

## 秩父山地スギ人工林の梢端枯れ現象

鈴木和夫\*・福田健二\*・稲本龍生\*\*・佐藤義隆\*\*\*  
梶川宏治\*\*\*\*・大村和也\*

### Top Dieback of *Cryptomeria japonica* in Artificial Stands in the Chichibu Mountains

Kazuo SUZUKI\*, Kenji FUKUDA\*, Tatsuo INAMOTO\*\*\*, Yoshitaka SATO\*\*\*,  
Kouji KAJIKAWA\*\*\*\* and Kazuya OHMURA\*

#### 1. はじめに

関東地方平野部におけるスギの衰退現象は1960年代から問題とされ、その実態が調査されてきた。スギの衰退現象の原因としては、大気汚染、酸性降下物などが検討されているが、道路開設、圃場整備、地下水位の変化等による水ストレスをはじめ、スギ林地を取り巻く様々な環境の変化もまた、衰退の原因ではないかと考えられている(佐々木ら, 1989; 山家, 1974)。

東京大学秩父演習林では、1980年代に入って、スギの壮～老齢林において樹冠梢端部が枯死する現象が、多数みられるようになった。そこで、秩父演習林におけるスギの梢端枯死現象について、以下の調査を行った。すなわち、スギの梢端枯死現象の実態を明らかにし、その原因について検討を加えるため、要倉沢、入山、三滝の三地域で5ヶ所の異なる林分から15本の供試木を選び、a) 各個体の枝葉の着生状態(特に梢端部)、b) 材部の電気抵抗値とカチオン濃度、c) 材中の菌類相、d) 葉の水分生理特性等の諸性質を調べた。同時に、e) 樹幹解析を行い現在までの生育過程について検討を加えた。

#### 2. 材料および方法

調査林分および林況について図-1 および表-1 に示した。秩父演習林で、梢端枯れ木が多くみられるのは、大血川作業所管内の要倉沢、三滝、および、栃本作業所管内の入山、の3ヶ所である。

要倉沢1は大正2年植栽の76年生のスギ壮齢林で林冠はうっ閉し、林内に被圧による枯死木が見られる。この林分には梢端枯れ木が点在している。要倉沢2は昭和27年植栽の36年生のスギ若齢林で、要倉沢1に隣接している。これらの中には梢端枯れ木はみられないが、この林内には樹齢76年生の突出した壮齢木が点在し、それらはすべて梢端枯れ木である。入山は大正15年

\* 東京大学農学部林学科  
Department of Forestry, Faculty of Agriculture, The University of Tokyo.

\*\* 現林野庁  
Forestry Agency.

\*\*\* 現東京医科歯科大  
Tokyo Medical and Dental University.

\*\*\*\* 現王子製紙  
Oji Paper Company.

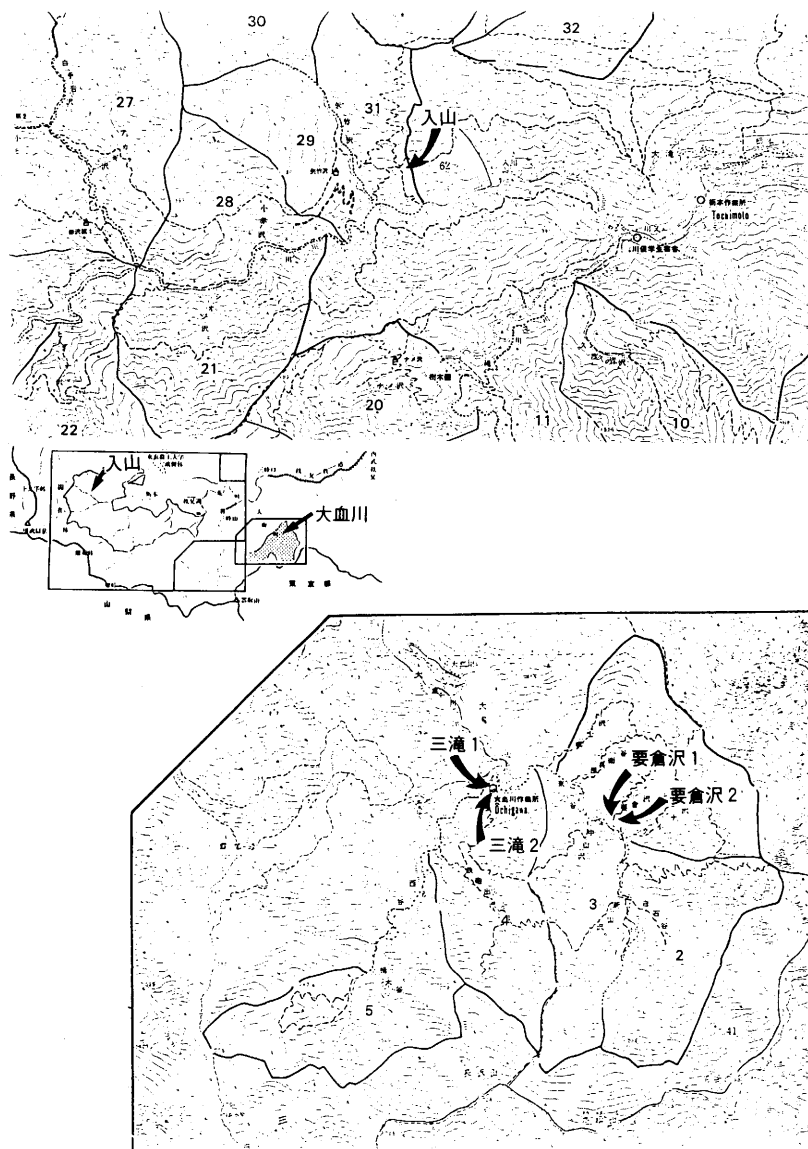


図-1 調査林分

Fig. 1. Study site.

植栽の63年生のスギ壮齡林で、林冠はうっ閉し林内からスギの梢端部を観察することはできないが、林縁部からは梢端枯れ木が点在していることがわかる。三滝1は昭和14年と同30年の伐採後に残った明治44年植栽の78年生の残存木で、現存する7~8本中、3~4本が梢端枯れ木である。三滝2は、同じく明治44年植栽の78年生スギ壮齡林で、林冠はうっ閉し、小数の梢端枯れ木がみられる。

伐倒調査は、1988年9月7日から、11月10日までの5回行い、伐倒直後に葉の着生状態についてスケッチした。その際、山側の枝は右側に、谷川の枝は左側にまとめて、全ての枝を記載

表-1 調査林分の林況  
Table 1. Profiles of stands investigated

林分名 Stand	林班	小班	林齢(年) Age (yr)	標高(m) Altitude	斜面方位 Direction	被害状況	供試木 Trees No.	
							被害木 Top-dieback	健全木 Healthy
要倉沢 1	1	い 11	76	750	W	被害木多数	YD1-4	YH1-2
要倉沢 2	2	い 31	36	770	W	健全若齢林	—	YY1-2
入山	31	い 1	63	950	S40°E	林縁に被害木多数	MD1-2	MH1
三滝 1	4	い 1	78	600	N60°W	孤立した被害木多数	—	MH2-3
三滝 2	4	い 1	78	650	N20°W	被害木小数	ID	IH

表-2 供試木  
Table 2. Sample trees

供試木名 No.	被害の有無 Damage	樹 齢 Age (年)	胸高直径 DBH (cm)	樹 高 H (m)	枯死部高 Hd (m)	下枝高 Hb (m)	伐倒日 Date of harvesting
YD1	梢端枯れ	76	37.0	26.6	25.8	18.2	9/7
YD2	梢端枯れ	76	31.5	21.2	20.3	5.2	10/20
YD3	梢端枯れ	76	40.0	25.9	24.2	15.0	10/21
YD4	梢端枯れ	76	32.0	25.8	23.5	18.0	10/27
YH1	健 全	76	36.0	23.1	—	8.7	10/21
YH2	健 全	76	36.0	26.7	—	13.4	10/27
YY1	健 全	36	21.0	18.9	—	10.0	10/28
YY2	健 全	36	12.5	19.5	—	6.0	10/28
MD1	梢端枯れ	78	35.5	22.0	20.0	6.2	11/1
MD2	梢端枯れ	78	32.0	23.6	22.4	10.5	11/2
MH1	健 全	78	44.0	25.5	—	4.8	11/1
MH2	健 全	78	32.0	25.7	—	8.5	11/10
MH3	健 全	78	30.0	24.0	—	5.5	11/10
ID	梢端枯れ	63	39.0	25.0	23.0	11.2	9/8
IH	健 全	63	35.0	29.4	—	10.4	9/8

H: tree height; Hd: height at the base of top-dieback; Hb: height at the lowest branching.

した。梢端部は持ち帰って詳細に観察し、状態を忠実にスケッチした。

材部の電気抵抗値と菌類相については、伐倒した供試木(表-2)樹幹の1~4 m毎の玉切り断面について、山側から谷側へ中心を通過して電気抵抗値を測定するとともに、材片を採取して、表面を火炎殺菌した後、PDA培地上での菌の分離を行った。

カチオン分析用資料としては、各玉切り断面から採取した円盤において、林地の傾斜方向の直径に沿って、ハンドドリルで、1枚の円盤について5ヶ所(辺材→心材→中心→心材→辺材)穴を開け、その際採取した材片を用いた。同じ地上高の円盤内においては、心材同士、辺材同士、はできるだけ同じ年輪から採取した。各供試木のうち、YD1, YH1, YY1の3本については、上のような作業を地上高1.2 mから4 m毎に行い、他の供試木については、1.2 mと9.2 mの2枚について行った。また、秩父地域のスギが他の地域のスギと異なる状態にあるのかどうかを知るために、対照として盛岡市と京都市からそれぞれ、地上高1.2 mと9.2 mの健全材の円盤を入手し分析に供した。

試料の調整は、採取した材片を 85°C の乾燥機に入れ、重量の減少がみられなくなるまで約一週間乾燥させ、これをミキサーにかけ細かくして分析に供した。資料の灰化には、硝酸と過塩素酸とによる湿式灰化法によった。これを偏光ゼーマン原子吸光度計により分析した。各サンプルにつき 2 回測定を反復した。

葉の水分生理特性は、各供試木の樹冠上・中・下部から枝を採取し、P-V 曲線法（佐々木ら、1989）による検討を行った。

伐倒した供試木については年輪解析を行い、樹幹解析図を作成した。梢端枯れの状況については、梢端枯れ木の 1 本 (YD1) を用いて、梢端部の年輪を調べた。各供試木間の成長の比較には、相対成長量を算出して用いた。相対成長量 (RG) は、次式で求められる。

$$RG = (\text{当年の断面積} - \text{前年の断面積}) / \text{前年の断面積}$$

RG の算出は地上 5.2 m の円盤で行ったが、YY1, YY2 については、樹体の大きさを考慮して、地上 1.2 m についても計算を行った。

### 3. 結果および考察

#### a) 梢端枯れ木の枝葉の着生状況

各供試木の全体および梢端部のスケッチを図-2 に示した。

被害木は、いずれも梢端から 1~2 m 前後枯死しており、その直下 0.5 m 前後の樹幹では、旺盛な不定枝の形成や、二又木となっている状態がみられた。健全木の梢端部では葉が当年生~1 年生の枝端部を除いて着葉量が少ないことが多く、枝の基部には不定芽の形成が多くみられた。しかし、要倉沢 2 の若齢健全木 (YY1, YY2) では梢端部の枝葉は密についており、不定芽はみられなかった。壮齢木にみられたこのような着葉量の減少は、梢端部の枯死と何らかの関係があるものと推測される。

#### b) 材部の電気抵抗値とカチオン濃度

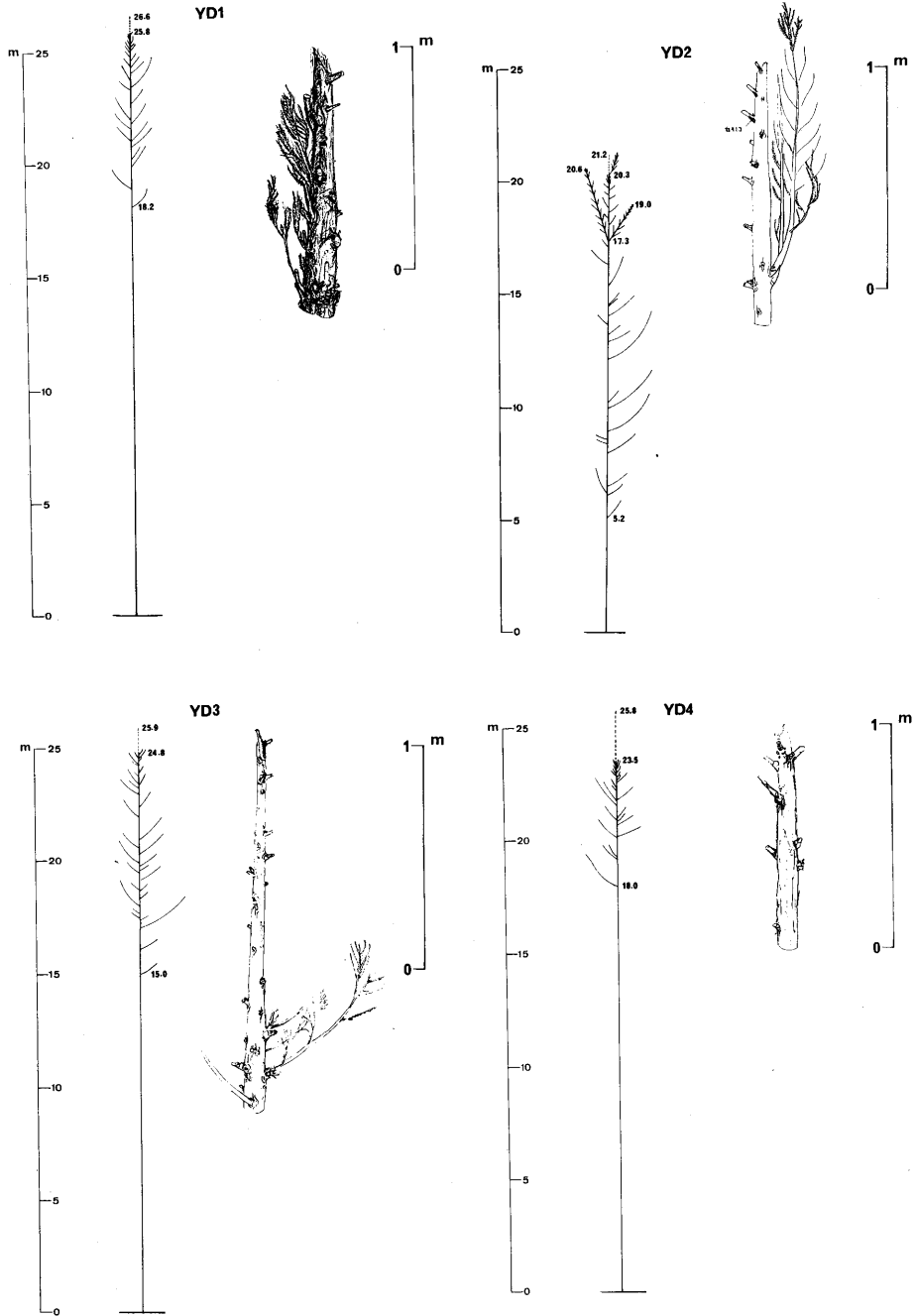
材部の電気抵抗値は、生立木中の変色・腐朽を知る指標として測定が行われているもので、スギにおいては、過去の測定結果から、180~200 kΩ 以下の抵抗値が材中の変色・腐朽の指標とされている（鈴木ら、1984）。

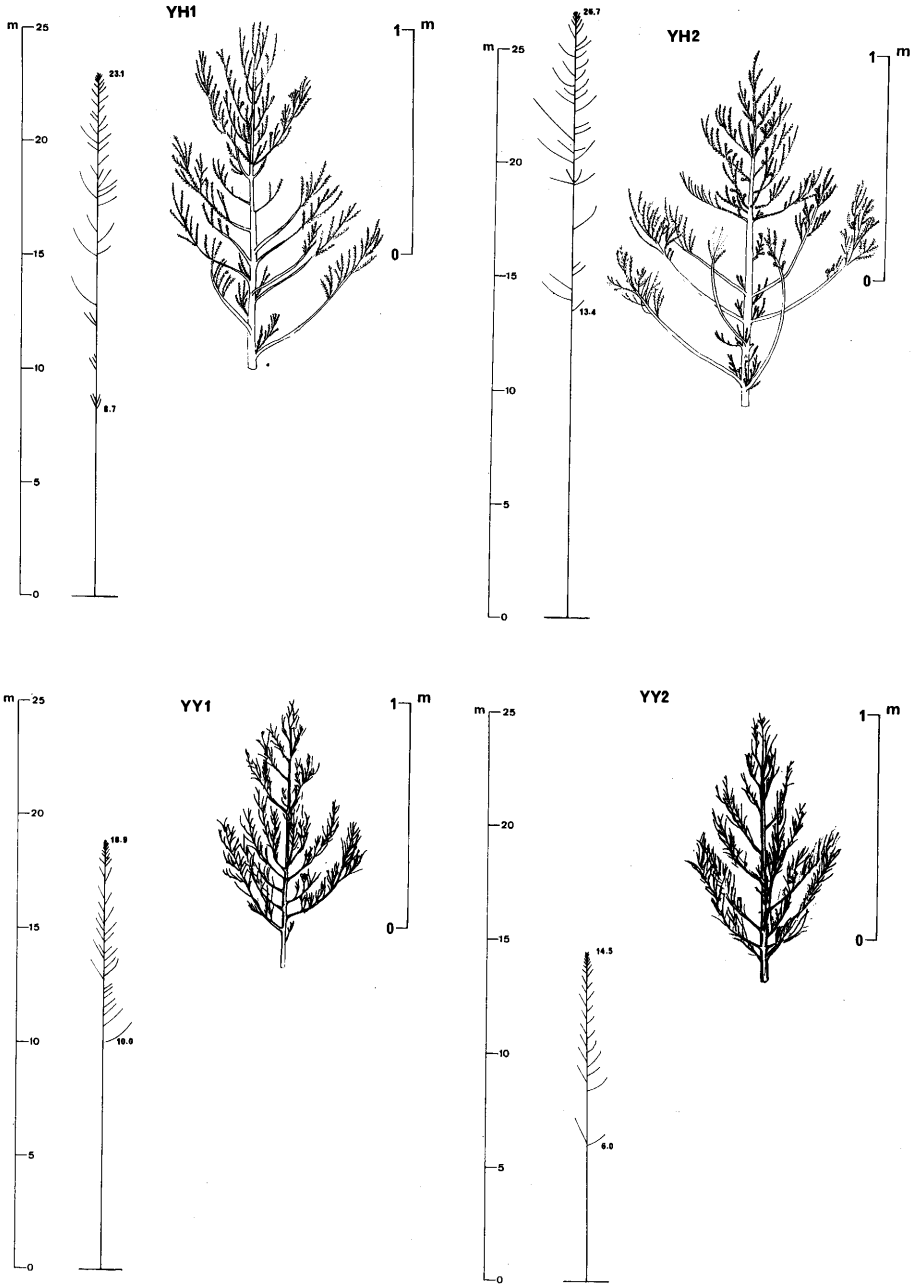
材部の電気抵抗値の測定結果について、典型的な測定例として、YH1 の地上 1.2 m の結果を図-3 に示した。電気抵抗値は、辺材部と心材着色部とでは顕著な差がみられた。

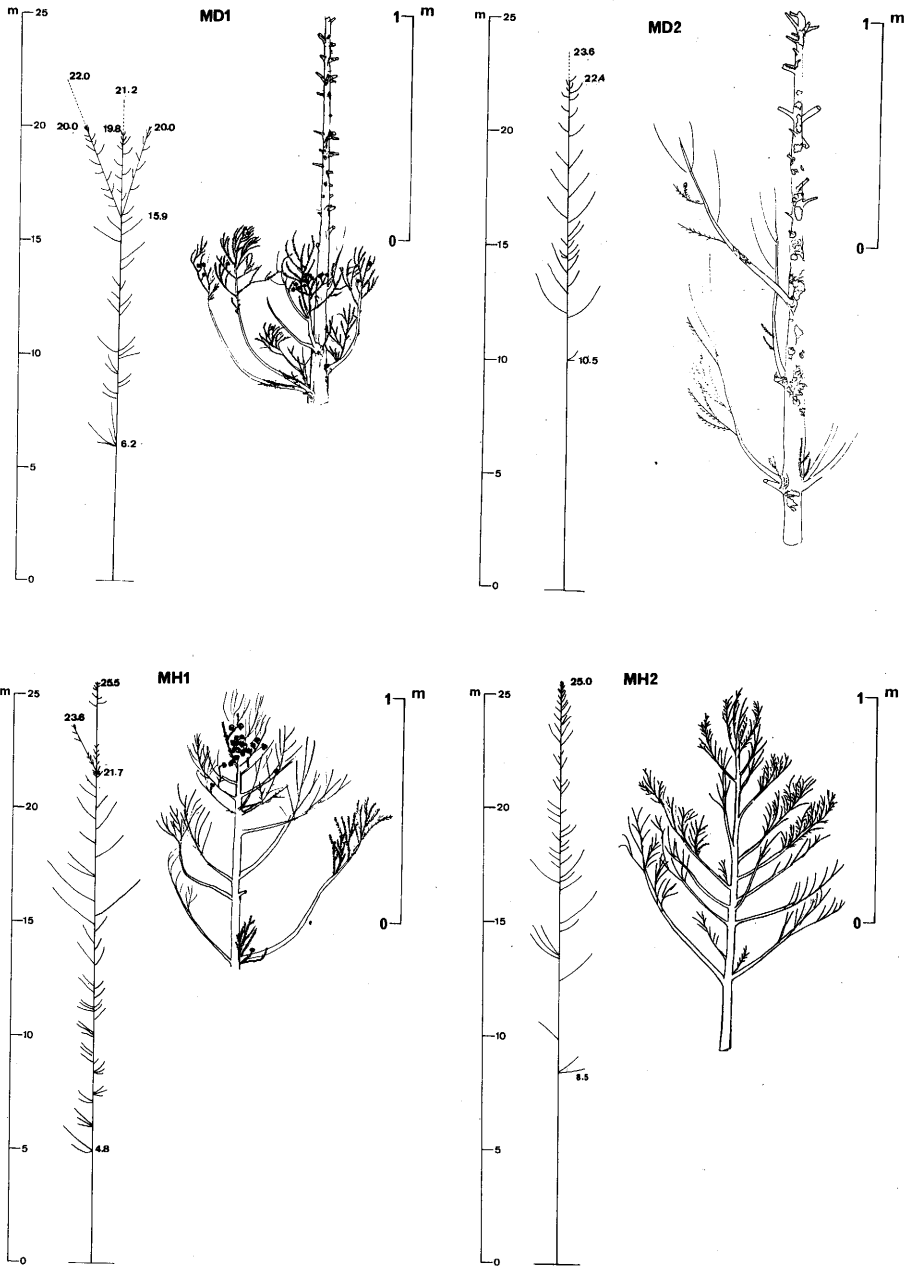
そこで、全供試木の辺材部、心材部における電気抵抗値の最低値を表-3 に示した。

材部の電気抵抗値は、健全木、被害木を問わず、心材着色部で抵抗値が著しく低下する現象が認められた。心材部の電気抵抗値は辺材部に比べて低いことが、YAMADA *et al.* (1987) によって報告されているが、その場合でも、心材部の値は変色・腐朽部の指標となる 180~200 kΩ よりは高い値を示すのが普通である。ところが、今回電気抵抗値の低下がみられた心材着色部は、明らかな変色・腐朽は認められなかったにもかかわらず、200 kΩ 以下の値を示していた。

そこで、心材着色部における電気抵抗値の低下の原因を明らかにするため、電気抵抗値に関与するとみられる各種無機イオンの材中での分布について検討を加えた。材中に含まれるカチオンの集積で問題とされる K, Ca, Mg の 3 種の元素を取り上げ、それらのスギ材中における集積状況を調べ、カチオン濃度と電気抵抗値（電気伝導度）との相関について調べた。







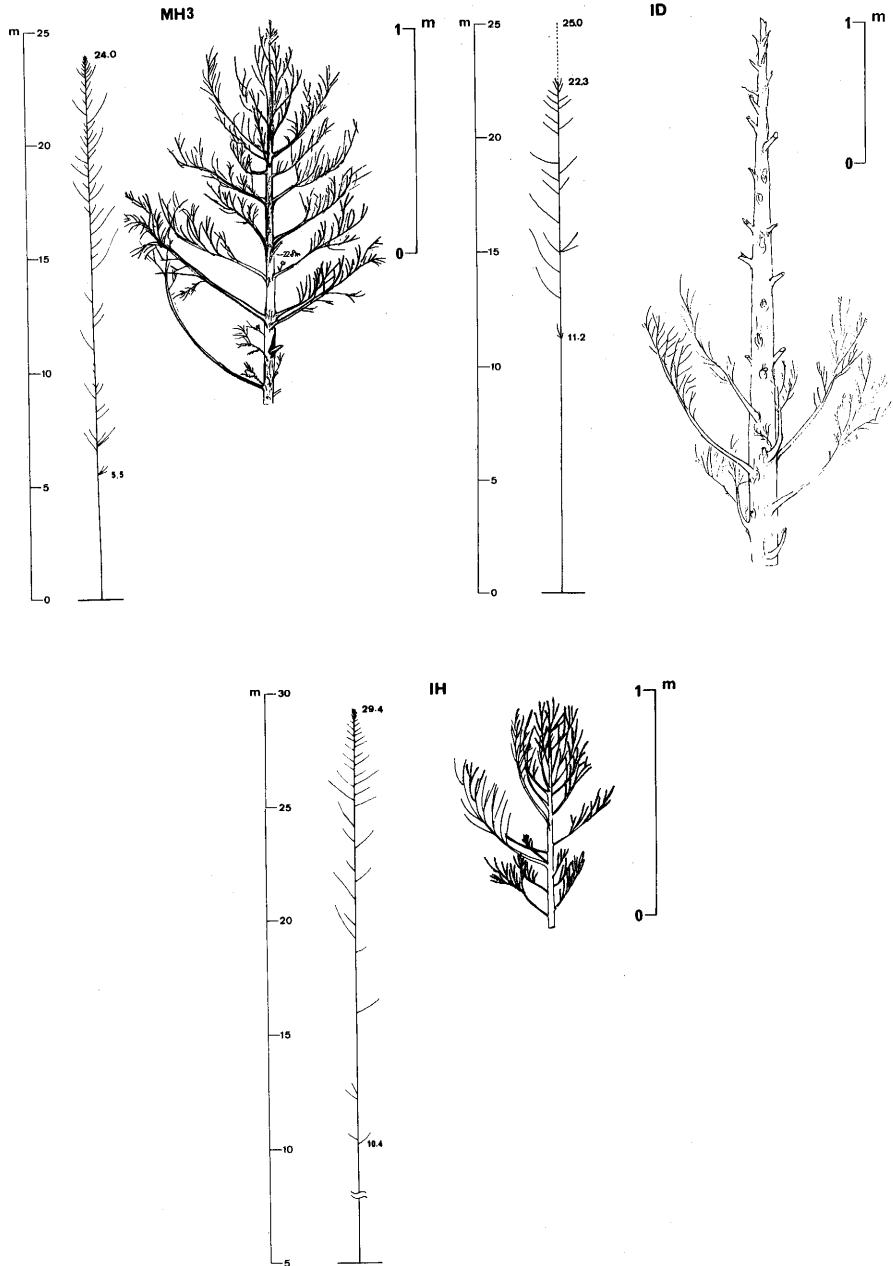


図-2 供試木の枝葉の着生状態

Fig. 2. Profile of branching in the sample trees.



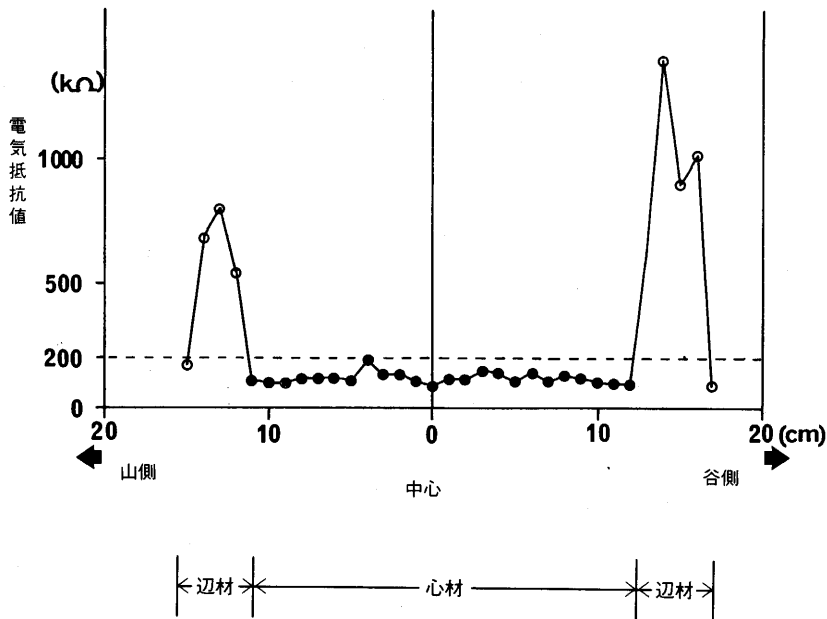


図-3 材部の電気抵抗値 (YH1 1.2 m)

Fig. 3. Electrical resistance in the wood (YH1 1.2 m above ground).

図-4(1)~(6)に、壮齡健全木 YH1 と梢端枯れ木 YD1 の、地上高・採取部位別の各元素の分布を示した。グラフが示すように谷側辺材と山側辺材、あるいは谷側心材と山側心材とを比べてみると、ほぼ安定した値を示していた。なお、YD1 の地上 13.2 m の谷側心材では、Ca は他に比べ圧倒的に増加しており、K、Mg も漸増して、上記の傾向からはずれているが、この箇所には材に傷があり変色が見られたので、傷の影響により、Ca の濃度が増大したことが推測される。

材中のカチオンの分布において普遍的にみられた特徴は、心材と辺材との間のはっきりした差異であった。K と Mg は材の心材化により急激に増加するが、Ca は心材、辺材を問わずほぼ一定の値を示していた。

以上のように方位、地上高による差異は認められず、辺材・心材間で差異が認められたことから、この現象と心材の電気抵抗値の低下との関係を検討するために、他地域（盛岡市、京都市）に生育するスギを含めて、全供試木の分析結果を供試木毎に辺材・心材・中心の別に、図-5(1)~(6)に示した。

秩父と他地域とを比較してみると、京都市の材の Ca が他地域の 2 倍程度と異常に集積していることを除くと、他の元素については、大きな差はなかった。また、これまでの報告（岡田ら、1987、1988）と比較しても秩父のスギのカチオン量は辺材・心材共に特に高いものではなかった。

このように、秩父演習林内のスギ材の電気抵抗値の低下の原因として、カチオンの異常な集積は認められなかった。その詳細は今後の課題として残された。

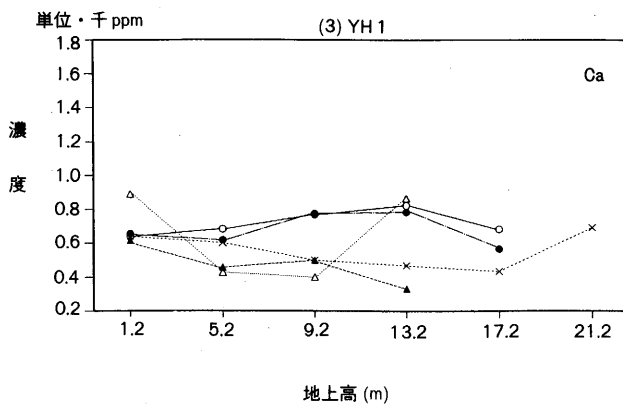
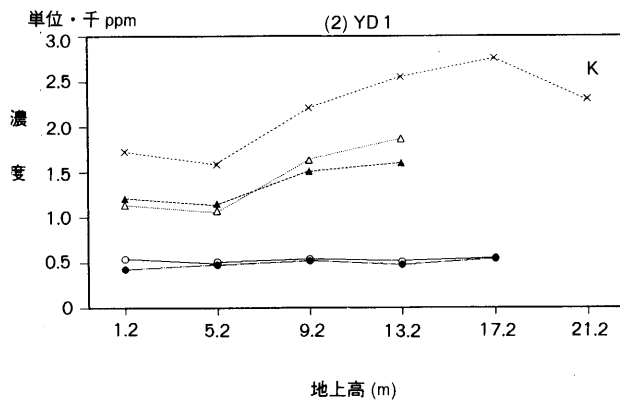
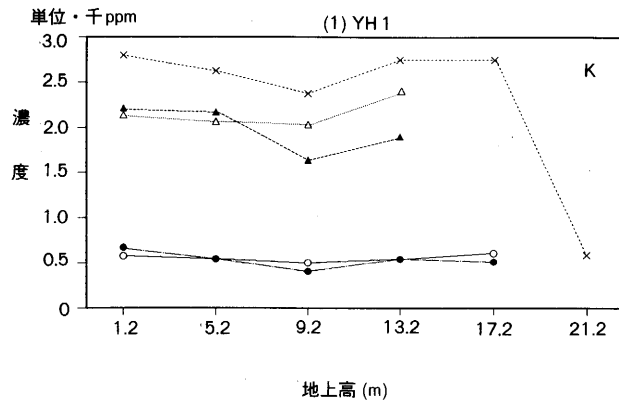
表-3 電気抵抗値の最小値 (kΩ)  
Table 3. The minimum electrical resistance of wood tissue

高さ (m) Height	YD1		YD2		YD3		YD4		YH1		YH2		YY1		YY2	
	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H
0	205	70	150	80	130	35	190	60	330	50	150	90	250	130		
0.2	180	80	180	90	150	50	340	70	550	70	300	85	1000	180		
1.2	180	90	950	120	340	70	540	90	360	80	300	130	950	120		
3.2	220	110									400	120	900	110		
5.2	260	75	430	100	750	150	210	120	400	90	700	110	600	190		
7.2	200	80									420	130	850	240		
9.2	330	75	550	90	660	110	300	110	750	110	360	130	800	—		
11.2	260	70									320	160	600	—		
13.2	260	65	540	100	500	150	480	100	800	100	600	600	1200	—		
15.2	260	85	410	90			320	110	1000	90	460	500				
17.2	250	80	700	80	550	130	570	100	280	120	700	90				
19.2	490	75	1300	—	700	120	440	90	340	90	550	110				
21.2	310	85	90	—	590	120	700	100	600	—	750	95				
23.2	110	—	650	150	1050	120			500	—						
25.2			950	120	1200	1100										

高さ (m) Height	ID		IH		MD1		MD2		MH1		MH2		NH3	
	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H
0	190	115	180	100	200	55	180	70	140	45	280	75	200	40
0.2	150	95	280	50	460	70	300	70	470	50	280	90	430	90
1.2	320	70	300	100	240	100	490	90	240	50	340	90	320	120
3.2	530	80	720	140										
5.2	600	110	230	110	1000	140	500	110	700	60	870	190	310	110
7.2	240	100	220	120	600	190	610	90	280	75	420	130	320	90
9.2	160	100	300	110										
11.2	600	85	550	130	900	260	1000	80	600	85	440	150	340	90
13.2	600	80	900	140	1300	160	950	90	370	100	310	100	800	80
15.2	900	100	880	120	650	360	280	80	550	95	320	90	85	100
17.2	800	100	750	110			320	80	550	95	860	100	290	110
19.2	950	90	650	100			400	160	700	80	650	85	2400	—
21.2	500	130	430	115					500	60	600	210	2000	—
23.2			320	110										

S: 辺材 sapwood; H: 心材 heartwood.



(○谷側辺材, △谷側心材, ×中心部, ▲山側心材, ●山側辺材)

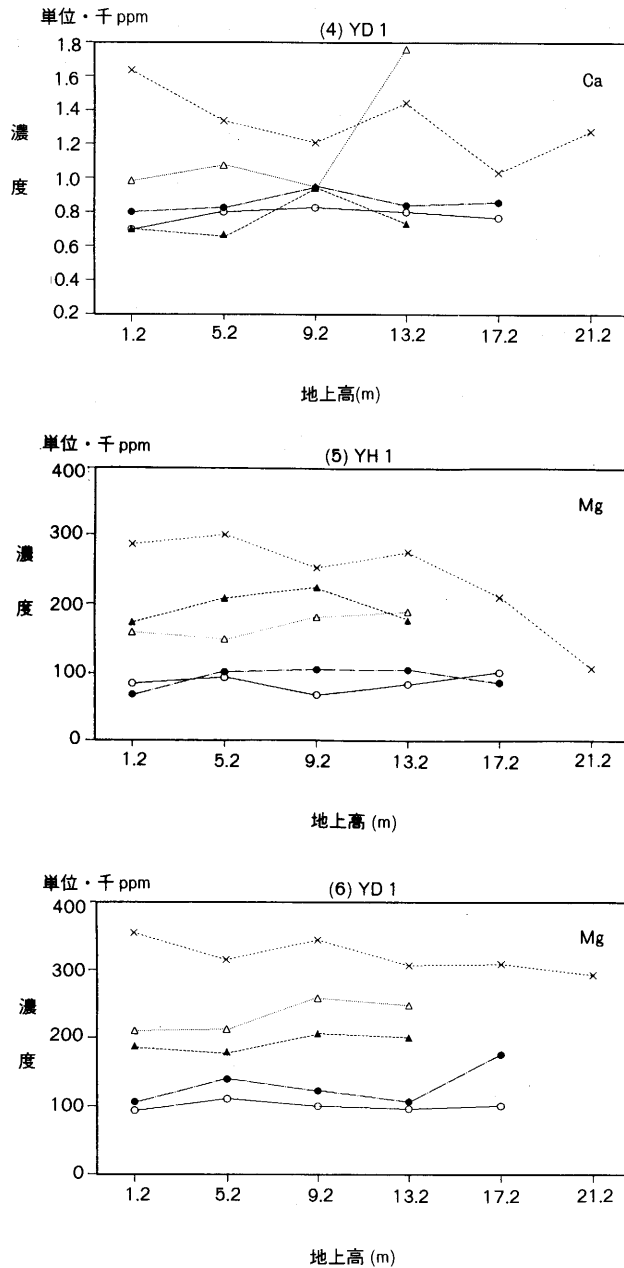
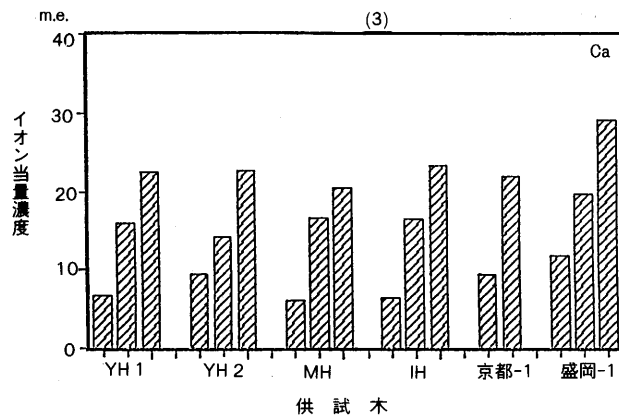
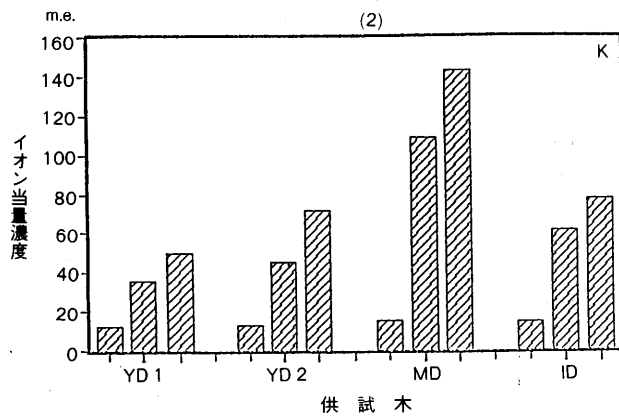
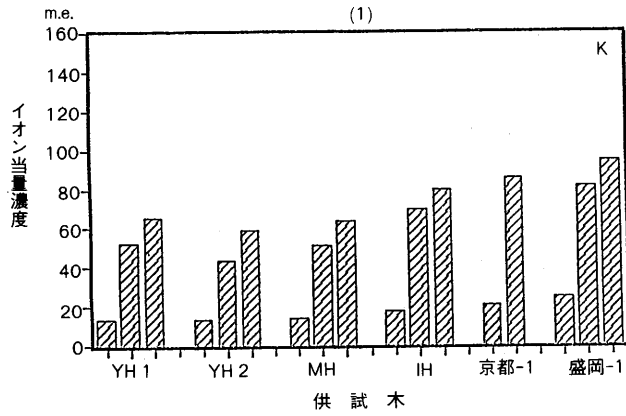


図-4 (1), (2) 供試木 YH1 および YD1 における K の集積状態  
 (3), (4) 供試木 YH1 および YD1 における Ca の集積状態  
 (5), (6) 供試木 YH1 および YD1 における Mg の集積状態  
 (○谷側辺材, △谷側心材, ×中心部, ▲山側心材, ●山側辺材)

Fig. 4. (1), (2) Concentrations of potassium in YH1 and YD1.  
 (3), (4) Concentrations of calcium in YH1 and YD1.  
 (5), (6) Concentrations of magnesium in YH1 and YD1.



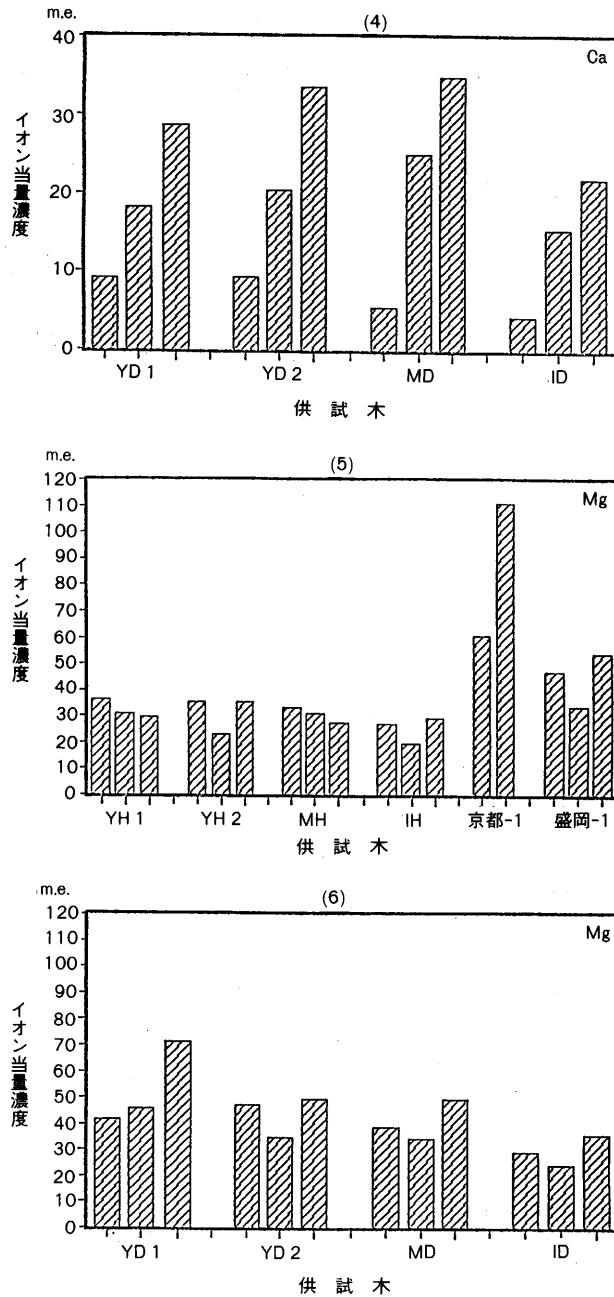


図-5 (1),(2) 辺材, 心材, 中心部の別にみた K の集積状態  
 (3),(4) 辺材, 心材, 中心部の別にみた Ca の集積状態  
 (5),(6) 辺材, 心材, 中心部の別にみた Mg の集積状態

Fig. 5. (1), (2) Concentration of potassium in heartwood, sapwood, and center of wood disks.  
 (3), (4) Concentration of calcium in heartwood, sapwood and center of wood disks.  
 (5), (6) Concentration of magnesium in heartwood, sapwood and center of wood disks.

表-4 材部からの菌類分離結果  
Table 4. Detection of fungi from the wood samples

試料採取位置 Portion		試料数 <i>N</i>	検出数 <i>N<sub>i</sub></i>	検出率 (%) <i>F<sub>i</sub></i>	検出種数 <i>N<sub>sp</sub></i>
Top-dieback trees					
Dead tissue	Sapwood	21	43	205	6
	Heartwood	7	8	114	3
	Sum	28	51	182	7
Living tissue	Sapwood	155	44	28	22
	Heartwood	184	62	34	15
	Decayed wood	11	10	91	5
	Sum	350	116	33	22
Sum		378	167	44	28
Healthy old trees					
Sapwood		198	97	49	25
Heartwood		204	116	57	23
Decayed wood		6	6	100	2
Sum		408	19	54	32
Healthy young trees					
Sapwood		42	12	29	8
Heartwood		39	7	18	1
Sum		81	19	23	8

1 材片から複数の菌類が検出された場合には検出率は 100% を越える。

*N*: number of samples; *N<sub>i</sub>*: numbers of samples from which fungi were isolated; *F<sub>i</sub>*: frequency of fungal isolation (%); *N<sub>sp</sub>*: number of species isolated.

#### c) 材中の菌類相

供試木材中の微生物相の分離結果について、検出率および検出種数を表-4 に、検出された菌の種類を表-5 に示した。検出率は、壮齢健全木および梢端枯れ木の健全樹幹部では、特に差異は認められなかったが、梢端枯れ木の枯死部からの菌の検出率は 100% を越えた。また、心材部と辺材部には著しい違いは認められなかった。若齢木の材部からの菌類の検出率は最も低かった。

材部から検出された菌についてみると、枯死部から検出された菌類の主なものは、担子菌、酵母 (*Candida* sp.)、および *Phoma* sp. で、辺材部に多くみられたが、いずれも健全部からは検出されなかったことから、二次的に優占した菌である可能性が高い。

一方、壮齢・若齢木を問わず検出された菌類は、主に葉枯性、枝枯性菌として知られる *Phoma* sp. と *Macrophoma* sp. の 2 種であった。老齢木のみにも認められた菌類としては、枝枯・胴枯性の *Phomopsis* sp., *Cryptosporiopsis* sp., 葉枯性の *Pestalotia* sp., 変色菌として *Fusarium* sp., *Cladosporium* sp., *Phialophora* sp. などがみられ、壮齢木の材部は、若齢木に較べて微生物相が豊富であった。したがって、スギ樹幹内の微生物相は、樹体が増齢するにつれて、種組成、量ともに豊富になっていくものと推測される。これらの健全部に潜在する菌類や枯死部から検出された菌類が、梢端枯死現象に関与しているのかどうか今後検討すべき問題である。

#### d) 葉の水分生理状態

平野部のスギ衰退現象に関係があると推測されている、水ストレスについて検討を加えるた

表5 材部から検出された菌類の検出率(%)  
Table 5. Detection of microorganisms from the wood

検出された菌の種類 Kinds of microorganisms isortated	被害木 Top-dieback trees												若齢木 Healthy young trees					
	枯死部 Dead portion				健全部 Living portion				壮齢健全木 Healthy old trees				S		H		Sum	
	S	H	D	Sum	S	H	D	Sum	S	H	D	Sum	S	H	S	H	Sum	
供試材片数 Number of wood samples	21	0	7	28	155	184	11	350	198	204	6	408	42	39	81			
Basidiomycetes	10	0	1	11	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	
Ascomycetes No. 1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	
Ascomycetes No. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	
Yeasts	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	
Deutromycetes	4	0	0	4	0	0	1	1	3	2	0	5	3	0	3	0	3	
Phoma	0	0	0	0	1	0	0	1	6	2	0	8	1	0	1	0	1	
Macrophoma	0	0	0	0	1	0	0	1	1	3	0	4	1	0	0	0	1	
*未同定 C	0	0	0	0	1	0	0	1	1	3	0	4	1	0	0	0	1	
Phomopsis	0	0	5	5	0	0	0	0	1	2	0	3	0	0	0	0	0	
Phialophora	1	0	0	1	1	1	0	2	2	2	0	4	0	0	0	0	0	
Candida	10	0	0	10	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cryptosporopsis	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
*未同定 B	0	0	0	0	0	0	5	5	1	1	0	2	0	0	0	0	0	
Fusarium	0	0	0	0	1	1	2	4	3	0	0	3	0	0	0	0	0	
Pestalotia	0	0	0	0	1	1	1	3	5	1	0	6	0	0	0	0	0	
Cladosporium	0	0	0	0	1	1	0	2	4	3	0	7	0	0	0	0	0	
Aureobasidium	0	0	0	0	0	2	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	
*未同定 D	0	0	0	0	1	0	0	1	4	2	0	6	0	0	0	0	0	
*未同定 A	0	0	0	0	0	1	0	1	1	3	0	4	0	0	0	0	0	
Moniliachaetes	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	
*未同定 K	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	
Verticillium	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	1	0	0	0	1	
Cephalosporium	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	
Other fungi**	1	0	0	1	9	4	0	13	10	14	1	25	1	0	1	0	1	
Bacteria No. 1	17	0	2	19	23	42	0	65	40	72	5	117	3	7	10	0	0	
Bacteria No. 2	0	0	0	0	1	3	0	4	6	1	0	7	0	0	0	0	0	
Bacteria No. 3	0	0	0	0	2	3	1	6	2	4	0	6	1	0	0	0	1	

注) S: 辺材 sapwood; H: 心材 heartwood; D: 腐朽部 decayed wood; \*: unidentified; \*\*: Trichoderma, Penicillium, Mucor, 未同定 6種\*.



表-6 葉の水分特性

Table 6. Water relation parameters of leaves

供試木 No.	部位 Portion	月日 Date	$\phi_{w(tlp)}$ (MPa)	$\phi_{(sat)}$ (MPa)	$RWC_{(tlp)}$
YD1	B	9.07	-2.01	-1.36	0.737
	M	9.07	-2.05	-1.31	0.700
	T	9.07	-2.10	-1.24	0.696
YD2	B	10.20	-2.67	-1.54	0.660
	M	10.20	-2.38	-1.49	0.720
	T	10.20	-2.60	-1.51	0.700
YD3	B	10.21	-2.15	-1.38	0.710
	M	10.21	-2.64	-1.53	0.650
	T	10.21	-2.95	-1.69	0.618
YD4	B	10.27			
	M	10.27	-2.69	-1.59	0.768
	T	10.27			
ID	B	9.08			
	M	9.08	-2.39	-1.66	0.790
	T	9.08	-2.55	-1.64	0.700
MD1	B	11.01	-2.25	-1.61	0.790
	M	11.01	-2.05	-1.51	0.780
	T	11.01	-2.10	-1.44	0.810
MD2	B	11.02	-2.25	-1.75	0.785
	M	11.02	-2.19	-1.52	0.760
	T	11.02	-2.10	-1.53	0.814
YH1	B	10.21	-2.20	-1.50	0.740
	M	10.21	-2.42	-1.47	0.690
	T	10.21	-2.55	-1.86	0.784
YH2	B	10.27	-2.19	-1.50	0.830
	M	10.27	-2.50	-1.99	0.861
	T	10.27	-2.72	-1.59	0.785
IH	B	9.08	-1.95	-1.30	0.760
	M	9.08	-2.02	-1.30	0.760
	T	9.08	-2.18	-1.46	0.740
MH1	B	11.01	-2.58	-1.48	0.760
	M	11.01	-2.48	-1.28	0.672
	T	11.01	-2.11	-1.33	0.780
MH2	B	11.10	-2.21	-1.52	0.727
	M	11.10	-2.41	-1.40	0.690
	T	11.10	-2.54	-1.96	0.785
MH3	B	11.10	-1.94	-1.26	0.700
	M	11.10	-2.31	-1.63	0.700
	T	11.10	-2.06	-1.44	0.760

表-6 つづき

Table 6. continued

供試木 No.	部位 Portion	月日 Date	$\phi_{w(tlp)}$ (MPa)	$\phi_{(sat)}$ (MPa)	$RWC_{(tlp)}$
YY1	B	10.28	-1.93	-1.33	0.780
	M	10.28	-2.49	-1.71	0.820
	T	10.28	-2.46	-1.58	0.800
YY2	B	10.28			
	M	10.28	-2.73	-1.74	0.745
	T	10.28			

B: 樹冠下部 base of the crown, M: 樹冠中部 middle portion of the crown, T: 樹冠上部 top of the crown.

$\phi_{w(tlp)}$ : 萎凋点の水ポテンシャル Water potential at turgor loss point,  $\phi_{w(sat)}$ : 飽和時の浸透ポテンシャル Osmotic potential at saturation point,  $RWC_{(tlp)}$ : 萎凋点の相対含水率 Relative water content at turgor loss point.

め、各供試木の葉の水分生理特性を P-V 曲線法により求めた。梢端枯れ木、壮齡健全木、若齡木の P-V 曲線から得られた水分特性値を表-6 に示した。これらのうち、データの少ない若齡木を除いて、 $\phi_{w(tlp)}$  および  $\phi_{s(sat)}$  の値を壮齡健全木、梢端枯れ木について平均して、樹冠の高さ別に表-7 に示した。葉の水分生理特性は健全木と梢端枯れ木の間で、有意な差は認められなかった。また、梢端部では、樹冠の下部・中部に較べて、 $\phi_{s(sat)}$ ,  $\phi_{w(tlp)}$  の値が低くなる傾向がみられたことから、梢端部へいくほど水ストレスの程度が甚だしくなることを示唆していると思われる。

#### e) 樹幹解析

秩父地方において典型的な成長を示すと思われるスギ 4 個体について、樹幹解析図を図-6 に示した。YH2 および YY2 は順調な樹幹の成長を示していたが、YD1 および YD2 では、最近 5 年間の成長量が著しく低下していた。

そこで、著しい成長低下を示した YD1 について、梢端部を詳細に観察した。YD1 は、樹高 26.6 m の梢端枯れ木で、高さ 20 m から 25.2

表-7 梢端枯れの有無および樹冠部位別にみた壮齢木の水分特性

Table 7. Averaged water relation parameters of leaves at three height classes in the older trees investigated

部 位 Portion	被害木 Top-dieback trees		壮齢健全木 Healthy old trees	
	$\phi_{w(tlp)}$	$\phi_{s(sat)}$	$\phi_{w(tlp)}$	$\phi_{s(sat)}$
樹冠下部 Base	$-2.27 \pm 0.22$	$-1.53 \pm 0.15$	$-2.18 \pm 0.21$	$-1.43 \pm 0.10$
樹冠中部 Middle	$-2.34 \pm 0.24$	$-1.52 \pm 0.10$	$-2.36 \pm 0.16$	$-1.51 \pm 0.24$
樹冠上部 Top	$-2.40 \pm 0.33$	$-1.51 \pm 0.15$	$-2.36 \pm 0.25$	$-1.61 \pm 0.23$

注) 左: 平均値; 右: 標準偏差  
Left: average; right: standard deviation.

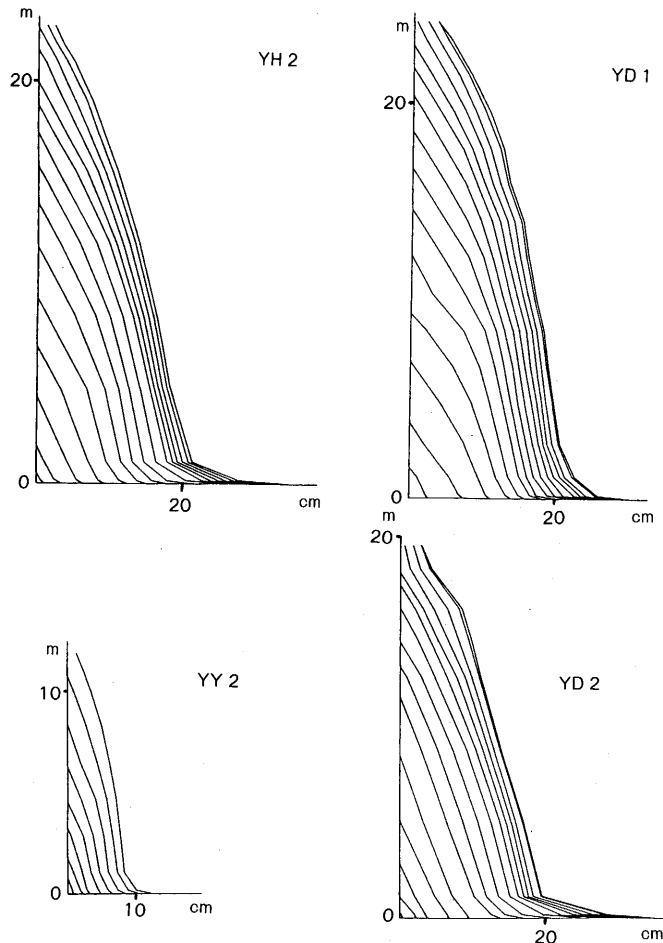


図-6 供試木の5年輪毎の樹幹解析図(YH2, YY2, YD1, YD2)

Fig. 6. Stem analysis in YH2, YY2, YD1, and YD2.

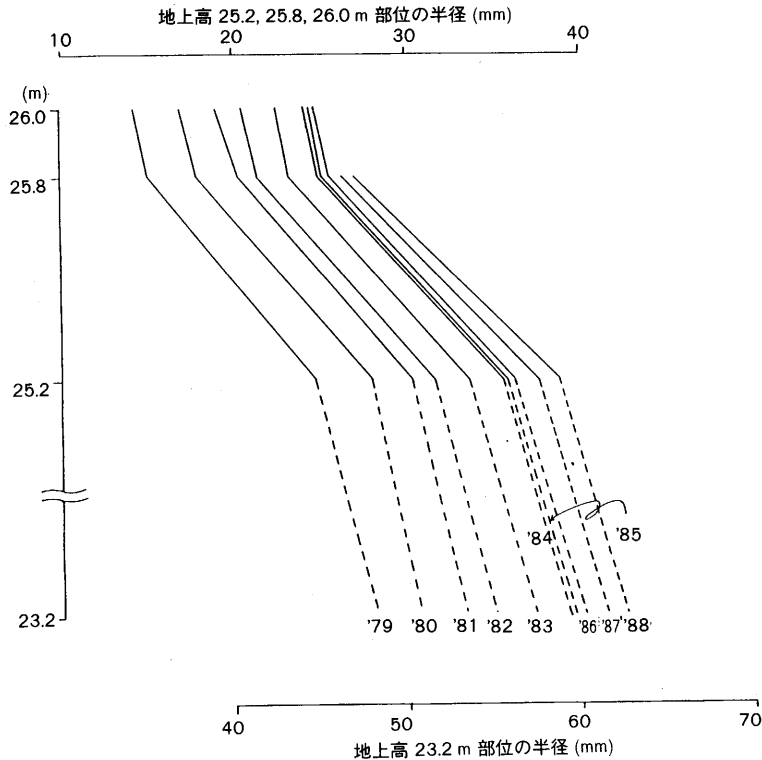


図-7 供試木樹幹の生存・枯死部の境界における年輪成長の詳細 (YD1)

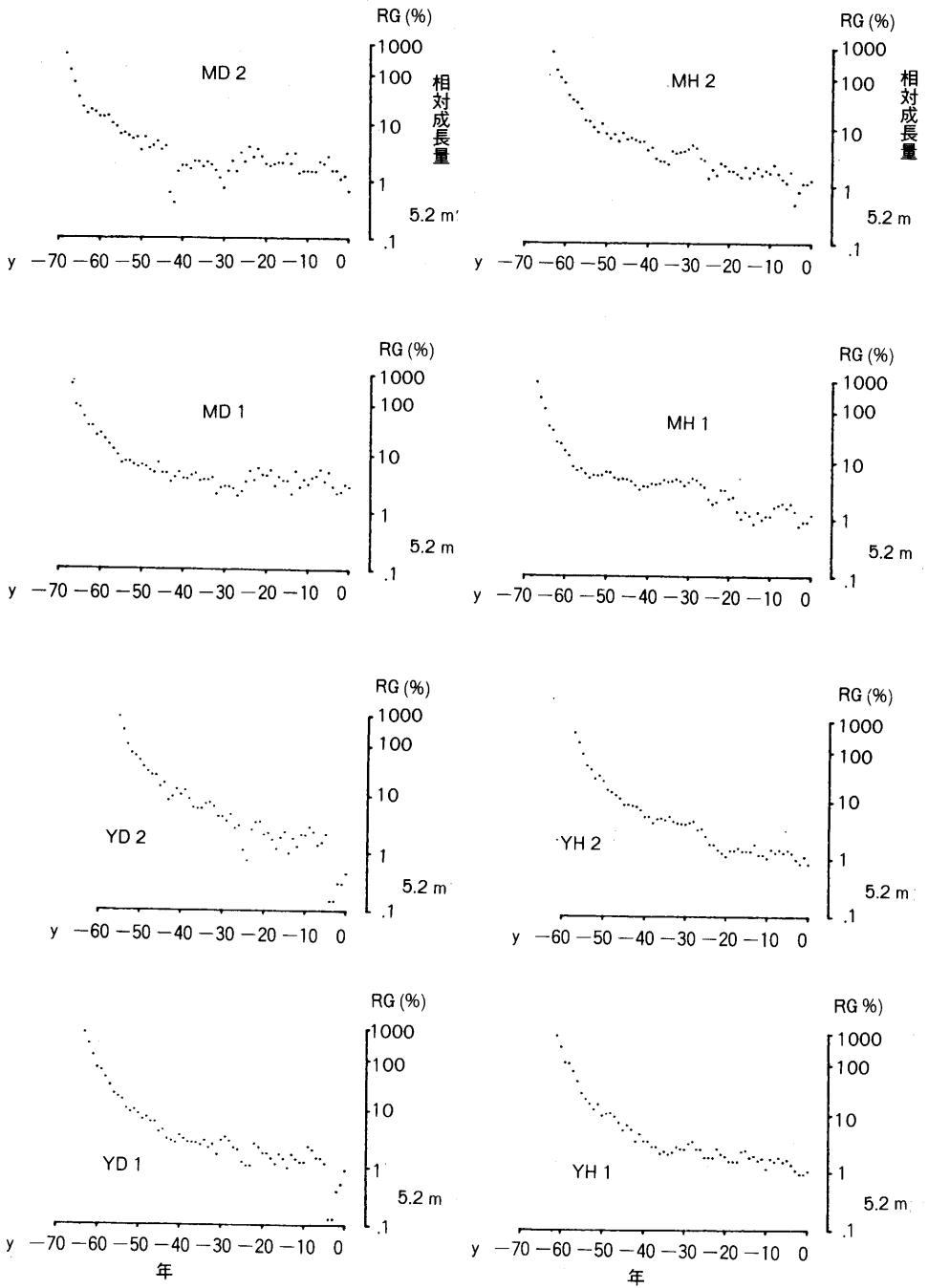
Fig. 7. Annual rings at the border between the living tissue and the dead tissue (YD1).

m 付近の樹幹には枝葉が密に着生し、高さ 25.2 m から 25.8 m の樹幹には旺盛な不定芽の形成がみられた。高さ 25.8 m から上部は枯死していた (図-2)。

高さ 25.8 m~25.9 m 付近を境とした生存部と枯死部の樹幹部と、23.2 m の樹幹部について、最近 10 年間の年輪を照合したところ、図-7 の結果を得た。すなわち、不定芽形成の旺盛な 23.2 m の部位および 25.2 m~25.8 m の樹幹部では、5 年前から 3 年前にかけて成長が低下し、その後成長は認められなかった。このことは、梢端部における樹幹の形成層の壊死が 4~2 年前に生じたことを示しているものと思われる。

そこで、梢端部における枝葉の枯死ないし着葉量の著しい減少が生じた時期を推定するために不定枝の年輪を測定した。一般に不定枝は、梢端部の枯死・落葉にともなうホルモンバランスの変化や日射量の増大によって、伸長が開始されたものと考えられる。測定の結果、YD1 の高さ 25.2 m~25.8 m に位置する最も太い 3 本の不定枝の年輪数は、いずれも 4 年であった。なお、同部位の不定枝以外の、通常の枝の年輪数は 10 年以上であった。このような事実から、梢端部の枝葉の枯死ないし着葉量の著しい減少は、4~5 年前に引き起こされたものと考えられた。すなわち、梢端部の枝葉の枯死は、成長量の低下時期と時を同じくして、または 1 年遅れて生じたものと推測された。

各供試木の 5.2 m の位置における相対成長量 (RG) の変化について、図-8 に示した。また、対照木 2 本については、5.2 m 部位とともに 1.2 m の部位での変化についても、あわせて示した。



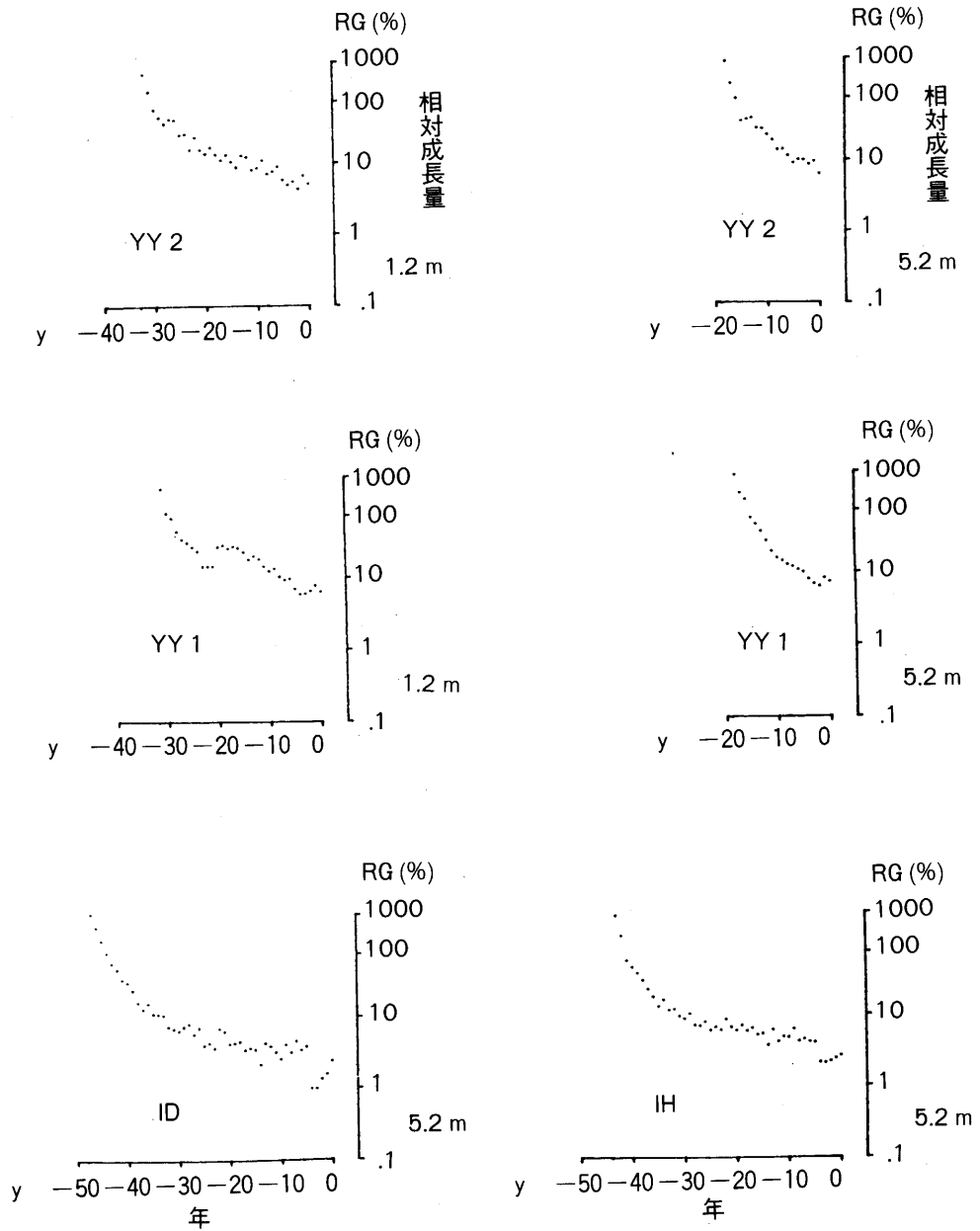


図-8 供試木の相対成長量の経年変化  
 Fig. 8. Relative growth rates in sample trees.

表-8 1984年～1986年の成長率（1983年以前の比較）

Table 8. Relative growth rate of sample trees (compared with the radial growth in 1983)

	要倉沢	三滝	入山
被害木 Top-dieback trees	▼▼	□□	▽
壮齢健全木 Healthy old trees	□□	□□▽	□
若齢木 Healthy young trees	□□		

▼: 明らかに低下

▽: やや低下

□: 変化なし

いずれの供試木でも、RGは低下傾向を示して一定の値に近づくが、その値は、要倉沢及び三滝で1～3%、入山では5%前後であった。これらの供試木の中で、YD1、YD2、MH2、IDはRGの値が3～4年前に著しく低下し、YD1、YD2では0.1%、また、MH2とIDにおいては0.5%～1%の値を示した。そこで、これらの成長低下の現象と梢端枯れの有無との関連について、林分別に表-8に取りまとめた。その結果、成長量低下を示した供試木4本のうち3本は梢端枯れであった。また、要倉沢と入山の両林分で、成長量の低下した供試木は、梢端枯れ木と一致した。一方、このような現象は、三滝林分のスギでは認められなかった。

#### 4. スギ梢端枯れ現象についての考察

樹幹解析の結果および梢端部の詳細な観察の結果から、スギ壮齢木においては、樹幹の成長低下と梢端部の着葉量の減少、不定枝の形成が共通して認められた。特に、梢端枯れ木においては、梢端部の枯死とその直下での旺盛な不定枝の伸長が認められた。この梢端部での枝葉の枯死と不定枝の伸長は、4～5年前に引き起こされたものと推測された。また、樹幹の成長量低下も時を同じくして生じていた。一方、梢端部の樹幹形成層の壊死は、やや遅れて2～4年前に生じたものと推測される。以上のことから、梢端部の葉の枯死と樹幹の成長量低下は時を同じくして現れ、葉量の減少が成長量に影響を及ぼしたものと推測された。

このような梢端部分における葉の枯死の直接原因が何であるのかは、現在のところ明らかではないが、樹幹成長量低下の原因については次のように考えられる。スギの成長量が低下した時期は、ほとんどの供試木で一致していることから、調査林分のスギは、この時期に何らかの環境ストレスにさらされていたものと推測される。東京大学秩父演習林の観察では、5年前（1984年）の冬～春にかけて気温が例年になく低い時期があったことが知られており、この時期に、関東山地のスギ、ヒノキに寒さの害の発生が記録されている（尾岸，1985；高橋ら，1986）。この時期に環境ストレスの一つとして、晩霜害が発生したとすれば、晩霜害は南西斜面に発生しやすいことから、南向きあるいは西向き斜面の林分である入山、要倉沢林分に成長量低下が現われたことと一致する。このようなことから、一時的なスギの成長量低下は、このような気象環境の異常によって引き起こされた可能性がある。

しかし、梢端部の葉の枯死と樹幹の成長量が低下する時期は、必ずしも全ての供試木で一致するものではなかった。したがって、全ての梢端枯れ被害が気象害によって引き起こされたと考えるのは無理であろう。今後このような気象害とともに、これを誘因として、あるいはこれと別に、スギの成長低下を引き起こす何らかの原因について、検討する必要がある。

キーワード: スギ梢端枯れ, 環境ストレス, 気象害

## 引用文献

- 尾岸諒一：昭和59年に発生した寒さによる造林地の被害調査。神奈川林誌研報，**11**，35-37，1985。
- 岡田直紀・片山幸士・野淵 正・石丸 優・山下 洋・青木 敦：樹木中の微量元素（第1報）。木材誌，**33**，913-920，1987。
- ・佐藤充則・片山幸士・野淵 正・石丸 優・山下 洋・青木 敦：樹木中の微量元素（第2報）。木材誌，**34**，874-880，1988。
- 佐々木千晶・福田健二・鈴木和夫・濱谷稔夫：関東地方におけるスギの衰退と水分生理状態。100回日林論，585-586，1989。
- 鈴木和夫・吉田成章・堂園安生・橋本平一・小林享夫：スギ生立木の変色・腐朽，特に材の電気抵抗値と検出された菌類。林試研報，**328**，107-117，1984。
- 高橋啓二・仲津 進・植田洋匡：関東地方におけるスギの衰退と酸性降下物による可能性。森林立地，**18**，11-17，1986。
- YAMADA, T., TAMURA, H., MINEO, K. and SUZUKI, K.: Discoloration and cation accumulation in the wood of living sugi trees attacked by the sugi bark borer. J. Jpn. For. Soc., **69**, 121-126, 1987。
- 山家義人：東京付近における樹木衰退の実態，85回日林論，295-296，1974。

(1992年4月28日受理)

## Summary

In recent years, actual conditions of the decline of mature *Cryptomeria japonica* (Sugi) in the Kanto plains have been often described. The cause of decline is not clear yet. Since top dieback of Sugi was observed in the 1980's in the Chichibu Mountains of the Kanto district, the phenomena were examined with reference to the decline of Sugi.

Detailed drawings of the top-dieback of Sugi were made and discoloration and decay of the wood was investigated. The electrical resistance of the heartwood decreased sharply below 180-200 k $\Omega$ , which is the critical reading for discoloration and decay, both of sound-looking and top-dieback Sugi. This phenomenon seems to be unique. However, any relations to cation concentrations such as K, Ca, and Mg were not found.

As for microflora in the wood of Sugi, several fungi and bacteria were isolated both from sound-looking and dieback Sugi. In mature Sugi, many kinds of fungi were isolated, however, some negative correlation was found in relation to electrical resistance in the living wood.

For monitoring the water status of living Sugi, pressure-volume analysis was used. There were no differences in the water status between sound-looking and top-dieback Sugi.

From the results of stem analysis and actual observation of top dieback, decreasing leaf mass seems to have occurred 4 or 5 years before. At the same time, diameter growth declined. Thereafter, the death of the tree top appeared. Therefore, decline of growth seems to have been caused by the decrease of leaf mass due to defoliation.

At present, the cause of the defoliation is not clear. However, possible reasons for the decline of diameter growth of Sugi were discussed with reference to environmental stresses in the Chichibu Mountains.

**Key words:** Top-dieback of Sugi, Environmental stresses, Winter damages