、後述するように、この損傷していない木の中にも、外から識別できない損傷を樹幹内に含んでいるものがある。また凍裂木のうち78%のものに外観からわかる損傷がみられる。

表-5(1) 損傷木と凍裂木の発生数 P-1

径級	スギ					スギ+ヒノキ	
	4cm	10	20	30	40	合計	合計
本数	12	20	16	17	2	67	101
①先端折れ	2	6	2	1	0	11 (16.4)	18 (17.8%)
②幹曲がり	11	8	7	8	1	25 (37.3)	33 (32.7)
③その他の損傷	3	0	0	1	0	4 (6.0)	5 (5.0)
損傷木 ①+②+③	6	14	9	10	1	40 (59.7)	54 (53.5)
凍裂木	0	2	1	7	0	10 (14.9)	

表-5(2) P-2

径級	スギ					スギ+ヒノキ	
	4cm	10	20	30	40	合計	合計
本数	1	6	12	10	6	35	60
①先端折れ	0	1	0	0	0	1 (2.9%)	2 (3.3%)
②幹曲がり	0	1	2	1	3	7 (20.0)	13 (21.7)
③その他の損傷	0	1	1	0	0	2 (5.7)	3 (5.0)
損傷木 ①+②+③	0	2	3	1	3	9 (25.7)	14 (23.3)
凍裂木	0	0	0	0	0	0	

表-5(3) P-3

径級	スギ					スギ+ヒノキ	
	4cm	10	20	30	40	合計	合計
本数	18	26	14	0	0	58	64
①先端折れ	0	2	1			3 (5.2%)	3 (4.7%)
②幹曲がり	0	1	2			3 (5.2)	3 (4.7)
③その他の損傷	0	0	0			0	0
損傷木 ①+②+③	0	3	3			6 (10.3)	6 (9.4)
凍裂木	0	0	4			4 (6.9)	

表-5(4) P-4

径級	スギ					スギ+ヒノキ	
	4cm	10	20	30	40	合計	合計
本数	6	11	10	9	13	49	53
①先端折れ	1	8	6	1	1	17 (34.7%)	18 (40.0%)
②幹曲がり	2	6	4	6	6	24 (49.0)	26 (49.1)
③その他の損傷	1	0	0	0	0	1 (2.0)	1 (1.9)
損傷木 ①+②+③	4	9	10	6	7	36 (73.5)	38 (71.7)
凍裂木	0	0	3	1	4	8 (16.3)	

表 - 5 (5) P - 5

径級	スギ					スギ+ヒノキ	
	4cm	10	20	30	40	合計	合計
本数	1	16	15	1	4	37	40
①先端折れ	1	7	4	0	0	12 (32.4%)	12 (30.0%)
②幹曲がり	0	2	0	0	0	2 (5.4)	2 (5.0)
③その他の損傷	0	1	1	0	0	2 (5.4)	2 (5.0)
損傷木 ①+②+③	1	9	8	0	1	19 (51.4)	19 (47.5)
凍裂木	0	1	4	0	1	6 (16.2)	

表 - 5 (6) P - 6

径級	スギ					スギ+ヒノキ	
	4cm	10	20	30	40	合計	合計
本数	3	6	7	3	0	19	32
①先端折れ	0	3	2	0		5 (26.3%)	5 (15.6%)
②幹曲がり	1	0	3	0		4 (21.1)	4 (12.5)
③その他の損傷	0	2	2	0		4 (21.1)	3 (9.4)
損傷木 ①+②+③	1	3	4	0		8 (42.1)	10 (31.3)
凍裂木	0	0	2	0		2 (10.5)	

表 - 5 (7) P - 7

径級	スギ					スギ+ヒノキ	
	4cm	10	20	30	40	合計	合計
本数	7	20	9	9	1	46	83
①先端折れ	1	3	2	0	0	6 (13.0%)	7 (8.4%)
②幹曲がり	0	1	1	0	0	2 (4.3)	7 (8.4)
③その他の損傷	0	0	0	0	0	0	
損傷木 ①+②+③	1	3	2	0	0	6 (13.0)	12 (14.5)
凍裂木	0	1	1	0	0	2 (4.3)	

表 - 5 (8) P - 8

径級	スギ					スギ+ヒノキ	
	4cm	10	20	30	40	合計	合計
本数	12	18	10	0	0	40	44
①先端折れ	1	5	2			8 (20.0%)	9 (20.5%)
②幹曲がり	1	5	3			9 (22.5)	9 (20.5)
③その他の損傷	0	1	3			4 (10.0)	4 (9.1)
損傷木 ①+②+③	2	10	6			18 (45.0)	19 (43.2)
凍裂木	0	4	2			6 (15.0)	

図-3.4はP-7、P-8の損傷木と林型の関係をよこ軸に胸高直径、たて軸に樹高をとってあらわしたものである。

P-7は損傷、凍裂とも少ない。この林型は、スギ・ヒノキいずれにおいても樹高、胸高直径の分布でわかるように多段林型をもつた複層林である。

P-8は樹高、胸高直径の分布から2段林になっていることがわかる。

本数密度は1477本/haだが下層木の本数が多いため実際はかなりすいてみえる。

6cm以下の直径のものは、一斉に樹下植栽されたものであるが、それを除外すると損傷木は32本中18本、凍裂木は6本みられる。凍裂木のうち5本は何んらかの損傷を受けている。

また、極端に樹高の低い木が何本かみられるが、これは先折れを受けた木がそのまま放置されていることをあらわしており、林冠は完全にこわされている。

雪折等による林分の損傷は、林冠の破壊につながりそのことがますますその林分が損傷を受けやすい林型となるものと思われる。

立木の損傷の原因については、一般的には雪折、隣接木の伐倒時の削傷、病虫害、枝打ちがあげられるが、なかでも雪折が最も多いと考えられる。

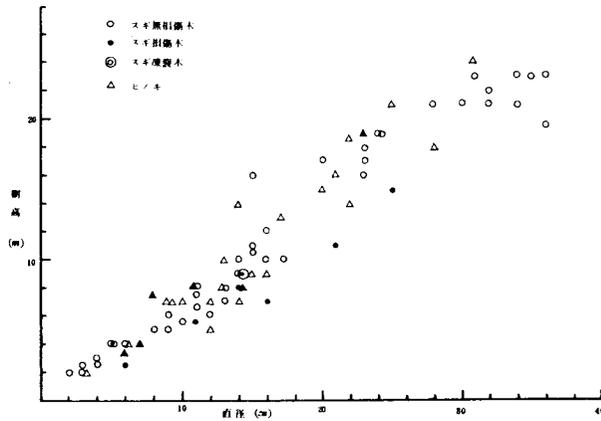


図-3 樹高と胸高直径の関係 (P-7)

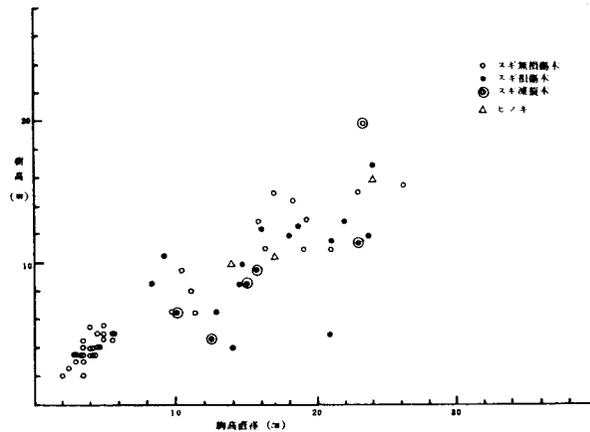


図-4 樹高と胸高直径の関係 (P-8)

この地域は多い年で積雪量が1~2mにも達しその上、湿雪であるため雪害の多いことが知られている。⁶⁾ また択伐林の中、下層木は光量不足のため形状比が高く、形態も不安定なものが多いそのうえ上層木に対しては雪穴の位置にあるため落雪による被害も受けやすくなる。⁷⁾

枝打ちに関しては、枝打ちあとはそれ自身材の損傷だが、問題となるのは巻き込み不良による材の腐朽や枝打ち面にみられる目回りの発生である。

このような損傷は、今須の択伐林施業の中では付随的ではあるが常に発生しており、凍裂木が今須の択伐林に多い原因の一つだと考えられる。

3.3 凍裂木における樹幹内の損傷と割れの形態

3本の凍裂木F-1、F-2、F-3の樹幹の形態と含水率の分布は図-5・6・7のとおりである。枝打ち、損傷と凍裂の発生年の関係は表-6にまとめたとおりである。

F-1は3回の枝打ちがおこなわれ、3回目は3m~9.8mまで強く枝が打たれ、枝も太いため巻き込みが悪く枝打ちあとからボタン材の発生も著しい。1935年前後に1.15m位置で幹が折れておりこの部分の材は腐朽している。

凍裂による割れは枝下部では2カ所にみられ、1962年に発生し、いったんゆ合後1966年に再び割裂している。

樹冠部の幹にも先端折れを起原とする複雑な小規模な割れが数方向にみられるが枝下部の割れと直接のつながりはみられない。

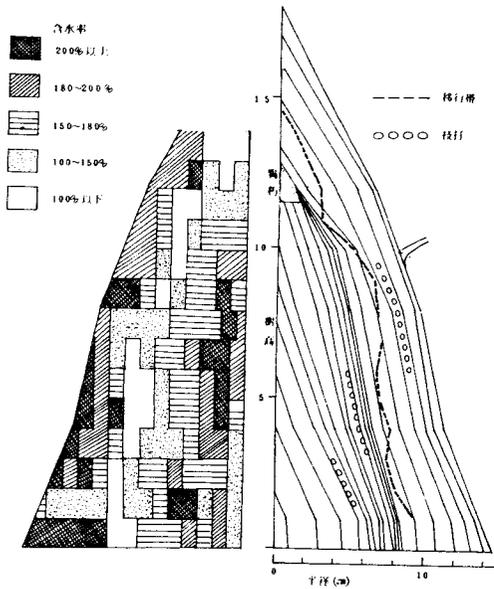


図-5 凍裂木の樹幹の形状と含水率分布 (F-1)

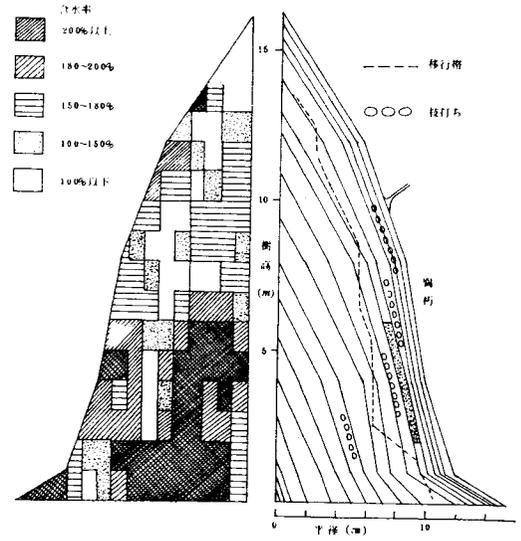


図-7 樹幹の形状と含水率分布 (F-3)

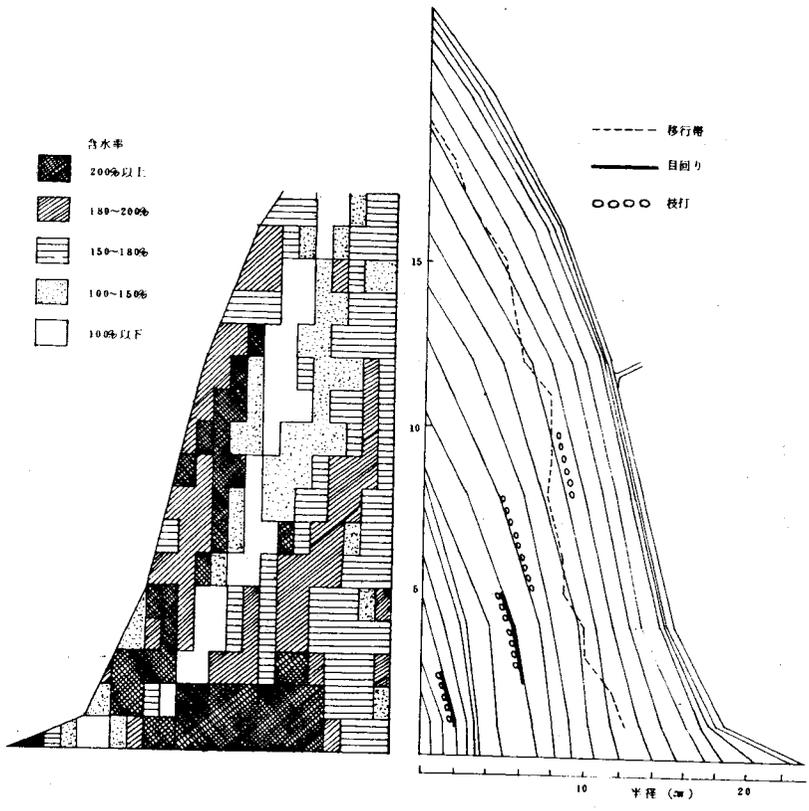


図-6 樹幹の形状と含水率分布 (F-3)

表-6 凍裂木の樹幹内の損傷と凍裂の発生年度

() は年生

供試木	樹令	枝打ち年				損傷の種類 と発生年	凍裂の発生年	備考
		第1回	第2回	第3回	第4回			
F-1	88年	1908 (22)	1930 (44)	1962 (76)		先端折れ, 腐朽 1935 ± 5 (44~54)	(1935) 1962 1966 (49) (76) (80)	1935年は樹冠内の幹にみられる割れである
F-2	85	1919 (30)	1928 (39)	1934 (45)	1941 (52)	目回れ※ 1919 1928 (30) (39)	1935 1944 1962 1966 (46) (55) (73) (77)	
F-3	82	1931 (38)	1949 (56)	1960 (67)	1967 (74)	幹の削傷腐朽 1955 ± 5 (57~67)	1958 1962 1966 1969 (65)(69) (73)(76)	

※ 目回れについては発生年ではなく年輪位置をあらわす。
表中の年はすべて年輪年である。

図-8は、F-1の生長経過をみたものである。

先端折れを受けた1935年(49年生)の頃は直径16cm、樹高13~14mの中層木であったと推定される。

先端折れ後10年近くは樹高生長はほとんどみられない。

枝下部に凍裂が発生した時点1962年(74年生)では、直径24cm、樹高16mである。

F-2は4回の枝打ちがおこなわれ、4回目の枝打ち後30年間はおこなわれていないその上部1.5mが枯れ上っている。

外観からは、凍裂による樹皮部の肥厚以外の損傷はみられなく生長もよいが、樹幹内には、1回目2回目の枝打ち面に沿って、最大の部分で上下2mにおよぶ目回れがある。

凍裂による割れは6方向、4回にわたってみられる。最初の凍裂を受けた1935年(46年生)の時点では、直径17cm、樹高13.8m、枝下高8mである。

F-3は4回の枝打ちがおこなわれている。

2~6mの部位に、1955年(63年生)前後に発生した年輪に沿った損傷がある。損傷を受けた時点では直径20cm、樹高13mで生枝は5m付近までであり、損傷の最も大きい部分はクローネ内に位置することから隣接木の伐倒時に受けた削傷の可能性が強い。損傷の最も激しい6mの位置では腐朽部の面積は木口面積の20%に達している。

凍裂による割れは2カ所にみられ、1958年(66年生)に最初の割れを生じ、その後1962年、1966

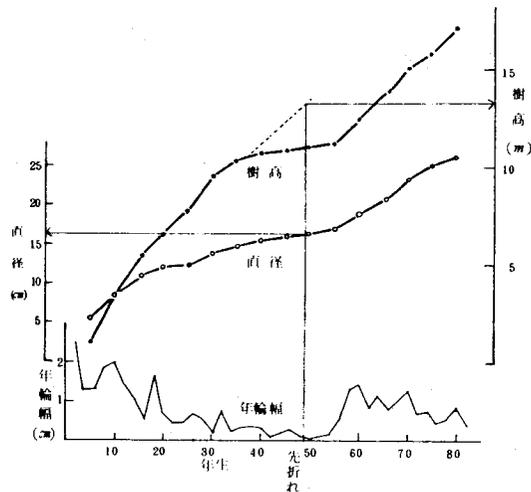


図-8 凍裂木の生長経過 (F-1)

年、1969年と4度にわたりわれとゆ合が繰り返している。1958年の最初の凍裂を受けた時点でのF-1の形状は胸高直径21cm樹高14mで枝下高5mである。

このように、3本の供試木とも、最初の凍裂が発生する以前に幹に損傷を受けている。いったん凍裂をおこした立木は、最初の割れを起源として、割れ-ゆ合を繰り返しながら凍裂の被害を拡大している。

また、凍裂の年度は、特定の年度に限定される傾向がある。しかし測定対象にしていないが、割れがいったんゆ合したのちみられる割れやはっきりしたゆ合組織をともなわない割れもみられ、実際に立木にみられる凍裂による割れは、測定年よりさらに多くの年度にまたがっているものと思われる。

3.4 凍裂木の含水率の分布

凍裂木の樹幹の樹高位置別含水率の変動は図-9のとおりである。

地上高によって変動はあるが、枝下部では心材の含水率が200%前後の高い数値をしめす。心材は黒褐色を呈し、いわゆるクロジンである。

樹体内の含水率分布を模式的に図5・6・7にあらわしたが、損傷部や割れの発達した部位の心材に含水率の高いところがみられる。

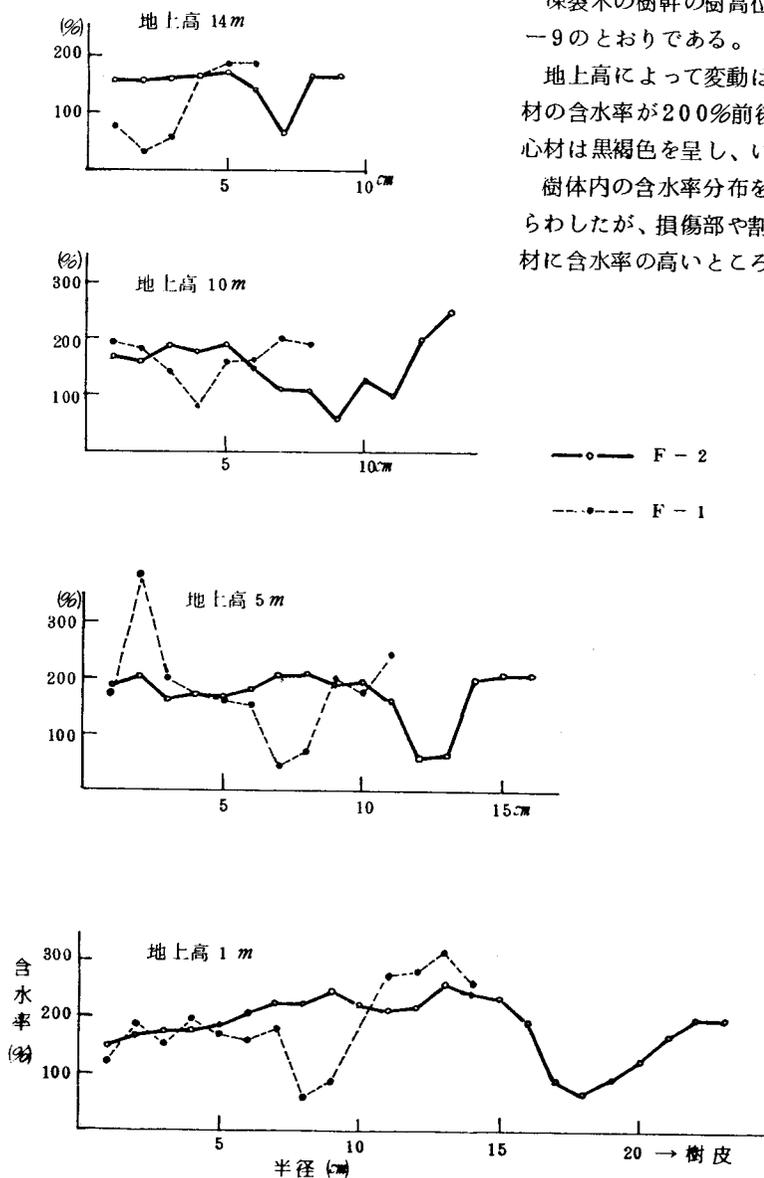


図-9 凍裂木の地上高別含水率の分布

また、こうした多湿心材部の何方所かに周囲より異常に高い含水率がみられる。

一般に木材中に含まれる最大含水率 (U_{max}) は $U_{max} = 30 + \frac{1.50 - r_0}{1.50 r_0} \times 100$

$30 = F.S.P.$ $r_0 = \text{全乾比重}$ $1.50 = \text{真比重}$ と与えられる。

F-1 について、実際の含水率 (U) と最大含水率 (U_{max}) の関係は図-10 のとおりである。2 m と 5 m 位置の心材部に、材の含水率 U が U_{max} をこえる個所がある。

木材中の水分は細胞膜に吸着されている結合水と内こうや膜孔の自由水として存在しており、 U_{max} をこえる水分は細胞膜、内こう、膜孔といった材の組織と関係のない部分に保持されている自由水である。その場所としては、材にみられる割れ等の微小な空隙部だと考えられる。

凍裂木と比較するため損傷のみられないスギ N-1, N-2 の含水率を測定した。樹高位置別の含水率分布は図-11 のようになった。

N-1, N-2 は樹幹内にも損傷はみられない、辺材部の含水率は凍裂木との間にちがいは認められない。心材部の含水率は N-1 の地上 1 m で 120% 程度を示す個所があるが、その他の部位はいずれも 100% 以下の数値で変動幅も小さく心材色は赤～茶系統である。

このように、凍裂木には非常に高い含水率の心材部が形成されており、こうした多湿心材形成には、樹幹内の損傷部が何んらかの作

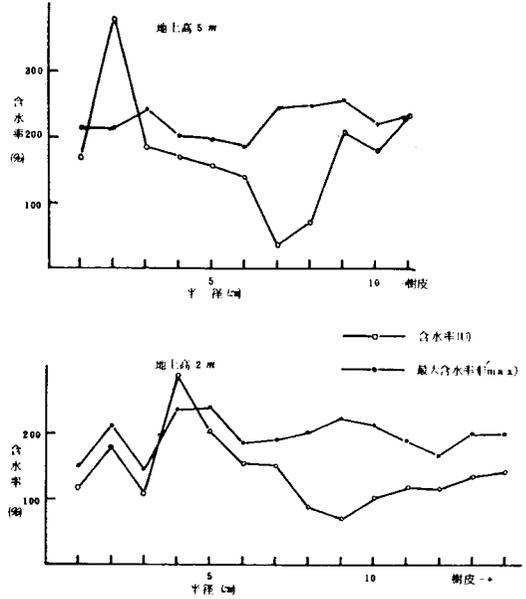


図-10 含水率(U)と最大含水率(U_{max})※の関係 (F-1)

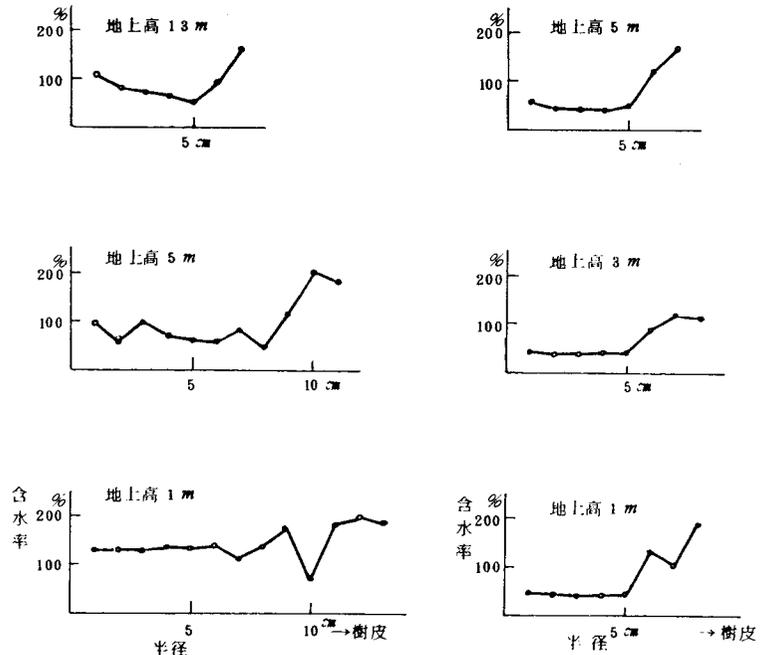


図-11 損傷のみられないスギの地上高別含水率分布

※ r_0 のかわりに容積密度数 R で U_{max} を計算した。従って $U_{max} > U_{max}$ になる。

用をしているものと考えられる。

Abies や Populus nigra の多湿材形成には同様な例がみられ、損傷部（死節、根の傷）を通じて水が心材部に侵入すると報告されている⁸⁾。

スギの場合は、こうした損傷部にはボタン材と呼ばれる着色部が形成されることが知られている⁹⁾。そこで筆者らは、損傷部が水の侵入部或いは特異的な水分代謝の場とすれば、この部分を中心に心材部へ発達するボタン材部の含水率は高くなるのではないかと考えて、枝打ちあとに形成されたボタン材の含水率を測定した。木口面では図-12のような含水率の分布がみられる。

辺材の含水率は100~170%を示すが、辺材部に形成されたボタン材域の含水率は50%以下で、辺材部においては、ボタン材形成によって含水率は低下していることをしめしている。

このため、枝打ちや損傷部によるボタン材の形成（=心材部の拡大、着色）は多湿心材形成とは直接的には関連しないのではないかと考えられる。

従って、枝打ち部や損傷部を単なる物理的な水の侵入部とみなすのは、疑問が多く、多湿心材化の問題は心材形成の後にさる二次的な水分の代謝変動として検討してゆく必要があると考えられる。

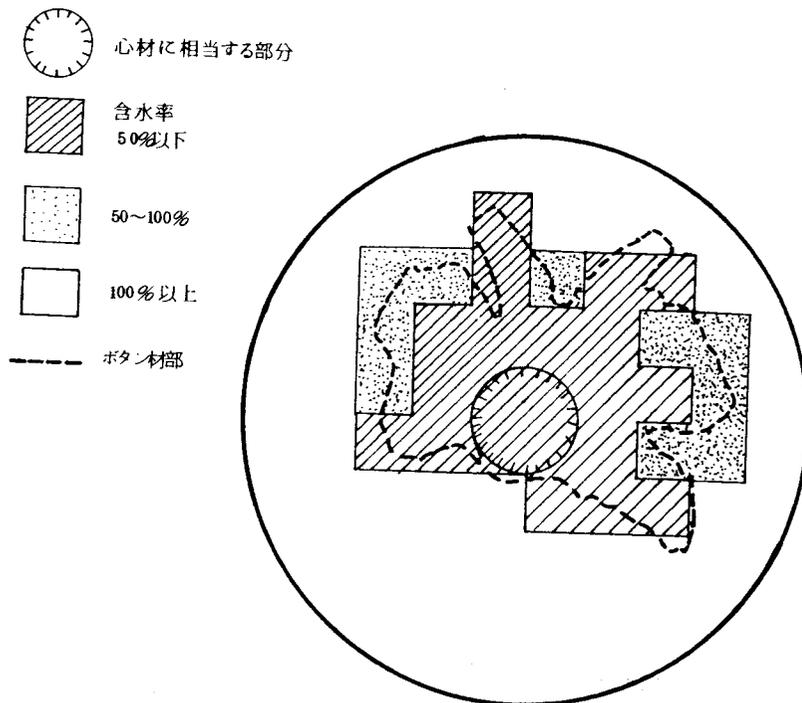


図-12 ボタン材の含水率分布（スギ24年生）

3.5 過去の気象と凍裂の発生率

樹幹解析をおこなった3本の凍裂木を含む9本の供試木の凍裂の発生年と過去の関ヶ原地方の気温と比較したものが図-13である。

9本の供試木の凍裂の発生した年輪を古い順に拾っていくと1921, 1935, 1944, 1958, 1962, 1966, 1969年の7年輪にわたっている。一方、1904年から1973年まで70カ年の1月の平均気温を低い順に拾っていくと、1962年0.2℃, 1936年0.4℃, 1918年・1922年0.5℃, 1945年0.6℃※となり、凍裂の発生した年輪年と対応している。

※関ヶ原の気温が測定されていないため岐阜の気温であらわす。

なかでも最低気温が -12.5°C 、1月の平均気温が 0.2°C と観測史上最低を記録した1963年は、9本の供試木すべてに凍裂が発生している。

また図-13には、最低気温の年極値を示したが、最低気温との対応はみられず、積雪深についてもみられなかった。

これは、凍裂が発生するには、急激な温度低下のみではなく、ある期間低温が連続することが必要なこと示唆している。

凍裂の発生する温度条件としては、1月の平均気温が 0.5°C 以下になることが必要である。ところで、観測点のある関ヶ原の海拔高 120m に対し、今頃の凍裂木発生林地は海拔高 300m 前後なので、林地の平均気温は山地気温の推定式を使って、

$$0.5 - (300 - 120) \times \frac{0.61}{100} (\text{低減率}) = -0.6^{\circ}\text{C}$$

と推定される。

いったん凍裂を生じた立木は、最初の凍裂の割れによって、これ以上の温度でも容易に凍裂をおこし、割れを拡大させる。

関ヶ原地方では、月平均気温 0.5°C 以下の厳冬は10~20年のサイクルでおとずれているので新たな凍裂木の発生も同様なサイクルでおきていると考えられる。

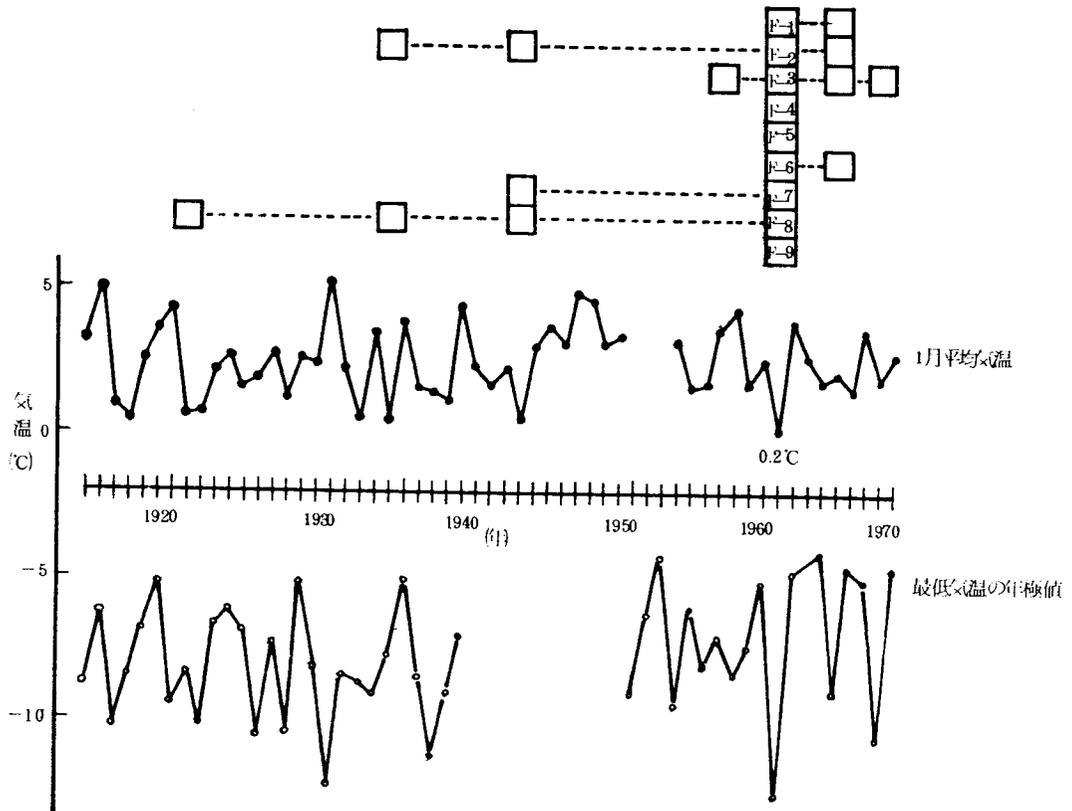


図-13 過去の関ヶ原の気温と凍裂の発生年

※1941~1960年の間は岐阜の観測値

3.6 スギ凍裂の発生機構

凍裂の機構については、石田⁴⁾は、トドマツについて、凍裂を発生させるストレスとして急激な温度低下による樹幹外周部の収縮と水喰材部の水分の凍結による膨張を指摘している。

今須地方にみられるスギには水喰材として心材部と区別される微小な割れを含んだ高含水率の材部は確認できなかったが、凍裂木の心材は200%前後の含水率を示し、一部にはウォーターポケットのようなかたちで、水分が保持されている(図-10)。

従って、こうした心材部の水分が月平均気温 -0.6°C 以下の冬に凍結して心材部が膨張し、基本的には、トドマツと同様な機構で凍裂を発生すると筆者らも考えている。今須地方では月平均気温が -0.6°C 以下になるのはきわめてまれであり、凍裂の発生は一意的に気温によって規定されているといえる。

4 ま と め

凍裂の発生には、先端折れ等の樹幹内の損傷部の存在が誘因となっており、こうした立木が生育過程にうける損傷は、直接的には今須択伐林の成立過程の一要因としてあった湿雪害、間接的には択伐林の施業技術すなわち強度の枝打ち、上層木の伐倒および育林技術の総体としてあらわれる林型に規定されて発生すると考えられる。

凍裂の発生はたしかに10~20年の周期でおきる低温を外的な条件としておきる偶発的な現象であるが、内的な要因である樹幹の損傷は、今須択伐林施業の中で、必然的かつ不断に派生する性質のものと考えられる。

従って、このような自然環境にある択伐林施業においては、損傷の少ない健全な林型の造成及び耐雪性品種の検討が必要であり、これらの問題の解決なくしては、完満無節の高質材生産という目的は、達成できないであろう。

文 献

- | | | | | |
|-----|-------------|--|------------------|-----------|
| 1) | F. kollmann | Defects and abnormalities of wood | Wood science | 1968 |
| 2) | 石田茂雄 | 北海道における凍裂の発生状況 | 北大演報 15.2 | 1952 |
| 3) | J.G. Sunley | Stem crack in Abies Grandis | IUFRO | 1968 |
| 4) | 石田茂雄 | トドマツ樹幹の凍裂の発生機構 | 北大演報 22.2 | 1963 |
| 5) | 高山雄治ほか | 凍裂木のマクロな発生環境 | 日林会中部支部 21回大会講演集 | 1973 |
| 6) | 大内 晃 | 択伐材の経営 | スギのすべて | |
| 7) | 中村 基 | 複層林下における下層木の生長 | 岐阜林セ研究報告 4 | 1976 |
| 8) | J. Bach | Wetwood formation in softwoods and hardwoods | IUFRO | 1976 |
| 9) | 提 利夫ほか | 木材の質的生産に関する研究 I・II | 京大演報 44・46 | 1972 1974 |
| 10) | 大隅真一 | 今須林業の経営的環境と択伐林分構造に関する調査報告 | 府大学術報告 29 | 1977 |
| 11) | 岐阜県林政部 | 今須林業 | | 1977 |
| 12) | 岐阜山林事務局 | 今須択伐林の概況 | | 1952 |
| 13) | 矢沢亀吉 | スギ樹幹及び枝条における辺心材別の生比重絶乾比重
生材体積、並びに体積収縮率 | 岐阜農林学術報告 68 | 1949 |
| 14) | 近藤民雄 | 心材形成の化学 | 化学と生物 13・13 | 1976 |
| 15) | 岐阜測候所 | 岐阜県の気象 | | |
| 16) | 藤岡光長 | スギ心材色黒変に関する研究 | 林試報告 15 | 1917 |

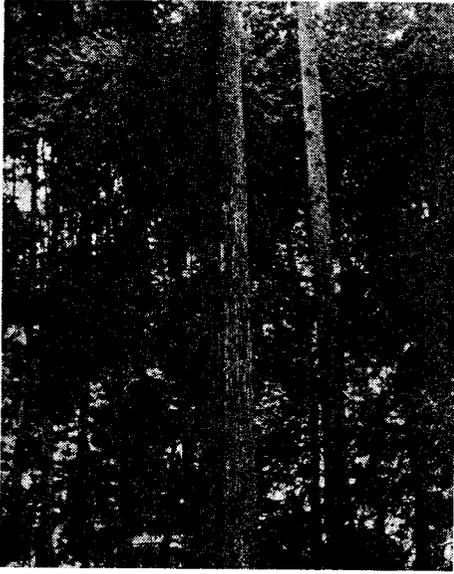


写真-1 凍裂をおこしたスギ

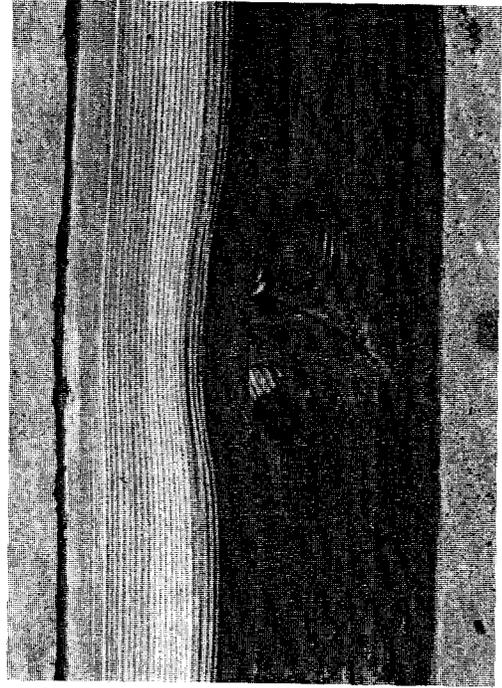


写真-3 枝打ち面にみられる目回り
(F-2)



写真-2 凍裂材の木口面