

木材の質的生産技術に関する研究

(Ⅲ) 枝打の季節とボタン材

大 迫 靖 雄*・堤 利 夫・野 淵 正・森 田 学

Studies on the forest management from the view
point of wood quality.

(3) Development of Botan in connection with
the season of pruning.

Yasuo OHSAKO, Toshio TSUTSUMI, Tadashi
NOBUCHI and Manabu MORITA

要 旨

愛媛県久万町のスギ林および京都大学演習林苗畑のスギ苗で、枝打時期と α_1 型ボタンの発生との関係を調べた。

α_1 型ボタンは、節径11mm未満の節には発生することが少なく、節径11mm以上の節によく発生した。

冬季の休止期に枝打をしても、 α_1 型ボタンは発生した。ただしその発達の長さは、生育期に枝打された場合よりも短い傾向を示した。

苗木を用いて傷害に対する二次本部の対応を、光学顕微鏡・電子顕微鏡で観察したところ、休止期においても柔細胞の壊死および着色物質の形成が観察された。しかしその範囲は、生育期のものに比べて狭かった。これらの結果は、フィールドにおける実験結果を支持している。

1. は じ め に

前報¹⁾において枝打が α_1 型ボタン発生の原因となること、ボタンの発生は節径と関係があって、節が大きくなると発生率が高まること、ボタンの発生は枝打の季節と関係があるようにみえることなどについてのべた。

枝打が育林保育の技術として重要なものであるから、それが α_1 型ボタンの発生の原因となることが間違いのないこととすれば、ボタンの発生を可能な限り少なくする枝打を考えねばならない。その一つの方向として、前報で指摘したように、ボタン発生の季節性の利用がある。このためにはボタンの発生と枝打時期の関係を明らかにする必要がある。

本報告は1974年から1975年にかけて季節ごとに枝打を行なった試験木における α_1 型ボタンの発生と、苗木による実験とをあわせてボタンの発生の季節性を検討したものである。本調査につ

*熊本大学・教育学部

いては愛媛県久万町当局，岡，渡部，西岡，加藤の各氏の御協力，御援助をえた。ここに厚く御礼申しあげる。なお，本報告の1～4節は堤が，5～6節は野淵が担当してとりまとめた。

2. 久万町スギ林での調査方法

調査は愛媛県久万町の表—1に示した4林分で行なった。枝打時期としては，生育期間中のものとして6月上旬と8月下旬の2回，従来の枝打期間のものとしては10月上旬から3月下旬までを上，中，下旬にわけて行ない，少なくとも一生育期をおいた後，伐倒してボタンの発生状況を

表—1 調査木(スギ)の概要

個体番号	試験枝打時期	伐倒調査日	樹高(m)	胸高直径(cm)	試験枝打部		樹令(年)	所在所有者
					11cm以上元口直径 生枝打数の節数	長(m)		
W-Jn	'74. 6. 8	'75. 8. 27	14.95	16.6	54	27	23	下知野川，ソウズカ谷
W-A	8.30	"	13.60	12.9	40	5	23	渡部氏所有
W-10-9	10. 9	'76. 8. 29	15.80	15.3	44	17	24	岡氏枝打
W-11-12	11.12	"	12.60	12.1	54	20	"	(W—林分)
W-12-11	12.11	"	14.10	15.0	38	9	"	
W-1-7	'75. 1. 7	"	14.60	13.7	80	16	"	
W-1-26	1.26	"	13.70	15.4	49	17	"	
W-2-6	2. 6	"	14.50	14.1	70	29	"	
W-2-25	2.25	"	13.40	12.8	41	15	"	
W-3-4	3. 4	"	14.90	13.3	62	14	25	
W-3-22	3.22	"	14.70	14.1	50	14	24	
O-D	'74.12.11	'75. 8. 28	11.60	12.5	39	14	21	下知野川 川合
O-11-12	11.12	'76. 8. 29	14.60	13.8	40	26	22	岡氏所有
O-1-9	'75. 1. 9	"	13.20	11.1	43	7	"	岡氏枝打
O-1-26	'76. 1.26	"	13.80	13.2	36	13	"	(O—林分)
O-2-6	2. 6	"	12.20	12.9	34	16	"	
O-2-25	2.25	"	11.60	10.9	34	8	"	
O-3-4	3. 4	"	15.80	16.8	30	22	"	
O-Ja	1.下旬	'76. 9. 2	9.10	11.2	48	15	16	
K-0	'74.10.上旬	'75. 8. 26	9.87	11.8	31	18	12	東明神上柳沢
K-11	'74.11.上旬	'76. 9. 1	11.60	12.4	31	7	15	加藤氏所有
K-12	12.上旬	"	12.50	14.2	19	7	18	加藤氏枝打
K-1	'75. 1.上旬	"	8.25	10.8	23	19	15	(K—林分)
N-m	'75. 3.上旬	'75. 8. 26	10.69	11.7	46	19	15	露ノ峰白尾
N-12	12.上旬	'76. 9. 1	11.30	12.2	42	19	17	西岡氏所有
N-1	'76. 1.中旬	"	9.70	11.5	34	14	16	組合枝打
N-2	2.中旬	"	10.40	11.9	48	9	15	(N—林分)
N-3	3.中旬	"	10.10	11.9	37	15	16	

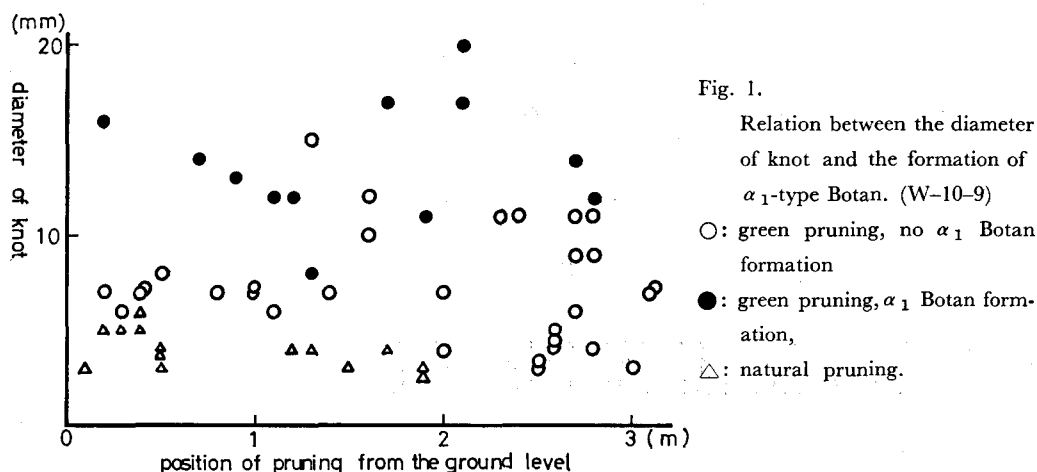
しらべた。調査木の性質や枝打季節、部位などは表—1にまとめた。

場所、個体の大きさ、樹齢、枝打部位などに多少の違いがあるが、枝打季節と α_1 型ボタンの発生との関係を調べるには支障にならないと考えて、これらの違いは考慮しないことにした。

伐倒調査は1975年8月下旬と1976年8月下旬の2回にわけて、前報¹⁾と同じ方法で行なった。

3. 枝打時期と α_1 型ボタンの発生

前報でも指摘したように、生枝打による α_1 型ボタンの発生率は節径の増大とともに高くなる傾向があった。この傾向は今回の調査においても同様で、図—1はその例である。この例では節径が11mm未満の場合、 α_1 型ボタンの発生は1つにすぎない。また、図—2に示されているように、節径11mm未満の節では生枝打による α_1 型ボタンの発生は、少数の例外を除いて全般に極め



て少く、この場合、 α_1 型ボタンの発生は節径11mm以上のものに集中していることがわかる。これはおそらく、節径の増大にともなって、生枝打による幹形成層附近の傷害が増大するからだと推定され、11mm未満の節ではこのような傷害をうけることがずっと少なくなることを示唆している。

一方、前報¹⁾でも指摘したように個体によって節径の分布が違う。このことは表—1に示したように、生枝打数に対する11mm以上の節数の違いによっても示されている。そこで、枝打時期と α_1 型ボタンの発生率の関係をみる場合、個体による節径の違いを考慮しておく必要がある。

節径11mm未満では α_1 型ボタンの発生が極めて少なかったから、11mm未満と以上とにわけて発生率を求めた。11mm以上の節については節径11mm以上の生枝打節数に対するその中で発生した α_1 型ボタンの数の割合を発生率(a)、節径13mm以上の生枝打数に対する発生率(b)を求めた。発生率(b)については個体によって生枝打節数が少ない場合があって、発生率の精度は高くない。なお節径11mm未満のものについての発生率(c)、全生枝打数に対する発生率(t)をも求めた。これらの発生率と枝打時期との関係を示したものが図—2である。

前述のように、発生率(c)が最も低く、少数の例外を除いて10%以下である。この中で6月、8月の枝打がともに20%に近く高い値を示したが、これが季節に関係したことかどうかは明らかでない。

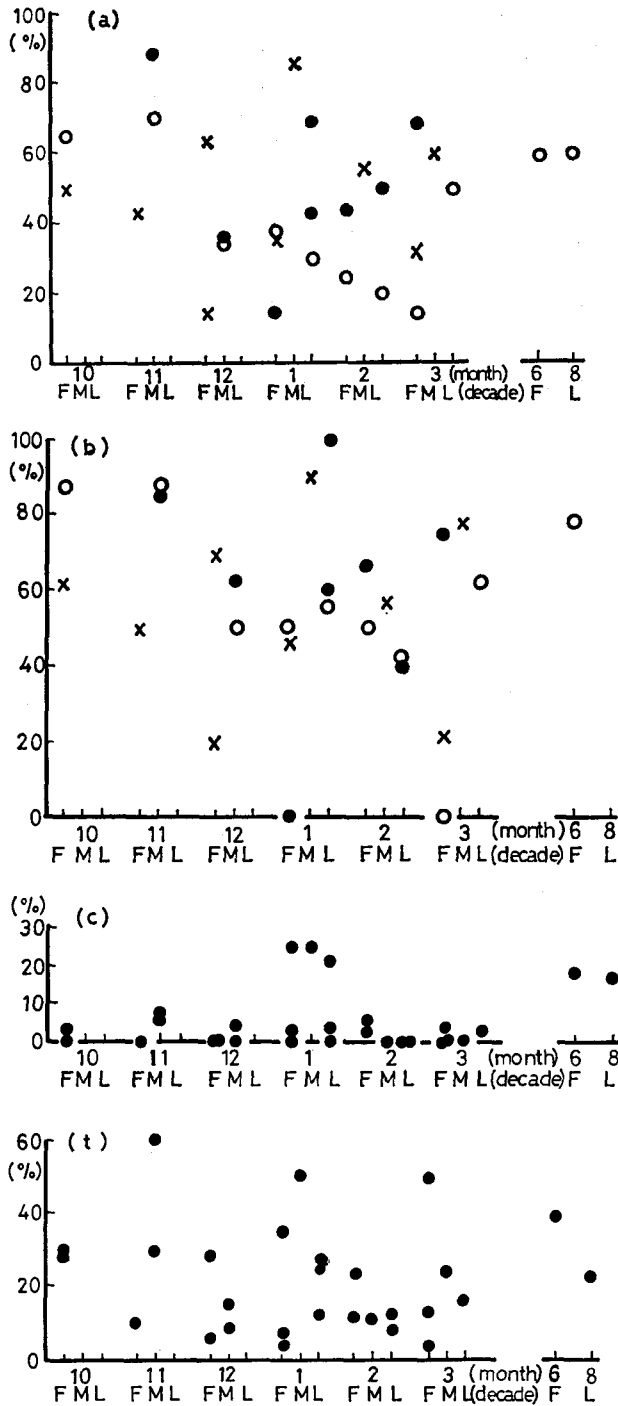


Fig. 2. Relation between the rate of formation of α_1 -type Botan and the season of pruning.
(○: W-stand, ●: O-stand, ×: K, N-stand)
F, M, L: The first, middle and last decade of a month.

発生率 (t) も α_1 型ボタンの発生しにくい小径の節を含む故に、全体として値は低い。発生率は大部分が30%以下であって、50—60%の大きな値を示すものは小径の節が相対的に少ない個体であった。

発生率 (a), (b) はいずれも (t) に比してずっと大きくなるが、バラツキが大きく、いずれも枝打時期と関係があるようにはみえない。生育期の6, 8月に枝打を行なったものでも発生率は他に比してとくに高いとはいえず、逆に冬季における発生率が常に低いとは限らない。

これらの結果は4つの違ったスギ林で行なわれたものをまとめたものである。林分が違えば環境も枝打者も異なる。そこで図—2のうち発生率 (a, b) についてはW—林分, O—林分とその他の林分での結果をそれぞれ区別して示した。

この場合, W林分では12月中旬から3月上旬までの発生率がその他の時期に比して低く, 冬季発生率が低下する傾向があるように見えるが, その他の林分ではこの傾向は明らかでない。これらの結果から α_1 型ボタンの発生率に季節性があり, 冬季発生率が低下するという明らかな傾向はえられなかった。そして冬季の生育休止期に枝打された場合においても, α_1 型ボタンが発生することは事実と考えてよいのではないかと思われる。この点については後に苗木についての実験結果にもとづいて再度ふれることにする。

4. 枝打時期と α_1 型ボタンの大きさ

α_1 型 ボタンの大きさと枝打時期とが関係するかどうかは実用的にも重要な問題であるから、つぎにこれについて検討する。

幹が傷をうけてから α_1 型ボタンが発生し、発達していく過程というものはまだ明らかでない。本調査では枝打後少なくとも1生育期を経過した後に測定した、節の中心を通る放射断面での長さ¹⁾と深さをもって α_1 型ボタンの大きさとした。この測定時点で α_1 型ボタンが十分に発達していたかどうかの判定は出来ないが、後述するように、外傷にともない生活細胞が壊死する範囲は比較的早い時期に決定されると考えられるから、ボタンの大きさは一生育期を経るとほぼ十分の大きさに達しているものと考えた。なお、ボタンの着色はかなりゆっくりと進行すると思われるが、ここでは着色度については考えない。

前報^{1, 2)}でものべたように、ボタンは一般に紡錘型に発達するから、ボタンの大きさは長さ¹⁾と深さを用いて面積ないし体積としてあらわすことが望ましい。しかし、前報¹⁾にも示したように、ボタンの長さ¹⁾は、深さと密接な関係があり、一般に相似形とみられるから、長さだけを用いても十分比較に耐える。そこでまず、11mm 以上の節に発達した α_1 型ボタンの長さ¹⁾を枝打時期別に図示したものが図—3である。

枝打時期が同じでもボタンの長さにはバラツキが大きい。それには個体による違い、個体内での節径その他の様々の条件が関係していると考えられるが、その詳細はわからない。この点は無視して枝打時期との関係のみをみると、長さの最小値は時期によって変らないが、最高値が季節変化を示すようであって、10月上旬から季節が進むにつれて低下していくように見える。冬季12月～2月のものは大部分が8 cm以下であって、それ以上のものが少ないのに対し、12月～2月以外の時期では8 cm以上のものが多くなるという違いがあるといつてよいであろう。

図—3の結果は節径11mm以上のものについて、節径を考慮せずに枝打時期とボタンの長さの関係を示したものであった。そこで節径を考慮して、図—4にはW林分の9本のそれぞれ枝打時期の違う個体について、節径との関係でボタンの長さを比較した。

図—3の結果は節径11mm以上のものについて、節径を考慮せずに枝打時期とボタンの長さの関係を示したものであった。そこで節径を考慮して、図—4にはW林分の9本のそれぞれ枝打時期の違う個体について、節径との関係でボタンの長さを比較した。

節径が大きくなると長いボタンがあらわれるという傾向があつて、 α_1 型ボタンの大きさは節径と関係があるとともに、10月、11月の枝打が他の時期よりボタンの長さが大きいという傾向が

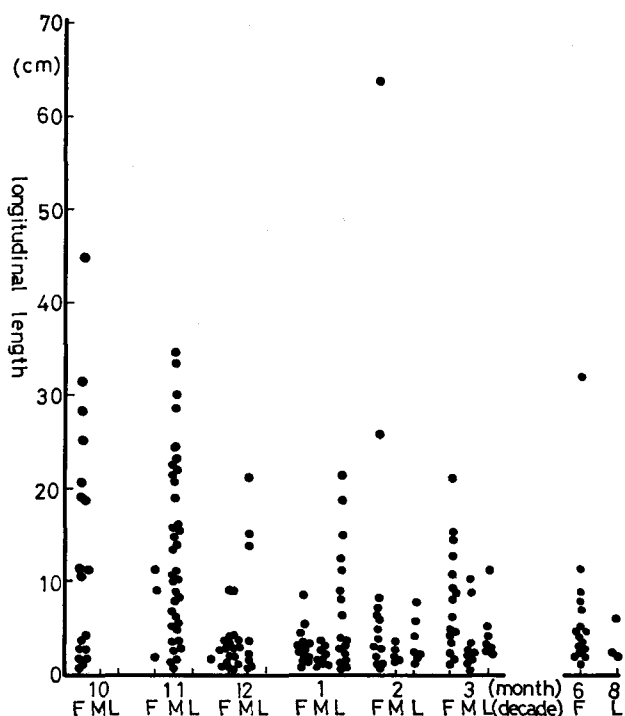


Fig. 3. Relation between longitudinal length of α_1 -type Botan and the season of pruning.

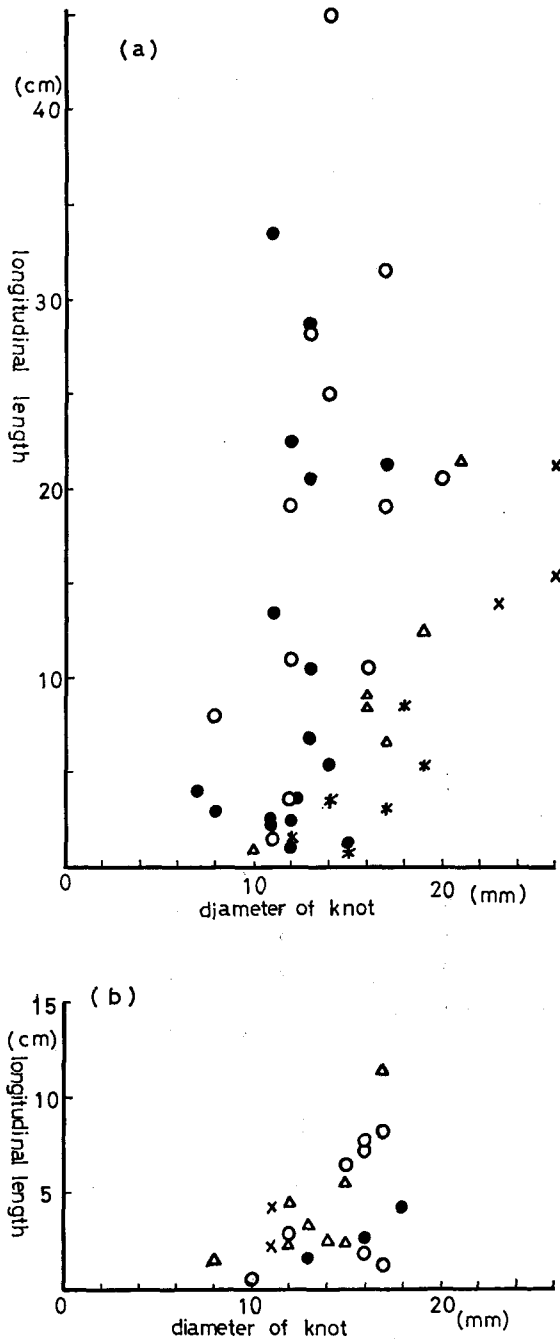


Fig. 4. Relation between longitudinal length of α_1 -type Botan and the season of pruning in W-stand.

- (a) ○ : Oct. (F), ● : Nov. (M), × : Dec. (M)
 * : Jan. (F), △ : Jan. (L)
 (b) ○ : Feb. (F), ● : Feb. (L), × : Mar. (F)
 △ : Mar. (L)

明らかである。

これらのことから、冬季12月～2月の枝打は α_1 型ボタンの発生率においては他の季節と変らないが、その発達がおさえられ、大きくなることは少ない傾向がある、といってよいようにみえる。しかし、図-3にみられるように、6月、8月の枝打がボタンの発生率においても長さにおいてもとくに冬季のものと著しい違いを示さなかったということ、冬季の枝打でも長さ20cmをこえる比較的に大きいボタンが時には発達し、しかもそれは図-4にみられるように、とくに節径が大きいからであるというわけではないということは上述の傾向を必ずしも支持するものではない。枝打による α_1 型ボタンの発生、発達にはおそらく季節や節径以外の多様な要因が関係しているものと思われ、野外の実験だけでははっきりした結論を求めることはできない。それ故、つぎに苗木を使ったモデル実験の結果について検討しよう。

5. 傷害に対する二次木部の対応の季節的特徴

野外における枝打実験と平行して、傷害に対する二次木部の対応について、苗木を用いて実験的に調べた。すなわち、種々の季節に苗木(約5年生)の幹部において節部を1cm平方剥皮し、二次木部を露出させて後生育させ、時間的経過を追って観察した。なおここでは、形成層活動から見た生育期(春～秋)および休止期(冬)に分けて実験結果を整理することにした。

5-1. 傷害後の日数と着色部の形成

二次木部に傷害が与えられた時、一般に材は着色部を形成するとされている。そこで傷害を与えてからの日数を

追って着色部の形成を観察した。着色部の判定は、厚さ $20\mu\text{m}$ のまさ目切片を作り、光学顕微鏡下で放射柔細胞中の着色物質を観察することにより行なった。傷害に対する着色部の形成は、前述のように傷を中心に紡錘形の発達を示すが、軸方向および半径方向にはほぼ同じ割合で形成されることが知られている。そこでここでは、傷が与えられた部分からの距離を正確につかむために、半径方向の深さで比較することにした。図一5に示した測定結果から、生育期・休止期

どちらにおいても傷害が与えられると二次木部は着色部を形成することが判明した。しかし着色化が始まるまでの時間および着色化する範囲については両者に差があると考えられる。ここでは比較のために傷害後3日間経過した生育期・休止期の写真を示した(写真1 a, b)。前者では傷の近辺の細胞の核は細胞壁に付着して、退化の様相を示している。一方後者では、傷に接した1~2細胞では内容物を消失しているが、それより内部の細胞においては明らかに核を持っていることがわかる。図一5に示した結果は、野外における α_1 型ボタンについての測定結果と対応させて考えると興味深い。すなわち、 α_1 型ボタンの発生率については生育期、休止期においてはほとんど相違がなく、各々の発達の度合いに量的な差があることを支持していると考えられる。従って野外実験において測定値にバラツキが多かったのは、枝という

組織的に見ても特殊な部位についての実験であったため、種々の要因が影響したためと推定される。また図一5において、生育期の測定値の中で、6月~7月に傷害が与えられた場合は特に高い値を示した。このことから生育期においても、厳密にはリズムがあると推定される。

一方、休止期に傷害を与えて後、生育期にいたるまで伐木しなかった試料における結果を見ると、傷害後の日数が長いにもかかわらず、着色域はあまり進行していなかった。ただ着色部の色は休止期に実験を終えたものに比べて、かなり濃色を示していた。このことから傷害に対して二次木部が対応する範囲は、比較的短期間に決まるのではないかと推定され、その後材中に着色物質が形成され、濃い色に達するまでには、さらに長い日数を要するものと思われる。

なお傷害による³⁾壊死過程の放射柔細胞中にサフラニンで濃色に染色される物質が形成されることが報告されている。今回にも同様の物質が観察された。この物質は硫酸第一鉄により染色すると黒色を呈したので(写真一2)、タンニン系の物質であると考えられる。スギの場合、天然の心材形成の過程で移行材部の放射柔細胞中にタンニンを含む液胞が観察されることと⁴⁾対応させると興味深い結果と考えられる。

5-2, 生育期と休止期における柔細胞内容物の比較

傷害による壊死の過程にある放射柔細胞内容物を、超薄切片法(グルタルアルデヒド、四酸

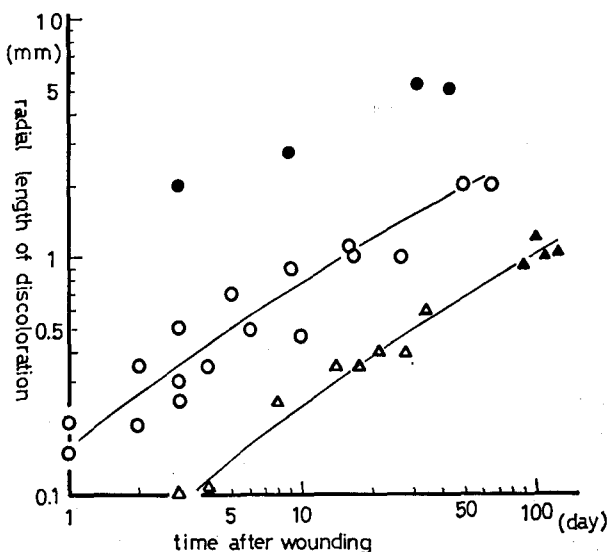


Fig. 5. Relation between time after wounding and the radial length of discolored xylem in growing and dormant period.

○ : growing period, ● : June—July

△ : dormant period,

▲ : taken from the sapling wounded in winter and felled in June.

化オスミウム固定)により電子顕微鏡で観察した。傷害を与えていない試料木(コントロール)における放射柔細胞の電子顕微鏡写真を写真—3に、生育期における壊死過程の細胞および休止期における壊死過程の細胞を写真—4 a, bに示す。これらを比較すると、液胞について一つの特徴が観察される。すなわちコントロールにおいては、液胞内には高電子密度の物質は、ほとんど蓄積されていないが、生育期、休止期いずれの場合も、傷害を与えられた試料では液胞内に高電子密度の物質が存在していた。さらに壊死過程の細胞では細胞基質中、とりわけ細胞壁の近辺に高電子密度の物質が存在する傾向にあった(写真—5)。これらの特徴は、傷害に対する放射柔細胞の対応として、特に顕著に現れた特徴と考えられる。これらの観察結果は、傷害に対する対応として、休止期においても柔細胞が壊死することを細胞内容物の観点から裏付けている。従って、生育期と休止期の相違は、傷害による刺激の伝達する速度と、到達する範囲にあると推定される。

6. ま と め

以上に、枝打の季節とボタン材の関係——発生率および発達の度合——、また実験的に見た傷害に対する二次木部の対応の季節的特徴について述べてきた。これらの結果から、少なくとも本調査の行なわれた暖帯ないし暖温帯地方においては、冬季においてもボタン材が形成されることが示された。ただその発達の程度は生育期に比べて少ないと考えられる。従って樹木に取っての厳密な意味での休止期について検討を要すると思われる。また生育期においてもリズムがあるようであり、特に6月、7月頃に、ボタン材の発達が顕著になるのではないかと推定された。今後さらに検討してゆかねばならない課題と考える。

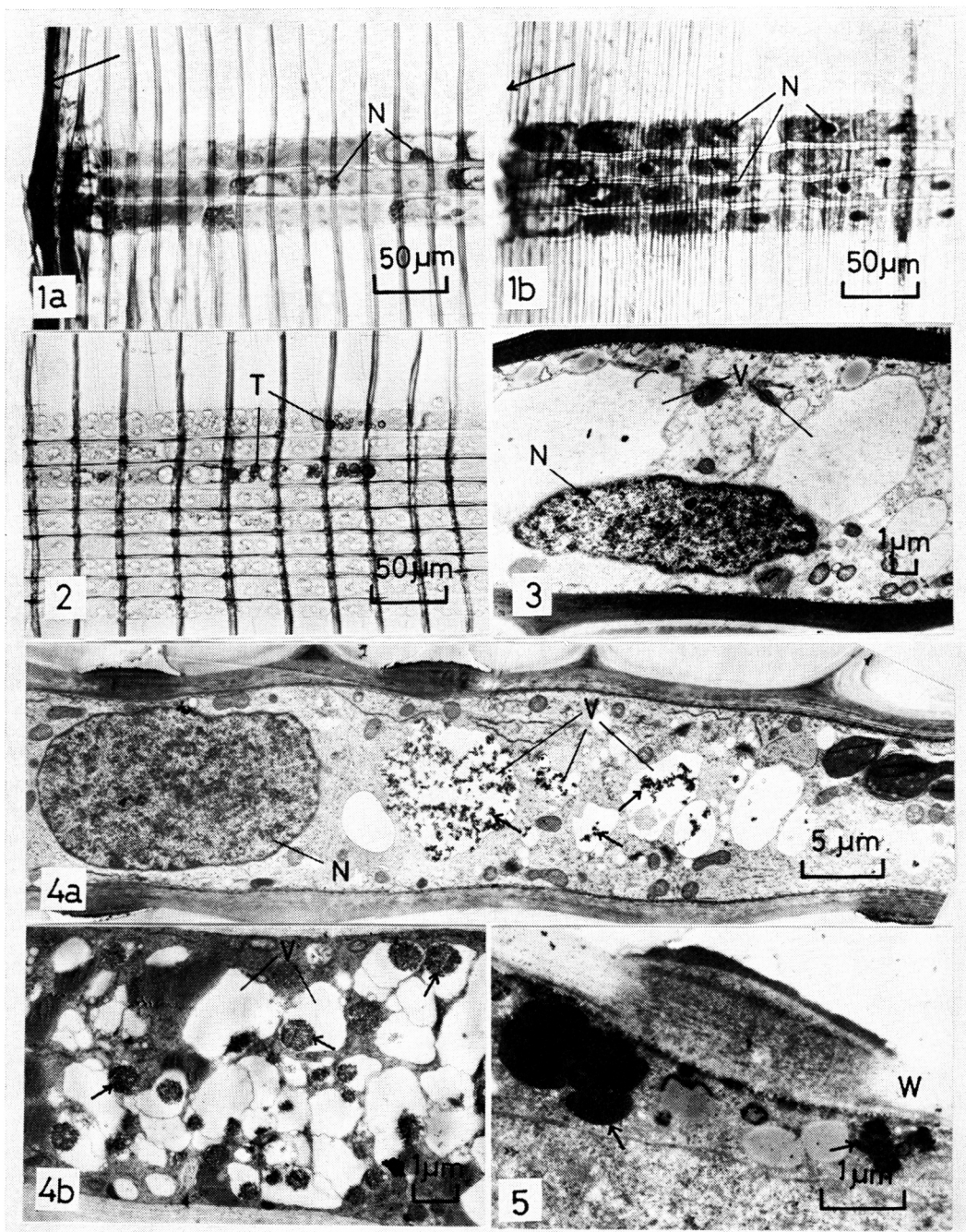


Photo. 1. Light micrographs of radial sections showing the necrobiosis of the ray parenchyma cells. Stained with safranin and light-green. N: nucleus, arrow : wounded area

(a) 3 days after wounding in July, (b) 3 days after wounding in February.

Photo. 2. Light micrograph of radial section showing dark tannin droplet (T) stained with ferrous sulfate.

Photo. 3. Electron micrograph of cross section showing the ray parenchyma cell content in normal condition (control). V: vacuole

Photo. 4. Electron micrographs of cross sections showing the ray parenchyma cell content after wounding. small arrows show the material of high electron density. (a) in growing period, (b) in dormant period.

Photo. 5. Electron micrograph of cross section showing the material of high electron density near the cell wall(W).

引用文献

- 1) 大迫靖雄, 堤利夫, 野洩正, 森田学: 木材の質的生産技術に関する研究, (II)枝打ちとボタン材, 京大演報, 46, 103—114 (1974)
- 2) 大迫靖雄, 堤利夫, 野洩正, 森田学: 木材の質的生産技術に関する研究, (I)ボタン材について, 京大演報, 44, 159—175 (1972)
- 3) 野洩正: 外傷による放射柔細胞壊死過程の光学顕微鏡的観察——短期間実験における着色の広がり——, 京大演報, 47, 152—158 (1975)
- 4) 野洩正, 神園泰比古, 原田浩: 心材化にともなう柔細胞内容物の変化過程——スギ・モミ・アカマツについて——, 京大演報, 48, 178—186 (1976)

Résumé

The studies on the development of α_1 type Botan in Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) wood in connection with season of pruning were conducted on trees growing in four stands at Kuma-Cho, Ehime Pref. and some saplings in nursery of Kyoto University.

The formation of α_1 type Botan was very few on knot smaller than 11 mm in diameter, however the rate of formation was considerably high on knot larger than 11 mm in diameter.

Even in the sample trees pruned in dormant period of winter, the α_1 type Botan was developed. But the extent of α_1 type Botan was small compared with that of the growing period.

From the light- and electron microscopic observation of saplings inflicted wounds, necrobiosis and discoloration of ray parenchyma cells were observed in the dormant period. The necrobiotic and discolored portion, however, was of a narrow range compared with that of growing period. These results support the data of the field experiment.