

## 天然林エゾマツの健全度に関する研究

### ——東京大学北海道演習林の事例——

倉橋昭夫\*・山本博一\*・高橋郁雄\*・大里正一\*  
河原 漢\*・井口和信\*・佐藤昭一\*\*

## Health Evaluations of Natural *Picea jezoensis*

### —A case study in the Tokyo University Forest in Hokkaido—

Akio KURAHASHI\*, Hirokazu YAMAMOTO\*, Ikuo TAKAHASHI\*, Shoichi OHSATO\*,  
Shigeru KAWAHARA\*, Kazunobu IGUCHI\* and Shoichi SATO\*\*

#### I. は じ め に

エゾマツは北海道の亜寒帯林を代表する主要樹種であり、東京大学北海道演習林（以下「演習林」と略す）では、ほぼ天然林の全域にトドマツと混生している。トドマツは標高 600～700 m から下部において優占し、エゾマツは標高 600～700 m から森林限界にかけて多い。演習林では亜寒帯林における森林衰退現象のモニタリング調査の一環として、前報（山本ら, 1991）ではトドマツの健全度に関する調査を行った。

本報では、ヤツバキクイムシ (*Ips typographus japonicus* NIJIMA) による虫害が発生している天然林のエゾマツを対象に調査を行った。演習林は 1981 年の台風 15 号によって広範囲な風害を受けた（渡邊ら, 1990）。それに伴って 1983 年からエゾマツにヤツバキクイムシによる虫害が大発生した（古田ら, 1985）。この虫害の発生は 1986 年頃に終息をみたが、その後も恒常的な発生が続いている（図-1）。したがって、エゾマツの健全度調査に当たって、この虫害枯損と森林衰退現象との関係を無視することはできない。

前報のトドマツと同様にエゾマツ天然木を対象に観察木を設定し、着葉程度、葉色の程度、着果程度などを指標とする健全度調査を行った。また、健全木、衰弱木および虫害枯損木（以下「虫害木」と略す）を伐倒し、着葉・着果の状況調査、菌類の寄生状況調査、伸長および肥大成長量の解析を行った。さらに、衰弱木のナラタケ病調査を行ったのでその結果を報告する。

#### II. 調 査 の 方 法

##### 1. 観察木の設定

前報のトドマツと同様に、天然林施業実験林（柴田, 1988）で衰弱木の性状とその推移を把握することを目的として、林道上から観察が容易なエゾマツ天然木の中から、典型的な衰弱木と隣接する健全木、さらにこれまでの観察経験からヤツバキクイムシによる虫害発生の予想される樹

\* 東京大学農学部附属演習林北海道演習林

University Forest in Hokkaido, Faculty of Agriculture, The University of Tokyo.

\*\* 元東京大学農学部附属演習林北海道演習林

Formerly, University Forest in Hokkaido, Faculty of Agriculture, The University of Tokyo.

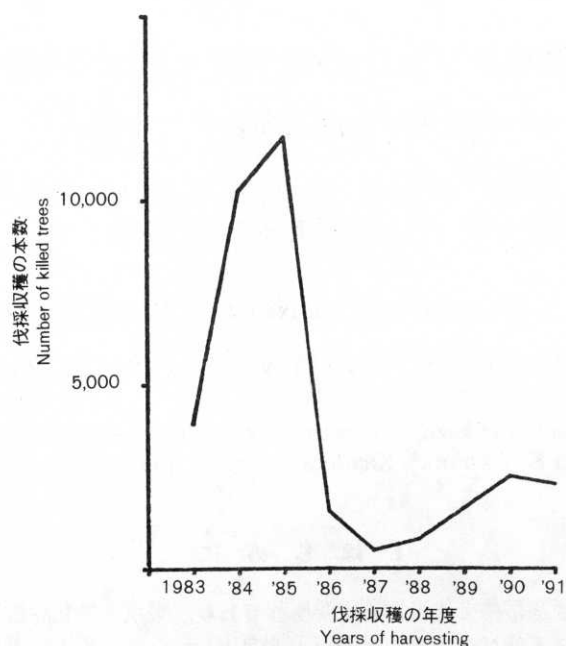


図-1 エゾマツ虫害木の伐採収穫本数の推移

Fig. 1. Transition of number of killed trees by *Ips typographus japonicus*.

図-2 観察木の例 (エゾマツ)

Fig. 2. Example of observation trees (*Picea jezuensis*).

注) 標高 790 m, 前景左から着葉程度 6 点, 9 点, 9 点, 7 点, 7 点.  
 790 m in altitude, from left side volume of needles degree 6, 9, 9, 7, 7.  
 Photo: Oct. 31, 1991.

木を含めて計 28 本を選び, 年 2 回, 定期的に観察を行なうことにした (表-1, 図-2)。トドマツと比べて観察木の本数が多いのは, エゾマツでは虫害の発生が予想されるので, 虫害予想木を 5 本選定したためである。1991 年は, 8 月 2 日と 10 月 31 日に調査を実施した。調査の内容は次のとおりである。①各個体の写真撮影を行った, ②樹冠全体を対象に着葉程度の多少を 10 クラ

ス（多10→少1）に分け針葉の密度を評価した。③樹冠全体を対象に葉色の程度を10クラス（濃10→淡1）に分け針葉の健康状態を評価した。④樹冠全体を対象に球果の着生状況を5クラス（多，中，少，極少，無）に分け評価した。⑤地衣類の形成状況を5クラス（多，中，少，極少，無）にわけ評価した。また，第1回目の調査では原田・柳沢(1950)による枝条型に準じて斜上，水平，下垂の3タイプに分けた。

## 2. 健全木，衰弱木および虫害木の伐倒調査

調査地は演習林11林班a小班，12林班a小班，標高680~790 m，傾斜度5~10°の西ないし北西向きのエゾマツ・トドマツ主体の針広混交林である。両林班は1981年8月の台風被害を受けているが，調査地は主風とは反対の斜面にあるため被害を免れている。両林班においては，1986年から1991年にかけて伐採率15%の択伐が1回行われており，その後，エゾマツにヤツバキタイムシによる虫害が発生したために，この虫害木処理を1989年と1991年に行った。

調査木はトドマツと同様に，外観的な健康状態から総合判断して健全木（図-3），衰弱木（図-4）および虫害木（図-5）を各2本ずつ，計6本を選び，これらを1991年9月11日に伐倒した。

### a) 梢端部の着葉・着果調査

梢端部の調査項目と方法は前報のトドマツに準じて以下のとおりである。①樹幹主軸の伸長量：最近20年間の主軸節間の長さを実測した。②枝の枯死：樹冠梢端部の各枝階別の輪生枝本数を生・枯別に数えた。③着葉程度：5年，10年および15年生枝を形成する各枝階において，それぞれ最長枝を選び枝主軸の年齢別の着葉程度を10（着葉90%以上）……0（着葉0%）の11クラスに分けて観察し判定した。以上の他に，④針葉諸形質：樹冠梢端部の5，10および15年生枝を形成する各枝階において，それぞれの主軸2年生部分の針葉15本ずつについて，その長さ，幅，厚さおよび上・下面の気孔列数をマイクロメーターと実体顕微鏡によって計測した。⑤着果程度：樹冠梢端より5枝階ずつに区分し1991年の着果数を調査した。調査時期が9月であったことから雄花については十分に確認することができなかった。

### b) 樹幹解析

前報のトドマツに準じて伐倒木の地ぎわ0.0 m，地上高0.3 m，1.3 m および1.3 m 以上は2 m 間隔で円板を採取し，最上部の円板1枚は1 m 間隔とした。伐倒後，各調査木の樹高を測定し，各円板の年輪数，最近10年間および5年目ごとの各年齢階の半径を山側から90度ずつ回転させて4方向測定した。なお，測定単位は0.5 mm とした。樹幹解析の手法に基づき，各年齢階の直径，樹高，材積，胸高断面積を計算した。

### c) 菌類調査

伐倒木の樹幹根元部分から先端部までの枝条，針葉および球果に検出される菌類（子のう菌類，不完全菌類，担子菌類およびさび菌類）をルーペを用いてチェックし，加えて，その場で子実体の寄生程度（形成程度）を4クラス〔極少(±)，少(+)，中(+)，多(++)〕に分けて記録した。

## 3. 衰弱木のナラタケ病調査

伐倒調査地域内の衰弱の顕著なエゾマツ15本を選び，樹幹下部地ぎわの表皮をナタで剝離し，ナラタケの白色菌糸膜の有無を調べた。

なお，菌類の同定はBREITENBACH and KRÄNZLIN (1984, 1986)，今関・本郷(1989)，伊藤

表-1 エゾマツ観察木の  
 Table 1. Health evaluation of

観察木番号 No. of sample	林小班 Comp.	標高 Alt. (m)	胸高直径 d. b. h. Oct. (cm)	葉色の程度 Color of needles		着葉の程度 Volume of needles		地衣類 <sup>3)</sup> Lichens	
				Aug. <sup>1)</sup>	Oct. <sup>1)</sup>	Aug.	Oct.	Aug.	Oct.
1051	10a	580	62.9	8	8	8	8	+	+
1052	"	"	52.4	8	8	9	9	少(L)	少(L)
1053	"	"	60.3	8	8	9	9	少(L)	少(L)
1054	"	"	70.9	6	5	6	6	少(L)	+
1055	"	"	58.7	6	6	6	6	多(A)	多(A)
1056	"	"	59.9	7	7	7	7	少(L)	少(L)
1251	12a	670	49.9	9	9	9	9	少(L)	+
1252	"	"	53.5	6	6	7	7	中(M)	少(L)
1253	"	"	58.7	6	6	7	7	中(M)	中(M)
1254	"	"	68.2	9	9	9	9	+	+
1255	12a	710	37.5	7	7	8	8	少(L)	少(L)
1151	11a	770	56.2	8	8	8	8	無(N)	+
1152	"	"	62.5	8	8	8	8	少(L)	少(L)
1153	"	"	50.1	7	8	8	8	+	+
1154	"	"	58.6	9	9	9	9	少(L)	+
1155	11a	790	63.3	7	5	7	6	少(L)	+
1156	"	"	51.9	9	9	9	9	無(N)	+
1157	"	"	42.9	9	9	9	9	無(N)	+
1158	"	"	41.2	8	8	8	7	無(N)	無(N)
1159	"	"	48.6	7	7	7	7	+	+
1160	"	"	60.8	6	6	7	7	少(L)	+
1161	11b	820	76.5	8	8	9	9	少(L)	+
1162	11b	850	58.3	10	10	10	10	+	無(N)
1163	"	"	64.2	8	9	8	8	少(L)	少(L)
1164	"	"	64.7	7・2 (9:1) <sup>2)</sup>		8	0	中(M)	中(M)
1165	"	"	57.6	7	7	6	6	少(L)	+
8151	81f	400	55.4	6	6	7	7	中(M)	中(M)
8152	"	"	54.2	8	8	9	9	少(L)	+

<sup>1)</sup> 調査年月日 Aug.: 1991 年 8 月 2 日 Oct.: 1991 年 10 月 31 日

Data of observation. Aug.: Aug. 2, 1991. Oct.: Oct. 31, 1991.

<sup>2)</sup> 7.2 (9:1) は 90% が 7 点で, 10% が 2 点であることを示す

Figures are shown that 90% of crown is point 7 and 10% of crown is point 2.

<sup>3)</sup> 地衣類 (サルオガセ等) と球果の程度は多, 中, 少, 極少, 無の 5 クラスに判定

Lichens and cone bearing is divided into 5 classes; (A) abundant, (M) medium, (L) little, (+) very little, (N) nothing.

<sup>4)</sup> 枝条型は斜上 (U), 水平 (H), 下垂 (D) の 3 タイプに判定

Branch type is divided into 3 types; (U) up-slanting, (H) horizontal, (D) down hanging.

<sup>5)</sup> 樹冠衰退型: 衰退, 虫害

Declined pattern: (D) declined, (I) insect damaged.

(1955) および高橋 (1979, 1991) の報告を参考にした。現場で即座に同定できない菌類については, 子実体などを研究室に持ち帰り, 顕微鏡観察と分離・培養試験を併用しながら同定した。また, 伐倒木の菌類調査と衰弱木のナラタケ病調査は 1991 年 9 月中旬に実施した。

## 健康状態査定

## sample trees for observation

球果 <sup>3)</sup> Cone bearing		枝条型 <sup>4)</sup> Branch type	樹冠衰退型 <sup>5)</sup> Declined pattern	備考 Notes
Aug.	Oct.			
少(N)	少(N)	斜上(U)~水平(H)		根の一部を損傷 root damage
多(A)	中(M)	斜上(U)		カイメンタケ <i>Phaeolus schweinitzii</i>
中(M)	中(M)	水平(H)~下垂(D)		
少(L)	少(L)	斜上(U)~下垂(D)	虫害(I)	
少(L)	少(L)	水平(H)	衰退(D)	元ヤニ butt resin
少(L)	少(L)	水平(H)~下垂(D)	衰退(D)	元腐れ butt rot
少(L)	+	水平(H)		
無(N)	無(N)	水平(H)	衰退(D)・虫害(I)	褐変 needles into brown
少(L)	少(L)	水平(H)	衰退(D)	
少(L)	少(L)	下垂(D)		
少(L)	少(L)	水平(H)~下垂(D)		
少(L)	少(L)	斜上(U)~水平(H)		
少(L)	少(L)	水平(H)		褐変 needles into brown
少(L)	少(L)	水平(H)	衰退(D)	
中(M)	中(M)	水平(H)		
中(M)	少(L)	水平(H)	虫害(I)	
少(L)	+	下垂(D)		
少(L)	無(N)	水平(H)		
無(N)	無(N)	水平(H)~下垂(D)		
中(M)	少(L)	水平(H)~下垂(D)	衰退(D)	
中(M)	少(L)	水平(H)~下垂(D)	虫害(I)	
少(L)	+	水平(H)~下垂(D)		
少(L)	+	水平(H)		
少(L)	無(N)	斜上(U)~水平(H)		
少(L)	少(L)	水平(H)~下垂(D)	虫害(I)	心材腐れ heart rot
少(L)	+	水平(H)~下垂(D)		
少(L)	+	下垂(D)	衰退(D)	マツノカタワタケ <i>Porodaedalea pini</i>
少(L)	少(L)	斜上(U)		



図-3 伐倒調査木(健全木 No. 2)

Fig. 3. Sample tree (healthy).

注) 標高 680 m, 着葉程度 10 点.

680 m in altitude, volume of needles  
degree 10.

Photo: Sept. 11, 1991.



図-4 伐倒調査木（衰弱木 No. 1）

Fig. 4. Sample tree (declined).

注) 標高 680 m, 着葉程度 4 点.  
680 m in altitude, volume of needles  
degree 4.  
Photo: Sept. 11, 1991.

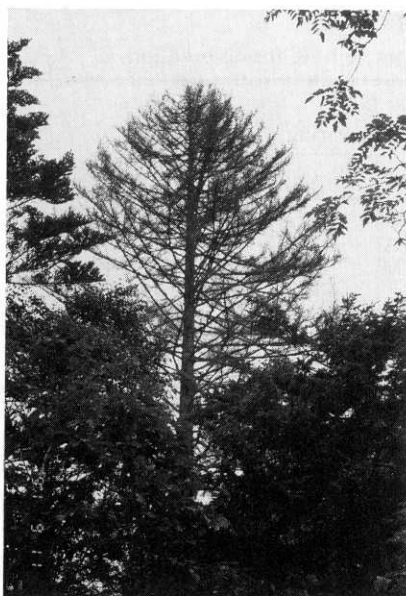


図-5 伐倒調査木（虫害木 No. 5）

Fig. 5. Sample tree (insect damaged)

注) 標高 770 m, 着葉程度 0 点.  
770 m in altitude, volume of needles  
degree 0.  
Photo: Sept. 11, 1991.



図-6 観察木 No. 1164

Fig. 6. No. 1164 of observation tree

注) 標高 850 m, 着葉程度 0 点.  
850 m in altitude, volume of needles  
degree 0.  
Photo: Oct. 31, 1991.

表-2 伐倒調査木の概要

Table 2. Outline of sample trees for stem analysis

調査木番号 No. of sample tree	1	2	3	4	5	6
樹冠衰退型 Declined pattern	衰退 declined	健全 healthy	衰退 declined	健全 healthy	虫害 insect damaged	虫害 insect damaged
樹齡 (年) Age (yr.)	235	235	277	144	149	212
胸高直径 (cm) d. b. h.	54	54	44	48	52	58
樹高 (m) Tree height	25.8	25.3	25.4	24.2	26.5	31.0
樹冠直径 (m): NS	8.8	8.4	9.2	11.8	9.7	8.4
: EW	7.5	9.1	6.7	11.4	9.6	6.8
Crown diameter						
葉色の程度 Color of needles	5	10	7	9	0	0
着葉の程度 Volume of needles	4	10	6	9	0	0
被度 Cover degree	4	10	6	10	0	0
枝条型 Branch type	水平 horizontal	水平 horizontal	水平 horizontal	水平・下垂 horizontal & down	斜上 up	水平 horizontal
球果 Cone bearing	極少 very little	少 little	極少 very little	少 little	無 nothing	無 nothing
地衣類着生程度 Lichens	中 medium	無 nothing	少 little	少 little	少 little	中 medium
標高 (m) Altitude	680	680	770	770	810	810
傾斜方向 Slope direction	NW	NW	NW	NW	W	W
傾斜度 (°) Inclination degree	10	10	5	5	10	10

## III. 結果および考察

## 1. 観 察 木

1991 年の 2 回にわたる観察木の査定結果は表-1 のとおりである。このうち観察木 No. 1164 は 8 月の調査時には、虫害の兆候は認められたものの、葉の変色していた部分は 10% 程度しかなかった。しかし、3 ヶ月後の 10 月の調査時には、すべての葉が脱落していた (図-6)。

このように虫害木の脱葉は非常に速く進行することがわかった。その他の観察木では、No. 1155 が着葉ポイントの低下が認められた程度で、ほとんど変動はない。サルオガセ等の地衣類の着生状況は着葉と葉色の程度の低い樹木ほど多い傾向が認められた。しかし、球果の着生状況と着葉・葉色の程度の間には顕著な関係は認められなかった。これまでの著者らの観察経験から虫害枯損した樹木は枝が上向きになる傾向があるので、その予兆として枝条の型との関係を明らかにするため、今回、新たに枝条型を評価し、調査を行ったが 1 年目の時点では目立った傾向は

表-3 樹幹主軸における最近 20 年間の

Table 3. Total (A) and periodic (B)

調査木番号 No. of sample tree		梢端よりの年齢									
		1 (1991)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	A (total)	2.5	3.4	5.3	8.5	11.2	12.7	14.5	16.4	18.0	20.3
	B (periodic)	2.5	0.9	1.9	3.2	2.7	1.5	1.8	1.9	1.6	2.3
2	A	21.0	29.0	39.5	47.0	64.0	73.0	90.5	108.0	126.0	153.0
	B	21.0	8.0	10.5	7.5	17.0	9.0	17.5	17.5	18.0	27.0
3	A	2.0	3.8	5.3	8.4	13.5	17.5	20.0	23.5	25.2	29.0
	B	2.0	1.8	1.5	3.1	5.1	4.0	2.5	3.5	1.7	3.8
4	A	11.5	22.4	26.0	30.0	37.2	47.0	58.0	62.0	69.0	81.0
	B	11.5	10.9	3.6	4.0	7.2	9.8	11.0	4.0	7.0	12.0
5	A	1.0	11.6	18.2	23.5	32.5	42.4	52.5	62.0	70.0	80.0
	B	1.0	10.6	6.6	5.3	9.0	9.9	10.1	9.5	8.0	10.0
6	A	0.5	2.0	4.0	7.0	10.0	16.0	21.0	23.2	25.5	28.3
	B	0.5	1.5	2.0	3.0	3.0	6.0	5.0	2.2	2.3	2.8

表-4 樹冠梢端より最近 20 年間の

Table 4. Dead whorl branches in the

調査木番号 No. of sample tree	梢端よりの年齢										
	1 (1991)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total (A)
1	0/0	0/2	0/2	0/1	0/1	0/2	0/2	0/2	0/2	0/1	0/15
2	0/2	0/2	0/3	0/2	0/4	0/3	0/3	0/2	0/3	0/2	0/26
3	0/0	0/2	0/2	0/2	0/4	0/1	0/2	0/2	0/3	2/2	2/20
4	0/2	0/2	0/2	0/2	0/3	0/2	0/3	0/3	0/3	2/3	2/25
5	0/0	3/3	1/1	3/3	4/4	4/4	3/3	4/4	3/3	2/2	27/27
6	0/0	0/0	2/2	2/2	2/2	2/2	3/3	3/3	0/0	2/2	16/16

認められなかった。中山ら(1991)は、同地域において、エゾマツの虫害枯損と枝形、枝の偏り、樹皮の特徴との関係を調べているが、これらの形態から枯れやすい個体を判別することは難しいと述べている。したがって、観察木調査はトドマツの場合と同様にかなり長期的な観察が必要である。また、今回の調査からヤツバキクイムシによる虫害木の場合は変化が急激に起こることが観察されたので、少なくとも年2回の観察が必要であると考ええる。

## 2. 健全木、衰弱木および虫害木の伐倒調査

伐倒調査木の概要は表-2に示すとおりである。樹齢は144年から277年で前報のトドマツに比べて、非常に樹齢が高いが、外観からみた樹木の健全度と樹齢との関係は見いだせない。

調査木の結実状況は健全木2本は少、衰弱木2本は極少、虫害木2本は無であり、1991年の演習林全域のエゾマツ天然木の結実状況も少であった。結実の少ない年のため、三者の間にあまり違いがなかったものと思われる。

### a) 梢端部の着葉・着果調査

表-3に示す最近20年間の樹高成長量は、健全木 Nos. 2, 4 は 310.5, 165.4 cm で衰弱木 Nos. 1, 3 の 47.0, 60.5 cm に比べて3ないし6倍の成長を示している。虫害木 Nos. 5, 6 は 202.0, 86.8



## 総樹高成長 (A) および定期樹高成長 (B)

height growth in the latest 20 years

単位: cm

(age from the tree top)										平均 (average)
11 (1981)	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
22.9	26.2	28.2	30.1	34.0	36.5	39.0	41.2	44.0	47.0	2.35
2.6	3.3	2.0	1.9	3.9	2.5	2.5	2.2	2.8	3.0	
166.5	175.0	189.0	212.0	228.0	242.0	258.0	280.0	290.0	310.5	15.53
13.5	8.5	14.0	23.0	16.0	14.0	16.0	22.0	10.0	20.5	
31.0	37.3	41.8	44.0	46.5	48.6	51.0	53.5	55.8	60.5	3.03
2.0	6.3	4.5	2.2	2.5	2.1	2.4	2.3	2.5	4.7	
84.5	87.0	99.0	109.0	115.0	120.5	131.0	137.8	147.0	165.4	8.27
3.5	2.5	12.0	10.0	6.0	5.5	10.5	6.8	9.2	18.4	
87.3	95.0	107.0	119.0	130.0	140.0	153.0	168.0	188.5	202.0	10.10
7.3	7.7	12.0	12.0	11.0	10.0	13.3	14.7	20.5	13.5	
31.0	38.0	41.5	44.1	49.0	56.5	64.5	70.5	78.2	86.8	4.34
2.7	7.0	3.5	2.6	4.9	7.5	8.0	6.0	7.7	8.6	

## 輪生枝年齢別の枯死状況 (枯死本数/調査本数)

latest 20 years (dead branches/sampled ones)

(age from the tree top)											(A)+(B)
11 (1981)	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Total (B)	
0/3	1/2	0/2	0/2	0/2	1/2	0/2	1/2	1/1	0/3	4/21	4/36
0/0	0/4	0/3	0/3	0/2	0/3	0/3	0/2	0/2	0/4	0/26	0/52
2/4	0/3	0/2	0/2	0/1	0/4	2/2	0/3	1/2	0/3	5/26	7/46
0/0	0/2	0/3	0/2	0/2	0/2	0/1	0/1	0/3	0/5	0/21	2/46
2/2	3/3	4/4	4/4	2/2	3/3	4/4	4/4	3/3	3/3	32/32	59/59
3/3	4/4	2/2	2/2	2/2	3/3	5/5	3/3	3/3	3/3	30/30	46/46

cm であり衰弱木より優れ, No. 5 は健全木 No. 4 のそれを上回っている。前半 1972~'81 年と後半 1982~'91 年の各 10 年間の成長を比較すると, 健全木 2 本と衰弱木 2 本はあまり変化がない。衰弱木の最近 20 年間の樹高の定期成長量の変動幅は, No. 1 は 1.6~3.9 cm, No. 3 は 1.5~6.3 cm で共に小さく極めて緩慢な成長をしている。虫害木 Nos. 5, 6 は後半 10 年間の樹高成長がやや減退傾向を示している。この 2 本は 1991 年 5 月 13 日の観察時には, 樹冠の大部分の針葉が褐変しており, 虫害枯損が明らかであったので伐倒調査木として選定した。No. 5 は前年 1990 年まで良好な伸びを示し, No. 6 は前年から伸びが落ちている。両調査木とも 1991 年はほとんど伸びていない。虫害木の最近 10 年間の伸長量は, 調査した 2 本の間でかなり違い, そのうち 1 本は外観的に虫害枯損の兆候の現れる前年の 1990 年まで健全木と変わらない成長を示していた。

表-4 に示した梢端部の輪生枝の枯死は, 1~10 年生枝までは衰弱木 No. 1 と健全木 No. 2 には全くなく, 衰弱木 No. 3 と健全木 No. 4 にはそれぞれ 2 本認められ両者で差がない。11~20 年生枝においては健全木 Nos. 2, 4 には全く枯死がなく, 衰弱木 Nos. 1, 3 は 4~5 本枯死を生じている。虫害木 Nos. 5, 6 はともに全輪生枝が枯死していた。Nos. 1, 3, 5 は最近 10 年間の輪生枝の形成数が少ない。

表-5 樹冠梢端部の枝年齢別の輪生枝の大きさ  
Table 5. Size of whorl branch by branch age

調査木番号 No. of sample tree	輪 生 枝 Whorl branch		
	年 齢 age	長さ (cm) length	直径 (cm) diameter
1	6	10.8	0.7
	11	29.0	0.9
	14	42.9	1.1
2	5	69.5	1.7
	10	128.0	2.5
	16	170.5	3.1
3	5	17.4	0.7
	11	53.0	1.5
	17	88.5	1.6
4	5	41.0	1.1
	10	48.0	1.0
	15	125.0	2.5
5	5	31.5	0.9
	10	51.5	1.1
	17	112.0	2.3
6	5	12.0	0.8
	10	35.5	1.8
	15	67.8	1.9

表-6 樹冠梢端部の枝年齢別の着葉程度  
Table 6. volume of needles by branch age

調査木番号 No. of sample tree	輪生枝年齢 Whorl branch age	枝主軸年齢別の着葉程度 (Volume of needles by branch age) <sup>1)</sup>																	Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17年	
1	6	10	10	10	7	8	4												49
	11	10	10	9	8	4	4	4	2	3	0	0							54 169
	14	10	10	8	9	8	7	7	4	2	1	0	0	0	0				66
2	5	10	10	8	9	6													43
	10	10	10	9	6	5	3	7	2	1	1								54 140
	16	10	4	6	4	4	5	6	3	1	1	0	0	0	0	0	0		43
3	5	10	10	10	5	6													39
	11	10	10	10	8	5	6	6	1	0	0								54 131
	17	10	10	10	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
4	5	10	10	10	6	3													39
	10	10	10	10	5	5	3	4	4	0	0								51 145
	15	10	10	8	6	7	6	5	2	1	0	0	0	0	0	0			55

<sup>1)</sup> 着葉程度 10 (着葉 90% 以上) ……0 (着葉 0%)

10=over 90% volume of needles → 0=0% volume of needles.

表-5 に着葉程度を観察判定した各年齢別の枝の大きさを示した。各調査木の枝の長さは表-3 に示した樹幹主軸の成長傾向とほぼ一致している。

表-6 に示す樹冠梢端部の枝年齢別の着葉程度をみると、5, 6 年生枝上では健全木、衰弱木ともいずれの調査木も針葉が着生している。また、10, 11 年生枝上においても 8~10 年生枝上まで針葉が着生して両者の間にあまり差が認められない。14~17 年生枝では、Nos. 1, 2, 4 は 9 ないし

表-7 梢端部枝年齢別の針葉諸形質<sup>1)</sup>

Table 7. Various characteristics of needles by branch age

形質 characteristics	長さ (mm) length			幅 (mm) width			厚さ (mm) thickness			気孔列数 (上面) stomatal lines (upper side)		
枝年齢 branch age	5 yr. <sup>2)</sup>	10 yr. <sup>3)</sup>	15 yr. <sup>4)</sup>	5	10	15	5	10	15	5	10	15
調査木番号 No. of sample tree												
1	10.96	11.40	14.28	1.56	1.41	1.53	0.80	0.78	0.77	7.6	6.8	8.5
2	22.83	28.87	23.64	1.93	1.92	1.85	0.87	0.97	0.93	8.3	9.2	9.2
3	13.46	12.55	14.30	1.77	1.66	1.62	0.76	0.76	0.83	10.4	9.3	9.9
4	15.39	15.01	14.05	1.71	1.61	1.76	0.77	0.72	0.76	8.0	8.6	8.1

<sup>1)</sup> 15本の平均である。Figures are average of 15 sample needles.

<sup>2)</sup> No. 1: 6年生枝。No. 1: 6 yr. old branch.

<sup>3)</sup> Nos. 1, 3: 11年生枝。Nos. 1, 3: 11 yr. old branch.

<sup>4)</sup> No. 1: 14年生枝。No. 1: 14 yr. old branch.

No. 2: 16年生枝。No. 2: 16 yr. old branch.

No. 3: 17年生枝。No. 3: 17 yr. old branch.

10年生枝まで針葉が着生し、衰弱木 No. 3 の針葉は5年生枝上までしか認められず、他の3本に比べて針葉の寿命が短い。健全木の梢端15年生枝の針葉寿命についてエゾマツと前報トドマツを比較すると、健全木ではエゾマツ9～10年、トドマツ10～11年で両種であり差は認められない。

針葉の長さ、幅、厚さおよび気孔列数の平均値を表-7に示した。針葉の長さ、厚さおよび幅については健全木 No. 2 がいずれの部位においても最大値を示す。No. 4 は長さではやや長いが他の形質ではあまり変わりがなく、衰弱木 No. 1 の針葉は最も短く狭い。上面の気孔列数は No. 3 でやや多く他の3本の間ではあまり変わりが無い。Nos. 3, 4 の下面には気孔列は存在しなかったが、No. 1 の6年生枝のうち2本、11年枝のうち8本の針葉にやや短い1ないし2列の気孔列 (No. 1 は2年生枝の節間が短く、冬芽に近い針葉も含まれた) が見られ、No. 2 の5年生枝のうち3本にごく短い1列の気孔が見られた。これらの測定結果から衰弱木の針葉の特徴として、針葉が短いという傾向が認められた。

表-8に示す樹冠梢端部の着果状況をみると、健全木で多く衰弱木において少ない。虫害木のうち No. 5 は未成熟な球果が20個ほど着生していた。No. 6 は球果が全く認められなかった。

以上、健全木、衰弱木および虫害木の梢端部における主軸の伸長量、輪生枝の枝枯れおよび着果状況の比較を行った。その結果、衰弱木は健全木に比べて最近20年間の樹高成長は明らかに減退しているが、梢端部の枝枯れと着葉量については、健全木との間に顕著な差異は認められない。したがって、前報で述べたトドマツ衰弱木の梢端部に見られたような集中的な疎化現象は認められなかった。着果量は衰弱木に少なく、健全木にやや多くなっており、前報のトドマツと傾向を異にしている。この点については、今回選んだ観察木の継続調査によって明らかにしたい。

松浦 (1980) は、「エゾマツの雌花は主として樹冠の中部以上の枝条に着生し、雄花は中部以下

表-8 樹冠梢端部の枝階年齢別の着果状況  
Table 8. Cone bearing by branch age class

調査木番号 No. of sample tree	枝階年齢 branch age class	球果数 Number of cones
1	1~5	0
	6~10	2
	11~15	2
	16~20	12
2	1~5	22
	6~10	37
	11~15	84
	16~20	78
3	1~5	7
	6~10	11
	11~15	7
	16~20	36
4	1~5	15
	6~10	22
	11~15	89
	16~20	75
5	1~5	0
	6~10	0
	11~15	0
	16~20	0
6	1~5	0
	6~10	0
	11~15	0
	16~20	0

の枝条に着生し、樹冠下部にも及び中部では雌・雄花いずれも枝条の先端に多くは単生する。一方、トドマツの花芽は雌・雄いずれも結実前年夏に、その年に伸長した分岐枝に形成され、両者とも着生跡は判然と枝条に残る。」と述べている。このようにエゾマツとトドマツでは着花（果）習性が異なるが、今回の調査では樹冠上における着果習性と樹冠疎化との関係については、十分に明らかにできなかった。この点については、今後さらに観察検討が必要である。

#### b) 樹幹解析

伐倒調査木の成長解析を表-9 および図-7 に示した。初期成長では衰弱木の No. 1 と虫害木の Nos. 5, 6 が優れており、60 年生前後で樹高 10 m に達しているのに対して、健全木 No. 2 と衰弱木の No. 3 は被圧期間が長く、約 3 倍の 180 年近くを要していることがわかる。このことから、初期成長と現在の状態の間には特定の関係は認められない。また、最近の成長量を比較してみると、外観から健全と判断された 2 本が特に優れており、衰弱していると判断された 2 本が劣っている。しかし、虫害木 2 本の最近の成長は衰弱木 2 本を上回っており、健全木 2 本に近い成長を示している。このことは直径成

長の面で顕著である。

次に、表-10 および図-8 に示す樹幹上部の肥大成長について最近 40 年間の傾向を比べてみると、健全木 No. 2 では地上 15 m の高さまで、安定して年平均 5 mm 以上の直径成長を示していた。健全木 No. 4 は、最近 20 年間の成長がその前の 20 年間と比べると減少しており、成長に陰りがみられる。この傾向は、衰弱木 Nos. 1, 3 と虫害木の No. 5 でもみられるが、特に衰弱木 2 本の最近 20 年間の落込みが著しく、衰弱木 No. 1 の最近 10 年間の年平均直径成長は 1 mm 以下である。これに対して、虫害木の No. 5 は年平均 3 mm 前後の成長量である。また、虫害木の No. 6 は年平均 2 mm 前後の安定した成長量を 40 年間維持しており、樹幹上部の直径成長の落込みはみられなかった。

したがって、衰弱木 No. 1 の最近 10 年間の材積成長はわずか  $0.07 \text{ m}^3$  で、年成長率 0.3% にしかない。これに対して、最も成長の旺盛な健全木 No. 2 は、最近 10 年間の成長量が  $0.66 \text{ m}^3$ 、No. 4 は  $0.46 \text{ m}^3$  で、年成長率にして 3.2% と 2.6% を示していた。このように着葉量や葉の色調に基づく健全度の差が樹木全体の成長量の差となって現れていることがわかった。こうした観点から、虫害木の最近 10 年間の材積成長量をみると、No. 5 が  $0.40 \text{ m}^3$ 、No. 6 が  $0.32 \text{ m}^3$  と衰弱木

表-9 (1) 伐倒木の成長解析

Table 9 (1). Growth analysis of sample tree.

調査木 No. 1 Sample tree No. 1 (衰弱木: declined tree)

年齢 Age (yr.)	樹高 (m) Tree height	胸高直径 (cm) <i>d. b. h.</i>	胸高断面積 (cm <sup>2</sup> ) Basal Area	材積 (m <sup>3</sup> ) Volume
	総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)
235	25.80 (0.04)	53.33 (0.06)	2233.32 ( 4.60)	2.507 (0.0073)
234	25.76 (0.04)	53.27 (0.06)	2228.72 ( 4.60)	2.500 (0.0075)
233	25.72 (0.04)	53.22 (0.06)	2224.12 ( 4.60)	2.493 (0.0076)
232	25.68 (0.04)	53.16 (0.06)	2219.52 ( 4.59)	2.485 (0.0078)
231	25.64 (0.04)	53.11 (0.06)	2214.93 ( 4.58)	2.477 (0.0080)
230	25.60 (0.04)	53.05 (0.08)	2210.35 ( 6.25)	2.469 (0.0066)
229	25.56 (0.04)	52.98 (0.07)	2204.10 ( 6.24)	2.463 (0.0059)
228	25.52 (0.04)	52.90 (0.08)	2197.86 ( 6.23)	2.457 (0.0061)
227	25.48 (0.04)	52.83 (0.08)	2191.64 ( 6.22)	2.451 (0.0063)
226	25.44 (0.04)	52.75 (0.08)	2185.42 ( 6.21)	2.444 (0.0065)
225	25.39 (0.04)	52.68 (0.12)	2179.21 ( 9.46)	2.438 (0.0097)
220	25.19 (0.04)	52.10 (0.24)	2131.89 (19.41)	2.389 (0.0159)
215	24.99 (0.04)	50.90 (0.33)	2034.82 (25.57)	2.310 (0.0271)
210	24.79 (0.04)	49.28 (0.26)	1906.97 (19.48)	2.174 (0.0304)
205	24.58 (0.04)	48.00 (0.40)	1809.56 (29.17)	2.022 (0.0287)
200	24.38 (0.06)	46.03 (0.25)	1663.71 (17.48)	1.879 (0.0267)
195	24.07 (0.08)	44.80 (0.24)	1576.32 (16.66)	1.745 (0.0250)
190	23.68 (0.08)	43.60 (0.21)	1493.01 (14.21)	1.621 (0.0210)
185	23.30 (0.11)	42.55 (0.24)	1421.96 (15.81)	1.515 (0.0217)
180	22.74 (0.11)	41.35 (0.32)	1342.89 (20.38)	1.407 (0.0230)
175	22.19 (0.11)	39.75 (0.25)	1240.98 (15.06)	1.292 (0.0210)
170	21.63 (0.11)	38.53 (0.27)	1165.67 (16.05)	1.187 (0.0196)
165	21.10 (0.10)	37.18 (0.35)	1085.40 (19.96)	1.089 (0.0211)
160	20.60 (0.10)	35.43 (0.40)	985.62 (21.63)	0.983 (0.0235)
155	20.10 (0.10)	33.43 (0.30)	877.47 (15.40)	0.865 (0.0215)
150	19.60 (0.15)	31.93 (0.36)	800.48 (17.54)	0.758 (0.0202)
145	18.86 (0.22)	30.13 (0.46)	712.76 (20.94)	0.657 (0.0224)
140	17.74 (0.21)	27.83 (0.40)	608.08 (16.85)	0.544 (0.0194)
135	16.70 (0.20)	25.83 (0.31)	523.81 (12.01)	0.448 (0.0135)
130	15.70 (0.11)	24.30 (0.24)	463.77 ( 8.93)	0.380 (0.0089)
125	15.13 (0.06)	23.10 (0.24)	419.10 ( 8.31)	0.335 (0.0086)
120	14.84 (0.06)	21.93 (0.18)	377.55 ( 5.91)	0.292 (0.0063)
115	14.56 (0.06)	21.05 (0.23)	348.01 ( 7.40)	0.261 (0.0059)
110	14.27 (0.06)	19.90 (0.20)	311.03 ( 6.09)	0.231 (0.0064)
105	13.99 (0.06)	18.90 (0.14)	280.55 ( 3.94)	0.199 (0.0037)
100	13.70 (0.06)	18.23 (0.18)	260.87 ( 4.89)	0.181 (0.0029)
95	13.41 (0.06)	17.35 (0.17)	236.42 ( 4.39)	0.166 (0.0033)
90	13.12 (0.06)	16.53 (0.15)	214.47 ( 3.81)	0.150 (0.0028)
85	12.83 (0.06)	15.78 (0.16)	195.45 ( 3.86)	0.136 (0.0031)
80	12.54 (0.06)	14.98 (0.16)	176.13 ( 3.66)	0.120 (0.0032)
75	12.24 (0.06)	14.18 (0.14)	157.81 ( 3.04)	0.104 (0.0024)
70	11.95 (0.06)	13.48 (0.18)	142.61 ( 3.68)	0.092 (0.0025)
65	11.65 (0.06)	12.58 (0.15)	124.20 ( 2.95)	0.080 (0.0028)
60	11.36 (0.28)	11.81 (0.25)	109.45 ( 4.32)	0.066 (0.0035)
55	9.97 (0.27)	10.58 (0.28)	87.83 ( 4.27)	0.048 (0.0031)
50	8.63 (0.22)	9.20 (0.31)	66.48 ( 4.04)	0.033 (0.0023)
45	7.52 (0.27)	7.68 (0.31)	46.26 ( 3.36)	0.021 (0.0020)
40	6.16 (0.27)	6.13 (0.35)	29.46 ( 2.85)	0.011 (0.0012)
35	4.80 (0.25)	4.40 (0.36)	15.21 ( 1.96)	0.005 (0.0007)
30	3.55 (0.17)	2.63 (0.20)	5.41 ( 0.67)	0.002 (0.0001)
25	2.68 (0.15)	1.63 (0.16)	2.07 ( 0.31)	0.001 (0.0002)
20	1.92 (0.14)	0.83 (0.17)	0.53 ( 0.11)	0.001 (0.0001)
15	1.21 (0.09)	0.00 (0.00)	0.00 ( 0.00)	0.000 (0.0000)
10	0.75 (0.09)	0.00 (0.00)	0.00 ( 0.00)	0.000 (0.0000)
5	0.30 (0.06)	0.00 (0.00)	0.00 ( 0.00)	0.000 (0.0000)

表-9 (2) 伐倒木の成長解析

Table 9 (2). Growth analysis of sample tree.

調査木 No. 2 Sample tree No. 2 (健全木: healthy tree)

年齢 Age (yr.)	樹高 (m) Tree height	胸高直径 (cm) d. b. h.	胸高断面積 (cm <sup>2</sup> ) Basal Area	材積 (m <sup>3</sup> ) Volume
	総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)
235	25.30 (0.14)	53.60 (0.65)	2256.42 (54.39)	2.467 (0.0791)
234	25.16 (0.14)	52.95 (0.83)	2202.02 (68.08)	2.388 (0.0739)
233	25.01 (0.14)	52.13 (0.67)	2133.94 (54.91)	2.314 (0.0638)
232	24.87 (0.14)	51.45 (0.75)	2079.03 (60.17)	2.250 (0.0637)
231	24.73 (0.14)	50.70 (0.65)	2018.86 (51.43)	2.186 (0.0592)
230	24.59 (0.14)	50.05 (0.80)	1967.42 (62.39)	2.127 (0.0642)
229	24.44 (0.14)	49.25 (0.72)	1905.03 (55.67)	2.063 (0.0540)
228	24.30 (0.17)	48.53 (0.78)	1849.36 (58.60)	2.009 (0.0584)
227	24.13 (0.17)	47.75 (0.85)	1790.76 (63.19)	1.951 (0.0707)
226	23.97 (0.17)	46.90 (0.78)	1727.57 (56.62)	1.880 (0.0671)
225	23.80 (0.17)	46.13 (0.66)	1670.95 (45.77)	1.813 (0.0544)
220	22.97 (0.17)	42.85 (0.71)	1442.09 (45.81)	1.541 (0.0529)
215	22.13 (0.17)	39.30 (0.64)	1213.04 (37.90)	1.276 (0.0440)
210	21.30 (0.20)	36.10 (0.62)	1023.54 (33.65)	1.056 (0.0431)
205	20.30 (0.20)	33.00 (0.58)	855.30 (28.74)	0.841 (0.0325)
200	19.30 (0.22)	30.10 (0.55)	711.58 (24.82)	0.678 (0.0310)
195	18.19 (0.26)	27.35 (0.58)	587.50 (23.40)	0.523 (0.0291)
190	16.90 (0.38)	24.48 (0.77)	470.47 (27.11)	0.377 (0.0245)
185	15.01 (0.29)	20.65 (0.62)	334.91 (18.55)	0.255 (0.0183)
180	13.59 (0.38)	17.56 (0.39)	242.18 (10.21)	0.163 (0.0108)
175	11.70 (0.40)	15.60 (0.39)	191.13 ( 8.85)	0.110 (0.0068)
170	9.70 (0.24)	13.68 (0.37)	146.87 ( 7.32)	0.075 (0.0046)
165	8.50 (0.20)	11.85 (0.17)	110.29 ( 3.05)	0.052 (0.0020)
160	7.50 (0.11)	11.00 (0.13)	95.03 ( 2.10)	0.042 (0.0015)
155	6.94 (0.09)	10.38 (0.14)	84.54 ( 2.20)	0.035 (0.0012)
150	6.48 (0.09)	9.68 (0.12)	73.52 ( 1.77)	0.029 (0.0009)
145	6.03 (0.09)	9.08 (0.14)	64.68 ( 1.92)	0.024 (0.0008)
140	5.57 (0.07)	8.38 (0.19)	55.09 ( 2.30)	0.020 (0.0008)
135	5.23 (0.04)	7.45 (0.16)	43.59 ( 1.77)	0.016 (0.0006)
130	5.05 (0.04)	6.65 (0.08)	34.73 ( 0.76)	0.013 (0.0004)
125	4.86 (0.04)	6.28 (0.07)	30.93 ( 0.64)	0.011 (0.0003)
120	4.68 (0.04)	5.94 (0.05)	27.75 ( 0.46)	0.009 (0.0002)
115	4.50 (0.04)	5.69 (0.05)	25.44 ( 0.44)	0.008 (0.0002)
110	4.32 (0.04)	5.44 (0.05)	23.23 ( 0.42)	0.007 (0.0002)
105	4.14 (0.04)	5.19 (0.05)	21.12 ( 0.40)	0.006 (0.0001)
100	3.95 (0.04)	4.93 (0.05)	19.11 ( 0.38)	0.005 (0.0001)
95	3.77 (0.04)	4.68 (0.05)	17.20 ( 0.36)	0.005 (0.0001)
90	3.59 (0.04)	4.43 (0.05)	15.39 ( 0.34)	0.004 (0.0001)
85	3.41 (0.04)	4.17 (0.05)	13.68 ( 0.32)	0.004 (0.0001)
80	3.23 (0.04)	3.92 (0.05)	12.08 ( 0.30)	0.004 (0.0001)
75	3.05 (0.04)	3.67 (0.05)	10.57 ( 0.28)	0.003 (0.0000)
70	2.88 (0.04)	3.42 (0.05)	9.16 ( 0.26)	0.003 (0.0001)
65	2.70 (0.04)	3.16 (0.05)	7.86 ( 0.24)	0.003 (0.0001)
60	2.53 (0.04)	2.91 (0.05)	6.65 ( 0.22)	0.002 (0.0001)
55	2.35 (0.04)	2.66 (0.05)	5.55 ( 0.20)	0.002 (0.0002)
50	2.18 (0.04)	2.40 (0.05)	4.54 ( 0.18)	0.001 (0.0000)
45	2.00 (0.04)	2.15 (0.05)	3.64 ( 0.16)	0.001 (0.0000)
40	1.83 (0.04)	1.90 (0.05)	2.83 ( 0.15)	0.001 (0.0000)
35	1.65 (0.04)	1.64 (0.09)	2.10 ( 0.20)	0.000 (0.0000)
30	1.48 (0.04)	1.18 (0.11)	1.08 ( 0.16)	0.000 (0.0000)
25	1.30 (0.05)	0.63 (0.13)	0.31 ( 0.06)	0.000 (0.0000)
20	1.07 (0.05)	0.00 (0.00)	0.00 ( 0.00)	0.000 (0.0000)
15	0.85 (0.05)	0.00 (0.00)	0.00 ( 0.00)	0.000 (0.0000)
10	0.62 (0.05)	0.00 (0.00)	0.00 ( 0.00)	0.000 (0.0000)
5	0.39 (0.08)	0.00 (0.00)	0.00 ( 0.00)	0.000 (0.0000)

表-9 (3) 伐倒木の成長解析

Table 9 (3). Growth analysis of sample tree

調査木 No. 3 Sample tree No. 3 (衰弱木: declined tree)

年齢 Age (yr.)	樹高 (m) Tree height	胸高直径 (cm) <i>d. b. h.</i>	胸高断面積 (cm <sup>2</sup> ) Basal Area	材積 (m <sup>3</sup> ) Volume
	総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)
277	25.40 (0.05)	44.53 (0.21)	1557.03 (14.30)	1.711 (0.0181)
276	25.35 (0.05)	44.32 (0.20)	1542.73 (14.24)	1.693 (0.0175)
275	25.31 (0.05)	44.12 (0.13)	1528.49 ( 9.00)	1.675 (0.0126)
274	25.26 (0.05)	43.99 (0.18)	1519.49 (12.41)	1.663 (0.0121)
273	25.22 (0.05)	43.81 (0.11)	1507.08 ( 7.22)	1.651 (0.0115)
272	25.17 (0.05)	43.70 (0.12)	1499.87 ( 8.23)	1.639 (0.0110)
271	25.13 (0.05)	43.58 (0.12)	1491.64 ( 8.20)	1.628 (0.0136)
270	25.08 (0.05)	43.46 (0.12)	1483.44 ( 8.18)	1.615 (0.0133)
269	25.03 (0.05)	43.34 (0.17)	1475.26 (11.55)	1.601 (0.0140)
268	24.99 (0.05)	43.17 (0.12)	1463.71 ( 8.13)	1.587 (0.0137)
267	24.94 (0.05)	43.05 (0.16)	1455.58 (10.95)	1.574 (0.0115)
265	24.85 (0.05)	42.73 (0.15)	1433.68 ( 9.98)	1.551 (0.0141)
260	24.62 (0.05)	41.98 (0.21)	1383.79 (13.99)	1.480 (0.0187)
255	24.39 (0.09)	40.90 (0.34)	1313.82 (21.08)	1.387 (0.0262)
250	23.97 (0.11)	39.23 (0.26)	1208.41 (16.05)	1.256 (0.0268)
245	23.41 (0.20)	37.90 (0.31)	1128.15 (18.08)	1.122 (0.0258)
240	22.41 (0.22)	36.35 (0.30)	1037.76 (16.50)	0.993 (0.0243)
235	21.30 (0.15)	34.88 (0.47)	955.25 (24.62)	0.871 (0.0256)
230	20.53 (0.15)	32.55 (0.36)	832.13 (17.66)	0.743 (0.0226)
225	19.76 (0.23)	30.78 (0.39)	743.85 (18.03)	0.630 (0.0208)
220	18.63 (0.32)	28.85 (0.39)	653.70 (17.08)	0.526 (0.0191)
215	17.01 (0.29)	26.90 (0.30)	568.32 (12.32)	0.430 (0.0136)
210	15.59 (0.22)	25.40 (0.23)	506.71 ( 8.97)	0.363 (0.0098)
205	14.50 (0.20)	24.25 (0.23)	461.86 ( 8.37)	0.314 (0.0075)
200	13.50 (0.22)	23.13 (0.24)	420.00 ( 8.49)	0.276 (0.0076)
195	12.41 (0.22)	21.93 (0.31)	377.55 (10.14)	0.238 (0.0069)
190	11.30 (0.11)	20.40 (0.39)	326.85 (11.90)	0.204 (0.0080)
185	10.74 (0.11)	18.45 (0.36)	267.35 ( 9.92)	0.164 (0.0071)
180	10.19 (0.11)	16.65 (0.26)	217.73 ( 6.41)	0.128 (0.0055)
175	9.63 (0.12)	15.38 (0.17)	185.66 ( 3.88)	0.101 (0.0034)
170	9.03 (0.13)	14.55 (0.16)	166.27 ( 3.45)	0.083 (0.0026)
165	8.37 (0.13)	13.78 (0.16)	149.03 ( 3.26)	0.070 (0.0022)

表-9 (3) つづき

Table 9 (3) continued

調査木 No. 3 Sample tree No. 3 (衰弱木: declined tree)

年齢 Age (yr.)	樹高 (m) Tree height	胸高直径 (cm) <i>d. b. h.</i>	胸高断面積 (cm <sup>2</sup> ) Basal Area	材積 (m <sup>3</sup> ) Volume
	総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)
160	7.70 (0.12)	13.00 (0.22)	132.73 ( 4.30)	0.059 (0.0024)
155	7.09 (0.11)	11.90 (0.21)	111.22 ( 3.67)	0.048 (0.0020)
150	6.56 (0.11)	10.88 (0.14)	92.89 ( 2.23)	0.037 (0.0011)
145	6.04 (0.11)	10.20 (0.10)	81.71 ( 1.56)	0.032 (0.0011)
140	5.51 (0.06)	9.70 (0.15)	73.90 ( 2.13)	0.026 (0.0010)
135	5.19 (0.04)	8.98 (0.14)	63.26 ( 1.86)	0.021 (0.0008)
130	5.00 (0.04)	8.29 (0.05)	53.98 ( 0.58)	0.017 (0.0004)
125	4.81 (0.04)	8.07 (0.04)	51.09 ( 0.56)	0.015 (0.0003)
120	4.62 (0.04)	7.84 (0.05)	48.27 ( 0.55)	0.014 (0.0003)
115	4.43 (0.04)	7.62 (0.05)	45.54 ( 0.65)	0.012 (0.0002)
110	4.24 (0.04)	7.34 (0.09)	42.31 ( 1.04)	0.011 (0.0003)
105	4.05 (0.04)	6.88 (0.08)	37.12 ( 0.79)	0.010 (0.0002)
100	3.87 (0.04)	6.50 (0.09)	33.18 ( 0.84)	0.009 (0.0002)
95	3.68 (0.04)	6.08 (0.10)	28.99 ( 0.87)	0.007 (0.0002)
90	3.49 (0.04)	5.60 (0.08)	24.63 ( 0.64)	0.006 (0.0000)
85	3.30 (0.05)	5.23 (0.12)	21.44 ( 0.93)	0.006 (0.0003)
80	3.04 (0.05)	4.63 (0.11)	16.80 ( 0.75)	0.005 (0.0002)
75	2.77 (0.05)	4.08 (0.12)	13.04 ( 0.68)	0.004 (0.0002)
70	2.51 (0.05)	3.50 (0.17)	9.62 ( 0.82)	0.003 (0.0004)
65	2.25 (0.05)	2.65 (0.20)	5.52 ( 0.66)	0.001 (0.0001)
60	1.98 (0.05)	1.68 (0.22)	2.20 ( 0.39)	0.001 (0.0000)
55	1.72 (0.07)	0.58 (0.12)	0.26 ( 0.05)	0.001 (0.0000)
50	1.39 (0.03)	0.00 (0.00)	0.00 ( 0.00)	0.000 (0.0000)
45	1.24 (0.03)	0.00 (0.00)	0.00 ( 0.00)	0.000 (0.0000)
40	1.09 (0.03)	0.00 (0.00)	0.00 ( 0.00)	0.000 (0.0000)
35	0.95 (0.03)	0.00 (0.00)	0.00 ( 0.00)	0.000 (0.0000)
30	0.80 (0.03)	0.00 (0.00)	0.00 ( 0.00)	0.000 (0.0000)
25	0.65 (0.03)	0.00 (0.00)	0.00 ( 0.00)	0.000 (0.0000)
20	0.51 (0.03)	0.00 (0.00)	0.00 ( 0.00)	0.000 (0.0000)
15	0.36 (0.03)	0.00 (0.00)	0.00 ( 0.00)	0.000 (0.0000)
10	0.23 (0.02)	0.00 (0.00)	0.00 ( 0.00)	0.000 (0.0000)
5	0.12 (0.02)	0.00 (0.00)	0.00 ( 0.00)	0.000 (0.0000)



表-9 (4) 伐倒木の成長解析

Table 9 (4). Growth analysis of sample tree

調査木 No. 4 Sample tree No. 4 (健全木: healthy tree)

年齢 Age (yr.)	樹高 (m) Tree height	胸高直径 (cm) <i>d. b. h.</i>	胸高断面積 (cm <sup>2</sup> ) Basal Area	材積 (m <sup>3</sup> ) Volume
	総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)
144	24.20 (0.09)	48.89 (0.58)	1877.28 (44.28)	2.015 (0.0549)
143	24.11 (0.09)	48.31 (0.45)	1833.01 (33.99)	1.960 (0.0454)
142	24.02 (0.09)	47.86 (0.46)	1799.02 (34.42)	1.915 (0.0429)
141	23.93 (0.09)	47.40 (0.43)	1764.60 (31.87)	1.872 (0.0389)
140	23.84 (0.09)	46.97 (0.54)	1732.73 (39.61)	1.833 (0.0456)
139	23.75 (0.09)	46.43 (0.46)	1693.12 (33.02)	1.787 (0.0446)
138	23.66 (0.09)	45.98 (0.45)	1660.10 (32.70)	1.742 (0.0438)
137	23.57 (0.09)	45.52 (0.56)	1627.40 (39.44)	1.699 (0.0472)
136	23.48 (0.09)	44.97 (0.56)	1587.96 (39.66)	1.651 (0.0547)
135	23.39 (0.09)	44.40 (0.58)	1548.30 (39.84)	1.597 (0.0436)
134	23.30 (0.09)	43.83 (0.48)	1508.46 (32.24)	1.553 (0.0381)
130	22.93 (0.09)	41.91 (0.44)	1379.51 (28.21)	1.401 (0.0331)
125	22.48 (0.19)	39.71 (0.60)	1238.48 (35.72)	1.236 (0.0447)
120	21.55 (0.32)	36.74 (0.69)	1059.86 (37.84)	1.012 (0.0452)
115	19.97 (0.25)	33.30 (0.67)	870.66 (33.37)	0.786 (0.0373)
110	18.70 (0.20)	29.94 (0.72)	703.80 (31.90)	0.599 (0.0330)
105	17.70 (0.38)	26.33 (0.75)	544.29 (28.80)	0.434 (0.0287)
100	15.80 (0.37)	22.58 (0.62)	400.26 (20.35)	0.291 (0.0201)
95	13.97 (0.43)	19.50 (0.65)	298.49 (18.17)	0.190 (0.0150)
90	11.80 (0.42)	16.26 (0.53)	207.65 (12.50)	0.115 (0.0090)
85	9.70 (0.35)	13.60 (0.37)	145.16 ( 7.35)	0.070 (0.0048)
80	7.97 (0.21)	11.75 (0.25)	108.43 ( 4.30)	0.046 (0.0026)
75	6.90 (0.13)	10.52 (0.22)	86.92 ( 3.40)	0.033 (0.0018)
70	6.23 (0.13)	9.44 (0.25)	69.92 ( 3.51)	0.024 (0.0016)
65	5.57 (0.15)	8.17 (0.20)	52.36 ( 2.37)	0.016 (0.0010)
60	4.84 (0.15)	7.18 (0.22)	40.49 ( 2.32)	0.011 (0.0006)
55	4.07 (0.15)	6.07 (0.17)	28.89 ( 1.54)	0.008 (0.0002)
50	3.30 (0.06)	5.20 (0.23)	21.20 ( 1.66)	0.007 (0.0005)
45	3.02 (0.06)	4.06 (0.20)	12.91 ( 1.12)	0.004 (0.0003)
40	2.74 (0.06)	3.06 (0.12)	7.33 ( 0.51)	0.003 (0.0002)
35	2.47 (0.06)	2.47 (0.18)	4.79 ( 0.56)	0.002 (0.0002)
30	2.19 (0.06)	1.59 (0.21)	1.97 ( 0.35)	0.001 (0.0001)
25	1.91 (0.03)	0.56 (0.11)	0.24 ( 0.05)	0.000 (0.0000)
20	1.76 (0.08)	0.00 (0.00)	0.00 ( 0.00)	0.000 (0.0000)
15	1.38 (0.08)	0.00 (0.00)	0.00 ( 0.00)	0.000 (0.0000)
10	0.99 (0.08)	0.00 (0.00)	0.00 ( 0.00)	0.000 (0.0000)
5	0.61 (0.12)	0.00 (0.00)	0.00 ( 0.00)	0.000 (0.0000)

表-9 (5) 伐倒木の成長解析

Table 9 (5). Growth analysis of sample tree

調査木 No. 5 Sample tree No. 5 (虫害木: insect damaged tree)

年齢 Age (yr.)	樹高 (m) Tree height	胸高直径 (cm) <i>d. b. h.</i>	胸高断面積 (cm <sup>2</sup> ) Basal Area	材積 (m <sup>3</sup> ) Volume
	総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)
149	26.50 (0.07)	51.90 (0.45)	2115.55 (36.53)	2.570 (0.0441)
148	26.43 (0.04)	51.45 (0.35)	2079.03 (28.19)	2.526 (0.0364)
147	26.39 (0.09)	51.10 (0.30)	2050.84 (24.01)	2.489 (0.0355)
146	26.30 (0.09)	50.80 (0.35)	2026.83 (27.83)	2.454 (0.0351)
145	26.21 (0.09)	50.45 (0.40)	1999.00 (31.57)	2.419 (0.0416)
144	26.12 (0.09)	50.05 (0.40)	1967.42 (31.32)	2.377 (0.0428)
143	26.03 (0.09)	49.65 (0.35)	1936.10 (27.20)	2.334 (0.0432)
142	25.94 (0.09)	49.30 (0.35)	1908.90 (27.01)	2.291 (0.0413)
141	25.85 (0.09)	48.95 (0.35)	1881.89 (26.82)	2.250 (0.0411)
140	25.75 (0.09)	48.60 (0.38)	1855.08 (28.52)	2.209 (0.0400)
139	25.66 (0.09)	48.23 (0.41)	1826.56 (30.26)	2.169 (0.0402)
135	25.30 (0.15)	46.60 (0.36)	1705.54 (25.84)	2.008 (0.0420)
130	24.53 (0.15)	44.80 (0.56)	1576.32 (37.85)	1.798 (0.0466)
125	23.76 (0.17)	42.03 (0.54)	1387.09 (34.19)	1.565 (0.0488)
120	22.94 (0.18)	39.35 (0.49)	1216.13 (29.05)	1.321 (0.0409)
115	22.03 (0.18)	36.93 (0.54)	1070.85 (30.18)	1.117 (0.0358)
110	21.15 (0.15)	34.23 (0.75)	919.98 (37.87)	0.938 (0.0404)
105	20.38 (0.15)	30.50 (0.60)	730.62 (27.33)	0.736 (0.0304)
100	19.61 (0.18)	27.50 (0.44)	593.96 (18.05)	0.584 (0.0222)
95	18.70 (0.20)	25.33 (0.37)	503.72 (14.00)	0.473 (0.0178)
90	17.70 (0.19)	23.50 (0.36)	433.74 (12.78)	0.384 (0.0156)
85	16.75 (0.18)	21.70 (0.27)	369.84 ( 8.92)	0.306 (0.0106)
80	15.85 (0.22)	20.35 (0.31)	325.25 ( 9.53)	0.253 (0.0114)
75	14.73 (0.29)	18.80 (0.39)	277.59 (10.92)	0.196 (0.0108)
70	13.30 (0.33)	16.85 (0.37)	222.99 ( 9.14)	0.142 (0.0082)
65	11.63 (0.27)	15.03 (0.36)	177.30 ( 7.99)	0.101 (0.0062)
60	10.30 (0.25)	13.23 (0.38)	137.37 ( 7.24)	0.070 (0.0046)
55	9.05 (0.25)	11.35 (0.34)	101.18 ( 5.61)	0.047 (0.0035)
50	7.80 (0.30)	9.65 (0.34)	73.14 ( 4.70)	0.029 (0.0024)
45	6.30 (0.27)	7.95 (0.32)	49.64 ( 3.54)	0.017 (0.0014)
40	4.94 (0.18)	6.38 (0.29)	31.92 ( 2.53)	0.010 (0.0009)
35	4.03 (0.17)	4.95 (0.25)	19.24 ( 1.70)	0.005 (0.0003)
30	3.17 (0.13)	3.70 (0.17)	10.75 ( 0.87)	0.004 (0.0002)
25	2.50 (0.13)	2.85 (0.24)	6.38 ( 0.85)	0.002 (0.0003)
20	1.83 (0.12)	1.65 (0.33)	2.14 ( 0.43)	0.001 (0.0001)
15	1.22 (0.08)	0.00 (0.00)	0.00 ( 0.00)	0.000 (0.0000)
10	0.80 (0.08)	0.00 (0.00)	0.00 ( 0.00)	0.000 (0.0000)
5	0.38 (0.08)	0.00 (0.00)	0.00 ( 0.00)	0.000 (0.0000)

表-9 (6) 伐倒木の成長解析

Table 9 (6). Growth analysis of sample tree

調査木 No. 6 Sample tree No. 6 (虫害木: insect damaged tree)

年齢 Age (yr.)	樹高 (m) Tree height	胸高直径 (cm) <i>d. b. h.</i>	胸高断面積 (cm <sup>2</sup> ) Basal Area	材積 (m <sup>3</sup> ) Volume
	総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)
212	31.00 (0.04)	58.58 (0.35)	2694.72 (32.11)	3.755 (0.0420)
211	30.96 (0.04)	58.23 (0.25)	2662.62 (22.82)	3.712 (0.0324)
210	30.91 (0.04)	57.98 (0.22)	2639.80 (20.45)	3.680 (0.0326)
209	30.87 (0.04)	57.75 (0.22)	2619.35 (20.37)	3.647 (0.0316)
208	30.83 (0.04)	57.53 (0.23)	2598.98 (20.29)	3.616 (0.0319)
207	30.78 (0.04)	57.30 (0.27)	2578.69 (24.69)	3.584 (0.0308)
206	30.74 (0.04)	57.03 (0.23)	2554.00 (20.12)	3.553 (0.0331)
205	30.69 (0.04)	56.80 (0.22)	2533.88 (20.04)	3.520 (0.0284)
204	30.65 (0.04)	56.58 (0.25)	2513.84 (22.17)	3.492 (0.0291)
203	30.61 (0.04)	56.33 (0.28)	2491.68 (24.27)	3.463 (0.0283)
202	30.56 (0.04)	56.05 (0.21)	2467.41 (18.64)	3.434 (0.0308)
200	30.48 (0.05)	55.63 (0.25)	2430.13 (21.17)	3.373 (0.0297)
195	30.24 (0.06)	54.40 (0.25)	2324.27 (20.70)	3.225 (0.0300)
190	29.95 (0.06)	53.18 (0.28)	2220.77 (23.08)	3.075 (0.0301)
185	29.65 (0.06)	51.78 (0.28)	2105.38 (22.07)	2.924 (0.0291)
180	29.36 (0.07)	50.40 (0.24)	1995.03 (18.77)	2.779 (0.0227)
175	29.02 (0.07)	49.20 (0.21)	1901.16 (15.68)	2.665 (0.0250)
170	28.68 (0.07)	48.18 (0.26)	1822.77 (19.04)	2.540 (0.0365)
165	28.33 (0.07)	46.90 (0.31)	1727.57 (22.10)	2.358 (0.0302)
160	27.99 (0.07)	45.38 (0.30)	1617.05 (20.68)	2.207 (0.0329)
155	27.64 (0.07)	43.90 (0.30)	1513.63 (20.33)	2.042 (0.0364)
150	27.30 (0.13)	42.40 (0.30)	1411.96 (19.63)	1.860 (0.0298)
145	26.68 (0.13)	40.90 (0.31)	1313.82 (19.54)	1.711 (0.0328)
140	26.05 (0.13)	39.35 (0.38)	1216.13 (22.63)	1.547 (0.0308)
135	25.43 (0.11)	37.48 (0.37)	1102.99 (21.24)	1.393 (0.0310)
130	24.90 (0.10)	35.63 (0.35)	996.78 (18.84)	1.238 (0.0267)
125	24.40 (0.10)	33.90 (0.34)	902.59 (17.40)	1.105 (0.0260)
120	23.90 (0.10)	32.23 (0.33)	815.60 (16.28)	0.975 (0.0224)
115	23.40 (0.18)	30.58 (0.36)	734.21 (16.55)	0.863 (0.0252)
110	22.50 (0.20)	28.80 (0.30)	651.44 (13.00)	0.737 (0.0201)
105	21.50 (0.27)	27.33 (0.34)	586.42 (13.94)	0.636 (0.0200)
100	20.16 (0.23)	25.65 (0.34)	516.73 (13.06)	0.536 (0.0181)
95	18.99 (0.15)	23.98 (0.37)	451.45 (13.40)	0.446 (0.0170)
90	18.22 (0.15)	22.13 (0.34)	384.46 (11.20)	0.361 (0.0151)
85	17.45 (0.35)	20.45 (0.39)	328.46 (11.79)	0.286 (0.0149)
80	15.70 (0.31)	18.53 (0.39)	269.53 (10.75)	0.211 (0.0115)
75	14.16 (0.33)	16.58 (0.41)	215.77 (10.01)	0.153 (0.0098)
70	12.50 (0.40)	14.53 (0.34)	165.70 ( 7.30)	0.104 (0.0066)
65	10.50 (0.40)	12.83 (0.36)	129.18 ( 6.66)	0.071 (0.0054)
60	8.50 (0.35)	11.05 (0.38)	95.90 ( 6.03)	0.044 (0.0040)
55	6.73 (0.29)	9.15 (0.36)	65.76 ( 4.61)	0.024 (0.0020)
50	5.30 (0.17)	7.38 (0.31)	42.72 ( 3.21)	0.014 (0.0013)
45	4.47 (0.17)	5.83 (0.23)	26.65 ( 1.86)	0.007 (0.0005)
40	3.63 (0.13)	4.70 (0.19)	17.35 ( 1.26)	0.005 (0.0001)
35	3.00 (0.10)	3.75 (0.19)	11.04 ( 0.96)	0.004 (0.0004)
30	2.50 (0.10)	2.83 (0.22)	6.27 ( 0.77)	0.002 (0.0003)
25	2.00 (0.10)	1.75 (0.25)	2.41 ( 0.44)	0.001 (0.0001)
20	1.50 (0.09)	0.50 (0.10)	0.20 ( 0.04)	0.000 (0.0000)
15	1.03 (0.09)	0.00 (0.00)	0.00 ( 0.00)	0.000 (0.0000)
10	0.57 (0.07)	0.00 (0.00)	0.00 ( 0.00)	0.000 (0.0000)
5	0.21 (0.04)	0.00 (0.00)	0.00 ( 0.00)	0.000 (0.0000)

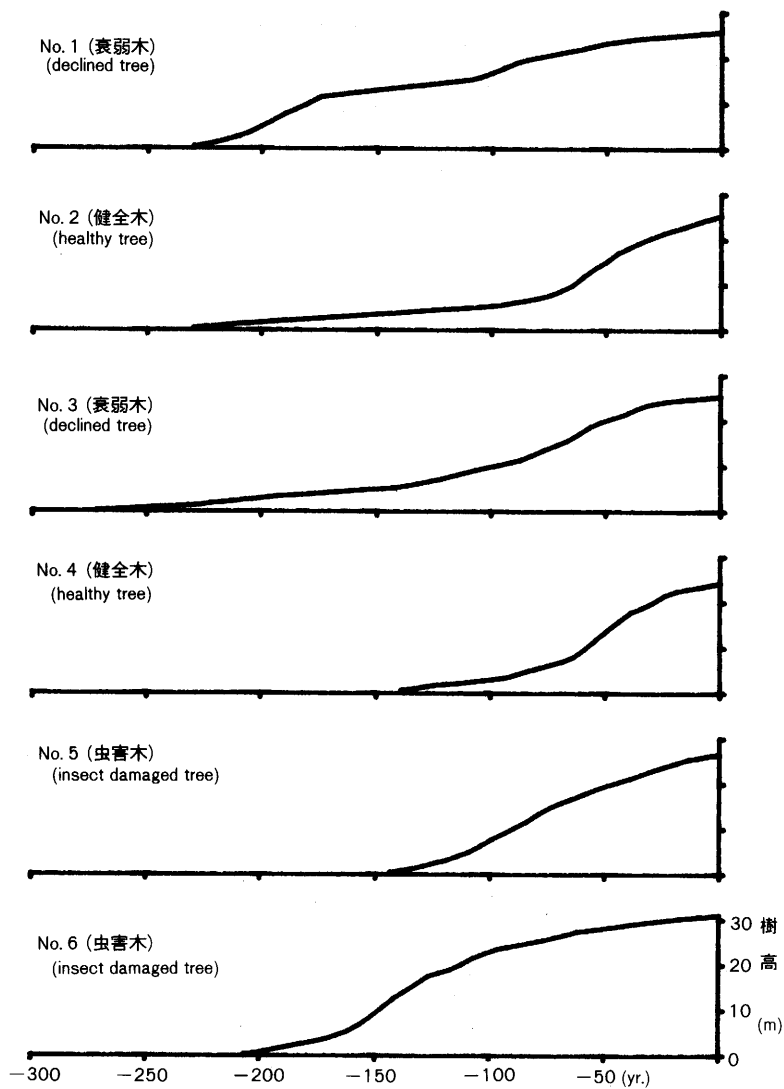


図-7 (1) 伐倒調査木の成長解析 (樹高)

Fig.7 (1). Growth analysis of sample trees (tree height).

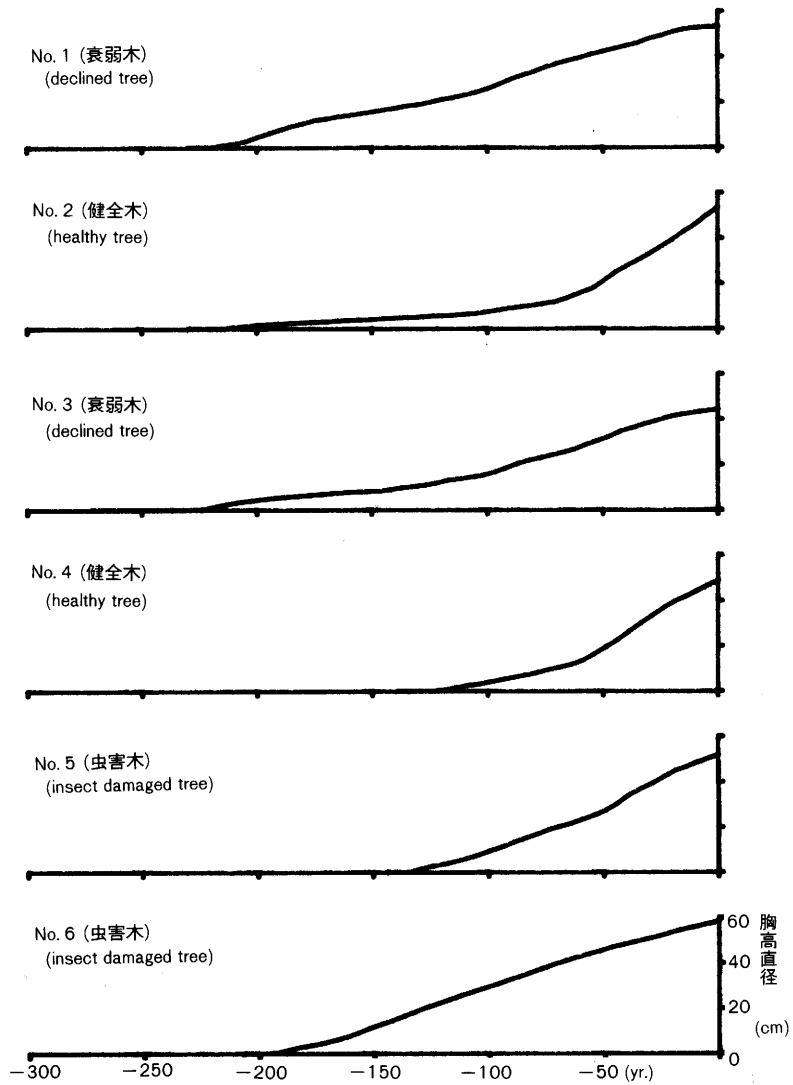


図-7 (2) 伐倒調査木の成長解析 (胸高直径)

Fig.7 (2). Growth analysis of sample trees (*d. b. h.*).

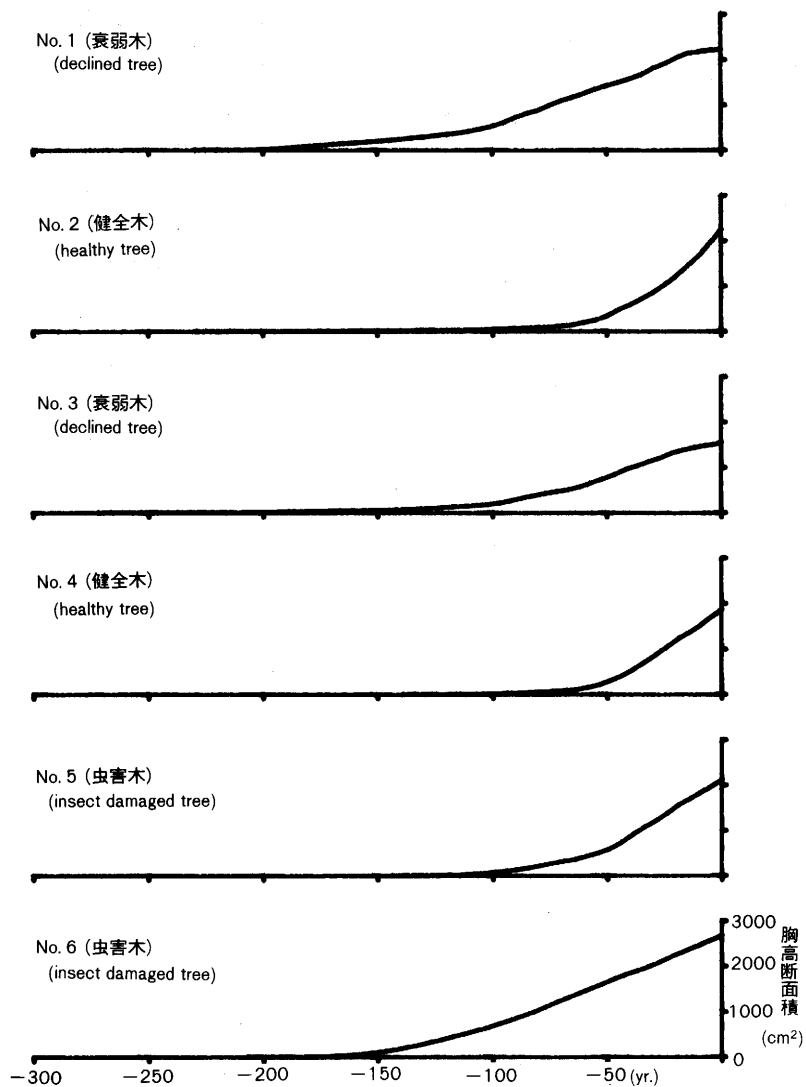


図-7 (3) 伐倒調査木の成長解析 (胸高断面面積)

Fig.7 (3). Growth analysis of sample trees (basal area).

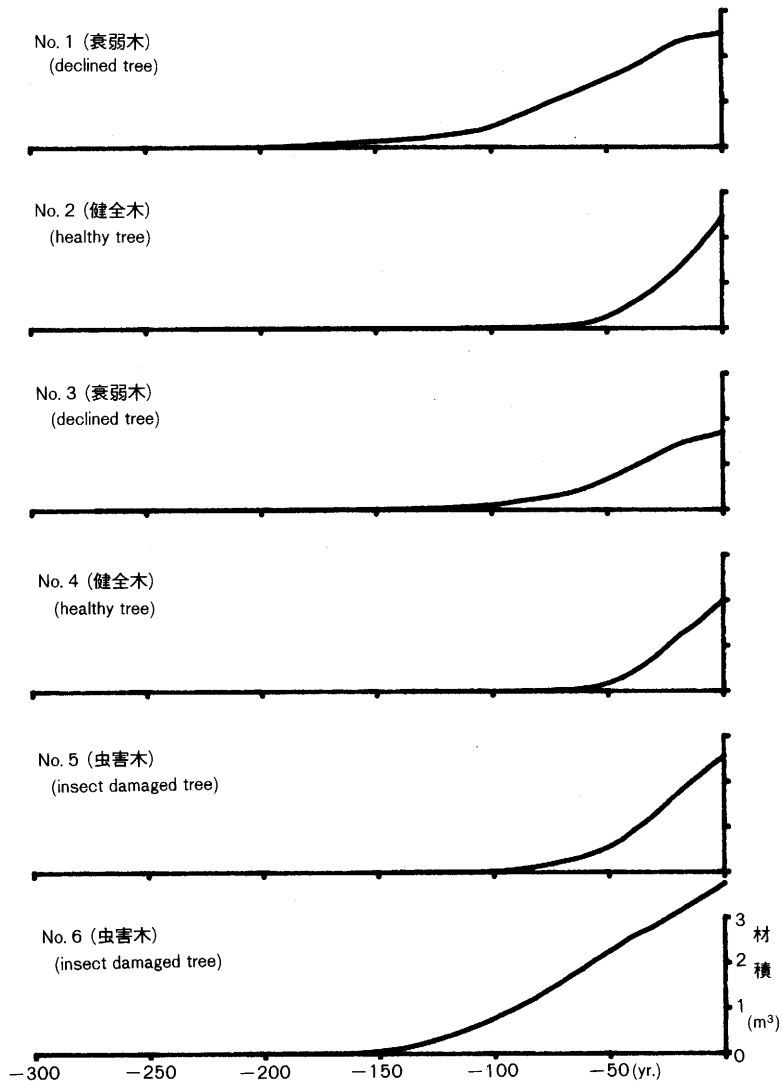


図-7 (4) 伐倒調査木の成長解析 (材積)

Fig.7 (4). Growth analysis of sample trees (stem volume).

表-10 (1) 上部直径の連年成長量

Table 10 (1). Annual increment of upper diameter

調査木 No.1 Sample tree No.1 (衰弱木: declined tree)

地上高 Height	最近 10 年間 Latest 10 yrs.	20 年前～10 年前 20-10 yrs. ago	30 年前～20 年前 30-20 yrs. ago	40 年前～30 年前 40-30 yrs. ago
0.0 m	0.138 cm	0.360 cm	0.338 cm	0.273 cm
0.3	0.110	0.330	0.350	0.275
1.3	0.065	0.283	0.325	0.243
3.3	0.092	0.155	0.225	0.213
5.3	0.042	0.120	0.278	0.210
7.3	0.045	0.155	0.213	0.223
9.3	0.048	0.170	0.268	0.240
11.3	0.035	0.116	0.236	0.231
13.3	0.036	0.155	0.212	0.287
15.3	0.038	0.126	0.238	0.258
17.3	0.051	0.173	0.216	0.259
19.3	0.047	0.117	0.261	0.284
21.3	0.048	0.266	0.320	0.407
23.3	0.072	0.270	0.305	0.297
24.3	0.085	0.218	0.146	0.028

調査木 No. 2 Sample tree No. 2 (健全木: healthy tree)

地上高 Height	最近 10 年間 Latest 10 yrs.	20 年前～10 年前 20-10 yrs. ago	30 年前～20 年前 30-20 yrs. ago	40 年前～30 年前 40-30 yrs. ago
0.0 m	0.918 cm	0.785 cm	0.648 cm	0.725 cm
0.3	0.820	0.765	0.735	0.720
1.3	0.748	0.675	0.600	0.563
3.3	0.605	0.555	0.550	0.545
5.3	0.560	0.560	0.550	0.568
7.3	0.545	0.510	0.555	0.608
9.3	0.540	0.588	0.543	0.658
11.3	0.515	0.503	0.580	0.680
13.3	0.500	0.525	0.570	0.725
15.3	0.488	0.525	0.570	0.750
17.3	0.480	0.563	0.533	0.525
19.3	0.505	0.595	0.460	0.000
21.3	0.460	0.485	0.000	0.000
23.3	0.430	0.000	0.000	0.000
24.3	0.240	0.000	0.000	0.000

を上回り、健全木に近い成長を示している。このことから虫害木 2 本は、最近まで着葉量や個々の葉の活力の面で健全木とあまり変わらない状態であったものと思われる。

最近の樹高成長をもう少し長い時間の尺度で見تينことにする。被圧期間を脱して、十分な生育空間を得る時期を樹高 10 m に達した時と想定すると、健全木 2 本は旺盛な成長を始めてから、60 年程度しか経過していない。これに対して、衰弱木 No. 1 は 170 年、No. 3 は 100 年、虫害木 No. 6 は 150 年も経過している。このように被圧期間を脱してからの時間でみると、健全木



表-10 (2) 上部直径の連年成長量

Table 10 (2). Annual increment of upper diameter

調査木 No. 3 Sample tree No. 3 (衰弱木: declined tree)

地上高 Height	最近 10 年間 Latest 10 yrs.	20 年前～10 年前 20-10 yrs. ago	30 年前～20 年前 30-20 yrs. ago	40 年前～30 年前 40-30 yrs. ago
0.0 m	0.190 cm	0.258 cm	0.410 cm	0.425 cm
0.3	0.193	0.258	0.370	0.435
1.3	0.148	0.183	0.300	0.303
3.3	0.158	0.193	0.285	0.290
5.3	0.138	0.173	0.280	0.310
7.3	0.113	0.158	0.278	0.295
9.3	0.138	0.188	0.300	0.346
11.3	0.128	0.163	0.285	0.365
13.3	0.120	0.148	0.303	0.373
15.3	0.128	0.140	0.328	0.390
17.3	0.128	0.145	0.353	0.405
19.3	0.110	0.165	0.365	0.430
21.3	0.108	0.150	0.415	0.430
23.3	0.110	0.155	0.323	0.048
24.3	0.088	0.175	0.093	0.000

調査木 No. 4 Sample tree No. 4 (健全木: healthy tree)

地上高 Height	最近 10 年間 Latest 10 yrs.	20 年前～10 年前 20-10 yrs. ago	30 年前～20 年前 30-20 yrs. ago	40 年前～30 年前 40-30 yrs. ago
0.0 m	0.733 cm	0.586 cm	0.820 cm	0.921 cm
0.3	0.763	0.599	0.814	0.889
1.3	0.507	0.518	0.680	0.736
3.3	0.466	0.437	0.565	0.665
5.3	0.431	0.420	0.613	0.695
7.3	0.454	0.449	0.657	0.751
9.3	0.451	0.482	0.668	0.735
11.3	0.443	0.492	0.711	0.743
13.3	0.404	0.489	0.688	0.710
15.3	0.412	0.499	0.691	0.669
17.3	0.391	0.500	0.668	0.319
19.3	0.329	0.511	0.483	0.000
21.3	0.296	0.400	0.068	0.000
22.3	0.239	0.198	0.000	0.000

は他の樹木と比べてまだまだ短いため、旺盛な成長を維持しているものと考えることができる。

樹幹解析の結果から、樹幹形の推移を知ることができる。相対直径  $\eta_{0.5}$  は、樹高の 10% の高さの基準直径  $D_{0.9}$  に対する、樹高の 50% の高さの  $D_{0.5}$  の比として定義され、相対的な樹幹形を示す指標として一般的によく用いられる。そこで、各断面高の直径測定値に 5 次式を当てはめて相対幹曲線式を決定し、任意の位置の直径を推定した。相対幹曲線式の決定には測定値が 6 個以上必要になるので樹高 7.3 m となる時点以前の相対直径は求めている (表-11)。相対直径  $\eta_{0.5}$  が大きいのは衰弱木 No. 1 と虫害木 No. 6 で、樹冠上層を占めている期間が長く、ほぼ安定して

表-10 (3) 上部直径の連年成長量

Table 10 (3). Annual increment of upper diameter

調査木 No. 5 Sample tree No. 5 (虫害木: insect damaged tree)

地上高 Height	最近 10 年間 Latest 10 yrs.	20 年前～10 年前 20-10 yrs. ago	30 年前～20 年前 30-20 yrs. ago	40 年前～30 年前 40-30 yrs. ago
0.0 m	0.530 cm	0.723 cm	0.735 cm	0.740 cm
0.3	0.508	0.730	0.730	0.750
1.3	0.368	0.458	0.510	0.643
3.3	0.328	0.430	0.510	0.570
5.3	0.330	0.415	0.490	0.538
7.3	0.285	0.400	0.520	0.505
9.3	0.293	0.380	0.523	0.515
11.3	0.318	0.388	0.493	0.535
13.3	0.310	0.373	0.505	0.475
15.3	0.318	0.428	0.488	0.460
17.3	0.318	0.428	0.498	0.460
19.3	0.293	0.438	0.518	0.455
21.3	0.300	0.455	0.453	0.163
23.3	0.278	0.380	0.135	0.000
25.3	0.253	0.000	0.000	0.000
26.3	0.060	0.000	0.000	0.000

調査木 No. 6 Sample tree No. 6 (虫害木: insect damaged tree)

地上高 Height	最近 10 年間 Latest 10 yrs.	20 年前～10 年前 20-10 yrs. ago	30 年前～20 年前 30-20 yrs. ago	40 年前～30 年前 40-30 yrs. ago
0.0 m	0.363 cm	0.395 cm	0.373 cm	0.295 cm
0.3	0.377	0.465	0.375	0.270
1.3	0.253	0.245	0.278	0.223
3.3	0.200	0.200	0.210	0.143
5.3	0.193	0.175	0.190	0.155
7.3	0.185	0.173	0.175	0.140
9.3	0.178	0.170	0.180	0.155
11.3	0.178	0.175	0.205	0.155
13.3	0.178	0.183	0.178	0.158
15.3	0.195	0.175	0.175	0.185
17.3	0.175	0.183	0.188	0.188
19.3	0.170	0.163	0.165	0.170
21.3	0.145	0.170	0.175	0.178
23.3	0.130	0.163	0.165	0.163
25.3	0.163	0.160	0.160	0.135
27.3	0.163	0.158	0.168	0.145
29.3	0.128	0.190	0.180	0.045
30.3	0.135	0.090	0.000	0.000

0.72～0.76 の値を維持している。虫害木 No. 5 も、最近の 40 年間は 0.70 前後の値を安定して示していた。これに対して健全木 No. 4 は 50 年前から 10 年前までの 40 年間に急激に上部直径が肥大しており、健全木 No. 2 は 55 年前から 25 年前までの 30 年間に相対直径  $\eta_{0.5}$  が増大してい

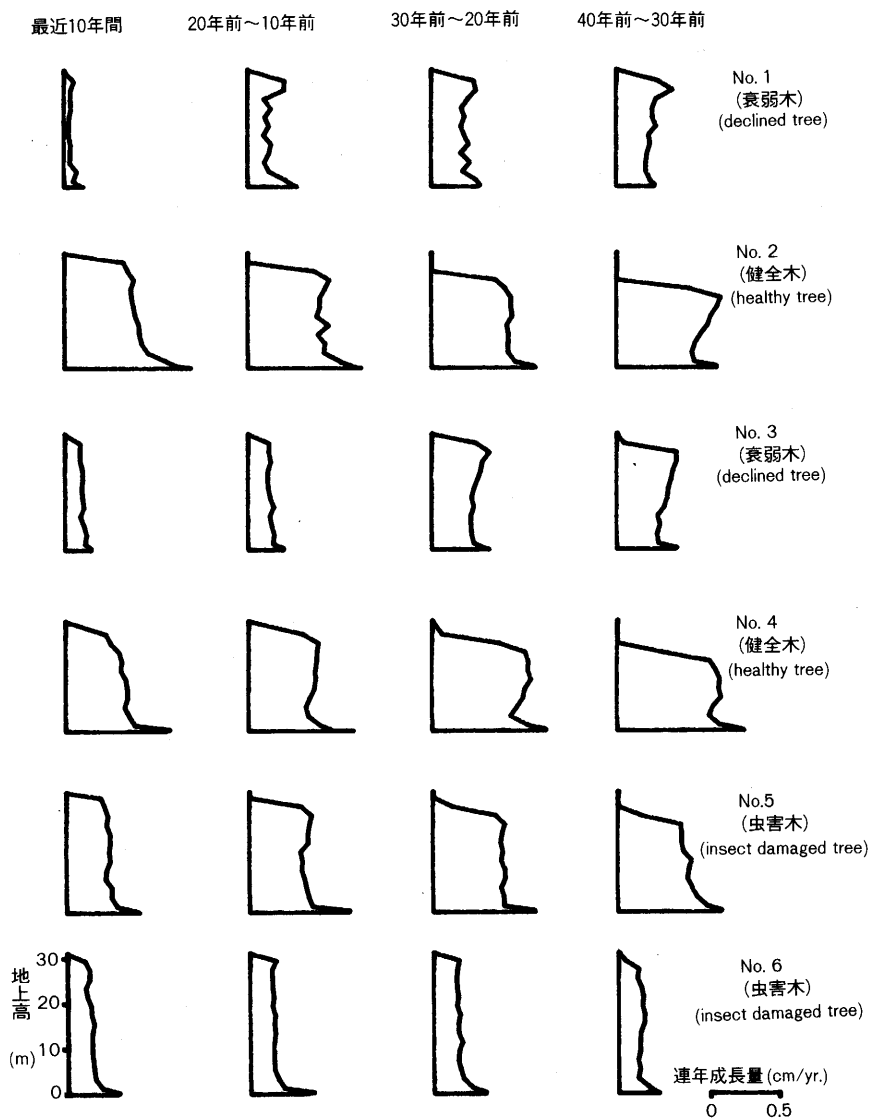


図-8 上部直径の連年成長量

Fig. 8. Annual increment of upper diameter.

た。一方、衰弱木 No. 3 は 90 年前に変調を来し、30 年間に 0.70 から 0.57 に減少し、その後の 30 年間に 0.63 まで回復しているが、6 本の中では伐倒時の相対直径  $\eta_{0.5}$  が最も小さい。以上のことから、虫害木 2 本は最近 40 年間程度はほぼ安定した樹幹形を保っており、着葉量や個々の葉の活力の面でも安定していたものと考えられる。

#### c) 菌類調査

表-12 に健全木と衰弱木（虫害木を含む）ごとに調べた寄生菌類とその寄生状況を示す。検出された菌類の種類数は、健全木で 4 種、衰弱木ではそれよりやや多い 6 種であった。得られた菌

表-11 相対直径 ( $\eta_{0.5}=D_{0.5}/D_{0.9}$ ) の推移  
 Table 11. Transition of relative diameter  $\eta_{0.5} (D_{0.5}/D_{0.9})$

年前 yrs. ago	調査木番号 No. of sample tree					
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
1	0.747	0.695	0.629	0.686	0.694	0.727
2	0.749	0.707	0.629	0.695	0.700	0.728
3	0.750	0.706	0.628	0.695	0.700	0.727
4	0.751	0.707	0.629	0.694	0.700	0.727
5	0.753	0.707	0.629	0.693	0.700	0.727
6	0.754	0.708	0.628	0.693	0.703	0.729
7	0.753	0.709	0.629	0.693	0.700	0.728
8	0.753	0.712	0.629	0.692	0.701	0.728
9	0.753	0.714	0.629	0.690	0.700	0.728
10	0.753	0.713	0.629	0.688	0.699	0.728
11	0.754	0.715	0.629	0.688	0.699	0.727
15	0.753	0.703	0.631	0.674	0.693	0.725
20	0.757	0.701	0.630	0.669	0.695	0.725
25	0.759	0.705	0.629	0.648	0.693	0.726
30	0.758	0.698	0.625	0.632	0.689	0.729
35	0.756	0.694	0.617	0.618	0.688	0.729
40	0.751	0.678	0.612	0.585	0.691	0.731
45	0.743	0.651	0.605	0.576	0.677	0.724
50	0.739	0.627	0.597	0.547	0.669	0.727
55	0.737	0.602	0.579	0.531	0.683	0.729
60	0.739	0.623	0.568	0.553	0.678	0.727
65	0.736	0.655	0.572	—	0.668	0.724
70	0.736	—	0.582	—	0.659	0.725
75	0.742	—	0.600	—	0.636	0.726
80	0.744	—	0.635	—	0.603	0.732
85	0.736	—	0.661	—	0.601	0.731
90	0.738	—	0.703	—	—	0.732
95	0.743	—	0.702	—	—	0.732
100	0.752	—	0.702	—	—	0.733
105	0.756	—	0.672	—	—	0.733
110	0.760	—	—	—	—	0.740
115	0.752	—	—	—	—	0.750
120	0.741	—	—	—	—	0.751
125	0.744	—	—	—	—	0.744
130	0.724	—	—	—	—	0.718
135	0.726	—	—	—	—	0.719
140	0.744	—	—	—	—	0.721
145	0.754	—	—	—	—	0.735
150	0.761	—	—	—	—	—
155	0.764	—	—	—	—	—
160	0.760	—	—	—	—	—
165	0.752	—	—	—	—	—
170	0.760	—	—	—	—	—
175	0.733	—	—	—	—	—

注) Nos. 1, 3: 衰弱木, Nos. 2, 4: 健全木, Nos. 5, 6: 虫害木.

Nos. 1, 3: declined tree, Nos. 2, 4: healthy tree, Nos. 5, 6: insect damaged tree.

表-12 エゾマツの天然生成木（健全木・衰弱木・虫害木）で検出された寄生菌類とその寄生状況  
 Table 12. Fungi found on adult Yezo spruce (healthy, declined and insect damaged tree) in natural forest and their parasitic degree

健全木 On healthy trees		
寄生菌類 (和名) Fungi	寄生部位 Part of attack	子実体形成程度 Degree of fruit body developed
<i>Chrysomyxa deformans</i> (新芽葉さび病菌) ****	針 葉 on needles	±
<i>Lachnellula</i> sp. (がんしゅ病菌) *	枯死枝 on dead branches	±
<i>Lophodermium nervisequia</i> (葉ふるい病菌) *	針 葉 on needles	±
<i>Thekopsora areolata</i> (球果さび病菌) ****	球 果 on cones	+
(調査木2本) Number of sample tree: 2		
衰弱木・虫害木 On declined trees and insect damaged trees		
<i>Aleurodiscus amorphus</i> (アカコウヤクタケ) ***	枯死枝 on dead branches	+
<i>Hirschioporus abietinus</i> (シハイタケ) ***	枯死枝幹 on dead branches and trunks	+
<i>Lachnellula calyciformis</i> (がんしゅ病菌) *	枯死枝幹 on dead branches and trunks	+
<i>Lophodermium nervisequia</i> (葉ふるい病菌) *	枯死針葉 on dead needles	+
<i>Tryblidiopsis pinastri</i> (トリブリディオブシス枝枯病菌) *	枯死枝幹 on dead branches and trunks	++
<i>Valsa abietis</i> (キトスポラ胴枯病菌) **	枯死枝幹 on dead branches and trunks	+
(調査木4本; 衰弱木2, ヤツバキクイムシ虫害木2) Number of sample tree: 4; declined tree 2, insect damaged tree 2		

\* 子のう菌類, \*\* 不完全菌類, \*\*\* 担子菌類, \*\*\*\* さび菌類

Ascomycetes, Fungi imperfecti, Basidiomycetes, Rust fungi

±: 極少, rarely recognized, +: 少, slightly recognized, ++: 中, moderately recognized

類は、いずれも子実体の形成程度は小さく、やや目立って観察されたのは衰弱木の *Tryblidiopsis pinastri* (トリブリディオブシス枝枯病菌) のみであった。この病原菌は HEPTING (1964) および 高橋 (1979) によれば、トウヒ属やマツ属樹木の枝枯性病害を起こす病原菌となっているが、病原性は弱いとされている。このようなことから、エゾマツ生立木の衰弱の原因は他の要因によるものと考察される。

### 3. ナラタケ病調査

エゾマツ衰弱木 15 本の樹幹下部（地ぎわ）からは全くナラタケ病菌の白色菌糸膜は認められなかった。調査本数が少ないためさらに調査を続ける必要があるが、特に衰弱木と本病原菌との関連性はないものと推測される。

## IV. ま と め

森林衰退現象の長期的なモニタリング調査の一環として前報トドマツと同じ地域において、エゾマツ天然木を対象に 28 本の観察木を設定した。さらに、健全木と衰弱木および虫害木を各 2 本ずつ伐倒し、枝枯れ・着葉調査、伸長・肥大成長量の解析および菌類寄生状況の調査を行った。観察木と伐倒木の調査の結果、次の諸点が明らかにされた。

着葉量、葉の色調などの外観的な健康状態から「衰弱」と判断した木は、「健全」と判断した木に比べると次の 1)~4) のような違いが明らかになった。また、ヤツバキクイムシによる「虫害木」は、健全木と衰弱木に比べると 5) および 6) の点が明らかにされた。

1) 被圧期間を脱してから時間が長く、最近 20 年間の伸長および肥大成長は明らかに減退している。

2) 梢端部の枝枯れと着葉量は顕著な差異はなく、前報のトドマツ衰弱木に見られたような集中的な疎化現象は認められない。

3) 針葉の長さが短い傾向が認められる。

4) ナラタケ病菌をはじめとする病原性の強い菌は認められなかった。よって、この衰退の原因は菌類以外の要因によるものと推測される。

5) 最近 20 年間の伸長、肥大成長は衰弱木を上回っており、健全木に近い成長を示している。したがって、ヤツバキクイムシは必ずしも成長の低下した木を攻撃しているとは限らない。

6) 最近 40 年間程度はほぼ安定した樹幹形を保っており、着葉量や個々の葉の活力においても安定していたものと考えられる。

上記の 1)~3) から、健全木と衰弱木の着葉量や葉の色調の差が樹木全体の成長量の差となって現れるということができる。このことは、前報のトドマツの調査結果と極めてよく一致する。したがって、エゾマツにおいても外観上の着葉量や葉の色調から樹木の健全度を推定することが十分に可能である。

また、5), 6) から、エゾマツの枯損は外観的に健全にみられてもヤツバキクイムシの加害によって急速に進行するため、着葉量および葉の色調に基づいた健全度や成長量からこれを予想することは難しい。この点については、さらに個体数を増やした調査や今後の観察木の調査をとおして、引続き虫害木の特徴や生育環境などを記録して総合的に検討する必要がある。

前報のトドマツでは固定標準地の調査から演習林全体の衰弱木の出現頻度とその時間的变化についての検討を行い、近年特に衰弱木の割合が高くなっているとは考えられないという結果を得た。この点については、エゾマツについても今後、トドマツと同様に固定標準地における健全度調査と成長資料などの広い視点からさらに検討を行なう必要がある。

## 要 旨

亜寒帯林における森林衰退現象のモニタリング調査・研究の一環として、ヤツバキクイムシに

よる虫害木が発生している東京大学北海道演習林の標高 400 m～850 m の天然林においてエゾマツを対象に調査を行った。前報のトドマツと同様に観察木を設定し、着葉、葉の色調、着果による健全度調査を開始した。さらに、健全木、衰弱木、虫害木を各 2 本ずつ伐倒し、着葉・着果の状況、伸長および肥大成長量の解析を行った。その結果、トドマツ衰退木にみられた樹冠梢端部の集中的な疎化現象は認められなかった。最近 20 年間における伸長・肥大成長量は健全木は優れ、衰弱木は減退していたが、虫害木の成長は衰弱木よりも旺盛であった。エゾマツの枯損はヤツバキクイムシの加害によって急速に進行し、着葉量、葉の色調などに基づく健全度や成長量からこれを予測することは困難であることがわかった。衰弱木に対する菌類調査およびナラタケ病調査からは、病原性の菌類とナラタケ病菌は検出されなかった。したがって、この衰退の原因は菌類(病原菌)によるものではなく、他の要因によるものと思われた。

キーワード：森林衰退，エゾマツ，ヤツバキクイムシ，健全度，着葉量

## 引用文献

- BREITENBACH, J. and F. KRÄNZLIN: Fungi of Switzerland Vol. 1. Ascomycetes. 313 pp, Verlag Mycologia, Switzerland, 1984.
- and ———: Fungi of Switzerland Vol. 2. Heterobasidiomycetes. Aphyllophroales and Gasteromycetes. 412 pp, Verlag Mycologia, Switzerland, 1986.
- 古田公人・高橋郁雄・安藤祥一・井上 真: ヤツバキクイムシ(*Ips typographus japonicus* NIIJIMA)の風害後の繁殖と大量誘殺による枯損防止. 東大演報, 74, 39-65, 1985.
- 原田 泰・柳沢聰雄: エゾマツの形態的変異について I. 球果及び枝條型. 昭 24 林試札幌支場講演集, 49-65, 1950.
- Hepting, G. H.: Diagnosis of disease in American forest and shade trees. Part I Diseases of coniferous species. 429 pp, U. S. Forest Service, North Carolina, 1964.
- 今関六也・本郷次雄: 原色日本新菌類図鑑 (II). 315 pp, 保育社, 大阪, 1989.
- 伊藤誠哉・日本菌類誌 2 (担子菌類). 450 pp, 養賢堂, 東京, 1955.
- 松浦 堯: トドマツおよびエゾマツ類の着花結実の習性. 北海道の林木育種, 23(2), 24-34, 1980.
- 中山 基・古田公人・高橋郁雄・佐藤義弘・井口和信: エゾマツ天然林の伐採後の虫害枯損とヤツバキクイムシ成虫の動態. 東大演報, 84, 39-52, 1991.
- 柴田 前: 林分施業法の研究—東京大学北海道演習林における天然林施業の実験—. 東大演報, 80, 269-297, 1988.
- 高橋郁雄: 北海道中央部における針葉樹の菌類相と病害に関する研究—主として子のう菌類, 不完全菌類およびさび菌類について—. 東大演報, 69, 1-143, 1979.
- : 北海道きのこ図鑑. 363 pp, 亜細亜社, 札幌, 1991.
- 渡邊定元・柴田 前・河原 漢・芝野伸策・倉橋昭夫・佐藤義弘・穴沢 力・高田功一・高橋康夫: 1981 年台風 15 号による東京大学北海道演習林の森林被害. 演習林, 27, 80-221, 1990.
- 山本博一・倉橋昭夫・大里正一・大橋邦夫・高橋郁雄・有沢 浩・佐藤昭一・河原 漢・佐藤義弘・芝野伸策: 天然林トドマツの健全度に関する研究. 東大演報, 86, 1-31, 1991.

(1992 年 4 月 30 日受理)

## Summary

Continuous observations of forest decline in sub-arctic coniferous forest were started in the Tokyo University Forest in Hokkaido in 1991, and the health condition of Yezo spruce (*Picea jezoensis*) growing in the forest damaged by spruce beetles (*Ips typographus japonicus*) was investigated between 400 m and 850 m above sea level in the same area. The health condition of Yezo spruce trees was investigated by an assessment of volume and color of

needles, in a similar way to that in an investigation of Todo-fir in a previous report (Yamamoto *et al.*, 1991). According to this information, the trees were classified into two categories: normal and abnormal. To analyze the volume of needles, cone bearing and stem growth of sample trees, two trees from both the normal and abnormal categories and insect damaged trees were cut. In addition, the presence of pathogenic fungi on these trees was investigated. Concentric defoliation of the crown top was not found in the sample trees. Height and diameter increment of the normal trees were larger than those of abnormal ones during the latest twenty years. However, insect damaged trees grew larger than abnormal trees. Based on this information, we estimated that healthy grown trees were killed by the spruce beetles within a few months. Consequently, it is difficult to predict insect damage on the basis of health indicators and stem growth. No pathogenic fungus or the mycelial mat of *Armillariella*-root rot were found. Therefore, it was considered that the decline of Yezo spruce observed on the sample trees was caused by factors other than pathogenic fungi.

**Key words:** Forest decline, *Picea jezoensis*, *Ips typographus japonicus*, Health evaluation, Defoliation