

天然林トド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—

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 漠*・佐藤義弘*・芝野伸策*

Health Evaluations of Natural *Abies sachalinensis*

—A Case Study in the Tokyo University Forest in Hokkaido—

Hirokazu YAMAMOTO,* Akio KURAHASHI,* Shoichi OHSATO,* Kunio OHASHI,*
Ikuo TAKAHASHI,* Hiroshi ARISAWA,* Shoichi SATO,* Shigeru KAWAHARA,*
Yoshihiro SATO* and Shinsaku SHIBANO*

I. はじめに

近年、地球的規模での環境変化にともなう森林の衰退現象が中央ヨーロッパ²⁾、北米をはじめ世界各地において確認されている。しかし、その原因については大気中の酸性降下物、土壌の酸性化、虫害、水ストレス、オゾンなど数多くの要因が上げられ、これらの内の複数の要因による複合的な現象であるという見方が有力であるが³⁾、明確な結論は得られていない。これらの要因解析のためには、森林の衰退現象の実態とその環境要因を一定の広がりをもつフィールドを対象に長期間にわたる組織的な観測によって正確に把握することが必要である。

東京大学北海道演習林（以下「演習林」と略す）は亜寒帯林を代表する針広混交の天然林を擁しており、針葉樹を中心とした樹木の梢端部の異常落葉現象が観察されている。すなわち、天然林トドマツの針葉の黄化、早期落葉、樹冠の疎化などの衰退現象である。これは、一時的な現象なのか長期的なある傾向の兆しであるのかはまだ明かではないが、この現象を客観的な資料として記録にとどめておく必要があると思われる。衰退現象の原因として、①気候の変化、②1981年の風害⁹⁾、③酸性降下物の影響、④樹木の寿命、⑤択伐施業の回帰年の長期化、⑥病虫害などいくつかの要因が想定され、多面的な角度からの調査が必要である。

著者らは、森林衰退現象の実態把握には長期的な調査・観察および観測を行なわなければならないと考え、演習林内の天然林のほぼ全域に自生するトドマツ^{1,4)}を対象として、①観察木を設定し、針葉の着生量、針葉の色調、雄花の着花状況、地衣類の着生状況の調査を行っている。また、②衰弱木にどのような現象が起こっているかを詳しく観察するため、外観から判断される健全木および衰弱木を伐倒し、着葉・着花（果）・輪生枝の枝枯れ状況、樹幹各部の直径成長量の調査を行った。さらに、③広い視点から演習林全体の衰弱木の出現頻度を推定し、過去の森林の状況と比較するために、長期的な成長測定を行っている固定標準地内のトドマツの着葉・健全度調査を行い、これまでの成長記録との関係を解析し、④その調査結果に基づき固定標準地の成長資料

* 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.



図-1 観察木の例

Fig. 1. Example of observation trees (*Abies sachalinensis*)
 注) 標高 710 m, 前景左から落葉程度 7 点, 5 点, 2 点.
 710 m in altitude, from left side, defoliation degree 7, 5, 2.

から最近 20 年間のトドマツ天然木の生育状況を検討し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

衰弱木の性状とその推移を把握するため、1990 年に演習林の天然林施業実験林内⁷⁾の林道上から観察が容易な樹木の中から、図-1 に示すように典型的な衰弱木と隣接する健全木と組み合わせてトドマツ 20 本を選び、年 2 回、定期的に観察を行うこととした。1990 年は、7 月 31 日と 11 月 2 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樹冠全体を対象に落葉程度の多少を 10 クラス (少 10→多 1) にわけ針葉の密度を評価した。③樹冠全体を対象に針葉の黄化程度を 10 クラス (少 10→多 1) にわけ、針葉の健康状態を評価した。④樹冠全体を対象に雄花の着花状況を 5 クラス (多, 中, 少, 極少, 無) にわけ評価した。⑤地衣類の形成状況を 5 クラス (多, 中, 少, 極少, 無) にわけて評価した。

2. 健全木と衰弱木の伐倒調査

調査地は、演習林 7 林班 C 小班、標高 650 m, 傾斜度 5~10% の南西向きの斜面のトドマツ・エゾマツ主体の針広混交林である。この小班は 1981 年 8 月の台風 15 号で被害量 3,720 m³を生じているが⁹⁾、本調査林分は直接的な被害を免れている (図-2)。

調査木は、1990 年の直営素材生産資材の中から外観的な健康状態から総合判定して健全 2 本、やや不良 1 本、不良 3 本の計 6 本を選び、9 月中旬に伐倒した (図-3, 4)。

a) 梢端部の着花・着葉調査

梢端部の調査項目と方法は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

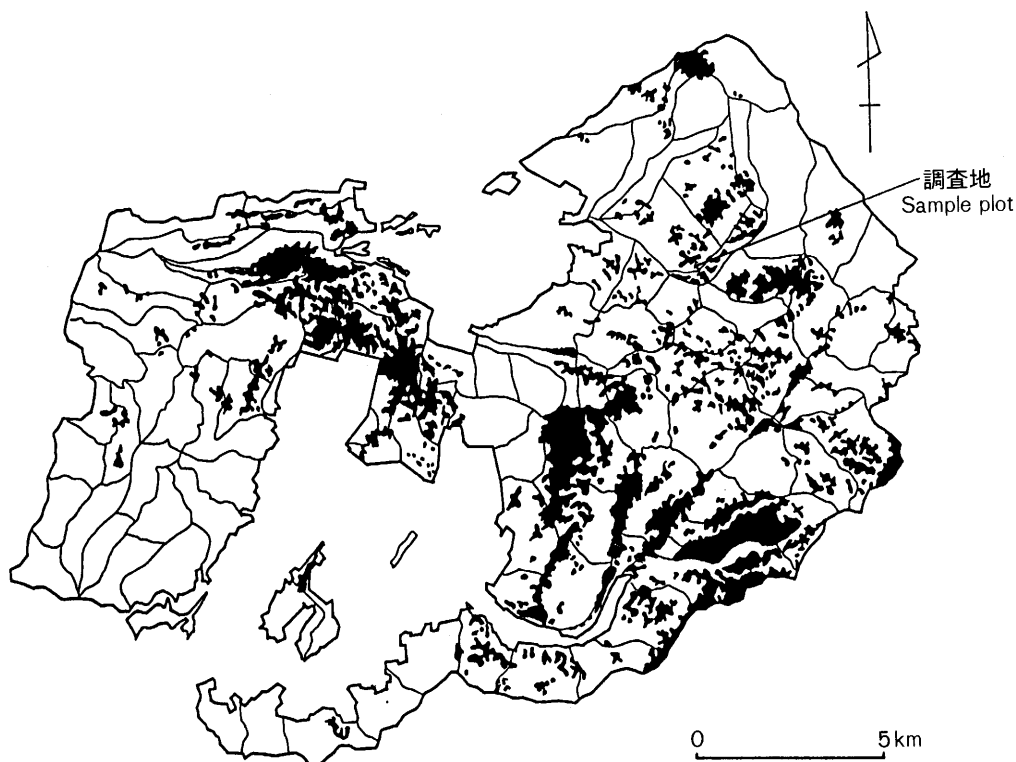


図-2 風害の激害地域

Fig. 2. Area of typhoon-damaged stands.

注) 渡辺ら⁹⁾による

間の長さを実測した。②枝の枯死：樹幹主軸の各枝階別の輪生枝本数を生・枯別に数えた。③落葉程度：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、枝主軸の年齢別の落葉程度を10（落葉10%以下）…0（落葉100%）の11クラスに分けて観察判定した。④着花（果）程度：上記の最長枝の全体を対象に、雄花痕跡と果軸をそれぞれ古いものも含めてその有無を観察した。

b) 樹幹解析

伐倒木の地ぎわ0.0 m、地上高0.3 m、1.3 mおよび以高は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、各年齢の直径、樹高、材積、胸高断面積を計算した。

3. 固定標準地内の落葉・健全度調査

東京大学北海道演習林内には天然林施業による林分蓄積および林分構造の推移を把握する目的で、図-5に示すように約20,000 haの天然林のほぼ全域にわたり、平均0.4 haの固定標準地が



図-3 伐倒調査木（健全木 No. 6）

Fig. 3. Sample tree (healthy).

注) 標高 650 m, 落葉程度 9 点 650 m in altitude, defoliation degree 9.

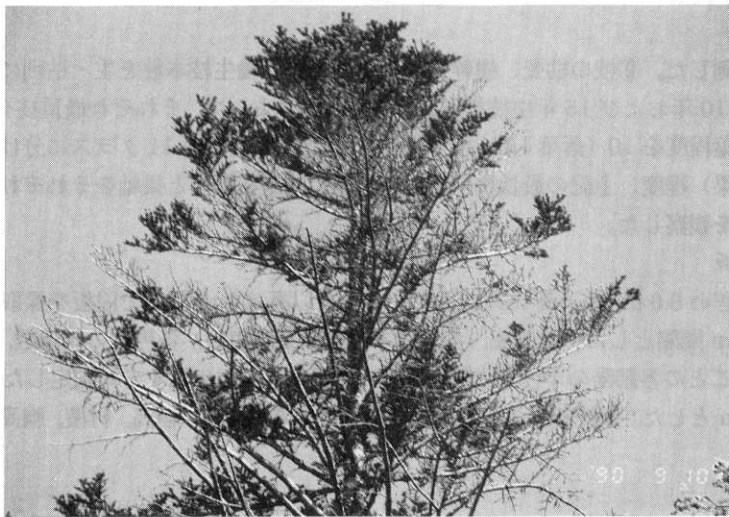


図-4 伐倒調査木（衰弱木 No.1）の梢端部

Fig. 4. Crown of a sample tree (declined).

注) 標高 650 m, 落葉程度 5 点 650 m in altitude, defoliation degree 5.

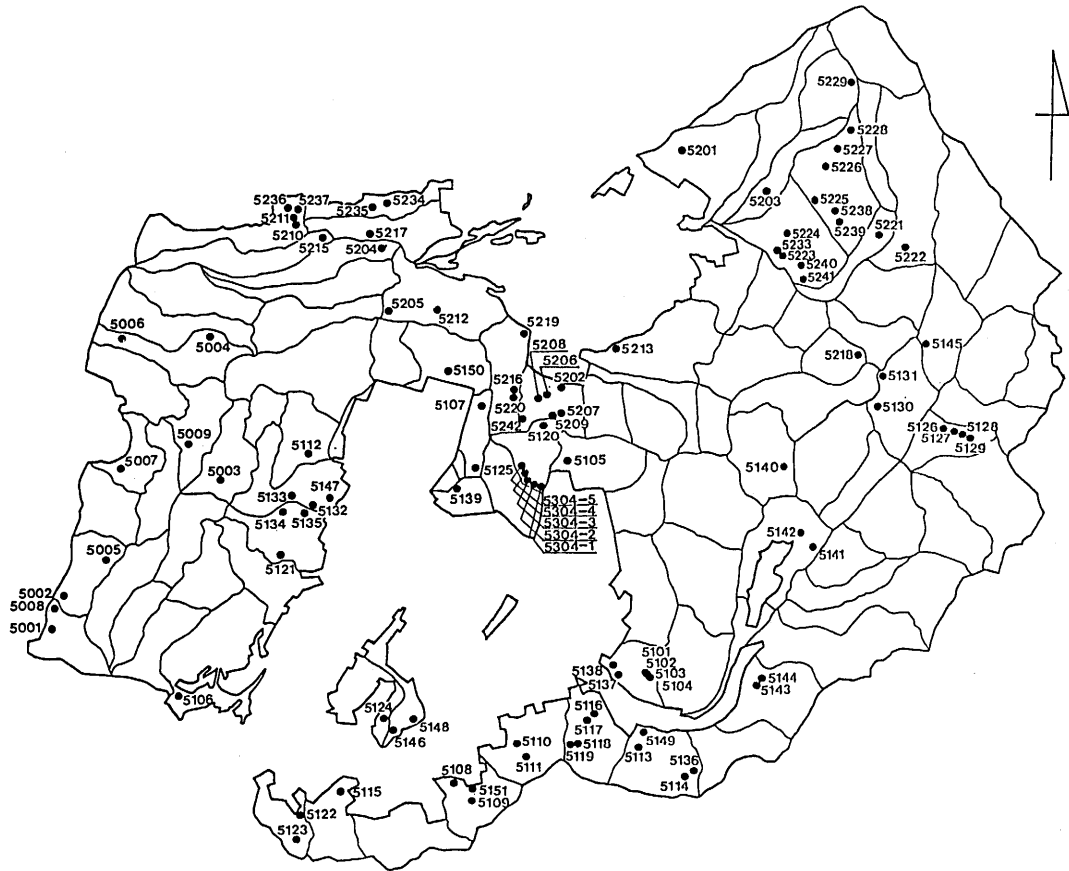


図-5 固定標準地位置図

Fig. 5. Location of permanent sample plot.

106 箇所設定されており、4 ないし 5 年ごとに直径テープを用いて 0.1 cm 単位で胸高直径を測定している⁸⁾。

1 の観察木は林道上から観察しやすい典型的な樹木を選定したが、これだけでは演習林全域に衰弱木がどの程度の割合で存在するかを把握することはできない。そこで、できるだけ幅広くランダムに資料木を選定するため、固定標準地内の樹木を観察することにした。衰弱木は上層木、大径木に多く観察されていること、また演習林の施業では胸高直径 40 cm 以上の樹木を大径木に区分していることから、胸高直径 40 cm 以上のトドマツを観察の対象とした。現在、胸高直径 40 cm 以上のトドマツが生育する固定標準地は標高 280 m から 970 m の間に 70 箇所あり、総本数は 555 本である。このうち演習林の山部、東山、麓郷の 3 地域から特に本数の多い 9 箇所の固定標準地を選び、そこに生育する 138 本について、1991 年 2 月中旬に現地調査を行い落葉の多少、針葉の黄化程度、樹冠直下よりの被度判定、樹冠の衰退型、樹冠全体の健康度の評価を行った。落葉の多少、針葉の黄化程度、樹冠直下よりの被度判定は 1 の観察木と同様に 10 クラスに分け、衰退型と健康度については 3 クラスに分けた。また、これらの固定標準地内の調査木は過去

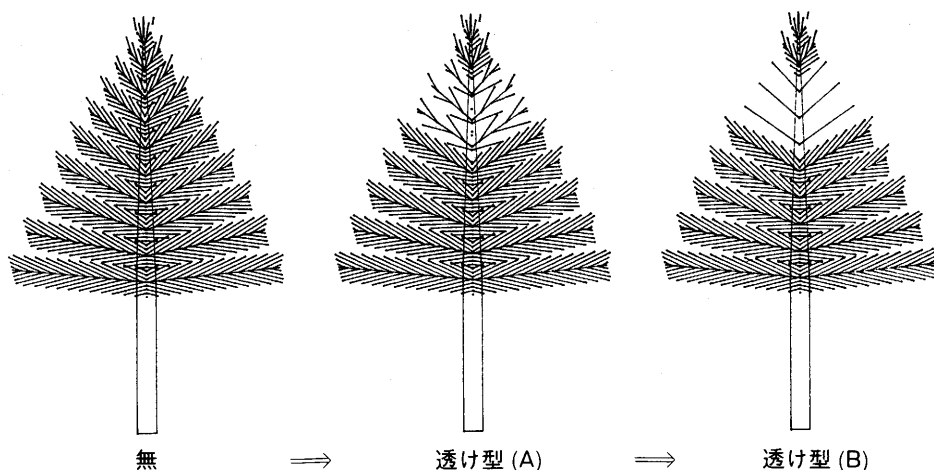


図-6 樹冠衰退型の推移

Fig. 6. Transition of crown declined pattern.

20年以上にわたって、定期的な直径測定が行われているので、最近の4ないし5ヵ年間の連年成長量の年平均を計算し、落葉程度・健全度等の観察結果との関係を調べた。

4. 固定標準地の成長資料の解析

風害以前の1970年代には、胸高直径40 cm以上のトドマツは固定標準地内に718本生育していた。これらの胸高直径の成長資料と現在生育する555本の成長資料を用いて、1970年代と1980年代のトドマツの連年成長量の分布状況を比較し、トドマツ生育に風害以前と風害後、あるいは近年の環境条件や気候の変動によって変化が生じているか否かを検討した。さらに、これらの資料を、標高・風害の有無・森林施業の有無によって分類したところ、固定標準地70箇所の内訳はそれぞれ施業林分39箇所、非施業林分31箇所、風害林分20箇所、非風害林分50箇所、標高650 m以上14箇所、標高650 m以下56箇所であった。なお、施業林分での択伐率はおおむね15~20%で、樹勢の衰えたものを優先させている。そこで、それぞれのグループごとに1970年代と1980年代の連年成長量の分布状況に関する基礎的な統計量を計算し、森林の取扱い方法や森林衰退、立地条件の要因がどのように影響しているかを検討した。

III. 結果および考察

1. 観察木

1990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. 1104とNo. 1206は着葉量が非常に少なく、かなり衰弱しているものと考えられる。特に、観察木1104ではナラタケの発生が認められた。観察木No. 1002は3ヵ月の間に落葉程度、針葉の黄化程度ともにポイントが低下していた。衰退タイプでは、透け型(B)の樹木は着葉量のポイントが低かった。このことから、図-6に示すように透け型(A)から透け型(B)に衰退が進行するものと考えられる。また、雄花の着花の多い樹木は着葉量が少なく、地衣類の着生が多くなる傾向が認

表-1 トドマツ観察木の健康状態査定
Table 1. Health evaluation of sample trees for observation (*Abies sachalinensis*)

観察木番号 No. of Sample	林小班 Compartment	標高 Altitude (m)	黄化程度 Yellowing		落葉程度 Defoliation		樹冠衰退型 Declined pattern	着花程度(雌花) Flower bearing	地衣類 ³⁾ 着生程度 Lichens	備考 Notes
			Jul. ¹⁾	Nov. ²⁾	Jul.	Nov.				
2501	25a	320	8	8	9	9		多 (abundant)	極少 (very little)	
2502			8	8	9	9		多 (abundant)	少 (little)	
1001	10a	580	6	6	6	6	透け (A) ⁴⁾	中 (medium)	中 (medium)	
1002			10	8	10	7		多 (abundant)	中 (medium)	
1201	12a (No.1)	670	9	9	8	7		多 (abundant)	少 (little)	
1202			10	10	9	9		無 (nothing)	無 (nothing)	
1203			8	8	8	8		多 (abundant)	少 (little)	
1204	12a (No.2)	710	7	7	7	7	透け (B) ⁵⁾	多 (abundant)	少 (little)	
1205			8	8	5	5	透け (B)	多 (abundant)	少 (little)	
1206			8	8	3	2	透け (B)	多 (abundant)	少 (little)	*
1207			8	8	8	8	透け (A)	中 (medium)	少 (little)	
1101	11a (No.1)	820	6	6	6	6	透け (B)	多 (abundant)	無 (nothing)	
1102			9	9	9	9		少 (little)	無 (nothing)	
1103			8	8	7	7	透け (B)	多 (abundant)	中 (medium)	**
1104			8	8	3	3	半枯れ ⁶⁾	多 (abundant)	中 (medium)	***
1105	11a (No.2)	820	9	9	8	8		多 (abundant)	無 (nothing)	
1106	11b (No.3)	850	9	8	8	8		多 (abundant)	中 (medium)	
8101	81f	400	10	10	9	9		少 (little)	無 (nothing)	
8102			5	5	7	7		多 (abundant)	中 (medium)	
8103			—	6	—	9		中 (medium)	少 (little)	

1) 調査年月日, Date of observation. 1990年7月31日, July 31, 1990.

2) 1990年11月2日, November 2, 1990.

3) 地衣類(サルオガセ等)の着生程度を多, 中, 少, 極少, 無の5クラスに判定.

Colonizing degree of lichen is divided into 5 classes, abundant, medium, little, very little, nothing.

4) see through (A).

5) see through (B).

6) half dead.

* 天狗巣病 (少), Witches'-broom (little).

** 天狗巣病 (多), Witches'-broom (abundant).

*** ナラタケ病, Armillaria-root rot.

表-2 伐倒調査木の大きさ、針葉の状況および着花(果)状況
Table 2. Health condition, flower (cone) bearing and the size of sample trees or stem analysis

調査木 No. sample tree	樹 齡 Age (yr.)	胸高直径 d. b. h. (cm)	樹 高 Tree height (m)	樹冠直径 (m)		黄化程度 ¹⁾ Yellowing	落葉程度 ²⁾ Defoliation	被 度 ³⁾ Cover degree	樹冠衰退型 ⁴⁾ Declined pattern	着花 (果) 程度 ⁵⁾ Flower (cone) bearing	
				max.	min.					雄花 (flower)	球果 (cone)
1	123	48	21.2	10.9	9.9	7	5	6	透け (B)	多 (abundant)	中 (medium)
2	100	46	23.1	8.7	8.6	9	9	8		多 (abundant)	少 (little)
3	97	38	24.9	8.1	6.7	8	4	4	透け (B)	多 (abundant)	中 (medium)
4	105	40	24.3	8.2	5.5	5	3	2	透け (B)	多 (abundant)	多 (aband.)
5	120	50	26.7	9.8	9.5	6	6	8	透け (A)	多 (abundant)	少 (little)
6	107	62	27.2	11.5	8.8	9	9			少 (little)	少 (little)

1) 樹冠全体を対象に黄化程度を10クラス(少10→多1)に判定。Yellowing degree is divided into 10 classes, minimum = 10 → maximum = 1.

2) 樹冠全体を対象に落葉程度を10クラス(少10→多1)に判定。Defoliation degree is divided into 10 classes, minimum = 10 → maximum = 1.

3) 樹冠直下より樹冠投影に対する針葉の被度状態を10クラス(密10→疎1)に判定。

Cover degree is divided into 10 classes, maximum = 10 → minimum = 1.

4) 樹冠全体を対象に透け型 (B), 透け型 (A), 無の3種類に判定。Declined pattern is divided into 3 classes, see through (B), see through (A), nothing.

5) 樹冠全体を対象に雄花は痕跡, 球果は果軸を含めて多, 中, 少, 極少, 無の5クラスに判定。

Flower (cone) bearing degree is divided into 5 classes, abundant, medium, little, very little, nothing.

表-3 樹幹主軸における最近20年間の総(A)および定期(B)樹高成長(cm)経過
Table 3. Total (A) and periodic (B) height growth in the latest 20 years

調査木 No. Sample tree	梢端よりの年齢 (age from the tree top)																				平均 (average)
	1 (1990)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1 A (total)	7	14	20	26	33	40	51	56	65	77	82	94	104	112	125	141	156	172	190	205	10.25
B (periodic)	7	7	6	6	7	7	11	5	9	12	5	12	10	8	13	16	15	16	18	15	
2 A	16	29	42	61	73	83	94	106	125	140	162	194	211	234	251	265	293	330	369	411	20.55
B	16	13	13	19	12	10	11	12	19	15	22	32	17	23	17	14	28	37	39	42	
3 A	6	11	18	33	38	45	52	56	61	73	77	91	100	108	115	129	146	177	207	232	16.60
B	6	5	7	15	5	7	7	4	5	12	4	14	9	8	7	14	17	30	30	25	
4 A	12	19	25	35	42	49	56	66	76	97	109	123	137	156	170	187	201	220	240	264	13.20
B	12	7	6	10	7	7	7	10	10	21	12	14	14	19	14	17	14	19	20	24	
5 A	6	14	22	30	38	42	49	55	63	72	84	94	109	119	129	142	157	171	185	195	9.75
B	6	8	8	8	8	4	7	6	8	9	12	10	15	10	10	13	15	14	14	10	
6 A	18	30	45	72	85	97	115	128	144	170	193	212	225	235	245	260	276	293	306	324	16.20
B	18	12	15	27	13	12	18	13	16	26	23	9	13	10	10	25	16	17	13	18	

表-4 樹冠梢端より最近20年間の輪生枝年齢別の枯死状況 (枯死本数/調査本数)
Table 4. Dead whorl branches by branch age in the latest 20 years (dead branches/sampled ones)

調査木 Sample tree	梢端よりの年齢 (age from the tree top)																				Total (A+B) (B)		
	1 (1990)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	11	12	13	14	15	16	17	18	19		20	
1	0/2	0/3	0/3	0/2	0/3	0/3	0/2	0/3	1/3	0/2	1/26	0/1	0/2	0/2	2/3	1/4	0/3	1/3	2/3	2/3	1/3	9/27	10/53
2	0/3	0/3	0/3	0/2	0/3	0/3	0/3	0/4	0/3	0/30	2/4	0/3	0/3	1/2	0/3	0/4	0/3	0/4	0/4	0/4	0/3	3/33	3/63
3	0/3	0/3	0/2	0/2	0/2	0/2	0/2	0/3	0/3	0/24	0/4	0/2	1/2	1/2	1/2	1/4	1/4	4/4	3/3	2/3	14/30	14/54	
4	0/2	0/3	0/3	0/2	0/1	0/2	0/3	0/3	0/3	0/2	0/24	0/2	1/2	1/3	0/1	2/2	2/2	4/4	3/3	3/3	19/25	19/49	
5	0/2	0/2	0/2	0/1	0/2	0/1	0/2	0/2	0/2	0/18	0/2	0/2	0/1	0/2	0/1	0/3	0/3	1/2	0/1	—	1/17	1/35	
6	0/4	0/4	0/2	0/2	0/3	0/3	0/3	0/4	0/3	0/32	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	0/2	0/3	0/29	0/61

表-5 樹冠梢端部の枝年齢別の落葉程度
Table 5. Degree of defoliation by branch age

調査木 Sample tree	輪生枝年齢 Whorl branch age	枝主軸年齢別の落葉程度 (defoliation degree by branch age) ¹⁾															Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15年	
1	5	10	10	10	10	10										50	
	9	10	10	10	10	10	3	0	0	0						53	152
	14	10	10	10	7	5	3	1	2	1	0	0	0	0	0	49	
2	5	10	10	10	10	10										50	
	10	10	10	10	10	10	5	7	7	5	1					75	187
	15	10	10	10	10	6	5	3	2	2	2	2	0	0	0	0	62
3	5	10	10	10	5	5										40	
	10	10	10	10	5	4	0	2	0	0	0					41	133
	15	10	10	10	5	5	5	3	2	1	1	0	0	0	0	0	52
4	5	10	10	8	7	5										40	
	10	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0					2	42
	15	枯死脱落 (dead)														0	
5	5	10	10	6	4	1										31	
	10	10	10	2	0	0	0	0								22	80
	15	10	10	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
6	5	10	10	10	10	7										47	
	10	10	10	10	10	10	8	4	5	1	0					68	170
	15	10	10	10	10	5	3	3	2	1	1	0	0	0	0	0	55

1) 落葉程度 10 (落葉 10% 以下) → 0 (落葉 100%).

10=under 10% defoliation→0=100% defoliation.

められた。これらの衰弱木が今後どのような経緯をたどるか、衰弱の進行速度は標高によってどのように変わるか、かなり長期的な観察が必要である。そのためには、さらに定量的な指標を追加して評価の客観性を高める必要がある。すなわち、胸高直径・樹高の測定、光学機器による落葉・黄化程度の計量手法の開発が必要である。

2. 伐倒調査

a) 梢端部の着花・着葉調査

伐倒調査木の概要は表-2 に示すとおりである。着花は健全木の No. 6 に少なく、他はいずれも多い。着果は健全木 No. 2, No. 6 に少なく、衰弱木に多いという傾向が認められた。球果着生の少ない No. 2, No. 6 は特に顕著な樹冠衰退を呈していない。したがって、樹冠衰退型は過去からの着果の多少を示す指標の一つとなるであろう。一般に樹木が外観的に衰弱していると、多数の着花(果)をみる。今回の調査木 6 本においても、健全木に少なく衰弱木に多いという傾向が認められた。

最近 20 年間の樹高成長をもとに、前半 1971~'80 年に対する最近 1981~'90 年の各 10 年間の成長を比較すると、健全木 No. 6 はあまり変化がなく良好な成長を示しているが、他の 5 本は後半 10 年間の樹高成長がほぼ半減している (表-3)。

梢端部の輪生枝の枯死は、1~10 年生枝までは健全木、衰弱木ともにいずれの調査木にも認め

表-6 樹冠梢端部の枝年齢別の着花(果)状況
Table 6. Cone and male flower bearing by branch age

調査木 Sample tree	輪生枝年齢 Branch age	着花(果)の有(+・無(-))	
		雄花痕 Male flower	果軸 Cone
1	5	-	+
	9	-	+
	14	+	+
2	5	-	+
	10	-	+
	15	+ (少: little)	+
3	5	-	+
	10	-	+
	15	+	-
4	5	-	+
	10	-	+
	15	枯死脱落 (dead)	
5	5	-	+
	10	-	+
	15	+	+
6	5	-	+
	10	-	+
	15	-	+

られず両者で差がない。11~20年生枝においては健全木 No. 6 には全く枯死がなく、No. 2 もそれに近い。しかし、衰弱木のうち No. 5 は枯死数は少ないが、他の3本は約半数から大部分が枯死している(表-4)。この部分の輪生枝の枯死によって、樹冠梢端部が疎化して衰退型の透け型を呈している。したがって、透け型(B)を呈する木は伸長量はわずかであるが、梢端1~10年生枝までは健全で枯死は見られない。

樹冠梢端部の枝年齢別の落葉程度をみると(表-5)、5年生枝では健全木、衰弱木ともにいずれの調査木も各年に伸長した枝主軸上に針葉が着生しており、両者の間にあまり差は認められない。健全木 No. 2, No. 6 の10年生枝では9ないし10年経た枝主軸上まで、15年生枝では10ないし11年経た枝主軸上まで針葉を着けている。衰弱木 No. 1, No. 3, No. 4 および No. 5 は健全木に比べ針葉の寿命が短く、調査木間での差が大きい。この調査方法では、5, 10 および 15 年生枝の各年枝主軸上において針葉が全く脱落しない場合の落葉程度の合計値は300となる。それに対する着葉率を求めると、健全木 No. 2, No. 6 は62%, 57% であり、衰弱木 No. 1, No. 3, No. 4, No. 5 は14%~50% でかなり低い値を示す。

次に、樹冠上部の枝年齢別の着花(果)状況(表-6)をみると、雄花の痕跡は、5, 10年生枝では健全木、衰弱木ともにいずれの調査木にも認められず、15年生枝では健全木 No. 6 を除き他の5本に認められた。球果の痕跡は、5, 10年生では健全木、衰弱木ともにいずれの調査木にも認められ、5, 10年生では No. 3 と枝の枯死脱落した No. 4 を除いて他の4本に認められた。以上のよ

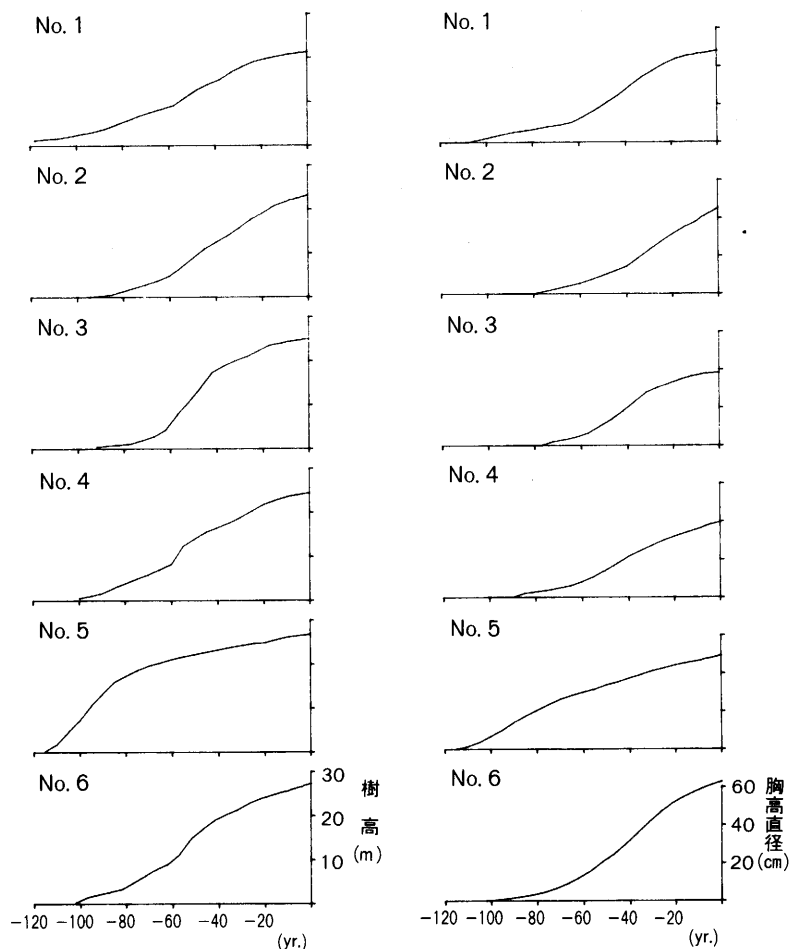


図-7(1) 伐倒調査木の成長解析

Fig. 7(1). Growth analysis of sample trees (tree height and d.b.h.).

うに5, 10年生枝では球果は認められたが, 雄花は認められなかった。ただ, 健全木 No. 6 だけは, 15年生枝においても雄花の痕跡は認められなかった。したがって, 過去に雄花と球果の両者が重なって着生しなかったために着葉量の低下や, 枝枯れの少ないものと推定される。健全木 No. 2 も15年生枝の雄花量が少なく, 同様の傾向を示している。

トドマツは樹冠全体からみると, 球果は梢端から2 m ぐらいの範囲に最も多く⁶⁾, 雄花はそれよりやや下部で球果と重複して球果より広い範囲で下方に着花する習性をもつが⁵⁾, 両者が重複すると樹冠梢端部の疎化が早まるようである。老齢木になると, 枝の再生, 回復に相当の時間を要するので, 枝枯れ部分がいつまでも目立っている。

以上の調査結果から, 樹冠梢端の疎化の初期原因には着花(果)による着葉量の低下, 枝枯れがかなり影響している場合が多いようにみられる。

衰弱木の発生の原因としては, 表-3 に示す樹高成長経過をみると, 1982年以降から伸長成長

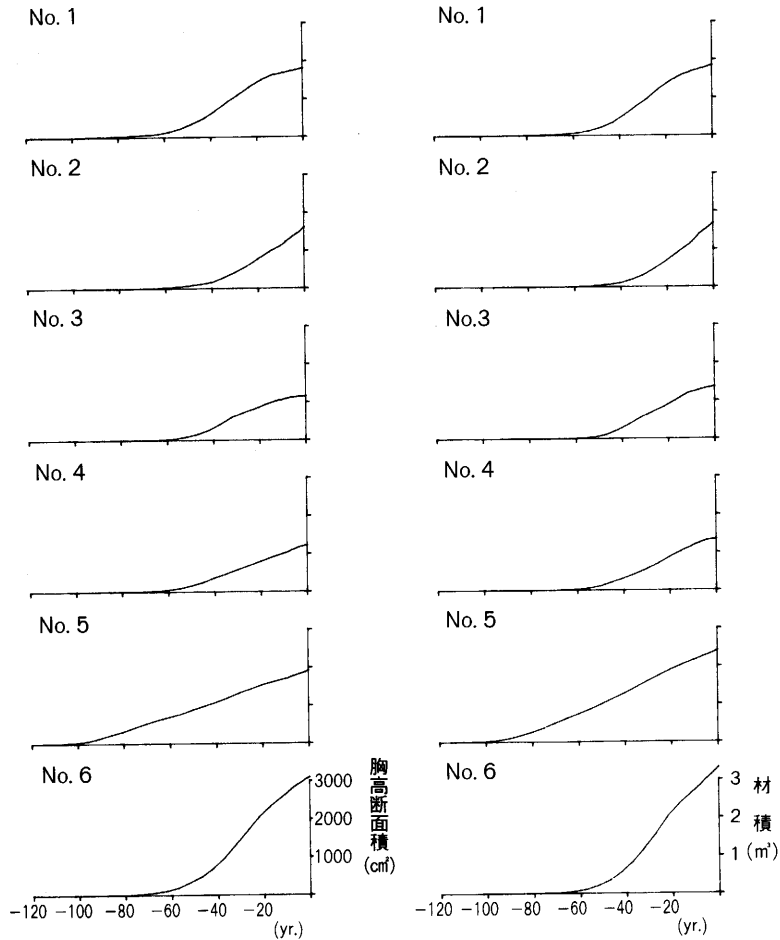


図-7(2) 伐倒調査木の成長解析

Fig. 7(2). Growth analysis of sample trees (basal area and stem volume).

量が低下している個体が多く、1981年の台風がその原因の一つと考えられる。

b) 樹幹解析

図-7 および表-7 から、初期成長では、No. 5 が特に優れ、逆に No. 1 は被圧期間が長かったことがわかる。現在の健全木である No. 2 と No. 6 は必ずしも初期の成長が優れていたわけではない。No. 5 を除いた 5 本は約 60 年前頃から樹高成長が旺盛になり、これに引き続いて直径成長も増大している。しかし、最近 10 年間の成長量では No. 2 と No. 6 は他の樹木を大きく上回り健全な状態であることを示している。このことは直径成長において特に顕著に現れており、健全木では毎年 3.5~9.0 mm 程度の肥大成長がみられるのに対して、No. 1 と No. 3 の衰弱木は 3.0 mm 以下の成長しか示していない。また、衰弱木 No. 4 は最近 4 年間は 3.0 mm 以下の成長しか示していない。このことは樹幹上部においても認められる (図-8)。樹高 23.1 m の No. 2、樹高 27.2 m の No. 6 では、最近 10 年間に地上 11.3~19.3 m の部分で年平均 2.0 mm 以上の肥大成長がみら

表-7(1) 伐倒調査木の成長解析

Table 7(1). Growth analysis of a sample tree

調査木 No. 1

年 齢 Age (yr.)	樹 高 (m) Tree height 総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	胸高直径 (cm) d. b. h. 総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	胸高断面積 (cm ²) Basal area 総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	材 積 (m ³) Volume 総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)
123	21.23 (0.07)	48.05 (0.17)	1813.33 (13.18)	1.852 (0.0198)
122	21.16 (0.08)	47.88 (0.22)	1800.14 (16.88)	1.832 (0.0199)
121	21.09 (0.05)	47.65 (0.18)	1783.26 (13.07)	1.812 (0.0188)
120	21.04 (0.07)	47.48 (0.22)	1770.19 (16.74)	1.793 (0.0193)
119	20.97 (0.07)	47.25 (0.13)	1753.45 (9.26)	1.774 (0.0138)
118	20.90 (0.08)	47.13 (0.15)	1744.18 (11.09)	1.760 (0.0150)
117	20.83 (0.11)	46.98 (0.22)	1733.10 (16.56)	1.745 (0.0174)
116	20.72 (0.05)	46.75 (0.15)	1716.54 (11.00)	1.728 (0.0166)
115	20.67 (0.09)	46.60 (0.15)	1705.54 (10.96)	1.711 (0.0171)
114	20.58 (0.13)	46.45 (0.30)	1694.58 (21.82)	1.694 (0.0249)
113	20.46 (0.08)	46.15 (0.15)	1672.76 (10.82)	1.669 (0.0197)
110	20.20 (0.10)	45.70 (0.37)	1640.30 (26.02)	1.610 (0.0332)
105	19.70 (0.12)	43.85 (0.51)	1510.18 (34.43)	1.444 (0.0422)
100	19.08 (0.22)	41.28 (0.68)	1338.02 (41.97)	1.233 (0.0514)
95	17.97 (0.27)	37.90 (0.71)	1128.15 (40.29)	0.976 (0.0425)
90	16.63 (0.33)	34.35 (0.88)	926.71 (44.44)	0.763 (0.0434)
85	14.97 (0.20)	29.95 (0.97)	704.50 (41.74)	0.546 (0.0398)
80	13.97 (0.27)	25.13 (0.79)	495.79 (28.73)	0.347 (0.0256)
75	12.63 (0.35)	21.18 (0.84)	352.16 (25.04)	0.219 (0.0191)
70	10.90 (0.35)	17.00 (0.68)	226.98 (16.34)	0.123 (0.0103)
65	9.15 (0.15)	13.60 (0.62)	145.27 (11.65)	0.072 (0.0063)
60	8.38 (0.15)	10.53 (0.27)	87.00 (4.18)	0.041 (0.0024)
55	7.61 (0.18)	9.18 (0.20)	66.12 (2.66)	0.028 (0.0017)
50	6.70 (0.20)	8.20 (0.23)	52.81 (2.70)	0.020 (0.0014)
45	5.70 (0.20)	7.08 (0.21)	39.31 (2.11)	0.013 (0.0011)
40	4.70 (0.20)	6.05 (0.17)	28.75 (1.50)	0.008 (0.0005)
35	3.70 (0.13)	5.20 (0.21)	21.24 (1.54)	0.005 (0.0003)
30	3.03 (0.09)	4.15 (0.28)	13.53 (1.52)	0.004 (0.0004)
25	2.57 (0.09)	2.75 (0.30)	5.94 (0.93)	0.002 (0.0003)
20	2.12 (0.08)	1.28 (0.26)	1.28 (0.26)	0.001 (0.0001)
15	1.70 (0.04)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.000 (0.0000)
10	1.50 (0.06)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.000 (0.0000)
5	1.20 (0.24)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.000 (0.0000)

れるのに対して、樹高 21.2 m の No. 1, 樹高 24.9 m の No. 3, 樹高 24.3 m の No. 4, 樹高 26.7 m の No.5 では 1.0 mm 以下の肥大成長しか示していない。したがって、材積成長では、No. 2 は最近の 10 年間の成長量が 0.55 m³, No. 6 は 0.58 m³, 年成長率にして 4.0% と 2.0% を示しているのに対し、No. 1, No. 3, No. 4, No. 5 では最近の 10 年間の成長量でそれぞれ 0.18 m³, 0.15 m³, 0.19 m³, 0.26 m³, 年成長率で 1.0%, 1.2%, 1.5%, 1.1% しか示していない。このように、樹幹上部の着葉量の差が樹木全体の成長量に大きな影響を与えていることがわかる。

それでは、このような成長の減退がいつから始まったのであろうか。表-7 に示したとおり、

表-7(2) 伐倒調査木の成長解析

Table 7(2). Growth analysis of a sample tree

調査木 No. 2

年 齢 Age (yr.)	樹高 (m)	胸高直径 (cm)	胸高断面積 (cm ²)	材 積 (m ³)
	Tree height	d. b. h.	Basal area	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)
100	23.10 (0.18)	45.35 (0.80)	1615.27 (56.49)	1.697 (0.0599)
99	22.92 (0.14)	44.55 (0.88)	1558.78 (60.63)	1.637 (0.0512)
98	22.78 (0.14)	43.68 (0.58)	1498.15 (39.19)	1.586 (0.0467)
97	22.64 (0.20)	43.10 (0.60)	1458.96 (40.34)	1.539 (0.0473)
96	22.44 (0.13)	42.50 (0.65)	1418.62 (43.06)	1.492 (0.0430)
95	22.31 (0.11)	41.85 (0.72)	1375.56 (47.25)	1.449 (0.0476)
94	22.20 (0.11)	41.13 (0.63)	1328.32 (40.07)	1.401 (0.0630)
93	22.08 (0.13)	40.50 (0.90)	1288.25 (56.62)	1.338 (0.0769)
92	21.95 (0.20)	39.60 (0.88)	1231.63 (53.83)	1.261 (0.0577)
91	21.75 (0.21)	38.73 (0.77)	1177.80 (46.67)	1.204 (0.0565)
90	21.54 (0.19)	37.95 (0.56)	1131.13 (32.15)	1.147 (0.0436)
85	20.59 (0.32)	35.15 (0.72)	970.38 (37.72)	0.929 (0.0452)
80	18.99 (0.27)	31.55 (0.83)	781.79 (38.43)	0.703 (0.0422)
75	17.63 (0.39)	27.40 (0.83)	589.65 (33.02)	0.492 (0.0346)
70	15.70 (0.35)	23.25 (0.87)	424.56 (28.65)	0.319 (0.0250)
65	13.97 (0.30)	18.93 (0.90)	281.29 (23.46)	0.194 (0.0182)
60	12.44 (0.31)	14.45 (0.48)	163.99 (9.99)	0.103 (0.0085)
55	10.90 (0.40)	12.05 (0.48)	114.04 (8.10)	0.061 (0.0056)
50	8.90 (0.42)	9.68 (0.42)	73.52 (5.69)	0.033 (0.0034)
45	6.80 (0.39)	7.58 (0.40)	45.07 (4.13)	0.016 (0.0018)
40	4.86 (0.22)	5.58 (0.29)	24.41 (2.18)	0.007 (0.0007)
35	3.74 (0.18)	4.15 (0.30)	13.53 (1.60)	0.004 (0.0003)
30	2.84 (0.15)	2.65 (0.28)	5.52 (0.85)	0.002 (0.0003)
25	2.07 (0.15)	1.28 (0.26)	1.28 (0.26)	0.001 (0.0001)
20	1.30 (0.14)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.000 (0.0000)
15	0.59 (0.07)	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)

No. 1 では 23 年前の 100 年生時まで 20 cm 以上であった樹高連年成長が、18 年前の 105 年生時以降 10 cm 前後に落ち込み、これに続いて直径連年成長もおよそ 13 年前の 110 年生時以降それまでの 5.0 mm 以上から 3.0 mm 以下に落ち込んでいる。No. 3 では樹高成長が 9 年前から、直径成長が 7 年前から急激に落ち込んでいる。No. 4 では樹高成長は No. 3 と同様に 9 年前から減退し、直径成長については 5 年前からの落ち込みが著しい。No. 5 は 65 年前の 55 年生時以降、樹高成長は頭打ちの状態にあり、胸高断面積と材積の成長はほぼ一定の値を保っている。

前述したように、この調査地では 1981 年に大きな風害を受けており、No. 3 と No. 4 はその影響があるように思われる。胸高断面積の連年成長量を見ると、健全木の No. 2 と No. 6 においても風害の影響と思われる成長量の落ち込みが認められる。しかしながら、No. 1 のように直径成長量が 2.3 mm/yr. 以下になっても 10 年以上にわたって生存を続ける個体もある。

表-7(3) 伐倒調査木の成長解析

Table 7(3). Growth analysis of a sample tree

調査木 No. 3

年 齢 Age (yr.)	樹 高 (m) Tree height	胸高直径 (cm) d. b. h.	胸高断面積 (cm ²) Basal area	材 積 (m ³) 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)
97	24.90 (0.07)	38.40 (0.10)	1158.12 (6.02)	1.373 (0.0130)
96	24.84 (0.04)	38.30 (0.08)	1152.09 (4.51)	1.360 (0.0124)
95	24.79 (0.08)	38.23 (0.10)	1147.58 (6.00)	1.347 (0.0124)
94	24.72 (0.15)	38.13 (0.08)	1141.59 (4.49)	1.335 (0.0131)
93	24.57 (0.05)	38.05 (0.15)	1137.10 (8.95)	1.322 (0.0131)
92	24.53 (0.07)	37.90 (0.10)	1128.15 (5.95)	1.309 (0.0137)
91	24.45 (0.08)	37.80 (0.13)	1122.21 (7.41)	1.295 (0.0162)
90	24.38 (0.03)	37.68 (0.27)	1114.80 (16.21)	1.279 (0.0195)
89	24.34 (0.05)	37.40 (0.28)	1098.58 (16.10)	1.259 (0.0195)
88	24.29 (0.12)	37.13 (0.22)	1082.49 (13.08)	1.240 (0.0191)
87	24.17 (0.14)	36.90 (0.25)	1069.41 (14.39)	1.221 (0.0198)
85	23.90 (0.10)	36.40 (0.33)	1040.62 (18.44)	1.181 (0.0353)
80	23.40 (0.25)	34.75 (0.45)	948.42 (23.77)	1.004 (0.0339)
75	22.16 (0.25)	32.50 (0.42)	829.58 (20.75)	0.835 (0.0287)
70	20.90 (0.20)	30.40 (0.51)	725.83 (23.33)	0.692 (0.0270)
65	19.90 (0.23)	27.85 (0.94)	609.17 (37.65)	0.557 (0.0356)
60	18.73 (0.29)	23.15 (0.97)	420.91 (31.58)	0.378 (0.0316)
55	17.30 (0.70)	18.30 (0.89)	263.02 (22.47)	0.220 (0.0224)
50	13.80 (0.63)	13.85 (0.75)	150.66 (14.11)	0.108 (0.0136)
45	10.63 (0.57)	10.10 (0.74)	80.12 (9.59)	0.040 (0.0058)
40	7.80 (0.70)	6.40 (0.37)	32.17 (3.18)	0.011 (0.0013)
35	4.30 (0.30)	4.55 (0.29)	16.26 (1.74)	0.005 (0.0004)
30	2.80 (0.17)	3.10 (0.22)	7.55 (0.88)	0.003 (0.0004)
25	1.97 (0.17)	2.00 (0.40)	3.14 (0.63)	0.001 (0.0001)
20	1.13 (0.04)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.000 (0.0000)
15	0.92 (0.05)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.000 (0.0000)
10	0.69 (0.06)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.000 (0.0000)
5	0.41 (0.08)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.000 (0.0000)

3. 固定標準地内の着葉・健全度調査

調査結果は表-8 に示すとおりである。落葉程度別の割合は7, 8のクラスが最も多く全体の70%を占めていた。衰弱が始まっていると思われる6以下のクラスの割合は19%であった。黄化程度では, 7, 8のランクが77%を占め, 6以下のクラスの割合は12%で落葉程度と比べバラツキは小さい。被度の分布は着葉量と同様の傾向を示した。衰退型は透け型(A)が全体の56%を占め, 衰退程度の高い透け型(B)は18%で, 落葉程度・黄化程度・被度の平均は6.2~6.8であった。総合評価では全体の10%にあたる樹木が不良と判定され, 31%がやや不良, 59%が健全であった。「不良」木の落葉程度・黄化程度・被度の平均は5.6~6.2, 連年成長量の平均値は2.8 mm/yr. で透け型(B)の平均よりも低い値を示している。

落葉程度と最近の連年成長量との間には落葉程度の低下, すなわち, 点数の増加にともない連年成長量が増大する傾向が認められ, 相関係数を求めると0.522の正の相関関係が認められた。

表-7(4) 伐倒調査木の成長解析

Table 7(4). Growth analysis of a sample tree

調査木 No. 4

年 齢 Age (yr.)	樹 高 (m) Tree height 総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	胸高直径 (cm) d. b. h. 総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	胸高断面積 (cm ²) Basal area 総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	材 積 (m ³) Volume 総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)
105	24.30 (0.13)	39.50 (0.22)	1225.42 (13.92)	1.360 (0.0121)
104	24.17 (0.06)	39.28 (0.20)	1211.50 (12.31)	1.348 (0.0112)
103	24.11 (0.06)	39.08 (0.30)	1199.19 (18.34)	1.336 (0.0126)
102	24.05 (0.10)	38.78 (0.25)	1180.85 (15.18)	1.324 (0.0123)
101	23.95 (0.07)	38.53 (0.45)	1165.67 (27.07)	1.311 (0.0156)
100	23.88 (0.07)	38.08 (0.38)	1138.60 (22.32)	1.296 (0.0186)
99	23.81 (0.08)	37.70 (0.42)	1116.28 (25.03)	1.277 (0.0231)
98	23.74 (0.10)	37.28 (0.65)	1091.25 (37.73)	1.254 (0.0275)
97	23.64 (0.10)	36.63 (0.33)	1053.52 (18.61)	1.227 (0.0246)
96	23.54 (0.21)	36.30 (0.40)	1034.91 (22.68)	1.202 (0.0269)
95	23.33 (0.15)	35.90 (0.35)	1012.23 (19.26)	1.175 (0.0275)
90	22.61 (0.19)	34.15 (0.41)	915.95 (21.33)	1.037 (0.0308)
85	21.66 (0.27)	32.10 (0.45)	809.28 (21.89)	0.884 (0.0361)
80	20.30 (0.30)	29.85 (0.52)	699.81 (23.32)	0.703 (0.0303)
75	18.80 (0.25)	27.25 (0.55)	583.21 (22.35)	0.552 (0.0262)
70	17.55 (0.21)	24.50 (0.55)	471.44 (19.98)	0.421 (0.0209)
65	16.50 (0.20)	21.75 (0.76)	371.54 (23.70)	0.316 (0.0211)
60	15.50 (0.31)	17.95 (0.72)	253.06 (18.27)	0.211 (0.0194)
55	13.97 (0.33)	14.35 (0.68)	161.73 (13.51)	0.114 (0.0119)
50	12.30 (0.80)	10.95 (0.53)	94.17 (8.01)	0.054 (0.0062)
45	8.30 (0.24)	8.30 (0.44)	54.11 (4.98)	0.023 (0.0026)
40	7.10 (0.24)	6.10 (0.26)	29.22 (2.23)	0.010 (0.0011)
35	5.90 (0.20)	4.80 (0.22)	18.10 (1.47)	0.005 (0.0004)
30	4.90 (0.20)	3.70 (0.17)	10.75 (0.87)	0.003 (0.0002)
25	3.90 (0.20)	2.85 (0.16)	6.38 (0.62)	0.002 (0.0000)
20	2.90 (0.25)	2.05 (0.41)	3.30 (0.66)	0.002 (0.0003)
15	1.63 (0.11)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.000 (0.0001)
10	1.08 (0.11)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.000 (0.0000)
5	0.52 (0.10)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.000 (0.0000)

また、落葉程度と黄化程度の間にも高い相関が認められた。

連年成長量が2.5 mm以下の樹木は全体の11%であるが、これらはすべて総合評価で「不良」または「やや不良」となっており、5.5 mm以上の樹木の割合は32%であるが、これらはすべて落葉程度と黄化程度が7以上で総合評価では89%が「健全」であった。

以上のことから、連年成長量は落葉程度や黄化程度と相関が高いと考えられるので、これを樹木の健康度の指標とみなし、連年成長量が2.5 mm以下の樹木を「衰弱木」、5.5 mm以上を「健全木」としても全体としては大きな誤りを犯すことにはならないと考えられる。

4. 固定標準地の成長資料の解析

上記の3の結果から連年成長量を樹木の健全度の指標として、連年成長量2.5 mm以下の樹木

表-7(5) 伐倒調査木の成長解析

Table 7(5). Growth analysis of a sample tree

調査木 No. 5

年 齢 Age (yr.)	樹 高 (m) Tree height	胸高直径 (cm) d. b. h.	胸高断面積 (cm ²) Basal area	材 積 (m ³) 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)
120	26.70 (0.06)	49.45 (0.42)	1920.53 (32.87)	2.411 (0.0350)
119	26.64 (0.08)	49.03 (0.33)	1887.66 (24.94)	2.376 (0.0292)
118	26.56 (0.08)	48.70 (0.25)	1862.72 (19.08)	2.347 (0.0262)
117	26.48 (0.08)	48.45 (0.28)	1843.64 (20.87)	2.321 (0.0250)
116	26.40 (0.08)	48.18 (0.27)	1822.77 (20.75)	2.296 (0.0223)
115	26.32 (0.04)	47.90 (0.25)	1802.02 (18.76)	2.273 (0.0220)
114	26.28 (0.07)	47.65 (0.25)	1783.26 (18.66)	2.251 (0.0243)
113	26.21 (0.06)	47.40 (0.23)	1764.60 (16.71)	2.227 (0.0238)
112	26.15 (0.08)	47.18 (0.42)	1747.89 (31.35)	2.203 (0.0274)
111	26.07 (0.09)	46.75 (0.22)	1716.54 (16.48)	2.176 (0.0243)
110	25.98 (0.11)	46.53 (0.21)	1700.05 (14.82)	2.152 (0.0232)
105	25.41 (0.13)	45.50 (0.24)	1625.97 (16.93)	2.036 (0.0255)
100	24.75 (0.04)	44.30 (0.32)	1541.33 (21.87)	1.908 (0.0305)
95	24.57 (0.09)	42.70 (0.30)	1432.01 (19.77)	1.756 (0.0311)
90	24.12 (0.09)	41.20 (0.39)	1333.17 (24.64)	1.600 (0.0312)
85	23.66 (0.09)	39.25 (0.37)	1209.95 (22.27)	1.444 (0.0318)
80	23.19 (0.11)	37.40 (0.37)	1098.58 (21.20)	1.285 (0.0289)
75	22.67 (0.11)	35.55 (0.35)	992.59 (19.06)	1.141 (0.0274)
70	22.14 (0.11)	33.80 (0.42)	897.27 (21.61)	1.004 (0.0278)
65	21.62 (0.12)	31.70 (0.33)	789.24 (16.00)	0.865 (0.0244)
60	21.01 (0.14)	30.05 (0.35)	709.22 (16.04)	0.743 (0.0233)
55	20.30 (0.14)	28.30 (0.42)	629.02 (17.98)	0.626 (0.0252)
50	19.59 (0.21)	26.20 (0.54)	539.13 (21.08)	0.501 (0.0255)
45	18.55 (0.25)	23.50 (0.62)	433.74 (21.38)	0.373 (0.0225)
40	17.30 (0.29)	20.40 (0.57)	326.85 (16.99)	0.261 (0.0171)
35	15.87 (0.51)	17.55 (0.70)	241.90 (17.37)	0.175 (0.0159)
30	13.30 (0.53)	14.05 (0.80)	155.04 (15.14)	0.096 (0.0110)
25	10.63 (0.67)	10.05 (0.64)	79.33 (8.49)	0.041 (0.0054)
20	7.30 (0.53)	6.85 (0.65)	36.85 (5.33)	0.013 (0.0022)
15	4.63 (0.57)	3.60 (0.44)	10.18 (1.73)	0.002 (0.0005)
10	1.80 (0.30)	1.40 (0.28)	1.54 (0.31)	0.000 (0.0000)
5	0.30 (0.06)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.000 (0.0000)

を「衰弱木」、5.5 mm 以上の樹木を「健全木」と定義し、固定標準地内のトドマツ試料木に占める衰弱木と健全木の割合を推定した(表-9)。固定標準地の試料木全体の1970年代の連年成長量から推定すると、健全木が18%、衰弱木が32%となる。これに対して1980年代の成長資料では23%が健全木で、25%が衰弱木となり、健全木の割合が5%増、衰弱木が7%減で、1970年代よりも森林の状況は良くなったとみなすことができる。さらに、分散分析の手法を用いて、1970年代と1980年代の演習林全体のトドマツの連年成長量の平均値の差を検定したところ、1%水準で有意差が認められた。すなわち、1970年代の標本平均が3.46 mm/yr.であるのに対して、1980年代の標本平均は3.92 mm/yr.と0.46 mm/yr.高くなっていた。

表-7(6) 伐倒調査木の成長解析
Table 7(6). Growth analysis of a sample tree

調査木 No. 6

年齢 Age (yr.)	樹高 (m) Tree height 総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	胸高直径 (cm) d. b. h. 総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	胸高断面積 (cm ²) Basal area 総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)	材積 (m ³) Volume 総成長 (連年成長) Accumu. (Annual)
107	27.20 (0.18)	62.90 (0.40)	3107.35 (39.40)	3.325 (0.0734)
106	27.02 (0.12)	62.50 (0.35)	3067.96 (34.27)	3.252 (0.0605)
105	26.90 (0.15)	62.15 (0.45)	3033.69 (43.77)	3.191 (0.0548)
104	26.75 (0.27)	61.70 (0.40)	2989.92 (38.64)	3.137 (0.0541)
103	26.48 (0.13)	61.30 (0.40)	2951.28 (38.39)	3.082 (0.0542)
102	26.35 (0.12)	60.90 (0.40)	2912.89 (38.14)	3.028 (0.0581)
101	26.23 (0.18)	60.50 (0.45)	2874.75 (42.61)	2.970 (0.0607)
100	26.05 (0.13)	60.05 (0.50)	2832.15 (46.97)	2.909 (0.0610)
99	25.92 (0.16)	59.55 (0.55)	2785.18 (51.21)	2.848 (0.0563)
98	25.76 (0.26)	59.00 (0.60)	2733.97 (55.32)	2.792 (0.0522)
97	25.50 (0.10)	58.40 (0.50)	2678.65 (45.47)	2.740 (0.0514)
95	25.30 (0.15)	57.40 (0.54)	2587.70 (47.54)	2.637 (0.0552)
90	24.53 (0.15)	54.70 (0.68)	2349.98 (56.61)	2.361 (0.0658)
85	23.76 (0.21)	51.30 (0.93)	2066.92 (71.54)	2.032 (0.0867)
80	22.73 (0.29)	46.65 (1.02)	1709.20 (70.66)	1.598 (0.0776)
75	21.30 (0.22)	41.55 (1.17)	1355.91 (70.99)	1.210 (0.0707)
70	20.19 (0.26)	35.70 (1.11)	1000.98 (57.41)	0.857 (0.0570)
65	18.90 (0.40)	30.15 (1.05)	713.94 (45.40)	0.572 (0.0427)
60	16.90 (0.42)	24.90 (0.86)	486.95 (30.57)	0.358 (0.0292)
55	14.80 (0.70)	20.63 (0.97)	334.10 (27.61)	0.212 (0.0200)
50	11.30 (0.45)	15.80 (0.72)	196.07 (15.83)	0.112 (0.0105)
45	9.05 (0.25)	12.20 (0.63)	116.90 (10.51)	0.060 (0.0066)
40	7.80 (0.30)	9.05 (0.52)	64.33 (6.33)	0.027 (0.0030)
35	6.30 (0.31)	6.45 (0.39)	32.67 (3.35)	0.012 (0.0015)
30	4.73 (0.29)	4.50 (0.27)	15.90 (1.62)	0.004 (0.0004)
25	3.30 (0.12)	3.15 (0.21)	7.79 (0.87)	0.002 (0.0002)
20	2.71 (0.12)	2.10 (0.18)	3.46 (0.47)	0.001 (0.0002)
15	2.12 (0.12)	1.20 (0.15)	1.13 (0.19)	0.000 (0.0000)
10	1.54 (0.25)	0.45 (0.09)	0.16 (0.03)	0.000 (0.0000)
5	0.30 (0.06)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.000 (0.0000)

次に、これを施業対象林分と無伐採の非施業林分に分けて比べてみると、施業林分では1970年代の健全木20%、衰弱木26%に対して、1980年代の健全木19%、衰弱木26%と大きな変化はみられない。標本平均も3.61 mm/yr. から3.76 mm/yr. と0.15 mm/yr. 高くはなっているものの、その間に有意な差は認められなかった。しかし、非施業林分では1970年代の健全木15%、衰弱木38%に対して、1980年代の健全木26%、衰弱木24%と大幅に衰弱木の割合が減少している。標本平均は3.30 mm/yr. から4.11 mm/yr. と0.81 mm/yr. 高くなり、1%水準で有意差が認められた。これはこの間の試料木の減少率が施業林分では20%であるのに対して、非施業林分は26%と高く、非施業林内の衰弱木が風害によって淘汰されたことと関係あるのではないかと考えられる。

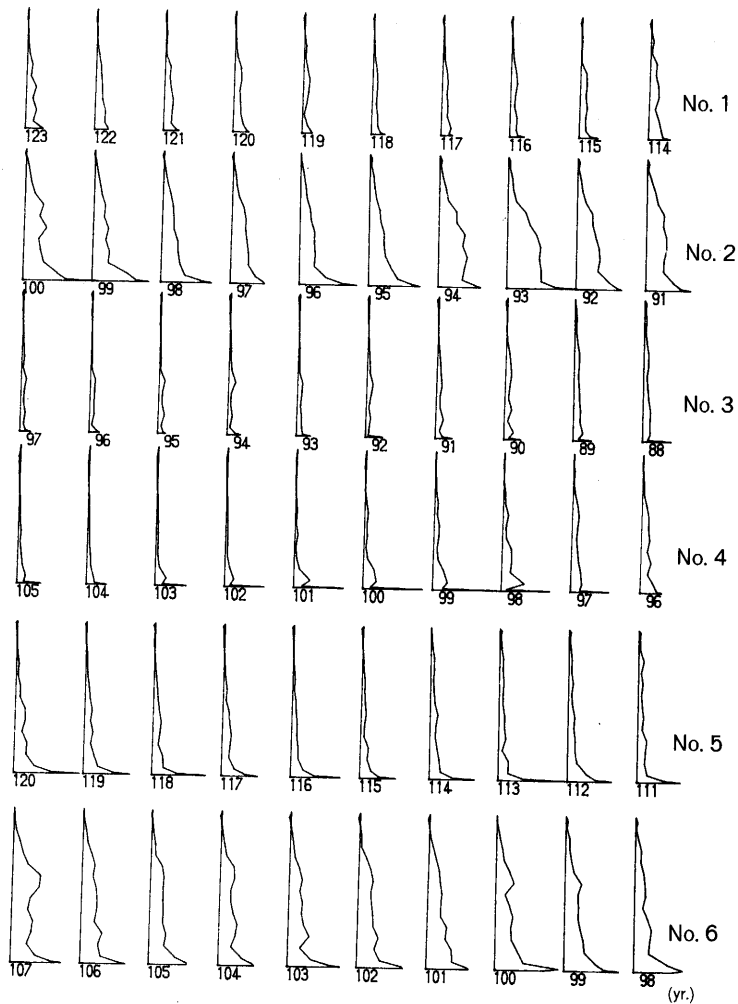


図-8 最近10年間の樹幹肥大成長

Fig. 8. Vertical cross section increment of sample trees in the latest 10 years.

そこで、風害林分と非風害林分に分けて比べてみると、風害林分では衰弱木の割合が5%減少、健全木が4%増加し、標本平均値が0.33 mm/yr.高くなっているのに対して、非風害林分では衰弱木の割合が6%減少、健全木が4%増加し、標本平均値が0.41 mm/yr.高くなっている。1970年代と1980年代の平均値について風害林分では有意差は認められなかったが、非風害林分において5%水準の有意差が認められた。これは風害林分では試料木数が287から128と45%も減少しているため、差の検出が困難になったものと思われ、特に非施業林分では試料木数が105から36と66%も落ち込む中で、標本平均値は0.55 mm/yr.上昇している。これは非施業林分内で衰弱しながらも生存を続けていた個体が風害によって淘汰され、生き残った個体の生育空間が以前よりも大きくなったためと考えられる。一方、施業林分では風害・非風害にかかわらず衰弱木・健全木の割合に顕著な変化は認められない。これは、伐採行為によって風害以前の

表-8(1) 固定標準地内の落葉・黄化程度と連年直径成長量(mm/yr.)・成長率(%/yr.)の関係
 Table 8(1). Relationship between periodical annual diameter increment and health evaluation at permanent sample plot

標準地名 Plot number	試料数 Number of samples	落葉程度 ¹⁾ Defolia- tion	黄化程度 ²⁾ Yellowing	被度 Cover degree	衰退型 ³⁾ Declined pattern	総合評価 ⁴⁾ Total evaluation	連年成長量 Annual increment	成長率 Growth rate
5001	8	7.0	7.8	7.1	2.4	2.6	3.4	0.8
5002	13	7.6	8.0	7.4	2.2	2.8	5.3	1.2
5115	16	6.6	7.1	6.3	1.4	1.9	3.2	0.7
5122	17	7.5	7.8	7.3	2.4	2.8	6.0	1.2
5201	14	7.2	8.1	7.6	2.4	2.9	5.0	1.2
5304-2	13	6.8	7.2	7.2	1.9	2.1	4.3	1.0
5304-3	10	6.1	6.8	7.5	1.7	1.8	3.3	0.8
5304-4	17	7.6	7.8	8.2	2.1	2.6	5.1	1.3
5304-5	30	7.6	7.7	7.9	2.1	2.5	4.7	1.2

落葉程度 Defolia- tion	試料数(構成比) No. of samples (Component ratio)	黄化程度 Yellowing	被度 Cover degree	衰退型 Declined pattern	総合評価 Total evaluation	連年成長量 Annual increment	成長率 Growth rate
4	1 (1%)	6.0	5.0	1.0	1.0	1.3	0.2
5	6 (4%)	6.2	5.2	1.2	1.2	2.2	0.5
6	19 (14%)	6.6	6.9	1.6	1.6	3.8	0.9
7	50 (36%)	7.4	7.3	2.1	2.4	4.2	1.0
8	47 (34%)	8.0	7.8	2.3	3.0	5.4	1.3
9	15 (11%)	8.8	8.5	2.5	3.0	5.8	1.4

黄化程度 Yellowing	試料数(構成比) No. of samples (Component ratio)	落葉程度 Defolia- tion	被度 Cover degree	衰退型 Declined pattern	総合評価 Total evaluation	連年成長量 Annual increment	成長率 Growth rate
6	16 (12%)	5.6	6.3	1.3	1.2	3.0	0.7
7	38 (28%)	6.8	7.2	2.0	2.1	4.1	1.0
8	68 (49%)	7.7	7.6	2.2	2.9	5.0	1.2
9	16 (12%)	8.8	8.4	2.6	3.0	5.6	1.3

- 1) 落葉程度は10%以下を10点, 91~100%を1点とした。
Defoliation needle loss under 10%=10, 91~100%=1.
- 2) 黄化程度は最も少ないものを10点, 最も著しいものを1点とした。
Yellowing minimum yellowing=10, maximum yellowing=1.
- 3) 衰退型は透け型(B)1点, 透け型(A)2点, 衰退なし3点とした。
Declined pattern see through (B)=1, see through (A)=2, non-decline=3.
- 4) 総合評価は不良1点, やや不良2点, 健全3点とした。
Total evaluation abnormal=1, semi-abnormal=2, normal=3.

森林が非施業林分比べて衰弱木の割合が低い状態に維持されていたためではないかと考えられる。また, 非風害の非施業林分においても衰弱木の顕著な減少が認められる。これは風害林分ほど顕著ではないものの, 風害の間接的な影響により衰弱木の淘汰が促進されたものと考えられる。

表-8(2) 固定標準地内の落葉・黄化程度と連年直径成長量 (mm/yr.)・成長率 (%/yr.) の関係

Table 8(2). Relationship between periodical annual diameter increment and health evaluation at permanent sample plot

被度 Cover degree	試料数 (構成比) No. of samples (Component ratio)	落葉程度 Defolia- tion	黄化程度 Yellowing	衰退型 Declined pattern	総合評価 Total evaluation	連年成長量 Annual increment	成長率 Growth rate
2	1 (1%)	5.0	6.0	1.0	1.0	1.2	0.3
4	2 (1%)	5.0	6.0	1.5	1.0	3.6	0.8
5	5 (4%)	6.0	6.8	1.4	1.8	2.7	0.6
6	10 (7%)	7.0	7.5	2.3	2.4	4.4	1.0
7	48 (35%)	7.0	7.4	2.0	2.4	4.3	1.0
8	52 (38%)	7.6	7.8	2.2	2.6	4.9	1.1
9	20 (14%)	8.3	8.3	2.2	2.9	5.5	1.3

衰退型 Declined pattern	試料数 (構成比) No. of samples (Component ratio)	落葉程度 Defolia- tion	黄化程度 Yellowing	被度 Cover degree	総合評価 Total evaluation	連年成長量 Annual increment	成長率 Growth rate
1	25 (18%)	6.2	6.8	6.8	1.7	3.3	0.7
2	77 (56%)	7.4	7.7	7.6	2.6	4.8	1.1
3	36 (26%)	7.9	8.1	7.6	2.7	5.1	1.2

総合評価 Total evaluation	試料数 (構成比) No. of samples (Component ratio)	落葉程度 Defolia- tion	黄化程度 Yellowing	被度 Cover degree	衰退型 Declined pattern	連年成長量 Annual increment	成長率 Growth rate
1	14 (10%)	5.6	6.1	6.2	1.3	2.8	0.6
2	44 (32%)	6.7	7.1	7.2	2.0	3.9	0.9
3	80 (58%)	7.9	8.1	7.8	2.3	5.4	1.3

連年成長量 Annual increment	試料数 (構成比) No. of samples (Component ratio)	落葉程度 Defolia- tion	黄化程度 Yellowing	被度 Cover degree	衰退型 Declined pattern	総合評価 Total evaluation	成長率 Growth rate
0.5~1.5	6 (4%)	5.5	6.3	5.7	1.2	1.3	0.3
1.5~2.5	10 (7%)	6.5	7.1	7.2	1.9	1.7	0.5
2.5~3.5	23 (17%)	7.0	7.4	7.3	1.8	2.3	0.8
3.5~4.5	27 (20%)	7.2	7.6	7.3	2.1	2.4	0.9
4.5~5.5	28 (20%)	7.4	7.5	7.4	2.2	2.5	1.2
5.5~6.5	25 (18%)	8.0	8.0	7.9	2.3	2.9	1.4
6.5~7.5	14 (10%)	7.7	7.9	7.9	2.1	2.8	1.5
7.5~8.5	4 (3%)	8.3	8.3	7.8	2.5	3.0	2.1
8.5~9.5	1 (1%)	8.0	8.0	9.0	2.0	3.0	2.4

標高別に見てみると、標高 650 m 以上の林分では衰弱木の割合が高く、1970 年代で 40%、1980 年代は 38% となっている。逆に健全木はそれぞれ 9%、11% と低い値を示している。これは環境条件が厳しいため成長量の低い個体の割合が高いものと考えられる。しかし、この割合は

表-9(1) 連年成長に関する統計量(1)

Table 9(1). Statistics of annual increment

試料木全体 (All sample trees)

連年成長量 Annual increment			1970's	1980's
~2.50 mm/yr.			229 (32%)	140 (25%)
2.50~4.00 mm/yr.			245 (34%)	157 (28%)
4.00~5.50 mm/yr.			118 (16%)	133 (24%)
5.50 mm/yr.~			126 (18%)	125 (23%)
試料	数	(No. of samples)	718 (100%)	555 (100%)
平均	均	(Average)	3.46	3.92
分散	散	(Variance)	4.21	4.71
標準偏差	差	(S.D.)	2.05	2.17
変動係数	数	(C.V.)	59.24	55.39
歪度	度	(Skewness)	0.84	0.80
尖度	度	(Kurtosis)	3.78	4.22
分散比	比	(Variance ratio)		7.33**

施業林分 (Managed stand)

連年成長量 Annual increment			1970's	1980's
~2.50 mm/yr.			99 (26%)	79 (26%)
2.50~4.00 mm/yr.			139 (37%)	99 (33%)
4.00~5.50 mm/yr.			66 (17%)	66 (22%)
5.50 mm/yr.~			74 (20%)	59 (19%)
試料	数	(No. of samples)	378 (100%)	303 (100%)
平均	均	(Average)	3.61	3.76
分散	散	(Variance)	4.20	4.05
標準偏差	差	(S.D.)	2.05	2.01
変動係数	数	(C.V.)	56.72	53.54
歪度	度	(Skewness)	0.77	0.93
尖度	度	(Kurtosis)	4.02	5.04
分散比	比	(Variance ratio)		0.45

非施業林分 (Unmanaged stand)

連年成長量 Annual increment			1970's	1980's
~2.50 mm/yr.			130 (38%)	61 (24%)
2.50~4.00 mm/yr.			106 (31%)	58 (23%)
4.00~5.50 mm/yr.			52 (15%)	67 (27%)
5.50 mm/yr.~			52 (15%)	66 (26%)
試料	数	(No. of samples)	340 (100%)	252 (100%)
平均	均	(Average)	3.30	4.11
分散	散	(Variance)	4.17	5.44
標準偏差	差	(S.D.)	2.04	2.33
変動係数	数	(C.V.)	61.93	56.75
歪度	度	(Skewness)	0.94	0.63
尖度	度	(Kurtosis)	3.57	3.54
分散比	比	(Variance ratio)		10.07**

表-9(2) 連年成長に関する統計量(2)

Table 9(2). Statistics of annual increment

風害林分 全体 (Typhoon damaged stand)			1970's	1980's
連年成長量 Annual increment				
~2.50 mm/yr.			99 (34%)	37 (29%)
2.50~4.00 mm/yr.			95 (33%)	34 (27%)
4.00~5.50 mm/yr.			55 (19%)	35 (27%)
5.50mm/yr.~			38 (13%)	22 (17%)
試料	数 (No. of samples)		287 (100%)	128 (100%)
平均	均 (Average)		3.23	3.56
分散	散 (Variance)		3.17	4.19
標準偏差	差 (S.D.)		1.78	2.05
変動係数	数 (C.V.)		55.17	57.45
歪度	度 (Skewness)		0.54	0.46
尖度	度 (Kurtosis)		3.19	3.04
分散比	比 (Variance ratio)			1.41

風害林分 施業 (Typhoon damaged stand, magaged)			1970's	1980's
連年成長量 Annual increment				
~2.50 mm/y.			46 (25%)	25 (27%)
2.50~4.00 mm/yr.			62 (34%)	26 (28%)
4.00~5.50 mm/yr.			42 (23%)	24 (26%)
5.50 mm/yr.~			32 (18%)	17 (18%)
試料	数 (No. of samples)		182 (100%)	92 (100%)
平均	均 (Average)		3.59	3.72
分散	散 (Variance)		3.45	4.05
標準偏差	差 (S.D.)		1.86	2.01
変動係数	数 (C.V.)		51.82	54.16
歪度	度 (Skewness)		0.34	0.55
尖度	度 (Kurtosis)		3.06	3.14
分散比	比 (Variance ratio)			0.14

風害林分 非施業 (Typhoon damaged stand, unmanaged)			1970's	1980's
連年成長量 Annual increment				
~2.50 mm/yr.			53 (50%)	12 (33%)
2.50~4.00 mm/yr.			33 (31%)	8 (22%)
4.00~5.50 mm/y.			13 (12%)	11 (31%)
5.50 mm/yr.~			6 (6%)	5 (14%)
試料	数 (No. of samples)		105 (100%)	36 (100%)
平均	均 (Average)		2.61	3.17
分散	散 (Variance)		2.08	4.33
標準偏差	差 (S.D.)		1.44	2.08
変動係数	数 (C.V.)		55.28	65.63
歪度	度 (Skewness)		0.72	0.31
尖度	度 (Kurtosis)		3.45	2.67
分散比	比 (Variance ratio)			1.56

表-9(3) 連年成長に関する統計量(3)

Table 9 (3). Statistics of annual increment

非風害林分 全体 (Non typhoon-damaged stand)

連年成長量 Annual increment			1970's	1980's
~2.50 mm/yr.			130 (30%)	103 (24%)
2.50~4.00 mm/yr.			150 (35%)	123 (29%)
4.00~5.50 mm/yr.			63 (15%)	98 (23%)
5.50 mm/yr.~			88 (20%)	103 (24%)
試料	数	(No. of samples)	431 (100%)	427 (100%)
平均	均	(Average)	3.62	4.03
分散	散	(Variance)	4.84	4.82
標準偏差	差	(S.D.)	2.20	2.20
変動係数	数	(C.V.)	60.78	54.54
歪度	度	(Skewness)	0.88	0.87
尖度	度	(Kurtosis)	3.62	4.40
分散比	比	(Variance ratio)		3.65*

非風害林分 施業 (Non typhoon-damaged stand, managed)

連年成長量 Annual increment			1970's	1980's
~2.50 mm/yr.			53 (27%)	54 (26%)
2.50~4.00 mm/yr.			77 (39%)	73 (35%)
4.00~5.50 mm/yr.			24 (12%)	42 (20%)
5.50 mm/yr.~			42 (21%)	42 (20%)
試料	数	(No. of samples)	196 (100%)	211 (100%)
平均	均	(Average)	3.64	3.78
分散	散	(Variance)	4.89	4.05
標準偏差	差	(S.D.)	2.21	2.01
変動係数	数	(C.V.)	60.80	53.27
歪度	度	(Skewness)	0.99	1.09
尖度	度	(Kurtosis)	4.27	5.84
分散比	比	(Variance ratio)		0.23

非風害林分 非施業 (Non typhoon-damaged stand, unmanaged)

連年成長量 Annual increment			1970's	1980's
~2.50 mm/yr.			77 (33%)	49 (23%)
2.50~4.00 mm/yr.			73 (31%)	50 (23%)
4.00~5.50 mm/yr.			39 (17%)	56 (26%)
5.50 mm/yr.~			46 (20%)	61 (28%)
試料	数	(No. of samples)	235 (100%)	216 (100%)
平均	均	(Average)	3.61	4.27
分散	散	(Variance)	4.80	5.45
標準偏差	差	(S.D.)	2.19	2.34
変動係数	数	(C.V.)	60.76	54.74
歪度	度	(Skewness)	0.78	0.67
尖度	度	(Kurtosis)	3.05	3.55
分散比	比	(Variance ratio)		4.77**

表-9(4) 連年成長に関する統計量(4)

Table 9(4). Statistics of annual increment

標高 650 m 以上 全体 (Above 650 m in altitude)

連年成長量 Annual increment			1970's	1980's
~2.50 mm/yr.			60 (40%)	39 (38%)
2.50~4.00 mm/yr.			54 (36%)	33 (32%)
4.00~5.50 mm/yr.			21 (14%)	19 (19%)
5.50 mm/yr.~			14 (9%)	11 (11%)
試料	数 (No. of samples)		149 (100%)	102 (100%)
平均	均 (Average)		2.92	3.02
分散	散 (Variance)		2.52	3.58
標準偏差	差 (S.D.)		1.59	1.89
変動係数	数 (C.V.)		54.48	62.64
歪度	度 (Skewness)		0.68	0.92
尖度	度 (Kurtosis)		3.32	4.31
分散比	比 (Variance ratio)			0.11

標高 650 m 以下 全体 (Under 650 m in altitude)

連年成長量 Annual increment			1970's	1980's
~2.50 mm/yr.			169 (30%)	101 (22%)
2.50~4.00 mm/yr.			191 (34%)	124 (27%)
4.00~5.50 mm/yr.			97 (17%)	114 (25%)
5.50mm/yr.~			112 (20%)	114 (25%)
試料	数 (No. of samples)		569 (100%)	453 (100%)
平均	均 (Average)		3.61	4.12
分散	散 (Variance)		4.55	4.75
標準偏差	差 (S.D.)		2.13	2.18
変動係数	数 (C.V.)		59.16	52.86
歪度	度 (Skewness)		0.79	0.78
尖度	度 (Kurtosis)		3.59	4.25
分散比	比 (Variance ratio)			7.18**

標高 650 m 以下 非風害 非施業 (Under 650 m, non-typhoon-damaged, unmanaged)

連年成長量 Annual increment			1970's	1980's
~2.50 mm/yr.			47 (28%)	22 (14%)
2.50~4.00 mm/yr.			51 (31%)	33 (21%)
4.00~5.50 mm/yr.			30 (18%)	49 (31%)
5.50 mm/yr.~			38 (23%)	55 (35%)
試料	数 (No. of samples)		166 (100%)	159 (100%)
平均	均 (Average)		3.88	4.78
分散	散 (Variance)		5.29	4.93
標準偏差	差 (S.D.)		2.30	2.22
変動係数	数 (C.V.)		59.23	46.48
歪度	度 (Skewness)		0.68	0.63
尖度	度 (Kurtosis)		2.77	3.85
分散比	比 (Variance ratio)			6.31**

表-9(5) 連年成長に関する統計量(5)

Table 9(5). Statistics of annual increment

標高 650 m 以下 風害 非施業 (Under 650 m, typhoon-damaged, unmanaged)			
連年成長量			
Annual increment		1970's	1980's
~2.50 mm/yr.		29 (67%)	7 (47%)
2.50~4.00 mm/yr.		10 (23%)	4 (27%)
4.00~5.50 mm/yr.		3 (7%)	3 (20%)
5.50 mm/yr.~		1 (2%)	1 (7%)
試料	数 (No. of samples)	43 (100%)	15 (100%)
平均	均 (Average)	2.17	2.52
分散	散 (Variance)	1.55	4.60
標準偏差	差 (S.D.)	1.25	2.14
変動係数	数 (C.V.)	57.35	85.15
歪度	度 (Skewness)	0.84	1.45
尖度	度 (Kurtosis)	3.58	5.13
分散比	比 (Variance ratio)		0.27
標高 650 m 以下 非風害 施業 (Under 650 m, non-typhoon-damaged, managed)			
連年成長量			
Annual increment		1970's	1980's
~2.50 mm/yr.		47 (26%)	47 (25%)
2.50~4.00 mm/yr.		68 (38%)	61 (33%)
4.00~5.50 mm/yr.		22 (12%)	38 (20%)
5.50 mm/yr.~		41 (23%)	41 (22%)
試料	数 (No. of samples)	178 (100%)	187 (100%)
平均	均 (Average)	3.72	3.89
分散	散 (Variance)	5.14	4.24
標準偏差	差 (S.D.)	2.27	2.06
変動係数	数 (C.V.)	60.96	52.89
歪度	度 (Skewness)	0.94	1.06
尖度	度 (Kurtosis)	4.05	5.68
分散比	比 (Variance ratio)		0.29
標高 650 m 以下 風害 施業 (Under 650 m, typhoon-damaged, managed)			
連年成長量			
Annual increment		1970's	1980's
~2.50 mm/yr.		46 (25%)	25 (27%)
2.50~4.00 mm/yr.		62 (34%)	26 (28%)
4.00~5.50 mm/yr.		42 (23%)	17 (26%)
5.50 mm/yr.~		32 (18%)	17 (18%)
試料	数 (No. of samples)	182 (100%)	92 (100%)
平均	均 (Average)	3.59	3.72
分散	散 (Variance)	3.45	4.05
標準偏差	差 (S.D.)	1.86	2.01
変動係数	数 (C.V.)	51.82	54.16
歪度	度 (Skewness)	0.34	0.55
尖度	度 (Kurtosis)	3.06	3.14
分散比	比 (Variance ratio)		0.14

* 5% 水準で有意 Significant at 5% level.

** 1% 水準で有意 Significant at 1% level.

表-10 衰弱木の残存率と成長回復率

Table 10. Survival rate and growth recovery rate of declined trees

	1970's 衰弱木 Declined tree	1980's 残存木 Survived tree	残存率 Survival rate	成長回復木 Growth recovered tree	成長回復率 Growth recovery rate
試料木全体 All sample trees	229	94	41.05%	32	34.04%
施業林分 Managed stand	99	32	32.32%	9	28.13%
非施業林分 Unmanaged stand	130	62	47.69%	23	37.10%
風害林分 Typhoon-damaged stand	99	33	33.33%	16	48.48%
施業林分 Managed stand	46	9	19.57%	2	22.22%
非施業林分 Unmanaged stand	53	24	45.28%	14	58.33%
非風害林分 Non-typhoon-damaged stand	130	61	46.92%	16	26.23%
施業林分 Managed stand	53	23	43.40%	7	30.43%
非施業林分 Unmanaged stand	77	38	49.35%	9	23.68%
標高 650 m 以上 Above 650 m in altitude	60	47	78.33%	19	40.43%
標高 650 m 以下 Under 650 m in altitude	169	47	27.81%	13	27.66%
非風害 非施業 Non-typhoon-damaged, unmanaged	47	13	27.66%	7	53.85%
風害 非施業 Typhoon-damaged, unmanaged	29	8	27.59%	1	12.50%
非風害 施業 Non-typhoon-damaged, managed	47	17	36.17%	3	17.65%
風害 施業 Typhoon-damaged, managed	46	9	19.57%	2	22.22%

ほぼ安定しており、特に増減しているとは認められない。これに対して、標高 650 m 以下の林分では、衰弱木の割合が 8% 減少し、標本平均値が 0.51 mm/yr. 上昇するなど、成長の増大が認められる。これを風害および施業の有無によって分けて比べてみると、やはりこれまでの結果と同様に風害を受けていない非施業林分で標本平均値が 0.90 mm/yr. 上昇しており、成長増大が最も顕著に認められた。しかし、施業対象林分においては風害・非風害にかかわらず衰弱木・健全木の割合に顕著な変化は認められなかった。

ところで、ここで衰弱木と判定された個体は直ちに枯死するのであろうか。1970 年代に連年

成長量が 2.5 mm 以下であった 229 本の樹木について追跡調査を行ったところ、表-10 に示すように衰弱木の 41% が 1980 年代にも残っていた。これを施業林分と非施業林分に分けて比べてみると、施業林分では 32% しか残っていないのに対して、非施業林分では 48% が残存している。これは施業林分では衰弱が認められれば枯死する前に伐採収穫が行なわれているため、この値をそのまま生存率とみなすことはできない。また、非施業林分でも風害の影響を受けているものがあり、風害を受けていない非施業林分を取り出してみると生存率は 50% 程度と考えられる。次に、風害林と非風害林に分けてみると風害林分の残存率は 33% と低い値を示している。これは、風害林分のうち施業対象林分では伐採による淘汰を受けて 20% しか残されなかったことが影響しており、風害を受けた非施業林分では残存率が 45% であった。標高別にみると、標高 650 m 以上の林分では残存率が高く 78% を示している。したがって、高い標高に生育する個体は成長率が低くても必ずしも衰弱しているとは言えず、衰弱木の基準を見直す必要がある。これは 3. の健全度調査を標高 650 m 以下の標準地において実施したためと考えられる。

さらに、残存木のうち 1980 年代の連年成長量が 3.0 mm/yr. 以上に回復したものの割合をみると、風害林分では成長が回復する割合が高く 48% を示している。特に非施業林分の風害地において残存したものは 58% が成長回復している。この結果、非施業林分の衰弱木の割合が低下し、健全木の割合が増加したものと考えられる。

IV. ま と め

これまでの天然林衰弱木の外観からの観察結果を整理すると、

- (1) 観察木では着葉量が少ない樹木は、雄花の着花が多く、地衣類の着生も多くなる傾向が認められた。
- (2) 伐倒木の梢端部の着花（果）調査から雄花および球果の着生は健全木に少なく、衰弱木に多いという傾向が認められた。
- (3) 透け型 (B) を呈する木の梢端部 1~10 年生枝までは健全で枯死が見られない。
- (4) 健全木は、15 年生枝においても着花が認められない。

以上のことから、衰弱木は樹高成長が小さく枝の発達が貧弱なところに球果と雄花が同じ範囲に多量に着生することによって着葉量の低下、枝枯れをさらに早めているように考えられる。

年輪解析の結果、外観上「不良」と判断された樹木は「健全」と判断されたものに比べて最近 10 年間の成長が半分以下になっており、固定標準地内の着葉・健全度調査からも連年成長量は樹木の健全度と相関が高いことが確認された。この事実をもとに固定標準地の成長資料から 1970 年代と 1980 年代の森林の状況を推定したところ施業林分ではほぼ同じ状態が保たれており、非施業林分では風害の影響により衰弱木が淘汰され、残存木の成長が促進されているという結論を得た。以上のことから、演習林のトドマツについては近年特に衰弱木の割合が高くなったとは考えられない。すなわち、天然林施業の過程では常に一定量の衰弱木は存在するものであると考えるべきである。この衰弱木を適度な割合で伐採収穫することによって森林の世代交代を誘導し、健全な森林を維持することが可能であることはこれまでの演習林の森林施業が実証している。また、衰弱木の分布状況が尾根筋や沢筋といった特定の地形に集中しているとは認められず、造林木や天然林内の中小径木ではこのような異常落葉現象はないので酸性雨や酸性霧の影響はいまのところ考えられない。

演習林のトドマツ天然林でいまだのようなことが起こっているかを整理すると以上のとおりである。しかしながら、梢端部の異常落葉現象の原因については明らかになっていない。異常気象や酸性降下物の影響が現れるとすれば、まだこれからであると思われるので、引き続き定期的な観察を継続する必要があると考えている。

また、本研究のような天然林固定標準地の長期的な成長資料に基づく過去の森林動態の解析は、森林の健全度の査定および予測に有効な情報を提供するものである。

要 旨

東京大学北海道演習林で針葉樹を中心とした樹木の梢端部の異常落葉現象が観察され、継続的なトドマツの衰退現象の観察を始めた。観察木のうち着葉量が少ない樹木は、雄花の着花が多く、地衣類の着生が多くなる傾向が認められた。伐倒木の梢端部の着花・着葉調査から雄花および球果の着生は健全木に少なく、衰弱木に多いという傾向が認められた。また、透け型(B)を呈する衰弱木の梢端部10年生枝までは健全で枯死が見られなかった。これに対して健全木は、15年生枝においても着花が認められなかった。以上のことから、衰弱木は樹高成長が小さく枝の発達が貧弱なところに球果と雄花が同じ範囲に多量に着生することによって着葉量の低下、枝枯れをさらに早めているように考えられる。

年輪解析の結果、外観上「不良」と判断された樹木は「健全」と判断されたものに比べて最近10年間の成長が半分以下になっており、固定標準地内の着葉・健全度調査からも連年成長量は樹木の健全度と相関が高いものと認められた。この結果をもとに固定標準地の成長資料から1970年代と1980年代の森林の状況を推定したところ施業林分ではほぼ同じ状態で保たれており、非施業林分では風害の影響により衰弱木が淘汰され、残存木の成長が促進されているという結論を得た。

以上のことから演習林のトドマツについては近年特に衰弱木の割合が高くなったとはいえないので、酸性雨や酸性霧の影響はいまのところ考えられない。

キーワード： 天然林施業， トドマツ， 健全度， 着葉量， 連年成長量

引 用 文 献

- 1) 加藤亮助：北海道演習林の森林植生。東大演報 43: 1-18, 1952.
- 2) 北島 薫：中央ヨーロッパ森林衰退の現状と研究状況。日生態会誌 38: 269-277, 1988.
- 3) 小池孝良：欧米における森林の衰退に関する研究の動向（欧州の研究から）。北方林業 42: 205-210, 1990.
- 4) 倉橋昭夫・濱谷稔夫：トドマツの垂直分布に伴う変異。東大演報 71: 101-151, 1981.
- 5) 松浦 堯：トドマツ雌・雄花の樹冠内着生分布。北海道の林木育種 13(2): 23-30, 1970.
- 6) 高橋 勇：今年の種子の豊凶予想トドマツ・カラマツ・シラカンバ。北方林業 27: 95-69, 1951.
- 7) 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.
- 8) 東京大学農学部附属演習林：北海道演習林第10期試験研究計画説明書。214 pp., 1986.
- 9) 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: 79-221, 1990.

(1991年4月27日受理)

Summary

Abnormal defoliation of Saghalien Fir (*Abies sachalinensis*) tops was observed in the Tokyo University forest in Hokkaido and so continuous observations were commenced. Sample trees which had poor needles showed a tendency to set many male flowers and were colonized heavily by lichens etc. Investigation of felled sample trees showed that "normal" trees set fewer male flowers and cones than "abnormal" trees. However, whorl branches less than ten years old at the top of "abnormal" trees were healthy. Normal trees set no male flowers even on fifteen year old whorl branches, while "abnormal" trees set cones and male flowers on this part of the crown. Accordingly, in "abnormal" trees the number of needles decreased and dieback increased. These trees also had poor height growth and development of branches.

Stem analysis of sample trees showed that "abnormal" trees as judged from external appearance grew less than half as much as "normal" trees during the last ten years. Evaluation of sample trees in the experimental plots suggested that the periodic annual increment of d.b.h. was correlated with health indicators. Based on this information, the authors estimated the health condition of the entire University forest during the 1970's and 1980's. In managed stands the health condition was stable, but in unmanaged stands residual trees grew more than in managed stands due to the removal of trees weakened by typhoon damage in 1981.

From the above results; i.e. the correlation of growth with health indicators and stand growth rates, no increase in the ratio of "abnormal" trees due to any influence of acid rain or acid mist in the University forest could be detected.

Key word: Natural forest management, *Abies sachalinensis*, Health evaluation, Defoliation, Periodic annual increment