

# 木材の質的生産技術に関する研究

## (II) 枝打ちとボタン材

大迫靖雄\*・堤 利夫・野淵 正・森田 学

Studies on the forest management from the viewpoint of wood quality.  
(2) Development of Botan in connection with pruning.

Yasuo OHSAKO, Toshio TSUTSUMI, Tadashi NOBUCHI  
and Manabu MORITA

### 目 次

1. はじめに……………	103	4-4 $\alpha_1$ 型の発達	
2. 調査林分および方法……………	104	5. $\alpha_2$ 型ボタンについて……………	111
3. ボタンの分類について……………	104	6. ボタンの機械的性質……………	111
4. $\alpha_1$ 型ボタンについて……………	106	7. ま と め……………	113
4-1 $\alpha_1$ 型の発生率と節の大きさ		文 献……………	114
4-2 節数, 節径の分布		Résumé……………	114
4-3 枝打季節と $\alpha_1$ 型の発生			

### 要 旨

スギ材におけるボタンの発生を主に枝打技術との関連において調査した。

1. 材に発生したボタンはその発生場所, 原因に基づいて  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\beta$  の3型に分類した。 $\alpha_1$ 型は生枝打,  $\alpha_2$ 型は自然落枝,  $\beta$ 型はその他の自然, 人為の様々な原因によって, 節に無関係におこる。

2.  $\alpha_1$ 型は生枝打によって幹表面に傷ができたことによって発生し, その発生率は節径の大きいほど高くなった。また, 枝打季節が関係をもつようで, この場合, 2月枝打が発生率において低かった。

3. ボタンはおおむね相似形で発達した。 $\alpha_1$ 型の発達には節の太さと季節が関係をもっていた。

4.  $\alpha_2$ 型は自然落枝にともなって発生し, 材の中に巻込まれた死節が長いもので発生率が高かった。生枝打ではほとんど発生しなかった。その発達は $\alpha_1$ 型に比し, 一般に小さかった。

5. ボタン材の部分において  $|\alpha|$  値が正常材に比して大きい場合があり, 比引張強度は小さい傾向があった。

### 1. は じ め に

<sup>D)</sup> 前報において, スギ材にみられる異常な着色現象としてのボタンとは材が何らかの原因で傷を

\* 熊本大学・教育学部

うけた結果おこる生理的反應で、人工心材化現象と同一のものであること、それは枝の枯死や枝打に原因すると推定されること、また材の機械的性質において正常材とは僅かに差があることなどを指摘しておいた。この指摘が正しければ生枝打はボタン発生的重要原因の一つとなるはずである。そこで今回は、枝打をその保育体系の中に積極的に組込んでいる愛媛県久万町のスギ林においてボタンの発生を主に枝打との関連において調べた。

本調査に際しては久万町当局の御協力をえたのをはじめ、相原、岡、渡部らの各氏には調査地、材料の提供などの御援助をえた。ここに厚く御礼申しあげる。なお、本調査は文部省科学研究費によったことを附記する。

本報告は4人の共同調査、討論の結果を1～5は主に堤、野淵が、6は主に大迫が分担してとりまとめた。

## 2. 調査林分および方法

つぎの4林分から供試木を求めた。

i) 20年生スギ林(W), 久万町下畑野川, 渡部鬼子雄氏所有。約4mまで全林枝打されているが、それ以上の枝打がされていない部分(無枝打区)とひきつづき選木的に枝打された部分(枝打区)とからなっている。無枝打区から3本、枝打区から6本を、それぞれ各直径階にわたるようにとった。

ii) 24年生スギ林(O), 久万町露峰, 岡譲氏所有。昭和31年10月, 同34年12月, 同37年10月, 同45年2月の4回枝打されており、枝下高は8mに達していた。この林分からはほぼ平均に近いもの2本をとった。

iii) 樹令27年のヒノキ(H), 久万町菅生, 相原佐賀雄氏所有の上層に約75年生のスギをもつ二段林の下木としてのヒノキで、かなり被圧された状態にあった。過去に4回枝打されたとみられる。

iv) 約30年生スギ林(A), 京都府北桑田郡の京大芦生演習林内。保育経過は明らかでないが、2,500~3,000本/haが植えられ、下刈、雪起し以後の保育はほとんどなかったと推定される。これは久万町の供試木に対する比較材料として、自然落枝の場合の資料としたが、A-4には2.3~3.6mにわたって枝打されていた。

これらの供試木は伐倒して樹高、枝下高、直径を測定後、枝下部分の幹について地際から10cmごとに玉伐りし、その木口面でボタンの上辺(外側)、下辺(内側)、高さを測定した。さらに、ボタンおよび節の中心を通るように半径方向に沿って縦割りし、ボタンの発生原因、節の大きさを測定した。O, H, Aの各供試木では半径面におけるボタンの発生原因付近において、ボタンの長さを半径、縦方向において測定した。これはボタンの最大の長さ、幅をあらわすと考えた。

## 3. ボタンの分類について

W区の各供試木についてしらべた結果、ボタンは発生場所によって節に関係する $\alpha$ 型と節に無関係の $\beta$ 型に、発生原因によって $\alpha$ 型を2つに、合計3つの型に分類できた。

i)  $\alpha_1$ 型: 明らかに枝打に関係するもので、枝打にともなって幹表面が傷をうけたあとがあり、その傷を起源として図-1aのような形で発達するボタンである。これは節の付近の木口面で矩形ないし外側にやや開いた台形を呈することが多いが、節から遠ざかるにつれて次第に上辺が小さくなり、外側に狭い三角形になっていく傾向をもつ。

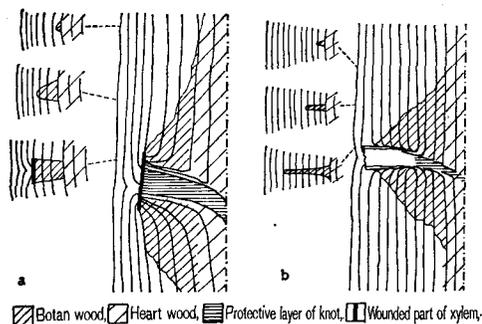


Fig. 1. Schematic representation of  $\alpha$  type Botan. a :  $\alpha_1$  type, b :  $\alpha_2$  type.

Table 1. Formation of three types of Botan

	Pruning	DBH (cm)	H (m)	$H_B$ (m)	NK	$\alpha_1$ type		$\alpha_2$ type		$\beta$ type	
						Area ( $\text{cm}^2$ )	Rate (%)	Area ( $\text{cm}^2$ )	Rate (%)	Area ( $\text{cm}^2$ )	Rate (%)
W-71	Non-pruning	7.8	8.1	3.2	66	0	0	0.1	6.1	0.5	1.3
W-90	Non-pruning	13.0	14.1	5.6	113	0.2	1.8	0.2	8.9	0.2	2.5
W-61	Non-pruning	17.8	14.0	5.8	85	0.3	8.2	0.4	25.9	0.7	0.9
W-275	Pruning	6.8	8.1	3.9	64	0.5	17.2	0.7	1.6	0.2	0.3
W-263	pruning	10.0	11.6	7.0	103	0.5	5.8	0	0	—	0.1
W-216	pruning	12.6	10.8	6.2	109	1.2	15.6	—	0.9	0.5	1.5
W-242	pruning	14.5	12.5	8.0	167	3.9	21.0	—	0.6	0.3	1.1
W-138	pruning	14.9	13.1	4.9	77	3.0	19.5	1.2	6.5	1.0	1.6
W-270	pruning	19.4	16.5	8.1	155	1.2	11.6	0.5	7.1	0.5	0.6

DBH : Diameter of breast height, H : Tree height,  $H_B$  : Clean bole length, NK : No. of knots in clean bole, (1) Average value in cross section, (2) No. of Botan / total no. of knots, (3) No. of Botan / clean bole length

ii)  $\alpha_2$ 型 : 自然落枝, 枯枝打で材の内部に死節を含む場合で, 幹表面に傷はなく, 死節と生節の接点付近を起源として発達するものである。木口面で幅の狭い帯ないし線状を呈するものが多い (図-1 b)。

iii)  $\beta$ 型 : 発生する位置が節に無関係である。風害, 虫害, 間伐時の損傷, 枝打時のミスなど自然, 人為の様々の原因によって幹につけられた傷をもとにして発達したものである。傷の形, 大きさ, 季節によってボタンの形, 大きさも様々である。

ボタンの色は, 前報でのべたとおり, 辺材では一定していないが, 概してきたない黒褐色, 灰青色などで, 3つの型の間で違いはなかった。

これらの供試木についてボタンの発生状況, 木口面のボタンの平均面積を表-1に示した。一つのボタンで2断面以上にわたるものは最も発生原因に近く, 面積の大きいものをとった。

木口面におけるボタンの大きさは $\alpha_1$ 型で大きいものが多く,  $3\text{cm}^2$ をこえるものがあつた。これに対し, $\alpha_2$ 型, $\beta$ 型では $1\text{cm}^2$ 以下で, $0.5\text{cm}^2$ 以下のものが多かった。 $\alpha_1$ 型は幹表面で面として拡がりのある傷を原因として発達するということから, 比較的に大きなボタンとなりやすいことを示している。ただしこの場合, 地際から機械的に $10\text{cm}$ ごとに切った木口面での調査であつたから, 節, いいかえると傷からの距離にある程度の不統一があつたことは注意しておかねばならない。

$\alpha_1$ 型の発生率は枝打区について総節数の6~21%にわたつていた。このことは逆に, 枝打が行なわれたからといってすべての節に $\alpha_1$ 型ボタンが発生するわけではないことを示している。自

然落枝の場合には $\alpha_1$ 型は発生しなかった（たとえば表一3のA-2の場合）。また、枝打されていても枝の部分のみが切断され、幹に傷のない場合は発生しなかった。 $\alpha_1$ 型ボタンの発生は生枝打にともない幹表面に傷がつけられた場合に限られるようであった。

$\alpha_2$ 型は生枝打で発生することは極めて少なく、主に自然落枝の場合に発達していた。従って、 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 型の発生率を求めるには、表一1のように総節数を用いるのは不充分で、節を生枝打と自然落枝（枯枝打を含む）に区別しなければならない。

この観点から、O, H, Aの各供試木の結果を中心に $\alpha$ 型ボタンの発生と発達をみよう。

#### 4. $\alpha_1$ 型ボタンについて

##### 4-1 $\alpha_1$ 型の発生率と節の大きさ

まず、W区の供試木について $\alpha_1$ 型の発生と節径との関係をみよう。表一2に示したように、 $\alpha_1$ 型の発生は節径の大きい方に偏っていた。

枝は太くなるほど幹へのつけ根での肥大がおこり、枝打によって幹表面も削られて傷となる危険が大きくなる傾向がある。そして枝打は幹面に沿って平滑に、むしろえぐるように打つのが巻込みをはやめ、材の表面を平滑に保つためによい方法であるとされてきた。このような枝打が行なわれると、当然幹表面に傷ができ、それは枝が太くなるほど大きくなるといえる。図一2は岡氏の磨丸太仕立の13年生スギ林で最近枝打されたものについて、枝打による幹の傷と節との量的関係を示したものである。いずれも長径と短径の積の形で面積を求めた。資料が少なくて両者の関係を定量化しえないが、枝が太くなると幹が削られる量が大きくなることは明らかである。

このことから $\alpha_1$ 型ボタンの発生が節径の大きい方に偏る傾向のあることは決して偶然ではない

Table 2. Relationship between  $\alpha_1$  type Botan and the diameter of knot

Diameter of knot (mm)	Rate of no. of Botan to no. of knots (%)				
	W-216	W-138	W-242	W-270	Average
~ 2	0	—	0	0	0
~ 4	0	0	0	9.7	4.1
~ 6	0	0	3.0	11.1	4.8
~ 8	10.7	0	17.1	0	10.1
~10	8.3	22.2	20.2	0	14.7
~12	50	38.1	27.3	0	28.8
~14	50	33.3	36.4	17.7	28.8
~16	100	100	90	0	68.4
17~	100	—	37.5	42.1	42.9

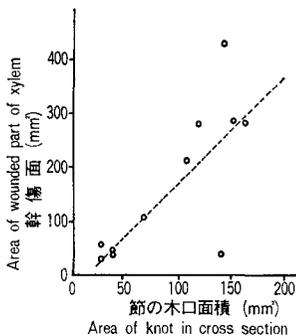


Fig. 2. Relationship between the area of wounded part of xylem by pruning and the cross sectional area of knot.

と考えてよい。しかし、この場合、総節数の中には自然落枝や枯枝打が含まれており、自然落枝が細いものに偏っていたと仮定すると、この結果だけからの結論は不充分であるといえよう。

つぎに、O, H, A の各供試木について検討してみよう。後述するように、枝下部分での節径や $\alpha$ 型ボタンの垂直分布に一定の傾向がなかったので、表-3は節径の大きさによってまとめた。

O, H の各供試木で自然落枝は小径の節に集中している。これらは比較的密植(4,000~6,000本/ha)され、枝打が頻りに繰返えされていたから、自然落枝は陽樹冠における枝のいわば自己間引であって、小径のものに集中するのはむしろ当然といえよう。

自然落枝を除いて、生枝打のみについてみると、O-1, H-2 は $\alpha_1$ 型の発生率が約46%, O-2 は約18%であった。O-2 で発生率が低かったことには、O-1 に比べて細い節が多く、発生率の高い太い節の数が少なかったこと(図-3), 10mm 以下の細い節での発生率が高くなかったことに関係があったといえる。

Table 3. Relationship between  $\alpha_1$  and  $\alpha_2$  type Botan and the diameter of knot.

			Diameter of knot (mm)					Total
			~6	6~10	10~14	14~18	18~	
O-1, DBH(cm) 14.8	No. of knots	pruned	9	47	49	22	7	134
		non-pruned	16	9	2	0	0	27
	Rate	$\alpha_1^*$ (%)	22.2	44.7	46.9	50.0	71.4	46.3
		$\alpha_2^{**}$ (%)	12.5	0	50.0	0	0	11.1
O-2, DBH(cm) 12.2	No. of knots	pruned	17	47	14	9	—	87
		non-pruned	66	21	1	0	—	88
	Rate	$\alpha_1^*$ (%)	0	6.4	35.7	88.9	—	18.4
		$\alpha_2^{**}$ (%)	6.1	4.8	100	0	—	6.8
H-2, DBH(cm) 10.0	No. of knots	pruned	6	16	14	11	3	50
		non-pruned	22	1	0	0	0	23
	Rate	$\alpha_1^*$ (%)	0	43.7	50.0	54.5	100	46.0
		$\alpha_2^{**}$ (%)	0	0	—※	—※	0	—※
A-2, DBH(cm) 16.0	No. of knots	pruned	0	0	0	0	0	0
		non-pruned	37	40	32	8	5	122
	Rate	$\alpha_1^*$ (%)	0	0	0	0	0	0
		$\alpha_2^{**}$ (%)	24.3	50.0	28.1	0	40.0	32.8
A-4, DBH(cm) 16.5	No. of knots	pruned	0	0	0	2	9	11
		non-pruned	29	19	13	7	1	69
	Rate	$\alpha_1^*$ (%)	0	0	0	100	77.8	81.8
		$\alpha_2^{**}$ (%)	13.8	26.8	61.5	28.6	0	27.5

\* No. of  $\alpha_1$ /no. of pruned knots (%), \*\* No. of  $\alpha_2$ /no. of non-pruned knots (%)

※  $\alpha_2$  type formed in pruned knot.

このような違いにかかわらず、いずれの場合もおおよそ節径が大きいと発生率が高まる傾向があり、18mm をこえるとほとんどすべての節に発生したといつてよい。

これらのことから、 $\alpha_1$ 型は細い節では発生率が低いが、太くなると高まり、この場合 14mm 以上で50%をこえ、18mm 以上では70%以上となった。従つて、鉋を用い、幹に沿つて平滑に打つ従来一般に普及された枝打ではかなりの頻度で $\alpha_1$ 型のボタンを発生せしめることになるといえよう。

#### 4-2 節数、節径の分布

枝下部分の節数を幹長で割つて節密度を求めたものが表-4である。

ヒノキの枝密度が明らかに小さいのを除くと、スギでは 1m あたり 15~25 の節をもつ。久万地方のみについてみると15~21となった。加納らによればスギの節密度は地域、保育形式にかわりなく、平均して20というから、この場合もおおよそ一致した値を示したといえよう。なお、W区の9本について節密度は直径、樹高と関係がなかった。O、A 両区でも、2本の間で節密度が違っていたから、15~25の間における節密度の違いには個体の生育過程よりも個体の特性の方がより大きな影響をもつと推定される。

節数や節の太さの枝下部分での垂直分布は表-5に例示したように、一定の傾向がなくほとんど一定していた。閉鎖した林分で枝打が繰返されたことが、枝の太さをおよそ一定値におさえることに関係していたと思われる。

そこで、地上高を無視して、枝下までの節の太さの頻度分布を求めた。図-3はO区の2本の結果である。

両者の分布の型はかなり違う。O-2はO-1に比し、小径の節が著しく多く節密度はやや大きかった。自然落枝の分を除いてみても同様であった。この場合、O-2はO-1より個体としていくらか小さく、節密度が大であったが、A区の2本についてみると、A-2はA-4より節密度は高く、そして節径の分布は太い方にモードをもっていた。一般に生長にともない枝も太くなっていくが、節密度と節径の分布との関係は個体ごとに変わり、複雑である。これらは $\alpha_1$ 型のボタンの発生に重要な意味をもっているから、この関係の詳しい解析が必要となる。

Table 4. Number of knots per one meter of clean bole

W-71	W-90	W-61	W-275	W-263	W-216	W-242	W-138	W-270	H-2	O-1	O-2	A-2	A-4
20.6	20.9	17.7	16.4	14.7	18.5	20.5	16.7	20.1	13.3	17.3	21.4	25.4	19.6

Table 5. The vertical distribution of number (No.) and diameter (D) of knots.

Height from ground level (m)	W-263			W-242			O-1		
	No.	D(range) (mm)	D(average) (mm)	No.	D(range) (mm)	D(average) (mm)	No.	D(range) (mm)	D(average) (mm)
0.0~1.0	11	3~8	4.5	20	5~10	7.5	18	4~9	7.3
1.1~2.0	18	3~11	5.6	18	4~11	7.4	17	3~13	8.8
2.1~3.0	15	3~11	7.1	18	2~12	7.2	17	5~21	12.2
3.1~4.0	12	1~11	6.7	20	3~15	8.4	13	7~19	12.9
4.1~5.0	17	3~10	6.9	30	3~18	8.3	19	2~16	7.9
5.1~6.0	15	4~13	7.8	17	5~18	11.2	16	2~21	12.1
6.1~7.0	15	2~12	5.0	18	6~16	10.8	22	2~15	8.8
7.1~8.0	—	—	—	26	2~26	9.4	14	3~16	10.5
8.1~9.0	—	—	—	—	—	—	21	4~16	10.1

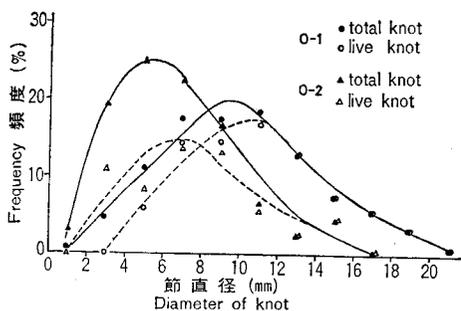


Fig. 3. Frequency distribution of the diameter of knot.

Table 6. Relationship between the formation of  $\alpha_1$  type and the season of green pruning.

Season of pruning	O-1				O-2			
	1956. Oct.	1959 Dec.	1962. Oct.	1970. Feb.	1956. Oct.	1959. Dec.	1962. Oct.	1970. Feb.
Height from ground level(m)	0~1.6	1.6~2.4	2.4~5.3	5.3~9.3	0~1.7	1.7~2.5	2.5~4.2	4.2~8.2
No. of total knots	26	14	49	72	18	17	50	90
No. of pruned knots	25	14	34	61	9	9	15	54
Rate of formation of Botan* (%)	76	100	53	20	22	33	7	17
Average Botan area** (cm <sup>2</sup> )	6.1	19.2	50.9	3.9	15.2	74.5	18.0	12.9 (1.7)※

\* No. of  $\alpha_1$  type / no. of pruned knots, \*\* In radial section,

※ Datum except the one abnormal value

#### 4-3 枝打季節と $\alpha_1$ 型の発生

人工心材は生育期に発達し、休止期には発達しないという<sup>3)</sup>。枝打は一般に生長の休止した10月以降から3月までが適期とされ、久万地方でも「寒明けから春の彼岸までが第一適期、ついで10月中下旬から12月がよい」とされている。もし、休止期には人工心材が形成されないというのが一般であれば、適期の枝打で $\alpha_1$ 型ボタンは発達しないことになる。実際にはすでにみてきたように、 $\alpha_1$ 型は多発していた。従って、スギ材におけるボタン発生に関する休止期の詳しい検討が必要となる。

O-1, 2 は過去に4回枝打された。枝打された時の樹令、樹幹部位が違うが、これを無視して季節の違いのみをとりあげると表-6のようである。

すなわち、2月枝打は他の季節に比して発生率がかなり低く、大きさも平均して小さかった。O-2 で昭和37年10月打ちの発生率がとくに小さい。これは節径がとくに小さかったからで、 $\alpha_1$ 型が発生した14mmの節1コを除いて他はすべて9mm以下であった。この結果については、10月、12月はボタンの発生にとっての休止期とはいえず、発生の可能性はかなり大きいといえるのに対し、2月に入ると低下する傾向をもつといえよう。

ボタンの発生に季節性があることは多分確かだとしても、まだ資料が十分といえず、今後の検討にゆずりたい。

#### 4-4 $\alpha_1$ 型の発達

前述したように、木口面で $\alpha_1$ 型は矩形ないし外に広い台形を呈し、輪郭がはっきりしているので、その面積を求めるのは比較的容易であるが、節からの距離に不統一があるためやや精度がおちる。そこで、O, H, A の材料ではボタン発生原因部における半径方向と縦方向の長さを測った。

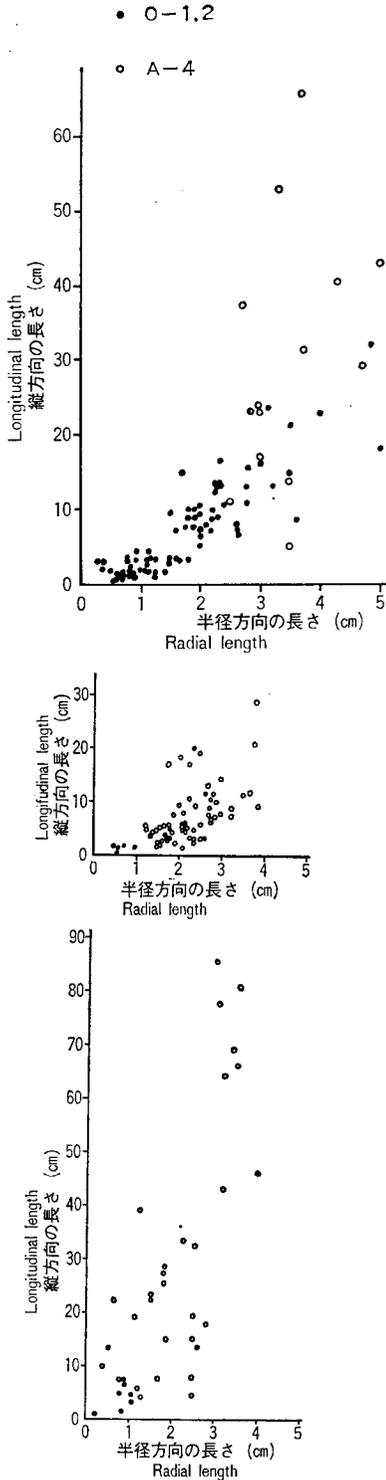


Fig. 4. Extent of Botan in radial section.  
a:  $\alpha_1$  type b:  $\alpha_2$  type C:  $\beta$  type

この両者の間には、図-4に示したように、かなり密接な関係があり、おおまかにいつてボタンは半径、縦方向の比がほぼ一定した相似形であるといえる。 $\alpha_1$ 型では半径方向に対する縦の比はその上限でほぼ10であった。 $\beta$ 型ではこれより大きいものも多く、 $\alpha_2$ 型では逆に小さいものが多かった。

Roth<sup>4)</sup>の実験結果は平均値であるが、およそこの比が10付近に集中していたから、ボタンの半径、縦方向の長さの間には比較的安定した関係があるものと推定される。

ボタンの発達に関係する要因の一つとして傷の大きさが考えられる。本調査では傷の大きさを直接測定できなかったから、図-2の結果に根拠をおいて、節の大きさが傷の大きさをあらわすものとし、 $\alpha_1$ 型の大きさをその縦方向の長さであらわし、両者の関係を求めたものが図-5である。

両者の関係はかなり不明瞭であるが、O-1, 2の上限に注目すると、およそ節径が大きくなるほどボタンも大きくなるという関係が認められる。Roth<sup>4)</sup>はいろいろな道具で幹を傷つけた結果、より大きな道具を使った場合にボタンが大きかったから、他の条件が等しければ、節が大きくなるほどボタンの発達も大きくなる傾向があることを認めてもよいであろう。

枝打季節もまたボタンの発達に関係をもつようである。図-5にみられるように、A-4のボタンはO-1, 2に比して大きいものが多い。A-4の枝打時期が

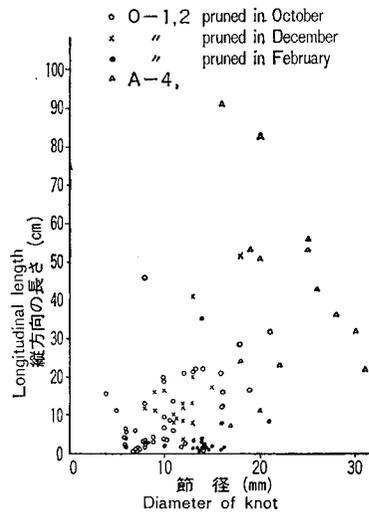


Fig. 5. Relationship between the diameter of knot and the longitudinal length of  $\alpha_1$  type Botan.

不明であるが、冬季積雪が深く保育作業が行なわれることがなかったことを考慮すると、枝打の下手際によって傷がとくに大きかったことのほかに、枝打季節が生育期であったからではないかと推定できる。逆に、O-1, 2において、2月枝打は、図-5, 表-6にみられるように、全般に極めて発達が小さかった。2月枝打は発生率が低いのみならず、その発達も極めて微弱であったといえよう。

### 5. $\alpha_2$ 型ボタンについて

A-2, 4における $\alpha_2$ 型の発生率はそれぞれ31.5%, 27.6%であったのに対し、O-1, 2, H-1, 2ではいずれも数%で、極めて少なかった(表-3)。集約に枝打された林分ではこの型はほとんど発生しないとみてよいと考えられる。

表-3にみられるように、 $\alpha_2$ 型は $\alpha_1$ 型と異なって、節の太さとほとんど関係がなかった。 $\alpha_2$ 型の発生は死節の長さとおおよそ程度の関係をもつようで、長くなると発生率が高まり、30mmをこえると50%をこえた(表-7)。このことは幹表面に傷をもたない $\alpha_2$ 型の発生に枯枝の巻込み時において、幹の外側に残った枯枝部分の存在が何らかの意味で関係をもつことを暗示するものである。

Table 7. Relationship between the formation of  $\alpha_2$  type and the length of loose knot.

Length of loose knot (mm)	A-2		A-4	
	No. of loose knot	Rate of formation (%)*	No. of loose knot	Rate of formation (%)*
~ 10	6	17	7	29
10 ~ 20	52	31	32	19
20 ~ 30	43	35	24	33
30 ~	11	64	6	50

\* No. of  $\alpha_2$ /no. of loose knots.

$\alpha_2$ 型のボタンの半径、縦の両方向の長さの間にはやや粗な関係が認められる(図-4)が、全般にその長さは $\alpha_1$ 型、 $\beta$ 型のボタンに比して短かく、15cmをこえるものは少なかった。また、木口面における面積も個体の平均値で1cm<sup>2</sup>をこえるのが少なかった(表-1)から、この型のボタンは $\alpha_1$ 型や $\beta$ 型のように大きく発達することはなさそうである。

なお、 $\alpha_2$ 型の長さとお節径、死節の長さとの間には一定の関係が認められなかった。 $\alpha_2$ 型についてはその発生の機構、発達に関係する要因などについてさらに検討を要することが多い。

### 6. ボタンの機械的性質

ボタンを含んで半径方向に髓から連続的に2, 3の機械的性質をしらべた。これは樹幹での材の機械的性質の不連続が木材の狂い、割れなどの原因となるおそれがあるからである。

試片は上記のものとは別に、久万町下畑野川、岡氏所有の93年生、胸高直径35cmのスギの幹材で地上約9.5mの部分からとった。これには45年前の枝打の原因とみられる $\alpha_1$ 型のボタンを含む。ただし、このボタンの全部が心材にあった。

ここでは(i)生長応力による歪の出現状態、(ii)円盤の半径方向での比引張強度の変化の2点についてのべる。実験方法は筆者が生長応力の測定に使用している方法を用いる。すなわち、

生材状態で丸太から髓および形成層を含む板を切り出し、半径方向に順次薄片を切り離し、切り離し直後の反りの測定から、rate of compression,  $|\alpha|$  を算出した。つぎに、切り離した薄片を気乾状態まで乾燥し、引張試片(集中応力形試片で断面積  $21\text{mm}^2$ )を作成、島津製 ショアー引張試験機で引張試験をおこなった。さらに各部分の気乾比重を求めた。

i 生長応力による歪の出現状態に関してボタンを含む円盤についての一例を図一6に示した。すなわち、ボタンの部分で髓側の境界部に非常に大きな  $|\alpha|$  の値を示した。今回用いた材料でボタンを含む試片の場合、いずれも同様な結果を示しており、なんらかの形で正常材との境界に生長応力の変化が生じたことが推定される。なお、この場合ボタンの形成層側の境界とは状態が異なることを示しており、ボタンの内部でも特性が異なることが推定された。

また、生材状態での反りは乾燥後の反りにきわめて大きな影響を与えた。このような結果は木材の狂い、乾燥割れなどの関係から好ましい結果でなかろう。さらに詳細な検討が必要である。

ii つぎに円盤中半径方向での比引張強度の変化についてみよう。

図一7に髓から形成層までの比引張強度の変化を正常材のみの場合とボタンを含む場合とについて示した。正常材のみの場合は、髓近辺の未成熟材の値が低下するという渡辺らの結果と一致していた。ボタンを含む場合、ボタンの部分が成熟材にもかかわらず正常材と比較して低い値を示した。これにはいくつかの原因が考えられ、前報の強度の問題、ボタン材の比重の増加などとの関係からある程度推定できる。また、この結果はボタンの部分の比引張強度が未成熟材とほぼ一致していることを示し、興味ある結果である。概して  $\alpha_1$  型ボタンは辺材部に形成されるから、仮に未成熟部分とボタンの部分との位置が不連続で、このような性質が存在するとすれば、同じ円盤内に少なくとも2カ所の強度の低下する場所が存在することになる。

これらの原因についてははっきりした証明はできないが比強度値に大きな影響を与える比重の増加は、前報で明らかにしたように、着色物質の存在による所が多いと考えられる。従って、比強度値がいく分低下しているが、一方例えば、引張強度の絶対値が同じような位置にある正常材の値より小さいなど着色物質の存在のみからは証明できない部分が多い。

そこで補助的に、収縮について調査した結果を表一8に示した。すなわち、ボタンの部分の収縮は他の部分に比して小さかった。

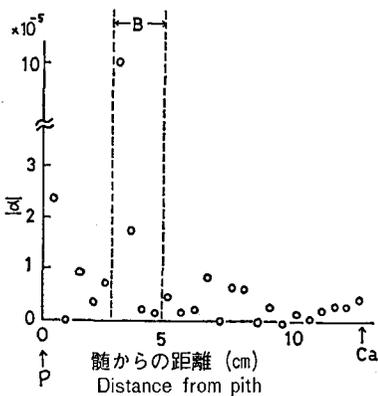


Fig. 6. The distribution of rate of compression ( $\alpha$ ) in the disk.

B; Botan wood, p: pith, Ca: cambium,

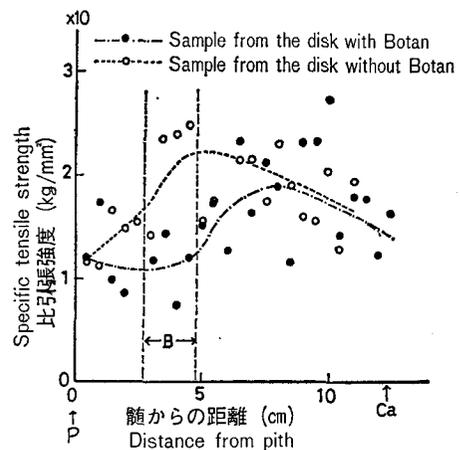


Fig. 7. The distribution of specific tensile strength in the disk. specific tensile strength = tensile strength / specific gravity, Note; same as Fig. 6.

Table 8. Average shrinkage (%) in the disk with Botan wood.

	Average shrinkage (%)		
	L	R	T
Sap wood*	0.413	3.50	8.61
Heart wood*	0.221	3.25	7.86
Botan wood**	0.198	2.71	6.68

\* ; The sample from the forest owned by Watanabe.

\*\* ; The sample from the forest owned by Oka.

これは木材の収縮が比重とほぼ一次関係にあるという事実と異なる。従って、ボタンの部分の細胞壁が正常材と全く同じであるとすれば、この結果は真の比重が心材あるいは辺材より小さいことを示すこととなる。そこで、試験された心材、辺材とボタンの部分の細胞壁の厚さの差などについても検討したが、現段階でこれらの結果を証明できる資料をえていない。今後、細胞壁の調査とあわせ、さらに検討を要する。

## 7. ま と め

久万地方のスギ林での結果をもとにボタンをその発生場所、原因で分類すると、枝なし節に關係して発達する $\alpha$ 型とそれに関係のない $\beta$ 型とに区分できた。さらに $\alpha$ 型は生枝打によるもの( $\alpha_1$ 型)と自然落枝に由来するもの( $\alpha_2$ 型)にわけることができた。

このうち、 $\beta$ 型はたとえば、管理のよくなかった A 区に多発し、W、O 区では多くなかったから、幹の保全への普段の配慮が關係していると思われるが、その発生原因は人為、自然の多方面に及び、もっと詳細な分析が必要となる。その検討は後報にゆずり、今回は $\alpha$ 型のボタンについてのみ考えた。

$\alpha_1$ 型は生枝打によって発生し、場合によってはかなり大きくなる。A—4では縦方向で 80cm をこえるものがあった。一般に、生枝打は幹に沿って平滑にきれいに打つのがよいとされている。このように打つと枝のつけ根を中心とする幹表面も削られるのが普通で、それは枝が太くなるほど大きくなると考えてよいだろう。このことを反映して、 $\alpha_1$ 型は節が太くなるほど発生率が高まり、また発生するボタンは大きくなる傾向を示した。

ボタンの発達様態は様々であるが、その形はおおよそ相似形であるといえる。また、その発達の度合に關係するものとしては節の太さと季節があげられる。節の太さとの關係は粗であるが、上限に注目すれば、太いものほど長いという關係があった。季節については10月、12月枝打に比し、2月枝打が発生率、発達ともに小さかった。ボタンは休止期に発達しないというが、その休止期の幅は意外に短かいとみななければならないようである。

$\alpha_2$ 型は自然落枝に主に発達するが、節の太さとの關係がなく、死節の長いもので発生率が高かった。このことは $\alpha_2$ 型の発生原因を示唆するものであるが、同時に枯枝を長く残さないことが防止方法として有効であろうことをも示している。

ボタンの発生は材の機械的性質にもある程度の影響を与えているようである。今回測定した結果では、 $|\alpha|$  がボタンの部分の正常部との境界付近で異常に大きくなったこと、比引張強度がボタンの部分で低いという傾向があった。これらの原因については不明の点があり、今後検討を要するが、材の内部で性質の不均一をおこす一要素となるおそれがある。このことが構造材としてどれほどの意味をもつかは、にわかに決め難いが、ボタンが多発した材においてはある程度問

題となろう。

枝打は良質材生産のための技術として近年さかんに行なわれているようであるが、それはボタン発生の原因となっていることは明らかである。磨丸太などのように丸太として使用する場合は除き、製材すればボタンを露呈し、かえって材価を低下せしめる要因となる。枝打方法や季節の検討が重要であるが、枝打を安易に良質材生産と結びつけることは危険である。この意味において、枝打を中心に編成された久万林業の育林保育体系は再検討の必要があろう。

## 文 献

- 1) 大迫靖雄, 堤利夫, 野淵正, 森田学: 木林の質的生産技術に関する研究(1)ボタン材について, 京大演報 44, 159—175, 1972.
- 2) 加納孟, 枝松信之, 蕪木自輔, 齊藤久夫: 製材用原木としてのスギ造林木の品質(3)保育形式の異なる造林木の品質, 林試研報, 185, 57—197, 1966.
- 3) 矢沢亀吉, 石田茂雄, 大谷諄: 心材の人工形成に関する研究, 北大演報, 25(1), 9—34, 1967.
- 4) Roth, E. R.: Discolorations in living Yellow-Poplar trees, J. Forestry, 48 (3), 184—185, 1950.
- 5) 大迫靖雄, 千代田省蔵: スギ除伐材の物性に関する研究, 熊大教育紀要, 22(1) 33—47, 1973.
- 6) 渡辺治人: 樹幹丸太の特性, 九大木材理学資料, 67(1), 1967.
- 7) Kollmann, F. P. and W. A. Coté Jr.: Principles of wood science and technology. I. Solid wood, Springer, 1968.

## Résumé

Botans are the discoloration of wood originating from mechanical wounds of living tree trunks, and correspond to artificial heartwood formation.

In the previous paper, it was mentioned that environmental factors have no effect on the development of Botan, while intensity of pruning is very effective.

The present studies which were undertaken on Sugi (*Cryptomeria japonica*) stands on Kuma-Chyo, Ehime Pref., aimed to clarify the development of Botan in connection with green pruning.

1. Botans developed in Sugi wood were classified into three types:  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  and  $\beta$ .

2. Botan originating from a wound of trunk accompanied by green pruning is classified into  $\alpha_1$  type.  $\alpha_2$  type develops around the base of a knot of natural pruning, and the one which has no connection with a knot in its origin is classified into  $\beta$  type.

3. The rate of formation of  $\alpha_1$  type depends upon diameter of the knot and season of pruning. The rate of formation increases with the increase of diameter of knot, and it was considerably smaller in Feb. pruning compared with Oct. and Dec. pruning.

4. The extent of  $\alpha_1$  type is also related to diameter of knot and season of pruning. There was a loose relation between diameter of knot and the extent of  $\alpha_1$  type, and the max. longitudinal length became greater with increase of diameter of knot. The extent of  $\alpha_1$  type was remarkably small in Feb. pruning compared with other seasons.

5. The rate of formation of  $\alpha_2$  type had no connection with diameter of knot, but with the length of loose knot. It was remarkably high in loose knots over 30mm. in length.

The extent of  $\alpha_2$  type had no relation with diameter of knot and they were generally smaller than the other types.

6. The values of  $|\alpha|$  in Botan wood were larger than those in normal wood. These results might show existence of large growth stress in Botan wood.

The values of specific tensile strength in Botan wood were smaller than those in normal wood and were almost the same as those in juvenile wood.